

최 종
연구보고서

농업기반 수리구조물의 노후손상현상과 보수보강공법의 체계화연구

Study on a Scheme of Rearranging Technologies
for Repairing & Reinforcing Irrigation & Drainage
Structure Damaged or Deteriorated

연구기관
농업기반공사

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “농업기반 수리구조물의 노후손상현상과 보수보강 공법의 체계화 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 11 월 14 일

주관연구기관명 : 농업기반공사

총괄연구책임자 : 박 광 수

협동연구기관명 : 서울대학교

협동연구책임자 : 이 정 재

요 약 문

I. 제 목

농업기반 수리구조물의 노후손상현상과 보수보강 공법의 체계화 연구

II. 연구개발의 필요성 및 목적

- 수리구조물의 개보수 시점은 비관개기에 한정되며, 이 시기는 앞선 장기간의 급수로 인해 콘크리트 조직내 공극이 관개용수로 포화되어 있는 경우가 많으며 이 경우 기존의 알려진 개보수 공법의 적용성 여부가 어려움. 따라서 기존에 알려진 개보수 소재나 공법이 습윤상태의 콘크리트 수리구조물에 적용가능 여부와 개보수 소재의 물리적 특성에 대한 검증이 필요
- 본 연구는 농업기반시설관리규정의 안전점검 대상에서 제외되는 3종 시설물 중 콘크리트 수리구조물에 나타나는 노후손상에 대한 정밀현장조사를 실시하여 노후손상현상을 수리구조물별로 구분하고 노후손상형태별 원인을 분석하여 시설물 관리자들이 적절한 보수보강 공법을 선정할 수 있도록 영상 DB화하여 수리구조물 보수보강 시스템 개발을 목적으로 함

III. 연구개발 내용 및 범위

- 콘크리트 수리구조물의 손상데이터 구축
 - 정밀현장조사를 위한 예비답사시행
 - 정밀현장조사대상 : 배수갑문, 양·배수장, 수로교, 암거, 잠관, 터널, 개거, 분수문, 방수문, 제수문
 - 설계 및 시공현황자료수집 : 시공년도(사용년도), 설계도면, 콘크리트 압축강도, 시공방법(현장타설, 레미콘 등)
 - 손상부위에 대한 정밀조사 : 근접사진촬영, 손상부위 스케치, 균열폭 측정, 하중재하상태 및 주요하중 추정자료 획득, 비파괴압축강도, 중성화
 - 손상 현상을 구조물별로 유형화

- 농업용 수리구조물에 대한 손상원인 규명
 - 정밀조사 구조물에 대하여 사용목적별, 사용환경별, 하중 재하상태등을 고려한 손상원인 상세 규명
 - 콘크리트 구조물 피해사례자료 수집
 - 재료, 시공, 구조 및 외력, 사용 및 환경 등 직간접적인 손상원인 파악
 - 손상정도에 따른 그룹화 작업
- 보수보강 자료수집 및 콘크리트 수리구조물에의 적용성 검토
 - 보수보강 소재 및 공법 수집, 분석과 시범시공을 통한 콘크리트 수리구조물 적용성 검토
 - 보수보강 소재 및 공법의 품질시험을 통한 평가 및 체계화
 - 콘크리트 수리구조물 보수보강 시점 판단 기준 정립
- 보수보강 시스템 개발
 - DB구축을 위한 프로그램 개발
 - 구조물별 손상부위별 사진자료, 원인설명자료, 보강방법 DB구축 및 시스템 프로그램 개발
 - 시설물관리자가 관리하고 있는 시설물에서 어느 특정부위에 대한 손상을 파악한후 프로그램을 이용하여 기 구축된 사진DB자료를 비교하여 확인한 후 손상원인 및 보강 방법을 제시받도록 프로그램 개발
 - 사용자/관리자가 추가되는 DB를 추가 할 수 있도록 프로그램개발

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

<연구개발 결과>

1) 농업기반시설관리규정의 안전점검대상에서 제외되는 배수갑문, 양·배수장, 수로교, 암거, 잠관, 터널, 개거, 분수문, 방수문, 제수문의 정밀현장조사를 실시하여 노후손상현상 및 원인을 수리구조물별로 체계적으로 분석 하였다. 본 연구과제에서 분석된 자료는 수리구조물을 유지관리 하는 현장 실무자들에게 수리시설 개보수 사업 시 기초자료로서 이용 할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 콘크리트 수리구조물의 노후손상 원인은 수리구조물별로 각각 다르고 손상 정

도 또한 변동폭이 크며 복합적인 메카니즘 원인에 의해 노후손상이 대부분으로 정확한 노후원인을 규명하기는 어려웠다.

3) 수리구조물에 대한 노후손상의 원인은 사용재료, 시공, 사용 및 환경과 구조 및 외력에 의한 것으로 나타났다. 그러나 조사된 콘크리트 수리구조물의 경과년수가 너무 오래되어 대부분 구조물에 대한 설계현황 자료가 손실 되었다. 따라서 사용재료, 시공, 구조 및 외력에 대한 원인분석이 어려워 수리구조물이 처한 사용 및 환경을 중심으로 원인분석을 실시하였다. 그리고 노후손상과 원인을 토대로 구조물별로 손상도 등급을 유형화 시켰으며 그 손상도에 따라 적절한 보수보강 소재 및 공법을 선정 할 수 있도록 체계화 시켰다.

4) 본 연구에서는 국내에 알려진 보수보강 소재에 대하여 습윤상태의 콘크리트 수리구조물에 적용할 수 있는 가능여부를 품질시험 평가와 시범시공을 통하여 보수보강 공법을 검증 하였다. 이러한 결과는 노후된 수리구조물을 보수보강 할 경우 가이드라인 역할을 충분히 할 수 있을 것이다. 그리고 콘크리트 수리구조물의 유지관리 기술발전을 한층 발전시킬 뿐만 아니라 유지관리비 절감 및 내구연한을 증진 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

5) 본 연구에서는 콘크리트 수리구조물의 노후손상을 유형화 하고 그 원인을 구조물별로 분석함으로써 적절한 보수보강 소재 및 공법을 선정할 수 있도록 영상 데이터베이스를 구축하여 보수보강 시스템을 개발하였다. 또한 콘크리트 수리구조물을 유지관리 하는 담당자, 보수보강 소재 및 공법과 관련된 학계, 업계 등도 개인용 컴퓨터 혹은 인터넷상에서 수리구조물에 대한 손상원인 및 보수보강 사례를 직접 검색(영상DB활용)하여 볼 수 있도록 함으로써 기술정보를 공유할 수 있도록 국내최초로 수리구조물에 대한 보수보강 시스템을 개발하였다.

6) 콘크리트 수리구조물에 발생한 노후원인은 여러 가지 조건에 의해 전반적인 범위에 걸쳐 비롯된 것이라고 추측할 수 있었으며 수리구조물의 내구성을 향상시키고 보수보강의 주기를 줄이기 위해서는 시공시의 품질관리가 특히 중요하며 충분한 시

간을 두고 세밀하게 정밀시공을 할 수 있는 여건이 마련되어야 할 것이다. 특히 수리구조물의 사용은 계절적인 특성이 강하여 동결융해 등에 의한 노후가 심각하게 발생되고 있는바 품질관리에 만전을 기한다면 좀 더 수리구조물의 내구연한 확보를 보장 할 수 있을 것이다.

<활용에 대한 건의>

1) 농업기반 수리구조물의 노후손상현상 체계화 및 원인분석

수리구조물별로 노후손상과 원인을 토대로 구조물별로 손상도 등급을 유형화 시켰으며 그 손상정도에 따라 적절한 보수보강 소재 및 공법을 선정 할 수 있도록 체계화 시켰다. 이러한 연구결과는 개보수사업을 실시할 경우 보수보강시 설계 및 시공 기준으로 활용될 수 있으며 수리구조물의 조기 노후화를 예방할 수 있는 보수보강 신소재 및 공법 개발에 활용 될 수 있을 것이다.

2) 농업기반 수리구조물의 보수보강 소재와 공법의 평가 및 체계화

본 연구에서는 이미 국내에 알려진 보수보강 소재와 공법에 대하여 습윤상태의 콘크리트 수리구조물에도 적용가능성 여부를 품질시험 평가와 시범시공을 통하여 검증하였다. 이러한 결과는 노후된 수리구조물 보수보강시 가이드라인으로서 역할을 충분히 할 수 있을 것이다. 또한 수리구조물의 유지관리기술의 발전은 물론이고 유지관리비 절감과 내구연한을 증진을 위한 방안으로 활용될 것이다. 또한 타사의 기술 정보 공유가 가능함으로서 업체별로는 수리구조물에 적용 가능한 신기술 개발 경쟁을 촉진하는 역할을 할 것이다.

3) 농업기반 수리구조물의 보수보강 시스템 개발

본 연구의 성과는 전문가가 아닌 일반 시설물관리자도 손쉽게 수리구조물의 노후손상 유형과 그 원인을 이해하고 적절한 보수보강 시기와 소재·공법을 선정할 수 있도록 영상DB에 기초한 보수보강시스템을 개발하였다.

개발된 보수보강 시스템을 시설물 관리기관인 농림부, 지자체 및 농업기반공사에 개방하고 관련 유관기관에 연구결과를 배포할 계획이므로 수리시설 개보수사업에 크게 활용될 것이며 사업시행에 크게 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 보수보강 소

재 및 공법에 관련된 학계, 업계 등에게도 인터넷상에서 연구결과를 공유할 수 있도록 하여 보다 많은 관계자들의 연구에 활용될 수 있을 것이다.

개발된 수리구조물 보수보강 시스템은 연구성과의 극대화와 원활한 운영을 위하여 농업기반공사 농어촌연구원 전산실에 별도의 인터넷 서버를 설치하여 운영할 것이다.(<http://rri.karico.co.kr/rricon>) 또한 향후 수리구조물에 적용 가능한 보수보강 신소재나 신공법이 추가로 개발될 경우 콘크리트 수리구조물에 적용가능 여부를 검증하여 데이터베이스를 지속적으로 보완함과 아울러 시스템을 업-그레이드시켜 연구성과의 활성이 극대화될 수 있도록 계속적으로 운영·관리할 것이다.

Summary

Subject : Study on a Scheme of Rearranging Technologies for Repairing & Reinforcing Irrigation & Drainage Structure Damaged or Deteriorated

Concrete repair and reinforcement is a complex process, presenting unique challenges very different from those experienced in the field of construction. This must successfully integrate new materials with old materials forming a composite capable of enduring the exposures of use, the environment and time.

Irrigation and drainage structure can not be repaired under irrigation because of running water in this structure. Even if irrigation is not in service, much moisture has been in concrete structure. Generally the bond materials in maintenance works are made from organic compounds. However it is widely known that an organic bond material doesn't work on inorganic materials like concrete.

The report of this project takes up the subjects those are first, pattern and mechanism of deterioration on irrigation and drainage structure, second, evaluation and scheme of materials and methods for repairing and reinforcing, third, several construction examples for repairing and reinforcing, fourth data base system for repairing and reinforcing irrigation and drainage structure damaged or deteriorated, and last, plan of utilization for the research result and so on.

This report discusses the latest materials and newly-developed techniques for repairing and reinforcing irrigation and drainage structure damaged or deteriorated in wet condition. Patterns and mechanisms of deteriorations in irrigation and drainage structure damaged or deteriorated are classified with several groups. Patterns are crack, reinforcement corrosion, delamination, spalling, cold joint, efflorescence, degradation of concrete surface, leakage, settlement,

erosion, cavitation and scaling. Mechanisms of deterioration are freezing and thawing effect, sulfate and chloride attacks in sea water, effect of carbonation, chemical attack and abrasion.

The important research results of this project are as follows.

It is systematically evaluated with the disintegration in irrigation & drainage structure; drainage sluice gate, pumping station, drainage pumping station, elevated flume, drain culvert, inverted siphon, tunnel, open drain, distributor, outlet gate and check gate.

Following the evaluation of the irrigation & drainage structure, a suitable repair and reinforcing procedure can be selected based on this report. Successful procedures take into account the causes of the crack.

This provides a survey of crack repair methods, including a summary of the characteristics of the cracks that may be repaired with each procedure, the type of irrigation & drainage structure that have been repaired and a summary of the procedures that are used.

Readers are also directly contacted to the website(<http://rri.karico.co.kr/rricon>).

This report is intended to support the purposes, philosophy, and needs, using easily understood graphics and photos from the construction fields. The results of this study will be distributed to the public official in technical post, the operator in construction site and the member of Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation and etc.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
Section 1. Objectives of Research	3
Section 2. Necessity of Research	3
Section 3. Scopes of Research	5
Section 4. Status of Technological Development in Domestic and Abroad	8
Section 5. Period and Researcher	9
Chapter 2. Pattern and Mechanism of Deterioration on Irrigation & Drainage Structure	13
Section 1. Investigation and Evaluation	15
Section 2. Pattern of Deterioration	34
Section 3. Mechanism of Deterioration	45
Section 4. Classification and Analysis	56
Chapter 3. Evaluation and Scheme of Materials and Methods for Repairing and Reinforcing	133
Section 1. Domestic Research	135
Section 2. Evaluation of Materials and Methods for Repairing and Reinforcing	176
Section 3. Scheme of Materials and Methods for Repairing and Reinforcing	212

Chapter 4. Construction Examples for Repairing and Reinforcing	237
Chapter 5. Data Base System for Repairing and Reinforcing Irrigation & Drainage Structure Damaged or Deteriorated	323
Section 1. Introduction	325
Section 2. Development of Data Base System for Repairing and Reinforcing	329
Section 3. Development of Web Base System for Repairing and Reinforcing	343
Section 4. Example for How to Gather Data for Repairing and Reinforcing	363
Section 5. Summary and Conclusion	379
Chapter 6. Attainment of the Goal and Contribution in the Related Field	381
Chapter 7. Plan of Utilization for the Research Result	385
Chapter 8. Collected Foreign Scientific Technique Information in the Process of Research Development	389

Chapter 9. Conclusions	401
Chapter 10. References	405

목 차

요 약 문	i
SUMMARY	vi
CONTENTS	viii
목 차	xi
표 목 차	xiii
그 립 목 차	xvi

제 1 장 연구개발 과제의 개요	1
제1절 연구개발 목적	3
제2절 연구개발의 필요성	3
제3절 연구 내용 및 범위	5
제4절 국내외 관련기술의 현황과 문제	8
제5절 연구기간 및 참여 연구원	9

제 2 장 농업기반 수리구조물의 노후손상 현상과 원인	13
제1절 수리구조물의 현장 조사 및 진단	15
제2절 수리구조물의 노후손상 유형	34
제3절 수리구조물의 노후손상 원인	45
제4절 수리구조물의 노후손상 현황 유형화	56

제 3 장 농업기반 수리구조물용 보수보강 소재와 공법의 평가 및 체계화	133
제1절 국내 자료 분석	135
제2절 수리구조물용 보수보강 소재 및 공법 평가	176
제3절 수리구조물용 보수보강 체계화	212
제 4 장 보수보강공법의 수리구조물 시공 사례	237
제 5 장 콘크리트 수리구조물의 보수보강 시스템 개발	323
제1절 연구 방법의 개요	325
제2절 보수보강공법 데이터베이스 시스템 개발	329
제3절 웹기반 보수보강공법 지원시스템 개발	343
제4절 조사자료 DB 구축 사례	363
제5절 요약 및 결론	379
제 6 장 목표달성도 및 관련 분야에의 기여도	381
제 7 장 연구개발 결과의 활용 계획	385
제 8 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	389
제 9 장 종합결론	401
제 10 장 참고문헌	405
* 부록. 농업수리구조물 보수보강공법 선정 지원시스템 사용자 매뉴얼	

표 목 차

<표 2-1> 수리구조물의 목표 내구연한	14
<표 2-2> 서류조사 방식에 의한 구조물 조사	18
<표 2-3> 농업기반 수리구조물별 청문조사량	19
<표 2-4> 농업기반 수리구조물별 정밀 현장 조사 분포	19
<표 2-5> 수리구조물 노후손상도 구분	20
<표 2-6> 농업기반 수리구조물의 노후손상현상 현장조사표	21
<표 2-7> 균열조사 기록 보조 야장	22
<표 2-8> 콘크리트 수리구조물의 육안조사방법	24
<표 2-9> 슈미트해머의 종류	26
<표 2-10> 강도 추정식	28
<표 2-11> 재령에 따른 보정 계수 값	29
<표 2-12> 비파괴강도 측정 결과표	30
<표 2-13> 코어공시체의 보정계수	33
<표 2-14> 잔골재 및 콘크리트의 염분 허용값 국내 규격	50
<표 2-15> 수리구조물별 준공연도 분석	57
<표 2-16> 수리구조물 노후손상원인 및 형태별 특징 분류표(1)	65
<표 2-17> 수리구조물 노후손상원인 및 형태별 특징 분류표(2)	66
<표 2-18> 배수갑문 노후손상 유형	70
<표 2-19> 양·배수장 노후손상 유형표	77
<표 2-20> 수로교 노후손상 유형	87
<표 2-21> 암거 노후손상 유형	94
<표 2-22> 잠관 노후손상 유형	101
<표 2-23> 터널형의 분류	106
<표 2-24> 터널 노후손상 유형	107
<표 2-25> 개거 노후손상유형	116
<표 2-26> 방수문 노후손상 유형	120

<표 2-27> 분수문 노후손상 유형	125
<표 2-28> 제수문 노후손상 유형	130
<표 3-1> 콘크리트 구조물 보수보강 공법 발전사	137
<표 3-2> 농업기반 수리구조물의 보수보강재료 필요조건	139
<표 3-3> 국내 보수 공법 요약	143
<표 3-4> 국내 보강 공법 요약	144
<표 3-5> 농업기반 수리구조물의 보강기술공법(부착공법) 분석표	158
<표 3-6> 수리시설 개보수사업의 유형	161
<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성	164
<표 3-8> 지붕용 방수재의 성능	177
<표 3-9> 폴리머 시멘트 모르타르의 품질 기준	178
<표 3-10> 수용성 수지계 얇은 바름재의 품질	179
<표 3-11> 바탕 바름재의 규정	179
<표 3-12> 품질 기준	179
<표 3-13> 외장 얇은 바름재의 품질	180
<표 3-14> 내장 얇은 바름재의 품질	180
<표 3-15> 규산질계 분말형 도포방수재의 품질	181
<표 3-16> 시멘트 혼입 폴리머계 방수재의 성능	182
<표 3-17> 외벽용 도막 방수재의 성능	183
<표 3-18> 에폭시 수지계 방수·방식 도료의 품질	184
<표 3-19> 폴리우레아 수지 도막 방수재의 품질	185
<표 3-20> 경질형 에폭시 수지의 품질	186
<표 3-21> 연질형 에폭시 수지의 품질	186
<표 3-22> 방수재의 품질 기준	187
<표 3-23> 콘크리트 혼입용 방수재의 성능	187
<표 3-24> 세라믹 메탈계 방수·방식 도료 및 도막의 성능	188
<표 3-25> 흡수 방지재의 성능	189
<표 3-26> 도막 방수재의 품질 기준	190
<표 3-27> 실링재의 성능 기준	191

<표 3-28> 콘크리트 보호용 도막재의 성능	191
<표 3-29> 사용구조물의 형태·환경 조건에 따른 구분	192
<표 3-30> 도자기질 타일용 접착제의 판정 기준	192
<표 3-31> 투과된 전하량을 통한 염소이온 투과성 평가	202
<표 3-32> 중성화 촉진 실험조건	203
<표 3-33> 콘크리트 수리구조물의 손상 상황별 손상도 분류	213
<표 3-34> 콘크리트 수리구조물 보수의 필요여부에 관한 균열 폭 한도	214
<표 3-35> 콘크리트 수리구조물의 보강 필요 여부 판정 표준	215
<표 3-36> 성능저하 원인에 따른 보수보강공법	218
<표 5-1> 독립환경 프로그램과 Web 기반의 C/S 환경 프로그램의 비교	325
<표 5-2> 1차년도 지역본부별 현장조사 표본자료 (표준화된 노후현상정보)	331
<표 5-3> 2차년도 지역본부별 현장조사 표본자료 (표준화된 노후현상정보)	331
<표 5-4> 3차년도 지역본부별 현장조사 표본자료 (표준화된 노후현상정보)	331
<표 5-5> 평야구 구조물의 대분류	333
<표 5-6> 구조물의 손상 분류 예	334
<표 5-7> 콘크리트 수리구조물의 분류단계 및 노후손상 형태 분류(예)	335
<표 5-8> 구조물의 종류별 손상발생원인별 표준영상 정보의 참조 테이블	338
<표 5-9> 노후손상형태별 적합한 공법의 분류 예 (교량)	342
<표 5-10> Neo - Prene PAD 물리적성질	370
<표 5-11> 신축이음재(FILLER) 물리적 성질	370
<표 8-1> 국외 특허 출원사례	391
<표 8-2> 국외 특허 출원사례	392
<표 8-3> 국외 특허 출원사례	393
<표 8-4> 국외 특허 출원사례	394
<표 8-5> 국외 특허 출원사례	395
<표 8-6> 국외 특허 출원사례	396
<표 8-7> 국외 특허 출원사례	397
<표 8-8> 국외 특허 출원사례	398
<표 8-9> 해외 보수공법의 적용현황 (일본)	399

그림 목 차

<그림 2-1> 배수장 벽체균열 측정 광경	25
<그림 2-2> 양수장 벽체 균열길이 측정 광경	25
<그림 2-3> 배수갑문 벽체 균열 측정 광경	25
<그림 2-4> 양수장 기둥 균열 측정 광경	25
<그림 2-5> 양수장 벽체 균열폭 측정 광경	25
<그림 2-6> 양수장 보 균열 측정 광경	25
<그림 2-7> 슈미트 해머의 타격점 간격	27
<그림 2-8> 수로교 벽체 비파괴강도 시험광경	29
<그림 2-9> 터널 유입부 날개벽 비파괴 강도 측정 광경	29
<그림 2-10> 수로교 교각 철근탐지광경	31
<그림 2-11> 코어채취기 장착을 위한 드리링 작업 광경	31
<그림 2-12> 배수갑문 날개벽 코어채취 광경	31
<그림 2-13> 개거 벽체 코어채취 광경	31
<그림 2-14> 코어채취 후 봉납을 위한 모르타르 비빔 광경	31
<그림 2-15> 코어채취 후 봉납 완료된 광경	31
<그림 2-16> 콘크리트 코어의 실내 시험 광경	32
<그림 2-17> 코어채취에 의한 증성화깊이 측정방법	34
<그림 2-18> 배수장 기둥의 균열	36
<그림 2-19> 양수장 옥상의 균열	36
<그림 2-20> 수로교의 균열	37
<그림 2-21> 잠관의 균열	37
<그림 2-22> 배수갑문의 철근 부식	38
<그림 2-23> 방수문의 철근부식	38
<그림 2-24> 배수갑문의 박리·박락	38
<그림 2-25> 암거의 박리·박락	38

<그림 2-26> 양수장의 콜드 조인트	39
<그림 2-27> 터널의 콜드 조인트	39
<그림 2-28> 분수문의 백화	40
<그림 2-29> 양수장의 백화	40
<그림 2-30> 터널의 표면부식	41
<그림 2-31> 방수문의 표면부식	41
<그림 2-32> 터널 배면의 누수	42
<그림 2-33> 개거의 누수	42
<그림 2-34> 수로교의 고드름	42
<그림 2-35> 터널의 고드름	42
<그림 2-36> 터널의 단차	43
<그림 2-37> 수로교의 단차	43
<그림 2-38> 배수갑문의 침식 현상	44
<그림 2-39> 배수갑문의 침식 현상	44
<그림 2-40> 분수문의 골재 노출	45
<그림 2-41> 방수문의 골재 노출	45
<그림 2-42> 염소이온에 의한 콘크리트 중의 철근부식 메커니즘	49
<그림 2-43> 콘크리트 중성화 모델	51
<그림 2-44> 배수갑문 준공연도	58
<그림 2-45> 배수장 준공연도	58
<그림 2-46> 수로교 준공연도	59
<그림 2-47> 양수장 준공연도	59
<그림 2-48> 암거 준공연도	60
<그림 2-49> 잠관 준공연도	60
<그림 2-50> 터널 준공연도	61
<그림 2-51> 개거 준공연도	61
<그림 2-52> 방수문 준공연도	62
<그림 2-53> 분수문 준공연도	62
<그림 2-54> 제수문 준공연도	63

<그림 2-55> 콘크리트 수리구조물의 사용 년수와 중성화 깊이와의 관계	67
<그림 2-56> 콘크리트 수리구조물의 사용 년수와 비파괴 강도와의 관계	68
<그림 2-57> 콘크리트 수리구조물의 코어 강도와 중성화 깊이와의 관계	69
<그림 2-58> 배수갑문 골재 및 철근 노출 노후 손상 개략도	71
<그림 2-59> 배수갑문 표면부식 개략도	71
<그림 2-60> 배수갑문 노후손상유형	72
<그림 2-61> 배수갑문 노후손상 원인	73
<그림 2-62> 배수갑문 노후손상 원인별 유형	74
<그림 2-63> 배수장 옥내 보 균열 개략도	75
<그림 2-64> 배수장 벽체 균열 개략도	76
<그림 2-65> 양수장 옥내 대표적 손상유형 개략도	76
<그림 2-66> 양수장 옥외 대표적 손상유형 개략도	77
<그림 2-67> 배수장 노후손상유형	80
<그림 2-68> 배수장 노후손상원인	80
<그림 2-69> 양수장 옥내 노후손상유형	81
<그림 2-70> 양수장 옥외 노후손상유형	81
<그림 2-71> 양수장 노후손상원인	82
<그림 2-72> 양수장 노후손상원인별 유형	83
<그림 2-73> 배수장 노후손상원인별 유형	84
<그림 2-74> 수로교 상부 일반구조도	85
<그림 2-75> 수로교 하부 일반구조도	85
<그림 2-76> 수로교 노후손상 개략도	88
<그림 2-77> 수로교 상부구조 노후손상유형	90
<그림 2-78> 수로교 하부구조 노후손상유형	91
<그림 2-79> 수로교 노후손상원인	91
<그림 2-80> 수로교 노후손상원인별 유형	92
<그림 2-81> 암거 일반 구조도	93
<그림 2-82> 암거 유입부 및 유출부 노후손상유형	96
<그림 2-83> 암거 암거부 노후손상유형	96

<그림 2-84> 암거 노후손상원인	97
<그림 2-85> 암거 노후손상원인별 유형	98
<그림 2-86> 잠관 일반 구조도	101
<그림 2-87> 잠관 유입부 및 유출부 노후손상유형	102
<그림 2-88> 잠관 암거부 노후손상유형	102
<그림 2-89> 잠관 노후손상원인	103
<그림 2-90> 잠관 노후손상원인별 유형	104
<그림 2-91> 터널 일반도	105
<그림 2-92> 터널 유입부 및 유출부 노후손상유형	109
<그림 2-93> 터널 터널부 노후손상유형	109
<그림 2-94> 터널 노후손상원인	110
<그림 2-95> 터널 노후손상원인별 유형(1)	111
<그림 2-96> 터널 노후손상원인별 유형(2)	112
<그림 2-97> 개거 일반구조도	114
<그림 2-98> 개거 이음상세도	114
<그림 2-99> 개거 노후손상유형	116
<그림 2-100> 개거 노후손상원인	117
<그림 2-101> 개거 노후손상원인별 유형	118
<그림 2-102> 방수문 노후손상 유형	120
<그림 2-103> 방수문 노후손상원인	121
<그림 2-104> 방수문 노후손상원인별 유형	122
<그림 2-105> 슬라이드게이트형 분수문 일반도	124
<그림 2-106> 분수문 노후손상유형	125
<그림 2-107> 분수문 노후손상원인	126
<그림 2-108> 분수문 노후손상원인별 유형	127
<그림 2-109> 롤러 게이트형 제수문 일반도	128
<그림 2-110> 제수문 구체 노후손상유형	130
<그림 2-111> 제수문 벽체 및 날개벽 노후손상유형	131
<그림 2-112> 제수문 노후손상원인	131

<그림 2-113> 제수문 노후손상원인별 유형	132
<그림 3-1> 시험용 공시체 상세도	196
<그림 3-2> 부착 강도 시험 전경	197
<그림 3-3> 동결융해 시험기 장치 전경	200
<그림 3-4> 동탄성계수 측정기	200
<그림 3-5> 전기 회로도	201
<그림 3-6> 전압 재하 장치	201
<그림 3-7> 염소 이온 투과시험 전경	201
<그림 3-8> 중성화 촉진 실험장치 모식도	203
<그림 3-9> 중성화 촉진 시험장치	204
<그림 3-10> 중성화 깊이 측정	204
<그림 3-11> 보수·보강의 필요여부 판단 순서도	216
<그림 3-12> 콘크리트 수리구조물 성능과 사용수명 및 보수보강 시기	217
<그림 3-13> 콘크리트 구조물의 일반적인 성능저하도	217
<그림 3-14> 강도설계법의 개념	219
<그림 3-15> 박판패널로 보강된 철근콘크리트 보의 하중평형상태	225
<그림 3-16> 보강재 단부 콘크리트의 사인장파괴를 방지하기 위한 보강	228
<그림 3-17> 보강구조물의 중립축거리 계산을 위한 환산단면적	229
<그림 3-18> 주입효과 확인용 콘크리트 코어	233
<그림 3-19> 경사전단시험 개요	233
<그림 3-20> 박리시험법	235
<그림 3-21> 인장파괴형태	235
<그림 4-1> 수로교 균열부 위치도	238
<그림 4-2> 익스펜션조인트 설치,보수용 자재반입	314
<그림 4-3> 바닥면 바탕청소	314
<그림 4-4> 익스펜션 조인트설치, 벽면커팅	315
<그림 4-5> 익스펜션 조인트설치,열화바닥면 바탕정리	315
<그림 4-6> 부식철근 녹제거	316
<그림 4-7> 열화된 콘크리트 단면보수보강	316

<그림 4-8> 양벽면에 조인트 설치	317
<그림 4-9> 익스펜션 조인트 설치와 바닥면콘크리트 단면복구 완료	317
<그림 4-10> 익스펜션조인트와 시공조인트(상부)설치완료	318
<그림 5-1> GIS를 이용한 시설물의 관리기법의 진화	330
<그림 5-2> 당초 농업수리구조물 보수보강공법 선정 DB 시스템의 관계도	332
<그림 5-3> 변경 농업수리구조물 보수보강공법 선정 DB 시스템의 관계도	332
<그림 5-4> 평야부 농업수리구조물의 분류체계 및 손상형태 구조 테이블관계	333
<그림 5-5> 안전진단 프로그램 사용자 환경 시스템의 흐름도	337
<그림 5-6> 표준 노후손상정보의 개략 정보 제공	338
<그림 5-7> 공법등록 진행과정 및 최종승인공법 관리 테이블	339
<그림 5-8> 공법 등록 및 신청을 위한 공법소유권 회사 등록 테이블	340
<그림 5-9> 공법 신청을 원하는 업체 등록 정보	340
<그림 5-10> 업체별 인증된 보수보강공법 신청 양식	341
<그림 5-11> Web 환경과 데이터베이스의 3-tier 연결	343
<그림 5-12> 3-tier 시스템의 개요	345
<그림 5-13> 시스템 운영방법(예)	347
<그림 5-14> 노화원인별 구조물에 적합한 공법의 단계별 검색과정 활용	348
<그림 5-15> 등록된 공법에 대한 지정 회사정보 및 실제 진단 과정에서 활용된 통계	349

용어해설

본 보고서에 사용된 용어를 다음과 같이 정의한다.

- 개량[공사] : 기존 시설물을 현재의 상태보다 더욱 양호한 상태로 고치거나 사회적·경제적 여건 변동에 부응하기 위하여 시행하는 시설물의 개조.
- 개보수[공사] : 노후시설을 수리하여 원래의 기능을 회복시키는 작업.
- 개수 : 노후된 건물 등의 성능, 기능을 초기의 수준이상으로 개선하는 것
- 건조수축 : 경화된 콘크리트가 건조에 의해 수축하는 현상
- 공동 : 요철이나 급격한 굴곡을 갖는 콘크리트 표면에 따라 고속의 물이 흐른 경우 및 장애물 등에 의한 국부적인 압력강화로 발생하는 부압에 의한 공식 손상 현상. 공동 현상이 발생하는 한계유속은 개수로에서 7.5m/s 정도로 보고되고 있음.
- 교환 : 노후된 콘크리트부재, 부위의 전부 또는 부분을 바꾸는 것
- 균열 : 구조물이나 재료의 표면이 갈라져 나타난 금. 콘크리트 구조물 또는 부재에 콘크리트의 허용응력 이상의 응력이 작용하여 콘크리트에 부분적으로 가는 금 또는 틈이 발생하는 현상.
- 기능 : 목적 또는 요구에 응하여 물건 또는 구조체가 이행하는 역할
- 내구성 : 기상작용, 화학적 침식작용, 기계적 마모작용, 기타의 노후작용에 대해 장기간 견디는 콘크리트의 성능
- 내구성능 : 구조물의 노후에 대한 저항성을 어느 수준이상의 상태로 단속하여 유지하는 능력
- 내용년수 : 건축물 또는 그 부분의 사용이 끝날 때까지의 년수
- 노후 : 물리적·화학적·생물적 요인에 의해, 구조물의 품질이나 성능이 해가 갈수록 저하하는 것
- 노후도 : 물리적, 화학적, 생물적 요인에 의해 물체의 성능이 저하되어 있는 정도를 나타내는 지표.
- 노후억제 : 노후요인을 내재하여 가지고 있거나, 노후 외력의 작용을 받는 부재의 노후진행의 속도를 억제하는 것.

- **노후외력** : 콘크리트 부재·부위에 작용하여 노후를 직접 일으키는 노후요인 중 주로 외부환경에 관계하는 것
- **노후요인** : 구조물의 성능 저하에 영향을 미치는 주된 인자
- **노후원인** : 노후증상을 가져오는 노후요인
- **노후증상** : 노후요인에 의해 물체의 성능이 저하는 것에 동반하여 표면에 보이는 증상이나, 몸으로 느끼게 되는 증상을 말함(단, 지진이나 화재에 의한 것을 제외). 노후요인은 달라도 노후증상은 같은 것이 존재.
- **노후진단** : 사전조사나 일차 노후조사내지 3차 노후조사에 있어서 노후현상의 관찰·측정·시험의 결과 등을 기준으로 노후의 종류, 정도를 파악하고 노후원인에 의해 노후현상을 일으키는데 이르는 노후기구를 설명하는 것. 노후조사와 같은 의미로 사용.
- **노후현상** : 구조물이 노후하는데 따라 나타나는 현상. 노후요인의 영향에 의해 생기는 성능이 저하된 증상을 지칭.
- **누수** : 물이 존재하는 환경 하에서는 물이 부재단면을 투과해 배어 나오거나 또는 부재내부나 부재사이의 간극 부분을 통해 물이 누출되는 현상. 여기서 간극 부분은 콘크리트 부재 내부에 발생한 균열, 부재사이의 시공이음, 접합부 등을 총칭.
- **동결융해** : 콘크리트 중의 수분이 동결과 용해를 반복하여 균열이 발생하거나 표층이 박리하여 표층으로부터 점차 성능저하가 이루어지는 현상.
- **마모 및 파손** : 물리적인 충격에 의하여 콘크리트가 손상을 입은 상태.
- **배수갑문** : 하구의 담수호, 간척지 등 방조제로 해수와 차단된 지역의 내수를 배제하기 위해 설치되어 바다로 배수하는 배수문이다. 상하로 이동하는 슬라이드식과 힌지로 회전되는 레이디얼 식이 있다.
- **백화** : 콘크리트 내부 또는 주변의 가용성분이 수분의 이동에 의해 콘크리트 표면으로 이동하여 표면에서의 수분증발이나 공기 중의 탄산가스 등의 흡수에 의해 용해되고 있던 성분이 석출하는 것 또는 그 석출물.
- **보강** : 건축물에 있어서 콘크리트 구조부재의 변형과 내력을 개량하여 실용상 지장이 없는 상태가 되게 하는 것
- **보수** : 노후된 부재 또는 부품 등의 성능 또는 기능을 원상 또는 실용상 지장이

없는 상태까지 복구시키는 것. 철근부식에 의해 생긴 부재변형과 내력의 저하를 개선하고, 초기상태로 되돌리는 것도 보수에 포함

- **복구[공사]** : 재해 등의 요인으로 파괴되거나 변형되어 본래의 기능을 상실한 시설물을 원형으로 만들어 본래의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 보수하는 작업.
- **설계내용년수** : 건물의 설계에 있어서 목표로 하는 건축물 또는 그 부분의 내용년수
- **설계조사** : 설계자가 보수·보강 설계 도서를 작성하기 위해 행하는 조사
- **성능** : 목적 또는 요구에 의하여 구조물이 발휘하는 능력
- **세굴** : 구조물의 하부 또는 바닥이 유수에 의해 마모되어 유실된 상태.
- **수리시설개보수사업** : 농업용수리시설로서 노후되거나 기능이 약화된 시설을 개량 또는 보수하여 재해위험을 방지하고 기능을 회복시키거나 개선하는 사업으로 시설의 유지관리를 위한 사업이다.
- **수밀성** : 콘크리트 내부에의 물의 침입 또는 투과에 대한 저항성
- **수선** : 노후된 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
- **시공조사** : 수선공사를 시공하는 때에 수선설계도와 같게 시공될 수 있는 지를 확인하기 위한 조사
- **염해** : 콘크리트중의 염화물 이온에 의해 강재가 부식하고 콘크리트에 균열, 박리 등의 손상을 가져오는 것
- **외래 염화물** : 구조물의 완성 후에 해수, 비래염분, 용빙제 등에 포함된 염화물이 콘크리트의 표면에서 내부로 침투하여 콘크리트에 주어진 염화물
- **유지관리** : 완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위하여 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상 복구하는 등 시설의 기능유지 보전에 필요한 활동을 하는 것. 영어로 O&M이라 할 경우는 조작(operation)이 포함된 유지관리이고 maintenance라 하면 조작이 포함되지 않은 좁은 의미의 유지관리이다.
- **응급처치** : 1차 진단을 시행한 결과, 주로 안전 대책상, 응급적으로 행하는 처치로서 보수, 교환기술지침에서 취급하는 보수보강과는 다르다.

- **일상점검** : 대상물의 일상 운용되고 있는 때에 가능한 점검
- **전기 화학적 보수** : 단기간 또는 상시전기를 통함으로써 철근의 부식진행을 억제하는 보수 공법. 전기방식공법, 재알칼리화 공법, 탈염공법등을 포함
- **점검** : 대상물이 기능을 수행하고 있는 상태 및 대상물의 감모(減耗)의 정도 등을 조사하는 것
- **정기점검** : 전문적인 건축기술자에 의해 시기를 정하여 정기적으로 행하는 점검
- **조사** : 보수·보강의 여부 판정, 보수·보강계획의 작성, 보수·보강공사의 설계 및 시공에 필요한 정보의 수집·정리·확인을 행하는 것
- **중성화** : 콘크리트가 공기 중의 탄산가스 및 수중에 존재하는 탄산이온, 산성가스 또는 염류의 작용 등에 의하여 알칼리성을 상실하는 현상.
- **진단** : 조사결과를 근거로 노후증상을 파악하고, 노후도를 판정하고, 노후원인을 추정하고, 노후에 이르는 메커니즘을 해명하고, 보수·보강설계 및 보수·보강공사의 방향을 정하는 것.
- **철근 부식** : 콘크리트의 중성화, 균열 및 유해이온 등에 의하여 철근의 녹이 생기는 현상.
- **초기내재 염화물** : 시멘트, 물, 골재, 혼화재료 등에 포함된 염화물에 의해 콘크리트의 제조시에 콘크리트에 주어진 염화물.
- **초기동해** : 응결경화의 초기에 받는 콘크리트의 동해
- **투수성** : 콘크리트의 내부를 압력차에 의해 물이 이동하는 경우의 이동하기 쉬운 정도
- **표면 박락** : 콘크리트 중의 일부재료가 구조물 또는 부재의 층 사이에 박리가 생겨 파손되는 현상.
- **표면 박리** : 콘크리트 중의 일부재료가 철근부식 등에 의하여 콘크리트 구조물 또는 부재의 표면이 분리되어 떨어지는 현상.
- **표면 부식** : 콘크리트의 표면이 동해, 마모, 중성화, 균열, 유해이온 및 화학침식 작용 등에 의하여 팍아웃, 박리 및 박락과 같은 표면 손상을 일으키는 현상.
- **표면 탈락** : 콘크리트 중의 일부재료가 구조물 또는 부재의 표면으로부터 분리되어 떨어져 나가거나 박리가 생겨 파손되는 현상.

제 1 장 연구개발 과제의 개요

제1절 연구개발 목적

제2절 연구개발의 필요성

제3절 연구 내용 및 범위

제4절 국내외 관련기술의 현황과 문제

제5절 연구기간 및 참여 연구원

제 1 장 연구개발 과제의 개요

제1절 연구개발 목적

본 연구는 농업기반시설관리규정의 안전점검 대상에서 제외되는 3종 시설물 중 콘크리트 수리구조물에 나타나는 노후손상에 대한 정밀현장조사를 실시하여 노후손상 현상을 수리구조물별로 구분함. 또한 노후손상형태별 원인을 분석하여 시설물 관리자들이 적절한 보수보강 공법을 선정할 수 있도록 영상 DB화하여 수리구조물 보수보강 시스템을 개발을 목적으로 함

제2절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

- 농업기반시설 관리규정에서 안전점검대상에서 제외되는 3종 시설물은 용수로 또는 배수로의 구조물로서 규모는 작으나 농업용수를 도수하는 핵심적인 역할을 수행하는 구조물이다. 그러나 이들 구조물은 사용중의 환경조건이 구조물별로 서로 다르므로 손상현상도 구조물별로 서로 다르게 나타나며, 손상의 원인도 서로 다름
- 수리구조물의 개보수 시점은 비관개기에 한정되며, 이 시기는 앞선 장기간의 급수로 인해 콘크리트 조직내 공극이 관개용수로 포화되어 있는 경우가 많으며 이 경우 기존의 알려진 개보수 공법의 적용성 여부가 어려움. 따라서 기존에 알려진 개보수 소재나 공법이 습윤상태의 콘크리트 적용 여부와 개보수 소재의 물리적 특성의 진위여부에 대한 검증이 필요
- 콘크리트 구조물에 나타나는 손상에 대한 정밀현장조사를 실시하여 손상형태를 구조물별로 체계화하고 이를 영상 DB화하며, 손상형태별 원인을 규명하고 적절한 보수보강공법을 선택할 수 있도록 시스템을 개발하여 보급함으로써 시설물 관리자들이 적기에 적절한 보수보강 공법을 선정할 수 있도록 하는 것이 시급히 필

요.

2. 경제·산업적 측면

- 시설물 관리자는 구조물의 사용기간 동안 구조물 상태를 파악하여 단순한 수선 또는 보수보강의 방법을 통하여 목표내구연한 이상으로 구조물의 수명을 연장함으로써 기존구조물의 재건설 소요비용 절감
- 내구연한 증대에 따른 기존구조물의 재건설 주기의 증가로 인해 콘크리트 1m³을 축조하기 위해 발생하는 천연자원 및 기타 부분에 의해 발생하는 환경비용 약 34,172원의 절약 가능.
- 농업기반공사가 관리하는 용수간지선 33,732km를 구조물화 할 경우 구조물의 내구연한에 따른 연평균 경제적 손실과 환경비용을 분석한 결과 구조물의 개보수 시점을 너무 늦게 선정하여 구조물 전체를 헐고 재시공해야 할 경우, 예를 들어 사용연한 20년 만에 전면 재시공이 필요한 경우 연평균 약 6,100억원(경제비용 5,700억원, 환경비용 400억원)이 소요되나 사용중간에 적절히 개보수하여 사용연한 40년만에 전면 재시공한다면 연평균 약 3,629억원이 필요하므로 연평균 2,471억원에 해당하는 막대한 국가적 비용을 절약이 가능.
- 막대한 경제적, 환경적 비용을 절약하기 위해서는 비전문적인 시설물관리자가 사용 중 계속적으로 수리구조물의 손상유형, 발생원인 및 대책을 신속 정확히 파악할 수 있도록 체계적인 정보를 제공하는 시스템의 개발 보급이 시급히 필요.

3. 사회·문화적 측면

- 농업기반 수리구조물의 경우 소형이고 광역에 산재해 있으므로 진입로가 없어 사용 중 개보수 여건이 매우 열악하여, 구조물 전체를 헐고 재시공할 경우 공사용 자재의 보관장소는 물론이고 운반로가 사용되어야 하는 등 등 개보수 대상 구조물 자체보다는 훨씬 더 넓은 면적의 농경지가 훼손되어야 하는 등 농촌공간의 환경훼손이 심각하게 발생
- 수리구조물을 전면 개보수할 지라도 소형구조물이므로 발생하는 콘크리트 폐기물

량이 많지 않고 운반로가 적절치 못해 주변 농경지에 폐기되는 사례가 빈번히 발생하여 농경지 토양오염을 가중

- 특히 3종 수리구조물은 관개용수를 도수하는 시설인데 급수 중 손상부위를 통한 누수 등이 빈번히 발생하여 인근 농경지에 습해를 유발하는가 하면, 누수로 인한 미관저하로 농촌공간의 자원가치를 잠식하는 경우가 자주 발생
- 시설물관리자는 시설물의 유지관리업무 외에도 물관리업무와 기타 업무에 많은 시간을 할애하는 일반적 기술수준의 관리자가 대부분으로 구조물에 어떤 손상이 발생되었을 경우 시설물관리자는 구조물에 발생한 손상의 정도와 원인을 판단하기 어려움. 따라서 적절한 수선 혹은 보수보강 등의 대책을 수립하는 것이 불가능하므로 전문적인 지식이 없는 시설물관리자가 구조물에 발생된 손상의 정도와 원인에 대하여 이해하고 그에 맞는 대책을 신속히 인터넷을 통하여 제시받는 시스템의 개발 및 보급이 필요

제3절 연구 내용 및 범위

1. 1차년도

- 콘크리트 수리구조물의 손상데이터 구축
 - 정밀현장을 위한 예비답사시행
 - 정밀현장조사
 - 대상 : 종단구조물 4(양수장, 배수장, 배수갑문, 수로교) 종류
 - 각 구조물별로 20개 지구씩 정밀조사계획수립
 - 설계 및 시공현황자료수집 : 시공년도(사용년도), 설계도면, 콘크리트 압축강도, 시공방법(현장타설, 레미콘 등)
 - 손상부위에 대한 정밀조사 : 근접사진촬영, 손상부위 스케치, 균열폭 측정, 하중재하상태 및 주요하중 추정자료 획득, 비파괴압축강도, 중성화
 - 손상종류를 구조물별로 유형화
- 농업용 수리구조물에 대한 손상원인 규명
 - 정밀조사 구조물에 대하여 사용목적별, 재료, 시공, 구조 및 외력, 환경과 사용

등을 고려한 상세 손상원인 규명

- 콘크리트 구조물 피해사례자료 수집
- 자재불량, 시공불량, 과다하중작용 등 직간접적인 손상원인 파악
- 손상정도에 따른 그룹화 작업

○ 보수보강 자료수집 및 콘크리트 수리구조물에서의 적용성 검토

- 보수보강 소재 및 공법 수집, 분석을 통한 콘크리트 수리구조물 적용성 검토
- 보수보강 소재 및 공법의 품질시험을 통한 평가
- 보수보강 시점 판단 기준 정립

○ 보수보강 시스템 개발

- DB구축을 위한 프로그램 개발
 - 구조물별 손상부위별 사진자료, 원인설명자료, 보강방법 DB구축 및 프로그램 개발
 - 시설물관리자가 관리하고 있는 시설물에서 어느 특정부위에 대한 손상을 파악한후 프로그램을 이용하여 기 구축된 사진DB자료를 비교하여 확인한 후 손상원인 및 보강 방법을 제시받도록 프로그램 개발
 - 사용자/관리자가 추가되는 DB를 추가 할 수 있도록 프로그램 개발

2. 2차년도

○ 농업용 수리구조물 손상데이터 구축

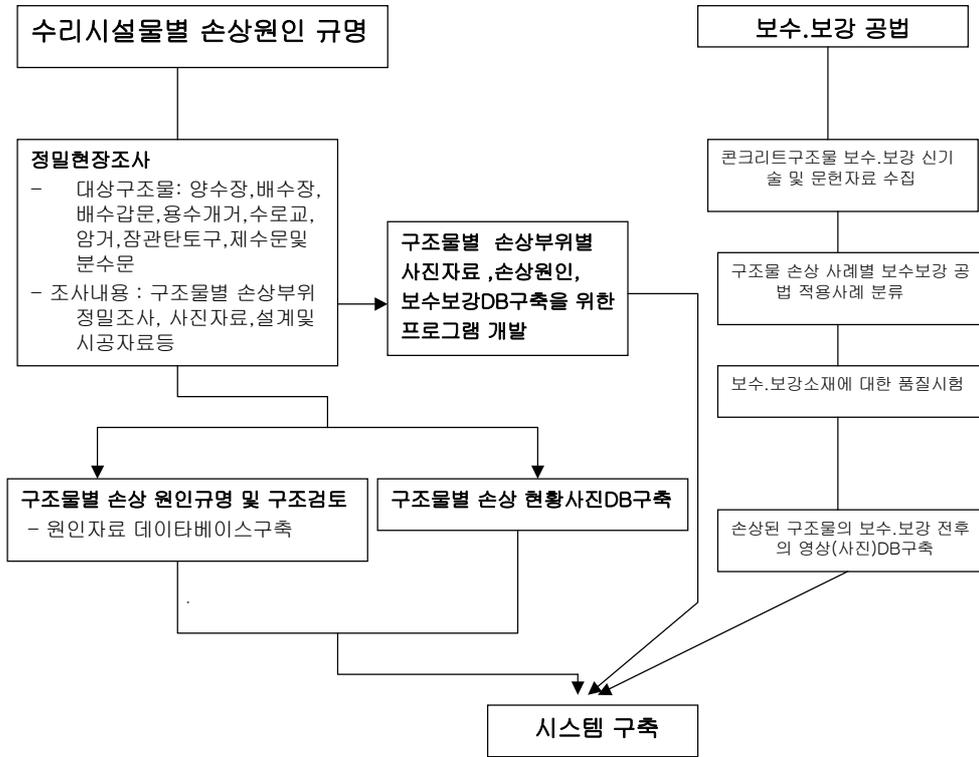
- 정밀현장을 위한 예비답사시행
- 정밀현장조사
 - 대상 : 종단 구조물 4(개거, 암거, 잠관, 터널) 종류
 - 각 구조물별로 20개지구씩 정밀조사계획수립
 - 설계 및 시공현황자료수집 : 시공년도(사용년도),설계도면,콘크리트압축강도,시공방법 (현장타설, 레미콘등)
 - 손상부위에 대한 정밀조사 : 근접사진촬영, 손상부위 스케치, 균열폭 측정, 하중재하상태 및 주요하중 추정자료 획득,비파괴압축강도, 중성화

- 농업용 수리구조물에 대한 손상원인 규명
- 보수보강 자료수집 및 콘크리트 수리구조물에서의 적용성 검토
- 보수보강 시스템 개발
 - DB구축 및 프로그램 개발

3. 3차년도

- 콘크리트 수리구조물의 손상데이터 구축
 - 정밀현장을 위한 예비답사시행
 - 정밀현장조사
 - 횡단구조물 3 (분수문, 제수문, 방수문) 종류
 - 총 40개 지구 정밀조사 계획수립
 - 설계 및 시공현황자료수집 : 시공년도(사용년도),설계도면,콘크리트압축강도,시공방법(현장타설,레미콘등)
 - 손상부위에 대한 정밀조사 : 근접사진촬영, 손상부위 스케치, 균열폭 측정, 하중재하상태 및 주요하중 추정자료 획득, 비파괴압축강도, 중성화
 - 손상종류를 구조물별로 유형화
- 농업기반 수리구조물의 손상원인 규명 및 수리구조물 시범시공
- 보수보강 자료수집 및 콘크리트 수리구조물에서의 적용성 검토
- 보수보강 시스템 개발

연구추진 체계



제4절 국내외 관련기술의 현황과 문제

- 농업기반 수리구조물은 저항능력이 하중효과보다 크게 설치된 경우가 일반적이므로 손상으로 인한 저항능력 감소가 있어도 여전히 저항능력이 하중효과보다 큰 경우가 있는가 하면 하중효과보다 낮은 상태까지 저항능력이 감소하여 저항능력의 복원이 필요한 경우 발생
- 콘크리트 구조물의 손상형태나 보수보강에 대한 일반적인 연구나 관련 논문은 상당수 있으나 대상구조물이 교량이나 건물과 같이 항상 건조상태에 있는 대형 일반 구조물에서의 저항능력 복원에 한정되어 있으므로 농업기반 수리구조물과 같이 사용 중 항상 물과 접하는 등 환경하중이 매우 크게 작용하여 기존의 연구자

료를 수리구조물에 직접 적용할 수 없으므로 내구성을 추가로 검토하여 보수보강을 결정하는 것이 필요

- 일반적인 시설물관리자가 쉽게 접근할 수 있도록 농업기반공사가 관리하고 있는 실 구조물을 대상으로 구조물별, 주요 손상부위별로 방대한 자료(사진자료)를 수집, 분석, 검토하여 손상종류를 유형화하고 유형별 원인을 분석 정의하며, 원인에 따른 보수보강 대안제시를 할 수 있는 별도의 시스템 개발이 필요

제5절 연구기간 및 참여 연구원

1. 연구기간 : 2002년 10월 15일 ~ 2005년 10월 14일

2. 연구책임자

구분	세부과제명	소속기관	성명 및 지위
총괄	○ 콘크리트수로구조물의 손상현황 유형화 및 원인분석 등 ○ 콘크리트수로구조물별 손상유형별 보수보강소재의 평가 및 체계화	농업기반공사 농어촌연구원	박 광수 실장
협동	○ 콘크리트수로구조물의 보수보강시스템개발	서울대학교	이 정재 교수

3. 분야별 참여연구원

세부과제	세부내용	참여연구원
수리구조물의 손상 현상 유형화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정밀현장조사를 위한 예비답사 ○ 정밀현장조사 : 손상부위에 대한 정밀 사진촬영, 압축강도 측정, 중성화 진행도 측정, 설계현황자료수집, 균열길이 및 폭 측정 ○ 수리구조물별 손상현황 유형화 	농어촌연구원 신수균 조영권 김명원 전상옥
수리구조물별 손상유형 의 발생원인 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수리구조물별 손상유형별 발생원인 규명 	농어촌연구원 박광수 공길용 강병윤
보수보강 소재의 평가 및 체계화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 보수.보강공법에 대한 기술자료 수집 및 분석 ○ 기존 보수보강 소재의 품질시험 평가 ○ 기존 보수보강 소재 및 공법의 수리구조물 적용 타당성 분석 ○ 보수 보강시점 판단 기준 정립 	농어촌연구원 김석열 이강열 김관호 이준구
수리구조물의 보수 보강공법 시스템 프 로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정밀현장조사자료 DB구축 ○ 규명된 발생원인의 DB 구축 ○ 콘크리트 수리구조물에 적합한 보수보강소재 및 공법의 DB구축 ○ 보수 보강시스템 개발완료 	서울대학교 이정재 김한중 정연철 박미정 한이철

제 2 장 농업기반 수리구조물의 노후손상 현상과 원인

제1절 수리구조물의 현장 조사 및 진단

제2절 수리구조물의 노후손상 유형

제3절 수리구조물의 노후손상 원인

제4절 수리구조물의 노후손상 현황 유형화

제 2 장 농업기반 수리구조물의 노후손상 현상과 원인

일반적으로 농업기반 수리구조물을 설계, 시공할 때 설계자나 시공자는 수리구조물의 안정성과 사용성 및 내구성을 어떤 특정한 사용기간 동안 유지될 것을 조건으로 설계 및 시공하게 된다.

여기서, 사용성이란 구조물을 설치할 때 목적으로 했던 기능(예: 용수구조물은 필요수량을 도수)을 충분히 수행할 수 있는 능력을 말하며, 내구성이란 어떤 특정한 사용기간 동안 만족할만한 수준의 신뢰성과 사용성을 유지하는 능력을 말한다. 또한 특정한 사용기간을 내구연한이라 하며, 국내에서는 내용연한이나 사용연한이라는 용어로도 불린다. 수리구조물이 가지는 실제 저항력이 아무리 낮아지더라도 확대하중보다 작아 질 경우 수리구조물은 안전성이 없으므로 구조물을 헐고 재시공하거나 보수보강을 통하여 수리구조물의 기능회복을 시켜야 할 것이다.

특히 평야부에 설치된 콘크리트 수리구조물은 정밀안전진단을 실시하지 않으며, 내구연한에 대한 어떠한 조사분석 자료도 아직까지는 없는 상태이다.

<표 2-1>은 국내 농업기반조성사업 수리시설물에 대한 목표내구연한을 문헌정리한 것이지만 대부분의 농업기반 정비사업으로 설치되는 콘크리트 수리구조물의 사용연한은 평균 18년에 불과한 것으로 추정되므로 일반적인 콘크리트 구조물의 수명 50~70년의 1/4에 불과하여 매우 단기적이다. 농업기반 콘크리트 수리구조물의 사용연한이 이처럼 단기적인 원인을 살펴보면 첫째 초기 건설비가 적게 드는 콘크리트 즉 설계기준강도나 호칭강도가 낮은 콘크리트를 사용한 결과를 들 수 있으며, 둘째 원인으로서는 농업기반 콘크리트 수리구조물의 열악한 시공 중 품질관리 여건을 들 수 있다.

한편, 관개배수가 우리나라 벼농사의 근간이 되므로 관개기간 동안에는 콘크리트 구조물의 표면과 배면이 항상 물과 접촉하고 있으며, 비관개기에는 배면 토양속에 포화된 물이 콘크리트 배면과 항상 접하고 있다. 이처럼 구조물 내외가 항상 물이 접하고 있음에 따라 콘크리트 조직내부에 형성된 모세관 공극을 통하여 건조한 표면 또는 배면을 향하여 물이 유출되어 나오게 된다. 더구나 국내의 기온분포가 여름에는 높지만 겨울에는 매우 혹독한 추위를 나타내고 있다. 이에 따라 느슨한 콘크리트

조직내로 침투한 관개용수나 지하수는 동절기에 얼게 되며, 이러한 과정에서 부피팽창을 일으켜 콘크리트내 균열을 발생시키고, 진전된 균열은 관개용수나 지하수 및 이산화탄소나 산소와 같은 유해성분의 침투를 가속화시켜 콘크리트를 조기에 노화시키는 열악한 환경에 콘크리트 수리구조물은 노출되어 있다. 따라서 본 조사를 통하여 수리구조물별 노후손상을 분류하고 노후원인을 분석하였다.

<표 2-1> 수리구조물의 목표 내구연한

시설물	구분	핸드북 ^{a)}	분석기준 ^{b)}	투자심사 ^{c)}	설계편람 ^{d)}	설계편람 ^{e)}	
저수지	흙댐 콘크리트댐	60 80	60	70	70	70	
보	콘크리트 돌쌓기	50 40	40	40	40	40	
수로	용배수로	콘크리트블럭 돌(찰,메)쌓기 흙수로	40 20~30 10~20	40	40	40	40
	터널	콘크리트라이닝 막 파기	50 40		70	70	70
	수로교	철근콘크리트	50		30	30	30
	암거	철근콘크리트	50				
	잠관	흙관 콘크리트관	40 30				
간척	방조제 배수갑문 배수문	100	100	100	100	100	
		50	40	40	40	40	
		30	-	-	-	-	
도로	노면	간선	25	-	50	50	50
		지선	15	-	50	50	50
	교량	콘크리트	50	-	-	-	-
양배수장	토목공사 펌프,원동기		40	40	40	40	
		20	-	40	40	40	

※ 주 a) : 농업토목핸드북(1982, 농수산부,농어촌진흥공사)
 b) : 농업경제조사·분석기준(2000, 농업기반공사)
 c) : 투자심사편람<농업부문>(1982, 경제기획원)
 d) : 농촌용수계획설계편람(1998, 농어촌진흥공사)
 e) : 농업토목설계편람(1967, 농수산부)

제1절 수리구조물의 현장 조사 및 진단

1. 수리구조물의 현장 조사 기본

콘크리트 수리구조물은 내구성을 저해하는 내적 또는 외적 요인으로 인하여 발생하는 열화현상 즉 균열, 표면박리박락 등에 의한 결함을 보수보강하여야 그 기능을 유지 또는 발휘할 수가 있다. 콘크리트 수리구조물의 내구성에 영향을 미치는 주요인으로는 불량한 시공관리, 건조수축, 온도변화, 콘크리트의 수분흡수, 철근의 부식, 동결융해, 공동 등을 들 수 있다. 이와 같이 나열된 각각의 원인으로 인한 열화현상은 일정한 형태로 나타나지만 일반적으로 콘크리트 수리구조물에 발생하는 결함은 단 한가지의 원인이 아닌 복합적인 요인에 의하여 발생되기 때문에 열화형태도 복잡적이 될 수 밖에 없다. 따라서 열화된 수리구조물을 진단하여 그 원인에 따라 구조물을 보수보강하는 사업은 매우 어려운 문제이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 수리구조물의 각종 열화현상에 대한 노후손상을 유형화 시키고 그 원인을 분석하였다. 그리고 그 원인에 따른 적절한 보수보강공법을 데이터베이스화 하여 실무자들에게 도움을 주고자 하였다.

먼저 노후진단에서는 구조물의 현재 상태를 고려하여 보수보강을 할 것인지 여부와 보수를 할 경우에는 어느 공법이 적절한지 판단을 한다. 조사는 노후진단을 위한 기초자료를 얻기 위하여 하는 것이기 때문에 진단시 그릇된 판단을 하지 않도록 적절한 조사항목과 조사방법을 채용하고 신중히 실시하는 것이 중요하다.

조사에는 구조물개요조사, 외관육안조사 및 상세조사의 3종류가 있다.

구조물개요조사는 설계서, 시공기록, 과거의 점검 및 보수공사에 관한 기록 등의 서류를 조사하고, 구조물관리자를 상대로 청문조사를 실시하는 것으로서, 구조물의 고유한 자료를 조사하기 위하여 행하였다. 외관육안조사는 노후증상 유무와 노후현상의 종류를 파악하고 노후손상도를 판단하기 위하여 수행하였다. 상세조사는 정밀 현지조사를 실시하고 채취시료의 분석조사에 의거한 노후현상의 규명, 노후도의 판정, 보수보강의 필요성 판정 및 보수보강 공법을 선정하기 위해 실시한다.

따라서 구조물개요조사 및 외관육안조사는 반드시 행하고, 상세조사는 구조물개요조사 및 외관육안조사로서도 노후도의 판정, 노후원인의 규명, 보수보강 여부의 판

정, 보수보강공법의 선정에 을 필요한 충분한 자료를 얻을 수 없는 경우에 수행하며, 본 연구에서는 이러한 조사 과정을 거쳐 DB 구축 자료를 수집하였다.

일반적으로 상세 조사를 한 후에 최종적인 진단을 하지만 지식이 풍부하고 경험을 축적한 조사·진단 전문가라면 구조물 개요조사와 외관 육안조사로부터 얻어진 자료 즉, 구조물의 입지조건, 경력 등의 정보와 균열의 형태, 콘크리트의 부풀음의 상황 등의 자료로부터 노후도 및 노후원인을 판정할 수 있는 기초자료로 사용하였다.

본 조사에서는 정밀현장조사 이전에 전국 8개도에 대하여 협조공문을 시행하여 조사의 목적에 적합한 수리구조물에 대한 예비답사지구를 의견수렴하였다. 그리고 정밀현장조사는 조사대상지구의 접근 용이성, 코어채취 공간의 확보 용이성, 지역적 분배성을 고려하여 대상지구를 선정하였다. 정밀현장조사 구조물 중 1차 년도에 40개 지구, 2차년도에 40개 지구, 3차년도에 20개 지구를 정밀현장조사를 실시하였다. 정밀현장 조사시 조사내용은 구조물의 손상을 될 수 있는 대로 저장하기 위하여 철근 탐지기를 사용하여 철근탐지를 실시하고 비파괴 압축강도시험과 콘크리트 코어 시료를 채취하였다. 현장 측정으로는 슈미트 해머(Schumit Hammer)로 구조물에서 코어를 채취하기 전에 코어 채취부위의 비파괴 압축강도를 측정하였다. 측정된 반발경도를 이용한 강도 추정값의 신뢰도를 고려하여 콘크리트 표면을 평활작업(3mm 그라인딩)으로 매끈하고 깨끗하게 처리하여 25회 타격 하였으며, 측정값의 $\pm 20\%$ 이 되는 값은 버리고 나머지를 산술평균하여 값을 구하고, 타격방향 및 기타 영향인자에 대한 값을 보정하여 조사 하였다

콘크리트 코어채취는 철근탐지기로 철근위치를 탐사한 다음 철근이 손상되지 않도록 부위를 마크하고 코어를 채취하였으며, 코어를 채취한 부분은 무수축 모르타르와 초속경 모르타르 및 레미탈을 사용하여 보수하였다.

2. 현장 조사의 계획

농업기반 콘크리트 수리구조물의 노후조사에 있어서 조사를 원활히 추진하고 정확한 조사결과를 얻고 확실한 진단이 되도록 조사계획서를 작성하여야 한다. 조사는 구조물의 개요 및 경력의 조사, 외관 노후상황의 조사 및 노후원인을 규명하기 위한 상세조사로 이루어지며 이들 조사의 각각에 대해서 조사계획서를 작성하여야 한다.

조사계획서에는 조사목적, 조사항목과 조사방법, 조사용 기기, 조사 장소 개수 및 조사위치, 조사 시기, 조사공정, 기록방법 등을 기술하는 것이 일반적이다.

조사계획은 조사결과에 근거하여 진단을 하고 노후도의 판정, 노후원인의 규명, 노후진행의 예측, 보수 여부의 판정 및 보수공법의 선정에 필요한 정보를 얻도록 세워야 한다.

조사계획을 세울 때는 사전에 조사대상 구조물의 용도, 규모, 구조, 입지조건, 경력 및 노후의 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 노후도를 판정하고, 보수 여부를 결정하며, 노후원인을 규명하여 보수·보강공법을 선택하여야 하므로 진단과정에서 올바른 판단을 내리도록 조사계획서는 적절히 작성되어야 할 것이다.

조사계획에 따라서 조사를 실시하고, 조사결과에 근거하여 진단을 실시하게 되는데 1차 조사결과만으로는 진단이 곤란한 경우는 다시 조사계획을 세워서 조사를 실시한다. 조사와 진단은 별도로 진행되는 것이 아니고, 실제로는 이들의 내용을 잘 연계시켜서 효율성이 있도록 작업을 진행하는 것이 중요하다.

조사계획에 따른 조사는 수리구조물의 노후증상을 파악하여 노후도의 판정 및 노후원인을 규명하고, 보수보강의 필요성 판정, 보수보강공법을 선정하기 위한 자료를 얻는 것을 목적으로 하였다.

농업토목 콘크리트 수리구조물에 어떤 노후증상이 나타나는 경우, 또는 구조물 준공후 경과년수가 길어서 노후상황을 파악하고자 하는 경우에 노후상황에 대한 조사를 하였다. 조사 시에서는 구조물의 각 부위·부재의 손상 상황, 노후의 종류, 노후의 정도, 노후를 일으킨다고 생각되는 원인 등에 대해 조사하여 노후원인을 추정하기 위한 기초자료로 활용되었다.

3. 구조물 개요조사

구조물 개요조사는 대상으로 하는 구조물의 고유조건을 조사하여 노후원인 및 노후외력 등을 추정하기 위한 참고자료를 얻는 것이 목적이다. 이는 마치 사람이 병든

경우 건강진단 과정에서 환자의 이름, 연령, 주소, 직업, 생년월일 등의 일반사항에서 성장환경, 병력, 양친의 병력 등 폭넓은 청문조사를 하고 이들을 기록표에 기입하여 진단이나 치료에 사용하는 것과 유사하다.

구조물의 개요조사는 <표 2-2>에 나타난 것과 같이 설계도서, 시방서, 사진, 재료 시험성적서, 유지관리자료 및 관리계산서 등에 의한 서류조사 방식과 구조물 관리자, 사용자 등에 대한 청문조사 방식으로 실시하는 것이 일반적이다.

<표 2-2> 서류조사 방식에 의한 구조물 조사

구 분	활용내용	활용방안	
설계도서	준공도면	설계도면	시설물 제원 및 설계강태 파악, 취약부 파악
	보수도면	보수내용	보수내용 평가 및 손상, 변형, 열화정도 파악
	구조 계산서	시설물 설계에 적용된 설계기준 및 계산 내용	구조계산의 적정 여부 분석
	시공상세도	주요부위 시공 상세도	주요부 시공상태 파악
	지질조사보고서	시설물 주변 지질상태	구조물 주변지질의 취약지점
	토질보고서	시설물 주변 토질 및 기초상태	구조물 주변지질 기초지반 안정성 파악
시방서	특별시방서	시설물에 적용한 특별시방내용	설계지침, 구조계산서, 지질보고서와 연계분석
사진	주요시공사진	시공당시 주요공정의 작업내용	주요부 시공상태 파악
	주요 결함부위	유지관리시 파악된 주요결함부위 상태	손상, 변형, 열화정도 파악
	보수작업 사진	보수작업 방법과 상태	보수작업 상태 파악
재료시험	재료시험성적서	시공당시 재료의 품질상태	시공시 사용된 자재의 적정 사용여부
	관리 및 선정시험 기록	시공당시 재료의 품질 및 관리 상태	시공시 사용된 자재의 품질 및 관리 실태 파악
유지관리자료	보수이력서	보수경위 및 방법	손상, 변형, 열화정도 파악 및 보수작업의 적정여부
	사고 이력서	부재의 손상현황 및 보수현황	부재의 손상 및 보수현황, 보수내용 평가 및 열화정도 파악
	점검 이력서	점검 및 진단현황	안전점검 및 정밀진단 자료분석, 시설물 현황파악
	수리구조물관리대장	연도별 시설물 관리 현황	시설물 관리실태 파악
관리 계산서	수리계산서, 공법검토서, 기타	구조물 안전성 현황	구조물 안전상태 파악

농업기반 수리구조물의 현장 조사를 위해 먼저 농업기반공사 소속 시설물 관리자

를 대상으로 하여 청문조사를 실시하였다. 시설물 관리자로부터 구한 청문조사료를 토대로 현장의 예비답사를 시행하였다. 현장에서의 예비답사를 실시한 후 이 결과를 분석하여 정밀현장조사에 대한 기초자료로 활용하였다.

본 연구에서 농업기반공사 소속 시설물 관리자를 대상으로 수행한 구조물별 청문조사량은 다음 <표 2-3>과 같다.

<표 2-3> 농업기반 수리구조물별 청문조사량

구조물	양수장	배수장	배수갑문	수로교	암거	잠관	터널	개거	제수문	분수문	방수문	계
청문조사량	65	75	60	70	40	40	40	40	19	10	11	470

위와 같은 청문 조사를 기반으로 하여 예비 답사를 실시한 후 1차년도에 양수장, 배수장, 배수갑문 및 수로교, 2차년도에 암거, 잠관, 터널 및 개거, 3차년도에 제수문, 분수문 및 방수문에 대한 각각의 정밀조사계획을 수립하여 구조물별 약 20여개씩의 정밀조사를 실시하였다. 농업기반 수리구조물별 정밀 현장 조사 분포를 <표 2-4>와 같이 나타내었다.

<표 2-4> 농업기반 수리구조물별 정밀 현장 조사 분포

구분	경기도	강원도	충청북도	충청남도	전라북도	전라남도	경상북도	경상남도	계
양수장	3	3	3	2	2	3	4	2	22
배수장	1	-	1	3	3	4	4	4	20
배수갑문	4	1	1	2	2	4	4	5	23
수로교	3	3	5	3	2	2	2	2	22
암거	2	2	4	1	2	3	3	3	20
잠관	1	3	2	4	4	4	1	1	20
터널	4	1	2	2	2	3	3	3	20
개거	3	4	2	3	2	2	3	3	22
제수문	4	2	3	2	3	2	0	3	19
분수문	0	1	2	3	2	0	2	0	10
방수문	1	2	0	0	0	3	3	2	11
계	26	22	25	25	24	30	29	28	209

본 조사에서는 조사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위하여 기존의 문헌을 참조하여 <표 2-5>에 나타난 바와 같이 수리구조물 노후손상도를 구분하여 손상도를 결정하였다. 즉, 손상도 I은 긴급히 보수가 필요한 상황, 손상도 II는 보수가 필요한 상황,

손상도 Ⅲ은 보수를 필요로 할 가능성이 있으므로 그 시기를 검토할 필요가 있는 상황이고, 손상도 Ⅳ는 당장은 보수를 필요로 하지 않는 상황이다. 이에 대한 보다 자세한 사항 및 체계화에 대한 내용은 3장에서 언급하고 있다.

<표 2-5> 수리구조물 노후손상도 구분

손상 상황	손상도
강재의 노출과 파단 또는 콘크리트의 단면결손이 확인된 경우	I
균열, 녹물, 박리 혹은 박리가 연속적으로 확인되는 경우	II
균열, 녹물 혹은 박리가 부분적으로 확인되는 경우	III
극히 경미한 균열과 녹물이 확인되는 경우	IV
손상이 확인되지 않는 경우	V

<표 2-6> 및 <표 2-7>은 농업기반 수리구조물의 노후손상현상 현장조사표로서 사전에 예비답사를 실시한 지구에 대하여 콘크리트 수리구조물의 구조물 개요, 도서 기록자료를 수집하고자 하였다. 구조물 개요도에서는 구조물 용도, 준공연도, 구조형식 등과 구조물 설계시 설계자, 감리자, 시공자 등을 조사하고, 도서기록에서는 구조물의 설계도와 지방서에 관한 자료를 조사하고자 하였으나 준공연도가 오래되어 기록물 관리가 어려워 구조물에 관한 상세정보를 파악하기 매우 어려웠다. 또한 수리구조물의 환경에서는 지역구분과 해안에서의 거리등을 조사하여 구조물이 처한 환경에 의한 노후손상사례를 조사하고자 하였다. 재료 및 시공 부분에서는 수리구조물 시공 당시 사용된 콘크리트와 시멘트의 재료상태 및 슬럼프, 공기량을 조사하여 사용재료 및 콘크리트에 의한 원인분석으로 하고자 하였다. 양생온도, 타설시기 등에 대해서는 동결융해 등에 의한 노후손상을 시공 원인에 대하여 분석하고자 하였다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 수리구조물에 대한 설계 및 시공기록 등 관련 자료가 미흡하여 수리구조물의 노후손상원인을 조사함에 있어 수리구조물의 현재 사용 및 환경에 중점을 두고 분석을 실시한 점이 다른 구조물의 조사방법과 큰 차이가 있었다. 이때 시설물 관리담당자와 동반하여 균열발생시기 및 균열부위에 대한 노후손상을 설문조사를 통하여 수행하였다.

그리고 수리구조물 이력부분에서는 구조물에 대한 용도변경, 보수보강 유무 등을 조사하였고 균열형상에서는 균열폭과 균열길이를 측정하였다. <표 2-7>에 나타낸 바와 같이 수리구조물에 대한 균열조사 기록보조야장에는 유지관리상의 특이사항을 기록하였고 정밀사진을 첨부하였다.

<표 2-6> 농업기반 수리구조물의 노후손상현상 현장조사표

<p>1. 조사개요</p> <p>1.1 조사년월일 _____년 _____월 _____일 1.2 조사담당기관명 _____ 1.3 기관소재지 _____ 본부 _____ 지사 1.4 연 락 처 _____ 1.5 담당자명 _____ 서명 _____ 1.6 조사동기 <input type="checkbox"/> 정기검사, <input type="checkbox"/> 보수보강 <input type="checkbox"/> 내진진단, <input type="checkbox"/> 내구성진단 <input type="checkbox"/> 기타 ()</p>	<p>4. 구조물 환경</p> <p>4.1 지역구분 <input type="checkbox"/> 일반내륙지대, <input type="checkbox"/> 습도가 높은지역 <input type="checkbox"/> 연약지반지역, <input type="checkbox"/> 해안지역 <input type="checkbox"/> 전원, 교외, <input type="checkbox"/> 시가지 <input type="checkbox"/> 공장지대, <input type="checkbox"/> 해안지 <input type="checkbox"/> 산간지 4.2 진 동 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 4.3 화학물질 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 4.4 열 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 4.5 해안에서 거리 <input type="checkbox"/> 0m, <input type="checkbox"/> 1-100m, <input type="checkbox"/> 0.1-1km <input type="checkbox"/> 1-10km, <input type="checkbox"/> 10km이상 내륙 4.6 바다에 접한 면 <input type="checkbox"/> 동, <input type="checkbox"/> 서, <input type="checkbox"/> 남, <input type="checkbox"/> 북 4.7 연간주풍향 _____ 4.8 평균풍속 _____ m/sec</p>	<p>6. 구조물 이력</p> <p>6.1 용도변경 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 6.2 개 수 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 6.3 보 수 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 6.4 보 강 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 6.5 피 해 <input type="checkbox"/> 유(), <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명</p>	<p>준공 년 월</p> <hr style="width: 100%;"/> <p>결과 년 수</p>
<p>2. 구조물개요</p> <p>2.1 명 칭 _____ 2.2 소 재 지 _____ 2.3 구조물 용도 _____ 2.4 준공년도 _____년 _____월 2.5 경과년수 _____년 2.6 구조형식 <input type="checkbox"/> RC, <input type="checkbox"/> SRC, <input type="checkbox"/> PSC, <input type="checkbox"/> 기타 () 2.7 형태치수 _____ 2.8 기 초 <input type="checkbox"/> 직접기초, <input type="checkbox"/> 말뚝기초, <input type="checkbox"/> 우물통기초, <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 불명 2.9 설계자 _____ <input type="checkbox"/> 불명 2.10 감리자 _____ <input type="checkbox"/> 불명 2.11 시공자 _____ <input type="checkbox"/> 불명 2.12 관리자 _____ <input type="checkbox"/> 불명</p>	<p>5. 재료 및 시공</p> <p>5.1 콘크리트 <input type="checkbox"/> 보통, <input type="checkbox"/> 경량, <input type="checkbox"/> 기타 () 5.2 시 멘 트 <input type="checkbox"/> 보통, <input type="checkbox"/> 조강, <input type="checkbox"/> 기타 () 5.3 붉은골재 <input type="checkbox"/> 강자갈, <input type="checkbox"/> 깬자갈(암석명 :), <input type="checkbox"/> 기타 () 5.4 잔 골 재 <input type="checkbox"/> 강모래 <input type="checkbox"/> 산모래, <input type="checkbox"/> 해사, <input type="checkbox"/> 기타 () 5.5 혼합재료 <input type="checkbox"/> 유, <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 불명 5.6 설계기준강도 _____ kgf/cm², <input type="checkbox"/> 불명 5.7 슬 램 프 _____ cm 5.8 공 기 량 _____ % 5.9 양생온도 _____ °C 5.10 거푸집 <input type="checkbox"/> 강제거푸집 <input type="checkbox"/> 슬라이딩 폼 <input type="checkbox"/> 유로폼 <input type="checkbox"/> 이동거푸집 <input type="checkbox"/> 합판거푸집 <input type="checkbox"/> 기타 5.11 제조 <input type="checkbox"/> 레미콘 <input type="checkbox"/> 현장비비기 <input type="checkbox"/> 공장제품 <input type="checkbox"/> 불명 5.12 타설시기 <input type="checkbox"/> 봄 (개소) <input type="checkbox"/> 여름 (개소) <input type="checkbox"/> 가을 (개소) <input type="checkbox"/> 겨울 (개소) <input type="checkbox"/> 불명 5.13 주된 마감재 ()</p>	<p>7. 균열현상</p> <p>7.1 균 열 폭 _____ 7.2 균 열 길 이 _____ 7.3 균열부위 <input type="checkbox"/> 이물절여부 <input type="checkbox"/> 박리박락 <input type="checkbox"/> 녹물 <input type="checkbox"/> 백화, <input type="checkbox"/> 중성화 <input type="checkbox"/> 동결융해 <input type="checkbox"/> 기타 7.4 균열발생시기 _____ 7.5 균열발견시기 _____ 7.6 장 해 경 과 <input type="checkbox"/> 누수, <input type="checkbox"/> 철근 노출 <input type="checkbox"/> 박리박락 <input type="checkbox"/> 기타 () 7.7 균열진행여부 <input type="checkbox"/> 안정, <input type="checkbox"/> 진행</p>	<p>8. 유지관리상의 특이사항</p> <p>* 자세한 그림을 다음 야장에</p>
<p>3. 도서기록</p> <p>3.1 일 반 도 <input type="checkbox"/> 유, <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 일부 유, <input type="checkbox"/> 불명 3.2 설 계 도 <input type="checkbox"/> 유, <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 일부 유, <input type="checkbox"/> 불명 3.3 설계계산서 <input type="checkbox"/> 유, <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 일부 유, <input type="checkbox"/> 불명 3.4 공사기록 <input type="checkbox"/> 유, <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 일부 유, <input type="checkbox"/> 불명 3.5 시 방 서 <input type="checkbox"/> 유, <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 일부 유, <input type="checkbox"/> 불명 3.6 과거조사자료 <input type="checkbox"/> 유, <input type="checkbox"/> 무, <input type="checkbox"/> 일부 유, <input type="checkbox"/> 불명</p>	<p>9. 기타 특이사항</p> <p>* 자세한 그림을 다음 야장에</p>		

<표 2-7> 균열조사 기록 보조 야장

(조사년월일 : 200 . . .)

구조물명 : (사진 및 그림)	구조물명 : (사진 및 그림)
사진설명 :	사진설명 :
위 치 :	위 치 :
특이사항 :	특이사항 :

4. 육안조사

콘크리트 수리구조물의 열화가 진행되면서 콘크리트 표면에 손상이 나타나는 경우가 많은데 일차적으로 육안조사에 의한 방법을 자주 쓰는데 육안조사란 콘크리트 수리구조물의 상태를 육안에 의하여 노후화 정도를 판단하는 방법을 말한다.

본 연구에서는 육안조사를 통하여 콘크리트 수리구조물에 나타난 노후손상현상과 콘크리트 구조물 전체의 변형상황, 구조물 주변의 환경상황 등을 육안관찰과 간단한 기구 등을 이용하여 파악하는 조사방법으로 수행하였다.

수리구조물 이외의 다른 콘크리트 구조물을 진단하는 경우에 가장 중요한 정보를 얻을 수 있는 조사 방법 중의 하나로 많이 사용하고 있으며, 각 수리구조물에 대한 일차적인 육안조사를 통하여 수리구조물의 노후손상현상을 조사하였다. 육안조사에 의한 콘크리트 표면에 발생하는 균열, 박리, 철근노출 등의 발생위치와 균열 폭 등 노후손상현상과 콘크리트 수리구조물 전체의 균열상황 등을 통하여 수리구조물이 놓여 있는 주변의 환경영향으로부터 오는 열화인자 등을 조사하였다. 특히 육안조사 결과는 긴급하게 보수보강대책의 필요성을 판단하는 자료와 콘크리트 내부의 노후손상현상을 조사하는 등 상세조사의 필요성을 판단하는 자료로 유용하게 활용 할 수 있을 것이다. 그리고 보수보강대책의 필요성 판단과 대책의 범위, 규모를 선정하는 중요한 자료로 활용 할 수 있을 것이다.

육안조사 방법은 콘크리트 수리구조물 표면에 가능한 한 근접하여 육안으로 관찰하였다. 단, 현지의 제약조건에 의해 근접해서 육안으로 관찰할 수 없는 경우에는 디지털 카메라를 이용하여 상세하게 관찰하는 방법을 실시하였다. 그리고 콘크리트면이 더럽혀져 있는 경우는 필요에 따라 청소를 하여 균열폭과 길이를 조사하였고 어두운 부분을 조사하는 경우는 조명설비를 이용하여 가능한 한 콘크리트면을 밝은 상태로 해서 관찰하였다. 육안조사로 관찰해야 할 콘크리트 표면의 손상과 조사항목, 조사방법은 일반적으로 사용되어 지고 있는 것을 이용하였으며, <표 2-8> 콘크리트 수리구조물의 육안조사방법에 나타난 바와 같이 실시하였고 조사시에는 손상의 위치와 규모, 구조물의 변형상황을 계측하는 간이측정기구, 손상을 기록하는 디지털카메라와 균열조사 야장을 사용하여 조사하였다..

<표 2-8> 콘크리트 수리구조물의 육안조사방법

손상의 종류	조사방법
균열	<ul style="list-style-type: none"> · 육안관찰에 의한 균열의 발생방향, 개수의 파악 · 기록 · 균열스케일 등에 의한 균열폭의 측정 · 기록 · 스케일 등에 의한 균열길이의 측정 · 기록 · 균열에 손을 대어 들뜸, 단차 등의 파악 · 기록 · 균열 주위의 타움에 의한 들뜸 · 박리의 파악 · 기록 · 균열로부터의 녹물용출 개소의 파악 · 기록
들뜸, 박리, 박락, 철근노출, 녹물의용출, 허니콤, 유리석화, 변색, 누수, 체수, 보수흔적	<ul style="list-style-type: none"> · 육안관찰에 의한 손상위치, 손상개소 수의 파악 · 기록 · 손상 주위의 타움에 의한 들뜸, 박리의 파악 · 기록 · 스케일 등에 의한 손상의 치수측정 · 기록
이상음, 이상진동	· 음원과 진동위치를 육안관찰 등으로 파악 · 기록
변형, 침하, 이동, 경사	<ul style="list-style-type: none"> · 육안관찰 · 기록 · 스케일이나 추를 내려보는 방법 등에 의한 측정 · 기록

<그림 2-1>은 배수장 벽체균열을 측정하는 광경으로서 균열에 따라 필기도구를 이용하여 선을 긋고 균열의 방향성을 측정하였다. 그리고 균열의 형상은 사진을 촬영하여 보수보강 시스템 개발시 노후손상을 유형화하고 영상 데이터베이스 구축 자료로 활용하였다. 이때 사용된 영상 장비는 디지털 카메라이고, 육안조사를 대신하여 디지털 카메라로 촬영한 디지털 화상을 이용하여 그 성능저하 상태를 판단하는 방법을 사용하였다. 이와 같이 콘크리트 수리구조물의 표면을 촬영한 디지털 화상은 개인용 컴퓨터와 적절한 소프트웨어를 이용하여 콘크리트 표면부의 성능저하 상태를 CAD 또는 그림 파일 형식으로 데이터베이스화하여, 이를 전자파일관리 시스템 구축으로 발전시킬 수 있는 토대를 마련하였다.

<그림 2-2>는 양수장 벽체 균열을 측정하는 광경을 나타낸 것으로 균열폭은 크랙스케일 등의 측정기구를 사용하였다.

이러한 방법으로 수리구조물에 대한 정밀조사를 실시하였으며 <그림 2-3>은 배수갑문의 균열측정 광경을 나타낸 것이다. <그림 2-4>는 양수장의 기둥부의 균열상황을 기록하고 있는 광경을 보여주는 것이고 <그림 2-5>는 양수장벽체 균열폭을 스케일 자를 이용하여 측정하는 광경이다. <그림 2-6>은 양수장 보의 균열길이 및 폭을 측정하는 광경이다. 이러한 자료는 정밀현장 조사 후 노후손상유형과 원인을 분석하는 기초자료로 사용되었다.



<그림 2-1> 배수장 벽체균열 측정 광경



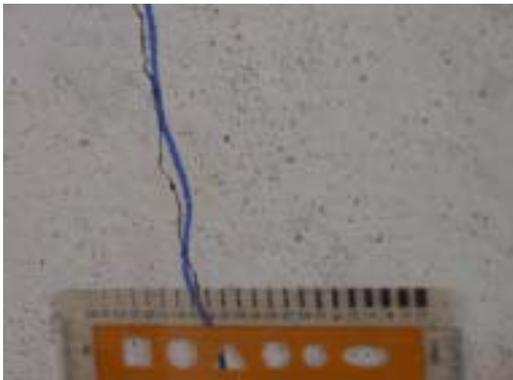
<그림 2-2> 양수장 벽체 균열길이 측정 광경



<그림 2-3> 배수관문 벽체 균열 측정 광경



<그림 2-4> 양수장 기둥 균열 측정 광경



<그림 2-5> 양수장 벽체 균열폭 측정 광경



<그림 2-6> 양수장 보 균열 측정 광경

5. 비파괴강도

본 시험법은 콘크리트의 표면경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트 압축강도를 비파괴로 판정하는 방법이다. 반발 정도법은 타격방법중 하나의 방법이며, 콘크리트의 표면을 해머로 타격하여 표면의 손상정도나 반발정도를 측정하는 방법이다.

일반적으로 국내에서 반발정도를 구하는 측정하는 슈미트해머(Schmit Hammer)법이 가장 널리 이용되고 있다. 이 방법은 측정하는 콘크리트의 종류·품질에 대하여 적당한 기종을 선택하여 사용하는 것이 중요한데 본 정밀조사 시에는 보통콘크리트에 적용가능한 NR형을 사용하여 시험을 실시하였다. <표 2-9>는 슈미트해머 종류를 나타낸 것이다.

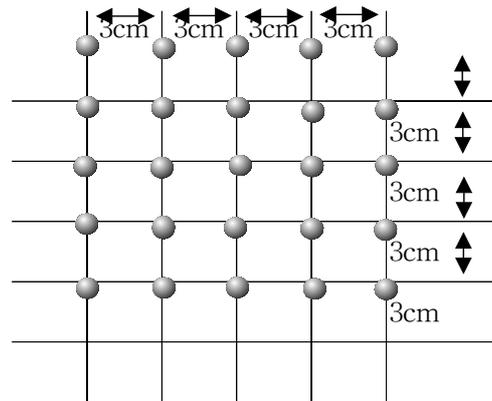
<표 2-9> 슈미트해머의 종류

기종	적용 콘크리트	충격에너지 (kgf·cm)	강도측정범위 (kgf/cm ²)	비고
N형	보통콘크리트	0.225	150~600	반발도 직독식
NR형	"	"	"	반발도 자기기록식
L형	경량콘크리트	0.075	100~600	반발도 직독식
LR형	"	"	"	반발도 자기기록식
P형	저강도콘크리트	0.09	50~150	진자식
M형	매스콘크리트	3.00	600~1000	반발도 직독식

반발정도법의 원리를 간단히 설명하면 슈미트해머로 경화 콘크리트 면을 타격시 반발도(R)과 콘크리트 압축강도와의 사이에 특정 상관 관계가 있다는 실험적 경험을 바탕으로 조사하는 것이다. 타격시 해머의 중추 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법이다. 하지만 이 방법은 콘크리트의 표면부 품질과 타격조건에 따라 영향을 받으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하다. 그리고 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트해머로 표면에 국부적 타격을 하는 경우 반발도(R)는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령등에 따라 변동폭이 크게 차이가 난다고 학계에 보고 되고 있다. 따라서 강도추정의 유일한 방법으로 사용시에는 많은 문제가 있게 될 수 있다. 하지만 본 조사에서는 간편하고 짧은 시간에 강도추정이 가능하고 콘크리트 수리구조물 전체에 대해 강도측정이 가능하다는 점에서 이 방법을 사용하

였다.

슈미트 해머로 콘크리트의 비파괴 압축강도 측정시 정확한 측정치가 유지되도록 테스트 안빌(Test Anvil)로 정밀도를 검정 및 보정하였다. 슈미트해머로 테스트 안빌에 타격시 반발도가 $R_o = 80 \pm 1$ 이 되게 하고 이 범위를 초과하는 경우에는 조정을 하였다. 측정방법으로는 타격점을 선정함에 있어 슈미트해머의 타격점은 25점을 표준으로 하였고, 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 하여 종으로 5열 횡으로 5열의 선을 그어 직교되는 25점을 타격하였다. <그림 2-7>은 슈미트해머의 타격점 간격을 나타낸 것이다.



<그림 2-7> 슈미트 해머의 타격점 간격

본 연구에서는 콘크리트 수리구조물에 슈미트해머를 타격시 수평타격을 원칙으로 하였다. 왜냐하면 대부분의 실험자료들이 수평타격에 대한 것으로 측정치가 안정된 값을 나타냈기 때문이다. 정밀현장조사 대상의 반발경도 측정치는 정수값을 읽도록 하였으며, 측정치의 처리는 타격점이 움푹 들어간 값과 평균 타격값의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 값은 이상치로 보고 제외 시켰다. 이들 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발도(R)로 산정 하였다. 콘크리트 비파괴 압축강도 추정은 정밀 현장 조사시 반발도 평균 타격값의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 값과 기타 이상치를 제외시킨 평균 반발도(R)를 구하고, 구해진 반발도(R)에 타격각도를 보정하였다.

<표 2-10>에 제시된 강도 추정식 중 일본 재료학회 표준식을 추정 모델식으로 사용하여 압축강도를 추정하였다. 여기서 추정된 압축강도는 정밀조사 대상 구조물의 재령이 10년 이상으로 시간이 경과됨에 따라 표면경도가 높기 때문에 재령 28일 강도 추정식으로 압축강도를 수정하였다. 재령에 따른 보정 계수는 다음의 <표 2-11>

재령 계수표를 적용하였는데 본 조사에서 해당된 수리구조물의 경과년수를 확인 한 결과 10년 이상의 구조물이 대부분이어서 보정계수 값을 0.63을 사용하였다.

$$F_c = -184 + 13R$$

<식 2-1>

<표 2-10> 강도 추정식 [F_c : 압축강도(kgf/cm²), R : 반발도]

연구자	추정식	비고
横道등	$F_c = -184 + 13.0R$	보정계수를 0.62로 해도 추정강도가 높은 강도를 나타낸다. (31년 경과의 다리)
小阪·谷川등	$F_c = 20.5R - 281$ (습윤) $F_c = 22.9R - 432$ (건조)	$F_c = 100 \sim 400 \text{kgf/cm}^2$
佐治등	$F_c = 10R - 110$ (동경도 건축재료시험소의 판정식)	알루미늄시멘트 F = 210~320kgf/cm ² 재령 7일, 14일 남극에서 현지 시험
梧原등	$F_b = 1.2R + 0.0049R^2$ $F_c = -0.27R + 0.29R^2$	보공시체, 재령 7일, 28일 F_b : 휨강도, F_c : 압축강도, F_b, F_c 모두 추정치가 크다.
關등	$F_c = 11.7R - 237$ (드럼통을 떼어냈을 경우) $F_c = 12.9R' - 338$ (드럼통에 충전했을 경우)	재령 1개월, 모르타르 사용 직경 60cm, 높이 120cm 드럼통에 충전
Boundy등	$F_c = 9.97R - 1.818$ (F_c : psi)	F_c : 1400~720psi R : 15~40 증기양생, 재령 28일
澤田등	$F_1 = -441 + 23.4R_1$ $F_{10} = -2054 + 46R_{10}$ $F_{10-1} = 1236 - 47.7(R_{10} - R_1)$ F_{10-1}	$F_c \geq 200 \text{kgf/cm}^2$ 재령이 큰 콘크리트에 적용 가능 연타와 단타 차의 식 : 얇은 판에도 적용 가능
坂등	$FC = -184 + 13R$	재령 7일~365일 추정오차 : $F_c = 100 \text{kgf/cm}^2$ 로 30% $F_c = 500 \text{kgf/cm}^2$ 로 6%
伴등	$FW = 1.76R - 1.49$ FW : 입방체강도	표준편차 25kgf/cm ²
木村	$FC = -57 + 6.95R + 0.065R^2$	식에 의한 동일 R값에 대해서 강도가 작다.
坂등	$FC = -249 + 13.9R$	재령 7일, 28일, 동일조건 혼합 콘크리트, 동일 R값으로 15kgf/cm ² 작다
日本재료학회강도 판정위원회	수평면 $FC = 6.44R - 112.5$ 수직면 $FC = 7.39R - 166.7$	재령 3일~1년형 P형 (저강도콘크리트) 일반형 $F_c = 13R - 184$
大場등	$FC = 0.36R^2 - 1.07R - 40.6$	W/C 40%~90%, 내령 7일, 28일, 표준공시체, 각주공시체
일본건축학회 비파괴시험법 소위원회	보통콘크리트 $FC = 7.3R + 100$ 경량콘크리트 $FC = 10.1R + 2$	재령 7일~1년 W/C 50%~70% (보통, N형) W/C 50%~60% (경량, L형)

* 위 자료는 한국구조물진단학회 제2권 제2호(정광량)를 인용하였음.

<표 2-11> 재령에 따른 보정 계수 값

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32
재령	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일
n	1.23	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
재령	28일	29일	30일	32일	34일	36일	38일	40일	42일	44일	46일	48일
n	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
재령	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일
n	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
재령	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	150일
n	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
재령	175일	200일	250일	300일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일		
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63		

<그림 2-8>는 수로교 벽체의 비파괴강도 시험광경을 나타낸 것이고 <그림 2-9>는 코어채취기를 거치한 상태에서 비파괴강도 타격점을 표시한 후 터널 유입부 날개벽 부재의 비파괴 강도 측정 광경을 나타낸 것이다.



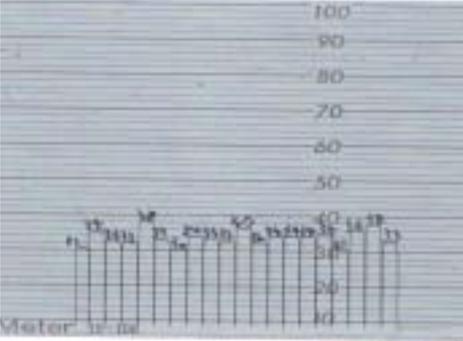
<그림 2-8> 수로교 벽체 비파괴강도 시험광경



<그림 2-9> 터널 유입부 날개벽 비파괴 강도 측정 광경

<표 2-12>는 비파괴강도 측정결과표를 나타낸 것으로 지구위치와 대상구조물 그리고 타격위치에 대한 측정경도 값을 표시하였다. 그리고 재령에 따른 보정을 계산하여 압축강도를 추정하였다.

<표 2-12> 비파괴강도 측정 결과표

○지구위치		비파괴 강도 스위트(예)	
○대상구조물			
○타격위치			
○측정경도(반발도(R))			
○평균경도			
○타격각도			
○기준경도($R_0 = R_a + \Delta R$, ΔR 은 0°일때 "0")			
○추정압축강도 $f_{ck}(kg/cm^2) = 13R_0 - 184$			
○재령3000일 보정			

6. 코어 채취 및 강도

조사대상 수리구조물에서 코어채취는 코어채취를 용이하게 하고 코어강도의 정확도를 높이기 위해 철근탐지기로 철근위치를 탐사한 다음 철근이 손상되지 않도록 부위를 마크하고 구조물에 드릴로 구멍을 내어 코어채취기가 흔들리지 않도록 고정한다. 다음 코어를 채취하였다. 지름이 Ø100 mm인 코어 채취기를 사용하여 채취한 코어는 한국산업규격(KS F 2422)에 의거 실내에서 시험하였다.

<그림 2-10>은 수로교 교각부의 코어채취를 위한 철근탐지광경을 나타낸 것이고 <그림 2-11>은 코어채취기 장착을 위한 드릴링 작업 광경을 보여주는 것이다.

<그림 2-12>는 배수갑문 날개벽 코어채취 광경을 나타낸 것이고, <그림 2-13>은 개거 벽체의 코어채취 광경을 나타낸 것이다. 코어채취 후 구조물의 원래 기능을 회복시키기 위하여 레미탈 등을 이용하여 <그림 2-14>와 같이 코어채취 후 봉납을 위한 모르타르 비빔 한 후 <그림 2-15>와 같이 코어채취 후 봉납을 실시하였다.



<그림 2-10> 수로교 교각
철근탐지광경



<그림 2-11> 코어채취기 장착을 위한
드릴링 작업 광경



<그림 2-12> 배수갑문 날개벽
코어채취 광경



<그림 2-13> 개거 벽체 코어채취 광경



<그림 2-14> 코어채취 후 봉납을 위한
모르타르 비빔 광경



<그림 2-15> 코어채취 후 봉납 완료된
광경

코어채취 된 콘크리트 코어를 실내실험에서 높이와 지름의 비에 대한 보정계수를 곱하여 지름의 2배 높이를 가진 공시체 강도로 환산하고 KS F 2403에 따라 최종 압축강도를 시험하였다. 이때 콘크리트의 면을 기계를 이용하여 연마하는 광경을 보여주는 것이 <그림 2-16 a>이다. 채취된 코어의 압축강도 시험은 측정시 시료의 건조조건을 거의 일정하게 하기 위하여 48시간 수침을 시켜서 KS F 2422의 시험방법에 의거 실시하였는데 <그림 2-16 b>는 코어 건조전경을 나타낸 것이고 <그림 2-16 c>는 수침 전경을 나타낸 것이다. <그림 2-16 d>에서 보는 바와 같이 코어의 압축강도의 재하속도는 매초 0.25 MPa (2.5 kgf/cm²)를 유지 유지하도록 하였다. 채취된 코어 직경은 굵은골재 최대치수의 3배 이상으로 하고 코어 길이는 철근의 피복두께 정도로 하였다. 다만, 코어를 지나치게 짧게 채취하는 것은 실제 채취가 어느 위치인가 등의 정보를 기입해 놓았다. 시험에 사용되기까지의 양생에 관해서는 코어표면을 물로 충분히 씻고 천 등으로 표건 상태가 될 때까지 닦은 후, 비닐봉투로 밀봉 저장하는 하였다.



(a) 콘크리트 코어 연마



(b) 콘크리트 코어 건조전경



(c) 코어의 48시간 수침 전경



(d) 코어의 압축강도 시험 전경

<그림 2-16> 콘크리트 코어의 실내 시험 광경

만일 현장에서 채취한 코어 공시체의 높이와 직경의 비(h/d)가 2.00이 아니었을 경우에는 <표 2-13>을 참조하여 측정된 압축강도에 보정계수를 곱한 값을 콘크리트 수리구조물의 압축강도로 사용한다.

<표 2-13> 코어공시체의 보정계수(KS F 2422에 의함)

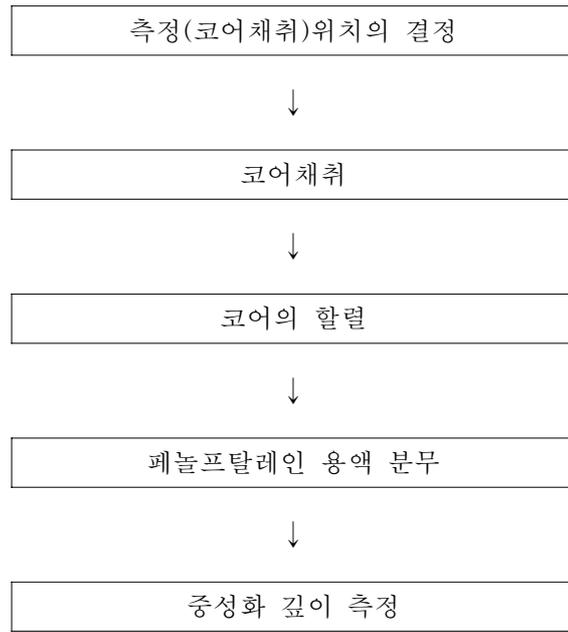
높이와 직경의 비 h/d	보정계수
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.89

주 : 코어의 높이와 직경의 비에 따라서 실측한 강도에 표시한 보정계수를 곱하여 표준공시체 (h/d=2.00)의 강도로 환산

7. 중성화(페놀프탈레인법)

일반적으로 굳지 않은 수리구조물 콘크리트는 기존 학계에서 보고된 바와 같이 시멘트의 수화반응에 의하여 생기는 수산화칼슘의 존재에 따라 강알칼리성(pH 12~13)을 나타내지만 시간이 경과할수록 공기중의 이산화탄소 등의 작용을 받아 탄산칼슘으로 변화한다고 밝혀지고 있다. 따라서 중성화의 진행에 의하여 콘크리트 조직 그 자체에 직접 열화가 진행되는 것은 아니지만 콘크리트 수리구조물에서는 내부에 존재하는 철근의 경우 부동피막의 파괴 등으로 콘크리트의 균열, 박락박락 하는 노후 손상이 발생 할 수 있다. 코어채취 후 현장에서 즉시 콘크리트구조물의 노후손상을 예측 하고자 중성화의 진행도, 즉 중성화 깊이의 측정을 실시하였다.

대부분 중성화 깊이를 측정하는 지시약으로는 페놀프탈레인이 있는데 이는 산과 알칼리 중화의 적정을 찾는 pH 지시약으로 pH 9~10 이상의 알칼리성에서는 붉은 색으로 착색된다. 이 페놀프탈레인 1% 용액은 KS M 8238(페놀프탈레인)에 따르거나 조정된 시약이 시판되고 있는데 이것을 이용하여 조사하였다. <그림 2-17>은 코어채취에 의한 중성화깊이 측정방법을 나타낸 것이다. 이때 구조물의 중성화 판정은 1% 페놀프탈레인을 할렬시킨 콘크리트 코어에 골고루 분무한 후 홍색으로 변한 깊이까지 측정하여 중성화 깊이를 측정하였다.



<그림 2-17> 코어채취에 의한 중성화깊이 측정방법

제2절 수리구조물의 노후손상 유형

1. 균열

콘크리트 수리구조물에 발생하는 균열은 심각한 구조상의 피해를 야기시킬 수 있을 뿐만 아니라 균열을 통해 투수, 염분침투 등으로 다른 철근의 부식으로 내구성이 저하된다. 또한 누수 및 미관상 피해를 일으키는 등 구조물의 성능에 악영향을 미치기 때문에 구조물을 건설할 때 뿐만 아니라 사용 중에도 가장 중요하게 고려해야 할 문제 중의 하나이다.

일반적으로 균열은 구조물에 가해지는 하중과 콘크리트의 체적변화로 인한 콘크리트 내부의 인장 응력의 발생에 기인한다. 이러한 균열의 발생원인에 대해서는 많은 연구가 수행되고 왔고, 그에 따른 대책도 고려되고 있지만 구조물에서 크고 작은 균열이 발생하는 것은 막는 것은 매우 어렵다. 따라서 균열을 완전히 없애는 것은 곤란하더라도 어떻게 하면 최소로 억제할 수 있을 것인가를 염두에 두어야 하고 일단

사용 중 균열이 발생하면 그것이 구조물의 안정도와 사용성에 미치는 영향을 분석하여야 한다. 이를 위해서는 우선 그 균열의 정확한 원인을 규명하고 그에 적절한 대책을 강구하는 것이 바람직하다.

수리구조물에서 사용 중 발생하는 콘크리트의 균열은 매우 다양하지만 크게 건조수축에 의한 균열, 화학적 반응에 의한 균열, 기상 작용에 의한 균열, 철근 부식으로 인한 균열, 시공불량으로 인한 균열 등으로 나눌 수 있으며, 이들에 대해 간단히 설명하면 다음과 같다.

자연의 기상작용 중 콘크리트 수리구조물에 가장 크게 영향을 주는 것은 동결융해이다. 동결융해 작용으로 인한 콘크리트의 성능 저하 과정은 우선 골재나 시멘트 풀속에 있는 물이 동결과정에서 팽창을 일으켜 인접 시멘트풀에 균열을 일으키거나 골재에 손상을 주게 된다. 이러한 동결융해작용은 콘크리트 수리구조물에서는 피할 수 없는 작용이다. 따라서 시공 당시 물-시멘트비를 최소화하고 내구성이 강한 골재를 사용하며, 공기연행제를 반드시 사용하는 등의 대책이 필요하다. 그러나 동결융해에 의해 발생하는 균열은 겉으로 보기에 스케일링 현상 등으로 아주 분명하게 나타나지만 실제 표면 바로 아래에서는 큰 성능저하가 되지 않을 수도 있다.

수리구조물은 항상 물과 접촉하고 있기 때문에 수리구조물에 사용되는 콘크리트는 계속적으로 또는 간헐적으로 물과 접하고 있다. 따라서 물의 건조에 의한 건조수축은 수리구조물의 균열을 일으키는 가장 커다란 원인 중의 하나이다. 콘크리트 외부가 건조되면서 내부는 아직도 수분을 많이 함유하고 있으므로 외부의 수축작용을 가속하게 된다. 따라서 외부 표면에는 인장응력이 발생하게 되며 이 인장응력이 인장강도를 초과하게 되면 균열이 발생하게 된다.

황산염을 함유하고 있는 물은 콘크리트의 내구성에 특별한 문제를 야기할 수 있다. 황산염이 함유된 물과 접해 있는 콘크리트 수리구조물의 경우 수화된 시멘트풀속으로 황산염의 침투가 발생하여 C3A와 접촉하게 되고 이것은 CSA(calcium sulfo-aluminate)를 형성하여 체적을 팽창시키고 국부적으로 높은 인장응력을 유발하여 콘크리트를 손상시킨다. 따라서 황산염과 접촉할 수 있는 콘크리트 수리구조물의 경우에는 화학적 반응에 의한 균열 대책을 수립하여야 할 것이다.

콘크리트 내부에 있는 철근은 알칼리성의 시멘트 수화물에 의해 보통은 녹이 잘 슬지 않는다. 그러나 중성화 등을 통하여 콘크리트의 알칼리 성분이 감소되거나, 염

분 등으로 인해 공식이 발생하는 등으로 인해 철근의 부식이 발생할 수 있다. 철근의 부식으로 인해 발생하는 철산화물과 수산화물은 원래의 금속철의 체적보다 훨씬 커다란 체적을 갖게 된다. 따라서 철근의 반경방향으로 밀치는 응력이 유발되어 이것이 국부적인 균열을 발생하고 계속적으로 산소와 수분의 접촉을 쉽게 하여 부식을 촉진하게 되므로 균열은 점점 커지게 된다. 일반적으로 부식에 의한 균열을 막기 위해서는 시공시 수밀한 콘크리트를 제조하는 방법, 콘크리트 덮개를 늘리는 방법, 철근을 코팅하여 사용하는 방법, 콘크리트의 표면을 추가로 덧씌우는 방법, 부식을 막는 혼화제를 쓰는 방법 등이 있다.

환경 상 콘크리트 구조물의 시공을 적절히 수행하지 못함으로써 균열을 일으키게 되는 경우가 있다. 가장 일반적인 예로 콘크리트에 물을 추가하거나 특히 농업기반 정비사업은 동절기에 많이 이뤄지기 때문에 동절기 시공 시 적절한 한중콘크리트 시공 방법을 사용하지 않은 경우 등으로 인해 초기부터 콘크리트에 문제가 발생한 경우이다. 이렇게 불량한 시공에 의해 제조된 콘크리트는 강도가 저하되는 것은 물론 건조수축을 증가시켜 결국 균열의 주원인이 된다.

<그림 2-18>은 배수장 건축물 내부의 기둥에서 발생된 균열을 나타내었으며, <그림 2-19>는 양수장 옥상의 균열을 나타내고 있다. <그림 2-20>은 수로교의 접합부분에서 발생된 균열을 보여주고 있으며, <그림 2-21>은 잠관에서 발생된 균열을 보여주고 있다.



<그림 2-18> 배수장 기둥의 균열



<그림 2-19> 양수장 옥상의 균열



<그림 2-20> 수로교의 균열



<그림 2-21> 잠관의 균열

2. 철근 부식

콘크리트에 취약점인 인장력을 보완하기 위해 구조적으로 삽입하는 철근, 프리스트레스 강재 등을 묻히게 한 콘크리트의 철근부식은 복합적인 원인에 의해 발생된다.

콘크리트 내부의 철근은 수밀성이 있으며 강알칼리성을 가진 콘크리트를 적절한 두께로 피복하여 보호하고 있기 때문에 이론상 철근 부식에 의한 손상은 결코 발생하지 않는다. 그러나 해양 환경이나 용빙제가 사용되는 구조물에서 특히 정확히 알 수 있듯이 콘크리트 내부 철근은 염화물, 중성화 및 화학적 침식 등으로 인해 부식되며 이로 인해 콘크리트에 팽창 균열, 피복 콘크리트의 박락, 녹물 발생에 의한 미관 악화 뿐만 아니라 심한 경우 철근 단면 손실로 인한 내하력 저하가 발생되기도 한다.

철근 부식 및 균열에는 물, 산소, 염화물 및 중성화 등이 중요한 역할을 하고 있으므로 이들이 철근에 도달하지 않도록 콘크리트의 수밀성 및 투수성을 증가시키는 방법이 부식 진행을 막을 수 있는 근본적인 방법이기도 하다.

<그림 2-22>는 배수갑문에 발생한 철근의 부식을 나타내고 있으며, 방수문에서는 <그림 2-23>과 같은 균열이 방수문 하면에서 발생되었다.



<그림 2-22> 배수갑문의 철근 부식



<그림 2-23> 방수문의 철근부식

3. 박리·박락

박리·박락은 콘크리트에 균열이나 깨짐이 밀집되어 콘크리트 또는 모르터 표면의 일부가 떨어져 나가는 현상이다.

한랭지에서는 콘크리트 표면에서 동결융해 작용에 의한 스케일링(scaling)과 함께 발생하기도 하며, 성능저하된 시공이음부 콘크리트나 균열이 발생한 콘크리트에 물이 침투하여 동결된 경우 그 동결압에 의해서 콘크리트에 박리·박락이 발생되어 콘크리트의 피복두께를 감소시키게 된다.

<그림 2-24> 및 <그림 2-25>는 배수갑문 및 암거에 발생된 박리·박락이다.



<그림 2-24> 배수갑문의 박리·박락



<그림 2-25> 암거의 박리·박락

4. 콜드 조인트

콜드조인트는 설계단계에서 고려하는 이어치기 줄눈과 달리 콘크리트타설 중에 연속하여 타설하는 시간 간격을 넘어서 타설한 경우 먼저 타설된 콘크리트 위에 나중에 타설된 콘크리트가 일체화되지 않은 상태로 되어 이어친 부분에 불연속적인 면이 발생하는 것을 말한다. 이 면의 콘크리트는 취약하고 균열이 생기는 것이 많고 구조물의 내하력, 내구성 및 수밀성을 현저하게 저하시키는 원인이 된다.

콘크리트 표준시방서에 따르면 콜드 조인트가 발생하기 쉬운 서중 콘크리트에 대해서 타설 시간의 한도가 외부 기온이 25℃를 기준으로 이상일 때와 이하일 때 각각 제한된 규정이 있다. 그러나 대체적으로 경험상 25℃ 이상일 때는 60분 이내로, 30℃ 이상일 때는 30분 이내라야 한다. 또한 타설 범위 및 타설 방법을 적절하게 수행하여 콜드 조인트의 발생을 최소화시켜야 구조물의 내구연한을 향상시킬 수 있을 것이다.

양수장에서 발생된 콜드 조인트는 <그림 2-26>과 같으며, 터널의 경우에 발생되는 콜드 조인트는 <그림 2-27>과 같다.



<그림 2-26> 양수장의 콜드 조인트



<그림 2-27> 터널의 콜드 조인트

5. 백화

백화는 치밀성이 약한 콘크리트나 모르타르에서 시멘트 중의 수산화칼슘, 알칼리

등이 침투한 물에 의해 용해되어 구조물 내부공극을 통해 표면으로 흘러나와 물이 증발된 후 가용성(알칼리 환상염)또는 난용성염(탄산칼슘)의 형태로 석출되거나 공기 중의 이산화탄소와 반응하여 탄산화물(탄산칼슘, 탄산나트륨)형태로 고형화된 현상으로 흔히 백색을 띤다. 백화는 녹물 등과 같이 콘크리트 표면을 오염시켜 미관상 문제를 발생시키지만 석출물 자체가 구조물의 안정성 및 신뢰성을 손상시키는 것은 아니다. 백화의 성분은 발생시기, 발생 후의 경과일수, 환경조건, 첨가물, 사용 원재료 등에 따라 다르지만 기본적으로는 혼합수에 용해된 수산화칼슘과 알칼리 화합물 그리고 탄산화된 화합물로 이루어져 있다.

<그림 2-28>은 분수문 주변 콘크리트에서 발생한 백화현상을 나타내고 있으며, <그림 2-29>는 양수장 건축물의 내부에서 발생한 균열을 통한 백화 현상을 보여주고 있다.



<그림 2-28> 분수문의 백화



<그림 2-29> 양수장의 백화

6. 표면부식

해양환경, 강산이나 고농도의 환산염과의 접촉, 동결융해작용을 받는 환경, 유수 및 유사에 의한 침식 등 특별한 성능저하촉진 인자에 노출된 환경을 제외하고 콘크리트 표면은 보통의 사용환경에서 시간의 경과와 함께 변질 및 성능저하한다. 이러한 현상을 콘크리트 표면부식으로 정의한다. 이러한 현상으로는 단면의 감소, 변색에 의한 오염, 강도 저하 등의 현상이 발생되어 콘크리트 표면부의 탈락, 미관 저하, 사용성 저하 등의 문제가 발생할 수도 있다. 또한 콘크리트 표면 부식이 진행되면서

동결융해, 염해, 중성화, 화학적 침식 등을 동시에 수반하는 경우에는 콘크리트 수리 구조물의 성능저하 현상이 더욱 빠른 속도로 진행된다.

터널 외부에서 발생한 표면부식과 방수문에서 발생한 표면부식의 상황을 각각 <그림 2-30> 및 <그림 2-31>에 나타내고 있다.



<그림 2-30> 터널의 표면부식



<그림 2-31> 방수문의 표면부식

7. 누수

콘크리트 내부에는 시멘트 페이스트의 겔 구조 속에 존재하는 모세관 공극, 골재와 시멘트 페이스트의 부착면에 존재하는 균열, 블리딩 수의 상승으로 발생하는 골재 아랫면의 공극이나 물길 등에 의해 생기는 미세한 틈이 있어서 여기에서 물이 침투된다. 이러한 것들이 부재에 생긴 균열에 접촉되면 균열에서의 누수가 생긴다. 또한 시공이 불량한 콘크리트에서도 누수가 발생하는 경우가 있다. 콘크리트 속에 물이 침투되면 시멘트의 응결, 경화과정에서 생긴 수화물이 용출되고, 콘크리트 강도저하, 동결융해, 철근의 부식 등이 추가적으로 발생한다. 이에 따라 콘크리트 구조물의 내구성 저하 및 내하력 저하 등이 발생하기도 한다.

특히 한랭지에 존재하는 수리구조물의 경우에는 누수되는 부분에서의 동결융해 반복에 따라 콘크리트의 붕괴를 급격히 진행시키게 되고 또한 누수가 존재하는 콘크리트 부분에서도 동결융해에 의한 침식을 받기 쉬우므로 누수를 방지해야 한다.

지하수 유입에 의한 터널 내부에 발생한 누수 현상을 보여주는 것이 <그림 2-32>이고, 개거의 이음부를 통한 누수 현상을 보여주는 것이 <그림 2-33>이다.



<그림 2-32> 터널 배면의 누수



<그림 2-33> 개거의 누수

8. 고드름 및 측빙

고드름, 측빙은 수리구조물에서 한랭한 기온의 영향으로 발생하는 수리구조물의 변상 가운데 하나이다. 일반적으로 어깨부에서 수직으로 늘어뜨려져 있는 것을 고드름, 측벽에 연하여 있는 것을 측빙이라 한다. 주로 산악지역에 있는 구조물 및 터널 등에서 쉽게 접할 수 있다.

<그림 2-34>는 수로교 하면의 미세 균열면에 발생된 고드름 현상을 보여주고 있으며, 터널 벽면에 발생된 측빙 현상은 <그림 2-35>와 같다.



<그림 2-34> 수로교의 고드름



<그림 2-35> 터널의 측빙

9. 단차

단차는 콘크리트 수리구조물의 변형이나 변위가 연속적으로 나타나지 않고 어느 부위에서 급격하게 변화되는 경우가 생기는 것으로서 응력이 집중되는 장소나 이음 등 강도상의 약점이 있는 부위에 내면의 균열에 따라 어긋나는 현상을 가리킨다.

터널 지반의 약화에 의해 발생된 단차는 <그림 2-36>과 같으며, 수로교의 교각 하부의 단차에 의한 균열 형상은 <그림 2-37>과 같다.



<그림 2-36> 터널의 단차



<그림 2-37> 수로교의 단차

10. 침식 및 공동

물리적인 힘에 의한 콘크리트 표면의 질량 손실은 크게 마모, 침식 및 공동(cavitation)으로 분류할 수 있다.

마모는 차량으로 인한 포장과 공장 바닥의 마모와 같이 일반적으로 건조 상태에서 이종의 물체가 마찰에 의해 발생시키는 것을 가리키는 것이다. 침식은 현탁질로서 고체 입자를 함유하고 있는 유체의 마모 작용으로 인한 경우를 가리킨다. 예를 들면 수로의 라이닝, 잉여수 토출, 상수나 하수를 통하는 파이프, 배수로 등과 같은 수리구조물에 자주 발생하여 콘크리트 수리구조물의 성능저하를 유발시킨다.

공동은 수리구조물에서 고속으로 흐르는 수중에 대한 증기포의 형상과 거기에 계속해 흐르는 급격한 방향 전환으로 인한 공동의 붕괴로 야기되는 질량 손실에 대한 것이다.

따라서 침식 및 공동은 모든 수리구조물에서 발생할 수 있는 문제로서 통수시 유속에 따라 그 정도의 차이가 있으며, 통수시 토립자, 어패류 등과 같은 부유물로 인해 바닥부분이 더욱 심하게 침식된다. 이 경우 일반적으로 원래의 단면을 변화시키는 결과를 초래하거나 바닥부 주변지반이 취약한 경우에는 부등침하 등을 유발하기도 하는데, 배수로에서 바닥부분에 침식이 발생한 경우에는 주변지반으로의 물의 유입으로 인해 지반의 강도가 저하되기도 한다.

유수 및 유사에 발생된 배수갑문의 침식 현상을 <그림 2-38> 및 <그림 2-39>에서 보여주고 있다.



<그림 2-38> 배수갑문의 침식 현상

<그림 2-39> 배수갑문의 침식 현상

11. 골재 노출

골재 노출은 크게 시공 부주의에 의해 발생하는 것과 사용 중 침식에 의해 발생하는 것으로 구분할 수 있다. 시공 부주의에 의해 골재 노출이 발생하는 경우는 콘크리트를 타설할 때 재료분리, 다짐부족, 거푸집 하단에서의 시멘트 페이스트의 누출 등에 기인한다.

침식에 의해 발생하는 경우는 수리구조물 사용 중 유수 및 유사(流砂)에 의해 시멘트 페이스트 및 모르타르 부분이 침식되어 내부의 굵은골재가 노출되는 현상이다.

시공 부주의나 침식에 의해 골재 노출이 발생되면 노출 부분이 공극부분처럼 탄산가스나 물을 통과시키기 쉬워서 중성화 억제 효과가 거의 나타나지 않는다. 따라서 골재 노출 부위에 강재가 존재하는 경우에는 조기에 부식이 시작할 우려가 있으므로

조속히 보수를 실시할 필요가 있다.

시공 시 부주의에 의해 발생된 분수문의 골재 노출을 <그림 2-40>에서 보여준다면, 시멘트 모르타르의 침식에 의해 발생된 굵은골재 노출 현상은 <그림 2-41>에서 보여주고 있다.



<그림 2-40> 분수문의 골재 노출



<그림 2-41> 방수문의 골재 노출

제3절 수리구조물의 노후손상 원인

콘크리트는 다른 건설재료에 비하여 노후손상에 대한 저항성(내구성)이 우수한 재료이며, 장기간에 걸쳐서 콘크리트 구조물의 내구성이 우수하다는 것이 입증되어 왔다. 그러나 농업기반 수리구조물은 설계, 시공에 있어서 내구성에 대한 충분한 배려가 결여되었던 점과 각종 환경조건에 있는 콘크리트 구조물의 사용기간 중 정기적인 검사나 유지관리의 필요성을 중요시 하지 않았기 때문에 현재 국내에서 사용되고 있는 농업기반 수리구조물은 노후손상이 진행되고 있는 것이 현실이다.

이때, 구조물의 노후손상현상이란 장기간에 걸친 외부로부터의 물리적, 화학적 작용에 의해 발생하는 콘크리트의 성능저하현상을 말한다. 구조물은 처음 설계조건과 같이 시간경과에 따른 성능저하가 적고, 장기간 사용할 수 있도록 내구적인 것으로 만들 필요가 있을 뿐만 아니라, 사용하고 있는 구조물의 성능저하가 발생되었을 경우 보수보강을 통해 보다 장기간 사용할 수 있도록 할 필요도 있다.

농업기반 수리구조물의 노후손상현상을 조사하기에 앞서 우선 노후손상 메커니즘

을 분명히 할 필요가 있다. 이를 바탕으로 조사 및 진단을 실시하고 보수 또는 보강 여부를 판단한 후 필요하다고 인정되는 경우 적절한 조세 및 공법을 선정하는 것이 중요하다.

농업기반 수리구조물의 내구성 저하요인에는 동결융해작용에 의한 성능저하, 콘크리트 탄산화(중성화)에 의한 철근의 녹발생, 건조수축에 의한 성능저하, 건습반복·온도변화 등의 기상작용 등에 의한 성능저하, 콘크리트에 대한 물리적·화학적 침식, 염화물에 의한 콘크리트 중의 철근의 녹 발생, 하중작용 등에 의한 균열의 발생과 확대, 반복하중에 의한 콘크리트 균열부의 성능저하 및 철근의 피로, 지속하중에 의한 크리프 변형, 알칼리 골재반응, 황산염에 의한 팽창 등이 있으나, 본 연구에서는 주로 콘크리트의 염해, 중성화, 동결융해, 화학적 침식, 알칼리 골재반응 및 건조수축을 중심으로 고찰하였다.

한편 콘크리트의 노후손상은 위의 요인 중 단독의 원인에 의해 발생하는 예는 거의 없으며 대부분의 경우 몇 개의 요인이 복합적으로 영향을 미치며 이러한 손상의 원인을 특정한 인자에 의한 것으로 단정하기 어려운 경우가 많다는 점도 상기할 필요가 있다.

1. 동결융해

동결융해란 콘크리트 중의 수분이 외부온도의 저하에 의하여 동결과 융해의 반복 작용으로 균열이 발생하거나 표면부가 박리하여 콘크리트 표면층에 가까운 부분으로부터 파괴되어 콘크리트의 성능이 저하되어 가는 현상을 말한다.

콘크리트 내부의 간극수가 동결하면 약 9% 정도의 부피가 증가하고 콘크리트 내 팽창압력에 증가하여 균열을 발생시키며, 표층 콘크리트가 박리(scaling)된다. 이때 동결융해작용이 반복되면 균열은 급속히 진행되며 콘크리트는 표면으로부터 순차적으로 파괴가 진행된다.

시공시 굳지않은 콘크리트가 응결, 경화과정에서 콘크리트 내의 수분이 동결과 융해를 반복하면 수화의 진행이 어렵고 체적팽창에 따라 주위조직의 이완이나 파괴로 인하여, 강도발현이 되지 않아 강도, 수밀성, 내구성 등 품질이 매우 나쁜 콘크리트 된다.

동결융해에 의한 콘크리트 구조물의 성능저하는 콘크리트의 물시멘트비, 공기량 및 외기 온도, 물의 공급정도 등을 요인으로 한 콘크리트의 동결융해깊이를 성능저하의 지표로 하는 것이 좋다. 콘크리트 구조물은 동결융해 작용을 받으면 콘크리트 중의 수분이 동결팽창하고, 이들의 반복작용에 의하여 콘크리트 표면의 조직이 파괴에 의하여 균열, 스케일링(scaling), 팝아웃(pop-out), 등이 발생되며, 표면부로 부터 성능이 저하된다. 이 표면층은 일반적인 동결융해시험에서의 성능저하 기구와 같은 것으로 생각할 수 있으며, 그 깊이는 서서히 커지고, 구조물 미관 등에 영향을 미친다. 이 단계에서 콘크리트 표면조직이 느슨해지기 때문에 콘크리트 중의 흡수율이 높게 되고, 동결융해의 진행이 빠르게 된다. 또한 동결융해가 현저히 진행할 경우 콘크리트 유효단면이 크게 감소하여 내하력에 영향을 미치며, 콘크리트 피복의 감소로 인하여, 철근과의 부착강도 저하 및 변형의 증대 등이 문제가 된다. 해안부에서는 콘크리트 피복두께의 감소와 콘크리트 조직의 느슨함 때문에 염화물이온의 침투속도가 빠르게 되고, 철근의 부식도 촉진되어 내구성은 현저하게 저하는 것으로 생각된다. 또한, 콘크리트 구조물의 위치, 장소, 환경 조건, 콘크리트의 품질 및 수분 공급의 용이 등에 의하여 동결융해의 정도, 범위 및 변형이 다르게 된다. 이와 같은 동결융해를 고려할 경우 동결융해에 의한 성능저하는 물론이고, 동결융해를 간접요인으로 해서 콘크리트구조물에 작용하는 각각의 영향도 고려하여 성능저하를 검토하는 것이 필요하다.

콘크리트 구조물의 동결에 영향을 주는 요인으로서 콘크리트 자체 품질에 대한 내적인 요인과 온도, 습도 등의 외적인 요인이 있으며, 동결융해 손상을 방지하기 위해서는 다음과 같은 대책이 필요하다.

AE제에 의한 콘크리트의 공기량을 4~6% 정도로 유지시키면 동결융해 저항성을 크게 증대시킨다. 최근에 제조된 대부분의 콘크리트 수리구조물은 AE콘크리트를 사용하기 때문에 동결융해에 의한 피해는 거의 없지만, AE콘크리트를 사용하기 전에 제조된 콘크리트 수리구조물도 현재 다수 사용되고 있으므로 이에 대한 주의가 요망된다. 보통 골재는 0~5%의 공극을 가지고 있다. 따라서 흡수율이 큰 연석을 사용하면 동결시 골재 자신이 팽창하거나 물이나 수분이 침투하여 동결융해를 심하게 촉진시키게 된다. 그렇다고 다공성의 골재가 반드시 동결손상을 일으키는 것은 아니지만, 가능한 한 골재는 흡수율과 연석 함유량이 낮은 내구성이 강한 것으로 하되, 배합시

물시멘트비는 최소화하여 조직을 치밀화할 때 동결융해에 의한 피해를 감소시킬 수 있다.

그리고 한중콘크리트는 부어넣고 압축강도가 5MPa 이상이 되기까지의 기간 동안 초기 양생을 실시하여야 하고, 보온 방법은 콘크리트를 내외부로부터의 수분이동이 없도록 덮고 적절한 온도를 유지하여 경화를 촉진시킨다. 그리고 양생한 후에는 구조물을 건조시키는 것도 동결융해 저항성을 증대시키는 한 방법으로 사용되고 있다.

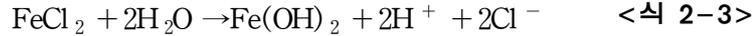
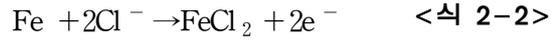
2. 염해

염해란 콘크리트 중에 염화물이 존재하여 강재(철근이나 PC강재 등)가 부식함으로써 콘크리트 구조물에 손상을 끼치는 현상을 말한다. 이때 염해는 염화물에 의한 강재의 부식 자체도 문제가 되지만 강재의 염화물 부식에 의한 철근콘크리트 구조물의 손상이 더욱 큰 문제가 된다.

철근콘크리트 구조물에 염해를 발생시키는 염화물의 침투경로는 크게 2종류로 나누어 생각할 수 있다. 첫째는 콘크리트 제조 당시 콘크리트 사용재료인 골재, 혼화제, 배합수 등에 포함되어 직접 콘크리트 중에 유입되는 염화물에 의한 염해이고, 둘째는 구조물의 주변 환경에 따라 해양 환경 하에서 비래 염분이나 해수의 직접적인 접촉 또는 동결기 용빙제의 살포 등으로 인하여 염소이온이 콘크리트 중으로 침투, 확산되는 것 등 외부로부터 유입되는 염화물에 의한 염해이다. 그러나 염화물의 침투경로가 다르다는 것 외에 염분이 침투하여 콘크리트 내부의 철근이 부식되고 팽창하여 균열 발생 및 내하력 저하를 일으킨다는 부식성능저하기구 자체에 대한 본질적인 차이는 없다.

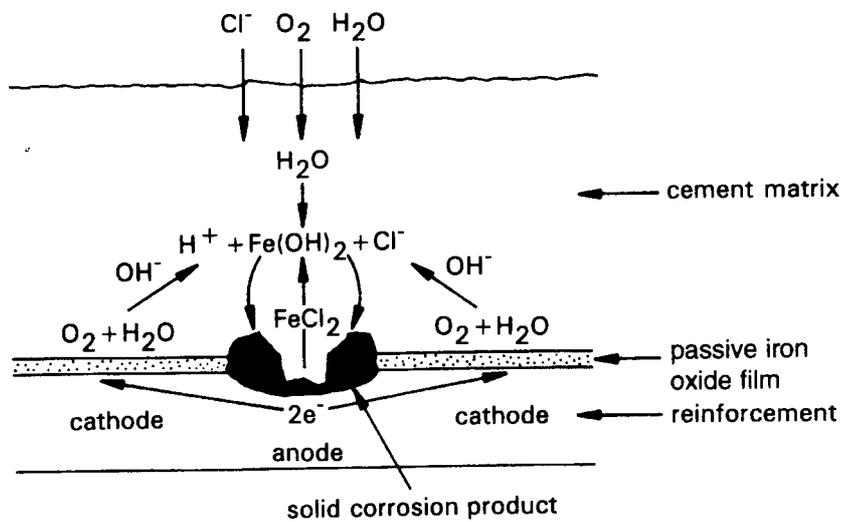
염해는 주로 철근부식과 밀접한 관련이 있으며, 염해에 의한 콘크리트 중의 철근의 부식은 세공용액의 pH가 9이하 정도로 되지 않아도 철근부근에 소정의 염화물이 존재하면 염소이온이 강재 표면의 부동태 피막을 파괴하게 되고, 그 결함 부분에서 물의 존재 하에 국부전지를 만들어 철근의 부식반응이 진행되며, 이들의 반응생성물로 수산화 제1철 또는 수산화 제2철의 녹을 발생시킨다.

활발한 부식 반응이 일어나고 있는 철근 부위에서의 pH는 언제나 4.8~6.0 사이의 범위라고 한다. 이들 부위에서의 부식반응은 다음과 같다.



이 식에서 볼 수 있듯이 염소이온은 반응에 참가하지 않고 촉매역할을 수행함으로써 끊임없이 부식반응이 진행된다. 이러한 염소이온에 의하여 콘크리트 중의 철근의 부식반응 메커니즘은 <그림 2-42>와 같다.

철근부식의 결과는 직경의 감소로 역학적인 성질이 떨어지고, 산화철의 팽창으로 인해 피복 콘크리트에 균열이 발생하거나 탈락되어지고, 철근과 콘크리트의 부착력 감소 등으로 나타난다.



<그림 2-42> 염소이온에 의한 콘크리트 중의 철근부식 메커니즘

염화물이온이 콘크리트의 역학적 성질에 미치는 영향은 적기 때문에 일반적으로 염해는 염화물이온의 침입에 의해 야기되는 철근부식을 중요하게 다루고 있다. 염해에 의해 콘크리트에는 녹물의 용출에 의한 콘크리트 표면의 오염, 철근 부근에 균열 발생으로 내하력, 반복하중을 받는 부재에서의 내피로 특성 등의 콘크리트 부재의 구조특성 변화, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적 감소 등이 발생된다.

따라서 철근콘크리트의 염해를 방지하기 위해 수분, 산소 및 Cl^- 등의 부식성 물질을 콘크리트로부터 제거하고, 부식성 물질의 피복 콘크리트 속으로의 침입, 확산을 방지한다. 피복 콘크리트 중의 반응성 물질이 강재 표면에 도달하는 것을 방지한다.

사용되는 강재는 방식성능이 높은 것을 사용한다. 외부로부터의 전류에 의하여 강재의 전위를 변화시켜 방식영역에 포함시킨다. 마지막으로 방청제를 사용하는 등의 방법으로 철근콘크리트를 보호한다.

한편, 콘크리트표준시방서, 건축공사 표준시방서에서는 해사 중의 염분 허용값을 <표 2-14>와 같이 정하고 있다. 또한 KS F 4009(레디믹스트 콘크리트)에서는 해사 뿐만 아니라 콘크리트 중의 염소이온 총량도 규정하고 있다.

<표 2-14> 잔골재 및 콘크리트의 염분 허용값 국내 규격

규격	해사 중의 염분 허용값	콘크리트 중의 염소 이온량
콘크리트 표준시방서	본문 : 책임기술자가 정한다. 해설 : -보통의 RC, 포스트텐션방식의 PC → NaCl로 0.1% 이하 -내구성이 필요한 RC, 프리텐션방식의 PC → NaCl로 0.04% 이하	-
건축공사 표준시방서	골재 1급 : NaCl 0.02% 이하 골재 2,3급 : 0.1% 이하 단, 0.04% 이상 시 방청조치 고려	-
KS F 4009 (레디믹스트 콘크리트)	0.04% 이하, 0.04%를 초과한 것에 대해서는 구입자의 승인을 얻어야 한다. 다만, 그 한도는 0.1% 이하를 원칙으로 한다.	콘크리트에 포함된 염화물량은 콘크리트 출하지점에서 염소이온으로 0.3kg/m ³ 이하여야 한다. 다만 구입자의 승인을 얻은 경우에는 0.6kg/m ³ 이하로 할 수 있다.

3. 중성화(탄산화)

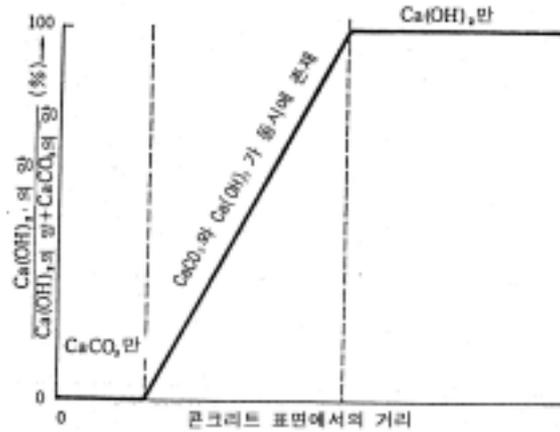
경화한 콘크리트는 공기중의 탄산가스의 작용을 받아 수산화칼슘이 탄산칼슘으로 바뀌며, 이 반응은 표면에서부터 시작하여 안쪽으로 향하여 서서히 일어난다,



이것이 중성화 또는 탄산화라고 하는 반응으로 콘크리트의 수축과 알칼리성의 상실을 초래한다. 흔히 콘크리트의 중성화는 수산화칼슘이 탄산화되는 것을 말하는데, 탄산화는 시멘트의 수화생성물이 이산화탄소와 반응하여 탄산화합물 및 그 밖의 물질로 분해되는 현상이라 할 수 있으며, 중성화는 시멘트 경화체의 알칼리성이 저하되는 현상이라 할 수 있다.

가장 일반적인 중성화는 콘크리트가 대기 중에 있는 경우로 대기 중의 탄산가스가

콘크리트 내부로 확산되어 중성화가 콘크리트 표면에서 내부로 진행해 간다. 그러나 모든 수산화칼슘이 탄산화된 영역과 탄산칼슘이 생성되지 않은 영역 사이에 명확한 경계는 존재하지 않는다. 이 2개의 영역 사이에는 <그림 2-43>의 콘크리트 중성화 모델에서 표시한 수산화칼슘과 탄산칼슘이 혼재되어 있는 영역이 있다.



<그림 2-43> 콘크리트 중성화 모델

이러한 중성화는 콘크리트 자체에 유해하지는 않지만 콘크리트 중의 철근이 부식하기 때문에 문제가 된다. 따라서 철근콘크리트로 되어 있는 수리구조물의 내구성 문제에서 중성화는 중요하다.

콘크리트의 중성화 판정은 페놀프탈레인 1%의 알코올 용액을 콘크리트 표면에 뿌리면 알칼리성의 부분은 붉은 보라색을 나타내기 때문에 색깔이 변하지 않은 부분을 중성화된 것으로 판정하며, 이 때의 pH는 8.5~9.5 정도이다. 콘크리트 표면에 부동태 피막이 생성되는 것은 pH 11이상의 강알칼리 환경이 필요하며, 콘크리트가 중성화되면 철근의 부동태피막이 파괴되므로 철근의 부식이 시작되어, 구조내력의 저하, 철근의 피복 콘크리트의 균열, 박리 등을 발생시켜 미관, 기능 및 안정성이 저하된다. 한편, 수화생성물과 이산화탄소의 반응에 의해 콘크리트 조직이 변화하고, 강도에 영향을 미친다는 학계의 연구보고도 있다.

4. 화학적 침식

콘크리트 구조물의 화학적 침식이란 콘크리트의 시멘트 수화물이 어떤 종류의 화학물질(부식성 물질)과 반응하여 용출됨에 의하여 조직이 다공화 되거나 반응에 의하여 팽창을 일으켜 구조물의 성능이 저하하는 현상을 말한다. 이와 같은 화학적 침식은 산, 알칼리, 염류를 사용하는 각종 공업, 동·식물성 기름, 유기산 및 당류를 사용하는 식품공업, 온천지대, 산성 하천유역 및 하수도, 하수처리 시설 등의 콘크리트 구조물에서 나타나고, 성능저하의 상황은 각각 다르다. 부식성 물질에는 산, 동·식물성 기름, 황산염, 기타의 염류, 부식성 가스, 당류 및 강알칼리 등이 있다.

가. 산에 의한 성능저하

시멘트 수화물은 모두 산과 반응하여 분해한다. 수산화칼슘은 더욱 반응하기 쉽고, 또한 칼슘실리케이트 수화물 및 칼슘알루미늄에이트 수화물도 산과 반응하여 쉽게 분해한다. 성능저하의 진행에는 산의 종류 및 농도 외에 기온, 건습반복의 유무, 충격 및 마모작용의 유무 등의 환경조건도 작용한다. 산에 의한 성능저하는 화학공장 및 도금 공장 등에서 사용되는 고농도의 유기산으로부터 온천 및 산성 하천 등의 비교적 저농도의 산까지 광범위하다.

나. 황산염에 의한 성능저하

물에 녹은 황산염은 시멘트 수화물 중 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 반응하여 석고를 생성하여 콘크리트를 연화시키고 이 석고는 시멘트 경화체 중의 칼슘알루미늄에이트 수화물 및 수화되지 않은 칼슘알루미늄에이트 페라이트상과 반응한다. 그때 에트링가이트 등을 생성하여 큰 팽창압을 일으키기 때문에 콘크리트의 팽창균열 및 조직 붕괴를 유발한다.

또한 황산염은 시멘트 경화체 중의 수산화칼슘과 반응하여 이수석고를 생성한다. 이수석고는 수용성이기 때문에 용출하여 조직이 다공화되어 침식이 가속된다. 황산염은 각종 공업원료 및 비료로서 널리 사용되어 오고 있고, 온천 및 하천수에도 함유되어 있는 것이 있으며, 또 해수중에도 포함되어 있어 해수에 의한 콘크리트의 성능저하에도 영향을 미친다. 황산염에 의한 성능저하의 징후는 산에 의한 성능저하와는 다르고 침적기간이 비교적 장기간에 걸쳐 이루어졌을 때 나타나는 경향이 있다.

다. 그 밖의 염류에 의한 성능저하

황산염 이외에 콘크리트를 성능을 저하시키는 염류로서 고농도의 염화물, 질산염 등이 알려져 있다. 염화물은 시멘트 경화체 중의 수산화칼슘과 반응해서 수용성의 염화칼슘을 생성하여 용출하며, 이 반응에 의해서 조직은 다공화된다. 염화물의 콘크리트 자체에 대한 침식작용은 동일 농도의 황산염일수록 심하게 되지만, 염소이온이 침투하여 철근에 도달하면 철근부식을 유발하기 때문에 콘크리트 구조물의 성능저하는 보다 심각하게 된다. 질산염도 염화물과 마찬가지로 시멘트 경화체 중의 수산화칼슘과 반응하여 수용성의 질산칼슘을 생성하여 조직의 다공화를 촉진한다.

5. 마모(침식)

콘크리트 수리구조물의 마모는 댐, 수로 구조물 등에서 보여지는 공동 등에 의한 마모 혹은 빙하에 의한 구조물의 마모 등이 있으며, 마모의 진행은 크게 3단계로 구분하여 사용되고 있다.

제1단계에서는 표면에 가까운 미세입자의 많은 모르타르 층이 마모되며, 제2단계에서는 표층부가 마모된 후 굽은골재가 노출하여 굽은골재 자체의 마모가 발생한다. 그리고 마지막 제3단계에서는 굽은골재의 박리가 발생하는 것이다.

요철이나 급격한 굴곡을 갖는 콘크리트 표면을 따라 고속의 물이 흐르는 경우 또는 장애물 등에 의한 국부적인 압력강하가 생기면 그 하류는 부압으로 되어 공동을 발생하게 되고 그 부분은 수증기의 기포가 혼재한 상태의 흐름으로 된다. 이 물흐름에서 압력이 약간 높은 곳으로 이동하면 수증기의 기포는 급격하게 커져 벽면에 큰 충격을 주며, 공식 손상을 나타낸다. 공동에 의한 손상은 국부적으로 심하기 때문에 일반적으로 장기간에 걸친 침식작용에 대하여 저항하는 것이 불가능하다.

수로, 모래를 배출하는 곳 등 콘크리트 수리구조물에서 일어나는 마모현상은 산악 지역 등의 가혹한 기상환경을 받는 지방에 현저한 경우가 많다. 물의 유속만으로 언 급하면 상당한 유속에 장기간 노출되어도 마모현상의 거의 발생하지 않지만 물 속에 모래 등이 포함되어 있으면 마모에 의한 손상은 비약적으로 증대한다. 또한 겨울철에는 얼음과 모래 등에 의한 물리적 작용에 의해 발생하는 연마 작용에 의한 마모, 미끄럼 마모 및 동결융해 작용 등을 동시에 생각할 수 있다.

6. 건조수축

외부 환경으로 콘크리트 속에서 수분의 급격한 건조에 따라 모세관 공극 내에 생기는 모세관 장력, 부압으로 인한 수축에 기인하여 발생하는 균열을 건조수축균열이라고 정의할 수 있다. 건조수축은 콘크리트에 균열을 일으키는 가장 큰 원인 중의 하나이다.

콘크리트가 외기와 접하면 건조하기 시작하고 건조된 외부는 수축하게 된다. 그러나 콘크리트의 내부는 아직도 수분을 많이 함유하고 있으므로 외부의 수축작용을 구속한다. 따라서 외부표면에는 인장응력이 발생하게 되며, 이 인장응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하면 균열이 발생하게 된다. 이 균열을 건조수축균열이라 하며, 건조수축균열은 단위수량이 클수록 골재량이 적을수록 크게 발생한다. 초기에 표면에서 얇게 발생한 건조수축균열은 시간이 흐를수록 깊이가 깊어진다. 이러한 콘크리트의 건조수축은 배합설계시 굵은골재량을 증가시키고 단위수량을 감소시킴으로써 줄일 수 있다. 건조수축으로 인한 균열은 수축조인트와 철근을 적절히 배치하거나, 건조수축을 보상할 수 있는 시멘트를 사용함으로써 제어할 수 있다.

건조에 따른 콘크리트의 수축이 구속을 받지 않으면 콘크리트에 균열은 발생되지 않는다. 그러나 일반적으로 콘크리트 구조물은 기초나 다른 구조요소 또는 콘크리트 내의 보강철근 등에 의해 수축이 구속을 받게 된다. 이러한 수축작용의 구속은 인장응력을 유발시키며, 이 인장응력이 콘크리트의 인장강도에 도달할 때 콘크리트는 균열이 발생한다. 또한 콘크리트 슬래브 등의 부재단면 내에서도 표면은 건조수축이 크고 내부는 상대적으로 수축량이 작으므로 표면의 건조수축이 구속을 받는다. 따라서 표면에 인장응력이 유발되어 표면 균열 발생의 요인이 된다. 이렇게 표면에 생기는 균열은 초기에는 콘크리트 내부로는 관입되지 않으나, 지속적인 건조현상이 진행됨에 따라 콘크리트부재 내부로 깊숙이 진행되기도 한다.

건조수축에 영향을 미치는 인자는 시멘트, 골재, 혼화재료, 콘크리트 배합, 양생 및 부재의 크기 등으로 크게 나눌 수 있다.

시멘트는 분말도가 건조수축에 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 일반적으로 분말도가 높은 시멘트는 콘크리트의 수축을 많이 발생시키는 것으로 보고되고 있다. 그러나 분말도의 증가가 수축의 증가에 정비례하는 것은 아니다.

전체 콘크리트의 65~80% 정도를 차지하는 골재는 수축에 중요한 영향을 미친다. 일반적으로 콘크리트의 수축은 시멘트페이스트 수축의 1/4~1/6 정도인데 그 이유는 골재가 건조수축을 억제하기 때문이다. 일반적으로 골재의 탄성계수가 클수록 흡수율이 작을수록 콘크리트의 수축은 작아진다. 또한 굵은골재 최대치수는 건조수축에 큰 영향을 미치며 골재의 크기가 클수록 단위수량을 줄이고 시멘트페이스트의 수축량을 줄이므로 건조수축 저감에 유효하다. 불량한 입도의 골재는 적절한 작업성을 위하여 많은 양의 모래를 사용하는 결과 건조수축을 증가시키는 요인이 된다. 점토분을 많이 함유한 골재는 콘크리트의 워커빌리티를 증가시키기 위해 단위수량이 증가하므로 건조수축이 클 우려가 있다.

혼화재료인 광물질과 화학약품의 사용은 콘크리트의 특성을 개선하는데 있어서 필수불가결하다. 포졸란 재료의 사용은 일반적으로 단위수량을 증가시킬 수 있으므로 건조수축의 증가를 초래한다. 감수제와 지연제는 콘크리트의 단위수량을 감소시켜주지만 건조수축을 감소시켜주지는 못하는 것으로 나타나고 있다. 경화촉진제는 건조수축을 증가시키는 결과를 가져온다. AE제의 사용은 공극량을 증가시켜 건조수축을 약간 증가시키는 경향이 있으나, 공기의 함유는 슬럼프의 감소없이 배합수량을 감소시킬 수 있어 건조수축은 공기량이 5% 정도까지는 별 영향을 받지 않는다고 한다.

콘크리트의 배합에 있어서 물량이 증가할수록 건조수축은 증가한다. 그러므로 단위수량은 가능한 한 줄이고 전체 골재량을 증가시킬수록 콘크리트의 건조수축은 줄어든다. 한편, 단위시멘트량이 많고, 슬럼프값이 클수록 건조수축은 커지게 된다.

7. 온도·습도

콘크리트는 팽창 및 수축하고 하중을 받으면 처지고, 제거되면 원상태로 복귀하는 활동을 계속하는 물체이다. 콘크리트의 온도가 상승하면 팽창하고, 온도가 하강하면 지체없이 수축하는데, 콘크리트가 구속되어 온도변화에 의한 팽창과 수축이 자유로이 일어나지 못하면 체적변화에 따라 인장, 압축, 전단 등의 응력이 발생하여 균열, 박리 등이 발생한다. 따라서 콘크리트가 기온, 습도, 일사열 등의 기상 작용에 의해 신축을 반복하면 건조수축균열과 온도균열이 발생한다. 온도하중에 의해 발생한 균열의 형태는 건조수축균열과 유사하고 균열폭은 온도가 상승하면 감소하고, 강하하

면 확대되는 경향을 보인다.

제4절 수리구조물의 노후손상 현황 유형화

1. 수리구조물별 준공연도 분석

농업수리시설은 수도작 재배를 위한 관개용수 공급 위주로 약 90 여년 동안 건설되어 옴에 따라 시설의 노후손상이 심화되면서 그 기능이 날로 저하되어 개보수의 필요성이 점차 커지고 있다. 이에 따라 그 간 취약한 수리시설의 개보수를 위하여 매년 국고지원('89년 이후 전액 국고보조)이 이루어져 왔다. 그러나 2000년 전국 규모로 수리구조물을 일제점검을 실시한 결과를 살펴보면, 수원공 시설 12,295개소 중 53%인 6,565개소, 용수간지선 33,986 km 중 41%인 14,096 km가 노후 되어 개보수가 필요한 것으로 나타났다. 비교적 관리상태가 좋다고 알려진 농업기반공사의 수리구조물 마저도 많은 부분에서 개보수가 필요하다는 것은 관리상태가 열악한 시·군 관리 수리구조물에서는 그 정도가 더할 것이며 개보수에 필요한 예산도 막대할 것이라는 것을 알 수 있다. '00년말 현재 우리나라에는 전국적으로 66,132개소의 수리시설이 산재되어 있으며 이중 저수지가 17,913개소, 양배수장이 6,546개소, 방조제 1,589개소, 취입보, 관정 등 기타 수리시설이 40,084개소에 이르고 있다.

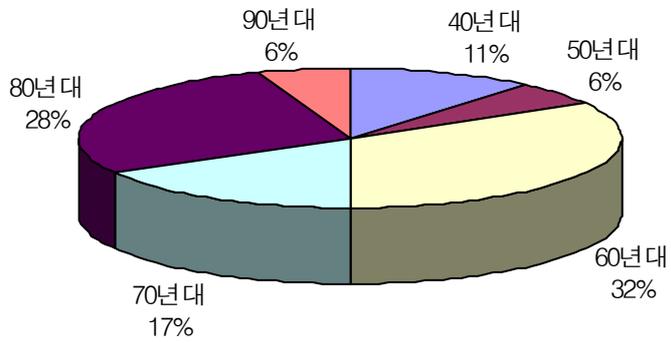
농업기반 수리시설을 유지관리 하는 농림부, 지자체, 농업기반공사의 평야부 구조물에 대한 보수보강을 실시해야 하는 공작물의 연장은 상당히 크게 나타나고 있다. 수리시설의 개보수 발생요인은 여러 가지 복합적인 인자에 의해 발생하나 이를 분류하면 다음과 같이 크게 다섯가지로 분류할 수 있다. 첫째 시설의 경과연수에 따른 노후화나 기능저하 둘째 건설당시의 설계기준 미달로 인한 능력부족 셋째 사업 시행과정에서의 시공조잡 및 결함 넷째 태풍이나 홍수 등 자연재해로 인한 붕괴나 파손, 다섯째 관리소홀로 인한 기능저하 등이 있다. 본 연구에서 수리구조물별 노후손상을 조사한 배수갑문, 배수장, 수로교, 양수장, 암거, 잠관, 터널, 방수문, 분수문, 제수문에 대하여 준공연도를 분석한 결과 <표 2-15> 수리구조물별 준공연도 분석과 <그림 2-44>에서부터 <그림 2-54>와 같이 나타났다. 배수갑문인 경우 60년대에 준공된 구조물이 32%로 노후손상이 심하게 나타났으며 분석결과를 토대로 대부분 70년대에

준공된 수리시설 구조물이 30~82%로서 경과년수가 약 30년을 상회하는 것으로 나타났으며, 평야부 수리구조물의 내구년한이 40년인 것을 감안하다면 향후 유지관리를 위한 보수보강이 절실히 필요한 실정이라 할 수 있을 것이다.

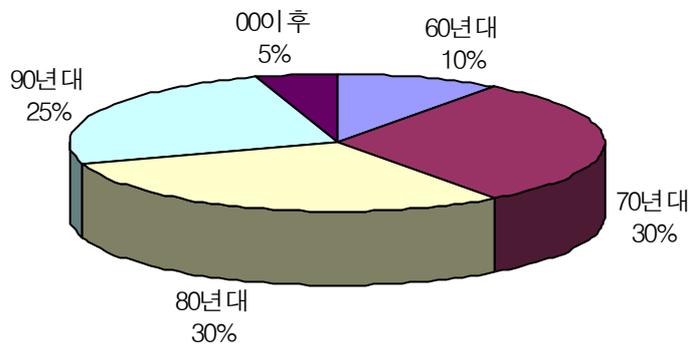
<표 2-15> 수리구조물별 준공연도 분석

(단위 : %)

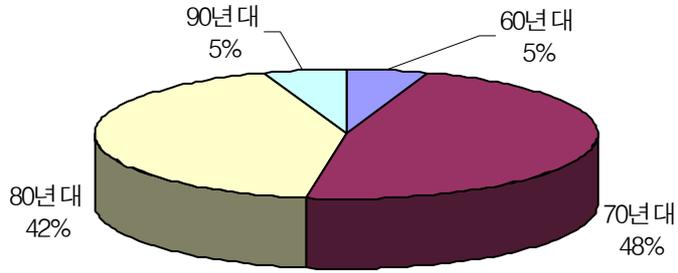
구분	일제시대및 30,40년대	50년대	60년대	70년대	80년대	90년대	계
배수갑문	11	6	32	17	28	6	100
배수장			10	30	30	25	100
수로교			5	48	42	5	100
양수장				50	45	5	100
암거	5		10	50	35		100
잠관		10	5	40	40	5	100
터널		5	10	50	30	5	100
개거			9	46	27	18	100
방수문		9		82	9		100
분수문	10		20	10	60		100
제수문	5	5	5	37	48		100



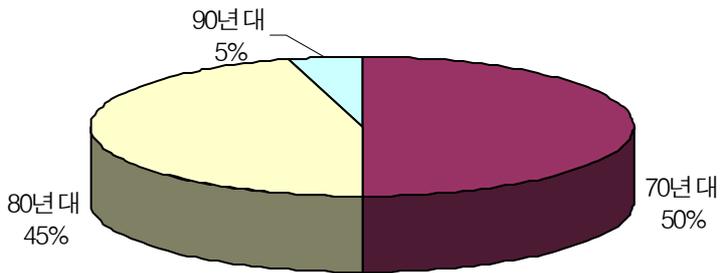
<그림 2-44> 배수갑문 준공연도



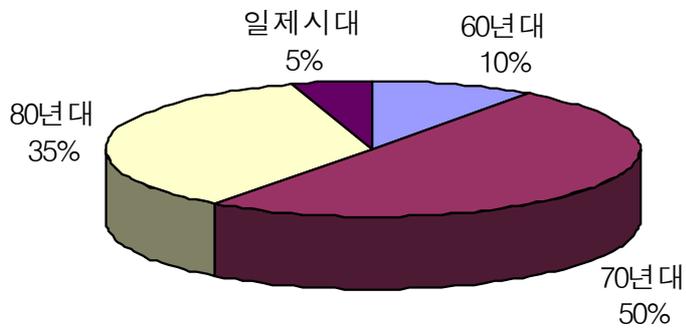
<그림 2-45> 배수장 준공연도



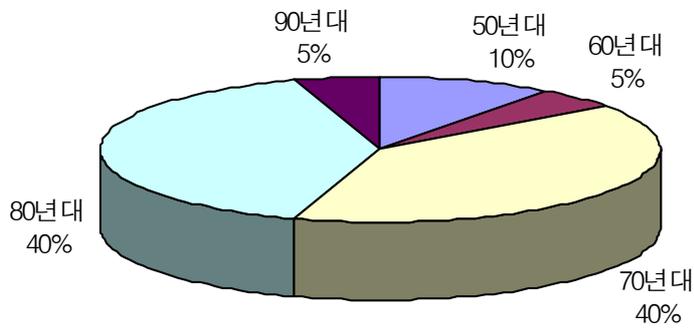
<그림 2-46> 수료교 준공연도



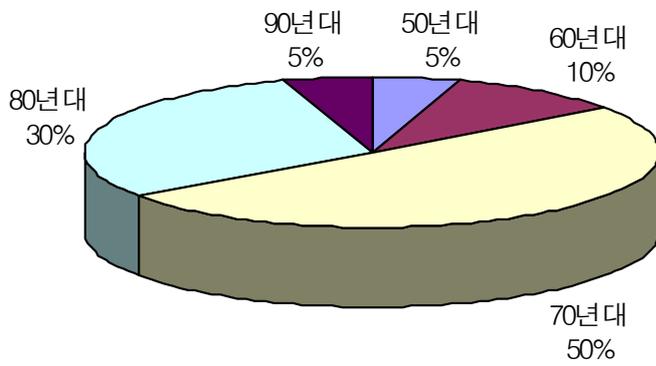
<그림 2-47> 양수장 준공연도



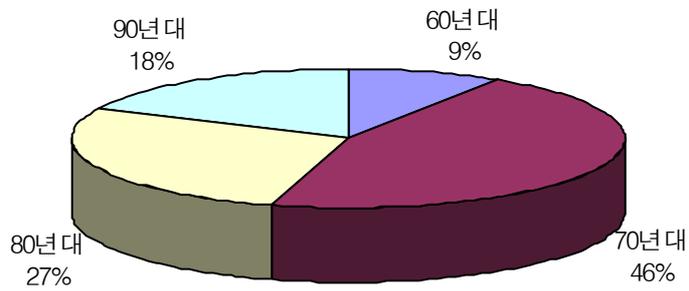
<그림 2-48> 암거 준공연도



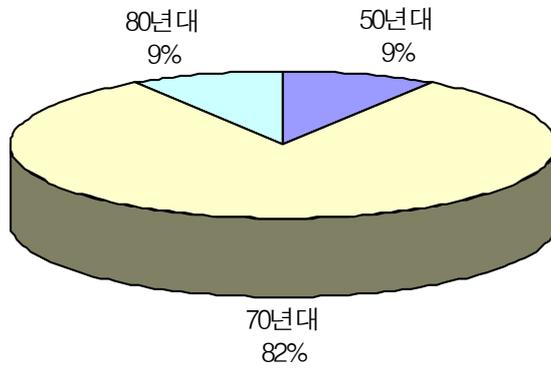
<그림 2-49> 잠관 준공연도



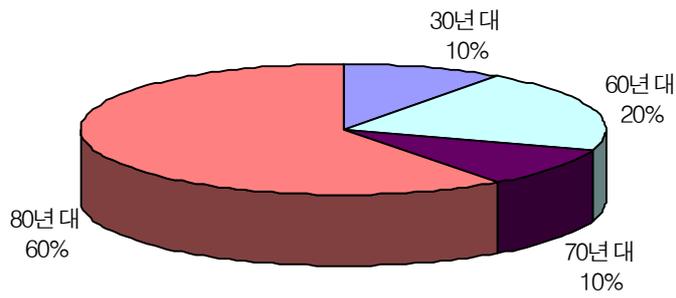
<그림 2-50> 터널 준공연도



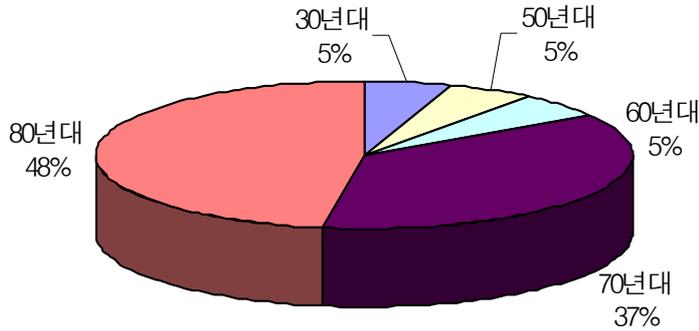
<그림 2-51> 개거 준공연도



<그림 2-52> 방수문 준공연도



<그림 2-53> 분수문 준공연도



<그림 2-54> 제수문 준공연도

2. 구조물별 노후손상현상 및 원인 분석결과

정밀현장조사를 통하여 각 수리구조물에 대한 노후손상유형 및 노후손상원인을 조사하여 그 결과를 분석 하였다. 수리구조물별 노후손상현상 및 원인 분석은 앞절에서 언급한 바와 같이 육안조사와 비파괴강도, 코아채취, 중성화 시험 등을 통하여 현재 구조물의 상태를 조사하였으며 정밀조사시 구조물 담당자의 설문조사 등을 통하여 조사분석 하였다. 노후손상유형에 대해서는 도표에 나타난 이외의 다양한 손상유형이 보여 지고 있었으며 수리구조물의 손상원인도 재료, 시공, 사용 및 환경, 구조 및 외력에 영향을 받는 것으로 나타났다. 수리구조물에 대한 노후손상유형을 정량적으로 분석함에 있어 노후손상유형은 여러가지로 나타나고 있었으며 본 연구에서는 일부 비슷한 유형을 포함하여 수리구조물에 나타나는 대표적인 노후손상을 각 구조물별로 2~3개를 선정해서 노후손상에 대한 백분율로 표시하여 그 노후손상을 분석하였다. 노후손상은 구조물별로 주요 부위에 대하여 분류하고 각 부위에 대한 손상유형화를 표로 작성하였고 수리구조물에 대한 노후손상원인은 <표 2-16> 및 <표 2-17>과 같이 기존 토목구조물에서 나타나는 원인을 참고하여 분석하였다. 시멘트를 사용하는 콘크리트의 균열발생은 필연적이고 철근콘크리트 구조물의 균열발생을 사

전에 원천적으로 방지하기는 쉽지 않은 현실적인 문제가 있다. 본 연구에서는 콘크리트 재료·배합, 시공, 사용·환경, 구조·외력 등의 조합을 통하여 수리구조물의 원인분석을 하였는데 노후손상원인을 분석함에 있어 특히 구조물이 처한 사용 및 환경조건을 고려하여 대표적인 노후원인에 대하여 분석하였다. 또한 본 연구는 국내에서 최초로 개발된 수리구조물별 영상DB 프로그램을 확대 적용하여 3차년에 걸쳐 조사한 배수갑문, 양배수장, 수로교, 암거, 잠관, 터널, 개거, 분수문, 제수문, 방수문 11개 구조물인 3종 시설물에 대하여 보수보강 시점과 최적 보수보강 방법을 인터넷상에서 검색하여 현장에서 최적의 보수보강의 소재 및 공법을 선정할 수 있는 DB 구축을 위한 기초자료로 활용되었다. 이러한 시스템 개발은 전문가가 아닌 현장의 일반 관리자 및 보수보강 시공업자 등도 손쉽게 구조물 손상유형과 발생 원인을 이해하여, 적절한 보수보강 시기와 공법을 선정하도록 연구성과를 극대화 하였다.

<표 2-16> 수리구조물 노후손상원인 및 형태별 특징 분류표(1)

대분류	중분류	소분류	원 인	형태별 특징
재료	사용재료	시멘트	이상응결	폭이 크고 짧은 균열이 비교적 빨리 불규칙하게 발생
			수화열	콘크리트 단면에서 1~2주 지난 후부터 직선상의 균열이 거의 동간격으로 규칙적으로 발생, 표면에 발생하는 것과 부재를 관통하는 것이 있다.
			이상팽창	방사형의 그물 모양 균열
		골재	점토성분	콘크리트 표면의 건조에 따라서 불규칙하게 그물모양의 균열이 발생
			저품질	불규칙한 짧은 균열 발생
			반응성	콘크리트 내부에서부터 거북등 모양으로 발생. 다습한 곳에 많다.
	콘크리트	콘크리트	염분	표면이 침식되고, 팽창성 물질이 형성되어 전면에 균열이 발생
			침하,블리딩	타설 후 1~2 시간에서, 철근의 상부와 벽, 상판의 경계 등에서 단축적으로 발생
			건조수축	개구부나 기둥, 보로 둘러싸인 코너 부위에는 경사 균열이, 상판·보 등에 서는 가는 균열이 등간격으로 수직하게 발생
시공	콘크리트	배합	혼화재료분산	팽창성 및 수축성이 있으며, 부분적으로 발생
		운반	펌프압송시 배합 변경	침하, 블리딩, 건조 수축 등의 균열이 발생하기 쉬움.
		타설	급속한타설	거푸집의 변형과 침하, 블리딩에 의한 균열이 발생하기 쉬움.
			타설순서가 바뀌	배근의 이동과 피복 두께 부족의 원인이 됨.
		다짐	불충분한 다짐	슬래브에서는 주변에 따라 원형으로 발생, 배근 및 배관의 표면에 발생
		양생	초기양생중의 급격한 건조	타설 직후, 표면 각 부분에 불규칙한 짧은 균열 발생
			초기동결융해	가는 균열, 탈형하면 콘크리트 면이 하얗게 됨.
	이어치기	이어치기면의 부적합 (콜드조인트)	이어치기 면에서 균열이 발생	
	철근	배근	피복두께 부족	슬래브에서는 주변에 따라 원형으로 발생. 배근 및 배관의 표면에 발생
			배근의 이동	"
	거푸집	거푸집	거푸집의 변형	거푸집이 움직이는 방향으로 평행하게 부분적인 발생
			누수(거푸집이나 지반으로부터)	누수의 흐름에 따라서 균열이 표면에 발생
거푸집조기제거				

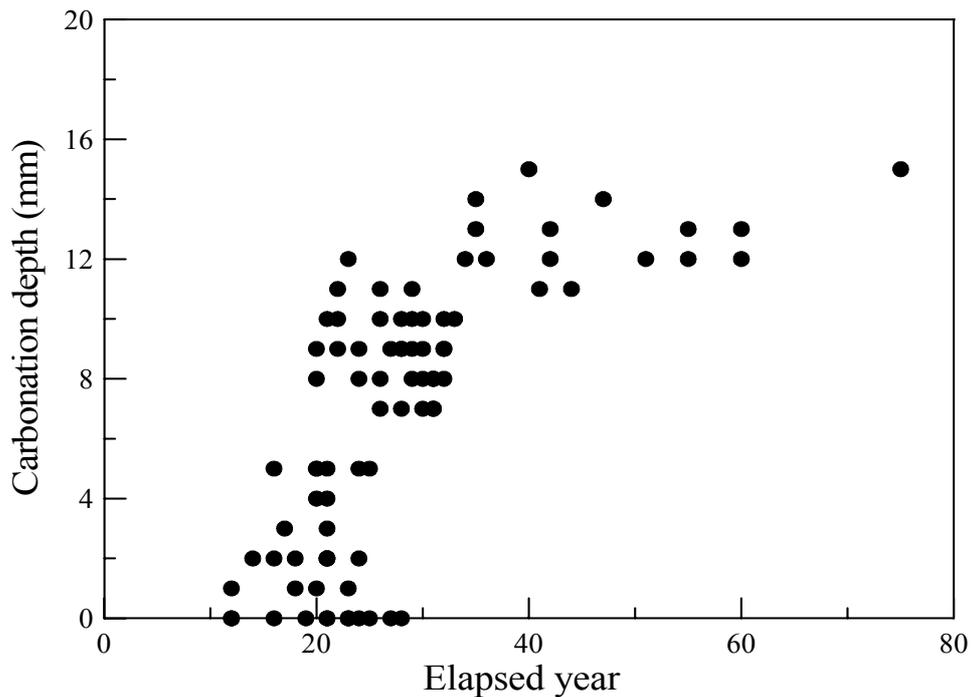
<표 2-17> 수리구조물 노후손상원인 및 형태별 특징 분류표(2)

대분류	중분류	소분류	원인	형태별 특징	
사용 및 환경	물리적	온도·습도	외부온도·습도변화	건조 수축의 균열과 유사. 발생한 균열은 습도 변화에 따라 변동	
			부재양면의 온도·습도차	저온측 또는 저습측의 표면에 휨 방향과 직각으로 발생	
			동결융해의반복	표면이 부풀어 올라서 부슬부슬 떨어지게 됨.	
			외수위침입		
			공동(캐비테이션)		
	화학적	화학작용	산·염분	표면이 침식되고, 팽창성 물질이 형성되어 전면에 균열이 발생	
			중성화	철근을 따라 큰 균열이 발생. 콘크리트의 피복이 떨어져 나가고 녹이 유출됨.	
			염화물	"	
			탄산화	"	
	구조 및 외력	하중	장기·단기·동적하중	설계하중 이내 장기하중	주로 휨 하중에 의해 보나 슬래브의 인장측에 수직으로 균열이 발생
				설계하중 초과 장기하중	"
				설계하중 이내의 단기·동적하중	전단 하중에 의해서 기둥, 보, 벽 등에 45° 방향으로 균열이 발생
				설계하중 초과 단기·동적하중	"
구조설계		구조설계	단면·철근량 부족	휨 하중과 전단 하중에 의한 균열 발생과 같은 형태. 상판과 차양 등에서 치진 방향으로 평행한 균열이 발생	
지지조건		지지조건	구조물의 부등침하	휨 하중과 전단 하중에 의한 균열 발생과 같은 형태. 상판과 차양 등에서 치진 방향으로 평행한 균열이 발생	
			진동		
			지압의변화		
기타		기타	기타	기타	

※ 「콘크리트 구조물의 균열평가기법 및 보수보강 전문시방서의 개발참조(시설안전기술공단)

콘크리트 수리구조물에서 채취한 코어로부터 중성화 깊이와 압축강도를 측정하고 이 결과를 채취된 콘크리트 수리구조물의 사용 년수에 대해 비교분석한 것이 <그림 2-55>로서 이 그림에서 나타난 바와 같이 콘크리트 수리구조물의 중성화 깊이는 경과 년수가 증가할수록 중성화 깊이도 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 40년 이후 콘크리트 수리구조물에서는 중성화 깊이의 증가가 거의 나타나지 않고 있었다.

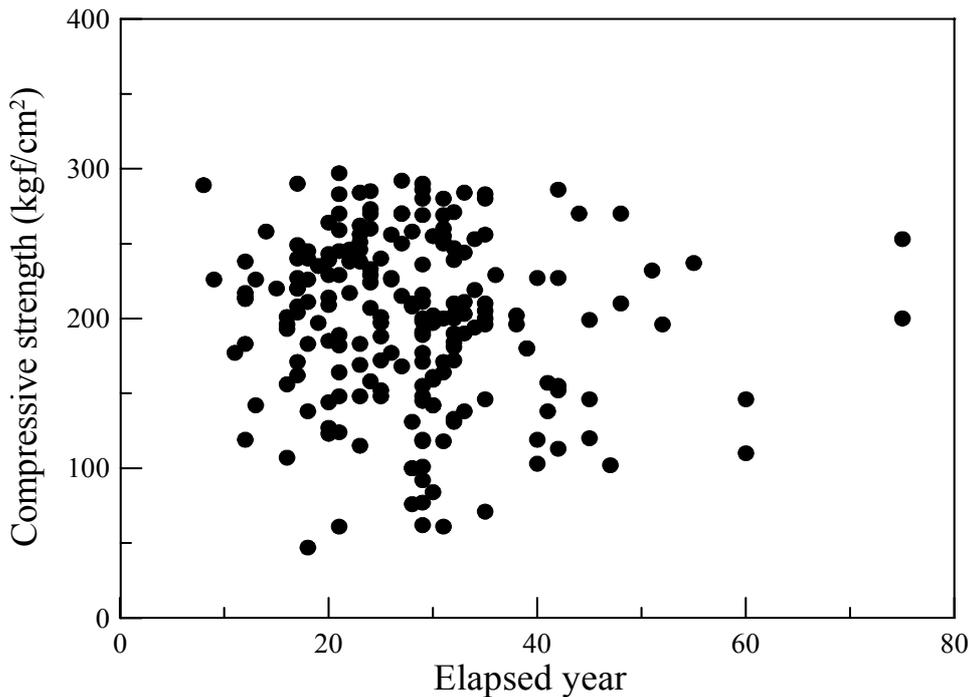
또한 10~30년 사이에 건설된 콘크리트 수리구조물 중 대부분이 중성화 깊이가 5mm 미만의 범위를 나타내고 있었다. 이는 공용 후 48년 정도 지난 콘크리트 교량의 수중 및 해상부의 중성화 깊이를 측정 비교한 외국 사례에서 알 수 있듯이 콘크리트 수리구조물의 특성상 관개시에는 항상 물에 잠겨 있기 때문에 콘크리트 내부로의 탄산가스 침입이 곤란하여 콘크리트의 중성화 깊이가 작다고 생각된다. 따라서 본 연구에서 대부분의 콘크리트 수리구조물에서는 관개시의 관개 및 배수에 의한 특수 조건에 의하여 콘크리트의 중성화 영향을 비교적 다른 구조물에 비해 적게 받는 것으로 생각된다.



<그림 2-55> 콘크리트 수리구조물의 사용 년수와 중성화 깊이와의 관계

그리고 슈미트 해머를 사용하여 콘크리트 수리구조물의 비파괴 압축강도를 측정하고 구조물의 사용 연수별로 정리한 것이 <그림 2-56>이다.

실제 설계 및 시공 당시의 콘크리트 강도 자료를 수집 분석할 수 없기 때문에 정확한 비교를 할 수 없지만, 전반적으로 경과연수에 따라 콘크리트의 비파괴 압축강도의 변동폭이 상당히 큰 것을 알 수 있었다. 이는 당시 콘크리트의 재료 품질, 시공 성능 및 외부 환경 등 복합적인 원인에 의해 따라 비파괴 강도가 차이가 발생하는 것으로 판단된다.



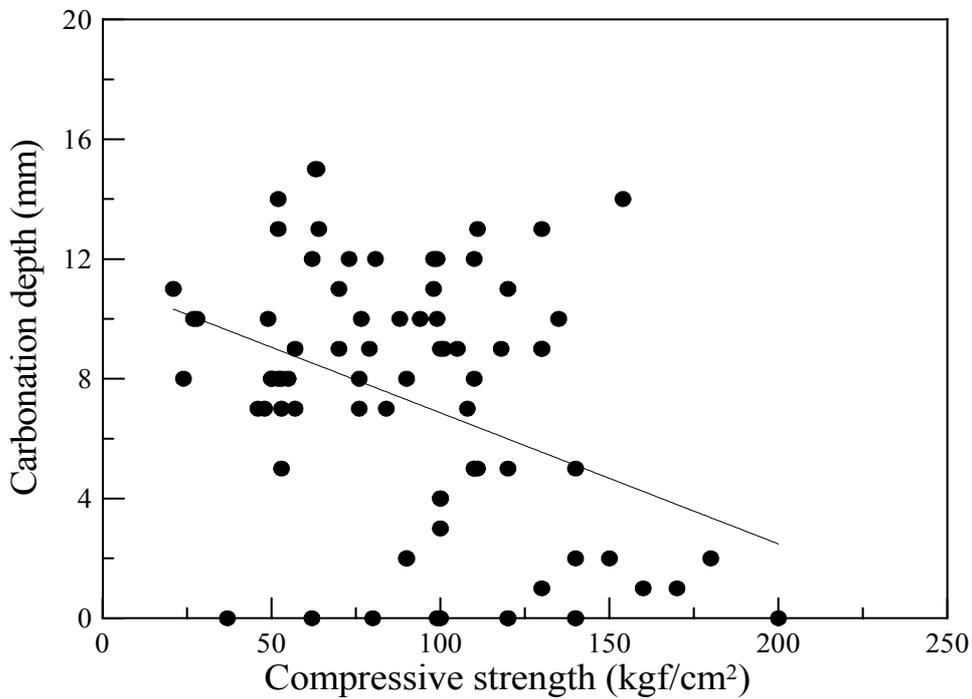
<그림 2-56> 콘크리트 수리구조물의 사용 연수와 비파괴 강도와의 관계

콘크리트 수리구조물에서 코어를 채취한 후 파괴 강도와 해당 구조물의 중성화 깊이와의 관계를 나타낸 것이 <그림 2-57>이다.

여러 연구자들의 발표에 따르면 일반적으로 콘크리트의 압축강도와 중성화 깊이는 반비례의 관계를 나타낸다고 한다. 콘크리트의 강도가 크다는 것은 콘크리트 내부의 공극이 작다는 것을 의미하고 이는 콘크리트가 치밀하다고 할 수 있다. 따라서 콘크리트 내부로의 중성화 진행 속도는 내부 조직이 느슨하여 압축강도가 낮은 콘크리트

보다 느리게 된다.

앞에서 언급한 경향은 콘크리트 수리구조물의 중성화 깊이와 강도를 비교 정리한 <그림 2-57>에서도 적용할 수 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 콘크리트 수리구조물의 코어 강도가 작으면 중성화 깊이가 증가하는 경향을 나타내고, 반대로 코어 강도가 크면 중성화 깊이가 작게 되는 경향을 나타내었다. 그러나 본 연구의 범위에서는 한가지 용도의 콘크리트 수리구조물에서만 코어를 채취하여 연구를 진행한 것이 아니라, 배수갑문, 양배수장, 수로교, 암거, 잠관, 터널, 개거, 분수문, 방수문, 제수문 등 다양한 용도로 사용되는 콘크리트 수리구조물에서 코어를 채취하였기 때문에 코어의 압축강도와 중성화 깊이와의 상관성이 다소 낮게 나타나는 것으로 판단된다.



<그림 2-57> 콘크리트 수리구조물의 코어 강도와 중성화 깊이와의 관계

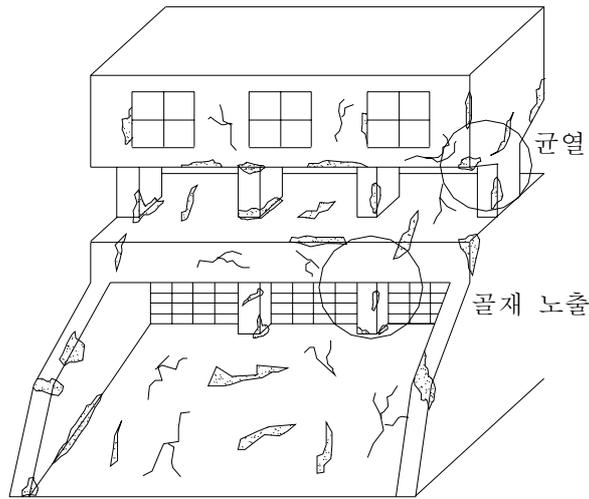
가. 배수갑문

배수갑문의 역할은 지구내 배수를 담당하는 경우나 복식 간척에서와 같이 지구 외의 큰 홍수량까지도 함께 담당하는 경우를 막론하고 자연배수가 가능한 한 가급적 넓은 면적을 지배할 수 있게 지구의 최저부에 설치하는 구조물이다. 그리고 배수갑문은 항상 외해에 향하여 소통이 양호하여야 하므로 조류·풍속 등에 의하여 토사퇴적의 경향이 있다든지 파손될 염려가 존재하고 있다. 특히 배수갑문 구조는 일반 수문과별 차이가 없으나 담수호를 방비하는 중요한 구조물이며 또 늘 외해의 풍파로 수량 및 유수의 상태가 늘 변동하고 비교적 악조건의 기초지반위에 축조되는 경우가 많으므로 안정성과 강도를 가지도록 항상 관찰하고 이상이 있을 경우 적절한 보수보강을 실시하여야 한다. 이에 1차년도에 수행한 배수갑문 구조물에 대한 노후손상유형화를 시키기 위해 구조물 부위별로 구분하였다. 대분류로 갑문부로 구분하고 중분류에는 콘크리트부와 철근부로 나누어 유형화 시킨 것이 <표 2-18>과 같다. 소분류로는 콘크리트 수리구조물에 일반적으로 나타나는 균열, 박리박락 등과 철근의 노출 및 부식으로 유형화 하였다.

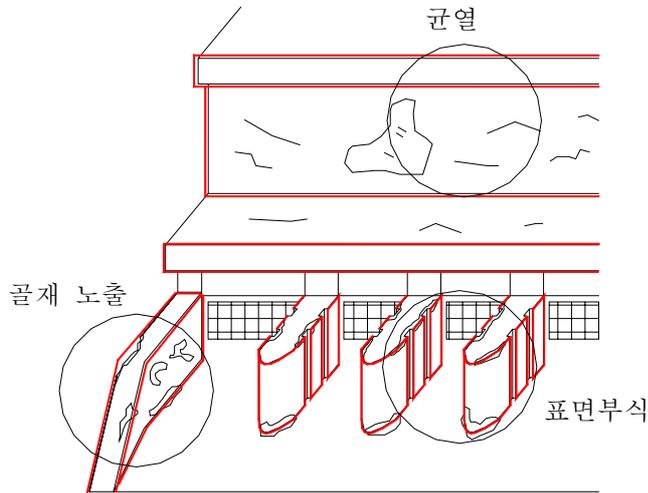
배수갑문에 대한 정밀현장 조사를 통하여 나타난 손상을 개략적으로 살펴보면 <그림 2-58>은 배수갑문 갑문부에 발생된 골재 및 철근노출 현상을 개략적으로 나타낸 것이고 <그림 2-59>은 배수갑문의 표면부식과 벽체 균열 등의 노후 손상을 나타낸 것이다.

<표 2-18> 배수갑문 노후손상 유형

대분류	중분류	소분류
배수갑문부	콘크리트	균열
		표면박리·박락
		표면부식
		골재노출
	철근	노출 및 부식



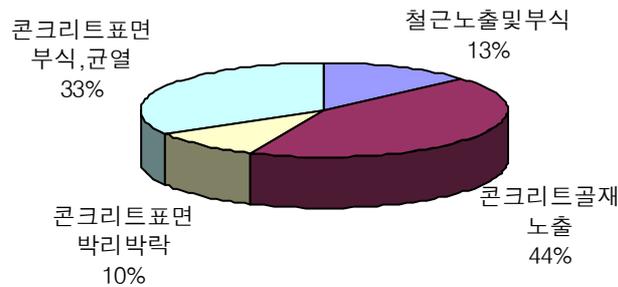
<그림 2-58> 배수갑문 골재 및 철근 노출 노후 손상 개략도



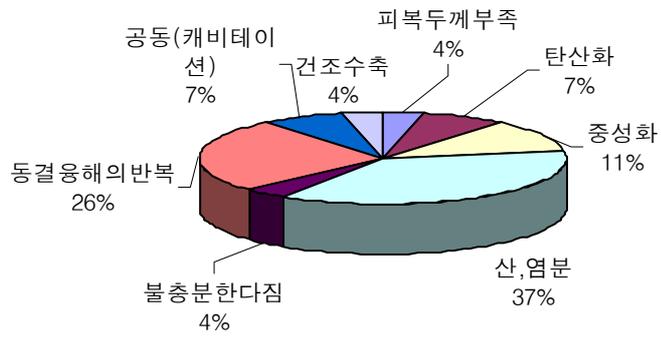
<그림 2-59> 배수갑문 표면부식 개략도

이를 종합적으로 분석한 결과 <그림 2-60>에서 보여 지는 바와 같이 배수갑문 노후손상유형은 갑문부에서는 콘크리트에 대하여는 골재노출이 44%로 가장 크게 나타났는데 골재의 상태는 바닷물에 세굴 되어 매끈한 표면을 유지하고 있었다. 표면 부식과 균열에 의한 것이 33%로 나타났으며 표면 박리박락도 10%정도로 그 노후손상이 나타났다. 철근에 대한 노후손상유형은 노출 및 부식이 13%로 나타났는데 이에 대한 상세한 원인분석은 <그림 2-61> 배수갑문 노후손상원인에 나타난 바와 같이

배수갑문의 경우에는 바닷가와 인접한 구조물이기 때문에 비례염분함량이 많아지고 이로 인해 콘크리트 표면의 염화물이온 농도가 극히 높아져서 콘크리트 내부로의 염화물이온 침투속도도 빨라질 수 밖에 없는 구조물 중의 하나이다. 그 결과 콘크리트 표면과 철근의 부식을 그 만큼 가속화 시켜 노후손상원인이 산·염분에 의한 것이 37%로 가장 크게 나타났다. 그리고 동결융해의 반복에 의한 원인이 26%로 해안지대에서는 년 평균 기온차가 많이 나기 때문이라고 판단된다. 그리고 중성화 원인에 의한 것이 11%로 분석되었다. 배수갑문 구조물의 경과년수가 지날수록 공기중의 이산화탄소등의 작용을 받아 탄산칼슘으로 바뀌게 되는데 이를 중성화라고 일컫는데 콘크리트의 중성화가 진행되면서 배수갑문 구조물에서는 내부에 존재하는 철근의 경우 부동피막의 표면박리 박락이 되는 것으로 판단된다. 그 이외에 배수갑문의 노후손상원인은 탄산화와 공동에 의한 것이 각각 7%로 나타났으며, 시공시 불충분한 다짐이 4%, 표면두께 부족으로 인한 것이 4%, 건조수축 4% 등으로 그 원인을 추정할 수 있었다. <그림 2-62>는 배수갑문 노후손상원인별 유형을 현장에서 수집한 영상 자료를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 배수갑문 구조물이 아직까지는 성능을 유지하거나 유지 못하는 것들이 있었다. 하지만 그 기능을 유지하더라 하더라도 미관상 상당히 좋지 않았으며 향후 빠른 시일내에 적절한 보수보강이 필요할 것으로 판단된다.



<그림 2-60> 배수갑문 노후손상유형



<그림 2-61> 배수갑문 노후손상 원인

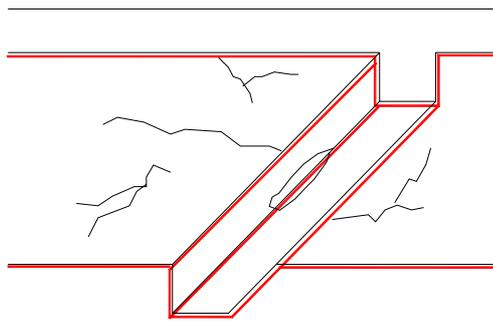
	
손상원인 산·염분에 의한 표면 부식	손상원인 동결융해에 의한 표면 박리/박락, 철근 노출
	
손상원인 중성화에 의한 콘크리트박리박락	손상원인 산·염분에 의한 표면 부식
	
손상원인 산·염분에 의한 골재노출	손상원인 산·염분에 의한 균열

<그림 2-62> 배수갑문 노후손상 원인별 유형

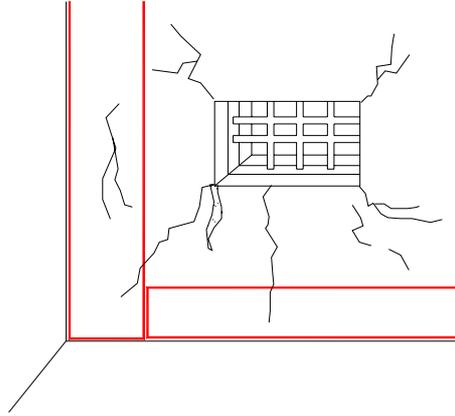
나. 양수장·배수장

농업생산기반시설의 하나인 양수장과 배수장은 그 기능이 다르지만 비슷한 구조로 구성되어 있어 본 조사에서는 양수장과 배수장에 대하여 정밀현장조사는 별도로 실시하였으나 노후손상현상과 원인이 상당히 밀접한 관계를 보여 주어 함께 분석하였다. 양수장과 배수장의 건축 구조물은 사용하는 날부터 경과년수가 지날수록 노후화 되게 마련이다. 양수장과 배수장의 내·외벽칠 등과 같이 수시로 바뀌어야 하는 것도 있고 펌프 등 설비배관과 같이 증장기적으로 교체해야 하는 것들도 있다. 양수장과 배수장의 골조는 대부분 콘크리트로 되어 있으며 이들보다 훨씬 긴 내용년수와 내구성 확보를 필요로 하며 그 수명이 다할 때까지는 안전을 유지하도록 관리해야 한다. 또한 양수장과 배수장은 경지의 적절한 호우 또는 양수에 대비한 주요시설물로 유지관리를 충실하지 않을시에는 커다란 재해를 발생시켜 인적·물적으로 막대한 손실을 가져다 줄 수 있는 수리구조물이다. <그림 2-63>은 배수장 옥내 보 균열 개략도로서 보와 천장 부위를 중심으로 균열이 발견되었는데 휨모멘트를 받고 있는 보에서는 미세한 휨균열은 허용된다. 조사된 균열양상은 보의 주근을 따라서 균열이 발생된 것이 있었으며 또한 보의 중심부에서 수평방향으로 균열이 발생하는 경우도 있었다.

<그림 2-64>는 배수장 벽체 균열 개략도로서 개구부를 중심으로 균열이 상당히 많이 발견되었는데 벽체 개구부 우각부에 경사진 균열이 발생된 것이 많았으며 허리벽과 내림벽에는 수직방향의 균열이 발생되어 있는 것을 관찰 할 수 있었다.

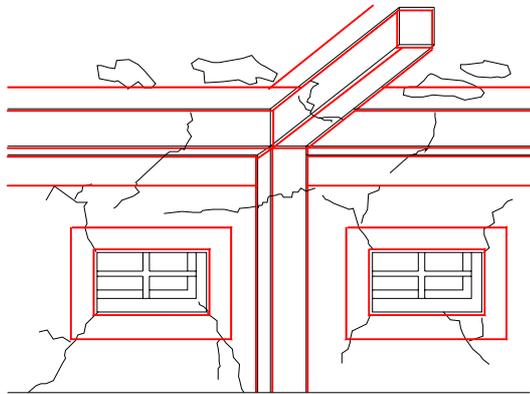


<그림 2-63> 배수장 옥내 보 균열 개략도

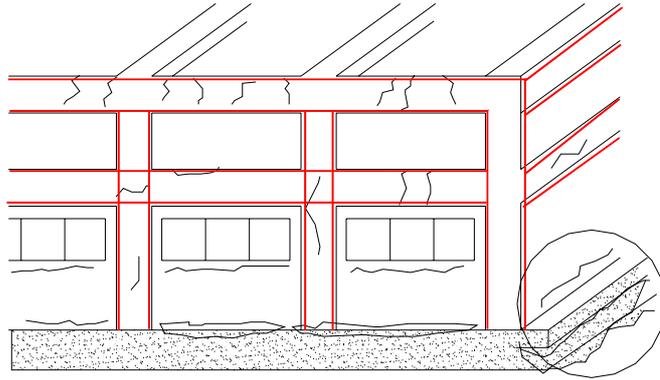


<그림 2-64> 배수장 벽체 균열 개략도

또한 <그림 2-65>는 양수장 옥내의 대표적 손상유형 개략도를 나타낸 것으로 여러 복합적인 원인에 의해 다양한 균열양상을 보이고 있었으며 <그림 2-66>은 양수장의 대표적 손상유형 개략도를 나타낸 것으로 옥외 벽체 손상유형을 그린 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 양수장 모서리 부분의 슬래브와 중간부분의 슬래브에서 균열을 발견할 수 있었고 망상의 거북 등 모양으로 불규칙하게 발생하는 형태로 있는 것이 조사되었다.



<그림 2-65> 양수장 옥내 대표적 손상유형 개략도



<그림 2-66> 양수장 옥외 대표적 손상유형 개략도

<표 2-19> 양·배수장 노후손상 유형표

대분류	중분류	소분류
옥내	벽체	균열
		누수
		백화
		표면부식
		표면박리박락
	바닥	균열
		표면부식
		표면박리박락
	천장	균열
		누수
기둥,보	철근노출 및 부식	
	균열	
옥외	벽체	균열
		누수
		백화
		표면부식
		표면박리박락
	옥상	균열
		누수
		표면박리박락
		표면부식
		표면부식

본 연구에서는 양수장과 배수장의 건축물을 유지관리하며 발생하는 건축물의 노후 손상 및 원인에 대한 분석을 하였다. <표 2-19>는 양수장과 배수장 노후손상 유형 표로 나타낸 것으로 양·배수장의 노후손상 분류는 옥·내외로 구분하고 옥내분류에서는 양수장과 배수장의 벽체부, 바닥부, 천장부 및 기둥·보로 나누어 노후손상을 구분하였다. 또한 양수장과 배수장의 노후손상 및 원인에 있어 그 현상을 파악하여 보수보강을 위한 적합한 공법을 선정하는 것은 매우 중요한 것이어서 본 연구에서는 현장조사분석을 통하여 공법 선정을 실무자들이 할 수 있도록 자료를 구축하여 보수보강 시스템 개발에 활용되었다.

<그림 2-67>는 배수장 노후손상유형을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 옥내기둥, 벽체, 보의 균열이 36%로 가장 크게 나타났다.

그 다음으로 옥내 벽체의 백화 및 부식이 발생하여 약 19% 정도의 노후 현상으로 분석되었다. 그리고 옥내외 누수로 인한 것이 22%로 나타났는데 복합적인 열화요인으로 발생하여 내용년수를 단축하는 주요한 노후손상으로 나타났다.

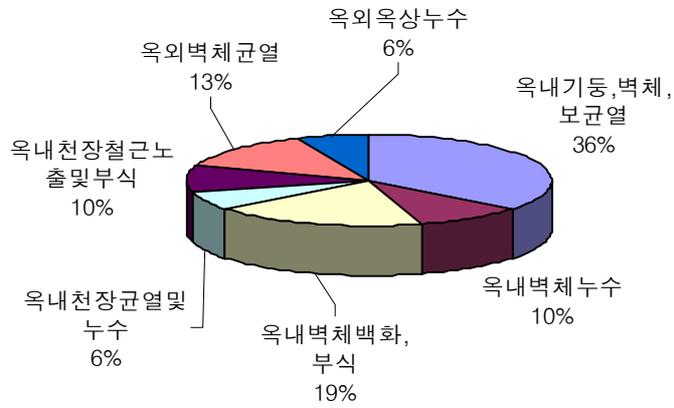
이러한 이유는 <그림 2-68> 배수장 노후손상원인에서 나타난 바와 같이 건축구조물 벽체에 외부환경조건에 의한 외부 온도·습도차로 인한 원인이 21%, 시공면에서 이어치기의 부적합에 의한 것이 17%로 크게 나타났다. 보의 경우에는 먼저 부어넣은 콘크리트가 일체화 되지 않아 그 부분에 균열이 발생하는 것으로 조사되었으며 이외에 여러 가지 다양한 이유의 손상원인이 분석 되었다. 양수장의 경우는 <그림 19> 양수장 옥내 노후손상에서 보여주는 바와 같이 배수장과 마찬가지로 벽체균열이 36%로 가장 크게 나타났으며 균열에 따른 표면 박리박락 13%, 천장의 철근노출 및 누수가 각각 9%로 분석되었다. <그림 20>은 양수장 옥외 노후손상을 나타낸 것으로 균열이 60%, 표면박리박락과 표면부식이 각각 20%로 나타났다. 균열은 건물의 내구성을 저하시키는 요인이 되는데 그 원인은 콘크리트 구체에 결함이 있거나 방수재료의 경년노화 등 여러 가지 원인이 있다. 이러한 원인은 <그림 21> 양수장 노후손상원인에 분석한 바에 따르면 양수장의 외부 온도습도 변화에 의한 원인이 35%, 부재양면의 온도 습도차에 의한 것이 16%로 외부기온 환경에 따라 노후가 유발되는 원인으로 밝혀졌다. 일반적으로 외부 온도습도 변화에 의해 건축물은 항상 외부의 온도습도에 따라 변동의 영향을 많이 받아 신축한다. 이러한 작용으로 말미암아 건축물 측정개소에 균열이 발생하는 경우가 있다. 예를 들어 건축물 천장부위가 일사

의 영향을 받아 고온으로 되면 고온영역의 콘크리트 구체가 열팽창 하여 벽체에 균열을 발생시키기도 한다.

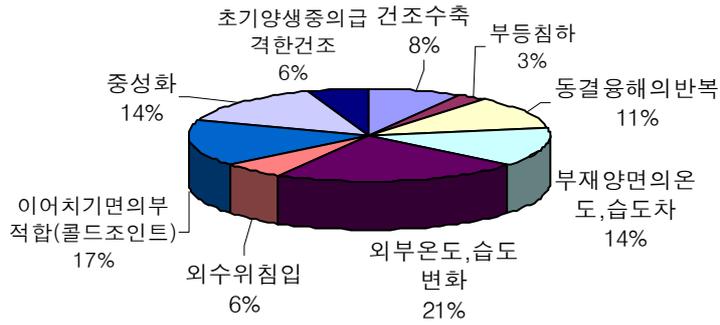
그리고 부재양면의 온도 습도차에 의한 균열은 양배수장 내부의 연간온도차를 고려해볼때 외벽은 외기온의 영향을 받기 쉽고 보, 기둥이나 실내 부위와의 연간온도차로 일어난 것이라고 학계에서 보고되고 있다. 그러므로 외벽에는 구속변형, 인장응력이 발생하고 일변화, 연변화의 영향을 받아 균열부의 내부 철근은 반복피로를 일으켜 균열폭이 확대되어 간다는 것이다. 이와 같이 온도습도로 인한 균열의 문제는 정량적으로 평가하기 상당히 어려우며 간단하지 않고 양배수장 건물 혹은 그 주변의 구조적 조건이 많은 영향을 끼친다고 많은 연구자들이 발표하고 있다.

양수장의 노후손상원인은 산·염분에 의한 피해도 발생했는데 이러한 양수장의 위치는 해안지역에 근접하거나 화학공장 등이 가까이에 설치되어 있는 곳에서 발생되었다. 특히 창외 틈 부위가 녹슬어 부식이 심하였고 콘크리트도 변색되어 있었다. 대부분의 양·배수장의 옥내 부분에서는 건물 준공 후 2~3년 동안은 개구부 등의 장착 조정이나 국부적인 상태가 나쁜 부분에 의해 노후가 진행된다. 그리고 준공 후 10년 전후까지는 유리의 파손, 비닐타일과 클로스 붙임 등의 박리와 국부적인 곰팡이 등으로 인한 오염, 국소적인 파손 장소·창호류의 개폐 불량 등 일상적인 노화현상이 주요한 내용이다. 양수장과 배수장 노후의 전체적인 경향은 옥내보다도 환경의 변화가 심한 옥외부분이 노화하기 쉬운 조건에 있으며 또 옥외에서도 눈이나 빗물 등의 영향을 받기 쉽다. 옥외부분에서는 먼저 초기 문제로 대표적인 것은 준공 후 2~3년에 발생하는 균열과 방수처리가 불량한 장소에서 비가 새거나 불량도장부분의 박리현상 등의 시공불량으로 인한 노화현상이 문제가 된다. 그리고 준공 후 4~5년 전후가 되면 도장부분의 노화가 두드러지고 철부분에서는 녹이 발생하게 된다. 준공 후 10년전 후가 되면 벽면 전체가 더러워지고 타일면의 박리, 균열 등이 문제가 되는 것이다. 이외에 동결융해 및 중성화 원인에 의한 것이 각각 3%, 이어치기의 부적합으로 인한 것이 8%로 나타났는데 이는 양수장 건물의 시공시 건조수축으로 인한 원인이 야기되어 된 것으로 판단된다. 특히 양수장과 배수장의 주요한 구조를 형성하고 있는 보나 기둥에서는 설계하중을 초과하는 단기, 동적하중에 의한 노후원인이 3%정도로 많은 부분을 차지하고 있지 않았지만 양·배수장의 기계 등 펌프 설치나 유지관리를 위한 브래킷에 연결되어 있는 크레인에 설계하중 이상으로 작용하

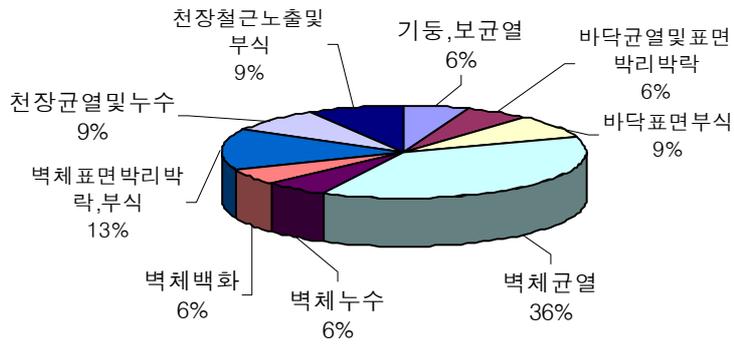
여 발생된 것으로 판단된다.



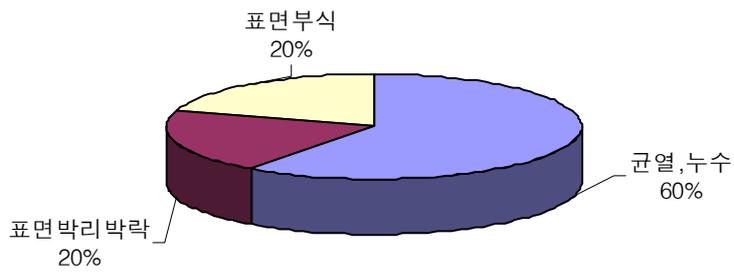
<그림 2-67> 배수장 노후손상유형



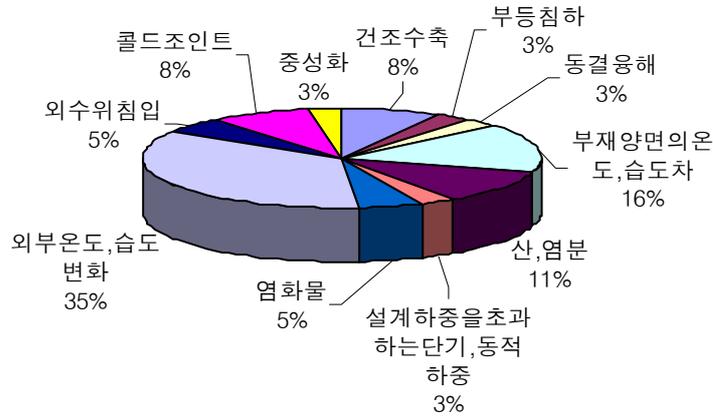
<그림 2-68> 배수장 노후손상원인



<그림 2-69> 양수장 옥내 노후손상유형



<그림 2-70> 양수장 옥외 노후손상유형



<그림 2-71> 양수장 노후손상원인

<그림 2-72> 및 <그림 2-73>은 양수장 및 배수장의 노후손상 유형을 각각 영상 자료로 나타낸 것이다.

	
손상원인 조직내 공극과다로 외수 누수에 의한 백화	손상원인 조직내 공극과다로 외수 누수에 의한 백화
	
손상원인 조직내 공극과다로 외수 누수에 의한 백화	손상원인 건조수축에 의한 개구부 주변 균열 및 누수로 인한 이물질
	
손상원인 외부온습도에 의한 벽체부 균열	손상원인 동결융해에 의한 옥상부 균열,박리박락

<그림 2-72> 양수정 노후손상원인별 유형

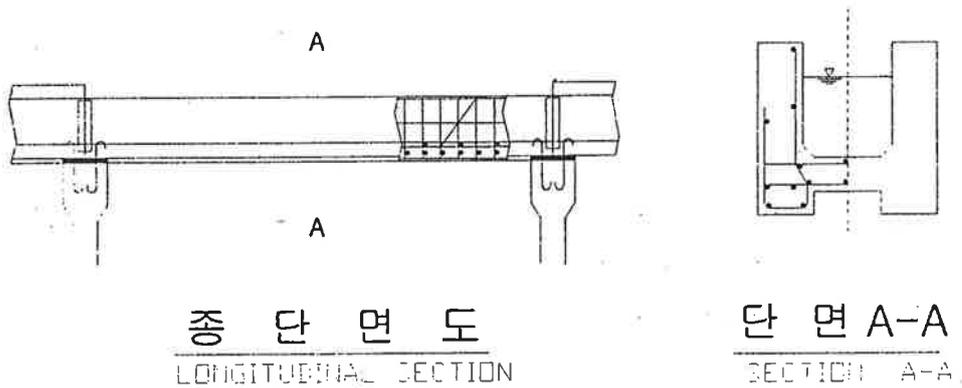
			
손상원인	중성화에 의한 백화현상	손상원인	건조수축 및 동결융해로 옥상누수
			
손상원인	부재양면의 온도습도차에 의한 균열	손상원인	외부온도습도차에 의한 개구부균열
			
손상원인	콜드조인트에 의한 균열	손상원인	콜드조인트에 의한 벽체누수

<그림 2-73> 배수장 노후손상원인별 유형

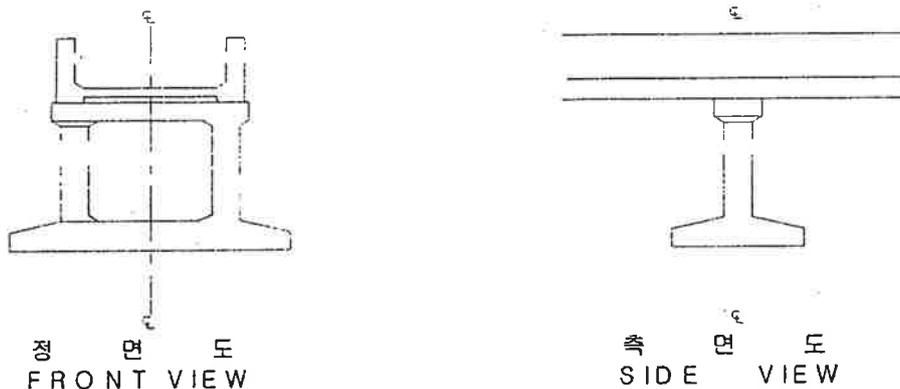
다. 수로교

수로교는 수로예정선이 저지대, 하천, 용배수로 등을 횡단할 경우에 수로교를 설치하게 되며, 수로교와 같은 목적의 구조물로 역잠관공, 암거 등이 있다. 계곡이 깊고 나비가 상당히 넓을 경우에는 수로교로 하는 것이 부적당하므로 다른 방안을 강구할 필요가 있다. 수로교의 사용재료 및 구조상 측면에서 볼 때 철근콘크리트 수로교, 철근콘크리트 수로교, 관로 트러스 수로교로 분류되는데, 현재 농업기반 수리구조물의 수로교의 대부분은 철근콘크리트 수로교로 구성 되어 있어 콘크리트 구조물에 나타나는 여러 형태로 노후손상이 발생하게 된다.

<그림 2-74>의 수로교 상부 일반구조도와 <그림 2-75> 수로교 하부 일반구조도에서 보는 바와 같이 수로교는 일반 수리구조물과는 다른 특수성을 지니고 있었다.



<그림 2-74> 수로교 상부 일반구조도



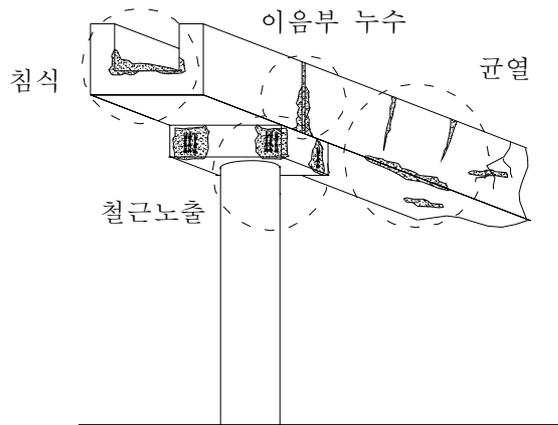
<그림 2-75> 수로교 하부 일반구조도

그 점을 살펴보면 구성의 특수성으로 수리구조물은 보통 하나의 구조체로 되어 있으나 수로교는 상부구조와 하부구조가 수로받침을 통하여 연결된 각각 독립된 다수의 구조물로 구성되어 있다는 것이다. 따라서 연결 구성된 각각의 독립된 구조물 모두가 구조 및 기능면에서 안정상태가 유지되어야 전체적인 안정을 기대할 수 있다. 또한 수로교는 받침을 통하여 독립된 다수의 구조물이 연결되어 있으므로 일반콘크리트 구조물과 달리 부분적인 보수 및 철거 후 재시공이 비교적 용이한 수리구조물이다. 또 하나는 용도의 특수성으로 수로교는 관개용수의 목적으로 시설된 구조물로 사계절 지속적으로 사용되지 않고 영농기에만 관개용수의 공급 용도로 이용되는 계절적인 특수성을 가지고 있다. 위치의 특수성으로 수로교는 점토지반, 매립지반, 하천, 계곡 등 대부분 기초지반의 지내력이 부족하거나 견질지층의 위치가 깊음 등 열악한 지역에 위치하고 있으며 중장비의 접근 곤란 및 레미콘 등의 진입이 어려운 곳이 많다. 구조적인 특수성으로 수로교 상부구조의 수직 및 수평하중은 하부구조인 교각보 양단부의 좁은 단면에 집중적으로 전달되는 구조적인 특수성을 지니고 있다. 이러한 특수성을 감안하여 수로교에 대한 노후손상과 원인을 분석한 결과는 다음과 같다.

<표 2-20>은 수로교의 노후손상을 분류하기 위해서 수로교를 상부구조와 하부구조로 구분하고 상부구조에는 개거바닥부 및 벽체, 신축이음부로 각각 중분류 하였으며 세분류에는 중분류에 대한 균열, 누수, 표면박리박락, 지수관 부식 등으로 자세하게 분류하였다. 또한 하부구조에는 교각두부와 교각부로 나누고 백화, 골재 및 철근 노출, 표면부식 등으로 세분화 하였으며 이 자료는 보수보강 시스템 구축시 각각의 노후손상에 대한 보수보강 방법을 구체적으로 데이터베이스화 시킴으로서 체계적인 보수보강 공법에 대하여 기술하였다.

<표 2-20> 수로교 노후손상 유형

대분류	중분류	소분류
상부구조	개거바닥부 및 벽체	균열
		누수
		표면박리·박락
		표면부식
		백화
		골재노출
	신축이음부	철근노출 및 부식
		균열
		누수
		지수판부식
		골재노출
		표면박리박락
하부구조	교각두부	철근노출 및 부식
		균열
		백화
		표면박리·박락
		골재노출
		표면부식
	교각	표면부식
		철근노출 및 부식
		균열
		누수
		표면박리·박락
		백화
골재노출		
표면부식		
철근노출 및 부식		



<그림 2-76> 수로교 노후손상 개략도

<그림 2-76>은 수로교 노후손상 개략도를 보여주는 것으로 상부구조와 하부구조에서 다양한 복합열화 노후손상이 발견되었는데 분석한 결과는 다음과 같다.

<그림 2-77>은 수로교 상부구조 노후손상유형에 관한 것으로 골재노출이 24%가장 크게 조사되었고 이음부의 균열, 누수, 지수관부식과 벽체균열 및 누수가 각각 20%로 나타났으며 백화현상도 20%정도로 여러 유형이 비슷한 확률로 발생함을 알 수 있었다. 특히 백화현상은 일반적으로 콘크리트 표면에 고체형태로 붙어 있지만 섬유상의 결정이 성장하여 종유석과 같은 형상을 나타내는 것도 있다. 백화 그 자체가 구조물의 신뢰성을 손상하는 것은 적지만 백화의 발생은 물의 이동과 관련이 깊으므로 백화가 발생하고 있는 장소는 콜드조인트 등의 초기결함이나 균열 등의 유무와 밀접한 관련이 있다고 한다. 이를 증명할 수 있는 것은 수로교는 항상 농업용수를 공급하는 수리구조물이며 이음부의 균열, 누수 등의 노후손상을 나타냈기 때문이다.

<그림 2-78>은 수로교 하부구조 노후손상유형에 관한 것으로 노후손상이 제일 크게 나타난 것은 교각두부의 표면박리박락으로 약 30% 였고 표면부식 및 균열이 각각 21%였으며 골재노출이 약 14%정도로 조사되었다.

이러한 발생원인을 분석한 결과 <그림 2-79>에 나타난 바와 같이 다양한 원인이 있었다. 특히 동결융해의 반복으로 인한 원인이 34%를 차지해 상당히 큰 원인으로 밝혀졌는데 수로교는 추수후 부터 다음 모내기 까지는 농업용수를 흘려 보내지 않은 계절적 특성이 있음을 알 수 있었는데 동절기때에는 콘크리트 내부에 수분이 포함되

어 있어 동결과 용해가 반복되기 마련이다. 일반적으로 콘크리트 내부의 공극에 차 있는 수분은 외기의 온도가 0 °C이하가 되면 얼게 된다. 물이 얼면 체적의 9%만큼 팽창되기 때문에 이때의 팽창압력에 의해 인장응력이 발생한다고 보고 되고 있다. 이 인장응력은 보통강도 콘크리트의 시멘트풀의 인장강도를 초과하기 때문에 균열이 발생한다. 그렇게 때문에 겨울철에 습윤상태에 있는 수로교 뿐만 아니라 거의 모든 수리구조물에서 동결용해 작용이 반복적으로 발생되어 콘크리트 내부에 무수한 균열이 발생되면서 본래의 강도가 저하되며 심한 경우에는 적은 충격에 의해서도 콘크리트 덩어리째 이탈되는 현상을 자주 목격할 수 있다.

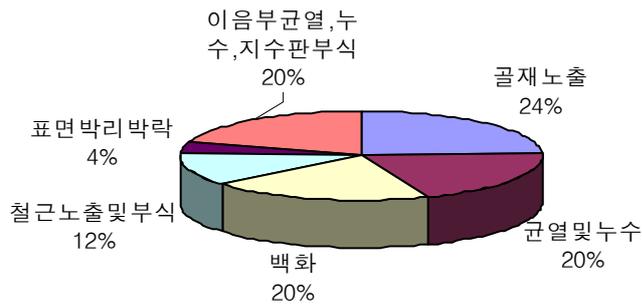
중성화로 인한 것이 15%로서 중성화에 미치는 요인으로는 환경조건으로 탄산가스나 온도습도 등이 있으며 설계측면에서는 설계기준강도가 그 요인이 될 수 있을 것이다. 또한 콘크리트의 품질면에서는 시멘트, 골재와 같은 재료와 물시멘트비, 단위시멘트량 등 배합과 관련이 있으며 시공면에서는 부어넣기, 다지기, 양생 등이 있을 수 있다. 이러한 요인을 분석해 보면 환경조건은 수로교가 처한 외부 환경조건에 따라 발생할 수 있을 것이며, 설계와 콘크리트의 품질면에서는 정밀현장조사시 설계기록 및 재료·시공에 관한 자료가 없어 정확한 분석은 상당히 어려우나 시공년도가 70 ~ 80 년대 임을 감안해 볼 때 설계기준강도는 약 180 kgf/cm² 정도 었을 것으로 추정되어 진다. 설계기준강도는 구조물내 콘크리트의 압축강도이며 이러한 설계기준강도를 구현하기 위해서는 구조물 콘크리트 강도의 분산계수에 기초한 할증계수를 설계기준강도에 곱하여 배합강도를 결정하고 배합강도에 알맞은 콘크리트를 타설하여야 하나 농업기반 콘크리트 수리구조물은 분산계수가 알려진 바가 없기 때문에 기준강도가 미흡하여 나타난 것으로 판단된다. 그리고 콘크리트 품질면에서는 거의 대부분이 현장에서 인력이 비비기를 통하여 콘크리트를 타설하였기 때문에 정확한 배합에 문제가 있었을 것으로 추정하며 시공도 콘크리트를 부어넣거나 다지기를 충분히 할 수 있는 여건이 조성되지 않았을 것이다. 이러한 원인 등으로 수로교의 구조물이 중성화로 인한 노후화를 발생 시킨 것으로 사료된다.

이어치기부적합 즉 콜드조인트에 의한 것이 신축이음부에서 12%로 나타났는데 우선적으로 10 m 마다 격간시공이 제대로 이루어 지지 않았기 때문이라고 판단되며 , 또한 PVC 지수판이 시공된 신축이음 대부분에서 누수 되었는데 파손된 PVC 지수판도 부식이 되어 제 기능을 발휘하지 못하고 있었다. 그 결과 PVC 지수판은 수로

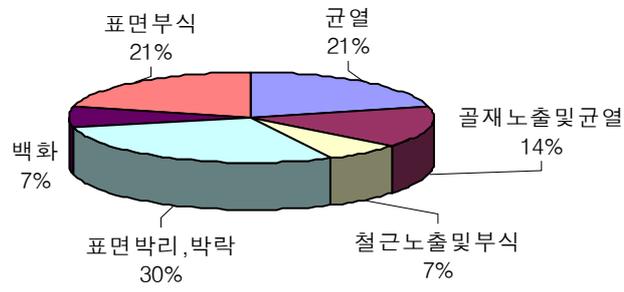
교의 신축이음부에서 수축·팽창에 따른 변형을 흡수하는데 문제가 있어 수로교의 노후손상을 유발 시킨 것으로 추정되어 제품선정상의 오류라고 판단된다. 또한 시공상 오류로 이음부분에 단차가 발생하게 되어 충격에 의한 손상이 있을 수 있고 이음부의 설치불량으로 인한 파손에 의한 것, 후 타설재의 시공불량으로 인한 이음부 파손이라에 의한 것이라고 생각할 수 있었다.

수리구조물중 현장에서 유지관리시 애로사항이 많지만 그중에서도 수로교는 특히 유지관리의 중점대상이 되기도 한다. 이러한 이유는 수로교가 도로나 논등을 횡단하여 건설되었을 경우에는 미관상 좋지 않고 민원을 유발하기 때문이다.. 이외에 양생 초기의 건조수축으로 인한 것이 6%, 염화물에 의한 것이 3%로 나타났으며, 유속에 의해 공동현상이 3% 발생하기도 하였다.

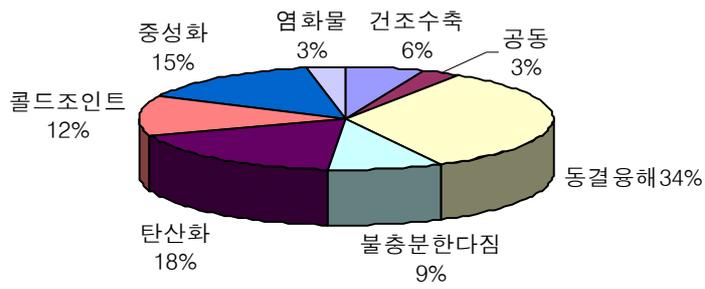
수로교에서 발생하는 소후손상유형에 대한 원인을 영상자료로 나타낸 것이 <그림 2-80>이다.



<그림 2-77> 수로교 상부구조 노후손상유형



<그림 2-78> 수로교 하부구조 노후손상유형



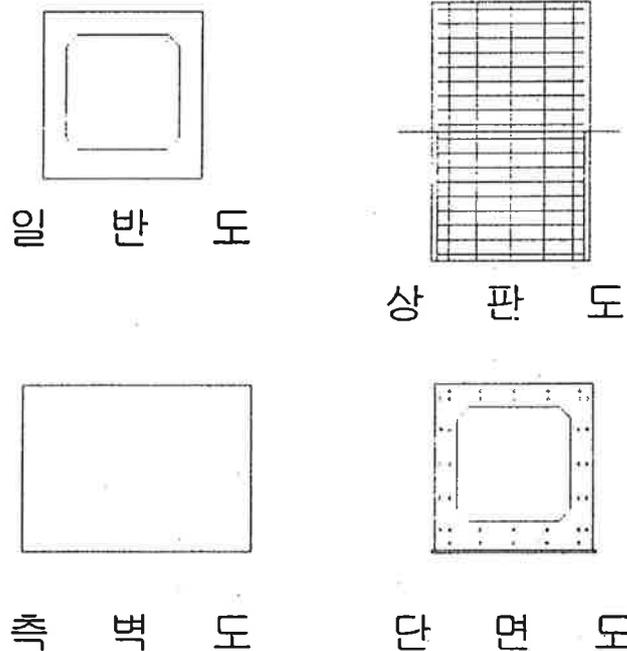
<그림 2-79> 수로교 노후손상원인

			
손상원인	중성화에 의한 백화	손상원인	탄성화, 중성화에 의한 표면부식
			
손상원인	콜드조인트에 의한 이음부누수, 지수관부식	손상원인	동결융해 반복에 의한 철근 및 콘크리트 노출
			
손상원인	동결융해 반복에 의한 표면박리박락	손상원인	탄산화에 의한 백화

<그림 2-80> 수로교 노후손상원인별 유형

라. 암거

암거란 일반적으로 도로·철도의 아래로 개수로와 같이 자유수면의 기울기를 가지고 물을 통하게 할 경우 설치하는 구조물이다. 용배수로나 수로교보다는 경제적인 경우 지표표고가 높지만 터널로는 시행할 수 없을 경우 수로상을 다른 목적으로 이용하는 경우 등에 암거를 설치한다. 이와 같은 암거는 cut and cover라고 하지만 우리나라에서는 이 양자를 합쳐서 암거라고 한다. <그림 2-81>의 암거 일반 구조도에 서 보는 바와 같이 암거의 단면은 구형·사다리꼴 등 여러 가지가 있지만 농업기반 수로구조물에서는 구형인 박스형과 원형인 관의 형태가 대부분이다. 박스형은 유량이 큰 곳에서 적용하며 현장타설이 대부분이다. 일반적으로 흙관이라는 콘크리트 2차제품을 사용할 수 없을 때 사용 되는 일이 많고 특히 말굽형은 출입구 또는 토압이 크게 작용하는 곳에서 적당하다. 암거는 일련에서 수련의 단면으로 할 수 있지만 이는 암거 개설지점의 지형, 하중 등에 의하여 결정하는 방법이 많다. 암거용 2차 제품으로는 콘크리트 관, 철근콘크리트관, 흙관, 철편 등이 많이 사용되어지고 있다.



<그림 2-81> 암거 일반 구조도

<표 2-21>은 암거 노후손상 유형을 분류한 것으로 암거의 구조상 유입부·유출부 및 암거부로 나누어 각각의 부위에 대하여 균열, 표면박리박락, 등으로 구분하여 손상을 유형화 시켰다.

<표 2-21> 암거 노후손상 유형

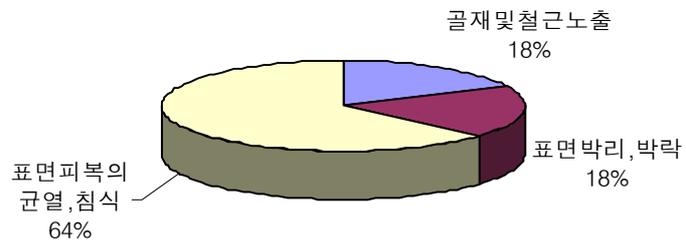
대분류	중분류	소분류
암거	유입부·유출부	균열
		표면박리박락
		표면피복의 침식
		골재 및 철근노출
	암거부	균열
		이음부 누수
		백화
		표면부식 및 박리박락
		골재 및 철근노출

<그림 2-82>은 암거 유입부 및 유출부 노후손상유형화 한 것으로 표면피복의 균열 및 침식에 의한 것이 64%로 나타났는데 침식은 현탁질로서 고체 입자를 함유하고 있는 유체의 마모작용으로 인한 마모를 설명할 때 쓰이는 용어로서 수리구조물에서 자주 발생하는 현상이다. 암거의 유입부 및 유출부면에 용수로내 쌓여 있는 흙입자의 수량과 크기가 큰 용수가 콘크리트 면에 닿을때 입자의 충격, 미끄럼 등의 작용이 표면마모를 유발한다고 할 수 있다. 이러한 노후손상은 다른 토목구조물과는 달리 관개와 배수를 목적으로 사용하고 있는 수리구조물의 큰 특징이라고 할 수 있을 것이다. 그리고 암거의 유입유출부에서 골재 및 철근노출이 18%, 표면박리박락이 18%로 각각 나타났다.

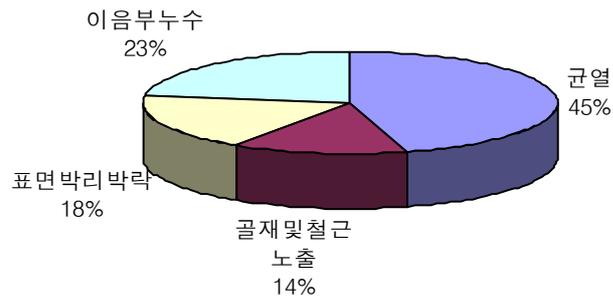
<그림 2-83>은 암거의 암거부 노후손상유형을 나타낸 것으로 균열이 45%로 나타났고 이음부 누수가 23%였다. 또한 표면박리박락이 18%였으며 골재 및 철근 노출이 14%로 나타났다. 일반적으로 콘크리트는 균열 잠재성이 있는 재료이기 때문에 콘크리트는 균열을 가지고 있는 것이 대부분이며 때로는 줄눈과 같은 인위적인 균열을 두기도 하고 대부분 균열이 있어도 구조적인 문제가 없지만 균열의 진행으로 인한 파괴가 유발될 수도 있다. 콘크리트의 균열발생은 기존 자료에서 여러 가지로 설명

하고 있으며 경화된 콘크리트에서 하중에 의한 균열이 언제 진전되는가에 대한 기준도 다양하다. 이와 같이 콘크리트 구조물에 어떠한 형태의 하중이 작용하더라도 콘크리트에서의 균열은 콘크리트 부재의 인장 변형률에 의해서 일어난다고 해도 과언이 아닐 것이다. 인장력을 받으면 그 힘 방향으로의 인장변형률이 발생되어 균열은 작용하중과 나란한 방향으로 발생하게 될 것이다. 본 조사에서 관찰된 암거의 암거부 균열은 이러한 이론을 적합해도 무방할 것이다.

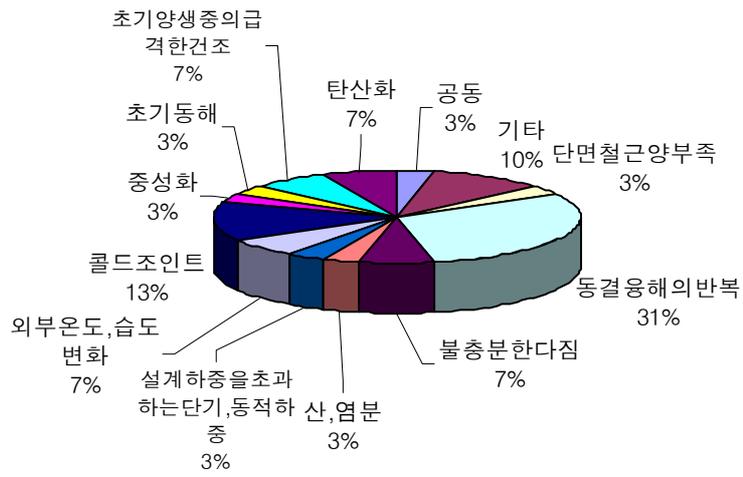
암거의 노후손상에 대한 원인분석은 <그림 2-84>는 암거의 노후손상 원인을 분석한 것으로 암거의 유입부 및 유출부 그리고 암거부에서 나타나는 원인을 종합적으로 분석하였다. 그 이유는 노후손상은 부위별로 다르게 나타날 수 있으나 손상원인은 모든 부위에 적용될 수 있기 때문이라고 판단되어 분석하였다. 암거 구조물의 다양한 노후손상원인이 도출되었지만 특히 동결융해의 반복이 31%로 다른 손상원인보다 월등하게 크게 나타났으며 그 다음 순으로 콜드조인트에 의한 원인이 13%였다. 콜드조인트에 의한 원인은 설계단계에서 고려하는 이어치기 줄눈과 달리 콘크리트 타설중에 연속하여 타설하는 시간 간격을 넘어서 타설한 경우에 먼저 타설된 콘크리트와 나중에 타설된 콘크리트가 일체화되지 않은 상태로 되어 이어친 부분에 불연속적인 면이 발생되어 이음부에서 균열이 발생하는 원인을 제공하는 역할을 한다. 그리고 초기양생중의 급속한 건조 및 불충분한 다짐이 각각 7%로 분석되었는데 시공시 양생이 불충분하고 다짐이 부족하면 콘크리트 내부에는 자연스럽게 균열이 발생하기 쉽고 강도의 증진 뿐만아니라 내구성에도 영향을 미치게 된다. 또한 급격한 건조는 콘크리트 타설시 시기적으로 여름철에 시공된 것으로 추정되며 동절기 공사에서는 초기 동결융해의 노후손상원인이 될 수 있으며 본 조사결과에서는 약 3%정도로 나타났다. 암거 콘크리트 구조물에 발생하는 원인을 객관적으로 분석하였지만 재료조건, 시공조건, 사용환경조건, 구조외력에 의한 단일 원인에 의한 것도 있지만 여러 가지 복합적인 원인에 의한 것이 많기 때문에 정확한 원인을 규명하기는 상당히 어려운 점이 없지 않아 있었다. 그러나 정확한 원인을 규명해야 합리적인 보수보강 대책을 수립할 수 있기 때문에 원인 분석은 상당히 중요한 것이며 본 연구조사로 말미암아 암거에 대한 노후손상현상과 원인을 제시한 것은 그 의미가 크다고 할 것이다.



<그림 2-82> 암거 유입부 및 유출부 노후손상유형



<그림 2-83> 암거 암거부 노후손상유형



<그림 2-84> 암거 노후손상원인

			
손상원인	단차에 의한 균열로 이음부 누수	손상원인	동결융해에 의한 표면부식 및 박리박락
			
손상원인	동결융해에 의한 표면부식	손상원인	콜드 조인트에 의한 이음부 누수
			
손상원인	중성화에 의한 철근 부식	손상원인	동결융해에 의한 골재노출 및 표면 박리박락

<그림 2-85> 압거 노후손상원인별 유형

마. 잠관

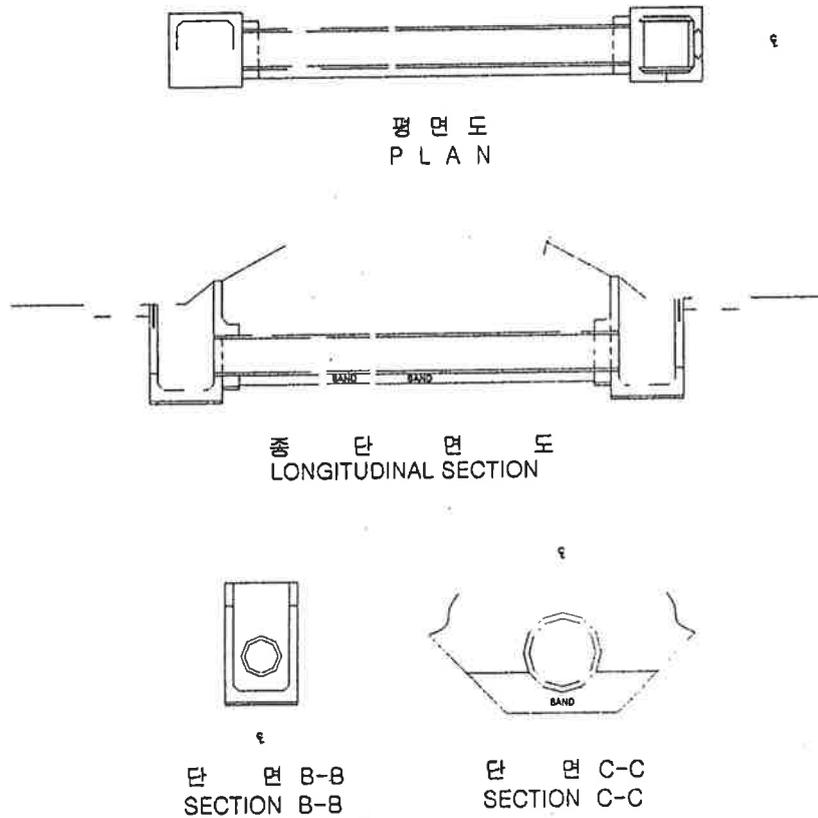
일반적으로 잠관의 낙차는 지형적으로 낙차를 임의로 취할 수 있는 곳에서는 관내의 평균유속을 최대허용유속으로 하고 낙차를 충분히 취할 수 없는 곳에서도 최소허용 유속을 가지게 되며 만약에 낙차가 부족하면 암거로 설계해야 특징이 있는 수리구조물이다. 또한 유속은 현장타설 콘크리트관에서는 4.0m/sec 흙관에서는 3.0 m/sec 를 한도로 하며 부유실트가 관내에 침적하지 못하게 하여 관내 평균유속을 상류수로의 유속보다 크게 하여 설계하는 구조물이기도 하다. 농업수리구조물인 잠관은 일반적으로 현장타설 콘크리트로 시공하는 경우와 원심력 콘크리트 원형 또는 철근 콘크리트 원형관인 콘크리트 2차 제품을 사용하기도 한다. <그림 2-86>는 잠관 일반 구조도를 나타낸 것으로 지하구조물의 하나로서 본 조사에서는 일부 2차제품으로 시공된 수리구조물도 있었고 현장타설 콘크리트 잠관이 대부분이었다.

잠관의 노후손상을 분류하기 위하여 <표 2-22> 잠관 노후손상 유형에 나타난 바와 같이 암거와 마찬가지로 그 구조를 유입부·유출부와 암거부로 구분하였다. 이렇게 분류한 이유는 유입부·유출부는 수류를 잠관부에 완화하게 도입시키기 위한 역할을 하고 물넘이의 유량을 조절하기 위하여 스크리인을 통과한 먼지 부유물이 잠관내에 들어가는 것을 방지하기 위한 기능을 수행하기 때문이다. 각각의 유입부·유출부와 잠관부로 구분하여 균열, 이음부누수, 표면피복의 침식등에 대하여 유형화를 구분하였다.

<그림 2-87>는 잠관 유입부 및 유출부에 대한 노후손상유형으로 그림에서 나타난 바와 같이 표면피복의 부식 및 세굴로 인한 유형이 54%로 나타났고 골재 및 철근노출이 23% 정도이고 표면박리박락도 15% 수준으로 조사되었다. 그리고 <그림 2-88>에서 보여 지는 바와 같이 잠관 암거부 노후손상유형은 이음부누수와 균열이 73%로 가장 크게 나타났으며 이음부의 부식 및 박리박락도 9% 정도로 나타나 잠관의 이음부부분에 대한 노후손상이 심각하게 나타남을 알 수 있었다. 또한 정밀조사 시 육안조사로 이음부에서 누수를 확인 할 수 있었으며 잠관이 논이나 도로등을 횡단할 경우에는 누수가 되는 것을 확인 할 수 있었으며 이로 인해 민원의 발생가 농업용수 손실이 발생되어 유지관리 측면에서 불리한 면을 보여주고 있었다. 이러한 잠관의 원인 분석으로는 <그림 2-89> 잠관 노후손상원인에 나타난 바와 같이 동결

용해로 인한 원인이 35%로 월등하게 높게 나타났으며 그 다음이 콜드 조인트로 인한 것이 26%로 표면부식과 골재 및 철근노출을 야기시키는 원인으로 분석되었다. 또한 지하구조물이기 때문에 부재양면의 온도습도차에 의한 것이 13%이고 일부에서는 탄산화로 인한 것과 초기양생중의 급격한 건조로 인한 균열이 발생하는 것으로 조사분석 되었는데 암거와 비슷한 원인을 나타내고 있었다.

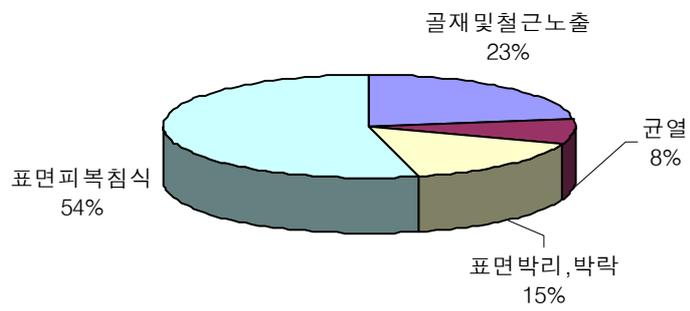
잠관이 다른 수리구조물과 특이한 점은 앞에서 언급한 바와 같이 관내 평균유속을 상류수로의 유속보다 크게 하여 설계하는 구조물이다. 원인분석에서 나타난 바와같이 공동에 의한 것이 9%였는데 이를 간단히 설명하자면 흐르는 유수에의 압력이 포화증기압보다 적으면 증기기포가 발생한다. 이렇게 발생된 기포는 하류로 흐르면서 외부압력에 의해 순식간에 파괴되면서 큰 충격을 발생한다. 이 고정은 빠른 속도로 반복되며 특히 콘크리트 경계면에서의 이러한 현상은 표면을 심각하게 손상시키는 원인이 된다고 보고되어 지고 있다. 공동현상에 의해 콘크리트의 노후손상을 살펴보면 표면침식은 콘크리트 표면의 불규칙성과 단면의 급작스런 변화가 주요요인임을 알 수 있다. 공동현상에 의한 손상은 개수로에서는 유속이 12 m/sec 이상에서 발생되며 잠관에서는 8 m/sec 이상에서 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 공동현상이 예상되는 구조물에서는 최소 400 kgf/cm²보다 큰 압축강도를 갖는 콘크리트를 사용하여야 한다고 있으나 과거 수리구조물은 압축강도가 130~180 kgf/cm² 정도로 추정되어 노후손상이 많이 나타나는 것으로 판단된다. 현재 주요 수리구조물의 압축강도는 270kgf/cm²에서 300kgf/cm²의 범위를 가지는 콘크리트를 사용하고 있으나 이러한 공동현상이나 내구성면에서는 고강도 콘크리트를 사용하여야 할 것 이라 사료된다. 또한 공동현상으로 인한 수리구조물을 보수보강을 할 경우에도 소재의 선정도 중요 할 것이다.



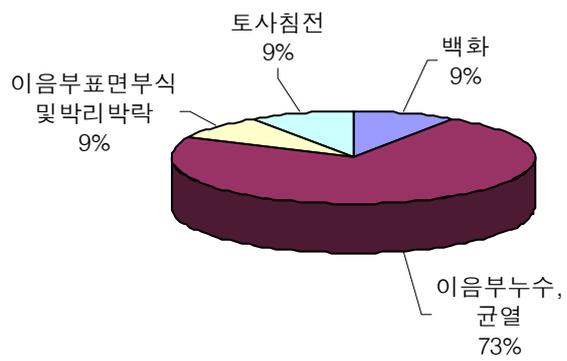
<그림 2-86> 잠관 일반 구조도

<표 2-22> 잠관 노후손상 유형

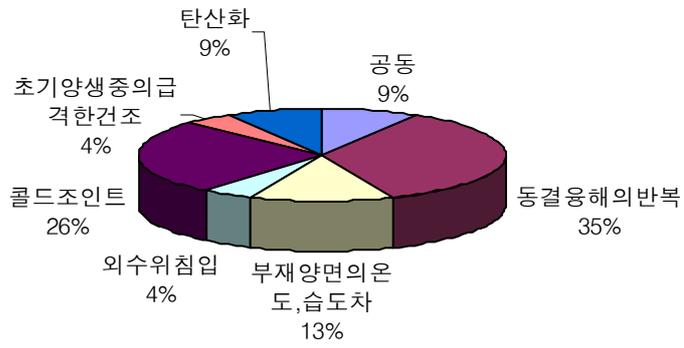
대분류	중분류	소분류
잠관	유입부·유출부	균열
		표면박리박락
		표면피복의 침식
		골재 및 철근노출
	잠관부	균열
		이음부 누수
		백화
		표면부식 및 박리박락
		지반침하
		토사침전



<그림 2-87> 잠관 유입부 및 유출부 노후손상유형



<그림 2-88> 잠관부 노후손상유형



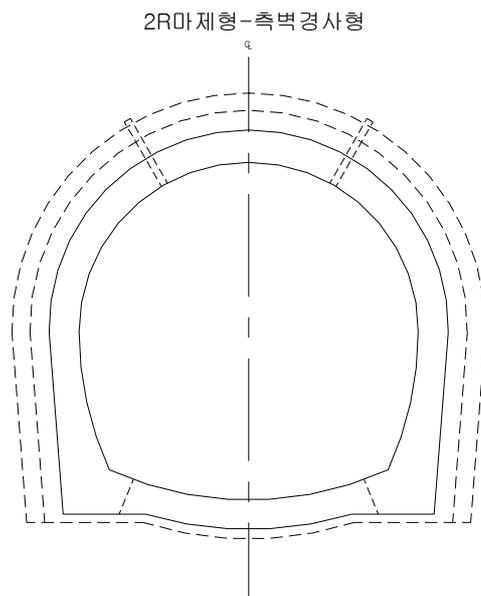
<그림 2-89> 잠관 노후손상원인

			
손상원인	동결융해에 의한 백화	손상원인	온습도차에 의한 표면피복의 부식
			
손상원인	탄산화에 의한 표면부식	손상원인	동결융해에 의한 표면부식 및 박리박락
			
손상원인	콜드조인트에 의한 이음부 누수	손상원인	탄산화에 의한 표면부식

<그림 2-90> 잠관 노후손상원인별 유형

바. 터널

터널이라 함은 수로노선이 산악이나 고지에 부딪치는 경우에 그 절취비용을 절약하기 위하여 터널을 파는 것으로서 광의의 정의에 의하면 “지반중에 어떤 목적이나 용도에 따라 만들어 놓은 공간을 갖는 구조물” 또는 협의의 정의에 의하면 “입구와 출구를 갖는 지하통로 역할을 하는 연속적인 공간”이라고 대부분 정의하고 있다. 이와 같이 터널이란 지반 중에 만들어진 구조물로서 지반자체가 갖는 지지력과 지보공 및 라이닝의 복합작용에 의해 터널주변의 지반을 지지함으로써 사용목적을 달성한다. 또한 터널의 안정은 지반의 공학적인 특성 및 주변환경, 입지조건등에 크게 영향을 받는 구조물이라고 문헌 등에서 언급하고 있다. 터널의 시공방법은 발전용, 상수도용 터널과 조금도 차이가 없다. 따라서 터널에 대한 자세한 사항은 기존문헌에 많이 언급되어 있으므로 수리구조물의 특성상 본 연구에서 조사된 터널에 대하여 노후 손상과 그 원인을 분석하였다.



<그림 2-91> 터널 일반도

<그림 2-91>은 터널 일반도를 나타낸 것으로 수로터널은 땅속에 있으므로 고장이 적은 가장 영구적인 수로구조물로 외관상 암거와 차이가 없으나 그 시공방법이 다른

점이 특징이다. 특히 땅뎀이가 두꺼운 터널은 고수압에도 견딜 수 있다. 터널은 무압 터널과 유압터널로 구분하며 일반적으로 고장이 적어 유지관리에 유리하나 건설비가 개수로 보다 비싸 경제적 측면에서는 부담이 가는 공법중의 하나이다. 터널에서는 라이닝을 실시하는데 그 목적은 풍화작용을 방지할 뿐 아니라 물과의 접촉부분을 매끄럽게 하여 조도계수 n 을 작게 함으로서 단면적을 작게 하기 위한 것이다. 암석이면 라이닝을 하지 않고 다만 유입부·유출부만 실시하는 경우도 있다. <표 2-23>은 터널형의 종류에 따른 분류를 정리한 것으로 암반의 지지현황에 따라 라이닝의 종류가 다르게 시공하도록 규정되어 있으며 라이닝의 종류에 따라 노후손상현상과 원인이 다르게 나타날 수 있을 것이다

<표 2-23> 터널형의 분류

구분	지질현황	라이닝의 종류
A	균열이 적은 신선한 암	뿔어붙임콘크리트(모르타르)
B	균열이 있고 풍화암 또는 대단히 잘 굳어진 경토	무근 콘크리트
C	풍화암, 파쇄대, 경토	무근 콘크리트
D	심한 풍화암, 단층파쇄대, 연질토사	무근 콘크리트 또는 철근콘크리트

<표 2-24>는 터널 유형화를 나타낸 것으로 유입부·유출부와 터널부로 중분류 하였다. 각각의 중분류에 대하여는 균열, 표면박리박락, 골재 및 철근노출로 구분 하였고 터널부에서는 다른 수리구조물과는 다른 현상을 나타내는 배면공동, 고드름, 측빙, 라이닝의 세굴등으로 노후손상을 유형화 시켰다.

<그림 2-92>는 터널 유입부 및 유출부 노후손상현상을 나타낸 것으로 표면피복의 부식 및 세굴이 42%로 가장 많이 나타났는데 일반적인 터널의 라이닝 재료인 콘크리트 및 뿔어붙이기 콘크리트(모르타르)는 녹은 물 또는 유해한 성분을 포함한 지하수의 침투에 의해 상당한 깊이까지 변질하여 성능저하를 야기시키는 것으로 판단된다. 또한 세굴은 유입부 및 유출부에서는 유속의 속도가 빨라짐에 따라 용수에 의한 콘크리트부위가 많아 생기는 현상으로 판단된다. 그 다음 노후손상이 누수 및 균열, 표면박리박락이 29%로 나타났다. <그림 2-93>은 터널부 노후손상유형으로 터널부 이음부에서 균열 및 누수가 26%로 가장 심각하게 나타났는데 주로 터널 라이닝 단면변상의 결과에 의해서 나타나는 것으로서 보통 라이닝 내측에서 발견되었다. 누수는 라이닝부에서 여러 가지 요인에 의해 지하수가 터널내부로 유입되어 나타나는 현

상이다.

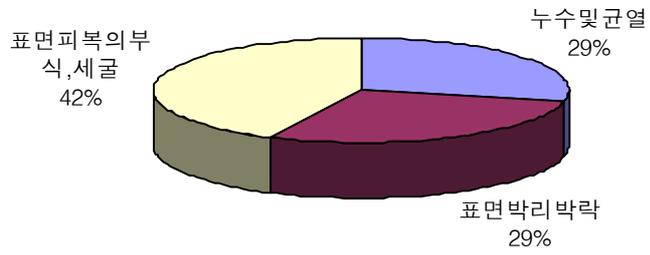
<표 2-24> 터널 노후손상 유형

대분류	중분류	소분류
터널	유입부·유출부	균열, 누수
		표면박리박락
		표면피복의 세굴
		골재 및 철근노출
	터널부	균열
		누수
		백화
		표면부식
		표면박리박락
		단차
		배면공동 및 누수
		고드름, 측빙
		라이닝 바닥세굴

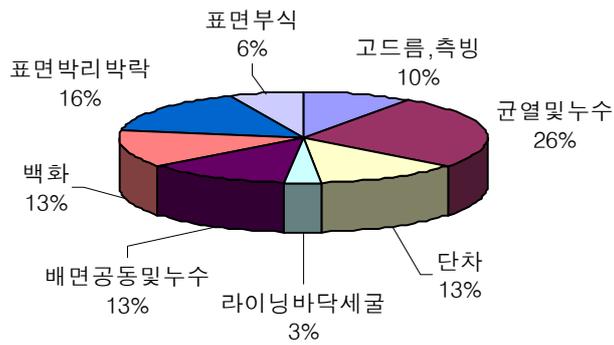
백화현상은 13%로 조사되었는데 재료의 치밀성이 약한 콘크리트 라이닝에서 시멘트중의 수산화칼슘, 알칼리 등이 침투한 물에 의해 용해되어 구조물 내부공극을 통해 표면으로 흘러나와 물이 증발된 후 가용성 또는 탄산칼슘의 형태로 석출되거나 공기중의 이산화탄소와 반응하여 탄산칼슘 형태로 고형화 된 현상으로 흔히 백색을 띠고 있다. 백화현상은 콘크리트 라이닝의 노후화 정도를 나타내는 증거로서 구조물의 성능저하로 내구성이 취약해졌음을 의미하기도 한다. 또한 라이닝 부분에 표면박리박락이 16%로 균열이나 줄눈개짐이 밀집되어 발생하는 것으로 라이닝 내면의 일부가 박리 또는 박락하는 현상이며 한랭지에서는 열화한 시공이음부 콘크리트나 균열이 발생한 라이닝 콘크리트에 누수가 침투하여 동결된 경우 그 동결압에 의해서 라이닝에 박리박락이 발생하는 경우도 있다. 배면공동은 재래식공법에 의해 시공된 터널의 라이닝 배면에 뽑어콘크리트의 시공 및 품질관리 불량 등으로 인해 필연적으로 다소의 공동이 존재하는 형태로 나타난다. 그리고 누수, 단차가 각각 13%의 노후손상이 발생되었는데 단차는 터널 라이닝의 변형이나 변위가 연속적으로 나타나지 않고 어느 부위에서 급격하게 변화되는 경우가 생기는 것으로 응력이 집중되는 장소나 라이닝 이음 등 강도상의 취약한 부분에서 내면의 균열에 따라 어긋나는 현상을 말하는 현상이다. 고드름, 측빙으로 나타난 것이 10%정도였는데 한랭한 기온의 영향

으로 발생하는 터널의 노후손상증의 하나이다. 일반적으로 어깨부에서 수직으로 늘어뜨려져 있는 것을 고드름, 측벽에 연하여 있는 것을 측병빅 또는 측병이라고 여러 자료에서 구분하고 있다.

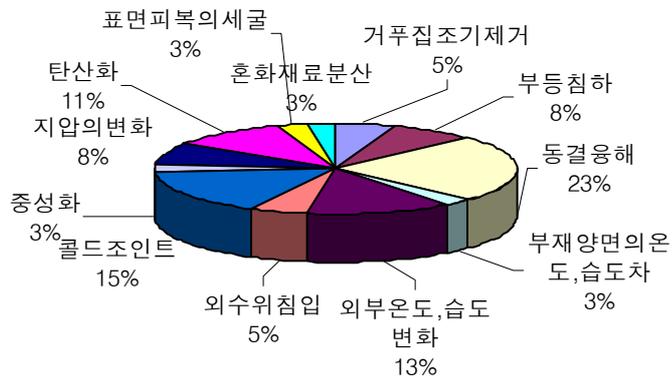
이러한 터널의 노후손상원인은 <그림 2-94>에 분석한 바와 같이 동결유해의 반복에 의해 나타나는 것이 23%로 골재를 중심으로 한 콘크리트의 팽아웃현상, 모르타르 및 콘크리트 부분파손 등이 나타나는 것이 특징이다. 동결유해를 받기 쉬운 조건을 살펴보면 한랭한 산악지역에 위치하거나 터널의 연장이 짧거나 통풍이 매우 잘되는 곳, 유입부 및 유출부에서 외부의 기온변동이 큰 경우에 동결유해에 의한 노후손상이 발생하기 쉬운 것으로 나타났다. 일반적으로 수리구조물의 동결유해에 의한 노후손상 진행은 겨울철을 포함한 기후조건에 의해 발생하므로 계절성이 뚜렷하다고 판단된다. 이러한 큰 이유는 농업기반 수리시설 거의가 영농기인 3월부터 10월 정도까지는 관개를 하여 농업용수가 항상 흐르다가 11월 정도에서 다음해 2월까지의 단수되는 계절적인 특성을 뒷받침 해주는 증거이다. 이러한 까닭으로 터널 뿐만 아니라 본 연구에서 조사한 다른 수리구조물의 노후원인이 동결유해의 반복으로 인한 것이 상당 비중을 차지하고 있었다. 터널의 콘크리트나 라이닝시 이어치기의 부적합에 의한 것이 15%로 나타났으며 외부온도 습도변화에 의한 것도 13%정도로 나타났다. 지압의 변화는 8%정도로서 터널 주변지반이 여러 가지 원인에 의해 이완되어 자연적으로 느슨해진 주변지반의 자중을 서로 지탱할 수 없게 되어 연직압이 발생하게 되고 이는 다시 라이닝 하중으로 작용하게 된다. 이로 인하여 라이닝의 아치부분은 외력이 직접 작용하는 주동영역이 되고 수평방향으로의 인장균열이 발생하게 되는 경우가 많다.



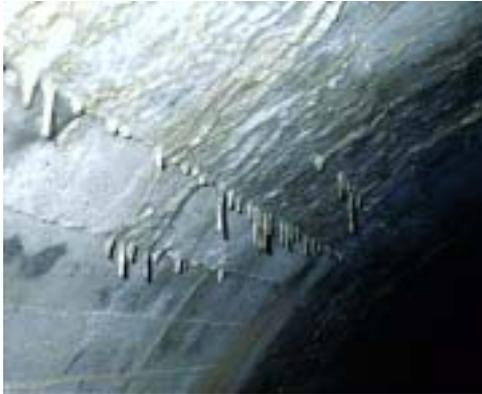
<그림 2-92> 터널 유입부 및 유출부 노후손상유형



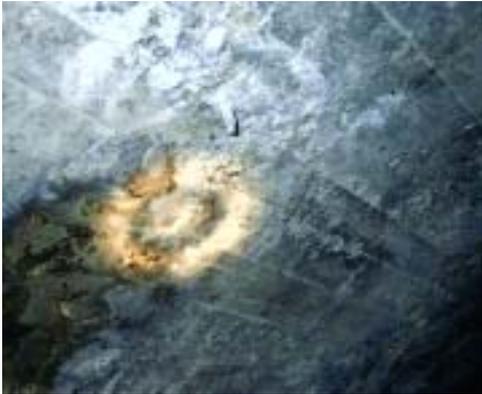
<그림 2-93> 터널 터널부 노후손상유형



<그림 2-94> 터널 노후손상원인

			
손상원인	부등침하에 의한 단차	손상원인	외수위 침입에 의한 누수
			
손상원인	동결융해에 의한 표면박리	손상원인	외부온도습도 변화에 의한 고드름 축빙
			
손상원인	중성화에 의한 표면부식	손상원인	동결융해에 의한 골재노출

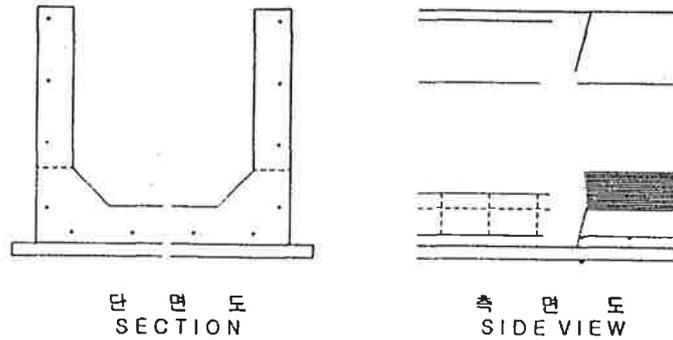
<그림 2-95> 터널 노후손상원인별 유형(1)

			
손상원인	외부온도에 의한 측방	손상원인	온습도차에 의한 표면피복의 세굴
			
손상원인	외수위침입에 의한 백화	손상원인	콜드조인트에 의한 균열 및 누수
			
손상원인	콜드조인트에 의한 균열 및 누수	손상원인	지압변화에 의한 단차

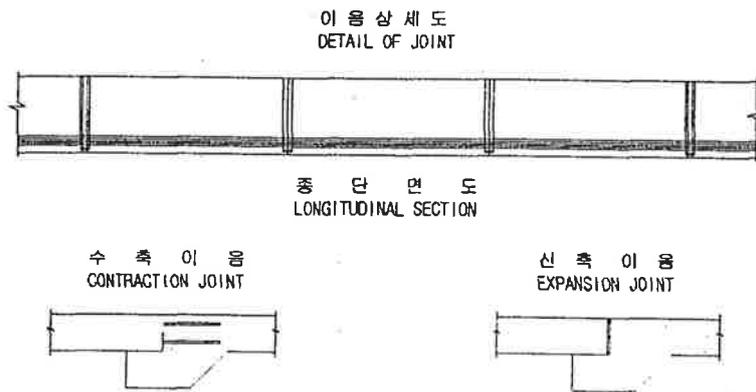
<그림 2-96> 터널 노후손상원인별 유형(2)

사. 개거

개거라 함은 자유수면을 가지고 물이 흐르는 하천·운하·용수로 등의 뚜껑이 없는 수로를 개거 또는 개수로 라고 한다. 한편 암거·터널 등은 물이 일부만 차서 흐르는 구조물이므로 수리학적 측면에서는 개수로와 같이 취급 되나 상부가 막혀 있는 점에서 개수로와는 구별된다. <그림 2-97> 개거 일반구조도에서 나타난 바와 같이 주 사용재료는 콘크리트와 철근을 사용하고 있는데 특히 현처부에서의 단면의 두께는 벽체나 바닥두께 보다 두꺼움을 알 수 있었다. 이는 구조물 하부 바닥에서 외부 모멘트가 크게 작용하기 때문이고 또 하나의 이유는 동결융해 등으로 외부 환경조건에 노출되어 노후가 발생하기 때문이었다. <그림 2-98>는 개거 이음상세도를 나타낸 것으로 후자에 상세한 설명이 되어지겠지만 신축이음과 수축이음을 시공 할 경우 격간시공이나 신축이음을 제대로 처리하지 않아 이음부에서 누수나 균열이 많은 비중을 나타내는 노후손상을 보였다. 현장타설 개거는 구조적으로 누수에 의한 물의 손실방지, 유수에 의한 비탈면의 세굴방지, 유수에 의한 마찰저항감소 및 사면활동 방지의 목적으로 사용되어지며 콘크리트는 일반적으로 다른 어떤 재료보다도 침식저항성이 높고 비교적 큰 유속에도 잘 견디며 경제적으로 유리한 편이다. 구조적으로 안정된 공법이 되기 위해서는 우선 지반의 안정과 지하수의 처리 또한 중요하다. 그리고 2차 콘크리트 제품을 활용한 라이닝이 있는데 기성제품이므로 품질관리가 비교적 쉽고 블록이 작은 경우에는 단순한 인력작업에 의하여 시공할 수 있으며 시공기간을 짧게 할수 있는 장점이 있다. 콘크리트의 운반 등 현장여건의 제약을 받아 현장타설 콘크리트의 시공이 어렵거나 경제적인시공이 곤란한 입지조건인 경우 소규모의 수로 공사에 유리한 점을 가지고 있다. 본 연구조사에서는 현장타설 콘크리트에 대한 구조물에 대하여 노후손상현상과 원인을 분석하였는데 그 이유는 기성제품인 경우에는 별도의 보수보강을 하지 않고 제품을 교체 가능하기 때문에 의미가 없는 것으로 판단되어 연구대상에서 제외하였다.



<그림 2-97> 개거 일반구조도



<그림 2-98> 개거 이음상세도

<표 2-25>에서 나타난 바와 같이 개거 노후손상유형분류는 개거바닥부 및 벽체와 신축이음부로 구분하였다. 이러한 이유는 조사분석시 신축이음부에 대한 손상이 여러 형태로 나타났기 때문에 개거부와 별도로 분석하기 위해서였다. <그림 2-99>에서 개거 노후손상유형을 분석한 결과 개거바닥부 및 벽체에 골재 및 철근노출, 표면부식이 34%로 가장 크게 나타났는데 이 부분은 항상 물과 접해져 있으나 비관개기에는 물과 접하지 않아 콘크리트 내부의 공극에 습윤한 상태로 남아 동절기에 콘크리트가 팽창되어 바닥부와 벽체에 콘크리트가 떨어져나가 골재 및 철근이 노출되는 것으로 사료된다. 또한 신축이음부 균열 및 누수와 지수판부식이 27%로 나타났는데 기존의 개거는 이음부 시공시 PVC지수판을 사용하였는데 그 이유는 연질염화비닐수지의 제품으로 높은 강도와 유연한 탄력성 및 취급이 용이하고 경제적으로 유리하여 많이 이용하였다. 하지만 이동성이 큰 신축이음부에서 많은 노후손상이 발생하였는

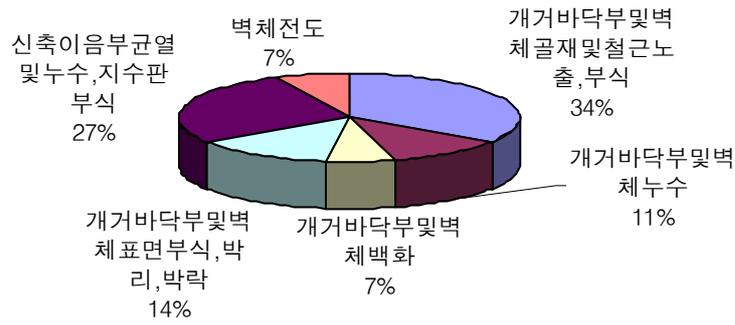
데 이는 신축이음부가 제 기능을 발휘하지 못하는 것으로 조사되었다. 개거 바닥부 및 벽체표면부식이 14% 정도로 나타났는데 콘크리트 표면의 알칼리성이 없어지고 나면 이끼류 및 미생물 등이 서식할 수 있는 환경이 된다. 이러한 식물이 자라게 되면 뿌리의 생장에 의한 표면침투와 뿌리에서 배출되는 산성성분에 의해 콘크리트 표면이 부식되기 시작하는데 개거 뿐만아니라 수분이 있는 곳에서부터 이끼류가 서식하여 여러 구조물에서도 이러한 현상이 발생하는 것을 알 수 있었다. 콘크리트 표면에 균열이 발생되어 있어 이러한 미생물에 의해 생장이 훨씬 용이한 환경이 되며 동시에 표면부식이 훨씬 빠르게 진행 될 수 있을 것이다.

개거바닥부 및 벽체부분에서의 누수가 11%로 발생하였는데 골재 및 철근 노출 등으로 인해 기능이 상실되어 노후손상이 발생하는 것으로 조사되었다. 나머지 7%는 측벽토압으로 인한 벽체진도가 있었는데 토압의 영향도 있었지만 외부 지하수위의 증가로 인해 수압과 토압이 커져 진도되는 현상을 보였고 단면이 넓은 개거에서는 버팀목을 지지하여 토압에 저항하게 설계되었는데 버팀목과 개거 벽체 부분에서 전단파괴가 발생하여 벽체가 진도되는 현상을 보이는 경우도 있었다.

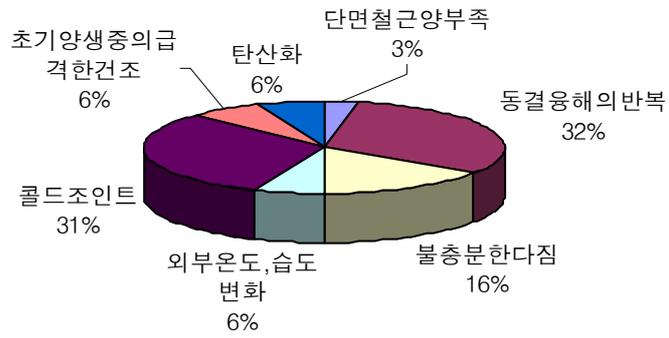
<그림 2-100>은 개거의 노후손상원인을 분석한 결과로서 제일 크게 나타난 것은 사용 및 환경조건에서 물리적으로 작용한 온도·습도에 의한 동결융해의 반복으로 인한 것이 32%로 나타났다. 시공 중 콘크리트의 이어치기 부적합으로 인한 경우가 31%로 높게 나타났는데 이는 콘크리트가 서로 완전하게 결합되지 않아 불연속으로 되어 있는 곳에서 발생한다고 한다. 콜드조인트는 이미 콘크리트를 타설한 부분과 새로 타설하는 경계부분에서 발생하는데 농업기반 수리시설은 동절기에 많이 시공되는데 시공기간이 짧고 현장조건이 열악하여 이러한 부분을 제대로 지키지 않아 발생한 것으로 판단된다. 불충분한 다짐으로 인한 원인이 16%로 나타났는데 콘크리트 타설시 다짐은 상당히 중요한데 다짐의 목적은 운반,부어넣기시에 혼입된 공기를 빼내 치밀한 콘크리트를 제작하기 위함이고 거푸집내 구석구석까지 콘크리트를 충전하고 콘크리트치기 후 블리딩 등으로 발생한 침하 균열을 없애고 일체화 시키는 것이다. 하지만 연구조사 결과 현장조사에 의하면 수리시설 구조물들이 준공된 연도가 70년대와 80년대에 걸쳐서 시공되었고 재료 및 시공부분에서 거의 현장비비기를 실시한 것으로 나타나 다짐이 제대로 이루어 지지 않았기 때문이라고 판단된다.

<표 2-25> 개거 노후손상유형

대분류	중분류	소분류
개거	개거바닥부 및 벽체	균열
		누수
		표면박리·박락
		표면부식
		백화
		골재노출
		철근노출 및 부식
		측벽토압으로 인한 벽체전도
	신축이음부	균열
		누수
		지수판부식
		골재노출
		표면박리박락
		철근노출 및 부식



<그림 2-99> 개거 노후손상유형



<그림 2-100> 개거 노후손상원인

			
손상원인	동결융해에 의한 골재 및 철근노출	손상원인	콜드조인트에 의한 지수관부식
			
손상원인	동결융해에 의한 이음부누수	손상원인	콜드조인트에 의한 이음부누수
			
손상원인	동결융해에 의한 골재노출	손상원인	건조수축에 의한 철근 및 골재노출

<그림 2-101> 개거 노후손상원인별 유형

아. 방수문

방수문은 개거와 함께 이루어진 수리구조물로서 수로의 수위를 낮추거나 배수할 때 수로의 안전을 위하여 설치되는 구조물이다. 또한 수로를 유하하는 잡초, 유수등을 제거하는 기능도 있다. 배수될 과잉의 물은 물넘이를 월유한 다음 푸울(POOL)로 하여 파이프 또는 개거를 통해 방수하게 된다. 일반적으로 방수문의 역할은 과잉의 유량배제 이외에도 수로를 보수하거나 침전물을 제거하기 위하여 수로내를 완전히 비울 목적으로도 사용하는데 일반적으로 제작형 수문을 설치한다. 본 연구에서는 방수문이 수문문비와 콘크리트 구체로 구성되어 있는데 수문문비는 기계로 분류되기 때문에 조사대상에서 제외시켰으며 뒷장에서 언급할 제수문과 분수문도 마찬가지로 수문문비는 조사대상에서 제외시켰다. <표 2-26>에서 나타난 바와 같이 방수문 노후손상유형은 방수문에 대하여 구체로 구분하여 균열, 표면박리박락, 골재 및 철근노출 등에 대하여 노후노상을 유형화 시켰다. <그림 2-102>에서 분석된 바와 같이 구체부분에서 골재 노출이 27%로 나타났는데 그 골재노출의 정의는 타설된 콘크리트의 일부에 조골재가 많이 모여서 생긴 공극이 많은 구조물의 결합부분을 일컫는다. 콘크리트 수리구조물에서 자주 나타나는 현상으로 골재노출은 콘크리트를 타설할 때 재료의 분리, 적절한 다짐 불량 등에 의해 발생하는 것이 일반적이다. 이러한 영향은 콘크리트의 워커빌리티가 양호한 배합, 재료가 분리되지 않도록 타설, 바이브레이터로 충분히 다짐과 동시에 망치 등으로 잘 두들겨서 충전성을 좋게 해야 한다고 되어 있다. 그리고 콘크리트 수리구조물도 다른 콘크리트 구조물과 같이 수리구조물의 성능은 콘크리트 품질에 따라 좌우되므로 이상적인 배합설계가 선행되고 운반, 부어넣기, 다지기, 양생 등의 시공과정이 원활해야 한다. 하지만 본 연구에서 조사된 방수문의 준공연도가 70년대 임을 감안할 때 이러한 최적의 조건을 갖추어 시공하기는 상당히 어려웠을 것으로 판단되며 더욱이 우수한 품질의 콘크리트라 할지라도 타설시의 시공방법과 관리, 시공완료후의 품질관리가 미흡하고 부적절하면 조기노후화가 이루어져 내구년한 이전에 보수보강을 요하게 된다.

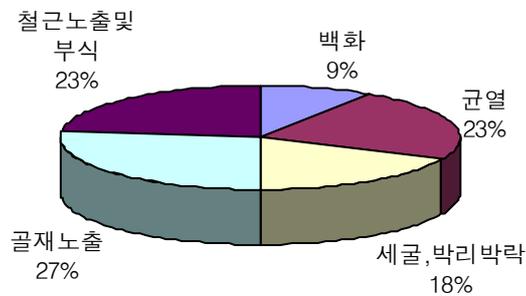
방수문의 또 다른 노후원인을 살펴보면 철근노출 및 부식이 23%, 표면세굴이 18%로 나타났다. 여기서 표면세굴의 영향은 유수에 접하는 토양입자는 유수의 힘이 한계소류력 이상이 되면 물 속에 말려 들어가 하류로 밀려 내려간다. 수리구조물을 만들면 콘크리트면에 접하는 토사가 세굴 되어 구조물에 마찰을 발생시켜 콘크리트 면

이 많아 지는 현상으로 농업용수를 방수할 때 유속이 커지고 수로내에 침전되어 있던 토사의 영향으로 방수문 바닥부에서 발생하는 것으로 판단된다.

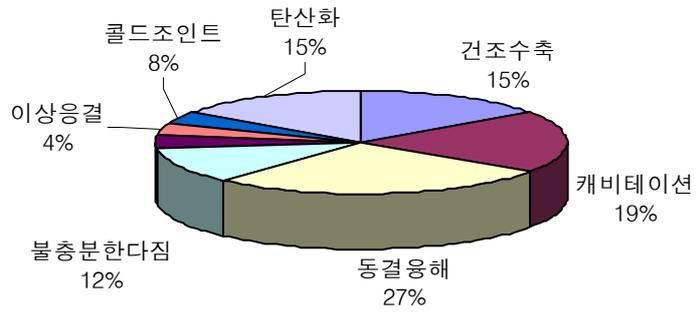
<그림 2-103>은 방수문의 노후손상의 원인을 분석한 그림인데 동결융해의 반복으로 인한 것이 27%였다. 공동으로 인한 원인이 19%로 나타났는데 용수를 방수할 때 유속이 커져 유수내에 압력의 변화로 형성된 공기방울이 부서지면서 콘크리트 수리구조물의 표면을 마모시키는 것으로 판단된다. 또한 건조수축으로 인한 원인과 탄산화에 의한 것이 각각 15%로 나타났다. 건조수축으로 인한 원인은 방수문의 구조물이 소규모이고 현장에서 콘크리트를 비벼 현장타설을 하였기 때문에 발생한 원인이라고 판단되며 시공적인 측면에서는 적절한 양생을 실시하지 않아 형성된 것으로 추정된다.

<표 2-26> 방수문 노후손상 유형

대분류	중분류	소분류
방수문	구체	균열
		표면 박리박락
		표면세굴
		철근 노출 및 부식
		골재 노출
		백화



<그림 2-102> 방수문 노후손상 유형



<그림 2-103> 방수문 노후손상원인

	
손상원인 중성화에 의한 철근 부식으로 철근 노출	손상원인 건조수축에 의한 균열
	
손상원인 동결융해 반복에 의한 골재 노출	손상원인 조직 내 공극과다로 누수에 의한 백화
	
손상원인 유수 및 유사에 의한 골재 노출	손상원인 구조물의 부등침하로 인한 균열

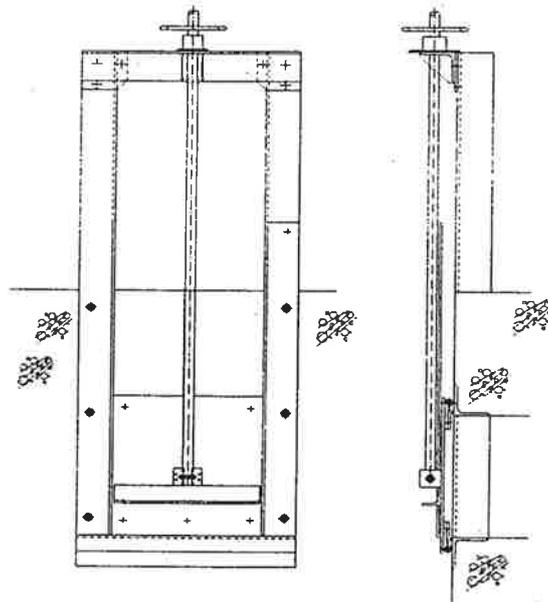
<그림 2-104> 방수문 노후손상원인별 유형

자. 분수문

분수문은 관개시에 용수로로 흐르는 물을 원하는 지역 또는 소정의 목적을 위하여 각각 필요한량 만큼 분배하기 위한 수문구조물이며 수로의 규모에 따라 구조나 기능이 다르다. 일반적으로 분수장치는 한천이 계속되는 시기에는 각지에서 논쟁의 대상이 되는 물을 분배하여 주기 때문에 관계자가 가장 조심하고 있으나 일단 강우기가 되거나 비관개기에는 관심이 없어져서 구조물의 유지·보전에 소홀하기 쉬운 구조물이다. 또한 분수 장치는 그 구조가 너무 연약하면 파괴되는 사례가 매우 많으므로 연약하면 영구 보전이 곤란하므로 설계 시공자는 주의하여야 한다. 분수문의 분류는 유량을 조절하는 분수로 게이트(gate), 밸브(valve)등의 유량 조절장치를 갖고 있는 것이 있으며 비례분수는 간선수로의 유량이 변화하여도 각 지선으로 보내는 분수량의 비율을 항상 일정하게 유지하는 것으로 용수의 공급이 비교적 많고 용수의 면적비율로 산출되는 경우에 많이 사용되고 있다. 정량분수로는 간선수로의 유량이 변화하여도 고정된 일정수량을 유지하는 분수량 조절장치를 가지며 분수량에 배수시간을 곱하여 적산유량을 구할 수 있다. <그림 2-105>는 슬라이드 게이트형 분수문 일반도를 나타낸 것으로 분수문 및 부대시설의 주체는 철근콘크리트 구조가 많으므로 철근 콘크리트 표준시방서에 준하여 신중하게 시공하여야 한다고 언급하고 있다. 게이트 분수문에서는 게이트 문받이 철물을 설치하기 위하여 미리 홈을 남겨 놓고 문받이 철물을 설치한 다음 시멘트물을 흘려서 매립하는 방법을 채용하는 수가 많다. 이와 같은 경우 게이트의 수밀성을 보전하기 위하여 조립부분의 콘크리트는 주의해서 시공해야 한다. 또한 바닥판과 측벽의 이음이 역물리게 하여 완전수밀이 되도록 한다. 하지만 위에서 기술한 바와 같이 재료 및 시공을 철저히 한다하더라도 경과년수가 오래되고 사용 및 환경조건에 따라 분수문도 노후화가 진행되기 시작한다.

<표 2-27>은 분수문의 노후손상유형을 나타낸 것으로 구체부분에 대하여 균열, 표면박리박락, 부식, 골재 및 철근의 노출 등으로 유형화 시켰다. 이를 토대로 노후손상원인을 분석 한 결과 <그림 2-106>에서 보여 주는 바와 같이 골재 및 철근의 노출이 45%로 나타났으며, 표면부식이 30%로 분석되었는데 이러한 원인은 여러 가지로 나타났다. <그림 2-107> 분수문 노후원인을 분석한 바와 같이 동결융해의 반복으로 인한 원인이 28%였고 불충분한 다짐이 13%였으며 콘크리트 구조물내의 외부온습도의 변화로 인한 것이 10%로 나타났다. 또한 탄산화, 분수문의 피복두께 부

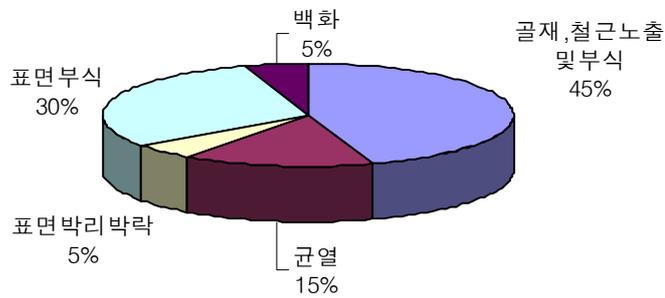
죽, 콜드 조인트에 의한 원인이 각각 10%로 그 결과가 나왔다. 탄산화의 경우는 대기중의 이산화 탄소가 콘크리트내로 침입하여 탄산화 반응을 일으키는 것인데 본 조사에서 관찰된 분수문의 대부분이 도로와 근접한 곳에 위치하여 자동차 등 가스매연 등에 의해 발생한 것으로 추정된다. 피복두께 부족에 의한 원인이 10%로 나타났는데 피복두께 부족이란 구조물 부재에서 철근의 최외단 바깥표면으로부터 콘크리트 표면까지의 콘크리트 두께로 정의되고 있다. 피복두께의 역할은 철근 주위에 미세한 부동태 피막이 형성되어 철근을 보호하고 산소 물 및 부식에 유해한 이온의 침투를 차단하여 철근부식을 방지해 주는 역할을 한다. 또한 피복두께는 콘크리트 산화에 의한 철근의 부식방지 외에 철근과 콘크리트 사이의 부착거동에 영향이 미치며 압축력에 의한 좌굴방지, 열에 의한 철근의 보호 등 역학적인 측면에서도 중요한 부분이다. 이러한 피복두께 부족이 수리구조물에 나타나는 원인은 설계도면에 의한 오류이기보다는 시공시 결함의 원인으로 추정된다. 그 예를 들면 구조부재의 먹줄치기에서 측방향 철근이 허용범위를 벗어나는 경우가 많기 때문에 시공을 용이하게 하기 위한 목적으로 대근 등을 임의로 축소 가공하였거나 현장조사표를 통해 알아본 바와 같이 시공당시 거푸집을 합판으로 사용하였기 때문에 타설시 거푸집의 변형이상으로 일부 구조부재의 단면이 축소되어진 것으로 판단된다.



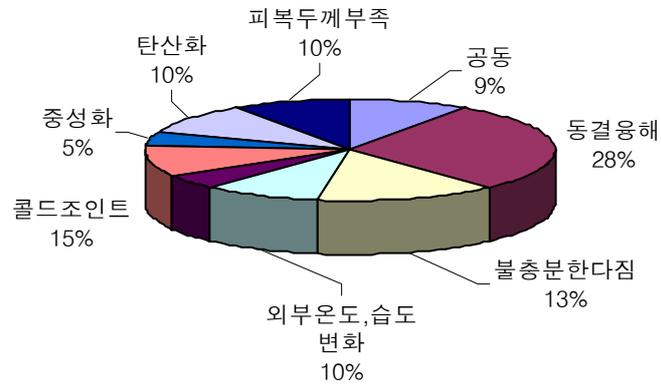
<그림 2-105> 슬라이드게이트형 분수문 일반도

<표 2-27> 분수문 노후손상 유형

대분류	중분류	소분류
분수문	구체	균열
		표면 박리박락
		표면부식
		철근 노출 및 부식
		골재 노출
		백화



<그림 2-106> 분수문 노후손상 유형



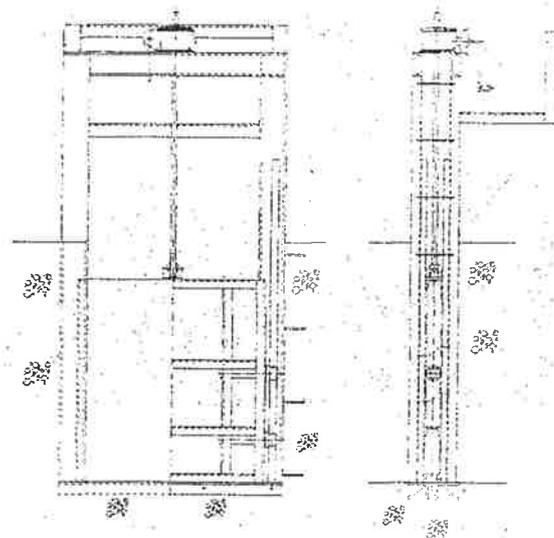
<그림 2-107> 분수문 노후손상원인

			
손상원인	외수위에 의한 누수	손상원인	유수 및 유사에 의한 침식
			
손상원인	불충분한 다지기에 의한 골재노출	손상원인	콜드 조인트에 의한 균열
			
손상원인	동결융해에 의한 골재 노출	손상원인	누수 발생으로 인한 백화

<그림 2-108> 분수문 노후손상원인별 유형

차. 제수문

제수문은 상류수로의 위치를 조절하고 하류유량을 조절하도록 설계된 수리구조물로서 최대 설계통수량보다 작은 유량이 흐를 때 상류수위를 높게 유지함으로써 분수의 안정성을 높이고 분수공의 지배면적을 크게 하는 것이 주목적이며 또한 수로내의 저류에 따른 라이닝에 대한 양압력, 토압 등 외벽에 대항하는 효과, 지선으로의 용수량 변경시의 완충효과, 잡초생육억제효과, 유속제어기능에 의한 라이닝의 선굴마찰방지, 게이트에 의한 물넘이·방수공의 작동효율 향상 등의 많은 부수적인 효과를 기대할 수 있는 구조물이다. 제수문은 다른 조절구조물과 병설할 때 수위급강하를 방지하고 하류수로의 세굴을 방지할 수 있으며, 단독적으로 설치하는 것보다 경제적으로도 유리하다. 제수문을 설치하는 간격은 분수가 원활한 수위로 유지되도록 결정하여야 한다고 규정되어 있다. <그림 2-109> 롤러 게이트형 제수문 일반도에서 보는 바와 같이 분류 및 특성을 살펴보면 제수문의 종류를 결정하는 요소는 조정하려는 목적(수위, 유량 등)과 물관리의 정도에 따라 수문의 유무와 작동방법, 통수형태, 보조기기의 유무, 우회수로의 유무, 물넘이 방수공의 병설 여부 등 여러 가지 고려할 사항이 있으나 수문의 유무와 작동방법에 따라 자동식, 조작식, 고정식의 세가지로 분류하고 있다. 그 형상은 분수문과 비슷한 형식을 나타내고 있었으며 수문을 안정적으로 지지해 주기 위해 구체는 철근 콘크리트로 구성되어 있다.



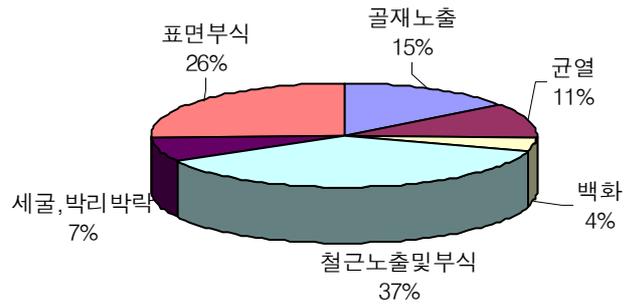
<그림 2-109> 롤러 게이트형 제수문 일반도

<표 2-28>은 제수문의 노후손상 유형을 한 것으로 수문구체 부분과 바닥부 및 날개벽체로 구분하여 균열 등 여러 가지 노후손상을 유형화 하였는데 <그림 2-110>에서 보여 주는 바와 같이 구체부분에서 많이 나타나는 손상유형은 철근노출 및 부식이 37%이었고 표면부식이 26% 순으로 나타났다. 표면 부식의 경우는 제수문 구체 바로 가까이에 강재인 수문이 위치하고 있었는데 수문의 부식에 의하여 녹물이 발생되고 그 녹물이 콘크리트 표면에서 수분이 증발하여 부식생성이 고착한 것으로 보여진다. 제수문 콘크리트에서 녹물의 부착의 생성과정은 그 녹이 우수 등과 함께 제수문 콘크리트 표면을 흘러서 생기는 경우로 제수문에 설치한 철물에서 녹물이 흘러내린 형상이라고 할수 있을 것이다.

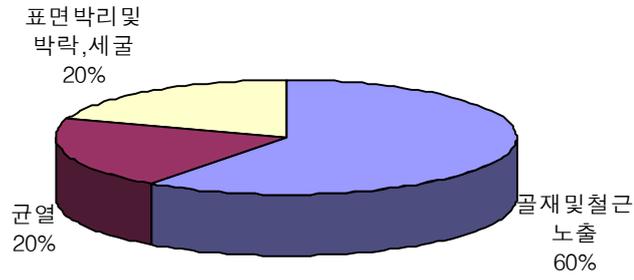
또한 골재노출이 15%였는데 현장비비기로 제작되어 워커빌리키가 양호하지 못하고 콘크리트가 재료분리가 되고 다짐이 충분히 이루어 지지 않았기 때문에 콘크리트 조직이 치밀하지 못하여 동결융해의 반복으로 인해 노후가 진전된 것으로 판단된다. 그리고 균열이 11%로 분석되었으며 제수문 표면부의 박리박락이 7%, 백화현상이 4%순으로 나타났다. <그림 2-111>은 제수문 벽체 및 날개벽 노후손상을 유형화 시킨 것으로 골재노출이 60%로 거의 노후손상 대부분을 차지하고 있었으며 표면박리박락과 균열이 각각 20%로 나타나는 결과를 보여주었다. 이러한 제수문의 노후손상 원인을 분석한 결과가 <그림 2-112>로 표현하였는데 여러 가지의 노후손상원인이 있어 복합열화가 발생하는 것을 알수 있었다. 이중에서 제일 많은 비중을 차지하는 원인은 동결융해의 반복으로 인한 것으로서 28%로 나타났고 공동(캐비테이션)이 18%, 탄산화 12%, 중성화 6%였고 설계하중과 관련하여서는 그리 크게 나타나진 않았지만 제수문에 설치되어 있는 수문의 자중으로 인한 장기하중의 크리프로 인한 것으로 판단된다.

<표 2-28> 제수문 노후손상 유형

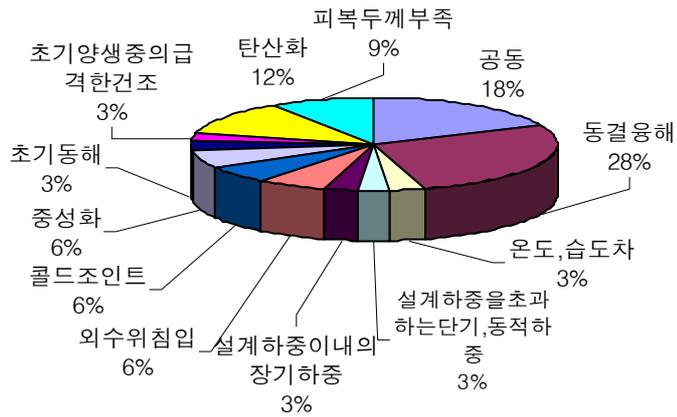
대분류	중분류	소분류
제수문	구체	균열
		표면 박리박락
		표면부식
		철근 노출 및 부식
		골재 노출
		백화
	바닥부 및 날개벽체	균열
		표면 박리 및 박락
		철근 노출 및 부식
		골재 노출
		세굴 및 표면탈락



<그림 2-110> 제수문 구체 노후손상유형



<그림 2-111> 제수문 벽체 및 날개벽 노후손상유형



<그림 2-112> 제수문 노후손상원인

			
손상원인	유수 및 유사에 의한 침식	손상원인	탄산화에 의한 백화
			
손상원인	중성화에 의한 철근 부식 및 표면 박락	손상원인	유수 및 유사에 의한 침식
			
손상원인	피복 두께 부족으로 인한 철근 부식	손상원인	반복적인 동결융해에 의한 골재 노출

<그림 2-113> 제수문 노후손상원인별 유형

제 3 장 농업기반 수리구조물용 보수보강 소재와 공법의 평가 및 체계화

제1절 국내 자료 분석

제2절 수리구조물용 보수보강 소재 및 공법 평가

제3절 수리구조물용 보수보강 체계화

제 3 장 농업기반 수리구조물용 보수보강 소재와 공법의 평가 및 체계화

제1절 국내 자료 분석

보수보강의 목적은 열화 및 손상된 구조물의 중요도, 열화도, 손상도 등에 따라 다르지만 현재 상태의 내하력 등의 안전성, 내구성, 기능성 등의 성능을 유지하기 위하여 열화, 손상의 진행을 억제하기 위하여 실시한다.

일반적으로 농업기반 수리구조물의 보수보강 설계는 기대되는 내용년수를 고려하여 세운다. 대상 구조물의 기대 내용년수를 고려하고 이에 알맞는 안전성, 경제성, 요구성능, 장기적인 유지관리방침 등을 고려할 필요가 있다. 또 노후 상황, 노후 원인, 노후진행의 예측, 보수기술·노후억제기술의 효과, 보수공사후의 재발의 가능성과 유지관리방법 등에 관한 견해를 발주자에게 제시하고 보수방침을 충분히 이해시키는 것도 중요하다.

보수보강계획을 입안할 때는 노후현상이 나타나고 있는 부위를 건전한 상태로 수리·복구하는 동시에 잠재적인 노후요인을 제거하고, 새로운 노후요인이 가해지는 것을 억제하도록 하는 것이 중요하다.

잠재적인 노후요인을 충분히 제거하지 못할 경우는 노후현상이 나타날 때마다 보수를 하던가, 또는 노후의 진행을 억제시켜 노후요인이 다시 악화하는 것을 억제하기 위한 대책을 강구한다.

이때 중요한 점은 노후요인을 어느 범위까지 제거하고 제외시키는가 하는 점이다. 잠재하고 있는 노후요인을 모두 제거하지 않는 한 언젠가 재발한 가능성이 남아 있다. 그러나 현실적으로는 보수공사의 대규모화는 공사비용 증대를 수반하므로 노후요인을 완전히 제거하는 기본적, 항구적인 보수가 곤란한 경우도 있다. 이런 경우에는 지속적인 보수를 전제로 하여 노후가 나타나고 있는 장소만을 보수·보강하는 잠정보수를 선택하든가 또는 부분적인 보수에 더하여 노후요인의 악화나 노후속도를 억제하는 대책을 병용한 연명보수를 선택할 수밖에 없다.

그러므로 보수·보강계획의 입안에 있어서는 공사발주자와 계획담당자가 충분히 협의하여 회복목표수준을 설정할 필요가 있다.

회복목표수준이 어떤 경우라도 가능한 한 노후요인을 배제하고, 노후의 진행을 억제하고, 보수효과가 최대한 발휘되도록 보수조강계획을 수립할 필요가 있다. 또 연명 보수를 택하는 경우에도 노후현상의 재발가능성이 높은 부위, 기능상 또는 구조상 중요한 부재나 부위에 대해서는 항구보수를 적용하는 등의 배려도 필요하다.

노후의 진행이 현저하고 부재에 변형이나 구조내력의 저하가 고려되는 경우에는 별도로 구조내하력의 진단을 실시한다.

<표 3-1>은 콘크리트 구조물 보수보강 공법에 대한 발전사를 요약한 것으로서 공법을 크게 3단계로 나누어 정리하였다.

먼저 1970년대의 보수보강 공법에 사용된 주된 재료는 유기계 보수 모르타르였다. 이는 유기계의 접착제인 에폭시를 건설현장에서 사용한 결과로서, 에폭시를 사용한 보수보강 공법은 보수보강 현장에서 주재, 경화제 및 규사를 혼합하여 곧바로 시공 및 마무리를 할 수 있어서 공법이 간단하다는 것과 경화시간이 빠르고 특히 부착력이 우수하여 높은 압축 및 휨강도를 발현하는 특징을 가지고 있다.

그러나 물과의 접촉시 경화지연 또는 경화불량 등의 문제점이 발생된다는 단점으로 인해 물과 항상 접하고 있는 콘크리트 수리구조물에서 사용할 경우 시공시 매우 주의를 필요로 한다. 또한 콘크리트와의 열팽창계수 및 탄성계수가 다르기 때문에 콘크리트와의 부착 후 보통 3년 정도 이내에 통째로 탈락할 가능성이 크다고 한다. 그리고 에폭시 자체의 가격이 고가이기 때문에 시공비 자체는 저렴하더라도 전체 보수보강 비용 측면에서는 오히려 경제성이 떨어진다고 한다.

1990년대에는 유무기 혼합형 보수재료가 사용되었으나 최근 2000년대에는 경화시간이 유기계보다 다소 느린 단점이 있음에도 불구하고 보수보강 모체인 콘크리트 수리구조물과 같은 재질의 무기계가 개발되어 사용되고 있다.

무기계 보수 모르타르는 습윤 상태의 콘크리트 수리구조물에서 시공이 가능하고, 모체인 콘크리트와 같은 무기계이기 때문에 보수보강 후 잔존수명이 매우 길다는 장점이 있으며, 특히 최근에는 스프레이에 의한 뿔칠공법이 개발되어 이를 사용할 경우 대단면 복구도 가능하게 되는 등의 장점이 있다. 또한 소재 및 시공비용이 저렴하기 때문에 경제성이 뛰어나다.

<표 3-1> 콘크리트 구조물 보수보강 공법 발전사

공법 구분	1970년대 공법 - 후진국형/3성분형 (유기계 보수몰탈)	1990년대 공법 - 중진국형 / 2 성분형 (유무기 혼합형 보수몰탈)	2000년대 공법 - 선진국형 / 1 성분형 (무기계 보수몰탈)
시공 방법	표면처리-녹제거/세척-접착제-에폭시 레진 몰탈타설	표면처리-녹제거/세척-방청제-구체강 화제-접착제-단면복구-중성화방지제 도포	표면처리-녹제거/세척-방청제-알칼리성회복제-접착제-단면복구-내중성화/내염화 도포
공법 개요	주제, 경화제의 에폭시와 규사(3 성분형)를 배합하여 단면을 수복하는 공법	유무기계를 혼합하는 2성분형(수지/분말몰탈)으로 일반 몰탈의 압축강도, 부착강도, 휨강도를 극복한 공법	무기계로서 1성분형이며 압축강도, 휨강도를 극복하고, 우수한 작업성, 내구성, 부착성을 최대화한 공법
장점	○공법의 절차가 간단 ○경화시간이 빠르고 부착력이 좋다. ○.높은 압축강도/휨강도	○ 습윤면 시공가능 ○ 높은 압축강도, 부착강도, 휨강도 가능 ○ 경화시간이 짧아 소량 긴급 타설에 용이	○ 습윤면 시공가능 ○ 높은 압축/휨/부착 강도 가능 ○경화는 일반 콘크리트보다 빠르고, 2성분형보다 늦어 대단면복구/스프레이 기계화시공이 용이. ○ 콘크리트와 같은 무기계로 모체와 수명 동일 ○ 가격이 비교적 저가.
단점	○ 습윤면 사용불능 - 열경화성 수지 ○ 순수 유기계로서 콘크리트와의 탄성계수 및 열팽창계수가 다르고, 콘크리트의 발수성을 방해하여 3년 이내 탈락 ○ 대량타설시 작업성이 떨어진다. ○ 가격이 고가이다.	○ 유무기계의 혼합으로 모체와 탄성계수 및 열팽창계수가 다르고 유기물의 자외선노출로 인한 3년이내 노화/변형 탈락 ○ 2 성분형이고, 경화속도가 빨라서 작업성이 떨어지고 대단면 복구가 어렵다. ○ 혼합 수지가 pH 7 이하의 산성으로 이것을 몰탈에 혼합하면 중성화된 몰탈이므로 보수몰탈로서 사용하는 것은 모순이다.-철근부식, 중성화촉진→수명단축, 재보수의 악순환 ○ 밀폐된공간에서 작업시 수지의 기화현상(포름알데히드, 암모니아 등의 유독가스 발생)으로 인한 마취 질식의 위험이 있다. ○ 수지라서 가격이 고가	○ 경화시간이 유기계보다 다소 늦음
경제성	열 등	열 등	우 수
결과	○ 유기계로서 근본적인 보수가 불가능하며 경제성이 없음	○ 주자재인 보수몰탈의 유기계 사용으로 근본적인 보수가 불가능하며, 경제성이 없음	○ 콘크리트 모체와 동일한 무기계로서근본적인 보수가 가능하며, 경제성이 있음 ○ 선진국형 첨단기술의 무기계 보수모르타르는 경쟁력이 높음

1. 수리구조물용 보수보강 소재

보수·보강재료는 그 용도 및 목적에 적합한 품질을 가진 것 중에서 선정한다. 또한 적절한 시험방법, 사용 실적 또는 신뢰할 만한 자료를 통해 그 품질과 성능이 확인된 것을 사용한다.

균열보수·보강재료의 요구조건에는 사용 및 노출조건, 시공 및 양생조건, 시공법과 시공 특성, 재료의 사용자 요구조건, 내하력 요구조건, 보수·보강재료의 내구성능 조건, 보수·보강공사의 허용오차 한계, 보수·보강범위와 기하조건 등이 있으므로 재료의 선정시 이들을 충분히 고려하고, 검정시험(mock-up test)의 결과에 따라 선정되어야 한다. 다음의 <표 3-2>는 농업기반 수리구조물에 적용할 보수보강재료의 필요조건을 나타낸 것이다.

가. 수리구조물용 보수재료

국내 보수재료의 개발은 기존 국내 보수재료 시장에서 주로 적용되고 있던 합성수지계 보수재료의 환경적인 측면에서 인체유해성 등의 내구성 확보 및 유지성능 측면에서의 문제점에 대응하기 위하여 발전되어 왔다. 유기용제를 사용하지 않고 인체에 무해하며 모체 콘크리트와의 동일한 거동이 가능한 환경친화형 보수재료의 개발이 시급히 요구되고 있다. 이러한 상황에서 미분말 시멘트를 베이스로 하는 무기질계 보수재료의 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 무기질계 보수재료는 기존의 합성수지계 보수재료에 비해 화학적 결합에 의해 모체 콘크리트와의 동일한 거동을 확보할 수 있으며, 또한 내부의 미결합에 의해 모체 콘크리트와의 동일한 거동을 확보할 수 있으며, 또한 내부의 미세기공을 통해 수분 및 공기의 흡수와 배출이 가능하게 되어 보다 장기간의 유지가 가능하다는 장점이 있을 뿐만 아니라 인체 및 환경에 무해한 특징을 가지고 있다.

<표 3-2> 농업기반 수리구조물의 보수보강재료 필요조건

필요조건	요구사항	부적합재료로 인한 시공결함	소요재료의 성질
하중지지특성	바탕과 부착	- 부착력의 감소 - 바탕과의 층분리	- 온도신축, 건조신축에 저항할 높은 부착력과 높은강도
	소요하중지지	- 과도한 하중 및 응력 발생	- 바탕과 동등이상의 탄성계수
		- 초기에는 하중을 지지하나 시간이 경과되면 크리프변형으로 지지력 저감	- 고 압축 크리프
		- 건조수축으로 보수재료의 부피가 감소되어 압축 지지력 저하	- 저 건조수축
사용환경조건	기온변화	- 수축응력으로 보수재료에 균열 또는 박락발생	- 바탕과 동등한 온도팽창계수
	과도발열	- 과도발열후 수축균열	- 타설, 양생중 저발열
	유해가스, 화학약품 및 염분 접촉	- 철근 부식 - 시멘트 결합구조 분해	- 저침투성 또는 무균열성 - 내화학적성
	자외선 노출	- 재료성분 및 탄성계수의 변화	- 표면의 자외선에 대한 고저항성
	수분변화	- 시멘트 결합구조 분해 - 수축응력으로 균열 발생	- 저침투성 - 저 건조수축
외부하중특성	이동유체	- 표면의 침식과 마모	- 고강도(밀도, 압축, 인장)
	윤하중, 충격하중	- 표면의 마모손상 - 이음모서리등의 박락 - 부착력의 감소	- 고강도 및 고부착력 - 인장보강성능 - 적절한 탄성계수
시공성	작업시간	- 시공계획 차질로 시공불량	- 적정시간 강도발현
	유동성	- 충전불량 및 정밀시공 불량	- 고슬럼프 - 둥근모양의 잔골재
	부착성	- 바탕하부와 접촉불량 및 처짐	- 고접착성
	의외대응성	- 시공계획 차질로 시공불량	- 공정단순화 및 여유
외관	균열	- 경화중 표면균열 발생 - 건조수축 균열 발생	- 저발열, 저감수성 - 저건조수축

같은 맥락에서 수성화와 무용제화가 관심의 집중이 되고 있으며 도료, 접착제, 함침제, 코팅제 등 용제 폴리머를 취급하는 분야에서 무용제화가 진행되고 있고, 환경적인 측면에서 수성이, 수성중에서도 성능이 뛰어나고 작업성이 좋은 에멀전이 중점적으로 대두되고 있다. 에멀전에 관한 가교성분으로서 에폭시 기의 도입을 통해 에멀전의 고성능화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있고, 열가소성과 열경화성의 쌍방의 이점을 생기게 하는 성능향상을 추구하고 있으며, 수요면에서도 크게 기대되고 있다. 하지만 에멀전이 가지고 있는 문제점 즉, 용제계에 비해 성능이 불충분하고 건

조(물의 증발)시 가열시간을 길게 해야만 하며 배수처리 등의 문제점을 가지고 있어 에멀전 활용에 관한 기술의 진보와 적당한 프로세스 및 적절한 에멀전 사용이 요구된다.

수리구조물용 보수재료는 보수대상이 되는 콘크리트구조물 표면에 대한 부착력이 우수하여야 한다. 또한 균열의 크기에 적합한 점도를 가져야 하고, 완전주입이 가능하여야 한다. 보수 후 콘크리트 내부에서 열화 분해되지 않아야 하며, 경화시에는 수축성이 우수하고, 접착성능 및 내후성이 우수하여야 한다.

나. 수리구조물용 보강재료

수리구조물에 사용되는 주된 보강 재료에는 탄소섬유 시트, 유리보강섬유, 아라미드 섬유, 강재 등이 있다.

탄소섬유 시트의 구성재료는 에폭시 수지와 탄소섬유인데, 탄소섬유는 직경이 7~14 μ m의 연속섬유로서 직경이 매우 작기 때문에 인장응력이 집중되기 쉽고 돌출부에 약한 특징을 가지고 있으며, 제조방법에 따라 피치계, PAN계, 성능상 고강도형 및 고탄성형으로 나누어진다. 그 강도가 철근에 비하여 매우 높고(약 10배), 탄성율은 거의 동등하며 강재와 달리 항복현상이 없다는 역학적 특성을 갖고 있으며, 철근과 비교하여 경량이고 (약 1/4) 녹이 슬지 않아 내구성이 뛰어나며 유연성이 있기 때문에 작업성에서 우수한 기능적 특성을 가지고 있다. 탄소섬유의 사용형태는 섬유를 겹쳐서 실모양으로 한 탄소섬유 스트래드형과 섬유를 일방향으로 배열해 만든 탄소섬유시트형이 있으나 보강공법에는 일반적으로 탄소섬유시트를 사용하는 경우가 대부분이다.

유리보강섬유의 구성재료는 에폭시 수지와 유리섬유이며, 이중 유리섬유는 촘드 스트랜드, 매트 로빙크로스, 안 크로스, 서피스 매트류 등이 사용된다. 유리섬유는 인장강도가 크며, 충격에너지의 흡수량이 크고, 내열성이 우수한 특징이 있다. 또한 불연성이며 화학적 내구성이 우수하고, 비흡수성으로 표면수분 흡착율이 0.3% 이하이며, 전기적 저항성이 우수하다.

보강공법에 사용되는 강재는 보통 강판, 철근, H형강, I형강 등이 사용되며, 이와 같은 보강재는 보강공법에 따라 적합한 것을 선택·사용해야 한다. 강판접착보강공법의 경우 강판은 SS400이 일반적으로 사용된다. 강재의 역학적 특성은 인장시험, 휨

시험, 충격시험 등의 재료시험을 통하여 결정된다.

2. 수리구조물용 보수보강 공법

콘크리트 구조물에 발생하는 성능저하나 이상은 균열, 박리, 누수 등이 있지만 보수 이상이 동시에 나타나는 경우가 많고 손상 정도도 다양하다. 콘크리트 구조물의 보수는 조사 및 진단을 실시하여 성능저하 및 손상에 대해서 정밀하게 그 내용을 파악하는 것이 중요하다. 이는 손상 정도, 원인, 부위 등에 따라 보수 방법이 달라지기 때문이다. 따라서 보수의 목적을 정확하게 파악하여 어떠한 보수공법이 적절한가를 선정해야 한다.

먼저 현 상태의 구조적 안전성, 내구성, 기능성 등의 성질을 유지하기 위해 성능저하, 손상의 진행을 억제하는 것과 성능저하, 손상된 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대해 실용상 지장이 없는 성능까지 회복시키는 것, 그리고 성능저하, 손상된 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대해 그 성능을 초기 수준 이상으로 개선하는 것에 따라 보수 공법을 달리 선정해야 한다.

콘크리트 구조물의 보수공법은 보강공법과 비교하면 종류도 적고 간단히 생각되기 쉽지만 실제로는 보강보다 복잡한 면을 가지고 있다. 그것은 보강이 내하력만의 대책에 한정되기 쉬운데 반해, 보수는 그 이외의 성능저하, 미관, 역학, 화학적 요인 등의 이상 전체에 대해 대응하여야 하기 때문이다.

구조물의 보강은 보통 원 설계시의 구조성능을 회복시키는 것이 목표 성능이 되지만 부재의 성능저하 상황을 콘크리트 내부 깊숙하게까지 파악하는 것이 곤란하고 현존하는 구조물에 대한 공사이기 때문에 시공상 제약조건을 수반하는 점을 함께 고려할 필요가 있다. 이에 따라 보강시에는 충분한 여력을 확보할 수 있도록 해야 한다. 특히, 시공 상황에 따라 크게 성능이 변동되는 보강공법의 채용은 피해야 한다.

콘크리트 구조물에 보강을 필요로 하는 요인으로서 내구성 저하, 과도한 균열, 과도한 변형, 진동 장애 등의 발생과 과하중에 의한 손상 등이 있다. 이에 대해 콘크리트 구조물의 보강방법은 보강대상 부재의 단면을 증대시키는 방법, 보강대상 부재에 강재 등의 보강재를 설치하는 방법, 새로운 구조부재를 설치하거나 지지점을 새롭게 추가함으로써 보강 대상 부재의 응력을 경감시키는 방법 등이 있다.

성능저하된 구조물의 보강계획에 있어서는 어느 내하성능의 회복을 목표로 하는가를 명확히 하여 적절한 공법을 선정하고 보강효과를 확인할 필요가 있다.

구조물의 장기적 유지관리 및 장수명화를 위한 구조물의 보수보강공법은 새로운 구조 개념 및 시스템의 창출, 보수보강공법을 위한 신재료 개발, 구조물 유지관리용 소프트웨어의 개발, 자동화 장비의 개발, 유지관리와 구조물 해체를 위한 공법과 장비의 개발, 그리고 궁극적으로 인류의 복지향상과 환경보전 및 개선을 위한 기술의 개발이 이루어질 것이다. 따라서 구조물의 보수보강공법은 관련 소프트웨어와 하드웨어가 모두 포함되고, 관련 시스템기술과 요소기술까지도 포함되어 개발 및 발전될 것이다.

구조물의 보수보강공법에 관계된 신기술의 국제적인 동향은 구조물의 전체적인 기능과 내구성능을 유지시켜 사용수명을 연장하는 방향으로 개발되고 있다. 구조물의 설계단계부터 가치공학(VE:Value Engineering)과 LCC개념을 도입하여 적정한 사용수명을 정하고, 구조물을 골조와 같은 고내부분과 보조부재와 같은 비내구부분으로 구분하여 비교적 단기간에 성능을 발휘하고 손쉽게 교체나 보수보강 등이 가능토록 하기 위한 요소기술의 개발로 전개되고, 전체적으로 장수명을 도모하는 내구설계를 시도할 전망이다.

콘크리트 구조물의 보수공법 및 보강공법의 대표적인 종류를 나타낸 것이 각각 <표 3-3> 및 <표 3-4>이다.

<표 3-3> 국내 보수 공법 요약

대분류	중분류	세분류	세분류 내용
보수 기술	균열보수공법	주입공법	- 균열부에 주입재를 주입하는 공법 - 균열부위에 수지계 또는 시멘트계 재료를 주입
		충진공법	- 균열에 따라 V,U형으로 절단하여 보수재료를 충전하는 공법 - 좁은 파손부위에 충전성과 유동성이 우수한 모르타 등 충전
	단면복구공법	바탕처리 공법	- 열화된 표면을 보수하기 위하여 표면의 바탕을 처리 - 표면연마, 워터제트, 표면청소, 표면깨어내기 등 실시
		방청처리 공법	- 콘크리트내의 철근, 강재 등을 방청처리하는 공법 - 전기방식, 탈염, 전착, 표면코팅, 페인팅, 도막포장 등
		함침처리 공법	- 열화부위 내부에 각종 재료를 침투시켜 보수하는 공법 - 침투성흡수방지재로서 실리콘, 아크릴, 폴리에스테르 등 - 침투성고화재로는 규산염, 실리카의 무기계와 에폭시수지, 아크릴수지의 유기계 재료 등
		단면피복 공법	- 열화부위 단면을 피복처리하는 공법 - 부분피복 및 전체피복으로 단면을 보호함
		중성화억제 공법	- 콘크리트의 중성화를 억제하기 위한 공법 - 표면마감, 표면도장, 재알칼리화 등 적용
		염해억제 공법	- 해양, 해상 구조물의 염해침해를 억제하는 공법 - 염분제거, 염해접근차단, 염해저감, 억제침투 등 적용
		동해억제 공법	- 동결융해의 반복에 의한 손상을 억제하는 공법 - 동해억제를 위한 가열, 피막도포 등
	누수보수공법	방수공법	- 외부의 물이 들어오지 못하게 도포처리하는 공법 - 멤브레인방수공법, 도막방수, 우레탄방수, 복합방수공법 등 - 시멘트모르타방수, 스프레이방수 등
		지수공법	- 건물 지하벽 등에 물의 유입을 그치게 하는 공법 - 지수관,지수제 주입 등
		차수공법	- 댐, 제방 등의 누수를 억제하기 위한 공법 - 댐차수, 제방차수, 지반약액주입차수 등 적용
		배수공법	- 누수를 유도하여 배수하는 공법 - 터널 유도배수, 배수트렌치 등
	표면처리공법	마감부위 보수공법	- 건축마감 열화에 대한 보수하는 공법 - 건축마감인 타일, 화강석, 석고보드, 금속재, 실링재, 미장공사 등의 보수
		오버레이 공법	- 열화된 콘크리트 표면을 덧씌우는 공법 - 콘크리트 또는 아스팔트 등으로 덧씌움

* 출처 : 한국콘크리트학회편 "콘크리트진단 및 유지관리"

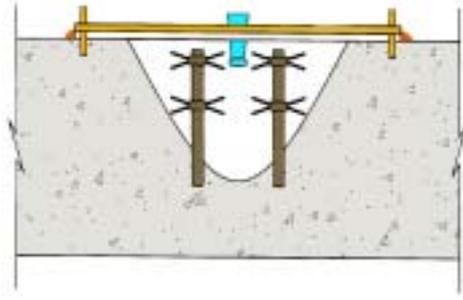
<표 3-4> 국내 보강 공법 요약

대분류	중분류	세분류	세분류 내용
보강 기술	단면증설 공법	강재증설 공법	- 내력손상된 구조물 주요부위(보, 슬라브, 코너 등)의 표면에 강재 등을 부착하여 보강하는 방법 - 슬라브 하부에 작은 철골 보를 설치하거나 슬라브의 지지거리를 감소시켜 슬라브의 휨모멘트와 처짐을 감소시키는 방법
		보강재매입공법	- 내력손상된 구조물 주요부위에 보강재를 매입하여 보강하는공법 - 단섬유보강된 콘크리트재질 혹은 고강도 모르터와 특수폴리머의 복합구조의 형틀을 내력손상부위에 사용하여 형틀의 역할과 구조체의 일부가 되도록 매입하는 공법
		콘크리트 증타공법	- 내력손상된 구조물 주요부위에 콘크리트를 증타하여 보강하는 공법 - 화재등에 의한 구조물 일부 파손 부위에 형틀을 대고 유동성과 접착성이 양호한 고성능콘크리트나 모르터 등을 타설 혹은 뿔칠함
	부착공법	강판부착 공법	- 내력손상된 구조물 주요부위에 강판을 부착하여 보강하는 공법 - 보 진단 및 휨인장보강, 슬라브 보강 등이 있음 - 콘크리트 및 강판접착면에 에폭시수지를 각각 균일하게 도포하고 미리 콘크리트면에 고정시킨 앵커볼트등에 의해 강판을 부착 - 콘크리트면과 강판면 사이의 주변을 실링 하고 한쪽 방향에서 점도가 낮은 에폭시수지를 접착하는 보강공법
		섬유시트·판넬 부착공법	- 탄소섬유시트공법: 탄소섬유, 함침·접착용수지, 프라이머를 사용하여 단면손상부위에 접착시켜 보강하는 공법 - 유리섬유시트공법: 장유리섬유와 에폭시수지를 침윤기를 통해 침윤시킨 재료를 구조물에 접착하는 보강공법 - 아라미드섬유시트공법: 아라미드 섬유를 1방향으로 배열하여 시트모양으로 가공한 재료로 시트에 에폭시수지를 함침시키면서 콘크리트 표면과 일체화시켜 성능을 개선하는 공법 - 패넬부착공법: 섬유강화플라스틱판 등의 패넬을 보강부에 접착하여 보, 성판 등의 여러 가지 건축물 보강하는 공법
	프리스트레싱공법	프리텐션 공법	- 기존부재에 외적 프리스트레싱을 부여함으로써 부재에 발생하고 있는 인장응력을 감소시켜 균열을 복귀시킬 뿐만 아니라 압축응력을 부여하여 휨모멘트, 전단력, 출력의 증가로 구조의 내력 및 강성의 증가 등을 기대할 수 있는 보강공법으로 콘크리트를 치기전에 PC강재를 미리 긴장시키는 공법
		포스트텐션공법	- 상기와 동일하고 콘크리트 경화 후에 스트랜드에 인장력을 주고 그 강재를 콘크리트에 정착시켜서 프리스트레싱을 부여하는 공법

* 출처 : 한국콘크리트학회편 "콘크리트진단 및 유지관리"

가. 균열보수공법

1) 개요

<p>○ 주입공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 균열부위에 수지계 또는 시멘트계 재료를 주입
<p>○ 충전공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 균열을 따라 V,U형으로 절단하여 보수재료를 충전하는 공법 - 좁은 파손부위에 충전성과 유동성이 우수한 모르터 등 충전

2) 기술개발동향

균열보수공법은 전체출원건수가 475건으로 총체적인 기술흐름을 살펴보면 1980년대 중반까지는 소수의 특허가 출원되다가 1980년대 말부터 증가하기 시작하여 1990년대 이후 콘크리트 구조물의 안정성, 내구성, 미관 등에 큰 영향을 주는 콘크리트 균열이 심각한 사회 문제로 대두된 점과 신공법과 신자재 등의 균열보수공법 및 관련분야의 기술개발에 기인한 것으로 분석되며 추후 이러한 증가추세는 지속될 것으로 판단된다.

전체 475건 중 주입에 관련된 공법이 80%, 충전기술에 관련된 공법이 20%로 주입

에 관련된 공법이 많이 출원되었다. 일본이 237건을 출원하여 전체 특허의 50%를 차지하고 있으며, Shinizu, Ohbayashi 등이 일본 대형건설회사가 이 분야의 기술흐름을 주도하고 있다. 한국은 168건을 출원하여 전체의 35%를 차지하고 있으며 기업보다는 개인 출원자를 중심으로 기술이 발전되고 있는 것으로 나타났다.

균열보수공법의 재료관련 특허는 크게 폴리머 시멘트 슬러리, 폴리머 시멘트페이스트·모르타르, 시멘트 휠러, 팽창시멘트 그라우트 등의 무기재료인 시멘트계와 에폭시, 폴리에스터, 폴리우레탄 고무·아스팔트 등의 유기재료인 수지계로 분류할 수 있다. 이 중 에폭시 수지와 폴리머 시멘트 슬러리는 개발된 이래로 그 효과와 적용성에 있어서 가장 뛰어난 보수재료로 평가되고 있으며 이들 재료를 근간으로 하여 특허가 출원되고 있다.

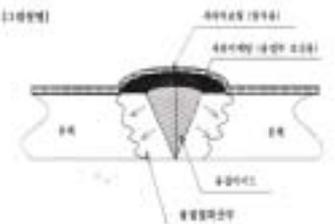
최근 들어 일반 에폭시수지의 접착력 저하, 박리현상, 내후성 저하, 부피수 등의 문제점을 보완하기 위하여 우레탄 변성 에폭시 수지와 폴리아마이드 수지헥사플루오르안티모네이트 함유 양이온 잠재성 촉매형 경화제 등의 특수 첨가제 첨가하여 기존 에폭시의 단점을 보완하는 방법을 중심으로 기술이 발전되고 있는 것으로 나타났다.

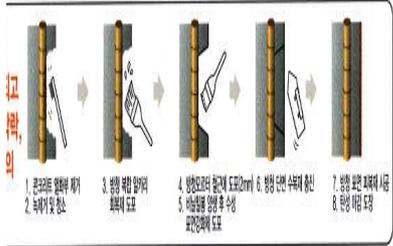
시멘트계 주입재료에 관한 특허는 폴리머 시멘트를 근간으로 하여 특허가 출원되고 있으며 최근에는 미세한 균열을 보수할 수 있는 침투력이 좋은 미세시멘트 및 고로슬래그, 알루미늄산염 칼슘, 지방산, 각종 촉매제 및 혼화제 등 시멘트계 혼합재의 성능을 향상시키기 위한 각종 촉매제 및 혼화제에 대한 특허가 많이 출원되고 있으며 이러한 경향은 앞으로 지속될 것으로 예상된다.

균열보수공법의 장치 및 방법 관련 특허는 고압·고속 주입공법의 문제점을 보완하기 위하여 주입기구의 구조를 개량하여 고압·고속주입공법과 저압·저속주입공법을 혼용할 수 있는 공법 등의 주입능률을 향상시키기 위한 주입기의 개선에 관한 특허가 주를 이루고 있다. 또한, 새로운 주입재료의 개발에 따른 주입기 등의 장비 및 장치에 대한 개발이 동시에 진행되는 방향으로 나아갈 것으로 전망된다.

나. 단면복구공법

1) 개요

<p>○ 바탕처리공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 열화된 표면을 보수하기 위하여 표면의 바탕을 처리 - 표면연마, 워터제트, 표면청소, 표면 깨어내기 등 실시
<p>○ 방청처리공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트내의 철근, 강재 등을 방청처리하는 공법 - 전기방식공법, 탈염(脫鹽)공법, 전착(電着)공법, 표면코팅, 페인팅, 도막포장 등
<p>○ 함침처리공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 열화부위 내부에 각종 재료를 침투시켜 보수하는 공법 - 침투성고화재로는 규산염, 실리카의 무기계와 에폭시수지, 아크릴수지의 유기계 재료 등
<p>○ 단면피복공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 열화부위 단면을 피복처리하는 공법 - 부분피복 및 전체피복으로 단면을 보호함

<p>○ 중성화억제공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트의 중성화를 억제하기 위한 공법 - 표면마감, 표면도장, 재알칼리화 등 적용
<p>○ 염해억제공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양, 해상 구조물의 염해침해를 억제하는 공법 - 염분제거, 염해접근차단, 염해저감, 약제침투 등 적용
<p>○ 동해억제공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 동결융해의 반복에 의한 손상을 억제하는 공법 - 동해억제를 위한 가열, 피막도포 등

2) 기술개발동향

단면복구공법은 전체출원건수가 400건으로 단면복구공법의 전체적인 기술흐름을 살펴보면 1980년대 중반까지는 간헐적으로 특허가 출원되다가 1980년대 중반부터 증가하기 시작하여 1980년대 말 이후 급격한 증가를 나타내고 있다. 이는 1980년대 말 이후 이모델링이 대두됨에 따라 단면복구공법 및 관련분야의 기술 개발에 기인한 것으로 분석되며, 또 1990년부터 지적재산권에 대한 사회적 인식이 높아진 것도 이러한 상승의 원인으로 작용하였다고 볼 수 있다.

전체 400건 중 방청처리공법이 29%, 바탕처리공법이 25%로 전체의 절반 이상을 차지하며, 단면피복공법, 함침처리공법 및 중성억제공법이 각각 17%, 14%, 8%로 29%를 차지하는 것으로 나타났다. 그밖에 염해 및 동해억제공법은 각각 4%, 3%로 특허출원이 다른 공법에 비해 미미하였다. 일본의 경우 223건을 출원하여 전체 출원 특허의 56%를 차지하고 있으며, 일본기업이 기술의 흐름을 주도하고 있다. 한국, 유럽, 미국은 각각 15%, 15%, 14%를 출원하고 있다.

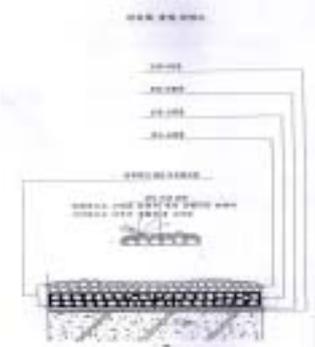
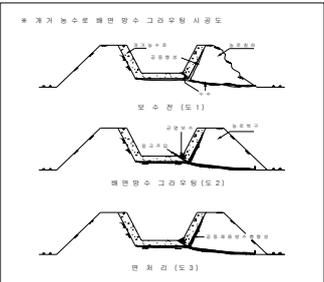
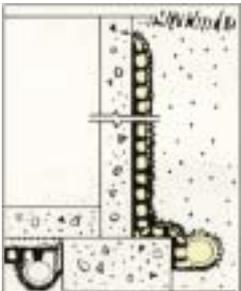
바탕처리제는 표면의 결함을 보수하기에 적당한 상태로 전처리 하는데 사용되는 것으로 폴리머 시멘트를 중심으로 특허가 출원되고 있으며, 수지계 재료로는 에폭시 및 아크릴 계열의 재료가 사용되고 있다.

방청처리제는 인산염, 규산염 및 아질산염 등을 포함하는 무기질 시멘트 재료와 각종 금속성 물질, 강재, 고분자 필름 및 에폭시 도료 등의 도료가 사용되고 있으며, 최근 들어 에폭시 도료를 이용한 방청과 방청시트, 스틸렌 폴리머 필름 등의 고분자 합성물 재료를 이용한 방청방법에 대한 특허가 주를 이루고 있다. 특히, 방청재료의 특허출원은 타 공법과 비교하여 계속적으로 증가하고 있으며 수밀·기밀성을 가지고 균열과 콘크리트 면에 공급되는 염분, 수분 및 탄산가스 등의 투과 침입을 막는 피막을 형성하며 콘크리트내 강재 부식을 방지하는 중도재, 최상층의 위치에서 자외선, 오존으로부터 중도재를 보호하고 내후성 내구성 또는 미관을 향상시키는 상도재, 녹슨 강재의 부식진행을 방지하는 방청재 등의 신재료 개발에 대한 연구가 활발하게 진행될 것으로 예상된다.

단면복구공법의 장치 및 시공관련 특허는 보수작업의 전처리로 수행되는 산씻기, 와이어브러쉬, 브ラスト 방법 등의 바탕처리공법과 전류 및 레이저를 이용한 부식부위 탐사방법 등의 방청처리 공법이 주류를 이루고 있다. 특히, 콘크리트와 도료의 부착을 확실하게 하기 위해, 코팅재가 부착되지 않는 물질이나 시공 후에 표면에서 벗겨져 도막의 결함이 되는 물질을 제거하기 위한 방법과 전류를 이용한 부식부위의 탐사와 더불어 전류를 이용한 방청처리에 대한 기술 개발이 많이 이루어질 것으로 예상된다.

다. 누수보수공법

1) 개요

<p>○ 방수공법</p>  <p>① PACKER설치및 주입지수,보수 ② 코팅 용접 지수 ③ 탄성 용진재 충전 ④ 표면 탄성 방수제 도포</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 외부의 물이 들어오지 못하게 도포처리하는 공법 - 멤브레인 방수공법, 도막방수, 우레탄방수, 복합방수공법 등 - 시멘트 모르터 방수, 스프레이 방수 등
<p>○ 지수공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 건물 지하벽 등에 물의 유입을 그치게 하는 공법 - 지수판, 지수제 주입 등
<p>○ 차수공법</p>  <p>* 지하 누수로 인한 방수 그라우팅 시공도</p> <p>보수 전 (도1) 벽면방수 그라우팅 (도2) 면포리 (도3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 댐, 제방 등의 누수를 억제하기 위한 공법 - 댐차수, 제방차수, 지반약액주입차수 등 적용
<p>○ 배수공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 누수를 유도하여 배수하는 공법 - 터널 유도배수, 배수트렌치 등

2) 기술개발 동향

누수보수공법은 전체출원건수가 981건으로 구조물 보수·보강 공법 중 가장 많은 특허가 출원되고 있다. 1980년대 말까지는 일정한 특허출원건수를 나타내다가 1990년대 초반부터 증가하기 시작하여 1990년대 중반 이후 급격한 증가를 나타내고 있는데, 이것은 기존 구조물의 특성상 물에 대한 누수문제가 다른 문제점보다 쉽게 나타나 이를 보수하려는 여러 가지 공법에 대한 특허가 출원된 것으로 판단된다.

전체 981건 중 방수기술에 관련된 공법이 73%, 지수기술에 관련된 공법이 16%로서 두 공법이 전체의 89%를 차지하고 있으며, 차수 및 배수공법은 각각 5%, 6%로 극히 미미한 것으로 나타났다. 일본이 707건을 출원하여 전체 출원특허의 70%이상을 차지하고 있으며, Sekisui House, Misawa Homes 등의 일본 기업이 기술의 흐름을 주도하고 있다.

방수공법 중 그 역사가 가장 오래된 것으로는 아스팔트 방수와 시멘트 방수로서 아직까지 사용되고 있는 공법이다. (이후) 고분자 합성기술의 발달로 1980년대 중반 이후부터 합성고무계 및 합성수지계 방수공법이 널리 이용되고 있으며 최근에 들어서는 도막방수와 시트방수를 함께 적용하는 복합방수공법 등의 기술개발이 활발히 이루어지고 있다.

또한, 1990년대 이후로부터는 시트계 방수재료에 대한 특허가 많이 풀원되는 경향을 나타내고 있다. 더 나아가 방수공법의 효능을 높이기 위한 방법으로 방수층의 보호방법, 누수부위의 발견장치 및 방법 등의 세부 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 이러한 경향은 앞으로도 지속 될 것으로 판단된다.

지수공법은 각종 구조물 부재의 접합부나 줄눈 같은 틈새에 지수재를 충전하여 기밀성을 부여하는 공법으로 실리콘계, 아크릴계 및 우레탄계가 대표적이다. 지수공법에 대한 특허들은 주로 침투력과 팽창성이 뛰어난 지수재에 관한 것이 주종을 이루고 있으며, 이밖에 시공방법의 개선, 지수층 유지기법 및 균열발생시 자생적으로 균열을 메울 수 있는 자가치유성이 있는 벤토나이트 계열의 지수제 등의 다양한 기술적 연구가 진행되고 있다.

라. 표면처리공법

1) 개요

<p>○마감부위 보수공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 건축마감부 노후시 보수하는 공법 - 건축마감인 타일, 화강석, 석고보드, 금속재, 실링재, 미장공사 등의 보수
<p>○오버레이공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 열화된 콘크리트 표면을 덧씌우는 공법 - 콘크리트 또는 아스팔트 등으로 덧씌움

2) 기술개발 동향

표면처리공법은 전체출원건수가 511건으로 표면처리공법의 전체적인 기술흐름에 대해 살펴보면 1980년 초반부터 특허출원건수가 급격하게 증가하고 있는데, 이런 경향은 1990년 이후 건축물의 초고층화에 의한 건축기술이 발달함에 따라 신공법 및 신자재가 사용되면서 건축물의 내외장재의 증가와 PMS(Pavement Management System)의 적용으로 도로의 유지관리에 대한 관심이 증가하였기 때문으로 판단된다.

전체 511건 중 마감부위보수공법이 72%, 오버레이공법이 28%를 차지하고 있으며, 마감부위보수공법은 일본을 중심으로, 오버레이 공법은 일본과 미국을 중심으로 기술이 발전되고 있다. 일본이 340건을 출원하여 전체 출원특허의 약67%를 차지하고

있으며, LG Tech Res, Inax, Sekisui Chem, Yoshida 등의 일본기업이 기술의 흐름을 주도하고 있다.

마감부위보수공법은 주로 건축마감재인 타일, 화장석, 석고보드, 미장공사 등의 건축마감 열화에 대한 보수로서 미장공사의 백화현상 및 균열, 금속재 부식, 실링재 및 석재오염 보수, 타일 박락 보수 등이 해당된다. 현재 방수, 미장, 도장 등과 같이 구조물을 보호·마감하는 재료로는 시멘트, 구산화물 등의 무기재료와 아크릴, 에폭시 등의 합성고분자계 표면코팅 처리물 소재가 많이 사용되고 있다.

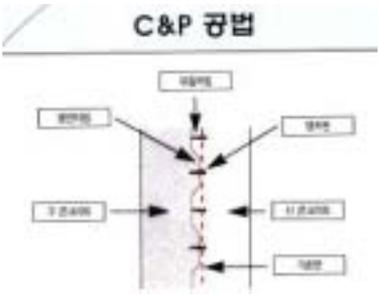
주요기술을 살펴보면 콘크리트구조물의 조인트 주변의 손상방지를 위한 충전용 실리콘 및 표면코팅용 아크릴 에멀전물질, 각종 산화물과 카르복실기를 포함하는 중합체로 이루어진 부식저항성이 좋은 표면보수 코팅제, 시멘트, 탄소섬유, 수용성 양생제로 구성되는 콘크리트 표면코팅제 등의 기술이 사용되고 있으며 앞으로도 그 종류가 더욱 증가되리라 판단된다.

오버레이공법은 콘크리트 및 아스팔트 도로의 보수작업시 시행하는 것으로서 모든 포장에는 포장체의 결함을 유발시키는 응력이 계속 발생하여 이에 대한 유지보수가 필요하다. 이러한 응력은 온도변화, 습도변화, 교통량, 포장체 하부의 미소한 변동 등으로 인해 발생한다. 일단 포장은 파손이 발생하면 급속하게 진행되는 특성을 가지고 있기 때문에 적절한 시기에 유지보수를 실시함으로써 더 큰 파손을 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 동일한 포장상태를 제공하면서 유지보수를 실시하지 않았을 때보다 경제적으로 포장을 관리할 수 있다.

이러한 오버레이공법에는 열화된 콘크리트 표면을 덧씌우는 공법, 도로 상판 등의 균열부위를 절삭한 후 콘크리트 아스팔트를 덧씌우는 보수공법 등이 사용되고 있으며, 이들 재료들은 화학성분에 따라 시멘트 계열, 폴리머 계열로 크게 구분된다. 또한 최근에는 도로표면 손상부위를 조사, 하체, 재시공하는 장비에 관한 특허들이 출원되고 있으며, 자동화 포장 보수장비 등의 장비개발에 많은 연구가 이루어지리라 예상된다.

마. 단면증설공법

1) 개요

<p>○강재증설공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 내력 손상된 구조물 주요부위(보, 슬라브, 코너 등)의 표면에 강재 등을 부착하여 보강하는 방법 - 슬라브 하부에 작은 철골 보를 설치하거나 슬라브의 지지거리를 감소시켜 슬라브의 휨모멘트와 처짐을 감소시키는 방법
<p>○보강재매입공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 단섬유 보강 콘크리트재질 혹은 고강도 모르터와 특수폴리머의 복합구조의 형틀을 내력손상부위에 사용하여 형틀의 역할과 구조체의 일부가 되도록 매입하는 공법
<p>○관거재 구축공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 암거관 내에 경질 염화비닐재를 나선형으로 감압하여 제관한 후 기존 관거와 갱생관(제관한 관)사이의 간극에 특수이입재를 충전함으로써 일체화된 강고한 복합관으로 재생시키는 공법
<p>○콘크리트 증타공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 내력손상된 구조물 주요부위에 콘크리트를 증타하여 보강하는 공법 - 화재 등에 의한 구조물 일부 파손 부위에 형틀을 대고 유동성과 접착성이 양호한 고성능콘크리트나 모르터 등을 타설 혹은 뿜칠함

2) 공법 특징

단면증설공법은 콘크리트 면을 절삭, 연마, 청소한 후 강섬유 보강 콘크리트를 타설해 상판 두께를 늘리거나 보강철근을 배치해 필요한 성능향상을 도모하는 방법, 상판 하부면에 철근 등의 보강재를 배치하고 단면증설재료로 부착성이 우수한 모르타르를 이용해 흠손 바르기 또는 뿔칠 시공에 의해 두께를 늘려 일체화함으로써 필요한 성능을 향상시키는 방법으로 나눌 수 있다.

상판 상부면의 단면을 증설시키는 방법은 주로 철근콘크리트 상판의 내하성능 향상을 목적으로 하지만 중립축의 상승에 수반되는 저항휨모멘트의 상승도 기대할 수 있다. 한편, 보강철근을 사용하면 연속교의 중간지점부의 주거더, 주상판과 내민 상판부 등의 부모멘트에 대한 내하력 향상을 목적으로 하고 있다.

상부 단면증설공법은 일반포장용 기계로도 시공이 가능하고, 공사기간이 짧다. 상판에서 작업을 실시하기 때문에 공사가 비교적 간단하고, 공사비가 저렴하다. 상판의 유효두께가 커져서 휨, 전단 및 비틀림에 대해서도 보강효과가 얻어지며, 상판의 강성이 증가하고 균열에 대한 저항성이 크게 증가한다. 여기에 철근을 사용한다면 더욱 신뢰성이 있는 보강이 이뤄진다. 그러나 공중 항목이 많고, 고도의 시공기술이 요구되며, 보강시공시 섬유보강제트콘크리트가 이용되지만 고가이고 취급도 간단하지 않다. 시공 완료 후 사하중의 증대가 따르므로 설계시 이를 고려하여야 한다.

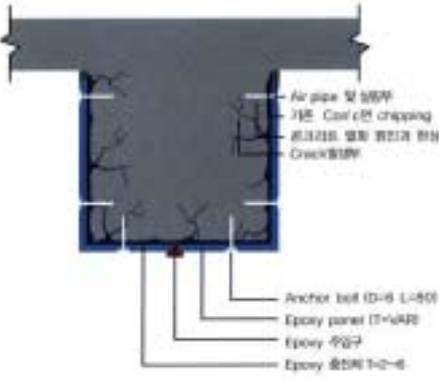
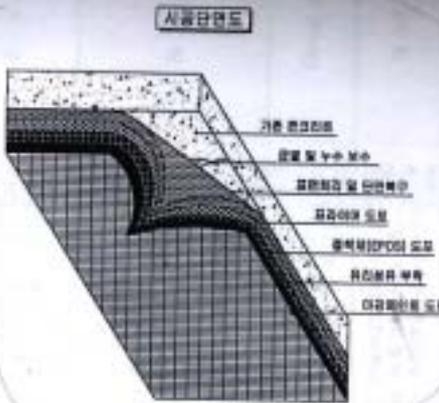
하부면 단면증설공법은 주로 상판의 아랫면에 철근 등의 보강재를 배치하여 증설재료에 부착성이 높은 모르타르를 타설하거나 뿔어붙이기로 단면을 증가시켜 일체화시킴으로써 성능의 향상을 꾀하는 방법이다.

현재 이 공법은 상판보강을 주로 행하며, 증설부재는 폴리머시멘트모르타르가 주로 사용되고 있다. 현재까지 폴리머시멘트모르타르에 의한 하면 단면증설공법 중에서는 D6 보강 철근을 배치한 단면의 시공실적이 많은 편이다.

폴리머시멘트모르타르를 이용한 하면 단면증설공법은 인력시공보다 뿔어붙이기 시공이 가능하게 되면서부터 시공성, 경제성 또한 개선되었다. 이 공법은 또한 휨내력의 향상을 목적으로 실시하지만 추가적으로 전단내하성능이 향상되지만 전단저항을 잃은 상판에 적용하는 경우에는 상판을 분할 타설하는 공법을 사용하는 등 별도의 대책이 필요하다.

바. 부착공법

1) 개요

<p>○강관부착공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 내력손상된 구조물 주요부위에 강관을 부착하여 보강하는 공법 - 보 전단 및 휨인장보강, 슬라브 보강 등이 있음 - 콘크리트 및 강관접착면에 에폭시수지를 각각 균일하게 도포하고 미리 콘크리트면에 고정시킨 앵커볼트등에 의해 강관을 부착 - 콘크리트면과 강관면 사이의 주변을 실링하고 한쪽 방향에서 점도가 낮은 에폭시수지를 접착하는 보강공법
<p>○섬유시트·패널 부착공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 탄소섬유시트공법 : 탄소섬유, 함침·접착용수지, 프라이머를 사용하여 단면손상부위에 접착시켜 보강하는 공법 - 유리섬유시트공법 : 장유리섬유와 에폭시수지를 침윤기를 통해 침윤시킨 재료를 구조물에 접착하는 보강공법 - 아라미드섬유시트공법 : 아라미드 섬유를 1방향으로 배열하여 시트모양으로 가공한 재료로 시트에 에폭시 수지를 함침시키면서 콘크리트 표면과 일체화시켜 성능을 개선하는 공법 - 패널부착공법 : 섬유강화플라스틱판 등의 패널을 보강부에 접착하여 보, 성판 등의 여러 가지 구축물을 보강하는 공법

2) 공법 특징

강판부착공법은 콘크리트 부재의 주인장응력 작용면에 강판을 근접시키고, 강판과 콘크리트의 공간에 주입용 접착제를 주입하여 콘크리트와 접착시켜 필요한 성능의 향상을 꾀하는 공법이다.

이 공법은 강판을 사용하고 있으므로 모든 방향의 인장력에 대응할 수 있으며, 강판의 분포, 배치를 똑같이 할 수 있으므로 균열특성도 좋다. 또한 시공이 간단하고, 강판의 제작, 조립도 쉬워서 현장 작업이 용이한 장점이 있으며, 현장 타설 콘크리트, 프리캐스트 부재 모두에 적용할 수 있으므로 응용범위가 넓다. 그러나 동시에 방청 효과에 대해서는 추후 계속적으로 연구되어야 한다. 또한 사용되는 접착제의 내구성, 내피로성이 불분명한 특성을 나타내고 있다.

연속섬유시트를 사용한 부착 공법은 주로 콘크리트 부재의 인장응력이나 사인장응력 작용면에 연속섬유를 1방향 또는 2방향으로 배치하여 시트 모양으로 제조된 보강재 또는 현장에서 함침접착침 및 경화시킨 FRP 연속섬유를 접착하여 기 타설부재와 일체화시키는 것에 의해 필요한 성능의 향상을 꾀하는 공법이다.

섬유시트는 현장 성형이 용이하기 때문에 작업공간이 한정된 장소에서는 작업이 편리한 특성이 있을 뿐만 아니라, 내식성이 우수하고, 염해지역의 콘크리트 구조물 보강에도 적용할 수 있다. 균열의 구속효과, 내하성능의 향상효과도 기대되며, 적층되는 섬유의 개수를 조절함으로써 적정보강량을 선정하는 것이 가능하다. 일정한 격자모양으로 부착함으로써 발생된 균열의 진전 상태 관찰이 가능하지만, 손상이 현저할 경우에는 보강효과에 관해서 별도 검사가 필요하다. 또한 단면 강성의 증가가 적은 특성도 있다.

연속섬유시트 공법에 사용되는 섬유로는 탄소섬유, 유리섬유, 아라미드섬유 등이 있지만, 현장에서의 실적과 안정적인 품질이 확인된 고강도, 고탄성의 탄소섬유 사용이 바람직하다.

섬유시트공법용 접착용 수지에는 에폭시 수지가 일반적으로 사용되고 있지만 섬유시트의 박리에 따라 보강효과가 손실되기 때문에 이에 대한 특별한 고려가 필요하다. 또한 수리구조물용으로 사용되기 위해서는 접착용 수지와 물과의 접촉에 의한 섬유시트의 부착 성능 저하를 반드시 고려하여야 한다.

다음의 <표 3-5>는 농업기반 수리구조물의 보강기술 중 부착공법에 대한 신기술

내용을 분석하여 정리한 것이다.

<표 3-5> 농업기반 수리구조물의 보강기술공법(부착공법) 분석표

항 목		신기술 A	신기술 B	신기술 C
구 성 재 료	구성 재료	수지+유리섬유	수지모르터+유리섬유	수지+유리섬유
	수 지	잠재성에폭시수지+비닐 에스테르수지	상온경화형에폭시모르 터(에폭시수지+규사)	상온경화형에폭시수지+ 실리카흙
	섬 유	일방향로빙+ 양방향 로빙크로스	로빙크로스	로빙크로스
	섬유와 수지비율	섬유 80% 수지 20%	관중량에대한 섬유비 0.1%	-
시 공 법	시공법	판거치후주입재압력주입	판거치후주입재압력주 입	접착제도포후복합재접 착
	정착기구	ㄷ형 정착구+앵커볼트	앵커볼트	-
	주입재	변성에폭시수지+ 시란커플링제+ 우레탄변성 에폭시고무	에폭시수지	에폭시수지
	현장시공성	경량편을 이음없이 거치	관중량이 무거움	현장제조
	제조생산성	필크루진방식	수작업에 의한 몰딩	현장제조
	기존구조물 손상	ㄷ형 정착구와 소수의 앵커를 사용	앵커 사용	접착제 사용

사. 프리스트레싱법

1) 개요

<p>○프리텐션공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 기존부재에 외적 프리스트레싱(Prestressing)을 부여함으로써 부재의 인장응력을 감소시켜 균열을 복귀시키고 나아가 압축응력을 부여함으로써 휨모멘트, 전단력, 축방향을 증가시켜 구조 내력과 강성의 증가 등을 기대할 수 있는 공법으로서 콘크리트를 치기 전에 PC강재를 미리 긴장시키는 공법
<p>○포스트텐션공법</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 프리텐션과 동일하나 콘크리트 경화 후에 PC강재를 긴장하고 정착시켜서 프리스트레스를 부여하는 공법

2) 공법 특징

프리텐션공법은 대표적으로 외부 케이블을 사용하는 공법이 사용되고 있다. 이 공법은 긴장재를 콘크리트의 외부에 배치하여 정착부 혹은 편향부를 끼워서 부재의 긴장력을 미리 도입하는 것에 의해 필요한 성능의 향상을 꾀하는 공법이다.

이 공법은 프리스트레스를 도입함으로써 콘크리트 구조물의 국부적인 보강보다는 전체 구조계의 변경, 단면력의 개선을 목적으로 사용되는 경우가 많다. 일반적으로 직선형태의 보강에는 고강도의 나사식 강봉이 사용되며, 만곡되는 부분이 있는 곳에서는 스트랜드를 사용하고 있다.

프리텐션 보강공법을 사용하면 보강효과가 역학적으로 명확하며, 보강 후 유지 및 관리가 비교적 용이한 특징을 가지고 있으나, 콘크리트의 강도부족이나 성능저하에

대해서는 효과를 기대할 수 없고, 외부 케이블에 의해 프리스트레스를 도입해도 강성은 향상되지 않는 특징이 있다.

아. 기초보강기술

1) 개요

<p>○기초지반보강공법</p> <p>1. 소수점액제 혼합 2. 수화열이 물과 함께 유입되어 계형 3. 1단계 혼합 후 JetGrout 사용 4. 주입, 정형 단계</p>	<p>- 그라우팅, 약액주입, 시멘트주입 등으로 구조물 기초지반을 보강하는 공법</p>
<p>○기초구조물보강공법</p> <p>1. 회전축력식 선공기 2. 케이싱 3. 인젝터 4. 유압니트 5. 주입관</p> <p>선공, 주입관삽입, 계형삽입, 관절삽입, 주입관</p>	<p>- 구조물하부에 설치된 파일, 피어, 케이슨 등 기초구조를 보강하는 공법</p>

2) 공법 특징

기초를 보강하는 방법은 새로운 기초로 보강하거나, 기존의 기초에 덧붙여 타설하거나, 지반을 개량하여 기초의 지지력을 개선하는 방법 등이 있다.

일반적으로 수리구조물에 사용되는 모든 기초는 아무리 균질의 지반 위에 시공한다고 할지라도 침하가 일어난다. 따라서 아무리 완벽하게 수리구조물을 구축한다고 하더라도 그 침하량에 차이가 있을 뿐이고 그 변위와 변형을 방지할 수는 없다.

일단 침하한 기초는 보강이나 재시공이 어려울 뿐만 아니라 보강하더라도 구조체

까지 진행된 변형을 원상태로 되돌린다는 것은 매우 어려운 일이다. 그래서 대부분의 보강 방법이 이미 변형된 상태를 그대로 유지시키는 정도에 불과하다.

기초를 보강하는 공법으로 경량 구조물의 경우 잭 등을 사용하여 구조물을 들어올린 후 복구하거나 특수공법에 의해 보강이 가능하지만 대부분의 수리구조물의 경우에는 이러한 보강방법이 불가능한 실정이다. 중량의 수리구조물에서는 침하를 일으키는 기초 밑을 시멘트와 약액을 주입하여 지반강도를 증가시키고, 불투수화를 도모하는 고결공법(대표적으로 LW 주입공법)이 많이 사용되고 있다.

LW(Labiles Wasser Glass) 주입공법은 규산소다(물유리)와 시멘트 현탁액을 혼합 사용하여 주입하는 공법으로서 지수, 차수 및 보강용으로 불규칙적인 복합지층에도 주입개량이 가능하기 때문에 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 점토 및 실트질 지반에서의 주입효과가 작은 단점이 있다.

최근에는 변형된 하부구조의 원상복구가 가능한 컴팩션 그라우팅 공법(compaction grouting)이나 점토 파일 공법(J.S.P:jumbo special pile)도 적용되고 있다.

3. 국내 수리구조물 보수보강 현황

농림부가 시행하는 수리시설개보수사업을 유형별로 정리한 것이 <표 3-6>이다.

<표 3-6> 수리시설 개보수사업의 유형

재원	사업명	근 기	사업량	지구별 사업기간
국고	수리시설 개보수	안전점검(3종) 결과 개보수 필요 판단 정밀안전진단(1,2종) 결과 개보수 필요 판정	100~120지구/년 32억원/지구 3300억~4000억원/년	평균 4.7년
"	재해대비 보강	재해대비 PMF설계, 설계빈도 상향조정 결과 수용 (500만톤 이상 저수지)	10지구/년 50억원/지구 120억원/년	4~5년
"	양배수장 리모델링	노후된 양배수장 기계, 전기, 건축 시설의 친환경적 보강	2지구('05) 4억원('05)	2005 착수
지방비	수리시설 보수보강	지자체가 주민의 재해방지목적으로 지방비로 개보수(주로 기계, 전기보수)	지자체마다 상이	
기타	수리시설 유지관리	농기공 유지관리비 1400억원/년 중 보수비를 활용하여 긴급보수	3종 이하 시설	1년
"	사용자 보강	목적외 사용을 위해 사용자가 자비로 시설물관리자의 허가하에 보강	-	-

<표 3-6>을 살펴보면 개보수사업은 대체로 유형에 관계없이 지구별 사업비가 소액인 반면 공사기간은 4~5년이나 장기간이 소요되므로 매년의 지구별 사업비가 매우 적어 소규모 공사현장으로 전락하고, 이로 인해 공사현장에서의 품질관리를 소홀해지는 경향이 높아 품질불량률이 높아지며 이로부터 개보수사업 후에도 다시 사용수명이 단축되는 경향을 보인다. 반면 농업기반 수리구조물은 사용수명이 오래된 것이 대부분이어서 기능이나 안전성 유지를 위해 대부분이 시급히 개보수사업을 기다리고 있다고 해도 과언이 아니다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 근본적으로는 개보수 예산을 늘리는 것이 해결책이라 할 수 있다. 그러나 국가 재정상의 한계로 예산증가가 어렵다면 1년 이내에 완공할 수 있도록 완공위주로 개보수사업을 시행하는 것이 유리하다 판단된다.

특히 최근의 잦은 집중호우에 대비한 재해대비 보강은 성격상 시급히 완료해야 하거나 현재와 같은 예산이 배정될 경우 중점관리대상 저수지 50개중 20개 저수지의 보강이 필요하다면 약 8년의 기간이 필요하므로, 그 사이 어떠한 파괴적인 홍수가 올지도 모르므로 매우 위험한 상황이다. 따라서 재해대비 보강사업비를 늘려 빠른 시기에 완료하는 것이 필요하다.

수리시설개보수사업 중 특히 흙수로를 구조물화하는 사업의 경우 예산을 줄이기 위해 농한기 비급수기에 공사를 시행하다보니 주로 동절기 단기간 공사가 되어 품질확보가 매우 어려우며, 사용중인 흙수로 경사면으로부터 유출수가 발생하여 품질확보가 어려워 완료후에도 수명이 단축되는 부작용이 있다. 따라서 이처럼 공사중 품질확보가 어려운 곳에서는 제작중 품질확인을 거친 2차 제품을 사용하는 방안을 고려하든지 또는 하류부 농경지를 휴경시키고 품질확보가 유리한 시기를 골라 2~3년에 걸쳐 공사를 시행하도록 계획하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

또한 기존의 흙수로는 수십년 전에 적은 예산으로 많은 사업을 펼치고자 했던 시절에 설치된 것이므로 등고선을 따라 사행으로 길게 설치되었으며, 이후 수십년간의 사용기간 동안 수로내 퇴적토의 독마루로 더 쌓기로 인한 독마루 표고 상승, 사용중 배수관행의 변경으로 우기시 외수의 용수로 유입이 관행화가 된 상태로 사용되어 왔다. 그럼에도 용지매수를 하지 않고 이러한 흙수로를 따라 사행으로 구조물화 할 수 밖에 없으며 필요한 용수량만 통과되도록 소형 구조물을 설치해야 한다. 이로 인해

사용 중 백호 등에 의한 퇴적토 준설이 불가하고 인력준설에 위한 유지관리비가 급증하고 우기시 유입된 외수가 구조물위를 월류하는 문제점도 나타난다. 아울러 예산상의 한계로 하류부를 흙수로로 남겨놓은 상태에서 상류부만 구조물화를 먼저 시행하다보니 관개 때 수초 등에 의한 하류부 흙수로에서의 수위상승이 역으로 상류의 구조물화된 구간의 수위를 상승시키고 이로 인한 여유고 부족 현상이 나타나기도 한다.

과거에 초기공사비를 절약하기 위해서 최말단부 논에 급수가 필요할지라도 수원공부터 말단부까지 계속 물을 공급한다는 전제하에 용수로 중간에 조절지를 생략하고 등고선을 따라 사행으로 흙수로를 설치하는 등 수로시스템이 비경제적이었다. 그럼에도 개보수시 예산상의 한계로 이를 개선하지 못하고 비경제적인 사행의 흙수로를 따라 구조물화하다보니 여전히 비경제적인 수로시스템으로 재설치 되는 문제점을 안고 있다.

그 외에도 생태환경 균형추로서 역할 등 수리시설의 새로운 역할을 고려하지 않고 기존의 수리시설과 동일한 역할이나 기능이 되도록 기존의 수리시설 위치에 개보수하는 방향으로 흐르고 있는 문제점을 안고 있다. 또한 최근에는 기후협약 이행과 관련하여 특히 양배수장과 이로부터 시작되는 용배수로는 중간에 조절지를 신설하는 등 에너지 절약형 수리시스템이 되도록 개보수사업 시행시 유도해야 하나 이러한 점이 전혀 고려되지 않고 있다.

따라서, 흙수로의 구조물화사업에서 나타나는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 지구별 개보수사업비의 획기적인 증액, 구조물화 구간의 최소단면 폭을 백호의 바켓이 작업할 수 있도록 0.8m 이상이 되게 할 것, 유지관리를 고려하여 조절지의 신설, 필요시 구조물화 용수로의 노선 변경과 기존 흙수로 잔류지역의 조절지화, 하나의 용수로는 한 해에 구조물화의 완성, 관행화된 외수유입을 허용하는 기준 제정, 에너지 절약형 수리시스템으로의 과감한 전환, 생태환경 균형추 등 수리시설에 요구되는 새로운 역할로의 확장 등 개보수사업을 새로운 시각에서의 접근이 필요하다 판단된다.

<표 3-7>은 기존 국내 보수보강 업체의 자료를 수집하여 공법의 특징을 분석 한 후 수리구조물에 적용 가능성을 고찰하였다. 표에 나타난 바와 같이 기존의 보수보강공법을 수리구조물에 맞게 적용하면 기능 회복을 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성

대분류	보수기술	보수기술	보강기술
중분류	단면복구공법	단면복구공법	부착공법
세분류	방청처리공법/단면피복공법	중성화, 염해억제공법	판넬부착공법
내용	알칼리부여성 리튬금속염 화합물과 소수성 실란화합물로 조성된 표면처리제를 사용하여 노후된 RC구조물의 표면보수 공법(프로리트 공법)	WGS-Eco 및 WGS-R 공법	Epoxy-Panel을 이용한 콘크리트 구조물의 보수보강공법
□공법개요	<ul style="list-style-type: none"> · 탄산화나 알칼리분 용탈로 중성화가 진행된 RC구조물의 알칼리성을 재생회복시키고, 내구성을 향상시키기 위하여 적용하는 공법 · 공기단축, 품질관리 용이, 내구성/경제성/환경친화성 개선 등에 기여할 수 있는 국산개발 소재를 사용 · 노후된 RC구조물 표면보수공법 	<p>개질된 아크릴계 고분자 폴리머를 이용한 표면강화제 및 특수배합된 무기계 탄성도포제(중성화 및 염해방지제)를 사용하여 기존 콘크리트 또는 보수시 콘크리트의 밀도를 증가시키고 장기접착강도를 증대시켜 콘크리트 내부로 침투하는 염분, 이산화탄소, 물 등을 차단하여 중성화나 열화를 방지하는 콘크리트 구조물 보호공법</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 고강도 보강섬유를 에폭시수지에 적층·함침 및 압축 경화 등 공장에서 일련의 표준공정을 거쳐 제작한 수지판넬 (Fiber Reinforced Epoxy Panel)을 앵커볼트를 사용하여 구조물 표면에 고정된 후, 수지 압력주입에 의해 일체화시키는 공법 · 균열 주입 등의 일반보수와 더불어 내하력 증진 등의 보강을 동시에 시행하는 구조물 보수보강공법.
□특징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능복합형 소재와 속경성 소재 사용으로 양생기간 단축과 공정의 단순화 ○ 국내 신규개발 다기능성 소재사용으로 추가비용 억제 ○ 계량·혼합등이 불필요한 단순도포형 소재 사용으로 현장작업을 최소화 ○ 철거작업의 최소화, 인체에 무해한 수용성 소재 사용으로 안정성 도모 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반개량목적에 따라 그라우트제를 선택하여 사용 ○ 시멘트를 미분쇄하여 주입하므로 침투성이 좋아 지반개량 효과 우수 ○ 급결/완결 그라우트제를 복합주입방식으로 내구성/차수성 우수 ○ 켈타임 조절이 용이하여 유속이 빠른 전석층에서도 주입제의 유실없이 주입 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 별도의 사전 보수작업 없이 패널 접착후 압력주입에 의해 균열 충전 등의 보수와 판접착에 의한 보강을 동시에 시행함으로써 공기 단축 및 경제성이 우수 ○ 요구 내하력에 따라 보강섬유의 적층 수량을 자유로이 조절하여 패널 제작이 용이 ○ 구조물의 형상 및 규격에 맞게 공장 제작하여 시공하므로 시공성이 좋아 공기가 짧고 외관이 수려. ○ 주입 접착제와 보강재를 동종의 재질을 사용하여 부착강도를 극대화 시킴으로써 구조물과의 일체성을 확보
□적용구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개거, 수로교, 배수갑문, 양·배수장등 콘크리트가 염해나 동결융해, 중성화 등에 의해 피해를 입은 구조물 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저수지, 사이핀, 콘크리트 옹벽의 중성화 방지 ○ 해수면과 접하는 배수갑문 중성화·염해방지 ○ 콘크리트 개거의 중성화 방지 효과 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수처리 구조물(배수지 저수조, 하수처리장 소화조) 등에 사용 ○ 내하력이 특히 필요한 구조물(교량, 양배수장 기등) 등 보강

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성 (계속)

대분류	보수보강기술/수중부보수보강	보수기술	보수기술
중분류	단면복구공법/부착공법	균열보수공법	표면처리공법
세분류	함침처리공법/섬유시트부착공법	충전공법	마감부위 보수공법
공법 내용	비정질 실리카를 이용한 콘크리트 구체강화 및 수성아크릴, 에폭시, 폴리머를 이용한 방식·보수보강 복합화공법	수중콘크리트 구조물의 파단면 보수공법	수화응고형분말도포재(HB Protector) 및 코팅재(HB Coat)를 이용한 콘크리트 보호마감 이중처리공법
□공법개요	비정질의 실리카를 이용하여 콘크리트 내부 철근의 방청은 물론 열화된 콘크리트를 강화시킨 후, 열화 콘크리트 부위에는 개발된 특수 가넷 혼입 수성아크릴 폴리머 모르타르와 콘크리트를, 수중 콘크리트 부위에는 VOC 삭감형 수중접착 에폭시 모르타르와 콘크리트를 도포하여 열화된 콘크리트의 압축강도와 휨강도를 높이는 방향으로 보수보강한 후 외부 환경여건에 따라 수성에폭시를 마감하는 공법	섬유와 에폭시의 합성재질로 제작된 거푸집을 수중 콘크리트 구조물의 파단면(치핑부위)에 설치하고, 그 내부를 건조시킨 후 몰탈을 충전함으로써 파단면을 효과적으로 견고하게 보수할 수 있는 수중 콘크리트 구조물의 파단면 보수공법	일반노출 및 표면열화된 콘크리트 면의 열화방지 또는 내구성을 연장시키기 위해서 수화응고형의 분말도포재료를 주재료로 하여 표면에 도포층을 형성시키고 그 위에 다시 코팅재료로 도포하여 도막층을 형성시키는 보호마감 이중처리공법으로서 콘크리트 표면을 보호 마감하는 것을 기술 내용
□특징	○ 구조물별, 환경별 보수보강을 세분화시켜 그에 맞는 각각의 제품과 시스템화하는 기술을 개발하여 시공현장에서 효과적으로 적용 ○ 무공해 수성제품들을 이용하여 환경을 보호하며 안전하게 시공할 수 있는 여건을 제공하여 현장 작업자의 안전은 물론 관계 생산업체의 품질 및 기술향상에 기여	○ 부착력을 증대시키고, 담수와 해수 상태 모두 파단면을 육상에서의 강도로 재현하여 보강 ○ 스프레이 노즐을 통해 신규접착제, 철근 방청제, 중성화 방지제, 기타 제품을 분사할 수 있는 공법	○ 경화시나 경화후에 수축팽창이 일어나지 않기 때문에 콘크리트 모재와의 접착이 우수 ○ 콘크리트 모체의 압축체적변화나 거동, 신축등의 변화에 저항성 우수 ○ 콘크리트 모체의 물리·체적변화 변형에도 박리박락, 탈락, 신축성 우수 ○ 방수성, 내마모성, 통기성, 내후성, 이산화탄소 확산저항성 우수
□적용구조물	○ 노후된 양배수장, 배수갑문, 용배수로 구조물 보수 ○ 내하력 보강이 필요한 노후 교량, 수로교, 양배수장	○ 배수장, 배수갑문, 수로교 양수장, 개거, 암거, 계수문, 분수문 등의 수중 부분에 발생한 박락/박리를 보수	○ 표면균열이 발생하여 보수가 필요한 콘크리트 수리 구조물

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성 (계속)

대분류	보수기술	보수기술	보강기술
중분류	단면복구/누수보수	누수보수공법	부착공법
세분류	방청처리/단면피복/방수공법	방수/지수공법	판넬부착공법
공법 내용	수밀성 방수제와 공기 가압 칩투를 이용한 시멘트 콘크리트 구조체의 표층부 수밀성 향상기술	에폭시 치소성 성형 코팅제를 이용한 바닥 마감공법	하이텐손 패넬공법
□공법개요	<p>시멘트 콘크리트 구조물의 표층부에 고칩투·유동학적 요변성을 보유하고 있는 수밀처리제(트라텍)를 도포함으로써, 표층부로부터 깊숙이 수밀층을 형성하여 방수는 물론 콘크리트 모체를 각종 유해 성분으로부터 보호하고, 궁극적으로 콘크리트의 내구 연한을 증대시키는 공법.</p> <p>트라시스템은 크게 5가지의 공법(S-I~S-V)으로 분류된다. S-I 공법은 방수용으로, S-II 공법은 방식용으로, S-III 공법은 방수·방식용으로, S-IV 공법은 보호용으로, 그리고 S-V 공법은 보수보강용으로 적용 가능하여, 콘크리트 구조물의 신축뿐만 아니라 개·보수에도 폭 넓게 대처할 수 있는 특징</p>	<p>콘크리트 바닥면에 에폭시 치소성 성형코팅제를 이용한 마감 공법으로서 수용성 프라이머로 바닥제를 흐르지 않은 저점도 입체성 성형 코팅제로 개발</p> <p>현장에서 혼합하여 콘크리트 바닥 표면층에 기계를 이용하여 일정한 두께로 포설한 다음 다짐질하고 보강,치소,상도코팅을 하여 박막층을 형성하는 과정에서 치소성 코팅제를 보강층 위에 흘러 부은 후 고무해라를 이용 압착시켜 당겨준 뒤 제작된 브러쉬 로울러를 사용하여 빈~로딩하는 마감공법</p>	<p>유리섬유, 아라미드 섬유, 탄소섬유등 고인장 섬유를 에폭시수지, 불포화폴리에스텔 수지, 첨가제 등이 혼합된 수지에 함침하여 공장에서 자동화 설비에 의해 생산되는 패넬로서 콘크리트 구조물 보수보강에 적용하는 공법으로 보강패넬을 양카볼트로 고정한 다음 에폭시주입 접착제를 고압강제주입하며, 패넬을 접착</p>
□특징	<ul style="list-style-type: none"> ○수밀처리제(트라텍)가 칩투하여 형성된 수밀층은 내흡수성 및 기타 내구 관련 특성이 우수 ○ 칩투 깊이를 확인, 수밀처리제의 착색화, 현장에서의 신속한 품질 관리 ○ 수밀처리제 트라텍은 유동특성을 보유하고 있어 도포시 흘러내림 현상이 적으며 ○ 1회 도포만으로도 충분한 양의 공급이 가능하여(공정 단축 효과) 경제적 시공을 할 수 있으며, 바탕의 조건에 제한을 받지 않을 뿐만 아니라 시공후에도 별도의 처리가 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 프라이머 표면층에 미세한 요철이 형성되어 스크래핑 형식의 중간바름으로 인하여 모르타르층의 밀착도와 수밀성 증대 ○수용성 다기능성 프라이머는 필러를 사용하므로 중성화방지, 콘크리트 면과의 접착력과 환경친화성 ○칩투로 보강기능이 뛰어나고 저점도 치소성 성형코팅제를 이용함으로 박막층에 상관없이 일정한 두께 유지 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인장,휨, 강도가 우수하고 경량 ○ 부착효과가 좋으며, 열팽창계수의 상이함으로 국부적인 변형이 없음 ○ 섬유류를 에폭시수지에 함침시켜 고온에서 사출성형으로 제조되기 때문에 열악한 외부환경으로부터 구조물을 보호 ○ 내구성, 내화성 및 내후성 우수 ○ 이음부를 최소화할 수 있으며, 이음부에서 발생하는 국부적인 파손 경감
□적용구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표면보수가 필요한 콘크리트 수리구조물 ○ 간척구조물 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수되는 양·배수장 바닥 및 옥상부 마감 ○ 일반 건축물의 바닥 마감재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내하력이 특히 필요한 구조물(교량, 양배수장 기둥) 등 보강

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성 (계속)

대분류	보수기술	보수기술	보수기술
중분류	단면복구공법	단면복구공법	단면복구공법
세분류	중성화억제/염해억제공법	중성화억제/염해억제/동해억제공법	단면피복공법
공법 내용	금속혼합물 도료 (CORUSEAL)를 이용한 콘크리트 염해·중성화 방지기술	무기질 단면피복재(RH방식 피복재) 및 항균성개질재(RH프라임)와의 복합에 의한 RC 구조물의 방식·보수공법	고압식 스프레이 방식에 의한 MDF 시멘트 모르타르 단면수복 보수공법
□공법개요	<p>콘크리트의 염해, 중성화 방지를 위한 금속혼합물 피막접착공법으로 연성과 내마모성, 내식성이 좋은 산화알루미늄과 고강도 마이크로 혼합물을 특수접착제와 복합화하여 콘크리트 표면에 접착하는 공법.</p> <p>콘크리트 표면에 개발된 혼합물물을 3회분사하여 구조물의 표면을 보호하고 콘크리트 열화의 외적요인인 염화물, 이산화탄소, 수분 등을 차단시켜 콘크리트 구조물을 염해중성화로 부터 보호하고 내구성을 향상시키는 기술</p>	<p>중성화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인과 건조 습윤면 등의 현장 상태에 따라 각종 요인에 대응하는 기술로 항균, 방청 및 방식 성능 향상을 위하여 화학적 물리적으로 개보수 하는 공법</p>	<p>콘크리트 구조물의 보수용 단면수복 공법으로서 구조물의 용도별 특성에 따라서 제조된 분말형의 모르타르를 현장에서 정량의 물만 넣고 혼합한후 고압펌프에 의해 압축 및 이송시킨 시멘트 모르타르를 특수 제작된 노즐을 통해 고압으로 3단계 스프레이하여 콘크리트 내부 입자 사이의 기공을 제거하여 보수단면의 성능을 향상시켜 주는 신개념의 단면수복공법</p>
□특징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고강도 접착수지와 혼합된 금속혼합물 분말을 상온에서 콘크리트 표면에 분사하는 공법 ○ 콘크리트의 습윤상태에서도 우수한 접착성능 확보 ○ 연신율 향상, 미세균열보호 및 콘크리트 변형에 대한 적응성 확보 ○ 내마모성, 내충격성, 내부식성증대 ○ 전기적 방식효과 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트의 열화 메카니즘과 현장 습윤조건을 고려한 화학적 물리적 열화방지 기술 ○ 단계별 철저한 품질관리 필요 ○ 구조물의 환경조건에 따른 효율적인 방수방식공사 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1회 시공두께가 아주 우수 ○ 교통통제가 없고 리바운드량이 5%미만 ○ 열화요인 및 소정의 물만 첨가하므로 품질관리가 용이 ○ 분진발생이 거의 없음 ○ 구조물 형상에 따른 제약이 없음
□적용구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 용배수로 구조물, 하수관거, 교량, 옹벽 ○ 해양 환경하에 있는 콘크리트 구조물 : 교량, 수문, 갑문 등 ○ 콘크리트 항만 및 지하 구조물 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각종 원인으로 노후된 수리구조물 ○ 습윤면에 대한 부착력이 우수하므로 수리구조물에 유리 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 넓은 면적이 화학적 침식에 노출되어 노후된 구조물(배수갑문, 옹벽, 압거, 개거, 수로교 등)

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성 (계속)

대분류	보수/보강기술	보수/보강기술	보수/보강기술
중분류	단면복구/누수보수공법	단면복구/부착공법	단면복구/단면증설공법
세분류	중성화억제/염해억제/동해억제/	중성화, 염해, 동해억제/섬유시트부착공법	단면피복/콘크리트증타공법
내용	공법 균일한 품질로 프리믹스한 1 성분형 무기계 폴리머 몰탈을 현장에서 물만 혼합하여 바로 압축/이동/시공하는 콘크리트 단면보수/보강공법	공법 실리카흙과 현장기계합침을 이용한 유리섬유 복합재(CAF)의 콘크리트 보수보강 공법	공법 공기타격식해머와 특수앵커핀을 이용한 신·구 콘크리트구조물 일체화
□공법개요	중성화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인과 습윤면 등의 현장상태에 따라 각종 요인에 대응하는 기술로 개발된 콘크리트 구조물 보수/보강 공법	고강도 유리섬유와 에폭시 및 접착제를 국내생산 소재로 국산화하였으며, 실리카흙을 이용한 접착제의 성능을 개량하고 합침기계를 사용하여 현장에서 복합재(CAF)를 제조하여 시공하는 공법이다. 우수한 보수보강효과와 용이한 시공방법 및 품질평가방법, 환경친화적인 공법으로 보강될 구에체 프라이머 도포후 합침된 고강도 유리섬유 보강재를 개발된 접착제로 접착시키는 판접착 보수보강공법	기존 구조물 상태를 진단하여 보수보강 범위를 결정하고 콘크리트 구조물에 대한 충격을 최대한 방지하여 손상을 최소화할 수 있는 장비인 다발식 공기 타격 해머를 사용해서 정밀 취핑 제거 한 후 구조적 안정성을 도모하기 위해 요철면과 특수제작된 앵커핀을 타정함으로써 신·구 콘크리트 접합부의 부착력을 극대화시켜 완벽한 신·구 콘크리트 일체화를 구현 할 수 있는 공법
□특징	○ 콘크리트의 열화메카니즘과 현장 습윤조건을 고려한 화학적 물리적 열화 대처기술 ○ 무독성 시공, 진동구조 무시공가능, 습윤면시공가능 ○ 무기계로 양생시간이 유무가 혼합형보다 길어 초기양생 주의	○ 국내생산 자재를 사용한 CAF복합재의 국산화 ○ CAF복합재를 이용하여 콘크리트 부재의 내진 효과 우수 ○ 피로거동과 내구성 우수 ○ 전기절연성과 온도거동에 대한 안전성	○ 기존구조물의 철거없이 콘크리트 구조물의 보수보강하므로 손상 없음 ○ 신·구 콘크리트의 완벽한 일체화 ○ 분진완전제거로 환경친화적 시공 ○ 콘크리트 내부에 발생한 미세균열의 탐측
□적용구조물	○ 각종 콘크리트 수리구조물 보강 ○ 양배수장의 슬래브, 보, 기둥 단면복구, 보수보강 ○ 간척지구조물, 담수호물 송수 구조물	○ 각종 콘크리트 수리구조물의 균열부위 보수 ○ 염해, 해수, 하수, 동결융해, 화학적 침식을 받는 구조물의 표면보호 ○ 열화,결함, 손상이 있는 콘크리트 구조의 휨 및 압축 내하력 복원 ○ 내구성 증진, 사용수명의 연장이 필요한 콘크리트 구조물의 보수	○ 수중교각, 도수로, 일반벽체, 댐, 고가도로, 교각, 호안, 터널, 옹벽 ○ 신·구콘크리트 접합 및 노후수리구조물 보수보강

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성 (계속)

대분류	보수기술	보강기술	보수기술
중분류	단면복구	부착공법	단면복구
세분류	단면피복	섬유시트부착	단면피복
공법 내용	System 공법	MFRI 공법	가넷혼입 폴리머를 이용한 단면 복구공법
□공법개요	콘크리트의 단면복구 및 보수 보강용 몰탈로서 수용성 고분자 폴리머를 이용한 무기계 폴리머몰탈이다. 또한 1 성분형으로 몰탈 첨가하여 사용이 가능하고, 스프레이 기계화 시공이 용이하여 대규모 보수에도 적합	복합섬유로드로보강공법(MFRI 공법)은 고부착력 가넷코팅 섬유로드(또는 섬유봉, FRP Rod)로 보강하여 단면력 중에서 휨모멘트에 대한 저항, 즉 휨강도를 향상시키기 위한 공법으로, 고부착력 가넷코팅 섬유보강재를 고강도 모르터 내에 매입 시공하여 열화원인을 사전에 방지하므로써 보강능력을 배가시켜 구조물의 내구성을 향상시키는 공법	중성화 및 열화된 단면의 일부를 브레이커 등을 이용하여 제거하고 철근이 노출되었을 경우, 녹을 제거한 후 고압세척으로 불순물을 제거하여 건전한 콘크리트단면을 노출시키고, 침투성 밀도증가 및 발청억제제를 도포, 침투시켜 건전한 콘크리트 단면의 강화 및 노출된 철근의 발청억제 처리한 후, 신·구 콘크리트 접착모르터를 도포하여 접착력의 증대를 도모하고, 구조물 환경별 기능성 폴리머 모르터 단면복구재로 단면을 재형성시키는 공법.
□특징	○물비가 적으면서 양호한 분산작용으로 균일한 강도를 유지시키며 고강도임 ○콘크리트와 같은 무기계이므로, 유사 재질의 친화작용으로부착력이 우수 ○ 계절에 따른 온도변화에 저항력이 강하여 수축팽창에 따른 이상없음	○콘크리트 성능 또는 철근의 단면이 손상되어 안전성이나 구조적 성능(휨 성능)에 문제가 있는 구조물을 보강 ○ 구조계산에 의하여 정해진 보강량에 따라 고부착력 가넷코팅 섬유로드 보강재를 정착구로 고정 ○폴리머 모르터를 바르기 또는 뿜칠하여 기존 구조체와의 부착성과 일체성을 확보하여 보강능력 향상	○ 열화 콘크리트 부위에 가넷혼입 폴리머 모르터를 이용하여 보수 후 압축강도와 전단강도 향상 ○ 외부 환경 여건에 따라 건조바탕부에는 가넷혼입 폴리머 탄성방식 모르터를, 습윤바탕부에는 VOC 삭감형 수중 경화성 에폭시를 선택적으로 적용하여 조기 열화를 방지하여 기존 콘크리트 구조물의 수명을 늘려 유지
□적용구조물	○ 수리구조물의 단면 복구, 이음부 보수, 중성화 방지피복, 누수부위 보수 ○ 수로교 상부 개거 및 개거 이음부 누수 방지	○ 각종 콘크리트 수리구조물의 균열부위 보수 ○ 염해, 해수, 하수, 동결융해, 화학적 침식을 받는 구조물의 표면보호 ○ 열화,결함, 손상이 있는 콘크리트 구조의 휨 및 압축내하력 복원 ○내구성 증진, 사용수명의 연장이 필요한 콘크리트 수리구조물의 보수	○ 수중교각, 도수로, 일반벽체, 댐, 고가도로, 교각, 호안, 터널, 옹벽 ○ 신·구콘크리트 접합 및 노후수리구조물 보수보강 ○ 터널 라이닝 세굴부 보수

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성 (계속)

대분류	보강기술	보수기술	보수기술
중분류	부착공법	균열보수	균열보수
세분류	섬유시트부착	주입공법	충전공법
공법 내용	아라미드 시트 공법	균열보수주입 공법	표면강화공법
□공법개요	<p>아라미드시트 보강공법은 케블라섬유를 사용한 고강도 아라미드섬유시트를 이용하여 섬유부착 방향에 따라 축방향력, 전단력 및 휨모멘트의 세 가지 단면력에 모두 저항할 수 있는 외부 부착식 보강공법으로, 손상된 구조물의 바탕을 압축강도와 부착강도가 높은 폴리머 모르터를 이용하여 조정하고 접착성이 우수한 VOC 삭감형 수중경화성 접착에폭시로 고인장강도의 아라미드시트를 도포 및 함침하여 바탕조정된 표면에 부착 시공하는 공법</p>	<p>구조물의 열악한 환경에 대응하여 내구성, 내후성 확보를 위해 균열보수부위 표면의 소요폭을 각종 표면보호재(모르타계 표면보호재[건조부 표면보호용 도포형 방식재], 에폭시계 표면보호재[습윤·수중 속경화성 주입 및 도포재] 등)로 표면마감 하는 공법</p>	<p>표면강화 및 내부 철근의 발청억제를 위하여 침투성 밀도 증가 및 발청억제제를 도포하고, 균열의 진행에 따른 확대에 대응하기 위하여 변형 추종성이 크고 탄성이 좋은 신·구 콘크리트 접착모르터로 V-cutting부위를 충전, 봉합하여 구조물의 내구성을 향상시키는 공법</p>
□특징	<ul style="list-style-type: none"> ○고강도 아라미드시트 보강재를 부착한 후 함침하여 구조성능을 향상 ○외부 환경 여건에 따라 가넷혼입 폴리머 탄성방식 모르터를 선택적으로 적용 ○내구성, 내후성 및 미관성을 향상시켜 조기 열화를 방지 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 균열폭(0.3mm 이상, 5.0mm)미만의 균열에 대하여 습윤·수중 속경화성 주입 및 도포재를 균열부위에 주입 ○ 균열부위를 비정질의 실리카를 이용하여 콘크리트구체 내부의 철근방청은 물론 균열부위를 철저히 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트구체 내부의 철근방청은 물론 균열부위를 철저히 강화 ○ 외부 환경 여건에 따라 건조바탕부에는 가넷혼입 폴리머 탄성방식 모르터를, 습윤바탕부에는 VOC 삭감형 수중경화성 에폭시를 선택적으로 적용 ○ 조기 열화를 방지
□적용구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내하력이 특히 필요한 수리 구조물인 양배수장의 기둥 및 보에 보강 ○ 수로교의 과다하중으로 인한 중앙부 처짐시 ○ 개거 벽체부 보강 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수위로 인해 누수되는 양·배수장 벽체 ○ 동결융해 등의 피해를 입은 수리구조물 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수위로 인해 누수되는 양·배수장 벽체 ○ 동결융해 등의 피해를 입은 수리구조물

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에서의 적용 가능성 (계속)

대분류	보수기술	보수기술	보수기술
중분류	단면복구공법	표면처리공법	단면복구
세분류	바탕처리공법	마감부위보수	단면피복
공법 내용	MDF 스프레이 공법	침투성 표면 강화 공법	수중단면복구공법
□공법개요	<p>콘크리트 표면을 탄산가스, 염화물, 화학성분 및 수분의 접촉 등으로부터 보호하여 콘크리트가 열화, 오염되고 부식이 촉진되지 않도록 내구성 및 내후성, 방수성을 향상시킬 목적으로 콘크리트 표면에 전면적으로 시행하는 보수 공법</p>	<p>재료, 시공, 사용환경, 구조의력 등의 원인에 의해 발생된 비구조적인 미세 망상균열부위와 콘크리트 내의 수용성 성분인 수산화칼슘 등이 물의 침투로 인해 용해되어 내부에서 표면으로 이동하여 공기 중의 탄산가스 등과 결합 후, 수분이 증발하여 나타나는 백화부위에 대해서 내구성, 방수성을 향상시키는 효과가 큰 마감재료를 이용하여 표면에 전면적으로 시행하는 보수 공법</p>	<p>수중 세굴부 보수공법은 환경오염이나 독성이 없고, 물에 용해되지 않으며 셀프 레벨링(Self Leveling)성이 우수하고, 수중 부착력 및 양생능력이 뛰어난 VOC 삭감형 수중 경화성 에폭시 모르타르 계통의 수중 콘크리트 구조체 보수보강재를 이용하여 물막이 공사 없이 수중에서 세굴부 보수가 가능하여 공사기간을 대폭 줄일 수 있는 공법</p>
□ 특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표면열화 및 부식이 촉진된 콘크리트구조물의 표면을 보수 ○ 도포재를 표면에 도포하여 균열의 변동에 대응하고 방수성을 향상 ○ 구조물의 내구성, 내후성, 미관성을 향상 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 구조물 표면에 표면강도를 높이고 방수 도막층을 형성 ○ 강한 접착력을 발휘 ○ 구조물 균열의 변동에 대응하고 방수성을 향상 ○ 구조물의 내구성, 내후성, 미관성을 향상 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 잠수부가 수중에서 세굴부를 정밀점검하고 수중비계를 설치한 후, 수중 페이브먼트 브레이커를 이용하여 열화된 콘크리트 구체 및 주변의 불순물을 제거 ○ 지상에서는 거푸집을 제작하고 수중에 설치한 후, 수중 경화성 에폭시 모르타르를 배합 ○ 수중에서 타설하여 불분리가 없음
□적용구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 노출된 콘크리트 구조물로 중성화 피해를 입은 수로교, 개거 등에 보수 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암거/잠관의 표면피복의 세굴부 보수 ○ 개거의 표면부식으로 인한 표면 박리박락부 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수장, 배수갑문, 수로교 양수장, 개거, 암거, 제수문, 분수문 등의 수중부분에 발생한 박락/박리부 보수

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에서의 적용 가능성 (계속)

대분류	보강기술	보수기술	보수기술
중분류	부착공법	단면복구	단면복구
세분류	섬유시트부착공법	동결융해억제공법	중성화억제공법
공법 내용	고강도 유리섬유 보강공법	RH 표면 복구 공법	RH 중성화 억제 공법
□공법개요	보강을 필요로 하는 콘크리트 수리구조물에 대하여 유리섬유와 에폭시를 합침기에 통과시킨후 제조된 복합재를 보강을 필요로 하는 부위에 정밀하게 부착시키는 공법	콘크리트 수리구조물의 열화 또는 동결융해, 표면의 미세균열, 또는 철근의 부식을 물리적 방법을 사용하지 않고 구체강화재를 표면에 침투시킴으로서 열화, 균열 및 동결융해로 피해를 입은 콘크리트에 보수하는 공법	각종 철근콘크리트 수리구조물에 대하여 오염물질, 산성비, 직사광선 등에 의하여 열화되고 중성화되는 것을 방지하기 위한 공법으로 콘크리트 표면보호 방식도 가능
□ 특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 균열억제효과가 큼 ○ 콘크리트 피복부족분에 대한 보완 역할 ○ 오염물질의 침투 방지 ○ 경량이므로 구조물의 중량에 영향이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 압축강도 및 휨강도증대 ○ 동결융해 저항성 우수 ○ 투수성 감소 및 염화물 저항성 우수 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 접착력이 우수 ○ 내구성 및 내후성이 우수 ○ 침투력이 우수하여 콘크리트 조직을 조밀하게 유지 ○ 콘크리트 내부공극을 메워주므로써 내마모성 우수
□적용구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내하력이 특히 필요한 수리 구조물인 양배수장의 기둥 및 보에 보강 ○수로교의 გადა하중으로 인한 중앙부 처짐시 ○ 개거 벽체부 보강 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수압거/개거/수로교 등의 동결융해 인한 단면 손실부의 단면복구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중성화 피해를 입은 수리 구조물

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성 (계속)

대분류	보수기술	보수기술	보수기술
중분류	단면복구	균열보수	단면복구
세분류	표면처리	충진공법	단면피복
공법 내용	폴리머시멘트 단면 복구공법	에폭시 균열 보수공법	CROSS 철근노출 단면 보수 공법
□공법개요	<p>통기성이 있는 2액형 폴리머 함유 시멘트계 방수공법으로서 콘크리트나 조적면에 사용되며 콘크리트와 유사한 질감과 견고성을 지니고 있으며 결정체 과정을 통해 벽과 일체가되어 능동수압 뿐만아니라 수동수압에 대해서도 방수가 가능한 공법</p>	<p>수중 고점도 에폭시로 표면 실링을 한뒤 수중 저점도 에폭시로 주입을 하여 균열보수를 하는 공법이며 균열의 표면뿐만아니라 내부균열까지 가압 주입하여 방수성 내구성을 향상시키는 공법</p>	<p>철근노출, 공동, 균열등의 손상된 부위를 치핑한후 철근노출 부위는 녹등을 제거하고 콘크리트 단면을 유리섬유 거푸집을 부착한 후 수중 그라우팅하여 신규상태로 회복시키는 공법으로 미리 거푸집을 제작하여 표면처리가 끝난 부위에 설치하여 단면복구하는 공법</p>
□특징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 접착력, 유연성 및 내투수성이 증진 ○ 음용수에 사용 가능하면 독성이 없어 환경친화적 소재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주입량 점검이 용이하며 균열속 깊이까지 주입 가능 ○ 부착력이 우수 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 그라우팅의 주입여부를 수중에서 관찰 ○ 그라우팅재의 부착력이 우수 ○ 단면복구후 유리섬유 복합재를 부착하므로 보수한면에 이중의 보강 효과
□적용타당성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 터널내 라이닝 세굴면 ○ 개거 현치부 및 수로교 현치부의 단면손실부 보수 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물속에 잠겨 있는 배수갑문부 콘크리트 구조물 ○ 하천을 횡단하는 수로교 교대부 보수 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물속에 잠겨 있는 배수갑문부 콘크리트 구조물 ○ 하천을 횡단하는 수로교 교대부 보수

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에의 적용 가능성(계속)

대분류	보수/보강기술	보수기술	보수기술
중분류	부착공법	균열보수공법	단면복구공법
세분류	패널부착	주입공법	함침처리공법
공법 내용	수산화알루미늄이 첨가된 난연 에폭시 수지와 유리섬유로 제작된 난연3급 FRP 패널과 주입용 난연 에폭시 수지를 이용한 콘크리트 구조물 보수·보강 공법	플라스틱 마이크로 패커와 중공형 코아비트를 이용한 콘크리트 균열보수 공법	유리섬유 앵커와 알루미늄 실리케이트계의 결합재에 중합조절제를 첨가한 고내구성 폴리머 모르타르를 이용한 콘크리트 구조물의 보수공법
□공법 개요	수산화알루미늄이 첨가된 난연 에폭시 수지와 유리섬유를 적층·함침 및 압축 경화 등 일련의 표준화된 공정을 거쳐 공장에서 제작된 난연3급 FRP 패널을 앵커볼트를 사용하여 구조물 표면에 고정된 후 난연 에폭시 수지의 압력주입에 의해 일체화시킴으로써 균열주입 등의 일반보수와 더불어 내하력 증진 등의 보강을 동시에 시행하는 구조물 보수보강공법	중공형 코아비트를 이용하여 콘크리트 균열부를 천공한 후 플라스틱 마이크로 패커를 설치하여 보수액을 주입하는 콘크리트 균열보수공법	부착력이 감소한 콘크리트 구조물 단면에 기존 콘크리트와 보수 모르타르의 계면에서 발생하는 최대 응력 및 위치를 정확히 예측하고(역학적인 근거를 계면에 작용하는 전단 및 인장응력 계산), 이에 대응하는 부착력을 확보하기 위해서 유리섬유로 만든 앵커와 알루미늄 실리케이트계의 고내구성 폴리머 모르타르를 이용하여 계면에서 부착력을 확보하고, 보수단면의 내구성을 증진시키는 공법
□특징	<ul style="list-style-type: none"> ○별도의 사전보수작업 없이 패널 접착 후 압력 주입에 의해 균열충전 등의 보수와 판접착에 의한 보강을 동시에 시행함으로써 공기단축 및 경제성 우수 ○하수, 염해, 배기가스 등 오염원에 노출된 각종 구조물에 적합 ○콘크리트와 일체거동 및 내구성능이 뛰어나 ○보강재의 공장제작에 따른 품질 확보 및 검증이 용이 ○타공법에 비해 경제적이며 내구성이 우수 ○시공 후 시료채취에 의한 품질 평가 및 부분보수가 가능하여 유지관리가 용이 ○압축강도 170kgf/cm²이하 또는 인장강도 14kgf/cm²이하의 콘크리트구조물에서는 적용불가 	<ul style="list-style-type: none"> ○콘크리트 균열부를 중공형 코아비트 드릴을 이용하여 천공한 후 플라스틱 마이크로 패커를 설치하고, 중압(5~100kgf/cm²)방식으로 보수액을 주입 ○플라스틱 패커의 역류 방지장치와 균열부에 설치된 확인장을 통해 보수액의 주입상태를 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ○섬유앵커를 이용하여 콘크리트와 보수단면의 부착력을 충분히 확보. ○내구성이 우수한 모르타르를 사용함으로써 방청, 염해 방지, 중성화 방지 등을 근본적으로 해결한 콘크리트 보수공법. ○기존 콘크리트와 고내구성 모르타르가 일체성 및 통기성이 부여된 환경친화형 콘크리트 단면을 구현 ○공정이 단순하고, 시공성이 우수
□적용 구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○염해, 하수, 동결융해, 오염 등 화학작용을 받는 수리구조물 보수 ○계수문, 분수문 방수문 등 각종 콘크리트구조의 휨 내하력 증진, 전단보강 및 난연보강 ○수리구조물 및 용벽 등 토류구조물의 보강 	<ul style="list-style-type: none"> ○각종 수리구조물 ○항만구조물 	<ul style="list-style-type: none"> ○해수암거 ○항만구조물 ○각종 수리구조물

<표 3-7> 기존의 보수보강 공법 특징과 수리구조물에서의 적용 가능성(계속)

대분류	보강기술	보강기술	보수기술
중분류	부착공법	프리스트레싱공법	단면복구공법
세분류	섬유시트부착공법	포스트텐션공법	바탕처리공법
공법 내용	섬유래핑에 의한 교각의 내진성 보강 공법	압축력 흡수재를 이용한 외부 포스트텐션 보강공법(Bow 공법)	아질산계 하이드로탈사이트를 혼합한 단면복구모르타르 및 밀폐형 건·습식 복합 분체이송·압송장치에 의한 콘크리트 구조물의 보수공법
□공법 개요	내진설계규정 도입 이전에 가설된 교량의 교각에 자동 FRP 래핑 및 FRP 패널을 활용하여 내하력을 증진시키고 지진에 결될 수 있도록 보강하는 공법	보 부재에 있어서 긴장재를 사용한 포스트텐션에 의해 발생하는 압축력을 흡수시키는 압축재, 압축재 지지용 새들, 프리스트레스 보강재 지지용 새들 및 양방향 정착구를 사용한 외부 포스트텐션 보강공법	아질산계 하이드로탈사이트를 혼합하여 철근부식억제 기능을 지닌 단면복구모르타르를 건식방식과 습식방식이 자동화 시스템으로 연결된 밀폐형 건·습식 복합 분체이송·압송장치에 의하여 시공하는 콘크리트 구조물의 보수공법
□특징	○보강섬유가 연속적으로 배치될 수 있도록 하는 자동래핑 장비 사용 ○설계조건에 따라 섬유배향각, 적층두께 조절 가능 ○교각 길이방향으로 적층두께 변화 가능 ○모든 단면 형태에 적용 ○별도의 마감재가 필요없으며 미관이 뛰어난 색상과 무늬 적용 가능	○보 부재에 있어서 긴장에 의하여 발생된 압축력이 보강부재에 전달되어 인접부재에 변형을 일으키거나 균열을 발생시키지 않고 보강시스템 내에서 흡수 ○압축력 흡수용 보강재, 압축재 지지용 새들, 프리스트레스 보강재 지지용 새들 및 양방향 정착구를 사용하여 보강	○[Mg/Al/OH]층 사이에 NO ₂ -의 음이온을 적층시킨 아질산계 하이드로탈사이트를 혼합하여 철근부식억제 기능을 지닌 단면복구모르타르 사용 ○재료의 분리없이 150m까지 밀폐형으로 분체이송하는 건식 이송방법과 이송된 단면복구모르타르의 혼합과 펌핑이 동시에 수행되는 일체형 믹싱 압송장치를 사용하는 습식공법이 결합된 건·습식 복합 분체이송 기계장치 사용 ○대형 철근콘크리트 구조물의 단면복구 보수공법
□적용 구조물	○수로교 교각 구조의 보강 ○신설 또는 구 구조물의 휨압축부재 내진성능 향상	○수로교 상판 구조물 보강	○넓은 면적이 노후된 구조물 ○표면보수가 필요한 제수문, 분수문 및 방수문 등의 수리 구조물

제2절 수리구조물용 보수보강 소재 및 공법 평가

1. 수리구조물용 보수보강 소재 평가 기준

일반적으로 보수보강 공법에 사용되는 소재는 크게 시멘트계, 수지계 및 강재계 재료로 구분할 수 있다.

보수공법에 사용되는 수지계 재료는 접착성·내구성이 뛰어나야 하고, 보강공법에 사용할 때에는 필요한 강도, 강성, 접착성, 내구성이 우수하여야 하며, 균열의 상태 및 채용하는 공법에 적합한 것이어야 할 것이다.

보수공법에 사용되는 시멘트계 재료는 체적변화가 적고 시공성·우수하고, 균열의 상태 및 채용하는 공법에 적합한 것을 사용해야 하며, 보강공법에 사용되는 시멘트계 재료의 품질은 체적변화가 작고 필요한 강도, 강성, 유동성, 내구성이 우수하고 기존 콘크리트와의 뛰어난 일체성을 지녀 채용하는 보강공법에 적합하여야 한다.

주로 보강공법에 사용되는 강재는 강판, 철근, H형강, I형강, PC강재 등으로서 보강에 필요한 품질을 지녀 사용되는 보강 공법에 적합하여야 한다.

이들 보수보강용 재료는 사용상 주의 사항과 요구되는 성질이 다르므로 각기 재료의 종류, 주된 용도, 품질 및 사용상 주의 등을 아래의 규격을 참조하여 충분히 이해하여야 할 것이며, 본 연구에서는 보수보강과 관련된 KS 규격을 바탕으로 소재 평가를 실시하였으며, 일부 실험은 품질전문기관으로 인정받은 곳에서 실시한 자료를 활용하였다.

가. 지붕용 도막 방수재(KS F 3211)

이 규격은 주로 철근 콘크리트조 건축물 및 그 밖의 구조물에 대한 지붕 방수를 목적으로 사용하는 지붕용 도막 방수재에 대하여 규정한다.

지붕용 도막 방수재의 성능은 KS F 3211의 6.에 따라 시험하여 <표 3-8>에 적합하여야 한다. 다만 일반용의 경우는 흘러내림 저항 성능을 제외한다.

<표 3-8> 지붕용 방수재의 성능

항목		종류	우레탄 고무계 1류	아크릴 고무계	클로로프렌 고무계	우레탄 고무계 2류	고무 아스팔트계
인장 성능	인장강도 N/cm ² (kgf/cm ²)		245.2{25} 이상	147.1{15} 이상	147.1{15} 이상	196.1{20} 이상	34.3{3.5} 이상
	파단시의 신장률 %		450이상	300이상	450이상	550이상	600이상
	항장적 N/cm(kgf/cm)		2942.0{300}이상	1372.9{140}이상	1961.3{200}이상	2942.0{300}이상	-
인열 성능	인열강도 N/cm(kgf/cm)		147.1{15}이상	68.6{7}이상	147.1{15}이상	127.5{13}이상	29.4{3}이상
온도 의존성	인장 강도비 %	시험시 온도 -20℃	100이상 300이하	100이상 400이하	100이상 400이하	100이상 300이하	700이상 1,000이하
		시험시 온도 60℃	60이상	30이상	30이상	35이상	5이상
	파단시 몰립부 사이의 신장률 %	시험시 온도 -20℃	250이상	70이상	50이상	300이상	70이상
		시험시 온도 20℃	300이상	180이상	300이상	350이상	600이상
		시험시 온도 60℃	200이상	150이상	200이상	200이상	600이상
가열 신축 성상		신축률 %	-4 이상 1 이하	-1 이상 1 이하	-1 이상 1 이하	-4 이상 1 이하	-1 이상 1 이하
열화 처리 후 인장 성능	인장 강도비 %	가열처리	80 이상 150 이하				
		축진 노출처리	80 이상 150 이하	80 이상 150 이하	80 이상 150 이하	-	-
		알칼리 처리	80 이상 150 이하				
		산 처리	80 이상 150 이하	80 이상 150 이하	80 이상 150 이하	-	-
	파단시의 신장률 %	가열처리	400이상	400이상	400이상	400이상	400이상
		축진노출처리	400이상	400이상	400이상	-	-
		알칼리처리	400이상	400이상	400이상	400이상	400이상
		산 처리	400이상	400이상	400이상	-	-
신장시 열화 성상	가열처리	어느 시험편에도 갈라진 잔금 및 뚜렷한 변형이 없을 것.					
	축진노출처리	어느 시험편에도 갈라진 잔금 및 뚜렷한 변형이 없을 것.			-	-	
	오존처리	어느 시험편에도 갈라진 잔금 및 뚜렷한 변형이 없을 것.			-	-	
흘러내림 저항성능	흘러내림 길이 mm	어느 시험체라도 3 이하					
	주름 발생	어느 시험체에도 없을 것					
고형분%		표시값 ±3					
참고	용도	주로 노출용			주로 비노출용		

나. 콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르(KS F 4042)

이 규격은 콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에 대하여 규정한다.

폴리머 시멘트 모르타르는 KS F 4042의 6.의 각 시험을 통하여, <표 3-9>에 합격하여야 한다.

<표 3-9> 폴리머 시멘트 모르타르의 품질 기준

시험 항목		품질 기준
시멘트 혼화용 폴리머의 고형분(%)		표시값 ±1% 이내
휨강도 (N/mm ²)		6.0 이상
압축강도 (N/mm ²)		20.0 이상
부착강도 (N/mm ²)	표준 조건	1.0 이상
	온냉 반복 후	1.0 이상
내알칼리성		압축강도 20.0 N/mm ² 이상
중성화 저항성(mm)		2.0 이하
투수량(g)		20 이하
물흡수계수		0.5 이하
습기 투과 저항성		2m 이하
염화물 이온 침투 저항성(Coulombs)		1,000 이하
길이 변화율(%)		±0.15 이내

다. 얇은 마무리용 벽 바름재(KS F 4715)

이 규격은 합성 수지 등의 결합재, 골재, 무기질계 분체 및 섬유 재료를 주원료로 하여, 주로 건축물의 내외벽을 스프레이, 롤러, 흠손 등으로 시공하는 두께 1~3mm 정도의 요철 모양(모래벽 모양, 유자겉질 모양, 잔물결 모양, 섬유 모양, 모래 파도 모양 등)으로 마무리하는 얇은 마무리용 바름재에 대하여 규정한다.

수용성 수지계 얇은 바름재로서 내습성 또는 내알칼리성이 필요할 때는 KS F 4715의 5.에 따라 시험하고 <표 3-10>의 규정에 적합하여야 한다. 얇은 바름재는 색조가 균등하고 또한 변색퇴색이 적은 것이어야 한다. 외장 및 내장 얇은 바름재는 각각 KS F 4715의 5.에 따라 시험하고 <표 3-13> 및 <표 3-14>의 규정에 적합하여야 한다. 수용성 수지계 얇은 바름재로서 곰팡이 저항성이 필요할 때는 KS F 4715의 5.에 따라 시험하고 시험결과를 표시해 부기한다. 얇은 바름재 가요형은 KS F 4715의 5.에 따라 시험하고 잔갈림, 벗겨짐이 생겨서는 안된다.

<표 3-10> 수용성 수지계 얇은 바름재의 품질

	내습성	내 알칼리성
내장 얇은 바름재 W	칠면에 이동, 잔갈립, 부풀음, 주름이 없고, 또한 변색이 없을 것.	잔갈립, 벗겨짐, 부풀음, 주름이 없고, 또한 변색 및 광택의 변화가 없을 것

라. 시멘트계 바탕 바름재(KS F 4716)

이 규격은 시멘트 및 무기질계 잔골재를 주원료로 해서, 주로 건축물의 내외장 마무리 공사의 바탕고름에 사용하는 시멘트계 바탕 바름재에 대하여 규정한다.

바탕 바름재는 KS F 4716의 시험방법에 따라 시험해서 <표 3-11>의 규정에 적합하여야 한다.

<표 3-11> 바탕 바름재의 규정

항목	연도변화 %	부착강도 kgf/cm ² (MPa)		내잔갈립성	내충격성	흡수량	내구성
		표준양생	저온양생				
품질	-15~15	10.0 (0.98)	7.0 (0.687)	잔갈립이 생기지 않을 것	갈립 및 벗겨짐이 없을 것	1.0 이하	갈립, 부풀음 및 벗겨짐이 없고, 부착강도가 10kgf/cm ² (0.981MPa) 이상 일 것

마. 시멘트 혼화용 폴리머(KS F 4916)

이 규격은 폴리머 시멘트 모르타르, 폴리머 시멘트 콘크리트 등에 사용하는 시멘트 혼화용 폴리머로서, 시멘트 혼화용 폴리머 분산제 및 재유화형 분말 수지에 대하여 규정한다. 분산제, 분말 수지 및 폴리머 시멘트 모르타르의 시험은 KS F 4916의 7, 8 및 9의 시험 방법에 따라 실시하여, <표 3-12>의 품질을 만족하여야 한다.

<표 3-12> 품질 기준

시험의 종류	항목	품질
분산제 시험	겉모양	굵은 입자, 이물질, 응고물 등이 없을 것.
	불휘발분	35.0% 이상
분말 수지 시험	겉모양	굵은 입자, 이물질, 응고물 등이 없을 것.
	휘발분	5.0% 이하
폴리머 시멘트 모르타르 시험	굽힘 강도	5 MPa (51kgf/cm ²) 이상
	압축강도	15 MPa (153kgf/cm ²) 이상
	부착강도	1 MPa (10.2kgf/cm ²) 이상
	흡수율	15.0% 이하
	투수량	20g 이하
	길이변화율	0~0.150%

<표 3-13> 외장 얽은 바름재의 품질

종류	항목	저온 안정성	밀도변화 % (1)	초기건조에 따른 잔갈림 저항성	부착강도 kgf/cm ² {N/cm ² }		온냉반복 작용에 대한 저항성	투수성 cm	내세척성	내충격성	내알칼리성	내후성
					표준상태	침수후						
외장 얽은 바름재 C	-	덩어리가 없고, 조성물의 분리·응집이 없을 것	-25~25	잔갈림이 생기지 않을 것	3.0{29.4} 이상(2)	3.0{29.4} 이상	시험체의 표면에 벗겨짐, 잔갈림, 부풀음이 없고, 또한 현저한 변색 및 광택저하가 없을 것	2.0 이하	벗겨짐, 마모에 의한 밀판의 노출이 없을 것	잔갈림, 두드러진 변형 및 벗겨짐이 없을 것	갈라짐, 부풀음, 벗겨짐, 녹아남이 없고 침투 안된 부분에 비하여 현명하지 않거나 변색이 현저하지 않을 것	잔갈림, 벗겨짐이 없고 변색이 표준 회색색표 3호 이상일 것
외장 얽은 바름재 Si	5.0{49.0} 이상				3.0{29.4} 이상							
외장 얽은 바름재 E	-	5.0{49.0} 이상	5.0{49.0} 이상		1.0 이하							
외장 얽은 바름재 S	-	5.0{49.0} 이상	5.0{49.0} 이상									

<표 3-14> 내장 얽은 바름재의 품질

종류	항목	저온 안정성	연화도변화 (1) %	보수성 %	초기건조에 따른 잔갈림 저항성	부착강도(표준상태) kgf/cm ² {N/cm ² }	내마모성	내충격성	내세척성	내알칼리성	내변퇴색성	난연성
내장 얽은 바름재 Si	덩어리가 없고, 조성물의 분리·응집이 없을 것	3.0{29.4} 이상										
내장 얽은 바름재 E	-	2.0{19.6} 이상	벗겨짐, 마모에 의한 밀판의 노출이 없을 것	-	-							
내장 얽은 바름재 S	-	2.0{19.6} 이상										
내장 얽은 바름재 W	-	60 이상										

주(1) : 두벌칠 마무리용 시멘트계 얽은 바름재는 밀빚칠재, 윗빚칠재 모두에 적용한다. 규산질계 얽은 바름재는 경화제를 사용하는 것에도 적용한다.

(2) : 결합재로서, 시멘트 혼화용 폴리머 분산제를 병용할 경우에는 5kgf/cm² 이상으로 한다.

바. 규산질계 분말형 도포방수재(KS F 4918)

이 규격은 습윤 환경 조건하의 콘크리트 구조물의 방수 또는 보수 공사를 위하여 규산질 미분말과 시멘트계의 무기 분말을 주성분으로 하고 방수 성능 및 시공성 향상을 위하여 폴리머 분산제 또는 그 밖의 첨가제를 혼합하여 사용하는 시멘트 혼합 규산질계 분말형 도포 방수재에 대하여 규정한다. 다만, 산 및 염소 등의 화학 물질이 포함되어 있는 수질 조건 및 이들의 영향을 받는 환경 조건 또는 직사 광선을 직접 받거나 구조물의 진동 또는 거동 환경 조건에서의 사용은 피한다.

규산질계 분말형 도포방수재의 성능은 KS F 4918의 5.에 따라 시험하여 다음 <표 3-15>의 기준에 적합하여야 한다.

<표 3-15> 규산질계 분말형 도포방수재의 품질

항목	부착강도, MPa(kgf/cm ²)		내잔갈림성	흡수량		압축강도
	무기질 단체형	무기·유기질 혼합형		무기질 단체형	무기·유기질 혼합형	
품질	1.0 (10.2) 이상일 것.	8.2 (80) 이상일 것.	방수층 표면은 잔갈림이 생기지 않을 것.	7.0 이하일 것.	2.0 이하일 것.	방수재 성형체의 압축강도는 10 (102) 이상일 것.

주(3) 압축강도 시험은 바탕 시험체 또는 바탕 콘크리트에 도포하기 위하여 배합한 슬러리 상태의 시료를 5.2의 시험용 밀판으로 성형시킨 후 시험체를 대상으로 측정한다.

사. 시멘트 혼입 폴리머계 방수재(KS F 4919)

이 규격은 콘크리트 구조물의 방수 또는 보수 공사를 위한 폴리머 혼화액과 시멘트계 수경성 무기분체를 주성분으로 하고, 방수 성능 및 시공성 향상을 위한 첨가제 등을 혼합하여 사용하는 시멘트 혼입 폴리머계 방수재에 대하여 규정한다.

시멘트 혼입 폴리머계 방수재의 성능은 KS F 4919의 5. 시험 방법에 따라 시험하여 <표 3-16>의 기준에 합격하여야 한다.

<표 3-16> 시멘트 혼입 폴리머계 방수재의 성능

항 목		성능기준
부착 강도(N/mm ²)	표준	0.8 이상
	침수후	
내잔 갈림성		방수층 표면에 잔갈림이 없을 것.
흡 수 량(g)		2.0 이하
인장 성능	인장 강도(N/mm ²)	1.0 이상
	신 장 륜(%)	50 이상
내투수성		0.3N/mm ² 수압에서 투수되지 않을 것.
습기 투과성 Sd(m)		4(1) 이하
내균열성	-10° C	파단 되지 않을 것.
	20° C	
내알칼리성		이상 없을 것

주 (1) 등가 공기층 두께 S_a값 4m는 시험편 두께를 2mm로 적용하여 나타낸 값이다.

아. 외벽용 도막 방수재(KS F 4920)

이 규격은 주로 철근 콘크리트조 건축물 및 그 밖의 구조물에 대한 외벽 방수를 목적으로 사용하는 외벽용 도막 방수재에 대하여 규정한다.

방수재의 성능은 KS F 4920의 6.에 따라 시험하여 다음의 <표 3-17>에 적합하여야 한다.

자. 콘크리트용 에폭시 수지계 방수·방식 도료(KS F 4921)

이 규격은 콘크리트 구조물의 방수·방식을 목적으로, 콘크리트 내외면세 도포하는 에폭시 수지계 방수·방식 도료에 대하여 규정한다.

방수, 방식 도료 및 도막의 품질은 KS F 4921의 6.에 따라 시험하고, <표 3-18>의 규정에 적합하여야 한다.

<표 3-17> 외벽용 도막 방수재의 성능

항 목		종 류				
		아크릴 고무계	우레탄 고무계	클로로프렌 고무계	실리콘 고무계	
인장 성능	인장강도 N/cm ²	245.2(25) 이상	147.1(15) 이상	147.1(15) 이상	196.1(20) 이상	
	파단시의 신장률 %	300이상	450이상	450이상	600이상	
인열 성능	인열강도 N/cm	68.6 이상	147.1 이상	147.1 이상	29.4 이상	
온도 의존성	인장 강도비 %	시험시 온도 -20℃	100이상 400이하	100이상 300이하	100이상 400이하	100이상 200이하
		시험시 온도 60℃	30이상	60이상	30이상	60이상
	파단시 몰림부 사이의 신장률 %	시험시 온도 -20℃	70이상	250이상	50이상	300이상
		시험시 온도 20℃	180이상	300이상	300이상	300이상
		시험시 온도 60℃	150이상	200이상	200이상	250이상
가열 신축 성장		신축률 %	-1 이상 1 이하	-4 이상 1 이하	-1 이상 1 이하	-1 이상 1 이하
열화 처리 후 인장 성능	인장 강도비 %	가열처리	80 이상 150 이하	80 이상 150 이하	80 이상 200 이하	80 이상 130 이하
		축진 노출처리	80 이상 150 이하	80 이상 150 이하	80 이상 200 이하	80 이상 130 이하
		알칼리 처리	60 이상 150 이하	60 이상 150 이하	80 이상 150 이하	60 이상 130 이하
		산 처리	40 이상 150 이하	80 이상 150 이하	80 이상 150 이하	60 이상 130 이하
	파단시의 신장률 %	가열처리	200이상	400이상	200이상	500이상
		축진노출처리	200이상	400이상	200이상	500이상
		알칼리처리	200이상	400이상	200이상	500이상
		산 처리	200이상	400이상	200이상	500이상
신장시 열화 성장		가열처리	어느 시험편에도 갈라진 잔금 및 뚜렷한 변형이 없을 것.			
		축진 노출 처리	어느 시험편에도 갈라진 잔금 및 뚜렷한 변형이 없을 것.			
		오존처리	어느 시험편에도 갈라진 잔금 및 뚜렷한 변형이 없을 것.			
부착 성능 N/cm ²	무처리	N/cm ²	68.6 이상	68.6 이상	68.6 이상	29.4 이상
	온랭 반복		49.0 이상	49.0 이상	49.0 이상	29.4 이상
	처리후	도막상태	어느 시험체에도 도막의 들뜸, 박리 부분이 없을 것			
내피로 성능		어느 시험체에도 도막의 구멍 뚫림, 찢김, 파단이 없을 것.				
흘러내림 저항 성능	흐름 길이 mm	어느 시험체라도 3 이하				
	주름 발생	어느 시험체에도 없을 것				
고형분 %		표시값 ±3				

<표 3-18> 에폭시 수지계 방수·방식 도료의 품질

종류	품질 항목	품질 기준	
도료	용기 내에서의 상태	주제, 경화제 모두 혼합시 딱딱한 덩어리가 없이 균질한 것.	
	혼 합 성	소정 배합에 따라 균일하게 혼합될 것.	
	도포 작업성	도포 작업에 지장이 없을 것.	
	경화 건조 시간	16~24 시간(20±1℃)이내에 경화건조 상태로 되어 있을 것.	
	고 형 분(1)	무용제계:96% 이상(다만 50% 중 수지 성분이 66% 이상, 안료 및 그 밖의 성분이 30%이하일 것.) 수 계: 50% 이상(다만 50% 중 수지 성분이 30% 이상, 안료 및 그 밖의 성분이 20% 이하일 것.) 용 제 계:60% 이상(다만 60% 중 수지 성분이 35% 이상, 안료 및 그 밖의 성분이 25% 이하일 것.)	
도막	겉모양	주름, 처짐, 균열, 패임(핀홀), 경화 불량, 뭉침 등이 없을 것.	
	물 성	부착 강도	표준 상태 150N/cm ² 이상
			흡수 상태 120N/cm ² 이상
		내충격성	균열·박리가 없을 것.
		투 수 성	투수되지 않을 것.
	용 출 성	저온·고온 반복시험	균열·벗겨짐이 없을 것.
		탁도(2)	0.5도 이하
		색도(2)	1도 이하
		과망간산칼륨 소비량(3)	2mg/L 이하
		잔류 염소 함량(2)	0.7mg/L 이하
		냄새	이상이 없을 것.
		맛	이상이 없을 것.
		시안	검출되지 않을 것.
페놀류		0.005mg/L 이하	
에피클로로히드린	검출되지 않을 것.		
아민류	검출되지 않을 것.		

주 (1) : 에폭시 T지계 방수·방식 도료를 가열하여 휘발성 성분, 수분(물)이 증발한 상태의 고형 성분을 말하며, 여기에는 수지, 안료 및 그 밖의 첨가제가 포함되어 있다.

(2) : 탁도, 색도, 과망간산칼륨 소비량 및 잔류 염소의 함량은 대조수와의 차이이다.

차. 폴리우레아수지 도막 방수재(KS F 4922)

이 규격은 주로 콘크리트 구조물에 대한 방수를 목적으로 사용하는 폴리우레아 수지 도막 방수재에 대하여 규정한다.

방수재의 원료 및 도막의 품질은 KS F 4922의 5.에 따라 시험하고 <표 3-19>의 규정에 적합하여야 한다.

<표 3-19> 폴리우레아 수지 도막 방수재의 품질

항목		품질 기준		
도포 작업성		콘크리트 구조체 방수를 위한 분사 도포 작업에 지장이 없을 것.		
지축 건조 시간		소정의 배합비로 혼합하여 분사 도포한 후 20~30초 이내에 지축 건조 상태로 되어 있을 것.		
겉모양		주름, 처짐, 균열, 패임, 경화불량, 뭉침 등이 없을 것.		
물성	인장 성능	인장 강도, N/mm ²	16 이상	
		파단시 신장률, %	300 이상	
	인열 성능	인열 성능 N/mm	50 이상	
		온도 의존성	인장 강도비, %	시험시 온도 -20℃ 150 이상
			시험시 온도 60℃ 60 이상	
	파단시 물림부 사이의 신장률, %		시험시 온도 -20℃	100 이상
			시험시 온도 20℃	200 이상
		시험시 온도 60℃	150 이상	
	가열 신축 성장		신축률, %	-0.3 ~ 0.3
	열화 처리 후의 인장 성능	인장 강도비, %	가열 처리	80 ~ 200
			축진 노출 처리	80 ~ 150
			알칼리 처리	80 ~ 150
			산 처리	80 ~ 150
		파단시의 신장률, %	가열 처리	250 이상
			축진 노출 처리	250 이상
			알칼리 처리	250 이상
			산 처리	250 이상
	열화나트륨 처리	가열 처리	250 이상	
		축진 노출 처리	250 이상	
		알칼리 처리	250 이상	
산 처리		250 이상		
신장시의 열화 성장	가열 처리	어떤 시험편에도 갈라진 잔금 및 뚜렷한 변형이 없을 것.		
	축진 노출 처리			
	오존 처리			
부착 성능	무처리 N/mm ²	부착 강도	1.5 이상	
	냉온 반복 처리 후	겉모양	어떤 시험편에도 갈라진 잔금, 들뜸, 박리 등의 현상이 없을 것.	
내피로 성능(1)		어떤 시험편에도 도막의 구멍 뚫림, 찢김, 파단 및 주름이 없을 것.		

주(1) 진동 또는 거동의 영향이 크게 작용하는 구조물에서 상호하고자 할 때 요구되는 성능이다.

카. 콘크리트 구조물 보수용 에폭시 수지(KS F 4923)

이 규격은 주로 콘크리트 구조물 및 이에 관계되는 마감용 모르타르 및 타일 등의 균열, 들뜸에 대한 보수, 앵커 핀의 고정에 사용되는 주제와 경화제로 이루어지는 보수용 에폭시 수지에 대하여 규정한다.

에폭시 수지의 성능은 KS F 4923의 5.에 의해서 시험하고, <표 3-20> 또는 <표

3-21>의 규정에 적합해야 한다.

<표 3-20> 경질형 예폭시 수지의 품질

시험항목		시험조건	저점도형		중점도형		고점도형		
			일반용	겨울용	일반용	겨울용	일반용	겨울용	
점성	점도 mPa·s	23±0.5℃	100~1,000		5,000~20,000		-		
	텍스트로픽 인덱스	23±0.5℃	-		5±1		-		
	슬럼프 mm	15±2℃	-		-		-	5 이하	
30±2℃		-		-		5 이하	-		
접착 강도 N/mm ²		표준온도	6.0이상		6.0이상		6.0이상		
		특수 조건	저온시	-	3.0 이상	-	3.0이상	-	3.0이상
			습윤시	3.0 이상		3.0 이상		3.0 이상	
			건습반복시	3.0 이상		3.0 이상		3.0 이상	
경화 수축률 %		표준 조건	3 이하		3 이하		3 이하		
가열 변화	무게 변화율 %	-	5 이하		5 이하		5 이하		
	부피 변화율 %	-	5 이하		5 이하		5 이하		
인장강도 N/mm ²		표준 조건	15 이상		15 이상		15 이상		
인장 파괴시 신장률 %		표준 조건	10 이하		10 이하		10 이하		
압축 강도 N/mm ²		표준 조건	-		-		50 이상		

<표 3-21> 연질형 예폭시 수지의 품질

시험항목		시험조건	저점도형		중점도형		고점도형		
			일반용	겨울용	일반용	겨울용	일반용	겨울용	
점성	점도 mPa·s	23±0.5℃	100~1,000		5,000~20,000		-		
	텍스트로픽 인덱스	23±0.5℃	-		5±1		-		
	슬럼프 mm	15±2℃	-		-		-	5 이하	
30±2℃		-		-		5 이하	-		
접착 강도 N/mm ²		표준온도	6.0이상		6.0이상		6.0이상		
		특수 조건	저온시	-	1.5 이상	-	1.5 이상	-	1.5 이상
			습윤시	1.5 이상		1.5 이상		1.5 이상	
			건습반복시	1.5 이상		1.5 이상		1.5 이상	
경화 수축률 %		표준조건	3 이하		3 이하		3 이하		
가열 변화	무게 변화율 %	-	5 이하		5 이하		5 이하		
	부피 변화율 %	-	5 이하		5 이하		5 이하		
인장강도 N/mm ²		표준조건	1.0 이상		1.0 이상		1.0 이상		
		저온시	1.0 이상		1.0 이상		1.0 이상		
		가열 열화시	1.0 이상		1.0 이상		1.0 이상		
인장 파괴시 신장률 %		표준조건	50 이상		50 이상		50 이상		
		저온시	50 이상		50 이상		50 이상		
		가열 열화시	50 이상		50 이상		50 이상		

타. 시멘트 액체형 방수재(KS F 4925)

이 규격은 콘크리트 구조체 표면에 미장 또는 도포하여 방수층을 형성하기 위해,

시멘트 모르타르 또는 시멘트 풀에 혼입하여 사용하는 액체형 방수재에 대하여 규정한다.

방수재는 KS F 4925의 4.에 나타난 각 시험을 하여 <표 3-22>에 합격하여야 한다.

<표 3-22> 방수재의 품질 기준

항목	품질 기준
응결 시간	초결이 1시간 이상, 종결은 10시간 이내에 일어날 것.
안정성	팽창성 균열 또는 비틀림이 없을 것.
압축강도(N/mm ²)	25 이상일 것.
물흡수 계수비	방수재를 혼합하지 않은 경우의 0.70 이하일 것.
투수비	방수재를 혼합하지 않은 경우의 0.70 이하일 것.
부착강도(N/mm ²)	0.8 이상일 것.

파. 콘크리트 혼입용 방수재(KS F 4926)

이 규격은 경화 콘크리트의 방수성을 개선하기 위한 목적으로, 굳지 않은 콘크리트 제조시에 혼입하여 사용하는 분말형 구체 방수재에 대하여 규정한다.

방수재는 KS F 4926의 6.에 나타난 각 시험을 통해 <표 3-23>에 합격해야 한다.

<표 3-23> 콘크리트 혼입용 방수재의 성능

항 목	품질 기준	
응결 시간차(분)	초결 : -60~+60	
	종결 : -60~+60	
경시변화에 따른 공기량 변화	±1.5% 이내	
길이 변화율(%)	0.1 이하	
동결 용해에 대한 저항 성능	상대 동탄성 계수(%)	80 이상
	재령 28일 압축강도 비율(%)	80 이상
중성화 깊이비	기준 콘크리트의 0.8 이하	
압축강도비(재령 7, 28일)	기준 콘크리트의 1.0 이상	
물흡수 계수비	기준 모르타르의 0.7 이하	
투수비	기준 모르타르의 0.7 이하	
염소 이온 침투 깊이(mm)	3.0 이하	

하. 세라믹 메탈계 방수 방식 도료(KS F 4929)

이 규격은 구조물의 방수·방식을 목적으로 콘크리트 및 강재(탱크류, 수문류, 관류, 밸브류, 강제 수조 등)의 내외면에 도포하는 세라믹 메탈계 방수·방식 도료에 대하여 규정한다.

세라믹 메탈계 방수·방식 도료 및 도막은 KS F 4929의 6.에 의해 시험하고 <표

3-24>의 성능에 합격하여야 한다.

<표 3-24> 세라믹 메탈계 방수·방식 도료 및 도막의 성능

종류	품질 항목	품질 기준		
		콘크리트용	강재용	
도료	용기 내에서의 상태	주제, 경화제 모두 혼합시 딱딱한 덩어리가 없이 균질할 것.		
	혼합성	소정 배합에 따라 균일하게 혼합될 것.		
	도포 작업성	도포 작업에 지장이 없을 것.		
	경화 건조 시간	16~24시간(20±1℃) 이내에 경화 건조 상태로 되어 있을 것.		
	고형분(1)	▶무용제계, 용제계 - 주제(95% 이상) - 경화제(93% 이상) ▶수계 : 50% 이상	▶무용제계, 용제계 - 주제(93% 이상) - 경화제(87% 이상) ▶수계 : 50% 이상	
도막	겉모양		주름, 처짐, 균열, 패임(핀홀), 경화 불량, 뭉침 등이 없을 것.	
	물성	부착 성능	표준 상태, 흡수 상태에서 2.5N/mm ² 이상	절단 홈의 교점에 약간의 박리가 있어도 잘려진 정사각형의 한 부분 전체가 박리되어서는 안 되며, 결손부의 면적이 전체 면적의 5% 이내일 것.
		내굽힘 성능	균열과 박리가 없을 것.	
		내충격 성능	균열과 박리가 없을 것.	▶직접 충격에 의한 박리 면적이 30mm ² 이하일 것. ▶간접 충격에 의한 박리가 없을 것.
		내투수 성능	투수되지 않을 것.	
	염화 이온 침투 저항 성능	녹과 부풀음이 없을 것.		
	내습 성능	녹, 부풀음 및 박리가 없을 것.		
	저온·고온 반복 저항 성능	균열·박리가 없을 것		
	인장성능	무처리	인장강도 : 16 N/mm ² 이상 신장률 : 40% 이상	인장강도 : 16 N/mm ² 이상 신장률 : 40% 이상
		알칼리 처리	인장강도비는 60% 이상, 신장률비는 180% 이상	
		산처리	인장강도비는 50% 이상, 신장률비는 120% 이상	
	용출 저항 성능	냄새와 맛	이상 없을 것.	
		탁도	2도 이하	
색도		5도 이하		
중금속(Pb로서)		0.1mg/L 이하		
과망간산칼륨 소비량		10mg/L 이하		
pH		5.8~8.6		
페놀		0.005mg/L 이하		
중발 잔류분		30mg/L 이하		
잔류 염소의 감량	0.2mg/L 이하			

주 (1) 세라믹 메탈계 방수·방식 도료를 가열하여 휘발성 성분, 수분(물)이 증발한 상태의 고형 성분을 말하며, 여기에는 수지, 안료 및 기타 첨가제가 포함되어 있다.

가. 콘크리트 표면 도포용 액상형 흡수 방지재 (KS F 4930)

이 규격은 콘크리트 표면의 보호를 목적으로 표층부에 도포하여 함침시킴으로써 흡수 방지층을 형성하여, 외부로부터 물 및 염화 이온(Cl⁻) 등의 침투를 억제하는 액상형 흡수 방지재에 대하여 규정한다.

흡수 방지재는 KS F 4930의 5.에 의해 시험하고 <표 3-25>의 성능에 합격하여야 한다.

<표 3-25> 흡수 방지재의 성능

항목		기준값	
		유기질계	무기질계
도포 후의 겉모양		변화가 없을 것.	
침투 깊이(mm)		2.0 이상	-(2)
내흡수성능	표준 상태(1)	물 흡수 계수비 0.10 이하	물 흡수 계수비 0.50 이하
	내알칼리성 시험 후 저온·고온 반복 저항성 시험 후		
	축진 내후성 시험 후	물 흡수 계수비 0.20 이하	
	내투수 성능	투수비 0.10 이하	
염화 이온 침투 저항 성능(mm)		3.0 이하	
용출저항성 능	냄새와 맛	이상 없을 것.	
	탁도	2도 이하	
	색도	5도 이하	
	중금속(Pb로서)	0.1 mg/L 이하	
	과망간산칼륨 소비량	0.1 mg/L 이하	
	pH	5.8~8.6	
	페놀	0.005 mg/L 이하	
	중발 잔류분	30 mg/L 이하	
잔류 염소의 감량	0.2 mg/L 이하		

주(1) 흡수 바이재를 도포하고 열화 처리를 하지 않은 시험체

(2) 무기질계인 경우에는 침투비성막형으로서 방수막을 형성하지 않고, 모세관 공극에 시멘트 수화물과 동일한 형태의 생성물을 형성하여 조직을 치밀화시킴으로써 외부로부터의 물 또는 염화 이온의 침투를 억제하는 메카니즘을 가지고 있기 때문에 침투 깊이의 측정이 불가능하여 침투 깊이에 대한 성능을 규정하지 않는다.

나. 교면용 도막 방수재(KS F 4932)

이 규격은 도로교의 철근콘크리트 바닥판 방수를 목적으로 철근콘크리트 바닥판면에 시공하는 도막 방수재에 대하여 규정한다.

겉모양은 제품을 사용하기 위해 포장 및 용기에서 꺼냈을 때 뭉침, 잔알갱이, 경화 등의 품질 변화가 없어야 한다. 도막 방수재는 KS F 4932의 4.에 나타난 각 시험을 통하여 <표 3-26>에 합격하여야 한다.

<표 3-26> 도막 방수재의 품질 기준

항목		품질 기준	
작업성		도포 작업에 지장이 없을 것.	
불휘발분(%)		표시값 ±3% 이내	
지축 건조 시간(h)		3 이내	
인장 성능	인장강도, N/mm ²	무처리	1.5 이상
		알칼리 처리	무처리의 80% 이상
		가열 처리	무처리의 80% 이상
	신장률, %	무처리	100 이상
		알칼리 처리	무처리의 80% 이상
		가열 처리	무처리의 80% 이상
전단접착성능	전단 접착강도 N/mm ²	-20℃	0.8 이상
		20℃	0.15 이상
	전단 접착 변 형률, %	-20℃	0.5 이상
		20℃	1.0 이상
인장 접착강도		-20℃	1.2 이상
		20℃	0.6 이상
내투수성		투수되지 않을 것.	
염화물 이온 침투 저항성(Coulombs)		100 이하	
내용폭 패임		구멍이 생기지 않을 것.	
내열 치수 안정성(%)	150℃, 30분	±2.0 이내	
내피로성		잔균, 찢김, 파단이 생기지 않을 것.	
내균열성	-20℃	잔균, 찢김, 파단이 생기지 않을 것.	

다. 누수 보수용 주입형 실링재(KS F 4935)

이 규격은 콘크리트 지하 구조물, 건축물 등의 지붕, 외벽, 바닥 등에서 누수가 발생한 균열 및 접합부 조인트의 보수를 목적으로 구조물의 표면에 방수층을 형성하거나 기존 방수층의 계면 또는 균열 및 조인트의 틈새에 주입하여 방수층을 재형성하는 누수 보수용 주입형 실링재에 대하여 규정한다.

실링재의 성능은 KS F 4935의 5.에 따라 시험하고 <표 3-27>에 합격하여야 한다.

<표 3-27> 실링재의 성능 기준

항목		성능기준
투수 저항 성능		투수되지 않을 것.
습윤면 부착 성능		60초 이내 시험체 밑판이 탈락하지 않을 것.
구조물 거동 대응 성능		투수되지 않을 것.
수중 유실 저항 성능(1)		중량 변화율이 -0.1% 이내일 것.
내화학 성능	산처리	황산
		염산
		질산
	염화나트륨 처리	
알칼리 처리		
온도 의존 성능(내열/내한성)		투수되지 않을 것.

주(1) 실링재에는 물 또는 화학수와 반응하여 팽창함으로써 중량이 증가하는 종류도 있으나, 이는 일반적으로 성능저하(수중 유실)을 나타내는 요인은 아니므로 중량 감소만 평가한다.

라. 콘크리트 보호용 도막재(KS F 4936)

이 규격은 철근 콘크리트 구조물의 보호를 목적으로 콘크리트 표면에 도막을 형성하여 외부로부터 염화물, 이산화탄소 및 유해물질 등을 차단함으로써 철근 콘크리트의 성능저하를 방지하는데 사용하는 콘크리트 보호용 도막재에 대하여 규정한다.

콘크리트 보호용 도막재의 성능은 KS F 4936의 5.에 따라 시험하고 <표 3-28>에 합격하여야 한다.

<표 3-28> 콘크리트 보호용 도막재의 성능

항목		성능기준
도막 형성 후의 겉모양	표준 양생 후	주름, 잔갈림, 핀홀, 변형 및 벗겨짐이 생기지 않을 것
	촉진 내후성 시험 후	
	온·냉 반복 시험 후	
	내알칼리성 시험 후	
	내염수성 시험 후	
중성화 깊이 (mm)		1.0 이하
염화물 이온 침투 저항성 (Coulombs)		1,000 이하
투습도 (g/m ² ·day)		50.0 이하
내투수성		투수되지 않을 것.
부착 강도 (N/mm ²)	표준 양생 후	1.0 이상
	촉진 내후성 시험 후	
	온·냉 반복 시험 후	
	내알칼리성 시험 후	
	내염수성 시험 후	
균열 대응성	-20℃	잔갈림 및 파단되지 않을 것.
	20℃	
	촉진 내후성 시험 후	

마. 콘크리트용 에폭시 수지계 방수·방식 도료 도포 방법 시공 표준(KS F 9001)

이 규격은 콘크리트 구조물의 방수·방식을 목적으로 콘크리트 내외면에 도포하는 에폭시 수지계 방수·방식 도료의 도포 방법 시공 표준에 대하여 규정한다.

방수·방식 도료는 사용 구조물의 형태·환경조건에 따라 <표 3-29>와 같이 구분하여 사용한다.

<표 3-29> 사용구조물의 형태·환경 조건에 따른 구분

구조물 형태	콘크리트 표면 및 주변 환경	종류 구분
밀폐형 구조물(1)	건조 환경(3)	무용제계 에폭시 수지
	습윤 환경(4)	수계 에폭시 수지
개방형 구조물(2)	건조 환경	무용제계 또는 용제계 에폭시 수지
	습윤 환경	수계 에폭시 수지

- 주(1) 자연 환기가 어려운 □형, ○형의 콘크리트 구조물을 말한다.
 (2) 자연 환기가 잘 이루어지는 U형의 콘크리트 구조물을 말한다.
 (3) 콘크리트 표면이 건조한 상온 조건에서 습도 85% 이하의 환경을 말한다.
 (4) 콘크리트 표면에 수분이 젖어 있거나 습도 85% 이상의 환경을 말한다. 다만 습도 90% 이상에서는 경화 속도가 늦어지거나 경화불량의 문제가 발생하므로 시공을 중지한다.

바. 도자기질 타일용 접착제(KS L 1593)

이 규격은 건축물의 내벽면에 도자기질 타일을 시공할 때에 사용하는 유기질 접착제에 대하여 규정한다.

타일용 접착제의 성능은 KS L 1593의 6.에 따라 시험하고 <표 3-30>에 합격하여야 한다.

<표 3-30> 도자기질 타일용 접착제의 판정 기준

단위 : N/cm²(kgf/cm²)

항목	판정 기준	
저장 안정성	부피와 점도에 현저한 변화가 없을 것.	
혼련 종결 확인 용이성	혼련 종결시의 색이 명확할 것	
접착 강도	표준	58.8 (6) 이상
	온수	29.4 (3) 이상
	건조·수중	29.4 (3) 이상
	건조·습윤	29.4 (3) 이상
	열노화	29.4 (3) 이상
	저온 경화	29.4 (3) 이상
	알칼리 수중	29.4 (3) 이상
내열성	60℃, 24시간 4.5kg의 추로 안정하고 있을 것.	
미끄럼 저항성	어긋남이 생기지 않을 것.	

2. 수리구조물용 보수보강 소재 시험 방법

보수보강 소재의 평가에 사용되는 시험 중 대표적인 방법을 설명하면 다음과 같다.

가. 압축 강도 시험

보수보강 소재의 압축강도를 구하기 위해 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 따라 공시체를 제작하여 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)에 준하여 압축강도를 측정한다.

콘크리트를 제작하기 위해서 용량 50ℓ의 강제식 믹서에 시멘트, 부순돌 및 전기로슬래그 골재를 대체율에 따라 투입하고 30초 동안 건조 믹싱한 후 혼합수를 투입하고 2분 동안 믹싱하여 콘크리트를 제조한다. 믹서에서 콘크리트를 배출한 후 재료 분리가 일어나지 않도록 삽으로 콘크리트를 재혼합하여 콘크리트가 균일하도록 한다. 스크프를 이용하여 $\phi 10 \times 20$ cm 콘크리트 압축강도용 몰드에 콘크리트를 투입하고 다짐봉으로 층당 25회 다짐을 실시한다. 최상층을 다진 후 표면을 고르고 수분이 증발하지 않도록 콘크리트 표면을 합성수지로 덮어두고 24시간 후 몰드에서 꺼내어 습윤양생조에서 양생을 실시한다.

구면좌로 된 가압판 바로 밑에 있는 시험기의 대나 또는 압판 위에 평평한 가압판을 놓는다. 위, 아랫부분 가압판과 공시체의 지압면을 깨끗이 닦고, 공시체의 아랫부분 가압판 위에 올려놓는다. 이 때, 공시체의 축이 윗부분 가압판의 구좌의 중앙에 똑바르게 오도록 하여야 한다. 구면좌로 된 가압판을 공시체 위에 접촉시키려할 때는 손으로 그 가동부를 조용히 회전 시켜서 고르게 접촉되도록 하여야 한다.

재하 속도 하중은 충격을 주지 않도록 계속적으로 가하여야 한다. 나선식 시험기에 있어서는 기계를 천천히 돌려서, 가압판이 매분 약 1.3mm의 속도로 움직이게 하여야 한다. 수압식 시험기에 있어서는 하중을 매초 1.5~3.5kgf/cm²이내의 일정한 속도로 가하여야 한다. 최대 하중의 절반까지는 하중을 빠른 속도로 가하여도 무방하다. 공시체는 파괴되기 직전에 갑자기 항복함으로, 이 때 시험기의 조정장치를 조절하여서는 안된다.

하중을 공시체가 파괴될 때까지 가압하고, 시험중에 공시체가 받은 최대 하중을

기록하여야 하며, 또 콘크리트의 파괴 상태와 결모양을 기록하여야 한다.

공시체의 압축 강도는 시험중에 공시체가 받은 최대 하중(유효숫자 3자리까지 읽어야 한다)을 공시체의 평균 단면적으로 나누어 계산한다. 이때, 압축 강도를 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 정밀도까지 구하여야 한다.

* 콘크리트의 압축강도는 3개 이상 시편의 평균값으로 나타낸다.

나. 휨 강도 시험

이 시험은 단순보의 3등분점 하중에 의한 콘크리트의 휨강도 시험 방법으로 KS F 2408에 규정되어 있다.

모울드의 장축이 수평하게 놓고 콘크리트를 대략 같은 두께의 2층으로 나누어 채우고, 밑층은 전 길이를 통하여 다지고, 윗층은 콘크리트를 모울드 윗면보다 약간 높게 채운 후 다짐대로 그 밑층까지 관입하도록 다져서 공시체를 제작한다.(KS F 2403에 의하여 만든다.)

공시체는 콘크리트를 몰드에 채웠을 때 옆면을 상하면으로 하여 베어링 나비의 중앙에 놓고 지간의 3등분점에서 상부 가압장치를 접촉시킨다. 이때, 재하장치의 접촉면과 공사체면 사이 어디에도 틈새가 없도록 하여야 한다. 지간은 공시체 높이의 3배로 한다. 공시체에 충격을 주지 않도록 일정하게 하중을 가한다. 하중을 가하는 속도는 가장자리 응력도의 증가가 표준으로서 매분 $8\sim 10\text{kgf}/\text{cm}^2$ ($0.78\sim 0.98\text{N}/\text{mm}^2$)가 되도록 한다. 최대 하중의 약 50%까지는 비교적 빠른 속도로 하중을 가하여도 좋다.

시험체가 파괴될 때까지 시험기가 표시하는 최대하중을 유효숫자 3자리까지 읽는다. 파괴 단면의 넓이는 3곳에서 0.1mm까지 측정하여 그 평균치를 유효숫자 4 자리까지 구한다. 파괴 단면의 높이는 2곳에서 0.1mm까지 측정하여 그 평균치를 유효숫자 4 자리까지 구한다.

공시체가 지간방향 중심선의 3등분점 바깥쪽에서 파괴되었을 때는 파괴단면과 이것에 가까운 쪽의 바깥쪽 기점의 거리를 인장면에서 지간방향으로 2곳을 0.1mm까지 측정하고, 그 평균치를 유효숫자 4자리까지 구한다.

결과의 계산은 다음과 같이 실시한다.

- 공시체가 인장쪽 표면 지간방향 중심선의 3등분점 사이에서 파괴되었을 때는 휨 강도를 다음 <식 3-1>과 같이 계산하여 유효숫자 3자리까지 구한다.

<식 3-1>

여기서, f_b : 휨강도 (kgf/cm²)(N/mm²)

P : 시험기가 표시하는 최대 하중 (kfg)(N)

l : 지 간(cm){mm}

b : 파괴 단면의 나비(cm){mm}

d : 파괴 단면의 높이(cm){mm}

- 공시체가 인장쪽 표면 지간방향 중심선은 3등분점 바깥쪽에서 파괴되고 또한, 3등분점에서 파괴단면과 중심선이 교차하는 점까지의 거리가 지간의 5% 이내인 경우는 휨강도를 다음 <식 3-2>와 같이 계산하여 유효숫자 3자리까지 구한다.

$$f_b = \frac{3P \cdot a}{b \cdot d^2} \quad \text{<식 3-2>}$$

여기서, a : 파괴단면과 여기에 가까운 바깥쪽 지점의 거리를 인장표면에서 지간방향으로 2곳 측정한 것의 평균치(cm){mm}로서 유효숫자 4자리까지 구한다.

공시체가 지간의 3등분점 바깥쪽에서 파괴되고 또한, 하중에서 파괴단면까지의 거리가 지간의 5% 이상인 경우는 그 시험결과를 무효로 한다.

다. 철근의 부착에 의한 콘크리트 비교 시험

이 시험은 철근과 콘크리트의 부착응력에 의한 콘크리트의 성질을 비교하는 방법으로서 KS F 2441에 규정되어 있는 방법이다.

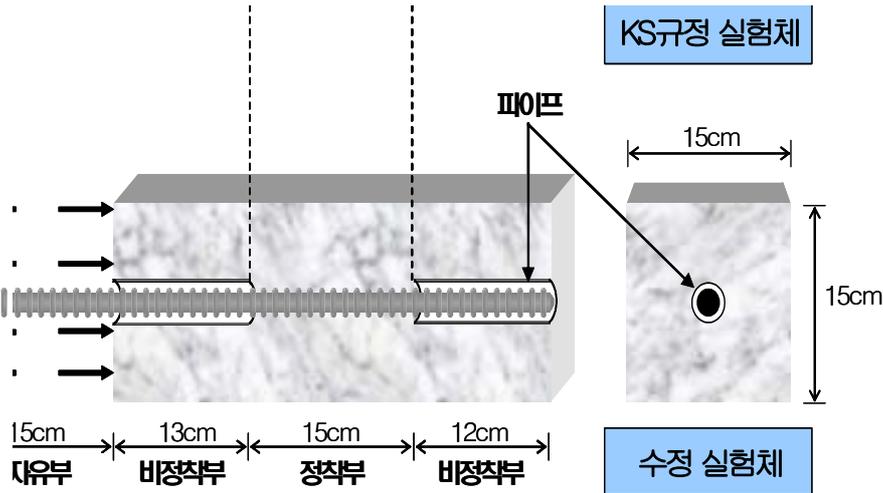
콘크리트의 혼합 방법은 KS F 2403(시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨 강도 시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법)에서 적용할 수 있는 조항에 따라 혼합해야 한다. 콘크리트를 몰드에 타성하는 방법은 경우에 따라 부착 시험에서의 한 변수가 될지 모르기 때문에 표준 방법을 사용하여야 한다.

만일 공시체가 15cm입방체라면 콘크리트는 같은 두께로 2층으로 나누어 타설하고 각 층은 다짐봉으로 25회 다진다. 그러나 15×15×30cm의 공시체라면 콘크리트는 대략 같은 두께로 4층으로 나누어 타설하고 각 층은 다짐대봉으로 25회 다진다.

건조를 방지하기 위해 위층은 다진 후 표면을 흙손으로 깎아내고 젖은 천을 덮어

증발을 방지하고 적어도 3개의 표준 15×20cm인 참고 원주 공시체가 콘크리트의 각 배치에서 만들어져야 한다.

공시체는 타설 후 20시간이 지난 뒤 몰드에서 떼어야 한다. 철근이 움직이지 않고 충격을 주지 않도록 각별히 주의해야 한다. 몰드를 떼어낸 후 곧 공시체는 온도를 23±2℃에서 습윤상태로 저장해야 한다. 공시체는 시험할 때까지 이와 같은 상태에서 저장되어 재령 28일에서 습윤상태로 시험되어야 한다. 이와 같이 만들어진 콘크리트 공시체의 상세도가 <그림 3-1>에 나타나 있다.



<그림 3-1> 시험용 공시체 상세도

공시체는 철근의 긴 끝이 나와 있는 쪽의 입방체면을 조립하여 지지블록에 접촉하도록 시험 기계에 장치한다. 구면지지 블록에서의 반력을 시험 기계의 계량 테이블에 전하는 지지대 위에 오는 것으로 한다. 돌출된 철근은 조립 지지 블록과 지지대를 지나 시험기계의 물림 부분으로 인장에 대한 하중이 가해진다.

다이얼 게이지로 표시되는 철근과 콘크리트 입방체 사이의 이동은 시험을 통해 철근의 재하단에 0.25mm의 미끄러짐이 생길 때까지 적어도 15회의 읽음을 읽을 수 있도록 해야 한다. 재하단 및 무재하단에서의 다이얼 게이지는 2.2에 규정된 다이얼 게이지에 대한 다이얼의 최소 눈금의 1/10(무재하단에서 0.001mm, 재하단에서 0.01mm)까지 읽어서 기록해야 한다.

재하를 계속하며 철근의 항복점에 도달할 때까지, 둘러싸고 있는 콘크리트에 할열이 생길 때까지, 재하단에서의 최소 미끄러짐이 2.5mm도달할 때까지 적당한 간격으

로 이동수치를 읽는다. 다음의 <그림 3-2>는 부착강도 시험 공시체를 시험기에 설치한 후 실험 장면을 나타내 주고 있다.



<그림 3-2> 부착 강도 시험 전경

계산을 위해 공칭 평균 부착 응력은 시험 각 단계에서 철근에 걸리는 하중을 철근의 전체 매립 길이의 공칭 표면적으로 나누어 계산한다. 매입 길이가 15cm인 이형철근(D19)의 공칭 표면적은 91.23cm^2 를 취한다. 철근의 재하단에서의 미끄러짐은 2개의 다이얼 게이지의 읽음이 평균으로 계산되나 콘크리트 블록의 지지면 D19의 철근의 공칭 단면적은 2.865cm^2 를 취하고 또 탄성계수는 $2030000\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 한다.

라. 동결융해 시험 및 동탄성계수 측정

이 시험은 콘크리트의 내구성지수를 평가하기 위하여 KS F 2456에 따라 시험하고, KS F 2437에 규정된 콘크리트의 원주형 및 각주형 공시체의 종 진동, 변형 진동 및 비틀림 진동의 1차공명 진동수를 구하여, 여기서 동탄성계수를 구하는 시험이다.

동결융해 장치는 공시체가 소정의 동결융해 사이클을 받는 데 적당한 체임버, 동결 및 가열장치 고정의 요구 온도 하에서 연속적이고 자동적으로 재현성 사이클을 발생시킬 수 있는 장치로 구성한다.

정상적인 동결융해 사이클은 공시체의 온도를 2시간 내지 4시간 사이에서 교대로, 4°C 에서 -18°C 로 떨어뜨리고, 다음에 -18°C 에서 4°C 로 상승시키는 것이다. 총시간의 20%보다 적게 사용해서는 안 된다. 냉각기간이 끝나는 순간의 공시체의 중심온도는 $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이어야 하며, 가열시간이 끝나는 순간의 온도는 $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이어야 하고, 언제라도 공체의 온도가 -19°C 이하 또는 6°C 이상이 되어서는 안 된다.

임의의 공시체 중심에서의 온도가 3℃에서 -16℃로 떨어지는데 소요되는 시간은 냉각시간의 1/2이하가 되어서는 안 되고, 또 -16℃에서 3℃로 상승하는데 소요되는 시간은 가열시간의 1/2이하가 되어서는 안 된다.

특별히 다른 재령으로 규정되어 있지 않는 한, 공시체는 14일간 양생한 후 동결융해 시험을 시작한다.

각 공시체는 특별한 제한이 없는 한, 300사이클이 될 때까지 또는 초기의 최초 시험시에 측정된 탄성계수의 60 %가 될 때까지 시험을 계속해야 한다.

1차 진동 주파수 시험은 공시체마다 매번하며, 또한 육안으로 관측한 공시체의 상태를 기록하고, 그 기록지에 나타난 결점에 대한 평가도 기록한다. 공시체의 질이 급격히 저하될 우려가 있을 경우, 초기 동결융해시의 가로 1차 진동 주파수 시험은 10 사이클을 초과하지 않는 범위 내에서 하여야 한다. 상대 동탄성계수가 50 % 이하로 떨어진 후에는 공시체의 시험을 계속해서는 안 된다.

동탄성계수 측정용 구동 회로는 진동수가 가변인 발진기, 증폭기 및 구동단자로 되어 있다. 발진기는 진동수가 500~10000Hz의 범위에 있는 것을 표준으로 하며, 오차 $\pm 2\%$ 이내로 진동수를 조정할 수 있는 것이라야 한다. 이 조정에 있어서 진동수의 검정에는 음극선 역전류검출관(Oscilloscope)과 표준 발진자(1000Hz의 음 표준 발진자)를 사용한다.

발진기와 증폭기를 조합시킨 것은 소요의 출력을 낼 수 있으며, 그 출력을 적당히 제어할 수 있는 것이어야 한다. 공시체에 진동을 일으키게 하는 구동 단자는 발진기와 증폭기의 출력을 최대로 한 경우에도 잘 작동해야 한다. 구동 단자의 진동 부분의 무게는 시험 결과에 영향을 미치지 않는 정도로 아주 작아야 한다. 발진기와 증폭기를 조합시켰을때의 출력 전압은 발진기의 진동수의 전 범위 내에서는 $\pm 20\%$ 이상의 변화를 가져서는 안 된다.

또, 공시체의 구동 단자를 접촉시켰을 때, 위공명(공시체의 1차 공명 진동과는 무관계한 것을 말한다)이 일어나지 않도록 해야 한다. 구동 단자의 지지물은 시험결과에 영향을 미치거나 공시체의 진동을 구속해서는 안 된다.

픽업 회로는 픽업, 증폭기 및 지시기로 구성된다. 픽업은 공시체의 진폭 진동의 속도 또는 가속도에 비례한 전압을 발생하는 것으로서, 그 진동 부분의 무게는 공시체의 진폭 진동의 속도 또는 가속도에 비례한 전압을 발생하는 것으로서, 그 진동

부분의 무게는 공시체의 무게에 비교하여 매우 작아야 한다. 증폭기는 그 출력이 지시기를 움직이는데 충분한 것임과 동시에 출력을 제어할 수 있는 것이어야 한다. 지시기(음극선 역전류 검출관을 사용해도 되지만, 일반적으로 미터형의 지시기를 사용하는 쪽이 편리하다. 다만, 1차 공명 진동수가 있는 것을 확인하는데 음극선 역전류 검출관을 이용하는 것이 좋다.)는 전압계 또는 미소 전류계로 한다. 픽업(1차 공명진 동수는 공시체의 치수 기타의 이유로 인하여 많이 변하므로 거기에 따른 픽업을 사용하여야 한다.)을 사용하는 진동수의 범위내에서 평탄한 것이어야 한다.

발전기의 진동수를 바꾸고, 여기에 따라 공시체가 진동하도록 구동력을 가하면서, 증폭된 픽업의 출력 전압을 관측한다. 지시기는 명확한 최대의 흔들림을 생기게 하고, 더구나 진동의 파절을 측정할 결과, 즉 진동의 파절이나 복부(腹部)의 위치를 확인하는데, 픽업을 공시체의 길이 방향으로 이동시켜 지시기의 움직임을 측정하면 된다. 또한 파절에 있어서는 지시값이 최소치를 나타내고, 복부에 있어서는 최대치를 나타낸다. 음극선 역전류 검출관을 구비한 장치라면 리사주의 도형이 파절의 전후에서 위상이 변하는 것을 역전류 검출관에 의하여 확인해도 좋다. 이러한 것이 1차 공명진동임을 확인했을 때는, 이경우의 진동수를 종진동의 1차 공명 진동수로 한다.

동탄성 계수의 계산식은 다음과 같다.

$$ED = C1 \times W \times f1 \quad \text{<식 3-3>}$$

다만, $C1 = 408 \times 10^{-5} \frac{L}{A} (s^2/cm^2)\{s^2/mm^2\}$

여기서 ED : 동탄성 계수(kgf/cm²){N/mm²}

W : 공시체 무게(kgf){N}

f1 : 종진동의 1차 공명 진동수(HZ)

L : 공시체의 길이 (cm){mm}

A : 공시체의 단면적(cm²){mm²}

위와같이 상대동탄성 계수를 구한 후 내구성지수는 다음과 같이 구한다.

$$DF = P \times N / M$$

여기에서 DF : 시험용 공시체의 내구성지수

P : N사이클에서의 상대동탄성계수(%)

N : P가 시험을 단속시킬 수 있는 소정의 최소값이 된 순간의

사이클수 혹은 동결융해에의 노출이 끝나게 된 순간의 사이클수

M : 동결융해에의 노출이 끝날 때의 사이클수



<그림 3-3> 동결융해 시험기 장치 전경



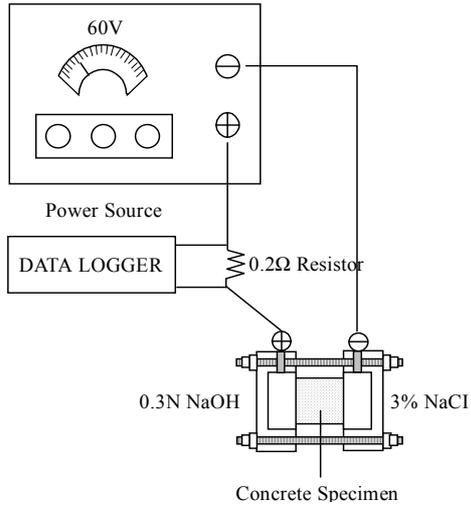
<그림 3-4> 동탄성계수 측정기

마. 염소이온 투과시험

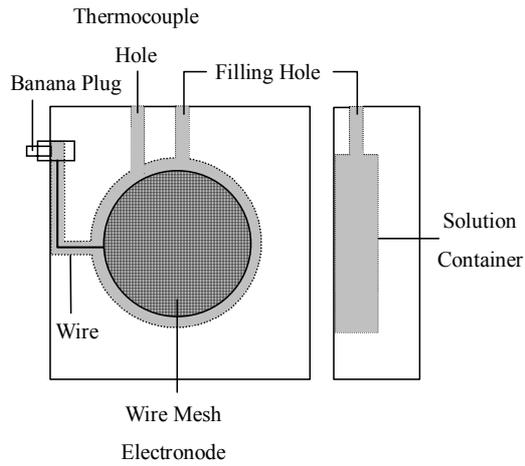
콘크리트 구조물의 염소이온 투과성을 평가하기 위해 ASTM C 1202의 규정에 따라 실험한다.

본 실험은 전위차를 이용한 염소이온의 이동을 알 수 있는 T. Zhang 와 O. E. Gjov등에 의해 제안된 전기적 방법을 응용하였으며, 장치의 개요도는 <그림 3-5> 및 <그림 3-6>과 같다. 염소이온투과시험 장치는 ASTM C 1202에 따라 <그림 3-7>과 같이 장치를 구성하였다.

시편은 $\phi 10 \times 20$ cm인 원형공시체를 측정값의 신뢰도를 높이기 위하여 중간부분에서 5 ± 0.2 cm 높이를 갖도록 절단하였다. 준비된 시편을 Applied Voltage Cell(이하 A.V. Cell)에 장치한 후 A.V. Cell (+)전극 쪽에는 0.3 N의 수산화나트륨(NaOH)을, (-)전극 쪽에는 3.0%의 염화나트륨(NaCl)의 전해질용액을 주입하였다.



<그림 3-5> 전기 회로도



<그림 3-6> 전압 재하 장치



<그림 3-7> 염소 이온 투과시험 전경

실험 중 30분마다 저항 0.2Ω에 걸리는 전압은 데이터 로거(Data logger)장치를 이용하여 측정하였으며, 측정값은 다음 <식 3-4>에 의하여 전류값으로 환산한다.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0.2} \quad \text{<식 3-4>}$$

여기서, I = 전류(A),

V = 전압(V),

R = 저항(Ω).

염소이온투과실험은 매 시편마다 6시간이 소요되고 30분 간격으로 전압값을 측정

하였으며, 측정된 전압은 전류로 환산한 후 다음 식 (4.2)를 이용하여 회로를 통과한 총 전하량을 계산하였다.

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360}) \quad \text{<식 3-5>}$$

여기서, Q = 통과 전하량 (coulombs),

I_0 = 전압이 걸린 직후 전류 (amperes)

I_i = 전압이 걸린 지 i분후 전류 (amperes)

만약 시편의 염소이온투과직경이 95mm가 아닐 경우 투과면적에 대해 보정해야 하고, 이는 다음 <식 3-6>을 따른다.

$$Q_s = Q_x \times \left(\frac{95}{x} \right)^2 \quad \text{<식 3-6>}$$

여기서, Q_s = 직경 95mm 시험체를 통과한 전하량

Q_x = 직경 x mm 시험체를 통과한 전하량

x = 비표준시험체의 직경

ASTM의 규정에는 <표 3-31>와 같이 본 실험에서 산정된 전하량을 염소이온투과성과 비교하는 자료를 제시하고 있다.

<표 3-31> 투과된 전하량을 통한 염소이온 투과성 평가

통과 전하량 (coulombs)	염소이온 투과성
>4,000	High
2,000~4,000	Moderate
1,000~2,000	Low
100~1,000	Very Low
<100	Negligible

바. 중성화 시험

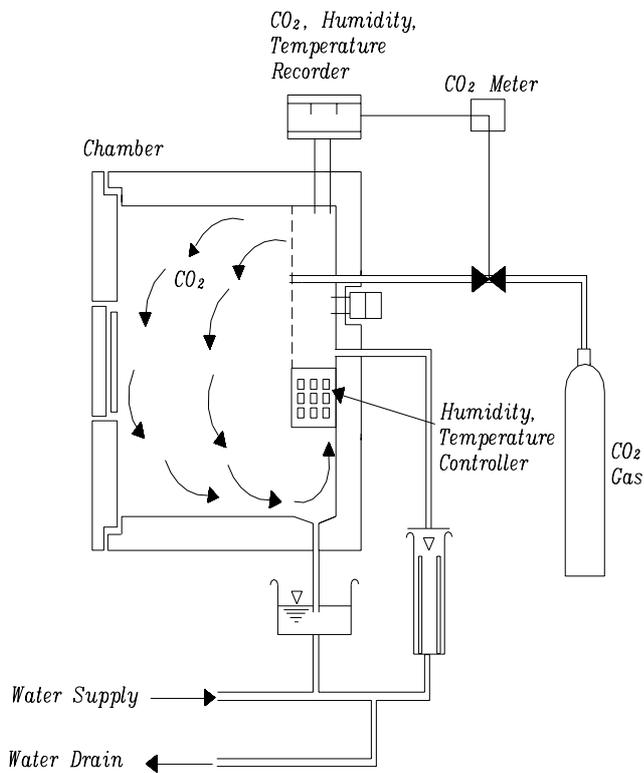
일반적으로 중성화 현상은 콘크리트 구조물이 시공된 이후 대기 중의 이산화탄소와 콘크리트 수화성분이 오랜 기간 동안 점진적으로 발생하는 화학적인 반응이기 때문에 장기간의 시험기간이 필요하다. 그래서 <그림 3-8> 및 <그림 3-9>와 같은 중성화 촉진 장비를 구성하여 대기환경 보다 매우 높은 이산화탄소의 촉진환경을 인공적으로 조성하여 단기간 동안 콘크리트의 중성화저항 특성을 평가하였으며 <표

3-32)는 촉진시험 조건을 보인 것이다. 중성화 시험체는 100 mm × 100 mm × 200 mm의 각주형 시험체 형태이다.

<표 3-32> 중성화 촉진 실험조건

이산화탄소 농도(% vol)	온 도 (°C)	습 도 (%)
5	20	65

콘크리트의 중성화 저항성을 평가하기 위해서 가장 보편적인 방법인 1% 페놀프탈레인-알콜 용액을 이용한 시험법을 적용하여 <그림 3-10>과 같이 표면에서부터 적자색 부위까지의 평균을 중성화 깊이로 구하였다. 또한 건습식 커터를 사용하여 시험체를 절단할 경우 발생할 수 있는 표면 연마효과에 의한 결과치 오류를 방지하기 위하여 시험체를 할렬하였으며 촉진재령에 따라 동일배합 동일 재령별로 2개씩 콘크리트를 할렬하여 평균값을 얻었다.



<그림 3-8> 중성화 촉진 실험장치 모식도



<그림 3-9> 중성화 촉진 시험장치



<그림 3-10> 중성화 깊이 측정

3. 수리구조물용 보수보강 공법 평가 결과

가. 소재 : 단면보수재(CR- 20)

시험항목	응결시간 (시간:분)		압축강도 (N/mm ²)	휨강도 (N/mm ²)	플로우 (cm)	슬럼프	
	초결	종결				내림량(mm)	표면상태(간갈림이 없을 것)
결과	4:05	7:35	54.8	6.7	20	83	이상없음
시험방법	KS L 5207		KS F 4042		KS F 2476		

시험항목	부착강도 (N/mm ²)			투수량 (g)	물흡수계수 (kg/m ² · h0.5)	염소이온침투조항성 (Coulombs)	길이변화율 (%)
	표준조건	온 · 냉반복	습윤면				
결과	1.9 (피착제파단)	1.5 (피착제파단)	1.1	1	0.07	586	-0.11
시험방법	KS F 4042						

나. 소재 : CDS(CONCRETE DENSIFIER SEALER)

시험항목		단위	시험결과
침투깊이	$f_c=210\text{kgf/cm}^2$	cm	계산값*2:2.4 실측값*3:3.3
	$f_c=150\text{kgf/cm}^2$	cm	실험치*2:6.7 실측값*3:14.8

※1 시험방법

- 1) 시험시편 제작 : $f_c = 210, 150\text{kgf/cm}^2$ 콘크리트 제작
- 2) 침투성 시험 : 변수위투수시험용 몰드내에 1)항의 콘크리트를 타설, 28일 양생
- 3) 침투시험 : 제출된 시료와 형광안료를 튜브관에 주입 후 몰드내에 시간대별 시료의 침투량이 수렴될 때까지 측정

※2 실측치 측정

- 1) 침투유량이 수렴될 때 침투시험을 종료하고 3개월간 양생
- 2) 시편을 할열인장으로 분할
- 3) 암실에서 삼과장형광등을 조명하여 침투된 깊이를 실측

다. 소재 : Hydro - CDS

시료명 \ 항목	비중	고형분 (%)	pH
Hydro - CDS	1.07	16	11.5

시료명 \ 항목	화학성분 (ppm)				
	As	Hg	Cu	Cr	Cd
Hydro -CDS	검출안됨	검출안됨	검출안됨	검출안됨	검출안됨

시료명 \ 항목	화학저항성 (겉모양)		열팽창계수 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)		통기성 (%)
	내산성	염화칼슘에 대한 내성	PLAIN	Hydro -CDS	
	3% Na_2SO_4	5% CaCl_2 , 14일			
Hydro -CDS	이상없음	이상없음	13.4	12.8	98

시료명 \ 항목	중성화축진시험 (mm)				염소이온 투과성시험 (coulombs)		동결융해에 대한 저항성
	습도80% x CO_2 5% X 온도 23°C				6시간		
	PLAIN	Hydro-CDS	PLAIN	Hydro -CDS	PLAIN	Hydro-CDS	60cycle
Hydro-CDS	6	1	7	3	4,346	1,422	94

※ 도포량 = 0.3 l/m^2

라. 소재 : 무수축수용성폴리머급결시멘트(RENDEROC PLUG)

시험항목	단위	결과치	시험방법
압축강도(28일)	N/mm ²	42.0	KS L 5105
부착강도(28일)	N/mm ²	2.11 (피착제 파단)	KS F 4716

※ 배합표(kg)

1차 : NITOBOND HAR(접착제A:B= 1:1)도포량 : 3.5 ℓ/m²

2차 : W/P = 35%

마. 소재 : 탄성도막방수제(BRUSH BOND FLX III)

시험항목		단위	결과치	시험방법
인장성능	인장강도	N/cm ² (kgf/cm ²)	192(19.6)	KS F 3211
	파단시의 신장률	%	69	
인열성능	인열강도	N/cm ² (kgf/cm ²)	175(17.8)	
부착강도	재령 28일	N/cm ² (kgf/cm ²)	1.60(16.3)	KS L 1593
투수비	(0.1 kgf/cm ² 수압)	-	0.02	KS F 2451
비중	A법	-	1.87	KS M 3016

바. 소재 : 콘크리트 보수용 모르타르 [Suntar - PM]

시험항목		단위	결과치	시험방법
응결시간	초결	시간:분	5:00	KS F 4042
	종결	시간:분	8:50	
압축강도	재령3일	N/mm ²	26.4	
	재령7일		40.9	
	재령28일		51.4	
	내알칼리성		47.6	
휨강도	재령7일	N/mm ²	8.6	
	재령28일		9.5	
부착강도 (표준조건)	재령7일	N/mm ²	1.6	
	재령28일		2.6	
길이변화율		%	0.002	

※ 배합비 ☐ Sutar - PM : 물 = 100:18

사. 소재 : 중성화방지용 보호코팅제(starcote - SP)

시험항목	시험조건	단위	결과치	시험방법
저온안정성 (3 cycle)	5±2°항온조 18hr, 양생실 6hr = 1cycle	-	덩어리가 없고, 조성물의 분리· 응집이 없음	KS F 4715
초기건조에 따 른 내잔갈림성	공기유수 3m/s= 10%, 6hr	-	잔갈림이 표면에 생기지 않음	
부착강도	표준상태	N/mm ²	2.5(25.5)	KS F 4919
	10일 침수 후	(kgf/cm ²)	2.2(22.4)	
내투수성	30 N/cm ² 수압, 3hr	-	투과하지 않음	KS D 9502
내염수성	Salt, spray, 500hr	-	이상없음(레이팅 No.10)	KS M 5307
	Methly Ethly Ketone(MEK) 48hr 침지	-	도막의 주름, 벗겨짐, 갈라짐, 부풀 음 등이 없음	
내약품성	Toluene, 48hr 침지	-	도막의 주름, 벗겨짐, 갈라짐, 부풀 음 등이 없음	KS M 5000
	Na(OH)2 5%, 168hr 침지	-	도막의 갈라짐, 부풀음, 손상이 없으며, 침수부분의 변색없음	
내수성	H2SO4 5%, 168hr 침지	-	도막의 갈라짐, 부풀음, 손상이 없으며, 침수부분의 변색없음	KS M 5000
	168 hr 침지	-	도막의 주름, 물집이 없음	
경화시간	지축건조	분	40	KS M 5000
	경화건조	분	220	

시 험 항 목	단위	결과치	시험방법	
부착강도	표준양생후	N/mm ² (kgf/cm ²)	1.82(18.6)	KS F 4963
	축진내후성 시험후		1.62(16.5)	
	온·냉반복 시험후		1.66(16.9)	
	내알칼리성 시험후		1.72(17.5)	
	내염수성 시험후		1.64(16.8)	
도막형성 후 겉모양	표준양생후	-	주름, 잔갈림, 핀홀, 변형 및 벗겨짐 등의 이상없음	KS F 4963
	축진내후성 시험후	-		
	온·냉반복 시험후	-		
	내알칼리성 시험후	-		
	내염수성 시험후	-		

아. 소재 : 렌더록에스피엑스

시험종목		시험결과	시험방법
응결시간	초결(분)	260	KS F 2451
	종결(시:분)	5:35	
압축강도 (kgf/cm ²)	3일	292	KS L 5105
	7일	515	
	28일	762	
휨강도 (kgf/cm ²)	3일	53	KS F 2477
	7일	98	
	28일	127	
인장강도 (kgf/cm ²)	28일	53	KS L 5104
부착강도 (kgf/cm ²)	7일	23.2	KS F 4916
	28일	27.7	
흡수비	-	0.24	KS F 2451
투수비	-	0.36	
내잔갈림성	-	이상없음	KS F 4918
길이변화율	4주	0.027	KS F 2424

시험종목		시험결과	시험방법
화학저항성 (168 hr 침지)	10% Na ₂ SO ₄	이상없음	ASTM C 267
	10% CaCl ₂	이상없음	
	3% MgSO ₄	이상없음	
동결융해 저항성 (200사이클)	겉모양	이상없음	KS F 3456
염분침투저항성	Coulombs	680	ASTM C 1202
축진중성화시험 (23°C, 고80%,5%CO ₂ 28일)	중성화 깊이 (mm)	Plain: 29.4 렌더록에스피엑스 : 3.6	

자. 소재 : BRUSH BOND(아크릴계폴리머시멘트복합재)

시험항목	부착강도 (kgf/cm ²)	휨강도 (kgf/cm ²)	인장강도 (kgf/cm ²)	압축강도 (kgf/cm ²)	흡수율 (%)
	28일	28일	28일	28일	
결 과	17.8 (피착체파단)	88	51	335	0.07
시험방법	ASTM C 321	ASTM C 348	ASTM C 190	ASTM C 109	ASTM C 140

※ 배합비(중량비)

분말 : 액상 = 17.5 : 5.0

차. 소재 : 규산질계 분말형 도포 방수제(BRUSH BOND TGP)

시험항목	단위	결과치	시험방법
부착강도	N/cm ²	124	KS F 4918
내잔갈림성	-	이상없음	KS F 4918
흡수량	g	1.2	KS F 4918
압축강도	N/cm ²	3097	KS F 4918

※ 배합비(무게비)

분말: 액상 : 물= 25: 1.8 : 4

카. 소재 : 염해 및 중성화 방지재(GW100 + V100)

시험항목	부착강도 (N/mm ²)	내염성 (겉모양)	이산화탄소투과저항성 (□□)	통기성 [S□□(m)]	염소이온투과저항성 (Coulombs)
		5% CaCl ₂ 30일			
결과	1.6	이상없음	1671568	1.62	956
시험방법	KS F 4918	ASTM C 267	KS F 2610	KS F 2607	KS F 2711

* 배합비(중량비)

1차도포 [GW100 : 물 = 1 : 4]

2차도포 [V100 : 물 = 1 : 0.05]

3차도포 [V100 원액사용]

* 도포간격 : 24시간

* 밀관양생 : 14일 수중

* 시료양생 : 14일 습윤

타. 소재 : 철근부식방지재(TK)

시험항목	염소이온침투저항성 (Coulombs)
결과	824
시험방법	KS F 2711

* 배합비(중량비)

[분말 : 물 = 100 : 20]

* 시험체 14일 습윤 양생 후 시험

파. 소재 : 스프레이용 보수 폴리머 시멘트 모르타르(TS 200)

시험항목	압축강도 (N/mm ²)		휨강도 (N/mm ²)		부착강도 (N/mm ²)		
	A	B	A	B	A	B	C
결과	45.8	67.9	9.6	9.8	2.4	2.5	2.6
시험방법	KS F 4042						

하. 소재 : 스프레이용 보수 폴리머 시멘트 모르타르(TS-200)

시험항목	중성화저항성 (mm)	투수량 (g)	염소이온침투저항성 (coulombs)
결과	1.4	1	621
시험방법	KS F 4042		

가. 소재 : 폴리머시멘트몰탈(TS-200)

시험항목	온냉반복 후 부착강도 (N/mm ²)		
	1	2	3
결과	1.7	1.6	1.6
시험방법	KS F 4042		

나. 소재 : 스프레이용 보수 폴리머 시멘트 모르타르(TS 250)

시험항목	압축강도 (N/mm ²)		휨강도 (N/mm ²)		부착강도 (N/mm ²)		
	A	B	A	B	A	B	C
결과	38.6	58.3	9.4	9.8	2.4	2.6	2.6
시험방법	KS F 4042						

다. 소재 : RECLEAN

시험·분석 항목		시험·분석 결과	시험·분석 방법
압축강도 (N/mm ²)	3일	30.11 (307kgf/cm ²)	KS L 5105
	7일	35.46 (362kgf/cm ²)	
	28일	44.92 (457kgf/cm ²)	
휨강도 (N/mm ²)	3일	6.47 (66kgf/cm ²)	KS L 5207
	7일	7.58 (77kgf/cm ²)	
	28일	9.02 (92kgf/cm ²)	
FLOW(mm)		212	KS L 5105
단위용적중량		2100(kg/m ³)	KS F 2475
응결	초결	1시간30분	KS L 5103
	종결	3시간30분	

라. 소재 : AM-C-C

항 목 시료명	인장강도			신장률		
	우처리	알카리 처리	산처리	우처리	알카리 처리	산처리
품질기준	16 N/mm ² 이상	인장강도비(%) 60 이상	인장강도비(%) 50 이상	40% 이상	신장률비(%) 180 이상	신장률비(%) 120 이상
AM-C-C	17.1 N/mm ²	-	-	44%	200%	125%

항 목 시료명	내투수 성능	염화 이온 침투 저항 성능	내습 성능	저온·고온 반복 저항 성능
품질기준	투수되지 않을 것	녹, 부풀음이 없을 것	녹, 부풀음 및 박리가 없을 것	균열·박리가 없을 것
AM-C-C	투수되지 않음	이상 없음	이상 없음	이상 없음

시료명	항목	부 착 강 도 (N/mm ²)			
		모르터 시험체		철관 시험체	
		표준상태	흡수상태	표준상태	흡수상태
품질기준		2.5	2.5	-	-
AM-C-C		3.5	3.3	1.7	1.5

시료명	항목	도포 작업성	겉모양	내극임 성능	내충격 성능
		품질기준	도포 작업에 지장이 없을 것	주름, 처짐, 균열, 경화 불량등이 없을 것	균열과 박리가 없을 것
AM-C-C		이상없음	이상없음	이상없음	이상없음

※ 배합비(중량비) : [주제:경화제 = 5 : 1]

마. 소재 : 세라믹코팅제

시험항목	결과	시험방법
인장접착강도 [N/cm ² (kgf/cm ²)]	1872(191)	KS M 3722
내굴곡성 (□□10mm 환봉,180° 굴곡)	이상없음	KS M 5000
내산성 (5% H ₂ SO ₄ , 168시간 침지)	이상없음	
내알칼리성 (5% NaOH, 168시간 침지)	이상없음	
내유성 (등유 1호, 168시간 침지)	이상없음	KS M 5307
내휘발유성 (시험용3호 휘발유, 168시간 침지)	이상없음	
내충격성 (직접 1/2", 50g, 300mm)	이상없음	
냉열반복시험 (80±1℃ 1시간, -20±℃ 1시간, 3Cycle)	이상없음	
염분분무시험 (168시간)	이상없음	KS M 9502

제3절 수리구조물용 보수보강 체계화

1. 수리구조물용 보수보강 판단 기준

보수보강의 필요 여부 및 방법 선정에 있어서 판정은 현장정밀조사 결과로부터 원인을 추정하고 이를 토대로 콘크리트 수리구조물의 내구성, 방수성, 내하력 등을 고려하여 판정하는 것을 기본으로 한다.

콘크리트 수리구조물에 발생한 균열의 원인이 명확한 경우에는 균열의 원인을 제거하거나 균열 발생으로 인해 손상된 기능 및 내하력 저하를 회복시키기 위한 적절한 보수보강 공법을 실시할 수 있고, 그 성과도 기대할 수 있다. 그러나 대부분의 경우에는 이러한 균열의 원인이 명확하지 않고, 주원인과 부원인 등 몇가지 원인의 복합적인 작용에 의해 발생하는 경우가 대부분이다. 따라서 균열 자체의 조사 결과만으로 보수보강 여부를 판정할 수는 없고, 균열이 발생한 콘크리트 수리구조물의 사용 환경과 특성에 대해 보다 자세히 조사하여 보수보강의 여부를 판정하여야 한다.

육안검사에 의해 콘크리트 수리구조물의 손상정도를 손상 상황에 따라 분류한 것이 <표 3-33>이다. 즉 손상도 I은 긴급히 보수가 필요한 상황, 손상도 II는 보수가 필요한 상황, 손상도 III은 아무래도 보수를 필요로 할 가능성이 있으므로 그 시기를 검토할 필요가 있는 상황, 손상도 IV는 당장은 보수를 필요로 하지 않는 상황이다.

<표 3-33> 콘크리트 수리구조물의 손상 상황별 손상도 분류

손상 상황	손상도(등급)
콘크리트 수리구조물의 철근 노출과 부식 또는 콘크리트의 단면결손이 확인되는 경우	I
콘크리트 수리구조물에 균열, 녹물, 박리 혹은 박락이 연속적으로 확인되는 경우	II
콘크리트 수리구조물에 균열, 녹물 혹은 박리가 부분적으로 확인되는 경우	III
콘크리트 수리구조물에 극히 경미한 균열과 녹물이 확인되는 경우	IV
콘크리트 수리구조물에 손상이 확인되지 않는 경우	V

이와 같이 손상도 I~III의 경우에는 정밀현장조사를 통해 보다 객관적인 자료를 사용하여 보수보강 필요여부를 판정해야 한다. 따라서 콘크리트 수리구조물의 균열 원인이 명확하고 균열의 정도도 내구성 측면 또는 방수성 측면을 고려한 경우의 균열 폭 한도인 <표 3-34>의 범위에 있다면, 보수보강의 긴급성, 보수보강 비용 등을 감안하여 보수보강을 결정할 수 있다. 그러나 조사된 콘크리트 수리구조물의 균열폭이 <표 3-34>의 보수를 필요로 하는 균열 폭과 보수를 필요로 하지 않는 균열 폭 사이에 존재하여 보수보강을 결정하기 곤란할 때 또는 콘크리트 수리구조물의 내하력이 중요한 요소로 작용할 때에는 콘크리트 기술자의 조사, 원인추정 및 구조 계산 등으로 얻은 결과를 토대로 보수보강 필요 여부를 판정한다.

먼저 <표 3-34>의 보수를 필요로 하는 균열 폭과 보수를 필요로 하지 않는 균열 폭 사이에 존재하여 보수보강을 결정하기 곤란할 때에는 정밀현장조사 시 균열의 패

턴, 균열 폭, 균열의 길이, 균열의 관통 유무 등을 꼼꼼히 기록하고, 철근의 녹에 의한 흔적이 보인다면 철근의 성능저하 조사, 중성화 깊이조사, 균열의 진행성 유무도 조사해야 한다. 또한 콘크리트 수리구조물이 염화물 이온의 침입을 받을 우려가 있는 환경에 접해있다고 판단되면 콘크리트 수리구조물의 깊이별 염화물 함유량도 조사하여야 한다. 이러한 콘크리트 수리구조물의 정밀현장조사 결과를 기초로 균열 또는 철근 부식이 진행성인가, 또한 균열을 방치했을 경우 장차 콘크리트 수리구조물의 내구성 및 안전성에 유해한 영향을 끼칠 것인가를 콘크리트 기술자가 판단하고 보수보강 필요여부 및 보수보강 정도를 결정한다.

만일 콘크리트 수리구조물의 구조부재에 균열이 원인이 구조 외력에 있는 것으로 판단될 경우에는 내하력에 중대한 악영향을 미칠 가능성이 있다. 또한 염해 및 중성화로 인해 내하력에 영향을 미칠 정도로 균열이 발생되었거나 철근부식이 상당히 진행하여 부재 또는 철근 단면적이 뚜렷하게 감소되었다고 여겨질 경우에는 보강의 필요여부도 고려하여야 한다. 일단 내하력이 문제가 되어 보강이 필요하다는 판정을 내릴 경우에는 중요하고 긴급한 일이 많으므로 <표 3-35>를 참조하여 콘크리트 기술자의 고도 판단에 따르는 것을 원칙으로 한다.

<표 3-34> 콘크리트 수리구조물 보수의 필요여부에 관한 균열 폭 한도

구 분		환경2) 기타 요인1)	내구성 측면			방수성 측면
			심하다	중 간	완만하다	-
보수를 필요로 하는 균열 폭 (mm)	대		0.4이상	0.4이상	0.6이상	0.2이상
	중		0.4이상	0.6이상	0.8이상	0.2이상
	소		0.6이상	0.8이상	1.0이상	0.2이상
보수를 필요로 하지 않는 균열 폭 (mm)	대		0.1이하	0.2이하	0.2이하	0.05이하
	중		0.1이하	0.2이하	0.3이하	0.05이하
	소		0.2이하	0.3이하	0.3이하	0.05이하

주 : 1) 기타 요인(대, 중, 소)이란 콘크리트 구조물의 내구성 및 방수성에 이르는 유해성 정도를 나타내며 아래 요인의 영향을 종합하여 결정한다. 예를 들면 균열의 깊이·패턴, 덮개두께, 콘크리트 표면 피복의 유무, 체크·배(조)합, 접속부분(placing joint) 등을 나타낸다.

2) 주로 철근의 녹의 발생조건 관점에서 본 환경조건

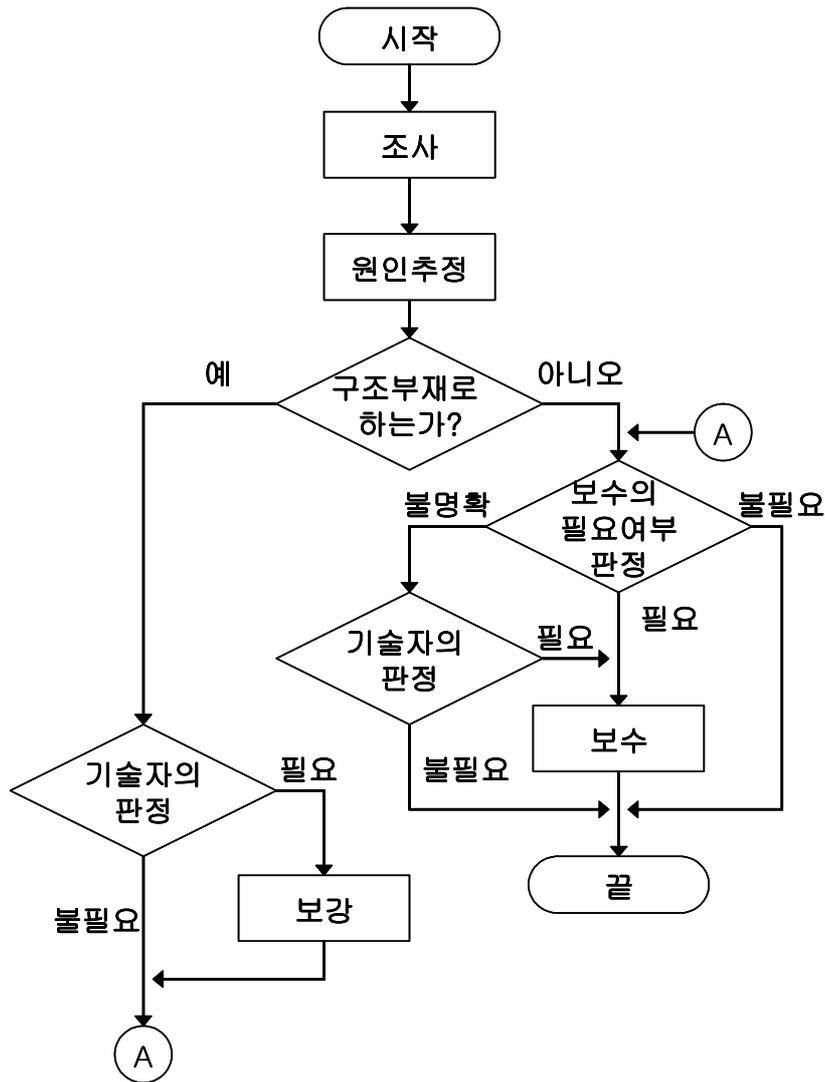
* 추영수, "콘크리트의 균열조사 보수·보강지침" 참조

<표 3-35> 콘크리트 수리구조물의 보강 필요 여부 판정 표준

손상원인	구조외력	철근부식
구조계산 후 판단	휨 균열폭 $\geq 0.3\text{mm}$ 또는 전단균열폭 $\geq 0.2\text{mm}$	콘크리트 피복에 박리 및 철근 부식 존재
보강 필요	콘크리트 수리구조물 설계시의 허용 응력을 초과할 때	
정기적인 관측 필요	$0.3\text{mm} > \text{휨 균열폭} \geq 0.15\text{mm}$ $0.2\text{mm} > \text{휨 균열폭}$	콘크리트 피복에 녹 흔적 또는 부풀음 현상
보강 불필요	위에 경우에 해당되지 않을 때	

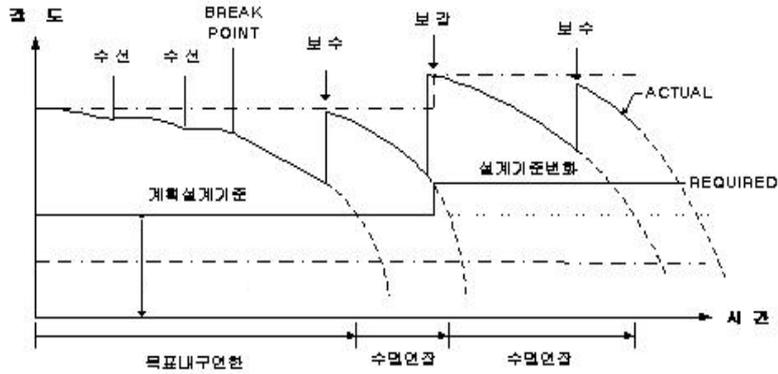
* 추영수, "콘크리트의 균열조사 보수·보강지침" 참조

이와 같이 정밀현장조사 자료에 기초하여 콘크리트 기술자가 보수보강의 필요여부를 판단할 경우 다음의 <그림 3-11>과 같은 순서를 기초로 하여야 할 것이다.



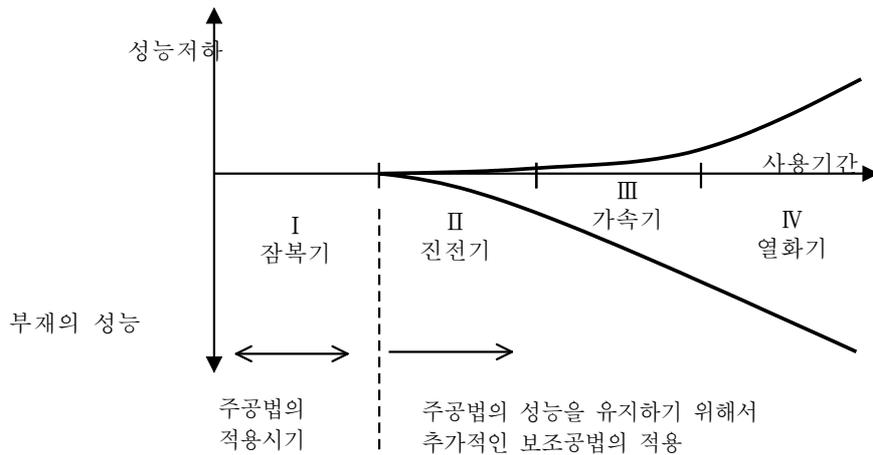
<그림 3-11> 보수·보강의 필요여부 판단 순서도

일반적으로 시설물은 사용연한이 지날수록 점차 노후가 진행되어 시공직후에 비해서 성능이나 기능이 점차 떨어지게 된다. 따라서 보수 또는 보강을 통해 노후가 진행된 시설물을 원래의 성능이나 기능까지 회복시키거나 구조물을 원래의 성능이나 기능을 초과하도록 보완한다. 그러나 콘크리트 수리구조물에서 보수보강의 적절한 시기를 판단하는 것은 매우 어려우며, 콘크리트 기술자가 이를 판단하기 위해서는 <그림 3-12>와 같이 콘크리트 수리구조물의 성능과 사용수명을 연장하기 위한 보수보강 시기를 예측하여 판단해야 한다.



<그림 3-12> 콘크리트 수리구조물 성능과 사용수명 및 보수보강 시기

콘크리트 수리구조물의 보수보강 시기를 사용수명에 기준하여 판단하는 것이 <그림 3-12>에서 설명되었다. 또한 콘크리트 수리구조물의 성능저하 원인과 정도를 정확하게 알고 있다면 <그림 3-13>과 <표 3-36>에 기초하여 성능저하를 억제하기 위한 콘크리트 수리구조물의 성능저하 과정별로 보수보강 공법을 달리 적용하는 것이 타당할 것이라고 판단된다.



- I(잠복기) : 콘크리트 속으로 유해이온의 침입 및 축적되는 단계
- II(진전기) : 콘크리트 내부에서 성능저하가 진행되는 단계
- III(가속기) : 균열발생 이후의 급속한 성능저하 단계
- IV(열화기) : 성능저하가 심각하고, 부재의 내하력에 영향을 미치는 단계

<그림 3-13> 콘크리트 구조물의 일반적인 성능저하도

<표 3-36> 성능저하 원인에 따른 보수보강공법

열화 원인	열화과정 목적	잠복기 I		진전기 II		가속기 III		열화기 IV	
		적용	공 법	적용	공 법	적용	공 법	적용	공 법
열해	열화인자 차단	◎	표면피복	△	표면피복	△	표면피복	△	표면피복
		◎	균열보수	△	균열보수	△	균열보수	△	균열보수
	열화속도 억제	○	전기방식	◎	전기방식	◎	전기방식	◎	전기방식
	열화인자 제거	○	-	○	전기화학적 탈염	◎	전기화학적 탈염	◎	전기화학적 탈염
		△	-	○	단면복구	◎	단면복구	◎	단면복구
내하력, 변형 성능 개선		-		-		-	◎	단면복구	
		-		-		-	◎	보강	
중성화	열화인자 차단	◎	표면피복	◎	표면피복	△	표면피복	△	표면피복
				◎	균열보수	△	균열보수	△	균열보수
	열화속도 억제	◎	함침재도포	◎	함침재도포	△	함침재도포	△	함침재도포
	열화인자 제거	○	재알카리화	○	재알카리화	◎	단면복구	◎	단면복구
		△	재알카리화	○	단면복구	○	재알카리화	○	재알카리화
내하력, 변형 성능 개선		-		-		-	◎	보강	
		-		-		-	○	교환	
동해	열화인자 차단	◎	표면피복	◎	표면피복	△	표면피복	△	표면피복
	열화속도 억제			◎	균열보수	△	균열보수	△	균열보수
	열화인자 제거			○	단면복구	◎	단면복구	◎	단면복구
	내하력, 변형 성능 개선							◎	보강
							○	교환	
화학적 침식	열화인자 차단	◎	표면피복	◎	표면피복	△	표면피복	△	표면피복
	열화속도 억제			△	균열보수	△	균열보수	△	균열보수
	열화인자 제거			○	단면복구	◎	단면복구	◎	단면복구
	내하력, 변형 성능 개선							◎	보강
							○	교환	

여기서 ◎ : 주공법으로서 적용가능한 공법
 ○ : 주공법 다음으로 적용성이 높은 공법
 △ : 구조물의 열화상황 등을 고려하여 적용을 검토하는 공법

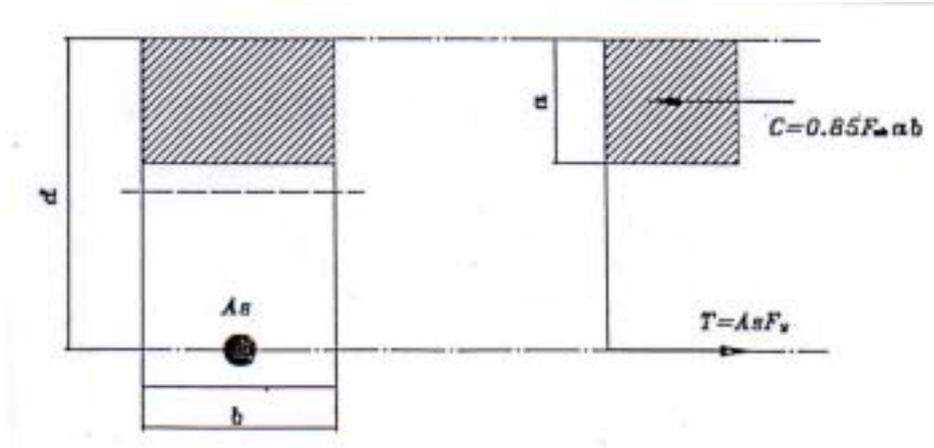
2. 보수보강 전후의 구조해석 평가 기법

가. 보강공법에 대한 구조해석식의 정립

철근 콘크리트 보 및 슬래브(RC Beam & Slab)의 설계시, 허용응력설계법과 강도 설계법의 적용이 가능하며 종래에는 허용응력법에 의한 설계가 주류를 이루었으나

근래에는 콘크리트 구조물의 경우 강도설계법에 의한 설계가 일반적으로 행해지고 있다. 따라서 스테인레스 스틸 와이어 메쉬에 의한 보강설계는 강도설계법에 근거하였으며 이에 관련된 설계변수들이 미치는 영향에 대하여 정리하여 제시하였다.(문헌 11 참조)

설계시 대상 철근 콘크리트보는 단철근보로 하였으며 부재의 인장력은 철근과 와이어 메쉬가, 그리고 압축력은 콘크리트의 등가단면적이 저항하는 것으로 가정하였다. 철근콘크리트 보의 강도설계법의 개념은 <그림 3-14>를 참조하여 아래와 같이 설명할 수 있다.



<그림 3-14> 강도설계법의 개념

상기 그림으로부터 와이어 메쉬에 의해 발생하는 추가 인장력이 고려되지 않고 철근에 의해서만 인장력이 저항한다고 하면 등가압축응력 블록깊이 a 와 공칭모멘트는 각각 다음 식과 같이 주어진다.

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 F_{ck} b} \quad \text{<식 3-7>}$$

$$M_n = A_s F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{<식 3-8>}$$

여기서, A_s 는 인장철근량이며, F_y 는 철근의 항복강도, F_{ck} 는 콘크리트의 압축강도이다. 한편, 와이어 메쉬에 의해 보강된 보에 인장철근에 작용하는 인장력을 와이어와 같이 받게 되므로 보에 작용하는 위의 (식 3-1) 및 (식 3-2)는 다음과 같이

수정된다.

$$a' = \frac{A_s F_y + A_w F_w}{0.85 F_{ck} b} \quad \text{<식 3-9>}$$

$$M_{nw} = (A_s F_y + A_w F_w) \left(d - \frac{a'}{2} \right) \quad \text{<식 3-10>}$$

여기서, A_w 는 와이어 메쉬의 양이고, F_w 는 와이어 메쉬의 항복강도이다.

일반적으로 와이어 메쉬의 기계적 성질은 시방기준에 제시하고는 있으나 제작회사 별로 물성특성이 다르다. 따라서 설계시 와이어에 대한 물성실험이 요구된다. 상기 (식 3-3)과 (식 3-4)는 와이어 메쉬가 철근의 위치에 있다고 가정하여 유도된 식으로서 실제로는 철근의 위치보다 하면에 위치하게 된다. 설계시 와이어 메쉬의 위치를 정확히 고려하려면 설계가 매우 복잡해지고 와이어 메쉬의 양을 구하기 위해 비선형 방정식을 풀어야 하는 문제점이 있다. 따라서, 와이어 메쉬의 위치를 철근과 같다고 가정하면 설계식이 비교적 간단해 지고 구조물의 내력측면에서 볼 때 안전측이 되므로 설계의 간편화에 따른 문제점은 없다고 사료된다.

단철근 보(혹은 슬래브)에서 와이어 메쉬에 의한 공칭모멘트는 위의 (식 3-4)를 이용하면 쉽게 계산된다. 그러나 실용적인 문제로서 보강효과의 관점에서 생각하면 공칭저항 모멘트보다는 보강에 쓰일 와이어 메쉬양을 결정하는 것이 문제가 된다. 즉, 보강효과를 얼마로 할 때 필요한 와이어 메쉬양을 계산하는 것이 우선이며, 상기 (식 3-2)와 (식 3-4)를 이용하여 계산하면 결정할 수 있다.

단철근보의 공칭저항모멘트와 보강된 보의 공칭저항 모멘트와의 비를 N 이라 하면 보강효과는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$N = \frac{M_{nw}}{M_n} = \frac{(A_s F_y + A_w F_w) \left(d - \frac{a'}{2} \right)}{A_s F_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad \text{<식 3-11>}$$

여기서, 문제를 쉽게 하기 위해서 새로운 변수 C 를 도입하면 위 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \frac{1}{1.7 F_{ck} b} \quad \text{<식 3-12>}$$

$$N = \frac{(A_s F_y + A_w F_w) (d - (A_s F_y + A_w F_w) C)}{A_s F_y (d - A_s F_y C)} \quad \text{<식 3-13>}$$

와이어 메쉬의 양을 결정하기 위해서는 위의 식 중에서 $A_w F_w$ 만 임의의 식으로 정리되면 된다. 따라서, 위의 식 중에서 $A_s F_v$ 를 X로 하고 $A_w F_w$ 를 X_w 로 하여 나타내면 다음 식으로 나타내어진다.

$$N = \frac{(X + X_w)(d - (X + X_w)C)}{X(d - XC)} \quad \text{<식 3-14>}$$

위의 (식 3-8)은 X_w 에 대한 2차 방정식으로서 이를 정리하고 $CX = a/2$ 의 관계를 이용하면 다음 <식 3-16>와 같이 된다.

$$2CX_w^2 - 2(d - 2a)X_w + (1 - N)(2d - a)X = 0 \quad \text{<식 3-15>}$$

위의 <식 3-16>를 X_w 에 대하여 풀면 다음 <식 3-17>이 얻어진다.

$$X_w = \frac{d-a}{2C} \pm \sqrt{\left(\frac{d-a}{2C}\right)^2 - \frac{a(1-N)(2d-a)}{4C^2}} \quad \text{<식 3-16>}$$

위의 식을 다음과 같은 기호를 사용하면 좀 더 간편한 식이 만들어진다.

$$E = \frac{d-a}{2C} = (d-a)(0.85F_{ck}b) \quad \text{<식 3-17>}$$

$$X_w = E \pm \sqrt{E^2 - (1-N)(2EX + X^2)} \quad \text{<식 3-18>}$$

나. 와이어 메쉬 보강효과 검토 실제 계산식 설정

1) 구체 조건 설정(변수)

- 콘크리트 압축강도 · 철근 항복응력
- 기존 철근량 · 단면폭
- 단면 높이

2) 스테인레스 스틸 와이어 메쉬 물성치

① 2.4Φ 와이어 메쉬

Dia. of cable(mm)		Dia. of wire(mm)		Nominal Area(mm ²)		Breaking Force(kg)		Stress(kg/cm ²)	
φ	act.	spec.	act.	spec.	act.	σ _f	0.85 σ _f		
2.4	2.43	0.29	2.821	417.3	503.3	17841.2	15165.02		

② 3.2Φ 와이어 메쉬

Dia. of cable(mm)		Dia. of wire(mm)	Nominal Area(mm ²)	Breaking Force(kg)		Stress(kg/cm ²)	
φ	act.	spec.	act.	spec.	act.	σ _f	0.85 σ _f
3.2	3.35	0.35	5.091	661.0	873.1	17149.8	14577.33

③ 4.8Φ 와이어 메쉬

Dia. of cable(mm)		Dia. of wire(mm)	Nominal Area(mm ²)	Breaking Force(kg)		Stress(kg/cm ²)	
φ	act.	spec.	act.	spec.	act.	σ _f	0.85 σ _f
4.8	4.9	0.28	10.88	1488.0	1835.0	16865.8	14335.9

3) 보강효과 계산식

보강효과(N)

$$N = \frac{(X + X_w)(d - (X + X_w)C)}{X(d - XC)}$$

※ X = A_sF_y (기존 철근변수)

X_w = A_wF_w (스테인레스 스틸 와이어 메쉬 변수)

d = 피복두께를 제외한 유효폭

$$C = \frac{1}{1.7F_{ck}b}$$

예 1) 콘크리트 T=30cm, 콘크리트 설계기준강도 F_{ck}=240 kg/cm², 철근량 A_s=21.738cm², 철근항복강도 F_y=30,00 kg/cm², 단위폭 b=100cm, 유효폭 d=26cm일 때 스테인레스 스틸 와이어메쉬 3.2Φ 1겹 보강시 보강효과 계산.

$$X = A_s F_y = 21.738 \text{ cm}^2 \times 3000 \text{ kg/cm}^2 = 65214 \text{ kg}, \text{ 배근간격}=@30,$$

$$\text{단위폭당 와이어 개수} = 100/3.0 = 33.33 + 1 \text{ (34개)}$$

$$A_w = 0.05091 \text{ (단위조심)} \text{ cm}^2 \times 34 = 1.73094$$

$$X_w = A_w F_w = 1.73094 \times 14577.33 \text{ (와이어의 항복강도)} = 25232.48 \text{ kg/cm}^2$$

$$C = \frac{1}{1.7F_{ck}b} = \frac{1}{1.7 \times 240 \times 100} = 2.451 \times 10^{-5}$$

보강효과(N)--1겹

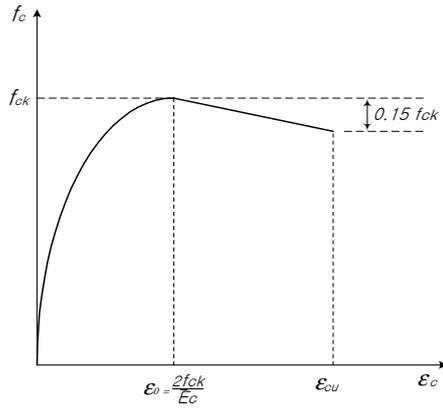
$$\begin{aligned} N &= \frac{(X + X_w)(d - (X + X_w)C)}{X(d - XC)} \\ &= \frac{(65214 + 25232.48)(26 - (65214 + 25232.48) \times 2.451 \times 10^{-05})}{65214(26 - 65214 \times 2.451 \times 10^{-05})} \\ &= 1.3517(\text{약 } 35\% \text{보강효과}) \end{aligned}$$

다. GFRC 패널공법의 설계

1) 휨해석 및 설계

휨보강이 요구되는 구조물에 부착식 보강을 할 경우, 기존 구조물은 사하중이 작용하고 있는 상태에서 보강이 이루어지므로 보강재 부착시 원부재는 사하중에 의한 응력이 작용하고 있는 상태이며 보강재의 응력은 “0”인 상태이다. 따라서, 보강재에 작용하는 응력은 활하중의 크기에 해당하는 만큼만 발생하게 된다. 유리섬유 박판패널에 의한 보강공법의 경우, 보강량의 산정은 인장측 철근이 항복할 때까지 보강부재가 견딜 수 있는 최대모멘트가 소요의 보강모멘트 보다 커야 된다는 개념으로부터 구할 수 있다. 콘크리트의 비선형 거동을 고려한 평형조건과 적합조건을 이용하여 보강설계이론을 정립하였다. 콘크리트의 해석모델은 압축의 경우, Hognestad의 모델식을 적용하였고, 인장의 경우에는 Scordelis의 모델식을 사용하였으며, 철근의 구성 모델은 비선형 탄소성모델을 사용하였다.(문헌 11 참조)

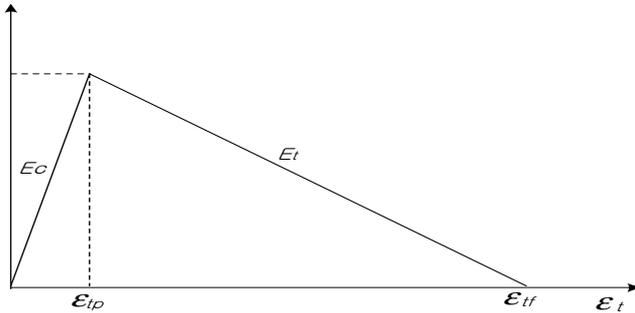
가) 콘크리트 압축모델



for $\epsilon_c \leq \epsilon_0$, $f_c = f_{ck} \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_0} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^2 \right]$ <식 3-19>

for $\epsilon_c \geq \epsilon_0$, $f_c = f_{ck} \left[1 - \frac{0.15}{\epsilon_{cu} - \epsilon_0} (\epsilon_c - \epsilon_0) \right]$ <식 3-20>

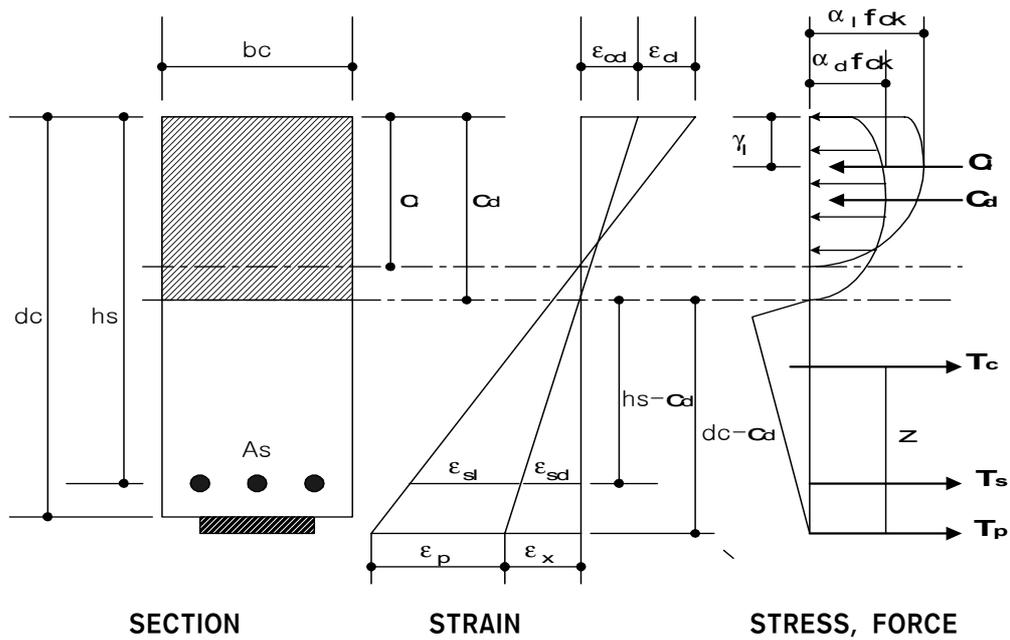
나) 콘크리트 인장모델



for $\epsilon_t \leq \epsilon_{tp}$, $f_t = E_c \epsilon_t$ <식 3-21>

for $\epsilon_t \geq \epsilon_{tp}$, $f_t = \frac{f_t'}{\epsilon_{tf} - \epsilon_{tp}} \epsilon_c - \frac{f_t' \epsilon_{tf}}{\epsilon_{tf} - \epsilon_{tp}}$ <식 3-22>

다) 휨보강된 구조물의 공칭모멘트



<그림 3-15> 박판패널로 보강된 철근콘크리트 보의 하중평형상태

1) 콘크리트에 작용하는 총 압축력 (C_l)

$$C_l = \alpha_1 f_{dk} b c \quad \text{<식 3-23>}$$

여기서 α_1 : 평균 압축응력 계수로

$$\alpha_1 = \frac{\int_c f_c d\epsilon_c}{f_{dk} \epsilon_{cd}} \quad \text{<식 3-24>}$$

γ_l : 압축력의 작용점까지의 거리의 비로

$$\gamma_l = 1 - \frac{\int_0^{\epsilon_{cd}} \epsilon_{cd} f_c d\epsilon_c}{\epsilon_{cd} \int_0^{\epsilon_{cd}} f_c d\epsilon_c} \quad \text{<식 3-25>}$$

위의 (식 3-17) 및 (식 3-18)을 콘크리트 압축모델의 구간별로 적분하면 다음과 같다.

① $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_0$ 일 때

$$a_1 = q - \frac{1}{3}q^2 \quad (\text{여기서 } \frac{\epsilon_d}{\epsilon_0} = q),$$

$$\gamma_1 = \frac{q}{24} \quad \text{<식 3-26>}$$

② $\epsilon_0 \leq \epsilon_c < \epsilon_{cu}$ 일 때

$$a_1 = \frac{2}{3} + \left(\frac{1}{2}\epsilon_d - \frac{\epsilon_0}{2q}\right) \left(1 - \frac{0.15}{\epsilon_{cu} - \epsilon_0}\right) \quad \text{<식 3-27>}$$

$$\gamma_1 = \frac{2(q+2)}{3(q+1)} \quad \text{<식 3-28>}$$

2) 인장철근이 항복했을 때 압축측 콘크리트 연단의 변형률 (ϵ_{cf})

$$\epsilon_d = \epsilon_{sy} \frac{c_1}{(h_s - c_1)} \quad \text{<식 3-29>}$$

여기서 ϵ_{sy} : 인장철근의 항복변형률

3) 인장철근이 항복했을 때 박판패널의 변형률(ϵ_P)

$$\epsilon_P = \frac{\epsilon_{sy}(d_c - c_1)}{c_1} - \frac{\epsilon_{sd}(d_c - c_d)}{(h_c - c_d)} \quad \text{<식 3-30>}$$

4) 인장철근이 항복할 때 보강재가 받는 인장력(T_p)

$$T_p = f_p A_p = \epsilon_p E_p A_p \quad \text{<식 3-31>}$$

5) 인장철근이 항복했을 때 보강부재의 중립축(c_1)

$$c_1 = \frac{f_y A_s + f_p A_p + k_3 f_t b h}{\alpha_f \alpha_c b} \quad \text{<식 3-32>}$$

k_3 : 평균 인장응력 계수로

$$k_3 = \frac{\int_0^{\epsilon_{tm}} f_t d\epsilon_t}{f_t' \epsilon_{tm}} \quad \text{<식 3-33>}$$

(ϵ_{tm} : 인장측 콘크리트 연단의 변형률)

6) 박판패널로 보강 후 부재의 공칭휨강도(M_n)

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} + M_{n3} = T_1 z_1 + T_2 z_2 + T_3 z_3 \quad \text{<식 3-34>}$$

$$= \epsilon_y E_s A_s (h_s - \gamma_{cl}) + \epsilon_p E_p A_p (d_c - \gamma_{cl}) + k_3 f_t' b' z$$

여기서, $z = k_4 (d_c - c_1)$,

$$k_4 = 1 - \frac{\int_0^{\epsilon_t} \epsilon_t f_t d\epsilon_t}{\epsilon_t \int_0^{\epsilon_t} f_t d\epsilon_t}$$

7) 안전검토

$$\phi \cdot M_n \geq M_u \quad \text{<식 3-35>}$$

여기서 M_u : 극한 휨강도

라) 보강설계 순서

① 중립축 위치 c_1 을 가정한다.

② (식 3-22)을 이용하여 ϵ_{cf} 를 산정한 후 ϵ_{cf} 를 (식 3-20) 또는 (식 3-21), (식 3-26)에 대입하여 α_l 과 γ_l , k_3 , k_4 를 계산한다.

③ 힘의 평형조건인 (식 3-25)을 이용하여 계산된 c_1 을 구한다.

④ 계산된 c_1 과 가정한 c_1 과 비교하여 지정된 오차범위 내에 들 때까지 위의 과정을 반복한다.

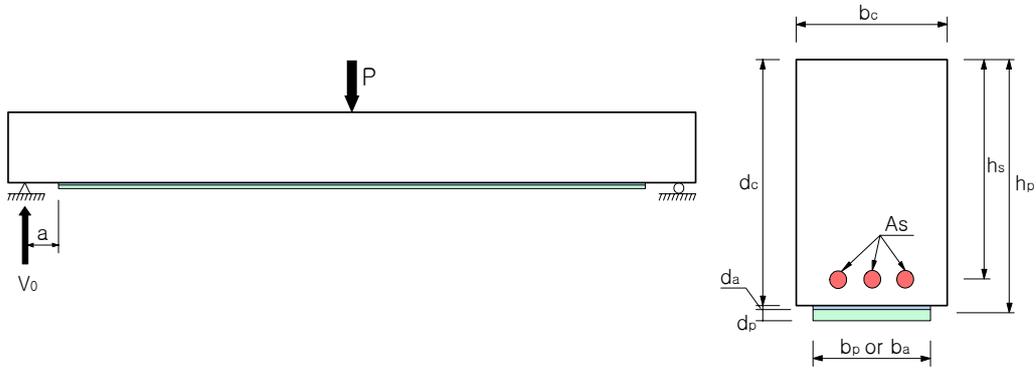
⑤ 구해진 변수들을 이용하여 부재의 공칭휨강도와 안전성을 검토한다.

2) 보강재 단부에서 단부박리에 의한 콘크리트의 사인장 파괴를 방지하기 위한 보강길이의 계산

유리섬유 박판패널로 휨보강한 철근 콘크리트 구조물의 사인장파괴에 의한 조기내력저하를 방지하기 위해서는 적절한 보강길이의 확보가 필요하다. 당사에서는 Roberts가 제안한 보강재 단부 근처의 전단응력(shear stress)과 수직응력(normal stress)으로부터 주응력을 유도하여 주응력이론(principal stress)에 의한 보강길이를

산정한다.

<그림 3-16>에서 보여준 바와 같이 지점에서 보강재 단부까지의 거리 a 를 결정하기 위하여 보강재 단부근처에서 전단응력(τ_0)과 수직응력(σ_0)을 Roberts의 이론에 따라 표시하면 다음과 같다.



<그림 3-16> 보강재 단부 콘크리트의 사인장파괴를 방지하기 위한 보강

① 보강재의 단부에서의 전단응력(Shear Stress)

$$\tau_0 = \left[V_0 + \left(\frac{K_s}{E_p b_p d_p} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot V_0 \left(a + \frac{d_c + d_p}{2} \right) \right] \cdot \frac{b_p d_p}{I b_a} (h_p - X)$$

여기서, V_0 = 전단력

K_s = 단위길이당 전단강성 ($= G_a \frac{b_a}{d_a}$)

G_a = 에폭시 접착제의 전단탄성계수

X = 박판패널의 단면적으로 환산한 환산단면적에 대한 중립축거리

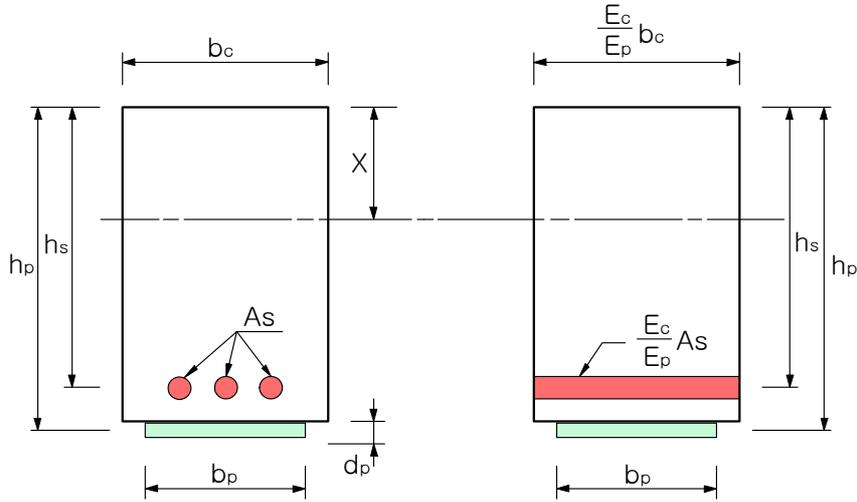
$$X = -B + \frac{\sqrt{(B^2 - 4AC)}}{2A}$$

$$A = E_c \frac{b_c}{2E_p} \quad B = \frac{E_s}{E_p} A_s + b_p d_p \quad C = -\left(\frac{E_s}{E_p} A_s h_s + b_p d_p h_p \right)$$

E_c, E_s, E_p = 콘크리트, 철근, 보강재의 탄성계수

I = 박판패널의 단면으로 환산한 환산단면 2차모멘트

$$I = \frac{\left(\frac{E_c}{E_p} b_c\right) X^3}{3} + \frac{E_s}{E_p} A_s (h - X)^2 + b_p d_p (h_p - X)^2$$



<그림 3-17> 보강구조물의 중립축거리 계산을 위한 환산단면적

② 보강재 단부에서의 수직응력 (Normal Stress)

$$\sigma_0 = \tau_0 \cdot d_p \left(\frac{K_n}{4E_p I_p} \right)^{\frac{1}{4}}$$

여기서,

K_n = 단위길이당 수직강성 ($= E_p \frac{b_a}{d_a}$)

E_a = 에폭시 접착제의 인장탄성계수

I_p = 박판패널의 단면 2차모멘트 ($= \frac{b_p \cdot d_p^3}{12}$)

③ 보강재 단부에서의 주응력 (σ_{\max})

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_0}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_0}{2}\right)^2 + \tau_0^2}$$

④ 단부박리에 의한 콘크리트의 사인장파괴를 방지하기 위한 지점에서 보강재까지의 거리

$$a = \frac{-R_2 + \sqrt{R_2^2 - 4R_1R_3}}{2R_1}$$

여기서,

$$R_1 = B^2 V_0^2 d^2$$

$$R_2 = V_0 B D (2 V_0 D + 2 C B V_0 D + A f_t)$$

$$R_3 = V_0 D (V_0 D + 2 B V_0 D C + B^2 V_0 C^2 D + A f_t + B C A f_t) - f_t^2$$

$$A = d_p \left(\frac{K_n}{4 E_p I_p} \right) \quad B = \left(\frac{k_s}{E_p b_p d_p} \right)^2$$

$$C = \left(\frac{d_c + d_p}{2} \right) \quad D = \frac{b_p d_p}{I \cdot b_a} (h_p - X)$$

3) 전단파괴에 대한 안전 검토

휨모멘트에 대하여 안전하게 설계된 보강구조물이라 하더라도, 휨내력 향상에 따른 외력의 증가분만큼 전단보강을 하지 않았을 경우, 전단에 의해 파괴될 수도 있다. 따라서, 휨보강된 철근콘크리트 구조물은 전단에 의한 파괴여부를 검토하여야 한다.

$$\phi(V_c + V_s) \geq V_u$$

여기서, V_c = 콘크리트가 부담하는 전단력

$$= (0.005 \sqrt{f_c} + 176 \frac{\rho_w V_u d}{M_u}) b_w d \leq 0.93 \sqrt{f_c} b_w d$$

$$V_s = \text{수직스터럽이 부담하는 전단강도} \quad (= \frac{A_w f_s d}{s})$$

V_u = 소요전단강도 (Required Shear Strenght)

ϕ = 강도감소계수(0.80)

f_c = 콘크리트 압축강도

ρ_w = 인장철근의 철근비

$$\frac{V_{ud}}{M_u} \leq 1.0$$

$b_w d$ = 무보강 상태인 철근콘크리트 단면의 폭과 유효깊이

A_v = 스테럽의 단면적

f_{yt} = 스테럽의 항복강도

s = 스테럽의 간격

3. 보수보강 공사 후 모니터링

가. 일반

수리구조물의 보수보강 공사 완료 후 점검 또는 모니터링 조사에 의해 보수보강 부분의 보수효과의 계속성을 확인할 필요성이 있다. 보수보강 공사 후에는 점검을 반드시 실시하고 중요 구조물의 경우 모니터링 조사를 실시하는 것이 좋다.(문헌 76 참조)

점검 또는 모니터링 조사에 앞서서 조사의 빈도, 조사의 범위 및 조사의 방법에 대해 조사 계획을 세운다. 이때 점검의 범위는 구조물 전체로 하고, 모니터링 조사의 범위는 보수보강 공사를 실시한 부분으로 한다.

점검의 방법은 육안 관찰 및 타진으로 하고 모니터링 조사의 방법은 비파괴시험 및 파괴시험 등으로 한다.

보수보강 공사를 완료 후 보수효과의 확인을 위한 평가가 쉬운 것은 아니므로 작업도중에서의 검사기록을 재확인하고 전체적인 보수의 마무리 상태를 확인하며 보수 후의 검사를 통하여 평가하여야 하며, 보수를 부분적으로 빠트린 부분이 없도록 각 별히 주의를 기울여야 한다.

보수보강공사가 완료되었을 시에는 균열조사에 의해 얻은 기록, 원인추정과 보수보강 필요여부 판정의 경위, 보수보강설계서, 보수보강공사기록 등의 각종 자료를 정리하여 수리구조물의 보수보강 이력을 보존하여야 할 것이다. 일반적으로 실시하는 보수보강 후 모니터링에 대한 기준은 다음과 같다.

나. 평가기준

1) 강도와 강성에 관한 기준

균열부에 서로 다른 깊이로 에폭시 주입을 하여 보수한 단면의 코아를 채취하여 할렬인장강도 시험을 수행하여, 균열깊이의 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입 효과를 나타낼 수 있다고 보고되고 있다. 즉, 강도 및 강성에 대해서는 최소한 균열깊이의 80% 이상 주입을 권장하고 있다.

2) 투수성에 관한 기준

보수된 균열은 사용중상태에서 물이나 기타 액체에 의한 투수성 평가를 해야 한다. 완전한 방수를 확보하기 위해서는 균열이 100% 채워져야 하는데, 물과 기타 액체의 삼투압이 적은 경우에는 95%이상의 충전이 적당하다. ACI 228.2R에 물의 삼투압 시험에 의한 보수효과의 확인을 제시하고 있다.

3) 미관에 관한 기준

건축물의 경우 미적인 측면이 매우 중요하다. 보수는 기존 콘크리트와 어울리게 해야 한다. 특히 균열과 철근 노출 및 녹물 오염 등의 미관을 손상시키는 증상을 회복하고, 구조물의 기능성(미관)을 회복하여야 한다.

수리시설물 관리자는 미적인 면의 합격기준을 만족하도록 보수업자에게 보수의 형태를 제시하도록 한다.

다. 평가방법

보수공사에 대한 평가는 시공중 및 시공후에도 수행하여야 한다. 시공중에는 각 단계에서 적절한 방법에 따라 시공관리를 하고, 소정의 품질이 얻어지고 있는 것을 확인해야 한다.

시공 종료후에는 확실한 보수보강이 실시되고 있는 것을 적절한 방법에 의해 검사하지 않으면 안된다. 시공종료 후에 행해지는 조사의 결과는 시공불량의 판정뿐만 아니고, 그 후의 구조물의 유지관리에서의 초기값으로서도 이용할 수 있기 때문에, 이후의 유지관리에 유효한 것으로 생각되는 정보는 검사시에 가능한 한 취득해 두는 것이 좋다. 검사에서 불량이 확인된 경우에는 그 원인을 명확하게 하고, 그에 따르는

처치를 하지 않으면 안된다.

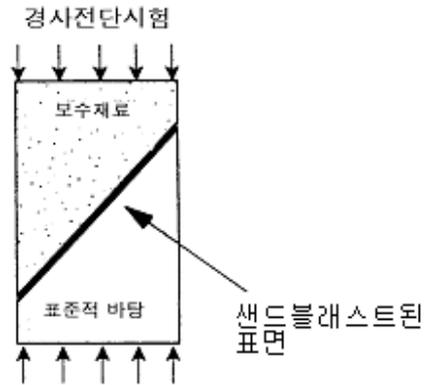
보수공사후 평가는 대규모의 보수공사 혹은 특별히 중요한 보수공사의 경우에는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 보수효과의 확인을 행하는 것이 좋다.

1) 코어 채취

주입 및 부착재료의 침투깊이 및 주입효과 등은 균열의 보수부를 포함하는 코어 시료의 채취에 의해 평가한다. 시료는 다이아몬드 끝날을 사용하는 건식 또는 습식 드릴에 의해 채취한다. 사후 보수 평가의 책임 기술자는 코어 채취 위치나 시편의 수를 결정해야 한다. 고려해야할 사항으로는 구조물 유형(보, 슬래브, 벽체 등), 구조 부재의 크기, 보수의 성격(구조적, 비구조적), 그리고 품질의 보증 정도 등이 있다.

<그림 3-18>과 같이 균열 보수한 부위에서 채취한 콘크리트 코어로 부터 육안 관찰에 의해 보수재의 주입 효과를 확인할 수 있다.

경사 전단시험은 재료성능을 평가하기 위해서 일반적으로 이용되고 있다. 그러나 그 값은 압축강도나 샌드 블래스트(sand blast)의 정도에 따라 대폭적으로 바뀐다. 따라서 경사 전단의 부착강도 값을 현장 성능에 관련짓는 것은 어렵다. 경사전단시험 또는 직접전단시험에 의해서 평가되는 부착 강도값은 직접인장시험과 비교하여 일반적으로 높은 값이 된다. 경사전단시험에 관한 개요도는 <그림 3-19>에 나타내었다.



<그림 3-18> 주입효과 확인용 콘크리트 코어 <그림 3-19> 경사전단시험 개요

직접전단시험은 보수재료와 기존구조물 사이의 부착강도를 측정한다. 현장과 실험

실의 코어 공시체는 특별한 직접전단장치를 이용한다. 전단부착 강도는 파괴하중을 부착면적으로 나눠서 구한다. 실험실과 현장의 시험결과의 상관관계를 구할 수 있다.

일축 인장시험은 인장부착강도 즉, 표면 보수재료와 덧씌우기의 인장강도를 측정하는 시험방법이다. 일축인장시험은 현장에서나 실험실에서도 구할 수 있다. 현장시험은 보수재료와 바탕을 일체의 코어로서 채취하여 행한다. 코어가 바탕에 이어져 있는 사이에 인장 시험장치를 코어에 접속하여 파괴가 생길 때까지 코어에 재하한다.

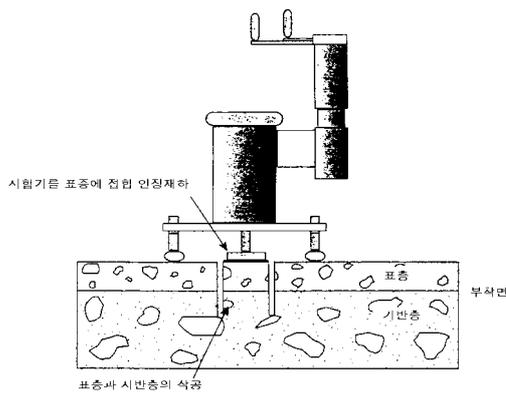
비파괴기법은 균열에 주입재료의 침투깊이 및 주입효과를 평가하기 위해 사용될 수 있다. 비파괴 검사법은 평가되는 구조물의 크기가 크거나, 다른 기법을 실행할 수 없는 경우 구조적 부재를 평가하기 위해 사용된다. 비파괴기법의 이점은 구조물에 추가적인 해가 없고 자료점의 가까운 격자들이 시험될 수 있다는 점이다. 비파괴 검사법은 구조부재의 내부에 대한 일반화된 평가를 나타낸다.

초음파신호 속도시험을 사용하여 개별 균열에서 접촉 재료의 침투깊이를 측정하는 것은 매우 어렵다. 이 방법은 크랙이 전부 채워졌는지 부분적으로 채워졌는지, 상당히 채워졌는지 간에 보수의 전체적인 품질을 평가하는데 유용하다. 효과적인 시험을 위해서는 시험이 보수 직전과 직후에 수행되어야 한다.

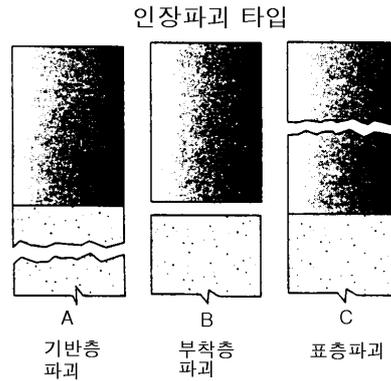
충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 응력파동이 불연속적으로 마주칠 때 파동의 일부가 시험 표면에 되돌아 반사한다. 채워지지 않았거나 부분적으로 채워진 균열은 불연속적으로 구성될 것이다. 충격음법은 균열이 분리되어 있을 때 접촉재료의 침투정도를 결정하기 위해서 사용된다.

2) 현장 부착강도 시험

덧씌우기(overlay)나 표면접착제의 부착강도는 인발시험(pull-off test)과 같은 현장 시험으로 판정할 수 있다. 유효한 현장 시험중의 하나는 <그림 3-20>과 같이 두 층 사이의 부착력을 측정하는 박리시험이다. 이 시험은 두 층을 커팅한 다음 시험기에 의해 인장파괴가 생길 때까지 인장하중을 걸어 <그림 3-21>의 인장파괴양상으로부터 부착성능을 평가한다.



<그림 3-20> 박리시험법



<그림 3-21> 인장파괴형태

3) 하중시험

보수된 단면으로부터의 코어 공시체를 채취하기에 적당하지 않을 때에 하중 시험을 통하여 보수의 품질을 얻기 위해 수행될 수 있다. 예를 들어 매우 강화된 단면의 콘크리트 부재로부터 코어 채취는 매우 어렵다. 이런 경우 하중 시험을 통하여 보수 효과를 확인할 수 있다. 또한 보수한 보수재료의 강성도를 얻기 위해서 수행되기도 한다. 기술자는 보수전의 하중값과 보수후의 하중값을 기록하여 보수효과를 확인, 증명하여야 한다.

수리구조물에 적용가능한 보수보강 소재에 대한 평가와 공법에 대하여 연구되고 이를 검증하고자 시범시공을 실시하였으며, 이에 대한 자세한 내용은 4장에서 설명하였다.

제 4 장 보수보강공법의 수리구조물 시공 사례

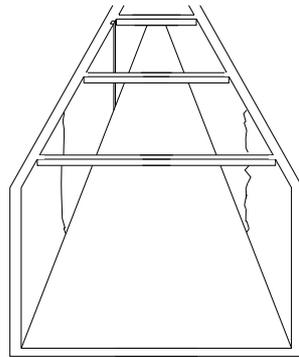
제 4 장 보수보강공법의 수리구조물 시공 사례

1. 세라믹 코팅재와 골재를 적용한 수로교 보수보강 적용사례

- ▶ 일 시 : '05. 2. 21 ~ 2. 25 (4박 5일)
- ▶ 장 소 : 경남 함안군(농업기반공사 함안지사) / 범수면 용수간선
- ▶ 대 상 물 : 수로교 단면 (폭×높이×교각높이) : 1.5m×1.5m×4.0m
 노후손상정도 : 수로교 상부 이음부 누수발생, 철근노출로 인한 부식발생
 균열부 2개소, 조인트부 1개소
- ▶ 투입인원 및 장비
 - 인 원 : 8명 (2명 × 4일)
 - 장 비 : 발전기 1대, 동력공구(그라인더) 1대
 - 자 재

자 재 명	AM-C-C	AM-C-D	AM-C-CD
수 량	8 kg	9 kg	2 kg
비 고	균열충진 및 상도용	바탕조정(퍼티)제	상도용

- ▶ 공 정
 - 균열부 외부 표면처리(열화부위 제거) 및 목재 제거
 - 균열부 및 조인트부 세라믹 재료 충전
 - 상도 도장



<그림 4-1> 수로교
균열부 위치도

□ 시공내용

구분	A point(수로교개거벽체 상부)	B point(수로교 개거벽체 하부)	C point(수로교 개거 바닥 연결부)
21일 (월)	<ul style="list-style-type: none"> ▶10:10 ~ 16:00 -출장 이동(경남 함안) ▶16:00 ~ 18:00 -농업기반공사 함안지사 담당자와 상담 -법수 용수간선(가통) 누수 현장 확인 -전원(발전기) 협조 상의 		
22일 (화)	<ul style="list-style-type: none"> ▶09:30 발전기 인수인계 ▶10:30 ~ 11:30 시멘트 및 기타 필요자재 구입 ▶14:40 ~ 15:00 함안지사 담당 공무원 및 관계자가 현장 방문(C point 추가 시공 요청) ▶18:00 발전기 반납 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▶10:00 ~ 12:30 -균열부 전처리(그라인딩) ▶12:30 ~ 14:30 -AM-C-C 프라이머 ▶14:30 ~ 15:30 -AM-C-C 균열부 충전(회석) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶10:00 ~ 13:30 -조인트 부분 각목 제거 ▶13:30 ~ 14:00 -시멘트 1차 타설 ▶14:30 -플랫폼 및 지지대 불량으로 타설된 시멘트 제거 	<ul style="list-style-type: none"> ▶13:00 ~ 13:30 -균열부 전처리(그라인딩) ▶14:10 -AM-C-C 프라이머 ▶16:30 -AM-C-C 균열부 충전(회석)
23일 (수)	<ul style="list-style-type: none"> ▶11:00 ~ 11:30 -AM-C-D 균열부 충전(퍼티) -바탕조정 	<ul style="list-style-type: none"> ▶10:00 ~ 11:00 -시멘트 2차 타설 ▶15:20 ~ 16:00 -시멘트 3차 타설 	<ul style="list-style-type: none"> ▶11:20 ~ 12:00 -프라이머 세척 제거 -AM-C-C 프라이머 재시공
24일 (목)	<ul style="list-style-type: none"> ▶10:30 ~ 11:30 -AM-C-C 코팅 		<ul style="list-style-type: none"> ▶10:30 ~ 12:00 -AM-C-D 균열부 충전(퍼티)
25일 (금)		<ul style="list-style-type: none"> ▶10:30 ~ 11:10 -AM-C-D 균열부 충전(퍼티) -바탕조정 ▶16:40 ~ 17:00 -AM-C-CD 코팅 	<ul style="list-style-type: none"> ▶16:40 -AM-C-C 코팅

□ 현장작업사진(사진 대지)





설 명	A point(벽 상부)
-----	---------------



설 명	C point (바닥 연결부)
-----	------------------



설 명	B point 1(벽 상부)
-----	-----------------



설 명	B point 2(벽 하부)
-----	-----------------

			
설 명	A point 전처리(그라인딩)	설 명	A point 표면처리 완료

			
설 명	B point 각목 제거	설 명	B point 표면처리 완료

			
설 명	A point 하도 시공 (AM-C-C 프라이머)	설 명	A point 균열부 퍼티 충전(AM-C-D)

			
설 명	B point 시멘트 타설	설 명	B point 시멘트 양생

			
설 명	C point 균열부 퍼티 충전 1 (AM-C-D)	설 명	C point 균열부 퍼티 충전 2 (AM-C-D)

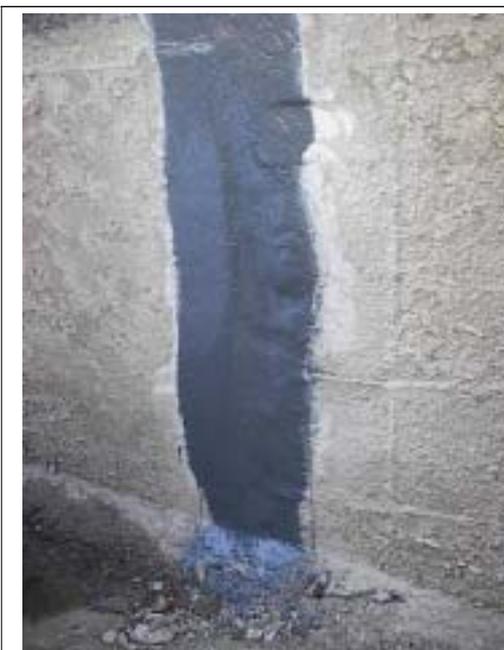
			
설 명	B point 균열부 퍼티 충전 1 (AM-C-D)	설 명	B point 균열부 퍼티 충전 2 (AM-C-D)



설 명	A point AM-C-C 코팅 (작업 완료)
-----	---------------------------



설 명	B point AM-C-CD 코팅 (작업 완료)
-----	----------------------------



설 명	C point AM-C-C 코팅 1 (작업 완료)
-----	-----------------------------



설 명	C point AM-C-C 코팅 2 (작업 완료)
-----	-----------------------------

2. GFRC 패널 공법을 이용한 수로교 보수보강

공사개요

- 시범시공현장 : 농업기반공사 전남본부 담양지사 관내 고서면 고읍리 수로교
- 시 공 회 사 : (주)국민산업
- 시 공 구 간 : 고서면 고읍리 수로교 제1경간
- 공 사 기 간 : 2005년 3월 28 ~ 4월 2일

시범시공 수로교의 현황

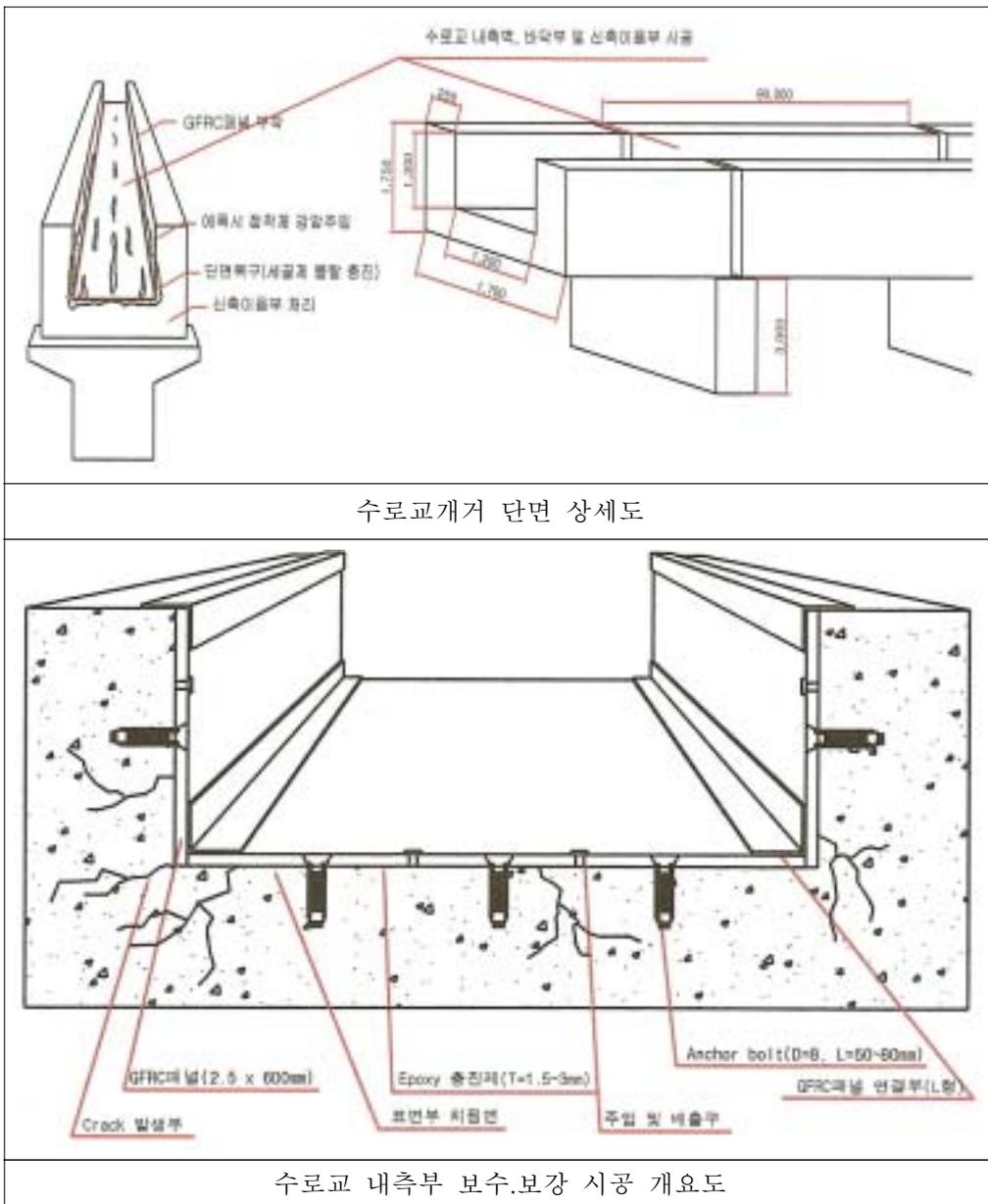
- 외 부 규 격 : 1.7m x 1.75m(폭 x 높이)
- 내 부 규 격 : 1.2m x 1.30m(폭 x 높이)
- 신축 이음부 : 2개소(1.2m x 1.3m x 0.25m(폭 x 높이 x 깊이))
- 노후손상현황 : 수로교 이음부 누수 및 콘크리트 균열 발생

시범시공개요

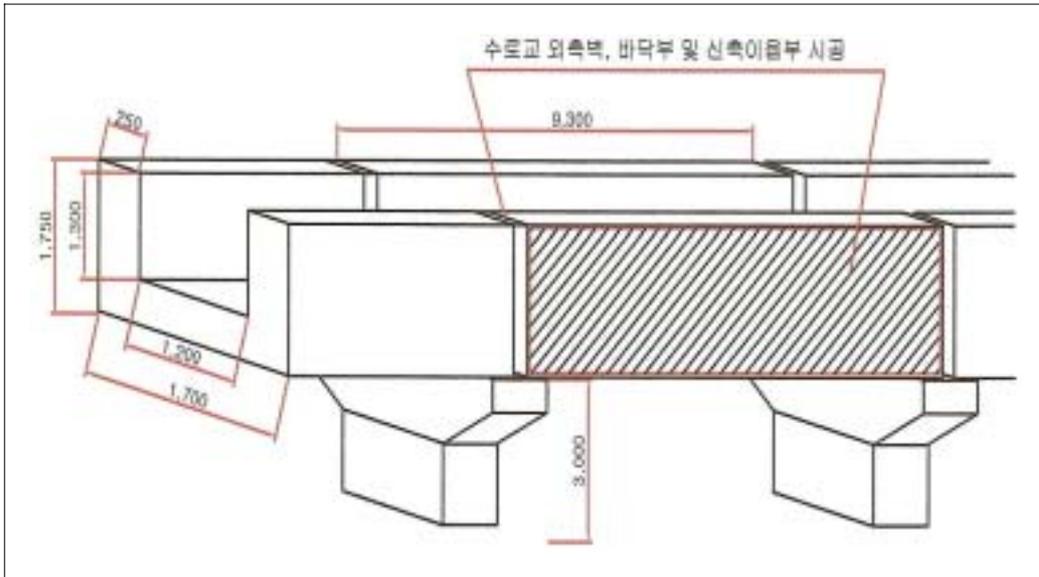
- GFRC패널보강 : 34.20m²(수로교 1경간 내측부 보수.보강)
- 신축 이음부 : 2개 × 1.2m × 1.3m × 0.25m(개소 × 폭 × 높이 × 깊이)

□. 시공방안

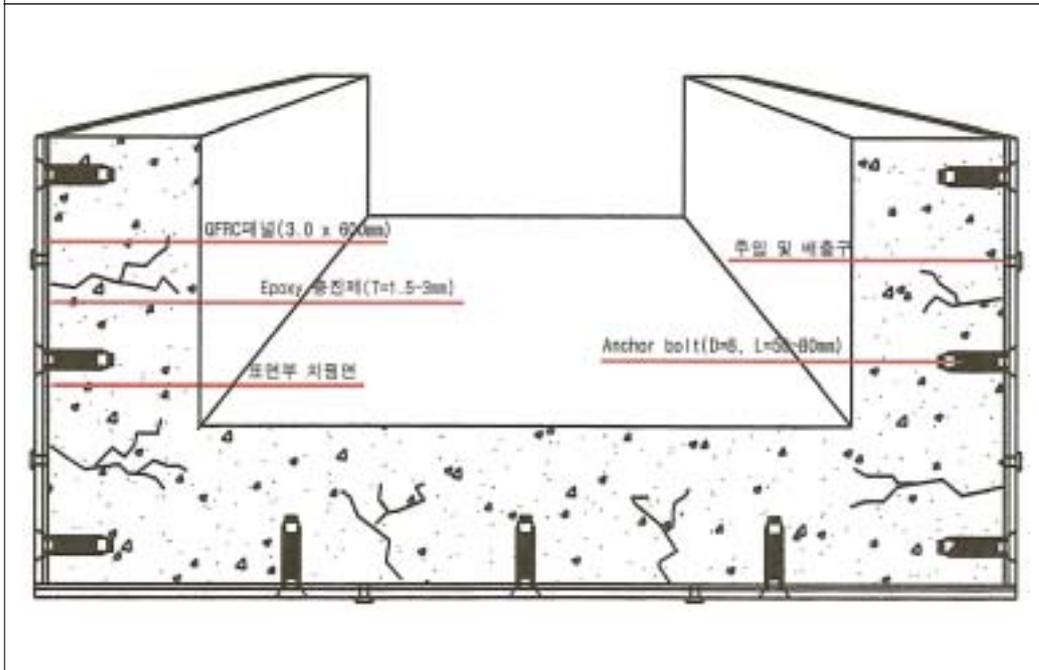
1) ①안. 수로교 내부측 시공



2) ②안. 시공방안 (수로교 외부측 시공)



수로교 개거 단면 상세도



수로교 외측부 보수.보강 시공 개요도

□ 시범시공의 효과

콘크리트 구조물의 보강 효과를 위해서는 수로교의 외벽 시공을 함으로서 보강 효과를 극대화 할 수 있다. 그러나, 수로교의 특성상 방수와 콘크리트 구조체의 손상 등에 의한 보수와 보강의 효과를 위해 수로교 내측(벽)에 당사 건설 신기술 제381호 (GFRC패널 공법) 공법으로 시공하였다.

□. GFRC패널 공법의 특징(건설신기술 제381호)

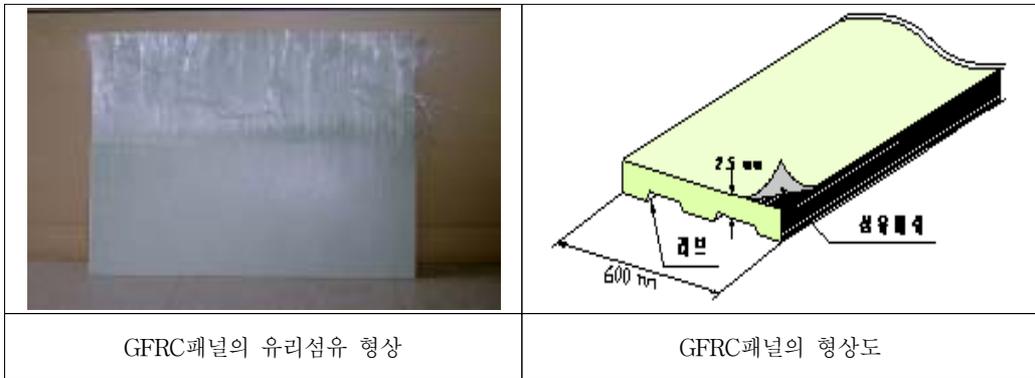
건설신기술 제381호, 특허 제0378217호, 제0334183호

GFRC패널공법 : Construction of Glass Fiber Reinforced Composites panel

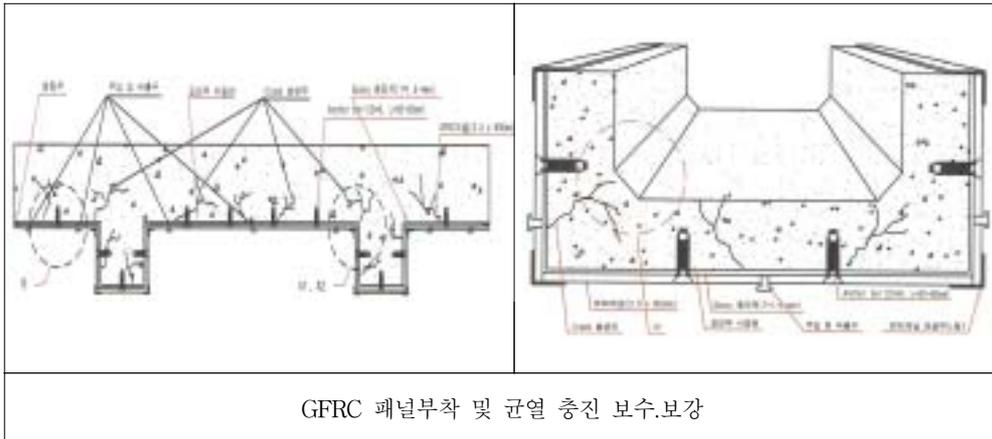
- 공법개요

안전진단 결과에 따른 수리구조물 노후손상 및 균열부위에 대하여, GFRC패널을 부착하여 콘크리트 구조물 내구연한을 증진하는 공법으로 시공 및 보수.보강 분야에 서 효과가 탁월한 공법이다.

1) 일방향 유리섬유 180만 가닥과 로빙크로스(Roving cloth) 유리섬유를 150℃ 이상에서 경화되는 고온경화수지에 함침하여 펄트루전 방식으로 공장에서 자동 생산함 으로서 품질보장은 물론 고인장력, 고강도, 박판으로 가볍고 원스판 롤형으로 생산하 여 이음부가 없으며, 취급이 편리하고 시공성, 편리성, 경제성 등 모든 면에서 콘크 리트 구조물 보수.보강 자재로서 매우 우수한 제품이다.



2) GFRC패널 공법은 패널 접착후 주입제를 강압으로 주입하는 강제주입 방식으 로 미세균열 까지도 주입제가 충전 되어 균열보수와 보강을 동시에 실시한다.



GFRC 패널부착 및 균열 충전 보수.보강

3) GFRC패널공법은 콘크리트 구조물과 패널의 거동을 일체화하는 공법으로서 시공후 2차 균열 등에 의한 하자를 원천적으로 차단한다.

4) GFRC패널은 내구성, 내열성, 난연성, 내후성, 내식성, 내화학성 등이 우수하여 환경, 기후 변화 등 외부 자극에 강하다.

5) GFRC패널을 시공함으로써 콘크리트 구조물이 기후변화에 따른 풍화, 열화 및 화학적인 성분에 의한 부식 등으로부터 보호를 함으로써 풍화나 부식을 방지한다.

6) 고인장 박판 GFRC패널의 시공으로 주인장 철근의 활화중에 의한 응력부담을 줄임으로서 보강후 균열방지와 침식을 방지한다.

7) GFRC패널은 시공후 유지보수가 거의 불필요하며, 한번 시공으로 반영구적인 보수.보강 제품 및 공법으로 장기적인 면에서 경제성이 우수하고, 미관이 수려하며, 환경친화적인 제품이다.

3. 설계방법

① GFRC패널 제품규격

두께	폭	길이	무게 (t =3.0mm 기준)
1 ~ 7mm	600 ~ 1,000mm	100 ~ 500m/Roll	3.3kg/m

② 재료의 물리적 특성

(1) GFRC패널의 역학적 특성

GFRC 패널을 4회 시험한 결과 인장강도, 굽힘강도, 압축강도, 인장탄성을 및 굽

곡탄성율에서 탁월한 성과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

항 목	단 위	1	2	3	4	평 균
인장강도	MPa	661	769	677	686	698
굽힘강도	MPa	1,160	952	868	982	990
압축강도	MPa	153	170	170	170	166
인장탄성율	MPa	48,500			33,000	40,750
굴곡탄성율	MPa				31,700	31,700
열팽창계수	1/°C				1.3x10	1.3x10
면내전단강도	MPa				281	
경도				90	281	

(2) 동결융해에 대한 내구성 평가

GFRC패널의 내구성을 평가하기 위해 한국화학시험연구원에 의뢰하여 동결융해 저항성, 내후성 및 내화학성에 대한 시험을 실시하였다.

동결융해 시험은 KS F 2456(급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 정향 시험방법)에 의해 수행되었으며, 실험조건은 20°C에서 2시간 융해한 다음 -25°C에서 2시간 동결하는 것을 1 cycle로 하여 총 80 cycle 실시하였다. 이 표로부터 동결융해 80 Cycle의 조건하에서도 강도 저하 현상은 없는 것으로 나타나 재료 자체의 동해에 의한 열화현상은 일어나지 않을 것으로 판단된다.

시험 항목	동결융해 전	동결융해 후	단 위	적용규격
인장강도	677	711	MPa	KS F 2241
굽힘강도	868	832	MPa	KS F 2242
압축강도 (층에수직)	170	160	MPa	KS M 3015

(3) 내후성 평가

GFRC패널의 내후성 시험은 KS F 2274(건축용 합성수지재의 촉진 노출 시험 방법)에 의해 수행되었으며, 촉진 노출 시험 장치는 sunshine carbon arc 형을 사용하였으며, 시험 시간은 GFRC패널의 겉모양과 변퇴색을 관찰하는 것으로서 300시간 실시하였다. 시험 결과 GFRC패널의 모양이 변하거나 퇴색은 발견되지 않았으며, 강도 감소 현상 등도 나타나지 않은 것으로 평가되었다.

시험 항목	축진 내후성 시험 전	축진 내후성 시험 후	단 위	적용규격
인장강도	469	754	MPa	KS F 2241
굽힘강도	952	895	MPa	KS F 2242
압축강도	170	170	MPa	KS M 3015

(4) 내화학적 평가

GFRC패널의 내화학적 시험은 KS M 3007(플라스틱의 내약품성 측정 방법)에 의해 수행되었으며, 이시험 방법은 특히 플라스틱을 휘발성 화학 약품 속에 담근 후, 플라스틱으로부터 가소재나 다른 추출될 수 있는 성분들의 손실을 측정하는 것으로서 경험적인 시험 방법이다. 시험 결과 GFRC패널의 무게 변화율은 매우 적은 값을 나타내어 충분한 내화학적 성을 가지고 있는 것으로 평가되었다.

시험항목	단위	무게변화율(%)	적용 규격
염산 10%	wt %	0.02	KS M 3007
황산 3%	wt %	0.02	
질산 10%	wt %	0.01	
수산화나트륨 10%	wt %	0.03	
암모니아 5%	wt %	0.01	
메탄올 95%	wt %	0.01	
벤젠 99%	wt %	0.02	
에탄올 95%	wt %	0.01	

③ 특징

- 이음부가 없이 원 스팬 설계시공으로 보강 및 내하력 증진효과 탁월
- 유리섬유가 주재료인 박판패널로 고인장, 경량으로 시공성 우수 및 자하중이 적음
- 방수성, 내후성, 난연성, 절연성, 내화학적, 동결융해등에 강함
- 보수(균열,박리박락등), 보강, 구조물 피복보호 및 단면복구를 동시에 수행

○ GFRC패널공법 시공순서

	
<p>1. 안전진단을 통해 보강 필요성을 판단한다</p>	<p>2. 보강 GFRC패널 부착면을 치핑한다.</p>
	
<p>3. Epoxy 프라이머 도포(방청 및 분진제거)</p>	<p>4. U형 클립을 부착한다</p>
	
<p>5. 또는 앵커볼트로 GFRC패널 부착</p>	<p>6. GFRC패널 부착</p>
	
<p>7. Sealing한다</p>	<p>8. 주입제 주입후 양생 및 필요시 도색</p>

○ GFRC패널공법 적용사례 (예)

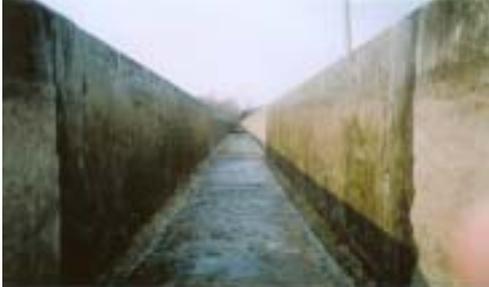
	
<p>지하주차장 및 압거등 시설</p>	<p>지하차도 및 터널구조물</p>
	
<p>항만 및 수리 시설</p>	<p>잔교부두</p>
	
<p>교량 구조물</p>	<p>교량 PC Beam교등</p>
	
<p>지하 및 철도터널</p>	<p>건축 구조물</p>

항 목	공 법 비 교		
	GFRC패널공법	기존공법	
보강재료	<ul style="list-style-type: none"> GFRC패널 : 유리섬유 80%, 고온경화수지 20%. 유리섬유와 150~170℃에서 경화되는 고온경화수지를 사용 펠트루전방식에 의한 자동생산으로 품질보장. 완제품 규격 : 박판(2.5t), 윈스판(최고100~500m/Roll). 약184만 가닥의 일방향 유리섬유 함유로 고인장력과 양쪽 표면 Roving cloth 섬유메쉬 함침으로 횡방향 장력보강. 	<ul style="list-style-type: none"> 철판(강판) 에폭시 경화 패널 탄소섬유 쉬트 단면증설(몰탈) 	
GFRC패널 기본강도	인장	<ul style="list-style-type: none"> 698MPa 	인장강도 <ul style="list-style-type: none"> 강판 :235MPa 탄소섬유쉬트 : 1,715Mpa(얇은 섬유형태)
	휨	<ul style="list-style-type: none"> 990MPa 	
	압축	<ul style="list-style-type: none"> 166MPa 	
축진내후성	인장	<ul style="list-style-type: none"> 754MPa 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소섬유쉬트 : 자외선 노출에 의한 취성과파괴 발생 (상온경화 에폭시 사용)
	휨	<ul style="list-style-type: none"> 895MPa 	
	압축	<ul style="list-style-type: none"> 170MPa 	
동결융해	인장	<ul style="list-style-type: none"> 711MPa 	<ul style="list-style-type: none"> 강판 : 열팽창계수로 인한 동결 융해에 취약 몰탈 : 동결융해로 인한 재료분리 발생
	휨	<ul style="list-style-type: none"> 832MPa 	
	압축	<ul style="list-style-type: none"> 160MPa 	
열팽창계수	<ul style="list-style-type: none"> 1.3 x 10⁻⁵mm/℃, 콘크리트 : 1.0 x 10⁻⁵mm/℃ 열팽창계수가 유사하여 체적변화가 거의 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> 열팽창계수 상이로 인한 동결융해에 취약 	
주입재료	<ul style="list-style-type: none"> 접착성능을 향상시킨 Epoxy주입제 개발. 콘크리트와 패널 및 균열부에 강압 충전 접착력 우수 	<ul style="list-style-type: none"> Epoxy주입, Epoxy접착, 지수충진, 몰타르 증설 	
내력증진효과	<ul style="list-style-type: none"> 159 ~ 218% 증진효과 	<ul style="list-style-type: none"> 강판 : 170 ~ 195% 탄소섬유쉬트 : 135 ~ 170% 	
시공성	<ul style="list-style-type: none"> 저 중량, 박판, 보강부위별 윈스판 제단으로 시공성 및 편리성 우수(완제품 규격 : 2.5mm x 600mm x 300m/ Roll). 보수(균열, 박리박락). 보강, 피복보호 및 단면복구를 동시에 수행 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 강판, Epoxy패널 : 고하중, 장기간 시공공란으로 공기 장기화 탄소섬유쉬트 : 시공성은 우수 단면증설 : 시공성우수 	

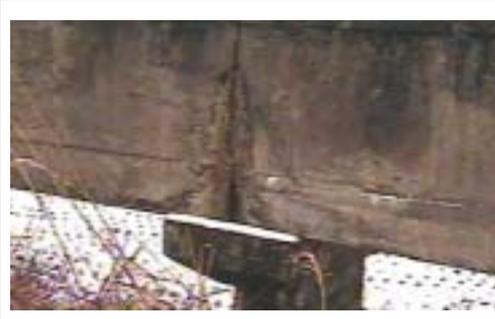
항목	GFRC패널공법	기존공법
내구성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ GFRC패널은 유리섬유와 고온경화수지에 의한 필투류전 자동방식으로 생산된 제품으로 고인장력 및 고강도로 보강효과가 탁월하다. ◦ 외부환경으로부터 변형이 없으며, 기후변화, 화학물질, 외부충격, 내열(난연, 단열)성등 보수.보강 자재로서 우수한 제품이다. ◦ 콘크리트 구조물의 피복보호효과 면에서도 탁월한 제품이며, 고강도 박관 투명성으로 주입제의 주입상태 및 유지보수가 편리하다. ◦ 주입제 강압주입으로 미세균열보수와 이음부가 없이 장시간 시공으로 GFRC패널과 구조물의 거동을 일체화함으로써 보강효과가 탁월하며, 이음부 형성으로 기존 판접착공법의 문제점인 2차 균열의 염려가 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 강관 : 부식 또는 만곡률 재료등에 의한 보강효과의 저하 및 주입제 강제주입 방법은 같으나 보강제의 두께등으로 주입제의 주입상태 파악이 곤란하다. ◦ 탄소섬유쉬트 : 보호체가 쉬트형 및 상온경화 Epoxy접착방법을 사용함으로써 외부환경 및 자극에 약하고 쉽게 변형이나 재박리 발생한다. ◦ 모르타르 : 기존구조물과 체적변화 및 열팽창계수차에 의한 건조수축에 의한 균열, 재료분리 등이 발생한다. ◦ 장시간 시공 곤란으로 이음부의 취약점으로 인하여 또는 기존 콘크리트와 보강 몰타르간의 함수비차이등으로 2차균열을 유발시킬 수 있다.
내열성 난연성 투명성 절연성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 내열 및 단열성이 강하여 고온에서도 연화하거나 변형되지 않고, 저온에서도 부서지거나 크랙이 생기지 않는다.(열전도율 철의 1/200 정도). ◦ 유리섬유와 고온경화수지로 난연성이 강하다(준난연성). ◦ 제품의 박관 투명성으로 주입제의 주입상태 및 사후 변형상태등 유지관리가 편리하다. ◦ GFRC패널 부착후 주입제를 강압 주입함으로써 미세균열까지도 충전되어 패널과 구조체의 일체화 보강으로 2차 균열 및 자연환경으로부터 구조물을 보호 예방 한다. ◦ 절연성이 우수하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 상온경화 에폭시접착으로 내열성이 약하다. ◦ 강관, 에폭시관넬등은 강관의 특성 및 관제의 두께등으로 주입제의 주입상태를 정확히 파악하기 곤란하다. ◦ 강관 및 탄소섬유의 경우 절연성이 없다.
내후성 내식성 내화학성	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 고온경화 강압식 유리섬유박관패널 제품으로 온도변화에 강하며, 환경변화에 표면의 색상이 퇴색되지 않아 반 영구적이다. ◦ 유리섬유 및 고온경화수지 사용으로 부식 발생 및 변형우려가 없음. 기후변화나 화학물질에 노출되어 풍화, 열화, 변형이나, 중성화등 산(Acids), 알카리, 염(Salts), 용제류(Solvents)등에 내식성이 우수함. ◦ 패널의 보강으로 콘크리트구조물의 코팅효과로 환경오염등 외부 자극에 대해 보호효과가 탁월하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 강관 : 공기중 및 수분에 노출시 부식 발생, 재료분리 및 주변오염원 제공 ◦ Epoxy패널, 탄소섬유쉬트 : 수분 및 동결융해 등으로 재료분리, 탈락 발생, 외부 자극으로 보강체의 손상 및 탈락발생 우려. ◦ 단면중설 : 기존구조물과 보강체(몰타르 등)의 체적차이 및 온도변화에 의한 수축응력(열팽창계수)에 의한 균열 및 탈락발생 우려.
유지 보수	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 박관, 경량으로 유지보수 및 점검하기가 쉽다. ◦ 보강체의유지상태를 타공법(망치등), Light(후레쉬)법, 육안 식별(변색)등 간단한 방법으로 판별 가능함(투명성). ◦ 콘크리트와 열팽창계수가 유사하여 재료분리가 발생하지 않으며 부분보수가 쉽다. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 강관 및 Epoxy패널은 고 중량 및 두께 등으로 유지보수가 어렵고, 재료분리등 하자 발생시 쉽게 판별이 곤란함. ◦ 보강제의 자하중이 무거워 구조물에 하중부담을 야기. ◦ 자하중이 무거워 유지보수 및 점검이 힘들다. ◦ 하자발생시 부분보수가 어렵다.

<p>종합의견 1 (수리구조물)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 수리구조물 보수보강공사에 있어서 다음과 같은 사항들이 고려 되어야 할 것으로 판단된다. ▫ 수중 콘크리트 구조물 등은 사용설계 내구연한이 풍수해, 동결융해등 자연환경에 의한 부식 및 손상과 배수유속 및 유압에 의한 마찰등으로 재료분리, 박리, 균열등이 발생하여 사용 내구연한이 단축되어, 구조물의 안전성을 위해 보수.보강공사를 요하는 것으로서 시공 후 품질의 안전성이 고려되어야 할 것으로 판단된다. ▫ 기존 보수.보강 공법으로는 단면증설, 섬유쉬트부착, 지수 충전등이 사용 되어 왔으나, 단면증설(폴리머, 무수축콘크리트)공법은 시공성이 우수한 반면에 시공후 동결융해등으로 인하여 재료분리와 박리현상들이 발생할 수 있으며, ▫ 섬유쉬트공법 또한 시공성은 우수한 반면 고점도 에폭시계를 사용함으로써 구조물에 대한 균열충진이 불가능하고 누수에 의한 재료분리, 자외선에 노출시 취소성이 상실됨으로 시공후의 품질에 안전성을 확보하기 어려우며, 지수충진공법은 누수를 단기간에 차단하는 효과는 좋으나, 접착력이 충분치 않아 재 누수가 발생하여 동결융해로 인한 구조체의 손상으로 재 공사를 하게 될 염려가 있다.
<p>종합의견 2 (신기술 제 381호)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 신기술 제381호(GFRC패널공법)은 기존 공법에서의 문제점들을 모두 보완 할 수 있는 공법으로 판단된다. ▫ GFRC패널은 공장자동화 시설에 의한 일방향 유리섬유(약184만 가닥)와 Roving cross유리섬유를 고온경화수지(150~170℃에서 경화)에 함침하여, 펄트루전(인발성형) 생산방식으로 제조됨으로서 품질의 안전성이 우수하고, 강도면에서 강판의 약 3배에 달하며, 무게는 1/3정도이며, 부식에 강한 내식성, 내구성, 내열 단열성, 내구축진성, 동결융해성이 기존공법에 비해 월등히 우수하여 콘크리트구조물 내력증진에 탁월한 공법으로 판단된다. ▫ GFRC패널은 고인장력 및 고강도를 유지하며, 일반구조물뿐만 아니라, 표면이 유리처럼 평탄하여 수리구조물의 유속 및 유압에 의한 재료분리 및 손상우려가 없으며, 구조체를 GFRC패널로 보강 및 구조물에 충전되는 주입접착체를 보호 하므로서 내구연한을 증진하는 효과를 볼 수 있다. ▫ 신기술 제381호(GFRC패널공법)은 재료의 우수성 및 시공후 환경변화에 따른 저항성이 우수하여, 자연환경 및 계절변화에 따른 동결융해등 외부환경에 따른 재료분리, 박락등 타 공법에 비해 구조물 내구연한을 장기화 할 수 있을 것으로 기대한다. ▫ GFRC패널공법은 구조물의 상태에 따라 건식 또는 습식에폭시 접착체를 패널과 구조물사이에 강제주입 접착하므로서 미세균열까지 충전하여 구조물을 강화 시키고, 패널로 일체화함으로써 2차 균열 및 열화, 풍화, 침식등 재 손상을 방지한다. ▫ GFRC패널공법은 시공후 유지보수가 거의 불필요하며, 한번 시공으로 반영구적인 보수.보강 공법으로 장기적인 면에서 경제성이 우수하고, 미관이 수려하여 환경친화적인 효과도 탁월하다.

□ 수로교 보수보강 시공사진

	
<p>① 초기 상태(수로교 외측1)</p>	<p>② 초기 상태(수로교 외측2)</p>
	
<p>③ 초기 상태(수로교 내측)</p>	<p>④ 표면 치핑</p>
	
<p>⑤ 프라이머 도포</p>	<p>⑥ 패널부착 및 단부 쉐어링</p>
	
<p>⑦ Epoxy주입제 주입</p>	<p>⑧ 시공완료</p>

2) 신축이음부

	
<p>① 신축이음부 초기상태1</p>	<p>② 신축이음부 초기상태2</p>
	
<p>③ 신축이음부 초기상태3</p>	<p>④ 단면치평 및 프라이머 도포</p>
	
<p>⑤ 신축이음재 시공</p>	<p>⑥ 고장력 실리콘 충전시공</p>
	
<p>⑦ 시공완료</p>	<p>⑧ 시공완료</p>

3. 스테인레스 스틸와이어 메쉬와 침투성 폴리머 모르터를 이용한 콘크리트구조물 보수보강공법

1. 적용범위

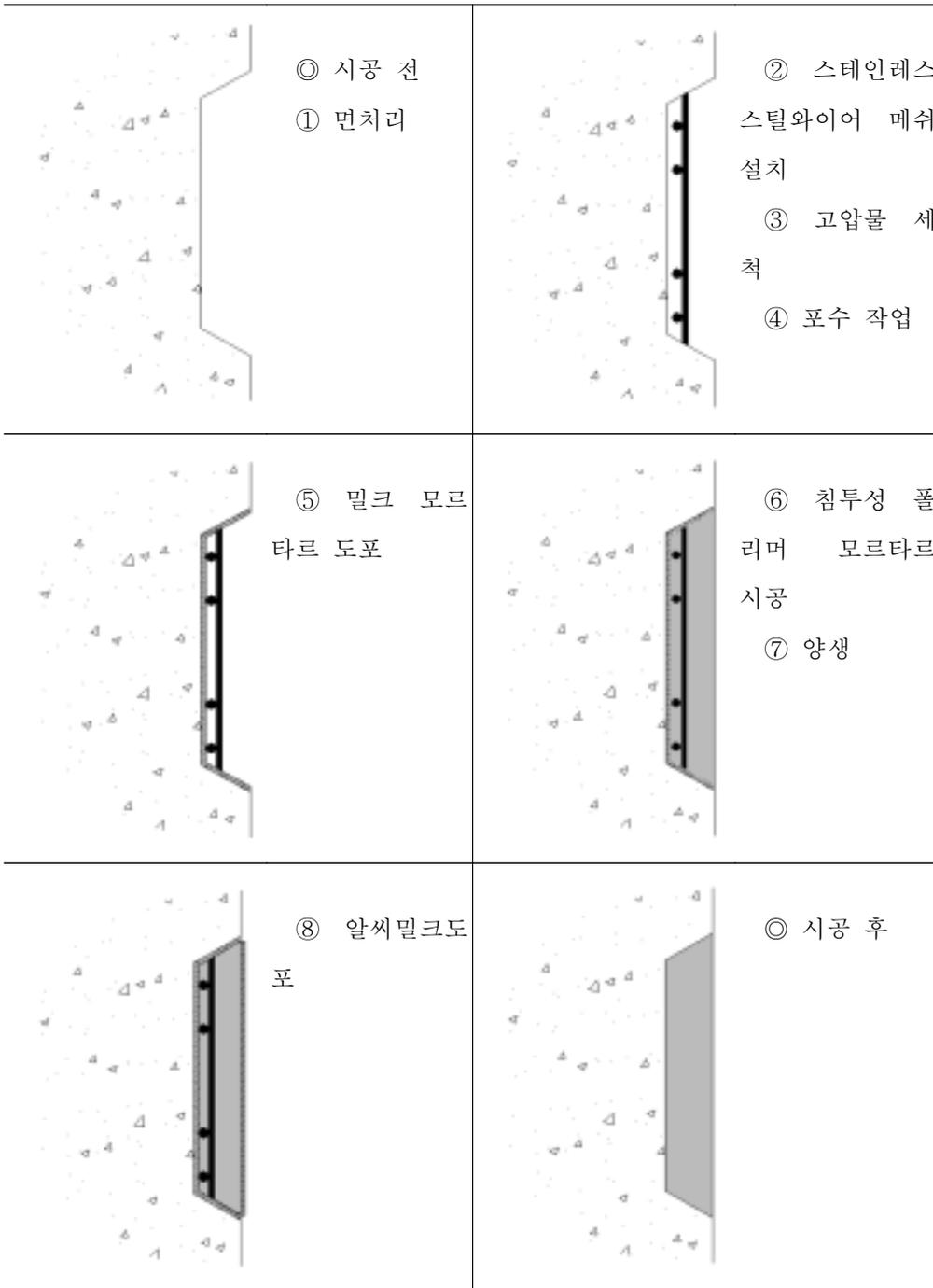
본 시방은 스테인레스 스틸와이어 메쉬와 침투성 폴리머 모르터를 이용하여 기존 콘크리트 구조물의 내하력 및 내구성을 향상시키는 보수·보강공사에 적용한다.

2. 시공개요

(1) 시공순서도

공 정	사용재료	사용도구
면처리		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 그라인더, 브레이커 ▪ 워터젯
스테인레스 스틸와이어 메쉬 설치	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 와이어 메쉬 ▪ 고정핀, 끝단고정터미널 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인장기세트 ▪ 햄머드릴, 망치
고압물세척		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고압살수기
포수 작업		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 살수기
밀크 모르타르 도포	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀크 모르타르 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 모르타르 스프레이 건 ▪ 핸드 믹서기
침투성 폴리머 모르터르 시 공	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 침투성 폴리머 모르터르 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미장도구, 핸드믹서기 ▪ 슛크리트 장비
양 생		
알씨밀크 도포	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 알씨 밀크 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에어리스건, 스프레이건 ▪ 핸드 믹서기

(2) 시공개요도



3. 재료

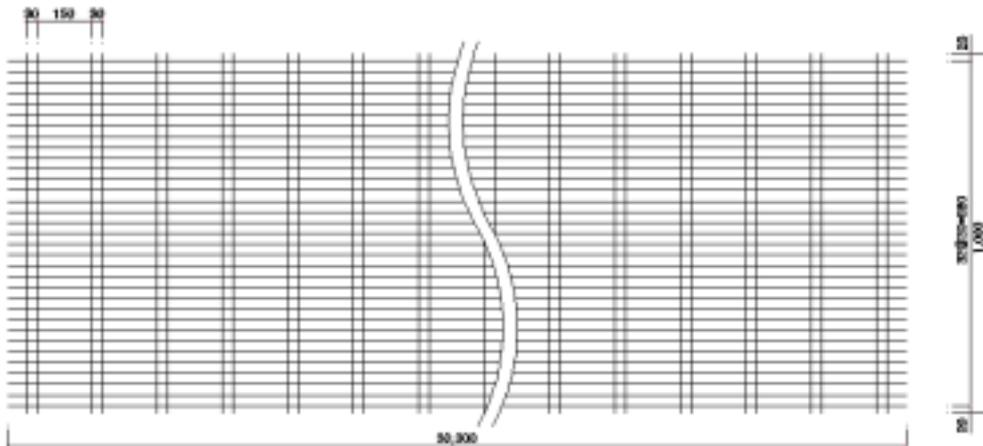
3.1 스테인레스 스틸와이어 메쉬

(1) 물성

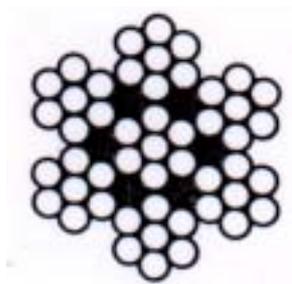
Dia. of cable(mm)		Dia. of wire(mm)		Nominal Area(mm ²)		Breaking Force (kg)		Stress(kg/cm ²)	
ϕ	act.	spec.	act.	spec.	act.	σ_f	$0.85 \sigma_f$		
2.4	2.43	0.29	2.821	417.3	503.3	17841.2	15165.02		
3.2	3.35	0.35	5.091	661.0	873.1	17149.8	14577.33		
4.8	4.9	0.28	10.88	1488.0	1835.0	16865.8	14335.9		

(2) 규격

① 제품생산 규격 : 1롤(1m×30m)



② 와이어 단면도 : 7×7



(3) 특성

- 피로강도가 좋다.
- 녹이 슬지 않는다.
- 릴렉세이션(relaxation)이 작다.
- 응력부식에 대한 저항성이 우수하다.
- 직선성을 유지하여 와이어 메쉬 제작이 용이하다.
- 인장강도가 높아 작은 단면에서 큰 힘을 발휘한다.
- 항복비(항복점응력의 인장강도에 대한 백분율)가 크다.
- 메쉬 제작시 와이어의 선택에 따라 배치간격을 조정할 수 있다.
- 파괴에 이르기까지 높은 응력에 견디며 신장률(elongation)도 크다.
- 부착시켜 사용하는 와이어는 콘크리트(모르타르)와의 부착력이 우수하다.

(4) 시공시 유의사항

- 와이어 메쉬 설치시 처지지 않도록 유의해야 한다.
- 와이어 메쉬 시공시 부근과 주근이 뒤집히지 않도록 주의하여 시공한다.
- 와이어메쉬의 주근방향은 설계 도면에 의거하여 시공한다.

3.2 침투성 폴리머 모르터

(1) 물성

항 목		단 위	규 격	비 고
압축강도	7일	kg/cm ²	250이상	
	28일	kg/cm ²	350이상	
부착강도(28일)		kg/cm ²	15이상	
휨강도(28일)		kg/cm ²	80이상	

(2) 특성

- 조기강도 및 종국강도가 우수하여 모체와 일체화를 이룸.
- 기존 모체와의 접착성이 뛰어나.
- 무수축이므로 균열이 발생되지 않음.

- 이산화탄소에 대한 저항성이 우수하여 콘크리트의 중성화를 예방.
- 염화물의 저항성이 우수하여 내부 철근의 부식을 방지.
- 기존 콘크리트와 역학적 거동이 동일함.
- 동결융해에 대한 저항성 및 장기 내구성이 우수하다.
- 유해 화학성분에 대한 저항성이 우수.

(3) 시공시 유의사항

- 혼합시 반죽을 충분히 할 것.
- 사용시 자주 거둬 비비기를 할 것.
- 사용도중 반죽이 되어졌을 때 물을 추가하여 되비비기를 하지 말 것.
- 일평균 기온이 25℃이상인 곳 또는 30℃이상인 곳에서는 시공을 금한다. 다만 부득이하게 시공을 실시할 경우 콘크리트 시방서 서중 콘크리트 규정에 따른다.
- 일평균 기온이 5℃이하일 때 시공을 금한다. 다만 부득이하게 시공을 실시할 경우 콘크리트 시방서 한중 콘크리트 규정에 따른다.
- 얼지 않게 보관할 것(5℃이상인 곳에 보관)
- 하절기 직사광선에 방치하지 말 것.
- 보관시 수분과 접촉하지 않도록 할 것.

(4) 제품 혼합비

품 명	단 위	수 량		비 고
		분 말	액 상	
침투성 폴리머 모르타르	kg	17	3	분말 1포 혼합액 1팩

3.3 밀크 모르타르

(1) 용도

단면의 손상정도가 심한 곳에 도포하여 구체를 강화시키는 용도 및 계면사이의 접착력을 증가시켜주는 용도로 사용되며 유기계 재료가 아닌 무기계 재료로서 콘크리트 구조물과 물성이 동일한 우수한 보수재료이다.

(2) 특성

- 신·구 계면간의 우수한 부착력 확보.
- 우수한 강도 성능.
- 시공상 접착성이 우수함.
- 기존 콘크리트와 물성이 거의 같음.
- 미세 균열의 보완기능.
- 염화물 등 화학적 유해성분에 대한 침투 저항성 우수.

(3) 시공시 유의사항

- 혼합시 반죽을 충분히 할 것.
- 사용시 자주 거둬 비비기를 할 것.
- 사용도중 반죽이 되어졌을 때 물을 추가하여 되비비기를 하지 말 것.
- 한번에 2mm이상 도포하지 말 것.
- 일평균 기온이 25℃이상인 곳 또는 30℃이상인 곳에서는 시공을 금한다. 다만 부득이하게 시공을 실시할 경우 콘크리트 시방서 서중 콘크리트 규정에 따른다.
- 일평균 기온이 5℃이하일 때 시공을 금한다. 다만 부득이하게 시공을 실시할 경우 콘크리트 시방서 한중 콘크리트 규정에 따른다.
- 얼지 않게 보관할 것(5℃이상인 곳에 보관)
- 하절기 직사광선에 방치하지 말 것.
- 보관시 수분과 접촉하지 않도록 할 것.

(4) 제품 혼합비

품 명	단 위	수 량		비 고
		분 말	액 상	
밀크 모르타르	kg	11.0	5.0	분말 1포 혼합액 2팩

3.4 알씨 밀크

(1) 용도

R.C-Milk는 콘크리트의 표면을 강화시켜주는 마감 처리용 시멘트 풀로 중성화 방

지 성능, 내화학적, 유해가스 저항성 등이 뛰어나므로 콘크리트 구조물의 열화를 방지하고 내구성을 향상시켜주며 우수한 방수성능으로 인해 백화현상 등을 막아준다. 따라서 본 제품은 콘크리트의 사용가능 기간을 효과적으로 늘려주는 콘크리트 표면 보호 강화제이다.

(2) 특성

- 염화물등 유해물 침투저항성 우수.
- 중성화에 대한 저항성이 우수.
- 유해화학성분 저항성 우수
- 방수 및 지수성 우수.
- 우수한 접착성 및 장기부착성능 우수.
- 우수한 강도 및 미세균열 보완기능
- 우수한 작업성

(3) 시공시 유의사항

- 혼합시 반죽을 충분히 할 것.
- 사용시 자주 거둬 비비기를 할 것.
- 사용도중 반죽이 되어졌을 때 물을 추가하여 되비비기를 하지 말 것.
- 한번에 2mm이상 도포하지 말 것.
- 일평균 기온이 25℃이상인 곳 또는 30℃이상인 곳에서는 시공을 금한다. 다만 부득이하게 시공을 실시할 경우 콘크리트 시방서 서중 콘크리트 규정에 따른다.
- 일평균 기온이 5℃이하일 때 시공을 금한다. 다만 부득이하게 시공을 실시할 경우 콘크리트 시방서 한중 콘크리트 규정에 따른다.
- 얼지 않게 보관할 것(5℃이상인 곳에 보관)
- 하절기 직사광선에 방치하지 말 것.
- 보관시 수분과 접촉하지 않도록 할 것.

(4) 제품 혼합비

품 명	단 위	수 량		비 고
		분 말	액 상	
알씨 밀크	kg	10.0	6.0	분말 1포 혼합액 2팩

4. 시 공

4.1 면처리

- 1) 열화된 콘크리트 구조물의 표면을 그라인더, 브레이커 등을 사용하여 제거한다.
- 2) 이물질 및 부착물은 에어펌프 등을 사용하여 제거한다.

4.2 스테인레스 스틸와이어 메쉬 설치

- 1) 스테인레스 스틸와이어 메쉬를 시공할 부분에 맞추어서 재단을 실시한다. 이때 와이어 커팅기를 사용하여 재단을 실시하며 끝단 부분은 고정 고리처리를 실시한다.
- 2) 와이어 재단시 시공도면을 참조하여 제작한다.
- 3) 스테인레스 스틸 와이어 메쉬의 한쪽끝단을 고정시킨 뒤 인장기를 사용하여 긴장작업을 실시한다. 와이어 메쉬 인장기는 와이어 메쉬가 쳐지지 않도록 당겨주는 역할을 한다. 이때 작업순서 및 유의사항은 다음과 같다.

① 한쪽 끝단이 고정된 스테인레스 스틸와이어 메쉬의 10m 지점이내에 와이어 바인더를 설치한다. 여기서 와이어 바인더란 듀랄루민으로 만든 길이 1m, 폭 4cm, 두께 1cm의 판 두 개를 말한다. 와이어 바인더의 용도는 시공시 와이어를 알맞게 긴장시켜주는 역할을 한다. 긴장을 시켜주는 도구로는 와이어 바인더와 더불어 윈치를 사용한다.

② 현장 시공 중부(끝부분)의 중간 부위에 앵커볼트로 윈치를 설치한다. 바인더와 결속된 와이어를 윈치와 연결시킨다. (유볼트와 샤클로 연결시킨다.)

③ 윈치와 연결된 와이어 바인더의 양쪽 결속선을 알맞게 잡아당겨(핸들로 돌린다) 작업성에 적절한 긴장력을 갖도록 긴장시킨다.

④ 공사 구간이 길면 2-3번 바인더와 윈치를 움직이며 긴장시킨 후 고정편을 정착시킨다.

- 4) 고정편의 정착방법은 현장여건에 따라 $\Phi 6.0$ 또는 $\Phi 6.5$ 드릴 비트를 이용하여 고

정편의 정착부를 천공하여 고정편을 스테인레스 스틸 와이어 메쉬의 부근 사이 결속부에 정착시킨다. 고정편 설치 간격은 150mm 이내로 하고 고정편 삽입부는 약 40mm 깊이로 천공을 해야 한다.

5) 스테인레스 스틸 와이어 메쉬의 주근방향 시공 중 부재치수와 맞지 않아 덧대어 연장하여 부착할 경우 50-100mm이상 겹치도록 부착하여 정착하도록 한다. 스테인레스 스틸 와이어 메쉬의 겹이음 시 모멘트 발생이 가장 큰 부위(중앙부)는 가능한 피하는 것이 좋다.

6) 스테인레스 스틸 와이어 메쉬의 부근방향 겹이음은 60mm이상으로 한다.

4.3 고압물 세척

1) 콘크리트 열화부분을 완전히 제거한 후 고압수세정기를 사용하여 콘크리트 구조물의 표면위에 남아있는 이물질들을 완전히 제거한다.

2) 분진이 있을 경우 모르타르의 접착력이 대단히 저하될 우려가 있으므로 고압의 살수기를 사용하여 철저히 청소를 하도록 한다.

4.4 포수 작업

1) 시공면에 충분한 물을 살포하는 포수 작업을 실시한다.

2) 모르타르의 시공시 표면은 건조되고 모체의 내부는 포화된 상태에서 작업을 실시한다.

4.5 밀크 모르타르 도포

1) 30분 이내(20℃, 상온기준)에 사용할 분량만 비빔을 실시하며 한번에 1통을 다 소모하지 않을 경우 액상과 분말의 비(5:11)를 현장계량을 통하여 필요한 만큼 사용한다.

2) 현장 여건에 따라 혼합액 사용량을 조절(약 75%혼합액 투입후 나머지 혼합액을 투입)하여 반죽 질기를 조정한다.

3) 반죽질기는 작업이 가능한 범위 내에서 가급적 묽게 한다.

- 4) 핸드 믹서기를 사용하여 충분히 혼합하여 작업을 실시한다.
- 5) 밀크모르타르의 시공은 대단위 면적일 경우 모르타르 스프레이건을 사용하여 도포를 하는 것이 편리하며 소규모 면적일 경우에는 붓 등을 사용하여 시공하여도 무방하다.
- 6) 균열이 발생할 수 있으므로 절대 2mm이상의 두께로 도포를 하지 않는다.

4.6 침투성 폴리머 모르타르 시공

- 1) 분말 1포와 혼합액 1팩을 섞는다. 현장 여건에 따라 혼합액 사용량을 조절(약 75%혼합액 투입후 나머지 혼합액을 투입)하여 반죽 질기를 조정한다.
- 2) 반죽질기는 작업이 가능한 범위 내에서 가급적 묽게 한다.
- 3) 핸드 믹서기를 사용하여 충분히 혼합하여 작업을 실시한다.
- 4) 기존 콘크리트와의 부착강도를 증진시키기 위하여 바탕면의 표면처리 후 고압 물세척으로 표면을 깨끗이 세척하여 시공한다.
- 5) 가급적 슛크리트 방식의 시공을 권장하며 경험있는 전문 시공자에 의해 시공되어야 한다.인력 미장시에는 모체사이에 공극이 발생되지 않도록 힘을 가하여 흠손질을 해야 한다.
- 6) 미장작업을 실시할 경우 표면미관을 고려하여 평탄하게 하며 경험과 기술이 풍부한 미장공에 의해 실시한다.
 - 일반적으로 20mm 시공시에는 초벌, 재벌, 정벌의 3회 미장을 실시해야 하며 30mm 시공시에는 4회의 미장을 실시해야 한다.
 - 천장부위 시공시 재료의 무게로 인한 처짐이 발생할 수 있으므로 10mm이상을 한꺼번에 시공하지 않는다.
 - 재벌 및 정벌작업은 초기 경화가 시작될 때 하는 것이 가장 좋으며 명일 작업시 표면에 물을 살포하여 표면건조 포화상태로 만든 후 미장 작업을 실시한다.
- 7) 도포가 완료된 모르타르는 초결이 시작되는 단계에서 최소 7일이상 양생포 등을 이용하여 습윤양생을 실시한다.

4.7 양생

- 1) 시공 모르타르의 사용량과 시공두께에 따라 30분에서 4시간 동안 습윤상태를

유지하여야 하며 시공된 모르타르는 동결, 비, 수압 등으로부터 보호되어야 한다.

2) 마무리 작업이 완료되고 초기경화가 시작된 후(20℃ 상온기준, 약 3시간) 7일 이상 양생포 등을 사용하여 습윤상태에서 양생시킨다.

4.8 알씨밀크 도포

1) 30분 이내(20℃, 상온기준)에 사용할 분량만 비빔을 실시하며 한번에 1통을 다 소모하지 않을 경우 액상과 분말의 비(6:10)를 현장계량을 통하여 필요한 만큼의 사용한다.

2) 현장 여건에 따라 혼합액 사용량을 조절(약 75%혼합액 투입후 나머지 혼합액을 투입)하여 반죽 질기를 조정한다.

3) 반죽질기는 작업이 가능한 범위 내에서 가급적 묽게 한다.

4) 핸드 믹서기를 사용하여 충분히 혼합하여 작업을 실시한다.

5) 시공전 침투성 폴리머 모르타르 타설 면에 충분히 물을 살포하여 표면 건조 포화상태로 만든 후 시공을 실시한다.

6) 알씨 밀크의 시공은 대단위 면적일 경우 에어리스 건을 사용하여 도포를 하는 것이 편리하며 소규모 면적일 경우에는 붓 등을 사용하여 시공하여도 무방하다.

7) 균열이 발생할 수 있으므로 절대 2mm이상의 두께로 도포를 하지 않는다.



<그림 4-2> 보수 이전 수로교



<그림 4-3> 스테인레스스틸 와이어메쉬 재단작업



<그림 4-4> 균열부위 알씨밀크 작업



<그림 4-5> 알씨밀크모르터 미장작업



<그림 4-6> 조인트 실런트 작업



<그림 4-7> 보수 완료 상황

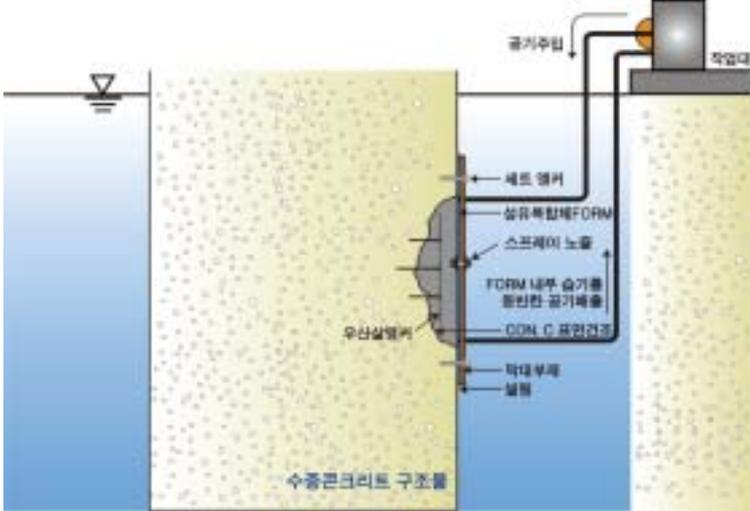
4. 수중콘크리트 구조물 파단면 보수보강공법을 이용한 배수갑문 시공사례(특허 제0452622호)

□ 배수갑문 보수지구 현황



대상시설물	영천배수갑문
관리기관	농업기반공사 경기본부 파주시사
주관기관	농업기반공사 농어촌연구원
시험시공일자	2005.3.17 - 2005.3.22(6일)
참관인	파주시사 과장님 3명
손상현황	유속에 의한 세굴현상으로 철근노출 및 콘크리트 탈락
손상범위	0.8m * 1.8m = 1.44㎡ (t=100mm)
적용공법	수중콘크리트 구조물 파단면 보수보강공법(특허 제0452622호)
시행사	(주)엠티마스타

□ 공법개요

<p>시공단면도</p>	
<p>공법개요</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 수중콘크리트의 세굴에 의한 단면탈락에 적용 · 우산살앵커를 정착하여 모르타르의 부착력 강화 · 고강도 유리섬유 복합재를 설치하여 내구성증가 및 세굴방지 · 내부건조후 그라우팅 하여 육상시공과 같은 품질확보
<p>공법특징</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 영구적인 복합재를 설치하여 내부건조후 그라우팅하므로 부착력 증대 · 육상과 같이 노즐을 통한 철근방청제등 단면처리제 시공가능 · 우산살앵커를 설치하여 모재와의 일체화 증대 · 파단면의 시공두께와 관계없이 시공가능 · 고가의 수중모르타르를 사용하지 않아 경제적임
<p>적용분야</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 항만, 교량, 댐, 갑문 등 수중콘크리트 구조물 · 수중콘크리트 수리구조물 열화부 · 수중콘크리트 수리구조물 파단면부 · 수중콘크리트 수리구조물 세굴부 · 수중콘크리트 수리구조물 단면증대

□ 시공공정도

보수개요도	보수흐름도	재료	공구	공정설명
	처 권		수중용브레이카	1. 수중용 브레이카를 이용하여 덮개부분을 완전히 처평한다.
	고 압 물 세 척	고압수	수중용물세척기	2. 수중용 물세척기로 남아있는 이물질을 완전히 제거한다. (노출압력 400~500bar)
	우산살앵커설치	우산살앵커	수중용드릴 수중용브레이카	3. 확실한 신-구 콘크리트면의 접착을 위하여 신-구 콘크리트 접착을 견인 연결재(우산살앵커)를 단면 보수부분에 적당한 간격으로 설치한다.
	FORM설치 거푸집보강 내부 건조	세트앵커 MT-FOPM MT-SEAL 고무패킹 보강용각재	수중용드릴 콤프레사 호스	4. 수중에 건설수 있는 강도의 섬유거푸집을 처평 부위보다 10%정도 크게 제작하고 거푸집리브 400~500mm간격으로 φ20으로 현공한다. 중앙부분에는 스프레이 노즐을 설치한다. 5. 물유입방지용 고무패킹을 정확히 거푸집을 세트앵커를 이용하여 설치한다. 6. 거푸집의 세부틀림현상을 방지하기 위해 각재를 이용해 섬유거푸집을 보강한다. 7. 수중용 해독시퍼트를 사용하여 완벽하게 실행한 후 24시간 양생한다. 8. 물을 배출하고 20~30분정도 공기를 통과시켜 건조시킨다. 이 때 염분이 있는 지역일 경우는 담수를 통과시켜 염분을 세정한 후 건조작업을 한다.
	방형재 그라우팅	MT-1 MT-3 M-Mortar M-Poxy MT-SEAL	콤프레사 호스	9. 중앙에 설치된 스프레이 노즐을 이용하여 알칼리 억제제, 증성화 방지제, 철근 방청제 및 열매양지제 등을 살포한다. 10. 섬유거푸집 상부에 설치된 파이프로 단면복구 모르타 또는 에폭시(보수단면의 두께가 얇을때) 주입한다.
	발생 마무리			11. 주입이 완료되면 파이프를 제거하고 실행한 후 양생시킨다.

□ 시공사진

	
1. 손상현황	2. 치핑작업
	
3. 고압수세척	4. 우산살앵커설치
	
5. 섬유판넬부착	6. 쉐링작업



7. 내부물배출



8. 철근방청제 분사



9. 간이 물탈주입기



10. 물탈주입



11. 시공후 전경(1)



12. 시공후 전경(2)

□ 수중파단면 건조 보수보강공법 공사시방서 : 특히 제0452622호

- 일반사항

본 공법은 하천, 해상, 교량 등 수중에 위치한 콘크리트 구조물을 대상으로 박리, 박락, 세굴, 철근의 부식 등 구조물 손상부위에 실시하는 보수공사에 적용하여 철근의 부식을 방지하고 중성화된 콘크리트의 알칼리성을 회복하여 내구성을 확보하고 유리섬유복합재 판넬 마감으로 수중콘크리트의 침식과 세굴을 방지할 수 있게 하는 공법이다.

1) 재 료

① 재료일반사항

- 본 공법에 적용되는 재료는 시방서 규정에 부합되는 품질을 가진 신제품으로 한다.
- 시공자는 재료를 발주하기 이전에 발주자로부터 각종 재료의 승인을 받아야 하며 이에 따른 시험 성적서등 발주자대리인이 요구하는 제출물을 작성하여 제출하여야 한다.

② 저 장

- 단시일내에 사용하지 않을 재료는 바닥의 높이가 지상 15cm 이상이고 환기 및 방수시설이 충분 구비된 창고내에 저장하여야 한다.
- 시멘트류 및 캔류는 품목별로 분리 저장하고 사용 순서에 따라 반입 저장한다.

□ 수중콘크리트의 철근부식부 건식단면 방청보수시스템

본 시방은 수중 콘크리트 수리구조물의 박리박락, 세굴, 철근의 부식 등 중성화, 염해 및 기타열화요인에 의한 콘크리트 구조물 보수공사에 적용한다.

1. 전처리

1.1 표면처리

- 1) 수중부위 열화된 콘크리트 수리구조물을 레이커 등으로 파취, 제거하고 단면보

수재와 기존콘크리트의 부착성능을 향상시키기 위하여 손상단면을 치핑처리 한다.

2) 이물질 및 부착물은 와이어 브러쉬, 그라인더 등으로 제거한다.

1.2 철근부식제거

1) 와이어브러쉬 등을 사용하여 녹을 제거한다.

1.3. 고압물세척

1) 콘크리트의 열화부분 및 철근표면의 녹을 제거한 후 고압수로 세척하여 남아 있는 이물질을 완전히 제거하며 세척은 노즐 압력이 100 ~ 150 kg/cm² 이상을 유지하도록 한다.

1.4. 전단앵커설치

1) 보수단면의 크기와 깊이를 고려하여 전단연결재의 개수를 결정하고 설치한다.

1.5. 유리섬유판넬거푸집(MT-Form) 제작

- 1) 유리섬유의 재단은 이물질이나 먼지가 묻지 않도록 소요치수에 맞게 재단한다.
- 2) 섬유함침용 에폭시(MT-5)의 혼합은 가사 시간 내에 사용할 수 있는 양만을 혼합하여 섬유를 함침하고 함침된 유리섬유 복합재는 소정의 겹수에 맞추어 섬유판을 제작한다.
- 3) 거푸집은 치핑부위보다 10 % 정도 크게 제작하고 가장자리 부분에 셋트 앵커를 위한 구멍과 주입용 호스를 연결할 구멍을 뚫는다.
- 4) 거푸집의 측면에 고무패킹을 수중경화형 에폭시수지(MT-SEAL)를 사용 접착하여 1차 차수막을 형성한다.

1.6. 유리섬유 판넬 거푸집(MT-Form) 설치

1) 전처리가 완료된 보수단면에 거푸집을 거치하고 거푸집의 천공구에 맞추어 콘크리트면을 천공한 뒤 셋트 앵커를 이용하여 단면 보수재 주입시 배부름현상이 없도록 거푸집을 고정하며 필요시 휨 현상이 없는 각재 등으로 보강한다.

2) 셋트앵커를 이용하여 거푸집의 고정이 끝나면 단면보수재 주입시 새어 나오지 않게 거푸집의 가장자리와 콘크리트면의 틈을 수중에폭시(MT-SEAL)를 사용하여 실링작업을 수행한다.

1.7. 거푸집 내부 물 배출 및 건조

- 1) 주입 및 배출용 호스를 이용하여 위 호스에 에어를 주입하고 아래 호스로 물을 빼낸다.
- 2) 물이 다 배출되고 에어가 나올때 아래호스를 막아 거푸집 내부의 압력을 높여 에어의 유출 유무로 거푸집 실링상태를 확인한다.
- 3) 에어의 유출이 없으면 기 연결된 위 호스에 그대로 에어를 주입하고 아래호스로 에어가 빠져 나올수 있도록하여 새로운 에어를 최소 30분이상 손상보수부 크기에 따라 시간을 늘려가며 에어를 통과시켜 거푸집내부를 건조시킨다. 이때 염분이 있는 지역일 경우 염분이 없는 물을 통과시켜 단면보수면에 남아있는 염분을 세정후 건조작업을 시행한다.

1.8. 녹제거형철근방청제(MT-3) 도포

1) 재료(사용재료설명서 참조)

① 일반사항

- MT-3는 부식한 철근의 녹을 제거하여 산화의 진행을 안정된 상태로 유지하며, 피막을 형성하여 철근부식의 진행을 막아 녹제거 및 방청제로 사용한다.

② 특 성

- 우수한 녹 제거 기능으로 산화 녹을 중화하여 제거
- 우수한 내산성으로 철근의 부식을 방지
- 구조물과의 완벽한 일체성(후속 공사시의 접착력 증진)
- 우수한 접착력으로 완전한 피막형성

③ 배 합

- 일액형

2) 시 공

- ① 도포량은 0.4 kg/m²를 표준으로 한다.

② 기 설치된 스프레이건(노즐)을 이용하여 도포한다.

3) 주의사항

① 수용성이므로 영하의 기온에서 보관하지 말 것.

② 작업시 마스크, 보안경, 장갑등 보호구를 착용할 것.

1.9 알칼리성회복제(MT-1) 도포

1) 재료(사용재료설명서 참조)

① 일반사항

MT-1은 전기 화학적 반응으로 철근산화 작용인 양이온과 음이온의 결합 작용을 해하여 부식반응을 억제하며, 중성화된 노후 콘크리트의 알칼리성 회복으로 노후 콘크리트를 재생시킨다.

② 특 성

- 수용성이며 분무 및 붓이나 롤러를 사용하며 작업성이 좋다.
- 우수한 내산성으로 철근의 부식을 방지한다.
- 알칼리성 반응으로 중성화된 노후 콘크리트를 재생시킨다.
- 전기 화학적 작용으로 녹의 원인을 차단하여 녹을 방지한다.

③ 배 합

- 일액형

2) 시 공

① 도포량은 0.3 kg/m²를 표준으로 한다.

② 기 설치된 스프레이건(노즐)을 이용하여 도포한다.

3) 주의사항

① 수용성이므로 영하의 기온에서 보관하지 말 것.

② 작업시 마스크, 보안경, 장갑등 보호구를 착용할 것.

③ 다른 물질과 혼합하지 말 것.

○. 수중 콘크리트 보수보강용 모르타르(M-Mortar:수중 그라우트재) 주입

1) 재료(사용재료설명서 참조)

① 일반사항

M-Mortar는 수중에 위치한 콘크리트 수리구조물의 단면보수공법에 적용하는 것으로 염해, 중성화, 동결융해, 물의 침식작용, 유속에 의한 침식, 화학적 작용에 의하여 콘크리트가 부식, 박락한 경우 콘크리트 단면을 충전하여 단면복구에 사용하는 고밀도 실리카흙을 이용한 1성분형 콘크리트 보수보강용 무기계 폴리머 모르터입니다.

② 특 성

- 물비가 적으면서 양호한 분산작용으로 균일한 강도를 유지시키며 고강도이다.
- 물만 혼합하여 사용하므로 작업이 간편하고, 기계 그라우팅 작업성이 우수하다.
- 시멘트의 양호한 분산작용으로 고밀도의 치밀한 조직체를 형성하여 내화학적(내염성, 내산성)이 우수하며, 물, 기름 등의 침투를 억제한다.
- 조기강도 효과로 보수기간을 단축한다.
- 폴리머수지의 침투작용으로 부착력이 우수하다.
- 강도와 안정성의 적절한 조화로 크랙발생이 없다.
- 이산화탄소, 산성비에 의한 콘크리트 중성화에 강하여 내구성이 좋다.
- 낮은 길이 변화율과 기존 콘크리트와 비슷하여 온도 변화로 인한 탈락이 없고 내구성이 좋다.
- 상수도 관련공사에도 사용이 적합하도록 독성이 없는 환경상 완벽한 제품이다.
- 계절에 따른 온도변화에 저항력이 강하여 수축팽창에 따른 탈락이 없다.

③ 배 합

- 배합비 = 폴리머 모르터 파우더 (1) : 물 (0.16)

2) 시 공

① 사용량은 폴리머 모르터 파우더 2,060 (kg/m³)를 기준으로 하며 손상보수단면에 따라 적용한다.

② 아래호스에 보수 모르터주입기를 연결하고 압력을 체크하면서 주입한다.

③ 거푸집내에 보수 모르터가 완전히 충전되고 위호스로 보수 모르터가 새어나올 때까지 중단없이 계속 주입한 뒤 위 아래 호스를 동시에 단단히 막는다.

3) 주의사항

① 최저 시공 온도: 5 ℃

② 최저 시공 두께: 5

- ③ 시멘트계 혼합물이므로 눈이나 피부에 닿지 않도록 할 것.
- ④ 혼합수는 음용수 또는 이와 동등 이상의 것을 사용할 것.
- ⑤ 파대 또는 한번 개봉하여 방치한 재료는 사용하지 말 것.

○ 양생 및 수중에폭시 마감

- 1) 양 생 - 외압이 없는 상태에서 충분히 양생시킨다.
- 2) 마 감 - 주입 및 배출용 연결관을 제거하고 수중에폭시(MT-SEAL)를 이용하여 실링 마감처리 한다.

□ 수중콘크리트 건식단면보수시스템

콘크리트 수리구조물 보수공사에 적용한다.

○. 전처리

표면처리

1) 수중부위 열화된 콘크리트를 브레이커 등으로 파취, 제거하고 단면보수재와 기존콘크리트의 부착성능을 향상시키기 위하여 손상단면을 치핑처리 한다.

2) 이물질 및 부착물은 와이어브러쉬, 그라인더 등으로 제거한다.

○. 고압물세척

1) 콘크리트의 열화부분 및 철근표면의 녹을 제거한 후 고압수로 세척하여 남아는 이물질을 완전히 제거하며 세척은 노즐 압력이 100 ~ 450 /cm² 이상을 유지하도록 한다.

○ 전단앵커설치

1) 보수단면의 크기와 깊이를 고려하여 전단연결재의 개수를 결정하고 설치한다.

□ 유리섬유 패널 거푸집(MT-Form) 제작

1) 유리섬유의 재단은 이물질이나 먼지가 묻지 않도록 소요치수에 맞게 재단한다.

2) 섬유함침용 에폭시(MT-5)의 혼합은 가사 시간 내에 사용할 수 있는 양만을 혼합하여 섬유를 함침하고 함침된 유리섬유 복합재는 소정의 겹수에 맞추어 섬유판을 제작한다.

3) 거푸집은 치핑부위보다 10 %정도 크게 제작하고 가장자리 부분에 셋트앵커를

위한 구멍과 주입용 호스를 연결할 구멍을 뚫는다.

4) 거푸집의 측면에 고무패킹을 수중 경화형 에폭시 수지(MT-SEAL)를 사용 접착하여 1차 차수막을 형성한다.

○ 유리섬유 패널거푸집(MT-Form) 설치

1) 전처리가 완료된 보수단면에 거푸집을 거치하고 거푸집의 천공구에 맞추어 콘크리트면을 천공한 뒤 셋트 앵커를 이용하여 단면보수재 주입시 배부름현상이 없도록 거푸집을 고정하며 필요시 휨 현상이 없는 각재 등으로 보강한다.

2) 셋트 앵커를 이용하여 거푸집의 고정이 끝나면 단면보수재 주입시 새어 나오지 않게 거푸집의 가장자리와 콘크리트면의 틈을 수중에폭시(MT-SEAL)를 사용하여 실링작업을 수행한다.

○ 거푸집내 물배출 및 건조

1) 주입 및 배출용 호스를 이용하여 위 호스에 에어를 주입하고 아래 호스로 물을 빼낸다.

2) 물이 다 배출되고 에어가 나올때 아래호스를 막아 거푸집내부의 압력을 높여 에어의 유출 유무로 거푸집 실링상태를 확인한다.

3) 에어의 유출이 없으면 기 연결된 호스에 그대로 에어를 주입하고 아래호스로 에어가 빠져 나올 수 있도록 하여 새로운 에어를 최소 30분 이상 손상 보수부 크기에 따라 시간을 늘려가며 에어를 통과시켜 거푸집내부를 건조시킨다. 이때 염분이 있는 지역일 경우 염분이 없는 물을 통과시켜 단면보수면에 남아있는 염분을 세정 후 건조작업을 시행한다.

○ 알칼리성회복제(MT-1) 도포

1) 재료(사용재료설명서 참조)

① 일반사항

- MT-1은 전기 화학적 반응으로 철근산화 작용인 양이온과 음이온의 결합 작용을 방해하여 부식반응을 억제하며, 중성화된 노후 콘크리트의 알칼리성 회복으로 노후 콘크리트를 재생시킨다.

② 특 성

- 수용성이며 분무 및 붓이나 롤러를 사용하며 작업성이 좋다.
- 우수한 내산성으로 철근의 부식을 방지한다.
- 알칼리성 반응으로 중성화된 노후 콘크리트를 재생시킨다.
- 전기 화학적 작용으로 녹의 원인을 차단하여 녹을 방지한다.

③ 배 합

- 일액형

2) 시 공

- ① 도포량은 0.3 kg/m²를 표준으로 한다.
- ② 기설치된 스프레이건(노즐)을 이용하여 도포한다.

3) 주의사항

- ① 수용성이므로 영하의 기온에서 보관하지 말 것.
- ② 작업시 마스크, 보안경, 장갑등 보호구를 착용할 것.
- ③ 다른 물질과 혼합하지 말 것.

○ 수중 콘크리트 보수보강용 모르타르(M-Mortar) 주입 : 수중 그라우트재

1) 재료(사용재료설명서 참조)

① 일반사항

- M-Mortar는 수중에 위치한 콘크리트 수리구조물의 단면보수공법에 적용하는 것으로 염해, 중성화, 동결융해, 물의 침식작용, 유속에 의한 침식, 화학적 작용에 의하여 콘크리트가 부식, 박락한 경우 콘크리트 단면을 충전하여 단면복구에 사용하는 고밀도 실리카흙을 이용한 1성분형 콘크리트 보수보강용 무기계 폴리머 모르타르입니다.

② 특 성

- 물비가 적으면서 양호한 분산작용으로 균일한 강도를 유지시키며 고강도이다.
- 물만 혼합하여 사용하므로 작업이 간편하고, 기계 그라우팅 작업성이 우수하다.
- 시멘트의 양호한 분산작용으로 고밀도의 치밀한 조직체를 형성하여 내화학적

(내염성, 내산성)이 우수하며, 물, 기름 등의 침투를 억제한다.

- 조기강도 효과로 보수기간을 단축한다.
- 폴리머수지의 침투작용으로 부착력이 우수하다.
- 강도와 안정성의 적절한 조화로 크랙발생이 없다.
- 이산화탄소, 산성비에 의한 콘크리트 중성화에 강하여 내구성이 좋다.
- 낮은 길이 변화율과 기존 콘크리트와 비슷하여 온도 변화로 인한 탈락이 없고 내구성이 좋다.
- 상수도 관련공사에도 사용이 적합하도록 독성이 없는 제품이다.
- 계절에 따른 온도변화에 저항력이 강하여 수축팽창에 따른 탈락이 없다.

③ 배 합

- 배합비 = 폴리머 모르타르파우더 (1) : 물 (0.16)

2) 시 공

- ① 사용량은 폴리머 모르타르 파우더 2,060 (kg/m³)를 기준으로 하며 손상보수단면에 따라 적용한다.
- ② 아래호스에 보수 모르타르주입기를 연결하고 압력을 체크하면서 주입한다.
- ③ 거푸집내에 보수 모르타르가 완전히 충전되고 위호스로 보수 모르타르가 새어나올 때까지 중단 없이 계속 주입한 뒤 위 아래 호스를 동시에 단단히 막는다.

3) 주의사항

- ① 최저 시공 온도: 5 ℃
- ② 최저 시공 두께: 5 mm
- ③ 시멘트계 혼합물이므로 눈이나 피부에 닿지 않도록 할 것.
- ④ 혼합수는 음용수 또는 이와 동등 이상의 것을 사용 할 것.
- ⑤ 파대 또는 한번 개봉하여 방치한 재료는 사용하지 말 것.

○ 양생 및 수중에폭시 마감

1) 양 생

- 외압이 없는 상태에서 충분히 양생시킨다.

2) 마 감

- 주입 및 배출용 연결관을 제거하고 수중에폭시(MT-SEAL)를 이용하여 실링

마감처리 한다.

○ 수중 콘크리트 보수보강용 몰탈 / M-Mortar

가. 사용방법

- 1) 파우더 25 kg에 물 4 kg를 표준으로 혼합하며 시공연도는 물의 첨가량으로 조절한다.
- 2) 거푸집은 설계에 따라 조립하며 주입구와 배출구를 설치한다.
- 3) 정확한 양의 물을 혼합기에 투입하고 'M-Mortar'를 넣어 서서히 투입하면서 3분 이상 혼합한다. (혼합기가 없으면 핸드드릴 믹서를 한다)
- 4) 물은 깨끗한 담수를 사용한다.
- 5) 혼합이 끝난 제품은 즉시 시공 면에 주입한다.
- 6) 주입이 완료되면 주입구와 공기구를 막는다.

나. 특 징

1. 고강도 : 물비가 적으면서 양호한 분산작용으로 균일한 강도를 유지시키며 고강도이다.
2. 우수한 작업성 : 물만 혼합하여 사용하므로 작업이 간편하고, 기계 그라우팅 작업성이 양호하다.
3. 화학저항성 : 시멘트 파우더의 양호한 분산작용으로 고밀도의 치밀한 조직체를 형성하여 내화학성(내염성, 내산성)이 우수하며, 물, 기름 등의 침투를 억제한다.
4. 조강성 : 조기강도 효과로 보수기간을 단축한다.
5. 우수한 부착력 : 폴리머수지의 침투작용으로 부착력이 우수하다.
6. 크랙발생이 없다 : 강도와 안정성의 적절한 조화로 크랙이 없다.
7. 우수한 중성화 저항성 : 이산화탄소, 산성비에 의한 콘크리트 중성화에 강하여 내구성이 좋다.
8. 낮은 길이 변화율 : 기존 콘크리트와 비슷하여 온도 변화로 인한 탈락이 없고 내구성이 좋다.
9. 무독성 : 상수도 관련공사에도 사용이 적합하도록 독성이 없는 제품이다.
10. 동결 용해 저항성 : 계절에 따른 온도변화에 저항력이 강하여 수축팽창에 따

른 탈락이 없다.

라. 용 도

1. 교량의 교각, 기초, 우물통 보수보강
2. 건축구조물 보수보강
3. 해양구조물 보수보강
4. 배수갑문등 수중구조물 보수보강

마. 성 상 : 1 성분형 회색분말 (물만 첨가하여 사용)

바. 사용량 : 2,000 kg/m³

사. 포장 및 보관: 25 kg/포- 건조한 곳에서 12개월 보관

아. 주의 사항

1. 최저 시공 온도: 5 ℃
2. 최저 시공 두께: 5 mm
3. 시멘트계 혼합물이므로 눈이나 피부에 닿지 않도록 한다.
4. 혼합수는 음용수 또는 이와 동등 이상의 것을 사용한다.
5. 파대 또는 한번 개봉하여 방치한 재료는 사용하지 않는다.

자. 배합표

항 목	M-Mortar	물	비 고
배 합 비	100	16	중량비(w/w)

○ 수중 경화형 에폭시 가공수지 / M-Poxy, MT-SEAL, MT-5

가. 개 요

본 수중경화형 에폭시수지는 수분이나 습기가 존재하는 작업 또는 수중작업에서 초래되는 주재와 경화제의 반응장애, 접착성, 물리적 강도 등의 저하문제를 해결하여 에폭시수지의 성능을 크게 향상시킨 제품으로 습윤면이나 수중에 위치한 콘크리트 구조물의 보수 공법에 적용하는 것으로 수중주입재(M-Poxy), 수중씰링재(MT-SEAL), 섬유함침재(MT-5)가 있으며 접착력, 물리적 강도, 조강성, 작업성이 우수한 것이 특징이다.

품명	M-Poxy (주입재)	MT-SEAL (씰링재)	MT-5 (섬유함침재)
항목			
압축강도 (kgf/cm ²)	796	804	844
인장강도 (kgf/cm ²)	362	375	387
휨강도 (kgf/cm ²)	498	554	615
부착강도 (kgf/cm ²)	97	103	84

※시험 : 국가공인 시험기관

나. 특 징

1. 고강도 : 수중에서도 경화반응이 충분히 진행되어 물리적 강도가 우수하다.
2. 우수한 작업성 : 초기 접착성이 양호하여 모재에 잘 달라 붙고 씰링 작업이 손쉽다. 표면장력이 커서 맨손으로 혼합 및 씰링 작업을 할 수 있다.(MT-SEAL)
3. 우수한 접착력 : 수중 모재면(콘크리트등)과의 접착력이 우수하다. 에폭시가 수중에서 분산되거나 와해되지 않는다.

다. 용 도

품 명	종 류	용 도
M-Poxy	에폭시 수중 주입재	수중 크랙 주입재 수중 철판보강용 주입재 수중 섬유 접착재
MT-SEAL	에폭시 수중 씰링재	수중 크랙 씰링재 수중 접착재 수중 단면 복구재 수중 크랙 씰링재(수작업) 수중 단면 복구재(수작업)
MT-5	유리섬유 함침재	유리섬유 함침용 섬유와 구조체의 접착용 섬유와 섬유의 접착용

라. 성 상:

품명 항목		M-Poxy (주입제)	MT-SEAL (셀링제)	MT-5 (섬유함침제)
외 관	주 제 경화제 혼합물	담황색점조액 담갈색점조액 담갈색점조액	백색 Paste 연흑색 Paste 연회색 Paste	투명액상 투명액상 투명액상
점 도 비 중 배합비	슬럼프 (혼합물) 주제:경화제	460CPS 1.12±0.05 2 : 1	5mm 이하 1.40±0.1 2 : 1	1100CPS 1.12±0.05 2 : 1
가 사 시 간 (1kg)	10℃ 25℃	W : 45MIN S:100, W:30	W:30MIN S:40, W:13	W:60MIN S:40, W:25
초 기 경 화	10℃ 25℃	W:24HR S:24, W:12	W:18HR S:24, W:2	W:18HR S:24, W:12

시험방법 : ASTM D 2240, JIS A 6024, JIS K 6911, K 6849, KS M 3015-'97,
ASTM D695-'96, KS M3722-'97, ASTM D 2240-'97

경화조건 : 25℃로 유지하고 7일 양생

* 콘크리트 모재파괴

** 수중물탈시험체 : 수지(주제:경화제) : 규사 6 호 = 1 : 2 : 2 (중량비)

마. 작업성

1. 사용온도에 따라 여름용(S)과 초겨울용(W)이 있으며 현장작업 조건에 따라 반응속도가 특별히 빠르거나 느린 제품이 요구될 경우 조정하여 생산가능.
2. 현장 작업조건에 따라 원하는 경화속도를 얻기 위해 겨울에도 여름용을 사용하거나 여름에도 겨울용을 사용할 수 있음.
3. 초기경화시간 : 최종강도의 40%정도가 발현되어 다음공정의 착수가 가능하게 되는 시간

바. 사용방법

1. 사용 장소 및 여건에 따라 적합한 품목을 선택한다.
2. 주제와 경화제를 정해진 배합비에 따라 정확하게 계량하여 충분히 혼합한다.
3. 혼합된 수지는 가사시간 이내에 사용한다.
4. 혼합된 수지의 반응속도는 온도가 높을수록, 한번에 혼합하는 혼합량이 많을수록 빨라지며 반대의 경우에는 느려지므로 가사시간, 경화시간에 유의한다.

5. 시공시의 온도가 5℃ 이하일 때는 간접가열에 의하여 온도를 상승시켜 시공한다.

6. 직접 피부에 접촉하지 않도록 한다.(SJ-1000H제외)

사. 포장 및 보관: 25 kg/포- 건조한 곳에서 12개월 보관

구 분	단 위	주 제	경 화 제	포 장 단 위
M-Poxy	kg	10	5	15
MT-SEAL	kg	10	5	15
MT-5	kg	10	5	15

- 출고시 포장상태에서 1년6개월간 품질의 이상 없이 보관할 수 있으나 장기간 보관 후에 사용할 때에는 잘 혼합한 후 사용한다.
- 한번 개봉하여 사용한 후 뚜껑을 덮어 보관할 때는 주제는 큰 영향이 없으나 경화제는 변질의 우려가 있으므로 1개월 이내에 사용하도록 한다.

3. 녹제거형 방청제 / MT-3

가. 개 요

최근 해사의 사용으로 인한 철근 부식과 산성비, 대기오염 등으로 철근의 부식이 심화되고 있다. 이러한 부식된 철근은 각종 구조물의 부실화를 촉진시키고 있다. 본 MT-3는 부식한 철근의 녹을 제거하여 산화의 진행을 안정된 상태로 유지하며, 피막을 형성하여 철근부식의 진행을 막아 구조물 부실화를 방지한다.

주 성 분	포장단위 : 20kg/통	
	인산계	
비 중	1.24(1.25±0.05)	KS M 5000
염수분무시험 (100시간)	이상 없음	KS D 9502
부 착 성	100/100	KS D 6711

※시험 : 한국기기유화시험연구원, 국가공인 시험기관

나. 사용방법

1. 표면청소 : 유지분, 흙, 이미 부식된 덩어리 녹 등을 제거한다.
2. 사용기구 : 분무기, 솔, 로라 등으로 도포한다.
3. 작업시 기후 : 0℃ 이상
4. 사용기구의 세척 : 물로 세척한다.

다. 특 징

1. 우수한 녹 제거 기능으로 산화 녹을 중화하여 제거.

2. 우수한 내산성으로 철근의 부식 방지.
3. 구조물과의 완벽한 일체성.(후속 공사시의 접착력 증진)
4. 우수한 접착력으로 완전한 피막형성.

라. 물 성

1. 주성분 : 인산계
2. 비 중 : 1.25±0.05
3. 건조성 : 1~2시간(15~30℃)
4. 색 상 : 무색투명

마. 사용량 : 0.4 kg/m²

바. 주의사항

1. 수용성이므로 영하의 기온에서 보관하지 않는다.
2. 작업시 마스크, 보안경, 장갑 등 보호구를 착용한다.

사. 시험결과

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법	비 고
염 수 분 무 시 험	100시간	이상 없음	KS D 9502	
부 착 력 시 험	-	100/100	KS D 6711	
비 중	25℃	1.24	KS M 5000	

아. 포장 : 20kg/통

4. 중성화 콘크리트의 알카리성회복제 / MT-1

가. 개 요

포장단위 : 20kg/통

최근 해사의 사용으로 인한 철근 부식과 산성비, 대기오염 등으로 철근의 부식이 심화되고 있다. 이러한 부식된 철근은 각종 구조물의 부실화를 촉진시키고 있다. 본 MT-1은 전기 화학적 반응으로 철근산화 작용인 양이온과 음이온의 결합 작용을 방해하여 부식반응을 억제하며, 중성화된 노후 콘크리트의 알칼리성 회복으로 노후 콘크리트를 재생시킨다.

주 성분	무기형 이온물질	
비중	1.01	KS M 5000
pH	11±0.5	KS M 0011
화학저항성	이상없음	KS M 3015
백화저항성	이상없음	품질보증기준

※시험 : 한국기기유화시험연구원, 국가공인 시험기관

나. 사용방법

1. 발생된 녹과 물기, 기름류, 흙 등을 제거한다.
2. 분무기, 솔, 로라 등으로 도포한다.
3. 수용성 신구콘크리트 접착재와 혼합사용하여도 무방하다.
4. 수용성이므로 사용 후 물로 세척 가능하다.

다. 특 징

1. 우수한 작업성 : 수용성이며 분무 및 붓이나 롤러를 사용하며 작업성이 좋다.
2. 내산성 : 우수한 내산성으로 철근의 부식을 방지한다.
3. 알칼리성회복 : 알칼리성 반응으로 중성화된 노후 콘크리트를 재생시킨다.
4. 녹방지 : 전기 화학적 작용으로 녹의 원인을 차단한다.

라. 물성

1. 주성분 - 무기형 이온물질
2. pH : 11 ± 0.5
3. 색상 : 암갈색

마. 사용량 : 0.3 kg/m²

바. 포장 및 보관

1. 포장 : 20 kg/통

2. 수용성으로 결빙의 가능성이 있으므로 영하의 기온에서는 보관하지 않는다.
3. 영상의 기온에서만 보관한다.

사. 주의사항

1. 높은 알칼리성 수용액으로 보안경, 고무장갑 등 보호구를 착용한다.
2. 결빙의 우려가 있으니 영하기온에서는 사용하지 않는다.
3. 다른 물질과 혼합하지 않는다.

○ 유리섬유복합재 판넬 / MT-Form

가. 개 요

수중구조물의 보수.보강시 손상단면에 대한 거푸집으로 제작이 간단하며 무게가 매우 가벼워서 작업성이 뛰어나며 섬유거푸집으로 제작되어 보수단면에 영구적으로 고정하게 되므로 단면보수재의 주입과 초기양생과정에서 유속에 의한 유실을 방지하고 홍수시 또는 유속이 매우 빠른 곳에서는 콘크리트의 침식과 세굴을 방지할 수 있다.

주 성 분	유리섬유 + 섬유함침재(MT-5)	
두께(mm)	2.0	-
인장강도 (N/mm ²)	581	KS F 2241
인장탄성율 (N/mm ²)	26930	KS F 2241
신장율 (%)	2.1	KS F 2241

※시험 : 한국기기유화시험연구원, 국가공인 시험기관

나. 사용방법

1. 유리섬유 재단후 에폭시를 함침하여 복합재(섬유거푸집)를 제작한다.
2. 거푸집은 치핑부위보다 10 % 정도 크게 제작한다.
3. 가장자리부분에 세트앵커를 위한 구멍과 주입용 호스를 연결할 구멍을 뚫는다.
4. 거푸집의 측면에 고무를 접착하여 1차 차수막을 형성한다.
5. 세트앵커 및 수중에폭시 실링제를 이용하여 보수면에 섬유거푸집을 설치한다.

다. 특 징

1. 우수한 작업성 : 제작이 간단하고 경량으로 작업성이 좋다.
2. 우수한 내구성
3. 시공후 품질확인 용이.

라. 물리적성능

1. 주성분 : 유리섬유복합재 : 유리섬유 + 섬유함침제(MT-5)
2. 인장강도(N/mm²) : 581
3. 인장탄성율(N/mm²) : 26,930
4. 신장율(%) : 2.1
5. 두께(mm) : 2.0 ~ 2.5

마. 사용량 (유리섬유복합재 판넬 1m², THK 2mm 기준)

1. 유리섬유(2겹) : 2.2m²
2. 유리섬유함침제(MT-5) : 2.3kg

5. 트라시스템을 이용한 수로교 보수보강사례

1. 현 장 : 경기본부 양평지사 수로교
2. 노후손상 :
3. 적용 공법 : 트라텍 고침투 복합방수 S-I-B(신기술 제334호 트라시스템_

공정	공정 내용	비고
0 공정	바탕면처리(열화 부위 제거)	그라인더, 고압살수 등
	조인트, 균열 처리(우레탄 폼 주입)	우레탄 주입
1 공정	트라텍 도포	침투방수층
	조인트, 균열 처리(보강제 도포)	부직포, 화이바그라스 등
2 공정	트라코트 도포	무기계 분말 도포 방수층

○ 트라텍 고침투복합방수 (S-I-B)

1. 일반사항

이 지방서는 고침투 성능을 가진 수용화 수밀처리제와 방수성능을 가진 도막형 도포재료를 적용하는 공사에 대하여 규정한다.

(1) 개요

본 지방서는 1차 콘크리트 모체 표면에 도포 처리하여 표층부의 수밀성능을 확보하고, 수밀처리층의 보호 및 방수 성능을 향상시킬 수 있는 규산질계 분말형 도포방수재를 처리하여 콘크리트 구조물의 수밀성능과 방수성능을 동시에 부여하는 복합방수 처리 기술에 대한 내용이다. 고침투 표층부 수밀화 처리에 의해 각종 열화인자로부터 구조체를 보호하고, 규산질계 분말형 도포방수재에 의한 방수성능 향상으로 열화 저항성, 냉열 저항성, 염해 저항성, 중성화 방지 등의 성능을 발휘하는 수밀/방수층을 형성하여 콘크리트 구조물의 내구성을 확보하는 공법이다.

(2) 적용범위

- 가. 건축구조물의 지하시설(지하 바닥, 벽, 외벽, 화장실, 발코니, 수영장 등)
- 나. 토목구조물의 매설구조(지하철, 외벽체, 공동구, 전력구, 통신구의 내외방수 등)

다. 기타 콘크리트 구조물의 방수가 필요한 부위

(3) 관련시방

본 공사와 관련이 있는 사항 중 이 시방서에서 언급된 것 이외의 사항은 “건축공사표준시방서”의 해당사항에 따른다.

(4) 적용 기준

다음 기준은 이 시방서에 명시되어 있는 범위 내에서 이 시방서의 일부를 구성하고 있는 것으로 본다.

① 한국산업규격 (KS)

가. KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법

나. KS F 2456 건축용 시멘트 방수재

다. KS F 2609 건축재료의 물 흡수계수 측정 방법

라. KS F 4715 얇은 마무리용 벽 바름재

마. KS F 4918 규산질계 분말형 도포 방수재

바. KS F 4930 콘크리트 표면 보호용 액상형 흡수방지재

(5) 제출물

본 시방서 각 해당 항목에 열거한 내용물은 공사원 시작하기 이전에 담당원에게 제출하여 승인을 완료한다. 다음 사항을 “10130 제출물”에 따라 제출한다.

① 시공계획서

수밀처리에 관한 사항, 자재의 운반 및 보관 계획, 품질관리가 포함된 시공계획서로 다음 사항이 포함되어야 한다.

가. 자재의 운반 및 보관계획

나. 수밀처리층 및 보호층 시공계획

다. 세부공정 계획

라. 품질관리 계획

② 자재 제품자료

적용 제품에 대한 내용은 제조 및 공급업자의 제품 자료에 준한다.

(6) 자격

시공사는 책임시공으로 본 공사 규모와 유사한 시공실적과 시공경력이 있는 방수 전문 건설업체로 하며, 자격을 확인할 수 있는 증빙 자료를 제출하도록 한다.

(7) 견본시공

감독자가 지정하는 위치에서 1개소 견본 시공을 한다.

(8) 시공확인서

시공자는 사전에 견본 시공을 한 후 보고서를 감독관에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

(9) 운반, 보관 및 취급

자재는 봉인된 상태로 현장에 반입하고, 얼었거나 습기에 접하여 영향을 받은 제품 또는 훼손된 제품은 즉시 장외로 반출시키며, 제조업자의 제품 자료에 의하여 보관 및 취급한다.

(10) 환경조건

수밀처리제 시공시 주위의 기온은 5℃ 이상이어야 하고, 바탕에는 얼음, 서리 등이 없어야 한다. 규산질계 분말형 도포방수제 시공시 주의의 기온은 4℃ 이상이어야 하고, 시공 후 경화진행 동안 4℃ 이상의 기온이 지속될 것이 예상될 경우에 시공한다.

2. 자 재

(1) 트라텍고침투방수 (HPR-100)

본 시방서는 건교부 신기술 334호 인증받은 트라텍 고침투 복합 공기가압/수밀 공법에 적용하며, 침투방수제(수밀처리제)는 이온화 처리 또는 증류된 물, 저분자형 2 성분 규소 유도체 화합물, 비이온성 계면활성제, 유화안정 보호 콜로이드제, 금속염 실리케이트계 등으로 구성된 침투방수제로 탁월한 투 성능보유로 대상체 내부까지 깊숙이 침투하여 수밀층을 형성하여 콘크리트 모체를 유해성분으로부터 보호하여 내

구연산을 증대시킨다. 적용되는 수밀처리제는 시공 경계면 확인, 침투깊이 육안확인
으로 현장 품질관리가 용이하며 수용성의 환경친화성과 인체 무해성을 보유하고 있
으며, 물 흡수계수가 0.05이하, 침투깊이 4mm이상, 콘크리트 모체 침투성이 우수한
저분자형 2성분 규소 유도체 화합물로서 40 중량% 이상의 활성 성분을
함유한 제품이다. 수밀처리제는 다음과 같은 성상을 만족하는 자재를 지정하여 적용
하도록 한다.

● 성 상

항 목	내 용
외관	수용성의 고유동성 착색화 액상
색상	백색, 청색 기준의 건본색상
냄새	없 음
가연성	없 음
어는점	0℃ 이하

(2) 트라코트도포 (TR-5000)

아크릴 공중합 에멀전을 base로 침투방수제 도포층(수밀처리제 도포층)과의 부착
성능이 우수하며 수분에 대한 저항특성, 원활한 통기성 확보를 위해 적용된 유기 흡
수방지 성분을 함유한 수용성 에멀전과 다양한 온도 조건에 적용, 열화 환경에 대한
내구성 향상을 위한 기능성파우더, 통기성능 향상을 위한 규사, 미세 공극의 물리적
충진을 위한 유기질 성분의 점토, 도막재의 건조 수축현상과 견고 성능 부
여를
위한 천연광물질의 섬유상 결정체를 가진 것을 특징으로 하는 고기능성 도막재로 수
밀처리제 보호층 적용자재는 KS F 4918 규산질계 분말형 도포 방수재에서 요구하는
성능 기준과 요구하는 성상 및 품질을 가진 것을 지정하여 적용하도록 한다.

● 성 상

항 목	내 용
외관	Powder : 회백색의 분말 Emulsion : 유백색의 액상
냄새	없 음
가연성	없 음
어는점	0℃ 이하

3. 시 공

(1) 시공순서

① 바탕준비

- 가. 레이턴스 제거 및 모체부분의 열화·불량 부분을 제거한다.
- 나. 누수발생 시 반드시 지수처리 후 시공하도록 한다.
- 다. 고압스프레이, 그라인더 등으로 면처리를 행하여 평탄화 작업을 하며, 콘크리트 표면에 수밀처리제의 침투를 방해할 요소를 제거한다.
- 라. 콘크리트의 바탕 조정 후 고인물, 먼지 및 이물질을 제거한다.

② 트라텍 고침투방수 도포(HPR-100)

- 가. 도포 작업은 모서리부, 협소한 부위, 보강이 필요한 부위의 경우 붓, 롤러 등의 도구를 이용하여 처리한다.
- 나. 시공면적이 넓은 경우는 저압 스프레이, 에어레스 스프레이 등의 분사장비를 이용하여 도포한다.
- 다. 연속적인 도포 작업 시 누락된 부위가 없도록 시공한다.
- 라. A.P.P 장비(인위적 공기가압방식) 적용이 필요한 경우 특정 공사시방서에 준하여 처리한다. (시공비별도)

③ 트라코트 도포방수제 도포(TR-5000)

- 가. 수밀처리제 적용 후 트라코트 에멀전 : 파우더를 지정비율로 혼합하여 도포한다.
- 나. 트라코트 에멀전 에 트라코트 파우더를 교반하면서 소량씩 첨가하여 균일한

배합이 되도록 한다.

다. 도포작업은 저압스프레이, 흙손 등을 사용하여 균일하게 미장 도포한다.

라. 2차 처리 시 도포 간격은 현장의 대기 상태를 고려하여 (트라텍 표면건조) 후 도포 처리한다.

④ 보호층

가. 보호층 시공 시 별도의 조치가 필요한 경우 제조업자의 제품자료에 따른다.

나. 저온에 의한 동결이 예상되는 경우 보온 또는 시트 등으로 보호하여 양생한다.

(2) 품질관리

① 검사

공정별 시공이 완료되면 감독관이 지정하는 1개소 이상의 부위에서 시공 상태를 검사하여야 한다. 시료채취 부위는 검사 후 즉시 보수하여야 한다.

② 품질시험

가. 자재 성능은 국가 공인 시험기관에서 실시한다.

(3) 환경 및 작업조건

가. 기온이 5℃이하에서는 시공을 하여서는 안된다..

나. 시공 후 완전 양생 전에 5℃이하로 내려갈 경우 보온양생을 하여야 한다.

다. 시공 중 비가 올 경우, 시공을 중단하고 보호막을 설치하며 비로 유실된 부분은 건조 후 재시공을 한다.

라. 요구물성에 따라 시공 횟수 및 재료 사용량 조정이 가능하므로 추가 물성을 원할 시에는 시공사와 상의 후 시공방법을 결정한다.

(4) 주의 사항

가. 재료는 5℃ 이상의 건조한 장소에 보관한다.

나. 공정간의 대기 시간 및 재 도포 적용 시 작업 환경의 기상 상태에 따라 설정하여 적용하여야 한다.

다. 시공 시 기온, 습기에 주의하여 시공하여야 한다.

□ 신축이음장치와 시공이음부 보수공사 시방서

1. 표면준비 :

Neo-Plan Pad가 부착되는 면은 골재가 드러날 정도로 그라인딩한 후 분진을 청소한다. 설치될 콘크리트 면이 탈락된 경우는 적절한 방법으로 보수보강한 후 시공한다.

- 1)Neo-Plan Pad가 부착되는 면은 골재가 드러날 정도로 그라인딩 한 후 분진을 청소한다. 설치될 콘크리트 면이 탈락된 경우는 적절한 방법으로 보수보강 한 후 시공한다.
- 2)탈락되거나 손상된 부위는 Neo-Plan Pad설치 이전에 단면을 보수보강 되어야 한다.
- 3)설정된 접착제의 도포가 이루어지는 부위에 대해서는 기름, 구리스, 먼지, 왁스, 기존 도장, 양생제, 과다 레이턴스, 돌출물 등은 반드시 제거되어야 하며, 샌드 블라스팅 또는 이에 준하는 표면처리를 하는 것이 좋다.

2. 방수형 탄성 봉합재(Rubber Pad(FILLER) 설치 :

- 1)신축이음의 봉합재로 사용하는 Rubber Pad(Filler)는 일반적으로 개구량보다 약 20 ~ 25 %정도 더 넓은 폭으로 가공하여 개구부에 압축하여 밀어넣는다.
- 2)개구량에 비해 크게 적용된 추가폭은 개구량이 중립인 상태인 온도가 상온 15℃를 기준으로 한 것으로, 신축이음장치 설치시의 온도에 의해 주어진 기준에 따라 증감될 수 있다.
- 3)봉합재의 폭을 개구량보다 더 넓게 설치하는 목적은 봉합재의 압축 거동량이 신장거동량 보다 크므로 시공시 부착력을 완전하게 하여 공용시 봉합재의 탈락을 방지하고 방수성을 확보하기 위한 것이다.
- 4)제작자에 의해 추천되는 봉합재의 접착제는 건조, 다습 및 한랭한 대기 조건하에서 탁월한 부착력을 발휘하도록 특수하게 개발된 것이다.

3. 방수형 신축이음(Neo-Plan Pad) 설치 :

신축이음의 봉합재인 Neo-Plan Pad의 설치는 다음의 순서에 따라

시행한다.

- 1) 각각의 위치에서 적정하도록 여러 위치에서 각 조인트의 실제 개구량을 정확하게 측정한다.
- 2) 설치될 표면은 "표면 준비"의 항목을 참조하여 사전에 처리한다.
- 3) 주변을 청결하게 하기 위해 신축이음설치 주위를 테이프로 바를 것을 추천한다.
- 4) 크기와 길이가 맞는지 검토하기 위해 Neo-Plan Pad를 조인트 개구부 바로 옆에 펼쳐 놓는다.
- 5) 조인트 개구부 옆에 하나로 조립된 Neo-Plan Pad를 놓고, 접착제를 혼합한다. 이때, 접착제의 혼합은 지정된 혼합순서에 따른다.
- 6) Neo-Plan-Pad의 양면과 부착면에 솔 또는 흠손으로 접착제를 바르며 이때 고무장갑을 끼고 손으로 바르면 손쉽고 신속하다. 접착제는 표면에 1 mm ~ 1.3 mm의 두께로 충분히 바르고 양면에 나와있는 구멍과 홈사이에 충분히 채워지도록 한다.
- 7) 에폭시 접착제의 사용가능 가사시간내에 Neo-Plan-Pad의 설치를 완료하는 것이 아주 중요하다.
- 8) 설치공정과 별도로 굳기 전에 Neo-Plan-Pad의 바탕면에 있는 접착제를 제거하여야 한다. 이것을 제거하지 않으면 신축이음장치가 거동에 따라 신장하면서 신장량이 집중되어 봉합재가 찢어져 신축이음이 조기에 파손될 우려가 있다. 단, 상면의 에폭시를 제거하기 위해 화학용해제를 사용해서는 안되며, 화학용해제의 사용은 접착제의 접착력을 약화시킬 수 있으므로 반드시 퍼티칼을 이용, 제거하여야 한다.
- 9) 계속되는 조인트로서 작업이 마무리 되지 않고 일시적으로 중단될 경우, 다음에 이루어지는 작업은 구조체의 접착면 길이와 Neo-Plan-Pad의 길이를 같게 하여 접착제를 도포하여 설치한다.
- 10) 계속 조인트 작업을 하기 전에 조인트 잔여 자재가 비를 맞거나 불량품이거나 손상된 경우에는 건조시켜서 사용한다.
- 11) 접착제의 양생 시간은 설치시 온도와 관계되므로 에폭시 접착제의 시방서에 따른다.

4. 점 검 :

신축이음에 대한 점검은 주기적으로 이루어져야 하며 외관조사를 통해 누수발생 및 손상이 발생된 경우에는 적절한 보수방법에 의해 보수가 이루어져야 한다.

5. 유지관리 지침 :

신축이음장치는 차량에 의한 하중과 거더의 온도변화에 의한 신축이나 비틀림 변형 및 구조물의 처짐 등에 의한 변위의 영향을 받기 때문에, 신축이음 장치 본체 뿐만 아니라, 상판의 파손으로 인해 주행성을 저하시키고, 구조물 이용자에게 불쾌감과 위험감을 주며, 교량 본체에도 악영향을 미칠뿐 아니라, 차량의 주행에 따른 이상음 등이 발생하고, 주위의 인접구조물에 많은 피해를 끼치므로 항상 양호한 상태를 유지하는 것이 필요하다. 따라서, 신축이음장치는 일반교량구조물 중에서도 파손되기 쉽고, 한번 파손되면 보수가 용이하지 않은 부위로서 구조물의 수명을 연장하기 위해서는 지속적인 일상 점검 및 조사를 통해 초기에 보수가 이루어지도록 해야 한다.

1) 부분적으로 파손된 봉합재

①손상이 경미하거나 탄성봉합재의 부분교체가용이한 경우는 부분적으로 보수한다.

②탄성봉합재 자체의 교체가 어렵거나 신축이음장치 자체가 파손된 경우 또는 단부등의 균열로 결합이 심한 경우에 파손부위의 신축이음장치 전체에 대해서 보수한다.

2) 부분적으로 탈락된 봉합재

①손상이 경미하거나 부분적으로 보수할 수 있는 경우는 부분적으로 보수한다.

②봉합재가 전반적으로 분리된 경우에는 파손부위의 신축이음장치 전체에 대해서 보수한다.

3) 개방형 신축이음장치의 청소

신축이음장치에 토사나 이물질이 유입되거나 구조물 자체가 오랜기간동안 열화가 된 경우에는 신축기능이나 배수기능이 저하되어 경우에 따라서는 기존 신축이음부장치가 파손되는 사례가 자주 발생한다. 이러한 파손원인을 방지하고 내구성을 향상시키기 위해서 대개 1년을 1회씩 신축이음부의 유간부위의 정기점검과 배수구 청소를 통해 시설물에 대한 유지관리에 만전을 기한다.

바탕처리



▷ 열화 부위 제거

- 열화부위는 표면 강도가 저하되어 있다.
- 추가 보호층과 구조체의 부착 성능 향상
- 그라인더, 고압살수 등
- 백화 제거

▷ 진공흡착기 사용으로 분진 억제

- 환경친화적 시공
- 시공시 시멘트 분진 발생을 최소화

▷ 면갈이로 미세 균열 발견

▷ 레이턴스, 이물질 제거

- 침투방수제의 침투성능 향상
- 침투층의 균일한 형성

조인트 처리



▷ 조인트 처리 공정

- ① 조인트 충진(발포 우레탄)
- ② 트라텍 도포
- ③ 보강제 부착(보강용 부직포, 화이버그라스 등)
- ④ 트라코트 도포(부직포 함침)

▷ 조인트 충진

- 우레탄 발포제(건식, 습식 등)
- 구조체 거동의 최소화
- 추가 거동 방지

▷ 트라텍 도포

- 균열 부위에 침투 방수층 형성

▷ 보강제 부착

- 구조체 거동에 대한 대응성 향상

▷ 트라코트 도포

- 방수층 추가 형성(부직포 함침하여 도포)

제1공정 트라텍 고침투 방수



▷ 트라텍 도포

- 고침투성의 방수층 형성
- 균일한 침투층 형성
- 현장에서의 침투층 확인 가능
- 구조체의 방수층화(표층부 일정 깊이가 방수층)

▷ 도포 장비

- 스프레이, 붓, 로라 등

제2공정 트라코트 도포



▷ 트라코트 도포

- 무기계 침투 방수층 형성
- 외부로부터 구조체 보호
- 침투 방수층 보호
- 열화방지

▷ 도포 장비

- 붓, 로라, 미장 등

완료(수로교)



▷ 먼처리(열화 부위 제거)

→ 조인트 처리(우레탄 폼 충전)

→ 트라텍 도포

→ 조인트 처리(보강제)

→ 트라코트 도포

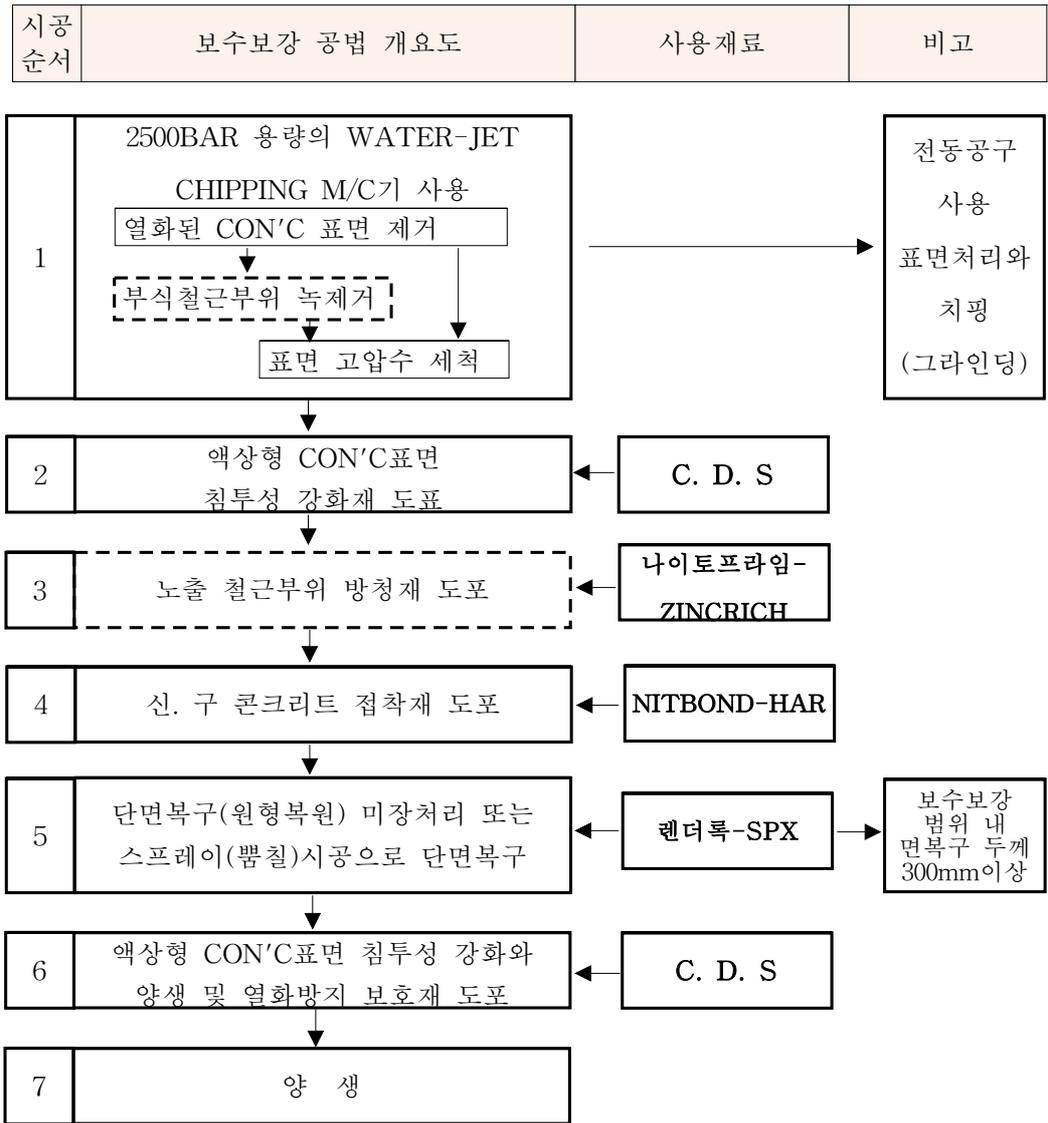
→ 완료

6. 랜더록을 이용한 수로교 보수보강 적용 사례

수로교[교각+교대]콘크리트 단면 보수. 보강 공법 시공순서도 [A]

"오랜기간 물의 침식과 동해로 인한 들뜸, 박리박락, 누수로 인한 백화발생 부위와 탄산염 발생부위 단면복구 보수보강공사"

(보수보강범위내 시공 두께 30~50mm이상)

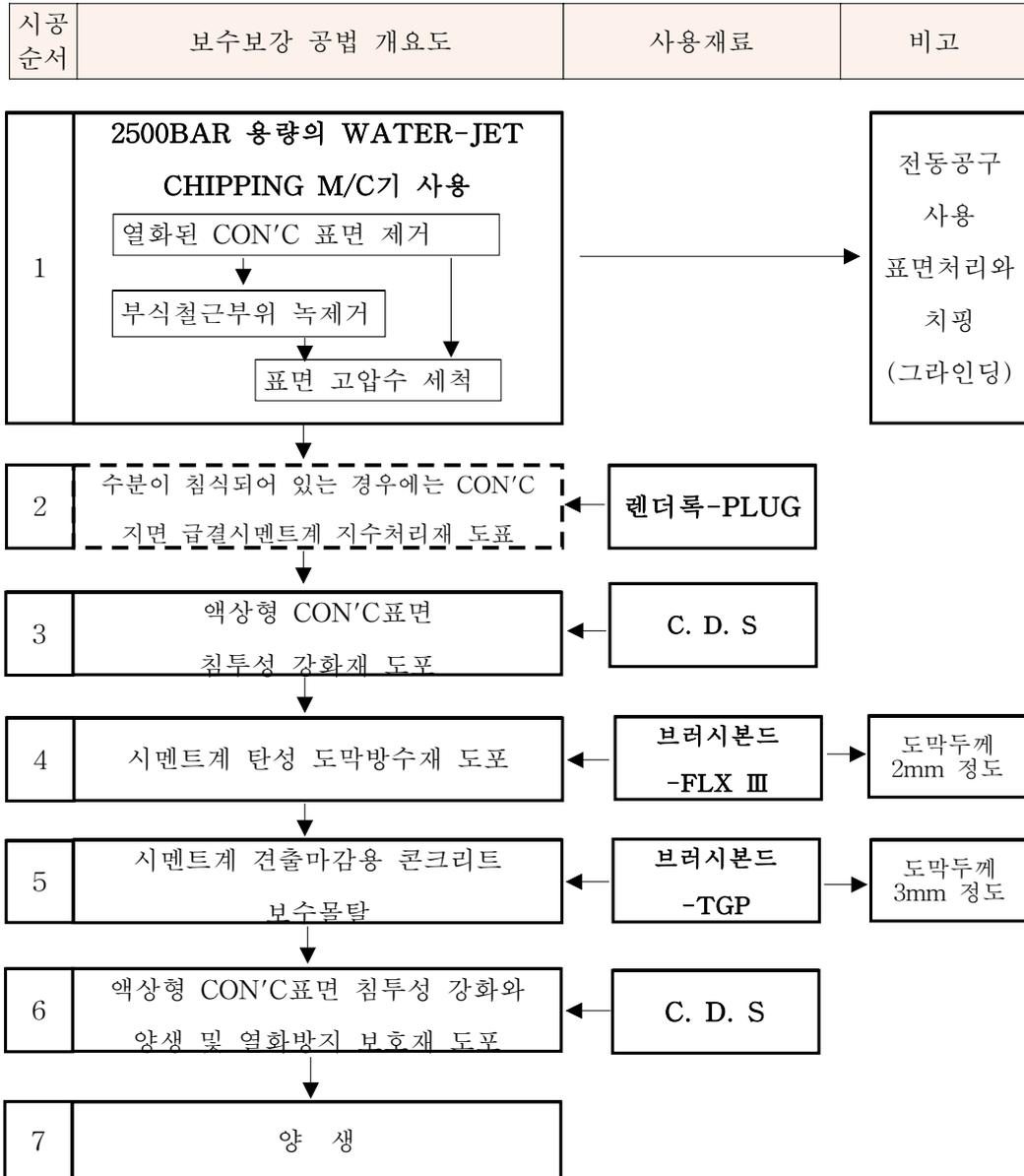


(주기) [부식철근이 없을지] 공사 생략함.

수로교[교각+바닥면]콘크리트 단면 보수. 보강 공법 시공순서도 [B]

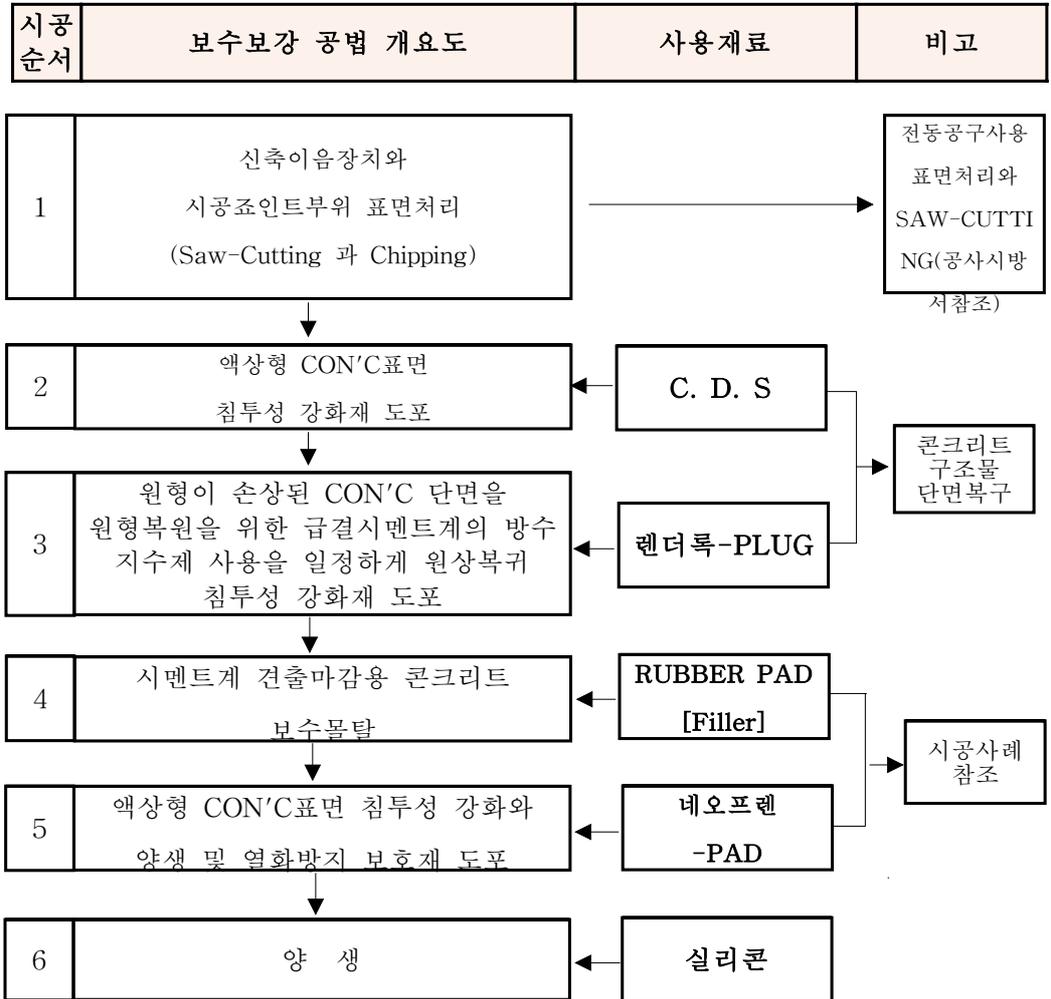
“물의 침식으로 인한 누수와 동결융해로 열화된 콘크리트 수로면 단면복구 보수보강 공사“

(보수보강범위 두께 5mm 정도)



(주기): [수분이 항상 침식이 되지 않은 경우]공사 생략함.

수로교 신축이음장치[EXP-JOINT]와 시공조인트 단면보수. 보강 공법 시공순서도[C]
 (기능상실과 움직임(거동)임으로 열화와 누수가 되는 신축이음장치와
 시공조인트의 불규칙적인 변형규격은 10~50mm까지)



○ 현장적용 시공 사례예



<그림 4-8> 익스펜션조인트 설치,보수용 자재반입



<그림 4-9> 바닥면 바탕청소



<그림 4-10> 익스펜션 조인트설치, 벽면커팅



<그림 4-11> 익스펜션 조인트설치, 열화바닥면 바탕정리



<그림 4-12> 부식철근 녹제거



<그림 4-13> 열화된 콘크리트 단면보수보강



<그림 4-14> 양벽면에 조인트 설치



<그림 4-15> 익스펜션 조인트 설치와 바닥면콘크리트 단면복구 완료



<그림 4-16> 익스펜션조인트와 시공조인트(상부)설치완료

7. 난연 FRP 공법(신축이음부 보강)을 적용한 수로교 보수보강 사례

1. 공법개요 :

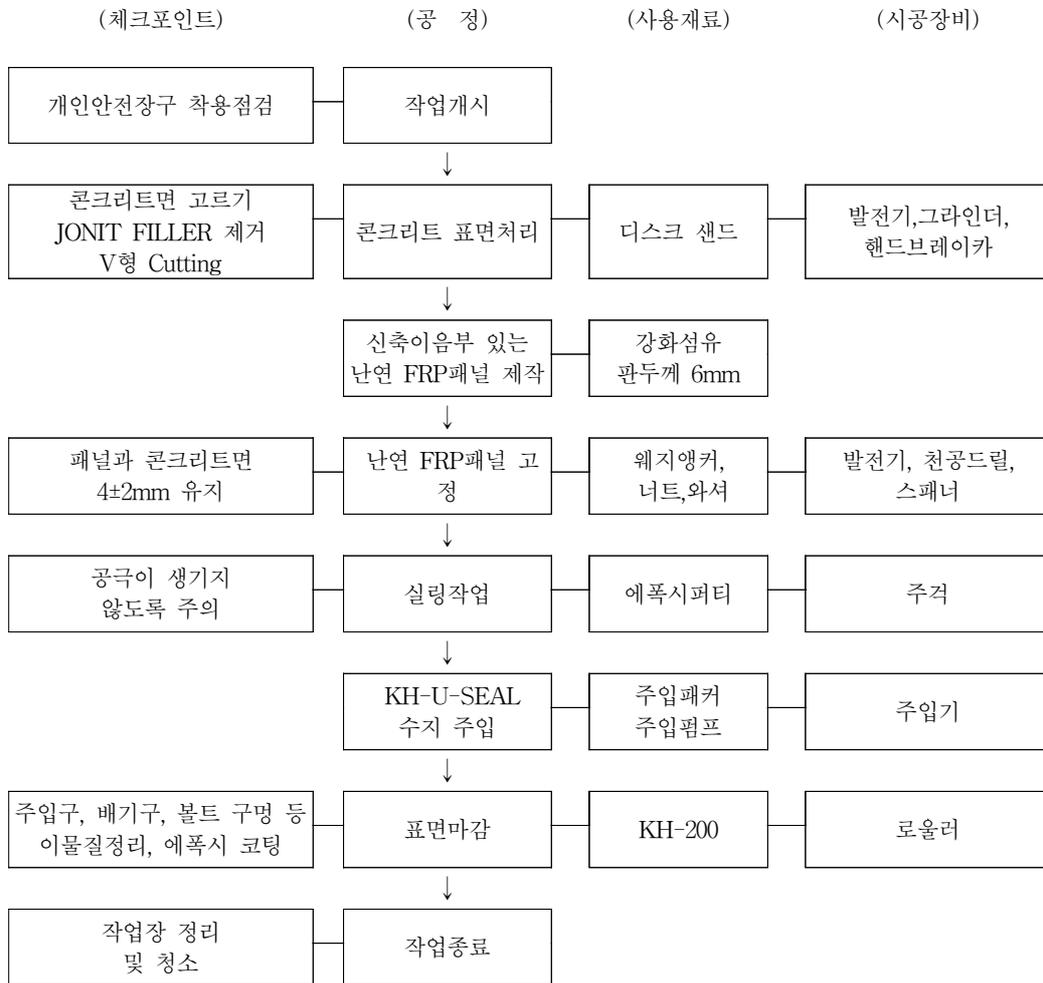
본 공법은 건설신기술 417호로 지정된 공법으로, 고강도의 난연 보강재를 신축이음부를 갖는 수리구조물 표면에 고정시킨 후, 신축이음부에는 신축이 가능한 우레탄계 수지를 압력주입하여 수리구조물과 일체화시킴으로써 수리구조물의 줄눈부를 보강하는 수리구조물 보수보강 공법으로, 시공성 및 공해, 염해 등 환경오염에 대한 저항성 및 내구성이 뛰어나며 품질확인 및 유지관리가 용이한 신개념 콘크리트 수리구조물 보수보강 공법이다.

2. 설계방법 :

① 누수 및 백태 등으로 손상된 줄눈부 및 그 주변에 대하여 적절한 면적(일반적으로 폭 50cm 내외)을 보강구간으로 정한다.

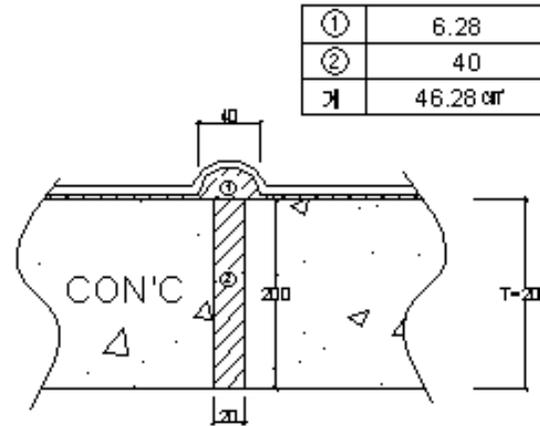
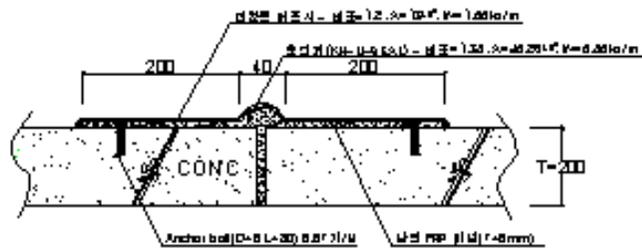
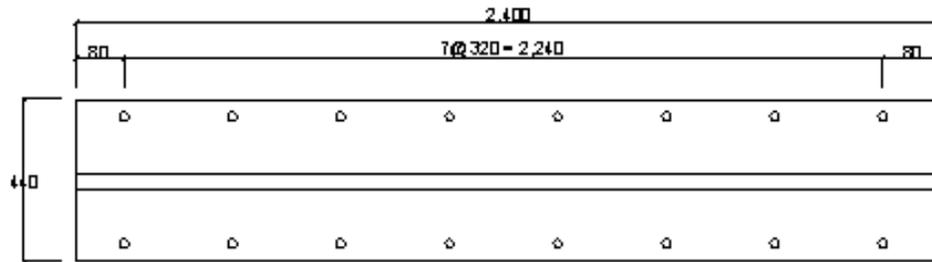
② 난연FRP패널과 이음부 사이의 공간을 계산하여 주입량을 계산하고 주입량을 결정하며 단위길이에 대한 공사비를 계산하여 설계한다.

3. 시공방법 :



4. 신축이음 상세도

난면 FRP 패널 신축이음 상세(예)



5. 적용사례 : 수로교 보수공사



제 5 장 콘크리트 수리구조물의 보수보강 시스템 개발

제1절 콘크리트 수리구조물의 보수보강 시스템 개발

제2절 보수보강공법 데이터베이스 시스템 개발

제3절 웹기반 보수보강공법 지원시스템 개발

제4절 조사자료 DB 구축 사례

제5절 요약 및 결론

제 5 장 콘크리트 수리구조물의 보수보강 시스템 개발

제1절 연구 방법의 개요

1. 자료관리 및 운영방법

보편화된 정보망과 사내 전용망의 활용, 그리고 시설물관리자에게 신속하고 편의성이 높은 시스템의 제공, 다양한 종류의 공법에 대한 신뢰도 제고를 목적으로 데이터베이스와 웹-환경을 통하여 서비스를 제공하도록 계획하였다

먼저 공사의 정보망을 활용하여 현장 시설물에 대한 객관적 자료 데이터베이스 구축, 시스템에 접속한 사용자가 데이터베이스를 이용하기 쉽도록 화면 폼과 해석결과의 보고서 작성을 지원한다. 사용한 자료와 결과자료는 모두 직접 데이터베이스에서 관리하도록 하므로, 향후 관련 업무에 이 자료를 이용한 새로운 업무개발에 효율성을 제고할 수 있도록 한다. <표 5-1>은 Web 환경의 Client/Server 개념의 프로그램과 단독 프로그램 사용 환경을 비교한 결과이다.

<표 5-1> 독립환경 프로그램과 Web 기반의 C/S 환경 프로그램의 비교

항 목	단독 프로그램	Web 기반 C/S 프로그램
개발환경	독립적 OS 환경에서 개발되므로 사용자 환경을 1가지로 개발해야 함	사용자 환경에는 제약을 두지 않는다. Web 브라우저를 사용 가능한 환경 이면 가능
프로그램의 보수	배포된 시스템을 모두 회수하거나 사용자에게 이 사실을 알려서 새로 배포	모든 사용자에게 시스템의 개선내용이 즉시 보급되며, 그 결과를 확인할 수 있다.
다중 사용자환경	사용자 혼자서 사용하므로 해석된 결과만 보고될 뿐, 입력자료나 출력자료 자체를 다시 사용하는 것이 어렵다.	다중 사용자 환경을 가정하기 때문에, 여러 사용자가 현재 사용한 입력 자료를 다른 사람이 재사용할 수 있고, 일관된 유지관리가 가능하다.
자료구조의 유연성	프로그램에 고정된 자료구조는 매개변수 계산에 새롭게 추가된 자료항목이 있을 경우에는 프로그램을 새로 개발해야 한다. 이때 기존의 자료저장 형태는 다시 사용하기 어렵다.	프로그램의 입·출력 자료가 데이터베이스에서 관리되므로 자료구조가 변경되더라도 프로그램에서는 크게 영향을 받지 않으며, 자료의 보완만으로도 시스템의 일관적인 유지가 가능하다.

특히 정보망 이용체계는 WWW- IntraNet을 이용하고 데이터베이스 서버에 안전한 접속과 다중 사용자 환경을 지원하기 위하여 3-tier Client/Server 구조를 사용하면 엔진에 자료를 공급하고 Network이 일시적으로 중단된 환경에서도 독립적으로

자료를 이용할 수 있을 것이다. 이는 사내 인트라넷과 인터넷 공개망에 대한 접근을 동시에 지원해야 하는 시스템의 기본 개념으로 도입할 필요가 있으며, 지원이 가능할 것으로 판단된다.

2. 정밀현장조사자료 DB구축

지사 관할구역내의 평야부 구조물을 대상으로 정기적으로 점검을 시행하고 있는 농업기반공사는 관리시설물에 대한 많은 기록을 보유하고 있다. 그러나 시설물의 지속적인 보수이력이 손상부위별, 원인별로 조사되어 관리되지 못하고 있기 때문에 새로운 시설물관리자에게 기존의 시설물의 이력에 대한 정보검색을 통하여 체계적인 유지보수 지원기능이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구를 통하여 기존 정밀점검과 정기점검의 결과의 분석과 최근 점검자료에 대한 정밀자료를 DB로 구축하여야 한다.

현장조사 자료는 현재의 문서화된 자료뿐만 아니라 향후 새로 현장 조사결과를 반영할 수 있는 환경을 제공할 필요도 있다. 그러나 사용자의 기술수준이 비전문적이거나 사용자들의 지속적인 관심이 부족하기 때문에 시설물의 이력관리를 위하여 현장조사에서 시설물 관리자가 전문가의 도움을 간접적으로 활용할 수 있는 표준 시설물에 대한 조사기준을 DB로 구축할 필요가 있다.

현장의 시설물에 대한 보수업무는 시설물의 목록관리, 정기적인 관측 및 상태의 판단, 보수여부 결정 및 보수방법 및 시기의 결정, 보수이후의 이력관리를 통한 수명의 연정을 유도하는 것이다. 그러나 시설물유지관리 업무의 단계별로 필요한 지식과 기술, 보수업체의 정보와 적용대상별 공법의 효과성에 대한 판단기준이 부족하기 때문에 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 대한 전문적 기술을 지원하기 위하여 시설물의 종류별 하부구조 구성체계를 조사하고 각 하부구조별로 손상원인과 상태에 따라서 적용 가능한 보수보강 공법과 신기술공법 등에 대한 효과적인 연계 운영체계를 설계 하도록 한다.

3. 규명된 노후손상발생 원인의 DB 구축

현행 시설물관리규정에서 정기적인 점검과 진단에서 제외되고 있는 평야부 구조물

에 대해서 노후손상 원인을 정규화하여 시설물의 종류, 요소단위별, 부위별로 분석하기 위하여 다양한 지구별로 손상자료를 조사하기 위하여, 평야부 농업수리구조물의 현장조사 자료를 데이터베이스화 한 후에 체계적으로 분석 한다.

전국적으로 분포하고 있는 지사의 시설물을 대상으로 조사한 데이터베이스를 토대로 하여 구조물의 부위별 노후손상 유형을 표준화 한다. 노후손상 유형은 그 원인에 따라서 시설물의 설계, 시공, 유지관리 측면에서 다양하기 때문에 발생원인과 손상유형을 비전문가가 이해하기는 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 이 문제를 극복하기 위하여 정형화된 구조물의 종류와 부위에 대한 손상유형별로 연구자와 전문가집단의 자문을 통하여 구축한 데이터베이스를 구축하였다.

4. 콘크리트 수리구조물에 적합한 보수보강소재 및 공법의 DB 구축

가. 손상원인별 적용 가능한 보수보강 소재 데이터베이스

구조물의 부위별로 노후되는 부분이 본 연구에서와 같이 콘크리트, 철근, 누수방지 목적의 재료와 같이 구분이 가능하고 각 부위별 소재에 따라서 상태를 진단할 수 있다면, 정기점검과정이나 안전진단 과정에서 점검의 결과를 등급화 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 노후손상 정보에 대한 표준영상 정보를 이용하여 전문가에게 판정을 받아온 보수공법정보로부터 각 공법의 주요재료, 공법의 특성을 데이터베이스화 하였다.

이 데이터베이스는 향후 구조재료 및 보수재료별로 공법에 대한 검색을 적절하게 구사할 수 있게 발전시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 시설물의 안전을 종합적으로 진단, 평가하는 과정에서 작성된 진단내역서와 보수공법과의 관계를 통합하여 운영하기 위해서도 이와 같은 데이터가 사용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 제안하고 있는 세부구조물의 구분은 기존의 진단내역서의 결과를 토대로 분류한 것이기 때문에 현장의 시설물관리자나 점검자들이 진단자료를 조사, 입력하는 과정에서 구조물의 분류가 이해하기 쉬울 것으로 판단된다.

나. 보수보강기술별 사용가능한 재료 및 소재의 DB 구축

구조물의 물리적 손상요인들은 설계요인과 시공요인, 외적요인에서 비롯된 것으로

판단할 수 있으며, 이 자료들의 작성기준 또한 평가 당시의 지방서 규정을 참고로 하여 작성되어야 한다. 예를 들면 수로교량과 일반 교량은 사용목적과 사용과정의 환경이 판이하게 다르다. 따라서 이 경우에는 단순한 설계기준만으로 평가되기 보다는 사용목적, 즉 기능의 수행가능성과 안전이 한꺼번에 점검이 될 수 있어야 하며, 보수보강의 목적 또한 이 두 가지 목적으로 동시에 수행할 수 있어야 할 것이다.

시대적 변화에 대한 적절한 대응과 지속적인 농업토목구조물에 대한 유지관리 계획의 수립과 유지보수 사업은 점차 감소해가는 추세에 있다. 또한 지금까지 설치된 시설물의 대부분은 점차 그 이용가치를 잃을 수 있는 운명속에서 시설물의 관리자의 책임이 더욱 더 커질 수 밖에 없다. 관리자에게 현실적으로 제안될 수 있는 보수공법과 향후 적용가능한 공법이 신속하고 적절하게 제공될 수 있는 환경의 구축은 이러한 토대를 예측하기 때문에 더욱 절실한 것이라고 판단된다. 한편 과거와는 또다른 측면에서 강조되는 것또한 이렇게 발전하고 있는 전산환경하에서 더욱더 관련 자료가 향후, 농업구조물의 설계 및 시공과정, 유지관리 전반에 걸쳐서 사용될 수 있는 토대로 제공될 수 있도록 개발하였다.

다. 보수보강 공법별 적용단가 DB 구축

본 연구에서는 수리구조물의 보수보강 공법을 소유하고 있는 업체간의 특허논쟁과 각 공법에 대한 적용가능 범위에 대한 물리적 평가를 내리서 이 결과를 적합한 공법 선정의 지표로 만들 계획을 수립하였다. 그러나 현실적으로 소규모, 다품종의 공법을 제공하고 있는 업체들로서는 표준공시가격과 같은 품셈을 전국에 동일하게 적용하기 곤란한 점을 제기하였고, 이로 인하여 표준단가의 제안에 회의적 반응을 보였다. 따라서 본 연구에서는 가격에 대한 설계 대신에 사용빈도와 실무적용사례, 공법과 현장조건의 적합성 요소를 설계 및 진단자가 스스로 평가할 수 있는 체계로 설계되었다.

5. 보수보강 시스템 개발

사용자환경의 유지보수 및 데이터베이스 자료제공자가 전국의 지사 및 시설물관리자가 될 수 있으며, 신규 공법에 대한 정보를 신속하게 사용자, 개보수사업 발주자

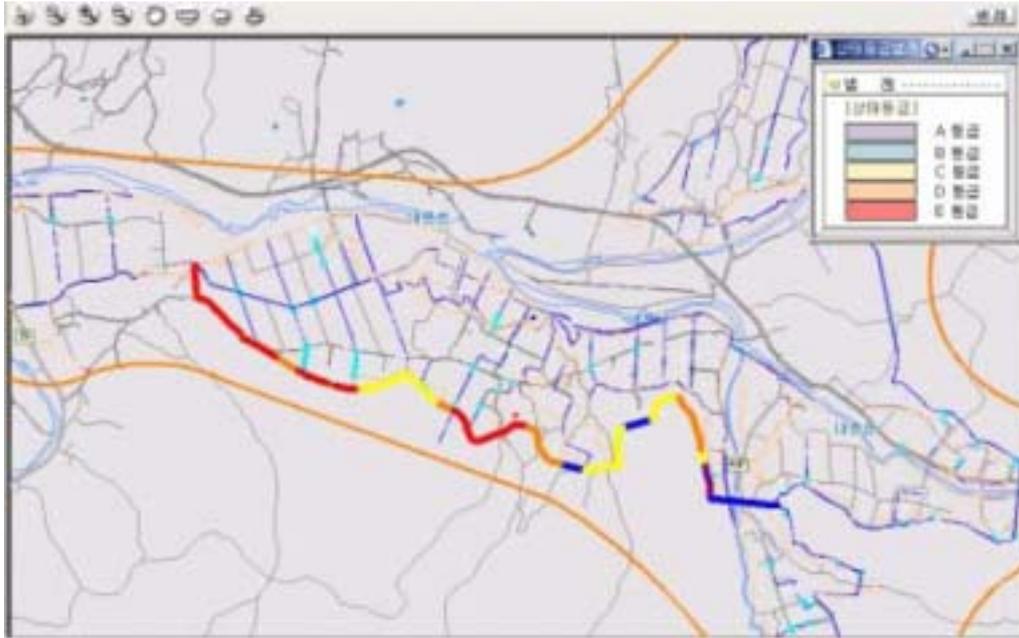
에게 제공하고자 할 때 신뢰성을 부여하기 위하여 농업기반공사의 연구원에서 사전 심의를 거치게 하는 과정을 삽입하여야 한다. 따라서 복잡한 사용자인터페이스의 특성을 통일된 기준으로 제공할 수 있는 웹기반 환경을 채택하였다. 정형화된 노후손상형태와 시설물의 기본정보, 손상형태별 노후원인에 따라서 보수공법을 탐색하도록 한다. 또한 본 시스템을 이용하여 농업수리 구조물의 현장관리자의 해당시설물에 대한 종류별 노후염려에 대한 접속결과를 통계적으로 집계하여 향후 지역별, 구조물별 주요 발생하는 노후현상에 대한 문제점을 검토할 수 있도록 한다.

이 과정을 위하여 보수보강기술별 적용 가능한 노화원인및 현상의 표준화 DB를 사용하여 단계적 수렴법을 사용하여 보수공법을 선정해주는 데이터베이스 응용시스템을 개발한다. 단계적으로 시스템의 개발은 1단계로는 농업생산기반시설물의 노후화 과정 및 원인 등에 관한 실태조사를 실시한 결과로부터 평야부 구조물의 노후현상의 조사 및 유형 분류를 이용하여 접근토록 하고 적용 가능한 구조물에 대한 범위를 노후정도를 통하여 적절한 공법이 선정되도록 하는 목표를 설정하였다. 이 결과는 구조물별로 노후화현상-원인에 대한 표준자료를 대상으로 전문가 자문을 통하여 1차로 구축되며, 향후 시행결과 및 이력관리를 통하여 공법의 적정성에 대하여 지속적으로 모니터링할 필요가 있다. 이 결과는 관계형 데이터베이스를 통하여 보수보강공법 소재별 특성과 노후현상 단계별로 적용가능한 공법이 선정될 수 있는 알고리즘을 통하여 적합한 보수보강공법 선정 지원시스템으로 구현한다.

제2절 보수보강공법 데이터베이스 시스템 개발

1. 정밀 현장조사 자료구축 범위

현장조사 자료를 구축하기 위하여 농업기반공사 지역별 도본부의 지사 관할구역 내에 위치한 평야부 구조물을 대상으로 손상부위별, 원인별로 조사 자료를 분류하였다. 또한 자료와 각 시설물의 이력관리를 위하여 현장조사에서 작성된 조사표를 DB로 구축할 수 있도록 데이터베이스를 설계하였다. 최종 시스템 구현단계에서는 각 시설물에 대한 이력관리 부분은 현재 공사의 시설물관리정보시스템을 통하여 <그림 5-1>과 같이 지리 공간 정보화 함께 구축되고 있다.



<그림 5-1> GIS를 이용한 시설물의 관리기법의 진화

따라서 향후 시스템의 본격적인 실용화 단계에서 이 부분을 다룰 수 있을 것이라 판단되어 본 연구에서는 활용방안에 대한 검토만을 실시하고, 최소한의 지리정보에 해당하는 자료로서 지역별로 보수보강 공법의 적용사례와 시기를 지역별로 파악할 수 있는 자료만 속성자료의 항목으로 유지 하였다. 이는 향후 지역별 개보수 수요도의 증가와 노후화가 진행되는 속도를 지역별/검토대상 공법별 비교자료로 활용할 수 있도록 계획하였다.

웹 기반 서비스 시스템으로 설계하기 위해서 시설물 등록, 공법등록, 사용자 관리 등의 기능을 수행할 수 있는 서버기능을 제공할 수 있어야 할 것이다. 따라서 대용량의 DBMS를 필요로 하지만, 본 연구에서는 현재 사용성이 높은 관계형 데이터베이스 엔진을 대상으로 시험 운영하고(mysql), 최종적으로 ms-sql로 개발하도록 하였다.

농업기반공사의 지역본부별 지사의 관리시설물에 대한 기초조사를 통하여 측정된 노후손상현상 자료의 용량은 다음 <표 5-2>, <표 5-3>, <표 5-4>와 같이 조정된 상태로 데이터베이스화 하였다.

<표 5-2> 1차년도 지역본부별 현장조사 표본자료 (표준화된 노후현상정보)

구조물용도	강원	경기	경남	경북	전남	전북	충남	충북
배수갑문	1	4	5	4	4	2	2	1
배수장	-	1	4	4	4	3	3	1
수로교	3	3	2	2	2	2	3	5
양수장	3	3	2	4	3	2	2	3

<표 5-3> 2차년도 지역본부별 현장조사 표본자료 (표준화된 노후현상정보)

구조물용도	강원	경기	경남	경북	전남	전북	충남	충북
압거	2	2	3	3	3	2	1	4
개거	4	3	3	3	2	2	3	2
잠관	3	1	1	1	4	4	4	2
터널	1	4	3	3	3	2	2	2

<표 5-4> 3차년도 지역본부별 현장조사 표본자료 (표준화된 노후현상정보)

구조물용도	강원	경기	경남	경북	전남	전북	충남	충북
방수문	2	1	2	3	3	-	-	
분수문	1	-	-	2	-	2	3	2
제수문	2	4	2	-	2	3	2	3

2. 시설물관리 및 조사자료 데이터베이스 구조

시설물의 종류별 하부구조 구성체계를 조사하고 각 하부구조별로 노후손상원인과 상태에 따라서 적용 가능한 보수보강 공법정보시스템과 연계운영하기 위한 인터페이스에 사용될 수 있는 자료 구조를 설계하였다. 이 인터페이스 구축과 조사자료 구축에 사용된 데이터베이스는 인터페이스 작성과 시설물의 보수보강공법과의 관계를 위해 필요한 테이블들의 관계도로 <그림 5-2>와 같이 제시하였다.

당초 데이터베이스개발과정에서의 요구도 분석에 따라서 1단계의 개발과정에서는 <그림 5-2>의 구조와 같이 시설물단위의 이력관리와 진단결과를 포함할 수 있는 구조로 설계되었다. 최종 설계에서는 시설물 단위보다는 적용분야별 시설물의 구분정보와 시설물을 진단하는 지사별 정보만을 통하여 실제 시설물의 이력관리 부분을 대신한 상태로 개발하였으며 시설물의 관리지구의 담당자가 진단을 실시한 내역만을 유지하도록 <그림 5-3>과 같이 수정하였다.

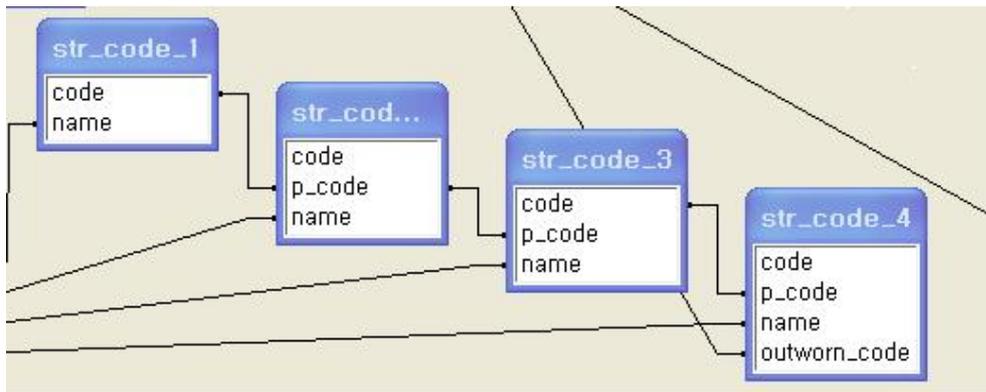
3. 손상발생 원인의 DB 구축

가. 구조물의 부위별 손상형태 정의 DB

본 연구에서 대상으로 선정한 평야부의 수리구조물은 다음 <표 5-5>와 같다. “code” 항목은 데이터베이스에서 사용하고 있는 대분류 코드값이다. 이 테이블은 <그림 5-3>의 전체구조도에서 세부적으로 살펴보면 <그림 5-4>에서 제시하고 있는 구조물의 분류체계의 최상의 개념을 정의하고 있다.

<표 5-5> 평야구 구조물의 대분류

code	name
1	양배수장
2	수로교
3	배수갑문
4	암거
5	잠관
6	터널
7	개거
8	제수문
9	방수문
10	분수문



<그림 5-4> 평야부 농업수리구조물의 분류체계 및 손상형태 구조 테이블관계

실질적으로 구조물의 부위별 구분 단계는 [str_code1 { \sum str_code2 \sum str_code3}] 으로 정의 할 수 있다. 상호관계의 위상은 외래키(Foreign Key)에 의해서 정의되기 때문에 사용자가 검색하는 과정을 단계적으로 실제 검색을 하고자 하는 내용만을 취사선택할 수 있도록 지원해준다. 마지막 단계에 있는 [str_code_4] 는 구조물의 부위

별 형태와 재료적 특성에 따라 나타날 수 있는 모든 노후손상형태를 제공할 수 있도록 설계되었다. 그 종류는 대개 물리적 분류에 따라서는 다음 <표 5-6> 과 같다. 그러나 수리구조물에서 나타날 수 있는 대표적인 물리적 현상을 위주로 하여 구조물과 노후손상 형태를 정리하면 <표 5-7>과 같이 나타낼 수 있다.

<표 5-6>과 <표 5-7>의 경우를 정리해 보면, 구조물의 노후손상 및 원인에 대한 분석이 연계되어야 한다는 것을 말하고 있다. 물리적 분류체계는 구조부위별로, 구조부재의 재료 특성에 따라 실시하며, 시설물의 경제·사회적 가치에 대한 분류를 통하여 노후화를 진단할 수 있어야 한다. 수리구조물에 대한 분류의 범위가 상당히 제한적이며, 외부에서 작용하는 효과의 단순화형태를 생각할 때 향후 시설물의 진단 서비스시스템의 개발에서도 이 부분을 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

<표 5-6> 구조물의 손상 분류 예

물리적 분류	
<ul style="list-style-type: none"> - 균열 - 철근 부식 - 박리·박락 - 콜드 조인트 - 백화 - 표면부식 	<ul style="list-style-type: none"> - 누수 - 고드름 및 측빙 - 단차 - 침식 및 공동 - 골재 노출

<표 5-7> 콘크리트 수리구조물의 분류단계 및 노후손상 형태 분류(예)

구조물 명	구조물 요소	부위	노후손상 형태분류
배수갑문	갑문부	콘크리트	균열
			표면박리·박락
			표면부식
			골재 노출
		철근	철근노출 및 부식
수로교	상부구조	개거바닥부 및 벽체	균열
			누수
			표면박리·박락
			표면부식
			백화
		골재노출	
		철근노출 및 부식	
		신축이음부	균열
			누수
			지수판부식
	골재노출		
	표면박리박락		
	철근노출 및 부식		
	하부구조	교각두부	균열
			백화
			표면박리·박락
			골재노출
			표면부식
		철근노출 및 부식	
		교각	균열
누수			
표면박리·박락			
백화			
골재노출			
표면부식			
철근노출 및 부식			

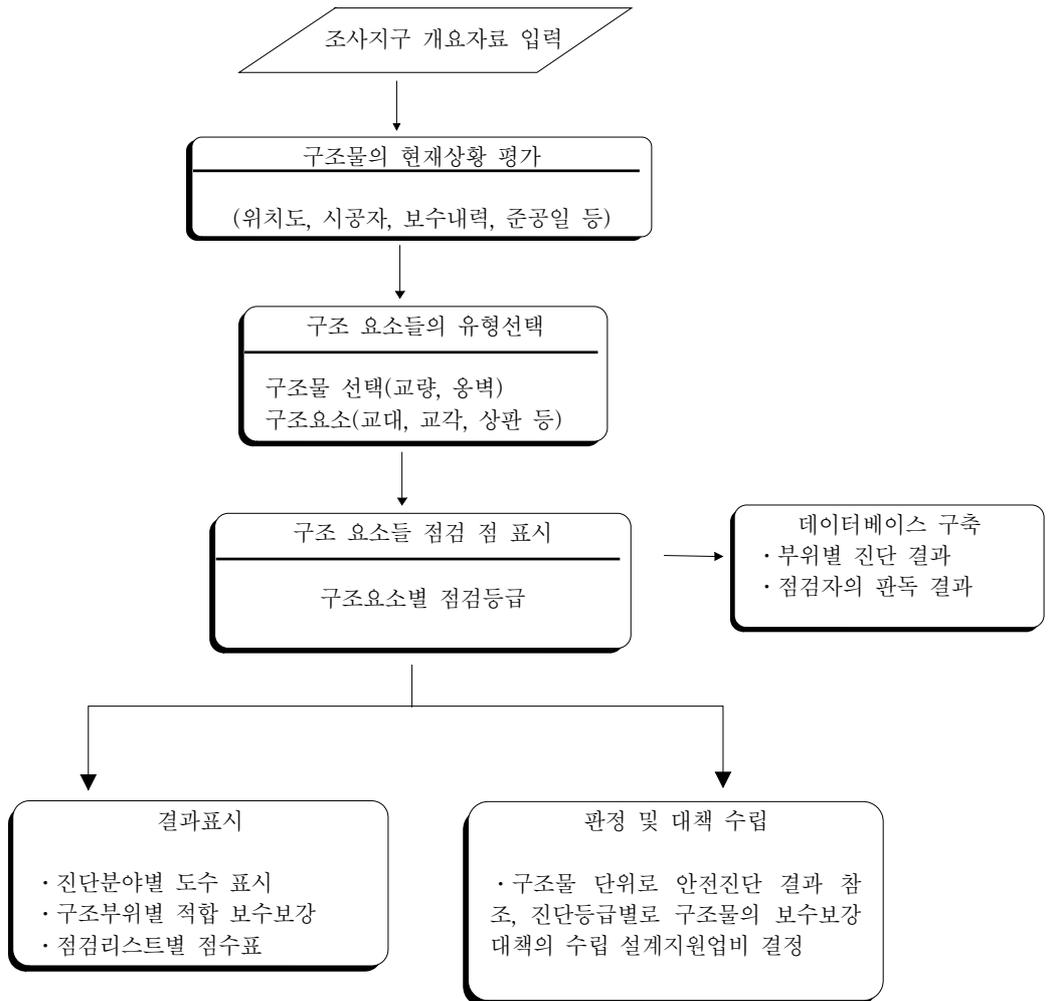
<표 5-7> 구조물의 분류단계 및 노후손상 형태 분류(계속)

구조물 명	구조물 요소	부위	노후손상 형태분류
양배수장	옥내	벽체	균열
			누수
			백화
			표면부식
			표면박리박락
		바닥	균열
			표면부식
			표면박리박락
	천장	균열	
		누수	
	기둥,보	철근노출 및 부식	
		균열	
	옥외	벽체	균열
			누수
			백화
			표면부식
표면박리박락			
옥상		균열	
		누수	
		표면박리박락	
		표면부식	
		표면부식	

나. 손상코드별 자료관리체계

구조물의 구조부위별로 조사된 안전점검과정을 직접자료관리 할 수는 업시기 때문에 기존의 자료에서 추출된 손상과 각 구조물에 대한 현장 조건에 따라서 각각의 원인을 분류 하였다. 이에 따라서 현지의 조건에 따라서 가상의 조건을 가정하고 다음과 같은 시스템적 접근을 가정한 자료관리 체계를 구축하였다.

손상정보와 구조물의 보수 요구도에 대한 결정과정을 모사하여 나타내면 다음 <그림 5-5>와 같다.



<그림 5-5> 안전진단 프로그램 사용자 환경 시스템의 흐름도

다. 평야부 구조물의 손상발생원인 DB

본 연구에서는 평야부 농업수리구조물의 현장조사 자료와 일반적인 콘크리트 구조물의 노화에 의한 손상 현상을 분석한 자료를 토대로 각 구조물의 세부 부위별 노후 손상현상을 유형화하고, 유형별 원인을 분류하여 시설물의 손상정도 및 시설물의 입지조건을 이용하여 영상자료와 시설물의 설치 위치를 토대로 전문가 자문결과를 시행하였으며, 이를 데이터베이스의 표준자료로 <표 5-8>과 같이 구축하였다.

입지조건은 시설물의 조사당시 전문가에 의하여 진단된 결과를 포함하고 있으며, 현장의 설계조건, 현상사진, 비파괴시험조사 결과를 토대로 사용자와 시설물의 보수

결정 과정의 자료로 <그림 5-6>과 같이 제공하도록 하였다. 데이터베이스 구축은 현장조건에 따라서 단위시설물과 구성요소 단계에 따라서 표준적인 자료를 선별하고 구축하도록 하였기 때문에 최종 시스템에 사용된 표준영상 자료는 등록된 공법의 적합도 선정과정에서 사용자와 전문가가 상호 의견을 교환하면서 적합한 공법을 찾는 과정을 지원할 것이다.

초기 개발 범위에서 제시한 바와 같이 시설물별로 영상자료를 구축하는 과정에 단기, 제한된 지역조건을 반영하고 있기 때문에 지속적인 표준영상데이터베이스에 대한 관리가 필요하다. 또한 이를 계속 보완하고자 할 경우 동일한 또는 그 이상의 조건에 해당하는 전문가 집단과 정밀한 현장조건을 표현할 수 있는 정보통신의 기술을 활용할 수 있는 기구를 통하여 현황정보를 보고, 판단하여 향후 대처방안에 관한 지원이 가능하도록 실시간으로 관리되는 정보시스템으로 구성, 개발을 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

<표 5-8> 구조물의 종류별 손상발생원인별 표준영상 정보의 참조 테이블

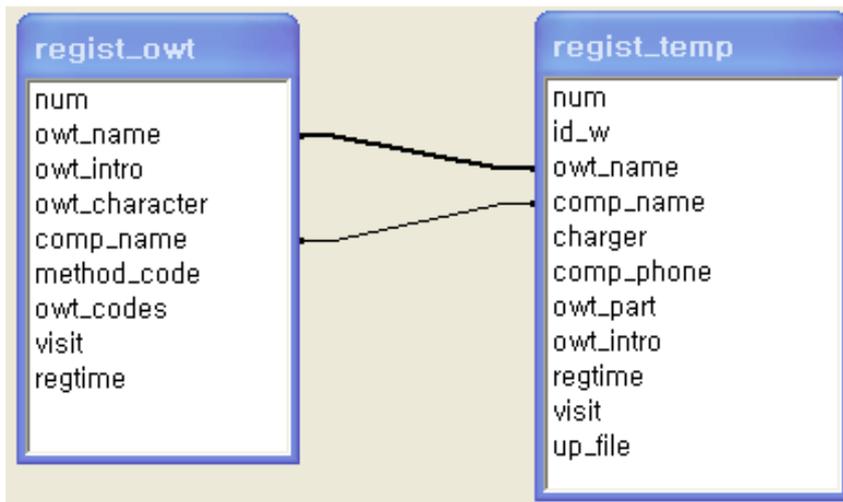
목 적	테이블 명	항목 명	자료 형
구조물의 손상원인	deter_reason_relations	구조물명	char (20)
		photo_code	char (20)
		손상코드	char (6)
		손상등급	integer
		노후손상원인코드	char (40)



<그림 5-6> 표준 노후손상정보의 개략 정보 제공

4. 수리구조물 보수보강 공법 DB 구축

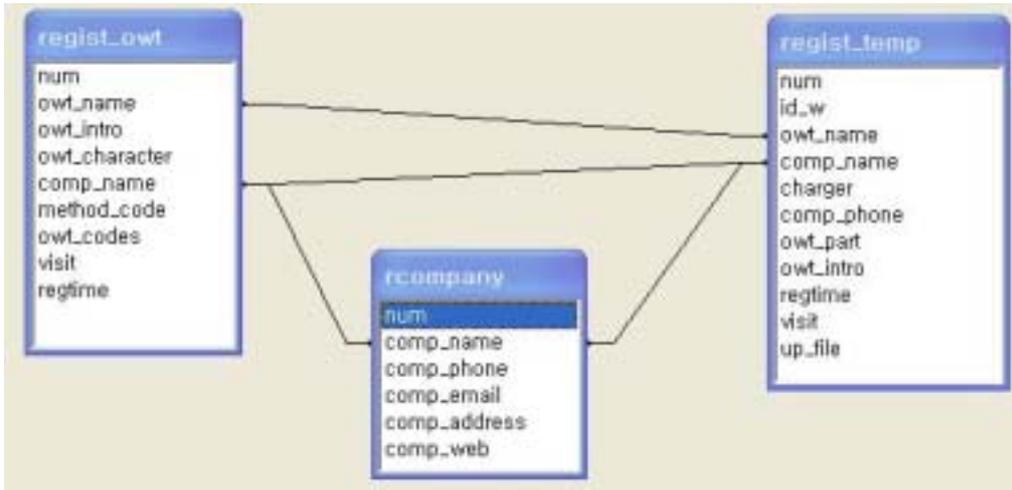
수리구조물의 관리를 담당하고 있는 비전문가들이 보수보강 기술과 정보를 손쉽게 접하고, 노후손상유형별 적합한 소재나 공법에 대한 정보를 손쉽게 구득하기 위한 DB를 구축하였다. 공인된 품질시험기관(농업기반공사 등)이 발행한 보수보강기술별 소재나 공법에 대한 품질시험 결과를 토대로 자료를 구축하였으며, 향후 새로운 공법의 등록과 관리 단계를 본 연구에서 개발된 시스템을 통하여 신청하고자 할 경우에는 보수공법별로 현장의 개보수 공법으로 사용될 수 있도록 사전 등록제와 최종적인 등록과정을 관리자가 수행할 수 있도록 하였다.



<그림 5-7> 공법등록 진행과정 및 최종승인공법 관리 테이블

<그림 5-7>와 같이 임시로 신청된 공법은 <regist_temp>에 사전 등록하는 방법으로 업체별 신규공법이 <그림 5-8>, <그림 5-9>, <그림 5-10>과 같이 관리, 신청 되도록 하였다. 이 접수된 결과를 토대로 농어촌연구원이 공신력 있는 기관에 의뢰토록 하여 보수보강 사업의 결과 및 보고서를 토대로 각 보수보강 공법별 적용단가를 조사하여 현실적인 공사예가를 결정하여 DB를 관리하는 등 공신력 있는 기관(농업기반공사)이 DB를 계속적으로 관리하여 검증된 공법을 현장에서 참조할 수 있는 기반을 마련할 수 있도록 하였다. 여기서 등록된 최종공법은 표준노후손상 영상자료를 바탕으로 공법을 재분류하는 자료를 제공받아서 공법과 손상과의 관계를 정의한

정보를 구축한다.



<그림 5-8> 공법 등록 및 신청을 위한 공법소유권 회사 등록 테이블

The screenshot shows a web portal with a table of company registration information. The table has columns for '번호' (Number), '회사명' (Company Name), '전화번호' (Phone Number), and '주소' (Address).

번호	회사명	전화번호	주소
20	공법건설		
19	(주)한일전	전화002-2025-8146, 팩스002-2025-1239	서울시 강서구 화곡동 1118-4 9층
18	한남엔지니어링	전화002-9520-8276, 팩스002-9520-2761	서울시 서초구 서초동 930-1번지 18층 402호
17	대원씨엔에프	전화002-478-0828, 팩스002-478-0828	서울시 강북구 강북동 435-0272 오스카빌딩 3층
16	(주)온스타일	전화002-478-0828, 팩스002-478-0828	서울시 강북구 강북동 435-0272 오스카빌딩 3층
15	일목시스템	전화002-571-0401	
14	(주)우기스	전화002-571-0401	
13	에이아이씨		
12	(주)유니스트엔지니어링	전화002-2025-7188, 팩스002-2025-8146	
11	(주)이온시스템	전화002-421-7867, 팩스002-421-7409-4	서울특별시 송파구 잠실동 222 사당빌딩 19층
10	(주)에코글로벌건설	전화002-9462-9436, 팩스002-9462-9436	
9	(주)에천산업	전화002-988-9888, 팩스002-988-0300	
8	에이아이씨	전화002-485-2291, 팩스002-	경기도 연천시 연평구 철북동 922번지 단

<그림 5-9> 공법 신청을 원하는 입체 등록 정보



<그림 5-10> 입체별 인증된 보수보강공법 신청 양식

보수보강 공법과 시설물의 노화손상에 대한 원인, 보수공법의 특성을 적절한 분석 단계에 따라서 분류하면 다음 <표 5-9>와 같은 형태로 정리될 수 있다.

본 연구에서는 손상코드에 대한 정보를 사용자에게 명확히 제공하기 위하여 계획된 것이 바로 표준 영상정보를 활용하는 것이다. 이 방법은 손상형태에 대한 다양한 발현에 대한 차이와 심각성을 시설물관리자와 사용자 모두에게 인식이 곤란한 점과 또한 공통적인 시각을 확보하기 곤란한 점을 동시에 극복할 수 있을 것으로 여겨진다.

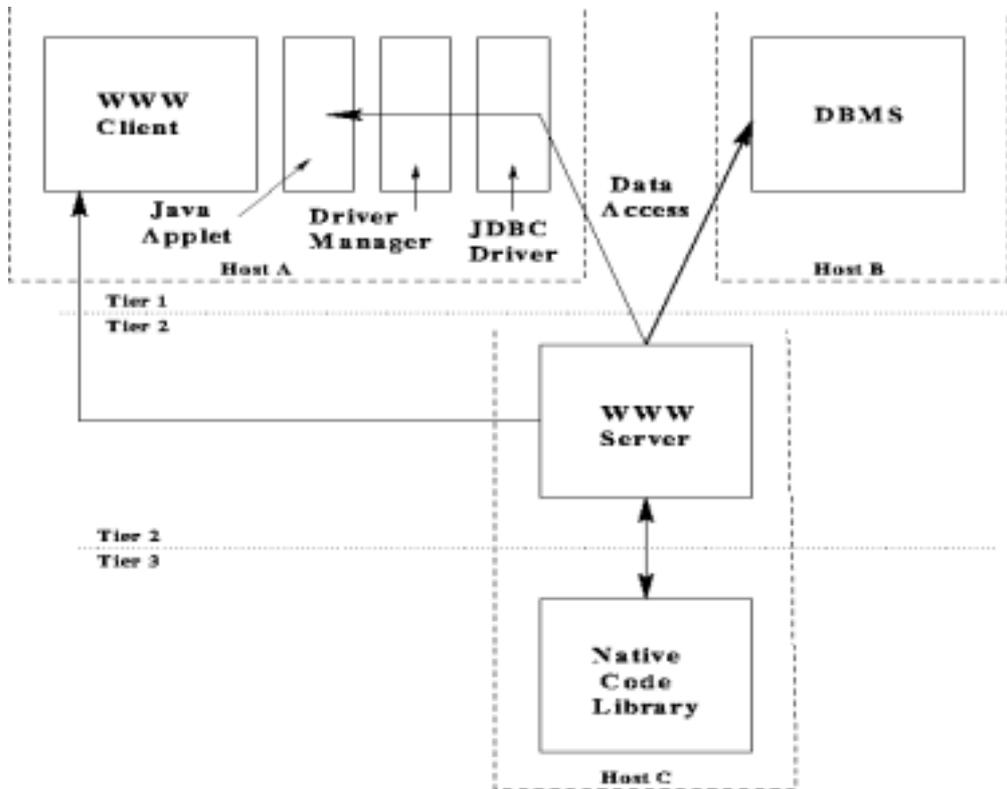
<표 5-9> 노후손상형태별 적합한 공법의 분류 예 (교량)

공법번호	공법명	손상코드	적용대상 손상형태
04-1	수지주입공법	(04)-101,104	균열
04-2	그라우트 주입공법	(04)-101	균열
04-3	교면방수공법	(04)-101,104,201	방수
04-4	강격자 상판위의 누수방지공법	(05)-103	누수방지
04-5	합성수지 모르타르에 의한 방수층의 시공	(04)-102,104,201	보강, 내하력 증대
04-6	FRP 접착공법	(04)-101,102,104	내하력 증대
04-7	강관접착공법	(04)-101,102,104	"
04-7-1	압착법	(04)-101,102,104	"
04-7-2	주입법	(04)-101,102,104	"
04-7-3	광폭방법	(04)-101,102,104	"
04-7-4	단책방법	(04)-101,102,104	"
04-8	중형 증설 보강방법(Stringer 공법)	(04)-101,102,104	내하력 증대
04-9	Under Deck Pannel에 의한 RC 상판의 보강 공법	(04)-101,102,104	보강 공법
04-10	세로트러스 증설에 의한 상판보강공법	(04)-101,102,104,201 (05)-103	보강, 균열대책

제3절 웹기반 보수보강공법 지원시스템 개발

1. 기본 모델 제시

농업수리구조물의 노후손상 유형분류결과 및 지역별 노후특성을 고려한 보수보강공법의 선정지원시스템의 개발을 위하여 개발된 데이터베이스 환경과 사용자지원을 위한 통합환경 하에서 데이터베이스와 개보수를 위한 현장조사표의 입출력 관리, 분석, 이력관리 과정을 지원하는 시스템의 개념적 모델에 적합한 모델로 3-tier 기반의 웹-기반 시스템이 선정되었다. 설계된 데이터베이스와 분산 환경의 사용자를 연결해 주고, 조사자료 데이터베이스 입력과 보수보강공법 입력이 서로 다른 계층의 사용자에게 의해서 독립적으로 이루어질 수 있는 최적의 개발환경이 될 것으로 판단되었다.



<그림 5-11> Web 환경과 데이터베이스의 3-tier 연결

2. 시스템의 개발계획 및 목적

가. 개발목적

보편화된 정보망의 활용과 사용의 편의성, 보수공법 및 노후손상자료 및 원인, 적합한 공법선정과정, 공법 사용에 대한 이력관리 모델의 재이용성을 높일 수 있도록 한다.

나. 시스템의 구성 요소

- 데이터베이스 서버 : 공사의 정보망을 통하여 제공된 보수공법에 대한 관리를 목적으로 하며, 외부 시스템과의 접속과정에서 데이터베이스 연결을 제공한다.
- 사용자 지원 인터페이스 (GUI) : 표준적인 외부와의 정보망(WWW)을 이용하여 접속한 사용자가 데이터베이스를 이용하기 쉽도록 화면 폼과 검색 결과의 작성, 검색에 대한 이력관리 보고서 작성을 지원한다.
- 노후손상 현상에 적합한 공법선정 모델 : 엔진은 직접 서버로 접근하여 사용하는 경우와 정보망을 통하여 접속한 다음 이용하는 경우로 나누어 시스템의 사용성을 높일 필요가 있다. 지구의 시설물별로 사용자가 공법 선택 과정에 사용한 정보는 별도관리하지 않고 다만 지역특성만을 기록하도록 하여 시설물의 보수 업무에 대한 효율성 개선만을 목적으로 한다.
- 공법선정과정 및 결과의 처리 : 일반적으로 공법선정과정에 대한 결과는 시설물의 종류와 정형화된 손상형태별 적합한 공법을 데이터베이스에 저장한다.

다. 시스템의 개략도

정보망 이용체계는 WWW- IntraNet을 이용하고 데이터베이스 서버에 안전한 접속과 다중 사용자 환경을 지원하기 위하여 3-tier Client/Server 구조를 사용하였으므로 Network이 일시적으로 중단된 환경에서도 외부 서버에대한 접속을 독립적으로 제공할 수 있다. 이는 유연한 확장성을 기반으로 향후의 환경 변화에서도 지속적으로 시스템을 운영 가능하도록 할 것이며 개방환경 모드로 개발할 경우에는 다양한 Client 환경 또한 지원이 가능할 것으로 판단된다.

1) IntraNet/Web 방식(I/W)

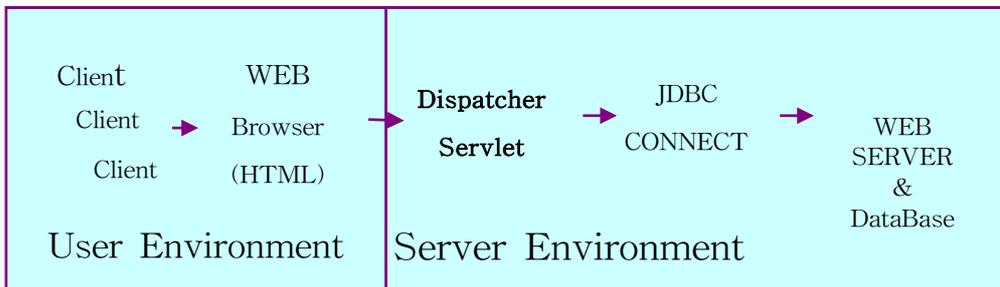
서버상의 데이터베이스를 원격지에 있는 PC에서 접근하는 C/S방식의 경우는 사용자 Program은 개인용 PC에 존재한다. 그러나 I/W방식은 서버 측에서 데이터베이스와 데이터처리를 대부분 담당하고 Client측에서는 표현에 관계되는 처리만을 담당하게 된다.

2) 공사의 정보시스템과 Engineering Database구축

기술정보 : 설계와 공사관리에 관련된 기술 자료의 전산화가 진행된 상태이므로 향후 시설물관리 목적과 최적의 운영 기회를 제공하게 된다. 또한 시설물에 대한 관리 자료를 추가하여 프로그램을 수정하면 시스템의 지원 성능을 향상하여 Client에 보급할 수 있다.

3) Intranet의 특징

기관의 보호벽(security wall)안에서 제공되는 안전한 정보제공 방법을 통하여 원격지의 사용자에게 원하는 데이터 형식을 제공한다. 이 환경에서는 Multi-platform에서 동일하게 작동하게 할 수 있으며, 다양한 형태의 정보처리 가능하며, 이때 네트워크간의 방화벽은 개념적일뿐 실제 내부 구성원은 자유롭게 Intranet사용할 수 있다. 시스템 개념도는 다음 <그림 5-12>와 같다.



<그림 5-12> 3-tier 시스템의 개요

3. 웹프로그램 개발

향후 공사의 Server에 장착된 데이터베이스를 이용하는 문제를 해결하기 위해서 현재개발된 데이터베이스 환경을 Mysql에서 오라클로 변환하는 경우를 제외하고는 PHP 개발언어의 기본사용을 전제로 하고 있다. 공사 데이터베이스의 기반은

ORACLE을 이용하고 있으므로 공사의 사업관리와 전체 시험자료의 관리는 최종적으로 Oracle에 의해서 이루어져야 하지만 김정되기 전의 시험자료관리는 부서단위로 관계형 데이터베이스 엔진을 이용하고 최종자료만을 전체 데이터베이스에 통합하여 관리하도록 계획하였다.

시설물 유지보수 시스템의 구축 및 개발에 필요한 시스템 작업 환경의 구성은 Client, Application 지원, Database, System Platform, Interface, Network의 총 6개 영역에 대한 환경을 대상으로 검토하였으며, 초기 자료의 입출력 과정은 DB 서버에서 시행하였으나 향후 Mobile 서버 시스템의 삼원적 원격체계를 구성할 수 있다면, 현장 조건의 무선환경의 기기(팜, PDA)를 통하여 자료의 조회와 시설물의 실태조사 자료를 입력할 수 있는 환경으로 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 본 연구에서 고려한 DB 서버(DataBase Server) 및 Application 서버 시스템 구성은 기본적으로 본부의 DB 서버 시스템과 백업용 시스템을 통하여 DataBase 서버로의 입출력(input/output)이 진행되도록 한다. 이 과정에서 서버측 프로그램 Application 서버가 추가될 수 있으며 이를 통하여 새로운 기능의 제공과 의사결정 과정에 필요한 기능의 추가가 가능할 것이다. 그러나 이 환경은 입출력되는 자료의 안전성과 보안성에 중점을 두어 구성하여야 한다.

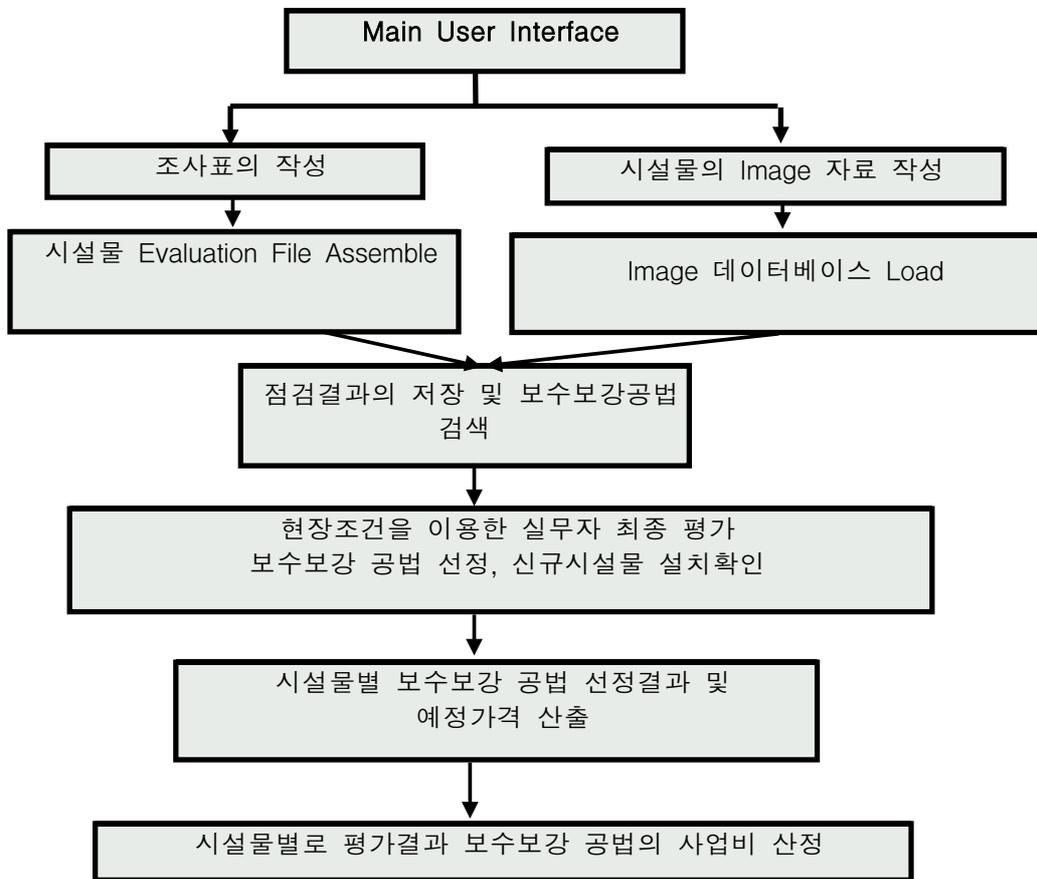
웹 기반 프로그램은 다음과 같은 구성요소를 이용하여 개발하였다.

- HTTP 통신 프로토콜
- Web 문서 작성
- 데이터 전송
- 데이터베이스(Web Server 또는 데이터베이스 서버)
- Web Browser
- User Application 지원 도구(PHP 등)

본 연구에서는 서버용 데이터베이스로 ShareWare ORDBMS로 사용이 가능한 mysql 또는 server 용을 채택하였으며, HTML문서에서 전달하기 어려운 의사결정 과정과 실시간 자료의 전달을 위하여 동적 binding이 가능한 프로그램 방식으로 개발된다면, 향후 추가적인 모델의 등록에 효과적으로 대응 할 수 있을 것이다.

4. 시스템 운영방법

현장에서의 점검결과를 야장에 작성하던 과거의 업무형태와 동일한 과정이 되게 하고, 시설물관리자들이 자신이 관리하는 구조물의 보수보강에 소요되는 비용을 사전에 예측할 수 있을 것이다. 현재까지 설계된 데이터베이스에서는 공법에 대한 단위비용 등의 자료가 구축되지 않고 있으며, 진단 및 보수보강 공법을 선정하고자 할 경우에 노후화된 부위의 물량에 대한 이력관리 부분이 개발되지 않았기 때문에 비용의 결정은 할 수 없다. 그러나 장기적으로 수명기간 동안의 시설물관리기법에 규정화 될 경우에는 반드시 필요한 정보이며, 이 정보는 공법의 변화와 함께 지속적으로 갱신이 되어야 할 부분이라고 판단된다. 이러한 방향으로 시스템 운영방법(예)를 나타낸 것이 <그림 5-13>이다.



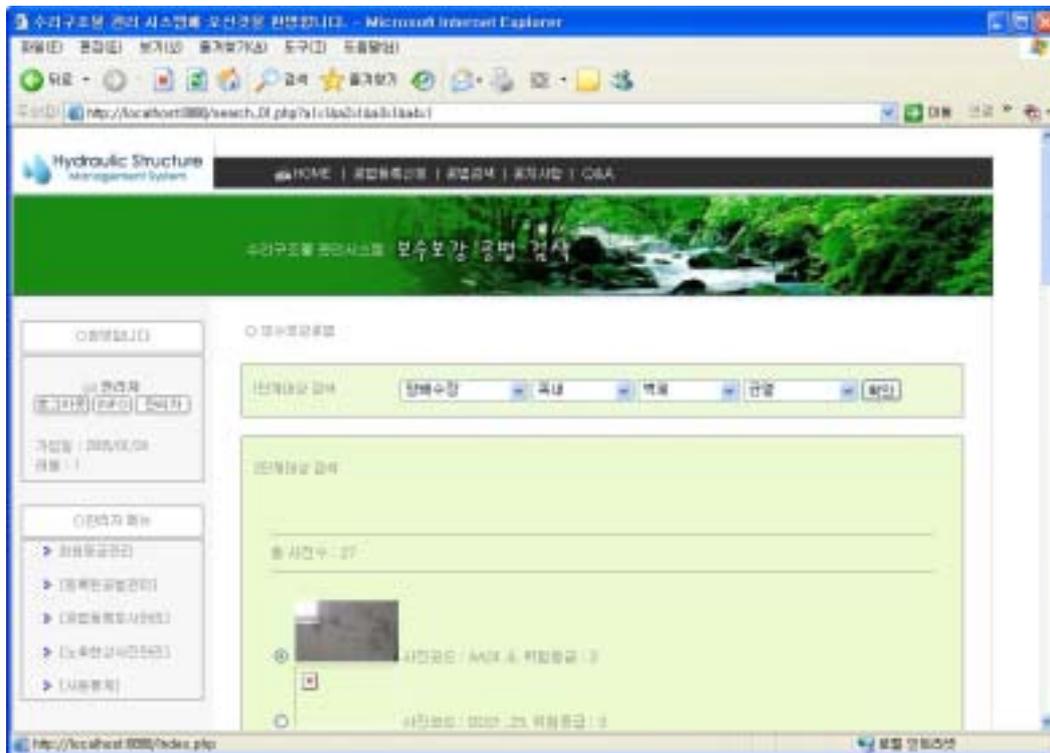
<그림 5-13> 시스템 운영방법(예)

단위 시설물에 대한 이력관리 과정으로 제공되지 않고 본 연구에서는 시설물의 입지조건 및 사용환경에 대한 기본 정보를 사용자의 위치를 토대로 조사하여 시설물의 보수공법 및 노후손상 현상에 대한 통계적 자료를 취합하도록 하여 향후 시설물의 관리기법 향상이 가능하도록 지원하고 있다.

5. 시스템 운영 예

가. 보수보강공법의 검색

시설물 관리자가 해당 시설물의 단위정보와 영상정보를 통하여 적용 가능한 공법을 찾을 수 있도록 하고 있다. 현재 개발된 시스템은 표준영상자료와 영상자료에서 제공된 정보인 등급 등을 토대로 해당하는 최적 공법을 3순위 이내로 찾을 수 있도록 하고 있다.



<그림 5-14> 노회원인별 구조물에 적합한 공법의 단계별 검색과정 활용

나. 등록된 공법 관리현황조사

시스템관리자가 등록된 공법의 효율성을 검사하며, 지속적으로 사용되고 있는 공법의 통계현황 및 실제 진단 및 점검 과정에서 검토된 바 있는 공법의 정보를 검색할 수 있도록 한다.



<그림 5-15> 등록된 공법에 대한 지정 회사정보 및 실제 진단 과정에서 활용된 통계

본 연구 결과로 개발된 시스템은 향후 농업기반시설관리규정에 따라서 콘크리트 구조물에 나타나는 손상에 대한 정밀현장조사를 실시하고 손상형태를 구조물별로 체계화하고 이를 표준DB화 한 영상자료의 보완이 시행된다면 실제 시설물개보수 사업의 지구와 규모를 결정하는 실무 단계에서 사용가능한 시스템이 될 수 있을 것으로 판단된다.

먼저 1 에서 상단 메뉴가 출력이 되고, 각 메뉴에 해당하는 정보들은 차례로 설명하겠습니다.



2 는 admin으로 로그인 했을 경우 관리자 메뉴가 나타나는 것입니다.

나. 공법등록신청

regist_list.php → 보수보강공법 목록 출력이 되는 것이며 그 연계 과정은 다음과 같다.

번호	공법명	공법번호	등록자	등록	작성시간
1	보수보강공법	1842건	#123	111	2009-04-02
[이전페이지] 1페이지 [다음페이지]					

사용된 데이터베이스의 연동내용은 [데이터베이스 테이블 이름 : regist_temp]을 사용하여 나타내고 있다.

regist_list.php 에서 regist_temp 테이블을 질의 하면 선택된 조건에 한해서 응답하여 OUTPUT 하게 되는 것 입니다. 위에 보이는 것처럼 공법명, 회사명, 등록자와 작성시간 등이 Display 되며, 공법명을 누르게 되면 regist_read.php 가 실행되면서 자세한 내용이 나타나게 되는 것입니다.

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
nam	int(11)				0
st_w	varchar(20)	YES			
svl_name	varchar(50)	YES			
comp_name	varchar(50)	YES			
charger	varchar(50)	YES			
comp_phone	varchar(50)	YES			
svl_part	varchar(50)	YES			
svl_intro	blob	YES			
regtime	datetime	YES			
stat	int(11)	YES			0
svl_file	varchar(200)	YES			

위에서 말한 것처럼 공법명 [벽체누수방지공법]을 누르게 되면 다음 그림과 같이 나타난다.

```

if(!isset($_GET['id'])) echo "공법명(공법명)을 입력하세요 ";
echo " 공법명: " . htmlspecialchars($_GET['id']);
if ($id != null) {
    $sql = "select * from tbl_member where id = '$id'";
    $res = mysql_query($sql);
}
    
```

보수보강공법 보기	
등록자 ID	rhino23
공법명	벽체누수방지공법
회사명	(주)김건설
담당자	
연락처	010-1000-0000
보수보강분야	누수방지
공법소개	벽체·옹벽 위쪽으로부터 발생하는 누수차단을 위하여 벽체 파손을 최소화하고 시공이 가능한 누수방지 방법
첨부파일	

[\[글목록\]](#) [\[수정\]](#) [\[삭제\]](#) [\[@인등록\]](#)

```

<?
//include './dbconnect.php';
include './connect_sub.php';

$query = "SELECT * FROM tbl_member WHERE id='$_GET[id]'";
$result=mysql_query($query,$conn);

$query="SELECT * FROM tbl_member WHERE id='$_GET[id]'";
$result=mysql_query($query,$conn);
$rows=mysql_fetch_array($result);
$row_count = count($rows);

if ($row_count > 0) {
    $row = $rows[0];
    $id=$row[id];
    $level=$row[level];

    if ($level == 10) {
        echo "<script>alert('회원등록을 해주세요!');</script>";
        exit;
    }

    <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; border-color: gray; text-align: center; font-size: 0.8em;">
    <tr><td colspan="2" style="padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">보수보강공법 보기</td></tr>
    </table>

    <table border="1" style="width:70%; margin: 5px auto; border-collapse: collapse; border-color: gray; text-align: center; font-size: 0.8em;">
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">등록자 ID</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[id]</td></tr>
    </table>

    <table border="1" style="width:70%; margin: 5px auto; border-collapse: collapse; border-color: gray; text-align: center; font-size: 0.8em;">
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">공법명</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[comp_name]</td></tr>
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">회사명</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[comp_name]</td></tr>
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">담당자</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[comp_name]</td></tr>
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">연락처</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[comp_phone]</td></tr>
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">보수보강분야</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[comp_part]</td></tr>
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">공법소개</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[comp_desc]</td></tr>
    <tr><td style="width:15%; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">첨부파일</td>
    <td style="width:85%; padding: 5px; font-size: 0.8em;">$row[comp_file]</td></tr>
    </table>
}
    
```

[regist_read.php]

게시물중 공법명을 선택하면 데이터베이스에 저장된 번호로 그 공법명을 찾게 되어 출력가능하다.

관리자나 담당자 모드의 로그인인 아닌 게스트로 검색할 때는 자료를 볼 수 없게 만들어져 있습니다. 레벨이 지정되어 반드시 회원가입을 마쳐야 합니다.

공법을 등록해야 한다면 [글쓰기] 버튼으로 INPUT 합니다. 작성 후 데이터베이스 regist_temp 에 저장되며 수정, 삭제 할 수 있습니다.

공법명	<input type="text"/>
회사명	<input type="text"/>
담당자	<input type="text"/>
연락처	<input type="text"/>
보수보급분야	<input type="text"/>
공법소개	<input type="text"/>
첨부파일	<input type="text"/> <input type="button" value="찾아보기..."/>

다. 공법검색

option으로 str_code1~4까지 code와 name을 선택하는 구조로 되었으며 각 구조물 선택에 해당하는 분류들을 찾아가면서 조건에 맞는 공법을 볼 수 있는 것입니다.

[search_01.php] 에서는 1단계대상검색 [공법을 검색하여 주는 기능]에서 사용하며 이때 사용되는 [데이터베이스 테이블 이름 : str_code1, str_code2, str_code3, str_code4,] 이다.

```

code = "100000" + substr(code, 2)
insert into tbl_goods (pcode, name,
pcode_name) values (code, name,
name);
update tbl_goods set pcode = code,
pcode_name = name;
}

// 40 DB 연결
if ($?) {
    $db = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
    $dbcmd = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
} else {
    Write-Host "DB 연결 실패"
}

// 40 DB 연결
if ($?) {
    $db = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
    $dbcmd = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
} else {
    Write-Host "DB 연결 실패"
}

// 40 DB 연결
if ($?) {
    $db = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
    $dbcmd = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
} else {
    Write-Host "DB 연결 실패"
}

```

```

// 40 DB 연결
if ($?) {
    $db = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
    $dbcmd = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
} else {
    Write-Host "DB 연결 실패"
}

// 40 DB 연결
if ($?) {
    $db = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
    $dbcmd = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
} else {
    Write-Host "DB 연결 실패"
}

// 40 DB 연결
if ($?) {
    $db = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
    $dbcmd = "mysql -h $host -u $user -p $password $database";
} else {
    Write-Host "DB 연결 실패"
}

```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
code	int(5)		PK		
p_code	int(5)				
name	varchar(255)				
subname_code	int(5)				

code	p_code	name	subname_code
1	1	1.1.1.1	111
2	2	2.2.2.2	222
3	3	3.3.3.3	333
4	4	4.4.4.4	444
5	5	5.5.5.5	555
6	6	6.6.6.6	666
7	7	7.7.7.7	777
8	8	8.8.8.8	888
9	9	9.9.9.9	999
10	10	10.10.10.10	1000
11	11	11.11.11.11	1100
12	12	12.12.12.12	1200
13	13	13.13.13.13	1300
14	14	14.14.14.14	1400
15	15	15.15.15.15	1500
16	16	16.16.16.16	1600
17	17	17.17.17.17	1700
18	18	18.18.18.18	1800
19	19	19.19.19.19	1900
20	20	20.20.20.20	2000
21	21	21.21.21.21	2100
22	22	22.22.22.22	2200
23	23	23.23.23.23	2300
24	24	24.24.24.24	2400
25	25	25.25.25.25	2500
26	26	26.26.26.26	2600
27	27	27.27.27.27	2700
28	28	28.28.28.28	2800

마지막 outworn_code의 조건으로 맞는 각 분류별 구조물 사진들이 출력됨.
 1단계에서 각 항목을 선택했다면 다음과 같은 2단계대상을 볼 수 있습니다.
 사진과 간단한 설명이 나오며, 사진을 클릭하면 자세한 내용이 나타나게 됩니다.

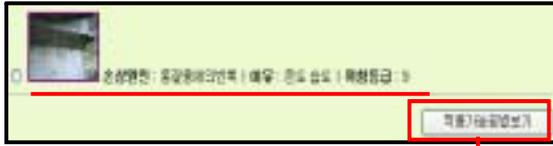
photo.php에서 사진의 이력에 해당하는 데이터베이스 테이블을 불러오게 하여 출력합니다.

```

  <code>
  </code>
  </pre>

```

photo.php에서 jigu테이블의 jisa, str_usage, M_year, Loc_type 내용 출력을 출력하여 사용자가 시설물의 현재 상황을 비교할 수 있도록 하였다.



번호	공법명	회사명	조회
19	지하철보상내포면보상보수복합임대공법	무선건축환경관리사	10
17	방위부보수보강공법	무선건축환경관리사	2



체크박스 선택 후 공법보기를 적용시키면 관련된 업체와 공법목록이 나타나게 됩니다. 공법명을 선택하시면 자세하게 나타납니다.

라. 회원등급관리

[member_level.php]에서는 관리자가 직접 회원에 따라 승인해야 합니다. 레벨은 5[관리자], 7[담당자], 9[일반회원]으로 나뉩니다.

```

<?
//include './dbconnect.php';
include './header_admin.php';

$db=mysql_connect($db);

$level=$member[level];
if ($level > 3) echo "<script>alert('회원등급을 상승시켜주세요!');history.go(-1);</script>";

if ($level != '' | $add_que=" as level=$level" );
else $add_que="";

$query="SELECT count(*) FROM $db Where group_no='1' ".$add_que;
$result=mysql_query($query, $dbconnect);
$row=mysql_fetch_row($result);
$total = $row[0];

echo "
<table border=0 width=100 cellpadding=1>
<tr>
<td>
<td>
<td>
<td align=right>회원등급 : $total </td>
<td align=right>회원등급 : <input type=button value=회원등급>
</td>
</tr>
</table>

<table border=0 width=100 cellpadding=1>
<tr>
<td align=left>회원등급 : $total </td>
<td align=right>회원등급 : <input type=button value=회원등급>
</td>
</tr>
</table>

<table border=0 width=100 cellpadding=1 bordercolor=#CCCCCC>
<tr><td height=1 colspan=3 bgcolor=black></td></tr>
<tr>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>번호 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>ID </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>이름 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>성명 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>주소 </td>
</tr>
</table>

```

번호	ID	이름	성명	주소
1	im790000	김준	김민희	
2	legnaciamk	이영우	이영희	
3	toen	정성지	정성희	

번호	179000
이름	김준
성명	김민희
주소	
이름	이영우
성명	이영희
주소	

```

<table border=0 width=100 cellpadding=1 bordercolor=#CCCCCC>
<tr><td height=1 colspan=3 bgcolor=black></td></tr>
<tr>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>번호 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>ID </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>이름 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>성명 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>주소 </td>
</tr>
</table>

<table border=0 width=100 cellpadding=1 bordercolor=#CCCCCC>
<tr><td height=1 colspan=3 bgcolor=black></td></tr>
<tr>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>번호 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>ID </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>이름 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>성명 </td>
<td align=center width=33 bgcolor=#CCCCCC>주소 </td>
</tr>
</table>

```

회원목록에서 아이디를 클릭하시면 등급을 지정하실 수 있습니다.

owt_name[공법명], comp_name[회사명] 공법검색목록에서 공법명을 선택 하면 owt_r_read.php 실행되면서 regist_owt 테이블에 있는 내용을 불러들여 출력한다.

공법명	AMA-F 보수명과 2400A 일상보수, 평소업무 교묘디퍼렌셜 대응한 보수 보강 계약공법	
회사명	국회특수	
회사주소		
연락처	전화902-456-1790	
E-mail	123456@hamaa.net	
홈페이지		
공법소개	해독시 단상 수리를 포함한 보수 보강공법으로 간편명적인 부분을 포함한 준거의로 수리구조물 변형의 부차적 대 복합공법에서 일체성을 확보하고 보수보강성능의 열거적인 확실성을 확보적으로 공여시키는 공법이다	
공법특징	벽의 구속된 연중의 주어진 일상 부재를 이용한 공법은 보강성을 조립이 정밀하여 평소업무 요요단 제제할 이를 적용하는 방식으로 2400A를 열거시킨 후 임의 대접 차등으로 불려면, 각각의 열에서도 일정한 두께로 시공이 용이하며 공법 열이 연속성을 가질 수 있어 복합공법의 보수보강 성능에서 요구되는 부차적, 일체성, 연속성, 시공성 등을 모두 갖춘 공법이다. 또한 2400A 일상부재를 위한 공법을 한 다음 부차시키는 방법도 병행시킴 된다.	
적용구분	<pre> \$comp_name = mysql_fetch_array(\$res[1]); \$comp_title = mysql_fetch_array(\$res[2]); \$comp_addr = mysql_fetch_array(\$res[3]); \$comp_email = mysql_fetch_array(\$res[4]); \$comp_name = "2400A comp_name=".\$comp_name.".***"; \$page = "2400A + 2400B company ".\$comp_name; \$comp_title = mysql_fetch_array(\$res[2]); \$comp_addr = mysql_fetch_array(\$res[3]); \$comp_email = mysql_fetch_array(\$res[4]); \$tbl_w = \$tbl_w + (\$tbl_w * 2); \$tbl_h = \$tbl_h + (\$tbl_h * 2); if (\$level == 10) { echo "<script>alert('국회특수용 복구주소');</script>"; } } <table width='100' border='0' bordercolor='gray' > <tr><td colspan='2' style='text-align:center'>공법 소개</td></tr> </table> <table width='70' height='10' border='0' cellpadding='0' > <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >공법명</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >회사명</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >회사주소</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >연락처</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >E-Mail</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >홈페이지</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >공법소개</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >공법특징</td></tr> <tr><td width='100' align='center' bgcolor='#CCCCCC' >적용구분</td></tr> </pre>	

공법신청을 하게 되면 regist_owt 테이블에 저장되고, 다시 공법목록 란에서 불러오게 하여 실행하게 된다.



제4절 조사자료 DB 구축 사례

1. 누수부위 신축이음장치(EXP-JOINT)설치 보수공사

		
암거 이음부누수	잠관 이음부누수	터널 이음부누수

가. 공법명

누수부위 신축이음장치(EXP-JOINT)설치 보수공사

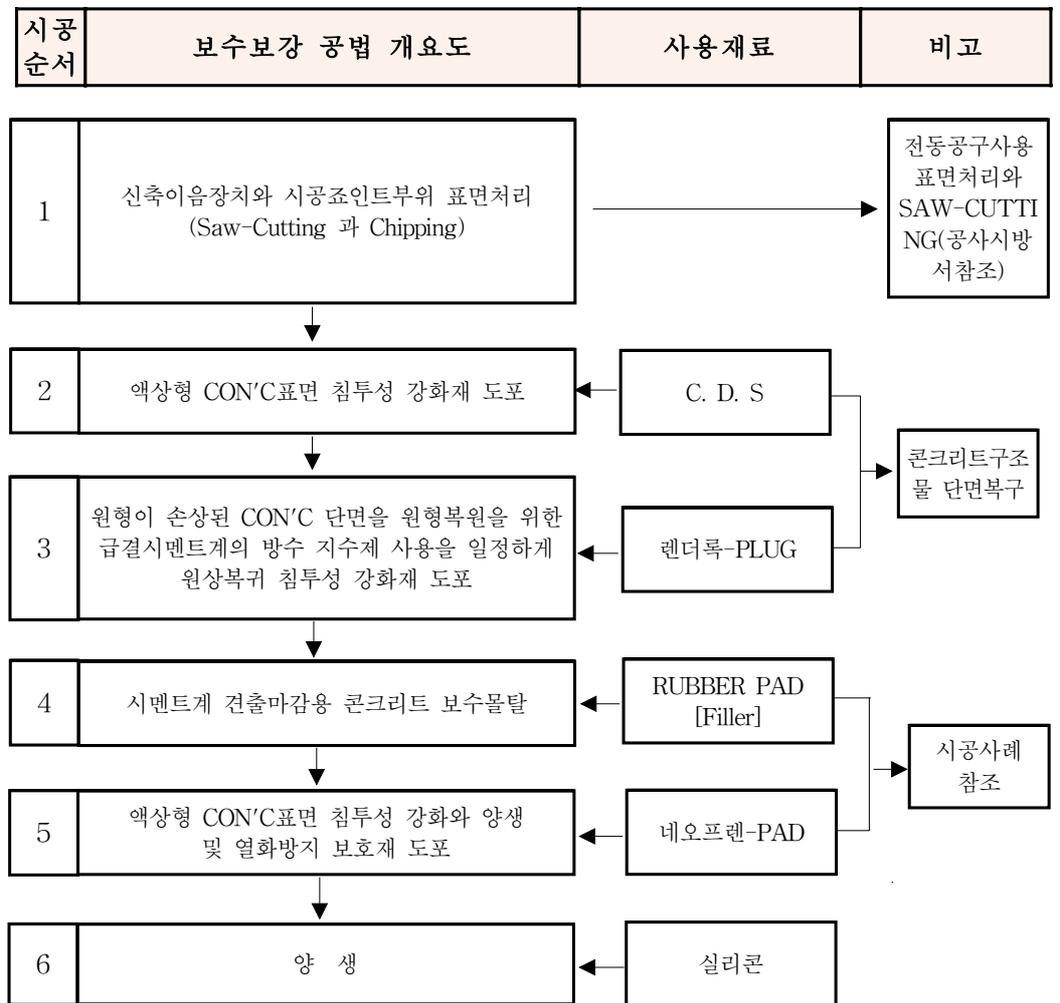
나. 공법개요

- 에틸렌, 비닐, 아세테이트, 폴리에틸렌의 합성물로 구성된 Neo-Prene-Cover

(Pad)로서 콘크리트 수리구조물의 EXP-JOINT용 신축 이음장치와 시공이음 크랙처리용 Cover로서 최대 움직임(이동)을 제어할 수 있고 방수 효과가 보장되어 구조물에 대한 신장, 수축, 전단, 회전, 등의 모든 구조적 거동을 수용할 수 있는 반영구적인 지수용 조인트 및 크랙처리용 보수공법

다. 설계방법

다음은 기능상실과 움직임(거동)임으로 열화와 누수가 되는 신축이음장치와 시공조인트의 불규칙적인 변형규격은 10~50mm까지의 수로교 신축이음장치[EXP-JOINT]와 시공조인트 단면보수. 보강 공법에 대한 시공순서도를 나타낸 것이다.



라. 시공방법

1) 작업준비

Neo-Prene-Pad가 부착되는 면은 골재가 드러날 정도로 그라인딩 한 후 분진을 청소한다. 설치될 콘크리트 면이 탈락된 경우는 적정한 방법으로 보수보강한 후 시공한다.

- a) Neo-Plan-Pad가 접착될 콘크리트 표면은 견고하여야 하며 잔류물질(레이턴스)이 없어야 한다.
- b) 탈락되거나 손상된 부위는 Neo-Plan-Pad 설치 이전에 단면을 보수보강 되어야 한다.
- c) 설정된 접착제의 도포가 이루어지는 부위에 대해서는 기름, 구리스, 스, 기존 도장, 양생제, 과다 레이턴스, 돌출물 등은 반드시 제거되어야 하며 샌드블라스팅 또는 이에 준하는 표면처리를 하는 것이 좋다.

2) 고압수세척

콘크리트표면의 이물질들을 고압살수기를 이용하여 표면을 깨끗이 세척한다.

3) 액상형 콘크리트표면 침투성 강화재도포(C.D.S)

가) 제품개요

C. D. S (Concrete Densifier Sealer/Subsurface Membrane)는 콘크리트 모체 표면에 도포, 침투시켜 구체를 강화하여 철근의 부식을 억제하며 콘크리트를 본래의 성능으로 환원시키는 유백색의 콜로이드 실리케이트(COLLOIDAL SILICATE) 액상으로서 순수한 무기계(비석유)계, 무취로서 친환경적인 침투성 있는 제품

나) AIRLESS SPRAY 기구

- ① 에어레스 SPRAY기구(공구)를 모두 조립한 후 (특히 사용할 VOLTAGE 확인요) 가동시작 한 후, 그리고 뿌리기 전에 몇 번 GUN을 당겨 (시험작동을 하여 HOSE내의 이물질들을 없애고 WATER의 양이 균일하게 분사가 되어 분무가 되는 상태 하에서 SPRAY를 한다.
- ② SPRAY 압력은 저장도 콘크리트 강도(250 kg/cm²이하)에서는 GUN을 닫은 상태에서 하에서 200~250 PSI, TIP에서 250 PSI 상태.

- 고강도 콘크리트 강도(250 kg/cm²이상)에서는 GUN을 닫은 상태에서 250~300 PSI, 분사시 TIP에서 300 PSI 정도.

※ 소형전기식 도장기 권장사양 (ELECTRIC AIRLESS SPRAYER)

- 전 원 : 220V
- 토 출 량 : 1.8 LPM
- 토 출 압 : 300PSI (21 BAR)
- TIP토출압 : 250~300PSI (20 BAR)
- 1/2 마력 MORTOR, GUN, HOSE(SIZE 1/4")15M, 그리고 TIP W/GUARD

다) 시공(SPRAYING) 방법

다-1 준 비

- ① 시공장소의 면적, 구조, 위치, 콘크리트상태 등을 조사한 후, 시공 SPRAY 방법을 정한다. 특히, 콘크리트상태에 따라서 GEL 형성과 SEALING이 잘 안될 수 있으므로 콘크리트 상태를 정확히 진단하고 보수와 시공 방법을 결정해야 한다. (상태가 아주 나쁘면 SPRAY하더라도 침투, 방수가 안 될 수 도 있음)
- ② SAFETY GLASS와 MASK를 쓰고 SPRAY한다. (고압으로 SPRAY하기 때문에 미세한 분진이 많이 날리고, 밀폐된 지하공간에서 시공할 때는 환기가 잘 안되므로)
- ③ 시공 장소와 GUN의 HOSE길이를 감안, SPRAY PUMP(SPRAYER)를 적당한 위치에 놓는다.

다-2 바닥면시공

- ① 좌우로 천천히 이동하며 SPRAY하고 (20 ~ 30% 중첩 시공한 후)뒤로 이동하면서 뿌려준다.
- ② 2회 SPRAY시는 (습기가 아주 많아서 누수가 심한 곳은 한번 더 SPRAY해 준다.) 처음 시작한 곳부터 다시 (재 시공시 1시간 이상 시간차가 필요) 처음 시공한 방법과 같이 SPRAY한다.

다-3 벽면시공

① 벽면의 아랫쪽부터 좌우로 천천히 이동하며 SPRAY하고 (20~30% 중첩시공을 하고) 필히 아래에서 윗쪽으로 이동하며 뿌려준다.

② 2회 SPRAY 시공시에는 FLOOR 내용과 같다.

다-4 천정면시공

① 편한 위치에서 20~30% 중첩시공을 해가며 SPRAY한다.

② 2회 SPRAY시공시에는 FLOOR내용과 같다.

라) 제품주요장점

- 콘크리트 자체를 영구히 방수
- 내부습도를 안정적으로 일정하게 유지
- 콘크리트의 결함된 부분과 전체적으로 응집을 증진
- 표면 내마모성을 증진
- 뛰어난 접착력으로 프라이머(하지용)에 우수
- 발열저항성 증대와 강도증진
- 유기화합물 성분이 없음
- 중성화방지 및 성능개선효과 향상

마) 기술사항

1. 물성	액상	9. 환경오염	없음/중성
2. 색깔	유백색 (건조후투명)	10. R-FACTOR증진	20%까지 증진
3. 냄새	없음	11. 표면접착력	뛰어남
4. 비중	1.10	12. 염화물 차단력	뛰어남
5. ph	±12	13. 시공성	친화력있음
6. 화염성	없음	14. VOC/VOS저항성	있음
7. 유독성	없음	15. 얼질러졌을때세척	물로회석 또는 씻어냄
8. 페인트접착성	뛰어남	16. 추천도포량	3~4m ² /ℓ

4) 방수형 탄성 봉합재(Rubber Pad)설치

가) 시공방법

- a) 신축이음의 봉합재로 사용하는 Rubber Pad(FILLER)는 일반적으로 개구량 보다 약 20~25%정도 더 넓은 폭으로 가공하여 개구부에 압축하여 밀어 넣는다.
- b) 개구량에 비해 크게 적용된 추가폭은 개구량이 중립인 상태인 온도가 상온15℃를 기준으로 한 것으로, 신축이음장치 설치시의 온도에 의해 주어진 기준에 따라 증감될 수 있다.
- c) 봉합재의 폭을 개구량 보다 더 넓게 설치하는 목적은 봉합재의 압축 거동량이 신장 거동량보다 크므로 시공시 부착력을 완전하게 하여 공용시 봉합재의 탈락을 방지 하고 방수성을 확보하기 위한 것이다
- d) 제작자에 의해 추천되는 봉합재의 접착제는 건조, 다습, 및 한랭한 대기 조건 하에서 탁월한 부착력을 발휘하도록 특수하게 개발된 것이다.

5) 방수형 신축이음(Neo-Prene-Pad) 설치

가) 시공방법

- 1) 각각의 위치에서 적정하도록 여러 위치에서 가 조인트의 실제 개구량을 정확하게 측정한다.
- 2) 설치된 표면은 “표면 준비”의 항목을 참조하여 사전에 처리한다.
- 3) 주변을 청결하게 하기 위해 신축이음설치 주위를 테이프로 바를 것을 추천한다.
- 4) 사이즈와 길이가 맞는지 검토하기 위해 Neo-Prene-Pad를 조인트 개구부 바로 옆에 펼쳐 놓는다.
- 5) 조인트 개구부 옆에 하나로 조립된 Neo-Prene-Pad를 놓고, 접착제를 혼합한 접착제의 혼합은 지정된 혼합순서에 따른다.
- 6) Neo-Prene-Pad의 양면과 부착면에 솔 또는 흙손으로 접착제를 바르며 이때 고무장갑을 끼고 손으로 바르면 손쉽고 신속하다. 접착제는 표면에 1 mm~1.3 mm의 두께로 충분히 바르고 양면에 나와 있는 구멍과 홈사이에 충분히 채워지도록 한다.
- 7) 에폭시 접착제의가사시간 내에 Neo-Prene-Pad의 설치를 완료하는 것이 중요

하다.

- 8) 설치공정과 별도로 굳기 전에 Neo-Prene-Pad의 바탕면에 있는 접착제를 제거하여야 한다. 이것을 제거하지 않으면 신축이음장치가 거동에 따라 신장하면서 신장량이 집중되어 봉합제가 찢어져 신축이음이 조기에 파손될 우려가 있다. 단, 상면의 에폭시를 제거하기 위해 화학용해제를 사용해서는 안되며, 화학용해제의 사용은 접착제의 접착력을 약화시킬 수 있으므로 반드시 퍼티칼을 이용, 제거해야 한다.
- 9) 계속되는 조인트로서 작업이 마무리되지 않고 일시적으로 중단될 경우, 다음에 이루어지는 작업은 구조체의 접착면 길이와 Neo-Prene-Pad의 길이를 동일하게 하여 접착제를 도포하여 설치한다.
- 10) 계속 조인트 작업을 하기 전에 조인트 잔여 자재가 비를 맞거나 불량품이거나 손상된 경우에는 건조시켜서 사용한다.
- 11) 접착제의 양생 시간은 설치시 온도와 관계되므로 에폭시 접착제의 시방에 따른다.

나) 제품주요장점

- 신축성이 좋으며 시공이 간편하고 경제적이며 파손 시 보수가 용이
- 모든 토목 건축용 자재에 최고의 접착력 우수
- 저온하에서도 영구적인 탄력성을 유지
- 내화학적, 내후성, 방수성이 우수

다) 기술사항

<표 5-10> Neo - Prene PAD 물리적성질

구분	시 험 항 목	단 위	결 과 치	시 험 방 법	비 고
1	인 장 강 도	N/mm ²	19.3	KS M 6518	
2	신 장 율	%	462		
3	경 도		58		
4	노 화 시 험(70±1℃ 70h) 후				
	① 인장강도 변화율	%	-7		
	② 신장율 변화율	%	6		
	③ 경도변화		3		
5	내오존시험(40±2℃ 72h±pphm.20%)		균열없음		
6	압축영구		14		

<표 5-11> 신축이음재(FILLER) 물리적 성질

구 분	특 성	비 고
봉합재/Rubber Pad(FILLER)		
신 축 성	독립기포로 되어있어 압력해지시 원상태로 복원	
방 수 성	독립기포의 발포제이므로 물을 흡수하지않음	
압 축 성	고무발포제이므로 압축에대한 저항력은약하다	
내 구 성	반영구적이다	
시 공 성	가벼워 운반이 용이하며절단용 칼등을 사용, 쉽게 성형이 가능	
물리적 성질	단위무게 (kg/m ³) : 150	
	흡수율 (%) 1.6	
	압축율 (kg/m ³) : 12.0	
	회복율 (%) : 97.0	

2. CROS 철근노출단면보수 공법



가. 공법명

CROS 철근노출단면보수 공법 (옥외)

나. 공법개요

개거, 제수문, 방수문 등 중성화 및 각종 원인별 열화가 진행하여 콘크리트 수리구조물표면이 박리박락 또는 파손되어 철근이 노출되어 부식된 경우 적용하는 공법이다.

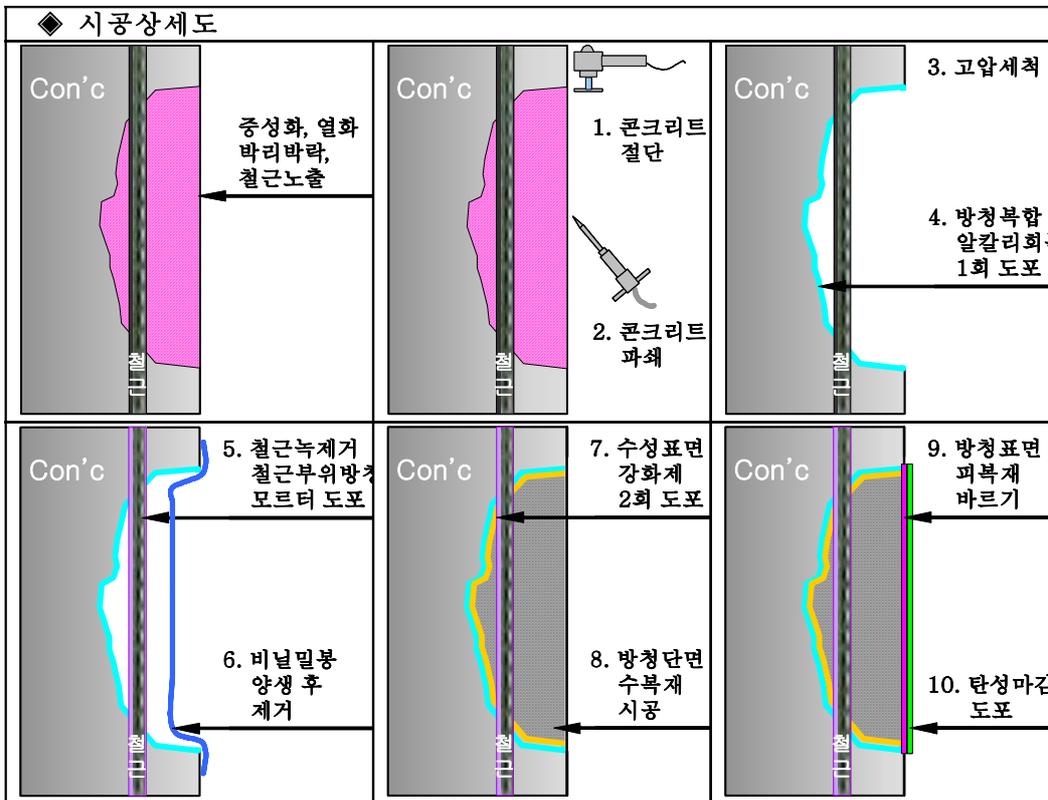
본 공법의 효과 및 특징은 다음과 같다.

- (1) 방청복합알칼리회복제 : 고농도의 아질산계 방청성분이 콘크리트내로 깊이 침투해 콘크리트의 알칼리성을 회복하고, 염화물이온을 흡착하여 불활성형태로 전환시킴
- (2) 철근방청모르터 : 부식된 철근에 도포하여 부동태 피막을 재생시키고, 콘크리트 면에 도포하여 방청복합알칼리회복제 역류방지 및 지속적인 방청제를 공급
- (3) 비닐밀봉양생 : 방청복합알칼리회복제의 대기로 확산되는 것을 예방하여 콘크리트 내부로의 침투성을 증대시킴
- (4) 수성표면강화제 : 콘크리트 표면강도 강화, 콘크리트와 보수재의 접착강도 향상
- (5) 방청단면수복재 : 결손된 콘크리트의 단면수복을 위한 SBR계 무기질 시멘트계 보수재로 물리적 성질이 콘크리트와 유사해 건조수축이 적으며, 플라스틱 단섬유가 혼입되어 변형이 적고, 1회 시공으로 40 mm 두께까지 시공 가능
- (6) 방청표면피복재 : 외부로부터 유입되는 이산화탄소, 염소이온, 산소, 수분 차단 효과 및 방청성분을 지속적으로 콘크리트 내부로 공급
- (7) 탄성마감재 : 최종 코팅재로 외부로부터 유입되는 이산화탄소, 염소이온, 산소, 수분 등의 침투를 억제하고 외관을 향상시킴

다. 설계방법

CROS 철근노출단면보수 공법	옥외	1.0	
1) 콘크리트 표면철거	THK=Var	1.0	m2
2) 고압세척		1.0	m2
3) 방청복합알칼리회복제 도포	1회	1.0	m2
4) 철근녹제거		1.0	m2
5) 철근부위방청모르터 도포		0.1	m2
6) 비닐밀봉양생		1.0	m2
7) 수성표면강화제 도포	2회	1.0	m2
8) 방청단면수복재 시공	THK=Var	1.0	m2
9) 방청표면피복재 바르기		1.0	m2
10) 탄성마감재 도포		1.0	m2

라. 시공방법



◆ 시공순서도			
(체크포인트)	(공 종)	(사용재료)	(시공도구)
표면상태 확인	콘크리트 절단 콘크리트 파쇄		핸드그라인더, 브레이커
노출압력 100-150kg/cm ² 이상	고 압 세 척		고압세척기
표준사용량 : 0.4 ℓ / m ² 원액도포	방청복합알칼리 회복제 1회 도포	CR-1000	붓, 롤러, 스프레이
CR-10[A] (21kg) + CR-10[B] (1kg) + CR-6000 (7~9kg)	철근녹제거 철근부위방청모르터 도포	CR-10[A] + CR-10[B] CR-6000	연마공구, 붓
비닐밀봉양생기간 : 12시간	비닐밀봉양생	비닐, 테이프	가위, 주머니칼
표준사용량 : 0.2 ℓ / m ² 원액도포	수성표면강화제 2회 도포	CR-2000	붓, 롤러, 스프레이
CR-20 (25kg) + 물 (4.5kg)	방청단면수복재 시공	CR-20 + 물	흡손, 습식빔칠장비
표준사용량 : 3.75kg / m ² CR-30 (21kg) + CR-6000[A] (6~8kg)	방청표면피복재 바르기	CR-30 + CR-6000[A]	흡손
표준사용량 : 0.3 ℓ / m ² 원액도포	탄성마감재 도포	CRO-COAT	붓, 롤러, 스프레이

마. 적용사례

	
시 공 전	시 공 후
사진설명	서울 종로 중앙지하차도 옹벽, 콘크리트 박리박락, 철근노출 ⇒ CROS 철근노출 단면보수공법 적용

바. 공사시방서

1) 콘크리트 절단

- ① 1차로 콘크리트 표면의 손상부위를 조사하여 작업범위를 설정하여 먹이나 분필 등으로 표시한다.
- ② 표시된 경계선을 따라 소형 그라인더형 컷타기로 절단한다.

2) 콘크리트 파쇄

- ① 절단된 작업부위를 전동해머, 브레이커 등을 이용하여 열화 된 깊이만큼 파쇄한다.
- ② 파쇄 작업시 분진 및 파편이 발생하므로 보안경, 분진마스크 등의 조치 후 작업한다.

3) 고압세척

- ① 고압세척의 압력은 노즐압력이 100 ~ 150 kg/cm² 이상 유지되도록 한다.
- ② 고압세척은 위에서 아래 방향으로 하고 현장여건상 고압물세척이 불가능할 경우엔 압축공기나 진공청소기를 사용하여 잔재된 먼지를 제거한다.
- ③ 고압력 이므로 노즐 방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호구 착용 후 작업한다.

4) 방청복합알칼리회복제 도포 (CR-1000)

- ① 중성화된 콘크리트에 도포함으로써 콘크리트의 알칼리성을 회복시키는 작용을 한다.
- ② 시공전에 용기를 충분히 흔들거나 교반기를 이용하여 침전된 고형물이 골고루 섞이게 한다.
- ③ 고압세척 후 건조된 표면에 붓, 로울러로 도포하거나 스프레이 등을 사용하여 함침 시킨다.
- ④ 도포량은 0.4 l/m²를 표준으로 한다.
- ⑤ 표면의 굴곡면이나 핀홀 등에 남지 않도록 침투시키며 표면에 남아있는 잔재는 형걸 등을 이용하여 제거한다.
- ⑥ 기온이 5°C이하 또는 35°C이상 이거나 비가 내릴 경우 시공해서는 안 된다.
- ⑦ 당 자재의 물성은 다음과 같다.

주 성 분	고알칼리 수용액 + 아질산계 방청제	
외 관	연녹색 투명 용액	
접 도	8 CPS	KS M 3825
비 중	1.09	KS A 0601
PH	12.9	KS M 0100
화재 폭발성	불연성 물질	
유 해 성	독극물에 해당 없음	

5) 철근녹제거, 철근부위 방청모르터 도포 (CR-10)

- ① 와이어브러쉬 혹은 샌드 페이퍼 등을 이용하여 녹을 제거한다.
- ② 당 자재는 녹을 제거한 후 철근에 도포함으로써 철근의 부동태피막을 재생시키고 고농도의 방청성분이 철근의 방청을 지속시킨다.
- ③ 철근방청 파우더, 고농도 방청제 및 SBR 라텍스를 21kg : 1kg : 7~9 kg의 비율로 혼합하여 사용한다.
- ④ 핸드 믹서를 사용하여 SBR 라텍스안에 철근방청 파우더 및 방청제를 투입하면서 충분히 혼합한다.
- ⑤ 철근에는 붓으로 바른다.
- ⑥ 당 자재의 물성은 다음과 같다.

주성분	특수방청시멘트파우더 (CR-10[A]) + 고농도 방청제 (CR-10[B]) + SBR계 라텍스 (CR-6000)	
혼합비율	특수방청시멘트파우더 (21kg) + 고농도 방청제 (1kg) + SBR계 라텍스 (7~9kg)	
압축강도	210 kgf/cm ²	KS L 5105
휨강도	40 kgf/cm ²	KS F 2477
투수량 (3kgf/cm ² 압력/시간)	9.0 g	KS F 2451

6) 비닐밀봉양생

- ① 방청복합알칼리회복제(CR-1000) 건조 전에 내부 투입력을 향상시키기 위해 비닐밀봉 양생을 실시한다.
- ② 비닐 모서리를 테이프로 완전 밀봉하여 대기와의 접촉을 최소화시킨다.
- ③ 밀봉시간은 12시간으로 한다
- ④ 현장의 여건이 습한 경우 콘크리트 자체에 수분이 충분히 있어 방청복합알칼

리회복제의 침투가 원활 하므로 비닐밀봉 공정을 생략할 수 있다. (예 : 하수암거, 수처리장 등)

7) 수성표면강화제 도포 (CR-2000)

- ① 수용성 액체로서 열화나 중성화되어 강도가 약해진 콘크리트 표면을 강화 시키고 콘크리트와 보수재의 접착력을 증대시키는 작용을 한다.
- ② 시공전에 용기를 충분히 흔들거나 교반기를 이용하여 침전된 고형물이 골고루 섞이게 한다.
- ③ 붓, 로울러, 스프레이 등을 사용하여 골고루 충분히 도포한다.
- ④ 표준 도포량은 0.2 l/m²을 유지한다.
- ⑤ 표면의 굴곡면이나 핀홀 등에 남지 않도록 침투시키며 표면에 남아있는 잔재는 형걸 등을 이용하여 제거한다.
- ⑥ 기온이 5°C이하 또는 35°C이상 이거나 비가 내릴 경우 시공해서는 안 된다.
- ⑦ 당 자재의 물성은 다음과 같다.

주성분	실리카, 아크릴산 에스테르	
외관	투명 용액	
점도	12 CPS	KS M 3825
비중	1.02	KS A 0601
부착강도	20 kgf/cm ²	KS F 4918
투수량	1.3 g	KS F 2451
화재폭발성	없 음	

8) 방청단면수복제 시공 (CR-20)

- ① 당 자재는 콘크리트가 중성화나 염해에 의하여 철근이 부식해 콘크리트가 박락한 경우 이를 제거하고 보수 한 후 콘크리트 단면을 충전하여 단면수복 하는데 적용한다.
- ② 방청 파우더(CR20) 25kg에 물 4.5kg를 표준으로 혼합하며 시공연도는 물의 첨가량으로 조절한다.
- ③ 콘크리트면을 습윤상태로 하여 시공한다.
- ④ 균일하게 혼합한 CR-20을 스프레이 또는 흠손으로 시공한다.

- ⑤ 스프레이 시공시에도 흠손으로 마무리한다.
- ⑥ 열악한 환경 하에 있을 때에는 적절한 양생 조치를 한다.
- ⑦ 투입자재 수량은 시공두께에 따라 일위대가를 기준으로 한다.
- ⑧ 비교적 가사시간(약1시간)이 빨라 한번에 많이 혼합하는 것을 피한다.
- ⑨ 기온이 5℃이하,35℃이상이거나 비가내릴 경우에는 시공을 금한다.
- ⑩ 당 자재의 물성은 다음과 같다.

주성분	단섬유 혼합 방청시멘트 파우더 (CR-20)	
혼합비율	방청시멘트파우더 (25kg) : 물 (4.5kg)	
압축강도	550 kgf/cm ²	KS L 5105
휨강도	80 kgf/cm ²	KS F 2477
부착강도	20 kgf/cm ²	KS F 4918
투수량 (3kgf/cm ² 압력/시간)	17.0 g	KS F 2451

9) 방청표면피복재 바르기 (CR-30)

- ① 콘크리트 표면에 도포함으로써 이산화탄소, 염소이온, 산소, 수분을 차단하는 성능, 방청성분을 지속적으로 콘크리트 내부로 공급하는 성능, 마감도재의 바탕으로 사용된다.
- ② 방청시멘트파우더(CR-30)와 SBR 라텍스(CR-6000[A]) 를 21kg : 6~8kg의 비율로 혼합하여 붓, 로울러, 스프레이 등을 사용하여 도포한다.
- ③ SBR 라텍스액에 방청파우더를 조금씩 핸드믹서로 혼합한다.
- ④ 시공방법에 따라 물의 량을 조절하여 희석한 다음 적합한 상태의 농도를 만들어 시공한다.
- ⑤ 수성표면강화제(CR-2000)가 건조되기 전의 습윤면에 시공한다.
- ⑥ 시공두께는 1.0mm 이상으로 한다.
- ⑦ 기온이 5℃이하, 35℃이상이거나 비가내릴 경우 시공해서는 안 된다.
- ⑧ 표준사용량은 3,750g/m²를 유지한다.
- ⑨ 당 자재의 물성은 다음과 같다.

주성분	방청 시멘트 파우더 (CR-30) + SBR계 라텍스 (CR-6000[A])	
혼합비율	방청시멘트파우더 (21kg) : SBR계 라텍스 (6~8kg)	
점도	20 CPS 이하	
압축강도	300 kgf/cm ²	KS L 5105
휨강도	110 kgf/cm ²	KS F 2477
부착강도	15 kgf/cm ²	KS F 4918
투수량 (3kgf/cm ² 압력/시간)	1.3 g	KS F 2451

10) 탄성마감재 도포 (CRO-COAT)

- ① 공정의 마무리 공정으로 방청표면피복재층을 자외선으로부터 보호하고 미관을 향상시키는 막을 형성한다.
- ② 원액을 붓, 롤러, 스프레이 등으로 얇게 도포한다. 두껍게 시공될 경우 얼룩이나 경화지연 등이 발생할 수 있다.
- ③ 기온이 5℃이하, 35℃이상이거나 비가내릴 경우 시공해서는 안 된다.
- ④ 표준사용량은 300 ml/m²를 유지한다.
- ⑤ 당 자재의 물성은 다음과 같다.

주 성 분	세라믹 계통
색 상	밝은 회색 등 다양함
가 사 시 간	12 시간
내 산 성	이상 없음
내 알칼리성	이상 없음

제5절 요약 및 결론

1. 본 연구를 통하여 농업수리구조물의 표준화된 노화손상 형태를 구조물의 대분류 및 구조시스템의 체계에 따라서 정의하였다.
2. 이 결과를 토대로 구조물의 물리적 손상형태와 재료적 특성을 반영한 적용 가능한 보수보강 공법의 범위와 손상정도에 따른 적용 가능한 공법을 선정할 수 있는 보수보강공법 소재별 특성 데이터베이스를 구축하였다.
3. 지역별, 권역별로 시설물에 대한 노화손상의 조사결과를 분석하여 특성을 분석한 바 평야부구조물의 시공지역에 따라서 노화손상의 발생가능성이 높은 지역의 존재를 확인할 수 있었다. 이 결과를 반영하여 본 연구에서는 시설물에 대한 일대일 이력관리 대신에 사용이 편리한 보수보강공법의 사용이력을 관리할 수 있는 방법을 제안하였다. 이 결과는 지역별 편차가 나타나는 시설물의 노화손상 형태와 적합한 보수보강 공법의 사용실태를 분석하여 향후 개선방향을 논의할 수 있는 기초정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

제 6 장 목표달성도 및 관련 분야에의 기여도

제 6 장 목표달성도 및 관련 분야에의 기여도

1. 농업기반 수리구조물의 노후손상현상 및 원인분석

농업기반시설관리규정의 안전점검대상에서 제외되는 배수갑문, 양·배수장, 수로교, 암거, 잠관, 터널, 개거, 분수문, 방수문, 제수문의 정밀현장조사를 실시하여 노후손상현상 및 원인을 수리구조물별로 체계적으로 분석 하였다. 본 연구과제에서 분석된 자료는 수리구조물을 유지관리 하는 현장 실무자들에게 수리시설 개보수 사업시 기초자료로서 이용 할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 농업기반 수리구조물의 보수보강 소재와 공법의 평가 및 체계화

본 연구에서는 이미 국내에 알려진 보수보강 소재에 대하여 물리·역학적 특성을 평가하였고 습윤상태의 콘크리트 수리구조물에도 적용할 수 있는 가능여부를 시험시공을 통하여 보수보강 공법을 검증하고 그 결과를 체계화 하였다. 이러한 결과는 노후된 수리구조물을 보수보강 할 경우 가이드라인 역할을 충분히 할 수 있을 것으로 사료되며 수리구조물의 유지관리 기술발전을 한층 발전시킬 뿐만 아니라 유지관리비 절감 및 내구연한을 증진 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

3. 농업기반 수리구조물의 보수보강 시스템 개발

본 연구에서는 광역 산재 소형 콘크리트 수리구조물의 노후손상을 유형화 하고 그 원인을 구조물별로 적절한 보수보강 소재 및 공법의 대책을 수립 할 수 있는 영상데이터베이스를 구축하여 시스템을 체계화 시켰다. 또한 시설물을 유지관리하는 담당자, 보수보강 소재 및 공법에 관련한 학계, 업계 등도 개인용 컴퓨터 혹은 인터넷 상에서 수리구조물에 대한 손상원인 및 보수보강 사례를 직접 검색(영상DB활용)하여 볼 수 있도록 기술정보를 공유할 수 있도록 국내최초로 보수보강 시스템을 개발 하였다. 이러한 연구결과는 향후 농업토목 기술의 발전을 이룰 수 있는 토대가 될

것이라 판단된다.

4. 관련분야에의 기여도

본 연구를 통하여 시설물 유지관리 기술발전으로 유지관리비 절감 및 구조물 내구연한 대폭증대와 적기 개보수로 구조물의 내구연한을 증대시켜 국고 투자비용 및 환경비용 대폭 절감에 기여 할 것이다. 또한 수리구조물의 전면 재시공시점까지의 사용연한 증대로 수리구조물 철거시 발생하는 콘크리트 폐기물 처리비용절감, 폐기물 처리부지 축소 및 수리구조물 건설에 사용되는 시멘트량 감소로 국토/지구환경 보전 기여할 것으로 판단된다.

제 7 장 연구개발 결과의 활용 계획

제 7 장 연구개발 결과의 활용 계획

1. 농업기반 수리구조물의 노후손상현상 체계화 및 원인분석

수리구조물별로 노후손상과 원인을 토대로 구조물별로 손상도 등급을 유형화 시켰으며 그 손상정도에 따라 적절한 보수보강 소재 및 공법을 선정 할 수 있도록 체계화 시켰다. 이러한 연구결과는 개보수사업을 실시할 경우 보수보강시 설계 및 시공 기준으로 활용될 수 있으며 수리구조물의 조기 노후화를 예방할 수 있는 보수보강 신소재 및 공법 개발에 활용 될 수 있을 것이다.

2. 농업기반 수리구조물의 보수보강 소재와 공법의 평가 및 체계화

본 연구에서는 이미 국내에 알려진 보수보강 소재와 공법에 대하여 습윤상태의 콘크리트 수리구조물에도 적용가능성 여부를 품질시험 평가와 시범시공을 통하여 검증하였다. 이러한 결과는 노후된 수리구조물 보수보강시 가이드라인으로서 역할을 충분히 할 수 있을 것이다. 또한 수리구조물의 유지관리기술의 발전은 물론이고 유지관리비 절감과 내구연한을 증진을 위한 방안으로 활용될 것이다. 또한 타사의 기술 정보 공유가 가능함으로써 업체별로는 수리구조물에 적용 가능한 신기술 개발 경쟁을 촉진하는 역할을 할 것이다.

3. 농업기반 수리구조물의 보수보강 시스템 개발

본 연구의 성과는 전문가가 아닌 일반 시설물관리자도 손쉽게 수리구조물의 노후손상 유형과 그 원인을 이해하고 적절한 보수보강 시기와 소재·공법을 선정할 수 있도록 영상DB에 기초한 보수보강시스템을 개발하였다.

개발된 보수보강 시스템을 시설물 관리기관인 농림부, 지자체 및 농업기반공사에 개방하고 관련 유관기관에 연구결과를 배포할 계획이므로 수리시설 개보수사업에 크게 활용될 것이며 사업시행에 크게 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 보수보강 소재

및 공법에 관련된 학계, 업계 등에게도 인터넷상에서 연구결과를 공유할 수 있도록 하여 보다 많은 관계자들의 연구에 활용될 수 있을 것이다.

개발된 수리구조물 보수보강 시스템은 연구성과의 극대화와 원활한 운영을 위하여 농업기반공사 농어촌연구원 전산실에 별도의 인터넷 서버를 설치하여 운영할 것이다.(<http://rri.karico.co.kr/rricon>) 또한 향후 수리구조물에 적용 가능한 보수보강 신소재나 신공법이 추가로 개발될 경우 콘크리트 수리구조물에 적용가능 여부를 검증하여 데이터베이스를 지속적으로 보완함과 아울러 시스템을 업-그레드시켜 연구성과의 활성이 극대화될 수 있도록 계속적으로 운영·관리할 것이다.

제 8 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 8 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

<표 8-1> 국외 특허 출원사례

[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 일본	[51] Int CI : E 02 D 37/00 E 04 G 23/02
[21] 출원번호 : 1995-111169 [22] 출원일자 : 1995.4.11	[11]등록번호 : 2764252 [45]등록일자 : 1998.4.3
[30] 우선권주장번호 : [32] 우선권주장일 :	[71] 출원인 : Fudo Constr Co Ltd [72] Misaka Kazuma
[54] 발명의 명칭 : 지하콘크리트구조물 보수재 및 보수방법	
[57] 목적 및 효과 대규모 굴착공사를 필요로 하지 않고 단기간에 용이하게 할 수 있는 지하 콘크리트 구조물의 파손공 보수재 및 보수방법을 제공한다.	[57] 청구범위 (1) 보수재의 내측 보수재 구멍 내에 철근을 배근하고 콘크리트 타설하는 것을 특징으로하는 지하콘크리트 구조물의 보수방법 (2) 중해보수재의 하부에 배설된 것에 물빼기 호수를 넣고 지하콘크리트 구조물의 외부 지하수를 빼고 이어서 이 물빼기 호스 내측에서 보수재를 주입하여 체질판 외측에 공급한다.
[57] 종래기술의 문제점 지하콘크리트구조물에서 지진에 의한 충격과 근접공사 등에 의해 국소적으로 구멍나는등 파손되어 지하수가 구조물내로 침투하는 경우가 있다. 종래에는 수복을 위해 건조물의 외측지반을 개착하고 구조물 외측에서 보수공사를 실시 하였다. 그런데 이 방법은 구조물의 외측 지반을 크게 굴착해야 하므로 대규모 공사가 되고 지하수 때문에 보수공사가 곤란하여 지하수를 빼내기 위한 공사도 필요하게 되는 등 막대한 시간과 노력을 필요로 하였다.	
대표도면	
대표도 설명 : 본 발명의 실시 예를 도시한 단면 정면도 1:보수재, 2:판넬, 9:접속용철근, 12:보수재 장치공, 13:철근부분, 15:마감판, 17:물빼기호스, 19:급결충진재, 21:철근, 22:생콘크리트	

<표 8-2> 국외 특허 출원사례

<p>[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 일본</p>	<p>[51] Int CI : E02D 31/02 E04B 1/64 E04B 1/66</p>
<p>[21] 출원번호 : 1987-099428 [22] 출원일자 : 1987.4.21</p>	<p>[11]등록번호 : 1876783 [45]등록일자 : 1994.10.7</p>
<p>[30] 우선권주장번호 : [32] 우선권주장일 :</p>	<p>[71] 출원인 : FUJI GIKEN KOGYO [72] 발명자 : KANEKO TOSHIO</p>
<p>[54] 발명의 명칭 : 콘크리트지하구축체의 누수방지 공법</p>	
<p>[57] 목적 및 효과 벽체, 바닥체근방의 지하수를 펌프로 배출하고 경화할 때까지 방수도포재의 뒷면에 수압이 가해지지 않도록하고 벽면 혹은 상면에 방수도포재를 시행하기 때문에 방수 도포재를 잘 경화 밀착시킬 수 있고 경화할 때까지 도포한 방수도포재가 부풀어 오르거나 파괴될 우려가 없어 충분히 누수 방지 목적을 달성할 수 있다.</p>	<p>[57] 청구범위 지하구축체의 콘크리트벽체 혹은 콘크리트 바닥체의 누수부분방의 지하수를 밀어내고 상기 콘크리트 벽면 • 상면으로부터의 침투수를 없앤 후 상기 벽체, 상체 전면을 방수도포재로 도장하는 것을 특징으로 하는 지하구축체의 누수방지공법</p>
<p>[57] 종래기술의 문제점 콘크리트 등의 구축체에서 지하에 구축된 지하실 등에서 그 외벽의 외측에 지하수가 고인 경우는 그 수압으로 콘크리트벽을 흔들어 물이 침투하고 실내에 물이 넘치지 않을때 까지 지하수 침투로 실내의 온도를 높이는 것 등을 약화시킨다.</p>	
<p>대표도면</p>	
<p>대표도 설명 : 콘크리트구축체에 물빠짐구멍 및 물빠짐파이프를 설치한 상태의 단면도 1:외측토사, 2:구축체, 3:구멍, 4:파이프</p>	

<표 8-3> 국외 특허 출원사례

[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 일본	[51] Int CI : E04D 1/62 C09K 3/10 E04B 1/66, 1/68
[21] 출원번호 : 1991-069524 [22] 출원일자 : 1991.3.11	[11]등록번호 : 2823969 [45]등록일자 : 1998.9.4
[30] 우선권주장번호 : [32] 우선권주장일 :	[71] 출원인 : HAYAKAWA RUBBER CO LTD [72] 발명자 : MATSUDAYA JIYUNJI OKURA SOICHIRO
[54] 발명의 명칭 : 콘크리트타설 이음부의 지수공법	
[57] 목적 및 효과 1차 콘크리트와 2차 콘크리트와의 타설 이음부에 지수재를 시공할 때 1차 콘크리트표면에 발생하는 레이턴스 층에서의 누수를 비교적 간단한 공사에 의해 방지하는 것이다. 레이턴스 층을 경화형 침투성 방수제로 보강하고 또 표면을 개질할 수 있으므로 지수재의 접착, 점착이 용이하며 또 지수재가 박리되기 어렵다.	[57] 청구범위 1차 콘크리트를 경화시키고 경화한 1차 콘크리트의 표면에 경화형 침투성 방수재를 도포하고 이어서 이 도포면에 지수재를 설치한 후 2차 콘크리트를 타설하고 그 1차 와 2차 콘크리트와의 사이에 지수재를 매설하는 콘크리트 타설이음부의 지수공법이다.
[57] 종래기술의 문제점 지수성능이 높은 수팽창지수재를 사용해도 아직 상당량의 침수가 발생하고 완전하게 지수할 수 없다. 그원인이 수팽창지수재 자체가 있는 것이 아니고 경화한 1차 콘크리트의 표면상태에 있음을 알게 되었다.	
대표도면	
대표도 설명 : 1차콘크리트와 2차콘크리트와의 타설이음부를 도시한 단면 정면도 1:2차콘크리트, 2:1차콘크리트, 3:레이턴스층, 4:수팽창지수재	

<표 8-4> 국외 특허 출원사례

[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 미국	[51] Int CI : B32B 35/00
[21] 출원번호 : 1987-33562 [22] 출원일자 : 1987.4.3	[11]등록번호 : 4758295 [45]등록일자 : 1988.7.19
[30] 우선권주장번호 : JP1986-79267 [32] 우선권주장일 : 1986.4.8	[71] 출원인 : SHIMIZU CONSTRUCTION CO. LTD. [72] 발명자 : MINORU SAWAIDE, HIROSHI MIURA, HUMIHARU MACHI, SHIGEO SHIMIZU
[54] 발명의 명칭 : 콘크리트 구조물의 누수방지공법	
[57] 목적 및 효과 친수성 물질인 폴리우레탄 폴리머 또는 시멘트와 폴리우레탄으로 구성되는 주입제를 이용한 콘크리트 구조물의 지수방법을 제공하는데 있다.	[57] 청구범위 (1) 콘크리트 구조물의 지수방법에 있어서 누수부위의 챔버에 주입구를 두어 친수성 물질인 폴리우레탄 폴리머 또는 시멘트와 폴리우레탄으로 구성되는 주입제를 주입함으로써 이들의 화학적 작용에 의한 팽창압과 체적팽창에 의하여 누수부위를 보수하는 지수공법 (2) 청구항 1에 있어서 주입제가 시멘트를 포함 하는것이다.
[57] 종래기술의 문제점 종래의 우레탄을 이용한 지수공법은 빠르게 경화되기 때문에 콘크리트 구조물 내부의 미세한 균열까지 침투되지 못하고 콘크리트 표면에서 경화되는 문제점이 있으며, 따라서 주입제의 사용량이 증가되고 경제적으로 공비가 많이 든다.	
대표도면	
대표도 설명 : 본 발명에 의한 지수공법을 나타내는 플로우 차트	

<표 8-5> 국외 특허 출원사례

[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 일본	[51] Int CI : E04G 23/02
[21] 출원번호 : 1993-002002 [22] 출원일자 : 1993.1.8	[11]등록번호 : 2856013 [45]등록일자 : 1988.11.27
[30] 우선권주장번호 : [32] 우선권주장일 :	[71] 출원인 : OHBAYASHI CORP [72] 발명자 : KOJIMA NOBUO
[54] 발명의 명칭 : 기존구조물의 표면도장방법 및 그 방법에 이용되는 도장하지용 퍼티(PUTTY)제	
[57] 목적 및 효과 탄소섬유와의 부착성이 뛰어난 퍼티재를 이용, 도장바탕을 처리함으로써 이 도장바탕의 시공작업이 용이해지고 도장면이 내구성을 현저하게 향상시킨다.	[57] 청구범위 (1) 기존구조물의 요철부분에 에폭시수지 접착제와 규사를 단위면적당 중량을 약 2대3의 비율로 조합한 퍼티재를 충전한 후 표면을 잘 마감하고 도장을 시공하는 것을 특징으로 한다. (2) 퍼티재로 탄소섬유를 짧게 절단한 스트랜드를 적당량 혼합한다. (3) 퍼티재로 에폭시수지접착제가 약 0.44kg/m ² , 규사가 약 0.56kg/m ² , 탄소섬유 스트랜드가 약 3.2g/m ² 의 비유로 조합된 것.
[57] 종래기술의 문제점 퍼티재를 이용하여 도장바탕을 평판하게 마감하는 경우에 통상 폴리머 시멘트가 이용되는것이 일반적이었다. 이 경우 폴리머시멘트와 탄소섬유와의 부착성이 나쁘기 때문에 퍼티재의 도포작업이 곤란해지고 작업시간이 길며 공사완료후에 퍼티재가 탄소섬유시공면에서 박리되어 버리는 등의 문제가 있었다.	
대표도면	
대표도 설명 : 본 발명의 실시 예를 도시한 단면도 10:RC골뚝(기존구조물) 12: 바탕콘크리트 14: 탄소섬유면 16: 요철부분 18:퍼티재 20:도장바탕 22:도장면	

<표 8-6> 국외 특허 출원사례

[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 일본	[51] Int CI : E04G 23/03 E04D 5/00
[21] 출원번호 : 1996-223357 [22] 출원일자 : 1996.8.26	[11]등록번호 : 2960355 [45]등록일자 : 1999.7.30
[30] 우선권주장번호 : [32] 우선권주장일 :	[71] 출원인 : TSUTSUNAKA SHEET BOSUI [72] 발명자 : KUSABE KAZUYA, TERAUCHI YUKIO, YAMADA TADAHARU
[54] 발명의 명칭 : 시트방수구조물의 개수방법	
[57] 목적 및 효과 효율적이고 확실하게 개수할 수 있고 미관을 양호하게 장기간 유지할 수 있으며 충분한 내구성을 얻을수 있는 시트방수 구조물의 개수방법을 제공한다.	[57] 청구범위 구조물의 방수해야 할 표면에 다수의 제 1 접합편이 정착된 상태로 고정되면서 제 1방수시트가 표면에 부착된 상태에서 개수방법이고 제 1방수시트를 접합편사이에 잘라 넣고 서로 장력의 영향을 받지 않는 다수의 시트 분할편으로 분리하는 공정 절연 시트상에 전기시트 절취영역에 대응하여 배치된 제 2접합편을 전기 구조물에 고정하는 공정과 제2방수시트를 절연시트상에 붙여 건넌 상태에서 제2접합편에 접촉하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 시트 방수 구조물의 개수 방법이다.
[57] 종래기술의 문제점 빌딩 등의 구조물에서 지붕과 같이 방수해야할 표면에 설치할 때 방수 시트 소요부분만을 구조물에 접합하고 나머지 대부분을 지접합상태에서 그대로 방치하는 소위절연 공법이 채용되었다. 그것은 열화하면 시트의 장력균형이 무너져 신축이 일어나고 박리, 팽창으로 인해 미관을 해치고 균열도 발생하여 누수 될 우려가 있었다.	
대표도면	
대표도 설명 : 본 발명의 실시 예를 도시한 단면 정면도 11:구조물, 12:제1접합편,14:제1방수시트15: 시트절취영역16:절연시트22:제2접합편, 24: 제2방수시트	

<표 8-7> 국외 특허 출원사례

[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 유럽	[51] Int CI : C04B 24/26
[21] 출원번호 : 1985-113084 [22] 출원일자 : 1985.10.15	[11]등록번호 : 218746 [45]등록일자 : 1993.5.19
[30] 우선권주장번호 : EP1985-85113084 [32] 우선권주장일 : 1985.10.15	[71] 출원인 : OHGUSHI YOSHIYUKI 발명자 : OHGUSHI YOSHIYUKI
[54] 발명의 명칭 : 표면 코팅제 및 사용방법	
[57] 목적 및 효과 규산산화물, 칼슘산화물, 철산화물의 혼합물과 카르복실 등의 화학물질의 에멀전을 이용하여 접착력이 우수하고, 내구성, 부식저항력이 강한 표면 코팅제를 제공함에 있다.	[57] 청구범위 (1) 주성분이 규산산화물, 칼슘산화물, 철산화물의 혼합물과 카르복실 등의 화학물질의 합성 폴리머 에멀전으로 구성되며 혼합비율이 2~6:1 인 표면코팅물질 (2) 청구항 1의 코팅재료를 이용한 콘크리트 구조물의 표면처리방법
[57] 종래기술의 문제점 콘크리트 구조물의 균열은 중성화에 의한 콘크리트의 파괴를 유발시킨다. 종래의 시멘트 모르타르 보수공법은 균열을 방지하기에는 물리적으로 충분한 힘을 지탱하기 어렵다는 문제점이 있다.	
대표도면	
대표도 설명 : 본 발명에 의하여 보수된 구조물 층의 종단면도 1: 손상된 구조물, 2:3:앵커, 4:폴리머필름, 5:상부볼트, 6:상판의 하부층, 7:와이어 8: 너트, 9:하부너트, 10: 비닐시트 11: 콘크리트 패널, 12: 볼트입구, 13: 너트, 14: 스프링, 15:하부코팅층	

<표 8-8> 국외 특허 출원사례

[12] 문헌종류 : 특허 [19] 문헌발행국 : 유럽	[51] Int CI : E01C 7/14
[21] 출원번호 : 1981-810340 [22] 출원일자 : 1981.8.20	[11]등록번호 : 467336 [45]등록일자 : 1984.12.12
[30] 우선권주장번호 : US1980-180688 [32] 우선권주장일 : 1980.8.25	[71] 출원인 : BATTELLE DEVELOPMENT CORP 발명자 : LANKARD DACID R
[54] 발명의 명칭 : 향상된 콘크리트 오버레이 시공법	
[57] 목적 및 효과 4~12%의 철섬유를 이용하여 균열 및 침공에 저항하는 콘크리트 오버레이층을 제공함에 있다.	[57] 청구범위 (1) 콘크리트 구조물의 오버레이 작업에 있어서; 지지부분의 표면을 접착제로 코팅하고; 0.3인치 이하의 간격으로 섬유를 배치하고; 섬유를 콘크리트에 침투시킴으로써 접착층에 고정되하는 오버레이 공법 (2) 청구항 1의 있어서 콘크리트 혼합물이 섬유보다 큰 직경의 골재로 구성되는 것
[57] 종래기술의 문제점 콘크리트 구조물의 손상을 방지하기 위하여 섬유 혼합 콘크리트가 사용되고 있지만, 이 경우 유효하게 콘크리트와 혼합될 수 있는 섬유의 양은 2%에 불과하다. 따라서 섬유보강 콘크리트의 강도가 떨어지는 문제점이 있다.	
대표도면	
대표도 설명 : 본 발명에 의하여 보수된 콘크리트 포장의 단면도 1: 손상된 콘크리트층, 2:접착층, 3:오버레이층, 4:보호층	

<표 8-9> 해외 보수공법의 적용현황 (일본)

제조회사명	공법명	공법분류	비고
(주) 매 언	UM리 • 우어 공법		외장개수(도체)
오사카시멘트(주)	레스쿠스 공법	O-K-C	구체개수
(주) 오노다	리프리트 공법, 리졸트 리프리트 공법	I-C-C	구체개수(특수함침재 개수)
(주) 미화옥산업	시멘테즈쿠스 RB공법	N-C-C	외벽, 지붕, 슬래브 개수
오리엔탈콘크리트(주)	ONR공법	N-K-C	교량의 염해개수
카네포우화성(주)	페루후레츠시유 공법	N-C-C	외장개수(도체)
천기제철(주)	KS 파키유우프라스트 공법	N-P-C	구체개수
관서페인트(주)	나프코파리아	N-P-P	교량의 염해개수
국화화학공업(주)	키쿠스이 BR공법	O-C-C	구체개수
근압화학(주)	SMS 공법		외향개수(도체)
항화화학공업(주)	시멘시아스 공법	O-C-C	구체개수
쇼본드건설(주)	에라스팔트 공법	N-P-C,P	교량의 염해개수
사국화연공업(주)	MMS 공법		외향개수(도체)
소화고분자(주)		N-P-P	구체개수
신일철화학(주)	NB 방식공법	N-P-P	구체개수
신일본제철(주)	청전환방식공법	N-P-C,P	구체개수
영록도료(주)	스즈카 리프्रेस리 공법	N-K-C	구체개수
제철화학공업(주)	아쿠아실 리프्रेस리 공법	O-C-C	방수재를 주체로 외벽개수
(주) 세븐케미컬	CR시스템	N-C-C	구체개수
셀건재(주)	SMR공법	N-C,P-C	구체개수
대일본도료(주)	레지가드 시스템	N-P-P	교량의 염해개수
동아합성(주)	아몬 ACC공법	O-C-C	외벽방수화장개수
동아페인트(주)	토아폴리시멘V	N-P-P	외장개수(도체)
동지실리콘(주)		N-P-C	방수재를 주체로 외벽개수
토레실리콘(주)		N • -P	방수재를 주체로 외벽개수
중천방식(주)	미제몬 공법		방수성 탄성도막 개수(우레탄계)
니치에이 고전(주)	길진공법	I-P-C	VCCV
일신공업(주)	오인레 공법	N-P-C	교량의 염해개수
일본화성(주)	NS하이프레스사 공법	O-C-C	구체개수
일본동관(주)	NKK 칸텍스 공법	I-C-C	구체개수
일본시카(주)	시카 RM공법	N-C-C	구체개수
일본시멘트(주)	아사노 리프्रेस리 시스템	I-P-C	구체개수
일본타일멘트(주)	리프먼트 공법	I-K-P	구체개수
일본특수도료(주)	하이브루프 공법	N-P-C	외장개수
일본페인트(주)	니츠베 콘크리트 방식시스템	N,I-P-C	교량의 염해개수
(주) 뉴저팬모니터즈	마이마 실드 공법	N,I-P-C	방수재를 주체로 외벽개수
PS콘크리트(주)	SD 공법	I • -C	교량의 염해개수
富士 사이백스(주)	사이백스 공법	I • -C	무기질침투성 방수재료 개수
富士 PS콘크리트(주)	지침 콘크리트 공법	N-P-P	교량의 염해개수
삼정동압화학(주)	MT 플렉스 가이드 공법	N-P-P	구체개수
야프원산업(주)	SSS공법	O-C-C	외벽, 지붕, 슬래브개수

참고 : O-O-O은, 함침제-방청처리제-단면수복제의 종류를 나타낸 것이다.
 여기서 N:함침제없음 I:무기계함침제 O:유기계함침제 K:청전환도료제 C:폴리머 시멘트계 방청제나 단면수복제, P:유기계방청제 및 몰리머 모르타르(시멘트를 사용하지 않은 수지 모르타르)계 단면수복제

제 9 장 종합결론

제 9 장 종합결론

1) 농업기반시설관리규정의 안전점검대상에서 제외되는 배수갑문, 양·배수장, 수로교, 암거, 잠관, 터널, 개거, 분수문, 방수문, 제수문의 정밀현장조사를 실시하여 노후손상현상 및 원인을 수리구조물별로 체계적으로 분석 하였다. 본 연구과제에서 분석된 자료는 수리구조물을 유지관리 하는 현장 실무자들에게 수리시설 개보수 사업 시 기초자료로서 이용 할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 콘크리트 수리구조물의 노후손상 원인은 수리구조물별로 각각 다르고 손상 정도 또한 변동폭이 크며 복합적인 메카니즘 원인에 의해 노후손상이 대부분으로 정확한 노후원인을 규명하기는 어려웠다.

3) 수리구조물에 대한 노후손상의 원인은 사용재료, 시공, 사용 및 환경과 구조 및 외력에 의한 것으로 나타났다. 그러나 조사된 콘크리트 수리구조물의 경과년수가 너무 오래되어 대부분 구조물에 대한 설계현황 자료가 손실 되었다. 따라서 사용재료, 시공, 구조 및 외력에 대한 원인분석이 어려워 수리구조물이 처한 사용 및 환경을 중심으로 원인분석을 실시하였다. 그리고 노후손상과 원인을 토대로 구조물별로 손상도 등급을 유형화 시켰으며 그 손상도에 따라 적절한 보수보강 소재 및 공법을 선정 할 수 있도록 체계화 시켰다.

4) 본 연구에서는 이미 국내에 알려진 보수보강 소재에 대하여 습윤상태의 콘크리트 수리구조물에도 적용할 수 있는 가능여부를 품질시험 평가와 시범시공을 통하여 보수보강 공법을 검증 하였다. 이러한 결과는 노후된 수리구조물을 보수보강 할 경우 가이드라인 역할을 충분히 할 수 있을 것이다. 그리고 콘크리트 수리구조물의 유지관리 기술발전을 한층 발전시킬 뿐만 아니라 유지관리비 절감 및 내구연한을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

5) 본 연구에서는 콘크리트 수리구조물의 노후손상을 유형화 하고 그 원인을 구조

물별로 분석함으로써 적절한 보수보강 소재 및 공법을 선정할 수 있도록 영상 데이터베이스를 구축하여 보수보강 시스템을 개발하였다. 또한 콘크리트 수리구조물을 유지관리 하는 담당자, 보수보강 소재 및 공법과 관련된 학계, 업계 등도 개인용 컴퓨터 혹은 인터넷상에서 수리구조물에 대한 손상원인 및 보수보강 사례를 직접 검색(영상DB활용)하여 볼 수 있도록 함으로써 기술정보를 공유할 수 있도록 국내최초로 수리구조물에 대한 보수보강 시스템을 개발하였다.

6) 콘크리트 수리구조물에 발생한 노후원인은 여러 가지 조건에 의해 전반적인 범위에 걸쳐 비롯된 것이라고 추측할 수 있었으며 수리구조물의 내구성을 향상시키고 보수보강 주기를 줄이기 위해서는 시공시의 품질관리가 특히 중요하며 충분한 시간을 두고 세밀하게 정밀시공을 할 수 있는 여건이 마련되어야 할 것이다. 특히 수리구조물의 사용은 계절적인 특성이 강하여 동결융해 등에 의한 노후가 심각하게 발생되고 있는바 품질관리에 만전을 기한다면 좀 더 수리구조물의 내구년한 확보를 보장할 수 있을 것이다.

7) 본 연구를 통하여 농업기반수리구조물의 표준화된 노화손상유형과 손상원인을 수리구조물별로 구조시스템의 체계에 따라서 정의하였다. 이 결과를 토대로 수리구조물의 물리적 손상형태와 재료적 특성을 반영하여 수리구조물에 적용 가능한 보수보강 공법의 범위와 손상정도에 따른 적용 가능한 공법을 선정할 수 있는 보수보강 공법 소재별 특성 데이터베이스를 구축하였다.

제 10 장 참고문헌

제 10 장 참고문헌

1. Yoshihiko Ohama, "콘크리트구조물의 보수보강기법-일본에 있어서 철근콘크리트 구조물의 내구성 개선 및 보수용 복합재료", 한국콘크리트학회논문집, Vol.7, No.6, pp.92~98, 1995.
2. 건설교통부, **안전점검 및 정밀안전진단 세부지침**, 1995.
3. 건설교통부, **콘크리트 구조설계기준**, 한국콘크리트학회·대한건축학회, 1999.
4. 건설교통부, **콘크리트 표준시방서**, 한국콘크리트학회, 1999.
5. 건설도서편집부, **건물의 열화진단과 보수개수방법**, 건설도서, 1995.
6. 건설도서편집부, **콘크리트구조물의 시공실무**, 건설도서, 1996.
7. 건설도서편집부, **콘크리트의 균열과 대책**, 건설도서, 1999.
8. 고흥석, 최진규, 이정문, 박순철, 오동석, 백영기, "농업수리시설물의 웹기반 지리정보시스템의 설계 및 프로토타입 구현", 한국농공학회지, Vol.40, No.3, 1998.
9. 공간출판사편집부, **건축의 진단과 보수방법**, 공간출판사, 1997.
10. 구조보강연구회, **제4회 콘크리트 구조물의 보수보강 기술 세미나 발표집**, 2003.
11. 국민산업, **GFRC 패널공법 설계시공자료집**, 2003.
12. 권영진 외 4인, "중성화 및 염해를 입은 콘크리트 구조물의 보수 시공기술", 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, pp.414~417, 1996.
13. 권영진, 김무한, "일본의 성능 저하된 콘크리트 구조물에 대한 보수 실시 여부 및 보수 공법 선정 방법", 한국콘크리트학회지, Vol.12, No.3, pp.70~77, 2000.
14. 김관호 외 4인, "농업기반 수리구조물의 보수보강 공법 시스템 구축", 한국콘크리트학회 2005년도 봄학술발표회논문집, Vol.17, No.1, pp.289~292, 2005.
15. 김도경 외 2인, "에폭시계 보수재료의 재료특성 및 내구성능 분석", 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp.659~664, 1997.
16. 김동규, "터널콘크리트 라이닝의 보수보강공법", 한국지반공학회지, Vol.21, No.7, pp.26~34, 2005.
17. 김선주, 박성삼, "수리시설물 통합관리시스템 실용화 연구", 한국농공학회지,

Vol.40, No.3, 1998.

18. 김선주, 윤춘경, 박성열, 이광야, "수리시설물 최적관리 시스템 개발", 한국농공학회지, Vol.39, No.2, 1997.
19. 김선주, 이광야, 박재홍, "수리시설물의 특성 조사 연구", 한국농공학회지, Vol.39, No.6, 1997.
20. 김시원 외 5인, **농업수리구조학**, 기문당, 1989.
21. 김우, "콘크리트구조물의 보수보강기법-콘크리트구조물의 성능저하 원인", 한국콘크리트학회지, Vol.7, No.6, pp.14~22, 1995.
22. 김중구, "보수재료의 내구성", 한국콘크리트학회지, Vol.8, No.5, pp.83~89, 1996.
23. 김진선, "보수·보강 재료의 부착 특성에 관한 연구", 한국콘크리트학회 가을학술 발표회논문집, pp.293~298, 1995.
24. 농림부, **농업구조물의 최적설계안-안전진단 및 개보수를 위한 시스템 개발**, 2000.
25. 농림부, 농업기반공사, **수리시설 개보수공법 지침**, 1999.
26. 농림수산부, 농어촌진흥공사, **농업토목핸드북**, 1991.
27. 농림수산부, **농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책(II)**, 1996.
28. 농어촌진흥공사, **농촌용수계획 설계편람**, 1998.
29. 농업기반공사, **농업기반시설 보수보강 신기술 및 신공법 자료집**, 2000.
30. 농지개량조합연합회, **수리시설물 개·보수 편람**, 1998.
31. 문승호, **콘크리트구조균열**, 기문당, 2001.
32. 문한영 외 4인, "철근이 부식된 콘크리트 구조물용 보수재료의 내구성능 평가", 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp.857~860, 1998.
33. 문한영, 김성수, 유재석, 김성섭, "해양환경하에 있는 콘크리트 구조물의 염해에 대한 고찰", 한국콘크리트학회 학술발표회논문집, 1996.
34. 문한영, 김성수, **해양콘크리트 구조물의 내해수성 향상을 위한 연구**, 한양대학교 건설연구소, 1996.
35. 박광수, 김관호, "농업기반 수리구조물의 노후손상현상과 보수보강공법의 체계화 연구", 농어촌과 환경, No.81, pp.84~91, 2003.

36. 변근주, 송하원, 최욱, 우승민, "콘크리트 구조물의 균열 평가 기법과 보수 보강", 한국콘크리트학회지, Vol.12, No.6, pp.97~108, 2000.
37. 변향룡, **수로교의 안전**, 바른미디어, 2004.
38. 서울특별시, **콘크리트구조물의 부식상태조사 및 방지대책**, 1998.
39. 송병표 외 3인, "보수·보강 재료 및 공법 개발연구", 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, pp.592~597, 1997.
40. 시설물유지관리업협의회, **시설물 유지관리법 총람**, 2003.
41. 시설안전기술공단, **콘크리트 구조물의 균열평가기법 및 보수보강 전문시방서의 개발**, 1999.
42. 심중성, "철근 콘크리트 구조물의 열화 진단 및 보수에 관한 국내 현황", 한국콘크리트학회지, Vol.2, No.4, pp.22~30, 1990.
43. 심중성, "철근콘크리트 구조물에 발생한 균열보수를 위한 전문가 시스템 개발", 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp.71~78, 1993.
44. 심중성, "철근콘크리트 구조물의 보수·보강 신기술 개발", 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, pp.207~211, 1995.
45. 심중성, "콘크리트 구조물의 보수·보강 기법의 최근 연구동향", 한국콘크리트학회지, Vol.7, No.6, pp.64~73, 1995.
46. 심중성, "콘크리트구조물의 보수보강기법-콘크리트구조물의 보수보강기법의 최근 연구 동향", 한국콘크리트학회지, Vol.7, No.6, pp.64~73, 1995.
47. 심중성, 문도영, 김인경, "염소이온 투과 실험을 이용한 균열보수성능 평가에 관한 시험적 연구", 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp.503~508, 2001.
48. 연규석 외 5인, "철근콘크리트 구조물의 보수공법 연구(I)", 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, pp.212~218, 1995.
49. 유동우, "[특집]수중콘크리트-수중부 하부 구조의 보수 보강", 한국콘크리트학회지, Vol.13, No.2, pp.38~44, 2001.
50. 윤병하, 김대룡, **금속의 부식과 방식개론**, 형설출판사, 1992.
51. 윤우현, "습도변화에 따른 콘크리트 덧씌우기 보수체의 손상분석", 한국콘크리트학회논문집, Vol.14, No.5, pp.766~773, 2002.
52. 윤종국, "농조수리시설물을 점검한다:수리시설물의 노후화 원인과 개보수 대책",

- 계간농지개량회보, No.26, pp.46~49, 1985.
53. 이문환, 배규웅, 이진우, **RC구조물의 철근부식방지 및 보수공법 시스템화 연구**, 한국건설기술연구원, 2000.
 54. 이신호, "수리시설물의 노후화 원인의 대책", 농지개량, No.81, pp.44~47, 1990.
 55. 이원천, "노후 수리시설물 진단 및 보강방안", 농지개량, No.100, pp.54~56, 1992.
 56. 이종득, **콘크리트 구조물 균열에 대한 응력과 변형**, 일광출판사, 2002.
 57. 이종열, "구조물의 보수보강 재료의 현황", 대한토목학회지, Vol.47, No.4, pp.34~45, 1999.
 58. 이종은, 최석원, 노현창, "하천통과 지하구조물의 누수 보수 대책", 한국콘크리트학회 2000년도 가을학술발표회논문집(I), pp.801~809, 2000.
 59. 이창수 외 3인, "노후화된 콘크리트구조물 보수재료의 기초물성에 대한 연구", 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, pp.867~870, 1998.
 60. 이한승, 하재담, "콘크리트 탄산화에 대한 RC구조물의 내구성 설계 및 보수공법", 한국콘크리트학회지, Vol.13, No.6, pp.36~43, 2001.
 61. 일본콘크리트공학협회, **철근부식에 의해 손상을 받은 콘크리트 구조물의 보수 기술**, 1989.
 62. 임남기 외 6인, "콘크리트 내부 균열에 대한 보수기법의 기초적 연구", 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, pp.579~584, 1997.
 63. 임윤록 외 3인, "보수·보강된 RC구조물의 경계면 파괴를 고려한 수치해석 기법 개발", 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, pp.553~558, 2000.
 64. 조성일, 박선규, **콘크리트 표면부식의 보수보강 관리**, 2003.
 65. 조용완, 이광만, "수자원 조사 사업의 정보화", 한국수자원학회지, Vol.31, No.3, pp.8~12, 1998.
 66. 최연왕, 문대중, 정문영, 조선규, "재하상태를 고려한 RC보의 에폭시 주입 보수공법의 적용성 평가", 한국콘크리트학회논문집, Vol.16, No.1, pp.88~101, 2004.
 67. 최완철, 연구석, 홍영균, "콘크리트 구조물의 보수보강기법-철근 콘크리트 보수보강재료 및 공법", 한국콘크리트학회지, Vol.7, No.6, pp.5~13, 1995.
 68. 최완철, 연구석, 홍영균, "철근콘크리트 보수·보강 재료 및 공법", 한국콘크리트학회지, Vol.7, No.6, pp.5~13, 1995.

69. 최완철, 정원용, "[논단]콘크리트 구조물의 보수보강기술의 발전방향", 한국콘크리트학회지, Vol.14, No.5, pp.6~8, 2002.
70. 추영수, **콘크리트의 균열조사 보수·보강지침**, 건설도서, 1998.
71. 특허청, **구조물 보수보강기술**, 신기술동향보고서, 2002.
72. 한국도로공사, **구조물보수보강 매뉴얼**, 한국도로공사, 1997.
73. 한국시설안전기술공단, **콘크리트 구조물의 균열 누수 보수·보강 전문시방서**, 2002.
74. 한국시설안전기술공단, **터널유지관리매뉴얼**, 2002.
75. 한국콘크리트학회, **최신콘크리트공학**, 1992.
76. 한국콘크리트학회, **콘크리트 진단 및 유지관리**, 2003.
77. 한국콘크리트학회, **콘크리트구조물의 비파괴검사 및 안전진단**, 1995.
78. 홍건호, 신영수, "RC구조물에 적용된 부착식 휨보강공법의 보강성능 평가", 한국콘크리트학회논문집, Vol.15, No.1, pp.78~86, 2003.
79. 홍건호, 최은규, 이수진, 신영수, "폴리머 모르타르로 단면을 복구한 철근콘크리트 보의 휨 거동", 한국콘크리트학회논문집, Vol.16, No.1, pp.94~101, 2004.
80. A. M. Neville, **Properties of Concrete**, Longman, 1995.
81. ACI Committee 201.2R-92, **Guide to Durable Concrete**, ACI Practice Journal, 1991.
82. ACI Committee 210R-87, **Erosion of Concrete in Hydraulic Structures**, ACI Practice Journal, 1987.
83. ACI Committee 546R-96, **Concrete Repair Guide**, ACI Practice Journal, 1998.
84. ACI, **Repair and Concrete Structures, Assessments, Methods and Risks**, Seminar Course Manual, SCM-21, 1989.
85. ACI, **Repair and Rehabilitation of Concrete Structures**, Seminar Course Manual, SCM-16, 1987.
86. ACI, BRE, CONCRETE SOCIETY, ICRI, **Concrete Repair Manual**, Second Edition, 2002.
87. Al-Sulaimani, Kaleemullah, Basunbal and Rasheed, "Influence of Corrosion and Cracking on Bond Behavior and Strength of Reinforced Concrete Members",

- ACI Structural Journal, March-April, 1990.
88. B. Elsener, S. Müller, M. Suter and H. Böhni, **Corrosion Monitoring of Steel in Concrete : Theory and Practice**, Elsevier Applied Science, 1990.
 89. British Standard 7361 Part 1, **Cathodic Protection**, 1991.
 90. C. Alonso, C. Andrade and J. A. González, "Relation between Resistivity and Corrosion Rate of Reinforcements in Carbonated Mortar Made with Several Cement Types", *Cement and Concrete Research*, Vol.18, No.5, pp.687~698, 1988.
 91. CEB-FIP Report, **Durable Concrete Structures**, 1998.
 92. D. R. Plum, "The Behavior of Polymer Materials in Concrete Repair and Factors Influencing Selection", *The Structural Engineer*, Vol.68, No.17, pp.337~345, 1990.
 93. Denison Campbell-Allen and Harold Roper, **Concrete Structures:Materials, Maintenance and Repair**, Longman Scientific & Technical, 1991.
 94. E. Escalante, **Effectiveness of Potential Measurements of Estimating Corrosion of Steel in Concrete**, Elsevier Applied Science, 1990.
 95. G. Mays and W. Wilkinson, "Polymer Repairs to Concrete:Their Influence on Structural Performance", *ACI Special Publication SP-100-22*, pp.351~375, 1987.
 96. G. P. Mallett, **Repair of Concrete Bridges**, Thomas Telford, 1994.
 97. G. Sergi, S. E. Lattey and C. L. Page, **Influence of Surface Treatments on Corrosion Rates of Steel in Carbonated Concrete**, Elsevier Applied Science, 1990.
 98. J. E. Harding, G. A. R. Parke and H. J. Ryall, **Bridge Management 2 ; Inspection, Maintenance, Assesment and Repair**, Thomas Telford, 1993.
 99. J. L. Dawson, D. G. John, M. I. Jafar, K. Hladky and L. Sherwood, **Electrochemical Methods for the Inspection and Monitoring of Corrosion or Reinforcing Steel in Concrete**, Elsevier Applied Science, 1990.
 100. Jacob Uzan, "Advanced Backcalculation Techniques·· Nondestructive Testing

- of Pavements and Backcalculation of Modules(Second Volume., ASTM STP 1198, 1994.
101. John P. Broomfield, **Corrosion of Steel in Concrete**, E & FN SPON, 1997.
 102. K. Takewaka, T. Minematsu, "A Cathodic Protection System for Rehabilitation of Marine Concrete Structures", ACI, SP-126, 1991.
 103. Kropper and Hilsdorf, **Performance Criteria for Concrete Durability**, E&FN SPON, 1995.
 104. Mohammad Golam Ali and Rasheeduzzafar, "Polarization Period, Current Density, and the Cathodic Protection Criteria", ACI Material Journal, Vol.89, No.3, pp.247~251, 1992.
 105. NACE, **Standard Recommended Practice Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures**, NACE Standard PR 0290-90, 1990.
 106. Peter H. Emmons, **Concrete Repair and Maintenance Illustrated**, R.S.MEANS, 1994.
 107. Peter Pullar-Stretcker, **Corrosion Damaged Concrete**, Construction Industry Reseach and Information Association, 1987.
 108. R. T. L. Allen, **The Repair of Concrete Structures, Maintenance A to Z**, 1993.
 109. R. Wolff, H. J. Miessler, **Assessing Carbonation in Concrete Structures**, E & F.N. Spon, 1991.
 110. W. H. Hartt, T. Y. Chen, P. K. Narayanan, **Cathodic Protection and Environmental Cracking of Steel Tendons in Prestressed Concrete**, Final Report for Florida Department of Transportation, 1988.
 111. 岡村隆吉, 武広 実, 橋本誠一, 宇智田 俊一郎, "化したセメント組成物硬化体のキャラクターゼーション", コンクリートの炭酸化に関するシンポジウム, 1993.
 112. 建設省, **コンクリートの耐久性向上技術の開発報告書 第1編**, 1988.
 113. 建設省土木研究所, **コンクリート構造物の健全度診断技術の開発に関する共同研究報告書-コンクリート構造物の健全度診断マニュアル(案)**, 日本構造物診断技術協会,

- 1998.
114. 建設省土木研究所, **コンクリート構造物の健全度診断技術の開発に関する共同研究報告書-コンクリート構造物の非破壊検査マニュアル**、日本構造物診断技術協会, 平成6年
 115. 堅野紀元, "鉄筋の腐食と防食(海砂使用による鉄筋の腐食)", セメント・コンクリート化学とその応用, セメント協会, pp.58~63, 1987.
 116. 界, 大越, 峰松, 川侯, "積雪寒冷地における鉄筋コンクリート構造物への電気防食法の適用", コンクリート工学年次論文報告集, Vol.13, No.1, 1991.
 117. 界, 大越, 石川, 武田, "積雪寒冷地における導電性塗料方式による鉄筋の電気防食", 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集, 第5部, 1991.
 118. 界, 孝司, "積雪寒冷地におけるRC桁橋への導電性被服電極方式による電気防食の適用", コンクリート工学年次論文報告集, Vol.14-1, pp.803~808, 1992.
 119. 高田良章, 魚本健人, "炭酸ガス濃度がコンクリートの中性化に及ぼす影響", コンクリート工学年次論文報告集, Vol.14, No.1, pp.901~904, 1992.
 120. 橋梁構造研究所編, **道路橋の点検補修**, 1988.
 121. 宮川, 井上, 小林, 藤井, "コンクリート中の鋼材腐食の非破壊検査手法と劣化診断について", コンクリート構造物の耐久性診断に関するシンポジウム論文集, 1998.
 122. 亀田興行 外 3人 **土木構造物診断**, 山海堂, 1991.
 123. 大成 武, 谷川 伸, "塗膜によるRC構造物の保護について", コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12-1, 1990.
 124. 大城 武, 谷川 伸, 永井健太郎, "鉄筋コンクリート構造物の暴露試験", 第8回 コンクリート工学年次論文報告集, pp.193~196, 1986.
 125. 大越, 界, "コンクリート構造物の電気防食", 開発土木研究所月報, No.467, 1992.
 126. 桐山和也, 渡邊義 規, 星野実, 梅原秀哲, "48年経過したコンクリートの中性化と同コンクリートを用いた促進中性化", コンクリート工学年次論文報告集, Vol.27, No.1, pp.631~636, 2005.
 127. 馬場明生, 千歩 修, 松島泰幸, 羽木 宏, "コンクリートの中性化に及ぼす含浸材の効果", 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp.253~254, 1987.
 128. 武若, 馬庭, "コンクリート構造物の塩害対策における電気防食の適用性に関する検討", コ

- ンクリート工学年次論文報告集, Vol.13, No.1, 1991.
129. 武若, 峰松, 内田, 荒潮, "外部電源法によるコンクリート中の鉄筋の電気防食に関する研究", 鉄筋腐食による損傷を受けたコンクリート構造物の補修技術に関するシンポジウム論文集, 1989.
 130. 武若耕司, "コンクリート構造物における電気防食法の現状", コンクリート工学, Vol.30, No.8, pp.16~27, 1992.
 131. 福手, Tan Chat Tam, 峰松, 篠田, "熱帯地域における港湾コンクリート構造物の電気防食法の検討", 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集, 第5部, 1991.
 132. 峰松敏和, "コンクリート中の鉄筋の電気防食歴史と現状(メッシュ電極方式を中心として)", 第91回腐食防食シンポジウム資料, 1992.
 133. 社団法人 日本コンクリート工学協会, **コンクリート構造物の電気防食法 研究委員 実験報告書**, 1995.
 134. 山本, 田中, 坂本, "実橋のコンクリートにおける電気防食試験", 鉄筋腐食による損傷を受けたコンクリート構造物の補修技術に関するシンポジウム論文集, 1989.
 135. 西村健太郎, 山口和夫, 植田佳宝, 安田正雪, "無機質系防水材料による鉄筋コンクリートの塩害抑制効果に関する実験", コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, 1990.
 136. 小林一輔 外, **コンクリート構造物の耐久性診断シリーズ(1~5)**, 森北出版株式会社, 1993.
 137. 小林一輔, **コア採取によるコンクリート構造物の劣化診断法**, 森北出版株式会社, 1998.
 138. 小林和夫, 宮川豊章, 松村卓郎, 岡田 清, "コンクリート表面樹脂ライニングのひびわれ追従性", セメント技術年報, Vol.40, 1986.
 139. 新野, 分野, 長沼, "道路橋における電気防食試験施工", 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集, 第5部, 1991.
 140. 沿岸開発技術研究センター, **港湾構造物の劣化防止補修に関する調査報告書**, 1987.
 141. 魚本健人, "セメントの水和反応に及ぼす細孔構造の影響に関する考察", コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.1, pp.799~804, 1995.
 142. 永瀬禎文, 国川正勝, 真鍋 隆, 佐野 世, "電気化学的処理による鉄筋コンクリートの再アルカリ化工法における適用事例", コンクリート構造物の補修工法と電気防食に関するシンポジウム論文集, 1994.

143. 日本建設省, **概説構造物 点検・補修ツステムの開発**, 1991.
144. 日本建設省土木研究所, "コンクリート構造物の電気防食に関する共同研究報告書", 1988.
145. 日本建築学会, **鉄筋コンクリート造建築物の耐久性照査・診断および補修指針(案)・同解説**, 1997.
146. 日本塗装工業会, **コンクリート土木構造物の補修マニュアル**, 技報堂, 1995.
147. 日本土木研究所資料, **概説橋梁の耐久性評価向上技術に関する照査研究**, 1988.
148. 日本土木学会, **コンクリート構造物の維持管理指針(案)**, 1995.
149. 日本コンクリート工学協会, **炭酸化を受けたコンクリート構造物の判定マニュアル**, 1993.
150. 日本コンクリート工学協会, **コンクリート構造物の補修工法研究委員会報告書**, 1992.
151. 日本コンクリート工学協会, **耐久性診断委員会報告書:コンクリート構造物耐久性診断・評価手法に関する規準(案)**, 1989.
152. 日本コンクリート工学協会, **海洋コンクリート構造物の防食指針(案)**, 1983.
153. 日本コンクリート工学協会, **コンクリート構造物の腐食,防食に関する試験方法ならび規準(案)**, 1990.
154. 日本コンクリート工学協会, "ポリマーセメントモルタルの塩化物イオン浸透深さ試験方法(案)", **コンクリート工学**, Vol.25, No.8, 1987.
155. 日本コンクリート工学協会 炭酸化研究委員会, **炭酸化を受けたコンクリート構造物の判定マニュアル**, 1993.
156. 日本コンクリート工学協会 炭酸化研究委員会, **コンクリートの炭酸化に関する研究の現状**, 1993.
157. 日本コンクリート工学協会, **海洋コンクリート構造物の防食指針(案)**, 1990.
158. 井川, 中村, 村井, "塩害を受けた栈橋上部コンクリートの電気防食(第1報)", **土木学会第45回年次学術講演会講演概要集**, 第5部, pp. 558-559, 1990.
159. 芭田公伸, 大瀬 宝, 半田 実, 石橋孝一, 酒井裕智, "電気化学的処理による鉄筋コンクリート構造物からの塩分除去における適用事例", **コンクリート構造物の補修工法と電気防食に関するシンポジウム論文集**, 1994.
160. 片岡国牟, "自然電位法による最新非破壊検査技術の紹介", **配管と装置**, Vol.8, 1992.
161. 和泉意登志, "コンクリートの中性化に及ぼす セメントの種類, 配合および養生条件の影響

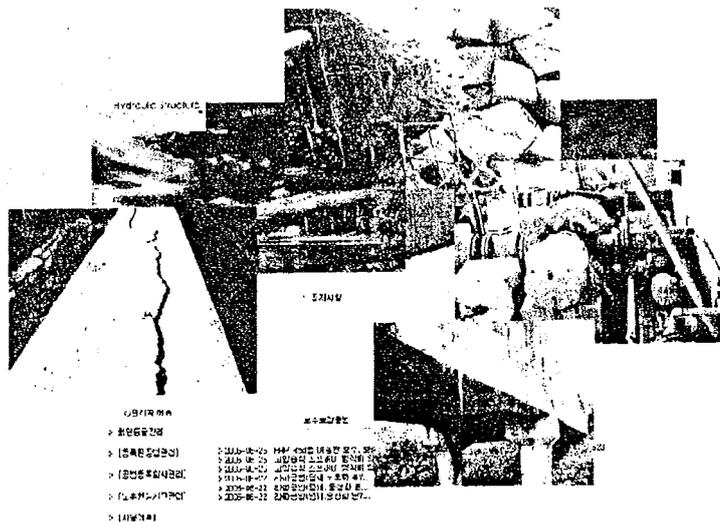
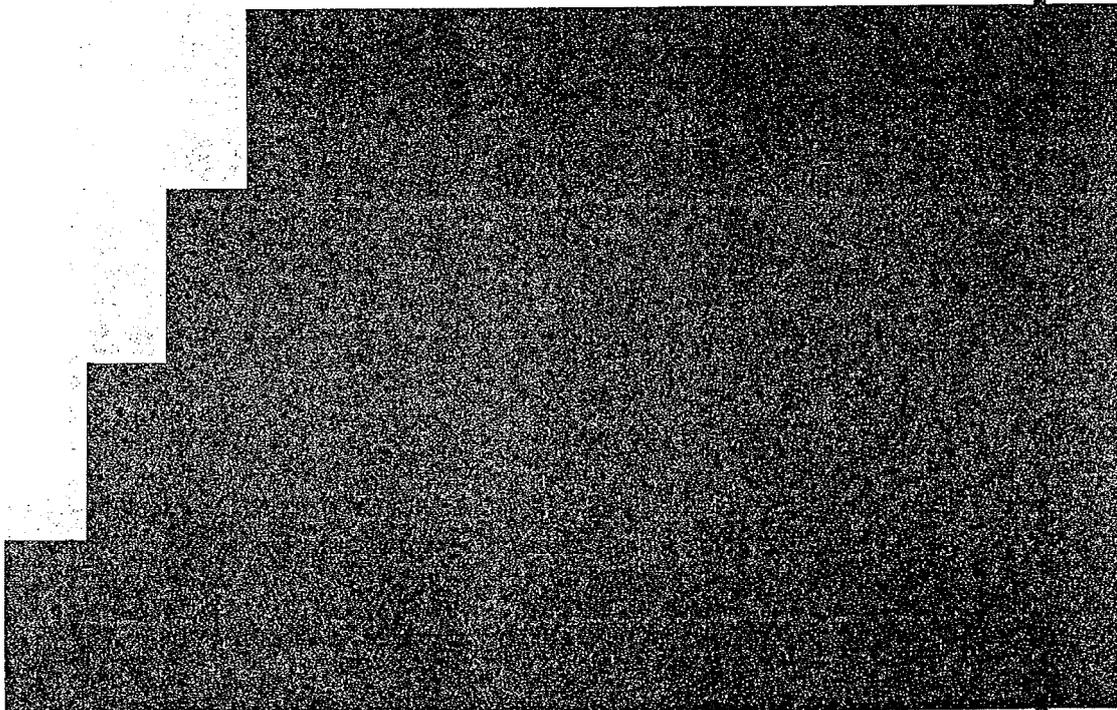
について," 第7回コンクリート工学年次講演会, 1985.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

* 부록. 농업수리구조물 보수보강공법 선정 지원
시스템 사용자 매뉴얼

농업수리구조물 보수보강공법 선정 지원시스템 사용자 매뉴얼



목차

<일반사용자 매뉴얼>
공법등록신청
공법검색
공지사항
Q & A
사용자 등록 및 인증

<관리모드 매뉴얼>
회원등급관리
등록된공법관리
공법등록회사관리
노후현상사진관리
사용기록

0. 시스템 소개

◆ 사용자 계층

일반 사용자 : 지자체 및 농업기반공사의 수리시설물 유지관리담당자
및 수리시설개보수사업 정책 담당자

관련 사용자 : 공법 검색 및 기술정보 공유

시스템관리자 : ① 표준 시설물 노후도DB 운영 및 관리

② 사용자 등록 관리

③ 공법 등록 및 심의결과에 대한 관리

◆ 시스템 설치 경로

<http://rri.karico.co.kr/irriconc>

◆ 시스템 목적

전국 농업기반 수리구조물의 노후손상 및 원인을 분석하여
영상 데이터베이스를 구축하여 보수보강의 소개 및 공법이 선정
되도록 함.

◆ 시스템 이용방법

- ① 새로운 보수보강 공법을 소유한 업체가 사용자 등록을 신청하고,
- ② 시설물 관리자가 현재 시설물의 상황을 평가할 때 일괄등록된
표준 영상데이터베이스를 비교하여 체계적으로 노후손상에 대한
보수방법을 선정
- ③ 시스템 관리자는 기존의 사용자, 데이터베이스의 일관성 유지,
공법의 심의결과 반영

1. 공법등록신청 <일반사용자>

Hydraulic Structure

HOME [공법등록신청] [공법검색] [공지사항] [Q&A]

로그인

아이디 :
비밀번호:
 자동

보수보강공법 목록

총계시물 : 1

번호	공법명	회사명	등록자	조회	작성시간
2	벽체누수방지공법	대강건설	rhino23	102	2005-02-02

[이전페이지] [글쓰기] [다음페이지]

공법명

찾으실 공법이 있으실 경우에는 간편하게 공법명을 검색하시면 됩니다.

추가사항

상단메뉴에 공법등록신청 ① 클릭 하시면 보수보강공법목록 ② 이 나타나게 됩니다. 다음으로 벽체누수방지공법 ③ 을 누르시면 해당하는 공법을 보실 수 있습니다.

2. 공법검색 <일반사용자>

Hydraulic Structure

HOME | 공법등록신청 | 공법검색 | 공지사항 | Q&A

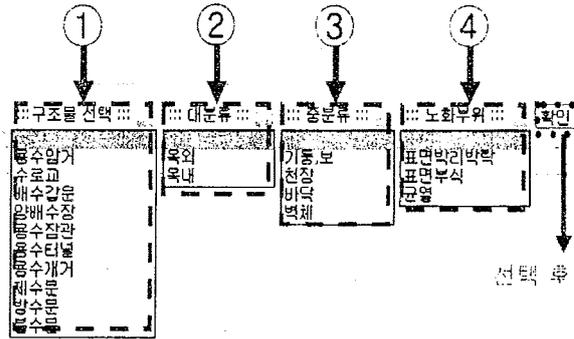
1단계: 구조물 선택

환영합니다
관리자

가입일 : 2005/01/24
레벨 : 1

- 관리자 메뉴
- > 회원등급관리
 - > [등록된공법관리]
 - > [공법등록회사관리]
 - > [노후현상사진관리]
 - > [사용기록]

보수보강공법
1단계대상 검색
2단계대상 검색



선택 후 확인!

추가사항

공법검색에서는 “구조물선택 -> 대분류 -> 중분류 -> 노화부위”로 나뉘어 구체적인 검색이 이루어지게 됩니다. 1단계를 모두 선택하신 후 ‘확인’ 버튼을 클릭하시면 2단계에서 그림과 함께 추가설명이 나타납니다.

2. 공법검색 <일반사용자>

Hydraulic Structure

HOME | 공법등록신청 | 공법검색 | 공지사항 | Q&A

수리구조물 관리시스템 보수보강 공법 검색

○ 환영합니다

관리자

가입일 : 2005/01/24
레벨 : 1

○ 관리자 메뉴

- > 회원등급관리
- > [등록된공법관리]
- > [공법등록회사관리]
- > [노후현상사진관리]
- > [사용기록]

○ 보수보강공법

1단계대상 검색

2단계대상 검색

① 구조물 선택

② 대문류

③ 중문류

④ 노후부위

선택 후 클릭!

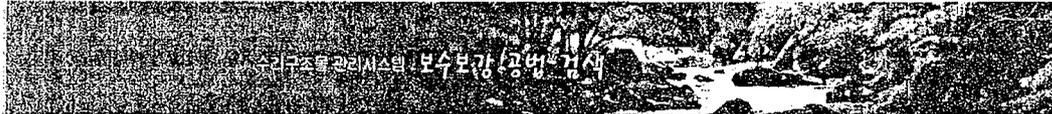
손상원인 : 설계하중이내의 단기 동적하중 | 사유 : 장기 단기 동적하중 | 위험등급 : 4

추가사항

시설물의 노후 정보를 모두 선택한 후에 나타나는 사진은 노후현상 및 원인별 등급에 따라서 적용가능한 공법 목록을 사용자가 쉽게 선정할 수 있도록 다양한 원인에 따라서 영상자료를 제공하는 부분입니다.

여기서 사진을 선택하고 하단부의 공법검색 버튼을 누르면 사진 및 현상, 등급에 따라서 적용가능한 공법이 나타나며, 이 공법 중 하나를 선택할 때마다 공법제공회사에 대한 개략정보가 제공됩니다.

2. 공법검색 <일반사용자>



○ 환영합니다

○ 검색 공법 보기

관리자
[관리자](#) [관리자](#)

가입일 : 2005/01/24
 레벨 : 1

○ 관리자 메뉴

- > 회원등급관리
- > [등록된공법관리]
- > [공법등록회시관리]
- > [노후현상사건관리]
- > [사용기록]

공법명 고압습식 스프레이 방식에 의한 MDF 시멘트 모르타르 단면수복 보수공법(철근노출 단면복구)

회사명 동원건설
 회사주소 경기도 구리시 인창동 70
 연락처 전화(031-557-6883), 팩스(031-551-0352)
 이메일
 홈페이지 <http://www.21-dongwan.co.kr>

공법소개

여러 환경적, 기상적 작용에 의해 성능이 저하되고 탈락이 발생한 콘크리트 수리구조물의 보수용 단면복구 및 보강 공법으로서 철근이 노출된 부위의 기존 철근을 방청제(TK-1, 2)로 처리하고 필요시 철근을 보강한 후 구조물의 용도별 목적에 따라 제조된 분말형의 모르타르를 현장에서 정량의 물만 넣고 혼합한 후, 고압펌프에 의해 압축 및 미송시킨 시멘트 모르타르를 특수 제작된 노즐을 통해 고압으로 3단계 스프레이(초벌→단면충전→마감스프레이)하여 보수 단면의 성능을 향상시켜 주는 단면보수 및 보강 공법이다

공법특징

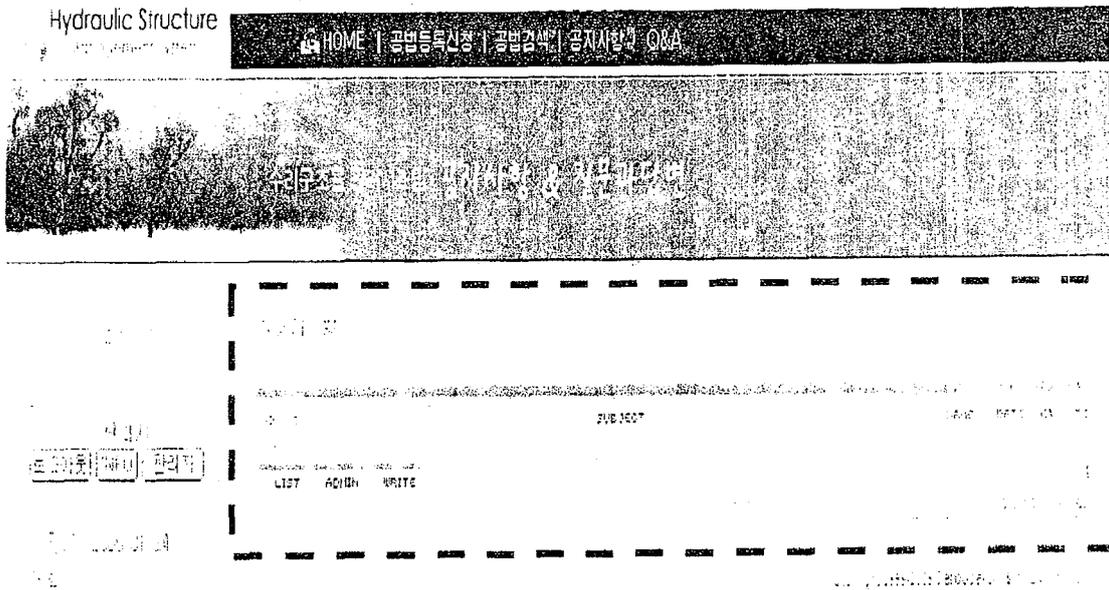
적용구조물

[공목록] [수정] [삭제]

추가사항

나열된 공법중에서 한 공법을 선택하였을 때 나타난 공법에 대한 개략 소개를 기본으로 사용자는 세부 공법에 대한 내용과 기준자료를 첨부된 자료로 부터 확인 할 수 있다.

3. 공지사항 <일반사용자>



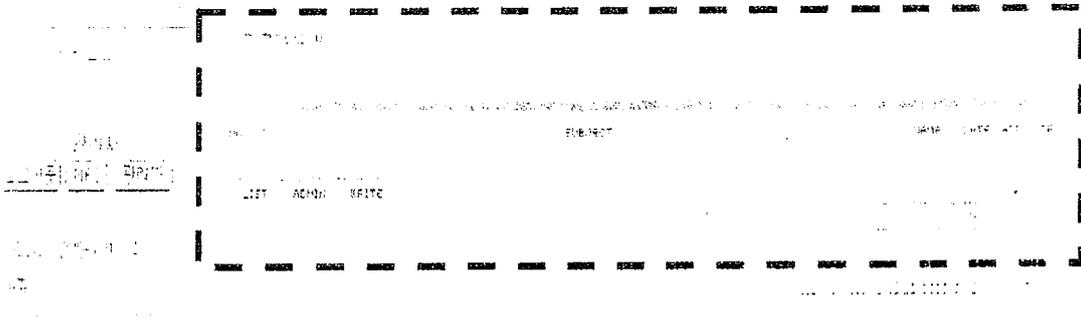
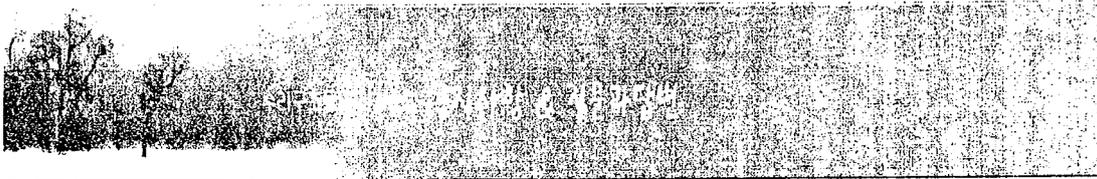
추가사항

공지사항 란은 시스템관리자가 사용자에게 필요한 사항, 중요사항이나 변경사항이 있을 시 제공하는 것으로 메인 메뉴의 사용을 통하여 표시된 곳에서 확인 할 수 있습니다.

4. Q & A <일반사용자>

Hydraulic Structure

HOME | 공법등록신청 | 공법검색 | 공지사항 | Q&A



추가사항

질문과 답변은 담당자 및 관리자가 직접 답변을 하며, 모든 글들을 읽어 볼 수 있도록 하는 기능을 제공하였습니다.

5. 회원등록 <일반사용자>

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://127.0.0.1/board/member_join.php?group_no=1`. The page title is 'Hydraulic Structure'. The form contains the following fields and options:

- 아이디** (아이디): (영문, 숫자, ...로만 아이디를 작성하세요)
- 비밀번호** (비밀번호):
- 이름** (이름):
- E-mail** (E-mail): 공개
- Homepage** (Homepage): 공개
- 주민등록번호** (주민등록번호): 공개
* 주민등록번호는 암호화되어 저장이 되므로 관리자도 알 수 없습니다 (회원 검색기능을 익기 위한 검사수단으로만 사용이 됩니다)
- 담당지역** (담당지역): 공개
- 직업** (직업): 공개
- 회사주소** (회사주소): 검색 공개
- 회사전화번호** (회사전화번호): 공개
- 핸드폰** (핸드폰): 공개
- 자기 소개서** (자기 소개서): 공개
- 개인정보 공개** (개인정보 공개): 정보 공개

Buttons:

Navigation: [\[<\] 완료](#) [\[>\] 인터넷](#)

Other elements: [로그인](#), [Q&A](#), [\[>\] Q&A](#)

추가사항

회원가입 버튼을 클릭하시면 신청란이 새창을 통하여 열립니다. 해당하는 각각의 텍스트박스에 신상을 기재해 주시면 됩니다. 신상을 정확히 기재하셔야만 관리자 승인을 받을 수 있습니다.

1. 회원등급관리 <관리자>

Hydraulic Structure

HOME | 공법등록신청 | 공법검색 | 공지사항 | Q&A

○ 환영합니다

관리자

가입일 : 2005/01/24
레벨 : 1

○ 회원목록

총 회원수 : 1

선택 (전체) (관리자) (담당자) (일반회원)

선택	ID	이름	레벨	주소
<input type="checkbox"/>	maki486	양재성	담당자	국립 한경대학교

○ 관리자 메뉴

- ▶ 회원등급관리
- ▶ [등록된공법관리]
- ▶ [공법등록회사관리]
- ▶ [노후현상사진관리]
- ▶ [사용기록]

추가사항

로그인하시면 관리자메뉴가 나타납니다.
일반사용자들은 볼 수 없게 되었습니다.
회원마다 등급별로 지정하실 때 사용됩니다.

2. 등록된 공법관리 <관리자>

Hydraulic Structure

HOME | 공법등록신청 | 공법검색 | 공지사항 | Q&A

○ 환영합니다

○ 회원목록

관리자

총 회원수 : 1

[전체] [관리자] [담당자] [일반회원]

관리자

선택	ID	이름	레벨	주소
<input type="checkbox"/>	maki486	양재성	담당자	국립 한경대학교

가입일 : 2005/01/24

레벨 : 1

○ 관리자 메뉴

- > 회원등급관리
- > [등록된공법관리]
- > [공법등록회사관리]
- > [노후현상사진관리]
- > [사용기록]

추가사항

로그인하시면 관리자메뉴가 나타납니다.
일반사용자들은 볼 수 없게 되었습니다. 회원마다 등급별로 지정하실 때 사용됩니다.

3. 공법등록회사관리 <관리자>

○ 환영합니다

○ 업체관리 - 목록

관리자
가입일 : 2005/01/24
레벨 : 1

- 관리자 메뉴
- > 회원등급관리
 - > [등록원공법관리]
 - > [공법등록회사관리] →
 - > [노후현상사전관리]
 - > [사용기록]

총업체수 : 18 현재페이지 : 1 / 1

번호	회사명	연락처	주소
20	금영건설		
19	(주)한일콘	전화(02-2605-0114), 팩스(02-26..	서울시 강서구 화곡동 1116..
18	한보엔지니어링		
17	태광씨엔피	전화(02)522-0275,팩스(02)522-2761	서울시서초구서초동1530-18..
16	(주)콘크리닉	전화(02-478-6026), 팩스(02-478..	서울시 강동구 성내동 428-..
15	일육시스템		
14	(주)우지스	전화(02-571-0401)	
13	헵티마스타		
12	(주)크로스텍엔지니어링	전화(02-2203-7180), 팩스(02-22..	
11	(주)리폼시스템	전화(02-421-7482), 팩스(02-421..	서울특별시 송파구 잠실동 ..
10	(주)대교월드건설	전화(02-3452-0404), 팩스(02-34..	
9	(주)국민산업	전화(062-655-5656),팩스(062-65..	
8	(주)세라켄	전화(031-495-2931),팩스(031-49..	경기도 안산시 단원구 원곡..
6	우신건축환경솔루션	전화(02-487-9346),팩스(02-485-..	서울시 강동구 성내동 455-17
5	동원건설	전화(031-557-6883),팩스(031-55..	경기도 구리시 인창동 70
4	근형기업	전화번호(02-3445-9155),팩스(02..	
3	리플레시	전화번호(02-478-3606),팩스(02-..	
2	국제특수	전화(02-456-1780)	

[업체등록하기]



회사명 ▾

찾기

추가사항

공법등록 회사관리를 클릭하시면 모든 공법에 관련된 업체들의 신상이 나오게 됩니다.

4. 노후현상사진관리 <관리자>

○ 환영합니다

관리자
[관리자명] [관리자명]

가입일 : 2005/01/24
레벨 : 1

○ 사진관리

사진코드 : 분류번호 :
노후코드 : 위 험 도 :
사진등록 :
위의 내용이 맞습니까? :

○ 관리자 메뉴

- > 회원등급관리
- > [등록된공법관리]
- > [공법등록회사관리]
- > [노후현상사진관리]
- > [사용기록]

총사진수 : 299 총페이지 : 1 / 15

번호	사진코드	분류번호	노후현상	노후원인	위험도	사진보기
1	AA11	1	표면부식	산 침투	4	[사진보기]
2	AA11	13	표면박리박락	동결융해의반복	2	[사진보기]
3	AA12	2	누수	이여치기면의 부적합(폴드조인트)	3	[사진보기]
4	AA12	5	철근노출 및 부식	중성화	2	[사진보기]
5	AA12	12	표면부식	중성화	3	[사진보기]
6	AA12	14	철근노출 및 부식	중성화	2	[사진보기]
8	AA12	20	누수	이여치기면의 부적합(폴드조인트)	4	[사진보기]
9	AA12	27	골재노출	중성화	3	[사진보기]
10	AA13	25	균열	설계하중이내의 단기 동적하중	4	[사진보기]
11	AA13	40	균열	설계하중이내의 단기 동적하중	4	[사진보기]

추가사항

사진추가항목에 코드, 번호, 위험도 등을 기재 후 사진등록을 하시면 됩니다. 관리자가 직접 등록하고 확인하시기 바랍니다.

아래항목은 등록된 사진이 나오게 됩니다. [사진보기]를 클릭하시면 사진과 함께 이력이 함께 나오게 되며 다른 사진들과 비교 할 수 있도록 만들어졌습니다.

5. 사용기록 <관리자>

○ 환영합니다

○ 사용기록

관리자
가입일 : 2005/01/24
레벨 : 1

- 관리자 메뉴
- > 회원등급관리
- > [등록된공법관리]
- > [공법등록희사관리]
- > [노후현상사진관리]
- > [사용기록]

총기록 : 22

번호	위치	공법	구조물	대분류	중분류	노후부위	시간
22		교각두부 난연 FRP 공법	수로교	하부구조	교각두부	표면부식	2005-01-06
21		균열보수(충진)공법	양배수장	육외	벽체	균열	2005-09-13
20		라파공법(누수 열해 표면박리 단면복구 보수공법)	수로교	상부구조	개거바닥부	흙재노출	2005-08-31
19		균열 누수 보수 공법	양배수장	육내	벽체	균열	2005-08-31
18		균열보수(충진)공법	양배수장	육외	벽체	균열	2005-08-29
17		균열 보수 공법	양배수장	육외	벽체	균열	2005-08-29
16		CROS 단면보수(철근노출-중성화진행-육외)	수로교	상부구조	개거바닥부	철근노출 및 부식	2005-08-25
15		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-08-19
14		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-06-02
13		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-04-21
12		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-04-19
11		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-03-16
10		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-21
9	충북 청원	CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-21
8		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-20
7		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-20
6		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-18
5		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-18
4		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-18
3		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-18
2		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-18
1		CROS 중성화보수(육외)	양배수장	육내	벽체	균열	2005-02-18

[엑셀로저장]

추가사항

사용기록에서는 등록된 공법에 대한 접근기록을 추후에 시스템 관리자가 검색할 수 있도록 하고 있다. 이 자료를 바탕으로 지역별, 시설물 종류별로 자주 발생하는 노후손상에 대한 정보를 얻을 수 있다. 또한 보고서 작성을 위하여 검색결과는 엑셀로 저장가능하며 DB에서 삭제 가능합니다.