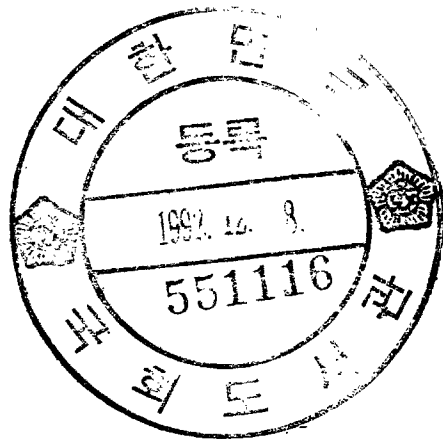


GOVP 12005619

621
L-293A

수리시설 개보수공법 지침

농 립 부
농 업 기 반 공 사



목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 목 적	3
1.2 적용범위	3
1.3 용어정의	4
제 2 장 흠 뎀	5
2.1 뎀 체	7
2.1.1 손상의 형태	7
2.1.2 점검방법	9
2.1.3 손상 원인	16
2.1.4 보수, 보강 공법	17
2.2 물넘이·방수로	27
2.2.1 손상의 형태와 점검 방법	27
2.2.2 보수·보강공법	31
2.3 취수시설	33
2.3.1 손상의 형태	33
2.3.2 손상의 원인	34
2.3.3 점검방법 및 점검항목	35
2.3.4 보수·보강공법	36
제 3 장 방 조 제	39
3.1 제 체	41
3.1.1 손상형태	41
3.1.2 점검방법	45
3.1.3 원인분석	59
3.1.4 보수·보강공법	62

제 4 장 양·배수장	83
4.1 기계분야	85
4.1.1 개요	85
4.1.2 양·배수장에서 발생하는 문제점의 보수·보강 방법	85
4.2 전기분야	225
4.2.1 변압기	225
4.2.2 전동기	227
4.2.3 수배전반	244
제 5 장 콘크리트 수리구조물	249
5.1 총 칙	251
5.1.1 목 적	251
5.1.2 적용범위	252
5.1.3 용 어	260
5.2 조사·진단 및 보수계획의 기본	268
5.2.1 조사·진단의 기본	268
5.2.2 보수·보강설계의 기본	269
5.2.3 조사, 진단 및 보수·보강의 흐름도	270
5.2.4 응급처치	272
5.3 조 사	273
5.3.1 일반사항	273
5.3.2 구조물 개요조사	274
5.3.3 외관육안조사	275
5.3.4 상세 조사	276
5.4 진 단	305
5.4.1 일반사항	305
5.4.2 성능저하도의 판정	307
5.4.3 성능저하원인의 규명과 성능저하진행 예측	309
5.4.4 보수·보강 여부의 판정	322
5.4.5 내하력 진단 여부의 판정	323
5.4.6 보수·보강 공법의 선정	324

5.5 보수·보강설계	329
5.5.1 일반 사항	329
5.5.2 회복 목표 수준의 설정	330
5.5.3 설계 조사	334
5.5.4 보수 범위의 설정	334
5.5.5 보수 재료 및 보수 공법의 선정	336
5.5.6 지진 피해시 보수·보강	402
5.5.7 설계도서의 작성	402
5.6 보수 공사	403
5.6.1 일반사항	403
5.6.2 시공계획서의 작성	403
5.6.3 시공조사	403
5.6.4 시공요령의 작성	404
5.6.5 공정계획의 작성	404
5.6.6 관계 당국에의 승인을 요하는 제수속의 실시	404
5.6.7 시 공	404
5.6.8 공사현장관리	404
5.6.9 기 록	405
5.6.10 완료검사 및 인도	405
5.7 보수공사후의 경과 관찰	405
5.7.1 일반사항	405
5.7.2 점검 및 모니터링 조사의 계획	405
5.7.3 점검 및 모니터링 조사의 기록	406
5.8 특수 공 법	406
5.8.1 일 반 사 항	406
5.8.2 전기화학적 보수공법	406
제 6 장 건축 물	417
6.1 서 론	419
6.2 노화진단의 진행방법	419
6.2.1 노화현상의 개요 및 건물의 점검주기	419

6.2.2 노화진단의 진행	423
6.3 구조체의 노화	423
6.3.1 균열의 원인	423
6.3.2 균열 형태 및 점검	425
6.3.3 구조체 균열의 허용 한계	430
6.3.4 구조물의 변위 제한	431
6.3.5 콘크리트의 중성화 및 철근의 부식	433
6.3.6 철근의 부식	435
6.3.7 보수보강법	436
6.4 옥상방수	438
6.4.1 노화현상	438
6.4.2 노화원인	439
6.4.3 점검방법	439
6.4.4 보수·보강공법	440
6.5 표면노화	441
6.5.1 금속부재	442
6.5.2 모르터나 콘크리트 바탕	445
6.5.3 타일마감	448
6.6 흠 통	451
6.6.1 노화원인	451
6.6.2 점검방법	452
6.6.3 보수 및 보강법	453
6.7 실링(Sealing)	454
6.7.1 실링재의 종류	454
6.7.2 노화현상 및 원인	455
6.7.3 점검방법 및 판정	456
6.7.4 보수 및 보강방법	458
6.8 누 수	460
6.8.1 옥상부분에서의 누수현상 및 점검	461
6.8.2 외벽에서의 누수현상 및 점검	461

제 7 장 그라우팅에 의한 보수·보강	465
7.1 그라우팅을 위한 조사	465
7.1.1 지표지질조사	465
7.1.2 전기비저항탐사	466
7.1.3 자연전위(SP)탐사	469
7.1.4 GPR(ground penetrating radar) 탐사	472
7.1.5 지하수 수위조사	473
7.1.6 수온조사	473
7.1.7 추적자시험(tacer test)	473
7.1.8 시추조사	477
7.2 그라우팅의 설계와 시공	482
7.2.1 그라우팅의 종류	482
7.2.2 그라우팅 심도	484
7.2.3 주입방법	486
7.2.4 주입재	487
7.2.5 주입방법	488
7.2.6 조사공	490
7.2.7 주입시험	490
7.2.8 주입공의 간격과 배열	490
7.2.9 주입효과 판정	491
7.3 구조물별 누수형태와 그라우팅	491
7.3.1 구조물 기초지반을 통한 누수	492
7.3.2 구조물의 접촉면을 따른 누수	493
7.3.3 저수지 제체를 통한 누수	493
7.3.4 여수토	494
7.3.5 통관(복통)	495
7.3.6 도수터널	496
7.3.7 방조제	496
부 록	499
참고문헌	584

표 목 차

(표 2-1) 세부시설별 점검사항	11
(표 2-2) 일상점검표(I)	13
(표 2-3) 정기점검표(일반현황)	14
(표 2-4) 상태평가 총괄표	15
(표 2-5) 점검항목에 대한 평가 등급 기준	15
(표 2-6) 댐 시설물의 손상 현상별 보수대책	23
(표 2-7) 물-시멘트비와 양생시간	34
(표 2-8) 댐체에서의 균열발생원인 및 보수보강	37
(표 3-1) 구조물에 대한 계측방법	47
(표 3-2) 외력에 대한 계측방법	47
(표 3-3) 저조위 이상의 사석구조물에 대한 계측빈도	48
(표 3-4) 계측결과분석 예	49
(표 3-5) 점검계획시 사전 조사항목	50
(표 3-6) 세부 구조물별 점검사항	51
(표 3-7) 손상형태별 점검방법과 점검항목	54
(표 3-8) 일상점검표	56
(표 3-9) 점검항목에 대한 평가등급기준	57
(표 3-10) 정기점검표(일반현황)	58
(표 3-11) 상태평가 총괄표	59
(표 3-12) 손상매커니즘과 검토조건과의 관계	60
(표 3-13) 주요 손상원인	61
(표 3-14) 일상 조치 사항	63
(표 3-15) 보수조치 사항	64
(표 3-16) 보강조치 사항	65
(표 3-17) 피복재의 보강대책	69
(표 3-18) 피복재 보수보강시 사용이 가능한 장비	70
(표 3-19) 암석의 분류 및 방조제에서의 용도	71

(표 3-20) 암석의 풍화도 판정	72
(표 4-1) 흡입수조의 표면 현상과 최소잠김깊이 H	89
(표 4-2) 공기 흡입 소용돌이의 허용기준	90
(표 4-3) 와류 방지 장치(JSME S004-1984에서)	91
(표 4-4) 환경기준(환경보전법/시행규칙 제6조 별표5)	95
(표 4-5) 소음기의 형식	104
(표 4-6) 회전기계의 진동 조사 대책 FLOW	114
(표 4-7) 펌프 진동해석의 종류 및 내용	115
(표 4-8) 진동해석의 목적과 해석결과	115
(표 4-9) 부식을 대상으로한 오염계수와 판정기준	121
(표 4-10) 오염 해수와 오염계수	122
(표 4-11) 음극방식법의 득실 비교	124
(표 4-12) 각종도복장 방법의 적용예	130
(표 4-13) 에폭시 수지의 일반적 성상	132
(표 4-14) 단부 미도장부 치수(예)	134
(표 4-15) Coal tar Primer	136
(표 4-16) 상도도료의 특성	137
(표 4-17) 글라스맷트(GLASSMAT)의 품질(규격비교)	138
(표 4-18) 아스베스토스 펠트(ASBESTOS FELT)의 품질(규격비교)	138
(표 4-19) 도복장 방법(A형)	140
(표 4-20) 철도역에 있어서의 크레인의 고장원인	160
(표 4-21) 상온상태일 때의 가스에 의한 금속의 영향	160
(표 4-22) 크레인에 미치는 분진 및 취급물의 영향	161
(표 4-23) 보전담당부서 조직표(모 제철소)	163
(표 4-24) 점검표의 일례	164
(표 4-26) 도장 요령의 1예	169
(표 4-27) 도포량, 도막두께(귀알 1회당) 및 겹칠시간	169
(표 4-28) 주행 레일 허용오차	170
(표 4-29) 기름, 그리이스의 적용표	173
(표 4-30) 부쉬의 마모한도(mm)	174

(표 4-31) 구름베어링의 끼워맞춤의 요령	176
(표 4-32) 전자브레이크의 스트로우크	189
(표 4-33) 전동기의 점검보수요령	196
(표 4-34) 전자접촉기의 점검보수의 요령	197
(표 4-35) 제어기의 점검보수	198
(표 4-36) 저 항 기	199
(표 4-37) 전자기 (브레이크용)	200
(표 4-38) 드러스터	201
(표 4-39) 마모한 도표	203
(표 4-40) 이력부 용지 (표지다음의 표)	205
(표 4-41) 이력부용지(2페이지이후)	206
(표 4-42) 기계대장양식(表)	207
(표 4-43) 기계대장양식(裏)	208
(표 4-44) 횡축펌프의 개략허용 진폭치	216
(표 4-45) 원심펌프의 고정과 그 원인일람표	219
(표 4-46) 메탈베어링의 교환	221
(표 4-47) 고무베어링의 교환	221
(표 4-48) 원심펌프의 습동부 마모사용 한계	222
(표 4-49) 변압기 점검 주기표	225
(표 4-50) 권선의 세척, 건조, 바니쉬처리 공정	235
(표 5-1) 철근콘크리트 건축물에 나타나는 불량부분	253
(표 5-2) 농업토목 콘크리트 수리구조물의 공중별 하자원인별 불량율	253
(표 5-3) 건축물의 내구성에 관한 용어	264
(표 5-4) 콘크리트의 내구성에 관련된 용어	267
(표 5-5) 철근부식도 평가기준	277
(표 5-6) 자연전위와 철근부식의 관계(ASTM C876-91)	292
(표 5-7) 철근부식의 평가등급에 관한 각종의 제안	299
(표 5-8) 철근부식도가 철근의 성능 및 구조물에 미치는 영향	300
(표 5-9) 성능저하도 평가기준	307
(표 5-10) 콘크리트의 중성화에 따른 성능저하원인 크기의 분류	310

(표 5-11) 콘크리트중의 염화물량에 따른 성능저하원인 크기의 분류	310
(표 5-12) 콘크리트 표면의 균열폭에 따른 성능저하원인 크기의 분류	311
(표 5-13) 중성화에 의한 성능저하원인의 크기 분류	312
(표 5-14) 각국의 염화물 이온량의 규제	315
(표 5-15) 콘크리트중의 염화물량에 의한 성능저하요인의 크기의 분류	316
(표 5-16) 허용균열폭의 규정의 예(ACI 224 위원회)	318
(표 5-17) 허용 균열폭의 규정 예(CEB-FIP국제규준(1978))	319
(표 5-18) 허용 균열폭 규정의 예4.	320
(표 5-19) 균열폭에 따른 성능저하원인의 크기 분류	320
(표 5-20) 염해로 인한 성능저하원인의 크기 할증법	321
(표 5-21) 성능저하원인이 중성화인 경우의 보수공법	325
(표 5-22) 성능저하원인이 염화물이온인 경우의 보수공법	325
(표 5-23) 성능저하원인이 균열인 경우의 보수공법	325
(표 5-24) 보수 재료의 종류	338
(표 5-25) 보수재료의 필요조건	339
(표 5-26) 물·시멘트비에 따른 모세관 스페이스의 비율	340
(표 5-27) 물·시멘트·골재 따른 건조수축량	341
(표 5-28) 대표적 폴리머 모르터(콘크리트)의 물리적 특성 비교	347
(표 5-29) 폴리머 함침 콘크리트의 내마모성 비교	348
(표 5-30) 콘크리트 보수를 위한 재료 선택 비교표	349
(표 5-31) 바탕처리 방법별 특징	355
(표 5-32) 저압수지공법의 종류	361
(표 5-33) 각종 실링재의 특징	366
(표 5-34) 철녹물의 팽창 배율	392
(표 5-35) 콘크리트 내부 환경과 부식생성물	393
(표 5-36) 균열발생과 철근부식률과의 관계	393
(표 5-37) 철근부식 제거방법별 특징	394
(표 5-38) 콘크리트 코팅에 일반적으로 사용되는 결합재	400
(표 5-39) 도막노후의 종류 및 정의	401
(표 5-40) 전기화학적 보수 공법의 비교	411
(표 5-41) 재알칼리화처리전과 처리후의 pH치	412

(표 5-42) 전기방식 공법의 도로 상판 시공 실적 (국별)	415
(표 5-43) 일본에서의 전기 방식의 시공실적	415
(표 5-44) 탈염공법, 재알칼리화 공법의 지역별 실적	416
(표 5-45) 탈염공법, 재알칼리화 공법의 구조물 종류별 실적	416
(표 6-1) 건물의 점검주기	421
(표 6-2) 철근콘크리트 건물의 노화진단 점검표	424
(표 6-3) 콘크리트의 균열원인	425
(표 6-4) 보수여부를 결정하는 균열폭의 한도	430
(표 6-5) 구조물의 수평·수직 변형 기울기에 따른 평가 등급 및 안전조치	432
(표 6-6) 중성화에 의한 콘크리트 성능저하 등급	434
(표 6-7) 철근의 부식도 등급	436
(표 6-8) V컷트 및 U컷트의 비교	436
(표 6-9) 옥상의 노화 점검 항목 및 방법	440
(표 6-10) 보수·개수공법의 분류	441
(표 6-11) 판정과 처리방법	446
(표 6-12) 평가기준	447
(표 6-13) 판정과 처리방법	447
(표 6-14) 노화 현상과 특성요인	447
(표 6-15) 판정과 처리방법	448
(표 6-16) 노화 현상과 특성 요인	448
(표 6-17) 육안 관찰의 포인트	449
(표 6-18) 보수방법	450
(표 6-19) 건축용 부정형 실링재의 종류	455

그 립 목 차

<그림 3-1> 밀다짐공 구조 예	68
<그림 3-2> 상부공에 작용하는 외력	77
<그림 3-3> 상부공의 파괴유형	78
<그림 4-1> 흡입도수로	86
<그림 4-2> 흡입 벨마우스의 수몰깊이 및 흡수조	86
<그림 4-3> 흡입 와류 방지 장치	87
<그림 4-4> 역수방지벽	87
<그림 4-5> 토출관 말단 구조물	88
<그림 4-6> 소용돌이의 형태(JSME S 004 - 1984에서)	88
<그림 4-7> 흡입수조의 분류와 표준적인 형상 치수(JSME S 004 - 1984에서)	89
<그림 4-8> 흡입수조의 표면형상	92
<그림 4-9> 펌프의 소음 측정 위치	93
<그림 4-10> 펌프 소음 측정기록	94
<그림 4-11> 맥동방지형(Z형) 회전차	97
<그림 4-12> 2개의 상사 블류트럼프의 소음스펙트럼 비교	97
<그림 4-13> 흡입배관상의 주의	98
<그림 4-14> 디젤기관의 배기원음과 기측소음의 음압레벨과 주파수 특성	99
<그림 4-15> 전동기의 소음레벨	100
<그림 4-16> 차차감속기의 소음 스펙트럼(2000ps) 예	101
<그림 4-17> 소음의 전파경로	101
<그림 4-18> 고체전파음 대책(관로 루트)	102
<그림 4-19> 유체전파음 대책(관로내 루트)	103
<그림 4-20> 각종 소음구조와 감쇠량	104
<그림 4-21> 3% 식염수 유속 30m/sec에서 용존산소의 영향	118
<그림 4-22> 각종 재료의 부식 두께와 유속과의 관계	118
<그림 4-23> 해수중에서의 금속의 자연 전위열	120
<그림 4-24> 유전양극 방식	124

<그림 4-25> 외부 전원방식 회로	124
<그림 4-26> 수온상승선도	125
<그림 4-27> 상승곡선의 예	125
<그림 4-28> 토양의 불균일에 의한 전지작용	127
<그림 4-29> 매설년수와 침식량의 관계	128
<그림 4-30> 우수중의 침지시험 성적	128
<그림 4-31> KSD 8307 A형 2급 도복장(예)	139
<그림 4-32> 유전양극법의 예	141
<그림 4-33> 외부전원의 예	141
<그림 4-34> 선택배류법의 예	142
<그림 4-35> Flywheel 설치 예	150
<그림 4-36> 공기조의 자동콘트롤 예	150
<그림 4-37> 공기조를 설치한 후의 압력변동	151
<그림 4-38> Surge Tank	152
<그림 4-39> One-Way Surge Tank	152
<그림 4-40> 완폐역지변	153
<그림 4-41> 급폐식 역지변	153
<그림 4-42> 기계부분과 전기부분의 고장비율	158
<그림 4-43> 전기부분 고장 건수의 백분율	158
<그림 4-44> 기계부분 고장 건수의 백분율	158
<그림 4-45> 전기부분 고장 건수의 백분율(5 분 이상인 것)	158
<그림 4-46> 언로우더 부위별 고장 발생건수	159
<그림 4-47> 트랜스포터 부위별 고장 건수	159
<그림 4-48> 고장의 원인별 분류	159
<그림 4-49> 청음봉	174
<그림 4-50> 치면손상의 형태	178
<그림 4-51> 잭용나사의 마모	180
<그림 4-52> 슛나사에서 너트가 빠져서 사고를 일으킨 비임잭나사의 마모	180
<그림 4-53> 너트의 한쪽슬립	180
<그림 4-54> 주행차륜플랜지의 변형	181
<그림 4-55> 축심이 통하지 않은 가요 축이음	182

<그림 4-56> 와이어로우프의 킹크	184
<그림 4-57> 체인의 변형 및 균열	186
<그림 4-58> 현수후크의 마모	187
<그림 4-59> 현수후크의 변형	187
<그림 4-60> 바켓의 마우드피이스의 마모	188
<그림 4-61> 내용유압브레이크	191
<그림 4-62> 브레이크 실린더	191
<그림 4-63> 권양통에 붙인 슬립기어	193
<그림 4-64> 축붙이 슬립기어	193
<그림 4-65> 펌프의 축점고차	209
<그림 4-66> 압축펌프의 축정고차	210
<그림 4-67> 임펠러의 외경가공	211
<그림 4-68> 고체마찰에 따른 진동회전	215
<그림 4-69> 유막에 따른 진동회전	216
<그림 4-70> 롤러베어링의 회전수와 소음레벨의 관계	228
<그림 4-71> 롤러베어링의 회전수와 소음레벨의 관계	228
<그림 4-72> 회전자의 구조	237
<그림 5-1> 8대 성능저하원인의 상호관계	254
<그림 5-2> 성능저하현상의 전이	256
<그림 5-3> 콘크리트 수리구조물의 성능저하현상 분류	256
<그림 5-4> 콘크리트와 철근의 성능저하현상의 상관성	257
<그림 5-5> 조사·진단 및 보수·보강공사의 순서	272
<그림 5-6> 이산화탄소 농도가 중성화 속도에 미치는 영향	278
<그림 5-7> 옥내·외에서의 중성화 속도 변화	279
<그림 5-8> 습도에 따른 중성화 속도 변화	279
<그림 5-9> 비를 맞은 경우와 안맞은 경우의 중성화 속도 변화	280
<그림 5-10> 온도가 중성화 속도에 미치는 영향	280
<그림 5-11> 구조물 방향이 중성화 속도에 미치는 영향	281
<그림 5-12> 해안으로부터 거리가 염화물이온 침투량에 미치는 영향	281
<그림 5-13> 해안으로부터 거리와 콘크리트 표면 염분농도 관계	282

<그림 5-14> 콘크리트내 염분침투량과 바다방향	282
<그림 5-15> 비례염분량과 염화물이온 침투량 관계	283
<그림 5-16> 면조아내기 조사순서	283
<그림 5-17> 콘크리트의 조아내기 방법	285
<그림 5-18> 코어채취에 의한 조사순서	288
<그림 5-19> 철근탐사장치로 측정된 피복두께분포도 및 성능저하 진행예측	290
<그림 5-20> 자연전위 측정방법	291
<그림 5-21> 피복콘크리트의 전위차 보정법	291
<그림 5-22> 부식철근 표면의 등가전기회로	292
<그림 5-23> 분극저항 측정방법	293
<그림 5-24> 드릴법에 의한 중성화 깊이 측정법	294
<그림 5-25> 할렬인장면에서의 중성화 깊이와 드릴법에 의한 중성화 깊이의 관계	294
<그림 5-26> 표면조아내기 방법과 드릴법에 의한 중성화 깊이 관계(구조체)	295
<그림 5-27> 코어채취 방법과 드릴법에 의한 중성화 측정결과 비교	295
<그림 5-28> 드릴에 의한 시료채취방법과 코어의 절단에 의한 시료 채취방법	296
<그림 5-29> 드릴법과 코어절단법에 의한 염화물 측정결과 비교	297
<그림 5-30> 녹발생 면적을 관계와 질량감소율의 관계	298
<그림 5-31> 총세공량과 중성화 깊이 관계(세공반지름 : 75~7500nm)	304
<그림 5-32> 철근표면에서 중성화 영역까지 거리가 철근부식에 미치는 영향	312
<그림 5-33> 콘크리트중의 염화물 이온량이 녹발생에 미치는 영향	313
<그림 5-34> 염화물량과 피복두께에 따른 철근부식속도	316
<그림 5-35> 균열폭과 철근부식의 관계	316
<그림 5-36> 해안으로부터의 거리와 콘크리트 표층부의 염분량 관계	317
<그림 5-37> 중성화에 의한 성능저하부분 보수공법	322
<그림 5-38> 외래 염화물에 의한 염해 피해부분 보수공법	328
<그림 5-39> 균열에 의한 성능저하부분 보수공법	328
<그림 5-40> 중성화에 의한 철근부식 개념도	329
<그림 5-41> 중성화 억제공법 개념도	331
<그림 5-42> 중성화에 의한 철근부식 보수공법 개념도	331
<그림 5-43> 염화물이온에 의한 철근부식 개념도	332
<그림 5-44> 염화물이온 침투억제공법 개념도	333

<그림 5-45> 염화물이온에 의한 철근부식 보수개념도	333
<그림 5-46> 염화물이온에 의한 철근부식 보수개념도	334
<그림 5-47> 보수재료의 구성	336
<그림 5-48> Errut-McDonald 균열 커터(12mm 헤드)	337
<그림 5-49> 충전공법	364
<그림 5-50> 누수중인 균열의 보수공법	365
<그림 5-51> 신축이음부의 구조	366
<그림 5-52> 누수 실링 보수방법의 예	369
<그림 5-53> 일반적인 건식 뿔칠 노즐	374
<그림 5-54> 이음매의 단면현상	376
<그림 5-55> 노즐거리와 리바운드	377
<그림 5-56> 수중보수 작업방법	380
<그림 5-57> 수지 주입 압력 포트 (Taylor Woodrow)	383
<그림 5-58> 수중 보수를 위한 전형적인 거푸집의 상세도	387
<그림 5-59> 밑바닥 개폐식 버킷의 전형적인 구조	388
<그림 5-60> 트레미관의 전형적인 구조	389
<그림 5-61> 수중펌프 주입공법	390
<그림 5-62> 부식반응과 전기화학적보수의 개념도	407
<그림 5-63> 외부전원방식에 의한 전기방식	408
<그림 5-64> 유전양극 방식에 의한 전기방식	409
<그림 5-65> 알칼리의 분포	412
<그림 5-66> 염화물 이온 분포	412
<그림 5-67> 경도분포	413
<그림 6-1> 균열의 형태와 원인	425
<그림 6-2> 슬래브에 생기는 균열형태와 원인	426
<그림 6-3> 벽이나 개구부에 생기는 균열형태와 원인	427
<그림 6-4> 기둥에 생기는 균열형태와 원인	428
<그림 6-5> 보에 생기는 균열형태와 원인	429
<그림 6-6> 건물 침하에 따른 변위한계	431
<그림 6-7> 슬래브의 처짐한계	431

<그림 6-8> 보의 처짐 한계 432
<그림 6-9> 철근 부식에 의한 콘크리트 균열 433
<그림 6-10> 균열의 보수방법 437
<그림 6-11> 흠통의 구조와 잣물의 부착상태 452
<그림 6-12> 옥상 마감재와 흠통 내부의 폐색 452
<그림 6-13> 흠통의 개수 공정 453
<그림 6-14> 실링재의 하자 형태 456

부 록

제 1 편 콘크리트 구조물의 알칼리 골재반응 진단·평가 방법에 관한 기준(안)	501
1. 콘크리트 구조물에서의 코어 시료채취 방법	503
1.1 적용범위	503
1.2 사용 도구	503
1.3 채취 위치 선정과 수량	504
1.4 코어의 지름과 길이	504
1.5 코어 채취 방법	505
1.6 기록	506
2. 알칼리 골재 반응 판정용 콘크리트 코어 팽창률 측정방법	506
2.1 적용 범위	506
2.2 용어	507
2.3 시험용 기구	508
2.4 코어의 채취와 보존	509
2.5 원래 길이와 팽창률 측정	511
2.6 팽창률 산정	511
2.7 보 고	512
3. 골재에 함유된 유해 광물 판별방법	512
3.1 적용 범위	512
3.2 용어 정의	513
3.3 조사 방법	514
3.4 시료 선택	515
3.5 유해 광물 판정	517
3.5.1 화산 유리	517
3.5.2 크리스토팔라이트	518
3.5.3 트리디마이트	519

3.5.4 미소석영	519
3.5.5 결정 입자가 일그러진 석영	521
3.5.6 오 팔	521
3.5.7 흑운모	522
3.5.8 견운모	522
3.5.9 돌로마이트	522
3.5.10 로몬타이트	523
3.5.11 몬토릴로나이트(montmorillonite)군(群)(스멕타이트)	523
3.5.12 황화철	525
3.6 기록	525
4. 유해 광물의 정량 방법	525
4.1 적용 범위	525
4.2 육안에 따른 암석의 구성 비율 산정	526
4.3 시료 선정	527
4.4 정량방법	528
4.5 편광현미경을 이용한 정량 방법	528
4.6 분말X선회절 시험을 이용한 정량방법	530
4.7 기록	532
제 2 편	533
1. ○○지구 수원공 보수보강 사례	535
1.1 서 언	535
1.2 현장상태	535
1.2.1 제당	535
1.2.2 취수탑	535
1.2.3 취수탑 연락교량	535
1.2.4 복 통	536
1.3 문제점 및 대책	536
1.4 공법검토 및 결정	536

1.4.1 보수공법검토 결과	536
1.4.2 폴리우레탄(Poly Urethane)계 수지제품의 선정	537
2. ○○지구 용수로 보수보강 사례	539
2.1 조인트 보수	539
2.1.1 개 요	539
2.1.2 시공방법	539
2.1.3 재료치수 및 단가표	540
2.2 우레탄 보수	540
2.2.1 개 요	540
2.2.2 시공방법	540
2.2.3 재료치수 및 단가표	541
2.3 리프리트 보수	541
2.3.1 중성화 보수	541
2.3.2 철근부식부 보수	543
3. ○○지구 제당누수 보수보강 사례	545
3.1 '95 보완 시까지의 상황 및 시공과정요약	545
3.2 시공효과 설명	545
3.3 현황 및 결론	546
4. Hondsbossche 방조제 보수보강 사례	549
4.1 지구개요	549
4.2 방조제 단면 선정	550
4.3 손상형태 및 손상한계 결정	551
4.4 평 가	552
5. 삼산지구 방조제 보수보강 사례	554
5.1 지구개요	554
5.2 시설물 현황	554

5.3 방조제 현황	555
5.4 지구내 하천 현황	555
5.5 조 위	555
5.6 보수보강계획	556
6. ○○저수지 안전진단 사례	557
6.1 시설물 조사	557
6.1.1 체 체	557
6.1.2 여수토 (측구식)	558
6.1.3 방수로	560
6.1.4 취수시설 (사통)	561
6.1.5 취수시설 (복통)	561
6.2 구조물 재료조사	563
6.2.1 반발정도 측정	563
6.2.2 중성화 조사	564
6.3 제체 안정성 검토	565
6.3.1 토질 특성 검토	565
6.3.2 침투류 해석	566
6.3.3 사면안정 해석	568
6.4 시설기능 검토	570
6.4.1 수문분석	570
6.4.2 홍수량 검토	571
6.4.3 여수토 홍수배제능력 검토	572
6.4.4 방수로 및 정수지 검토	573
6.5 공중별 외관결함 및 대책	575
6.6 종합의견	576
6.6.1 시설물 상태평가	576
6.6.2 공중별 보수·보강 방안	577
7. 시설물 안전진단 관련법규 및 시행체제	578
7.1 관련법규	578
7.2 중요시설의 정밀안전진단 체제	581

표 목 차

(표 I-1) 코어 지름에 따른 팽창률 비의 일례	505
(표 I-2) 주된 광물의 분말X선회절 데이터(3강선)	516
(표 II-1) 구조물 보수보강 대책	536
(표 II-2) 검토결과 요약	537
(표 II-3) Hondsbossche 방조제의 검토조건, 손상형태 및 손상한계	552
(표 II-4) Hondsbossche 방조제의 진단 및 보수보강 대책	553
(표 II-5) 안전진단 관련법령 및 주요내용	578
(표 II-6) 댐(저수지)의 정밀안전진단 흐름도	581
(표 II-7) 교량의 정밀안전진단 흐름도	582

부록 그림 목차

<그림 I-1> 반응성 코어의 팽창특성 개략도	507
<그림 I-2> 손상정도에 따른 팽창률의 상위	508
<그림 I-3> 게이지 플러그의 설치 예	509
<그림 I-4> 유리질 안산암의 분말X선회절도	517
<그림 I-5> 고동회석 안산암의 경우 NaOH용액을 이용한 처리 전후의 X선회절도	519
<그림 I-6> 차트의 분말X선 회절도	520
<그림 I-7> 에틸렌글리콜 처리에 따른 회절 패턴의 변화	524
<그림 I-8> 선적분법	530
<그림 I-9> 포인트 카운터법	530
<그림 I-10> X선회절에 따른 정량	531
<그림 II-1> 삼선방조제 단면 구성	555
<그림 II-2> 삼선방조제 보수·보강 단면	556

제 1 장 서 론

여 백

제 1 장 서 론

1.1 목 적

농업토목콘크리트 수리구조물은 초기투자비를 최소화하기 위해서 설계기준강도가 낮은 콘크리트를 사용하였고 높은 물-시멘트비 콘크리트를 타설하였으며 공사기간이 제한적이어서 충분한 기간동안 습윤양생을 할 수가 없었다. 이에 따라 콘크리트 시설물 내부에는 다량의 모세관이 연속적으로 형성되어 있는 느슨한 조직의 저품질 콘크리트 구조물이 되었다. 이로 인해 관개용수, 배면배수와 대기중의 이산화탄소나 산소의 자유로운 내부침투가 가능하여 쉽게 조직이 성능저하를 일으켜 구조물 수명이 매우 짧게 되었다. 이에 반해 농업기반 생산시설은 그 절반 이상이 설치년도가 오래되었기 때문에 성능저하와 기능상의 결함이 곳곳에 나타나고 있어 개보수의 수요가 급증하고 있는 실정이다.

그러나, 개보수공법 관련 기술서를 살펴보면 1988년 “87수리시설 개보수 표본지구 종합보고서”를 작성하였고, 1991년에는 “수리시설 개보수사업의 효율적인 시행방안 연구”를 시행하였으며 1996년에는 “수리시설 개보수 및 안전관리의 효율화 방안 연구” 등이 있다.

이러한 지침들은 개보수 설계와 시공에 종사하는 기술자들에게 사업시행 방안이나 시설물관리방법에 관한 것으로써 개보수 설계와 시공에 종사하는 기술자들에게 최신의 개보수공법에 대한 자료를 제공하지 못하였다.

이에 따라 본 지침서는 흙댐, 방조제, 양·배수장, 콘크리트 수리구조물 및 건축물 등의 개보수사업에 종사하고 있는 토목, 건축, 전기 및 기계기술자들이 실무에 종사하며 경험한 내용과 참고문헌 등에서 발췌한 것을 정리한 것으로 농업기반시설의 개보수 실무자들에게 개보수 공법이나 재료에 대한 최신의 정보를 제공하고 효율적인 개보수사업 지원과 설계업무능력향상을 위하여 본 지침을 제정하게 되었다.

1.2 적용범위

이 기술지침서는 흙댐(댐체, 물넘이 방수로, 취수시설), 방조제(댐체, 배수갑문), 양·배수장(기계, 전기), 콘크리트 수리구조물 및 건축물의 개보수공법에 관한 기본적인 사항을 규정하는 것이다.

1.3 용어정의

이 지침서에서 사용할 용어들은 다음과 같이 정의한다.

- ① **점검** : 경험과 기술을 갖춘 자가 육안 또는 점검기구 등에 의하여 검사를 실시하여 시설물에 내재되어 있는 위험요인을 조사하는 행위.
- ② **진단** : 재해예방 및 안전성확보 등을 위하여 관리주체가 인정하거나 시설물의 물리적 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사, 측정, 평가하여 보수·보강 등의 방법을 제시하는 것.
- ③ **보수** : 시설물의 기능 및 성능의 향상이나 원상회복을 목적으로 구조물의 내구성, 방수성 등 내력 이외의 기능을 회복시키기 위하여 개량, 수선하는 조치.
- ④ **보강** : 손상에 의해 저하된 구조물의 내력을 원상 또는 원상이상으로 회복시키는 일을 목적으로 실시하는 개량, 수선하는 조치.
- ⑤ **상태평가** : 성능저하 및 결함의 정도를 포함한 시설물 부재의 상태를 평가하는 행위.

제 2 장 흑 댐

여 백

제 2 장 흙 댐

2.1 댐 체

2.1.1 손상의 형태

댐체 손상의 원인으로는 월류(overtopping), 동해, 누수, 사면의 활동파괴, 구조물의 자체 변위, 기초지반의 불안정, 기타 등이 있다.

1) 월류에 의한 손상

저수지 물넘이의 홍수배제능력 부족은 저수위를 상승시켜 댐체의 여유고 부족으로 이어지므로 댐체의 안전을 위협하는 중요한 요인중의 하나이다. 기존 저수지를 대상으로 안전검사를 실시한 결과에 의하면 설계기준 개정 이전에 100년빈도 설계홍수량을 사용하여 설치된 물넘이중에서 200년빈도 홍수량에 20%를 가산한 개정된 설계홍수량으로 배제능력을 검토하면 많은 물넘이가 배제능력이 부족한 것으로 나타났다.

저수지로 유입되는 홍수량이 물넘이를 통하여 안전하게 배제되지 못하여 수위가 상승하면 수압이 증가하여 누수량도 증가되고, 댐체를 월류하게 되면 침식 및 붕괴의 발생으로 댐체의 안전이 위협받게 된다.

물넘이의 홍수배제능력 부족의 원인으로는 기상이변으로 인한 호우의 발생, 계획홍수량 빈도설정의 부적정, 저수지 유역에 주거지나 농지의 개발, 벌목 등 토지이용이나 임상의 변화로 인한 홍수유출량의 증가, 물넘이 유입부의 토사퇴적으로 인한 수리적 변화, 물넘이의 구조적인 형상변화, 홍수량 산정이나 수리계산의 착오 등이 있다.

2) 동해에 의한 손상

동결선위에 있는 흙이 비교적 큰 간극에 물이 있으면 인접한 더 작은 간극에서보다 온도가 더 하강하므로 이 물이 먼저 동결되어 얼음의 결정을 만든다. 이 얼음덩어리는 인접해 있는 간극속이 비게 되면 지하수위 아래의 물을 모관장력으로 빨아 올려 아이스렌즈를 만든다. 그런데 온도가 0℃ 이상으로 상승하면 아이스렌즈는 용해하기 시작하며, 만약 용해된 물이 적절히 배수되지 않으면 동결되었던 흙의 함수비는 동결되기 전의 함수비보다 훨씬 크게 된다. 이와 같이 증가된 함수비 때문에 지반이 연약화되어 강도가 떨어진다. 또한, 부석(腐石)은 균열에 침입한 물이 동결하여 응력을 받아 일어나고, 전석(轉石)은 암석과 토사의 경계면의 동

결로 인한 응력의 증가로 발생한다. 이러한 상태의 부석이나 전석은 간극수의 용해로 인하여 약화되면서 떨어지게 된다.

3) 누수에 의한 손상

댐체 및 기초 지반의 누수는 자칫 파이핑을 유발하여 댐체의 붕괴를 초래할 수 있기 때문에 댐체 및 기초 지반에 대한 누수 제어가 필요하게 된다. 댐에서 누수의 주요 경로는 다음과 같다.

- ① 불량재료에 의한 차수벽의 시공
- ② 차수벽 또는 댐체의 균열
- ③ 댐체의 다짐 부족부 등 약선에 유선의 집중 현상
- ④ 댐체기초의 착암부, 양안 접합부 및 앞 시공부위와의 접합부
- ⑤ 계측기 매설시 케이블 매설부위
- ⑥ 투수성 기초 지반
- ⑦ 기초 암반내의 용해 작용 또는 침식작용에 의한 공극 및 공동
- ⑧ 동물 또는 나무뿌리에 의한 구멍

파이핑이나 세굴에 의한 파괴는 물이 댐체를 통하여 누수되면서 공동을 형성하게 되고 댐 하류단을 침식하면서 발생되는데 누수되는 유속이 증대됨에 따라 토사들을 대량으로 유실시키면서 댐 마루부가 무너져 내리고 월류 상태의 경우와 유사한 양상으로 파괴가 진행된다.

4) 사면의 활동파괴

흙댐의 사면 활동 파괴는 사면 형상의 변화, 상재 하중의 증가, 간극수압의 증가, 침투수, 지진시의 관성력 등이 주원인으로 작용하는데, 파괴에 도달하는 양상이 점진적인 것과 순간적인 것이 있다.

5) 구조물의 자체 변위

흙댐은 차수벽과 표토부위와의 압밀상태, 구조물 자체의 하중, 지형 및 지질 조건 등의 인자에 의해서 연직 방향과 수평 방향으로 변위를 일으킨다. 댐체의 연직 변위는 댐의 여유고 (free board)를 감소시키고 때로는 파괴의 원인으로도 나타난다. 그리고 차수벽에 비하여 표토부위의 다짐불량으로 부등침하가 발생시에는 사면 붕괴를 일으킬 수도 있다.

6) 기초 지반의 불안정

기초 지반의 불안정은 지반 재료의 공학적 성질과 지반 개량에 많은 영향을 준다. 부등 침하, 활동, 과도한 응력, 연약층대, 부적절한 투수 조절 등은 구조물의 파괴를 유발시키는 인자들이다. 육안으로 알 수 있는 구조물의 균열은 기초의 부등 침하를 암시하고, 지하수나 탄화수소 등의 추출로 인한 부분적인 침하는 기초 지반의 침하와 구조물의 균열을 발생시킨다. 구조물과 기초의 침하와 그에 따른 균열은 기초 지반의 지지능력을 감소시켜 지반이 붕괴되기도 한다. 기초 지반의 붕괴는 밀도와 자연 함수비가 적은 가는 모래나 실트층에서 많이 발생한다. 기초 지반을 통한 침투수는 지반토의 파이핑 현상과 용해물질의 용해에 의한 세굴의 원인이 되고, 그에 따라 지반 내부에 공극의 발생으로 인하여 지반의 불안정 요인이 된다.

7) 지진에 의한 손상에 대한 보수·보강

지진에 의한 흙댐의 피해 원인으로는 지반의 액상화, 부등침하, 균열, 누수, 사면 활동, 댐체의 변위, 댐부대구조물과 지반의 상호 작용 등이 있다.

8) 기타의 손상

(1) 댐체의 균열

흙댐에서는 쌓은 흙의 부등 침하에 의한 균열, 쌓기한 흙의 건조나 동물 구멍에 의한 균열 또는 파괴로 인한 쌓은 흙의 균열 등이 생긴다.

(2) 강우, 융설 및 지하수에 의한 손상

흙댐의 파괴는 강우, 강설에 의하여 발생하는 예가 많다. 강우는 활동 토피의 단위 중량을 증가시키고 동시에 붕괴면에서 유효 응력을 감소시킨다. 즉 활동력은 증가되고 저항력은 감소된다. 이와 같은 현상은 지하수위 상승에 의하여도 발생한다. 융설은 지하수위의 상승을 유발시킬 수도 있지만 일반적으로 융설에 의한 붕괴는 별로 없다. 그러나 다설 지대에서는 흙 구조물 붕괴는 융설시에 집중될 수도 있다. 강우, 융설 등의 물이 흙 구조물 붕괴에 미치는 영향이 큰 경우도 있지만 이는 지역에 따라서 다르므로 각 지역의 지질적 특징, 기상적 특징, 지형적 특징 등의 자연 현상을 충분히 고려하여 양적으로 파악해야 한다. 강우, 융설은 거의 지하수 압력의 증가와 댐체내의 공극수압의 증가로 연결되며 결과적으로 흙 구조물의 파괴를 일으키는 경우가 많다. 이외에도 지하수압의 증가는 이 외에도 댐의 담수에 의한 지하수 분포의 변화와 인위적인 지형 변화에 따라서도 발생한다.

2.1.2 점검방법

1) 점검 계획

점검의 목적은 댐체등이 항상 최적의 양호한 상태로 유지되어 주어진 기능을 다하는지를 조사하는 것이다. 따라서, 효과적이고 안전한 시설물의 점검을 위해서는 철저한 사전 계획과 준비가 필요하다.

- (1) 점검계획에 맞추어 각 분야별 조사범위와 세부항목을 결정한다.
- (2) 이미 발생된 결함의 원인을 확인하기 위하여 기존자료를 검토한다.
- (3) 분야별 조사 인원을 판단하여 투입계획을 수립한다.
- (4) 비파괴 시험을 포함한 기타 실험실시에 대한 적정성 여부를 판단한다.
- (5) 조사범위와 세부항목에 따라 적절한 점검기관을 설정한다.
- (6) 점검의 시급성과 작업의 효율성을 고려하여 점검시기를 결정하고 아래와 같은 경우에 점검을 실시한다.
 - ① 수문에 의한 방류 실시 전후
 - ② 집중호우, 태풍, 지진 등 비정상 상태가 발생한 경우
 - ④ 지진에 의한 피해가 발생한 경우
 - ③ 댐시설의 유지관리상 필요하다고 판단되는 경우
- (7) 분야별 세부조사 항목에 적합한 장비를 준비한다.
- (8) 조사부위의 접근방법은 안전에 유의해서 해야 하며, 특히 구조물의 수중부위의 조사시 보트를 이용할 경우에는 구명의를 착용하고 잠수부 이용법을 강구한다.
- (9) 점검 업무 및 접근 방법과 관련하여 점검자는 안전사고 예방에 유의하여야 한다.
- (10) 타기관의 협조 및 공지사항등을 고려해야 한다.

2) 점검사항

세부시설 및 점검사항은 (표 2-1)과 같다.

(표 2-1) 세부시설별 점검사항

점 검 부 위	점 검 사 항
제방내부	<ul style="list-style-type: none"> - 매설계기 측정장치 작동상태 - 기타사항
댐마루부	<ul style="list-style-type: none"> - 표면 균열 상태 - 침하 상태 - 변위 상태 - 기타사항
상하류사면	<ul style="list-style-type: none"> - 세굴 - 누수(파이핑) - 사면붕괴(함몰 또는 상승) - 계측시설 손상상태 - 동물서식 및 식생상태 - 양안부와 접촉상태 - 사면 보호공(잔디, 장식)의 손실 상태 - 기타사항
양 안 부	<ul style="list-style-type: none"> - 제방과의 접합상태 - 누수여부 - 식생 상태 - 양안 산측의 유출수가 외제측으로 침투되는 상태 - 기타사항
접근수로	<ul style="list-style-type: none"> - 도류부 세굴 상태 - 균열 상태 - 접합 상태 - 주변보호공 상태 - 장애물 여부 - 기타사항

3) 점검요령

가) 흙댐에서의 누수는 발생위치, 누수량, 혼탁상태 등을 조사해야 하며 누수발생 위치는 주로 댐하류사면, 댐하류측 기초부위, 양안부, 댐체의 서로 다른 재료 접합부위 등을 중심으로 상세히 조사 해야한다.

- 나) 특별한 이유없이 누수량이 갑자기 증가하는 것은 댐의 손상이 진행되고 있음을 의미하며, 특히 누수가 청수에서 뿌영계 또는 탁류로 변화하는 것은 파이핑현상에 의한 토립자의 유실을 의미하므로 정밀조사를 해야 한다.
- 다) 콘크리트댐의 균열, 침하 및 열화상태에 대하여 세심한 점검을 하여야 하며 과도한 응력에 대한 댐체의 변형과 기초지반의 침하현상 발생여부에 대하여 점검하여야 한다.
- 라) 균열은 누수의 경로가 되어 댐 결함의 중요한 요인이 될 수 있으므로 균열위치, 방향, 깊이, 길이를 면밀히 점검하여야 하며 특히 콘크리트댐에서의 이음새 손상 및 누수상태에 대하여 점검해야 한다.
- 마) 흙댐에서의 부등침하는 균열을 동반시킬뿐만 아니라 침하율이 큰 경우에는 댐체나 기초지반을 통하여 누수에 의한 파이핑현상 또는 내부침식에 의한 재료의 손실 및 댐 하부의 함몰 등이 일어날 수 있으므로 과도한 침하 또는 부등침하에 대하여 세심한 점검을 해야 한다.
- 바) 상류사면에서는 저류수에 의하여 침식 또는 함몰현상이 발생할 수 있으며 저수지 수위의 급격한 변동시에는 사면활동이 발생할 수 있으므로 저수지 내에서의 파랑, 비, 바람, 소용돌이에 의한 손상상태를 면밀히 조사해야 한다.
- 사) 하류사면에서는 저수위의 변화와 일기를 고려한 누수량의 변화상태와 온도 변화 그리고 습지 유무 등을 조사해야 한다.
- 아) 양안부의 사면안정 검토를 위하여 지형 및 지질 상태, 식생상태, 인장균열 여부 등을 조사해야 한다.
- 자) 댐마루에서의 차량흔적 및 가이드레일의 손상상태를 조사하며 댐표면에 위치한 매설계기 및 기타 시설물의 손상상태를 조사해야 한다.
- 차) 계측자료의 검토결과 댐 안전에 영향을 미칠만큼 변화가 있을 경우 기타 점검결과와의 상관성을 면밀히 검토해야 한다.
- 카) 댐체에서의 식생상태와 유해동물의 서식에 의한 손상상태에 대하여 조사해야 한다.

4) 점검결과의 기록

시설물의 점검자료는 시설물 유지관리에 있어서 가장 기본적인 자료인 동시에 가장 중요한 자료이므로 일관된 양식에 의해서 작성되어야 하며 이들을 체계적으로 보관해야 한다. 점검 결과는 다음의 항목에 따라 점검 양식에 기록하여 보관한다.

- (1) 구조물현황 : 건설연도, 규모, 입지환경, 재료, 피해이력, 보수 등의 공사기록
- (2) 일상점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책
- (3) 긴급점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(4) 정밀안전진단기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(표 2-2) 일상점검표(I)

시설물명		관리주체	
준공년월일	년 월 일	최종점검년월일	년 월 일
세부시설명	점검결과		
제 방	댐마루		
	상류사면		
	하류사면		
	기 타		

(표 2-3) 정기점검표(일반현황)

시 설 물 명		준공년월일		()중시설물	
시설물위치			시설물관리번호		
관 리 주 체		주 소		Tel	
하 천 명		유역면적			
하 천 등 급		(직할,지방,준용)하천		만수면적	
제 방 규 모	연 장		제 고		
	높 이		댐마루표고		
	상류경사		하류경사		
	최대저폭		제 정 폭		
설 계 홍 수 량			제 체 적		
홍 수 위		배 수 감 문	연 장	통 수 폭	
만 수 위				통 선 폭	
관 리 수 위				어 도 폭	
사 수 위			문 비 수		
총 저 수 량			문 비 규 격		
유효저수량			권양기형식		
사 수 량			배수감문수		
간 만 조 위			배수감문규격		
점 검 준 비 사 항					
구 분		최 종 점 검		금 회 점 검	
점 검 종 류					
점 검 기 관					
점 검 일		~ (개월)		~ (개월)	
점검특기사항					

(표 2-4) 상태평가 총괄표

세 부 시 설		상태등급	주 요 결 함 사 항	비 고
제 방	제 정			
	상류사면			
	하류사면			

주) 1. 상태평가 등급

A : 문제점이 없는 최상의 상태

B : 경미한 손상의 양호한 상태

C : 보조부재에 손상이 있는 보통의 상태

D : 주요부재가 노후화 되어 긴급한 보수·보강이 필요한 상태(사용제한 여부 판단)

E : 주요부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안정성에 위험이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

5) 점검결과의 판정

점검결과 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하며 결함의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계로 상태등급을 매기고, 상태등급에 따라 조치를 취한다.

(표 2-5) 점검항목에 대한 평가 등급 기준

등 급	상 태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상이 있으나 대체로 양호한 상태
C	보조 부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요 부재의 노후화(강재의 피로 균열, 콘크리트의 전단 균열, 침하)로 긴급한 보수, 보강이 필요한 상태(사용 제한 여부를 판단)
E	주요 부재에 심각한 노후화 또는 단면 손실이 발생하였거나 안전성에 위험이 있어 시설물을 즉각 사용 금지토록 하고 개축이 필요한 상태

2.1.3 손상 원인

1) 월류에 의한 손상

- 물넘이 능력부족에 의한 여유고 부족
- 파랑변화에 의한 여유고 부족
- 저수용량 부족에 따른 여유고 부족(홍수조절용 댐)

2) 동해에 의한 손상

- 증가된 함수비로 인하여 지반이 연약화 됨
- 침투수나 누수로 인하여 발생

3) 누수에 의한 손상

- 시공부위에 맞는 양질의 재료가 사용되지 않음
- 침투수로 인하여 코어가 침식되기 쉬운 재료 사용
- 규격에 맞지않은 필터재료 사용
- 댐체의 다짐불충분
- 댐체 재료의 동결

4) 사면의 활동 파괴

- 흙의 포화로 활동력의 증가 및 전단강도 저하
- 상재하중 등의 증가에 따른 전단 응력의 증가
- 지진시의 관성력의 발생
- 인위적인 사면 절취 등에 따른 사면 형상변화
- 동물 또는 나무뿌리에 의한 구멍 발생
- 간극 수압의 증가

5) 구조물의 자체변위

- 댐체의 하중
- 지형 및 지질조건(공동, 단층등)

6) 기초지반의 불안정

- 부등침하
- 활동
- 과도한 응력
- 연약층대
- 부적절한 투수조절

7) 지진에 의한 손상

- 지반의 액상화
- 부등침하
- 균열
- 누수
- 사면 활동
- 댐체의 변위
- 부대구조물과 지반의 상호 작용

8) 기타의 손상

- 균열 : · 흙쌓기 부위의 부등 침하에 의한 균열
- 성토한 흙의 건조
- 동물 구멍에 의한 균열

2.1.4 보수, 보강 공법

댐의 보수, 보강은 댐의 손상된 부위를 개선함과 동시에 댐의 기능을 회복시키는데 목적이 있다.

댐 시설물에 대하여 일상점검, 정기점검, 긴급점검 및 정밀 안전진단을 실시한 후 손상이 발견되면 해당 손상내용에 적절한 보수, 보강조치를 실시해야 한다.

보수, 보강에 관한 항목은 다음과 같다.

- (1) 월류에 대한 보수, 보강 조치
- (2) 동해에 대한 보수, 보강 조치
- (3) 누수에 대한 보수, 보강 조치
- (4) 마모에 대한 보수, 보강 조치

- (5) 사면의 활동에 대한 보수, 보강 조치
- (6) 변위에 대한 보수, 보강 조치
- (7) 기초 지반의 불안정에 대한 보수, 보강 조치
- (8) 기타의 손상에 대한 보수, 보강 조치

1) 월류에 대한 보수·보강

(1) 물넘이 능력부족에 의한 여유고 부족

설계빈도설정의 부적정, 유역내의 임상이나 토지이용의 변화, 계산착오 등으로 인한 홍수량 증가로 댐체의 여유고 부족현상이 발생할 경우 발생원인별로 대책을 수립하여야 한다.

물넘이의 홍수배제능력의 원인이 강우자료의 부족, 계획홍수량 빈도설정의 부적정, 저수지 유역에 주거지나 농지의 개발, 벌목 등에 의한 토양피복의 변화로 인한 유출량 및 홍수량의 증가 또는 수문계산이나 수리계산의 착오에 의한 것일 때는 물넘이의 길이를 연장하거나 수문을 설치하여 홍수배제량을 늘이는 방안을 검토한다. 물넘이가 웨어식 또는 측구식일 때는 현지어건이 허락하는 대로 월류부의 길이를 직선 또는 사선으로 연장시키거나, 최근 외국에서 활용되고 있는 오리부리(Duckbill)형 웨어 등으로 변화시켜 물넘이의 길이를 연장시키도록 한다.

이와 같은 물넘이의 구조변경이 어렵고, 물넘이의 월류수심을 늘이는 것이 댐체의 안정을 위협하면 제고를 높이고 댐체를 보강하여야 한다.

(2) 파랑변화에 의한 여유고 부족

댐체의 사면이 파랑에 의하여 손상되거나 파랑이 계산된 높이보다 높게 올라간 흔적이 발견될 경우나 현지의 조사나 설계서를 검토한 결과 파랑인자의 변화로 여유고 부족이 예상될 경우 대안거리, 풍향 및 풍속 등의 설정착오, 사면의 사석이탈로 인한 조도의 변화, 댐체의 침하, 계산착오 등의 원인분석에 따라 적절한 보수보강공법을 수립하여야 한다.

파랑인자의 변화에 의한 댐체의 여유고 부족에 대해서는 일반적으로 파랑의 변호를 근원적으로 막기는 어려우므로 댐체사면의 사석보강으로 조도를 높이고 파랑을 분쇄하여 기어올림을 억제시키거나 방파시설을 설치하여 파도가 기어올라가거나 댐체를 월류하지 못하도록 하는 방법을 채택한다.

(3) 저수용량 부족에 따른 여유고 부족(홍수조절용댐)

물넘이의 능력부족이 저수지 사면의 활동이나 장기간 유역으로부터 배출된 토사가 저수지로 유입, 퇴적됨으로서 저수용량이 감소하고 수리현상이 변한 것이 주원인일 경우에는 침식이나 세굴의 근원적인 발생차단, 발생한 세굴토양의 저수지 유입방지, 퇴적된 토사의 준설 등의 대책을 수립하여야 한다.

- ① 저수지 사면이 수면부에서 과량에 의하여 깊게 침식되어 상류사면이 활동되거나, 사면으로 배출수가 모여 침식을 확대시키거나, 다른 원인으로 인하여 사면의 활동이나 침식이 계속되거나 장래에 발생할 가능성이 있으면 옹벽이나 말뚝의 설치 등 사면활동을 방지할 수 있는 공법의 적용
- ② 유역내에서의 벌목, 농지 및 주거지 개발 등 토지이용의 변화, 기타 원인으로 인하여 침식 및 세굴된 토사의 저수지 유입으로 저수용량이 감소되는 경우에는 임상을 회복하기 위한 식목 및 식생, 농경지 등의 사면침식을 방지하기 위한 계단설치, 작목선택, 배수로 보강 및 토사의 배출을 방지하기 위한 방지턱이나 침사지 설치
- ③ 유출된 토사가 저수지로 유입되는 것을 방지하기 위해서는 저수지 유입부에서 홍수시 유속이 충분히 줄어져 토사침전이 유도될 수 있는 적정규모의 침사지 설치
- ④ 저수지내에 토사가 많이 퇴적되어 있으면 상세한 측량에 근거하여 퇴적량을 계산하여 준설

2) 동해에 대한 보수·보강

적용공법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차수벽 설치 ○ 그라우팅 공법 ○ 배수대 설치 ○ 모관수 상승 차단대 설치
------	--

흙댐에서의 동해는 댐체의 투수성을 증대시키고 용해시에는 함수비를 높게 만든다. 따라서 동해가 발생하는 근본적인 원인은 침투수나 누수에 기인되므로 이에 대한 대책을 강구하여야 한다. 보수보강공법으로는 상·하류 사면에 대한 차수벽 설치와 그라우팅공법 등이 있다.

3) 누수에 대한 보수·보강

적용공법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차수벽 설치 ○ 불투수층 포설 ○ 슬러리 트랜치 설치 ○ 그라우팅 설치 ○ 배수로 설치 ○ 감압정 설치 ○ 블랭킷 시공
------	--

댐을 본래의 상태대로 유지하는 것은 적절하게 설계된 배수기능과 잘 운용되는 배수시스템에 달려 있다고 해도 과언이 아니다. 댐에서의 과도한 침투는 댐 또는 저수지의 안전을 위해

롭게 하므로 여러 가지 대책안이 고려되어야 한다. 우선 저수지 수위를 낮추어야 할 경우가 있다. 이것은 동수경사(Hydraulic Gradient)를 감소시키기 위한 것으로 영구적인 보수작업이 완료될 때까지 필요한 일시적인 단계로 고려될 수 있다.

투수성 지반을 통한 침투조절 수단은 몇 가지 방법이 있으며, 이들 몇몇 종류의 침투조절 수단이 조합되어 채택되어지는 경우가 많다. 불투수성 지반에 설치된 차수벽은 댐체 밑에 위치하는 것으로, 이러한 차수벽은 댐체 재료의 손상을 피하기 위하여 침투경사를 낮출 수 있도록 충분히 넓어야 하고 응력집중을 피하기 위해 굴착경사를 유지해야 한다. 만약 이러한 방법이 불확실하다면 아래와 같은 방법들과 조합해서 사용하는 것을 고려해야 한다.

- 댐체의 상류측에 불투수층 포설
- 슬러리 트렌치(Slurry trench) 설치
- 그라우팅 공법에 의한 차수벽(Curtain grout) 설치
- 콘크리트 차수벽(Concrete cutoff wall) 설치
- 수직 배수로(Vertical drain) 설치
- 감압정(Relief well) 설치

그라우팅은 구조물의 균열뿐만 아니라 기초지반에서의 침투수를 차단하기 위하여 시행된다. 그러나, 그 자체만으로 누수에 대한 문제가 전부 해결되는 것은 아니므로 다른 배수시스템과 조합되어야 할 때 더욱 효과가 크다. 그라우팅은 현장상태에 따라 주입재와 적절한 배합비율로 혼합되어야 하며, 댐체 또는 기초에 피해를 주지 않기 위해 적절한 압력하에서 주입해야 한다. 댐체기초에 그라우팅 공법에 의한 차수벽을 만들기 위해서는 일반적으로 단열로 하는 것이 바람직하나, 경우에 따라서는 2~3열로 하는 경우도 있다. 이때 배수시스템과 그라우팅 차수벽의 효율을 조사하기 위하여 일련의 압력계(Piezometer)를 설치할 수도 있다.

토사에 대한 그라우팅 방법과 암반에 대한 그라우팅 방법은 근본적으로 같으며, 주입은 아래에서 위로 주입하는 상향식이나 위에서 아래로 주입하는 하향식이 있는데 이는 주입대상 구간 지층의 찬공 공벽 유지여부 등 지층의 여건에 따라 결정해야 한다.

주입압력은 대개 저수압 $\times 1.5$ 를 기준하나 투수시험단계에서 단계별 가압시험을 실시하여 시험구간별 지층의 변위점을 구하고 이의 자료에 의해 적정주입압력(변위점 압력의 80%)을 결정하며, 물·시멘트비 10:1의 농도에서 소요주입압력 30분 이상, 주입심도 1m당 주입량 0.05 l/min 이하가 되었을 때 주입을 종결한다.

큰 공동이나 과포화상태로 다량주입이 예상되는 경우에는 시멘트 배합비를 줄이고 모래나 점토의 혼합비율을 높여서 주입하고 어느 정도 충전되었을 때는 시멘트의 비율을 점차 높여 최종 소요 압력에 달할 때까지 주입한다.

투수계수 $K = 10^{-2} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ 정도의 투수성지반은 시멘트단일 주입이 유효하게 적용되나 간극이 적어서 주입이 잘 안될 때는 벤토나이트를 혼합하여 주입하면 효과적이다.

그라우팅은 결코 이상적인 원형 상으로 주입되는 것이 아니므로 댐체 내부에 균열 또는 공동이

있는 경우, 그 방향으로 대부분 들어갈 수 있다는 점에 유의해야 한다. 그라우팅의 효과는 육안으로 확인할 수 없으므로 특히 숙련된 기술자의 지시에 따라 시공하는 것이 무엇보다 중요하다.

하류사면에서의 침출수가 일정한 저수지 수위 이상에서만 나타나는 경우에는 댐체 하부가 양호하다는 증거이므로 그 저수지 수위와 침출면을 연계한 직선의 약 2m 아래까지 댐 마루로부터 그라우팅하는 것이 효과적이다.

기초에서의 침투는 기초에 지수벽을 설치함으로써 가장 효과적으로 조절할 수 있으며, 이것은 암반 또는 댐체에서의 침투를 차단하기 위한 기존의 배수시스템과 조합을 이루어야 한다. 지수벽을 기존 댐에 설치할 때에는 안정성에 대한 영향을 신중히 검토하여야 한다. 만약 댐체를 보수하여 침투수를 조절한다면, 지수벽을 댐체 상류측에 설치하는 것이 바람직하다.

블랭킷 공법은 침투억제를 위한 방법으로 댐 상류사면의 모든 경계를 따라 포설한다. 블랭킷은 일반적으로 점질토로 시공하며, 플라스틱 쉬트와 같은 재료들도 사용되고 있다. 이러한 블랭킷용 재료는 방수성을 확인할 수 있도록 설계되어야 한다. 블랭킷 시공시에는 포설에 세심한 주의가 필요하며, 블랭킷의 두께는 최소한 0.9m가 되어야 하고, 댐체와 잘 결합되어야 한다. 블랭킷이 위치한 곳에서는 침식이 일어나기 쉬우므로 블랭킷 설치후 표면에는 복토재료 등으로 보호하여야 한다.

4) 사면활동에 의한 보수·보강

적용공법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저수지 수위 저하 ○ 배수대 설치 ○ 말뚝 타설 공법 ○ 압성토 공법 ○ 사면복공 ○ 표면 차수벽 설치
------	--

대규모 활동에 대한 대책공법은 많은 경비가 소요되며, 잘못 적용 할 경우 역효과를 가져올 수도 있으므로 활동의 주 원인과 활용규모를 정확히 검토할 필요가 있다. 사면 활동 방지 공법으로는 저수지 수위 저하방법, 말뚝 타설방법, 압성토 공법 등이 있다. 특히 상류 사면의 손상은 쇄파 또는 월파에 의하여 손상되는 경우가 있으며, 이와 같은 경우, 사석(Riprap)의 손상, 콘크리트 블럭의 손상, 사석의 이동 등으로 나타나게 된다. 이는 결국 피복석을 지지하고 있는 하부의 지지층이 침식되어 생기는 경우가 대부분이다.

이에 대한 보수방법으로는 침식부위를 되메움하고 피복석을 재설치하는 방법이 주로 적용되며 경우에 따라서는 아스팔트 콘크리트 층을 부설하기도 한다.

하류사면이 활동될 경우에는 압성토를 하거나 댐체내에 배수대를 설치하여 공극수압을 낮추어 줌으로서 활동을 방지할 수 있다.

5) 구조물의 댐체 변위에 대한 보수·보강

적용공법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 치환공법 ○ 그라우팅 공법 ○ 덧쌓기 공법 ○ 방파벽 설치 공법
------	--

흙댐에서의 과도한 변위는 댐 표면에 균열을 발생시키고, 인접 구조물을 손상시킨다. 이러한 변위에 의한 손상을 방지하기 위한 방법으로는 변위가 발생하는 부위를 양질의 축조재료로 치환하는 방법과 그라우팅 방법 등이 있다.

댐마루 침하에 대해서는 덧쌓기 공법이 있는데 이 대책을 고려할 때 댐마루에 방파벽을 설치할 경우, 댐마루에 암석재의 덧쌓기 보다는 방파벽의 높이를 조정하는 것이 보다 효과적인 경우가 많다.

덧쌓기 높이는 댐체의 침하량과 밀접한 관계가 있는 것으로서 댐마루 침하는 축조재료의 종류, 질, 입도, 다짐방법, 댐높이 등 여러 가지 사항에 관계되므로 간단히 결정되기는 어렵다.

흙댐에서의 침하는 축조 초기 2~3년 동안에 많이 일어나게 되며, 그 이후에는 침하율이 둔화되어 거의 무시할 수준으로 떨어지는 것이 일반적이다.

6) 기초지반의 불안정에 대한 보수·보강

적용방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 그라우팅 공법 ○ 시트파일 공법
------	--

흙댐에서의 균열은 크게 건조수축에 의한 균열과 구조적인 균열로 분류할 수 있다. 표면건조로 인하여 미세균열이 형성되는 것을 건조수축에 의한 균열(Desiccation 혹은 Drying Cracks)이라 한다.

이러한 균열은 구조적인 균열이나 침하균열과 혼동되지 않아야 한다. 건조수축형 균열은 대개 불규칙하거나 댐축에 평행하게 나타나며, 일반적으로 댐마루의 상·하류 어깨 부근에서 나타난다. 또한 이들 균열들은 댐축에 따라 간헐적으로 나타나기도 하며, 깊이는 약 1.2m 내외이다. 건조수축 균열의 상태가 구조적 균열과 구별되는 중요한 요소는 폭이 좁고 수직단차가 나타나지 않는다는 것이다.

조사시 건조수축 균열로 보이더라도 미심쩍은 부분은 초기에 구조적 균열에서 조사하는 것과 비슷한 방법으로 측정해야 한다. 또한 측정 후에는 표지(標識)를 해두고 폭이나 수직단차의 변화가 있는지를 알아보기 위해 균열의 어느 한 측면에 핀을 설치해야 한다. 이러한 균열

들은 종종 기후인자나 함수비 변화에 의해 균열이 매워질 수도 있다. 그렇지 않으면, 표면 유출수의 유입으로 댐체 내부가 포화되는 것을 방지하기 위하여 균열을 채울 필요가 있으며, 이때에는 균열을 흙으로 메운 뒤 다짐을 하고, 추가로 댐 마루에서 건조형 균열이 발생한 지역에서 직접유출이 되지 않도록 구배를 완만하게 해야한다.

한편, 구조적인 균열은 재료적인 측면과 구조적인 측면에 의해 발생할 수 있다. 이러한 경우 균열에 대한 보수는 손상에 대한 정확한 상태와 원인, 보수효과에 대한 전문적인 기술이 요구된다. 균열에 대한 보수는 일반적으로 시멘트-벤토나이트 밀크 그라우팅이 행해지고 있으며, 이러한 보수·보강공법만으로 충분치 않은 경우에는 기타 보수·보강공법을 병용하여 실시할 수도 있다.

기타 보수·보강공법으로 균열부위를 절취한 후 토목섬유를 부설하는 방법과 반투수성 토목섬유 또는 아스팔트-콘크리트 표면 차수벽 공법도 고려할 수 있으며, 손상의 정도, 사용성, 경제성 등을 충분히 고려하여 폐쇄 또는 개축을 하는 것도 하나의 방법이다.

이러한 여러 가지 인자들을 고려하여 손상에 대한 대책방안을 강구하여야 한다. 이들에 대한 판단은 매우 다양하고 심도있는 검토가 요구되므로 일률적으로 공법을 제언하기는 어려우며, 관련 전문가의 올바른 판단에 의하여 이루어져야 한다.

(표 2-6) 댐 시설물의 손상 현상별 보수대책

시 설 물	부 위	손 상 현 상	보 수 보 강 대 책	
댐체	흙댐	댐 마루	균 열	그라우팅 공법, 치환공법
			변 형	그라우팅 공법, 치환공법
			침 하	그라우팅 공법, 치환공법
			동식물의 흔적	그라우팅 공법, 치환공법, 식생의 제거
	상류사면	활 동	그라우팅 공법, 치환공법, 수위낮춤, 압성토 공법	
		균 열	그라우팅 공법, 치환공법	
		침 식	치환공법, 수위낮춤, 아스팔트 지수 공법	
	하류사면	활 동	치환공법, 수위 낮춤, 압성토 공법, 말뚝공법	
		균 열	그라우팅 공법, 치환 공법	
		누 수	그라우팅 공법, 아스팔트 지수 공법, 시트 파일 공법, 점토 지수 공법	

7) 지진에 의한 손상에 대한 보수, 보강

지진에 의한 흙댐의 피해 원인으로는 지반의 액상화, 부동침하, 균열, 누수, 사면 활동, 댐체의 변위, 댐부대구조물과 지반의 상호 작용 등이 있다.

지반의 액상화는 포화된 점착력이 없는 사질토 지반에 지진이 발생하면 토질속의 간극 수압의 증가로 인하여 간극수가 지표면으로 상승작용을 하게 되며 사질토립자를 액체상태로 상태 변화를 발생시킨다. 이러한 현상을 액상화라 하며 액상화는 지반지지력의 저하 또는 지지면의 상실을 유발하고, 이로 인하여 흙댐의 붕괴를 유발한다.

액상화는 모래질 지반에서 유발되기 쉬우며 일반적인 대책은 지진중에 토층의 간극수압 소산을 촉진시키기 위하여 배수말뚝, 쇄석말뚝 등을 지반에 박는 것과 지반을 압밀시키기 위한 다짐공법과 바이브로플로테이션(vibrofloatation)공법과 댐체의 균열이 발생했을 때에는 그라우팅공법이 적합한 방법이다.

액상화 현상의 피해는 진동의 지속시간 뿐만아니라 점성에도 관계가 있는데 모래에 점토분을 함유한 점토는 점성이 높아 액상화가 일어나지 않으며 지반의 침하가 작아 지진의 피해가 경미하므로 댐의 성토제는 점토분을 함유한 토사를 성토재로 사용하면 지진의 피해를 줄일 수도 있다.

그 밖에 지진에 의하여 누수, 사면활동, 댐체의 변위가 발생하였을 때의 보수, 보강은 2.1.4 - 3), 4), 5), 6)에 제시된 항목에 의거 보수,보강조치를 하여야 한다.

8) 보수보강공법의 특징

(1) 그라우팅(Grouting) 공법

물, 시멘트, 벤토나이트 등의 재료를 혼합하여 토립자의 간극, 토층의 경계, 암반 및 콘크리트 구조물의 균열 등에 주입하는 공법으로서, 흙댐과 콘크리트댐에서 기초 지반의 누수, 침하, 균열, 양압력의 경감 등 보강 및 지수에 사용된다. 그라우팅 공법에는 사용되는 주입재의 종류에 따라 시멘트 그라우팅, 벤토나이트 그라우팅, 시멘트 벤토나이트 그라우팅, 케미칼 그라우팅, 폴리우레탄 그라우팅 공법 등이 있으며 그 중 흙댐의 손상에는 시멘트, 벤토나이트, 시멘트 벤토나이트 그라우팅 공법이 주로 사용된다.

(2) 치환 공법

손상 부분을 제거하고 같은 재료로 치환하는 것으로서, 소규모의 활동, 붕괴, 댐체의 균열 손상에 사용된다. 치환 공법의 종류는 다음과 같다.

- ① 손상이 발생한 부분을 굴착한다.
- ② 제거된 부분의 재료와 동일한 재료를 사용하여 재시공한다.

③ 동일한 재료가 없을 경우에는 같은 효과를 낼 수 있도록 재료를 혼합하여 사용한다.

(3) 압성토 공법

기초 지반의 활동으로 인한 손상을 막기 위하여 댐 사면 전면부분에 소단 모양의 압성토를 설치하는 공법이다. 압성토의 시공 방법은 다음과 같다.

- ① 활동이 예상되는 댐 하류 사면에 흙을 성토한다.
- ② 성토시 충분한 전단응력을 가질 수 있도록 다진다.
- ③ 압성토의 높이와 길이는 댐 사면의 안정도 검토 결과에 따라서 정한다.

(4) 아스팔트 지수 공법

아스팔트는 기초 지반의 압밀 변형에 대응할 수 있고 뒨 특성 및 불투수성이 우수하여 댐 등과 같은 수공구조물에 많이 사용한다. 주로 흙댐의 상류 사면, 댐마루, 수로 등의 표면 처리에 사용된다. 아스팔트 지수공법의 시공방법은 다음과 같다.

- ① 아스팔트 차수층은 적어도 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 압력으로 균등하게 시공한다.
- ② 일광이나 기타의 노후화 현상을 방지 위하여 차수층 위에 5~10cm 두께의 보호층을 만든다.

(5) 쉬트 파일(Sheet pile) 공법

쉬트 파일을 관입틀로 지지하면서 진동 햄머와 워터 잛을 이용하여 타입하고, 소정의 심도에 도달한 후 관입 틀을 빼면서 단부속에 불투수성 그라우팅재를 충전하여 지수벽을 만드는 공법이다. 이 공법은 지수외에 응력 차단, 세굴 방지 등을 목적으로 사용할 수 있으며, 적용 범위는 기초 지반의 누수 방지, 주위의 지하수위 변동에 의한 연속 침하 방지 등에 사용한다.

(6) 점토 블랭킷 공법

사면 기울기를 그대로 하고 소단 형태로 점토를 피복하는 방법으로서, 일반적인 시공 방법은 점토를 최적 함수비로 조절하여 흙을 쌓고 다짐한다. 댐바닥의 수평층은 한층이 20cm 정도가 되도록 깔고, 최대 건조 밀도의 98% 이상 되게 다짐한다. 사면의 경우는 폭 3cm 정도로 아래에서 위로 차수막을 설치한다. 물에 의한 점토의 침식과 용해를 방지하기 위하여 자갈로 덮는다. 점토 지수층의 두께는 최소 50cm 이상으로 한다.

(7) 실링(sealing) 공법

주로 아스팔트를 사용하여 방수 목적으로 구조물의 표면에 얇은 피막을 만들거나 줄눈, 균열, 간극 등을 메우는 방법이다.

(8) 앵커(anchor) 공법

굴착 기계로 구멍을 뚫고 구멍내에 인장재를 삽입하는 동시에 시멘트계 그라우팅을 하여 앵커체를 조성하는 방법으로서, 사면 안정, 지반의 안정, 구조물의 보강 및 안정화, 댐의 균열 방지, 지반 활동 방지 등에 사용한다.

(9) 에폭시(epoxy) 주입 공법

콘크리트댐, 물넘이 등 기타 콘크리트 구조물의 균열, 누수를 방지하는 공법으로서, 특히 미세한 균열(0.05mm정도)이나 산발적인 큰 균열을 보수할 때 주로 사용한다. 에폭시 주입 시공 방법은 다음과 같다.

- ① 균열을 따라 적당한 간격으로 드릴로 구멍을 만든다.
- ② 만든 주입구에 고압으로 에폭시를 주입시킨다.

9) 조치방법 선정시 검토사항

(1) 구조적 적합성

터널 시설물에 관한 손상조치방법중에는 손상부위의 구조적 위치나 형식, 재료적 성질 등에 대해 충분히 검토하고, 기술자의 경험적 내용도 감안하여 적합한 조치방법을 채택하는 것이 중요하다.

(2) 시공성

손상조치방법을 선정할 때는 현장에서의 시공 가능성 및 교통규제(차선제한, 속도제한, 중앙제한, 통행금지 등)의 필요성을 확인해야 한다. 또한 기술적 혹은 품질적 측면에서 시공관리가 충분히 가능한지를 검토해야 하며, 시공기간과 시기 등도 검토해야 한다.

(3) 경제성

손상조치방법을 선정하는데 있어 그 효과에 비해 과도한 경비가 소요되지 않는지 각 방법에 대한 경제성도 검토해야 한다.

(4) 대민 영향도

손상조치로 인한 주변 주민에 대한 교통장애나 생활환경에의 문제점이 없는지 고려해야 한다.

(5) 미 관

손상조치 후, 손상조치가 전체적인 미관에 미치는 영향을 검토해야 한다.

(6) 기 타

이외에도 손상조치자체 및 그 영향과 사후관리 등도 포괄적으로 고려하여 합리적인 손상조치방법을 선택하여야 한다.

2.2 물넘이 · 방수로

2.2.1 손상의 형태와 점검 방법

1) 유입부 손상

(1) 유입수로내 토사매물 · 식생으로 인한 단면부족

물넘이를 설치하기 위하여 산측의 사면을 절취하면서 생긴 절토사면이 세굴 또는 활동하여 물넘이 유입부가 토사로 메워지는 경우가 많다. 유입부에서 토사가 퇴적되면 수심이 감소하고, 수초가 자라나 유입수로의 단면이 축소되어 홍수의 유출을 방해한다. 그러므로 유입수로의 퇴적조건을 조사하여 설계시의 유입수로의 조건과의 변화를 확인한다. 유입수로의 단면이 줄어들면 접근유속이 빨라져 흐름이 교란되고 수심의 변화가 커지는 수리현상이 저수위의 상승과 물넘이의 홍수배제에 미치는 영향을 분석하여야 한다.

(2) 세굴 및 지수벽 노출

① 바닥판 전면 세굴 및 지수벽 노출

물넘이 바닥판 전면이 홍수유입시 빠른 유속에 의하여 세굴되고, 세굴이 진행되면 지수벽이 노출되어 구조적으로 손상이 발생한다. 이러한 세굴, 지수벽 노출 및 손상정도와 진행상황을 조사하여 수리현상의 변화를 검토하고 보강 대책을 강구해야 한다.

② 산측 옹벽쪽 세굴

가) 파이핑 세굴

물넘이 방수로의 산측옹벽 뒤쪽사면에서 세굴이 발생하여 옹벽의 안전을 위협하고 세굴된 토사가 물넘이 유입부와 방수로로 유입하여 수리현상을 불리하게 하는 경우도 있다. 이러한 산측 사면세굴의 정도와 진행상황은 현지조사를 통하여 확인한다. 산측옹벽 후면으로 물이 모이면 배수시설을 조사하여 홍수시의 배수량을 안전하게 배제할 수 있는 배수공의 검토가 필요하다. 산측배수량을 옹벽의 배수공(weep hole)을 통하여 방수를 직접 배제시킬 때는 배수공 주위의 필터입도와 규격이 적절하지 못하면 급류에 옹벽후면 배수공 주위의 토사가 빨려나와 파이핑 세굴이 될 수 있으므로 필터의 설치 및 작동상태와 세굴의 진행상태를 조사해야 한다.

나) 강우로 인한 배면토사 유출과 세굴

옹벽의 산측 사면 활동이나 세굴이 발생하면 유출된 토사와 물이 옹벽 후면에 퇴적되거나 방수로로 흘러넘쳐 정수지나 하류하천에 퇴적되기도 한다. 그러므로 옹벽 후면에 모이는 물을 안전하게 배제하고 사면에 세굴이 발생하지 않도록 배수로와 표면보호공을 설치하기도 한다. 유출량이 많으면 별도의 측수로를 설치하기도 하지만 측수로의 경사가 급하거나, 파손되면 세굴이 가속되어 옹벽이 노출된다. 산측으로부터 세굴된 토사유출로 측수로가 막히면 다른 부분에서 세굴과 토사유출이 발생한다.

옹벽 후면에 발생하는 강우의 유출과 토사의 세굴현상은 현장에서 조사를 하여 확인하고 원인을 분석한다.

2) 댐체측 지수벽 손상

홍수시 물넘이와 댐체의 경계부에 댐체를 보호하기 위하여 설치한 지수벽 후면에서 물넘이로 유입하는 물에 의하여 세굴이 되어 지수벽이 노출되는 경우도 있다. 이와 같이 지수벽이 노출된 상태에서 세굴이 지속되면 댐체의 안전에 영향을 줄 수 있으므로 세굴진행상황을 조사하고 수리현상에 대하여도 검토해야 한다.

물넘이 방수로 유입수로의 단면감소로 유속이 증가하여 속도수두가 커지면 댐체쪽으로 물방울이 비산되고 비산량이 많아지면 댐체사면에 물줄기가 형성되어 지수벽 후면을 세굴하여 토사가 유출된다. 이러한 경우 현장조사와 관리인이나 주민으로부터 세굴의 진행이나 보수기록에 대하여도 확인하고 수리현상을 분석하여 세굴의 원인을 규명해야 한다.

3) 측수로부 옹벽 손상

(1) 여유고 부족

물넘이에서와 같이 변경된 설계기준, 강우, 유역의 임상이나 토지이용의 변화 등으로 인하여 계획홍수량보다 큰 홍수가 유입되면 측수로내의 수위가 높아진다. 이와같이 측수로의 유속이 증가하고 수위가 높아지면 측수로부의 여유고가 부족하여 양측사면의 침식이나 세굴이 발생할 수 있으므로 현지조사를 통한 확인과 수집자료 등을 이용하여 홍수량을 재산정하고 현지의 조건과 변경된 홍수량을 기초로 수리계산을 재검토하여야 한다.

측수로부의 옹벽침하는 기초지반의 다짐 부족, 지지력 부족, 또는 지반토사의 세굴에 의하여 발생하며, 측수로 바닥침하와 옹벽의 침하가 같이 되기도 한다. 측수로부 옹벽의 침하가 확인된 경우에는 침하의 원인, 과정, 정도 및 침하가 측수로의 여유고 부족에 미치는 영향을 조사하여야 한다.

측수로부터 콘크리트 마감이 거칠거나 균열, 또는 파손된 경우에는 측수로 표면의 조도가 커져 유속이 느려지고 수위가 상승한다. 또한 저수용량의 감소 등으로 홍수배제량이 증가하

면 수위가 높아져 측수로의 여유고 부족이 발생할 수 있다. 그러므로 홍수시 측수로의 수리 상황에 대하여 현장조사와, 필요시 계획홍수량에 대한 수리계산을 시행하여 측수로의 여유고를 확인해야 한다.

현지조사를 통하여 측수로의 여유고 부족이 확인되었으나 원인이 불분명할 경우에는 홍수량산정, 측수로의 수리계산, 측수로 높이 결정 등을 재검토하여 여유고 부족이 설계시의 계산 착오에 의한 것인지 확인할 필요가 있다.

(2) 세 굴

측수로 후면의 배수처리가 불량한 경우에는 강우시에 토사가 세굴되어 측수로내로 유입하거나 퇴적되어 흐름을 방해하고, 급류부를 따라 흐르면서 콘크리트면에 충격을 가하여 구조물에 손상을 줄 수도 있다. 측수로 후사면을 따라 흐르는 물에 의하여 세굴이 진행되면 옹벽이 노출되어 구조물의 안전을 위협할 수 있으므로 이에 대하여 조사한다. 현재의 세굴상황은 물론 측수로 후사면을 따라 흐르는 배수량, 배수로의 크기, 사면의 기울기 및 관리상태 등을 확인한다.

4) 측수로부 바닥 손상

측수로부 바닥콘크리트의 품질불량 또는 시공불량으로 균열, 재료분리, 파손 등이 발생하거나, 시공이음부에서부터 세굴이 확대되어 바닥의 기초까지 세굴되고 손상이 발생한다. 또한 측수로 바닥밑으로 흐르는 물을 배수시키기 위하여 설치된 배수공의 필터가 부적절하여 배수 파이프를 통하여 바닥의 토사가 세굴되어 구조물이 손상되고 안전에도 영향을 끼친다. 그러므로 측수로부의 바닥의 파손이나 손상이 우려되는 부분을 조사하여 손상의 정도와 진행상황을 확인하고 원인을 규명하여야 한다.

5) 조절부, 급류부 및 방사류부 손상

(1) 여유고 부족

물넘이나 측수로에서와 같은 원인에 의하여 조절부, 급류부 및 방사류부에서도 여유고의 부족현상이 발생할 수 있다. 홍수량의 증가에 의한 여유고 부족은 현지조사와 물넘이와 측수로의 조사분석과 연계하여 문제점을 확인하고 수리현상 및 여유고 부족이 구조물에 미칠 영향에 대해서 검토한다.

조절부, 급류부 및 방사류부에서도 시공불량, 콘크리트의 균열, 세굴, 파손 등으로 인하여 조도가 커져 수로내의 유속이 감소하고 수리상황의 변화를 초래하여 여유고 부족이 발생할 수 있다. 그러므로 구조물의 조도계수 등 수리현상 변화와 홍수량 등의 수문현상에 대하여

조사하여 분석하고 필요시는 수리모형시험이나 수치분석을 통하여 수리현상을 검토하나, 특히 조절부, 급류부 및 방사류부에서는 급류이므로 속도수두가 커지고 콘크리트의 미세한 균열이나 파손도 급속히 확대될 수 있으므로 이에 대한 철저한 조사와 분석이 필요하다.

조절부, 급류부 및 방사류부에서 침하로 수로가 낮아진 경우에는 구조적인 문제나 여유고 부족으로 손상이 발생할 수 있으므로 침하의 원인, 정도, 진행상황 등을 철저히 조사하여 원인을 규명하여야 한다.

물넘이나 측수로에서와 같이 여유고의 부족에 대한 원인이 현지조사나 수리, 수문분석을 통하여 밝혀지지 않으면 설계시의 계산착오에 의한 것인지 확인해야 한다.

(2) 세굴

조절부, 급류부 및 방사류부의 바닥면은 급경사이기 때문에 콘크리트의 품질이 불량해지기 쉽다. 수로바닥면이 거칠어 시멘트 몰탈로 표면처리하면 표면균열이 발생하기 쉬우며, 균열이나 재료가 분리된 부분에서 세굴이 시작되면 급류에 의해 세굴이 급속하게 진전되므로 철저한 조사가 필요하다. 지반이 암반이 아닌 경우에는 배수공을 통한 급속한 세굴로 구조물에 큰 손상을 줄 수 있으므로 바닥부의 시공과 배수공 부위를 철저히 조사하여 균열, 재료분리, 세굴의 진행, 배수공의 작동, 배수공 주위의 세굴, 옹벽의 노출 등을 확인한다. 배수공 부위가 세굴되는 경우에도 세굴의 정도와 지속적으로 세굴이 발생할 것인지에 대해서도 조사해야 한다.

조절부, 급류부나 및 방사류부가 원활하게 연결되지 못하였거나, 시공이음부의 처리불량, 콘크리트 파손 및 재료분리 부분에서 급류수맥이 바닥면에서 분리되고, 분리된 공간에서 발생하는 부압에 의하여 공동현상(cavitation)이 생긴다. 공동현상(cavitation)에 의한 침식이나 세굴은 급속하게 진전되어 사고로 이어질 수 있으므로 시공이음부의 세굴이나 시공불량으로 인한 공동현상(cavitation)의 발생 가능성에 대한 철저한 조사가 필요하다.

6) 정수지 손상

(1) 여유고 부족

홍수량의 증가로 인하여 정수지에서 에너지가 충분히 감쇄되지 못하고, 여유고 부족, 구조물 손상등의 문제가 발생할 수 있다. 홍수량의 변화는 물넘이 등 다른 구조물과 연결하여 검토하고, 정수지에서 홍수위 흔적조사, 청문조사 등을 통하여 발생된 문제점을 확인하고, 정수지내의 수리현상을 분석하며, 필요시 수리모형시험이나 수치분석을 실시한다.

정수지 하류하천의 퇴적, 하류하천에 보나 교량 등의 수리시설 설치로 하류하천의 단면이 변화하여 흐름이 제한되면 정수지내의 수위가 상승하여 여유고 부족현상이 발생된다. 그러므로 정수지내에서의 수리상황은 물론 하류하천의 흐름방향, 통수단면, 수리상황의 변화 등에

대하여 조사하고 여유고 부족으로 인한 문제에 대하여 검토·분석하여야 한다.

정수지가 암반에 설치되지 못한 경우에는 바닥에 가해지는 콘크리트와 물의 무게나 충격으로 기초의 침하가 발생할 수 있고, 바닥의 세굴 또는 옹벽의 침하로 정수지의 여유고 부족현상이 생긴다. 이 때에는 침하의 원인, 정도 및 진행상황을 조사 분석하고 침하에 의한 수리상황의 변화, 구조물의 안전 및 계산의 착오에 대하여도 검토해야 한다.

(2) 지수벽 노출

정수지가 하류하천과 연결되는 부분에서 정수지를 보호하기 위하여 지수벽이 설치된다. 홍수시 지수벽의 전면이나 측면이 급류에 의하여 세굴되어 노출되거나 배수공이 적절하게 작동하지 못하여 파이핑 세굴이 발생하여 지수벽이 노출되고 손상된다. 이러한 지수벽은 파이핑에 의하여 세굴된 것인지, 또는 다른 원인에 의하여 세굴된 것인지를 조사하여야 하며, 복합적인 원인에 의해 세굴될 수도 있으므로 충분한 조사와 분석이 필요하다.

정수지의 설계착오, 시공불량, 정수지내 지나친 퇴적, 하류하천의 수리상황 변화 등으로 인하여 정수지내에서 에너지가 충분히 감쇄되지 못하면 하류하천의 하상, 양안, 구조물 등에 충격을 가하여 세굴, 침식 및 손상이 발생하며 지수벽이 노출된다. 그러므로 에너지 감쇄부족으로 발생하는 세굴, 침식 및 손상을 조사하고 예상되는 문제점도 검토·분석해야 한다.

정수지 말단에 설치된 지수벽이 하류하천과 원활하게 연결되지 못하고 계단이 생기거나, 하류하천의 종단경사가 급하여 하상이 낮아지거나, 흐름이 한쪽으로 치우치면 지수벽 하류쪽이 파여져 노출되어 파손되기 쉽다. 그러므로 정수지와 하류하천 연결부, 하천의 경사 및 흐름의 방향과 세굴원인을 조사한다.

2.2.2 보수·보강공법

물넘이 유입수로내에 토사가 매몰되거나 식생으로 인한 유수단면 부족으로 물넘이의 홍수배제에 영향을 미치면 그 부분을 준설하고 식생을 제거하여 유입수심을 증가시키고 수리현상이 정상화되도록 하여야 하며 토사매몰이 계속하여 발생할 것으로 판단되면 근원적인 토사매립방지대책을 수립하여야 한다.

물넘이 바닥판 전면 세굴이나 지수벽의 노출은 세굴원인에 따라 적절한 보수보강공법을 수립하여야 한다. 바닥판 전면세굴의 원인이 빠른 유속에 의한 것이면 바닥에 모래, 자갈, 돌, 콘크리트 등을 충분한 넓이와 두께로 깔아 세구를 방지하도록 하고 물넘이의 지수벽이 노출된 경우에는 노출정도에 따라 대책을 세우며 노출이 심하거나 지수벽 기초부분이 세굴되어 구조물에 손상이 발생하였으면 구조물을 우선 보수하고 파인 부분을 더 이상 세굴되지 않는 안전한 재료로 채운 후 당초 높이까지 메우고 표면을 보강하여야 한다. 세굴이 경미한 경우에는 세굴부분을 채우고 세굴이 발생하지 않도록 보강한다.

산측 옹벽쪽 세굴이 급류속에 의한 것이라면 세굴된 부분을 모래, 자갈 또는 콘크리트로 채우고 옹벽을 연장하거나 표면을 보강하여야 한다. 세굴이 옹벽후면에 발생하는 물을 안전하게 배수시키지 못하여 발생하는 경우에는 원활하게 배수되도록 배수공을 보강하고, 파랑에 의한 사면세굴인 경우에는 사면을 적정입도의 재료로 표면을 보강한다.

댐체측 지수벽이 세굴되거나 노출되어 손상되는 경우에도 손상부위를 보수하고 급류속에 의한 파이프 세굴은 발생되지 않도록 영향을 받는 범위의 표면을 보강하여야 한다. 댐체측 지수벽의 후면에 발생하는 물을 안전하게 배수시키지 못하여 세굴이 발생할 때는 배수시설을 보강하여야 한다. 속도수두 과대로 인한 토사유출과 세굴은 속도수두를 줄이기는 어려우므로 제당쪽사면을 보호하고 안전하게 배수하도록 한다.

측수로부 옹벽이 설계기준 변화에 따른 설계홍수량 증가, 옹벽침하, 조도계수 증가, 저수용량감소 등 상황변화, 계산착오 등으로 여유고 부족으로 세굴되거나 손상되면 측수로의 높이를 높여 여유고를 확보할 수 있으나 측수로 옹벽을 높이는 것이 쉽지 않은 경우에는 다른 보강방법을 검토한다.

옹벽의 침하가 심하여 수리현상에 미치는 영향이 크고 구조적으로도 손상이 심하여 댐체나 구조물에 사고를 발생시킬 수 있다고 판단되면 침하부위의 기초를 튼튼하게 처리하고 구조물을 보수한다. 침하의 정도가 구조물의 안전이나 댐체에 미치는 영향이 크지 않을 때는 침하부위를 보강하여 침하를 막고 수맥이 침하부위로 몰리거나 급류시 분리되는 것을 방지하기 위하여 침하된 부분을 콘크리트로 채우고 표면을 처리한다. 침하로 여유고 부족이 발생하면 측수로 옹벽을 높이고 사면을 보강한다.

측수로부의 콘크리트 균열, 깨짐, 파임 등이나 이음부 처리 잘못으로 조도 증가, 수리현상 악화, 구조적 결함이 발생할 경우에는 균열부나 손상부위의 콘크리트를 쪼아내어 보수하고 에폭시 등으로 표면처리한다. 저수지 매물, 설계빈도 설정의 부적정, 수리상황 변화, 계산착오 등으로 홍수량이 증가하여 측수로의 여유고가 부족하면 측수로 옹벽을 높이거나 측수로 양측 사면을 보강하는 방법이 있다. 측수로 후면의 배수처리 잘못으로 세굴이 발생하면 사면을 보강하고 배수시설을 보수한다.

측수로부 바닥의 세굴에는 배수공이 설치된 부위의 콘크리트를 제거하고, 세굴된 부위를 침식되지 않는 재료로 채우고 배수공을 적절하게 재시공한다. 보수부분에서 다시 결함이 발생하지 않도록 주위의 콘크리트와 완전하게 부착시키고 표면처리를 매끈하게 하여야 한다.

조절부, 급류부 및 방사류부의 여유고 부족과 손상도 조사 및 원인분석결과에 따라 물넘이 방수로와 측수로의 경우와 같은 방법으로 처리할 수 있다. 조절부, 급류부, 방사류부는 대부분 경사가 급하므로 시공에 특별한 주의를 요한다. 파이프 및 공동현상(cavitation)에 의한 세굴도 배수공과 파손 부위를 보수, 보강한다.

정수지의 여유고 부족에 대하여는 정수지 옹벽을 높여 여유고를 확보하거나 사면을 보강하는 방법이 있으나, 이 경우에도 정수지내에서 에너지를 충분히 감쇄시키지 못하면 정수지 말

단이나 하류 하천에 충격을 가하여 사고가 발생할 수 있으므로 에너지 감쇄방안을 강구하여야 한다. 정수지 바닥을 낮추거나 정수지를 연장하는 것은 특별한 경우를 제외하고는 경제적으로나 시공상으로 어려운 방법이 되므로 정수지 바닥에 부록을 설치하여 추가적인 에너지 감쇄를 유도하고 이러한 장치에 의한 감쇄가 충분하지 못할 때에는 정수지 말단부와 하류하천을 보강하는 방안을 고려한다.

정수지 옹벽의 침하에 의한 여유고 부족한 경우에는 구조물의 안전을 우선 검토하고 구조물의 안전에 문제가 없으면 옹벽을 높이거나 월류되는 물에 의하여 세굴되지 않도록 바깥비탈면을 보호하고 배수처리시설을 설치한다.

하류하천 수리상황변화로 인하여 여유고 부족 현상이 발생할 때는 하류하천의 수위를 낮추기 위하여 하천의 퇴적된 토사를 준설하거나 하천단면을 확대한다. 하류하천을 개수하지 못하면 정수지 옹벽을 높여 여유고가 부족하지 않도록 한다.

정수지 말단의 지수벽이 세굴되어 손상되거나 에너지 감쇄부족으로 하류하상이 세굴될 때에는 손상부분을 보강하고 배수공을 완벽하게 처리한다. 그리고 세굴된 부분을 적당한 입도의 재료로 채우고 충분한 길이에 하류하상 보호공을 설치하여 그 부분에서 에너지가 추가로 감쇄되도록 한다. 하상보호공은 돌망태, 수류에 의해 이동되지 않을 중량의 돌이나 콘크리트 블록 등을 이용한다. 그리고 하류하천의 수리상황변화로 정수지와 연결이 원활하지 못하면 낙차공을 설치하여 하류하천이 지속적으로 세굴되지 않도록 보호하여야 한다. 하류하천에서 세굴이 지속되면 그 부분에 보호공을 설치하여 세굴을 방지하여야 하며 이러한 보호공의 설치로 하류의 다른 부분으로 세굴이 옮겨질 가능성이 있으므로 이에 대한 대책도 강구하여야 한다.

2.3 취수시설

2.3.1 손상형태

저수지 취수시설은 크게 취수탑, 사통, 통관으로 이루어진다. '96까지 국내의 농업토목 수리구조물의 구조안전진단 결과를 분석한 결과가 (표5-2)에 나타나 있다. 동 표에서 취수시설의 손상형태는 크게 누수, 철근 또는 철물(문비)의 부식, 콘크리트와 내부 철근의 성능저하로 나타나는 손상(균열, 박리, 백화, 노후)으로 나뉘어진다.

손상형태 중 누수는 43%로서 주된 손상형태를 이루며, 철근부식이나 철물의 부식은 30%에 이르며, 콘크리트와 철근의 성능저하로 인해서 나타나는 손상(균열, 박리, 백화, 노후)은 25%에 이른다. 누수를 다시 구조물 별로 세분하면 취수탑에서는 취수공에서의 누수와 같이 철물의 성능저하로 인한 누수가 전체 누수의 40%에 불과하고 나머지 60%의 누수는 콘크리트 또는 내부 철근의 성능저하로 인한 누수이며, 사통에서는 누수의 60%가 콘크리트 또는 내부 철근의 성능저하로

인한 누수이며, 통관에서는 거의 100%가 콘크리트 또는 내부 철근의 성능저하로 인한 누수이다. 따라서 취수시설 손상형태의 대부분은 콘크리트 또는 내부 철근의 성능저하로 인해 나타나는 손상이며, 나머지는 철근 또는 철물(문비)의 부식이라 할 수 있다.

2.3.2 손상원인

시멘트의 수화반응에 필요한 물의 양은 보통 시멘트 중량의 15~20%, 즉 물-시멘트비 15~20%로 알려져 있다. 물-시멘트비가 이보다 크고 38%보다 작은 경우 미수화 시멘트가 조직내 존재하고 수화반응에 사용되고 남은 물은 증발 또는 작은 겔(Gel) 공극을 콘크리트 조직내 형성하는 것으로 알려져 있다. 물-시멘트비가 38% 보다 크면 수화반응이 완료되는 시점에서 미수화 시멘트는 없어지나 잉여수가 모세관공극을 형성하여 콘크리트 공극내 모세관공극이 다량으로 형성되는 것으로 알려져 있으며, 모세관공극의 연속성이 단절되는 시점까지의 소요 양생시간과 물-시멘트비의 관계는 <표 2-7>과 같이 알려져 있다.

<표 2-7> 물-시멘트비와 양생시간

물-시멘트비	소요 습윤양생기간	비 고
0.40	3일	보통포틀랜드 시멘트 사용
0.45	7일	
0.50	14일	
0.60	6월	
0.70	1년	
0.70 이상	불가능	

그러나 다른 모든 농업토목 콘크리트 수리구조물과 마찬가지로 취수시설물도 지금까지 초기투자비를 최소화하기 위해서 180~210kg/cm²에 불과한 낮은 설계기준강도의 콘크리트를 사용하였고, 작업성의 이유로 콘크리트의 물-시멘트비가 약 50%를 상회하는 콘크리트를 타설하였으며, 높은 물-시멘트비를 가진 콘크리트임에도 소요 습윤양생기간까지 습윤양생을 하지 않는 것이 투자비 절약차원에서 일상적으로 행해졌다.

이에 따라 취수시설 콘크리트 내부에는 다량의 모세관공극이 연속적으로 형성되어 있는 느슨한 조직의 저품질 콘크리트 구조물이 되었다. 이러한 구조물로 관개용수를 약 100일간의 전체 관개기간 동안 경지에 공급하다가 비관개기인 동절기에는 혹한에 노출됨으로써 관개기 동안 콘크리트 조직내부 공극으로 스며든 물이 동절기에 동결하는 현상(동해)이 발생하여 동결압에 의한 콘크리트 균열발생 등 성능저하 현상이 나타나게 되었다.

또한 비관개기에는 배면의 지하수 또는 저수지내 담수가 콘크리트 조직내의 모세관공극을

통하여 건조한 표면으로 스며드는 과정에서 조직내부의 알칼리나 황산이온도 같이 구조물 표면으로 용출시키고 용출된 알칼리나 황산이온은 공기중의 이산화탄소와 반응하고 수분이 증발함으로써 표면에는 알칼리탄산염이나 알칼리황산염이 집적하여 나타나는 백화현상을 대부분의 구조물에서 보였다. 또한 피복 콘크리트 속에는 용출되던 알칼리 성분이 집적되어 높은 알칼리 농도를 나타내므로 알칼리-골재반응이 발생하여 피복 콘크리트에 균열을 발생시키게 되었으며, 피복 콘크리트 하부의 철근 부근에서는 알칼리 이온의 용탈로 인하여 PH가 낮아져서 또한 느슨한 콘크리트 조직내부의 모세관공극을 통하여 대기중의 이산화탄소가 콘크리트 내부로 쉽게 이동하여 콘크리트를 중성화시키며, 중성화 상태에서 느슨한 조직을 통하여 쉽게 공급되는 대기중의 산소로 인해 철근이 쉽게 부식되었다. 부식된 철근에서 발생하는 녹은 부피팽창을 일으켜 피복 콘크리트에 균열을 추가하고 피복 콘크리트를 쉽게 박리시켜 취수시설물에 손상을 주었다. 피복 콘크리트의 박리나 추가된 균열 때문에 콘크리트 조직내부로 대기중의 이산화탄소 또는 산소의 침입이 더욱 쉬워져 콘크리트 조직의 중성화와 중성화로 인한 철근부식의 가속화 및 철근 부식압에 의한 균열의 확대 발전 등 취수시설물을 구성하는 콘크리트와 내부철근은 성능저하의 윤회 사이클을 반복하여 단기간에 손상이 확대되어 누수, 콘크리트 균열, 콘크리트 박리 등의 손상이 나타나게 되었다.

한편 철근 또는 철물(문비)은 초기투자비를 줄이기 위해서 부식에 내구적인 스테인리스 재료보다는 부식에 취약한 일반 철재를 사용하였고, 또한 철재의 부식을 방지하기 위해서 방청 효과가 탁월한 고가의 방청재 보다는 방청효율이 떨어지는 저가의 방청재를 주로 설계·시공하였던 관계로 부식의 진전이 용이하였던 것이다.

2.3.3 점검방법 및 점검항목

취수시설물(취수탑, 사통, 통관)이 파괴될 경우 곧 바로 저수지의 파괴로 이어지며, 저수지의 파괴는 하류부의 주민과 자연생태계에 막대한 피해를 주게된다. 따라서 취수시설의 손상 점검은 고도의 전문가가 매우 조심스럽고 정밀하게 수행하여야 한다.

한편 농업기반시설관리규정(농림부 훈령 제824호)의 규정에 따르면 취수시설물의 대부분은 1종 내지 2종시설물이다. 동 관리규정에 의하면 1,2종 시설물은 일상점검을 실시하여야 하며 매년 영농기 전에 정기점검을 실시하여야 하며, 필요시 긴급점검을 실시하여야 한다. 또한 취수시설물의 일상점검 또는 정기점검 결과 재해예방 또는 안전성확보를 위하여 필요한 경우나 완공후 10년이 경과한 1종시설물은 5년마다 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

따라서 일상점검이나 정기점검시 또는 긴급점검시 시설물 관리자는 시설물의 손상상태를 점검하여야 하는데 점검방법과 점검항목은 5.3.3장의 구조물 외관육안조사 내용에 따라 실시하여야 하며, 이러한 조사결과를 토대로 성능저하 원인, 즉 손상원인과 손상정도(성능저하도)를 분석하여 안전성 확보 유무를 판단하여야 한다.

외관육안조사로부터 취수시설의 안전성 확보에 의심이 가는 경우 또는 완공후 10년이 경과한 1종 취수시설물은 매 5년마다 정밀안전진단 전문기관에 정밀안전진단을 의뢰하여 실시하여야 한다.

정밀안전진단시에는 5.3.4장에 따라 상세조사를 실시하며, 5.4장의 진단방법에 따라 성능저하도를 판정하고, 성능저하 원인을 규명하며, 성능저하의 원인을 제공하는 성능저하 외력의 크기를 규명하며, 향후의 성능저하진행도를 예측하고, 내하력 진단이 필요한 경우 내하력 진단을 실시하여야 한다. 동시에 취수시설의 성능저하가 알칼리-골재반응이라 판단되는 경우 알칼리-골재반응성 유무를 진단하여야 하며, 성능저하가 지진이나 부등침하 또는 과하중 등의 구조역학적 요인에 기인한 것으로 판단되는 경우 구조안전진단도 실시하여야 한다.

2.3.4 보수·보강공법

취수시설의 보수·보강공법을 선정하기 위해서는 2.3.3장의 정밀안전진단 결과를 토대로 성능회복목표수준을 5.5.2장에 따라 설정하고, 필요시 5.5.3장에 따라 설계조사를 실시하며, 5.5.4장의 내용에 따라 보수범위를 설정한 다음, 5.5.5장이나 5.8장에 제시된 바에 따라 보수·보강용 재료나 공법을 선별하여 선택하여야 한다.

(표 2-8) 댐체에서의 균열발생원인 및 보수보강

댐(국가)	둑높이 (m)	차수방법	차수재료	기초	균열 및 변형	원인	보수보강
Marte (멕시코, 1940)	48.7	코어	silty sand	모래	최초 담수시 횡단 및 종단균열, 1939년까지 제정부 1.2m 침하	기초부 함몰	담수계측
Apishapa (미국, 1920)	35	상류측 불투수성 재료	가는 모래	사암, 점토층	대규모 횡단균열, 침투증가, 댐 완전파괴	제체 시종점부 부등변형	-
Shell oil (미국, 1945)	23.47	코어	silty sand	-	완공 후 16개월이 지난 후 횡단균열이 발생하고 이때의 득마루 침하량은 13.7cm, 균열은 1954년까지 계속됨	기초부 함몰	그라우팅
Watawga (미국, 1943)	97	코어	sandy loam, clay	규암	득마루에 종단균열	제각부의 침하가 코어부보다 훨씬 큼	균열부 메움, 메운후, 더 이상 발견 못함
Caulitemoc (멕시코, 1950)	55	중심코어	silty sand	모래, 자갈	최초담수시 균열발생, 깊이 10.1m, 폭 6.4cm, 득마루 침하 0.9m	다짐 불량	1.5m 폭의 트랜치를 균열깊이까지 판 후 짐질토로 메움
Terzaghi (캐나다, 1960)	60.96	멤브레인, 불투수성 블랭킷	점질토	clay lens가 포함된 충적층	1962년 홍수시 좌안부 불투수성 블랭킷에 종단균열 발생, 우안부 균열은 1969년 발견, 중앙부 침하 1.2m	기초부, clay lense의 압밀	균열부 굴착후 가요성 차수막 설치
Mattmark (스위스, 1967)	120	경사코어	빙적토	빙적토, 암반	축조시 코어부에 균열, 폭 4.5m, 깊이 5m	축조재료의 서로 다른 변형특성	균열부 굴착 후 다른재료 충전

댐(국가)	제고(m)	차수방법	차수재료	기초	균열 및 변형	원인	보수보강
Infiernillo (멕시코, 1963)	148	얇은 코어	loam	압반	폭 1.3cm, 깊이 3m의 횡단균열 ¹ 발생 (1964, 6) 독마루 변형 0.1%(좌측)	최 초 담 수 시 성토재의 압 축성 및 변형	그라우팅
Shek Peak (아일랜드, 1963)	56.69	코어	clayey silt 사암	충적층	그라우팅을 위한 천공시 코어부에서 함 수량의 감소로 발생, 축조시 기초부에서의 최대침하 29.6cm	댐과 기초부 의 부등침하	그라우팅
Round Butte (미국, 1964)	134	경사코어	silty sand	현무암	독마루에서 종단 및 횡단균열, 종단균열 총길이 152m, 폭 15cm, 횡단균열 폭 2.5cm, 깊이 4.9m	부등침하, 양 안부 급경사	균열부 메움
Balda head (영국, 1965)	48	수직코어	자갈질 점토	자갈질 점토, 혈암	코어에 균열, 침출수 증가	아치효과, 필 터 재료분리	그라우트 커튼, 코어에 콘크리 트 멤브레인
Hyttejuvet (영국, 1965)	93	코어	sandy loam	압반	코어에 균열	코어와 제각 의 서로 다른 변형 특성(아 치효과)	코어부 그라우 팅
Duncan (캐나다, 1965)	40	멤브레인, 불투수성 블랭킷	sandy loam	모래질 토사 자갈질 토사	횡단균열, 폭 0.5cm, 깊이 9m	기초지반 토사부의 부등침하	상류부 멤브레 인 설치

제 3 장 방 조 제

여 백

제 3 장 방 조 제

3.1 제 체

3.1.1 손상형태

방조제·제체에 발생하는 손상의 형태는 다음과 같이 1) 이상고조위와 파랑에 의한 손상 2) 제체로의 침투에 의한 손상 3) 토질역학적 불안정에 의한 손상 4) 기타 손상 등으로 분류하여 나타낼 수 있다.

1) 이상고조위와 파랑에 의한 손상

- 월파
- 상단부 지지층 지지력 감소로 인한 피복재 침식
- 성토재 함수비 및 간극수압 증가로 인한 활동 및 변형
- 상부공(Parapet)의 훼손
- 기초지반 및 밀다짐공 부위의 세굴
- 피복재의 탈석 및 이완
- 성토재 또는 배면토사의 침식
- 피복재의 붕괴

2) 제체로의 침투에 의한 손상

- 성토재 침식
- 필터재와 성토재의 경계면 불안정에 의한 토립자 유실
- 누수 및 파이핑

3) 토질역학적 불안정에 의한 손상

- 내외측 사면활동
- 기초지반 및 제체의 침하
- 누수 및 파이핑
- 기초지반 및 성토재의 액상화
- 침식
- 제체 균열

4) 기타 손상

- Vandalism
- 동식물에 의한 제체 훼손
- 유지관리 불량에 의한 구조물의 열화
- 동 해

이와 같이 여러 가지 원인에 의하여 발생하는 손상형태중 가장 많이 발생하는 중요한 손상의 형태는 월파, 세굴, 피복재 훼손, 침식, 누수 및 파이핑, 활동, 액상화, 제체균열, 동해, 파라퍼트의 훼손 등이 있으며, 이러한 손상의 형태에 관하여 기술하면 다음과 같다.

(1) 월 파

방조제의 제고가 낮거나 큰 파랑으로 인한 월파가 발생하면 비록 소량이라 하더라도 방조제 안전에 영향을 미치게 되며 월류된 수피 또는 파랑은 다음과 같은 작용을 하게 된다.

- 독마루와 내측사면이 피복되지 않은 경우 침식을 유발한다.
- 사면 윗부분의 피복공 지지층을 약화시켜 구조물의 파괴원인이 된다.
- 구조물내에서 함수량을 증가시켜 과잉간극수압 및 배수불량으로 인한 문제점을 야기시킨다.
- 내측 사면부에 도로가 있을 때는 통행자의 불안 또는 교통안전사고를 유발한다.

(2) 세 굴

방조제에서 최대 세굴력은 천해구조물 표면에서 파랑쳐내림이 밀다짐공까지 도달하여 쇄파되는 장소에서 발생되는데 이러한 조건은 밀다짐공 부근에서의 수심이 그 수심에서 발생할 수 있는 최대 파고의 두 배 이하일 때 발생할 수 있으며 세굴에 의하여 기초지반의 토립자가 유실되고 피복공의 붕괴등 구조물의 결정적 파괴를 일으킨다.

(3) 피복공 훼손

파랑이나 조류에 의하여 방조제의 피복공은 이완되고 활동 또는 탈석 등의 거동을 하게 되며 이에 저항하기 위해서는 피복공의 개당중량, 모양, 비중, 흡수율, 시공정도 등을 적절히 고려하여 축조되어야 한다. 일반적으로 피복공은 자중과 피복공사이의 엇물림, 마찰력 등으로 파랑이나 조류에 대하여 동역학적인 평형을 유지하지만 과도한 설계나 보수보강은 필터층에 손상을 주어 또 다른 문제를 유발할 수 있으므로 주의를 요한다.

※ 사석의 형태가 일방향으로 길거나, 두께가 얇은 형은 개당 중량이 크더라도 파랑에 의한

이탈이 필연적임.

(4) 침 식

방조제는 사석이나 자갈, 조립토나 세립토, 입도분포가 좋은 재료나 입도가 균등한 재료 등 다양한 입상재료로서 축조되며 필터는 기본적으로 이러한 다양한 재료의 혼합이나 유실을 방지하기 위한 층으로서 필터의 재료로는 입상재료나 토목섬유를 이용한다. 국부적인 유수의 흐름에 의하여 토목섬유의 공극과 조립토의 간극을 통하여 세립토가 이동 또는 유실될 수 있는데 이와 같은 현상을 필터의 불안정이라 하며 필터가 불안정하면 구조물은 열화되며 투수도도 변하게 된다. 필터의 불안정은 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 내부침식 : 동일층내에서 조립토 간극을 통하여 세립토가 이동되는 현상으로 입도분포가 좋은 흙에서 발생한다.
- 입상필터에서의 경계면 불안정 : 축조재료중 필터나 사석 등 상대적으로 큰 입경재료의 간극을 통하여 작은 입경의 재료가 이동하여 발생한다.
- 섬유필터에서의 경계면 불안정 : 섬유필터의 공극으로 토립자가 이동하여 발생한다.

전술한 바와 같이 필터는 동수경사나 파랑 등에 의하여 발생하는 유수의 흐름과 유속으로부터 제체를 구성하고 있는 토립자의 흡출과 유실을 방지하는 역할을 하는 것이므로 필터가 훼손 또는 기능을 상실한 경우 적절한 재료를 선정하여 보수보강해야 하며 입상필터나 섬유필터 모두 필터법칙을 만족시켜야 하는데 토립자 유실을 방지할 수 있는 것으로서 적절한 투수성을 갖추어야 한다.

(5) 누수 및 파이핑

방조제는 댐과는 달리 외수위가 계속하여 상승하므로 제체내 침투류의 흐름도 대단히 복잡한 양상을 띠게 된다. 그러나, 외수위가 변하더라도 일반적으로 내측의 수위가 관리수위 등으로 고정된 경우 방조제 해측구간에서만 유향이 고조위시는 내측, 저조위시는 해측으로 바뀌고 나머지 내측구간에서는 항상 유향이 내측을 향하고 있어서 침투류는 내측으로만 발생하게 된다. 또한 내측에 홍수위가 발생할 때는 내외측 수위가 모두 변화게 되어 제체내 침투류는 더욱 복잡한 양상을 보이지만 홍수위 지속시간이 2~3일 정도일 때에는 방조제 단면이 매우 작은 경우를 제외하면 조위에 의하여 해측 일부구간에서 유향이 바뀌듯이 내측의 일부구간에서만 유향이 바뀌고 내측에서 해측으로의 흐름은 거의 발생하지 않는다. 따라서, 방조제에서의 침투류는 전반적으로 해측에서 내측으로 발생하게 되지만 내외측 일부 구간에서만 유향이 반대방향으로 바뀌어 필터재가 부실할 경우 성토재의 유실이 용이하고 이로 인한 유로형성이 촉진되어 누수에 더욱 불리하게 된다. 이와 같이 방조제의 누수는 제체를 통한 누수외에도 기초지반을 통한 누수, 성토재와 구조물 접촉부를

통한 누수 등 여러 가지 형태의 누수가 있으며 누수원인별로 적절한 보수보강공법을 적용해야 된다.

※ 파이핑은 내외수위차에 의한 것보다 외수위(해수)의 빈번한 승강작용에 의한 내측성토제 외 흡출이 필터제의 부실로 촉진 누적되어 발생한다.

(6) 활동

활동은 구조물의 자중이나 파랑에 의하여 유발되며 구조물의 일부 또는 상당한 부위가 붕괴되어 구조물의 전반적인 안정에 영향을 미친다. 당초 방조제 단면의 부족과 사석으로 축조된 구조물의 사면안정은 사면의 경사각, 비중, 간극수압, 전단강도(엇물림) 등에 의하여 결정되며 때로는 지진이나 파랑에 의한 동역학적인 하중도 활동의 원인이 된다.

활동은 구조물의 어느 부위에서나 유효전단강도가 부족하면 발생할 수 있는데, 특히 사석제와 토목섬유 또는 배면토사의 경계면과 같이 서로 다른 재료의 경계면에서 국부적인 마찰력 감소로 인하여 유발되기도 한다. 구조물을 지지하는 기초지반에서의 과잉간극수압이나 액상화현상 역시 구조물의 활동에 위험한 요소들로서 과잉간극수압은 내외측 수위의 급강하에 의하여 발생된다. 방조제에서는 해측의 수위가 시시각각 변하므로 활동에 대한 안전율도 조위와 함께 변하고 파라피트도 지지층과의 마찰각이 충분치 않은 경우 파랑에 의하여 거동을 일어킬 수 있으며 기초지반의 세굴도 밀다짐공의 활동에 영향을 미친다.

(7) 침하

기초지반이 연약지층으로 구조물하중에 의한 장기부등침하가 일어나거나 중력이나 수압 또는 지진하중에 의하여 방조제는 침하될 수도 있는데 일반적으로 활동이나 큰 전단변형이 발생하지 않는 경우 일차원적인 변형으로 취급할 수 있으며 그 크기는 초기밀도에 따라 다르다. 특히, 지진하중에 의한 변형은 다른 하중에 비하여 변형이나 침하가 클 수도 있으며 큰 파랑에 의한 충격도 지진하중과 같이 변형이나 침하를 유발할 수도 있다.

(8) 액상화

반복하중은 구조물과 기초지반의 변형을 일으키고 이때 하중으로 인하여 증가된 간극수압의 소산이 지연되면 과잉간극수압이 유발된다. 따라서, 준설토로 이루어진 방조제의 평균해면 이하에 있는 성토제와 같이 다짐을 할 수 없어 매우 느슨하게 축조된 부위는 지진과 같은 반복하중에 취약할 수밖에 없다. 지진뿐만 아니라 파랑이나 간극수압도 액상화현상의 원인이 된다.

(9) 제체 균열

방조제 제체의 균열은 고조위시나 강우시 침투수로 인하여 제체재료의 유실을 유발하여 제체저동과 침투 등에 불리한 결과를 초래하므로 발견 즉시 적절한 조치를 취해야 한다. 일반적으로 조립토로 축조된 제체는 균열이 발생하여도 어느정도 자연적으로 치유가 되는 것으로 알려져 있으나 대부분 인위적인 대책을 요하므로 점검시 특별한 주의가 요구된다. 제체에 발생하는 균열은 종단균열이나 횡단균열이 있으며 균열발생원인은 변형, 부등침하, 다짐불량, 기초와 축제재료의 불균등 압축성, 아치효과 등 다양하다.

(10) 상부공 훼손

월파방지나 유지관리용 통행로 또는 파이프라인 설치를 위하여 방조제 제정부에 구축되는 상부공의 구조는 파랑하중과 상부공의 형태 및 제정부 지반조건에 의하여 결정되고 대부분의 하중은 파랑에 의한 해측전면의 수평력과 바닥에서의 양압력 형태로 작용하며 자중과 바닥에서의 마찰력으로 저항한다. 상부공에 부등침하가 발생하면 월파량이 증가할 뿐 아니라 통행은 물론 파이프 라인이 설치된 경우 많은 문제가 발생하게 되며, 또한 월파량을 줄이기 위하여 상부공의 규모를 크게 하면 작용하는 충격하중이 커지게 되고 제체에 과도한 과잉간극수압을 유발시켜 피복재와 성토재에 좋지 않은 영향을 미치므로 주의를 요한다.

(11) 동 해

제체에 있는 모관수나 침투수가 동절기에 얼어서 도로와 제체표층을 들어올려 균열이 발생하거나 투수성을 증대시키고 융해하면 함수비가 높아져서 전단강도가 저하하여 문제가 야기될 수가 있는데, 일반적으로 동해는 실트질토에서 많이 발생하며 조립토와 점질토에서는 상대적으로 피해가 적다. 동상의 정도는 토질, 온도, 수분의 세가지 조건외에 외적인 구속조건에 따르며 정량적으로 나타내기가 어렵다.

3.1.2 점검방법

1) 보수보강을 위한 계측

방조제는 축조된 후 수명을 다할 때까지 지구온난화 등으로 점차 해수면상승과 빈번한 태풍, 해일등 이상파랑으로부터 구조물로서 수용할 만한 기준을 충족시켜야 하는데 이를 위해서는 정기적으로 계측을 실시하고 적절한 보수보강대책을 수립하는 등 부위별 기능을 점검하기 위한 유지관리가 이루어져야 하며 이와 같은 유지관리 프로그램에는 다음의 사항이 포함되어야 한다.

- 구조물에 작용하는 하중과 그에 따른 거동에 대한 감시와 예측
- 설계시 결정된 거동기준과 예측결과의 비교분석에 대한 평가
- 전반적인 구조물 기능의 저하를 초래하는 부위에 대한 보수보강

유지관리 프로그램에 의하여 수정되어야 할 거동은 설계단계에서 구조물의 중요도와 기능에 따라 결정되어야 하며 프로그램에는 기본적으로 구조물에 요구되는 세부사항, 재료, 제반 경비 등 모든 조건이 명시되어야 한다. 유지관리 프로그램은 설계나 시공시에 작성된 유지관리 매뉴얼에 준하여 수립되어야 하는데 특히 사석재와 같이 굴요성이 있는 구조물에 대해서는 중요한 사항으로서 지금까지 대부분의 방조제는 유지관리를 최소화할 수 있도록 설계되었으며 매뉴얼도 매우 간단하게 작성되었으나 위에서 기술된 유지관리 프로그램의 세가지 기본적인 사항에 대한 최소한의 필요한 지침이 포함되어야 한다.

(1) 계측목적

사석재와 같이 굴요성이 있는 구조물은 파랑이나 조석으로 인한 하중을 받거나 기초지반과 성토재의 유실로 균열, 마모, 변위 등을 일으키어 단면의 변형을 유발하게 되며 천단부 콘크리트 라이닝과 같은 강성구조물은 사석재와는 달리 하중에 의하여 마모와 균열이 발생하여 훼손되는데, 일반적으로 방조제에 대한 안전은 침하나 활동에 의한 전반적인 파괴에 중점을 두게 된다. 이와같은 파괴역시 파랑이나 조석에 의한 침하, 세굴 및 침식에 의한 것으로서 파괴는 서서히 진행되기도 하며 때로는 돌발적으로 발생하기도 한다. 그러나, 어떠한 형태의 거동이라도 거동을 유발하는 외력은 물론 거동을 정량적으로 나타낼 수 있어야 하며 정기적인 계측 프로그램을 통하여 거동을 측정함으로써 파괴메커니즘과 손상경향을 파악하고 적절한 보수보강공법을 실시해야 한다. 피복석의 침하 또는 기초지반의 세굴과 같이 서서히 진행되는 거동은 육안으로는 판별이 곤란하며 계측프로그램을 통해서만 측정이 가능하다.

(2) 계측형태

계측은 구조물의 단면과 기초지반의 거동을 계측하는 것과 외력을 계측하는 두가지 형태로 대별되며 구조물의 거동을 계측하는 수준과 계측방법은 (표 3-1)과 같고 외력에 대한 계측방법은 (표 3-2)와 같다.

(표 3-1) 구조물에 대한 계측방법

정 도	계 측 내 용	계 측 방 법
I	- 위치 : 기준면과 잘짜여진 격자망에 2~10점의 계측점 설치	- 측량(가능한한 시공시 침하판 설치 필요)
II	- 단면 : 수준 I 과 관련된 단면 도시	- 측량 - 수심측량
III	- 형태 : 각각의 사석제의 위치와 태위, 성토재와 필터재의 노출상태, 공극의 위치와 크기	- 사석제의 열화 점검 - 사진판독 - 잠수부, 수심측정기를 이용한 수중측량
IV	- 재료 : 사석제의 균열, 형태, 크기	- 사석제의 열화점검

(표 3-2) 외력에 대한 계측방법

하 중 또는 조 건	계 측 방 법
수 위	- 조위판 - 조위기록자료
파 랑	- 부표 - 압력식 파고계 - 인근관측 기록치 - 파고측정 모니터
바 람	- 풍속계
수심, 해변지형	- 수심측정기 - 측량
기초지반응력	- 응력측정계
기초지반 간극수압	- 간극수압계

(3) 계측빈도

계측방법과 함께 계측빈도도 미리 결정되어야 하는데 이때 고려할 사항은 파괴메커니즘, 구성재료, 기초지반조건, 노출상태, 설계기준 등이다. 계측빈도는 계측방법에 따라 다를 수도

있으며 시간이 지나면서 재료가 열화되기 때문에 계측빈도를 증가시킬 수도 있다.

전형적인 방조제의 거동은 침하와 같은 기초지반의 저하로 시작될 수도 있으며 또는, 축조후 수년간은 전체적으로 안정되고 거동도 미미하다가 개개의 구성재료가 열화현상이 뚜렷해지면서 외력도 증가하여 짧은 시간에 심각한 거동이 발생하기도 하는데, 특히 태풍시에 강한 외력이 작용하면 방조제로서의 기능을 상실할 수도 있다. 방조제 축조시 외력과 구조물에 대한 기준이 되는 정보를 설정하여 계측을 실시해야 하며 축조후 비교분석을 고려한 형태로 기술되어야 한다. 계측빈도를 결정할 때는 다음의 사항을 포함한 다각적인 검토가 이루어져야 한다.

- 구조물의 위치
- 구조물의 형태
- 설계위험 수준
- 노출 상태
- 기초지반 상태

(표 3-3)은 평시의 계측빈도를 예시한 것으로서 사석재로 축조된 구조물의 저조위 이상의 부위에 대한 것이다.

(표 3-3) 저조위 이상의 사석구조물에 대한 계측빈도

구 분	계 측 빈 도
전체구조물의 위치	6월(육안판정)~12월(측량)
구조물의 횡단면	12월
사석의 위치	12월
사석의 형태 및 크기	12월
기초지반 상태 및 세굴 등	6월(육안판정)~12월(측량)

방조제 축조후 수년 정도는 계측빈도를 12~24개월 또는 그 이상으로 해도 만족할 만한 기능이 유지되지만 계측을 하지 않으면 열화된 부위의 보수보강 시기를 놓쳐서 제체에 상당한 위험을 초래할 수 있다. 일반적으로 물에 잠긴 굴요성 구조물은 최소한 5년에 1회, 강성구조물은 최소한 10년에 1회 정도의 계측빈도가 적절하며, 태풍과 같은 극한상태가 발생하면 극한하중이 작용한 직후 정도가 높은 계측을 실시해야 한다. 또한, 저조위 이상의 부위에 대한 정기적인 계측결과를 분석하면 물에 잠긴 부위에 대한 계측빈도를 조절할 수 있으므로 상호 유기적으로 검토하는 것이 중요하다.

(4) 기능평가

일단 종합적인 계측 프로그램이 실시되면 설계자와 관리자는 모든 계측정보를 기록하고 분석·검토하여 보수보강에 관한 계획을 수립하고 외력과 시간별 계측기록을 참고하여 구조물 기능에 대한 평가를 해야 한다. (표 3-4)는 일정시간동안 구조물의 거동에 대한 계측결과를 분석할 수 있는 내용을 예시한 것이다.

(표 3-4) 계측결과분석 예

정 도	계 측 내 용	결 과 분 석
I	위 치	- 기초지반 침하 - 선형 변형
II	단 면	- 구조물 압밀 - 횡단면 변형 - 세굴
III	형 태	- 피복석 유실 및 이동 - 피복층 활동 - 보수보강이 요구되는 공극
IV	재 료	- 피복석의 마모, 재료의 유실

2) 점검계획

방조제를 효율적으로 관리하기 위해서는 체계적인 점검계획을 수립해야하며 이를 위해서는 현장을 사전조사하여 그 자료를 토대로 점검계획을 세워야 한다. 다음의 (표 3-5)는 유지관리 및 보수보강을 위한 점검시 사전조사항목을 나타낸 것이다.

(표 3-5) 점검계획시 사전 조사항목

조사종류	조 사 항 목
환경 조사	<ul style="list-style-type: none"> · 시설물이 위치한 지역의 지형조건, 지질조건, 기상조건, 수리·수문학적 조건, 인근지역의 변동상황 등
예비 조사	<ul style="list-style-type: none"> · 시공·보수도면, 구조계산서, 기초지반 토질조사서, 준공도면 · 특별 지방서 · 주요 시공사진 및 VTR, 주요 결함부 · 공장 재료증명서, 관리 및 선정시험 기록, 시험자료 · 점검 및 보수이력, 사고기록, 기존의 계측기록
현장 조사	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물의 이용현황 · 구조물의 문제점 · 구조물 관리자 및 주민의견 청취 · 계측기록

점검계획은 사전 조사시 수립된 자료를 바탕으로 구조물 및 인접지역의 실정과 변동상황을 고려하여 점검계획을 수립해야 하는데, 이 때 포함되어야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정하고 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 수중조사도 포함한다.
- ② 기존의 점검자료와 계측기록을 검토하여 기발생된 결함을 확인한다.
- ③ 각 분야별 총 소요인원을 산정하고 가용력을 판단하여 투입계획을 수립한다.
- ④ 재료시험 실시에 대한 적정성 여부를 판단한다.
- ⑤ 흑한기에는 구조물의 균열 및 파손현상이 잘 나타나며, 고조위시나 홍수기에는 누수와 파이핑 현상, 저조위시나 갈수기에는 제체 및 피복재 등의 손상 흔적을 쉽게 확인할 수 있으므로 점검의 시급성과 작업의 효율성 등을 고려하여 점검시기를 결정한다.
- ⑥ 점검장비의 선정시 분야별 세부 조사항목에 부합되는 장비를 선정한다. 예로서 수중 조사에 보트를 이용할 경우에는 구멍의 착용등 안전에 유의하며, 잠수부를 이용하는 방법을 강구한다. 또 도로부위 조사시는 점검자를 차량으로부터 보호하는 방법을 강

구한다.

⑦ 교통통제계획 등 타기관과의 협조사항을 준비한다.

3) 점검사항

방조제 시설물별 주요 점검항목은 (표 3-6)과 같다.

(표 3-6) 세부 구조물별 점검사항

세부 구조물	점 검 항 목
제 체	<ul style="list-style-type: none"> · 둑마루의 요철 및 여유고 · 피복공의 훼손 여부 · 제체 횡단구조물 주변상태 · 필터재 설치여부 및 현상태 · 무허가 경작, 방목 여부 · 제체단면의 파손,침하,공동 발생여부 · 제체 세굴 및 붕괴여부 · 둑마루에 차량출입 여부 · 배수갑문 또는 구조물 접속부 누수여부 · 파라피트 훼손여부 · 배수갑문 및 배수문 외측에 퇴적으로 인한 배수능력 불량
피 복 공	<ul style="list-style-type: none"> · 배면토사의 이상유무 · 소단부의 이상유무 · 피복공 붕괴, 훼손, 공동발생 · 재질불량여부 · 피복공의 세굴, 균열, 침하
도 로	<ul style="list-style-type: none"> · 표층요철 및 파손 여부 · 측구상태 · 노면상태
밑다짐공	<ul style="list-style-type: none"> · 바닥보호공의 함몰, 세굴 · 밑다짐공 기초지반의 세굴여부

가) 제체의 점검은 시공후에 발생한 해측과 내측의 수리·수문학적 변동사항 및 제

체와 피복재 및 필터재 등의 구조적 손상상태 등을 파악하여 체체파괴 원인을 사전에 발견하는 것으로서 점검방법은 다음과 같다.

- ① 독마루의 훼손, 요철, 계획고의 유지상태를 점검하고, 파손이나 체체의 굴착여부, 공동이나 침하 및 누수여부를 육안으로 확인하고 필요시 측량을 실시한다.
- ② 해상조건 변화와 독높이와 계획수위에 의한 여유고를 고려하여 월파 가능성을 검토하고, 체체의 침식과 세굴 등을 조사한다. 해안의 침식이나 기초지반의 국부세굴 등을 점검하여 체체세굴 가능성을 예견하고 각종 구조물의 접속부는 누수에 취약하므로, 구조물 접속부 누수와 공동, 세굴 등에 대해 점검한다.
- ③ 독마루의 종방향 균열이나 사면의 층분리 등을 면밀히 점검하여 사면활동을 파악하고 위험한 구간의 사면경사를 측정하여 추후 상태평가지 고려한다.
- ④ 누수는 체체에 치명적 손상을 가져올 수 있으므로 그 형상, 면적 및 누수량 등을 상세히 조사하며, 누수가 발견되면(특히 혼탁수가 유출될 때) 즉시 관리 주체자에 통보하고 정밀안전진단의 필요성 여부를 판단해야한다. 고조위시에는 내측사면의 국부세굴이나 지반 붕괴현상과 파이핑 현상 유무를 확인해야 하며, 저조위시에는 그 흔적 확인과 동시에 탐문조사를 시행하고 취약단면의 독마루, 사면경사와 체체 저폭을 확인하여 침윤선 검토시 자료로 이용한다.
- ⑤ 두더지, 들쥐 등 야생동물에 의한 구멍은 체체안전과 누수파괴의 원인이 되므로 면밀히 점검해야 하며 체체침하와 변형은 장기간에 걸쳐 일어나는 경우가 많으므로 단기간의 점검을 통해서만 확인이 어렵지만 체체측방 기초지반의 허빙현상을 확인하는 등 간접적으로 판별한다.

나) 밀다짐공은 파랑이나 조류에 의하여 손상이 많이 발생하여 체체에 영향을 미치므로 이상여부를 조기에 발견하는 것이 중요하므로 바닥보호공과 밀다짐공 기초부위는 항상 점검해야 하며 기초지반의 세굴이나 함몰 등을 잘 살펴야 한다.

다) 피복공의 점검은 붕괴, 세굴, 침하, 공동현상을 점검하고 특히 파랑이나 조류로 인한 훼손여부를 파악하는데 중점을 두어야 하며 구체적인 점검방법은 다음과 같다.

설계당시 설계파랑과 현 발생가능 파랑과의 비교

- ① 파랑이나 조류에 의하여 배면토사가 유출됨에 따라 공동현상이 발생하여 피복재가 파괴되므로 피복재의 이탈, 탈석 등을 조사한다.
- ② 경사가 급한 피복공에서는 내측으로부터의 토압이나 수압에 의한 붕괴가 나타나

로 사면의 요철여부를 조사한다.

- ③ 밑다짐공의 마감부는 파랑이나 조류에 의한 세굴에 취약하므로 세밀한 점검이 요구된다.
- ④ 사면경사 변화지점이나 피복재료의 변화구간은 세굴에 취약한 구간이므로 세밀하게 점검해야 한다.
- ⑤ 외측의 저조위이하 부분과 내측의 관리수위이하의 피복재에 대해서는 측량 및 수중 조사를 실시하여 세굴정도를 면밀히 점검한다.

4) 점검요령

방조제의 점검은 유지관리의 일환으로 관리평가자료를 획득을 위하여 실시되는 일상점검과, 일정시간 간격을 두고 현상태와 이전상태의 비교판단으로 보수보강 자료획득을 위한 정기점검 및 중대한 결함 발견시 실시되는 긴급점검으로 분류할수 있다. 점검요령은 동일부위에 대하여 최소한 2인이상의 점검자를 투입해야 하며 필요한 경우 시간간격을 두고 실시할수 있다. 또한 평가가 서로 상이한 경우에는 상호 협의하여 일관된 평가를 확정해야 하며 점검내용은 특별한 경우를 제외하고는 현장에서 기록하는 것이 좋다. 방조제에서 손상형태별 점검방법은 이용가능한 장비종과 장비의 현장접근 가능성에 따라 달라지는데 어떤 방법을 이용하더라도 가장 경제적인 방법을 선정해야 하며 손상형태별로 현장에서 적용할 수 있는 방법을 열거하면 다음과 같다.

(표 3-7) 손상형태별 점검방법과 점검항목

구 분	점 검 방 법	점 검 항 목
제체단면	일반적인 측량	천단표고
	상세측량	부등침하
활동, 침투, 파이핑	육안판정, 적외선 항공사진	고조위시 내측사면 침투검사
	관측정, 피조메타	평수위와 고조위시 간극수압 침윤선 측정
	육안판정	내측 파이핑현상 점검
떼붙임	육안판정	잔디 훼손부위 점검
	보링 및 샘플링	표층점검
피복재 침식	침투시험	표층에 대한 투수도 결정
	현장인발시험	피복석에 대한 국부적인 양압력저항 측정
	레이더 또는 음향측정기	표층직하 지지층의 국부적 공동탐지
	육안판정	피복석 사이의 벌어진 틈을 판정
역청경화피 복석	샘플링 또는 물리적 탐사	피복층 두께
	샘플링에 대한 실내시험	내구성시험
	현장 처짐도 측정	강성시험
	밀도시험	표층직하 지지층의 밀도측정
	육안판정	표층균열

(1) 일상점:

점검자는 다음사항을 조사하여 (표 3-8)의 서식에 기재한다.

① 침 하

제체중단을 따라 일어나는 침하는 제고의 요철을 통해 확인하고 제체횡단을 따라 발생하는 침하는 제체단면의 장기침하, 압성토부위 변동상태를 조사하여 점검한다.

② 균 열

균열은 제체의 부등침하나 구성단면간의 불균등 압축성 등에 의해 발생되는데 조사시에는 길이, 깊이, 형상 등을 상세히 조사하여야 하며, 특히 횡방향 균열발생시 즉시 관리주체에게 통보하고 정밀안전진단 여부 등을 판단하여야 한다.

③ 세 굴

세굴은 파랑, 조류, 파이프 등에 의해 피복공이나 제체의 단면이 손실되는 것으로서 세밀한 육안조사에 의해 발견할 수 있으며, 세굴로 손상된 체적, 형상 등을 상세히 조사하여야 한다.

④ 누수 및 파이프

누수는 제체를 통한 침투로 인해 발생하며 바닥보호공과 제체사이 저조위 이하에서도 일어날 수 있다. 특히 콘크리트 구조물과 성토재의 접합부 및 제체 시종점부에 대하여 세밀한 조사를 하여야 한다. 파이프현상이 발견될 때는 즉시 관리주체에게 통보하고 정밀안전진단 필요여부를 판단하여야 한다.

⑤ 사면붕괴(함몰 또는 상승)

사면붕괴는 제체의 횡방향으로 사면이 함몰 또는 상승하는 현상으로 이는 제체의 활동 또는 기초지반의 활동에 의해 발생하며 그 징후는 제정부나 소단 또는 사면에 발생한 균열 또는 기초지반의 제체에서 떨어진 방조제내외측 임계원 활동면 부위 융기현상으로 판별한다.

⑥ 동물서식 및 식생

두더지, 들쥐 등 야생동물의 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 철저히 조사하여야 하며 발견 즉시 구멍을 밀폐하고, 잡초나 초목은 피복재를 이완시키거나 누수의 위험이 있으므로 제거해야 한다.

(2) 정기점검

정기점검은 일상점검시 점검항목에 대하여 상세한 육안검사를 실시하여 이것을 (표 3-9)의 서식에 기록하고 상태평가를 실시하는 것으로서 필요한 경우 체체안전성검토(활동, 액상화, 침하, 누수 등)를 통해 각 파괴형태별 취약단면이나 부위를 선정하고 상세조사를 실시한다. 누수가 우려되는 단면에 대하여는 누수조사를 실시해야 하는데 전기탐사 등의 장비를 이용하면 누수경로를 추적할 수 있다. 경우에 따라서는 누수조사결과를 활용하여 안전성검토를 다시 실시할 수도 있다.

(표 3-8) 일상점검표

시 설 물 명		관 리 주 체	
준공년월일		년 월 일	최종점검년월일
세부구조물명		점 검 결 과	
제 체	해측사면		
	내측사면		
	제 정		
	기 타		

(3) 긴급점검

① 손상점검

손상점검은 재해나 사고에 의해 비롯된 구조적 손상을 평가하기 위한 점검으로서 손상의 정도와 보수의 긴급성 및 보수작업의 규모를 파악할 수 있어야 하고 시험장비에 의한 현장측정과 사용제한기간에 대한 해석이 필요하다. 손상부위에 대하여 상세육안조사를 실시해야 하며 조사내용을 (표 3-10)의 서식에 기록한다. 또한 손상부위에 대해 상세망을 형성하고 손상 종류 및 상태를 상세히 기록해야 하며 손상부위가 구조적으로 취약한 경우에는 구조해석을 실시해야 한다.

② 특별점검

특별점검은 기초지반침하, 세굴, 누수, 활동과 같은 결함² 의심되는 경우에 구조물의 지속적인 사용여부를 판단하기 위한 점검으로서 특별점검부위에 상세망을 형성하고 정기점검요령에 준하여 점검을 실시한다.

5) 점검결과의 기록

구조물의 점검자료는 구조물 유지관리에 있어서 2장 기본적인 자료인 동시에 가장 중요한 자료이므로 일관된 양식에 의해서 작성되어야 하며 이들을 체계적으로 보관해야 한다. 점검 결과는 다음의 항목에 따라 점검양식에 기록하여 보관한다.

- 가) 구조물현황 : 준공연도, 규모, 입지환경, 재료, 피해이력, 보수등의 공사기록
- 나) 일상점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책
- 다) 긴급점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책
- 라) 정밀안전진단기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

6) 점검결과의 판정

점검시 발견된 손상을 근거로 하여 손상의 범위와 정도에 따라 다음과 같이 7등급으로 상태등급을 부여하고 (표 3-11)과 같은 총괄표에 기재해야 하며 등급에 따라 적절한 조치를 취해야 한다.

(표 3-9) 점검항목에 대한 평가등급기준

등 급	평 가
A	보수보강 필요없음, 차기 계측결과 분석시까지 대기
B	보수보강 필요없음, 차기 계측시 상세한 계측이 요구됨
C	상세한 계측이 필요함
D	일시적이거나 긴급한 보수보강 작업이 요구됨
E	영구적인 보수보강 작업이 요구됨
F	새로운 구조물의 축조가 요구됨
G	구조물의 제거 또는 포기를 권장함

(표 3-10) 정기점검표(일반현황)

구조물명		준공년월일		()종구조물	
구조물위치			구조물관리번호		
관리주체		주소			Tel
유입하천명				유역면적	
하 천 등 급	(직할, 지방, 준용)하천				
방 조 제 구 조	연 장		둑 마 루		
	높이(표고)		둑마루피복구조		
	해측제정부경사		해측피복구조		
	해측피복부경사		내측둑마루부경사		
	해측소단폭		해측소단표고		
	도 로 폭		도로표고		
	밀다짐공		밀다짐공구조		
	내측피복재		내측피복부경사		
	바닥보호공길이		바닥보호공표고		
	파리피트		성토재		
조 위	고극조위		저극조위		
	대조평균만조위		대조평균간조위		
	평균만조위		평균간조위		
	소조평균만조위		소조평균간조위		
담 수 호	평균해면		배 수 갑 문	통수능력	
	기 타			통수폭	
	담수호면적			통선폭	
	홍 수 위			어도폭	
	관리수위			도로교량 폭·길이	
	사 수 위			sill 표고	
개 담 지	기 타			저층배수시설	
	최저답고			문비수	
	면 적			문비규격	
	기 타			문비형식	
			권양기형식		
			비상문비(stop log)		
		배수갑문형식			
점 검 준 비 사 항					
구 분	최 종 점 검		금 회 점 검		비고
점 검 종 류					
점 검 기 관					
점 검 일	~ (개월)		~ (개월)		
점검특기사항					

(표 3-11) 상태평가 총괄표

구 분		상태등급	주요손상	손상위치 (측점)	비 고
독 마 루	독 마 루				
	해측사면				
	내측사면				
	파리피트				
	압사석공				
	기 타				
해 측 피 복 공	피 복 재				
	소 단 부				
	밑 다 짐 공				
	바닥보호공				
	기 타				
내 측 피 복 공	피 복 재				
	떼 불 임				
	사 면				
	소 단				
	기 타				
도 로	포 장				
	측구배수로				
	노 건				
	기 타				
내측기초지반					
해측기초지반					

3.1.3 원인분석

방조제에서 제체단면, 기초지반, 성토재 등에 대한 검토조건과 손상 메커니즘과의 관계는 손상원인을 규명하는데 매우 중요한 사항으로서 그 관계는 (표 3-12)와 같으며 (표 3-12)를 근거로 한 방조제에서의 주요 손상의 원인은 (표 3-13)과 같다.

(표 3-12) 손상매커니즘과 검토조건과의 관계

열화매커니즘							검토조건	극한파괴매커니즘			
내구성			기타					사면의 토질 역학적 불안정	천단부와 내측사면 침식	피복재 침식	파이핑
기계적	화학적	외력	압밀	유동성 활동	침식	가축, 반달리짐 등					
							제체 단면				
*				*	*		· 외측사면	*		*	*
*				*	*		· 외측사면폭	*		*	*
*			*		*	*	· 경사	*	*	*	
*			*			*	· 소단높이	*	*	*	*
			*			*	· 천단고	*	*		
			*				· 밑다짐공	*	*	*	*
					*	*	· 유수지	*			*
			*				· 내측수위	*	*		*
							기초지반				
*	*	*	*	*	*		· 층두께	*		*	*
	*		*	*			· 밀도	*			*
*	*	*			*		· 입도			*	*
			*	*			· 천단강도	*			
			*				· 압밀계수				
			*	*		*	· 투수계수	*		*	*
	*	*	*				· 강성	*			
			*		*	*	· 간극수압	*			*
							성토재				
*	*	*	*		*		· 층두께	*		*	*
	*		*				· 밀도	*			*
*	*	*			*		· 입도			*	
			*				· 천단강도	*			
			*				· 압밀계수				
	*	*	*			*	· 투수계수	*		*	
	*	*	*				· 강성	*			
			*				· 간극수압	*			
							피복재				
*					*	*	· 층두께			*	
*							· 중량			*	
*							· 규모			*	
*	*	*			*	*	· 엷물림			*	
	*	*			*	*	· 투수계수			*	
							필터				
		*			*	*	· 투수계수			*	
		*			*	*	· 입도			*	

(표 3-13) 주요 손상원인

구 분	손 상 원 인
월 파	<ul style="list-style-type: none"> · 제체의 여유고 부족 · 수문자료 및 입지조건의 파악 불충분
세 굴	<ul style="list-style-type: none"> · 파랑이나 조류에 의하여 유속과 수압이 작용한 경우 · 성토의 다짐이 불충분한 경우
피복공 훼손	<ul style="list-style-type: none"> · 파랑, 조류에 의한 경우 · 태풍, 해일
침 식	<ul style="list-style-type: none"> · 필터재 부위의 토립자 불안정 · 과도한 침투압
누수 및 파이핑	<ul style="list-style-type: none"> · 제체단면이 부족한 경우 · 토질조사가 불충분하여 지반 누수대책이 적절하지 못한 경우 · 기초잡석, 기타 시공상의 잘못 등에 의한 경우 · 다짐이 불충분하여 투수성이 큰 경우 · 침식이나 세굴에 의한 경우 · 필터재의 부실 · 동식물에 의하여 공동이 발생한 경우
침 하	<ul style="list-style-type: none"> · 침하 대책이 미비한 경우 · 성토의 다짐이 불충분한 경우 · 연약지반상의 장기부등침하 · 제체 및 기초지반내에 변형계수가 다른 재료가 혼재할 경우 · 국부적으로 지반의 지지력이 부족한 경우 · 제체와 부대시설 등의 기초형태가 균일하지 않은 경우 · 제체 단면 부족
활 동	<ul style="list-style-type: none"> · 유효전단강도 부족 · 과도한 수압이 작용하는 경우
기 타	<ul style="list-style-type: none"> · 시설물이 노후화되거나 열화된 경우

3.1.4 보수·보강공법

1) 손상조치의 종류

방조제에 발생한 손상은 진행속도가 빠르므로 방치하면 손상조치가 어려워지고 많은 비용이 소요되므로 발견 즉시 관리자에게 보고하고, 손상의 정도에 따라 적절한 조치를 취해야 하는데 그 조치의 종류는 다음과 같다.

- ① 일상조치 : 손상 예방을 위한 간단한 조치
- ② 응급조치 : 안전에 중대한 위협이 있어 임시적으로 긴급하게 보수·보강하는 조치
- ③ 보수조치 : 주로 구조물의 내구성과 사용성 확보를 위하여 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 취하는 조치
- ④ 보강조치 : 구조물의 일부 또는 전체구조의 변형과 내력을 개량시켜 안전성을 확보하는 조치

(1) 일상조치

방조제 손상조치에서 일상조치는 구조물의 원활한 기능을 유지하기 위한 필수적인 조치로서 평상시에 간단한 조치를 취하여 보수·보강규모를 줄이고 구조물의 안전성 확보에 중요한 역할을 담당하는데 구체적인 일상 조치사항은 (표 3-14)와 같다.

(2) 응급조치

점검시 발견된 손상에 대해서는 그 원인을 파악하고 정확한 조치를 취해야 하지만 시간적으로 긴급성을 요하는 경우에는 응급조치를 실시한다. 긴급성이란 그 손상을 방치한 경우 대인, 대물에 위해를 줄 가능성이 있는 것 또는 구조물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 것을 말한다. 구조물의 규모 및 환경조건에 따라 응급조치 공법을 선정해야 하며 일반적으로 임시적인 공법을 사용하지만 급격한 파괴가 예상되는 경우에는 공공성을 고려하여 만일의 사고를 방지하는 조치를 취해야 한다. 다음은 구체적인 응급조치 예를 나타낸 것이다.

- ① 제정부 콘크리트 피복부 배면에 공동이 발생하였을 경우에는 신속히 그 부분의 콘크리트를 절단하고 그 범위와 심도를 결정하여 돌채움과 콘크리트주입 등의 방법으로 공동을 채우고 콘크리트피복재를 원상복구시킨다.
- ② 돌붙임부위에서 탈석된 곳과 콘크리트부위의 균열은 발견시 조기에 보수해야 한다. 특히 밀다짐공이나 바닥보호공의 기초지반 세굴은 즉시 응급조치를 취해야 손상의 확대를 방지할 수 있다.

(표 3-14) 일상 조치 사항

시설물종류	일 상 조 치 사 항
구조물 접속부	<ul style="list-style-type: none"> · 제체와 접속부의 공동발생에 유의하고 두더지, 들쥐, 지렁이 등의 구멍은 비록 적은 것이라도 반드시 메운다.
제 체	<ul style="list-style-type: none"> · 제정부나 소단은 중형차량이 통행하는 경우가 있으므로 이런 구간에는 쇠석 또는 아스팔트 등을 깔아 요철이 발생하지 않도록 조치한다. · 제체의 균열 여부를 조사하여 충분히 이를 메우고 다져야 하며 야생동물에 의한 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 발견하여 토사 등으로 메운다. · 잡초 및 기타 식생의 뿌리가 번성하여 제체내의 균열, 함몰 또는 활동 등을 일으키므로 이를 조기에 발견하여 제거한다. · 제정부가 콘크리트 등의 강성구조물인 경우 침하나 세굴로 인한 표층과 배면토사간에 공동이 발생할 우려가 있으므로 돌이나 나무 등으로 두드려서 공동발생 여부를 점검하고 수축이음부 등에 있는 잡초는 제거한다.
피 복 재	<ul style="list-style-type: none"> · 이음부나 피복재 사이에 초목은 성장하여 피복재를 이완시킬 위험이 있으므로 제거한다. · 피복재와 밀다짐공 경계부분의 유실을 점검한다. · 돌쌓기 및 돌붙임에서 탈석, 배부르기 등을 점검한다. · 배면의 경사면 유실 또는 침하에 의한 공동을 점검한다. · 떼붙임공에서 악성 잡초와 잡목을 제거한다. · 돌붙임은 너무 완만한 경사에서는 서로간의 지지작용이 작고 강한 와류의 흡인작용으로 탈석 우려가 있으므로 일상적으로 점검한다. · 돌망태에 붙은 부유물은 철선 부식을 촉진하며 망태 내에 걸려있는 전석 등은 조류나 파랑에 의하여 이동하면서 철선을 끊을 위험이 있으므로 제거한다. · 소단부 우각부의 변형여부를 점검한다.
도 로	<ul style="list-style-type: none"> · 침하나 변형으로 인한 표층의 요철발생여부를 점검하고 간단하게 조치할 수 있는 부위는 현장에서 적절히 조치한다. · 표층이나 노면, 측구배수로 등에서의 작은 함몰부위는 메워서 우수 등이 유입하지 않도록 한다.
밀 다 짐	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물의 변형 유무를 점검한다. · 함몰, 균열여부를 점검한다. · 기초부위의 세굴여부를 점검한다.

- ③ 제체와 구조물 접속부에서 누수가 되는 경우에는 즉시 임시적으로 누수를 방지할 수 있는 조치를 취한다.
- ④ 피복재의 이탈, 배면토사의 함몰을 조기발견하여 임시적으로 더 이상 손상이 확대되지 않도록 적절히 조치한다.

(3) 보수조치

통상 보수조치는 구조물에 작용한 위해요인으로 발생한 구조물의 손상을 치유하는 조치로서 구조물에 발생한 손상중에서 점검자가 구조물의 안전성에 심각한 영향을 주지 않는다고 판단되는 손상에 대한 조치사항이며 구체적인 보수조치사항은 (표 3-15)와 같다.

(표 3-15) 보수조치 사항

시설물종류	보수조치사항
구조물 접속부	· 제체와 구조물의 접속부에 발생한 공동이나 구멍은 토사나 콘크리트, 시멘트 모르타르로 누수가되지않도록 채운다.
제체	· 월파에 의한 제체단면이나 상부공의 파손은 즉시 보수한다. · 훼손된 때는 신속히 보수하여 손상의 확대를 방지한다.
피복재	· 제정부의 콘크리트피복에서 배면토사의 흡출이나 침하로 공동이 발생하면 표층을 떼어내고 토사채움을 한다. · 불투수성 피복재의 경우는 배수구멍을 설치하여 침투수에 의한 수압 및 토압이 작용하지 않도록 조치하고 파손의 우려가 있는 곳은 면밀히 관찰하여 보수한다. · 국부적으로 탈석한 곳은 원상조치하거나 콘크리트 채우기를 하고 배가 나온 곳은 원인에 따라 돌의 규격, 크기, 뒷채움돌 등을 결정하여 보수한다. · 뒷채움자갈이 유실되어 돌사이가 충분히 물리지 않을 경우 자갈 등을 충전하고 이음부에 모르타르 등을 채워서 일체화시킨다. · 합단이 밀착되지 않으면 돌붙임이 흔들리거나 탈락 및 이동이 생길 우려가 있으므로 콘크리트 또는 모르타르 등으로 채워 돌의 이동을 방지한다.
도로	· 표층에 토사가 빠져나온 공간이 발견되면 호박돌, 자갈 등을 채워서 더 이상의 토사가 빠져나오지 않도록 한다.
밀다짐	· 밀다짐이나 바닥보호공 기초지반은 세굴의 위험이 많으므로 철저하게 조사하고 세굴된 곳이 발견되면 밀다짐공이나 바닥보호공을 연장하거나 본래의 밀다짐공을 다시 낮게 설치하는 등 현장여건에 맞는 방법으로 보수한다.

(4) 보강조치

보강조치에서 설계하중 이상의 하중으로부터 구조물이 안전하도록 하기 위해서 구조물의 내하력 등을 증진시키는 조치로서 안전율을 기준이상으로 확보하기 위해 부재단면의 확대정도 등을 판단해야 한다. 결함의 원인에 대한 정확한 판단을 통하여 적절한 공법과 보강재료를 선택해야 한다. 일반적으로 보강조치의 대상은 상태가 불량한 구조물이기 때문에 제대로 보강하지 않으면 오히려 안전성을 더 저하시킬 가능성이 있으므로 보강조치는 철저히 시행하고 보강후 반드시 확인해야 한다. 구체적인 보강 조치 사항은 (표 3-16)과 같다.

(표 3-16) 보강조치 사항

시설물종류	보 강 조 치 사 항
제 체	· 구조역학적 또는 토질역학적인 변형, 활동, 누수 등의 결함 발생하여 방조제의 안전에 중대한 위험이 예상되는 경우 구조역학적 또는 토질역학적으로 안전기준을 충족시킬수 있도록 보강한다.
피 복 재	· 설계기준 이상의 외력이 작용하고 향후에도 설계기준 이상의 외력이 예상되는 경우 설계기준에 맞는 피복재를 선정하여 보강한다.
밑다짐공	· 밑다짐공이나 바닥보호공에 심한 세굴이나 함몰 등이 발생하여 제체에 추가적인 손상의 우려가 있는 경우 밑다짐공이나 바닥보호공의 확대 또는 연장, 널말뚝의 증설 등으로 보강한다.

2) 보수·보강공법

방조제에 대한 일상점검과 정기점검 등 현장계측자료의 분석과 점검내용을 통하여 어떤 손상형태가 기준을 초과한 경우 그에 대한 대책을 수립하고 적절한 시간에 올바른 보수보강조치를 취할 수 있는 기회를 제공받을 수 있다. 따라서, 보수보강공법은 구조물이 안전기준을 충족시킬 수 있도록 하여야 하는데 일반적으로 정기적인 점검결과를 토대로 실시되는 보수보강공법은 외측사면의 피복석에 대한 것이 많으며 국부적으로 손상된 피복석을 교체하거나 보강하는 공법이 대부분이다. 피복석에 대한 보수보강은 시간적으로 허용되는 한도가 수주일 정도밖에 안되므로 필요한 재료와 공기를 적절히 맞추어 작업이 이루어져야 한다. 경우에 따라서는 월파, 활동, 파이핑 등 보다 심각한 문제로 보수보강이 이루어져야 하는데 이와같은 형태의 보수보강은 25~50년 정도의 장기간의 계측과 결과분석후에 이루어지는 것으로서 제체단면 확장과 승상 및 사면경사완화 등 제체단면에 대한 보강이 필요하다. 또한, 외력이나 경계조건이 설계당시에 비하여 크게 달라져서 방조제를 새로이 축조할 경우도 있는데 이러한 보수보강은 장기간의 점검결과와 경계조건 및 설계기준을 비교·검토하여 결정할 수 있다. 정기적인 유지관리와 보수보강에도 불구하고 홍수와 태풍 등 큰 외력 때문에 방조제가 전파되는 것도 완전히 배제할 수가 없는데 이와 같은 경우를 위한 재난대책도 수립되어야 한다.

(1) 월파에 대한 대책

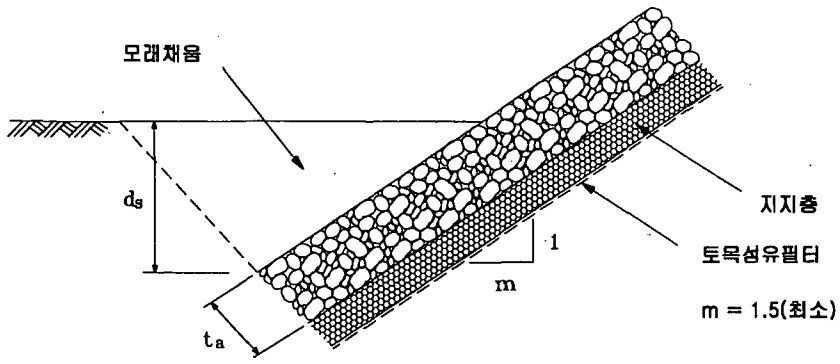
월파에 의한 영향을 최소화하기 위해서는 제고를 높이든지 또는 제정과 내측사면 등을 피복하는 방법이 있는데 월파량이 적으면 제정부와 내측사면 등에 점토층을 피복하고 잔디를 식재하면 어느정도 월파에 의한 피해를 방지할수 있다. 방조제에서의 허용월파량에 대한 기준은 없지만 네덜란드에서는 잔디로 피복된 경우 $0.002 m^3/s$ 정도를 기준으로 하고 있으며, 제정부에서 월파에 의한 침식 등을 방지하기 위해서는 최소한 외측사면 피복석 입경의 세배 이상의 길이에 대하여 피복해야 되는 것으로 알려져 있다.

(2) 세굴방지 대책

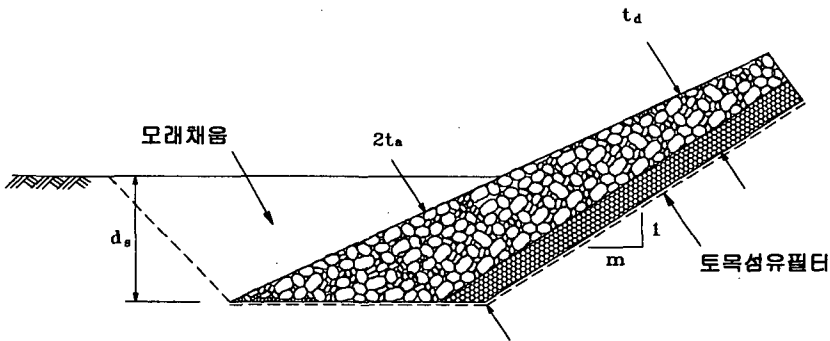
밀다짐공은 파랑에 대한 세굴을 방지하기 위하여 구조물 전면의 바닥부위에 축조되는 피복 구조물의 일종으로서 세굴정도에 영향을 미치는 인자로는 밀다짐공 부근에서의 쇄파, 파의 쳐내림, 파의 굴절 및 바닥부위의 입도분포 등이 있다. 최대 세굴력은 밀다짐공 부근에서 쇄파되거나 파랑쳐내림이 밀다짐공 부근까지 도달할 때 발생되는데 이와같은 조건은 밀다짐공의 길이가 그 수심에서 기대할 수 있는 최대예상 비쇄파고의 두배 이하일 때이며 이때의 최대 세굴심은 최대 비쇄파고와 거의 같은 것으로 알려져 있다. 피복석의 안정을 위해서는 피복면을 최대예상세굴심도의 바닥까지 연장하여 그 연장선 밑의 흙이 안정해야 하는데 이와같은 안정은 피복면을 최대세굴심도까지 연장하여 매설하고 매설하면 된다. 최대세굴심도까지 매설하지 못한 경우나 피복면을 연장하여 매설할 수 없는 곳에서는 파고의 두배 이상의 바닥보호공을 설치해야 한다. 그러나, 피복석의 경사가 1:3보다 급하지 않는 경우에는 파력이 사면에서 소산되므로 바닥보호공은 최소파고 높이와 같으면 된다. 이때 밀다짐공용 사석의 입경은 파랑이 발생할 때 바닥보호공이 노출되지 않는다면 피복석 입경의 1/2~1/3정도면 되지만 바닥보호공이 노출되는 경우는 피복석과 같은 입경을 사용해야 하며 최소한 두개 이상의 피복석을 겹쳐 놓아야 한다.

파랑이나 조류에 의한 세굴은 방조제 기초는 물론 제체 사면에서 활동을 일으키는 원인이 되며 기초지반이 점착력이 없는 조립토인 경우에는 세굴에 의한 액상화 현상으로 활동이 발생하기도 하는데 기초지반에 바닥보호공을 연장하면 유속도 줄일 수 있을 뿐 아니라 세굴 위치를 구조물로부터 멀리 떨어뜨릴 수 있다. 또한, 세굴된 사면을 사석으로 보호함으로써 활동의 위험을 줄일 수도 있으며 바닥보호공 끝부분에 시트파일을 설치하여 세굴을 방지할 수도 있다. 방조제 기초지반의 세굴방지를 위한 밀다짐공 구조에는 그림 3.1.1과 같으며 기본적인 접근방법은 다음과 같다.

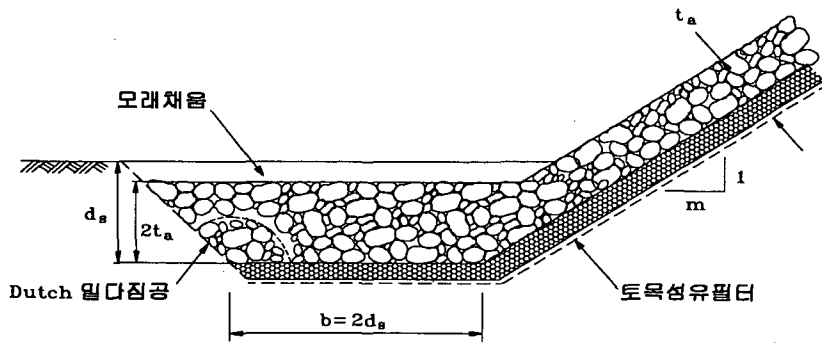
- 사면경사를 완만하게 하거나 설계조위부근에 소단을 설치하여 파랑의 감소를 반사시킨다.
- 세굴되는 부위에 매트나 돌망태 또는 블랭킷을 설치하여 파랑으로부터 보호한다.
- 국부적으로 시멘트나 아스팔트 포장 또는 그라우팅을 실시하여 지반을 강화한다.



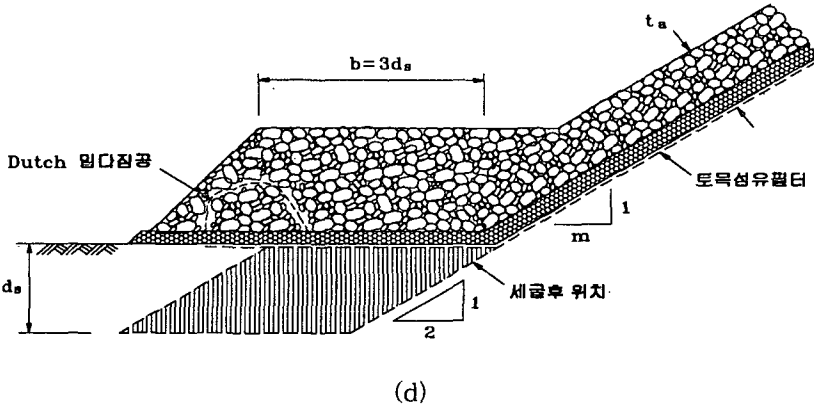
(a)



(b)



(c)



(d)
 <그림 3-1> 밑다짐공 구조 예

(3) 피복공의 보수·보강 대책

① 피복재의 이용

피복재의 보수보강공법은 다음과 같이 피복재의 이용여부에 따라 세 가지 경우로 구분할 수 있다.

㉞ 기존의 피복재를 재사용하는 경우

피복재를 재사용하는 경우 적절한 운반로만 확보되면 보수보강공법은 단지 재료의 이동만 관계되므로 피복재의 유지관리가 매우 용이하다.

㉟ 기존의 피복재를 교체해야하는 경우

설계단계에서 적절한 운반로를 고려하여 단면을 결정하고 예산도 확보된 상태라면 피복재는 필요한 만큼 운반할 수 있지만 추가적인 소량의 재료운반을 위해서는 많은 비용이 소요되며 특히 운반거리가 멀면 더욱 비용이 많이 든다. 또한, 구조물이 축조된 후에는 운반이 곤란한 경우도 있으므로 이와 같은 경우에는 설계단계나 최초보수공사시에 여분의 재료를 현장의 적절한 장소에 가적해 두는 것도 고려해야 한다.

㊱ 기존의 피복재를 보강하는 경우

재사용이나 교체가 예산 등 여러 가지 제약으로 곤란한 경우에는 다음의 (표 3-17)과 같이 기존의 피복층을 보강하여 사용할 수 있다.

※ 경사면의 역청경화재(Asphalt)보강은 여름철 강한 태양열에 녹아 파괴 실패하는 경우가 있다.

② 운반로

피복공의 보수보강시 가장 중요한 요소의 하나는 운반로로서 특히 새로이 사석재를 석산으로부터 운반해야 하는 경우에는 운반로를 고려하여 결정해야 한다. 방조제 축조시에는 이설도로나 부분적으로 완성된 단면 등이 운반로로 이용되지만 보수보강 작업시에는 더 이상 축조시와 같은 운반형태는 기대할 수 없으며 유지관리용으로 설계된 천단부나 소단부라 하더라도 태풍 등에 의하여 훼손되지 않은 경우에만 운반로로 이용이 가능하다.

(표 3-17) 피복공의 보강대책

구분	재 료	성분 또는 특성
역 청 경화재	아스팔트 콘크리트	- 고조위이상 적용, 부순돌 또는 자갈 50~60%, 모래 7~8%, 역청재 7%, 두께 최대골재의 2~3배
		- 밀다짐공에 적용, 모래 60~70%, 충전재 15~25%, 역청재 20%, 두께 8cm 이상.
	아스팔트 그라우트	- 느슨한 사석재층 등에 적용, 매스틱과 자갈 또는 부순돌(50~60mm) 혼합재
	Open stone asphalt	- 피복층에 적용, 매스틱과 사석재 혼합, 두께 최대사석입경의 2~3배
	Dense stone asphalt	- 피복층 및 밀다짐공에 적용, 사석 50~70%
시멘트 경화재	콘크리트	- 적절한 사석재가 없는 곳에 적용 - 판상, 육면체, 테트라포드(Tetrapod) 등 다양한 형태로 사용 - 내황산시멘트나 고로슬래그시멘트는 해수에 저항성이 강함
	모 르 터	- 돌붙임공으로 된 피복재에 사용할 때에는 유동성이 좋아야 하며 재료분리가 발생하지 않아야 한다 - 유동화 콘크리트와 수중콘크리트가 적합함
기 타	돌망태	- 세굴방지용으로 적합함 - 섬유필터와 같이 사용하면 토립자의 이동이 방지됨
	매트리스	- 세굴방지용 - 나무, 갈대, 토목섬유, 역청, 경화재 등 다양한 형태로 사용

③ 장 비

피복공 보수·보강공법에 사용되는 장비는 작업기능과 현장까지의 이동성이 주요한 장비선정요소이며 그레브(grab)를 이용하면 신고 부리기가 용이하다. 일반적으로 사용되는 장비는 (표 3-18)과 같다.

(표 3-18) 피복공 보수보강시 사용이 가능한 장비

방 법	어텃치먼트	작 업 조 건
트랙굴착기	버킷 (bucket)	<ul style="list-style-type: none"> - 장비보다 높은 장소에 대한 작업이 용이 - 연약지반에서 작업가능 - 신기와 이동에 제약이 있음 - 사석을 떨어뜨릴 위험이 있음 - 방조제 천단부에서 대규모의 사석채 작업 가능
	픽스트 암 (fixed arm)	<ul style="list-style-type: none"> - 장비보다 높은 장소에 대한 작업이 용이 - 연약지반에서 작업가능 - 방조제 천단부에서 대규모의 사석채 작업 가능
	오렌지 필 그레브	<ul style="list-style-type: none"> - 장비보다 낮은 장소에 대한 작업에만 적용 - 사석 하나씩 작업하기가 곤란 - 연약지반에서 작업가능 - 방조제 독마루에서 대규모의 사석채 작업 가능
바퀴굴착기	버킷 그레브 (bucket grab)	<ul style="list-style-type: none"> - 연약지반에서 작업이 곤란
크롤러 크레인	오렌지 필 그레브 (orange fill grab)	<ul style="list-style-type: none"> - 장비보다 낮은 장소에 대한 작업에만 적용 - 사석 하나씩 작업하기가 곤란 - 굴착기보다 작업속도가 느림 - 경지반에 적합하며 작업반경이 큼
크레인이나 굴착기를 장착한 대선(유압식)	버킷 그레브 (bucket grab)	<ul style="list-style-type: none"> - 장비보다 낮은 장소에 대한 작업에만 적용 - 사석 하나씩 작업하기가 곤란 - 굴착기보다 작업속도가 느림 - 경지반에 적합하며 작업반경이 큼 - 작업현장에 물이 있는 경우에 적합

(6) 암 질

피복재로 사용되는 암석은 생성원인별로 화성암, 퇴적암 및 변성암으로 분류되며 방조제에서 피복석, 필터 및 성토재에 대한 암석별 적정성과 특성은 (표 3-19)와 같다.

(표 3-19) 암석의 분류 및 방조제에서의 용도

분 류		용 도			특 성
		피복석	필터	성토	
화성암	화강암	○	○	○	풍화도에 유의
	섬록암	○	○	○	풍화도에 유의
	반려암	○	○	○	풍화도에 유의
	유문암	×	○	○	블록이 작음
	안산암	○	○	○	풍화도에 유의, 종종 블록이 작음
	현무암	○	○	○	종종 블록이 작고 기공이 있음
	사문암	○	○	○	블록이 작음
퇴적암	규암	○	○	○	판상이며 종종 마모저항도가 나쁨
	사암	○	○	○	판상이며 강도가 약함, 가끔 마모저항도가 나쁨
	실트암	×	×	○	판상이며 블록이 작음
	혈암	×	×	○	판상이며 강도가 약함
	석회암	○	○	○	종종 판상이며 강도가 약함
	Chalks	×	×	○	강도가 약하며 침식이 잘됨
변성암	점판암	×	×	○	판상으로서 단단함
	천매암	×	×	○	길쭉한 형태로서 강도가 약함
	편암	○	○	○	일반적으로 길쭉하고 판상임
	편마암	○	○	○	강도는 있지만 풍화도에 유의
	대리암	○	○	○	보통 정방형임

위의 표에서 알 수 있듯이 생성원인별 암석군은 거의 유사한 특성을 지니고 있지만 암석의 풍화도는 육안으로 판별이 어려우며 암질에 큰 영향을 주기 때문에 특히 주의를 요한다. 풍화도를 판별하는 방법은 다양하게 제시되어 있으나 (표 3-20)에 제시된 방법은 일반적으로 현장에서 많이 이용되는 방법으로서 암질 평가와 용이하게 관련지을 수 있다.

(표 3-20) 암석의 풍화도 판정

구 분	등급	풍 화 정 도	재 료 특 성
신 선	IA	풍화된 징후가 없음	암석의 특성이 풍화에 의하여 영향을 받지 않음
매우 신선	IB	주불연속면 표면이 변색됨	암석의 특성이 풍화에 의하여 심하게 영향을 받지 않음
약간 풍화	II	불연속면 표면은 물론 암석이 변색됨, 신선한 암석보다 강도가 약간 저하됨	암석의 특성이 풍화에 의하여 심하게 영향을 받을 수도 있으며 강도 및 마모특성이 저하됨, 미세균열과 함께 구성성분이 변질됨
중간정도의 풍화	III	반이하의 암석이 물리적 또는 화학적으로 풍화되어 흙으로 됨, 신선하고 변색된 암이 연속된 골격으로나 코어형태로 나타남	암석의 특성이 풍화에 의하여 심하게 영향을 받으며 미세균열이 발달하고 구성성분이 변질됨
심한 풍화	IV	반이상의 암석이 물리적 또는 화학적으로 풍화되어 흙으로 됨, 신선하고 변색된 암이 연속된 골격으로나 코어형태로 나타남	피복석으로는 적절하지 않으며 더 좋은 재료가 없는 경우 성토재료로는 사용이 가능함
완전 풍화	V	대부분의 암석이 물리적 또는 화학적으로 풍화되어 흙으로 되었으나 전체적으로 암반의 형태는 유지됨	피복석으로는 적절하지 않으나 경우에 따라서는 다른 재료가 없으면 성토재료로 사용이 가능함
잔 적 토	VI	암석이 완전히 흙으로 변하여 전체적으로 암반의 형태와 조직이 파괴되고 체적이 변하지만 원위치에서의 이동은 거의 없음	성토재료로 적합함

(7) 피복석의 보수보강대책

피복석의 파괴는 파랑이나 기초의 세굴로 인하여 발생하지만 그외에도 여러가지 원인이 있으므로 파괴원인을 정확하게 파악하여 대책을 수립해야 하며 보수보강 방법은 다음과 같다.

㉞ 기초세굴

피복공은 세굴에 의해 밑다짐공 부분이 파괴되고 점차 피복공 전체로 확대되는 경우가 있으므로 점검시에는 기초부분이 세굴되었는가를 면밀히 조사하고 필요한 경우 바닥다짐공 등을 설치한다.

㉟ 배면 토사 또는 피복석 지지층의 흡출

외측피복공은 조수간만의 차가 큰 경우, 내측피복공은 홍수시 감수속도가 빠른 경우, 큰 파랑이 발생할 경우 등 피복공에서는 수위강하시 잔류 간극수압에 의해 피복공의 틈새 등으로 뒷채움 토사가 유출되어 공동이 발생하고 이로 인하여 피복공이 파괴되는 사례가 있다. 이와 같은 경우에는 입도분포가 좋은 재료로 공동과 틈새를 메워서 사석제 사이가 충분히 물리게 하여 일체화시킨다.

㊱ 기 타

- 탈 석 보 수 : 국부적으로 탈석한 곳은 상당한 주위를 제쌓기 해야 함
- 초 목 제 거 : 돌붙임이나 돌쌓기 등에 초목이 자라면 초목이 성장하면서 사석재가 이완될 수도 있으므로 제거해야 한다.
- 이음부 이완 : 접합부분이 밀착되지 않으면 돌붙임이 흔들리거나 탈석 및 이동이 발생할 수 있으므로 콘크리트나 모르터 등으로 채워야 한다.

(4) 필터공를 통한 유실방지

제체에서 침투수의 흐름이 필터제와 제체의 접촉면에 직각으로 발생할 경우 한계동수구배가 1.0이고 유출동수구배가 1.0보다 작으면 이론적으로 필터제는 토사유출을 방지할 수 있다. 비점질토로 구성된 제체에서 외부로부터 하중이 작용하지 않을 경우 유출동수구배가 1.0보다 크면 평형상태는 깨지고 토립자가 움직이기 시작하는데 이때 유향이 대단히 중요한 역할을 하게 된다. 만약, 유향이 바뀌지 않는다면 토립자가 필터공극 입구에서 아치를 형성하여 자연적인 필터를 형성하므로 토립자가 빠져 나가지 않지만, 방조제 내외측 사면에서와 같이 조위나 홍수위 등으로 유향이 바뀌게 되면 이러한 자연적인 필터는 파괴되며 특히, 일차단면 뒤쪽의 바다보호공과 성토제 접속부에서 토목섬유필터가 포설되지 않은 곳에서는 유향이 조위의 변화에 의하여 수시로 바뀌는 교번흐름이기 때문에 성토제의 유실이 매우 심할 것으로 예상되며 이로 인한 제체의 변형이 클 것으로 추정되므로 이부분을 포함한 필터제 관리와 보수보강대책에 만전을 기해야 한다. 필터의 기능은 여과기능과 배수기능으로 대별할 수 있으며 필터제 종류별 기준은 다음과 같다.

종 류	기 준
입상필터	<ul style="list-style-type: none"> · 배수기능 : $D_{15}/d_{85} > 4$ · 여과기능 : $D_{15}/d_{85} < 4$
섬유필터	<ul style="list-style-type: none"> · 배수기능(Lawson 기준) : $O_{95} > d_{15}$ · 여과기능(Christopher & Holtz 기준) : $O_{95}/d_{85} \leq 1 \sim 2$

위에서 배수기능과 여과기능은 여러 가지 기준이 있으므로 현장상황에 맞추어 적절한 방법을 선정해야 하며, D는 필터재의 입경이며, d는 성토재의 입경, O는 토목섬유의 공극의 크기이다.

(5) 누수방지대책

방조제에서 누수는 사면붕괴나 제체파괴, 내측 유수지의 염분농도 증가로 인한 농작물 피해 등의 원인이 되므로 근본적으로 누수를 차단하기 위한 적절한 보수보강공법을 실시해야 한다. 제체의 누수대책으로는 제방단면의 확대, 차수벽 설치, 그라우팅 등을 고려할 수 있으며 기초지반을 통한 누수대책으로는 투수층에 차수판을 설치하던가 그라우팅을 하는 방법 등이 있다. 또한, 구조물과 성토제가 접하는 부위 또는 제체를 관통하는 구조물의 흠파의 접속부에서의 누수는 구조물과 성토제와의 접속부를 연한 침투로장을 연장하고 접속부에서 구조물과 흠파의 간격이 생기지 않도록 해야 한다.

제체의 누수방지공법으로 많이 채택되는 그라우팅공법은 물, 시멘트, 벤토나이트, 점토 등의 재료를 풀처럼 혼합하여 토립자의 간극이나 제체와 암반 또는 구조물과의 접속부 등에 침투수를 차단하기 위하여 주입하는 공법으로 주입재료는 시멘트, 벤토나이트, 시멘트와 벤토나이트, 시멘트와 점토, 화학약품 등이 있다. 일반적으로 모래와 자갈로 된 토층의 경우 시멘트 그라우트는 자갈성분이 우세한 부위의 간극만을 충전시켜서 효율이 떨어지므로 점토나 화학약품 등을 사용하거나 주입압력을 적절히 조절하여 침투효율을 높이기도 한다.

대부분의 그라우팅 작업은 보통포틀랜드 시멘트를 사용하지만 미세균열이나 간극이 작은 지반에 대해서는 보통포틀랜드 시멘트보다 조강시멘트나 고분말시멘트를 주입하면 효과적이며 고속믹서기를 사용하면 시멘트 입자에 수막을 형성시켜 입자가 서로 엉켜서 미세균열을 막는 것을 방지할 수 있어서 침투효과를 높힐 수가 있다. 방조제와 같이 해수의 침투가 있는 곳에서는 다소 비용이 많이 소요되지만 내황산시멘트로 그라우팅하면 황산에 의한 시멘트의 열화현상을 감소시킬 수 있다.

방조제 성토부위나 기초지반과 같이 토사층에 대한 주입은 아래서부터 순차적으로 위로 향하게 하고 암반인 경우 위에서 아래로 주입하며 주입압력과 주입량은 현장조건과 경험적으로

판단으로 결정하는 것이 좋다. 제체나 기초지반에 큰 공동이 있는 경우는 모르터를 주입하여 채우고 주입중에 큰 균열이나 공동에 통로가 연결되면 주입액이 그곳으로 집중되어 효과를 기대할 수 없으므로 주입중에는 압력의 변동과 주입량을 확인하고 주입효과를 최대한으로 하여야 한다.

그라우팅이 완료된 후 침투수가 그라우팅 된 부위를 흐르게 되면 누수방지효과가 저하하게 되는데 침투수내에 황산과 같이 콘크리트의 열화를 촉진하는 성분이 있는 경우 그라우팅의 기능은 현저하게 떨어지고 심한 경우 수년내에 대부분의 누수방지효과가 상실되므로 그라우팅이 완료된 후에도 정기적인 점검으로 누수상황을 면밀히 조사해야 한다. 제체일부는 V컷을 하고 차단층을 설치하여 누수를 방지하는 공법은 제체의 중심코아재와 같은 것으로서 비용이 상대적으로 작게 들어 경제적이지만 차단재로서 점토를 사용하는 경우 간극수압이 반복적으로 작용하여 열화현상이 발생할 수도 있으며 활동, 균열, 동해, 변형, Load transfer 등 여러 가지 조건을 검토하여 안정하게 설치해야 한다. 소단을 축조하여 침투로를 연장하는 공법에서는 누수부위가 제체인지 기초지반인지 정확한 조사가 이루어진 후 공법선택을 결정해야 하는데 기초지반을 통한 누수의 경우에는 효과가 없으므로 차단층이나 시트파일 등 다른 공법을 선택해야 한다.

① 제체를 통한 누수

방조제 제체를 통한 누수는 일반적으로 제체 내측사면 끝이나 내수위선 부근에서의 침투수가 유출되는 것을 말하며 이것은 해측수위의 승강으로 해수가 침투하여 발생하는 것이다. 일반적으로 제체에서 누수를 일으키는 원인은 다음과 같다.

㉠ 제체단면이 부족한 경우

㉡ 해측의 밀다짐공 부분이나 피복석 지지층 또는 성토재 등이 세굴이나 침식으로 인하여 유실되어 유로가 형성되고 충분한 침투로장이 확보되지 않았을 경우

㉢ 성토재가 조립토로 구성되어 투수계수가 큰 경우

㉣ 설치류 등의 동물에 의해 제체에 구멍이 뚫린 경우

㉤ 제체내 매설되거나 배수갑문 등과 같은 구조물과 성토제의 접촉부에서 다짐불량 또는 접촉불량에 의한 루핑(Roofing)현상이 발생하는 경우

㉥ 부등침하나 다짐불량에 의하여 균열 또는 유로가 형성된 경우

위에서 ㉠항과 ㉡항의 경우에는 한계동수경사와 유출동수경사의 비로서 구하는 방법 등 기존의 침투류 해석방법을 적용하여 판정할 수 있으며 ㉢항의 경우는 ㉠항과 ㉡항의 방법과는 달리 크리이프비(Creep ratio)에 의하여 결정할 수 있다.

② 기초지반을 통한 누수

기초지반이 모래나 자갈 등 투수성이 높은 토층으로 구성된 경우 해측에 고조위가 발생하면 침투압이 증가하여 내측의 기초지반에 침투수가 용출하고 파이핑 현상이 발생한다. 파이핑 현상의 판정은 한계동수경사와 유출동수경사(Exit hydraulic gradient)의 비로써 판정하는 방법과 한계유속에 의하여 판정하는 방법 등 두가지가 있으며 침투압과 누수량 등을 검토하여 충분한 대책을 강구해야 한다.

(6) 활동에 대한 대책

방조제에서 발생할 수 있는 활동은 제체사면에서 사면경사가 급하거나 전단강도의 부족, 과잉간극수압발생 등에 의하여 발생하는 활동과 파랑이나 조류에 의하여 생성된 수압으로 인하여 피복공이나 필터 또는 성토체의 접속부를 연하여 발생하는 활동, 바닥보호공이나 밑다짐공 부위의 기초지반에 파랑과 조류로 인하여 세굴됨으로써 유발되는 활동, 지진이나 파랑 등 반복하중에 의하여 기초지반이나 성토체가 액상화하여 발생하는 활동 등 여러가지 경우가 있다.

① 제체사면에서의 활동에 대한 대책

제체사면에서나 사면에서 기초지반을 통하여 발생하는 활동은 규모가 커서 많은 경비와 시간이 필요하며 신속하게 조치를 취하지 않으면 제체를 다시 축조해야 하는 경우도 발생할 수 있다. 적용가능한 공법으로는 말뚝타설공법, 압성토공법, 사면복공 등이 있으며 현장여건에 적합한 공법을 선정하는 것이 중요하다.

② 서로 다른 재료의 접속부를 통한 활동대책

피복공과 지지층 또는 필터층이나 성토체 접속부에서 전단강도가 부족하거나 파랑과 조류에 의한 수압에 의하여 발생하는 활동에 대한 대책은 활동이 발생한 부위의 아래쪽 즉 독마루 콘크리트 피복층의 경우 소단과의 연결부에 말뚝을 타설하여 지지하거나 앵커링 등을 하여 구조물을 고정하는 등의 방법을 적용한다.

③ 세굴에 의한 활동대책

밑다짐공이나 바닥보호공 부위의 기초지반 세굴에 의해 유발되는 활동에 대한 대책은 다음과 같다.

- ㉞ 바닥보호공이 없는 곳에서는 바닥보호공을 설치한다. 이때 바닥보호공의 끝부분은 충분히 굴요성이 있어서 세굴시 기초지반과 같이 거동함으로써 세굴방지효과가 있도록 조치한다.

㉠ 바닥보호공이나 밀다짐공 끝부분에 여분의 사석재를 두어 세굴을 방지한다.

위의 방법 이외에도 사면 끝부분에 미리 준설토를 투기하거나 밀다짐공 끝부분에 말뚝타설 또는 앵커링을 하여 활동을 방지할 수 있으며 현장여건에 알맞은 공법을 선정하여 적용한다.

(11) 침하대책

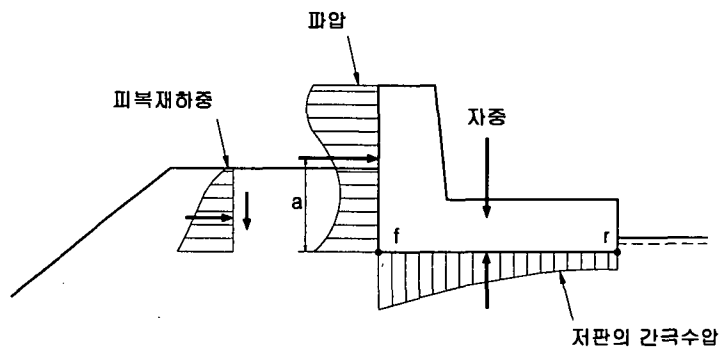
연약지반상에 축조된 방조제의 경우 가장 많은 문제점은 누적된 침하와 균열인데 대부분 경미한 보수로 충분하지만 제체 전체에 변형이 생기거나 이에 따라 주변구조물이나 지하매설물 등에 균열이나 단차가 발생되어 있을 때는 대규모 보수보강을 필요로 하는 경우가 있으므로 충분한 조사검토가 필요하다. 천단부에 부등침하가 발생하였을 경우에는 덧쌓기공법을 적용하고 포장된 도로부에서의 부등침하는 오버레이하는 것이 보통이다.

(12) 제체균열 보수보강대책

균열방지대책은 축조시 대책과 균열발생 후 대책으로 대별할 수 있으나 방조제의 경우 축조재료 구득의 제한성과 방조제 노선형태, 기초지반과 성토재의 다짐특성 등으로 축조시 대책수립이 극히 어렵기 때문에 거의 모두가 균열발생 후 대책수립이나 보수보강을 해야 한다. 다음의 표-21은 제체에서의 균열발생과 그 대책을 기술한 것으로서 방조제에서도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

(13) 상부공의 안정

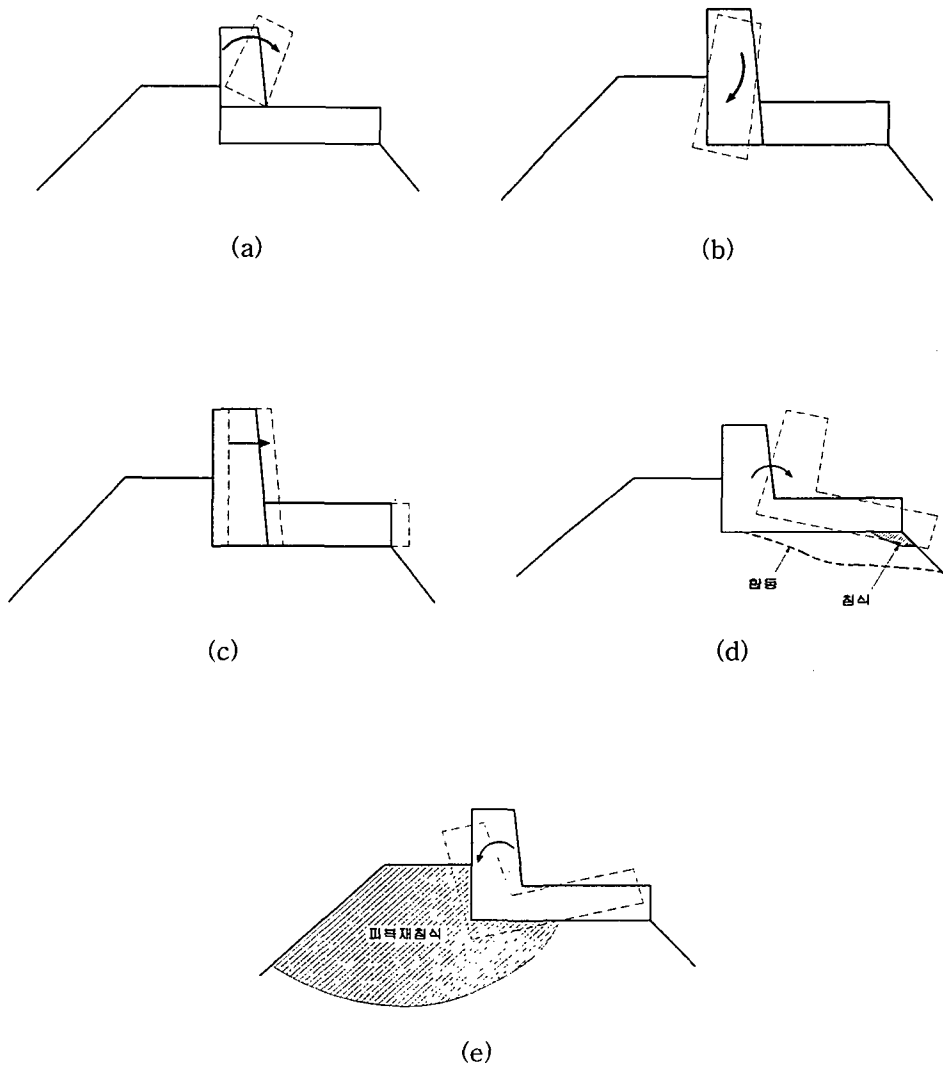
불규칙파에 의하여 상부공에 작용하는 외력은 통계학적으로 추정하여야 하지만 일반적인 외력의 분포도는 다음의 <그림 3-2>와 같다.



<그림 3-2> 상부공에 작용하는 외력

파력은 파라피트에 직각으로 작용하며 그 크기는 수직성분의 속도와 가속도에 의하여 결정되고 저판에 작용하는 일시적인 양압력은 저판부위의 토층에 발생하는 간극수압에 의하여 계산할 수 있다.

파라피트의 파괴형태는 <그림 3-3>과 같이 벽체나 저판이 외력에 의하여 파괴되거나 활동, 파라피트 후면의 토층의 침식에 의한 활동 또는 기울어짐, 피복공 주위의 침식에 의한 외측으로의 기울어짐 등 다섯가지 정도로 분류할 수 있다. 따라서 파라피트의 안정을 위한 대책은 파라피트의 구조와 작용하는 외력, 파괴형태별로 다양하기 때문에 일률적으로 결정하기가 어려우므로 현장여건에 따라 적절한 보수보강대책을 수립해야 한다.



<그림 3-3> 파라피트의 파괴유형

(14) 동해에 대한 대책

방조제 제체는 지역에 따라 다소 차이는 있지만 실트질토로 축조된 것이 적지 않아서 동해에 취약한데, 동해는 제체에 균열을 유발하여 투수성을 증대시키고 융해시에는 함수비를 증가시켜서 제체에 변형이나 활동을 일으킬 수도 있다. 동해가 발생하는 근본적인 원인은 침투나 누수 및 모관수에 기인되므로 이와같은 현상을 방지할수 있는 방법이면 어떤 방법 이든 가능하며 일반적으로 방조제에서 동해방지를 위하여 채택할 수 있는 공법은 그라우팅 공법이다.

(15) 떼붙임공의 보수

제체에 떼붙임을 한 부위는 잡초 및 기타 식생의 뿌리가 번성하여 제체에 균열, 함몰 또는, 활동이 발생할 우려가 있으므로 이를 조기에 발견하여 뿌리뽑기와 제초를 실시해야 한다. 또한, 뿌리가 뜨지 않도록 흙으로 피복하고 밟기 등으로 보호하고 비료와 물을 뿌려 주어 잔디의 생육에 유의해야 한다.

3.2 배수갑문

3.2.1 손상형태

'96까지 국내의 농업토목 수리구조물의 구조안전진단 결과를 분석한 결과인 (표5-2)를 살펴 보면 배수갑문은 해양 구조물이기 때문에 해수에 포함된 염분이나 황산이온에 의해 콘크리트 나 철근에 피해가 크게 나타나고 있다. 배수갑문에 나타나는 손상형태는 크게 철근 또는 철물(문비)의 부식, 콘크리트와 내부 철근의 성능저하로 나타나는 손상(균열, 박리, 백화, 노후) 및 기능저하인 홍수배제능력 부족으로 나뉘어진다. 손상형태 중 철근부식이나 철물의 부식은 8%에 이르며, 콘크리트와 철근의 성능저하로 인해서 나타나는 손상(균열, 박리, 백화, 노후)은 손상의 대부분인 74%에 이르며, 홍수배제능력 부족은 배수갑문 손상의 6%를 점하고 있다.

따라서 배수갑문 손상형태의 대부분은 콘크리트 또는 내부 철근의 성능저하로 인해 나타나는 손상이라 할 수 있다.

3.2.2 손상원인

중래의 배수갑문용 콘크리트는 초기투자비를 최소화하기 위해서 180~210kg/cm²에 불과한 낮은 설계기준강도의 콘크리트를 사용하였고, 작업성의 이유로 콘크리트의 물-시멘트비가 약 50%를 상회하는 콘크리트를 타설하였으며, 해수에 포함된 황산염으로부터 내구적인 내황산염 시멘트는 고가이기 때문에 사용하지 않는 대신 저가이면서 가장 일반적인 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

이에 따라 배수갑문 콘크리트 내부에는 다량의 모세관공극이 연속적으로 형성되어 있는 느슨한 조직의 저품질 콘크리트 구조물이 되었다. 이러한 공극을 통하여 해수에 함유된 황산염이온이 콘크리트 조직내부로 쉽게 침투하고, 내부에 도달한 황산염은 시멘트수화물과 반응하여 에트링가이트라는 침상의 팽창성 수화물을 만들며, 팽창성수화물이 발현하는 팽창압에 의해 콘크리트 조직이 균열되어 배수갑문 콘크리트에 커다란 손상을 준다.

조위차로 인해 배수갑문 콘크리트는 항상 해수 속에 잠기는 부분이 있는가 하면, 해수와 대기에 주기적으로 노출되는 간조대에 위치한 부분이 있으며, 해풍이나 비말에만 노출되는 부분이 있다. 간조대를 포함한 그 보다 높은 위치에 있는 콘크리트는 조직내부에 있는 다량의 공극을 통하여 해수에 함유된 염소이온과 대기중의 산소와 이산화탄소가 콘크리트 조직내부로 손쉽게 침투해 들어간다. 콘크리트 조직 내부로 침투한 이산화탄소는 수화생성물과 반응하여 콘크리트 조직을 중성화시키며, 이로 인해 철근을 감싸고 있던 부동태피막이 파괴되어 철근은 활성적인 부식환경에 놓이게 된다. 이러한 상태에서 해수에 함유된 염소이온과 산소의 손쉬운 공급은 배수갑문 콘크리트 속에 매입된 철근을 쉽게 부식시키고, 부식된 철(녹)은 부피 팽창압을 발생하여 피복 콘크리트에 균열을 발생시키며 나아가 피복 콘크리트를 탈락시켜 치명적인 손상이 발생하게 된다.

배수갑문 콘크리트에 균열이 발생하거나 피복 콘크리트가 탈락하면 해수 중의 염소이온과 대기중의 산소 또는 이산화탄소의 공급이 그 만큼 쉬워져 배수갑문 콘크리트를 가속적으로 손상시킨다.

한편 배수갑문의 홍수배제능력 부족현상은 국가경제 발전에 따라 배수갑문으로의 홍수유출 유역이 도시화되어 홍수유출량을 증대시키기 때문에 발생하며 또한 경제사회의 발전에 따라 설계빈도가 증가하여 설계홍수량은 증가한 반면 통수단면적은 시공 당시와 변화가 없기 때문에 발생한 것으로 외적인 환경변화에 의해 발생된 것이다.

3.2.3 점검방법 및 점검항목

배수갑문이 파괴될 경우 곧 바로 방조제의 파괴와 내부개답지 또는 주거지역의 해수 침수로 이어지므로 막대한 피해를 주게된다. 따라서 배수갑문의 손상 점검은 고도의 전문가가 매우 조심스럽고 정밀하게 수행하여야 한다.

2.3.3장에서 언급한 바와 같이 배수갑문은 농업기반시설관리규정(농림부 훈령 제824호)의 규정에 따르면 배수갑문은 1종 내지 2종시설물이므로 일상점검을 실시하여야 하며 매년 영농기 전에 정기점검을 실시하여야 하며, 필요시 긴급점검을 실시하여야 한다. 또한 일상점검 또는 정기점검 결과 재해예방 또는 안전성확보를 위하여 필요한 경우나 완공후 10년이 경과한 1종시설물은 5년마다 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

따라서 일상점검이나 정기점검시 또는 긴급점검시 시설물 관리자는 시설물의 손상상태를

점검하여야 하는데 점검방법과 점검항목은 5.3.3장의 구조물 외관육안조사 내용에 따라 실시하여야 하며, 이러한 조사결과를 토대로 성능저하 원인, 즉 손상원인(성능저하 원인)과 손상 정도(성능저하도)를 분석하여 안전성 확보 유무를 판단하여야 한다.

외관육안조사로부터 취수시설의 안전성 확보에 의심이 가는 경우 또는 완공후 10년이 경과한 1종 시설물은 매 5년마다 정밀안전진단 전문기관에 정밀안전진단을 의뢰하여 실시하여야 한다.

정밀안전진단시에는 5.3.4장에 따라 상세조사를 실시하며, 5.4장의 진단방법에 따라 성능저하도를 판정하고, 성능저하 원인을 규명하며, 성능저하의 원인을 제공하는 성능저하 외력의 크기를 규명하며, 향후의 성능저하진행도를 예측하고, 내하력 진단이 필요한 경우 내하력 진단을 실시하여야 한다. 동시에 취수시설의 성능저하가 알칼리-골재반응이라 판단되는 경우 알칼리-골재반응성 유무를 진단하여야 하며, 성능저하가 지진이나 부등침하 또는 과하중 등의 구조역학적 요인에 기인한 것으로 판단되는 경우 구조안전진단도 실시하여야 한다.

한편 배수갑문의 홍수배제능력 부족현상은 사회경제적 환경변화에 의해 발생하므로 환경변화에 대응한⁷⁾ 수문학적 인자를 결정하고 수문해석 수치모델을 이용하여 설계홍수량을 분석한 다음 기존 배수갑문의 통수단면적에 의한 홍수배제능력과 비교하여 홍수배제능력 부족현상을 분석하여야 한다.

3.2.4 보수·보강공법

배수갑문의 콘크리트 또는 내부철근의 성능저하로 인한 보수·보강공법을 선정하기 위해서는 3.3.3장의 정밀안전진단 결과를 토대로 성능회복목표수준을 5.5.2장에 따라 설정하고, 필요시 5.5.3장에 따라 설계조사를 실시하며, 5.5.4장의 내용에 따라 보수범위를 설정한 다음, 5.5.5장이나 5.8장에 제시된 바에 따라 보수·보강용 재료나 공법을 선별하여 선택하여야 한다.

한편 배수갑문의 홍수배제능력 부족현상은 외적인 요인, 즉 사회경제적인 환경변화에 의해 발생한 것이므로 환경변화에 대응한 설계홍수량 예측치를 배제시킬 수 있도록 통수단면적을 증가시켜야 한다.

여 백

제 4 장 양 · 배수장

여 백

제 4 장 양 · 배수장

4.1 기계분야

4.1.1 개 요

양 · 배수장의 중요한 기계시설로는 펌프, 천장주행기중기, 각종 밸브류, 각종 부속기기류, 배관류와 모터, 엔진 등이 대부분의 시설이었으나, 최근에는 제진기 및 자동제어설비가 추가되는 등 시설이 보다 현대화되고 자동화되어 가는 추세이다.

기존의 시설들은 자동화되어 있지는 않지만 기 가동되고 있는 시설을 어떻게 유지관리하여 효과적으로 잘 사용하느냐는 매우 중요하다고 볼 수 있다. 근래 농촌 지역에는 기술자의 부족과 젊은 유지관리 인력의 부족으로 전국에 산재한 많은 시설물들이 적절하게 유지관리 되지 못하거나, 장기간 사용으로 노후되어 보수 · 보강이 절실하나 재원의 부족으로 어려움을 겪고 있는 것으로 보여진다. 그러나 어려운 가운데에서도 주어진 여건 안에서 보수 · 보강을 어떻게 하여야 가장 적합한 지를 판단하는 것은 쉽지가 않다. 그러므로 본 고(稿)에서 양 · 배수장의 기계분야에서 발생할 수 있는 여러 가지 현상에 대한 원인 및 대책을 고찰하여 관련자가 보수 · 보강 계획을 수립하여 사업을 추진하는데 도움이 되고자 하였다. 본 고(稿)에서 양 · 배수장의 모든 부분의 문제점을 살살이 거론하고 보수 · 보강 방법을 고찰하여야한다고 생각되나, 거론하여야 할 분야가 너무 방대하고, 기술적인 근거자료와 이론의 정립에 어려움, 매우 많은 시간과 인력의 투입이 요구됨으로 이를 고려하여 양 · 배수장의 중요한 장비에 대해서만 실무 경험을 보태어 기술하고자 한다.

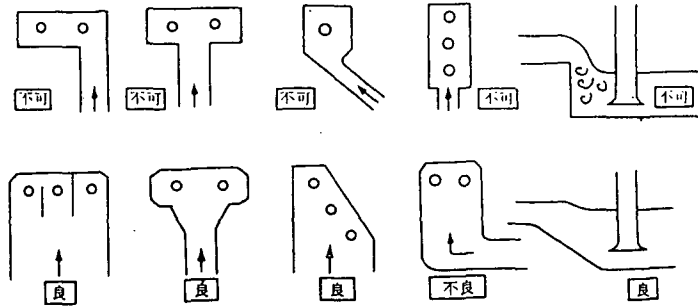
4.1.2 양 · 배수장에서 발생하는 문제점의 보수 · 보강 방법

1) 양 · 배수장 배치계획의 보수 · 보강 공법

펌프의 흡입, 토출 수조의 형상 치수를 잘 못 선정하면 소기의 능력을 발휘하지 못하는 바 시설물을 보수 · 보강시 주의하여야 하며 형상은 아래 그림과 같다.

(1) 흡입도수로 보수 · 보강 방법

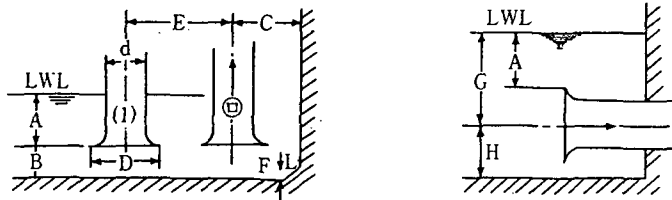
- 도수로 평균 유속 $V=0.8\sim 1.2\text{m/sec}$ 이하
- 유로는 급격히 확대되거나 방향 전환을 피하여야 한다.



〈그림 4-1〉 흡입도수로

(2) 흡입 벨마우스의 수몰깊이 및 흡수조 보수·보강 방법

(일본농립성 PUMP기술 매뉴얼 참조)



〈그림 4-2〉 흡입 벨마우스의 수몰깊이 및 흡수조

$$\frac{D}{d} = 1.4 \sim 1.6 : 1.5$$

V = 관내유속(최대유량) m/sec

$$A \approx (1.5 \sim 1.9) \times d \text{ 이상} \text{ --- (1)}$$

$$A > \frac{V^2}{2g} + 0.1 \text{ m} \text{ --- (2)}$$

A의 치수는 대구경에서는 (1)식을 소구경에서는 (2)식을 사용하며, 중간구경에는 양식에서 큰 규격으로 적용한다.

$$B \approx 1.0 \times d \text{ 이상}$$

$$C = 1.5 \times d \text{ 이상}$$

$$E = 3 \times d \text{ 이상}$$

$$F = 0.5 \times d \text{ 정도}$$

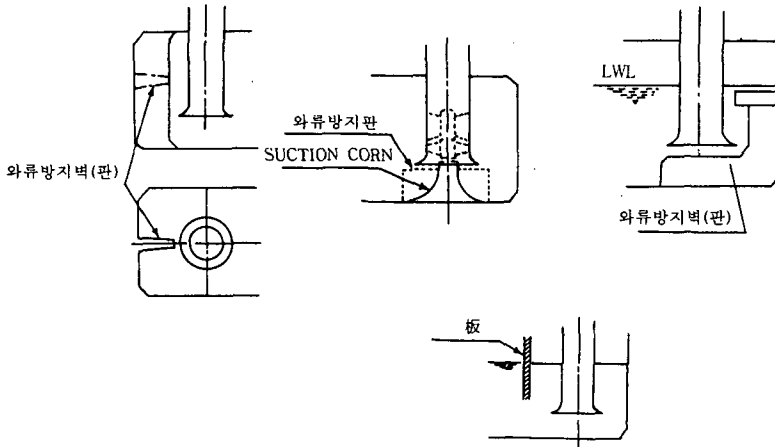
$$G = 2. \times d \text{ 이상 (단 } G > 750 \text{ mm)}$$

$$H = 1.25 \times d \text{ 정도}$$

여기서, 복수대수의 펌프를 설치할 시 흡입관 사이에 격벽을 설치하여야 하며, E의 치수는 격벽의 두께를 포함한 필요한 치수로 적용하여야 하며, 펌프의 설치면적은 설치후의 보수 및 취급 공간을 포함하여 결정하고, 중형 펌프 이하는 상기계산의 E 치수에 여유를 필요로 한다.

(3) 흡입 와류 방지를 위한 보수 · 보강 방법

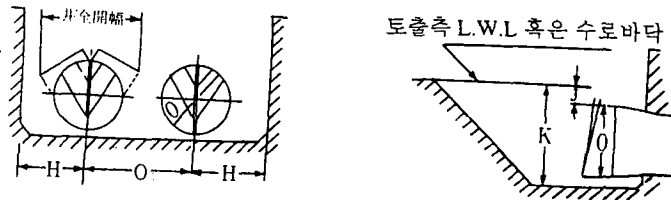
대구경 펌프는 흡입측 유체의 변화에 따라 와류가 발생되지 않도록 그림과 같이 와류방지장치를 설치하여야 한다.



<그림 4-3> 흡입 와류 방지 장치

(4) 토출 수조 보수 · 보강 방법

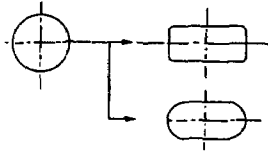
- ① 흡입수조의 치수는 엄밀하게 제약조건을 두지는 않지만 특히 대구경 펌프의 말단 역지면을 사용시 FLAP 부분이 간섭을 받지 않도록 하여야 하며 주펌프가 횡축펌프일 경우에는 역수방지벽이 그림과 같이 항상 수몰되도록 계획하여야 한다.



<그림 4-4> 역수방지벽

$$\begin{aligned}
 D1 &= \text{역수방지벽의 말단 내경} \\
 G &= 1.8 \times D1 \text{ 이상} \\
 H &= 1.0 \times D1 \text{ 이상} \\
 J &= 0.1 \sim 0.2\text{m 이상} \\
 K &= (1.1 \times D1) + 0.3\text{m 이상}
 \end{aligned}$$

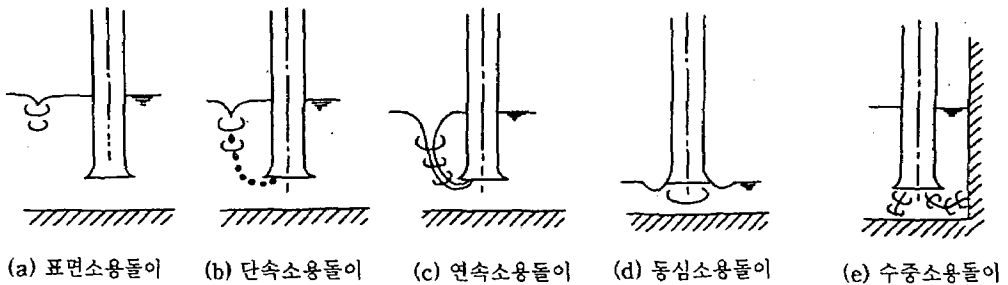
- ② 초대형 펌프가 설치되는 장소에는 지형조건에 따라 토출시 수조에서 유속을 감쇄시켜야 할 경우에 그림과 같이 토출관 말단에 구조물을 설치한다.



<그림 4-5> 토출관 말단 구조물

(5) 흡입 수조 보수·보강 공법

흡입수조 SUCTION SUMP의 형상이 부적당하면 물의 자유표면에서 흡입관에 이르는 공기흡입소용돌이와 수조저면 또는 측벽면과 흡입관을 연결하는 수중 소용돌이가 발생하기 쉽고 이와같은 소용돌이가 발생하면 진동소음을 발생시키고 펌프성능이 악화된다. 소용돌이의 형태는 그림과 같다.



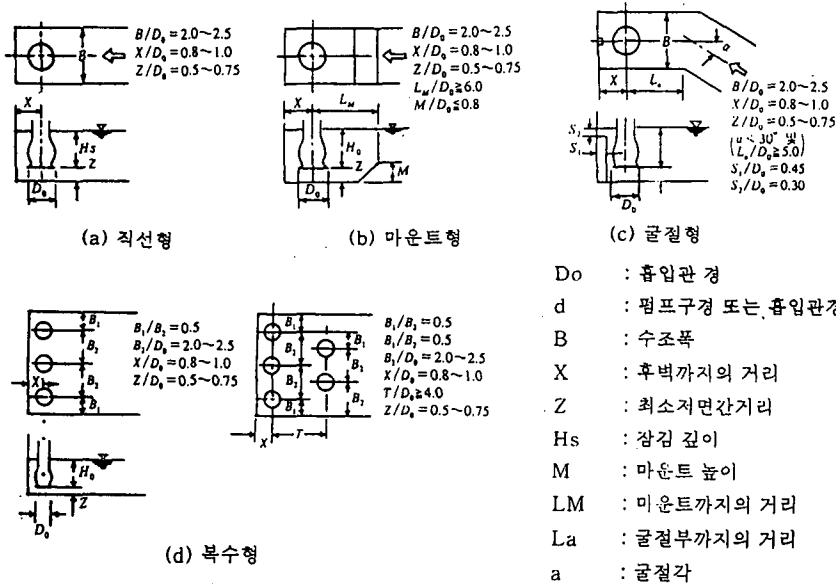
<그림 4-6> 소용돌이의 형태(JSME S 004 - 1984에서)

이와 같은 문제를 피하기 위해서는 수조내의 유속을 지연시키거나 급한 감속부 및 급는 부분을 제거할 필요가 있지만 구체적으로 아래에 표시한 표준적인 형상과 치수로 정하는 것이 좋다.

일반적인 흡입수조의 형상과 치수에 의해 <그림 4-7>과 같이 4종류로 분류된다. 또 각 형

상에 대한 흡입벨마우스의 최소 잠김깊이 H_s 를 (표 4-1)로 표시한다. 이 표준의 class I, II는 펌프용도에 의해서 공기흡입 소용돌이의 허용기준에서 정해지는 것도 있고 (표 4-2)로 표시되는 것도 있다. 즉 Class I은 흡입수조 설비의 경제성을 희생해도 공기흡입을 방지하지 않으면 안되는 것이 있고, class II는 용도상 다소의 공기 혼입은 허용하고 그것에 의해 수조를 경제적으로 조치하도록 하는 경우도 있다.

입지 조건에 의해 표준치수로 계획 보강 · 보수가 불가능한 경우에는 기설흡입수조의 유사한 구조나 모형시험에 의해 문제가 없이 가능한 방법을 적용하는 것이 좋다.



<그림 4-7> 흡입수조의 분류와 표준적인 형상 치수(JSME S 004 - 1984에서)

(표 4-1) 흡입수조의 표면 현상과 최소잠김깊이 H

수조형상	최소 잠김 깊이 H_s	
	CLASS I	CLASS II
직선형	$H_s \geq 1.5 \times D_0$	$H_s \geq 1.3 \times D_0$
마운트형	$H_s \geq 1.7 \times D_0$	$H_s \geq 1.4 \times D_0$
굴절형	$H_s \geq 1.7 \times D_0$	$H_s \geq 1.4 \times D_0$
복수형	$H_s \geq 1.5 \times D_0$	$H_s \geq 1.3 \times D_0$

주) 1. 수조의 각 형상에 대해서는 그림 4-7을 참조할 것.

2. 이 값은 공기 흡입 소용돌이로 본 것을 고려하고 있기 때문에 NPSH에 대해서는 별도 검토할 것.

(표 4-2) 공기 흡입 소용돌이의 허용기준

CLASS	내 용	용 도 예	허용기준
I	다른기기와의 관련에서 양수중에 공기의 혼입이 허용되지 않을것.	발전소용 순환수 펌프 공장용 냉각수 펌프	표면 소용돌이
II	최소잠김깊이에서의 운전이 단시간이고 다소의 공기의 혼입은 허용되는 것.	상수도펌프, 하수도펌프, 공업용수펌프, 농지용 배수펌프, 우수배수펌프	단속 소용돌이

i. 모형은 취수로에 있어서 스크린 또는 침사지 출구에서 펌프에 이르는 부분을 기하학적으로 비례하게 제작하고 흡입관경은 100mm 이상으로 한다.

ii. 공기흡입 소용돌이 (VORTEX)에 대해서는 아래와 같은 유속으로 시험한다.

$$\frac{V_m}{V_p} = \left[\frac{L_m}{L_p} \right]^{0.2}$$

여기서 V : 유체의 대표유속

L : 물체의 대표 치수

m : 모형

p : 실물

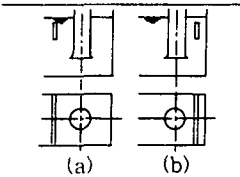
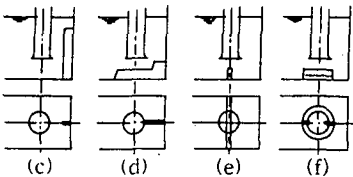
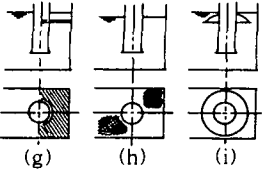
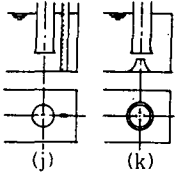
iii. 수중 소용돌이 (VORTEX)에 대해서는 아래와 같다.

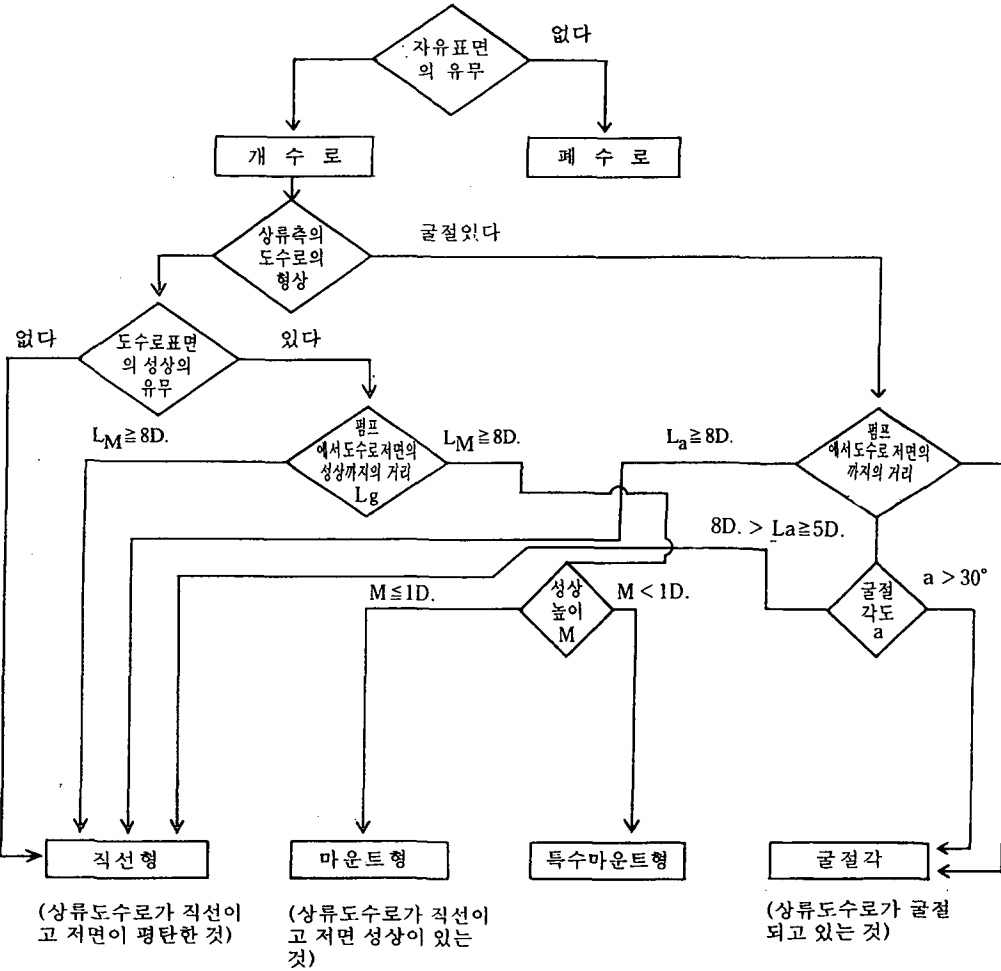
$$V_m = V_p$$

또 소형의 모형 흡입 수조에서는 흡입수조 형상이 펌프성능에 미치는 영향까지 정밀하게 조절하는 것은 무리이고 소용돌이의 발생 유무를 확인해 본다.

소용돌이가 생기는 경우 방지대책으로 사용하는 와류방지 방법은 여러 가지가 있으나 대표적인 것은 그림에서 표시한다.

(표 4-3) 와류 방지 장치(JSME S004-1984에서)

형 식	와 류 방 지 장 치	적 용
강한 와류의 발생 및 선회류의 방지	 <p>(a) (b)</p>	<p>수조의 자유 표면 부근의 유체의 흐름을 차단하는 것에 의해 흡입관 후방의 소용돌이에 의한 공기흡입 소용돌이의 발생을 방지한다.</p>
	 <p>(c) (d) (e) (f)</p>	<p>수조내 유체 흐름의 선회 성분은 소용돌이의 발생과 펌프 성능에 주는 영향이 크다. 흡입구의 근방에 선회방지벽을 설치하여 선회성분을 감소시킨다. (C)는 X치수가 과대한 경우에 (D), Z치수가 불충분하여 Z치수를 작게하는 경우에 이용한다. X, Z에 대해서는 그림 II6.2 참조</p>
중심부의 공기기둥 발생 방지	 <p>(g) (h) (i)</p>	<p>잠김깊이가 공기흡입 소용돌이를 방지 가능한 정도로 충분치 않은 경우 수조의 자유표면을 덮어 수면에서의 공기 흡입을 방지한다. (g)의 경우는 과대 유량에서 펌프 배후의 유체의 흐름의 일부를 차단하기 때문에 동일한 유속 분포가 이루어지지 않고 양정, 효율이 약간 저하되기 쉬운 경향이 있다.</p>
	 <p>(j) (k)</p>	<p>흡입관 주위의 유체 흐름이 물속에서는 강력한 소용돌이가 발생하기 쉽다. 이 소용돌이의 중심부에 기둥을 설치하여 공기 기둥의 발생을 방지한다. (j)는 선회 흐름 방지도 효과 있다. (k)는 바닥면에 단을 가진 수중소용돌이(Vortex)의 발생을 방지한다.</p>



〈그림 4-8〉 흡입수조의 표면형상

2) 양·배수장에서의 소음과 진동의 원인 및 보수·보강 방법

(1) 소음의 측정

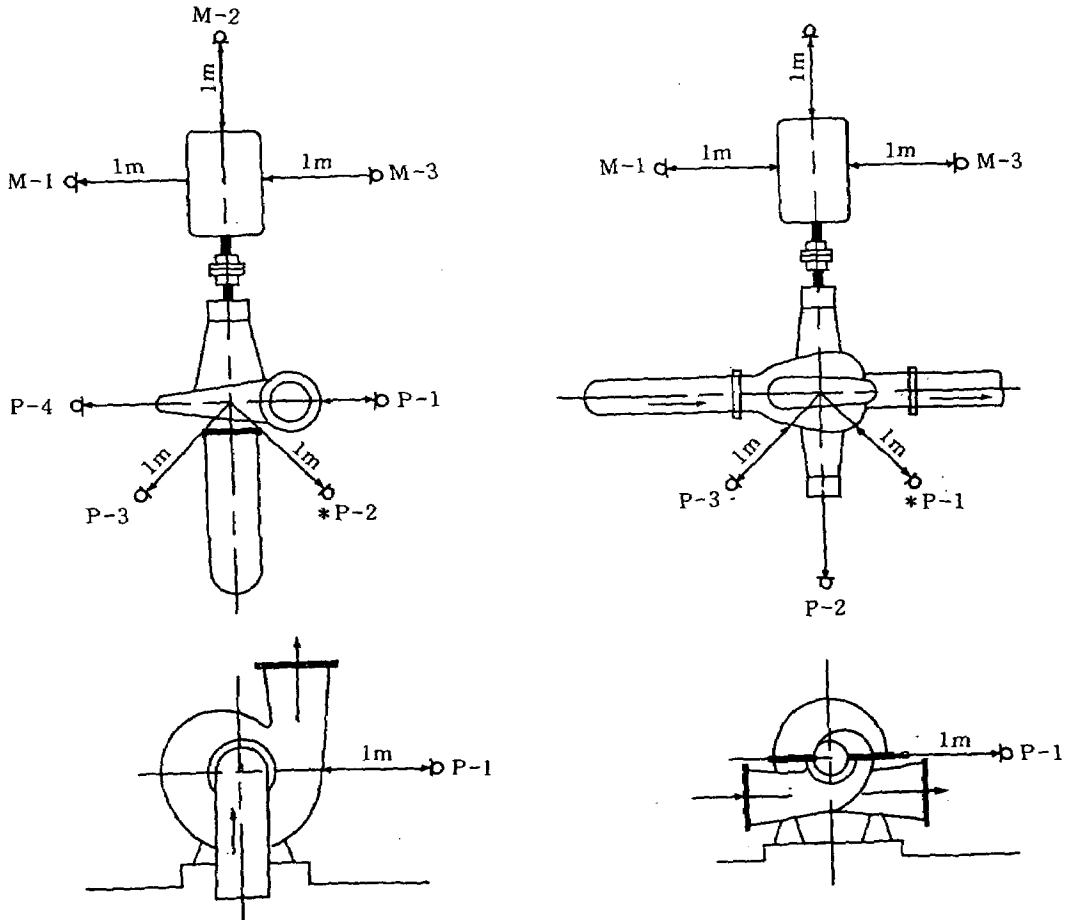
소음측정 목적은 소음규제기준을 만족시키는가 아닌가의 판정만이 아니고 소음방지 대책을 세우기 위한 데이터의 수집에 있다. 따라서 종합소음레벨과 또한 소음스펙트라를 구하지 않으면 안된다. 소음계는 종합소음 레벨만 나타나므로, 소음계에 주파수 분석기를 접속시켜 소음스펙트라를 구한다.

① 소음계

소음계는 청감보정회로를 내장하고, 음압레벨에 청감보정을 하여 소리의 크기 레벨에 근사한 값을 구하는 측정기입니다. 소음계는 측정범위, 측정정밀도에 따라 정밀, 보통 및 간의의 3종류가 KSC 1505, 1502, 1504에 각각 규정되어 있다. 일반적인 측정에는

보통소음계를 사용하고, 시험표 발행이외의 간이측정에는 간이소음계가 사용된다. 정확한 소음을 측정하기 위하여는 환경에 따라 측정 장소의 선정과 소음에 대한 보정, 변동 소음에 대한 지시치의 처리방법에 대해 주의해야한다.

KSB 6360(펌프의 소음레벨 측정 방법)에 펌프의 소음측정 방법, 측정위치가 그림과 같이 규정되어 있다.



〈그림 4-9〉 펌프의 소음 측정 위치

주문자명 _____	측정년 월 일 _____
제조번호 _____	측정 장소 _____
제조사명 _____	측정 자 _____

펌프시방 형식,구경 _____

송출량 m³/min 온양정 m 회전수 rpm

양액의 성질 _____ 액온 ℃

전동기시방 형식 _____ 제조자 _____

주파수 Hz 출력 kW 전압 V

기타의원동기 _____

운전조건 송출량 m³/min 온양정 m 회전수 rpm

흡입양정 m 액온 ℃

측정기 소음계의 형식 명칭 _____ 주파수분석기의 형식·명칭 _____

시험장치

개략도 및 측정위치(치수기입)

특기(원동기용 방음커버 유, 무)

측정 결과

펌프의 주위

측정 위치	소음레벨dB(A)			
	눈금값	측정값	대표소음레벨	암소음
P-1				
P-2				
P-3				
P-4				
P-5				

전동기의 주위(참고)

측정 위치	소음레벨dB(A)	
	눈금값	측정값
M-1		
M-2		
M-3		
G-1		
G-2		

주) 측정값은 눈금값에 암소음 보정을 한 값으로 합니다.

<그림 4-10> 펌프 소음 측정기록

(표 4-4) 환경기준(환경보전법/시행규칙 제6조 별표5) 단위 : Log dB(A)

지역구분	적용대상지역	기 준	
		낮(06:00~22:00)	밤(06:00~22:00)
일반지역	“가”지역	50	40
	“나”	55	45
	“다”	65	55
	“라”	70	65
도로변지역	“가” 및 “나”지역	65	65
	“다”	70	60
	“라”	75	70

(주) 지역 구분별 적용 대상 지역의 구분

“가”지역 : 주거 전용지역, 녹지지역, 종합병원 및 학교의 부지 경계에서 50M 이내의 지역

“나”지역 : 주거지역, 준 주거지역

“다”지역 : 상업지역, 준 공업지역

“라”지역 : 공업지역, 전용 공업지역

② 주파수 분석기

소음계의 출력을 어느 범위의 주파수 밴드만을 통과시키는 BAND PASS FILTER를 통해 계기에 지시되게 하면, 그 주파수밴드가 다른 패스필터의 차례로 바꾸어 밴드별 음압레벨, 즉 소음스펙트라를 구한다. 밴드폭은 통상 옥타브폭을 사용하지만 특히 정밀한 분석을 필요로 하는 경우에는 1/3옥타브폭을 사용한다. 최근에는 고속분석기(실시간 분석기 또는 REAL TIME ANALYSER)가 시판되어, 전밴드의 분석이 수십 밀리 세컨드의 단시간에 가능하게 되어 과도적인 현상분석에도 용이하다.

(2) 소음원 대책

펌프 및 구동용 원동기에 대해 소음발생의 상황 및 그 방지법을 기술한다. 소음저감량이 크게 요구되는 만큼 비용상승도 크게 된다.

① 펌프

펌프의 소음레벨은 펌프의 형식, 회전수 및 동력에 따라서 다르지만, 사양점의 운전 상태에서는 기계로부터 1m에서 80~90 dB(A) 정도이고, 일반적으로 디젤기관보다는 낮고, 전동기와 비교하여도 동등 또는 그 이하이다. 단, 토출변을 일부 닫은 상태에서의 운전에서는 밸브에서 발생하는 소음이 높게 되는 것에 주의해야 한다. 펌프의 소음으로는 기계적, 수력적 원인에 의한 것이 있다.

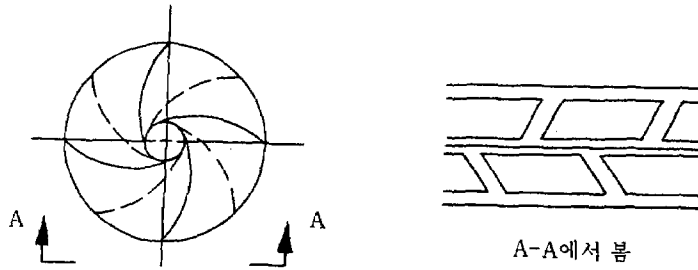
	발 생 소 음	대 책
수력적 원 인	① 깃통과음, 깃외주부가 볼류트 케이싱의 볼류트시작부 또는 디퓨저 깃을 통과할 때에 발생하는 압력맥동에 기인한다.	후 기
	② 캐비테이션에 의한 소음 ③ 회전차 입구의 유속분포가 불균일하여 생기는 소음 ④ 흡입 및 토출수조의 소용돌이 발생에 의한 소음 ⑤ 서어징에 의한 소음	펌프 계획시 회피할 수 있다.
기계적 원 인	① 기계구조부분의 공진에 의해 생기는 소음 ② 구름베어링의 회전에 의해 생기는 소음 ③ 회전체의 불평형에 의한 진동에 기인하는 소음	공진주파수의 회피 미끄럼베어링의 채용 불평형량의 감소

이들의 소음중에서 문제가 되는 것은 회전차 통과음이다. 이 주파수는 회전차 깃수를 Z, 회전수를 N rpm으로 하면

$$\text{기본주파수 } f = NZ/60$$

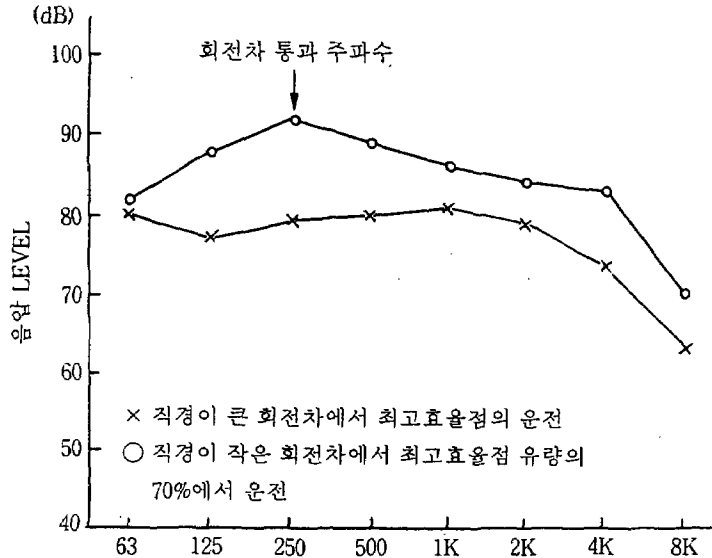
이다. f는 통상 50~300Hz로 낮기 때문에 음을 차단하기는 곤란하다. 이 압력 파동이 펌프 구조부 및 배관계와 공진하게 되면 큰 소음으로는 되지 않지만, 관로가 긴 경우에는 토출 배관계의 수주의 고유진동과 일치하여 공진을 일으킨다. 이 경우에는, 배관에서 소음이 발생하는 이외에 배관이 벽을 관통하는 부분등에서 건물에 진동이 전파되어 건물이 이차소음원으로 된다. 펌프의 회전수가 일정한 경우에는 맥동의 기본주파수도 일정하므로, 이 주파수만으로 한정하여 소음을 저감하는 방법이 사용되지만, 펌프의 회전수 제어를 하는 경우에는 맥동의 진폭 그 자체를 감소할 필요가 있으며 그 방법은 다음과 같고, 이 중에서 ②, ③의 방법이 탁월하다.

- ① 케이싱 볼류트 시작부(舌端)와 회전차 출구와의 간격을 적절하게 조절한다.
- ② 회전차 뒷 가장자리(後緣) 또는 케이싱 볼류트 시작부를 경사지게 한다.
- ③ 양흡입 볼류트펌프의 경우에는 좌우의 회전차 위상을 바꾼다.(그림 참조)



〈그림 4-11〉 맥동방지형(Z형) 회전차

단단볼류트 펌프의 소음 스펙트럼의 일례를 그림에 나타낸다. 회전차 직경치수 및 운전점에 따라 소음 스펙트럼이 큰 폭으로 변화하고 있는 것을 알 수 있다.



〈그림 4-12〉 2개의 상사 볼류트펌프의 소음스펙트럼 비교
(1977년 W사의 자료에 의거)

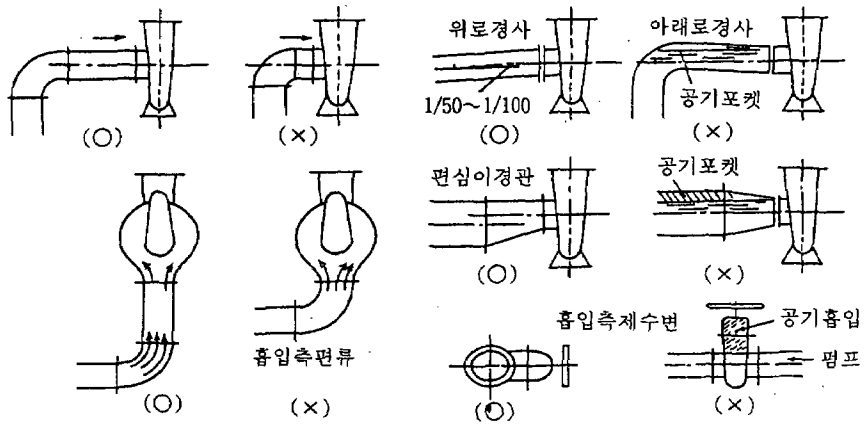
② 흡입배관

흡입배관의 계획에 따라서는 아래의 점을 주의하여야 한다.

- i. 펌프의 흡입구에 있어서 편류와 선회류가 생기지 않도록 한다.
- ii. 관 길이는 최대한 짧고 곡관의 수는 최대한 줄이고 손실수두를 작게한다.
- iii. 배관은 공기가 모여 있는 것이 없는 형상으로 펌프를 향해서 1/50~1/100정도의 위로 경사가 되도록 한다. 여하튼 공기가 모이는 부분은 배기가 가능하도록 하여

야 한다.

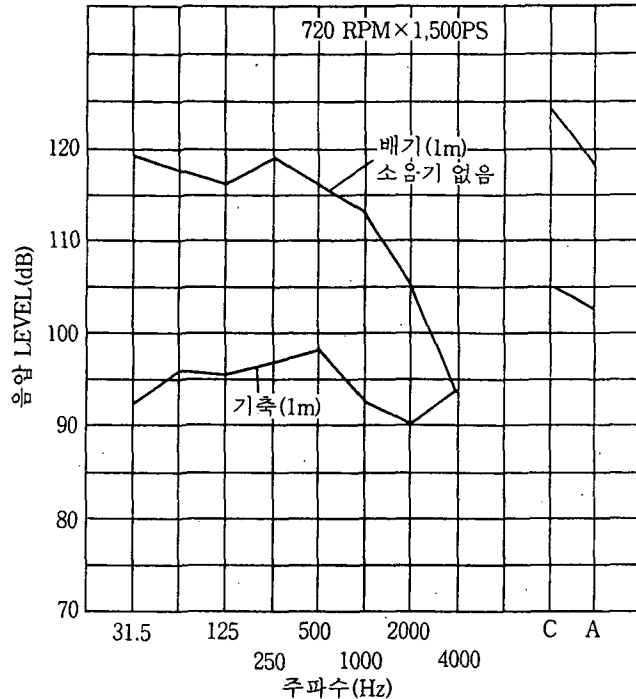
- iv. 관내의 압력은 보통 대기압 이하로 되기 때문에 공기 누설이 없는 관이음을 선정 합니다.
- v. 흡입관 끝에 스트레너 또는 후트밸브를 부착시킬때는 청소가 가능하도록 고려해 놓는 것이 요망된다. 이와 같은 경우 흡입관을 콘크리트위에 매설시키지 말고 들어올리기 용이하도록 하며, 대표적인 예는 그림과 같다.



〈그림 4-13〉 흡입배관상의 주의

③ 디젤기관

디젤기관의 소음은 연소음, 기계음 및 배기음으로 구성된다. 음압레벨은 기종 및 회전수에 따라 다르지만 일반적으로 다음과 같다.



〈그림 4-14〉 디젤기관의 배기원음과 기측소음의 음압레벨과 주파수 특성

기측(機側) (1m) 105~115dB(A), 배기관출구 (1m) 110~120dB(A) (消音器等)으로 높다. 그 주파수 특성의 일례를 그림에 나타낸다.

디젤기관의 배기음은 소음기(消音器)에 의해 감쇠할수 있지만, 기계음의 감쇠는 곤란하다. 즉, 소형기관은 곤란하므로 옥내에 설치하여 건물의 콘크리트 벽에 의한 차음(遮音)효과를 이용한다. 최근 대형기관에 대해서도 부분적으로 과급기와 급배기관계 등에 방지대책을 시행한 저소음기관이 개발되고 있고, 감쇠량은 형식에 따라 다르지만 5~10dB정도이다. 중형기관에서는 방진고무에 의해 기초에 전달되는 진동을 방지함과 동시에 동력 전달 축계에 유니버설 조인트를 병용하여 축심의 흔들림을 흡수한 예도 있다. 기관의 설치위치와 소음기와의 가능한 한 근접시키고, 배기관을 짧게하여 배기관에서의 투과음을 작게 한다. 또 디젤 자가발전설비는 보수관리시에도 운전하기 때문에 차음실에 설치하는 것이 좋다.

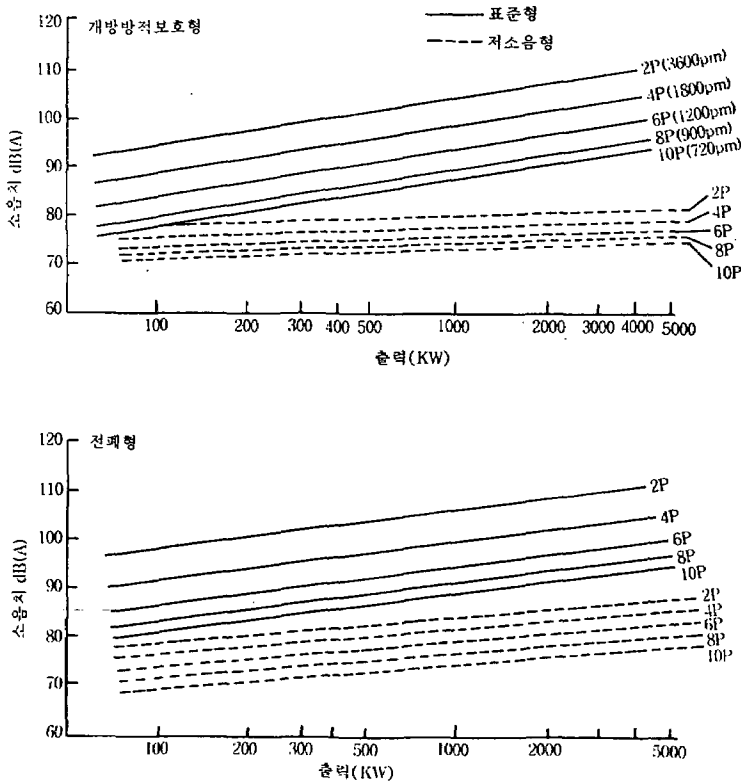
소음기의 형식은 여러 가지가 있지만, 배기원음의 소음 스펙트럼과 소요 감음량으로부터 결정된다. 단일 소음기만으로는 소음효과를 얻을수 없는 경우에는 2개의 형식을 조합시키는데 팽창형, 흡음형의 순으로 설치하는 것이 유효하다. 단, 소음효과를 높인 나머지 기관배음측의 배압(背壓)이 크게 되면, 기관의 성능이 저하하기 때문에 배압은 항상 허용치(약 350mm 수주)이하로 유지할 필요가 있다.

④ 전동기

전동기의 소음은 다음의 3종류의 음이 혼합되어 있다.

- 가) 기계음 : 회전자 불평형에 의한 진동음, 베어링음, 브러쉬의 마찰음 등
- 나) 통풍음 : 냉각용 팬음, 회전자, 고정자의 덕트음 등
- 다) 전자음 : 자력에 의해 가진되어 발생하는 고정자 철심 및 고정자의 진동음

<그림 4-15>에 전동기의 소음레벨을 나타낸다. 극수가 많을수록 소음레벨은 낮다. 회전수가 높은 2.4 극에서는 통풍음이 소음의 대부분을 차지하고, 회전수가 낮은 소음레벨은 전동기 형식에 따라 다르지만, 최근 여러 가지의 대책을 조합시킨 저소음시리즈가 개발되어, 65dB(A) 정도의 것도 제작되고 있다. 단, 이것들의 값은 “삼상유도전동기 시험법”에 준한 무부하 운전시의 것이므로, 부하운전시에는 어느 정도 소음레벨이 크게 됨을 예측하여 둘 필요가 있다.

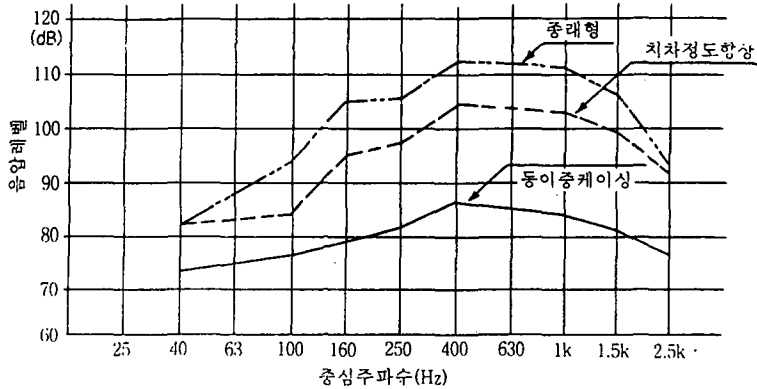


주) 주파수 60Hz의 경우(50Hz의 경우는 약 3dB(A) 작게 된다)

<그림 4-15> 전동기의 소음레벨

⑤ 치차감속기

치차감속기의 소음은 주로 치차가 맞물릴때에 발생하기 때문에, 주파수는 치차의 맞물림 주파수 및 그 고주파이지만, 음압레벨은 전달마력과 치차 정도에 따라 정해진다. 따라서 음원 대책으로서는, 치절 열처리후의 치면 연삭가공을, 또 연삭할 수 없는 구부러진 이(齒)에 대해서는 초경 호브에 의해 치절가공을 하여, 치차정도를 향상시키는 것이 좋다. 보다 낮은 소음을 요구할 경우에는 케이싱을 이중 구조로 하여 차음하는 방법이 있다. 베벨치차감속장치의 소음 스펙트럼을 예상한 일례를 그림에 나타낸다.

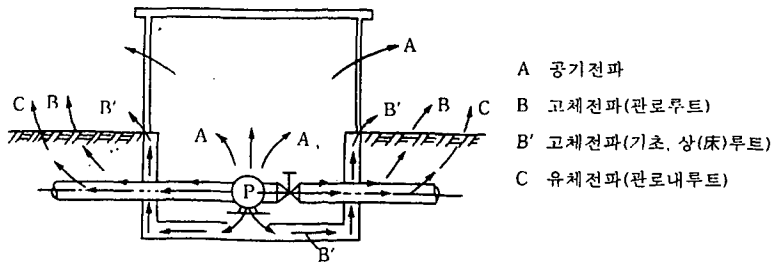


<그림 4-16> 치차감속기의 소음 스펙트럼(2000ps) 예

(3) 펌프장에서의 소음 대책

펌프장에 전술의 소음방지 기술을 적용하여, 부지 경계선상에서의 소음레벨을 규제치 이하로 감쇠시킨다. 이를 위해 펌프장의 주요한 소음원과 소음 전파경로를 검토하지 않으면 안된다. 소음전파의 경로는 그림과 같다.

유체전파음은 펌프장 특유의 것으로 펌프, 토출배관계를 흐르는 유체의 압력맥동에 기인한다.



<그림 4-17> 소음의 전파경로

① 공기전파음

공기전파음의 감쇠로는 여러 가지의 방법이 있지만, 부지에 여유가 있는 한 수음점(受音點)과의 거리를 길게하여, 거리감쇠를 이용하는 것이 좋은 대책이다. 또 펌프장의 건물배치 및 건물내의 부옥(蔀屋)의 배치를 이용하여, 차음효과를 높일 수 있다.

기장초기계획		구 체 적 방 책	방음기술	
부 지	건물배치	음원과 수음점과의 거리를 가능한 한 멀리한다.	거리감쇠	
건 물	건물구조	부옥배치	조작실 등은 수음점 쪽으로 배치하여 기계소음을 차단	차 음
		건물구조	수음점측의 벽에는 개구부를 피한다(무창(無窓)구조).	상 동
			수음점측에 채광창과 문을 설치할 경우에는 이중 구조로 하여 기밀(氣密)을 유지한다.	상 동
			수음점측에는 흡배기구를 설치하지 않는다.	상 동
			흡배기구에는 필요한 소음장치를 설치한다.	소 음
내벽과 천장에 흡음처리를 한다.	흡 음			
옥외기계	기계배치	수음점 쪽을 피하고 경우에 따라 저소음형 기계를 사용한다.	차음, 소음, 흡음	

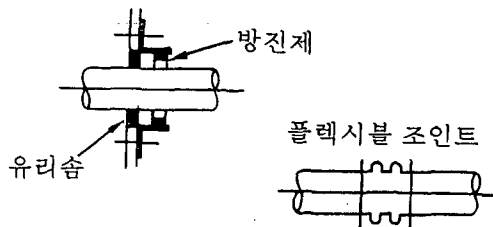
② 고체전파음

고체전파음의 전달경로는 다음의 2가지의 루트(Root)가 고려된다.

가) 펌프→펌프기초→상(床)→측벽→옥외

나) 펌프→관의 외벽→관의 벽관통부→지중(地中)→옥외

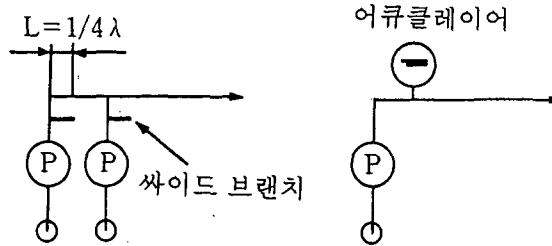
루트 가)에 대해서는 펌프베드의 아래와, 펌프 기초 측면과 상의 사이, 또는 상과 기둥 사이에 완충재(방진고무, 코르크, 발포스티로폼 등)를 사용하면 진동전파의 방지에 유효하다. 루트 나)에 대해서는 그림과 같은 대책이 있다.



<그림 4-18> 고체전파음 대책(관로 루트)

③ 유체전파음

펌프측으로부터 전파하는 압력맥동을 흡수하고, 관로의 공진을 피하기위해 그림과 같은 방법이 채용된다. 여기에서 사이드브랜치는 관내 유체를 전파하는 압력과 파장의 1/4 길이를 가지는 분지관이며, 반사파에 의해 압력파의 맥동을 상쇄 경감하는 것이다.

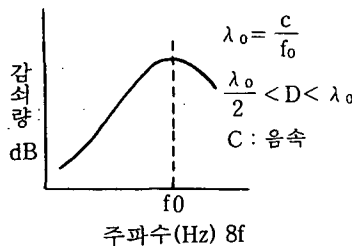
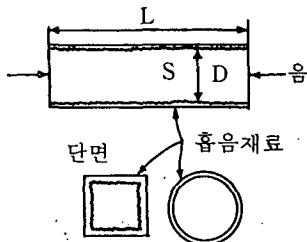


<그림 4-19> 유체전파음 대책(관로내 루트)

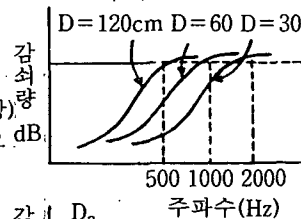
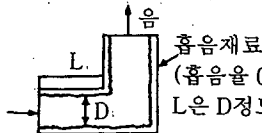
(4) 소음기 (消音器)

소음기는 음의 흡수, 반사, 간섭 등을 이용하여 음을 감쇠시키는 장치이며 소음의 특성에 맞추어 검토한다. 소음의 형식을 표에, 그 구조와 감쇠특성을 그림에 나타낸다.

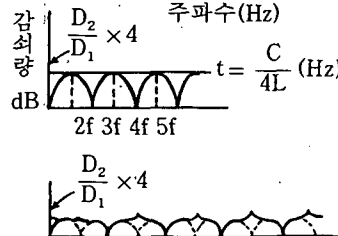
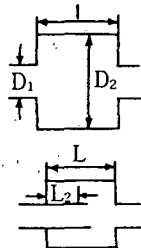
(a) 직관흡음다터형소음기

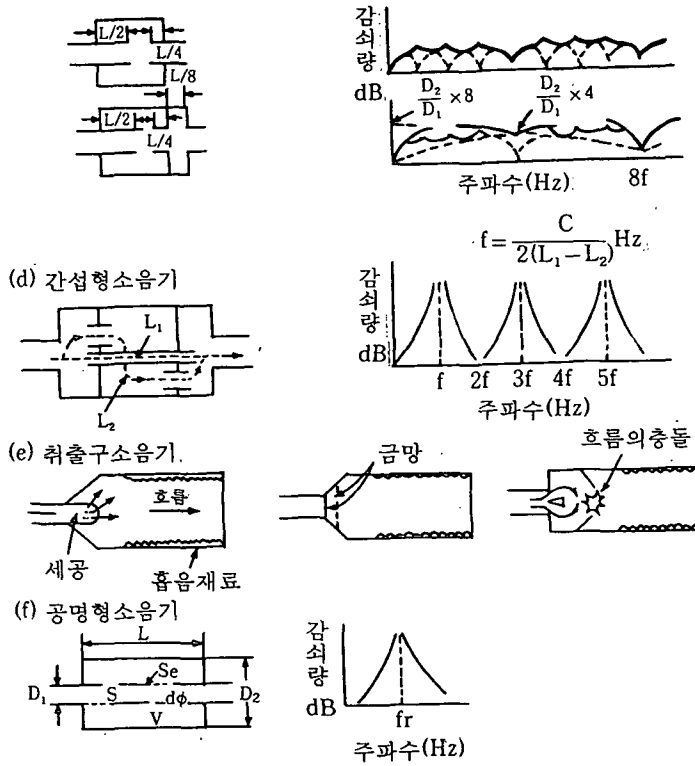


(b) 격임관흡음다터형소음기



(c) 팽창형소음기





〈그림 4-20〉 각종 소음구조와 감쇠량

(표 4-5) 소음기의 형식

소음기 형식	소 음 원 리
흡음닥터형 (a), (b)	감쇠시키고자 하는 음의 주파수 파장과 그 1/2의 중간정도의 치수 단면의 닥터 내면에 흡음재료를 내장한 것으로, 넓은 지역의 소음에 적합
팽창형 (c)	단면 불연속부에 대한 음의 에너지의 반사를 이용하여 음의 전파를 방지하는 방법으로 넓은 지역의 소음에 적합
간섭형 (d)	음의 간섭을 이용하여 그 전파를 막는 방식, 탁월주파수 성분을 가지는 디젤 기관의 배기음 등에 유효
토출구용 (e)	음원을 토출구에 집중시키기 위해, 토출구의 선단에 다공판을 붙이고, 그 작은 구멍에서 유체를 고속으로 토출시켜, 거기에서 발생한 고주파성분을 그 뒤의 흡음 닥터형소음기에 의해 흡음하는 것
공명형 (f)	작은 구멍과 그 배후의 공기층에서 울리는 공명기에 의해 음의 에너지를 공명 흡수하여 감쇠시킨다. 저중음(低中音)의 탁월주파수를 가지는 소음에 유효

(5) 펌프의 진동 원인

펌프의 진동의 원인은 수력적인 원인과 기계적인 원인으로 대별된다. 이들의 원인의 대부분에 대해서는 설계와 제작시점에서 대책이 세워지며, 통상은 공장운전시에 확인되기 때문에 설치후에 진동이 문제로 되는 예는 적다. 따라서 설치기초가 연약하거나, 공장 운전시의 설치상태가 현지 상태와 현저히 다른 경우에 진동이 문제로 된다. 일반적으로 진동이 발생하기 쉬운 장소는 입축 펌프 구동용의 모타 꼭대기 부분이다. 또 수력적인 원인에 의한 진동은 펌프가 설계점 부근에서 운전되고 있는 경우에는 발생빈도가 낮지만, 설계점으로부터 멀어질수록 진동은 크게 된다.

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 측
A. 수력적인 원인 1. 캐비테이션 (1) NPSH혹은 흡입 수위과소 (2) 회전속도과대 (3) 펌프흡입구의 편류 (4) 과대토출량에서의 사용 (5) 흡입스트레나의 막힘	진동수는 회전사이클과는 무관하며 일반적으로 높은 사이클, 보통 600~25000Hz 정도이다.	<ul style="list-style-type: none"> - 캐비테이션 특유의 소음을 발생한다. - 주로 토출량이 많을 때에 발생한다. 단, 비소도가 높은 펌프에서는 부분 토출량의 실속(失速)상태에서 발생하기 쉽다. - 캐비테이션 발생부분의 금속표면에 둥근 모양의 피팅이 생기는 수가 많다. - 캐비테이션의 진동스펙트럼은 일정 연속적이 아니라 단속적 소면의 비정상적 현상을 나타낸다. 	유효흡입압력을 크게 한다. (1), (2), (3)은 주로 계획단계에서 해결할 수 있다. 제수변에 의해 유량을 조정한다. 막힌 찌꺼기를 제거한다.
2. 서어징	통상 진동수는 1/10~10Hz 정도의 주파수이다.	<ul style="list-style-type: none"> - 토출량이 극히 적은 개소에서 발생한다. - 펌프에 있어서 서어징은 <ol style="list-style-type: none"> 1) 펌프 양정곡선이 우상(右上)의 기울기 2) 배관중에 공기조 혹은 공기가 모이는 부분이 있다. 3) 토출량의 조정변이 (2)의 공기 조동의 뒤에 있다. 의 상태에 발생한다. - 전류계침이 크게 흔들린다. - 펌프에 연결되어 있는 배관도 크게 흔들린다. 	펌프성능의 개량(주로 계획단계에서 해결할 수 있다.) 배관내에 공기가 모이는 곳을 없앤다. 펌프 직후의 밸브로 토출량을 조절한다. 유량을 변경하여 서어징 운전을 피한다.

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 책
<p>3. 수충격</p>	<p>통상 진동수는 1/10~10Hz 정도의 저주파이고 과도적 현상이다.</p>	<p>- 펌프의 기동, 정지 및 정전등에 의한 동력 차단시에 배관에 진동이 일어난다. 과도현상으로서 이상압력상승 혹은 압력강하를 발생한다.</p>	<p>계획단계에서 미리 검토하여 해결할 수 있다. 기동, 정지의 Sequence의 검토, 제어변의 개폐시간을 재검토 한다. 서어지탱크를 설치하여 이상압력 상승의 완화를 기한다.</p>
<p>4. 펌프내의 맥동류 박리 등 (1) 회전차출구 호름의 맥동 (2) 부분배출량에서의 관류박리</p>	<p>진동수는 회전사이클과는 무관하고 진동스펙트럼도 비정상, 불안정한 경우가 많다.</p>	<p>- 펌프 자체의 진동보다도 오히려 연결배관 등의 진동현상으로 나타나는 경우가 많다. - 특히 이상(위험) 진동이 없기 때문에 그대로 운전하여 그 결과로서 진동은 물론 침식, 회전체의 고체접촉 등의 원인이 된다. - 통상 펌프에서는 맥동류, 박리류가 많은 적든 존재하고 있고 그 크기 자체가 통상 적은 것이라도 구조계의 강성이 매우 약한 경우에는 진동이 발생하는 경우도 있다.</p>	<p>설계시 구조적 종합검토를 통해 해결할 수 있다. 사용배출량을 조정한다. 강성보강에 의해 진동을 구속할 수 있는 경우도 있다.</p>
<p>5. 공기의 흡입 (1) 펌프 그랜드, 배관에 의해 (2) 잠김깊이 부족 (3) 제진장치에 찌꺼기 등이 막힘에 따라 흡입수위의 저하 (4) 흡입수조의 선회류, 와류 등</p>	<p>진동수는 펌프의 회전진동수와는 무관하고 일반적으로 랜덤한 경우가 많다.</p>	<p>- 외부에서 본 압력의 변동, 진동, 소음의 상태는 캐비테이션과 유사하다.</p>	<p>그랜드, 배관 플랜지의 체결력 증가 설계단계에서 해결 제진장치의 청소 와류방지판, 정류판 등을 설치한다.</p>

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 책
<p>6. 기타</p> <p>(1) 관장(管長)과 그 공진</p> <p>(2) 회전차와 블레이드의 통과 여진력과의 공진</p> <p>(3) 밸브의 진동</p>	<p>관계의 기주(氣柱)공명의 고유치에서 진동한다.</p> <p>회전차의 Passing Frequency, 즉 회전의 NZ(N:회전수, Z:깃대수) 성분</p> <p>펌프의 회전진동수와는 관계없이 밸브계의 고유진동수에서 공진, 진동수는 비교적 높은 사이클의 경우가 많다.</p>	<p>- 회전차와 블레이드의 Passing Frequency(NZ)로 계의 일부(예를 들면, 깃, 회전차 원판, 배관의 고유치 등)가 공진하면 진동 및 피로파손의 현상이 생긴다.</p> <p>- 밸브의 개시(개시)또는 전개직전 부근에서 밸브가 심하게 진동한다. 이것에 수반하여 관내맥동압을 발생하고 배관계를 심하게 진동시키는 경우도 있다.</p> <p>- 또 제어변의 경우, 제어계의 조정불량에 의해 발전하고 맥동압을 발생하는 경우가 있다.</p>	<p>여진력이 무언가를 검토하여 여진력을 제거하는 것이 가장 좋지만,</p> <p>(1) 관의 길이 방향의 정상파의 경우는 바이패스 덕트를 설치하여 관계의 고유치를 변경한다.</p> <p>(2) 관의 측벽간의 정상파의 경우는 흐름에 저항이 생기도록 측벽간에 Baffle Plate를 설치하여 정상파의 고유치를 변경한다.</p> <p>계획설계에 검토하여 조치할 수 있는 경우가 많다.</p> <p>밸브 몸체의 편심을 없앤다. 밸브몸체 및 밸브시트의 형상을 개선한다.</p> <p>일단계, 용량이 큰 밸브로 변경한다. 제어계통의 재조정</p>
<p>B. 기계적 원인</p> <p>1. 회전체의 불평형</p> <p>(1) 평형불량</p> <p>(2) 로타의 열적굽힘</p>	<p>진동수는 로타의 회전진동수와 일치한다.</p>	<p>- 회전과 1:1로 대응하는 진동</p> <p>- 열적부하에 의해 진동의 크기가 변하는 소형의 로타에서는 비교적 영향을 받기 어렵다.</p>	<p>평형수정을 한다(가능하면 필드밸런스를 한다).</p> <p>영향도가 비교적 작은 경우는 열영향의 중간점에 주목하여 밸런스 한다.</p> <p>열영향이 매우 큰 로타는(상당히 드문 경우이지만) 별도로 검토해야만 한다.</p>

진동의 원인	진동수	진동의 특징 및 현상	대책
<p>(3) 정지부와 회전축의 접촉에 의한 로타의 굽힘</p> <p>(4) 회전체의 마모 및 부식</p> <p>(5) 이물질 부착</p> <p>(6) 회전체의 변형, 파손</p> <p>(7) 각부의 헐거움</p> <p>(8) 결합상태에서의 불평형</p>		<ul style="list-style-type: none"> - 접촉에 의해 진동이 급격히 증대하는 경우가 있다. - 시간의 경과에 따라 진동이 점점 증가한다. - 이물질의 부착으로 진동이 점점 증가하고 부착물의 일부가 박리하면 진동은 급증한다. - 변형의 경우, 진동은 서서히 증가하고 파손의 경우는 급격히 진동이 증가한다. - 열에 의해 끼워맞춤부가 느슨해지는 등의 원인인 경우가 있다. - 단독으로는 밸런스 서커도 로타를 연결하면 불평형 진동이 생길수 있다. 	<p>고온유체를 취급하는 경우, 기동시에 일시적 열변형이 생겨 축재의 불균일에 의한 변형에 의해 온도상승시에만 진동이 증대하는 경우가 있다.</p> <p>열적 Alignment변화를 고려하여 접촉하지 않도록 세팅의 수정</p> <p>마모, 부식의 수리 및 평형의 수정</p> <p>이물질을 제거한다. 또 이물질의 부착 방지를 기한다.</p> <p>부품의 교환</p> <p>정지시 및 개방시에 점검조사를 하여 적절한 조치를 취한다.</p> <p>결합한 축재의 모드를 고려한 Flexible Rotor의 밸런스를 한다.</p>
<p>2. 센터링불량</p> <p>(1) 센터링불량</p> <p>(2) 면센터링의 불량</p> <p>(3) 열적Alignment 변화</p> <p>(4) 기초침하</p>	<p>일반적으로는 위와같은 축재의 최저차 고유진동수</p> <p>특별한 경우로서 회전 진동수의 2배의 진동성분이 큰 것도 있다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 중심이 어긋남과 동시에 면과 면의 센터링이 불량한 경우에는, 축수하중이 고르지 못하게 되어 불평형 진동의 감도가 높아지기 쉽다. - 센터링이 극단적으로 나쁜 경우 축수가 부상(浮上)하거나 한쪽으로 쏠려 Oil Whip과 분수조파 진동을 일으키는 것도 있다. - 축수지지부 혹은 페이싱 등이 열적으로 늘어나 중심을 어긋나게 한다. - 시간이 경과함에 따라 진동이 증가 	<p>센터링 수정을 한다.</p> <p>열센터링에 대해서도 수정을 한다.</p> <p>열적영향을 고려하여 센터링을 한다.</p> <p>센터링 수정</p>

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 책
3. 카플링의 불량 (1) 카플링의 정도 불량 (2) 체결볼트의 조임 불균일 (3) 기어 카플링의 기어어의 접촉 불량 (4) 기어 카플링의 윤활불량 (5) 유체 카플링에 의한 진동	주로 회전수와 일치하는 진동수이다. 특이한 진동현상을 수반하는 경우가 있다. 상동 상동	- 축계의 고유진동수와도 관련하여 특이한 진동이 발생한다. - 비정상적으로 축계의 고유치가 유지되는 경우가 있고, 또 치면이 타서 늘어 붙는 현상을 일으킨다.	카플링 교환 볼트 또는 고무스리브의 교환 기어 이빨 접촉을 수정한다. 적절한 윤활 방법을 검토
4. 축수의 손상, 마모 (1) 구름축수의 손상 마모 (2) 메탈 GAP과대 (3) 메탈스팬 과대 (4) 윤활불량	일반적으로는 1항과 같다. 펌프 또는 Roller의 회전에 수반한 진동 수성분이 이상 증대한다.	- 이음(異音)을 수반하는 경우가 있다. 또 시간의 경과에 따라 진동이 점점 증대한다.	축수를 교환한다. 메탈을 교환한다. 스펠을 줄인다. 적절한 윤활유를 사용한다. 급유방법을 개선한다.
5. 회전축의 위험 속도 (1) 위험 속도	축의 회전수와 일치하는 진동수	- 축계의 위험 속도 부근에서 진동이 급격히 증가하지만, 위험 속도 영역을 지나면 원래대로 회복한다. - 펌프와 같이 내부에 물이 차 있는 축계에서는, 일반적으로 감쇠가 크고, 외관상 위험 속도는 현저하게는 나타나지 않는다.	계획 설계시에 충분히 검토하여 처리하는 것이 보통이다. 그러나 종종 축수유막 및 축수 지지부의 강성을 고려하지 않고 단순지지 로타로 계산하기 때문에 설계 운전하여 보전, 단순지지로 계산한 위험 속도에 비해 설계의 위험 속도가 낮더라고 하는 사례가 많다. 계산에 있어서 특히 이점에 주의할 필요가 있다. 상용 운전 속도는 위험 속도로부터 25% 정도 낮게 하는 것이 바람직하다.
(2) 2차적 위험 속도	축의 회전수의 2배의 진동수	- 회전수가 1차 위험 속도의 1/2 부근에서 진동이 크게 된다. 이것은 주로 축의 강성이 비등방성일 때 많이 발생한다.	키이홈 등은 물론 축의 형상, 강성을 검토하여 동방성이 되도록 수정한다.

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 책
<p>6. Oil Whip 또는 Oil Whirl</p>	<p>회전진동수의 1/2이하의 진동수(엄밀하게는 축계의 고유진동수)</p>	<p>- 미끄럼 베어링을 사용한 고속 회전기계에서 많이 발생하는 진동으로 축수의 유막에 의한 자력진동이다. 이 진동은 다음의 특징을 가진다.</p> <p>a) 진동수는 로타의 위험속도와 같다.</p> <p>b) 로타의 1차 위험속도의 2배 이상에서 발생한다.</p> <p>c) 진동수는 로타와 무관하고 거의 일정하다.</p> <p>d) 진동의 발생, 소멸점은, 회전의 상승, 하강시에 생긴다.</p> <p>e) 발생, 소멸은 돌발적이다.</p> <p>f) 진동이 발생하면 회전이 상승하여도 감소하지 않는다.</p> <p>g) 진동의 선회방향은 회전과 동일방향이다.</p> <p>또 회전수가 일차 위험속도 이상에서 그 2배 이하에서도 축이 휘도는 것도 있다. 이 경우의 진동수는 회전수의 거의 1/2에서 축 자체가 크게 휘다.</p> <p>전자는 Oil Whip, 후자는 Oil Whirl이라고 구별하여 부르기도 한다.</p> <p>-그의 회전차와 케이싱의 수분부에서 이것과 유사한 휘둘림 진동이 발생하는 것이 있다.</p>	<p>계획단계에서 검토해야 할 성질의 것이지만 발생한 경우는 다음의 대책이 유효하다. 축의 편심률을 크게(0.8이상)한다.</p> <p>(예를들면 상부에서 유압을 증가시키든가. 상부에 기름이 고이는 곳을 설치한다.)</p> <p>축수의 중앙에 홈을 파서 축수의 면압을 증가시키고 동시에 축수의 L/D특성을 변화시켜 축수의 안정성을 높인다.</p> <p>그외 특수한 방진축수, 예를들면 Lobe형 축수, Floating Bush 축수, Tilting Pad 축수 등을 채용하는 것도 좋다.</p> <p>(최근에는 비교적 양호한 정도(精度)로 축수의 안정, 불안정을 계산하므로써 짧게 줄이는 것이 가능하다.)</p>
<p>7. 회전부와 정지부의 접촉에 의한 휘둘림 (1) 마찰접촉</p>	<p>비교적 높은 사이클에서 진동한다.</p>	<p>- 저어널과 고정부의 틈이 지나치게 크며 더우기 윤활이 나쁜 축수에 있어서는 “축휘둘림” 진동이 있다. 축면과 축수면이 미끄러지지 않고 접촉하여 선회한다고 하면 선회속도는 축의 회전속도 x(축반경/축의 Clearance)로 되고, 상당히 빠른 속도로 진동한다.</p>	<p>윤활의 개선</p>

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 책
<p>8. 헐거운 부분의 비선형에 의한 분수조파 공진</p>	<p>축의 회전진동수의 1/2 또는 1/3등의 정분수의 진동수로 혼들린다.</p>	<p>- 계가 헐거운 비선형의 요소를 포함하고 있으면 분수조파의 공진현상을 일으키고 심하게 진동한다. 이 진동은 다음의 특징을 가진다.</p> <p>a) 분수조파 진동은, 강제진동수, 강성진동력이 있는 제한된 범위에서만 발생한다.</p> <p>b) 대칭형 선형계에서는 1/3, 1/5...등의 기수차 분수조파가 발생한다.</p> <p>c) 비대칭형 비선형계에서는 1/2, 1/4...등의 우수차 분수조파가 발생한다.</p> <p>이 진동은 현상적으로 6의 Oil Whip현상과 거의 비슷하지만 통상의 진동분석기로 주파수를 분석하는 정도로는 구별하기 어렵고 오실로 그래프상에 진동파형을 기록하여 파형을 충분히 확인할 필요가 있다.</p> <p>그러나 Oil Whip에 비해 분수조파진동의 발생 케이스는 극히 드물다.</p>	<p>계의 헐거운 비선형 요소가 어디에 있는지(예를들면 카프팅부의 헐거움, 회전차의 헐거움, 축수부의 심한 헐거움, 케이싱과 로타의 접촉 등)를 찾는 것이 우선이며 이것을 개선하면 된다.</p> <p>그러나 일반적으로 이 요소를 정확히 발견하기 어려운 경우가 있으므로 간접적인 대책으로는</p> <p>a) 진동의 강제 즉, 불평형을 극단적으로 작게하여 진동발생 영역에서 벗어나게 한다.</p> <p>b) 계의 감쇠를 어떤형으로든 증대시켜 진동발생 영역에서 벗어나게 한다.</p> <p>c) 축계의 위험속도를 상승시키기 위해 개조한다.</p> <p>등이 있다.</p>
<p>9. 기초의 불량 (1) 설치레벨불량 (2) 기초볼트 체결 불량 (3) Grout 불충분 (4) 기초강성 부족</p>	<p>일반적으로는 회전수와 일치하는 진동수를 가진다.</p>	<p>- 기초강성이 약한 경우, 특히 진동적 이상이 없어도 비교적 크게 진동하여 문제로 되는 것이 많다. 특히 유체 회전기계에서 최고 효율부근에서는 유체의 흐름은 Smooth하지만 저부하 영역에서는 흐름이 Smooth하지 못하고 이것이 랜덤 외란역진력으로 되어 기계를 진동시키는 것이 많다.</p>	<p>라이너를 이용하여 바로 잡는다. 체결을 강하게 한다.</p> <p>Grout를 보충한다. 기초를 보강한다.</p>

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 책
(5) 기초의 경년 변화		<ul style="list-style-type: none"> - 또 입형회전기계에서는 일반적으로 전동기가 맨위에 설치되어 위쪽에 유난히 큰 구조로 되는 경우가 많다. 이때 입형기계 설치부의 강성이 부족하기 때문에 보통의 불평형에서도 윗부분이 크게 흔들리는 경우가 종종 발생한다. - 기초의 부동침하에 의해 센터링에 이상이 생긴다. 	<p>기계를 종합적으로 검토하고 나서 구조설계의 단계에서 유의해야 할 사항이다.</p>
<p>10. 공진, 기타</p> <p>(1) 배관계등의 공진</p> <p>(2) 연결에 대한 공진</p> <p>(3) 케이싱의 열 변형</p> <p>(4) 배관의 늘어남</p>	<p>축의 회전진동수와 같다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 배관계, 닥터 등의 Component의 고유진동수가 회전진동수 부근일 때 공진하여 진동이 심하게 발생한다. - 통상 설계계산에서는 기계와 전동기의 위험속도를 별도로 검토하는 경우가 많은데 엄밀히 말하면 연결된 계에서는 단독 축의 위험속도와는 다르기 때문에 이로 인해 축의 회전수와 위험속도가 일치하여 진동을 발생시키는 경우가 있다. - 원동기가 디젤기관인 경우에는 특히 주의할 필요가 있다. - 케이싱의 열변형에 의해 Alignment가 변화하는데 이것과는 별도로 케이싱의 구조, 형식 여하에 따라서는 케이싱이 이상변형을 일으켜 회전체에 접촉하는 경우가 있다. - 열적신장에 의해 배관이 길어져 케이싱을 누르고 접촉을 일으키는 것이 있다. 	<p>공진을 피한다.</p> <p>연결된 축제는 단독축으로서가 아니고 연결된 축계로서 위험속도를 구해야 한다.</p> <p>비틀림 진동의 계산을 엔진메이커에 의뢰하여 사용범위에서 축계에 유해한 비틀림 진동이 발생하지 않도록 설계한다.</p> <p>열적인 무리가 생기지 않도록 구조를 개선</p> <p>-배관의 열적신장이 가능하도록 개조하거나 중간에Expansion을 설치한다.</p>

진동의 원인	진 동 수	진동의 특징 및 현상	대 책
(5) 간섭에 의한 맥놀이	축의 회전진동수를 반송파로 한 맥놀이 현상을 수반한다.	- 같은 타입의 기계가 복수개 운전되고 있는 경우에 전동기가 유도 전동기인 경우는 각각의 기계에 약간의 회전 차이가 있기 때문에 이것이 간섭하여 맥놀이로서 나타난다. 통상, 정상적 진동의 경우는 문제로 되지 않아도 이들이 간섭하여 맥놀이 현상을 일으키면 느끼는 정도가 강하게 되어 문제로 되는 경우가 많다.	가능한 한 개개의 기계의 불평형을 작게하여 감지되는 맥놀이의 강도를 감소시킨다.
(6) 중속, 감속 치차의 가공 정도의 불량	상당히 높은 사이클의 진동을 수반한다.	- 치차 이빨의 가공정도 불량 혹은 치차의 세팅 불량인 경우, 이빨의 맞물림 주파수에 의한 진동(오히려 이음(異音)으로 감지되는 경우가 많다.)이 나타난다.	치차를 다시 Shaving 하든가, 세팅을 개선한다.

(6) 진동의 진단 및 대책

진동 방지대책을 실시하는 경우에는, 우선 진동의 상황을 파악하여 원인을 판단한다. 그 순서는 표와 같지만 진동의 특징을 파악하는 것이 가장 중요하다. 계측은 정확한 판단을 내리기 위해 필요 불가결하며 진동의 상황에 있어서 계측 항목, 계측위치 및 계측법을 결정하지 않으면 안된다. 일반적으로 유체관련진동으로 추정되는 경우는 유량변화에 따른 영향에 또 기계진동으로 추정되는 경우에는 회전수변화(특히 기동·정지의 과도 현상)에 의한 영향에 주목할 필요가 있다.

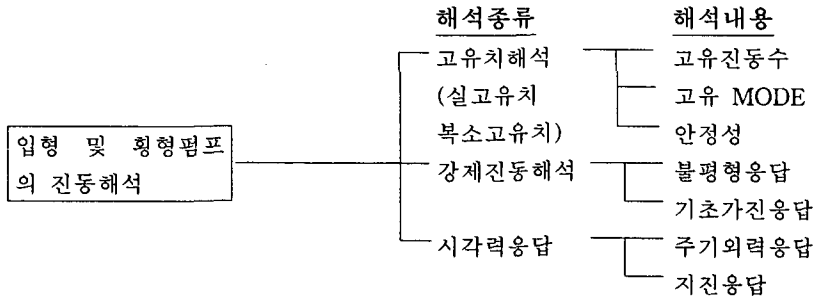
(표 4-6) 회전기계의 진동 조사 대책 FLOW

조사대책의 단계	주 안 점	계 측 기
진동크기의 계측	어느 부분이 진동하고 있는가 변위, 속도, 가속도 중 어느 것이 문제인가	범용진동계
진동파형의 관찰	진동이 회전 또는 회전의 배수로 동기하고 있는가	동기진동 강제진동 비동기진동 자려진동
주파수 분석	원리적으로 존재하는 진동수와 이상 진동수, 고사이클의 진동수 성분	$n, 2n, nz, 2nz$ f_1, f_2 기타구름베어링의 진동수
위상의 분석	불평형이 큰가, 감도가 지나치게 높은가	크기, 위상관계 위험속도, Damping
원인의 종합판단	제작상의 문제인가 설계상의 문제인가	잔류불평형 카플링 정도 Misalignment 위험속도 베어링특성
대책	Balancing	저속 밸런스 Filed밸런스 축수수정 베어링지지강성Alignment 향상 수정
확인	진동계측, 확인	불평형진동 '오일온도 등의 변화 진동수분석

(7) 펌프의 진동해석

횡형 및 입형펌프의 진동해석은 일반적으로 표같이 분류할 수 있으며 이를보다 세분화하면 표와 같다.

(표 4-7) 펌프 진동해석의 종류 및 내용



(표 4-8) 진동해석의 목적과 해석결과

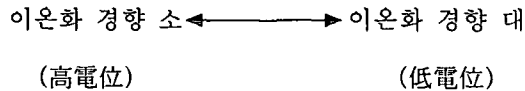
No.	진동해석명	목 적	해 석 결 과
1	횡형펌프의 실고유치 해석	계의 감쇠특성을 무시한 경우의 계의 실고유진동수 및 고유모드 계산	계의 각 차수에 대한 실고유치 (고유진동수) 및 이에 대응하는 고유벡터(모드:진동형태)
2	횡형펌프의 복소고유치 해석	계의 감쇠특성을 고려한 경우의 계의 복소고유치 및 안정성 계산	축회전수에 따른 베어링, 시일, 회전차의 강성과 감쇠계수 및 계의 복소고유치, 대수감쇠율
3	횡형펌프의 불평형 응답해석	계의 감쇠특성을 고려한 횡형 펌프 축계의 회전불평형에 의해 발생하는 원심력에 의해 주기적으로 가진 되는 계의 불평형 응답을 계산	축회전수에 따른 베어링, 시일, 회전차의 강성과 감쇠계수 및 계의 각 위치에서의 절대 진폭
4	입형펌프의 실고유치 해석	계의 감쇠특성을 무시한 경우의 입형 펌프의 실고유진 동수 및 고유모우드 계산	계의 각 차수에 대한 실 고유치 및 고유벡터
5	입형펌프의 복소고유치 해석	계의 감쇠특성을 고려한 경우의 계의 복소고유치 및 안정성 계산	계의 각 차수에 대한 복소고유치 및 고유벡터
6	입형펌프의 기초여진에 의한 시간응답 해석	입형펌프의 기초부에 Sine파형의 외력이 가해질 때 입형펌프 각 부의 시간 응답 특성 계산	Sine파형 가진후 시간의 경과에 따른 계의 각 위치에서의 진동 진폭
7	입형펌프의 불평형 응답해석	입형 펌프회전축계의 불평형에 의해 발생하는 원심력에 의해 주기적으로 가진되는 계의 불평형 응답계산	축회 회전수에 따른 입형펌프 각 위치에서의 강제 진동 진폭
8	입형펌프의 기초여진에 의한 강제진동해석	입형펌프의 기초부에 Sine파형의 외력이 가해질 때 입형펌프 각부의 정상상태 응답계산	Sine파형 가진후 계의 회전수에 따른 입형펌프 각 위치에서의 진동 진폭

3) 펌프의 재료에 대한 부식(腐蝕)의 원인 및 보수·보강 방법

(1) 금속의 전위

① 이온화 경향

금속이 환경속의 다른 물질과 불필요한 화학적 또는 전기화학적 반응을 일으켜 표면에서 변질하여 그 모양이 흐트러지거나 썩어서 삭는 것과 같은 소손 현상을 금속부식이라 한다. 금속이 유체와 접해 있을 때에 생기는 부식은 금속이 접하는 유체와의 사이에 화학반응을 해서 금속 화합물을 생성시키므로 활성이 큰 금속일수록 반응하기 쉽고 부식되기도 쉽다. 유체속에서 불순물인 금속이 있을 때에는 두 종류의 금속간에 전지가 형성되어서 저전위의 금속표면이 이온화 되어 흘러 나와 부식한다. 일반적으로 활성이 큰 금속일수록 전위가 낮고 활성이 작은 금속일수록 전위가 높다. 각종 금속 원소의 전극 전위와 활성(이온化傾向)은 다음과 같다.



Au, Pt, Ag, Cu(H), Pb, Sn, Ni, Co, Cd, Fe, Cr, Zn, Mn, Al, Mg, Ca, Na, Ba, K

위의 순서에 따라 전극전위(電極電位)가 높고 활성이 작으며 이온화 경향이 작은 금속일수록 전기 화학적 부식에 대해서 강하다. 이것은 순화학적 부식의 경우 및 산(酸)에 대한 경우에도 대략 같은 경향이라고 한다.

② 해수중에서의 금속전위

실지로 금속은 합금으로 사용되는 경우가 많다. 합금의 경우는 금속원소와는 달리 금속표면의 조직이 균일하다고 생각되므로 금속 표면에 국부전지(局部電池)가 생겨 저전위(低電位)의 부분이 부식되게 된다. 합금 및 금속원소의 전극전위(電極電位)는 다음표와 같다.

금속의 고유전위

백금	+0.33V
금	+0.18
스테인레스(18Cr-8Ni-3Mo)	-0.04
은	-0.06
스테인레스(18Cr-8Ni)	-0.08
모넬(67Ni-30Cu)	-0.10
청동	-0.14
황동(85015)	-0.15
동	-0.17
(표준수소전극)	-0.24
니켈	-0.24
황동(60Cu-30Zn)	-0.27
주석	-0.46
납	-0.50
강, 주철	-0.45~0.65
듀랄루민	-0.61
알루미늄	-0.78
아연	-0.07
마그네슘	-1.60

해수중, 포화담수기준

펌프의 구성재료가 받는 부식은 부식외에 유수에 따른 충격, 캐비테이션, 유체속의 고형물에 의한 마모가 가해진다. 또한 유체가 해수인 경우는 해수의 성상(性狀)이 장소와 때에 따라 다르고, 부식의 상태도 여러 가지이므로 활성이 큰 합금이 언제나 부식이 심하다고 할 수는 없음에 유의하여야 한다.

③ 부식작용에 관계하는 요소

펌프 각부위에 부식작용은 그 원인이 반드시 단순한 것은 아니며 그 표현 방식도 대단히 복잡하다. 그러나 부식의 원인이 되는 여러 요인중에는 필연적으로 기준이 되는 것이 있다. 아래에 그 기준이 되는 요소에 대하여 간단히 서술한다.

a) 액의 종류, 농도, 성분, pH 값

pH : 14.....7.....3

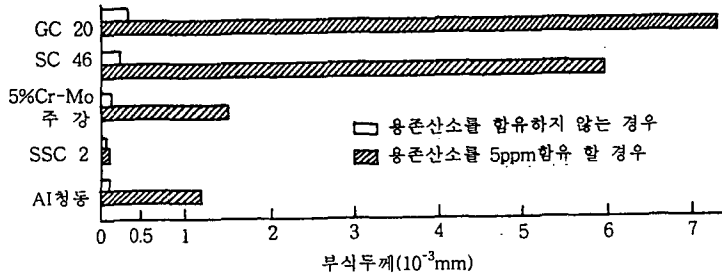
←알카리→ 중성 ←산→

b) 액은

온도가 높을수록 부식이 생기기 쉽다. 또 pH 값이 낮아진다.

c) 용존산소량

많을수록 부식이 생기기 쉽다. 그림에 용존산소가 부식에 끼치는 영향을 표시한다.



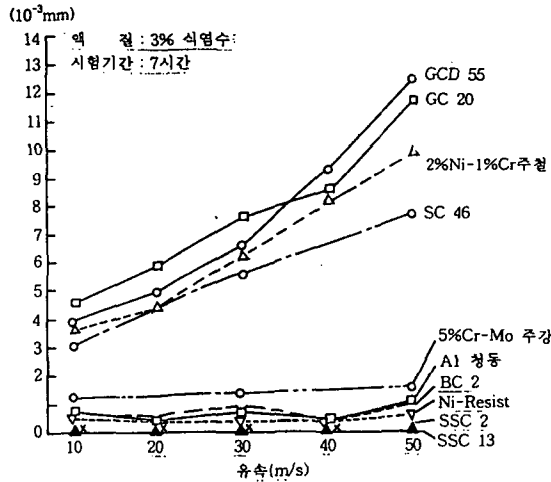
<그림 4-21> 3% 식염수 유속 30m/sec에서 용존산소의 영향

d) 유속

일반적으로 빠를수록 부식이 생기기 쉽다. 그러나 스텐인레스강과 같은 것은 유속이 빨라지고 산소의 공급이 많아지면 산화물표면 기막이 한층 완전하게 되어 내식성이 좋아진다. 각종 재료에 대한 식염수 유속의 영향을 <그림 4-22>에 표시한다.

e) 금속 표면조직의 균일정도

f) 접액부재료의 조합 및 표면적비, 상호 거리



<그림 4-22> 각종 재료의 부식 두께와 유속과의 관계

g) 금속표면의 형상

돌기부, 캐비테이션의 발생부위, 충격류를 받는 부위는 부식이 생기기 쉽다.

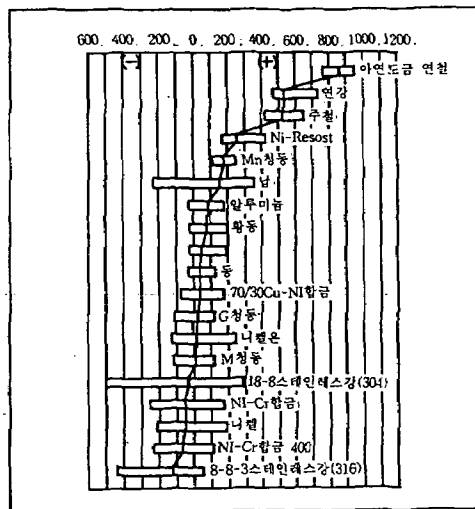
h) 재료가 응력을 받고 있는 부분은 부식이 생기기 쉽다.

(2) 부식의 종류와 그 원인, 대책

부식의 종류	부식의 형태의 원인	대 책
전면부식 (Uniform attack)	전면에 균일하게 부식되며 보통 볼 수 있는 철의 붉은 녹 등이 이 종류의 부식이다.	중상은 부식여유를 고려하는 등의 대책이 있으나 부식의 진행이 급속한 경우에는 방청처리 또는 재질의 재검토를 행한다.
공식(침식) (Pitting corrosion)	스텐레스강, 특히 13% Cr중에서는 (1) pH>3인 약한 부식 환경 (2) Cl, Br 등 할로젠 이온의 존재 (3) 산소 또는 산화성 금속의 존재 등에 의해 부식공을 생성시키는 수가 있다. 이것을 공식이라 말한다. 더욱이 해수 중의 동합금의 콘덴서관 등에서 볼 수 있다.	내공식성 스텐레스강으로서는 Mo, Cu를 첨가하여 C량을 감소시킨 것, 예를 들면 STS 316, 316L, 317, 317L 이 있다. 방지법으로서는 (1)Mo, Si의 첨가 (2)음극방지법 (3)미리 크롬산 용액 중에 침입시켜 부동태화 처리한다.
입재부식 (Intergranular corrosion)	스텐레스 강 의 중대한 결점이 되는 부식으로 산성 용액 중에서 결정립계가 급속히 침식되는 부식을 말한다. 500℃에서 700℃에서의 부적당한 열처리에 의한 입재 부근의 Cr이 탄화물을 형성하여 방식에 필요한 Cr량이 부족한 것에 기인한다고 말할 수 있다.	(1) 용접부의 용재화 처리를 한다. (2) 금속 중의 탄소량을 감소시킨다. (예 : STS 304L, 347, SSC 21, 22) (3) C와의 친화력이 Cr보다 강한 원소(Ti, Nb, Ta 등)의 첨가(예:STS 321, 347, SSC 21, 22) (4) 오스테나이트·케라이트 이상(二相)조직으로 한다.
응력부식 균열 (Stress corrosion cracking)	스텐레스강, 연강, 황동, Al 합금, Mg 합금 등에서 금속내부의 잔류 인장응력이나 외부에서의 인장응력이 존재한 상태에 있는 특정의 부식환경에 놓이면 분열하는 수가 있다. 스텐레스강에서는 염화물 수용액 중에서 동합금에서는 암모니아 분위기 중에서 일어나기 쉽다.	부식환경의 제거 및 인장응력의 제거가 유효하다. 그 수단으로서 (1) 음극방지법 (2) 열처리에 의한 잔유응력의 제거
부식피로 (부식피로분열) (Corrosion fatigue cracking)	부식환경과 반복응력의 조합에 의해 피로한계가 저하되어 파괴하는 것이다. 응력부식 균열이 정적인 인장응력에 기인하는 것에 대하여 부식피로는 동적인 반복응력에 기인한다.	(1) 기본적인 강도설계 대책과 재질검토, 예를 들면 오스테나이트계 스텐레스강 대신에 오스테나이트 페라이트 이상(二相)의 스텐레스강 (STS 32, SSC13)을 사용한다. (2) 음극방지법 (3) 아연도금
산소농담전자부식, 이온농담전자부식 (Oxygen concentration cell) (Salt concentration cell) 뜸새 부식	액중의 이온농도 또는 산소농도의 차에 의해 형성되는 전지에 의한 부식으로 동일 금속면내에서도 이온농도나 산소농도가 작은 곳과 접해있는 부분이 양극으로 되어 국부부식을 일으킨다. 나사인구부나 이음매 등이 부식되는 것은 그 부분의 산소농도가 낮게 되기 때문이다.	뜸새의 형상에 관여하는 뜸새부식은 어느 정도 설계적으로 방지할 수 있다. 즉, (1) 불필요한 요철, 뜸새는 피하여 설계한다. (2) 유속이 균일하게 되도록 설계한다. (3) 뜸새 부분을 만들어야 하는 경우에는 해수중에서는 부동태형 재료가 뜸새부식을 일으키기 쉽다는 것을 염두에 두어야 하며 뜸새부에는 뜸새부식 방지제거를 사용한다.
선택부식	합금중에 있는 특정의 성분만이 선택적으로 침해받는 부식이 선택부식이다. 예를 들면 황동의 탈아연, 알루미늄 청동의 탈 알루미늄, 니켈합금의 탈니켈, 주철의 흑연화 등이 이 종류의 부식이다.	(1) 합금조성을 검토하여 선택부식이 일어나지 않는 조성으로 한다. (2) 음극방지법 (3) 설계 두께의 증가
캐비테이션 침식 (Cavitation erosion)	캐비테이션이 발생할 때에도 금속 표면상에서 유속차, 용존산소 농도차가 있으므로 국부전지를 형성하여 기포파괴시의 물리적 침식작용과 어울려 국부부식을 현저하게 촉진한다.	캐비테이션이 일어나지 않게 설계하는 것은 말할 필요도 없지만 재료적으로는 내식 내마모적으로 우수하고 피로강도가 강한 재료를 선정하는 것이 필요하다. 다음 금속재료의 캐비테이션에 대한 내식성 순위표 참조.

순 위	청수중		순 위	해수중	
	비철금속재료	철강재료		비철금속재료	철강재료
1	스텔라이트(CoW계)		1	스텔라이트(CoW계)	
2	베릴륨청동		2	베릴륨청동	
3	알루미늄청동(Al> 10%)	18Cr-8Ni강, 13Cr강	3	알루미늄청동(Al> 10%)	18Cr-8Ni강, 13Cr강
4		NiCrMo강	4		NiCrMo강
5	실루진청동	NiCr강	5	실루진청동	NiCr강
6		Mn강	6		Mn강
7	망간청동	MnCr강	7	망간청동	MnCr강
8	CuNi(Ni60%)	Cr강	8	CuNi(Ni60%)	Cr강
9	청동(CuSn)	Ni강	9	청동(CuSn)	Ni강
10		탄소강	10		탄소강
11	청동(CuSnZn)	합금주강	11	청동(CuSnZn)	탄소강, 합금주강
12		주강	12		주강
13	황동(6-4 Brass)		13	황동(6-4 Brass)	
14		연강	14		연강
15	Cu-Ni(Ni30%)		15	Cu-Ni, 황동(7-3Brass)	
16	황동(7-3 Brass)		16		
17		주철	17		
18			18		주철
19	동		19	동	
20	알루미늄		20	알루미늄	

금속재료의 캐비테이션에 대한 내식성 순위표(일본 수력기계공학 편람에 의함.)



<그림 4-23> 해수 중에서의 금속의 자연 전위열

(표 4-9) 부식을 대상으로한 오염계수와 판정기준

판정기준	깨끗한 해수	오염된 해수	비 고
PH값	7.6~8.4	6.5~7.5	오염되면 낮게되는 경향이 있다. 7이하가 되면 경계할 필요가 있다. 4이하에서는 탄소강의 부식은 급증한다. 다만, PH값은 다른 다수의 원인에 의해 변동하므로 간단히 이 값만으로 금속의 부식성을 판정할 수는 없다.
전기전도도	45000~53000	25000~50000	이것만으로는 오염도를 나타낼 수 없지만, 하천수유입 등으로 이 값이 작을 때에도 하천에 의한 오염에 주의를 요한다.
녹아있는 산소량 -ppm	6~10	0~4	오염되면 낮게되는 경향이 있다. 0이 되면 유기물 등에 현저하게 오염되어 일어난다. 산화성이고 내식성이 있는 금속은 이 값이 낮게되면 내구성이 급격히 감소한다.
과망간산 칼륨소비량 ppm	10~15	> 20	수치가 크게되면 유기물이 많은 것을 나타낸다. 유기물이 많은 것은 반드시 부식의 증가와 직접적인 관계는 없지는 않으나 녹아있는 산소량의 저하원인이 된다.
염소이온 ppm	18000~22000	규정없음	오염해수는 일반적으로 낮은 것이 많지만, 반드시 부식과 관계가 없지는 않다. 그러나 낮을 때에는 유해한 하천오염수의 혼입이 없는가 조사할 표준으로 된다.
황화수소 ppm	없음	> 0.03	0.1~0.3이상으로 되면 유해하다. 특히 동압금 및 니켈합금에는 해롭다.
암모니움 이온 ppm	흔적	> 1.0	철강에 대한 부식성은 대체로 거의 없다. 동합금에는 직접 부식성이 없는 양으로도 악영향이 있다.
아초산이온 ppm	없음	> 0.1	유기물이 부패에 의한 오염이 있는 것을 나타낸다.

(표 4-10) 오염 해수와 오염계수

구 분	오 염 계 수	비 고
녹아있는 산소 ppm 산소 소비량 ppm	측정치 4ppm이하의 경우 1ppm에 대하여..... 2 (측정치 2ppm)에 대하여 1ppm.....1.5	오염도는 오염계수의 총합계 로 표시한다. 오염도가 10이상이 되면 이상 부식이 발생할 위험이 있다.
암모니움 이온 ppm 유황 이온 ppm	측정치 1ppm.....2 측정치 0.1ppm.....5	

(3) 방식방법

펌프의 부식에서 가장 많은 것은 해수인 경우의 전기화학 부식이다. 해수 펌프의 부식 예는 대단히 많음에도 불구하고 이것에 대한 완전한 방식방법은 아직 확립되어 있지 않다. 이것은 펌프로 취급하는 해수는 공업지대의 해안부근에서 취하는 경우가 많고, 여러 가지 공장폐수로 오염되어 있어 조성이 복잡하고 부식의 진행 형태도 여러 가지이기 때문이다. 여기서는 일반적으로 널리 사용되는 부식 대책에 대해서 간단히 서술한다.

① 금속재료의 적절한 선정

② 구조상의 적절한 설계

- 이종금소의 조합 사용을 피한다.
- 불필요한 틈새, 모난구석, 표면의 요철을 없앤다.
- 부식여유를 고려한다.
- 유속이 균일하게 되도록 설계한다.
- 캐비테이션의 발생이나 공기 흡입을 방지한다.
- 응력집중이 일어날 수 있는 구조를 피한다.

③ 방식을 고려한 제작, 조립, 보수관리

④ 금속피복

도금, 금속용사, 확산침투 등.

⑤ 무기방식 피복

- 각종 라이닝(자기, 유리 등)
- 몰타르, 콘크리트 피복
- 화성(化成)처리 피막, 화학 화성(化成)처리, 양극산화

⑥ 유기방식 피복

- 도료에 의한 피복

- 각종 라이닝(고무, 플라스틱 등)

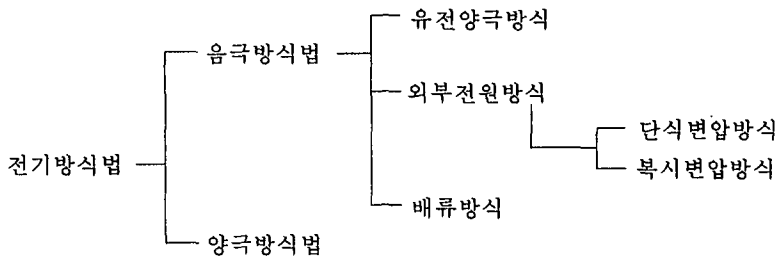
⑦ 부식환경의 제거

제습, PH의 조정, 용존산소의 제거 등

⑧ 부식 억제제의 사용

⑨ 전기 방식법

전기화학적 작용을 이용하여 방식하는 방법으로 전기방식법에는 금속체에 음극전류를 흘려서 방식하는 음극방식법과 양극전류를 흐르게 하여 방식하는 양극 방식법이 있지만, 우리나라에서는 주로 음극 방식법이 이용되고 있다.



가) 유전양극방식

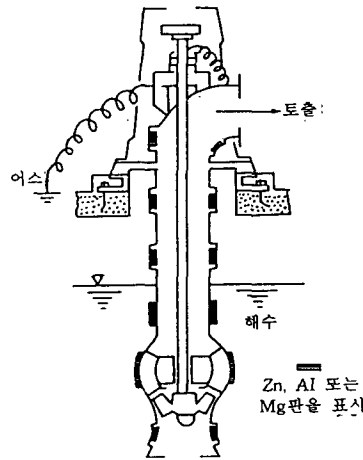
흡입관이나 케이싱 등 특히 방식을 필요로 하는 부분에 아연, 마그네슘 알루미늄 등을 장치한다. 장치된 금속은 양극이 되어 점차 용해되어 소모되지만 피방식체는 음극이 됨으로 보호된다. 단 양극이 될 금속은 순도 99.99% 정도 것이 필요하며 또 확실하게 전기적 접촉을 유지하도록 장치되어 았으면 안된다.

나) 외부전원방식

전기화학적 부식의 원리에서 생각하여 역전류를 외부에서 흐르게 하면 부식을 억제할 수가 있다. 이것을 실용화한 것이 외부 전원방식에 의한 전기화학적 방식법 혹은 단순히 전기방식법이라 부르는 것이다. 이 방법은 근래에 상선용의 대형 순환수펌프에 실시하여서 상당한 성과를 올렸으나 일반적으로는 설계 및 기술상 개개의 펌프에 대해서 각각 별개의 계산을 하지 았으면 안된다. 또 부식현상 그 자체의 표시법도 단순하지 았으므로 현재는 아직 실시된 사례가 비교적 적다.

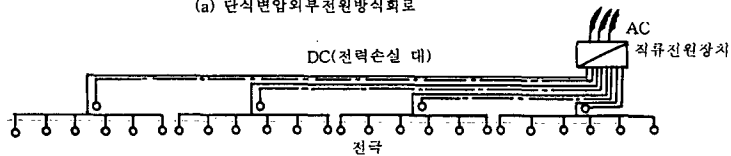
(표 4-11) 음극방식법의 득실 비교

항 목	방식방법	유전양극방식	외부전원방식
전원의 필요여부		불요(전지구성)	필요(저압)
유효전압		0.2-0.7V	60V이하 임의
유지전력비		불요	필요
방식체 열화우려		Mg 이외는 없다.	있는 경우에 자동제어가 요구된다.
타 시설과의 간섭		없다.	우려된다.
보수관리비		작다(거의)	크다.
경제성		작은 대상에 유리	큰 대상에 유리

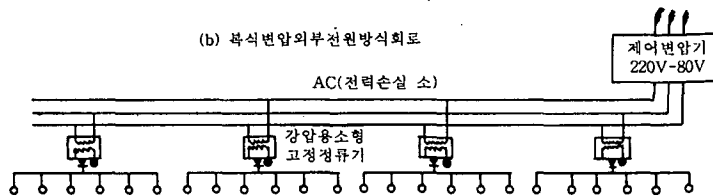


<그림 4-24> 유전양극 방식

(a) 단식변압외부전원방식회로



(b) 복식변압외부전원방식회로

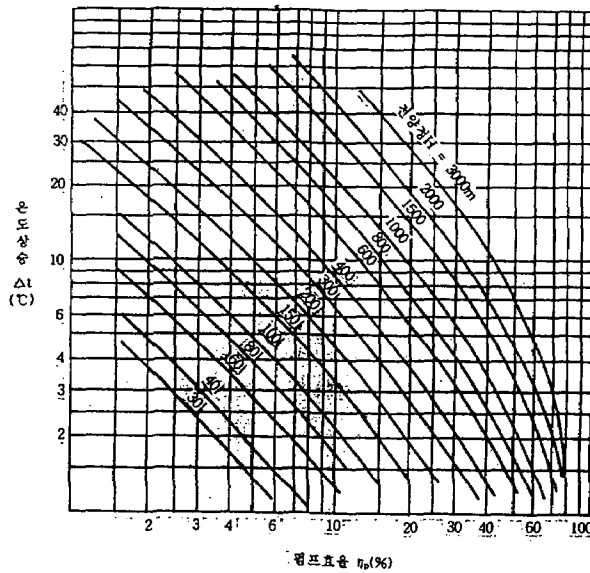


<그림 4-25> 외부 전원방식 회로

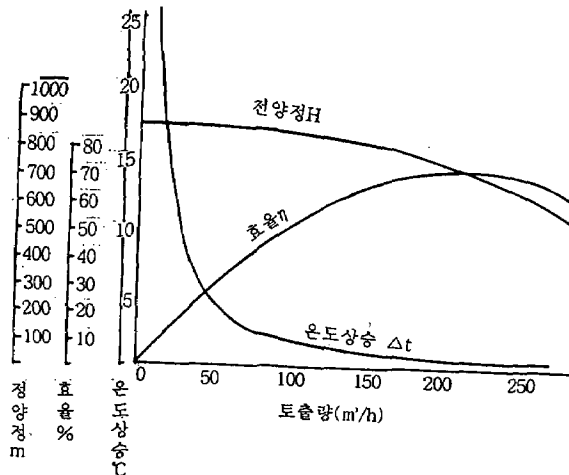
4) 펌프의 과열현상 및 방지 대책

(1) 펌프 과열의 원인

펌프 운전시의 구동 동력은 양액의 유효 일과 기계손실 등에 소비되는 것외에 크든 작든 간에 양액을 가열시키는데도 소비된다. 펌프의 토출량이 0 또는 극소의 상태에서 운전하면 펌프의 효율이 현저히 저하되고, 원동기에서 나오는 동력의 대부분은 열로 되어 수온이 상승한다.



<그림 4-26> 수온상승선도



<그림 4-27> 상승곡선의 예

<그림 4-27>에 나타나 있는 바와 같이 토출량이 일정한 값으로 증가하면 온도상승 비율이 급격히 감소함을 알 수 있다. 또한 <그림 4-26>에 나타나 있는 바와 같이 전양정에 비례하여 커짐을 알 수 있다. 그러나 동일한 압력이라고 하더라도 회전수가 증가하면 펌프가 작아지게 되어서 온도 상승이 커지게 되므로 고속 고압 펌프에서는 온도상승이 문제로 되는 수가 많다.

이런 현상에 의해 심한 열변형이 발생될 뿐만 아니라 증기를 발생시켜 캐비테이션이나 내부 습동 부분이 타서 고착되는 원인이 되므로 고온수를 취급하는, 동력이 크고, 토출량이 작은 (예를 들면 보일러 급수용) 펌프에서 특별히 주의하여야만 한다.

(2) 펌프의 과열방지 대책

펌프의 토출량을 교축하면 온도상승이 점점 커져서 결국은 허용최고온도를 초과하기에 이른다. 이를 방지하기 위하여 허용 최소 토출량 이하로 되면 토출측의 Relier장치를 열어서 펌프의 토출수를 흡입탱크로 되돌릴 필요가 있는데 이 장치는 펌프와 토출 슬루우스 밸브와의 사이에 설치하여야 한다.

① 상시 Relief 장치

일반적으로 펌프 토출압력이 50Kgf/cm² 이하에 사용된다. 이 장치는 펌프가 통상 다량 토출하여 수온상승의 염려가 없는 경우에도 항상 저압부로 Relier Return을 계속하므로 무효 동력이 커서 저효율 운전이 되는 문제가 있으나 장치는 단순하다. (펌프 용량은 사양 유량에 Relief량을 가산하여야 한다.)

② 자동 Relief밸브 부착 Check 밸브를 사용하는 방법

일반적으로 펌프 토출압력이 140Kgf/cm² 이하에 사용된다. 이 장치는 펌프의 정상운전중에는 Relief라인이 폐쇄되고 허용최소토출량 이하로 되면 자동적으로 밸브가 움직여 Relief라인을 열어서 Relief수를 방출한다. 이 Relief라인의 개폐는 펌프토출량에 따라서 자동적으로 행해지는 것이다.

5) 강관의 부식에 따른 방식(防蝕) 방법

(1) 배관용 강관의 부식

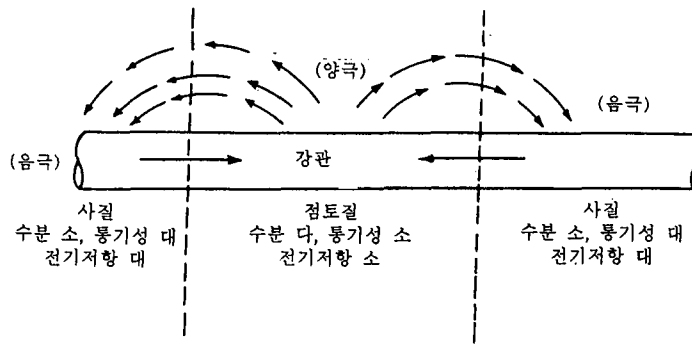
① 전기화학작용에 의한 국부부식

강관의 국부부식의 원인이 되는 것은 자연수중의 부식과 같은 모양으로 관 표면의 불균일, 이종금속의 접촉, 신관과 구관과의 접합, 토양상태의 불균일에 의한 것 등의 여러 가지가 있다.

이 현상은 부식을 이끄는 양극의 면적이 주위에 비하여 작을 때에 현저하게 나타난다.

이종금속의 접촉에 의한 부식의 한 예로써 철과 동이 접촉할 때는 철이 부식되는 한편에 동은 방호되는 결과가 되는데 이러한 현상을 갈바닉 셀(Galvanic cell)이라 부르며, 양극금속의 소모에 의하여 음극금속의 발청(發靚)이 억제되는 것이다. 이 갈바닉 셀은 금속방청(金屬防靚)에 중요한 수단으로 이용한다.

<그림 4-28>은 토양 상태의 불균일에 의한 전지 작용에 기인하는 부식의 예를 표시한다.



<그림 4-28> 토양의 불균일에 의한 전지작용

② 미생물 작용에 의한 부식

토양 중 또는 유수 중의 미생물의 작용에 의해 발생하는 부식으로서 토양부식의 특이한 현상의 하나이다.

토양 중의 박테리아는 유황 박테리아, 철박테리아 등의 호기성 혹은 황산염환원 박테리아, 메탄(Methan)생성 박테리아의 혐기성 등의 여러 종류가 있으나, 각각의 신진대사 과정에서 토양 중의 염류(鹽類)로부터 O_2 , N_2 , S, H_2 , C 등을 섭취하여 토양질을 변질시켜 농담전지(濃淡電池) 형성의 원인이 되거나, 또 철면 보호 피막을 부식성으로 바꾸거나 또는 직접 부식성의 물질을 생성하는 것이다.

③ 누설(漏洩)전류에 의한 부식(전식(電蝕))

전식은 양극, 음극의 형성이 금속체나 토양 등의 불균일성에 의하거나 기타의 외부 직류전류원에 의하여 발생한다.

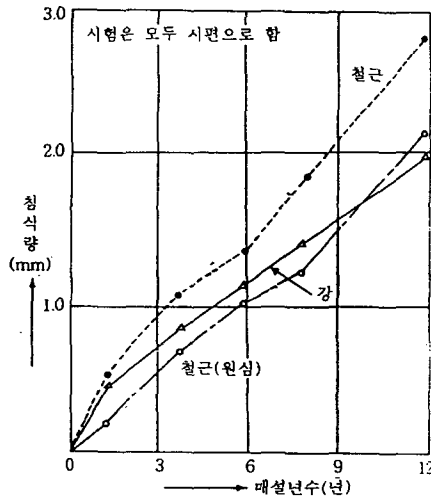
도시에서 매설관의 전식의 원인은 대부분이 직류 전철의 누설전류에 의한 것으로서 교류의 누설전류에 의한 부식은 거의 발생치 않는 것으로 보아도 지장 없다.

전철 궤도에 근접하여 매설된 지하 매설관은 전동차의 운전 중 궤도로부터 지중으로 누설된 전류의 통로가 되고, 그 전류의 유통량에 비례하여 매설관에서 지중으로 전류가 유출되는 부분에 전식을 일으키게 된다.

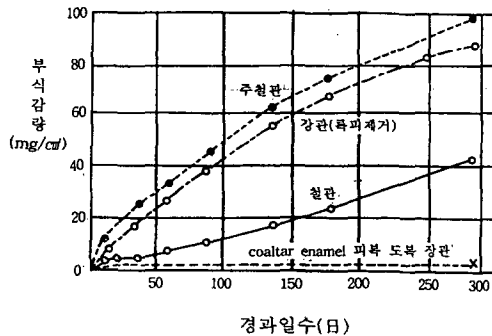
(2) 강관의 방식법(防蝕法)

강관의 부식(나관(裸管)의 경우)은 피할 수 없는 현실이며, 게다가 대부분 매설관이므로, 보수가 불편하고, 또 구조물로서 반영구적인 수명을 기대하게 되는데, 시공 전에 가능한 이상적인 방식가공을 실시하여 안전하고 확실함을 기할 수 있도록 하여야 한다.

강과 주철(鑄鐵)의 매설 연수와 침식량의 관계 및 방식 조치를 한 것과 실시하지 않은 관의 수도유수 중의 침지시험(浸漬試驗) 성적을 그림 4-29와 그림 4-30에 각각 비교 표시하였다.



<그림 4-29> 매설연수와 침식량의 관계



흑피제거

<그림 4-30> 유수중의 침지시험 성적

이어서 강관의 방식법에 대하여 다음과 같은 방법이 있다.

① 금속 피막에 의한 방법

- 가) 아연도금에 의한 방식 : 일반적으로 수구경의 배관용 관에 이용되며, 아연도금이 된 관은 ‘백관’이라고 불린다.
- 나) 알루미늄도금에 의한 방식 : 공업용수, 해수, 온수 등의 배관, 특히 화학공업용 배관에 이용된다.

② 방식 도장법에 의한 방법

- 가) 합성수지 도료에 의한 방식
 - 나) 코울타르 에폭시(Coal-Tar Epoxy)도료에 의한 방식
 - 다) 역청질(瀝靑質) 도료에 의한 방식
 - ㄱ. 코울타르 에나멜(Coal-Tar Epoxy)도복장
 - ㄴ. 블로운 아스팔트(Blown Asphalt)도복장
 - ㄷ. 아스팔트 에나멜(Asphalt Enamel)도복장
 - 라) 시멘트 모올타르 라이닝(Cement-Mortar Lining)에 의한 방식

③ 전기적인 방법

- 가) 유전 양극방법
- 나) 외부 전원방법
- 다) 선택 배류(排流)방법

상기 외에도 여러 가지 방법이 있으나 그 적용방법은 배관의 용도와 부설 위치에 따라 선택하여야 한다.

특히 대구경 강관에 가장 널리 이용되는 방법은 방식 도복장에 의한 방법인데, 다음에 그 용도 및 위치에 따른 각종 도복장에 방법의 예를 (표 4-12)에 표시하였다.

(표 4-12) 각종도복장 방법의 적용예

(가) 내면도장

용 도	도복장 종류	도복장방법
수도 및 해수 전송관	①코울타르 에나멜 도장 ②브라운 아스팔트 도장 ③타르에폭시 2회 도장	도막두께 : 2~4mm 도막두께 : 2~4mm 도막두께 : 300 μ 이상
도시가스 전송관	①에폭시계 수지도료도장	도막두께 : 30 μ 이상
기름 전송관	①타르에폭시 2회 도장 ②합성수지라이닝	도막두께 : 100 μ 이상

(나) 외면도복장

㉞ 지상배관

약품, 가스등에 접촉하여 제일 부식이 격심한 곳	① 타르에폭시도장 ② 타르에폭시도장 + 합성수지 계도료 도장 ③ 합성수지계 방청페인트 도장 + 합성수지계 내약품 도료도장	
비교적 부식이 심한곳	① 합성수지계 방청페인트 도장 + 합성수지계도료 도장	
혼도(混度)가 높은 곳	① 타르에폭시 도장 ② 징크리치 페인트 도장	
내후(耐候)성을 요구하는 곳	① 유성방청페인트 도장 + 합성수지계도료 도장	

㉟ 지중배관

수분의 함유량이 많고 부식성이 심한 곳	① 코울타르에나멜 도복장 ② 코울타르에나멜 도복장 ③ 아스팔트 도복장	글라스 크로스 2벌감기 비닐론 크로스 2벌감기 글라스 크로스 2벌감기
부식성이 작은곳	① 아스팔트 도복장 ② 아스팔트 도복장	비닐론 크로스 1벌감기 슈트 크로스 1벌감기

㉔ 수중배관

해수	① 콜타르에나멜 도복장 ② 징크리치페인트도장 + 타르에폭시 도장 ③ 타르에폭시 도장 ④ 콜타르에나멜 도복장 + 콘크리트 도장	글라스 크로스 2벌(또는 3벌) 감기 글라스 크로스 2벌 감기
염수	① 콜타르에나멜 도복장 ② 아스팔트 도복장 ③ 타르에폭시 도장	글라스크로스(또는 비닐론 크로스) 2벌 감기 글라스크로스(또는 비닐론 크로스) 2벌 감기

④ 방식 도복장에 의한 방법

강관의 방식법으로는 방식 도복장에 의한 방법이 가장 널리 행하여지고 있으며 각종의 방식 도료가 이용되고 있다.

방식 도료의 종류에는 여러 가지가 있으나 그 중에서도 강관의 방식에는 주로 합성수지 도료 및 역청질 도료가 이용된다.

가) 합성수지 도료

강관의 방식용으로는 에폭시수지, 페놀수지 등의 합성수지가 주로 이용되는데, 일반적으로 내화학약품성, 내용제성, 내마모성 등이 우수하고 기온변화에 대하여도 안전한 성질이 있다.

나) 콜타르 에폭시(Coal-tar epoxy) 도료에 의한 방식

콜타르 피치(Pitch)와 에폭시계 수지를 기재료로 하여 에폭시 수지를 배합한 상온형 콜타르 에나멜과 비슷한 종류이다. 에폭시계 수지 배합에 의해 도막의 밀착성, 내약품성, 내열성, 기타 기계적 성질이 우수하며, 단단하고 표면이 매끄러운 도막을 형성한다.

용제도(溶劑塗)의 것으로서 용제가 휘발하여 건조경화하는 것과, 비용제형 즉 그 액형의 도료로서 경화제를 혼합하면 비로서 화학반응을 일으켜 중합경화(重合硬化)하는 것이 있는데, 도막의 성능은 후자가 비교적 우수하다.

최근 수도용 강관 내면 방식용으로 그 수요가 점차 늘어가고 있으며 도막의 우수성 역시 인정받고 있다.

다음에 그 성상과 도막 방법에 대해 설명한다.

(가) 성상(性狀)

에폭시 수지는 주로비스페놀 A를 기본 재료로 하는 것이 많으며, 여러 가지의 조

작조건 및 사용하는 에피크롤 휘드린과 비스페놀 A의 양에 따라서 저 분자량까지의 에폭시 수지가 제조된다.

일반적으로 저분자량수지, 즉 액상수지는 구조용 플라스틱이나 접착제용으로 응용되고, 고분자량수지, 즉 고형(固型)수지는 주로 방식도료용으로 응용된다. 경화제나 용제 또는 경화촉진제의 배합 비율 등에 따라 다르지만 일반적으로 널리 쓰이는 방식도료 용은 다음 (표 4-13)과 같은 성상을 갖는다.

(표 4-13) 에폭시 수지의 일반적 성상

항 목	성 상
호합량(중량비)	품종에 따라 다름
가능 사용시간	20℃ 2~8시간
지촉(指触)건조시간	20℃ 2~6시간
경화건조시간	20℃ 24~48시간
안전경화시간	20℃ 24시간~7일

(나) 도장방법

㉞ 강면의 전 처리

관은 도장하기 이전에 미리 블라스트처리(Blasting)에 의해 표면의 스케일, 녹, 유지류, 이물질 등을 완전히 제거하고 도료를 도장할 때까지 도장면에 수분유지류가 부착되지 않도록 보호하여야 한다. 또 강관의 사전 처리에 주문자의 승인을 얻어 화학적 처리법으로 도장하는 수도 있다. 산세법(酸洗法)에 의할 경우에는 강면에 잔존하는 산분을 물로 깨끗이 제거한 후에 곧 건조시켜야 한다.

또 표면처리를 한 후에 일반적인 방청(防鏽)의 목적으로 슝 프라이머(Shop Primer)를 주문자와 협의 하에 도포할 수가 있다.

㉟ 도료의 조정

a) 조합

2액형 도료의 경우는 주제(A)와 경화제(B)를 규정중량비율로 혼합한다. 규정중량비는 정확히 행할 필요가 있는데, 경화제(B)가 너무 작을 때는 도막이 완전히 경화되기가 어렵고 너무 많을 경우에는 경화제가 표면에 떠올라 중벌 칠 할 경우 박리의 원인이 된다. 따라서 규정량의 혼합이 요구되는데 이때는 도료 제조자의 지시에 응하는 것이 바람직하다.

조합의 순서는 다음과 같다.

- Ⓐ 주제(A)를 잘 젖는다.
- Ⓑ 경화제(B)를 주제(A)에 서서히 가하면서 잘 저으며 혼합한다.
- Ⓒ 약 15~30분 정도 숙성한 후 살짝 저어 사용한다.

b) 희석(稀釋)

조합된 도료의 희석은 원칙적으로는 행하지 않는 것이 좋다. 저온시에 도장하여 야 할 경우 온탕에 용기를 담가 20~25℃ 정도의 온도로 덖혀 유동성이 좋게 한 다음, 희석을 행할 수가 있는데, 이 경우에는 다음 사항에 주의하여 행하여야 한다.

- Ⓐ 용제는 그 도료용의 용제를 사용할 것.
- Ⓑ 용제 사용량은 주제(A)에 대하여 최고 5~6%로 하고, 그 이상은 혼입하지 않을 것.
- Ⓒ 용제는 경화제 (B)를 첨가하기 전에 주제(A)에 가하여 교반(攪拌)하고 주제(A)가 균일하게 된 다음 경화제 (B)를 가할 것.
- Ⓓ 용제를 경화제 (B)에 호입하지 않을 것. 용제의 혼입에 의해 경화제가 경화하는 경우가 있음.
- Ⓔ 주제(A)와 경화제(B)의 조합 후는 용제를 가하지 않는 것이 좋다.

㉞ 도장

도장은 기계도장이나 손도장의 어느 방법이라도 좋으며, 이물의 혼입, 핀 호울 미도장부 등이 생기지 않도록 하여, 균일하게 도장을 행하여야 한다.

a) 관의 자열(子熱)

관체의 자열을 행할 때는 도료 제조자의 지시하는 온도까지, 적외선, 열풍 등을 이용하여 균일한 자열을 행한다.

b) 기계도장

기계도장은 트러프(Trough)방식, 피이드라인(Feed Line)방식 자동스프레이(Automatic Spray)방식 등으로 한다.

c) 손도장

손도장은 붓, 핸드스프레이(Hand Spray)등으로 가로와 세로 방향 칠이 서로 교차되도록 행한다.

㉟ 도막의 보호

도장면은 지축건조 될 때까지 모래, 먼지, 특히 수분의 부착이 되지 않도록 적절

한 조치를 행하고, 경화가 완료 될 때까지 보호한다.

㉓ 도막의 두께

내면의 경화도막의 두께는 0.3mm 이상으로 하며, 외면은 주문자와 협의하여 결정한다.

일회도장만으로 필요한 두께의 도막을 얻기가 어려운 경우가 많으므로 통상 2회 이상의 중별 도장을 실시하는데, 도장량은 품종에 따라 서로 다르나 보통 1회 도장으로 얻을 수 있는 도막의 두께는 다음과 같다.

즉, 200~300g/m²의 경우 막 두께 100~200 μ (0.1~0.2mm)

300~700g/m²의 경우 막 두께 200~500 μ (0.2~0.5mm)

도장간격 20℃ 4~24시간

㉔ 단부의 처치

관이 용접에 의하여 연결 될 때는 용접열의 영향을 고려하여 (표 4-14)와 같이 관의 단부를 내외면 모두 미도장부로 남겨 두도록 한다. 단, 주문자의 협의 하에 관 끝까지 도장해버리거나, 미도장부의 일시 방창용으로 스프라이어를 도포 할 수가 있다.

(표 4-14) 단부 미도장부 치수(예)

호칭지름	미도장부 길이
800A 미만	80이하
800A 이상	100~250

(다) 작업상의 주의사항

- ㉕ 인화점이 낮은 것이 많으므로 화기의 접근을 피할 것.
- ㉖ 경화제로 아민계의 것으로 사용하는 것이 많으므로 피부에 부착하여 상해를 입기 쉽다. 만일 피부에 묻은 경우는 충분히 물로 닦아내거나, 신나로 닦아낸 다음 소금물로 닦아낸다.
- ㉗ 경화제에 아민계의 것을 사용한 도료는 특히 도장면의 수분(겨울철에는 이슬 점에 있을 경우가 많음)에 주의 하여야 하며, 부착시엔 마른걸레로 잘 닦아 내어 건조가 된 후 도장을 실시하여야 한다.
- ㉘ 사용가능시간은 품종 및 온도에 따라서 다르지만 사용가능시간을 넘는 도료는 사용을 하지 않아야 한다.

㉞ 새로이 조합한 것을 사용가능시간내의 잔류도료에 혼합하여서는 안된다. 잔류도료와 새로이조합한 도료와는 용기를 별도로 사용하여야 한다.

㉟ 작업을 15분 이상 중단 할 경우나 작업종료 후는 붓, 로라, 스프레이건 등을 지정된 세정제나 아세톤, 셀루 로우즈용 신나 등으로 깨끗이 닦아 두어야 한다.

(라) 코울타르 에폭시 도료의 용도

수도용 강관, 수압강관, 라인파이프(유, 가스)수문, 항만설비, 강관말뚝 강시판(鋼矢板), 철구조물, 각종탱크, 교량 및 기타용도로 사용한다. 특히 수중, 수면부, 해수에 법촉하는 부분에 사용하면 효과가 좋다. 해수에 사용시에는 해산생물의 착생을 방지하기 위하여 상도시에 독성물을 혼입한 방면도료를 도장하면 어느 정도의 기간 동안은 효과가 있다.

(마) 관련규격

강관내외면에 대한 코울타르 에폭시 도료 및 도장에 관한 해외규격은 다음과 같은 것들이 있다.

㉠ 미국 : AWWA C-210-78 Coal-Tar Epoxy Coating System for the Interior and Exterior of Steel Water Pipe

㉡ 일본 : JWWA K-115 수도용 타르 에폭시수지 도료 도장방법

WSP 005-70 수도용 강관 타르 에폭시 도료 도장방법 및 해설

㉢ 일본 : JIS K-5664~1972 Tar Epoxy Resin Paints

다) 역청질 도료에 의한 방식

코울타르 에나멜(Coal-Tar Enamel), 블로운 아스팔트(Blown Asphalt) 또는 아스팔트 에나멜(Asphalt Enamel) 등의 역청질 도료는 내수성이 우수하고 화학적으로 안정되어 토양의 영향을 받아도 부착력이 강하고 또 절연성이 우수하며 취급이 용이하므로 강관의 방식 재료로서 훌륭한 성질을 갖고 있으며 가격이 저렴하여 수도배관용 등에 가장 널리 이용되고 있다.

현재 수도용 강관에 가장 일반적으로 적용되고 있는 코울타르 에나멜 도복장 방법에 대하여 알아보기로 한다.

(가) 하도도료

강관과 상도 도료와의 밀착을 양호하도록 하여 주는 것으로서 코울타르 프라이머(Coal-Tar Primer)라 칭하는데, 이는 주로 코울타르 핏치 또는 정제된 타르계용제로써 조제한 것으로서 벤졸(Benzol)이나 기타의 유독물을 제거한 것이다. 예로써 코울타르 프라이머의 질을 아래 (표 4-15)에 나타낸다.

(표 4-15) Coal-tar Primer

성 질 \ 품 명	Type A	Type B
조 성	팽윤탄, 핏치 용제	팽윤탄, 핏치, 합성수지, 염화고무
특 성	광범위 사용가능(침건성)	시공환경 작업성에 융통성 있음(속건성)
비 중	1.2~1.3	1.21~1.31
가열잔분	60% 이상	21% 이상
지축건조	30분 이내	5분 이내
완전건조	4시간 이내	30분 이내
관련규격	AWWA C-203 A type KSD 8307 JIS G3492	AWWA C203 B type

상기의 2종류의 성질은 AWWA C-203의 Coal-Tar Type A(Coal-Tar Base)와 Type B(Fast Drying, Chlorinated Rubber Base)에 해당되며 강관 도복용으로는 주로 Type B가 사용된다.

(나) 상도도료(上塗塗料)

상도도료는 방식도장의 주체를 형성하는 것으로서, 코울타르 에나멜(Coal-Tar Enamel)이 이용되는데 그 외의 역청질 도료인 블라운 아스팔트, 아스팔트 에나멜과의 특성을 비교하여 보면 다음 (표 4-16)과 같다.

(다) 도복재

도복재는 상도도료의 방식층의 기계적 강도를 보강하는 것으로 보통 글라스 크로스(Glass Cloth), 글라스 매트(Glass Mat) 및 아스베스토스 펠트(Asbestos Felt)등이 널리 이용된다.

이 외에도 외국에서는 헷상 크로스(Hessian Cloth), 비닐론 크로스(Vinylon Cloth)등이 채용되고 있으나 국내에서는 많이 사용되지 않고 있다.

현재 국내에서 수도용 강관에 가장 널리 채용되고 있는 글라스 매트와 아스베스토스 펠트의 품질은 다음 표 4-17, 18과 같이 규정되어 있는데, KS8307에 상세히 규정하고 있으므로 참조바라며, <그림 4-31>에 참고로 국내에서 수도용 도복장용 강관에 가장 일반적으로 적용되고 있는 도복장의 예(KSD8307A형 2급)를 나타냈다.

(표 4-16) 상도도료의 특성

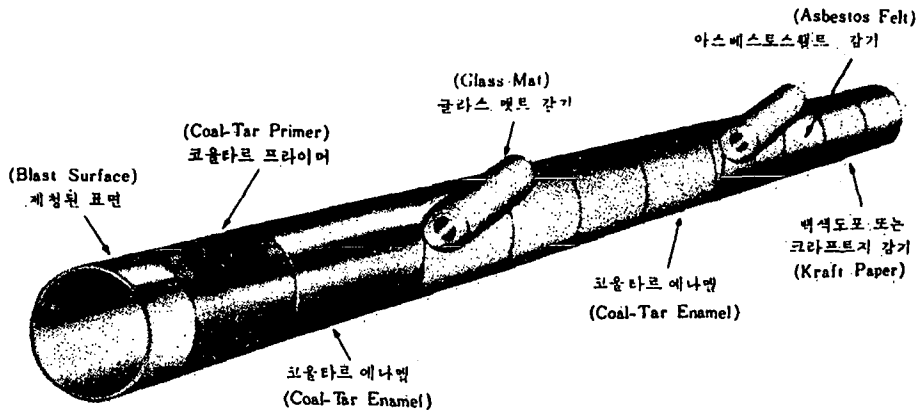
시험항목		블로운 아스팔트		아스팔트 에나멜		콜타르 에나멜		
		5~10	10~20	5~10	10~20	5~10	10~20	
연화(軟化)점 °C		>110	>90	>115	>95	>105	>105	
침입도	0°C, 200g, 60초	>4	>7	-	-	-	-	
	26°C, 100g, 5초	5~10	10~20	5~10	10~20	5~10	10~20	
	46°C, 5g, 5초	<25	<45	<25	<35	10~25	15~55	
신도(伸度) cm(25°C)		0	1	-	-	-	-	
증발량(163°C, 5hr) %		<0.15	<0.5	-	-	-	-	
회분 (단위)		<1.0	<1.0	10~40	10~40	25~35	25~35	
비중(25°C)		-	-	1.10~1.45	1.10~1.45	1.40~1.60	1.40~1.60	
인화점(°C)		200	200	-	-	-	-	
사염화탄소가용분 %		99.0	99.0	-	-	-	-	
고온 시험	70°C, 24hr mm	<2.0	-	<2.0	-	<2.0	<2.0	
	60°C, 24hr mm	-	<2.0	-	<2.0	-	-	
저온 시험	-10°C, 6hr	균열박리 없음	-	균열박리 없음	-	*균열박리 없음	-	
	-30°C, 6hr	-	균열박리 없음	-	균열박리 없음	-	균열박리 없음	
굽힘 시험	가열 직후	균열 발생 거리 mm	>20	>20	>20	>20	>15	>20
		박리 면적 cm ²	<20	<20	<20	<20	<20	<15
	2시간 가열처리 후	균열 발생 거리 mm	>15	>20	>15	>15	>10	>15
		박리 면적 cm ²	<20	<20	<20	<20	<40	<35
충격 시험 (박리면적)	직접충격 cm ²	<65	<65	<50	<50	<65	<65	
	간접충격 cm ²	<15	<15	<10	<10	<13	<13	
전기저항 시험 MΩ/dm ² 식염수침지		7일 후	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
굽수성 시험 (단위) 상수도침수		20일 후	0.25	0.25	0.25	0.10	0.10	

(표 4-17) 글라스맷트(GLASSMAT)의 품질(규격비교)

품 질 구 분	AWWA C203		KSD 8307
	관련시험규격	사 양	사양
비중(Weight)	ASTM D146-65	0.84lb/100ft이상	-
두께(Thickness)	ASTM D146-65	13mil(0.33mm)이상	0.25~0.6mm
인렬강도(Tear Strength)	ASTM D 76	세로방향 2lb 가로방향 1lb	-
파괴강도(Breaking Strength)	ASTM D146	4lb/in폭 이상	-
유연성(Pliability)	ASTM D146	균열없을 것	-
다공성(Porosity)	ASTM D737	0.022~0.076in	-
유기물부착률(%)	ASTM D737	-	17±5
인장강도 kg/15mm폭	ASTM D737	-	세로방향 2.0 가로방향 1.0이상
보강사 밀도(본/cm)	ASTM D737	-	약1

(표 4-18) 아스베스토스 펠트(ASBESTOS FELT)의 품질(규격비교)

품 질 구 분	AWWA C203		KSD 8307
	관련시험규격	사 양	사양
성분(Composition)	ASTM D1918-67	Asbestos함량85% 이상	Asbestos함량85% 이상
외관(Appearance)	ASTM D146-65	Calendered Surface	카렌더 가공
중량(Weight)	ASTM D146-65	12~15lb/100ft ²	585~735g/m ²
인장강도(Tensile Strength)	ASTM D146-65	30lb/in이상	16.5kg/25mm폭 이상(*)
유연성(Pliability)	ASTM D146-65	No Cracking	균열없을 것
침투율(Saturation)	-	18~28%	18~28%
가열멸량(Loss on heating)	-	10% 이하	10% 이하
두께(Thickness)	ASTM D645-64	18mil 이상	0.45mm 이상
인렬강도(Tear Strength)	ASTM D689-62	경사240g, 위사400g	경사240g, 위사400g



<그림 4-31> KSD 8307 A형 2급 도복장(예)

(라) 도복장 방법

도복장방법은 도복장 재료는 물론 도복장 강관의 수명을 지배한다. 따라서 작업 표준을 확립하여 완전한 도복장 작업이 수행되어야 한다. 특히 수도용으로 사용되는 강관의 아스팔트 및 코울타르 에나멜 도복장방법에 대한 국내 규격으로 KSD8306과 KSD8307이 제정되어 있다.

도복장방법의 일례로써 코울타르 에나멜 1벌감기의 공정을 알아보면 대략 다음과 같다.

㉓ 청 소(淸掃)

먼저 도복장하기 이전에는 필히 관의 표면을 청소하여야 한다. 이것은 유분, 그리스, 먼지, 스케일, 녹 및 기타의 이물이 부착하여 도료의 밀착성을 해칠 우려가 있기 때문이다. 이 방법은 보통 산세(酸洗), 샌드블라스트(Sand Blast), 쏿트브라스트(Shot Blast) 등이 이용된다.

㉔ 하도도료의 도포(프라이머 도장)

강면 청소를 행한 관에 하도 도료를 도포한다. 하도도료는 코울타르 프라이머를 사용하고, 도포 방법은 로라, 칠붓, 또는 스프레이건에 의한다.

㉕ 상도도료의 도당 및 복장재료의 도복장

하도도료가 충분히 건조된 다음 상도도료(코울타르 에나멜)을 도장한다. 관내면의 코울타르 에나멜의 도막 두께는 약 2.5+2.0, -0.5mm로 한다.

(표 4-19) 도복장 방법(A형)

종류		도복장 방법	에나멜도장의 두께
직관 및 이형관	3급도복장 1회 도장 1회 복장	프라이머 도장 제1회 에나멜 도장 제1회 도복장(아스베스토스헬트 도복장)크라프트지 혹은 화이트 워시도장(White Wash)	제1회 2.5+0.8mm
	2급도복장 2회 도장 2회복장	프라이머 도장 제1회 에나멜 도장 제1회 도복장(그라스맷트 도복장) 제2회 에나멜도장 제2회 도복장(아스베스토스헬트 도복장)크라프트지 혹은 화이트 워시 도장(White Wash)	제1회 2.5+0.8mm 제2회 최소 0.8mm
	1급도복장 2회 도장 2회 도장	프라이머 도장 제1회 에나멜 도장 제1회 도복장(그라스맷트 도복장) 제2회 에나멜도장 제2회 도복장(아스베스토스헬트 도복장)크라프트지 혹은 화이트 워시 도장(White Wash)	제1회 2.5+0.8mm 제2회 최소 0.8mm

관외면의 도복장은 먼저 프라이머 도장면 위에 코울타르 에나멜을 도장 후 글라스 매트 도복장, 제2회 에나멜, 도장 아스베스토스헬트 도복장, 크라프트 지역은 화이트 워시 도장의 순서로 실시한다.

특히 KSD8307 규격에서는 'A형'과 'B형' 도복장방법을 규정하고 있는데, 국내에서는 현재 지하 매설되는 수도배관용으로 통상적용되고 있는 도복장 방법은 'A'형으로서 (표 4-19)에 그 방법을 나타냈다.

(마) 사용상의 주의사항

이상과 같은 도복장 강관은 내외면에 안전한 방식 피막을 형성하고 있으므로 그 취급에는 충분한 주위가 필요하며, 취급에 안전을 기하면 반영구적인 수명을 기대할 수 있다.

㉞ 도복장부에 손상이 가지 않도록 할 것.

도복장 강관은 전송 중에 손상이 가지 않도록 적절한 방법을 취하여야 한다. 또

매설전의 보존도 적절하게 행할 필요가 있다. 여러 개의 관을 배치하였을 때 기온이 높으면 관끼리 겹쳐 흠이 생김으로 해서 부식의 원인이 되는 예도 있다. 여름철 직사 일광하에서는 흑색 도료의 온도는 60° 에도 달할 수가 있다. 이에 의해 도막이 유연하게 되어 하중만 가하여도 손상이 가기 쉽다. 따라서 관은 양단을 평행되게 잘 지지하여 보존하여야 한다.

㉔ 접착부의 도복장은 현지에서 행하는데 그 시공은 특별히 중요하므로 세심한 주의를 기울여 행하여야 한다. 먼저 접착부 부근의 관체 및 도장표면의 청소를 깨끗이 하고 도료를 도포하거나 용융(熔融) 도료를 침투시킨 도장재를 열 도복한다.

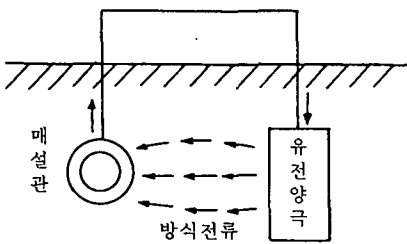
⑤ 전기적인 방법

부식은 전기화학적인 현상에 기인함에 착안하여 이것을 전기적으로 처리함에 따라 철의 부식을 막을 수가 있다. 전기부식은 항만의 널말뚝, 강관파일, 교량, 교각, 선박 등에 시공하여 큰 효과를 얻을 수 있으므로 외국에서는 거의 대부분 이 방법을 채용하고 있다.

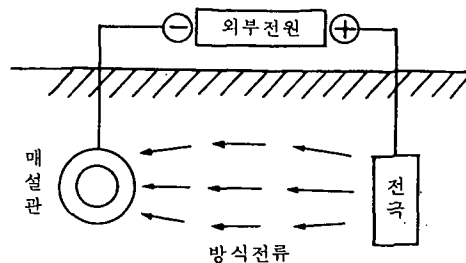
또 최근에는 도복장된 파이프라인에도 장소에 따라 시공하고 있다. 전기방식방법은 다음의 3가지로 크게 분류할 수가 있다.

가) 유전(流電) 양극방법

<그림 4-32>와 같이 마그네슘, 아연, 알루미늄 등을 희생(犧牲)양극으로 직접 또는 도선으로써 피방식체(강관)에 접착하여 금속간의 전위차를 이용해서 방식전류를 발생시키는 방법이다.



<그림 4-32> 유전양극법의 예



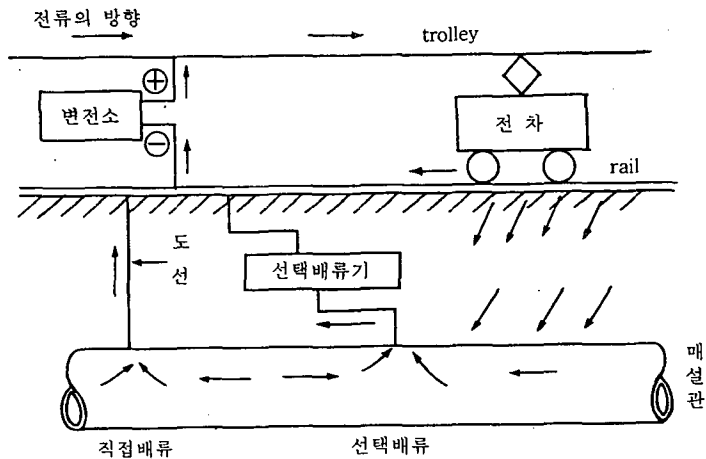
<그림 4-33> 외부전원의 예

나) 외부전원 방법

<그림 4-33>처럼 피방식체(강관)를 외부 전류전원(정류기)의 음극(⊖극)에 접연하고, 자성산화철 등의 전극을 양극(⊕극)에 접연하여, 피방식체 표면에 항상 음극전류를 흐르게 하는 방법이다.

다) 선택배류방법

<그림 4-34>와 같이 매설관에 의한 레일은 선택배류기로서 전선으로 접연하는 방법으로, 유도전류에 의한 부식 이른바 전식을 방지하는데 효과적이다.



<그림 4-34> 선택배류법의 예

상기의 전기적인 방법의 사용에 있어선, 대지전위를 측정하여 가장 합리적인 방법을 하나만 또는 두가지 방법 이상을 조합하여 사용한다.

일반적으로 수구경, 단거리 관로에는 유전양극법이, 대구경 장거리 간로에는 외부 전 원법, 특수 부분에는 선택배류법이 유리하다.

(3) 해수냉각법 배관용 강관의 부식

① 개요 및 일반조건

각종 공업에 요구되는 공업용수의 중요성에 대해서는, 두말할 필요 없이 급속한 발전 도상에 있는 각국 공업의 수요에 크게 못 미치고 이미 그 한계에 도달한 바 이때 대두된 것이 무한하게 넓은 해양의 해수 이용이다. 용수형 산업의 화력발전, 철강, 석유, 펄프화학 공업 어느 것이나 임해지대에 집중하여 필요량의 용수 대부분을 해수를 이용하는 경향이 많이 나타나게 되었으며 특히 발전소에서의 냉각수는 해수를 거의 사용하고 있다.

그러나 해수를 사용할 때는 지하수 하수에 의한 부식작용, 부착생물장해, 수온, 수질, 부유물, 풍파, 표사 등의 문제가 있으므로 그에 연관된 취수구의 선정 및 장해 대책이 가장 중요한 사항이다.

가) 해수취입설비의 계획조건

냉각수용에 쓰일 해수를 취입할 때는 하기 조건을 충분히 검토함이 필요하다.

- (가) 항상 필요량의 수량을 얻을 수 있을 것.
- (나) 수질의 화학적 생물적 조성이 좋고 또한 일정할 것.
- (다) 수온이 항상 사용 목적에 적합할 것.
- (라) 취입설비내에 부착생물의 유생 및 약류 플랑크톤의 발생이 없거나 조금 밖에 없을 것.
- (마) 해수에 대한 방식대등 착생 생물에 대한 방제 대책을 구비 할 것.
- (바) 해안 또는 해저 지형이 취입설비 및 해저관 포설이 편리 할 것.
- (사) 취입지역은 이상조류 하천 염수의 영향, 태풍, 기타의 재해가 과거에도 적었던 장소를 선정할 것.
- (아) 하천수의 유입 위치에서 멀고 또한 부유되는 먼지, 기타 공장 등의 유해폐수가 없을 것.
- (자) 어업권, 항로 등의 수리권에 관계되는 문제가 적을 것.

나) 해수냉각수 배관의 필요조건

해수용 배관도 일반적인 배관과 같이 전송되는 물체를 계획량을 완전히 운반할 수 있어야 하고 강관비, 시공비, 배관시공 후의 유지관리비와 경제적이여야 한다. 특히 해수 배관용관은 내부 유체가 해수이고 토양내 매설할 경우가 많으므로 입지조건에 따라 다소 차이는 있지만 다음 조건을 만족하도록 계획되어야 한다.

- (가) 해수중의 염소이온에 대한 내식성이 클 것.
- (나) 해산생물에 의한 장해의 방지 대책을 세울 것.
- (다) 유량 조절밸브의 직후 관체 혹은 극단 곡관부 Y분지부 등에는 공동현상 등에 충분히견딜수 있게 할 것.
- (라) 매설관 해저포설관에 지하전류 등에 의한 국부전식이 생기지 않도록 고려 할 것.
- (마) 매설관의 상부로 궤도 차량 및 트럭 등의 중차량이 통과할 때는 그 하중에 충분히 견딜 수 있도록 설계될 것.
- (바) 발전소 본관과 실외와의 경계선에 대한 부등침하에 충분한 가요성(可撓性)을 가진 것.

(사) 해저관 매설에는 이상 조류, 태풍, 기타에 의한 재해를 고려하고 특히 해저관의 표사 세굴에 대한 관의 안전성을 고려하고 지상관의 경계부에는 부유물 따위에 의한 손상에 방호 처지를 고려할 것.

최근 각방면으로 지속적인 연구가 진행됨에 따라 상기조건 (가)과 (나)의 방식 문제는 방식도장강관을 채용함으로써 해결되었으며, 다른 문제들도 적절한 조치로써 거의 해결되게 되어 있다. 위 중에서 특히 해수 냉각수용, 배관에 문제가 되는 것은 해수에 의한 부식과 해산생물의 장해이므로 이에 대하여 알아보기로 한다.

② 해수냉각수 배관의 도장

해수냉각수 배관용 강관의 해수 중의 염소이온과 지하전류 등에 의한 부식 방제를 위한 방식 도장은 일반적으로 다음과 같은 방법이 이용된다.

가) 외면도장 도복장

(가) 코울타르 에나멜, 글라스크로스 감기

관련규격 : KSD8307, JIS G3492, AWWA-C-203

(나) 아스팔트, 글라스크로스 감기

관련규격 : KSD8307, JIS G3491

(다) 타르에폭시 도장

관련규격 : JISK5664, JWVA K-115, AWWA-C-210

(라) 전기방식

전술한 3강관의 방식법 나)전기적인 방법 참조

나) 내면도장

(가) 코울타르 에나멜 도장

(나) 타르에폭시 도장

(다) 수지도료도장

(라) 전기방식

내면도장에 대한 관련 규격은 상기 외면 도장과 같다.

③ 해산생물에 의한 장해와 방제(防除)대책

해산생물에 의한 장해는 강관의 부식과는 거리가 있으나 해수 냉각수용 배관에 매우 중요한 사항이므로 간단히 그 방제 대책에 대하여 기술키로 한다.

가) 기계적 처리방법

(가) 여과에 의한 방지법

취입구에 마이크로 스트레이너(micro strainer)를 설치하여 여과하는 방법이다. 이 경우 스트레이너 그물 눈금의 크기는 각종 부착생물의 착생 직전 부유기 유생(浮遊期幼生)의 크기에 대한 조사 결과에 따라 대개 200μ 정도가 방제효과가 좋고 적당하다. 그러나 다량의 해수를 상당한 유속으로 연속적으로 취입 할 때는 그물눈의 폐쇄, 수두손실 기타 여러 가지 문제가 있다.

(나) 부착생물의 제거 소제(掃除)법

정기정검을 행하여 배수를 한 다음 착생 생물을 떼어 내는 방법이다.

나) 화학적 처리방법

(가) 염소처리 방법

근본적인 살균처리 방법으로서 냉각수로에 염소를 주입하는 방법이다. 일반적으로 부착생물의 성체에는 염소처리 효과는 기대하기가 어렵지만 유생의 출현기에는 집중적인 염소처리를 행하여 벽면에 부착을 방지하기가 쉽다.

(나) 화학약품 처리법

부착생물을 제거하기 위한 염소 이외의 화학 약품으로 유산동용액, 염화제2동용액, 펜타크를, 페놀 그 외 각종 농약 용액의 사용이 연구되고 있으나 방수(放水) 후 다른 수산생물에 대한 독물 축적 등의 문제가 있다.

(다) 오염방지 도료법

이 방법은 수온, 산화동 등을 주로 하는 독물 혹은 유기물 등을 도료 중에 배합하여 부착된 유생, 성체를 죽이거나 약하게 하여 착생되지 않게 하는 방법이다.

다) 물리적 처리방법

(가) 고온처리법

일반적으로 $45^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 의 고온 처리를 행하면 단시간에 각종 부착생물을 치사 탈락시킬 수 있다. 온도를 상승시키는 냉각수를 재순환시키는 방법이 고려되고 있다. 미국의 어느 발전소에서는 재순환용의 배관을 설치하여 3주마다 1회 약 1시간 재순환에 의해 $38^{\circ}\text{C} \sim 41^{\circ}\text{C}$ 로 상승시켜 고온 수 처리를 행하여 부착생물에 의한 장애를 없애고 있다.

(나) 염분회석법

저장 해수는 염수를 사용하여 염분을 휘석시켜 환경의 변화를 통해서 방제하는 방법이다. 그러나 이 방법은 다량의 하수가 배출되도 하수와 해수의 완전한 혼합이 실용성이 없는 방법이다.

(다) 탈기(脫氣)법

일반적으로 수중생물이 적당한 용존산소에 의해 생존하고 있으므로 이 용존 산소를 없애서 제거하는 방법이나 취수 수량이 다량이 경우 실시가 곤란하다.

(라) 유속가속법

해양을 항해하는 선박의 바닥에 다량의 착생 생물이 부착하는 것은 선박의 항해에는 거의 없으나 배가 항구에 정박 중일 때는 명확하다. 보통 선박이 시속 10노트(Knot) 이상의 속도로 항해 할 때 즉 배 밑바닥에서의 해수속도가 10노트 이상이면 부착생물의 착생은 거의 없다. 이와 같이 유속을 가속하여 방제하는 방법이다.

(마) 도장에 의한 부착방지법

이 방법은 도장면을 경하고 매끄러운 면으로 하여 부착을 막는 방법이다. 실험적으로 폴리에스터수지, 에폭시 수지 등의 수지도료를 도장한 콘크리트 블록을 침착시켜 부착생물을 조사한 결과 수지라이닝된 블록에는 거의 착생이 되지 않거나 또는 착생되었다 해도 그 수는 처리를 하지 않았을 때의 1/50 정도 밖에 되지 않는다는 보고가 있다.

(바) 전극 처리법

냉각수로내의 해수 중에 직접 전기를 통하여 수로내의 부착생물을 사멸 혹은 그의 부유기 유생을 마비시켜서 가사 상태로 통과시키는 방법이다. 해수의 전기 저항은 담수에 비해서는 낮아 그의 약 1/1,000 정도가 되므로 소요 전압을 얻는데는 담수의 경우 보다 1000배 가량 되는 전류가 필요하며 더욱이 물의 유속이 빠르고, 거리가 멀어 유량도 크고 할 때는 설비 및 기타 매우 곤란한 문제점을 안게 된다.

(사) 초음파 처리법

초음파를 이용하여 부착생물을 제거하는 방법이다. 초음파를 이용하여 배 밑바닥의 부착물을 제거하는 실험은 많이 행해지고 있으나 효과를 얻기 위해서는 수백만 킬로 싸이클의 강력한 발진 장치를 필요로 하므로 시설의 구조상 경제적으로 갖가지의 곤란한 문제점이 많다.

6) 수격 현상 및 방지 대책

(1) 수격에 의한 피해

수격작용을 방지하기 위해서는 펌프 급정지 후의 관내유속의 변화가 늦어지도록 하면 좋지만 그 주된 목적이 압력의 이상저하에 있는지 또는 이상상승에 있는지에 부설계획과 더불어 수격의 충분한 검토와 적절한 대책을 세울 필요가 있다.

- ① 압력상승에 의해 펌프, 밸브, 플랜지, 관로 등 여러 기기가 파손된다.
- ② 압력강하에 의해 관로가 압괴하거나 수주분리가 생겨 발생하는 격심한 충격파에 의해 관로가 파손된다.
- ③ 진동, 소음의 원인이 된다.
- ④ 주기적인 압력변동 때문에 자동제어계 등 압력컨트롤을 하는 기기들이 난조를 일으킨다.

(2) 수격작용 방지장치

수격작용을 방지하기 위해서는 펌프 정지 후의 관내유속의 변화가 늦어지도록 하면 좋지만 그 주된 목적이 압력의 이상저하에 있는지 또는 이상상승에 있는지에 따라 경감장치도 다르며 또한 여러 가지 방법을 조합할 필요성도 있을 수 있다. 그러나 일반적으로 펌프 급정지 후 펌프 qo출라인에서의 부압 즉, 압력강하를 방지하면 이상압력상승도 방지할 수 있으므로 부압발생의 방지가 수충격 작용에 의한 해를 줄이는 최선의 대책이라 할 수 있다. 따라서 근래에는 일반적인 펌프의 경우 부압방지장치중 가장 효과적이라 할 수 있는 공기조(Air chamber), One-way surge tank, 또는 이들을 조합하여 사용하는 경우가 많다.

다음에 대표적인 부압(수주분리)의 방지 및 상승압의 방지법에 대하여 나타낸다.

목적	순번	방 법	효 과	비 고
	1	Flywheel을 설치한다. (3.1참조)	관성효과(GD2)를 증가시켜 회전수와 관내유속의 변화를 느리게 한다.	소형기에 대해서는 유효하지만 대형기와 관길이가 길 때에는 Flywheel이 과대해지므로 부적합하다.
	2	펌프 배출측에 공기조(Air chamber)를 설치한다.(3.1참조)	축적하고 있는 압력에너지를 방출하여 압력강하를 방지함과 동시에 압력상승도 흡수한다.	부압방지의 가장 효과적인 장치이며 제의 안정성 및 신뢰성을 높이기 위해 자동컨트롤에 대한 검토가 필요하다.
	3	관경을 크게 한다.	관내유속을 저하시켜, 관로 정수를 작게함으로써 압력강하를 방지한다.	관전장의 대부분에 걸쳐서 이를 시행하지 않으면 효과가 없기 때문에 건설비가 비싸다.

목적	순번	방 법	효 과	비 고
	4	관의 경로를 변경한다.	관의 중단면 형상에 대해 가능한 한 관을 깊이 시공한다.	지형과 비용상의 제약 때문에 실시가 용이하지 못한 경우가 많다.
	5	공기변을 설치한다.	부압발생 장소에 공기를 자동적으로 흡입시켜 이상부압을 경감한다. 압력과 전파속도 a 도 작아지게 된다.	공기 흡입지점의 하류측이 자연유하 되는 경우에는 좋지만 그 이외의 경우에는 흡입된 공기에 의해 수격이 조장될 경우가 있기 때문에 신중한 검토가 필요하다.
	6	펌프를 지나 흡입 수조와 토출관 사이에 자동개폐변을 설치한다.	흡입수조의물을 자동적으로 흡입하여 이상압력 강하를 방지한다.	관로의 고저상황에 따라서는 목적을 이루지 못하는 경우가 있다.
	7	통상의 서어지탱크를 설치한다. (3.1참조)	부압발생 장소에 물을 공급하여 압력의 이상강하를 경감함과 동시에 압력상승도 흡수한다.	송수중의 관내압력이 높을 때는 서어지탱크의 높이도 높게되어 건설비도 비싸지만 효과는 이상적이다. 서어지탱크 아래쪽에서는 수충격은 발생하지 않으므로 펌프와 탱크사이만을 고려하면 된다.
	8	One-Way Surge Tank를 설치한다. (3.1참조)	부압발생 장소에 물을 공급하여 압력의 이상강하를 경감한다.	고양정 펌프계에서는 탱크의 높이가 낮아도되므로(One-Wey), 관로에 다수의 탱크를 설치할 수 있다.
	9	디젤기관 구동의 경우는 고장발생과 동시에 자동적으로 속도를 제어하면서 정지한다.	역지변의 급폐쇄를 지연시키므로써 압력상승을 방지한다.	기관의 보호 및 자동장치를 충분히 해둘 필요가 있다.
	10	역지변 또는 By-Pass변의 자동완폐, 물 또는 기름을 이용한 Dash-Port와 역압 조작 By-Pass변을 이용한다. (3.2참조)	구동기의 급소정지에 의한 부압 발생을 막기 위해 적극적으로 컨트롤을 한다.	소형펌프에서는 역지변을 직접 완폐하며 중형이상은 역지변에 큰 By-Pass를 설치하고 그 도중의 By-Pass변을 자동 완폐한다.
	11	안전변을 사용한다.	설정압보다도 상승하면 안전변이 열려 이상압력 상승을 방지한다.	급격히 압력이 상승하는 경우와 관로가 짧아 압력주기가 짧은 경우는 안전변의 동작이 지체되어 효과를 그다지 기대할 수 없다.
	12	급폐쇄식 체크밸브를 사용한다. (3.2참조)	폐쇄지연에 의한 부가적인 압력 상승을 방지한다.	주로 스프링 부착식이 많으며, 밸브의 저항이 크기 때문에 소요전압정의 산출에 주의를 요하며 소형펌프용으로 적합하다.

목적	순번	방 법	효 과	비 고
	13	주토출변의 자동폐쇄 역지변을 생략하고, Sluice, Butterfly 변 등을 유압, 수압등으로 자동 완폐한다.(3.2참조)	역지변을 생략하여 압력상승을 방지한다.	고양정 대용량 펌프에 적합하다.
	14	역지변, 후트밸브를 생략하여 토출관로의 물을 전부 역류시킨다.	가장 간단한 방법으로 압력상승을 방지한다.	관로의 길이에 비해 흡입수조의 수용량에 여유가 없으면 넘치는 경우가 있다.
	15	자동방류변을 사용한다.	펌프동력차단과 동시에 방류변을 급개하여 토출측에서 외부로 방류, 역지변이 닫히므로 자동과 폐하여 압력상승을 막는다.	고양정 펌프에 적합하지만 부압이 발생하지 않는 계통에 한정된다.

(3) 부압(수주분리)방지법

① 펌프에 플라이휠(Flywheel)을 설치한다.

펌프의 회전부의 관성효과(GD2)를 크게하여 펌프 회전수와 유량의 급격한 저하를 방지한다. 설비는 비교적 간단하며 효과도 크지만 송수관로가 상당히 긴 경우와 종단면에 요철이 큰 경우에는 플라이휠(Flywheel)이 매우 크게되어 설치가 불가능한 경우가 있다.

설치 방법으로는 축 플랜지 겸용식, 별도설치식이 있지만 어떤 경우도

가) 설치공간의 문제(그림 4-35와 같이 개략 ΔL 만큼 길어진다)

(A) 축플랜지 겸용식 $\Delta L=50\sim 200\text{mm}$

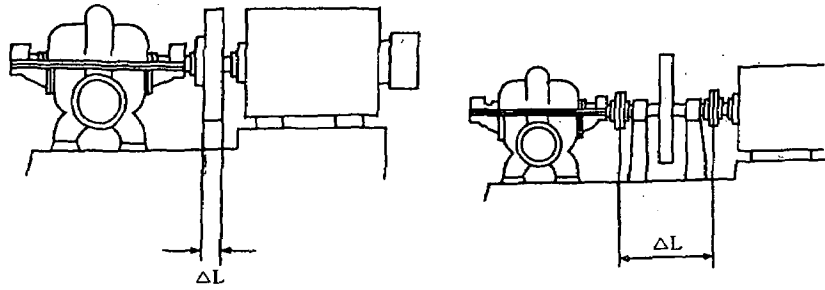
(B) 별도설치식 $\Delta L=800\sim 2000\text{mm}$

나) 기동상의 문제(플라이휠 GD2가 지나치게 크면 기동 시간이 길어지고, 최악의 경우에는 기동을 할수 없기 때문에 구동기 제작 업체로부터 구동축의 허용 GD2를 입수함과 동시에 기동방식에 대해서도 충분한 검토를 행할 필요가 있다.)

다) 베어링의 문제(Flywheel 중량이 지나치게 크게되면 베어링을 보강할 필요가 있고, 경우에 따라서는 베어링의 냉각과 강제 윤활일 필요하다.)

라) 축 플랜지의 문제(축 플랜지로서 전자 카프링과 원심 마찰 클러치를 사용하며 펌프 급정기와 동시에 원동기축과 펌프축이 분리되어 부압방지에 유효한 GD2값이 작아지기 때문에 주의할 필요가 있다.)

마) 플라이휠 재질에 따라 주속(周速)에 제한이 있는(GC:40m/s, SC:50m/s, SF:60m/s) 등의 문제에 대해서는 충분히 검토하여 둘 필요가 있다.



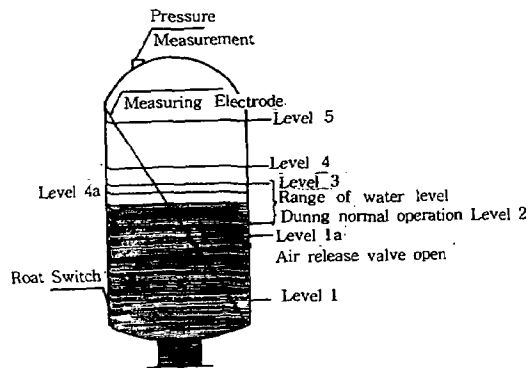
<그림 4-35> Flywheel 설치 예

② 펌프 토출측에 공기조(Air Chamber)를 설치한다.

공기조는 물과 공기가 들어있는 밀폐용기로서 펌프 토출측 부근의 토출라인 설치하며 펌프 급정지에 의해 토출라인내의 물의 압력이 떨어지면 공기조 내에 축적되어 있는 압력에너지를 방출하고 역으로 토출라인내의 물의 압력이 올라가며 물을 받아들여 압력 에너지를 흡수하므로써 압력의 급상승 또는 급강하를 방지하는 가장 효과적인 수충격 방지장치의 하나이다.

가) 공기조의 자동 컨트롤

펌프계의 안정성 및 신뢰성 향상을 위해 공기조는 일반적으로 공기조내의 공기압 또는 수위유지를 목적으로 공기압축기와 연결되며 레벨센서 등에 의해 자동 컨트롤을 하는 경우가 대부분이다. 컨트롤시퀀스는 펌프계에 따라 다르지만 전형적인 예를 소개 하면 다음과 같다.



<그림 4-36> 공기조의 자동컨트롤 예

a. Level 1 : Lowest Level Indication

- Level 1 이하로 수위가 내려가면 공기조내의 공기가 파이프라인으로 유입될 수 있으므로 수위가 Level 1에 도달하면 Warning이 표시되도록 한다.

b. Level 2 : Compressor Switch-off Level

- Level 2는 정상운전 범위의 하한선으로 수위가 Level 2 이하가 되면 압축기 작동이 정지한다.

c. Level 3 : Compressor Switch-on Level

- Level 3은 정상운전 범위의 상한선으로 수위가 Level 3 이상이 되면 주압축기가 작동한다.

d. Level 4 : Compressor Back-up Level

- 정상 운전상태에서 수위가 Level 4에 도달하면 보조 압축기가 작동하며 이상 상태를 나타내는 Warning이 표시되도록 한다. 수위가 Level 4a에 도달하면 보조 압축기의 작동이 정지되며 Level 2에 도달하면 주압축기도 정지된다.

e. Level 5 : High Level Indication

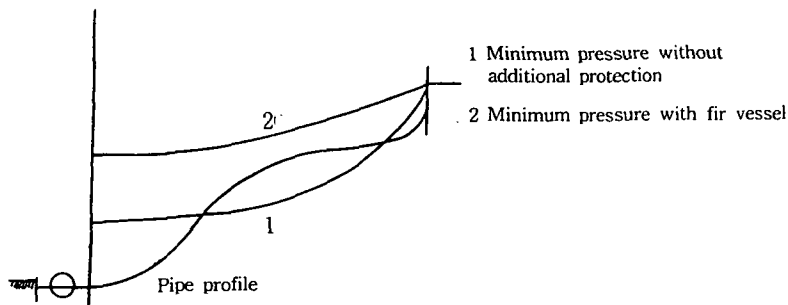
- 수위가 Level 5에 있는 상태에서는 공기조가 수충격 작용을 효과적으로 방지할 수 없으므로 Level 5에서는 경보음이 울리도록 한다.

f. Level 1a : Air Release Valve Open

- 수위가 Level 1a 이하로 내려가면 공기조내의 공기는 배기변을 통해 방출된다.

나) 공기조의 수충격 방지 예

수충격 방지장치를 설치하지 않은 경우, 펌프 급정지 후 토출라인을 따라 부압이 발생되었던 것이 공기조를 설치하면 최대 및 최소 압력구배선이 대단히 극적으로 변경되어 물론 이상압력 상승 또한 방지할 수 있음을 알 수 있다.



〈그림 4-37〉 공기조를 설치한 후의 압력변동

③ 통상의 서어지탱크를 설치한다.

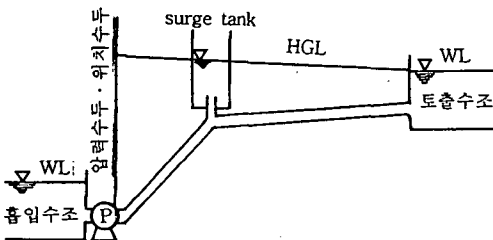
<그림 4-38>과 같이 관로 도중에 충분히 큰 서어지탱크를 설치하여 관내 압력이 강하하는 즉시 물을 보급하여 압력저하를 방지함과 동시에 압력상승도 흡수하게 된다. 이 경우 탱크 아래쪽에는 수충격이 발생하지 않으므로 펌프와 탱크사이만을 고려하면 된다. 단, 정사상태의 관내압이 높으면 탱크높이가 높아져야 하기 때문에 설치장소가 제한되고 또 건설비도 비싸진다.

④ One-Way Surge Tank를 설치한다.

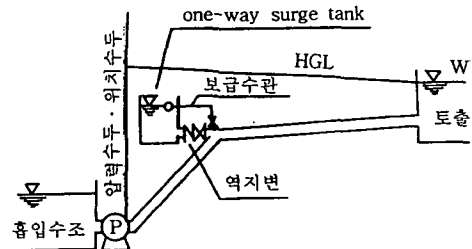
<그림 4-39>와 같이 통상의 서어지탱크에 역지변을 붙인 것으로 부압 발생장소에 설치하여 접속부의 관내압력이 탱크의 수위차보다 낮게 되면 역지변이 열려 물을 보급하여 압력강하를 방지한다. 통상의 서어지탱크 보다 높이를 낮게 할 수 있지만 유효관로 길이가 비교적 짧기 때문에 관로가 긴 경우가 관로의 상태에 따라서는 여러개를 설치할 필요가 있는 경우도 있다.

서어지탱크(통상형 및 One-way형)를 설치할 경우

- 가) 설치장소와 공간확보
- 나) 구조물의 크기 제한과 주위와의 조화
- 다) 사수(死水)대책 및 동결방지 대책



<그림 4-38> Surge tank



<그림 4-39> One-way surge tank

라) 양액의 제한-개방탱크이기 때문에 악취 등을 가지는 액이나 가연성액은 불가 또 One-way의 경우 역지변의 작동 불량을 발생시킬 수 있는 액은 부적합등의 문제 점을 충분히 검토하여 둘 필요가 있다.

(4) 압력상승 경감법

펌프 급정지시에는 먼저 압력강하가 일어나며 그후 토출수조에서 흡입수조로 향하는

역류가 개시되어 압력이 상승한다. 따라서 압력상승을 경감하기 위해서는 역류량을 적절히 제어하면 된다.

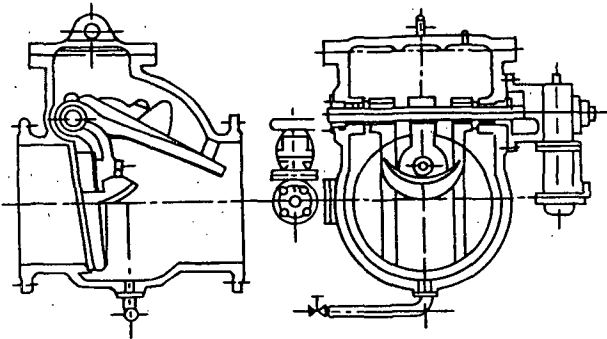
다음에 대표적인 방법을 나타낸다.

① 완폐역지변을 사용한다.(그림 4-40 참조)

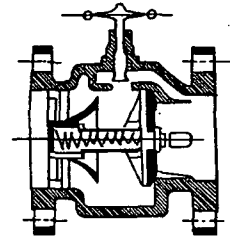
밸브축에 유압장치(Dash-Port)를 붙혀 역류시 밸브 본체를 자동완폐 시키므로써 압력상승을 경감하는 방법으로 비교적 저양정의 경우가 적합하다.

② 급폐역지변을 사용한다(그림 4-41 참조)

역류가 발생하기 직전 유속이 늦어질 때 밸브 본체를 강제적으로 급폐쇄시켜 부가적인 압력상승을 방지한다.



<그림 4-40> 완폐역지변



<그림 4-41> 급폐식 역지변

7) 밸브(valve)류의 보수·점검 방법

(1) 버터플라이 밸브(Butterfly valve)

① 적용 방법

본 지침서는 버터플라이 밸브(이하 밸브라 한다)의 시운전, 운전, 점검, 보수 및 유지관리에 대하여 적용한다.

② 점 검

밸브의 각 부분은 이미 제작사에서 조절되어 있지만, 적어도 아래 항목을 재점검한 후에 밸브를 운전 하도록 한다.

- 밸브의 완전 폐쇄상태에서 시이트나 패킹부에서 누수가 있는지의 여부
- 밸브 내부에 존재하는 콘크리트나 그 밖의 이물질 등과 같은 침점물의 유무 확인
- 밸브가 핸드휠에 의해서 알맞은 힘으로 동작되는지의 여부
- 각 감속장치에 있어서의 규정된 급유량 및 누유 여부

- 필요 부분에 있어서 그리이스유의 충분한 주입 여부.
- 특히 처음 운전할 때는 리미트 스위치의 재조정이 필요함.

③ 시운전

위의 점검사항에 이상이 없으면 아래 절차에 따라서 시운전을 실시한다.

- 수동일 경우는 핸드휠을 반시계 방향(왼쪽)으로 돌리면서 열리다가 확인하면서 무리없이 잘 열려는지 점검한다. 완전 열린 상태에서 시계 방향(오른쪽)으로 돌려서 무리없이 닫히는가 점검한다.
- 전동의 경우는 반드시 디스크를 30% 정도 열어 놓은 상태에서 실시해야 한다. 전동 조작기의 시운전 절차는 별첨 전동 조작기의 취급 설명서를 참조 바람.

④ 점검 보수

- 유체의 흐름에 있어서 모래나 먼지 또는 그 밖의 이물질 등의 유동 침점물이 밸브의 개폐에 의한 속도 변화 등에 의해서 오랜 기간을 통해 침전되는 경우가 있으므로 누수가 될 경우는 이를 청소하여야 한다.
- 시이트 누수 발견 시 디스크를 다시 충분히 열었다가 다시 닫는다. 이때 누수되는 지점의 상태를 점검하고 수정 불가능에는 교체한다. (균힘 등으로 시이트가 누수되는 지의 여부 확인)
- 전동일 경우 전원을 넣었는데도 전동기가 작동되지 않을 경우는 먼저 전동 조작기의 핸드휠이 수동위치에 있지 않은가 점검한다.

이상이 없을 경우는 결선 부위를 점검한다든 가 또는 전동기의 코일 손상 등을 점검한다. 전동 조작기는 이상이 없이 구동하는데 게이트가 열리지 않을 경우는 스템 너트의 마모를 확인하고 마모되었을 경우에는 신품으로 교체한다.

기타 아무런 이상이 없는데도 작동이 되지 않을 경우라도 과도한 힘으로 작동시키거나 정확한 매뉴얼이 없이 분해를 시도하여 파손시켜서는 안되며 제조 회사에 문의 또는 A/S를 요청하는 것이 좋다.

- 보수 및 윤활 점검표 (Actuator)

유지 및 점검 항목	검사 기간	유지 및 검사 절차	방 법	조 치
검 사	반년 마다	페인트의 벗겨짐과 표면의 녹슬음 유지 검사	육안	와이어 브러쉬로 녹 제거 후 재도장 실시
작동 검사	매 년 (작동시)	검사를 겸한 작동에서 작동이 올바른지 여부와 계도 지시계의 움직임 점검		첨부된 전동조작기 취급 설명서를 참조하고 이상이 있을 때 제작사에 연락 바람.
기름 주입	1년 마다	빈번한 작동시	육안	전동조작기 취급설명서, 도면상에 명기된 그리스 니플에 그리스를 주입 함.
	2년 마다	정상적 점검		

(2) 제수변(SLUICE VALVE)

① 적용 범위

게이트 밸브(이하 밸브라 한다.)는 밸브에 작용하는 고압에도 완전한 지수와 디스크 열림을 조정함으로써 매우 효과적으로 유량을 조정하는 데 사용한다.

② 구 조

○ 밸브 몸체

밸브몸체는 관로에 밸브를 연결할 수 있도록 입구와 출구의 양측에 플랜지로 된 관형상이다.

○ 디스크

디스크는 유체의 흐름 방향에 수직으로 작용하며 고압에도 잘 견딜 수 있고 리브가 교차로 부착된 구조물로 되어 있다.

○ 스템 (밸브대)

밸브의 스템을 디스크너트에 삽입 또는 고정되어 분리된 형상이다.

일반적으로 양질의 단조용 황동봉 또는 스텐인레스강이나 크롬몰리브덴강을 사용한다.

○ 시이트

시이트의 재질을 청동주물로 되어있고 밸브몸통과 디스크에 각각 취부 되어 있다.

③ 조작기

○ 전동 조작기

전동의 경우는 반드시 디스크를 30%정도 열어 놓은 상태에서 실시해야 한다.

전동 조작의 시운전 절차는 별첨 전동 조작기의 취급 설명서를 참조한다.

④ 운전상 주의 사항

○ 운전전 점검

밸브의 각 부분은 이미 제작사에서 조절되어 있지만 적어도 아래 항목을 재점검한 후에 밸브를 운전하도록 한다.

- 밸브의 완전 폐쇄상태에서 시이트나 패킹부에서 누수가 있는지 여부.
- 밸브 내부에 존재하는 콘크리트나 그 밖의 이물질 등과 같은 침점물의 유무확인.
- 밸브가 핸드휠에 의해서 알맞은 힘으로 동작되는지 여부.
- 각 감속장치에 있어서의 규정된 급유량 및 누유여부.
- 필요 부분에 있어서 그리이스의 충분한 주입여부.

○ 운전중 주의 사항

- 유체의 흐름에 있어서 모래나 먼지 또는 그 밖의 이물질 등의 유동 침점물이 밸브의 개폐에 의한 속도변화 등에 의해서 오랜 기간을 통해 침전되는 경우가 있으므로 누수가 될 경우는 이를 청소하여야 한다.
- 시이트 누수발견 시 디스크를 다시 충분히 열었다가 다시 닫는다. 이때 누수 되는 지점의 상태를 점검하고 수정 불가 시에는 교체한다.

⑤ 유지상의 주의

오랜 기간 정지를 위한 점검

- 정지기간 전에 각 부분의 급유, 정지기간 동안의 Silica 도장.
- 때때로 각 부분의 상태 점검

기타 아무런 이상이 없는데도 작동이 되지 않을 경우라도 무리하게 과도한 힘으로 작동시키거나 정확한 매뉴얼이 없이 분해를 시도하여 밸브를 파손시켜서는 안되며 제조 회사에 문의 또는 A/S를 요청하는 것이 좋다.

⑥ 보수 및 운할 점검표 (Actuator) : 버터플라이 내용과 동일 함.

(3) 역지변(Check valve)

① 적용 범위

이 지침서는 완폐식 역지변에 적용한다.

② 구 조

○ 밸브몸체

밸브몸체는 관로를 연결할 수 있도록 입구와 출구의 양측에 플랜지로 된 관형상이다.

○ 디스크

디스크의 형상은 수두손실을 줄이기 위하여 가급적 유선형으로 제작되어야 한다.

- 디스크축 보수는 디스크직경이 1/4 지점에서 편심으로 위치하여 회전축을 중심으로 무게 중심이 아래에 있기 때문에 단힘이 좋고 역수 단힘이 충격은 완화할 수 있는 구조이다.

○ 시이트

시이트는 몸통시이트와 디스크 시이트로 나누어 현장에서 분해 조립이 가능하도록 되어야 한다.

○ 웨이트

카운트 웨이트는 어떠한 작동없이 자동적으로 밸브가 닫히도록 설계되어야 하며 웨이트의 하중은 현장조립 가능한(볼트 체결) 구조로 되어야 한다.

○ 트로틀 밸브

좌회전 시 열림, 우회전시 닫힘

현장 설치 후 조절하여 적당하게 밸브의 개폐가 되도록 조절한다.

③ 운전상 주의사항

○ 운전전 점검

밸브의 각 부분은 이미 제작사에서 조절되어 있지만, 적어도 아래 항목을 재점검한 후에 밸브를 운전하도록 한다.

- 밸브의 완전 폐쇄상태에서 시이트나 패킹부에서 누수가 있는지의 여부.
- 밸브 내부에 존재하는 콘크리트나 그 밖의 이물질 등과 같은 침전물의 유무확인.
- 필요 부분에 있어서 그리스유의 충분한 주입여부.

○ 운전상 주의사항

유체의 흐름에 있어서 모래나 먼지 또는 그 밖의 이물질 등의 유동 침전물이 밸브의 개폐에 의한 속도변화 등에 의해서 오랜 기간을 통해 침전되는 경우가 있으므로 누수가 될 경우는 이를 청소하여야 한다.

④ 유지상의 주의

오래 기간 정지를 위한 점검

- 정지기간 전에 각 부분의 급유, 정지기간 동안의 Silica 도장
- 때때로 각 부분의 상태 점검.

기타 아무런 이상이 없는데도 작동이 되지 않을 경우라도 무리하게 과도한 힘으로 작동시키거나 정확한 매뉴얼이 없이 분해를 시도하여 밸브를 파손시켜서는 안되며 제조 회사에 문의 또는 A/S를 요청하는 것이 좋다.

8) 크레인(Crane)의 점검 및 보수

(1) 크레인의 고장 원인

크레인을 보수관리함에 있어서는 고장발생부분과 그 빈도(頻度) 등 고장발생 실태를 잘 파악해 둘 필요가 있다. 이것에 의해서 점검의 요령, 검사수리의 회귀(回歸), 예비품(豫備品)의 준비 등이 정해진다.

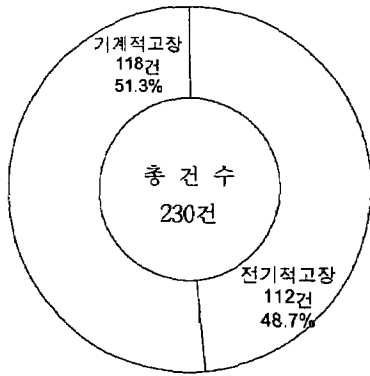
최근 크레인의 발달은 전기장치의 발달에 따르는 바가 크며 전기계통이 복잡하게 됨과 동시에 그 고장도 비교적 많아지고 있다. 고장을 대별하면 사용공장에도 의하나 기계부분 50% 강(強), 전기부분 50%약(弱)이 된다.

일반적으로 사용빈도가 많은 것은 고장도 많다. 제강공장에 있어서의 천정크레인에서는 매회의 작업에 반드시 주행이 따르므로 주행부분의 고장이 40~50%를 차지하고 언로우더에서는 고속의 권양(捲揚) 및 버킷사용 등의 중작업을 행하므로 권양관계가 60~70%를 차지하고 있다. 부두(埠頭)에 있어서의 선회(旋回)크레인에서는 중량이 큰 상부구조의 고속선회로 인해 선회부분의 고장이 많다.

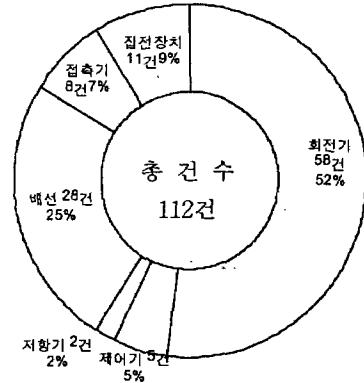
또 화학공장에서는 고온, 가스등으로 인해 부식에 의한 내용연수(耐用年數)의 저하 등도 두드러지며 해안에서 조풍(潮風)이 풀어대는 곳에서는 염해(塩害)도 많아진다.

① 제철소 크레인의 고장발생개소의 분포

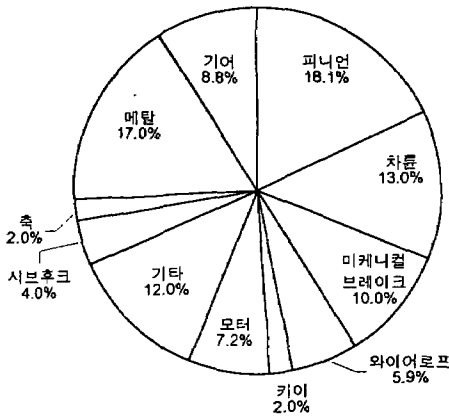
크레인의 고장은 기체의 어느 부분에 많이 발생하는가 그 분포를 살펴본다. 이것도 어떤 기종에도 들어맞는 것은 아니나 2, 3의 예를 들어 대략의 경향을 표시한다.



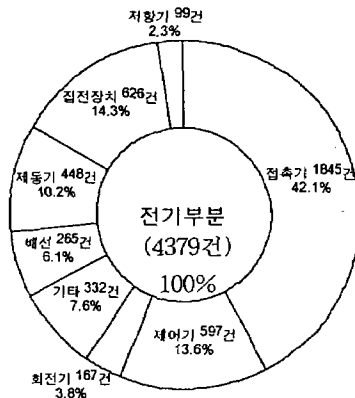
<그림 4-42>기계부분과 전기부분의 고장비율



<그림 4-43>전기부분 고장 건수의 백분율



<그림 4-44>기계부분 고장 건수의 백분율

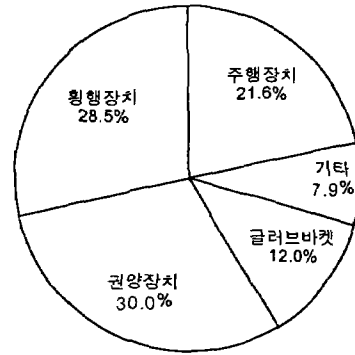
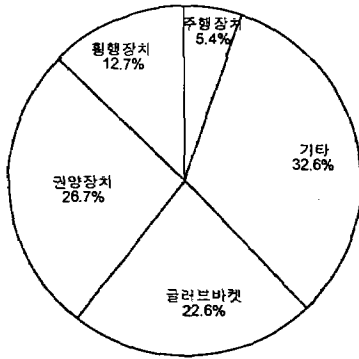


<그림 4-45>전기부분 고장 건수의 백분율(5 분 이상인 것)

<그림 4-42>은 크레인227대에 관해서 운전 중 돌발고장에 의해 1시간 이상 휴지(休止)수리한 것에 관하여 기계부분과 전기부분의 비율을 표시하고 <그림 4-43>은 그 전기부분에 관한 기기별의 비율을 표시하는 것이다.

<그림 4-44>는 기계부분고장의 기소별비율(機素別比率)을 표시한 것이다.

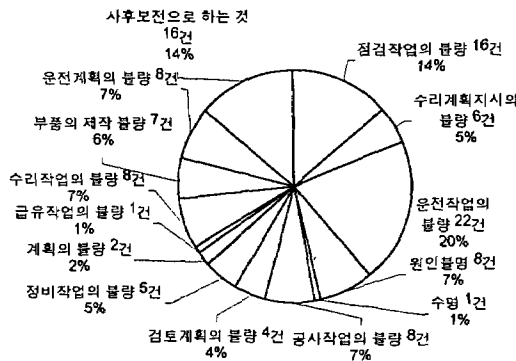
한편 전기품에 관해서 소고장(작업정지5분이상)을 가하면 <그림 4-45>와 같이 된다.



<그림 4-46>엔로우더 부위별 고장 발생건수

<그림 4-47>트랜스포터 부위별 고장 건수

이상에 의해 전기부분에서 고장건수에서는 접촉기, 집전장치, 제어기, 브레이크, 배선, 회전기의 순인데 수리에 손이 많이 가는 큰 부분은 회전기, 배선관계로 되어 있다. 기계부분에서 기소별로는 피니어, 메탈, 차륜, 미캐니컬브레이크, 기어, 로우프의 순이다. 또 기중에 의한 고장발생부분을 보면 그림 4-46, 4-47과 같다. 엔로우더 권양장치, 글러브바켓에 많으며 트랜스포터는 권양장치 외에 횡행(橫行), 주행장치에도 많은 것을 알 수 있다. 고장의 원인을 분류하면 <그림 4-48>과 같다.



<그림 4-48> 고장의 원인별 분류

② 철도역에 있어서의 고장

설비1700대에 관하여 반년간에 걸쳐 사고기간 4시간이상 걸렸던 것의 고장원인을 본다면 (표 4-20)과 같이 되어 있다.

(표 4-20) 철도역에 있어서의 크레인의 고장원인

고 장 원 인	건 수
설 계 불 량	4
제 작 불 량	31
재 료 불 량	40
취급의 부주의	45
보수의 불량	52
수명 또는마모	192
타 동 적	43
전 기 적	80
계	487

주) 타동적이란 폭풍에 의한 사고나 자동차가 다리에 충돌하는가 하는 것이며 전기적이란 전기관계의 것을 일괄하고 그 내용을 세분되어 있지 않다. 한편 이 밖에 4시간이내에 고장은 상당히 많으나 이 조사에는 포함되어 있지 않다.

③ 화학공장에 있어서의 가스 및 취급물의 영향

공장에서는 각가지 가스가 발생하고 또 각가지 약품을 취급하므로 그 크레인에의 영향이 크다. 가스 중 주된 것의 탄소강 및 구리에 미치는 영향을 (표 4-21)에 표시한다. 각종 약품은 상온으로 건조했을 때는 철을 침식하지 않으나 수분이 많으면 부식을 촉진한다.

(표 4-21) 상온상태일 때의 가스에 의한 금속의 영향

가스의 종류	탄 소 강	구 리
암모니아(NH3)	거의 침식되지 않는다	침식된다
일산화탄소(CO)	상 동	상 동
탄산가스(CO2)	부식을 조장한다.	상 동
염화수소(HCL)	침식된다	상 동
염소(CL2)	상 동	상 동
브롬화수소(HBr)	상 동	상 동
아황산무수물(SO2)	상 동	약간 침식된다.
황산무수물(SO3)	상 동	약간 침식된다.
황화수소(H2S)	부식을 조장한다	침식된다
산화질소(NO, NO2)	침식된다.	상 동
산소(O2)	침식되지 않는다.	침식되지 않는다
수소(H2)	침식되지 않는다.	침식되지 않는다.

기계부분은 유지로 충분히 보호해 두면 가스가 특히 진하지 않는 한 그다지 영향이 없다고 생각해도 된다.

전기 부분에 주요재료로서 사용되고 있는 구리는 가스에 침식되기 쉽고 화합물의 피막에 의해 전도가 저하하여 스파아크에 의해 손상될 때가 많다. 기계에 대한 분진 및 취급물의 영향을 모 화학공장에 관해서 조사한 실례를 (표 4-22)에 표시한다.

(표 4-22) 크레인에 미치는 분진 및 취급물의 영향

분진 또는 취급물의 종류	장 소	크레인의 종류	영 향
황화광분광	저 광 장	천정크레인 벨트콘베이어	베어링, 강체에 부착하여 마모를 촉진한다.
황화광소광 (신더)	신더처리공장, 황산공장부근	다리형 크레인 수평인인 크레인	부착에 의한 마모 및 수분과 더불어 약산이 발생하여 철부를 침식한다. 철
유 안	제 조 실	천정크레인 벨트콘베이어	은기와 더불어 전기부품 및 철부의 침식이 심하다.
	적 재 설 비	포대적재기 벨트콘베이어	유안의 부착에 의해 철부의 부식을 촉진한다.
과소산비료 탄 진	상 동 저 탄 장	상 동 벨트콘베이어	유안과 거의 같다. 베어링부에 부착하여 마모한다.
염	양 육 설 비 저 장 장	벨트콘베이어	철부의 부식이 심하다.

④ 크레인에 의한 상해사고

크레인의 인적상해사고에 관해서는 노동기준법 등에 의해 특별한 감시가 행하여지고 있는데도 불구하고 매년 상당한 인수에 도달하고 있다.

사고의 상황은 크레인이 가까이 다가온 것을 모르고 주행레일부근에서 작업하고 있다가 건물과 크레인사이에 끼는 것, 현수구용(懸垂具用)의 와이어로우프나 체인이 끊기거나 감기는 것, 감전한 것 등으로 되어 있다. 또 이 원인은 현수구 등을 취급하는 사람의 불안전 행위에 의거한 것, 설비의 불완전에 의한 것, 기타 운전자의 감시불충분, 전기장치에 대한 부주의 등이다. 이와 같은 사고는 각 사업소에서 크레인의 보수를 충분히 행하고 크레인 등 보안기준에 의거한 노동기준감독기관의 감독을 받아 격감할 수 있으라고 생각된다.

(2) 보수체계

대사업소의 크레인설비는 최근 특히 작업의 고능율화가 강조되어 규모가 상당히 커졌으며

따라서 설비투자자본도 커지고 있다. 그래서 가령 약간의 시간일망정 고장으로 인해 크레인의 운전을 멈춘다는 것은 상당히 큰 손해를 가져다주게 되므로 이것을 최소로 하기 위하여 노력하고 있다. 따라서 기계의 보수문제가 크게 크로즈업 되어 왔다.

① 예방보전

기계의 보전에는 고장날 때마다 수리하는 방법과 고장이 날만한 장소 및 부품을 미리 계획적으로 교환하거나 수리해 두는 방법이 있다. 크레인 등은 고장에 의한 상해사고 등 큰 손실방지의 뜻에서, 후자가 바람직한 것은 물론이다. 후자의 보수방법을 일반적으로 예방보전이라고 부르고 있다.

사업소가 예방보전을 원활하게 실시해 나가기 위해서는 담당하는 보수조직이 필요하며 또 검사주기와 검사정도 및 세부에 걸친 검사방법을 명확히 결정할 필요가 있다.

오늘날 각 제철소, 조선소, 항만, 화학공장 등 크레인을 많이 사용하는 대사업소에서는 이와 같은 보수조직이 만들어지고 있으며 그 검사, 점검, 수리법도 상세하게 정해져 있다.

② 보수 조직

보수조직의 일례로서 (표 4-23)에 그 조직을 표시한다.

여기서는 크레인설비의 점검은 보전과제2점검계가 담당하고 있다. 즉 크레인, 차량설비 점검반의 보안담당범위는 크레인, 차량설비 외에 제철, 화공, 제강부에 있어서의 각종 노체(爐體)설비를 포함한 것이며 동서지구로 크게 구분해서 부 또는 과단위로 각각 6개 반으로 편성하고 있는데 점검원은 55명이다. 이중 크레인(227대)에 대한 요원을 33명이며 1인당 평균담당대수는 7대이다.

한편 이 밖에 정밀점검담당의 제3점검계 및 보전공사계와 야간돌발사고의 조사수리 요원 약 15명을 배치하고 있다.

한편 보수관리계통으로서는 공장의 하역기계는 공장의 설비과가 맡고 그 지휘는 본사의 공장국에 있는 기계과가 행하고 있다. 공장 이외의 역, 기관구(機關區) 등의 기계는 철도관리국의 시설부기계과 또는 공사과의 기계계가 맡고 그 지휘도 역시 본사의 공장국기계과가 행하고 있다.

③ 예방보전의 방법

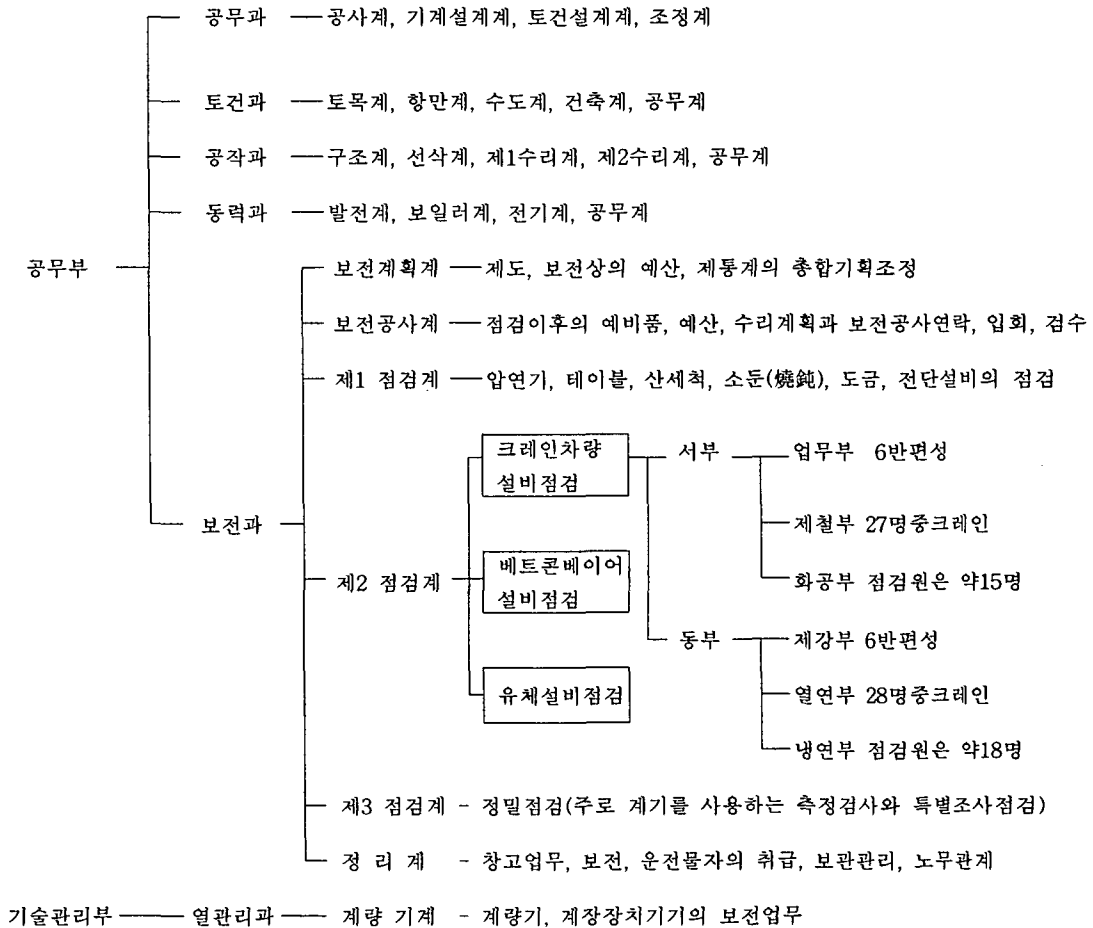
예방보전의 방법으로는 정기검사와 계획수리가 행하여지고 있다.

일반적으로 10일 내지 1개월마다 순회검사를 기계구(機械區)의 기공 혹은 작업계가 순회하여 행한다. 이것은 기계의 상태 및 작업상황에 관해서 체크시트에 따라서 기준법의 월별검사정도의 검사를 행하고 있다. 또 정기검사 및 수리로서는 반년마다 병(丙)

수리를, 1년마다 을(乙)수리를, 5년마다는 기계전체의 해체검사, 수리를 행하는 갑(甲)수리를, 각 부분의 수리한도 및 사용한도에 따라서 실시하고 있다. 이것들 중 병수리 및 을수리는 기계구에서, 갑수리는 공장에서 행하고 있다.

한편 제철소 등에서는 공장별로 중점설비, 중점부분을 선정하여 크레인별로 점검표준 주기를 정하고 개개의 점검기준에 의해 계획적으로 점검을 행하고 있으며 월례검사에는 보전의 계장(係長), 기술원, 담당자 및 생산공자의 계장, 기술원, 담당자 등이 입회하여 세부에 걸쳐서 검사하고 있는 예도 많다.

(표 4-23) 보전담당부문 조직표(모 제철소)



(표 4-24) 점검표의 일례

점검소	No.	성명	년	주기	각번	매일	3일	매주	반월	1월	3월	6월	1년	3년	원	
4호30톤 장고크 레인D1434	점검일월일	정기점검	정기점검	주행전동기(30kW)	회행전동기(30kW)	전압전동기(150kW)	전압전동기(20kW)	보전전동기(150kW)	보전전동기(30kW)	제어판	제어기	저항기	제동기	집전장치	배선	1월
				2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
				1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
				1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
				1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
4.25	금모	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2'30'×2	
5.2	◆	✓	37~	✓	37~	✓	17~	✓	19△	✓	✓	✓	✓	○	1'2'0'×2	
5.9	◆	✓	✓	✓	21~	✓	19~	✓	✓	✓	15~	✓	31~	✓	1'2'30'×2	
5.16	◆	✓	✓	16~	16~	✓	16~	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1'2'20'×2	
조치	처리량 △교환(플급) △△교환(긴급) -수리(플급) 수리(긴급)	개	△ 양 호 ○ 플 량 × 사 고	표 시 기 호	1. 급유저플량 7. 냉각플량 13. 이상용 19. 파손 25. 결손 31. 권연플량 2. 혼합유이상 8. 회전플량 14. 용침빛나감 20. 변형 26. 진동 32. 집지플량 3. 장치플량 9. 온도이상 15. 이완 21. 이동 27. 불꽃파손 33. 매선플량 4. 압력이상 10. 동작플량 16. 아모 22. 탈락 28. 면광 34. 불꽃발량 5. 유간 11. 중심플량 17. 균열 23. 소착 29. 단선 35. 면치면결 6. 전수 12. 맞물림플량 18. 곡손 24. 침식 30. 집지 36. 단 락 37. 청소플량											

점검원이 제출한 체크시트에 의해 보전공사계(기계구 또는 공장설비과)에서 예비품 등을 조사한 뒤 일수, 월수, 정기수리 (3~12개월 혹은 그 이상의 주기)계획을 세우고 계획수리를 실시한다.

④ 검사 및 수리

가) 순회검사

주로 운전기사가 행하는 것인데 보수담당원이 행할 때도 있다. 급유, 발열, 응향, 제어기, 브레이크, 접촉기, 집전장치, 강소(鋼素), 현수구, 체결(締結)부분의 이완, 급유 상황 등의 이상유무를 검사하여 체크시트에 기입하고 불량인 것은 수리 또는 교환할 준비를 한다.

운전기사가 행하는 순회검사는 매일 작업착수전, 작업종료후 2회 행할 뿐만 아니라 운전 중에 이상을 느꼈으면 바로 작업을 정지하고 그 부분을 점검한다.

한편 운전기사 외에 보수담당자도 가동율이 높은 크레인에서는 최저 1주간에 1회는 순회검사를 행하는 것이 좋으며 특히 전속(專屬)운전기사가 없는 기계 등에서는 이것이 절대로 필요하다.

나) 정기검사

반년에 한번 또는 1년에 한번 기간을 정하여 중요 운전부분을 분해 검사한다. 이것은 고장이나 이상이 없어도 정해진 점검방법으로 분해검사를 행하는 것이며 순회검사에서는 발견할 수 없는 불량부분이나 사용한도에 도달한 부분이 많이 나타나는 것이 보통이다.

또 순회검사 등에서 발견한 불량개소도 정기검사까지 기다렸다가 정기검사 시에 몰아서 수리하는 것도 있으며 기계의 개조 등도 동시에 계획되는 경우도 있다.

따라서 정기검사를 실시할 때는 미리 관계개소와 타협한 뒤 기계의 사용정지기간을 정하여 그 기간 내에 반드시 완료할 수 있는 검사수리의 구체안을 만들 필요가 있다. 또 정기검사를 행한 것은 다음 번의 정기검사까지에 큰 고장이 없다는 것을 보증하는 것이라야 한다.

이 검사는 수리담당자가 행하는 것인데 운전기사도 입회한다. 고장이 없더라도 사용실적이 상당히 있는 것은 검사기일을 연장해서는 안 된다. 또 일상작업에 쫓겨서 정기검사에 필요한 일수를 부여하지 않는 것은 기계의 흑사이며 뜻하지 않았던 큰 사고가 발생하는 원인으로도 된다.

다) 임시수리

순회검사에서 발견한 수리를 필요로 하는 사항, 돌발적으로 생긴 고장 등은 바로 수리를 행하여야 한다. 이와 같은 수리를 임시수리라고 한다. 또 정기검사에 의한 수리에서 다음의 정기검사까지의 기간이 길 때는 기계의 사용정도에 따라서 중간에 일부분을 국부적으로 검사, 수리해야 할 때도 있다. 이것들도 임시수리라고 부르고 있다.

라) 점검기준 및 점검표

기계의 필요한 개소에 관해서 점검, 검사를 각자가 올바르게 수행할 수 있고 누구나 행하여도 항상 동일한 결과가 얻어질 수 있게 하기 위하여 만들어지는 것이며 대상 기기에 관해서 열화(劣化)부분에 대한 적절한 수리시기를 예측, 판정하는 가늠으로서 조정범위나 수리한도도 정하여진다.

일반점검기준 외에 특정한 크레인에 관해서는 점검검사의 결과와 고장수리실적을 감안해서 경험적으로, 합리적으로 설정하여 보전효과를 올리도록 한다.

점검검사를 행하는 방법은 점검표(체크시이트)에 기재된 부위에 관해서 정지점검을 행하여 주로 마모, 열화의 경향, 각부의 이완 등을 점검 측정한다. 다음에 동작시험을 행하여 각부의 이상음, 성능기능저하의 유무, 조정의 양부, 발열의 유무 등에 관해서 점검한다.

이상의 점검결과는 제(譜)기준에서 종합적으로 양부를 판단해서 점검표에 각 부위

마다 기입하여 이상상태, 주요 수리이력(履歷)을 기록한 뒤 그후의 보수의 참고로 한다. 점검결과 판명된 수리를 요하는 부분에 관해서는 수리방법, 시기 등을 수리 의뢰서에 기입해서 공사계에 제출한다.

마) 정비기준 및 예비품

급유, 청소, 조정, 부품교환 등의 작업방법은 많은 크레인사용자가 사용결과를 생각해서 경험적으로 정하고 있는데 특정품에 관해서는 제작자의 정비기준을 준용(準用)하고 있다. 특히 각종 브레이크, 집전장치, 계전기(繼電器), 리미트스위치 등의 조정기준에 관해서는 안전면에서도 충분한 조사연구가 필요하며 신중히 결정해야 한다.

일정한 사용기간후 마모하는 것, 고장이 일어나기 쉬워서 그 수리에 시간이 걸리거나 입수하는 데 번거로운 것은 일반적으로 보수담당자 예비품으로서 일정량의 것을 보유해 놓고 다음의 고장에 대비한다. 주요 크레인의 전동기, 주행, 횡행차륜의 일부, 글러브버킷에서 와이어로우프, 브레이크라이닝, 전기기기의 소모품에 이르기까지 모두 갖추어 놓아야 한다.

이것들은 금액으로 해서 기계재산류의 약 1% 이상, 사용정도가 높은 기계에서는 약 2% 정도의 것이 필요하게 된다.

와이어로우프나 브레이크 라이닝과 같이 소모하는 것은 예년의 사용량을 감안해서 연간의 준비를 한다.

한편 크레인신설일 때는 일반적으로 수년간에 필요한 예비품을 시방서에 그 종류, 수량을 기입하여 크레인과 함께 구입한다.

(3) 부품의 점검보수

① 강구조부분

가) 크레인 본체

대개 강구조 부분은 점검할 필요가 없는 것 같이 보이지만 버킷 또는 물량의 각부나 연결구조에 대한 충돌로 부재가 굴곡하거나 다른 크레인이나 선박의 마스트 등에 접촉하여 캔틸레버나 지브가 변형할 때도 있다.

사고나 태풍 뒤 또는 년에 1~2회의 정기검사에는 상세히 점검하여 점검해머를 사용해서 리벳의 이완, 부재의 굴곡이나 균열, 부식 등을 조사해야 한다.

수리시 기타의 경우도 부재중간에 와이어로우프를 걸거나 체인블록을 현수하는 것은 부재를 굴곡(屈曲)하는 것이 되며 특히 압축재에 대해서는 좌굴을 일으킬 위험이 있다.

레그부근은 계산상 편이음으로 하는 경우가 많은데 실제로는 리벳 또는 용접으로 강하게 부착될 때가 많으므로 이 부분에 굽힘이 작용하여 리벳이 이완하거나 용접부

에 균열이 들거나 가시트플레이트의 작은 홈이 반복응력으로 성장할 염려가 있으므로 년에 한번 정도는 반드시 점검해머로 점검해야 한다.

트롤리가 횡행하는 주거어더를 지지하고 있는 부재나 선회레일틀 등은 횡행이나 선회도에 반복하중을 받아 피로가 생겨서 오랜 동안에 균열이 생기는데 모르고 있으면 급속히 성장하여 위험하게 되므로 정기검사에는 면밀하게 점검해야 한다.

나) 횡행트롤리의 기계틀

기계틀도 반복하중이나 진동으로 인해 오랜 동안 사용하고 있으면 리벳의 이완이나 용접부에 균열이 발생한다. 이 현상이 시작되면 틀전체가 비틀리고 배어링이 타지거나 기어의 맞물림이 나빠지거나 소음이 발생하므로 적어도 년 1회는 점검해머로 리벳 또는 요점을 검사해야 한다. 점검결과 필요하면 다시 리베팅하거나 용접을 다시 하는 등 일찍이 수리하는 것이 좋다.

트롤리의 틀의 균열, 이완 등을 현장에서 용접할 때는 부분적으로 가열하는 관계로 왜곡이 생기기 쉬우며 다른 부분이 오히려 나빠지는 경우가 있으므로 이런 때에는 경험이 있는 공원에 의해 충분히 각 방면에 주의해서 행하여야 한다.

또 이것들을 사용함에 있어서 확실히 불편한 것, 불안전한 것을 개조해야 한다.

다) 사다리, 난간, 보도, 층계참등

보도, 층계참, 발판 등으로서 목재인 것은 햇빛에 쪼이거나 비를 맞아서 부식하므로 여러 해 경과한 것에는 주의한다. 철재인 것도 물빠기가 나쁘고 분진이 쌓이는 장소는 역시 부식하므로 깨끗이 청소해야 한다.

라) 기계실, 운전실

이것들은 빗물의 누설(漏泄), 출입문, 창문의 개폐상태, 청소에 주의해야 한다. 유리 등이 더러운 것은 채광, 전망이 나빠지므로 깨끗이 청소를 한다. 운전석 등도 상태가 나쁜 것은 운전 중 정신이 쏠리므로 수리해야 한다.

조명, 경보장치, 난방, 냉방장치 등도 점검한다. 최근에는 고열작업장의 크레인에 냉방장치가 있는 것이 많은데 이것이 고장나면 작업상 능률이 저하하므로 충분히 주의한다. 출입문, 창문에는 자물쇠가 필요하며 자물쇠가 없으면 도난의 염려가 있거나 관계자 이외의 사람이 침입하여 뜻하지 않은 사고가 발생하는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

마) 녹

녹은 석탄이나 먼지가 부착하는 곳, 물빠기가 나쁜 곳에 발생한다. 물빠기 구멍이

면지로 막힌 곳이나 특히 더러움이 많은 곳은 작업 후 깨끗이 청소해야 한다. 부재표면이 깨끗하면 구열의 발전도 용이하다. 녹이 발생하면 그 층두께의 1/4이 본래의 부재두께보다 얇아진다고 한다. 부재의 설계에는 특히 얇은 강도부재 이외는 녹으로 얇아진 양을 고려하지 않았으므로 녹이 발생하지 않게 해야 하며 녹이 발생할 기미가 있으면 바로 도장할 준비를 해야 한다.

② 도 장(塗裝)

도장은 일반적으로 방청도장(防鏽塗裝) 2회, 마무리 도장 1회로 3회 도장이 보통인데 그 내용(耐用)연수는 대략 2~4년, 해안 등에서는 그 1/2~2/3이다. 초벌칠 1회, 정벌칠 1회인 경우에는 매년 다시 칠해야 한다. 다시 칠해야 할 시기는 도장의 파열, 박리 등 외관검사 이외에 중용부분에 대해서는 면밀한 점검이 필요하다. 도장이 완전한 것 같이 보여도 그 막에 수포상태의 부풀음이나 강재에서 들뜬 부분이 있으며 그 밑에 부식하는 경우가 있다. 옥외크레인에서는 밑에서 쳐다보아서는 좋은 것 같이 보이거나 크레인에 올라가 보면 윗면의 도막이 얇아진 것이 있다. 또 일반적으로 큰 반복응력이 걸리는 부분은 도장이 벗겨지기 쉬우므로 점검에 주의한다.

다시 칠할 시기는 보통 도장면적의 약 10%에 녹 또는 부풀음이 생겼을 때가 적당하다. 재차 칠할 때는 녹을 충분히 제거해야 한다. 날씨가 좋은 날을 택하여 기름, 그리스 등이 부착하고 있을 때에는 톱밥이거나 유기용제 등으로 충분히 닦아내고 나서 녹을 제거한다. 녹제거는 들뜬 녹, 빨간 녹, 더러움, 도막의 부풀음 등을 파워브러시, 스크레이퍼, 와이어 브러시 등으로 제거하고 나서 천으로 깨끗이 청소한다. 한편 산세척(酸洗滌), 샌드블래스트 등의 밑바탕처리를 했을 때에는 되도록 빨리 초벌도료를 도장한다. 도료는 먼저 칠한 도료와 되도록 같은 것을 사용한다. 칠하는 요령은 특수한 내수, 내해수, 내열 등의 것을 제외하고는 일반적으로 (표 4-25)와 같다.

접치기도장을 행할 때는 초벌도장이 충분히 건조하여 적어도 손으로 세계 눌러서 자국이 남지 않는 정도에서 다음 도장을 행한다. 도료는 사용직전에 뚜껑을 떼는데 한번 뚜껑을 뺀 것은 한번에 사용한다. 또 뚜껑을 뺀 도료는 균일하게 될 때까지 잘 교반(攪拌)한다. 단너는 정해진 것 이외의 것을 사용하거나 규정이상으로 다량 가하면 안된다. 경유, 벤젠, 가솔린 등의 저질이 것을 사용하면 안된다.

각 도장마다 조금씩 색깔을 바꾸면 도장회수가 틀리지 않아서 좋다. 마무리 도장은 특히 꼼꼼히 하여 표면을 매끈하게 한다.

③ 기초 및 레일

레일에 레벨 및 스펠의 오차가 있으면 그 위를 주행하는 크레인의 강구조재는 비틀거리서 높은 응력이 발생하여 리벳이 이완하고 각 기계장착에 변형을 일으켜서 전체에

악영향이 미친다. 레일 및 기초관계는 경시되기 쉬운데 정기검사에는 위의 기술한 것을 염두에 두고 충분히 점검, 보수를 행하여야 한다. 그런 때는 레일의 수평도, 진직도(眞直度), 스펠 등 측정상의 기록을 보존한다. 이것들의 허용오차의 표준은 (표 4-26)과 같다.

(표 4-26) 도장 요령의 1예

종별	밀바탕 처리	초 별 칠	중 간 칠	정 별 칠
1	샌드블레스트	67%鉛丹플라이머 (프탈산형) 2회	프탈산에나멜 1회	프탈산에나멜 1회
2	手工具에 의한 녹제거	아산화鉛丹플라이 머 1회	조합중도페인트 1회(鉛丹 또 는 아산화납을 함유한 것)	조합페인트 1회

(표 4-27) 도포량, 도막두께(귀알 1회당) 및 접칠시간

종별	도 포 량(g/m ²)			도막두께($\mu = 0.001\text{mm}$)			접칠시간	
	초별칠	중간칠	정별칠	초별칠	중간칠	정별칠	여름	겨울
1	130~150	120~140	120~140	25이상	20이상	20이상	7이상	10이상
2	103~150	130~150	120~140	25이상	25이상	25이상	20이상	35이상

지반이 나쁜 곳에서는 기초의 부등침하, 옆으로 미끄러지는 일등이 건설당초는 특히 심하므로 빈번히 점검, 보수해야 한다. 콘크리트기초에서는 상면을 수평으로 다듬질해야 하며 높은 부분은 갈아낸다. 낮은 부분은 강판을 잘라서 타이플레이트를 만들어 넣어서 조정한다. 레일이 낡아지면 두부(頭部)의 폭이 뭉그러져서 넓어지거나 마모에 의해 변형하게 되므로 레일클램프의 작용이 나빠진다. 너무 뭉그러져서 옆으로 비어져 나온 것은 보정할 필요가 있다. 주행차륜기어치끝과 기초면사이가 좁으므로 주행레일부근은 잘 청소해 두고 레일고정보울트, 고정못 등도 항상 점검해 놓아야 한다.

④ 기계분해시에 있어서의 주의

수리작업의 목적은 내부의 점검, 청소, 보수를 행하여 완전히 정비하고 재조립 후 완전한 기계로서의 기능을 복원해야 한다. 수리에 있어서는 특히 분해시에 주의하여 신중히 행하여야 한다. 이하 분해시에 있어서 주의사항을 기술한다.

- 가) 분해순서를 틀리지 말 것 : 요령이 좋은 분해순서로 행하여 무리하게 비트는 경우가 있어서는 안 된다. 순서가 복잡한 것은 메모해 둔다.
- 나) 맞마아크를 체크한다 : 조합하는 관계위치를 표시하는 마아크를 체크하고 마아크

가 없으면 서로 각인(刻印)한다.

다) 이상이 있는 부분의 관계위치의 기록 : 이상상태, 마모, 접촉 등을 상세하게 검토해야 할 때에는 분해시에 그 관계위치, 조립순서, 향방, 표면의 상황 등을 명확히 기록하고 가능하면 사진을 찍어둔다. 또 이상한 부착물 등이 있으면 시료로서 보존한다.

(표 4-28) 주행 레일 허용오차

		허 용 오 차
스 팬	10m 미만	±3.0mm
	10~20m	±4.0mm
	20~30m	±5.0mm
	30m 이상	±6.0mm
좌우레일의 고저차		스팬×1/3000이내
레일의 상하방향의 굽힘		10m에 대해 5mm이내
레일의 좌우방향의 굽힘		10m에 대해 4mm이내
레일의 구배		1/2000 이하(10m에 대해 5mm이하)
레일이음매부의 엇갈림		상면측면 모두 0.5mm이내
레일이음매부의 틈새		5mm이하(단, 여름고온시라도 접촉안할 것)

라) 분해부품의 흠방지 : 분해 시에는 부품에 흠이 나지 않게 나무해머 등을 사용해서 신중히 행한다. 특히 마무리부품에 흠이 나지 않게 적당한 목재, 천등 위에 조용히 놓는다. 정밀부분에는 커버를 단다.

마) 분해부품의 적절한 보관 : 분해부품을 작업장내에 난잡하게 두어서 방해가 되거나 파손하는 일이 없도록 개개의 부품을 순서 있게 배치하여 보관한다.

바) 중량품, 장구물의 왜곡방지 : 중량이 있는 장구물에서는 분해시의 현수방법, 보관방법에 따라 왜곡이 발생하게 되므로 역학적으로 보아 적절한 지지방법을 취할 것.

사) 불안정한 현수를 행하지 않는다. 중심을 벗어난 위치에서 현수하면 끼워 맞춤부를 쉽사리 풀어낼 수가 없을 뿐만 아니라 현수하는 순간 튀어 올라서 위험하다. 또 현수용아이보울트 등의 강도를 확인해야 한다. 가령 커버용만의 아이보울트로 하측 케이싱과 같이 현수하여 파손할 때가 있다.

아) 분해부품의 분실방지 : 깊은 피트거나 바다 속에 부품을 떨어우어 이 때문에 부품

을 추가 제작하는 일이 없도록 충분한 예방대책을 세운 뒤 분해한다.

자) 분해시의 체크 분해시에는 반드시 끼워 맞춤부의 틈새, 과체결(過締結), 과이완, 크랙크, 이물(異物)의 유무 등을 체크하여 기록해 두는 것이 좋다.

카) 분해 전에 있어서의 재사용불능부품의 준비 : 분해 전에는 반드시 재사용불능인 부품을 조사해서 준비해 둔다(예, 패킹류).

⑤ 급유

급유는 크레인운전상 가장 중요한 사항이므로 최대의 주의를 갖고 행하여야 한다. (표 4-28)에 각 급유부분의 기름의 선정, 급유시간간격, 급유량 등에 관해서 표시한다. 이 표에서는 표준사용상태에 있어서의 것을 대상으로 하고 있으므로 작업의 빈도에 따라서 적당히 유량의 증감을 피하고 기름의 오염 등에도 주의해야 한다. 한편 한랭지에 있어서 극한기에는 같은 상품이라도 점도가 낮은 기름을 사용해야 한다.

급유에 있어서는 지브크레인의 지브선단, 홈바퀴나 가이드로울러 등과 같은 발판이나 나쁜 곳이 많고 도 악천후나 바람이 강한 날이 계속하는 경우도 있으므로 작업에는 충분히 주의해야 한다. 그리스컵급유인 것은 사용빈도에 따라서 매일 1회 또는 수회 돌아보며 급유해야 한다. 그리스컵이 낫쇠색인 것은 눈에 띄기 쉽고 도난도 많으므로 다른 페인트를 칠하거나 철제인 것을 사용하는 것도 한 방법이다. 또 컵이 긴 파이프 끝에 붙은 것에서는 파이프속에서 그리이스가 변질해서 굳어지거나 하므로 이 점도 주의해서 점검한다. 베어링의 기름교환시는 벤진, 백등유(白燈油)와 같은 것으로 잘 씻고 건조하고 나서 행한다.

개방형기어의 기름을 다시 바를 때는 경유를 칠해서 잘 닦아낸 뒤 행한다. 기어박스 내의 기름의 교환에 있어서는 낡은 기름을 양질의 경유 등으로 충분히 씻어내고 건조하고 나서 새로운 기름을 주입한다. 기름, 그리이스 속에 금속분말이 혼입되었으면 이것을 잘 씻어내는 동시에 마손(摩損)부분의 흠의 상황을 조사하여 보수하고 나서 새로운 기름과 교환한다. 다음과 같은 곳은 유기를 기피하므로 급유에 있어서는 그 부분에 기름이 부착되지 않게 주의해야 한다.

- 브레이크폴리 및 라이닝
- 차륜의 노면 및 레일의 상면
- 전도용 벨트

이와 같은 곳에 기름이 부착했을 때에는 벤진 등으로 잘 씻어 둔다.

⑥ 베어링

가) 미끄럼 베어링

(가) 윤활 : 미끄럼베어링의 소착(燒着)의 대부분이 윤활불량에 의한 것이므로 윤활

유의 선정, 급유기간간격의 엄수에 대해서는 특히 주의해야 한다. 윤활유의 적용에 있어서는 (표 4-29)을 표준으로 한다.

- (나) 마모한도 : 미끄럼베어링에 관해서는 부위의 마모를 당연히 생각할 수 있는데 그 교환한도는 일반적으로 (표 4-30)와 같다.
- (다) 점검 : 운전 중에 이음(異音)이 없는가, 과도의 발열은 없는가, 진동은 없는가, 베어링끝에서 삼출(滲出)하는 기름에 이물이 없는 가를 조사한다. 이상이 있으면 축과 베어링의 장착상태를 잘 점검하는 동시에 베어링을 분해하여 축면 및 베어링면을 면밀히 검사하고 부위의 치우침, 축과의 틈새 등을 다시 상세히 조사한다. 또 사용빈도가 많은 크레인에서는 베어링을 유지하고 있는 철구조물의 휨이나 부식에 의한 변위 등 장착관계의 어긋남도 잘 조사한다.

(표 4-29) 기름, 그리이스의 적용표

급유장소	급유법	일반의 경우			경작업인 경우		급유간격			
		부호	기름, 그리이스명	적용	부호	기름, 그리이스명				
미끄럼베어링	그리이스 스킵컨베이어	C	마르티렉스EP-0	그리이스범프(-20° ~ 120℃)	B	에피녹No.1 또는 다프니 BP르브리칸트No.1	8시간 (작업상태가 심할 때는 더욱 빈번하게)			
		G	겔프코라운 그리이스EP No.0							
		C	마아프렉No.2 HD							
		G	겔프렉스A							
		W	플라스티우브No.1 *(1)	내열,내한,내수용(-40° ~ 300℃)						
		W	플라스티우브No.EP *(2)							
	립 또는 펌프	L	리카모리그리이스 *(3)	그리이스컵 또는 건(-20° ~ 120℃)	140터어빈유	1주간마다 유량을 점검, 6개월 혹은 2000시간 작업마다 교환한다.				
		C	메로팜브리칸트No.1	-30℃이상						
		G	겔프 E.P.55	-10℃이상						
		C	메로팜브리칸트No.3							
		C	메로팜브리칸트No.3							
		G	겔프 E.P.95							
수동				각종 머신인유	필요량					
구름베어링	보유로울러	C	리아갈스타아프렉No.2	-30° ~ 130℃	B	보유베어링그리이스	6개월 혹은 2000시간 작업마다 교환한다.			
		G	겔프렉전No.1							
		W	플라스티우브No.1 *(1)							
	침상로울러	C	메로팜브리칸트No.1	-30℃이상				E	본녹No.3 또는 다프니 C.E95	1주간마다 유량을 점검, 6개월 혹은 2000시간 작업마다 교환한다.
		G	겔프 E.P.55							
		C	메로팜브리칸트No.3 No.3							
	G	겔프 E.P.95	-10℃이상	출						
기어	개방치	C	크레이터No.00 No.0	5℃이하	E	크라녹No.1 또는 오우프기어유 No.1	1주간 혹은 50시간 작업마다			
		G	겔프르브코오트No.0							
		C	크레이트No.1	5℃이상						
		G	겔프르브코오트No.1							
		C	크레이트No.2	40℃이상				출		
	G	겔프르브코오트No.2								
	평벨리얼	유용	W	플라스티기어 *(4)	내열,내한,내수용(-40℃이상)	E	본녹No.3 또는 다프니 C.E95	1주간마다 유량을 점검, 6개월 혹은 2000시간 작업마다 교환한다.		
			C	메로팜브리칸트No.1	-30℃이상					
			G	겔프 E.P.55	-10℃이상					
		C	메로팜브리칸트No.3							
베벨위얼		유용	C	메로팜브리칸트No.3	-10℃이상	E	본녹No.3 또는 다프니 C.E95			
	G		겔프 E.P.95							
	C	메로팜브리칸트No.4		출						
미캐니컬브레이크	유용		30번 모빌유				1주간마다 유량을 점검, 6개월 혹은 2000시간 작업마다 교환한다.			
유압관계			브레이크 오일 MD *(5)	-30℃이상						
			터어빈 유	70kg/cm ² 이내(-10℃이상)						
와이어로우프	도포	C	크레이터 No.1 ×	40℃이하	E	크라녹No.1 또는 오우프기어 No.1	1주간 혹은 50시간 작업마다			
		G	겔프르브코오트 No.1							
		C	크레이터 No.2 ×	40℃이상						
		G	겔프르브코오트 No.2							
드러스트	유용		색상유 2호	-30℃이상			1주간마다 유량을 점검, 6개월 혹은 2000시간 작업마다 교환한다.			
		H	고색 A							
		출	다이아나트렌스퍼어미오일							
			색상유 3호	-50℃이상						
		H	고색 L							
		출	다이아나트렌스퍼어미오일							
로울러 체인	귀얏 또는 적화급유	C	크레이터 No.1 ×		E	크라녹No.1 또는 오우프기어 No.1	1주간 혹은 50시간작업마다			
		G	겔프르브코오트 No.1							
	유용	C	메로팜브리칸트 No.1					E	본녹No. 1 또는 다프니 CES5	1주간마다 유량을 점검, 6개월 혹은 2000시간 작업마다 교환한다.
		G	겔프E.P.55							

(주) * (1)수중펌프,게이트판계, 제철소 크레인등 고열을 받는 곳, 주유가 관해서 급유간격을 연장하고자 할 때
 (2) 지브, 밀동의 권동
 (3) 장입 크레인램부 등 고열 부분(고가)
 (4) 혹한으로 다른 기름사용이 불가능할 때 사용한다.
 (5) 고무잡 손상하지 않는다. 다른 브레이크 오일과 달리 휘발의 염려가 적다.

(비고) 1. 기름교환시의 주의
 a. 베어링은 경우, 백동유면 되고 먼지를 새정제하여 air로 날린다.
 b. 그리이스의 충진량은 1/2~1/3정도가 좋다.(구름베어링)
 c. 유용기어는 모빌20번으로 잘 교환한다.
 d. 개방기어는 경우로 잘 씻어낸다.
 2. 사용전의 새정은 급유간격에도 영향이 미치므로 소홀히 해서는 안된다.
 3. 제조자명

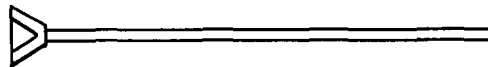
부호	제조사명	부호	제조사명
C	CALTEX	L	LOCKREY
G	GULF	인	일본석유
W	WARREN	출	인광광산

(라) 분해, 손질에 따르는 주의

- 분해형 베어링 : 부쉬를 본체에 고정하는데는 노크를 사용하고 있는데 노크는 단단히 끼워진 것이 옳으며 이 상황을 잘 조사한다. 노크1개의 이완이 축을 상하게 하여 절손(折損)의 원이 될 때도 있다. 부쉬를 교환할 때는 적색페인트를 사용해서 축과 연마맞춤을 행하여 스크레이퍼를 가지고 잘 닦게 한다. 또 이때 상하의 메탈의 맞춤새부근의 면은 너무 닦지 않게 하거나 또는 기름이 꺾게 한다. 베어링 본체의 장착은 리머보울트로 단단히 거어더에 장착해야 한다. 너트의 이완으로 축심의 통과를 나쁘게 하거나 기어의 맞물림에 영향이 미쳐서 베어링메탈의 소착을 일으키지 않게 주의해야 한다.

(표 4-30) 부쉬의 마모한도(mm)

직경(mm)	25~40	41~60	61~100	100~160	161~250
종별					
기어축	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6
기타의 축	1.2	1.6	2	2.5	3



<그림 4-49> 척음봉

한편 앞서 기술할 이상음의 진단에는 강봉 끝에 소형의 나팔상인 것을 붙인 척음봉을 귀에 대고 사용하면 쉽사리 들을 수가 있다.

- 일체베어링 및 부쉬 : 장착요령은 분해형베어링과 동일한데 부쉬를 교환할 때에는 압입한 뒤 고정나사로 고정한다.

나) 구름베어링

- (가) 윤활 : 윤활의 적(適), 부적(不適)은 보울 및 로울러베어링의 수명에 크게 영향이 미치므로 윤활유의 선정, 충분량, 급유간격에 관해서는 신중히 행한다. 이 표준에 관해서는 (표 4-28)에 의한다. 윤활법으로서 그리이스에 의할 때와 기

름을 사용할 때가 있다.

- 그리이스윤활 : 보울 및 로울러베어링의 그리이스윤활은 한번 넣으면 장시간 보급할 필요가 없다. 갈아넣을 때까지 약 2000시간은 지속되므로 이것에 의해 정기적인 보급일을 정해 둔다. 그리이스 충분량은 소량이면 되고 과도의 보급은 회전이 빠를 때는 발열의 원인이 되며 또 그리이스의 연화(軟化)에 의한 누설을 일으키므로 충분히 주의해야 한다. 일반적으로 그리이스 충분량은 베어링 자체에는 일단 전부 충분하고 베어링박스의 나머지 공간에는 그 1/3정도 충분토록 한다. 한편 밀봉장치부분에는 방진(防塵)을 위해 충분히 그리이스를 보급해야 한다.
- 기름윤활 : 크레인용으로서 기름윤활을 사용하는 부분은 기어케이싱용베어링에 대해서이다. 이때 케이싱내의 기름의 더러움은 베어링에도 악영향이 미치므로 유량의 점검과 동시에 기름의 더러움에도 주의해야 한다(표 4-29 참조).

(나) 분해손질에 따르는 주의

- 베어링 취급상의 주의 : 베어링의 취급에 있어서 가장 중요한 것은 「청정(淸淨)」하게 유지하는 것이다. 먼지의 정도는 상당히 균으며 그 태반은 베어링의 정도보다도 높은 것이므로 잔 먼지라도 꼼꼼히 씻어내야 한다. 또 습기는 녹의 원인이 되므로 충분히 피해야 한다. 그래서 장착직전까지는 포장한 채로 격납(格納)해 두어야 한다. 베어링을 세정할 때에는 벤진 또는 유리산(遊離酸)을 함유하지 않은 광유(釜油) 등에 의해서 성의껏 행한다. 세정 후는 손의 땀, 지방 등에 의한 발창(發錆)이 빠르므로 맨손으로 취급할 때에는 충분히 손을 씻고 진한 양질광유를 발라놓아야 한다. 베어링을 장착할 때는 축 및 베어링박스내 부도 역시 청정하게 하고 특히 구조부에서 미세먼지 등은 절대로 남지 않게 한다. 또 베어링과 축 및 베어링박스와의 끼워 맞춤면에는 극히 소량의 광유를 발라서 녹을 방지한다.
- 분해손질에 따르는 끼워맞춤 : 끼워맞춤이 부적당하면 베어링축 및 축상자가 손상하여 정상적으로 운전하지 못하게 된다. 베어링분해, 조립시는 충분히 주의하여 축 또는 축상자와 베어링사이에 유해한 미끄럼이 생기지 않게 주의해야 한다. 미끄럼이 생기면 미끄럼면의 마모, 그것에 의해 생긴 칩의 윤활면의 영향, 이상발열, 진동 등의 각가지 현상이 발생한다. 끼워맞춤의 선택은 베어링에 가해지는 하중의 성질과 크기, 베어링의 치수, 운전시의 온도, 하우징의 재질과 살두께, 축의 중실(中實), 중공(中空)의 별(別), 또 장착, 떼내기방법, 축의 열팽창을 끼워맞춤부에서 도피시킬 필요의 유무, 베어링장치의 정도 등을 고려해서 결정한다. (표 4-30)

(표 4-31) 구름베어링의 끼워맞춤의 요령

	내외륜회전의 구분		작 용 하 중	하 중 상 태	끼 워 맞 춤	
	내 른	외 른			내 른	외 른
내륜회전	회 전 (정지)	정지 (회전)	정지하중 (회전하중)	내륜원주하중 외 른 접하중	단단하게	느슨하게
외륜회전	정지 (회전)	회 전 (정지)	정지하중 (회전하중)	내 른 접하중 외륜원주하중	느슨하게	단단하게
하중방향 부 정	회전	정지	정지하중 > 회전하중	내륜원주하중	단단하게	약간
	정지	회전	정지하중 < 회전하중	외륜요동하중		단단하게
	회전	정지	정지하중 > 회전하중	내륜요동하중	단단하게	약간
	정지	회전	정지하중 < 회전하중	외륜원주하중		단단하게

보울, 로울러베어링의 고장의 태반은 이 끼워맞춤 및 중심내기의 불량에 의한 것이므로 그 분해조립에서는 면밀한 주의가 필요하다.

- 장착법 : 상온채로 축의 내륜을 압입할 때에는 목편 또는 내륜의 전측면에 접촉하는 통형의 기구를 사이에 두고 행한다.

어떤 경우라도 외륜 또는 리테이너에 타격을 부여하여 전동체를 통해서 내륜에 힘을 가하거나 반대로 외륜을 고정하고 내륜에 타격을 부여해서는 안된다. 이것은 전동면에 타손(打損)을 만들어 조기피로 혹은 운전시의 이상소음의 원인이 된다.

(다) 운전검사 : 베어링의 장착이 끝났으면 그 베어링장치가 가볍게 회전하는가의 여부를 검사한다. 라비린드부의 접촉, 오일시일 기타가 너무 굳을 때도 지장이 있으므로 점검이 필요하다.

수동의 회전으로 지장이 없을 때는 다음에 동력에 의한 회전시험을 행한다. 가능하면 저속에서 점차로 소정의 속도로 올려서 이상의 유무를 검사한다. 이때 앞서 기술한 청음봉을 사용하면 이상의 발견이 용이하다. 대개 불규칙한 음향이 발생할 때에는 베어링내에 이물이 있다는 것을 표시하고 또 맑은 금속음은 윤활제가 불충분할 때에 발생한다. 이와 같은 이상음이 날 때에는 바로 그 원인을 검출해야 한다. 하중이 크고 회전수가 높을 때에는 베어링온도가 어느 정도 높아지는데 얇을 때에는 베어링을 점검하여 윤활제의 분량을 줄여본다. 그래서 역시 온도가 내려가지 않을 때에는 베어링을 점검하여 축상자의 공작, 장착방법 등에 잘못이 없는가를 조사한다. 베어링의 온도는 운전개시 후 거의 직선적으로 상승하여 그후는 서서히 상승

해서 4~6시간 후에 초고온에 도달한다. 만일 이상이 없으면 그 후 약간 내린 곳에서 정상상태가 된다. 베어링의 운전온도는 기계전체의 열용량, 방열량, 회전수, 하중 및 윤활방법에 따라 가지각색인데 베어링자체는 100℃정도까지 사용해도 무방하다. 베어링의 온도가 이상하게 상승하는 원인으로서 대략 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

- 속도계수가 그 윤활법의 한계를 초과하고 있을 경우.
- 베어링치수에 대해서 하중이 너무 클 경우.
- 윤활제가 너무 많거나 그 점도가 너무 높거나 할 경우.
- 조립의 잘못 또는 축상자, 축의 정도불량으로 인해 베어링의 유극(遊隙)이 과소로 되었을 경우 혹은 큰 반경방향의 유극이 필요한 곳에 표준의 것을 사용했을 경우.

(라) 점검 및 처치 : 운전중의 온도, 음향, 전동 등에 이상이 없으면 정기적으로 윤활제의 상태를 점검한다. 윤활제의 이상으로 생각되는 것은 다음의 경우이다.

- 고무상을 나타내고 있을 때.
- 이물 특히 금속분말이 혼입하여 심하게 변색하고 있을 때
- 그리이스의 경우 유화(乳化)하거나 광유와 비누가 분리하고 있을 때.
- 윤활제가 몹시 부족할 때.

이와 같은 경우에는 축상자 내를 깨끗하게 하고 나서 새로운 윤활제를 갈아넣어야 한다. 기름과 함께 마모분말이나 먼지 등이 많이 부착하고 있을 때는 베어링을 때내서 깨끗이 씻어야 한다. 중요부의 베어링은 정기검사시에는 잘 세정하여 전동면의 박리, 균열 등을 상세히 조사하여 유극의 증대, 마모의 증가 등을 확인 기록하여 위험한 것은 교환해야 한다.

(마) 보존 : 예비품으로서 구입된 베어링은 바로 방창지에 싼 채로 가능하면 관에 넣고 습기가 적은 지상1m이상의 선반에 보존한다. 1년 이상 보존할 때에는 엄중히 방창처리한 것을 폴리에틸렌의 주머니에 밀봉하는 등 충분히 방습처리 하여 보관한다.

⑦ 기 어

기어의 맞물림 상황은 음향에 의해서 대략 알 수 있다. 설치당초부터의 맞물림음의 변화에 충분히 주의해야 한다.

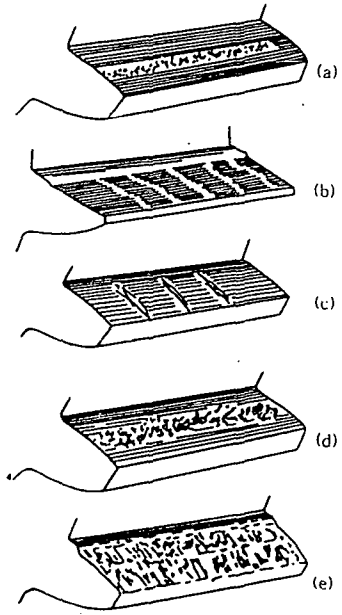
기어의 사고는 치면의 손상과 치면 이외의 파손으로 대별된다.

가) 치면의 손상

치면의 손상에 관해서는 일반적인 마모 외에 다음의 술어로 불리는 것이 있다.

(가) 피칭(그림 4-50(a)) : 일반적으로 치면의 미끄럼이 적은 피치선 부근에 다수의 작은 오목이 생기는 것이다. 이것은 새로운 치면은 얼핏보아 매끈하게 보이나 실제로는 비교적 거칠게 제작되어 경도가 고르지 않으므로 대하중으로 운전될 때는 큰 국부응력이 발생하여 반복되므로써 표피금속이 피로탈락해서 생기는 것이다.

보통 적절한 급유를 행하고 있으면 정상마모가 이 소공(小孔)을 연마하게 된다. 또 하중을 감소하여 고점도유를 사용하므로써 진행을 억제할 수 있다. 연속해서 대하중으로 운전될 때에는 치절삭정도(齒切削精度)를 올려 피니언의 피치에서 치끝에 걸쳐서 치면을 약간 깎아 내는 수정을 행하여 동적인 접촉을 좋게 하면 방지할 수 있을 경우가 많다. 최근의 기어 연삭반(研削盤)에는 이 수정장치 붙인 것이 많이 만들어져 있다.



<그림 4-50> 치면손상의 형태

(나) 어프레이전 (그림 4-50(b)) : 기름속에 침입한 이립자(먼지, 녹, 마모분말 등)가 유막의 두께보다 크면 그 입자가 연마재의 역할을 하여 치면을 연마하여 마모가 급속히 진행하고 또 입자가 꽤 클 때에는 치면간에서 압연되어 얇은 오목 흔적(痕跡)이 난다. 따라서 기름속에 이물이 들지 않게 주의하고 기어케이싱의 기름교환은 적당히 (특히 1회째의 교환은 좀 빨리) 행하는 것이 좋다.

(다) 스크래칭(그림 4-50(c)) : 치면의 이상돌기나 치면에 침입한 굳은 이물이 유막을 뚫고 상대치면에 가느다란 홈을 생기게 하는 것인데 이물제거에 의해 저지된다.

(라) 스포어링(그림 4-50(d)) : 치금적 피로의 일종으로서 과대한 하중을 연속적으로 받았을 때나 중심선의 불일치에 의해 치면이 피로한도를 초과하여 금속편이 탈락되어 치면에 큰 오목이 남는다. 과하중이나 한쪽으로 쏠리는데 주의해야 한다.

(마) 고오링(그림 4-50(e)) : 치면간의 윤활유막이 높은 압축력으로 뚫려서 양면이 국부적으로 용착하여 서로 달라붙어 금속의 소성유동이 일어나서 생긴다. 이 원인은 운전조건이 가혹하거나 기름이 부적당하기 때문이다.

이상의 각 손상은 별개로 발생한다고 볼 수는 없으며 1개의 손상이 다른 쪽의 손상의 원인이 되거나 동시에 복합된 꼴로 나타날 때도 있다.

나) 치의 마모한도

치의 마모는 일반적으로는 피치원에 있어서 치두께가 한도가 된다고 하므로 20~30%의 마모시에 신제품과 교환하는 것이 좋다. 단, 치의 절손이 큰 사고를 일으킬 위험이 있을 때나 고속제일단기어, 위엄휘일등은 10~20%의 마모로 교환해야 한다. 한편 교환시는 기어와 피니언 1쌍을 교환하는 편이 치접촉도 좋고 소음도 적다.

다) 기어에 관한 기타의 고장

베벨기어, 위엄기어 등의 추력(推力)을 받는 것은 그 측면이나 칼리의 마모에 의해 중심간의 치수가 틀리게 되는 경우가 있으므로 이 부분의 점검이 필요하다.

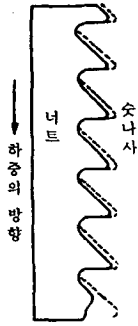
기어케이싱의 볼트류는 운전 중 큰 힘을 받고 또 진동이 있는 관계로 이완할 가능성이 있으며 특히 위엄기어케이싱 등에서는 이 경향이 크므로 충분히 주의해야 한다.

권양통기어, 차륜기어 등 인로우맞춤볼트로 죄는 것은 볼트의 이완에 의해 인로우가 덜격거리지 않는가를 점검한 뒤 균등하게 죄어 둔다. 이와 같은 볼트를 질 때는 대칭위치에서 최고 로크너트, 회전고정와셔, 스프링와셔 등에도 충분히 주의한다.

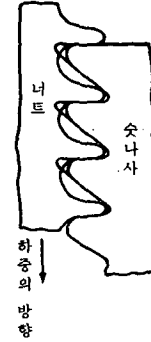
또 안전상 기어류는 모두 커버를 붙인 상태로 운전해야 한다. 또 매일의 점검에는 관측뚜껑을 열고 치면의 상황을 보고 오일케이지에 의해 기어박스내의 유량을 확인한다. 기어의 스포오크, 리브에는 모래의 침입이나 충격에 의해 균열이 발생하는 경우가 있으므로 가끔 해머로 두들겨서 검사한다.

⑧ 나 사

나사의 잭류, 레일클램프, 리미트스위치 등 크레인의 부품에 많이 사용되고 있다. 하중이 걸려서 운동하는 나사는 꽤 마모하므로 충분히 기름을 주어야 한다. 너트가 全長에 걸쳐서 이동하는 나사봉은 대개의 경우 드러나 있어서 먼지가 붙으므로 가끔 청소하여 기름을 말끔히 씻어내고 새로운 기름을 주입해야 한다. 하중을 받은 나사는 몹시 마모한 것은 교환하지 않으면 나사산이 으깨져서 하중이 낙하하여 큰 사고를 일으킨다.



<그림 4-51> 잭용나사의 마모

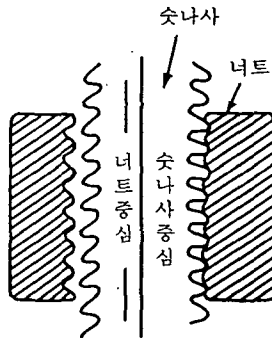


<그림 4-52> 숫나사에서 너트가 빠져서 사고를 일으킨 비임잭나사의 마모

특히 인입크레인의 나사봉의 마모는 정기적으로 검사해야 한다.

암나사가 달면 숫나사의 틈새가 커지며 또 나사산이 충분히 있어도 한쪽으로 쏠려서 다른 쪽의 산이 변형하여 쪽 빠지는 경우가 있다(그림 4-53).

일반적으로 암나사쪽이 빨리 달으므로 하중이 걸려서 상하하는 잭과 같은 것의 암나사는 점검하기 쉽게 분해형으로 하는 것이 바람직하다.



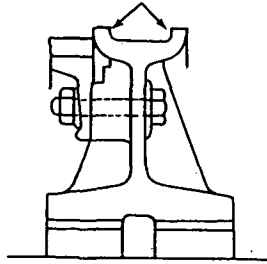
<그림 4-53> 너트의 한쪽솔림

⑨ 차륜

베어링메탈의 마모측정은 차륜장착틀을 잭으로 들어서 차륜을 들뜨게 한 뒤 상하의 흔들림을 측정해서 행한다.

차륜은 주행로가 곧바르지 않을 경우, 크레인양측의 주행저항이 다를 경우에는 큰 측압이 가해져서 플랜지가 걸쪽으로 구부러진다(그림 4-54). 이것이 심해지면 차륜붙이기 어가 밀려서 변형하거나 장착보울트가 절손할 때도 있다.

플랜지가 걸쪽으로 굽힌다.



〈그림 4-54〉 주행차륜플랜지의 변형

· 전동륜은 브레이크를 걸었을 때 회전을 정지하여 레일 위를 미끄러질 때가 있으며 차륜둘레의 일부에 평면이 생기는 것도 되므로 운전에 주의해야 한다. 이와 같은 고장은 주강의 재료가 나쁘거나 구조법이 나쁠 때도 일어나며 1회마다 떨어덕 떨어덕 소리가 나며 충격이 생기므로 교환해야 한다.

이미 주행로에서 기술했는데 차륜붙이기어는 치끝이 레일두부와 거의 같은 곳까지 내려가 있으므로 주행레일부근의 석탄, 광석 등이 치에 말려 들어가지 않게 청소해 둔다. 이것들이 치에 끼이면 마모가 빨라질 뿐만 아니라 치가 파손할 때도 있다.

차륜의 정기검사에는 다음의 점에 주의해야 한다.

- 차륜의 플랜지가 레일에 닿지 않는가, 항상 한쪽이 닿는가 혹은 양쪽이 번갈아 닿는가를 관측한다. 이것으로 사행의 경향을 알 수 있다.
- 주행 중 양각이 병행해서 원활하게 움직이고 있는가.
- 주행 중 멎거나 주기적으로 機體의 진동이나 소리가 발생하지 않는가.
- 차륜, 치면, 베어링 등의 마모는 양측 모두 동일하게 진행하고 있는가.

차륜의 일반적인 마모한도는 다음과 같다.

- 차륜직경의 마모 ---- 原치수의 2%
- 플랜지의 마모 --- 원치수의 40%
- 좌우차륜의 직경차(동륜) --- 원치수의 0.2% (#륜) --- 0.5%
- 플랜지의 굽힘 --- 원치수의 플랜지두께의 40% 변형 20%

동륜은 반드시 일제히 교환하거나 삭정(削正)해서 차륜상호의 직경을 맞춰야 한다. 또 종륜의 좌우차륜직경차는 동륜의 2배까지 허용된다.

⑩ 축 이음

가) 분할형 축이음

주행장축 등 대하중 저회전의 축이음으로서 사용되는데 쥘보울트는 박스스패너로 죄는 것이 많다. 너트가 이완하면 키이가 비틀려져서 변형하고 축 및 이음의 키이홈에

서 구열이 들 염려가 있다. 키이는 양쪽의 축에 별도로 넣어드는 것이 좋으며 공통인 것을 1개로 하면 중앙에서 절단되는 경우가 많다.

나) 플랜지 축이음

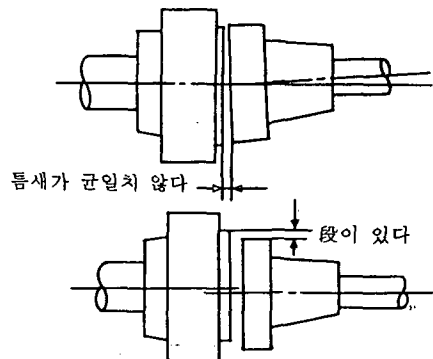
전면다듬질로 밸런스가 좋으므로 고속회전의 축이음으로서 사용된다. 양축의 중심을 맞추기 위하여 좌우가 약간 인로우로 되어 있으므로 분해시에는 인로우여유만큼 축을 처지게 해야 한다. 짐볼트는 리머보울트라야 한다. 키이에 대한 주의는 분할형이음과 동일하다.

다) 가요(可撓) 축이음

이 축이음은 주로 전동기와 감속장치의 연결에 사용하는데 고무 또는 가죽의 가요성을 이용해서 다소의 중심오차에도 축에 무리가 없게 된다. 전동기축은 각 운동부분 중 가장 고속회전하는 부분이므로 분해수리후 등 축심을 충분히 잘 내지 않으면 가까이의 베어링에 큰 힘이 작용하여 보울베어링 등이 파손될 때가 있다.

또 보울트장착부에 끼운 中空門板形의 고무 또는 牛皮는 가용작용을 하여 항상 큰 반복충격을 받는 관계로 점차 피로하게 되므로 점검 후 교환한다. 보울트, 너트류는 회전이 빠르므로 회전고정을 충분히 하여 빠져 나오지 않게 한다.

한쪽이 브레이크륜겸용인 것은 브레이크면의 마찰흔에 주의하여 깊게 난 것은 삭제하거나 교환한다.



〈그림 4-55〉 축심이 통하지 않은 가요 축이음

⑪ 와이어로프

와이어로프는 크레인에서 권양(捲揚), 횡행(橫行), 부양(符仰) 등 운동부분에 사용되는 가장 중요한 부품이며 그 고장은 직접 재해에 관련되는 것이므로 점검에는 특히 신중을 기해야 한다.

가) 와이어로우프의 점검

와이어로우프는 사용 중 홈바퀴, 권양통과의 접촉에 의한 마모, 반복굽힘에 의한 소선의 피로파단 및 부식 등에 따라 수명이 좌우된다. 로우프의 도유(塗油)에는 충분히 주의해야 한다.

「크레인 등의 보안규칙」에서는 와이어로우프1연간에 있어서 소선수(필터선을 제외)의 10%이상이 절단된 것 및 직경의 감소가 공칭경(公稱徑)의 7%를 초과한 것을 사용하면 안된다고 규정짓고 있다. 이 단선수를 조사하기 위해서는 상당히 숙련을 요하는데 세유를 브러쉬에 묻혀서 잘 씻고 나서 주의 깊게 본다. 보통의 로우프는 절단된 소선이 밖으로 거슬러져서 나오지만 비반발성인 것은 나오지 않으므로 밝은 전구로 잘 살펴야 한다. 소선이 꼬임속에서 절단되는 경우는 거의 없다. 소선이 마모 또는 절단되는 곳은 홈바퀴의 통과회수가 많은 부분이며 로우프의 전장에 걸쳐 있는 것이 않으므로 최악의 일부를 조사하면 된다. 단, 평형(平衡)홈바퀴에 걸려 있는 부분은 운동은 없으나 홈바퀴리즘이 작은 관계로 굽힘에 의한 소선의 파단이 있으므로 정기검사에는 반드시 조사해야 한다.

또 장기간 사용한 로우프는 충격에 대해서는 해를 거듭할수록 내력이 약해지고 있으므로 주의해야 한다.

나) 와이어로우프취급상의 주의

(가) 운반상의 주의 : 로우프를 바퀴에서 내릴 때 갑자기 높은 곳에서 떨어지지 말 것. 떨어질 때의 충격으로 틀골조가 부러져서 변형하물붕괴를 일으킬 뿐만 아니라 키크를 일으키는 원인도 된다.

틀을 움직일 때는 로우프가 감긴 부분에 레버를 대면 안된다. 또 이동할 때에 鋼材나 돌, 자갈 등과 같이 요철위를 움직이면 로우프는 마모손상의 원인이 된다.

(나) 저장상의 주의 : 자비품으로서 저장할 때는 통풍이 좋은 건조한 건물내에 보관한다. 직접 햇빛이 쬐이는 곳이나 보일러 등 열원에 가까운 곳에서는 기름이 마르기 쉬우므로 피해야 한다.

지상 가까이에 두거나 먼지가 있는 곳에서는 습기로 인해 부식된다. 또 산이나 유황계(硫黃系)가스에 침식되지 않게 충분히 보호해야 한다.

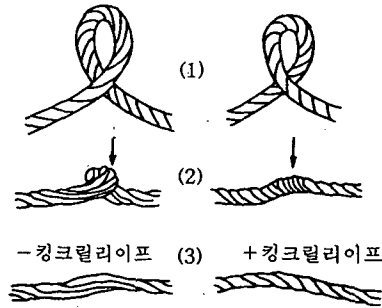
장기의 저장에 있어서는 특히 부식에 주의하고 로우프가 풍화하지 않게 새로운 기름을 충분히 도장해 둔다.

(다) 로우프를 푸는 방법 : 로우프는 코일감김이나 틀에 감겨져 있는데 이것을 푸는데는 반드시 코일을 돌려서 당기거나 끌어내는데 따라서 코일틀이 회전하도록 되어 있다.

이런 푸는 방법도 그르치면 로우프가 비틀리고 이것을 끌어당겼을 경우 꼬임이

풀려서 형붕괴(形崩壞)를 일으키거나 또는 꼬임이 모여서 킹크를 일으켜 로우프 절단의 원인이 된다.

- (라) 로우프의 킹크 : 그림 4-56의 (1)과 같이 지름이 작은 링이 생겼을 때 그대로 잡아당기면 (2)와 같은 로우프의 킹크가 된다. 이런 상태가 되면 아무리 고쳐도 (3)과 같이 되어서 원상태와 같이 되지 않는다



<그림 4-56> 와이어로우프의 킹크

로우프에 가장 금물은 킹크이며 로우프의 안전율을 가사 10배로 취해도 킹크가 생기면 절단사고가 발생할 때가 있다. 게다가 이 사고는 로우프가 새로울 때에 발생하기 쉬운 것이다. 일단 킹크가 생기면 영구적이며 걸어서 보아서 고쳐진 것 같이 보여도 그곳이 약점이 되어서 마손(摩損)이 매우 빨리 진행된다. 킹크가 발생한 로우프의 절단하중은 원로우프의 그것을 100%로 하면 킹크를 일으킨 것을 고친 로우프는 약 80%, 꼬이는 쪽의 킹크(+킹크)를 일으킨 채로의 로우프는 약 40%, 꼬임이 풀리는 쪽의 킹크(-킹크)를 일으킨 채로의 로우프는 약 40%의 절단하중이 저하된다.

따라서 그림 4-56(1)과 같이 로우프에 작은 링이 생길려고 할 때는 바로 고쳐 놓아야 한다.

한편 크레인 등의 보안규칙에는 킹크한 것, 심한 형붕괴 또는 부식된 것은 사용하면 안된다고 규정되어 있다.

- (마) 절단 : 로우프의 말단을 절단할 때는 꼬임이 풀리지 않게 절단해야 할 곳의 앞쪽을 양쪽에 부드러운 철선을 꼭 감고 나서 행한다. 이 길이는 강체직경의 1~1.5배 이상이 필요하다.

(바) 사용상의 주의

- 로우프의 고르기 운전 : 새로운 로우프로 바뀌서 사용을 개시함에 있어서는 처음부터 전하중을 걸지 말고 1/2하중정도로 내려져 수회 고르기 운전을 행할 것.
- 로우프의 벗어짐 : 항상 로우프가 훔바퀴에서 벗어지지 않게 주의한다. 벗어진

채로 사용하면 로우프가 훑어져서 형봉괴, 킹크, 단선을 일으키는 원인이 된다.

또 훑어짐은 다음과 같은 상태로 사용되었을 때 발생하므로 주의를 요한다.

- 훑바퀴가 원활하게 또는 전혀 회전하지 않는 상태
- 로우프가 권양통에 한 곳으로 몰려서 감겨진 상태
- 훑바퀴 또는 권양통 홈을 벗어난 상태

⑫ 훑바퀴

훑바퀴는 로우프에 접촉하는 홈부분이 마모한다. 항상 비스듬하게 당기면 플랜지부도 마모하거나 변형한다.

플랜지에 파손 또는 변형이 생겼을 때는 로우프가 벗겨져서 사고를 일으킬 때가 있으므로 반드시 교환해야 한다. 또 재료가 나쁘면 로우프의 꼬임과 같이 홈 밑에 자국이 나 있는 것이 있는데 새로운 로우프와 교환했을 때는 그 요철이 로우프의 수명에 악영향이 미치므로 훑바퀴를 교환해야 한다.

후크볼이 훑바퀴 등은 상부의 훑바퀴와 충돌하여 플랜지가 파손될 때가 있다. 이것은 리프트의 관계로 리미트스위치를 내리고 너무 감았기 때문이며 검사시는 권양리미트스위치의 점검, 작용의 확인을 행하여야 한다.

또 평형훑바퀴에 관해서는 장착장소 등의 관계로 점검을 게을리하기 쉬우나 운전중에는 어느 정도 회전하는 것이므로 장기간에는 굽힘 및 마모에 의해 소선이 마모 또는 단선하여 결국에는 로우프가 절단되는 경우도 있다. 따라서 정기검사에는 이 부분도 점검한다. 점검요령은 다음과 같다.

- 평형훑바퀴의 홈의 마모유무
- 훑바퀴는 로우프를 벗기고 나서 가볍게 손으로 돌아가는가.
- 훑바퀴장착 브래킷에 이상은 없는가, 핀으로 현수되어 있는 브래킷은 그 자체도 가볍게 움직이는가.

이상의 사항을 확인한다.

⑬ 권양통(捲揚筒)

권양통홈에 관해서는 하중을 현수했을 때와 현수하지 않을 때의 장력의 변화로 로우프가 좀 처지거나 로우프의 측압으로 훑바닥과 측면이 조금씩 마모한다. 장기간 사용한 것에는 홈의 평평한 부분이 없어진 것이 있으며 이런 정도가 심한 것은 로우프가 벗겨지거나 파손의 원인이 되므로 교환해야 한다.

무부하시(無負荷時)에 권양통에 못 미쳐서 로우프가 늘어질 때가 있는데 이런 때에는 홈을 따라서 감기지 않고 2중감김이 될 염려가 있으므로 로우프의 이완고정 또는 로우프 가이드를 붙여야 한다.

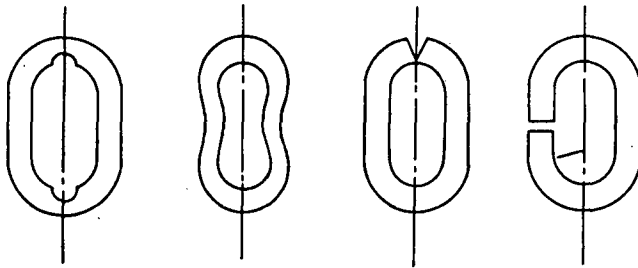
1개걸침의 권양통은 강제흡이 나사상으로 되어 있는 관제로 좀 가로하중이 생겨 보스가 측압을 받고 마모할 때가 있으며 권양통측고정인 것에서는 키이판 등이 굽어지는 경우도 있다. 이런 때는 권양통이 기어의 맞물림과 하중 및 자중으로 인해 부동(浮動)하므로 키이판의 굽힘을 고쳐서 부동(浮動)을 멈춰야 한다. 로우프의 고정부분은 권양통의 홈말단에 2~3감김을 남기고 로우프고정과 2개의 나사로 고정한다. 로우프의 장력은 대부분 홈말단의 2~3감김부의 마찰력으로 흡수되어 로우프고정부분에는 힘이 가해지지 않으나 로우프가 풀려서 홈말단에 감겨진 것이 없어졌을 때는 이 부분에도 힘이 가해지므로 고정나사의 휨상태에 충분히 주의해야 한다

⑭ 체인, 링, 샤클

가) 체인

체인은 체인블럭, 현수구, 바켓의 장착부 등에 사용되는데 하중현수의 중요한 역할을 하고 있다.

체인은 장기의 사용으로 연결부분의 안쪽이 마모한다. 또 전체적으로 가느다랗게 늘어난다. 구열는 연결부의 겉쪽에 발생하기 쉽다. 이것은 재료가 약간 굳거나 하중이 너무 크기 때문이다. 수직방향의 중앙에 이음매가 있으며 전기저항용접 등으로 붙어져 있는데 이 부분에 균열이 들어 절단될 때도 있다. 이것은 용접방법이 나쁘기 때문이다. 체인은 마모, 변형, 구열에 관해서 주의 깊게 점검해야 한다(그림 4-57). 이런 것에 관해서 크레인 등의 안전규칙은 다음과 같이 규정하고 있다.



〈그림 4-57〉 체인의 변형 및 균열

- (가) 신장은 당해(當該)체인이 제조되었을 때의 길이의 5%를 초과하는 것.
- (나) 링크의 단면직경이 제조되었을 때의 당해(當該)링크의 단면직경의 10%이상 감소한 것.

(다) 균열이 있는 것

이상의 각항에 해당하는 체인은 교환해야 한다.

점검에 있어서는 좀 열을 가하면 유기가 제거되어 균열 등이 잘 보이게 되므로 나중에 육안 또는 확대경으로 잘 점검한다.

절손된 체인을 잇거나 보울트를 끼워서 잇거나 해서 사용하면 안된다.

체인의 윤택에 있어서 권양통이나 홈바퀴를 통과하는 것에는 그리이스아 수유에 그래파이트를 섞은 것으로 윤택하는 편이 좋은데 주물공장 등에서는 먼지가 묻어서 오히려 마모를 촉진하므로 기름을 주지 않는 편이 좋다. 또 현수구용의 체인도 조작시 손이 미끄러지거나 더러워지므로 기름을 주지 않는 편이 좋다.

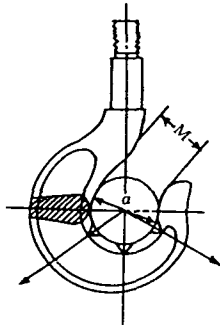
체인의 보관은 창고의 벽에 걸어두는 것이 좋다. 무거운 것은 바닥위에 2중으로 대를 만들어서 그 위에 두고 통기 좋게 눕 등이 발생하지 않게 한다. 체인을 새로이 구입했을 때는 제조자명, 형식, 급별, 치수, 전장, 하중, 구입연월일, 표식 등을 기입해 둔다. 이렇게 하면 정기검사시에 사용후의 신장, 마모의 측정이 편리하며 수리할 때 등 제조자명을 바로 알 수 있어서 편리하다.

나) 링, 샤클

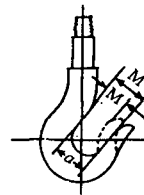
이것 등도 체인과 같은 주의를 하면 심하게 변형되어 있는 것, 균열이 든 것은 사용하면 안된다. 샤클은 핀을 뺐다 꺾다해서 사용하는 것도 있는데 핀의 작용은 확실한가를 확인해야 한다.

⑮ 현수 후크

현수 후크는 하중을 직접 현수하는 가장 중요한 부분이며 정기검사에서는 특히 주의해서 점검해야 한다. 안쪽의 현수용 로우프를 거는 부분이 로우프의 변동으로 마모하여 홈이 닳거나(그림 4-58), 마우드의 벌림치수가 벌어져서 안쪽지름(a)과 같아진 것(그림 4-59)은 교환해야 한다.



〈그림 4-58〉 현수 후크의 마모



〈그림 4-59〉 현수후크의 변형

현수후크는 장기간 사용하면 재료가 딱딱하고 부서지기 쉽게 되므로 1년에 한번은 갈아주는 것이 좋다.

추력보울베어링부는 하중이 걸려도 자유로이 회전할 수 있어야 한다. 나사부와 생크의 경계면은 단면의 급변으로 인해 이 부근에 균열이 발생할 때가 있으므로 면밀히 점검해야 한다.

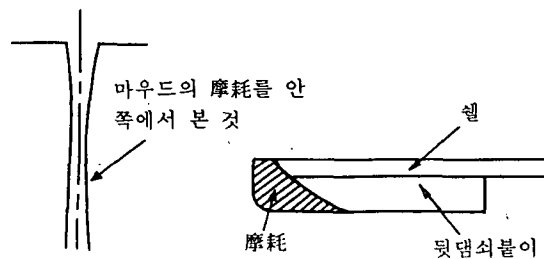
현수후크에는 홈바퀴의 들레판에 하중을 뚜렷하게 표시해야 한다. 일상의 손질시에 걸레등으로 깨끗이 청소하여 표시 톤수를 똑똑히 보일 수 있게 해야 한다.

⑩ 바 켓

바켓은 크레인에서 가장 심하게 사용되는 부분이며 그 손상은 바켓날끝의 마모, 로트의 굴곡, 홈바퀴함부의 손상이 많다.

가) 날끝의 마모, 변형

바켓셀 본체에서 제일 많이 상하는 곳은 날끝이다. 이것은 자질구래한 것을 움켜질 때의 마모의 해치내의 저장장 바닥면의 콘크리트, 화차바닥의 보울트머리 등을 물거나 큰 덩어리를 움켜잡는데 따른 변형이다. 마우드피이스가 크게 벌어지거나 심하게 마모해서 내용량을 흘리거나 하면 마우드피이스를 교환하여 변형을 고쳐야 한다. 교환재는 내마모성의 특수강을 사용한다. 또 바켓셀부의 충돌에 의한 변형도 많다. 이것은 운전기사의 작업상의 주의로 방지할 수 있다.



〈그림 4-60〉 바켓의 마우드피이스의 마모

나) 로트의 굴곡

바켓이 본선하역에서 해치의 마우드에 충돌할 때에 로트가 굽어진다. 웬만큼 구부러져도 사용하는데는 지장없으나 하부홈바퀴함등의 운동에 지장을 주지 않는 동안에 고쳐야 한다. 이 수정작업은 완전히 행하지 않으면 핀장착부가 비틀려져서 베어링의 마모가 심해지므로 주의를 요한다.

다) 흠바퀴함 기타

상부흠바퀴에서 나오는 로우프의 안내는 버킷의 진동과 로우프의 미끄럼으로 마모하므로 점검에는 충분히 주의한다. 또 버킷은 석탄, 광석등속에 박히므로 흠바퀴함의 내부 등에 먼지가 상당히 피기 쉬우므로 청소해야 한다.

⑰ 브레이크폴리 및 브레이크라이닝

제동효과를 양호하게 유지하려면 브레이크조정에 주의해야 한다. 브레이크폴리와 라이닝의 간극은 폴리직경의 1/150~1/200을 표준으로 하는데 마모함에 따라 간극이 많아지며 폴리는 열팽창에 의해 직경이 변화하면 제동효과에 영향을 미치므로 조정해야 한다.

제동면이 과열하면 마찰계수가 감소하여 라이닝의 재질이 변화하므로 그 재질의 내열온도(일반적으로 페로이트석선으로 약 150℃)를 초과하면 안된다.

제동면에 먼지가 들거나 또는 라이닝의 마모에 의해 리벳머리가 폴리면을 긁거나 하면 폴리에 손상이 생긴다. 브레이크면의 요철이 2mm에 도달하면 브레이크폴리를 떼내서 삭정(削正)하거나 교환해야 한다. 일반적으로 브레이크폴리의 마모에 의한 사용한도는 링의 두께가 원수치의 30% 마모했을 때이며 라이닝은 약 50%로 되어 있다.

가) 전자 브레이크

전자 브레이크의 취급상 중요한 점은 스트로크의 조정이다. 브레이크라이닝이 마모하면 폴리와 라이닝의 틈새가 커지며 따라서 플린지의 스트로크가 증대한다. 이것이 허용의 최대스트로크를 초과하면 플린저를 흡인(吸引)하지 않게 되어 전자석을 소손(燒損)하므로 가끔 점검해서 사용스트로크로 조정해 놓아야 한다.

표준전자브레이크의 스트로크는 (표 4-32)과 같다.

(표 4-32) 전자브레이크의 스트로크

전 동 기 형 번		브레이크폴리 직 경 (mm)	마 그 넷		
TMC · TIM 1형	ECK · 7.7A kW		형	최대스트로크 (mm)	사용스트로크 (mm)
2	2~3	160	BM-401-C	50	35
3~5	5	200	BM-401-C	50	45
7.5	7.5	200	BM-402-C	50	45
10~15	-	250	BM-402-C	50	45
20	10~15	300	BM-402-C	50	45
-	20	360	BM-403-C	75	60
30	30	360	BM-403-C	75	60
40	-	360	BM-403-4	75	60

플런저를 빨아들였을 때 전스트로우스를 오르지 못하고 틈새가 나 있으면 전자석은 소리를 내며 과열해서 소손(燒損)한다. 이와 같을 때는 바로 전류를 끊고 그 원인을 조사하여 보수해야 한다. 그 조사요령은 다음과 같다.

- (가) 전압이 항하(降下)하고 있지 않는가 허용범위는 $\pm 10\%$ 이다.
- (나) 플런저가 어떤 것에 접촉해서 오르지 않는 것이 아닐까.
- (다) 스트로우크가 너무 크지 않은가.
- (라) 각 링크의 편유가 부식(腐蝕)이나 도장으로 인해 굳어져 있지 않은가.
- (마) 폴리과 라이닝의 틈새가 너무 적지 않은가.

전자석 위에는 보통 제동시의 충격을 피하기 위해서 대쉬포트가 붙어 있다. 이것은 조정나사에 의해 공기 또는 기름의 통과공(通過孔)의 벌림을 가감하여 브레이크의 작용시간을 조절한다. 보통 작업시에는 브레이크 작용시에 충격이 없을 정도로 조정해 놓아야 한다.

나) 압상기(押上機) 브레이크

압상기 브레이크의 그 조정법은 다음과 같다.

- (가) 스트로우크의 조정은 전자브레이크일 때와 동일하다. 라이닝의 마모가 커지면 스크로우크 가득히 내려가도 브레이크가 걸리지 않게 되므로 라이닝을 교환해야 한다.
- (나) 드러스터는 밀폐식으로 되어 있으나 직접 비, 눈에 닿지 않게 주의해야 한다. 압출봉출입구 패킹부에서 물이 침입하여 내부에 녹이 발생해서 작동이 곤란하게 되며 조작용 전동기도 소손(燒損)될 때가 있다.

드러스터내의 기름은 지정된 기름을 사용하고 기름, 그리이스 적용표에 의해 적정한 시기에 반드시 교환해 둔다. 장기간 사용하면 기름의 점도가 높아지거나 먼지가 내부에 피거나 해서 작동불량, 압상력의 부족으로 되어서 나타나기 때문이다.

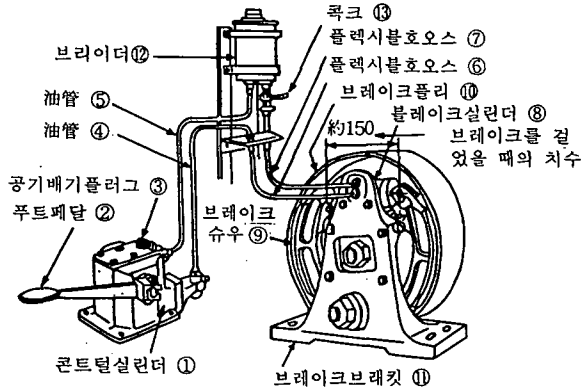
기름을 주입함에 있어서는 상부주입구 및 측부유면계용(側部油面計用)마개를 빼고 유면계공(計孔)에서 일출(溢出)할 때까지 충분히 주입하고 나서 수분, 먼지가 들어가지 않게 마개를 막는다.

다) 유압 브레이크

천장크레인의 주행 등에서는 하중을 현수한 채로 급격히 제동하면 하중은 흔들리고 기체(機體)에는 관성력에 의한 수평력이 가해진다. 그래서 발의 밟기 가감으로 서

서히 제동할 수 있게 유압브레이크가 많이 사용된다.

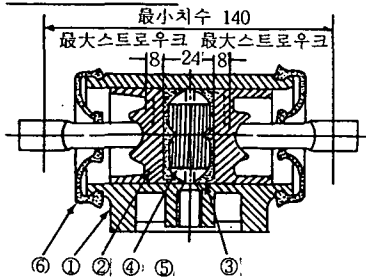
유압브레이크는 그림 4-61에 표시한 내확형(內擴形) 유압브레이크 외에 드러스터브레이크 또는 전자브레이크와 동형인데 드러스터, 마그넷 대신에 유압실린더를 사용한 것도 있다. 모두 조작을 원활하게 행하는데 페달을 급격히 밟거나 하는 일은 피해야 한다. 내확형유압브레이크의 구조는 브레이크부, 유압배관, 콘트롤실린더 및 브리더로 되어 있다.



〈그림 4-61〉 내용유압브레이크

페달②를 밟으면 콘트롤실린더①의 유압은 ④⑥의 기름파이프를 거쳐서 브레이크실린더⑧에 보내져서 브레이크슈우⑨를 벌려서 브레이크가 걸린다. 이때의 브레이크력은 밟은 힘에 비례하므로 이 가감으로 운전기사는 브레이크력을 적당히 조절할 수가 있다.

브레이크실린더詳細.



브레이크 실린더

番號	名 稱		
①	실	린	더
②	피	스	턴
③	피	스	턴
④	스	프	링
⑤	컵	누	름
⑥	커		버

〈그림 4-62〉 브레이크 실린더

페달을 빼면 축에 장착되어 있는 스프링에 의해서 페달은 원위치에 되돌아오고 유압이 없어서 브레이크슈우는 리턴스프링(그림 4-62④)에 의해 원위치로 복귀하여 브

레이크는 풀린다.

브리이터⑫는 기름의 주입, 보급 및 브레이크 작용에 해로운 공기를 제거할 때에 사용한다. 콕크⑬는 공기를 뺄 때만 열고 항시 닫혀 있다.

기름은 고무질이 상하지 않게 주의해야 한다.

한편 라이닝의 마모에 의해 페달을 밟아도 제동력이 나타나지 않게 되었을 때는 앞서 기술한 브레이크와 같으므로 사용 스트로우크를 조절한다. 라이닝의 마모가 사용한도에 도달하면 교환해야 한다.

라) 미캐니컬 브레이크

미캐니컬 브레이크의 보존상 중요한 것은 마찰판 틈새의 조정이다.

마찰판이 마모하면 양 마찰판간의 틈새가 많아지며 죄어 있을 때와 풀려 있을 때의 차에 의한 브레이크의 작용시간이 늘어나므로 조정너트를 죄어서 틈새를 적게 한다. 조정너트는 더블너트이므로 양 너트를 꼭 죄어서 운전 중에 풀리지 않게 해 둔다.

조정했을 때 마찰판 간의 틈새가 너무 작으면 사용중의 온도상승에 의한 열팽창으로 인해 틈새가 없어지거나 브레이크가 풀리지 않을 때도 있으므로 충분히 주의해야 한다.

마모판은 석면, 파이버 또는 녹쇠와 강(鋼)의 조합이며 대개는 유욕(油浴)으로 기름은 중심에서 바깥쪽을 향하여 원심력으로 튀어나게 해서 순환(循環)이 잘 되도록 고려되어 있으며 그다지 급속하게 마모하는 것은 아니다. 정기수리 등에서 브레이크를 조정 한 후에 열이 나거나 하물(荷物)의 운전속도가 부정(不定)하게 되는 것은 조정이 잘못 되었기 때문이며 바로 고쳐야 한다.

래치트에 관해서도 조정이 좋지 않으면 권양시(捲揚時)에 발톱이 닿는 소리가 들린다. 이런 상태로는 발톱이 바로 마모하므로 곧 조작(操作)쇠불이를 조정해야 한다. 조작미캐니컬브레이크를 분해수리 했을 경우 또는 새로 만들었을 때의 시험에 있어서는 다음의 사항을 확인한다.

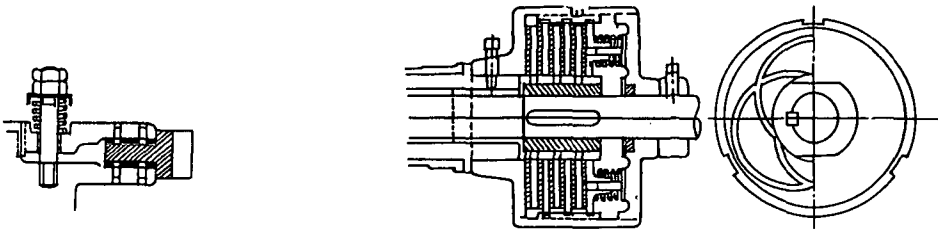
- (가) 전자브레이크 등의 다른 브레이크를 이완(弛緩)해도 하중이 가속되지 않는 것.
- (나) 미캐니컬브레이크 속의 기름온도가 연속운전일 때도 주위온도를 50℃ 이상 초과하지 않는 것.
- (다) 걸쇠가 제대로 조작되어서 감아 올릴 때 소음이 나지 않고 감아 내릴 때에는 완전히 발톱이 걸리는 것.

사용유는 No 30 모빌유가 적당하며 1주간마다 유량을 점검하고 6개월 혹은 2000시

간의 작업마다 교환하는 것이 바람직하다.

⑱ 슬립기어

1전동기식 복체버킷의 권양장치에는 지지로우프의 이완을 취하므로 권양통기어 등에 따라서 슬립기어가 붙어 있다. 이것의 조정은 미캐니컬브레이크 등과 더불어 번거로운 것의 하나이다. 그 지지력은 가장 많으며 끌어낸 지지로우프의 중량을 지지하고 또한 이것을 감아올릴 때에 로우프의 관성력에 의한 저항을 극복해서 감을 수가 있을 만한 마찰력이 필요하다. 또 너무 지지력이 강하면 바켓이 하물속에 먹어 들어가지 않으므로 클램프량이 적어진다. 슬립기어에는 지지권양통의 외주(外周)에 붙어 있는 것(그림 4-63)과 지지권양통 앞의 축에 붙어있는 것(그림 4-64)이 있다. 권양통에 붙어 있는 것은 구조는 간단하나 스프링의 조정이 원주상 6~8개소에서 각개를 균일하게 죄어야 한다. 이런 경우 마모면에는 그리스를 바르는 것이 보통이다. 축붙인 것은 작은 기어의 하부에 붙어 있는 부위부의 급유가 제대로 안되어서 마모할 때가 흔히 있는데 이것은 이 부분의 급유로가 길기 때문이며 충분히 주의해서 급유할 필요가 있다.



〈그림 4-63〉 권양통에 붙인 슬립기어

〈그림 4-64〉 축붙인 슬립기어

⑲ 띠브레이크

원치에 많이 사용되는 브레이크이며, 띠는 강(鋼)으로 만들어지고 있는데 제작할 때에 제대로 굽히지 않으면 진원(眞圓)이 되지 않고 부분적으로 브레이크輪과 접촉하게 된다. 이런 때에는 빼내서 해머 등으로 형태를 고치고 이완(弛緩)했을 때에 브레이크輪과의 틈새를 균일하게 해야 한다.

띠끝의 정착부는 충격으로 절단될 때가 있다. 한번 절단된 것은 교환할 때에 폭을 넓게 하거나 두께를 크게 하거나 개조(改造)해야 한다.

(4) 전기부분의 점검보수

① 일반사항

전기부분의 고장의 원인을 대별하면 절연불량, 각종 접점(接点)의 접촉불량, 마모에 의한 접촉불량, 기계적인 변형 또는 기구부의 가스 등으로 분류된다.

특히 절연불량에 관해서는 전기품은 습기, 가스, 먼지 등이 많은 장소에서 사용하면 절연(絶緣)물의 열화(劣化)를 재촉한다. 또 고온인 장소, 햇빛이 쬐이는 곳에서도 마찬가지이다. 또 코일 등에서는 유류가 부착하면 절연이 열화(劣化)한다.

절연불량인 채로 송전(送電)하면 비, 번개, 단락(短絡)등에 의해 여러 가지 사고를 유발하여 전기기기의 소손(燒損), 화재 혹은 감전의 원인이 된다.

크레인에 쓰이고 있는 절연물에 관해서는 큰비나 장마 후는 물론 항상 충분히 주의해서 점검하여 순회검사 등에서는 각 배선의 절연저항을 측정해 둘 필요가 있다.

한편 점검, 손질할 때는 반드시 전원의 개폐기를 내리고 관계자에 주지시킨 뒤 작업하고 감전사고방지에 힘써야 한다.

② 스파아크의 성질과 그 대책

가) 다음과 같은 경우에는 스파아크가 많이 난다.

- (가) 전로(電路)를 닫을 때보다 열(절단)때가 스파아크가 많다.
- (나) 그 접촉점을 흐르는 전류가 많을수록 스파아크도 많다.
- (다) 그 접촉점간의 전압이 높을수록 스파아크가 심하다.
- (라) 그 접촉면에 요철이 심할수록 스파아크가 나기 쉽다.
- (마) 교류보다 직류쪽이 스파아크가 크다.
- (바) 주파수가 높을수록 스파아크가 난다.

나) 크레인에 있어서의 스파이크가 나기 쉬운 곳은 다음과 같다.

- (가) 집전장치(集電裝置)의 접촉점
- (나) 콘트롤롤러(핑거와 세그먼트 등)의 접촉개시점
- (다) 전자접촉기
- (라) 나이프스위치의 접점
- (마) 전동기의 슬립링

다) 대책

- 나이프스위치류의 개폐는 급속히 행한다.
- 보호반 또는 전자기제어반의 나이프스위치는 반드시 운전을 정지하고 부하측의 전자접촉기, 기중차단기를 절단하고 나서 내린다.

- 접촉면(接觸面)이 거칠 때에는 바로 잔 샌드페이퍼나 줄 등으로 연마하여 항상 접촉면을 매끈하게 해 둔다.

③ 감전방지대책

전기부품의 점검보수에 있어서는 감전이 위험이 따르므로 항상 만전의 감전방지대책을 강구해 놓아야 한다. 감전은 실제로는 경미(輕微)한 것이라도 그 자극으로 인해 발판을 잃거나 높은 곳에서 떨어져서 사상(死傷)등의 사고가 많으므로 저압이라도 충분히 주의해야 한다.

가) 감전의 예방

- (가) 누전(漏電)하지 않게 기내배선의 절연을 완전하게 한다. 반(盤)의 조작면에 안전틀을 설치한다. 기내배선이 낡아지면 크레인 본체에 누전하여 크레인 위의 인체에는 느끼지 않으나 지상작업원이 현수작업 등으로 인해 후크나 로우프에 닿아서 감전하는 경우도 있다.
- (나) 수전설비(受電設備), 전기기기 등에서 감전될 염려가 있는 장소에 대해서는 안전커버, 위험 표시나 조명을 충분히 행한다.
- (다) 정전 또는 운전이 끝났을 때 및 점검수리시는 반드시 전원스위치를 내린다. 특히 점검수리시에는 다른 사람이 함부로 스위치를 넣지 않게 주지시키고 그 뜻을 표시해 둔다.
- (라) 작업자의 복장은 되도록 맨살이 노출되지 않게 하고 건조한 옷을 착용하여 가능하면 고무신이나 고무장갑을 사용하는 것이 좋다.

나) 감전사고가 일어났을 때

- (가) 바로 전원스위치를 내린다. 가까이에 그 스위치가 없을 때에는 마른 천이나 장대와 같은 절연성이 것으로 접촉물을 피해자에게 떨군다.
- (나) 감전자를 떼 내려고 맨손으로 잡으면 자신도 감전되고 말므로 주의를 요한다. 또 전기가 들어와 있는가 미심적은 것에 서둘러 댈 때는 손등으로 대면 만일 감전했을 때 그것을 잡는 일은 없다.
- (다) 감전으로 인해 인사불성(人事不省)이 되어도 인공호흡을 철저히 해하여 구조되는 경우가 많으므로 인공호흡은 항상 연습해 두는 것이 좋다.

④ 전동기

전동기의 고장은 집전부 및 회전자가 대부분이며 그 원인은 절연불량, 취급불량에 의한 것이 많다. 그러나 주의 깊게 점검하여 보존하면 상당한 장기간에 걸쳐서 사용할 수 있는 것이다. 점검보수의 요령은 (표 4-33)에 표시한다.

(표 4-33) 전동기의 점검보수요령

상태 또는 부품	점검 간격	주 의 점	적 요
발열 (권선부에서 허용온도상승 55℃ 최고온도 95℃)	바로 조치 매일 한번은 점검	1. 사용빈도가 심하다. 2. 부하과대 3. 저항기의 부적정 4. 집압강하가 심하다.	전동기 정격을 고려 부하를 적정하게 한다. 적정한 것으로 바꾼다. 수전전압이 강하하지 않았는가 각 부의 전압조사
비이트	바로 조치 매일 한번은 점검	1. 일상단선 전동기회로 전원회로 고정자 권선(捲線) 2. 고정자와 회전자의 접촉불량 3. 브러쉬접촉 불량 4. 브레이크를 건 채로 운전 5. 부하과대	접촉불량, 단자의 이완(弛緩) 저항기의 절손 퓨우즈점검 권선교환 메탈마모시 교환 조정, 스프링열화시 교환 브레이크장치 및 회로점검 부하를 적정하게 한다.
기동하지 않는다.		1. 터미널의 이완 또는 벗겨짐 2. 컬렉터의 접촉불량 3. 단선 4. 정전 또는 전압강하대	원다 브러쉬접촉, 퓨우즈등도 동시에 점검 퓨우즈점검, 전원전압계측, 접촉상 황조사
진동이 난다.		1. 림볼트의 이완 2. 베어링의 마모 3. 부하기계부의 부적당	원다. 교환한다. 점검,조정
과부하 단전기 또는 퓨우즈가 끊긴다.		1. 부하과대 2. 고정자권선단로 3. 회전자권선단로 4. 기기의 어어드 5. 기기회로의 단락 또는 어어드	부하를 적정하게 한다. 권선교환 권선교환 절연저항 측정 절연저항 측정
브러쉬와 집전피	매월	1. 접촉상황 2. 스파이크 3. 접촉면의 거칠음 또는 오손	1. 접촉압력 약 1kg/cm ² 2. 접촉면이 거칠어졌을 때는 가는 줄 또는 샌드페이퍼로 다듬질하 여 매끈하게 한다.
베어링	매월	미끄럼베어링의 경우	1. 오일링이 돌고 있는가 유면계의 점검 2. 부위의 마모 상태를 점검
	6개월마다	구름베어링의 경우	급유 이상유, 발열에 관해서는 매일 점검
고정자와 회전자와의 공극	매년	고정자와 회전자와의 공극은 균일한가의 여부를 점검하여 미끄럼 베어 링의 마모에 의해 상하의 공극의 비가 1/2이 되었으면 베어링을 교환할 것 공극은 모우터에 따라 다른데 대략 다음과 같다. 2kW~15kW 0.4~0.45mm 20kW~75kW 0.7~0.75mm	

⑤ 전자접촉기

크레인의 전기부품 중에서 가장 설비수가 많은 것이며 특히 사용빈도가 높은 것, 대용량인 것은 접점의 탈착, 철심의 변형, 잔여자기에 의한 이탈불능, 조직의 헐거워짐 등 보수상의 문제가 많다.

(표 4-34) 전자접촉기의 점검보수의 요령

상태 또는 부품	점검간격	주 의 점	적 요
전자접촉기의 개폐 동작불량		1. 전압강하대 2. 보조접점 접촉불량 3. 접점의 마모 4. 코일의 단선 5. 코일직렬저항의 단선 6. 터미널의 이완 또는 벗겨짐 7. 가속단전기 불량 8. 인터록파손 9. 조작회로 고장	점검 조정 교환 교환 또는 권선교환 교환 점검 점검조정 교환 점검수리
전자접촉기가 작동하지 않는다		1. 접점의 융착 2. 리턴스프링의 열화 3. 핀돌레의 부적당 4. 잔류자기	손질 또는 교환 교환 손질, 급유 공극의 조정
비이트		1. 웨이딩선륜단선 2. 조작회로전압강화 3. 접촉자면의 거칠음	교환 또는 권선교환 점검 손질 또는 교환
스파아크가 심하다		1. 전동기의 과부하 2. 리턴스프링의 열화 3. 가속이 너무 빠르다. 4. 보조접점의 마모 5. 소호(消弧)선륜의 파손	부하를 적정하게 한다. 교환 가속단전기의 조정 교환 수리 또는 교환
전자접촉기 및 보조단전기	매 일	주접촉면의 거칠음	1. 접촉자면이 거칠 때는 가는 줄이나 샌드페이퍼로 매끈하게 다듬질한다. 2. 접촉자의 먼지는 매일 털어 내다.

⑥ 제어기

드럼형 직접제어기에서는 세그먼트, 핑거의 스파이크에 의한 거칠음이 문제가 된다. 특히 이것의 소모(消耗)가 심한 것에 대해서는 양질의 로울러핑거 등을 사용하면 내아이크, 내마모성을 높일 수가 있다. 일반적으로 20kW 이상의 전동기에 대해서는 반간접 또는 간접제어방식으로 하고 캠형주간제어기를 채용해서 조작의 안전, 확실성을 높이고 있다.

(표 4-35) 제어기의 점검보수

상태 또는 부품	점검간격	주 의 점	적 요
스파이크가 심하다		1. 전동기의 과부하 2. 핑거 및 세그먼트면의 거칠음 3. 내부접촉불량 4. 저항기의 부적합	부하를 적정하게 한다. 손질 또는 교환 조정, 스프링열화는 교환 적정한 것으로 교환
기동불원활		1. 내부접촉불량 2. 터미널의 이완 또는 벗겨짐 3. 단선	조정, 손질 또는 교환
핸들이 무겁다.		1. 베어링의 기름 끊김 2. 핑거의 조정불량 3. 이물의 혼입 4. 내부기구의 부적당	급유 조정 점검 점검
핑거 및 세그먼트	매 월	1. 핑거와 세그먼트의 접촉 2. 스파이크가 심하게 발생하고 있지 않는가 3. 핑거, 세그먼트의 마모	1. 접촉압력은 1.5kg정도가 적당 2. 면의 거칠음은 반드시 수정할 것

⑦ 저항기

저항기는 진동 및 온도의 고저로 인해 인출선접합부의 이완이 많다. 온도 상승에서는 350℃가 될 때가 있으므로 통풍을 잘하고 점검수리 시에 부근에 가연물(可燃物)을 그대로 방치해 두지 않는다.

(표 4-36) 저항기

상태 또는 부품	점검간격	주 의 점	적 요
온도상승이 심하다 (규격은 350℃)		1. 인텅운전의 빈도대 2. 사용빈도대 3. 통풍의 불량 4. 중간노치운전이 길다.	적정운전 적정운전 통풍을 좋게 한다. 적정운전
전동기 회전이 올바르지 않음. 기동이 원활치 않음. 제동기내의 스파아크가 심하다.		1. 터미널의 이완 또는 벗겨짐 2. 저항기그릿의 절손 3. 회로의 단선 또는 단락 4. 그릿의 썸너트의 이완	꼭 쥘다. 그릿의 교환
저항편	매 월	저항기는 열한작용을 반복하므로 저항편 썸볼트가 풀릴 때가 많다. 풀렸으면 바로 죄야 한다. 풀린채로 사용하면 저항편간에서 스파아크가 발생하여 역시 접촉불량이 된다.	

제어개폐기의 손질에서는 스트라이커 등의 운동부분의 소량의 급유, 접촉면의 청소가 중요하다. 정리수리 등 후에는 운동부분의 저항이 변하여 작용점의 변경이 있으므로 반드시 시험하여 재조정해야 한다.

⑧ 전자석(브레이크 용) 및 압상기

브레이크용 전자석은 흡인되었을 때 철심면이 밀착하지 않으면 과전류가 흘러서 소손(燒損)된다. 교류인 것은 철심이 서로 밀착되어 있지 않으면 비이트가 발생하여 전동에 의한 각부에 이완이 생긴다. 코일의 절연도료(塗料)가 열로 인해 녹으면 절연불량이 되어서 소손된다. 저전압으로 인해 과전류가 흐르거나 3상중 1상이 절단되어 단상으로 운전하면 열이 나서 소손된다.

압상기(드러스터)에 관해서는 기름의 적정, 적절한 교환 등에 충분히 주의하면 된다.

(표 4-37) 전자기 (브레이크용)

상태 또는 부품	점검간격	주 의 점	적 요
과 열	매일	<ol style="list-style-type: none"> 1. 철심이 완전히 흡착하지 않는다. 2. 전압강하 3. 권저의 부분 단락 	중심내기, 조정, 이물침입의 유무, 마모조사 정전압에 대하여 -15~+10% 권선교환
충격이 크다.		<ol style="list-style-type: none"> 1. 전압이 너무 오른다. 2. 편들레의 마모 3. 대쉬포트의 조정불량 	꼭 쥘다. 그릿의 교환
작용불량		<ol style="list-style-type: none"> 1. 진동부분의 마모 또는 갈림 2. 철심의 뜯김 3. 레버들레의 부적 4. 잔류자기 	
비이트	매 일	<ol style="list-style-type: none"> 1. 철심의 줍의 이완 2. 장착볼트의 이완 3. 전압강하가 심하다. 	
흡인스트로우크	매 주	브레이크라이닝의 마모에 의해 최대스트로우크를 초과하면 전자석은 소손된다.	

(표 4-38) 드리스터

상 태	점검간격	주 의 점	적 요
동작이 둔하다		1. 전압강하가 심하다. 2. 유량부족 3. 기름의 오손(汚損) 4. 기름의 부적 5. 내부의 녹부착	전압계측 기름의 추가 기름의 교환 적정한 기름으로 교환 전체 교환
기 름	매 월	드리스터의 기름(표7.9 기름, 그리이스 적용표 참조)은 1개월마다 유량을 점검하고 적어도 6개월 마다 또는 2000시간 작업마다 교환할 것. 실외용에서는 커버의 파손으로 인해 비에 닿아서 내부에 물이 들어가 녹이 발생하는 경우가 있으므로 주의해야 한다.	

⑨ 배 선

배선의 고장은 크레인전기계통의 고장 중 상당한 비율을 차지하는 것이며 접지, 단선으로 인해 조작불능이 되거나 나아가서는 소손(燒損), 화재에 이를 때마저 있다.

고장이 빈발하는 곳은 일반적으로 배관 또는 이음상자의 출입구이며 특히 수직부에서 집중 배선을 행하고 있는 부분에서 발생할 때가 많다.

고장의 원인으로서의 진동 등에 의한 절연물의 손상, 집중배선부에 있어서의 온도상승 및 더스트, 기름, 빗물 등의 침입에 의한 절연열화(絶緣劣化) 등이 대부분이며 기타 조업 중 또는 수리시에 있어서의 불꽃의 침입이 있다.

(5) 마모한도

크레인의 부품에서 운전 중 마찰하는 부분, 충격 등에 의해 변형하는 부분이 많이 있는데 이것들의 마모, 변형이 일정한도에 이르렀을 때는 교환해야 한다. 이 한도를 마모한도라고 한다.

마모한도는 다음의 정기검사까지의 여유를 본 수리한도와 재료역학적, 기구학적으로 본 사용한도로 나눠서 고려한다. 흔히 말하는 마모한도는 후자를 가리킨다.

① 수리한도

정기검사에서 분해, 손질할 때가 아니면 마모변형한 치수를 측정할 수 없는 부품이 많다. 그래서 이와 같은 부품은 정기검사 시에 마모정도를 측정하여 차기(次期)의 검사까지, 지탱할 수 있는가의 여부를 판정하여 지탱할 수 없을 정도로 마모했을 때는 교환하거나 또는 패딩 등의 가수(加修)를 해야 한다. 수리한도란 차기(次期)의 검사까지 보증(保証)할 여유를 두고

정해진 한도이며 정기검사(큰 수리가 따르는 것)일 때 이 한도에 도달하고 있는 것은 반드시 교환 또는 수리해야 하는 한도이다.

② 사용한도

이 한도는 재료역학적으로 기구학적으로 보아 이 한도를 초과해서 사용하면 파괴 등의 사고가 예상되며 이것을 초과하면 사용해서는 안된다고 하는 최후의 한도이다.

이 사용한도는 (표 4-38)에 표시한 바와 같이 수리한도보다 상당히 큰 한도로 되어 있다. 강체이나 콜렉터휠일 등은 수리할 수가 없고 교환도 현장만에서 행할 수 있는 것이므로 사용 한도만을 정하고 있다.

마모한도는 강도 및 기구학적 견지에서 정해지고 있는데 경제적 견지에서도 이 한도를 지키는 것은 의의가 있다. 파손, 파괴는 작업휴지(作業休止)나 큰 운전장애가 따르고 그로 인한 손해는 막대한 것이 있다. 한편 약간의 마모로 바로 교환하거나 수리한데서는 수리비가 너무 든다. 이 점 수리한도를 적절히 정하여 그 한도에 도달할 때까지 사용하는 것은 경제적이다. 마모한도의 표준적인 것으로서 (표 4-38)에 표시한다.

(표 4-39) 마 모 한 도 표

부 분		마 모 한 도		기 사	
		수 리 한 도	사 용 한 도		
차 륜	플랜지의 두께	원치수의 40%	50%	마모의 비율	
	플랜지의 변형	원치수의 40%	50%	플랜지외측의 편의(偏倚)를 측정	
	노면의 마모	원직경의 2%	3%	마모의 비율	
	좌우직경차	원치수의 1%	1.5%	중륜 및 종륜 모두 측고정인 차륜	
기 어	치의 두께	SF SC	피치원에 있어서 25%	40%	마모의 비율
	치의 두께	BrC GC	피치원에 있어서 24%	30%	마모의 비율
브 레 이 크	브레이크 휘일	원치수의 40%	50%	외측에서 측정	
	브레이크윤면요철	2mm			
	라이닝		원치수의 50%	마모의 비율	
후 크	후크의 마모	원치수의 15%	20%	현승구가 걸리는 곳	
	마우드의 벌림	마우드의 벌림이 내측 직경에 대하여 95%	마우드의 벌림이 내측직경과 상등 하게 될 때까지	변형	
바 켓	맞물렸을 때의 마우드의 틈새	20mm	30mm	석재의 경우	
강 안	강안				
핀 및 축	핀 및 축	원치수의 40%	6%		
	핀 및 축과 핀공 및 베어링쇠와의 유극	2% 75mm ϕ 이하는 1.5mm	3% 60mm ϕ 이하는 2mm		
홈 바 퀴	홈바퀴	강안경(鋼索徑)의 40%	50%		
체 인	체인의 마모				
나 사	나사 산(山)	피치의 20%	30%		
전 기 부 품	콜렉터휘일		10mm	직경으로 측정	
	카이본블랙		원치수의 50%	마모의비율	
	슬립링	20kW 미만 4mm	3mm	나머지 치수로 측정	
		20kW 이상 5mm	4mm	나머지 치수로 측정	
	접촉자	원치수의 40%	50%	마모의 비율	
	접촉편	원치수의 40%	50%	마모의 비율	
절연저항전회로	0.3M Ω	0.2M Ω			

이 도표(限度表)를 적용할 때는 제작치수를 기준으로 하는 부분도 많으므로 이와 같은 부품은 제작치수를 기록해 두어야 한다.

한도를 초과한 부품은 수리할 수 있는 것은 수리하고 기타는 교환한다. 이와 같은 처치(處置)에 있어서는 수리공장의 능력, 그 부품의 교환 또는 가수시간의 제약 등에 의해 결정된다.

(6) 기록

크레인보수에 있어서는 그 기기의 제작, 설치검사, 각 정기검사, 가동상황, 사고, 고장, 수리 등의 각 사항에 관해서 상세히 기록해 두어야 한다. 장래의 개조(改造), 수리, 동기종(同機種)의 설비, 개량 등의 계획은 이 기록을 바탕으로 해서 입안된다.

다음은 이와 같은 기록의 중요한 것에 관해서 기술한다.

① 도면의 정비

신제작시 기계의 도면은 설계적으로 양부를 판정하는 동시에 보수에 있어서도 반드시 필요한 것이므로 제작자와 계약시에 되도록 상세도까지 기계에 붙여서 들이도록 하는 것이 바람직하다. 기계의 수리에 있어서는 이것들의 상세도가 반드시 필요하다. 또 도면은 현장작업용과 관리사무소에 보존하는 것으로 2부 이상 있으면 편리하다. 또 큰 기업체의 본사 등에서는 상세도를 마이크로필름에 촬영해서 보관해 두고 필요할 때에 마이크로리더에 옮겨서 보는 것도 좋은 방법이다.

사용중의 기계에서 도면이 없을 때는 정기수리 또는 임시수리 또는 부품교환 시 등에 스케치해서 도면을 작성하여 도면집을 만들어 둔다. 이것에는 기계명, 번호, 제작연월 등을 기입한 표지를 붙인 뒤 책임있는 보관자에 보관시켜 그 관리를 엄중히 해야 한다.

개조했을 때에는 그 부분의 개조도를 보관도에 첨부하여 그 연월을 기입해 둔다. 이와 같은 도면정리는 보관자가 바뀌어도 개조 등의 경위를 명확히 알수 있게 해 놓는 것이 중요하다.

도면과 현물(現物)이 일치하는 것도 중요하다. 큰 메이커제인 것은 공정관리가 철저하면 설계, 제도의 착오를 정정해 나가므로 문제는 없으나 작은 메이커에서는 도면의 착오를 제작, 조립시에 현장에서 적절히 가수하여 원도면을 정정하지 않고 둘 때가 있다. 가령 핀구멍을 약간 편심(偏心)해서 뚫은 관계로 구멍을 굵게 하여 그것에 따라서 핀도 지름을 굵게 하는 것 등인데 나중에 수리시 도면에 맞춰서 핀을 제작해도 구멍에 맞지 않는다. 그래서 교환, 수리시에는 각 관계치수를 잘 살펴서 도면과 대조하여 그후에 주문명령을 내도록 해야 한다. 마모한 부품의 교환에 있어서는 상대도 마모하고 있는 것이므로 도면과 현물치수를 대조해 실수가 없도록 해야 한다.

② 기계이력부

크레인 1대에 대하여 1편의 기계이력부를 작성하여 기계의 제작, 설치, 개조, 이전 등 그 이력에 관한 사항을 기록해 둔다.

작업기록은 별도로 작성토록 하고 이력부에는 기계의 사용개시, 휴지(休止)의 연월일, 정기, 임시수리의 연월일 및 그 내용, 기계개조이설 및 고장의 연월일과 그 내용, 검사연월일, 기타 필요사항을 기입한다.

표지에는 기계의 명칭, 번호를 기입하고 뒷면에는 기계의 주요기능, 치수표 등을 기입해두면 편리하다.

(표 4-40) 이력부 용지 (표지 다음의 표)

기 계 이 력 부

페이지

종별번호		기 계 명			
유별부호					
소속명	설치장소	기계번호	설치년월일	용 도	기 능
		중	략		중 략
제 조 소					부 속 품
매 입 자					
구 입 년 월					
원 가 기계대					
설치비					

주) 이 도포의 뒷면은 양식2와 동일하게 한다. 용지의 크기는 272×192

③ 기계대장(機械대장)

많은 기계를 관리하고 있는 곳에서는 1대마다 카드식의 기계대장을 만들어서 정리해 둔다.

이것에는 기계의 명칭, 번호, 설치장소, 기계의 주요기능, 제작연월일, 가격, 설치비, 그후의 주된 改造사항 및 그것에 따르는 가격의 변동, 이설장소 등을 기입해 둔다. 기계 이력부는 현장에서 보관하지만 기계대장은 본사 및 지사 혹은 공장의 중앙사무소, 이에 준한 곳에 놓고 많은 기계의 집중관리에 사용된다.

또 이 대장에 의해 기종, 설치지구, 가격 기타 통계적으로 필요한 사항을 기록한 카드를 작성하여 통계사무의 기계화도 기할 수 있다(표 4-42, 4-43).

(표 4-42) 기계대장양식(表)

유별부호 _____ 종별번호 _____ 명 칭 _____
 제조소의 기계명칭 _____

기 능	부 속 품

제 조 소 _____ 구입년월일 _____

매 입 자 _____ 대 가 _____

주) 감(減)의 숫자는 주서(朱書)로 한다. 용지의 크기는 192×136mm

(표 4-43) 기계 대 장 양 식(裏)

	설치장소 (또는 이에 준하는 개소)	기계번호	원가 또는 정정가격	원가 또는 그 증감의 내역		결산 사도 (使途)	설치년월일	기 사
				기계값 또는 그 증감	설치비 또는 그 증감			
신 설								
이 동	제1회							
	제2회							
	제3회							
	제4회							
	제5회							
	제6회							
	제7회							
기 사								

④ 작업기록표

기계의 사용상황을 기록하기 위해 작업기록표를 현장에 두고 운전기사가 기입한다. 그 내용은 작업시간, 취급 톤수 및 주된 품명, 전기량, 사용요금계산, 소모품수량, 부품수리, 사고, 로우프교환, 검사종별(檢査種別) 및 월일, 기타 일체의 필요사항을 간단히 기록한다.

관리자는 매일 또는 날을 정해서 내용을 검열한다. 한편 이 기록을 장래의 수리, 개조계획, 취급(取扱)톤수의 사정(査定)등의 자료가 되므로 일정한 양식을 정하여 정확히 기입한다.

또 작업에 필요한 전달사항, 기억사항 등을 개인의 수첩 등에는 기입하지 않고 반드시 이 작업기록표에 기입한다.

이 기록표는 1개월 또는 1년마다 정리해 둔다. 이 기록은 하역기계에서는 10년간 정도는 보존할 필요가 있다.

9) 유지관리상 점검과 문제점 및 대책

(1) 펌프의 사고와 원인대책

① 과부하

원동기가 과부하가 되는 원인으로는 수력성능에 따르는 것과 기계적인 원인에 따르는 것이 있다. 수력성능에 따르는 것은 펌프의 종류, Ns에 따라 다르며 Ns가 낮은 펌프에서는 양정과 소에 따른 과대유량에 의하는 것이 있다. 이것에 반해서 Ns가 높은 축류펌프의 경우에 있어서는 반대로 양정과대에 따른 과소유량에 의한 것이 있다. 이 밖에 전원의 주파수변동에 따른 과대속도 등도 과부하가 생기는 원인이 될 수 있다. 이 밖에 전원의 주파수변동에 따른

과대속도 등도 과부하가 생기는 원인이 될 수 있다. 또 전압이 이상 강하하면 펌프가 정상으로 동작하여도 전류가 과대하게 되어 과부하 상태로 될 때도 있다. 기계적 원인에 따르는 것으로 웨어링부의 마찰에 의한 기계적 섭동에 따른 과부하등이 있다. 또 소형펌프에서는 직결 불량 등도 베어링, 패킹상자 등에 무리한 힘을 주어 과부하의 원인이 될 때가 있다. 이것들의 문제에 대해서는 시험성적표와 실제의 운전상황을 비교하면 원인을 알 때가 많다. 즉, 양정과 소 또는 과대는 흡입측의 진공계 또는 압력계(압입의 경우)와 토출의 압력계를 읽고 이것에서 전양정을 아래식에 의해 계산함으로써 성능곡선상에서의 운전점을 알 수가 있다.

$$H_t = H_o - H_s + HG + (vd)^2/2g - (vs)^2/2g$$

여기서, H_t : 전양정(m)

H_o : 토출압력계의 수를 수주(m)로 환산한 것.

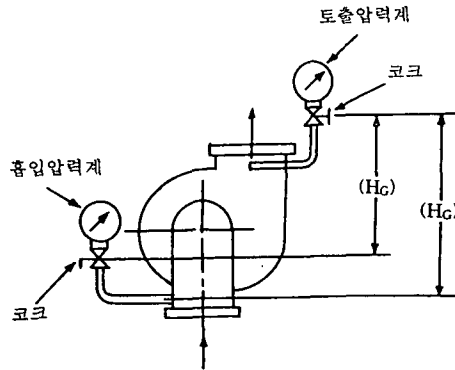
H_s : 흡입진공계의 수를 수주(m)로 환산한 것.

(흡입할 때는 -, 압입할 때는 +)

HG : 축점고차 (흡입상태), 압입상태일 때는 (HG)

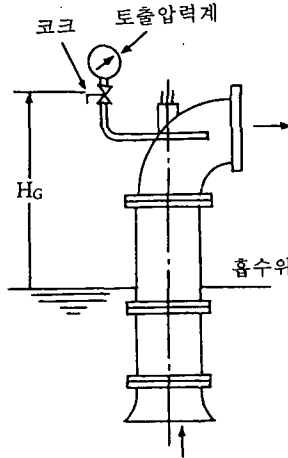
$(vd)^2/2g$: 토출압력 측정위치에서의 속도헤드(m)

$(vs)^2/2g$: 흡입압력 측정위치에서의 속도헤드(m)



〈그림 4-65〉 펌프의 축점고차

위치의 구경이 다르고 토출량을 알 수 없을 경우에는 토출량을 시험성적표에서 추정할 필요가 있으나 일반적으로 속도헤드차는 전양정에 비해 작으므로 큰 오차는 생기지 않는다. 압축펌프에서 흡입측의 압력측정을 할 수 없는 것은 아래에 따라 측정한다.



〈그림 4-66〉 압축펌프의 측정고차

$$H_t = H_o + H_G + (vd)^2/2g$$

단 측정고차로서는 <그림 4-66>과 같이 흡수조 위에서 측정한다. 또 $(vd)^2/2g$ 는 토출량을 측정해서 계산한다.

가) 원심펌프의 토출량과대에 따른 과부하 대책

이 때의 과부하 대책으로서는 다음과 같은 방법이 있다.

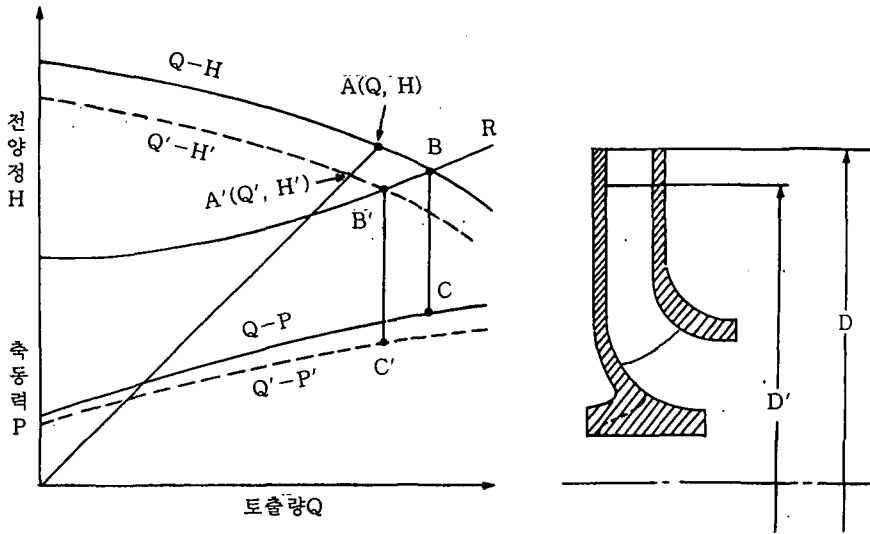
(가) 토출밸브를 닫아 운전점을 사양점에 맞춘다.

이 방법은 가장 간단한 것이지만 저항을 늘린 상태에서 운전하기 때문에 동력차원에서는 비경제적이다.

(나) 임펠러의 외경가공

이것은 임펠러의 외경부를 잘라내서 축소함으로써 토출량, 축동력을 줄이는 것이다. <그림 4-67>과 같이 임펠러의 외경이 D 인 펌프의 특성곡선이 $Q-H$, $Q-P$ 로 나타낼 경우 임펠러의 외주부를 잘라내서 D' 로 했다고 하면 특성곡선은 $Q'-H'$, $Q'-P'$ 가 된다. 이때 특성곡선이 대응하는 점의 토출량 Q , Q' 와 전양정 H , H' 와의 사이에는 가공량이 그다지 크지 않는 범위에서 아래의 관계가 성립된다.

$$Q'/Q = H'/H = (D'/D)^2 = OA'/OA$$



〈그림 4-67〉 임펠러의 외경가공

가공량이 작은 범위에서는 대응점의 펌프 효율은 거의 변화가 없다고 보아도 되며, 이것에서 가공후의 축동력곡선 $Q'-P'$ 를 구할 수가 있다. 관로 저항곡선 R 이 그림과 같다고 하면 이것과 $Q-H$, $Q'-H'$ 곡선과의 교점 B , B' 에 의해 가공 전후의 운전점이 정해지고 각각에 대응하는 축동력은 C , C' 로 되어 가공후의 축동력이 감소하게 된다.

나) 축류펌프의 양정과대에 따른 과부하대책

이것은 전양전의 과소평가에 따르거나 원인에 의해 실양정 또는 관로저항이 이상하게 커져 있다고 생각되는 것이다. 앞의 경우는 관지름을 크게 하는 등 저항이 작은 밸브로 바꾸는 방법으로 관로저항을 줄이는 것을 생각할 수 있으나 일반적으로 쉬운 일이 아니다. 단순히 축동력을 감소시키는 것도 가능하나 토출량이 감소된다는 문제점이 있다. 뒤의 경우에는 그 원인의 조사가 필요하다. 사이폰을 형성할만한 곳에서 사이폰을 형성하고 있지 않은가, 토출관 내에 불순물이 퇴적되어 있지 않은가 등의 점을 조사해서 이상장소를 발견하여 수리하여야 한다. 또한 하수용펌프 등에서는 임펠러의 끝틈새 혹은 안내깃의 앞언저리에 이상물체가 막혀 과부하가 생길 때도 있으므로 이점도 조사할 필요가 있다.

다) 기타의 원인에 따른 과부하대책

전원의 주파수 증가에 따른 과부하는 거의 없다고 해도 된다. 전압저하에 따른 것은 전원의 용량을 늘려야 한다. 회전부의 기계적 마찰은 제작불량에 의한 것은 제조자에 요구해서 수정하여야 하며 직결불량에 따른 것은 그 수정을 하는 원인에 따른 대책을 강구하여야 한다.

② 양수불능

펌프가 양수를 못하게 되는 원인은 여러 가지로 생각된다.

가) 실양정과대

펌프의 적용 잘못으로 차단양정 이상의 과대 실양정인 곳에 사용하면 체크밸브에 의해 역류를 막았다고 해도 차단운전상태로 되고 송수불능이 된다. 이 경우에 대책은 다음의 것이 있다.

(가) 임펠러를 외경이 큰 것으로 바꾼다. 이것은 모든 경우에 가능한 것이 아니고 케이싱의 크기와 관계, 원동기의 과부하 유무, 축계의 강도 등 관련하는 문제가 여러 가지이므로 제조자와 상담하여야 한다.

(나) 다른 펌프를 추가해서 직렬운전한다. 토출량과 소요량이 대략 같고 전양정이 부족분의 양정과 같은 펌프를 사용해서 직렬운전함으로써 대책이 가능하다. 그러나 2단재의 펌프에는 1단재의 펌프 토출압이 걸리므로 케이싱의 내압을 검토하여야 한다.

(다) 시방에 적합한 다른 펌프로 바꾼다.

나) 특성이 다른 펌프의 병렬 운전

한 대의 펌프가 무송수상태로 되는 것은 대용량펌프의 토출량 이하로 수요량을 줄일 경우이므로 이와 같은 경우에는 소용량의 펌프는 정지해도 좋으며, 조작방법에 따라 해결되는 것이다. 그러나 소용량의 펌프가 수요량의 관계로 상시 차단에 가까운 점으로 운전하지 않으면 안될 상태로 될 경우는 고열의 염려가 있으므로 병렬운전을 하는 펌프의 차단양정을 최대한 가깝게 하는 것이 바람직하다.

다) 체절점 가까운 소토출량으로의 운전

펌프를 체절점 가까운 소토출량으로 운전하면 과열문제외의 케이싱내에 공기가 차차 고이게 되어 나중에는 무수운전으로 되어서 양수를 못하게 될 때가 있다. 이와 같은 경우의 대책으로서는 일부의 물을 방류해서 펌프내를 흐르는 물량을 어느 정도 늘려줄 필요가 있다.

라) 역회전

전원의 결선불량 등에 의해 회전 방향을 반대로 하면 규정의 양정을 발휘하지 못하므로 양수를 못하게 될 때가 있다. 특히 수중모터펌프와 같이 회전부분이 바깥에서 보이지 않는 것에서는 주의하여야 하며, 시운전시에 체절압력을 시험성적의 것과 비교 확인하여야 하며 압력이 낮을 경우에는 결선을 바꾸어 운전해서 확인하지 않으면 안된다.

마) 흡입관의 부적합

흡입측에서 공기가 침입해서 흡입관내의 수주가 끊기거나 흡입관내의 공기고임으로 수주가 끊기는 등은 흡입상태로 사용하는 펌프에서는 특히 주의하여야 한다.

바) 캐비테이션

유효 흡입수두 부족에 의해 캐비테이션이 생겨서 양수를 못하게 될 때도 있다. 2장의 제2절을 참고하여 계획함과 아울러 흡입관에 설치한 스트레이터에 불순물이 막혀서 이 저항에 의해 유효 흡입수두 부족이 될 때도 있으므로 이 점의 검토도 필요하게 된다.

③ 토출량 감소

이 원인으로 상기의 양수불능과 대략 같다고 생각되나, 이 이외의 아래의 것도 있다.

가) 웨어링, 임펠러의 마모

이것 때문에 새는 양도 늘고 임펠러의 기능 저하에 따라 토출량이 감소되는 것이다. 이 대책으로서는 개개의 교환이 필요하게 되나 짧은 시간에 이와 같은 상태로 되는 경우에는 액질에 따른 재질의 부적당한 선정도 생각되므로 이 면의 검토도 하여야 한다.

나) 흡입·토출관의 저항증가

관의 경년변화에 따른 마모저항의 증가, 관내에서의 불순물의 퇴적에 따른 저항증가로 토출량이 감소한다. 불순물의 퇴적에 대해서는 이것을 제거하면 되나 경년변화에 대해서 사전에 여유를 두어 양정을 계획하는 것이 바람직하다.

④ 기동시의 만수불능

흡입상태로 사용하는 펌프에서 기동을 위해 진공펌프에 의해 물을 채우려고 해도 채워지지 않을 때가 있다. 이것은 공기가 외부에서 숨어들기 때문이며, 흡입관의 접속 장소, 차단밸브의 밸브자리 등을 조사해서 새는 것을 막아야 한다.

⑤ 소음, 진동

소음, 진동의 원인으로서는 수력적인 것, 기계적인 것이 있으며 대표적인 것을 아래에 제시한다.

가) 수압맥동에 따른 진동

펌프의 회전차 출구에서의 압력은 완전하게 같지는 않고 것의 표리에 따라 다르다. 이 압력의 고저가 주기적으로 안내깃입구 혹은 케이싱의 단불이부를 통과할 때마다 토출측

에 이 압력변동이 전달되어 펌프몸체 혹은 송수관의 진동이 되어서 나타나게 된다. 이 진동수는 다음식으로 간단하게 구할 수가 있다.

$$f_1 = ZN/60$$

여기서, f_1 : 수압맥동에 따른 진동수(Hz)

Z : 임펠러의 깃수

N : 펌프의 회전수(rpm)

이 진동수가 송수관이나 펌프케이싱의 고유진동수와 같게 되면 큰 진동을 발생하게 된다. 수압맥동에 따른 진동은 대체로 고압의 대형펌프에서 문제되기 쉽다. 펌프에서 나오는 수압맥동의 진폭은 그 구성부를 개조함으로써 작게 할 수가 있으나 송수관이 공진하고 있을 경우에는 그 지지장소, 지지방법, 관의 보강 등을 바꾸어서 공진을 피하여야 한다.

나) 와류에 따른 진동, 소음

유류속에 물체가 있을 때 그 뒤 흐름에 소용돌이가 생긴다. 이 소용돌이는 물체의 양측에서 교대로 주기적으로 발생한다. 이것을 칼만와류라 하며, 흐름에 직각인 방향에 교대로 힘이 미친다. 칼만와류에 따라 발생하는 진동의 진동수는 다음 식으로 나타낸다.

$$f = k \times V / d$$

여기서, f : 칼만와류에 따른 진동수(Hz)

k : 형상에 따른 계수

- 원통의 경우 $k=0.202$

- 임의 형상의 경우 $k=0.15\sim 0.2$

d : 흐름에 면한 폭(m)

(원통의 경우에 직경)

V : 속도(m/s)

유류속에 펌프의 흡입관이 있을 때에 칼만와류에 따른 진동수가 관의 고유진동수와 공진하면 큰 진동을 발생한다. 또 유로가 급확대 되어 있는 곳 또는 깃이나 안내깃부에서 흐름이 벽면에서 이탈할 경우 이 부분에 소용돌이가 생겨 진동을 일으킬 때도 있다. 이 경우의 진동에 대해서는 공진을 피하도록 관의 지지법을 바꾸던가 관지름, 흐름속도를 바꾸는 등 조치를 하고 또 유로의 급확대를 피하는 것도 중요하다. 또 흡수조에 소용돌이가 생기면 단속적인 소음이 발생할 때가 있다. 이것에 대해서는 흡수조 모양을 바꾸거나 적당한 위치에 와류방지판을 만들어서 소용돌이의 발생을 막도록 한다.

다) 회전부의 불균형에 따른 진동

회전부의 불균형에 따른 회전수와 일치한다. 이 진동은 다음과 같은 경우에 발생한다.

(가) 오랜 사용에 의해 회전부에 마모나 부식이 생겨 불균형이 생겼을 경우의 대책으로서는 불균형을 바로 잡아야 한다.

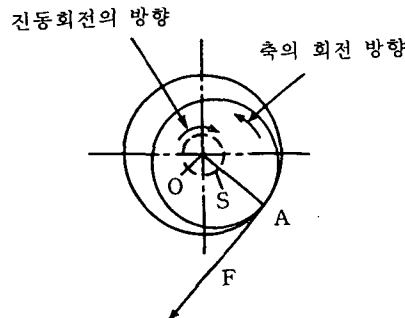
(나) 원동기와 직결볼량의 경우의 대책으로서는 직결정도를 수정하여야 한다.

라) 펌프구성요소의 공진

펌프축의 고유진동수와 회전수 혹은 진동수와의 공진에 따른 진동이 생길 때가 있다. 이와 같은 경우는 대책은 공진을 피하는 것이 중요하다. 축계에 대해서는 비교적 쉽게 고유진동수를 계산할 수 있으므로 사전에 이것을 피할 수가 있으나 그 밖의 부분에 대해서는 일반적으로 간단히 계산되기가 힘들며 문제가 생길 때가 있다. 이와 같은 경우에는 공진부분의 강성을 늘려서 공진을 피하거나 방진고무 등을 써서 강성을 낮춤으로서 공진을 피할 수가 있다. 여하간에 이 문제는 복잡한 요소를 포함하고 있을 때가 많으므로 제조자와 상담하는 것이 바람직하다.

마) 고체마찰에 따른 축의 흔들림

회전축이 어떠한 원인에 의해 휘어져, 틈이 큰 내부나 접촉한다고 하며(그림 4-68 참조) 이 접점 A에서의 마찰력 F는 축의 회전을 멈추려는 방향에 작용하고 이것으로 축은 베어링 중심주위로 흔들리게 된다. 이 흔들림의 각속도의 위험속도는 대략 같다. 펌프의 내부에는 웨어링이나 부시 등의 습동부가 있고 여기서 고체마찰이 생겨 진동이 생길 때가 있다.

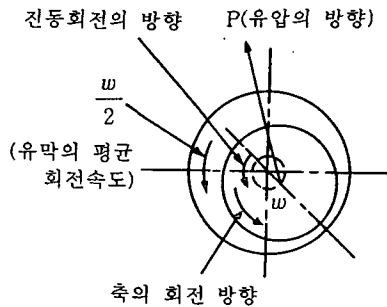


〈그림 4-68〉 고체마찰에 따른 진동회전

바) 유막에 따른 흔들림

기름으로 윤활되는 평베어링에서, 유막은 그 점성 때문에 축에 밀착한 층은 축과

일체로 회전하고 베어링축에 밀착한 층은 고정하고 평균으로 축의 1/2의 회전수로 돌고 있다고 생각된다. 만일 이 유막의 회전수가 축의 위험속도 이상이 되고 유압방향이 베어링 중심에 대해 축의 회전방향을 향하고 있을 때에는 유압이 축에 대해서 여진적으로 작용하고 축의 진동을 유발할 때가 있다(그림 4-69). 위의 생각에서 이 진동은 항상 축의 회전속도가 위험속도의 두배 이상이 되었을 때 생긴다. 펌프에서의 이 진동은 없애는 방법은 베어링의 기름홀 혹은 유통홀을 바꾸거나 베어링의 폭을 좁게 해서 베어링 하중을 크게 하는 등이 효과적이거나 근본적으로는 축의 회전수를 위험 속도의 두배 이상으로 하지 않는 것이다.



<그림 4-69> 유막에 따른 진동회전

사) 그 밖의 원인에 따른 진동

상기 이외에도 축계의 내부마찰에 따른 진동, 원동기(주로 디젤기관)에서 오는 것 등 여러 가지가 생각되나 여기서는 생략한다.

아) 진폭의 허용치

여러 기진력에 따른 펌프의 진동은 펌프가 구조적으로 약한 부분에 나타난다. 이 진폭은 보통 횡축펌프에서는 바깥베어링, 압축펌프에서는 전동기의 꼭지부에서 가장 크다. 횡축펌프의 바깥베어링에서 추정되는 개략허용 진폭치를 (표 4-44)에 표시한다.

(표 4-44) 횡축펌프의 개략허용 진폭치

펌프회전수(rpm)	허용진폭(μ)	펌프회전수(rpm)	허용진폭(μ)
300까지	71이하	1500~ 2000	40이하
300~600	65이하	2000~ 3000	29이하
600~1000	58이하	3000~ 4000	25이하
1000~1500	49이하	4000이상	25이하

⑥ 베어링, 스테어링 박스의 과열

펌프에 생길 수 있는 기계적 문제로서 베어링, 패킹상자 등의 과열문제가 있다.

가) 베어링의 과열

펌프를 운전할 때 미끄럼 베어링의 경우는 그 습동면, 구름 베어링의 경우에는 이것에 따른 유지의 교반 때문에 반드시 열을 수반하므로 몇도 이상 온도가 상승했을 때에 과열이라고 하는가는 사용하는 기름의 종류, 베어링의 구조, 재질 등에 따라 다르다. 그러나 펌프에 사용하는 일반베어링에서의 허용온도 상승값은 대략 정해진 값이라 보아도 되며 원심 펌프 및 축류펌프 시험방법에서 윤활유 속 또는 메탈의 축에서 온도가 주위의 공기온도보다 40℃ 이상 높아지면 안 되게 되어있다. 베어링의 과열 원인으로서의 아래의 것을 말할 수가 있다.

(가) 조립시 설치불량

축 중심이 일치하지 않은 상태에서 펌프를 운전하면 계획값 이상의 부하가 베어링에 걸리게 되어 발열량이 늘게 된다. 이것을 막는 법은 물론 직결을 정확히 하고 축심을 일치상태로 사용할 것이지만 고온의 액체를 취급하는 펌프나 원동기로서 증기터어번을 쓸 경우와 같이 열팽창 때문에 직결상태가 운전시에 변화할 때가 있을 경우에는 운전상태의 온도로 축심이 일치하도록 직결을 수정함과 동시에 기어카플링과 같은 가소성이 큰 축이음을 사용하는 것이 바람직하다.(취급설명서에 지정이 되어 있는 대로 조정하는 것이 가장 바람직함)

(나) 윤활유 또는 그리스량 부적당

베어링하우징내의 윤활부족 때문에 습동면의 기름공급부족이 되고 유막이 끊기므로 해서 발열할 때가 있다. 유면계의 레벨지시에 따라 적절한 기름량을 확보하여야 한다. 또 구름 베어링에서 그리스 윤활의 것은 베어링 상자내에 넣은 그리스량이 많으면 그리스의 교반 때문에 발열할 때가 있다. 구름베어링이 들어있는 챔버용량의 1/3~1/2이 적정량이므로 너무 많은 경우에는 줄어야 한다.

(다) 윤활유 질의 부적당

축의 속도에 대해 기름의 점도가 부적당하면 유막이 끊기거나 교반손실이 늘기 때문에 발열할 때가 있으므로 사용조건에 따른 윤활유를 사용하여야 한다.

(라) 베어링의 장치 불량

구름베어링을 사용할 때에는 축 또는 베어링상자와의 맞춤이 너무 세면 궤도면

에 변형이 생겨 놀기 여유가 작아져 발열이 생길 때가 있다. 따라서 기울기를 적절히 유지하여야 한다. 또 복합형의 구름베어링을 사용할 때에는 내, 외륜의 축방향 조이기 여분을 적당히 유지하지 않으면 발열이 생길 때가 있다.

(마) 이외의 원인

상기 이외에도 추력평형장치의 고장에 따른 이상추력의 발생, 베어링내의 불순물 침입, 베어링부의 발열, 수냉베어링의 냉각수 단절 등 여러 원인이 있다.

나) 스테핑 박스의 과열

(가) 축심불일치

베어링과 같이 발열의 원인이 된다.

(나) 봉수의 공급부족

공기의 침입을 막기 위해 패킹부에 공급하는 봉수는 동시에 냉각작용도 겸하며, 부족하면 펌프내에 공기침입이 생김과 동시에 패킹상자가 발열한다. 따라서 그랜드부에서 항상 물이 조금씩 외부로 나오도록 그랜드의 조임가감 및 공급물량을 조절하여야 한다.

⑦ 고장과 그 원인의 일람표

펌프의 고장과 그 원인은 상기 이외에도 여러 가지이며 모든 것에 대해서 설명하기란 어려우나 원심펌프에 대한 대표적인 고장과 그 원인의 일람표를 (표 4-44)에 표시한다.

(표 4-45) 원심펌프의 고장과 그 원인일람표

고장 또는 현상 원 인	시동시 부하과다	부하 과소	양수량 감소	양수 불능	축수 발열	그랜드 패킹발열	카플링 차모 또는 카플링 볼트	진동이 많다	만수 불능	과부 화	압력계 수치	진공계 수치	비 고
양정과다		○	○	○				○			고		
양정과소								○		○	저	고	
회전차 역행 또는 역 회전		○	○	○							저	저	
회전수 과소		○	○	○							저	저	사이클저하, 기타
회전수 과다										○		약간 저	
전압강하 또는 전기품고장										○			
슬루스밸브 일부 열기	○	○	○								고	약간 저	
패킹누르개 한쪽조임 또는 패킹누르개 과도조임	○					○							
조립설치불량, 축심 불일치	○			○	○	○	○						
회전부 마모 또는 소부(燒附)	○				○								손으로 돌리기가 곤다. 정지시 급격히 정지 된다.
윤활유부족 및 베어링 장치 상태 나쁨					○								
시일링폐쇄 또는 그랜드봉수 불량			○	○		○					저		패킹박스에서 물이 나오지 않음
흡입측에서 공기 침입		○	○	○		○		○	○		불안 정	불안 정	수면에 거품이 나타 남
흡입측에 에어포켓 발생			○	○									양수단속
흡입측에 불순물이 있을 때		○	○	○	○			○			저	고	임펠러 입구, 파이 프속
배출측에 불순물이 있을 때		○	○	○									파이프속
라이너링 또는 임펠러 마모			○								저		

(2) 펌프의 점검

① 점검주기와 점검 항목

주 기	항 목
매 일	흡입압력 배출압력 전류 유량 액체온도 베어링온도 실내온도
	측정기록하고 보존 운전음……(청진봉으로 진단)
매 주	축봉부의 누설확인 그랜드식 - 적당량으로 조정 미캐니컬 시일식 - 누설확인
매 월	펌프+구동기의 직결체크 진동측정 기록(보존)
3개월	베어링 윤활유의 교환
6개월	펌프+구동기의 직결체크(필요에 따라 수정) 커플링고무의 마모체크(불량품 교환) 흡입측 스트레이너가 있는 경우는, 스트레이너 앞의 압력을 참고로 하여 점검 정비
1년	전체 분해 점검정비, 틈새조사, 불량품의 교환, 예비품의 보충, 각 밸브, 배관계의 점검 정비, 스케일청소

② 펌프의 휴지

3개월 이상 휴지한 펌프를 운전할 경우에는 다음과 같은 순서에 따른다.

가) 손으로 돌려보아서 이상의 유무를 확인

나) 베어링용 윤활유를 교환

다) 펌프 주위의 소비관의 밸브의 개폐를 확인하고, 구동기의 개폐기를 인정하여 펌프가 원활하게 돌아가는가를 확인한 후에 본격 운전에 들어간다.

또, 예비펌프를 갖추고 있는 경우에는 모든 펌프가 정상 운전하도록 교대로 규칙적인 운전을 하는 것이 바람직하다.

③ 마모에 대한 허용치

가) 베어링이 마모되면 펌프진동의 원인이 됩니다. 축과 베어링의 간극이 다음 표로 되면 교체합니다 치수 폭이 큰 것은 펌프 기종에 따라 서로 다르기 때문입니다.

(표 4-46) 메탈베어링의 교환

축경	간극(직경)
50~80	0.3~0.45
80~120	0.45~0.55
120~180	0.55~0.7
180~260	0.7~1.8

(표 4-47) 고무베어링의 교환

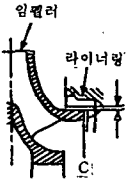

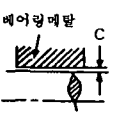
축경	간극(직경)
60~80	0.3~0.90
100~120	0.50~1.20
150~180	0.60~1.50
200s~	0.70~1.80

나) 웨어링이 마모되면 펌프 효율이 저하되므로 임페러와 웨어링의 간극이 다음 표로 되면 교체합니다

축경	간극(직경)	축경	간극(직경)	축경	간극(직경)
-50	0.6~1.4	-160	1.2~2.0	-500	2.1~3.5
-63	0.9~1.5	-200	1.3~2.2	-630	2.4~4.0
-80	1.0~1.6	-250	1.5~2.5	-800	2.7~4.5
-100	1.0~1.7	-315	1.7~2.8		
-125	1.1~1.8	-400	1.9~3.1		

다) 축스리브가 마모되면 그랜드 패킹이 노화하여 누설량이 많게 됩니다. 축스리브의 마모는 직경으로 3~4mm이상 되면 교환합니다.

(표 4-48) 원심펌프의 습동부 마모사용 한계

품 목	교환의 시기	비 고
임펠러와 라이너링	C의 값이 당초의 값의 3배 이상이 될 때	 <p>바꿈으로서 실현되는 동력절감이나 물량증가에 따른 이익이 분해 교체 의 경비보다는 충분히 커야 하며 좌기 이상의 틈새가 되어도 실용상 지장이 없을 때는 사용해도 된다.</p>
슬리브	슬리브면의 모양 $B \times (0.025 \sim 0.03)$	 <p>패킹이 닿는 장소에 패어진 마모부분이 있고 한쪽에서 패임이 좌기치수 이상일 때는 교환한다.</p>
구름베어링	운전시간 40,000시간 (연속운전의 경우로 약 4년 6개월)	이상음, 진동, 이상발열이 있을 때는 좌기에 관계없이 조사하고 이상이 인정되었을 때는 교환한다.
주축과 베어링 메탈	C의 값이 당초값의 1.5배 이상이 되었을 때	 <p>특히 진동이 없고 실용상 문제없으면 좌기 이상의 마모가 있어도 사용해도 된다.</p>

④ 고장의 원인과 대책

고장	원 인	대 책
만 수 되 지	패킹 그랜드로부터 공기가 흡입하고 있다.	그랜드의 봉수량을 늘린다. 그랜드를 조인다.
		패킹교환
	배출밸브로부터 공기가 흡입되고 있다.	배출밸브를 잠가본다 시이트면을 점검한다. 전폐 리미트 조정을 다시 한다.
얕 는 다	배출단이 잠기지 않는다.	배출단이 잠겼는가 확인한다.
	진공펌프의 부적합	보급수의 순환량이 과다한 경우에는 순환량을 줄여본다.
		펌프의 점검·수리
흡기용 전자밸브의 부적합.		바이패스를 사용한다. 수동핸들을 붙여 수동으로 연다.
		밸브의 점검·수리

고장	원 인	대 책
기 동 불 능	기동조건이 성립하지 않는다.	각 조건을 확인한다. 기구의 고장에 의한 것이며 단락시켜 기동한다. 단독으로 기동 가능한가 확인
	보호회로가 작동하고 있다.	기구, 회로의 점검, 수리 고장 복귀(리세트)했는가 확인 회로 점검
배 출 불 능 또 는 소 유 량	만수 불안전	다시 프라이밍 한다. 그랜드로부터 흡기되는가 조사한다. 흡기 계통의 공기 누설을 점검 수리
	임펠러에 이물이 막혀있다.	일단 정지하여 재기동하여 본다. 분해, 청소
	수위 저하에 의한 침수 깊이가 부족(또는 토사퇴적에 의한 유로면적 감소)	토출밸브를 서서히 잠가 본다. 흡수위 상승시까지 잠깐 상태유지 지반 침하가 없는가 조사, 토사의 청소
	압입 양정이 너무 낮다.(또는 캐비테이션 발생)	급수 탱크의 액면을 조사하고 흡입관의 전 밸브가 충분히 열려있는가 확인한다. 필요하면 밸브의 핸들을 완전히 열어 고정한다. 흡입 계통의 점검, 청소
	흡입 높이가 너무 높다.(또는 캐비테이션 발생)	액면의 높이를 잘 조사하고, 푸트밸브가 충분히 열려있는가 확인한다. 흡입계통의 점검, 청소 필요한 경우에는 배관경을 크게 한다. 스트레이너의 구멍면적은 판단면적의 3~4배
	회전방향이 반대	전동기가 단자접속을 바꾼다. 펌프가 역회전한 경우에 임펠러 각 부위의 헐거움을 조사하여 헐거움이 있으면 조인다.
	펌프부품의 심한 마모	펌프의 분해수리
	원 동 기 과 부 하	회전속도가 너무 높다.
	펌프의 정격상태 멀리 떨어져 운전	배출량을 원동기의 허용 상태까지 줄인다.
	흙, 이물 혼입	일단정지 하여 재기동하여 분리 분해, 청소
	액체의 비중, 점도가 크다.	배출량을 원동기의 허용 상태까지 줄인다.
	그랜드 패킹을 과도하게 조임.	적당한 조임을 한다. 임펠러 단수의 감소, 외경가공, 또는 원동기의 출력증가

고장	원 인	대 책
베 어 링	축 중심이 틀림	중심의 수정
	그리이스를 너무 많이 채워넣음, 유량부족	적량으로 한다.
	윤활유의 열화	새기름으로 교환
	베어링 하중이 과대(배관에 의한 부가 하중)안내날개와 임펠러의 축방향의 조립치수가 틀림	그랜드 결합부의 중심의 점검, 분해하고 재조정. 필요한 경우에는 배관 지지의 변경
	베어링의 손상	점검, 수리 또는 교환
그 랜 드 파 열	그랜드 패킹을 과도하게 조임	일단 그랜드를 풀었다가 조이면서 누수량을 늘린다. 경우에 따라 패킹 교환
	그랜드 봉수압 과대	봉수 콕을 약간 잠근다. 봉수압을 낮춘다.
	그랜드 봉수 및 냉각수량 부족	수압을 약간 올린다. 필요한 경우에는 냉각실 청소
진 동 소 음	임펠러의 일부가 막혀 있다.	일단 정지하여 재기동하여 본다. 분해청소
	임펠러의 파손	분해, 교환
	토출량 파손	규정, 수량 부근에서 사용
	펌프와 원동기의 축 중심이 틀림	중심 고쳐 맞춤
	공기의 흡입, 캐비테이션	흡입기동의 점검, 청소
	위험속도 부근에서 운전	회전수 가변의 경우에 일어난다. 고속축이나 저속축을 변경한다.
	베어링 손상	점검, 수리 교환
축이음 고무 손상	예비품과 교환	

4.2 전기분야

4.2.1 변압기

변압기를 정상상태에서 운전하고 있다 할지라도 (표 4-49)과 같은 주기적인 점검이 필요하다.

(표 4-49) 변압기 점검 주기표

	점 검 항 목	점 검 주 기
1	계기점검	a. 운전개시전 b. 운전후 매 1개월 c. 운전후 매 1년
2	볼트조임부분	운전개시전
3	누유	매년
4	송풍기	매년
5	도장상태	매년
6	보조회로	매년
7	절연유 내압검사	매년
8	붓싱외관 검사	매년

1) 계기점검

계기를 읽어 기록을 유지할 때는 주위온도와 사용량을 함께 기록한다.

2) 볼트 조임 부분

볼트조임부분 변압기의 운전이 중지되었을 때마다 외부부품 및 결선부위의 볼트 조임부분을 검사하십시오. 볼트의 접촉저항이 증가하면 과한 열이 발생하여 도체가 녹아 사고의 원인이 된다.

3) 누유

용접부위나 가스켓이 들어있는 부분을 수시로 검사하여 5.9.2항에 의해 수리한다.

4) 송풍기(해당변압기에 한함)

송풍기(Fan)는 수동으로 조작, 운전하여 검사한다. 송풍기는 최초 전원인가 후 5초 이내에 정격 속도에 도달하여야 하며 진동이 발생하지 않아야 한다.

5) 보조회로(해당변압기에 한함)

보조회로의 절연저항을 측정하여 550V 메가로 10M Ω 이상을 유지하는가를 확인한다. 또한 옥외형인 경우 습기의 침투 유무를 검사하고 변압기가 운전이 중지된 경우에는 항상 히터를 제어함 내부에 장치한다. 히터가 없는 경우에는 100W 정도의 백열전구를 제어함 내부에 설치하여 항상 점등시킨다.

6) 도장(Painting)

외함의 도장이 벗겨져 철판이 노출되면 5.9.1항에 의해 즉시 보수한다.

7) 절연유 내압시험

주기적으로 시료를 채유하여 3.3.3항에 따라 검사한다.

8) 붓싱

붓싱은 먼지가 쌓이면 코로나(Corona)가 발생하여 절연파괴가 생기므로 정전 시는 물론 주기적으로 붓싱의 애관 부분을 깨끗이 닦아야 하며 붓싱에 열이 가해졌을 경우에는 충격에 약하므로 각별히 주의한다.

9) 보수

변압기의 운전이 중지된 경우에는 필히 점검 및 보수한다.

(1) 도장

변압기의 외함 도장이 벗겨진 채로 두어서는 안되며, 도장이 벗겨진 부분을 쇠솔을 이용 하여 녹을 제거하고 솔벤트나 신나를 이용하여 먼지와 때를 닦아낸 다음 도장이 벗겨진 부분에 붓으로 본래의 색상과 같은 것으로 충분히 칠한다. 충분히 칠해지지 않는 경우는 2-3회 재도장한다.

(2) 가스켓(Gasket)

탱크 결합 부의 가스켓을 교환하여야 할 경우에는 먼저 사용되었던 것과 동질의 가스켓을 사용하며, 가스켓을 취부하기 전에 반드시 먼지, 기름, 구리스, 페인트 기타 불필요한 물질이 묻어 있는가를 검사하여 제거시킨 후 쇠솔, 알콜, 신나등으로 깨끗이 닦아낸 다음 접착제를 발라 취부 시킨 후 볼트로 피접할 물질을 조인다. 이때 각 볼트를 균일한 힘을 가하여 조여 주어야 하며 각 볼트는 6개월후 다시 한번 조여 주어야한다.

(3) 누유

누유가 발견되면 누유의 파급을 막기 위해 즉시 수리하는 것이 좋으며 변압기에 용접을 요할 경우에는 농업기반공사에 문의하면 적당한 용접방법을 제시받을 수 있다.

4.2.2 전동기

1) 보수의 요점

(1) 구름 BEARING의 보수

① 시운전시에 관하여

설치운전 시, 베어링 내의 구리스의 상황에 따라, 베어링 음이 높아지거나, 혹은 삐걱음과 RETAINER음(3.1.3베어링음 참조)이 불규칙 하에 또는 단속적으로 발생할 때가 있으므로 이때는 지정품질의 구리스를 보급한다. 이때의 구리스 보급량은 전동기에 붙어 있는 구리스 명판에 지시된 보급량의 약 1/2을 목표로 구리스 건으로 보급한다.

② 구리스 보급량과 보급기간에 관하여

가) 베어링 사고중 가장 많은 것은 과열 소손과 이상마모이며, 베어링의 과열 소손으로 SHAFT는 휘어지고, SOTOR와의 접촉등 생각하지 못했던 중대한 사고로 진전되는 일이 있다.

나) 따라서 베어링의 유효성에 필요한 구리스는 전동기에 붙어 있는 주의명판에 쓰여 있는 품질의 구리스를 지정기간마다 지정량을 확실하게 보급한다.

다) WR 구리스 이외의 구리스를 보급하는 경우, JISK2225에 규정된 2중상담품이상의 리튬계 용제 구리스를 사용하고, 보급기간은 명판지정기간의 1/2로 단축하여 지정량을 보급한다. (ALVANIA II)

③ 베어링 음에 관하여

베어링음의 대표적인 것과 그것들의 명칭 및 내용은 다음과 같다.

가) RETAINER음에 관하여

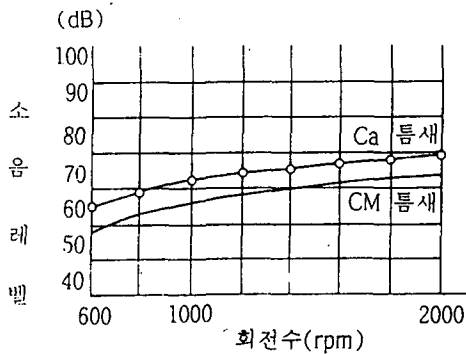
(가) 전동기 BEARING에는 ROLLER BEARING 및 BALL BEARING이 조립되어. 베어링에 있어서 회전수에는 무관계로 연속적으로 때로는 불규칙하게 쪼글쪼글 하는 금속을 포함한 가벼운 음이 발생하며 이 음을 RETAINER음이라 한다.

(나) 이 RETAINER음은 굴림대 또는 BALL과 RETAINER가 회전하는 것에 의해 생기는 음이다. 또, 그 음압LEVEL의 크기는 회전수와 베어링의 크기 및 RADIAL 틈새에 관계가 있다. 일반적인 경향으로 100 ϕ 의 베어링에서는 <그림4-70> 및 <그림4-71>에 나타난 상황이 된다.

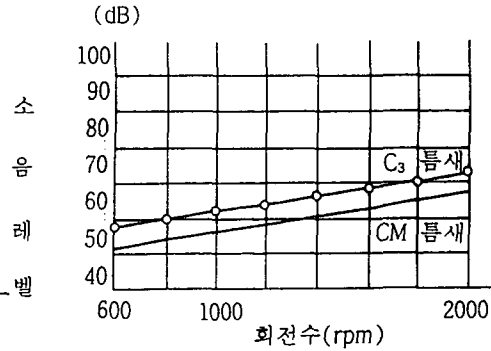
(다) 한편 RADIAL 틈새는 베어링의 허용한계(DmN값)로부터 선정하고 있으며 또 그 선정 기준은 DmN값이 25만 이내는 CM틈새, 25만 이상은 C3틈새, 혹은 CC3틈새로 하고 있는 것이 일반적이다.

(라) 이상 서술한 바와 같이 RETAINER음은 베어링 특유의 음이므로 이 음이 발생한다해도 신뢰성의 관점에서 전혀 걱정할 일이 없다.

(주) 소음 LEVEL은 틈새공차에 따라 약 $\pm 5\text{dB}$ 의 변화가 생깁니다.



<그림 4-70> 롤러베어링의 회전수와 소음레벨의 관계



<그림 4-71> 롤러베어링의 회전수와 소음레벨의 관계

나) 삐걱 음에 관하여

(가) 전동기 BEARING에는 ROLLER BEARING 및 BALL BEARING이 조립된다. 특히 애경치수가 90 ϕ 이상이 베어링에 있어서 삐걱삐걱하는 음이 연속적으로 혹은 불규칙하게 발생한다. 이음을 삐걱 음이라고 부른다.

(나) 삐걱 음은 부하의 하중에는 무관계한 비부하권에 있는 굴림대 또는, BALL의 불규칙한 운동에 의해 생기기 때문에 베어링의 RADIAL틈새와 구리스의 윤활 상태 등에 관계가 있는 것으로 판단되고 있다. 이 때문에 베어링의 외륜과 RETAINER의

구조에 대해 연구중이며 완전히 해결하지 못하고 있는 실정이다. 특히, ROLLER BEARING에 있어서 RADIAL 틈새가 20 μ m를 넘으면 발생하기 쉬운 상황에 있으며, 구리스를 보급하면 삐걱 음은 일시적으로 사라지고, 다시 발생하는 상황에 있다.

- (다) 한편 RADIAL 틈새는 베어링의 허용한계(DmN값)로부터 선정하고 있으며 또 그 선정기준은 DmN값이 25만 이내는 CM 틈새, 25만 이상은 특수틈새와 CC3 틈새, 혹은 C3 틈새로 하고 있다.
- (라) 이상의 점에서, 삐걱 음은 RADIAL 틈새가 큰 베어링에서 발생하는 경향이 있으나, 이음이 발생해도 신뢰성의 점에는 전혀 걱정이 없음을 확인하였다. 물론, 베어링의 결합에 기인하는 것은 아니다.
- (마) 더욱이, 삐걱 음이 발생하면 빈번하게 구리스를 보급하는 경우를 볼 수 있지만 그런 걱정은 전혀 할 필요가 없으며 구리스는 주의명판을 기본으로 정기적으로 지정량을 보급하면 운전에 지장은 없다.

다) 베어링의 굴림대 낙하 음에 관하여

베어링의 굴림대 낙하 음은 굴림대 혹은, BALL이내외륜, 또는 보지기와 접촉할 때 발생하는 음으로 달그락 달그락하는 음색을 가지고 있다. 이것은 수평형 전동기에서 베어링의 반경방향의 틈새 및 RETAINER와 굴림대 사이의 틈새에 관계되어 생기는 것으로, 회전 중에 정상근처의 비부하권에 있는 굴림대가 중력에 의해 RETAINER의 회전보다 빨리 낙하하여, RETAINER와 굴림대 사이의 틈새에 관계되어 생기는 것으로, 회전 중에 정상근처의 비부하권에 있는 굴림대가 중력에 의해 RETAINER의 회전보다 빨리 낙하하여, RETAINER에 닿음으로써 생기는 음이다. 또 수직형 전동기에 있어서도 전동기 단독운전시에는 로타 하중이 작기 때문에 로타의 흔들림이 부하시에 비하여 커서, 하중을 받지 않고 있는 굴림대가 자유롭게 움직여 똑같은 음을 발생하는 일이 있다. 따라서 이 음은 반경방향 틈새가 쉬운 상황에 있습니다.

그러나, 굴림대 낙하음은 ROLLER BEARING 특유의 음으로 이상한 것이 아니며, 운전에 지장이 없으므로 정기적인 통상의 보수를 하면서 운전하여 준다.

라) 베어링의 흠집 음에 관하여

흠집음은 전동면, 굴림대, BALL 등의 표면에 흠집이나 결함이 생긴 때에 나는 음으로, 그 주기는 회전수에 비례하는 경우와 회전수의 2배, 3배로 발생하는 일이 있다. 또 고속회전중에는 진동을 동반하는 일이 있으며, 한편 정지하기 직전에는 음의 주기가 길어지는 것으로부터 발견할 수 있으며, 더욱이, 로타를 천천히 돌렸을 때, 특정위치에서 들을 수 있다는 것으로부터 발견할 수 있는 경우도 있다. 이것의 원인은 수송 중의 진동에 의한 압흔, 정지기간 중에 다른 기계로부터 받은 미소진동에 의해 생기

는 경우가 있으며 이 경우에는 신품과 교환할 필요가 있다.

④ 베어링의 진단에 대하여

가) 구리스에 의한 진단

베어링 전동면의 마모, RETAINER의 마모 및 베어링외륜 외주면의 CREEP등의 이상 상태가 생기면, 그 마모분이 구리스에 섞여, 구리스는 열화되고 까맣게 변색된다. 또 이러한 이상상태는 구리스를 예방보전의 측면에서 일상적으로 관찰하도록 한다.

나) BEARING CHECKER에 의한 진단

베어링 전동면의 피로에 박리와 흠은 시판되고 있는 베어링 체크커에 의해 충격레벨과 가속도를 정량적으로 측정함으로써 조기에 이상상태를 발견하는 것이 가능하다. 또 가)항과 나)항의 진단에 의하여 보다 적절한 판단이 가능하므로 CHECKER의 사용을 권하는 바이다.

다) 베어링음에 의한 진단

베어링의 양부를 진단하는데 음을 듣고 판단하는 것이 가장 손쉬운 방법이므로 운전자는 항상 베어링음에 주위하여 이상을 조기에 발견하도록 한다.

그러나 베어링의 양부를 판단할 때 음만이 아니라 (1)항의 구리스에 의한 진단 및 진동과 온도에도 주목하여 실용상 지장이 없을 때까지 불량품으로 진단하는 일이 없도록 하는 것이 중요하다.

⑤ 베어링의 교환에 대하여

베어링의 수명은 구리스의 윤활상태 축하중 및 진동과 주위환경에 따라 달라진다. 일반적으로는 사용후 2년간 또는 운전시간이 1만시간 경과후에 있어서 베어링이 이상으로 진단된 때에는 교환하기를 권장한다. 더우기, 구리스를 과대등이 생기면 단시간에 베어링이 이상상태가 되는 일이 있으므로 주의하다.

⑥ 베어링 교환시의 주의

가) 베어링의 RADIAL 틈새와 정도등급은 베어링의 허용한RP 및 하중조건에 따라서 선정하고 있으며, 또한, 선정된 베어링은 전동기에 붙어있는 명판에 기호로 표시되어 있다. 따라서, 단기간에 동일기호의 베어링을 입수하기 어려울 때도 있으므로 미리 동일기호의 베어링을 예비품으로 준비해 둔다.

나) 명판의 기호와 다른 베어링을 조립한 경우, 단기간에 전동면에 피로에 의한 박리 및 과열, 혹은 큰 음향이 나게 되는 일이 있으므로 주의한다.

다) 베어링의 끼워맞춤 부위의 SHAFT 치수를 측정하여, $\phi 60 \sim \phi 150$ 의 베어링은 +15

μ 에서 $+30\mu$ 의 범위안에 있는 것을 확인한다. 치수가 작게되면 베어링의 휨새가 부족하여 베어링이 끼워맞춤부위에서 빠지는 일이 있으므로 주의한다.

- 라) 베어링 하우징의 내경치수를 측정한다. 내경치수가 $\varnothing 130 \sim \varnothing 320$ 의 내경 치수인 경우, 치수 공차는 $0 \sim +25\mu$ 이내에 있는 것을 확인한다. 치수가 크게 되면, 베어링 외륜의 외주면이 하우징과의 틈새에 의해 CREEP를 일으키거나, 침식에 의한 마모에 이르게 되므로 주의한다.

⑦ OIL 냉각장치방식 구조의 윤활유에 관하여

- 가) OIL증기에 의한 OIL의 소모량은 $100 \sim 150\text{cc/월}$ 정도이므로, 일상적으로 OILGAUGE의 유면을 점검하여, 매월 1회 소모량을 보충하여 주십시오.
- 나) 윤활유의 오염은 없는지 일상점검하고 베어링 주위의 이상유무를 관찰하도록 한다.
- 다) OIL RING이 부드럽게 들어가고 있는지 확인한다.

(2) 미끄럼 베어링의 보수

① 강제급유 방식의 윤활유계통에 관하여

- 가) 베어링 급유압력의 저하나 급유PUMP가 정지한 경우, METAL의 소손이나 뜻밖의 중대사고에 이르는 일이 있으며, 따라서 그 보호로써 급유계통에 압력계를 삽입하여 윤활에 지장이 있는 유압저하가 생기는 때에는 전동기를 정지시키는 INTER-LOCK를 설치한다. 또한 전원을 차단하고서 ROTOR가 정지하기까지는 HEADTANK에서 급유하도록 HEAD TANK를 설치한다.
- 나) 급유배관에는 각 베어링부마다 급유압력을 조정하기 위한 SIGHT를 설치한다. 또한 배유가 순조롭게 흐를 수 있도록 각 베어링부마다 OIL증기를 빼내는 브리샤를 설치한다.

② 수냉식 급, 배수관 계통에 관하여

- 가) 각 베어링부의 배수관에는 SIGHT를 설치하여, 통수상태를 일상 점검할 수 있게 하여 한다.
- 나) 냉각용수에는 모래, 자갈, 나무조각, 비닐등의 이물질이 혼입되지 않도록 취수구에 FILTER등을 설치하는 대응이 필요하다.
- 다) 냉각수량이 부족하다거나 단수상태가 되면, 윤활유의 온도는 이상적으로 상승하여 METAL의 과열소손에 이르므로, 기기의 중요도가 높은 경우, 단수 RELAY 혹은, 베어링부에 경보점점부 온도계를 붙여 전동기를 정지시키는 INTER-LOCK를 설치한다.

라) 냉각관의 점검, 청소는 1년마다 확실하게 실시한다.

③ 활유에 관하여

가) 전동기가 설치장소에 설치되면 자냉식베어링에는 설치제원에 따라 윤활유를 OIL GAUGE 유면 까지 넣는다.

나) 강제급유방식의 경우 급유압력은 급유배관에 붙은 ORIFICE에 의해 설치제원의 압력이 되어 있는 것을 확인한다. 필요하다면 조정한다.

④ METAL의 진단

가) 윤활유에 의한 진단

자냉식 METAL에 있어서는 국부적인 과열이나 마모 및 METAL SHEET면에 축진동 과대에 따른 후렛칭 마모등의 이상한 현상이 생기면, 윤활유는 더럽게 변색된다. 따라서 이 점에 주목하여 일상적으로 윤활유의 오염유무를 예방보전의 관점에서 관찰한다.

나) 진동, 음향에 의한 진단

METAL 섭동면 및 METAL SHEET의 시간경과에 따른 마모가 생기고, 그 틈새가 커지게 되면 축진동에 의하여 진동을 동반한 탁탁하는 METAL을 치는 음이 베어링부에서 들리는 상황이 된다. 이 점에 주목하여 점검하도록 한다.

⑤ METAL의 교황에 관하여

가) METAL의 수명은 축진동의 크기와 편심의 크기, 윤활상태에 따라 다르며. 일반적으로는 운전시간이 1만 시간, 또는 설치 후 2년 경과 후 3.2.4 항(1) (2)의 현상이 생기고, 또한 MERAL을 점검한 결과, 박리가 생기고 있거나 클리어란스가 커서 대진동의 요인이 되고 있을 때에는 METAL을 새것으로 교환한다.

나) 한편, METAL을 신제작하는데는 약 2개월이 소요되므로 사전에 미리 예비 METAL을 준비해 놓을 것을 권장한다.

⑥ METAL 교환시의 주의

가) 수평형 전동기의 METAL 교환시에는 METAL SHEET면의 배합 및 METAL이면 틈새의 조정을 해야 한다. 이것을 게을리 하면, 정상상태에서의 운전시 축진동이 커지게 되므로 주의한다.

나) 수직형 전동기의 METAL교환시에는 샤프트칼라를 벗기게 되므로 전동기 축의 동심 조정을 해야한다. 이 작업은 경험과 기술이 필요하므로 당사의 지도하에 실시할

것을 권장한다.

다) 베어링 주위에 누유방지 및 축전압대책 등이 실시된 전동기가 있으며, 이러한 종류의 전동기의 METAL교환 점검복구에서는 세심한 주의가 필요하다.

(가) 누유방지

구리스 윤활 이외의 베어링에 있어서의 내부 베어링캡부의 AIR-SEAL부는 FAN의 풍압에 의해 기압(수주 5~20mm)조정되며, 이것들의 풍압입구, 풍압조정 치구등은 원래대로 복고되어야 한다. 풍압측정 구멍의 캡을 벗기고 전술헌소정의 풍압에 SET되어 있는가를 확인한다. 또한 베어링 카바 맞춤 부에는 OIL SEAL 용제를 뿌려 준다.

(나) 축전압대책

전동기가 발생시키는 축전압으로부터 베어링의 손상을 보호하기 위해 반부하측 베어링 또는 아래와 같은 베어링의 일부를 전기 절연하며, 절연부는 베어링의 SHEET면, 온도계감지부, DIAL온도계 취부부위, 부라켓트부, 급배유관 접속부, 슬립링단락기구부 등에 있으므로 해체시에는 충분히 점검, 확인하여 복구한다.

2) 예방보전

(1) 고정자, 회전자 권선의 보수

권선의 절연은 시간이 지남에 따라 전기적, 기계적 환경적 스트레스에 의하여 열화되며, 열화된 절연층은 흡습되기 쉬우며, 절연표면에 먼지가 부착되면 흡습이 현저해지기도 하고, 절연저항의 저하 또는 누설전류에 의한 TRACXING을 일으키기도 하여 절연 파괴까지 발전되는 일이 있다. 이러한 사고를 미연에 방지하기 위해서는 정기적인 절연진단에 의해 절연물의 오손과 흡습상태를 파악하여 적절한 조치를 취하는 것이 필요하다.

①오손, 흡습의 진단에 관하여

가) 대지간 절연저항의 측정

(가) 100V MEGER (100V 이하의 저기압기계는 550V MEGER)에 의해 전동기의 단자와 대지간의 절연저항을 정기적으로 측정하한다. 또한 운전정지중에는 흡습되기 쉬우므로 재기동전에 반드시 측정한다.

(나) 절연저항의 측정은 저항값의 크기뿐만이 아니라, 그값의 변화정도도 고려할 필요가 있으며 저항값의 크기는 아래의 식으로 계산된 값 이상이어야 하며 변화의 정도는 이전의 측정값에 비하여 현저하게 저하되지 않는가 관리하여 준다.

$$\text{절연저항값} \geq \frac{\text{정격전압}}{\text{정격출력 (KW)} + 1000} (M\Omega)$$

나) 외관점검과 표면절연저항의 측정

(가) 점검시에는 눈이나 손끝으로 분진, 기름, 카본가루, 염분등의 부착상태를 조사한다.

(나) 조사결과, 오손이 확인된 경우에는 권선표면의 절연저항을 1000V 또는 500V MEGER에 의하여 10M Ω 이상이 되는가 확인한다. 절연저항 측정요령은 권선 표면의 더러워진 부분을 중심으로 약 10~15mm 핏치로써 측정한다.


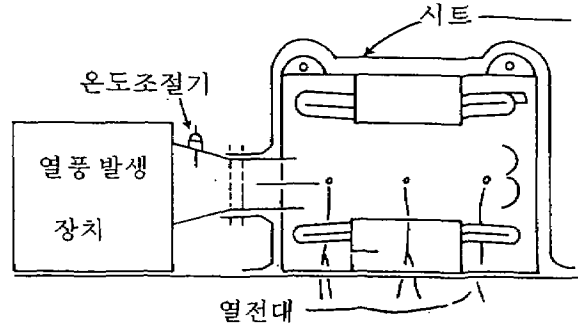
② 오손, 흡습시의 조치

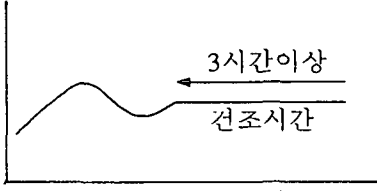
가) 대지간 절연저항 및 표면절연저항이 관리기준에서 벗어난 경우에는 세척, 건조사상 바니쉬처리를 한다. 일반적인 처리공정은 (표4-49)에 나타내었다.

나) 절연저항이 관리기준내에 있더라도 외관점검에 의해 오손이 확인된 경우에는 air로 불거나 마른 천등으로 권선표면을 청소한다.

다) 외관점검시, 권선표면에 TRACKING흔적이 발견된 경우 및 조치후 재차 절연저항 저하가 생긴 경우에는 전문기술자에 의한 진단이 필요하므로 농업기반공사로 연락한다.

(표 4-50) 권선의 세척, 건조, 바니쉬처리 공정

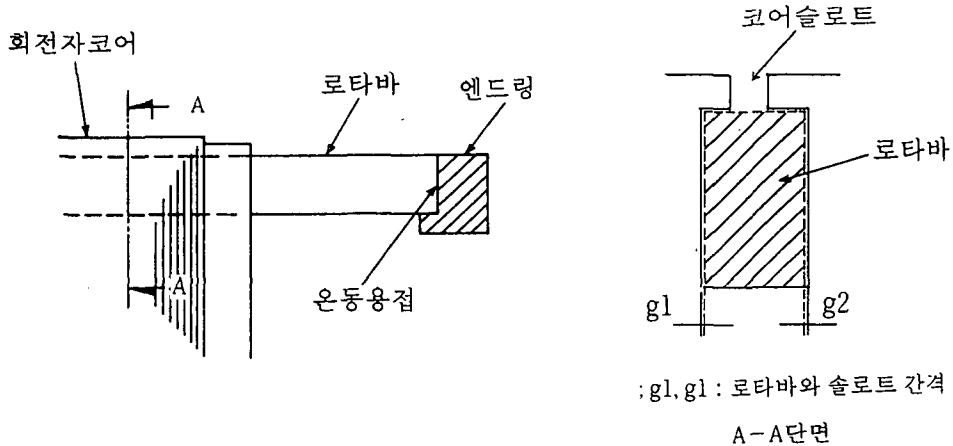
작업, 처리공장		내 용	비 고
NO	공 정		
1	준 비	(1) 고정자를 배수가 잘되는 장소에 놓음. (원칙으로는 옆으로 놓음) (2) 기름의 부착이 심한 경우, 중성세제를 첨가하면 좋다.	
2	스 팀 세 척	(1) 꼼꼼하게 구석구석 세척함. 특히, 결선 부위 권선 뒷면을 잘 세척함  (2) 2회이상 세척하는 것을 원칙으로 함	
3	AIR세척	전체를 AIR로 세척(압력은 5kg/cm ² 이 적당)	
4	건 조	(1) 준비  (a) SHEET로 고정자전체를 감싼다. (b) 권선온도를 감시할 수 있도록 열전대를 3군데 정도 취부한다.	스팀 세척을 행한 후 가능한 한 빨리 건조할 것

작업, 처리공장		내 용	비 고
NO	공 정		
4	건 조	(2) 온도설정 주위온도가 120℃~140℃가 되도록 열풍 발생장치의 온도를 설정. *1 (3) 절연저항(온도)특성 시간, 온도, 절연저항을 약 1시간마다 측정, 기록한다. (4) 건조의 종료 *2 	*1 열풍발생장치의 온도조절기의 온도는 150~170℃가 적당 *2 일반적으로 주위온도가 120~140℃에서 12시간이면 충분함
5	사 상 바니쉬 처 리	(1) 코아내경면 청소(사상바니쉬는 녹발생 경우에만) (2) AIR 세척(사상바니쉬는 녹발생 경우에만) (3) 사상바니쉬 SPRAY 상온 경화형 EPOXY계 사상 바니쉬 (4) 접속부, 권선인출 분기부를 특히, 꼼꼼하게 SPRAY (5)경화될 때까지 상온에 방치	사상바니쉬를 SPRAY할 때는 AIRLESS TYPESPRAY GUN을 사용하면 바니쉬의 기포가 작고 양호함
6	점 검	(1)절연저항의 측정 (2)홀러내림, 그 외 이상이 없는지 점검	

(2) ROTOR BAR의 보수

- ① 농영 3상 유도전동기의 회전자는 그림과 같이 구성되어 있으며, ROTOR BAR와 END RING은 기동시, 운전시의 온도상승에 의한 열응력, 자속과 전류에 의한 전자력, 회전에 의한 원심력이 가해진다. 이 때문에 시간이 경과함에 따라서 ROTOR BAR와 SLOT사이에 간격이 생기고, 이 간격이 커지면 ROTOR BAR의 진동에 따른 전자음이 발생하거나 ROTOR BAR가 절단되기도 한다.
- ② 따라서, 정기점검시에 ROTOR BAR의 축방향으로의 이동 유무와 ROTOR BAR의 헐거움 유무를 눈으로 보거나 때려봄으로써 점검한다.
- ③ 조사 결과, ROTOR BAR에 3mm이상의 변동이 생긴 경우 및 헐거움이 생긴 경우

는 SLOT OPEN부위를 통하여 EPOXY RESIN을 흘러넣어, ROTOR BAR의 진동과 이동을 방지할 필요가 있다.



<그림 4-72> 회전자의 구조

(3) 정기점검의 주기

기종	3000KW	3000KW 이상 및 중관성 부하
주기	6년	4년

*1 정기점검이란 ROTOR를 빼 놓고 각부를 점검하는 것을 말함.

*2 중관성 부하란 기동시간이 약 10초 이상이 되는 것을 말함.

(4) 슬립링 주위의 보수

① 슬립링 주위 청소주기에 관하여

가) 집전용 브러쉬는 소모품으로 장기간 운전하면 카본가루가 슬립링 주위에 부착된다.

이 먼지를 제거하지 않고 운전하면 슬립링 상간 절연물표면 및 단자의 절연물표면이나 블러쉬홀더바의 절연물표면등 상간에 걸친 면의 절연저항이 저하되고, 기동시 2차 전압에 의하여 상간점락이 생긴다. 따라서 슬립링 사이의 절연물표면 및 단자나 홀더바의 절연물표면, 2차단락용 편조의 절연물표면등을 중심으로 1개월마다 청소하여 먼지를 제거한다. 또한 장기간연속 운전을 할 때는 정지시 확실하게 실시하여 주십시오.

나) 청소에는 마른 천조각, 또는 진공청소기, HAND BLOWER를 사용한다. 또한 절연물표면이 카본 먼지로 새까맣게 오염되어 있을 때는 형겅에 가솔린을 적서 닦아낸다.

② 상간 절연물표면의 절연진단에 관하여

- 가) 링 사이 및 3.3.1 (1)항에서 서술한 상간 절연물표면에 대해 절연저항을 500V MEGER로 측정하여 10M Ω 이상인 것을 확인한다.
- 나) 절연저항의 측정요령은 절연물표면의 더러운 부위를 중점으로 10~15mm뿔치로 측정한다.

(5) 전동기의 전기적인 보호의 요점

① 과전류 보호에 대하여

- 가) 정상 운전상태에 있어서 과전류 보호는 과전류릴레이에 의하고, 또한 그 동작 전류는 명판전류의 110%로써 경보 또는 트립되도록 설정한다.
- 나) 기동시 혹은 과부하에 의하여 지연되는 조건 즉 과전류가 흐를 때에는 과전류 릴레이에 의해 트립되도록 INTER-LOCK스위치를 설치한다. 또 그 설정값은 전동기의 THERMAL LIMIT특성을 기초로 설정하여 과전류에 의한 고정자 및 회전자 권선의 소손을 방지하도록 한다.
- 다) THERMAL LIMIT에 관한 자료가 없는 경우에는 과전류릴레이의 설정값은 다음 요령으로 셋팅한다.
- (가) 기동시간 5초 이내일 때는, 기동전류가 8~10초 흐를 때 트립
- (나) 기동시간 10초 이내일 때는, 기동전류가 10~13초 흐를 때 트립
- (다) 기동시간이 10초 이상일 일 때는, 농업기반공사에 검토 의뢰한다.

② 진공접촉기나 진공차다기를 주회로에 사용할 경우의 주의

전동기의 정격전압이 6kV이상인 경우, 진공접촉기나 차단기의 개폐에 따른 SERGE 전압에 의하여 고정자권선의 절연파괴가 생길 수도 있으므로, 반드시 SERGE ABSORBER를 주회로에 설치한다.

③ 기동빈도에 대하여

- 가) 정상상태에서의 기동빈도는 하루에 2~3회를 원칙을 하여 주십시오. 또한 기동간격은 2시간이상으로 한다.
- 나) 진동조정이나 시운전시에도 기동회수는 5회/1일로 한정한다.
- 다) 전동기 단독운전에는 30분 간격으로, 기동회수는 1일 10회 이내로 한다.

(6) 진동관리치에 대하여

- ① 베어링부의 진동진폭은 양진폭으로 나타내고, 그 크기는 PUMP, BLOWER, COMP 등의 경우 그림 16에 의해 관리한다.

- ② 가공 구조물에 의해 높은 장소에 설치된 경우는, 그림 17에 의하여 관리한다.
- ③ 관리치를 넘는 경우에는 현장에서의 진동조정 및 기초와 BASE에 대한 검토를 권한다.
- ④ 2극기 (2POLE MOTOR)의 진동을 동반한 맥놀이음에 대하여
- 가) 2극기의 경우, 미끄럼 주파수의 2배의 주기로 맥놀이음이 발생하는 일이 있다. 맥놀이음의 주기는 부하의 증감에 따라 변화하고, 그 크기는 진동진폭에 거의 비례관계에 있는 특징이 있다. 한편, 이 현상은 문헌 등에서 알 수 있는 바와 같이 코아와 구조물의 자기저항의 작은 UNBALANCE에 의해 생기는 전자음이다. 따라서, 베어링부의 진동의 크기가 허용치내에 있으면, 운전에는 전혀 지장이 없다. 그러나 시간경과에 의해 맥놀이음의 크기나 진도가 커지는 경우 그 원인으로 다음 사항이 고려될 수 있으므로 점점, 대책이 필요하게 된다.
- 나) 시간경과에 따른 변화의 요인
- (가) 기초의 시간경과에 따른 변화에 의해 기초 또는 BASE를 포함한 계통의 고유 진동수가 회전주파수에 가까운 값으로 변화한 것에 기인한 진동의 증가.
- (나) 편심이나 COUPLING의 이상에 기인한 진동의 증가
- (다) 회전자 및 상대기계의 시간적 변화에 따른 UNBALANCE에 기인한 진동의 증가
- (라) METAL의 클리어런스 증대, METAL SHEET의 얇음새 불안정, 구름베어링의 이상에 기인한 진동의 증대

⑤ SPARE PARTS

아래 부품을 SPARE PARTS 로 준비하실 것을 권장하는 바이다.

기 종	부 품 명 칭
일 반	구름베어링, 미끄럼베어링
개방옥외형	AIR FILTER
권 선 형	카본 브러쉬, 슬립링

3) 3상 유도전동기 점검기준

- A ○표시 일상점검
 B ●표시 주간점검
 C △표시 월간점검
 D ▲표시 분해점검(환경에 따라 6개월~2년 주기로 실시)

점검 부 품	점검 사항	점검구분				점검 내 용 또는 점검 부 위	점검 방 법	판 정 기 준
		A	B	C	D			
1.베어링	급	○		△	▲	유 량	유면계, 유량계, SIGHT FLOW로 흐름상태를 점검.	유면은 유면계의 지시선 내에 있을 것. 단, 정지중의 유면과 지시위치는 전지 상태에서 확인할 것.
		○		△	▲	유 압	베어링 급유구에 붙어 있는 유압계, 또는 급유 장치부 유압계로 측정	지정압력의 ±20%이 내일 것. 일반적으로 0.8~2kg/cm ² 입.
		○	●			OIL RING의 회전	점검차으로 확인	동일장소에서 원활하게 회전하는 것이 좋음. 회전에 무리가 있거나 치우치는 것은 좋지 않음
	유	○	●	△	▲	TANK내의 유량 변화와 열화	유량기록으로 1주간의 감소량을 조사. TANK바닥에 침전물유무, 기름의 변색.	클러나 배관의 누설유무를 조사. TANK바닥에 침전물이 고여 기름이 다갈색으로 변색된 경우 새것으로 교환.
				△	▲	구리스	지난번 보급일 확인, 보급량, 구리스명판.	명판에 기재된 주기와 양을 기준으로 보급
	누 유	○		△	▲	축관통부 베어링캡부 배관 이음새 점검개	눈으로 보거나 손으로 만져봄. 슬립링내부, 본체 내부도 점검	일록진 정도라면 닦아낸 후, 상태를 봄. 맺이거나 떨어져 하부에 고이는 경우에는 조치를 요함.
	온 도	○		△	▲	온도계	온도계의 지시가 정상 시와 같은가? 온도계가 없는 경우는 촉감에 의한.	온도는 80℃이하일 것.
	END PLA Y	○		△	▲	축방향으로의 축의 요동 자기중심	눈이나 촉감, 요동범위를 SCALE로 측정(호 전체에 닿지 않게 주의 할 것) 베어링축에 붙어있는 자기중심지침과 축 표 시부의 일치 정조를 봄.	축이 요동하여 METAL의 THRUST 면에 닿아 소리가 나거나, THRUST 면에 세게 부딪혀 과열되는 것은 금물임. ±1mm이 내라면 O. K(자기중심지침이 붙어 있는 것에 적용)
	음 향	○		△	▲	이상음	촉감 또는 청음봉으로 진단함.	고정부분과 회전부분이 접촉된 것은 금물. 구름 베어링에서는 이상음이 있는 것은 금물.

점검 부품	점검 사항	점검구분				점검 내용 또는 점검부위	점검 방법	판정 기준
		A	B	C	D			
1.베어링	진동	○		△	▲	진동의 크기 진동의 변화	촉감에 의한 진단, 큰 경우는 진동계에 의하 여 측정.	정상시와 다른 진동이나 이상음이 감 지된 때에는 원인규명을 요함.
	냉각수	○		△	▲	냉각수압 배수 온도 급수 온도	지정수량이 흐르고 있 는 지 배수구에서 확 인. 배수온도를 조사할 것.	정상시에 비하여 유량이 적거나, 배수 온도가 높은 경우, 수량부족의 염려가 있으므로 조사를 요함.
	메탈				▲	박리, 균열, METAL, 마모 MENTAL GAP	눈으로 봄 THICKNESS GAUGE 연선	1년에 한번 베어링 METAL의 분해점 검을 행할 것. METAL GAP이 설계지 정치의 2배이 상이면 예비품과 교환을 요함. 편측마 모에 특히 유의하여 원인을 조사하여 대책을 요함.
	축				▲	망손조흔 (축 저널부)	눈으로 봄. 손의 촉감.	손톱에 걸리는 정도의 조흔이 있는 경 우에는 정도에 따라 수정석산 또는 연 막사상을 행함. 전식의 우려가 있는 것은 MAKER에 연락할 것.
2.SLIP RING	진전상태	○		△	▲	불꽃 정도	기동시, 운전시의 불꽃을 눈으로 봄.	작은 불꽃이라도 연속적으로 발생하는 것은 금물임. 불꽃이 없는 것이 좋음.
	집전	○		△	▲	평활도	정지하고 있을 때, 눈이나 촉감으로 평활 도를 조사 불꽃망손의 유무.	원주방향의 섭동흔이 깊은 흠이 저서 1mm이상이나 파여 있으면 안됨. 불꽃 에 의해 집전면이 손상된 것은 금물.
				△		피막의 상태	눈으로 봄.	황동생내지는 다갈색 광택면이면 좋 음.
	면	○				악성GAS유무	후각에 의함.	주위 공기중에 아황산가스, 황화수소, 염소등 부식성 가수가 포함되어 있으 면 양호한 피막생성이 저해되는 일이 있음.
		○	●	△		카본 먼지의 부착 및 청소	눈이나 손끝으로 조사함. 먼지를 제거	카본 먼지가 다량으로 부착된 경우, 기동중 섭락을 일으킬 염려가 있음.

점검 부 품	점검 사항	점검구분				점검 내용 또는 점검 부위	점검 방법	판 정 기 준
		A	B	C	D			
3.스립링 나선형 홈	접	○	●	△	▲	온 도	눈에 의해 변색상태를 봄.	국부적으로라도 적자색 내지는 자색 이 되어 있는 것은 운전중에 과열된 것을 나타내므로 금물.
	촉	○		△	▲	평 활 도	눈으로 접촉면을 조사 함.	용손된것, 마모되어 0.5mm이상의 요철이 생긴 것. 접촉면이 망손되었 은 않됨. 정기점검시 수정할 것.
	태	○			▲	고정부에의 접 촉	시각, 청각에 의한. SLIDER와 SHIFT ROLLER의 접촉을 조사.	운전중에 SHIFT POLLER가 SLIDER에 닿아 소리가 나는 것은 금물임.
4.BRUSH 와 BRUSH HOLDER	진 동	○			▲	진 동	시각이나 촉감에 의해 운전중 브러쉬의 움직 임을 봄.	이상한 진동이 있으면 안됨. 촉감으로 조사하는 경우, 절연봉을 사이에 두고 행할 것.
	부 러 쉬				△	추 종 성	부러쉬의 스프링을 잡 고, 부러쉬를 상하로 움 직여 봄.	걸리지 않고 부드럽게 움직이면 좋 음. 카본 먼지 티끌등으로 고착된 것은 금물임.
		○	●	△	▲	길 이	마모의 유무와 그 크기 를 눈으로 조사	스프링체결 치구에서 3mm되는 곳 까지 사용가능. 체결치구로 슬립링 면의 비비지 않도록 할 것.
		○		△	▲	변 색	스프링 체결부위의 색 을 봄.	황동색 또는 동색이면 좋음. 적자색내지는 자색은 과열상태로 운 전되고 있을 염려가 있음.
			●		▲	스 프 링	스프링 단자의 체결 상 태를 촉감으로 점검.	취부 나사의 헐거움이 있으면 안됨.
		○	●	△		카본먼지의 유무	시각, 촉각으로 점검.	카본먼지의 부착은 사고의 요인이 됨. 청소할 것
5. 고정자 와 회전자	온	○		△	▲	코아, 권선	매립온도계가 있는 것 은 온도계의 지시값을 읽음. 온도계가 없는 것 은 촉감. 또는 봉온도계 로 측정함.	온도가 표 2.1에 나타낸 제한치를 넘는 것은 금물 즉시 원인을 조사하 여 대책을 세울것. 정상시와 비교하 여 차이가 있으면 조사할 것.
	도	○				흙, 배기	배기 온도계의 값을 읽 음. 배기 온도계가 없는 것은 촉감, 또는 봉온도 계로조사 이상한 냄새 유무조사.	정상시의 값과 차이가 없을 것. 흙 입공기는 40℃이하일 것. 40℃이상 이 될 때는 특수 사항으로 할 것.

점 검 부 품	점검 사항	점검구분				점 검 내 용 또는 점 검 부 위	점 검 방 법	판 정 기 준
		A	B	C	D			
	부 하	○				전압, 전류	전압계, 전류계의 지시값을 2시간마다 읽음	전압은 정격전압의 ±5%이내, 전류는 정격전류 이하일것. 과전류로 운전 할 때는 MAKER에 연락
	권 선			△	▲	고정자권선 회전자권선 SPACE HEATER	1000V 이상의 기계는 1000V MEGER에 의한. 그 외는 500V MEGER.	가능한 한 HOT TIME에 측정할 것. 측정시의 기온, 습도, 기계온도를 기록할 것.
	고 정 자				▲	각부의 손상, 오손. 체결부위의 상태	시각, 촉감, 스페너에 의한 점검 등	월간 점검보다 세심하게, 카바등을 때어내고, 구석구석 점검. 먼지가 다량 부착된 경우 청소할 것. 절연저항이 저하된 경우, 세척, 건조, 바니쉬처리
	회 전 자				▲	BAND의 헐거움 코아의 헐거움 권선 표면부위 ROTOR BAR의 단선 먼지의 부착	시각, 촉감, TEST HAMMER, 확대경에 의한 점검.	권선형 회전자 BANDING의 헐거움을 TEST·HAMMER등으로 점검하고, 헐거울 때는 다시 감을 것. 회전자 BAR와 저항력과의 운동요접부위의 CRACK을 발견했을 때는 MAKER에 연락. 코아티트의 먼지를 제거 그 외 부분의 변형, 변색, 열화를 점검, 조치할 것.
		○		△		망의 막힘.	시각에 의한. 배기온도계가 있는 경우, 그 지시값에 의한.	먼지로 망눈이 막혀있을 때는 떼어내 압축공기로 불거나 나무조각으로 가볍게 두들겨 먼지를 털음
					▲	BELT의 상태	시각이나 촉감에 의해 벨트의 장력과 손상상태를 점검.	벨트를 누르고 회전계발전기의 풀리를 손으로 돌렸을 때, 용이하게 돌아가는 것은 금물, 벨트가 손상되어 있는 것은 신품으로 교체 기어가 손상된 것, 운전중에 이상음을 내는 것은 금물.
		○			▲	기어의 상태	시각으로 기어의 손상상태를 조사. 또한 청각에 의해 운전중의 소리를 조사.	핀의 변형, 힙판의 변형 파손이 있으면 안됨.
					▲	핀, 힙판의 상태	시각으로 핀의 변형 파열, 또는 고무판인 힙판의 변형유무조사	핀의 변형, 힙판의 변형 파손이 있으면 안됨.
		○		△		수량, 수압	지정수량이 흐르고 있는가 배수구에서 확인. 수압은 압력계의 지시값을 읽음.	지정수량이 흐를 것 또한 정상시에 비해 적지 않을 것

점 검 부 품	점 검 사항	점 검 구 분				점 검 내 용 또는 점 검 부 위	점 검 방 법	관 정 기 준
		A	B	C	D			
8.클러		○		△		배수온도	배수구에서 배수의 온도를 조사	배수온도가 높은 경우는 수량부족의 염려가 있으므로 조사할 것.
		○		△	▲	급수온도	급수온도는 급수관 벽에 온도계를 붙여	급수온도는 지정온도 이하일 것.
9.그 외		○				각부위 볼트, 너트의 헐거움	각부볼트, 너트류의 헐거움 유무를 조사.	헐거움이 있는 것은 다시 조일 것.
		○		△		파열톱	점검창, 축판, 슬립링 카바, 배관류가 이음을 내지 않는가?	평상시에 비해 차이가 없는 것이 좋음. 운전중에 흔들려 벨트카바에 닿는 것은 좋지 않음.
	벨트	○		△	▲	벨트의 장력	벨트의 장력과 운전중의 흔들림을 시각, 촉각으로 점검	
						손상의 유무	표면의 고무가 마모되어 심사가 드러나 있는지 없는가?	심사가 드러나 풀려 있는 것으로 교환.
커플링			△	▲	ALIGNMENT의 CHECK	DIAL INDICATER에 의해 측정	(1) 지난번 기록과 비교 규정치이내의 정도를 유지할 것. (2) 면편차, 원주편차가 모두 일반적으로 0.05mm이내.	

4.2.3 수배전반

1) 서문

이 장에서는 고압 배전반의 정상적인 운전 및 유지관리에 있어서의 필요한 사항을 제시하고자 한다. 일반적으로 유지 관리는 육안으로 관찰할 수 있는 것부터 시작한다. 실제의 동작 상황의 기록 및 주기적으로 교체가 요구되는 기기에 대하여 주기적인 감사를 포함한다. 조작상에 필요에 기초한 주기적인 유지관리 계획이 수립되어야 하는데 이는 공급된 계기에 대한 신뢰도 확보 및 최적의 상태를 유지하기 위함이다.

유지관리를 위해서 사용자는 이 MANUAL뒤쪽에 첨부된 CATALOGUE나 제조자 측에서 제출한 MANUAL상에 요구 사항을 숙지해야 한다.

2) 안전 주의 사항

고압 배전반 내에서는 검사나 수리 및 기타 유지관리 활동시 내전 반에는 위험한 고전

압이 내재하고 있고 내전반내에 살아있는 고전압부에 사람이 접촉되어서는 안 된다는 사실을 주지 시킬 수 있는 경고문이 부착되어야 한다. 그렇지 않았을 경우 인명적 피해나 재산적 피해를 가져올 수 있다.

내전 반에서 주의 해야할 사항은 다음과 같다.

- ① 작업자는 회로가 차단되었다는 사실을 직접확인하기 이전과 작업자가 작업을 하고 있는 동안에도 어떠한 일이 있더라도 회로가 죽었다는 사실이 확인되기 전에 최대한 주의 또 주의해야 한다.
- ② 작업을 위한 회로 차단용 차단기는 열려진 상태에서 재투입되지 않도록 잠금 장치가 확보 되어야 할 것이고 이를 경고하는 경고문이 부착 되어져야 한다.
- ③ 작업을 시작하기 이전에 먼저 작업 부에 대한 회로 차단 및 충전 부에 대한 접지를 통한 방전작업을 선행해야 한다. 이를 위한 설비는 구매자 측에서 미리 준비해야 한다. (접지를 할 수 있는 FLEXIBLE 접지 BUS 등)
- ④ 배전반의 충분한 절연 확보를 위하여 양호하고 신뢰도가 높은 접지 BUS의 연결작업이 선행 되어야 한다. 접지 BUS의 용량은 SYSTEM에 발생할 수 있는 아주 비정상적인 상황에도 대처할 수 있는 충분한 크기 이여야 하고 다른 장비들에 사용된 접지 BUS와는 독립되어야 한다.

3) 정기적인 검사의 분류

Classification of inspection \ Restricted condition	Opening and closing of door	Separation of cover	Uninterruption of power	Circuit power failure	Interruption of main bus power	Inspection Period (a)
Visual inspection	○	-	○	-	-	once/month
Monthly inspection	○ (b)	-	○	-	-	once/month per year
Annual inspection	○ (c)	○	-	○	○	once/year
Temporary inspection	○	○	-	○	○	

NOTE (a) 상기의 검사기간 및 대상 기기를 고려 한 후, 검사 주기를 선정한다. 검사주기는 환경, 동작조건, 기기의 중요도, 기기의 노후 정도를 고려하여 결정한다.

(b) 정전시 배전반의 문을 연 상태로 배전반을 점검할 수 있으며 한 달에 한번 정도는 문을 연 상태로 점검하는 것이 좋다.

(c) 정전이 쉽지 않을 경우 2년에 한번 정도는 정전 점검이 요구된다.

① 육안점검

현재 운용되고 있는 고압 배전반이 정상적으로 동작되고 있는지 아니면 무슨 문제가 있는지를 점검하는 것이다. 고압 배전반에 취부되어 있는 각종 METER류, 각종 표시등 등이 정상적으로 동작되고 있는지를 규칙적이고 정기적으로 점검하는 것은 대단히 중요한 일이다.

② 계획점검

이 점검은 구성하고 있는 SYSTEM이 필요로 하는 기능을 확실하게 기능을 유지하도록 정기적으로 고찰하는 것이다. 이 점검은 현장여건을 고려해야 하며, 주기적이고 규칙적인 교육과 함께 조직적으로 점검하기 위해 점검 일정계획을 세워서 실행해야 한다.

③ 정기 계획 점검

정기 계획 점검은 1달과 1년 주기의 점검으로 되어 있다.

④ 월 점검

일정한 자격을 갖추고 있는 자가 설비의 중단 없이 배전반이 DOOR를 열고 육안 검사를 하는 것이다.

- * LAMP의 점멸 상태 검사
- * 반내의 조명등의 점멸 상태 검사
- * 각 계기들의 정상적 동작 상태 여부 검사

⑤ 년 점검

년간 점검은 설치된 고압 배전반이 안전하게 운영되도록 하기 위해 배전반 전체의 점검을 요구하며 효과가 충분히 크다. 고압 배전반의 모든 계기들은 제조업자의 관련 자료에 따라 점검해야 한다. 이 또한 앞에서 기술한바와 같이 점검 중에도 고압 배전반 내부에 고압이 흐르고 있음을 주의해야 한다. 만약 현재 여건이 필요한 만큼 지속적으로 전체 점검이 불가능하다면 육안 검사로 대체할 수 있으며, 여건이 허락되는 가까운 시일로 다시 일정을 잡아 우전상의 점검을 실시할 수 있다.

4) 기기의 유지 및 보수

① 고압 MAIN BUS-BAR의 절연 처리

- 가) MAIN 차단기를 OPEN시켜 BUS-BAR에 흐르는 고압을 차단한다.
- 나) BUS-BAR에 전압이 걸리지 않았는지 확인하고 전원이 살아있지 않다면 적절한 지점에 접지를 잡고 전압계측기나 전압 검침봉으로 다시 한번 확인한다.
- 다) 필요하다면 전원을 분리 후 2분 경과 뒤 접지한 CAPACITOR로부터 잔존 전류를

방전에 두어 안전하게 LOCKING 한다.

라) 오조작을 방지하기 위해 차단기를 MAIN BUS와 OPEN위치에 놓거나 경고 표시 위치에 두어 안전하게 LOCKING한다.

- 작업중경고 : MAIN BUS-BAR에는 상단TR의 2좌측으로부터 전원 공급이 중단 되지 않은 상태 일수 있으므로 MAIN BUS-BAR주위의 안전 격리 판을 옮기지 않는다.

② 일반적인 안전절차

기자재와 사람의 완벽한 안전을 위해 관련된 모든 사람들의 협력이 꼭 필요하다고 이점은 대단히 중요하다. 즉 다시 말하면 수요자 SYSTEM기술자 기자재 공급자는 정해진 안전 규정에 따라 관련작업을 해야 한다. 어떤 시험을 시작하기 전에 그 시험을 직접 조작하는 사람을 지정 해 두어야 하며 일반적 상태에 적용한다. 운영자가 고압 배전반의 설비 구조와 조작 방법을 이해하고 숙지하는 것은 안전을 위해 꼭 필요하다.

가) 고압 배전반이 설치된 변전실은 이물질이 없이 항상 청결해야 한다.

나) 기기 주변이나 변전실 주위는 항상 청결해야 한다.

다) 통풍 SYSTEM으로 되어 있는 고압 배전반 주위는 더욱더 깨끗해야 한다.

라) 위험 또는 경고 표지는 적절한 지점에 있어야 한다.

마) 고압 배전반이 설치된 구역의 출입은 당연히 통제되어야 하고 출입자는 꼭 자격이 있는 자 만으로 한정해야 한다.

바) 화재에 대비해 적절한 장소에 이용 가능한 소화기를 설치해야 한다.

사) 유관 부서와 책임 있는 부서와는 정확한 정보전달을 정확하게 해야 한다.

아) 기기는 전기적으로 단전되어 안전해야 한다.(전기적인 분리의 의미) 회로는 차단기 1차측 BUS가 살아 있어서 전원이 공급되고 있는지 분명히 확인해야 한다. 어떤 점검을 하기 이전에 기기가 올바르게 접지되어 있는지 TEST METER로 무전원 상태 즉 안전한 상태인지를 확인해야 한다. 모든 통전구역은 실행 가능한 잠금 장치로 최대한 안전하게 해야 한다. 가능한 안전 잠금 장치가 있는 기기 들은 모두 잠워서 점검자의 안전을 최대한 확보해야 한다. 이 잠금 장치의 KEY는 책임 있는 지정된 사람만이 보유하도록 하여 이 사람만이 안전 잠금 장치를 해제할 수 있도록 해야 한다.

5) 부식 혹은 도장손상

① 도장

점검하는 동안 기기에 도장의 흠집이나 녹이 발생된 곳이 있는지 CHECK해야하고 만약 발견되면 부위에 덧치입 도장을 해야 한다.

② 금속의 부식

금속 연결부위 표면의 녹, 장력 스프링의 녹 등은 깨끗이 제거해야 한다. 부식이 심한 연결 부위는 교체해야 한다.

6) 점검주기표

점 검 항 목	점검 차례 및 주기 (1회)				Remarks
	육 안	Operating (Adjusting)	측 정 (Megger)	교체시기	
Switch board	2개월				
Circuit breaker(차단기)	2개월	1년	2년		
Potential transformer(PT)	2개월		2년		
Current transformer(CT)	2개월		2년		
Meter	2개월	1년			
Control switch(CS) (Change over switch(S S/W))	2개월	1년		250,000회	
Pushbutton switch (PBS)	2개월	1년			
Lamp	2개월			8,000회	LAMP류는 1~2년에 1번 교환
Protective relay(보호계전기)	2개월	1년			
Magnetic contactor(M/C)	2개월	1년		1,000,000회	손상을 입었을 경우 교환
Fuse	2개월				
Molded case circuit breaker	2개월	1년		1,000~6,000회	
Auxiliary relay	2개월	1년		500,000회	
Timing relay	2개월	1년		100,000~500,000회	
반내조명등	2개월				
Instrumentation parts	2개월	1년			

제 5 장 콘크리트 수리구조물

여 백

제 5 장 콘크리트 수리구조물

5.1 총 칙

5.1.1 목 적

본 지침(안)은 기존의 콘크리트 수리구조물에 약간의 성능저하 증상이 나타난 경우 또는 성능저하 상황을 파악하려는 경우에 행하는 조사·진단방법, 그리고 저하된 구조물의 성능·기능을 개선하거나, 성능·기능이 다시 저하하는 것을 예방하여 내용연수의 연장을 도모하기 위하여 시행하는 보수 및 성능저하 억제방법을 제시하여 농업토목 콘크리트 수리구조물의 유지보전에 기여하는 것을 목적으로 한다.

일반적으로 콘크리트 구조물은 내진성, 내화성, 내구성에 우수한 구조이고, 비교적 값이 싸고 경제적인 재료로서 여수로, 방수로, 취수탑, 터널, 배수갑문, 용배수 구조물, 기타 농업토목 분야의 수리구조물에 널리 이용되고 있다. 사회간접자본인 이들 구조물을 적절히 유지관리하고 양호한 공용(供用)수준으로 관리하는 것은 향후 점차 중요한 과제로 되고 있다.

그러나 철근콘크리트구조물에서는 예전부터 콘크리트의 건조수축에 의한 균열, 온습도 변화에 의한 균열, 누수, 큰 처짐, 동해 등 여러 가지 성능저하 현상이나 불량부분이 발생하여 왔다. 더욱이 하천모래 고갈에 따라 해사를 사용하기 시작한 이후부터는 철근콘크리트구조물에 해사 속의 염분이나 바다에서 날아 온 염분이 주된 원인이라고 생각되는 염해에 의한 철근부식이나, 알칼리 골재반응이 원인으로 생각되는 균열, 동해에 의한 균열, 백화현상, 중성화 등의 조기 성능저하 현상이 나타나고 있다. 특히 성수대교, 행주대교 및 삼풍백화점 붕괴사고 등이 연속적으로 발생함에 따라 콘크리트 구조물의 품질과 내구성 및 적절한 유지관리와 그에 수반되는 보수보강이 사회적으로 크게 요구되고 있는 실정이다.

특히 농업토목 콘크리트 수리구조물은 현재까지 초기투자비를 최소화하기 위하여 설계기준 강도가 낮은 콘크리트를 주로 사용하였고, 보통 짧은 공사기간 내에 구조물을 완료해야 하였다. 또한 개개의 콘크리트 구조물이 소규모이므로 공사용 자재의 철저한 보관이 어려웠으며, 나아가 소규모 구조물이 넓은 지역에 분포됨에 따라 품질관리에 철저를 기하게 할 수 있는 여건이 되지 못하였다.

이에 따라 농업토목용 콘크리트 수리구조물은 저품질을 양산하였고, 이러한 구조물을 이용하여 관개용수를 전체 관개기간 동안 경지에 공급하였다. 이에 따라 비관개기인 동절기에는 구조물이 혹한에 노출됨으로서 콘크리트 조직내부의 공극 속에 스며든 물이 동결하는 현상(동해)이 발생하여 균열 등 성능저하 현상이 지속적으로 일어나고 있으며, 느슨한 조직을 통하여 관개용수가 구조물의 표면으로 스며드는 과정에서 조직내부의 알칼리나 황산이온이 표

면으로 용출하여 공기중의 이산화탄소와 반응하고 수분이 증발함으로써 표면에 알칼리탄산염이나 알칼리황산염이 추출되어 발생하는 백화현상이나 알칼리-골재반응이 발생하는 등 콘크리트 수리구조물의 내구성이 현저히 떨어지는 현상이 곳곳에서 나타나고 있다.

농업토목 콘크리트 수리구조물의 성능저하는 오랜 세월에 걸쳐 일어나기 때문에 성능저하 현상이 표면에 나타날 때에는 구조물로서는 이미 치명적인 손상에 이른 경우이므로 사전에 성능저하 진행상황을 적절히 조사·진단을 해야 한다.

본 지침은 콘크리트 수리구조물에서 균열이나 박리 등과 같은 피해가 생긴 경우 또는 현재는 현저한 피해가 없지만, 콘크리트 중에 염화물이 포함되어 있거나 중성화가 상당히 진행되어 있어 성능저하 요인을 안고 있는 구조물에 적용할 수 있는 적절한 조사·진단 및 보수방법을 제시한 것이다.

5.1.2 적용범위

- a. 본 지침(안)은 농업토목 콘크리트 수리구조물에 생기는 철근부식과 관련되는 성능저하 현상의 조사, 진단, 보수, 성능저하 억제공사에 적용한다.
- b. 알칼리-골재반응에 의한 성능저하 현상은 알칼리-골재반응 편을 적용하고, 동해로 인한 성능저하 현상은 내동해성 편을 적용한다.
- c. 산성토양이나 화학약품 등 부식성물질에 의한 성능저하현상은 별도의 지침을 적용한다.
- d. 지진, 부동침하 및 과하중 등의 구조적 요인에 기인하는 성능저하 현상의 진단 및 보수공사는 구조안전진단 등에 의한 별도의 지침에 따른다.

a. 농업토목 콘크리트 수리구조물에는 여러 가지 원인에 따라 불량부분이 생긴다. (표 5-1)은 일본에서 철근콘크리트 건축물에 나타나는 1,447건의 불량부분 보수공사 결과를 분석한 다음, 이로부터 발생건수가 많은 순서부터, 또한 전체 보수공사금액에 대한 비율이 높은 것부터 나타낸 것이다.

(표 5-2)는 국내의 농업토목 수리구조물의 구조안전진단('96) 결과로서 구조물 및 공중에 따른 하자 원인별 백분율을 나타낸 것이다. 이들 콘크리트구조물에 발생하는 불량부분 중에서 시공상의 하자라고 판단되는 것도 많이 있지만, 시간의 경과에 따른 성능저하와 이들 두 가지 요소가 상호 작용한 것도 상당수에 이르는 것으로 생각된다.

(표 5-1) 철근콘크리트 건축물에 나타나는 불량부분

발 생 건 수		보수공사비 총액에 대한 비율	
균열	223건	육상방수	13.1%
외벽방수	175건	균열	11.4%
육상방수	174건	외벽방수	10.0%
설비관계	111건	크리프(creep)	9.5%
모르터 박리	78건	모르터 박리	7.5%
돌·타일(외벽마감재) 박리	73건	설비관계	7.2%
지반침하	51건	돌·타일(외벽마감재) 박리	6.8%
크리프(creep)	22건	지반침하	5.3%

- 균열은 1~3년 후에 발생하는 경향이 있다.
- 육상에서의 누수는 장기에 걸쳐 일어난다.
- 외벽에서의 누수는 창틀레, 이음부에서 많고, 2년 후에 발생하는 경우가 많다.
- 크리프(creep)의 수선공사비는 고액이 되는 경우가 많다.
- 외벽마감재의 박리는 장기간에 걸쳐 발생하는 경우가 많다.
- 지반침하는 1~5년의 사이에 발생하는 것이 많다.

(표 5-2) 농업토목 콘크리트 수리구조물의 공종별 하자원인별 불량률

시설물	공 종	하자 건수	공종별 하자건수에 대한 원인 백분율(%)												소계
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	
저수지	제 당	121 (23)	33	17	30	7	12	1	-	-	-	-	-	-	100
	여방수로	189 (36)	14	2	1	-	-	4	36	31	4	5	2	1	100
	취수시설	141 (26)	43	-	-	-	1	-	7	6	7	5	1	30	100
방조제	방 조 제	17 (3)	41	6	23	6	24	-	-	-	-	-	-	-	100
	배수갑문	23 (4)	9	-	-	-	-	9	26	22	4	22	-	8	100
양수장	토목건축	45 (8)	27	-	-	-	-	-	40	11	4	11	7	-	100

- 주) ① 누수, ② 잡목/잡초식생, ③여유고 부족, ④ 활동, ⑤침하, ⑥ 홍수배제능력 부족
 ⑦ 콘크리트 균열, ⑧ 콘크리트 박리, ⑨ 콘크리트 백화, ⑩ 콘크리트 성능저하,
 ⑪ 과대변형, ⑫ 철근/철물 부식/성능저하

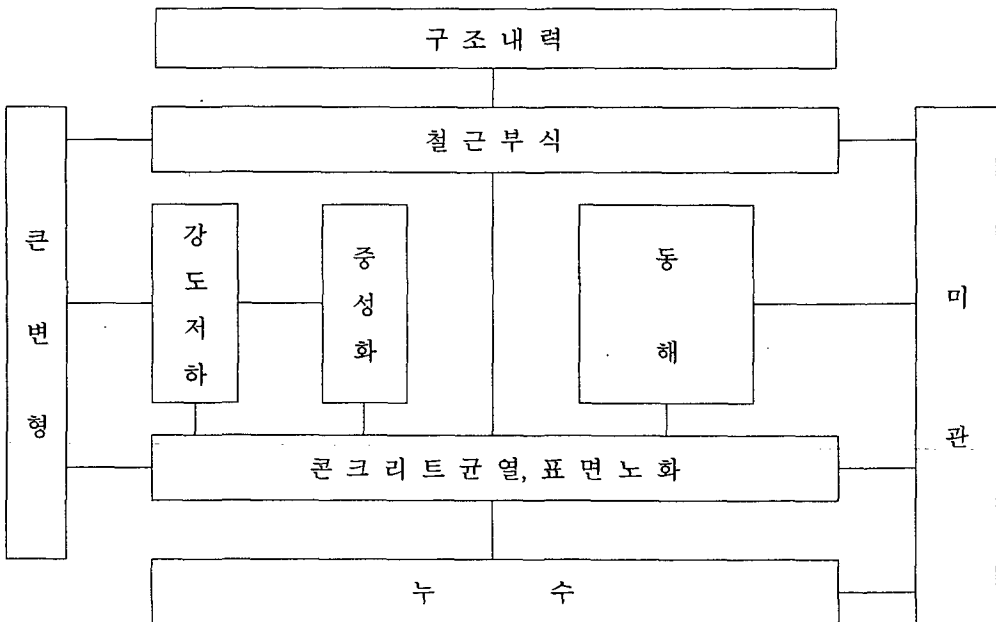
※ ()내의 숫자는 전체 하자건수에 대한 백분율을 나타냄.

한편 국내 농업토목 수리구조물의 하자원인을 살펴보면 콘크리트 구조물의 경우 균열, 박리, 성능저하, 누수, 백화현상이 두드러지게 나타난다. 이러한 현상은 전술한 바와 같이 기본적으로는 크게 2가지 원인에 의해서 발생한 것으로 분석된다.

첫째는, 초기투자비를 낮추기 위해서 설계기준강도가 낮은 콘크리트, 즉, 내부 공극이 많은 저품질의 콘크리트를 설계 및 시공한 결과로서 나타난 것이며,

둘째는, 구조물의 공사여건(접근성, 공사기간, 품질관리 효율성)이 매우 열악한 상태에서 시공한 관계로 품질의 균질성이 떨어져 나타난 것이다.

이들을 종합하면 농업토목 콘크리트 수리구조물 내부의 철근을 부식시키는 원인으로서 ① 중성화 ②철근부식 ③균열 ④누수 ⑤강도저하 ⑥큰 변형 ⑦동해 ⑧표면손상을 들 수 있다. 이들 8종류의 성능저하 현상간 상호관계를 <그림 5-1>과 같이 표시할 수 있으며, 8대 성능저하 현상 중에서 중성화와 강도저하, 동해는 철근부식, 누수, 큰 변형 및 표면성능저하 등을 유발시키는 요인이 된다.

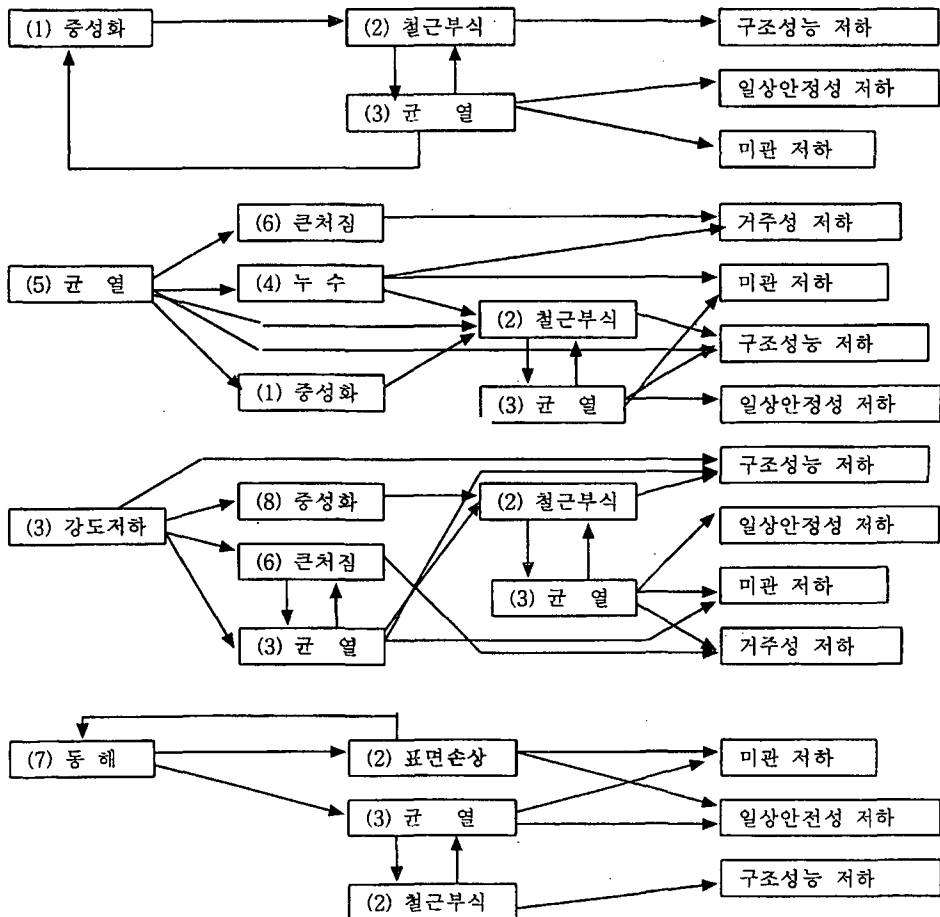


<그림 5-1> 8대 성능저하원인의 상호관계

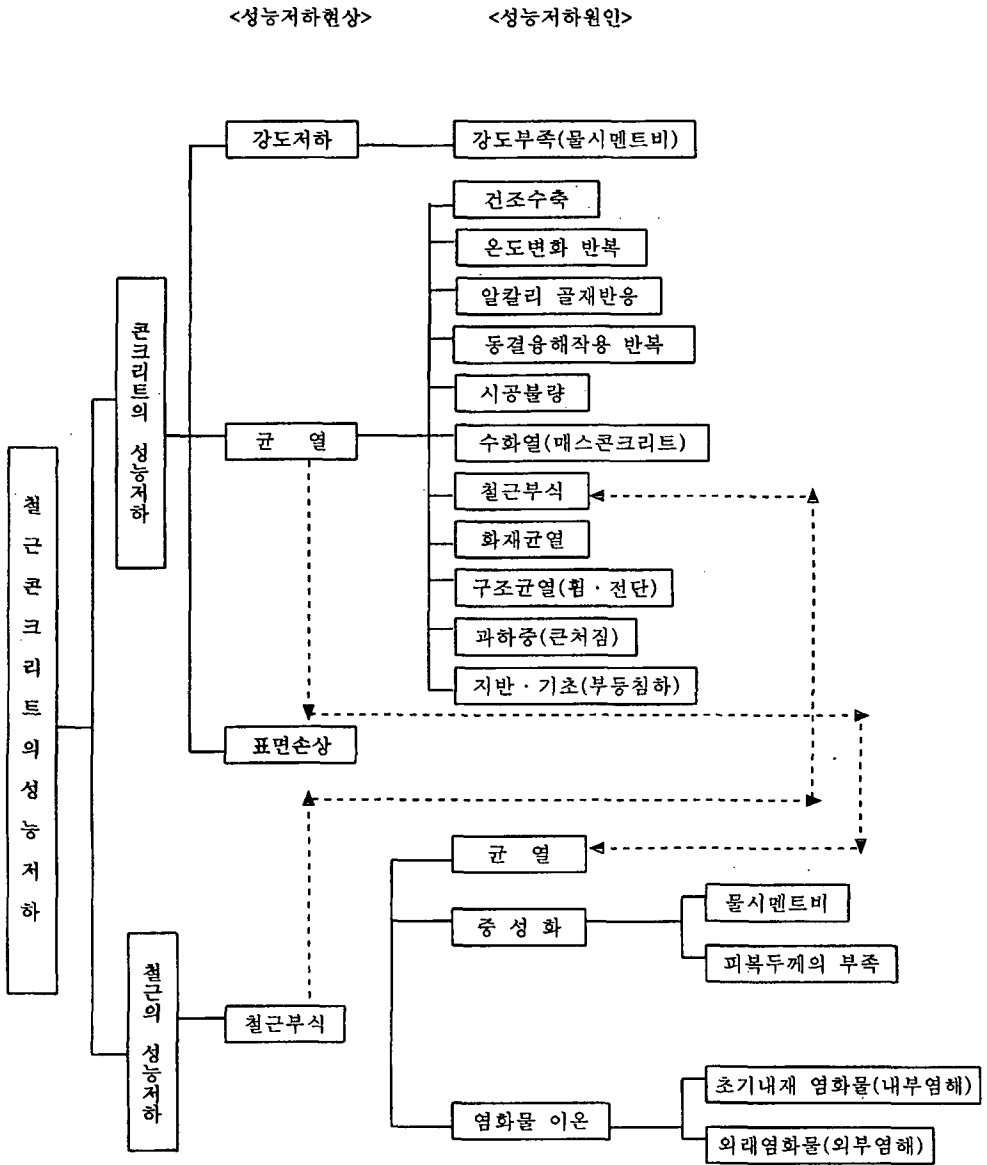
<그림 5-2>는 성능저하 현상의 전이관계를 나타내고 있다. 이들 성능저하 현상의 상호관계에 관해서 살펴보면, 철근콘크리트 구조물의 성능저하 현상은 대부분이 균열로부터 시작되므로 균열을 발생시키는 원인에 따라서 손상원인이 구분되고 있다.

콘크리트는 압축에는 강하지만 인장에는 취약하므로 인장에 강한 철근으로 보강하게 되므로 콘크리트 구조물의 성능저하는 콘크리트 자신의 성능저하와 철근의 부식으로 나누어 고려할 수 있다.

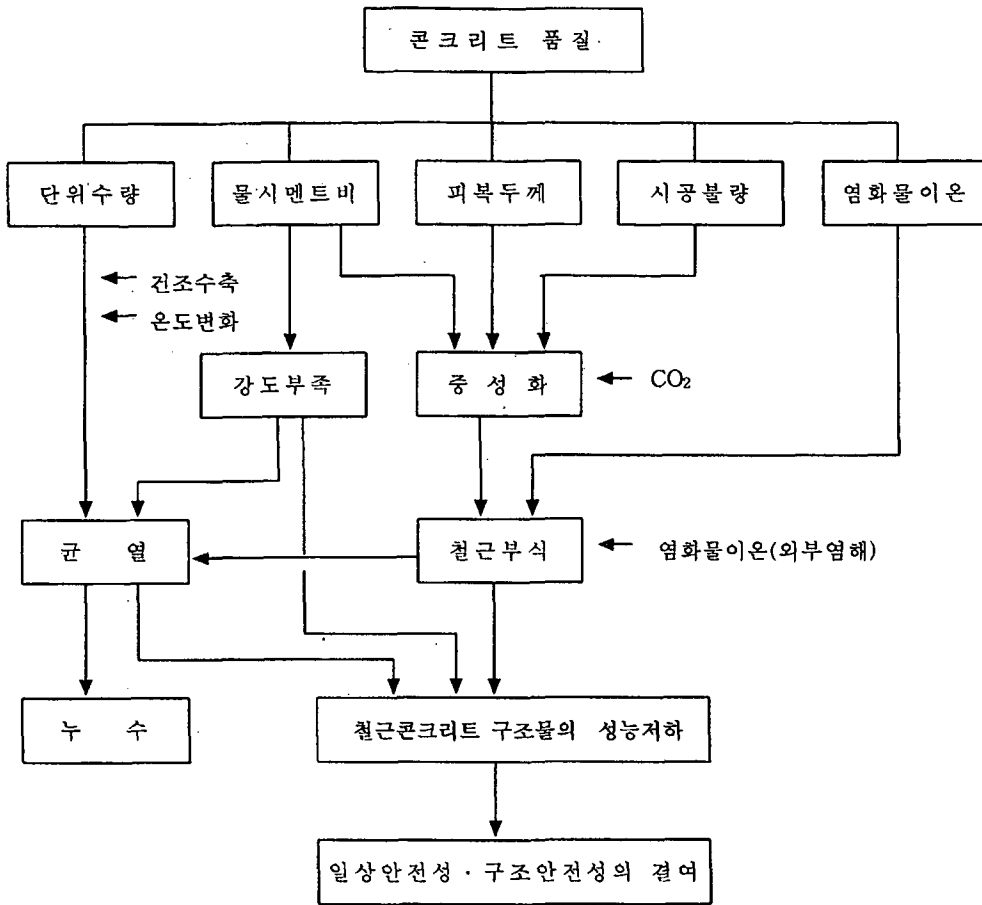
콘크리트 자체의 성능저하는 강도저하, 건조수축, 온도변화, 동결융해작용의 반복, 알칼리 골재반응 등의 각종의 요인에 의한 균열 및 표면손상이 있고, 철근부식의 요인으로는 피복두께의 부족, 중성화 및 염화물의 존재에 의한 철근의 손상이 있다. 이들 철근 콘크리트 구조물에 생기는 성능저하현상을 분류·정리한 것이 <그림 5-3>이다. 또한 콘크리트의 성능저하와 철근콘크리트 구조물의 성능저하에 미치는 영향을 분석한 것이 <그림 5-4>이다.



<그림 5-2> 성능저하현상의 전이



<그림 5-3> 콘크리트 수리구조물의 성능저하현상 분류



〈그림 5-4〉 콘크리트와 철근의 성능저하현상의 상관성

이들 철근콘크리트 구조물에 생기는 성능저하현상의 상호관계, 성능저하 현상의 진전을 보면, 콘크리트의 균열과 철근부식 및 이들의 상호관계가 철근콘크리트 구조물의 기본적인 성능저하현상이라 볼 수 있다. 그러므로 본 지침에서는 농업토목 콘크리트 구조물에 생기는 철근부식과 관계되는 균열을 중심으로 한 성능저하 현상을 대상으로 한다.

철근부식의 주요 원인으로서는 염해, 중성화, 공극구조 및 피복두께의 부족이 있을 수 있지만, 염해가 원인인 경우에는 현재 성능저하가 나타나고 있지 않을지라도 가까운 시일내에 성능저하가 나타날 수 있으므로 이러한 경우에도 본 지침은 적용된다.

콘크리트는 보통 pH값이 12.5~13정도의 강알칼리성을 띠고, 이러한 강알칼리성 조건 하에서는 철근의 표면에 부동태피막이 형성되어 부식이 진행되지 않는다. 그러나 대기중의 탄산가스, 기타의 산성물질이 조직내의 모관공극 등을 통해 침투함으로써 콘크리트의 알칼리성은 표면부터 서서히 중성으로 전이되고, 철근위치까지 중성화가 진행되어 알칼

리도가 낮아지면 철근은 부식에 대하여 무방비상태가 된다. 이때 산소와 수분 및 염소이온이 공급되면 부동태피막이 파괴되어 녹이 생긴다. 철근의 부식이 어느 정도 진행되면 녹은 부피팽창을 일으키므로 팽창압에 의해 피복 콘크리트에 균열, 박리 등이 발생한다.

한편 콘크리트 중에 염화물이온이 어느 정도 이상 존재하면 콘크리트가 중성화되지 않더라도 철근은 부식한다. 이 경우 피복두께가 작고 피복콘크리트의 품질이 나쁘면 부식의 진행이 빠르며, 염화물량이 많을수록 부식의 진행이 빠르게 된다. 더욱이 철근의 위치까지 콘크리트가 중성화되어 있는 경우 부식이 더욱 촉진된다.

콘크리트 중의 철근부식을 촉진하는 요인으로서, 염화물 이외에 균열, 산소 등의 존재나 피복두께의 부족을 들 수 있다. 이러한 곳에서는 통기성이 크고 중성화가 빠르므로 수분 또는 산소의 공급을 받기 쉽다. 또한 그곳에 성능저하물이 있으면 부식은 중성화만에 의한 부식속도보다 빠르게 진행된다.

또 블리딩의 영향도 고려해야한다. 이것은 물-시멘트비가 높을 경우 블리딩에 의해 배출수가 표면으로 이동하다가 굵은 골재의 아래면에 커다란 공극을 형성하며, 수화반응에 사용하고 남은 물이 콘크리트 조직내부에 고여 있다가 시간이 지남에 따라 건조되어 내부에 커다란 공극을 형성한다. 또한 콘크리트 조직 내부에 많은 모관공극을 형성함으로써 철근의 부식이 가속적으로 진행되는 경우가 많다.

- b. 알칼리 골재반응은 반응성 실리카를 포함한 골재와 시멘트 등에 포함된 Na^+ , K^+ 의 알칼리금속이 서로 반응하여 알칼리 규산염을 생성하고, 이것이 팽창하여 콘크리트에 균열, 켈의 유출 등을 생기게 하는 현상이다. 이 반응에 관계되는 광물의 종류에 따라서 알칼리 실리카반응, 알칼리 탄산염반응, 알칼리실리케이트 반응으로 분류하고 있다. 이 중 지금까지 많이 알려진 반응으로서는 알칼리실리카 반응이며, 이러한 반응성을 나타내는 광물로서는 오팔, 크리스토파라이트, 토리지마이트, 화산유리, 옥수, 석영 등이며, 이러한 광물을 포함한 암석으로는 휘석, 안산암, 규질암 등이 있다.

알칼리 골재반응은 일반적으로 ① 반응성골재, ② 높은 알칼리량, ③ 충분한 온도의 3개 조건이 갖추어지는 경우 콘크리트에 피해를 발생시키기 때문에 알칼리골재반응의 억제대책으로서 다음과 같은 대책을 주로 많이 사용한다.

- (ㄱ) 반응성이 있는 골재를 사용하지 말 것
- (ㄴ) 콘크리트중의 알칼리량을 감소시킬 것
- (ㄷ) 알칼리 골재반응에 대하여 억제효과가 있는 혼합시멘트를 사용할 것

알칼리 골재반응 현상의 진단은 “콘크리트 구조물의 알칼리 골재반응 진단에 관한 기준”을 참고로 할 것이며, 알칼리 골재반응을 억제하기 위한 일반적인 방법에는 다음과 같은 것들이 있다.

- (㉠) 알칼리 골재반응에 관해서 무해로 판정되는 골재를 사용할 것
- (㉡) KSL 5201 「포틀랜드시멘트」에 규정된 저알칼리형의 포틀랜드시멘트를 사용할 것
- (㉢) KSL 5201 「포틀랜드시멘트」에 규정된 통상의 포틀랜드시멘트를 사용하는 경우에 있어서는 전알칼리($R_2 O = Na_2O + 0.658K_2O$)를 0.6% 이하로 할 것
- (㉣) KSL 5210 「고로시멘트」에 규정된 고로시멘트에서 원료시멘트의 알칼리량이 0.80% 이하인 고로시멘트를 사용할 경우에는 슬래그 혼합비 40%이상 기타의 경우는 50% 이상을 사용하고,
- (㉤) KSL 5405 「플라이애시 시멘트」에 규정된 플라이애시로서 원료시멘트의 알칼리량이 0.80%이하인 플라이애시 시멘트를 사용할 경우에는 플라이애시 혼합비를 15%이상으로 하고 기타의 경우는 20% 이상으로 한다.
- (㉥) 최근의 연구결과에 의하면 KSL 5201 「포틀랜드시멘트」를 사용하고 저온(600~70 $^{\circ}$ C)로 완전 소각한 왕겨재를 시멘트 중량의 5~10%를 혼입하면 알칼리-골재반응을 억제시킬 수 있는 것으로 보고되어 있다.

그러나 이들 대책은 사전대책이다. 이미 반응성 골재를 사용하였거나 알칼리량이 많은 시멘트나 콘크리트를 사용하여야 하는 경우에는 온도를 낮추어 시공하는 방법이 있지만, 실제의 구조물에서 이 방법을 적용하기가 대단히 곤란하다.

현재까지 알려진 바에 의하면 반응성골재를 사용한 콘크리트에 대하여 아초산 리티움을 함침시키는 등의 알칼리 골재반응 억제공법이 소개되고 있지만, 아직 그 효과에 대해서는 충분히 확인되지 않았으므로 알칼리 골재반응을 제어하는 유일한 수단은 위에서 언급한 사전대책 이외에는 없다고 할 수 있다.

한편 강한 산성토양이나 온천지역에서 강산성 지하수가 있는 경우, 토양 중에 황산나트륨이 많이 함유된 경우, 또는 특수한 약품, 화학물질, 유기물의 부식에 의해 생기는 산등의 침식성 물질의 작용을 받는 부분에 콘크리트 구조물을 시공하는 콘크리트가 산에 의해서 침범당하거나, 황산나트륨이 수분과 함께 콘크리트 중에 침투하고 그 결정압에 의해 콘크리트의 조직을 파괴시킨다. 이러한 경우에는 콘크리트의 표면에 내산성의 보호피막을 설치하여 성능저하를 방지하는 방법, 또는 적당한 시기에 보수를 반복하여 시행하는 방법 등이 있다. 그러나 이러한 부식성 물질에 의한 성능저하 대책이나 보수공법 등은 경우에 따라 다르므로 본 지침을 적용할 수 없고 상황에 따라 시험을 해야하고 별도의 대책을 수립하여야 한다. 더욱이 지진, 부등침하, 및 과다하중 등의 구조적 요인에 기인하는 성능저하현상의 진단 및 보수·보강공사는 구조기술자의 판단을 필요로 하므로 본 지침의 적용범위 밖이다.

5.1.3 용 어

본 지침(안)에 사용하는 용어는 다음과 같이 정한다.

- 조사 : 보수·보강의 여부 판정, 보수·보강계획의 작성, 보수·보강공사의 설계 및 시공에 필요한 정보의 수집·정리·확인을 행하는 것
- 진단 : 조사결과를 근거로 성능저하현상을 파악, 성능저하정도를 판정, 성능저하원인을 추정, 성능저하에 이르는 메커니즘 등을 규명하여, 보수·보강설계 및 보수·보강공사의 방향을 제시하는 것
- 설계조사 : 설계자가 보수·보강 설계 도서를 작성하기 위해 행하는 행위
- 시공조사 : 시공자가 보수·보강공사를 실시할 때 보수·보강설계 도서와 동일하게 시공할 수 있는지를 확인하기 위한 행위
- 성능저하 : 물리적·화학적·생물적 요인에 의해, 구조물이 최초로 가지고 있던 품질이나 가치가 해가, 갈수록 저하하는 것
- 성능저하요인 : 구조물의 성능저하에 영향을 미치는 제요인
- 성능저하외력 : 성능저하요인 중 구조물의 외부에서 작용하는 것
- 성능저하원인 : 성능저하증상을 가져오는 성능저하요인
- 성능저하증상 : 구조물의 성능저하에 동반하여 표면에 나타나는 증상, 성능저하요인이 달라도 성능저하증상은 같은 것이 있다.
- 성능저하현상 : 성능저하요인의 영향에 의해 구조의 성능이 저하된 상태로서 성능저하요인별 성능저하 증상을 말함.
- 성능저하도 : 성능저하의 정도
- 성능 : 목적 또는 요구에 응하여 구조물이 발휘할 수 있는 능력
- 기능 : 목적 또는 요구에 응하여 구조물이 수행하는 역할
- 품질 : 구조물의 성능에 대한 종합적인 평가
- 중성화 : 콘크리트가 공기중의 탄산가스 등의 작용에 의해 알카리성을 잃어버리는 현상으로, 페놀프탈렌 용액에 의한 콘크리트의 색상변화로 판정한다.
- 초기내재 염화물 : 시멘트, 물, 골재, 혼화재료 등에 포함된 염화물로 인해 콘크리트 제조 시 콘크리트에 들어오는 염화물.
- 외래 염화물 : 구조물 완성 후 해수, 비래염분, 윤설제 등에 포함된 염화물이 콘크리트의 표면에서 내부로 침투하여 콘크리트내에 존재하는 염화물
- 응급처치 : 주로 안전 대책상 응급적으로 행하는 처치.
- 보수 : 성능이 저하된 콘크리트 구조물의 성능 또는 기능을 원상 또는 실용상 지장이 없는 상태까지 복구시키는 것. 철근부식에 의해 생긴 부재변형과 내력의 저하를 개선하고, 초기상태로 되돌리는 것도 보수에 포함됨.

- **성능저하억제** : 성능저하요인을 내재하고 외력을 받는 부재의 성능저하 진행 속도를 억제하는 것.

- **전기 화학적 보수** : 단기간 또는 장기간 전기를 통함으로써 철근의 부식진행을 억제하는 보수 공법으로서 전기방식공법, 재알칼리화 공법, 탈염공법 등을 포함

- **조사(survey)**

어떤 목적을 위하여 대상물을 조사하는 것으로서 성능저하의 판정이나 원인의 규명, 보수·보강 여부의 판정, 보수·보강의 계획, 설계 및 시공에 필요한 자료를 얻기 위해 행하는 것이다. 조사에는 구조물 시공일정이나 위치 등의 개요조사, 외관육안조사, 시설물의 성능저하도 상세조사 등이 있다.

- **진단(diagnosis)**

조사결과를 근거로 보수·보강의 여부를 판정하고 최적의 보수·보강공법을 선정한다. 진단은 성능저하도의 판정, 성능저하원인의 규명, 성능저하의 진행예측, 보수의 필요성의 판정, 내하력진단의 여부 판정 및 보수·보강공법의 선정을 목적으로 실시한다.

- **설계조사(survey for repair design)**

설계도서를 작성하기 위하여 설계자가 행하는 조사이다. 그러므로 외관육안조사와 타진을 중심으로 전수검사를 원칙으로 하고, 진단결과에 따라 보수·보강공법의 설계도서를 작성하기 위한 자료를 얻기위해 실시한다.

조사 단계에서 설계에 필요한 충분한 정보를 얻은 경우, 또는 가설공사 후 시공조사를 한 결과 설계변경의 가능성이 있는 경우는 반드시 전수조사를 하지 않아도 되는 경우가 있다.

- **시공조사(survey for execution)**

보수·보강 설계도서와 같이 보수공사를 할 수 있는지를 여부를 확인하고 이를 토대로 시공계획서 작성에 필요한 자료를 얻을 목적으로 시공자가 행하는 조사이다.

설계도서와 같게 시공을 할 수 없을 경우는 설계자와 협의를 해야 하며, 협의 결과는 시공조사 자료로서 활용해야 한다.

- **성능저하(deterioration)**

물리적, 화학적 및 생물적 요인에 의해 구조물의 품질이나 성능이 해마다 저하하는 것을 말한다. 물리적 요인이란 수축, 팽창 등에 기인하는 것을 말하며, 화학적 요인이란 산화, 염화물 등에 기인하는 것을 말하며, 생물적 요인이란 박테리아 등에 기인하는 것을 말한다. 그러므로 시간적인 변화와 무관한 품질의 저하, 예를들어 화재나 지진에 의한 성능저하는 통상 성능저하라고 하지 않는다.

- **성능저하요인(deterioration factor)**

구조물의 성능저하에 영향을 끼치는 모든 인자를 말하며, 여기서는 물리적, 화학적, 생물적 등의 요인을 가리킨다.

- **성능저하외력(environmental degradation factor)**

성능저하요인 중 구조물이 잠재적으로 가지고 있는 성능저하요인, 예를 들면 초기내재염화물을 제외한 요인으로서 지역, 환경조건, 사용조건 등 콘크리트 구조물의 외부로부터 작용하는 인자를 말한다.

- **성능저하증상(symptoms of deterioration)**

성능저하로 나타나는 변화. 성능저하요인이 달라도 증상은 같은 것이 있고, 어떤 증상에서는 복수의 성능저하요인이 발견되는 경우도 있다.

- **성능저하현상(phenomenon of deterioration)**

어느 하나의 성능저하요인에 의해 생기는 성능저하증상을 말한다.

- **성능저하도(degree of deterioration)**

성능저하의 정도를 나타내는 척도로서, 반드시 표면에만 나타난 성능저하증상 뿐만 아니라 아직 표면에는 나타나지 않았을지라도 예를 들면 콘크리트의 내부에서 철근부식이 진행되고 있는 것 같은 경우에도 그 정도를 나타내기 위하여 사용된다.

- **중성화(neutralization)**

콘크리트가 공기중의 탄산가스등의 작용에 의해 알칼리성을 상실해 가는 현상을 말한다. 콘크리트에 페놀프탈렌 용액(1%에타놀용액)을 분사하면, pH가 8이상의 알칼리 측에서 적색으로 변색하고, 그 이하의 pH일 때는 무색으로 되므로 적색으로 변화하지 않는 부분을 중성화범위로 판정하고 있다.

- **초기내재염화물(initial internal chloride)**

시멘트, 물, 골재, 혼화재료 등의 콘크리트의 재료에는 염화물이온이 자연적으로 함유되는 경우가 많다. 이들 재료에 포함된 염화물 이온이 콘크리트 제조시에 콘크리트 내부로 들어온 것을 초기내재 염화물이라 말한다. 또한 이것에 의해 발생하는 염해를 내부염해라 칭하기도 한다.

콘크리트용 재료로서 콘크리트에 가장 많은 염화물을 도입할 수 있는 재료가 해사이다. 해사에 포함된 염분의 규정에 관한 규정은 “콘크리트 표준시방서”에 규정되어 있다.

• 외래염화물(external chloride)

해안에 가까이 또는 해중에 설치한 구조물, 예를들어 배수갑문이나 내부개답지에 설치될 구조물들은 완성후 해수비말(海水飛沫)이나 파도 등으로 인해 해수에 포함된 염화물이온이 콘크리트의 표면에 부착하고, 시간이 지남에 따라 내부로 침투·확산하여 콘크리트에 축적된다. 이러한 염화물을 외래염화물이라 하여 초기내재염화물과 구별하고 있다. 비래(飛來)염분은 해안에 가까울수록 많고, 해안에서 수 십 미터까지의 범위에서는 해수비말로 염분이 날아오고, 해안에서 1km정도까지는 염분입자가 날아오는데 그 양은 지역이나 기후(계절풍)등에 따라 차이가 있다.

또한 동절기 제설작업차 뿌리는 용설제에도 염화물이온이 포함되어 있으므로 이것이 콘크리트 내부로 침투하는 경우가 있지만 이것은 주로 일반 교량에서 나타난다.

• 응급처치(temporary repair)

조사·진단 또는 보수·보강 공사에 앞서 제삼자에게 장애를 발생시킬 우려가 있거나 구조물 전체의 안전이 심각하게 위협받고 있는 경우, 긴급히 하는 안전 대책을 말한다.

• 보수(repair)

철근부식으로 인한 부재 변형과 내하력저하를 개선하기 위한 대책은 본 지침서의 보수범위에 포함되지만, 일반적인 보강 즉 구조적 요인에 의한 변형과 내하력의 개선을 위한 대책은 범위 밖이다.

• 성능저하억제(inhibition of deterioration)

보수가 부재/부품의 성능이나 기능의 회복을 목표로 하고 있는 것에 반해 성능저하억제는 성능저하의 진행속도를 정지 또는 지체시키는 것을 말한다.

• 전기 화학적 보수(electrochemical repair)

전기방식, 재알칼리화 공법, 탈염공법 등 콘크리트 내부의 철근에 전기를 통하는 것으로 보수효과를 높이는 공법을 모두 가리킨다.

<해설>

수리구조물의 내구성과 보수보강에 관한 일반적인 용어에 대하여 한국 콘크리트학회 자료와 일본의 여러 학회를 중심으로 용어에 대한 정의를 하였다.

일본 건축학회에서는 「건축물의 조사·성능저하진단·수선의 고려방법(안)·동해설」에서 건축물의 내구성과 보수공법을 규정하기 위해서 이들 용어를 정의하였다. 철근콘크리트 건축물의 구체에 관한 내구성조사, 진단, 보수에 관한 용어는 건설성종합기술개발 프로젝트 「건축물

의 내구성 향상기술의 개발」의 「철근콘크리트 건축물의 내구성 향상 기술」 중에서 별도로 정의하였으며, 철근콘크리트 건축물의 외장마감과 관련된 용어는 「외장마감의 내구성 향상 기술」에 정의되어 있다. 이들의 문헌에서는 동일한 용어에 대하여 약간 다른 설명을 하고 있는 경우도 있고, 또 내용은 거의 같으나 서로 다른 용어를 사용하는 경우도 있다. (표 5-3)은 이들 문헌에 있는 내용중 본 지침에 관계가 있다고 생각되는 것을 뽑아 비교한 것이다.

(표 5-3) 건축물의 내구성에 관한 용어

구 분	건축물 조사, 성능저하진단, 수선의 고려방법(안), 동해설	철근콘크리트 건축물의 내구성 향상 기술	외장마감의 내구성 향상 기술
성 능	목적 또는 요구에 응하여 구조물이 발휘하는 능력		목적 또는 요구에 응하여 물건이 발휘하는 능력
기 능	목적 또는 요구에 응하여 구조체가 이행하는 역할		목적 또는 요구에 응하여 물건이 수행하는 역할
품 질	구조물의 성질, 성능에 대한 종합적인 평가		물체의 성질에 대하여 얻을 수 있는 평가
내구성	건축물 또는 그 부분의 성능저하에 대한 저항성	건축물 또는 그 부분의 성능저하에 대한 저항성	건물 또는 그 부분의 성능저하에 대한 저항성
내구성능		건축물 또는 그 부분의 성능저하에 대한 저항성을 어느 수준이상의 상태로 단속하여 유지하는 능력	건물 또는 그 부분의 성능을 어느 수준이상의 상태로 단속하여 유지하는 능력
내용연수	건축물 또는 그 부분의 사용이 끝날 때까지의 연수	건축물 또는 부분의 사용이 끝날 때까지의 연수	건축물 또는 부분의 사용이 끝날 때까지의 연수
설계내용연수		건물의 설계에 있어서 목표로 하는 건축물 또는 그 부분의 내용연수	
성능저하	물리적, 화학적, 생물학 요인에 의해 구조물의 성능이 저하한 것. 단, 지진이나 화재 등의 재해에 의한 것을 제외		물리적, 화학적, 생물학적 요인에 의해 물건의 성능이 저하하는 것. 단, 지진이나 화재 등의 재해에 의한 것을 제외
성능저하의		콘크리트 부재·부위에 작용하여 성능저하를 직접 일으키는 성능저하요인 중 주요 외부환경에 관계하는 것	물체를 성능저하시키는 제요인의 총칭
성능저하요인	구조의 성능저하에 영향을 끼치는 제인자.	구조물의 성능의 저하에 영향을 미치는 주요 인자.	
성능저하원인	성능저하요인이 작용하여 성능저하현상을 가져온 원인		

구 분	건축물 조사, 성능저하진단, 수선의 고려방법(안), 동해설	철근콘크리트 건축물의 내구성 향상 기술	외장마감의 내구성 향상 기술
성능저하증상		성능저하요인에 의해 물체의 성능이 저하는 것에 동반하여 표면에 보이는 증상이나, 몸으로 느끼게 되는 증상을 말함(단, 지진이나 화재에 의한 것을 제외). 성능저하요인은 달라도 성능저하증상은 같은 것이 있다.	
성능저하현상	구조물이 성능저하하는데 따라 나타나는 현상	성능저하요인의 영향에 의해 생기는 성능이 저하된 증상을 지칭함, 본지침에서는 콘크리트의 중성화, 철근의 부식, 균열, 누수, 강도성능저하, 큰처짐, 표면 성능저하 및 동해를 8대 성능저하현상으로 취급하고 있다.	구조물이 성능저하하는 것에 의해 생기는 현상을 말함
성능저하도		물리적, 화학적, 생물적 요인에 의해 물체의 성능이 저하되어 있는 정도를 나타내는 지표.	물체의 성능저하정도와 물체가 요구하는 성능과의 간격의 정도
조사	수선의 여부 판정이나 수선계획의 작성, 수선공사의 설계·시공에 필요한 정보의 수집·정리·확인을 행하는 것		
성능저하진단	사전조사나 일차 성능저하조사 내지 3차 성능저하조사에 있어서 성능저하현상의 관찰·측정·시험의 결과 등을 기준으로 성능저하의 종류, 정도를 파악하고 성능저하원인에 의해 성능저하현상을 일으키는데 이르는 성능저하기구를 설명하는 것. 성능저하조사와 같은 의미로 사용하기도 한다.	기존 건축물의 성능저하상태를 일정한 방법을 사용하여 조사하고 그 결과를 평가하는 것	건물 또는 부재의 성능저하의 정도를 판단하는 것
시공조사	수선공사를 시공하는 때에 수선설계도와 같게 시공될 수 있는 지를 확인하기 위한 조사		
수선	성능저하된 부재, 부품 또는 기기 등의 성능 또는 기능을 원상 또는 실용상 지장이 없는 상태까지 회복시키는 것. 단, 보수의 범위에 포함되는 정기적인 소부품의 교체 등은 제외		보수에 의해 유지할 수 없게 된 부재나 기기 등의 성능, 또는 기능을 원상 또는 실용상의 지장이 없는 상태까지 회복시키는 것
응급처치		1차 진단을 시행한 결과, 주로 안전 대책상, 응급적으로 행하는 처치로서 보수, 교환기술지침에서 취급하는 보수, 보강과는 다르다.	
보수	부분적으로 성능저하된 부위등의 성능, 기능을 실용상 지장이 없는 상태까지 회복시키는 것. 보수라고 말함.	성능저하된 콘크리트 부재의 성능, 기능을 실용상 지장이 없는 상태까지 회복시키는 것	부분적으로 성능저하된 부위등의 성능, 기능을 실용상 지장이 없는 상태까지 회복시키는 것

(표 5-3) (계속)

구 분	건축물 조사, 성능저하진단, 수선의 고려방법(안), 동해설	철근콘크리트 건축물의 내구성 향상 기술	외장마감의 내구성 향상 기술
보 강		건축물에 있어서 콘크리트 구조부재의 변형과 내력을 개량하여 실용상 지장이 없는 상태가 되게 하는 것	
교 환		성능저하된 콘크리트부재, 부위의 전부 또는 부분을 바꾸는 것	
개 수	성능저하된 건물 등의 성능, 기능을 초기의 수준이상으로 개선하는 것		성능저하된 건축물의 성능, 기능을 초기의 수준까지 개선하는 것
점 검	대상물이 기능을 수행하고 있는 상태 및 대상물의 감모(減耗)의 정도 등을 조사하는 것	기존 대상물의 상태나 감모(減耗)의 정도 등을 결정된 순서에 따라 조사하는 것	기존 대상물의 상태나 감모의 정도 등을 결정된 순서에 따라 조사하는 것
일 상 점 검	대상물의 일상 운용되고 있는 때에 가능한 점검	건물의 관리자에 의한 일상적인 점검	
정 기 점 검	주기를 정해 대상물을 정지시키던가 하여 수행하는 점검	전문적인 건축기술자에 의한 정기적인 점검	시기를 정하여 정기적으로 행하는 점검
유 지 관 리		철근콘크리트구체의 성능을 상시 적절한 상태로 할 목적으로 행하는 유지보전의 제활동, 그리고 관련업무를 효과적으로 실시하기 위하여 행하는 관리활동	건축, 설비 및 제시설, 외구, 식재 등의 성능 또는 성능을 상시 적절한 상태로 할 목적으로 하는 유지보전의 제활동, 그리고 그 관련업무를 효과적으로 실시하기 위해 행하는 관리활동
보 전	건축물(설비를 포함) 및 제시설, 외구, 식재 등의 대상물의 전체 또는 부분의 성능을 사용목적에 적합하도록 유지 또는 개선하는 제행위. 유지보전과 개선보전으로 구분된다.	기존 대상물이 유용하게 잔존하는 기간 내에 있어서 그 전체 또는 부분의 성능을 사용목적에 적합하도록 유지 또는 개량하는 행위. 「유지보전」과 「개량보전」으로 구분된다.	기존대상물이 유용하게 존속하는 기간 내에 있어서 그 전체 또는 부분의 기능 및 성능을 사용목적에 적합하도록 유지 또는 개량하는 제행위. 「유지보전」과 「개량보전」으로 구분된다.

또 용어 중에 콘크리트의 내구성에 관련된 용어는 (표 5-4)와 같다.

(표 5-4) 콘크리트의 내구성에 관련된 용어

용어	정의	대응 영어 (참고)
건조수축	경화된 콘크리트가 건조에 의해 수축하는 현상	drying shrinkage
내구성	기상작용, 화학적 침식작용, 기계적 마모작용, 기타의 성능저하작용에 저항하여 장기간 견디는 콘크리트의 성능	durability
중성화	경화된 콘크리트가 공기중의 탄산가스의 작용을 받아서 점차 알칼리성을 잃어가는 현상.	carbonation
동해	동결융해작용에 의해 콘크리트에 균열, 표면층의 박리, 팝아웃(pop out)등의 손상을 가져오는 것	frost damage, damage the action of freezing and thawing
초기동해	응결경화의 초기에 받는 콘크리트의 동해	frost damage at early age
염해	콘크리트중의 염화물 이온에 의해 강재가 부식하고 콘크리트에 균열, 박리등의 손상을 가져오는 것	injury from salt, damage by salt attack
알칼리 골재반응	알칼리와 반응성을 갖는 골재가 시멘트, 기타의 알칼리 성분과 장기에 걸쳐 반응하여 콘크리트에 팽창, 균열이나 박리를 생기게 하는 현상	alkali-aggregate reaction
수밀성	콘크리트 내부에의 물의 침입 또는 투과에 대한 저항성	water-tightness
투수성	콘크리트의 내부를 압력차에 의해 물이 이동하는 경우의 이동하기 쉬운 정도	permeability
백화	경화된 콘크리트의 표면으로 내부에서 흘러나온 백색의 물질	efflorescence

5.2 조사·진단 및 보수계획의 기본

5.2.1 조사·진단의 기본

- a. 조사를 시행하기에 앞서 조사계획을 세우고, 조사계획서를 작성한다.
- b. 조사계획은 조사결과에 근거하여 진단을 하고 성능저하도의 판정, 성능저하원인의 규명, 성능저하진행의 예측, 보수 여부의 판정 및 보수공법의 선정에 필요한 정보를 얻도록 세운다.
- c. 조사계획에 따라서 조사를 실시하고, 조사결과에 근거하여 진단을 행한다.
- d. 1차 조사결과만으로는 진단이 곤란한 경우는 다시 조사계획을 세워서 조사를 실시한다.
- e. 조사·진단을 행하는 자는 다음의 자격을 가진 자, 또는 이와 동등의 지식, 경험을 가진 자로 한다.
 - 기술사(품질관리, 관개배수, 구조)나 콘크리트 분야의 박사학위 소지자, 기타 토목 기사로서 동 분야에 10년 이상 경력을 가진 자

- a. 농업토목 콘크리트 수리구조물의 성능저하조사계획서는 조사를 원활히 추진하여 정확한 조사결과를 얻고 확실한 진단이 되도록 작성한다. 조사는 구조물의 개요 및 경력의 조사, 외관 파손상황의 조사 및 성능저하원인을 규명하기 위한 상세조사로 이루어지며, 이들 조사의 각각에 대해서 조사계획서를 작성한다.

조사계획서에는 조사목적, 조사항목과 조사방법, 조사용 기기, 조사 개소 수 및 조사위치, 조사시기, 조사공정, 기록방법 등을 기술한다.

- b. 조사계획을 세울 때는 사전에 조사대상 구조물의 용도, 규모, 구조, 입지조건, 이력 및 성능저하의 현상 등에 대한 정보를 수집하고 적용 가능한 조사방법, 적정한 조사장소, 조사에 필요한 인원, 조사용 기기 등에 대해 검토하고, 올바른 진단에 필요한 조사정보를 효율적으로 얻을 수 있도록 배려해야 한다. 또한 진단과정에서는 조사결과에 기초하여 성능저하도를 판정하고, 보수 여부를 결정하며, 성능저하원인을 규명하여 보수·보강공법을 선택하여야 하므로 진단과정에서 올바른 판단을 내리도록 조사계획서는 적절히 작성하여야 한다.

콘크리트 구조물에서 철근부식과 관련된 성능저하현상을 정확히 진단하기 위해서는 성능저하요인, 현재 나타나 있는 표면적인 손상, 잠재적인 성능저하의 징후 및 성능저하요인을 빠뜨리지 않고 정확한 진단이 되도록 하여야 한다.

철근부식에 관련된 성능저하의 주원인, 내적요인 및 외적 요인을 들면 다음과 같다.

1) 성능저하의 주원인

① 중성화 , ② 초기내재염화물, ③ 외래염화물

2) 성능저하의 내적요인

① 균열 (구조적, 동해, 건조수축 등) , ② 시공불량 [콜드조인트(cold joint)등의 타설
이음의 불량, 다짐불량 등] ③ 피복두께의 부족

3) 성능저하의 외적요인

① 해안지역, ② 공장지역, ③ 온천지역

c, d. 조사와 진단이 별도로 진행되는 것이 아니고, 실제로는 이들의 내용을 잘 연계시켜서 효율성이 있도록 작업을 진행하는 것이 중요하다.

e. 조사·진단을 하는 자는 적절한 조사방법을 선택하여 조사를 실시하고, 적용 가능한 보수·보강공법을 염두에 두고 정확히 진단을 해야한다. 이를 위해서는 철근콘크리트 구조의 성능저하현상, 성능저하요인, 성능저하의 메커니즘 및 각종의 대책기술에 관한 충분한 지식과 경험이 필요하다.

5.2.2 보수·보강설계의 기본

- a. 보수·보강계획은 기대되는 내용년수를 고려하여 세운다.
- b. 보수·보강계획은 성능저하현상이 나타나고 있는 부위를 건전한 상태로 수리·복구하는 동시에 잠재적인 성능저하요인을 제거하고, 새로운 성능저하요인이 가해지는 것을 억제하도록 세운다.
- c. 잠재적인 성능저하요인을 충분히 제거하지 못할 경우는 성능저하현상이 나타날 때마다 보수를 하던가, 또는 성능저하의 진행을 억제시켜 성능저하요인이 다시 악화하는 것을 억제하기 위한 대책을 강구한다.
- d. 성능저하의 진행이 현저하고 부재에 변형이나 구조내력의 저하가 우려되는 경우에는 별도로 구조내하력의 진단을 실시한다.

< 해설 >

a. 보수·보강계획을 세울 때는 대상 구조물의 기대 내용년수를 고려하고 이에 알맞는 안전성, 경제성, 요구성능, 장기적인 유지관리방침 등을 고려할 필요가 있다. 또 성능저하 상황, 성능저하 원인, 성능저하진행의 예측, 보수기술·성능저하억제기술의 효과, 보수공사후의

재발의 가능성과 유지관리방법 등에 관한 견해를 발주자에게 제시하고 보수방침을 충분히 이해시키는 것도 중요하다.

- b, c. 본 지침에서 주된 대상인 농업토목 콘크리트 수리구조물에서의 철근부식은 녹의 생성, 녹 오염의 발생, 철근을 따라 발생한 피복 콘크리트의 균열, 피복 콘크리트의 박리 등을 유발하는 순서로 성능저하가 진행된다. 그러나 부식요인이 콘크리트 중에 존재한다 하여 철근부식과 관련된 성능저하증상이 즉시 표면적으로 나타나지는 않으므로 보수·보강의 기본은 성능저하가 나타나 있는 장소를 부분적으로 수선, 복구하는 것은 물론이고 잠재적인 성능저하의 주요인도 제거하는 것이 중요하다.

이 때에 중요한 점은 성능저하요인을 어느 범위까지 포함하고 제외시키는가 하는 점이다. 잠재하고 있는 성능저하요인을 모두 제거하지 않는 한 언젠가 재발할 가능성이 남아 있다. 그러나 현실적으로는 보수공사의 대규모화는 공사비용 증가를 수반하므로 성능저하요인을 완전히 제거하는 발본적, 항구적인 보수가 곤란한 경우도 있다. 이런 경우에는 계속적인 보수를 전제로 하여 성능저하가 나타나고 있는 장소만을 보수·보강하는 잠정보수를 선택 하든가 또는 부분적인 보수에 더하여 성능저하요인의 악화나 성능저하속도를 억제하는 대책을 병용한 연명보수를 선택할 수밖에 없다.

그러므로 보수·보강계획을 세울 때는 공사발주자와 계획담당자가 충분히 협의하여 회복 목표수준을 설정해야 한다.

본 지침에서는 이런 관점에서 보수·보강설계에서의 회복목표수준을 항구, 연명, 잠정(暫定)의 3구분으로 하고, 각각에 대응하는 보수·보강기술을 예시하였다.

회복목표수준이 어떤 경우라 할 지라도 가능한 한 성능저하요인을 배제하고, 성능저하의 진행을 억제하여, 보수효과가 최대한 발휘되도록 보수보강계획을 수립해야 한다. 또 연명 보수를 택하는 경우에도 성능저하현상의 재발 가능성이 높은 부위, 기능상 또는 구조상 중요한 부재나 부위에 대해서는 항구보수를 적용하는 등의 배려도 필요하다.

- d. 조사진단의 결과, 부재에 변형이 보이거나 구조내력의 저하가 예상되어 역학적인 보수·보강이 필요하다고 판단되는 경우의 상세 조사나 보수보강대책에 대해서는 본 지침을 적용하지 않으므로 이런 경우에는 별도로 조사·진단을 해야한다.

5.2.3 조사, 진단 및 보수·보강의 흐름도

농업토목 콘크리트 수리구조물의 내구성조사·진단방법은 진단의 수준에 따라 3단계로 구분하고 각각의 1차 진단, 2차 진단 및 3차 진단으로 구분한다.

1차 진단은 최초로 행하는 구조물 개요조사와 일반적인 기술자가 육안, 촉감, 설문 등에 의

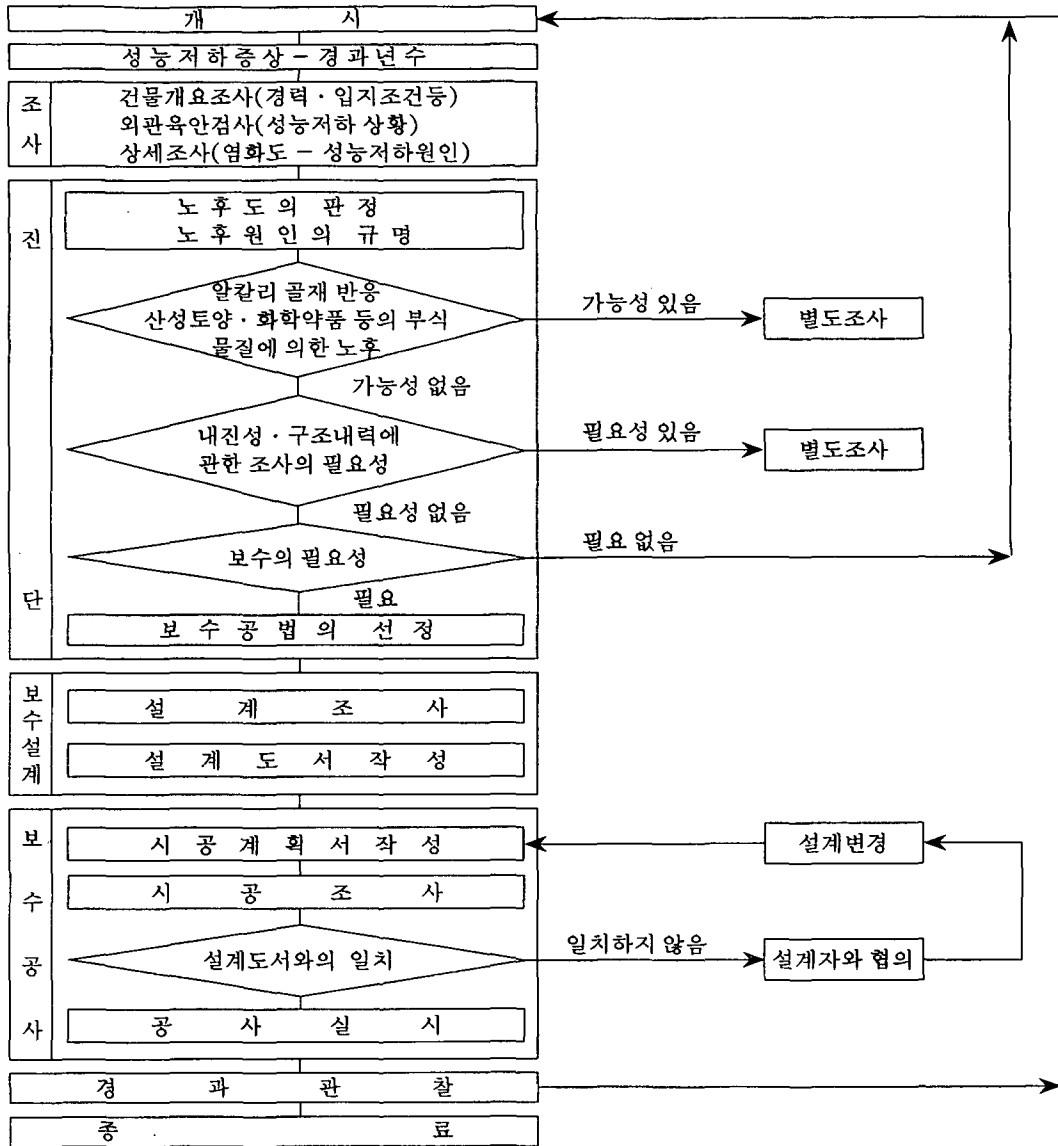
해 각종 성능저하증상의 조사를 실시하는 것이다. 이로부터 종합적인 성능저하도를 진단하고 2차, 3차진단의 필요성을 판별한다.

2차진단은 1차진단의 결과로부터 각 성능저하현상을 전문기술자가 주로 비파괴시험을 중심으로 하여 행하는 조사·진단이고, 3차진단은 1차 2차 진단의 결과를 받아서 필요에 의해 고도의 전문지식을 가진 기술자가 파괴시험 등을 포함하여 상세하게 하는 조사·진단이다.

그러나 이러한 1차진단, 2차진단 및 3차진단으로 구분하는 것은 조사·진단의 수준에 단계가 있다는 것을 이해시키기는 좋으나, 실제로 조사·진단할 경우 이러한 진단순서를 따르지 않는 경우가 많고 구조물개요조사, 외관육안조사 및 상세 조사의 순서로 실시하는 것도 드물므로 본 지침에서는 1차, 2차, 3차 진단으로 구분하였다.

조사·진단 및 보수공사의 순서는 <그림 5-5>과 같다. 조사는 구조물개요조사와 외관육안 조사를 먼저 실시하며 필요에 따라 상세 조사를 시행한다. 또 진단은 성능저하도의 판정, 성능저하원인의 규명, 알칼리 골재반응, 산성토양·화학약품 등의 부식물질에 의한 성능저하유무의 판정, 내진성·구조내하력에 관한 조사 필요성의 판정, 보수 여부의 판정을 하여 보수공법 선정을 한다.

또 보수의 순서로는 보수설계, 보수공사 및 경과관찰의 순서가 필요하여 <그림 5-5>에 제시하였다.



〈그림 5-5〉 조사·진단 및 보수·보강공사의 순서

5.2.4 응급처치

조사·진단 또는 보수·보강공사에 앞서 콘크리트 조기붕괴 등의 이상징후가 나타나는 위험한 곳은 사전에 간이보강공법 등으로 피해 경감을 위해 노력하여야 하며 제3자가 접근하지 않도록 하는 등의 응급처치를 한다.

<해설>

농업토목 콘크리트 수리구조물 중 특히 취수탑, 통관, 배수갑문부 교량이 성능저하로 인해 조기붕괴가 예측되는 경우 주변에 거주하는 사람과 재산에 위해를 줄 수 있다. 이러한 인적, 물적 재해의 위험성에 대해서는 우선 출입금지나 대피조치를 강구하고, 다음에 강제적으로 구조물을 제거하거나 울타리를 설치하는 등의 대책을 강구한다.

5.3 조 사

5.3.1 일반사항

- a. 조사는 구조물의 성능저하증상을 파악하여 성능저하도의 판정 및 성능저하원인을 규명하고, 보수·보강의 필요성 판정, 보수·보강공법을 선정하기 위한 자료를 얻는 것을 목적으로 한다.
- b. 조사의 종류는 구조물 개요조사, 외관육안조사 및 상세 조사가 있다.
- c. 구조물개요조사 및 외관육안조사는 반드시 시행하고, 상세 조사는 구조물개요조사 및 외관육안조사로서도 성능저하도의 판정, 성능저하원인의 규명, 보수·보강 여부의 판정, 보수·보강공법의 선정에 을 필요한 충분한 자료를 얻을 수 없는 경우에 한다.

<해설>

- a. 농업토목 콘크리트 수리구조물에 어떤 성능저하증상이 나타나는 경우, 또는 구조물 준공후 경과년수가 길어서 성능저하상황을 파악하고자 하는 경우에 성능저하상황에 대한 조사를 한다. 조사시에서는 구조물의 각 부위·부재의 손상 상황, 성능저하의 종류, 성능저하의 정도, 성능저하를 일으킨다고 생각되는 원인 등에 대해 조사하여 성능저하진단을 위한 기초 자료로 활용한다.

성능저하진단에서는 구조물의 현재 상태를 고려하여 보수·보강을 할 것인지 여부와 보수를 할 경우에는 어느 공법이 적절한지를 판단한다. 조사는 성능저하진단을 위한 기초자료를 얻기 위하여 하는 것이기 때문에 진단시 그릇된 판단을 하지 않도록 적절한 조사항목과 조사방법을 채용하고 신중히 실시해야 한다.

- b. 조사에는 구조물개요조사, 외관육안조사 및 상세 조사의 3종류가 있다.

구조물개요조사는 설계서, 시공기록, 과거의 점검 및 보수공사에 관한 기록 등의 서류를 조사하고, 구조물관리자를 상대로 청문조사를 실시하는 것으로서, 구조물의 고유한 자료를 조사하기 위하여 실시한다.

외관육안조사는 성능저하증상 유무와 성능저하현상의 종류를 파악하고 성능저하도를 판단하기 위하여 실시한다. 상세 조사는 현지조사 자료를 참조하고 채취시료의 분석조사에 의

거한 성능저하현상의 규명, 성능저하도의 판정, 보수·보강의 필요성 판정 및 보수·보강 공법을 선정하기 위해 실시한다.

- c. 구조물 개요조사 및 외관육안조사는 반드시 실시하고, 상세 조사는 필요에 따라 실시한다. 본 지침은 철근부식과 관련된 성능저하현상을 대상으로 하므로 구조물 개요조사 및 외관 육안조사의 결과로부터 성능저하 원인이 철근부식에 의한 것으로 추정되나 구조물의 성능저하도의 판정, 성능저하원인의 규명, 보수·보강 필요성의 판정, 보수·보강공법 선정에 필요한 기초자료로서 불충분할 경우에 한해서 상세 조사를 실시한다.

일반적으로 상세 조사를 한 후에 최종적인 진단을 하지만 지식이 풍부하고 경험을 축적한 조사·진단 전문가라면 구조물 개요조사와 외관 육안조사로부터 얻어진 자료 즉, 구조물의 입지조건, 이력 등의 정보와 균열의 형태, 콘크리트의 부풀음의 상황 등의 자료로부터 성능저하도와 성능저하원인을 판정할 수 있는 경우도 있다.

구조물개요조사 및 외관 육안조사 또는 상세 조사에 의하여 구조물의 성능저하가 철근부식과 관계없고, 단지 알칼리 골재반응에 의한 성능저하로 생각되는 경우 “콘크리트 구조물의 알칼리골재반응 진단에 관한 기준”에 따라 별도조사를 시행하고, 동해로 인한 성능저하로 판단되는 경우 “동결융해 진단에 관한 기준”에 따라 별도조사를 시행한다. 산성물질·부식성 물질에 의한 성능저하로 생각되는 경우 별도의 조사를 시행한다. 아울러 지진, 부등침하, 온도차 차이 등의 구조적 요인에 의한 성능저하로 판단되는 경우에는 “구조안전진단 기준”에 따라 별도조사를 실시해야 한다.

5.3.2 구조물 개요조사

- a. 구조물 개요조사는 대상 구조물에 특이하게 나타나는 조건을 조사하여 성능저하원인 및 성능저하외력을 규명하기 위한 참고자료를 얻는 것을 목적으로 한다.
- b. 조사는 설계도서, 시공기록, 점검기록 및 보수·보강공사 기록 등의 서류조사, 그리고 구조물의 관리자·사용자 등에 대한 청문조사로 실시한다.
- c. 조사는 아래 항목에 대해서 실시한다.
 - ①구조물의 명칭 및 소재지, ②구조물의 설계자 및 시공자, ③준공년월, ④구조물의 용도, 규모, 구조형식, ⑤입지조건, ⑥사용재료, ⑧보수·보강이력, ⑨사용상의 문제점, ⑩기타 필요한 사항
- d. 조사결과는 소정의 기록양식에 따라서 기록한다.

<해설>

- a. 구조물 개요조사는 조사결과로부터 성능저하원인의 추정자료로서 사용된다. 이는 마치 사

람이 병든 경우 건강진단 과정에서 환자의 이름, 연령, 주소, 직업, 생년월일 등의 일반사항으로부터 성장환경, 병력, 양친의 병력 등 폭넓은 청문조사를 하고, 이들을 기록표에 기입하여 진단이나 치료에 사용하는 것과 유사하다.

- b. c. 구조물 개요조사는 설계도서, 시공기록, 점검기록, 보수·보강공사기록 등의 서류조사 및 구조물의 관리자나 사용자 등에 대한 청문 조사에 의해 실시한다.

구조물의 개요조사 결과 다음 중의 하나에 해당하는 경우 철근부식이 성능저하의 원인이 되고 있는 것으로 판단할 수 있다.

- 1) 구조물 준공 후 25년 이상 경과한 경우→중성화에 의한 철근부식
- 2) 구조물 위치가 임해지역인 경우→ 외래염화물에 의한 철근부식.
- 3) 구조물이 간척사업지구에 설치된 경우 → 외래염화물에 의한 철근부식.
- 3) 구조물의 1980년대- 1990년대 전반기에 시공된 구조물로서 해사를 사용한 위험이 있는 경우→초기내재 염화물에 의한 철근부식
- 4) 구조물이 온천지나 산성토양에 설치되었거나 화학약품 공장의 경우→부식성가스나 부식성화학물질에 의한 성능저하

5.3.3 외관육안조사

- a. 외관육안조사는 성능저하증상의 유무 및 성능저하현상의 종류를 조사하고, 성능저하도를 파악하는 것을 목적으로 실시한다.
- b. 조사는 자, 균열측정기, 해머, 쌍안경, 카메라, 조명기구 등을 사용하고 육안관찰이나 타진으로 실시한다.
- c. 외관육안조사에서는 아래 항목중에서 필요한 항목을 선택하여 조사한다.
- (1) 외관상 보이는 아래의 성능저하증상의 유무, 발생장소 및 정도
 - ① 균열(본수, 폭, 길이, 형태) , ③ 콘크리트의 박리(장소수, 면적, 형태), ④ 철근노출(본수, 길이, 형태), ⑤ 녹 오염(장소수, 형태), ⑥ 기타
 - (2) 기능 장애의 유무 및 발생장소
 - ① 누수, ② 과대변형, ③ 이상 체감(진동, 큰 처짐), ④ 기타
- d. 조사결과는 소정의 기록양식에 따라서 기록한다. 특이한 성능저하증상에 대해서는 사진 촬영, 스케치를 한다.

<해설>

- a. 외관육안조사는 성능저하증상의 정도뿐만 아니라 특이한 성능저하증상도 살펴보는 것이 중요하다. 왜냐하면 특이한 성능저하증상으로부터 개략적인 성능저하원인을 쉽게 추정할 경우가 있기 때문이다. 이 때 발생한 성능저하가 진행성인지 아닌지를 항상 염두에 두고

조사하여야 하며, 특히 철근부식으로 인해서 균열이 생기고 있는지를 살펴 볼 필요가 있다. 외관육안조사 결과 더욱 상세한 조사의 필요성이 있는 경우 중점적으로 조사해야 할 항목을 명확히 한다.

- b. 외관육안조사 단계에서는 구조물 표면 가까이 접근하여 관찰할 수 있도록 하는 사다리나 지지대 등이 가설치 되어 있는 경우가 드물기 때문에 육안에 의한 확인이 곤란한 경우가 많으므로 쌍안경이나 망원경을 사용한다.
- c. 성능저하증상 판단을 위한 외관육안조사의 기타 항목으로서 다음과 같은 것이 있다.
 - ㉠ 취약화된 표층(개소수, 형태), ㉡ 모서리가 닳은 것(개소수, 형태),
 - ㉢ 백화(개소수, 형태), ㉣ 부풀음/함몰상태(개소수, 형태)

조사는 전 항목에 대해 빠짐없이 실시하는 것이 원칙이다. 단 경험이 많은 기술자가 조사할 경우는 성능저하현상의 종류가 대략 파악되어 있는 경우에는 조사 개소수 및 조사항목을 줄일 수 있다.

균열을 조사하는 방법으로서 가까이서 측정할 수 있는 균열을 2-3개소 선정하고, 균열측정기를 사용하여 그 폭을 측정하는 방법이 좋다. 균열폭은 착각으로 인해 실제보다 크게 보이나 지상에서 3층 높이 이상에 있는 균열폭은 역으로 작게 보이므로 주의해야 한다.

- d. 발생된 성능저하증상과 위치는 입면도나 평면도, 전개도에 기입하여 부위·부재별 성능저하상황을 방위마다 표시해 정리한다. 또 특이한 성능저하증상에 대해서는 스캐치나 사진촬영을 하여 도면과 대조하면 좋은 결과를 얻을 수 있다.

5.3.4 상세 조사

- a. 구조물의 개요조사나 외관육안조사 결과, 성능저하의 원인이 철근부식에 의한 것으로 추정되는 경우, 또는 그 성능저하로 인해서 철근부식이 일어날 것으로 예측되는 경우에 성능저하도를 판정하고, 보수 여부의 판정과 보수공법의 선정에 필요한 자료를 얻을 목적으로 상세조사를 한다.
- b. 상세 조사시 조사위치는 성능저하 되어 있는 부분과 건전한 부분, 해측과 산측 등 성능저하상황별로, 환경조건별로 별도 선정한다.
- c. 상세 조사시에는 현지 상세 조사를 하고 채취시료를 조사·분석한다.
- d. 현지 상세 조사에서는 면조사내기, 코어채취, 비파괴시험에 의한 조사 등을 실시함과 동시에 아래의 항목에 대해서도 조사한다.
 - (1) 표면의 성능저하상황(취약화, 부풀기, 박락 등), (2) 콘크리트의 시공상황, (3) 콘크리트의 성능저하상황, (4) 철근의 종류와 직경 및 배근상태, (5) 콘크리트의 피복두께, (6) 철근의 부식상태 (7) 콘크리트의 중성화 깊이, (8) 콘크리트 중의 염화물의 존재, (9) 기타

- e. 현지 상세 조사 중 떼어내기에 의한 조사로 철근의 부식상태를 조사하는 경우 평가기준은 (표 5-5)의 철근부식도 평가기준에 따른다.
- f. 채취시료를 분석할 경우에는 채취한 콘크리트 코어나 떼어낸 콘크리트 조각을 사용하여 아래의 항목 중 필요한 항목을 선택하여 조사한다.
- g. 채취시료를 분석할 경우에는 채취한 콘크리트 코어나 떼어낸 콘크리트 조각을 사용하여 아래의 항목 중 필요한 항목을 선택하여 조사한다.
 (1) 콘크리트의 재료·조합, (2) 콘크리트의 압축강도, 탄성계수, (3) 콘크리트의 중성화 깊이 (4) 콘크리트 중의 염화물 이온량, (5) 콘크리트의 간극, 공기분포, (6) 콘크리트의 함수율, (7) 기타
- h. 조사결과는 진단에 사용할 수 있도록 정리하여 기록한다.

(표 5-5) 철근부식도 평가기준

등급	평점	평가 기준
I	0	부식이 없는 상태, 또는 표면에 작은 점녹이 생겨있는 상태
II	1	표면에 점녹이 넓게 생겨있는 상태
III	2	점녹이 연결되어 면녹이 되고, 부분적으로 부풀은 녹이 생겨있는 상태
IV	4	부풀 녹이 넓게 생겨서 콘크리트에 녹이 부착하고, 20% 이하의 단면 손실을 보인 곳이 있는 상태
V	6	두꺼운 층상의 녹이 넓게 생겨 단면의 20%를 초과하는 현저한 단면 손실을 보인 곳이 있는 상태

<해 설>

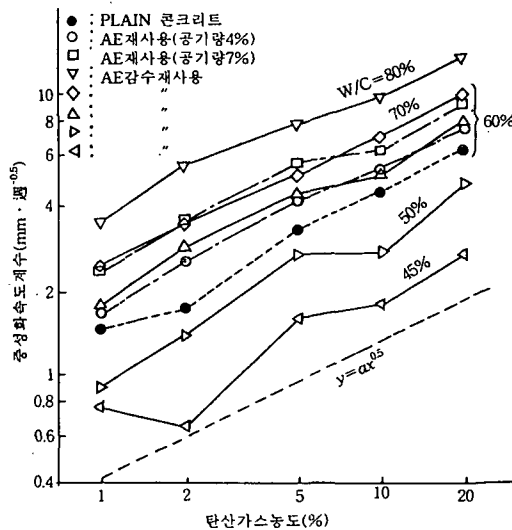
- a. 상세 조사는 구조물 개요 조사 및 외관육안 조사 결과, 철근부식의 성능저하가 발생한 경우 또는 균열등으로 인해 철근부식이 생긴다고 예측되는 경우 필요에 따라 실시한다. 상세 조사는 조사장소의 성능 저하도를 판정하여 성능저하원인을 구명하고, 보수의 필요성 판단 및 보수공법의 선정에 필요한 자료를 얻기 위해 실시한다.
- b. 조사장소로서는 표면상 성능저하가 보이는 부분과 성능저하가 보이지 않아 비교적 건전하다고 생각되는 부분을 비교 선정함으로써 당해 구조물의 성능저하가 건전할 때부터 어느 정도 진행되었는가를 종합적으로 비교 평가할 수 있도록 해야 한다. 구조물의 입지조건이나 국지적인 기후조건 등과 같은 환경요인도 성능저하의 진행속도에 영향을 주므로 조사장소를 선정할 때 주의해야 한다.

중성화는 철근의 부식원인 중의 하나이다. 이러한 중성화 진행에 영향을 주는 환경요인에는 일반적으로, 탄산가스 농도, 온도, 습도 및 물과의 접촉 등이 있다. 촉진시험에서 얻은 중성화 진행속도와 탄산가스 농도의 관계는 <그림 5-6>에, 실제의 건축물에서 옥내외측의 중성화 진행속도 비교치가 <그림 5-7>에 나타내었다. 중성화의 진행속도는 이론적으로는 탄산가스 농도의 제곱근에 비례하므로 탄산가스 농도가 높을수록 빨리 진행한다. 탄산가스농도는 건축물 실내에서는 일반적으로 0.1%정도, 옥외의 대기중에서는 0.03% 정도 이므로 옥내측이 옥외측보다 탄산가스 농도가 높아서 중성화의 진행속도가 빠르다. 농업토목 수리구조물은 옥외에 설치된 구조물이므로 <그림 5-6>과 <그림 5-7>는 참고자료로서 유용할 것이다.

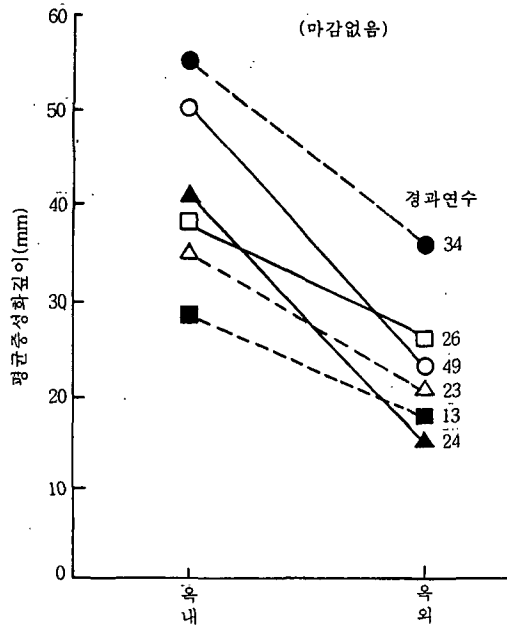
<그림 5-8>은 촉진시험을 통해 습도가 중성화의 진행에 미치는 영향에 대한 실험결과를 정리한 것이며, <그림 5-9>는 실제의 건축물에서 동일한 옥외 노출 콘크리트가 비를 맞고 안맞음에 따른 중성화 진행속도를 비교한 것이다. 즉, 콘크리트가 높은 습도에 노출되는 경우 또는 비를 맞아 콘크리트가 젖어 있는 경우는 중성화의 진행이 늦어짐을 알 수 있다. 이는 물과 접촉기간이 긴 농업토목 수리구조물은 콘크리트가 젖어 있는 기간이 길므로 이산화탄소에 의한 중성화 진행이 늦어질 수 있다는 것을 암시하고 있다.

<그림 5-10>은 촉진시험을 통해 콘크리트의 노출온도가 중성화 진행속도에 미치는 영향을 실험한 것이다. 이로부터 중성화 진행속도는 온도가 높을수록 빠르다는 사실을 알 수 있다.

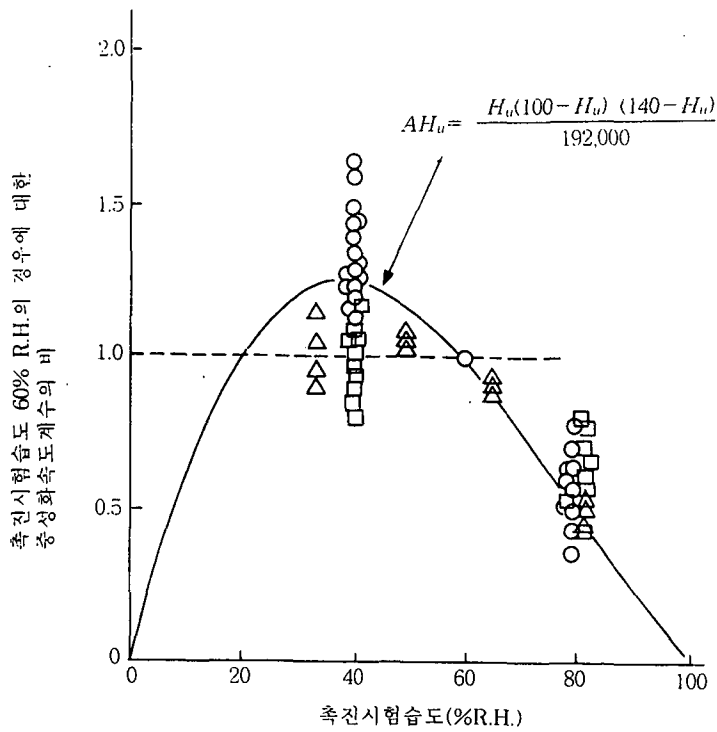
<그림 5-11>은 실제의 건축물에서 방위별로 비 맞은 부위에 있어서 중성화깊이의 실측 결과이다. 실제의 건축물에서는 서쪽면과 남쪽면은 북쪽면에 비해 일사량이 많고 온도가 높아 콘크리트가 건조하기 쉬우므로 중성화의 진행은 빠르다.



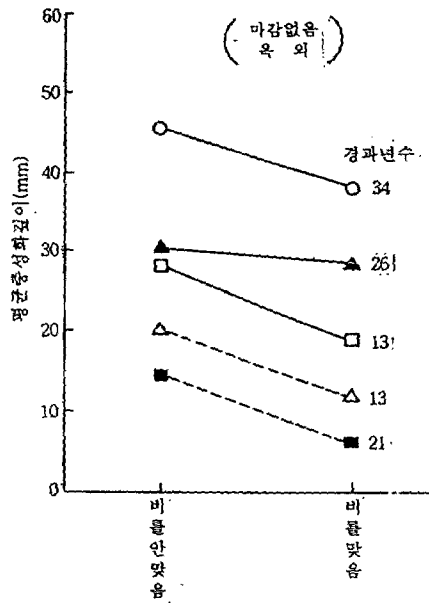
<그림 5-6> 이산화탄소 농도가 중성화 속도에 미치는 영향



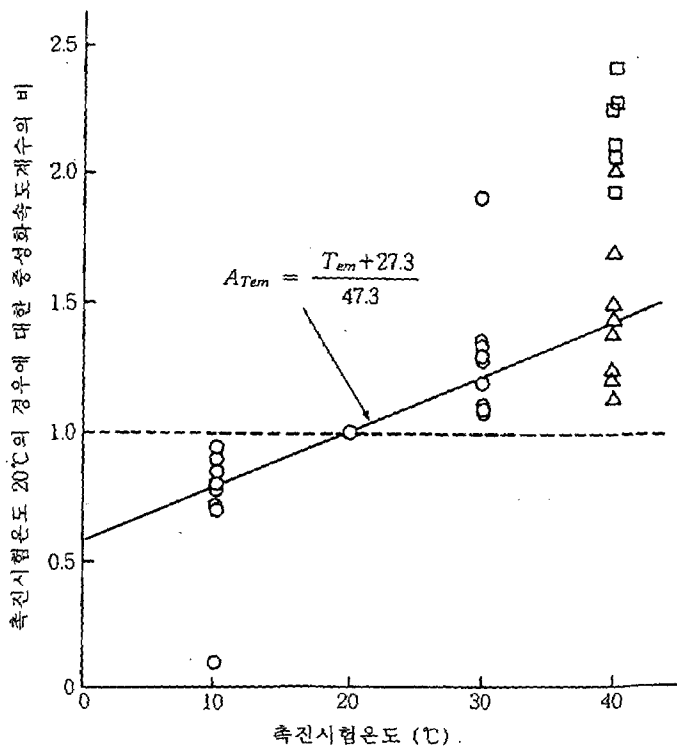
<그림 5-7> 속내·외에서의 중성화 속도 변화



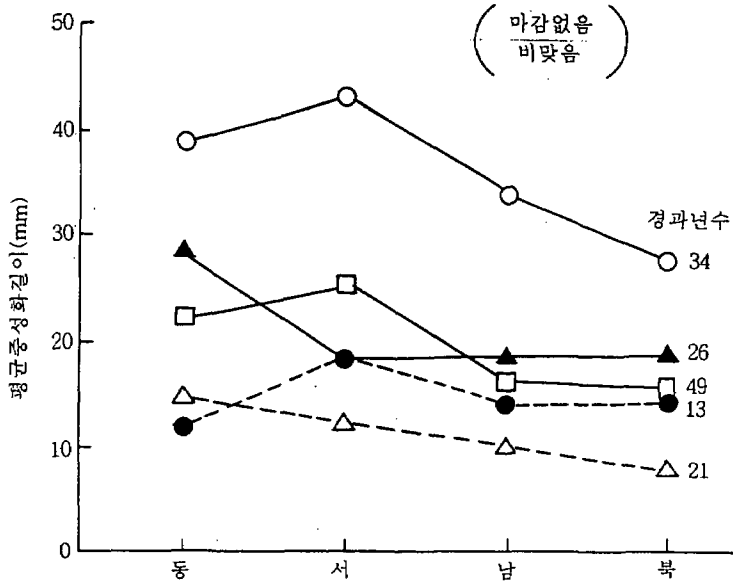
<그림 5-8> 습도에 따른 중성화 속도 변화



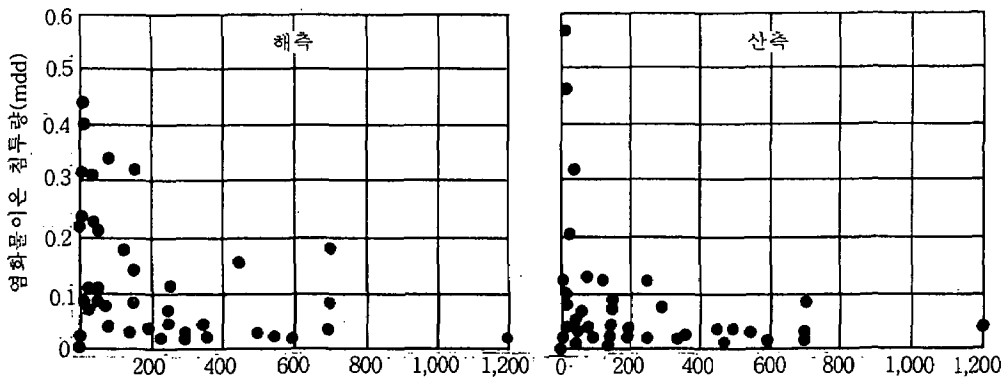
<그림 5-9> 비를 맞은 경우와 안맞은 경우의 중성화 속도 변화



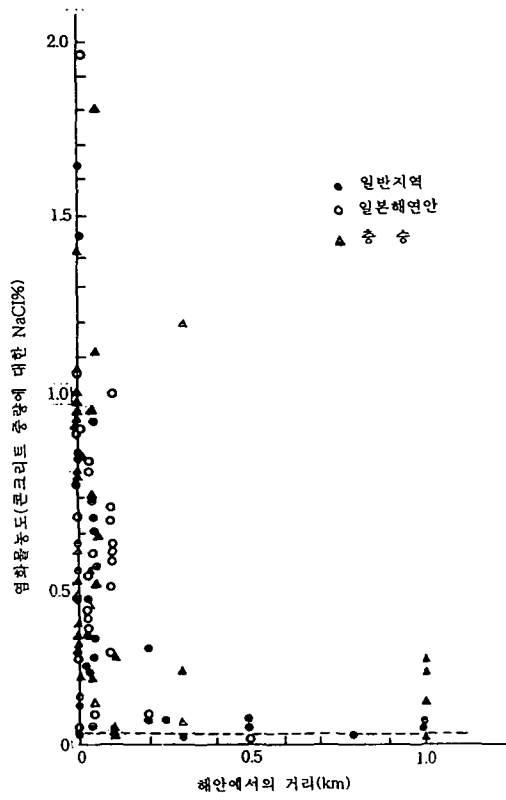
<그림 5-10> 온도가 중성화 속도에 미치는 영향



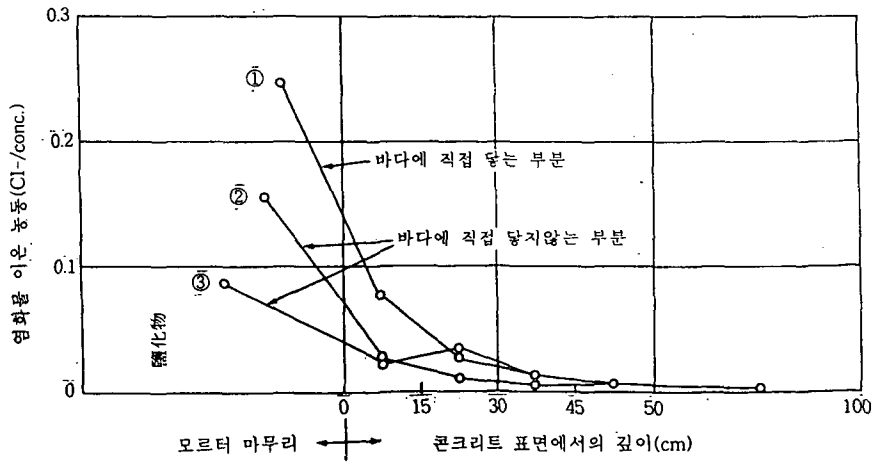
〈그림 5-11〉 구조물 방향이 중성화 속도에 미치는 영향



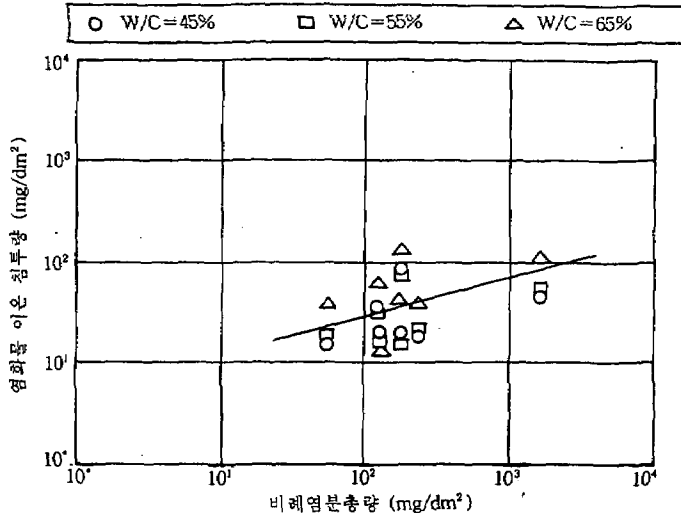
〈그림 5-12〉 해안으로부터 거리가 염화물 이온 침투량에 미치는 영향



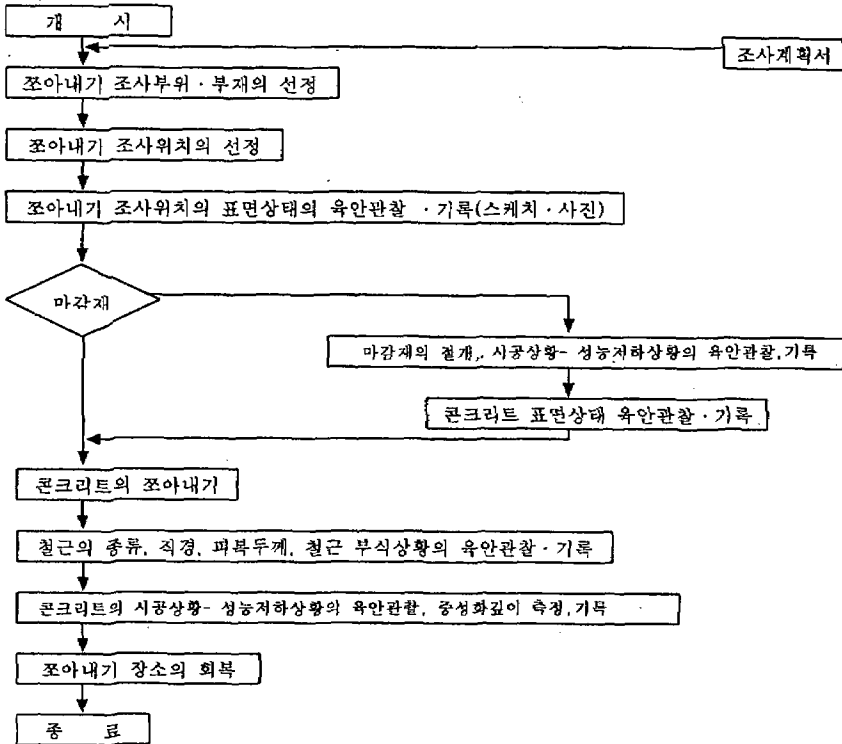
〈그림 5-13〉 해안으로부터 거리와 콘크리트 표면 염분농도 관계



〈그림 5-14〉 콘크리트내 염분침투량과 바다 방향



<그림 5-15> 비레염분량과 염화물이온 침투량 관계



<그림 5-16> 면조아내기 조사순서

염해를 유발하는 성능저하의력으로서는 바다에서 날아온 해수비말이나 해염입자와 같은 비례염분을 들 수 있다. 이들 비례염분량의 과다는 해안으로부터의 거리, 해안의 지형, 구조물 주변의 차폐물 존재유무 등에 의해 영향을 받는다. <그림 5-12>은 실제의 건축물에서 해안부터의 거리와 단위시간·단위면적당의 콘크리트내부로의 염화물이온 침투량의 관계를 보인 것이다.

<그림 5-12>는 해안부근 구조물에서 해안으로부터의 거리에 따른 콘크리트 표면의 염화물농도를 나타낸 것이다. 이들의 그림에서, 비례염분의 영향은 해안으로부터 거리가 가까운 쪽이 크다. 또 동일한 구조물에서도 비례염분량은 해측이 산측보다 많기 때문에 <그림 5-12>에 보이는 바와 같이 해측에서 콘크리트 중에 침투하는 염화물량이 많다.

비례염분량에 따른 콘크리트 내부로의 염화물이온 침투량 관계를 실측한 자료를 정리한 것이 <그림 5-15>이다. 비례염분량이 대략 $100\sim 300\text{mg}/\text{dm}^2$ 의 범위에서는 염화물이온 침투량은 비례염분량의 약 10~30%로 된다.

이상과 같이 구조물은 입지조건에 따라 성능저하의 진행이 다르고, 구조물의 부위에 따라서는 성능저하의 진행이 다르므로 구조물의 부위, 부재별로 조사 장소를 선정해야 한다.

- c. 상세 조사는 현지에서 육안에 의한 외관조사, 면쪼아내기 조사, 코어채취 조사 및 비파괴시험 조사와 같은 현지상세조사와, 채취한 콘크리트 코어 등의 시료편을 시험실에 가지고 와서 성능저하요인이나 성능저하원인을 분석하여 판정하는 분석조사를 포함한다.
- d. 현지상세조사에서 실시하는 면쪼아내기, 코어 채취 조사 및 비파괴시험 조사는 다음과 같이 실시하는 것이 좋다.

1) 면쪼아내기에 의한 조사

쪼아내기 조사에서는 본문에 나타낸 (1)부터 (8)까지의 항목에 대해 조사하지만, 그 중에서도 특히 중요한 항목은 콘크리트의 피복두께, 중성화 깊이 및 철근의 부식상황이다. 조사순서는 <그림 5-16>에 제시한 것과 같고, 조사의 상세한 방법은 아래와 같다.

- i) 쪼아낼 대상 부위·부재는 조사설계순서에 근거해 선정한다.
- ii) 조사대상으로는 부위, 부재에서 실제로 쪼아낼 위치를 선정하고, 콘크리트의 표면상태를 육안관찰하고, 스케치 또는 사진촬영에 의해 기록한다.
조사위치의 번호는 조사위치가 평면도나 입면도 상에서 어느 위치인지를 즉시 알 수 있도록 결정하면 좋다. 떼어낼 장소에는 접착테이프, 분필 또는 마커 등을 사용하여 쪼아내는 범위를 명시한다. 기록용지는 미리 준비해 둔다.
- iii) 콘크리트의 표면상태를 육안관찰하고 표면박리, 곰보, 콜드조인트(cold joint)의 유무 등과 같은 시공상황, 녹 오염, 균열, 부풀기, 철근노출 등의 성능저하상황을 육안으로 관

찰하여 조사하고, 스캐치 및 사진촬영으로 기록한다.

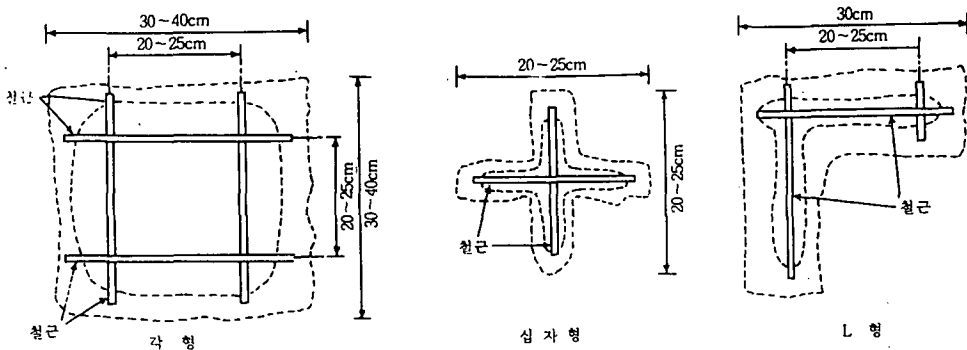
- iv) 콘크리트를 쪼아내는 크기는 중, 횡의 철근이 각각 2개 이상이 보이도록 30×30cm 정도의 크기가 바람직하다. 그러나 이 정도 크기로 콘크리트를 쪼아낼 수 없는 경우에는 철근을 따라서 <그림 5-17>와 같이 +자 T자, L자 등의 모양으로 떼어낸다. 콘크리트를 쪼아내는 깊이는 철근의 뒷면이 나타나는 깊이로 한다.

콘크리트의 쪼아내기는 에어픽크(air pick), 전동 픽크, 수작업 등으로 한다. 에어픽크는 파괴력이 강하고 쪼아낼 장소가 많은 경우나 쪼아내기 작업의 규모가 크고 콘크리트의 강도가 높은 경우에 적합하다. 그러나 조작성이 어렵고, 쪼아내기 작업중에 철근에 손상을 입힐 가능성이 있으며, 220V의 전원 및 콤프레셔 등의 설비를 필요로 한다.

전동 픽크와 수작업 쪼아내기의 중간적인 규모에 적합한 방법으로서 일반적으로 많이 사용되고 있으며 충격력을 변화시킬 수 있는 드릴을 사용하면 효과적이다. 일반적으로 110V전원이 필요하다.

해머와 징에 의한 수작업 쪼아내기는 소규모의 쪼아내기 작업이므로 기계쪼아내기를 할 때 보조 쪼아내기 작업으로 이용된다.

콘크리트를 쪼아내고 난 면에 콘크리트의 분말이 남아 있으면 중성화 정도를 측정할 때 남아있는 분말이 반응하여 오차의 원인이 되므로 부착해 있는 콘크리트의 분말을 송풍기, 공기총, 전기소제기 등을 이용하여 완전히 제거한다.



<그림 5-17> 콘크리트의 쪼아내기 방법

- v) 콘크리트의 균열 등 성능저하상황과 공극의 존재 등 시공상황을 육안 관찰하고 스케치한다. 해사를 사용한 콘크리트에서는 조개껍질 등이 포함되어 있는 경우가 있으므로 그 존재 유무를 조사하여 해사의 사용 여부를 판단한다.
- vi) 철근의 종류, 직경, 방향, 피복 두께를 캘리퍼스, 스케일, 육안에 의해 측정한다. 또한

철근마다 각 부분에서의 부식등급을 (표 5-5)의 철근 부식평가 기준에 따라 육안에 의해 판정하고, 부식등급별로 정한 기호나 모양을 스케치하여 기록한다. 그 철근에 있어서 부식이 가장 현저한 부분의 부식등급을 철근마다의 부식등급으로 결정한다.

- vii) 쪼아내는 장소를 스케치 및 사진촬영한다.
- viii) 콘크리트를 쪼아낸 면에 페놀프탈렌용액을 분무하고 적색으로 변한부분까지의 평균깊이를 정밀자 등으로 측정하고 기록한다. 측정은 1개 장소에서 수회측정하고, 평균직경을 mm단위로 환산하여 그 장소의 평균중성화 깊이로 한다.
중성화 시험용 시약은 1%페놀프탈렌 용액을 사용하며, 측정 즉시 변색상황을 사진 촬영한다. 사진 촬영시 조사위치가 판명되도록 조사번호와 중성화 깊이를 알 수 있는 스케일을 사진상에 나타나도록 해 두는 것이 좋다.
- ix) 쪼아내는 장소에서 염화물의 존재는 플루오레세인 나트륨 용액과 초산은용액을 분무하여 조사 수 있다. 이 방법으로는 일정한 농도를 가진 염화물이온의 침투깊이는 조사할 수 있지만, 콘크리트중에 함유된 염화물 총량은 조사되지 않으므로 별도의 분석이 필요하다.
- x) 쪼아내기에 의한 조사가 종료된 후에는 쪼아내기 부분을 무수축 모르터, 폴리머 모르터, 폴리머-시멘트 등의 재료로 손상된 단면을 회복시킨다. 단 조사후 보수공사를 할 경우에는 단면을 회복시킬 필요가 없다.
- xi) 쪼아내기에 의한 조사에서 발생한 콘크리트 조각은 건설폐재로서 처분한다.

II) 코어채취에 의한 조사

코어에 의한 조사는 주로 f항의 각종 항목을 분석하기 위해서 현지에서 조사 대상부위·부재의 콘크리트에서 코어 채취기에 의해 시료를 채취한다.

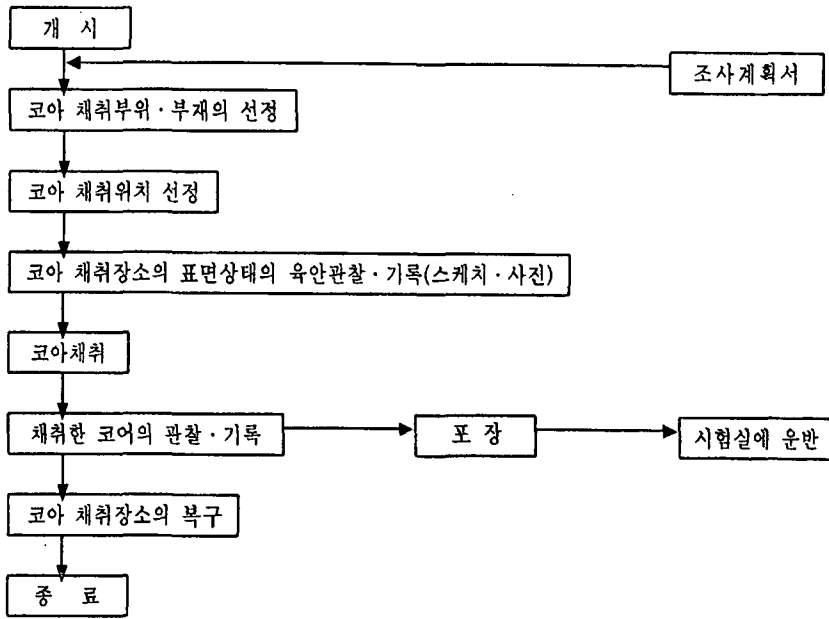
각종 조사분석에 사용되는 시료는 쪼아내기 조사시에 얻어지는 조각을 사용해도 좋지만, 쪼아낸 조각은 콘크리트 구조물내에서 위치가 불명확하며, 콘크리트 구조물의 깊이 방향으로 단면적과 길이가 균일하지 않기 때문에 정확한 조사가 어렵다. 아울러 콘크리트 중의 염화물이온을 분석하기 위한 코어채취와 시료채취방법에 대해서는 f항의 해설을 참조한다.

코어채취에 의한 조사순서는 <그림 5-18>과 같고, 상세한 조사방법은 아래와 같다.

- i) 코어채취 대상 부위·부재는 조사계획서를 근거로 선정한다. 코어의 채취방법은 원칙적으로 KSF 2422「콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 압축강도시험방법」에 의한다. 코어를 채취하는 위치는 분석목적이나 시험방법 등을 고려하여 결정한다.
 - ① 압축강도시험에 쓰이는 코어는 굵은골재 최대치수의 3배 이상을 확보하고, 직경은 10cm로 하는 것이 바람직하다. 벽이나 바닥판 등의 부재와 같이 두께가 얇아 코어

공시체의 길이가 직경보다 짧게 되는 경우는 압축강도시험용으로 부적합하다. 압축강도시험용 코어는 대상이 되는 부재의 건전한 위치에서 채취하고 되도록이면 철근을 포함하지 않도록 해야한다.

- ② 콘크리트의 종합분석, 염화물량, 간극시험 등과 같이 압축강도 이외의 시험에 사용되는 코어는 직경 10cm로 하는 것이 바람직하지만, 10cm로 하는 것이 곤란한 경우는 조골재 최대치수의 3배 이상이면 좋다. 코어의 채취위치는 쪼아내기에 의한 조사위치와 가능한 한 가깝게 하는 것이 좋다. 또 성능저하되어 있는 부분과 건전한 부분, 구조물의 표면과 배면측, 해측과 산측 등과 같이 성능저하상황과 환경조건에 따른 비교가 될 수 있도록 채취위치를 선정한다.
- ③ 압축강도시험과 기타 분석시험에 쓰이는 코어를 겸용하는 경우는, 우선 KSF 2422에 의해서 압축강도시험을 하고, 다시 성분분석시험에 사용한다. 따라서, 압축강도시험이 끝난 코어공시체로 중성화 깊이를 측정하고자 할 경우 코어 압축강도를 시험코어의 파단면이 절취방향과 나란한 방향으로 된 것을 사용하는 것이 좋으며, 중성화 시험은 코어의 쪼개면에서 측정하는 것을 원칙으로 한다.
 - ii) 코어 채취시에는 철근이 절단되지 않도록 도면과 철근탐사기를 사용하여 철근의 위치를 추정하고 코어 채취 위치를 결정한다. 코어채취 위치의 표면상태를 육안관찰한 다음 코어 채취위치를 분필 또는 마커 등을 사용하여 표시하고 사진촬영 한다. 사진촬영의 요령은 쪼아내기에 의한 조사의 경우와 같다. 코어 채취위치의 번호는 쪼아내기 조사 번호와 일치시키면 자료를 정리할 때에 편리하다.
 - iii) 코어채취는 코어 보링커터를 사용해서 한다. 절단시 물을 사용할 경우 콘크리트 분말이 섞인 물이 비산하여 주위를 오염시키지 않도록 시트 등으로 주변을 보호한다. 채취 후에 단면복구가 쉽도록 부재를 관통시키지 말고 필요한 길이 만큼 뚫어서 코어 공시체를 잘라낸다.
 - iv) 잘라낸 코어 공시체의 표면에 부착된 오염물질은 제거한다. 그 후 코어 표면의 상황을 관찰하고 기록함과 동시에 코어의 표면에 잘라낸 방향, 조사 위치번호 등을 기입해 둔다.
 - v) 코어 공시체가 손상되지 않도록 포장하여 시험실로 운반한다.
 - vi) 쪼아내기 조사에 준하여 코어 채취장소를 복구시킨다.



<그림 5-18> 코어채취에 의한 조사순서

III) 비파괴 시험에 의한 조사

현재 사용중인 구조물에서 쪼아내기에 의한 조사나 코어채취에 의한 조사는 파괴조사이므로 조사장소의 제약을 받기 때문에 많은 장소에서 조사할 수 없는 단점이 있으나 비파괴시험은 조사장소의 제약을 받지 않으므로 많은 정보를 수집할 수 있다. 현재까지의 기술로는 콘크리트 내부의 성능저하상황을 확인하고 정확한 정보를 얻기 위해서는 쪼아내기 또는 코어채취와 같은 파괴검사가 불가피하나 비파괴시험의 대부분은 파괴시험에 비하여 넓은 범위를 신속히 검사할 수 있는 반면 오차가 많다.

파괴검사를 실시할 경우 시험방법의 원리, 시험기기의 취급방법, 검사정도 및 적용한계를 충분히 파악해야 한다. 조사계획을 세울 때는 파괴조사와 비파괴조사 각각의 장점을 살려서 쪼아내거나 코어채취에 의한 조사는 대표적인 성능저하장소에서 실시하고, 여타 장소는 비파괴 시험에 의한 조사를 실시하면 구조물의 성능저하를 효율적으로 조사할 수 있다.

본문 d항의 현지조사 항목들 중에서, 현재까지 실용화되어 있는 비파괴시험방법으로 조사 가능한 항목은 (1), (4) ~ (9)이고, 각각의 항목별 측정방법은 다음과 같다. 단 쪼아내거나 코어 채취조사와 같은 파괴시험정도는 아니지만, 드릴로 구멍을 뚫을 정도의 파괴를 동반하는 시험은 비파괴시험의 범주에 들어간다고 정의한다.

i) 철근부식에 의한 피복콘크리트의 박리 상태 : 타진법, 적외선법 등

- ii) 철근의 배근 상태 및 피복두께 : 철근탐사장치(전자유도방식,레이더 방식)를 이용한 방법
- iii) 철근의 부식상태 : 자연전위법, 분극저항법
- iv) 콘크리트의 중성화깊이 : 드릴에 의한 콘크리트의 중성화 깊이 측정방법
- v) 콘크리트중의 염화물량 : 드릴에 의한 시료채취
- vi) 기타

이들 비파괴시험 방법들의 개략적인 내용은 다음과 같다.

i) 철근 부식에 의한 피복콘크리트의 박리상태

콘크리트 중의 철근이 부식하면 그 팽창압에 의해서 피복콘크리트를 밀어 올려 부풀기 나 박리가 생긴다. 이에 대한 진단방법으로서 타진법과 적외선법 등이 있다.

타진법(타음법이라고도 함)은 숙련자가 테스트 해머등을 사용하여 타진하고, 이상음에 의해 박리장소를 탐지하는 방법으로서 간편하고 용이하다. 기술자의 숙련도 차이에 따라 판단에 편차가 있으며, 높은 곳에서 장시간 연속작업을 해야하는 위험성 등이 있으므로 최근에는 마이크로폰으로 타격음을 포착하고 피복콘크리트의 부풀기 등을 조사하는 방법도 개발되었다. 타진법에는 충격반응(impulse response)방식, 연속가진방식이 있다.

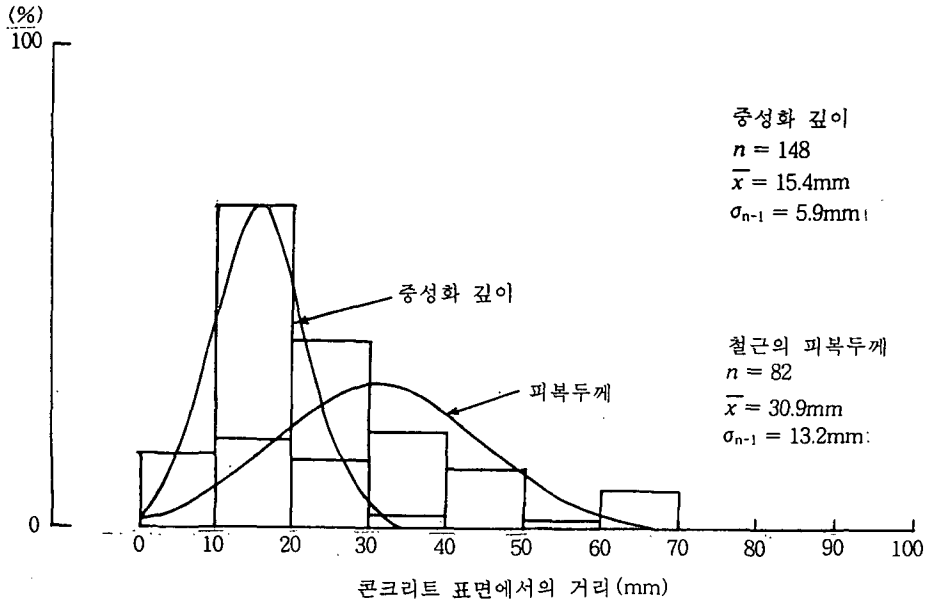
피복콘크리트가 박리되면 공기층이 형성되어 건전한 부분에 비해서 열전도율이 작아지므로 콘크리트의 온도가 상승 또는 하강할 때 온도차가 생기기 때문에, 이 온도차를 적외선 검출장치에 의해 측정하고, 피복콘크리트의 부풀기 유무를 조사하는 방법이 적외선법이다. 적외선법에서는 조사대상 부위에서 적외선 검출장치까지의 거리, 측정각도, 측정시각, 일사량·기온·기후 등의 기상조건이나 구조물 주위의 장애물 조건, 측정부위, 부재의 형상 등에 따라 진단결과에 편차가 발생한다.

ii) 철근의 배근상태 및 피복두께

철근부식에 기인한 콘크리트 성능저하현상은 콘크리트의 피복두께 부족에 의해서도 발생하는데 콘크리트내 철근의 피복두께 분포는 일반적으로 정규분포한다고 알려져 있다.

구조물의 성능저하원인을 규명하기 위해서는 구조물 전체에 걸친 피복두께 상태를 파악하는 것이 대단히 중요하나 피복두께는 측정장소마다 큰 편차가 있다. 이 때문에 여러 장소에서 피복두께를 측정해야 하는데 반해, 쪼아내기로 피복두께를 측정하고자 할 경우 구조물에 미치는 손상의 범위가 넓어지므로 가능하면 쪼아내기 조사 개소수를 줄일 수 있도록 비파괴검사를 잘 활용하는 것이 중요하다.

철근의 배근상태나 피복두께 측정을 위한 비파괴시험방법으로서는 전자유도방식 또는 레이더방식 등이 일반적으로 사용되고 있다. <그림 5-19>은 비파괴시험기인 철근탐사장치를 사용하여 넓은 면적에서 배근상태나 피복두께의 분포를 실측하고, 중성화 영역에 들어온 철근의 확률을 구하여 성능저하진행을 예측한 것이다.



<그림 5-19> 철근탐사장치로 측정된 피복두께분포도 및 성능저하 진행예측

iii) 철근의 부식상태

콘크리트속에 있는 철근은 전기화학적반응에 의하여 부식이 진행되기 때문에, 철근의 부식상태 조사방법은 다음과 같은 비파괴 조사방법인 전기화학적 조사방법이 효과적이다.

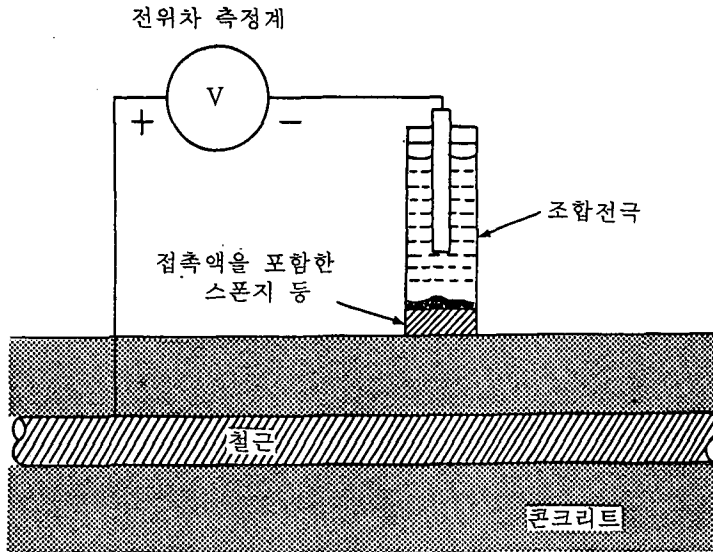
① 자연전위법에 의한 부식조사 방법

㉠ 측정원리

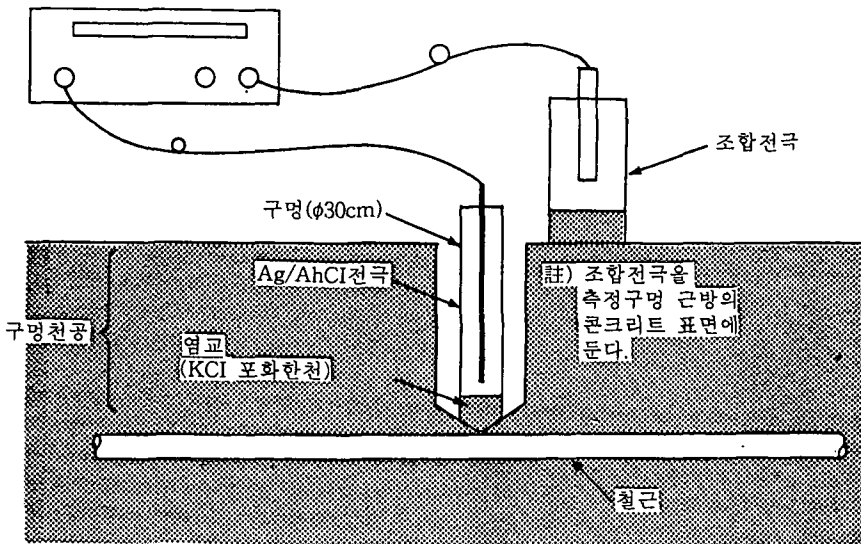
자연전위란 콘크리트 속에 철근의 부식상태에 따라 나타나는 전위를 말하며, 이를 측정하면 철근의 부식상태를 추정할 수 있다. 콘크리트는 강알칼리성이며, 이러한 환경하에서는 철근표면에 부동태 피막이 형성되어 있어 자연전위가 높게 나타난다. 한편, 콘크리트가 중성화되거나 콘크리트 중에 염화물 이온이 존재하면 철근표면의 부동태 피막이 파괴되어 부식이 발생되고, 전위는 낮게 나타난다.

㉡ 측정방법

자연전위 측정은 100MΩ이상의 입력저항이 큰 직류전압계와 조합전극을 사용하고 <그림 5-20>과 같이 측정한다. 조합전극은 일반적으로 은이나 염화은 또는 구리나 황산구리 전극이 사용된다. 측정치는 피복콘크리트의 품질에 영향을 받으므로 배근상태를 비파괴조사하기 위해서는 철근의 수직방향으로 측정해야 한다. 피복콘크리트의 품질에 따른 영향을 줄이기 위해서는 <그림 5-21>와 같이 철근 부근까지 도달하는 작은 직경의 구멍에 염화칼륨(KCl)을 사용하여 수개의 장소에서 측정하고 측정치를 보정한다. 그리고 피복콘크리트의 표면이 내부에 비하여 습한 경우에는 참값보다 낮은 값이, 건조한 경우에는 높은 값이 측정되는 경향이 있으므로 주의해야 한다.



<그림 5-20> 자연전위 측정방법



<그림 5-21> 피복콘크리트의 전위차 보정법

㉔ 부식평가기준

ASTM C 876-91(콘크리트중의 무도장철근에 대한 자연 전위법)에는 (표 5-6)과 같은 철근부식평가기준이 제시되어 있다. 이것은 황산구리 전극에 의한 평가기준이므로 기타 종류의 조합전극을 사용하는 경우는 환산하여야 한다.

(표 5-6) 자연전위와 철근부식의 관계(ASTM C876-91)

측정전위의 범위	콘크리트내 강재부식의 가능성
$-200\text{mV} < E$	90%이상 부식 없음
$-350\text{mV} < E < -200\text{mV}$	불확실
$E < -350\text{mV}$	90% 이상 부식

주) 전위 측정은 구리나 황산구리 전극 기준치임

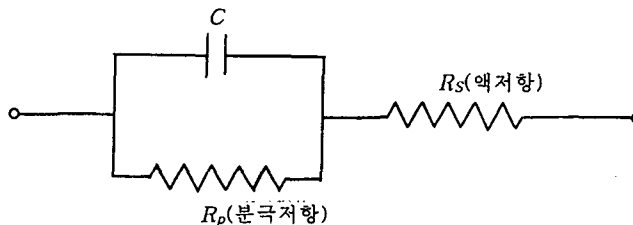
② 분극저항법

① 측정원리

분극저항은 철근에 미소전류를 흘릴 때 생기는 전위변화량을 측정하여 얻는다. 콘크리트내에서 부식된 철근표면의 등가전기회로 모델(<그림 5-22>)을 살펴보면 분극저항(R_p)과 액저항(R_s)으로 이루어져 있다. 분극저항(R_p)의 역수와 부식속도가 비례하며 비례상수는 금속의 종류나 환경조건에 따라 변화한다.

부식전류밀도: $I_{corr} = K/R_p$

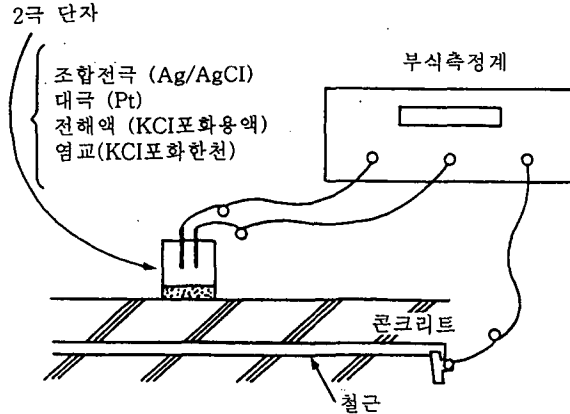
비례상수 K 는 콘크리트 속에 있는 강재의 경우 대략 $0.02 \sim 0.03\text{mV}$ 정도라는 연구결과가 있다. 그러므로 이 분극저항을 구하면 철근의 부식속도를 추정할 수 있다. 이 경우 분극저항과 액저항을 분리할 필요가 있지만, 1kHz 정도의 고주파전류를 흘려서 R_s 를 측정하고, 0.1Hz 정도의 저주파전류를 흘려서 ($R_s + R_p$)를 측정하고, 이로부터 R_p 를 계산하며, R_p 를 이용하여 부식전류밀도 K 를 구할 수 있다. 따라서, 액저항(R_s)은 부식환경을 추정할 수 있는 특성치이다.



<그림 5-22> 부식철근 표면의 등가전기회로

㉞ 측정방법

분극저항은 <그림 5-23>와 같이 측정한다. 즉, 철근에 미소전류를 흘리고 철근의 전위를 자연전위±20mV이내가 되도록 변화시켜 이 때에 생기는 전기저항에서 액저항을 분리하여 구한다.



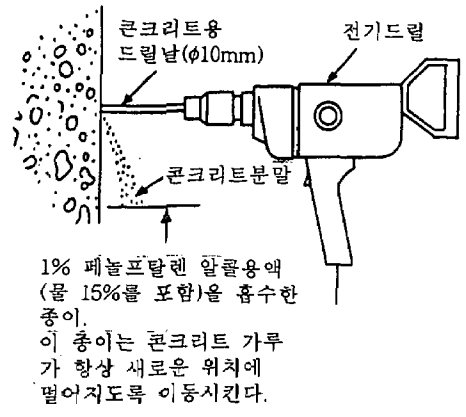
<그림 5-23> 분극저항 측정방법

㉟ 부식속도 평가기준

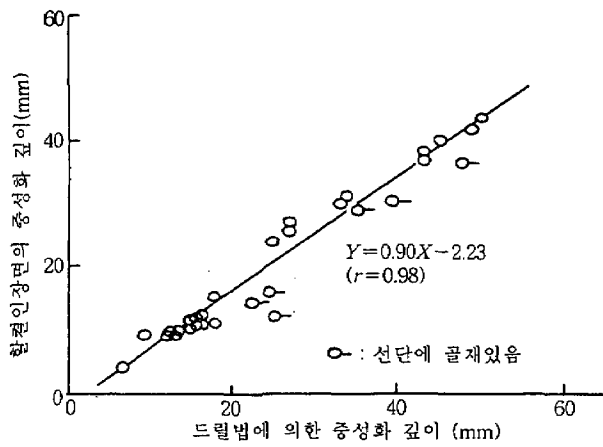
부식속도와 분극저항은 반비례하므로 분극저항이 구해지면 부식속도는 간단히 구해진다고 생각되나 백금전극에서 철근으로 흐르는 전류의 분포상황은 배근상태, 철근직경, 피복두께, 콘크리트의 함수상태나 균열상황에 의해 다양하게 변화한다. 따라서 분극저항 측정치를 기초로 하는 부식속도 평가기준은 향후 많은 실험적 연구의 수행을 통해 정립해야 한다.

iv) 콘크리트의 중성화 깊이

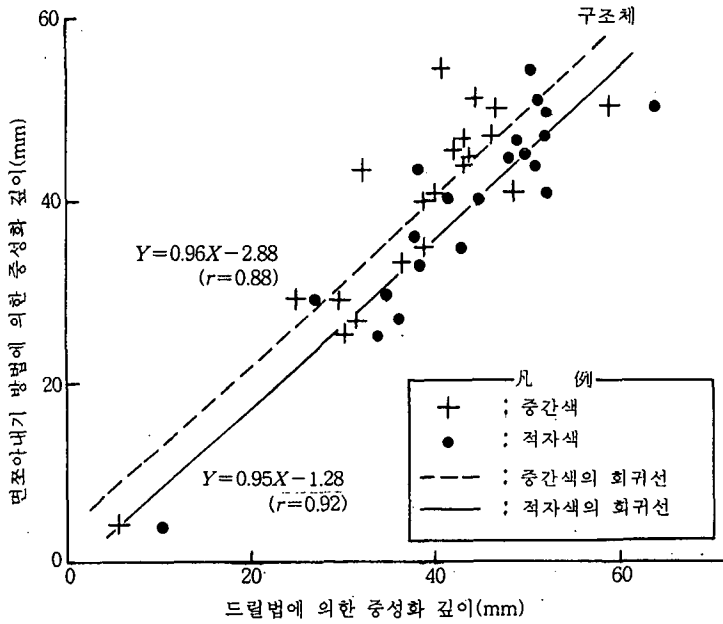
일반적으로 구조물에서 콘크리트 중성화 측정은 표면 쪼아내기에 의한 조사 또는 코어채취에 의한 조사에 의해 실시하며, 사용중인 구조물에서는 가능한 한 큰 손상을 주지 않도록 측정 개소수를 제한해야 한다. 이러한 경우에 중성화를 간단히 측정하는 방법으로는 드릴에 의한 방법(<그림 5-24>)이 있다. <그림 5-25>는 축진중성화시험을 수행한 공시체를 할렬인장 파괴시킨 다음 할렬면에서 측정한 중성화 깊이와 드릴법에 의한 중성화 깊이를 비교한 것이다. <그림 5-26>은 옥외노출된 구조체에서 표면 쪼아내기에 의한 중성화 깊이 측정방법과 드릴에 의한 중성화 깊이 측정방법의 비교도이다. <그림 5-27>은 코어채취에 의한 중성화 깊이 측정결과와 드릴법에 의한 중성화 깊이 측정결과와의 비교도로서 상관관계가 높음을 알 수 있다. 한편 중성화의 깊이는 콘크리트중의 굵은골재 때문에 측정치가 변동될 수 있으므로 동일 측정장소에서 복수의 드릴공을 천공하여 측정하여야 한다.



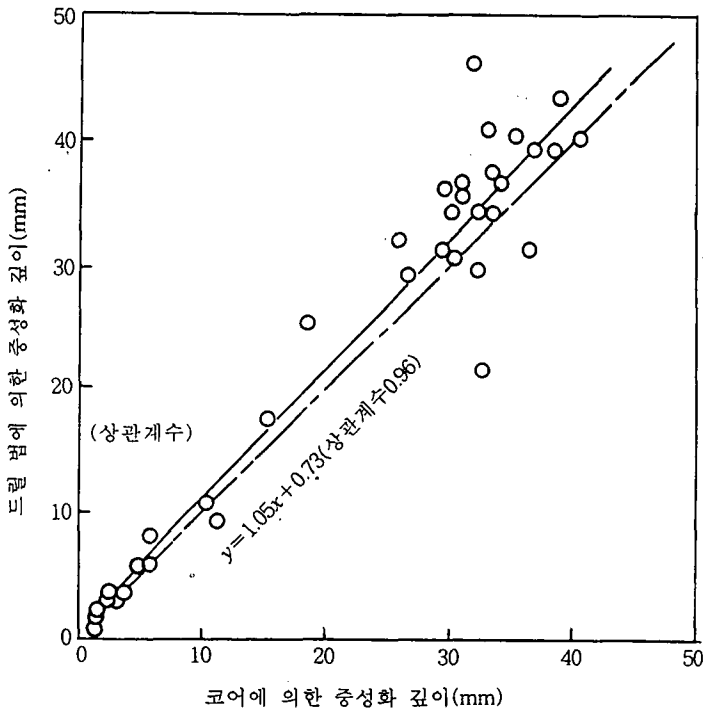
〈그림 5-24〉 드릴법에 의한 중성화 깊이 측정법



〈그림 5-25〉 할렬인장면에서의 중성화 깊이와 드릴법에 의한 중성화 깊이의 관계
(촉진중성화 시험 공시체 대상)



<그림 5-26> 표면조사내기 방법과 드릴법에 의한 중성화 깊이 관계(구조체)



<그림 5-27> 코어채취 방법과 드릴법에 의한 중성화 측정결과 비교

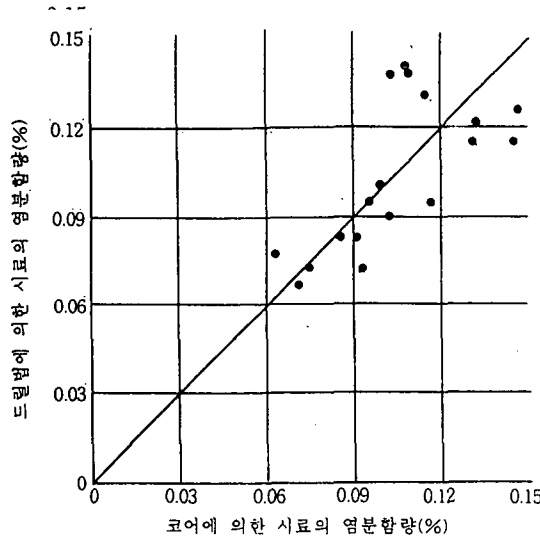
v) 콘크리트중의 염화물의 존재

콘크리트 구조물에 함유된 염화물량을 측정하기 위한 시료채취를 신속·간편하게 하기 위해 드릴을 써서 구멍을 뚫을 때에 발생하는 분말을 이용하는 방법이 드릴법이다. 실제의 구조물에서 염화물량을 측정하기 위한 시료채취방법으로서 드릴법에 의한 시료채취방법과 채취한 코어의 절단을 통한 시료채취방법을 <그림 5-28>에 나타내었으며, <그림 5-29>는 양 방법에 의한 염화물량의 측정치의 상관관계를 그림으로 나타낸 것이다.

드릴법에 의한 염화물량 측정용 시료채취는 드릴법에 의한 중성화 깊이의 측정방법과 같이 신속하고 쉬워 많이 사용되고 있다. 드릴법에 의한 시료채취는 코어채취에 의한 염화물량 측정방법에 비하여 시료를 가공해야 하는 노력을 어느 정도 덜 수 있다. 그러나 드릴법에 의한 시료채취는 중성화깊이의 측정의 경우와 같이 굵은골재의 영향으로 측정치가 변동할 수 있으므로 복수의 구멍을 뚫어서 시료를 채취하여야 한다.

드릴법에 의한 시료	코어에 의한 시료	측저개소 수
<p>φ15 드릴 4cm 드릴 분말을 사용</p>	<p>1cm 조각을 낸 것</p>	10
<p>φ15 드릴 4cm 4cm 이 부분을 사용 드릴 분말을 사용</p>	<p>4cm 4cm 이부분을 채취</p>	10

<그림 5-28> 드릴에 의한 시료채취방법과 코어의 절단에 의한 시료 채취방법



〈그림 5-29〉 드릴법과 코어절단법에 의한 염화물 측정결과 비교

vi) 기타

비파괴시험을 이용하면 다음과 같은 항목을 측정할 수 있다.

① 콘크리트의 압축강도와 탄성계수

콘크리트의 압축강도는 슈미트해머법 또는 음속법에 따라 측정한다. 음속법을 적용할 경우 콘크리트의 음속을 측정한 다음식에 의하여 콘크리트의 동탄성계수를 구한다.

$$E = \rho V^2 (1 + \nu)(1 - 2\nu) / (1 - \nu)$$

여기서, E : 탄성계수(N/m²), ρ : 콘크리트의 밀도(kg/m³)

V : 콘크리트의 음속(m/s), ν : 푸아송비

② 콘크리트의 투기성과 투수성

콘크리트의 투기성 또는 투수성은 중성화속도와 밀접한 관계가 있다. 즉, 투기성이나 투수성이 큰 콘크리트는 중성화속도가 빠르다. 콘크리트의 투기성을 시험하는 방법에는 시험시편에 고압으로 공기를 투과시키는 비파괴시험법이 있다. 콘크리트의 투수성을 시험하는 방법 중 실제의 콘크리트 구조물 벽을 이용하여 간단히 시험하는 방법으로서 작은 구멍을 통한 수압시험법이나 간이흡수시험법 등이 있다.

③ 콘크리트의 함수율

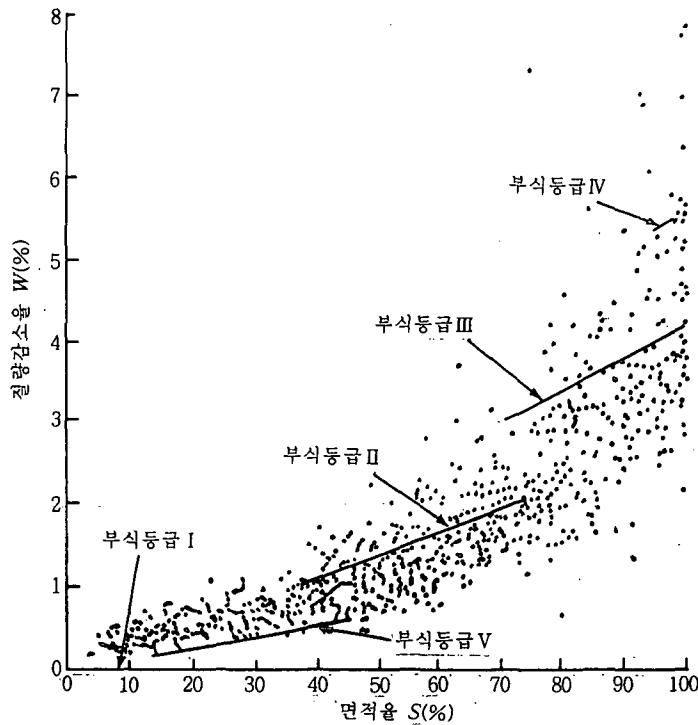
콘크리트의 함수율을 비파괴시험으로 측정하는 방법에는 습도에 의한 방법과 전기적 방법이 있다. 특히 전기적 방법에는 콘크리트 표면에 전극을 눌러 붙이는 방법 또는 내부에 전극을 묻는 방법이 제안되어 있다.

e. 육안에 의한 철근부식도 평가방법에는 여러 가지가 있는데 기존의 문헌을 참고로 정리한 것이 (표 5-7)이다. 기존의 평가방법에서는 부식등급을 4단계 또는 5단계로 구분하고 있는 것이 많다. 각 제안에서는 단면손실 상태가 가장 현저한 부식상태라고 공통적으로 규정하였다. 5단계로 등급을 구분한 제안에서는 단면손실 정도에 따라 등급을 세분하고 있다. 어느 제안이든 산화피막이 존재하고 부식이 보이지 않는 상태를 등급 I로 하고 있다. 아울러 모든 제안은 육안에 의해 부식상태를 평가하기 때문에 정성적으로 표현하고 있다.

철근의 녹 발생 면적율과 질량감소율 및 육안관찰에 의한 부식등급 관계를 그림 5-30에 정리하였다. 육안관찰에 의해 부식등급이 III이상으로 판정되면 녹의 진행방향이 평면방향에서 깊이 방향으로 이행됨을 알 수 있다.

(표 5-8)은 철근부식도가 철근의 성능 및 구조물에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 이 중에서 부식등급 IV는 5.3.4(상세조사)의 (표 5-5)에 제시한 부식등급 IV, V에 해당된다. 이들의 도표에서 부식이 깊이 방향으로 진행하기 시작하는 등급III 이후에는 철근의 항복점이나 인장강도 및 인장변형 크기의 저하현상이 나타남과 동시에 피복 콘크리트에 균열이 발생함을 알 수 있다.

참고로 철근의 부식등급을 판정할 때 도움을 주기 위하여 부식등급 I ~ V의 상황을 사진 5.3.1에 나타내었다.



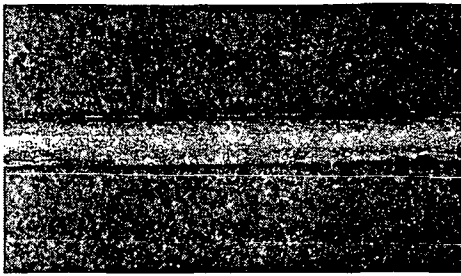
<그림 5-30> 녹발생 면적률과 질량감소율의 관계

(표 5-7) 철근부식의 평가등급에 관한 각종의 제안

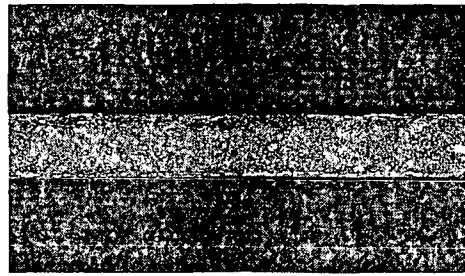
등급	5 단계 평가			4 단계 평가				3단계 평가
I	부식이 없음, 산화피막의 상태	거의가 산화 피막의 상태로 녹이 생기지 않음	시공시의 상황을 유지, 이후의 부식이 발생되지 않음	녹이 거의 발생되지 않음	전혀 녹이 없음	산화피막 상태, 또는 녹은 생겨 있지만 전체적으로는 치밀한 녹이 콘크리트면에 부착되어 있지 않음	이상 없음	부식이 발생 않음
II	철근표면에 작은 녹이 생겨 있는 상태	부분적으로 부푼 녹이 있지만 작은 면적의 반점상임	부분적으로 부식이 인정됨. 경미한 부식	부분적으로 점 부식이 있음	점상의 붉은 녹	부분적으로 점상의 녹이 있지만, 작은 면적의 반점상이다.	블리이딩 하반부의 붉은 녹	부식은 인정되지만 단면손실 없음
III	철근 표면에 얇고 부푼 녹이 넓게 생겨 있어 콘크리트에 녹이 부착되어 있는 상태	비교적 넓은 면적에 녹이 있음	표면의 대부분이 부식되어 있음, 부분적으로 단면손실이 있음	전면 부식	전면적에 붉은 녹	단면손실을 육안으로는 관찰할 수 없지만, 철근의 전둘레 또는 전길이에 걸쳐 부푼 녹이 생겨 있음	철근 둘레의 붉은 녹	부식이 있고 단면손실이 있음
IV	약간의 두께가 있는 팽창성 녹이 생겨 있지만, 단면손실이 비교적 작은 상태	대부분의 범위에 녹이 있고 국부적으로는 층상의 녹이 생김	철근 전둘레에 걸쳐 단면손실의 녹이 있음	층상의 녹, 단면손실, 피복콘크리트의 박리	부푼 녹 및 녹이 박리된 것	단면손실이 생김	단면손실에 이른 부식	
V	철근 전체에 걸쳐 현저한 팽창성의 녹이 생기고, 단면손실이 있는 상태	층상의 두꺼운 녹이 발생하고, 부분적으로 단면손실이 있음	철근이 단면이 당초의 2/3-1/2정도로 손실됨					

(표 5-8) 철근부식도가 철근의 성능 및 구조물에 미치는 영향

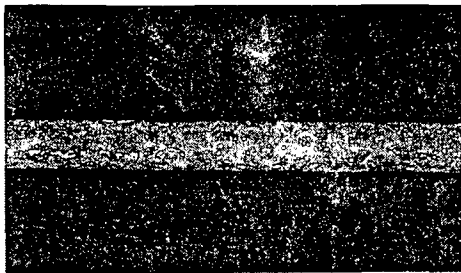
구 분	등 급				
	I	II	III	IV	
균 열	없음		균열 발생개시	균열이 발생되어 있으면 반드시 등급 IV	
녹의 확산	녹은 철근과 콘크리트의 경계면에 남는다.		콘크리트의 내부로 확산개시	균열을 따라서 확산하여 콘크리트 표면에 스며 나온다.	
부착 강도	이 형	거의 변화 없음			
	원 형	부식도가 커지는 데 따라 상당히 증대			
		부착강도비(등급 I 을 100으로 할 때의 비율)			
		100	134	166	139
항복점	거의 변화 없음			질량감소율에 대응하여 저하	
				항복점이 나타나기 어려움	
인장강도	거의 변화 없음			단면손실의 영향이 있고 질량감소율 이상으로 저하	
신 장	부식도가 경미한 단계에서 저하				
	신장비(등급 I 을 100으로 함)				
	100		80	57	35



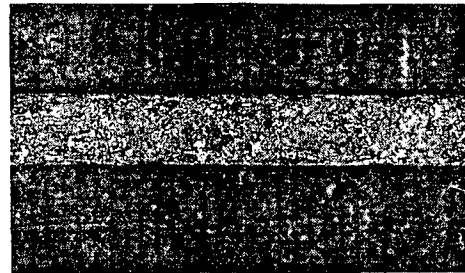
부식등급 I



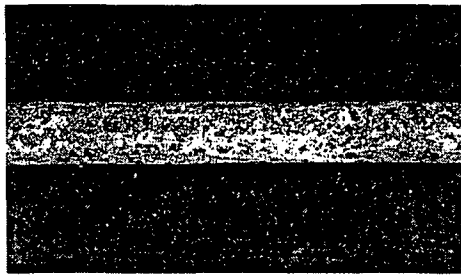
부식등급 IV



부식등급 II



부식등급 V



부식등급 III

사진 5.3.1 철근 부식등급(I~V)별 녹발생 상태

f. 채취 시료의 시험·분석은 아래의 방법에 의해서 실시한다.

(1) 콘크리트의 재료 및 배합 분석

채취한 시료로 콘크리트의 재료와 배합을 분석하고, 콘크리트의 종합적인 품질을 판정한다. 콘크리트의 배합추정은 일본 시멘트 협회의 「경화콘크리트의 배합추정을 위한 화학분석방법」에 의해 시험하고, 단위시멘트량, 단위골재량을 구한다. 이 시험방법은 단위수량이나 물-시멘트비를 구하는 것도 가능하지만, 단위시멘트량이나 단위골재량의 측정오차가 단위수량에 가산되기 때문에 단위시멘트량 및 단위골재량의 측정치에 비해서 단위수량의 추

정정밀도가 떨어진다. 시료는 코어 공시체(압축강도시험후의 공시체를 사용해도 좋다.) 또는 쪼아내기 편으로 한다.

콘크리트의 단위 굽은골재량은 압축강도 시험전의 코어 공시체 측면 또는 양단면에 투명한 시트 또는 종이를 붙여 조골재의 윤곽을 복사해 검게 칠하고 그 면적율을 구하여 굽은골재의 절대용적율을 구한다. 이 때 검게 칠한 부분이 굽은골재 밖으로 돌출하지 않도록 주의해야 한다. 또 콘크리트를 절단한 면은 반드시 최대직경의 굽은골재를 절단한다고 볼 수 없으므로, 굽은골재 및 잔골재의 입도분포에 따라 달라지기는 하나 5mm보다 작은 검은색의 부분이 있을지라도 굽은골재를 절단했다고 생각되는 것은 면적율을 계산할 때 포함시켜야 한다.

(2) 콘크리트의 압축강도와 탄성계수

콘크리트의 압축강도는 콘크리트의 품질과 밀접한 관계가 있다. 따라서 콘크리트의 압축강도시험은 소정의 설계기준강도를 만족하고 있는가를 확인하는 이상의 의미를 가지며, 콘크리트의 배합성분분석 결과와 마찬가지로 콘크리트의 내구성에 영향을 끼치는 지표라 생각할 수 있다.

콘크리트의 압축강도는 KS F 2422「콘크리트에서의 절취한 코어 및 보의 강도시험방법」에 의해서 시험한다. 코어 공시체는 일반적으로 시험까지 40~48시간 수중($20\pm 3^{\circ}\text{C}$)에 담그어 두며, 압축강도시험 후 그 공시체를 염화물이온량의 분석에 사용할 경우는 수중에 담그지 않는 것이 좋다.

콘크리트의 탄성계수를 구하는 일반적인 시험방법은 콘크리트 강도의 40%에서 변형율을 측정하고 이로부터 구해진 할선을 탄성계수라고 하지만, KS F 2438「원주 공시체의 정탄성계수 및 푸아송비 시험방법」에서는 응력 변형을 관계에서 변형율이 50×10^{-6} 인 점과 최대강도의 40% 점과를 연결한 직선의 기울기를 탄성계수로 정의한다.

콘크리트의 탄성계수는 굽은골재의 품질과 관계가 있는데 흡수율이 큰 골재를 사용한 콘크리트의 탄성계수는 작게 나타난다. 그리고 건설교통부에서 제정한 콘크리트의 압축강도와 탄성계수 관계식, 즉 탄성계수 $=(\text{단위중량})^{1.5}\times 4,270\times(\text{압축강도})^{0.5}$ 식을 이용하여 코어공시체의 탄성계수를 구할 경우 표준양생한 공시체보다도 작게 나타나는 경향이 있다.

(3) 콘크리트의 중성화깊이

콘크리트의 중성화 깊이는 쪼아내기에 의한 방법이나 채취한 코어 공시체에 의한 방법으로 구할 수 있다. 코어 공시체에서 중성화 깊이는 코어의 할렬면에 페놀프탈렌용액을 분무하고, 적색으로 변한부분까지의 평균깊이를 실측하여 측정한다. 이 경우 코어는 압축강도시험후의 공시체를 사용해도 좋지만, 압축강도시험을 할 때는 양단을 절단하고 연마 또는 캡핑하기 때문에 원래의 콘크리트 표면에서 중성화 깊이를 알 수 있도록 처리해야 한다.

(4) 콘크리트 중의 염화물 이온량

콘크리트 중의 염화물 이온량 측정방법이 국내에는 규정되어있지 않으나 일본 건축학회에서 소개한 시험방법을 참고로 설명하면 다음과 같다.

① 시료채취방법

- 코어 채취

코어에 의한 시료 채취 방법은 “d항 「현지조사」 2) 코어채취에 의한 조사의 해설”을 참조한다.

- 드릴 가루

드릴가루로 염화물 이온량을 측정하는 방법은 보통의 콘크리트용 드릴도 좋지만, 시료 흡인구멍이 열려있는 특수비트, 시료 포집기, 드릴 구멍 깊이 조정용 스톱퍼, 흡인소제기가 갖춰진 드릴을 사용하면 편리하다. 드릴구멍 직경은 30mm 이하이며 심도의 찌침은 10~20mm가 적당하다. 굵은골재 가루가 섞여서 측정치에 편차가 생기기 쉬우므로 3개소 이상에서 채취하는 것이 바람직하다.

- 쪼아내기편

- 쪼아내기편은 쪼아내기 조사시 채취가 용이하지만, 채취장소의 깊이가 부정확하고 더우기 깊이 방향으로 단면적이 균일하지 않아 염화물량의 분포를 조사하는 데 적합하지 않다. 철근에 접하는 콘크리트 염화물량의 측정에는 이용해도 좋지만, 이 경우에도 가능하며 균일한 깊이에서 시료를 채취하도록 하는 것이 바람직하다.

② 시료 가공방법

코어시료를 이용하여 콘크리트 중의 염화물량 분포를 알기 위해서는 표면에서 두께 5~15mm 정도의 얇은 원판상이 되도록 절단한다. 외래염화물의 경우는 표면 가까이에서 염화물 함유량이 크게 변화하므로 표면 가까이에서는 두께가 얇게, 내부로 갈수록 두껍게 절단하는 것이 좋다. 원판의 두께가 얇은 경우는 염화물의 용탈(溶脫)을 피하기 위해 건식으로 절단하는 것이 바람직하다.

시료는 145 μ m의 표준망체를 모두 통과하도록 진동밀을 써서 미분쇄하고 기건시켜 시료를 제조한다. 과상의 시료는 조크러셔 등으로 5mm 이하가 되도록 굵게 분쇄한 다음 다시 145 μ m의 표준망체를 모두 통과하도록 진동밀을 써서 미분쇄하고 기건시킨다. 시료를 분쇄하는 과정 중에는 기구를 통한 오염이나 타시료가 혼입되지 않도록 주의해야 한다.

③ 염화물의 추출

분석용 시료 1~40g을 정확히 계량해서 비카에 채우고 시료 1g당 5ml 이상의 초산(HNO_3)을 투입시킨 다음 시료용기의 뚜껑을 덮고 약 5분간 끓인 후 냉각시킨다. 시료용기에 있는 시료를 꺼내어 이온교환수로 씻은 비카에 투입한 후 5종 C의 여과지를 사용

하여 여과하고, 여과지상의 고형물을 이온 교환수로 5~7회 다시 씻어낸다. 여과액을 메스플라스크에 담아 분석용 추출액으로 한다. 여과조작 시간을 단축하기 위해서는 흡인여과가 바람직하다.

④ 염화물 이온의 정량분석

추출액 시료에서 일정량을 풀피펫으로 분취하고, KS M 0100「공업용수시험방법」으로 염화물 이온농도를 정량분석한다. 이 때 먼저 빈시험을 실시하여 초기값을 얻어 정량분석치를 보정한다.

⑤ 염화물량의 계산

염화물량의 계산은 다음식에 의한다.

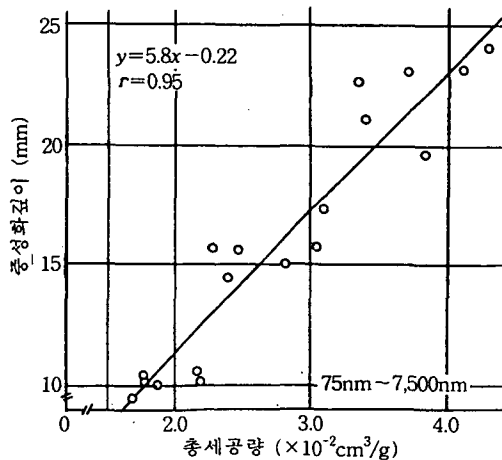
$$C = a \times V / V_s \times 100 / w \times 0.001, \quad C_v = C \times M \times 0.01$$

여기서 C_v : 콘크리트의 단위용적당의 Cl^- 함유물(kg/m^3), C : 분석시료중의 Cl^- 함유량 (wt%)

a : 분취액중의 Cl^- 정량분석치(mg), V : 추출액량(ml), V_s : 분취액량(ml)
 w : 시료량(g), M : 콘크리트의 단위용적질량(kg/m^3)

(5) 콘크리트의 간극·기포분포

콘크리트의 밀실성, 충전성 등의 품질을 평가하기 위하여 콘크리트의 간극(세공 분포), 기공분포를 측정한다. 예를 들면 대상 구조물의 중성화 진행속도가 통상적인 구조물보다 크게 빠를 경우 콘크리트의 품질이 양호하지 않을 확률이 높으므로 그 원인을 조사하기 위한 분석 방법으로서 콘크리트의 간극·기포분포시험을 실시한다.



〈그림 5-31〉 총세공량과 중성화 깊이 관계(세공반지름 : 75~7500nm)

<그림 5-31>은 총세공량과 중성화 깊이의 관계를 나타낸 것으로서 이들 두 요소는 밀접한 관계가 있다. 콘크리트의 간극은 콘크리트시편을 조분쇄하고 수은압입에 의한 포로시미터(Porosimeter)를 이용하여 측정한다. 또 기포분포는 콘크리트의 동해와 밀접한 관계가 있는데 광학현미경 또는 화상해석에 의하여 측정한다.

(6) 콘크리트의 함수율

콘크리트 내부의 함수율은 보통 3~4%이지만 함수율이 높은 경우에는, 탄산가스가 침입하기 어려워지기 때문에 중성화의 진행이 지연된다. 그러나 중성화가 진행되는 경우에도 함수율이 높을수록 철근이 부식되기 쉽다. 또한 콘크리트 중에 염화물이온이 존재하는 경우도 함수율이 높을수록 철근이 부식되기 쉽다. 콘크리트의 함수율 측정은 콘크리트시편을 105℃로 일정한 중량에 이르기까지 건조시켜, 당초 질량과의 차를 측정하여 구한다.

(7) 기 타

X선회석분석장치, X선 마이크로애널라이저(micro-analyzer), 주사 전자현미경 등을 사용하여 중성화 또는 염해에 의한 성능저하원인을 분석하고자 할 경우는 기존의 문헌을 참고로 하는 것이 좋다.

g. 상세조사의 결과는 구조물명, 조사년월일, 조사담당자, 현지조사시 기후, 조사항목, 조사방법, 조사장소(조사부위, 부재) 및 그 방위, 조사위치, 조사결과, 조사자의 의견 등을 종합하여 진단에 사용할 수 있도록 정리해 둔다.

5.4 진 단

5.4.1 일반사항

a. 진단시에는 조사결과를 검토하고 아래의 사항에 대해 진단한다.

- (1) 성능저하도의 판정
- (2) 성능저하원인의 규명
- (3) 성능저하진행의 예측
- (4) 보수여부의 예측
- (5) 내하력진단 여부의 예측
- (6) 보수·보강공법의 선정

b. 구조물 개요조사 및 외관 육안조사 만으로 위 사항을 판단할 수 없는 경우에 상세 조사를 실시하고 그 결과도 함께 진단한다.

<해 설>

- a. 성능저하진단 단계에서는 조사결과를 검토하고, 보수·보강 여부를 판정하여 보수·보강공법을 선정한다. 보수·보강 여부 판정에는 성능저하도의 판정만으로는 부족하다. 효과적인 보수·보강공법을 선정하기 위해서는 성능저하원인을 규명하고 성능저하의 진행을 예측해야 한다. 또 성능저하가 심한 경우는 내하력 진단 여부도 판정해야 한다.

보수·보강이 필요한 경우는 구조물이나 부재에 성능저하한도를 넘는 손상이 생긴 경우와 현재로서는 불량부분이 없어도 방치할 경우 수 년 내에 성능저하한도에 도달한다고 판단되는 두 가지의 경우가 있다.

한편, 구조물이나 부재의 성능저하한도에 대한 정의를 살펴보면 철근부식이 시작된 시점 또는 철근의 부식조건이 갖추어진 시점을, 철근부식에 의해 피복콘크리트에 균열이 생긴 시점 또는 철근부식에 의해 구조내하력의 저하가 일어났다고 생각되는 시점을 성능저하의 한도라고 정의하는 경우가 있다.

첫 번째 정의는 예를 들면, 콘크리트의 중성화가 피복두께 전 깊이까지 진행된 경우를 성능저하한도로 하는 것이다. 그러나 철근의 위치까지 중성화가 진행하여도 즉시 철근부식이 시작되는 것은 아니다. 또한 철근부식의 조건이 갖추어져 있어서 철근부식이 시작하였을지라도 부식 초기에는 표면에 큰 변화가 나타나지 않는 경우가 많다.

그러나 철근부식에 의해 콘크리트에 균열이 일단 발생하면 그 후의 철근부식은 급속히 진행되고 단기간에 피복콘크리트는 탈락한다. 이 때문에 철근의 부식으로 균열이 발생하는 시점은 보수를 시행하는 기준이 된다. 또 철근부식으로 인한 균열이 나타나지 않더라도 콘크리트 표면에 녹물이 배어 나오는 경우에는 성능저하요인이 내재되어 있을 가능성이 높고, 방치해 두면 가속적으로 성능저하가 진행되어 광범위한 보수가 필요한 경우도 있다. 이 때문에 이런 경우에도 보수가 필요하다.

- b. 진단단계에서는 조사결과를 근거로 최종적으로 보수·보강 여부를 판정하고 보수·보강공법을 선정하므로 성능저하원인의 규명이 잘못 되었거나 성능저하진행 예측을 하지 않은 상태에서 보수·보강의 여부를 판정하거나 또는 성능저하원인을 규명하지 않은 상태 그대로 보수·보강공법을 선정하게 되면 보수·보강효과가 없을 뿐만 아니라 오히려 역효과가 되어 구조물의 수명이 단축될 수도 있다.

그러므로 구조물 개요조사 및 외관 육안조사에 의해서 성능저하원인이 규명되지 않거나 성능저하진행 예측이 되지 않을 경우는 상세조사를 실시하여 성능저하원인을 규명하고 성능저하진행을 예측해야 한다.

성능저하증상이 경미하여 구조물 개요조사 및 외관 육안조사만 실시하고 성능저하원인을 규명했다 하더라도 다른 성능저하원인이 복합적으로 작용하는 경우가 많으므로 가능하면 상세조사를 실시하여 성능저하원인을 확인해 두어야 한다.

또한 성능저하증상이 경미할지라도 성능저하원인이 규명되지 않고 성능저하현상의 종류도 규명되지 않을 경우는 향후 성능저하가 어떻게 진행하는가를 파악하기 위해서 상세조사를 실시해야 한다.

다음과 같은 사례들은 성능저하증상이 경미하지 않은 경우로 볼 수 있다.

- ① 폭 0.3mm 이상의 균열이 철근을 따라 생긴 경우
- ② 콘크리트 또는 마감모르터의 부풀기, 표면박리가 생긴 경우
- ③ 부식등급 III 이상의 철근부식이 생긴 경우
- ④ 이상 체감(육안으로 확인될 정도의 처짐, 몸으로 전해오는 구체의 진동장해)이 있는 경우
- ⑤ 현저한 표면 마모가 있어서 굵은 골재가 노출되는 경우

5.4.2 성능저하도의 판정

- a. 성능저하도의 판정은 부위·부재마다 실시한다.
- b. 성능저하도의 판정은 외관의 성능저하증상 및 철근의 부식등급을 근거로 (표 5-9)의 성능저하도 평가기준에 의해 행한다.

(표 5-9) 성능저하도 평가기준

성능저하도	평 가 기 준	
	외관상의 성능저하증상	철근의 부식 상황
건전(健全)	현저한 성능저하증상이 없다.	철근의 부식 등급이 II이하
소(小)	철근을 따라서 부식균열이 보이지 않지만 건조 수축에 의한 폭 0.3mm 미만의 균열이나 녹오염 등이 보인다.	부식등급 III인 철근 존재
중(中)	철근부식에 의한 것으로 생각되는 0.5mm 미만의 균열이 보인다.	부식등급 IV인 철근 존재
대(太)	철근부식에 의한 폭 0.5mm 이상의 균열, 부풀음, 콘크리트의 박리 등이 있고 철근의 노출 등이 보인다.	부식등급 V인 철근 존재
		부식등급이 V인 철근은 없지만, 다수의 철근이 부식 등급IV이다.

<해 설>

- a. 성능저하도는 구조물의 부위·부재마다 측정하며, 다시 동서남북의 방위별로도 진단한다.
 쪼아내기 조사에서는 쪼아내는 개소마다 성능저하도를 측정한다. 한편 기둥이나 보는 여

러 지점에서 쪼아내기에 의한 성능저하도를 측정하며, 그 중 가장 성능저하가 심한 부위의 성능저하도를 부재 전체의 대표적인 성능저하도라고 보고 보수를 시행하더라도 부재의 단위길이당 체적이 작기 때문에 보수비용이 그리 많이 소요되지 않는다. 따라서 기둥이나 보의 여러지점에서 쪼아내기에 의해 성능저하도를 조사할 경우, 성능저하가 가장 심한 부위의 성능저하도를 그 부재의 대표적인 성능저하도로 결정한다.

이에 반해, 부피가 큰 벽체는 보수비용을 고려하여 몇 개의 블록으로 나누어 각각의 블록별로 복수의 부위에서 성능저하도를 판정한 다음, 가장 심한 부위를 그 블록의 대표적인 성능저하도로 판정하고 보수·보강공법을 선정하는 것이 좋다.

- b. 성능저하도의 판정은 (표 5-9)과 같이 외관의 성능저하증상과 철근의 부식상태 등 두 가지 기준으로 한다. 하지만, 이 양자에 의한 판정 결과가 반드시 일치하지 않는다. 예를 들면, 쪼아내기 조사방법으로 외관상 손상을 입은 성능저하부위와 손상이 없는 건전부위를 비교 조사해 보면 외관상 손상이 없을지라도 콘크리트를 떼어내고 보면 철근이 부식되어 있는 경우가 많다.

일반적으로 외관상 성능저하도가 대(大)이면 철근의 부식상태도 대(大)인 것이 많다. 그러나 역으로 철근의 부식상태가 대(大)일지라도 외관상의 성능저하증상은 그만큼 진행되지 않은 경우도 있으므로 성능저하도 판정시 외관상의 성능저하등급과 철근의 부식상태에 의한 등급이 일치하지 않는 경우에는 보다 심하게 평가된 쪽의 성능저하도를 선택해야 한다.

육안으로 철근의 부식도를 판정하는 방법에는 여러가지 제안이 있지만, 철근의 부식도 판정은 본 지침의 (표 5-5)(철근부식평가기준)과 같이 5단계로 평가하는 기준에 의한다. 이에 따라 구조물의 성능저하도를 판정하는 기준은 5단계의 철근 부식상태를 4단계로 구분하는 외관상 성능저하상태에 맞추어 4단계로 (표 5-9)과 같이 구분하였다. 철근의 부식상태에 의한 판정시는 1개의 조사장소에서 철근이 복수로 존재하는 경우가 많으므로 철근 1본당의 평가와 전체 본수에 대한 평가를 병행한다.

외국에서는 전위차를 근거로 한 부식 평가기준이 제시되어 현재 실용화되고 있다. 이 방법은 비파괴방법으로서 철근의 부식상태 예측이 가능하기 때문에, 철근의 부식상태를 직접 확인할 수 없는 경우 유리한 평가방법이다. 5.3.4의 (표 5-6)에 보인 바와 같이 자연전위가 -200mV 보다 낮으면 철근의 부식이 시작된다. 이 때문에 전위차를 이용한 부식 평가방법을 사용할 경우, 자연전위 $-200\sim-350\text{mV}$ 는 성능저하도가 작고, -350mV 보다 낮은 경우를 中 이상이라고 생각할 수 있다.

(표 5-9)에 나타낸 4등급의 성능저하도에 대한 각각의 외형상 특징은 다음과 같다.

- (1) 건 전 : 외관상은 뚜렷한 성능저하증상이 없다. 또 철근의 부식상태로 보아 심한 성능저하요인은 없다고 추정할 수 있다.

- (2) 소(小) : 외관상의 성능저하증상은 경미하다. 또 철근의 부식상태에 대해서는 잠재적인 성능저하요인을 가지고 있을 가능성이 있다.
- (3) 중(中) : 외관상의 성능저하증상을 경미하지 않고, 콘크리트 부스러기의 낙하 등 일상적인 안전성에 문제가 발생할 가능성이 있다.
- (4) 대(大) : 외관상 손상이 현저하고, 콘크리트 부스러기의 낙하 등 일상의 안전성에 문제가 있을 수 있으며, 경우에 따라서는 구조적인 안전성에 문제가 있을 수 있다.

일상적인 안전성이란 인간이나 재산에 대한 안전성이나 구조적인 안전성은 구조물이나 부재의 구조적인 측면에서의 안전성을 의미한다. 부식균열이 발생하면 피복콘크리트의 박리가 생길 위험성이 커지고 사람이 자주 접근하는 구조물이라면 이 정도 이상의 성능저하진행이 허용되지 않는다. 이 때문에 성능저하도가 중(中)에 이르면 보수가 필요하다.

더우기 성능저하도가 클 경우에는 구조안전성에도 문제를 일으킬 가능성이 있기 때문에 보수보다는 보강차원의 대책이 필요하다. 철근부식도와 철근 성능 및 구조물에 미치는 영향((표 5-8))에 의하면 부식이 철근의 깊이 방향으로 진행하기 시작하는 부식등급 III 이상부터는 피복콘크리트의 균열이나 철근의 항복강도, 인장강도, 신장량에서 저하가 나타난다.

성능저하도가 작은 경우일지라도 성능저하요인이 내재할 가능성이 있으므로 성능저하진행을 예측하여 보수 또는 성능저하억제 공법의 채택여부를 결정해야 한다.

5.4.3 성능저하원인의 규명과 성능저하진행 예측

- a) 조사결과에 근거해서 성능저하요인 또는 성능저하외력의 크기를 평가하고 성능저하의 주된 원인을 규명한다.
- b) 철근부식에 의해 콘크리트에 균열, 부풀기, 박리 등의 성능저하현상이 생긴 경우는 철근을 부식시키는 요인에 따라 성능저하원인을 다음과 같이 분류한다.
 - (1) 콘크리트의 중성화
 - (2) 초기 내재 염화물(콘크리트 중에 염화물 이온을 내재하고 있는 경우)
 - (3) 외래 염화물(외부에서 콘크리트 내부로 염화물 이온이 침투한 경우)
 - (4) 위(1)~(3)항이 복합된 것
 - (5) 기 타
- c) 철근 부식이외의 원인에 의해 콘크리트에 균열이 발생하고, 그 결과 철근부식이 생길 위험이 있는 경우는 균열 요인에 따라 성능저하원인을 분류한다.
- d) 위의 b, c항목에서 성능저하원인이 알칼리 골재반응이라고 판단되며 “콘크리트 구조물의 알칼리 골재반응 진단에 관한 규정”에 따라 조사·진단하고, 동결융해가 주요 원인

이라고 판단되면 “콘크리트 구조물의 동해 진단에 관한 기준”에 따라 조사·진단하고, 성능저하원인이 산성토양·화학약품 등의 부식물질에 의한 성능저하현상이라 판단되면 별도로 조사·진단을 실시하며, 지진, 부등침하 및 과하중 등의 구조적 요인에 기인한 성능저하현상이라 판단되면 “구조안전진단”을 실시하여야 한다.

- e) 철근부식과 관계가 없다고 생각되는 성능저하현상이 발생한 경우는 별도로 필요한 조사를 실시하여야 한다.
- f) 콘크리트의 중성화에 기인한 성능저하원인의 크기는 중성화 진행의 정도에 따라 (표 5-10)와 같이 분류한다.

(표 5-10) 콘크리트의 중성화에 따른 성능저하원인 크기의 분류

성능저하원인의 크기	중성화 진행의 정도에 의한 분류	
	옥 외	옥 내
소(小)	중성화가 철근 표면까지 아직 진행하지 않음	중성화가 철근의 뒤쪽까지 아직 진행하지 않고 있음
중(中)	중성화가 소수의 철근 표면까지 진행하고 있음	중성화가 소수의 철근 뒤쪽까지 진행하고 있음
대(大)	중성화가 반수이상의 철근 표면까지 진행하고 있음.	중성화가 반수 이상의 철근 뒤쪽까지 진행하고 있음

- g) 콘크리트 중의 염화물 이온량이 성능저하원인인 경우 성능저하원인의 크기는 철근의 피복두께 위치에서의 염화물이온량에 따라 (표 5-11)과 같이 분류한다.

(표 5-11) 콘크리트중의 염화물량에 따른 성능저하원인 크기의 분류

성능저하원인의 크기	철근 위치에서의 염화물 이온량에 의한 수
소(小)	철근의 피복두께 위치에서 철근부식을 유발하는 염화물이온이 존재하지 않는다.
중(中)	철근의 피복두께 위치에서 철근부식을 유발하는 염화물이온이 부분적으로 존재한다.
대(大)	철근의 피복두께 위치에서 철근부식을 유발하는 염화물이온이 존재한다.

- h) 콘크리트의 중성화, 초기 내재 염화물 또는 외래염화물이 복합된 경우 성능저하원인의 크기는 각각의 크기 중 가장 큰 것으로 평가한다.
- i) 콘크리트가 균열하여 철근부식이 발생하는 경우 성능저하원인의 크기는 콘크리트 표면의 균열 폭에 따라 (표 5-12)와 같이 분류한다.
- j) 성능저하원인의 크기에 따른 성능저하진행 예측은 시험, 신뢰할만한 자료 등을 근거로 하여 산정한다.

(표 5-12) 콘크리트 표면의 균열폭에 따른 성능저하원인 크기의 분류

성능저하원인의 크기	콘크리트 표면에 있어서 균열폭에 의한 분류
소(小)	철근 부식에 거의 영향을 미치지 않을 정도의 균열폭
대(大)	철근부식에 영향을 미칠 정도의 균열폭

<해 설>

a. 환경조건 또는 사용조건에 따른 성능저하원인은 다음과 같이 분류할 수 있다.

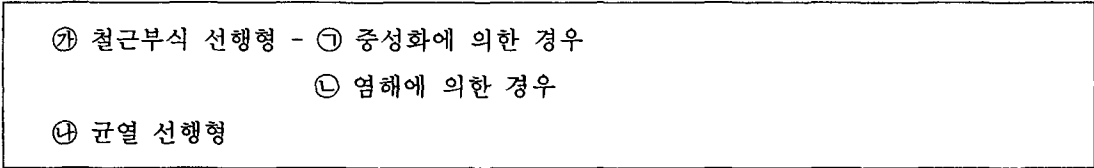
- ① 준공후의 경과년수가 긴 경우(예를 들면 25년 이상)→중성화
- ② 해안부근에 있는 경우(1km이내, 특히 250m 이내)→외래 염화물
- ③ 1980년대 ~ 1990년대 초반 까지 시공 구조물 →초기 내재 염화물
- ④ 특수환경(열,약품,온천지,침식성 가스 등)에 있는 경우→ 화학부식
- ⑤ 한냉지역에 있는 경우(동해위험도 이상의 지역) →동해

또한 균열의 형태에 따른 성능저하요인은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ① 거북등 무늬의 균열 → 건조수축, 알칼리 골재반응, 동해, 화학적 부식
- ② 가늘고 불규칙한 균열→건조수축, 동해, 화학적 부식
- ③ 배근과 관계없는 부재 축방향의 균열→알칼리 골재반응
- ④ 배근과 관계없이 발생한 부재축과 직각방향의 균열→수화열, 건조수축, 구조적 균열
- ⑤ 배근과 관계없이 발생한 부재 축방향과 경사방향의 균열→구조적 균열, 건조수축
- ⑥ 배근방향으로의 균열→염해, 중성화
- ⑦ 표면부의 마모→동해, 화학적 부식
- ⑧ 콘크리트표층의 연화→화학적 부식

b~e. 철근부식은 균열이 철근의 부식진행에 영향을 미치는지 여부가 성능저하현상을 분류할 때 중요한 단서가 된다. 철근부식에 영향을 주는 균열이 존재하지 않을지라도 콘크리트의 중성화나 염화물이 철근에 부식을 일으킬 수 있으므로 균열이 존재하는 경우에는 철근의 부식이 가속적으로 일어난다.

결국, 철근부식과 관련된 성능저하현상은 <그림 5-32>에 제시한 바와 같이 중성화(철근부식 선행형), 염해(철근부식 선행형), 균열 선행형 성능저하 등의 3가지로 분류할 수 있다.



<그림 5-32> 철근 부식과 관련된 성능저하현상

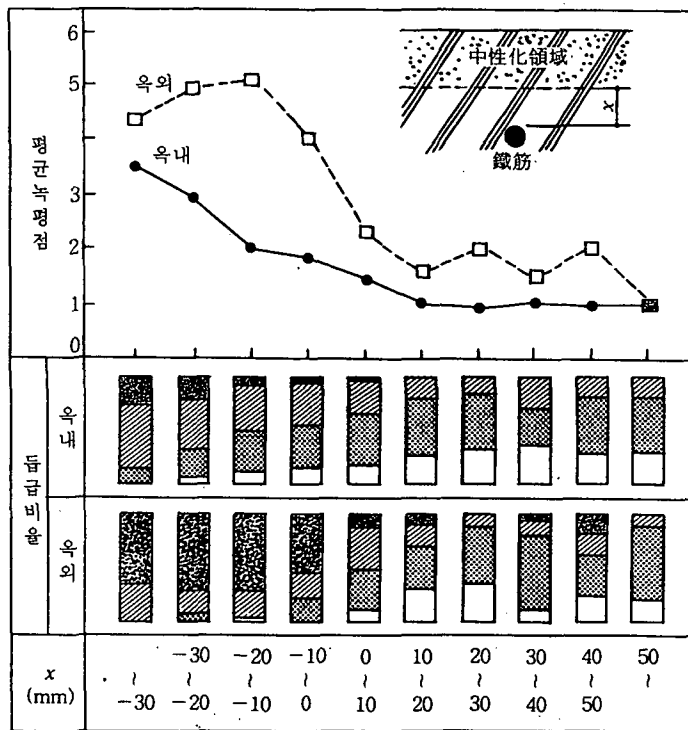
단, 균열 선행형으로 인한 성능저하는 균열의 원인에 따라서는 철근부식에 영향을 미치지 않는 경우도 있으므로 구분하여 생각해야 한다. 즉 알칼리 골재반응이나 화학적 부식 또는 지진이나 부등침하 및 과하중 등의 구조적 요인에 기인한 균열이 먼저 발생하고, 이 균열로 인해 철근의 부식이 진행되는 성능저하현상이라고 판단되는 경우는 별도 조사를 해야 한다.

(표 5-13) 중성화에 의한 성능저하원인의 크기 분류

성능저하원인의 크기	중성화진행의 정도에 의한 분류	
	옥 외	옥 내
소	피복두께의 평균치의 0.5배 이하	피복두께의 평균치의 0.7배 이하
중	피복두께의 평균치의 0.5배 이상, 피복두께의 평균치 미만	피복두께의 평균치의 0.7배 이상, 피복두께의 평균치에 20mm더한 값 미만
대	피복두께의 평균치이상	피복 두께의 평균치에 20mm 더 한 값 이상

f. 중성화 영역이 철근위치까지 도달하면, 철근의 부동태 피막이 파괴되어 부식되기 쉽다. 철근표면으로부터 중성화 영역까지의 거리가 철근부식에 미치는 영향을 시험한 결과가 <그림 5-33>이다. 옥외 노출된 콘크리트에서 철근이 중성화 영역에 있는 경우 철근의

부식속도가 현저하게 빠르고, 곧 유해한 부식상황(부식등급이 III 또는 IV이고, 부식이 깊이방향으로 진행 시작)으로 진전된다. 그러나 실내에서는 습도가 낮기 때문에 철근의 부식속도가 대기 중에 비하여 늦어지며, 이 때문에 중성화 영역이 철근의 피복두께보다 20mm 이상 깊게 진행하여야 비로소 철근에 유해한 부식상태가 된다. 따라서 옥외에서는 철근위치까지 중성화가 진행된 시점이, 또 실내에서는 철근의 피복두께보다 20mm 더 깊게까지 중성화가 진행된 시점이 성능저하원인의 크기를 결정하는 판단기준이 된다. 중성화 때문에 철근부식이 발생한 조사결과를 분석하여 성능저하요인의 크기를 중성화의 진행정도에 의해 분류한 예가 (표 5-13)이다.



〈그림 5-33〉 철근표면에서 중성화 영역까지 거리가 철근부식에 미치는 영향

g. 콘크리트 중의 철근은 보통 강한 알칼리상태에 있기 때문에 부식이 생기지 않는다. 그러나 염화물 이온량이 어느 정도까지 많아지면, 강한 알칼리상태에서도 철근은 부식하기 시작한다. 철근에 녹이 발생케 하는 염화물 이온량의 한계는 콘크리트의 배합이나 환경 조건에 따라 다르기 때문에 일정한 값으로 규정할 수는 없지만, 국내·외의 제반 규정을 참고하면 (표 5-14)에 제시한 콘크리트 중의 염화물 이온량의 규제치를 추천할 수 있다.

〈그림 5-34〉은 콘크리트 속에 있는 강재를 부식시키는 염화물 이온량을 실험한 예이다. 이 실험결과로부터 철근의 녹 발생면적이 현저하게 상승하는 시점은 염화물 이온량이

2.5kg/m³ 이상부터이고, 1.2~2.5kg/m³의 사이에서는 오히려 줄어든다. 한편, 보통포틀랜드 시멘트를 사용할 경우 시멘트 중량의 0.4%에 상당하는 염화물(300kg/m³의 시멘트량을 사용한 경우 염화물이온량이 1.2kg/m³)이 콘크리트내 C₃A와 반응하여 조직의 일부로 고정된다는 연구결과가 나와 있는데, 이는 <그림 5-34>의 시험결과와 어느 정도 일치된다.

국내의 실측자료는 없지만 일본에서 실제의 건축물을 대상으로 코어채취 및 쪼아내기에 의한 염해조사를 실시하고, 염화물 이온량 및 피복두께와 철근 부식 속도와의 관계를 조사하여 정리한 것이 <그림 5-35>이며, 이로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 염화물 이온량이 0.015% 미만(0.30kg/m³에 거의 상당)인 경우, 피복두께가 20mm 이상이면 철근 부식 속도는 0.04~0.05(%/년) 정도이다. 이 경우 20년 경과한 시점에서 도 부식감량은 1.0%이하이고 철근은 건전한 상태에 있다.
- 2) 염화물 이온량이 0.015~0.03%(약 0.30~0.60kg/m³)인 경우, 피복 두께가 60mm 이상이면 철근 부식 속도는 0.04(%/년) 정도이다. 그러나 피복두께가 60mm 미만인 경우, 철근 부식속도는 0.07~0.1(%/년)로 되고, 20년 경과한 시점의 부식감량은 1.5~2.0% 정도, 결국 철근의 부식등급으로는 II~III이 된다.
- 3) 염화물 이온량이 0.03~0.06%(약 0.60~1.2kg/m³)의 경우, 피복두께가 60mm 미만이 되면, 철근 부식 속도는 0.09~0.13(%/년) 정도로 되고, 20년 경과한 시점의 부식감량은 2~3% 정도, 결국 철근의 부식등급으로는 III이 된다. 더욱이 50년 후의 부식감량은 5~8%, 부식등급은 IV로 되고, 이미 건전한 상태라고 할 수 없게 된다.
- 4) 염화물 이온량이 0.06%(약 1.2kg/m³)이상 되면, 피복두께가 40mm이상이어도 철근 부식 속도는 0.16(%/년) 이상으로 커져 30년 경과된 시점에서의 부식 감량은 5~8%, 부식등급은 IV가 된다.

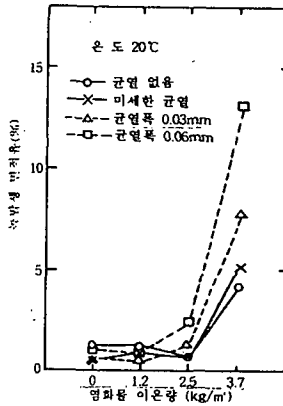
이상과 같은 점을 근거로 하여 성능저하원인의 크기를 철근위치에서의 염화물 이온량에 의해 분류한 것이 (표 5-15)이다.

(표 5-14) 각국의 염화물 이온량의 규제

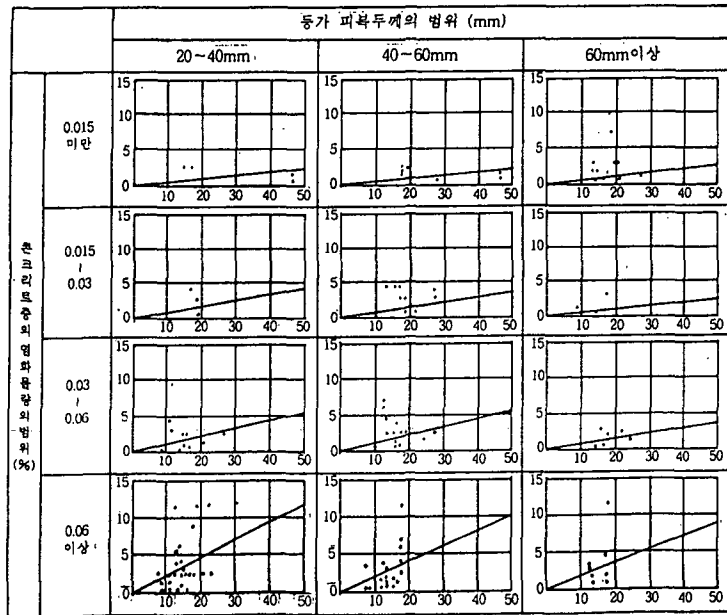
국 명	규 격	염화물 이온량의 규제치
영 국	BS8110-85 PART1	시멘트중량에 대한 전염화물량(CaCl_2) 일반 RC : 0.4% 내황산염시멘트 사용 : 0.2% PC(고온양생 RC) : 0.1% (혼화제: 혼화제의 2%또는 시멘트의 0.03%)
프랑스	DTU 21.4	1) 무근모르타 · 콘크리트 및 피복4cm의 RC : 시멘트중량의 2%(CaCl_2) 2) 피복 2cm의 RC : 시멘트중량의 1%(CaCl_2) 3) 수중 RC의 염화물량 : 0.25%/1(Cl^-)
독 일	DIN	골재중의 가용성 염화물량 프리텐션 PC와 PC그라우트(DIN 4227) : 0.02%(Cl^-) RC(DIN 1045),포스트 텐션 PC(DIN 4227) : 0.04%(Cl^-)
미 국	ACI 301-72	염화칼슘(CaCl_2)의 혼입 : 시멘트 중량의 2%이하
	ACI 318-83	시멘트 중량에 대한 가용성염화물량(Cl^-) 1) PC : 0.06% 2) RC(염분환경) : 0.15%, RC(일반환경) : 0.30%, RC(건조상태) : 1.00%
	ACI 222R-85	경화콘크리트의 시멘트중량에 대한 산추출 염화물량(Cl^-) 1) PC : 0.08%, 2) RC : 0.20%
일 본	일본건축학회 (JASS5-1991)	콘크리트에 포함된 염화물량(Cl^-)은 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 이하, 부득이 이것을 초과할 경우 방청상 유효한 대책을 강구해야 하며, 그 방법은 특별히 기록한다. 단, 이 경우에 있어서도 염화물은 $0.6\text{kg}/\text{m}^3$ 을 넘어서는 안 된다.
	토목학회 콘크리트 표준시방서(1991)	콘크리트에 포함된 염화물량을 Cl^- 로 환산하면 1) 일반 RC, 포스트텐션 PC : $0.6\text{ kg}/\text{m}^3$ 2) 내구성이 특히 요구되는 RC, 포스트텐션 PC로 염해나 전식의 위험이 있는 경우 및 프리텐션의 PC : $0.3\text{kg}/\text{m}^3$
한 국	토목학회 콘크리트 표준시방서(1999)	잔골재의 염화물 이온량 : 잔골재 절대건조중량의 0.02% 이하 레미콘내 염화물 이온량 : $0.30\text{ kg}/\text{m}^3$ 이하

(표 5-15) 콘크리트중의 염화물량에 의한 성능저하요인의 크기의 분류

성능저하요인의 크기	철근위치의 염화물 이온량 평균치에 의한 분류
소	0.3kg/m ³ 초과, 0.6kg/m ³ 이하
중	0.6kg/m ³ 초과, 1.2kg/m ³ 이하
대	1.2kg/m ³ 이상

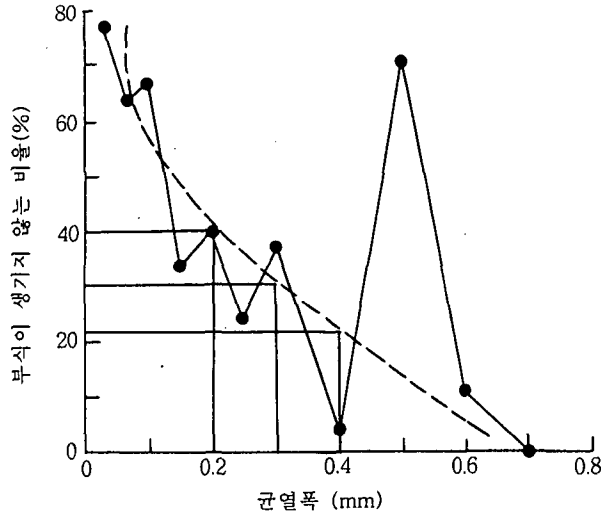


<그림 5-34> 콘크리트중의 염화물 이온량이 녹발생에 미치는 영향



<그림 5-35> 염화물량과 피복두께에 따른 철근부식속도
(횡축: 경과연수, 종축: 부식에 따른 중량 감소율 %)

h. 철근 부식과 균열의 상관관계에 대해서는 많은 연구가 있었으며, 이를 종합하면 일반적으로 균열폭이 커질 경우 이산화탄소나 수분 등과 같은 성능저하인자가 쉽게 침입하여 <그림 5-36>와 같이 철근의 부식속도가 빨라지는 것으로 알려져 있다.



<그림 5-36> 균열폭과 철근부식의 관계

다른 한편에서는 콘크리트 구조물의 수명이 수십 년이라는 점을 고려할 경우 부식속도는 균열폭에 의존하지 않는다는 견해도 있는바 그 주요 논리는 다음과 같다. 균열이 철근과 직각방향으로 발생하면 균열부위에서 국부적으로 중성화가 생기기 쉽고, 중성화가 철근위치까지 도달하면 철근은 부식이 쉽게 일어나므로, 균열폭이 클수록 부식 개시시기는 빠르다. 그러나 부식 개시 후의 부식속도는 음극부로의 산소의 공급량과 양극·음극간의 전기저항에 지배되기 때문에 철근의 부식속도는 균열폭과 무관하다는 논리이다. 이 논리에 의하면 균열폭이 철근부식의 개시시기에는 영향을 미치나 부식이 발생한 후부터 성능저하한도에 이르기까지의 부식속도에는 영향이 없으며, 결국 구조물의 내구성에 영향을 미치지 않는다는 이론이다.

그러나 실제로 균열이 철근을 따라 발생하면 철근 부식에 미치는 영향이 더 심각해질 수 있다. 특히, 피복두께가 작은 경우 보에서의 휨균열이나 벽체의 건조수축 균열 등이 철근을 따라 발생하면 균열부위에서의 국부적인 철근부식이 철근 길이 전체에 걸쳐 확대될 확률이 높다. 이러한 균열이 철근의 부식속도에 미치는 영향에 대해서는 명확히 알려져 있지 않으나 방치해 두어도 문제가 되지 않는다는 명확한 근거도 없다.

이에 따라 본 지침에서는 철근 직각방향으로의 균열폭 허용한도를 결정하는 것이 필요하다고 생각되어 각국에서 채택하고 있는 환경조건에 대응하는 허용균열폭을 (표 5-16)~(표 5-18)에 참고로 기술하였다. 이러한 각국의 규정을 종합할 때, 환경조건에 따른 유해한 균열

폭의 한계치를 제시하면 (표 5-19)과 같다. 한편 동일한 균열이라도 위치에 따라 균열폭이 변화하므로 (표 5-19)에서의 균열폭이란 동일한 균열내에서 평균적인 크기의 폭을 의미한다. 또한 환경조건이란 주로 녹의 발생조건으로서 특히 비례염분에 의한 염해가 환경조건에 포함된다. 환경조건의 구분에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

- i. 성능저하진행 예측의 핵심인자는 현재의 성능저하원인이 이후에 얼마나 더 가속적으로 진행되는가의 문제로 귀결된다. 콘크리트 속에서 철근의 부식속도는 피복 콘크리트의 품질과 철근 콘크리트의 노출환경에 좌우된다. 결국, 피복 콘크리트의 품질이나 환경조건이 다르면 성능저하원인의 크기가 같더라도 성능저하원인의 가속화 정도가 다르기 때문에 성능저하의 진행속도가 달라진다.

이 때문에 현재상태에서의 성능저하원인 크기, 피복 콘크리트의 품질 및 현재상태의 환경조건을 규명한 다음 이를 토대로 성능저하진행 정도를 예측해야 한다.

(표 5-16) 허용균열폭의 규정의 예 (ACI 224 위원회)

조 건	허용 최대 균열폭(mm)
건조공기중 또는 보호층이 있는 경우	0.40
습기가 있는 공기중, 토중	0.30
동결방지제에 접하는 경우	0.175
해수, 해풍, 조위에 의해 건습의 반복을 받는 경우	0.15
수밀구조부재	0.10

(표 5-17) 허용 균열폭의 규정 예(CEB-FIP국제규준(1978))

(a) 허용 균열폭

환 경 상 황	하중 작용조합	부식에 대한 강재의 민감성	
		대단히 민감	너무 민감하지 않음
		w(mm)	w(mm)
심하지 않은 경우, 실내, 건조되어 있는 경우 등	가끔 작용하는 경우 영구하중 작용뿐	0.2 0.1	0.4
일반의 옥외, 습도가 높은 옥내등	가끔 작용하는 경우 영구하중 작용뿐	0.1 0 또는 0.1 이하	0.2
특히 심한 경우, 해안, 공장 지대 등	자주 작용하는 하중의 조합 가끔 작용하는 경우	0.1 0	0.2 또는 0.1

(b) 콘크리트 피복두께의 표준치(부식에 대해서 너무 민감하지 않은 강재의 경우)

환 경 상 황	콘크리트압축강도(kgf/cm ²)	
	250~350	400~500
심하지 않은 경우	15mm	15mm
일반의 옥외구조물	25	20
심한 경우	35	30

- (주) *1 부식에 대단히 민감한 강재는 직경 4mm 이하인 모든 종류의 강재와 4000 kgf/cm² 이상의 인장응력을 항상 받고 있는 냉간가공 강재를 말함
- *2 콘크리트피복두께 c가 표(b)의 표준값보다 큰 경우, 표(a)의 허용 균열폭에 (c/c_{min})을 곱한 값을 허용 균열폭으로 해도 좋지만, 표(a)의 값의 1.5배를 넘으면 안 된다.
- *3 콘크리트 피복두께의 일반 표준치는 슬래브를 제외한 부재에 대하여 매우 민감하지 않은 강재가 설치된 경우 표(b)와 같이 취한다.
- *4 부식에 대하여 대단히 민감한 강재가 설치된 경우 표(b)에 주어진 값에 10mm를 더한 것을 콘크리트 피복두께로 한다. 또 콘크리트 피복두께는 강재 직경 이상, 긴장재에 대해서는 닥트 직경이상 그리고 40mm 이상으로 하지 않으면 안 된다.
- *5 슬래브에 대해서는 표(b)의 값에서 5mm를 뺀 값으로 해도 좋지만, 15mm 이하로 해서는 안 된다.

(표 5-18) 허용 균열폭 규정의 예4.

(일본 콘크리트 공학협회 : 콘크리트의 균열조사·보수·보강지침)

구 분		환경 ²⁾ 기타요인 ¹⁾	내구성에서 본 경우			방수성에서 본 경우
			심하다.	중간이다.	심하지 않다.	-
(A) 보수를 필요로 하는 균열폭(mm)	대		0.4 이상	0.4 이상	0.6 이상	0.2 이상
	중		0.4 이상	0.6 이상	0.8 이상	0.2 이상
	소		0.6 이상	0.8 이상	1.0 이상	0.2 이상
(B) 보수를 필요로 하지 않는 균열폭(mm)	대		0.1 이하	0.2 이하	0.2 이하	0.05 이하
	중		0.1 이하	0.2 이하	0.3 이하	0.05 이하
	소		0.2 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.05 이하

주 1) 기타의 요인(대, 중, 소) 이란 콘크리트 구조물의 내구성 및 방수성에 미치는 유해성의 정도를 말하고, 균열의 깊이, 패턴, 피복 두께, 콘크리트 표면의 피복 유무, 재료·배합, 시공이음 등의 요인별 영향을 종합하여 결정한다.

2) 주로 철근의 녹 발생조건에서 본 환경조건

(표 5-19) 균열폭에 따른 성능저하원인의 크기 분류

성능저하원인의 크기	콘크리트표면에 있는 균열 폭	
	일반적인 옥외	환경조건이 가혹한 경우
소	0.4mm 미만	0.1mm 미만
대	0.4mm 이상	0.1mm 이상

여기서 피복 콘크리트의 품질과 환경조건이 성능저하원인의 진행속도에 미치는 영향은 아래와 같다.

1) 피복 콘크리트의 품질

피복 콘크리트의 품질이란 콘크리트 조직의 치밀성을 말하며, 콘크리트 조직의 치밀성은 사용재료(시멘트의 종류, 골재, 혼화재료)·배합(물시멘트비)·시공품질(다짐, 양생)등 각종 요인에 직접적으로 영향을 받는다.

재령과 중성화 속도 및 물-시멘트비의 상관관계를 실측한 자료에 의하면 물-시멘트비가 70%일 경우 30년만에 중성화 깊이가 20mm 가까이 달하며, 40% 이하에서는 중성화의 진행이 거의 무시할 정도라고 알려져 있다.

물-시멘트비가 중성화 속도와 염화물의 침투 속도에 미치는 영향을 조사한 바에 의하면 물-시멘트비로부터 성능저하원인의 크기를 합리적으로 조정하는 것이 가능하다. 즉, 물-시멘트비가 40%이하인 경우는 1등급 완(緩)하게, 역으로 70% 이상인 경우는 1등급 엄하게 평가할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 물-시멘트비가 콘크리트의 치밀성에 영향을 미치기 때문에 결과적으로 압축강도에도 영향을 준다. 즉, 콘크리트의 압축강도가 150kgf/cm² 미만으로 추정되는 경우에는 물-시멘트비가 65%를 넘을 가능성이 높기 때문에 1등급 엄하게 성능저하원인의 크기를 평가하면 좋다.

2) 환경조건

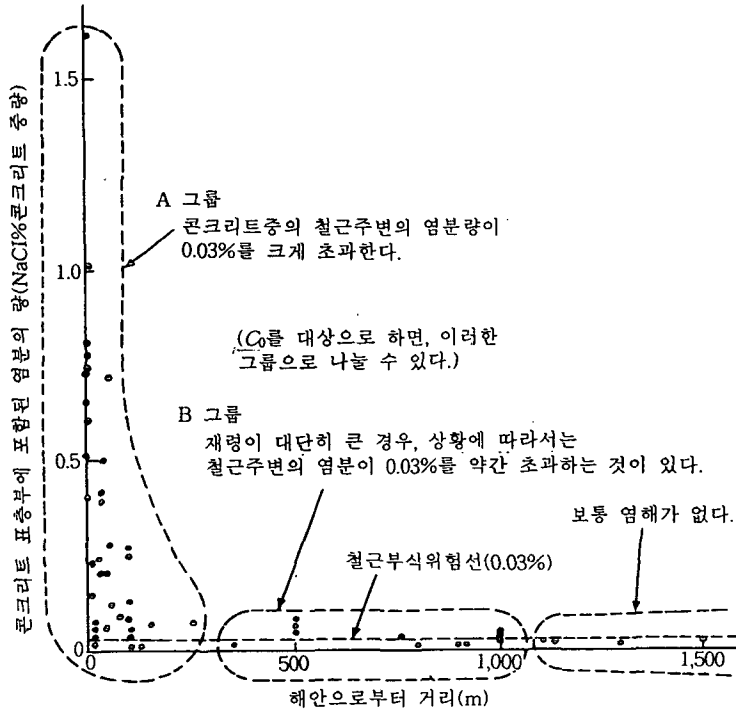
철근부식에 영향을 주는 환경조건으로서 중성화나 염해와 관련된 환경조건을 들 수 있다. 중성화는 일반적인 환경조건하에서도 진행되지만, 피복 콘크리트의 품질이 좋으면 중성화 진행속도는 그만큼 느리다.

한편, 외래염화물에 의한 염해, 즉 철근부식은 해안에서 가까운 곳일수록 비래염분량이 많아지고, 이로 인해 콘크리트 표면의 염화물이온 농도가 극히 높아져서 콘크리트 내부로의 염화물이온 침투속도도 빨라지며, 그 결과 철근의 부식속도도 그 만큼 빨라지게 된다.

국내에서는 아직까지 조사발표된 자료가 없지만, 일본에서 해안으로부터 거리와 콘크리트 표층부의 염분량과의 관계를 조사 발표한 자료를 종합한 것이 <그림 5-37>이다. 그림에서 해안으로부터 250m 이내는 염해 지역이라 생각할 수 있다. 그리고 해안에서 1km 이내는 염해지역에 인접한 준염해 지역이고, 그 이상이면 일반적으로 염해지역이라 볼 수 없다. 또한 <그림 5-37>은 일본에서 발표된 자료로서 외래염화물 크기에 따른 성능저하원인의 크기 평가 방법을 보여주고 있다.

(표 5-20) 염해로 인한 성능저하원인의 크기 할증법

환경 등급	특히 심한 환경	부식성 환경	약간의 부식성 환경
해안에서의 거리	50 m 이내	50 ~ 250 m	250 ~ 1000 m
외래염화물에 의한 성능저하원인의 크기	대(大)	무→소, 소→중, 중→대 처럼 1등급 높인다. 대인 경우 그대로 유지	지역에 따라 1등급 격상



<그림 5-37> 해안으로부터의 거리와 콘크리트 표층부의 염분량 관계

5.4.4 보수·보강 여부의 판정

- a. 보수는 안전성의 확보, 내구성의 향상, 또는 기능성의 회복이 필요한 경우에 실시한다.
- b. 성능저하도가 중(中) 또는 대(大)인 경우 안전성의 확보를 위하여 보수를 실시한다. 또한 대의 경우에는 필요한 경우 구조내하력 진단을 실시한다.
- c. 성능저하도가 소인 경우는 성능저하진행을 예측하고, 목표 내용년수에 이르기 전에 현저한 성능저하도에 도달할 것이 예상되는 경우는 내구성을 향상시키기 위하여 보수를 한다.
- d. 기능회복을 위한 보수는 부재에 요구되는 기능을 검토하여 보수여부를 판정한다.

<해설>

- a. b. 본 지침에서는 보수·보강의 기준이 되는 성능저하한도를 안전성의 확보와 내구성의 향상을 목적으로 철근부식 선형형과 균열 선형형의 성능저하로 구분하여 아래와 같이 설정하였다.
- 1) 철근부식 선형형의 성능저하과정에서는 중성화나 염해 등의 원인으로 철근에 부식이 생기고, 철근의 부식이 진행됨에 따라 피복 콘크리트에 균열이 발생되고 그 후 단기간 내

에 피복 콘크리트가 박리된다. 피복 콘크리트의 박리는 안전상 허용되지 않는 성능저하이다. 그래서 피복 콘크리트에 부식균열이 생기는 시점을 철근부식 선행형 성능저하과정의 성능저하한도로 보며, 이를 보수의 기준으로 한다.

- 2) 균열 선행형의 성능저하과정에서는 다른 원인(예, 구조안전, 건조수축, 크리이프, 수화열 등)으로 콘크리트에 균열이 생기고, 균열을 통해 성능저하인자가 침입하여 철근의 부식이 진행된다. 이 경우 균열을 통한 부식생성물의 외부 유출로 철근주변에 부식 팽창압이 축적되지 않아 피복 콘크리트가 박리하기 어렵기 때문에 구조안전성의 저하가 나타나는 시점을 성능저하한도를 설정한다. 그러나 현재까지의 연구수준으로는 철근부식이 구조안전성에 미치는 영향을 정확히 계량하지 못하므로 균열 선행형 성능저하과정에 대한 명확한 성능저하한도를 설정하기 어렵다. 이 때문에 어느 정도 안전측이긴 하지만 철근의 부식에 유해한 균열폭(콘크리트가 철근의 보호기능을 수행하지 못하게 되는 크기)까지 도달하는 시점을 성능저하한도로 한다. 여기서 철근부식에 유해한 균열폭이란 환경조건에 따라 다르나 본 지침에서는 (표 5-12)와 같이 규정하였다.

그리고, 철근부식이 극히 현저한 경우는 성능저하도가 대(大)인 경우에 포함된다. 이러한 성능저하상태에서는 철근 또는 와이어메쉬 추가 정도의 경미한 보강으로는 성능저하현상이 끝나지 않을 가능성이 있기 때문에 구조내하력 진단을 하여야 한다.

- c. 전항 5.4.3의 h.에서 설명한 바와 같이 성능저하원인의 크기를 증가시키는 것은 성능저하 진행을 예측해야 하기 때문이다. 성능저하원인의 크기가 대로 판명되는 경우에는 성능저하의 진행상황에 관계없이 성능저하를 억제하기 위한 처리가 필요하며, 성능저하원인의 크기가 中으로 판정되는 경우에는 경과 년 수에 따라 성능저하인자가 더 축적되기 때문에 종합적인 평가가 필요하다.

5.4.5 내하력 진단 여부의 판정

철근부식이 현저하고 부재 전체에 걸쳐서 균열이나 부풀기, 박리가 생긴 경우나 주철근에 현저한 단면손실이 생긴 경우에는 구조내하력 진단을 실시한다.

<해 설>

철근부식이 철근콘크리트 부재의 구조성능에 미치는 영향은 아직 분명하게 밝혀져 있지 않다. 일반적으로 부식이 진행되어 철근의 단면손실 정도가 커지면 구조성능도 저하한다고 생각된다. 그러나 외관상의 성능저하도는 현저하지만, 실제로 재하시험을 하면 구조성능의 저하가 거의 나타나지 않았다는 연구결과도 많다.

그러므로 구조안전상의 관점에서 성능저하한도를 규정하는 것은 극히 어려운 일이다. 그러나 철근부식이 현저하고, 띠철근이나 배력철근이 부실하며, 부재전체에 걸쳐 균열이나 부풀기, 박리가 생긴 경우 및 구조체에 현저한 단면손실이 발생한 경우에는 구조내하력 진단을 실시하는 것이 좋다.

5.4.6 보수·보강 공법의 선정

a) 보수·보강공법은 아래와 같이 분류된다.

- (1) 철근부식에 대한 보수·보강 공법
- (2) 중성화 억제 공법
- (3) 염해 억제 공법
- (4) 균열 보수 공법

b) 보수공법은 부위, 부재마다 다르게 선정·적용할 수 있다.

c) 보수공법은 성능저하도 및 성능저하요인의 크기, 성능저하원인의 종류에 따라 아래 (1)~(4) 항에 의해 선정한다.

- (1) 성능저하원인이 중성화인 경우 보수공법은 (표 5-21)를 표준으로 하여 선정한다.
- (2) 성능저하원인이 초기내재염분인 경우의 보수공법은 (표 5-22)를 표준으로 하여 선정한다.
- (3) 성능저하원인이 외래염화물인 경우의 보수공법은 (표 5-22)을 표준으로 하여 선정하고 동시에, 해안에서의 거리가 50m 이내 구조물이 위치한 경우에는 염해억제공법을 병용한다.
- (4) 성능저하원인이 균열인 경우의 보수공법은 (표 5-23)을 표준으로 하여 선정한다.

d) 철근을 부식시키는 성능저하외력이 심한 경우에는 특수 공법을 적용하는 것을 검토한다.

(표 5-21) 성능저하원인이 중성화인 경우의 보수공법

성능저하도	성능저하요인의 크기(중성화깊이)		
	소(小)	중(中)	대(大)
소(小)	불필요(피복부족의 경우 중성화 억제공법을 병용한다)	중성화 억제공법	중성화 억제공법
중(中)	별도의 원인을 검토한다.	균열 보수 공법 + 중성화 억제공법	철근 부식 보수공법+중성화 억제공법
대(大)	별도의 원인을 검토한다.	별도의 원인을 검토한다.	철근 부식 보수공법+중성화 억제공법

(표 5-22) 성능저하원인이 염화물이온인 경우의 보수공법

성능저하도	성능저하요인의 크기(철근위치의 염화물이온량)		
	소(小)	중(中)	대(大)
소(小)	불필요(피복 부족의 경우 중성화 억제공법을 병용한다.)	염해 억제 공법	염해 억제 공법
중(中)	별도의 원인을 검토한다.	철근 부식 보수 공법 + 염해 억제 공법	철근 부식 보수 공법+염해 억제 공법
대(大)	별도의 원인을 검토한다.	별도의 원인을 검토한다.	철근 부식 보수 공법+염해 억제 공법

(표 5-23) 성능저하원인이 균열인 경우의 보수공법

노 후 도	성능저하요인의 크기(콘크리트 표면의 균열폭)	
	소(小)	대(大)
소(小)	불필요(피복부족의 경우는 중성화 억제공법을 병용한다)	균열 보수 공법
중(中)	별도의 원인을 검토한다.	철근 부식 보수 공법
대(大)	별도의 원인을 검토한다.	철근 부식 보수 공법

<해설>

a. 보수공법의 개요는 아래와 같으며, “5.5 보수 재료 및 보수 공법의 선정”에서 다시 상세히 설명한다.

(1) 철근 부식 보수공법

콘크리트가 박리하여 철근이 노출되어 있는 부분, 또는 균열부분의 콘크리트를 제거하고, 철근을 노출시켜 녹을 제거한 다음 철근에 방청재를 바르고, 노출된 면에 바탕처리를 한 다음 단면 충전재를 시공하여 단면을 복구한다. 철근부식이 현저한 경우는 새로운 철근을 용접하거나 철근을 추가로 첨가하여 보강한다.

(2) 중성화 억제 공법

콘크리트 표면을 피복하여 외부로부터 이산화탄소의 침입을 막고, 중성화의 진행을 억제한다. 중성화가 이미 철근위치까지 도달한 경우에는 콘크리트에 알칼리액을 침투시켜 알칼리성을 회복시킴으로써 철근의 부식 진행을 억제한다.

(3) 염해 억제 공법

콘크리트 표면을 피복하여 외부로부터 염화물 이온의 침입을 막거나 수분이나 산소의 공급을 차단하여 철근 부식의 진행을 억제한다. 콘크리트 중에 염화물량이 이미 많이 포함된 경우는 콘크리트에 방청재를 침투시킴으로써 염화물 이온을 흡착시켜 철근을 불활성으로 하여 철근의 부식진행을 억제한다.

(4) 균열보수공법

수지를 주입하거나 U컷트하여 실링재를 주입하여 균열을 통하여 물, 이산화탄소, 부식성 물질의 침입을 막음으로써 철근부식을 억제한다.

b. 보수공법은 각각의 성능저하인자의 침투성 및 철근의 부식 진행성을 기초로 <그림 5-38>~<그림 5-40>에 나타내었다.

(1) 성능저하원인이 중성화인 경우의 보수공법(<그림 5-38> 참조)

- 잠복기 : 표면피복으로 외부로부터 이산화탄소의 추가적인 침입을 방지하여 중성화의 진행을 억제하고 중성화에 의한 철근부식을 방지한다.
- 진전기 : 중성화 깊이가 철근위치까지 도달한 시기로서 철근이 부식하기 쉬우므로 표면 피복만으로는 충분한 성능저하 억제효과를 얻지 못할 가능성이 있다. 성능저하원인을 제거하는 방법으로서 재알칼리화가 있다.
- 가속기 : 부식 균열 발생 후 철근의 부식속도가 가속화되고, 녹의 팽창압에 의해 피복

콘크리트가 박리된 경우이다. 중성화가 진행된 성능저하 부분을 제거하고 보수하여야 한다.

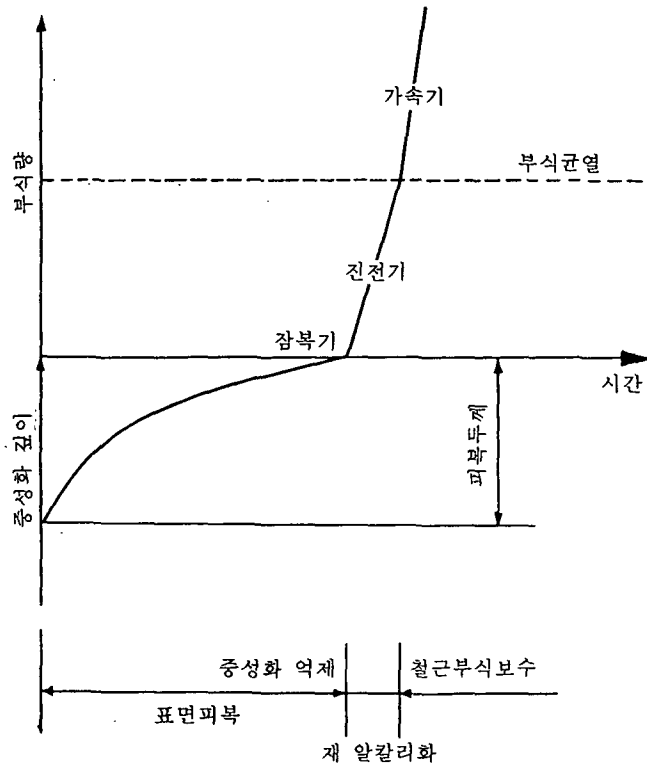
(2) 성능저하원인이 염해인 경우의 보수공법(<그림 5-39>참조)

- **잠복기** : 외래염화물로 인한 염해인 경우는 외부로부터 표면피복에 의해 염화물이온의 침입을 막아 철근부식을 방지한다.
- **진전기** : 철근위치에서의 염화물 이온 농도가 높아져서 철근 부식이 시작하는 단계이다. 이미 염분이 내재하는 경우, 표면피복만으로는 성능저하인자의 억제에 한계가 있기 때문에 방청재를 병용하여 염화물 이온을 불활성화 하는 것이 필요하다.
- **가속기** : 염화물 이온에 의한 성능저하가 이미 진행되고, 콘크리트에 부식균열이 발생하는 단계이다. 성능저하인자를 내재한 부분이 광범위 할 가능성이 높으므로 성능저하인자가 내재되어 있다고 생각되는 부분을 모두 제거하고 보수할 필요가 있다.

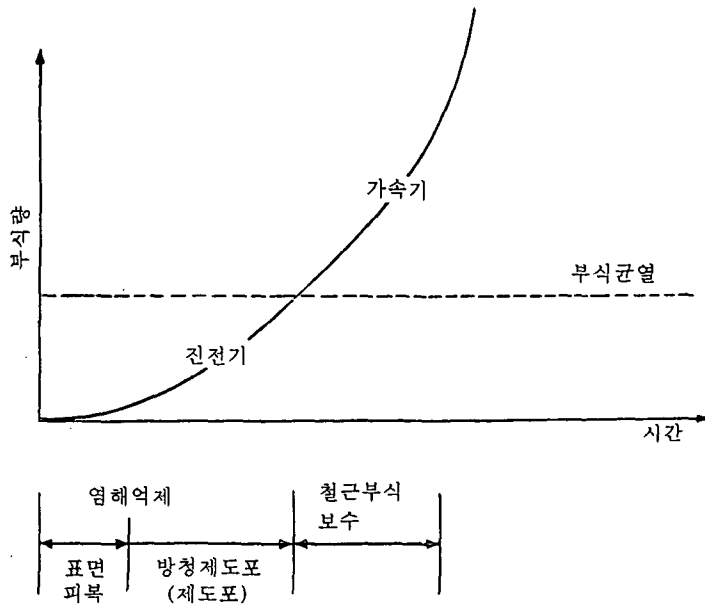
(3) 성능저하원인이 균열인 경우의 보수공법(<그림 5-40>)

- **진전기** : 균열폭이 커지게 되면 균열부를 통하여 성능저하인자(이산화탄소, 염화물이온, 산소, 물 등)의 침입이 용이하게 된다. 철근부식이 진행하기 전에 균열부를 보수하면 철근부식을 방지한다.
- **가속기** : 균열부를 통한 성능저하인자의 침입에 의해 철근에 피팅(pitting)이 진행되면서 전면이 부식되어 가속기에 들어간다.

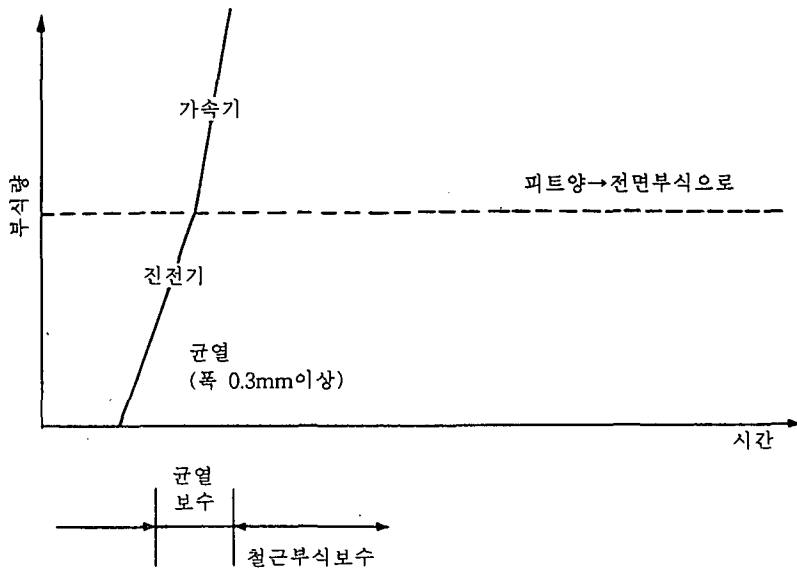
c. 특수공법은 5.8에서 설명한다.



<그림 5-38> 중성화에 의한 성능저하부분 보수공법



<그림 5-39> 외래 염화물에 의한 염해 피해부분 보수공법



<그림 5-40> 균열에 의한 성능저하부분 보수공법

5.5 보수 · 보강설계

5.5.1 일반 사항

- a. 보수 · 보강 설계에서는 조사 및 진단의 결과에 근거하여 회복목표 수준을 설정한 후, 조사를 실시하여 보수범위를 결정하고, 보수재료와 보수공법을 결정하여 설계도서를 작성한다.
- b. 보수공법은 회복목표수준이 달성되고, 소기의 보수효과를 얻으며, 일상적인 안정성에도 문제가 생기지 않도록 결정하여야 한다.

<해 설>

a. 보수설계는 <5.3 조사> 및 <5.4 진단>에서 얻을 수 있는 증상, 성능저하도, 성능저하 원인, 성능저하 외력, 성능저하진행 예측, 보수 여부 그리고 보수공법의 선정에 관한 종합적인 정보에 기초하여, 회복목표수준을 설정하고 보수범위를 결정하며, 구체적인 보수재료와 보수공법을 설계하고, 그에 대한 사양을 결정하는 단계이다. 보수설계에는, 시공성, 공사기간, 경제성뿐만 아니라, 공사의 안전성, 법적 규제, 작업 환경 및 주변환경 등도 배려한다.

- b. 보수재료와 보수공법을 결정하여 설계도서를 작성하는 경우, 소기의 보수효과를 얻어야 함은 물론이고 그 효과가 항구적이고 일상적인 안전성에도 문제가 생기지 않도록 하여야 한다.

5.5.2 회복목표수준의 설정

- a. 회복목표수준은 항구보수, 연명(延命), 잠정보수로 구분한다.
b. 회복목표수준은 성능저하原因的 크기와 성능저하진행 예측 결과를 고려하여 설정한다.

<해설>

- a. 보수 설계에서 회복목표수준은 항구, 연명 및 잠정보수의 3단계로 구분한다.
- 1) 항구보수는 나타나 있는 모든 성능저하부분을 보수할 뿐만 아니라, 내재하고 있는 성능저하원인 까지도 완전히 제거하여 항구적인 보수효과를 기대하는 공법이다.
 - 2) 연명보수는 나타나 있는 성능저하부분을 보수함과 동시에 내재하고 있는 성능저하원인에 대해서는 그 진행을 억제시키는 공법을 시행하여 연명효과를 기대하는 보수 공법이다.
 - 3) 잠정보수는 나타나 있는 성능저하부분만을 보수하고, 기타의 부분에 대해서는 차후 성능저하가 나타날 때에 조치하는 보수공법이다.

- b. 회복목표수준은, <5.4 진단>에서 서술한 성능저하原因的 크기 및 성능저하진행 예측 결과를 기초로 하여 설정한다.

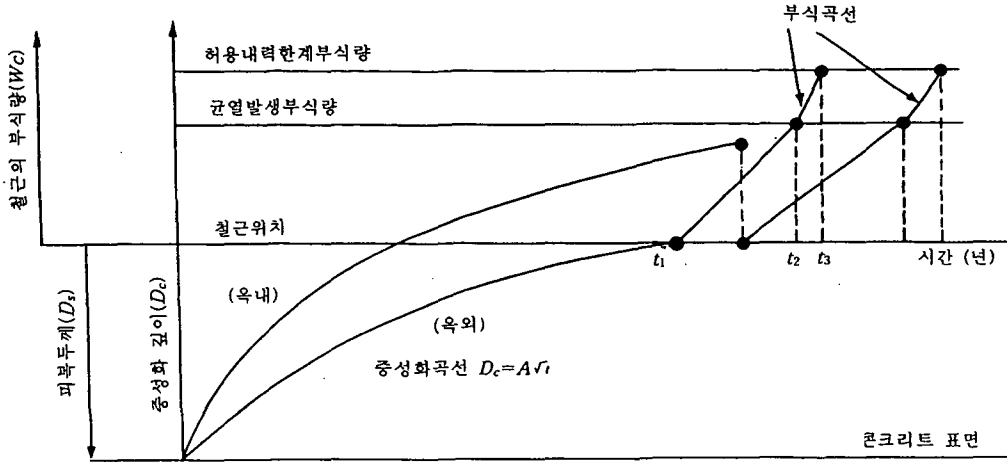
1) 중성화로 인한 부식에서의 회복목표수준

철근이 알칼리 영역에 있을 때는 부식하지 않고, 중성화가 철근의 위치까지 도달한 후에 부식하기 시작한다. 따라서 철근콘크리트 구조물의 수명은 철근의 위치까지 중성화가 진행되는 기간과, 중성화에 의해 철근이 부식하기 시작한 시점부터 부식이 허용 한도에 달하여 피복 콘크리트에 균열이 발생되기까지의 기간을 합한 것이다.

그러므로 중성화로 인한 철근부식을 보수하기 위해서는 콘크리트의 중성화 속도와 중성화 영역에서의 철근 부식속도를 파악하여 성능저하의 진행을 예측하고, 중성화에 기인하는 잔존수명을 예측하여 중성화 속도를 저하시킴으로써 부식속도를 억제하는 것이 핵심이다.

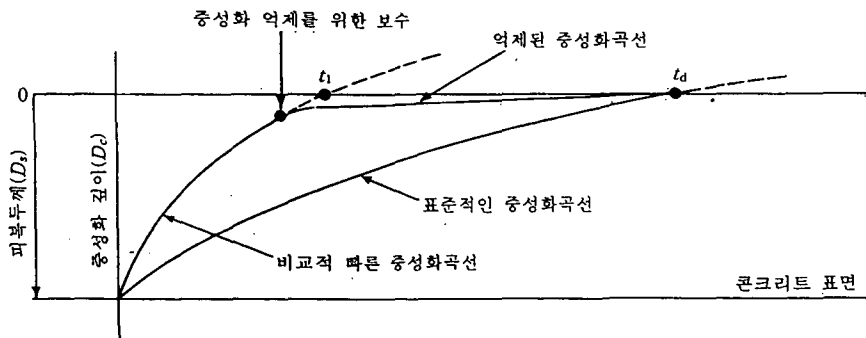
<그림 5-41>은 중성화에 의한 철근부식의 개념도이다. 그림에서 옥내와 옥외의 중성화 속도를 비교하면, 탄산가스 농도는 옥내 쪽이 일반적으로 높으므로 옥내에서 중성화가 빨리 진행된다. 그러나 옥내의 경우는 콘크리트가 건조되어 있으므로 중성화가

철근의 뒤쪽 2cm 정도 진행한 후에 비로소 철근 부식이 생기므로 <그림 5-40>에 나타난 바와 같은 부식 곡선을 보이고 있다.



<그림 5-41> 중성화에 의한 철근부식 개념도

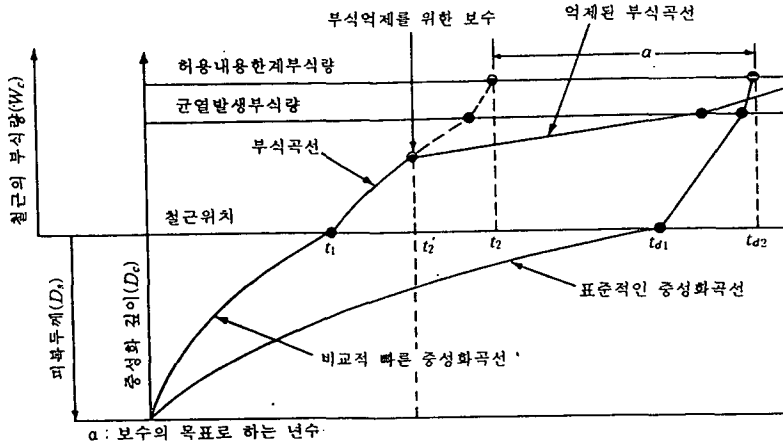
피복 콘크리트의 중성화 속도를 지연시켜 철근위치까지 중성화가 진행되는 시간을 연장하는 중성화 억제공법의 개념도가 <그림 5-42>이다.



<그림 5-42> 중성화 억제공법 개념도

중성화로 인한 철근의 부식을 보수하는 공법의 개념도가 <그림 5-43>이다. 이 공법은 중성화가 철근위치까지 진행됨에 따라 발생하기 시작한 철근부식량이 허용 내력한계내의 부식량까지 도달하기 전에 철근에 발생한 부식부분을 떼어내고 단면회복용 보수 모르

터로 치환함으로써, 이후의 철근부식 억제를 목적으로 한다. 보수효과를 기대하는 년수를 α 라 하면 $t_{d2} < t_2 + \alpha$ 가 된다.

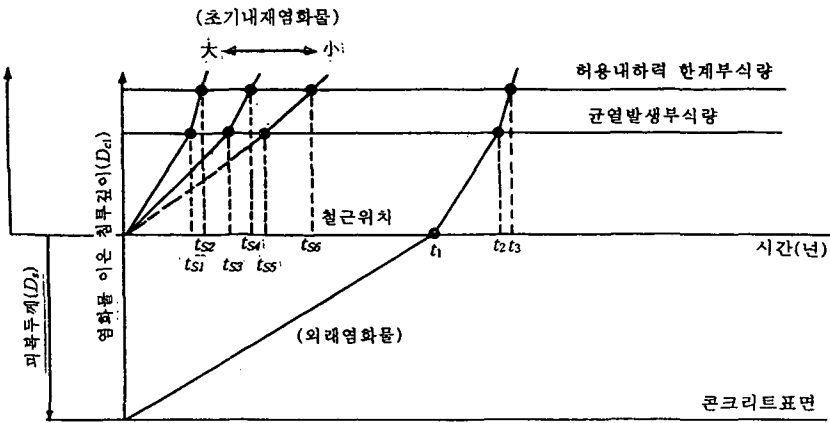


<그림 5-43> 중성화에 의한 철근부식 보수공법 개념도

2) 염화물 이온으로 인한 철근부식시 회복목표수준

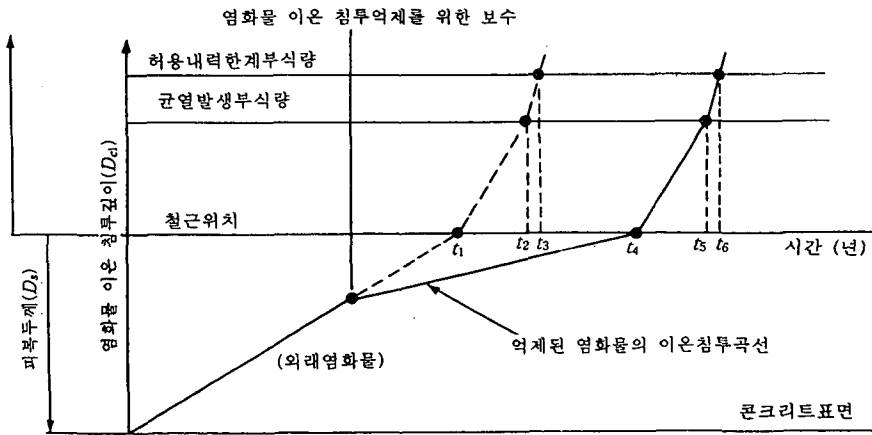
콘크리트 속에 염화물 이온이 포함된 경우 철근의 부식속도를 파악하는 것이 중요하다. 염해로 인한 철근부식 진행의 개념을 <그림 5-44>에 제시하였다. 해안부근에서는 그림에 나타낸 것처럼 해수의 비말이나 비래염분이 콘크리트 표면으로부터 피복콘크리트 속으로 침투·확산하여 철근 위치에 도달하고, 철근위치에 도달한 염분은 철근의 피막을 파괴하여 부식이 발생한다. 부식이 균열발생 부식량에 도달하면 내구성이 급격히 저하된다. 또, 해사의 사용 등에 의해 콘크리트에 포함된 초기 내재 염화물은 당초부터 철근을 부식시키지만, 균열이 발생할 때까지의 시간이나 내구성이 저하하기까지의 시간은 내재된 염화물 이온양에 영향을 받는다.

염화물 이온에 의한 철근의 부식을 보수하기 위해서는 콘크리트 중에 염화물 이온의 침투를 억제하거나 철근의 부식속도를 저하시켜서 피복 콘크리트에 균열이 발생할 때까지의 기간을 증대시키는 것이 핵심공법이다.



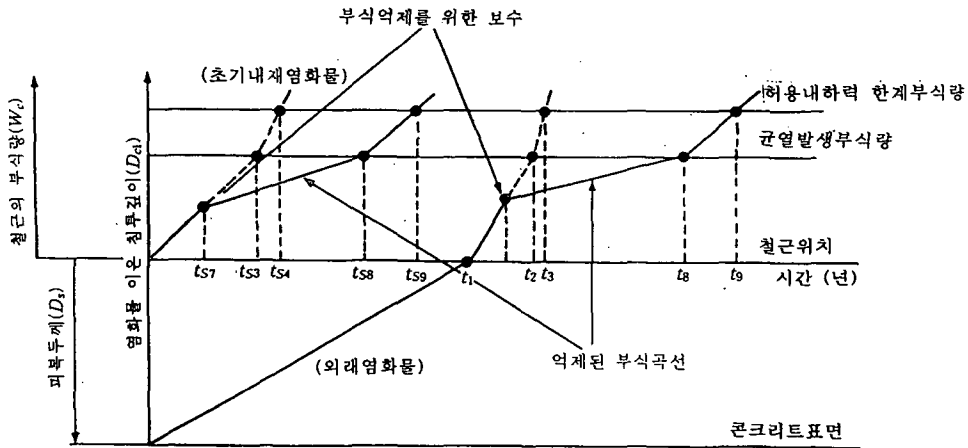
〈그림 5-44〉 염화물 이온에 의한 철근부식 개념도

〈그림 5-45〉는 염화물이온의 침투억제용 보수를 함으로써 콘크리트 표면으로부터 염화물 이온의 침투확산을 억제할 경우와 보수를 행하지 않은 경우와를 비교한 것으로 균열발생이나 내하력이 저하하기 까지의 시간이 지연되는 모양을 나타내고 있다.



〈그림 5-45〉 염화물이온 침투억제공법 개념도

더욱이, 〈그림 5-46〉을 살펴보면 철근의 부식발생 한계량까지의 염화물 이온을 콘크리트가 포함하고 있는 경우에도 피복 콘크리트를 떼어내고 단면 회복용의 보수모르터를 치환함으로써 철근의 부식이 억제되고 균열의 발생이 지연된다는 것을 나타내고 있다.



<그림 5-46> 염화물 이온에 의한 철근부식 보수개념도

5.5.3 설계 조사

- a. 보수공법을 확인하고 보수범위를 결정하기 위하여 설계조사를 한다.
- b. <5.3 조사> 및 <5.4 진단>에서 보수설계를 위한 조사정보가 충분히 얻어진 경우는 설계조사를 생략하는 것이 가능하다.
- c. 설계조사는 전수조사를 원칙으로 한다.

<해설>

설계조사는 설계도서의 작성을 목적으로 하여 외관육안조사 및 타진조사를 중심으로 전수 조사하는 것이 중요하다. 설계도서에는 보수비용의 산출내역이 명시되어야 한다. 설계조사의 단계에서 높은 지역을 조사할 수 있는 지지대 등의 조사장비를 갖고 있을 경우에는 정확한 수량과 보수비용을 구할 수 있지만, 그렇지 못한 경우에는 정확한 수량이나 성능저하 정도에 대한 정보를 얻을 수 없는 경우 <5.6 보수 공사>에 제시된 시공조사서에 정밀조사를 하여 설계도서를 완성한다.

5.5.4 보수 범위의 설정

보수 범위는 부분적으로 할 것인가 전면적으로 할 것인가를 설정한다.

<해 설>

보수범위, 회복목표수준, 보수공법 등에 대응하여 구조물의 내하력에 영향을 주지않도록 보수범위를 설정한다.

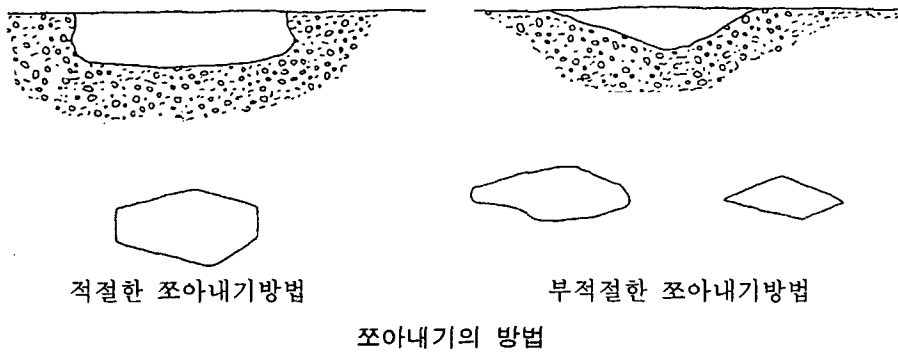
- 1) 부분적인 보수란, 보수대상 중 부식된 철근주변의 콘크리트를 떼어내고, 부식된 부분을 모두 쪼아내는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 전면적인 보수란, 콘크리트의 균열이나 박리가 보이고, 철근 부식이 있는 장소 및 녹물이 있는 곳은 물론이고 테스트해머로 타격하여 가벼운 소리가 나는 부위(콘크리트가 부풀어 있음) 까지 표시하고, 그 주변을 전동 끌이나 정 등을 이용하여 쪼아낸다. 또, 염화물로 인해 철근 부식이 발생한 곳은 부식한계 염화물 이온량인 1.2 kg/m^3 을 초과하는 부분은 모두 쪼아내는 것을 원칙으로 한다. 또한 결속선동의 철물에 녹이 발생한 경우에도 쪼아내는 것이 바람직하다.
- 3) 표면 쪼아내기의 범위는 구조물의 상황, 콘크리트의 성능저하상황을 고려해 설정한다. 표면 쪼아내기를 할 때에는 콘크리트 표층부에서 구조내하력에 영향을 미치지 않는다고 생각되는 범위까지 성능저하부위나 취약부 모두를 제거하는 것이 이상적이다.

쪼아내기의 방법은 <그림 5-47>에서 보는 바와 같이 단부가 깊게 되도록 수직으로 파들어간다, 또 쪼아내기면을 연직방향에서 볼 때 모서리가 예각이 되지 않도록 하는 것이 단면 회복재의 박리를 방지하는 측면에서 중요하다.

- ① 성능저하부위를 남긴 채로는 견고한 보수가 곤란하다.
- ② 성능저하부위나 불량부분에 대한 성능저하정도의 판정은 외관조사 만으로는 불충분하므로 실제로 그 부분을 쪼아내어야만 정확한 처치가 가능하다.
- ③ 성능저하부위나 취약부를 내부에 남겨둔 채로 보수를 할 경우 그 부분이 약점이 되어 균열이나 철근부식 재발의 원인이 되기 쉽다.

- 4) 외형적으로는 콘크리트의 성능저하가 나타나지 않지만, 중성화가 철근 위치까지 도달한 경우나 염화물 이온 함유량이 철근의 부식한계치 이상인 경우와 같이 철근의 부식원인이 잠재되어 있는 경우 성능저하가 나타나지 않은 부분을 쪼아내면 구조물의 내하력에 악영향을 미친다고 생각되는 경우가 있다. 이런 경우에는 성능저하가 나타나지 않은 부분은 쪼아내지 않고, 그 성능저하 원인을 억제하기 위해서 침투재를 사용하는 것이 바람직하다.

- 5) 쪼아내기 한 뒤 노출된 강재는 Sand blast, Needle scaler, Wire brush, Hand scabblor 등에 의한 녹 제거 정도, 계렌 1급, 계렌 2급, 계렌 3급의 4단계로 구분하여 강재의 녹을 제거한다. 필요시에는 방청재를 도포하여 강재의 부식을 억제한다.
- 6) 부분적으로 철근 부식이 현저하고 철근의 단면 손실부분이 생긴 경우에는 그 부분에 추가철근을 사용할 수 있지만, 그때에는 구조내하력 진단을 하여 철근에 적절한 결속이나 정착의 방법을 검토한다.



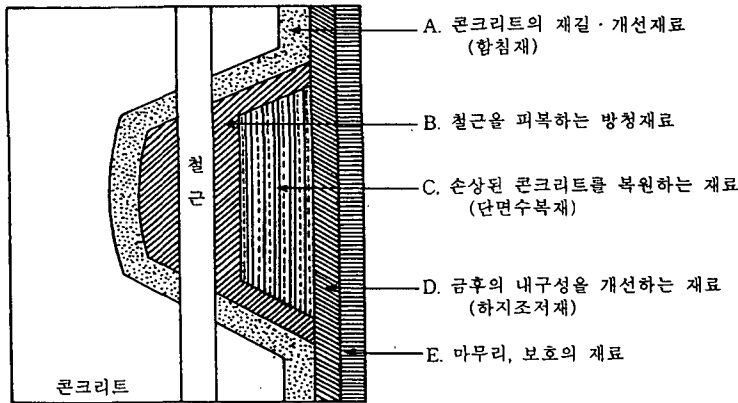
<그림 5-47> 염화물 이온에 의한 철근부식 보수개념도(쪼아내기의 방법)

5.5.5 보수 재료 및 보수 공법의 선정

- a. 보수 재료는 그 용도 및 목적에 적합한 품질의 것 중에서 선정한다.
- b. 보수 재료는 적절한 시험 방법, 사용실적 또는 신뢰할 수 있는 자료에 의해 그 품질·성능이 확인된 것을 사용한다.
- c. 보수공법은 성능저하도, 성능저하원인, 성능저하외력, 성능저하 진행 예측의 결과 등을 고려하여 부재 또는 구조물의 성능 및 기능이 설정된 회복목표 수준에 달할 수 있도록 공법을 선택한다.

<해설>

- a. b. 철근부식 부분의 보수공법에서 일반적으로 사용되는 보수용 재료는 <그림 5-47>과 같은 것들이 있다.



〈그림 5-48〉 보수재료의 구성

1) 보수재료·자재의 필요조건

보수에는 교체나 대단면 치환과 같은 대규모 보수방법도 있으나 일반적으로는 기존 구조물의 표면부를 보수하는 사례가 많으므로 이에 대한 보수재료의 특성과 시공상 유의사항 및 관련 자재의 필요조건을 기술하면 아래와 같다.

보수공사를 실시하는 상황과 특성에 알맞는 보수재료를 선택하는 것은 쉽지 않다. 보수공사를 계획할 시는 콘크리트의 내구성을 회복하고 아울러 하중지지력 회복도 동시에 요구된다. 이에 따라 보수재료 선택 시에는 먼저 보수재료와 기존 바탕과의 사이에 체적변화 차이가 적어야 한다는 점을 고려해야 한다. 체적변화 차이가 클 경우 양방향으로 내부응력을 발생시키게 되고 이로 인해 기존 바탕이나 보수재료에 인장균열, 하중지지력의 손실, 층상박리, 성능저하 등이 일어나는 원인이 되기도 한다.

또한 구조상 하중지지 능력이 충분한 지 검토하여야 한다. 대부분의 경우 보수시점에 달한 구조물은 보수가 필요한 부분이 취약하여 하중재분배가 이미 일어나서 시공 당시와는 내부응력특성이 다르다. 그러므로 구조물 내부에 존재하는 기존의 응력에 대응하여 새로운 보수재료를 사용하여 완전한 보수효율을 달성하는 데는 2가지의 어려움이 있다. 그 하나는 보수재료에 어떻게 초기하중을 작용시키며, 보수공사 중 구조물에 작용하는 하중을 제거하느냐 하는 것이고, 두 번째는 보수재료의 체적변화가 기존 바탕에 어떠한 영향을 주느냐는 것이다. 따라서 적절한 보수재료를 선택하기 위해서는 각기 다른 사용조건과 환경조건에 따른 반응에 대하여 충분히 이해할 필요가 있다. 보수공사에 적용되는 전형적인 보수의 필요조건, 사용조건과 환경조건 및 시공조건에 따른 보수재료 선택시 유의사항은 다음과 같다.

(표 5-24) 보수 재료의 종류

종 류	종 별	주 요 성 분
침투재	침투성 흡수방지재	실리콘계, 실란계, 아크릴계, 변성 폴리에스텔 수지계 등
	침투성고화재	무기계: 규산염, 콜로이달 실리카계, 규불화물계 등 유기계: 에폭시 수지계, 아크릴 수지계, 우레탄 수지계, 폴리에스텔 수지계 등
	무기질 침투성 방수재	[시멘트, 규산 소다, 수용성 실리카, 알루미늄, 산화 칼슘 등의 혼합물]+[물] 또는 폴리머 dispersion
	알칼리성 침투재	규산 리튬 등
	도포형 방청재	아초산 칼슘, 아초산 리튬 등
방 청 처리재	폴리머 시멘트계 도포	SBR(스티렌 부다지엔 고무)계, 아크릴 수지계, 방청재 첨가 아크릴 등
	합성 수지계 도포재	에폭시계, 아크릴계, 우레탄계 등의 수지프라이머 또는 도료
	녹전환 도료	인산, 유기산, 기레토화제 등을 배합한 도료
단 면 회복재 (patch ing)	폴리머 시멘트 모르터	SBR(스티렌 부다지엔 고무), 아크릴 수지계, 방청제첨가계 등의 폴리머 시멘트 모르터
	폴리머(레진) 모르터	에폭시 수지 모르터 등(시라스 바룬 등의 경량 골재를 사용한 것이 많다.)
	시멘트 모르터 또는 콘크리트	시멘트, 골재, 콘크리트용 화학 혼화제 등을 사용한 보통 시멘트 모르터 또는 콘크리트
균 열 주입재	에폭시 수지 주입재	주입용 에폭시 수지, 주입용 가소성 에폭시 수지
	시멘트 슬러리 주입재	폴리머 시멘트 슬러리, 초미립 스래그 시멘트 등
	실링재	실리콘계, 우레탄계, 폴리 설퍼아이트계 등
바탕면 도포재	폴리머 시멘트 모르터	SBR(스티렌 부다지엔 고무)계, 아크릴 수지계, 방청 첨가계 등의 폴리머 시멘트 모르터
	폴리머(레진) 모르터	에폭시수지 모르터 등의 퍼티재
표 면 마감재	침투성 흡수 방지재	상기의 침투성 흡수 방지재와 같음
	도료	아크릴 수지계, 아크릴 우레탄 수지계, 아크릴 실리콘 수지계, 불소 수지계 등의 도료
	건축용 마감 도재	시멘트계, 폴리머 시멘트계, 규산질계, 합성 수지에멀존계, 합성 수지용제계 등의 얇은 마감 도재, 두꺼운 마감 도재, 복층 마감 도재 등
	도막 방수재	아크릴 고무계, 우레탄계 등의 지붕 그리고 외벽 도막 방수재
	성형품	알미늄 등의 금속 그리고 GRC 등의 피막 패널(2중 벽용), 폴리머 시멘트 모르터나 폴리머 함침 콘크리트제의 거푸집(영구 거푸집) 등
기 타	각종 보강재	스테인레스제 앵커볼트, 라스, 섬유 등
	내산재료	유황시멘트, 물유리계 등
	내열재료	알미나시멘트, 물유리계 등.
	전기 방식용재료	백금도금 티탄넷트, 카본넷트 등의 전극 등

(표 5-25) 보수재료의 필요조건

필요조건	요구사항	부적합재료로 인한 시공결함	소요재료의 성질
하중지지 특 성	바탕과 부착	- 부착력의 감소 - 바탕과의 층분리	- 온도불일치와 건조수축에 대한 강 력 부착과 높은 내부응력
	소요하중 지지	- 과도한 하중 및 응력 발생	- 바탕과 동등이상의 탄성계수
		- 초기에는 하중을 지지하나 시 간이 경과되면 크리프변형으 로 지지력 저감	- 고 압축 크리프
		- 건조수축으로 보수재료의 부 피가 감소되어 압축 지지력 저하	- 저 건조수축
사용환경 조 건	기온변화	- 수축응력으로 보수재료에 균 열 또는 박락발생	- 바탕과 동등한 온도팽창계수
	과도발열	- 과도발열후 수축균열	- 타설, 양생중 저발열
	유해가스, 화학약품 및 염분 접촉	- 철근 부식 - 시멘트 결합구조 분해	- 저침투성 또는 무균열성 - 내화학적
	자외선 노출	- 재료성분 및 탄성계수의 변화	- 표면의 자외선에 대한 고저항성
	수분변화	- 시멘트 결합구조 분해 (특히 동결융해시) - 수축응력으로 균열 발생	- 저침투성 - 저 건조수축
외부하중 특 성	이동유체	- 표면의 침식과 마모	- 고강도(밀도, 압축, 인장)
	윤하중, 충격하중	- 표면의 마모손상 - 이음모서리등의 박락 - 부착력의 감소	- 고강도 및 고부착력 - 인장보강성능 - 적절한 탄성계수
시 공 성	작업시간	- 시공계획 차질로 시공불량	- 적정시간 강도발현
	유동성	- 충전불량 및 정밀시공 불량	- 고슬럼프 - 둥근모양의 잔골재
	부착성	- 바탕하부와 접착불량 및 처짐	- 고접착성
	의외대응성	- 시공계획 차질로 시공불량	- 공정단순화 및 여유
외 관	균열	- 경화중 표면균열 발생	- 저발열, 저감수성
		- 건조수축 균열 발생	- 저건조수축

(가) 체적변화의 영향

기존의 콘크리트 구조물은 대부분 건조수축이 완료된 상태이므로 보수재료는 건조수축이 적은 것을 선택하여야 성공적인 보수가 가능하다. 그러므로 보수대상 콘크리트의 건조수축 진행과정을 잘 이해할 필요가 있다. 일반적으로 콘크리트의 수화반응에 필요한 물의 양은 시멘트 중량의 20~30%로 알려져 있다. 그러나 이 정도의 물을 사용하면 콘크리트의 시공이 불가능하므로 보통 시멘트 중량의 40~60%에 해당하는 물을 사용한다. 이에 따라 수화반응에 사용되고 남은 물이 시간이 지남에 따라 일부가 증발하여 건조수축이 나타난다.

보통 건조수축은 2주일 이내에 20~25%, 3개월후 50~60%, 1년 사이에 75~80%가 발생하는 것으로 알려져 있으며 장기 건조수축 변형계수는 $400\sim 800 \times 10^{-6} (0.04\sim 0.08\%)$ 정도이다.

물·시멘트비에 따른 모세관 공극이 차지하는 비율에 대한 연구결과는 다음과 같다.

(표 5-26) 물·시멘트비에 따른 모세관 스페이스의 비율

물·시멘트비(W/C)					비 고
0.7	0.6	0.5	0.4	0.32	
37%	30%	22%	11%	0%	시멘트풀의 용적비임

(나) 건조수축의 진행과정

- ① 콘크리트는 타설 후 수축이 억제되지 않으면 체적의 수축을 일으킨다.
- ② 보수재료는 기존바탕에 부착 또는 구속되어 있으므로 구속된 탄성 인장응력이 발생한다.
- ③ 보수재료는 타설 후 시간경과에 따라 인장강도가 발생된다.
- ④ 보수재료의 순수 인장응력은 크리프를 동반하며 이로 인해 응력이 완화된다.
- ⑤ 건조수축의 진행과정은 보수재료의 인장강도와 완화된 실제 인장응력간의 경쟁과정이며 실제 인장응력이 인장강도보다 커지면 보수재료는 경쟁에 패한 것이 되어 균열이 발생한다.

보수재료가 건조수축에 대해서 우수하다는 것을 한 마디로 정의할 수 없으나 1987년 캐나다의 Alberta Transportation and Utilities사에서 46종의 보수재료 특성을 시험분석한 결과가 발표되었다. 그 결과를 정리하면 재료의 수축은 기본적으로 저·중·고의 3종류로 분류할 수 있으며 보통 중량배합 콘크리트의 건조수축계수 0.05% (30일)보다 낮은 수축을 저수축이라 하며, 0.05~0.1% 사이의 수축을 중수축, 0.1%보다 큰 수축을 고수축이라 한다.

현재 보수재료 제조업체에서는 허용수축의 기준을 설정하고 있지 않으나 사용자는 가급적 무수축에 가까운 재료를 선택하고, 특별한 사유가 없는 한 수축값이 0.1% 이상되는 재료는 사용하지 않는 것이 좋다. 또한 보수재료의 건조수축균열은 인장응력과 인장강도 사이의 상대적 비교우위의 문제이며 철근배근에 의한 응력분산과 균열폭 변화 등도 고려하여야 한다.

(다) 보수재료의 건조수축 저감방법

- ① 소요강도를 내는데 필요한 최소시멘트량 또는 최대골재량이 되는 배합
- ② 최대골재 또는 깨끗하고 내구적이며 탄성계수가 큰 골재의 사용
- ③ 고온배합과 같이 단위수량이 증가되는 조건의 탈피
- ④ 초기수축을 저감시키는 습윤양생 실시
- ⑤ 최적골재량(치수와 수량)을 가능하게 하는 타설방법

반면, 상기의 방법은 모세관 스페이스의 축소와 고강도화를 초래함으로써 응력완화효과가 감소되어 오히려 건조수축이 증가되는 역기능의 측면도 가지고 있다.

물, 시멘트, 골재의 배합비가 건조수축에 미치는 영향을 나타내는 한 예가 (표 5-27)이다.

(표 5-27) 물·시멘트·골재에 따른 건조수축량

물/시멘트비

구 분	0.4	0.5	0.6	0.7		
골재 / 시멘트비	3	0.08	0.12			
	4	0.055	0.085	0.105	고수축	
	5	0.04	0.06	0.075	0.085	
	6	0.03	0.04	0.055	0.065	중수축
	7	0.02	0.03	0.04	0.05	저수축

주: 습도 50%, 21℃, 12.5cm의 직사각형단면에서 180일 후의 수축(%)

2) 시멘트와 골재

(가) 시멘트

① 포틀랜드 시멘트

콘크리트 구조물의 보수작업에 가장 많이 사용되는 시멘트는 포틀랜드 시멘트와 조강 포틀랜드 시멘트이며 이들의 품질은 KS 규격에 적합해야 한다. 내황산염 포틀랜드 시멘트는 새만금 배수갑문이나 평택 LNG 터미널과 같이 보수 대상 구조물이 내황산염 포틀랜드 시멘트를 사용한 콘크리트로 시공된 경우나 손상 또는 결함이 황산염으로 인한 경우 산성에 대한 저항력은 보통 포틀랜드 시멘트와 거의 차이가 없다.

백색 포틀랜드 시멘트는 주로 경관상의 이유로 사용되는데 철화합물의 성분비를 대폭 낮추어 제조한 것이며 무기안료를 첨가하면 착색 포틀랜드 시멘트로 사용할 수 있다. 그러나 이 경우 장기간 비바람에 쬐게 되면 착색 시멘트 피막이 손실되어 잔골재의 색이 한층 두드러지는 경향이 있다. 따라서 구조물의 착색을 장기간 유지하기 위해서는 가급적 바르는 색과 같은 색을 가진 잔골재를 선택하는 것이 좋다.

② 특수시멘트

알루미나 시멘트는 비빈 후 6~12시간 정도에서 보통 포틀랜드 시멘트의 28일 양생에 해당하는 강도를 발현하므로 강도를 급격히 높여야 하는 보수공사나 실링 등에 가끔 사용되지만 하중을 지지하는 구조물에 사용하는 것은 좋지 않다. 이것은 알루미나 시멘트가 수화물의 전이(conversion), 즉 중대한 강도저하를 일으키는 결정 형상으로 변화하기 쉽기 때문이다. 이 현상은 특히 콘크리트가 고온 또는 습윤 조건하에 있는 경우에 발생한다.

이에 반해 초속경화 시멘트는 2~3시간 내에 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 실용강도를 발휘하나 알루미나 시멘트와 달리 전이로 인한 강도저하나 내구성 저하현상이 없이 보통 포틀랜드 시멘트 이상의 강도를 나타낸다. 응결조절제를 사용하면 초속경화 시멘트는 응결시간을 조절할 수 있으며 레이턴스가 거의 없어 블리딩 현상이 발생하지 않으며, 초기의 높은 수화열 발생에 비하면 건조수축은 양호한 것으로 알려져 있다. 사용방법은 보통 포틀랜드 시멘트와 유사하나 경화시작 후 물의 첨가나 재혼합은 금지되어야 하며 타설 후 2~3시간 이상 필히 양생시켜야 한다.

팽창시멘트는 콘크리트의 수축을 개선하기 위하여 수화시에 계획적으로 팽창되는 시멘트로 ACI 분류에 의하면 K, S, M 및 O형의 4가지로 분류되고 있다. 팽창시멘트를 사용한 철근콘크리트에서 양생기간 중 처음 며칠 동안에 발생하는 시멘트풀의 팽창은 철근에서 인장응력과 콘크리트에서 압축응력을 유발시키는 낮은 수준의 프리스트레스 효과를 발생시킨다. 일반적으로 이 때 발생하는 콘크리트의 압축응력은 $1.75\sim 7\text{kgf}/\text{cm}^2$ 정도이다. 보통 콘크리트에 비해

수축률이 20~30% 적어 건조수축으로 인한 인장응력을 어느 정도 상쇄시켜 주는 역할을 하여 균열발생을 줄이게 된다. 팽창 시멘트 콘크리트에서 양생은 매우 중요하며, 또한 혼합시간이 길어지면 팽창률이 감소되므로 주의할 필요가 있다.

(나) 골재

모르터, 콘크리트 및 아스팔트 혼합물의 구성재료 중에서 주로 보강과 수량증가를 목적으로 사용하는 모래, 자갈, 부순모래, 슬래그 및 이와 비슷한 종류의 재료를 골재라 하며, 골재가 콘크리트 속에서 차지하는 용적비율은 약 65~85%이다. 골재는 일반적으로 천연 콘크리트용 골재가 좋으며 골재의 비용은 운반거리에 크게 좌우된다.

굵은 골재는 주로 대규모 보수에만 이용되며 최대골재치수 10mm의 잔골재(모래)가 일반적으로 많이 사용되고 있다. 보수작업에서는 다짐이 곤란한 경우가 많으므로 등근입자의 형상을 가진 골재가 바람직하며 부순 모래보다 등근 모래를 사용하는 편이 워커빌리티 및 소요수량 감소에 유리하다. 반면 재료분리나 블리딩을 일으키지 않고 바로 다지기할 수 있는 조밀한 콘크리트를 만드는 데는 입도가 매우 중요하므로 자연모래와 부순 모래를 섞어 사용하는 것이 좋은 결과를 얻게 되는 경우가 많다.

골재에 함유된 유해물은 먼지, 점토, 실트, 운모질광물 및 부식토 등의 유기물과 화학염류 등과 같이 콘크리트의 강도, 내구성, 안정성 등을 저해하는 물질이며 이들이 규정한도 이상 함유된 모래는 표면적이 커져서 소요 수량이 많아지고 시멘트와 골재 입자 사이의 접촉을 방해하므로 사용할 때 유의하여야 한다.

또한 형편에 따라서 특별한 골재가 필요한 경우가 있는데 경량골재는 비중 2.50 이하로 고소작업이나 단열, 방음의 목적으로 사용되며, 중량골재는 비중 2.70 이상의 금속계 골재로서 중공업 공장의 바닥 등과 같이 심한 마모를 받는 부위나 원자로 등과 같이 방사선 차폐효과가 필요한 구조물에 사용되고 있다.

3) 수지계

수지(resin)란 플라스틱의 기본 물질인 중합물(重合物)을 뜻하며 용어 정의상 분자량이 큰 고체, 반고체, 유사고체의 유기화합물로서 일반적으로 나선형으로 파괴되는 특성을 갖고 있다. 따라서 중합체인 폴리머(polymer)와 유사한 뜻으로 사용되어져 왔으나 최근에는 폴리머라는 용어가 더 널리 사용되고 있는 추세이다.

합성수지란 합성으로 만들어진 고분자물질이며 플라스틱과 거의 같은 뜻으로 사용되고 있다. 플라스틱은 가공상의 특성과 분자구조에 따라 열가소성 플라스틱(Thermoplastics)과 열경화성 플라스틱(Thermosetting plastics)으로 분류된다.

열가소성 플라스틱은 가열하면 녹아내려 가소성을 갖게 되고, 냉각하면 경화되어 성형되는

것으로 가열, 용융, 냉각의 공정이 반복되는 수지로서 분자구조선상(線狀) 고분자를 가지며 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 염화비닐수지(PVC)등이 이에 해당된다.

열경화성 플라스틱은 가열 성형되면 공간망상(空間網狀) 고분자로 경화되기 때문에 한번 경화하면 열이나 용제에 의하여 연화, 용융이 가역적(可逆的)이 아닌 성질을 나타내며 에폭시(EP), 불포화폴리에스테르(UP), 불포화아크릴수지 등이 이에 속한다.

지난 20년 이상에 걸쳐 구조물의 보수와 유지를 위해 종종 폴리머가 널리 쓰여져 왔으며 콘크리트의 보수에 사용되는 폴리머는 두 종류로 대별된다.

- ① 시멘트계 재료를 변성, 보완하기 위해 사용하는 폴리머
- ② 시멘트는 사용하지 않고 폴리머 자체의 성질만을 결합력으로 이용하는 열경화성 플라스틱

(가) 폴리머 시멘트 모르터(콘크리트)

폴리머를 사용하여 시멘트 콘크리트의 성질을 개선하고자 시도한 연구는 1920년대 초이며 그 당시 천연고무 라텍스(latex)와 시멘트의 복합에 관한 특허가 영국에서 발표된 바 있다. 일반적으로 시멘트 혼화용 폴리머는 유백색(乳白色) 분산재(分散材, dispersion)로 공급되며 주로 천연고무 또는 합성고무의 라텍스나 열가소성 수지의 수성분산재(水性分散材)가 주로 사용되고 있다. 폴리머 시멘트 모르터에 사용되는 폴리머 분산재는 시멘트 중량의 10~20% (용적비로 50% 기준)가 첨가되고 있다.

폴리머 분산재가 가진 몇가지 중요한 기능은 다음과 같다.

- ① 양호한 워커빌리티를 갖는 저수축 모르터의 제조가 가능하도록 감수제의 기능을 한다.
- ② 탄성계수가 감소되어 기존 바탕 콘크리트와의 부착성이 향상된다.
- ③ 물, 이산화탄소와 유류등의 침투를 억제하고 내화확성을 향상시킨다.
- ④ 인장 및 휨강도를 증가시킨다.

폴리머 시멘트 모르터에 주로 사용되는 폴리머 분산재에는 스티렌 부타디엔 고무(SBR), 폴리초산비닐(PVAC), 아크릴(PMMA) 및 스티렌 아크릴(SAN, AS)등이 있다. 이들의 장기성능에 관해서는 뚜렷한 차이가 없으나 SBR이 가장 널리 사용되고 있으며, PVAC은 옥외나 습윤상태의 환경에서는 폴리머가 분해할 가능성이 있어 최근 성능을 개선한 변성 PVAC이 개발되어 있다.

폴리머 시멘트 모르터는 보통 현장에서 모래, 시멘트, 폴리머 분산재 및 물을 혼합하여 제조하였으나 품질관리의 문제점(모래의 품질 불량, 노무자의 지식 부족, 불충분한 비빔등)이

야기되는 경우가 빈번하여 이 문제를 해결하기 위해 요즈음에 이용되고 있는 기술적 개선 방법은 다음과 같다.

- ① 프리믹스된 모래와 시멘트 혼합물에 액체 형태의 폴리머 분산재를 패키지와한 것(bag and bottle형)으로 다른 재료의 첨가를 필요로 하지 않는다.
- ② 모래와 시멘트에 재유화형 분말 폴리머수지를 포대(包袋)로 프리믹스하여 패키지와한 것으로 현장에서 간단히 물만 첨가하면 되며 ①의 방법보다 경제적인 것으로 알려져 있다.

폴리머 시멘트 모르터는 주로 바름 두께가 12mm인 철근 콘크리트 구조물의 보수에 사용되며 얇은 바름(약 6mm)인 경우에는 보호피복재와 함께 사용되고 있으나, 일반적으로 바름 두께가 12mm 이하인 경우에는 폴리머 모르터(레진 모르터)가 권장되고 있다.

(나) 폴리머 모르터(콘크리트) 또는 레진 모르터(콘크리트)

폴리머 모르터(또는 레진 모르터)는 결합재로서 수지만을 사용하여 골재를 결합한 것으로 수지의 재료특성을 크게 보유하고 있으므로 폴리머 시멘트 모르터계 보수재료와는 그 특성이 매우 다르며 결합재로서 수지만을 사용하기 때문에 폴리머 시멘트 모르터와 구분하기 위해 레진 모르터라고 일반적으로 부른다.

레진 모르터(또는 콘크리트)는 폴리머 시멘트 모르터(또는 콘크리트)에 비하여 고결합력에 따른 강도, 수밀성, 내약품성, 내마모성 등이 우수하고 특히 휨 및 인장강도가 매우 높은 반면 탄성계수는 50% 이하 수준으로 연성 거동성이 매우 큰 특성을 가지고 있다. 그러므로 폴리머 모르터(또는 콘크리트)는 신속한 교통개방을 위해 조기강도(210kgf/cm² 이상)가 요구되는 도로보수 등에 널리 사용되고 있다.

통상 레진 모르터는 폴리머 시멘트 모르터에 비하여 값이 비싼 수지량이 많이 소요되는 반면 경화시간이 단축되어 조기강도를 얻을 수 있는 장점이 있다. 레진 모르터의 특성은 (표 5-28)에 나타난 바와 같이 수지의 종류에 따라 크게 차이가 난다.

① 에폭시수지

에폭시수지는 화학적 및 물리적 성질이 다른 폴리머를 대단히 많이 포함하고 있으며 에폭시 수지를 사용할 때는 주재료와 경화제의 정확한 배합과 충분한 혼합이 요구된다. 에폭시수지 모르터 또는 에폭시수지 콘크리트는 경화시 열이 발산되고 온도 5℃ 이하에서는 경화반응이 정지되므로 겨울철이나 열대지방에서는 종종 사용환경에 따라 배합시 주의가 필요하다. 특히 에폭시 수지 모르터는 아직 유동 상태에 있는 동안에 발열이 최대에 이르게 되므로 제조업자의 지시에 따라 재료를 주의 깊게 배합, 혼합하여 시공하면 이미 경화된 에폭시 수지와 경화되지 않은 에폭시 수지 사이에 용적차이로 인한 문제점이나 기본바탕과의 접촉면(界

面)에 발생하는 열수축으로 인한 접착불량 등의 결함을 충분히 방지할 수 있다.

에폭시 수지 모르터는 콘크리트의 보수에 가장 광범위하게 사용되는 수지 모르터이다. 에폭시 수지 콘크리트의 최근 이용사례는 중하중용(重荷重用) 크레인레일 아래에 생긴 지지부 파손과 공극에 대하여 선택된 규사와 자갈을 적절한 입도로 배합하고 이들 충전재 중량비의 약 10%에 해당하는 에폭시를 강제교반식 믹서로 혼합하여 870kgf/cm^2 이상의 압축강도를 갖는 고강도 에폭시를 제조함으로써 종래의 시멘트 재료로서는 거의 불가능한 것을 몇 일 사이에 성공적으로 보수할 수 있었다. 한편 에폭시 수지는 고강도나 고접착성을 가지고 있으므로 보수용 신콘크리트 접착제, 강판 또는 섬유보강 접착제, 균열주입 보수재, 표면보호 코팅재(또는 라이닝재)로서도 널리 사용되고 있다.

② 불포화 폴리에스테르 수지

불포화 폴리에스테르 수지는 에폭시 수지에 비하여 주재료와 경화제의 배합에 정밀성을 요하지는 않는다. 다만 수지가 경화한 뒤에 최대 발열이 생기므로 기존 바탕과의 접착불량이나 경화된 수지와 미경화된 수지 사이에 경화수축의 문제점이 생길 수 있다. 따라서 폴리에스테르 수지 모르터 또는 콘크리트 배합물은 비교적 작은 면적의 보수에 적합하며 1회 시공으로 가능한 최대면적과 두께를 사전에 충분히 고려하여야 한다.

골재와 수지의 중량배합비로 11 : 1까지의 폴리에스테르 수지 모르터 또는 콘크리트가 외국의 공항 활주로 보수와 조기강도 발현이 요구되는 용도에 20년이상 사용되어 왔다. 최근에는 저탄성(低彈性) 폴리에스테르 수지도 개발되어 아스팔트 활주로를 가로지르는 케이블용 홈의 충전을 위해 사용된 바 있다.

③ 불포화 아크릴 수지

불포화 아크릴 수지 모르터는 불포화 폴리에스테르 수지 모르터와 동일한 화학적 경화 메카니즘을 갖는 고강도 재료이다. 불포화 아크릴 수지는 점도가 특히 낮으므로 작은 보수부위의 충전에 유리하며 용도에 따라 주성분을 선택하면 상당히 저탄성인 모르터가 제조되어 기존바탕과의 접착파괴를 수반하지 않고 그들 자체의 수축응력을 흡수할 수 있다. 최근에는 국내에서도 아크릴계 폴리머-콘크리트를 이용한 보수공법(건설교통부 건설신기술 제37호)이 개발되어 콘크리트 도로 박층포장(바탕+프라이머+폴리머 콘크리트+표면 코팅) 또는 교량 노면방수(바탕+프라이머+아크릴계 폴리머 콘크리트+택코팅+아스콘)에 사용되고 있다.

(표 5-28) 대표적 폴리머 모르터(콘크리트)의 물리적 특성 비교

성 질	에폭시 수지계 그라우트재, 모르터와 콘크리트	폴리에스테르 수지계 그라우트재, 모르터와 콘크리트	시멘트계 그라우트재, 모르터와 콘크리트	폴리머 시멘트 모르터
압축강도 (kgf/cm ²)	510~1100	560~1100	200~710	100~800
압축 탄성계수 (kgf/cm ²)	0.5~20×10 ⁴	2~10×10 ⁴	20~30×10 ⁴	1~30×10 ⁴
휨 강도 (kgf/cm ²)	250~510	250~310	20~50	60~150
인장 강도 (kgf/cm ²)	90~200	80~170	15~36	20~81
파괴시 신장률(%)	0~15	0~2	0	0~5
1℃당 선열팽창계수	25~30×10 ⁻⁶	25~35×10 ⁻⁶	7~12×10 ⁻⁶	8~20×10 ⁻⁶
25℃의 수중에 7일 침 수후 흡수율(%)	0~1	0.2~0.5	5~15	0.1~0.5
재하 상태에서의 최고 사용 온도(℃)	40~80	50~80	300℃를 초과하는 경우는 배합에 의존한다.	100~300
20℃에서의 강도 발현 의 빠르기	6~48시간	2~6시간	1~4주간	1~7일

④ 폴리머 함침 모르터(콘크리트)

폴리머 함침 콘크리트는 폴리머 함침재를 기존바탕에 함침시켜 기존바탕 콘크리트의 재질과 성능을 개선시키기 위한 것으로서 함침의 정도에 따라 완전함침과 부분함침으로 구분한다. 완전함침은 설비와 비용이 많이 들고 현장에서 용이하게 시공할 수 없는 단점이 있어, 콘크리트 부재를 수지속에 담그거나 콘크리트 슬래브 위에 수지를 흘려넣는 부분함침 공법이 주로 이용되고 있다.

폴리머 함침공법에 주로 사용되는 수지는 메틸 메타크릴레이트(MMA), 스티렌 등의 비닐계 모노머(monomer)와 실란(silane)이며 국내에서는 사용실적이 거의 없었으나 최근 아크릴계 수지란 이름으로 이와 유사한 제품이 생산되고 있다.

폴리머 함침 콘크리트는 주로 관이나 블록, 야외 조형물 등 콘크리트 공장제품에 이용되고 있으나 최근에는 현장 시공기술을 개발하고자 노력하고 있다. 일례로 이제까지 중공업 공장의 콘크리트 바닥은 마모로 인해 그 표면이 분화(粉化)되거나 단기간에 열화되기 쉽기 때문에 내용연수가 길면서 주말 등을 이용해서 신속하게 보수할 수 있는 방법이 요구되어 왔다. 이러한 장소에 폴리머 함침의 방법으로 보수한 결과, 내마모성이 표준 이하인 콘크리트 바닥을 양질의 콘크리트바닥의 내마모성이나 그 이상의 수준으로 향상시켰다고 한다.

최근에 폴리머 함침재를 이용하여 콘크리트 표면 마모성을 조사한 외국의 시험결과를 소개하면 (표 5-29)과 같다.

(표 5-29) 폴리머 함침 콘크리트의 내마모성 비교
(15분 사이클)

물시멘트비	마모 깊이(mm)			
	A	B	C	D
0.65	0.26	0.14	0.28	1.18
0.52	0.12	0.14	0.22	0.78
0.44	0.08	0.06	0.12	0.54

(표 5-30) 콘크리트 보수를 위한 재료 선택 비교표

재 료	큰 결손 바름 두께 (mm)			작은결손 바름 두께 (mm)		균 열 전	구조 균열 보수	접착 제	곰보	투수성을 가진 콘크리트
	6~12	12~25	25이상	6~12	12~25					
콘크리트 뿔칠콘크리트 시멘트 모르터	혼화제와 접착제 또는 그 어느 한쪽을 포함하거나 포함하지 않음									
폴리머 시멘트 모르터	× ⁽¹⁾	×	×		×					
에폭시 레진 모르터	×			×						
폴리에스테르 레진 모르터				×						
습윤 경화형 에폭시 수지								×		
SBR 라텍스, 아크릴과 공중합(共重合)에멀션						×		×		투수성에 따름
저점도 폴리에스테르와 아크릴 수지						×			×	투수성에 따름
저점도 에폭시 수지							×		×	투수성에 따름
침투형 폴리머 재료, 표층용 실러										×
특수 도포재와 침투형 표층용 실러										×
만능형 접착제, PVA와 PVA혼입 모르터	외부 보수에 적합하지 않다.									

주) (1) : 적용 장소에 따라 중성화 방지를 목적으로 하는 코팅에도 이용된다.

4) 보수보강공법의 종류와 특징

콘크리트 수리구조물은 설계기준강도가 낮고 시공시 품질관리 환경이 열악하며, 많은 경우 공사기간의 제약을 받음은 물론 사용 중에도 계속적으로 물과 접하여야 하는 등 콘크리트 구조물로서 매우 열악한 환경에 놓여있다. 또한 농업토목 수리구조물은 간척사업지구내 구조물과 같이 해양환경하에 놓여있는 구조물로부터 시작하여 경지내 교량과 같이 항상 건조한 상태로 노출되는 다양한 환경하에서 노후가 진행되고 있다.

이에 따라 농업토목 수리구조물의 보수보강공법을 선정하기 위해서는 다른 일반구조물도 마찬가지지만 구조물의 노후원인을 정확히 진단하고 그에 대응하는 보수보강공법을 선정해야 한다.

일반적으로 수리구조물에 나타나는 노후 현상은 크게 (1) 철근부식, (2)표면 부풀음이나 박리 등의 표면노후, (3) 누수, (4) 동해, (5) 백화현상 등이 자주 목격된다.

이에 따라 농업토목 콘크리트 수리구조물의 보수보강시에 주로 사용되는 공법은 다음과 같다.

(가) 바탕처리

(1) 개 요

바탕처리란 보수부위에 어떤 보수보강공법을 적용하고자 할 때 보수재와 기존 콘크리트와의 접착부에 밀착성을 좋게하기 위하여, 사전에 바탕소재의 세정이나 어떤 처리를 하는 모든 작업을 말한다. 바탕처리의 목적은 보수재의 부착을 저해하는 물질이나 시공 후에 표면에서 벗겨져 표면보호층에 결함이 생기게 하는 물질을 제거하거나, 표면의 결함 부분을 제거하여 연속 도막을 확실히 할 수 있도록 하기 위해서 처리하는 것이다.

일반적으로 보수가 요구되는 부위는 구조물의 기능적인 면에서 비정상적인 부위이므로 보수하기 전에 비정상 부위를 제거하고 노출면의 세정이나 적절한 처리가 반드시 필요하다. 기존 구조물에 발생한 각종 노후 손상은 다시 재현될 가능성이 많기 때문에 보수보강공법에 사용되는 재료가 기존 구조물과 일체가 되지 않는 경우 보수보강 효과를 기대하기 어렵다. 따라서, 불건전 부위 제거시 노출된 표면의 바탕 처리는 보수에 있어서는 가장 기본적인 것으로 보수 효과에도 상당히 큰 영향을 미친다.

보수공사의 사전 작업에 해당하는 세정 및 바탕 처리는 보수공법이 달라질지라도 거의 동일한 방법으로 수행하는 경우가 많다. 세정은 바탕 처리의 일부이지만 현실적으로는 세정과 바탕 처리가 동일한 것으로 간주된다. 간혹 보수보강공사 시행시 바탕처리를 경시하는 경향

이 있으나 바탕처리를 소홀히 하면 보수효과가 없어지는 등 도리어 경제적이지 못한 경우가 비일비재하다.

한편 바탕처리는 보수의 목적을 달성할 수 있을 정도로 하면 되므로 필요 이상의 비용을 들이는 것은 불필요하다. 따라서 바탕처리를 어느 정도로 해야하는가의 문제는 보수의 목적이나 요구되는 부착력에 따라 달라진다.

노후 된 콘크리트의 표면은 정상적인 표면이 나타날 때까지 제거하는 것이 유일한 방법이다. 다만 이러한 콘크리트를 모두 제거함으로써 구조물이 약하게 된다는지 파괴의 위험이 초래될 경우 또는 양호한 재료로 바꾸기가 곤란한 경우에는 제거하는 양을 제한해야 한다.

(2) 바탕 처리 방법

보수가 필요한 부분을 제거할 경우 제거방법은 <그림 5-48>처럼 가능한 한 경계선의 길이를 짧게 하고 형상을 단순하게 하는 것이 필요하다. 경계부가 복잡한 경우 수축응력의 집중과 이에 따른 균열의 발생을 초래할 수 있기 때문이다.

콘크리트가 중성화하면 철근을 부식으로부터 보호하지 못하므로 철근에 접촉되어 있는 중성화된 콘크리트를 충분히 쪼아 내고, 철근을 보호할 수 있는 새로운 콘크리트 또는 불침투성의 수지 모르타르로 바꾸어야 한다. 아주 넓은 범위로 제거할 경우 일시적인 구조 보강재가 필요한 경우도 있다.

콘크리트의 중성화란 수화생성물의 약 25%를 차지하는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 외부에서 공급되는 물과 이산화탄소와 반응하여 CaCO_3 (탄산칼슘)으로 변함으로써 세공용액의 pH가 콘크리트 제조 당시의 12~13(강알칼리)으로부터 저하되어 pH 8.5~10정도로 변화되는 현상을 말한다.

중성화의 속도는 시멘트내의 알칼리량과 콘크리트에 함유된 염화물의 양이 증가할수록 빨라지며, 콘크리트의 조직이 느슨하여 모관공극이 증가하면 공기가 통하므로 외부로부터 이산화탄소와 수분의 이동이 자유로워 중성화 속도가 증가한다.

중성화는 콘크리트의 표면부터 내부를 향하여 진행하며, pH 11이하가 되면 철근에 녹이슬기 쉬운 상태가 된다. 녹슨 철근은 부피가 팽창하여 피복 콘크리트에 균열과 아울러 파손시키며, 이로 인해 외부로부터 이산화탄소와 수분의 공급이 증가하여 콘크리트의 중성화 속도를 가속화시키며, 나아가 철근의 녹으로 인해 외력에 저항하는 철근단면적이 줄어들어 단면결손이 나타난다.

한편 이산화탄소와 수분이 침입하면 수화생성물의 60~70%를 점유함으로써 콘크리트 조직

의 근간을 이루는 C-S-H(규산칼슘수화물) 역시 분해되어 탄산칼슘과 실리카겔로 변화됨으로써 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 나 C-S-H(규산칼슘수화물)이 가지고있던 탄소성적 성질을 잃어버려 매우 취약한 콘크리트 조직으로 변한다. 그러므로 콘크리트의 중성화는 콘크리트 조직의 노후를 촉진시키는 촉매역할을 수행하므로 보수보강공법 선정 시 페놀프탈레인의 분무를 이용한 중성화 시험을 실시해야 한다.

그러나 콘크리트가 중성화하였다고 모두 제거할 필요는 없다. 위에서 설명한 바와 같이 중성화가 진행 중이라 할지라도 이산화탄소나 산소 및 물의 공급을 차단할 수 있도록 콘크리트 표면을 차단하면 더 이상의 중성화는 진행되지 않는다. 따라서 중성화된 콘크리트가 일부 존재하여도 적당한 보수 및 보호 조치를 취하면 부식이나 조직의 노후 진행을 거의 방지할 수 있다.

한편 바다모래나 혼화재 등을 통해 콘크리트 제조 시 자연적으로 염화물이 투여되는 경우와 배수갑문과 같은 해양콘크리트 구조물에서는 완성 후 해수와의 접촉, 그리고 교량의 슬래브 등은 용설재용으로 투하된 염화물이 콘크리트 속에 침입할 수 있다.

자연적으로 투입된 염소이온 중 시멘트 중량의 0.4%까지는 시멘트 성분 중 C_3A 와 반응하여 프리텔씨염($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)을 생성하여 고체의 형태로 수화생성물 조직의 일부를 형성하며 잔여 염분 중 일부는 콘크리트 조직 내 세공용액 속에 액상으로 녹아있으며 다른 일부는 액상과 고체사이에 흡착되어 있다. 이러한 상태에서 대기중의 이산화탄소와 수분이 공급되면 프리텔씨염은 이산화탄소와 결합하여 안정적인 탄산칼슘과 CaCl_2 를 형성하며, 다시 CaCl_2 는 물에 용해되어 염소이온을 유리하고, 유리된 염소이온은 콘크리트 조직의 내측을 향해 이동하며 다시 C_3A 와 반응 프리텔씨염($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)을 생성하고, 이산화탄소와 결합하여 CaCl_2 를 형성한 다음 형성된 CaCl_2 가 다시 물에 용해되어 염소이온을 유리하며 유리된 염소이온은 내측을 향해 이동하여 위의 화학반응이 반복적으로 수행된다. 이와 같이 염소이온이 내부로 이동하여 농축됨에 따라 강한 알칼리환경(pH12)하에 조성된 철근의 부동태피막(수화산화물, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \eta\text{H}_2\text{O}$)이 파괴되고 철근을 활성화 시켜 외부에서 공급된 산소의 도움으로 철근의 부식이 촉발된다.

이러한 철근의 부식양상은 후천적으로 공급된 염화물에 의해서도 나타난다. 따라서 염화물에 의한 피해는 콘크리트의 수화조직을 중성화시키고 나아가 철근을 부식시켜 구조물의 노후를 촉진한다.

그러므로 염화물로 오염된 모든 콘크리트는 제거하는 것이 이상적인데, 그렇게 하는 것이

구조 부재의 완전한 제거 혹은 구조물의 해체를 의미하는 경우가 있다. 문제를 일으키지 않는 염화물 함유량의 한계값을 설정할 수는 없지만 미국 콘크리트 학회(American Concrete Institute)나 영국 건축연구소(Building Research Establishment)에 따르면 시멘트 중량의 0.4% 이하라면 상당한 세월이 걸쳐 손상이 일어나지 않을 것으로 보고있다. 실제로 염화물에 오염되어 문제가 생긴 콘크리트를 제거하더라도 부식의 가능성은 여전히 상존하므로 가능하다면 전위측정 기술을 이용해 장래 부식할 가능성이 큰 부분을 확인하고 이러한 부분은 쪼아내고 보수하는 것이 좋다.

따라서 만약 철근이 콘크리트 속에서 부식되어 있으며 그 원인이 중성화나 염해로 인한 것으로 추정되는 경우에는 부식된 철근이 완전히 노출되도록 철근의 뒤쪽까지 충분히 쪼아 낼 필요가 있다. 가는 지름의 철근의 경우에는 그 주위 전체를 노출시키고 의심스러운 경우에는 오히려 여유있게 콘크리트를 제거하는 것이 좋다. 그러나 철근 부식의 원인이 피복 부족으로 인한 경우라면 표면에서 좀 더 깊은 위치로 철근을 이동시키든지 콘크리트를 덧치기 할 필요가 있을 것이다.

부식된 철근을 보수하기 위해서 콘크리트를 제거한 경우 바탕처리한 다음 인산염 같은 부식 억제제를 사용하는 경우도 있으나 이러한 재료는 경험이 있는 기술자가 시공하면 문제가 없지만, 전문가가 아닌 사람이 시공한 경우에는 보수재료의 부착에 유해한 영향을 주는 경우도 있으므로 주의하여야 한다. 한편 보수가 계속해서 실시되지 못하는 것이라면 신콘크리트와 구콘크리트의 부착력이 저해를 받으므로 부식 억제제는 철근에만 도장하고 콘크리트면에는 도장하지 않도록 해야 한다. 따라서 철근을 부식으로부터 보호하는 몇 가지 적절하고 실제적인 방법을 준비해 두는 것이 필요하며 이에 대한 구체적 내용은 철근 보수 공법을 참고한다.

바탕처리를 미시적으로 세분하면 세정, 절삭, 쪼아내기로 분류할 수 있으며 방법상에서 분류하면 바탕처리 방법은 대개 5가지 정도로 분류되고 있다.

산씻기는 저렴한 비용을 들여 효과적으로 시행할 수 있는 바탕처리법으로 산은 콘크리트속의 알칼리 성분과 쉽게 반응하여 모르타 속의 잔골재 입자를 노출시켜 신규 콘크리트 접촉면이 썩기 작용을 하게 한다. 반응 종료 후에는 될 수 있는 한 빨리 깨끗한 물로 산을 씻어내고 바탕 불량률의 원인이 되는 염류의 생성을 방지해야 한다. 특히 레이턴스가 상당히 많은 경우에는 바람직한 마감을 얻기 위해 보통 몇 회에 걸친 산씻기와 세정작업이 필요하다. 넓은 면적을 처리할 경우에는 사용된 산의 폐액 처리가 문제가 되므로 노후부분을 쪼아낸 다음 노출되는 노출면의 바닥이외에는 적용하기 곤란한 단점이 있다.

동력 와이어 브러쉬는 주입보수나 표면 코팅 전에 콘크리트를 처리하기 위해 상당히 많이 쓰이고 있으며, 산뿔기로 얻어지는 표면만큼 깨끗하지는 않지만 균일성이 높아 비교적 곰보 자국이 적은 표면이 된다. 이 방법은 넓은 면적에는 권장하기 어려우며 작업에 상당한 시간이 소요되므로 간접비를 낮게 하는 것이 중요하며 소규모 작업에 적합하다.

블래스트는 콘크리트뿐만 아니라 다른 많은 바탕처리에 사용할 수 있는 기본적인 표면처리 수단이다. 작업이 빠른 반면에 소음과 먼지가 많이 발생하는 단점이 있다. 가장 널리 사용되고 있는 연마재는 모래보다 실리카 성분이 적은 구리 슬래그(slag)의 모래이다. 보통 7kgf/cm² 정도의 압축공기를 사용하여 모래를 콘크리트 표면을 향해 분사시켜 콘크리트 표면을 타격한다. 이 방법은 구조물에 타격된 모래를 다시 모아야 하고 심한 연마로 인해 곰보가 생기기 쉬운 결점이 있다.

고압세트수도 콘크리트 표면의 바탕처리를 위한 세정과 연삭에 사용된다. 이 방법은 젖어 있거나 수중에 있는 콘크리트에 사용되는 경우가 많으며, 표면에 요철을 남기기 위해 대개 모래를 넣어 거친 면을 만든다. 고압세정이란 고압수를 전용 특수 노즐을 통해 분사하여 세정·절삭하기 때문에 이전에는 거의 불가능했던 에폭시계 수지의 절삭이나 콘크리트 표면을 거칠게 하기 등 폭 넓은 바탕 조정작업을 가능하게 하여주며 무엇보다도 값이 싸고 환경상으로도 해가 없는 물을 이용하는 것이 특징이므로 폐액의 처리가 필요하지 않고, 구체의 균열 등의 손상을 주지 않으며, 콘크리트 표면의 취약해진 부분을 완전히 제거함과 아울러 세정과 동시에 연삭 청소도 할 수 있는 장점이 있다. 또한 노출된 철근의 녹을 제거하는 데도 이용할 수 있다.

쪼아내기는 <그림 5-47>과 같이 보수경계의 끝 부분이 예각 형태로 되는 것을 피하고 표면에 직각 또는 조금 안쪽으로 들어가도록 제거한다. 핸드 스캐블러(hand scabblers)와 니들건(needle gun)이 사용되고 있으나 국부적으로 오염 물질의 침투가 있는 장소나 콘크리트 표면의 열화 부분을 몇 mm 정도 깎는 경우에 한정된다. 기타 대규모 콘크리트 절삭에는 유압식 브레이커, 회전식 절삭기(드럼 컷)등이 사용되고 있다.

바탕처리방법에 대한 특징은 (표 5-31)과 같다.

(표 5-31) 바탕처리 방법별 특징

종 류	진동·소음	처리 능력	마감 정도	반동	작업 환경	적용가능 규모	주 의 사 항
초고압수공법 (1,800~2,500kg/cm ²)	무진동 방음엔지	◎	◎	◎	◎	500m ² 이상	· 바탕이 연약한 것은 부적합 · 500m ² 이하시 설치비 과다
고압수공법 (210kg/cm ² 이상)	무진동 방음엔지	◎~△	◎	◎	◎	400m ² 이상	· 단층리신 상당까지의 연삭에 사용
중압수 블래스트 공법 (210kg/cm ² 미만)	무진동 방음엔지	○	○	△	△	200m ² 이상	· 블래스트의 폐기 처리 곤란
샌드블래스트공법 (회수형)	무진동 중소음	○	○	○	◎	200m ² 이상	· 관리 주의 필요 · 과다 절삭 및 클리어런스 주의 필요
샌드블래스트공법 (회수형 흡착로봇)	무진동 저소음	◎	○	◎	◎	평평한 면 2,000m ²	· 설치 비용 과다 · 요철면에 약하다
다이아몬드 서페이스공법 (고속, 회수형)	진동 큼 소음 큼	△	○	△	×	500m ² 이하	· 과다 절삭 주의
다이아몬드 서페이스공법 (저속)	무진동 무소음	◎~○	◎	◎	×	평평한 면 500m ²	· 심한 요철에 약함
치퍼 클리너	진동 큼 소음 큼	○	○	△	×	500m ² 이하	· 과다 절삭 주의 · 날자국이 생기기 쉬움
절삭 기계 제거 (공기, 진동)	진동 큼 소음 큼	△	△	×	△	200m ² 이하	· 날자국이 생기기 쉬움
연삭+기계 제거	소음 큼	△	○	△	×	500m ² 이하	· 구체를 손상하기 쉬움
연삭+초고압수공법 (1,800kg/cm ²)	무진동 방음엔지	◎~○	◎	◎	×	700~800 m ² 이상	· 연삭제의 비산 주위
초고압 거친면 세정공법(2,000kg/cm ²)	무진동 방음엔지	○	○	◎	◎	1,000m ² 이상	· 1,000m ² 이하시 설치비 과다

(나) 주 입 공 법

(1) 개 요

철근 콘크리트 구조물은 설계, 시공 시 콘크리트에 발생하는 균열의 폭이 대부분 그 표면에서 약 1mm를 넘지 않도록 설계 및 시공되지만, 많은 이유로 건설 중 또는 사용 중에 그 허용 범위를 초과하는 균열이 발생하게 되며 그런 균열을 실링하든가 또는 구조적으로 접착시키지 않으면 성능저하가 발생하게 된다.

콘크리트의 균열을 보수하는 목적은 철근의 부식 방지, 구조물 전체의 일체성 개선, 콘크리트 내부로의 유해성 액체 또는 기체(특히 이산화탄소)의 침투를 방지하여 구조물의 내구성과 사용성을 증대시키려는 것이다.

주입공법은 콘크리트 구조물의 균열보수공법의 하나로서 일반적으로 콘크리트 구조물에서 응력상 지장이 없는 부분에 발생하는 균열의 진행을 방지하고 콘크리트 구조물의 일체화를 도모하기 위하여 균열부에 시멘트계 또는 수지계 재료를 가압, 감압(진공) 또는 압력 없이 주입하여 보수하는 공법이다.

한편 콘크리트 구조물에 나타나는 균열의 원인과 상태가 매우 다양하고 또한 복합적이며, 아울러 보수보강을 위한 주입재료의 종류와 성질, 주입공법의 특성과 방법이 매우 다양하므로 효과적인 주입공법을 선정하기가 쉽지 않다. 따라서 주입공법을 결정하기에 앞서 이러한 점들을 충분히 파악하여야 하며, 다음과 같은 균열보수에 대한 기초개념도 고려할 필요가 있다.

- ① 균열에는 진행성 균열과 비진행성 균열이 있으며 이에 따른 주입공법이 각기 다르다.
- ② 눈에 보이지 않는 미세한 균열은 구조물의 내구성과 사용성에 거의 영향을 주지 않는다.
- ③ 철근에 직각방향으로 생긴 균열은 균열 진전에 거의 영향을 끼치지 않는다는 연구 보고도 있으나 오히려 그 반대라는 의견도 있다.
- ④ 균열부에서의 주입에 앞서 먼지, 이물질 등에 의한 틈막힘이나 오염, 수분 등을 제거하고 청소한 후에 시공해야 하며 흔히 주입이 확실하게 이루어 졌는가의 여부를 확인하기가 어려우므로 시공관리에 철저를 기해야 한다.
- ⑤ 균열을 보수한 후에도 균열의 원인을 충분하게 제거하지 못하거나 충분히 대비하지 않아서 균열이 다시 발생하는 경우에는 신축이음을 설치하는 것이 효과적일 수 있다.
- ⑥ 주입공법 등으로 균열을 숨기려는 시도는 실패한 사례가 매우 많으며 오히려 콘크리트 표면 전체에 어떤 종류의 코팅을 하는 것이 효과적인 경우가 많다.

비진행성 균열은 그 대부분이 설계시 고려하지 못하였던 우발적인 외력이 작용하여 생기는 것으로 콘크리트의 침하, 불리딩, 시멘트의 수화열, 콘크리트 이상 팽창, 건조수축, 시공이음부 처리의 부적합으로 인한 균열 등이 이에 포함된다. 이러한 균열을 보수할 경우 될 수 있는

한 균열이 없는 당초의 상태로 회복시킨 다음에 균열을 고정시켜야 한다.

바닥과 같은 수평면에 발생한 폭 1mm 이상의 균열은 보통 시멘트계 주입재로 뱀질(seal)할 수 있다. 그러나, 이 경우 균열은 콘크리트 내부로 진행함에 따라 가늘어지는 경향이 있으며, 표면에서의 균열폭은 미세할지라도 철근 위치에서의 균열은 넓을 가능성이 있다는 것을 고려하여야 한다. 미세한 균열이나 구조물 밀면과 옆면에 발생한 균열은 폴리머 주입으로 뱀질(seal)할 수 있다.

구조물 전체의 균열을 회복시키기 위한 보수나 수분이 필요한 경우에는 에폭시수지가 가장 많이 쓰인다. 보수의 목적이 철근 부식을 막는데 있는 경우에는 에폭시나 폴리에스테르보다는 값이 싼 폴리머(수지)를 많이 쓴다. 어느 경우에도 수지는 중력으로 혹은 가압하여 주입할 수 있다. 그러나 진공주입을 사용하면 좀 더 효과적으로 침투시킬 수 있다.

진행성 균열은 주입보수 후의 변형에 대한 대책이 필요하다. 즉 진행성 균열의 보수는 균열 움집임의 대소보다는 변형이라는 관점에서 보수를 시행하여야 한다. 따라서 진행성 균열에 대한 보수는 비진행성 균열의 보수방법으로 사용하는 주입공법과는 차이가 나며 보수 방법상 실링공법과 거의 유사하다.

진행성 균열 보수에 일반적으로 사용되고 있는 에폭시수지는 100% 비휘발성이며 용제의 혼입을 금지하고 있으므로 수축되지는 않지만, 작업성을 위해 다소 혼입시키는 경우에는 주의해야 하며, 과도한 변형으로 인해 에폭시수지의 허용변형량(2%정도)을 초과하면 보수한 균열 부근에 새로운 균열이 발생하는 수가 많다. 따라서, 이 같은 균열에 대해서는 가소성의 에폭시수지를 사용하던가 신축이음 등 다른 공법을 검토할 필요가 있다.

또한, 진행성 균열의 보수방법으로 설치하는 신축이음은 I자형의 일반적 신축이음으로 설치한 경우 별도의 균열이 근처에서 발생하는 경우가 자주 있으므로 큰 변형에 대응할 수 있도록 T자형으로 설치하는 것이 바람직하다.

한편, 수지주입 공법에 의해 균열이 완전히 채워지는 경우에는 구조물의 열화를 방지하고 내구성을 유지하는 본래의 목적을 달성할 수는 있지만 구조물이 일체화되어 균열발생 전의 상태로 강성과 강도를 회복시키는 것은 어려운바 그 원인은 다음과 같은 것이 있다.

- ① 현재 주입에 사용되는 수지의 강도는 일반적으로 높지만 탄성계수는 콘크리트의 1/10 전후의 것이 많기 때문에 콘크리트 사이에 주입된 형태로는 완전한 강성을 바랄 수 없다.
- ② 내부의 미세한 균열까지 완전한 주입을 기대할 수 없는 경우가 있다.
- ③ 주입시 균열에 먼지, 흙, 유리석회, 오염물질 등이 부착되어 있는 경우에는 콘크리트와 충분한 접촉을 갖지 못하므로 구조체로서의 연속성, 특히 인장응력을 받는 부분의 역학적인 연속성의 복원을 기대하기가 곤란하다.

이와 같이 수지주입의 기대효과는 콘크리트 본래의 강성과 강도의 완전 회복은 곤란하며

다만 내구성과 사용성의 회복에는 어느 정도 효과가 있다는 것이 연구와 시공사례에서 밝혀지고 있다.

(2) 주입공법의 특성과 종류

콘크리트의 균열보수를 위한 주입공법의 종류에는 재료적인 측면에서는 시멘트계와 수지계로 분류되고, 공법적인 측면에서는 가압주입방법과 자동저압주입법 및 감압(또는 진공) 주입법 등으로 대별된다. 또한 주입공법에는 누수실링공법과 수증보수 공법이 있으나 이들에 대해서는 별도로 기술한다.

(i) 수지계 주입공법

수지주입공법은 대표적 주입공법으로서 30여년 전부터 균열보수에 사용되어 왔으며 초기에는 그리스 펌프를 이용한 수동식 주입법, 전동식 펌프에 의한 고압주입법이 주류였으나 관통하지 않은 균열에서는 재료를 속 깊이까지 주입하기 곤란한 점과 주입압력의 변화폭이 커서 오히려 균열을 확대시키는 등의 문제가 발생하여 최근에는 저압저속의 간편한 주입법과 일정 압력으로 넓은 범위의 균열부에 동시에 주입할 수 있는 새로운 장치(일례로 Lily dispenser의 경우 수지소비량 감소와 사용후 세척효과가 우수한 시스템을 보유)가 개발 보급되고 있다.

수지주입공법을 채용할 때는 시공시기에 따른 수지의 사용가능시간 및 균열 폭에 상응한 점도를 갖는 재료를 선정하는 일이 중요하며 수지의 점성에 따라서 균열에 충분히 주입할 수 없는 경우가 있으므로 주의를 요한다. 수지의 점도는 온도의존형이어서 고온에서는 낮고 저온일 때는 높아지므로 수지의 점도는 통상 20℃에서의 점도를 의미한다. 점도에 따라 저점도(500~1,000cps), 중점도(2,000~9,000cps), 고점도(10,000cps 이상), 마요네즈 또는 그리스 모양의 비유동성으로 구분한다.

수지의 사용가능시간은 작업시간 측면에서 길수록 좋지만, 초기강도의 발현이 늦어진다. 또한 기온에 따라 좌우되며 저온일 때는 길고 고온일 때는 짧아진다. 또한 화학반응에 의해 수지가 경화하며 주재료와 경화제를 혼합하면 발열하여 급속히 경화하므로 보수보강의 시공 규모에 맞추어 그 양을 조절할 필요가 있다. 보통 작업성을 해치지 않고 사용하기 위해서는 20℃, 500g 혼합, 약 60분 정도가 가장 적합하다. 따라서 사용수지에 대해 용제량(溶劑量)을 많게 하는 것은 점성을 작게 하고, 시공을 용이하게 하나 접착력의 저하를 가져와 소기의 목적 달성을 못하는 수가 있으므로 주의해야 한다.

구조응력상 발생한 균열의 보수에는 일반적으로 저점도 에폭시 수지 조성물이 사용된다. 저점도 아크릴수지 혹은 폴리에스테르 수지도 이용되지만 이들은 일반적으로 접착력이 약하고 습윤조건하에서 사용하기 위해 개발된 에폭시 수지계 주입재에 비하면 습도가 높은 환경하에서 접착성에 대한 신뢰성이 부족하다.

또한, 물 등의 침투를 방지하거나 구조적이지는 않지만 확실한 접착을 하기 위해 균열의 실(seal)이 요구되는 경우가 있다. 이러한 경우에는 특별히 배합된 저점도의 아크릴계 수용성 폴리머 분산재를 주입하면 용액속의 물은 서서히 콘크리트에 흡수되고 몇 회의 주입으로 균열부에는 작은 움직임에도 대응할 수 있고 내구성이 있는 고무상태의 아크릴 수지로 충전된다. 이 재료는 폭 1mm까지 좁은 균열의 실링을 위해서는 이상적인 재료라 할 수 있다.

수지주입공법의 기본원칙은 다음과 같다.

- ① 주입은 균열을 따라 차례로 주입하고 사용한 주입구는 밀봉한 후 다음 주입구로 이동하는 순서로 실시한다.
- ② 수직면, 경사면의 균열 주입은 가장 낮은 지점에서 시작하여 차례로 위쪽으로 이동한다.
- ③ 주입간격은 균열폭이 클수록 크게 하되 30cm를 넘지 않는 경우가 많다. 또한 주입재료가 수평방향과 연직방향으로 동일한 속도로 침투한다고 보아 주입구의 간격을 균열깊이와 같게 배치하지만 실제로는 균열의 형태, 주입재료의 점도, 주입압력, 배면압 등에 따라 결정해야 한다.
- ④ 주입에 있어 경험요소가 매우 중요하다.

(ii) 시멘트계 주입공법

시멘트계 주입공법은 통상 1mm 이상의 균열이 대량으로 발생한 부위에 적합하며 비진행성 균열의 경우 건조상태에서 시멘트를 도포하고 필요하다면 그 후 가볍게 물을 뿜칠하는 것으로 실링할 수 있다. 균열 폭이 2mm 이상인 균열에 대해서는 시멘트 풀을 이용한 주입이 바람직하다.

시멘트계 주입기구는 리시프러케이팅 펌프(reciprocating pump)나 로터리 펌프가 자주 이용되고 있다.

(iii) 가압주입 공법

가압주입공법은 흔히 주입압력을 4~8kgf/cm² 또는 그 이상으로 가압하는 방법으로서 균열 폭이 0.5mm 이상되는 지점에서는 저압주입이나 중력주입에 비하여 경제적이며 또한 0.1mm 이하의 매우 가는 균열에도 효과적인 것으로 알려져 있다.

특히, 가압주입법을 이용하면 에폭시 수지계 주입재로 0.05mm 정도의 매우 가는 균열을 완전히 충전할 수 있다. 다만 극히 가는 균열에 주입할 경우 수지가 침투할 때의 배면압이 중요하며 작업이 잘 되지 않을 경우 배면압으로 표면 실(seal)부분이 블록해지게 되고 충분한 주입을 할 수 없는 경우도 발생한다. 이들을 완전히 충전하기 위해서는 몇 분간 주입압력을

일정하게 유지해 두어야 하며, 이러한 경우 필요한 수지 주입량은 대단히 적으므로 주입 전에 수지와 경화제를 미리 혼합하면 그 혼합량이 한정되어 낭비되게 된다. 따라서 대단히 가는 균열에 주입하기 위해서는 고성능 계량과 혼합장치 및 노즐이 설비된 특수장치가 필요하며 이러한 주입장비는 한번에 대단히 소량인 수지와 경화제를 완전히 혼합·주입할 수 있다.

1~2mm 폭의 균열을 보수할 경우 저점도의 주입용 수지를 사용할 수 없는 경우가 있다. 그 이유는 균열의 모든 출구를 실(seal)할 수 없으므로 수지가 쉽게 누출되어 균열을 충전 및 실(seal)할 수 없기 때문이다. 이러한 경우는 변성된 수지(thixotrophy성을 가진 수지)가 사용되므로 그런 수지는 저압력이라도 비교적 가는 균열에 쉽게 주입할 수 있으며 압력이 없어도 바로 유동성을 잃는다.

에폭시수지를 가압으로 주입시 가장 효과적이고 신뢰성이 높은 균열부위를 선택하고 균열부를 V자형으로 제거한 다음 파이프를 삽입하여 주입한다. 이 공법의 시공시 유의사항은 다음과 같다.

- ① 콘크리트 균열면의 마감은 보수효과의 양·부를 결정하는 중요한 요소이기 때문에 신중하게 시공하여야 한다.
- ② 균열속에 컴프레서 등으로 공기(상은 또는 가열)를 불어 균열 내부를 건조 및 청소를 한다.
- ③ 현실적으로 균열의 깊숙한 부분까지 녹, 기름, 먼지 등의 제거나 건조 및 청소를 하는 것이 불가능하므로 가급적 와이어 브러시 또는 그라인더로 깊숙히 제거한다.
- ④ 균열이 큰 경우에는 녹, 부착된 기름, 먼지 등을 가능한한 제거한다.
- ⑤ 곰보, 공동화 또는 증성화된 콘크리트는 제거하고 퍼티(putty)용 에폭시 수지 등으로 메운다.
- ⑥ 중고압으로 주입할 경우 균열 중심부와 주입 파이프의 중심부를 일치시켜 주입용 파이프를 균열폭에 따라서 설치한다. V자형 홈을 팔 때 또는 주입 파이프 매입을 위한 드릴 천공시 콘크리트 분말에 의해 균열 선단부의 틈이 막히는 경우 공기압 혹은 솔로 청소를 한다.
- ⑦ 균열이 교차하는 교차점에는 반드시 주입 파이프를 설치하는 것이 좋다.

(iv) 저압주입공법

저압주입공법은 비교적 저압력(4kgf/cm²이하)으로 자동 주입하는 방법으로서 시공기술자의 경험이나 숙련도 및 균열폭에 따른 주입효과 차이의 해소가 가능하고 종래에는 주입이 어려웠던 0.1mm 정도의 미세균열에도 충분히 주입할 수 있다.

저압수지주입공법의 기본 원리는 고무압, 스프링압 또는 압축공기 등으로 가압 가능한 압력용기(주사기 형태등)를 균열 1m당 3~4개소에 설치, 낮은 압력으로 오랜 시간 동안 수지를

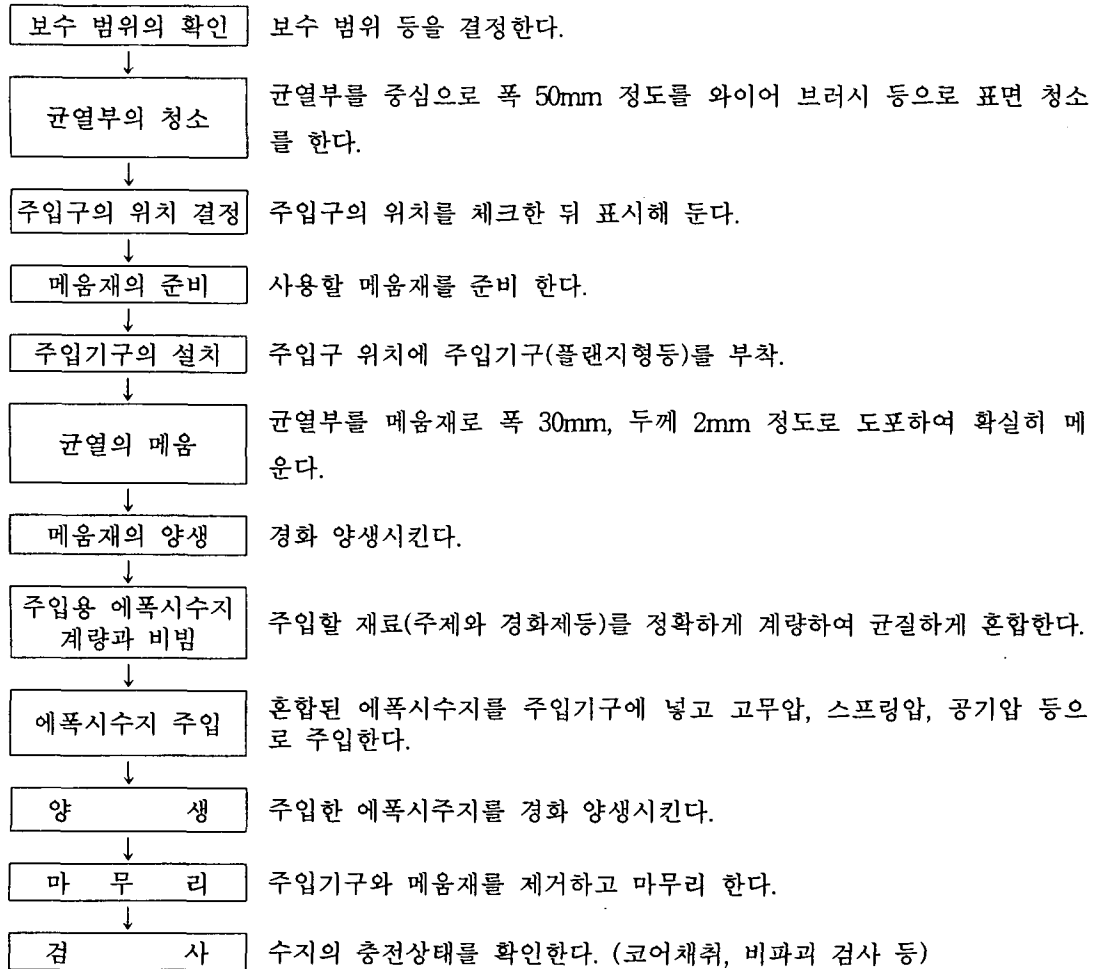
주입하는 것이다.

저압수지공법의 종류는 (표 5-32)와 같이 매우 다양하지만 일반적으로 널리 사용되는 방법에는 주사기 형태의 주입기구에 설치된 가압용 고무줄이나 스프링으로 주입하는 방법이 통용되고 있다.

(표 5-32) 저압수지공법의 종류

공 법 명	주 입 방 법 의 특 징
본드 실린더공법	실린더 바깥쪽에 설치된 가압용 고무줄로 주입한다. 가압 고무줄 개수를 바꿈으로써 압력을 조정한다.
매트론&미크로 캡슐공법	미크로 캡슐안의 스프링 압력으로 주입한다. 이 스프링 압력을 바꿈으로써 주입압력을 조정하게 된다.
에어로 공법	주입은 외통(外筒)과 튜브로 연결한 컴프레서의 공기압으로 한다.
SK그라우트 플러그공법	압력탱크안에서 압축된 공기압으로 주입한다. 압력 조정은 압력탱크안의 주입수지량으로 한다.
스퀴즈공법	고무시트를 틀로 고정한 플레이트를 균열 위에 붙여 이 고무의 복원력으로 주입한다. 고무시트는 천연 고무와 실리콘 고무의 두 종류가 있다.
DD박스공법	고무 튜브를 주입 제한통 내면에 가득히 팽창시키면 2.5kgf/cm ² 정도의 내부압력을 얻고, 다음에 균열 위에 설치된 파이프에 접속하는 동시에 체크 밸브를 열어 주입을 개시한다.

저압수지공법의 일반적 시공순서는 다음과 같다.



(v) 감압(진공) 주입 공법

감압 또는 진공주입법은 보통 수지주입공법의 보조방법이나 특수한 용도로 사용된다. 콘크리트를 관통하지 않은 균열에 가압주입법을 적용할 경우 충전된 균열의 선단부에 남아있는 공기가 주입을 방해할 가능성이 높으며, 한 장소에 많은 균열이 있는 콘크리트에서는 표면의 균열을 하나씩 실링하는 것은 실용성이 없고 비경제적이다.

감압주입법은 콘크리트의 손상 및 결함부분을 기밀(氣密)한 덮개 등으로 씌운 후 감압하여 덮개 아래의 콘크리트 균열에서 공기를 빼낸 다음 수지주입재를 균열이나 가는 구멍에 효과적으로 주입·함침시키는 방법으로 이를 이용하여 균열내부의 습기를 제거할 수도 있다. 다만 관통균열은 공기의 유입을 막기 위해 사전에 밀봉되어야 한다. 그러나 신축 이음부에 이 공법을 적용할 경우 신축기능을 방해할 수 있으므로 시공에 유의해야 한다.

감압주입법은 현장 상황에 맞는 적당한 정도의 주입과 진공의 정도를 선택할 수 있는 숙련 공이 실시하여야 하며 일부의 공법(Balvac 진공주입 공법)은 특허를 받은 것도 있다.

(다) 충전 공 법

(1) 개 요

충전공법은 콘크리트 표면에 균열, 박리 및 열화 등의 결함이 생긴 경우 그 결함부 주변을 중심으로 내부의 건전한 콘크리트 부분까지 제거하고, 수지계 보수재를 채워 내부 콘크리트를 보호하고 철근의 부식을 방지할 목적으로 실시하는 보수공법으로 일부에서는 퍼티(putty) 공법으로도 불려지고 있다.

이 공법은 표면처리만으로는 불충분한 경우에 콘크리트 표면을 V 또는 U자형으로 절삭하여 충전시키는 공법으로 주로 0.5mm 이상의 비교적 큰 폭의 균열보수에 적용하므로 주입공법과 병행하여 시행하는 경우가 많다. 이 공법은 주입공법과 같이 에폭시계 수지를 사용하는 경우가 많다. 시멘트계를 사용할 경우에는 건조수축과 결합력의 미흡으로 바탕 콘크리트 구조물과 완전한 일체화를 도모하기 어려우므로 인장응력이 작용하는 부분의 보수에는 피하는 것이 좋다.

이 공법은 철근의 부식상태와 누수의 유무에 따라 보수방법이 다르게 된다.

(2) 철근이 부식되지 않은 경우

<그림 5-49>와 같이 균열부위 콘크리트를 약 10mm 폭으로 U 또는 V형으로 절삭한 부분에 실링재, 가소성 에폭시 수지 및 폴리머 시멘트 모르터 등을 충전해 균열을 보수한다.

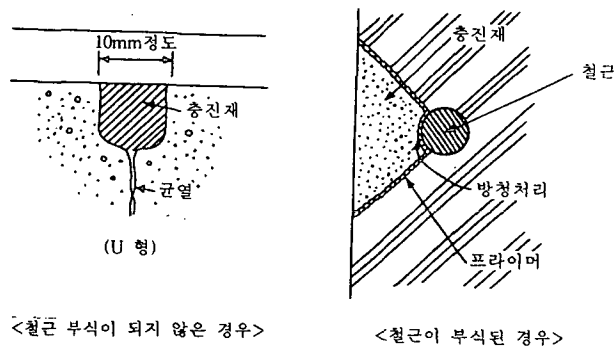
U형으로 절삭할 경우에는 균열 양쪽을 커터로 자른 후, 그 사이의 콘크리트를 떼어내는 방법을 사용하였으나 최근에는 원추형의 다이아몬드 비트를 전동드릴 앞에 부착하여 균열을 따라서 홈을 내는 방법과 바닥균열에 적합한 별도의 균열커터기를 사용하여 홈을 내는 방법이 있다. V자형으로 절삭하는 방법은 작업이 간단하나 건조수축 및 접착면적 등에 있어 U자형에 비해 불리하여 보수 후에 불량부분이 생길 가능성이 많으므로 U자형을 채용하는 것이 바람직한 경우가 많다.

(3) 철근이 부식된 경우

<그림 5-49>과 같이 철근이 녹슬고 부식된 부분을 충분히 처리할 수 있을 정도로 콘크리트를 떼어내고 철근 녹을 제거한 후 녹 방지처리, 콘크리트에 프라이머의 도포를 행한 후에 폴리머 시멘트 모르터나 에폭시 수지 모르터 등의 재료를 충전하는 방법으로 보수한다. 이

방법은 주로 철근이 부식되어 생긴 균열을 보수하여 콘크리트 구조물의 내구성을 회복하기 위한 보수방법으로서 여러 가지 재료나 공법이 고안되어 있다. 특히 발생된 균열의 진행성 여부에 따라 보수재료가 달라진다. 진행성이 없는 경우에는 겔 상태의 에폭시 수지(중량비로 에폭시 수지 : 규석분 = 1 : 2.5 ~ 3.5)나 저점도의 에폭시 수지 등을 균열상태에 맞게 사용한다. 또한 진행성 균열의 경우에는 변형력과 신장력이 큰 탄성실링재나 가소성 에폭시 등을 사용하되 신축 변형에 효과적으로 대응할 수 있는 단면형상(T형등)으로 시공하는 것이 매우 중요하다.

부식된 철근의 보수에는 철근보수공법을 참고한다.

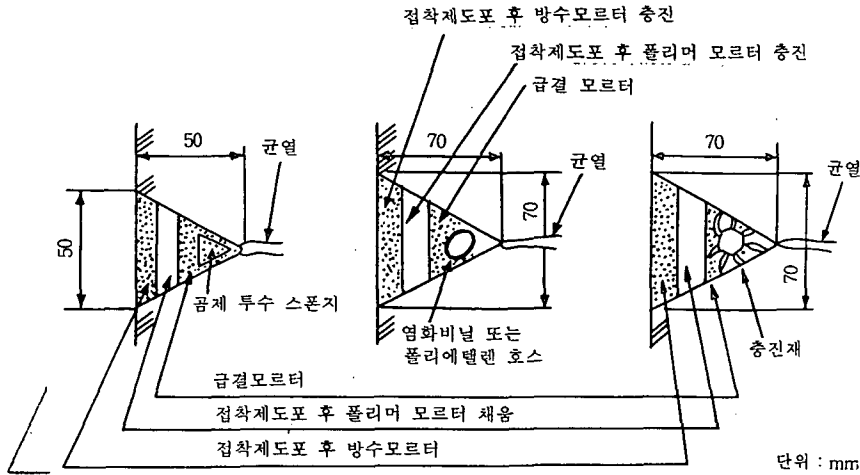


<그림 5-49> 충전공법

(4) 누수 또는 용출수가 있는 경우

누수 또는 용출수가 있는 경우 지수가 어려울 뿐만 아니라 누수부위 만을 단순히 보수하여 물을 차단하여도 수압 때문에 보수한 부근에서 또 다른 누수가 발생할 수 있으므로 <그림 5-50>에 표시한 바와 같이 유도관을 설치하여 자연 배수를 시킨 후 적절히 보수하여야 한다.

즉 균열선을 따라 V자형(폭,깊이 모두 50~70mm) 등의 홈을 낸 후 누수가 많은 홈선의 내부나 균열선 주위의 적당한 위치에 투수성 스폰지, 집수용 파이프와 유도용 호스를 매설한 후 파이프 주변을 급결성 시멘트 모르타르 등으로 임시 막아놓는다. 다음에 몇 군데 설치된 파이프를 한 곳으로 모아 배수시킴으로써 균열부의 누수와 용수를 방지한다. 임시용 급결성 시멘트 모르타르는 장기간의 수압에 견디지 못하므로 외부에 습윤용 프라이머를 도포한 다음 에폭시 폴리머 모르타르 등으로 보완할 필요가 있다. 기타 자세한 내용은 “마. 누수 실링 공법”을 참고한다.

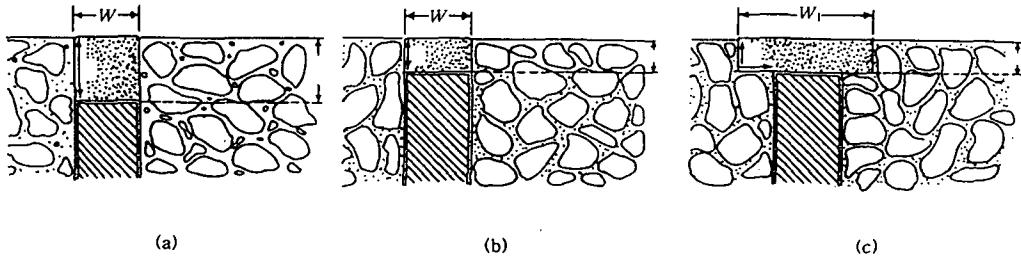


<그림 5-50> 누수중인 균열의 보수공법

(라) 실링 공법

균열이 계속 진행되는 징후를 보일 경우에는 보수 후 균열방지를 대비할 필요가 있다. 이러한 균열을 계획에 들어있지 않은 신축이음으로 간주하여 고정해 버리면 근처에 다른 균열이 발생하는 경우가 자주 있다. 이러한 경우는 균열의 진행상황을 변형의 진행이라는 관점에서 고려하여야 하므로, 실링재 또는 실린트의 변형 능력은 예상되는 최종변형보다 큰 값을 택해야 한다. 대단히 큰 균열은 예외이지만 균열폭 내에 모든 변형이 포함되었다고 생각되는 구조체에서 작은 이상변위가 추가적으로 발생하면 균열부위에 상당한 변형이 다시 발생되어 균열 보수재인 실링재의 변형 능력을 쉽게 초과한다. 따라서 과도한 이상변형에 대응할 수 있도록 재료와 신축장치의 형상 결정에 유의해야 한다.

실링공법의 대표적 방법은 충전공법과 같이 균열표면에 따라 홈을 내는 것이다. 추가적으로 발생하는 균열이 홈의 폭 전체로 퍼지도록 실링재는 홈의 길이방향으로 접착하고 밑바닥에는 접착하지 않는다. 이르기 위해서는 실링재를 시공하기 전에 밑바닥에 절연테이프등을 붙인다. 실(seal)의 폭은 그 성능에 따라 정한다. 중요한 것은 실린트에 전단력이나 인장력이 작용하는 경우 콘크리트 접착면에 상당한 응력이 발생하게 되어 심하면 실링재가 떨어지거나 콘크리트에 균열이 발생한다. 따라서 표면실링이 접착면에 과도한 부담을 주지 않도록 하여야 한다. 전형적인 신축이음의 단면도는 <그림 5-51>에 나타내었다. 그림에서 보듯이 (a)보다는 (b)가 변형에 대응할 수 있도록 개선된 형상이며 (c)는 접착길이(S)가 홈의 깊이(d)의 2배이며 실링재의 폭(w_1)은 이음폭(W)의 2배로 과도한 이상변형에 유리한 단면형상을 갖고 있다.



〈그림 5-51〉 신축이음부의 구조

실링재의 색상은 비교적 눈에 띄지 않는 것이 좋으나 균열이 진행할 가능성이 있는 경우 균열을 숨기기 위해 눈에 띄지 않는 색상의 실링재를 선택하는 것은 실용적이지 못하다.

한편, 실링공법에 사용되는 각종 실링재의 특징은 (표 5-33)과 같다.

(표 5-33) 각종 실링재의 특징

종 류	경화 메커니즘	실링재 표면의 상태				
		먼지 부착	침수성	균 열	얇아짐	압입후 잔류 변형
실리콘계	반응경화형	부착 심함	발수	없음	작음	없음
	습기경화형	부착 심함	발수	없음	거의 없음	없음
변성실리콘계	반응경화형	부착 심함	젖음	적음	작음	약간 있음
폴리설파이드계	반응경화형	부착 적음	적음	다양	다소 있음	약간 있음
폴리우레탄계	반응경화형	다양	잘 젖지 않음	많음	다소 있음	없음
	습기경화형	부착 적음	잘 젖지 않음	많음	다소 있음	없음
SBR계	건조경화형	부착 심함	젖음	많음	많음	압입에 약함
아크릴계	건조경화형	부착 심함	젖음	없음	많음	압입에 약함

(마) 누수실링 공법

(1) 개요

콘크리트 구조물의 누수방지나 터널, 암거, 복통, 관로에서 나타나는 물의 침투와 유출에 대한 지수처리 공법으로서의 실링은 균형있게 대처해야 한다.

철근콘크리트는 완전한 수밀성을 갖고 있지 못하며 누수실링은 수지주입과 달리 물길을 완

전히 차단한다기보다는 허용수준 내에서 누수를 억제하는 것이라 할 수 있다.

누수실링은 많은 비용을 수반하지만 효과적이고 경제적인 지수조치를 취할 수 있다. 따라서, 아래의 해설과 같이 누수 개념을 새로 정립하고 종래의 지수방법에 대해 충분히 이해하는 것이 누수실링공법의 성공 여부에 매우 중요하다.

- ① 콘크리트 구조물에서의 소규모 누수는 자연 치유되는 경우도 있는데 이는 누수를 따라 칼슘염이 축적되어 물의 통과를 방해하기 때문이다. 신설 저수탱크와 같이 구조물에서 자연 치유되는 경우가 많으므로 누수의 상태를 당분간 관찰한 후 지수대책을 세우는 것이 바람직하다.
- ② 누수 가능성이 높은 콘크리트 부위는 건조속도가 느리며, 저수탱크에서의 수면 강하속도가 10mm/주 이상일 때는 누수의 가능성이 매우 높은 것으로 판단할 수 있다.
- ③ 대부분의 누수는 신수축이음부나 균열부에서 발생한다.
- ④ 누수의 양을 결정하는 주된 요인은 수량, 수압, 누수 단면적이다.
- ⑤ 실제 누수의 물질은 겉보기보다 넓은 가능성이 있고 눈에 띄지 않는 경우가 있어 육안으로 노출된 부분만 보수할 경우 보수하지 않는 곳에서 새로운 누수가 시작될 수 있다.
- ⑥ 누수원을 실링하면 모든 장소에서 일어나는 누수를 방지 할 수 있으며 물이 콘크리트 안에서 새로운 통로를 만드는 것을 방지할 수 있다.
- ⑦ 저수지나 탱크 등의 경우 물에 석회를 가하면 칼슘염의 부착이 촉진되어 지수가 될 수 있다.
- ⑧ 탱크나 옥상, 옹벽 등은 물에 닿아 있는 면이 노출되어 있을 때 누수부위에 대한 도장만으로도 지수가 해결될 수 있다.
- ⑨ 점으로 새는 누수는 드릴로 구멍을 뚫고 거기에 물로 적신 단단한 나무 뒤편(dowel, 패커) 등을 박아 넣고, 이음부 누수에는 납솜(lead wool)이나 틈막이로 고안된 것을 이음매에 박아 넣는 것도 매우 효과적인 지수 방법이다.
- ⑩ 초속경 시멘트나 급결제를 사용한 시멘트 모르타르는 응급조치 등에 효과가 있다.
- ⑪ 터널에서는 일반적으로 시멘트계가 널리 사용되는데 이 때 시멘트의 응결시간, 반죽질기 및 첨가제의 사용이 중요하다.
- ⑫ 지수의 마지막 수단으로 누수를 모아 배수처리 하는 것도 매우 중요하다.

(2) 실링방법과 재료

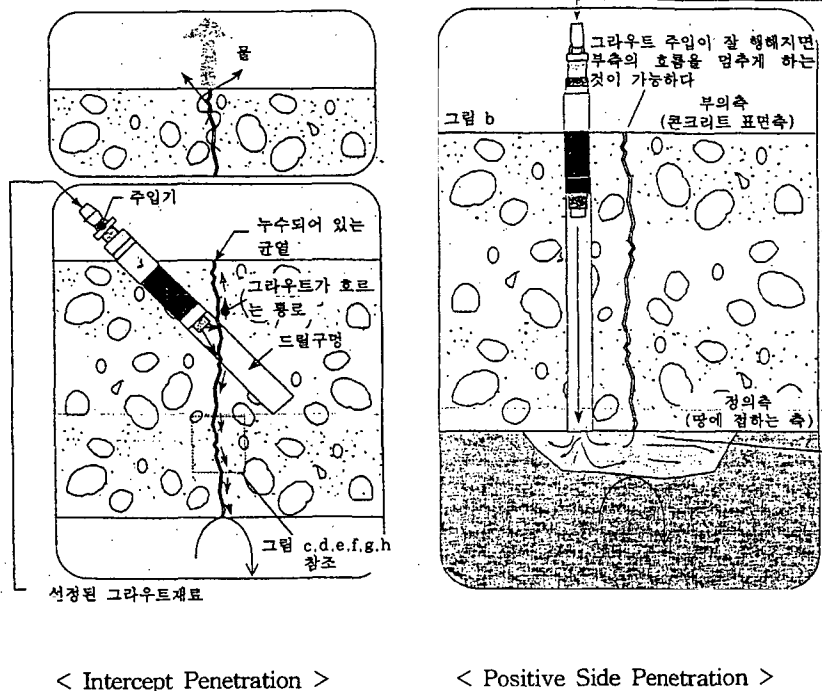
일반적으로 누수를 방지하기 위한 보수의 기본원칙은 가능한 한 콘크리트가 물에 닿아 있는 상류 쪽에서부터 원인을 조사하는 것이 누수의 흐름에 대한 단서를 잡기가 쉽다. 그러나, 물이 닿아 있는 쪽에서 접근이 용이하지 않은 경우에는 하류쪽에서 접근하게 되는 데 이러한 경우 실링재를 주입하기 위해 설치한 관에 물이 나오지 않도록 주위의 물의 흐름을 조정하는 것이 중요하다.

누수실링공법에서의 주입방법은 하류쪽에서 압력기울기를 주어 주입하는 직접 주입공법과 주입재를 수압이 작용하는 쪽에서 물의 흐름방향 즉 정수압에 따라 주입하는 간접주입공법이 있다.

주입구를 설치하고 그 사이의 누수는 메움재 또는 표면 붙임(seal)재를 띠 모양으로 발라 막는데, 직접주입공법은 사용범위가 넓고 성공사례가 많다는 장점이 있다. 시공상의 특징으로서 메움재는 물을 주입구로 모으는 작용이외에 주입재가 타 부위로 이동되지 않게 하는 기능도 있다. 따라서, 직접주입공법으로 보수시 메움작업을 해 두어야 한다는 점과 그 메움재와 젖은 콘크리트사이의 접착력에 한계가 있으므로 주입압에 제한성(10kgf/cm² 정도 이하)이 있다는 문제점이 있으므로 접착력을 증가시키기 위해 접착면을 거칠게 해야 하는 등 표면의 바탕 처리가 매우 중요하게 되며, 물을 유도 배수관으로 모아 콘크리트의 표면을 가능한 건조시키는 것이 중요한데 이 점은 보수기술자의 기술과 경험에 의존하는 경우가 많다.

이에 반해 간접주입공법은 정확하게 실행하지 않으면 오히려 상황이 악화될 수 있으나, 최근에는 전용 장비 및 재료가 개발되어 적용범위가 넓어졌으므로 적절한 설계와 정밀한 시공이 될 경우 보수의 성공률이 더욱 높아지고 있다. 이 공법의 장점으로는 메움작업이 필요하지 않는 경우도 있으며, 대개의 경우 접착식 보다는 기계식으로 주입기구를 고정, 설치 하므로써 주입압을 높게 설정하여 실링의 효과가 물길 깊숙한 곳까지 끌고루 미칠수 있고, 직접 주입공법에 비해 짧은 작업시간이 소요되며 완성도도 높다. 시공이음부를 통하여 새는 물은 서로 연결되어 있는 가는 균열의 틈을 타고 흐르는 경우가 많으므로 누수원을 실링하면 모든 장소에서 일어나는 누수를 방지할 수 있으며, 기존 물길의 차단으로 인한 새로운 물길의 발생 가능성도 차단할 수 있다.

<그림 5-52>는 누수실링 보수공법의 2가지 예와 누수부위의 그라우팅 방법을 나타낸 것이다.



< Intercept Penetration >

< Positive Side Penetration >

〈그림 5-52〉 누수 실링 보수방법의 예

누수 실링을 위해서는 적합한 실링재의 선정이 매우 중요하며 대표적인 재료에는 에폭시 수지, 폴리우레탄 수지, 아크릴 수지 등이 있으며, 각 재료의 특징은 다음과 같다.

에폭시 수지는 비교적 폭이 넓은 균열, 특히 벽면이나 바닥 상부의 균열에 적합하며, 바닥판 하부의 균열에는 적합치 않는 경우가 많다. 에폭시 수지를 이용한 실링의 단점은 수지가 경화하기까지 상당시간(보통 12시간)이 소요되어 이 시간 중에 물결이 생길 수 있다는 점이다.

반면, 폴리우레탄 수지는 습윤상태에 있는 벽면, 밀면, 바닥판 등의 0.2mm 이상의 균열에 주입하는데 적합하며, 이 수지는 물에 닿으면 발포하여 강도와, 유연성이 뛰어난 실(seal)이 되어 소규모 누수에서부터 대규모 누수까지 적용할 수 있다.

아크릴 수지는 미세균열에 적합하며, 점도가 낮아 깊숙한 곳까지 침투한다. 이 수지는 벽면, 밀면에 발생한 습윤상태인 0.3mm 미만의 균열에 적합하며, 균열 내부에 존재하는 수분도 흡수하고 그 수분을 함유한 채 경화하여 유연성 있는 겔 상태가 되는 특징이 있다.

(3) 실링기술의 발전

1980년까지는 누수 실링에 관한 공법이나 자재의 개발이 거의 없었으나 이후 효과적인 실

용기술이 개발, 보급되고 있으며 누수 실링에 대한 공법이나 재료의 연구가 과학적으로 접근되고 있다.

누수실링에 사용되는 기구는 균열 주입공법과 유사하다. 누수의 통로 단면이 상당히 크고 장애물이 비교적 적은 경우는 압력 포트와 싱글 피스톤 펌프(또는 single reciprocating pump)가 많이 사용되며 단시간에 주입을 완료할 수 있다. 그러나 미세균열은 좀 더 긴 시간이 걸리고 또한 보다 높은 압력으로 주입하지 않으면 충분히 침투되지 않는다. 요즘 개발된 트윈 피스톤 펌프는 실링재의 주재료와 경화제를 각각 송출하여 주입 직전에 혼합하는 기구로서 이를 사용하여 미세균열에 충분히 침투시킬 수 있다.

또한 누수실링에 있어 실링재의 사용가능시간이 비교적 짧으므로 장시간 높은 주입압력을 유지하기 어려운 문제가 있으나 최근에는 14kgf/cm²의 압력으로 3시간 동안 주입할 수 있고 9kgf/cm²의 배면압 상태에서도 성공적으로 주입할 수 있는 기술이 개발되고 있다.

케이블 터널에서 급결 시멘트 대신에 수지주입으로 이음부 누수를 상당히 억제할 수 있었던 사례도 있으며 통수 전의 콘크리트관에 발생된 이음부 누수의 경우 간접주입법 또는 직접 주입법으로 실링한 후 수압시험을 할 수 있는 기계와 기술이 개발되어 2인 1조의 작업반이 하루에 몇 군데의 관로 이음 누수를 실링할 수 있게 되었다.

(바) 단면보수공법

(1) 개 요

단면보수공법은 통상 노후손상의 범위가 커서 철근의 매입깊이까지 진전되어 전반적인 또는 부분적인 콘크리트 부재단면의 보수가 필요한 경우에 적용되는 공법으로서 보수의 규모나 차이에 따라 소단면 보수공법과 대단면 보수공법으로 분류할 수 있다.

소단면 보수공법은 박리 또는 박락, 염해, 균열 분포, 중성화, 화재 등 부분적인 콘크리트 표면부의 노후손상에 대응하여 실시하는 보수공법으로서 패칭공법이라고도 하며, 대단면 보수공법은 보수재료의 양이 대량이고 손작업이나 뿔칠작업이 용이하지 못한 경우 대부분 거푸집을 써서 콘크리트나 주입재를 충전하여 보수하는 공법을 말한다.

단면보수공법은 특정 부위에 발생한 손상이라 하더라도 소기의 보수 효과를 얻기 위해 손상을 입은 부위를 포함하여 건전한 일부 주변까지 범위를 확대시켜야 하는 경우도 이에 포함되므로 이 공법은 노후손상 부위를 건전한 재료로 교체하여 원래의 기능을 회복하는 공법이라고 할 수 있다.

(2) 소단면보수 공법 (패칭공법)

국부적인 박리 및 박락은 콘크리트 구조물이 받는 일반적인 손상으로 외력, 철근의 부식 팽창압, 동결 팽창압 등이 원인이 되어 발생한다. 손상 원인이 무엇이든지 구조물의 보수에 앞서 바탕처리를 하는 것이 대단히 중요하다. 노후손상부위는 물론이고 오염 부분 또는 중성

화 부분과 같은 부위는 제거하는 것이 좋다. 제거해야 할 영역은 그 경계를 분명히 하기 위하여 5mm 정도의 깊이까지 커터로 칼집을 내되 끝 부분이 예각(feather edge)이 되는 것을 피하고 단면상 표면에 직각 또는 조금 안쪽으로 들어가도록 잘라내야 하며, 깊이를 최소한 10mm 정도로 하는 것이 좋다. 이러한 이유는 보수부위의 접착성을 좋게 하기 위한 것이다.

부식 철근에 대한 처리는 철근 방식 공법을 참고한다.

(i) 보수 재료

보수 재료가 갖추어야 할 조건은 소요의 강도를 가지고, 기존 콘크리트와의 부착이 양호하며, 타설 후의 경화 또는 건조수축이 적어야 한다. 또 콘크리트와의 열팽창계수의 차가 적고, 보수 후의 사용 환경하에서 내구적인 것이라야 한다.

대부분의 보수와 마찬가지로 보수재료를 선택하는 기본은 시멘트를 사용할 것인지 또는 합성수지를 사용할 것 인지의 선택이다. 두 가지 보수재료가 철근을 부식으로부터 보호하는 방법은 다소 다르나, 기본적으로 중성화 또는 부식성 물질의 침투를 막아 철근의 부식을 방지하는 것은 동일하다. 시멘트계 재료는 철근에 대해서 알칼리 환경을 만들어 철근 표면에 피막을 형성하므로 철근의 부식을 방지하는데 반해 수지계 보수재료는 표면을 덧씌워 철근부식에 필요한 산소와 수분의 침투를 억제하여 철근을 부식으로부터 보호한다.

보수재료의 역학적 성질은 보수하는 구조물 재질의 역학적 성질과 될 수 있는 한 비슷하도록 하는 것이 바람직하며, 특히 시멘트계 보수재료를 사용할 경우 이것에 주의를 기울일 필요가 있다. 시멘트계는 수지계 보다 값이 싸다. 그러나 보수비용의 대부분은 노무비가 차지하기 때문에 보수에 소요되는 재료비가 적다는 사실만으로 재료를 선정해서는 안된다. 일반적으로 수지계보다는 시멘트계 보수재료에 익숙하여 보편적으로 이용되고 있다. 그러나, 경우에 따라서는 수지계를 사용하는 것이 적절한 경우가 있는데, 그것은 수지계 보수재료의 특성을 감안하여 적절히 배합함으로써 어느 정도까지 손작업이 가능하며, 경화시간이 짧아 작업시간에 제한을 받는 경우에 유리하고, 철근의 피복두께를 확보하기 위하여 부재단면을 확대하는 것이 곤란한 경우 얇은 피복으로 철근을 부식으로부터 보호할 수 있다는 장점이 있기 때문이다.

국부적인 단면결손의 복구에는 보통 시멘트 모르타 · 콘크리트, 속경성 시멘트 모르타 · 콘크리트, 폴리머(레진) 모르타, 폴리머 시멘트 모르타 · 콘크리트, 뿔철콘크리트 등 많은 재료가 사용된다.

이들 재료를 이용한 보수공법에는 여러 가지가 있는데 그 중 손반죽공법은 대단히 얇거나 또는 작은 부분의 보수에 적합하다. 드라이 팩킹공법은 천정, 수직 및 수평면 등 모든 위치의 좁고 깊은 보수에 매우 적합하며 다른 보수공법의 구석진 곳이나 공극등의 마무리 방법으로도 적절하다.

드라이 팩킹공법은 슬럼프가 영이거나 영에 가까운 모르타(반죽 모르타) 또는 콘크리트를

여러 층으로 나누어 다짐봉으로 다져 시공한다.

뿔철콘크리트공법은 기설 구조물과의 부착이 양호하고 거푸집이 필요 없으며, 보 및 슬래브 하부면 및 터널 복공 등에의 시공도 비교적 쉽다고 하는 등의 이유로 보수에 이용되는 경우가 많다. 뿔철콘크리트는 보수 면적이 크고 보수층의 두께가 비교적 작은 부재, 예를 들면, 슬래브 아래면 또는 벽 등의 보수 혹은 덮개를 보충하는 데 적합하다. 바탕 처리는 모래를 이용한 샌드 블래스트가 효과적이며, 스프레이층은 1회당 2~5cm 정도가 좋다. 기타 자세한 내용은 “(사) 뿔철 콘크리트”를 참고한다.

콘크리트 구조물의 표층부에 박리 및 열화 등의 결함이 생겨 단면이 부족해진 경우 그 부분을 퍼티(putty)로 보수하여 내부 콘크리트 및 철근을 보호한다. 재료로서는 에폭시수지, 폴리머 콘크리트, 시멘트 모르타 · 콘크리트 등이 이용된다.

(ii) 보수 공법

시멘트계 보수재료로 이용하는 경우 노출된 불건전 부위를 청소한 후 모든 표면에 접착층을 시공하여야 하며, 접착제가 마르기 전 습윤한 상태에서 보수 재료가 타설되어야 한다. 보수재 1회 시공두께는 보통 20mm를 초과하지 않도록 하고, 층마다 마감하여 직전 타설층이 충분한 강도를 달성하면 바로 시공한다. 시간을 두고 시공한 경우 접착성을 좋게 하기 위해 직전 보수재 타설층의 표면을 거칠게 하고 접착제를 바르는 것이 필요하다.

수지계 보수재료의 경우에도 사전준비 단계인 표면의 오염 및 비정상적인 부위의 제거 등과 같은 바탕 처리는 필수적이며, 새로운 노출 표면이나 철근은 바탕 처리가 끝나면 가능한 빨리 초벌 바름이나 접착층을 시공할 필요가 있다. 수지계 보수재를 시공할 때는 프리이머에 점착성이 남아있는 동안에 겹바름을 해야하며, 각각의 층도 이전 층이 너무 경화하지 않은 상태에서 겹바름을 해야 한다. 경우에 따라서는 예외로 프라이머와 보수재료 사이 또는 각 보수재 사이에 최소 경화시간이 필요한 것도 있다. 시멘트계 보수재료의 급격한 건조는 시멘트의 수화반응을 정지시켜 수축 균열이나 표층 박리, 강도 부족의 결함을 낳게 하므로 보통 건조 초기에는 보호가 필요하다. 양생은 보수성의 재료로 습기를 유지하거나 폴리에틸렌이나 유사한 천 등으로 씌워 끝 부분의 불량을 막는 것이 바람직하다. 햇빛은 시멘트계 재료에 급격한 건조를 일으키고, 수지계 재료에 너무 빠른 경화를 일으키므로 직사광선을 피하여야 하며, 불가피한 경우는 그늘을 만들 필요가 있다. 스프레이를 이용하여 양생막을 형성하는 방법은 모든 단면의 시공이 완료된 후 실시하여야 하며, 보수재 시공 중 층간에 사용할 경우 부착 불량을 일으킬 수 있다.

(3) 대단면 보수 공법

대단면 보수공법은 단면 보수공법의 일종이므로 재료와 시공방법이 소단면 보수공법과 거

의 동일하다. 다만 거푸집을 사용하는 경우가 많으므로 이에 따른 시공방법상 차이가 있게 된다.

대단면 보수공법으로는 거푸집을 사용한 현장치기공법이나 펌프주입공법, 뿔철 콘크리트공법, 프리팩트공법 등이 이용된다.

통상 콘크리트를 재료로 사용하는 경우 배합 설계는 보수의 규모와 장소를 고려해서 실시해야 한다. 콘크리트의 부어 넣기나 다지기를 위한 타설 및 주입의 여건이 용이하고 또한, 최소한의 두께가 100mm 혹은 그 이상일 경우 최대 치수 20mm의 골재를 사용한 보통 배합을 사용할 수 있다. 그러나, 얇은 단면으로 타설 및 주입이 곤란한 경우에는 종종 최대 치수 10mm의 골재가 필요하게 되는 경우가 있다. 특히, 다지기가 곤란한 경우는 유동화 콘크리트가 필요하게 된다.

대규모 보수공사에서 콘크리트 현장치기 공법은 그 양이 상당히 적은 경우를 제외하고 종래의 신설 구조물과 마찬가지로이다. 또한 리프트 두께(1회 부어 넣는 높이)가 두꺼운 경우에는 바탕콘크리트와의 사이에 온도 균열이 발생하기 쉬우므로 이에 대한 적절한 조치가 필요하다.

펌프주입공법은 20여년 전에 개발된 방법으로 거푸집안에 콘크리트나 모르터를 펌프로 주입하여 연직면 및 천정면을 보수하는 공법이다. 기존 바탕 콘크리트 표면에 밀착하여 유효하게 부착시키고 거푸집 내에 잔류공기를 배출시키기 위한 펌프압은 최소 1.0kgf/cm²로 하되 거푸집의 설계압을 초과하여서는 안 된다. 공기를 혼입시킬 가능성이 있는 표면은 제거하고 거푸집내에 공기 빼기관을 설치하는 것이 좋다.

재료는 건조수축이 적은 것을 선정하는 것이 매우 중요하다. 주입 순서는 낮은 위치에서 높은 위치로, 천정면의 경우는 한 끝에서 다른 끝으로 주입하며 거푸집내 주입구는 통상 수평으로 하되 90~120cm의 간격을 두어 격자상으로 배치한다. 넓은 면적의 보수는 칸막이벽을 설치해서 부분시공을 하되 그 위치에 남길 수도 있다.

프리팩트공법을 이용할 경우 거푸집은 통상의 콘크리트 부어 넣기와 마찬가지로 설치할 수 있지만 거푸집 안은 굵은 골재를 먼저 충전한다. 그라우트는 골재 입자 사이의 틈을 채우도록 압입시킨다. 기포의 형성을 막기 위해 주입은 거푸집의 최하점에서 시작한다. 굵은 골재의 입도는 그라우트재가 골재 입자 사이를 자유롭게 유동 할 수 있는 정도이어야 하며, 보통 20mm 혹은 그 이상 치수의 단일 입도의 골재를 사용할 수도 있다. 기타 자세한 내용은 “프리팩트 공법”을 참고한다.

(사) 콘크리트 뿔철공법

(1) 개 요

콘크리트 뿔철(sprayed concrete)공법이란 시멘트, 골재, 물의 혼합물을 고속으로 노즐에서 구조물이나 거푸집에 분사하고 그 속도에 따라 다져진 치밀하고 균질한 콘크리트를 만드는 것으로 건식혼합공법과 습식혼합공법으로 분류된다.

콘크리트 뿔칠과 유사한 뜻으로 구나이트(gunite)와 쏠크리트(shotcrete)가 있다. 구나이트는 1930년대 시멘트 건 등을 이용해 건식으로 모르터를 뿔어내는 뿔칠장비의 상품명에서 기원되어 2년 동안 널리 통용되어 왔으나 현재에는 최대 골재치수가 10mm 미만인 건식공법의 전통적 용어로서만 사용되고 있다.

쏠크리트는 최대골재치수 10mm 또는 그 이상의 뿔칠콘크리트에 대한 명칭으로 사용되고 있다.

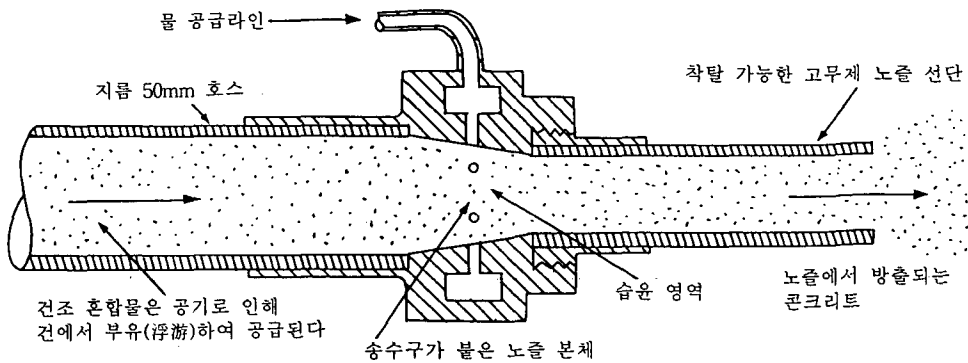
(2) 종류와 특징

(i) 건식 혼합 뿔칠 공법

건식혼합뿔칠공법은 시멘트와 골재를 미리 정해진 비율로 계량하여 믹서로 혼합한 후 압축 공기로 호스를 통해서 노즐로 보내준다. 이 노즐 부분에는 혼합물의 수화(水和)에 충분한 양의 물을 공급하는 장치가 붙어 있어 노즐 끝에 붙어있는 착탈식 고무노즐을 통해 콘크리트가 분사된다.

실리카흙 등의 혼화제는 분말(粉末)이므로 건조상태의 프리믹스형으로 시멘트와 골재의 혼합물에 첨가하는 방법. 액상의 혼화제를 노즐에서 물과 함께 방출하는 방법, 또는 별도의 라인을 통해 노즐로 가하는 방법으로 첨가할 수 있으며 강(鋼)섬유나 다른 보강재섬유도 프리믹스로 혼합할 수가 있다.

노즐장치는 일반적으로 작업자가 손에 쥐고 재료를 분사할 방향을 결정하며 원격 조작으로도 노즐을 조작할 수 있다. 예를 들면 터널 안에서의 작업과 같이 특히 뿔칠 작업자에게 위험이 따르는 장소나 터널 복공(覆工)의 높은 곳에 재료를 뿔칠하기 위해서도 사용된다. 또 작업자는 물의 첨가량도 조절할 수 있다.



<그림 5-53> 일반적인 건식 뿔칠 노즐

건식 혼합 뿔칠 공법은 보수작업에서 가장 일반적으로 사용되며 소형, 대형 모든 규모의 보수작업에 적합하고 장치도 비교적 간단하다. 건식공법은 거의 모든 종류의 시멘트를 사용할 수 있고 종종 일반적 골재나 10mm에서 최대 20mm의 경량 골재까지 사용할 수 있다. 그

러나 10mm 이상의 골재를 사용해서 생기는 이점은 별로 없다. 특히 골재의 함수율, 잔골재율 및 입도 분포는 매우 중요하므로 규정을 준수해야 한다.

뽑칠 가능한 골재·시멘트비에는 한계가 있는데, 일반적으로 보수 작업에 사용되는 것은 중량비로 3.5 : 1에서 4.0 : 1이다. 왜냐하면 리바운드(리바운드 또는 오버슈트란 노즐을 통과한 재료 중 시공표면에서 반발되거나, 균일하고 치밀하게 다져지지 않는 모든 재료)는 주로 골재이며 결과적으로 양호한 뽑칠이 되기 위해서는 시멘트량이 증가하기 때문이다.

적절하게 시공된 경우 건식 혼합 뽑칠 콘크리트의 특징은 양호한 밀도를 가진 고강도(일반적으로 410~510kgf/cm²)이고 또한 바탕과의 부착이 양호하다. 다만 보통 콘크리트나 습식 혼합 뽑칠 콘크리트에 비하여 품질이 변화되기 쉬운 경향이 있다.

(ii) 습식 혼합 뽑칠 공법

습식 혼합 콘크리트 공법은 통상 레미콘을 이용하여 미리 정해진 비율의 시멘트와 골재와 물을 배치식(batch式 ; 1회에 비비는 콘크리트량)으로 혼합한 후 일반적인 또는 특수한 콘크리트 펌프로 이송하여 뽑칠하는 공법이다. 습식공법에 사용되는 장치는 중간 혹은 대토출용량이 사용되는데 그 이유는 소구경(小口徑)의 호스로는 콘크리트를 장거리 압송하기가 곤란하기 때문이다.

일반적으로 신설 공사에 사용하는 경우가 많다. 압송에 적합하도록 배합된 균일한 워커빌리티를 가진 콘크리트를 공급해야 하며, 레디믹스트 콘크리트 공장에서 제조한 것을 사용하는 경우가 많다. 골재-시멘트비나 골재의 크기와 입도는 사용하는 장치의 펌퍼빌리티(pumpability)에 영향을 받는다. 필요한 펌퍼빌리티를 얻기 위해서는 물시멘트비를 건식 공법보다 높게 할 필요가 있다.

습식 혼합 뽑칠 콘크리트의 특징은 양호한 밀도와 표준적 강도(일반적으로 200~410kgf/cm²)를 가지며 또한 바탕과 부착상태가 양호하다.

(3) 시공방법

노후손상 부위가 구조물 전체에서 보아 상당히 큰 면적일 때 적절한 시공방법은 지정된 최소 두께의 뽑칠 콘크리트로 외부표면을 모두 씌우는 방법이다. 이 경우 뽑칠 콘크리트는 결합이 없는 부분에도 시공되므로 뽑칠에 앞서 레이턴스나 표면의 부착물, 불순물을 제거하고 콘크리트 표면을 거칠게 해야 한다. 철망을 사용한 경우 뽑칠 콘크리트의 두께는 철망을 피복할 수 있도록 최저 50mm 메시(mesh)를 사용한다.

폴리머나 다른 첨가제가 들어 있지 않은 뽑칠 콘크리트를 사용할 경우에 미소한 균열이 진행하여 공기나 물이 침투할 수 있는 균열 폭까지 성장하는 것을 막기 위해 용접 철망이나 강 섬유 혹은 다른 섬유를 사용하는 것이 좋다. 이러한 목적으로 사용하는 철망의 일반적인 형상은 지름 3~4mm 철사를 사용한 75~100mm 메시인 것이다.

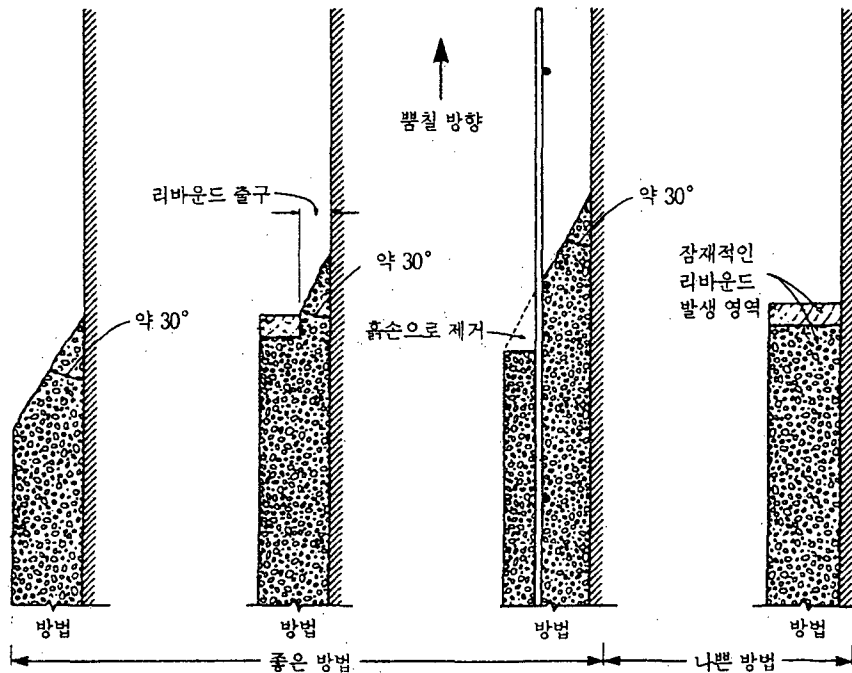
철망은 적어도 표면에서 12mm 이상 띄울 수 있도록 스페이서(spacer)를 사용하여 유지한다. 콘크리트 뿔칠 중에 철망이 블록 나오거나 피복이 부족하지 않도록 촘촘히 배치하고 철망의 중첩폭은 철망의 경도(硬度)에 따라 400~750mm의 사이로 설정한다. 뿔칠 콘크리트의 두께는 구조물의 기대 수명에 대하여 철근의 보호기능을 적절히 회복할 수 있도록 결정한다.

용융아연도금망이나 철망을 사용하는 경우에는 뿔칠 콘크리트의 두께를 얇게 할 수 있으며 실제 최소 두께는 30~35mm로 하고 있다.

또한 강섬유나 다른 섬유를 혼합한다든지 SBR과 같은 적당한 혼화제를 사용하는 경우 뿔칠두께는 최소 15~20mm 까지 가능하지만 실제현장에서는 좀더 두껍게 시공하고 있다. 뿔칠 콘크리트의 두께는 육안으로 판단하면 오차가 크므로 항상 프로파일가이드(profile guide)를 사용해서 시공하여야 한다.

접착부의 보강을 위해서 압축공기를 이용하는 도구 등을 사용하여 적어도 폭 20mm×깊이 20mm 정도의 홈을 콘크리트 주위에 만들고 택(tack)을 붙여 끝 부분이 이 점에서 정상적인 마감이 되도록 하고 예각의 단면이 되지 않도록 하는 것이 중요하다.

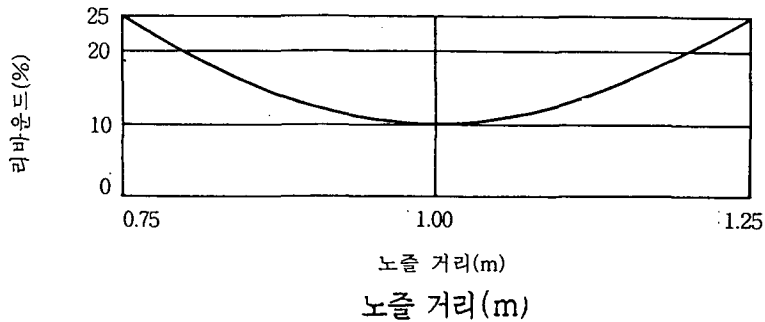
시공 이음매는 현장 치기 콘크리트와 같이 직각으로 할 필요가 없으며 경사를 지어 필요한 곳에 마련한다. <그림 5-54>에 일반적인 예를 나타낸다. 뿔칠 콘크리트의 시공면은 보통 비스듬한 면에서 나오므로 시공 이음매는 자연스럽게 이러한 형태가 된다. 이음매의 경계면은 양호한 부착이 되도록 리바운드, 오버슈트나 레이턴스를 제거해야 한다.



<그림 5-54> 이음매의 단면형상

뿔칠재의 성질이 요구조건을 만족하고 있는지 여부를 확인하기 위해서 필요한 경우 실제의 공사현장과 같은 수직면, 경사면 혹은 천장면이 있는 시험패널(test panel)을 제작해 시험시공을 하거나 동일 플랜트와 재료를 사용하였던 종전의 시험결과를 이용한다.

뿔칠시 콘크리트가 효율적으로 부착되도록 대개 수직으로 일정한 거리 (평균 1m 정도)를 두고 밑바닥에서 위쪽으로 진행하며, 통상 1회당 뿔칠 두께는 처지지 않는 두께로 하되 수직면에서 50mm 정도, 천정면에서 25mm 정도 이하로 하는 것이 좋다.



〈그림 5-55〉 노즐거리와 리바운드

특히 뿔칠에 있어서 철근 주위에서는 리바운드에 의한 곰보(honeycomb)에 유의하면서 뿔칠재의 수분을 약간 많고 부드럽게 하여 좁은 각도에서 뿌리는 편이 좋다.

뿔칠 콘크리트는 건조상태이고 견고하며 또한 굵은 모래를 사용하고 있으므로 미장 모르타와 같은 마감처리를 하면 오히려 접착강도가 손상될 수 있으므로 가능한 한 뿔칠된 그대로의 상태가 바람직하다.

다만, 마감 플래시 코트(flash coat : 초벌바름 또는 마감 표면을 보호하기 위한 뿔칠 콘크리트의 얇은 층)나 좀 더 매끄러운 표면이 요구되는 경우에는 나무 흙손으로 누르거나 젖은 브러시로 마감할 수 있으며 이러한 표면처리는 될 수 있는 한 적게 해야 한다. 기타 뿔칠작업의 안전과 성공을 위해서는 일반적 콘크리트 타설작업 보다도 조명, 환기, 양생막 등에 유의하여야 한다.

(아) 프리팩트 콘크리트 공법

프리팩트 콘크리트 공법은 거푸집 속에 미립자를 전부 제거한 굵은 골재를 부어넣기 한 후 유동성 그라우트재를 펌프로 뿔어넣어 굵은 골재 사이의 틈을 채우는 공법으로, 이 공법의 특징은 굵은 골재간의 점접촉으로 인하여 콘크리트의 건조수축이 적은 점(일반 콘크리트의 50~70%)이며 수중보수작업에 널리 이용된다.

굵은 골재의 입도는 그라우트재가 자유롭게 유동할 수 있어야 하는데 보통 20mm 또는 그

이상의 골재를 사용하는 경우가 많으며, 작은 부순돌을 사용할 때는 모래가 없는 시멘트 그라우트를 사용해야 하지만 굵은 골재 밀면에 렌즈 모양의 블리딩이 발생하기 쉽다. 시멘트 그라우트가 일반적으로 많이 사용되며 폴리머 그라우트(에폭시 수지)도 가끔 사용된다.

거푸집이 높은 경우 주입구를 적절한 높이에 배치하거나 혹은 굵은 골재를 넣기 전에 주입관을 거푸집 바닥에 삽입하여 두고 트레미관(Tremie pipe)을 사용하여 수중콘크리트를 타설하는 것과 같은 방법으로 그라우트제의 상승에 따라 주입관을 서서히 뽑아 올린다. 이 때 수심 측정관이나 반투명의 패널을 설치해두면 작업확인에 유용하다.

프리캐스트 콘크리트의 외관은 일반 콘크리트와는 다르게 굵은 골재 입자가 노출되기 쉬우며, 특히 40mm 이상의 굵은 골재를 사용한 경우는 더욱 심하다.

(자) 수중보수공법

(1) 개 요

대기 중에서 효과적으로 사용되는 보수공법 또는 기술의 대부분은 조금만 보완하면 수중에서도 적용할 수 있다. 그러나 수중에서 하는 작업은 고비용과 실패확률이 높으므로 성공 가능성이 높은 공법을 선정하여 철저히 시공해야 하며 이 때 고려해야 할 유의사항은 다음과 같다.

- ① 수중작업은 비용이 많이 들고 어렵기 때문에 작업 장소를 될 수 있는 한 좁게 하고 작업은 되도록 간단하게 해야 한다.
- ② 손상된 곳의 바탕 처리에는 특수한 응용기술이 필요하다. 보수재료를 시공하기 이전에 그 부분에 철저한 바탕처리가 필요하다.
- ③ 보수재료는 수중에서의 부어 넣기와 양의 모두에 적합한 것을 선택해야 한다. 수지를 기본으로 한 보수재료의 대부분은 수중에서 사용하는 데는 적합하지 않아서 시멘트계 재료가 널리 이용되고 있다.
- ④ 보수재의 부어넣기 방법과 거푸집은 될 수 있는 한 보수재료가 주변의 물과 섞이지 않는 방법을 채택해야 한다.
- ⑤ 수중에서 하는 보수작업은 완전한 점검이 곤란하며 높은 비용이 수반된다.

(2) 바탕 처리

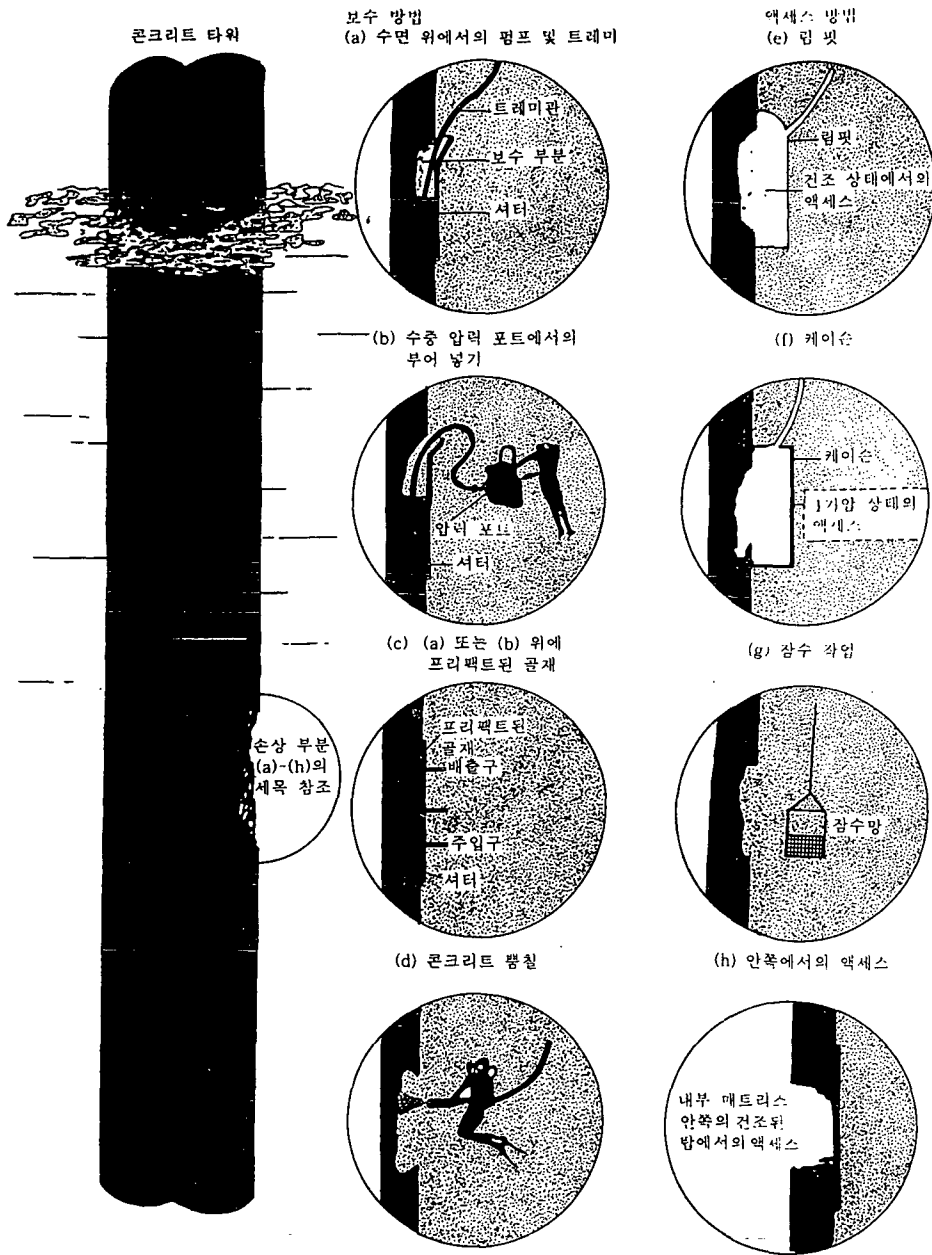
(i) 손상 조사

수중보수공법은 작업 중에 상세한 조사를 하여 손상 부분을 잘 알아야 한다. 다이버나 원격 조작 기계를 이용하여 촬영한 손상 부분의 영상을 이용해 손상 정도를 사전에 평가하고 보수 계획을 수립한다. 보수의 1단계는 파손되었거나 심하게 균열된 콘크리트 등을 모두 제거하고 경우에 따라서는 많이 비틀려 구부러진 철근을 잘라 내야 하는 경우도 있다.

(ii) 표면 청소

손상된 표면부위의 제거뿐만 아니라 수중생물의 껍데기 등 기설 구조물과 보수재와의 접착에 악영향을 미치는 부분도 제거해야 한다. 좁은 면적일 경우는 휴대용 와이어 브러시나 기계식 와이어 부러시, 니들건이나 거칠기 마감용 도구를 사용하여 적절한 바탕처리를 한다. 넓은 면적을 표면청소할 경우 고압제트의 사용이 좀 더 효과적이다.

표면청소를 하게되면 균열이나 박리된 콘크리트의 상태를 보다 명확히 확인할 수 있으므로 손상된 부위를 제거할 수 있다.



〈그림 5-56〉 수중보수 작업방법

(3) 콘크리트 제거

(i) 절삭 방법

손상결함이 있는 콘크리트를 제거하는 방법에는 고압제트수 외에도 다이아몬드 커터를 이

용하는 방법이 있다.

고압 제트수를 이용한 절단은 수중작업에서 가장 일반적인 방법중 하나이다. 이 방법은 대단히 높은 압력(통상 200~1,000 kgf/cm²)의 물을 사용함으로써 콘크리트를 제거하는 것이며, 철근을 절단하고자 할 경우에는 연마재를 첨가하여 고압의 물을 분사하여 절단한다.

고압 제트수를 수중에서 사용하면 제트수의 작용으로 주위의 물을 가속시켜 제트수의 효율을 좋게한다. 결과적으로 쪼아내기 속도는 같은 정도의 표면을 대기 중에서 쪼아내는 경우보다도 수중에서 쪼아내는 것이 더 빠르다.

수중작업에서 쪼아내기에 사용하는 수력식 다이아몬드 커터나 드릴은 비교적 소규모의 철거나 표면처리작업을 위해서 오랫동안 널리 쓰여 왔으나 이러한 장치는 작업시간이 비교적 길고 톱날지름에 따라 절삭 깊이가 한정된다.

또한 압축공기를 이용한 브레이커나 톱은 한정된 깊이(6.0~9.0m)의 수중에서만 사용할 수 있다. 그러나 최근 밀폐형 수압 시스템을 사용한 브레이커가 개발되어 깊이 한계를 극복한 실례도 있다.

(ii) 폭파 방법

수중폭파 방법에는 일반적인 접촉성 폭파법 (contact demolition charge)과 지향성(指向性) 폭발로 금속입자를 고속으로 목표 부위에 집중시켜 절단 또는 천공하는 방법이 있다.

또한 최근에 개발된 Cardox 시스템은 절개 폭발에 의한 헐기로 사용되기도 한다. 이 공법은 미리 정해진 간격으로 구멍을 뚫고 구멍 속에 압축 이산화탄소의 카트리지를 배치하고 단단하게 마개를 한 후 각각의 카트리지에 충전된 소량의 기폭제를 전기적으로 폭발시키면, 압력이 풀리고 콘크리트를 파쇄·흩어지게 하는 비교적 완만한 폭발을 일으킨다. 이 완만한 폭발은 충격파를 발생시키지 않으므로 아주 가까운 곳에 다른 구조물이 있는 경우에도 적용할 수 있다.

(iii) 용융 방법

대기 중에서 콘크리트를 고열로 녹여서 제거하는 방법이 있으며, 이 공법이 서믹 랜스(thermic lance)이다. 서믹 랜스에는 여러 가지 형태가 있는데 기본적으로는 외부의 열원에 따라 고온으로 뜨거워진 서믹 랜스의 선단이 콘크리트나 철근을 용해시키는 방법이다.

그러나 수중에서 서믹 랜스를 이용 콘크리트를 제거하는 작업은 비교적 얇은 깊이에서만(최고 깊이 60cm) 사용할 수 있으며 고온으로 인하여 증기폭발과 같은 작업상의 매우 큰 위험성이 있다.

(4) 철근 수중절단

잘라졌든지 크게 구부러진 철근은 모두 제거하여 피복 부분을 복구하기 전에 새로운 것으로 바꾼다. 구부러진 철근을 다시 구부리거나 펴 경우 훗날 구조적인 파괴의 원인이 될지도 모르므로 크게 구부러진 철근을 다시 구부리거나 펴서는 안 된다.

수중에서 강봉을 절단하는 방법에는 일반적으로 산소 연료, 산소 아크 및 기계적 절단이라는 3종류의 방법을 사용하고 있다.

(i) 산소 연료 가스 절단

수중에서 강봉을 절단하는 기술 중 가장 오래 전부터 사용되는 방법은 산소 가스 토치를 사용하여 절단하는 방법이다.

이 방법을 대개 10m 이상의 깊이에서 사용하게 되면 아세틸렌 가스가 폭발할 위험성이 있는 불안정한 상태가 되기 때문에 종래의 산소 - 아세틸렌 절단 토치를 사용할 수 없으므로 연료 가스로서 수소를 사용한다. 그러나 산소 - 수소 불꽃은 산소 - 아세틸렌 불꽃보다 온도가 낮으므로 연소나 용해를 이용한 절단은 공정이 상당히 늦어진다.

(ii) 산소 아크 절단

산소 아크 절단방법은 작업을 위한 주요한 열원이 불꽃이 아니고 전기 아크인 점을 제외한다면 산소 연료 가스절단 시스템과 마찬가지로이다.

손상된 철근망을 제거하기 위해 사용했을 때 산소 - 아크시스템은 철근을 절단하기 위한 매우 빠른 수단이다. 산소 - 아크 시스템은 아크와 함께 고압 제트수 (수압보다 6bar 위)를 사용하도록 개조할 수 있다. 이 고압 제트수는 용접 작업의 편의를 위해 표면을 깨끗이 씻어 내고 작업표면에서 산화된 생성물을 제거한다.

(iii) 기계적 절단

한정된 수의 지름이 작은 철근을 절단할 때는 기계적 타입의 절단기를 사용하는 것이 가장 편리하다. 이러한 경우의 기계는 보통 수련식 다이아몬드 커터로 하지만 볼트 절단기와 같은 순기계적인 공구도 사용된다.

(5) 최종 바탕처리

손상된 콘크리트나 철근을 제거한 후, 철근의 보수작업은 커플러, 용접 접이음(손상 철근 길이의 3배 정도)을 하거나 새로운 길이의 철근으로 교체하고, 손상된 콘크리트 표면은 깨끗한 물로 씻어 내어 박테리아나 미생물을 제거해야 한다. 박테리아나 미생물은 불과 몇 시간 만에 생육(生育)하여 보수 재료와 구조물 사이의 결합을 약하게 하고 보수실패의 원인이 되

기도 한다.

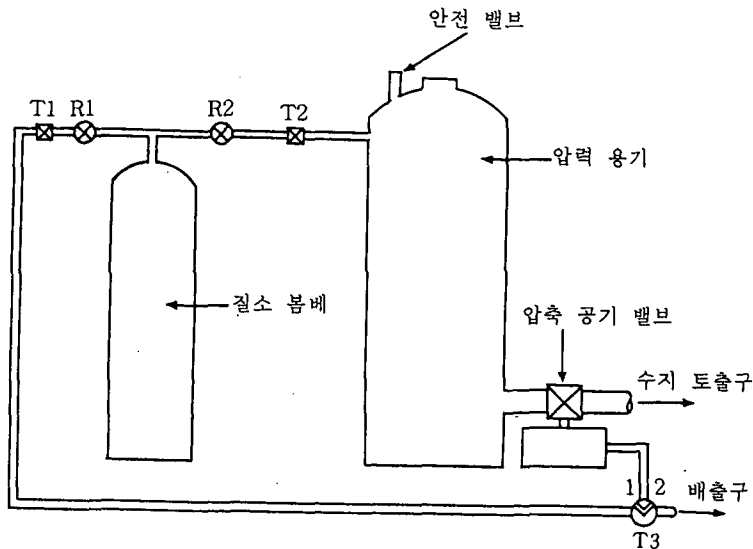
(6) 시공 방법

수중보수 공법에는 열화손상의 형태와 균열 주입, 소단면 보수(패칭 보수) 및 대단면 보수로 나눌 수 있으며 기본적인 사용재료와 시공방법은 육상의 일반 보수공법과 유사하지만 수중이란 작업환경이 일부 수중용 재료와 시공법의 차이를 나타내게 한다.

(i) 균열 주입 보수

수중 균열 주입에는 균열폭에 따라 시멘트계의 그라우트 또는 에폭시 수지가 사용된다. 시멘트계는 일반적으로 균열폭이 3mm보다 큰 경우에 적용되는데 시멘트가 유출되기 쉬운 단점이 있으므로, 일반적으로 점도가 낮고 용제를 사용하지 않는 수중용 에폭시 수지가 사용된다.

주입방법으로는 압력포트를 사용하는 경우(<그림 5-57>)가 가장 많으며, 좁은 면적을 보수하는 경우에는 손쉬운 수동식의 카트리지 주입 건을 사용하는 것으로 충분하다. 수지주입의 순서는 육상의 작업과 거의 같으며 주입 소요시간이 수지 경화시간을 초과하기 쉬운 깊은 수중에서는 주재료와 경화제의 두라인을 별도로 하여 주입직전에 혼합하는 방법이 프리믹스한 방법보다 효과적이다.



<그림 5-57> 수지 주입 압력 포트 (Taylor Woodrow)

(ii) 소단면 보수 (패칭 보수)

오물이나 낙하물, 저속 선반의 충격으로 생기는 작은 손상으로는 일반적으로 철근이 노출

되지 않는다. 미관상 이유나 노후의 진행을 막기 위해 작은 결손 부를 보수할 때 단면도 같이 복구하는 것이 바람직하다. 이러한 보수에는 작은 용적에 적합한 특수한 시멘트계의 재료나 수지계의 재료를 사용하는 것이 좋으며 굵은 골재는 비교적 많이 사용되지 않는다.

(a) 시멘트 모르터

보통의 시멘트 모르터가 수중에 들어가면 물의 이동에 따라 시멘트가 분산되기 때문에 표면이 급격히 유실(流失)된다. 따라서 경계면을 충분히 바탕처리하고 특수한 시멘트나 모래를 기초로 접착성이 뛰어난 첨가제를 넣어 유실에 저항하도록 제조한 수중용 모르터나 그라우트를 수중에 시공하면 기존의 바탕콘크리트와 좋은 결합력을 얻을 수 있다.

모든 시멘트계의 보수재료와 마찬가지로 고성능 모르터에 대해서도 강제 비빔 믹서가 중요하다. 수중용 모르터는 일단 육상에서 비벼진 후 수중으로 자유낙하하여 거푸집내에 채워지는데 보통 진동다짐을 하지 않아도 잘 다져지는 셀프 레벨링성을 갖고 있으며 일반적으로 20~150mm의 두께로 시공되고 있다.

한편 수직면 보수에는 흙손 바름용 모르터를 사용하는 경우도 있으나 불량하게 되는 경우가 많으므로 거푸집을 이용하거나 수중용 에폭시 퍼티재를 사용하여 보수하는 경우가 많다.

(b) 수지 모르터

보통 에폭시나 폴리에스테르의 수지 모르터는 수중에서 사용하는 것이 적당하지 않다. 그 이유는 수중에 있는 콘크리트와 부착할 수 없을 뿐만 아니라 경화제와 물 그 자체가 반응하여 수지 모르터의 성능을 현저하게 저하시키기 때문이다.

주재료(主劑)와 경화제를 혼합한 특수한 에폭시 수지와 폴리에스테르 수지 모르터는 수중에서도 사용할 수 있다. 주재료는 점도가 낮으며 중정석(重晶石)과 같은 무거운 골재가 포함되어 있다.

수중용 수지모르터는 일찍이 영국의 Sike사가 개발하였으며, 가장 대표적인 제품으로는 자연 낙하하여 수중에서 직접 거푸집 속에 주입할 수 있다든지 또는 대용량일 경우에는 프리팩트(prepacked)한 굵은 골재 사이에 주입할 수 있는 것이다.

수직면 보수방법에 사용되는 수중용 에폭시 퍼티재는 대기 중에서 미리 비벼 잠수부가 그 위치에 부착할 수 있으나 경화하기까지 바탕 콘크리트와의 접착력이 감소하지 않도록 배려해야 한다.

(iii) 대단면 보수

수중 보수용 콘크리트의 배합 설계는 보통 육상에서 하는 것과 같은 방법으로 한다. 그러나 수중보수 작업의 성질에 따라서 재료와 자재등에 특수한 조건이 요구되는 경우도 있다. 그것을 요약하면 다음과 같다.

(a) 재료

① 시멘트

어떤 종류의 환경조건에서는 특수 시멘트가 사용되기도 하지만 통상 보통 포틀랜드 시멘트가 해수용, 담수용 양쪽의 콘크리트에 함께 사용된다.

② 골재

기존 구조물에 사용되고 있는 골재와 마찬가지로의 크기, 입도, 형태의 골재를 사용하는 것이 보수를 할 때 좋은 방법이다. 그러나 보수 규모에 따라서는 더욱 작은 최대 입경의 골재 선택하는 것이 필요하게 되는 경우도 있다. 왜냐하면 트레미관이나 펌프 부어 넣기를 하기 위해서는 높은 위커빌리티를 갖는 배합이 필요하게 되므로 둥그스름한 굵은 골재와 좋은 입도 분포가 필수 조건이다. 철근이 없는 매스 콘크리트 공사의 경우에는 깨끗이 씻지 않은 바다 자갈이라도 수중 생물 또는 다른 물질을 함유하고 있지 않으면 감독의 승인을 받아 사용할 수 있다.

③ 비범용 물

보통 깨끗한 물을 사용해야 하며 그 속에 시멘트의 응결이나 기타의 성질에 유해하게 작용하는 오염물이 없어야 한다. 염분에 포함된 물은 강재가 없는 매스 콘크리트에만 감독의 승인을 받아 사용할 수 있다.

④ 혼화제

일반적으로 대규모의 부어넣기에는 혼화제가 필요하지 않지만 좁은 곳이나 철근이 뽕뽕하게 배치되어 있는 부분의 보수를 할 때는 유동 특성을 가지면서 응집성이 우수한 고성능 감수제의 사용이 필수적이다. 콘크리트의 비비기와 부어 넣기 사이에 상당한 시간이 걸릴 것으로 예상되는 곳에서는 경화지연제의 사용이 필요하나 수온이 낮으면 콘크리트의 응결 시간이 길어지므로 경화 지연제를 사용하지 않아도 된다. 불분리성 콘크리트에 사용되는 특허 혼화제는 포대(包袋) 상태의 프리믹스한 콘크리트와 함께 사용되고 있다.

⑤ 배합

수중콘크리트의 배합은 소요 강도가 발현될 구할 수 있도록 하되 모래가 조금 많을 정도로 하고 시멘트량을 약 25% 증가시킨다. 이러한 조정은 다짐 불량과 시멘트의 유실로 인한 강도저하를 없앴과 동시에 콘크리트의 응집력과 유동성을 증가시키기 위한 것이다.

시멘트량 $330\text{kg}/\text{m}^3$ 보다 낮은 빈배합(貧配合)의 경우는 시멘트가 유실되므로 바람직하지 않다. 그러나 펌프나 트레미 등으로 수중 타설하는 경우에는 시멘트 유실에 의한 강도저하가

그다지 크지 않으므로 필요 이상의 고강도로 배합설계하는 것은 권장할 만한 것이 못된다.

한편 펌프나 트레미(tremie pipe)공법에 필요한 배합을 결정할 때는 S벤드와 같이 구부린 부분이나 단면이 점진적으로 감소되는 부분 등에서 막힘 현상이 생기지 않고 시멘트의 유실을 최소화시켜 강도 및 투수성이 유지되도록 배합을 결정해야 한다.

⑥ 불분리성 콘크리트

불분리성 콘크리트는 일반 콘크리트에 혼화제를 첨가하여 개발된 특허 제품으로서 아직까지 배합이 공개되지 않은 시멘트 콘크리트와 함께 지난 20여 년간 사용되어 왔으며 그 품질의 우수성이 인정되고 있다.

불분리성 콘크리트의 특성은 유동성이 있어 무다짐과 셀프레벨링 효과가 우수하면서도 물을 걸들게 하는 특성이 있으므로 시멘트 분리나 유실을 방지하고 내침식성이 우수하여 콘크리트 표면의 노후를 막는다.

따라서 불분리성 콘크리트는 밀바닥 개폐식 버킷을 이용한 수중 타설에 적합하며 이미 부어 넣어 응결된 콘크리트 위에 일부만 덧씌우는데도 유용한 반면 펌프나 트레미를 이용한 파이프 타설에는 점착성이 강하여 적당하지 않다는 것에 유의해야 한다.

⑦ 폴리머 콘크리트

수중에 사용되는 폴리머 또는 수지 콘크리트로는 주로 수중용 에폭시 수지 콘크리트가 이용되고 있으며 프리팩트 콘크리트에 사용되는 시멘트 그라우트재의 대체재로도 사용되고 있다.

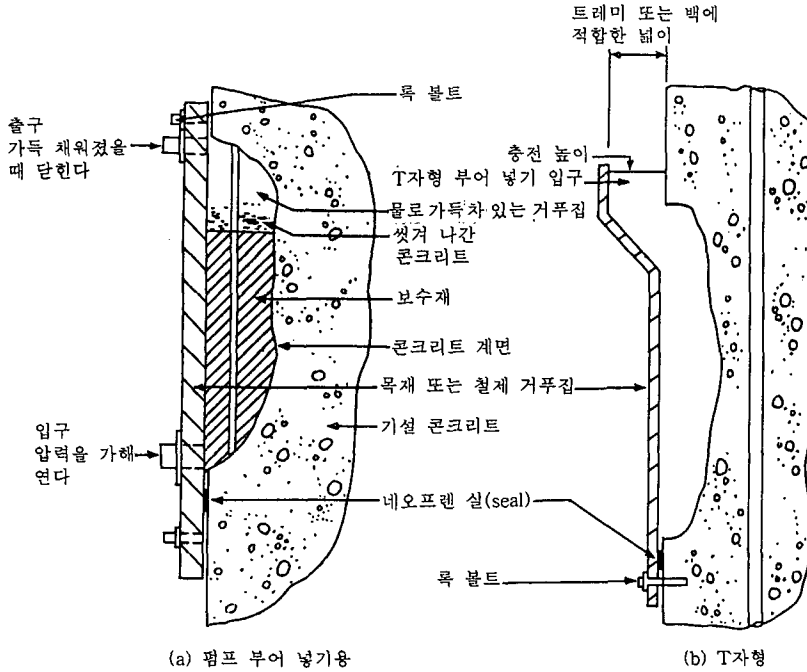
수중용 에폭시 수지는 시멘트계의 일반 그라우트재 보다 고가이지만 고강도, 내약품성, 저투수성등 품질이 우수할 뿐만 아니라 수중작업, 경화 시간의 조정 및 사용골재의 선택폭에 있어 유리한 장점을 갖고 있다.

프리팩트 콘크리트의 배합으로 에폭시 함유량이 낮은 결합재를 사용한 결과 얇은 층의 에폭시 수지 콘크리트를 사용한 보수비용은 불분리성 시멘트 모르터를 사용한 경우의 비용에 필적할 정도이다.

⑧ 거푸집

수중에서의 거푸집에 요구되는 성능은 보통 육상에서의 거푸집에 대한 것과는 다르다. 그중 가장 커다란 차이점은 거푸집이 수중에서 조립된다는 점이며, 또한 보수대상인 기설 구조물의 다양한 상태에도 적용되어야 한다는 점이다. 이러한 차이점은 설계와 조립 단계에서 반드시 고려해 두어야 한다. 많은 시공경험으로 얻은 결과는 설계당시 가정한 수중 거푸집 조립조건이 실제 시공시와 일치하는 사례가 좀처럼 없다는 것이다.

대개 수직 작업일 경우에는 최후에 실재(seal 材)가 되는 네오프렌(neoprene) 고무와 같은 고무 상태 개스킷(gasket)이 붙어 있는 거푸집을 견고하게 고정해야 하는데, 그 고정에는 띠 모양의 강재(帶鋼) 또는 콘크리트에 박아 넣는 록 볼트가 많이 사용된다.



〈그림 5-58〉 수중 보수를 위한 전형적인 거푸집의 상세도

기타 알려진 사실과 다른 경우에는 실제로 작업을 하는 다이버에게 얻은 정보에 의거하여 육상에서 임시 조립하는 것이 매우 중요하다. 거푸집 조립의 마지막 단계는 예기치 않게 발생한 선 또는 면의 틈을 실(seal)하는 것이다. 이렇게 하기 위해서는 콘크리트만 고정하고 물은 통과시킬 수 있는 캔버스 포대와 같은 유연한 구조(柔構造)인 것, 플라스틱 시트 모래 또는 시멘트를 채운 포대 등이 사용된다. 거푸집의 설치가 마감되면 바로 거푸집 속에 수중 생물과 같은 이물이 없는지 최종적인 검사를 할 필요가 있다.

(b) 수중타설 공법

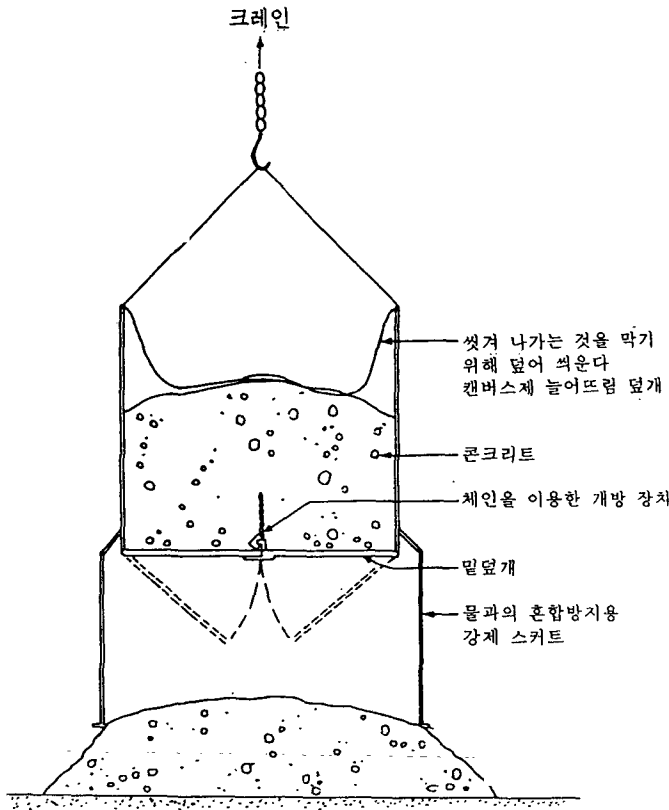
일반적으로 콘크리트를 수중에서 타설하려면 물과 접촉함에 따라 굳지 않은 상태의 콘크리트에서 시멘트의 일부가 씻겨 나와 콘크리트 표면의 강도를 저하시키고 또한 콘크리트내 철근에 연하는 물길이가 생기기 쉽다. 따라서, 수중에서 콘크리트를 타설할 때에는 콘크리트와 물의 접촉 면적을 가급적 최소로 하여 물 흐름에 의한 흐트러짐이 최소화되도록 하는 것이 중요하다.

수중에서 대규모 보수를 위해 사용되는 방법은 밑바닥 개폐식 버킷공법, 트레미 공법, 펌프 수중주입공법, 수중프리팩트 공법, 토글 백 공법, 수중 포대쌓기 공법 등이 있다.

① 밑바닥 개폐식 버킷 공법

밑바닥 개폐식 버킷공법은 구조물의 기초를 고정하거나 파이프의 앵커 블록을 실하는 경우에 매스 콘크리트를 흘려넣고 그것을 간단하게 부어넣기하는 방법으로, 버킷에 굳지 않은 상태의 콘크리트를 흘려넣고 보수하는 면 위까지 천천히 수중으로 내린 후 밑덮개를 열어 콘크리트를 자중으로 낙하시킨다.

버킷의 용량이 작은 점과 부어 넣기 준비에 시간이 걸리는 단점이 있어 소용량의 콘크리트를 여러 장소에 보수해야 하는 경우에 매우 적합하다.

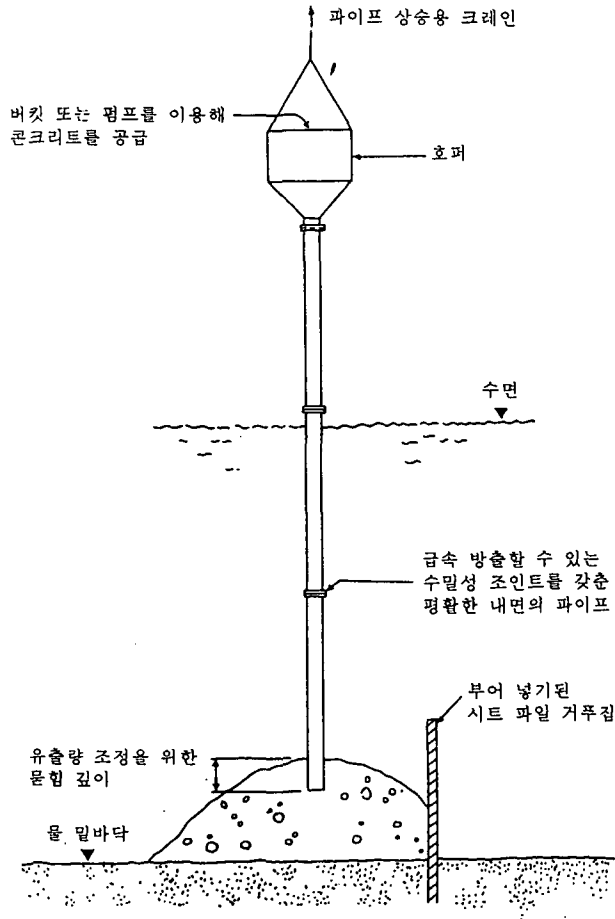


〈그림 5-59〉 밑바닥 개폐식 버킷의 전형적인 구조

② 트레미 공법

밑바닥 트레미 공법은 물에 콘크리트가 씻겨 나가는 것을 막기 위해 개발되었다. 일반적으

로 지름 150mm의 유연한(flexible) 파이프를 사용하여 수면으로부터 보수위치에 정확하게 콘크리트를 부어 넣을 수가 있으나 콘크리트 속에 물이 유입되는 것을 막기 위해서는 토출구가 항상 콘크리트 속에 깊이 묻혀 있어야 한다. 이 공법은 대용량의 콘크리트 부어넣기 혹은 밀바닥 개폐식 버킷의 사용이 제한되는 경우에 적용하는 것이 바람직하다. 트레미공법으로 빠르게 시공한 콘크리트는 밀바닥 개폐식 버킷을 이용한 콘크리트보다 균일성이 높다.



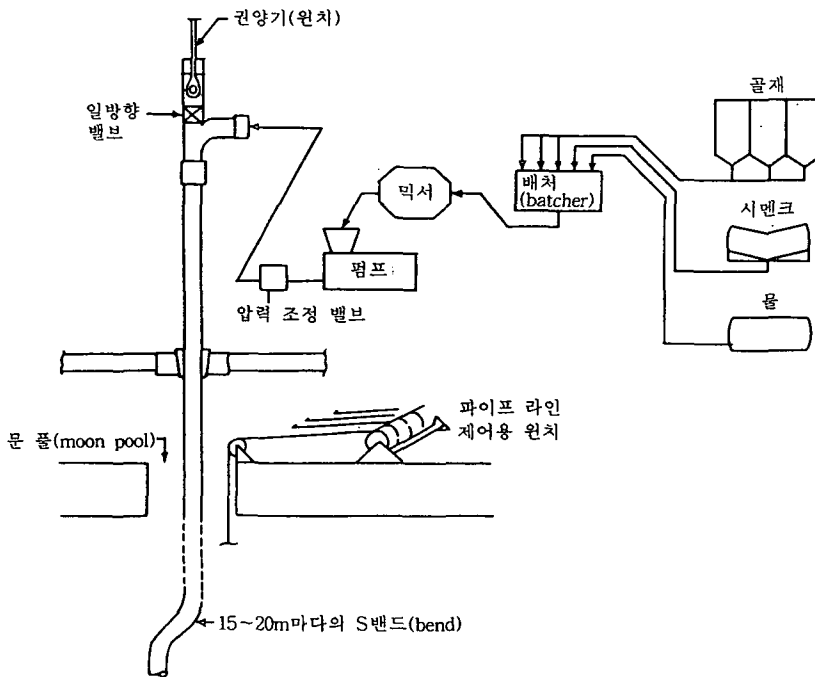
〈그림 5-60〉 트레미관의 전형적인 구조

③ 펌프 수중주입 공법

펌프수중주입 방법은 손상결함이 있는 수중 구조물의 기능을 회복시키기 위해 콘크리트를 부어 넣는 가장 적합한 방법의 하나이다. 가장 고품질의 콘크리트를 얻기 위해서는 펌프 주입 공법이 바람직하다. <그림 5-61>와 같이 거푸집 윗면에 뚫린 구멍을 통하여 물을 뽑아

내면서 콘크리트를 거푸집 밑바닥 부분에서부터 펌프로 부어 넣기 한다. 품질관리를 위해 펌프 부어넣기 공법은 물과 섞임에 따라 강도가 저하되는 콘크리트의 위층을 강제적으로 계속 씻어 흘러 보낼 수 있으며, 입·출구의 밸브를 막음으로써 거푸집 내의 압력을 높여 블리딩의 영향을 막을 수 있다.

만약 콘크리트를 일정 거리에서 수직 아래쪽으로 펌프 부어 넣기 할 때는 콘크리트가 펌프 부어 넣기 속도보다도 빠른 속도로 펌프의 관로를 통하여 자유 낙하할 위험이 있으므로 직각 또는 S밴드관을 파이프 중간에 삽입하여 낙하속도를 조정할 필요가 있다. 철근망과 거푸집 사이의 틈으로 콘크리트를 흘러 넣기 위해서는 대단히 높은 위커빌리티와 셀프 레벨링성이 요구되는데 이것은 수중에서 거푸집을 진동시키는 것은 콘크리트와 물이 섞일 위험성이 크기 때문에 부어 넣은 상태 그대로 유지하기 위함이다.



〈그림 5-61〉 수중펌프 주입공법

④ 수중 프리팩트 공법

프리팩트 공법에서는 보통 40mm 이상의 굵은 골재를 미리 설치된 거푸집 속에 배치한다. 그리고 나서 유동성이 높은 시멘트와 모래를 섞은 그라우트를 거푸집 밑바닥으로부터 주입하여 굵은 골재 틈속의 물을 그라우트로 치환하는 방법이다. 수중 프리팩트 공법은 특히 접근이 제한된다든지 흐름이 빨라서 일반적인 콘크리트라면 씻겨 흘러버릴 수 있는 수중이나 조류의 영향을 받는 장소에 알맞으며 고강도, 내부식성, 얇은 단면층 또는 긴급 보수 등이 요구

되는 경우에는 시멘트계의 그라우트 대신에 수중용 에폭시 수지를 이용하기도 한다.

기타 공법의 특징과 시공방법은 프리팩트 콘크리트 공법과 동일하다.

⑤ 토글 백(Toggle bag) 공법

토글 백 공법은 소량의 콘크리트 부어 넣기에 적합하며, 재 사용할 수 있는 캔버스 포대를 이용하여 그 상부는 막아 두고 포대가 거푸집 위에 도달했을 때에 밑바닥 부분을 열어 콘크리트를 방출시키는 방법이다. 시멘트 유실의 관점에서 보면 밑바닥 개폐식 버킷과 동일한 문제가 생긴다.

⑥ 수중 포대 쌓기 공법

포대 쌓기 공법은 콘크리트를 절반 가량 넣은 마대 포대를 벽돌쌓기 형식으로 쌓아 올려 보수하는 방법으로 마대의 그물코 틈에 스며나오는 페이스트가 각각의 포대 사이의 접착제가 된다. 이 방법은 보통 세굴보수, 밸러스트(ballast) 대체 또는 일시적인 응급 보수의 수단으로 이용된다.

(차) 철근보수공법

(1) 적용범위

철근은 철근콘크리트의 기본 요소로서 철근콘크리트에 매설된 철근을 부식이나 오염 등으로부터 보호하고 청정한 상태로 유지하는 것은 콘크리트의 내구성과 구조적 내하력의 저하를 방지하는 중요한 과제이다.

일반적으로 시행하는 철근부식 부분의 보수는 <그림 5-48>에서 보는 바와 같이 절단부의 표면처리, 철근방청, 단면회복, 표면마감의 순서로 하고, 여기에 사용되는 보수재료에는 (표 5-24)와 같은 것이 있다.

철근의 보수는 세척이 충분하지 않을 경우 보수 후 1, 2년 내에 효과를 상실하는 경우가 많다. 예를 들어 철근 전체 둘레의 50% 이상이 부식되지 않았다고 철근 전체 둘레의 콘크리트를 제거하지 않은 상태에서 부적절한 시공방법과 재료로 보수한 경우 1, 2년내 상실된다. 따라서 철근 부식이 생기지 않은 상태라 하더라도 콘크리트의 상태에 따라 염화물 및 중성화된 콘크리트가 철근주변에 존재할 가능성이 높으므로 철근 보수시에는 가급적 주변 콘크리트를 없애는 것이 좋다. 철근 주변의 콘크리트를 없애는 또 다른 이유는 다음과 같다.

- ① 보수재료가 철근 주변을 비교적 균일한 전기화학적 환경으로 둘러싸도록 한다.
- ② 보수부분을 기존바탕에 확실하게 부착되도록 한다.

(2) 철근녹과 발생환경

콘크리트 속의 철근이 부식하면 녹물이 생긴다. 녹을 형성하는 철의 부식 생성물은 산화물 또는 옥시수산화물이다. 이들 녹의 체적은 부식 전의 철의 체적보다 상당히 크다. (표 5-34)에 나타난 바와 같이 철이 산화물로 변화하였을 때의 체적팽창율은 약 2배, 옥시수산화물(FeOOH 계열)로 변화하였을 때의 체적 팽창률은 약 3배 정도이다.

(표 5-34) 철녹물의 팽창 배율

철녹물	색깔	비중	철에 대한 팽창률(단위)	비고	생성환경의 pH
γ -FeOOH (Lepidocrocite)	적갈색 (赤褐色)	4.0	3.12	철의 비중은 7.8 임	중성, 약산성
α -FeOOH (Goethite)	갈색 (褐色)	4.3	2.91		알칼리성, 산성
α -Fe ₂ O ₃ (Hematite)	철흑색 (鐵黑色)	5.3	2.21		
γ -Fe ₂ O ₃ (Maghemite)	갈색 (褐色)	4.9	2.29		
Fe ₃ O ₄ (Magnetite)	철흑색 (鐵黑色)	5.2	2.09		중성, 약알칼리성

철근의 부식환경에 따른 부식 생성물은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 콘크리트의 중성화에 의해 철근이 부식할 경우 중성 또는 약알칼리성에서 생성하는 Fe₃O₄가 존재할 가능성이 크다.
- ② 염화물에 의해 철근이 부식할 경우 중성화 진행이 없어도 부식생성물의 가수분해에 의해 철근표면의 pH가 상당히 저하되어 Fe₃O₄가 생성되기 쉬우며 α -FeOOH도 존재할 수 있다. 또 중성화가 동시에 진행되어 염화물 존재와 동시에 pH가 중성에 가깝게 되면 β -FeOOH가 존재할 가능성이 있다.
- ③ 콘크리트의 박리나 균열 등에 의해 철근이 노출될 경우 산소의 공급량이 증가하여 α -FeOOH나 국부적 γ -FeOOH가 생성되며, 여기에 다시 염화물이 존재하면 β -FeOOH가 생성될 가능성이 있다.

(표 5-35) 콘크리트 내부 환경과 부식생성물

철근 부식 여건	발생 가능성이 큰 녹	비 고
중성화한 콘크리트 내부	Fe_3O_4 무정형 옥시 수산화철	무정형 옥시 수산화철은 알칼리성에서 α -FeOOH로 변화
염화물을 포함한 콘크리트 내부	Fe_3O_4 α -FeOOH β -FeOOH (단, 중성화도 진행)	
박리 또는 균열에 의한 철근 노출부	γ -FeOOH α -FeOOH β -FeOOH (단, 염화물도 존재)	γ -FeOOH는 알칼리성에서 α -FeOOH로 변화

(3) 철근부식 보수 판단

철근의 부식 팽창으로 발생하는 콘크리트의 균열은 철근의 부식률(중량비 %)과 밀접한 관계가 있으며 피복두께(c)와 철근직경(d)의 비(c/d)가 7인 경우, 부식률이 4%에 가까워지면 비로소 균열이 생기기 시작하지만, c/d가 3인 경우는 부식률이 불과 1%에서도 균열이 발생한다는 연구결과가 있다.

(표 5-36) 균열발생과 철근부식률과의 관계

c/d비	피복두께 c(mm)	철근지름 d(mm)	균열발생 부식률 (wt.%)	비 고
7	89	13	4이상	
3	38	13	1이상	

또한 철근콘크리트의 휨저항력은 철근부식 균열에 의해 저하되는데 연구결과에 의하면 철근지름의 부식결손율이 1.5%가 되면 저하되기 시작하고, 4.5%가 되면 12%가 저하된다고 한다.

철근의 부식으로 피복콘크리트가 박리되어 철근이 노출된 경우에는 구조물의 안전성을 다시 검토해 볼 필요가 있으며, 일반적으로 철근 단면적의 25%이상(또는 2개 이상의 인접된 철근이 영향을 받고 있을 때는 20%이상)이 결손되어 있을 때는 철근의 보수가 필요하다.

(4) 시공방법

(i) 콘크리트 바탕처리

- ① 부식된 철근의 결합부 끝에서 부식되지 않은 철근이 적어도 75mm가 노출될 때까지 피복 콘크리트를 제거한다.
- ② 결합부가 독립되어 있어 패칭보수가 필요한 경우에는 결합부 주위 끝 또는 건전한 콘크리트 부분에서 적어도 300mm는 넓혀서 제거하며 표면에서 수직으로 절개한다.
- ③ 부식철근이 노출되어 있을 때 부식철근 하부에서 아래로 2cm 이상 제거한다.
- ④ 부식철근 하부의 철근도 부식되었거나 또는 하부철근 주위가 손상된 경우 혹은 하부철근으로 인하여 상부 부식철근 아래의 콘크리트 제거작업이 어려운 경우에는 하부 철근 아래로 2cm 이상 제거한다.

(ii) 부식철근의 세정

- ① 철근과 보수재료의 부착을 좋게 하기 위하여 철근녹($FeOOH$, Fe_3O_4 등)을 제거한다.
- ② 철근녹을 제거하는 방법에는 니들 스케일러(needle scaler), 동력 와이어 브러시(power wire brush), 블라스트(shot blast), 핸드 스케블러(hand scabber) 및 고압수(high pressure water) 등을 이용하고 있으며 이들 방법별 특징은 (표 5-37)와 같다.

(표 5-37) 철근부식 제거방법별 특징

제거방법	주 용 도	특 징
니들 스케일러	소규모 철근녹 제거	- 강침을 압축 공기로 피스톤 작용시킴
동력 와이어 브러시	소규모에 적합하나 철근 뒤쪽에는 비효과적임	- 노동집약적이나 설비비용은 높지 않음. - 표면이 매끄러워 부착에 다소 불리 - 발생먼지는 흡인처리
블라스트	대규모에 적합한 장치. 집약적 방법으로 신속 작업이 가능함	- 압축공기(7기압)로 모래(필요시 물혼입)를 분사 - 파편 모래로 환경오염 및 재수거 필요 - 작업자의 숙련도에 크게 의존(모래 사용량, 세정상태, 먼지 발생량)
고압(제트)수	콘크리트가 젖어있거나 수면 아래의 장소	- 고압수(21~70기압)를 세정 또는 연마 - 표면이 매끄러워 부착에 다소 불리 - 모래와 혼합사용시 과도한 표면요철 발생

(iii) 철근의 보호

철근은 신규로 타설된 양질의 콘크리트 환경하에서는 부식으로부터 보호를 받고 있지만 보수시에는 철근의 주위를 더욱 더 잘 보호하는 것이 바람직하다. 철근보호 방법은 보통 4종류로 나누어진다. 이외에 특수한 방법으로서 전기방식공법이 있으며 이에 대해서는 5.8장「특수공법」에 자세히 설명한다.

① 피복

콘크리트 속의 철근을 부식전류로부터 절연하기 위해서 철근을 에폭시 수지로 피복하는 방법이 있다. 현장에서 철근을 피복할 때는 에폭시 수지를 스프레이로 뿌칠하거나 솔로 도포한다. 그러나 이 때 철근 교차부위나 철근 안쪽과 같이 도포가 불량한 부분은 오히려 이 부분에 부식전류가 집중되어 부식이 촉진될 가능성이 있음에 유의한다.

철근의 부식의 근본원인은 전기화학적 반응이다. 따라서 노출 철근부 피복재료로서 비전도성 재료로 처리하면 그 주위에 국부전기가 형성되어 철근의 부식을 촉진하게 되므로 콘크리트와 전기전도성이 극단적으로 다른 방청처리재를 사용한다는 것에 대해서는 검토가 필요하다는 의견도 있다. 최근에는 폴리머시멘트페이스트계의 방청처리재 사용비율이 증가하고 있다. 또 폴리머시멘트모르타르도 폴리머의 종류에 따라서는 철근의 부식을 촉진하는 것이 있으므로 충분히 조사하여 사용할 필요가 있다.

② 음극보호/희생양극(유전양극법)

희생양극법은 철근 대신에 금속을 희생시키기 위하여 금속(주로 아연)으로 피복하는 방법이다. 이 방법은 아연을 브러쉬로 철근에 발라붙여 시공하여 왔으나 최근에는 콘크리트 표면에 아연을 부착하여 희생표면으로서 사용하도록 하는 방법(캘리포니아 DOT)이 시험적으로 적용되고 있다. 이 방법은 콘크리트 표면을 완전 보수한 후에 설치하며 표면에 부착된 아연과 내부 철근을 전기적으로 연결시킨다.

③ 음극보호/방식전류(외부전원법)

방식전류법은 부식을 일으키는 전류를 반대로 흘러가게 하는 방법이다. 양극(외부전원)을 콘크리트 표면 혹은 표면부근에 설치하여 전기적으로 철근에 연결한 후 전류를 회로에 강제적으로 흘려 넣음으로써 철근을 보호한다. 한편 방식전류법은 주변 환경과 평행을 유지할 수 있도록 지속적인 관찰과 조정이 필요하다.

④ 알카리 슬러리 피복

알카리 슬러리의 피복은 중성화되지 않은 콘크리트와 같이 철근의 부식을 방지한다. 이 방법은 철근과 부동태 충전재(알카리 슬러리)간의 결합재로서 비부동태의 에폭시를 사용하기

도 한다. 철근의 보호방법에 관해서 특히 유의해야 할 점은 철근보수를 부분적으로 실시하였을 때 보수하지 않은 부분이 오히려 보수하기 전보다 잠재적 부식가능성이 증가하는 경우가 있다는 점이다.

(카) 표면보호 공법

콘크리트 표면은 사용 중에 지속적으로 외부하중과 각종 환경하중에 의한 노후로 손상과 결함이 발생하게 된다. 이러한 손상과 결함을 보수하기 위해서는 노후손상부분을 완전하게 제거한 후 단면을 복구해야 하며, 필요시 환경하중을 완화 또는 정지시키기 위한 보호처리가 이루어져야 한다.

표면보호공법은 건설초기에 시공되는 경우도 있으나 사용 중에 보수·보강의 일환으로 노후손상부분에 대한 복구처리 후 후속 작업으로 이루어지는 경우가 많다. 즉 표면보호공법은 앞에서 기술한 균열보수, 단면보수의 2차 보호조치라 볼 수 있다.

이 공법은 보수의 목적과 방법 및 재료에 따라 다르므로 일반적으로 통용되는 명칭도 국내외 기술서적과 공법개발회사에 따라 여러 가지로 표현되고 있다. 주로 사용되고 있는 용어로는 표면처리 공법, 표면코팅, 표면라이닝, 표면피복 등이 있으며 시공방법상 약간의 차이는 있으나 콘크리트 표면을 보호하고자 하는 주목적은 대동소이하다고 볼 수 있다.

특히, 코팅과 라이닝의 차이는 용어상 차이가 있으나 시공방법상으로는 국내외에 있어 특별한 구분을 두고 있지 않다.

표면보호공법은 보호방법에 따라 콘크리트 표면에 폴리머를 함침시켜 보수 및 보호하는 함침공법과 콘크리트 표면을 폴리머로 코팅 또는 라이닝하는 도막 공법, 시트로 접착하여 보호하는 시트공법으로 대별될 수 있다.

(1) 함침(침투식)공법

폴리머 함침 공법은 기설 구조물의 넓은 표면이 주로 노후 손상되어 보수·보강을 요하거나 신설 구조물의 표면을 특별히 강화하기 위하여 침투성이 뛰어난 폴리머 함침재를 콘크리트 표면에 함침시켜 바탕 콘크리트의 재질과 성능을 개선시키기 위한 것으로서 통상 완전함침과 부분함침으로 구분된다.

이 공법은 주로 콘크리트 블록이나 야외 조형물 등 콘크리트 공장제품에 이용되어 왔으나 최근에는 콘크리트 교량의 바닥판이나 중공업 공장의 바닥 보수에 모체 함침 방식이란 이름으로 적용되는 사례가 늘고 있다.

특히 교량의 보수에 사용되는 재료에는 실란(silane)과 아크릴계 수지가 있으며, 실란은 미국연방 도로국(FHWA)에서 동결방지제의 피해방지용으로 성과가 입증되었으며 함침후 습기의 존재하에서 콘크리트의 주성분인 규사(정확히는 실리콘基 분자)와 결합하여 그 구조와 수명이 매우 안정적인 반면 아크릴계 수지는 함침효과가 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다.

폴리머 함침 공법의 콘크리트 함침성능은 100mm 정도로 알려져 있으며, 이에 대한 시공방법은 콘크리트 공장제품의 경우 주로 저압 비분무식 스프레이나 브러시 또는 침지(浸漬, dipping)의 방법으로 제조되는 반면 콘크리트 바닥 등의 현장 보수에는 고압 에어리스 스프레이 방식으로 시공되는 경우가 많으며 진공함침의 방법을 도입하여 함침효과를 높이기도 한다. 한편 이 공법은 함침재의 함침작업으로 보수를 종료하기 보다는 방수, 도색 등의 도막공법을 추가하여 최종 마감되는 경우가 많다. 함침재로 주로 사용되는 재료와 내마모성에 대해서는 폴리머 함침 모르타(콘크리트)를 참고한다.

(2) 도막공법

도막공법은 화학작용, 누수, 염해, 동결융해, 알카리 골재반응, 마모작용등에 의하여 손상된 콘크리트 표면을 보수한 후에 주로 폴리머로 코팅 또는 라이닝등으로 보수하는 공법이다.

코팅재는 보호의 목적에 따라 재료의 종류가 다양하고 새로운 재료가 계속 개발보급되고 있어 적합한 재료를 선정하기가 매우 어렵다. 따라서 콘크리트의 보수목적에 적합한 코팅재의 바른 선택이 중요하다.

(i) 코팅의 목적

중성화 방지용 코팅에는 염화고무나 폴리우레탄 수지, 아크릴 분산재가 기본이 되고 있다. 이들은 원래 이산화탄소가 콘크리트속으로 확산되는 것을 막기 위해 사용되고 있는데 염화물 용액의 함침도 억제하거나 저지시킨다. 대개의 경우 중성화방지 코팅은 습기의 자유로운 통과가 허용되므로 반드시 불투수성 재료를 사용할 필요는 없다. 다만 오래 동안 효과적인 공용기간이 요구되는 경우의 코팅은 충분한 바탕 처리가 필요하다.

내산 코팅은 발전소나 제철소등에서 발생하는 이산화황과 같은 산성 기체 또는 산성비와 같은 산성 액체로부터 콘크리트의 침식을 방지하기 위하여 시공되는 것으로 내산성과 아울러 침식조건에 잘 견디고 높은 화학 저항성도 지닌 코팅 재료의 선정이 필요하다. 보통 2액형 폴리우레탄 코팅은 비교적 약산성에 잘 저항하면서도 막의 습기 투과성을 유지한다. 극단적으로 부식하여 연속적인 막을 형성하기가 곤란한 환경에서는 두꺼운 막형 에폭시 도료가 바람직하다.

콘크리트 균열에 물이나 이산화탄소가 함침하는 것을 막기 위해 부분적으로 균열부를 코팅하기도 한다. 이러한 방법으로 보호되는 균열은 보통 아주 미세하며 구조적으로는 중요한 의미가 없고, 진행성 균열을 수지 주입으로 보수하는 것은 새로운 균열이 다시 발생하기 쉬우므로 바람직하지 않다. 이런 종류의 보수를 위하여 코팅에 필요한 것은 균열에 대응할 수 있는 유연성을 갖는 것이다. 두꺼운 막형의 폴리우레탄이나 에폭시-폴리우레탄이 이러한 용도에 사용되어 효과를 거두어 왔다.

하수관 보호 코팅은 콘크리트 하수관의 침식 및 균열을 방지하기 위하여 시공되는 것으로 콘크리트 하수관은 공장에서 가장 회석률이 저하되는 야간에 배출되는 폐액으로 인해 침식작용을

받는다. 중대한 손상의 대부분은 하수관 밑바닥 부분이 아니라 흡수선(吸水線)부분이나 관정부에 발생하고 때로는 관의 파괴를 초래 할 수 있다. 콘크리트의 손상은 물밑에 혐기성 슬러지가 있고 그 위에 산소가 존재할 때 티오바실루스 콘크리티보러스(*Tiobacillus concretivorus*)라는 박테리아에 의해 황산이 발생하게 되며 복잡한 화학반응을 거쳐 생성된 칼슘, 알루미늄, 황산염이 팽창되어 콘크리트에 균열이 발생하게 된다.

이러한 경우의 콘크리트관 보수는 취약부분을 완벽하게 제거한 후 비닐계, 아민(amine) 경화형 에폭시 또는 폴리우레탄 도료를 몇 번 겹바르기를 하여 비교적 두꺼운 막으로 코팅해야 한다. 또한 콘크리트관 내부에 축적된 산성분은 희석이 적은 맑은 날씨 동안 pH 6 이하가 될 수 있으며 이러한 콘크리트관은 타르에폭시로 라이닝한다.

한편 콘크리트관의 시공 이음매나 큰 균열은 수지주입이 권장되며 이 경우 코팅을 시공하고 경화한 후에 주입작업이 실시되어야 한다.

(ii) 코팅재의 종류

원료를 포함하여 만든 코팅은 경화하여 응집력이 있는 막을 형성한다. 코팅재의 주된 구성 요소는 주재료가 되는 결합제, 충전제의 첨가량을 늘려주는 희석제, 휘발성이 있는 유기 용제, 사용환경에 적합한 성질을 부여하는 충전제 또는 안료등을 포함한다.

용제형 코팅은 그 다양성이나 폭 넓은 용도 때문에 건설업계에서 가장 널리 이용되고 있다. 그러나 용제 코팅의 경우 그들 재료의 사용자 혹은 그 사용장소 내에 있는 사람에게 영향을 주지 않도록 적절한 대책을 강구해야 한다.

몇가지 예방대책으로는 유기용제의 기산(氣散)관리를 위한 환기처리, 폭발가능성에 대한 폭발 하한계(LEL)설정, 발화의 위험을 배제하기 위한 접지(接地), 작업자의 안전과 건강을 위한 입장한계량(入場限界量, Threshold Limit Values, TLV)의 설정과 철저한 이행을 들 수 있다.

무용제형 코팅은 잔류 용제의 특성과 화재등의 위험성이 없으며 비교적 두꺼운 도막을 얻을 수 있는 장점이 있으나, 두껍게 바르는 코팅 중에는 잘못 사용할 경우 과도한 발열이 생겨 충상박리가 생길 수도 있으며 대부분 점도가 대단히 높아 용제형 도료에 비해 시공이 어려운 점이 있다. 롤러로 시공되는 경우가 많지만 스퀴지(squeegee)를 사용하는 것이 바람직한 경우도 있다.

수성코팅은 용제를 제외하고 물속에 분산 또는 유화(乳化)시킨 도료를 사용하는 것으로 이때 물은 용제가 아니라 단지 전색제(展色劑)로서 작용한다. 수성코팅제는 유해한 증기나 폭발의 위험성이 없는 장점이 있는 반면 점도가 매우 높아 작업이 어려울 뿐만 아니라 고습도 조건이나 저온시에는 조기에 증발하지 않거나 경화 불량이 발생하게 된다.

수성코팅재로서 대표적인 수성 아크릴 수지 에멀션은 지붕용 반사코팅용이나 탄산화방지 코팅에 널리 사용되고 있으며, 최근에 개발된 수성 에폭시는 내화학성이 좋은 두꺼운 막을

형성하여 식품가공공장이나 병원의 바닥, 벽의 코팅재로 많이 활용되고 있다. 콘크리트 코팅에 일반적으로 사용되는 결합재의 종류나 그 특성 및 주용도는 (표 5-38)와 같다.

(iii) 코팅재의 도장방법과 열화현상

도장을 할 때에는 바탕의 표면 온도와 상대습도를 반드시 고려해야 하는데 노점(露點)이하에서나 온난 다습한 날씨에는 코팅을 시공해서는 안된다. 특히 에폭시 수지계는 5℃ 이하에서는 거의 경화하지 않는다. 반면 폴리우레탄과 비닐계 코팅은 비교적 온도의 영향이 적어 저온에서도 사용할 수 있다.

(표 5-38) 콘크리트 코팅에 일반적으로 사용되는 결합재

결합재	경 화 메커니즘	도료의 분류	건조 막 두께	적 용 예
2액형 에폭시 수지	경화제와의 반응	용제형	0.020~0.250mm 15mm 이하 0.040~0.120mm	내마모 도료, 바닥재, 음료수나 내약품용의 탱크 라이닝 마감재 건축용 파이프 라이닝이나 표면 흡손 바름재 유해한 용제를 함유하지 않는 중간 점도의 코팅, 바닥재
2액형 폴리우레탄 수지	경화제와의 반응	용제형 무용제형	0.025~0.075mm 0.500~2.00mm	탄산화 방지 코팅, 고풍택이고 세정성이 있는 내약품의 내용제용(耐溶劑用)마감재, 낙서방지코팅 튼튼한 바닥재
1액형 폴리우레탄 수지	대기중의 습기와 반응	용제형	0.125~0.150mm	바닥재나 미끄럼 방지 마감 코팅
에폭시 폴리우레탄 수지	범용 경화제와 반응	용제형	0.100~0.250mm	두꺼운 막혀 탄산화 코팅과 균열 추종이 가능한 우연형 코팅
비닐수지	용제증발	용제형	0.025~0.070mm	내용제성이 요구되지 않는 열화상태의 내약품 코팅
염화 고무	용제증발	용제형	0.100~0.300mm (배합과 용도에 따른다)	저온에서 하는 탱크라이닝용 탄산화방지 코팅으로, 특히 세정 등이 필요로 하는 경우
아크릴/라텍스 에멀션	수분 증발	수용성	0.100~0.700mm	특히 색채 안정성이 좋은 탄산화방지 코팅이나 내자의선성이 좋은 옥상 코팅, 균열 추종성 코팅
스틸렌 용해형 폴리에스테르 수지	과산화물 촉매에 따른 부가중합 (附加重合)	무용제형 (소량의 스틸렌은 증발한다)	1.5mm 이상 (유리무게에 따른다)	유리 섬유 이외의 재료용, 판 보강용 라이닝으로, 탱크나 맨홀이나 파이프 용도, 매우 높은 내약품성을 가지고 있다

도장의 방법에는 뽐칠, 롤러, 솔칠(붓칠) 및 흠손바름이 있으며, 뽐칠도장은 비교적 넓고 연속된 면을 도장하는데 적합하며 에어리스 스프레이(airless spray)가 가장 널리 이용되는 분무방식이다.

롤러도장은 장식마감에 널리 사용되며 그 밖에 많은 코팅에도 적합한 방법으로 결점이 적은 대단히 효과적인 도장방법이다.

솔칠 또는 붓칠은 균열이나 시공이음 위를 가늘고 길게 도장하거나 롤러도장이 곤란한 구석진 부분에 적합한 보조 도장방법이다.

흠손바름은 점도가 높은 도료를 두껍게 바르고자 할 때 에어리스 스프레이나 롤러에 대신하여 이용되는 방법이다. 한편, 도장에서 발생하기 쉬운 노후 및 불량현상에 대한 용어정의는 (표 5-39)과 같다.

(표 5-39) 도막노후의 종류 및 정의

노 후 현 상	정 의
변 색	도막표면색의 색상, 채도 또는 명도가 변화되는 현상
퇴 색	도막표면색의 채도가 낮아지거나 명도가 커지는 현상
변 퇴 색	변색과 퇴색이 혼재하는 현상
광택도 저하	도막표면의 광택이 저하되는 것
백 아 화	열, 자외선, 바람, 비 등에 도막이 열화되어 도막의 표면으로부터 점점 분상화되어 소모되는 현상
오 염	먼지, 철의 녹음, 유지, 유물등의 부착, 균류의 번식 등으로 표면이 지지분해되는 현상으로 통상적인 세정방식으로 제거되는 상태
마 모	도막표면의 열화, 표면에서의 열화 등으로 도막두께가 감소되는 현상
갈 라 짐	도막이 갈라지는 현상으로 마감도장의 균열과 주제(主劑)의 균열로 대별된다.
부풀어오름	도막이 기체, 액체 또는 부식생성물 등을 함유하여 부풀어 오르는 현상으로 정벌제의 부풀음과 주제의 부풀음으로 분류된다.
들 뜸 (벗겨짐)	도막이 부착력을 잃어 피막물로부터 분리되는 현상
균 열	바닥의 수축 등으로 도막의 바탕이 갈라지는 현상

5.5.6 지진 피해시 보수·보강

수리구조물의 지진에 의한 피해로서는 균열, 박리, 구조물의 경사, 침하, 활동 등이 있다. 무근콘크리트 구조의 구체는 타설이음새가 약점이 되고, 절단되어 절단면을 경계로 상하부가 엇갈려 움직일 수 있다.

보수공법으로서는 ① 표면처리공법 ② 충전주입공법 ③ 강제앵커·프리스트레스 도입공법 등이 있으나 내진보수공법으로는 주입공법이 많이 이용되고 있다. 균열에 에폭시수지를 주입하는 보수방법은 내력과 인성 모두 파괴전과 같은 정도로 회복하는 것이 가능하다. 표면처리공법은 균열에 따라 콘크리트의 표면에 피막을 설치하는 방법으로 보통은 폭이 좁은 균열에 따라 구조적인 강도회복을 목적으로 하지 않는 경우에 이용된다. 충전주입공법은 균열폭이 비교적 큰 경우의 보수공법으로서 수지 또는 무기계 재료를 균열에 충전, 주입하는 공법이다. 이 가운데 에폭시수지 주입공법은 구조부재의 강도회복의 목적에도 이용되고 있다. 강제앵커·프리스트레스 도입공법은 격음쇠 형태의 앵커를 균열을 가로질러 설치하여 균열을 봉합하는 공법으로 주로 보강을 겸한 목적으로 이용되고 있는 것이 많다. 프리스트레스 도입공법은 균열에 직각 또는 45°정도로 PC강재를 배치한 후 긴장시켜 프리스트레스를 주는 공법이다.

균열의 보수공법으로서 종래에는 시멘트풀의 주입, 모르타의 슛크리트 등이 있었지만 최근에는 에폭시수지계의 프리스트레스를 이용하는 경우에는 프리스트레스 도입량을 콘크리트의 강도, 작용응력 등을 충분히 고려하여 콘크리트의 압축응력을 허용응력 이하로 하여야 한다. 또한, 균열의 보수와 동시에 단면의 보강을 행할 경우에는 수로교 슬래브의 보수에 이용되는 강관접착공법을 이용하는 경우도 있다.

콘크리트 박리의 보수공법으로서는 철근이 노출되어 있지 않은 경우 또는 노출되어 있지만 녹이 생기지 않은 경우에는 결손된 콘크리트를 제거하고 시멘트 모르타, 콘크리트, 수지모르타 등으로 단면을 보충한다. 공장배수 등의 영향을 받기 쉬운 박리 개소에는 내산성, 내약품성이 있는 도장을 이용하는 것도 효과가 있다.

5.5.7 설계도서의 작성

보수공사를 시행하기 위하여 필요한 도면 및 보수사양서를 작성한다.

< 해 설 >

보수보강사양서에는 설계도서, 회복목표에 따른 보수공법, 보수범위, 보수재료의 선정 및 평가에 대해 기술한다. 또 보수후의 잔존목표내용연수를 추정하는 것이 곤란하기는 하지만 보수재료를 이용한 촉진성능저하시험데이터나 시공실적조사 등을 기초로 잔존목표내용연수를 선정하여 두면 좋다.

5.6 보수 공사

5.6.1 일반사항

- a. 보수공사를 시행할 경우에는 설계도서의 내용을 숙지하고 시공계획서를 작성한다.
- b. 보수공사의 실시에 앞서 시공조사를 행하여 보수공사의 범위, 보수재료, 공법의 적부를 확인한다.
- c. 시공조사의 결과, 설계도서에 기재된 내용에 이의가 있는 경우는 설계자와 협의하고, 설계변경 등의 조치를 취한다.
- d. 관계당국 등에 대해 필요한 제 수속은 지체없이 행하여 승인을 받아둔다.
- e. 공사중의 소음 등에 대해서 인근주민에 사전설명을 한다.

5.6.2 시공계획서의 작성

- a. 설계도서 및 시공조사의 결과에 근거하여 시공계획을 세우고 시공계획서를 작성한다.
- b. 시공계획서의 내용은 원칙적으로 다음의 항목을 포함시킨다.
 - (1) 공사개요(공기, 공사규모, 공사시공체제, 공사관리체제, 기타)
 - (2) 사용하는 재료, 공법 및 사용기기의 투입 계획
 - (3) 시공요령
 - (4) 품질관리, 시공관리계획(재료의 시험·검사, 시공품질의 검사, 기타)
 - (5) 공정계획(공정표, 작업수량, 기타)
 - (6) 설계계획(가설건물, 지보공, 재료적치장, 공사용기계, 전력설비, 급배수설비, 울타리, 기타)
 - (7) 공사용도로, 주차장소의 계획
 - (8) 거주자, 근린주민, 통행인, 차량통행에 대한 안전대책(사고, 재해, 공해대책)
 - (9) 방재계획
 - (10) 안전관리계획

5.6.3 시공조사

시공조사는 설계도서에 제시된 보수에 의한 회복목표, 보수공사의 범위, 보수재료·공법의 적부를 확인하기 위하여 행한다.

5.6.4 시공요령의 작성

사용하는 재료·공법에 의한 시공순서에 따라서 전처리에서 검사까지 포함하고 공정, 순서, 작업요령, 관련지식을 정리한 시공요령을 작성한다.

5.6.5 공정계획의 작성

보수공사는 합리적으로 진행하기 위하여 전체공정, 월간공정, 주간별 공정 등의 공정 계획을 세우고, 공정표를 작성한다.

5.6.6 관계 당국에의 승인을 요하는 제수속의 실시.

관공서, 시행주, 기타의 관계자에 대해 관계 서류를 제출, 지체 없이 설명하고 인허가 또는 승인을 받는다.

5.6.7 시 공

- a. 시공계획서에 정해진 시공요령에 따라서 공사를 진행한다.
- b. 시공에 있어서는 목표 공기내에 합리적이고 신뢰성이 높으며 안전하게 시공되도록 유의한다

5.6.8 공사현장관리

- a. 공사현장관리는 원칙적으로 시공자가 주체가 되어 시행한다.
- b. 시공자는 공사기간중 품질보증 또는 시험계획에 따라 소정의 빈도 및 소정의 방법으로 품질시험을 실시하고, 기록을 공사 감리자 또는 감독자에게 제출한다. 공사감리자 또는 감독자는 관리기록을 확인함과 동시에 소정의 빈도로 확인시험을 실시하고, 아래에 나타난 항목에 대해 검사를 한다.
 - (1) 표면 처리
 - (2) 사용재료의 조합
 - (3) 보수작업
 - (4) 작업후의 양생

5.6.9 기록

시공자는 시험 및 검사기록, 공사일지, 기성서류, 공사사진 및 도면 등을 작성하고 정비하여 둔다.

5.6.10 완료검사 및 인도

- a. 시공자는 공사 완성후에 발주자의 검사를 받는 동시에 완성도, 시공도, 공사기록, 유지관리 계획서 등의 필요서류를 정비하여 발주자에게 인도한다.
- b. 공사완료 후의 검사는 공사감리자의 입회하에 하고, 다음에 제시한 항목에 대해서 실시한다.
 - (1) 보수 사양서와 일치하게 실시되었는가 (공정검사의 기록 및 검사결과)
 - (2) 외관 및 마무리 상황 (육안검사)
 - (3) 성능 및 기능의 회복 상황 (비파괴검사, 파괴검사)
 - (4) 성능 및 기능의 유지 (추적조사, 각종시험)
- c. 검사결과가 불합격의 경우는 공사감리자의 지시에 따른다.

5.7 보수공사후의 경과 관찰

5.7.1 일반사항

- a. 보수공사 완료 후 점검 또는 모니터링 조사에 의해 보수 및 보강 부분의 보수효과를 계속적으로 확인한다.
- b. 점검은 반드시 하고 모니터링 조사는 필요에 따라 실시한다.
- c. 점검 및 모니터링 조사의 결과는 기록하여 보존한다.

5.7.2 점검 및 모니터링 조사의 계획

- a. 점검 또는 모니터링 조사에 앞서서 조사의 빈도, 조사의 범위 및 조사의 방법에 대해 계획을 세운다.
- b. 점검은 원칙적으로 3년에 1회 실시한다. 모니터링 조사는 계속하여 실시한다.
- c. 점검의 범위는 구조물 전체로 하고, 모니터링 조사의 범위는 보수 공사를 실시한 부분으로 한다.
- d. 점검은 육안 관찰, 촉감 및 타진으로 하고, 모니터링 조사는 비파괴시험 및 파괴시험으로 한다.

5.7.3 점검 및 모니터링 조사의 기록

점검 및 모니터링 조사 결과를 정리하여 조사표에 계속 기록하고 보존한다.

5.8 특수 공법

5.8.1 일반 사항

특수공법을 채용할 경우 공법의 원리, 보수효과에 관한 시험결과 등 공법에 관한 자료를 수집하고 그 특징과 시공시 유의 사항을 파악한다.

< 해 설 >

보수 공법은 세계적으로 보아도 아직 도입단계에 불과한 기술이고 신규로 발명·개발된 공법도 많다. 확실한 보수효과를 얻기 위해서는 공법에 사용되는 재료, 시공공법은 물론이고 그 기술에 특유한 사항에 대해서 충분히 이해한 다음 활용하는 것이 중요하다.

여기서는 특수공법으로서 전기화학적 보수 공법의 원리, 공법의 개요, 주의사항 등에 대해 기술한다.

5.8.2 전기화학적 보수공법

- a. 전기화학적 보수공법은 철근 부식 환경이 심할 경우에 적용을 검토한다.
- b. 전기화학적 보수공법에는 전기방식, 탈염공법 및 재알칼리화 공법이 있다.

< 해설 1>

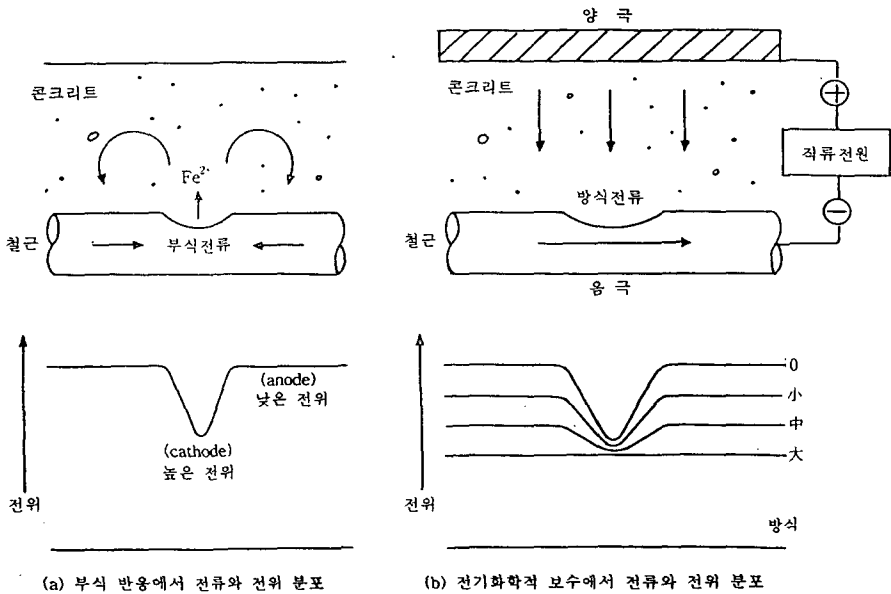
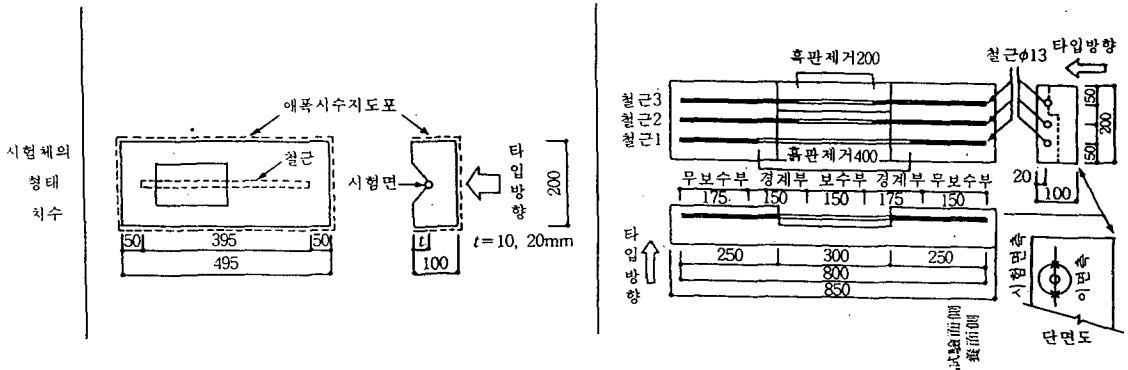
- a. 전기화학적 보수공법은 다음과 같은 원리에 기초를 두고 있으며, 철근부식환경이 현저한 경우에 효과가 기대된다.

성능저하된 철근 콘크리트 구조물에 양극을 붙인다. 공기중에 있는 구조물의 경우는 콘크리트 표면을 양극으로 덮던가, 적당한 간격으로 콘크리트속에 양극을 매설하는 방법을 쓴다. 탈염공법·재알칼리화공법에서는 콘크리트와 접촉하고 있는 이온 전도성 매체 중에 양극을 매설한다. <그림 5-62>(b)와 같이 양극을 저전압의 직류전원장치인 정류기의 +극에 접속하고 철근은 -극에 접속시켜 음극으로 한다. 이 경우 콘크리트 중의 세공용액이 전해액으로 작용하여 전류가 흐른다. 부하전류에 의해서 부식을 억제하는 효과가 있지만 몇가지 주의를 요하는 사항도 있다.

<그림 5-62>(b)에 보이는 바와 같이 철근에 방식전류가 흐르면 철근에 흐르던 부식전류

는 경우(일반적으로는 수용액 또는 paste) 철근이나 콘크리트내로부터 이동해온 염화물을 흡수한 후 전해액과 함께 제거시킨다. 이것이 전기화학적 탈염공법의 핵심이다.

한편 수산기 이온은 전기화학적 반응에 의해 발생하고 철근·콘크리트 경계면에 있는 산소와 물을 저장시킨다. 수산기 이온은 이동과 확산에 의해 점차 피복 콘크리트 전체에 퍼진다. 이것이 전기화학적 재알칼리화공법의 핵심이다.



〈그림 5-62〉 부식반응과 전기화학적 보수의 개념도

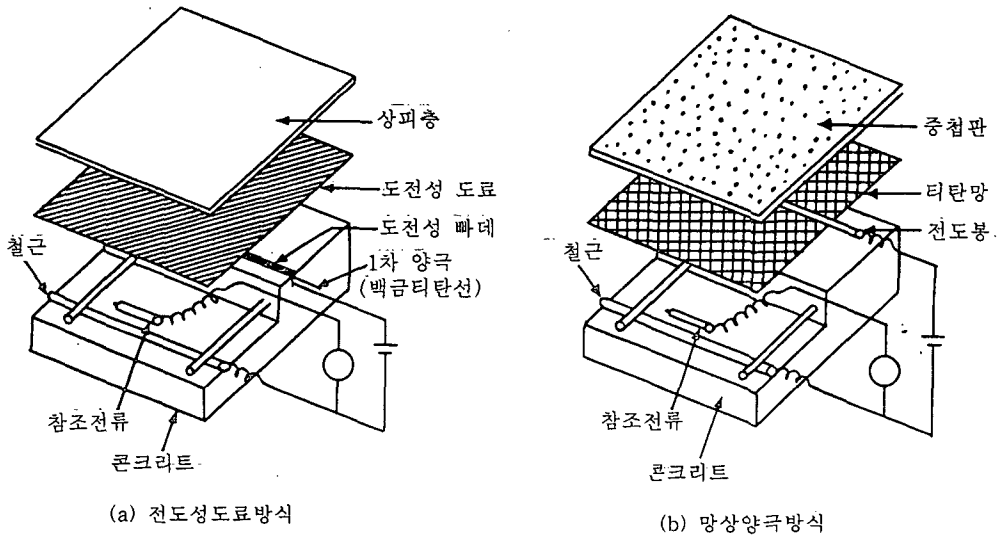
b. 전기화학적 보수 공법의 종류는 다음의 3가지 공법이 있으며 원리는 모두 같다.

1) 전기방식(Cathodic protection)

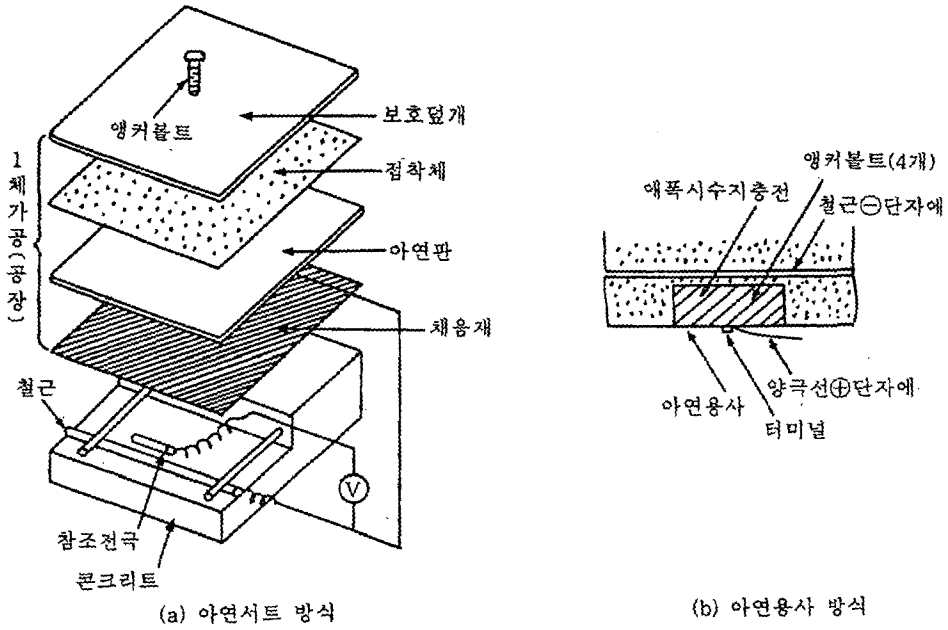
부식환경하의 금속이 갖는 전위를 외부에서 전류를 주어 강제적으로 변화(분극)시켜, 부식이 생기지 않는 전위, 즉 방식전위까지 이행시켜서 부식반응을 정지시킨다. 이에 는 다음 2가지 방식이 있다.

- ① 외부전원방식 ; 직류전원을 사용하여 보조전극은 + (anode)전극으로 하고 피방식체를 - (cathode) 전극으로 하여 전류를 통과시키는 방법으로서 도전성 도료방식·망상양극방식 등이 있다. (<그림 5-63>(a), (b)참조).
- ② 유전양극방식 : 피방식체에 이것보다 낮은 금속(galvanic anode, sacrificial anode)을 접촉하여 양자간의 전위차를 이용하여 방식전류를 흐르게 하는 방법으로서 아연시트방식·아연용사 방식 등이 있다. (<그림 5-64>(a), (b) 참조)

이들 중 적절한 방식방법의 선정은 전원의 여부, 전류조정, 내구성(역학적·전기적), 하중, 외관, 시공성, 가격 등을 고려하여 결정한다.



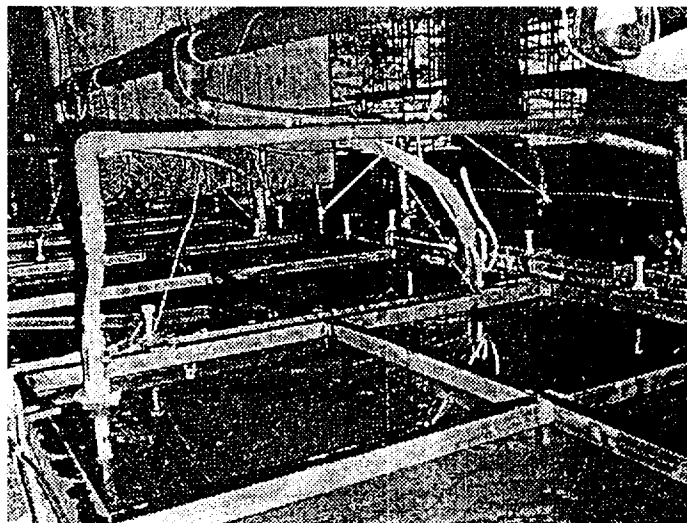
<그림 5-63> 외부전원방식에 의한 전기방식



〈그림 5-64〉 유전양극 방식에 의한 전기방식

2) 탈염공법 (Electrochemical chloride removal, desalination, chloride extraction)

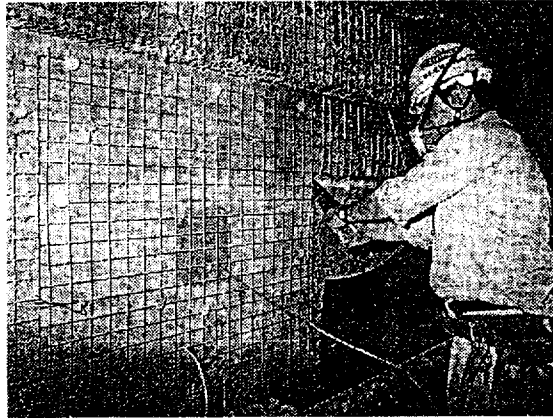
콘크리트 내부의 철근을 음극으로 하고 콘크리트 표면에 양극을 설치한 후, 두 극간에 직류 전류를 일정기간 흐르게 하여 콘크리트 중의 염화물이온을 철근 주변에서 콘크리트의 표면으로 이동시켜 부식의 원인인 염화물을 제거시키는 공법이다.



〈사진 5.8.1〉 탈염공법(슬래브 하면에서의 탈염)

3) 재알칼리화 공법(Electrochemical realkalization)

중성화된 콘크리트 내부의 철근에 음극을 연결하고, 콘크리트 표면에 알칼리 용액보지층(보통 Cellulose fiber)을 설치한 다음 양극을 연결시키고 직류전류를 일정기간 흘려 중성화부분의 알칼리성을 회복시킨다.



〈사진 5.8.2〉 재알칼리화 공법(양극이 되는 임시전극의 설치)



〈사진 5.8.3〉 재알칼리화 공법(알칼리용액 보지층으로서 Cellulose fiber 뿔어붙임)

4) 전착공법(Electrodeposition method)

콘크리트 구조물 내부의 철근에 음극을 연결시키고, 해수 중에 양극을 설치한 다음 미약한

직류전류를 수개월간 통과시켜 주면, 해수중의 용융되어 있는 칼슘 이온이나 마그네슘 이온 등이 구조물의 균열부나 표면부로 이동하여 탄산칼슘이나 수산화마그네슘을 주성분으로 하는 電着物로서 나타난다. 이로 인해 균열부나 표층부가 치밀해져 산소나 이산화탄소의 투과가 억제되어 철근의 부식이 억제된다.

이 공법은 해수층이 가까이 있어야 하므로 해양 콘크리트 구조물에 적용되는 특수한 공법이다.

< 해설 2> 전기화학적 보수 공법의 특징 비교

1) 전기화학적 보수공법의 비교(표 5-40)

(표 5-40) 전기화학적 보수 공법의 비교

	전 기 방 식	탈 염 공 법	재알칼리화 공법
시공기간	항구적 시공	4~12주간	4~20일간
전류밀도(A/m ²)	0.01	1	1
직류전압 (V)	2~30	10~40	10~40
양극(陽極)	도전성 도장(導電性 塗裝) 티탄망, 기타	연강(軟鋼) 티탄망	연강(軟鋼) 티탄망
전해액	콘크리트 중의 세공용액	수도물 Ca(OH) ₂	Na ₂ CO ₃ Ca(OH) ₂
방식기준	분극전위 전위변화량	코어의 염화물 이온량	코어의 중성화 깊이 Na ⁺
모니터링 간격	시공후 6개월마다	시공 중 2~3주마다	시공 중 2~3주마다

2) 전기화학적 보수공법의 장점

- i) 염화물 이온농도가 높거나 중성화가 진행하고 있어도 구조적으로 건전한 콘크리트는 철거할 필요가 없다. 종래의 파괴적 보수공법에서는 어디까지 콘크리트를 철거하는가가 큰 문제로 되는 점에 비하면 커다란 장점이다.
- ii) 철근의 방청 처리가 불필요하다.
- iii) 방식기준이 명확하고, 보수효과의 확인이 용이하다.

(표 5-40)에 나타나 있는 바와 같이, 전기방식에서는 콘크리트 중에 매설된 참조전극 [<그

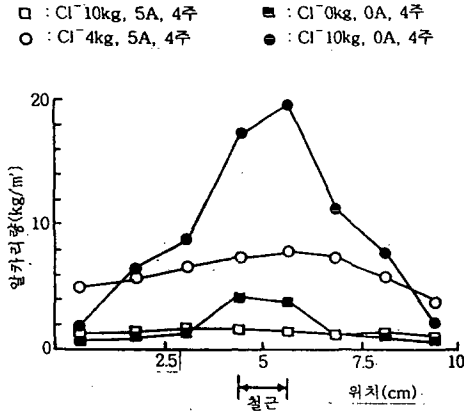
림 5-63>, <그림 5-64> 참조>에서 전위를 측정하는 것에 의해, 탈염공업에서는 채취한 콘크리트 코어 중의 염화물량 [(표 5-43) 참조]을 측정하는 것에 의해, 재알칼리화 공법에서는 채취한 콘크리트 코어의 중성화 깊이나 알칼리량 [<그림 5-65>참조]에 의해 보수효과를 확인한다.

3) 주의사항

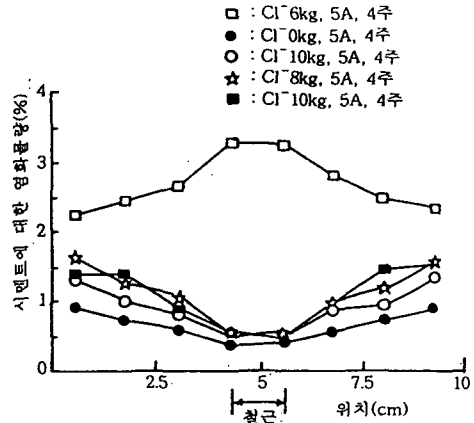
전기화학적 보수공법에 공통적인 주의 사항을 아래와 같으며, 어느 것이든 전류 밀도를 적절히 제어하면 이를 회피할 수 있다.

(표 5-41) 재알칼리화 처리 전과 처리 후의 pH치

구 분	콘크리트 표면	철근 부근
처리 전	9.6 ~ 10.0	10.4 ~ 10.8
처리 후	11.2 ~ 11.6	13.2 ~ 13.6



<그림 5-65> 알칼리 분포



<그림 5-66> 염화물이온 분포

i) 알칼리이온의 강제로 이동에 따른 철근주변의 알칼리골재 반응성

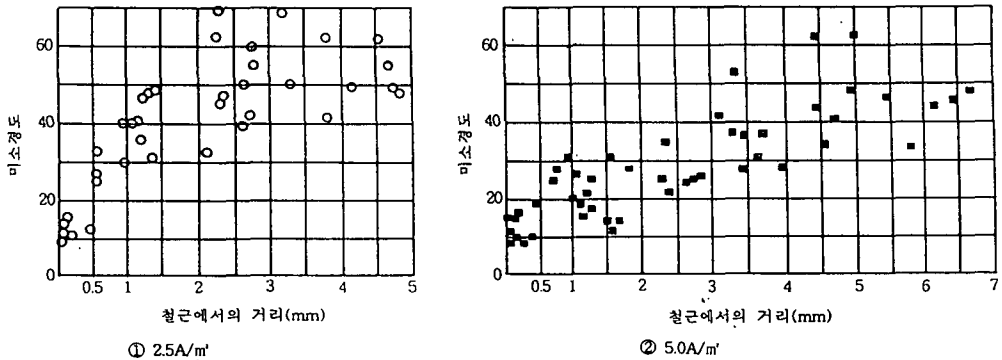
알칼리 반응성 골재를 포함하는 경우, 수산기 이온의 발생을 동반한 알칼리 이온의 콘크리트내 축적은 알칼리 골재반응이나 이에 따른 과대한 팽창을 촉진할 가능성이 있다. 이러한 사실은 알칼리의 농축에 관한 실험결과를 나타낸 <그림 5-65>를 살펴보면 철근부위에 알칼리의 집중현상이 발생한다는 사실로부터도 확인할 수 있다.

ii) 강재 · 콘크리트 경계면에서의 수소발생

과잉 부(負)전위에서는 일반적으로 높은 전류밀도를 형성하며 이로 인해 수소가스가 철근 표면에서 발생할 가능성이 있다. 수소분자의 철근표면 흡착은 경고없이 고강도 강재의 취성 파괴를 일으킬 가능성이 있다. 따라서 전기화학적 방식공법을 PC강재의 방식대책으로 사용하기 위해서는 특히 주의를 요한다. 그 외에도 발생한 수소가스의 압력에 의해 피복 콘크리트가 균열을 일으킬 가능성도 있다.

iii) 콘크리트 및 콘크리트 · 강재 경계면에서의 화학적 · 물리적 변화

수산화 이온(OH⁻)이 증가함에 따라 시멘트풀 중의 C-S-H상을 형성하고 있는 SiO₂가 이온으로 용출하고 이로 인해 시멘트풀의 물리화학적 특성이 변하여 연성화되고 이로 인해 콘크리트와 강재의 부착강도에 문제가 발생할 수 있다. Cl-량 8kg/m³ 콘크리트에 2.5A/m² 또는 5A/m²로 8주간 전류를 통과시킨 경우, 철근에 수직한 단면에서 철근으로부터의 거리에 따른 시멘트풀의 경도(硬度)분포를 조사한 결과가 <그림 5-67>이다.



<그림 5-67> 경도분포

iv) 국부적으로 높은 전류 밀도 영향

국부적으로 높은 전류밀도가 형성되면 그곳에는 과도한 가열현상이나 이에 동반하는 콘크리트의 균열이 발생할 가능성이 있다. 그러므로 평균 전류밀도 보다도 높은 전류 밀도가 형성되는 곳이 없도록 주의할 필요가 있다. 국부적으로 높은 전류 밀도는 국부적으로 피복 두께가 작은 장소 · 투수성이 큰 장소 · 배근밀도가 낮은 장소 · 함수량이 큰 장소 등에서 많이 발생한다.

v) 양극측에서의 염소가스의 발생

환기가 불충분한 환경하에서는 건강상의 문제, 폭발의 위험이 있다.

vi) 양극측에서의 산의 생성

콘크리트에 국부적인 성능저하를 일으킬 가능성이 있다.

4) 보수 전 선행 조사 사항

피복두께, 중성화 깊이·염화물량의 분포와 같은 일반적인 조사 항목외에 다음과 같은 항목을 추가로 조사할 필요가 있다.

- i) 철근이 전기적으로 연속되어 있어야 하며 연속되어 있지 않다면 연결하여 연속성을 확보한다. 불연속면이 아무곳에서나 있는 경우는 전기화학적 보수를 적용하지 못한다.
- ii) 균일한 방식전류 통과를 방해하는 요소인 부식 균열·박리나 높은 전기저항을 갖도록 이전에 실시한 보수공사가 강재 주변의 콘크리트나 피복 콘크리트에 존재해서는 안 된다.
- iii) 알칼리 골재 반응에 의한 조기성능저하를 방지하기 위하여 골재 중에서 알칼리 골재 반응을 일으키는 골재를 조사할 필요가 있다.

5) 시공실적

전기 화학적 보수공법으로서 전기방식 공법, 탈염 공법, 재알칼리화 공법 등의 각각에 대한 시공실적을 (표 5-42), (표 5-43), (표 5-44) 및 (표 5-45)에 나타내었다. (표 5-42)은 전기방식공법을 도로상판 구조물에 적용한 사례이며, (표 5-43)는 일본에서의 전기방식공법을 적용하여 시공한 건수와 면적을 나타내고 있다. 이 표에서 일본에서의 시공실적이 해마다 증가하고 있는 것은 전기방식 공법의 유효성이 인정되었기 때문으로 판단된다.

(표 5-44)는 각국에서 시공한 탈염공법 및 재알칼리화 공법의 시공실적을 나타낸 것이며 (표 5-45)은 이들 실적을 구조물별로 분류한 것이다.

(표 5-42) 전기방식 공법의 도로 상판 시공실적 (국별)

국 명	최초 적용연도	시공실적 건수	전시공면적(m ²)
미 국	1968	350	500,000
캐나다	1974	44	43,000
이탈리아	1989	7	64,200
오스트리아	1987	1	1,500
덴마크	1989	3	500
노르웨이	1989	2	540
프랑스	1987	1	200
영 국	1986	2	-
중 국	1985	3	800
스위스	1986	2	1,500
일 본	1986	1	20

(표 5-43) 일본에서의 전기 방식의 시공실적

시 공 연 별 분 류		
시공연도	건수	시공면적
1986	1	12
1987	1	24
1988	2	46
1989	5	313
1990	5	241
1991	4	2915
1992	6	577
1993	4	100
1994	4	1357
합계	32	5585

시공대상별 분류	
대상구조물	건수
교량	13
잔교	9
부두	2
안벽	3
건축물	5
합계	32

(표 5-44) 탈염공법·재알칼리화 공법의 지역별 실적

지역	탈염공법	재알칼리화 공법	합 계
영 국	7	23	30
스칸디나비아	13	15	28
스위스	6	13	19
벨기에	3	12	15
기타 유럽	7	8	15
일본	3	4	7
오스트랄리아	3	1	4
중 동	2	0	2
미국 / 캐나다	2	0	2
홍 콩	1	0	1

(표 5-45) 탈염공법, 재알칼리화 공법의 구조물 종류별 실적

건축물의 종류	탈염공법	재알칼리화 공법	합 계
사 무 실	10	37	47
도 로	17	18	35
주 택	4	13	17
주 차 장	9	2	11
공 장	4	1	5
상하수도	0	5	5
잔 교	3	0	3

제 6 장 건 축 물

여 백

제 6 장 건 축 물

6.1 서 론

모든 건축물은 사용하는 날부터 노후(老朽)되게 마련이다. 도장이나 벽지 등과 같이 수시로 바뀌어야 하는 것도 있고 설비배관 등과 같이 증장기적으로 교체해야 하는 것들도 있으나 건축물의 골조는 내용년수(耐用年數)가 길기 때문에 장기간 안전을 유지하도록 관리해야 한다.

본 장에서는 농업기반시설 중 조작실, 권양기실, 양·배수장 등의 건축물을 유지관리하는 동안에 발생하는 건축물의 노화 및 안전에 대한 진단과 보수·보강에 관한 내용을 기술하고자 한다.

6.2 노화진단의 진행방법

6.2.1 노화현상의 개요 및 건물의 점검주기

건물의 노화 및 안전진단에 있어서 상태를 파악하고 수선하기 위해서는 적합한 시기와 진단방법이 중요하다. 건물 노화의 전체적인 경향은 건축물의 내부보다 환경의 변화가 심한 옥외부분이 노화하기 쉬운 조건에 있으며, 또 옥외에서도 방위와 빗물의 영향을 받기 쉽다.

옥외부분에서 초기 트러블의 대표적인 것은 준공 후 2~3년내에 발생하는 균열과 방수처리가 불량한 장소에서의 누수나 불량도장부분의 박리현상 등의 시공불량으로 인한 노화현상 등이다. 준공 후 4~5년 전후가 되면 도장부분의 노화가 두드러지고 철재는 녹이 발생하게 된다. 준공 후 10년 전후가 되면 벽면 전체가 더러워지고 타일면의 박리, 균열과 실(Seal)의 노화부분에서 빗물이 새는 것이 문제가 된다. 방위마다 오염상황에 차이가 두드러지며 외부 실은 10년 전후가 수명으로 다시 실링하는 등의 개수시기를 맞는다. 준공 후 15~20년 전후가 되면 외부 전체에 오손이 두드러져 전체적인 세정이나 개수가 필요하게 된다. 방수에 관해서는 재료와 공법에 따라 노화상황이 다르며, 시트방수와 도막방수, 아스팔트 노출방수 등은 10년 전후가 수명이고 누름 아스팔트 방수 등의 본격적인 방수 마무리는 실적에 의하면 20~30년 정도의 내구성을 기대할 수 있다.

커튼 월이나 새시류는 강재인 경우 녹이 발생하기 전에 다시 도장을 실시하면 거의 반영구적인 내구성을 기대할 수 있지만, 녹슨 상태로 방치하면 부식으로 인해 15~20년 정도 이상의 내구성을 기대하기 어렵다. 또 알루미늄 제품에 있어서도 차양 등의 아래쪽과 같이 빗물에 씻기지 않는 부분에는 부식 물질이 부착되기 쉬우며 재질과 노화환경에도 관계되므로 빠른 것은 3년 정도 지나면 처마 뒷면 알루미늄 스펀드럴의 한 면에 점 모양의 부식이 발생하

기도 한다.

옥내 부분에서는 건물 준공 후 2~3년 동안은 문 등 창호류의 장착 조정이나 국부적으로 상태가 나쁜 부분 또는 방수불량 장소의 보수가 필요하게 된다.

준공 후 10년 전후의 기간 중에는 유리의 파손, 비닐타일과 클로스 붙임 등의 박리, 국부적인 곰팡이 등으로 인한 오염, 부분적인 파손 부위나 창호류의 개폐 불량 등 통상적인 노화현상이 발생한다.

건물내부의 전체적인 개수요인은 오손으로 인한 노화 현상이 주요한 내용이며, 준공 후 15~25년 전후에 옥내의 조명 기기나 배관 등의 설비 교체시기에 맞추어 내장 전체의 오손으로 인한 노화에 대한 개수 시기를 맞는다.

(표 6-1)은 건물의 부분별 점검내용 및 점검주기를 나타낸다.

(표 6-1) 건물의 점검주기

건축물의 부분		점 검 내 용	점검주기	
구조부분	기 초	균열, 변형, 손상 또는 침하의 유무	3년 이내	
		지반면에 대한 건축물의 침하 또는 부상의 유무		
	토대, 기둥, 보, 가새, 벽, 바닥, 지붕, 발코니, 계단 기타	균열, 변형, 손상, 녹, 부식, 도장의 퇴색 또는 접합부의 풀림 유무		
	목 재	개미 발생 또는 개미 피해의 유무		1년 이내
마감부분	바닥마루	마감재의 균열, 손상, 들뜸, 녹, 부식, 마모, 도장의 낡음 또는 결로의 유무	1년 이내	
		방수층의 방수 성능		
		배수상태나 퇴적물의 유무		
		바닥 점검구의 변형, 마모의 유무, 접하		
		바닥 핏트내의 균열, 누수 또는 결로의 유무, 배수상태의 우열		
	계 단	마감재의 균열, 손상, 들뜸, 녹, 부식 또는 마모의 유무		
		논슬립의 변형, 손상 또는 마모의 유무, 접합 상태		
	벽	마감재의 균열, 변형, 손상, 녹, 부식, 결로, 도장상태		3년 이내 단, 외부는 1년 이내
		접합 상태		
		방수층의 방수성능		
		실링재의 균열, 변형, 손상 유무		
		금속류의 변형, 녹, 부식, 도장 상태, 접합 상태		
창 호	변형, 손상, 마모, 녹, 부식, 도장상태, 작동 상태	1년 이내		
	실링재의 기밀성, 균열, 변형, 손상 유무			

건축물의 부분		점 검 내 용	점검주기
마감부분	천 정	마감재의 균열, 변형, 손상, 들뜸, 녹, 부식, 결로, 우수침입 유무	3년 이내 단, 외부에 대하여는 1년 이내
		커튼박스, 천정 개구의 변형 및 손상의 유무, 접합 상태	
		금속재의 변형, 녹, 도장 상태 또는 접합 상태	
	평 지 붕	마감재의 신축 줄눈의 균열, 손상 들뜸의 유무	3년 이내
		패러핏의 균열, 손상 들뜸의 유무	
		방수층의 방수성능	
		배수구의 퇴적물의 유무, 배수성능	
		실링재의 균열, 변형, 손상 및 마모 상태	
	경사지붕 또는 유리지붕	금속류의 변형, 손상, 녹, 부식, 도장의 낡음 등의 유무 또는 접합 상태	1년 이내
		지붕재의 균열, 변형, 손상, 녹, 부식 및 도장 상태	3년 이내
	접합 상태		
	바탕재의 변형, 녹 또는 부식의 유무		
	루프 드레인과 선홈통	방수성능	1년 이내
		실링재의 균열, 변형, 손상 및 마모 상태	
	손 스 침	금속류의 변형, 녹, 도장 상태, 접합 상태	1년 이내
손상, 녹, 부식, 결로, 도장의 상태 또는 퇴적물의 유무			
	접합 상태 또는 배수성능	1년 이내	
	손상, 녹, 부식, 결로, 도장의 상태 또는 퇴적물의 유무	1년 이내	
	손상, 녹, 부식 또는 도장 상태, 접합 상태	1년 이내	

6.2.2 노화진단의 진행

일반적으로 건물의 노화진단은 노화현상의 수선이나 자산평가의 유지 등이 큰 동기이며 노화진단은 학술적인 조사 등 특별한 경우를 제외하고도 수선을 전제로 하여 계획·실시해야 한다. 따라서 노화진단에는 다음 사항에 대한 평가 및 보고가 있어야 한다.

- ① 건물의 현상태는 보수·보강 등의 수선이 필요한 상황인가?
- ② 노화의 범위, 진행단계는 어느 정도인가?
- ③ 노화상태를 회복하기 위해서는 어떤 정비가 필요한가?
- ④ 보수·보강 등의 수선에는 어느 정도의 비용이 필요한가?

노화진단에서는 대상부분의 노화상태 진단 이외에 노화상태를 수선하는데 필요한 기술정보 즉 수선이력, 기존의 시방 및 시공도, 대상건물의 재질특성 등에 관한 자료를 수집해야 한다. 비전문가라도 이해하기 쉽도록 간결하고 경제적인 진단을 위해서는 점검항목에 대해 정량적(定量的) 평가를 하는 것보다 (표 6-2)와 같은 진단점검표를 작성하여·진단자의 경험에 의거한 정성적(定性的) 평가를 할 수 있다.

6.3 구조체의 노화

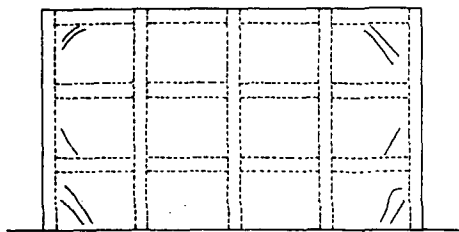
구조체에 발생하는 노화현상은 건축물 전체의 노화정도에 복합적으로 영향을 미친다. 약간의 균열이 있어도 콘크리트의 중성화에 영향을 줄 수 있으며, 한냉지에서는 동해에 영향을 준다. 또한 내부철근까지 도달하는 균열은 철근의 부식에 영향을 주고, 부재를 관통하는 균열은 누수의 원인이 되고 다른 부분의 노화를 일으킨다.

6.3.1 균열의 원인

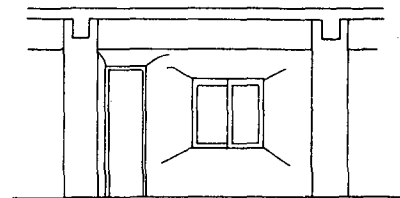
균열의 발생원인은 설계, 환경, 재료, 시공 등 여러 가지 원인이 있으며, 이를 원인별로 분류하면 (표 6-3)과 같다. 이중 가장 많이 볼 수 있는 것이 콘크리트의 건조수축과 바닥슬래브 하부근의 처짐이다.

(표 6-3) 콘크리트의 균열원인

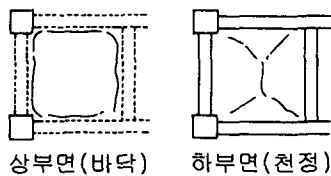
분 류	원 인
설 계 관 련	설계조건의 가정 착오, 응력계산 착오 등 세부설계의 불량
하 중 관 련	사용하중, 지진력, 과다하중, 단면·철근량 부족, 부등침하
환 경 요 인	환경·온도의 변화, 콘크리트 부재양면의 온도차, 동결·융해의 반복, 화재에 의한 표면의 가열, 내부철근의 녹에 의한 팽창, 산·염류의 화학작용
재 료 의 성 질	시멘트의 이상응결, 시멘트의 이상팽창, 콘크리트의 침하 및 블리딩, 골재에 포함되어 있는 진흙, 시멘트의 수화열, 콘크리트의 경화·건조수축, 반응성 골재와 팽화암의 사용
시 공 관 련	혼화재료의 불균일한 분산, 장시간의 반죽, 펌프 압송시의 시멘트·물의 중량, 급속한 타설속도, 불균일한 타설, 두판, 배근처짐, 철근 피복두께의 감소, 거푸집의 변형, 누수, 동바리의 이탈, 급속한 초기건조, 경화시의 진동 재하, 거푸집의 조기제거, 초기동결



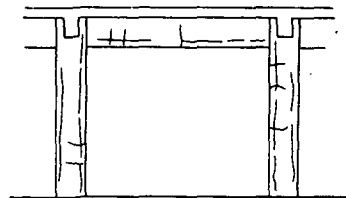
(a) 건물우각부의 경사균열



(b) 개구부 우각부의 경사균열



(c) 슬래브의 휨균열



(d) 철근의 녹에 의한 균열

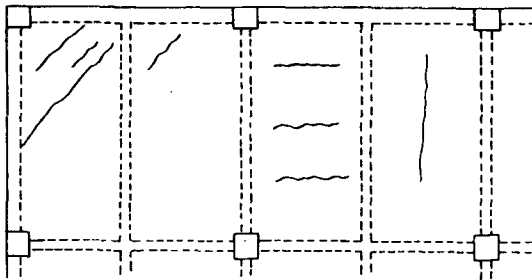
<그림 6-1> 균열의 형태와 원인

6.3.2 균열 형태 및 점검

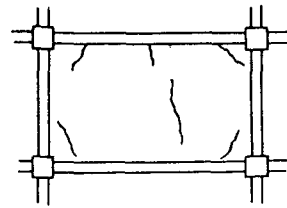
균열손상은 건물의 주변상황을 종합해서 조사하고 노화현상의 원인을 추정하는데 활용할 수 있다.

1) 슬래브에 생기는 균열형태와 원인

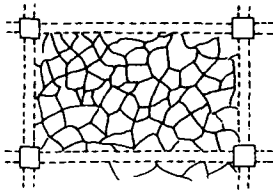
- (a) 건조수축1 : 건물 모서리부분의 슬래브와 중간부분의 슬래브에서 콘크리트가 건조됨에 따라 수축하여 발생하는 경우
- (b) 건조수축2 : 슬래브 모서리부분에 발생하는 형태로 철근배근불량으로 발생한다.
- (c) 건조수축3 : 망상의 거북등 모양으로 불규칙하게 발생하는 형태로 재료혼합불량, 불량 골재사용한 경우
- (d) 철근부식에 의한 균열 : 철근배근 간격의 바둑판 모양으로 발생하는 형태로 피복두께 부족, 철근의 녹발생으로 인한 경우
- (e) 요발(腰拔)슬래브 : 조기 동바리 철거, 하중과다, 하부철근의 처짐등으로 발생하는 경우



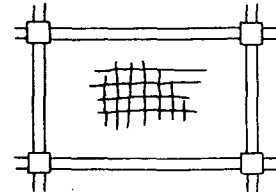
(a) 건조수축균열 (1)



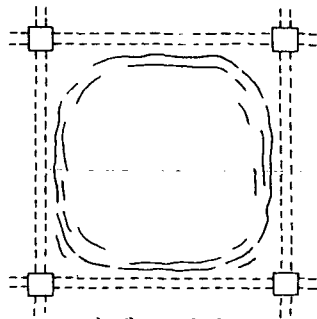
(b) 건조수축균열 (2)



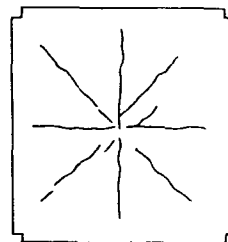
(c) 건조수축균열 (3)



(d) 철근의 부식에 의한 균열



슬래브 윗면



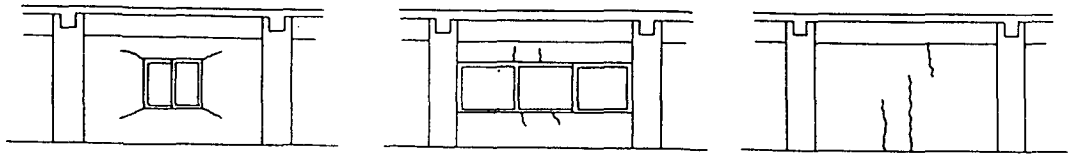
슬래브 밑면

(e) 요발(腰拔)슬래브

<그림 6-2> 슬래브에 생기는 균열형태와 원인

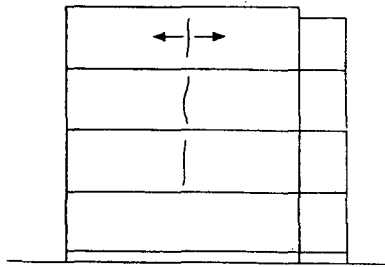
2) 벽이나 개구부에 생기는 균열형태와 원인

- (a) 기둥·보에 의해 주변이 구속된 벽에 개구부가 있으면 우각부에 경사진 균열이 일어나기 쉽다.
- (b) 허리벽과 내림벽에는 수직방향의 균열이 일어나기 쉽다.
- (c) 큰 벽에서는 건조수축에 의해서 종방향으로 인장균열이 생긴다.
- (d) 큰 벽에서는 기초가 구속되어 상부구조가 수축하기 때문에 단부에 경사균열이 일어나기 쉽다.
- (e) 콘크리트 타설시에 시간간격이 있는 경우에 콜드조인트가 되어 균열이 생긴다.
- (f) 큰 벽에서는 부동침하에 의해서 역팔자 형태의 균열이 생긴다.
- (g) 철근의 부식에 의한 균열은 피복두께가 작은 곳에서는 철근의 노출을 동반하는 것이 많다.

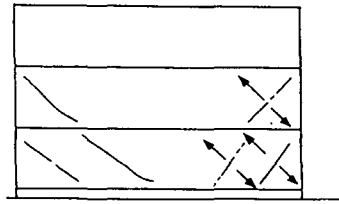


(a) 건조수축균열 (1)

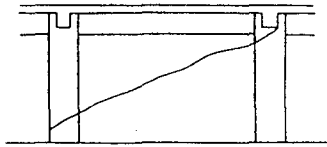
(b) 건조수축균열 (2)



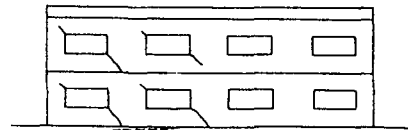
(c) 건조수축균열 (3)



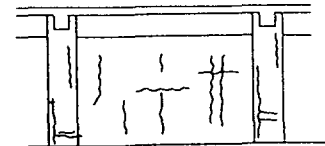
(d) 건조수축균열 (4)



(e) 콜드조인트에 의한 균열



(f) 부동침하에 의한 균열

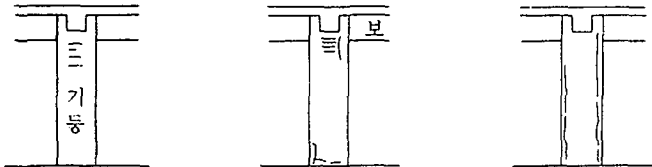


(g) 철근의 부식에 의한 균열

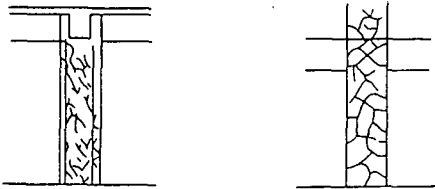
〈그림 6-3〉 벽이나 개구부에 생기는 균열형태와 원인

3) 기둥에 생기는 균열형태와 원인

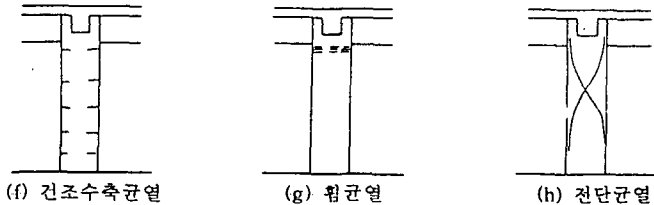
- (a) 피복두께 부족이 원인으로 대근을 따라서 균열과 박리가 생기는 경우
- (b) 주두부와 주각부에서 철근이 한쪽으로 몰려서 피복두께가 부족하여 균열과 박리가 생기는 경우
- (c) 콘크리트중에 염화물을 다량 함유하여 주근에 따라서 균열이 발생하는 경우
- (d) 기둥의 중심부에 종방향으로 균열이 생기는 경우
- (e) 기둥 외부면에서 거북등 모양의 균열이 발생한다.
- (f) 기둥의 각부에 횡방향으로 균열이 생긴다.
- (g) 지진시에 주두부분에 휩균열이 생긴다.
- (h) 지진시에 경사방향으로 전단균열과 주근에 따라서 부착균열이 생긴다.
- (i) 주각부 등에는 두판등이 생길 가능성이 많지만, 그 부분에 균열이 생긴다.
- (j) 연속시공이 안 될 경우 이미 타설한 콘크리트가 먼저 응결을 시작해 그 후에 타설한 콘크리트와의 사이에 균열이 생긴다.



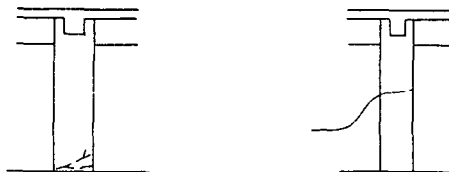
(a) 철근부식에 의한 균열 (1) (b) 철근부식에 의한 균열 (2) (c) 철근부식에 의한 균열 (3)



(d) 알칼리골재 반응에 의한 균열 (e) 동결융해작용에 의한 균열



(f) 건조수축균열 (g) 휩균열 (h) 전단균열

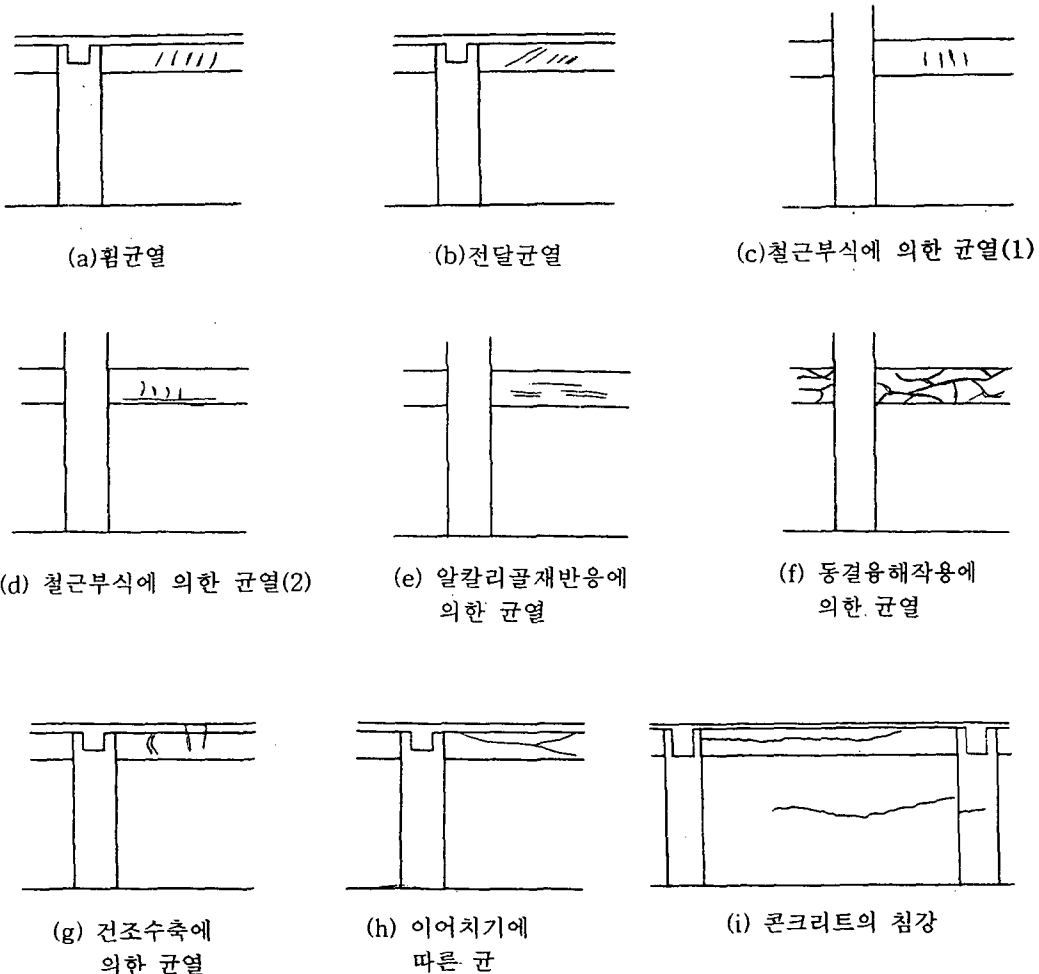


(i) 두판에 의한 균열 (j) 콜드조인트에 따른 균열

<그림 6-4> 기둥에 생기는 균열형태와 원인

4) 보에 생기는 균열형태와 원인

- (a) 휨모멘트를 받고 있는 보에서는 미세한 휨균열은 허용된다.
- (b) 부동침하와 지진시에 전단력을 받는 경우에 균열이 생긴다.
- (c) 피복두께가 부족하면 늑근에 따른 균열로 박리가 생긴다.
- (d) 보의 주근을 따라서 균열이 생기는 것으로 콘크리트중에 염화물을 다량으로 함유하는 경우에 균열이 생긴다.
- (e) 보의 중심부에 수평방향으로 균열이 생긴다.
- (f) 외부에 면한 부재에 거북등형의 균열이 생긴다.
- (g) 구조재의 축에 직교하는 방향으로 균열이 생기며, 바닥슬래브까지 관통한다.
- (h) 먼저 타설한 콘크리트와 나중에 타설한 콘크리트의 경계면에서 균열이 생긴다.



<그림 6-5> 보에 생기는 균열형태와 원인

6.3.3 구조체 균열의 허용 한계

콘크리트 구조체의 균열 조사, 보수, 보강에 있어 유해한 원인이 이미 제거되었을 경우 어디까지의 균열 범위를 허용한계로 보아야 하느냐는 건물에서의 누수, 철근의 발청, 진동, 장해, 미관의 손상 등 정도에 따라 결정할 수 있다. 보수여부를 결정하는 균열폭의 한도는 국가별로 제한규정에 다소 차이가 있으나, 본 지침서에는 JCI의 규정을 추천하며 그 내용은 (표 6-4)와 같다.

(표 6-4) 보수여부를 결정하는 균열폭의 한도(JCI의 콘크리트 균열조사 보수지침)

구 분	*1기타 요인	*2환경			
		내구성을 감안한 환경			방수성을 감안한 환경
		최 악	중 간	양 호	
(A) 보수를 필요로 하는 균열 범위 (mm)	대	0.4 이상	0.4 이상	0.6 이상	0.2 이상
	중	0.4 이상	0.6 이상	0.8 이상	0.2 이상
	소	0.6 이상	0.8 이상	1.0 이상	0.2 이상
(B) 보수를 필요치 않는 균열 범위 (mm)	대	0.1 이하	0.2 이하	0.2 이하	0.05 이하
	중	0.1 이하	0.2 이하	0.3 이하	0.05 이하
	소	0.2 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.05 이하

*1 기타요인(대중소)이란 콘크리트 구조물의 내구성 및 방수성에 미치는 유해의 정도를 표시하며, 균열의 깊이, 패턴, 피복두께, 콘크리트 표면 피복의 유무, 재료배합, 이어치기 등의 영향을 고려 종합 판단한다.

*2 주로 철근의 녹슬기 발생 조건의 관점을 고려한 환경조건을 의미한다(수분, 염화물등).

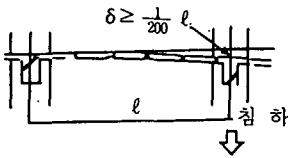
이 표에서 조사된 균열의 폭이 A와 B의 중간에 해당하는 경우에는 균열의 발생시기, 부재의 중요도, 원인과 유형, 부재의 내하력 검토, 재료의 상태, 환경조건 등을 종합 고려하여 판단한다.

콘크리트 구조부재에서 응력에 의하여 발생된 균열폭은 0.3mm를 초과하지 않아야 하며, 그 이상인 경우에는 반드시 보수하여야 하고, 구조물의 내하력 검토 결과에서 허용범위를 초과한 경우에는 보강 및 사용제한 혹은 사용금지 및 철거 등의 조치를 취하여야 한다. 또한 강재구조물에서 발생한 균열에 대하여는 구조물의 내하력 검토를 행하여 평가하고 그 원인의 제거 및 보강 혹은 교체, 개축 등과 사용제한 혹은 사용금지 및 철거 등의 조치를 하여야 한다.

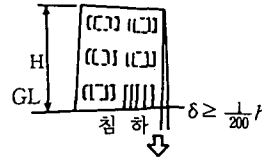
6.3.4 구조물의 변위 제한

1) 건물의 침하

건물의 침하가 부동침하로서 그 변위량이 $\frac{l}{200}$ 이상 또는 $\frac{h}{200}$ 이상인 경우에는 기초와 건물의 보강대책이 필요하다.



l : 부재 간사이

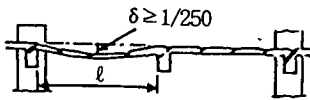


h : 건물의 높이

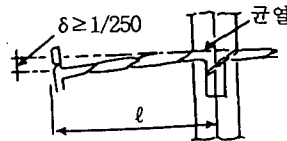
<그림 6-6> 건물의 침하에 따른 변위한계

2) 슬래브의 처짐

슬래브의 처짐량이 $\frac{l}{250}$ 이상 또는 2.5cm 이상인 경우에는 적재하중을 경감시키거나, 보강 대책을 강구해야 한다.



l : 슬래브의 단면폭

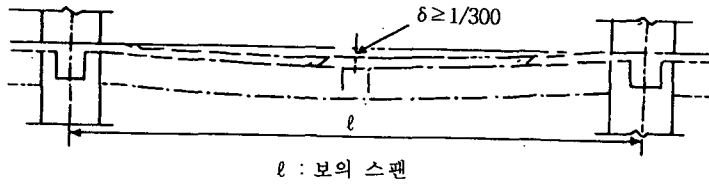


l : 캔틸레버 슬래브의 폭

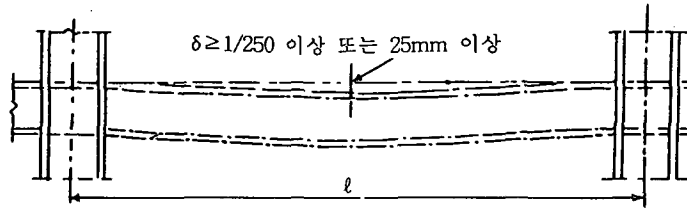
<그림 6-7> 슬래브의 처짐한계

3) 보의 처짐

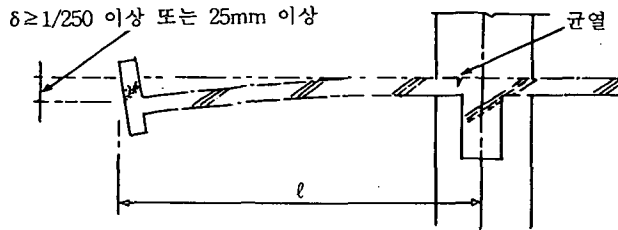
보의 처짐량이 $\frac{l}{300}$ 이상이거나 2.5cm 이상인 경우에는 적재하중을 경감시키거나 보강 대책을 강구해야 한다.



(a) 보의 처짐량 한계 (RC)



(b) 철골보의 처짐량 한계



(c) 캔틸레버보의 처짐량 한계 (RC)

<그림 6-8> 보의 처짐한계

<참고>

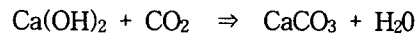
(표 6-5) 구조물의 수평·수직 변형 기울기에 따른 평가 등급 및 안전조치(Bjerrum, L. 1963)

등급부호	기울기	내용	안전조치
A	1/750이내	예민한 기계기초의 위험 침하 한계	정상적인 유지관리
B	1/600이내	대각선구조를 갖는 라멘구조의 위험한계	주의관찰, 원인제거
C	1/500이내	구조물의 균열 발생 한계	정기적 계측관리 필요, 원인제거
D	1/250이내	구조물의 경사도 감지	보수·보강 필요, 사용제한 필요
E	1/150이내	구조물이 위험할 정도	긴급 보강 및 사용금지 혹은 철거 필요

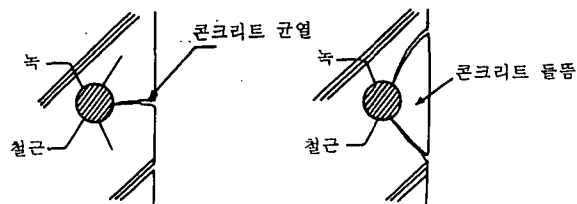
6.3.5 콘크리트의 중성화 및 철근의 부식

1) 콘크리트의 중성화 현상

콘크리트는 원래 pH 12~13의 알칼리성으로 철근을 부식환경으로부터 보호하지만 대기 중의 탄산가스와 결합하여 차차 중성화되어 pH가 7~8까지 변하게 된다. 공기 중에 존재하는 탄산가스의 양은 옥외에서 0.03% 정도이지만 옥내에서는 그 이상의 농도인 경우가 많다. 이 탄산가스가 조금씩 콘크리트속에 확산되어 콘크리트의 알칼리성을 저하시킨다. 이 현상을 중성화(탄산화)라 한다. 한편 콘크리트 안에 있는 철근은 보통 그 피막으로 형성되어 있는 산화 피막이 물과 산소에 의하여 다음과 같은 전기화학 반응을 일으키고 철 이온(Fe^{++})으로 되어 물에 녹아 부식해 간다.



철근이 녹을 때는 체적이 팽창되고 그 방향이 외피쪽으로 나타나므로 구조체에는 균열이 발생하게 된다.



〈그림 6-9〉 철근 부식에 의한 콘크리트 균열

2) 중성화의 진행

중성화의 진행현상은 다음과 같다.

- ① 중성화 깊이는 옥외보다 옥내가 크다. 마감이 없는 경우에 옥내의 중성화 속도는 옥외의 약 1.7배이고 탄산가스의 농도에 비례한다.
- ② 옥외에서는 비를 맞지 않는 장소의 중성화 깊이가 비를 맞는 장소보다 크다.
- ③ 지중(地中)벽이나 지중 보 등에서는 중성화가 거의 없다.
- ④ 옥외의 방위(方位)별 중성화는 남면과 서면의 중성화가 깊다.
- ⑤ 부엌과 욕실의 중성화 깊이는 일반 거실보다 작다.
- ⑥ 콘크리트면의 곱보(honey-comb), 콜드 조인트, 균열 등의 중성화 깊이는 크다. 이것은 콘크리트 속의 틈새가 많을수록 탄산가스의 확산이 커지기 때문이다.

그리고 중성화 속도는 탄산가스의 농도가 진할수록 빠르고 온도가 동일한 경우는 습도가 적은 것이 빠르며, 습도가 동일한 경우는 온도가 높을수록 빠르다는 점을 고려하여 조사할 필요가 있다.

3) 중성화의 점검방법

쪼아내는 법과 코어채취법이 있으며 콘크리트 표면에 페놀프알레인 1%의 알코올 용액을 분무하여 디지털 버니어 캘리퍼스(Digital vernier calipers)와 스틸 테이프(Steel tape)를 이용하여 측정한다.

분무된 부분에서 무색인 부분은 중성화 영역이며, 붉게 착색된 부분은 미중성화 즉 알칼리성이 유지되고 있는 부분이다.

4) 중성화에 의한 판정

중성화에 의한 콘크리트의 성능 저하 등급은 표6.6에 의하고 이 표에서 등급 C, C, E인 경우는 보수가 필요하다. 등급 E의 경우는 철근의 부식도를 검토하여야 하며, 필요할 경우에는 보수·보강을 하여야 한다.

(표 6-6) 중성화에 의한 콘크리트 성능저하 등급

등급	중성화 깊이	비 고
A	표면으로부터 0.5cm 이하	중성화 속도 추정
B	표면으로부터 피복두께의 1/3(약 1.0cm) 이하	중성화 속도 추정, 염화물함량 검토 보수 필요
C	표면으로부터 피복두께의 1/2(약 1.5cm) 이하	중성화속도 추정, 염화물함량 검토 보수 필요
D	표면으로부터 피복두께의 (약 3cm) 이하	중성화속도 추정, 염화물함량과 철근부식도 검토 보수필요
E	표면으로부터 철근위치 이상	철근부식도 검토 보수 혹은 보강 필요

6.3.6 철근의 부식

1) 부식현상 및 원인

철근콘크리트조의 철근은 강알칼리성인 콘크리트의 보호를 받아 녹슬기 어려운 상태로 되어 있다. 그러나 콘크리트의 품질에 결함이 있는 경우 철근은 부식하게 된다. 녹의 체적은 철재 체적의 2.5배 이상이 되기 때문에 피복콘크리트에 균열을 발생시키고 부식을 촉진하게 된다. 녹은 다공질이고 통기성, 투수성이 크기 때문에 녹의 층이 아무리 두꺼워도 녹 자체의 진행을 막을 수는 없다.

2) 점검부위

건물 전체를 관찰할 때에는 콘크리트면 또는 마감면의 균열, 녹물 등을 보고 철근이 녹슬었을 가능성이 높은 부위, 건전하다고 생각되는 부위 및 그 중간 부위를 조사대상으로 하여 다음과 같은 부위를 점검대상으로 선정한다.

- ① 주철근을 따라 균열이 발생한 부위
- ② 곰보 등 콘크리트 표면에 결함이 있는 부위
- ③ 피복두께가 작은 부위
- ④ 마감재가 노화하여 탈락한 부위
- ⑤ 바닷물 등의 염분이 부착 또는 침입하기 쉬운 부위
- ⑥ 공장 등의 건물에서는 화학적 침식 물질이 부착 또는 침입하기 쉬운 벽면
- ⑦ 기타, 외벽·기둥 등에 이상이 인정되는 부위

3) 점검방법

노화된 콘크리트 표면을 쪼아내고 철근을 노출시켜 직접 관찰하는 육안조사법과 점검부위의 적당한 위치에 철근의 일부를 노출시켜 전극을 부착해서 철근과 콘크리트 사이의 자연전위를 측정하여 철근의 부식정도를 추정하는 자연전위측정법(분극저항법)이 있다.

4) 철근의 부식도 평가

철근의 부식도는 표6.7에 의하여 평가하고, 이 표에서 등급 A~D에 해당할 경우에는 피복 콘크리트에 대한 보수를 철저히 하여야 하고, 등급 E에 해당할 경우에는 피복 콘크리트에 대한 보수와 철근 결손에 대한 단면보강을 실시하여야 한다.

(표 6-7) 철근의 부식도 등급

등급부호	철근의 상태
A	흑피의 상태, 또는 녹이 생겨 있지만 전체적으로 얇고 치밀한 녹으로, 콘크리트면에 녹이 부착되어 있지 않음
B	콘크리트면에 녹이 부착되어 있음
C	부분적으로 들뜬 녹이 있지만, 작은 면적에 반점상이 있다.
D	단면 결손은 눈으로 관찰 또는 확인할 수 없지만, 철근의 표면 들레, 전체길이에 걸쳐 들뜸 녹이 생겨 있다.
E	단면 결손이 일어나고 있다.

6.3.7 보수보강법

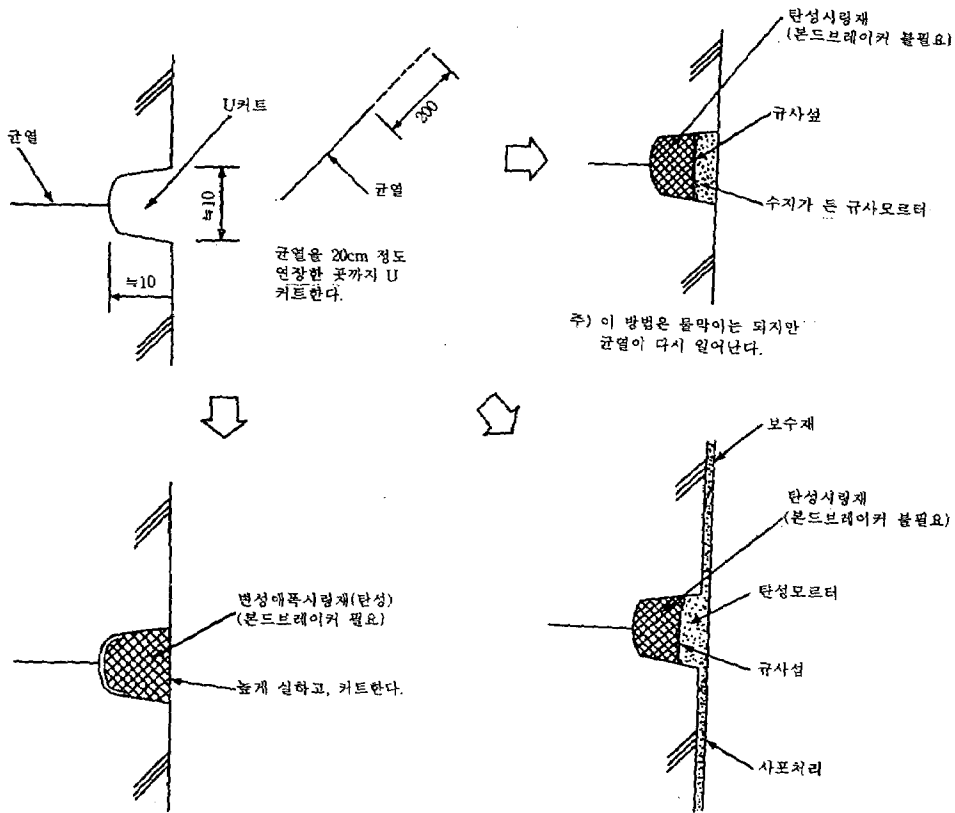
1) 균열보수보강법

철근콘크리트조의 균열에 대한 보수방법에는 크게 수지주입공법, 실(Seal)재 충전공법, 실공법 등이 있다.

- ① 수지주입공법 : 균열폭 0.2mm 이상인 경우에 적용하며 건조수축이 완전하게 끝나지 않았거나 온도에 의한 팽창수축이 큰 원인인 균열에는 사용하지 않는다. 주입하는 수지는 저점도 및 중점도의 에폭시수지를 사용한다.
- ② 실(Seal)재 충전공법 : 거동이 있는 균열에 적용하며 거동이 비교적 작은 균열에는 가소성 에폭시 수지를 거동이 큰 균열에는 우레탄계, 변성실리콘계의 실링용재를 사용한다. 실링재 충전을 위한 콘크리트 컷에는 V형과 U형이 있다.

(표 6-8) V컷트 및 U컷트의 비교

구분	사양	효과
V컷트	홈의 형상이 V형 홈전면에 실링재를 접착시킨다.	균열의 폭이 기온 등으로 변동하면 V형 저부의 실링재의 변형도가 크게 되어 파단으로 인한 벗겨짐이 생긴다.
U컷트	홈의 형상은 U형, 저면에 백업재를 사용하여 구의 연직면 만으로 접착시킨다.	실링재의 폭이 깊은 방향에서 같은 모양으로 되기 때문에 균열의 폭이 변해도 실링재의 변형도가 일정하게 유지된다.



〈그림 6-10〉 균열의 보수방법

③ 실공법 : 폭 0.2mm 미만의 미세한 균열부의 보수에 적용하며 주재료는 퍼티상태의 에폭시 수지, 가스성 에폭시수지, 폴리머시멘트페이스트를 사용한다.

이때 바탕처리는 와이어브러시와 디스크샌드 등으로 균열부를 따라서 폭 50mm 정도를 갈아낸다. 실재와 연관지어 프라이머작업을 한다. 기존의 마감재가 있는 경우는 원칙적으로 마감재를 제거하여 콘크리트면에 시공한다. 기존의 마감재가 단단하여 제거가 곤란한 경우는 마감재의 표면에 바탕처리를 하는 경우도 있다. 프라이머는 실재와의 상대성이 있기 때문에 실재에 따라 적합한 재료를 사용해야 하며 또한 실재에 따라서는 실재가 프라이머의 역할을 하는 것도 있으며 이 경우는 프라이머는 생략한다.

실재의 도포에는 마스킹테이프를 사용하여 폭 10mm 정도로 균일하게 시공한다. 실재위에 도장을 하는 경우는 도막이 접착하기 쉽고 실재의 줄눈을 없도록 하기 위해 실재시공 후에 잔모래를 뿌려서 거칠게 면처리를 한다.

2) 콘크리트의 강도저하에 관한 보수보강법

현재의 기술로는 경화된 콘크리트의 강도를 더욱 크게 하는 공법은 없다. 건물의 노화조사 등으로 콘크리트의 강도가 설계강도 보다 낮다고 판정될 경우, 이로 인한 장애가 발생되고 있거나, 장애가 없더라도 현행법규에 적합하지 않을 때의 대책으로서, 부재단면을 크게 하거나 강재를 부가하는 등의 보강공법을 채용하고 있다. 주된 공법으로는 ① 부분적 직타공법, ② 강판접착공법, ③ 부재단면증대공법, ④ 부분적 보강재 추가법 등이 있다.

3) 중성화에 관한 보수·보강법

콘크리트 표면이 중성화될 때의 보수방법에는 도포공법과 전기침투법이 있다.

4) 철근부식에 따른 보수·보강법

균열, 중성화, 콘크리트 강도저하 등의 보수보강법과 연관이 되며 철근노출 후 녹막이처리와 전기침투법 등이 있다.

6.4 옥상방수

옥상은 건물중에서 가장 열악한 환경조건하에 있기 때문에 열, 적외선, 오존, 물, 산, 알칼리 등의 화학적 요인과 바탕재의 거동, 누름콘크리트층의 팽창수축 등의 물리적 요인 등이 복잡하게 영향을 미쳐서 각종 노화현상을 초래하게 된다.

6.4.1 노화현상

- 1) 방수누름층의 균열·들뜸·벗겨짐·풍화·동해 등
- 2) 신축 줄눈의 파단, 이탈, 식물번식 등
- 3) 치올린부분의 누름층균열·결손·동해 등
- 4) 난간철물의 녹, 실(Seal) 절단 등
- 5) 난간 상단부 및 수직벽면의 균열, 들뜸, 박리, 백화, 동해 등
- 6) 배수구의 파손, 녹, 토사의 퇴적, 막힘 등

6.4.2 노화원인

1) 시트방수층의 노화원인

- ① 합성 고무계 루핑을 잡아 늘린 상태로 시공했을 경우 바탕에 들뜸, 박리 등의 결함
- ② 루핑 아래에 돌기물이나 이물질(작은돌 기타) 등이 끼어 있는 경우에 방수층의 파손
- ③ 접착제의 내수성이 나쁘기 때문에 방수층의 박리와 루핑 접합부분의 박리
- ④ 접착제의 오픈 타임과 사용가능시간의 확인 실수로 인한 방수층의 박리
- ⑤ 바탕에 대한 압착 불량으로 인한 방수층의 박리
- ⑥ 염화 비닐 수지계 루핑의 접합 실수로 인한 박리
- ⑦ 열에 의한 단열재와 루핑 등의 신축 등에 따른 주름 발생
- ⑧ 시공 실수로 인한 파이프 주위와 드레인 주위 등의 박리
- ⑨ 루핑의 3장 겹침의 접합 불량으로 인한 빗물의 침투
- ⑩ 방수층 맨 끝부분의 아몰립 모양의 불량으로 인한 빗물의 침투

2) 도막 방수층(우레탄 도막층)의 노화원인

- ① 저온시의 시공
- ② 바탕의 건조 불량
- ③ 도막층의 두께 부족
- ④ 높은 습도에서의 시공
- ⑤ 바탕의 청소 불량
- ⑥ 적층 시기의 오차
- ⑦ 바탕의 표면 정밀도의 불비 등

6.4.3 점검방법

방수(누름)층의 점검은 육안점검을 원칙으로 하고 방수층을 샘플링하는 것은 특별한 경우에 한하며, 균열·들뜸·실(Seal)의 절단 등은 육안, 스케일, 테스트해머 등을 이용한다. (표 6-9)는 옥상의 노화현상에 대한 점검항목 및 방법이다.

(표 6-9) 옥상의 노화점검 항목 및 방법

공법	조 사 항 목	조 사 방 법
누 름 공 법	a. 평면부분 누름층의 균열, 들뜸, 결손, 동해, 기타	개수(個數), 균열 폭, 방수층의 파단 유무를 육안, 스케일로 측정
	b. 치울림 누름층의 균열, 넘어짐, 결손, 동해, 기타	개수, 균열너비, 방수층의 파단 유무를 육안, 스케일로 측정
	c. 파라펫이 밀려나감	육안 관찰로 내부 방수층의 상태 추측
	d. 두겹대·물끊기 관계의 아몰림, 끝부분의 균열, 실(Seal) 절단, 결손, 동해, 기타	개수, 균열 너비를 육안, 스케일로 측정
	e. 신축 줄눈 부분의 이상	줄눈재의 결손, 틈새를 육안 관찰
	f. 식물의 번식	뿌리가 자란 정도를 육안 관찰
노 출 공 법	a. 방수층의 파단·손상	개수, 길이, 깊이, 면적을 육안, 스케일로 측정
	b. 방수층의 맨 끝부분 박리	개수, 빗물 침입의 유무를 육안 관찰
	c. 루핑의 접합부분 박리	개수, 박리 너비를 육안, 스케일로 측정
	d. 방수층의 치울린 구석 부분의 들뜸	개수, 들뜸 높이를 육안, 스케일로 측정
	e. 표면의 열화(모래가 벗겨짐, 손상)	모래가 벗겨진 양(면적비 %), 기재의 노출(개수)을 육안 관찰
	f. 방수층의 부풀음(원형 모양)	개수, 크기, 면적비를 육안, 스케일로 측정

6.4.4 보수·보강공법

보수공사인 경우 공법은 기존 방수층과 같은 방수공법을 선정하고 가능한 한 질이 같은 재료를 사용해 보수하는 것이 원칙이다.

- 1) 피복방식 : 기존방수층 또는 보호마감층 등의 불량한 부분의 일부를 보수하고 그위에 그대로 신규방수공사를 시공하는 공법
- 2) 철거방식 : 기존방수층 또는 보호마감층 등의 전부를 철거한 후에 신규방수공사를 시공하는 공법

(표 6-10) 보수·개수공법의 분류

기존방수층	개수방법	마감종류	비 고
		非步行 마감	<ul style="list-style-type: none"> · 원칙적으로 옥상을 사용하지 않을 때 채용한다. · 가장 일반적인 개수 방법이다. · 기존 방수층이 너무 노화하지 않았을 때 개수한다.
		輕步行 마감	<ul style="list-style-type: none"> · 옥상의 사용빈도가 적은 경우의 보수공법 · 허용하중을 체크한다. · 새로 보호책(난간 등)을 설치하는 경우는 아몰립에 주의한다.
		非步行 마감	<ul style="list-style-type: none"> · 기존방수층의 노화진행이 한계가 왔을 때 채용한다. · 기존방수층 바탕과의 접착력이 저하하여 불충분한 경우에 한한다 · 기존 방수층에 상기 이외의 불량부분이 지붕면 전면에 걸쳐 있는 경우에 채용한다.
		步行용 마감	<ul style="list-style-type: none"> · 이 공법은 개수공사중 누수를 일으킬 염려가 가장 높은 공법이므로 원칙적으로 피해야 하지만, 채용할때는 비보양조치를 충분히 검토한 후에 공사를 한다. ※輕步行용 마감으로 할 때는 기존 방수층을 남기는 경우와 같은 주의가 필요하다.

6.5 표면노화

건축물의 표면노화정도는 바탕의 종류(금속계, 시멘트계), 도막의 종류, 마감재의 종류에 관계없이 바탕의 노화상태, 도막의 노화상태, 마감재의 노화상태를 파악하는 것부터 시작한다. 여기서는 금속계 바탕과 시멘트계 즉 모르터·콘크리트계, 타일로 나누어 기술한다.

6.5.1 금속부재

1) 오염 · 부식현상

건물의 외장재로 사용되고 있는 강재 창호, 알루미늄 새시 및 패널재의 표면 처리막은 대기 중의 먼지, 배기가스, 타르 모양의 물질, 금속가루와 염분 등이 부착되어 초기 오염을 일으킨다. 이들 부착물을 장기간에 걸쳐 방치하면 수분과 자외선의 영향을 받아 고착되어 간섭막을 형성한다. 이 현상이 금속의 오염이며, 더 방치하면 금속의 부식이나 점식으로 발전한다. 이 현상은 해안 지대나 공업 지대에서 더 현저하다.

초기에 발생한 간섭막은 용이하게 제거할 수 있는 정도의 밀착력으로 부착되어 있지만, 방치하면 고착화되어 견고하게 되어 변색하고 부식의 원인이 된다. 간섭막은 오염의 정도에 따라 표면의 색이 변화한다. 이것을 간섭색(干涉色)이라 하며 경미한 오염은 자색, 보통오염은 청색, 심한오염은 황색, 고착물의 견고한 오염은 적색으로 된다.

2) 노화 원인

강재 창호의 노화 원인은 표면 도막의 노화로 인해 붉은 녹이 발생하고 더 방치하면 노화가 진행되어 판두께의 손모, 공식(孔蝕)의 발생 원인이 된다. 알루미늄 새시의 경우는 표면처리 피막과 도막이 자외선이나 열등의 상승 효과로 인해 표면의 부식이나 점식(点蝕)이 발생하여 노화가 진행된다. 철물의 노화도 물리적·화학적 요인이 주된 노화의 원인이 된다.

3) 점검방법

강재 창호의 경우는 3방향의 틀보다 아래틀과 물꿨기재 부식의 진행이 현저하게 나타나므로 도막의 상태와 녹의 진행 정도, 판두께의 손모 등의 진단은 이 부위를 중점적으로 한다. 녹의 상태는 육안이나 타음법(打音法)으로 진단한다. 판두께의 손모 측정은 초음파 두께 측정계 또는 나사가공공구(hole saw)로 일부를 잘라낸후 마이크로미터(micrometer)로 측정한다. 알루미늄 새시의 경우는 표면 피막의 노화가 공식(孔蝕)에 이르지 않은 한 기능이나 성능에 직접적인 영향이 없으므로 철물의 노화를 주체로 하여 진단한다. 문바퀴의 마모로 인한 개폐 상태, 기밀재(氣密材)의 노화 상태, 크레센트(crescent), 죄는 핸들의 작동, 배연(排煙) 오퍼레이터의 작동 등을 중점적으로 조사하여 진단한다. 강재 창호나 알루미늄 새시의 노화는 커튼 월과 마찬가지로 입지조건에 따라 다르다.

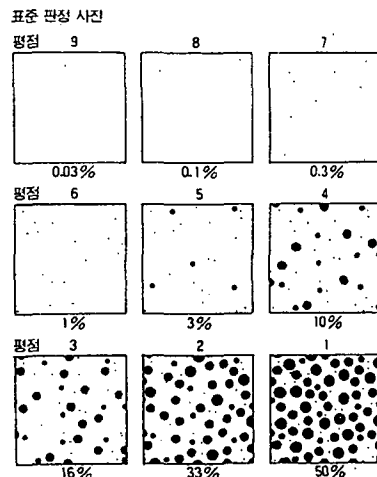
4) 보수보강 방법

강재 창호에서는 도장의 표면에 초킹이 발생한 경우에는 도장에 의한 개수가 필요하다고 판단한다. 다만, 해안 지대에서는 틀 내부의 녹의 진행을 생각할 수 있으므로 판두께의 측정으로 판단한다. 판두께의 측정 결과가 3방향틀에서 1.3mm 이하이고 아래틀이 1.3mm 이하일 때는 알루미늄 새시로 바꿀 필요가 있다고 판단한다. 철물이 파손되거나 개폐 불능인 경우는 교환이 필요하다. 알루미늄 새시의 경우는 틀과 미달이의 오염이나 부식이 발생해 RN값이 8 이상이면 중성 세제나 약액 세제 등에 의한 청소가 필요하다. 견고한 고착물이나 점식(点蝕)이 진행하여 RN값이 8 이하일 때는 연마제로 청소한 후 클리어 래커(clear lacquer)를 분무칠하는 방법 또는 상온 착색 도장에 의한 개수를 필요로 한다. 어느 방법이든지 작업성의 문제나 결과가 좋지 않을 때는 새시의 교환이 필요하다.

① 녹의 판정과 처리방법

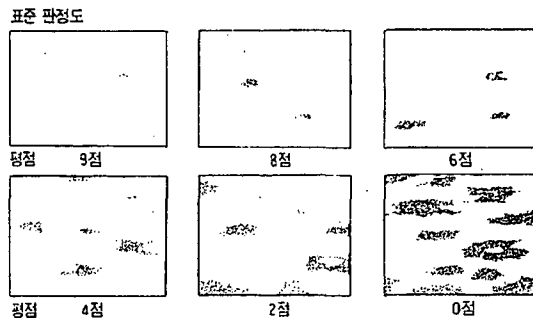
- 녹이 없는 것을 10점으로 하여
- 표준 판정사진과 비교하여 점수를 매긴다.

구분	평 점	처리방법
상 황	10 ~ 9	4종 제거
	8 ~ 5	3종 제거
	4 ~ 3	2종 제거
	2 ~ 1	1종 제거



② 벗겨짐의 판정과 처리방법 : 도막이 부착력을 잃어 벗겨지는 현상으로 크게 벗겨짐 (scaling), 작게 벗겨짐(chipping), 연속 벗겨짐(peeling)등이 있다. 육안법과 기기법(크로스컷테이프법, 해머테스트 등)으로 판정한다.

판 정	평 점	처리방법
활막(活膜)	10 ~ 8	4종 제거
	6	3종 제거
사막(死膜)	4 ~ 2	2종 제거
	0	1종 제거



③ 부풀음(들뜸, Blister)의 판정과 처리방법 : 도막층과 바탕사이 에 액체 또는 기체가 들어있 는 현상으로 육안에 의해 동일한 부위별로 부재에서 최소 3개소 이상을 개별 판정한다.

밀도	치수	8	6	4	2
	F	8점	6점	4점	점
	H	6점	4	3	2
	HD	4점	3	2	1
	D	2점	2	1	0

부품용의 치수

부품용의 밀도

판정과 처리 방법

평 점	처 리 방 법
10	4중 세기
8	3중 세기
6-2	2중 세기
1-0	1중 세기

주) 시판에 제거 중별의 지점이 있 을 때는 그것에 따른다.

부품용 표준 판정 사진

④ 초킹(Chalking, 白亞化)의 판정과 처리방법 : 열, 자외선, 바람 등에 의하여 도막이 노화 하여 점차 가루상태로 되어 소모되는 현상으로, 동일한 부위 또는 부재에 대해 3개소를 비교하여 상태를 판정한다.

백야화 표준 판정 사진



5) 오염 및 부식의 세정공법

외장 금속재의 청소와 세정은 오염이 가벼운 상태에서 조기에 하는 것이 중요하며, 청소나 세정은 오염 및 부식의 정도별로 그 공법을 선정한다.

(1) 알루미늄재인 경우

- ① 경미한 오염 : 통상적인 유지 관리 방법으로 맑은 물이나 온수를 사용하여 세정하고 부드러운 형겅으로 닦는다.
- ② 보통 오염 : 중성 세제(계면 활성제를 주체로 한 것)의 수용액을 스펀지나 부드러운 브 러시에 묻혀 세정하고 마른 부드러운 형겅으로 닦는다.
- ③ 심한 오염 : 경미한 부식을 포함한 심한오염은 ②와 같은 요령으로 중성 세제로 세정하 고 그래도 제거되지 않는 고착물은 벤젠, 시너, 연마제가 함유된 기름, 클리너, 묽은 화 학 약품이 들어있는 세정제를 사용하여 세정한다.

- ④ 완고한 고착물, 변색, 부식, 점식을 수반한 오염 : 연마제의 분말 또는 연마체를 함유한 페이스트를 부드러운 형짚이나 연마용 브러시로 문질러 제거하고 맑은 물로 씻는다.

(2) 스테인리스재인 경우

스테인리스 표면의 광택은 다른 금속 재료에 없는 독특한 것이며 일상의 유지가 중요하다. 따라서 오염이나 녹의 발생이 진행되지 않았을 때 세정하는 것이 중요하다.

- ① 오염이나 녹이 경미한 경우는 중성 세제나 비눗물로 세정한 후 물로 충분히 씻는다.
- ② 손때나 지문에 의한 오염은 중성 세제, 비눗물 또는 유기 용제(알코올, 벤젠, 아세톤 등)로 세정하고 물로 씻는다.
- ③ 다갈색 녹이나 심한 오염인 경우는 샌드페이퍼나 스테인리스 브러시로 녹과 오염물을 제거하고 다시 청소 약액으로 세정하여 물로 충분히 씻는다.

(3) 컬러 스테인리스재인 경우

- ① 극히 경미한 씻가루에 의한 오염은 부드러운 마른 형짚으로 닦아낸다.
- ② 지문, 기름 또는 배기가스에 의한 오염은 중성 세제로 세정하고 물로 충분히 씻는다.

6.5.2 모르터나 콘크리트 바탕

모르터나 콘크리트 바탕의 도장은 구조물 전체의 노화와 근본적으로 관련이 되지만, 여기서는 외장 도막의 노화에 따른 진단과 보수 및 보강에 대해 설명한다.

1) 노화현상

가) 균 열

- ① 체킹(checking) : 헤어크랙이라고도 하며 도막표면에 발생하고 얇고 가는 균열
- ② 크래킹(cracking) : 초벌바름 도막 또는 바탕이 보일 정도의 깊은 균열

나) 벗겨짐(박리)들 : 도막이 부착력을 잃어 벗겨지는 현상으로 scaling, chipping, peeling으로 나눈다.

다) 접착력 저하 : 벗겨짐이나 들뜸과 비슷하나 바탕과 초벌바름 도막사이 또는 초벌바름과 정벌바름사이의 부착강도의 저하로 인한 벗겨짐이나 들뜸 현상

라) 초킹

마) 변퇴색

바) 오염

사) 백화

2) 점검방법 및 보수 보강방법

점검방법이나 보수보강방법은 금속부재와 비슷하며, 금속부재에서 언급하지 않은 진단방법 및 처리방법은 다음과 같다.

가) 균열

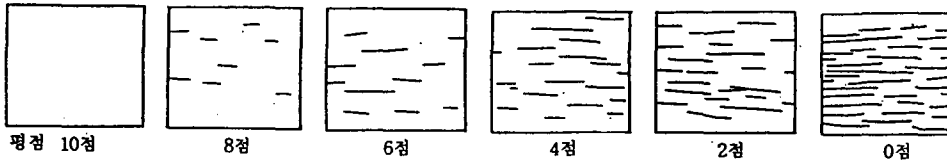
육안 및 확대경을 사용하여 동일한 부위 또는 부재에 대해 최소 3개소 이상을 개소별로 판정도와 비교하여 판정한다.

(표 6-11) 판정과 처리 방법

상 황	평 점						평 점		처 리 방 법
	① 체	8	6	4	2	0	① 체	② 크	
① 체	10	8	6	4	2	0	10~8	10	4종 제거
							6~4	8	3종 제거
② 크	10	8	6	4	2	0	2~0	6~4	2종 제거
								2~0	1종 제거

주) 시방서에 제거 종별이 지정되어 있을 때는 그것에 따른다.

표준 판정도



나) 백화(白華, efflorescence)

석재나 콘크리트 표면에 생기는 흰 결정(結晶)으로 응화(凝花)라고도 한다. 도막균열 등의 틈새에서 도막 표면에 백화가 나타나는 경우도 있으며 1차 백화와 2차 백화로 구분한다. 1차 백화는 시멘트 경화 도중에 수산화칼슘이 공기나 물과 접촉하여 생긴 물에 용해되지 않은 탄산칼슘이 표면으로 솟아 오른 것이며, 겨울에 바람이 강하게 부는 장소에서 발생하기 쉽다. 2차 백화는 시멘트가 굳은 후 내부에 발생한 백화 성분이 강우 등으로 스며든 물이 건조하는

도중에 표면으로 나온 것으로 건습이 반복하여 조장되며 육안으로 관찰하여 평점에 따라 처리한다.

(표 6-12) 평가기준

평 점		10	8	6	4	2
상 황	면적	0%	5 이하	5~20	20~50	50 이상
	상황	발생하지 않음	약간 발생	상당히 현저함	현저함	전면에 현저함

(표 6-13) 판정과 처리 방법

평 점	처 리 방 법
10	수공구, 전동공구로 전면을 제거한 다음 고압수세(水洗)로 세정한다.
8~6	발생 부위를 묶은 염산(탄산칼슘은 물에 녹지 않기 때문에)으로 수세하고 와이어 브러시, 수공구, 전동공구로 충분히 제거한다. 그 다음에 전면 제거하고 고압 수세 세정한다.
4~2	위와 같은 작업으로 기존 도막을 전면 박리한다. 줄눈 부분은 시멘트 모르타르 메운다.

③ 녹물, 오염, 곰팡이, 이끼 등의 부착물 : 육안에 의해 관찰하여 평점에 따라 처리한다.

(표 6-14) 평가기준

	상 황					
	발생면적(%)	0	5 이하	5~20	20~50	50 이상
녹물	평 점	10	8	6	4	2
오염(기름, 젓물, 시멘트)		10	8	6	4	2
부착물(곰팡이, 이끼)		10	8	6	4	2

(표 6-15) 판정과 처리 방법

평 점	처 리 방 법
10	수공구, 전동공구로 전면을 제거한 다음 고압수세로 세정한다.
8~6	수공구, 전동공구로 부착물과 풍화된 부분을 충분히 제거한 다음 전면을 제거한다. 그 다음에 고압 수세로 씻는다.
4~2	수공구, 전동공구, 또는 필요하면 박리제로 기존도막을 완전히 제거한다. 부착물과 풍화된 부분을 특히 꼼꼼히 한다. 그 다음 고압 수세로 씻는다

이때, 도막 곰팡이가 부착된 경우에는 위의 처리 방법을 하기 전에 곰팡이 제거제를 사용하여 먼저 곰팡이를 제거한다.

곰팡이 제거제로는 각 도료 제조회사가 시판하고 있는 곰팡이 제거제를 설명서에 의하여 사용한다. 또는 시판하는 염소계 표백제를 보통 농도의 4배 정도로 묽게 하여 브러시, 롤러 등으로 2~3회의 간격을 두고 발라 곰팡이를 제거한다. 검은 부분이 하얗게 된 다음 충분히 물로 씻는다.

6.5.3 타일마감

1) 노화현상 및 원인

타일마감의 노화현상은 들뜸(박리, 표면분리), 균열, 결손과 박락, 백화, 마모, 풍화, 동해, 오염 등이 있으며 노화현상 및 발생요인은 (표 6-16)과 같다.

(표 6-16) 노화 현상과 특성 요인

노 화 현 상	특 성 요 인
들 뜸	<ul style="list-style-type: none"> · 온습도 변화로 인한 팽창 수축 · 바탕재의 변동 차이 · 시공 불량으로 인한 부착력 부족 · 바탕재 용질물 등 · 철의 녹 등의 부식 팽창 · 균열 부분 등에서의 풍화 · 동결, 융해 · 진동의 반복
균 열	<ul style="list-style-type: none"> · 팽창, 수축 · 지진 등의 외력 · 부동 침하 · 과하중(집중하중)등
결 손	<ul style="list-style-type: none"> · 철의 녹 등의 부식 팽창 · 진동의 반복
부 풀 음	<ul style="list-style-type: none"> · 재료, 공법의 부적합 · 팽창, 수축 · 바탕 등의 접착력 부족

2) 점검방법

타일마감의 노화현상 점검방법은 기기 사용에 따라 여러 가지가 있지만 다음과 같은 방법으로 간단히 점검할 수 있으며 (표 6-17)은 육안관찰시 주의하여 조사할 부위를 나타낸 것이다.

- ① 육안관찰 : 쌍안경, 카메라 등 간단한 기기 사용
- ② 테스트 해머 등에 의한 반발법
- ③ 크랙스케일에 의한 균열 측정
- ④ 시험용 연필에 의한 경도추정
- ⑤ 노화 범위를 측정하는 자

(표 6-17) 육안 관찰의 포인트

노화현상	관찰 대상 부위
들뜸	개구의 구석 부분, 옷인방, 강제 창호의 접합 부분, 매설 철물부분, 건물의 내민 구석 등에서는 박락(剝落)에는 이르지 못하지만 박리(剝離)가 생겨 타일의 비틀림, 돌출 등이 발생하는 경우가 있으므로 주의한다.
균열	구체(軀體)의 변동이나 바탕 모르타의 변동 등에 수반한 균열은 타일이나 줄눈에 균열이 생기는 경우가 있으며 박리의 원인이 되기도 한다. 개구 구석 부분, 콘크리트의 이어치기 부분, 건물의 내민 구석 등은 주의한다.
부풀음	큰 벽면이고 개구가 작은 경우에는 발생하기 쉬우므로 특히 주의한다.
녹물부착	강제 창호, 매설 철물 등의 발청(發靚)은 그 주위의 타일 박리의 원인이 되기 쉬우므로 녹물이 묻어 있는 부분에 주의한다.
백화(白華)	타일 표면과 줄눈 부분에 석출물(析出物)이 생길 염려가 있으므로 주의한다.
오염 등	표면적인 것인지 타일 뒷면으로의 누수 등으로 인한 것인지, 창호, 개구부 주위, 콘크리트·파라펫 치올린 이어치기 부분은 타일의 뒷면으로 누수하는 경우가 있으므로 주위한다.

3) 보수 및 보강법

보수 및 보강법은 노화의 위치와 노화방지 대책의 목적 등을 명확하게 한 다음에 선정하여야 한다. 일반적인 보수, 보강법은 (표 6-18)과 같다.

(표 6-18) 보수방법

노화현상	타일 붙임	모르터 바름
들 뜯	<ul style="list-style-type: none"> · 앵커 피닝 · 앵커 피닝 · 주입 병용 (에폭시 수지) (폴리머 시멘트 슬러리) · 부분 재붙임 	<ul style="list-style-type: none"> · 앵커 피닝 · 앵커 피닝 · 주입 병용 (에폭시 수지) (폴리머 시멘트 슬러리) · 부분 다시 바름
균 열	<ul style="list-style-type: none"> · 줄눈 균열 보수 · 에폭시 수지 주입 · 균열 부분 실(seal) · 부분 재붙임 	<ul style="list-style-type: none"> · 줄눈 균열 보수 · 에폭시 수지 주입 · 균열 부분 실(seal) · 바름재 마무리
결 손	<ul style="list-style-type: none"> · 부분 다시 붙임 · 모르터 충전 (에폭시 수지) (폴리머 시멘트 모르터) 	<ul style="list-style-type: none"> · 부분 다시 바름 · 모르터 충전 (에폭시 수지) (폴리머 시멘트 모르터)

(1) 앵커 피닝 공법

외벽 타일 붙임 등의 들뜬 부분을 구체 콘크리트에 고착시켜 들뜬 면적이 확대되지 않도록 억제하는 동시에 큰 면적의 박락을 방지하기 위한 것이며, 차기 수선 시기까지의 잠정 처리로 사용하는 것 외에 타일을 붙인 층이 비교적 안전하고 줄눈에서 빗물이 침입하지 않고 들뜬 면적이 비교적 작은 경우 등에 적용한다.

(2) 앵커 피닝 · 주입 병용 공법

외벽 타일 붙임 등의 들뜬 부분을 구체 콘크리트에 고착시켜 비교적 장기간에 걸쳐 내구성을 확보하려고 하는 경우 등에 사용한다. 그밖에 타일을 붙인 층이나 줄눈이 거의 안전하고 내부가 들떴으며, 국부적 들뜬 부분, 외관 · 색상등을 바꾸고 싶지 않고 공사에 따른 소음이나 진동을 뿜 수 있는 대로 억제하고 싶고 공사 기간이 짧다는 등의 제약을 받는 경우에 적용한다.

(3) 부분 재붙임 공법

외벽 타일 붙임의 들뜬 부분이 두드러지게 튀어오르거나 타일 붙임 및 줄눈부분이 균열 등으로 인해 손상되어 통상의 타격력으로 쉽게 박락(剝落)이 발생하는 경우나 앵커 피닝 · 주입

병용 공법 등에 의한 수선이 불가능한 경우에 사용한다. 그밖에 타일면에 신축 줄눈을 신규로 설치하는 경우 등에 적용한다.

(4) 균열 주입 공법과 실(seal)공법

콘크리트의 균열로 인해 붙인 타일 등의 표면에 균열이 생긴 경우에 적용한다. 균열의 폭, 균열의 변동 등에 따라 에폭시 수지 주입, U컷 실링 충전, 가요성(可撓性) 에폭시 수지 충전 공법 등을 적용하고 있다. 또 균열 폭이 좁고(0.2mm 미만) 변동이 적다고 예상되는 경우에는 퍼티 모양의 에폭시 수지로 표면을 실링(sealing)하는 방법도 있다.

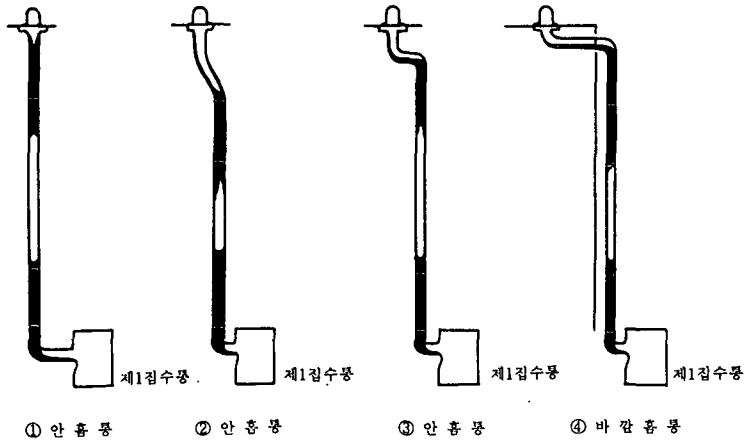
(5) 결손 부위 충전 공법

붙인 타일 등의 박리가 진행되어 박락한 부분 또는 조사 시점에서 박락 위험이 있기 때문에 제거한 부분에 적용한다. 비교적 큰 결손인 경우에는 에폭시 수지 모르터를 충전하고 작고 얇은 경우에는 폴리머 시멘트 모르터를 충전한다.

6.6 흡 통

6.6.1 노화원인

흡통의 노화는 장기간에 축적된 옥상의 마감재(예 : 고압블록, 단열블록, 크링커타일, 방수모르터 등)에서 유출되는 잿물(칼슘분)이 원인이며, 이 잿물 때문에 가늘어진 흡통에 모래나 진흙 등이 유입되어 완전히 막혀 버린다. 이러한 스케일에 의한 흡통의 막힘과 함께 녹으로 인한 흡통의 부식도 심각한 문제이다. 녹에 의해 내부가 너덜너덜해진 흡통은 많으며, 녹에 의한 부식으로 청소를 해도 흡통이 파손될 위험성이 있어 스케일을 완전히 제거하는 것은 불가능하다. 그늘진 부분은 겨울철 동해로 인해 흡통이 막히고 파열되는 경우가 있으므로 흡통의 설치 위치 선정에 주의해야한다. 오수관이나 일반 배수관은 부분적으로 폐색되는 경우가 많지만, 흡통의 경우는 흡통의 상부에서 하부에 이르기까지 전체에서 막히는 것이 특징이다. <그림 6-11>은 흡통의 구조와 잿물의 부착상태를 나타낸 것이며 고압블록이나 크링커타일의 경우 3~4년 내에 이와 같은 부착상태로 된다.

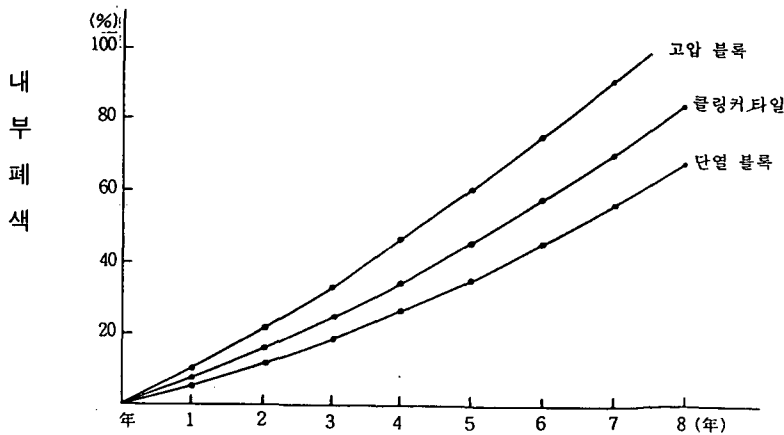


〈그림 6-11〉 홍통의 구조와 잿물의 부착상태

6.6.2 점검방법

점검은 모든 홍통 내부의 상부나 하부를 조사한다. 마감재의 종류에 따라 잿물의 부착률은 다르나, 고압블록, 클링커타일, 단열블록의 경우는 5~8년 경과하면 배수능력이 거의 없어지므로 정기적인 점검 및 청소를 함으로써 막힘으로 인한 모든 사고를 예방할 수 있다.

점검방법으로는 ① 내시경(Glass fiber scope)를 이용한 비파괴 진단, ② 초음파 유량계법, ③ X선 촬영에 의한 방법 등이 있다.



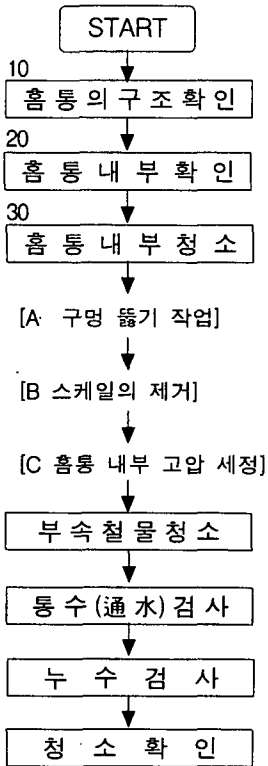
〈그림 6-12〉 옥상 마감재와 홍통 내부의 폐색

6.6.3 보수 및 보강법

흡통의 청소시에는 고속 회전 파이프 클리너와 고압 세정기를 사용하지만, 이 방법만으로는 흡통을 완전하게 청소할 수 없는 경우가 대부분이다.

옥상의 마감재나 흡통의 구조에 따라서 그 보수, 보강 방법은 다르며, 다른 배수관이나 오수관이 막힌 것처럼 부분적인 막힘이 아니라 배관 전체에 부착한 스케일을 제거하는 일이기 때문에 작업은 매우 어렵다. <그림 6-13>은 흡통 개수공정의 순서를 나타내며 시공에 있어서 가장 주의해야 할 것은 흡통의 파손과 누수이다.

시공하기 전에 흡통의 구조나 흡통의 내부 상태를 충분히 확인한 다음에 하지 않으면 위험하며, 동일한 건물에서 구조가 같은 흡통이라도 흡통 내부의 스케일 부착 형태, 정도 및 배관의 부식 상태가 각각 다르기 때문이다.



- 10 흡통의 구조, 재질, 제1집수통의 확인
- 20 내시경 카메라로 흡통 내부 조사
옥상 마감재, 흡통의 구조, 배관의 재질, 내부의 폐색 상황에 맞는 커터의 선정
- 30-A 유니버설 와이어에 포환형(砲丸型) 커터를 부착하여 흡통 중심부에 구멍을 뚫는 작업을 한다.
- 30-B 커터를 3각형으로 바꾸는 동시에 일롱케이션을 장착하여 원심력을 이용해서 하부에서 상부로 깎아 올린다.
- 30-C 모래처럼 된 스케일을 상부에서 제1집수통으로 고압 세정하여 완전히 제거한다.
- 40 루프 드레인 주변, 스트레이너
- 50 옥상에서 제1 집수통까지의 통수(通水) 검사
- 60 청소 후의 누수 검사
- 70 내시경 카메라를 사용하여 흡통 내부를 청소 후에 확인

<그림 6-13> 흡통의 개수 공정

6.7 실링(Sealing)

최근에는 건물의 유지관리 중에서 실링재의 보수나 개수가 중요한 위치를 차지하고 있다. 이것은 실링재의 노화고장이 직접 누수로 연결되는 것을 많이 볼 수 있는 점에서도 이해할 수 있다. 줄눈에 충전된 실링재는 열, 자외선, 산소, 오존, 무브먼트(movement) 등 많은 외적인 노화 요인에 노출되어 접착성, 내구성, 내후성 등을 유지하는 역할을 하고 있다. 이 가운데 하나라도 결여되면 실링재의 기능은 저하된다.

6.7.1 실링재의 종류

건축용 부정형(不定形) 실링재에는 탄성형과 비탄성형이 있으며, 탄성형에는 1성분형과 2성분형이 있고 또 1성분형에는 용제형(溶濟形), 무용제형, 에멀션형 등이 있어 다양하게 분류할 수 있다(표 6-19).

탄성형 실링재란 탄상체가 되는 액상고무를 비이클(vehicle)성분으로 하여 이것에 광물질 충전재를 혼합하여 제조한 것이며, 상대 변위가 비교적 큰 부재나 부품간의 틈새(워킹 조인트)에 충전하는 부정형 실링재를 말한다. 시공한 후에는 경화하여 고무 모양의 탄성을 발현(發現)하므로 탄성형 실링재라 하며 탄성 실런트(sealant), 또는 실런트라고 부르기도 한다.

비탄성형 실링재란 일반적으로 실리콘, 아민유, 보일유 등을 비이클 성분으로하여 이것에 광물질 충전재를 잘 혼합하여 제조한 것이며, 움직임이 없는 부재나 부재간의 틈새(년워킹 조인트)에 충전하는 부정형 실링재를 말한다. 시공한 후에는 외기 표면층에 피막을 형성하고 내부는 매스틱(mastic) 모양으로 유지되는 것이며 소성형(塑性形)실링재 또는 코킹재라고 부르기도 한다.

보수나 개수용 실링재는 탄성형 실링재를 사용하는 것이 원칙이지만 유성 코킹재의 보수나 개수에 대해서는 일률적으로 탄성형 실링재의 사용이 필수적인 것은 아니며, 경우에 따라서 비탄성형 실링재를 사용해야 하는 경우도 있다.



(표 6-19) 건축용 부정형 실링재의 종류

6.7.2 노화현상 및 원인

1) 실링재의 응집 파괴

<그림 6-14>(a)와 같이 줄눈에 시공한 실링재 자체가 파괴, 절단되는 것이며 줄눈에 생기는 무브먼트(movement)가 큰 경우에 발생하기 쉽다. 특히 커튼 월 등의 줄눈에 시공한 실링재에서 많이 확인된다. 실링재의 허용 신축률보다 줄눈에 발생하는 신축률이 큰 경우에 발생하는 하자이며, 줄눈에 발생하는 신축률보다 큰 허용 신축률을 가진 실링재를 적용해야 한다.

2) 실링재의 접착 파괴(박리 : 剝離)

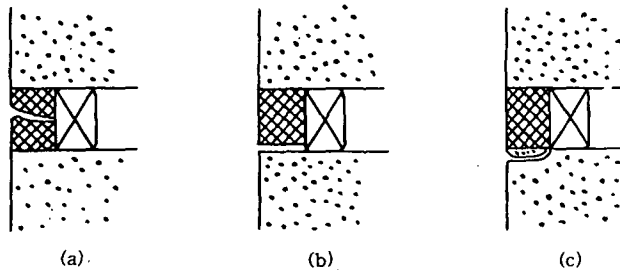
<그림 6-14>(b)와 같이 줄눈에 시공한 실링재와 피착체(被着體)와의 접착 경계면에서 파괴(박리)되는 것이며 시공 후 비교적 단기간에 발생하는 경우가 많다. 실링재를 시공할 때에 사용하는 프라이머와 피착체와의 상성(相性)이 좋지 않은 경우에 많이 발생하므로 상성이 좋은 프라이머를 선정해야 한다.

3) 피착체의 파괴

<그림 6-14>(a)와 같이 줄눈에 시공한 실링재에 무브먼트가 발생하여 실링재의 응집력이 피착체의 인장강도를 상회한 경우에 피착체가 파괴되는 하자를 말한다. 실링재를 선정할 때는 피착체의 파괴 강도보다 실링재의 응집력이 작은 것을 선정해야 한다. 2차 노화요인으로 는 재료의 크리프를 생각할 수 있으며 실링재에 후경화(後硬化)가 있는 경우에도 발생한다. 특히, ALC와 같은 모재의 강도가 작은 경우 주의해야 한다.

4) 의장상의 불량

실리콘계 실링재의 불활성 오일에 의한 오염, 먼지 부착, 곰팡이 발생, 변퇴색, 폴리설펜이 드계 실링재에 배합된 페놀 수지에 의한 오염, 열, 자외선, 산소, 오존 등에 의한 표면의 균열, 초킹 등을 생각할 수 있다. 실링재의 하자 상태와 노화 요인과의 관계에 대해서는 위와 같으며, 어느 노화 시점에서 보수하면 좋은지는 판단하기가 상당히 어렵다.



<그림 6-14> 실링재의 하자형태

6.7.3 점검방법 및 판정

실링재의 점검조사는 노화 원인을 충분히 파악하기 위해 다음과 같은 3단계로 진행한다.

- ① 1단계 : 육안조사, 건물이력, 건축도서 및 시방조사 등을 실시한다.
- ② 2단계 : 실링재의 상태를 손으로 만져 확인하고 샘플링하여 정성(定性)조사를 실시한다.
이때 샘플링은 동서남북 각 면에서 길이 500mm 정도 채취한다.
- ③ 3단계 : 샘플링한 실링재의 정량(定量)조사를 실시한다.

이상의 조사결과를 (표 6-20)과 대조하여 기존 실링재의 노화상태를 판정한다.

(표 6-20) 조사 항목별 노화도의 분류

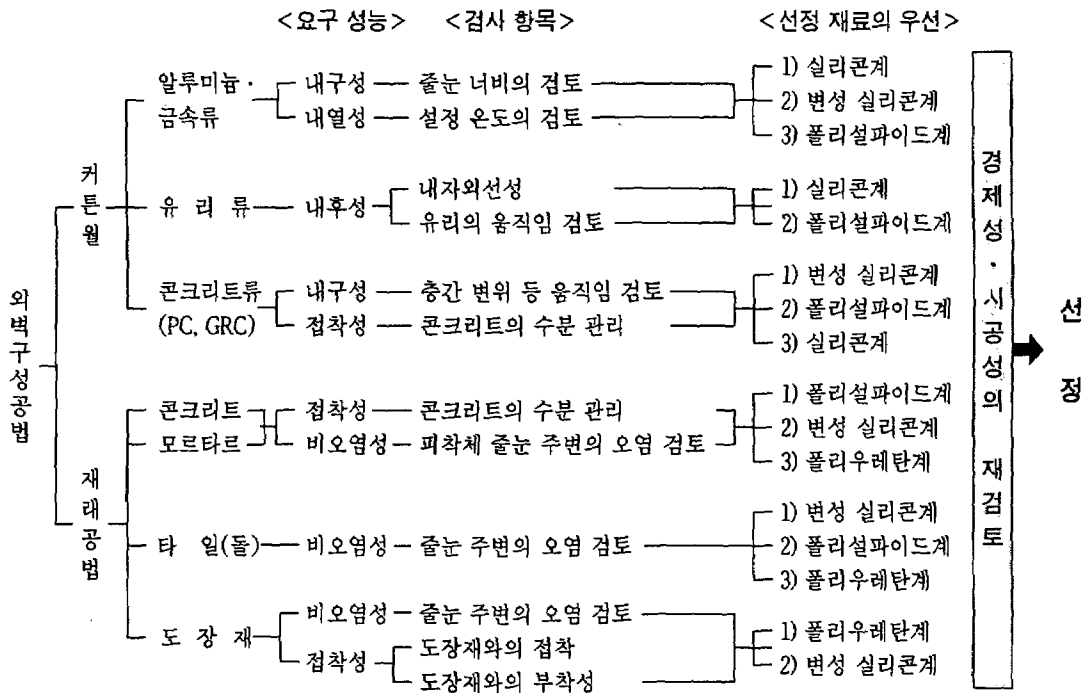
조사 항목		노 화 도(老化度)			
		대	중	소	
방 수 기 능 관 련 항 목	누수 또는 그 흔적	있음	-	없음	
	실링재 바탕에서의 박리	깊이의 1/2 이상 또는 깊이 5mm 이상	깊이의 1/4~1/2 또는 깊이 2~5mm	깊이의 1/4 미만 또는 깊이 2mm 미만	
	실링재의 파단(벌어짐)	두께의 1/2 이상 또는 깊이 5mm 이상	두께의 1/4~1/2 또는 깊이 2~5mm	두께의 1/4 미만 또는 깊이 2mm 미만	
	바탕의 파손(균열, 결손)	균열 너비 0.3mm 이상	균열 너비 0.1~0.3mm	균열 너비 0.1mm 미만	
	실링재의 변형(처짐, 가늘어짐)	요철이 두께의 1/2 이상 또는 깊이 5mm 이상	요철이 두께의 1/4~1/2 또는 깊이 2~5mm	요철이 두께의 1/4 미만 또는 깊이 2mm 미만	
	실링재의 연화(軟化)	손가락에 매우 많이 묻는다	손가락에 많이 묻는다	손가락에 조금 묻는다	
의 장 관 련 항 목	주름	요철깊이 1~2mm	요철 깊이 0.5~1mm	약간 구겨졌다	
	변퇴색	변퇴색이 매우 심하다	변퇴색이 상당히 인정된다	변퇴색이 조금 인정된다	
	균열	균열 너비 1~2mm	균열 너비 0.5-1mm	균열 너비 0.5mm 미만	
	초킹	손가락에 분말이 매우 많이 묻는다.	손가락에 분말이 많이 묻는다.	손가락에 분말이 조금 묻는다.	
	마감재의 들뜸, 변색	박리나 변색이 인정된다.	균열, 들뜸이 있다 조금 변색되었다	균열, 들뜸의 현상이 경미하다	
물 성 ~ 物 性 ~	인장(H50)	초기값 비(比)	$5 < < 1.5\text{kgf/cm}^2$	$3 \sim 5, 1/3 \sim 1/5\text{kgf/cm}^2$	$3 > > 1/3\text{kgf/cm}^2$
		측정값	$6 < < 0.3\text{kgf/cm}^2$	$4 \sim 0.3 \sim 0.6\text{kgf/cm}^2$	$4 > > 0.6\text{kgf/cm}^2$
	신율(E)	초기값 비	$1/5 >$	1.3~1.5	1.3<
		신율	$200\% >$	200~500%	$500\% <$

(자료: 일본건설부 종합 기술 개발 프로젝트 보고서)

6.7.4 보수 및 보강방법

1) 실링재의 선정

보수 및 보강용 실링재의 적재 적소 선정에는 2가지 요인을 고려해야 한다. 하나는 줄눈을 구성하고 있는 피착체의 재종이고, 또 하나는 그 줄눈이 어디에 존재하는지(수평, 수직부위 등)이다. 외벽을 구성하고 있는 공법, 피착체, 시공부위에 따라서 시공하는 실링재의 요구성능과 검토대상 항목이 달라지며 이에 따라 선정하게 된다(표 6-21).



(표 6-21) 실링재의 선정

2) 실링재의 보수 및 보강공법

① 잘라내어 시공하는 법

단순한 시공불량으로 경화불량이나 박리 등이 원인이며 부분적으로 보수하는 경우에 적용한다.

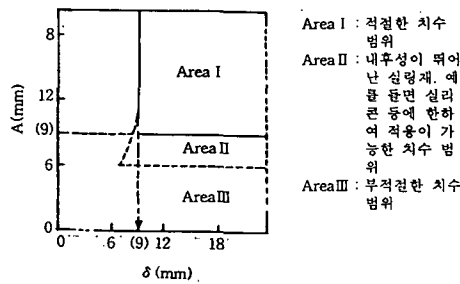
② 확폭(擴幅)시공법

실링재가 경년(經年) 또는 경시(經時) 변화로 인해 노화한 경우, 동종 또는 이종의 실링재

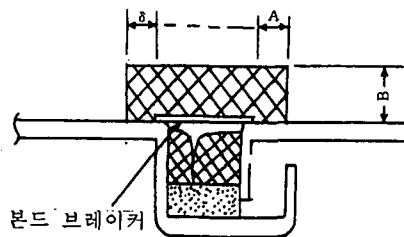
나 프라이머를 사용하여 보수할 때 내구성을 향상하거나 무부먼트를 완화할 목적으로 줄눈 폭을 넓히거나 깊게 하여 보수하는 시공법이다. 또 줄눈 접착면에 실링재의 접착 소외(疎外) 인자가 존재하여 통상의 청소 방법으로는 소외 인자를 완전히 제거할 수 없는 경우, 줄눈 접착면을 샌더 등으로 쪼아내어 제거함으로써 접착 효과를 높이는 보수방법도 포함된다.

③ 가교(架橋)시공법(오버브리지 공법)

줄눈 모양이 불안하거나 설계 신축률 이상의 움직임이 줄눈에 발생한 것이 원인이 되어 실링재가 노화한 경우 잘라내는(절취) 재시공으로는 조기에 같은 하자가 다시 발생한다고 생각되며, 또 확폭 시공법을 채용할 수 없는 경우에 피착체 사이에 다리를 놓는 형태로 실링재를 높이 올려 충전 시공하는 공법이다. 이 공법은 실링재의 인장응력이 아니라 전단 응력으로 줄눈의 움직임을 흡수하기 때문에 내구성, 접착성과도 유리한 방향으로 작용한다고 생각할 수 있다.



<그림 6-15> 단면 치수의 권장값(일본 건축학회 관동지부 연구보고집에서)



<그림 6-16> 가교 시공법의 치수.

가교 시공법의 채용시 다음 사항에 주의해야 한다. 포인트는 적절한 접착 폭과 두께를 확보해야 한다. <그림 6-15>는 가로 시공시의 단면치수의 적부(適否)면적을 나타내고 있으며 Area I이 적절한 줄눈 모양이다. 그리고 접착 폭과 두께에 대해서는 <그림 6-16>과 같이, 실링재의 시공 오차 또 본드 브레이커 (bond breaker)의 부착 정밀도와 오차를 충분히 고려하고, 또 경제성의 관점에서 최소값으로 하는 것이 바람직하다. 본드 브레이커의 너비에 대해서는 다음 식으로 산출할 수 있다.

$$\omega \geq \Delta L / \epsilon \times 100 + t$$

ω : 본드브레이커의 너비(mm)

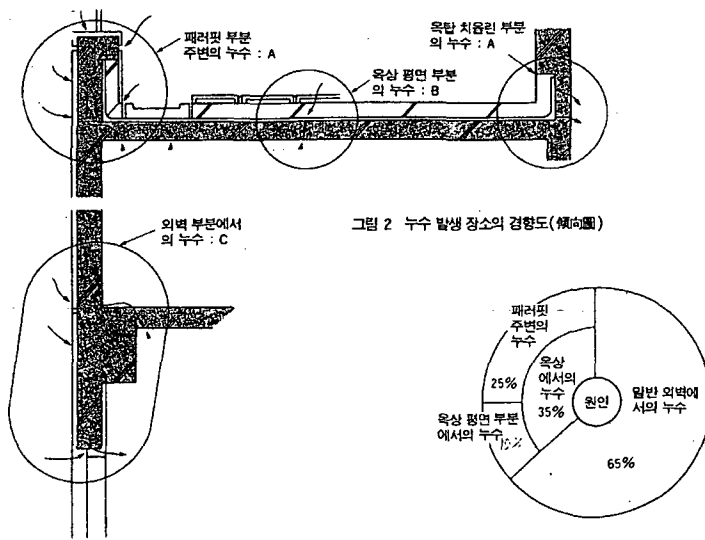
ΔL : 줄눈의 무브먼트량(mm)

ϵ : 실링재의 설계신축률(%)

t : 본드브레이커의 부착 오차 (mm)

6.8 누수

누수는 주거성을 침해할 뿐만 아니라 건물의 내구성을 단축시키는 요인이 된다. 주거성에 지장이 있는 누수는 보통 건물에서는 응급적인 처치 또는 일상적인 수리로 해결한다. 누수는 크게 옥상부분과 외벽부분에서의 누수로 나눌 수 있다. 누수의 원인은 콘크리트 구체에 결함이 있는 경우, 실링재·방수 재료의 경년(經年) 노화, 개구부 주변의 틈새와 균열, 패러핏의 치울린 부분의 균열, 차양과 벽면의 아몰립 등 여러 가지가 있지만 대부분이 설계상의 문제이거나 시공에 기인하는 것이다. <그림 6-17>은 누수 발생장소의 경향을 나타낸 것이다.



<그림 6-17> 누수 원인 분석 결과

6.8.1 옥상부분에서의 누수현상 및 점검

누수발생은 외벽에서 발생하는 예가 압도적이지만 방수층을 시공한 옥상부분에서의 누수만을 보면, 패러핏 주변부가 대부분이고 옥상평면부의 방수층 자체의 누수는 그다지 많지 않다. 단순한 구성부위는 고장이 없지만, 설계 및 시공상의 연구가 필요한 패러핏 주변에 많은 누수가 발생한다. 패러핏 주변은 이질재의 재료가 복합되어 있고 노화도 조기에 일어나는 부분이며 원인이 되는 노화현상이 여러 가지로 나타나는 부위이다. 옥상의 중앙부에서의 누수는 방수층 자체의 손상이 있는 것이며 슬래브의 균열, 옥상공작물 등의 상황관찰로 개략적인 원인개소를 파악할 수 있다.

침입수는 균열부위를 따라서 미로로 흐르기 때문에 누수개소와 방수층의 손상개소는 일치하지 않으며 일부이긴 하지만 누름공법의 아스팔트 방수층 등에서는 침입수는 균열을 따라서 누수하기 때문에 누수개소와 원인개소는 가까운 곳에 있는 경우도 많다. 침투수는 균열 등을 따라서 전달되지만 시트방수 등 노출방수에서는 겹침부의 간극을 통해서 흐르기 때문에 누수개소와 원인개소가 떨어진 경우도 있다. 또한, 노출방수의 경우는 바탕과의 밀착이 중요하기 때문에 침투수가 확산되는 경우도 많다. 이러한 노출방수에서는 적외선 영상장치에 의한 온도분포를 조사하여 진단하기도 한다.

6.8.2 외벽에서의 누수현상 및 점검

외벽에서의 누수는 균열·콘크리트의 이음타설부·두판·창틀주변의 공극 등이 원인이 되기 때문에 건물누수 문제의 대부분은 외벽누수이다. 누수의 원인은 직접 육안관찰이 용이한 경우가 많고 진단도 비교적 단시간에 실시되지만, 수선의 효과가 그다지 좋지 않다. 이러한 이유의 대부분은 외관을 손상하지 않는 소극적인 수선방법을 채용하기 때문이다. 누수의 점검에서는 천장재를 포함한 내장마감재의 일부를 제거해서 콘크리트를 직접 육안으로 관찰하는 경우도 있다.

진단은 누수가 외벽구조체로 부터 있는 것인가의 확인(옥상방수 또는 실링방수에 기인하는 경우도 많다) 및 구조체에 있으면, 규모·누수경로와 원인을 추정한다. 누수의 규모란, 콘크리트면의 누수개소 및 그 주변에 대해서 구조체에 영향이 있다고 생각되는 범위를 가르킨다. 또한, 외벽부재에 대해서는 누수개소에서 아랫방향을 향해서 누수 혹은 얼룩이 나타나기 때문에 그 영향범위를 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 이 범위는 전개도면으로 스캐치하고 위치, 크기 등을 기록한다.

습윤상태란 누수개소의 건습정도를 말하며 현재의 누수 여부를 판정한다. 이 조사는 외벽에서의 누수의 경우에는 누수에 의한 영향을 조사하기 때문에 비오는 날과 맑은 날의 양자를 조사하는 것이 바람직하다. 콘크리트의 상황은 누수부분의 콘크리트 표면을 관찰하여 균열·

두판·폴드조인트 등을 상세하게 관찰한다.

또한, 누수원인이 되는 개소는 외벽만이 아니고 옥상방수와 실링방수가 누수의 원인인 경우도 있고 옥상의 쿨링타워나, 배관에서 누수 등이 원인이 되는 개소는 현장에서 조사한다. (표 6-22)과 (표 6-23)에 누수의 점검항목과 원인추정에 필요한 점검항목을 나타냈다.

(표 6-22) 누수의 점검항목

점 검 항 목	점 검 내 용	점 검 방 법
누수개소의 규모	누수개소의 면적, 범위 및 직경	누수범위의 스킷치· 크기의 측정
누수개소의 습윤상태	누수개소의 습윤의 판정	콘크리트가 건조상태 인가의 육안관찰

(표 6-23) 누수의 원인 추정에 필요한 점검항목

진 단 항 목	진 단 내 용	진 단 방 법
콘크리트의 상황	누수개소의 면적, 범위 및 직경	누수범위의 스킷치· 크기의 측정
누수원인이 되는 개소의 탐색	누수개소의 습윤의 판정	콘크리트가 건조상태 인가의 육안관찰

제 7 장 그라우팅에 의한 보수·보강

여 백

제 7 장 그라우팅에 의한 보수·보강

7.1 그라우팅을 위한 조사

어느 구조물 내의 저류수가 누수되고 있을 때 가장 중요한 사항은, 얼마나 많은 양의 물이 어느 경로를 통하여 흐르고 있는가(?) 하는 것이다. 누수 발생위치는 저수지나 방조제 하류 사면, 구조물 하류 측 기초부위, 양안 부근, 구조물의 재료별 접촉부위 등 다양하게 나타난다. 누수 발생량의 급격한 변화는 구조물의 손상 상태가 진행되고 있음을 의미하며, 혼탁상태는 파이핑에 의한 토립자의 유실 가능성을 나타내 준다. 구조물 본체를 통한 누수는 파이핑 혹은 내부침식에 의한 재료손실로 연결되기 때문에 부등침하나 구조물 하부의 함몰 가능성을 불러 올 수도 있다. 누수되는 양과 누수유로를 정확히 알지 못하면 누수 자체의 차단이 어려우나, 정확히 파악되었다면 누수의 절반은 막은 것으로 판단할 수 있다. 누수량은 누수지점에서 직접 관찰 혹은 측정이 가능하지만, 흐르는 물이 통과하는 경로를 정확히 알아내는 것은 매우 어렵다. 누수가 구조물 본체와 관련하여 어느 부위를 통과하는 지 알기 위해 여러 가지 방법이 이용되는데, 가장 일반적인 방법으로는 주변 지질조사, 전기비저항탐사(수직, 쌍극자), 자연전위(SP)탐사, 시추조사, 추적자시험, GPR탐사 등이 있다. 구조물을 대상으로 조사를 시행하는 경우 직접 조사인 시추조사를 제외하면 대부분 비파괴탐사장비를 이용하는 것이 원칙이며, 시추조사 등은 직접 조사가 꼭 필요한 경우에만 시행한다.

7.1.1 지표지질조사

지표지질조사는 물리탐사나 시추조사 등 정밀조사 해석에 필요한 기초자료를 제공할 목적으로 시행한다. 특히 물을 저장하기 위한 시설물과 관련해서는 암석이나 지반의 지내력과 투수성 검토를 위하여 면밀한 지질조사가 이루어져야 한다. 구조물 축조 당시의 자료를 다량 취득하여 이용할 수 있으면 가장 이상적이지만, 자료가 확보되지 못한 경우에는 누수와 관련 있는 항목을 집중 취득하여 분석한다. 구조물 주위의 분포지질 및 지층 두께와, 단층·습곡·부정합·파쇄대·절리·선구조·엽리/편리 등의 지질구조를, 기존 자료를 우선 취득하여 검토하고 현장 조사를 통한 확인 과정을 거쳐 세부 지질도를 작성한다. 층적층, 풍화대 등 비고결층의 두께, 전석 및 점석의 분포, 유기질 혹은 활동 가능한 지층의 존재, 지질 및 지층의 경계면 확인, 용해성 지층(석회암류)의 분포 여부, 사태나 침하 가능성, 팽창성 토양이나 암반의 분포, 투수성이 높은 화성암류의 절리나 퇴적암의 층리 등을 검토하여야 하며, 결과물로 지질도와 지질단면도를 작성한다.

7.1.2 전기비저항탐사

전기비저항탐사는 인공적으로 전류를 대지에 공급하여 전위를 발생케 하고, 그때의 전류와 전압의 크기를 측정하여 지중에서의 전기비저항치의 변화를 탐지하는 조사방법으로서 여러 가지 지구물리탐사방법 중 비교적 깊이 않은 심도에서 잘 적용되는 탐사방법이다. 전기비저항탐사에서는 전기비저항치의 변화 양상을 분석하여 지하 지질구조(암맥, 파쇄대, 단층, 습곡 등), 광상분포, 지하수의 부존, 지열의 분포심도와 부존 양상 등을 탐지하며, 이 탐사에는 전류를 공급해 주는 전류전극과 공급된 전류에 의해 발생하는 전압의 크기를 측정하는 전위전극이 사용된다. 전기비저항탐사는 이론이 잘 정립되어 있고, 전류 및 전압의 크기, 전극간 거리 등을 측정하여 분석하므로 정량적인 해석이 가능하다. 그러나 본 탐사는 전극과 대지와의 전기적 접촉이 매우 중요하기 때문에 사막이나 동토 등 표토의 접지가 쉽지 않은 지역에서는 적용이 어렵고, 대지가 전기적으로 심한 양도체인 경우에도 지하 심부로 전류 공급이 잘 되지 않기 때문에 자료 해석에 많은 어려움이 따른다. 토양이나 각 지층의 전기비저항은 수분 함량에 따라 그 변화의 폭이 크기 때문에 지하수와 관련된 탐사에는 전기비저항탐사법이 가장 널리 이용되고 있다. 전기비저항탐사에 이용되는 기구는 전원, 전류-전위계, 전극 및 전선이다. 전원은 직류를 사용하기도 하지만 직류는 자연전위의 영향도 많이 받고 계속적인 직류의 이용은 전극의 분극현상을 야기시켜 정확한 측정이 어려워지므로 전극을 인위적으로 바꾸어 주거나 100Hz 이하 낮은 주파수의 교류 전원을 이용한다. 전극은 교류 전원을 이용할 때는 부식에 강하고 강도를 갖는 전도체이면 충분하지만, 직류 전원을 이용할 때는 자연전위 탐사와 마찬가지로 비분극전극의 이용이 바람직하다. 대지와의 접촉이 잘 되도록 전극을 10~20cm 정도 땅속으로 박아주고 대지가 건조한 경우에는 물이나 전해액을 부어주는 것이 좋다. 본 탐사는 일반적으로 동일 선상의 안쪽에 전위전극 2 개, 바깥쪽에 전류전극 2 개를 배치하고, 전류전극을 통해 교류전류를 보내어 유도된 전위차를 전위전극에서 측정하여 겉보기 전기비저항치를 산출하며, 이를 해석하여 지하 지질구조, 광상 및 지하수의 분포, 지열의 부존여부와 부존 양상 등을 밝혀낸다. 그러나 이 탐사법은 전선을 부착시킨 채 전극을 계속 이동시켜 주어야 하므로 다른 탐사법에 비해 불리한 점도 있다. 전기비저항탐사는 사용하는 전극의 종류, 전류전극과 전위전극의 배열, 전극간의 간격 등에 따라 여러 가지 방법으로 분류되는데, 가장 많이 이용되는 방법은 웨너배열법(Wenner array), 슬럼버저배열법(Schlumberger Array)과 쌍극자배열법(dipole-dipole method)이다.

(1) 웨너배열법(Wenner array)

동일 선상 안쪽의 전위전극 2개와 바깥쪽의 전류전극 2개를 같은 간격으로 배치하는데, 이 방법에서는 거리 계수가 a 이므로 전극배열이 쉽고 전기비저항 산출식이 간편한 이점이 있다. 그러나, 딴 배열에 비해 상대적으로 넓은 면적이 있어야 탐사가 가능하고 전극 4개 모두를

매번 이동시켜야 하며 깊은 심도에서는 오차가 커지는 단점도 있다. 이 배열법은 '80년대 이전까지는 전기비저항탐사의 주 배열법으로 널리 활용되었으나, 비고결층의 심도가 깊고 지층의 전기비저항값이 비교적 작은 구미지역에서는 아직도 수직탐사에도 널리 이용되지만, 국내에서는 지층의 전기비저항값이 비교적 커 이용이 줄었고, 특히 근래에는 전산기기가 발달하고 탐사심도도 점차 깊어지면서 활용성이 떨어져, 광활한 지역에서 수평탐사를 필요로 할 경우 등에만 주로 활용되고 있다. 웨너배열에서의 겉보기 전기비저항치는 아래 식으로 구한다.

$$\rho \alpha = 2\pi \alpha \frac{\Delta V}{I}$$

$\rho \alpha$: 겉보기 비저항치, α : 전극 간의 거리

ΔV : 전위전극에서의 전위차, I : 전류전극에서의 전류

(2) 슬럼버저배열법(Schlumberger Array)

이 배열의 특징은 인접한 한 쌍의 전위전극(간격 = 2ℓ)을 멀리 떨어진 다른 한 쌍의 전류전극(간격 = $2L$) 사이에 위치케 하여 전위전극 하부의 전기적 물성을 조사하는 것으로서, 보통 전류전극의 중심에 전위전극을 위치시키고 전류전극 사이의 간격을 log적으로 증가시키면서 수직적인 전기비저항의 변화를 탐지한다. 이 배열법은 중간의 전위전극은 고정하고 전류전극 간의 간격을 중간 지점을 중심으로 넓히면서 시행하면 되므로 상대적으로 작업이 간편하고 탐사 소요 면적도 넓지 않으며, 전위전극을 비분극 전극으로 고정시킬 수 있어 전위전극 부위 지표의 교란 효과도 모든 측정에서 동일하므로 탐사 효과도 좋아 수직탐사에서 가장 많이 이용되는 편이다. 실제적인 측정에서는 전위전극 간격을 2m 정도로 고정하고 전류전극 간격을 10, 20, 30, 50, 70, 100, 200, 300, 500, 700; · · · m 등으로 증가시키면서 측정하며 만약 전위전극 간격이 상대적으로 좁아 측정값이 너무 작아지면 전위전극 간격을 5, 10 m 등으로 증가시킨 뒤 측정을 계속하면 된다. 이 배열법은 소요 인력이 적고 작업을 신속하게 진행시킬 수 있는 장점 때문에 현재 국내의 수직탐사에는 거의 이 배열법을 사용하고 있다. 이 배열법에서 전류전극 간격이 전위전극 간격의 10 배 이상이 되고 전체 배열이 배열 중심선에 대하여 대칭이 되도록 하면 겉보기 전기비저항치의 산출식은 아래와 같이 정리된다.

$$\rho \alpha = \frac{\pi}{2\ell} L^2 \frac{\Delta V}{I}$$

$\rho \alpha$: 겉보기 비저항치, 2ℓ : 전위전극 간의 거리

$2L$: 전류전극 간의 거리 ΔV : 전위전극에서의 전위차

I : 전류전극에서의 전류

(3) 쌍극자배열법(dipole-dipole method)

한 쌍의 전위전극을 다른 한 쌍의 전류전극의 밖에 설치하되 전위전극과 전류전극 사이의 간격은 같은 거리(2ℓ)로 하는 전극배열법으로서, 이들 두 쌍 간의 거리를 2ℓ 의 정수 배가 되도록 연속적으로 증가시킴으로서 2 차원 탐사를 수행한다. 이 때 전류원은 전기적인 쌍극자로 취급할 수 있게 되므로 쌍극자배열법으로 불리우며, 측정값은 전류전극의 중심과 전위전극의 중심선을 45° 로 이어 만나는 점에 표시하여 분석한다. 반응이 정밀하나, 측정치는 전극의 접지상태 또는 천부 전기전도도 변화에 민감하며 지하의 전기비저항값이 매우 작을 경우 전위전극에서의 전위차가 작아 탐지가 곤란해진다. 이 배열법은 전기비저항탐사보다 유도분극 탐사에서 주로 시행되지만 우리 나라에서는 지층의 전기비저항값이 비교적 높아 전기비저항탐사법으로도 널리 이용된다. 이 배열법에서의 겉보기 비저항값 산출식은 아래와 같다.

$$\rho \alpha = -2\pi(n-1)n(n+1)\ell \frac{\Delta V}{I}$$

$\rho \alpha$: 겉보기 비저항치

$2\ell(n-1)$: 가장 안 쪽의 두 전극(하나는 전류 다른 하나는 전위전극) 간의 거리(여기서 n 은 2에서 10 내외)

ΔV : 전위전극에서의 전위차

I : 전류전극에서의 전류

(4) 수평탐사와 수직탐사

수평탐사는 전기적 물성의 수평적 변화를 파악할 목적으로 시행하는 탐사로서 지표 아래 일정한 깊이의 전기비저항 분포를 측정한다. 조사 대상지역의 전체적인 전기비저항 분포와 그 윤곽을 파악하기 위하여 우선적으로 시행하는 경우가 대부분이며, 시행 방법은 전극 간격을 일정하게 유지하면서 정해진 축선을 따라 전기비저항을 측정하므로 웨너배열법과 쌍극자배열법이 가장 많이 이용된다. 수직탐사는 수평탐사와 대칭되는 개념으로서 지표로부터의 수직적 변화를 탐지하는데 이용된다. 일반적으로는 수평탐사를 실시하여 전체적인 양상을 파악한 후 선정된 지점에 대하여 대상체의 심도를 탐지하게 된다. 수직탐사에는 슬럼버저배열법이 많이 이용된다.

(가) 수평탐사(electric mapping, horizontal profiling)

수직탐사를 시행할 위치 선정을 위하여는 수평탐사를 선행함이 원칙이다. 수평탐사를 위한 전극배열은 슬럼버저배열법을 포함한 어느 방법도 가능하나, 가장 많이 이용되는 방법은 웨너배열법과 쌍극자배열법이다. 웨너배열법에 의한 수평탐사는 전극간격 a 를 고정(10, 20, 30m 등)하고 전체 배열은 축선을 따라서 5 또는 10, 20, 30m 등 적절한 간격으로 단계적으로

이동하면서 전기비저항을 연속적으로 측정한다. 한 측선에 대한 측정이 끝나면 인접 측선에 대하여도 같은 방법으로 측정하여 조사지역 전체에 대한 탐사를 완료한다. 측정된 겉보기 비저항값은 측정 배열의 중심에 기록하여 평면 분포도를 만들고 적당한 크기로 등 겉보기 전기비저항 곡선도를 작성한다. 웨너배열법은 측정된 전위차와 전류의 비($\Delta V/I$)에 $2\pi a$ 를 곱하면 겉보기 전기비저항값이 산출되기 때문에 비교적 계산이 용이하다. 수평탐사에 의한 해석은 정량적이기 보다는 정성적인 면이 많고, 넓은 지역에서 주변보다 전기비저항값이 더 낮거나 더 높은 전기적 양도체나 부도체가 존재할 때 이를 파악하는데 주로 이용된다. 수평탐사에 의해 나타나는 겉보기 비저항값의 변화는 파쇄대, 단층, 광체에 의한 변화 등 세부적 지질 특성에 의한 경우가 많으므로 지질공학적으로도 널리 이용된다. 웨너배열법은 운용이 용이하므로 수평탐사에서 가장 널리 이용되지만, 슬림버저배열법이나 쌍극자, 3-점배열법 등이 지층의 경계면이나 광체의 주향에 직각되게 배열할 때 더 효과적인 것으로 평가되고 있으며, 특히 근래에는 쌍극자배열법의 활용이 급격히 증가하고 있다.

(나) 수직탐사(electric sounding, vertical sounding)

수직탐사는 지표상의 어느 한 점에서 그 하부의 심도에 따른 전기비저항값의 변화를 측정하고 그 결과를 다른 지질 관련 자료와 비교하여 지하구조를 상세히 규명하는데 목적이 있다. 수직탐사는 대지에 공급되는 전류는 전류전극 사이의 간격이 넓어질수록 더 깊은 곳을 통과한다는 사실에 근거하여 발달되어 왔다. 따라서 전극간격이 증가하면 지표면 상의 전위 분포는 점차 더 깊은 심도에 존재하는 불균질 매질의 영향을 반영하게 된다. 웨너배열법은 4개의 전극을 매번 이동시켜야 하므로 작업량이 많고, 동일 심도까지의 탐사에 필요한 소요 면적도 상대적으로 넓어 이용이 줄어들고 있다. 슬림버저배열법은 중간의 전위전극은 고정하고 전류전극 2개만 이동시키면 되므로 상대적으로 작업이 간편하고 탐사 소요 면적도 좁으며, 탐사 효과도 좋아 수직탐사에서 가장 많이 이용되는 탐사방법이다. 수직탐사의 해석은 일반적으로 표준곡선을 이용하여 시행하는데, 여러 가지 지구물리탐사 방법과 비교할 때 까다롭고 어려운 편에 속한다. 그러나 요즘에는 컴퓨터를 이용한 해석 기법의 보급으로 활용이 한결 수월해지고 있다.

7.1.3 자연전위(SP)탐사

대지에는 평상시 우리가 감지하지 못하는 자연전위가 존재한다. 자연전위의 크기는 흑연이나 광화물 등이 존재하는 곳에서 크게 나타나는데, 이 크기를 측정하여 탐사에 이용하는 방법을 자연전위(SP)탐사법이라 한다. 자연전위탐사는 그 방법이 간단하고 쉬우며, 탐사비용도 타 탐사방법에 비해 저렴하므로 유화광물탐사 등에 보조적 탐사방법으로 널리 이용되어 왔다. 자연전위는 지하의 물리적 현상보다는 주로 화학적 반응에 기인하여 발생하는 것으로 간

주되었으므로 지층의 물리적인 계수를 탐지할 수 없다는 것이 단점으로 지적되어 왔다. 그러나 근래에는 지층의 화학적 반응 외 물리적 현상에 의해서도 자연전위가 변할 수 있는 것으로 보고되어, 물질의 화학적 반응이 적은 곳에서 지층의 물성 차이와 물의 흐름에 따른 potential 변화 등 물리적 현상 규명에 이용하는 기법이 점차 발달하고 있다. 자연전위는 (+) 혹은 (-)값으로 몇 십 mV 이하의 낮은 배경전위(background potential)로 나타나나 광화전위(mineralization potential)는 몇 백 mV 단위의 높은 값으로서 언제나 (-) 값을 갖는 특징을 보인다. 자연전위를 측정하기 위하여는 대지와외 전기적 연결이 필수적이다. 따라서 전기전도도가 나쁜 지역에서의 이용은 제한될 수 밖에 없었으나, 근래에는 접지 기술이 개발되어 넓은 적용을 가능케 하고 있다. 배경전위는 전기화학적 또는 전기역학적 현상에 의해 발생한다. 그 예로 서로 접하고 있는 농도가 다른 두 전해액 사이에는 전위차가 존재하며 지하수의 농도에 의해서도 전위차가 발생하고, 전해액이 모세관을 통과하거나 지표 가까운 곳에서 암석 내 공극을 흐를 때에도 전위차는 발생한다. 광화전위는 광체상부가 하부보다 통상 더 많이 산화됨으로 상하부 간에 전위차가 발생되어 광체 자체가 하나의 거대한 건전지 역할을 하거나, 광체 상하부를 흐르는 지하수의 산화능력 차이로 전위차가 발생하는 것으로 알려져 있다. 실제 현장에서 자연전위탐사를 시행하는 경우 여러가지 원인으로 국지적인 많은 교란이 발생한다. 이는 땅속에 매설된 철관, 접지선, 살포된 화학비료, 광산폐수, 지하수 흐름, 지형학적 영향 등이 교란원을 이루기 때문이다. 물리적 현상의 차이를 이용한 탐사는 시간변화에 따른 자연전위의 변동값을 monitoring하여 유동전위(streaming potential)의 이상치를 측정·분석함으로써 수리지질학적 연구, 댐과 방조제의 누수부위 탐지, 누수경로 추적 등에 이용된다.

(1) 측정 장비

자연전위 측정에 필요한 도구는 전극, 전선, 전위계로 비교적 간단하며, 탐사기 자체도 여러가지 형태로 개발되어 있다.

(가) 전 극

구리나 스테인리스 스틸 등으로 만든 전극봉을 사용하기도 하지만, 금속전극 자체가 자연전위 형성의 한 요인이 되어 분극현상을 야기시키므로 정확한 자연전위 측정에 어려운 면이 있어 비분극 전극을 많이 이용한다. 분극현상으로 발생하는 전위는 자연상태에서 존재하는 자연전위의 수십 배 이상되는 경우도 있어 측정 자체를 무의미하게 만들기도 한다. 비분극전극은 금속관이나 금속선을 같은 종류 염의 전해질 용액에 잠기게 한 후 다공질 용기(porous pot)에 담아 용액이 용기 밖으로 서서히 흐르게 하여 대지와외 전기적 접촉이 양호하도록 설계한 것이다. 비분극전극의 종류로는 구리선과 황산동(CuSO_4), 아연선과 황산아연(ZnSO_4), 납과 염화납(PbCl_2) 등을 이용한 것이 있으며, 일부 제품화되어 공급되고 있다.

(나) 전 선

가벼워 이동이 쉽고 절연된 구리전선이면 충분하다.

(다) 전위계

자연전위는 전선으로 전극을 전위계에 연결시켜 측정하는데, 측정장비에는 직독식(direct reading method)과 보상식(compensation method)이 있다. 직독식은 내부 저항을 충분히 크게 하여 전극과 연결했을 때 지전류가 전위계 내로 거의 흐르지 않아 전극간의 실제 전위를 측정할 수 있다. 이 때의 입력 저항은 20,000 ~ 50,000 ohm 정도면 충분하다. 보상식은 이미 알고 있는 전위와 자연전위를 비교하여 측정하는 방법이다. 상품으로 개발되어 보급되는 탐사기는 대부분 보상식 전위계이다.

(2) 탐사방법

자연전위법 탐사에는 두 가지 방법이 널리 이용되고 있다. 첫 번째는 기준점을 정하여 한 개의 전극을 고정시키고 다른 한 개의 전극을 이동시키면서 각 측정점과 기준점과의 전위차를 측정하는 방법이다. 최초 선정한 기준점에서 너무 멀어지면 새로운 기준점을 잡아 원래의 기준점과의 전위차를 몇 개의 측정점에서 재 측정하여 보정한 후 측정을 계속하게 된다. 두 번째 방법은 두 개 전극사이의 간격을 10~50m 정도로 일정하게 유지한 채, 두 개의 전극을 같이 이동하면서 전위차를 측정한다. 이 방법은 정확도에서는 첫 번째 방법보다 떨어지는 것으로 파악되고 있으나, 소요 전선의 길이가 짧고 조사과정이 비교적 간편하므로 널리 이용된다. 측정상의 주의점으로는 측정 간격은 작게 하고 측정 간격은 상대적으로 넓게 해 주어야 하는 것이다.

(3) 자료해석

자연전위 탐사결과는 측선상의 전위변화나 등전위선으로 표시된다. 만일 지하에 광체가 존재하게 되면 직상부에서 (-) 최대치가 나타나게 되는데 지형이 경사를 이루면 최대치의 위치는 다소간 이동되어 나타나기도 한다. 자연전위탐사결과의 해석은 정량적이기보다는 대부분 정성적으로 이루어진다. 자연전위 분포는 표토의 전기전도도 변화에 큰 영향을 받고, 탐사심도도 다른 탐사방법에 비해 상대적으로 아주 작은 편에 속한다. 따라서 본 탐사방법은 개략 탐사에 주로 이용되고 독자적으로 이용되기보다는 보조탐사로 이용된다.

(4) 댐이나 방조제의 누수탐지를 목적으로 시행한 자연전위탐사 결과는 통상 수위가 높을 때에는 자연전위 값이 높고, 수위가 깊은 곳에 있을 때에는 낮게 나타난다. 특히 방조제에서 자연전위를 연속적으로 관측하는 경우에는 일정 형태의 사이클을 이루게 되는데 이는 해수면의 높·낮이에 따라 자연전위가 변화하기 때문이다. 자연전위가 0.1mV 정도로 나타나는 경우, 누수가 발생하는 구간에서는 20~40mV로 높게 나타난다. 그러나 누수구간과 누수방향을 정확히 파악하기 위해서는 자연전위에 영향을 주는 조사 인근지역의 구조물(배수갑문 등)이나 전신주의 영향 등을 충분히 검토하여야 하며, 측선은 댐이나 방조제에 평행하게 3열 정도를 배열한다.

(5) 활용분야

석탄, 지열, 화산탐사 등에 널리 이용되고 있으며, 근래에는 댐, 방조제의 누수부위 탐사, 사면sliding 조사 등에 응용되고 있다. 특히 최근에는 시간적 변화의 추이를 연속 측정할 수 있는 모니터링 개념 도입으로 활용범위가 점점 더 넓어지고 있다.

7.1.4 GPR(ground penetrating radar) 탐사

전자파탐사의 일종으로 고주파의 전자파 신호(radar파)를 단속적으로 지층에 투과시킬 때 지층의 밀도, 탄성도, 공극율, 열전도도, 지층의 조직 등에 의해 반사 및 산란의 정도가 달라지는 것을 이용하여 지하를 탐지한다. 본 탐사방법은 지하 불 균질대에 대한 고 분해능의 영상을 연속적으로 얻을 수 있기 때문에, 지반에 대한 정보를 신속/경제적으로 취득하기 위한 조사에 많이 이용된다. 특히 근래에는 도심지역의 지하매설물 탐사 등에서 각광을 받고 있는데, 그 외에도 지층경계 확인, 구조물 안전진단 등 여러 분야에서 널리 활용되고 있다. GPR 탐사법은 전자파의 경로 중 물리적 성질이 다른 매질의 경계에서 반사해 오는 전자파를 수신하여 분석하게 되므로, 제당이나 방조제 등의 기반암 심도, 성토부분의 취약구간, 하부로 누수가 진행될 때 흐름의 방향과 규모를 적절히 파악할 수 있어 농업구조물의 조사에도 널리 이용된다.

7.1.5 지하수 수위조사

그라우팅(보강공법)의 시공방향을 수시 점검하고 시공효과를 파악하기 위하여 내외제의 여러 지점(종방향 : 20m에 1공, 횡방향 : 상·중·하류에 최소 1공 기준)에서 수위를 관측하여 분석한다. 전체적인 수위변화를 측정하려면 인위적인 관측공 설치가 필수적인데, 관측공의 일반적인 심도는 터파기면 하부까지를 기준으로 한다. 내제측의 수위기록, 외제측 누수위치 표기, 강수량 변화, 관측공의 수위측정, 침투류 해석을 위한 여러 지점에서의 수두 파악을 완료하여, 침윤선을 작성한다. 조사결과 작성한 침윤선이 기준 침윤선과 일치하면 체체의 누수문제는 발생하지 않는 것으로 판단할 수 있으며, 누수방지를 위한 그라우팅 완료 후 공내 수위의 연결선이 기준 침윤선과 일치되면 만족한 효과를 얻은 것으로 판단할 수 있으나, 기본 침윤선과 다른 형태를 보이거나 특히 중심선의 하류부에서 기본 침윤선보다 상부에 수위가 머무르면 이상이 있는 것으로 추정할 수 있다. 수위관측공을 이용한 분석 효과를 최대한으로 높이기 위하여는 만수상태 혹은 저수위가 일정하게 유지될 수 있는 기간을 택함이 필요하다.

7.1.6 수온조사

구조물 자체나 하부에서 누수가 관찰되었을 때, 이 누수는 저류수의 일부일 수도 있고 지하수의 일부일 수도 있지만, 이 누수가 어느 쪽에 해당되는가는 매우 중요하다. 지하수라면 그대로 방치해도 별 문제가 없지만 저류수의 누수라면 구조물에 미치는 영향 등을 검토하여 후속 조치 여부를 결정하여야 하기 때문이다. 그러나 지하수와 저류수를 구분하여 판단하는 것은 그리 쉽지 않다. 각각의 화학성분을 분석하여 구분하는 방법이 있으나 이 경우에는 시간과 비용이 많이 소요된다. 따라서 이 둘을 적은 비용으로 짧은 기간 내에 구분할 수 있는 방법을 필요로 하게 되었으며, 그 중의 하나가 수온조사 방법이다. 지하수가 솟아 나오는 경우, 지표수가 모여서 유출되는 경우와 저류된 물이 누수되는 경우에는 각각의 수온에 차이가 있다. 지하수의 경우에는 대부분 $15\pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 벗어나지 않으며 거의 일정하게 관찰되나, 지표수가 모여서 유출되는 경우에는 당시의 기온과 상당히 밀접한 양상을 보이며, 저류수의 누수인 경우에는 누수되는 위치, 심도 및 기온과 연관되어 복잡하게 나타나지만 지하수 수온의 범위를 벗어남이 일반적이다.

7.1.7 추적자시험(tracer test)

추적자시험(tracer test)은 일정한 지점이나 지역에 추적에 사용할 물질을 넣고 그 추적자가 이동하는 경로, 소요시간, 유동속도, 추적자의 농도변화 등을 측정한다. 추적자시험을 시행하는 목적은 크게 두가지인데, 그 하나는 지하 매질의 관심있는 두 지점이나 영역사이의 연결성을 확인하기 위한 것이고, 다른 하나는 대수층에서 용질의 이동 특성을 반영하는 물리·화

학·생물학적 매개변수를 추정하기 위한 것이다. 지하매질의 연결성을 확인하는 추적자조사는 당초 카르스트 지형을 대상으로 한 연구에서 많이 시행되어 왔는데 최근에는 암반대수층을 대상으로 폭넓게 이루어지고 있다. 근래에는 환경에 관한 관심이 지대해지면서 추적자시험이 대부분 두 번째 목적을 위해 수행되는데 이는 지하매질을 이동하는 여러 오염물질들이 어떠한 과정과 경로를 통해 흐르는가를 파악하는 것이 중요해졌기 때문이다. 그러나 보수보강과 관련된 추적자시험은 지점이나 영역 사이의 연결성과 유동성을 확인하는 쪽에 초점이 맞춰져 있다.

추적자시험은 시험에 사용할 추적자가 반응 또는 비반응 용질인가에 따라 분석 지배식이 다르며, 특히 해당 추적자가 지하수 내 화학반응, 미생물작용, 기화, 흡착, 분리, 방사능 분열 등 복잡한 자연현상에 종속될 경우 이 물질의 분산계수를 정확히 규명하는 것은 불가능하다. 추적물질이 비반응 용질로서 지연계수와 반감기 등의 고려가 불필요한 경우에도 복잡한 대수층의 수리분산, 흡착, 확산 등의 현상을 정확히 규명할 수 있는 기법은 연구단계에 있으므로, 현재로서는 대수층을 이상적인 지층으로 가정하고 현장에서 취득 가능한 자료를 활용하여 수리분산계수를 산출하는 수준까지만 가능하다. 현재 상용되는 추적자시험은 분석에 적용되는 수식 자체의 전제조건이 실제 현상과 거리가 멀고 수리분산지수 또한 대상 규모에 따라 다르게 산출되는 규모 종속효과가 있어 추적자의 흐름을 완벽히 예측하는 것은 쉽지 않다. 추적자시험은 크게 실내시험과 현장시험으로 구분하여 시행하나, 보수보강과 관련된 추적자시험은 지점이나 영역 사이의 연결성과 유동성을 확인하는 쪽에 초점이 맞춰져 있으므로 실내시험은 별 의미가 없고 주로 현장시험을 시행하게 된다. 현장시험은, ① 하나의 우물에 추적자 주입 후 변화 농도를 측정하고 일정 시간이 경과한 다음 같은 공에서 양수하며 농도 변화를 측정하는 단일공시험법(single-well pulse test), ② 지하수가 자연상태에서 수위경사를 갖는 경우 그 흐름을 교란시키지 않고 대수층 내에 추적자를 주입 후 하나 또는 그 이상의 공에서 관측하는 자연구배시험법(natural gradient Test), ③ 추적자를 하나의 우물에 주입하고 다른 하나의 우물에서 양수하는 주입-양수시스템을 통해 순환을 이루게 하며 양수정에서 시간-농도 변화를 측정 분석하는 재순환시험법(two well tracer test), ④ 양수에 의해 수위강하가 발생하는 우물 영향권 내의 하나의 우물에 추적자를 주입한 후 영향권 내의 다른 우물에서 농도 변화를 측정하는 단공주입-다공관측시험법(single-well injection or withdrawal with multiple-observation wells) 등이 있다. 그러나 이들 현장 시험법 중에서 보수보강을 위한 자료 취득에 가장 잘 이용되는 추적자시험은 자연상태에서 지하수가 수위경사를 갖고 흐르므로 그 흐름을 교란시키지 않고 그 흐름 내로 추적자를 주입 후 하나 또는 그 이상의 공에서 관측하는 자연구배시험법(natural gradient test)이다. 모든 추적자시험은 지하수의 유동대상 지층이 이상적이라는 가정 하에 수행되므로 취득한 자료는 시험구간 전체에 대한 분산지수 개념으로 산출된다.

(1) 추적자의 종류

현장시험에 이용되는 추적자에는 여러 종류가 있으나 이를 크게 분류하면, 이온, 염료, 포자, 박테리아 등이 있다.

(가) 이온

여러 가지 추적자 중 지하수와 관련하여 가장 많이 이용된다. 염소(Cl^-), 브롬(Br^-), 요오드(I^-), 황산이온(SO_4^{2-})과 같은 음이온과, 리튬(Li^+), 암모늄(NH_4^+), 마그네슘(Mg_2^+), 칼륨(K^+)과 같은 양이온, 그 외에 유기 음이온이 있다. 대부분의 음이온은 대수층 매질에 영향받지 않지만 pH가 낮은 경우에는 점토광물과 반응하여 이온교환이 발생할 수 있다. 양이온은 점토광물과 쉽게 반응하므로 잘 사용하지 않는다. 이온을 추적자로 이용할 경우에는 전기전도도의 변화를 측정하여 추적자의 농도를 쉽게 추정할 수 있으므로 실내분석에 소요되는 경비를 상당부분 줄일 수 있어 가장 널리 이용된다.

- ① 염소(Cl^-) : 비교적 보존성이 좋으며, 가격이 저렴하고 안정적으로 이용할 수 있다. 그러나 상당 지역은 배경농도가 높아 시험구간이 긴 경우에는 많은 양의 이온을 사용하여 농도를 높여 주어야 하는 단점이 있다. 염소는 밀도효과를 피할 수 있고 점토가 적은 지역에서 유용하며, 배경농도만 높지 않으면 가장 권할 수 있는 추적자 중의 하나이다. 농도는 실내 적정, 전기전도도 측정, 이온선택전극의 이용 등으로 측정할 수 있다.
- ② 브롬(Br^-) : 자연상태에서는 1 ppm 이하의 낮은 배경농도를 갖기 때문에 염소보다 낮은 농도로 이용할 수 있으며, 가장 일반적으로, 가장 널리 이용되는 추적자이다. 생물학적으로 안정하고, 침전이나 흡착에 대하여도 안정적이다. 검출에는 전기전도도 측정이나 이온선택전극을 이용하면 저렴하게 시행할 수 있고, 중성자활성 분석이나 액체크로마토그래피 등을 이용하면 소요비용은 많아져도 정밀도를 높일 수 있다. 그러나 브롬은 성인의 혈액에 포함된 양이 2.4g을 넘으면 위험한 것으로 보고되어 있으므로 많은 양의 사용은 자제하는 것이 바람직하다.
- ③ 요오드(I^-) : 자연상태에서의 배경농도가 0.01 ppm 이하로 매우 낮기 때문에 아주 적은 량의 추적자로도 시험이 가능하나, 미생물의 활동에 영향을 받으며 수착되는 정도가 심하여 특수한 경우가 아니면 사용되지 않는다.

(나) 염료

가격이 비교적 저렴하고 사용이 용이하며 효과적이기 때문에 지하수와 특히 지표수 추적에 많이 이용되어 왔다. 염료는 검출도가 매우 높아 아주 낮은 농도까지 감지될 수 있고, 독성이 낮으며 현장에서의 빠른 분석이 가능하다. 부유 물질, 온도, pH, 탄산염함

유량, 염분, 흡착, 및 광학적/생물학적 작용에 의해, 측정되는 염료의 농도가 달라지는 단점이 있다. 일반적으로 사용되는 염료 추적자에는 형광염료와 광학표백제가 있으며, 염료를 주입하고 회수할 때는 태양광선을 차단하는 것이 바람직하고 채취된 시료는 즉시 분석하는 것이 좋다.

(다) 포자

평균 직경이 $33\mu\text{m}$ 이고 구에 가까우며, 밀도가 물보다 약간 커서 주입을 하는 단계에서 교란작용을 병행시켜 주어야 한다. 물의 화학적 성분에 영향받지 않으며, 점토나 실트에 흡착되지 않으므로 포자의 이동속도는 지하수의 유동속도와 거의 같다. 오염된 물에서도 잘 살아남는 장점이 있지만 유속이 느리거나 침전물이 많은 경우에는 어려움에 봉착할 수 있으며, 포자를 준비하고 채취/분석하는데 많은 시간이 소요되는 단점이 있다.

(라) 박테리아

박테리아는 배양이 쉽고 검출이 간단하므로 가장 일반적으로 쓰이는 미생물 추적자이다. 압력을 가하면서 공내로 주입하는 것이 일반적이고, 베일러나 수동펌프를 이용해서 시료를 채취하며 채취된 시료는 분석하는 시점까지 냉장보관을 하여야 한다. 추적자로 사용한 박테리아와 기존의 것을 구분하기 위하여 부수적인 실험이 필요하며, 무해한 박테리아를 선정하는 것도 중요한 사항이므로 시행이 용이치 않다.

(2) 추적자의 선택

추적자를 선택할 때는 시험의 목적, 지층의 특성, 추적자 농도의 측정 범위, 시료의 채취/분석방법, 추적자의 특성, 소요비용 등이 고려되어야 한다. 지하수의 속도, 지층의 공극률, 분산계수 등을 구하려면 보존성 추적자를, 용질의 속도와 분배계수를 알려면 비보존성 추적자를 구분하여 이용하여야 하지만, 단순히 지하수 흐름의 경로를 알아보기 위하여는 시료의 채취/분석방법, 추적자의 특성, 소요비용 등을 고려하면 충분하다. 그러나 보수/보강과 관련하여서는 거의 모든 구조물이 점토·실트와 관련되므로 추적자 선정 시 이점이 감안되어야 한다. 추적자를 선택하기 위하여는 추적자의 배경농도를 필히 알아야 하고, 이 자료로부터 추적자의 농도와 양을 결정한다. 시료의 채취/분석방법은 추적자 선정에 중요한 요소이다. 특별한 목적이 따로 있지 않으면 분석비가 저렴한 음이온을 추적자로 선정하는 것도 무난한 방법이다.

7.1.8 시추조사

지하의 지질상태를 신속·정확하게 파악할 수 있고, 시료채취, 표준관입시험, 투수시험 등 여러 종류의 시험을 병행하여 수행할 수 있기 때문에 지하지질 규명에 가장 널리 이용되는 직접 조사방법이다. 조사장비에는 회전식, 회전충격식, 충격식 등 여러 종류가 있으나, 회전식 시추장비가 가장 많이 이용된다. 조사 구경은 BX(59m/m) ~ NX(75m/m)가 일반적이나 정밀도를 요하는 조사에는 NX(75m/m) size의 조사가 바람직하다.

시추조사시 중점적으로 조사하여야 할 사항은 비고결층(성토재, 표토, 충적층, 풍화대 등)의 심도와 구성 물질, 기반암의 종류, 강도, 신선도, 지질구조의 발달상태, 지층 경계면의 접촉상태, 지층에 발달한 절리의 규모, 방향, 빈도와 지하수에 의한 영향, 지층의 투수성과 지지력 등이다.

시추조사는 기설 구조물에 피해가 발생되지 않도록 위치, 개소 수, 방법 등을 충분히 검토한 후 실시하여야 하며, 조사에서 취득 가능한 자료는 아래와 같다.

시추조사 중	○ 지층 구성물질과 상태(slime 관찰), 용출수량 및 용출구간, 공벽 붕괴상태 및 구간, 구성암석의 경도(굴진률), 지하수위
core 관찰	○ 표토 등 피복층의 두께와 성질, 암석의 종류, 암색, 경도, 풍화도, 균열의 발달상태, 지층의 경사, 단층 파쇄대의 성상, 지층별 분포 심도
core 시험	○ 암석의 강도, 물리성, 흡수성, 함수비
공내시험	○ N치(표준관입시험), 투수성(투수시험, 루전치 시험), 전기비저항과 자연전위(전기검층), 변형계수(공내재하시험), 탄성파속도(음파검층), 밀도/고결도/공극률(방사능검층), 지층 분포와 공의 형성상태(공내 camera)

(1) 투수시험

투수시험은 교란 혹은 불교란시료를 채취하여 시험실에서 실시하는 실내시험과 있는 그대로의 자연조건을 이용하여 시행하는 현장투수시험으로 나누어지는데, 여기에서는 취득한 시료만을 대표하는 실내시험은 미루어 두고, 현장 전체를 대표할 수 있으므로 널리 이용되는 현장투수시험을 기술한다.

(가) 압력식투수시험

균열이 있는 지반의 투수성을 평가하기 위하여 널리 이용되고 있는 현장투수시험방법으로서 시추공내 일정한 길이의 주수구간(stage)에 압력수를 주입하고, 주수량과 수압의 관계를 이용하여 그 구간의 투수계수를 산출한다.

$$K = \frac{2.3Q}{2\pi LH} \log \frac{L}{r}$$

K : 투수계수(cm/sec),

Q : 주수량(cm³/sec)

L : 시험구간(cm)

H : 수두(cm : $H = H_p + H_1 + H_2 - H_3$)

H_p : 주수 압력수두, H₁ : 지표에서 주수 입구까지 높이, H₂ : 지표에서 시험구간 중간까지 길이, H₃ : 자연수위에서 시험구간 중간까지 길이

r : 시험공의 반경(cm)

윗 식에서 K는, 투수계수는 주입압과 주수량에 비례한다는 가정하에 동수구배가 1일 때의 평균 유속으로 투수성을 표현한 것으로서, 균열성 암반 중의 물의 흐름과 같이 Darcy의 법칙이 적용되지 않는 조건 하에서는 그 의미 자체를 상실하지만 어느 지반의 투수도를 비교하고 분류하는데는 충분한 의미를 갖는다. 이 중 10kg/cm²의 압력으로 1분에 1m당 1ℓ의 주수가 가능할 때, 즉 1ℓ/min/m/10bar를 1 Lugeon이라 하고 Lugeon치는 암반의 투수성 평가에 이용된다.

(나) 케이싱을 이용한 공저법

사력층이나 실트층과 같이 무너지기 쉬운 지반에 대한 투수시험방법으로서 케이싱과 이프를 공저까지 박고 케이싱 내에 일정 수위를 유지시키면서 주수하여 주수량이 정상류로 될 때의 유량을 측정하여 투수계수를 구한다.

$$K = \frac{Q}{5.5rH}$$

K : 투수계수(cm/sec). Q : 주수량(cm³/sec)

r : 파이프 내경(cm), H : 수두차(cm)

이 방법에서는 아래 사항의 주의가 필요하다.

- ① 케이싱과 공벽 사이에 물이 새지 않아야 한다.
- ② 주수량이 거의 일정하게 되었을 때부터 연속 측정하며, 측정시간은 투수도가 높은 경우 30분 이상, 낮은 경우에는 60분 이상으로 한다.
- ③ 수압을 가하는 경우에는 수압이 일정하도록 조절한다.
- ④ 수압은 토피압과 동일하거나 1.5배 정도까지로 조절한다.

(다) 관공주수시험법

조사심도까지 시추하여 케이싱을 타입하고, 케이싱 내의 물을 퍼내거나(지하수위가

높을 때) 주입(지하수위가 낮을 때)한 후 수위가 원위치까지 회복되는 시간을 측정하여 투수계수를 산출한다.

$$K = \frac{2.3r}{4t} \log \frac{H_1}{H_2}$$

K : 투수계수(cm/sec). r : 파이프 반경(cm)

t : 수위회복 소요시간(sec)

H₁ : 물을 퍼내거나 주입했을 때의 수위(cm)

H₂ : t 시간 경과 후의 수위(cm)

(2) 표준관입시험

지반을 대표하는 지지력, 점착력, 압축강도 등을 시험실 분석을 거치지 않고 현장에서 직접 구하기 위한 방법으로 표준관입시험을 실시한다. 본 시험은 시험규정 KSF-2318에 의해 실시함이 일반적인데, 측정코자하는 계획된 심도의 저부에 외경 50.8mm의 split barrel sampler를 올려놓고 64kg의 추를 76cm 높이에서 자유 낙하시키는 힘으로 지반 속으로 관입시켜 30cm 만큼 관입될 때의 타격 횟수를 기록하며 이 수치를 통상 N치로 부른다. 타격 횟수 100회에서 30cm가 관입되지 않을 때는 시험을 중지하고 그 때의 관입 깊이를 기록한다. 이 때 가벼운 타격으로 흠속에 15cm를 미리 관입시켜 균일한 시험치를 얻을 수 있도록 한다. 해당 지층에 대한 관입시험을 완료 후 sampler를 지상으로 올려 barrel 내의 교란시료를 채취하여 입도 등을 분석할 수 있도록 한다.

(가) N치의 보정방법

N치는 공벽과의 마찰로 실제보다 크게 나타날 수 있으므로 공의 깊이와 지층의 성질에 따라 보정이 필요하며 아래 공식에 의한다.

① rod길이에 따른 보정 : rod의 길이가 20m 이상인 경우

$$\text{보정 N치} = (1.06 - 0.003 \times \text{rod의 길이}) \times \text{실측 N치}$$

② 지층에 따른 보정 : 지층이 fine sand, silty sand이고 N>15

$$\text{보정 N치} = 15 + 1/2(\text{실측 N치} - 15)$$

(나) N치로부터 산출한 모래지반의 상대밀도(by Peck & Meyerhof)

N치	상 대 밀 도
4 이하	very loose 0.0 ~ 0.2
4 ~ 10	loose 0.2 ~ 0.4
10 ~ 30	medium 0.4 ~ 0.6
30 ~ 50	dense 0.6 ~ 0.8
50 이상	very dense 0.8 ~ 1.8

(다) N치로 산출한 점토지반의 Consistence(by Terzaghi & Peck)

N치	Consistence
2 이하	very soft
2 ~ 4	soft
4 ~ 8	medium soft
8 ~ 15	stiff
15 ~ 30	very stiff
30 이상	hard

(라) 내부 마찰각

① Dunham에 의한 산출법

입자가 둥글고 입경이 균등한 경우	$\phi = \sqrt{12N} + 15$
입자가 둥글고 입도 분포가 양호한 경우	$\phi = \sqrt{12N} + 20$
입자가 각지고 입경이 균등한 경우	$\phi = \sqrt{12N} + 20$
입자가 각지고 입도 분포가 양호한 경우	$\phi = \sqrt{12N} + 25$

② Peck & Meyerhof의 산출방법

N치	Peck	Meyerhof
4 이하	28.5 이하	30 이하
4 ~ 10	28.5 ~ 30	30 ~ 35
10 ~ 30	30 ~ 36	35 ~ 40
30 ~ 50	36 ~ 41	40 ~ 45
50 이상	41 이상	45 이상

(마) 일축압축강도(by Terzaghi)

일축압축강도는 $qu = 0.12 \sim 0.13N$ ($qu \approx N/8$)의 식으로 산출하나, 사질토에서는 분산폭이 크므로 점성토에만 제한 적용한다.

(바) 점착력

① 점성토의 점착력(C)과 일축압축강도(qu)와의 관계

$$C = qu/2 \times \tan(45^\circ - \phi/2)$$

② ϕ 의 값이 무시될 정도로 작은 값이면

$$C = qu/2 \text{ 이며,}$$

$$qu \approx N/8 \text{에서 } C = N/8/2 = 0.0625N(\text{kg/cm}^2)$$

(사) 허용지지력 : $qa = N \times 2.5(\text{t/m}^2)$

(아) 극한지지력 : $qd = C \times 5.7(\text{t/m}^2)$

(3) 시료(교란/불교란) 채취

지층 구성물질의 물리적/역학적 성질을 파악하고 화해

위해 교란되지 않은 혹은 교란된 시료를 채취한다. 교란시료는 표준관입시험에서 split barrel sampler를 지중에 관입시켜 저항치를 취득 기록한 후 뽑아 올려 채취함이 일반적이며, 교란 시료의 분석으로 지층의 구성물질, 입도, 비중 등을 구할 수 있다. 불교란시료는 통상 굴착공을 이용하여 채취하는데 이때 공 내부를 깨끗이 유지한 상태에서 얇은 관을 계속적이고 신속하게 지층 내로 관입시켜 교란되지 않게 채취하여야 한다. 시료 채취용 sampler로는 개방형과 피스톤형 두 가지가 흔히 이용되는데 대상 지층의 연경도 및 점착성 등에 따라 적합한 것을 선별 사용하여야 하는데, 특히 지층이 느슨하고 지층 내에 실트/모래의 함량이 많거나 함수비가 높은 경우에는 sampler 선택에 더욱 신중을 기해야 한다. 시료를 담고 있는 얇은관에는 조사목적, 지구명, 채취위치/심도, 지층명, 채취일자 등을 기록하여야 하며, 충격, 진동, 동결, 건조 등 이차적 원인에 의한 교란이 없도록 운반/보관하여야 한다.

7.2 그라우팅의 설계와 시공

7.2.1 그라우팅의 종류

그라우팅이란 기초 보강공법 중의 하나로서 지반, 암반, 인공적으로 조성된 기초지반 혹은 시멘트구조물 등의 내부로 액상이나 gel상의 그라우트를 주입시켜 공기나 물로 차 있는 균열, 공극 등을 채워 고결시키는 공법을 말한다. 이 공법을 통해 얻을 수 있는 효과는 강도 증가에 따른 지지력 증대, 압밀성 제고에 따른 투수성 감소, 지반 밀도의 증가 등이며, 이러한 목적을 위해 이용되는 그라우팅의 종류는 아래와 같다.

(1) 주입 목적에 의한 분류

(가) 압밀그라우팅(Consolidation Grouting)

기초 암반이나 지반의 변형성을 개량하고 밀도를 증대시켜 기초의 균일화를 도모하며 암반이나 기초지반 중의 침투류를 연장시켜 지하수의 흐름을 억제하는 공법이다. 이 공법은 기초 굴착과정에서 발생하는 균열과 암반이 본래부터 갖고 있는 절리, 공극 등을 충전시키고 경우에 따라서는 접착 작용과 기초암반 자체의 pre-stress 효과를 기대할 수 있으며, 비고결층이 대상인 경우에는 상대적 연약구간을 보강함으로써 기초를 균일하게 만들어 압밀에 의한 부등침하 등의 발생을 예방한다. 압밀그라우팅을 설계하는 대상은 ① silt, 점토, 세립질 토사, 풍화대 등으로 구성되어 있어 압밀침하가 예상되는 지층, ② 단층점토를 포함하는 단층대, 심한 파쇄대 등으로 구성되어 있어 주변 지반과 현저한 지지력 차이를 보이는 구간, ③ 균일성이 특별히 요구되는 댐의 기초 부위, ④ 수평방향으로 seam층이 발달되어 있는 구간, ⑤ 지표 부근의 암석 조직이 느슨하고 침투유속이 큰 구간 등이다.

(나) 피복그라우팅(Blanket Grouting)

기초 표층부를 흐르는 침투류를 억제시키고 차수그라우팅(Curtain Grouting)과 압밀그라우팅(Consolidation Grouting)의 효과를 증대시킬 목적으로 시행한다. 피복그라우팅을 설계하는 대상은 투수성이 양호한 기초지반, 수평방향으로 대수층이 잘 발달되어 있는 구간 등이다.

(다) 차수그라우팅(Curtain Grouting)

저수된 물이 기초 암반의 유로를 따라 누수되는 것을 억제하는 목적으로 이용되며, 기초지반 중을 흐르는 과도한 유속이나 그로 인한 침식작용을 방지하고 지반의 침하를

(마) 일축압축강도(by Terzaghi)

일축압축강도는 $qu = 0.12 \sim 0.13N$ ($qu \approx N/8$)의 식으로 산출하나, 사질토에서는 분산폭이 크므로 점성토에만 제한 적용한다.

(바) 점착력

① 점성토의 점착력(C)과 일축압축강도(qu)와의 관계

$$C = qu/2 \times \tan(45^\circ - \phi/2)$$

② ϕ 의 값이 무시될 정도로 작은 값이면

$$C = qu/2 \text{ 이며,}$$

$$qu \approx N/8 \text{에서 } C = N/8/2 = 0.0625N(\text{kg/cm}^2)$$

(사) 허용지지력 : $qa = N \times 2.5(\text{t/m}^2)$

(아) 극한지지력 : $qd = C \times 5.7(\text{t/m}^2)$

(3) 시료(교란/불교란) 채취

지층 구성물질의 물리적/역학적 성질을 파악하고 화학분석을 통해 구성 성분을 규명하기 위해 교란되지 않은 혹은 교란된 시료를 채취한다. 교란시료는 표준관입시험에서 split barrel sampler를 지중에 관입시켜 저항치를 취득 기록한 후 뽑아 올려 채취함이 일반적이며, 교란시료의 분석으로 지층의 구성물질, 입도, 비중 등을 구할 수 있다. 불교란시료는 통상 굴착공을 이용하여 채취하는데 이때 공 내부를 깨끗이 유지한 상태에서 얇은 관을 계속적이고 신속하게 지층 내로 관입시켜 교란되지 않게 채취하여야 한다. 시료 채취용 sampler로는 개방형과 피스톤형 두 가지가 흔히 이용되는데 대상 지층의 연경도 및 점착성 등에 따라 적합한 것을 선별 사용하여야 하는데, 특히 지층이 느슨하고 지층 내에 실트/모래의 함량이 많거나 함수비가 높은 경우에는 sampler 선택에 더욱 신중을 기해야 한다. 시료를 담고 있는 얇은관에는 조사목적, 지구명, 채취위치/심도, 지층명, 채취일자 등을 기록하여야 하며, 충격, 진동, 동결, 건조 등 이차적 원인에 의한 교란이 없도록 운반/보관하여야 한다.

경우 약액은 흙 속에서 맥상으로 존재하게 되므로 어느 정도 강도를 갖도록 조절하여야 한다. 일반적으로 $N=5\sim 10$ 의 경우에는 현탁액형 약액을 사용하는 것이 가능하고 $N=10\sim 20$ 일 때에는 주입은 가능하나 효과가 불확실하며, $N>20$ 인 경우에는 용액형 이외에는 주입이 불가능하다.

(나) 사질토 주입

흙 입자는 서로 접촉한 상태로 배열되어 있으며 일반적인 주입압력으로 배열상태가 흐트러지지 않는다. 그러므로 주입재가 입자간의 공극을 충분히 메우기 위하여는 침투 성능이 매우 중요하며, 이에 추가할 기본 성상으로는 주입재의 점성이 낮을수록 좋다. 일반적으로 물유리계(water glass) 용액형 약액 또는 초미립자형 주입재료를 사용한다.

(다) 암반 주입

매우 가는 균열(hair crack)이 발달한 암반과 풍화토사, 풍화암의 주입에는 초미립 시멘트 또는 물유리계(water glass) 약액을 주입재로 이용하여야 좋은 효과를 얻을 수 있다.

7.2.2 그라우팅 심도

그라우팅을 효과적으로 시행하기 위하여는 최우선으로 조건에 맞는 그라우팅 공종을 선정하여야 하고 각 공종 별로 적절한, 경제성 있는 심도를 결정하여야 한다.

(1) 압밀그라우팅(Consolidation Grouting)의 경우에는 일정한 심도 산출공식은 없으며, 5~10m 정도를 시공심도로 한다. 통상적으로 공 간격이 조밀하면 심도는 얕아지고, 단층대나 취약 구간을 보강하는 경우에는 심도가 깊어지나, 어느 경우라도 차수그라우팅 심도의 1/2을 넘는 경우는 거의 없다. 공의 배열은 댐 중심선에 위치하는 차수그라우팅의 외곽에 공간격 4~10m 기준, 격자상으로 배치함이 일반적이거나 기반암이나 기초지반 상태에 따라 조정되며, 공경은 통상 $A_x \sim E_x$ 크기이다. 굴착에 이용되는 장비로는 공의 심도, 지질, 지형 등에 따라 10m 미만의 암반의 경우에는 충격식(percussion type)천공장비를, 지질이 불량하거나 공의 심도가 깊은 경우 또는 작업지형의 경사가 급한 구간에서는 회전식(rotary type)장비가 바람직하다.

(2) 피복그라우팅(Blanket Grouting)의 심도는 압밀그라우팅의 심도보다는 깊고 차수그라우팅의 심도보다는 얇게 함이 보통이며, 대체로 차수그라우팅 심도의 1/2 내외 정도이다. 공의 배열은 압밀그라우팅이 설계될 때에는 차수그라우팅과 압밀그라우팅의 중간에 위치케 하며, 공간격 4~10m의 격자형으로 배열한다. 공경은 압밀그라우팅과 마찬가지로 $A_x \sim E_x$ 크기이며, 굴착장비의 선정도 압밀그라우팅과 동일한 기준으로 시행한다.

(3) 제당에서의 차수그라우팅(Curtain Grouting) 심도는 대상 구조물의 규모와 지반의 지질

조건 등에 의해 결정되며 Curtain grouting 심도 D의 산출기준은 아래와 같다(H는 최대 수심).

- ① $D=H/3 + C$ (상수 : 8 ~ 25)
- ② $D=H_1/3 + C$ (H_1 : 공구에서 댐 정상까지 높이, C : 상수(8 ~ 25))
- ③ $D=aH$ (a : 상수(1/2 ~ 1))
- ④ $D=2b + H/10$ (b : 댐의 너비(연약층으로 분류))
- ⑤ $D=H/2$: $K > 1 \times 10^{-4}$ cm/sec일때
- ⑥ $D=H/3$: $K < 1 \times 10^{-4}$ cm/sec일 때
- ⑦ $D=H/4 \sim H/5C$: 암 신선, 균열 거의 무,
 $1 \times 10^{-5} < K < 1 \times 10^{-4}$ cm/sec
- ⑧ $D=H/3$: 암 신선, 균열 거의 무, $K \geq 1 \times 10^{-4}$ cm/sec일때
- ⑨ $D=H/3$: 암 신선도 낮고 균열 발달, $1 \times 10^{-5} < K < 1 \times 10^{-4}$ cm/sec
- ⑩ $D=H/2$: 암 신선도 낮음, 균열 발달, $K \geq 1 \times 10^{-4}$ cm/sec일 때

위 산출기준에서 상수의 폭이 넓고 비슷한 조건에서도 탄력성이 큰 것은, 차수그라우팅(Curtain Grouting)의 심도는 단순 공식에 의해 산출될 항목이 아니고 지형, 지질, 투수계수 등 여러 조건을 충분히 고려하여 결정하여야 함을 의미하며, 확실적인 설계와 시공은 타당치 않음을 추론케 하고 있다. 차수그라우팅(Curtain Grouting)의 공 배열은 구조물 종단 중심선 인근에 2 ~ 4열, 공 간격은 2 ~ 8m로 배치한다. 공경은 심도에 따라 설계·시공하는 것이 원칙인데, 얕은 심도일 경우에는 Bx ~ Ax 크기, 깊은 심도일 경우에는 Bx ~ Nx 크기를 기본으로 한다. 그라우팅 공의 굴착은 회전식(rotary type) 시추기의 사용을 원칙으로 한다.

여수토의 차수그라우팅(Curtain Grouting) 심도는 여수토 측구 바닥고에 의한 최대치와 최소치를 계산하여 연결하는 선까지 설계·시공함을 원칙으로 한다.

$$D_{max} = R + H/3 = (G_{SL} - G_{EXL1}) + (F_{WL} - G_{EXL1})/3$$

$$D_{min} = R + H/3 = (G^{SL} - G_{EXL2}) + (F_{WL} - G_{EXL2})/3$$

조건 : ① $K \geq 1 \times 10^{-4}$ cm/sec

② spill way hight는 1m 정도

D_{max} : 차수그라우팅(Curtain Grouting)의 최대 심도

D_{min} : 차수그라우팅(Curtain Grouting)의 최소 심도

G_{SL} : 여수토 타설 후 되메우기 완료한 내제 측 지반의 표고

$G_{EXL1,2}$: 여수토 측구 터파기바닥면 가장 높은 지점·낮은 지점 표고

F_{WL} : 여수토의 물넘이 표고

7.2.3 주입방법

그라우팅 심도가 비교적 작은 압밀그라우팅(Consolidation Grouting)과 피복그라우팅(Blanket Grouting)의 경우 일반적으로 주입심도가 5m 미만이면 1회에 전 구간을 주입하고 그 이상이면 2개 정도의 구간으로 나누어 주입하는데, 차수그라우팅(Curtain Grouting)의 경우에는 심도가 깊어 여러 구간으로 나누어 주입하게 된다. 이렇게 한 공의 주입공정을 1회에 완료하는가 혹은 그 이상으로 나누어 시행하는가에 따라 아래와 같이 주입방법을 구분하여 시행한다.

(1) 1단식 그라우팅

주입심도가 크지 않은 경우(5m 미만)에는 한번에 계획심도까지 굴착하고 주입도 1회에 완료하나 그 이상이면 2개 정도의 구간으로 나누어 주입하는 것이 일반적이다. 그러나 기반암이 비교적 신선하고 균열이 적으며 치밀한 경우나 기초지반이 균질한 경우에는 심도가 5m를 초과하여도 단번에 계획심도까지 굴착한 후 1회에 주입을 완료할 수 있는데 이렇게 한 단계에 모든 공정을 완료하는 방법이 1단식 그라우팅이다.

(2) 다단식 그라우팅

공 입구에서 공 바닥까지 주입 대상구간을 수 개로 분할하여 굴착과 주입을 반복 진행하는 하향식과 계획심도까지 한번에 굴착 완료 후 공 바닥에서부터 공 입구를 향해 분할 주입하는 상향식 및 이상 두 가지 방법을 여건에 맞게 조합하여 적용하는 복합식 주입방법이 있다.

(가) 하향식 그라우팅

기반암 내에 균열이나 절리가 많이 발달되어 있거나, 기계적인 풍화가 깊은 심도까지 진행되어 있어 하부에서 주입 시 파쇄대를 따라 주입재의 이탈이 예측되거나, 지층이 전반적으로 불균질 혹은 붕괴 구간이 존재하여 공벽 유지가 용이치 않은 경우에는 하향식 그라우팅이 효과적이다. 하향식 그라우팅은 상부에서 일정 심도만큼 굴진 후 주입을 완료하고, 고결이 진행된 후 고결 부분부터 다음단계까지 다시 굴진하여 해당 구간을 주입하고 다시 같은 방법을 반복하여 목표 심도까지 완료하는 공법이다. 이 방법은 타 공법에 비해 효과가 치밀양호하고 파쇄대 등 취약 부위를 상부에서부터 시멘팅하여 고결시킴으로 작업 중 공벽 붕괴 등의 사고 발생을 미연에 막을 수 있고 완벽에 가까운 시공 효과를 기대할 수 있다. 그러나, 다음 구간의 작업을 위해 주입을 완료한 고결 부위를 다시 굴진하여야 하므로 작업 공정을 중복 계획하여야 하고 굴진장비가 한 공의 공사가 완료될 때까지 대기하여야 하는 등의 단점도 있다.

(나) 상향식 그라우팅

상향식은 파쇄 구간이 없는 신선/균질한 암반이 분포하거나, 비고결층이라도 붕괴의 가능성이 없는 경우, 짧은 기간 내에 공사를 완료하기 위해 채택된다. 상향식은 하향식과는 달리 일단 장비가 투입되면 계획심도까지 굴진을 완료한 후 다른 공으로 이동할 수가 있고, packer도 공내에 일단 설치되면 해당 공의 주입 완료 시까지는 하부에서부터 상향 이동만으로 작업이 완료되므로 공기의 단축과 소요 비용의 절감이 가능하다. 그러나 공내 붕괴현상이 발생하거나 지층 중에 상하로 연결되는 지질구조대가 발달되어 있어 주입재가 packer의 상부로 누출 고결되면 그라우팅 소기의 목적을 달성치 못한 채 주입장비의 일부를 매몰시키는 경우가 발생할 수 있으며, 이때는 상부 구간의 그라우팅을 완료할 수 없게 된다. 이러한 경우에는 근접 지점에 다시 굴진하여 그라우팅을 완료하여야 하므로 상향식의 장점인 공기 단축·비용절감에 실패하게 된다.

7.2.4 주입재

그라우팅은 암반이나 지반의 공극 속으로 주입재료를 압력을 이용하여 밀어 넣는 것이므로 주입 대상의 균열이나 공극의 크기, 형태 및 주입 목적에 따라 가장 알맞는 재료를 선택하는 것이 필요하다. 제당을 기준으로 할 때 일반적으로 널리 이용되는 주입재의 요건은 ① 입자가 작다. ② 입자가 균등하게 분산되고 유동성이 크다. ③ 고결된 후에는 소정의 강도를 보유한다. ④ 가격이 저렴하다. 등이며, 이를 잘 만족시키는 재료로는 시멘트가 있다. 그라우팅에는 목적과 효과, 주입대상 등에 따라 이용되는 재료가 여러가지 있으며, 그 예는 아래와 같다.

(1) 시멘트

여러 가지 재료 중 실제로 가장 많이 이용되는 주입재이며, 그 중에서도 가격이 저렴하고 시중에서 가장 구하기 쉬운 포틀랜드 시멘트가 가장 널리 이용된다. 주입효과를 높이기 위하여 시멘트에 여러가지 다른 재료들을 혼합하여 사용하기도 하는데, 점토, 벤토나이트(bentonite), 아스팔트(asphalt), 톱밥(sawdust), 탄재(cinder), 밀짚(straw), 귀리(oat), 규토(silica) 등이 이에 해당된다.

(2) 점 토

입자가 작아 주입의 침투효과가 좋고 유동성이 뛰어나며 가격이 저렴하기 때문에 그라우팅의 단독 재료로도 이용되나, 상대적으로 강도가 낮고 장기적으로는 지하수 유동 등에 의한 유실 가능성이 있기 때문에 대부분의 경우 시멘트와 적당한 비율(시멘트 : 점토 = 1 : 3 내외)로 혼합하여 충적층, 풍화대, 점토/실트층과 토사 등을 대상으로 하는 주입에 사용된다. 장

기적으로 볼 때 혼합비율을 잘 조절하면 지수효과의 극대화과 지내력 증대효과를 동시에 거둘 수 있는 훌륭한 재료이다.

(3) 벤토나이트(bentonite)

일반 점토에 비해 균질이고 미립이며, 전체적으로 유동성이 양호하므로 미세한 공극을 충전시킬 목적으로 널리 이용된다. 그러나 상대적으로 고가이기 때문에 점토 등 다른 재료와 혼합하여 사용하는 것이 일반적이다.

(4) 몰탈(mortar)

지반이 공극이 큰 사력 등으로 구성되어 있어 이들 공간을 고가의 주입재로 모두 채울수 없는 경우에는 모래, 시멘트, 점토를 혼합한 상대적으로 저렴한 몰탈이 주입재로 이용되며, 특히 공동과 같이 규모 큰 유로가 발달하고 있어 주입재의 유실이 예상되거나 다량의 주입이 필요한 경우, 터널 구조물의 뒷채움 그라우팅에도 모래와 시멘트 혹은 모래, 시멘트, 점토 등이 혼합된 몰탈을 주입한다. 그러나 주입재의 유실 가능성이 크거나 강도의 유지가 필요한 때에는 점토의 양은 상대적으로 줄이고 급결을 도울 수 있는 화학약품류를 첨가하여 주입한다. 몰탈 주입을 위하여는 대규모의 주입 관련장비와 큰 동력을 확보하여야 한다.

(5) 아스팔트(asphalt)

시멘트 그라우트나 몰탈 그라우트로는 충분한 주입효과를 기대하지 못하는 침투수압이 큰 경우에 아스팔트 그라우팅이 유효할 수 있다. 그러나 이 그라우팅은 아스팔트를 고온의 용액 상태로 유지하면서 주입하여야 효과를 기대할 수 있으므로 상당한 기술과 신속한 취급, 특수 장비 등이 갖춰져야 하며, 전체적으로 고가의 그라우팅에 속한다.

(6) 화학약품(chemical material)

광물염으로 된 한 가지 또는 그 이상의 용액을 혼합하여 사용한다. 지수효과가 빠르고 치밀·양호한 주입효과를 나타내며 경우에 따라서는 높은 강도를 확보할 수도 있지만, 전체적으로 고가이며 환경오염 문제도 발생 가능하므로 일반 그라우팅에는 잘 이용되지 않는다.

7.2.5 주입공법

주입량과 주입압력은 배합비, 주입구간의 길이, 주입대상인 암반의 상태와 더불어 주입효과에 영향을 주는 중요한 요소이며 그라우팅 효과를 높이기 위해 주입량과 주입압력을 적절히

조절하는 방법을 주입공법이라 한다. 주입공법은 주입압력을 규제하는 방법과 주입량을 규제하는 방법으로 크게 2대분 된다.

(1) 주입압 규제법

일반적으로 주입압력을 높이면 주입량은 증가하지만 기초 암반이나 지반에 변위를 가져와 구조물에 나쁜 영향을 미칠 수 있기 때문에 필요한 양을 주입하여 소기의 목적을 달성하려는 그라우팅의 목적에 위배될 수가 있다. 주입압 규제법은 일정한 기준에 의해 주입압력을 산출해 놓고 그 압력을 최고 주입압으로 유지하면서 배합비를 조절하여 단위시간당 주입량이 규정값 이하가 되면 종료하는 방법이다. 이 최고 주입압력의 상한은 암반의 변위 한계와 지질요인 및 경제성 분석결과에 의해 결정된다. 현장에서 흔히 채택되는 방법은 ㉞ 주입압력 P (kg/cm^2)를 stage 심도 d (m)에 비례하여 $P = \alpha \cdot d$ 로 정하는 방법(α 는 0.25~2.0의 수치로서 지질조건에 따라 정해지는 상수)과 ㉟ 암반투수시험의 한계압력을 채택하는 방법이 있다. 즉 압력투수시험 결과를 방안지 상에 그래프로 작성할 때 주수량의 급증으로 연결곡선이 급격히 변하는 시점의 압력을 암반에 이상변위가 없는 한계압력으로 채택하는 방법이다. 주입압력의 증가는 기초 암반을 변형시키는 역할을 하므로 부정적인 요소도 되지만, 주입공의 간격을 상대적으로 넓게 정할 수 있어 굴착비용을 줄일 수 있으므로 경제적이기도 있다. 그러나 고압 그라우팅을 위하여는 주입과 관련된 장비도 커져야 하므로 어느 정도의 주입압이 경제적 효과가 있는지는 별도로 검토되어야 한다. 따라서 단순 논리에 의한 경제성 비교보다는 원하는 만큼의 주입효과를 얻을 수 있느냐에 주안점이 주어져야 할 것이다. 미국, 유럽, 일본 등 선진국은 고압 장비를 다수 보유하고 있어 30 ~ 60 kg/cm^2 이상 120 kg/cm^2 까지 압력을 가하면서 주입하는 경우도 흔하지만, 국내에서는 이러한 고압 주입은 드물다.

(2) 주입량 규제법

단위 주입량을 측정하여, 주입량이 일정 한도를 넘으면 압력을 현 수준으로 유지하거나 현 수준보다 낮추어 주입량이 줄어들도록 하고, 주입량이 일정 한도에 도달되지 않을 때에는 주입압력을 증가시켜 주입량이 늘어나도록 하여 최종 압력에서 단위 주입량이 규정 이하로 되면 그라우팅을 종료하게 된다. 이 주입량 규제법을 실제로 현장에 적용하기 위하여는 주입을 시공하기 전에 Lugeon test를 실시하여 Lugeon 치에 의해 단위 주입량을 추정하고 주입시험 결과에 의거 단위 주입량을 결정하는데, 이 경우에는 시공 관리도 상대적으로 철저히 하여야 하므로 경제적으로 소요 경비는 많아진다.

7.2.6 조사공

조사공은 차수그라우팅을 시공하기 전에 실제 여건을 구체적으로 확인하여 차수그라우팅 심도 등 당초 설계내용의 확정, 주입시험 이전의 투수계수 파악으로 그라우팅 시공 후의 결과와 비교/검토할 세부 자료 취득을 목적으로 시행한다. 조사공은 시공 계획구간을 대상으로 10~20m 간격으로 배치하며, 공경은 core 회수율을 높이고 정확한 자료를 취득하기 위하여 최소 Bx 규격 이상으로 하고 조사를 완료한 후에는 주입공으로 사용한다. 조사자료의 정밀 취득을 위하여 diamond bit와 double core barrel의 사용은 필수적이다. 조사공의 심도는 차수 그라우팅의 심도보다 깊게 하여야 하며 최대 수심의 1/2~1/3 내외로 한다. 조사공에서 취득할 가장 중요한 자료는 구간별 심도별 투수계수이며, 이의 취득을 위하여 5m 이내를 1단계로 하여 하향식으로 시공함이 원칙이다. 구간별 투수계수는 해당 구간의 누수 가능성을 나타내는 지표가 되므로 취득한 투수계수를 이용 Lugeon map을 작성하여 지하의 취약 부분을 판정하는 자료로 이용하고, 시공 완료 후에는 시공 전후의 투수계수를 비교하여 효과 판정에 이용하여야 한다. 투수시험 시에는 시험구간 내부를 청수로 깨끗이 청소하여야 하고, 지하수위, 공경, 주입관의 높이 등 시험이 행해지는 조건을 상세히 기록하여야 한다.

7.2.7 주입시험

주입 대상 구간별로 지질조건과 지층 구성물질이 다르므로 한 지역의 시공 실적을 다른 지역에 적용하는 것은 매우 어렵다. 따라서 주입 대상구간을 대표할 수 있는 지점에 시험 그라우팅을 실시하여 시공계획을 조정 또는 확정한다. 시험 주입공은 삼각형 모양으로 배열하여 각 꼭지점에 위치하는 공을 주된 주입재의 주입공으로, 중앙에 위치하는 공은 주입 영향권을 확인하는 검사공으로 활용한다. 주입 순서는 각 꼭지점에 위치하는 공을 우선 시공하고 각 변을 등분하는 지점에 2차 주입하는 형태로 단계적으로 시행/기록하며, 각 주입 단계마다 투수시험을 행하여 주입효과를 판단한다. 여기서 검토할 사항은 주입 영향권과 지수목표의 도달 여부로서, 목표에 미달일 때에는 주입공의 중간 지점에 보조공을 선정하여 다음 단계의 주입을 시행하고, 시험 결과를 기록한다. 조사공과 주입시험 결과로서 얻을 수 있는 사항은 ① 조사공 및 검사공의 배치, ② 주입공의 간격 및 배열, ③ 공별 심도별 평균 주입량, ④ 심도별 적정 주입량, ⑤ 주입공법의 선택, ⑥ 주입설비의 규모, ⑦ 주입재료의 확정 등이다.

7.2.8 주입공의 간격과 배열

그라우팅의 주입 가능범위는 주입대상 지층의 투수계수나 주입재의 입도와 밀접하게 관련된다. 대부분의 경우 투수계수는 지층 내 공극의 크기와 비례하는데 투수계수가 크면 공극도 상대적으로 크기 때문에 주입범위도 넓어진다. 암반을 대상으로하는 경우에는 그라우트가 파

쇄대나 균열을 따라 주입되기 때문에 주입 형태는 맥상을 이루고 그 범위는 더 넓어진다. 일반적으로 주입대상이 토립자로 구성된 시설물일 때, 토사의 주입범위는 개략 0.6~1m 정도임을 감안하여, 주입공 간격은 2m로 설계/시공한다.

일반적으로 그라우팅은 물이 흐를 것으로 추정되는 유향에 직각 방향으로 열을 이루며 시공하게 되는데 누수정도가 심하지 않을 때는 1열로, 차수그라우팅의 경우에는 통상 2열로 시공하나, 시공 심도가 깊어, 공공에 따른 여백의 발생이 우려되거나 누수가 심한 경우에는 3열 이상을 설계/시공하기도 한다. 또 대상 지층 내에 층리나 면상 절리가 수직방향으로 발달한 경우에는 경사 찬공으로 시공 열수를 줄일 수 있으며, 특히 압밀그라우팅이나 피복그라우팅의 경우에는 대상 지역을 감당할 만큼 충분한 열로 설계하여야 한다. 공의 배열은 주입범위가 서로 중첩될 수 있도록 지그재그로 설계함을 원칙으로 하되 열 간격은 공 간격과 마찬가지로 2m를 기준으로 한다.

7.2.9 주입효과 판정

그라우팅 시공을 완료한 후 주입 효과를 판정하고 보완의 필요성 여부를 판단하기 위하여 몇가지 시험방법이 이용된다. 그 중에는 전기비저항탐사, 공과 공 사이 탄성파속도 측정 등 물리탐사를 실시하여 시공 전/후의 탐사결과를 비교하거나, 혹은 투수시험으로 취득한 투수계수의 비교로 판단하는 방법 등이 있는데, 그 중 검사공의 투수계수를 이용하는 방법이 가장 널리 이용된다. 투수계수를 이용하여 판정하는 방법은 검사공을 차수그라우팅과 동일한 심도까지 굴착한 후 구간 별 투수계수를 산출하여 시공 효과를 판단하는 방법인데 이때 검사공의 간격은 20~40m가 적당하고 1개 공으로 넓은 구간을 확인할 수 있도록 경사를 주어 찬공하는 것이 바람직하다. 그러나 당초 조사시 다른 구간에 비해 투수계수가 컸거나, 주입과정에서 다른 구간보다 주입량이 많이 소요되었던 구간에는 계획된 시공 간격에 구애받지 말고 공을 추가로 배치하여 주입효과를 완벽히 측정하여야 한다. 검사공도 조사공의 경우와 마찬가지로 공경 Bx 이상, diamond bit 및 double core barrel을 이용하는 것이 원칙이다.

7.3 구조물별 누수형태와 그라우팅

기설 구조물의 누수량과 누수상태를, 파악하여 각 시설물의 안전성을 판단하고 누수 허용치, 지수 및 보완대책 필요성 여부의 검토, 어떠한 형태로 그라우팅을 시공할 것인가를 결정하기 위한 자료를 취득하기 위하여 누수조사를 실시한다.

노후된 저수 구조물 특히 제당이나 방조제의 누수조사를 시행한 후 이와 관련하여 보수보강의 필요성 여부를 판단할 수 있는 기준은 ① 구조물의 저류효과 측면에서 누수량이 유입수량의 1% 이상인 경우, ② 누수량이 총 저수량의 0.05% 이상에 달하는 경우, ③ 누수량이

제체 길이 100m 당 1 l/sec 이상인 경우, ④ 저수량이 일정한 때에는 누수량의 변화가 1개월에 10% 이상 증가하는 경우 등이 있으며, 이 경우에 해당될 때에는 그라우팅 등의 방법으로 지수 목적의 그라우팅을 시공하는 것이 바람직하다.

7.3.1 구조물 기초지반을 통한 누수

제당, 여수토, 방조제 등 저수용 구조물을 설치하면서 기초지반의 지수처리를 소홀히 하면, 구조물이 완성되고 난 후 기초지반을 통과하는 누수와 관련된 문제가 발생할 수 있다.

제당과 여수토 구조물은 통상 암반으로 구성된 기초 위에 설치되는데, 부분적으로 기반암이 아주 치밀한 경우는 예외가 될 수 있지만, 파쇄대나 절리, 층리 등의 구조대가 발달되어 있는 암반일 때에는 지수와 지내력 증진을 목적으로 그라우팅을 시공하게 된다. 암반을 대상으로 하는 그라우팅은, 일반적으로 파쇄대를 통과하는 유속은 평균적인 의미의 투수계수보다 크므로, 통상 충전 물질의 유실을 감안하여 강도를 유지할 수 있는 시멘트를 주입재로 선정한다. 그러나 암반 내에 작은 파쇄 공간이나 공동 등이 존재할 때에는 투수계수도 더 커지므로, 시멘트를 단일 주입하면 공간의 충전에 소요되는 양도 많고 유실되는 양도 많아 경제적으로 손실이 따르기 때문에 세사나 화학약품류 등 특수 재료를 혼합하여 널리 이용하고 있으며 주입에 필요한 압력도 비교적 높게 유지해 준다. 암반의 공극율은 3~12% 정도인데 그라우팅을 설계할 때는 일반적으로 그 중 3%를 주입 유효공극율로 계상한다.

방조제는 점토, 실트 등 비고결층의 상부에 축조되는 경우가 대부분인데, 설계 당시부터 구조물의 안전과 저류수의 유동을 감안하여 침투로장을 아주 길게 계획하므로 별도의 지수처리는 시행되지 않는다. 그러나 기초 지반이 실트, 모래 등으로 구성되어 있는 구간에서는, 투수계수가 크기 때문에 지하류수의 흐름이 토립자의 유실을 야기시킬 수 있고 유동속도가 증가하는 경우도 발생하므로, 이러한 구간에서는 유속을 줄이고 침투로장을 연장시킬 목적으로 그라우팅을 시공하게 된다. 방조제의 누수여부 확인에는 전기비저항을 측정하는 쌍극자탐사법을 이용하기도 하나, 해수의 영향을 받은 저류수는 다량 함유된 염류의 영향으로 이온 농도가 높아 전기적 성질을 이용하는 탐사방법은 해석 시 어려움에 봉착하게 되므로, 근래에는 SP탐사법을 이용하는 연구가 많이 수행되고 있다. 방조제의 기초지반을 대상으로 하는 그라우팅에는 시멘트 단일 주입재를 택하여 시공하기도 하지만 상대적으로 비용이 많이 들고 주입 범위도 넓지 못하므로, 점토류를 시멘트와 혼합하거나 점토류 단일로 하는 주입재가 널리 이용된다. 방조제의 저류 수심은 크지 않으므로 주입압력은 비교적 낮은 상태를 유지하게 된다. 성토된 점토, 실트, 토사 등을 대상으로 그라우팅을 설계할 때는 통상 5% 내외의 주입 유효공극율을 계상한다.

7.3.2 구조물의 접촉면을 따른 누수

제당 구조물은 점토, 실트 등 흙 종류로 구성되고 기초지반은 암반이나 풍화대 이상의 견고함을 보유한 토사류로 구성되므로, 이 양자 간의 접촉면은 서로 밀도에 차이를 보이는 다른 물질이 접하게 된다. 따라서 이 부분은 시공 중에도 가장 신경을 쓰면서 접착이 잘 이루어지도록 집중 처리하지만 대부분의 경우 서로 일체를 이루지 못하는 취약 부분으로 남게 된다. 이 구간의 누수는 제당에서 발생하는 누수 중 가장 흔한 형태로서, 접촉부의 토립자를 하류로 운반하면서 누수량을 증가시켜 구조물의 안전과 저류수의 유실 문제를 야기 시킨다. 특히 양안 경사부에서는 구조물과 점성토의 접촉에 문제점이 쉽게 발생할 수 있으므로 각별한 유의가 필요하다.

다른 유사한 형태로는, 저수지 본체(댐체)와 방수로 옹벽, 댐체와 복통으로 이루어진 통관 구조물, 댐체와 여수토와의 접촉면이 유사한 형태의 누수 양상을 보일 수 있다.

그러나 방조제와 여수토는 이와는 다른 양상을 보인다. 방조제는 기초지반과 성토재료가 유사한 성격을 갖으므로 접촉면에서의 문제는 거의 발생하지 않으며, 여수토 또한 특별한 경우를 제외하면 암반 기초 위에 콘크리트 구조물을 축조하므로 접착 상태가 비교적 양호하므로 접촉부위에서의 누수문제는 없는 편이다.

접촉면에서의 누수는 제당이나 여수토와 같은 기본 구조물의 그라우팅 설계·시공시 함께 처리되어야 하는데 누수 유로만 정확히 포착하면 누수는 의외로 쉽게 해결될 수 있다.

7.3.3 저수지 제체를 통한 누수

저수지에서 발생하는 누수 및 누수 유로 확인을 위하여 이용되는 조사로는 답사, 지구물리 탐사, 시추조사, 추적자조사 등이 있다. 답사는 전체적인 누수현상을 파악하기 위한 과정으로서 답사 결과에 따라 후속 조사의 계속 및 개략/정밀조사의 시행 여부를 결정하고 개략적인 누수 양상을 파악하게 된다. 어느 구간이 누수가 우려되는 것으로 추정될 때에는, 그 물을 한 곳으로 모아 수량과 수온, EC, 염도, pH 등을 측정하여 저류수와 비교하여 누수 여부를 판단할 수 있도록 한다.

저수지의 제체를 통한 누수일 때에는 제체의 구성물질인 중심점토나 토사류가 다소라도 함유되기 때문에 탁도가 높게 나타나는 경우가 많다.

지하수나 누수와 관련하여 가장 널리 이용되는 탐사방법은 물질의 전기적 성질을 이용하는 전기탐사 기법이며, 그 중 전기수평탐사의 일종인 쌍극자탐사(dipole-dipole method)가 가장 널리 이용된다. 그러나 근래에는 지하수의 유동을 감지할 수 있는 쌍극자탐사(dipole-dipole method)와 SP탐사를 이용하는 monitoring 기법의 도입이 점차 증가하고 있다.

누수구간이 추정되면 유로 확인을 위한 조사가 수반되어야 하는데 이를 위하여 관측공을 설치한다. 관측공은 유로 추정구간의 상중하류에 몇 개조로 나누어 설치한 후, 측정된 수위자

료로부터 침윤선을 작도하여 유향을 산출하고, 장기적인 관측이 필요하다면 계측시설을 고정 설치하거나 기기를 지하에 매설하여 연속적인 자료를 취득한다.

유향·유속을 정확히 파악할 필요가 있을 때에는 현장 추적자시험을 실시한다. 추적자시험을 시행할 때에는 배경수질을 감안하여야 하는데 저류수에 다량 함유된 물질은 대상에서 제외시키고 검출이나 분석이 용이한 물질을 선택하여 시험을 실시하여야 정확한 자료를 취득할 수 있다.

누수구간과 유속이 확인되면 차수를 위한 그라우팅을 시공하여야 하는데, 구조물이 점토로 구성되어 있으므로 주입재는 시멘트를 주 재료로 하나, 경우에 따라서는 점토나 화학약품을 혼합하여 사용하기도 한다. 그라우팅에 필요한 주입재의 소요량은 주입 유효공극률을 5%로 설계함이 일반적이나, 주입시험을 거쳐 결정하는 것이 바람직하다.

주입공은 해당 중심선을 따라 2열 zigzag식으로 배열하고, 그라우팅 심도는 누수부위가 명확하면 그 심도까지, 명확치 못하면 취약 부위로 추정되는 심도 혹은 원 지반을 기준하여 제고의 1/3 ~ 1/2 심도까지 계획하여 시공한다.

7.3.4 여수토

제체의 누수와 가장 유사한 양상으로 구조물의 직각방향으로 누수가 발생하는데, 그 형태는 구조물 하부의 기초 지반을 통과하는 경우와 콘크리트 구조물 자체를 통과하는 경우로 구분된다.

여수토는 콘크리트 구조물이기 때문에 아주 특별한 경우를 제외하면 기반암을 기초로 하는 것이 일반적이며, 시공 과정에서 기반암의 취약부분을 위주로 기초처리를 시행한다. 그러나 해당 구조물에 비하여 침투 유로장이 짧고 기초 암반을 통과하는 수두 구배가 상대적으로 크기 때문에, 시간 흐름에 따라 기초암반을 대상으로 시공한 그라우트 재료의 유실이나, 기초처리가 미흡하였던 부분의 유로 확장이 용이하다. 또한 큰 규모는 아니라도 지진이나 단층작용과 같은 외부 조건에 의해 새로운 균열이 발생할 가능성도 항상 존재하기 때문에 기초암반을 통한 누수의 가능성은 상존한다. 이러한 형태의 누수는 여수토 구조물과 방수로로 연결하는 가까운 지점에서 육안으로 관찰되기도 하지만, 대부분의 경우 구조물 하부를 통과한 후 제체 하류부에서 용출하거나, 방수로 구조물과 바닥의 기초지반 사이를 흘러 하류부의 다른 엉뚱한 곳에서 관찰되기도 한다. 저수지 구조물의 하류부 특히 어느 정도 거리가 떨어진 위치에 누수지점이 있는 경우에는 이 누수가 어느 구조물과 관련이 있는지 판단하는 것이 용이하지 않으므로 앞에서 언급하였던 여러 가지 물리탐사방법이나 시추조사, 추적자시험 등으로 조사를 시행하여 결정하여야 한다. 그러나 일단 여수토를 통과하는 누수라고 판단되면, 여수토는 비교적 길이가 짧은 구조물이기 때문에 범위를 좁히면서 그라우팅으로 지수하는 것은 상대적으로 용이하다. 물은 앞에서 막아야 쉽게 막히고 지수 후에도 내구기간이 길기 때문에, 해당

처럼 작업 공간은 충분하지 못하나 여수토 구조물의 내제측에 2열 정도 배치할 수 있는 공간을 확보하여 그라우팅을 시공하는 것이 바람직하다.

콘크리트 구조물 자체를 통과하는 누수는 특별한 경우를 제외하면 구조물의 가장 취약부위인 시공 절리로 모아지기 때문에 관찰이나 지수가 비교적 간단하다. 그러나 저류수가 구조물 내부를 통과한다는 것은 구조물 내부의 콘크리트가 부분적으로 부식되어 있음을 나타내는 것이므로, 구조물 전체를 진단하여 누수 가능성이 나타나는 부위를 파악한 후, 압력을 수반하는 충전 그라우팅 공법으로 충전 후 차수그라우팅을 시공한다. 이 경우의 시공은 여수토 언체 정상부에 1m 내외 간격으로 1열 시공하고, 구조물 전방 1m 거리에 언체 시공위치와 지그재그가 되도록 배치하여 추가 1열을 시공한다.

시멘트 구조물을 대상으로 하는 주입은 암석의 공극율 3~12% 중 3%를 기준으로하며, 주입시험을 실시하여 그 결과에 따라 조정·시공한다.

7.3.5 통관(복통)

제당 구조물의 내부로 누수된 물이 제당 중심선의 하류부로 흘러 내려간 경우, 그 부위에는 더 이상의 차수설비가 없기 때문에, 일단 누수된 물은 쉽게 하류로 빠져 나갈 수 있으므로 통관 안으로 누수되는 경우는 거의 없다. 하지만, 누수된 물이 제당 연장선 중심축과의 교차점에 설치된 차수벽의 저항을 받는 경우, 통관 구조물이 정상적으로 설치된 경우에는 아무 문제점이 없지만 - 구조물 설치 시 부분적으로 결함이 있었거나 균열 등 취약 부분이 존재하였다면, 그 부위로 압력이 가해져 통관의 누수로 발전되고 시간이 흐르면서 piping 형태를 이루게 된다. 복통 내에서 누수가 발생하는 경우에는 제정 부위에서 누수부위를 정확히 찬공하여 지수공법을 적용하는 것은 매우 어려우므로 복통 내부에서 지수작업을 수행하여야 한다. 물은 상류에서 막을수록 용이한 것이 사실이나 이 경우에는 물이 나오는 부위에서 역으로 작업을 하여야 하므로 상당히 어렵다. 더구나 통관 구조물이 복통으로 시공된 경우에는, 규모가 큰 농업용 저수지의 경우에도 중규모 수준을 넘지 못하므로, 복통의 직경도 1.0 ~ 0.6m 정도로 작은 경우가 비밀비재하여 그 내부에서의 작업은 더 어려워진다. 복통으로 연결되는 누수는 관개기에는 관개용수와 섞이게 되어 관찰이 어렵고, 육안으로 관찰되는 경우는 누수량이 상당히 많아진 이후가 된다. 또한 복통의 누수는 구조물 연결 부위나 균열이 발생한 취약부위로 집중되어 물줄기를 이루며 쏟아져 나오므로 유속이 매우 큰 것이 특징이다. 터널 내의 작업은 누수되는 부위에 주입공을 천공하여 누수를 공내로 유도하고, 지수를 위하여 그 공에 역으로 압력을 가하여 주입하는 것이다. 통관의 주입을 위하여는, 유속과 수압을 이길 수 있는 주입장비와 지수효과 거양을 위한 급결재 등의 첨가 이용, 특히 토목구조물과 지하수 관련 시공 경험이 풍부한 기술자의 투입이 꼭 필요하다.

7.3.6 도수터널

도수터널은 압력을 받는 터널과 대기압과 접하는 터널로 구분된다. 같은 도수터널이라도 대기와 접하는 경우에는 바닥과 측벽만 치밀하게 시공되면 별도의 누수 문제는 발생하지 않으므로 여굴 부위의 충전그라우팅(back fill grouting)만 시공하면 충분하다. 이 충전그라우팅은 가능한 한 부배합의 시멘트 몰탈을 주입하는 것이 일반적이나, 경우에 따라서는 유동성을 높이고 고가 주입재의 절감을 위하여 점토를 혼합하여 시공하기도 한다. 그라우팅을 시공할 때에는 측벽의 하부부터 시작하여 상부로 이동하면서 충전시키는 것이 원칙이고 터널의 최고 높은 지점에서 적당한 압력으로 종료한다. 충전그라우팅의 주입재 소요량은 순전히 여굴의 미 충전된 부피와 직결되므로 일률적으로 설계하는 것은 불가능하므로, 대표구간을 선정하여 주입시험 후 그 결과에 따라 계상함이 타당하다.

압력을 받는 도수터널에서 누수가 발생하는 경우에는 1차로 대기와 접하는 일반 터널과 동일하게 충전그라우팅을 시공한 후 2차로 압밀그라우팅(consolidation grouting)을 시공하고, 최종으로 차수그라우팅(curtain grouting)을 시공한다. 압밀그라우팅은 발파로 인해 암반이 이완된 범위와 암질이 불량한 부위, 구조대가 발달한 부위를 주 대상으로 하되, 구조물이 오래된 경우에는 지하수 유동으로 인해 풍화가 확장된 부위까지 시공대상에 포함시켜야 한다. 시공 구간은 일반적으로 제당 중심선과 교차하는 plug concrete 타설 구간까지이며, 그 하류부는 특별한 경우를 제외하면 대기압과 접하게 되므로 대상에서 제외된다. 이 때 압밀그라우팅의 심도는 3m 내외이다. 차수그라우팅은 터널 내 plug concrete를 타설한 구간에 주변그라우팅(perimeter grouting)을 먼저 시공한 후 다음단계로 시공한다. 구조물을 설치하는 단계에서는 기 설치된 perimeter grouting 용 파이프를 이용하여 주입 시공하나, 기설 구조물이 누수되는 경우에는 plug와 암반이 접하는 지점까지 천공한 후 그라우팅을 시행한다. 차수그라우팅은 저수지의 차수그라우팅 시공구간과 중첩 연결될 수 있도록 충분한 심도까지 계획하여 plug 구간에서 시공하여야 하나, 기설 터널이 누수되는 경우에는 동일한 방법으로 시공하되 plug 앞 부위에서 시공한다. 압밀 혹은 차수그라우팅의 주입재 소요량은 암반의 주입 유효공극율인 3%를 계상하여 산출한다.

7.3.7 방조제

방조제는 실트·점토로 이루어진 기초 지반 위에 축조되므로 지반 자체의 투수계수가 비교적 작고, 저수지와는 달리 침투로장이 아주 길게 설계·시공되므로 기초지반 자체를 통과하는 누수는 크게 문제되지 않으며, 기초지반의 구성물질과 방조제 축조재료 간의 접착이 잘 이루어지므로 접촉부를 통과하는 누수 문제가 별도로 발생하는 경우도 드물다.

그러나 방조제 내부에는 차수 혹은 지수역할을 담당할 별도의 구조물이 설치되지 않고, 축조 과정에서는 방조제 선에 맞춰 규모가 큰 석괴가 집중적으로 다량 투하되며, 이 석괴를 중

심으로 석괴 사이와 내·외제는 일반 토사류로 채워지며 별도의 다짐도 수위선 이상에서만 가능하기 때문에 시공 완료 후 이들 구간을 통과하는 누수 문제가 발생할 수 있다. 특히 최종 물막이 구간은 다량의 암괴가 일시에 집중적으로 투하되기 때문에, 암괴 사이의 공간을 충분히 충전시키지 못하는 경우가 발생할 수 있으므로 항상 취약 구간으로 남게 되고 누수 가능성이 가장 큰 구간이다. 그러나 방조제는 침투로장이 상당히 길기 때문에 저류수나 해수가 방조제 구조물을 통과하여 상대 지역까지 도달하는 것은, 동수구배가 비교적 크고 구성물질의 투수계수가 아주 큰 경우에만 발생한다. 방조제의 길이는 1km 미만의 짧은 것도 있지만, 대부분 길어 수십 km에 이르기도 하는데, 부분적으로 투수계수가 큰 구간에서 누수현상이 나타난다. 방조제 누수는 방조제 자체의 규모가 크기 때문에 누수량 자체보다는 누수에 의한 토립자의 유실과 이로 인한 제체 내부의 공동구간 발생, 공동부위의 함몰에 따른 지반 침하와 제체 붕괴가 더 우려되며, 때로 해수의 과다 유입으로 저류 담수의 염도가 증가하는 것도 문제가 된다.

방조제는 저수지와는 달리 양측 하단이 모두 물 속에 잠겨있거나 한쪽은 잠기고 다른 한쪽은 잠김과 드러남이 반복되므로 누수부위를 발견하는 것이 어려우나, 썰물일 때에 바다 측에서 의외로 쉽게 관찰되기도 한다. 일반적으로 방조제는 투수계수가 큰 성토재료로 구성되므로 이 부분에서 발생하는 누수의 유속도 큰 편이며, 특별한 경우이기는 하지만 사석과 토사류로 구성된 제체 내를 흐르는 누수의 양이 많고 속도가 커 시냇물 소리처럼 들리는 경우도 있다.

방조제에서 발생하는 누수 및 누수 유로 확인을 위하여 답사, 지구물리탐사, 시추조사, 추적자조사 등이 시행되나 대부분 저수지의 경우와 동일하게 진행된다. 답사를 시행하여 후속 조사의 필요성 여부를 결정하고 개략적인 누수 양상을 파악한다. 누수가 우려되는 구간이 추정되면, 그 물을 한 곳으로 모아 수량, 수온, EC, 염도, pH 등을 측정하여 저류수와 비교한다.

지하수와 관련하여 가장 널리 이용되는 탐사방법은 물질의 전기적 성질을 이용하는 전기탐사법이지만 방조제는 해수와 직접 접촉되므로 전기비저항을 이용하는 탐사방법의 적용은 용이치 않다. 그러나 누수범위 탐지에는 염도가 높은 해수의 존재 여부를 쉽게 파악할 수 있는 전기수평탐사의 일종인 쌍극자탐사(dipole-dipole method)가 널리 이용되어 왔다. 그러나 근래에는 지하수의 유동을 감지할 수 있는 쌍극자탐사(dipole-dipole method)와 SP탐사에 근거를 둔 monitoring 기법이 도입되어 이용되고 있다.

누수구간이 추정되면 유로 확인을 위한 조사가 수반되어야 하는데 이를 위하여 관측공을 설치한다. 관측공은 유로 추정구간의 상중하류에 몇 개조로 나누어 설치한 후 수위를 측정하여 침윤선 작도로 유향을 산출하고, 필요시에는 추적자시험을 실시하여 유향/유속을 결정한다. 추적자시험을 시행할 때에는 배경수질을 감안하여야 하는데 특히 해수가 유입되고 있는 경우에는 해수에 다량 함유된 성분(NaCl, MgCl₂ 등)은 추적자 물질의 대상에서 제외시켜야 정확한 자료를 취득할 수 있다.

누수구간과 유속을 확인한 다음에는 차수를 위한 그라우팅을 시공하여야 하는데, 지중의 공극이나 유속이 크면 상대적으로 입자가 큰 주입재를 선정하여야 하고 경우에 따라서는 조골재를 이용하여 빈 공극을 충전시켜야 한다. 이때의 주입은 몰탈 형태로서 굵은 모래와 시멘트가 주 재료이나 빈 공극의 규모에 따라서는 점토와 잔 골재가 이용되기도 한다. 방조제 그라우팅에 필요한 주입재의 소요량은 주입 유효공극률을 5%로 계상함이 보통이나, 저수지를 대상으로 하는 그라우팅에 비해 주입재가 많이 소요되기 때문에 주입시험을 거쳐 소요량을 산출하는 것이 일반적이다.

보강구간과 심도는 누수조사 결과에 따라, 주입량은 주입시험결과에 의해 설계·시공되며, 주입공은 방조제의 폭과 누수구간에 따라 배열을 달리하나, 주입 영향반경을 서로 연결시켜 지수효과를 기대할 수 있으므로 방조제 중심선을 따라 zigzag식으로 배열하는 것이 바람직하다.

부 록

제 1 편 콘크리트 구조물의 알칼리 골재반응

진단·평가 방법에 관한 기준(안)

제 2 편 보수·보강 사례

여 백

제 I 편 콘크리트 구조물의 알칼리 골재반응
진단·평가 방법에 관한 기준(안)

여 백

콘크리트 구조물의 알칼리 골재반응 진단·평가 방법에 관한 기준(안)

1. 콘크리트 구조물에서의 코어 시료채취 방법

1.1 적용범위

본 기준(안)은 콘크리트 구조물의 내구성을 진단할 목적으로 콘크리트 시료를 채취하는 경우에 대해서 적용한다.

[해설]

이 기준(안)은 콘크리트 구조물의 내구성을 진단할 목적으로 콘크리트 구조물 콘크리트에 함유된 염분량의 분석, 알칼리 골재 반응 등에 관여하는 유해한 광물의 유무와 그 함유량의 판정·정량, 콘크리트의 배합 분석, 강도, 탄성계수, 잔존 팽창률, 단위중량의 측정 등에 사용하는 콘크리트 코어의 채취 방법에 대해서 규정한 것이다. 이 기준(안)에 기재되지 않은 사항에 대해서는 KS F 2422(콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법)에 준한다.

1.2 사용 도구

- (1) 철근 탐사계
피복 두께, 철근 간격의 측정이 가능한 것.
- (2) 콘크리트용 코어 드릴

[해설]

- (1) 코어를 채취할 때에는 철근의 절단을 피하기 위해 철근의 위치·간격을 조사해야 한다. 비파괴로 조사하는 간이 방법에서는 일반적으로 전자 유도형 철근 탐사계가 사용되며, 피복 두께, 철근 간격, 콘크리트의 품질 등에 따라서는 명확하게 철근 위치를 탐사할 수 없는 것도 있으므로 미리 점검해 두어야 한다.
- (2) 일반적으로 보급되고 있는 코어 드릴은 냉각수(원칙은 수돗물 사용)를 사용하며, 알칼리 골재 반응에 따른 반응 생성물의 분석 등을 하는 경우에는 필요에 따라 건식 코어 드릴의 사용을 고려해야 한다.

1.3 채취 위치 선정과 수량

- (1) 조사 목적에 따라 코어의 채취 위치, 수량을 결정한다.
- (2) 코어 채취 위치는 철근을 절단하는 일이 없도록 철근 탐사계를 사용하여 선정한다.

[해설]

(1) 코어 채취 위치 선정은 조사 목적에 따라 다르므로 적절한 평가를 할 수 있도록 충분히 배려해야 한다.

예를 들면, 노후유무에 관계없이 단위 시멘트량의 추정을 필요로 하는 경우 코어 채취 위치는 환경의 영향을 잘 받지 않는 표준적인 장소를 선정하는 일이 아주 중요하며, 구조물의 노후도를 조사를 할 경우 코어 채취 위치는 균열이 있는 장소에서 노후도가 뚜렷한 곳, 경미한 곳, 표준적인 곳을 선정해야 한다.

또 알칼리 골재 반응 등의 유해 광물이 노후의 원인이라고 추정되는 경우는 철근의 구속, 건습의 차이 등의 영향을 생각해야 하므로 채취하는 방향, 환경 차이 등을 아울러 검토한 후 선정해야 한다.

(2) 코어는 작업이 용이한 곳, 될 수 있는 한 구조물에 영향을 끼치지 않는 곳에서 떼어 내야 한다. 현재 시판되고 있는 철근 탐사계로는 측정 한도가 있어 철근 위치를 탐지하는 것이 곤란한 경우도 있다. 따라서 도면을 참고로 하거나 형편에 따라서는 쪼아내고 철근 위치를 확인해야 하는 경우도 있다.

1.4 코어의 지름과 길이

- (1) 코어 지름은 원칙으로 구조물의 규모와 시험 목적을 달성할 수 있는 범위에서 최소 지름으로 한다.
- (2) 코어 길이는 조사 목적에 따라 정한다.

[해설]

(1) 코어의 지름은 구조물의 대표적인 시료를 구하기 위해서는 될 수 있는 한 큰 것이 바람직하지만 배근상 곤란한 경우가 많다. 따라서 여기서는 규정하지 않고 평가에 필요한 최소 지름으로 한다.

일반적으로 압축강도, 염분량 조사, 알칼리 골재 반응 판정 등에 사용되는 코어 지름은 $\phi 10\text{cm}$ 로 하는 경우가 많다. 특히 잔존 팽창률의 측정을 목적으로 할 경우는 다음 (표 I-1)에 나타낸 바와 같이 코어 지름에 따라 팽창률이 뚜렷하게 달라지므로 유의해야 한다.

- (2) 코어 길이는 조사 목적에 따라 다르다. 이를테면 염분량 조사에 필요한 길이는 보통 10cm 전후이지만 알칼리 골재 반응 등에 관여하는 유해 광물조사에 필요한 길이는 강도, 탄성계수, 잔존 팽창량, 알칼리량 등 측정, 분석의 목적에 따라 다르므로 조사 목적에 따라 정해야 한다.

(표 I-1) 코어 지름에 따른 팽창률 비의 일례

코어의 길이 (cm)	반응성 골재의 혼입률 50%		반응성 골재의 혼입률 100%		범 위 (평균치)
	구속 없음	구속 있음	구속 없음	구속 있음	
10.0	1.00	1.00	1.00	1.00	-
7.5	0.45	0.77	0.61	0.53	0.53~0.77 (0.61)
5.0	0.11	0.28	0.11	0.33	0.11~0.33 (0.21)

1.5 코어 채취 방법

- (1) 코어 드릴을 정해진 위치에 고정하고 정해진 지름과 길이의 코어를 주의하여 채취한다.
(2) 채취한 코어는 번호, 채취 위치 등을 기입한다.

[해설]

채취한 코어는 걸레로 닦은 다음에 착오가 없도록 번호, 피복두께, 채취 위치 등 필요한 사항을 기입한 뒤 비닐 포대에 넣어 밀봉하고 직사광선이 닿지 않게 보관한다. 잔존 팽창률을 측정할 때에는 코어 채취 후 단시간 내에 팽창하는 수가 있으므로 현지에서 빨리 초기 값을 구해야 한다. 자세한 것은 「2. 알칼리 골재 반응을 일으킨 콘크리트 구조물의 코어 시료로 인한 팽창률의 측정 방법(안)」에 따른다.

한편, 냉각수는 주위에 나쁜 영향을 끼치지 않도록 적절하게 처리해야 한다.

1.6 기록

코어 채취 시에는 다음 사항 중 필요한 것을 기록한다.

- (1) 코어 번호
- (2) 채취 연월일
- (3) 구조물의 개요(종류, 명칭 등)
- (4) 구조물의 환경
- (5) 구조물의 외관(균열, 팽아웃, 석출물, 박리 등의 변상 유무)
- (6) 코어의 채취 위치(부위, 지표면의 위치, 부어 넣은 방향 등)
- (7) 코어 외관(균열, 철근 유무, 석출물, 색채 등)
- (8) 코어 지름 및 길이
- (9) 피복 두께
- (10) 채취 방법

[해설]

코어 채취시의 기록은 그 때가 아니면 입수할 수 없는 정보, 예를 들면 구조물이 처해 있는 환경, 코어 채취 위치, 채취 직후의 코어 외관 등을 반드시 기입한다.

조사 목적에 따라서는 조사, 분석 후 해석, 검토에 유용한 정보, 이를테면 구조물의 공용연수, 코어 위치의 일조, 건조·습윤 등의 환경조건, 콘크리트 재료의 종류, 설계도서 및 보수의 이력 유무 등도 아울러 수집하도록 한다.

2. 알칼리 골재 반응 판정용 콘크리트 코어 팽창률 측정방법

2.1 적용 범위

이 규준(안)은 알칼리 골재 반응을 일으킨 콘크리트 구조물에서 채취한 코어에 따른 콘크리트의 팽창률, 즉 해방 팽창률 및 존재 팽창률의 측정 방법에 대해서 규정한다.

[해설]

이 규준(안)은 알칼리 골재 반응을 일으킨 콘크리트 구조물의 반응성 팽창량을 그 구조물에서 채취한 코어로 측정한 팽창률, 즉 해방 팽창률과 잔존 팽창률로부터 추정하는 시험방법에 대해서 규정한 것이다.

이 규준(안)은 외관상은 알칼리 골재 반응을 일으킬 가능성을 확인 할 수 없지만 규준안 「3. 골재에 함유된 유해한 광물의 판별 방법(안)」 및 「4. 유해한 광물의 정량 방법(안)」을 통하여 골재 중에 유해한 광물을 함유하고 있다는 것이 밝혀진 콘크리트 구조물의 잠재적인 반응성 팽창량의 추정에도 적용할 수 있다.

한편, 이 규준(안)에 기재되어 있지 않은 사항에 대해서는 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이 변화 시험 방법), 규준안 「1. 콘크리트 구조물에서 코어 시료 채취 방법(안)」 및 KS F 2422(콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험 방법)에 따른다.

2.2 용어

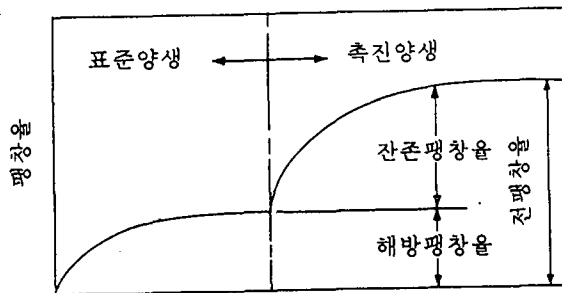
이 규준(안)에서는 용어를 다음과 같이 정의한다.

해방 팽창 - 콘크리트 구조물에서 채취한 코어를 표준 양생할 때에 생기는 알칼리 골재 반응으로 인한 팽창

잔존 팽창 - 해방 팽창 종료 후 코어를 촉진 양생할 때에 생기는 알칼리 골재 반응으로 인한 팽창

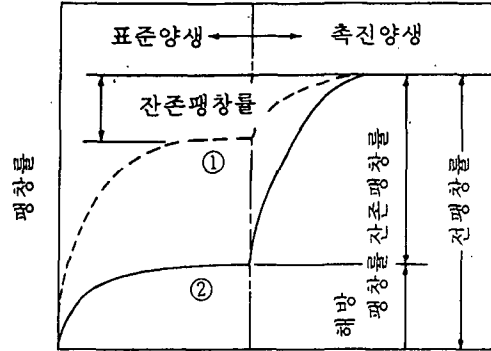
[해설]

알칼리 골재 반응이 일어나고 있는 콘크리트 구조물에서 채취한 코어의 팽창 특성은 일반적으로 <그림 I-1>과 같다. 즉, 코어를 채취 직후에 습도 100%에 가까운 상태에서 표준 양생하면 일정량의 팽창을 한다. 그 상태에서 코어를 촉진 양생하면 콘크리트 속에 잔존하고 있는 반응성 물질로 인한 추가적인 팽창이 생긴다. 전자는 구조물에 이미 발생하고 있는 알칼리 골재 반응의 척도가 되므로 해방 팽창이라고 하고, 후자는 구조물이 장래 팽창할 위험도의 척도로 잔존 팽창이라고 한다. 구조물이 가진 최종적인 반응성 팽창량, 즉 손상의 최종적 규모는 해방 팽창과 잔존 팽창을 더한 값으로 나타낸다.



<그림 I-1> 반응성 코어의 팽창특성 개략도

코어 채취시 해당 구조물의 알칼리 골재 반응으로 인한 노후도 혹은 내구성은 전팽창률에서 차지하는 해방 팽창률 혹은 잔존 팽창률의 비율에 따라 판단할 수 있다. 즉 <그림 I-2>에 나타낸 바와 같이 전팽창률의 크기가 같을지라도 해방 팽창률의 비율이 대단히 큰 경우에는 코어 채취시 해당 구조물의 알칼리 골재 반응은 종료시기에 가깝다고 판단할 수 있다. 반대로 잔존 팽창률의 비율이 크면 적절한 처치를 즉시 하지 않을 경우 구조물의 손상이 앞으로 확대될 여지가 상당히 있다고 판단한다.



- ①손상이 뚜렷한 구조물에서 채취한 코어
- ②손상이 현저하지 않은 구조물에서 채취한 코어

<그림 I-2> 손상정도에 따른 팽창률의 상위

2.3 시험용 기구

(1) 길이 변화 측정 기구

길이 변화의 측정은 KS F 2424에서 규정하는 콘크리트 게이지 방법에 따른다. 부속 다이얼 게이지는 KS B 5207(0.001mm 눈금 다이얼 게이지)의 규정에 합격한 것을 사용한다. 게이지 플러그는 시험 중에 녹이 슬지 않는 금속제로 하고 스테인레스강 밴드로 접촉할 수 있는 것으로 한다.

(2) 밀폐 용기, 온도계

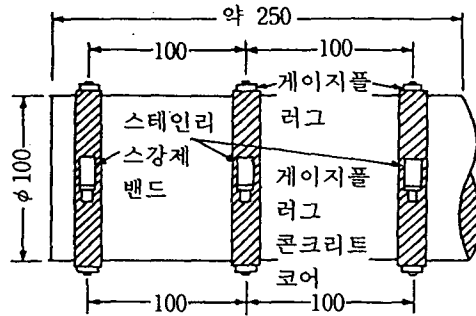
코어를 보존하는 용기는 뚜껑으로 밀폐할 수 있고 습기의 손실이 없는 구조로 한다. 온도계는 원래 길이 측정 시에 외기온을 계측할 수 있는 것으로 한다.

[해설]

(1) KS F 2424에는 모르타르 혹은 콘크리트 공시체의 길이 변화 측정 방법으로서 콤퍼레이터 방법, 컨덕트 게이지 방법 및 다이얼 게이지 방법이 제시되어 있으나 코어의 보존 방법을 고려하면 컨덕트 게이지 방법이 적당하다.

컨덕트 게이지 방법에 사용되는 측정기에는 여러 가지가 있지만 다이얼 게이지의 최소 눈금이 0.001mm이고 표점거리를 100mm로 할 수 있는 것이 좋다. 게이지 플러그는 지름 9mm의 녹이 슬지 않는 금속제(예를 들면 놋쇠) 원판에 1.5mm의 스테인레스강 강구를 묻은 것이 좋다. 게이지 플러그의 코어에 대한 설치의 일예는 <그림 I-3>과 같다.

또한 코어 채취 후 단시간에 큰 팽창을 나타내는 것도 있으므로 채취한 코어는 될 수 있는 한 빨리 원래 길이를 측정해야 한다. 게이지 플러그를 빨리 설치하기 위해 습기에 영향을 받지 않는 방법으로 게이지 플러그를 미리 접촉한 스테인레스강 밴드를 코어에 고정하는 방법을 사용하면 된다.



〈그림 I-3〉 게이지 플러그의 설치 예

(2) KS F 2424에는 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 온도에서 길이 변화를 측정하게 되어 있지만 길이 측정 시에 코어 및 표준자를 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하기가 곤란하므로 팽창률로 온도 보정을 하게 된다. 원래 길이 측정시의 코어 온도는 코어 채취 위치의 환경(일사와 수분의 공급 상황, 지면에서 높이 등), 코어 채취 방법(냉각수 사용의 유무) 등에 따라 달라지므로 정확하게 측정하기란 곤란하다. 그러므로 원래 길이 측정시의 코어 온도는 기온으로 하는 것이 바람직하다. 알칼리 골재 반응에 따른 팽창은 반응 생성물이 세공용액을 흡수하여 생기므로 코어의 건조 및 탄산화의 영향을 받기 쉽다. 따라서 채취한 코어는 건조와 탄산화를 방지하기 위해 길이 측정 후 가급적 빨리 밀폐 용기에 보존해야 한다.

2.4 코어의 채취와 보존

(1) 코어의 채취 위치와 수량

코어 채취 위치와 수량은 손상 정도, 철근량, 채취하는 방향, 환경의 변화 등을 고려하여 선정한다.

(2) 지름, 길이

코어는 원칙으로 지름 100mm, 길이 약 250mm로 한다.

(3) 코어 보존

1) 코어는 원래의 길이를 측정한 후 가능한 한 빨리 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 95% 이상으로 보존한다.

2) 해방 팽창률 측정 종료 후에는 원칙으로 $40 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 95% 이상으로 보존 해야 한다.

[해설]

(1) 실험에 따르면 잔존 팽창률은 손상정도, 철근에 따른 구속, 건조·습윤의 차이 등에 따라

다르다. 그러므로 코어 채취 위치와 수량은 손상 정도, 철근량, 채취하는 방향, 환경 변화 등을 고려하여 선정해야 하며, 적어도 3개를 채취하는 것이 바람직하다. 실험 결과에 따르면 알칼리 실리카 반응으로 손상된 철근콘크리트 공시체에서 채취한 코어의 초음파 전파속도는 원래 공시체의 초음파 전파속도 보다 작아지는 것으로 알려져 있다. 속도 저하의 비율은 손상 정도, 철근에 따른 구속 정도 등에 따라 다르다. 따라서 코어를 채취할 때에는 채취 위치에서 초음파 전파 속도를 측정하고 채취 직후 측정한 코어의 초음파 전파속도와 비교함으로써 잔존 팽창에 끼치는 손상 정도, 철근에 따른 구속 정도의 영향을 파악할 수 있다.

- (2) 잔존 팽창률 측정 결과에 따르면 잔존 팽창률은 코어 지름에 많은 영향을 받으며, 손상 정도 혹은 철근에 따른 구속이 같더라도 지름이 작을수록 팽창률은 작아진다(1. 콘크리트구조물에서의 코어 시료채취 방법(안) 표 1-1 참조)

코어 지름과 팽창률의 정량적 관계는 분명하지 않지만 현상에서는 지름 100mm인 코어로 측정하는 것이 바람직하다. 구조물의 배근 상태 때문에 코어 지름 100mm를 확보할 수 없는 경우에는 철근을 절단하지 않는 범위 내에서 최대 지름을 결정해야 한다.

잔존 팽창률은 철근별 구속정도에 따라 다르다. 원래 길이는 KS F 2424에 측정기 부착 다이얼 게이지의 최소 눈금이 0.001mm일 경우 100mm 이상이라고 규정하고 있다. 따라서 코어 길이는 피복부분과 철근망 내부 콘크리트의 잔존 팽창률을 동시에 측정하기 위해 필요한 길이로서 적어도 250mm가 필요하다.

- (3) 여러 가지 환경 조건하에서 실시한 실험 결과에 따르면 상대습도 약 85% 이하에서는 알칼리 실리카 반응이 생겨도 반응에 따른 흡수 팽창은 진행되지 않는 것으로 되어있다. 또한 알칼리 실리카 반응은 화학 반응과 물리적 작용이 복합된 반응이므로 온도에도 폐시멈(pessim)값이 존재하는 것으로 확인되고 있다. 온도의 폐시멈값은 일반적으로 40℃ 전후라고 한다. 그러므로 현장 채취 코어는 시험실에 반입(채취 후 1~9시간의 범위)한 후 20±2℃, 상대습도 95% 이상의 습윤상자에 보존하여 표준양생을 하고, 해방 팽창 종료 후 40±2℃, 상대습도 95% 이상의 습윤상자에서 촉진 양생한다.

촉진 양생온도와 습도조건은 알칼리 실리카 반응에 관한 실험 결과를 참고로 한 것이며, 다른 알칼리 골재 반응에 대한 촉진 양생 온도와 습도에 대해서는 다시 검토해야 한다. 또한 습도조건은 코어를 습윤상자에 보존하여 확보한다.

2.5 원래 길이와 팽창률 측정

- (1) 원래 길이는 100mm를 원칙으로 하고 코어 채취 직후에 측정한다.
- (2) 팽창률은 코어 채취 후 1주일은 24시간마다 측정하고, 그 이후는 3일 또는 1주일 간격으로 측정한다. 해방 팽창 종료 후 잔존 팽창률을 측정한다.
- (3) 측정할 때는 코어의 찌그러짐(warping)과 팝아웃(pop out) 등의 변형, 표면의 균열과 겔 등과 같은 침출물과 더러움 등을 관찰한다.

[해설]

- (1) 원래 길이는 KS F 2424에는 측정기 부속 다이얼 게이지의 최소 눈금이 100mm 이상이라고 규정하고 있지만 그 최소값을 원래 길이로 한다. 또 알칼리 골재 반응으로 인한 손상 정도가 큰 교각에서 채취한 코어는 채취 직후부터 팽창을 개시한다고 보고되어 있으므로 원래 길이 측정은 코어 채취 후 될 수 있으면 빨리(15~30분 이내) 해야 한다.
- (2) 팽창률의 측정은 KS F 2424에 따라 실시하면 된다. 해방 팽창률이 일정한 값을 유지할 때를 해방 팽창의 종료시점으로 볼 수 있다. 잔존 팽창률은 밀폐 용기를 저장실에서 꺼내 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 24시간 이상 보존한 후 측정한다. 팽창률을 측정하는 동안은 코어가 건조하지 않도록 주의하고, 측정 종료 직후에 $40 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 95% 이상의 저장실로 되돌려 보낸다. 측정기와 표준척은 측정 전 3시간동안 시험마다 정한 온도로 유지한다.
- (3) 알칼리 실리카 반응이 일어나는 경우 채취 코어를 습윤 상자에 보존해 두면 몇 시간에서 몇 일 사이에 코어 표면에서 겔 또는 졸의 침출을 볼 수 있는 경우도 있다.

2.6 팽창률 산정

팽창률을 산정할 때는 필요한 온도 보정을 한다.

[해설]

콘크리트와 표준척(Invar 鋼)의 선팽창계수는 각각 $\alpha_c = 7 \sim 13 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 및 $\alpha_i = 0.9 \sim 1.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 이며, 일반적으로 $\alpha_c = 10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 및 $\alpha_i = 1.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 가 적용되고 있다. 팽창률 측정시의 온도와 표준온도를 각각 t 및 t_0 라고 하면, 온도 보정에 의한 팽창률 변화 $\Delta \epsilon$ 는 다음 식으로 된다.

$$\Delta \epsilon = (\alpha_c - \alpha_i) \cdot (t - t_0) \times 100(\%)$$

이 때 표준온도는 일반적으로 20°C 이며, 잔존 팽창률 측정시의 기준치로서 원래 길이는 코어 채취시에 측정하기 때문에 원래 길이에 대해서도 온도 보정이 필요하지만 원래 길이의 온도 변화가 팽창률에 끼치는 영향은 적으므로 여기서는 원래 길이의 온도 변화는 고려하지 않기로 한다.

2.7 보 고

시험 결과를 보고할 때에는 다음 사항 중 필요한 것을 기재한다.

- (1) 구조물의 개요(종료, 명칭 등)
- (2) 구조물이 처하고 있는 환경
- (3) 구조물의 외관(균열, 팽아웃, 석출물, 박리 등의 변상, 유무)
- (4) 코어의 채취 연월일
- (5) 코어의 채취 위치(부위, 지표면에서 위치 등)와 코어의 번호
- (6) 코어 지름 및 길이
- (7) 코어 채취 방법(냉각수 사용 유무, 채취 시간 등)
- (8) 피복 두께
- (9) 원래 길이 위치(피복부분 혹은 철근망 내부)와 원래 길이 측정시의 온도
- (10) 코어 채취에서 원래 길이 측정까지의 시간
- (11) 측정할 때 기준으로 한 시점까지의 시간과 양생 방법
- (12) 보존 기간 중 환경조건(온도, 습도, 풍향, 일사 등)
- (13) 팽창률 측정시 온도와 습도
- (14) 각 측정시 팽창률
- (15) 해방 팽창률, 잔존 팽창률과 전팽창률
- (16) 코어의 관찰 결과
- (17) 기타

3. 골재에 함유된 유해 광물 판별방법

3.1 적용 범위

이 기준(안)은 골재 속의 유해 광물을 광물학적 건지에서 판별하는 경우에 대해서 적용한다.

[해설]

골재 속에 함유된 여러 가지 광물 속에는 시멘트계 성분과 화학반응을 하여 콘크리트에 해를 끼치거나 물리적 변화를 일으켜 콘크리트에 해를 끼치는 성분이 있다. 이 기준(안)은 골재 속에 존재하는 유해광물을 광물학적 기법으로 판별하는 방법에 대해서 규정한 것이다. 유해광물의 함유량 판정에 관해서는 「4. 유해광물의 정량 방법(안)」에 따른다. 광물의 판정에는 상당히 풍부한 지식과 경험이 필요하게 되는 경우가 있는데 이 경우에는 전문가 등의 조언을 구하는 것이 바람직하다.

3.2 용어 정의

이 기준(안)에 사용하는 주요한 지질·광물학 관련 용어는 다음과 같다.

(1) 유해 광물

유해 광물이란 콘크리트 속에서 화학 변화와 물리 변화를 일으켜 콘크리트에 해를 끼치는 광물 및 화산 유리를 말한다.

(2) 화산 유리

화산 유리란 용융 상태에 있던 마그마가 냉각하여 결정화 작용을 하기 전에 단단히 굳어져 버렸기 때문에 생긴 자연 유리를 말한다.

(3) 미소 석영

미소 석영이란 은미정질 석영(隱微晶質石英)과 카르세드니를 말한다.

1) 은미정질 석영(潛晶質石英이라고도 한다.)

미결정 석영의 치밀한 집합체로서 대개의 경우 석영은 몇 μm 이하이며, 결정립간(結晶粒間)에는 초현미경으로 봐야 보이는 작은 구멍을 가지고 있다.

2) 카르세드니

미소한 석영의 집합체로서 섬유상, 구과상(球顆狀), 유방상(乳房狀), 종유석상을 이루는 것이 있다.

[해설]

- (1) 알칼리 골재 반응에 관여하는 광물로서, 실리카 광물에서는 크리스토팔라이트, 트리디마이트, 미소석영, 오팔 등이 있으며, 다른 규산염 광물에서는 미세한 백운모(絹雲母), 일라이트(illite), 미세한 흑운모, 버미큐라이트 등이 있으며, 탄산염 광물에서는 돌로마이트 등이 유해 광물이다.

로몬타이트와 스멕타이트(몬모릴로나이트, 사포나이트)도 콘크리트 속에서는 화학 변화를 일으키거나 체적 변화 등의 물리 변화를 일으켜 콘크리트에 해를 주는 것이 있다.

황철광, 백철광, 황동광, 자황철광 등의 황화물도 콘크리트 속에서 산소와 수산화칼슘의 존재하에 분해되어 콘크리트에 해를 끼치는 수가 있다.

MgO, CaO, FeO 등의 산화물이 수화하면 팽창한다는 것은 잘 알려져 있다. 유해광물의 허용량은 콘크리트 속의 알칼리량과 구조물이 처한 환경 등에 따라 다르므로 일괄적으로 규정하기는 어렵다.

- (2) 흑요암과 송지암은 대개가 화산유리만으로 되어 있지만, 일반적으로 골재로서 사용할 수는 없다. 화산 유리는 보통 화산암의 석기와 화산 쇄설암의 매트릭스(matrix; 母巖) 부분에 존재한다.
- (3) 은미정질이란, 잠정질이라고도 하며 미세한 광물 결정으로 이룬 암석과 암석의 석기 조직을 말한다. 고배율의 렌저를 사용하여 직교 니콜 프리즘으로 관찰하면 아주 미세한 결정

의 집합체임을 확인할 수 있다. 카르세드니질 석영에서는 결정이 $5\mu\text{m}$ 보다 큰 것도 있다.

3.3 조사 방법

판별할 때는 다음의 3가지 방법을 병용한다.

- (1) 육안 관찰(확대경 관찰)
- (2) 편광현미경 관찰
- (3) 분말 X선 회절 시험

[해설]

(1) 육안 관찰은 골재 속의 유해 광물을 판별하는 주요한 수단이라고는 할 수 없지만 편광현미경 관찰과 분말X선 회절 시험에 제공되는 시료를 선정함에 있어서 중요한 사항이다. 다음에 열거한 사항들은 육안으로 조사한다.

- ① 색, 광택(금속 광택을 나타내는지, 유리 같은 광택이나, 혹은 유백색인지 등)
- ② 촉감(매끈매끈한지, 까칠까칠한지, 물에 적시면 미끈미끈한지 여부 등)
- ③ 외형(확대경으로 결정이 보일 경우에는 그 같은 결정에 대해서 관찰한다.)
- ④ 용적, 중량
- ⑤ 경도(Mohs의 경도계로 손톱의 경도는 2.5, 칼날은 5.5이다.)
- ⑥ 벽개(작은 조각을 손톱으로 짓눌러 보아 벽개성[결정이 일정한 평활면을 따라 쉽게 쪼개지는 성질]이 있으면 벽개가 일어나므로 그 형태나 벽개로서 생긴 면의 상태를 관찰한다.)

(2) 편광현미경 관찰은 박편 또는 분말 시료로 한다.

다음에 나타내는 사항은 편광현미경 관찰로 조사하는 항목이다.

i) 주로 단니콜프리즘을 이용한 관찰로 조사하는 사항

- | | |
|-------------|----------|
| ① 형태, 각의 측정 | ② 색, 다색성 |
| ③ 벽개(劈開) | ④ 굴절률 |
| ⑤ 암석의 조직 | |

ii) 직교 니콜 프리즘을 이용한 관찰로 조사하는 사항

- | | |
|--------------------|------------|
| ① 복굴절(複屈折) | ② 간섭색(干涉色) |
| ③ 소광각(消光角) | ④ 쌍정(雙晶) |
| ⑤ 신장(伸長)방향의 정부(正負) | |

경화 콘크리트로 박편 시료를 제작하는 경우에는 다음의 사항을 고려하여 제작한다.

- ① 절단, 연마할 때 물을 사용하지 말 것(등유 사용)

- ② 슬라이드 글라스의 크기는 3×5cm 정도로 한다.
 - ③ 슬라이드 위의 박편 시료의 크기는 2.5×3cm 정도 이상으로 한다.
 - ④ 박편의 두께는 20~30 μ m 정도로 한다.
- (3) 분말 X선 회절 시험으로 존재가 확인된 시료 중의 광물량은 일반적으로 회절(回折)강도가 강한 광물의 경우에 5%(중량%) 이상, 일반 광물에서는 10%이상이다. 다만, 결정도에 따라서는 소수점 이하 몇 %라도 존재가 확인되는 것이 있다(이를테면 론타이트로는 0.5%정도).

분말 X선회절 시험은 결정도가 낮은 물질과 비정질(非晶質)의 물질을 구분하는데는 적합하지 않다. 또 일반적으로 장석류, 휘석류, 각섬석류, 운모류의 구분은 되지만 세분류하기는 어렵다. 그러나 점토광물의 구분에는 대단히 효과가 있다. 주요한 광물의 분말X선회절 데이터를 (표 I-2)에 나타낸다.

표준적인 X선 장치를 이용한 측정 조건의 예를 다음에 나타낸다.

- ① 타겟 : Cu, ② 필터 : Ni, ③ 관전압(管電壓) : 30~40kV, ④ 관전류 : 15mA
- ⑤ 스케일레인지 : 200~4,000cps, ⑥ 시정수(時停數) : 1s, ⑦ 주사속도 : 2 °/min
- ⑧ 차트 속도 : 2cm/min, ⑨ 주사범위 : $2\theta=3\sim70$

또한 철이나 망간이 많은 시료에 대해서는 타겟을 Fe, 필터를 Mn으로 하고 거기에 맞는 조건을 설정하는 것이 바람직하다. 시료는 손가락 끝에 느낌이 없을 정도로 미분쇄한다. 분쇄는 조 크러셔(jaw crusher), 더블 롤 크러셔(double roll crusher), 디스크 밀(disk mill) 등의 분쇄기로 조분쇄(粗粉碎)하고 맨 나중에 마노 유발로 미분쇄 하여야 한다.

- (4) 주로 편광현미경으로 구분하는 유해한 광물에는 다음과 같은 것이 있다.
화산유리, 미소석영(은미정질석영, 카르세드니), 결정 격자가 일그러진 석영, 오팔, 견운모, 미세한 흑운모 등.
또한 주로 분말X선회절 시험으로 구분하는 유해광물에는 다음과 같은 것이 있다. 크리스토팔라이트, 트리디마이트, 로몬타이트, 스멕타이트, 석고, 황화광, 돌로마이트, MgO 등.
- (5) 전자현미경과 X선 마이크로 애널라이저, 각종 분석기기의 이용 등, 이 장에서 규정한 이외의 방법이 효과적이라고 생각되는 경우에는 이들에 대해서도 검토해야 한다.

3.4 시료 선택

유해한 광물의 판별에 사용하는 골재 시료는 목적에 따라 적절하게 선정해야 한다.

(표 I-2) 주된 광물의 분말X선회절 데이터(3강선)

광물명	3 강 선								
	I_1			I_2			I_3		
	면간격 d(A)	회절각 Cu, K_α 2θ (°)	상대강도 I_1/I_1	면간격 d(A)	회절각 Cu, K_α 2θ (°)	상대강도 I_2/I_1	면간격 d(A)	회절각 Cu, K_α 2θ (°)	상대강도 I_3/I_1
α -크리스탈라이트	4.05	21.9	100	2.49	36.0	20	2.84	31.5	13
크리디마이트	4.10	21.7	100	4.31	20.6	65	3.81	23.3	50
α -석영	3.34	26.7	100	4.26	20.8	35	1.82	50.1	17
흑운모	10.1	8.7	100	3.37	26.4	100	2.66	33.7	80
백운모	9.96	8.9	100	4.47	19.8	100	3.32	26.8	100
돌로마이트	2.89	30.9	100	2.19	41.2	30	1.79	51.0	30
로몬타이트	9.5	9.3	100	4.16	21.3	60	6.9	12.8	35
몬모릴로나이트(15A) 미처리	15.2	5.8	100	4.59	19.3	10	2.56	34.9	10
에틸렌글리콜처리	16.8	5.3	100	4.59	19.3	10	2.56	34.9	16
황철광	1.63	56.4	100	2.71	33.0	85	2.43	37.0	65

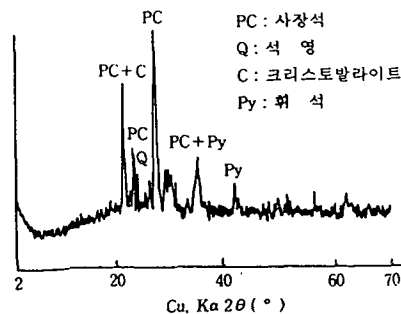
3.5 유해 광물 판정

3.5.1 화산 유리

- (1) 구분은 일반적으로 현미경을 이용하여 한다.
- (2) 현미경으로 볼 때의 특징은 다음과 같다.
- ① 비결정이며, 일정한 화학 조성을 갖지 않으므로 일정한 물리적 성질을 갖지 않는다.
 - ② 직교 니콜 프리즘에서는 암흑으로 보인다.

[해설]

- (1) 유문암, 안산암, 현무암 등 화산암의 석기 속이나 응회암, 사암, 이암, 혈암, 점판암 등의 퇴적암 속에 존재한다. 전부가 유리로 이룬 암석에는 흑요암, 진주암, 송지암 등이 있는데 일반적으로 골재로서 사용할 수 없다(자갈, 모래 속에 혼입되어 있다.). 화산유리는 보통 석기 속의 광물 사이에 존재하고 직교 니콜 프리즘에서는 암흑으로 보이는데 이렇게 보이는 것은 공극이나 박편 제작시에 떨어져 나온 결정 부분도 있으므로 주의해야 한다. 또한 등축결정의 광물(석류석, 형석 등)은 유리와 마찬가지로 광학적 등방체이므로 직교 니콜 프리즘에서는 암흑으로 보인다. 또 광학적 일축성 결정인 지르콘(zircon; 正方晶系), 석영, 방해석(모두 六方晶系)과 2축성 결정인 정장석, 보통 휘석, 각섬석(단사정계), 자소 휘석(사방정계) 등이 광축과 직교로 절단되어 있는 경우에도 암흑으로 보인다.
- (2) 분말X선회절 시험에서는 일반적으로 화산 유리의 구분을 할 수 없지만 2θ (Cu, $K\alpha$)=20~25°로 피크(peak)를 가진 광범위한 고조(高潮)로서 판별할 수 있다. 다만 최근의 X선 회절 장치는 모노크로미터(mono-chromator)가 설치되어 있는 것이 많고, 이 경우에는 고조를 볼 수 없는 것도 있다(그림 I-4).



〈그림 I-4〉 유리질 안산암의 분말X선회절도

3.5.2 크리스토팔라이트

- (1) 구분은 보통 분말X선회절 시험에 의하여 한다.
 (2) 사장석과 회절 피크가 겹치므로 구분을 위해 약품 처리가 필요하게 되는 경우가 있다.

[해설]

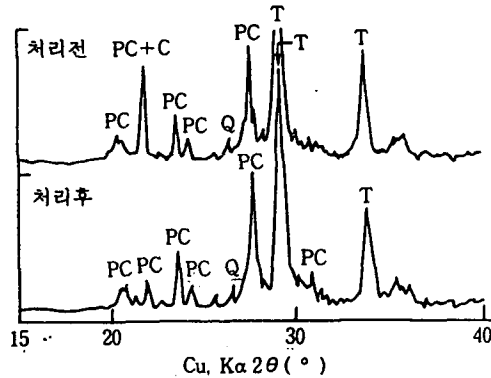
- (1) 안산암 중에 일반적으로 볼 수 있는 것은 저온형의 α 크리스토팔라이트이며, 유리의 실투 작용(失透作用)에 따라 생기는 경우가 많다. 화산암 속 공극에서 산출되는 크리스토팔라이트는 결정이 비교적 커서 편광현미경으로 광학적 특성을 알 수 있지만 실투작용으로 생긴 크리스토팔라이트는 미세하여 일반적으로는 광학적 특성을 확인하기가 어렵다.
- (2) 사장석과 X선회절 피크가 겹칠 경우에도 회절 강도를 신중히 비교 검토하면 판별이 가능하다. 또 인산이나 수산화나트륨 등을 이용한 약품 처리를 하여 판별하는 방법도 검토되고 있다. 수산화나트륨 용액을 이용한 처리의 일례를 다음에 나타낸다.

이 방법은 수산화나트륨 용액으로 크리스토팔라이트를 용해하는 것을 이용한 것으로 크리스토팔라이트를 함유하고 있으면 21.9° 의 회절 피크가 감소한다(그림 3-2 참조).

- ① $44\sim 88\mu\text{m}$ 의 입도로 조정된 분말시료 $2.000\pm 0.001\text{g}$ 을 폴리에틸렌 용기에 넣고 여기에 20% 농도의 NaOH용액 10cc를 첨가하여 $80\pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지한 항온조(恒溫槽)속에 가만히 넣는다.
- ② 6시간 경과후 용기를 꺼내 용기 속을 깨끗이 씻으면서 시료를 1ℓ 비커에 옮긴다.
- ③ 증류수로 디칸테이션(decantation)을 반복하여 시료를 깨끗이 씻어 NaOH용액을 제거한다.
- ④ No. 4 여과지(거름종이)를 사용하여 흡인 여과한다.
- ⑤ 시료를 110°C 에서 건조한다.
- ⑥ 건조 후 응집된 시료를 유발로 가볍게 갈아서 분말X선회절 시험용 시료로 한다.

다만, 이 수산화나트륨 용액으로 처리할 때는 화산유리와 트리디마이트 등의 실리카 광물도 용해되므로 적용시는 주의해야 한다.

Q: 석영 PC: 사장석, C: 크리스토팔라이트
T: 산화제2칼륨(표준 광물로서 첨가한 것)



〈그림 I-5〉 고등휘석 안산암의 경우 NaOH용액을 이용한 처리 전후의 X선회절도

3.5.3 트리디마이트

구분은 보통 분말X선회절 시험에 의하여 한다.

[해설]

화산암의 석기 속에 존재하는 것과 유리의 실투작용으로 생긴 것은 미세하므로 현미경을 이용한 구분이 어렵다. 공극 속에서 석출되는 트리디마이트는 결정이 커서 현미경으로 확인할 수 있다. 그 특징은 다음과 같다.

- ① 석기 부분에 존재하고 복굴절(複屈折)이 작다(간섭색이 낮다).
- ② 썩기형을 하고 있는 것이 많다.

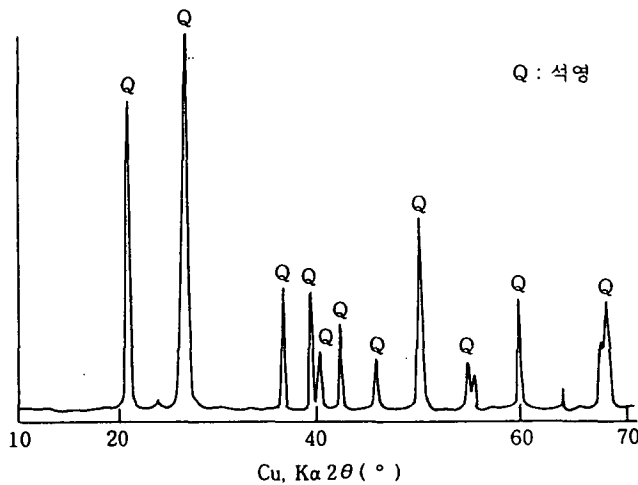
3.5.4 미소석영

1) 은미정질 석영

미결정인 것을 편광현미경으로 확인하면서 분말X선회절 시험으로 석영인지를 구분한다.

[해설]

고배율의 현미경으로 관찰하면 미세한 결정의 집합체인지를 확인할 수 있다. 따라서 미소 석영이라고 구분하는 데는 현미경과 분말X선회절 시험의 종합 평가가 필요하다. 또 주사형 전자현미경을 이용하는 것도 효과적이다.



〈그림 I-6〉 차트의 분말X선 회절도

참고로 석영을 현미경으로 본 특징은 다음과 같다.

- ① 현미경으로 보면 무색 투명하다.
- ② 보통은 타형입상(他形粒狀)으로 나타나지만 드물게는 자형(自形)을 내 보이기도 한다.
- ③ 굴절률은 1.54~1.55, 접착제(합성수지, 캐나다 발삼[Canada balsem])의 굴절률에 가까우므로 평평하고 매끄럽게 보인다.
- ④ 개벽이 없다.
- ⑤ 복굴절은 0.009, 간섭색은 백색.

2) 카르세드니

(1) 구분은 편광현미경을 이용한다.

(2) 현미경으로 본 특징은 다음과 같다.

- ① 미세한 석영의 집합체이며, 광학적인 특징은 석영과 같다. 그러나 미소이므로 광학적 특징을 현미경으로 확인하기는 곤란하다.
- ② 결정이 뻗은 방향의 광학성이 보통 석영과는 반대로 마이너스(負)이다.

[해설]

미세한 석영의 집합체로 섬유상, 구과상, 유방상, 종유석상을 이룬 것이 있다. 분말X선회절 시험에서는 석영으로 구분된다. 은미정질 석영과 공존하는 것이 많다. 1) 은미정질 석영 [해설] 참조.

3.5.5 결정 입자가 일그러진 석영

구분은 편광현미경을 이용한다. 직교 니콜 프리즘에서 재물대(載物臺: 물건을 올리는 대)를 회전하면 하나의 결정으로 명암이 점차 변하여 파동소광(波動消光)을 나타낸다.

[해설]

파동소광은 결정 격자 구조의 배열이 변형되거나 파괴될 경우 및 입자의 크기나 형태에 기인하는 표면의 불규칙성이 존재하는 경우에 생긴다고 한다.

3.5.6 오팔

- (1) 구분은 육안 관찰, 편광현미경 관찰, 분말X선회절 시험에 따른다. 육안으로는 유백색을 나타낸다.
- (2) 현미경으로 본 특징은 다음과 같다.
 - ① 현미경으로 보면 무색이지만 가는 균열이 생겨 더럽고 흐린 것이 많다.
 - ② 굴절률은 1.40~1.46으로 석영보다 낮다.
 - ③ 직교 니콜 프리즘으로는 암흑으로 보인다.

[해설]

- (1) 오팔은 비결정 또는 그에 가까운 합수 규산 광물이며 괴상(塊狀), 구상(球狀), 포도상(葡萄狀), 두상(豆狀) 등으로 나타난다.
- (2) 분말X선회절 시험에서는 결정도에 따라 화산 유리와 마찬가지로 $2\theta(\text{Cu, K}\alpha)=20\sim 25^\circ$ 로 고조(高潮)를 나타내는 것, $2\theta=21.9^\circ, 20.6^\circ, 36^\circ$ 로 폭넓은 회절선을 나타내는 것, 크리스토팔라이트의 약간 폭넓은 회절선을 나타내는 것이 있다.
- (3) 일반적으로 사용되고 있는 골재 속에 함유되는 경우는 적다.

3.5.7 흑운모

- (1) 구분은 보통 편광현미경을 이용한다.
- (2) 현미경으로 본 특징은 다음과 같다.
- ① 현미경으로 보면 갈색, 황갈색, 적갈색, 황록색, 녹색 등을 나타낸다.
 - ② 엽편상(葉片狀)으로 나타난다.
 - ③ 굴절률은 1.54~1.66이다.
 - ④ 다색성이 강하고 단니콜프리즘에 재물대를 돌리면 색의 변화가 뚜렷하다.
 - ⑤ 직교니콜프리즘으로 보면 벽개에 대해서 니콜프리즘의 진동 방향으로 평행한 위치에서 소광(消光)된다. 즉 소광각은 0° 이지만 드물게 3° 정도일 때도 있다.

[해설]

흑운모 중 유해한 것은 미세한 흑운모이다. 운모인 것은 분말X선회절 시험으로도 구분할 수 있지만, 미세한 흑운모인지를 확인하는데는 편광현미경이 사용된다. 결정은 몇 μm ~몇 십 μm 으로 미세하다.

3.5.8 견운모

- (1) 구분은 보통 편광현미경을 이용한다.
- (2) 현미경으로 본 특징은 다음과 같다.
- ① 현미경으로 보면 무색이다.
 - ② 장석 등의 변질에 따라 세편상(細片狀)의 결정으로 나타난다.
 - ③ 굴절률은 1.56~1.61이다.
 - ④ 벽개는 존재하지만 세편이므로 명료하지 않다.
 - ⑤ 복굴절이 강하고 간섭색은 제 2차 남색·적색 등이다.

[해설]

견운모는 세립침상(細粒針狀) 혹은 인편상(鱗片狀) 백운모의 총칭이다. 운모인지는 분말X선회절 시험으로도 구분할 수 있지만, 백운모인지 특히 미세한 백운모인지를 확인하는데는 보통 편광현미경을 사용하고 있다. 결정은 몇 μm ~몇 십 μm 으로 미세하다.

3.5.9 돌로마이트

구분은 보통 분말X선회절 시험을 이용한다.

[해설]

참고로 현미경으로 본 특징을 다음에 나타낸다.

- ① 현미경으로 보면 무색이다.
- ② 보통 반자형(半自形)을 나타내지만 자형 결정일 경우는 마름모꼴을 나타내는 것이 많다.
- ③ 굴절률은 1.50~1.72이다.
- ④ 방해석(方解石)과 비슷하지만 대개의 경우 자형 결정과 누대구조(累帶構造)를 나타낸다.
- ⑤ 복굴절률이 크고 간섭색은 깨끗한 적, 청, 녹색이다.

일반적인 돌로마이트는 방해석을 수반하는 것이 많다. 돌로마이트질 석회암 속의 돌로마이트를 현미경으로 구분하는 하나의 방법으로는 박편 시료에 초산을 떨어뜨려 방해석을 용해하여 돌로마이트만을 남겨 방해석과 판별하는 방법이 있다.

3.5.10 로몬타이트

구분은 보통 분말X선회절 시험을 이용한다.

[해설]

참고로 현미경으로 본 특징을 다음에 나타낸다.

- ① 현미경으로 보면 무색이다.
- ② 판상(板狀), 주상(柱狀)으로 나타난다.
- ③ 굴절률은 1.50~1.53이다.
- ④ 벽개가 발달되어 있다.
- ⑤ 간섭색은 제1차 회색 또는 백색이다.

3.5.11 몬모릴로나이트(Montmorillonite)군(群)(스멕타이트)

구분은 보통 분말X선회절 시험을 이용한다.

[해설]

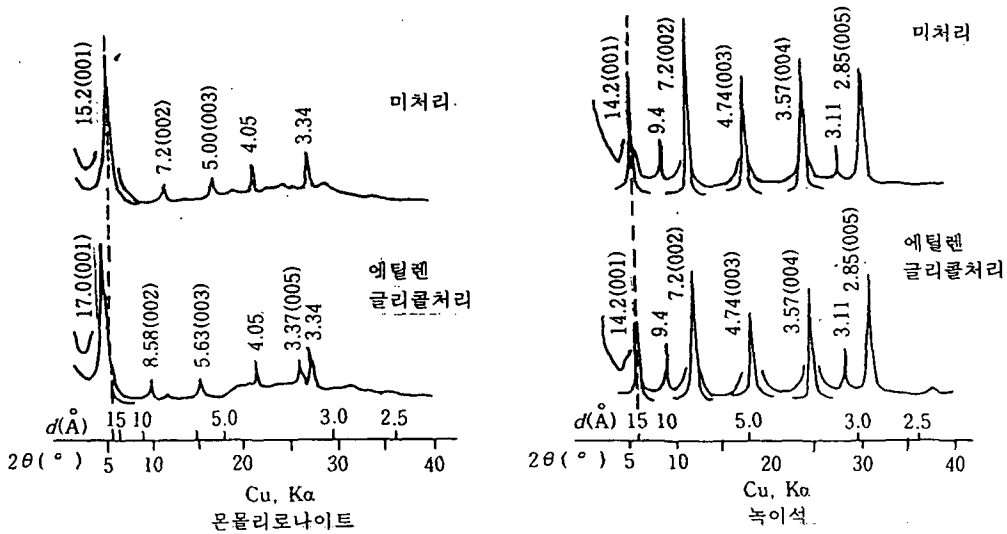
- (1) 녹이석의 회절선과 겹치므로 양쪽을 판별하기 위해서는 에틸렌글리콜이나 글리세롤로 처리한다. 이 같은 약품이 층간(層間)에 들어가면 복합체를 만들고 그 다음에 X선회절을 하면 몬모릴로나이트군에서는 회절선의 이동(제 1 피크가 6° 에서 5° (2θ (Cu, K_α))로 이동)이 일어나지만 녹이석에서는 이동이 일어나지 않으므로 이점을 이용해 판별할 수 있다.

- (i) 분석할 때 시료를 넣는 시료판은 알루미늄시료판, 유리시료판, 무반사판을 사용한다.

- 알루미늄 시료판 : 가로 50mm, 세로 35mm, 두께 1.5mm이다. 시료를 충전하는 구멍은 22×18mm이다.
- 유리 시료판 : 알루미늄 시료판과 동일한 크기의 유리판에 시료 충전용 홈(20×18mm)을 에칭(etching)한다. 홈 깊이는 0.2mm 또는 0.5mm이다.
- 무반사판 : 시료량이 적은 경우에 사용한다.

(ii) 에틸렌글리콜 처리에는 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 알루미늄 시료판 혹은 유리 시료판에 시료를 충전하는데 무반사판에 시료를 바르고 에틸렌글리콜을 스프레이 혹은 떨어뜨려 축축하게 하여 30분 이상 유지한다.
- ② 알루미늄 시료판 혹은 유리 시료판에 시료를 충전하는데 무반사판에 시료를 바르고 데시케이터(desiccator)속에서 60~65℃로 에틸렌글리콜 증기에 30분 이상 접촉시킨다.
- ③ 시료를 에틸렌글리콜로 반죽하여 무반사판에 도포한다.



〈그림 I-7〉 에틸렌글리콜 처리에 따른 회절 패턴의 변화

(2) 편광현미경으로도 구분이 가능한 경우가 있으며, 현미경으로 본 특징은 다음과 같다.

- ① 현미경으로 보면 Fe를 함유하지 않은 것은 무색, Fe를 함유한 것은 함량에 따라 짙은 녹색, 황색, 등색, 자색 등으로 된다.

- ② 결정은 얇은 편엽상으로 빈틈 없이 뒤섞여 있다.
- ③ 굴절률은 1.48~1.64로 Fe가 증가하면 굴절률이 높아진다.
- ④ 단 니콜프리즘에 재물대를 돌리면 황색 혹은 담록색에서 갈록색으로 변한다.(다색성이 있다.)
- ⑤ Fe가 단 니콜프리즘에서 색이 나는 경우 간섭색은 제2차의 적색, 등색을 나타낸다.(직교 니콜프리즘에서는 적색, 등색, 황색).

3.5.12 황화철

구분은 보통 분말X선회절 시험을 이용한다.

[해설]

- (1) 가장 일반적인 황화철은 황철광이다.
- (2) 불투명한 광물이며 투과 편광현미경으로 보면 검은 알맹이로 보인다. 조명장치 등으로 빛을 비추어 관찰하면 황화철은 노랑계(반사현미경으로는 황백색), 산화철은 검게 보인다.

3.6 기록

이 기준(안)의 적용에 관해서는 다음 사항 중 필요한 것을 기록한다.

- (1) 골재의 산지
- (2) 골재의 암종
- (3) 시료의 선정 방법과 시료 수
- (4) 육안 관찰 결과(사진 기타)
- (5) 편광현미경 관찰 결과 (사진, 주된 동정 광물 기타)
- (6) 분말X선회절 시험 결과 (분석 데이터, 차트, 주된 동정 광물 기타)
- (7) 판별 결과(동정된 유해한 광물명)
- (8) 판별 연월일
- (9) 기타

4. 유해 광물의 정량 방법

4.1 적용 범위

이 기준(안)을 골재 중 유해 광물을 광학적 및 X선 시험의 견지에서 정량하는 경우에 대해서 적용한다.

[해설]

골재 속에 함유된 유해 광물을 광물학적 견지에서 판별하는 방법에 대해서는 「3. 골재에 함유된 유해 광물의 판정방법(안)」에 따르기로 한다. 이 기준(안)은 판별된 굵은 골재, 잔골재 속에 함유된 유해 광물의 양이 어느 정도인가를 파악하는 하나의 수단으로서 광학적 및 X선 시험의 견지에서 정량하는 경우에 대해서 규정한 것이다. 정량 방법에 따라서는 동일 광물이라도 결정도(結晶度), 화학조성과 산지가 다른데 따라 값이 현저하게 변화하는 경우가 있으므로 광물을 정량하는 데는 상당한 고도의 지식과 경험이 필요하다. 따라서 실시할 때에는 광물의 전문가 등의 조언을 받는 것이 바람직하다.

4.2 육안에 따른 암석의 구성 비율 산정

시료를 선정하기 전에 골재의 종류, 채취 장소에 부응한 적절한 방법에 따라 암석의 구성 비율을 구한다.

[해설]

일반적으로 골재는 몇 종류의 암석과 광물 입자(잔골재의 경우)로 구성되고, 또한 유해 광물의 유무, 종류와 양도 암석의 종류 등에 따라 여러 가지로 변화한다. 따라서 골재 속의 전체 유해 광물을 정량하는 데는 미리 골재의 종류(부순 돌, 자갈, 부순 모래 등), 채취 장소(스톡 야드, 콘크리트 코어 등)등에 따라 각 암종마다 구성 비율을 육안으로 조사해 두어야 한다. 골재의 암종마다 구성 비율을 구하는 데는 각각 다음과 같은 방법으로 하는 것이 좋다.

(1) 콘크리트 코어 속의 굵은 골재의 경우

코어 주위에 원주방향과 직각이 되게 1cm 간격으로 수선을 긋고 각 암종마다 이 선과 교차하는 길이를 적산한다. 다음에 각 암종마다 적산 길이를 적산 총 연장에서 빼고 비율을 구한다(선적분법). 이 경우 길이 5mm 이상의 골재를 굵은 골재로 한다. 암종을 판별하는 데는 일반적으로 확대경 등을 이용한 육안 관찰로 하지만 판별하는 데는 고도의 지식과 경험이 필요하므로 광물 전문가의 조언을 구할 필요가 있다.

(2) 부순돌의 경우

부순돌의 원석이 몇 종류의 암석으로 이루어진 경우는 물론 원석이 한 종류의 암석이라도 원석산(原石山) 중에는 일반적으로 암상(岩狀) 변화가 뚜렷하므로 시료의 균질화를 도모하기 위해서는 스톡 야드 등에서 무작위로 30개 이상 굵은 골재를 빼내어 암종, 암상별로 육안 관찰에 의해 분류하여 구성 비율을 구한다.

(3) 자갈의 경우

위에서 기술한 바와 같이 30개 이상의 굵은 골재를 빼내 육안 관찰로 암석마다 분류하여 구성 비율을 구한다. 다만, 자갈을 구성하는 암석은 5종류 이상이 일반적이므로 굵은 골재의 수를 될 수 있는 한 많이 확보하는 것이 측정 정밀도가 높아져 바람직하다.

4.3 시료 선정

유해 광물의 정량에 사용하는 시료는 2의 구성비율 산정결과에 의해 목적에 따라 적절하게 선정한다.

[해설]

i) 편광현미경 관찰 시료의 선정

1) 콘크리트 코어일 경우

(i) 굵은 골재를 관찰할 경우

- ① 암종에 따라 치우치지 않도록 콘크리트 속에서 굵은 골재를 될 수 있는 한 많이 (30개 이상) 빼내 시료 모두를 5mm 이하로 부순 다음 합성수지로 굳혀 박편 시료 (preparation)를 제작한다. 이때 박편 시료는 2~3매 제작한다.
- ② 굵은 골재를 구성하는 암석을 몇 종류 함유한 콘크리트 칩(일반적 크기는 2.5cm×3cm×3cm)을 코어에서 빼내 박편 시료로 한다. 이 경우에도 박편 시료는 2~3매 제작한다.

(ii) 잔골재를 관찰할 경우

모르터 부분의 박편 시료를 2~3매 제작한다. 굵은 골재를 구성하는 암석을 관찰하는 ①의 방법에 따라 제작한 박편 시료를 사용해도 된다. 다만, 박편 시료는 모르터 부분이 많은 것이 좋다.

2) 부순 돌, 자갈의 경우

시료의 균질화를 도모하기 위해 육안 관찰을 한 시료 모두를 5mm이하로 부순 다음 합성수지로 굳혀 박편 시료를 제작하면 된다, 박편 시료는 2~3매 제작한다.

3) 굵은 골재의 경우

자연모래, 부순 모래 모두 합성수지로 굳혀 박편 시료로 한다. 박편 시료는 2~3매 제작한다.

ii) 분말 X선회절 시험 시료 선정

1) 굵은 골재의 경우

콘크리트 속의 굵은 골재 혹은 자갈, 부순돌을 불문하고 암종별로 나누어 시험한다. 동일 암종(예를 들면 동일 암종의 부순 돌)이라도 변화정도나 생성 시대가 서로 다름에 따라 암상(岩相)이 다른 경우가 많으므로 동종의 몇 개 이상의 굵은 골재를 분쇄하여 시험 시료로 한다.

2) 잔골재의 경우

암종별로 나누어 시험한다. 방법은 굵은 골재와 마찬가지로 분쇄하여 시료로 사용한다. 자연모래, 몇 종류의 암석을 부순 모래에서는 조립모래(組粒沙)를 암종별로 분류한다. 분류한 조립모래를 다룰 때는 굵은 골재와 같은 요령으로 한다.

4.4 정량방법

정량할 때는 다음의 두 방법을 적용한다.

- (1) 편광현미경을 이용하는 방법
- (2) 분말X선회절 시험으로 하는 방법

[해설]

(1) 현미경 관찰에 쓰이는 시료는 선정된 암석 또는 콘크리트 코어에서 제작한 박편 혹은 연마시편으로 한다. 황화철은 불투명한 광물이므로 연마시편을 제작하는 것이 바람직하며 다른 투명한 유해 광물에서는 박편을 제작하는 것이 좋다.

(2) 분말X선회절 시험은 결정 질 광물의 구분에 유력한 수단이지만, 회절선의 강도가 광물의 함유량과 관련되므로 이 방법으로 광물을 정량화 할 수가 있다. 그러나 같은 종류의 광물이라도 화학조성이 다르거나 결정 정도가 다름에 따라 회절선의 강도에 영향을 끼친다. 또 광물의 형상 특성과 시험조건 등 대부분의 인자가 X선회절 강도에 영향을 끼친다. 이 때문에 광물에 따라서는 높은 정밀도로 정량하는데 곤란한 경우가 있다.

또한 분말X선회절 시험을 이용한 정량에 제공되는 시료는 거칠게 분쇄한 후 마노 유발로 곱게 분쇄한다. 이 장에서 규정하는 방법은 유해광물을 정량하는데 유력한 것이지만 이 밖에도 전자현미경, X선 마이크로 애널라이저, 각종 분석기기의 이용 및 이들 몇 종류의 정량 방법의 병용에 따라 정량 정밀도가 높아지는 것도 생각할 수 있으므로 이 같은 이용, 병용에 대해 검토하는 것이 바람직하다.

4.5 편광현미경을 이용한 정량 방법

현미경으로 본 색·다색성, 간섭색·복굴절 등의 광학적 특징으로 구분한 여러 가지 광물의 정량에는 다음의 두 가지 방법을 적용한다.

- (1) 선적분법
- (2) 포인트 카운터법

[해설]

(1) 선적분법을 이용한 정량은 현미경의 시야 중 정한 직선상에 나타나는 광물의 길이를 적산하여 구한다.

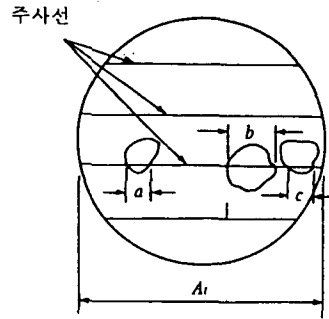
<그림 I-8>은 현미경의 한 시야이다. 어떤 광물의 정량은 시야 속에 주사선(走査線)을 설정하고 이 주사선상에 나타난 어떤 광물의 길이(a+b+c+……)를 적산하여 이 값을 주사선의 전연장 A_0 로 나누어서 구한다. 즉, 어떤 광물의 비율은 다음과 같이 계산한다.

$$\frac{a+b+c+\dots}{A_0} \times 100(\%)$$

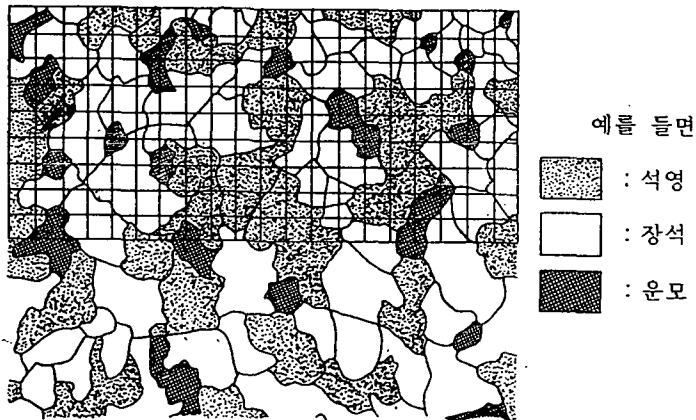
또한 정확한 측정을 요구하는 경우에는 매커니컬 스테이지로 시료를 이동시키면서 될 수 있는 한 측선수(測線數)를 많게 하여 측정하는 것이 좋다. 측선수가 10개 이상이면 측정 정밀도가 높아진다.

(2) 포인트 카운터법에 의한 정량에 이용되는 시료는 선적분법과 같다. 포인트 카운터법에는 우선 박편 위에 적당한 간격의 망(網, mesh)을 놓는다. 그리고 주목한 광물이 망의 교점 위에 있는 수를 세고, 점의 수를 교점의 총수로 나누어 어떤 광물의 면적비를 구다(그림 I-9 참조).

실제로 포인트 카운터법은 망을 놓는(없는) 대신에 매커니컬 스테이지로 일정한 간격으로 박편을 엇갈리게 하지 않으면서 십자선 교점 위에 나타난 점의 수를 광물별로 헤아려 나가는 방법이다. 또 측정 정밀도를 유지하기 위해서는 입자가 굵은 광물에서는 박편을 겹치지 않도록 비켜 일정한 간격으로 성글게 하고 입자가 작은 광물에서는 간격을 촘촘하게 할 필요가 있다.



〈그림 I-8〉 선적분법



〈그림 I-9〉 포인트 카운터법

4.6 분말X선회절 시험을 이용한 정량방법

분말X선회절 시험에서는 회절 강도로 광물량을 정량한다.

[해설]

X선회절 강도의 표면 방법에는 회절선의 높이와 면적에 따라 나타내는 것과 계수법(計數法)으로 측정하는 것도 있다. 일반적으로 기록지상에 X선회절도형(回折圖形)을 기록하고 회절도형의 높이 혹은 면적을 측정한다.

〈그림 I-10〉은 기록지상의 대표적이 X선 회절 도형이다. 간단한 측정 방법은 기록지상에 기록된 회절 도형의 높이 h 를 스케일로 판독하면 된다. 좀더 정확하게는 a 사이를 적분하면 된다. 적분 방법은 플래니미터(planimeter)를 사용하는 방법, 삼각형 근사방법(그림 중 Δ 의

크리스토팔라이트.....몇 %

황화광(황철광).....±1%

4.7 기록

이 규준(안)의 적용에 관해서는 다음 사항 중 필요한 것을 기록한다.

- (1) 골재의 산지
- (2) 골재의 종류
- (3) 시료 채취 장소
- (4) 시료의 암종별 구성 비율
- (5) 시료의 선정 방법과 그 수
- (6) 편광현미경을 이용한 정량 결과 (사진, 주된 정량 광물, 기타)
- (7) 분말X선회절 시험에 의한 정량 결과 (사용한 표준 광물, 검량선, 분석 데이터, 차트, 주요 정량 광물, 기타)
- (8) 정량 결과(유해 광물과 그 양)
- (9) 정량 연월일
- (10) 시험 실시 담당자
- (11) 기타

제 2 편 보수보강 사례

여 백

1. ○○지구 콘크리트댐 보수보강 사례

1.1 서 언

동상저수지는 1963년 12월에 준공된 석괴혼합식 콘크리트댐으로 전북 완주군 동상면 수만리(대아댐 상류)에 위치하고 있으며 댐형식은 저류기능과 제체를 여수로로 겸용 이용하고 있는 중력식 콘크리트댐(높이 30m, 길이 160m)이다.

1.2 현장상태

1.2.1 제 당

제체 내사면은 수직평면식 콘크리트면이고 표면은 풍화·열화현상으로 미세한 균열 및 표면요철이 부분적으로 심한 상태이었다. 제당외사 내사면은 돌붙임(견치돌 찰쌓기)으로 되어있고 콘크리트 타설시 석괴혼합 무근 콘크리트 타설방식으로 시공하였으나 수밀성 콘크리트가 되지 않아 누수가 발생되고 있다. 특히 수직, 수평 시공이음처리가 불량하여 이음부를 통한 누수가 심하며 콘크리트의 노후화(중성화) 및 고속고압 깊은 월류수심과 월류시 부압발생으로 인하여 외제 돌붙임이 부분적으로 탈락되어 부분파손되어 있다. 또한, 제당 시공이음은 내외측 수직연결식의 수직시공이음(간격 16~18m), 수평 시공이음(높이 1~2m)으로 시공되었고 시공이음은 물론 댐 우안 접합부와 제당 외사면 전단면에서 부분적으로 누수가 되고 있다. 특히 제당 하류부 외측면은 누수가 심한 상태이다.

1.2.2 취수탑

취수탑은 외경 R=5.6m, 높이 39m이나 취수탑의 내경 단면이 작고(반원형 R=1.5m), 문비가 2개소 설치되어 있으나 취수공 위치가 수면하 17m, 20m에 위치하고 있어 문비조작시 수두차가 커서 수격작용에 의한 내외벽 콘크리트 균열 및 누수가 발생하고 있으며, 취수탑의 외수면(표면)은 시공면이 요철이 심하고 수평시공 이음부에서 누수가 심하고 취수탑 내수면(안쪽면)은 콘크리트의 탈리현상으로 누수가 심하고 또한 부분파손이 심한 상태이다.

1.2.3 취수탑 연락교량

취수탑 연락교량은 연장 30m의 3경간의 철조 콘크리트 교량으로 되어 있으며 풍화·열화현상으로 그 중 1경간의 내측 슬래브가 중성화 현상, 동해부식으로 콘크리트 탈락 및 철근이 노출 부식되어 하중 지지력이 불안정한 상태이다.

1.2.4 보통

보통은 콘크리트 관로로 되어 있으나 콘크리트 표면이 부식 및 균열된 상태로 표면침식이 가중되고 있으나 철관으로 보강하여 배수공 기능을 유도하고 있다.

1.3 문제점 및 대책

보수보강 대책은 다음과 같다.

(표 II-1) 구조물 보수보강 대책

위 치	문 제 점	보수보강 대책
댐마루	1) 마모 손상 2) 돌붙임 이완 손상	1) 약액보수 또는 2) 덧치기 콘크리트 보수
상류면 (내측 수직면)	1) 균열 누수 (수직, 수평시공이음부) 2) 표면열화 탈리현상 3) 표면 노후화	1) 균열내부까지 약액 충전보수 2) 표면 보호막은 약액도포 또는 덧치기 콘크리트 보수
양안측	1) 접합면 누수 2) 좌안 극미한 부등침하	1) 약액주입 또는 2) 덧치기 콘크리트 덧치기
하류면 (외사면 돌붙임)	1) 돌붙임 쇄골현상 (이완 및 파손) 2) 줄눈 및 시공 이음부 누수 3) 줄눈 및 시공 이음부 몰탈 파손	1) 약액보수 또는 2) 모르터 보수 및 견치석 교체
기초지반	1) 접합면 누수 추정	1) 약액보수 또는 2) 그라우트 주입 보수
취수탑	1) 수직 접합부/수평 시공 이음부 누수 2) 내수면 벽체 콘크리트 파손 3) 내수면 기계 결합	1) 모르타르 바르기 2) 철판피복 3) 기계보수
외사면 지단부	1) 돌붙임 끝단지지 콘크리트 파손	1) 콘크리트 재시공
연락교량	1) 1 슬래브 열화, 중성화 파손	1) 확장보수 또는 완전교체

1.4 공법검토 및 결정

1.4.1 보수공법검토 결과

댐 구조물의 원활한 기능발휘와 안정성 유지를 목적으로 보수공법을 검토한 결과, 보수보강 효과가 가장 뛰어나고 경제성, 시공성, 안정성이 가장 우수한 제3안(약액주입 도포 보수공

법)을 채택하였다. 검토결과를 요약하면 표 와 같다.

(표 II-2) 검토결과 요약

공 법	제 1 안 (콘크리트 덧치기 보수공법)	제 2 안 (탄소섬유 시트 보수공법)	제 3 안 (약액주입 도포 보수공법)
방 법	댐 전면에 고강도 특수 콘크리트 벽체를 추가 덧치기 타설공법 (고강도 신콘크리트 벽체보강공법)	댐 균열표면에 약액방수후 고강도 탄소섬유시트를 댐벽체 전면에 고착시키고 표면약액 도포하는 공법	댐 균열내부 공극에 약액 완전히 충전후 균열표면에 약액방수하고 다시 탄성이 있는 약액 도포층(8mm) 형성하여 댐벽체 전표면 보호공법
특 징	1) 댐전면(표면) 콘크리트 보강 2) 댐표면 차수벽 기능 3) 균열내부(공극) 지수처리불가 4) 댐체체 강도보강 불가 5) 균열내부 공극 메우기 불가 6) 신규 콘크리트 접착성 부족	1) 댐전면(표면) 탄소섬유 보강 2) 균열표면 약액방수 필요 3) 균열내부(공극) 지수처리불가 4) 댐체체 강도보강 불가 5) 균열내부 공극 메우기 불가 6) 탄소섬유(CF)2겹 중첩필요 7) 약액표면 보호층 필요 8) 콘크리트 탄소섬유 접착성 정밀시공 기술요	1) 댐전면(표면) 탄성재 약액 도포층(8mm) 보강 2) 균열표면 약액 방수 3) 균열내부(공극) 완전지수 처리 4) 댐구체 강도보강 충분 5) 균열내부 공극 완전 충전 6) 완전지수 (강도회복, 영구 표면보호 가능)
경제성	고가	가장 고가	저렴
시공성	불량	양호	가장양호
유지관리	우수	보통	뛰어남 (영구적)

1.4.2 폴리 우레탄(Poly Urethane)계 수지제품의 선정

콘크리트 구조물의 결함으로 인하여 누수, 균열, 부식, 동해, 노후화, 열화현상이 발생할 경

우 그 보수보강을 위한 약액공법으로 지금까지 콘크리트계열의 급결지수 보강제나 에폭시계 수지 등을 이용하여 왔으나, 특히 에폭시계 수지는 열경화성 물질로 소수성(Hydrophobic)물질이 주종을 이루기 때문에 장기간 물과 접촉시 들뜸현상이 발생하고, 습윤상태에서는 접착강도가 부실하며 미세한 균열내부까지는 충전이 어렵고(점도조건 불량) 신장율이 매우 낮아 콘크리트 신장율에 여유가 없으며, 특히 장기간 기상작용에 의하여 신률이 감소되므로 지수목 적용 주입재 용도로는 부적합하다. 그러나, 폴리우레탄계의 수지는 신률이 높을 뿐만 아니라 콘크리트 구조물 결함에 대한 보수대책용 대응 제반 물성이 우수하여 미세한 균열부에도 주입이 가능하고 주입 즉시 균열내부 공극내의 물을 만나면 모두 흡수하여 탄산가스의 방출과 함께 화학반응을 일으켜 균열 내부에서 일정한 부피로 팽창시키며, 반영구적인 방수막 형성을 하게 된다.

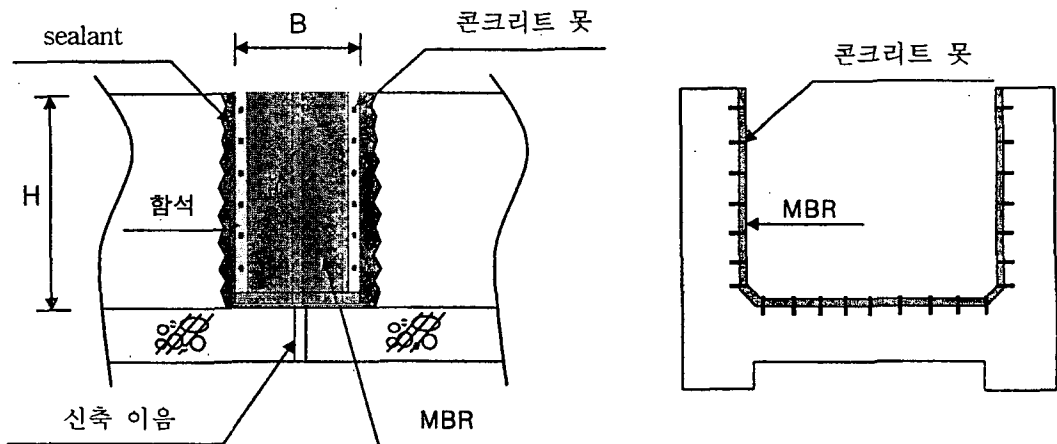
2. ○○지구 용수로 보수보강 사례

2.1 이음부 보수

2.1.1 개요

- 1차적 누수원인인 이음 부분을 감싸 콘크리트 구체를 중성화로부터 보호
- 우레탄방수와 조합하여 많이 쓰임

2.1.2 시공방법



- 1) 바탕처리 : 열화된 부분제거, 모르터, 도막 등 불량부 제거
- 2) MBR 설치 : MBR 고무판을 수로교 내부길이에 맞게 자른다.
- 3) MBR 고정 : 합석을 MBR 고무판 좌, 우로 맞게 된 다음 콘크리트 못을 쳐 MBR 고무판을 고정시킨다.
- 4) 실런트 충전 : MBR 고무판과 구체 틈새를 실런트로 메운다.

2.1.3 재료치수 및 단가표

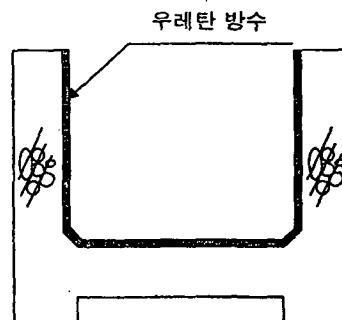
재료명	치 수	단 위	단가(원)	수 량	금액(1㎡당)
MBR	H=1m미만일 경우 B=30cm	kg	22,000	1	78,752
	H=1m이상일 경우 B=50cm				
함 석	B=3cm				
실런트		kg	4,800	2.2	
콘크리트 못	50mm	EA	11	36	
방수공		인	50,866	0.12	
특별인부		인	48,674	0.7	
보통인부		인	33,755	0.14	
기구손료	노무비의 2%	식	897	1	

2.2 우레탄 보수

2.2.1 개요

- 콘크리트와 접착력이 좋으며 1차적인 이음부 보수 후 2차적으로 구체내부에 하나의 방수막을 형성해 완전한 방수 효과를 얻을 수 있다.
- 시공이 용이하고 하자보수가 간단하다.

2.2.2 시공방법



- 1) 바탕처리 : 열화된 부분제거, 모르터, 도막 등 불량부 제거
- 2) 프라이م 코팅 : 내부 전면을 프라이م 코팅을 한 수 1일 양생 시킨다.
- 3) 우레탄 도포 : 우레탄과 회석재를 잘 배합하여 내부 전면을 우레탄 도포한다.
- 4) 톱코트(top coat) : 1일 양생시킨 우레탄 표면위에 톱코트로 마감처리한다.

2.2.3 재료치수 및 단가표

재료명	치 수	단 위	단 가(원)	수 량	금액(1㎡당)
프라이머(primer)		kg	3,500	0.4	25,294
우레탄		kg	3,900	3.9	
톱코트(top coat)		kg	3,800	0.3	
실런트		kg	4,800	2.2	
회석제		kg	2,200	0.1	
방수공		인	50,866	0.1	
보통인부		인	33,755	0.06	
기구손료	노무비의 2%	식	213	1	

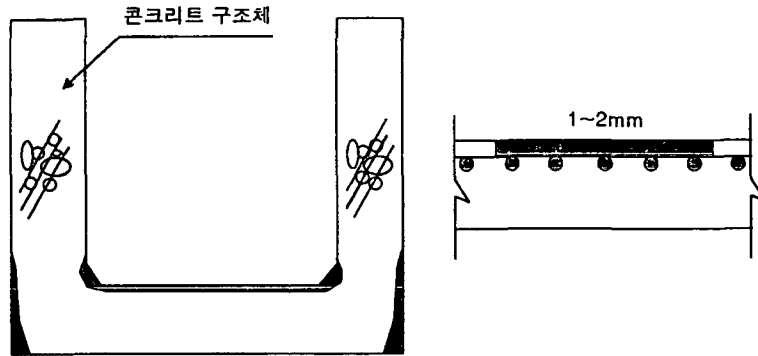
2.3 리프리트 보수

2.3.1 중성화 보수

1) 개요

- 콘크리트를 알칼리성으로 하여 철근부식 방지효과와 염분을 함유한 콘크리트 중의 철근에 방청력을 부여함
- 중성화 방지 효과와 장기간 접착력에 우수한 철근 콘크리트용 RF방청제를 첨가하여 방청력을 높인 폴리머시멘트 모르터를 사용함으로써 방청처리와 그 이후의 중성화 및 염해 방지층을 형성함

2) 시공방법



- (1) 바탕처리 : 열화된 부분제거, 모르터, 도막 등 불량부 제거
- (2) RF-100도포 : 신규 콘크리트 접착제인 RF-100을 2회 도포한 후 1일 양생한다.
- (3) RF 방청페이스트 도포 : 중성화 방지층 형성을 위한 RF방청페이스트를 2회 도포한다.

3) 재료치수 및 단가표

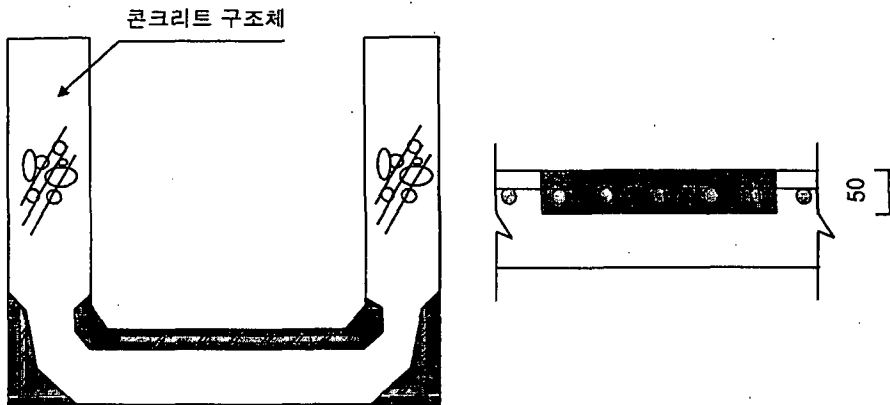
공종	재료명	단위	단가	수량	금액(1㎡당)
표면처리	연마공	인	56,709	0.22	55,770
	보통인부	인	33,755	0.22	
고압물청소	기구손료(노무비의 3%)	식	597	1	
	특별인부	인	48,674	0.016	
	기구손료(노무비의 3%)	식	23	1	
RF-100도포	RF-100도포	kg	33,795	0.4	
	도장공	인	52,915	0.064	
	조력공	인	39,371	0.064	
	기구손료(노무비의 3%)	식	177	1	
철근방청처리 (RF페이스트도포)	RF방청시멘트	kg	2,721	0.25	
	RF 혼화제	kg	11,603	0.075	
	미장공	인	59,451	0.07	
	조력공	인	39,371	0.07	
	기구손료(노무비의 3%)	식	207	1	
단면복구	RF모르터파우더	kg	2,731	0.21	
RF 몰탈도포	RF 혼화제	kg	13,385	0.04	
	미장공	인	59,451	0.05	
	조력공	인	39,371	0.05	
	기구손료(노무비의 3%)	식	148	1	

2.3.2 철근부식부 보수

1) 개요

- 콘크리트를 알칼리성으로 하여 철근부식 방지효과와 염분을 함유한 콘크리트중의 철근에 방청력을 부여함.
- 중성화방지 효과와 장기간 접착력에 우수한 철근 콘크리트용 RF 방청제를 첨가하여 방청력을 높인 폴리머시멘트 모르터를 사용함으로써 방청처리와 그 이후의 중성화 및 염해 방지층을 형성함.

2) 시공방법



- (1) 바탕처리 : 열화된 부분제거, 몰탈, 도막 등 불량부 제거
- (2) RF-100 도포 : 신구 콘크리트 접착제인 RF-100을 2회 도포한 수 1일 양생한다.
- (3) RF 방청페이스트 도포 : 철근부식부 방청처리를 위한 RF 방청페이스트를 도포한다.
- (4) RF 모르터 도포 : 방청제가 들어있는 폴리머 시멘트 모르터를 표면바르기 한 후 거푸집으로 성형하여 모양 유지
- (5) RF 방청페이스트 도포 : 중성화 방지층 형성을 위한 RF 방청페이스트를 도포한다.
- (6) RF 코트 도포 : 중성화 방지층 형성후 1주 경과후 2회 도포 마감처리 한다.

3) 재료치수 및 단가표

공 종	재 료 명	단 위	단 가	수 량	금액(1㎡당)	비고
표면처리	연 마 공	인	56,709	0.22	685,919	
	보통인부	인	33,755	0.22		
	기구손료(노무비의 3%)	식	597	1		
녹제거	연 마 공	인	56,709	1.32		C.T.C 0.3으로 적용
	보통인부	인	33,755	1.32		
	기구손료(노무비의 3%)	식	3,582	1		
공압물청소	특별인부	인	48,674	0.016		
	기구손료(노무비의 3%)	식	23	1		
RF-100도포	RF-100도포	kg	33,795	0.4		
	도 장 공	인	52,915	0.064		
	조 력 공	인	39,371	0.064		
	기구손료(노무비의 3%)	식	177	1		
철근방청처리	RF 방청시멘트	kg	2,721	3		0.5×6m
(RF 페이스트 도포)	RF 혼화제	ikg	11,603	0.9		
	미장공	인	59,451	0.84		
	조력공	인	39,371	0.84		
	기구손료(노무비의 3%)	식	2,490	1		12×5.1m
	철근부식부	RF 모르타파우더	kg	2,731		61.2
RF 모르타도포	RF 혼화제	kg	13,385	11.22		
	미장공	인	59,451	0.714		
	조력공	인	39,371	0.714		
	기구손료(노무비의 3%)	식	2,116	1		
	바탕조정	RF 방청시멘트	kg	2,721		2.8
(RF 페이스트 도포)	RF 혼화제	kg	11,603	0.7		
	미장공	인	59,451	0.12		
	조력공	인	39,371	0.12		
	기구손료(노무비의 3%)	식	355	1		

3. ○○지구 제당누수 보수보강 사례

3.1 '95보완시 까지의 상황 및 시공과정요약

구분	누수 위치	당 초 누수량	작업량 대비 누수량 변화								비고
			'93년 8월까지		'94년 4월 까지		금 회 시 공		총 계		
			시공량 (정산량)	시공효과	시공량 (정산량)	시공효과	시공량 (정산량)	시공효과	시공량 (정산량)	시공효과	
제 당 부	외계 사면 부위	213.0m 선상습윤 및 누수 지점 다수, 400m ³ /d의 용출수	155공 (-)	213.0m 선상 습윤 현상 90% 개선됨 400m ³ /d의 용출수 차단	24공 (24공)	선상습윤 현상 없음, 직경 1m 정도 습윤지점 수개소	190공 (47공)	완전 건조됨.	396공 (71공)	선상습윤 현상 및 400m ³ /d 용출수 완전지수	
	외계 사석 말단 부	340m ³ /d		340m ³ /d → 140m ³ /d		140m ³ /d → 111m ³ /d		111m ³ /d → 70m ³ /d			
여수 토 및 이설 도로	방수로 급류부 이설 도로 측 사면	140m ³ /d	99공 (-)	140m ³ /d → 41m ³ /d	102공 (102공)	41m ³ /d → 13m ³ /d	136공 (136공)	13m ³ /d → 완전지수됨	337공 (238공)	140m ³ /d → 완전지수	
총계		80m ³ /d + α	254공 (-)	880m ³ /d → 181m ³ /d	126공 (126공)	181m ³ /d → 124m ³ /d	326공 (183공)	124m ³ /d → 70m ³ /d	735공 (309공)	880m ³ /d → 70m ³ /d	

※ 당초 누수량(880m³/d)대비 현 누수량 (70m³/d)은 92%의 지수효과를 거양함.

3.2 시공효과 설명

- 1) 제당 N05+19 지점 찬공중 사면 누수량 급증 : 주 누수유로로 추정되므로 2일간의 주입결과 다량의 주입재(양회 273대)가 소모된 후 완전지수됨.

- 2) 제당 N02+06지점 찬공중 제당 외제사면 EL+209.0지점의 N03+00~N04+00 구간에 굴진수 일부가 누출되어 주입후 동지점의 습윤현상 없어짐. (성토구간의 누수부위 개량됨)
- 3) 제당구간 추가 시공으로 외제사면 습윤상태는 현저히 개선되어 건조상태에 이르렀으며, 10월 20일 현재 누수지점은 없는 것으로 관찰됨.
- 4) 외제사면 말단부의 당초 340m³/d에 이르던 누수량이 70m³/d로 감소되었으며,
- 5) 당초 외제사면에서 관찰되었던 EL+213.0m의 선상습윤 및 사면용출수는 현저히 개선되어 사면용출수는 전량 지수되었으며, 4~5개 지점에 나타나는 직경 1~2M의 습윤된 구간은 찬공심도를 적절히 조절하여 보강시공한 결과 전량 개선된 것으로 판단되고,
- 6) 본 지구는 기초지반의 절리 및 파쇄대의 주향 및 경사가 N54W, 85SW이상의 수직절리의 발달이 뚜렷하고 그라우트 주수압 10kg/cm²의 압력하에서의 주입반경이 25cm밖에 미치지 않는 풍화대 및 풍화암이 발달되어있어 당초 시공공의 중앙열에 일열시공하였고 금회보완 작업 이전의 124m³/d의 누수량에서 현누수량 70m³/d로 43%의 차수효과를 획득할 수 있었으며 이는 당초 누수량 대비 92%의 차수효과를 나타내며,
- 7) 현 누수량은 제당내 수위가 사수위에 있을 때도 40m³/d의 누수량이 확인된 바, 더 이상의 지수효과를 얻기는 곤란한 것으로 판단됨.

3.3 현황 및 결론

1) 제당 현황 설명

- (1) 제당 외제 법면의 선상습윤 및 누수지점은 전량 개선되어 건조상태에 이르러 향후 외제 사면의 슬라이딩으로 인한 제체 결과등의 위험요인은 없으며,
- (2) 쌍극자 전기탐사 결과 관찰되었던 제당 - 여수토 교차점 및 연락교 - 사통 구간의 낮은 비저항치를 나타내던 부분은 보강공의 집중시공으로 방수로 급류부 이설

도로측사면부의 누수는 완전지수된 건으로 판단되며, 동지점 및 진수지 이설도로 측 사면상의 소량 습윤된 현상은 제당내수가 없었던 '91년 4월 22일 ~ 4월 24일 간에 실시되었던 여수토 방수로 암질조사시에도 습윤상태로 소량 누수되는 것으로 관찰되는 바, 이는 이설도로 상부의 계곡에서 우수기에 유입되는 지표수의 복류로 인하여 이들 복류수의 유출로 인한 것으로 판단되며 일견 제당 저수로 오인할 수도 있으나 이는 강우 후 수일이 경과하면 완전히 건조상태로 환원되며

- (3) 외제 사면말단부의 당초 340m³/d에 이르던 누수량이 70m³/d로 감소되어 약 79.4%의 지수 효과를 거양하였고, 동지점에서의 누수는 저수위가 EL(+205.0m [수심 OM]일 때에도 약 40m³/d에 이르는 것으로 관찰되어 전량 지수시키는 지난할 것으로 판단되고 제체안전에 영향을 미치지 않을 것으로 판단되는 바, 맹암거처리함이 타당할 것으로 사료됨.

2) 수온측정 및 수질검사 결과분석

- (1) '93년 6월에 사통토구 유출수, 제당말단부 누수 그리고 여수토 방수로 급류부 누수에 대해 수온을 측정하 바, 대기기온 29℃일 때 사통토구 유출수 수온은 19.7℃~28℃, 제당 말단부의 수온은 12.7℃, 방수로 급류부의 수온은 14℃로서 현격한 차이가 있으며,
- (2) '95년 7월 13일 제당내수, 통관방류수 및 사석말단부 유출수가 3가지 시료를 채취하여 경남도 보건환경연구원에 의뢰하여 수질검사를 시행한 결과(덧붙임 수질시험 성적표 3부 참조), 표-1의 수질검사비교표에서 보는바와 같이 제당내수(시료 1), 통관방류수(시료 2)와 사석말단부 누수(시료 3)의 자료가 뚜렷히 차이 나고 특히, 시료1과 시료 2에서는 검출되지 않았던 철, 망간이 검출되었으며, 그 용해량이 현격히 많고 일반세균, 대장균과망간산 칼륨 소비량, 총경도, 황산이온등의 항목에서 현격한 함량차가 관찰되어 동일한 기원을 가지는 것으로 가정하여도 그 누수유로는 그라우팅 시공하한선 이하의 지하심부를 거쳐 유출되는 사이편현상으로 유추되므로 제체안전에는 이상이 없을 것으로 판단됨.

3) 투수시험결과설명

'95년 보완시공시 시행한 조사공 투수시험에 의하면 투수계수는 $\alpha \times 10$ cm/s로서

누수가 예견되었던 이설도로 - 사통구간에 대한 보강공의 시공으로 '59년 10월 일에 실시한 검사공 투수시험결과 투수계수는 $a \times 10$ cm/s로서 우회누수가 우려되는 구간이 없이 개선되었음.

4) 허용누수량한계 대비 현 누수량

(1) 제당연장 100m 당 1ℓ/s 이하 :

157m 이므로 1.57ℓ/s 이하 이어야 함.

1.57ℓ/s \times 86400 s/d = 135.65m³/d > 현 누수량 70m³/d

(2) 1일 누수량 < 총 저수량의 0.05%

총 저수량 430,000m³ \times 0.05/100 = 215m³/d > 현 누수량 70m³/d

(3) 일정수위에서 누수량 변화가 10% 이내일 것 : 동일 수위에서의 누수량변화 없음.

(4) 갈수량 대비 물수지분석

0.00001m³/s/ha \times 390ha \times 87400s/d = 337m³/d > 현 누수량 70m³/d

이상과 같이 모든 항목에서 현 누수량이 허용한계범위내에 속하고 저수량 확보 및 저수위 유지에 미치는 영향이 적음.

5) 결 언

이상에서 본 바와 같이 '95년 10월 현재 월평지구 대천지의 현 누수량이 제당 안전도에 미치는 영향이 없는 것으로 판단되고 농업용수 확보를 위한 본사업지구의 목적에도 부합되므로 준공처리 함이 타당할 것으로 판단됨.

4. Hondsbossche 방조제 보수보강 사례

4.1 지구개요

다음은 방조제 보수보강공법의 실무적인 적용을 위하여 네델란드의 북서해안에 축조된 Hondsbossche 방조제에 대한 보수보강 실례를 기술한 것으로서 Hondsbossche 방조제는 전체길이는 4.6km이고 1977~1980년에 단면확장 보수공사를 실시하였으며 방조제 제원은 다음과 같다.

구 분	구 분	성
해안돌제	돌붙임(현무암), 바자공(목책), 바닥보호공(매트)	
밑다짐공	바자공, 피복석	
외측사면	하단부(1 : 8), 돌붙임(현무암), 아스팔트 콘크리트 피복, 상단부(1 : 3), 아스팔트 콘크리트 피복, 점토피복후 떼붙임	
외측소단	아스팔트 콘크리트 피복(1:20)	
천 단 부	점토피복후 떼붙임	
내측사면	사면경사 1 : 3, 점토피복후 잔디식생	
내측소단	유지관리용 도로	
성 토	모래	
기 초	표층부 : 점토, 피트 심층부 : 모래, 두께가 일정하지 않은 얇은 피트층과 점토층 혼재	

외부하중조건은 수리적 하중과 기타하중으로 대별되며 크기는 다음과 같다

구 분	외 력	크 기
수리적 하중	고 조 위	EL + 0.6m
	저 조 위	EL - 0.9m
	설계고조위	EL + 2.70m(10년 빈도), 도파고 4.80m EL + 5.05m(10,000년 빈도), 도파고 5.95m [채택]
	내측수위	인접한 폴더의 수로수위와 동일하게 취함
기타 하중	내 구 성	강우, 기온, 기계적 침식
	가 축	양, 기타 가축
	기 타	반달리즘

4.2 방조제 단면선정

보수보강을 위한 방조제 단면은 극한파괴 매커니즘과 열화매커니즘의 차이 및 특이요소의 출현등과 관련하여 단면별 강도의 차이를 두어 선정하였으며 Hondsbossche 방조제에 대한 극한파괴 매커니즘은 다음과 같다.

- 토질역학적인 불안정
- 천단부와 내측사면의 침식
- 외측사면의 침식

극한파괴매커니즘 결정시 토질 및 수리적하중을 고려해 볼 때 파이프에 대한 파괴는 발생하지 않을 것으로 판단되어 제외하였다. 또한 강도의 차이는 주로 다음과 같은 사항 때문에 발생하는 것으로 판단된다.

강도구분	차 이
제고	그룹a : EL+11.5~11.8m 그룹b : EL+11.8~12.1m
외측사면	두개의 단면 : 경사가 다름
기초지반 두께	4~10m
내측수위	EL-0.6m(최고)~EL-2.6(최저)
내측사면	도로의 유무에 따라 두개의 단면으로 분류

극한파괴매커니즘과 관련된 방조제 요소중 나머지 조건은 전체길이에 대하여 일정한 것으로 가정하였다. 또한, 열화매커니즘에 대한 것은 다음과 같다.

- 아스팔트, 돌붙임 및 떼붙임의 기계적인 내구성
- 아스팔트, 돌붙임 및 떼붙임의 외력에 대한 내구성
- 방조제 천단부 침하를 유발하는 압밀과 크리이프
- 외력에 대한 밀다짐공과 외측사면의 침식
- Vandalism이나 가축에 의한 손상

압밀매커니즘의 차이는 주로 기초지반에서 연약점토층의 두께에 기인한 것이며 나머지 열화매커니즘에 대한 하중과 제반조건은 방조제 시점부에서 종점부까지 일정하기 때문에 추가적인 매커니즘의 차이는 없는 것으로 나타났다. 전술한 극한파괴매커니즘에 대한 강도의 차이를 기준하여 방조제를 9개의 단면으로 구분하였으나 그 차이가 크지 않고 전체길이에 대하여 외력도 일정한 것으로 추정되어 9개의 서로 다른 단면을 하나의 단면만으로 고려하였다.

4.3 손상형태 및 손상한계 결정

극한파괴매커니즘과 열화매커니즘의 관계로부터(표 3-12 참조) Hondsbossche방조제의 정기적인 안전진단을 위한 검토조건으로서 다음과 같은 사항을 선정하였다.

- 외측 사면경사
- 천단고
- 밀다짐공 상태
- 바자공 상태
- 피복석 강도
- 피복석 투수도
- 아스팔트 두께
- 때붙임 상태

각각의 검토조건에 대하여 손상한계는 극한파괴매커니즘 분석결과를 고려하여 결정하였는데 외측사면경사, 천단고, 피복석 강도 등 한계상태 모델을 수학적으로 표시할 수 있는 경우에 대해서는 역해석을 하여 손상한계를 구하고 밀다짐공이나 바자공 및 때붙임 등과 같이 수학적으로 표시할 수 없을 때에는 경험이나 기술적인 판단에 의존하여 추정하였다. 이와 같은 방법을 통하여 결정된 손상형태와 손상한계는 (표 3-22)와 같다.

방조제 안전진단은 특정부위에 대한 손상형태의 정기적인 검진계획을 수립하여 실시하면 되는데 손상형태에 따라 선정된 방조제 단면만 검토하면 되는 것도 있고 경우에 따라서는 전체 방조제에 대하여 적용해야 하는 것도 있으므로 손상한계를 초과하기 전에 적절한 유지관리 및 보수보강을 손상형태별로 취하여야 하며 Hondsbossche 방조제에 대한 진단과 보수보강대책은 다음 (표 3-23)과 같다.

전술한 손상형태 이외에도 예측하지 못한 손상형태가 발생할 수도 있으므로 태풍시기 2개월전에 제체에 대한 전반적인 조사가 이루어져야 한다. 또한, 방조제 축조후 예기치 못한 제체거동을 방지하기 위해서는 2년마다 제체단면에 대한 측량을 하는 것이 좋다.

(표 II-3) Hondsbossche방조제의 검토조건, 손상형태 및 손상한계

검토조건	손상형태	손상한계	극한파괴메커니즘
- 외측사면경사	· EL-2.5m 선의 표고 변화 · 밑다짐공 상태	· EL-2.5m 선의 최소거리	· 토질역학적 불안정
- 천단고	· 천단부 표고변화	· 최소천단표고 EL+11.5m	· 천단부와 내측 사면 침식
- 밑다짐공 상태	· 표층사석의 표고	· 최대변형 0.4m	· 침식
- 바자공 상태	· 육안판정에 의한 열화	· 부식	· 외측사면의 침식
- 피복석 강도	· 사석재의 엇물림	· 탈석 · 사석재의 간격	· 외측사면의 침식
- 피복석 투수도	· 필터 하부층의 간극 수압	· 침윤선 · 최대양압력 0.4m	· 침식 · 토질역학적 불안정
- 아스팔트 두께	· 층두께 · 균열	· 최소두께	· 외측사면의 침식
- 떼붙임 상태	· 육안판정에 의한 잔디 부족	· 피복정도가 합리적인 상태	· 침식

4.4 평가

방조제에 대한 안전진단과 유지관리를 위해서는 설계하중과 실제의 축제조건에 대한 자료가 필요하며, 특히 성토재와 피복석 및 기초지반에 대한 자료는 매우 중요한 것으로서 이와 같은 자료가 없다면 현장조사를 해서라도 필요한 자료를 확보해야 한다. 전체적으로 구조물이 고유의 기능을 유지하기 위해서는 적절한 유지관리와 보수보강이 이루어져야 하므로 이에 필요한 전담기구의 설치가 이루어져야 하며 진단결과를 데이터베이스화하여 관리하는 것이 방조제 유지관리에 필요한 것으로 판단된다.

(표 II-4) Hondsbossche 방조제의 진단 및 보수보강대책

손상 형태	검토 방법	보수보강 대책
· EL-2.5m선의 표고변화	· 태풍시기 1개월전 및 태풍 시기가 끝난후 수심측량	· 모래 보강 · 외측사면 바닥보호
· 천단부 표고변화	· 전회 측량결과에 따라 1~5년 간격으로 수준측량	· 승상
· 표층사석의 표고 변화	· 사석표층부 표고변화의 육안판정	· 피복석 교체, 추가, 보강
· 바자공 상태	· 바자공의 육안판정 · 필요한 경우 인발시험	· 부식된 말뚝 교체
· 사석재의 엇물림	· 태풍시기 1개월전 육안판정	· 탈석 교체
· 필터하부층의 간극수압	· 고조위시 점토층에서의 수두측정	· 밀다짐공부위의 필터개량
· 아스팔트 층두께 및 균열	· 아스팔트 코어채취	· 아스팔트 보충
· 때붙임 상태	· 잔디 생육기간중에 육안판정	· 나지에는 파종 · 잡초 제거 · 설치류 제거

5. 삼선지구 방조제 보수보강 사례

다음은 「국가관리 방조제 실태조사 보고서」의 보수보강 사례로부터 발췌한 것으로서 일부 내용은 편집하여 기술하였다.

5.1 지구개요

- 위 치 : 경기도 강화군 삼선면 석모리 지선
- 면 적 : 구연면적 877.8ha, 몽리면적 832.5ha
- 주요시설 : 방 조 제 2조 8.565m
 제 고 2.6m~3.0m
 배수갑문 5개소 13연
- 설치년도 : 1956년
- 토 질
지구내 토질은 회색 또는 암회색 충적토로서 세립의 사질토로 구성됨
- 보강사업실적

연 도	보 강 내 역
1970	외측 석축교체 250m 내측 장석 330m
1971	돌쌓기 400m 배수갑문 구체보강
1972	방조제 1,965m 보강

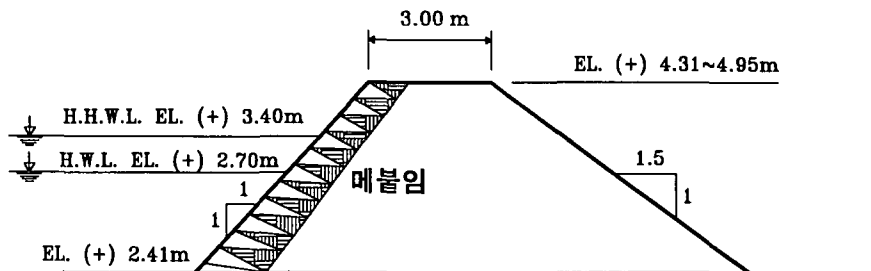
5.2 시설물 현황

방조제는 총연장이 8,565m이고 전반적으로 여유고가 1.30m~1.50m 정도로서 지리적인 여건과 기록치로 보아 안전하나 부분적으로 외사면보호공의 붕괴가 우려되므로 이에 대한 보강이 시급하고 특히 석모상리 방조제는 조류의 유심접근으로 수체공을 설치하여 보호함으로써 사전예방을 기하여야 할 것으로 판단된다. 배수갑문은 5개소 전부가 그 기능은 완전하나 하리 배수갑문은 구체의 균열로 갑문의 토구축 저판이면의 토사가 유실되어 말뚝으로 유지되고 있으므로 토구부에 지수벽 및 그라우팅공을 시공해야 할 것이다.

5.3 방조제 현황

삼선방조제 제원 및 개략적인 단면구조는 다음과 같다(그림 3-4 참조).

방조제	연장 (m)	제고(m)		정폭 (m)	사면경사		제정표고 (m)	최고조위 (m)	여유고 (m)
		최고	평균		내측 (토사)	외측 (석축)			
상리 방조제	4,480	3.00	2.80	2.00	1:1.5	1:1.2	EL+4.80	EL+3.40	1.40
하리 방조제	4,085	2.50	2.50	3.00	1:1.5	1:1.2	EL+4.80	EL+3.40	1.40



〈그림 II-1〉 삼선방조제 단면구성

5.4 지구내 하천현황

협장한 도서내에 위치한 지구로서 대하천은 없으나 다만 자기유역에 홍수를 배제할 수 있는 자연적인 수개의 소하천이 있으며 본도서와 강화도 사이에 좁은 해협을 빠른 유속으로 흐르는 조류가 석모상리 방조제 중간 지점부근에서 선회함으로서 점진적으로 간척지의 유실을 초래하여 방조제에 위협도를 가하고 있는 실정이므로 대책이 요망된다.

5.5 조위

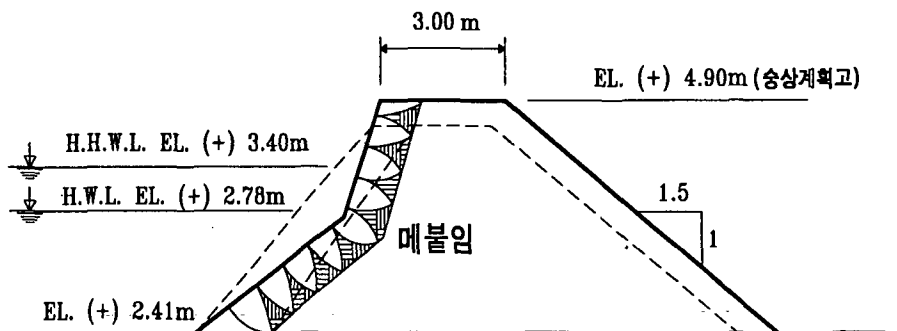
해면조위는 대연평도와 대청도의 기록치를 기준하여 산출하였으며 다음과 같다.

조 위	기록치(m)		본지구(m)	
	대연평도	대청도	산출치	실측치
고극조위 (H.H.W.L)	EL+4.03	EL+1.93	EL+3.40	EL+3.40
삭망평균만조위 (H.W.L)*	EL+3.45	EL+1.69	EL+2.78	-
평균해면 (M.S.L)	EL+0.00	EL+0.00	-	-
삭망평균간조위 (L.W.L)*	EL-4.00	EL-2.00	-	-

* 삭 및 망의날로부터 5일 이내에 관측한 각월의 최고만조면 또는 최저간조면을 1년 이내에 걸쳐서 평균한 높이의 수면

5.6 보수보강계획

석모하리방조제에서 붕괴될 우려가 있는 외측사면 보호공 800m구간을 보강하는 것으로 하였으며(그림 3-5 참조) 석모하리 배수갑문의 토구기초상판보강 및 구체균열부에 그라우팅공을 계획하였고 방조제에 갯고랑 접근을 방지하기 위하여 4개소에 수제공을 계획하였다. 외측사면 보호공과 배수갑문의 보강은 방조제에 미치는 영향이 크므로 시급한 대책이 필요하다.



〈그림 II-2〉 삼선방조제 보수보강단면

6. ○○저수지 안전진단 사례

6.1 시설물 조사

6.1.1 제 체

부 위	시 설 상 태
댐체내부 (쌍극자 탐 사)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제정부 (과포화대) <ul style="list-style-type: none"> - No. 1+10~EP 구간에 3~10m까지 발달함 - 제체의 일부 구간에 과포화대가 분포함 - 제체의 중심 점토는 과포화대로 외제사면으로 침출 유로가 형성되어 있음 - 외제사면의 전 구간에서 침출 현상이 나타나고 있으며 우안의 산사면 끝 부분은 더욱 심각함
댐마루	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 제정부를 마을 진입 도로로 이용함 <ul style="list-style-type: none"> - 제정표고 : 시점부 E.L 50.50m, 중간부 E.L 51.24m, 종점부 E.L 52.12m, (여수토 언정 가 표고 E.L 50.0m) ○ 홍수위상 여유고 : 평균 0.71m <ul style="list-style-type: none"> - No. 0+0~No. 5+12 (L=112m) : 0.13~1.29m ○ 침하 및 변위 : No. 1+9~No. 1+14 차량통행에 의한 부분적 침하 및 상류사면 방향으로 균열(균열폭 0.5mm) ○ 균열 : No. 1+14~17 상류사면 방향으로 차량통행에 의한 부분적 균열(균열폭 0.1mm) ○ 토사유실상태 : 토사유실 흔적 발견 못함
상류사면	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : <ul style="list-style-type: none"> - 경사면 : 사석쌓기, 사석 상단~댐마루 : 줄때 - 경사면 기울기 ⇒ 평균 1: 2.2 - No. 1+7 : 사통 조작대 위치함 - No. 0+0~No. 4+15까지 사석설치 되어있음 ○ 경사면 유실상태 : 없음 ○ 식생상태 : <ul style="list-style-type: none"> - No. 1+15~No. 2+5 사면에 잡목 식생 및 No. 4+2~No. 5+00 잡초식생 ○ 양안부와 접속상태 : 비교적 양호함 ○ 사석의 배열, 크기, 이완, 이탈상태 <ul style="list-style-type: none"> - 사석 상단 표고 : E.L 50.10m - No. 0+16, No. 1+0, No. 1+6~7, No. 2+0, No. 3+5~No. 3+10 : 사석 이완 및 유실 - No. 2+17, No. 3+15~18, No. 4+2 : 사석 이완 ○ 사석의 풍화상태 : 표면 일부 풍화 발생

부 위	시 설 상 태
하류사면	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 경사면 줄떼 <ul style="list-style-type: none"> - 경사면 기울기 ⇒ 평균 1 : 2.0 ○ 경사면의 함몰, 세굴, 유실, 이완 및 이탈 여부 : 비교적 양호함 ○ 사면에서의 누수상태 및 습윤지역 <ul style="list-style-type: none"> - No. 0+10~No. 1+0 하류사면 하부 침투수 발생 - No. 2+0~No. 3+10 하류사면 침투수 및 하부 습지화 - No. 2+5 하류사면 석축 하부 포화되어 있음 - No. 3+4 석축 하부 공동으로 침투수 발생 - No. 3+8 사면 하부 점토유출 및 침투수, No. 3+11 사면 하부 점토유출 - No. 3+15 하류사면 석축이완, 침투수 유출 및 점토유출로 인한 하류 습지화 - No. 3+0~No. 3+5 하류 습지화, 습답화 현상 - No. 3+15~No. 3+19 하류사면 침투수, 점토유출 및 하부 습지화 - No. 4+3 사면 하부 습지형성 및 침출수 발생 ○ 복통 접합부 : 도구 우측 침투수 발생 ○ 식생상태 <ul style="list-style-type: none"> - 하류사면 전단면에 잡초 및 잡풀 식생 왕성 - No. 3+0, No. 3+8, No. 3+18~No. 4+2, No. 4+7 하류사면 잡목 식생 ○ 보호공의 상태 : 줄떼이나 전반적으로 잡초 식생 왕성 ○ 기타사항 <ul style="list-style-type: none"> - No. 2~No. 4+0 하류사면 석축구간 - No. 1+7 : 통관 도구 위치함

6.1.2 여수토 (축구식)

부 위	시 설 상 태
접근수로	<ul style="list-style-type: none"> ○ 퇴적 및 세굴상태 : 물넘이 언체 앞 쇄석퇴적 콘크리트 부분적인 세굴현상 발생 ○ 접합부 및 주변보호공 상태 : 좌측 - 제체 제정부와 연결 우측 - 산측으로 자연암으로 되어있음 ○ 언체앞 바닥으로부터의 깊이 : 0.5m

부 위	시 설 상 태
여수토 측 벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 콘크리트 옹벽, 좌측(제체측), 우측(산측) ○ 균열, 세굴, 침하 및 변형 <ul style="list-style-type: none"> - 우측 옹벽 콘크리트 박리(6곳, H=0.3m), 열화현상 및 하부 세굴 - 우측 옹벽 상부는 자연암이며, 절리 발생 ○ 뒷채움 상태 : 양호함 ○ 접속부 상태 : 측수로 접속부는 자연암
여수토 언정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 연장 9.7m, 언정폭 0.6m ○ 균열, 세굴, 침하 및 변형 : 콘크리트 노후화
여수토 사면	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이음새 상태 <ul style="list-style-type: none"> - 시점부옹벽 접속부 : 골재노출, 세굴 박리(B×H=0.5m×0.3m) - 종점부옹벽 접속부 : 석축 접속구간 공동현상 ○ 균열, 세굴 및 변형 <ul style="list-style-type: none"> - No. 0+1~3 : 하부 골재노출, 박리, 세굴현상 (B×H=0.5m×0.2m) - No. 0+1.5 : 공동현상 (폭=0.6, 깊이=0.3) - No. 0+1.8 : 공동현상 (폭=0.6, 깊이=0.3) - No. 0+3~7 : 하부 골재노출, 세굴 - No. 0+7~9 : 박리, 박락 현상(H=0.6m), 하부 공동 및 세굴
측수로 우안 (자연암)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 좌안(여수토), 우안(산측) <ul style="list-style-type: none"> - 우안은 자연암 으로 구성 ○ 누수 및 절리상태 <ul style="list-style-type: none"> - 비교적 양호함 ○ 퇴적 및 식생상태 <ul style="list-style-type: none"> - 하부 잡목식생 및 잡초식생
측수로 바 닥	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 <ul style="list-style-type: none"> - 여수토 사면부 하부에서 1.1m까지만 콘크리트 타설 ○ 균열, 열화, 세굴, 침하 및 변형 <ul style="list-style-type: none"> - No. 1+2 : 바닥 콘크리트 세굴 및 공동 ○ 퇴적 및 식생상태 <ul style="list-style-type: none"> - 부분적인 토사퇴적 및 전구간 잡풀, 잡목식생

6.1.3 방수로

부 위	시 설 상 태
바 닥 (자연암)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 자연암으로 부분적으로 수초 식생 ○ 균열 및 열화, 세굴, 침하 및 변형 <ul style="list-style-type: none"> - No. 0+12 바닥, 자연암 절리 - No. 0+13 하부 자연암 발파 흔적, 절리 ○ 장애물 여부 <ul style="list-style-type: none"> - No. 2+8~No. 2+10 하부사석, 절리로 인한 파손, 정수지에 굴러가 있음
좌 안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 좌안은 제체측으로 석축구간임 ○ 노후화, 균열, 변형, 누수, 세굴 및 침하 <ul style="list-style-type: none"> - No. 0+28 석축 상에서 하로 균열 - No. 1+10 석축 상에서 하로 균열 - No. 1+15~No. 1+17 : 석축 하부 사석이탈 및 누수 - No. 1+18~No. 2+3 : 석축 하부 부분적으로 사석이탈 및 누수 - No. 2+5 옹벽상부 석축이완 - No. 2+10 옹벽하부 석축이완 및 이탈
우 안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 산측으로 석축 및 자연암으로 구성 <ul style="list-style-type: none"> - No. 0+00~No. 1+17 : 자연암구간 - No. 1+17~No. 2+10 : 석축구간 ○ 누수 및 백태상태 <ul style="list-style-type: none"> - No. 2+00 : 사석하부 이완되어 산측 지하수 유입 - No. 2+ 3 : 자연암 절리상태로 산측 지하수 유입 ○ 노후화, 균열, 변형, 누수, 세굴 및 침하 <ul style="list-style-type: none"> - No. 1+13 : 잡목 식생, 하단부 자연암 절리 - No. 2+10 : 하부 석축 이완 및 이탈
방 수 로 연락교량	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 교량길이 : 5.6m ○ 교량 접속부상태 <ul style="list-style-type: none"> - No. 1+19 방수로 : 교량시점부 쇄석으로 뒤채움 불량 - No. 1+3 방수로 좌측 및 No. 1+5 방수로 우측 : 교량중점부 뒤채움 불량 ○ 노후화, 균열, 변형, 누수, 세굴 및 침하 <ul style="list-style-type: none"> - No. 0+19~No. 1+3 교량하부 교대 콘크리트 탈락, 세굴, 공동 - No. 0+19 우측 교량하부 교대 콘크리트 세굴, 탈락, 골재노출(B=0.3m)

부 위	시 설 상 태
정수지	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 <ul style="list-style-type: none"> - No. 2+10~No. 3+0.2 : 정수지구간으로 콘크리트 옹벽임 ○ 바닥 퇴적상태 <ul style="list-style-type: none"> - No. 2+10~No. 2+12 : 붕락된 콘크리트 하부에 쌓여있음 - No. 2+17~No. 3+00 : 사석 퇴적, 잡초식생 ○ 노후화, 균열, 변형, 누수, 세굴 및 침하 <ul style="list-style-type: none"> - No. 2+10 : 정수지 시점부 바닥 콘크리트 붕락
댐 인접지역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연계하천 접속부 상태 : <ul style="list-style-type: none"> - No. 3+2 : 우측 사석 이완 및 이탈 ○ 하류하천 상태 : 자연하천은 양호한 상태임

6.1.4 취수시설 (사통)

부 위	시 설 상 태
조작대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 손상상태 : 비교적 양호함 ○ 제어장치 작동상태 : 비교적 양호함
사통부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스피들 : 양호함 ○ 스피들 받침대 : 콘크리트 상태 양호함 ○ 스루스게이트 : 비교적 양호
복통 접속부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통기대 없음

6.1.5 취수시설 (복통)

부 위	시 설 상 태
복통 내부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 : 통관길이 41.8m ○ 중심점도와 누수여부 <ul style="list-style-type: none"> - 17.4m(우측), 18.2m(좌측), 19.4m(우측), 21.5m(우측), 22.5m(우측), 23.1m(좌측) 25.4m(좌측, 2곳), 26.8m(우측), 28.3m(좌측, 2곳), 30m(좌우측), 31m(좌우측) 32.2m(좌측), 33.5m(좌우측), 35.5m(좌우측), 39.9m(좌측, 4곳) ○ 콘크리트 상태 : 점토유출 및 노후화되어 있으며 열화손상을 받은 상태

부 위	시 설 상 태
복통 외부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반사항 - 계수문을 설치하였음 ○ 노후, 균열, 백태, 박락, 퇴적 등의 상태 - 콘크리트의 노후화 및 전반적인 열화손상을 받은 상태 ○ 통관의 변형 또는 파손여부 : 비교적 양호함
기타사항	○ 복통토출부 수로연결상태 비교적 양호

○ 공종별 주요 외관 결함

공 종	안정성 및 내구성	기 능 성
제 체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제정부를 도로로 사용함 ⇒ 중차량 통과시 안전성 감소 ○ 하류사면 전구간 침투수 발생 및 No. 2+0~No. 3+10, No. 3+15~No. 3+19 하부 습지화 ⇒ 제체 안전성 감소 	—
여수토	○ 사면부 접속구간 콘크리트 열화 ⇒ 여수토 안전성 감소	○ 사면부 콘크리트 열화현상 발생 ⇒ 여수토 기능 감소
방수로	—	○ 옹벽 하부 사석 이탈 ⇒ 방수로 기능 저하
취수시설	○ 통관내부 점토유출 ⇒ 안전성 저하	—

6.2 구조물 재료조사

6.2.1 반발경도 측정

시 험 체			측 정 각 도	기준경도 (Rm)	추정 압축강도 (kgf/cm ²)		비 고
위 치		조건			일본재료학회	목 · 촌	
여수도	여수도 시점부 측벽	건조	0°	31	138	104	()반발치분산
	여수도 언정 (2m 지점)	"	-90°	41	220	151	
	여수도 종점부 측벽	"	0°	35	171	123	
	여수도 사면 2m지점	"	-60°	35	171	123	()반발치분산
방수로	교량 슬래브 시점부 상판	"	-90°	33	154	114	()반발치분산
	교량 슬래브 상판	"	-90°	37	187	132	
	교량 슬래브 종점부 상판	"	-90°	32	146	109	()반발치분산
	시점부 제체측 옹벽	"	0°	33	154	114	
	"	"	0°	29	122	95	
	방수로 19m 좌측벽	"	0°	42	228	155	
	방수로 20m 좌측벽	"	0°	38	195	137	()반발치분산
	방수로 19m 우측벽	"	0°	38	195	137	
	방수로 22m 우측벽	"	0°	37	187	132	
사 통 통 관	사통 조작대 상단	"	0°	35	171	123	
	통관 하류 개거 상단	"	-90°	33	154	114	()반발치분산
	통관 하류 개거 상단	"	-90°	33	154	114	

구 분		추정 압축강도 (kgf/cm ²)							
		일본 재료학회식				목 촌 식			
		평 균	최 대	최 소	편 차	평 균	최 대	최 소	편 차
총 괄	진 체	176	228	122	29.16	126	155	95	16.44
	분산치 제외	178	228	122	31.00	127	155	95	17.00
여 수 도		169	220	138	32.01	122	151	104	18.28
방 수 로		180	228	122	31.41	128	155	95	17.68
사 통		182	212	163	26.00	129	146	118	15.00

1) 콘크리트 추정 압축강도

- (1) 평균치 : 126~176kgf/cm² (편차 : 16.44~29.16kgf/cm²)
- (2) 압축강도가 비교적 저하되어 있음
- (3) 각 구조물 부위별로 편차 비교적 큼
- (4) 불량 부위 : 여수토 및 방수로

2) 반발치 분산 부위

- 콘크리트 품질상태가 불균질한 것으로 판단됨

6.2.2 중성화 조사

구 분	중성화 깊이 (mm)	측정치 구분	속 도 구분	기능저하 구분	비 고
여수토 시점부 옹벽 모서리	5~25	A1	B2	I	경 미
방수로 50m 지점 좌측 모서리	1~10	A1	B2	I	"
방수로 60.2m 지점 좌측 모서리	2~12	A1	B2	I	"
사통 조작대 우측 모서리	5~10	A1	B2	I	"
통관 제수문 날개벽 모서리	10~30	A1	B3	II	보 통

※ 중성화 깊이 계산식 : 岸谷式 이용

- 측정치 구분 : 철근 피복두께의 최소치 ⇒ 50mm
- 속도 구분 : 중성화 깊이 C ⇒ 8.5mm
 - 1) 중성화 진행깊이 : 철근 피복두께의 최소치까지는 도달하지 않음
 - 2) 중성화 진행정도 : 경과년수에 비하여 경미함

6.3 제체 안정성 검토

6.3.1 토질 특성 검토

1) 토질조사

- (1) 목적 : 홍곡저수지 제체의 공학적인 토성을 분석하고 침투류 및 사면안정 해석을 실시하여 제체의 안전을 도모함.
- (2) 대표적인 단면(No.1+00)을 선정, 성토재 및 점토재에 대한 불교란 시료 채취
- (3) 채취된 불교란 시료를 이용하여 실내 토질시험 실시

2) 실내 토질시험 결과표

측 점	심 도 (m)	입 도 (%)				아터버그한계(%)			비 중	통일흙 분류
		점토	실트	모래	자갈	L.L	P.L	P.I		
No.1+00	1.0	14.0	18.0	57.0	11.0	30.10	17.27	12.83	2.623	SC
No.1+00	3.0	15.0	28.0	56.0	1.0	36.26	19.07	17.19	2.612	SC

측 점	심 도 (m)	자 연 상 태		삼축압축시험 (UU)		투수계수 (cm/s)
		함수비 (%)	단위중량 (g/cm ³)	점착력 (kgf/cm ²)	내부마찰각 (°)	
No.1+00	1.0	21.48	2.003	0.42	35.0	1.1E-5
No.1+00	3.0	22.96	1.942	0.41	31.0	5.0E-6

3) 채취된 시료의 토질 특성

- (1) 실트 및 점토의 비율이 32.0~43.0%이며, 모래의 비율은 56.0~57.0%로 점토질 또는 사질 점토이며, 성토재로서 다소 모래의 비율이 높은 편이며, 대체적으로 투수성이 큰 것으로 판단됨.
- (2) 실내 토질시험 결과 점착력과 마찰각은 성토재로서 비교적 양호한 것으로 나타났으며, 흙의 투수계수는 불투수성으로 판단됨.

6.3.2 침투류 해석

1) 해석조건

- (1) 해석 프로그램 : SEEP/W
 - CANADA GEO-SLOPE사의 윈도우용 침투류 해석 유한요소 프로그램
- (2) 해석방법 : 2차원 정상류 해석
- (3) 해석단면 : 제체 표준단면
- (4) 내 수 위 : 만수위
- (5) 투수계수 : 실내 토질시험 투수시험치

2) 해석결과

(1) 유한요소법에 의한 해석결과

한 계 동수경사	최대출구 동수경사	안 전 율	침투수량 (m ³ /s/m)
0.982	0.345	2.849	2.982 × 10 ⁻⁸

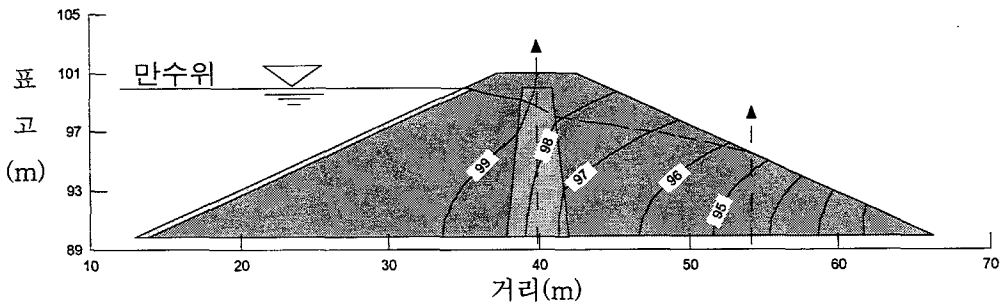
(2) 침투류 해석결과 (전수두도)

SEEPAGE ANALYSIS

- No.1+00

< 해석조건 >

- 내 수 위 : 만수위 EL(+100.0m)로 가정
- 해석 방법 : 2차원 정상류 해석



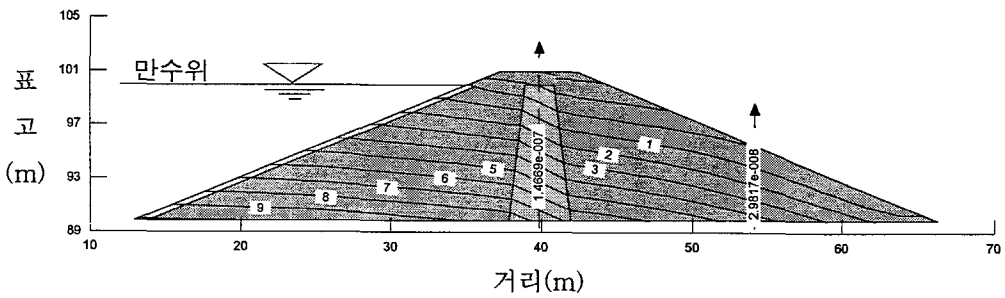
(3) 침투류 해석결과 (압력수두도)

SEEPAGE ANALYSIS

- No.1+00

< 해석조건 >

- 내 수 위 : 만수위 EL(+100.0m)로 가정
- 해석 방법 : 2차원 정상류 해석



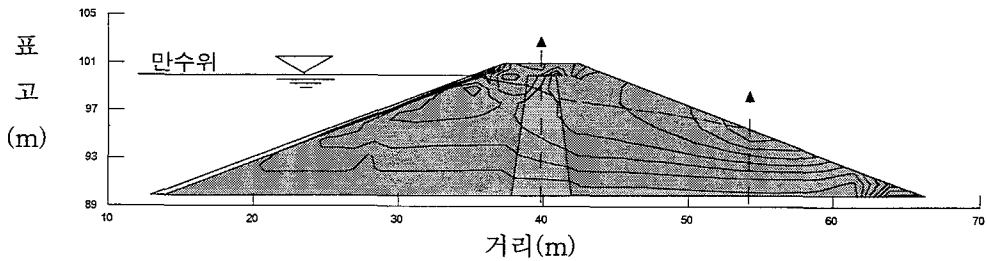
(4) 동수경사 해석결과 (Y-gradient)

SEEPAGE ANALYSIS

- No.1+00

< 해석조건 >

- 내 수 위 : 만수위 EL(+100.0m)로 가정
- 해석 방법 : 2차원 정상류 해석



3) 해석결과 검토

(1) 침투수량

- ① 1일당 침투로 인한 침투수량 : 0.296m³/d
- ② 대도저수지 허용누수량 (총저수량의 0.05%)
- ③ $Q_a = 132,000\text{m}^3 \times 0.05/100 = 66.0\text{m}^3 > \Sigma Q = 0.296\text{m}^3/\text{d} \therefore \text{O.K}$

(2) 파이핑 (Piping)

- ① 파이핑에 대한 안전율 : 2.849 < 3.00 ∴ N.G
- ② 안전율은 다소 낮게 산정되었으며, 지속적인 주의관찰을 요함.

(3) 침윤선 (Seepage)

- ① 하류사면의 EL. 45.4m 지점에서 침투수가 발생하는 것으로 분석되었음.

6.3.3 사면안정 해석

1) 해석조건

- (1) 해석 프로그램 : SLOPE/W (CANADA GEO-SLOPE사의 윈도우용 사면안정 해석 프로그램)
- (2) 해석방법 : Bishop법, Spencer법, 해석단면 : 제체 표준단면(상·하류 사면)
- (3) 원지반 조건 : 암반층으로 가정
- (4) 침윤선 : 침투류 해석에서 구한 Data 값을 적용
- (5) 내수위 : 만수위, 지진계수 : 0.12

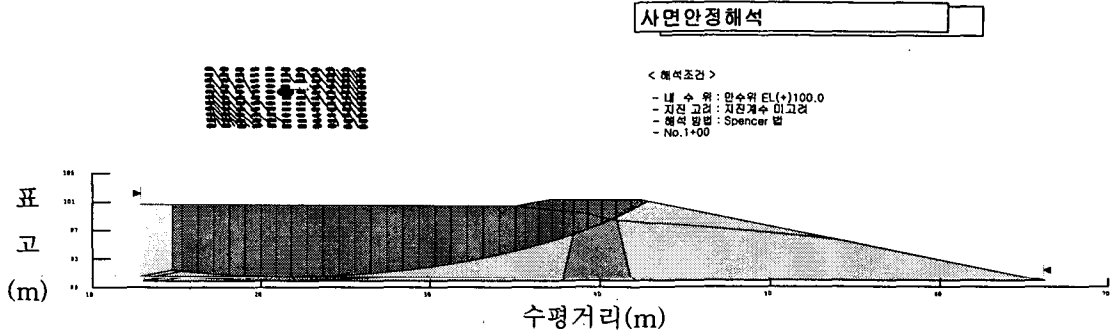
2) 해석결과

(1) 사면안전율 해석결과

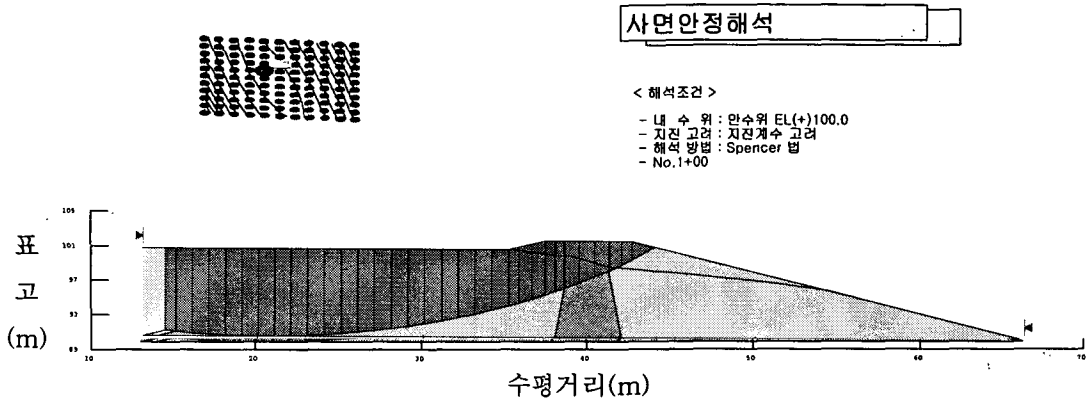
구 분		Bishop법		Spencer법	
		정상시	지진시	정상시	지진시
현재상태	상류사면	5.245	3.282	5.236	3.275
	하류사면	2.973	2.212	2.973	2.218

(2) 상류사면의 원호활동 파괴형상과 안전율

① 지진 계수 미고려시

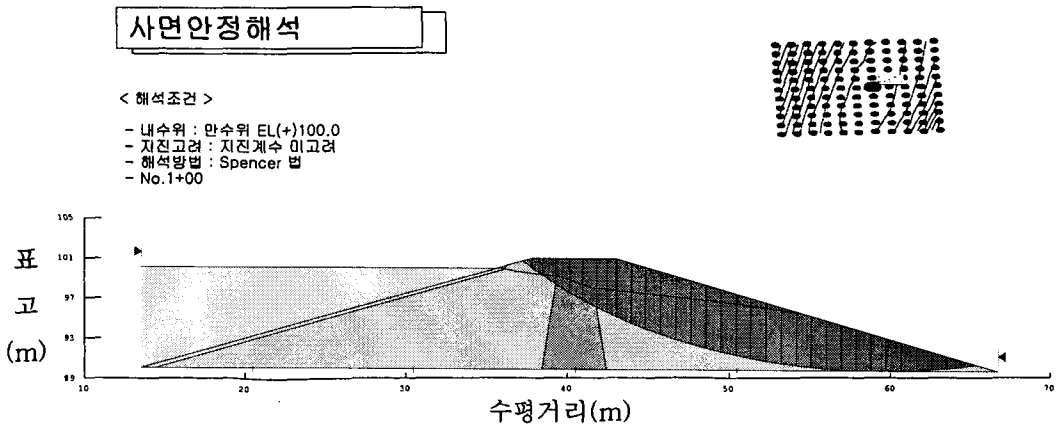


② 지진계수 고려시



(3) 하류사면의 원호활동 파괴형상과 안전율

① 지진 계수 미고려시

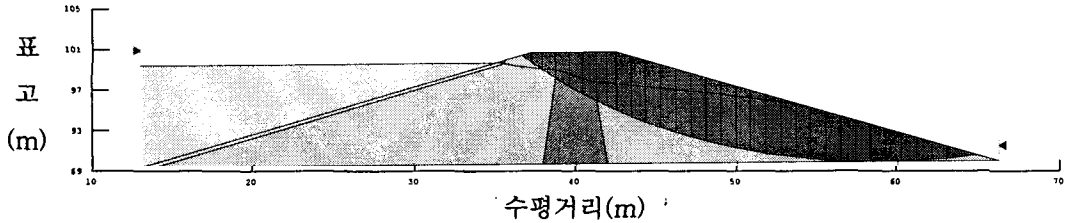
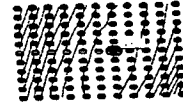


② 지진계수 고려시

사면안정해석

< 해석조건 >

- 내수위 : 만수위 EL(+100.0
- 지진고려 : 지진계수 미고려
- 해석방법 : Spencer 법
- No.1+00



3) 해석결과 검토

- (1) 홍곡저수지 제체의 사면안전을 Bishop법과 Spencer법으로 검토한 결과 평상시와 지진시에 대하여 모두 안전한 것으로 분석됨.
- (2) 채취된 불교란 시료의 대표성, 제체의 불균질성, 기초의 불확실성 등을 고려할 경우 사면안전을 해석결과는 다소 크게 산출되었으며, 경제성을 고려 실내 토질 삼축압축시험을 CU 시험으로 하였음.

6.4 시설기능 검토

6.4.1 수문분석

1) 수문분석 기초자료

- (1) 측후(관측)소 : 목포
- (2) 강우분석자료 : 1907년~1997년 (91개년)

2) 빈도별 1일 확률강우량

분 포 율	연속 일수	확 률 강 우 량 (mm)									적합도 검증결과 (유의수준 5%)	채 택
		2.33년	10년	20년	30년	50년	80년	100년	150년	200년		
정 규 분 포	1일	119.98	173.86	191.58	200.80	211.54	220.62	224.86	232.09	236.97	부적합	
2변수형 대수정규분포	1일	109.82	174.49	203.19	219.95	241.21	260.78	270.47	287.79	300.12	근 접	○
제1형극치분포 (Gumbel Type1)	1일	112.10	180.01	209.26	226.08	247.11	266.36	275.48	292.02	303.74	부적합	
Gumbel-Chow	1일	111.35	174.96	202.36	218.11	237.81	255.84	264.38	279.88	290.86	부적합	
제3형 Pearson 분포	1일	101.29	171.20	207.31	229.14	257.35	283.66	296.77	320.29	337.07	부적합	
제3형 Log-Pearson 분포	1일	108.97	170.86	199.52	216.60	238.63	259.27	269.61	288.31	301.78	부적합	

3) 시간별 강우분포율 및 강우량

시 간	100년 빈도		200년 빈도		기왕 최대 강우량(mm)
	강우분포율 (%)	강우량 (mm)	강우분포율 (%)	강우량 (mm)	
0.0~ 0.5	15.3	41.55	15.4	46.43	60.39
0.5~ 1.0	21.8	59.21	22.2	66.94	86.04
1.0~ 1.5	27.0	73.33	27.5	82.77	106.57
1.5~ 2.0	30.9	83.92	31.8	95.88	121.96
2.0~ 2.5	34.4	93.29	35.3	106.29	135.58
2.5~ 3.0	37.8	102.66	38.7	116.69	149.20
3.0~ 4.0	43.0	116.79	44.7	134.78	169.72
4.0~ 5.0	48.8	132.54	49.3	148.65	192.61
5.0~ 6.0	52.9	143.68	53.8	162.22	208.80
6.0~ 9.0	62.0	168.39	63.4	191.16	244.71
9.0~12.0	71.1	193.11	73.0	220.11	280.63
12.0~24.0	100.0	271.60	100.0	301.52	394.70
24.0~48.0		360.70		398.80	502.40

6.4.2 홍수량 검토

1) 유역현황 및 수문특성 (1:25,000 지형도 이용 구적)

(1) 유역면적 : 단일구역 97.0ha

(2) 유 로 장 : 0.87km

- (3) 도달시간 (SCS법) : 0.12hr
- (4) 유출계수 (SCS법, CNIII) : 86

2) 홍수량 결정

(1) 홍수량 추정결과

홍수량 추정식	홍 수 량 (m ³ /s)		
	100년 빈도	200년 빈도	기왕 최대
합 리 식	11.05	12.26	16.12
수정堀山식	26.08	27.42	31.67
합성단위유량도	13.36	15.62	21.68

※ 합리식에 적용된 도달시간 : 1시간미만 ⇒1시간으로 적용

- (2) 유역면적이 500ha 미만이고 지구의 특성 및 사회적, 경제적인 면을 고려하여 준공시 설계홍수량(15.38m³/s)과 합성단위유량도에 의한 200년 빈도 홍수량을 비교하여 합성단위유량도에 의한 200년 빈도 홍수량을 본 지구의 홍수량으로 채택함.

① 200년 빈도 홍수량 : 15.62m³/s

6.4.3 여수토 홍수배제능력 검토

1) 홍수량에 대한 여수토 홍수배제능력 검토

- (1) 현재 접근수심 0.5m, 여수토 측벽고가 1.2m로 일류수심을 0.8m로 가정 검토
- (2) $Q = C \times L \times H^{3/2}$ (Francis의 유량공식) 이용

$$= 2.112 \times 9.7 \times 0.8^{3/2} = 14.66 \text{ m}^3/\text{s}$$

∴ 여기서, Q : 최대 홍수배제량 (m³/s)

C : 유량계수 (2.112, 접근수심 0.8m)

L : 여수토 언체길이 (9.70m)

H : 일류수심 (0.8m)

(3) 여수토 홍수배제능력 검토

구 분	홍수량 (m ³ /s)	배제량 (m ³ /s)	배제능력(%)	검토결과
준 공 시	15.38	14.66	95	불만족
200년 빈도	15.62	14.66	94	불만족

※ 준공시 홍수량과 검토홍수량의 차이는 강우자료의 증가, 유역변화, 산림변화, 유달시간, 토양 피복 상태, 설계기준의 강우재현기간 등으로 인하여 차이가 발생함.

2) 여수토의 홍수량 배제시 제체 검토

여수토 높이 (m)	여수토 측벽고 (m)	만수위 (EL. m)	홍수위 (EL. m)	사석부 상단 (EL. m)	중심점토 최상부 (EL. m)	최저제정고 (EL. m)
1.0~1.2	1.20	50.00	50.83	50.09	50.8	50.96

(1) 사석부 상단 - 만수위 = 0.9m, 중심점토 최상부 - 만수위 = 0.8m

(2) 여수토 측벽고, 상류사면 사석고, 중심점토고 및 제정고를 검토한 결과 준공시 및 200년 빈도 홍수량에 대하여 안전한 것으로 판단됨.

3) 검토결과 분석

(1) 준공시, 200년 빈도 홍수량 배제

○ 일류수심 0.83m에도 홍수량을 충분히 배제할 수 있으므로 홍곡저수지 여수토의 홍수배제능력은 충분한 것으로 판단됨.

(2) 현재의 접근수심 0.5m 유지

○ 여수토 접근수로 부분이 퇴적된 상태에서는 홍수량의 배제능력이 감소되므로 이에 대한 주기적인 점검 및 정비가 요구됨.

6.4.4 방수로 및 정수지 검토

1) 방수로 배제능력 검토 (방수로 구조 : Chute식)

(1) 방수로 여유고 계산식 : $f_b = 0.6 + 0.037VD^{1/6}$

∴ 여기서, f_b : 여유고, V : 유속, D : 수심

(2) 급류부 및 방사류부 수리계산

① 준공시 홍수량 $Q = 15.38\text{m}^3/\text{s}$

측 점	거리 (m)	1/I	저폭 (m)	수심 (m)	면적 (㎡)	윤변 (m)	경심 (m)	유속 (m/s)	바닥고 (EL. m)	수면고 (EL. m)	여유고 (m)	측벽고 (m)		과부족 (m)
												현재	검토	
No.0+10	0	-	3.0	1.3890	4.1670	5.7780	0.7212	3.6909	48.8160	50.2050	0.752	2.300	2.141	0.159
No.1+10	20	5	4.0	0.3811	1.5246	4.7623	0.3201	10.0880	44.8200	45.2011	0.871	3.000	1.252	1.748
No.2+10	20	4	2.8	0.4432	1.2410	3.6864	0.3366	12.3933	39.6060	40.0492	0.950	1.200	1.393	-0.193

② 200년 빈도 홍수량 $Q = 15.62\text{m}^3/\text{s}$

측 점	거리 (m)	1/I	저폭 (m)	수심 (m)	면적 (㎡)	윤변 (m)	경심 (m)	유속 (m/s)	바닥고 (EL. m)	수면고 (EL. m)	여유고 (m)	측벽고 (m)		과부족 (m)
												현재	검토	
No.0+10	0	-	3.0	1.4030	4.2090	5.8060	0.7249	3.7111	48.8160	50.2190	0.754	2.300	2.157	0.143
No.1+10	20	5	4.0	0.3864	1.5456	4.7728	0.3238	10.1058	44.8200	45.2064	0.872	3.000	1.258	1.742
No.2+10	20	4	2.8	0.4489	1.2570	3.6979	0.3399	12.4264	39.6060	40.0549	0.952	1.200	1.401	-0.201

(3) 검토결과 분석

- 수심이 현재의 측벽을 넘지는 않지만 개보수 설계시 소요 여유고까지 측벽고 증가, 보강 필요 (최저 실여유고 : 준공시 0.87m, 200년 빈도 0.87m)

2) 정수지 검토

(1) 감세공 형식 : 자연도수식 감세공

(2) 방사류부 말단에서의 froude수(Fr) 및 도수거리

: 방수로 수리계산 결과를 이용하여 froude수 (Fr) 및 도수거리 산출

○ froude수 준공시 : 5.05, 200년 빈도 : 8.71

○ 도수거리 준공시 : 5.92m, 200년 빈도 : 8.78m

(3) 검토결과

- 일반적으로 감세공은 지형, 지질 및 하류수위의 조건에 의하여 그 적용성이 다르므로 정해진 일정한 형식에 맞춘다는 것은 불가능한 경우가 많음.
- 홍곡저수지의 정수지장은 10.2m이고 검토홍수량 도수거리는 8.78m이므로 충분한 정수지장을 확보 하였다고 판단됨.

6.5 공종별 외관결합 및 대책

공 종	결 합 부 위	위 치 (축점)		외 관 결 합		대 책
		시 점	종 점	내 용	물 량	
제 체	담마루	No.1+9	No.1+17	부분적 침하 및 미세균열	8m	주의관찰 및 중차량 통행 금지
	"	No.0+0	No.5+12	진입 도로로 사용함	112m'	중차량 통행 금지
	상류사면	No.1+15	No.5+0	잡초 및 잡목 식생	65m	주기적 정비
	"	No.0+16	No.4+2	사석이완 및 유실	500m'	사석부 정비
	하류사면	No.0+0	No.5+12	하류사면 하부 침투수 발생	112m	그라우팅
	"	No.1+15	No.5+0	잡초 및 잡목 식생	1300m'	주기적 정비
여수토	접근수로	0m	9.7m	잡초, 토사 및 쇄석 퇴적	1개소	준설 및 정비
	우측벽	0m	1m	콘크리트 노후화 및 열화	1.0m'	치핑(Chipping) 처리후 콘크리트 타설
	슈트부	0m	9.7m	콘크리트 노후화 및 열화	9.7m	"
방수로	방수로 바닥	No.0+12		자연암 절리	1개소	주의 관찰
	"	No.2+8	No.2+10	자연암 절리	1개소	주의 관찰
	좌측 옹벽	No.1+8	No.1+10	석축 상에서 하로 균열	5m'	석축 재설치
	"	No.1+15	No.1+17	석축하부 사석 이탈	5m'	"
	"	No.1+18	No.2+ 3	석축하부 사석 이탈 및 누수	10m'	"
	"	No.2+ 5	No.2+10	석축하부 사석 이탈 및 누수	10m'	"
	우측 옹벽	No.1+13		잡목식생, 하부 자연암 절리	4m'	잡목제거,주의관찰
	"	No.2+ 0	No.2+3	석축하부 사석 이탈 및 누수	6m'	석축 재설치
	연락 교량	No.1+ 3		교량 종점부 뒷채움 불량	6m'	뒷채움 정비
	"	No.1+ 5		교량 시점부 뒷채움 불량	6m'	뒷채움 정비
	"	No.1+19		교량 시점부 뒷채움 불량	6m'	뒷채움 정비
	"	No.0+19	No.1+ 3	교대 콘크리트 탈락, 세굴 및 공동	8m'	치핑(Chipping) 처리후 콘크리트 타설
정수지	옹벽	No.2+10	No.3+2	콘크리트 열화	48m'	"
	바닥	No.2+10	No.3+00	토사 및 쇄석 퇴적	10m	토사 및 쇄석정비
취 수 시 설	복통 도구			콘크리트 노후화	1개소	주의 관찰
	복통내부	17.4m	39.9m	콘크리트 노후화 및 열화	22.5m	주의 관찰

6.6 종합의견

6.6.1 시설물 상태평가

공종	점 검 사 항		상태평가		조 치 사 항
			등급	종합	
제 체	1. 제체의 침하·균열상태		C	C	중차량 통행 제한
	2. 상류사면 보호공상태		C		사석 정비
	3. 하류사면 보호공상태		C		주기적 정비 (식생 제거)
	4. 제체의 누수상태		D		제체 그라우팅
	5. 제체의 여유고상태		C		
여 수 토 · 방 수 로	1. 구조물별 홍수배제 능력상태		D	D	개보수 설계시 방수로 단면 보강
	2. 여수토 손상 및 결함상태		D		여수토 재설치
	3. 방수로 손상 및 결함상태		D		방수로 재설치
	4. 정수지 손상 및 결함상태		C		정수지 재설치
	5. 연계하천 단면상태		B		
	6. 기 타				
취 수 시 설	사 통	1. 콘크리트 손상 및 결함상태	C	C	주기적 관찰
		2. 누수상태	B		
		3. 수문 작동상태	B		
	통 관	1. 콘크리트 손상 및 결함상태	C		주기적 관찰
		2. 누수상태	B		
	조작실	1. 콘크리트 손상 및 결함상태	C		주기적 관찰
기 계	1. 문비(Tainter Gate 포함)의 누수상태		-	-	
	2. 철재류 도장관리상태		-		
	3. 롤러의 작동상태		-		
	4. 권양기 작동상태		-		
	5. 와이어로프의 상태		-		
전 기	1. 전기기기의 파손여부 및 기능상태		-	-	
	2. 전선의 손상여부		-		
	3. 전기시설의 방습상태		-		
	4. 철재류 도장관리상태		-		
	5. 위험개소 안전표시판 설치, 관리상태		-		
총 합 등 급			D		

- A : 문제점이 없는 최상의 상태
- B : 경미한 손상의 양호한 상태
- C : 보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
- D : 주요부재의 진전된 노후화로 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
- E : 주요부재에 심각한 노후화 및 단면손상이 발생하였거나 안정성에 위험이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

6.6.2 공종별 보수·보강 방안

공 종	분 야	문 제 점	보수·보강 방안
제 체	단 면 적정성	· 제체 단면 (높이, 댐마루폭) 적정함 · 제정부를 진입도로로 사용함	· 중차량 통행 금지
	침 투 안전성	· 1일당 침투로 인한 침투수량이 허용 누수량 이내로 안전 · 파이핑에 대한 안전율은 다소 부족하 여 지속적인 관찰이 필요한 것으로 분석됨. · 하류사면 EL. 45.4m 지점에서 침투수 발생 · 하류사면 침투수발생 및 점토유출	· 제체 그라우팅
	사 면 안정성	· 경험식에 의한 사면기울기는 적정함 · 평상시 및 지진시의 사면안전을 검토 결과 양호함	
	누수탐사	· 제체의 상당구간에 과포화대가 분포 하며, 이는 침투유로를 형성하여 범미 에 나타나는 침출현상에 영향을 미친 다. 특히 우안의 침출 현상은 심각한 상태임.	· 그라우팅 공법으로 보강 · 주입공법 점토층 - 반응액 암반층 - 양회단일 · 주입구간 및 주입하한선 은 투수시험에 의해 결정
여수토 방수로	홍수배제 능력의 적정성	· 여수토, 방수로 : 200년 빈도 홍수량 에 대한 홍수배제능력은 다소 부족함	· 여수토 방수로 재설치
	구 조 안전성	· 반발경도 측정 : 콘크리트 압축강도 추정치 저하, 편차 비교적 큼, 불량 부위 : 여수토 물넘이 언체 및 방수로	· 여수토 방수로 재설치
취 수 시 설	구 조 안전성	· 반발경도 측정 : 콘크리트 압축강도 추정치 저하, 불량부위 : 사통조작대 및 통관 도구 · 중성화 조사 : 양 호 · 통관 내부 : 부분적인 열화	· 지속적인 주의 관찰
	철물고장 및 부식	· 비교적 양호함	

7. 시설물 안전진단 관련법규 및 시행체계

7.1 관련법규

안전점검 및 정밀안전진단에 대한 관련법규의 주요내용은 다음과 같다.

(표 II-5) 안전진단 관련법령 및 주요내용

관 련 법	대상시설	검사방법	검사기관	검사시기	비 고	
시설물 안전관리에 관한 특별법	법 제6조 령 제6조	1종·2종 시설물	안전점검 - 일상점검 - 정기점검 - 긴급점검	관리주체 진단기관 "	분기 1~3년 필요시	※안전점검 및 정밀안전진단지침에 의거 정기점검에는 초기점검과 정기점검으로 구분되며 긴급점검은 손상점검과 특별점검으로 구분됨.
	법 제7조 령 제9조	" 준공후 10년 경과 1종시설	정밀안전진단	진단기관	필요시 5년	
	법 제15조 령 제15조	1종·2종 시설물	"	"	하자담보 책임기간 만료일 6월 이전	
농어촌정비법	법 제18조 령 제21조	농업기반시설	안전점검 및 정밀안전진단			
	농업기반시설 관리규정 법 제18조 령 제21조	" 1종·2종시설 " 1종·2종시설	안전점검 정밀안전진단	관리주체 전문기관	분기등 필요시 또는 5년	※전문기관은 관리규정 제18조 제2항에 의거 농어촌진흥공사가 지정
건설기술관리법	법 제24조 제2항 법 제46조의2 제2항	건설공사	안전점검 - 자체안전점검 - 정기안전점검 - 정밀안전점검	발주자등 건설안전 전문기관	매일 1년 필요시	
국가계약법령	현금으로 납부 차액보증금의 보 증서 대체요령 (회계예규 2200.04-153, '97.1.1) 제3조 제2항	건설공사중 기성비율이 50% 이상	안전점검	6개 전문기관 (정부투자 출연기관)	필요시	① 한국건설기술연구원 ② 한국산업안전공단 ③ 에너지관리공단 ④ 농어촌진흥공사 ⑤ 대한주택공사 ⑥ 한국도로공사

시설물의안전관리에관한특별법

- 제13조(안전점검및정밀안전진단지침) ①건설교통부장관은 대통령령이 정하는 바에 따라 안전 점검 및 정밀안전진단의 실시방법·절차 등에 관한 안전점검및정밀안전진단지침을 작성하여 이를 관보에 고시하여야 한다. <개정 97. 12. 13>
- ②건설교통부장관은 제1항의 규정에 의한 지침을 작성하는 경우에는 미리 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다. <개정 97. 12. 13>

시설물의안전관리에관한특별법 시행령

- 제13조(안전점검 및 정밀안전진단지침) ①법 제13조의 규정에 의한 안전점검 및 정밀안전진단지침에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.
1. 안전점검 및 정밀안전진단에 필요한 설계도면·시방서·사용재료내역등 시공관련자료의 수집 및 검토에 관한 사항
 2. 안전점검 및 정밀안전진단 실시자의 구성에 관한 사항
 3. 안전점검 및 정밀안전진단계획의 수립·시행에 관한 사항
 4. 안전점검 및 정밀안전진단장비에 관한 사항
 5. 안전점검 및 정밀안전진단항목별 점검방법에 관한 사항
 6. 사용재료의 시험에 관한 사항
 7. 안전점검 및 정밀안전진단결과의 평가에 관한 사항
 8. 안전점검 및 정밀안전진단결과보고서의 작성에 관한 사항
 9. 기타 건설교통부령이 정하는 사항
- ②건설교통부장관은 관계행정기관의 장에게 안전점검 및 정밀안전진단지침의 작성에 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다.

농어촌정비법

- 제18조(농업기반시설의 관리) 농업기반시설관리자는 농업기반시설에 대하여 항상 선량한 관리를 하여야 하며, 농업기반시설의 보호·관리에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

농어촌정비법 시행령

- 제21조 (농업기반시설의 보호·관리) ①농업기반시설관리자는 법 제18조의 규정에 의하여 농업기반시설에 대한 보호·관리를 위한 농업기반시설물의 안전 및 유지관리계획(이하 "시설관리계획"이라 한다)을 수립하여야 한다.

②농업기반시설관리자는 제1항의 규정에 의하여 수립된 시설관리계획에 의하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

③농업기반시설관리자는 제2항의 규정에 의한 안전점검 및 정밀안전진단을 시설물의안전관리에관한특별법에 의하여 지정받은 안전진단전문기관에 위탁할 수 있다. [개정 99·4·9]

④농업기반시설관리자는 제1항의 규정에 의하여 수립된 시설관리계획에 의하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량·보수·보강 등의 조치를 하여야 한다.

⑤농업기반시설관리자는 농업기반시설의 보호·관리상 필요한 때에는 다음 각호의1에 해당하는 조치를 할 수 있다.

1. 농업기반시설이 설치된 구역안의 출입을 제한하기 위한 시설물의 설치
2. 농업기반시설물의 보호·관리에 지장을 초래할 수 있는 행위나 도구의 사용을 제한하기 위한 표지의 설치

⑥농업기반시설관리자는 농업기반시설의 효용을 해할 우려가 있는 상류유역에 시설물설치의 제한 또는 금지등 적절한 조치를 하여 줄 것을 관계행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장에게 요청할 수 있다.

⑦제1항 내지 제5항의 규정에 의한 시설관리계획의 수립, 안전점검 및 시설물의일상점검·정비 등에 관하여 필요한 사항은 농림부장관이 정한다. [개정 96·8·8]

농업기반시설관리규정

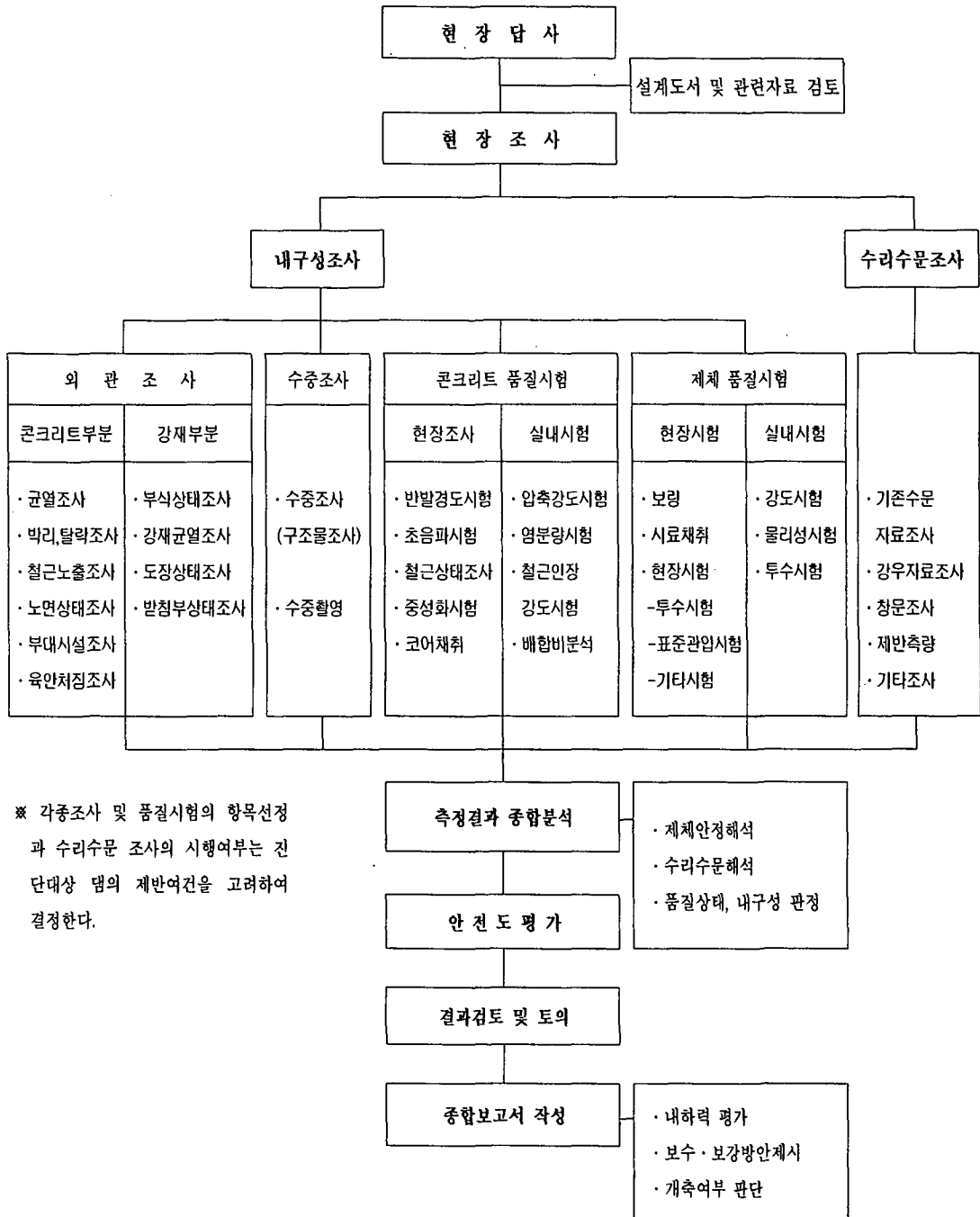
제18조(전문기관의 지정 운영)

① 농림수산장관은 제12조의 규정에 의하여 시설의 정밀안전진단을 실시하고, 정밀안전진단 기술을 개발하여 보급하는 등의 업무를 추진할 전문기관을 지정, 운영한다.

② 제1항의 규정에 의한 전문기관은 농어촌진흥공사로 한다. 다만, 농어촌진흥공사와 시설물의안전관리에관한특별법 제9조에 의하여 안전진단 전문기관으로 지정 받은자와 공동으로 정밀안전진단을 실시할 수 있다.

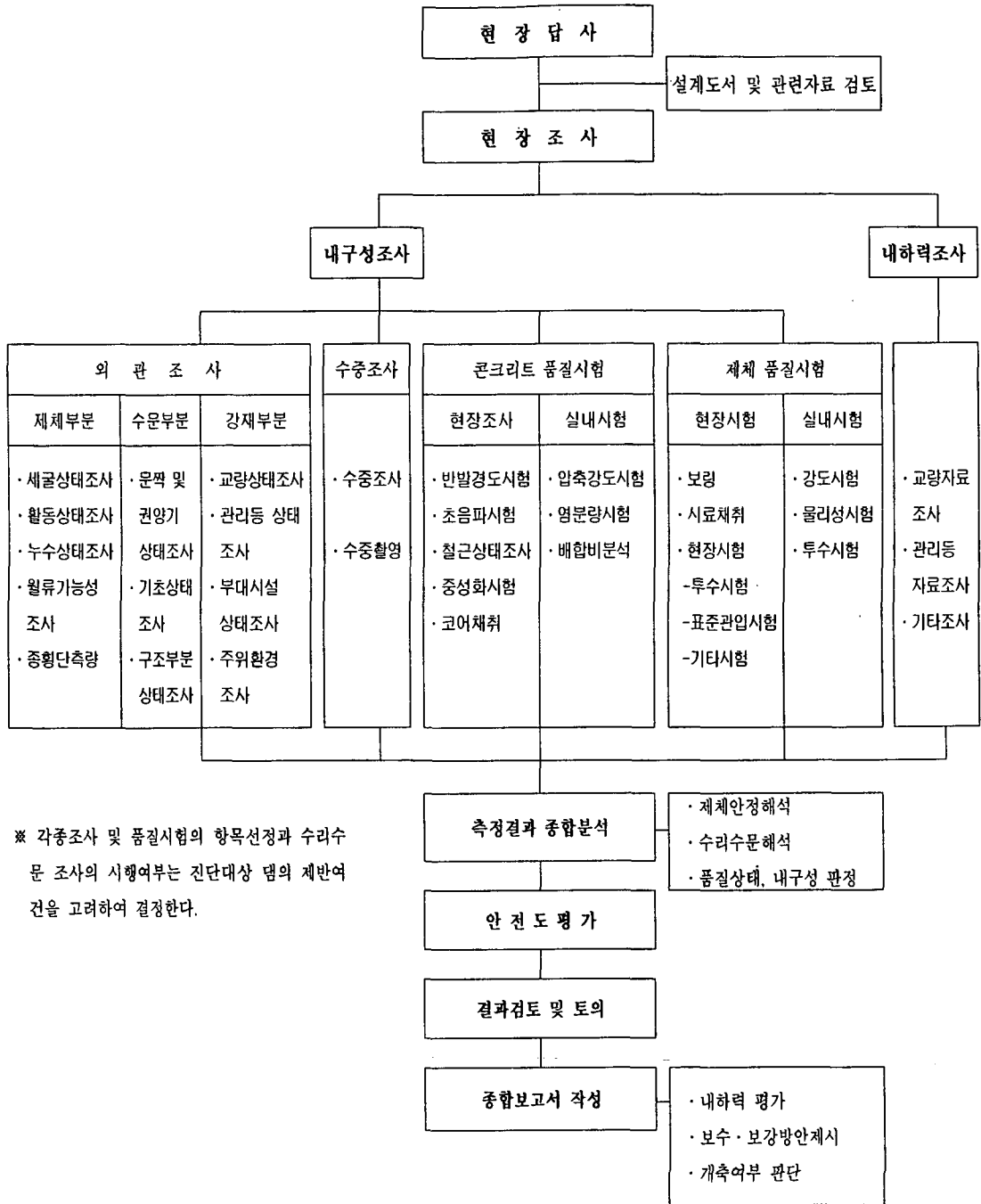
7.2 중요시설의 정밀안전진단 체계

(표 II-6) 댐(저수지)의 정밀안전진단 흐름도

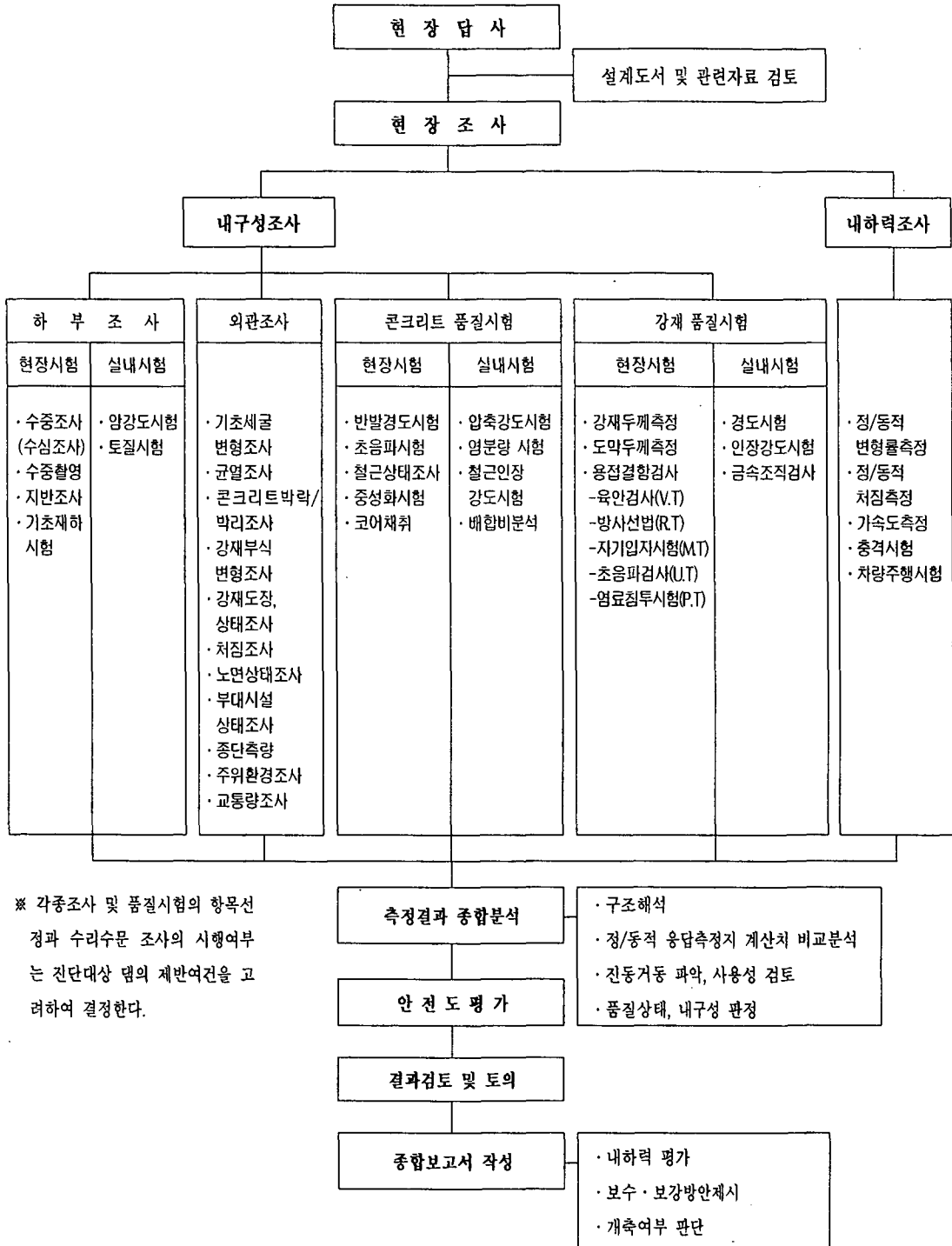


※ 각종조사 및 품질시험의 항목선정과 수리수문 조사의 시행여부는 진단대상 댐의 제반여건을 고려하여 결정한다.

(표 II-7) 하구둑의 정밀안전진단 흐름도



(표 II-8) 교량의 정밀안전진단 흐름도



《참고문헌》

1. 건설부, 하천시설기준, 1993
2. 김덕윤, 최신 실용 크레인 편람, 1996
3. 농지개량조합연합회, 수리시설물 개보수 편람, 1998
4. 농업진흥공사, 방조제 단면연구, 1986
5. 농림수산부, 농지개량사업계획설계기준(설계, 양배수장편), 1984
6. 농림수산부, 방조제 해일피해의 해석과 대책에 관한 연구(Ⅱ), 1991
7. 농림수산부, 방조제 시공중 피해대책수립 및 최적단면 구상에 관한 연구, 1995
8. 농림수산부, 국가관리 방조제 실태조사 보고서, 1970
9. 농림수산부, 수리시설 표본조사 보고서, 1988
10. 농어촌진흥공사, 한국의 간척, 1995
11. 동양철관(주), 동양철관 강관 핸드북, 1996
12. 박선중, 하재현, 강창수 공저, 유체기계, 1996
13. 박영조, 임상전 공저, 재료역학, 1997
14. 박정웅, 김진규, 항만공학, 서울산업대학, 1986
15. 시설안전기술공단, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(담편), 1996
16. 시설안전기술공단, 댐안전을 위한 보수대책의 체계화 연구, 1997
17. 이관수 저, 유체역학, 1996
18. 이천전기(주), 이천전기 기술편람, 1995
19. 일본농림성 구조개선국(감수), 사단법인 농업토목사업협회 발행, 최신펌프설비공학 핸드북, 1988
20. 일본 도리시마펌프(주), 도리시마 펌프 편람, 1975
21. 임영춘, 신동수, 신문섭, 간척공학, 경문사, 1988
22. 해운항만청, 항만시설물 설계기준서, 1993
23. 효성EBARA(주), 효성펌프편람, 1996
24. 한국해외기술공사, 1997.1, 콘크리트 구조물의 진단과 보수
25. 한국콘크리트학회, 1997.2, 콘크리트 구조물의 균열, 제7회 기술강좌
26. 농어촌진흥공사, 1987~1997, 농업기반시설 안전진단 종합보고서
27. 농어촌진흥공사, 1995.7.7, 안전진단 및 정밀안전진단 지침
28. 농림수산부, 1995.11, 농업기반시설 안전점검 요령
29. 농림수산부, 1995.4, 농업기반시설 관리규정
30. 이종득, 1995, 콘크리트 구조물의 조기열화 내구성진단
31. 이종득, 1995, 알칼리 골재반응 진단

32. 이종득, 1995, 철근부식 진단
33. 이종득, 1995, 콘크리트 조직구조 진단
34. 이종득, 1995, 콘크리트 구조물 비파괴 검사
35. 도서출판 일광, 1995, 일러스트로 보는 콘크리트 구조물의 유지와 보수
36. 일본건축학회, 1997, 철근콘크리트 건축물의 내구성 조사·진단 및 보수지침(안)
37. Abbott, M. B., Price, W. A., Coastal Estuarial and Harbour Engineering Reference Book, E & FN SPON, 1992
38. CUR, Manual on the Use of Rock in Hydraulic Engineering, A.A. Balkema, 1995
39. CUR, Report 119, Guide to Concrete Dike Revetments, 1990
40. Huis in't Velt, Stuij, J., Walther, A. W., van Westen, J. M., The Closure of Tidal Basins, Delft University Press, 1984
41. CUR, Report 141, Probabilistic Design of Defence, 1990
42. Jonathan Simm, Ian Cruickshank, Construction Risk in Coastal Engineering, 1998
43. Juul Jensen, A Monograph on Rubble Mound Breakwaters, Danish Hydraulic Institute, 1984
44. Pilarczyk, K. W., Coastal Protection, A.A. Balkema, 1990
45. Pilarczyk, K. W., van der Meer, J. W., Stability of Rubble Mound Slopes Under Random Wave Attack, 1984
46. Sherad, Woodward, Gizienski, Clevenger, Earth and Earth Rock Dam, Wiley, 1963
47. ACI, 1994, Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation
48. ACI, 1989, Repair and Rehabilitation of Concrete Structures
49. ACI, 1993, Causes, Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures
50. ASCE, 1997, Repair and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures; The State of the Art
51. The Aberdeen Group, 1996, Concrete Repair, Vol. 1~4
52. A.M. Veville, 1981, Properties of Concrete, John Wiley & Sons

집필, 심의 및 편집자

집 필 자

정병호	박광수	전건영	홍병만	윤창진
김석열	정형제	신백기	이수동	김희중
정일웅	이영일	엄대호		

심 의 자

조범호	김주범	이교일	이정재	송태명
김영의	안상로	오광진	박홍신	최우현
박해성	구본충	한원규	박종훈	이수동
배운태	강상기			

편 집 자

정일웅	김채수	이영일	엄대호	곽영철
-----	-----	-----	-----	-----

비 매 품

수리시설개보수공법지침

1999. 12 발행

발 행 : 농 립 부
 농업기반공사

편 수 : 한국농공학회

인 쇄 : 한빛인쇄주식회사
