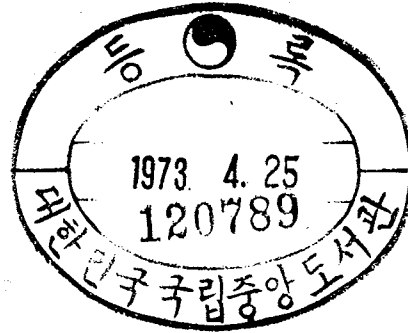
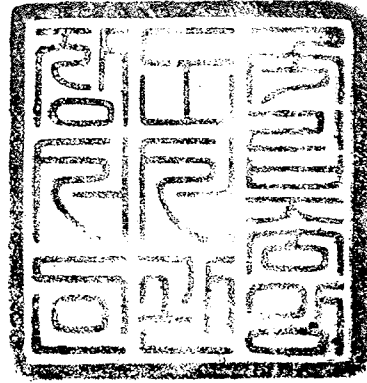


농지개량사업 계획설계기준

해면간척편

농림부



9160
11
1
C.2

머 리 말

우리나라는 제2차 경제개발 5개년 계획 사업을 성공적으로 수행하여 제반 산업구조의 기반을 튼튼히 구축하였고 70년대에는 그간에 이룩한 성과와 자주 자립의 결실을 맺는 획기적인 년대가 될 것으로 믿어 의심치 않습니다.

따라서 고도 성장의 경제 발전이 이룩되어 가고 있는 이때 농업 분야의 중점적 개발은 특히 중요한 것입니다.

농업의 근대화는 농지 기반 조성이 이루어지지 않으면 기대 할 수 없는 것이므로 농림부는 관개, 배수, 경지정리 등의 사업을 조속히 완성하는 데 온힘을 기울이고 있음은 물론 농경지 확충 사업에도 전력을 경주하고 있습니다.

농지기반 조성의 중요한 이 시기에 해방후 해를 거듭하여 성장해온 우리나라 농업토목의 기술을 총 정리하고 외국의 선진 기술을 흡수하여 농지개발 사업의 지침이 되는 "계획설계 기준서" 해면간척편을 내놓게 됨을 진심으로 기뻐하는 바입니다.

이 지침서가 농업토목 분야에 종사하는 여러분의 좋은 반려가 되어 시공 설계의 기준이 됨은 물론 우리나라 농업 발전에 많은 기여가 있기를 바라며, 끝으로 이 책자를 편찬하기에 수고를 아끼지 않은 농업진흥공사 및 한국 농공학회와 관계 공무원 여러분의 노고에 심심한 사의를 표하는 바입니다.

1971. 12.

농림부장관 김 보 현

3.6 우수지 183

3.7 제 염 184

제 4 장 용 수 189

1. 용수원 189

1.1 하천 및 댐 189

1.2 지하수 189

1.3 담수호 189

2. 용수량 191

2.1 농업용수 191

2.2 기타용수 191

3. 용수로 192

제 5 장 지구내 계획 193

1. 계획의 방향 193

2. 토지이용계획 193

3. 영농계획 194

4. 경지 정비 194

5. 농촌취락계획 195

부 록

I 남양간척 설계실례 199

1. 방 조 제 199

1.1 둑높이의 결정 199

가. 설계고조위 199

(1) 파고계산 200

(가) Molitor 공식 200

(나) S - M - B 법 200

(2) 고조편차의 추정 200

(가) 바람에 의한 편차 200

(나) 기압강하에 의한 편차 201

(다) 저기압 이동에 의한 편차 201

나. 물결의 주기 201

다. 파 장 201

(1) 심해파장 201

(2) 천해파장 201

라. 기어올림높이 201

1~2 비탈면피복석의 결정 202

가. 바깥비탈면의 피복석 중량 및 크기 202

나. 안비탈면의 피복석중량 및 크기 계산 203

(1) 파고계산 203

(2) 피복석의 개당중량 203

1~3 침윤선 계산 203

가. 대조시 바다쪽에서 안쪽 만수위로 203

(1) 이론침윤선 203

(2) 실제침윤선 203

나. 안쪽만수위에서 대조저조위로 204

(1) 이론 침윤선 204

(2) 실제 침윤선 204

1~4 관공작용검토 204

가. 축제재료별안전크리프비 204

나. 축점별 Piping 검토 204

1~5 방조제 안전도 검토 205

가. 시험치 205

나. 기초지반 안전도 검토 210

다. 내제축 성토부분 사면안전도 검토 210

1~6 방조제 표준단면 결정 210

(1) 둑높이 및 둑마루나비 210

(2) 도 로 210

(3) 안비탈 210

가. 제 1 호방조제 211

(1) 1 호형단면 211

(2) 2 호형단면 211

(3) 3 호형단면 211

나. 제2, 3 호 방조제 211

1~7 끝막이공 유속현황추정 211

1~8 방조제별 축조재료의 침하유실 212

2. 배수갑문 212

2~1 단면검토 212

가. 결론 213

나. 단면검토결과 213

다. 면적별침수시간 213

라. 사용공식 214

(1) 계산조건 214

(2) 사용공식 214

II E, D, P, S에 의한 계산 실례 217

1. 배수갑문 능력검토 218

가. 부호의 결정 225

나. 후로 - 차드 225

다. 푸로그렘..... 223
 라. 배재능력곡선도..... 224
 2. 끝막이공 유속계산 230
 가. 부호의 결정 230
 나. 후로-차드..... 231
 다. 끝막이구간 최대유속도 230

제 1 장 서론

1. 간척의 의의

토지이용의 고도화를 위한 각종사업중 해면을 육지화하여 농토나 기타 산업부지로 조성하는 간척은 과학기술의 발달에 따라 얕은 간척지의 개발에서부터 점차로 깊은 바다의 조류를 차단하여 광대하고도 다각적인 국토확정과 경제활동의 새로운 바탕을 조성하는 방향으로 발달되어 왔다. 우리나라는 3면이 바다로 둘러 쌓여 있고 또한 간만의 차가 크다는 지형적인 특성에 비추어 간척의 적지가 많다. 이제까지 우리나라의 간척 사업은 공유수면 매립법에 의하여 정부의 재정지원 (보조 및 장기저리 융자) 또는 개인의 재정에 의하여 주로 농지 조성을 목적으로 시행되어왔다. 1970년까지 정부의 재정지원에 의하여 완성된 간척면적은 11,764ha에 달하고 있으며 이밖에 개인에 의한 7,409ha를 합하여 19,173ha이다.

특히 최근에는 동진강 남양 아산 영산강, 삼교천 등 대규모의 간척사업이 계획 또는 시공중에 있거니와 이들을 포함하여 앞으로 약 26만ha의 간척적지가 사업의손길을 기다리고 있다.

그간 외적으로 토질공학, 해양공학의 발전과 내적으로 기술진의 자질향상등으로 간척기술에 눈부신 발전을 이룩하여 단식간척에서 복식간척으로 전진하였고 농지조성을 위한 간척사업에서 수자원 활용의 근대화를 위한 다목적이며 대규모인 사업으로 발전되어가고 있다.

우리나라의 인구 증가 추세와 도시의 팽창 특히 2~3차 산업의 급격한 발전이 가져오는 농지의 괴패등 비 농업용지의 수요증가 추세의 장기적인 관측에서 볼때 국토이용율의 제고에 따르는 국토 확장의 요구도는 높아질 것이다.

특히 우리나라의 현실에서는 간척사업의 효과중에 하나인 식량증산이란 관점에서 볼때 현하 당면하고 있는 시련중의 가장 큰 근본적인 문제인 식량 공급의 새로운 바탕을 조성한다는 면에서도 간척에 의한 절대 농지의 확장은 그 의의가 크다고 할것이다.

2. 계획의 방향

간척사업은 조성되는 토지가 그 지역의 발전을 촉진시킴에 만족한 계획이어야 한다. 개괄적으로 말하여 자연조건에 의한 방조계획용배수계획, 도로계획은 물론 사회경제 조건에 의한 토지이용계획, 영농계획, 농촌계획등이 골자가 될것이며 배후지의 문화 경제등의 영향권, 재해시의 대책등이 고려되어야 한다.

간척계획은 급속도로 성장하고 있는 국가 경제에 효과적으로 기여 할 수 있도록 국토 이용계획에 입각하여야 하며 치너지 이기 때문에 모든 권리나 제한이 없어 모든 계획이 가능하므로 사회적, 경제적, 제조건을 종합적이고 장기적인 안목에서 국가농업 정책에 순응하는 시범농촌건설을 이룩하여야 되므로 기계화 영농의 형태 현업영농의 적부등을 고려하여 모든 계획을 수립할 것이다.

제 2 장 측량 및 조사

1. 서 론

1. 1 조사의 기본방향

조사를 할 때에는 계획의 기초가 되는 기술적, 사회적, 경제적인 여러조건에 대하여 빠짐없이 조사한다.

조사계획자는 지구의 자연조건과 지역의 사회경제적 조건을 면밀히 검토하여.

방조제 노선 및 배수갑문 계획

수원공 계획

용배수계획 및 영농형태에 따른 도로계획

토지 이용 계획

전담전환을 가능케하는 포장계획

기계화 및 협동업등의 경영형태 및 작부체계에 관한 영농계획

풍치, 농촌, 전기 및 상수도 등을 포함한 농촌 환경개선을 위한 농촌 취락계획.

지역경제와의 교류 및 정부의 지역개발계획 등 가장 합리적인 방안을 구상하여 조사계획을 수립하여야 한다.

본장에서는 해면간척계획지구의 일반적인 조사사항에 대하여 기술한것이나 조사사항 및 내용은 그 대상 지구의 조사단계, 면적의 대소, 간척의 목적, 예상되는 공사의 난이 등 지구의 실정에 따라 조사의 정도(精度)를 선택하며 그 지구의 가장 중요한 사항에 대하여는 특히 충분한 조사를 한다.

조사를 실시함에 있어서는 각 진척단계에서 늘 계획을 염두에 두어 계획과 결부되지 않는 불필요한것에 대해서는 조사를 하지 않도록 유의한다.

1. 2 적지조건

- ① 간척계획지구의 연안은 갯벌이 발달되어 있고 지반이 높고 평탄하며 갯골이 적을 것.
- ② 간만의 차가 크고 완성 후에 지구내 배수가 잘 될것.
- ③ 단위 면적당의 제방의 길이가 짧은지형이고 또한 방조제 배수문이 끝막이 구간 등이 해상에 대해 안전한 위치에 선정할 수 있을것.
- ④ 토성이 농지로서 적합하고 방조제등 구조물을 축조할 수 있는 견고한 지반일것.
- ⑤ 배후지로 부터의 배수량이 되도록 적으며 한편 관개 및 생활용수등을 쉽게 얻을수 있을것.
- ⑥ 각종 기득권과의 관계가 될 수 있는한 적을것.
- ⑦ 공사용 자재(특히 석재 축제용 흙)를 경제적으로 얻을 수 있을것.
- ⑧ 기타 각종 입지조건이 농업경영상 유리할것.

이들 조건은 원칙적으로 달라질 수 있으나 산척계획의 대규모화 경사형 방조제의 채용 시공기술의 발전, 연약지반의 개량공법의 발전 기계배수의 보급등에 따라 기

술적으로 어느 정도의 악조건은 극복할 수 있으므로 지구의 선정에 있어서는 종합 개발적인 관점에서 본 경제효과도 아울러 검토하여야 한다.

2. 측 량

2. 1 범위

해면쪽은 간척예정지구 및 방조제 예정선에서 바깥쪽 200m 이상 배후지는 해륙경계선에서 100m 이상 및 용배수 기타 간척으로 인하여 이해관계가 생기는 구역을 조사 범위로 한다. 조사지구에 대해서는 그곳이 소속하는 행정상의 구역경계를 지도 기타의 기록에 의하여 명확하게 함과 동시에 현지와 대조하고 항만 어항 해안보전하천국립공원등의 지정 구역을 확인한다.

2. 2 표고의 기준

간척계획에 쓰이는 표고의 기준은 인근에 설치한 일등 수준점의 표고를 사용한다. 조사지구에 수준표석을 설치하며 가까운 조위 관측소 항만 하천 및 기 개발지구의 수준표석과의 관계를 구해두면 편리하다. 또 일등수준점은 지반변동등에 따라 표고가 변동될때가 있으므로 관계기관에 조회하여 확인할 필요가 있다. 표석은 단단한 석재를 사용하며 기초를 암반 또는 충분히 안정된 사력층에 고정시키고 둘레에 보호 말뚝을 박아 영구구조물로한다.

교통부 수로국 발행인 조석표 및 관상대 발행 조위표의 기준면은 기본수준면을 취하고 있다.

기본수준면은 해도의 기준면이다. 해도의 수심의 기준면은 각국에 따라 다르나 우리나라에서는 조석의 조화분해(調和分解)에서 얻은 4개의 주요분조(M₂, S₂, K₁, O)의 반진폭의 합계만큼 그 지점의 평균해면에서 아래로 취한 면을 사용하고 있으며 이것을 각 항구마다 표석을 설치하여 표시하고 있다.

2. 3 지형측량

지형측량은 계획지구 및 인접지역의 지세, 지모, 면적, 표고, 해안선, 간척지, 갯골의 상황등을 파악하기 위한것이다.

지형도 작성의 축척은 1/1,200, 1/3,000, 1/5,000, 1/10,000의 4종을 표준으로 하고 등고선은 원칙적으로 평지 20cm, 산지 5m 간격으로 삽입한다.

방조제 노선에 대하여는 특히 측정간격을 짧게하여 중형단 측량을 한다. 측정간격은 50m 또는 100m가 적당하다. 중심 말뚝은 어선의 통항등으로 이동 또는 손상되지 않도록 그 둘레에 말뚝을 박는등 보호방법을 고려해야 한다.

고저측량은 되도록 간조시에 직접수준측량에 의할것이지만 이것이 어렵거나 불가능한 경우에는 수심측량에 의한다. 수심측량은 음향측심기로 하는 것을 원칙으로 하나 수심이 얇은 경우에는 폴(測桿) 측심추(測深錘)를 사용하며 개이고 바람이 없어 해상이 조용한 날을 택해서 실시한다. 측량에서는 측심점의 깊이, 위치, 측심시각과 가까운

조위관측소, 조위표에 의거 항상 조위를 정확하게 기록해 두어야한다.

2. 4 항공사진 측량

최근 간척계획이 대규모가 되고 또 종합개발의 전지에서 계획을 수립할 필요가 있는 경우도 많아지고 또 항공사진의 측량정밀도가 향상되어 항공사진측량을 이용하는 경우가 많다. 이 때에는 구역 도면화의 축적지도에 기입하는 등고선 간격등을 명확히 할것이며 지상에 설치하는 기선측량에는 입회하도록 해야한다.

3. 조 사

3. 1 지질조사

3. 1. 1 지형의 구분

가. 배후지

간척계획지구 주변의 지 형은 1/50,000지형도를 기본도로하여 분류 기재한다. 조사범위는 원칙적으로 간척 예정 해면의 유역으로 한다.

지형분류는 다음과 같은 구분으로 한다.

- ① 충적저지(冲積低地)
- ② 사 주(砂 注)
- ③ 사 구(砂 丘)
- ④ 단 구(段 丘)
- ⑤ 대 지(台 地)
- ⑥ 선 상 지(扇 狀 地)
- ⑦ 구 능(丘 陵)
- ⑧ 일반산지
- ⑨ 화산산지
- ⑩ 기 타

나. 해안

해안에 대하여는 다음과 같이 구분한다.

- ① 이토질 해안
- ② 사질 해안
- ③ 암석 해안

다. 해저

해저의 지형에 대해서는 적당한 지도를 이용하여 섬, 대안과의 관계, 간석지의 상황을 상세하게 조사해준다. 특히 갯골은 지구내 용배수계획,공사의 설계, 시공 등에 밀접한 관계가 있으므로 잘 조사하여 그 수, 위치, 형상, 깊이, 방향등을 파악한다.

또 지형을 기재함에 있어서는 다음의 내용이 포함되어 있어야 한다.

- ① 하천세류의 분포, 기울기, 하천부지내의 퇴적물의 상황 및 주요 하천유역의 형상, 유역의 황폐 침식상황.

- ② 간척예정 해면의 토사의 유출 퇴적상황, 지반변동의 경향.
- ③ 배후지 및 해저의 지형의 특징과 그 성인의 설명.
- ④ 기타 간척계획에 참고가 될 사항.

3. 1. 2 지 질

가. 현황

간척예정지 주변의 지질에 대해서 1/50,000지형도를 기본도로하여 각종 암석의 분포, 성층관계, 지질구조등을 개략조사하고 지질현황을 파악한다.

이 조사를 할 때 주요구조물의 위치, 축제재료의 채취장소, 투수층의 분포와 구조광업에 관한 권리, 현업광, 폐광등을 고려해서 한다.

나. 방조제 노선

방조제노선의 지질은 방조제를 안전하게 설계할 수 있도록 충분히 조사되어야 한다.

보통 토질조사의 자료를 유효하게 이용한다.

- (1) 보오링 방조제노선의 보오링은 저면하 30m 이상의 깊이의 지층을 연속해서 확실하게 대비할 수 있는 심도와 밀도로 할 필요가 있다.

또 주요 구조물의 설치 예정지점축제예정선과 갯골과의 교점등은 반드시 보오링하여 지하지질구조를 확인해야 한다.

지반이 극히 연약한 곳에서는 저면하 30m 이상이라도 깊이에 구애하지말고 충분히 안전한 층에 도달할때까지 보오링조사를 한다.

보오링의 기록은 보오링기록도에 정리기록하고 방조제의 종단방향에 대비한 지질단면도(1/2,000) 및 방조제의 대표적인 횡단방향의 지질단면도(1/200 ~ 1/500)를 작성한다.)

- (2) 물리탐사

표 2. 1 물리탐사의 종류와 성능

구 분	파 원	수신주파수	지 향 성	기 록 부 기
에코사운드	자기(磁氣) 변형	>13,000	있 음	연 속
스노프로-푸	"	3800	"	"
스 파 카	전기스파이크	< 500	없 음	"
인 공 지 진	다이나마이트	20~100	"	불 연 속

탐성과 탐사는 일반적으로 주파수가 크게 될수록 상세한 경계면이 표현되나 흡수가 크게되며 깊은 부분의 반사파가 잡히지 않는다. 스노프로-푸로는 바닥 아래 10여m의 층이 탐사범위로 되어있다.

크고 긴 방조제 예정선의 지합지질구조를 상당히 깊이까지 알아 내려면 시간적으로나 경비면에서 볼때 물리탐사를 병행하는 것이 좋은 경우가 있다.

물리탐사에는 진기탐사, 탄성파탐사등이 있으나 바닥밀의 지질구조를 조사 하는데는 고주파를 응용한 탄성파탐사가 효과적이나.

탄성파탐사의 기록은 탄성파를 통한 간접 지질을 표시할 뿐이므로 반드시 대표점에서 체크 보어링을 할 필요가 있다.

다. 심부침투(深部浸透)

방모제의 기초가 사실지반일 경우에는 이곳을 통해 간척지내에 해수가 침입할 우려가 있으므로 다음 사항을 조사해야 한다.

- ① 지하지질 구조의 추정
- ② 구성된 각 층의 투수성
- ③ 지하수위의 측정
- ④ 지하수의 수질(특히 염분농도의 분포)

3 · 2 지하수조사

3 · 2 · 1 지하수의 이용현황

간척지 주변의 지하수의 이용현황을 파악하기 위한 측수조사는 강우 직후 또는 사용직후를 피해 기설 우물을 이용하여 풍수기, 갈수기에 각 우물에 대하여 깊이 지름, 조석, 펌프구경, 양수량, 양수정, 수위저하 및 회복시간, 주상도, 역사를 조사한다.

자유면지하수, 피압지하수에 대해서는 대표적인 장소에서 년간의 수위를 기록하고 강우 조석과의 관계를 조사하여 두면 여러모로 이용된다.

「얕은 우물의 지하수위를 측정하려면 추를 단 로오프 또는 테이프로서 충분하나 우물벽이 붕괴된 경우가 있으므로 주의하여야 한다. 깊은 우물에서 수면이 보이지 않는 경우에는 전선을 이용하여 전선이 수면에 도달하였을 때 회로가 형성되도록 한 장치를 이용하면 편리하다. (예를들면 테스트를 이용하는 것도 좋은 방법이다.) 높은 정확도가 요구되는 경우에는 전선의 자중에 의한 늘어남도 고려한다. 자분정의 경우에는 철관등을 이어서 정수위를 측정하든지 또는 우물에 두경을 덮고 압력계를 설치하여 그 수압을 수도로 환산하여구한다.」

3 · 2 · 2 지하수위의 변동

간척으로 인하여 배후지의 지하수위가 저하하여 기존우물의 감수심에 영향을 미치는 경우가 있으므로 미리 이것을 예측해 둘 필요가 있다. 물가선의 후퇴 또는 평균해면의 저하에 의한 배후지의 지하수위 변동의 정량적인 추정은 곤란한 문제이나 경험적인 방법과 추산에 의한 방법이 있다.

가. 경험적인 방법

경험적인 방법은 대수층, 투수층, 지하수의 현황, 염수의 지하침투, 지하수위와 조위와의 관계 또는 유사한 기설간척지의 기록을 참고로 하는 것이며 정량적인 지하수위의 변동량은 추정하기 어렵고 현저하게 수위가 저하되는 범위를 개략 정하는 정도이다.

나. 해석법

(1) 마쓰바라 법

그림 2.1에서 지하수면과 평균해면의 교점을 지나는 연직선과 불투수기반면과의 교점을 지나는 수평선이 지하수의 마루를 지나는 연직선과 맞나는 점을

원점 O, 이 두개의 연직선 사이를 거리를 L, 불투수기반의 기울기를 α, (상당히 적은것으로 본다.)

거리가 X 가되는 점의 지하수의 깊이를 Z 라하면 Z 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$Z^2 = \{ H - \alpha(L - x) \}^2 + Q/a \{ x - L + 1/a (e^{aL} - e^{ax}) \} \dots\dots\dots 2 \cdot 1$$

- Q = 2Pλ/k a = α / D
- H : 평균해면에서 기반까지의 깊이(m)
- P : 침투층내에서의 단위시간당 보급수두(m / day)
- λ : 간극율
- k : 투수계수
- D : 지하수류의 평균깊이(m)

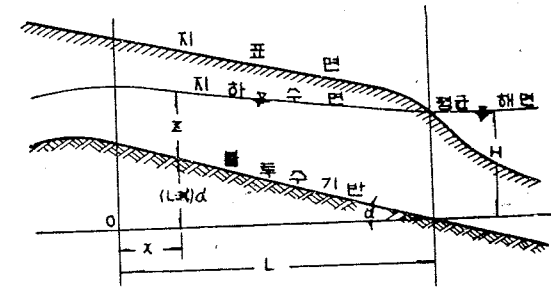


그림 2-1 지하수종단도 (마쓰바라법)

식 2.1를 써서 간척전의 조건으로 계산한 Z'와 간척후의 조건으로 계산한 Z 와의 차가 수위 변동량이다.

(2) 룬게 쿠타(Runge - Kutta) 법(근사해법)

그림 2.2와 같이 지하수면과 평균해면과의 교점을 지나는 연직선과 기반면과의 교점을 원점 O 지하수 마루까지의 수평거리를 L, 불투수기반의 기울기를 α 라하면 거리 x 인점의 Z 는 다음식으로 구해진다.

$$\frac{\alpha Z'}{\alpha x'} = \frac{P \lambda (1 - x')}{k Z'} - \alpha \dots 2 \cdot 2$$

단, $Z' = \frac{Z}{L}$ $x' = \frac{x}{L}$

- P : 침투층내에서의 단위시간 당의 보급수두(m / day)
- λ : 투수층의 간극율
- k : 투수계수(m / day)

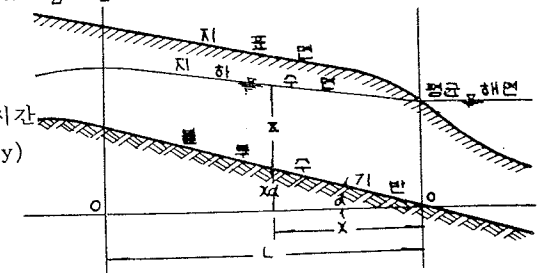


그림 2-2 지하수종단도 (룬게, 쿠타법)

3.2.3 지하수의 수량

간척지의 수원을 지하수에서 구하는 경우에는 다음과 같은 조사를 하여야 한다.

- ① 대수층의 분포와 구조, 답사, 물리탐사, 시추, 기설우물의 자료에서 양수 시험을 하여 양수능력 대수층의 투수계수 영향권등을 구한다.

(가) 티임(Thiem)의 평형식

$$Q = \frac{mk(s_1 - s_2)}{0.366 \log_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)} \dots\dots 2.3$$

- Q : 양수량(m³/hr)
- m : 대수층의 두께(m)
- k : 투수계수(m/hr)
- s₁ s₂ : 관측점의 수위저하량(m)
- r₁ r₂ : 양수점에서 관측점까지의 거리(m)

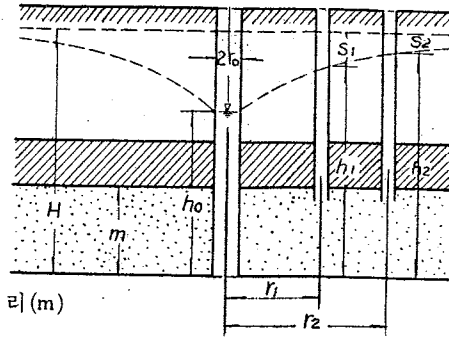


그림 2-3 지하수 증단도 (티임, 타이스법)

(나) 타이스(Theis)의 비평형식

$$T = \frac{Q}{4\pi} \cdot \frac{W(u)}{s} \dots\dots 2.4$$

단, $u = r^2 S / 4Tt$

$$T = mk$$

$$W(u) = -0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} - \frac{u^4}{4.4!} + \dots\dots (u < 1)$$

- m : 대수층의 두께(m) r : 양수점과 관측점간의 거리(m)
- k : 투수계수(m/hr)
- Q : 양수량(m³/hr)
- s : 수위 저하량(m)
- S : 저류계수

W(u) : 우물관수(wensel)의 우물관수

t : 양수시간(hr)

T : 투수량계수(m³/hr)

$$T = k \cdot m, \ln = 2.30 \log_{10}$$

3.3 토양조사

3.3.1 조사범위 및 방법

간척예정지에 한정하지 말고 필요한 경우에는 배후지 또는 지구밖의 해면도 대상으로 한다. 예를들면 해면일부를 간척예정지로 할 경우 토양의 분석 퇴적양상, 성인등을 뚜렷이 하기위해 해만전체를 조사하는 등이다.

토양단면조사를 위한 흙의 채취에는 얇은 채취관(thin wall sampler) 및 100cc 용적의 P. F 관을 사용한다.

토층의 깊이는 1m를 대상으로 하여 토양단면조사를 할과 동시에 층위(層位)를 구분하고 각 층위마다 토양분석시료(호터러진시료, 호터러지지않은 시료별)를 채취한다.

채취시료는 곧 비닐 또는 폴리에치렌 주머니에 넣어 여분의 공기를 충분히 배제하고 밀봉(호터러지지않은 시료의 경우는 파스킹테이프나 파라핑으로 밀봉)한뒤 분석토록한다.

토양단면 조사는 아래 사항에 대하여 관찰기록 한다.

- ① 층위, 층계
- ② 토성, 토색
- ③ 자갈함유량 입도분포 상태
- ④ 부식, 이탄, 유무 함유량
- ⑤ 조개껍질의 분포
- ⑥ 해초 기타식물 수서 동물등의 유해 및 뿌리의 분포
- ⑦ 상층 흙 및 하층흙의 투수량(Hooghout 와 porchet 방법을 씀)
- ⑧ 기타.

조사에 있어서는 표준토색장(標準土色帳)을 휴대하고 야간에 토양단면도를 개략 기입하고 각 층위마다의 일반색명 만셀기호명도(明度) 채도(採度)를 기입 함과 동시에 필요에 따라 채색 칼라사진 촬영등을 한다.

수심 및 지형:

토양을 조사할 때에는 반드시 조사지점의 수심을 측정함과 동시에 그 시간을 기록하고 조사완료후 조위를 고려한 환산수심을 산출한다. 지형은 수심으로 추정하나 필요에 따라 조사지점의 주변에 대해 깊이를 재고 기울기를 측정한다.

식생:

조사지점에서의 해초등 식생에 대해 명확히 한다.

이밖에 동식물의 유해의 유무 및 퇴적상황도 조사한다.

3.3.2 토양분석

토양조사시 채취된 시료에 대해 아래와같은 분석을 한다.

- ① 물리적 성질
수분 토성(모래 잔모래 실토 점토)P. F가 비중 및 현장함수량(호터러지지 않은 시료)
- ② 화학적성질
P. H 전질소 건탄소 치환산도 치환성적회 Na, Ng, K 치환용량, 인산흡수계수, 카리, 인산함량 So, CI Na 강열감량 유기물

3.3.3 성과품 작성

현장조사 토양분석 및 모든 검토가 끝나면 계획수립자나 시공설계 농업 및 농업경제 실무자가 토양자료를 사용키 편하도록 토양도 능력구분도 개간도를 작성한다.

가. 토양도

토양도에는 토성 토심 성숙도 상하층 흙의 투수계수 및 조립질의 분포 사항을

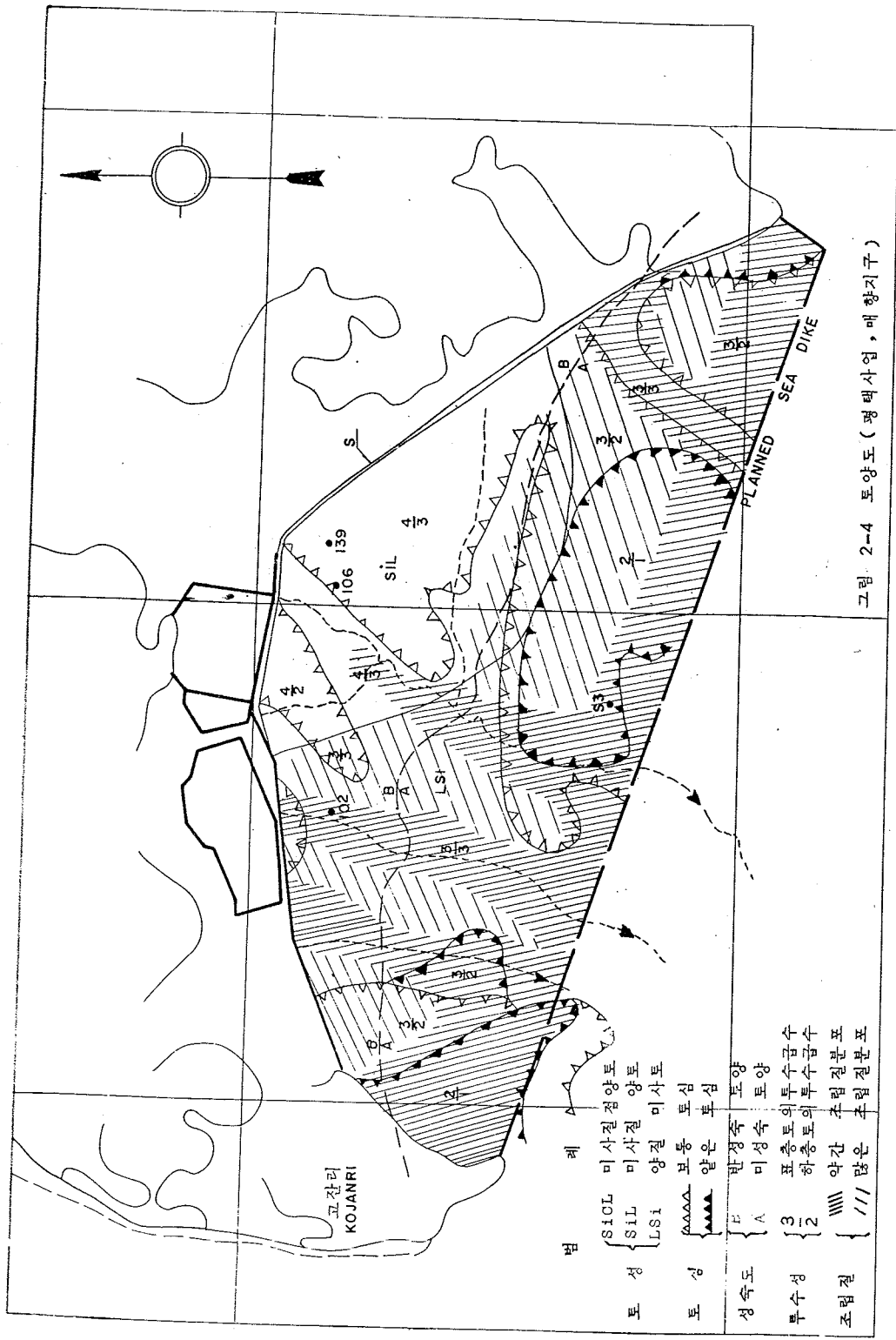


그림 2-4 토양도 (평택사업, 매항지구)

토성	S1OL 미사질점양토 S1L 미사질 양토 LS1 양질 미사토
토심	보통 토심 얕은 토심
성숙도	반성숙 토양 미성숙 토양
부수성	표층토의 부수급수 하층토의 부수급수
조립질	약간 추립질분포 많은 추립질분포

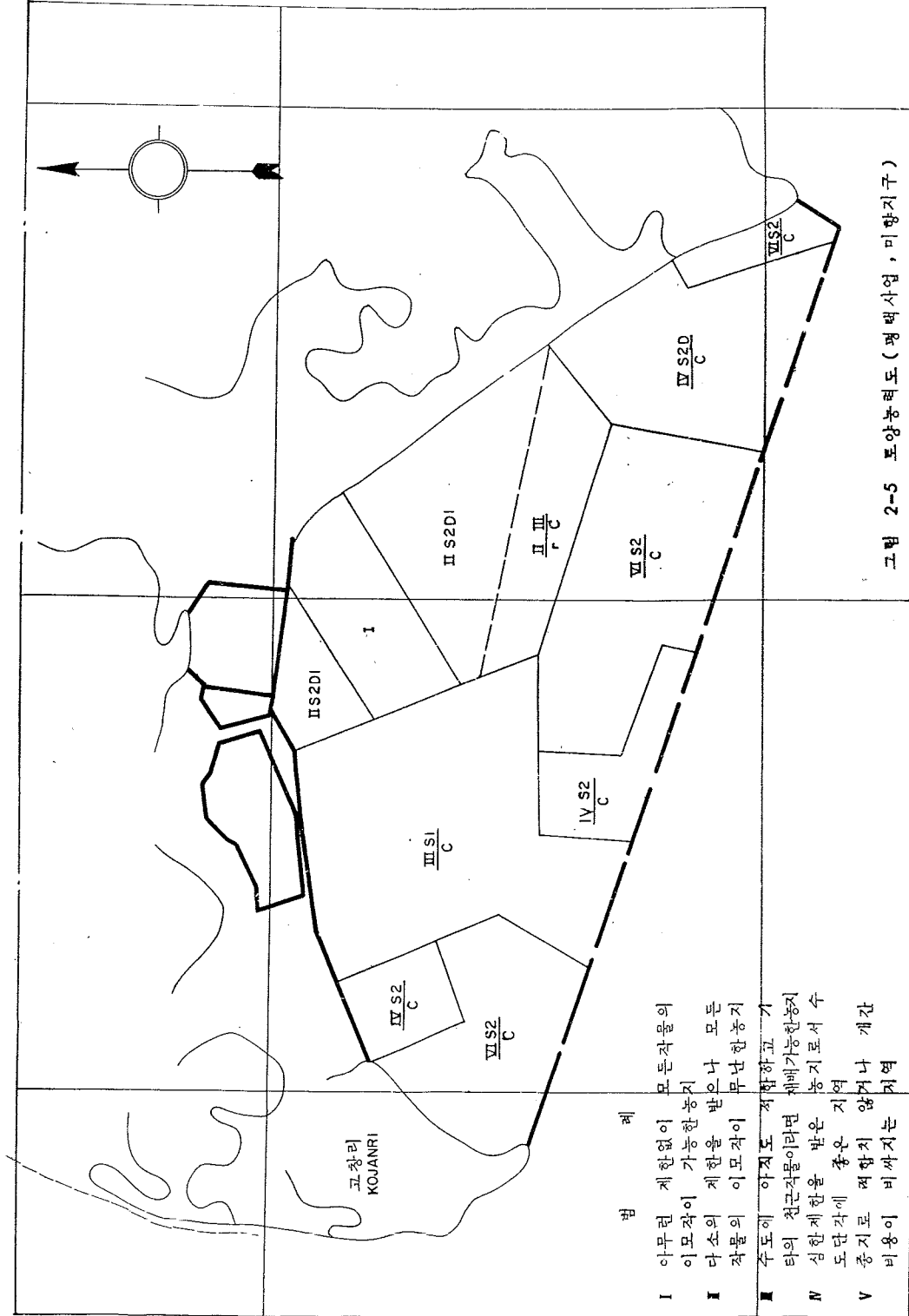


그림 2-5 토양농력도 (평택사업, 매항지구)

I	아무런 제한없이 모든작물의 이모작이 가능한농지
II	작물의 이모작이 무난한농지
III	수도에 아작도 적합하고 기타의 친근작물이라면 해배가능한농지
IV	심한제한을 받은 농지로서 수도단각에 좋은 지역
V	중지로써합치 않거나 비용이 비싸지는 지역

기재한다. (그림 2-4 참조)

(1) 투수계수의 급수구분

투수계수의 급수구분은 다음 기준에 따른다.

표 2·2 투수계수의 급수구분

급 수	투 수 계 수	구 분
1	L:003 m/day	매우 작다
2	0.03~0.06	작 다
3	0.06~0.15	다소 작다
4	0.15~0.60	보통 이다
5	0.60~2.40	다소 크다
6	2.40~4.20	크 다
7	>4.20	매우 크다

(2) 토양성속도의 계산

토양성속도의 계산은 다음 공식에 의한다.

$$n = \frac{A - 0.2R}{b_1 L + bH} \dots\dots\dots (2 \cdot 5)$$

n : 성속도의 계수(물 계수)

A : 형장토양의 함수 비(%)

L : 점질함량비(%)

H : 유기물 함량비(%)

R : 토양중의 비 광물질 코로이드량비(%)

b : 유기물과 가수(加水) 운도(luite)간의 물 흡수량비(%)

b₁ : 가수운도와 시료 광물질간의 물흡수량비(%)

나. 능력 구분도

토지 능력 구분도에는 토지급수와 제한인자; 완전치 못한 미비조건을 기재하며 제한인자는 다음과 같이 표시한다.

S₁ : 토성

S₂ : 토심

d₁ : 배수간격

d₂ : 자연지하수위

C : 조립율

r : 강우에 의한 침수가능성

f : 외수에 의한 침수가능성

g : 침식

w : 성속도

"에" $\frac{IVS_2P}{C}$: 4 급지이나 토심이 얇고 배수조건이 불량한 조립질 분포지대

다. 개간도

개간도에는 토양성속도, 토심, 예상침하량 시초 배수간격 최종 배수간격 및 소요석고 사용량을 기재한다.

표 2·3 토양성속도의 구분

기 호	구 분	심 도 별 성 속 도			비 고
		0~30cm	30~60cm	60~90cm	
A	미 성 속	> 0.7	> 1.4	—	
B	반 성 속	> 0.7	0.7~1.4	—	
C	표 토 성 속 심 토 미 성 속	< 0.7	> 0.7	> 1.4	
D	성 속	< 0.7	< 0.7	< 1.0	

표 2·4 배수심의 구분

기 호	깊 이
1	70cm
2	100cm
3	120cm

표 2·5 토심의 구분

기 호	구 분	깊 이
S	얕 다	< 90cm
M	보 통	90~180
D	깊 다	180 <

(1) 예상 침하량의 계산

예상 침하량의 계산은 다음 공식에 의한다.

$$D_o G_o = Dt G_t \dots\dots\dots (2 \cdot 6)$$

$$\frac{D_o}{V_o} = \frac{Dt}{vt}$$

$$Dt = G_o / G_t \times D_o$$

$$Dt = vt / v_o \times D_o$$

$$Dt' - D_o = S$$

$$(Dt_1 + Dt_2 + \dots) - (D_{O1} + D_{O2} + \dots) = \sum S \dots\dots\dots (2 \cdot 7)$$

S : 그층의 침하량

∑S : 총침하량

G : 토양의 단위중량

D : 토양층의 두께(cm)

$$V : \text{토양의 Specific volume} = \frac{V_s}{V} = \frac{1}{1+e}$$

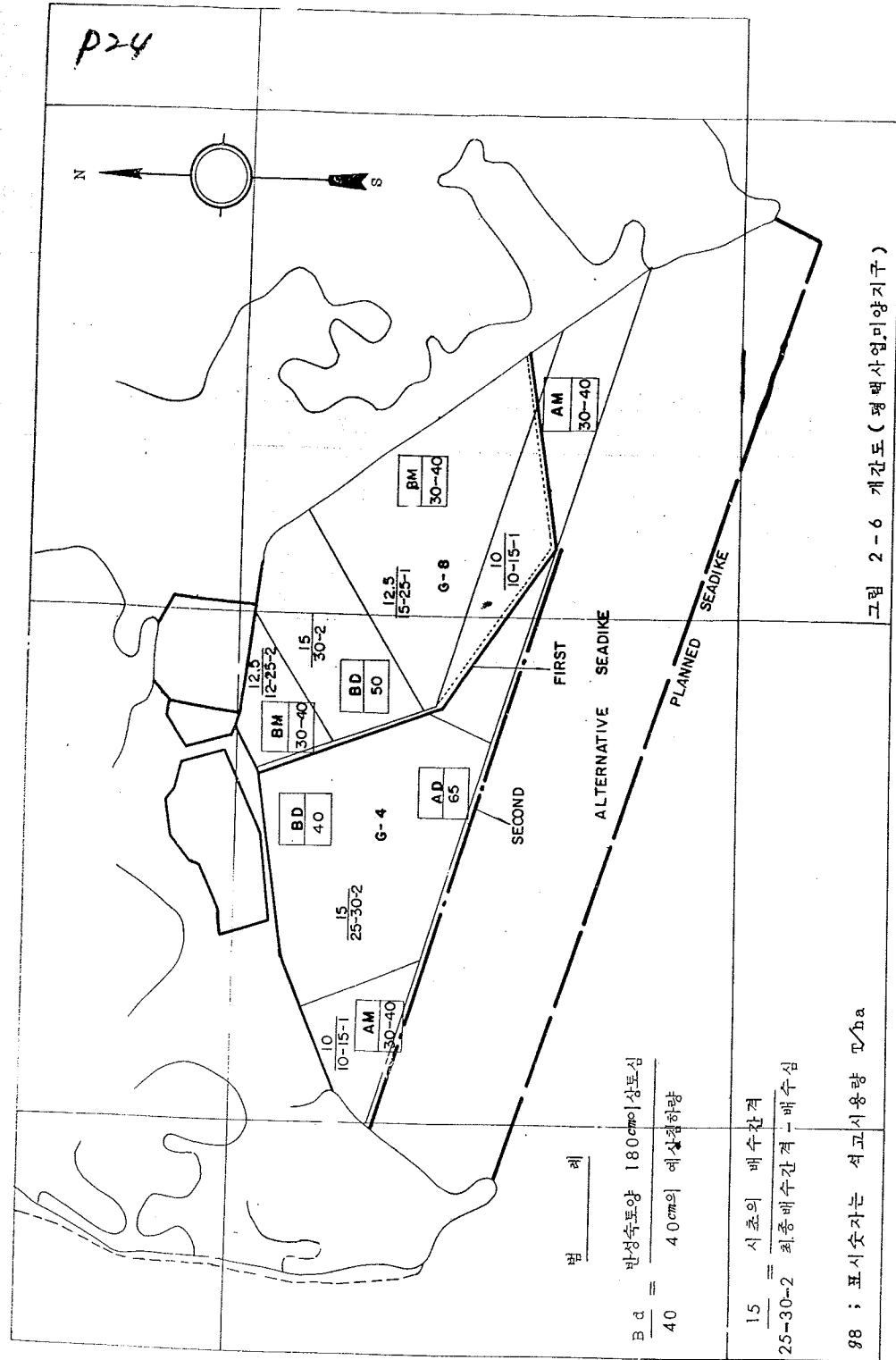
O : 원상태

T : t 시간후의 상태

(2) 배수 간격의 계산

배수로 간격의 계산은 다음 공식에 의한다.

$$L^2 = \frac{8K_2 dh}{S} + \frac{4K_1 h^2}{S} \dots\dots\dots (2 \cdot 8)$$



- L : 배수로 간격(m)
- S : 배수량(m-day)
- K_2 : 배수관 아래층의 투수성(m-day)
- K_1 : 배수관 윗층의 투수성(m-day)
- h : 배수관 중앙에서 지하수면까지의 높이(m)
- d : 배수관의 아래에 위치하는 필요대응층의 두께(m)

3. 4 토질조사

3. 4. 1 조사계획

토질조사 계획은 조사단계 및 목적에 따라 조사범위 토질조건 사업 및 공사의 규모 등 외에 지형 수문 기타의 작업조건을 고려하여 계획한다. 개척사업 계획지역은 일반적으로 광대하며 토층의 퇴적상황은 상당히 복잡하고 또 조사대상이 되는 구조물의 종류도 여러가지이다. 이와같이 광범위한 지역의 토질조사는 초기단계에서는 조사지역의 성인 퇴적층의 구성 성층에 관한 일반적 조사를 하고 전반의 토질개요를 종합적으로 파악한다.

이어 국부적인 조사를 하여 개개의 토층의 두께 토질에 관한 세밀한 조사자료를 얻어 종합적인 토질판정의 결과를 검토하고 사업계획에 사용한다.

그 뒤 다시 정밀도가 높은 조사를 하여 방조제 기타 구조물의 설계자료를 얻도록 한다.

이상과 같은 구상으로 장기에 걸친 조사 계획을 세울 필요가 있고 각각의 단계에 따른 정밀도를 갖는 조사방법을 선택하여 가장 효과적이고 경제적인 조사를 한다.

가. 예비조사

예비조사는 현장답사 현장조사를 실시하기 전에 하는 조사지역의 토질에 관련된 자료의 수집정리를 말한다.

이것은 주로 배후지의 토질에 관한 자료에 의해 간접 예정지역의 토질의 추정에 쓰이고자 하는 것이므로 토질조사를 경제적이고 또 효과적인 것으로 하기 위해서는 대단히 중요하다.

예비조사에서 수집한 자료는 주로 배후지에 관한 것으로 조사지역의 토질추정에 도움이 되는 다음과 같은 자료로 한다.

- ① 토지에 관한 역사
- ② 기상에 관한 자료
- ③ 수문에 관한 자료
- ④ 지형도, 해도 등 지형학적 자료
- ⑤ 지질도 기타 지질학적 고찰자료
- ⑥ 농업적 토성도와 토양학적 고찰자료
- ⑦ 토질조사자료 공사기록 기타

나. 현장답사 및 조사

예비조사에 의해 조사지역 전반의 토질의 개념을 얻은후 본격적인 현장조사에 앞서 현장답사를 한다. 이 목적은 조사지역을 답사하여 주로 지표에 나타난 상황

으로 부터 예비조사의 결과를 보충하여 종합판단하고 현지조사의 구체적인 계획을 수립한다.

현지답사의 범위는 배후지 및 간척예정지역 전반에 걸쳐는 것이며 특히 현 해안선 간척지의 발달형상에 대해서는 중점적으로 조사한다.

현장답사시의 조사사항은 다음과 같다.

- ①일반적인 기형
- ②특수한 지형
- ③배수상황
- ④일반적인 식물의 외관 및 변화상황
- ⑤흙에 관한조사
- ⑥채석장 토취장 급경사면의 지질 기타
- ⑦배후지가 간척지인 경우는 방조제 배수문등에 대한 상황

현장조사는 기본조사 (또는 광역조사) 와 정밀조사 (또는 국부조사) 로 나눌수있다. 기본조사는 사업계획의 단계에서의 조사정밀조사는 전체 실시설계 및 시공설계 또는 시행관리등을 위한 조사라고 생각해도 좋다. 그러나 사업계획을 세울때 공사 계획의 작업이 진행됨에 따라 제방선 구조물의 위치 규모등의 비교검토 때문에 점차 정밀도가 높은 조사가 필요하다. 따라서 양자의 구분은 명확하지 않으나 각각의 조사단계에 따라 정밀도를 갖는 조사를 하도록 계획을 세우는것이 중요하다.

3. 4. 2 현장조사

가. 기본조사

기본조사는 조사지역의 전반에 걸쳐서 각각의 토층의 구분 퇴적범위등 그 지역의 토질의 개요를 종합판단하고 또

- ① 방조제노선 배수문, 컴프장, 기타의 구조물의 위치의 적합성에 대한 평면적 또는 입체적 조사
- ② 축제재료로서의 흙의 성질 퇴적범위의 조사
- ③ 지하수에 관한 조사등을 하여 간척사업계획의 기본구상을 정리하는데 도움이 되도록 한다.

기본조사의 제일 단계는 지역전반에 걸친 조사망을 짜서 전지역의 조사를 하고 그뒤에 세부조사를 추가 실시한다.

기본조사의 단계에서는 사운딩(Sounding)을 구제로한 토질조사를 한다.

(가) 기본조사의 진행방법

넓은 지역의 상당히 복잡한 토질 및 흙의 퇴적상황의 변화를 바르게 판정하기 위해서 조사지역 전반에 걸친 조사망을 설치한다. 조사망은 지형도에 위도, 경도에 따른 방안을 짜고 교점을 측정으로 하면 좋다.

주요한 것은 조구지역의 토질 및 토층의 변화상황 방조제 및 기타구조물의 규모상에 따라 결정하는데 표2-1을 표준으로 한다. 크게판 방안으로 조사한후 필요하다면 다시 좁게 방안을 짜서 측정점을 추가하고 방조제 노선 배수문 기타 구조물의 위치를 비교검토하기 위한 조사를 추가 실시한다. 이때 횡단 측정 간격은 500~200m로 하고 측정 간격은 200~100m를 표준으로 하며 토층의 급격한 변화부분의 측정간격은 50m 이내로 한다.

표 2-6

기본조사에 있어서 조사방안의 측정 간격

지역의 면적	측 점 간 격		비 고
	기본측점	중요부분	
10,000ha 이상	2,000m	1,000m	기본방안의 면적은 지역면적의 4% 이하 세측방안은 1%이하로 한다. 조사범위는 가장의측에 예정된 방조제노선 또는 채토지역보다 다시 그 기본방안 간격만큼 더 넓은 지역으로 한다.
5,000ha 내외	1,000	500	
1,000ha 내외	500	250	
500ha 내외	300	150	
200ha 내외	200	100	

(나) 기본조사의 방법

기본조사의 단계에서는 주로 사운딩을 조사단으로 하고 사운딩의 결과에 따라 대표점을 골라서 보오링 및 시료 채취를 하여 사운딩의 결과과정의 정밀도를 높임과 동시에 공사계획에 필요한 흙의 공학적 성질등을 파악하는 자료를 얻는다.

사운딩결과와 흙의 역학적 성질의 상관성은 이 단계에서는 명확하게 할수 없으므로 인접 또는 유사지역의 자료를 이용하여 판정해도 좋다.

기본조사기간중의 보오링은 대표적 시료의 채취 및 표준 관입시험을 주목적으로 실시하고 흐트러지지 않은 시료채취는 대표점에서만 한다. 표준관입시험은 2m 깊이마다 흐트러지지 않은 시료 채취는 3m 깊이 마다 하는 것을 표준으로 한다.

나. 정밀조사

방조제 및 기타의 공사설계 시공을 다시 정밀한 지반흙의 성질이나 상태를 조사한다. 정밀조사에는 보오링 흐트러지지 않은 시료채취 토질시험등을 주 조사수단으로 하여 다음 사항의 조사를 목적으로 한다.

- ① 각 토층의 깊이 두께 및 각층의 토질조성 토층의 국부적 변화상황.
- ② 지하수의 성질과 지반토의 투수성
- ③ 지반암의 깊이와 암질
- ④ 구조를 설치에 따라 영향을 받은 흙의 성질.

정밀조사의 단계에서는 보오링시료채취 및 토질시험은 주 조사 수단으로 하고 보조 수단으로 사운딩을 실시하며 또 각종의 원위치 시험을 한다.

점질흙에 대해서는 1.5m 마다 흐트러지지 않는 시료채취를 하는것을 표준으로 하고 정적 관입시험을 한다. (원칙적으로 표준관입시험은 하지 않는다. 단단한 점질 흙에 대해 얇은 채취관 (Thin wall sampler) 에 흐트러지지않는 시료채취가 불가능할 때에도 압밀침하의 검토가 필요한데 디슨샘플러 (Denison sampler) 또는 그외의 것으로 가급적 흐트러지지않은 상태의 시료채취가 필요하여 부득이한 때에도 자연함수비 및 간극비의 측정을 위한 시료를 채취하여 토질시험을 한다.

사질토 및 흐트러지지않는 시료채취에 의해 흙의 역학적 성질에 관한 시험을 하지 않은 점질 흙에 대해서는 원칙으로 1.5m 마다 표준관입시험을 한다.

다. 조사의 방법

현장조사는 그 조사단계에서 요구되는 정밀도에 따라 직접적 또는 간접적 조사방법을 선정하고 필요에 따라서는 몇가지 방법을 병행한다.

현장조사는 각 조사단계에 따라 구조물의 규모, 토질조건등을 고려하여 가장 적절한 방법을 택한다.

높은 정밀도가 요구되는 조사에 있어서는 보오링, 흐트러지지않는 시료채취, 토질시험 및 표준관입시험을 면밀하게 한다. 그러나 현단계에 있어서는 일반적으로 자연상태 그대로의 시료를 채취하는것은 어려우며 토질시험 및 그 결과의 해석방법의 불비등을 고려하면 한가지 조사방법만으로는 충분한 설계자료를 얻을 수 없다. 따라서 필요에 따라 베인(Vane), 전단시험 현장투수시험, 기타 원위치시험등의 병용해서 설계자료의 검토 및 정비를 해야한다.

(1) 보오링 및 시료채취

직접적인 토질조사를 위해서는 토성조사와 같은 깊이가 얇은 것은 오오가보오링(Auger boring)으로하나 일반적으로는 기계 보오링을 한다.

보오링에 의해 채취되는 흙의 시료는 가급적 자연 상태에 가까운 것으로 한다.

조사심도 간격은 예비조사 또는 기본조사때의 사운딩 결과 등으로 부터 추정되는 지반의 상황과 구조물의 종류에 따라 정하는 것으로 한다.

가. 시료채취

보오링에 의해 채취된 시료는 자연상태와 다른 정도에 따라 다음과 같이 분류한다.

- ① 수세시료: 흙의 성분입자 중 일부가 없는 시료
- ② 흐트러진 시료: 흙의 조성은 완전하나 흙의 입자구조가 심히 흐트러진 시료
- ③ 흐트러지지않은 시료: 흙의 조성 및 구조가 자연상태에 매우 가까운 시료 시료채취 즉시 필요한 관찰을 하여 기록하며 그 항목은 다음과 같다.
 - ① 시료의 종류
 - ② 시료의 관찰기록, 빛깔, 냄새, 촉감, 혼입물, 흙의 분류
 - ③ 채취작업에 관한 기록
 - ④ 굴착방법 사용한 케이싱
 - ⑤ 물에 관한 자료
 - ⑥ 시료채취 연월일

나 조사심도 및 간격

정밀조사의 보오링 간격 및 깊이는 기본조사등의 결과로부터 추정되는 지반토의 상황 구조물의 종류, 규모에 따라 결정할 것으로 이에 대해 일정한 표준을 정하는 것은 무의미할 뿐 아니라 위험하다. 따라서 다음에 기술하는 사항은 조사의 간격 또는 깊이를 결정하기 위한 근본적인 사항과 개략적인 표준을

나타내는데 지나지 않는다.

조사의 주 목적은 구조물에 관한 지반토의 지지력 침하의 검토 및 기초지반내의 투수에 관한 검토를 하는것이다. 따라서 보오링은 충분한 지지력을 갖는 층까지 실시하는 것이 일반적이지만 표층 부근에 자갈층과 같은 굳은 층이 있어도 그 하부에 연약층에 있어 침하를 가져올 위험성이 있으면 그 연약층은 관통하지 않으면 안된다. 또 연약한 점성토의 두꺼운층 또는 영성하게 퇴적된 사질토에 대하여는 하중에 의한 지반 내응력이 아주 작게 될 때까지 적어도 방조제 밑 나비(敷幅)의 2.5배의 깊이까지 하중을 받는 면적의 중심선상의 연직응력이 최대의 연직응력에 대해 20% 2·2B의 깊이정도 40% B의 깊이정도 10%, 4·5B의 깊이정도 이하로 되는 깊이까지 조사를 할 필요가 있다. 방조제 수문등 기초의 투수성의 검토가 필요한 곳은 지지력의 여하에 불구하고 특수대상이되는 층의 조사가 필요하다. (그림 2·7 참조)

조사점의 간격결정의 주 인자는 토층단면의 변화상황과 구조물의 종류 규모이다. 배수문 펌프장등에 대한 보오링수는 지층이 극히 균일하다고 볼 수 있는 외에는 3점이상 그 간격은 20~30m로 하고 배수문과 같이 폭이 좁은 구조물에 대해서는 종단방향으로만 조사점을 설치하여도 좋다. 방조제등과 같이 극히 긴 흩쌓기의 조사에 대하여는 보오링간격은 지층이 복잡한 지역에 대해서는 200~300m 비교적 균일한 지역에 대해서는 500m 내외 정도로 좋을때가 많다.

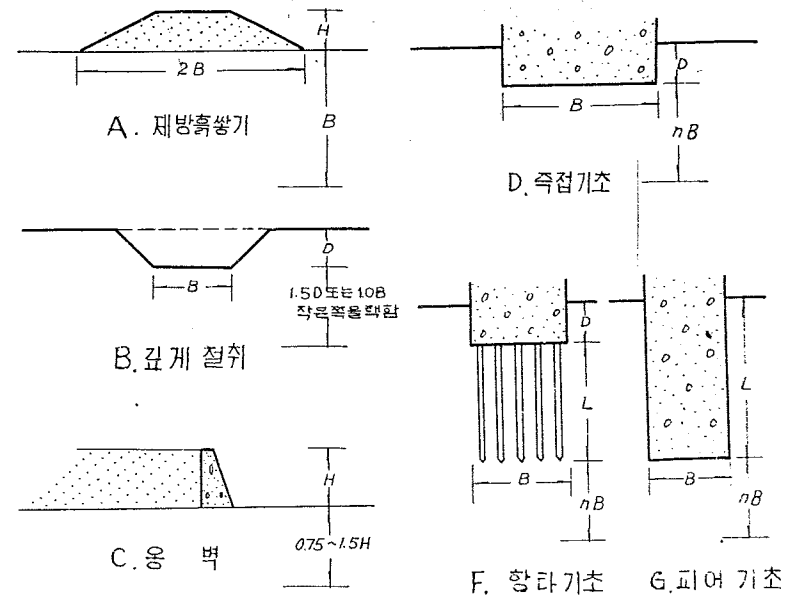


그림 2-7 토질조사 깊이의 개요 (주) D, E, F에 대해서 제방형 가까운기초반에 대하여 n=2 좁고긴기초반에 대하여 n=3

이것들은 일반적으로 연장방향으로 점을 선정하나 국부적으로 방조제노선을 이 동시킬 가능성이 있는곳은 이것을 고려한다. 어떠한 조사에 대해서도 사운딩을

병행하고 시료채취 및 토질시험을 하며 더욱이 많은 시간과 경비를 필요로 하는
보오링의 수를 사운딩으로 대행하므로써 합리적으로 경감하는 것이 요망된다.

다. 보오링결과와의 보고

보오링에 의한 토질의 관정은 토질시험 결과에 의함이 일반적으로 흙의분류법
을 통일하여 표현법의 차이에 의한 오해가 생기지 않도록 할 필요가 있다. 흙의
분류는 표2·7 및 그림2·8에 표시한 삼각도표에 의하여 현장에서의 관찰에 의해
흙의 분류를 할때에도 이에 준한다.

표 2·7

흙입자의 입경분류

입 경	0.001	0.005	0.05	0.25	20
명 칭	클로이드	점 토	실 트	모 래	자 갈
				가는모래	굵은모래

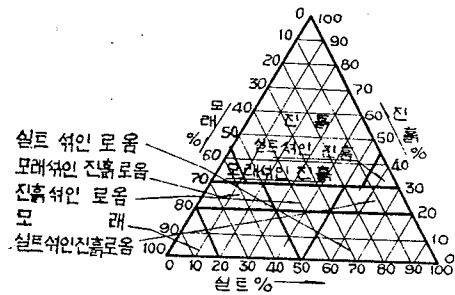


그림 2-8 흙의분류도

(2) 호트러지지 않은 흙의 시료채취

호트러지지 않은 흙의 시료채취에는 세심한 주의를 기울이고 흙의 강도의 저하
또는 그 외의 영향을 주지않도록 하여야 한다.

따라서 신뢰할 수 있는 채취기를 사용하고 채취작업을 정성껏 할것이며 시료에
충격함수량의 변화 과로의 온도변화등을 받지 않도록 한다.

호트러지지 않은 흙의 시료채취에 가장 중요한 사항은 사용하는 채취기의 양부
이다. 보통 고정 피스트형 샘플러가 사용되며 신월튜브(Thin wall tube)에는
얇은 유기제 파이프가 쓰여진다. 샘플러의 제원과 그 값은 그림2-10와 같다.
신월튜브(Thin wall tube)의 면적비는 10%이하 내경비는 흙의 샘플러의 형
상에 따라 틀리지만 긴 샘플러는 0.75~1.5% 짧은 샘플러는 0~0.5% 바깥지름
의 비는 날의 각이 극히 작은 때에도 2~3% 이하로 하고 튜우브의 유효길이 지
름의 10~20배를 표준으로 한다. 튜우브의 안지름은 75% 내외가 적당하다.

(3) 사운딩

사운딩은 여러가지 조사방법 가운데서 토질 기타의 조사조건에 가장 적합한
방법을 골라서 시행한다.

사운딩은 간접적인 토질조사방법이며 동적 또는 정적방법으로 관입저항을 측
정하고 토질의 조사를 하는 이외에 전기적 또는 물리적으로 지하탐사를 하는 방
법이 있다. 또 극히 간편하며 경제적으로 광범위한 지역의 토질조사로서는 아주
적합하다.

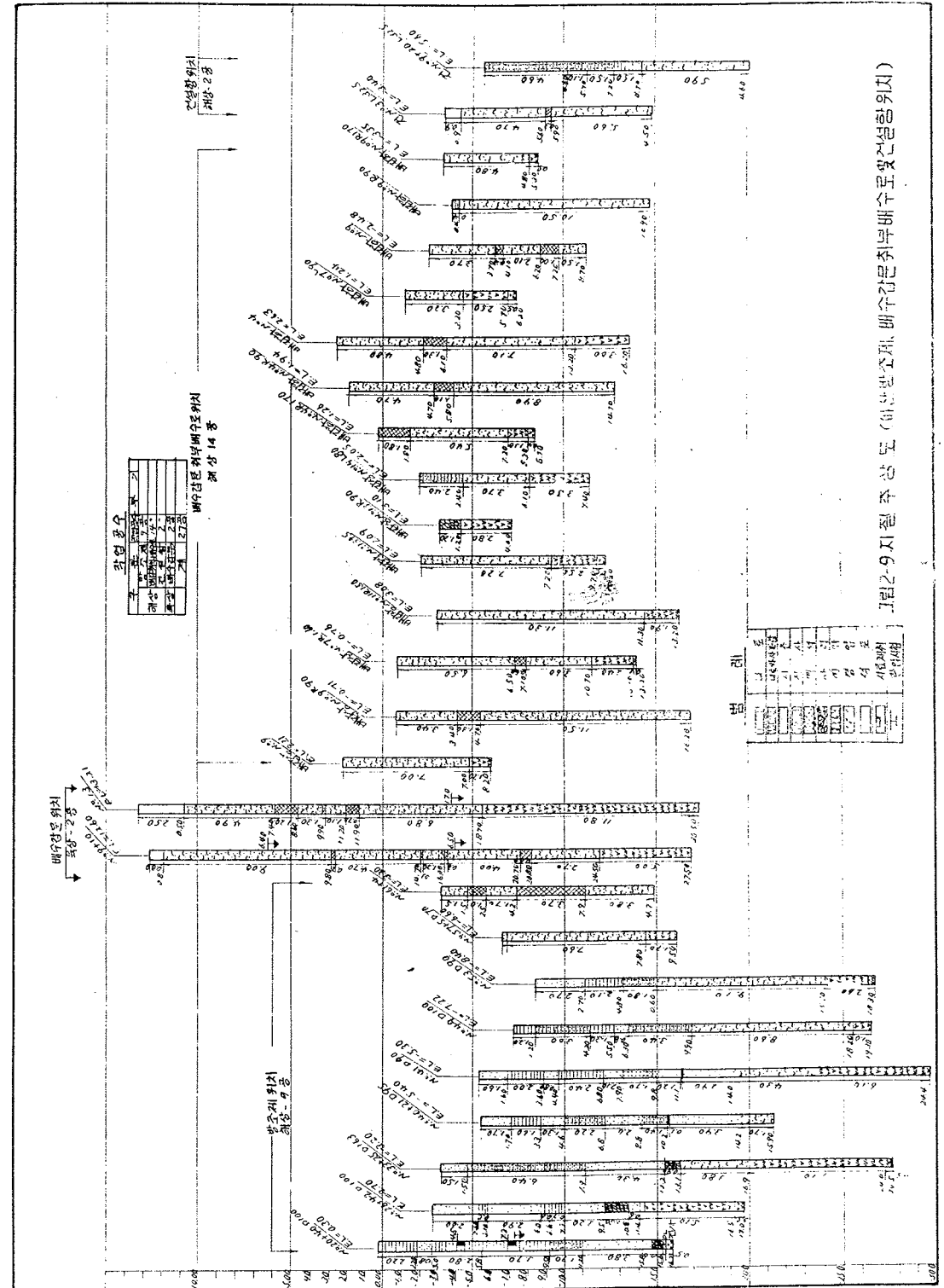


그림 2-9 지질추상도 (배수관소재, 배수관위치, 배수관부속부속물위치)

어느 방법이든 사운딩은 간접적 조사방법이므로 그 대표성에 대해 보오링 시료채취, 토질 시험등을 하여 그 결과를 비교검토함으로써 사운딩결과가 해석의 정밀도를 높이도록 해야 한다. 또 관입저항치와 흙의 역학적 지수의 상관성은 토질조건에 따라 상당히 상이한 것이므로 조사지역에 있어서의 이들의 특성을 파악하여 사운딩결과를 유효적절하게 이용하고 경제적으로 정밀도가 높은 조사를 하도록 한다.

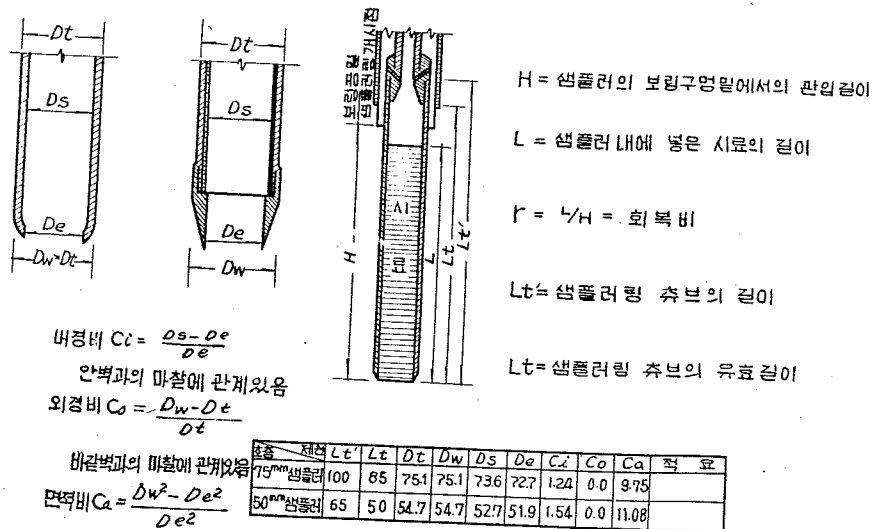


그림 2-10 샘플러에 관한 제원과 비의값

3-4-3 토질시험 및 기타의 시험

지반의 상층 구조물의 종류에 따라 적절한 원위치시험, 토질시험을 하고 지저력 시험하량 및 기초공사의 설계공등에 필요한 지반층의 성질을 구명한다.

토질 및 구조물의 종류 규모에 따라 필요로하는 시험의 종류가 달라지나 공사설계 또는 시공을 위해 필요한 지반층 및 흙재료의 여러성질중 가장 중요한것은 흙의 전단응력 압축성 및 투수성이다. 이들 흙의 여러가지 성질의 측정에는 보오링에 의하여 흐터러지지 않는 시료채취를 하여 토질시험을 하는 이외에 필요에 따라 각종 원위치 시험을 한다. 그 시험방법은 토질 및 구조물의 종류 규모 또는 기초공법등에 따라 각각 적당한 방법을 골라야 한다.

표 2-4 에는 간척공사에서 중요한 조사사항에 대해 적당하다고 생각되는 시험종목을 기록하였다. 표 2-4 는 대표적인 토질시험에 필요한 흙의 시료량을 표시한것이다.

(가) 토질시험

토질시험의 방법은 한국공업표준규격 또는 국립건설연구소에서 채택하는 방법에 따른다. 토질시험중 지반층의 조사에 사용되는 방법에는 보통 다음과 같은것이 있다.

- ① 흙의 입도 및 물리시험용 건조시료조제 KSF2301

- ② 흙의 입도시험 KSF2302
- ③ 흙의 액성한계시험 KSF 2303
- ④ 흙의 소성한계시험 KSF 2304
- ⑤ 흙의 함수량시험 KSF 2306
- ⑥ 흙의 비중시험 KSF 2308
- ⑦ 흙의 일축압축시험 KSF 2314
- ⑧ 흙의 삼축압축시험
- ⑨ 흙의 직접전단시험
- ⑩ 흙의 암밀시험 KSF 2316
- ⑪ 흙의 투수시험방법 KSF 12322

표 2-8 시험종류

조사대상 시험종류	방 조 제			배수문기타구조물			흙재 상 기료	비 고 사용기구또는K S
	접지 성 토반	사지 질 토반	시관 공리	접지 성 토반	사지 질 토반	투지 수 성반		
핸드·보오링	B	B	B	B	B	B	B	오오가포오라샘플러
기계보오링	A	A	A	A	A	A	A	얇은 채취판 휘일 샘플러
흐터러지지않은 시료채취	A	A	A	A	A	A	A	
표준관입시험	B	A	B	B	A	B	A	코온페네트리미터 프트형페네트리미터
정적원부관입	A	B	A	B	B	B	B	
스웨덴식 사운딩	B	A	C	B	A	A	A	
현장투수시험		A			A			
비 중	A	A		A	A	A	A	K S F 2308
함 수 비	A	B	A	A	B	B	A	K S F 2308
단위부피중량	A	B	A	A	B	B	A	
콘 시 스텐 시	A			A			A	K S F 2303 K S F 2304
일 축 압 축	A		A	A			B	K S F 2314
삼 축 압 축	B	C		B	C		B	
직 접 전 단	B	C		B	C		B	K S F 2316
암 밀	A		B	A			B	K S F 2322
실 내 투 스		B				A	A	
유 기 물 함 유 량	B	B		B	B		B	
입 도	A	A		A	A	A	A	K S F 2302

(주) A, B, C 의 기호는 시험종류의 중요도에 따라 순위를 표시한 것이다.

표 2·9 시료의 양

시 험 종 류	시료의종류	시료의 양
입도분석, 비중, 액성한계, 소성한계	대표적시료	500cc
함수비 단위부피중량 일축압축 직접 전단압밀 삼축압축	흐트러지지않는 시료	지름 75mm 길이75~ 100cm

나. 원위치시험 및 기타시험

특히 중요한 구조물에 대해서는 각종 원위치시험, 모형시험등을 하여 설계에 사용할 여러가지 수치를 검토한다.

기초의 설계에 필요한 자료를 얻기 위하여 보오링에 의해 채취한 시료의 토질 시험과 병행하여 실시되는 원위치시험중 중요한것은 재하(載荷) 시험 말뚝박기시험 현장투수시험등이며 모형시험으로서는 침투에 관한 시험을 한다. 이들의 방법에 대해서는 많은 전문서적이 있으므로 설명을 생략하나 토질 시험결과와 기타시험결과를 종합하여 복잡한 지반층의 성질과상태를 정확히 파악할 수 있도록 한다.

규모가 크고 중요한 방조제 기타 구조물의 기초 설계에 있어서는 여러각도에서 조사결과를 검토하는 한편 가능한한 실제치수에 가까운 현장시험 또는 시행중 시행후의 조사에 따라 사전에 실시한 토질조사에 의하여 얻은 설계자료의 적용도 기초의 안전도의 검토를 할 필요가 있다.

간적공사에 관한 현장시험중에서 가장 중요한것은 방조제의 흠쌓기시험이다. 방조제와같이 깊이가 극히 긴 경우의 흠쌓기에 대해서는 경제적 이유때문에 일반적으로 다른 구조물에 비교해서 낮은 안전율을 가진 시공이 되기 쉽다. 따라서 본격적인 공사에 앞서 시험구간을 설정하고 토질시험 결과에서 얻은 설계요소의 검토 및 계산값과 시공 결과에 의한 실측값과의 비교검토에 의하여 설계의 수정을 하는것이 가장 중요하다. 이 경우에 시험관측사항의 주된것은 지반층의 지지력 및 압밀 기타 침하량의 집토 및 압밀에 의한 지반층의 강도, 증가등이다. 이를 위한 관측 및 시료채취를 주안으로하여 토반층의 간극수압의 측정 지반토중의 응력 분포, 유동현상의 관측 및 결과해석이 비교적 곤란한 사항은 특수한 조사지구에서만 실시한다.

이밖에 사운딩으로 흠쌓기 경계의조사 측량을 실시함으로써 각 시기의 흠쌓기 상황을 상세하게 조사하는것은 극히 중요한 일이며 또한 결과해석에 도움이 된다.

3·5 수질조사

3·5·1 수질

인접지의 용수 또는 음료수로 사용되는 지하수 조류지 및 기타 유하하천 배수로 등의 수질(특히 염분농도)을 시험하여 용수 및 입식(入植) 영농계획의 기초 자료를 한다. 감소 하천의 염분농도는 하천유량과 조위에 따라 변화한다. 일반적으로 수면에서 깊은 곳일수록 염분농도가 크다 곳에 따라서는 하천유량이 적으면 밀물시에는 담수가 하천바닥으로 상류하고 그 위를 해수가 역류하는 수가 있으므로 조사시에 주의하여야한다.

3·5·2 염분농도의 검정

가. 화학적 방법

염분농도의 검정은 보통 초산은 용액에 의해서 침전도를 측정한다. 염소 이온과 크롬산이온을 갖는 용액에 초산은 용액을 가해하면 먼저 배색의 염화은의 침전이 생기고 염소 이온이 없어진 다음에 적색의 크롬산은의 침전이 생긴다. 이것을 이용하여 염분의 검정을 한다.

나. 전기적 방법

원래 순수한 물의 전기 전도도(傳導度)는 몹시 낮은것이나 산류 염류 알카리류가 용해하면 전기전도는 그 농도에따라 현저하게 변화하는것을 응용한것이다. 이 기구는 간단한 스위치의 조작만으로 곧 측정치가 지시계에 나타나는 이점이 있으나 NaCl 과 기타의 염류 산류 알카리류의 구분을 할 수 없는것과 탁한 물에서는 부정확한 것이 결점이다.

3·5·3 수질분류

관제용수를 위한 수질은 다음과 같이 분류한다.

표 2·10 수질분류표

급수	수 질	Salinity and alkali Hayard C-S	Residual soium carbonate me/l	Boron P. P. M
I	극히좋은(excellent)	C ₁ -S ₁	0.63>	100>
II	좋은(good)	C ₁ -S ₂ C ₂ -S ₁ C ₂ -S ₂	0.63-1.23	1.00-2.00
III	보통(Fair)	C ₁ -S ₃ C ₂ -S ₃ C ₃ -S ₁ C ₃ -S ₂ C ₃ -S ₃	1.23-1.88	2.00-3.00
IV	나쁨(poor)	C ₁ -S ₄ C ₂ -S ₄ C ₃ -S ₄ C ₄ -S ₁ C ₄ -S ₂ C ₄ -S ₃ C ₄ -S ₄	1.88-2.50	3.00-3.75
V	부 적 당 (Not Saitable)	Micromuos/cm < 또는 3,200 P. P. M <	2.50	3.75<

※ 주 : Micronbus/or	p. p. m
C ₁ 100~250	64 - 16
C ₂ 250~750	160 - 480
C ₃ 750~2,250	480 - 1,440
C ₄ 2,250~5,000	1,440 - 3,200
S ₁ 0 - 10	
S ₂ 10 - 18	
S ₃ 18 - 26	
S ₄ 26 - 30	

3 · 6 용배수 조사

계획지구와 관계있는 인접 배후지의 용배수 상황 감수심(減水深) 등을 조사하여 계획 및 설계의 기초자료로 한다.

3 · 6 · 1 배수상황

가. 배수면적

계획지구에 유입되고 있는 각 하천과 배수로마다 지형도 기타자료에 의하여 유역의 경계 면적을 조사하고 현지 답사하여 확인한다. 면적은 산지, 구릉, 평지로 구분하는 것이 좋다. 일반적으로 간척계획지구의 인접지는 넓고 평탄한 평야지대로서 용배수로가 교차되고 분수계(分水界)가 분명하지 않은 곳이 많으므로 상세한 현지 답사를 할 것이며 필요하다면 간이 측량을 병행하여 그 경계 면적을 명확히 한다.

나. 배수계통

하천 주요배수로 배수시설의 위치를 조사하여 지형도에 기입하고 각 집수구역마다 채색 구별하여 배수계통도를 작성한다. 또 각 각 집수구역마다 지형, 지목, 임상의 상태를 조사한다.

다. 배수시설

(1) 하천 및 수로

각 하천 및 배수로등의 연장, 기울기, 단면 유량, 홍수량, 홍수위, 홍수형, 유역 유출율, 홍수 도달시간, 수로 상황등을 조사하며 필요하다면 우량 수위, 유량의 상관관계를 명확히 해둔다.

또 준용하천 이상에 대해서는 그 계획 고수위, 홍수량등 하천개수계획의 기본이 되는 요소는 모두 조사한다. 또 방조제 내에 조유지가 있는 경우에는 그 배치, 단면, 수위등을 조사한다.

(2) 배수문

인접 배후지의 시설배수문, 배수통에 대해서 그 명칭, 설치사업주체, 관리처, 설치 개수년월일, 위치, 종류, 구조, 단면, 안나비 안높이 바닥높이(敷高)와 배후지의 지반고와의 관계, 1일의 배수시간, 배수량, 집수면적등에 대해 실태를 조사한다. 이 경우 특히 총수단면은 배수시간, 유역면적과 상호관련하여 신설배

수문의 단면 결정에 중요한 요소가 되므로 필요하다면 간이측량을 하고 상세한 조사를 한다.

(3) 배수펌프

배수펌프가 설치되어있는 경우는 그 명칭, 위치, 설치사업, 수체, 관리처, 설치 개수년월일, 집수면적, 펌프 및 원동기의 종류, 구경, 대수, 마력, 양정 1일 평균 운전시간, 양수량, 펌프의 구조, 사용가능년수, 유지관리 상황 및 비용등에 대해서 조사한다.

라. 배수유출시간

인접배후지의 담면, 표고 기왕의 홍수시의 강우량, 내수위, 담수심(湛水深) 및 담수시간, 외조위 및 홍수량을 완전히 배제하는데 소요되는 시간등을 조사한다.

마. 배수관례

배수문, 배수펌프, 기타의 시설을 조사할 때 동시에 배수에 관한 관례를 조사한다. 특히 배후지의 수로가 용배수 점용인 경우 그 수로를 몇 단계로 구분하고 취수문을 만들어 상류부의 배수를 하류부의 용수로 환원하여 사용하는데가 많으나 이런 경우에는 그 수문의 개폐에 대하여 어떤 협정을 상하류지구에서 맺고 있는지 상세히 조사한다.

바. 배수의 양부와 원인

인접 배후지의 배수계통별로 홍수시의 담수심, 담수면적, 담수시간을 조사하고 배수의 좋고 나쁜 상태 및 그 원인을 조사한다. 배수불량에 의한 감수등의 피해상황은 농업통계자료에 의해 조사한다. 현재 실시중이거나 최근에 완료된 배수개선사업이 있는 경우는 이를 조사한다.

사. 하천 유사량

하천에 유사가 있는 경우는 그 상황을 조사한다.

3 · 6 · 2 용수상황

일반적으로 간척지는 용수원이 멀고 용수를 얻기가 매우 어려울때가 많으며, 또 용수계획이 소홀해지는 수가 많으므로, 이러한 일이 없도록 인접 배후지에서의 용수상황을 상세히 조사하여 용수계획의 자료로 한다.

또 인접 배후지에 간척계획지와 유사한 토질이 있는곳이 있으면 그 감수심을 측정하고 용수계획의 자료로 한다.

조사항목은 다음과 같다.

- ① 관개면적 : 지형도와 현지답사의 결과에 따라 수원을 같이하는 지역과 경계를 명확히 하여 면적을 측정한다.
- ② 용수계통 : 용수시설, 용수원마다 취수 또는 저수의 상황 및 그 여유량 관개면적, 시설등을 조사한다. 용수로에 대해서는 길이, 기울기, 단면, 유량, 수위, 구조, 통수능력의 여유의 유무등을 조사 한다.
- ③ 용수링, 관개기관
- ④ 용수관례, 유지관리 상황
- ⑤ 용수의 과부족 상황과 그 원인 : 용수부족에 의한 감수등의 피해상황 및 현재 실시중 또는 최근 완료한 관개개선사업이 있으면 그 개요와 효과등을 조사한다.

3 · 7 기 상

3 · 7 · 1 유의사항

기상의 조사에 있어서는 다음과 같은 점에 유의한다.

- ① 계획지역내 또는 가까운 기상관측을 하는 측후소, 농수산관계 시험장등에서 기록과 실정을 조사한다.
- ② 관측기록은 입수할 수 있는 한 장기간에 걸쳐는 것이 좋다.
(조사 항목에 따라 다르나 적어도 10년 이상)
- ③ 기록이 없거나 또는 단기간인 경우에는 가까운 유사한 지역의 기록을 참고로 하는 동시에 현지에서 실측하여 그들의 상호관계를 찾아내어 개정 추정치를 산출한다.
- ④ 그 지방의 특이성 또는 특수성의 도수에 대하여는 특히 상세히 조사한다.

3 · 7 · 2 조사항목

조사항목은 기온, 강우량, 증발량, 풍향, 풍속으로 한다.

가. 기 온

계획지구에서 가까운 대표적 기상 관측소의 기록에 의하여 월별 평균기온 및 평균 최고 최저기온, 처음과 끝 서리(예년 및 그의 극치), 처음과 끝눈(예년 및 그의 극치), 근설기간, 평균적설량(積雪), 결빙기(結氷期), 안개가 많은 기간과 그 정도등에 대하여 조사함과 동시에 과거 재해의 특수 기상조건에 대한 특이성을 조사한다.

나. 강우량

강우량은 지역적으로 큰 차이가 있으므로 넓은 지역에 대하여는 1개소의 결과를 그대로 적용할 수는 없다. 우선 지역내 관측소의 위치 및 지형, 강우의 분포 상황, 표고, 태풍의 진로등을 조사하고 같은 조건을 가진 지역에서는 비교적 넓은 면적에 걸쳐 하역도 지장이 없으나 조건이 다른 경우에는 그에 따라 관측기록을 수집하여야 한다. 특히 계획지구에는 크고 작은 하천이 있는 경우가 많으므로 그 유역의 상태, 관측소의 밀도등에 대해서 유의해야 한다.

조사 사항으로서는 연평균 강우량, 각 월별 평균 강우량, 월별 평균 강우일수, 특수 기상으로서는 매년 제 1위에서 제 3위까지의 최대일 강우량, 최대 3일 연속 강우량, 각각의 강우파형(降雨派形), 최대 연속 한발일수, 관개기간중 최소강우량 및 그 일수(日數) 등을 조사한다.

다. 증발량

계획지구에서 가까운 대표적 관측소에 대하여 연 및 월별 평균 증발량, 관개기간중의 전 증발량의 최대, 제 1위에서 제 3위 까지의 기록을 조사한다.

용 배수계획 지구내 계획 자료를 얻기 위한 관측항목과 방법에 대해서는 토지개발사업 설계기준 관개편을 준용한다.

라. 풍향, 풍속

계획 지구에서 가까운 대표적 관측소에 대하여 각 월별 최다풍향(最多風向) 및 평균풍속 매년의 최대풍속(1~3위) 풍향, 기압, 저기압의 종류, 진로등 이들의

시간적 변화를 조사한다.

3 · 7 · 3 관 측

가. 일반사항

조사구역의 해상적과 기상과의 관계를 구하기 위한 기상 관측에 대하여는 관측 시설방법 자료 정리등 특별한 고려가 필요하다. 이하 해상(海象)을 대상으로한 기상관측에 대해 기술한다.

기상 해상의 현상은 시시각각으로 변화하는 것이므로, 원칙적으로 자기관측기록을 사용하는 것은 물론이나 동시에 1개월에 여러번 실측해서 자기(自記) 기록이 항상 바르게 평가되도록 노력해야 한다.

또한 이들 관측기록은 항상 염분을 함유한 풍우에 노출될 때가 많고 또 상당히 높은 정도(精度)가 요구되므로 방식성(防蝕性) 기계를 사용하고 태풍등 강풍시에도 고장이 일어나지 않도록 항상 손질을 해야 한다.

나. 관측항목

바람(풍향, 풍속), 기압, 강우량

다. 관측지점

(1) 지형의 검토

조사구역의 해상(海象)의 원인이 되는 해상 기상(海上, 氣象)과의 관계를 조사하는 것이 목적이므로 관측소의 위치는 계획구역내의 해안에 설치하는 것을 원칙으로 한다.

풍향, 풍속은 지형 지물의 영향을 받고 기압은 관측지점의 표고에 지배되므로 지형적 조건을 고려하여 바르게 측정할 수 있는 곳을 선정한다.

(2) 설치장소

(가) 풍향, 풍속

풍향 풍속기는 될수 있는한 넓은 지상에 세운 기둥의 정상 또는 탑위에 설치하여 적어도 지상에서 10m 정도의 높이로 한다.

(나) 기 압

온도의 일변화(日變化)가 될수있는한 적은 장소를 선정한다.

(다) 강우량

어떠한 강풍일 경우에도 강우가 주위의 건조물(建造物) 등으로 차단되지 않는 장소로 한다.

(라) 관측방법 및 자료의 정리

관측방법은 원칙적으로 지상 기상관측법에 의하지만 일반적으로 다음에 의하여 조사 및 자료를 정리한다.

① 상시 관측에 있어서는 매시간의 풍향, 풍속, 기압, 우량을 조사하고 강풍(5m/sec 이상)에 있어서는 풍향, 풍속, 도수(度數)를 월 및 년에 걸쳐 조사정리한다.

풍향 풍속의 분류는 16방위 및 중앙관상대 풍력계급에 의한다.

② 조사구역에 현저한 영향을 주는 태풍 및 강우전선(前線)에 대한 발생지점부터 소멸까지의 경로, 변화, 태풍의 명칭 관측시각 지점 진행속도 중

심시도(中心示度)를 천기도에 기입한다.

특히 조사지역에 태풍이 접근했을 때는 관측소의 최저기압이 일어나는 시각의 전후 24시간동안 풍향, 풍속(10분간 평균, 시간평균) 기압,우량을 조사지역 및 관련수역의 수개소의 관측소에 대해 도시한다.

- ③ 지방관측소와 측후소 사이의 바람,기압등의 상호 관계를 될수 있는 한 구해둘것.
- ④ 기압은 1,000mb 이하에 대해 도수곡선(度數曲線)으로서 도시한다. 도수곡선은 횡축에 mb 단위의 기압,종축에 도수를 취한 것으로 한다. 풍향은 자기풍향계의 기록하는 관측시각 전 10분간의 평균풍향을 의미한다.

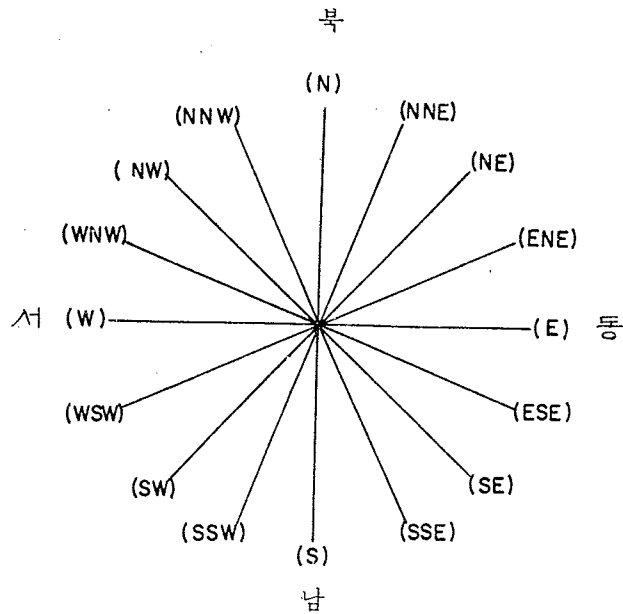


그림 2-11 풍향의 16 방위

표 2-11 풍력계급 (Beaufort식)

풍급	명칭	칭제명	지상 10m에 있어서의상당풍속	해면상태	육상상태
0	평온(平隱)	Calm	(m/sec) 0.0~ 0.2	해면이 평온하며 마치 기름을 흘린듯함.	연기가 직상으로 올라감
1	지경풍(至輕風)	Light air	0.3~ 1.5	해면에 적은 물결이 있는 것을 볼수있음	풍향을 연기날림으로 알수 있으나 풍산기에는감각안됨
2	경풍(輕風)	Light breeze	1.6~ 3.3	해면에 작은 물결 있음이 확실히 보임	바람이 얼굴에 감촉됨 나무잎이 흔들리며 풍산기에도 감각됨
3	연풍(軟風)	Gentle breeze	3.4~ 5.4	해면이 군데군데 흰 물결을 볼수있음	나무잎과 가는가지가 부단히 흔들리고 깃발이 가볍게 날림
4	화풍(和風)	Haderate breeze	5.5~ 7.9	해면전반이 흰 물결로 됨	먼지가 일고 종이조각이 날림 적은가지가 흔들림
5	질풍(疾風)	Fresh breeze	8.0~10.7	해면 거의 전부가 흰 물결로 됨	작은나무 전체가 흔들리고 강호에 잔물결이 일어남
6	웅풍(雄風)	Strang breeze	10.8~13.8	흰물결이 굉장히 일어남	큰가지가 흔들림, 전선이 움직이고 우산받기가 곤란함
7	강풍(強風)	Moderate gale	13.9~17.1	흰물결이 점점 높아감	수목전부가 흔들리고 걸기가 곤란함
8	질강풍(疾強風)	Fresh gale	17.2~20.7	풍랑이 점점 높아감	가는가지가 꺾어지고 걸기가 곤란함
9	대강풍(太強風)	Strong gale	20.8~24.4	풍랑이 굉장히 높아감	건축물에 다소 손해가 있음
10	전강풍(全強風)	Whole gale	24.5~28.4	풍랑이 가일층 높아감	수목이 쓰러지고 건축물에 피해가 있음.
11	폭풍(暴風)	Storm	28.5~32.6	풍랑이 심해해짐	건축물에 큰 손허가 있음
12	태풍(颶風)	Hurricane	32.7~이상	선박의 전복이 우려됨	피해가 막심함

3 · 8 해상(海象)

3 · 8 · 1 조 위

조위, 조석의 조사에 있어서는 교통부 수로국에서 매년 발행하는 조석표를 참고로 하는 동시에 현지 관측을 실시한다.

조사항목은 기왕의 최고조위, 상망 및 상하현 평균만조위 및 평균간조위 평균조위 최저조위등으로 하고 그 관측 기간을 명확히 해둔다.

가. 조석표 및 조위표

조석표에는 표준항구의 매일의 간만조위와 조시(潮時)의 예보, 조류에 관한 기사 등이 실려있고 조위는 모두 해도의 D.L을 기준으로 하고 있다.

임의 지점에 있어서의 임의시각의 조석은 그가 속하는 표준항구의 조석에 대한 수정표에서 간단히 계산된다.

표준항구의 조석예보와 실제와의 오차는 보통의 기상상태에서 조시는 20~30분, 조위는 30cm 이내이고 수정한 조석의 예보와 실제와의 오차는 그보다 약간 크다.

조위표에는 소속조위관측소의 매일의 간만조위 및 그 조시의 예보 조석의 누년 관측기록 조석정수등이 실려있고 조위는 당해 조위관측소의 D.L을 기준으로 하고 있다.

그러나 각 조위관측소의 D.L은 해조의 D.L과 다르고 각각 약간(각표에 기재) 높이므로 각 조위에 이것을 더하면 조석표의 조위에 해당한다.

조석표와 조위표는 조위관측소가 동일하지 않고 전기와 같이 D.L도 다르고 각종 수치의 유효단위가 다르지만 간척계획의 기초자료로 귀중한 것이다.

표 2-12 한국연안의 조석 대 조 차

서 해 안		남 해 안		동 해 안	
지 명	대 조 차	지 명	대 조 차	지 명	대 조 차
영 암 포	4.2m	부 산	1.2m	주 문 진	0.2m
진 남 포	4.8	거 문 도	2.7	웅 기	0.2
인 천	8.1m	삼 천 포	2.7m	원 산	0.3m
아 산	8.2m	광 양 만	3.2m	울 산	0.5m
서 산	7.0m	여 수	3.0m		
군 산	5.7m	완 도	3.1m		
목 포	3.1m				

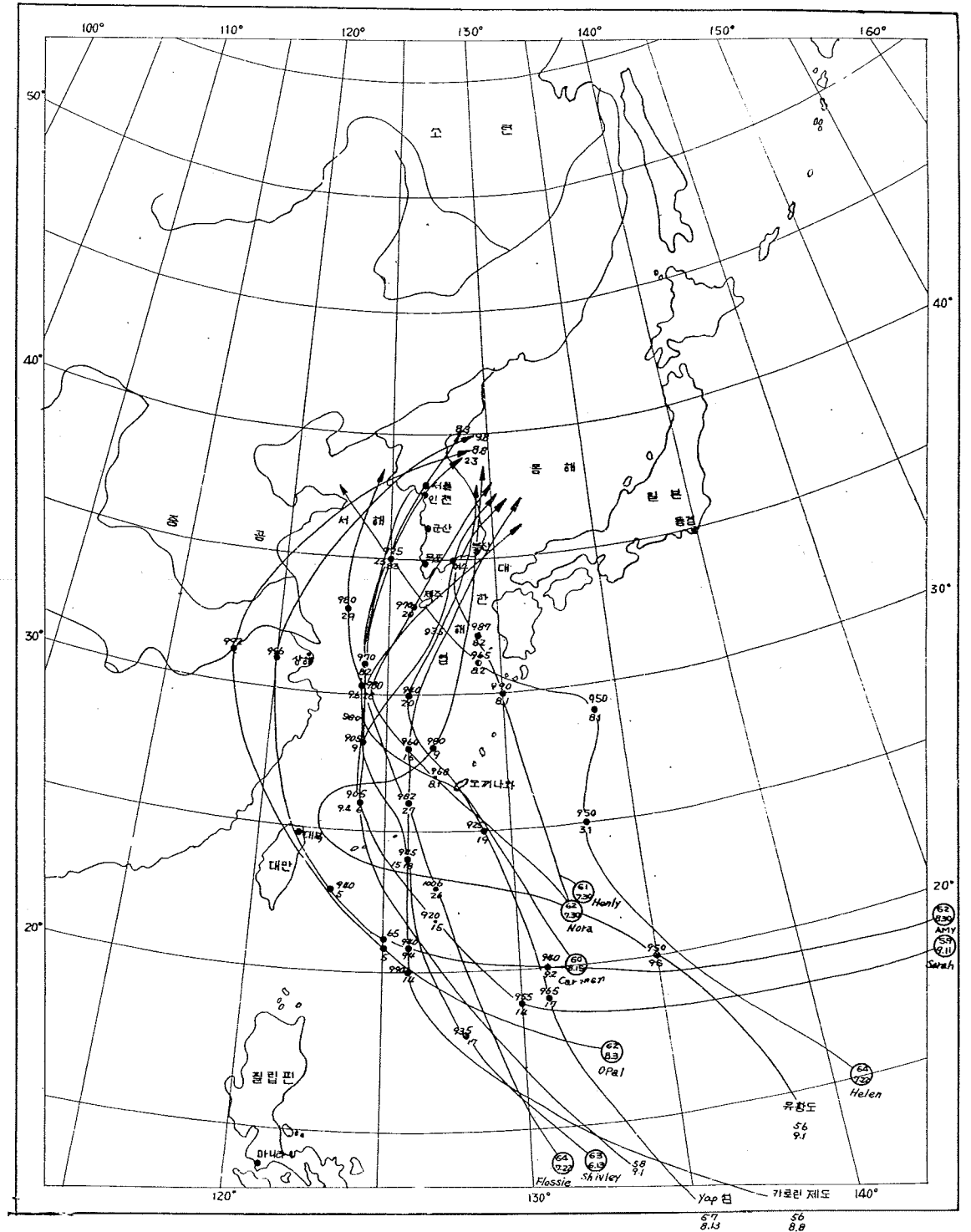


그림 2-12 우리나라를 통과한 중요한 태풍경로도 1956~1964

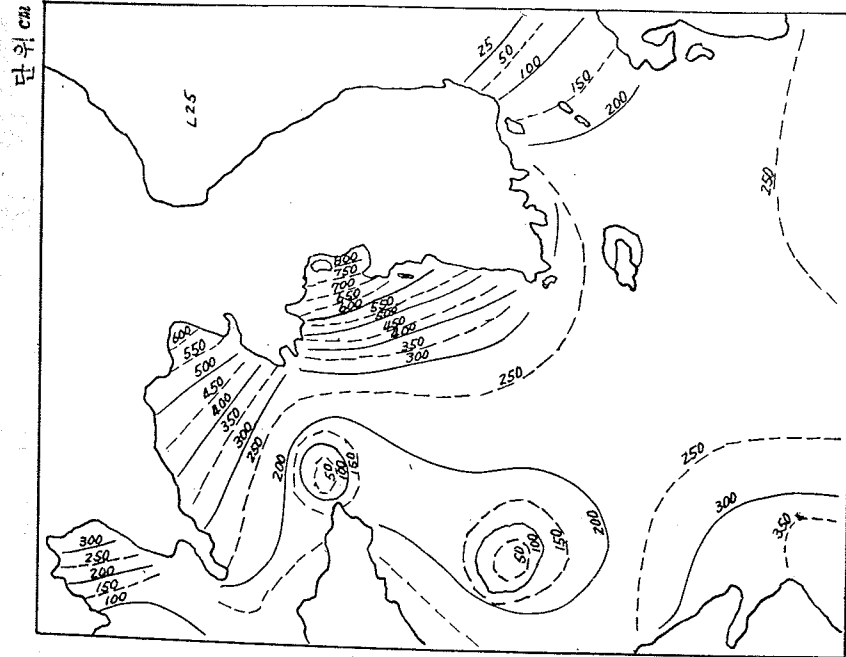


그림 2-14 우리나라근해의 등조차도 (M₂+S₂) 조



그림 2-13 우리나라근해의 등조차도 로마수자는 태음이 동경 135° 자오선을 경과한후 교차한후 교차시까지의 시간을 태음사로 표시한것.

표 2-13 동남아시아의 조차

지명	조차	지명	조차
대련(중국황해안)	2.6m	동경(일본본주남안)	1.5m
칭도(중국황해안)	3.3	기장(대만동안)	0.5
상해(중국동안, 양자강)	2.4	후룽(대만서안)	4.3
북주(중국동안)	5.7	마니라(필리핀)	1.0
하문(중국동안)	4.6	사이공(월남남안)	2.6
장기(일본구주)	2.2	방콕(태국동안)	2.8
대판(일본본주퇴호내안)	1.0	자카르타(인도네시아)	0.8
명고우(일본본주남안)	1.9	싱가폴	2.3

나. 조위

(1) 평균수면 (M · S · L)

평균수면이란 조석이 없다고 가정했을때의 해면의 중력에 대한 자연 정지면의 높이로서 현실적으로는 어느 기간 예를 들면 1일, 1월, 1년 등의 해면의 평균 높이에 위치하는 면을 그 기간의 평균수면이라 칭한다.

그러나 그것은 변화하므로 누년의 평균을 가지고 관측지점의 평균 수면으로 한다.

(2) 기본수준면 (D · L)

해도의 수심을 표시하는데 쓰이는 기준면이며 이것은 대략 최저조면에 상당하고 이것 보다 해면이 내려가는 일은 드물다. 이 기본수준면은 표준으로 관측된 조석의 조화분해에 의해서 계산한 조석 정수만큼 평균수면의 높이로부터 아래로 취해 정해진 것이다. 그런데 해도에 기재된 기본수준면상의 평균 수면의 높이는 항만마다 다소 다르다. 따라서 전항에 기술한 평균수면을 일정하다고 하면 기본수준면쪽이 각 항만(및 그 부근의 해안)마다 달라진다.

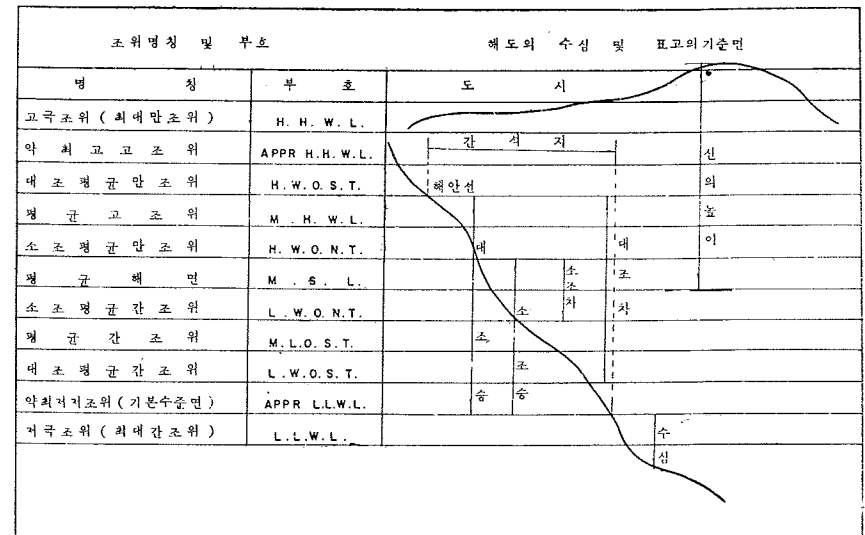


그림 2-15 조위명칭도

(3) 삭망 평균 만간조위(H. W. L 또는 L. W. L) 삭망의 역일(日)부터 약 5 일 이내에 일어나는 현저한 조위를 골라서 평균한것으로 대조평균 만간조위(H. W. O. S. T 또는 L. W. O. S. T)는 실측치의 평균이다.

(4) 상하현 평균 만간조위(L. H. W. L 또는 H. L. W. L)

상하현의 역일부터 약 5 일 이내에 일어나는 현저한 조위를 골라서 평균한것으로 소조 평균 만간조위(H. W. O. N. T 또는 L. W. O. N. T)와는 실측치인 점이 다르다.

(5) 조승(潮昇) (Tide Rise)

각지의 기본수준면은 대략 최저조면보다 약간 낮게 정해지며 조석표의 조위는 D. L 부터의 높이를 나타내고 D. L 부터 대조의 평균고조면에 이르는 높이를 대조승 D. L 부터 소조의 평균고조면에 이르는 높이를 소조승이라 한다.

다. 해도

해도는 항해자를 위해서 필요한 제반 요소 즉 해안, 항만, 섬등의 깊고 얇음, 형상, 바닥토질(底質), 압초, 기타 장애물, 조류, 와류(渦流), 및 항해중의 선박에서 보이는 연안의 지형등을 해도 도식에 규정된 기호 및 기입법으로 기재한 도면이다. 또한 해도의 일부에는 중요항에 대한 대조승, 소조승, 기본수준면, 평균수면의 높이가 기재되어 있다. 또 방위를 정확히 표시하는 나침도가 반드시 기재되고 그것에 진남북(眞南北)의 방향을 가르키는 지선(指線)이 기입되어 이것에 따라 그 해역과 그때의 자석의 편차를 알수가 있으며 측량을 위해서도 필요하다.

해도의 축척에는 여러가지 있으므로 간척계획에 이용하기 위해서는 넓은 구역을 포함한 축척이 적은 것과 계획지역을 포함한 축척이 최대의 최신판의 것을 준비해야 한다.

수심은 모두 D. L 부터의 깊이를 m 로 표시되어 있다.

간석지는 D. L 보다 위에 있고 또한 대략 최고고조면 이하에 있는 물체, 주로 해안 또는 항구에 있는 체적토로서 고조시에는 수중에 잠기고 저조시에는 노출하는 부분을 말하며 작은 점을 뿌린기호로 표시되어있고 한계에서는 밀(密)하게 그리고 약간 큰 점으로 표시되어 있다.

간석지 위에 기재된 숫자 2, 3, 3.6 등은 D. L 부터의 높이에 마이너스(負)의 기호를 붙인것으로 이 숫자가 클수록 얇고 수심과 반대이다.

해도에 표시된 해안선은 대략 최고고조면과 육지와의 경계이다.

라. 조사항목

조석표, 조위표로 조사지구에 속하는 표준항구 및 근처의 지정 항만조위관측소에 대해 다음 사항을 조사한다.

- ① 기왕최고조위(H. H. W. L)
- ② 삭망평균만조위(H. W. L) 또는 대조평균고조위(H. W. O. S. T)
- ③ 평균만조위(M. H. W. L)
- ④ 상하현 평균만조위(L. H. W. L) 또는 소조평균고조위(H. W. O. N. T)
- ⑤ 평균수면(M. S. L)
- ⑥ 상하현 평균간조위(H. L. W. L) 또는 소조평균저조위(L. W. O. N. T)
- ⑦ 평균간조위(M. L. W. L)

조 위 관 측 기 록

일 월	시간	사용시		관측시		관측기	비고
		Lat	Long	in	E		
1	0h						
1	1h						
1	2h						
1	3h						
1	4h						
1	5h						
1	6h						
1	7h						
1	8h						
1	9h						
1	10h						
1	11h						
1	12h						
1	13h						
1	14h						
1	15h						
1	16h						
1	17h						
1	18h						
1	19h						
1	20h						
1	21h						
1	22h						
1	23h						
1	24h						
1	25h						
1	26h						
1	27h						
1	28h						
1	29h						
1	30h						
1	평균						
1	최고						
1	최저						

영서2-1 조위관측기록
관측기

조고의 기준면

조석면차계산표

양식 2-2

일	19		19		19		19		19		19		19		19		19		19		19		비고
	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시	시		
1	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
2	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
3	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
4	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
5	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
6	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
7	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
8	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
9	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
10	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
11	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
12	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
13	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
14	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
15	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
16	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
17	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
18	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
19	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
20	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
21	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
22	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
23	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
24	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
25	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
26	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
27	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
28	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
29	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
30	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
31	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑		
합계	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)															
평균																							

8005-5-2-C
1971.2.25 승인

380mm×280mm 역상지 716/m²

양식 2-3

월별 통계표

관측시각일: _____

관측일표일: _____

결조수 _____

위도 _____ N 경도 _____ E

기본수준면: 평균해면하 _____ cm

평균해면 NOT B.M _____ cm

년	년															비고								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계	평균	영		년							
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								

기 사:

- ⑧ 삭망평균간조위(L. W. L) 또는 대조 평균저조위(L, W, O, S, T)
- ⑨ 기왕최저조위(L, L, W, L)

이상에 대해서는 관측기간을 명확히 하는 한편 조위관측 위치를 1/200,000 지도에 기입한다. 또 H, H. W. L. 및 L, L, W, L의 일어난 시각 태풍명을 명백히 해준다. 이때에 특히 다음 사항에 유의하고 조위의 지역적 특성을 충분히 검토 해준다.

- ① 해협, 물길 등 협소한 곳에서 조석 상태가 현저히 변화할 때가 많다.
- ② 태풍으로 인한 이상고조인 경우에는만(灣)의 방향에 따라 또는 도서에 태풍이 불어오는 쪽과 불어가는 쪽에 따라서 인접지에서도 조위가 현저히 다를 때가 있다.
- ③ 태풍진로의 오른쪽과 왼쪽에서는 풍향의 변화가 반대이므로 당해지점과의 거리만으로 태풍시의 조위를 고찰해서는 안된다.

마. 조위 관측소

(1) 위치

조위관측소는 바람, 하천, 물결(波)의 영향이 적고 원칙적으로 H, H, W, L에서 L, L, W, L의 범위를 관측할 수 있는 장소에 설치한다.

지역 일대에 갯벌이 발달되어 있을 경우에는 적어도 L, W, L 이상이 관측될 수 있는 위치를 선정할 필요가 있다. 그러나 장기관측을 할 경우에는 끝막이구간 배수문등의 예정위치 앞면을 가급적 피해야 한다.

설치한 조위관측소에 대해서는 인접지 기준항구 등의 조위관측소와의 관계수치를 구해두어야 한다.

(2) 구조

조위관측소는 항상 바람, 비, 물결, 조석등에 의해 침해되므로 철근콘크리트 등으로 충분히 내구성이 있는 구조로 하는 동시에 폭주시에 표류물이 퇴적하여 관측이 불가능하게 되지 않도록 해야한다. 또 조위관측소에서는 조위관측기와 스태프를 병설한다.

바. 관측 및 자료의 정리

(1) 조위관측

조위관측기는 기록에 의해서 조화분해기(調和分解機)에 의해 기계적으로 장래의 추산조위를 산출할 수 있도록 조석의 변동을 1/10~1/20의 축척으로 기록할 수 있는것을 사용한다.

(2) 관측기간

관측기간은 최소한 13개월로하고 연속 2 일간의 결측이 일어나지 않도록 주의한다.

(3) 자료의 정리

조위관측결과는 양식 2 - 1 과 같이 정리하고 라에 규정한 항목에 대해서 명기하는 이외에 20cm 이상의 편차가 있는것은 양식 2 - 2 와 같이 정리한다.

3 · 8 · 2 물결(波)

중요한 지점에 대해서는 현지관측을 하는것이 좋다.

가. 관측지점의 선정

(1) 수심

자기파고계에 의한 경우;쇄파대(碎波帶)의 바깥쪽에서,일반간척지의 경우 수심은 대략 5~10m

목측의 경우:수심 5m 이상

(2) 설치장소

설치 장소의 선정은 될 수 있는 한 미리 굴절도 회절도를 그려서 그 부근의 물결의 성질을 조사하고 수렴, 발산, 반사, 회절등의 영향이 적은 지점으로 한다.

나. 관측법

관측항목은 파고와 주기로 하고 여러가지 자기파고계중에서 현지에 가장 적합한것을 선정한다.

(1) 정시관측(定時觀測)

① 자기식파고계에 의한 파도의 관측은 두시간마다(90~120파수(波數)연속기록을 취하고 그 시각은 기수시(奇數時)로 한다.

② 목측용 파고 스태프또는 육상에서 자기 기록하게 하는 파고계(抵抗線型)의 경우에는 매일 9 시와 15 시의 2 회를 관측한다.

파고 스태프의 경우 파고는 스태프(桿)의 자눈을 트랜시트로 관측한다.

측정은 연속 60파를 원칙으로 하지만 혼란을 피해야할 경우에는 연속30파씩 2 회로 나눈다. 이 경우 시간 간격은 10분이내로 한다. 파고 스태프의 자눈은 10~15cm를 표준으로 한다.

③ 파고 스태프로 관측한 경우의 주기는 파고 스태프를 통과하는 물결마루(波峰)의 시각을 연속 30파에 대하여 2 회 반복 측정해서 산출한다. 주기와 파고의 측정은 동일파에 대해서 한다.

④ 파형 기울기가 작은 경우나 파형이 복잡한 경우 등에 물결마루가 파고 스태프를 통과하는 시각이 불명확할 때에는 물가선(汀線)에서의 쇄파의 주기로서 대용한다.

⑤ 파향의 관측은 파고계 또는 파고스타프의 설치 부근 또는 쇄파선의 바로 바다쪽 부근에서 연속하는 10~20파에 대해 측정하고 해안에 설치한 기선에 대한 편각으로 표시한다.

편각은 트랜시트를 수평으로 회전시켜 그 수평줄눈과 물결마루선이 평행하게 될때의 각도로서 나타내며 16방위로 표시해도 좋다.

⑥ 조사수역의 근처에 있는 간척사업장 또는 항만에 실시한 관측기록이 있을 경우에는 그 기록을 참고로 한다.

(2) 임시관측

태풍 및 조사지역에 영향을 미치는 저기압이 통과할 경우에는 기상통보에 주의하고 관측지점 또는 근처를 통과하는 전후 48시간에 대해서 매시 관측한다.

주의 사항으로는 일기, 풍향, 풍력(뷰후오트 풍력계급), 조위, 조위표의 조사, 간만조 시각, 쇄파선의 위치 및 풍랑계급등을 기입한다.

다. 유의파

해면을 진행하는 물결(波)은 불규칙한 파고 및 주기를 갖는 물결의 집단이나

이것을 공학적으로 일정한 파고와 주기를 갖는 물결로서 다루기 위해 1947년 Sverdrup & Munk 씨는 유의파의 개념을 도입하였다. 그 정의는 다음과 같다.
 유의파고(H)란 파의 관측기록중 파고의 최대인것에서 전 파수의 1/3을 빼내어 이들의 파고를 평균한 것이다. 유의파주기(T)란 유의 파고를 빼낸 각파의 주기를 평균한 것이다.

3·8·3 조류

가. 관측항목

유속,유향으로 하나 관측기간중의 조석파,풍향,풍속의 자료를 정비해야 한다.

나. 관측방법 및 자료의 정리

(1) 관측방법

- ① 쇄파대(碎波帶) 안쪽과 바깥쪽의 각각에 대해서 실측한다.
- ② 조류가 집중하는 곳 해저지형이 복잡한 곳은 피한다.
- ③ 에크만벨트 유속계, 오노식(小野) 자기유속계 또는 부자(浮子) 등으로 관측한다.
- ④ 자기식은 날씨가 험하게되기 직전에 소요지점에 설치하고 험한때의 유황(流況)을 연속적으로 기록시킨다.
대상이 되는 조류는 파랑류(波浪流) 취송류(吹送流) 및 양자의 보류(補流)이다.
자기유속계는 항상 2대를 동시에 설치하고 해저에서 1m 높이로 유지한다.

(2) 자료의 정리

관측결과를 정리하여 조류의 방향 크기 및 바람 물결과 관계를 뚜렷이 해둔다.

3·8·4 표사

가. 관측항목

(1) 수심 및 표고측량

(가) 측량의 범위

종단방향은 계획구간의 양쪽 100m, 횡단방향은 바다쪽은 표사의 이동 한계구역(수심10~20m) 육지쪽은 표고 15m 까지를 원칙으로 한다.

(나) 측선 및 측정간격

측선간격 : 50~100m

측점간격 : 바다쪽...측선을 2가지로 나누어 외해쪽은 10등분하고 물갯선의 안쪽은 20등분하여 세밀하게 측량할 수 있도록한다.

육지쪽...일반지형측량에 따른다.

(다) 측량의 회수 및 시기

정기측량 : 한해에 봄과 가을 2회를 원칙으로 한다.

임시측량 : 현저한 이상기후의 전후 바닥 토질의 채취를 필요로 할 경우에 한다.

(라) 수심도(水深圖)

축척 1/2,000. 등수심선간격은 최대 1m 로하고 측량할때마다 작성한다.

(마) 수심 비교도

제 2 회 이후의 수심도는 당초의 수심도에 겹쳐서 기입하고 바닥토질의 이동상황을 명확하게 해둔다.

(2) 물갯선 측량

(가) 측량의 범위

평균조위시의 물갯선을 기준으로 하고 계획구역의 양쪽 100m 까지로 한다.

(나) 측정간격

물갯선에 따라 50m 간격으로 한다. 물갯선의 굴곡이 상당히 있을 경우에는 당해 구간에는 20m 로 한다.

(다) 측량의 시기 및 간격

정기측량은 월 1 회로하고 폭풍우후에는 수시로 임시측량을 한다.

(라) 물갯선도와 물갯선 비교도

물갯선도의 축척은 횡단방향 1/500, 종단방향 1/2,000로 하고 물갯선도를 3개월마다 정리해서 물갯선변화도를 작성한다.

나. 바닥토질의 채취 및 분석

(1) 바닥토질의 채취

(가) 채취범위

물갯선방향에 대해서는 원칙적으로 수심측량 또는 물갯선측량의 범위로 하고 표사의 공급원이 되는 하천이 있을 경우에는 그 지점까지로 한다.

바다쪽에 대해서는 표사의 이동한계수심까지로 하나 다음 식에 의하여 한계수심을 추정해도 좋다.

$$h = \frac{L}{2\pi} \sinh^{-1} \left(\sqrt{\frac{2.5}{dm} \times \frac{\pi H}{2T}} \right) \dots\dots\dots (2 \cdot 9)$$

h : 한계수심(m)

dm : 바닥토질의 평균입경(mm)

T : 주기(Sec)

H : 파고(m)

육상은 최종사구선(砂丘線)까지로 한다.

(나) 채취의 시기

연간의 월별 최대 풍향도를 참고로 하여 계절적 특성을 대표하는 시기를 선정한다.

(다) 채취위치의 선정

수심측량 또는 물갯선 측량시의 측정위치로 한다.

(라) 채취상의 주의

해저의 바닥토질이 표층에서 현저히 변화할 경우에도 표층뿐만 아니라 하층의 자료도 채취한다.

한 측정에서의 채취량은 400~500 gr 이상으로 한다.

(2) 채취자료의 분석
입도분석

채취를 시험으로 입도 누가 평균 입경을 구한다. 시험법과 K, S, F에 의한다.

3 · 9 제방재료조사

제방은 간척의 생명선이고 일반적으로 간척공사비의 대부분을 차지한다. 따라서 제방 재료의 유무, 채취, 운반의 난이, 단가등은 간척계획수립상 중요하므로 보오링, 채취시험등으로 재질, 매장량, 채취가능량 및 필요한 품셈에 대해 충분히 조사하지 않으면 안된다.

3 · 9 · 1 축제용 흙

축제용 흙에는 보통 모래,산흙등을 사용하므로 매장량, 장소, 질(質) 및 채취 운반방법을 조사해 둔다.

모래인 경우 토취장은 될 수 있는대로 펌프드렛샤(pump dredger)에 의한 송사가 능 거리의 범위내가 좋다. 부근의 간척지 해저를 조사하여 개략적인 상황을 파악하고 유망한 곳은 보오링을 하여 모래층의 두께를 아는 한편 입도분석용 자료(시료)를 채취한다. 또 토취장은 제방비탈기슭에서 제방의 안전상 지장이 없는 거리 만큼 떨어져야 한다.

산흙인 경우의 토취장은 제방선 양단부근에 있는 것이 좋으며 그 양과 토질을 조사한다.

3 · 9 · 2 채석장

석재를 다량으로 사용할 경우에는 채석장의 조사를 한다. 개략조사로는 전기탐사 탄성과탐사등의 물리탐사를 하는 한편 현재 채취하고 있는 현장범위 노두(露頭) 등을 답사한다. 정밀조사에서는 보오링 가로 굴등에 의해 직접 층두께 암질(풍화정도 균열절리의 형상등)을 조사한다.

채석장은 지질적인면 뿐 만 아니라 경제적인 입지조건면도 고려하여 조사한다.

석재의 운반을 육상과 해상 어느쪽이 유리한가를 판단하여 채석장의 위치를 결정 할것이며 채석장은 또 표토처리에 경비가 많이 소요되므로 매장량, 재질과 함께 흙으로 덮인 두께등에 대해서 조사해둘 필요가 있다. 필요한 경우에는 목파시험을 하여 폭쇄방법, 소요화약량, 채취할 수 있는 석재의 크기와 양의 비율, 암층의 양 등을 실지로 조사한다.

3 · 10 시공여건

3 · 10 · 1 자재

축제의 주요지제인 흙과 석재에 대해서는 전술한 바 있으나 기타 간척공사에 많이 사용되는 시멘트, 골재, 목재, 쇠등에 대해서는 물론 이밖에 집하장, 채취방법, 품질, 수량, 가격, 운반방법 등을 조사한다

3 · 10 · 2 기계류 및 전력

간척공사의 시공은 점차 기계화되는 경향이 있으므로 기계기구반입의 가능성, 종류, 수량을 조사한다.

공사용 전력에 대해서는 계획지구 부근의 전력사정 특히 가까운 변전소의 위치, 용량, 배전설비, 여유전적량등을 조사하고, 또 기설배전설비에 여유가 없는 경우에는 신규 배전(配電)을 위해 필요한 시설 및 비용등을 조사한다.

3 · 10 · 3 노무

계획지구 부근의 노동력조사 특히 실질임금 및 농한기 노무자의 수, 부근사업장의 노무동원 동태를 조사한다.

3 · 11 권리 관례 조사

3 · 11 · 1 해면의 이용상황

해면은 보통 공유이지만 공유수면에 관한 권리의 종류는 어업관계, 공유수면 매립법 관계, 기타이다.

가. 공유수면 매립면허의 관계

공유수면을 간척할 경우에는 공유수면 매립법에 따라 면허관청(건설부장관, 서울특별시장, 부산직할시장 또는 도지사)의 면허를 받아야 한다.

기득매립권이 있으면 면허 년월일, 권리소유자의 주소, 성명, 매립 또는 간척의 장소 및 면적, 매립 또는 간척의 목적, 권리의 존속기간, 권리양수에 필요한 보상 가격등에 대해 조사한다. 매립의 권리가 양도되어 있을 때에는 양도인의 성명, 양도시기, 양도가격등 그 경위에 대해 조사한다.

기왕에 매립 또는 간척을 실시하고 그후 재해를 입어 수면이 된 경우에는 민유지이며 공유수면이 아니므로 민유지로 해서 매수방법을 적용하지 않으면 안된다. 나. 간척계획지구 및 인접지에 어업권이 설정되어 있을 경우에는 그 어장의 위치, 구역, 지적, 어업권의 종류에 대해 조사한다.

다음에는 수산청 또는 수산협동조합의 자료에 의해 어업권별 어류별의 어획고 및 그의 수익, 순이익등을 과거 10개년이상에 걸쳐 조사하는 동시에 어업의 추세를 답사한다. 기타 어업실태, 어민경제, 어류가격, 어업유통상황 등도 포함해서 조사한다. 또 간척후 만외(鰲外)의 영향, 간접적 영향에 대해서도 추정해 둔다.

다. 제염업 기타의 기업에 따르는 권리

간척사업에 의해 영향을 받는 것으로 인정되는 제염업, 광공업 등의 기업에 대해 권리가 설정된 경우에는 그 권리의 소유자, 기업의 규모, 수익 및 소유자의 희망, 해면이 해운에 이용될 경우에는 그 항해권, 해면은 아니지만 바다밑의 광구가 설정되어 채광될 경우에는 그 실태를 조사한다.

라. 사유수면, 사유지등

공유수면의 간척에 따라 일부민유수면 민유지를 매수하여 간척계획에 포함시킬 경우에는 그의 권리 소유상황을 조사한다.

3 · 11 · 2 연안의 시설 실태

간척계획지구의 부근이나 연안에 현재있는 공장, 항만, 기타 시설 또는 가까운 장래에 설치될 예정인 시설의 실태를 조사한다

3 · 12 개발 방향 조사

3 · 12 · 1 산업 동향

사회경제개발, 산업입지조건, 관계부서의 재정규모, 주요산업규모와 생산액 등을 조사한다.

3 · 12 · 2 농업실태

- ① 경작규모별 농가호수와 인구
- ② 전업,겸업별 농가호수와 전업화, 겸업화의 경향
- ③ 토지이용상황(경작면적, 이모작, 이기작 등)
- ④ 수확고, 생산물의 시장 유통성
- ⑤ 노력의 과부족 (노력의 종별, 노임 등)
- ⑥ 영농 유형
- ⑦ 농가경제
- ⑧ 농촌건설계획 농업구조 개선 계획의 유무상황
- ⑨ 입식(入植), 경작면적, 증가에 대한 희망 및 열의
- ⑩ 농업기제화 상황

3 · 12 · 3 경제효과

간척사업의 효과는 조성된 토지의 가치 및 토지로부터의 생산물 이외에 국토보존(연안보존) 효과, 수리, 교통, 개발, 개량, 효과등 지역사회 경제발전에 기여하는 점에 착안하여 측정하지 않으면 안된다.

따라서 배후지의 재해기록 시설의 유지관리비 등을 아울러 조사한다.

3 · 13 수확량 조사

간척계획지구의 생산량을 추정하기 위해 토지이용법, 작부체계, 증가생산력을 추정하는 것인데 그의 기초자료로서 인접 배후지의 토지이용상황, 작부체계, 반당 생산력등을 조사한다.

필요에 따라서는 전답윤환, 이모작, 이기작수도(二期作水稻), 사료작물등의 재배시험을 계획지구와 유사한 조건을 가진 인접배후지에서 실시한다.

제 3 장 제 방

1. 제방선 및 제방형식의 선정

방조제는 기상, 해상(海象), 지형, 지질등에 관해서 현지상황에 적합 할 것은 물론 간척의 규모, 기존시설, 토지 및 수면의 이용상황과 장래계획을 고려하여 제일 적합한 계획 설계를 하지 않으면 안된다.

1 · 1 제방선 선정상의 고려사항

제방선의 선정에 있어서는 토질, 표고, 파향, 인접지를 포함한 용배수계획과 종합적인 토지 이용계획, 배수문, 끝막이 등 구조물의 위치를 비롯하여 복식 간척에 있어서는 내수면의 이용 계획 및 내제방의 위치등을 고려해서 경제적으로 선정한다.

1 · 2 제방형식

1 · 2 · 1 형식의 분류

제방의 형식은 표 3 - 1 과 같이 분류한다.

표 3 - 1 제방의 형식

바깥비탈면 경사	직립형 (급경사)			경사형 (완경사)		혼성형	비 고
구 조	전면공+흙쌓기			피복공+흙쌓기		직립형과 경사형과를 현지조건에 적용시켜서 혼성한다.	
	전 면 공		흙쌓기	흙쌓기	바깥비탈 피 복 공		
	부 벽 식	반중력식					
재 료	콘크리트	콘크리트	모래	모래	콘크리트		
	철 근 콘크리트	돌쌓기	산흙		콘크리트 불 룩		
			간사도				
					돌 불 임		
					아스팔트		

제방형식의 분류는 바깥비탈의 모양 구조 제방재료등에 의하여 구분할 수 있으나 이것을 바깥비탈면의 경사에 따라 정리하면 표 3 - 1 과 같다. 경사형 직립형은 수리, 구조, 사용재료등이 뚜렷이 다르다는 것을 알수 있으나 혼성형은 장소 및 목적에 따라 두 형식의 장점을 갖추도록 배려된 절충안이다.

1. 2. 2 형식의 선정

경사형 및 직립형에는 일반적으로 다음과 같은 이점이 있으므로 선정에 있어서는 파랑 기초지반의 토질, 축제재료, 시공 속도 등 현장조건을 종합적으로 검토하여 가장 적절한 형식을 택하도록 한다.

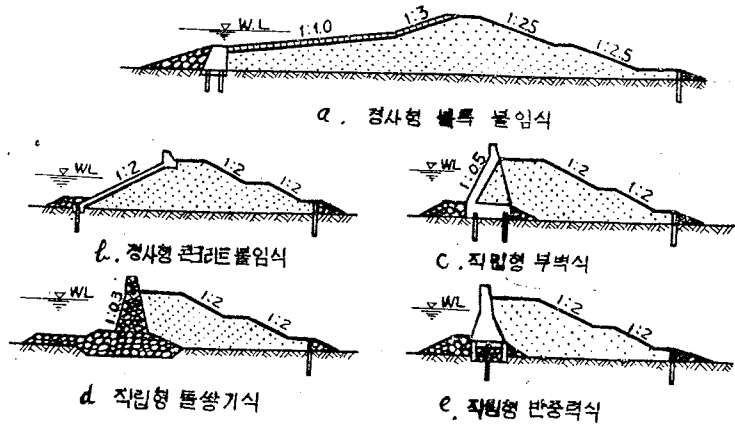


그림 3-1 제방의 형식

가. 경사형

- ① 완 경사형은 연약지반 위에서 쉽게 안정을 유지할 수 있다.
- ② 구조상 비교적 간단한 피복공으로 충분하다.
- ③ 대부분의 에너지는 비탈면에서 소모되므로 반사파가 적다.
- ④ 공사량의 대부분은 제방흙쌓기 이므로 기계화 시공이 쉽다.
- ⑤ 수심이 깊은 경우에도 시공이 비교적 용이하다.

나. 직립형

- ① 비교적 적은 토량과 좁은 나비로 시공이 가능하다.
- ② 중부파가 발생하기 쉽고 또 기어올림 높리와 중부파고가 일반적으로 크게 되나 중부파가 발생하면 파도의 충격압력은 감소되어 중부파고에 따른 정수압으로 변화되므로 수압변화도 원활하다.
- ③ 비교적 간단한 설비로 시공이 가능하다.

2. 제방구조

2. 1 기본형

2. 1. 1 둑마루 높이

가. 조위

설계에 사용하는 조위현상은 조석, 고조, 세이슈(Seiche, 靜振), 해일 등으로

하고 도수(度數) 주기, 계속시간도 아울러 고려한다.

(1) 설계고조위

설계고조위는 원칙적으로 기왕의 최고 조위로 하든지 또는 삭망평균 만조위에 기왕의 최대조위 편차(編差)를 더한 높이로 한다. 후자의 경우에는 삭망 평균 만조위 및 최대 조위편차가 동시에 일어나는 도수를 고려하여 보정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{설계고조위} &= \text{기왕의 최고조위} \\ &= \text{삭망평균만조위} + \text{기왕의 최대조위편차} \end{aligned}$$

이상의 방법은 과거의 실측값을 써서 결정하는 것이나 실측값을 얻을 수 없는 경우에는 다음의 방법에 따른다.

- ① 1 개년 이상의 조위관측기록에서 평균하면 삭망평균만(간)조면, 상하현평균만(간)조면 또는 춘추 최고 조면을 구한다. 소요지점에서의 조위 관측기록을 얻을 수 없거나 또는 조위관측소가 없는 경우에는 교통부 수로국의 조석표 또는 조위표를 이용하여 인접지 중에서 조건이 거의 같은 표준항의 값을 수정하여 사용한다.
- ② 기왕의 3 개년 이상에 걸친 조위관측 기록에서 이상조위의 편차를 구하고 편차가 생길 일시(日時)에 있어서의 각각 풍속, 풍향, 부는시간, 기압, 항만의 모양등을 고려하여 (2)에 기술한 방법으로 추산편차를 구하고 이것과 장기간의 기록이 있는 지점과의 상관관계에 대해 검토를 가하고 설계에 사용하는 기상종목에 따라서 조정한다.

(2) 고조편차의 추정

(가) 제 1 방법

$$\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3$$

1) 바람에 의한 편차

$$\zeta_1 = 4.8 \times 10^{-2} \frac{FV^2}{h} \cos^2 \theta \dots \dots \dots (3 \cdot 1)$$

ζ_1 : 바람에 의한 해면상승량(cm)

F : 바람이 불어오는 거리 또는 대안거리(km)

V : 풍속(m/sec)

h : 바람의 불어오는 축(吹送軸) 방향으로 측정한 평균수심(m)

θ : 풍향과 해안선의 수선과 이루는 각.

이 식은 바람이 충분히 장시간 불어서 정상 상태가 되었을 때의 수위상승을 나타내는 식이다.

2) 기압 강하에 의한 편차

기압이 강하했을 때의 수위상승량은 다음식으로 추정한다.

$$\zeta_2 = 0.991 \cdot \Delta P \dots \dots \dots (3 \cdot 2)$$

ζ_2 : 기압강하에 의한 해면상승량(cm)

ΔP : 표준기압(1,013 mb)으로부터의 기압강하량(mb)

3) 저기압의 이동에 의한 편차.

저기압의 중심영역이 소요지점 해만의 장축방향으로 이동하는 경우에는 다음 식으로 추정한다.

$$\zeta_3 = \frac{\zeta_2}{1 - \left(\frac{V}{C}\right)^2} \dots\dots\dots (3.3)$$

- ζ_3 : 저기압의 통과에 의한 수위상승량(cm)
- ζ_2 : 기압강하에 의한 수위 상승량(cm)
- V : 저기압의 이동속도(m/sec)
- C : 장파의 속도(m/sec) = \sqrt{gh}
- g : 중력가속도(9.8m/sec²)

(나) 제 2 방법

$$\rho = a\Delta P + bv^2 \cos \theta \dots\dots\dots (3.4)$$

- ρ : 편차(cm)
- U : 풍속(m/sec)
- ΔP : 기압변화량(mb)
- θ : 해안에 직각방향(또는 만의 주축방향)과 풍향과 이루는 각
- a, b : 계수 기왕의 자료에서 구한다.

(3) 세이슈(Seishe)

(가) 진폭이 최대가 되는 주기

세이슈(부진동(副振動)을 포함)의 진폭이 최대가 되는 주기는 식3.5에 의해 추정한다.

(1) 등수심인 장방형호수(湖水) (물이 자유롭게 출입하지 않을 경우)

$$T_1 = \frac{2\ell}{m_1 \sqrt{gh}} \dots\dots\dots (3.5)$$

- T_1 : 주기(sec)
- ℓ : 호수(湖水)의 길이(km)
- h : 수심(m)
- m_1 : 단절(單節)일때는 1, 쌍절일때 2배(腹)는 육지와 수면과의 경계에 생긴다.

(2) 등수심인 장방형만 (한끝에서 물이 자유롭게 출입하는 경우)

$$T_2 = \frac{4\ell}{(2m_2 - 1)\sqrt{gh}} \gamma \dots\dots\dots (3.6)$$

절은 물이 출입하는 만구(灣口)에 생기고 만의 안쪽에 있는 육지와 수면과의 경계에 배가 생긴다.

$$\gamma = \left\{ 1 + \frac{2b}{\pi\ell} (0.9228 - \log e \frac{\pi b}{4\ell}) \right\}^{1/2}$$

- T_2 : 주기(sec)
- b : 만의 나비(km)
- ℓ : 만의 길이(km)
- m_2 : 절의 수
- h : 수심(m)

(나) 세이슈에 의한 편차

① 조석

기왕의 조위관측기록에서 조석의 조위 및 조차와 세이슈의 진폭과의 관계를 구하여 소요일시에서의 조차 및 조위에 대응하는 세이슈의 진폭을 추산한다.

② 이동성 저기압

기왕의 조위관측 기록중에서 저기압의 중심시도(中心示度) 경로 이동속도가 낮은 기왕의 기록으로부터 추산한다. 만일 이와같은 자료가 없을 때에는 기왕의 이동성 저기압에 의한 고조의 편차 및 정적인 기압강하에 의한 편차와 거의 같은 때의 조위관측기록으로부터 추정한다.

③ 해일(津波)

기왕의 해일의 높이 파장 및 파속과 세이슈에 의한 편차량과의 관계를 구하여 소요일시에서의 해일의 제원에 대응하는 세이슈의 편차량을 추산한다.

④ 나불(余波)

나불의 파향, 파장, 파속, 파고가 비슷한 기왕의 기록에서 추정한다. 관측자료가 없을 때에는 풍향, 풍속 불어오는 시간등이 비슷한 경우의 세이슈에서 추한다.

(다) 주의사항

- ① 세이슈의 원인이 되는 주요 외력은 조석, 이동성저기압, 해일 나불 등이다.
- ② 외력의 크기 종류와 세이슈에 의한 편차와의 관계는 반드시 실측자료에 의거 결정한다.
- ③ 고조의 조위편차에서 세이슈에 의한 편차를 추정하는데에는 다음의 방법에 따른다.

소요지점을 포함한 해만의 형상 크기 기타에 대응하는 세이슈의 주기를 단절 또는 쌍절의 경우에 대하여 2·1·1가 (3), (1) 또는 (2)의 방법으로 추정한다. 조위관측기록에 나타난 진폭중 (가)에서 구한 주기의 각각에 대응하는 수위변동의 진폭을 추려내어서 이것을 세이슈에 의한 편차량으로 한다.

나. 바람

(1) 일반사항

해상(海上)에 있어서 바람의 제원은 천기도 또는 부근 측후소의 자료로 부터 결정한다.

해상의 측정하는 일반적인 방법은 천기도에 따른다. 그러나 대안거리가 100km 이하인 해안에서는 측후소 또는 관측소의 수치를 보정한 후에 사용한다. 또 상당히 큰 수역에서도 선박이나 육상의 측후소사이의 동시 관측자료 또는 장기관측 자료를 비교하는 등으로 해상풍과 해안풍과의 사이에 상관관계가 있음이 확인되어 있는 경우에는 해안풍에서 해상풍을 추정할 수 있다. 따라서 해상풍을 추정하는 데는 천기도에 의한 방법만으로 한정하지 말고 자료 정리에 있어 조작이 간편한 육상측후소의 자료를 채택하여도 상관없이 것으로 한다.

(2) 풍향

① 해상풍의 풍향

천기도에서 해상풍을 결정하는데는 다음 이론 및 경험법칙에 따른다.

- (가) 북반구에서는 저기압의 경우 풍향은 시계의 바늘방향과 반대이다.
- (나) 등압선과 풍향이 이루는 각은 풍속에 관계없다.
- (다) 태풍의 등압선과 풍향이 이루는 각은 해상에서는 평균 25°이다.
- (라) 해상에서 등압선과 풍향과의 각은 15°~30°이다.
- (마) 태풍의 전면에서는 등압선과 풍향과의 각은 작고 후면에서는 크며 그 차이는 약 20°이다.
- (바) 태풍역내의 해상에서는 경도풍(傾度風)과 거의 같은 바람이 분다.
- (사) 고기압의 곡률반지름이 큰 때에는 등압선과 풍향이 이루는 각은 20°~25°이다.

② 해안풍의 풍향

해안풍의 풍향은 해상풍의 풍향과 육상측후소의 풍향에서 추정한다.

③ 풍향의 보정

이들의 풍향은 어느것이나 실측풍향에 의해 보정하여 사용한다.

(3) 풍속

① 해상풍의 풍속

천기도에서 해상의 풍속을 추정하는데는 다음식에 따른다.

(가) 등압선이 거의 평행한 직선의 경우

풍속은 지형풍(地衡風)과 같은 것으로 하고 다음 식에 의해 산출한다.

$$V = K \frac{2\Delta b}{b} \frac{(273+t)}{L \cdot \text{Simp}} \times 10^8 \dots\dots\dots 3.7$$

V : 해상풍속 (m/sec)

L : 등압선간의 간격 (cm)

ℓ : 위도

b : 등압선의 기압 (mb)

Δb : 등압선간의 기압차 (mb)

t : 온도 (°C)

K : 보정계수(표 3.2 참조)

표 3-2 위도(ℓ)와 L, K의 관계

위도	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	비고
α	45	30	24	20	18	17	15	15	14	14	
K=u/ug	0.00	0.36	0.51	0.60	0.64	0.67	0.70	0.71	0.72	0.73	

α : 등압선과 실제의 바람과 이루는 각

U : 실제의 풍속

ug : 경사풍속

표 3-3 저기압의 중심시도와 해상풍속과의 관계

중심시도	(mb)	1,000	987	973	960	947	933	920	907	비고
태풍역내최대 풍속	(m/sec)	16	27	35	41	47	52	56	61	
선풍역내 풍속	(m/sec)	16	25	30	30	37	40	43	46	

(나) 등압선이 곡선인 경우

이론풍속은 경도풍(傾度風)과 같다고 보고 다음식에 의해 산출한다.

$$V = K \sqrt{\frac{R}{\rho} + (WR \sin \phi)^2 - WR \sin \phi} \times 10^{-2} \dots\dots 3.8$$

V : 해상풍속 (m/sec)

ρ : 공기의 밀도 $\frac{1.293}{103} \times \frac{273}{273+t} \times \frac{b}{1.013}$ (g/cm³)

b : 등압선의 기압 (mb)

R : 등압선의 곡률반지름 (cm)

G : 기압경도 = $\frac{1,000\Delta b}{L}$ (g/cm²sec²)

W : 지구자전(自轉)의 각속도 = 7.3×10^{-5}

φ : 위도 (도)

Δb : 등압선간의 기압차 (mb)

L : 등압선간격 (cm)

t : 온도 (°C)

K : 보정계수 표 3.2 참조

② 해안풍의 풍속

해안부근의 풍속은 천기도에서 전항 (3)의 ①에서 구한 풍속과 육상측후소의 풍속으로부터 추정한다.

(4) 불어오는 거리

불어오는 거리는 천기도에서 다음과 같이 구한다. 단 바람의 방향으로 측정할 대안거리가 불어오는 거리에 비해서 작을 경우에는 그 방향의 대안거리를 취하여 불어오는 거리로 한다.

① 등압선이 퍼져있지 않을 경우

바람이 불어오는 영역의 가장자리는 소요지점을 중심으로 하여 직선자(直線尺)를 회전시켜 이것이 저기압(태풍)의 전면에서 있어서 각각의 등압선과 10°~15°에서 만나는 교점을 이은 곡면이 된다. 후연(後緣)은 저기압(태풍)의 후면에 있어서의 각각의 등압선과 45°~60°에서 만나는 경우의 곡면이다. 이 경우에 불어오는 거리는 풍향의 방향으로 측정할 두 곡면간의 거리로 한다.

② 등압선이 퍼져있는 경우

등압선이 저기압지역(颶風域)의 앞면 또는 뒷면에 퍼져있을 경우에는 불어오는 영역의 전연(前緣) 및 후연(後緣)은 그 퍼지는 지점에 상당한다.

(5) 불어오는 시간

불어오는 시간은 육상측후소의 바람에 관한 자료로부터 산정한다. 단 자세한 천기도를 얻을 수 있을 때에는 천기도에서 추정한다.

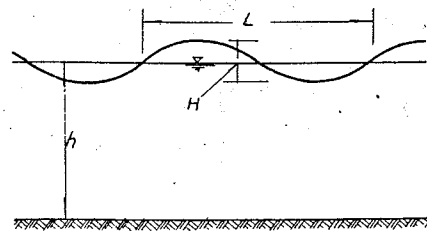
파도의 예보 또는 추산을 할 경우에는 불어오는 시간은 풍향의 변화가 $\pm 22^\circ \cdot 30'$ 의 범위내에 있는 시간을 사용한다.

다. 물결(波)

(1) 일반사항

① 물결의 제원

물결에 관한 제원가운데 설계에 필요한 항목 및 기호는 다음과 같은것으로 한다. 파고 H(m), 수심 h(m), 제방선에 대한 파향 θ , 파장 L(m), 주기



T(sec), 파속 C(m/sec), 파력 P(ton/m²), 기어올림 높이 R(m), 월파량 Q(m³), 전에너지(1 파장당)E(ton·m), 단위시간에 단위나비를 수송할 수 있는 평균에너지 W(ton m), 해수의 단위 중량 W(1.03 ton/m³), 중력가속도 g(m/sec²), 원주율 π , 심해파 제원은 기호의 아래에 첨자₀을 붙이고 쇄파제원에는 ₀을 붙이지 않는다.

② 중력파의 성질

(가) 깊은 바다물결(h > L/2)

$$C_0 = \sqrt{\frac{gL_0}{2\pi}} = \frac{gT}{2\pi} = 1.56T \dots\dots\dots 3.9$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1.56T^2 \dots\dots\dots 3.10$$

$$E_0 = \frac{1}{8}WH_0^2 L_0 \dots\dots\dots 3.11$$

$$W_0 = \frac{1}{16}WH_0^2 C_0 \dots\dots\dots 3.12$$

(나) 얕은 바다물결(h < L/2)

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} \tanh \frac{2\pi h}{L} \dots\dots\dots 3.13$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \dots\dots\dots 3.14$$

$$W = \frac{wh^2}{16} \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} \tanh \frac{2\pi h}{L} \left(1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh \frac{4\pi h}{L}}\right) \dots\dots\dots 3.15$$

③ 최대파고(Hmax), 1/10 최대파고(H1/10), 평균파고(H)와 유의(有義) 파고(H1/3)와의 관계

H1/3, H1/10, H는 각각 유의파고, 1/10 최대파고, 평균파고라 하면 다음 관계가 성립한다.

또 Hmax를 관측기록 중의 최대파고라고 하면 Hmax/H1/3는 전파수 N이 클 때 $\sqrt{0.7N}$ 에 비례하며 표 3, 4와 같이 된다.

표 3-4 관측파수와 Hmax/H1/3와의 관계

N	10	20	50	100	200	500	1,000
Hmax/H1/3	1.11	1.25	1.42	1.53	1.64	1.77	1.86

이들의 관계는 관측시간이 10~20분이상이면 얕은 바다물결에서나 깊은바다 물결에서도 일반적으로 성립한다. 단 파고가 커지면 다소 달라지는 수가 있다.

(2) 설계파의 결정

① 결정방침

(가) 구조물의 규모, 배치, 형식, 제방높이 등의 결정 및 그 구조에 대해서 안전 및 강도계산을 할 경우에는 그 구조물 설치예정지점 부근의 파도를 설계파로 한다.

(나) 설계파는 기왕의 추산자료를 제2장 3·8·2에 따라 조사한 실측파에 의 해 보정하여 결정하는 것을 원칙으로 한다. 이것이 불가능할 경우에는 아래의 방법에 따라 추정한다.

(다) 설계파의 제원은 일반적으로 다음사항을 고려하여 결정한다.

- 1) 구조물의 중요도 및 배후지의 경제가치의 대소.
- 2) 구조물의 기능 및 목적
- 3) 구조물의 형식 및 모양
- 4) 설계대상(안정계산 강도계산, 독마루높이의 결정등)

② 깊은 바다물결 제원의 추정

바다 깊은곳에서의 발생파의 제원은 S-M-B법(Sver drup-Munk-Bretschneider)에 의해 다음에 따라 추정한다.

(가) 외해에 있어서의 깊은바다물결 추정

1) 바람에 대한 자료의 취급방법

가) 태풍에 대해서 조사를 할 때에는 과거 10개년이상, 겨울철제철풍에 대해서 조사를 할 때에는 과거 5개년이상의 기상자료를 사용한다.

나) 사용하는 바람에 대한 자료는 6시간마다의 천기도 및 부근 측후소의 매시 풍속 관측 풍량 기록으로 한다.

다) 풍속의 결정은 현지 및 부근측후소의 매시 관측기록을 기준으로 하고 천기도에서 구한 해상풍속 또는 선박 등에 의한 실측값으로 보정한다.

라) 풍향의 결정은 현지 및 부근측후소의 매시관측기록 및 천기도에 의한다.

마) 풍역(불어오는 거리)의 결정은 천기도에 의한다.

바) 풍속 10m/sec 이상이고 또 4시간 이상에 걸쳐 풍향변화가 $\pm 22^\circ \cdot 30'$ 이내의 경우를 위의 나)~라)에서 구하고 16등분한 소요의 수 풍향마다 풍속~시간도를 그린다.

2) 물결의 추정법

- 가) 각각의 주 풍향의 풍속-시간도에서 4 시간마다 평균풍속을 구하고 이것과 불어오는 거리를 사용하여 그림 3-3에 따라 파고 주기를 구한다.
- 나) 같은 방법으로 불어오는시간 마다 그 시간의 평균풍속을 써서 그림 3-3에 따라 파고 주기를 구한다.
- 다) 동일시각의 가)와 나)의 값중 작은 값을 취하고 파고 주기의 4 시간마다의 변화를 나타내는 그림을 작성한다.

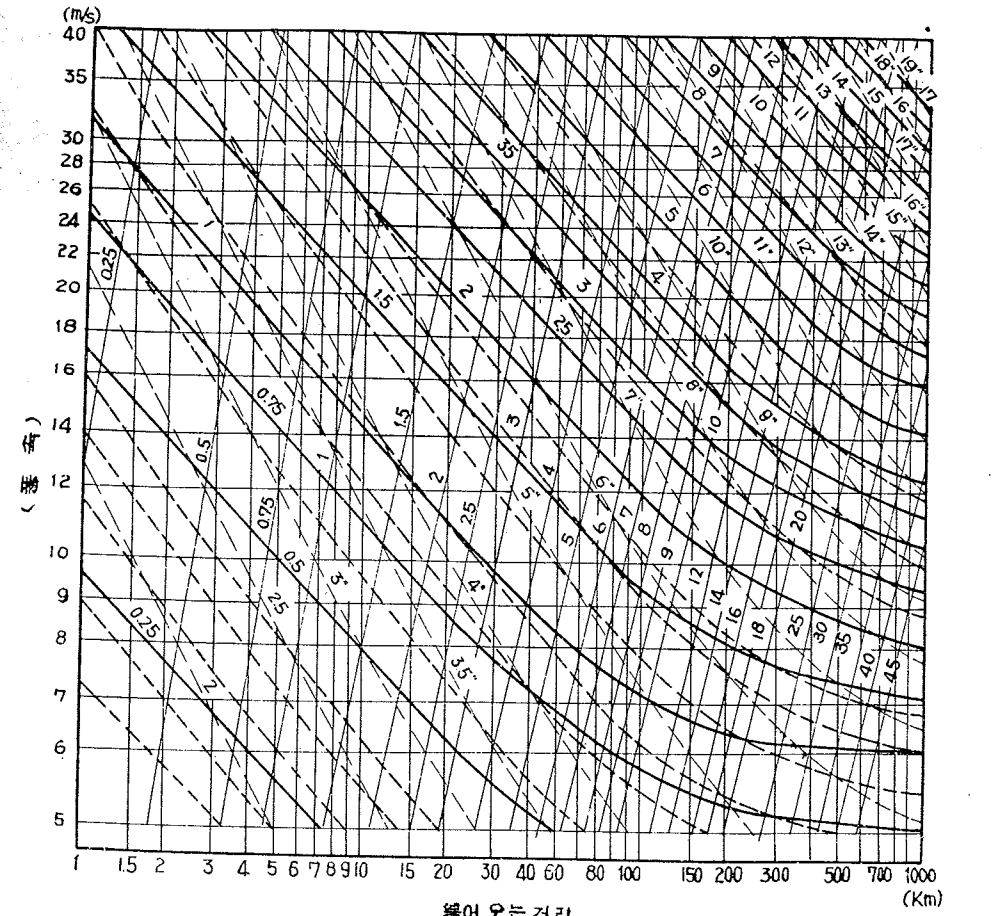


그림 3-3 풍파의예지곡선 (Bretschneider)
 파고(m) 주기(sec) 최소불어오는거리(hr) 등에베르기선 $(HT)^2 = \text{const}$

3) 주의사항

- 가) 이 방법은 풍속의 일정하던가 또는 증가할 경우에 사용한다.
- 나) 파고, 주기는 유의파이다.

(나) 내해 및 만내에 있어서의 깊은 바다물결의 추정

- 1) 바람에 대한 자료의 취급방법
 가) 항의 경우에 따르나 풍속 10m/sec 이상이고 2 시간 이상에 걸쳐 풍향 변화가 $\pm 22^\circ 30'$ 이내의 경우를 대상으로 한다.
- 2) 물결의 추정법
 (가) 항의 경우에 따르나 2 시간마다의 평균풍속과 대안거리를 써서 그림 3.3 으로부터 파고 주기를 구한다. 단 평균풍속과 대안거리에 대응하는 가장적은 불어오는시간이 3 시간이상인 경우에는 풍속시간도에서 평균풍속을 산정하는 불어오는시간으로서 그의 가장 적은 불어오는시간을 취한다.

③ 얕은바다물결 제원의 추정

바다의 얕은 부분에서의 발생파의 제원은 부레트 슈나이더 법(Bretschneider) 법(Moliter) 에 의하여 종합적으로 추정한다.

1) 부레트 슈나이더법

- 가) 바람자료의 취급법
 ②, (나) 1) 에 준한다.

나) 물결의 추정법

- 가) 에서 구한 평균풍속과 불어오는 거리로 부터 그림 3.4 3.5를 사용해서 파고를 추산하고 주기는 식 3.16에서 구한다.

$$T = 3.86 \sqrt{H} \dots\dots\dots (3.16)$$
 그림 3-4, 3-5 를 사용해서 파고를 추산할 경우 그림 3.4에서 파고 H 는 생각하는 지점의 유의 파고이나 그림 3.5에서 H_0' 는 생각하는 지점의 수심h의 상당 깊은바다 물결높이 이므로 h지점의 파고 H를 구하려 면 계수(係數) KS 를 곱해야한다.

2) 모니터법

- 가) 바람자료의 취급법
 ② (나) 1)에 준한다.

나) 물결의 추정법

- ① 에서 구한 평균풍속U (m/sec)와 대안거리F (km)에서 식 3.17, 3.18 에 의해 파고를 추정한다.

$$H = 0.0612 \sqrt{UF} \quad 72.5\text{km} < F < 1.000\text{km} \dots\dots\dots 3.17$$

$$H = 0.762 + 0.0612 \sqrt{UF} - 0.27 \sqrt{F}, \quad F < 72.5\text{km} \dots\dots\dots 3.18$$
 F : 대안거리(km)
 U : 평균풍속(m/sec)
 H : 파고 (m)

다) 주의사항

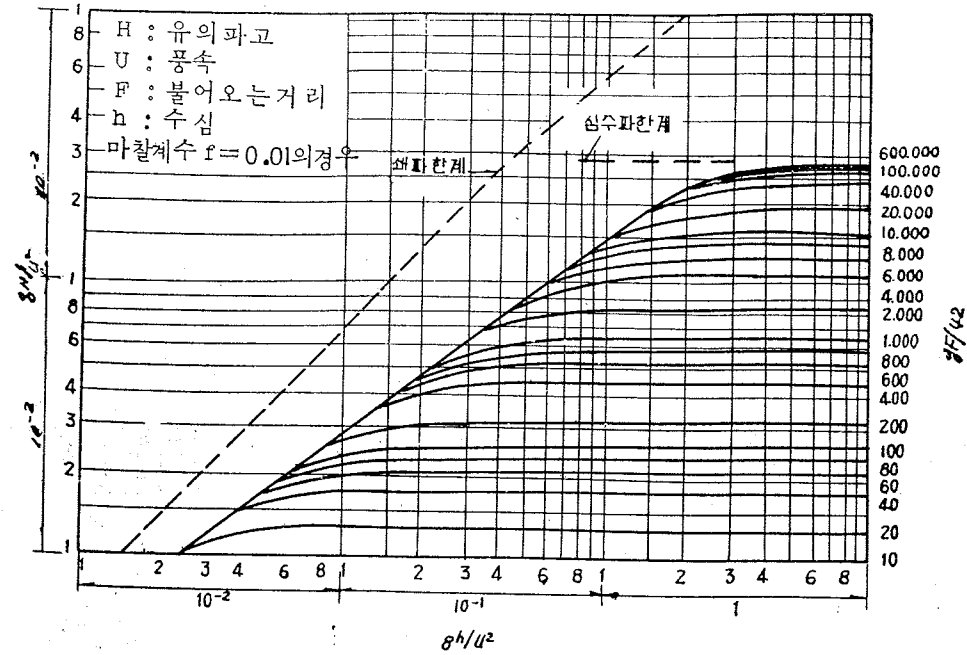


그림 3-4 일정수심인때의만수파고와수심및 풍속관계

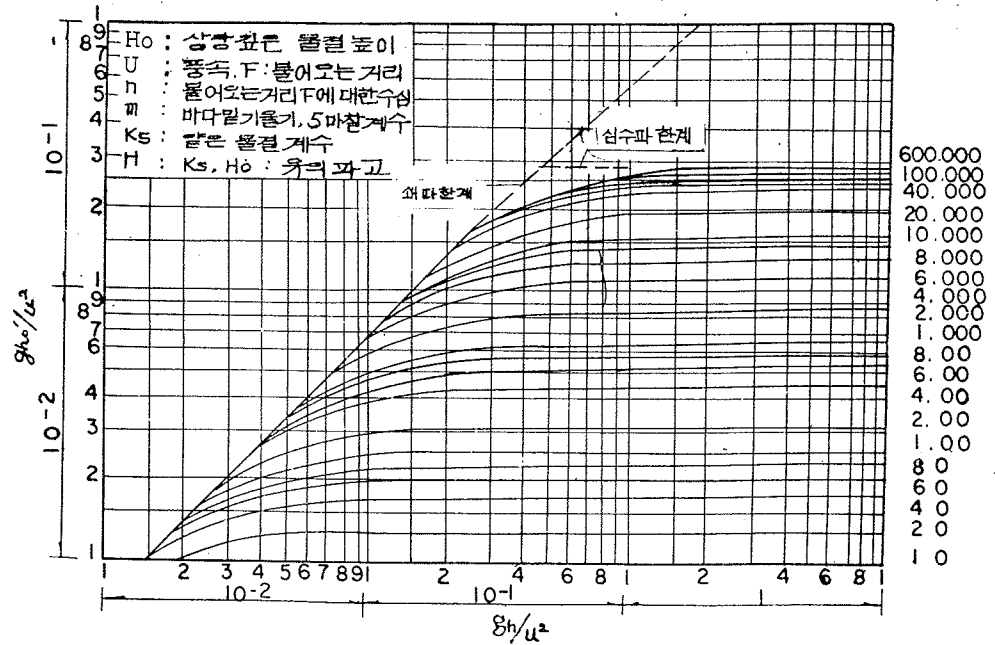


그림 3-5 바다 밑 기울기가 일정할 경우 얕은 물결 높이와 수심 및 풍속 관계 ($f/m=5.28$ 일때)

- 1) 주기는 식 3.16에 의해 구한다.
 - 2) 천수도(淺水度) (h/L)가 0.17~0.5의 범위일때 적용된다.
- ④ 물결의 변형

실제의 대상이 되는 깊은 바다물결은 수심이 파장의 1/2이하의 얕은부분에 진행하면 변형한다. 따라서 설계구조물이 얕은 부분에 있고 실측에 따르지 않을 경우에는 물결의 변형을 추산하여 설계파형을 결정한다.

(가) 수심에 의한 파고의 변화

물결이 굴절 및 회절을 받지않고 경사가 완만한 해안에 진입 할때의 파고 변화는 식 3.19 또는 그림 3.6에 따른다.

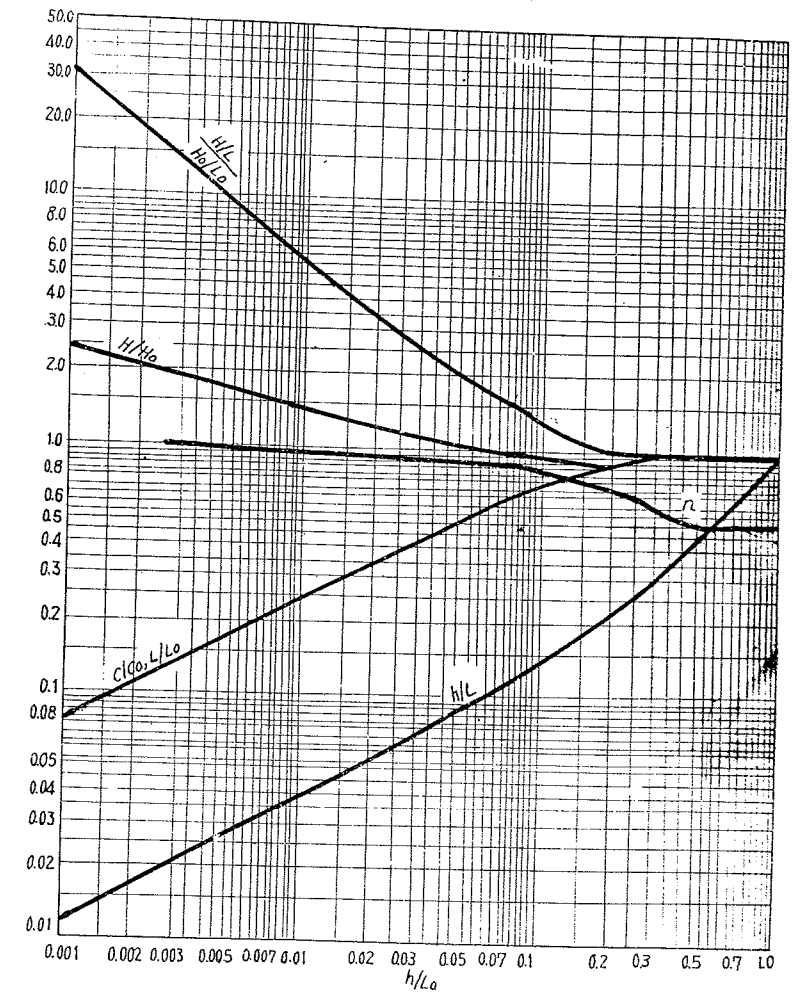


그림 3-6 얕은 물에 대한 물결의 특성의 변화

$$KS = H / Ho = \sqrt{\frac{1 \cdot co}{2n \cdot c}} \dots\dots\dots 3.19$$

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4 \pi h}{L \sin h \frac{4 \pi h}{L}} \right)$$

$$Co = \frac{gt}{2 \pi}$$

$$C = \sqrt{\frac{g \theta}{2 \pi} \tan h \frac{2 \pi h}{L}}$$

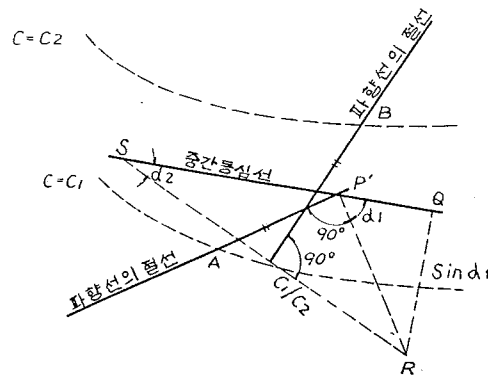


그림 3-7 α 가 80° 보다 작은 경우의 굴절

- KS : 천수계수
- H : 소요위치에 대한 파고(m)
- Ho : 깊은바다 물결의 높이(m)
- Co : 깊은 바다물결의 속도(m/sec)
- C : 소요위치의 물결의 속도(m/sec)

(나) 굴절에 의한 파향변화

일반적으로 수심이 진행과정의 1/2이하가 되면 해저의 영향을 받아 물결 마루는 굴절하여 물가선과 평행하게 되고 파고가 변화한다. 굴절에 따른 파고의 변화는 굴절계수 Kr 로 표시하며 굴절도(屈折圖)에서 구한다. 단, 해저지형이 복잡하고 등심선 간격이 현저하게 흐트러져 있을 경우 해저 기울기가 1/10보다 급할 경우 쇄파대(碎波帶)의 경우에는 작도(作圖)에 의하지 않고 모형실험에 의한다. 굴절도의 작성은 다음과 같이 한다.

1) 입사각(등심선에 내린 수선과 파향이 이루는 각) α 가 80° 보다 작은 경우 그림 3.7 참조.

가) 소요 지점을 포함하여 심해파장의 1/2이하의 깊이의 등심선을 그린다. 이때 1과장정도 이하의 불규칙성은 무시하고 매끈한 등심선을 긋는다.

나) 깊은 바다물결의 주기 및 파향을 결정한다.

다) 각각의 등심선이 표시하는 수심에 대한 파속 C_1 과 C_2 와의 비를 구한다.

라) 눈대중으로 이 두 등심선의 중간 등심선을 긋는다.

마) C_1 의 등심선에 물결의 입사선 O, A와 중간등심선과의 교점 P'에서 AP'에의 수선 P'R를 긋고 P'R를 단위길이(=1)로 취한다.

바) R를 중심으로 하여 P'R $\times C_1 / C_2 = C_1 / C_2$ 의 길이를 반지름으로 하는 원을 그려서 P'점에서의 중간등심선에 접선과의 교점을 S로 한다. SR에 수직인선 P, B를 긋고 (AP'와의 교점을 P1 제2 등심선과의 교점을 B) AP=PB가 되게 한다. PB는 점B에 있어서의 파향선에 대한 접선 즉 점B에서의 파향이다. 이상과 같은 방법을 되풀이하여 연속적인 파향선을 그릴 수 있으나 그림 3-8에서 보는바와 같이 투명자를 사용하면 능률적이다. 즉 회전중심 R와 P와의 길이를 단위

길이 1로 취하여 눈금을 붙이고 P에서 RP에 수선을 그으면 된다.

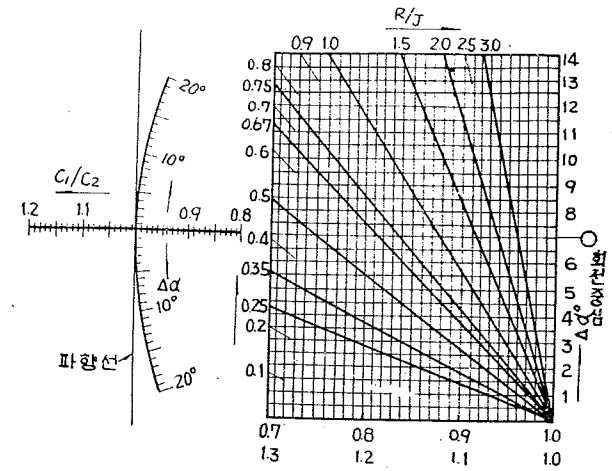


그림 3-8 R/J 와 C_1/C_2 도표 (굴절자)

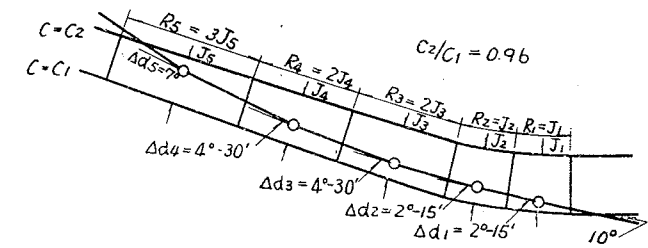


그림 3-9 α 가 80° 보다 큰 경우의 굴절

2) 입사각 α 가 80° 보다 큰 경우

가) 그림 3-9에서 보는바와 같이 두개의 등심선사이를 적당한 간격으로 나누어 그 각각의 구간의 중심점에서의 파고선의 변화를 구해간다. 이때 나누는 간격 R는 등심선간격 J의 임의의 배수로 한다.

나) α 가 80° 보다 크게 되는 등심선 사이에 대해서 C_2 / C_1 을 계산하고 이를 기입하여 둔다. (C_1 / C_2 이 아니다.)

다) 이 C_2 / C_1 을 사용하여 그림 3-8에서 분할된 구간의 중심에서의 파향선의 회전각 $\Delta\alpha$ 를 각 R / J의 값에 대하여 읽는다.

라) 파향선을 구간의 횡단선 사이의 중앙까지 연장 하고 자에 붙인 분도기를 $\Delta\alpha$ 만큼 앞은 등심선 쪽으로 굴절한 새로운 파향선을 그린다

마) 등심선에 대한 법선(法線)과 파향선이 이루는 각도(물결마루선과 등심선이 이루는 각도)가 80° 이하가 될 때까지 위의 방법을 되풀이 한

다. 이 방법은 오차가 생기기 쉬우므로 80° 이하가 될 때에는 곧 이 작도법을 중지하고 1)의 방법에 따라야 한다.

3) 주의사항

- 가) 물결의 주기는 진행과 함께 변화하지 않는 것으로 본다.
- 나) 물결은 미소진폭파이며 파속은 파장과 수심과의 함수로 본다.
- 다) 적용범위는 외해로 부터 쇄파선까지 이다.

다) 굴절에 의한 파고변화

굴절에 의한 파고의 변화는 다음과 같이 산정한다.

- 1) 소요지점을 포함한 두개의 파향선에 있어서 심해부에서의 파향선 간격 b_0 와 소요지점부근 전면에서의 파향선 간격 b 와 비의 제곱근(굴절계수 K_r)를 산정한다.

$$K_r = \sqrt{b_0 / b} \dots\dots\dots 3 \cdot 20$$

2) 굴절과 수심변화를 고려한 경우의 파고 변화는

$$H / H_0 = K_s \cdot K_r = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \frac{c_0 b}{c} \cdot \frac{b_0}{b}} \dots\dots\dots 3 \cdot 21$$

라) 회절에 의한 변화

물결이 산모퉁이(山甲) 방파제등과 같은 구조물에 의하여 차단될 때에는 그 선단부에서 회절현상이 일어난다. 이 회절효과는 회절도(回折圖)에 의해 산정한다.

회절도는 회절률 받은 파고와 입사파고와의 비(회절계수 K')로서 표시하고 또 방파제에 대한 관계위치는 실제의 거리와 파장의 비로서 표시하고 있다.

1) 반 무한 제방끝(半無限提防端)에서의 회절

반무한 제방끝에서의 회절계수는 그림 3-10 및 그림 3-11에서 구한다. 약들의 그림은 입사파의 진행방향과 반무한제방이 이루는 각이 45°~135°의 범위내에서 사용한다.

그림 3-10은 반무제한제방끝에서 10파장 이상의 경우에 사용한다.

그림 3-11은 반무한제방끝에서 10파장이내의 지점에 대해서 사용하라.

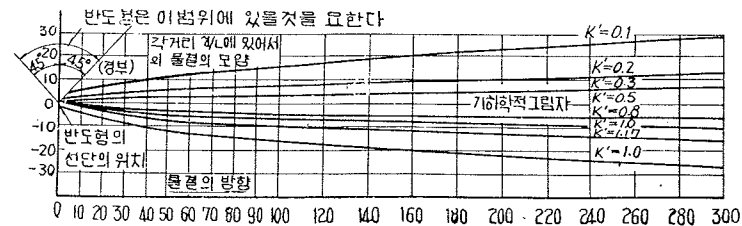


그림 3-10 반도형 선단부에 의한 회절 > 10 L

2) 열린구간(開口部)에서의 회절

가) 열린구간의 법선과 입사파와의 이루는 각도가 90°의 경우 이 경우의 회절계수는 그림 3.12 그림 3.21에서 구한다. 이들의 구간나비가 1 / 2L, L, 1.41L, 1.64L, 1.78L, 2L, 2.5L, 2.95L, 3.82L, 5L의 것이 있으나 열린구간나비가 다른 경우에는 내삽법(內插法)으로 구한다.

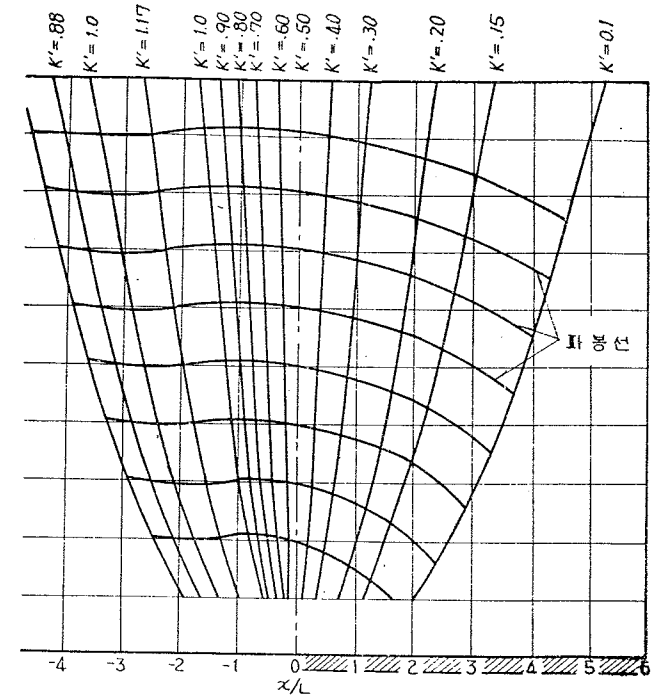


그림 3-11 반도형 선단부에 의한 회절 < 10 L

나) 열린구간의 법선과 입사파와의 이루는 각도가 90°이외의 경우 이 경우 그림 3.22에 표시한바와 같이 열린 구간 나비의 입사파향에 직각인 선상에 투영한 나비를 가지고 가상 나비로 하 그림 3-12~그림 3-21를 준용한다.

3) 주의사항

가) 반무한 제방 끝부분의 회절효과의 산정에 있어서 입사파향과 반무한제방과 이루는 각이 45°이하인 경우에는 회절의 영향을 고려하지 않는다.

또 135° 이상의 경우에는 차폐물의 안밖에서의 파고 및 파향은 같은 것으로 한다.

나) 열린구간의 회절효과의 산정에 있어서 열린구간나비가 5L 이상인 경우에는 반무한 제방의 회절인 경우로 보고 산정한다.

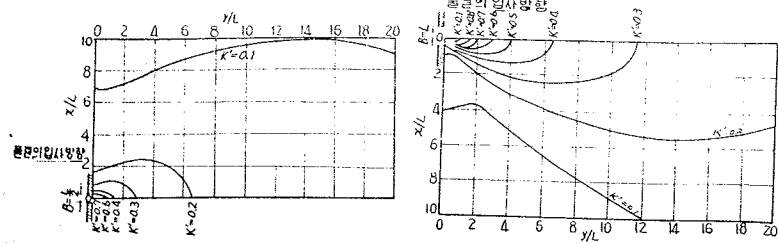


그림 3-12 열린구간에 의한회절 ($B=L/2$) 그림 3-13 열린구간에 의한회절 ($B=L$)

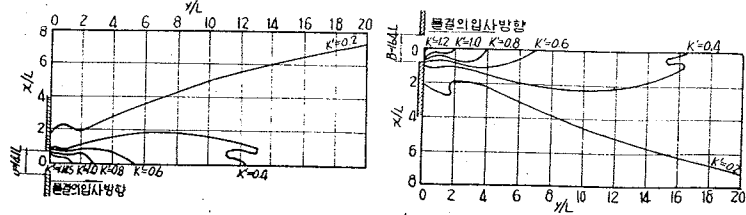


그림 3-14 열린구간에 의한회절 ($B=1.41L$) 그림 3-15 열린구간에 의한회절 ($B=1.64L$)

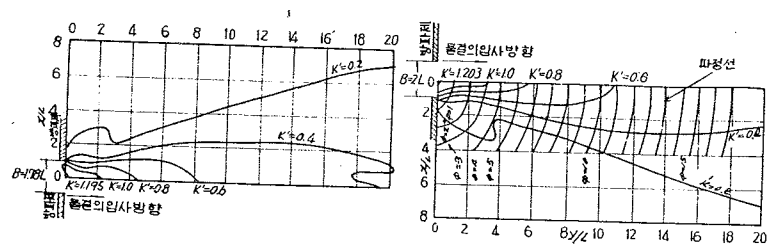


그림 3-16 열린구간에 의한회절 ($B=1.78L$) 그림 3-17 열린구간에 의한회절 ($B=2L$)

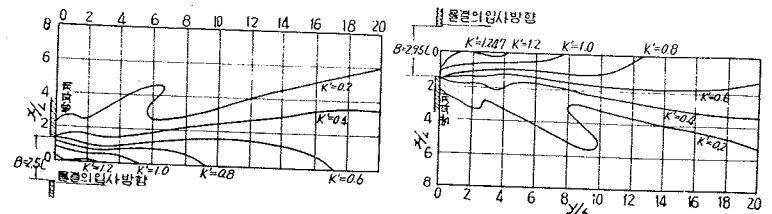


그림 3-18 열린구간에 의한회절 ($B=2.5L$) 그림 3-19 열린구간에 의한회절 ($B=2.95L$)

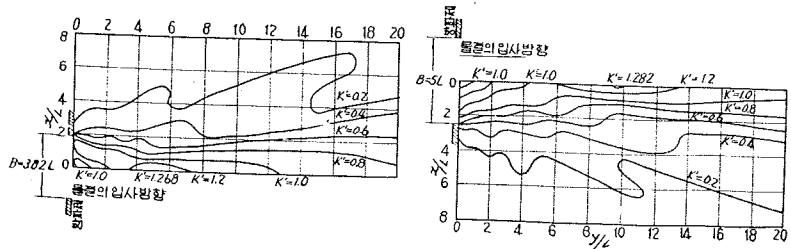


그림 3-20 열린구간에 의한회절 ($B=3.32L$) 그림 3-21 열린구간에 의한회절 ($B=5L$)

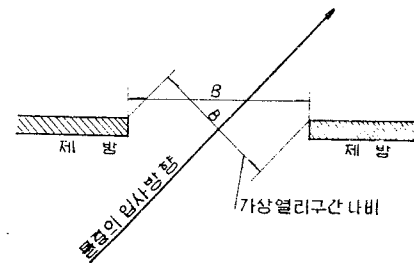


그림 3-22 가상열린구간 나비의 취하는방법

다) 섬같은것 (섬 산모퉁이(岬), 도제 (導堤)등)의 회절효과는 한글 또는 양단부를 각각 반무한 제방끝으로 보고 효과를 산정한다.

라) 수심이 일정하다고 가정한다.

마) 파장 및 주기는 물결의 진행과 함께 변화하지 않는 것으로 본다.

바) 방파제등은 직립강체 (直立剛體)로서 물결을 완전히 반사하는 것으로 본다.

(마) 굴절과 회절의 합성

방파제 도제 등의 바다쪽 및 육지쪽이 모두 평탄하지 않을 경우에는 회절과 굴절이 일어난다. 이러한 경우 다음과 같은 방법으로 파향 파고를 추정한다.

- 1) 제방선까지의 굴절도를 그린다.
- 2) 여기에서 해안쪽으로 3~4파장만큼 굴절을 고려하지 않고 회절도를 작성한다.
- 3) 2)에서 구한 회절도의 물간선에 가장 가까운 물결마루선으로 표시되는 파향을 사용하여 소요지점 또는 물결마루선까지 굴절도를 그린다.
- 4) 물간선에 가장 가까운 물결마루선의 파고와 새로운 굴절도에서 소요지점 또는 쇄파선에서의 파고를 추정한다. 회절과 굴절의 합성의 한계는 그림 3-23과 같다.

(바) 쇄파대 및 이 보다 해안선쪽의 변화

쇄파의 짜임새는 몹시 복잡하므로 모든 해안에 적용하거나 또한 정확한 결과를 줄수 있는것은 아니라 따라서 쇄파높이 쇄파깊이 쇄파 후의 파고변화등을 정확히 알기 위해서는 실측을 한다. 추정을 할 경우에는 그림 3.24에 따른다.

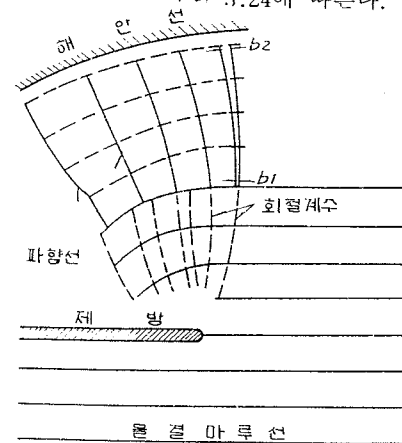


그림 3-23 굴절과회절의합성

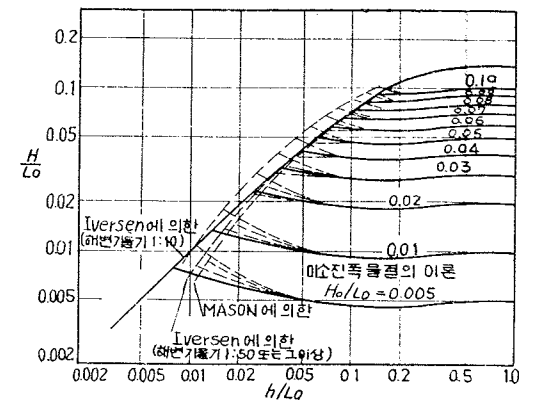


그림 3-24 물결에제원의변화

⑤ 방향분산

실제의 해안에 있어서의 물결은 꼭 같은 파향을 가진 물결의 집단은 아니며 주 방향에서 어느 각도만큼 기울어진 파향을 가지는 물결을 포함하고 있다. 따라서 특정한 경우에는 이 파향의 방향분산의 특성을 고려해서 주 방향보다 $\pm 15^\circ$ 의 범위내에서 가장 위험성이 있는 파향을 취할 필요가 있다.

⑥ 쇄파

(가) 쇄파의 분류

- 1) 감기는 물결(卷波) : 파형 기울기 H_0/L_0 가 작을때에 생기며 특이점(特異點)이 물결 머리에 생기며 곡면이 불연속으로 되어 크게 꾸불어지고 물결모양은 비대칭(非對稱)이 되어 앞면으로 감기면서 떨어진다. 일반적으로 바닷가에서 볼수있다.
- 2) 무너지는 물결(崩波) : 파형기울기 H_0/L_0 가 큰 때에 물결머리에 생긴 특이점에서 무너져 기포가 생기고 퍼어머넌트형 파형 그대로 점진적으로 부서진다. 이것은 일반적으로 깊은 수역에서 볼 수 있다.
- 3) 무너져감기는 물결(崩卷波) : 1)과 2)의 혼합형 이것은 1)과 2)의 중간형으로 공학상 가장 의미가 있는 것이며 제방 벽에 작용하는 쇄파는 일반적으로 이 쇄파형에 속한다.

(나) 쇄파조건

진행파는 다음과 같은 경우에 쇄파가 되는 것으로 본다.

- 1) 진행파의 파형기울기가 $1/6$ 이상이 되었을때
- 2) 수심이 그 지점에서의 진행파로서 파고의 1.5~2.0배 이하가 되었을 때 $(h)2H$ 일때는 중복파가 생긴다)
- 3) 물결의 진행방향과 반대방향으로 흐름이 있을 경우에 그 유속이 진행방향의 파속에 대해서 $1/4$ 이상이 되었을때

(다) 쇄파높이 및 수심

쇄파높이 및 쇄파수심은 그림 3.25에 의해 추정한다.

(라) 주의사항

(나) (다)의 쇄파한계의 결과를 2.1.1 다(3) ⑤에 사용할 경우 다음 사항에 유의하여야 한다.

- 1) 진행파의 쇄파한계는 규칙적인 일련의 물결에 대하여 얻은 결과이나 실제의 풍파는 극히 불규칙적이다. 예를 들면 $1/6$ 최대파고에 대해서는 부서지지 않아도 부서질수 있는 물결도 포함되어 있으며 $1/6$ 최대파고에 대해서 보면 $H/1/6 \approx 1.3H/1/6$ 이므로 $1/6$ 최대파에 비해서 약 1.3배나 깊은곳에서 부서지게 되는 등이다.
- 2) 쇄파점의 위치는 구조물의 존재에 따라 별로 변하지 않는 것으로 보이나 다소 영향을 받고 있는것으로 짐작된다.
- 3) 구조물에 작용하는 물결의 작용은 쇄파점을 경계로 하여 불연속적으로 변화하는 것이 아니고 급격하기는 하나 어그뉘이를 가지고 연속적으로 변화한다.

- 4) (나) 2)는 중복파에 대해서는 대체적으로 타당하나 쇄파의 한계에 대해서는 다소 지나친 제약을 준다. 즉 거의 완전한 중복파가 생기는 영역과 쇄파에 의해 강대한 파력이 생기는 영역사이에는 중간적인 영역이 있으나 이 중간적 영역도 쇄파영역에 들어갔다.

(3) 파력

① 파압의 판정

구조물을 어떤 수심이 있는 곳에 설치할 경우 그 앞면에서의 물결이 쇄파로서 구조물에 작용하는가 중복파로서 작용하는가의 판정은 다음과 같이 한다.

(가) 일반의 경우

구조물 앞면의 수심이 그 점에서의 진행파고의 2배이하일때는 쇄파로서 작용하고 2배 이상일때는 중복파로 작용한다.

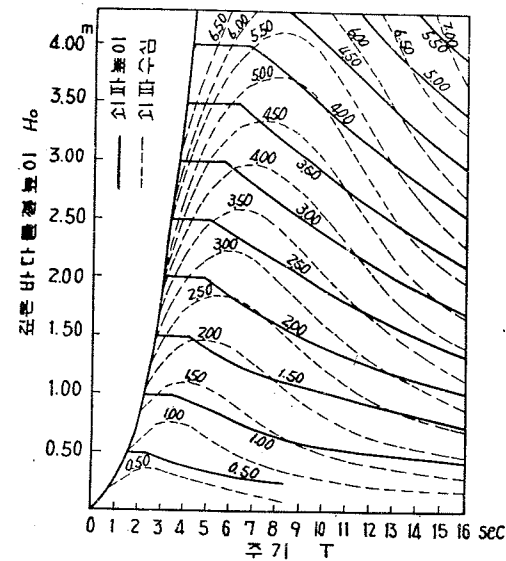


그림 3-25 쇄파수심 및 쇄파높이의 계산도

(나) 특별한 경우

- 1) 미니킨(Minikin) 공식에 따라 충격파를 산정할 경우에는 그림 3-25에서 쇄파한계를 결정한다.

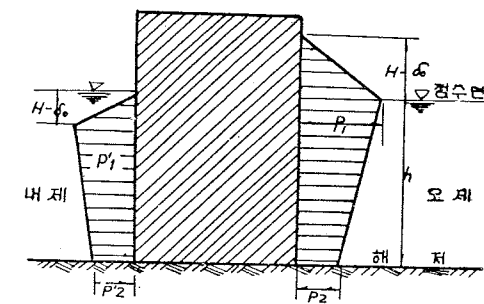


그림 3-26 중복파의 파압분포

- 2) 구조물의 설치위치가 설계파(깊은바다물결)의 쇄파수심(그림 3-25에서 판정한것) 보다 해안쪽에 있을 경우에는 그 지점의 수심의 0.9배를 파고로 하고 구조물에 쇄파앞으로서 작용하는 것으로 한다.

② 중복파의 파압(상프르(Suin flou)의 간략공식)

직립면에 작용하는 중복파의 파압은 다음식에 의해 산출한다.

(가) 별면에 물결마루가 있을 때

$$P_1 = (P_2 + Wh) \left(\frac{H + \delta}{h + H + \delta} \right) \dots \dots \dots (3.22)$$

$$P_2 = \frac{WH}{\cosh \frac{2\pi h}{L}} \dots \dots \dots (3.23)$$

$$\delta = \frac{\pi H^2}{L} \coth \frac{2\pi h}{L} \dots \dots \dots (3.24)$$

(나) 벽면에 물결골(波谷)이 있을때

$$P'_1 = W(H - \delta_0) \dots\dots\dots (3.25)$$

$$P'_2 = \frac{WH}{\cos \frac{2\pi h}{L}} (=P_2) \dots\dots\dots (3.26)$$

P_1 : 정수면상에서의 파압강도 (ton/m²)

P'_1 : 벽면에 물결골이 있을때의 정수면 아래 H- δ_0 에서의 파압강도 (ton/m²)

P_2, P'_2 : 구조물의 바닥에서의 파압강도 (ton/m²)

W : 해수의 단위중량 (1.03 ton/m³)

h : 구조물 앞면의 수심 (m)

H : 구조물 앞면에서의 진행물결의 높이 (m)

δ_0 : 물결높이의 중간면과 정수면 사이의 높이 (m)

L : 구조물 앞면에 서서 물결길이 (m)

③ 중북파의 전 수평력 및 전도 모우멘트 중북파(상플르의 간략공식)에 의한 벽의 단위길이에 대한 전 수평력 및 기초돌레에 대한 전도 모우멘트는 다음 식으로 산정한다.

$$F_{cr} = \frac{(h+H+\delta_0) \cdot (P_2+Wh)}{2} - \frac{Wh^2}{2} \dots\dots\dots (3.27)$$

$$M_{cr} = \frac{(h+H+\delta_0)^2 \cdot (P_2+Wh)}{6} - \frac{Wh^3}{6} \dots\dots\dots (3.28)$$

F_{cr} : 물결마루가 벽면에 있을때의 전수평력 (ton/m)

M_{cr} : 물결마루가 벽면에 있을때의 기초돌레에 대한 전도 모우멘트(ton/m²)

h : 구조물 앞면의 수심 (m)

H : 구조물 앞면의 물결 높이 (m)

δ_0 : 물결높이의 중간면과 정수면 사이의 높이 (m)

P_2 : 구조물 바닥에서의 파압강도 (ton/m²)

W : 해수의 단위중량 (1.03 ton/m³)

④ 중북파의 파압에 관한 주의사항

(가) 직립체의 앞면에 기초다짐공이 있을때의 파압공식(중북파, 쇄파)의 선택에 사용하는 수심은 h_1 을 취하고 중북파를 계산할 때의 수심은 h_2 를 채택한다. (그림 3.27 참조)

(나) 벽면의 물결골이 있을때의 알력은 제체의 육지쪽에서 바다쪽으로 작용하는 것이며 뒤에서부터 토압을 받는 제방, 호안등의 안전계산에는 (가) (나)를 동시에 고려한다.

(다) 제방공, 호안공, 배수문등의 강도를 검토할 경우에는 벽면에 물결마루가 있을때의 중북파압에 정수압을 가산한다.

(라) 배수문등의 안정에 관해서는 벽면에 물결마루가 있을때의 중북파압에 정수압을 가산한다.

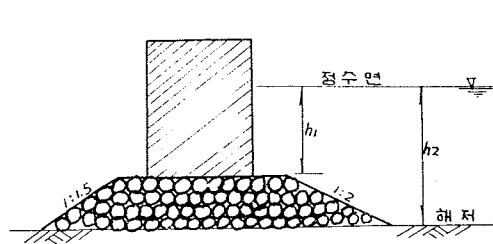


그림 3-27 앞면수심을 취하는 방법

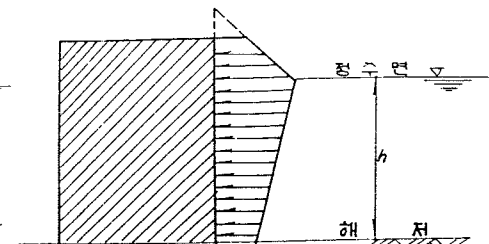


그림 3-28 제고가 수면상 H+ δ_0 보다 적은 경우의 파압분포

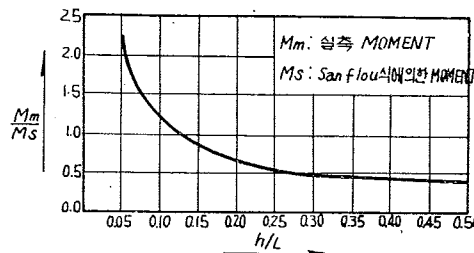


그림 3-29 중북파에 의한 전도 moment의 비교

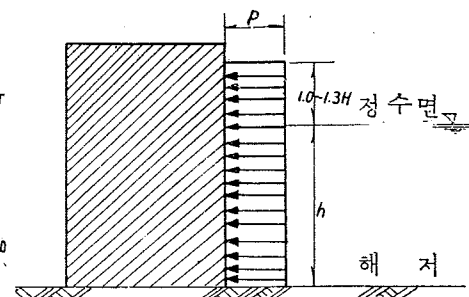


그림 3-30 허로이공식에 의한 쇄파의 파압분포

(마) 독높이가 정수면상 H+ δ_0 보다 얕을 때에는 그림 3-28과 같이 독높이가 충분히 높은것으로 하고 구한 파압분포에서 독마루에서 왼쪽 부분의 파압을 제외한 것을 취한다. 단 독마루가 정수면 이하일 경우에는 모형실험등으로 파압분포를 결정하는것이 좋다.

(바) 제체의 전도 모우멘트의 실측값과 상플르공식으로 계산한 값과의 비는 그림 3.29와 같다.

⑤ 쇄파의 파압

(가) 구조물 바로 앞에서 쇄파하는 경우

구조물 바로 앞에서 쇄파가 생길 가능성이 있을 때에는 다음의 "허로이 공식" "미니킹공식" "가또오공식"으로 추산한다.

1) 허로이공식(그림 3.30 참조)

$$P = 1.5 Whb \dots\dots\dots (3.29)$$

p : 쇄파에 의한 압력강도 (ton/m²)

W : 해수의 단위중량 (1.03 ton/m³)

b : 구조물 앞면에서의 물결높이 (m)

2) "미니킹공식" (그림 3.31 참조)

$$P_m = 102.4 W h_2 \left(1 + \frac{h_2^2}{h_1^2}\right) \frac{H}{L} \dots\dots\dots (3.30)$$

$$P_y = P_m \left(\frac{H-2y}{H}\right)^2 \dots\dots\dots (3.31)$$

$$P = W \left(\frac{H}{2} - y\right) \dots\dots\dots (3.32)$$

$$P' = \frac{H}{2} W \dots\dots\dots (3.33)$$

- P_m : 정수면에 생기는 최대충격압력 (ton/m²)
- P_y : 정수면의 상하 0~H/2의 범위내의 충격압력 (ton/m²)
- P : 정수면상의 정수압 (ton/m²)
- P' : 접수면하의 정수압 (ton/m²)
- H : 구조물 앞면의 수심 h₁에서의 진행파의 물결높이 (m)
- y : 정수면으로부터의 거리로서 0~H/2의 값 (m)
- h₁ : 구조물 앞면의 수심 (m)
- h₂ : 구조물바로앞의 수심 (m)
- W : 해수의 단위중량 (1.03 ton/m³)
- L : 수심 h₁에서의 물결길이 (m)

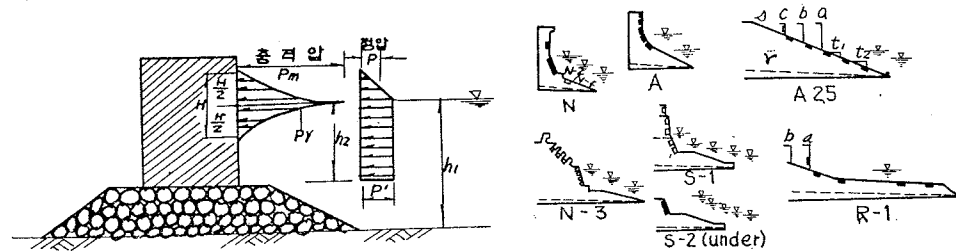


그림 3-31 Minkin 공식에 의한 파압분포

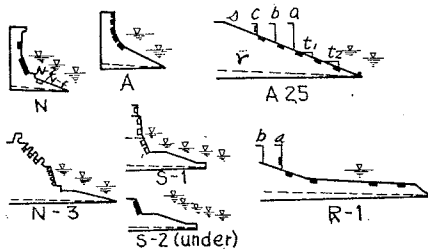


그림 3-32 제방모형 (가또오)

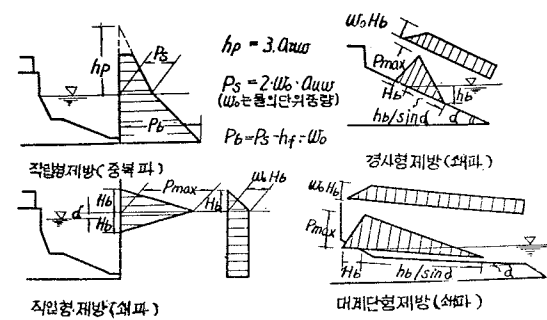


그림 3-33 파압분포 (가또오)

3) 가또오공식

$$\frac{P_{max}}{W} = \frac{n \pi h H}{L} \dots\dots\dots (3.34)$$

- P_{max} : 최대파압 (ton/m²)
- W : 해수의 단위중량 (1.03 ton/m³)
- π : 원주율
- n : 파압계수
- h : 독 비탈끝에서의 수심 (m)
- H : h에서의 물결높이 (m)
- L : h에서의 물결길이 (m)

이 식은 그림 3.32의 모형에 대해서 수리모형시험을 한 결과를 정리한 것으로서 파압계수 n은 표 3-5의 값을, 파압분포는 그림 3-33을 채택한다.

표 3-5 파압계수(가또오)

모형번호	파형구배	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
N - 1	1		←16,011→				←12,637→	
N - 2	2		←4,647→				←2,610→	
N - 3	3			←4,934→				←2,101→
A			←28,743→	←15,343→		←5,061→		
L _{0.4}		←98,708→		←46,219→				←7,035→
S - I		←85,689→	←43,779→			←16,393→		
S - II		←96,607→	←34,823→			←13,274→		
A _{2.5}	S	←19,576→				←3,502→		
R - 1 - b		←26,643→	←12,993→					←4,138→

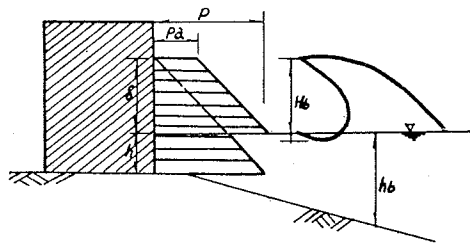
4) 주의사항

- 가) 제방, 호안, 배수문등의 바깥비탈의 피복공, 또는 앞면공(前面工)의 강도 검토를 할 때에는 정수압을 가산한다.
- 나) 국부적인 부재의 강도계산이나 어떤 특정 단면의 활동에 대한 안정계산의 경우에는 히로이 공식은 파소한 값을 나타내므로 미니킹 공식을 사용한다.
- 다) 상당히 광범위하게 제체에 작용하는 파압의 평균값을 구할 때에는 히로이 공식을 사용한다.
- 라) 독마루 높이가 정수면 이하일 때에는 파압공식을 사용하지 않고 모형 실험에 의한다.
- 마) 제체앞의 수심이 1.0~1.3H 이고 독마루 높이가 정수면에서 0.5H이상일 때는 미니킹 공식을 사용한다.
- (나) 구조물에 도달하기 전에 쇄파하는 경우
 - 1) 파압공식
 - 구조물이 불가선의 바다쪽에 있고 물결이 구조물에 도달하기 전에 쇄파가 되어 제체에 충돌하는 경우에는 다음식에 따라 파압을 산정한다.

(그림 3.34 참조)

$$Pd = \frac{wh_b}{2} \dots\dots\dots (3 \cdot 35)$$

$$P = W(h + \delta) \dots\dots\dots (3 \cdot 36)$$



- Pd = 중물물결에 의한 동수압(ton/m²)
- P : 정수압(ton/m²)
- W : 해수의 단위중량(1.03ton/m³)
- h_b : 쇄파수심(m)
- h : 구조물 바닥의 수심(m)
- δ : 쇄파의 정수면상의 높이=0.7H_o(m)

그림 3-34 구조물에도달하기전에물결이 부서지는 경우의 파압분포

2) 주의사항

가) 제체에 수평 이음매가 일체로 되어있지 아니한 경우 및 제체의 전도 등의 안전계산에는 미니킹 공식을 사용한다.

나) 필요에 따라 모형실험을 한다.

⑥ 양압력

직립면(直立面)을 가지는 T소물에 중부 파압이 작용하고 또한 직립부의 기초가 충분히 투수성인 경우의 양압력의 크기는 제체 앞바닥면에서 P_u(ton/m²), 뒷면에서 0이 되도록 삼각형 분포로 하고 이것을 정수시의 부력에 가산한다.

$$P_u = \frac{WH}{\cosh \frac{2\pi h}{L}} = P_z \dots\dots\dots (3 \cdot 37)$$

⑦ 파압의 보정

파향과 구조물의 법선이 수직으로 만나지 않는 경우에는 ⑤에서 산출한 쇄파의 파압은 다음 식에 의해 보정한다. 단, 벽면에 대한 모형실험에 의한다.

$$P'' = P \cos^2 \theta \dots\dots\dots (3 \cdot 38)$$

p'' : 보정한 쇄파의 압력강도(ton/m²)

p : ⑤에서 신정한 쇄파 압력강도(ton/m²)

θ : 물결의 주방향과 구조물의 비탈에 대한 수선이 이루는 각±15°의 범위내)으로 p''가 최대가 되는각.

⑧ 사석(捨石)으로 된 구조물에 작용하는 파력

(가) 정수면 부근의 사석중량

정수면 부근의 사석중량은 허드슨(Hudson) 공식, 이라바아렌(Iribarren)의 개량공식에 따라 구한다.

1) 허드슨 공식

$$W = \frac{r_r H^3}{k_d (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \dots\dots\dots (3 \cdot 38)$$

W : 피복사석 또는 이형(異型) 분록의 중량(ton)

r_r : 피복사석 또는 이형분록의 공기중에서의 단위중량(ton/m³)

S_r : 피복사석 또는 이형분록의 비중

α : 비탈면이 수평면과 이루는 각

H : 물결높이(제방앞면) (m)

K_d : 정수(표 3~6 참조)

표 3-6 표면피복석이 피해를 받지 않는 한계중량으로 되게 하는 K_d의 값(허드슨)

피복재료	n	방조제의 밑 부분		방조제의 윗 부분	
		쇄 파 시	비쇄파시	쇄 파 시	비쇄파시
등근 돌	2	2.1	2.6	2.0	2.4
"	13	2.6	3.2	-	-
모난 돌	2	2.8	3.5	2.7	3.2
"	13	3.4	4.3	-	-

n : 피복층의 수 쇄파시 : 월파가 적은경우, 비쇄파시 월파가 아주 없는 경우

(주) 쇄파하지 않는 경우에는 -Hm의 깊이까지 쇄파하는 경우에는 독마 루에서 독마닥까지의 전범위에 걸쳐 사용한다.

2) 이리바아렌의 개량공식

$$W = \frac{CK^3 r_r w^3 \mu^3 H^3}{(r_r - w)^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \dots\dots\dots (3 \cdot 40)$$

w : 피복사석의 중량(ton)

r_r : 피복사석의 공기중에서의 단위중량(ton/m³)

W : 해수의 단위중량(ton/m³)

U : 마찰계수(1.05)

H : 물결높이(m)

C : 계수 { 사석인 경우 1.0

모난 큰덩어리(方塊)인 경우 1.3

α : 비탈면이 수평면과 이루는 각

K : 비탈기울기 및 상대수심에 의해 변화하는 계수(표 3.7 참조)

표 3.7 표면피복석이 피해를 받지 않는 한계중량으로 되게하는 K'의 값 (이리바아렌)

비 탈 기 울 기	K'
1 : 1.25	0.0025
1 : 1.5	0.0080
1 : 2	0.017
1 : 2.5	0.028
1 : 3	0.036

3) 주의사항

가) 적용범위는 비탈기울기 1 : 1.25 ~ 1 : 4

나) 잘 다듬거나 또는 표면의 물림이 잘 되도록 할 경우에는 산출결과인 w를 30% 감한다.

다) 다소의 이동을 허용하는 경우에는 산출 결과인 w를 30~40% 감하여도 좋다.

라) 해안은 조위변동이 있으므로 단순히 정수면보다 물결높이 만큼 위 아래 부분에 대한 검토만 할것이 아니라 각 수위에 있어 일어날 가능성이 있는 파고에 대하여 중량을 산정하고 비교 검토한다.

(나) 깊은 부분의 피복적 중량

정수면보다 물결높이 만큼 아래의 점 이하에 있는 비탈에서의 피복석의 중량은 다음 식으로 구할 수 있다. H'를 식 3.40의 H에 대입하여 산정한다.

$$H' = \frac{\pi H^2}{L_0 \sinh \frac{2\pi h}{L}} \dots\dots\dots (3.41)$$

H' : 가상물결 높이(m)

H : 물결높이(m)

h : 산정하고자 하는 피복석 부분의 수심

L₀ : 깊은 바다물결 길이(m)

L : 수심 h일때의 물결길이(m)

L₀ 및 L는 그림 3-6 또는 굴절도(屈折圖)에서 구한다.

(다) 둑마루가 얇은 경우

제방높이가 얇아 둑마루를 넘어서 물결이 흐르는 경우의 피복석 콘크리트의 중량은 다음 식으로 구한다.

$$W = \frac{80r_r H^3}{(r_r - 1)^3} \dots\dots\dots (3.42)$$

w : 피복석 또는 콘크리트의 중량(kg)

r_r : 피복석 또는 콘크리트의 비중

(4) 물결의 기어올림 높이

① 추산방법

제방을 기어오르는 물결은 제방의 앞비탈 모양과 구조에 따라 변화하므로 중요한 제방에 대해서는 축척 1/5 정도로 모형실험을 하여 확인하는 것이 좋다.

기어올림 높이의 추산은 그림 3.35~3.44 및 다음 식에 의한다.

$$\frac{R}{H_{\frac{1}{2}}} = 8 \beta \tan \alpha \dots\dots\dots (3.43)$$

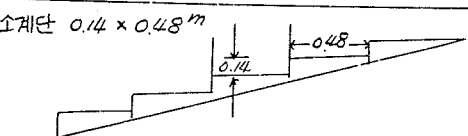
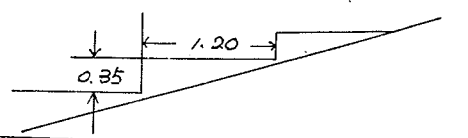
R : 기어올림 높이(m)

H_{1/2} : 제방 앞면에서의 유의(有義) 파고 (m)

α : 비탈면이 수평면과 이루는 각(Cot α = 3.5~8)

β : 계수(표 3-8 참조)

표 3-8 비탈조도(粗度)에 관한 계수

B	비	고
1.0	잘 정돈해	같은 돌 붙임
0.9	소계단 0.14 × 0.48 m	
0.89	대계단 0.35 × 1.2 m	
1.1~1.15	매끈한	비탈

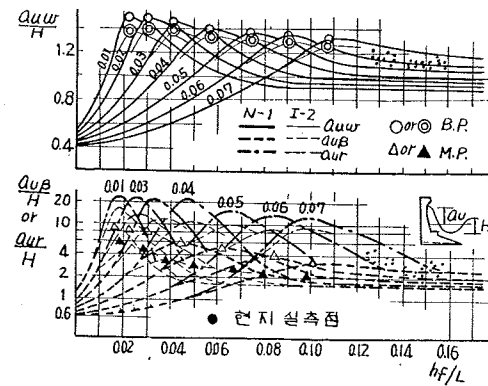


그림 3-35 물결의기어올림높이 (직립형제방 N-1&, I-2)

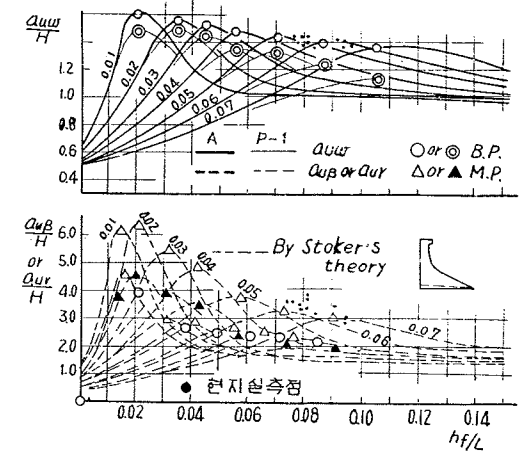


그림 3-36 물결의기어올림높이 (직립형제방 A&, P-1)

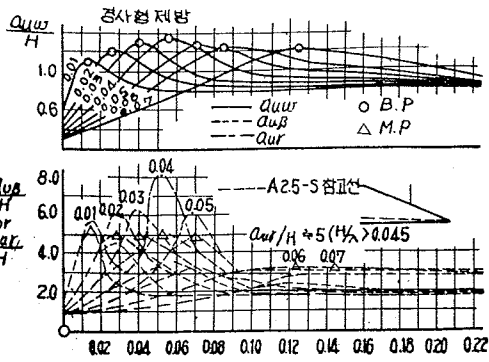


그림 3-37 물결의 기울림 (경사형제방 A_{2.5}-a)

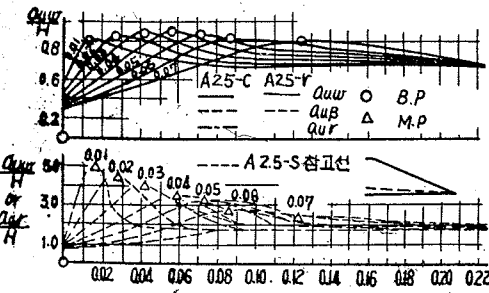


그림 3-39 물결의 기울림높이 (경사형제방 A_{2.5}-C & A_{2.5}-T)

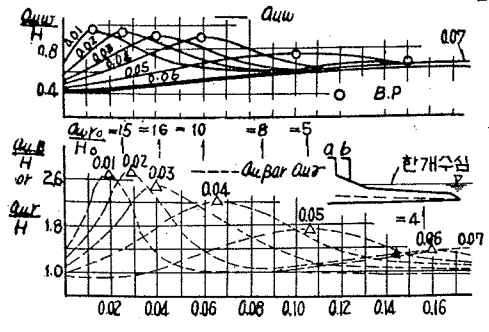


그림 3-41 물결의 기울림높이 (혼성형제방 R-1-a & R-1-b)

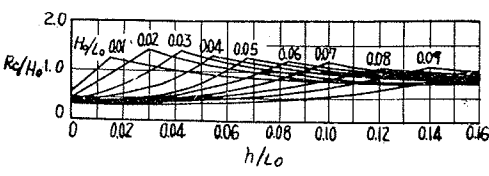


그림 3-43 직입제방에 대한 중돌높이

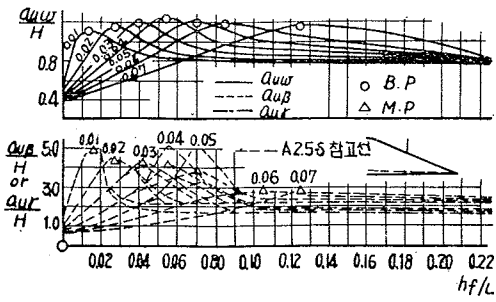


그림 3-38 물결의 기울림 (경사형제방 A_{2.5}-b)

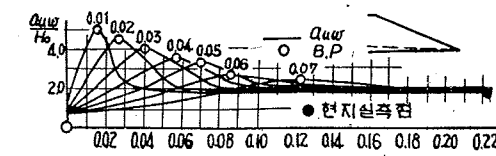


그림 3-40 물결의 기울림높이 (경사형제방 A_{2.5}-S)

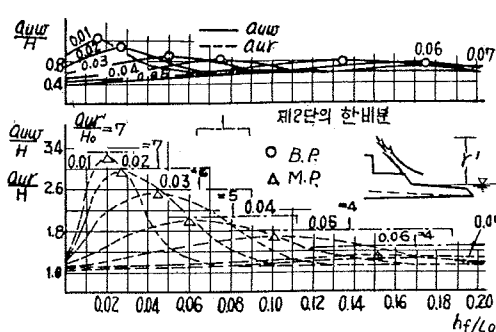


그림 3-42 물결의 기울림높이 (혼성형제방 R-2)

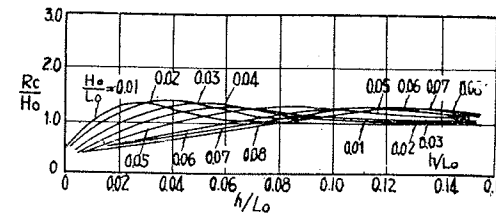


그림 3-44 1:10 기울기제방에 대한 중돌높이

② 주의사항

- (가) 그림 3.35~3.44는 1/10비탈면에 모형실험을 설치하여 구한 값임.
- (나) 그림 3.35~3.44의 파라미터는 파형기울기이다.
- (다) 그림 3.35~3.42의 모형도는 그림 3.32 참조
- (라) 그림 3.35~3.42에 대하여
 - 1) 월파선(실선) auw
 - 2) 약간의 바람이 넘는 선(파선) auβ
 - 3) 비말이 최고로 올라가는 높이(쇄선) aur

(마) 식 3.43의 적용범위는 $Cat \alpha = 3.5 \sim 8.0$ 파형기울기 0.03-0.07임

- 라. 조류
- 해안의 구조물을 설계하는 경우에 사용되는 조류는
- a. 파랑류(波浪流) 연안류(沿岸流) 이안류(離岸流)
 - b. 조석류(潮汐流)
 - c. 취송류(吹送流)
 - d. 하구류(河口流)

로 하고 그 주요 흐름의 유향(流向) 유속은 장기에 걸친 실측값에 따라 결정하는 것을 원칙으로 하나 (제 2 장 3 · 8 · 3 참조) 실측값이 없이 조류를 측정 할 경우에는 다음 방법에 따른다.

(1) 파랑류의 추정

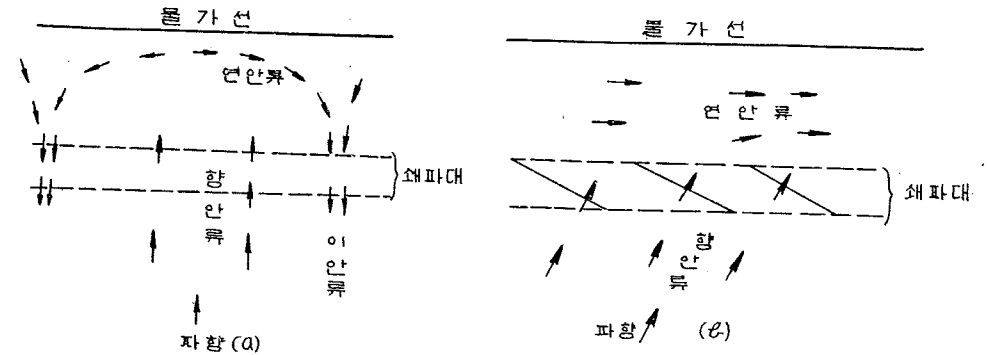


그림 3-45 해안의 흐름

해안에 직각방향의 파랑류(이안류)의 제원은 추산할 수 없다.

$$V = \left[\left(\frac{1}{4x^2} + y \right)^{1/2} - \frac{1}{2x} \right] \dots \dots \dots (3 \cdot 44)$$

$$x = \frac{646 H_b \cdot \cos \alpha_b}{T} \dots \dots \dots (3 \cdot 45)$$

$$\left. \begin{aligned} y &= C \cdot \sin \alpha \\ C &= \sqrt{2.28 g H_b} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3 \cdot 46)$$

V : 해안에 연(沿)하는 파랑류의 유속(m / sec)

H_b : 쇄파의 물결높이(m)

i : 쇄파선에서 물가선까지의 평균 바다밑 면 기울기(tan α)

α_b : 쇄파선에서의 물결마루와 물가선이 이루는 각(°)

T : 물결의 주기(sec)

g : 9.8 m / sec²

α_b의 값은 원칙적으로 굴절도에서 구한다.

여기서 등심선(等深線)이 직선이고 물가선에 평행한 해변에서의 α_b값은 그림 3.7~ 3.9 또 H_b의 값은 그림3.25에서 구할 수 있다.

(2) 취송류의 추정

$$V = \frac{0.0127}{U \sqrt{\sin \varphi}} \dots\dots\dots (3 \cdot 47)$$

V = 취송류의 유속(m / sec)

U : 풍속 (m / sec)

φ : 위도 (°)

취송류의 유향은 마찰심도의 1 / 10이하의 수심인 곳에서는 풍향과 일치 하는 것으로 생각하여도 좋다.

$$D = \frac{7.6}{\sqrt{\sin \varphi}} V \dots\dots\dots (3 \cdot 48)$$

D : 마찰심도 (m)

φ : 그 점의 위도 (°)

U : 풍속 (m / sec)

(3) 조석류의 추정

① 대단히 긴 동일수심을 가진 조석류 조류와 파랑이 자유로히 물길에 따라 진행할 경우 유속은 만조시와 간조시에 최대가 되며 평균해면에서의 유속은 0 이 되고 유향은 반전한다. 최대유속은

$$V = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{g}{h}} \dots\dots\dots (3 \cdot 49)$$

V : 조석류의 최대유속(m / sec)

R : 조위차 (m)

g : 중력가속도(m / sec²)

h : 물길의 평균수심(m)

② 동시에 조석류가 있고 수위차가 있는 경우

$$V = C \sqrt{2g (\xi - \xi')} \dots\dots\dots (3 \cdot 50)$$

V : 조석류의 유속 (m / sec)

g : 중력가속도(m / sec²)

ξ : 평균해면에서 측정한 높은쪽의 해면의 상승량(m)

ξ' : " " " " " " (m)

(단 해면이 평균해면 이하인 경우에는 -부호를 붙인다.)

c : 계수 해협이 길고 큰 경우 c < 1.0 해협이 좁고 짧은 경우 c ≈ 1.0

(4) 하구류

① 하구 밀도류(河口密度流)

(가) 하구부의 어느 단면에서 해수층을 완전히 배제하고 하상에 하천수를 접촉시키는데 필요한 하천류의 유속은 식(3.51)에 따른다.

$$V_c = \sqrt{\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} gh} \dots\dots\dots (3 \cdot 51)$$

V_c : 해수층을 배제하는데 필요한 하천류의 한계유속(m / sec)

ρ₁ : 하천수의 밀도(kg / m³)

ρ₂ : 해수의 밀도(kg / m³)

g : 중력가속도(m / sec²)

h : 소요단면에서의 전수심(m)

(나) 하천수의 유속이 한계유속에 달하고 염수의 쇄기가 정지하는 한계 조건에 있을 때의 염수의 쇄기의 길이는 식(3·52)에 의한다.

$$L = \frac{C_i^2 h}{g} \left[\frac{1}{5} \frac{\epsilon gh}{V_o^2} - 2 + 3 \sqrt{\frac{V_o^2}{\epsilon gh}} - \frac{6}{5} (\sqrt{\frac{\rho^2}{\epsilon gh}})^2 \right] \dots\dots\dots (3 \cdot 52)$$

$$\epsilon = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$$

L : 한계 조건에 있는 염수 쇄기의 길이(m)

ρ₁ : 하천수의 밀도(kg / m³)

ρ₂ : 해수의 밀도 (kg / m³)

g : 중력가속도 (m / sec²)

h : 소요 단면에서의 전수심 (m)

V_o : 무감소 구역의 하천유속 (m / sec)

C_e : 저항계수 (C_i² = 300.000 ~ 1.000.000)

② 감조호구(感潮湖口)의 흐름

하천이 호소 또는 저습지를 통하여 바다로 흐르는 경우 그 호구를 유지 하기 위하여 조위차에 의한 유출입수량을 이용한다.

이 때에 필요한 호구의 유황(流況)을 알려면 외해와 호수 내의 동시 수위 및 유속측정을 하여 호구의 수리 특성을 조사한다.

호구유속을 계산함에는 하천으로부터의 유입 수량과 외해 수위를 주어서 운동 연속 두 방정식을 만족시킬 수 있도록 수치 적분하여 얻을 수 있으나 하천에서의 유입수량이 호구의 감조류에 비해 무시할 수 있는 경우의 호구유속은 근사하게 다음 방식에 의해 구할수 있다.

호구유량 g, 풍수단면적A, 내외수위차Δh, 유량계수를 C 라 할 때 g = CA√2g Δh 로 주고 다시 호내의 수면을 수평으로 볼 수 있는 경우 즉수심 d' 퍼지는 거리ℓ, 조위차 ρ, 조석의 주기를 T 로 하여 다음 관계가 성립할때.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\pi t_2}{T} < 1 \\ t_2 \int_0^l \frac{dl}{\sqrt{gd}} = \frac{l}{\sqrt{gd'}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3 \cdot 53)$$

t_2 : 호구내에서 호내의 가장 먼 점까지 장파가 도달하는데 요하는 시간(hr)

l : 호구에서 가장 먼 점까지의 거리(m)

호내 평균수심을 d' (m)

외해의 조위차(m)일 때의 호수조위차 ζ' 는 다음 식으로 구한다.

$$\left. \begin{aligned} \zeta' &= \alpha \sqrt{1 + 2 \left(\frac{\zeta}{\alpha}\right)^2 - 1} \\ \alpha &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{ATCB \cdot g^{1/2}}{2S}\right)^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3 \cdot 54)$$

S : 호수 면적

B : 무차원정수 (=0.76)

임의 시간 t에서의 유속v는 다음 식으로 구한다.

$$\left. \begin{aligned} V &= \frac{2S \zeta'}{B A T} \text{Ain}^2 \frac{2\pi}{T} (t + \delta) \\ \delta &= \frac{T}{4} - \frac{T}{2\pi} \text{Coo}^{-1} \frac{\zeta'}{\zeta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3 \cdot 56)$$

이 식에서 최대유속 V_{max} , 평균유속 \bar{v} 는 각각 다음 식으로 구한다.

$$V_{max} = \frac{2S \zeta'}{B A T} \dots\dots\dots (3 \cdot 56)$$

$$\bar{v} = \frac{2S \zeta'}{A T} \dots\dots\dots (3 \cdot 57)$$

위 식에서 유량계수 C는 다음 식으로 계산한다.

$$C = [f_e \left(\frac{A}{A_e}\right)^2 + \sum f_n \left(\frac{A}{A_n}\right)^2 + f_o \left(\frac{A}{A_o}\right)^2 + \sum \frac{2gn^2 L}{R^{3/4}} \left(\frac{A}{AL}\right)^2]^{-1/2} \dots\dots\dots (3 \cdot 58)$$

f_e, f_o = 유입, 유출, 손실계수

f_n : 단면변화, 굴곡, 기타 각종 손실수두를 $\Delta h_n = f_n \frac{v^2 n}{2g}$ 로 표현하였을 때의 손실계수

L : 호구 물길의 구갑 길이 간

R : L인 구간의 경심

n : L인 구간의 조도계수

A : 호구 물길의 최소통수 단면적

A_e, A_o, A_n, A_l : 호구 물길의 유입구, 유출구, 기타 각 위치의 통수단면적

f^n : 보통 수리학에 표시된 값을 취함.

“예” 호수면적 $S = 3.6 \times 10^6 \text{m}^2$, 평균수심 $d' = 3 \text{m}$ 호구부터 최 원거리점까지의 거리 2,000 m인 호면이 평균통수단면적 $A = 30 \text{m} \times 3 \text{m} = 90 \text{m}^2$ 이며 길이 $L = 2,000 \text{m}$ 인 직선수로로서 외해와 연결되어 감조되어 있을 때의 호구수로의 유속을 구함 외해조차 $\zeta = 0.86 \text{m}$ 반일주기(半日週期) $T = 12 \text{hr}$ 수로의 조도계수 $n = 0.02$ 로 함

우선 근사계산의 적용 조건은

$$t_e = \frac{2,000}{\sqrt{9.8 \times 5}} = 286 \text{ sec}$$

$$\frac{2 t_e}{T} = \frac{3.14 \times 286}{12 \times 3,600} = 0.02 < 1$$

로 만족함.

유량계수 C는 경심 $R = \frac{30 \times 3}{30 + 3 \times 2} = 2.5$ 이므로 $f_e = 0.4, f_o = 1.1$ 로 하여

$$C = [0.4 + 1.1 \left(\frac{2 \times 9.8 \times 0.02^2 \times 2,000}{2.5^{3/4}}\right)^2]^{-1/2} = 0.41$$

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{90 \times 12 \times 3,600 \times 0.41 \times 0.76 \times \sqrt{9.8}}{2 \times 3.6 \times 10^6}\right)^2 = 0.196$$

따라서 호내의 조차 ζ' 는

$$\zeta' = 0.196 \sqrt{1 + 2 \left(\frac{0.86}{0.196}\right)^2 - 1} = 0.45 \text{m}$$

따라서 1조식간의 물길평균유속 \bar{v} 및 최대 유속 V_{max} 는

$$\bar{v} = \frac{2 \times 3.6 \times 10^6 \times 0.45}{90 \times 12 \times 3,600} = 0.83 \text{m / sec}$$

$$V_{max} = \frac{2 \times 3.6 \times 10^6 \times 0.45}{0.76 \times 90 \times 12 \times 3,600} = 1.09 \text{m / sec}$$

(5) 주의사항

① 해안의 조류

(가) 해안의 조류는 전술한 4 종류의 흐름 및 그 보류(報流)가 합성된 것이다.

(나) 조석 현상의 현저한 곳 및 해협, 물길, 호수의 수로 등에서는 조석류가 주가 된다.

(다) 강풍시에는 좁고 긴 물길, 해협등에서 취송류가 주가 될 때가 있다.

(라) 상당히 큰 하천의 하구 부근의 유수는 하구류(하천류 포함) 및 그 보류

에 따라 지배된다.

② 주린 흐름의 유향, 유속

(가) 표사의 주 이동방향 및 이동량은 당해 지역을 포함한 해안의 주린 흐름의 유향 및 유속에 의해 지배된다.

(나) 특정지역을 제외하고는 주린 흐름의 제원을 추정함에는 수로국 발행의 조석표의 조류속도를 사용한다.

③ 하구밀도류

(가) 하천수와 해수가 잘 혼합되지 않고 표층은 하천수층, 밑층은 해수층이 되고 그 사이에 약간의 얇은 하해(河海) 양수의 혼합층을 갖는 밀도류는 조석에 대해 하천량이 비교적 큰 경우 하천 나비가 수심에 비해 비교적 작을 경우에 많이 나타난다.

(나) 해수와 하천수가 비교적 혼합이 되어있고 하구의 선단부 부근에는 수직 방향으로 뚜렷한 밀도차가 있을 경우 밀도유가 생긴다. 이러한 형의 하구는 하천류에 비해 비교적 조위차가 큰 경우이다.

(다) 하구선단부에서 수직방향으로는 거의 염분의 차가 없고 상류방향으로 향해 점차 염분농도가 줄어가고 경우에도 밀도류가 생긴다. 이러한 형의 하구는 조석이 크고 하천유량이 적은 경우이다.

(라) 상당히 넓은 면적을 갖는 하구에서는 하도(河道)의 양쪽에 상당한 염분의 차이가 생기는 수가 있다. 또 유황(流況)도 그 양쪽에서 달라지는 수가 있다.

(마) 하구 끝에서 해수가 기어오르면 하천과 바다 양층의 경계면에 교란이 생겨 하천수 중에 함유된 부유토사는 하상에 침전된다. 또 외해의 부유토사도 하구부에 침전한다. 따라서 이들로 인한 하상의 매물을 방지하기 위해 한계유속 이상으로 하천유속을 증대시키는 방법 이외에 도류제(導流堤)의 설치, 하천 단면의 적정을 피하여 막는다.)

마. 해일

(1) 해일의 제원

구조물의 설계에 사용되는 해일의 제원은 다음과 같다.

해일의 주기.....T

파 장.....λ

전파속도.....C

파 고.....H

① 해일의주기

기왕의 해일 기록으로부터 추정한다. 만일 기왕의 실측한 기록이 없는 경우에는 인접지에서 조건이 거의 같은 장소의 실측 기록에 의해 추정한다.

② 해일의 파장

기왕의 해일의 파장 실측기록으로부터 결정하나 실측기록이 없는 경우에는 다음 식에 의해 추정한다.

λ = √gh · T (3 · 59)

λ : 해일의 파장 (m)

g : 중력가속도 (9.8 m / sec²)

h : 수심 (m)

T : 해일의 주기 (sec)

③ 해일의 전파속도

다음 식으로 산출한다.

C = √gh (3 · 60)

C : 해일의 전파속도(m/sec)

g : 중력가속도 (9.8 m / sec²)

해일의 근원이 해안에 가까운 경우에는 이 식을 적용할 수 없다.

④ 해일의 높이

해일의 높이는 관측지점이 분명한 기왕의 기록을 이용하여 다음 식에 의해 구한다.

H/H₀ = (b₀/b)^{1/2} (b₀/h)^{1/4} (3 · 61)

H : 소요지점의 해일의 높이 (m)

H₀ : 수심 h₀만의 나비 b₀인 지점에서의 물결의 높이

b₀ : 파고 측정지점의 만의 나비(m)

b : 소요지점의 만의 나비 (m)

h₀ : 파고측정지점의 수심 (m)

h : 소요지점의 수심 (m)

② 해일의 기어올림 높이

해일의 기어올림 한계는 다음 식에 의해 추정한다.

(가) 해안의 기울기가 1 : 30인 경우

R/H = 0.381 (H/L)^{-0.316} (3 · 62)

R : 정수면으로부터 측정된 해일의 기어올림 한계높이(m)

H : 임의점의 파고(m)

L : 파고 측정점에서의 파장(m)

(나) 해안의 기울기가 1 : 60인 경우

R/H = 0.206 (H/L)^{-0.315} (3.63)

③ 해일의 수평압력

구조물에 해일의 앞면이 충돌하였을 때의 수평압력은 다음 식으로 추정한다.

P = W/2 · H

P : 해일이 구조물에 작용하는 수평압력(ton / m²)

w : 해수의 단위중량(ton / m³)

H : 구조물 전면의 파고 (m)

바. 표사(標砂)

설계에 사용하는 표사는 표사물질의 조성(組成) 입도, 물결, 바람등의 자료를 기초로 하여 우세한 방향, 공급원 및 공급량 분포등을 검토하여 결정한다. 이를

위하여 제 2 장 3 · 8 · 4 의 방법으로 1 개년 이상(공급량의 추정은 3 개년 이상)의 계속 관측을 하여 그 결과에 따라 결정한다. 또 필요에 따라서는 모형 실험을 한다. (농지개발사업 설계기준 배수편 5 · 4 · 2 의 “라” 표사와 소류사 참조)

사. 여유높이 및 장기 침하

일단 합리적으로 축조된 독마루표고일지라도 현 단계에서는 절대적으로 신뢰할 수 있다고는 말할 수 없다. 따라서 개괄적인 여유 높이를 가산하게 되나, 이것은 배후지를 포함한 간척지의 규모등을 참작하여 고도의 안전도를 필요로 하는 경우에는 1.0 m 정도를 한계로 적절하게 결정한다.

장기에 걸쳐서 지반 또는 제체에 침하가 예상되는 경우에는 원칙적으로 이들의 값을 가산한 것을 득표고로 한다. 그러나 이들의 변화가 장기간에 걸쳐 일어나는 것이므로 건설공사에서는 공사완료후 3 년을 기준으로 하여 가산하고 그 이후에 대하여는 정도에 따라 더 쌓기를 할 것을 고려하여 둔다.

아. 독마루 높이의 결정

방조제의 독마루 표고(파라펫트, 흉벽 등이 있는 경우에는 그 마루높이)는 설계고조위에 다음과 같은 높이 및 여유 높이를 더 하는 것으로 하고 기초지반 또는 제체의 침하가 장기간에 걸쳐 계속되는 곳에서는 이들의 연년(永年) 변화량을 가산한다. 또 파라펫트등을 설치하는 경우의 흠쌓기 표고는 적어도 설계 고조위에 반파고(半波高)를 더한 값으로 한다.

- ① 파고가 충돌하는 경우 파고 × 1.0 ~ 1.3
- ② 파도가 기어오를 경우 파고 × 1.0 ~ 2.5 .

(1) 설계고조위

설계고조위는 원칙적으로 기왕의 최고조위로 하든가 또는 삭망평균 만조위에 기왕의 최대조위 편차를 더한 높이로 하고 제 3 장 2 · 1 의 가 방법에 따라 구한 것이다.

위의 어느 것을 택하느냐 하는 것은 양자의 값을 비교 검토하여 실측 기간 발생도수 간척의 규모등을 고려하여 결정한다.

(2) 충돌높이 및 기어올림 높이

충돌높이 및 기어올림 높이는 제 3 장 2 · 11의 방법에 따라 구하며 그 상하의 한계는 위의 범위 내에서 취한다. 즉 계산상 파고의 1.0 이하가 되는 경우에는 모두 1.0으로 하고 1.3 또는 2.5 이상의 경우에는 방조제의 바깥 비탈 피복공에 소단을 설치하는 등 비탈 모양 및 구조에 변화를 주어서 충돌 또는 올림 높이를 억제하든가 독마루 및 피복공의 구조를 강화한다.

(3) 파고

충돌높이 및 기어올림 높이를 상정할 때 사용하는 파도는 방조제 예정선 및 면(前面)에서의 파고 및 파장이다. 그러나 충돌높이 및 기어 올림높이를 결정하는 기초가 되는 실험값은 깊은 바다물결로 정리되어 있는 것이 많으므로 주의해야 한다. 산정할 때에는 우선 설계에 쓰인 깊은 바다물결(제 3 장 2 · 1 · 1)로 부터 굴절, 회절, 수심변화, 새파 도제(島堤)등의 영향을 고려하여 방조제 예정선 전면의 파도의 제원을 구하여 그 제원 또는 그것에

상당하는 깊은 바다물결의 제원으로부터 충돌높이 및 기어올림 높이를 구한다.

2 · 1 · 2 바깥비탈의 기울기

방조제 바깥비탈의 기울기는 원칙적으로 표 3.9에 따른다.

바깥 비탈의 기울기는 피복공의 종류를 비롯하여 제체의 재료 기초의 토질, 전면의 수심 시공법 등을 고려하여 결정하는 것으로 수직에서부터 평균 기울기 1.5 할 정도까지에 이르고 있으나 최근의 대규모 방조제는 더욱 완만하게 되어 가는 경향에 있다.

풍파가 큰 해리에서는 바깥 비탈에 나비가 넓은 소단을 만들어 파도의 에너지를 감쇄하든가 파력에 따라 기울기를 바꾸는 것이 좋다. 이 때 기울기의 변환점에 파력이 집중하는 경향이 있으므로 점차적으로 곡면을 이루게 하든가 그 부분의 구조를 강화하는 등을 고려한다.

표 3.9 바깥비탈 기울기

형 식	바깥비탈기울기
점 토 피 복 식	> 3.0
아스팔트 피 복 식	> 3.0
사 석 식	> 2.0
돌 불 임 식	> 1.0
콘크리트불록불임식	> 1.0
콘크리트 피 복 식	> 1.0
돌 쌓 기 식	0.3~1.0
반 중 력 식	0~0.5
부 벽 식	0~0.5
이 형 불 록 식	> 1.5

2 · 1 · 3 독마루 나비

독마루 나비는 원칙으로 다음 기준에 따른다. (단, 지형 등 조건에 의해 이에 따르지 않는 경우도 있다.

① 경사형의 경우

파라펫트(parapet) 공을 제외한 독마루나비는 3m 이상으로 한다.

② 직립형의 경우

콘크리트 부분(전면공)은 0.5 m 이상으로 하고 흠쌓기공의 독마루 나비는 5m 이상으로 한다.

월파의 침식을 고려하면 독마루나비가 넓은것이 유리하나 경제성도 고려하여 경사형에서는 독마루 부근에 작용하는 파력이 적으므로 3m 이상 직립형에서는 과거의 재해실례 등으로 도수(跳水) 월파의 낙하점을 될 수 있는대로 독마루에 있게 하는 것이 좋으며 5m 이상으로 한다.

또 독마루나비는 이밖에 침윤선과의 관계 방조제의 최종적인 모양 장래의 이용계획등을 고려하여 결정한다.

2 · 1 · 4 안비탈의 기울기

안비탈의 기울기는 원칙적으로 표3 - 10에 따르는 것으로 한다.

표3 - 10 안비탈의 기울기

형 식	안비탈의 기울기(1 : X)
점 토 피 복 식	2.0~3.0
아스팔트 피 복 식	2.0~3.0
돌 불 임 식	1.0~2.0
콘크리트블록피복식	1.0~2.0
콘크리트 피 복 식	1.0~2.0
돌 쌓 기 식	0.3~ 1.0
옹벽식(부벽식포함)	0 ~0.5

안비탈의 기울기는 기초지반 및 독의 재료 피복공의 종류 침윤선 등을 고려하여 결정하나 복식 잔척의 끝막이 제방의 안비탈은 바깥 비탈과 같이 취급한다.

또 독 높이가 높아지면 안비탈의 길이가 길어지고 비탈면의 안정이 나빠지므로 소단을 두는 것으로 한다.

소단은 과거의 실적 등에서 최대한 수직높이 5m 마다 두고 그 나비도 준공후의 유지관리, 수해방지에 편리하도록 적어도 1.5m 이상으로 함이 좋다. 소단을 도로로 이용할 경우에는 기능에 따라 적당한 나비를 갖도록 한다.

2 · 2 구 조

2 · 2 · 1 제체 흩쌓기

제체 흩쌓기는 방조제의 주된 일 이 되는 것으로 피복공, 기초공과 일체가 되어 외수의 침입을 방지하는 것이다. 따라서 기초지반의 지지력조사를 하여 파괴침하활동이 일어나지 않도록 하는 동시에 바깥비탈의 피복공 기초공과 일체가 되어 완전히 기초지반 위에 정착한 구조로 한다.

재래의 제체흩쌓기로서는 모래, 산흙, 개흙 등 부근에서 구할 수 있는 각종 토사가 사용되어 왔다. 이들의 용도는 다음과 같은 특징이 있다.

가. 산흙

- ① 산흙은 소규모의 특수한 경우를 제외하고는 대체로 비교적 값이 비싸다.
- ② 토질에 따라서는 수중에서 이토화하여 흩쌓기가 곤란하게 될 우려가 있다.

나. 개흙

- ① 수중의 개흙은 그 자체가 형체를 유지하기 어려울뿐 아니라 옆으로의 유동 또는 활동을 방지하기 위한 대책이 필요하다.
- ② 개흙은 건조되기 어렵고 급속하게 시공할 수 없으므로 오랜 공기가 필요하며 시공중의 손실토량도 많다.

다. 모래

- ① 흩쌓기내의 파잉수분을 제거하려면 어느 정도 특수성을 가진 재료가 좋다. 수중 공사에 모래를 쓰는 것은 곧 이 이유에서이다.
- ② 기초공 및 피복공과 일체가 된 모래는 극히 강한 것이나 흡출(吸出) 등에 의해 공동이 생겨 파괴된 예가 많다.
- ③ 샌드펌프에 의해 대량의 모래를 경제적으로 단기간에 시공할 수 있다.
- ④ 모래 그대로 장기간 방치하여 두면 풍식(風蝕)에 의한 손실은 상당히 큰 것이 된다.
- ⑤ 산흙, 개흙에 비하여 일반적으로 침투 수량이 많다.
- ⑥ 입경(粒徑), 다짐의 정도에 따라서는 퀵샌드(Quick Sand) 현상을 일으키는 경우가 있다.

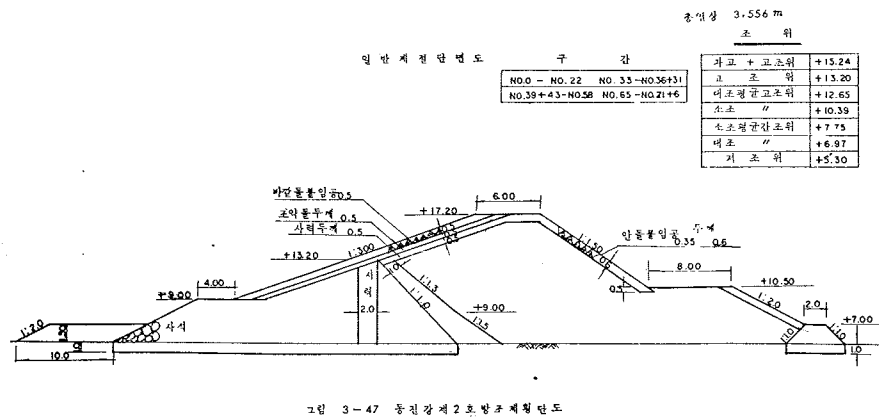
2 · 2 · 2 바깥 비탈면의 피복공(전면공)

바깥 비탈면의 피복공은 물결에 의한 침식, 토압, 양압력에 대해 충분히 안전한 구조로 한다. 비탈면에 작용하는 파압에 관한 연구는 많이 있으나 그것들은 거의 모형시험에 의한 연구이므로 각점의 파압분포의 상대적인 관계는 대체로 알 수 있으나 실제의 방조제에 대한 파압을 알 수는 없다. 가령 알 수 있다 하더라도 그것으로 곧 각 점의 피복공의 강도가 정해지는 것이 아니므로 피복공의 설계에는 경험적인 것이 되지 않을 수 없는 형편에 있다 피복공의 강도 또는 그 재료의 치수는 작용하는 파도의 성질 비탈면의 모양 재료등에 의해 시공소 마다 다음에 기술하는 구조를 표준으로 하여 결정한다.

피복공의 활동은 돌불임인 경우의 배내어임, 콘크리트 불임인 경우의 균열, 돌 불임이나 블록불임인 경우의 돌빠짐 등으로 피복공 전체 또는 일부가 내려앉는 수가 있다. 피복공을 지지하고 있는 것은 그 아래기층의 토사 조약돌의 피임과 비탈 끝의 밀다짐공의 일부이므로 1 : 2 ~ 2 : 3 과 같은 급한 비탈에서는 양압력을 받은 돌이나 블록이 뿔어나가거나 뜨거나 또는 썰물결로 인하여 끌려 떨어지는 수가 있다. 이와 같은 곳에 대해서는 비탈면에 소단을 설치하는 것이 효과적이다.

튼튼한 피복공이라도 영구적으로 견딘다는 것은 아니며 그 기능을 다하면서 한편으로는 외력에 의해 점점 약해져 가므로 늘 보수하고 강화시켜야 한다. 이 때문에 마모에 강하고 어느 정도 요성(撓性)을 가지며 수시 부분적인 보수를 할 수 있는 구조가 좋다.

가. 사석식



샌드 아스팔트, 샌드 마스터 아스팔트, 아스팔트, 매트레스로 분류되며 아스팔트 콘크리트는 내구성을 샌드 아스팔트는 급속 시공을 샌드 마스틱 아스팔트 및 아스팔트 매트레스는 수중시공을 필요로 하는 경우에 사용한다.

일반적으로 아스팔트 혼화제는

- ① 요성(撓性)이 크고 방조제에 침하가 생기더라도 그것에 따라 침투하며 위험한 상태를 빨리 발견할 수 있다.
- ② 보수공사가 용이하며 파손개소를 깎아내어 같은 재료로 충분하게 접촉시킬 수 있다.
- ③ 현재 모래를 이용할 수 있으므로 비교적 싸게 시공할 수 있다.
- ④ 큰면적에 대한 빠른 시공이 가능하다는 등의 이점이 있는 반면 아스팔트 피복은 전단이나 인장응력이 적은 결점이 있으며 이와 같은 것의 개량책으로 철근링(ring), 철망등에 의한 보강이 연구되고 있다.

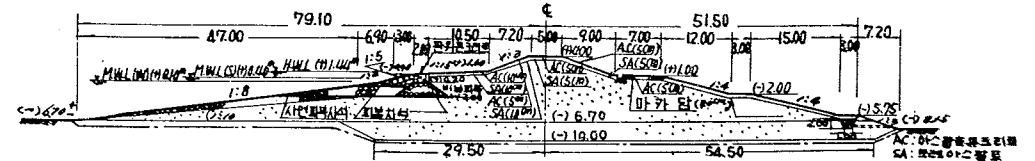
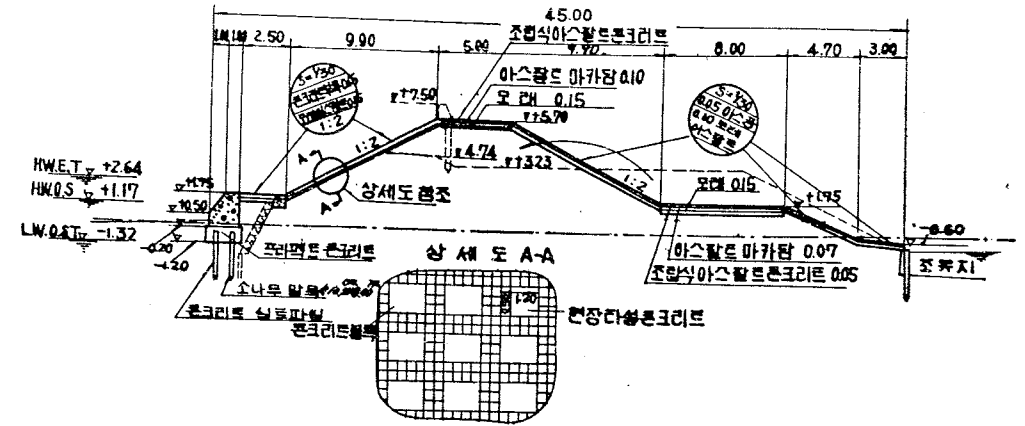
아스팔트 혼화제를 표면층에 사용할 경우에는 아스팔트 콘크리트를 사용하고 그 두께는 10~40cm가 필요하다.

샌드 아스팔트는 일시적인 피복공 또는 조석 물결이 닿지 않는 표면층에 사용하는 것 이외는 아스팔트 콘크리트 피복 또는 블록블임의 바닥층으로 하며 그 두께는 10cm 정도 필요하다 또 수중부분의 시공에는 샌드 마스틱 아스팔트를 사석 또는 불인 돌안에 흘려넣어 치밀한 층을 형성하든가 와이어를 그물모양으로 짜고 여기에 아스팔트 모르타르를 흘려서 와이어가 들어있는 매트레스로서 깎는다. 이 매트레스 공법은 수중부분이 피복공으로서 우수한 성질을 가지고 있다.

바. 돌쌓기식

돌쌓기식은 토입물들의 접촉부의 지압(支壓) 및 마찰력에 의해 받도록 하는 것이다. 방조제에서는 물결과 조석에 견디어야 하므로 특히 흡출작용 방지의 뜻에는 잘 쌓기로 하고 다시 뒷채움 콘크리트를 한다.

물가선에서 바다쪽으로 돌쌓기식 방조제를 축조할 경우 흙쌓기 및 돌쌓기공사를 병행하는 것은 어려움으로 돌쌓기공사는 단독으로 시공하고 돌쌓기의 견련과 뒷면사이에 속 채움을 하여 합장식(合掌式)으로 한다.



합장식의 속채움들은 서로 잘 물러있어서 전동(轉動) 침하 하기 어려운 모가 난 호박돌로서 50kg 정도의 것을 사용하는 것이 좋고 다시 그 틈에 자갈을 채우든가 적당한 높이마다 콘크리트를 쳐붙여 돌쌓기의 일체화를 도모한다. 돌쌓기식은 웅벽으로 보고 계산하므로 보통 뒷채움 호박들은 하부는 두껍게 하고 상부는 얇게하나 그 평균값은 50cm 이상으로 한다.

돌쌓기식은 잘쌓기로 하여도 시공상 수평방향에 출눈이 생기고 큰 파력을 받는 방조제에서는 이것이 약점이 되는 수가 있으므로 이 공법을 채택하려면 세심한 주의 필요로 한다.

사. 반 중력식

방조제에서는 순수한 중력식이 아니고 시공과정에 있어 체체 흙쌓기가 시공이 가능한 상태까지 될 수 있도록 하기 위한 반중력식이 있다.

이 형식은 시공중 큰 파력과 정수압을 받으므로 호박돌 콘크리트로 하지 말고 보통 콘크리트로 하는 것이 좋다. 또 신축 이음때는 맞물림, 흠이음 등이 되도록 하고 더욱 체체흙쌓기의 흠출을 방지하기 위해 출눈에는 물막이 판을 넣고 다시 이음재를 채운다.

아. 부벽식

조를 파괴하는 일이 없도록 주의한다.

다. 현장타설 콘크리트 기초

기초공과 상부구조는 일체로 하지 않으면 안되므로 출눈은 동일개소에 두고 출눈에는 물막이판 출눈재를 사용하여 쌓은 흙의 흡출에 대비한다. 이 공법은 양호한 지반에서는 일반적으로 안전하고 확실한 공법이기는 하나 수중시공에 적합하지 않으므로 빠른 시공이 요구되는 수중공사에는 언제나 타당한 공법이라고는 볼 수 없다. 이 점을 개량한 것으로 프리캐스트 콘크리트를 이용한 것이 있으며 방조제에서는 이를 사용한 것이 많다.

다. 콘크리트 블록기초

이 공법은 수심이 비교적 깊은 경우에 사용하나 각 부력이 일체가 되어 블록의 접합부에서의 흡출작용을 방지하도록 블록의 물림에 유의함과 동시에 블록이 상층에 적어도 두께나 40cm 이상의 현장타설 콘크리트를 시공한다.

블록 1개의 중량은 안전상으로 보아서는 클수록 좋으나 시공중의 안정 및 운반을 고려하면 2~3 ton 정도가 좋다.

마. 셀룰라(Cellular) 블록기초

이 공법은 수심이 비교적 깊은 경우에 사용하고 설치한후 속채움을 하여 일체화한다. 속 채움에 콘크리트를 사용하면 콘크리트 블록기초와 다름이 없으나 큰 용적의 블록을 시공할 수 있는 이점이 있다. 또 속채움에 깻돌, 자갈 등을 사용할 경우에는 잘 채워서 표면을 콘크리트로 덮을 필요가 있다.

바. 사석기초

① 모래질 지반

사석은 수중시공에 용이하다는 이점이 있으나 제체 흙의 흡출방지가 곤란하다는 점 때문에 다른 공법으로 바뀌가고 있는 실정에 있다.

최근에 와서는 널말뚝등에 의한 여러가지 차단층이 고안되어 사용되고 있으나 시공방법등 문제가 있고 시험적단계에 있으므로 급후의 성과가 기다린다.

표층 사석중량은 허드슨(Hudson) 공식, 이리바렌(Iribarren)의 개량공식에 따라 결정하나 소요중량은 물을 얻을 수 없는 경우에는 샌드마크틱 아스팔트 공법으로 하든가 콘크리트블록으로 한다. 기타 물결의 영향을 받지않는 부분의 석재는 채취 및 시공상 가장 경제적이 되도록 한다.

② 연약지반

방조제의 급격한 침하를 방지하기 위해 기초나비를 넓혀서 하중을 지반에 넓게 분포시켜 단위지지력의 경감을 피하여 주로 수중시공의 편리와 밀다짐의 목적을 겸하는 것이다. 차단층을 두어 흙의 유실을 방지하도록 유의할 필요가 있다.

또 사석을 현저하게 두껍게 할 경우에는 연약지반이 치환된 상태가 된다.

따라서 하중을 장기에 걸쳐 서서히 가하는 것이므로 사석부분이 제체에 비하여 비교적 큰 경우에 적합하다.

이 공법은 우리나라에서는 옛날부터 사용하고 있는 것으로 석재 노동력이 손쉽게 구할 수 있어 가장 유리한 것으로 되어있다. 그러나 빠른 시공이 요망되는 오늘날에 있어서는 시공기계의 발달과 더불어 원거리에서 모래를 경제적인

로 운반함이 가능하므로 모래를 주체로 한 기초공을 채용하는 지구가 많아졌다.

사. 간모래 기초

제체하중에 따라 충분히 두꺼운 모래를 깔아 시공하면 뜯기초가 되므로 제체 전체로서의 압밀침하는 면치 못하더라도 파괴침하를 방지 할 수 있다.

이 경우 간모래층의 충분한 두께라는 것은 단위하중이 불량지반의 허용지지력이 하가 되도록 넓게 균등하게 분포 시키는데 필요한 충분한 두께를 말하는 것이다. 이때 불량지반에 작용하는 간 모래의 양만큼 증가하나 간모래 내부의 마찰저항의 증가가 지반의 지지력을 강조함과 동시에 제체바닥의 간모래가 카운 웨이트 역할을 하게 된다.

뜯 기초를 형성하는데 필요한 간모래의 두께는 50cm 정도라고 하나 기초지반 표층이 극히 연약한 장소에서는 시공판의 면에서 2m 정도의 치환을 하는 수가 있다.

아, 매트레스

매트레스는 토사사석등 영성한 재료로 되어있는 상부구조를 일체로 하여 연약지반위에 뜨게하기 위한 재료로서 하중을 균등하게 분포시키고 또 기초지반이 세굴되지 않도록 하기위해서 사용한다.

매트레스는 그 하부에 간 모래 상부에 사석등을 병용하는 것이 보통이다.

매트레스의 넓이는 되도록 넓게하며 방조제 바닥 전체에 걸쳐서 하중이 각 재료를 횡단방향으로 튼튼하게 연결시킨다. 이 때 연결부분에서 누수하는 수가 있으므로 양 끝을 모래 또는 진흙으로 충분히 피복한다.

자. 치환기초

이공법의 가장 완전한 형은 연약층을 완전히 제거하고 모래, 자갈 기타의 안정도가 높은 재료로 치환하는 것이다. 치환하는 두께는 준설기계의 능력에 따라 제한될 뿐만 아니라 공사비 면에서도 제약을 받으므로 실제에는 수면하 10m 정도로 끝낼 수 밖에 없다. 이 이상 두꺼운 연약지반에 치환공법을 사용하는 경우에는 물론이며 상층만을 치환할 경우에는 파괴침하를 일으키지 않는 깊이까지 치환한다. 그 깊이는 원형활동의 해법에 따라 구한다.

치환재료로서 가장 적당한 재료는 잔모래이다. 이것은 자갈 깻돌등에 비해서 쉽고 안전하게 시공할 수 있을뿐만 아니라 침투를 억제하기 위해서도 유리하다.

만일 이 모래에 다량의 점토가 함유되어 있을 때에는 치환효과가 적게된다. 연구결과에 의하면 점토 함유량이 20% 이하는 모래로서 취급해도 좋다고 한다.

모래의 채취가 곤란할 경우에는 호박돌, 조약돌 등을 사용하나 침투의 억제 및 제체재료의 흡출방침을 위해 틈매우기 차단층의 시공이 필요하게 된다.

차. 샌드드레인 기초

이 공법은 연약토층의 탈수를 촉진시켜 지반의 지지력을 강화 시키기 위해서 연약층안에 모래말뚝상태의 투수부를 설치하여 이것을 제체밖으로 이끌어내고 다시 하중을 실어 잔극수를 배제하는 것이다. 이 때의 말뚝의 깊이 지름 간격 재하속도는 정밀한 토질조사와 계산에 따라 결정한다.

유선용될 수 있도록 흙막이공 안에 오도록 한다.

흙막이공은 보통 현장타설 콘크리트, 칠쌓기 콘크리트 밀말뚝 콘크리트 채움 말뚝 콘크리트판 등으로 하고 특히 연약지반인 경우에는 사석공 침상공 등이 사용된다.

흙막이공의 지반위의 높이가 1m 를 넘을 때 또는 널말뚝 흙막이공의 경우는 토압이 적게 걸리도록 하기 위해서 수평부를 둔다. 또 월과의 우려가 있는 방조제에는 흙막이공에 이어 사석등을 시공하여 기초지반의 세굴을 방지한다.

3. 안정계산

3·1 제체의외력에 대한 안정계산

제체의 단면은 정수압, 파력 양압력, 토압 등의 외력에 대한 안정계산을 하여 정한다.

제체의 외력에 대한 안정은 다음의 두 가지 사항에 따라 계산한다.

- ① 제체의 활동(滑動)
- ② 제체의 전도(轉倒)

제체의 외력에 대한 안정도 검토는 직립형의 제체에서는 앞면공에 대하여 계산한다. 파력, 양압력의 계산은 제 3 장 2.1.1. 다의 (3)의 방법으로 산정하고 토압은 3.1.3의 방법으로 계산한다.

3·1·1 활동에 대한 검토

단괴제(單塊堤)에 있어서는 기초부에 대해서 또 제체가 일체로서 작용하지 않는 구조로 된 제체에 대해서는 각 층마다 활동에 대한 안정계산을 한다.

활동에 대한 안전율은 1.2 이상이 되도록 한다.

마찰계수는 표 3.11과 같다.

표 3-11 마찰계수		마찰계수
종 류		
콘크리트와 콘크리트		0.5
콘크리트와 암반		0.5
콘크리트와 사석		0.6
사석과 사석		0.8

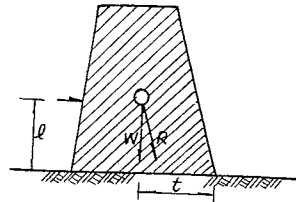


그림 3-53 단괴제단면

그림 3.53에서 표시한 바와 같이 단괴제의 활동에 대한 안정은 식(3.64)를 만족시키면 된다.

$$\mu W \geq F \cdot P \dots\dots\dots (3.64)$$

W : 부력 및 양압력을 뺀 제체중량 (ton)

P : 제체에 작용하는 동압 및 정압의 합력 (ton)

μ : 마찰계수

F : 안전율 (< 1.2)

불부쌓기 등의 경우는 불록 각 층에 대해서 같은 계산을 한다.

사석 중량은 $\mu=1.05$ 로 하여 산정하나 사석 상호간의 접촉면에 있어서의 활동에

대해서는 $\mu=0.8$ 로 한다.

3·1·2 전도에 대한 검토

단괴제에 있어서는 전 제체에 대해서 불록식등의 경우에는 각 층에 대해서 검토한다.

전도에 대한 안전율은 1.2 이상이 되도록 한다.

그림 3.53에 표시한 바와 같이 단괴제의 전도에 대한 안정은 식(3.65)을 만족시키면 된다.

$$Wt \geq FP\ell \dots\dots\dots (3.65)$$

t : W의 작용선이 제체의 밑면과 만나는 점에서 밑면의 끝까지의 거리 (m)

ℓ : 제체에 작용하는 파압의 합력의 작용점에서 제체의 밑면까지의 거리 (m)

F : 안전율 (< 1.2)

P : 제체에 작용하는 동압 및 정압이 압력 (ton)

불록쌓기 등의 경우에는 활동과 마찬가지로 검토한다

3·1·3 토압

가. 사질토의 토압

사질토의 토압은 다음과 같이 산정한다.

(1) 일반적인 경우

$$P \left\{ \gamma h + \frac{q \cos \theta}{\cos(\theta - \beta)} \right\} K \dots\dots\dots (3.66)$$

$$K = \frac{\cos^2(\phi \pm \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\delta + \theta) \left[1 \pm \frac{\sin(\phi \pm \sigma) \sin(\phi \pm \beta)}{\cos(\delta + \theta) \cos(\theta - \beta)} \right]} \dots\dots\dots (3.67)$$

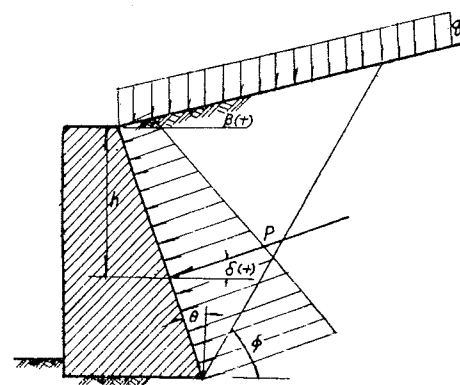
$$\phi = \frac{\pi}{4} \pm \frac{\phi}{2} + \frac{\theta}{2} - \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{BC \pm A \sqrt{B^2 - A^2 - C^2}}{B^2 - A^2} \dots\dots\dots (3.68)$$

$$A = \sin(\delta + \beta)$$

$$B = \sin(\theta \pm \phi) \cos(\delta + \beta) - \sin(\theta \pm \phi + \delta - \beta)$$

$$C = -\sin(\theta \mp \phi) \sin(\delta + \beta)$$

단 주동토압의 경우는 위 부호를 수동토압의 경우는 아래 부호를 취한다.



P : 토압강도 (ton/m²)

q : 단위 비탈면적당 등분포 적재하중 (ton/m)

ϕ : 흙의 내부마찰각(도)

r : 흙의 단위 부피중량 (ton/m³)

h : 지표면에서의 깊이 (m)

K : 토압계수

β : 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

θ : 벽면이 연직면과 이루는 각(도)

δ : 벽면과 흙과의 마찰각도(일반적으로 $\pm 15^\circ \sim 20^\circ$ 로 한다)

ϕ : 붕괴면이 수평면과 이루는 각도(도)

그림 3-54 응벽에 대한 토압분포

B₂: 이론상의 침윤선의 연장선과 바깥 수면과 교점

A : 제체 안 비탈면의 끝

C : 침윤선과 안비탈면과의 교점

d : A, B₂의 수평거리 (m)

h : 앞면수심 (A·B₂의 연직거리) (m)

a : A, C의 거리 (안 비탈면의 침출 부분을 표시함) (m)

Q : 안 비탈면과 기초 지반이 이루는 각

m : 바깥 비탈과 수중 부분의 수평거리(m) 라고 하면 기본 포물선은

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \\ y &= \sqrt{2xy_0 - y_0^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.75)$$

표시되며 위의 식은 그림 3~55에서 A 점으로 부터 연직거리 y₀인 점을 지나고, A 를 초점으로 하는 포물선이다.

이 포물선과 바깥 수면과의 교점을 B₂라고 하면 B₂ 점에서는

$$y = h, \quad x = d$$

또 d = 제체 밑 나비 0.7 × m 이다.

이 x, y의 값을 식(3.75)에 대입하면

$$y_0 = \sqrt{h^2 - d^2} - d \text{ (m)} \dots\dots\dots (3.76)$$

기본 포물선과 안 비탈면과의 교점 C₀는 포물선의 극좌표 방정식에서

$$P = AC_0 = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = a + \Delta a \text{ (m)} \dots\dots\dots (3.77)$$

실제에 있어서는 침윤선은 기본 포물선 보다 약간 내려가고 안비탈과 C 점에 서 만난다.

Ac = a, CC₀ = Δa, Ac₀ = a + Δa라고 하면

$$\frac{\Delta a}{\Delta a + a} = \frac{CC_0}{Ac_0} = r \text{가 된다.}$$

가사그랜드에 의하면 r은 각 α에 관계 되며 α가 커짐에 따라 r은 줄고 α = 180° 일때 r = 0이 된다. (그림 3.56 참조)

침윤선은 C에서 안 비탈면에 접선이 되도록 적당한 곡선으로 기본 포물선에 연결하고 또 B 점에서도 바깥 비탈에 직각인 짧은 곡선으로 기본 포물선에 연결한다.

나. 침투에 의한 안 비탈면 침식

침윤선이 제체의 안비탈면에 침출할 때에는 이 부분에 침투수에 의한 비탈면의 침식이 생기고 제방결괴를 유발하는 위험성이 생긴다.

전술한 방법으로 삭망평균 고조위를 외수위로 하여 침윤선을 그리고 만일 침윤선이 안 비탈면에 나타나는 경우에는 둑 마루를 넓게 하거나 안 비탈면의 기울기를 완만하게 하는 소단(Berm)을 설치하든가 또는 비탈끝에 적당한 드레인(drain)을 설치하든가 등으로 침윤선을 저하시켜서 위험을 방지할 필요가 있다. 드레인(drain)에는 제체 흙 쌓기와의 사이에 적당한 입도의 필터를 붙여야 한다.

다. 침윤선에 대한 예제

본 예제는 우리나라 서해안에 위치한 아산방조제의 침윤선의 두가지 경우를 수

특한 것이다.

일반 육지부의 댐에서의 침윤상태와 다른 점은 안쪽 저 수위는 정상 만수면에 비하여 바깥쪽은 간만조의 영향으로 다음의 두가지 경우를 생각한다.

- (1) 만조위에서 저수지 사수위 상태의 경우
 - (2) 저수지 만수 위에서 평균 저조위상태의 경우를 각각 계산으로서 설명한다.
- 전술한 바와 같이 아산 방조제의 경우는 일반 간척 농지조성을 위한 방조제 축조와는 달리 담수호를 만들기 위한것이므로 내측은 담수호로서 만수위 상태이고 외측은 간만조의 영향으로 수위가 항시 변하고 있다.

(1) 만조위에서 저수지 사수위 상태의 침윤선

(가) 이론 침윤선의 계산

그림 3~58에 의거

B : 바깥 비탈면과 해수면과의 교점

$$\widehat{BB} : 0.3 \text{ m} = 0.3 \times 22.5 = 6.75 \text{ m}$$

m : BD의 거리 22.50m

$$d = 6.75 + 33.60 = 40.35 \text{ m}$$

h : 4.42m

기본포물선의 방식

$$Y^2 = 2 Y_0 X + Y_0^2$$

$$Y_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d = \sqrt{40.35^2 + 4.42^2} - 40.35 = \sqrt{1628.122 + 19.536}$$

$$- 40.35 = \sqrt{1647.658} - 40.35 = 40.59 - 40.35 = 0.24$$

$$Y^2 = 2 \times 0.24x + 0.24^2 = 0.48x + 0.0576$$

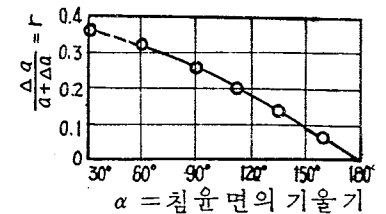


그림 3-56 가사그랜드에 의한 α와 r의 관계도

X	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	6
Y ²	-1.38	-0.90	-0.42	0.057	0.53	1.01	1.49	1.97	2.93
Y	-1.17	-0.94	-0.64	0.24	0.72	1.00	1.22	1.40	1.71

X	8	10	14	18	22	26	30	34	38	40.35
Y ²	3.8	4.85	6.77	8.69	10.61	12.53	14.45	16.37	18.29	19.42
Y	1.97	2.20	2.60	2.94	3.25	3.54	3.80	4.04	4.27	4.40

(나) 실제 침윤선

$$Y_0 = 0.24$$

$$a = \frac{d}{\cos \alpha} \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2} = \frac{40.35}{0.9487} \sqrt{\left(\frac{40.35}{0.9487}\right)^2 - \left(\frac{4.42}{0.9487}\right)^2 - \left(\frac{4.42}{0.3162}\right)^2}$$

$$\alpha = 18^\circ - 26'$$

α < 30° 이므로

$$\sin \alpha = 0.3162$$

$$\cos \alpha = 0.9487$$

$$\begin{aligned}
 &= 42.53 - \sqrt{1808.96 - 195.39} = 42.53 - \sqrt{1.613.57} \\
 &= 42.53 - 40.16 = 2.37\text{m} \\
 a + \Delta a &= \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = 0.241 (1 - 0.9487) = 0.24 / 0.0513 = 467 \text{ m} \\
 \Delta a &= 46.7 - 2.37 = 2.30\text{m}
 \end{aligned}$$

(2) 저수지 만수위에서 평균 저조위 상태

저수지 만수위 : 3.50 m

평균 저조위 : -4.42m

(가) 이론 침윤선의 계산

도면에서

$$n = \overline{AD} = 10.4\text{m} \quad h = 7.92\text{m}$$

$$A - A' = 0.3 \text{ m} = 0.3 \times 10.4 = 3.12\text{m}$$

$$d = 3.12 + 5.80 = 8.92$$

$$Y^2 = 2Y_0X + Y_0^2$$

$$\begin{aligned}
 Y_0 &= \sqrt{d^2 + h^2} - d = \sqrt{8.92^2 + 7.92^2} - 8.92 = \sqrt{79.56 + 62.72} - 8.92 \\
 &= \sqrt{142.28} - 8.92 = 11.92 - 8.92 = 3.00
 \end{aligned}$$

$$Y_2 = 2 \times 3 \times 3 + 3^2$$

$$Y^2 = 6x + 9 \text{ 에서}$$

X	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8.92
Y ²	-3	3	9	15	21	27	33	39	45	51	57	65.52
Y	-1.732	1.732	3	3.87	4.58	5.19	5.74	6.24	6.70	7.14	7.55	7.91

(나) 실제 침윤선

$$90^\circ < \alpha < 180 \quad \alpha = 153^\circ - 15'$$

$$\Delta a + a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = \frac{3.0}{1 - 0.898} = 28.0$$

$$C = \frac{\Delta a}{\Delta a + d} = 0.09 \quad \left\{ \begin{array}{l} C \text{ 값은 표에서 침출 경사각이} \\ 153^\circ - 15' \text{ 일때} \end{array} \right.$$

$$\Delta a = 28 \times 0.9 = 2.52$$

$$\therefore a = 28.0 - 2.52 = 25.48$$

3 · 2 · 2 침투량

제체로부터의 침투량은 포물선 침투류에 따른 방법 또는 유선망에 의한 방법으로 산정한다.

제체의 침투량은 다음에 기술하는 방법으로 산정하나 제체재료 및 기초 지반의 투수성은 같지 않으며 또 이들의 투수 계수의 추정은 복잡하므로 침투량의 정확한 산정은 곤란하다.

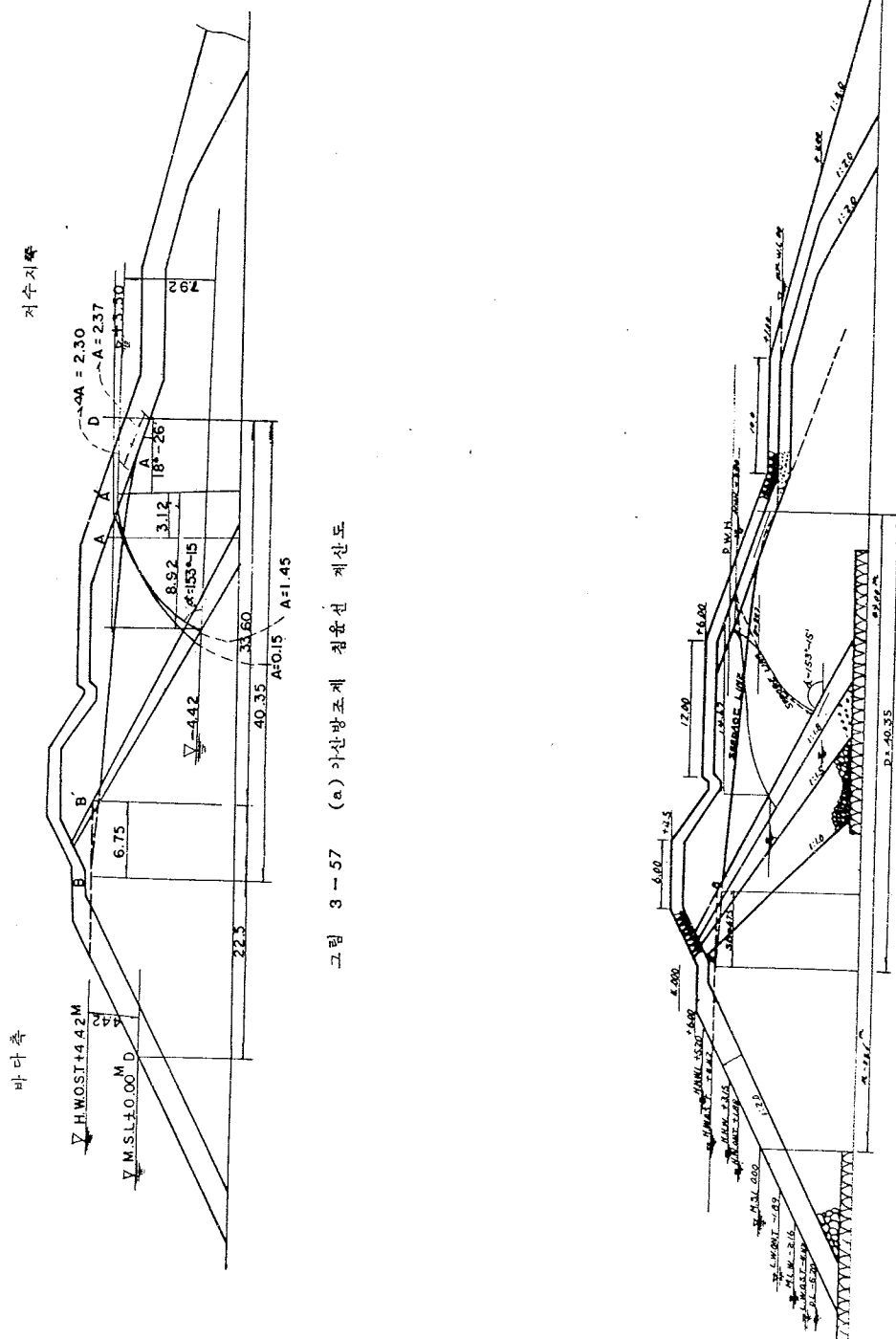


그림 3-57 (a) 아산방조제 침윤선 계산도

그림 3-57 (b) 침윤선도

가) 포물선 침투류에 의한 계산

(1) 제체가 균질이고 기초가 불투수성 지반일 경우에는 제체의 침투량은 식(3·78)로 산정한다. (그림 3·58 참조)

$$q = k y_0 \dots\dots\dots (3 \cdot 78)$$

q : 제체 단위 거리 당의 침투량(m^3 / sec)

k : 제체의 투수계수(m / sec)

식 (3·76)에서 $y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d$ (m)

또 안 비탈면 쪽에 수심 h_1 이 있을 때에는 그림 3·58에 표시한 바와 같이 표 BE_1 을 기본 포물선으로 하여 제방 1m 당 침투량 q 를 구한다.

$$q = k \frac{h^2 - h_1^2}{2L} (m^3 / sec) \dots\dots\dots (3 \cdot 79)$$

단, $\alpha = d - 0.7h_1 \cot \alpha$ (m)

h_1 : 안쪽수심(m)

(2) 제체가 균질이고 기초가 얇은 투수성 지반인 경우

식 3·79에 따라 산정한다(그림 3·59 참조)

$$q = k y_0 + k_1 \frac{h}{d} H (m^3 / sec) \dots\dots\dots (3 \cdot 80)$$

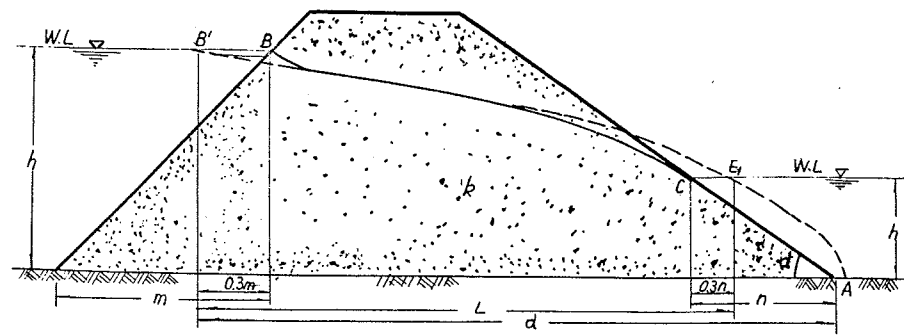


그림 3-58 제체가 균질로서 기초가 불투수성지반인 경우 (안쪽수심있음)

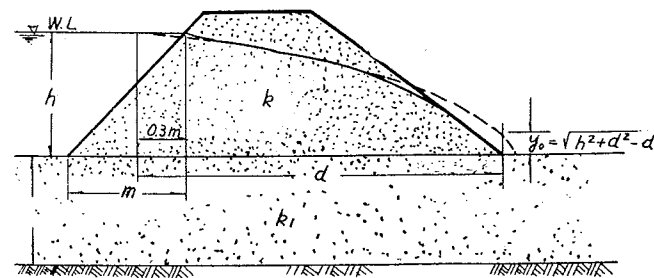


그림 3-59 제체가 균질로서 기초가 얇은 투수성지반인 경우

k_1 : 기초 지반의 투수계수 (m / sec)

H : 투수성 기초 지반의 두께 (m)

(나) 긴원(長円) 침투류에 의한 계산

제체가 불투수 재료이고 기초가 균질인 경우에는 유선의 형상을 긴 원형으로 가정하고 기초로부터 투수량을 식(3·81)에 따라 산정한다. (그림 3·60 참조)

$$q = \frac{k_1 (h - h_1)}{\pi} \text{Sinh}^{-1} \frac{H}{l/2} (m^3 / Sec) \dots\dots\dots (3 \cdot 81)$$

l : 제방의 밑 나비

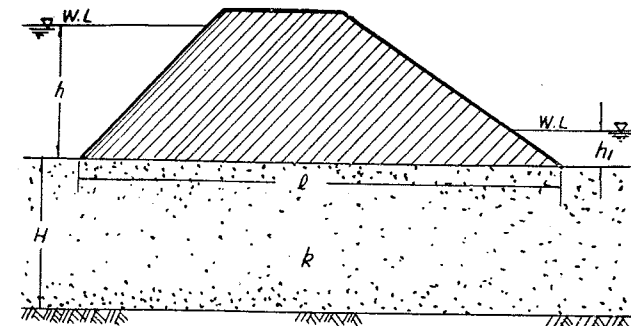


그림 3-60 제체가 불투수성이고 기초가 균질 토성인 경우

(다) 유선망에 의한 계산법

유선망을 구하기 위해 상당히 썩여 하나 제방의 형상이 복잡한 경우에는 전술한 근사해법을 사용하여 침투량을 산정할 수 없으므로 유선망으로 침투량을 계산한다.

그림 3·61에 표시한 바와 같이 도식해법 기타의 방법에 의한 시산 또는 모형실험 등으로 유선망을 그리고 유선간의 간격 a 를 등포텐셜선(Equi-Potential line)의 간격 b 와 같게 취하면 침투량은 식(3·82)로 산정한다.

$$q = k \Delta h \frac{H f}{Nd} (m^3 / sec) \dots\dots\dots (3 \cdot 82)$$

h_2 : 바깥 수위 (m)

h_1 : 안 수위 (m)

Δh : 안 밖의 수위 차, 즉 $h_2 - h_1$ (m)

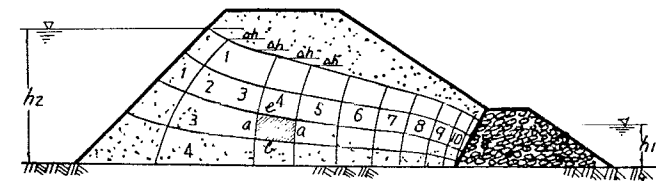


그림 3-61 제체의 구조가 복잡한 경우

- k : 기초 지반의 투수계수 (m/sec)
- q : 제방 단위 기리 당의 침 투량(m³/sec)
- Nf : 유선사이에 끼어있는 유수로(流水路)의 수
- Nd : 포텐살선 사이에 끼어있는 대상부(帶狀部)의 수

3 · 2 · 3 파이핑(Piping)

제체의 유효 나비는 파이핑에 대한 안정성을 고려하여 결정한다.
 제방이 파이핑에 대해 안전하기 위해서는 크리프비(Creep Ratio) C_c가 표 3 · 12에 표시된 값 보다 적어서는 안된다.

$$C_c = \frac{l}{hcr} \dots \dots \dots (3 \cdot 83)$$

C_c = 크리프 비(Creep Ratio)

l : 침투로장의 길이(m)

hcr : 최대수두 (m)

파이핑에 대한 안정의 검토는 삭망평균만조위 및 최소 침투로장(그림 3 · 62 에서의 hcr 및 l)에 대하여 검토한다.

표 3 · 12 제방의 크리프 비

제체또는지반흙의토질	C _c	비 고
실 트	9	토질은 제체 또는 지반흙중 투수성이 작은것을 취한다.
가 는 모 래	7.5	
굵 은 모 래	6	

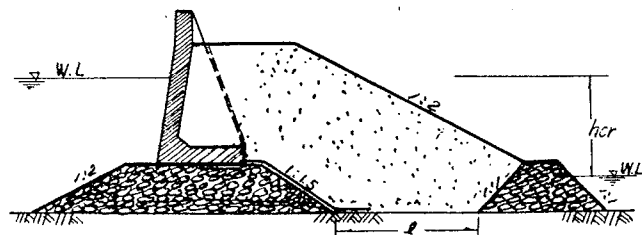


그림 3-62 크리프비, l 를 정하는방법

파이핑에 대한 계산에

그림 3-63의 아산 방조제 표준횡단면도의 파이핑 작용의 안전 여부를 검토한다.

- 사용공식 $C_c = \frac{l}{hcr}$
- C_c = 크리프 비(Creep Ratio)
- l : 침투유로 길이 m
- hcr = 내의 수위차 (m)

조위표고별, 지질별, 유로 길이 계산표

조 위 표 고	수두	필요유로 길 이			비 고
		중간 모래	작은 모래	이토전또는 극히작은모래	
+3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	대조평균만조위 : +4.42m (H. W. O. S. T)
+3.0	0.5	3.0	3.5	4.25	
+2.5	1.0	6.0	7.0	8.5	평균만조위 : +3.15m (H. H. W)
+2.0	1.5	9.0	10.5	12.75	소조평균만조위 : +1.88m (L. W. O. N. T)
1.5	2.0	12.0	14.0	17.0	
+1.0	2.5	15.0	17.5	21.25	평균조위 ±0.00m (M. S. L)
±0.0	3.5	21.0	24.5	29.75	
-1.0	4.5	27.0	31.5	38.25	소조평균저조위 : -1.89m (L. W. O. N. T)
-2.0	5.5	33.0	38.5	46.75	평균저조위 -3.16
-3.0	6.5	39.0	44.0	55.25	대조평균 저조위 : -4.43m (L. W. O. N. T)
-4.0	7.5	45.0	52.0	63.75	
-5.0	8.5	53.0	59.5	72.25	기준면 : -5.20m (D. L)
-5.5	9.0	57.0	63.0	76.5	
-6.0	9.5	60.0	63.5	80.75	

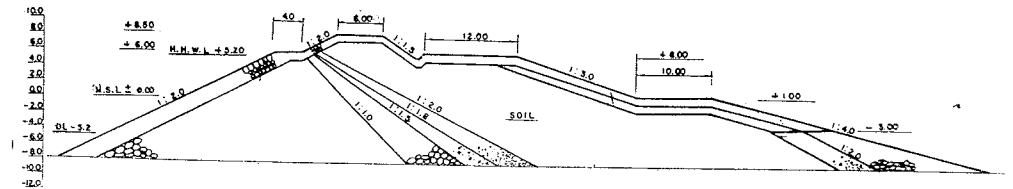


그림 3-63 경백지구 아산 방조제 표준횡단도

이상의 비교계산 결과 본 방조제의 기초 지반은 작은 모래와 중간 모래가 혼합된 상태로 하여 필요 크리프비(Creep Ratio)는 $C_c=6.5$ 로 보아서

필요유로 길이 $\ell=54.0\text{m}$ $hcr=7.50\text{m}$ (저수지만수위표고+3.50m 외해쪽 간조위를 -4.0 m로 하면)

$$C_c = \frac{\ell}{hcr} = \frac{54.0}{7.5} = 7.2 > 6.5$$

본 지구의 파이핑 작용의 안전 범위내에 있다.

3.3 지반의 지지력과 침하

연약지반 위의 제방은 지반지지력에 대한 안정조건 및 지반위의 압밀을 주된 원인으로 하는 침하에 대한 검토를 하여 설계한다.

지지력은 제방의 직접적인 안정에 대한 검토로서 취급하고 침하는 지반위의 변형을 대상하는 것으로 간접적인 제방안전 등의 검토를 위해 취급한다.

따라서 제방의 설계에 대해서는 각각 따로 검토해야 한다.

3.3.1 지반의 지지력(地盤支持力)

제방에 관한 지지력의 검토에는 조석현상에 의한 제체 유효중량의 변화 및 간척에 의한 경계 간극력의 변화를 고려해야 한다.

안정계산은 극한지역에 대해 개략의 검토를하고 기초 파괴에 대해 자세히 검토한다.

지지력에 대한 안전율은 적어도 1.2이상으로 한다.

간척제방과 같이 조위의 변동 또는 간척후에 안정조건이 변하는것에 대해서는각각의 시기에서의 가장 위험한 상태에 대한 안정의 검토를 해야 한다.

연약지반위의 제방의 안정에 대해서는 원형활동면법으로 기초 파괴의 검토를 하는 것이 일반적이다. 방조제는 일반적으로 극히 길이가 길고 또 지반의 흙의 강도가 축제 완료 후 시간의 경과에 따라 압밀에 의해 증가 되므로 다른 구조물에 비해 비교적 낮은 안전율을 취하고 있다.

이것은 시공 중 만일 파괴된다 하여도 시공 관측기록을 검토하여 설계의 부분적인 수정을 하는것이 경제적이라고 생각되기 때문이다.

따라서 극히 중요하고 길이가 짧은 제방 또는 시공관리가 곤란하다고 인정되는 것에 대해서는 안전율용 1.5 이상으로 하는것이 좋다.

가. 극한지지력의 산정

극한 지지력의 검토는 식(3.84)에 따라 산정한다.

$$q_d = \frac{2}{3} C N_c + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_g \dots\dots\dots (3.84)$$

q_d : 극한지지력(ton/m²)

C : 흙의 점착력(ton/m²)

γ_1 : 지반흙의 단위부피중량(ton/m³)

(수면하에 있을 경우는 수중 중량을 취한다.)

γ_2 : 기초하중면에서 윗쪽에 있는 지반 흙의 평균단위중량(ton/m³)

N_c, N_r, N_g : 그림 3.64에 표시한 지지력의 계수(내부 마찰각의 관수(關數))

D_f : 기초의 들어간 깊이 (m)

B : 기초의 나비 (m)

식(3.80)은 텔자기(Terzeghi)가 제안한 국부전단파괴(局部前斷破壞)에 대한 것으로 이 공식은 연속 확대기초(Footing)를 한것이므로 제방과 같은 구조물의 극한지지력의 산정에 적용하는 것은 반드시 적당하다고는 볼수 없다.

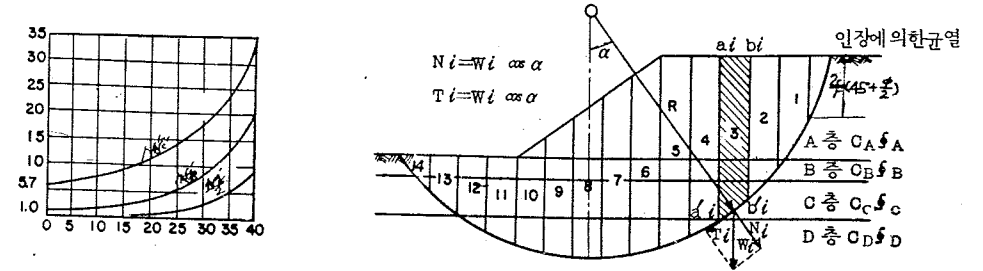


그림 3-64 ϕ 와 $N_c, N_g, \frac{N_r}{2}$ 와의 관계

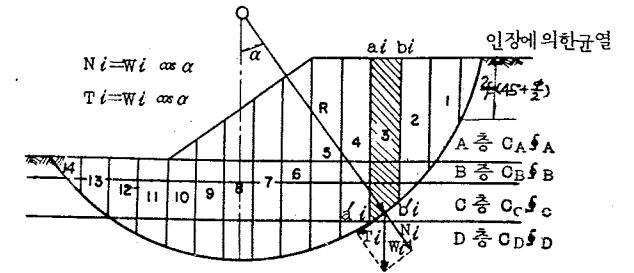


그림 3-65 슬라이스 방법

나. 기초 파괴의 검토

제방의 기초파괴에 대해서는 원형 활동면법으로 임계원을 구하고 안정 검토를 한다.

안정계산은 간척전에는 간조시 간척후에는 만조시에 대해서 한다.

점착력을 가지는 흙에 대해서는 인장에 의한 균열을 고려하여 안정검토를 한다.

(1) 원형활동면에 의한 안정계산

원형활동면에 대한 안정계산은 분할법 또는 마찰원법에 따라 하나 여기서 는 분할법으로 설명한다. (그림 3.65 참조)

활동면은 원형으로 가정하고 임의의 점 O를 중심으로 하여 임의의 반지름 R의 활동면을 그린다.

이 원호를 둘러 쌓인 부분을 몇개의 소구분으로 분할하여 분할부의 흙 덩어리에 작용하는 힘의 합력 W_i 의 소구분의 나비를 a_i, b_i 또는 원호의 길이 $a_i, b_i = \Delta l$ 로 하고 a'_i, b'_i 가 통과하는 흙층의 점착력을 C_i 내부마찰각을 ϕ_i 로 하면 소구분 a_i, a'_i, b'_i, b_i 의 흙덩어리의 O점 들레의 활동모우멘트 ΔM_f 및 이 활동에 저항하려고 하는 모우멘트 ΔM_r 는 다음과 같이 된다.

$$\Delta M_f = RT_i$$

$$\Delta M_r = R (N_i \tan \phi_i + c_i \Delta l_i)$$

따라서 전체 흙덩어리의 O점 들레의 활동 모우멘트 M_f 및 저항모우멘트 M_r 은

$$M_f = \sum \Delta M_f = R \sum T_i$$

$$M_r = \sum \Delta M_r = R \sum (N_i \tan \phi_i + C_i \Delta l_i)$$

가 된다. 안전율 F_s 를 활동모우멘트 M_f 와 저항 모우멘트 M_r 의 비라고 정의 하며

$$F_s = \frac{M_r}{M_f} = \frac{R \sum (N_i \tan \phi_i + C_i \Delta l_i)}{R \sum T_i} \dots\dots\dots (3 \cdot 85)$$

O 점에 대해 반지름을 여러가지로 바꾸어서 F_s가 최소값이 되는 R를 구하고 다시 중심의 위치를 바꾸어 같은 작업을 되풀이 하여 최소의 안전율을 나타내는 중심위치와 반지름을 구한다.

이들의 무수한 계산으로 구해진 최소값이 이제방의 안전율이며 최소의 안전율을 표시하는 원호가 임계원이다.

(2) 인장균열을 고려할 경우 점착력이 있는 제체재료를 사용하여 축제할 경우에는 그림 3·65에 표시한 바와 같이 지표면에서

$$h = \frac{4c}{r} \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots (3 \cdot 86)$$

의 범위의 활동면의 전단강도는 무시한다.
이것은 이 심도까지는 인장균열이 발생하기 때문이다.

(3) 간척후의 간극수압을 고려할 경우

간척후에는 지구배수로 인하여 내외 수위차가 생긴다. 이 때문에 경계 간극력의 변화에 따른 파괴 모우멘트의 증가 또는 저항 모우멘트의 감소에 의한 안전율의 저하를 검토해야 한다. 이 경우의 안전율은 근사적으로 다음 방법으로 구한다. (그림 3·66 참조)

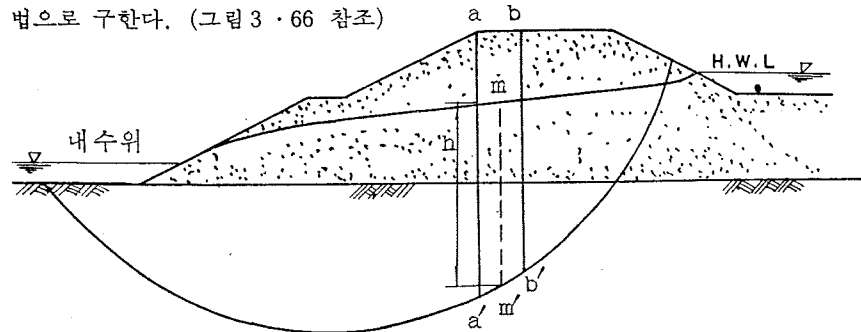


그림 3-66 간극수압을 정하는 방법

$$F_s = \frac{\sum (N-u) \tan \phi + \sum c \Delta l}{\sum T} \dots\dots\dots (3 \cdot 87)$$

이 경우 흙덩이의 중량에 대해서는 분력을 고려하지 않고, 그 법선방향의 분력 N 및 절선방향의 분력 T를 구한다.

μ는 간극수압이며 유선망으로 구하나 침윤선의 기울기가 비교적 완만한 경우는 그림 3·66에 표시한 바와 같이 소구분의 원호 a' b'의 중앙 m점에 세운 수선과 침윤선과의 교점을 m'로 하고

mm' = h 라고 하면

n = hr_w

단, γ_w는 물의 단위 중량 (ton/m³)으로 생각해도 실용상 지장이 없으며 또한 안전한 편에 속한다.

(4) 안전 계산상의 주의 사항

(가) 이 방법은 비교적 많은 시간과 노력을 요하나 소수의 활동면으로 계산을 하면 큰 잘못을 저지르게 된다.

(나) 흙의 성질이 깊이에 따라 달라질 경우에는 적당한 두께로 분할하고 그 사이의 평균값을 계산한다.

(다) 제방의 복잡한 경우에는 각부분에 대하여 임계원을 구할 필요가 있다.

(5) 방조제 비탈면활동에 대한 안전계산에

방조주 비탈면 활동에 대한 계산에는 아산 방조제의 경우를 소개한다.

1. 사용공식

사용공식은 다음과 같이 쿠우름(bloumb)의 방법에 의한다.

$$S.F = \frac{\sum (N - u) \tan \phi + C.L}{\sum T} \geq 1.5$$

N : 저항력 (Normal force) : w Sin α

T : 활동력 (Tangential force) : W Sin α

u : 간극수압 (Pore pressure)

C : 점착력 (cohesion) t / m²

φ : 내부마찰각 (internal friction angle)

L : 원호의 길이 (arc length) $2 \pi R \frac{\theta}{360}$

R : 활동원의 반지름 (Radius)

2. 토질시험값 (Earth material test)

비탈면 활동에 대한 계산의 정확성은 정확한 시료 채취와 정확한 시험값 응용에 좌우된다.

※ 토질시험치 (Earth material Test)

축 (Station)	시 료 번 호 (No. of Sample)	제 취 심 도 (depth)	지 항 력 치 (cone penetra- tion)	내 부 마 찰 각 (ϕ)	점 착 력 (csat)	단 축 치 (unconfined compression Test qu)	비 중 (specific gravity)	함 수 비 (Moisture content)	단 위 중 량 (unit weight)	투 수 계 수 (permeability)
No. 4	No. 4-1 No. 4-2	3.2-3.6 8.4-8.8	6.3-10.4 50-40.0	0°-00'	-	0.088	2.659	56.02	1.6534	-
No. 4L100	No. 4L100-1 No. 4L100-1	6.0-6.4 7.0-7.40	18-12.0 17-20.0	38°-00'	0.0	0.0224	2.616	50.07	1.6940	3.3×10^{-2}
No. 4LR100	No. 4R100-1 No. 4R100-2	1.4-1.8 9.2-9.60	3.5-3.7 30-70.0	10°-00'	0.34	-	2.661	40.17	1.6299	-
No. 7R50	No. 7R50-1	22-2.60	3.4-4.0	0°-00'	0.25	0.25	2.68	55.46	1.6991	1.38×10^{-2}
No. 10	No. 10-1 No. 10-2	2.4-2.8 7.6-8.0	3.0-9.0 50-55.0	0°-00' 45°-00'	0.126 0.000	0.15	2.686	46.93	1.6028	-
No. 10R 100	No. 10R100-1	3.6-4.0	19-18.0	10°-00'	0.035	0.288	2.661	32.40	1.9023	3.27×10^{-6}
No. BL50	No. 13L50-1 No. 13L50-2	3.4-3.8 5.0-5.4	2.88-5.76 12.95-17.7	0°-00' 0°-00'	0.25 0.20	0.43 0.50	2.670	38.57	1.7125	-
No. 16	No. 16-1 No. 16-2	4.6-5.00 9.5-9.90	6.0-10.00 60-80.0	32°-00'	0.120	1.520	2.697	36.10	1.746	2.83×10^{-7}
No. 16L100-1	No. 16R100-1 No. 16R100-2	1.4-1.80 8.5-8.9	1.8-2.0 55.5-35.0	39°-00'	0.0702	0.165	2.737	31.10	1.848	1.89×10^{-7}
No. 16L100-1	No. 16L100-1 No. 16L100-2	2.6-3.6 5.6-6.0	3.5-2.8 4.6-12.0	0°-00' 29°-00'	0.913 0.00	0.2716 0.387	2.668	51.88	1.6885	-
No. 17R50	No. 17L50-1	2.0-2.4	2.8-3.60	2°-00'	0.20	0.27	2.664	30.19	1.7363	-
No. 17R50	No. 17L50-2	5.2-5.6	4.6-19.0	4°-00'	0.10	0.14	2.666	60.20	1.660	1.81×10^{-7}
No. 33	No. 17R50-1 No. 33-1	4.4-4.8 2.2-2.6	4.6-5.4 3.6-4.6	3°-00' 0°-00'	0.20 0.10	0.50 0.24	2.739	40.40	1.840	6.55×10^{-7}
No. 20+40D 100	No. 20+40D100-1	6.8-7.5	3.6-4.6	25°-20'	0.06	0.0	2.70	31.70	1.754	1.37×10^{-7}
							2.678	1.40	1.920	6.75×10^{-7}
							2.717	30.2	1.827	

성토 재료 시험치(90% 도고)
Earth fill-soil (90% Compacted)

시 료 명 Sample	삼축전단시험(Triaxial Shear Test)				단 위 중 량 unit weight gr / cm ³	포 화 중 량 saturated unitweight gr / cm ³
	최 저 함 수 시 (opt;Mois- ture) content. ϕ	100%포 화 시 (100%sat- urated) ϕ sat	최 저 함 수 시 (opt;Moistu- recontent) co	100%포 화 시 (100%sat- urated) c sat		
시 료 B sampleB	30°-00'	33°-00'	0.24	0.005	2.083	2.149
시 료 C sampleC	22°-00'	25°-00'	0.18	0.135	2.035	2.101

※ 사용시험치

기초지반토 $\phi = 0^\circ - 00'$ $C_{sat} = 1.26t/m^2$ $r_{sat} = 1.7t/cm^3$

성토용 시료는 실지 수중 작업으로 인하여 포화되어 90%이상 도고가
기대하기 어려움으로 85%~87%정도에 도고가 가능하다고 보아 시험치를 아
래와 같이 수정하였음.

습윤시 $\phi_o = 22^\circ - 00'$ $C_o = 1.85t/m^2$ $r_t = 1.95t/m^2$

포화시 $\phi_{sat} = 22^\circ - 00' \times \frac{1}{4} = 16^\circ - 30'$ $C_{sat} = 1.35t/m^2$ $r_{sat} = 2.1t/m^2$

2. 안전계산

전술한 공식에 의거 안전계산은 그림 3.66에서 보는바와 같이 10개의
축에서 30개의 활동 원점을 가하여 계산하였다. (계산결과표 참조)

계산 결과에서 비탈면 활동에 대한 최소 안전율을 보인 3개의 활동원점
에 대하여 계산과정을 설명한다.

계산의 편의상 전술한 공식을 도표화해서 풀어가면 편리하고 능률적인
방법이 된다.

- $Y_{11} - Y_{11}$ 축상의 임계원점 0.2의 경우
- $Y_{14} - Y_{14}$ " " 0.3의 경우
- $Y_6 - Y_6$ " " O_3 의 경우

Y₁₁-Y₁₁ 축 O_{1,2} 인 경우

No.	A	r	W	T total	α		T		N		U		U tan φ	비 고
					sin α	cos α	w sin α	w cos α	P _A γ _w	P _A γ _w cos α				
2.80	1.95	5.46	5.46	36° - 30'	0.5948	3.247	0.8038	4.388	1.772	0.48	0.394	308.44 × 0.2962 = 91.359	비 고	
2.52	1.95	4.91	5.91	34° - 45'	0.5699	3.368	0.8216	4.855	687346 × 0.2962 = 203.591	8.00	6.784			
0.48	2.10	1.00	33.96	32° - 00'	0.5299	17.995	0.8180	28.798		16.80	14.832			
8.80	1.95	15.75	51.03	28° - 00'	0.4694	23.953	0.8829	45.054		24.00	21.924			
8.00	2.10	35.28	58.20	24° - 00'	0.4067	23.669	0.9135	53.165		28.80	26.974			
4.00	1.95	7.80	60.48	20° - 30'	0.3502	21.180	0.9366	56.645		29.20	27.996			
24.00	2.10	50.40	61.32	16° - 30'	0.2840	17.414	0.9588	58.793		29.60	28.839			
28.80	2.10	60.48	62.16	13° - 00'	0.2249	13.979	0.9743	60.563		32.80	32.393			
29.20	2.10	61.32	68.88	9° - 00'	0.1564	10.772	0.9876	68.025		34.40	34.238			
29.60	2.10	62.16	72.24	5° - 30'	0.0958	6.920	0.9953	71.900		32.40	32.396			
32.80	2.10	68.88	68.04	0° - 45'	0.0130	0.884	0.999	68.033		28.40	28.397			
34.40	2.10	72.24	59.64	0° - 45'	0.0130	0.775	0.999	59.634		23.60	23.489			
32.40	2.10	68.04	49.56	5° - 30'	0.0958	-4.747	0.9953	49.327		17.60	17.394			
28.40	2.10	59.64	36.99	8° - 45'	0.1521	-5.621	0.9883	36.527		10.40	10.152			
23.60	2.10	49.56	21.84	12° - 30'	0.2164	-4.726	0.9762	21.320		2.32	2.238			
176.0	2.10	36.99	4.87	15° - 15'	0.2630	-1.280	0.9647	4.698						
10.40	2.10	21.84	126.232					205.363						
2.32	2.10	4.87						91359						
Total														

점착력 (cohesion-force) 계산 R = 64.0m θ = 3° - 00' c
 C₁ L₁ = 1.8 × 6.28 × 64.0 × $\frac{3.0}{360}$ = 6.028
 C₂ L₂ = 1.35 × 5.28 × 64.0 × $\frac{52.5}{360}$ = 79.128 합계 85.150
 θ₂ = 52° - 30'
 ∴ SF = (205.363 - 91.359 + 85.156) / 126.232
 = 199.160 / 126.232 = 1.57772 > 1.5

Y₁₁-Y₁₁ 축 O₁ 인 경우

No.	A	γ	W	Total	α	T		N		N tan φ	U		U tan φ	비 고	
						sin α	w sin α	cos α	w cos α		P _A γ _w	P _A γ _w cos α			
11	0.125	2.10	0.262	0.262	45° - 45'	0.7163	0.187	0.6977	0.182	0.125	0.087	113.549 × 0.2962 = 33.610	비 고		
12	10.00	2.10	21.00	21.00	38° - 30'	0.6225	13.072	0.7826	16.434	10.0	7.826				
13	17.60	2.10	36.96	36.96	30° - 00'	0.500	18.480	0.866	32.007	17.60	15.241				
14	21.50	2.10	45.36	45.36	21° - 00'	0.3583	16.252	0.9335	42.343	21.60	20.163				
15	22.00	2.10	46.20	46.20	12° - 15'	0.2121	9.799	0.9772	45.146	22.00	21.498				
16	20.40	2.10	42.84	42.84	4° - 00'	0.0697	2.985	0.9975	42.732	20.40	20.349				
17	16.40	2.10	34.44	34.44	4° - 00'	0.0997	-2.400	0.9975	34.353	16.40	16.359				
18	10.40	2.10	21.84	21.84	12° - 00'	0.2079	-4.540	0.9781	21.361	10.40	10.172				
19	1.95	2.10	4.09	4.09	18° - 00'	0.3090	-1.263	0.9510	3.889	1.95	1.854				
Total							52.572		70.580						

점착력 (Cohesion-force) 계산 R = 28.0m, θ = 69° - 00'

C₁ L₁ = 1.35 × 2 × 3.14 × 28 × $\frac{69}{360}$ = 45.498
 ∴ SF = (70.580 - 33.160 + 45.498) / 52.572 = $\frac{82.468}{52.572}$ = 1.5688 > 1.5

Y₁₁-Y₁₁ 축 O₂ 인 경우

No.	A	γ	W	Total	α	T		N		N tan φ	U		U tan φ	비 고
						sin α	w sin α	cos α	w cos α		P _A γ _w	P _A γ _w cos α		
1	1.68	1.95	3.27	3.27	56° - 00'	0.829	22.710	0.5591	1.828	0.738	2.596	48.451 × 0.2962 = 14.351	비 고	
2	4.94	1.59	9.63	17.27	44° - 30'	0.7009	12.104	0.7132	12.316	115,216 × 0.2962 = 3,126	6.20			5.286
3	3.64	2.10	7.64	17.89	31° - 30'	0.5224	9.345	0.8526	15.253		8.10			7.509
4	2.50	1.95	4.87	17.89	31° - 30'	0.5224	9.345	0.8526	15.253		9.20			8.963
5	6.20	2.10	13.02	19.35	22° - 00'	0.3746	7.248	0.9271	17.939		8.40			8.373
6	1.20	1.95	2.34	19.61	13° - 00'	0.2249	4.410	0.9743	19.106		7.20			7.177
7	8.10	2.10	17.01	17.64	4° - 30'	0.0784	1.382	0.9969	17.585		5.20			5.076
8	0.15	1.95	0.29	15.12	4° - 30'	0.0784	-1.185	0.9969	15.073		2.90			2.702
9	7.20	2.10	15.12	10.92	12° - 30'	0.2164	-2.363	0.9762	10.660		0.88			0.769
10	5.20	2.10	10.92	6.09	21° - 15'	0.3624	-2.207	0.9320	5.675					
Total				1.84	29° - 00'	0.4848	30.552	0.8746	1.609		34.864			

점착력 (Cohesion-force) 계산 R = 13.40m θ₁ = 11° - 30' θ₂ = 87° - 00'
 C₁ L₁ = 1.8 × 2 × 3.14 × $\frac{11.5}{360}$ × 13.40 = 4.838
 C₂ L₂ = 1.35 × 2 × 3.14 × 13.4 × $\frac{87.0}{360}$ = 27.454 합계 = 32.292
 ∴ SF = (34.864 - 14.351 + 32.292) / 30.552 = 1.7283 > 1.5

※ 방조제 비탈면계산은 상기식에 의하여 저수지조위가 간조위일때 가장 위험한 상태 임으로 이경우를 계산하였음.
 그 결과 안전율 SF = 1.5634 > 1.5 로서 안전하며 안정도 계산결과 수위가 사수위 (E.L=0.00m) 로 급격히 하강하고 외제도 이에 대하여 검토하였으며 비탈 '사면활동은 30개를 가정하여 계산하였다.'

구분	입계전점	반경	활동점T	ΣN 톤	ΣU 톤	Σ(N-U) 톤	C×L	합계	안전율	비고
Y ₁ -Y ₁	D ₁	23.20m	53.972	123.754	40.920		55.910	138.744	2.5706	
"	D ₁	27.00	60.741	127.036	43.538		58.497	141.995	2.3377	
"	D ₁	30.50	58.730	125.973	41.435		58.574	143.112	2.436	
"	D ₁	34.00	59.192	127.714	41.122		58.710	145.302	2.454	
Y ₁ -Y ₂	D ₁	37.50	96.516	198.094	78.732		76.683	196.045	2.0312	
"	D ₁	41.20	98.071	190.391	73.651		77.782	194.522	1.9834	
"	D ₁	44.80	94.669	188.233	71.651		78.248	194.830	2.058	
Y ₁ -Y ₃	D ₁	41.30	137.461	274.299	119.111		88.994	244.182	1.7763	
"	D ₁	48.40	153.575	273.880	115.588		91.567	249.859	1.6269	
"	D ₁	55.60	140.281	268.699	114.695		93.401	247.405	1.7636	
"	D ₁	62.70	132.812	251.405	102.229		92.655	241.831	1.8208	
Y ₁ -Y ₄	D ₁	40.00	109.483	190.419	85.203		74.810	180.026	1.6443	
Y ₁ -Y ₅	D ₁	48.00	121.774	215.202	94.986		80.069	200.285	1.6447	
"	O ₁	56.90	127.599	236.318	103.485		99.063	231.896	1.8173	
"	O ₁	64.00	143.857	260.951	111.384		97.088	246.655	1.7145	
Y ₁ -Y ₆	O ₁	48.00	104.519	168.541	74.430		76.678	170.789	1.6340	
"	O ₁	56.00	114.096	186.305	83.762		80.666	183.209	1.6057	
"	O ₁	64.00	126.236	205.363	91.359		85.156	199.160	1.5777	
"	O ₁	72.00	132.738	222.497	98.093		89.584	213.988	1.6121	
Y ₁ -Y ₇	O ₁	64.00	97.926	149.153	68.716		79.627	160.064	1.6345	
"	O ₁	20.00	46.611	70.335	33.494	36.841	41.447	78.288	1.6796	
"	O ₁	24.00	52.959	76.121	36.953	39.168	44.932	84.410	1.5880	
"	O ₁	28.00	56.399	88.472	42.130	46.342	47.761	94.103	1.6685	
Y ₁ -Y ₈	O ₁	24.00	47.493	62.455	29.755	32.700	42.813	75.513	1.5800	
"	O ₁	28.00	52.572	70.580	33.610	36.970	45.498	82.468	1.5686	
"	O ₁	32.00	56.118	76.691	36.649	40.042	48.399	88.441	1.5759	
Y ₁ -Y ₉	O ₁	28.00	42.026	54.289	25.852	28.437	43.180	71.617	1.7041	
"	O ₁	32.00	47.733	59.489	28.300	31.189	46.093	77.282	1.6190	
"	O ₁	36.00	51.238	65.099	31.000	34.099	47.899	81.998	1.6003	
Y ₁ -Y ₁₀	O ₁	36.00	38.893	46.406	22.336	24.070	42.439	66.509	1.7100	

방조제 또는 흙댐의 비탈면활동에 대한 안전도 계산방법은 최근 전자계산기 (E. D. P. S) 에 의해 분석할 수 있다.
 아산 방조제의 경우 계산의 일부를 소개하면 다음과 같다.

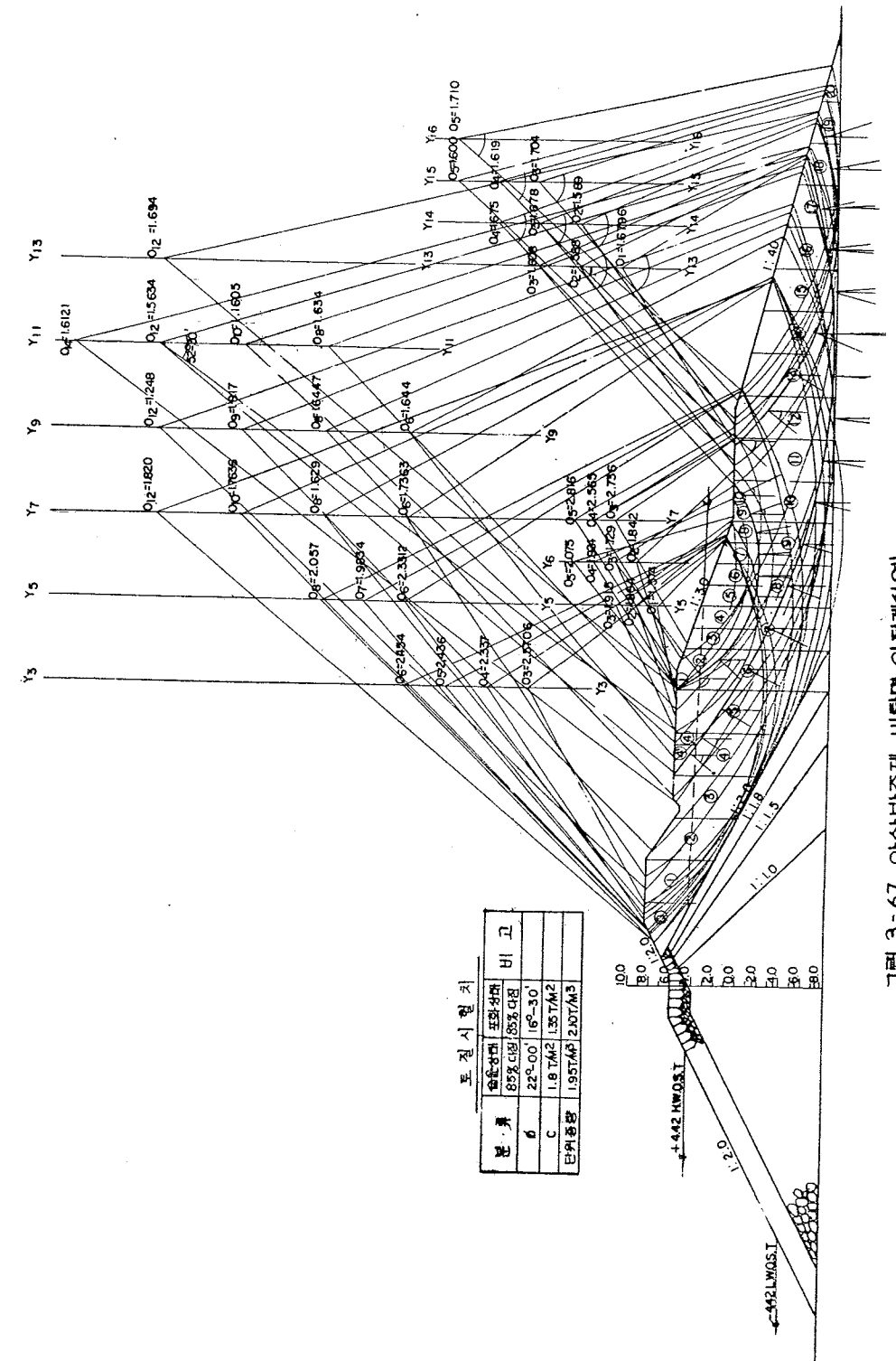


그림 3-67 아산방조제 비탈면 안전계산여

Table of the Smallest Safety Factor Calculation

SN	SC	Range From /To	Area Wet/sat	U/W/Wet/sat	WGHT Wet/sat	WGHT sub-sum	XOF WCP	AZMTH (A)	sin (A)	T/F (T)	cos (A)	N/F (N)	N, Tan (A)	w/w	N/F/W (U)	U ton (F)
1	* 1	12.04	3.68	1.95	7.17	7.17	14.24	36.14	0.5898	4.234	0.8075	5.797	2.342	0.00	0.00	0.000
2	* 2	15.09	0.00	2.10	0.00	0.00	16.59	33.58	0.5532	99.085	0.8330	13.681	4.052	2.23	1.85	0.550
3	* 2	17.60	6.01	1.95	11.73	16.42	21.79	28.15	0.4718	36.193	0.8816	67.625	20.031	28.37	25.01	7.410
4	* 3	25.09	8.77	2.10	17.11	59.58	28.99	21.06	0.3593	33.683	0.9331	87.465	25.908	44.63	41.65	12.337
5	* 3	32.60	0.00	1.95	0.00	93.72	37.99	12.63	0.2187	33100	0.9757	147.649	43.735	72.05	70.30	20.826
6	* 3	42.40	72.05	2.10	151.31	151.31	51.29	0.62	0.0109	3.117	0.9999	284.979	84.414	135.71	135.70	40.197
		42.40	0.00	2.10	0.00	284.99										
		69.09	135.71	2.10	284.99	284.99										
		ALGEBREC SUM								119.41555			180.48516			81.32273

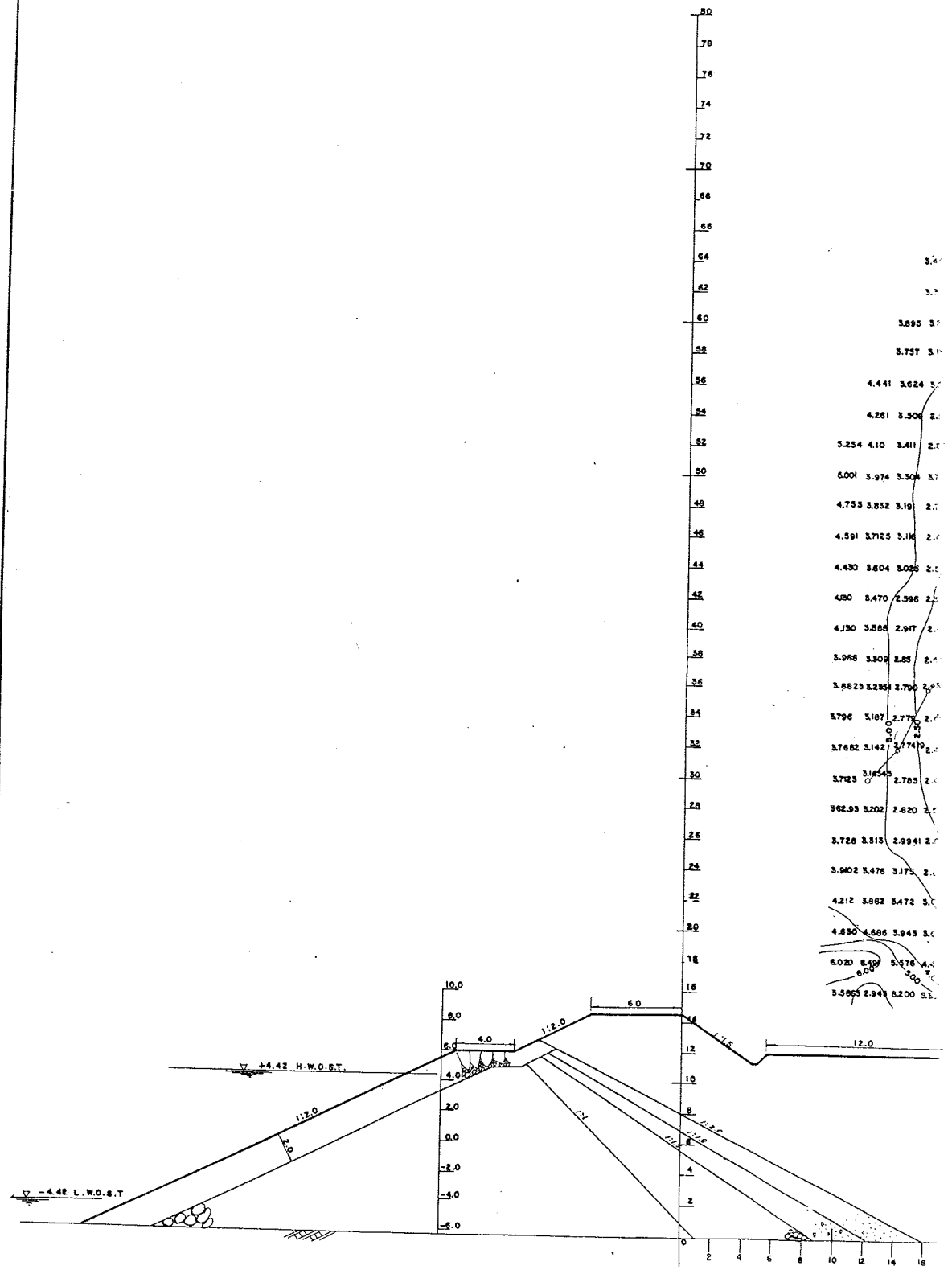


그림 3-68 아산방조제 비

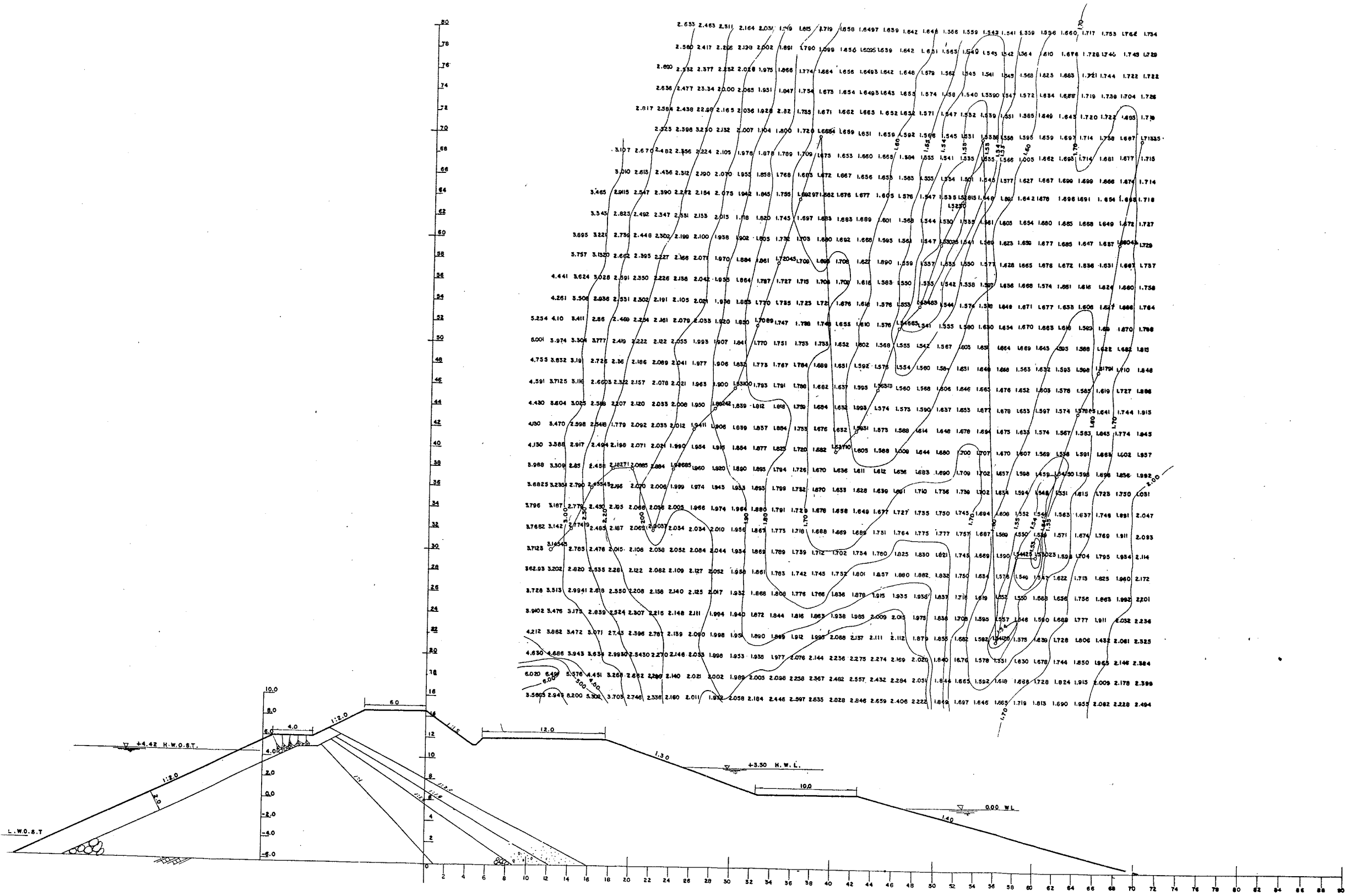


그림 3-68 아산방조제 비탈면 활동에 대한 임계원점의 안전율 분포도

Table of the Smallest Safety Factor Calculation

				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton
				N/E/W	U ton

Table of the Smallest Safety Factor Calculation

COHESION FORCE

	RADIUS	ANGLE	C-FACTOR	C-FORCE
WET	64.00	3.40	1.80	6854.59
SAT	64.00	50.70	1.35	76.46820
Total				83.32278

Safety Factor.....1.52815

$$SF = (180.48516 - 8132273 + 83.32278) / 119.41555$$

Information

Coordinates of the Circle Centre X=52.00 Y

Y=64.00

Radius of the Circle

R=64.00

Used Coefficients

Condi- tion	Internal Angle	Friction Tan (F)	Cohesion	Unit Weight
Wet	22.00	0.4040	1.80 Ton/m ² SQ- UARE METER	1.95 Ton/m ³ CUBIC METER
Sat	16.50	0.2962	1.35 "	2.10 Ton/m ³ CUBIC METER
Water				1.95 Ton/m ³ CUBIC METAR

Safety Factor of Each Sliding Moment Circle

COORDINATE X \ Y	RADIUS R		RANGE		AREA		WEIGHT		T	N TAN(F)	U TAN(IF)	C- FOROE COL	SAFETY FACTOR
	FROM	TO	WET	SAT	WET	SAT							
42.00	16.00	26.82	54.47	0.00	170.03	0.00	357.07	34.34	98.29	46.80	46.27	2.84653	
42.00	18.00	25.23	55.22	0.00	183.13	0.00	384.58	40.98	106.19	50.57	49.18	2.85773	
42.00	20.00	23.68	55.90	0.31	196.25	0.61	412.14	49.24	114.08	54.28	52.23	2.27513	
42.00	22.00	22.16	56.51	1.15	207.89	2.24	436.57	55.70	121.47	57.65	55.22	2.13720	
42.00	24.00	20.68	57.08	2.53	219.04	4.95	459.98	63.51	128.83	60.88	58.15	1.98544	
42.00	26.00	19.22	57.59	4.49	229.41	8.77	481.77	70.89	136.06	63.91	61.03	1.87862	
42.00	28.00	17.78	58.08	6.87	239.56	13.40	503.08	77.98	143.57	66.96	63.85	1.80112	
42.00	30.00	16.62	58.53	9.30	248.94	18.14	522.78	84.52	150.65	69.76	65.76	1.73497	
42.00	32.00	15.54	58.95	11.93	258.27	23.27	542.37	90.38	157.76	72.54	67.48	1.68949	
42.00	34.00	14.50	59.35	14.13	267.04	27.55	560.79	95.97	164.36	75.18	69.15	1.64960	
42.00	36.00	13.50	59.72	16.31	275.48	31.81	578.51	100.64	170.85	77.75	70.76	1.61142	
42.00	38.00	12.53	60.08	18.48	283.68	36.05	595.74	105.06	177.20	80.23	72.32	1.58117	
42.00	40.00	11.60	60.42	20.40	291.73	39.82	612.63	108.70	183.38	82.267	73.84	1.55557	
42.00	42.00	10.69	60.74	22.34	299.27	43.56	628.48	112.85	189.20	84.493	75.31	1.53131	
42.00	44.00	9.81	61.04	24.25	306.65	47.29	642.98	115.83	195.01	87.18	76.75	1.50850	
42.00	46.00	8.95	61.34	25.93	313.91	50.56	659.22	118.70	200.56	89.37	78.15	1.48709	
42.00	48.00	8.11	61.62	27.82	321.08	54.26	674.27	121.97	206.23	91.55	79.51	1.46716	
42.00	50.00	7.30	61.89	29.48	327.64	57.48	688.05	123.85	211.44	93.56	80.84	1.44850	
42.00	52.00	6.50	62.14	31.14	334.66	60.72	702.78	126.27	216.84	95.67	82.15	1.43109	
42.00	54.00	5.72	62.39	32.78	341.05	63.92	716.21	128.31	221.89	97.61	83.42	1.41473	
42.00	56.00	5.30	62.63	34.18	347.37	66.66	729.49	130.38	226.76	99.53	83.85	1.40044	
42.00	58.00	4.92	62.86	35.48	353.64	69.19	742.65	131.68	231.54	101.44	84.21	1.38714	
42.00	60.00	4.60	63.08	36.92	359.86	72.00	755.72	133.17	236.37	103.32	84.54	1.37484	
42.00	62.00	4.30	63.30	38.87	366.38	77.75	769.40	137.37	242.21	105.28	85.10	1.36354	
42.00	64.00	4.00	63.50	43.21	372.38	88.426	782.00	141.45	248.03	107.10	85.75	1.35324	
42.00	66.00	3.70	63.70	46.50	378.30	90.67	794.44	145.53	253.85	108.90	86.35	1.34394	
42.00	68.00	3.40	63.90	49.75	384.16	97.01	806.75	149.16	259.56	110.67	86.95	1.33564	
42.00	70.00	3.14	64.09	52.82	389.86	103.01	818.71	152.93	265.06	112.38	87.55	1.32834	
42.00	72.00	2.86	64.27	55.85	395.44	108.92	830.43	155.99	270.44	114.07	88.15	1.32204	
42.00	74.00	2.58	64.44	58.85	400.93	114.76	841.95	159.01	275.75	115.73	88.75	1.31674	
42.00	76.00	2.28	64.62	61.58	406.54	120.09	853.75	161.77	280.85	117.41	89.35	1.31144	
42.00	78.00	2.00	64.78	64.49	411.91	125.75	865.02	164.53	285.96	119.04	90.00	1.30614	
42.00	80.00	1.69	64.94	67.57	417.24	131.74	876.21	167.40	290.99	120.63	90.75	1.30084	

The smallest S.F. Circle X=42.00 Y=42.00 R=42.00 S.F.=1.59131

(6) 방조제 기초 지반에 대한 안전계산 예

1. 사용공식

기초지반에 대한 침하 응기 현상의 안전계산은 평균모멘트 방법에 의하였
다.

$$SF = \frac{M_r}{M_d} \geq 1.2$$

- M_d : 기동모멘트
- M_r : 활동모멘트 $Rm + C.l.R + Ff$
- Rm : 저항모멘트
- $C.l.R$: 점착력에 대한 모멘트
- Ff : 마찰력에 대한 모멘트
- l : 원호의 길이 (m)
- C : 점착력 (t/m^2)
- R : 활동원의 반지름 (m)

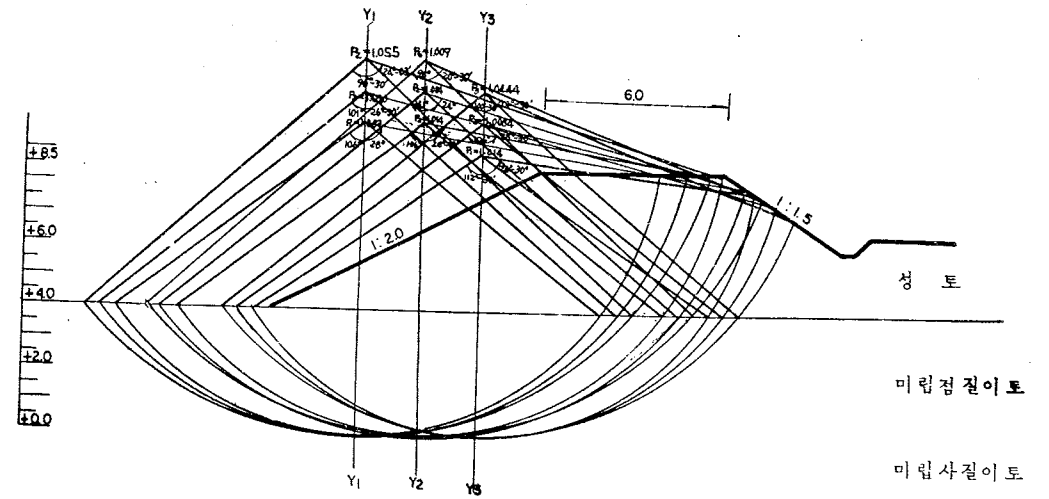


그림 3 - 69 각정단면에 의한 안전계산도

가정단면 (압성토전)에 의한 지반 안전계산

축	활동원중심	반경 R	기동모우멘트 MD	Mr			안전율	
				Rm	C.L.R	Fm		
Y ₁ - Y ₁	O ₁	10	320.36	4.38	320.90	21.96	347.24	1.0839
"	O ₂	11	390.61	4.38	369.29	28.69	402.36	1.0300
"	O ₃	12	436.62	4.38	416.93	37.39	458.67	1.0505
Y ₂ - Y ₂	O ₁	10	357.62	20.97	321.40	21.09	363.46	1.0163
"	O ₂	11	405.46	20.97	359.79	25.48	406.24	1.0019
"	O ₃	12	442.26	20.97	396.54	29.27	447.81	1.0102
Y ₃ - Y ₃	O ₁	9	301.08	38.70	267.69	13.96	320.35	1.064
"	O ₂	10	354.57	38.70	300.49	17.85	357.04	1.0069
"	O ₃	11	378.81	38.70	337.56	19.38	395.64	1.0444

이상과 같이 3개의 축에 9개의 임계원을 가정하여 지반활동 여부를 검토한 바 안전율 S.F=1.2가 미달이므로 침하 용기 현상이 나타날 것임을 예측할 수 있다.

침하 용기 현상의 방지대책으로서 압성토공법을 채택하기로 하고 압사석을 다음과 같이 계획한다.

압사석의 높이 h=1.5m

압사석의 길이 l=9.0m

압사석 후의 계산 결과는 SF=1.275로서 계획안전율보다 크므로 침하 용기 현상은 없을 것이다. 계산 결과는 다음과 같다.

압성토 계획 후의 지반활동 안전계산 예

1. 계산결과

축	활동원중심	반경 R	기동모우멘트 MD	Mr			안전율	
				Rm	C.L.R	Fm		
Y ₀ - Y ₀	O ₄	13	447.13	87.62	463.79	40.98	592.39	1.3248
"	O ₅	15	558.35	87.62	574.74	65.16	727.51	1.3029
"	O ₆	17	640.99	87.62	676.05	79.07	842.74	1.3147
Y ₁ - Y ₁	O ₄	14	541.69	133.98	506.49	53.35	693.82	1.2808
"	O ₅	16	625.69	133.98	596.84	67.26	798.08	1.2755
"	O ₆	18	695.33	133.98	687.72	68.32	890.02	1.2799
Y ₂ - Y ₂	O ₂	11	405.46	193.77	359.79	25.48	579.04	1.4281
"	O ₄	14	521.76	193.77	479.73	43.04	716.54	1.3733
"	O ₅	16	571.27	193.77	564.69	45.45	803.91	1.4072
Y ₃ - Y ₃	O ₂	10	354.57	254.70	300.49	17.85	573.04	1.6161

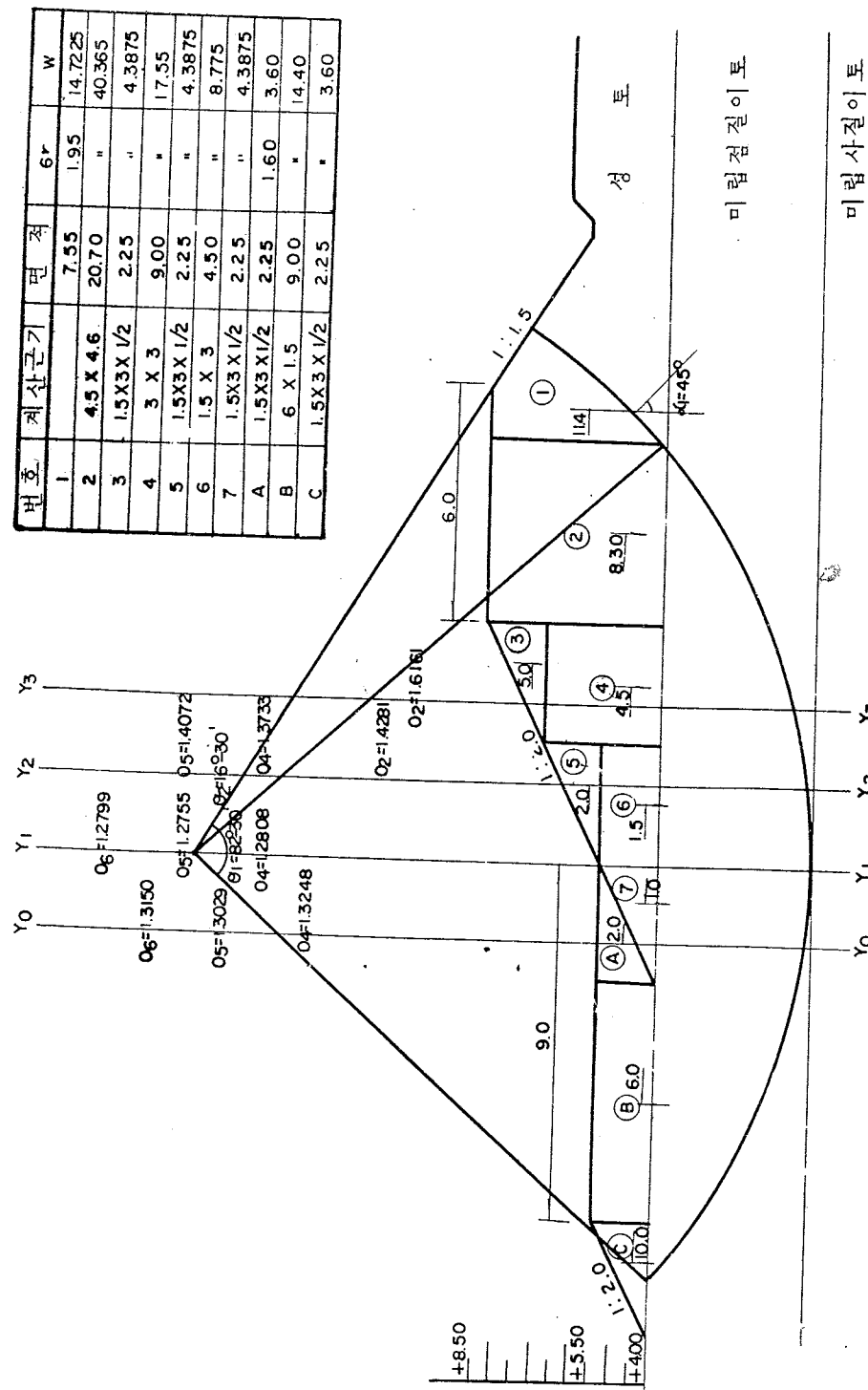


그림 3 - 70 압성토계획 후의 지반활동안전계산도

2. 계산 예

$Y_1 - Y_2$ 축 O_0 인 경우
하 중 계산

번호	계산 근거	면적	γt	W
1		7.55	1.95	14.7225
2	4.5 × 4.6	20.70	"	40.365
3	1.5 × 3 × 1/2	2.25	"	4.3875
4	3 × 3	9.00	"	17.55
5	1.5 × 3 × 1/2	2.25	"	4.3875
6	1.5 × 3	4.50	"	8.775
7	1.5 × 3 × 1/2	2.25	"	4.3875
A	1.5 × 3 × 1/2	2.25	1.60	3.60
B	6 × 1.5	9.00	"	14.40
C	1.5 × 3 × 1/2	2.25	"	3.60

계산 $Y_1 - Y_2$ 축 O_0 인 경우

가) 기동모멘트 (Driving moment)

- ① 14.7225 × 11.4 = 167.83
 - ② 40.365 × 8.3 = 335.03
 - ③ 4.3875 × 5.0 = 21.93
 - ④ 17.55 × 4.5 = 78.97
 - ⑤ 4.3875 × 2.0 = 8.77
 - ⑥ 8.775 × 1.5 = 13.16
- 계 = 625.69

나) 저항모멘트 (Resisting Moment)

- ⑦ 4.3875 × 1.0 = 4.38
 - ⑧ 3.60 × 2.0 = 7.20
 - ⑨ 14.40 × 6.0 = 86.40
 - ⑩ 3.60 × 10.0 = 36.0
- 계 = 133.98

다) 접착력 (Cohesion force) $R = 16$, $\theta_1 = 82^\circ - 30^\circ$, $\theta_2 = 16^\circ - 30^\circ$

$$C_1 l_1 R = 1.8 \times 6.28 \times 16 \times 16 \times \frac{16.5}{360} = 132.63$$

$$C_2 l_2 R = 1.26 \times 6.28 \times 16 \times 16 \times \frac{82.5}{360} = 464.21$$

계 = 596.84

라) 마찰력 (Friction force)

$$N = 14.717$$

$$\cos \alpha_1 = 45^\circ$$

$$N \cos \alpha \tan \phi R = 14.717 \times 0.7071 \times 0.404 \times 16 = 67.26$$

$$SF = (133.98 + 596.84 + 67.26) / 625.69 = 798.08 / 625.69 = 1.2755 > 1.2$$

3.3.2 기초의 침하

제방침하의 원인은 기초사석 및 제체 흙 쌓기의 압축, 기초 사석이 지반에 패어 들어가는 형상, 지반 흙의 옆으로의 유동, 지반 흙의 압축 등이거나 제방의 설계에 있어서는 이들을 적극 방지할 수 있는 구조로 하고 또 도저히 이를 피할 수 없는 침하에 대해서는 그것이 제방에 직접 또는 제방축조의 목적에 대해 나쁜영향을 주지 않도록 대책을 고려한다.

침하의 주된 원인은 지반 흙의 압밀이며, 침하량의 측정은 다음에 말하는 방법에 따른다.

압밀침하는 이것을 피할 수 없으나 다른 원인에 의한 것을 설계시공의 방법에 따라 어느정도 억제할 수 있다.

압밀침하 및 다른 침하의 추정은 곤란하므로 동일지역에 있는 유사한 구조 물에 생긴 현상의 해석결과 또는 시험구간을 두어 본 공사 착수전에 실측값을 구하는 방법에 의해 계산값의 수정을 할 필요가 있다.

가. 지반내의 응력분포

제체하중에 의해 생기는 기초 지반내에 연직응력은 하중이 연직과 30°의 각도를 이루어 분포하는 것으로 가정하고 식(3.88)에 의해 산정한다(그림 3.71 참조)

$$\sigma_z = \frac{q}{1 + 1.15 \frac{Z}{B}} \dots \dots \dots (3.88)$$

σ_z : 깊이가 Z인 점의 지반내 연직응력 (ton/m³)

q: 기초 지반상의 하중강도 (ton/m²)

Z: 재하면으로 부터의 깊이 (m)

B: 대상하중의 나비 (m)

여기에서는 근사해법을 표시하였으나 제체가 크고 부등침하의 검토등을 할 경우에는 제체나 비를 몇 개로 분할하여 각각의 부분에 따른 응력에 합성의 법칙이 적용된다고 가정하고 응력분포를 계산한다가 보이시내(Boussinesq)의 식 및 프릿히(Frohlich)의 식에 의해 산정한다.

나. 압밀침하량 산정

(1) 압밀침하량의 산정

지반 흙의 압밀침하량을 구하기 위해서는

- ① 침하의 산정에 사용하는 압밀계수의 값.
- ② 땅 속의 응력분포
- ③ 간극수압의 초기분포
- ④ 압밀층의 배수조건
- ⑤ 압밀층의 두께 등을 결정할 필요가 있다.

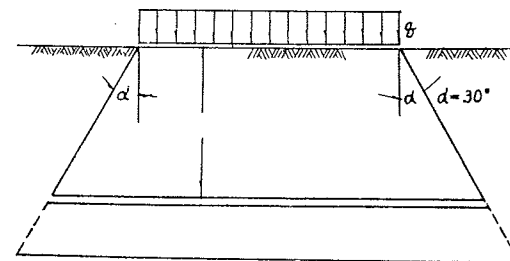


그림 3-71 지반내 응력분포도

압밀에 의한 최종 침하량은 식(3.89)

(3.90)에 의해 산정한다.

$$S = \sum mv_i \Delta P_i h_i \dots\dots\dots (3.89)$$

$$S = \sum \frac{C_{ci} h_i}{1 + e_{ci}} \log_{10} \frac{P + \Delta P}{P} \dots\dots\dots (3.90)$$

- S : 최종 침하량 (cm)
- h_i : 적당히 분할된 압밀대상층의 각층의 두께 (cm)
- P_i : 각층 중심면에서의 재하전의 연직응력 (g/cm^2)
- ΔP_i : 각층 중심면에서의 증가연직응력 (g/cm^2)
- mv_i : 각층에 상당하는 하중에 대한 부피 압축 계수 (cm^2/g)
- e_{ci} : 각층의 초기 간극비
- C_{ci} : 각층의 압축지수

(2) 압밀침하량의 시간적 변화의 산정

압밀침하량의 시간적 변화는 다음과 같이하여 구한다. 어느 압밀도 U에 대한 침하량은 식(3.91)에 의해 구하고 그 압밀도에 상당하는 압밀시간은 식(3.92)에 의해 산정한다.

$$S = SU/100 \dots\dots\dots (3.91)$$

$$tu = \frac{T_v H^2}{C_v} \dots\dots\dots (3.92)$$

- S : 압밀도에 대한 침하량 (cm)
- S : 최종 침하량 (cm)
- U : 압밀도 (%)
- tu : 압밀도 U에 도달할 때까지 소요시간 (Sec)
- T_v : 압밀도 U에 도달할 때까지 소요시간 계수

그림 3.61에서 구한다. 단, 그림에서

I : 양면 배수로 압밀응력이 등분포할 경우

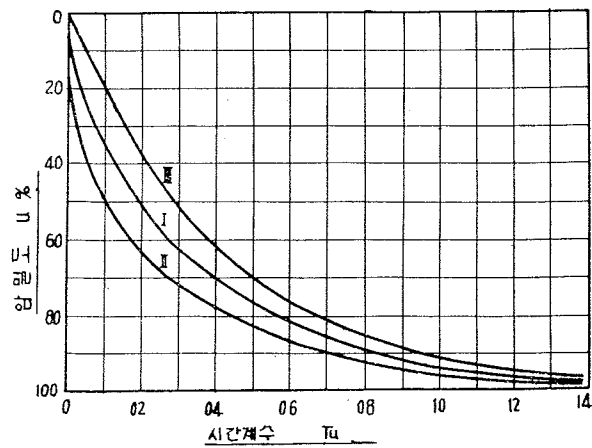


그림 3-72 시간계수와 압밀도와의 관계도

II : 일면배수(상면만)로 재하나비에 비해층 두께가 크고, 간극수압이 아랫면에서 0이 되도록 직선적으로 변한다고 볼 수 있는 경우.

III : 수면이 층 윗면과 일치되는 암반 위의 점토층과 같은 경우로 배수하는 윗면에서만 진행된다. 이 경우 간극수압은 윗면에서 0이고 아래쪽은 직선적으로 증가한다.

H : 양면 배수인 경우에는 압밀층의 $\frac{1}{2}$ 일면배수의 경우는 압밀층의 두께 (cm)
 C_v : 압밀계수(cm^2/sec) 단 투수계수 (cm/sec)

3. 방조제 침하량 계산 예

1. 토질시험치:

압밀시험 (Consolidantion test) 결과표

시료구분	구분	하중						
		$0 \sim \frac{1}{4} kg/cm^2$	$\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sim 1$	1 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 8	8 ~ 16
(공세리) No. 10-1	$C_{ocm^2/sec}$	43.7×10^{-5}	25.45	29.20	28.00	4.440	119.60	
	C_o	0.464	0.248	0.228	0.275	0.292	0.285	
	e	1.398	1.080	1.008	0.932	0.847	0.758	

시료구분	구분	하중						
		$0 \sim 0.2 kg/cm^2$	0.2 ~ 0.4	0.4 ~ 0.8	0.8 ~ 1.6	1.6 ~ 3.2	3.2 ~ 6.4	6.4 ~ 12.8
No. 20+25 0=70	C_v	4.163×10^{-4}	3.387	2.831	2.446	2.039	1.561	
	C_o	0.450	0.204	0.303	0.376	0.352	0.327	
	e	1.394	1.296	1.220	1.117	1.008	0.9057	

- (1) 단위중량 γ_t 성상=1.95t/m²
 - (2) 단위중량 q 제고=4.5 m
 - (3) 하중분포 γ_z 지반토=1.7 t/m²
2. 침하량 계산 오스타버그(Osterberg) 영향선 이용
 $q = 4.5 \times 1.95 = 8.775 t/m^2$

1) 심도 4.0m에서

$$Z_1 = \frac{4}{2} = 2.0 \text{ m}$$

$$b/Z_1 = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$a/Z = 4/2 = 4.5$$

오스타버그(Osterberg) 영향선에서

$$I_1 = 0.49$$

$$I = I_1 + I_2 = 0.49 + 0.49 = 0.98$$

$$\Delta \gamma_z = I + q = 0.98 \times 8.775 = 8.5995$$

$$2H_1 = 4$$

$$b'/Z = 3/2 = 1.5$$

$$a/Z = 6.75/2 = 3.375$$

$$I_2 = 0.49$$

$$P_1 = T_{sat} \times Z_1 = 0.7 \times 2 = 1.4 \text{ t/m}^2 = 0.14 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = P_1 + \Delta \gamma_2 = 1.4 + 8.5995 = 10 \text{ t/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2$$

e - P 곡선에서 (No. 10-1)

$$e_1 = 1.495 \quad e_2 = 1.01$$

$$C_{c1} = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{1.495 - 1.01}{\log 10 - \log 0.14} = 0.485 / \log \frac{100}{0.14}$$

$$= 0.485 / \log 7.1428 = 0.485 / 0.8538685 = 0.568$$

$$Pu_1 = \frac{2 \times H_1}{1 + e_1} \times \frac{P_2 - P_1}{\frac{1}{2}(P_2 + P_1)} \times 0.435 \times C_{c1}$$

$$= \frac{2 \times 200}{1 + 1.495} \times \frac{1.00 - 1.40}{\frac{1}{2}(1.00 + 0.14)} \times 0.435 \times 0.568$$

$$= 400 / 2.495 \times 0.86 / 0.57 \times 0.435 \times 0.568$$

$$= 163.32 \times 1.5087 \times 0.435 \times 0.568 = 59.7 \text{ cm} = 0.597 \text{ m}$$

2) 심도 8 m 까지

$$Z_2 = 4 + \frac{4}{2} = 4 + 2 = 6 \text{ m} \quad 2H_2 = 4$$

$$b/Z_2 = 3/6 = 0.5 \quad b'/Z_2 = \frac{3}{6} = 0.5$$

$$a/Z_2 = \frac{3}{6} = 1.5 \quad a'/Z_2 = 6.75/6 = 1.125$$

오스타버크 (oster beg) 영향선에서

$$I_1 = 0.42 \quad I_2 = 0.4$$

$$I = I_1 + I_2 = 0.42 + 0.4 = 0.82$$

$$\Delta \gamma_2 = I + g = 0.82 \times 8.775 = 7.195$$

$$P_1 = \gamma_{sat} + Z_2 = 0.7 \times 6 = 4.20 \text{ t/m}^2 = 0.42 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = P_1 + \Delta \gamma_2 = 4.2 + 7.195 = 11.395 \text{ t/m}^2 = 1.1395 \text{ kg/cm}^2$$

e - P 곡선에서 (No. 20+25)

$$e_1 = 1.295 \quad e_2 = 1.162$$

$$C_{c2} = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{1.295 - 1.162}{\log 11.395 - \log 0.42} = 0.133 / \log \frac{1.1395}{0.42}$$

$$= 0.133 / \log 2.7131 = 0.133 / 0.4334658 = 0.3068$$

$$Pu_2 = \frac{2H_2}{1 + e_1} \times \frac{P_2 - P_1}{\frac{1}{2}(P_2 + P_1)} \times 0.435 \times C_{c2} = \frac{2 \times 200}{1 + 1.295}$$

$$\times \frac{1.1395 - 0.42}{\frac{1}{2}(1.1395 + 0.42)} \times 0.435 \times 0.3068 = \frac{400}{2.295}$$

$$\times \frac{0.7195}{0.77975} \times 0.435 \times 0.3068 = 174.2$$

$$\times 0.9227 \times 0.435 \times 0.3068 = 21.45 \text{ cm}^2 = 0.2145 \text{ m}^2$$

$$Pur = Pu_1 + Pu_2 = 0.597 + 0.214 = 0.811 \approx 0.82 \text{ m}$$

3. 시간침하량의 관계

$$\text{시간계수 } t \text{ year} = \frac{H^2}{Cv} T$$

$$H = 8/2 = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

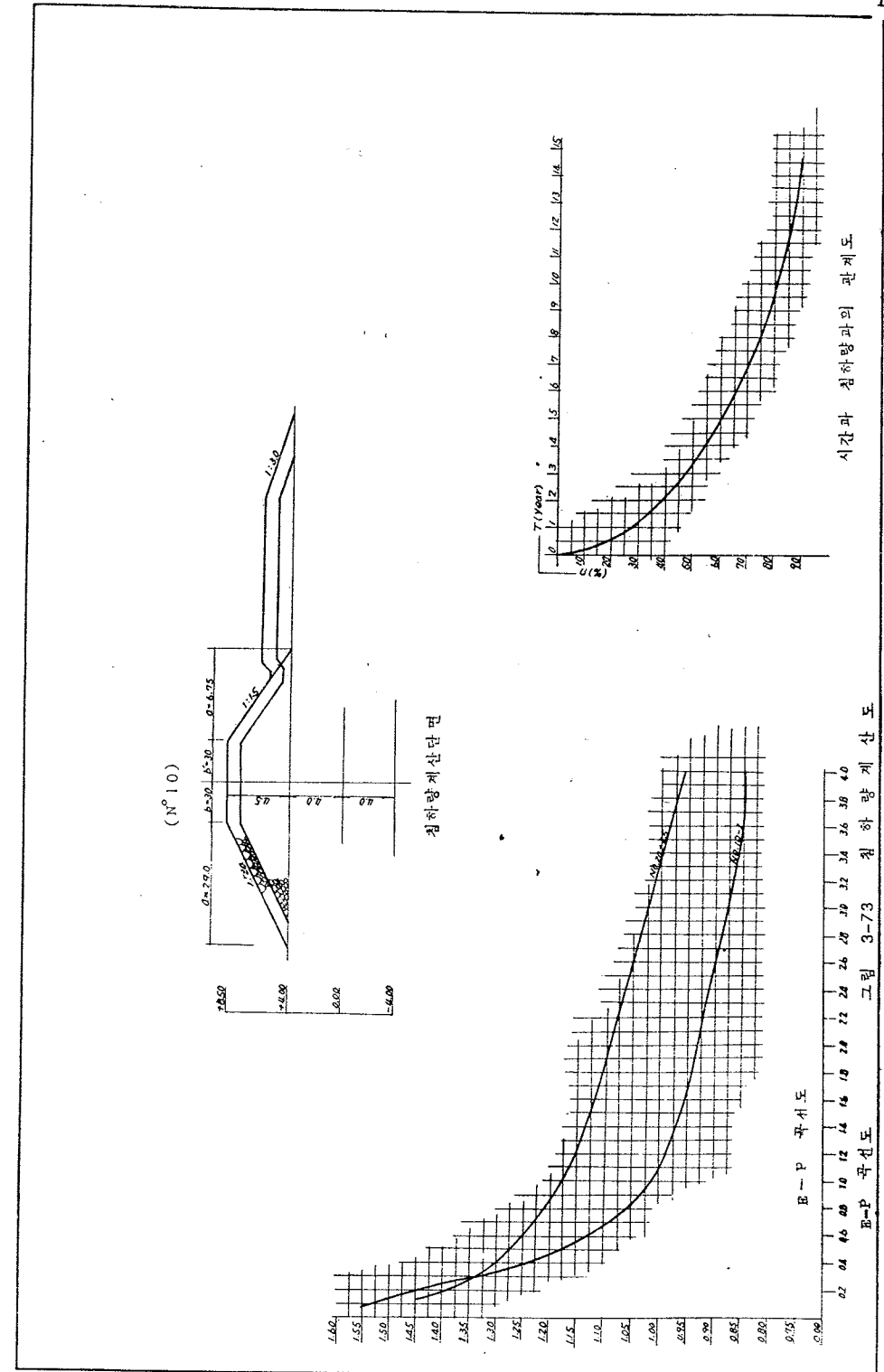


그림 3-73 침하량계산도

$$Cv = 29.2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{Sec}$$

$$\therefore t \text{ year} = 400^2 / 29.2 \times 10^{-5} \times 31.5 \times 10^{-6} T = 16,000 / 29.2 \times 31.5 T = 17.395 T$$

U%	T	t year	Pu
10	0.008	0.139	0.082m
20	0.031	0.539	0.164
30	0.071	1.235	0.246
40	0.126	2.191	0.328
50	0.197	3.426	0.410
60	0.287	4.992	0.492
70	0.403	7.010	0.574
80	0.567	9.863	0.656
90	0.848	14.751	0.738

4. 끝막이 공(最終締切工)

4.1 일반사항

끝막이공은 기상, 해상(海象), 지형, 토질, 자재 등에 관한 조사결과에 따라 안전하고 확실한 시공을 하는것을 제일 조건으로 하여 설계한다.

또 공사기간을 통하여 배후지의 배수, 축제공사, 가설 공작물 등에 주는 영향에 대해서도 고려해야 한다.

해면간척 방조제 공사에서 최후에 막는 부분을 끝막이 공이라 한다. 축제 방법을 대별하면 ① 점고식(漸高式), ② 점축식(漸縮式), ③ 양자 변용식으로 나누어지나 어떠한 방식을 채택해도 공사의 진척에 따라 조석 조류에 의한 세굴이 심해지고, 일반적인 공법으로는 시공이 곤란하므로 미리 피복을 한 끝막이 부분을 설계 해두고 최후에 이것을 방조제로 완성한다.

끝막이 부분을 막을 때에는 여러가지 공법이 고안되고 있다. 그러나 어떠한 공법을 사용하더라도 그것이 현지 조사자료에 비추어 보아 안전하고 확실한 공법이 아니면 안된다.

종래의 끝막이 공법은 해수가 넘는것을 두려워하며 끝막이 당일의 만조위 이상으로 재빨리 축조해 올리는 것을 전제로 하였다. 따라서 대량의 자재를 단시간에 처리할 필요성 때문에 때때로 시공에 무리가 생겼다.

이와 같은 점으로 보아 최근에는 콘크리트블록, 석재 등으로 대강 막은 후, 샌드웜프로 막는 끝막이 방식을 채택하는 곳이 많아지고 있다.

4.2 끝막이 부분

4.2.1 위치의 선정

끝막이 부분은 해수가 가장 자연스럽게 출입하고, 시공이 용이한 위치에 둔다. 또

위치 선정에 있어서는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- ① 옛 갯골은 연약지반이 많고, 일반적으로 시공이 곤란하다.
- ② 끝막이 공사에 필요한 석재, 모래, 콘크리트, 골재, 목재, 매트리스 등 자재와 산지, 집하장소, 운반방법 및 경로를 고려하여 수집, 운반에 편리한 장소가 일반적으로 시공이 쉽고 경제적이다.
- ③ 끝막이 부분을 출입하는 조류는 3~4 m/sec 내외이므로 구조물의 기초 세굴에 대한 주의가 필요하다.
- ④ 모래 지반 위의 끝막이 부분은 세굴 및 파이핑에 대한 처리가 필요하다. 또 연약 지반에서는 이외의 지반 흙의 압밀을 피하거나 모래로 치환하는 등의 기초 처리가 필요하다.
- ⑤ 공사중 선박의 항로로서 이용하는 수가 있다.

4.2.2 통수단면의 결정

통수단면은 축제공사가 용이하게 진척되고, 또 배후지의 배수에는 큰 영향을 주지 않는 크기로 한다.

끝막이 부분의 위치가 결정되면 지반 높이와의 관계에서 바닥높이(SILL)가 정해지므로 통수 단면적은 길이로서 조정한다.

또 간만이 대소, 지구내 지형, 기초 지반의 좋고 나쁨과 지구면적의 넓고 좁음 등에 좌우되므로 통털어 규정할 수는 없으나 끝막이 부분의 평균유속이 3~4 m/sec 이내에 들도록 결정한다.

재래의 끝막이 부분에서는 간척면적 100ha 에 대해서 30m 전후가 적당하다고 하였으나 공법에 따라서는 유속을 작게하는 것이 유리한 경우가 있으므로 비교 검토할 필요가 있다. (참고: 우리나라 기설 간척지구의 끝막이 길이)

표 3~12 기설 간척지구의 끝막이 길이

도 명	지구명	매립면적	조성면적	끝막이구간 길이	매립면적 100ha 당 길이
경 기	김 포	329ha	225ha	100m	30
	강 화	269.7	228.8	108	40
	남 양 평 택	2,530 4,400	2,100 2,450	900 1,800	36 담수호로 이용 41 "
전 북 충 남	삼 교 천	2,833	-	1,000	35
	대 천	717	583	240	33
	대천확장 서 산 B	689 5,980	510 3,700	220 963	32 16
전 북	동 진 강	4,270	3,050	1,000	23
	미 면 부 창	596 7,995	423 5,147	200 1,500	36 19
	의 신	167.6	121	72	43

전 남	군 내	317.8ha	219ha	100 m	31m	
	지 산	582.4	320	200	34	
	해 남	3,841	2,200	900	23	
	고 홍	2,747	2,200	650	24	
	동 강	1,574	1,000	300	19	
	제 2 순천	925	650	200	22	
	광 양	708	530	270	38	
	소 포	1,212	977	369	30	
	경 남	진 교	180	130	72	40
		고 성	253.5	-	90	35
김 해		1,450	1,150	350	24	

(가) 내수위의 검토

축제공사에 따라서 지구내의 평균수위가 상승하고 배후지에 있어 보상 문제가 일어나는 수가 있다. 따라서 배후지의 배수 상태를 될수 있는 한 현상대로 유지할 필요성 때문에 장기에 걸친 배수의 지배적 조건인 상하현 평균 간만조위에 대해 검토한다.

(1) 기본공식

$$Q = m' b \sqrt{2g(h_1 - h_2) \times h_2} \dots\dots\dots (3.93)$$

$(h_1/h_2 > 2/3)$

또는 $Q = mb \sqrt{2g h_1 \times h_2} \dots\dots\dots (3.94)$

$(h_2/h_1 < 2/3)$

- Q : 단위 시간당 유량 (m³/sec)
- m' : 불완전 월류인 경우의 유량계수 0.7~0.9
- m : 완전 월류인 경우의 유량계수 0.35
- g : 중력가속도 (m/sec²)
- h₁ : 바닥 (Sill) 에서 부터의 상류쪽 수심 (m)
- h₂ : 바닥에서부터의 하류쪽 수심 (m)
- b : 끝막이 부분의 나비 (m)

(2) 그림 3-74의 설명

(가) I 상한(象限)

- ① Y 축에 수위, X 축에 시간을 잡아, 끝막이 부분의 바닥높이를 기준면으로 하여 X 축에 일치시킨다.
- ② X 축에 원점 O 의 오른쪽으로 경과시점, t₀, t₁, t₂, t₃,
각 시점의 시간간격 T₁, T₂, T₃는 적당히 취해도 좋으나 단위는 hr (60² sec) 를 취한다.
- ③ 기록 또는 추산에 의한 각 시점의 외수위(조위) H₀, H₁, H₂, H₃를 각 시점의 바로 위에 취한 후 연결하여 외수위곡선을 만든다.

- ④ 위에 설명하는 방법에 따라 각 시점의 내수위(담수위) h₀, h₁, h₂, h₃를 각 시점의 바로 위에 취한 후 연결하여 내수위 곡선을 만든다

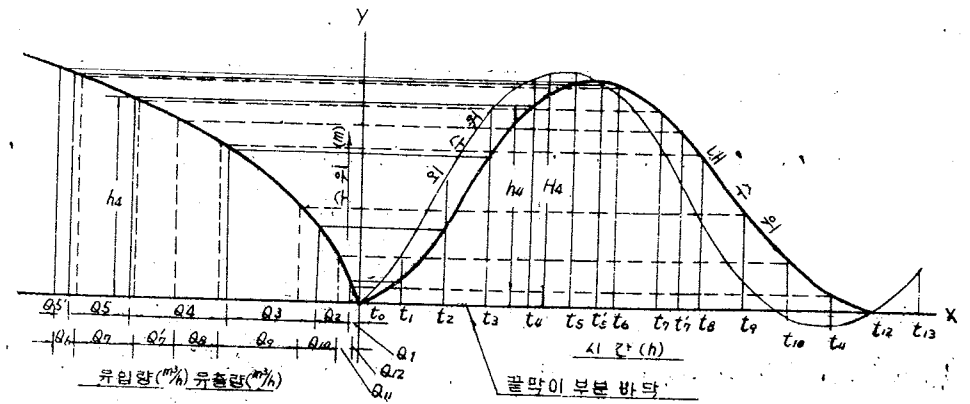


그림 3-74 끝막이부분 내수위의 검토방법

(나) II 상한

- ① Y 축에 수위를 취한다. 단, I 상한과 같은 척도로 X 축을 기준면으로 하는 내수위 즉 담수위
- ② X 축에 수량(m³)을 취하고 지구내 등고선으로 둘러싸인 면적에 의거 산출한 지구내 담수량과 내수위 즉 담수위와의 관계를 표시한다(담수위-담수량 곡선을 만든다)
- ③ 끝막이 부분의 월류 유입수량(Q)은 X 축 위에서 왼쪽으로 향해 증가되고 이에 대응하는 담수위는 올라가고 월류 유출량(Q)은 X 축 위에서 오른쪽을 향해 점차 줄고 이에 대응하는 담수위는 저하한다.

(다) 조 작

① I. 상한

t₀ 시 내수위 h₀=외수위 H₀=0
t₁ 시 내수위 h₁ 외수위 H₁

(미정)

평균낙차 $Z_1 = \frac{1}{2} \{ (H_0 - h_0) + (H_1 - h_1) \} \approx \frac{1}{2} H_1$ $h_2 \approx h_0$

평균월류 수심 $Y_1 = H_1 - Z_1 = \frac{1}{2} H_1$

t₁ - t₀ = T₁ 시간내의 월류 유입수량

$Q_1 = m \sqrt{2gZ_1} Y_1 B T_1 \times 60^2$ (m³)

II. 상한

X 축에 원점 O에서 왼쪽으로 Q₁을 취하고 그 왼쪽 끝 바로 위의 담수위 곡선의 높이 h₁은 t₁ 시의 내수위이므로 이것을 수평으로 I 상한의 t₁ 바로 위에 옮긴다.

② I. 상한

t₁ 시 내수위 h₁ 외수위 H₁

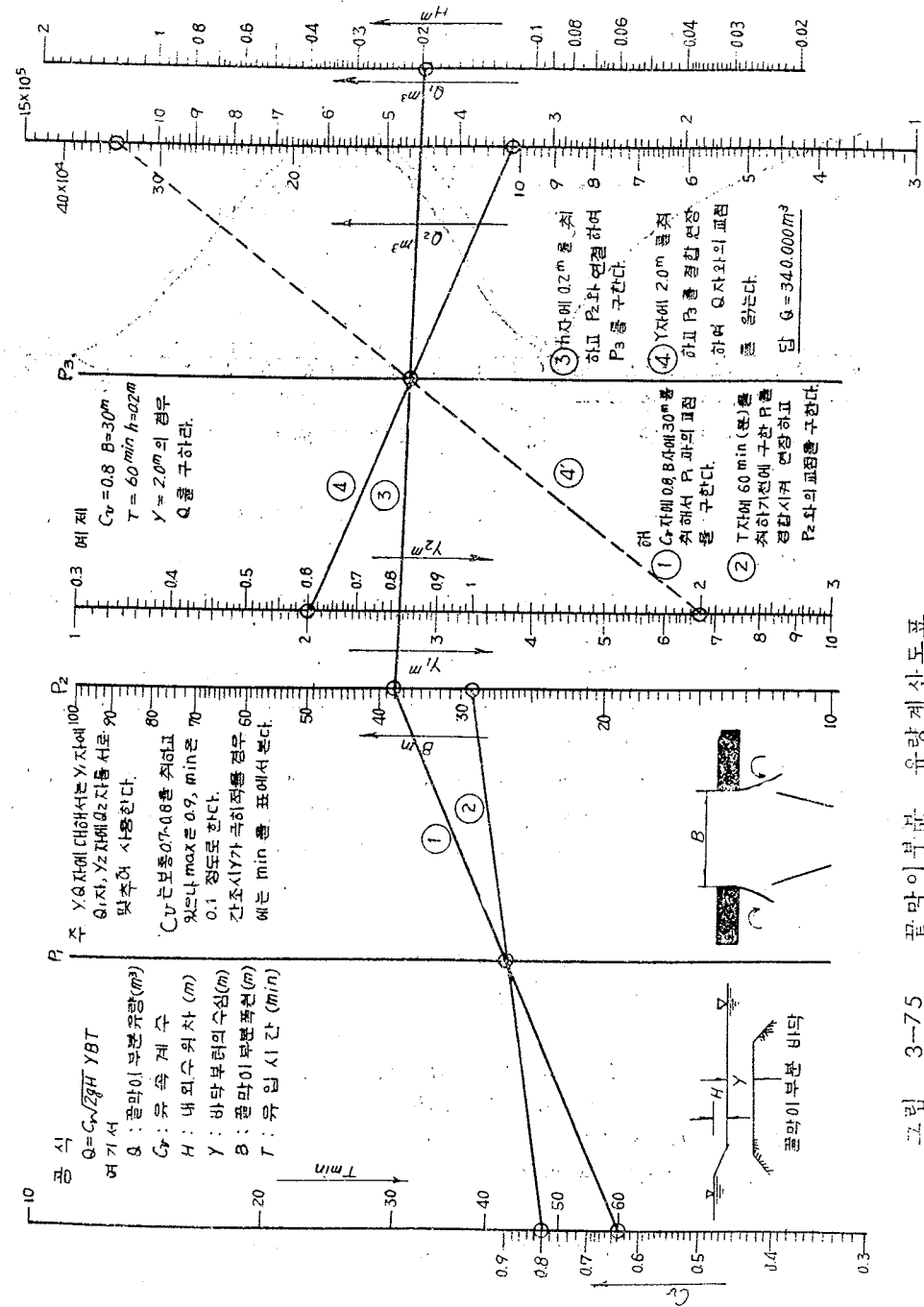


그림 3-75 끝마이 부분 유량계산도표

t_1 시 내수위 h_1 외수위 H_1

(미정)

평균낙차 $Z_1 = \frac{1}{2} \{ (H_1 - h_1) + (H_2 - h_2) \}$

$h_2 \approx h_1$

$Z_2 = \frac{1}{2} (H_1 + H_2) - h_1$

평균월류수심 $Y_2 = H_2 - Z_2$

$t_2 - t_1 = T_2$ 시간내의 월류 유입 수량

$Q_2 = m \sqrt{\alpha g Z_2} Y_2 B T_2 \times 60^2 (m^3)$

II. 상한

X 축 위 Q_1 의 왼쪽에 Q_2 를 취하고 그 왼쪽끝의 바로 위의 담수위 곡선의 높이 h_2 는 t_2 시의 내수위로서 이것을 수평으로 I 상한의 t_1 의 바로 위에 옮긴다.

⑤ t_2 에서 내수위 $h'_2 =$ 외수위 H'_2

낙차 = 0 이 되었다 하고

t_2 시에 내수위 h_2 외수위 H_2

(미정)

평균낙차 $Z_3 = \frac{1}{2} \{ (h'_2 - H'_2) + (h_2 - H_2) \} = \frac{1}{2} (h'_2 - H_2)$

$h'_2 \approx h_2$

평균월류수심 $Y_3 = h'_2 - Z_3$

$t'_2 - t_2 = T'_2$ 시간내의 월류수출수량

$Q'_2 = m \sqrt{2g Z_3} Y_3 B T'_2 \times 60^2 (m^3)$

II 상한에서 Q'_2 의 왼쪽 끝에서 오른쪽으로 Q_2 를 취하면 그 오른쪽 끝에서 담수위곡선의 높이 h_2 는 t_2 시에서의 내수위이며 이것을 수평으로 I 상한의 t_2 시 바로 위에 옮긴다.

⑦ t_2 시에 외수위 $H'_2 = \frac{2}{3} h'_2$ 였다고 하면 좌선 월류가 되며

낙차 = $\frac{2}{3} h'_2$

월류수심 = $\frac{1}{3} h'_2$

$t'_2 - t_2 = T'_2$ 시간내 월류수출수량

$Q'_2 = 1.7 m \sqrt{h'_2} B T'_2 \times 60^2 (m^3)$

II 상한에서의 조작은 앞의 것과 같다.

⑧ t_2 이하의 있어서는 Q'_2 의 식에 그때 그때 값을 대입해서 Q 를 구한다.

(나) 최대 유속의 검토

상서 최대 유속은 사방 평균간만조위에 대해서 검토한다. 이 경우 허용유속은 표 3.13의 값을 사용한다.

표 3.13 끝마이 부분의 허용유속

외부방의 종류	허용유속 m/sec	비고
사석	2~3	끝마이 할 때와 같이 단시간에
돌 또는 블록불임	2.5~3.5	발생하는 유속에 대해서는 20%
콘크리트 불임	3~4	증으로 한다

상시 최대 유속은 발생회수도 많고 세굴력도 크다. 그러나 공법에 따라서는 끝막이 할 때에 짧은 시간이라는 하지만 유속이 대단히 크게 될 때가 있으므로 대규모의 끝막이 부분에 대해서는 모형실험을 병용한다.

최대 유속은 식 3.95에 최대 수위차를 대입하여 구한다.

$$V_{max} = C_v \sqrt{2gh_{max}} \text{ (m/sec)} \dots\dots\dots (3.95)$$

V_{max} : 최대 유속 (m/sec)

C_v : 유속계수 (0.7~0.8)

g : 중력가속도 (m/sec²)

h_{max} : 최대수위차 (m)

(E. D. P. S 에 의한 계산 제 부록II 참조)

(다) 조류속과 시공재료의 중량

$$W = \frac{\gamma_r}{(\gamma_r - 1)} V A \dots\dots\dots (3.96)$$

W : 재료의 개당 평균중량

γ_r : 재료의 비중

V : 조류속

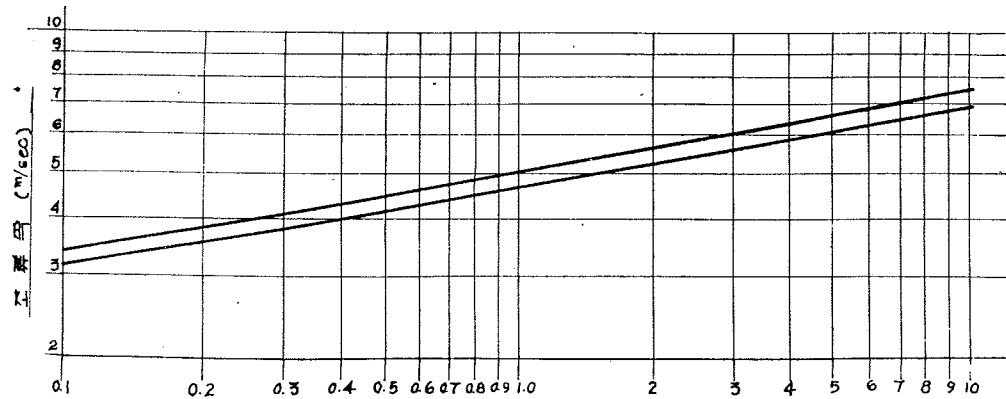


그림 3-76 유속과 시공재료 중량

4 · 2 · 3 바닥다짐공 (床固工)

① 바닥다짐공의 피복, 기초, 물막이공은 조류에 의한 세굴 끝막이 할 때 양압력에 의한 파괴, 기초의 파괴침하, 파이핑 등에 대비해서 충분히 안전한 구조로 한다.

② 바닥다짐공의 나비는 원칙적으로 제방의 안전상 필요로 바닥나비로 한다. 끝막이 부분은 공사기간을 통하여 조류에 의한 세굴이 심하므로 튼튼한 보호공을 필요로 하고 연직방향의 침식에 대한 보호공을 바닥다짐공, 수평방향의 침식에 대한 보호공을 마무리공이라 한다. 바닥 다짐공은 세굴력, 양압력, 재하중, 정수입, 파압, 파이핑력을 받는다.

이것을 구조상으로 분류하면 피복공, 기초공, 물막이공으로 나누어진다.

그러나 현실적으로는 매트리스 침상과 같이 위의 구분이 뚜렷하지 않은 것이 있으며 끝막이공의 규모, 시공능력에 따라 여러가지 경우가 생기므로 바닥다짐공과 같은 복잡한 외력을 받는 구조물을 설계할 경우에는 위와 같은 생각으로 검토한다는 뜻이다.

보통 끝막이 부분의 세굴현상은 끝막이 부분을 중심으로 하여 전후 상당히 긴 구간에 걸쳐 나타난다. 특히 사질토에서는 그 현상이 현저하다. 따라서 바닥다짐공의 나비는 바닥다짐과 되메우기에 소요되는 비용을 비교하여 결정해야 하나 제방의 안전 계산상 필요한 나비의 토층을 파괴하는 것은 문제가 남게되므로 원칙적으로 제방의 안전상 필요한 나비를 바닥다짐공의 나비로 한다.

또 바닥다짐공 전후의 보호에 대해서는 끝막이 부대공에서 기술한다.

가. 피복공

바닥다짐 피복공은 마모에 대해서 내구성이 큰 재료를 섞어서 사용하되 일치가 되어 기초 지반을 보호하고 세굴 및 양압력에 대하여 충분한 구조로 한다.

일반적으로는 다음 공법을 단독 또는 섞어서 사용한다.

(1) 돌붙임공법 및 블록붙임 콘크리트 붙임공법 간조시 노출될 정도의 높은 지반의 바닥다짐공에 사용하되 말단에는 널말뚝 또는 울타리공을 한다. 메붙임인 경우에는 틀 등으로 돌붙임의 탈락을 방지함과 동시에 하부의 차단층을 설치한다.

석재는 가급적 직방체의 모양이 좋고 부드기 견치들을 쓸 때에는 찰붙임으로 한다. 또 돌붙임의 두께는 양압력에 마모를 고려하여 결정하나 메붙임의 최소 뒷 길이를 35cm, 찰붙임의 최소 두께를 30cm로 한다.

또 블록붙임 공법은 메붙임으로, 콘크리트붙임 공법은 찰붙임에 준해서 사용하며, 블록은 서로 접촉이 잘되게 하기 위해 이형으로 한다.

(2) 매트리스바닥 및 단상(單床) 공법

매트리스는 보통 세굴의 우려가 있는 구역 전면을 덮도록 광범하게 설치한다. 매트리스는 서로 겹쳐서 완전히 지면을 덮도록하는 동시에 두께 1m정도의 사석으로 고정시킨다.

매트리스 설치용 석재는 표층에 대해서는 30kg 이상의 것을 사용한다. 또 매트리스를 대신해서 단상 밑면에 비닐등 내구성 천을 깔아 지반에 밀착시켜서 사용하면 효과적이다.

(3) 기초 지반과 밀다짐공의 재료입경

$$i = \frac{Z}{L} \quad i < i_{crit} \dots\dots\dots (3.97)$$

$$i_{crit} = 15 \frac{d}{d_s} \dots\dots\dots (3.98)$$

Z : 내외수위차

L : 침투로장

d : 기초지반토의 입경

d_s : 기초지반에 접하는 밀다짐 재료의 입경

(4) 조류속과 밀다짐공 재료의 크기

(a) 난류현상이 적을 때

$$d_m \geq \frac{0.5}{\delta} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3.99)$$

(b) 난류일 때

$$d_m \geq \frac{0.5}{\delta} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3.100)$$

d_m : 재료의 평균지름 (m)

V : 유속 (m/sec)

e_s : 재료의 단위중량

$$\delta = \frac{e_s - e_w}{e_w} \text{ 재료의 상대밀도} \quad e_w : \text{해수의 단위중량}$$

나. 기초공

기초는 끝막이 제방 및 완성된 제방을 충분히 안전하게 지지하는 구조로 한다. 끝막이 제방의 기초는 방조제의 기초에 비교해서 깊을 빨리 실행될 필요가 있기 때문에 큰 지지력을 필요로 한다.

일반적으로는 제방 기초공에 준해서 설계하지만 끝막이 부분은 독자적인 것으로 사전 침하공법이 있다.

이 공법은 축제기간을 이용해서 미리 끝막이 부분 기초에 짐을 실어 압밀과 관입에 의해 지지력의 증가를 꾀하는 것이다.

다. 물막이공

(1) 가 (1)의 피복공에는 원칙적으로 물막이 벽을 시공한다. 끝막이를 하면 끝막이 제방으로부터의 누수 이외의 바닥다짐한 밀도로부터 침투가 일어난다. 이 경우에는 수위차에 비교하여 침투로 장이 짧으면 파이 또는 부푸러 오름으로 인하여 기초의 파괴가 일어난다.

그 대책으로는 물막이 벽을 넣는 등으로 침투로 장을 충분히 길게 하든가 또는 파이핑의 방지를 위한 필터 공법을 쓸 필요가 있다.

보통은 가 (1)에 대해 물막이 벽을 놓으며 가 (2)에는 끝막이 제방 앞 뒷면에 압사석을 한다.

(2) 지수벽의 길이는 침투로장의 계산에 의해 결정된다. 이 경우 계산에는 식 3.101 및 3.14를 사용한다.

(그림 3.77 참조)

$$C_w = \frac{\frac{1}{3}B + \sum t}{R} \dots\dots\dots (3.101)$$

C_w : 가중차를 고려한 크리프의 비

h : 상하류 수위차 (m)

B : 수평방향의 침투로장 (m)

t : 수직방향의 침투로장 (m)

표 3.14에 대해서 막음 후 계속하여 흠쌓기를 할 경우에는 지나치게 안전에 치우치기 쉬우므로 소규모의 끝막이 부분에서는 C_w 의 값을 5 할까지 내릴 수 있는 것으로 한다.

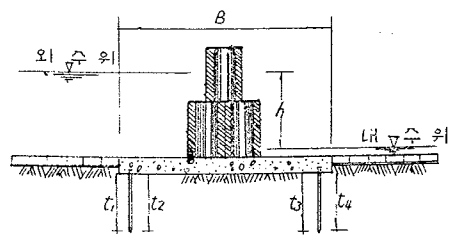


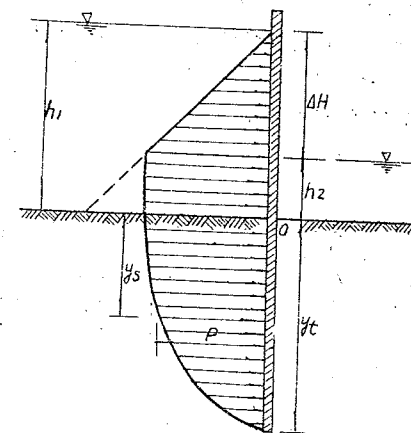
그림 3-77 침투로를 구하는방법

표-3.14 끝막이 부분의 크리프의 비 (털자기에 의한)

도	질	C_w	비 고
몹시	잔모래 또는 실트	8.5	지구면적이 100ha 이하로 서 한 간조시에 끝막이 제 방의 흠쌓기를 완료할 수 있는 규모의 끝막이 부분 에서는 C_w 50% 주될 수 있다.
잔	모래	6.0	
굵	은 모래	5.0	
잔	자갈	4.0	
조약돌이	포함된 굵은 모래	3.0	
조약돌과	자갈을 약간 포함한 호박돌	2.5	

(3) 물막이 벽은 널말뚝 콘크리트 등을 사용해서 침투압에 충분히 견딜 수 있는 구조로 한다.

침투압은 식 3.102에 의해 구한다



$$P = w \frac{2\Delta H}{\pi} \cos^{-1} \frac{y_s}{t} \text{ (ton/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.102)$$

P : y_s 의 단위면적당의 침투압 (ton/m²)

w : 물의 단위중량 (ton/m³)

ΔH : 상하류의 수위차 (m)

π : 원주율

y_s : 임의의 깊이 (m)

t : 널말뚝의 깊이 (m)

그림 3-78 침투압의 분포

4.2.4 마구리공(小口工)

마구리부분 제굴, 파도, 파이핑 등의 외력에 대해서 충분히 안전한 구조로 한다.

일반적으로는 다음의 공법을 단독 또는 섞어서 쓴다.

가. 돌쌓기 공법

간조시 노출되는 소규모의 마구리공에 사용하며 제해 바깥비탈면 피복에 준한 구조로 하나 물막이벽을 넣는 등 침투를 방지할 필요가 있다. 이와 비슷한 것으로는 블록쌓기, 콘크리트벽 등이 있다.

나. 널말뚝 공법

보통 강철관을 사용한다. 다소 수심이 있더라도 쉽게 시공할 수 있으므로 간조시 바닥이 노출되지 않는 중간 규모의 끝막이 부분에 이르기까지 이용 범위가 넓다. 또 과력이 큰 해면에서는 셀룰라 구조라 한다.

4.2.5 끝막이 부대공

가. 바닥다짐공 전후의 처리

바닥다짐공의 전후는 사석으로 보호하는 한편 깊이 파진 부분을 끝막이 후 원지반까지 되메운다.

나. 도류제(導流堤) 및 돌출제(突出堤)

끝막이 부분으로 부터의 흐름이 제방선에 따라갈 경우에는 흙쌓기 및 기초의 세굴이 일어나고 시공 및 안정상 좋지 않으므로 도류제나 돌출제를 설치한다.

구조는 끝막이가 끝날때 까지의 임시적인 것이므로 널말뚝공 사석공 율타리공 등으로 적절히 보수하는 것이 보통이다.

4 · 3 끝막이공법

4 · 3 · 1 공법의 선정

끝막이공법은 둘러싼 특으로서 간단히 막거나, 샌드컴프를 써서 직접 흙쌓기를 하는 소규모의 것에서 부터 케이스를 사용하는 대규모의 끝막이에 이르기까지 끝막이 부분의 규모, 자재입수의 난이, 시공기계의 성능 등에 따라 천차만별하다.

따라서 여기서는 현재의 대표적 공법을 표 3. 15에 예시하였다.

실제에 있어서는 이들 공법 및 이에 준해서 현지에 가장 적절한 공법을 사용한다.

표 3. 15. 끝막이 공법의 비교

	지구면적 ha	바닥높이 노출됨(고) 노출되지 않음(저)	길이 m	공기(급 수시공장 기시공)	주요재료		시공		흙쌓기	
					본체	속채움	본체	속채움	재료	시공
흙가마니 쌓기공법	소 100 이하	고	소 50이하	급	흙가마니	-	인력	-	산흙또는 모래	토차또는 샌드컴프
빈지공법	소-중 300 이하	고	소-중 100 이하	급	지빈 주지	-	인력	-	"	"
블록쌓기 공법	중-대	고-저	중-대	장	콘크리트 블록	부순호박 또는 콘크리트 부순물	인력또는 크레인	인력	모래	샌드컴프
철후렴 쌓기공법	중-대	고-저	중-대	장	철후렴	부순 박순물	"	인력또는 크레인	모래	"
사석공법	중-대	고-저	중-대	장	사석 및 망태	사석 및 망태	인력또는 크레인	"	산 흙	토차 및 자동차

4 · 3 · 2 끝막이 제방

가. 높이

끝막이 제방은 끝막이 부분의 제방을 시공하기 위한 임시막이의 의의를 가지며 제방 완성후에는 제체의 일부가 되든지 철거되는 것이다.

높이는 원칙적으로 다음 방법에 의해 구한다.

$$\text{끝막이 높이} = \text{삭망평균만조위} + \text{여유높이}$$

끝막이는 태풍계절을 피하게 되므로 이 시기의 조위편차 및 물결높이는 상당히 적게된다. 소규모의 끝막이 부분을 소조시에 막을려면 제방높이는 그날의 만조위에 여유를 보면 충분하다. 대규모의 끝막이 부분에서는 공사기간중 어느 정도의 편차 및 물결높이를 예측하여 두지 않으면 안된다.

따라서 삭망평균만조위에 끝막이공의 규모, 구조에 따라 여유높이를 가산한다. 이 여유 높이는 조위의 편차, 물결의 충돌높이 등의 요소를 포함하므로 이들의 추산값을 구할 수 있을 경우에는 추산값 보다 작은 값이 되지 않도록 한다.

나. 구조

현지의 기상 및 해상조건의 계절적인 변화와 시공능력을 고려하여 끝막이 부분의 제체시공에 충분할 정도의 구조로 한다.

(1) 흙가마니쌓기 공법

흙가마니쌓기 공법은 오래전부터 사용되어온 공법으로 바닥다짐공을 잘 시공하면 구조상에 어려운 점은 없고 일반적으로는 다음 점을 고려하여 두면 충분하다.

흙가마니는 줄눈이 한줄이 되지 않도록 쌓거나, 서로 연결하는 등 끝막이 제방의 일체화를 꾀한다. 또 흙가마니 중량은 인력시공인 관계상 30~60kg 정도가 좋다.

(2) 빈지 공법

빈지 공법은 끝막이 전날까지 끝막이 부분 바닥에 기둥을 세우고 간조시에 전구간에 빈지를 넣어 외수를 차단하는 방법으로 흙가마니쌓기 공법과 병용하는 수가 많다.

설계에서는 다음과 같은 것을 고려한다.

- ① 기둥은 콘크리트, 나무말뚝, H형강 등을 사용하고 끝막이 수일전에 2~3m 간격으로 설치한다.
- ② 빈지 재료는 전나무, 소나무 등의 각재를 사용하고 기둥간격이 2~3m의 경우는 최소단면을 12~15cm 간격으로 한다.
- (3) 블록쌓기
간조 또는 정조시(停潮時)에 콘크리트, 블록, 철 후렴을 설치해서 대강 막은 후 곧 샌드컴프를 사용하여 흙쌓기를 하고 외수를 차단하는 공법이다.
또 설계에는 다음의 사항을 고려한다.
 - ① 블록중량; 블록은 큰 용적인 것이 좋다. 그러나 시공기계의 성능에 제한되며 잔교의 경우 2.5 ton 정도이다.
 - ② 쌓는 방법; 블록은 수평으로 쌓고 각각의 블록을 연결하든가 줄눈의 구조를 연구하여 블록제방의 일체화를 꾀한다.
 - ③ 속채움 블록의 속채움은 원칙적으로 깬 조약물로 하고 수밀을 요하는 경우에는 콘크리트를 사용한다.

(4) 사석제 공법

끝막이 구조에는 앞에서 말한 세가지 방법외에 현재 우리나라에서 많이 사용되고 있는 사석제 공법이 있다.

이 공법은 비교적 규모가 큰 간척지에서 끝막이공도 장시일에 걸쳐 시행될 때 또는 바닥 다짐이 광범위 하고도 충분하게 시공 되었을때 사용되는 데 이것 역시 인접지에서 석재를 구하기 쉬운 곳이라야 경제적이다.

사석제 공법은 사석을 시공하기에 앞서 끝막이 구간 전반에 걸쳐 잔교를 설치하여 재료운반 및 시공에 편의를 도모하고 사석의 탈락을 방지하는 한편 유

출입하는 조류에 대해서 시공에 장애를 받지 않는 것이 공기를 단축 시키고 공사비도 절감되 시공에 안전을 기할 수 있다.

시공 전에 끝막이 구간 바닥 다짐을 시행할때 잔교를 같이 부설하고 기관차에 의해 석개를 운반하여 소요구간에 버린다.

버려진 석재를 간조시 인력에 의해 사석제 단면을 정리 형성한다. 이 방법은 끝막이 구간 전반에 걸쳐서 점축식으로 하느냐 또는 점고식으로 하느냐는 미리 계산된 끝막이 구간의 유속검토 결과에 따라 계획하고 실지의 유속과를 비교하며 시공한다.

사석제의 높이는 고 극조위 또는 약 최고고조면 까지를 취하고 소규모로서 공기를 단축시킬 수 있는 제방에서는 그보다 다소 낮은 높이를 취하는 것이 공사비 절감상 유리하다.

사석제가 완성되고 외해의 거친 물결을 대강 막은 후에는 사석제 안쪽 비탈면에서 부터 소정 두께의 조약돌과 사력층을 두어 사석 사이로 침투하는 흐름세를 감소시킨후 흙쌓기 시공을 행한다.

여기서 조약돌과 사력층을 두는 목적은 제방완성후 조수에 의한 흙 알맹이의 탈락을 방지하기도 하는 것이다.

사석제 시공 시에 주의할 것은 흙쌓기 바닥에 흩어진 돌은 흙쌓기에 앞서 완전히 제거하여 파이핑 및 시공후 누수가 되지 않도록 해야한다.

※참고 우리나라에서 계획 및 시공된 간척 제방의 끝막이 제방 표준단면을 소개하면 그림 3.79~3.90과 같다.

4 · 3 · 3 안정계산

끝막이 제방의 안정은 다음의 세가지 항목에 대해서 검토한다.

가. 제체의 활동(Sliding)

나. 제체의 전도(Over turn)

다. 지반의 지지력(Bearing force)

이 경우의 외력은 정수압 부력, 파압 및 양압력을 고려한다. 산정방법은 제 3 장 3 의 안정계산에 의한다.

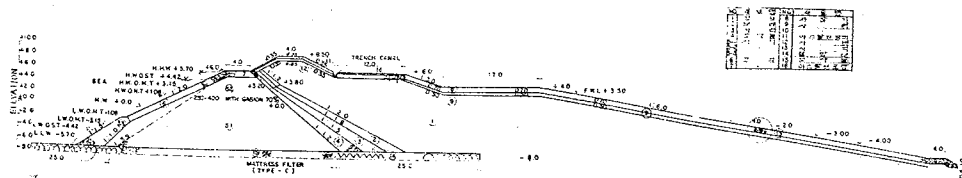
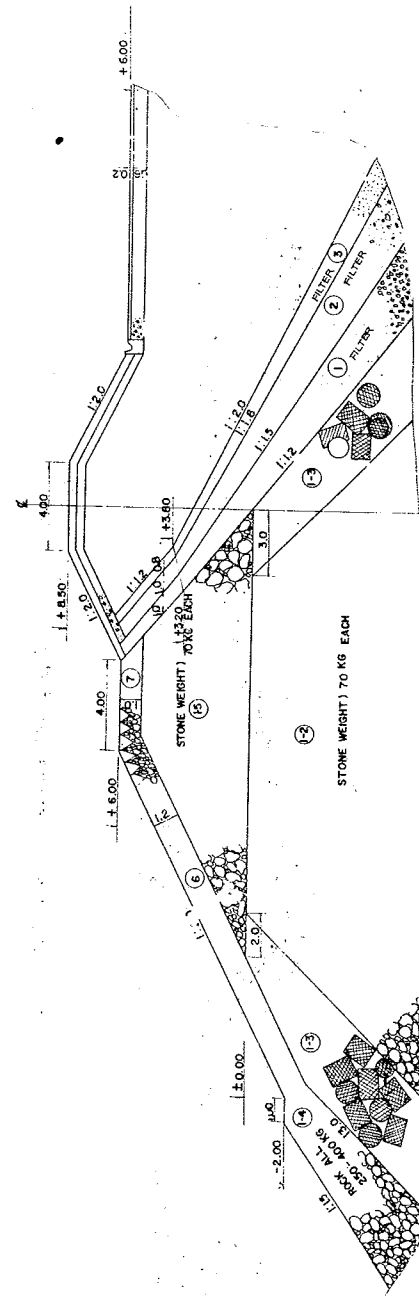


그림 3-79 평택지구 아산방조제 끝막이용 표준단면도



동양해 수공단면도

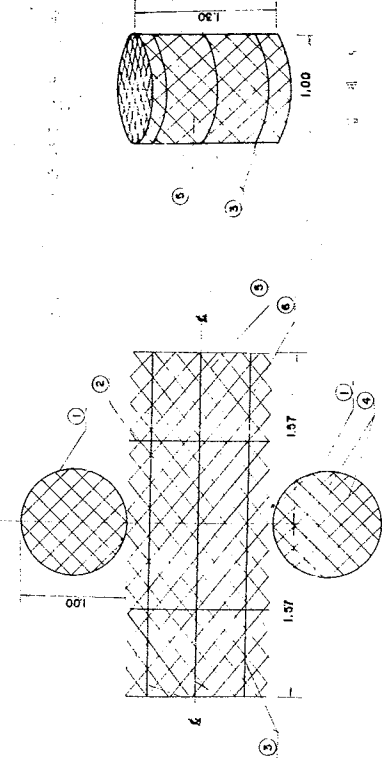


그림 3-80 아산방조제 끝막이용 표준단면도

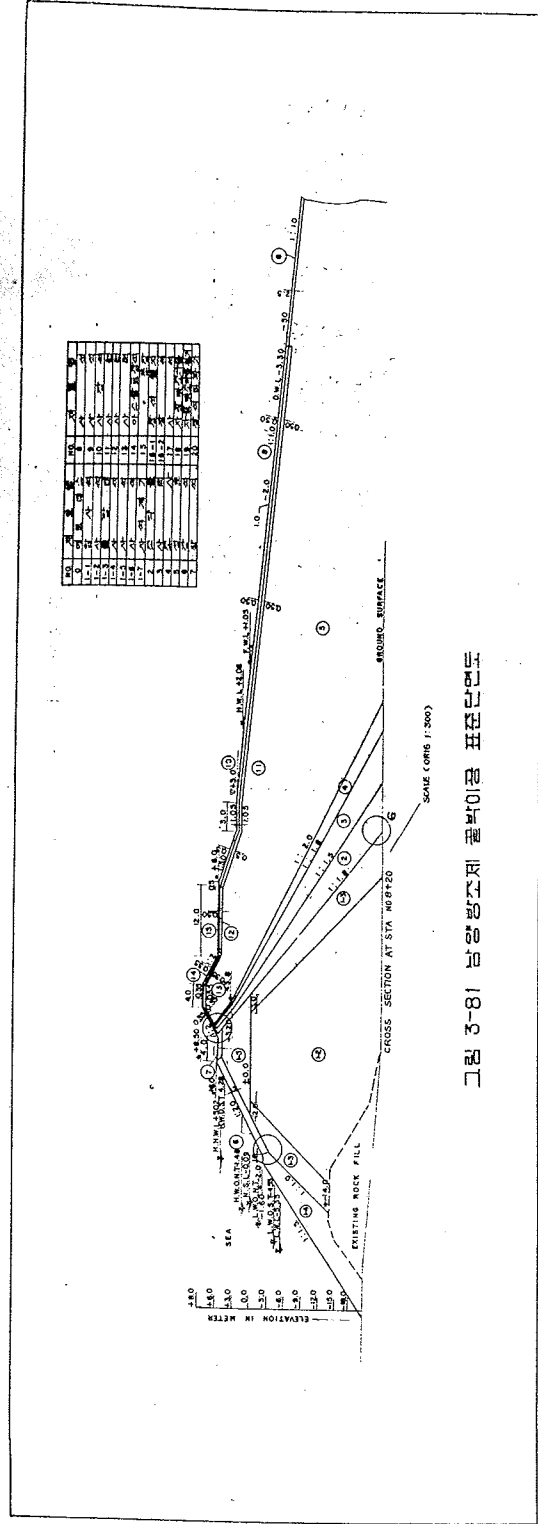


그림 3-81 방랑방조제 골짜이공 표판단면도

배 수

1. 배수의 방식

간척지는 상대적으로 외수면보다 앞으므로 배수의 종고 나뭇이 간척사업 전반의 성공여부를 결정한다.

유역의 상황 강수량 배수량 지구내의 지반높이 조석(또는 홍수) 농업경영등에 관한 조사결과에 의하여 현지의 상황에 적합하도록 계획해야 한다.

이 경우 인접배후지의 용배수개량사업 기타사업을 포함하여 종합적으로 실시하는 것이 좋다. 배수의 방식은 지구외의 배수는 승수로로 가급적 지구 바깥으로 자연배수 하고 지구내 배수량의 경감을 꾀한다.

지구내의 배수는 일반적으로 방조제의 일부에 설치하는 배수문으로 저조시를 이용하여 자연배수 한다.

그러나 바깥조위와 비교하여 지구내 지반 높이가 약간 낮은 경우는 매립하여 자연 배수하든가 또는 자연배수와 기계배수를 겸용할 필요가 있다. 또 지반높이가 낮고 자연배수가 전혀 곤란한 지구는 기계배수에 의한다.

또 배수의 처리에 있어서는 홍수시와 평상시와의 배수로 나누어 검토할 필요가 있다. 배수방식으로는 우선 지구내외를 불문하고 지반높이와 바깥조위와의 관계를 고려하여 가급적 배수를 자연스럽게 배제하도록 계획해야한다.

일반적으로 바깥조위와 기준논의 높이와의 관계에 배수방식은

논 의 높 이	배 수 방 식
상하현 평균만조위 이상일때	자 연 배 수
상하현 평균조위와 삭망평균만조위와의 사이일때	자연배수와 기계배수의 병용 자연배수와 매립의 병용
삭망평균 간조위 이하일때	기 계 배 수

이나 상하현 평균간조위 이상인 경우에도 간만차가 작은 지역 일조부등(日潮不等)이 심한 지역 배수량이 큰지역 전지(田地)계획지역등은 자연배수에 기계배수를 병용할 필요가 있으므로 현지의 바깥조위와 지역내 높이와의 관계를 면밀하게 조사하여 배수방식을 결정해야한다.

종래의 간척계획은 상하현 평균간조위를 기준으로 하는 생각이 지배적이었으나 자연수에 의한 완전한 농지를 조성하기 위해서는 농지의 지하수위를 평상시에 적어도 남면에서 0.5m 이상 내릴 필요가 있으며 이와 같은 간척지를 대규모로 구한다는 것은 어려운 일이다.

따라서 종래의 방식에 따를 때에는 기계배수를 병용하든가 저지를 매립하든가 또는 토지 이용면을 고려하든가 하여 충분히 검토할 필요가 있다. 결국 대규모 간척을 실시할 경우에는 기계배수에 의한 배수방식이 기본이 된다.

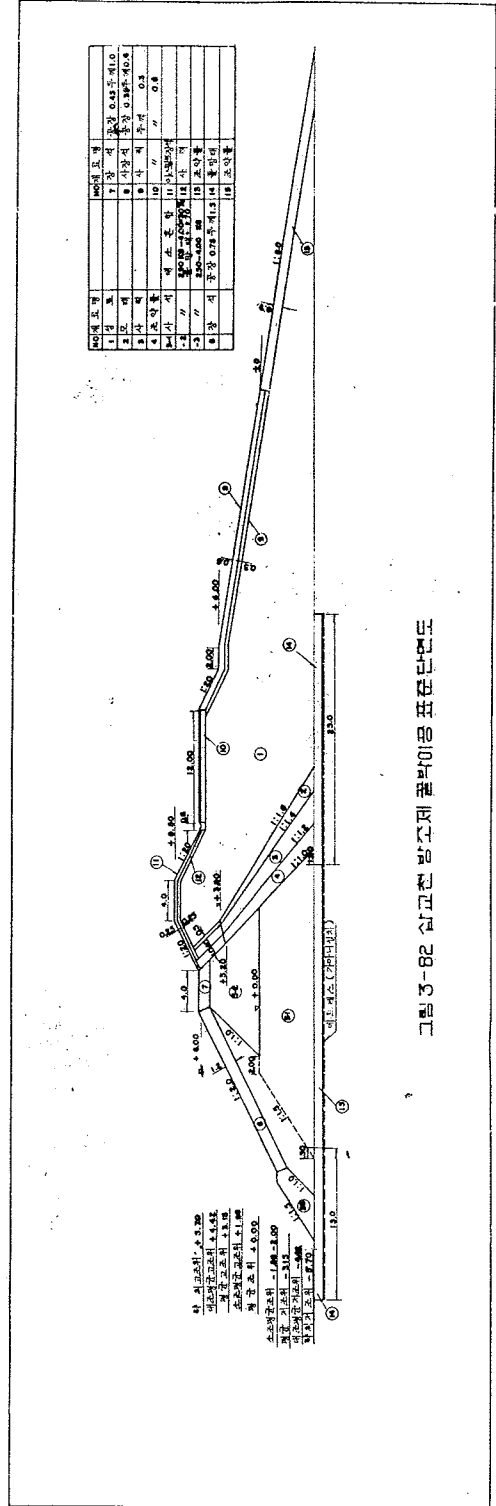


그림 3-82 삼고전 방조제 골짜이공 표판단면도

2. 지구의 배수

2.1 계획요령

지구유역은 일반적으로 간척예정지보다 높으므로 그 유역의 면적, 형상, 지세, 지형, 용배수계통, 산업구조, 교통등의 조사결과에 따라 배수를 간척예정지 바깥으로 자연배수하도록 하고 또 배수불량지대일 경우에는 적극적으로 그 개량을 도모하도록 계획한다.

또 지구위의 배수량 또는 집수면적이 간척예정지구의 그것과 비교하여 그다지 크지 않을 경우에는 지구내 배수와 함께 처리하는 것이 공사비 효과로 보아서 유리할 때가 있으므로 잘 비교 검토하여 결정할 필요가 있다.

인접지구의 배수를 지구위에 배제할 경우 그 유역의 조사결과에 따라 평상시 배수는 물론 홍수시의 배수도 안전하게 배제할 수 있는 배수로 또는 승수로를 계획해야 하나 이때 특별히 다음 사항에 유의한다.

- ① 노선은 일반적으로 등고선에 따라 완만한 경사의 수로가 되는 수가 많으므로 이것에 의해 배수구역에 담수등의 나쁜 영향이 미치지 않도록 주의한다.
- ② 노선의 말단은 바다, 호소, 하천등의 비교적 낮은 수면에 연결하고 가능한한 자연배수로 하나 외수위가 일시적으로 높아져서 배수가 불량하게 되는 경우에는 역수문 이외에 유수지를 만들거나 기계배수를 겸용하도록 계획한다.
- ③ 배수로 승수로는 일종의 배수간선인 동시에 주변 기경작지에 지하수위 보존의 역할을 하며 다시 간척예정지의 용수로서 되는 수가 많으므로 이를 고려하여 계산한다.

인접지구의 배수를 지구내에 집수하여 배제할 경우의 집수한계 면적은 지구의 실정에 따라 다르나 일반적으로는 자연배수인 경우 집수구역이 낮은 평지이면 간척면적의 5배 이하, 기타의 경우나 기계배수인 경우는 간척면적의 30% 이하라고 한다.

또 지구내에 집수할 경우는 배후지역의 지하수위가 저하되어 지반침하 또는 용수나 우물 물의 부족을 초래하는 경우가 있으므로 주의하여 계획할 필요가 있다.

2.2 홍수량의 결정

설계 홍수량은 유역내 또는 그 부근에 있는 관측소, 측후소의 모든 강우기록 및 민윤수 있는 장기간의 홍수량의 실측기록을 기초로하여 승수로가 차지하는 중요도에 따라 결정한다. 그러나 일반적으로 그 유역내의 민윤수 있는 장기간의 홍수량의 실측기록을 얻는다는 것은 어려우며 강우기록으로 추산하는 수가 많으므로 단순히 관측기록만으로 결정하지 말고 지구내에 대한 홍수방지의 안전도 홍수피해의 실태 및 민생에 미치는 영향 등을 포함하여 종합적으로 검토해야 한다.

이 설계홍수량의 구체적인 산정방법에는 실측법 비유량법 공식법 단위유량도법 침투법 유출관수법 홍수추적법 확률홍수법 최대가능강우량법등 많은 방법이 있으며 강우의 특성 유역의 상황등에 따라 우연이 있으나 일반적으로 설계강우량을 정하여 단위 유량도법으로 구한다.

설계강우량의 태략의 기준을 표시하면 다음과 같다. 승수로가 이상출수시(異常出水時) 방조제나 지구내에 큰 피해를 미칠 경우에는 실측자료의 최대치와 80년 확률홍수량을 비교하여 그중 큰 쪽을 채택한다.

지구내의 경작지에 침수될 정도의 피해를 미칠 경우에는 유출수의 집수상태를 고려하여 지구내의 면적이 150ha 이하인 경우는 10~20년 확률강우량 정도를 150ha 이상의 경우에는 30~50년 확률강우량 정도를 채용한다. 또한 최근 시도하고 있는 하구연이나 하구막이로서 담수호 조성계획의 배수갑문의 크기를 정하는 경우의 홍수량 추정은 100년 확률 강우량으로 한다.

또 설계강우량은 단시간우량 장시간 연속우량 이외에 이들을 포함한 강우 강도에 대해서도 실측기록을 써서 검토한다.

일반적으로 유역이 낮은 평지인 경우는 연속강우량 기타의 경우는 집중강우량이 홍수를 크게 좌우한다.

그러나 이 집중강우량의 기록은 별로 많지 않으며 이때에는 다음 식을 써서 일우량의 기록으로부터 추정한다.

$$RT = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T}\right)^n \dots\dots\dots (4.1)$$

n : 정수 (0.4~0.5)

RT : 도달시간 T 시간에의 평균 시간 우량강도 (mm/hr)

R₂₄ : 일우량 (mm)

T : 도달시간 (hr) 을 표시하며 실측기록이 없을때에는 유하거리를 L (km) 라고 하고 또 L 사이의 낙차를 H (km) 라 하면

$$T = \frac{L^{1.6} H^{0.6}}{72} \dots\dots\dots (4.2)$$

유역내의 평균강우량을 산출할 필요가 있을때에는 일반적으로 티이센방법 (Thiessen Method) 에 따른다.

2.3 승수로

2.3.1 설계 바깥조위

승수로의 단면 계산에 사용하는 설계 바깥조위는 배수구를 해면에 설치할 경우 설계 홍수량의 유하시각과 대단히 높은 바깥조위가 겹치는 일은 드물며 만일 겹쳤더라도 그 계속시간은 얼마되지 않는다.

따라서 여름철의 평균만조위는 기준으로하여 설계 홍수량의 도달시간과 그때의 태풍등에 의한 해면의 이상상승(異常上昇)의 관계를 충분히 조사검토하여 얻은값을 더한 수위로 하고 또 기왕의 대홍수시의 실측조위를 참고로하여 결정한다.

2.3.2 수로단면의 설계

승수로 단면의 설계는 일반하천 배수로 등의 설계와 같으나 완만한 경사를 가지는 수로이고 조석의 영향을 받는 경우가 많으므로 수리학적 검토는 물론 토사의 퇴적물

물(水草) 번식상태 등도 고려하여 설계하여야 할 필요가 있다.

승수로의 등마루의 높이는 원칙적으로 설계 홍수위 이상 0.6~1.0m의 여유를 가지게 하고 또 배수구 부분은 해안인 경우는 해안 제방의 설계에 준하고 하천 호소등의 경우는 그 부분의 제방의 설계에 준하는 것으로 한다.

승수로의 통수단면은 설계 홍수량은 물론 평상시의 배수량 항운용수 지하수 보존등을 고려하여 토사의 침전 잡초의 번식 비탈면의 붕괴등을 방지할 수 있는 설계를 할 필요가 있다. 이때문에 단면은 규모에도 관계되나 복단면으로 하는 방법도 생각할 수 있다.

또 수로중에 고정물등의 장애물을 두는것은 될 수 있는대로 피해야 한다.

승수로의 수리관산은 완만한 경사의 수로인 경우에는 에스코피에(Escoffier)의 도식해법을 쓰고 감조부는 부정류의 운동방정식 및 연속방정식을 직접 수치계산에 의해 푸는 방법 또는 도식해법을 사용하면 편리하다.

승수로 제방의 여유높이는 승수로의 중요도에 따라 설계에 대한 안전율을 감안하여 결정할 필요가 있다.

또 이 여유 높이는 월류시키지 않는다는 것을 전제로 한 것이므로 방수구나 월류보틀 두는 경우는 별도이다.

배수구를 해안에 설치한 경우의 승수로 제방은 해안제방의 설계에 준하고 이상 고조위에 대해서도 충분히 견딜수 있도록 설계한다.

그러나 때로는 이상 고조위가 크기때문에 방조수문도 배수구에 설치하여 승수제방 단면을 작게하는 것이 유리한 경우도 있다.

2. 3. 3 배수구의 처리

배수구를 항상 설계단면을 유지하도록 하는것은 홍수를 속히 배제하기 위해서나 또는 선박운행을 위해 중요하다.

그러나 조류 유속 바람등으로 배수구에 토사가 퇴적하여 폐쇄되는 지점에서는 해안선및 물가선의 변화 바람, 물결, 연안류 표사의 보급원 하천 유수량등 현지조사에 입각하여 돌출제, 이안제,(離岸堤), 도류제, 하구암거 등을 설치하여 배수구의 유지를 피할 필요가 있다.

2. 4 조정지(調整池)

복식간척에 있어서는 간척면적의 확대는 곧 조정지 면적의 감소가 되며 물 이용 홍수 조절 기타의 이용면이 규제되는 결과가 된다. 따라서 양자의 관계를 여러 각도에서 충분히 검토하고 조정지 수위의 관리수위를 정하고 주변 배후지를 비롯하여 각 방면에 나쁜 영향을 미치지 않도록 하고 또 효과면을 고려하여 조정지 계획을 세워야 하며 주변 배후지는 원래 이용면 안독마루 높이에 영향이 크므로 배수량 주변배후지 호안 및 배수 상황 계획수리 이용량, 항운, 어업 등의 수면 이용을 고려하여 신중히 검토할 필요가 있다.

특히 홍수의 조절배세에는 제 4 장 2. 2의 홍수량 결정 제 4 장 2. 3. 1의 승수로의 설계 조위에 입각하여 충분히 안전하게 계획하여야 한다. 또 계산은 그림 4. 1의 도식해법에 의해 근사 해법으로 구하면 편리하다.

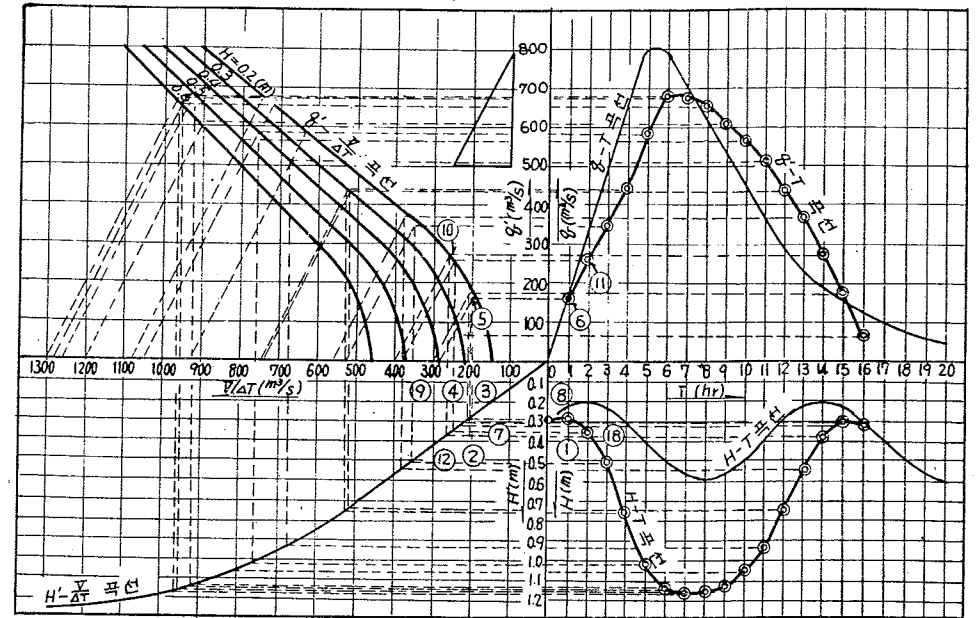


그림 4-1 담수호에서의 수리도식해법

가. 기본공식

$$\int_{T_n}^{T_{n+1}} q dT = \int_{T_n}^{T_{n+1}} q' dT + (V_{n+1} - V_n) \dots \dots \dots (4.3)$$

$$\frac{q_{n+1} + q_n}{2} \Delta T = \frac{q'_n + q'_{n+1}}{2} \Delta T + (V_{n+1} - V_n) \dots \dots \dots (4.4)$$

T : 시간(hr) = 3600(sec)

q_n : 시간 T_n에서의 유입유량(m³/sec)

q'_n : 시간 T_n에서의 유출유량(m³/sec)

V_n : 시간 T_n에서의 저수량(m³)

q_{n+1} : 시간 T_{n+1}에서의 유입유량(m³/sec)

V_{n+1} : 시간 T_{n+1}에서의 저수량(m³)

위의 식은 저수지 상류 끝에 유입된 홍수는 순식간에 그 하류 끝으로 전파된다는 가정에 입각하였을 때의 홍수조절의 기본식이다.

식 4.4로부터

$$\frac{q_n + q_{n+1}}{2} - q'_n + \left(\frac{V_n}{\Delta T} + \frac{q'_n}{2} \right) = \left(\frac{V_{n+1}}{\Delta T} + \frac{q'_{n+1}}{2} \right) \dots \dots \dots (4.5)$$

이것을 그림 4.1에 의해 도식적으로 풀면 시간-유출량곡선 시간-내수위곡선을 구할수가 있다.

나. 작 도

제 1 상한 시간-유입유량곡선

제 2 상한 내수위~유출유량곡선

바깥조위가 시간적으로 변화할 때에는 일정한 바깥조위마다 안수위를 바꿔서 안수위-유출유량곡선을 구한다.

제 3 상한 안수위-저수량곡선

조정지 용량을 환산저수량(m³/sec)으로 표시한다. 예를 들면 시각을 1시간마다 계산할 때에는 저수량 V를 3600 sec로 나눈다.

제 4 상한 시간~바깥조위 곡선

바깥조위는 왼쪽중축의 안수위와 기점 및 눈금을 같게 한다.

다. 계산순서

- ① 시간-바깥조위곡선 (T-H)을 써서 T=0에서의 수위에서 환산저수량($\frac{V_0}{\Delta T}$)를 ①→②→③의 순서로 구한다.
- ② 다음에 T=0에서 T=1까지의 평균 유입량 (일반적으로 T=1/2의 점의 유입량)을 시간~유입유량곡선 (q-T)에서 구하고 이것을 환산저수량의 좌표축상에서 ③→④로 취한다.
- ③ ④에서 1/2 기울기로 선을 긋고 T=1에서의 바깥조위를 제 2 상한의 안수위-유출유량곡선에 삽입하여 그 교점을 구한다.
- ④ 교점 ⑤를 제 1 상한으로 옮겨 그 연장이 T=1의 선과 만나는 ⑥이 T=1일 때의 유출유량이다.
- ⑤ 시간-안수위곡선은 교점 ⑤에서 환산저수량축에 수선을 내려 ⑤→⑦→⑧의 순서로 구할수 있다.
- ⑥ 이와 같은 방식으로 T=1에서 T=2까지의 평균유입량(식4.5에서 T=1에서의 유출량을 빼값)을 구하고 ④로부터 환산저수량축 위에 그 값을 취하고 1/2 기울기의 선을 고어서 T=2에서의 조위에서 그 때의 내수위 유출유량곡선을 추성하여 그 교점을 구하고 유출유량 안수위를 구한다.
이 조작을 차례로 하여 시간~유출유량곡선과 시간~안수위곡선을 구할 수 있다.

라. 작도상의 주의

유출유량, 유입유량과 환산저수량의 단위가 동일하므로 작도할 경우에 다음과 같은 점을 주의해야 한다.

- ① 유출유량, 유입유량축과 환산저수량축의 눈금이 다른 경우
즉 환산저수량축의 유출유량 유입유량축의 1/n의 눈금으로 하였을 경우에는 기울기를 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{n} = \frac{1}{2n}$ 로 하고 평균유입량을 $\frac{V}{\Delta T}$ 축 위에 취하는 방법은 $\frac{1}{n}$ 배를 잡는다.
또 이와 반대로 n 배로 하였을 경우에는 $n \times \frac{1}{2} = \frac{n}{2}$ 으로 하고 평균유입유량은 n 배로 취한다.
- ② 계산을 할 때 채택한 단위시간 ΔT를 취하는 방법이 다를 경우
예를 들면 환산저수량(V/ΔT)을 1시간 단위로 구하고 계산을 ΔT=nhr 단위로 진행시킬 경우에는 유입유량 유출유량축과 환산저수량축의 눈금을 같이 하여

도 V/ΔT 축의 눈금을 유입유량, 유출유량축에 대해 n배로 눈금을 잡았다는 것과 같은 것이 되므로 평균 유입유량의 V/ΔT축에서 취하는 것은 n배로 한다.

기울기를 실제에 있어서는 양축의 눈금이 같고 평균유량을 취할 때에 n배로 하는 조작을 하고 있으므로 변함이 없다.

반대로 환산저수량을 n 시간 단위로 구하고 계산을 T=1 시간 단위로 하였을 때에는 평균유입유량은 $\frac{1}{n}$ 배로 하고 기울기는 불변이다.

③ 유출유량, 유입유량축의 눈금이 다르고 ΔT를 취하는 방법이 다를 경우 ①②의 경우를 적의 처리하면 된다.

3. 지구내 배수

3.1 계획의 요령

지구내 배수에 대해서는 지구내의 토지 이용계획에 입각하여 각각의 표고와 바깥조위와 관계에서 배수방식이 결정되나 어느 방식을 채용하든 토지의 이용계획에 적합한 지하수위가 유지되고 또 지표수가 합리적으로 배제되도록 계획한다.

기준 최저지반 표고를 정할 때에는 공사중의 지반상승 간적후 지반의 건조, 압밀에 따른 침하를 고려할 필요가 있다.

지하수위를 어느정도 경지면 아래로 유지하는 것이 좋은가에 대해서는 자료가 드물고 또 작물의 종류에 따라 다르므로 일반적으로 정하는 것은 곤란하나 일반적으로 알을수록 좋으며 논으로 이용될 경우에는 재배기간중 평균 0.5m 이상 밭으로 이용될 경우에는 재배기간중 평균 1.0m 이상으로 유지하는 것이 적당하다.

담수에 대해서는 수도작인 경작성장기간에 따라 피해정도가 다르고 유수형성기가 가장크고 개화기가 다음이며 분얼작용이 끝나고 초장이 한참자라는 유수형성기의 초기가 그 다음이 되는 순서로 되어있다. 모내기 후 1~2주일때는 기타 생육기에 비해 대단히 적다. 피해량은 담수기간이 길수록 크고 물의 청탁에 따라서도 다르며 일사귀 끝의 물위에 노출 여부에 따라서도 피해정도는 현저하게 다르다. 그러나 유수형성기 이라도 2일 정도의 담수라면 별로 피해가 없다.

이에 비해 전작의 경우는 담수기간의 담수에도 피해가 크다.

3.2 배수량의 결정

지구내 배수량으로서 고려할 사항은 지구내의 강수량 주변제방으로부터의 침투량 지구 바깥으로부터의 유입수량 등이다.

설계배수량은 홍수시 이외의 재배 영농상의 관점에서 또는 배수시설의 유지 관리상으로 보아 평상시 배수량도 결정해 둘 필요가 있다.

지구내의 배수량으로서 생각되는 사항중 주변 제방의 제체내부 및 제체 밑으로부터의 침투량은 제 3 장 3, 2에 의해 산출하고 외수위 상승으로 인하여 배수 갑문 문비의 완전 수밀을 기하지 못하는 수두차에 따른 누수 유입량도 감안하여야 한다.

이 침투량은 내외 수위차로 인하여 홍수일 경우와 상시일 경우는 상이하나 홍수시의

외수위의 상승기간은 짧고 또한 그 사이의 침투량은 강우량에 비해 극히 적으므로 일반적으로 홍수시에나 상시에서나 일정하다고 생각하여 산출하여도 무방하다.

지구바깥으로 부터의 유입량은 지구바깥의 배수를 지구안으로 유입시킬 경우에는 당연히 고려하며 그 이외에 관개용수 가정용수의 여유를 고려해 둘 필요가 있다.

이외에 지구에 따라 용출수 복류수 등을 고려하지 않으면 안될 경우도 있다.

3 · 2 · 1 강우시의 배수량

강우시의 설계배수량은 일반적으로 다음 식으로 표시된다.

$$V = (\text{강우시의 지표수량}) + (\text{주변제방으로 부터의 침투량}) + (\text{지구바깥으로 부터의 유입유량})$$

강우량에 의한 지표수량은 그 부근에 있는 관측소 측후소의 모든 강우기록 및 믿을 수 있는 평야지에서의 장시간의 홍수유량의 실측기록을 기초로하여 지구의 규모에 따라 결정한다.

강우시의 지표수량을 강우량으로 부터 산출할 경우의 대략의 기준을 표시하면 다음과 같다.

대상지구 부근의 관측소등 2~3 지점의 강우자료를 원칙으로 연속 3일 강우량으로서 계획한다.

확률의 기준은 대규모 간척지인 경우 또는 지구내의 부락계획이 있을 경우는 20~30년 확률강우량을 기타의 경우는 10년 확률강우량을 사용한다.

강우형은 설계강우량에 대응하는 실측 강우형을 채용한다.

단, 강우의 집중도의 점에서 극단하게 안전하다고 생각되는 경우는 확률년을 같이 하는 일강우량을 정하고 채용한 3일 강우량에서 뺀 값을 전후로 배분하여도 지장이 없다.

설계배수량의 계산에는 우선 대상지구 부근에서 지구내 배수계획에 적당하다고 생각되는 저지대를 선정하여 조건에 적합한 각종 유량의 실측시의 강우에 대해 검토를 가하고 유출의 각 인자를 명확히 하고 그 뒤 설계강우량에 대해 산출한다.

3 · 2 · 2 평상시의 배수량

평상시의 설계 배수유량은 일반적으로 다음 식으로 표시한다.

$$V = (\text{지하로 부터의 침출수량}) + (\text{주변 제방으로 부터의 침투량}) + (\text{지구바깥으로 부터의 평상시 유입유량})$$

지하로 부터의 침출량에 대해서는 관개 기간에는 주로 취수량으로 비관개 기간에는 주로 강우량으로 좌우되나 그 결정은 대단히 어려우므로 근처 비슷한 지구의 실측값 또는 비슷한 조건을 가진 기 착공지구의 자료등을 참고로 하여 결정한다.

3 · 3 배수계통

간척지구의 배수계통으로는 배수문이나 배수펌프장 등의 시설, 조유지, 유수지, 배수간선, 배수지선, 배수지거 등이다.

그리고 배수문이나 펌프등의 위치가 결정되면 이들의 시설과 지구내 기준 최저 지반

과를 연결시키도록 배수간선을 선정한다.

이 배수간선에 거의 직각으로 배수지선을 다시 배수지선에 거의 직각으로 배수지거를 설치하나 이들은 지구의 형상 지체 도로 용수로의 배치계획 및 경지의 구획형상을 충분히 고려하여 선정할 필요가 있다.

① 간척지는 일반적으로 평탄하므로 배수간선의 기울기를 거의 취할 수 없다.

따라서 넓은 지구에서는 배수문이나 배수기 등의 시설을 1개소로 하면 때로는 배수간선의 길이가 길어지고 하류부는 대단히 깊은 수로가 된다.

이 때문에 생기는 못쓰게되는 땅 또는 공사비의 증대가 생기므로 이와같은 지구에서는 배수문이나 배수기의 시설을 2개소 이상으로 분할하여 배수계통을 분리하는 방법과 비교하는 것이 좋다.

또 지구의 형상 고저에 의해 고위부 중위부 저위부로 배수계통을 분리시키는 경우도 있다.

② 배수지선은 일반적으로 등고선에 평행하게 배수지키는 구획의 일변에 따라 설치한다.

③ 지구내의 집수를 일시 저장하기 위해 배수문이나 배수장 부근에 유수지를 두는 것이 좋다. 자연배수를 하는 지구나 광대한 지구에서는 특히 필요하다. 그 넓이 용량 등은 배수능력에 반비례한다.

④ 방조제에 따라 설치되는 조유지는 제방의 안정 유지관리, 지적의 면에서 너무 과대한 것은 좋지 않으므로 가급적 소배수구 정도로 해두는 것이 좋다.

3 · 4 배수문

3 · 4 · 1 위치의 선정

배수문의 위치는 지반의 표고와 토질, 풍향, 물결, 표사, 기타의 입지조건외의 조사결과에 따라 배수능력의 양부 시공의 난이 공비의 대소, 장애의 유지관리의 적부 등을 충분히 비교 검토하여 가급적 담당하는 배수면적이 크게 되는 위치에 선정한다.

① 배수문은 지구내 및 인접 배후지의 과잉수를 외해의 저조시에 배제하는것을 목적으로 하므로 되도록 넓은 면적을 지배하도록 하고 배수 능력을 잘하기 위해 가급적 방조제 노선중의 지반의 가장 얇은 지점에 설치한다.

그러나 최저위부는 일반적으로 갯골에 해당되고 지반 토질이 연약하여 시공이 어려운 경우가 많다.

② 배수문은 항상 외해를 향해 소통이 좋아야 하므로 풍향, 물결, 조류 등으로 토사의 퇴적하는 경향이 있는 곳은 피해야 한다.

또 배수문이 풍파에 직면할 때에는 문비(Gate)가 장시간 열리지 않거나 풍파로 파손되는 때가 있으므로 그 방법에 대해서도 고려할 필요가 있다.

③ 공사가 쉽고 또 구조물의 안정을 도모하기 위해서 기초지반은 가급적 견고하고 누수의 우려가 적은 위치에 설치해야 한다.

그러나 이와같은 장소를 항상 기대할 수 있는것은 아니며 오히려 지반이 연약한 곳에 선정하지 않으면 안될 경우가 많아 설계시공의 어려움이 많다.

3 · 4 · 2 바닥높이(Sill Elevation)의 결정

배수문의 배수능력을 지배하는 것은 그 통수단면과 바닥높이다. 따라서 바닥높이의 결정에 있어서는 기준 최저 지반높이와 간선배수로 바닥과 외해의 조위와의 관계를 고려하여 항상 배수기능을 효과적으로 유지할 수 있도록 결정한다.

- ① 배수문의 바닥높이는 배수능력의 점에서 알게 할 수록 좋다. 그러나 너무 내리면 공사가 곤란하고 공사비가 커질 때가 있다. 또 토사나 표사가 퇴적하는 곳에서는 갈수기의 폐문기간이 길때에 수문 밑에 이토가 침전하거나 수문의측에 표사가 퇴적되어 배수능력을 현저하게 감퇴시킬 우려가 있다.
- ② 자연 배수의 경우 지구내 기준 최저 내수위를 상하면 평균 간조위로 하면 바닥 높이는 일반적으로 그보다 약 0.3m 이상 알게 된다. 그러나 간척후의 지반침하를 고려하여 지구내 기준 최저지반 높이는 평상시 내수위보다 0.5~1.0m 이상 높게 유지할 필요가 있으므로 평상시 내수위와 지구내 기준 최저 내수위 차를 0.1m로 하면 결국 바닥높이는 기준 최저지반 높이보다 0.9~1.4m 이상 알게 된다.

3 · 4 · 3 통수단면의 결정

가. 기본공식

배수문의 유량은 문비의 종류에 따라 더욱 내외 수위차에 의한 유수의 상태에 따라 다르므로 각각 거기에 적합한 유량공식을 채용하여 선정할 필요가 있다. 보통 배수문에 나타나는 흐름의 상태는 만류, 상류, 한계류의 3 단계로 나누워진다.

① 인양문비가 붙어있는 배수문의 유량공식

(그림 4 · 2 참조)

만 류 $Q = \mu \cdot B \cdot da \sqrt{2g\delta}$ $\mu : 1.04 \sim 1.11 \dots (4.6)$

상 류 $Q = \mu \cdot B \cdot H \sqrt{2g\delta}$ $\mu : 1.00 \sim 1.13 \dots (4.7)$

한계류 $Q = 1.7 \mu \cdot B \cdot H_e^{3/2}$ $\mu : 0.88 \sim 0.94 \dots (4.8)$

Q : 유량 (m³/sec)

B : 수문의 나비 (m)

H : 바닥부터의 외수위 (m)

He : 바닥부터의 내수위 (m)

da : 수문의 높이 (m)

$\delta : He - 1.03 H$ (m)

μ : 유량계수

g : 중력의 가속도 (m/sec²)

유수의 계산구분은 다음 식에 따른다.

만 류 $H \geq da \quad (H - da) / (He - da) > 0.39 \sim 0.42$

상 류 $H \geq da \quad (H - da) / (He - da) < 0.39 \sim 0.42$

$H < da \quad H / He > 0.81 \sim 0.82$

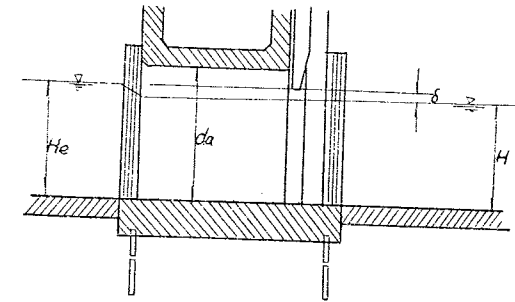


그림 4-2 인양문비식수문의 수리제원

한계류 $H < da \quad H / He < 0.81 \sim 0.82$

② 자동문비가 붙은 배수문의 유량공식 (그림 4-3 참조)

만 류 $Q = y \cdot B \cdot da \sqrt{2g\delta} \dots (4.9)$

$x \geq 0.88 \quad y = 1.02$

$x < 0.88 \quad y = 1.02 - 2.42(0.88 - x)^3$

단 $x = \frac{3\sqrt{He\delta}}{D}$ 로 $He > D$ 인 경우는 $He = D$

상 류 $Q = y \cdot B \cdot H \sqrt{2g\delta} \dots (4.10)$

$x \geq 0.8 \quad y = 0.98$

$x < 0.8 \quad y = 0.98 - 3.41(0.8 - x)^3$

단 $x = \frac{3\sqrt{He\delta}}{D}$ 로 $He > D$ 인 경우는 $He = D$

한계류 $Q = 1.7 y B \cdot H_e^{3/2} \dots (4.11)$

$He \geq 0.2D \quad y = 0.88 \sim 0.94$

$He < 0.2D \quad y = 0.98 - 3.41(0.8 - x)^3 \leq 0.88$

단 $x = 1.732 \quad He/D$ 로 계산된다

흐름의 계산구분은 다음 식에 따른다

만 류 $H \geq da$

상 류 $da > H > \frac{2}{3}He$

한계류 $H < \frac{2}{3}He$

③ 자동문비의 배수개시에 필요한 내외수차

자동문비가 조금 열려서 배수를 시작하고자 할 때의 내외수위차는 내수압 (담수) 외수압 (해수) 차중, 부력 문비의 축마찰력 등에 따라 일정하지 않으나 일반적으로 0.5cm 이하의 대단히 작은 값이다.

또 담수(내수)와 염수(외수)의 밀도차를 고려할 필요가 있는 경우 특히 대형 배수문에서는

$He = 1.03H$ 로 한다.

단 He : 내수위 (담수)

H : 외수위 (염수)

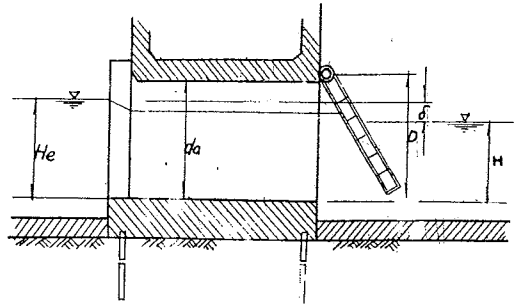


그림 4-3 자동비식수문의 수리제원

자동문비일 경우 엄밀하게 말하자면 배수개시시와 종료시에 위에 식에서 말한 내외수위차가 있어야 한다.

그러나 실제로는 조위의 승강속도가 빠르므로 위 식의 내외수차를 나타내는 시간은 단시간이므로 고려하지 않아도 대차가 없다.

단 단면의 결정

지구내의 홍수시의 실제배수량과 그 지구내 담수위곡선 허용담수위와 담수일수 외조위곡선을 각각 결정한 다음에는 내외수위차에 의한 배제수량을 시산하고 담수위가 허용범위내에 들어가도록 통수단면을 결정한다.

① 외조위 곡선의 선정

현지에서 장기의 조위관측기록에 따라 1년중에서 가장불리한 조건이 겹치는 계절 즉 그 지방의 홍수가 많은 계절의 상하현 평균조위 곡선을 기초로 한다 일반적으로 6~9월의 상하현시의 조위가 채택된다.

조위 기록이 미비된 경우에는 일년중 가장 평균조위가 높은 달의 상하현 평균저조위와 그 달의 평균조위를 사용하고(대부분의 경우 8~9월이다) 다음의 방법으로 작도한다.

② 저조위관측이 불가능한 경우의 근사적 보정

그림 4, 4의 조위 곡선과 같이 저조위관측기록을 얻을 수 없는 경우는 근사적으로 다음 방법으로 보정한다.

$$H = \frac{2h}{1 - \cos \frac{\pi t}{T}} \dots\dots\dots (4.12)$$

H : 조차 (m)

h : 고조위가 관측불가능한 점과의 표고차 (m)

t : 고조위에서 h가 나타날때까지의 시간 또는 h에서 고조위가 나타날때까지의 시간 (hr)

t' : 고조위에서 저조위가 나타날 때까지의 시간 또는 저조위에서 고조위가 나타날 때까지의 시간

π : 원주율

우선 식 (4.12) $h_1, t_1, t'_1 = t_1 + \frac{1}{2} \{ T - (t_1 + t_2) \}$ 를 대입하여 H_1 을 구한 다음에 $h_2, t_2,$

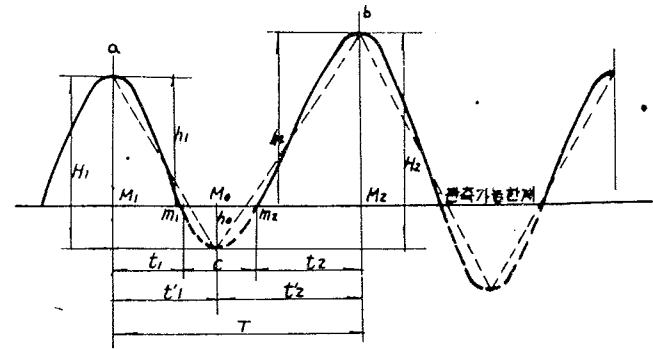


그림 4-4 저조위를관측할 수 없을때의보정방법 (근사해법)

$t'_2 = T - t_2$ 를 대입하여 H_2 를 구하면 저조위 h_2 는 식 (4.13) 으로 표시한다.

$$h_0 = H_1 - h_1 = H_2 - h_2 \dots\dots\dots (4.13)$$

단 $H_1 - h_1 \neq H_2 - h_2$ 인 경우는 평균치를 취해 h_0 로 한다.

그림 4.4의 M_0 에서 h_0 를 취하고 C점을 구하여 ac, bc 를 직선으로 연결하고 이들을 축으로 하여 실측부분과 맞선 곡선으로 보정한다.

② 관측기록이 없는 경우

조위곡선은 일정한 주기(12시25분)를 가지는 싸인곡선과 비슷한 파장의 곡선으로 정확한 싸인곡선은 아니나 조화분해에 따라 다른 주기와 진폭을 가지는 몇개의 싸인곡선으로 분해할 수 있으며 또 싸인곡선이라고 가정하여도 실제상 큰 차가 없다.

따라서 하나의 기준 상하현 조위곡선을 그리려면 mm 방안지위에 한줄의 수평선을 긋고 이것을 평균조위로 한다.

다음에 그 선상의 일점을 중심으로 하여 상하현 평균저조위와 평균조위와의 차 또는 평균상하현 조차의 $\frac{1}{2}$ 을 반지름으로 하여 원을 그리고 전 원둘레를 시계판과 같이 12등분하여 각 분점에 1시부터 12시까지 순차로 시간을 기입한다. (그림 4.5 참조)

다음에 동일 평균조위선을 한쪽으로 연장하고 이것을 일정한 간격으로 등분 각 분점에 1시에서 12시까지 순차적으로 시간을 기입한다.

이때 주의해야 할 것은 이용하고자 하는 태양시간과 조석의 시간 즉 태음시간과의 사이에는 태양시간의 24시간만에 대하여 50분의 차가 있고 태음시간의 1시간은 태양시간의 약 1시간 2분에 상당하는 것이다.

따라서 작도 방법으로는 mm 방안지의 쓴 평균조위선을 30mm 식 긋고 이것을 태양시간의 1시간으로 하면 1mm가 2분에 상당하므로 1시에서는 1mm 2시에서는 2mm 3시에서는 3mm.....가 되도록 1mm 식 누가시켜 늦추워진 점을 취하면 이것이 태음시간이 된다.

이들의 점에 1시부터 12시까지 순차적으로 시각을 기입하고 각점에 수선을 긋는다.

다음에 원둘레위의 각 시각의 점에서 수평선을 긋고 동일시간의 수직선과의

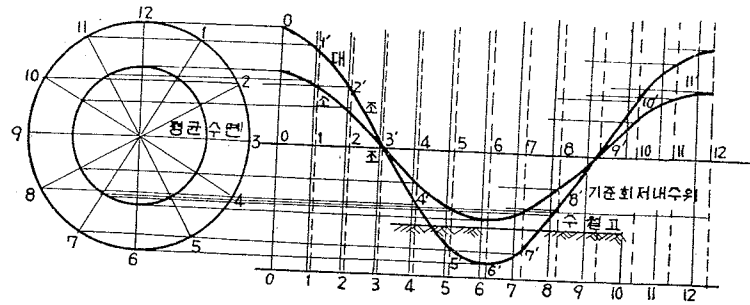


그림 4-5 일조부등이 없을때의 작도법

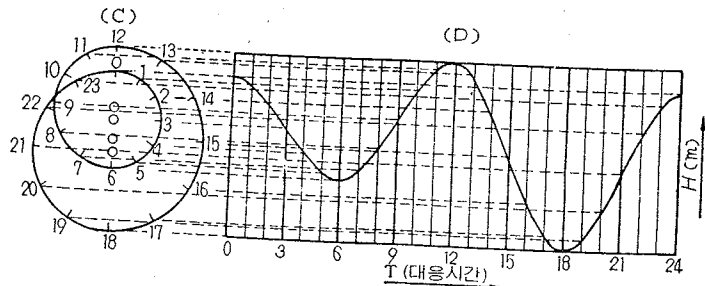
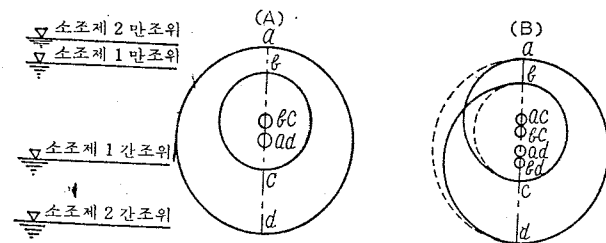


그림 4-6 일조부등이 있을때의 작도법

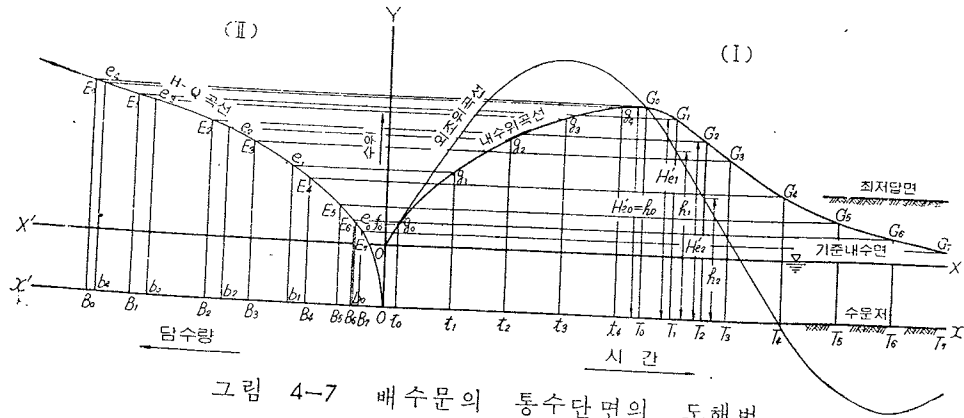


그림 4-7 배수문의 통수단면의 도해법

교점 1'2'3'.....으로 하고 이들을 곡선으로 이으면 조위곡선이 된다.

처음에 취한 태양식의 각 시각의 점에도 수직선을 세우면 그것과 조위곡선과의 교점은 그 태양식의 조위이다.

일조부등이 심한 지구에 위의 작도에 의한 조위곡선으로는 부적당하므로 일조부등을 고려한 그림 4.6에 따라 근사적으로 구한다.

이때의 채용조위도 물론 평균조위가 높은 달의 것으로 한다.

② 지구내 담수위곡선

배수문이 담당하는 집수구역의 평면 및 고저 측량의 결과에 따라 고위차 20~50cm(소 면적인 경우는 10cm)의 등고선을 그리고 이것으로 둘러쌀인 면적을 구하고 내수위 표고, 담수심, 담수면적, 담수량의 관계를 정리하고 통수단면 결정의 참고자료로 한다.

③ 수리적 검토

우선 기간척지의 배수단면적 자료로 잠정단면을 가정한다.

재래의 해안배수문의 100ha 당의 나비는 대체로 1~2m(단 1회의 배수기간 3~4 시간이다)이다.

통수단면을 가정하면 설계배수량으로 구한 내수위와 채용 외조위 곡선에서 그림 4.7의 방법으로 배제수량을 계산하고 지구내의 잔존수량 및 수위가 토지이용면에서 정한 허용 담수위의 범위내에 있는가 어떤가를 검토하여 통수단면을 결정한다.

허용범위내에 없을 때에는 가정단면을 변경하고 다시 검토한다.

④ 그림 4.7의 설명

(1) 조 작 1

폐문전에 상당한 강우량이 있고 지구내 수위가 상시 배수면보다 약간 상승하고 조위가 어느정도로 올라서 배수위와 일치한 시점에서 문비가 닫혔을 경우를 상상하여

(가) 폐문초기에 배수위가 f_0 였다고 하자 Y축상의 f_0 를 지나는 수평선과 제 II상한의 H~Q곡선과의 교점 e_0 의 수선과 ox 축과의 교점을 b_0 로 한다. f_0 를 지나는 수평선과 제 I상한의 조위곡선과의 교점 g_0 의 수직선과의 o_2 축과의 교점을 t_0 로 한다.

t_0 는 폐문시점이며

f_0, g_0 : t_0 시점의 내수위

$g_0, t_0 = e_0, b_0$: t_0 에서의 배수문 바닥부터의 내수심 He_0

Ob_0 : t_0 에서의 배수문 바닥부터의 담수량 Q_0

(나) t_0 시점에서 t_1 시점까지의 경과시간 t' 내에 지구내 및 지구외에서 유입하여 뚫인 수량이 Q_1 일때

제 II상한에서 ox' 축상 b_0 에서 좌측에 $b_0 b_1 = Q_1$ 이 되도록 b_1 을 취하고 b_1 의 수직선과 H-Q곡선과의 교점 e_1 을 지나는 수평선을 긋고 제 I상한 OY 축상 $t_0 t_1 = t'$ 가 되도록 t_1 시점에 세운 수직선의 교점 g_1 을 구한다.

f, g_1 : t_1 시점의 내수위

$g_1 t_1 = e_1 b_1 : t_1$ 시점의 내수심 He_1 ,
 $Ob_1 : t_1$ 시점의 담수량 Q_1
 (다) t_1 시점에 t_2 시점까지의 경과시간 t'' 내에 유입하여 모인 수량이 Q_{i_2} 일 때 제 II 상한의 Ox 축상 b_1 의 좌측에 $b_1 b_2 = Q_{i_2}$ 이 되도록 b_2 를 취하고 b_2 의 수직선과 $Q-H$ 곡선과의 교점 e_2 를 지나는 수평선을 긋고 제 I 상한 Ox 축 $t_1 t_2 = t''$ 가 되도록 t_2 에 세운 수직선과의 교점 g_2 를 구한다.

$f_2, g_2 : t_2$ 시점의 내수위
 $g_2 t_2 = e_2 b_2 : t_2$ 시점의 내수심 He_2
 $Ob_2 : t_2$ 시점의 담수량 Q_2
 같은 방법으로 $t_2 t_4 \dots$ 지점에 대한 $g_3 g_4 \dots$ 을 구하여 연결하고 폐문시간 중의 내수위곡선을 만들고 그것이 조위곡선과 교차되는 점 G_0 의 수직선과 Ox 축과의 교점 To 가 폐문중기 즉 개문초기의 시점이다.

(라) G_0 를 지나는 수평선이 Y 축과 교차되는 점을 F_0 로 하고 제 II 상한의 $Q-H$ 곡선과 교차되는 점 E_0 에서의 수직선과 Ox 축과의 교점을 B_0 로 한다.

$G_0, F_0 = T_0$ 시점의 내수위
 $G_0 T_0 = E_0 B_0 : T_0$ 시점의 내수심 $H'e_0$
 $OB_0 : T_0$ 시점의 담수량 $\sum Qi$

(2) 조 작 2

(가) 개문초기 T_0 시점에서
 내수심 $(G_0 T_0) = He_0$, 외수심 $(G_0 T_0) = h_0$.
 외수심은 그 시점의 배수문 바닥부터의 조위곡선의 높이이며 이 시점에서는 $H'_{e_0} = h_0$.

T_0 시점에서 시간 T' 가 경과 한 후 T_1 시점에서는
 내수심 $H'e_1$ (미정) 외수심 h_1
 평균수위차 $Z_1 = \frac{1}{2} (H'e_0 - h_1)$
 평균유출심 $Y_1 = H'e_0 - Z_1 = \frac{1}{2} (H'e_0 + h_1)$
 유출수량 $Q'_1 = U \sqrt{2gZ_1} Y_1 BT'$
 U : 유량계수
 T' : 시간 (초)
 B : 배수문 총나비 (m)

이 시간의 유입량 Q'_i ,
 제 II 상한 Ox' 축상 O 에서 왼쪽에
 $(\sum Qi + Q'_i) - Q'_i = P_1$
 에 같게 OB_1 을 취하고 B_1 에서의 수직선과 $Q-H$ 곡선과의 교점 E_1 을 지나는 수평선을 긋고 Y 축과 F_1 에서 교차되고 제 I 상한의 T_1 에서의 수직선과 교점 G_1 을 구한다

$F_1, G_1 : T_1$ 시점의 내수위
 $G_1 T_1 = B_1 E_1 : T_1$ 시점의 내수심 $H'e_1$ (결정)
 $OB_1 = P_1 : T_1$ 시점의 담수량 (잔수량)

(나) T_1 시점에서 시간 T'' 가 경과한 후 T_2 시점에서는
 내수심 $H'e_2$ (미정) 외수위 h_2
 평균수위차 $Z_2 = \frac{1}{2} (H'e_1 - h_2)$
 $Z_2 > \frac{1}{3} (H'e_1 - h_2)$
 될 때에는 한계 수류가 되므로
 $Q'_2 = U' 1.7 He_1^{3/2} BT''$
 이 시간의 유입수량이 Q'_i 일때
 $U' =$ 유량계수

제 II 상한에 OX' 위 O 에서 왼쪽에
 $(P_1 + Q'_i) - Q'_i = P_2$
 와 같게 OB_2 를 취하고 B_2 에서 수직선과 $Q-H$ 곡선과의 교점 E_2 를 지나는 수평선을 긋고 Y 축과 F_2 에서 교차되고 제 I 상한의 T_2 수직선과의 교점 G_2 를 구한다.

$F_2, G_2 : T_2$ 시점의 내수위
 $G_2 T_2 = E_2 B_2 : T_2$ 시점의 내수심 $H'e_2$ (결정)
 $OB_2 : T_2$ 시점의 담수량 (잔수량)

같은 조작을 되풀이 하여 각 시점의 G 를 구하여 연결하면 개문시간 내의 내수위 곡선이 얻어진다.

이 곡선과 Ox 축과의 사이의 수직거리는 내수심이다 각 시점 간의 유입수량 Q'_i 가 증감하면 그것에 따라 내수위 곡선은 오르내리고 Q'_i 가 없어지거나 또는 현저하게 줄어지면 이 곡선은 OX 선 이하로 내려가며 상시 내수면위의 담수심은 0 가 되고 다시 내려가서 Ox 축과 교차되면 배수문 바닥 위의 내수심 He 도 0 이다.

조위가 내려가고 외수위가 내수심의 용이하 ($h < 용 He$ 또는 $Z > \frac{1}{3} He$) 가 되었을 때 유출은 한계류가 되며 조위는 배수문 바닥 아래로 내려가더라도 유출수량은 내수위만이 관계되고 외수심에는 관계가 없다.

내수위 곡선이 조위곡선(밀물)과 교차되는 시점에서 다시 폐문하고 유입이 지속되면 다음의 썰물 때까지 담수량이 증가하므로 조작 I 을 되풀이 하고 폐문시간 중의 담수심 및 담수시간을 검사해야한다. 최저담면 위의 담수심 담수시간이 허용한계를 넘을 때에는 배수문의 총 나비를 증가하거나 배수문 바닥을 내릴 필요가 있으며 그때 위의 방법을 써서 재검토한다. (E. D. P. S. 에 의한 계산례 '부록 II 참조)

(3) 주의사항

식 (4.6) ~ (4.11) 의 유량계수 $U \cdot Y$ 의 값은 실내시험으로 구한 값과 실제로는 반드시 일치하지 않고 담수와 해수와의 비중차 문비의 총량, 형상, 힌지(Hinge)의 마찰등의 영향이 미칠것이므로 실제로는 안전을 위해 10% 정도 적게하는 것이 좋다.

3. 4. 4. 구 조

가. 구조일반

배수문의 구조는 일반의 수문설계와 하등 다를것이 없다. 그러나 해면아래의 간석지를 농경지로 하기 위한 중요한 시설이고 다시 항상 외해의 풍파에 시달려서 수량 및 흐름의 변동이 있으므로 그 구조는 안정되고 충분한 강도를 갖도록 설계 시공할 필요가 있다.

배수문의 시공에서 특히 주의할 사항은

- ① 배수문의 시공시기는 간척공사의 초기에 행하고 끝막이 공사를 하기전에 완성해야 한다.
- ② 배수문은 일반적으로 축제선보다 물러서 구축하고 물결 조류등에 대한 방비 및 유지관리가 편리하도록 한다.
- ③ 배수문은 칩하 특히 부동칩하를 막기위해 충분히 기초지반을 조사하고 지반의 상태에 적합한 공법으로 튼튼히 시공한다.
- ④ 배수문의 바닥 및 측면에 따라서 일어나는 외해로부터의 누수를 방지하기 위해 바닥지수벽, 측면지수벽 (날개벽)을 반드시 설치한다.
- ⑤ 배수문 유출구의 앞면은 유출수에 의해 세굴되기 쉬우므로 물받이 또는 사석으로 잘 보호한다.

나. 배수문 본체

배수문은 그 구조에 따라 덜개가 있는 것과 없는것으로 나누어지고 일반적으로 유개의 것은 통관, 무개의 것은 수문이라고한다. 통관의 문비는 자동적으로 개폐되는 자동문비를, 수문의 문비로는 인양식 문비를 붙인 예가 많다.

이 배수문 본체의 설계에서 특히 주의 할 점은

- ① 본체의 앞면에 풍파가 부딪치므로 파압에 충분히 견디도록 원칙적으로 앞벽을 설계하여야 한다.
- ② 배수문은 반드시 문비의 수리, 통관의 보수를 할 경우 물을 뿜 수 있도록 설계시 고려해 둔다.

다. 문 짝

배수문의 문짝은 그 형식에 따라 인양문짝, 자동문짝, 人자형 문짝, 이중문짝, 으로, 또 그 조작에 따라 자동, 수동, 기동으로 분류되고 자동문짝, 人자형 문짝은 거의 자동하고 그 이외에는 수동이 아니면 기동이다.

그러나 외해에서의 누수를 막고 개폐를 확실히 하기위해서는 인양문짝이 가장 적당하다.

① 인양문짝

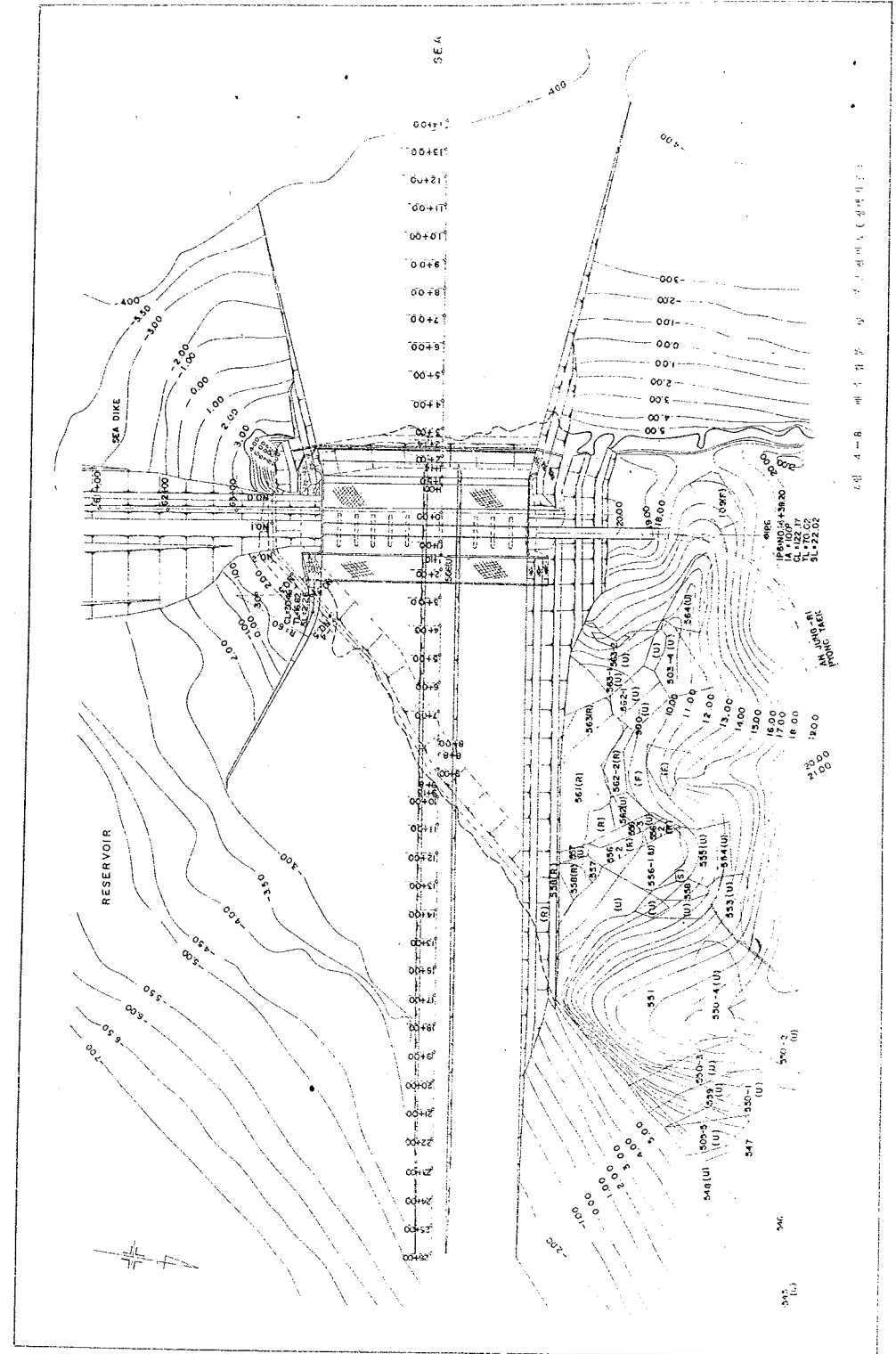
구조는 일반하천의 취수문짝과 같고 개폐가 확실하고 소형은 수동식이나 대형이 되면 기동식이 될 수 밖에 없다.

② 자동문짝

이것은 문짝이 하나의 배수문턱에 한장씩 있는 것이 원칙이다.

자동문짝의 구조는 배수문 상부에 경첩으로 붙이는 것이 보통이며 때로는 상부의 좌우 양단을 약간 돌출시켜 여기에 매다는 것도 있다. 모두 자동문짝 싱단을 축으로하여 회전시켜 개폐한다.

이 자동문짝은 좌우 양 끝에 해수가 새는 약점이 있으므로 설계에서는 문이



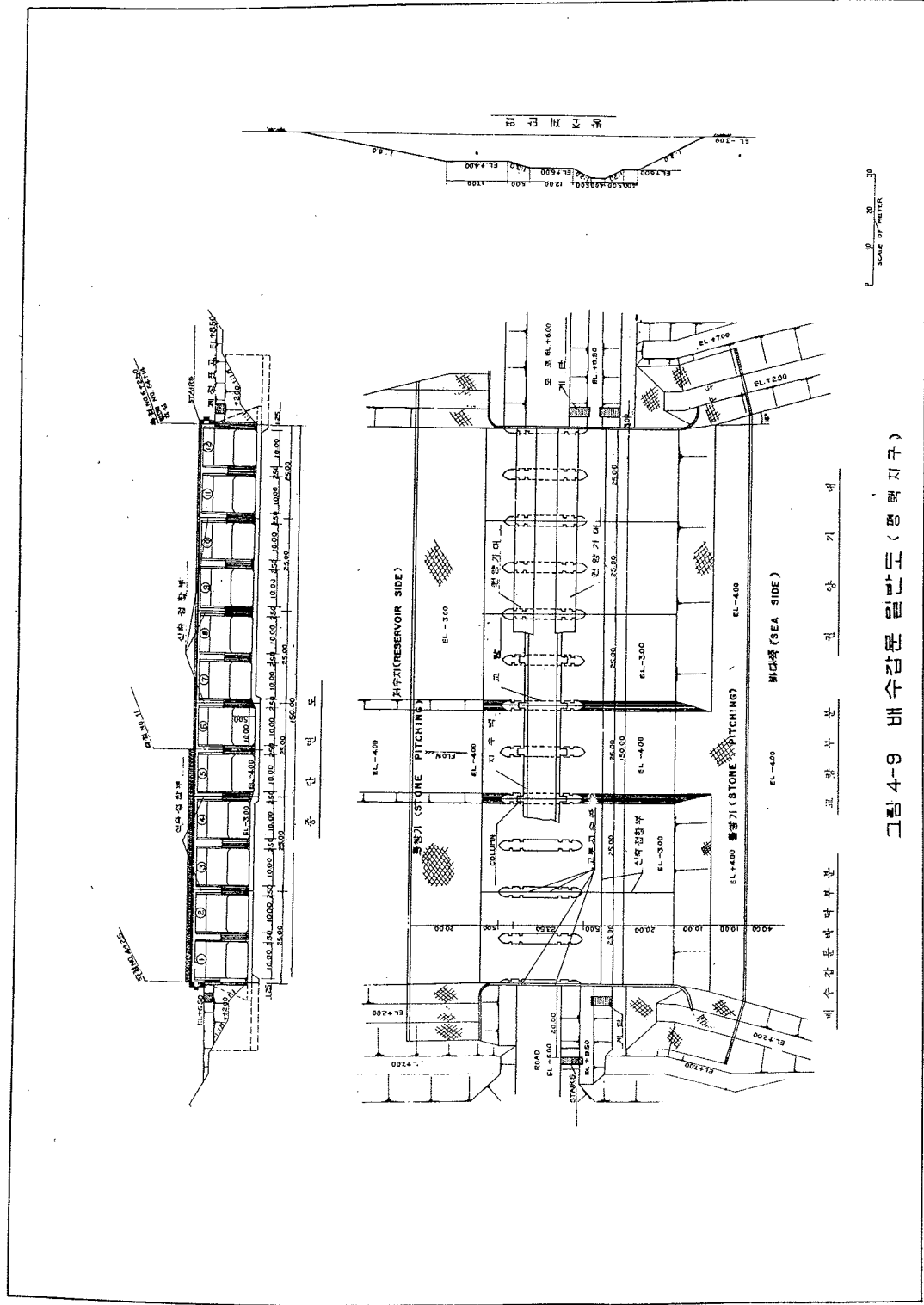


그림 4-9 배수검문 입관면도 (평면 지구)

배수검문 상부부분 교목관부분 관상기대

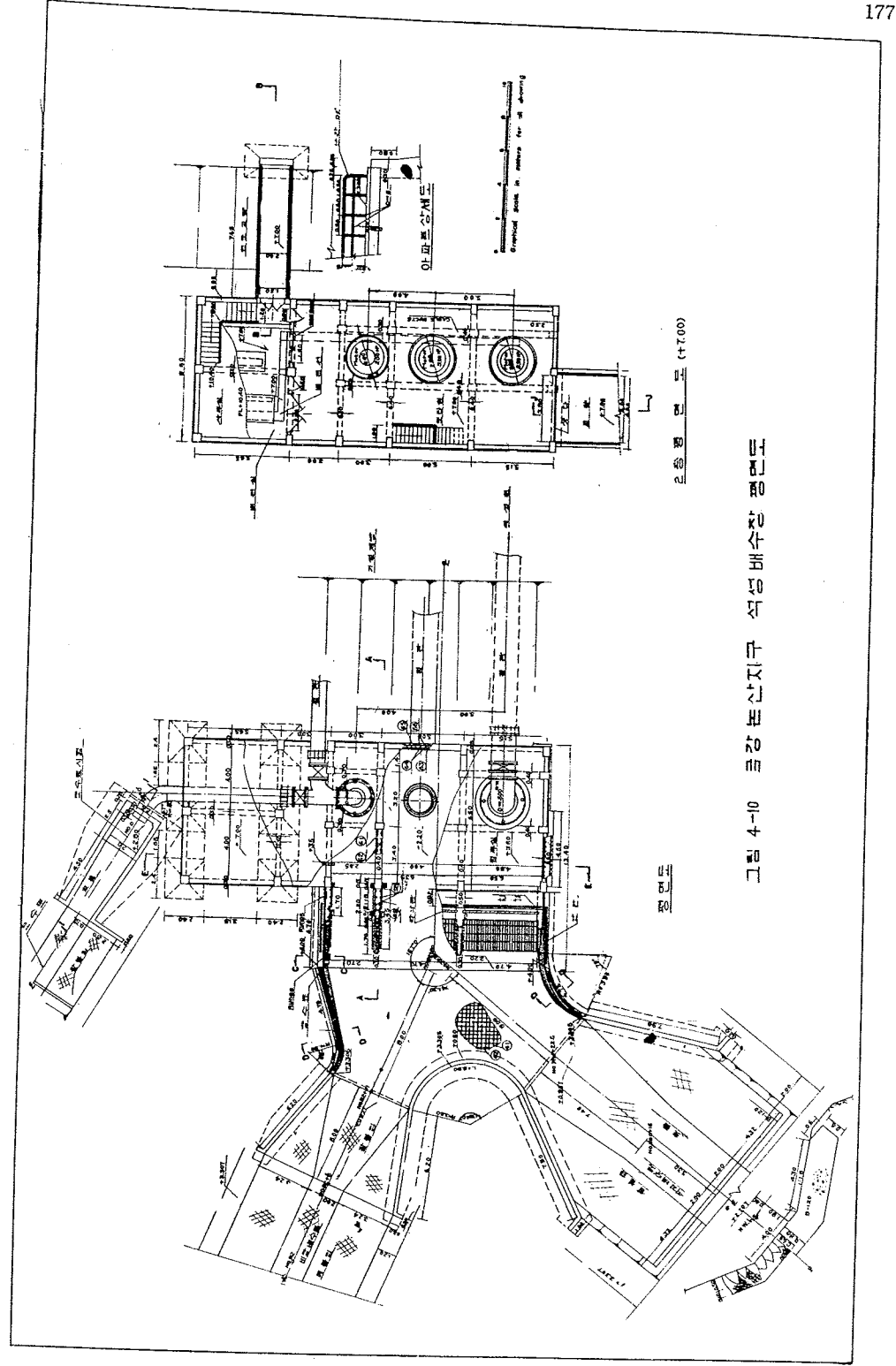


그림 4-10 배수검문 상부부분 석성 배수검문 평면도

배수검문

이관상부 (47.00)

열리기를 쉽게 함과 동시에 폐문시 문짝과 수문벽을 밀착시키기 위해 자동문짝을 약간 비스듬히 붙이도록 하고 또 개폐시 자동문짝 하단에 돌 등이 끼지 않도록 물받침 바닥을 수문바닥 보다 약간 내려서 설계한다.

③ 미다지 문짝

이것은 로올러 또는 레일위를 옆으로 밀어 넣는 것으로 수위차가 큰 지구의 계획에 사용한다.

④ 인자형 문짝

이것은 좌우 두장의 문짝으로 되어 있고 그 각각 한 쪽이 측벽에 밀착하고 그 상하단으로 지지되고 이것을 축으로 하여 문짝이 수평으로 회전하여 개폐된다. 닫혔을 때 문짝은 중앙에서 서로 맞닿아서 수밀하게 되나 내외수위의 근소차에서도 열리도록 하기 위해 어느 정도의 인자각을 갖도록 할 필요가 있다.

그 각도는 일반적으로 160° 정도가 좋다고 한다. 즉 상부에서 본 삼각형의 높이는 배수문 나비의 1/2~1/3 정도로 한다.

이 형식은 열렸을 때 문짝이 배수문 측벽에 평행하게 되므로 물은 하동 지장 없이 문턱의 전 나비로 유출되는 이점이 있으나 닫는 시간이 걸리는 데다가 풍파에 시달리면 파손되기 쉬운 결점이 있다.

⑤ 이중문짝

형식은 위의 인자형 문과 같으나 닫혔을 때 두장의 문짝이 평면이 되고 서로 맞닿지 않는다. 장단점은 인자형 문과 같다.

문짝의 재료는 목재 철재 및 그 합성의 3종이다. 어느 재료를 사용해도 염수해충등으로 인한 부식이 현저하므로 방부제를 바르거나 방식법을 강구하고 또 정기적으로 바꾸는 등 적절한 조치를 강구해야 한다.

3 · 5 배수장

3 · 5 · 1 위치의 선정

배수장은 단위 면적당의 하중이 상당히 크고 또 부등침하등의 우려가 있으므로 말뚝기초 케슨기초 등 지반침하에 충분히 대응하는 기초 처리를 필요로 한다.

그러므로 지반이 낮은 위치를 선정하는 것이 제일 좋다.

배수장과 제방과의 연결은 부등침하의 경계가 되고 따라서 약점이 되기 쉬우므로 가능하면 지지층의 위에 연약층의 덮이가 적은 개소를 골라서 이에 대처한다.

위와 같은 곳은 일반적으로 제방선의 육지쪽에 가까운 곳에 얻기 쉬우나 기계배수인 경우는 배수문의 경우와 달라서 극단의 파랑이 달는 장소 체사가 많은 장소를 제외하면 제방바다쪽의 지형이나 현 지반고 등으로 영향을 받는 것이 적지 않으므로 배수로의 설계에 대해서는 충분한 고려를 하므로써 제방선의 육지쪽 가까이 위치를 골라도 지장은 없고 또 이 경우의 송전선의 길이 연료 운반거리의 단축 관리인 주재의 편리등에 대해서도 좋은 영향을 받게 된다.

그러나 한쪽으로는 배수로의 경사를 취하는데 무리가 없는 위치를 선택하도록 주의해야 한다.

배수장은 육지가 가까이 설치하면 방대한 길이의 배수로를 지형과 역경사로 굴착하

게 되어 토량이 늘기만 하고 펌프의 흡수 위치를 비경제적으로 내리게 된다.

특히 자연배수와 기계배수를 병용하는 경우에는 이 점에 대해 고려해야 한다. 이 양자는 어떻게 보면 모순되는 조건같으나 위치의 선정에 대해서는 개개의 실정에 따라 가급적 양자를 만족시키도록 계획해야 한다.

3 · 5 · 2 펌프의 대수

펌프를 설치하는 경우의 원칙적인 주의사항은 다음과 같다.

① 동일계획조건하에서 총 배수량이 결정하면 이것을 등분하여 몇 대의 펌프로 배수하느냐 하는것을 그 분할방법이 기발하지 않는한 총 기계설치비에는 큰 차가없다.

② 각 펌프는 가급적 전 부하운전 할수 있는 시간이 많도록 분할방법을 취하고 또 같은 기종 같은 구경의 것으로 하므로써 설비비, 동력비가 경감된다.

③ 분할배수를 적게하고 또 같은 기종 같은 구경의 것으로 하면 유지관리비가 경감된다. 이것을 염두에 두어 간척지에서의 펌프대수의 분할방법을 생각하면 대략 다음과 같다고 볼수 있다.

홍수시 정상시의 양정에 내치없고 홍수시 배수량이 정상시(상시 배수는 간단운전을 생각해도 좋다)의 4~6배 정도일 경우 펌프대수는 홍수배수량을 정상시 배수량으로 나는 값의 정수값을 골라서 펌프는 모두 동일한 것으로 하고 정상시 운전할 펌프는 원동기에 대해서 고려한다.

홍수시와 정상시 사이에 배수량 또는 양정에 차이가 있을 경우에는 홍수용과 정상시용의 두 기종으로 나누워 펌프를 계획한다.

이 경우에는 세가지 기종 이상의 것을 사용하는 것은 좋지않다.

홍수용 펌프는 같은 기종, 같은 구경의 것을 두대 이상으로 분할하고 시시각각의 배수량의 변화에 따라 각 펌프가 될 수 있는 한 계획배수량으로 운전할 수 있도록 한다.

이 경우 분할된 1대당의 계획배수량은 1년 수회 또는 수년에 1회 일어날 수 있는 홍수에 대해 적당한 배수량을 취한다.

이것은 위험분산의견지로보아서도 효과적이다. 정상시용 펌프를 홍수시에도 운전하고자 할때에는 반드시 그 양정 변화에 따른 배출량의 감소 및 축류 펌프의 경우에는 원동기가 과부하가 되지 않는가를 검토하고 과연 정상시용 펌프를 홍수시에 운전하는 것이 효과적인가 아닌가를 확인할 필요가 있다.

배수량이 그다지 크지 않을 경우에는 펌프를 분할해도 운전경비가 설치비에 미치지 못하므로 정상시용과 홍수용의 두대만으로 하는것이 유리하다.

3 · 5 · 3 배수장의 넓이와 부속설비

일반적으로 배수장은 좁게 설계하기 쉽다. 그러나 배수장에는 주기계, 원동기, 밸브 등 이외에 보조기계류, 조작설비, 관리설비, 수전설비, 진정주행식 기중기 등의 기계류를 설비할 장소, 압유, 압기, 전기, 배수, 급수등의 소 배관류를 두는 장소, 압유조, 저유조(貯油槽), 연료소출조(燃料小出槽), 축전지실, 휴계실 등 적어도 1대의 주펌프를 분해 정비하기 위해 필요한 장소, 안전통로가 될 장소를 취해야 한다.

더우기 천정주행식 기중기는 보통 '기아너' 끝으로 부터 0.5~1.0m 이내에서만 가동할수 있으므로 중량볼은 이를 고려하여 설치해야 한다.

단 대형 배수장에서 펌프의 조작운전이 자동제어(自動制御) 되는 경우에는 주작실, 휴계실 등은 별동(別棟)에 있어서도 하등의 지장은 없다.

대형 배수장에서는 이 이외의 봉수(封水), 냉각수를 위해 담수조를 부속시킨다. 이들은 펌프나 열 교환기의 재질을 선택하기에 따라서는 해수를 사용할 수도 있으나 만일 담수를 얻을 수 있다면 담수가 좋다.

봉수는 순환시켜 사용하는 경우를 제외하고는 펌프의 연속 운전시간을 제한하므로 충분한 양을 확보하도록 한다.

펌프와 원동기는 반드시 공통기초위에 튼튼히 설치하고 펌프 축심과 원동기 축심과의 사이에 상대적 이동이 일어나지 않도록 고려한다. 가요성 이음을 둔 경우에도 기초를 분리시키는 것은 삼가 해야한다.

또 내연기관을 원동기로서 사용할 경우에는 소방법에 따라 배수장내의 연료조의 크기에 제한을 받으므로 본조는 배수장에서 적당히 떨어진 장소에 설치한다. 본조의 저유량은 비상시 수송이 두절될것을 고려하여 대략 5 일내지 1 주일간정도를 목표로 한다.

3.5.4 양정의 결정

흡입양정이 크면 펌프에는 카비테이션의 발생등 나쁜 영향을 이르기 쉽다. 특히 축류 펌프에서 비교적 회전도가 높아서 그 경향이 일어나기 쉬우므로 총양정이 동일해도 흡입양정이 작게 되도록 한다. 흡입양정이 낮으면 위급시 물에 잠길 위험이 있으나 이것은 배수장 자체의 구조로 방지할 수 있다.

계획양정은 상시와 홍수시의 양정에 차이가 없다고 생각되는 경우를 제외하고 상시용과 홍수용 각각에 대해 결정한다. 상시용의 흡수위는 비용이 허락되는 범위내에서 지구내의 전부 또는 대부분이 (암거 배수 등을 병용하므로서) 건담화되고 전작도 가능한 수위를 취한다. 배출수위는 연간 평균조위를 표준으로 한다.

단 간척지의 영농이 담 단작(畝單作)인 경우에는 흡수위는 최저담면 높이에 수면경사를 고려한 높이로 하고 배출수위는 관개기간의 평균조위로 하여도 좋다.

홍수용 펌프의 흡수위는 상시용과 같이해도 좋으나 엄밀하게 바란다면 허용담수위와 상시흡수위와의 사이에서 상시배수량 담수량 담수시간의 관계에서 홍수용 펌프의 운전정지점을 결정하고 그때의 흡수위로서 계획흡수위로 한다. 배출수위는 삭망평균수위로 하고 여기에 계획최고조위 및 그 시간변화를 보아 먼저의 흡수위를 고려하여 배수량의 감소원, 동기의 과하부의 유무, 효율의 저하등 지장이 없는가를 검토하여 결정한다. 또 계획 최고수위와 확율도가 낮은 고수위와의 사이에 현저한 차가 있을때에는 홍수용 펌프를 직병렬, 바꾸어치기 운전방식으로 하므로서 어느정도의 해결은 도모할 수 있다.

3.5.5 펌프의 종류

재래에는 축류펌프, 사류펌프, 원심력펌프의 세 종류를 주로 사용해 왔으나 근래에는 거의 축류, 사류가 채용되고 있으며 원심력 펌프는 저양정양흡입보류트펌프(低揚程兩吸入)가 극히 예외적으로 사용될뿐이다.

가. 축류펌프

- ① 전양정 가로형(橫型) 4.0m, 세로형(立型) 6.0m 이하 또 배수량이 클때 적합하다. 배초 1 대당 5 m³ 이상의 배수량이 있는 경우에는 입형축류를 쓰는편이 유리하다.
- ② 일반적으로 회전수를 높게 할수 있으므로 원동기 직결 또는 작은 감속 비로 사용할 수 있으나 날개의 외주변 속도가 빨라지므로 게비테이션(CAVITAION)이 일어나기 쉽다.
- ③ 특성상 설계점에서 약간 벗어나도 큰 효율저하등을 일으키고 사용양정이 설계점을 30% 정도 이상을 초과하면 급격히 축동력이 증가하여 소음을 내고 이어 원동기는 과부하(過負荷)가 되어 사용불능이 된다. 물론 체결운전(締切運転)은 불가능하다.

④ 800~1,000mm 를 넘는 대형인 경우에는 가동날개기구(機構)를 설치하여 운전중에 날개각도를 조작할 수 있다. 즉 배수량 양정의 변화에 따라 날개각도를 변화시켜 원동기 출력을 항상 정격(定格)능력으로 유지하고 또 효율을 크게 저하시키지 않고 배수량의 조절을 할 수 있다. 기동시에 있어서의 막음운전도 가능하다. 이 가동 날개축류펌프의 특성은 다음의 사류펌프의 특성에 가깝다.

나. 사류펌프

- ① 가로형에서는 3~10m 세로형(單段)에서 5~20m 로서 축류펌프에 비해 전양정을 높이 할 수 있으며, 흡입양정도 축류와 원심의 중간에 속하며 특성상 양정의 변화에 대한 효율, 축동력 배수량이 다같이 급격한 변화를 피할 수 있으며 기동시의 막음운전, 대폭적인 출입운전이 가능하다.
- ② 회전수는 축류보다 낮으며 따라서 전동기 극수가 많아지거나 또는 감속비를 크게함을 요하나 날개, 또는 속도가 낮어지므로 카비테이션에 대해서는 보다 안전하다.

다. 양흡입 보류트 펌프

- ① 전양정은 20m 이상을 취할 수 있고 회전수도 사류보다 느리게 할 수 있으므로 카비테이션에 대해서도 더욱 안전하고 흡입양정을 높게할 수 있다. 또 흡입양정이 동일하면 사류보다도 큰 회전수를 택할 수 있다.
- ② 사류보다도 고효율의 범위가 넓다.
- ③ 수중측 받침이 필요치 않으므로 유지관리에 편리하다.
- ④ 케이싱이 크고 설치하는데 많은 공간이 필요하다.

라. 통형(筒型) 펌프

위의 3종의 분류와 약간 다르나 제 2 차대전시부터 유럽에서 수차의 형으로 사용되고 있는 것으로 그 역이용(逆利用)이다.

축류형, 사류형 중에서 어느 것이라도 할 수 있다. 수평축, 사축 어느것이나 좋으나 펌프에 굴곡이 없으므로 손실수두가 작고 또 양수효율도 높다. 펌프를 제체내에 매설할 수 있고 발전수차(發電水車)에서는 배수장이 바로 댐으로 되어 있는 곳이 많으나 댐과 배수장을 따로 두는 경우에도 토목건축비를 대폭 절감할 수 있고 시민이 전될 수 있는 경우에는 이를 채용하는 것이 유리하다.

또 펌프 수차에 가역(可逆) 이용도 상당한 효율을 기대 할 수 있다.

3·5·6 펌프의 축방향

기종의 선정과 동시에 축방향의 선정도 또한 중요하며 지구의 설정에 맞도록 신중히 검토한다.

가. 세로축 (立軸)

- ① 설치면적이 적고 2상식(床式)을 쓸 수 있으므로 보조기류를 설치할 장소의 여유도 기대할 수 있다.
- ② 호수(呼水) 조작등이 불필요하므로 기동은 간단하고 자동제어에 편리하다.
- ③ 흡입양정은- (負) 이고 카비테이션의 발생의 우려가 적다.
- ④ 대형의 경우 펌프케이싱을 콘크리트로 시공할 수 있고 따라서 기계비가 싸다.
- ⑤ 원동기 위치가 높아 홍수에 대해 안전도가 높다.
- ⑥ 날개가 항상 수중에 있어 부식하기 쉽다.
- ⑦ 분해조립은 가로형보다도 곤란하다.
- ⑧ 가로 축 원동기를 사용할 때에는 톱니바퀴의 관계상 마력 200PS 를 한계로 한다.

나. 가로 축 (橫軸)

- ① 분해조립이 쉽다.
- ② 날개가 수면위에 놓이므로 부식이 적다.
- ③ 횡축원동기와 연결이 간단하고 축동력에 제한을 받지 않는다.
- ④ 넓은 설치면적이 필요하고 분해한 부분을 두기 위한 여유면적도 세로형보다 많다.
- ⑤ 진공펌프 호스펌프등을 필요로 하고 기동조작이 복잡하다.
- ⑥ 세로축보다 카비테이션이 생기기 쉽다.

다. 빗 방 향 (斜軸)

- ① 유지점검, 분해정비는 가로축과 별차가 없다.
- ② 카비테이션에 대한 안정성 세로축과 별차가 없다.
- ③ 기동조작은 세로축과 별차가 없다.
- ④ 펌프계의 굴곡이 적고 따라서 손실수두가 적어 효율이 좋으므로 장시간 운전하는 펌프에서는 운전경비를 절약할 수 있다.
- ⑤ 축류펌프, 사류펌프에 한한다.
- ⑥ 날개는 대개 물속에 두는 경우가 많고 부식에 대해서는 세로축과 별차가 없다.

3·5·7 펌프의 재질

펌프가 작고 운전시간이 짧으며 담수로 토사가 함유되지 않을 경우에는 그다지 재질은 문제가 되지 않는다.

그러나 해면간척지에서의 배수기는 비교적 대형이고 운전시간도 길며 해수나 토사를 함유하므로 재질이 내용시간을 제한할 뿐만 아니라 부식등으로 효율이 저하되며 운전경비를 많게 하든지 약간의 이질물 때문에 손상사고가 일어나는가 하여 결국은 비싸게 되므로 재질을 나추워 구입비를 내리는 것은 좋지않다.

3·5·8 원 동 기

원동기는 전동기, 내연기관(특히 디젤엔진), 디젤·엘렉트릭의 세가지 방법으로 한정되어 있다고 하여도 좋다. 전동기, 디젤엔진의 장단점은 대체로 다음과 같다.

가. 전 동 기

- ① 송전로가 짧고 수전 변전설비의 비용이 쌀 경우에는 디젤엔진보다 설비비용이 싸다.
- ② 배수장에 대한 하중과 진동이 적다.
- ③ 조작이 간단하고 자동제어에 편리하다.
- ④ 유지관리가 쉽다.
- ⑤ 배전제통의 사고가 있는 경우 배수장 자체는 안전상태라 하더라도 운전이 불가능하게 된다.
- ⑥ 연간 운전시간이 짧은 것은 사용계약(기본요금)이 불리하다.

나. 디젤엔진

- ① 사고에 의한 운전중단이 적다.
- ② 수전, 변전 설비가 불필요하다.
- ③ 전동기에서의 기본요금 같은것이 불필요하다.
- ④ 하중 진동이 크다.
- ⑤ 기관 냉각용수가 많이 필요하다.
- ⑥ 운휴기간 중에도 때때로 점검운전을 요하며 유지관리가 어렵다.
- ⑦ 연료의 보급을 늘 생각해야 한다.
- ⑧ 소음기를 붙여도 소음이 상당히 심하고 소리에 의한 펌프의 이상을 발견하는 것이 어렵다.

이상의 점에서 펌프장이 육지에 가깝고 송전로의 길이가 짧은 경우 두계통 이상에서 수전이 가능할 때에는 전동기 사용이 좋으며 입주자가 있는 경우 수전에는 상당한 경비가 들거나 송전로 등에 있는 경우에 상시용으로는 전동기, 홍수용으로는 터펠엔진 또는 디젤발전기로 하는 것이 좋다.

이외에도 전동기의 종류선정, 직결이나 감속기 사용이냐에 대해서도 개개의 설정에 따라 검토를 필요로 한다.

3·6 유수지 (遊水池)

간척지의 배수는 간조시를 이용하여 배수문에서 배제되므로 만조시에 일시 저류될 수 있도록 유수지가 배수문 부근에 필요하다.

또 펌프배수에 대해서도 유출량이 배수량에 비해 지나치게 많을 때가 때때로 일어나므로 배수장 부근에 유수지를 두어 조절하므로써 경제적인 펌프용량을 결정해야 한다.

이 유수지의 크기는 배수문, 배수기의 용량, 집수면적, 집수량, 배수불가능시간 등에 비례하므로 비교 검토하여 가장 유리한 용적을 결정한다. 될 수 있는 한 1개소에 집중하여 설치하는 것이 토지이용상으로는 유지관리상 좋다. 종래에는 끝막음 제방이나 배수문으로부터의 누수를 수용함과 동시에 유수지의 기능을 갖도록 하기위해 방조에 따라 만들

어진(남겨진) 수면을 조유지라고 하였으나 이것은 일반적으로 단면적이 크고 토지이용 상으로나 유지관리상 및 제방의 안전상 좋지않는 점이 많으므로 누수는 소단면의 도 랑으로 집수하여 유수지에 도입하도록 하는것이 좋다.

3.7 제 염

간석지는 간척후 제염하지 않으면 않된다. 간척 직후는 토중 염분의 용탈이 힘들기 때 문에 작물의 재배가 어렵다. 따라서 제염 작업이 필요하게 되고 이 제염작업은 암거 배 수를 시설하는 것이 가장 합리적이다.

이때의 매설심도, 간격들은 조사결과에 의하여 결정될것이고 용탈 배제량은 토성과 작 부체계에 입작한 용수량에 따라서 차이가 있으나 2mm/day 이면 충분하다.

또한 암거의 토구는 배수로 수면보다 높이 시설하여야만 암거가 제구실을 하게된다. 일시적인 염해의 제거를 위해서는 경운-다수-쓰레-배수의 과정을 수차 반복하므로써 쉽게 영농에 지장이 없는 토양염분으로 내릴 수 있고 암거 배수 시설의 효과를 촉진할 목적으로 제염도랑을 설치할 수 있다.

이 제염 도랑은 폭과 깊이가 클수록 좋고 간격은 좁을수록 효과있다. 인력 작업으로 제염도랑을 시설할때는 폭 0.2~0.3m, 깊이 0.3~0.4m 가 적당하고 트랙터 혹은 트랜 저 작업일때 그 폭이 커질 수 있고 간격은 토질에 달렸지만 최소 2m 와 최대 4m 정도 가 적당하다.

시설한 제염도랑은 암거배수 시설의 효과가 나타나기 시작하면 되물을 수 있으나 반 반씩 점차로 묻는것이 좋다.

3.7.2 염분농도와 작물의 관계

염분에 대한 작물의 내염도 (표 4~1) 삼투압과 포화 침출액의 전기 전도에 대 한 토양중의 염분 백분비 관계와 전기 전도도 범위의 적용작물과의 관계(그림 4~11) 4개 작물의 토양 포화 침출액의 전기 전도에 대한 발아율 (그림 4~12)은 다음과 같다.

표 4~1 염분에 대한 작물의 내염표 과 실 류

강 함	보 통	약 함
대 추 · 야 자	식 류 무 화 과 오 리 부 포 도	배 과 사 과 오 랜 지 살 구 아 복 중 기 딸 기 레 문

채 소 류

$EC_e \times 10^3 = 12$	$EC_e \times 10^3 = 10$	$EC_e \times 10^3 = 4$
아스파라가스 시금치	도마도 양배추 상치 감자 당근 양파 완두 호박 오이	무우 셀로리
$EC_e \times 10^3 = 10$	$EC_e \times 10^3 = 4$	$EC_e \times 10^3 = 3$

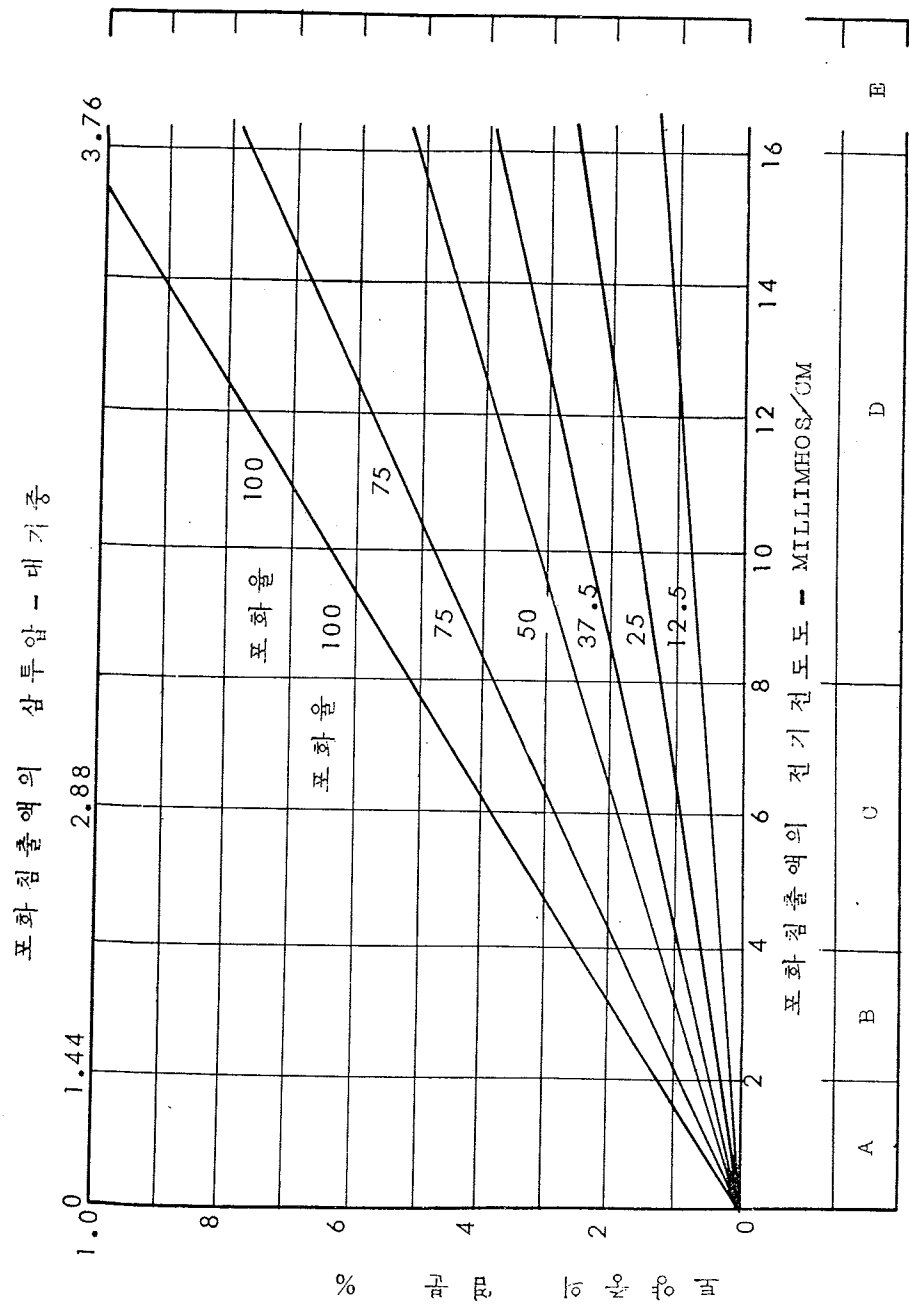
사 료 작 물

$EC_e \times 10^3 = 18$	$EC_e \times 10^3 = 12$	$EC_e \times 10^3 = 4$
버루뮤터그래스 보리(건초) 별노랑이	스위트 크로바 에로우 스위트 크로바 스트로베리 크로바 다리스 그라스 알팔파 물헤스큐 호맥(건초) 밀(건초) 귀리(건초) 오차드그라스 사위크로바	흰토끼풀 폭스테일 알사이크크로바 붉은토끼풀 라디노크로바
$EC_e \times 10^3 = 12$	$EC_e \times 10^3 = 4$	$EC_e \times 10^3 = 2$

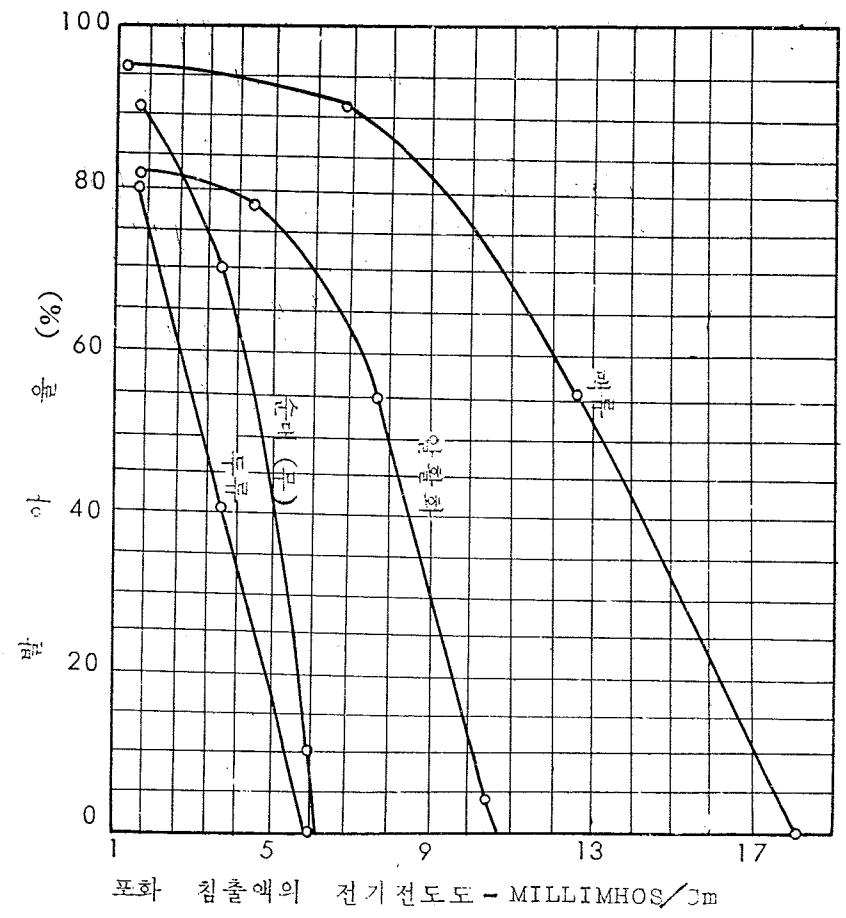
일 반 작 물

$EC_e \times 10^3 = 16$	$EC_e \times 10^3 = 10$	$EC_e \times 10^3 = 4$
보리 사탕무 유채 목화	호맥 밀 귀리 벼 수수 옥수수 아마 해바라기 피마자	두류(豆類)
$EC_e \times 10^3 = 10$	$EC_e \times 10^3 = 4$	

ECe×10³의 값은 25℃에서 cm 당 포화침출액의 전기 전도도이며 50%의 수확감수 상태임.



- ※ A : 염분의 영향을 별로 받지 않음.
 - B : 생산량 감응도가 높은 작물은 제약을 받을 수 있음.
 - C : 대부분의 작물이 생산량에 제약을 받음.
 - D : 내염성 작물만이 수확을 볼수 있음.
 - E : 가장 내염성이 높은 일부 작물만이 수확을 볼수 있음.
- 전도율 측정 (25℃ cm 당 미리모스)



“참고”

전도도의 표준단위 (mho/cm)는 큰 단위 속에 속하고 대부분 용액의 전도도 단위는 이 단위보다 적은 단위를 사용한다.

예를 들면 The Elephant Butt dam의 Rio Grande로부터 채취한 물 시료의 측정치는 $EC=0.000694\text{mho/cm}$ 로 표시되었다.

측정치의 기록이나 표시를 할때도 작은 단위를 사용하는 것이 보통이고 이것은 소수점 단위를 편리한 위치에 적음으로서 작은 단위로 표시될 수 있는것이다

“예를 들면”

$$EC=0.000694\text{mho/cm}$$

$$EC \times 10^3 = 0.694\text{milli mho/cm}$$

$$EC \times 10^5 = 69.4 (K \times 10^5)$$

$$EC \times 10^6 = 694\text{micro mho/cm}$$

또한 이상의 단위는 그림 4~11에 의하여 % 단위를 얻을 수 있고 이에서 얻어진 % 단위와 기타의 단위 관계는 No.1 를 기준으로 할때 다음과 같다.

me/100	me/l	p. p. m	%
17.1	170.9	10,000	1
0.0017	0.017	1	0.0001
0.1	1	58.5	0.00585
1	10	595	0.0585

기타 상세한 것은 U.S.D.A 핸드북 No.60 Soline and Alkole Soil 를 참고할것.

제 4. 장 용 수

개척지에 대한 용수계획은 과거에는 주로 논에 대한 용수를 대상으로 하여 왔으나 금후에는 농업의 근대화에 이바지 할 수 있는 용수 계획이 수립되어야 한다.

이를 위하여서는 간척지와 배후지를 포함한 영농계획을 세우고 이에 따라 합리적인 용수량에정하여 물값이 싸고 또 확실한 수원을 구해 기계화된 농업경영에 적응한 물의 배분을 계획한다.

또 간척지의 입지조건 및 지역경제구조와의 관련하에서 토지이용 구분중 타 산업용지의 구상이 있을 경우에는 당연히 이들의 필요로 하는 용수(공업용수 상수도)를 아울러 고려한다.

1. 용수원

1. 1 하천 및 댐

간척지의 용수원 하천에서 구할 경우에는 일반적으로 취수점이 멀고 매우 긴 도수로가 필요하게 되고 또 기동수리권과의 조정이 어려우므로 경제성을 잘 검토하여야 한다.

가까운 거리의 하천에서 취수할 경우 대부분은 감조하천이므로 검토할 필요가 있다.

감조하천에서의 취수법으로는 하구언을 설치하든가 비교적 갈수량이 큰 곳에서는 바람의 현상을 포착하여 만조시 역류수의 표층에서 담수를 취수하여 용수원으로 하는 방법이 있다.

배후지의 수원에 여유가 있으면 그 용수로를 확장 연장하여 잉여수를 인수하는 수도 있으나 일반적으로 그 수량이 또 수원으로서의 의존도가 불확실하므로 오히려 이와 같은 경우에는 배후지를 포함한 영농계획에 있어 토지이용구분을 변경하여 배후지의 높은 지대에 있는 논을 밭으로 전환하고 그 대신 간척지에서 논을 계획하는 방식 등이 효과적일 것이다. 또 근처에 댐 사이트로서 적당한 지형이 있으면 이를 조사하여 용수원 또는 용수보급원으로 하는 것도 검토해야 한다.

1. 2 지하수

간척지의 배후지에 적당한 용수원을 얻을 수 없는 경우에는 지하수를 이용할 때가 있다. 간척지인 해안선의 충적층은 상당한 깊이에 피압대수층이 있는 경우도 있으나 관개용수로서 사용하기에는 수온이 낮으므로 온수시설 등을 고려할 필요가 있다(토지개발사업계획 설계기준 관계편 제5장 5.2 수온대책 참조)

1. 3 담수호

1. 3. 1 일반사항

간척 예정해면을 만구에서 막아 이 방조제와 내부제방과의 수면을 담수호로하여 간척지의 수원을 확보하고 홍수조절 기능을 가지게 함과 동시에 해안의 보전, 염해 등

의 방재효과를 기도하는 복식 간척 방식이 있다. 우리나라에서는 앞으로의 대규모 간척사업은 모두 이 방식으로 계획될 것이며 시공중에 있는 세계은행에서의 차관사업인 평택지구의 아산만과 남양만의 담수호 및 계획 중인 영산강지구의 영산만 담수호 그리고 삼교천지구의 삼교천 담수호 등이 있다.

간척규모가 대규모화 함께 따라 간척지에 대해 재래식 방법에 따른 새로운 수원의 확보는 점점 어렵게 되므로 해면을 담수호로 이용하는 방법은 새로운 용수원 개발로서 주목할 일이다.

그러나 이와 같이 내만(內灣)을 막아 만든 인조호는 담수화 후에도 장소 계절에 따라 염분농도가 변동하므로 이용함에 있어서는 충분한 검토가 필요하다. 허용 염분 농도는 벼에서는 3%이하이다.

1. 3. 2 염분농도의 검토

담수호의 계획에 있어서는 막은 후 담수화 과정의 염분농도, 염분농도의 주기적 변화, 한발기의 염분농도의 상승에 대해 각각 검토를 해야 한다. 해석법은 다음의 방법 이외에 밀도류를 고려한 방법이 있다.

가. 담수화과정의 염분농도 변화

담수화 과정의 염분농도는 다음식으로 산정한다.

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{(1-r_0) + r_0 \cdot e^{-\frac{Q}{V}t}} \dots\dots\dots (5.1)$$

S : 막은후 t 시간에서의 평균염분농도 (%)

S₀ : 초기 염분농도 (%)

Q : 유입수량 (m³/t)

V : 담수용량 (m³)

r₀ : 호안의 혼합작용의 정도를 나타내는 파라미터

$$r_0 = 1 - KS_0 = (S_{out}/s) \quad t = 0$$

r₀ 의 값

r₀ = 0.04 잔잔한 내만에서 호안의 유하 거리가 짧고 혼합이 일어나기 어려운 상태

r₀ = 0.1 풍파가 거칠고 호안의 유하 거리가 길며 혼합작용이 왕성한 상태

r₀ = 0.01 혼합작용이 일어나기 어려운 상태

나. 염분농도의 주기적 변화

주기적인 변화는 다음식으로 산정한다.

$$S = C_0 + a_1 \sin wt + a_2 \sin 2wt + b_1 \cos wt + b_2 \cos 2wt \dots\dots\dots (5.2)$$

$$C_0 = \frac{A}{B} \cdot \frac{1}{(1-r)} \quad a_1 = \frac{2A}{R} \cdot \frac{r}{(1-r)}$$

$$b_1 = \frac{2A}{R} \cdot \frac{wq}{P} \cdot \frac{r}{(1-r)}$$

$$a_2 = -2AwR^2 \cdot \frac{(2P+q)}{(w^2q^2 + B^2P^2)(1-r)}$$

$$b_2 = \frac{2AR^2}{B} \cdot \frac{(2w^2q - B^2P)}{(w^2q^2 + B^2P^2)(1-r)}$$

$$\gamma = \frac{8w^2 + 2B^2}{w^2q^2 + B^2P^2} \cdot PR$$

$$P = 16w^2 + 4B^2 - R^2$$

$$q = 16w^2 + 4B^2 + 2R^2$$

$$A = \frac{R}{V}$$

$$B = \frac{Q_0}{V}$$

$$R = \frac{Q'}{V}$$

$$w = \frac{2\pi}{T}$$

$$Q = Q_0 + Q' \sin \frac{2\pi}{T} t$$

P : 염분진입 유량

V : 저수지 용적 (m³)

Q : 연평균 유입 수량 (m³/년)

Q' : 유입수량의 진폭 (m³)

T : 주기 (년)

π : 원주율

Q : 담수유입량 (m³)

t : 시간

다. 한발기의 염분농도

담수의 유입이 없을 경우의 염분농도는 다음식에 따라 산정한다.

$$S = \frac{S_0V_0 + P_t}{V_0 - E_t} \dots\dots\dots (5.3)$$

V₀ : 한발 발생초기의 담수용량 (m³)

S₀ : 한발 발생초기의 염분농도 (%)

E : 단위 시간당의 담수손실량 (m³/hr)

P : 단위 시간당의 염분유입수량 (m³/hr)

t : 시간

2. 용 수 량

2. 1 농업용수

간척지에서의 농업용수량은 논에 대해서는 건담화를 목표로하여 용수량을 결정한다. 금후 간척지의 영농방식으로서 전담윤작 목초재배 등이 고려될 수 있으며 이에 대한 발관개용수량의 계획에 대해서도 유의해야 한다 (토지개발사업계획 설계기준 관계편 제 4 장 발관개 참조)

2. 2 기타용수

공업용수량은 업종별로 사용수량이 다르나 일반적으로 중화학공업은 용수의 내량소비를 요한다.

우리 나라의 공업도 중화학 공업을 지향하고 있어 공업용수의 요구는 금후 더욱 많아질 것으로 예상된다.

건설될 공업의 업종에 의해 용수량이 결정되므로 간척계획의 수립시에 업종이 확정되는 것이 좋다.

또 농업용수의 용도별 용수량 가운데서 가장 큰 비중을 차지하는 냉각수는 가급적 해수에 의존토록 하고 보일러용수 원료용수 제품처리용수 세척용수 등을 담수용수량이 대상으로 한다.

3. 용수로

간척지의 용수로에서는 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

- ① 일반적으로 간척지는 지반이 낮고 평탄하므로 지구내 경지정리 계획은 되도록 대구획으로 하고 이것에 적합한 용수로 배치를 해야한다.
- ② 연약지반지구에서는 간척후 배수의 촉진에 따라서 지반의 수축 침하가 생기므로 계획설계에서는 수로의 중단 방향의 토질 특성을 미리 조사하고 최종적인 지반의 상태를 추정후 안전하고도 경제적인 단면과 구조를 결정해야 한다.

제 5 장 지구내 계획

1. 계획의 방향

지구내 계획의 내용은 다음의 두가지로 대별할 수 있다.

- ① 지형 지질 기상등의 자연조건이 계획책정의 주요인자가 되는 것.
- ② 지역의 사회 경제적 조건이 계획책정의 주요인자가 되는 것.

이 두가지는 밀접한 관계가 있고 각각 배어서 계획을 수립할 수는 없다.

개발적으로는 전자는 용배수계획 및 도로계획등이 주된 내용이 되며 후자는 토지이용계획 영농계획 등이 골자로 이들은 상호관련하여 각각의 내용, 규모, 배치등이 정해진다.

따라서 지구내 계획의 수립에 있어서는 그 목표를 간척지에만 한정하지 않고 배후지를 포함한 넓은 지역에 대하여 사회 경제조건 등 모든 방면에 걸쳐 검토하고 그 특성을 파악함과 동시에 이들의 검토의 과정을 통해서 간척지와의 관련을 추구하여 상호 유기적인 결함을 피할 필요가 있다. 즉 간척지의 개발계획은 지역사회의 발전에 어떠한 방향에서 공헌하게 해 나가는가에 대해서는 장래의 형태의 전망과 아울러 구체적으로 목표를 끌어내어 그 방향에 따라 극력 탄력성을 지닌 계획을 수립해야 한다.

위의 방침에 따라 계획을 수립할 경우 영농면을 주제로 한 검토사항과 지역사회와의 관련을 주제로 한 검토사항과를 구분하고 각각에 대해 단계적으로 검토하는 것으로 한다.

제 1 단계로 검토를 필요로 하는 사항으로는

- ① 간척 후의 지형, 지질, 토양의 상태.
- ② 간척 후의 지반의 수축 및 압밀침하.
- ③ 배수로의 상시수위와 최저담면 높이와의 관계.
- ④ 계획기준 우량에 의한 담수위, 담수심, 담수시간, 담수면적, 담수개소의 파악.
- ⑤ ①, ④의 각각의 관련 및 지하수위를 고려한 영농계획.
- ⑥ 토지이용 구분의 방침.
- ⑦ 기계화를 전제하고 또 협업 및 전담의 전환을 가능케 하는 농장 조건의 정비.
- ⑧ 풍치의 미를 가진 농업지대의 설정, 지역의 발전을 촉진시킬 수 있는 영농계획.

지구내 계획은 주변 및 배후지를 포함한 지역사회와의 관계에 대해서도 검토할 것이며 이것이 제 2 단계가 된다.

- ① 지역사회로서 주변지역과의 사회적 관련 및 발전과의 연관.
- ② 지역경제와의 교류.
- ③ 정부의 지역개발 계획 및 사회자본의 투자와의 관련.

이상의 사항에 대해 각각의 전문분야에서 검토를 가하고 모순점을 해결한 뒤 계획을 수립한다.

2. 토지이용계획

그 지역에서의 간척지의 사회경제적 위치가 뚜렷해지면 그 특성을 살려가면서 또 배후지의 문화 경제등의 영향권, 재해시의 대책등을 고려하여 토지 분류를 기초로 하여 농장의 배치 및 용배수계획과의 관련에서 토지이용계획을 정한다.

일반적인 토지이용계획의 구분은 아래와 같으나 장래의 발전 녹지 및 유원지계획 사회경제 정세의 변화 등에 대처할 수 있도록 농촌시설에 부대되는 영농시설의 용지, 공공용지, 간선도로 등의 용지는 사정이 허락하는 한 충분한 여유를 두고 계획하며 탄력성있는 내용으로 하는 것이 좋다.

토지분류는 다음과 같이 한다.

지방부지, 조유지, 용수로부지, 배수로부지, 도로부지, 배수문부지, 용배수장부지, 농지(논, 밭, 윤환경지, 파수원, 등으로 구분한다) 택지, 영농시설용지, 초지 및 방목지, 공공용용지, 기타.

3. 영농계획

영농계획은 토양조사의 결과에 따른 토지분류 재배시험 기타의 관련 제조사 결과와 용배수계획 및 시장조건, 유통조건 등의 사회적 경제적 제조조건을 종합적으로 감안하여 책정되어야 한다.

또 간척지는 처너지이고 장래의 영농상태를 근대화로 실현시킬 수 있는 우위성을 가지고 있으므로 계획에 있어서는 주변지역에 대한 전시효과가 높은 시범적 영농방식을 도입하도록 유의하여야 한다.

가. 경영형태

경지의 세분화를 피하고 또 협업화에 따른 기계의 효율적인 작업을 계획하여야 한다.

계획의 단계에 있어서는 경영규모 작부체계와 관련하여 각 작업단위를 뚜렷이 하고 노력배분의 균형을 꾀하여 경영수지의 시간을 해탈 필요가 있다.

나. 작부체계

기계와의 조정, 노력배분의 조정을 꾀하고 기상조건 시장조건에 적용한 경제작물의 도입에 유의하여 계획을 책정한다. 또 야채 목초 등을 도입한 토지이용 방식을 채택하는 경우에는 윤작방식 용배수의 관리방식을 아울러 고려하여 일순하는데까지의 수개년을 대상으로 하여 체계를 잘 필요가 있다.

4. 경지정비

간척지의 경지정비 계획은 영농면에서 요구되는 각종 조건을 만족시키고 고도의 생산성을 유지할 수 있는 것이라야한다. 그 중요 요소가 되는 용배수로, 도로 등의 문제는 각각의 설계기준에서 기술한 바와 차이가 없으므로 여기서는 간척지의 특수성에 대해서만 기술한다.

가. 도로계획

일반적으로 흙쌓기에 필요한 흙을 지구내에서 구하는 것은 곤란하나 배수로의 굴착토를 유용할 수 있는 경우에는 공사비면에서 배수로와 병설하는 것이 유리하나 전담운환을 생각하는 경우에는 병설할 수 없다.

또 구조로서는 도로의 이용이 수확시에 집중하고 또 그 하중도 콤파인등에 의해서 수확된 벼등을 운반하는 추력 또는 트레일러등 상당한 무게가 되므로 도로의 구조에 대해서는 충분히 검토할 필요가 있다.

또 경지와 도로와의 관련에 대해서는 구획의 단변방향에 따라 작업용의 주요 간선 도로를 설치하고 그 크기는 유효나비 5m 이상으로 하며 장변방향의 도로는 주 간선 도로간의 연락에 필요한 폭으로 한다.

나. 용수계획

경지에 도착할 때 까지의 수토는 경운 및 경지에의 기계출입에 방해가 되지 않도록 도로 높이 이하로 하는 것이 좋다.

또 간척지는 지형상 용수의 최말단에 위치하기 때문에 용수의 확보가 곤란할 때가 많으므로 용수계획은 작부체계와 관련시켜 효율적으로 계획되어야 한다.

다. 배수계획

간척지의 배수는 배수문 또는 펌프에 전면적으로 의존하게 되므로 허용할 수 있는 범위에서 그 부담을 고려할 것이며 담면 저류효과, 우회효과 등도 경우에 따라서는 고려할 필요가 있다. 또 배수계획은 영농면에서의 요청에 따라 생각해야 하며 주로 작부체계 즉 윤환에 따라 목초, 근채류(根菜類)등의 것이 도입될 수 있는가의 여부 또는 작부는 어떠한 구분에서 되는가 등에 따라 지배된다. 그러나 장래의 농산물 수요의 방향 농업의 기계화 등을 고려할 경우 작부체계의 여하에 불구하고 전담전환의 가능한 배수 조건을 구비해 두는 것이 좋다. 또 연약지반에서는 기계화 영농을 할 경우 암거배수는 필수조건이 된다. 따라서 흡수관의 유효거리, 배수로, 관리수위, 구획의 크기 등 종합적으로 검토하여 기계가 효율적으로 운행되도록 경지를 정비해야 한다. 배수로의 관리수위는 일반적으로 담면아래 1.0m 이상의 여유를 갖도록 계획하는 것이 좋다. 그러나 국부적인 저위부에 대해서는 별도로 고려할 수 밖에 없는 조건도 있다.

라. 지반의 안정

간척후의 지형은 착공전에 지형과는 크게 달라져 있는 것이다. 따라서 지구내부 공사의 착수에 있어서는 재차 지형측량을 하는 것은 물론이나 간척후로 최종적으로 안정되기 까지는 장시일이 소요되므로 계획에 있어서는 충분히 검토할 필요가 있다. 어떤 경년(經年) 변화시의 지형을 채용하느냐는 내부에 축조될 구조물, 시설의 중요도, 내용년수, 사회정세의 추이 및 영농형태의 변화 등을 고려하여 종합적으로 결정해야 한다. 보통 풍건수축량과 압밀침하량을 고려한다.

5. 농촌취락계획

지구내의 계획수립의 목적은 생산기반의 정비를 주체로 하는 농업생산의 입장과 생활환경의 정비를 주체로 하는 생활의 입장의 두가지면을 종합한 것이므로 농촌계획도 이들 두가지 면에서 종합조정을 주체로하여 책정해야 한다. 즉 생활의 입장에서 입식자를 포함한 이들 지역의 사회공동생활의 내용을 높이고 개인 또는 단체간의 접촉의 도수를 늘리고 시설의 건설비를 내여서 그 이용도를 증가 시키기 위해서는 밀거형태(密居形態)가 좋다. 반면 생산의 입장에서는 농가가 경지에 근접되어 있는 것이 좋다. 또 경중농업과 낙동 인력주체의 영농과 대형기계에 의한 영농 등에 따라서도 경지와 농가의 관계

가 달라지게 된다.

따라서 농촌계획은 개개의 간척지의 규모 배후지와의 연결 밀거 산거(散居)로 인한 사회적인 편의 불편의 등을 검토하고 장래의 영농의 동향은 대형기계의 따른 대규모 경영에 있는 것을 전제로 하여 책정해야 한다.

구체적인 검토사항으로는 다음과 같은 것이 있다.

① 취락의 안정성

일반적으로는 택지의 높이는 삭망평균 만조위 이상으로 하는 것이 좋다. 단 대규모 간척지 등 특수한 경우에는 별도로 고려한다.

② 지형 지질

극력 양질 지반으로서 고위부로 하고 상수도계획 등에 유리한 장소로 한다.

③ 주변지역의 통과 교통노선.

④ 배후지 및 경지에의 교통노선.

⑤ 사회생활권의 균형

⑥ 농지, 유원지 계획과의 관계

부 록

1. 남양간척 설계실례

1. 방조제

1-1 둑높이의 결정

EL=8.50m

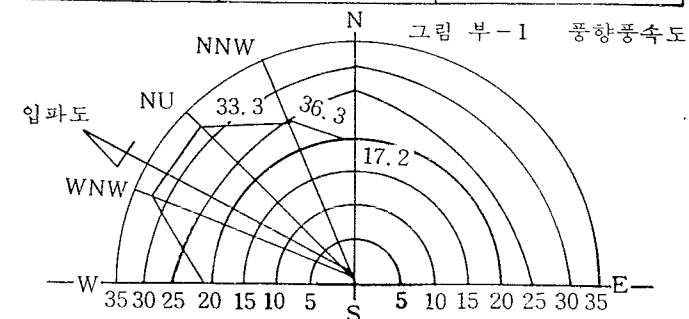
설계고조위	물결의 기어 올림 높이	여유고	계
+5.20m	2.56m	0.74m	+8.50m

가. 설계고조위
EL=5.20m

삭막평균 만조위	기왕의 최대조위 편차			계
	바람에 의한 편차	기압강하에 의한 편차	저기압이동에 의한 편차	
+4.28m	0.25m	0.32m	0.35m	+5.20

계산조건

대안거리	25km	경기도학성군우정면
풍향	WNW	1953. 10. 1
최대풍속	33.3m/sec	
4시간평균풍속	14.90m/sec	33.3m/sec의 4시간 평균풍속
풍향과 방조제 수선과의 각	25°-0'-0"	
평균수심 (부러오는)	17.0m	입파도와 방조제간의 평균수심



(1) 파고 계산

(가) 1.70 Molitor 공식 공식

$H = 1.34\text{m}$

$$H = 0.762 + 0.0612\sqrt{UF} - 0.27 \sqrt[3]{F}$$

..... $F < 72.5\text{km}$

H : 파고 (m)
 F : 대안거리 25km
 U : 평균풍속 W.N.W. 14.90m/sec
 $= 0.762 + 0.612\sqrt{14.9 \times 2.5} - 0.27 \sqrt[3]{25}$
 $= 0.762 + 0.0612\sqrt{372.5} - 0.27 \sqrt[3]{25}$
 $= 0.762 + 0.0612 \times 19.3 - 0.27 \times 2.27$
 $= 0.762 + 1.181 - 0.602$
 $= 1.34\text{m}$

(나) S-M-B 법

$H = 1.47\text{m}$

$$\frac{gh}{U^2} = \frac{9.81 \times 17}{14.9^2} = \frac{166.77}{222.01} = 0.751$$

$$\frac{gF}{U^2} = \frac{9.81 \times 25.000}{14.92^2} = \frac{245.250}{222.01} = 1.104$$

도표에서 상기의 값을 구하면
 (원문, 그림 3-4에 의거)

$$\frac{gH}{U^2} = 0.065$$

$$H = \frac{0.065 \times U^2}{g} = \frac{0.065 \times 14.9^2}{9.81} = \frac{14.43}{9.81}$$

$= 1.47\text{m}$

H : 유의파고 (m)
 U : 평균풍속 (4 시간) 14.9m/sec
 F : 취송거리 25.000m
 h : 취송측 평균수심 17m

∴ 이상 계산 결과 본 지구의 파고는
 S-M-B법에 의한 1.47m를 채택함.

(2) 고조편차의 추정

(가) 바람에 의한 편차

$Z_1 = 25\text{cm}$

$$Z_1 = 4.8 \times 10^{-2} \times \frac{FV^2}{h \cos^2 \theta}$$

Z_1 : 바람에 의한 해면상승높이 (cm)
 F : 대안거리 25km
 V : 풍속 14.9m/sec
 h : 바람의 취송측방향의 평균수심 17.0m
 θ : 풍향과 해안선의 수선과의 각 25°

$$= 4.8 \times 10^{-2} \times \frac{25 \times 14.9^2}{17 \cos^2 25^\circ}$$

$$= 4.8 \times 10^{-2} \times 326.48 \times 0.821$$

$$= 4.8 \times 0.02 \times 268$$

$= 25\text{cm}$

(나) 기압강하에

의한 편차

$Z_2 = 32\text{cm}$

$Z_2 = 0.991 \times \Delta P$

Z_2 : 기압강하에 의한 수위상승 높이 (cm)

ΔP : 표준기압(1.013 mb) 부터의 강하량
 (mb) 취송기압 980.7mb

$Z_2 = 0.991 \times (1.013 - 980.7) = 32$

(다) 저기압 이동에

의한 편차

$Z_3 = 35\text{cm}$

$$Z_3 = \frac{Z_2}{1 - \left(\frac{V}{C}\right)^2}$$

Z_3 : 저기압통과에 의한 수위상승 높이 (cm)

Z_2 : 기압강하에 의한 수위상승 높이 (cm)

V : 저기압의 이동속도

\bullet : 1953. 10.8 = 14.5km/hr

C : 장파의 속도 (m/sec) = gh

g : 9.81m/sec

$V = 14.5\text{km/hr} = \frac{14.5 \times 1,000}{3,600} = 4.03\text{m/sec}$

$C = 9.81 \times 17 = 12.91\text{m/sec}$

$$Z_3 = \frac{32}{1 - \left(\frac{4.09}{12.91}\right)^2} = \frac{32}{1 - 0.0973} = 35\text{cm}$$

$T = \text{유의파의 주기 (sec)} \quad T = 3.86\sqrt{H}$

T : 유의파의 주기 (sec)

H : 유의파고 1.47 (m)

$= 3.86 \times \sqrt{1.47}$

$= 3.86 \times 1.21 = 4.67\text{ sec}$

나. 물결의 주기

$T = 4.67\text{ sec}$

다. 파 장

가) 심해파장

$\left(h > \frac{L}{2}\right)$

$L_0 = 34.0\text{ m}$

$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1.56T^2$

L_0 : 심해파장 (m)

g : 중력 가속도 (m/sec²)

h : 수심 (m)

T : 주기 4.67 sec

$L_0 = 1.56 \times 4.67^2 = 34.0\text{ m}$

나) 천해파장

$\left(h < \frac{L}{2}\right)$

$L = 33.1\text{m}$

$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tan h \frac{2\pi h}{L}$

$\frac{9.81 \times 4.67^2}{2 \times 3.14} \tan h \frac{2 \times 3.14 \times 12}{34}$

$= 34 \times \tan h \quad 2.21$

$= 34 \times 0.97622 = 33.10\text{ m}$

$\frac{L}{2} = \frac{33.10}{2} = 16.55\text{m} > 12\text{m}$

나) 기이올림 높이

$R = 2.7H \left(\cos \beta - \frac{B}{L}\right) \left(\frac{\pi}{2\alpha}\right)^{1/2} \sin \alpha$

$R = 2.56m$

Delft 수리시험소 실험식

적용범위 $1 : 2 > \tan d > 1 : 8$

R : 물결의 기어올림 높이 (m)

H : 방조제 앞면의 파고 1.47m

L : 파 장 33.10m

B : 방조제 수선과 풍향과의 각 25°

B : 스탠의 나비 4m

d : 방조제 사면과 수평과의 각

$1 : 2 = 26^\circ \sim 34' \sim 0'' = 0.447$

$= 2.7 \times 1.47 (\cos 25^\circ = \frac{4}{33.10})$

$(\frac{180}{2 \times 26^\circ \sim 34' \sim 0''})^{1/2}$

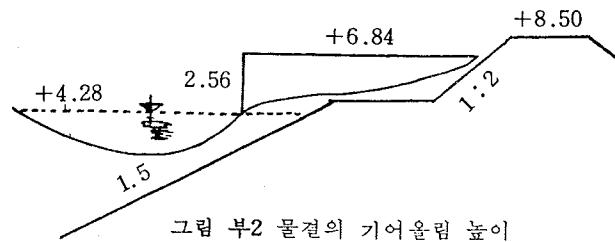
$\sin 26^\circ \sim 34' \sim 0''$

$= 2.7 \times 1.47 (0.9063 - 0.1208) (\frac{180^\circ}{53^\circ \sim 8'}) \times 0.447$

$= 2.7 \times 1.47 \times 0.7855 \times 3.38 \times 0.447$

$= 2.7 \times 1.47 \times 0.645$

$= 2.56m$



1 · 2 비탈면 피복석의 결정

가. 바깥 비탈면의 피복석중량 및 크기 Hudson 공식에 의함.

$W = \frac{RrH^3}{KD(Sr-1)^3 \cot d}$

W : 피복석 개당중량 (ton) Rri 들의 단위 중량 2.6 ton/m^3

Sr : 비중 $= 2.62/1.03 = 2.52$ L : 비탈면과 수평과의 각 $= 26^\circ \sim 34' \sim 0''$

H : 파고 $= 1.47m$ KD : 상수 $= 3.2$

$W = \frac{2.6 \times 1.47^3}{3.2(2.52-1)^3 \cot 26^\circ \sim 34'} = 0.367 \text{ ton}$

여기서 피복석은 비탈짜기로 보아 30% 감하면

$W = 367 \text{ kg} \times 0.7 = 260 \text{ kg}$

개당 크기는 $W = \frac{1}{6} \pi d^3 P$

$d = 3 \sqrt{\frac{6W}{\pi P}}$

W = 개당중량 (kg)

P = 밀도 (kg/m^3)

$d = 3 \sqrt{\frac{6 \times 260}{3.14 \times 2.600}} = 0.58m$

고로 $d = 0.75m$ 를 사용키로 한다.

나. 안 비탈면 피복석중량 및 크기 계산

(1) 파고 계산

Molitor 식 사용

$H = 0.762 + 0.0612 \sqrt{U.F} - 0.27 \sqrt[3]{F} (72.5 \text{ km})$

H = 파고 F = 대안거리 5.5km U = 풍속 18.1m/sec (1927.3.8)

$H = 0.762 + 0.0612 \sqrt{18.1 \times 5.5} - 0.27 \sqrt[3]{5.5}$

$= 0.96m$

(2) 피복석의 개당중량

$W = \frac{Rr \times H^3}{KD(Sr-1)^3 \cot \alpha}$ $\alpha = 5^\circ \sim 43' \sim 00''$ $H = 0.96m$

$W = \frac{2.6 \times 0.96^3}{3.2(2.52-1)^3 \cot 5^\circ \sim 43'} = 0.02048 \times 0.7 \approx 15 \text{ kg}$

개당 크기 $d = \sqrt[3]{\frac{6W}{\pi P}} = 3 \sqrt{\frac{6 \times 15}{3.14 \times 2.600}} \times 0.2226m \approx 0.35m$ 로 사용할

1 - 3 침윤선 계산 (GASAGRANDE 식 사용) (침윤선도 참조)

가. 대조시 바다쪽에서 안쪽 만수위로 (H.W.O.S.T. = +4.46m) (F.W.L. = +0.50m)

(1) 이론침윤선

$B - B' = 0.3m = 8.18$

$h = 4.46 - 0.5 = 3.96m$ $d = 8.18 + 49.20 = 57.38m$

$Y_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d = \sqrt{(57.38)^2 + (3.96)^2} - 57.38 = 0.1364$

$\therefore Y^2 = 2Y_0 X + Y_0^2 = 0.2728 X + 0.0186$

x	-1	0	1	2	3	6	8	10	14
y^2	-0.254	0.0186	0.2914	0.5642	1.109	1.6554	2.201	2.746	3.337
y	-0.504	0.1363	0.538	0.752	1.052	1.286	1.482	1.658	1.850

18	20	25	30	35	40	45	50	55	57.30
4.928	5.476	6.836	8.202	9.566	10.83	12.294	13.658	15.02	15.67
2.22	2.338	2.617	2.842	3.09	3.294	3.695	3.695	3.90	3.96

(2) 실제침윤선

$Y_0 = 0.1364$ $\alpha = 5^\circ \sim 43' \sim 00'' < 30^\circ$

$a = \frac{d}{\cos \alpha} \sqrt{(\frac{d}{\cos \alpha})^2 - (\frac{h}{\sin \alpha})^2} = 15.90m$

$a = \Delta a = \sin \frac{Y_0}{\cos \alpha} = 27.36$

$\Delta a = 11.46m$

나. 안쪽 (반수위에서) 바깥쪽 (대조시조위로)

(1) 이론침윤선

$$AA' = 0.3m = 14.52 \quad h = 0.5 + 4.46 = 4.96$$

$$d = 14.52 + 32.10 = 46.62$$

$$y_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d = 0.263$$

$$y^2 = 2y_0 X + y_0^2 = 0.526 X + 0.069$$

x	-1	0	1	2	3	4	6	8	10
y°	-0.457	0.069	0.595	1.121	1.647	2.173	3.225	4.277	5.329
y	-0.679	0.26	9.77	1.058	1.28	1.47	1.796	2.067	2.313

12	14	16	18	20	26	30	38	46.62
6.381	7.433	8.486	9.537	10.589	13.745	15.849	20.057	24.59
2.522	2.72	2.913	3.088	3.25	3.69	3.98	4.515	4.96

(2) 실제침윤선

$$C = \frac{\alpha}{\alpha + \Delta\alpha} = 0.095$$

$$\alpha + \Delta\alpha = \frac{y_0}{11 + \cos a} \approx 0.1389$$

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha + \Delta\alpha} = \frac{\Delta\alpha}{0.1389} = 0.095 \quad \therefore \Delta\alpha = 0.0132$$

상기 계산결과를 작도하여 유하상태를 보면 내측 사력층으로 특수 및 침부수 유하상태가 양호하며 안전할 것으로 본다.

1-4 관공작용 검토 (Piping)

$$C_c = L/H \quad C_c = \text{크리프비 (CREEP RATIO=8.5)}$$

L = 유로의 길이

$$H = 수두 = 4.28 + 3.30 \approx 7.60m$$

가. 축제 재료별 안전 크리프비 (COEEP RATIO)

기초지반재료	C _c	기초지반재료	C _c
이토 (SILT)	8.5	세사 (F. SAND)	7.0
중사 (M. SAND)	6.0	조사력 (CO. SAND)	5.0
세사 (F. GRAVEL)	3.5	자갈 및 (MIXED) 조약물혼합 (GRAVEL & COBBLE)	3.0

나. 수침별 관공력 (Piping) 검토

측점	지반고	H	L	C°	측점	지반고	H	L	C _c	비고
No.1	± 0.0	4.28	60	13.4	No.6	-14.0	7.60	120	15.0	
No.2	-5.0	7.60	70	8.9	No.8	-23.0	"	160	20.0	
No.3	-11.0	"	100	13.1	No.8+20	-23.0	"	170	21.2	
No.4	-14.0	"	110	14.4	No.10	-23.0	7.6	200	25.0	

측점	지반고	H	L	C _c	측점	지반고	H	L	C _c	비고
No.	-		120	15.0	No.16	-2.0	6.28	70	11.1	
No.	-		100	13.1	No.17	-1.8	6.18	67.0	11.0	
No.	-		70	8.9						

상기 측정별로 볼때 C_c > 8.5 임으로 안정함

지반고는 내제측 낮은 부분에 표고이며 유로장은 실지 횡단해서 측정함

1-5 방조계 안전도 검토

가. 시험치

기초지반토

시료번호	심도	φ Sat	C Sat	단위중량	특수계수	부기
No.3 + 18D 107	0.0 - 0.5 m	20° - 00'	0.0088 kg/cm ²	1.740 gr/cm ³	-	
"	1.0 - 1.5	22° - 20'	0.00	1.792	3 × 10 ⁻⁷	
No.5 + 15D 50	1.0 - 1.5	19° - 10'	0.088	1.686	1.43 × 10 ⁻⁵	
No.6 + 39U 80	1.7 - 2.2	11° - 10'	0.048	1.598	1.66 × 10 ⁻⁶	
"	3.0 - 3.50	16° - 00'	0.200	1.698	1.7 × 10 ⁻⁶	
No.14 + 10U 114	2.0 - 2.50	24° - 00'	0.00	1.660	1.7 × 10 ⁻⁶	
No.16 + 30D 300	0.5 - 1.0	23° - 10'	0.00	1.603	5.05 × 10 ⁻⁷	

※ 채용치 No.6 × 39. U 80 지점의 것을 평균하여 사용함.

$$\phi = (11^\circ - 10^\circ + 16^\circ) \times \frac{1}{2} = 13^\circ - 30'$$

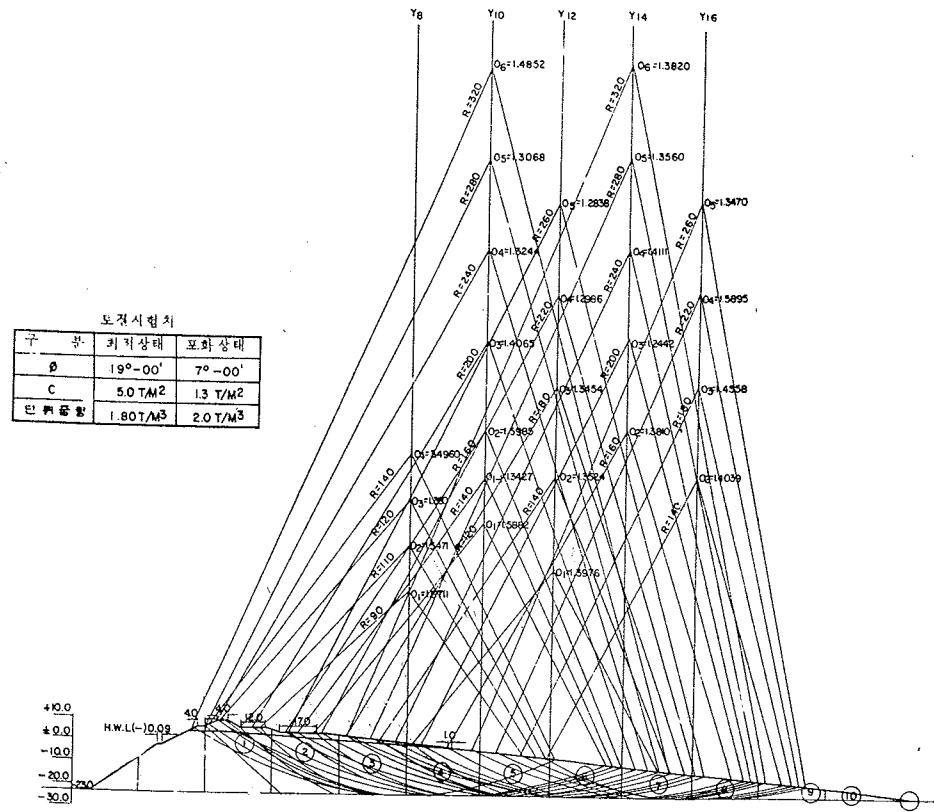
$$C = (0.048 + 0.2) \times \frac{1}{2} = 0.124 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = (1.598 + 1.698) \times \frac{1}{2} \approx 1.700 \text{ kg/cm}^3$$

성토시험치 (※ 토취장 시료를 90% 고도하여 삼축시험을 하였음)

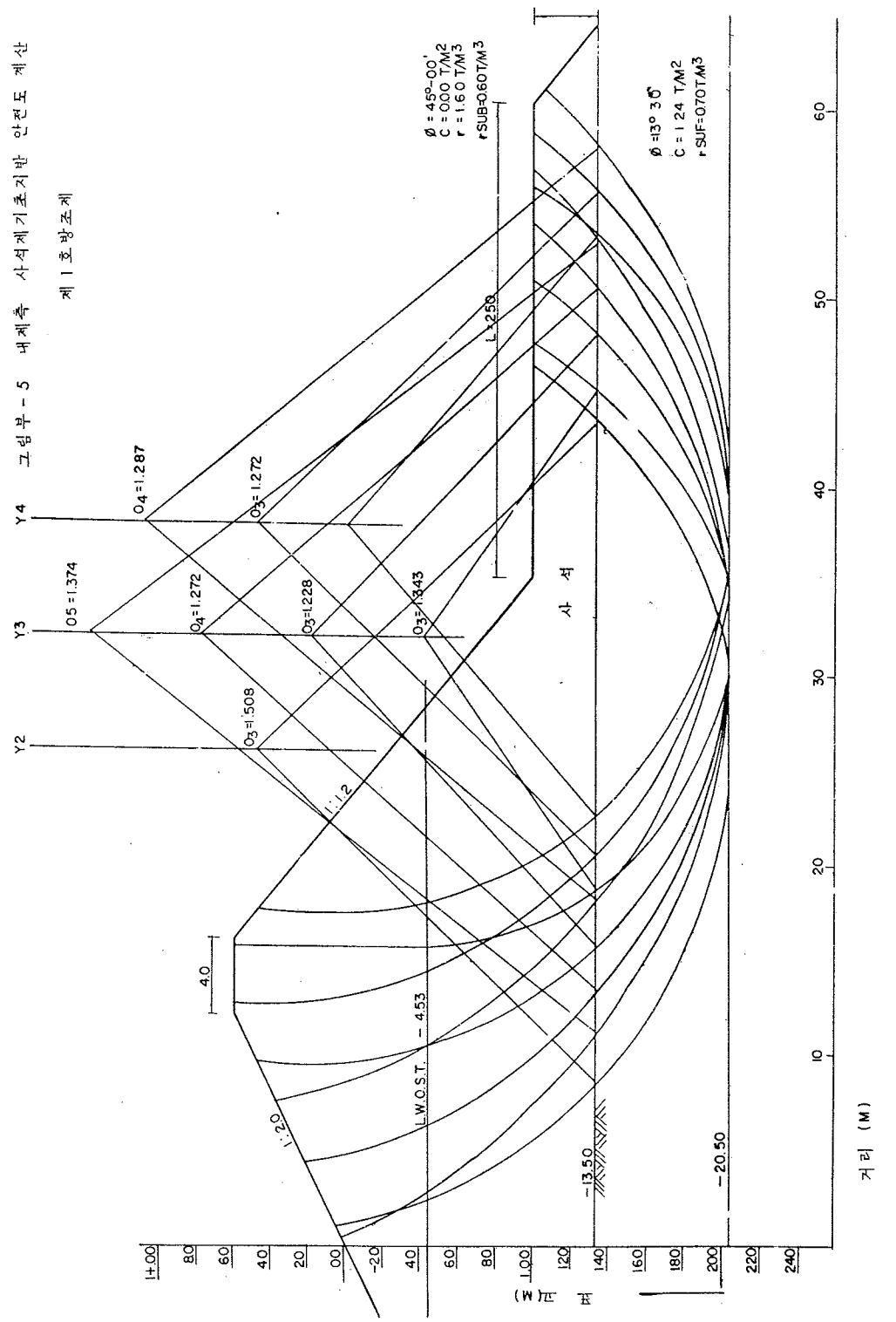
시료번호	φ		C		단위중량	특수계수	부기
	습윤시	포화시	습윤시	포화시			
제1 토취장 No.1 - 10	25° - 00'	5° - 00'	kg/cm ² 0.30	kg/cm ² 0.06	kg/cm ³ 1.875		
" No.1 - 67	15° - 30'	6° - 30'	0.75	0.15	1.770		

시료번호	φ		C		단위중량	특수계수	부기
	습윤시	포화시	습윤시	포화시			
제2 토취장 No.2 - 0	20° - 00'	9° - 00'	kg/cm ² 0.45	kg/cm ² 0.15	gr/cm ³ 1.775		
No.2 - 89	17° - 00'	7° - 00'	0.50	0.50	1.822		
채용치	19° - 00'	7° - 00'	0.50	0.50	1.800		



그림부-6 레1호 방조제 시면안전계산도

그림부-5 내계측 사석제기초지반 안전도 계산
제 1 호방조제



그림부 - 4 외제숙 사석계기초 지반 안전도 계산
제1호 방조제

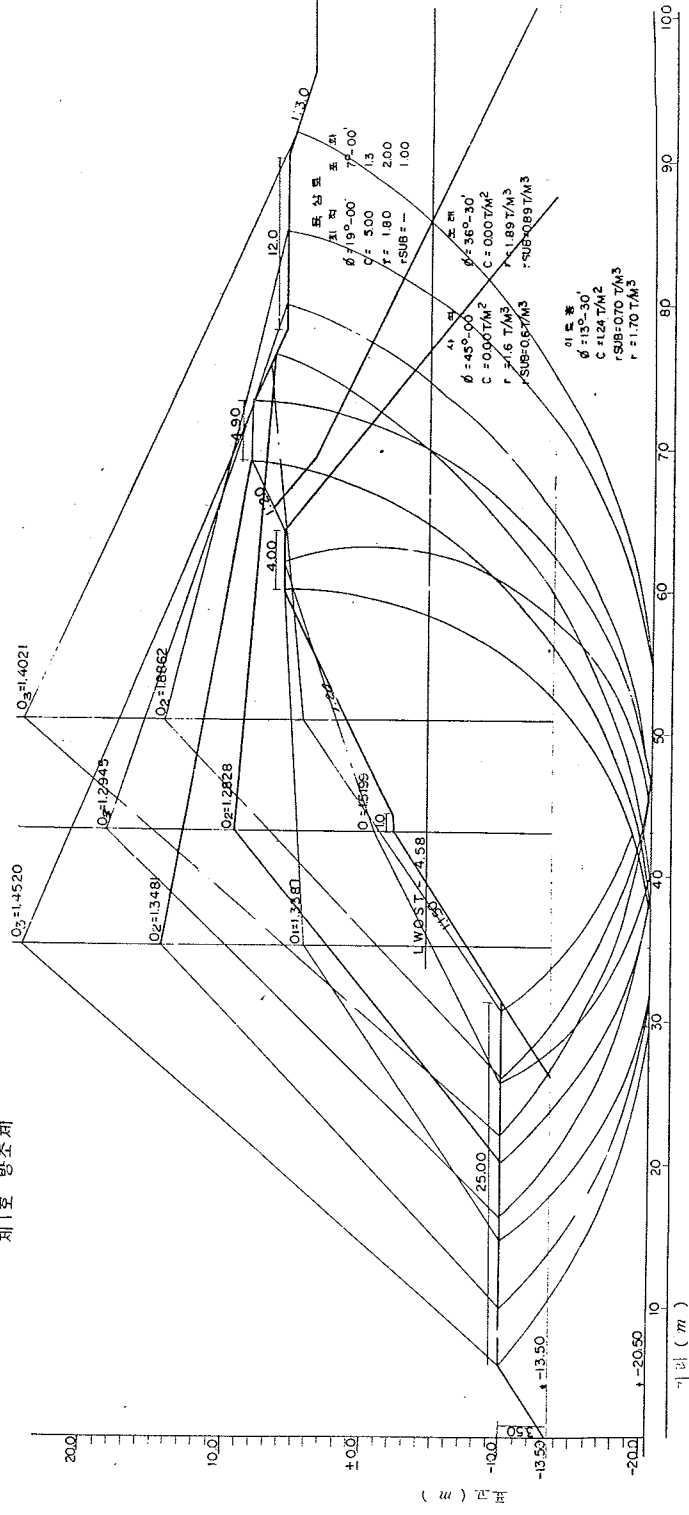
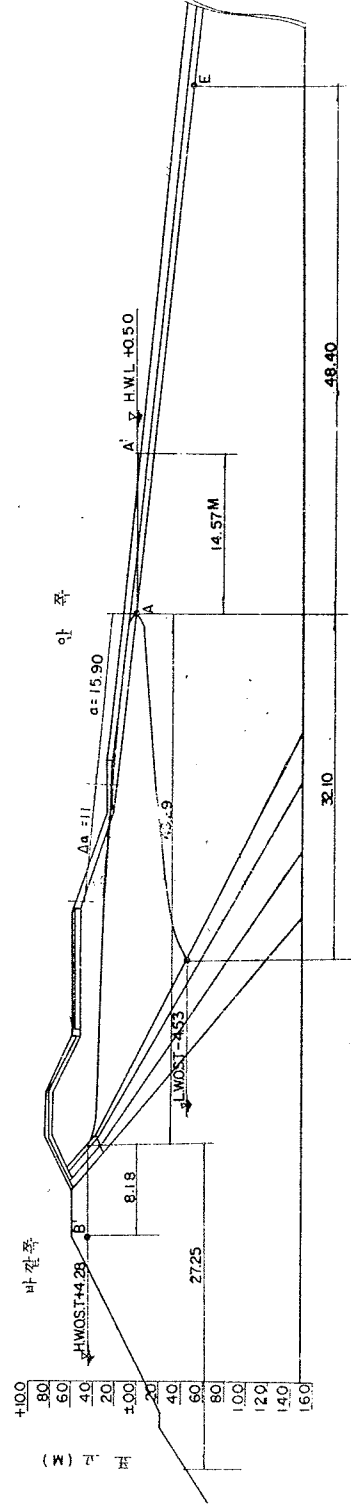


그림 부 - 3 제 1 호 방조제
횡단선 계산도



○석재류 $\phi = 45^\circ - 00'$ $C = 0.0 \text{ kg/cm}^2$ $W = 1.600 \text{ gr/cm}^3$

나. 기초지반 안정도 검토 (계산도 참조)

모우멘트 (Moment) 법 이용함

$$SF = MD / Mr \geq 1.2$$

MD = 기동모우멘트 (Driving Moment)

Mr = 저항모우멘트 (Resisting Moment) = $Rm + C.L.R + Fr$

Rm = 활동모우멘트 (Resisting Moment) $C.L.R$ = 접착력 (Cohesion Force)

Fr = 마찰력 (Friction Force)

제 1 호 방조제 No.3 - No.7 과 No.10 - No.15

구간에 Silt 층에 대하여 검토할 결과 그 안전율이 부족하여 내외제공허 암사석을 하여 $SF \geq 1.2$ 로 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

i) 암사석 단면

바깥쪽 및 안쪽같이 암사석의 높이 = 3.5m

암사석의 길이 = 25.0m 로 계획하였음.

다. 내제측 성토부분 사면안정도 검토 (계산도 참조)

쿠우름 (coulomb) 식 이용

$$SF = \frac{\sum(N-U) \tan \phi + C.L}{\sum T} \geq 1.2$$

N = 기동력 (Normal Force) = $W \cos d$

T = 활동력 (Tangential Force) = $W \sin d$

U = 간극수압 (Pore Pressure) C = 접착력 (Cohesion)

ϕ = 내부마찰각

안 비탈은 1 : 10 기울기로 하여 활동된 25개점을 가정하여 그 결과 $SF \geq 1.2$ 로 산출되어 안전할것으로 본다.

1 - 6 방조제 표준단면 결정

방조제의 지형, 지질, 지반의 연약도 조위 풍향풍속 물결 대안거리 축조 재료와 운반방법등 제반 조건을 고려함은 물론 조류속계산 및 제반 안전 검토에 의하여 단면을 결정하였음 (표준 단면도 참조)

(1) 독높이 및 마루나비.....방조제 축조위치에 조위 풍향풍속, 대안거리등 고려하여 S-B-M법에 의하여 EL + 8.50m 에 40m 나비로 결정한다.

(2) 도 로.....E.L + 6.0m 의 중간소단을 두워 서해안 간선도로를 연결키 위하여 12m 나비로서 계획하였다.

(3) 안비탈.....독의 높이 (최대 32m) 및 축조재료(성토)의 수중작업등을 고려하였고 또한 시험치를 이용 비탈 면 안전과 관공작용 침윤선 및 침출량등을 고려하여 1 : 10의 구배로 결정하였으며 담수호계획에 따라 내 제측에 파랑에 의한 비탈 면세굴을 방지키 위하여 사면에는 사력층 및 막돌부침으로 계획 하였다.

단면형은 해상상황에 기초지반 세굴 현황 및 기성사석재등을 고려하여 제 1 호방조제에 3개 표준단면과 제 2 호 및 3 호 방조제에 1개 표준단면으로서 계획 하였다.

가. 제 1 호 방조제

- (1) 1 호형 단면 No.0 ~ No.3 $l = 150\text{m}$
No.15 ~ No.18 + 34 $l = 184\text{m}$
계 334m

대체적으로 현지반이 높은 곳으로 Silt Sand 및 사력층이 약 6 ~ 10m 정도 퇴적되어 있으므로 시공도중 지반 세굴을 방지하고자 메트레스를 깔어 시공하는 것으로 계획하였으며 기성사석재를 고려하여 외제측은 나비 28m 내제측은 나비 17m 로 하였다.

- (2) 2 호형 단면 No.3 ~ No.7 $l = 200\text{m}$
No.10 ~ No.15 $l = 250\text{m}$ 계 450m

기성사석재 축조시 기초지반 세굴이 심한 곳으로 지반표고 E.L - 10 ~ E.L - 20m 정도이며 기초지반은 약 6 ~ 9m 정도의 Silt 층이 퇴적되어 있어 기초지반 안전도계산에 의하여 내외제 같이 길이 25m 높이 3.50m 정도의 암사석으로서 보강하여 방조제 안전도를 높이하였으며 암사석높이 3.50m 가 있으므로 지반세굴을 방지하는 메트레스공을 생략하였다.

- (3) 3 호형 방조제 (No.7 ~ No.10 $l = 150\text{m}$)

본구간은 결퍼된 구간으로서 세굴이 가장 심한 곳이며 (E.L ~ 23.0m) 현 지반은 진사층이 노출되어 있고 유속도 가장 심한 구간으로 (대조시 현재 5.0m/sec 내의 수위차 150) 체결시난점이 많을 것으로 보며 사석재축조재로도 일부 돌망태를 사용하고 기초지반은 진사층임으로 메트레스와 암사석을 생략하였다.

나. 제 2 및 3 호 방조제 제 2 호 방조제 $l = 210\text{m}$ 제 1. 130m
제 3 호 방조제 $l = 920\text{m}$

생 략

1 - 7 끝막이 구간 유속현황 추정

[사석제 표고별 최대 유속표]

축조 표고	대 조 시 최대 유속	중 조 시 최대 유속	소 조 시 최대 유속	부 기
m	m/sec	m/sec	m/sec	
-20	3.20	2.20	1.25	끝막이 구간은 900m 임
-18	3.40	2.30	1.30	
-16	3.70	2.40	1.35	
-14	3.90	2.45	1.30	
-12	4.20	2.48	1.43	
-10	4.50	2.50	1.45	
-8.0	5.00	2.70	1.40	
-6.0	5.40	3.20	1.50	
-4.0	5.70	4.40	2.70	

측 표 고 별	대 조 시 최 대 유 속	중 조 시 최 대 유 속	소 조 시 최 대 유 속	부 기
m	m/sec	m/sec	m/sec	
-3.0	5.40	4.40	3.20	
-2.0	5.10	4.35	3.60	
-1.0	4.75	4.10	3.55	
±0.0	4.40	3.75	3.10	
+1.0	3.90	3.30	2.10	
+2.0	3.50	2.40	-	
+3.0	2.70	0.80	-	
+4.0	1.50	-	-	

1 - 8 방조제별 축제재료 침하유실

재 료 별	제 1 호 방조제	제 2 및 3 호 방조제	부 기
성 토	30%	15%	
사 석	20	3	
사 력	10	-	
조 약 돌	10	-	유탄용재료
모 래	10	-	

각 준공지구 방조제 침하유실표

구 분 지구명	배 립 면 적	성 토		사 석		사 력		부 기
		일 반	최 종	일 반	최 종	일 반	최 종	
	정	%	%	%	%	%	%	
대 천 본 지 구	715	20	50	15	20	-	-	
광 양 지 구	708	30	40	20	20	-	-	
의 신 지 구	167.6	30	40	20	20	-	-	
강 화 지 구	310	20	25	15	30	-	-	
지 산 지 구	580	20	40	10	20	-	-	
동 진 지 구	4.270	20	40	5	20	10	20	

2. 배수갑문

2 · 1 단면검토

남양지구 배수갑문 결정은 본지구 100년 빈도에 해당되는 최대유입량 1,000m³/sec 물경작 기타 기존시설물에 피해없이 배제할 수 있도록 능력이 주어질 수 있는 단면을 결정하여야 하므로 이러한 수문현상을 충분히 감안하고 경제성을 고려하여 본지구 배수갑문 단면을 5.5×3.0m 12면으로 결정하였고 이때의 홍수위는 +2.10m로 해석되었으며,

이에 대한 상세한 분석처리 결과는 다음과 같다.

가. 결 론

남양지 배수갑문 배제능력 곡선도와 면적곡선도에서 각각 피해면적과 침수시간을 계산하면 수도작 재배에서 일반적으로 채택하는 허용담수심 0.30m를 가산한 표고 1.30m에서 부터 홍수위 2.10m까지는 16시간이 되며 침수면적은 홍수위를 기준하여 홍수위+2.10m에서 허용담수심 0.30m를 감한 1.80m에서 부터 최저 담면 표고+1.10m 까지 216ha 가 된다.

그러나 남양지구 총 관개면적에 비해 극히 작은 면적이며 흙탕물에서 24시간 동안에 3% 피해가 발생하며 청수에는 무해한 결과임으로 본지구 침수시간 16시간은 아무 피해가 없을 것이며 또한 본지구 담수지는 급류에 의한 탁수의 상승이 아니고 정적인 수위 상승임으로 그 물도 탁도가 낮은 물인데다가 16시간 침수 현상도 100년에 1회 발생가능한 100년 빈도 기준 분석치 임으로 본지구의 최저담면+1.0m 일 경우의 침수피해는 무시된다.

나. 담면 검토결과

- 빈도년수.....100년
- 유역면적.....20,900ha
- 총유입량.....39,427,200m³
- 최대유입량.....1,000m³/sec
- 최대일우량.....264mm
- 만 수 위.....+0.50m
- 홍 수 위.....+2.10m
- 평균내수위.....+1.30m
- 평균외수위.....-0.72m
- 갑문 바닥높이 및 연수.....-2.50~5.5×3.0×11연
-3.50~5.5×3.0×1 연
- 갑문최대배제량.....1.083m³/sec

다. 면적별 침수시간 (100년 빈도홍수시)

표 고 (m)	면 적 (ha)	침 수 시 간 (hr)	비 고
1.0 ~ 1.10	25	16	허용담수심 0.30m
1.10 ~ 1.20	26	12	최저담면표고+1.0m
1.20 ~ 1.30	35	10	최대홍수위+2.10m
1.30 ~ 1.40	30	8	
1.40 ~ 1.50	25	6	
1.50 ~ 1.60	20	4	
1.60 ~ 1.70	30	3	
1.70 ~ 1.80	25	1.5	
계	216		

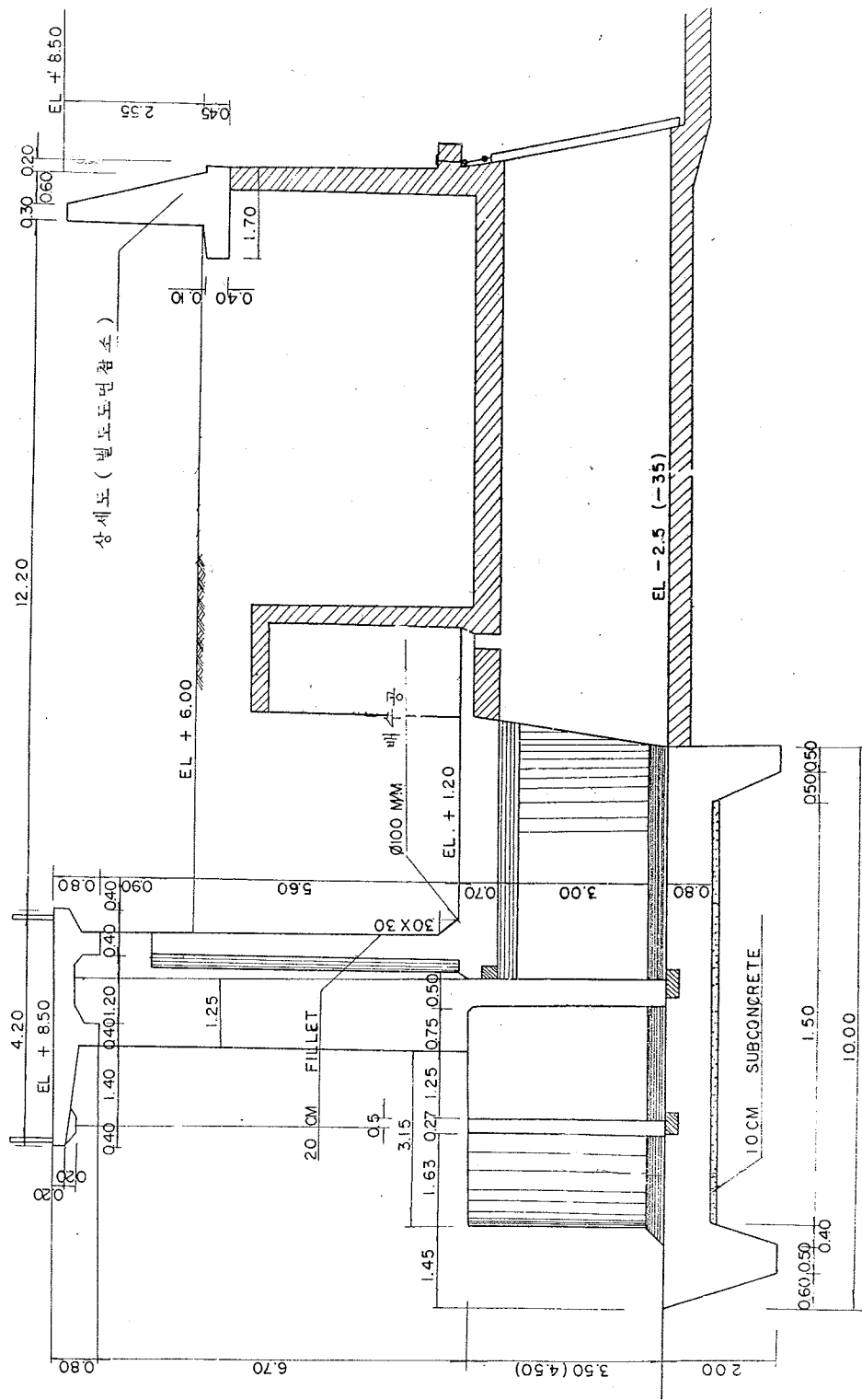
리. 사용공식

(1) 계산조건

조 건	빈	도	100년
	단 면	천 단 표 고	+0.50m
	연 장	바 타 표 고	-2.50m
		장	66m (5.5 × 12)

(2) 사용공식

사 용 공 식	공 식 의 정 리	비 고
$q = Cbd\sqrt{2gt}$	$q = 615\sqrt{t}$	$C = 0.7$ $d = 3$
$q = q_1 + q_2$ $= C_1\sqrt{g(t_2 + t_1)}(t_2 - t_1) b$ $+ C_2\sqrt{2gt_2}(H - t_2) b$	$q = 124\sqrt{t_2 + t_1}(t_2 - t_1)$ $+ 263\sqrt{t_2}(H - t_2)$	$C = 0.6$ $C_2 = 0.9$
$t_1 > \frac{H}{3}$ $q = U\sqrt{2gt} \left\{ H - \left(\frac{t}{3}\right) \right\} b$ $t \geq \frac{H}{3}$ $q = 17cbH^{3/2}$	$t > \frac{H}{3}$ $q = 234\sqrt{t} \left\{ H - \left(\frac{t}{3}\right) \right\}$ $t \geq \frac{H}{3}$ $q = 90 H^{3/2}$	$U = C = 0.8$
$q = U' d\sqrt{2gt} b$	$q = 848 \mu' \sqrt{t}$	$t = H - \mu' d$

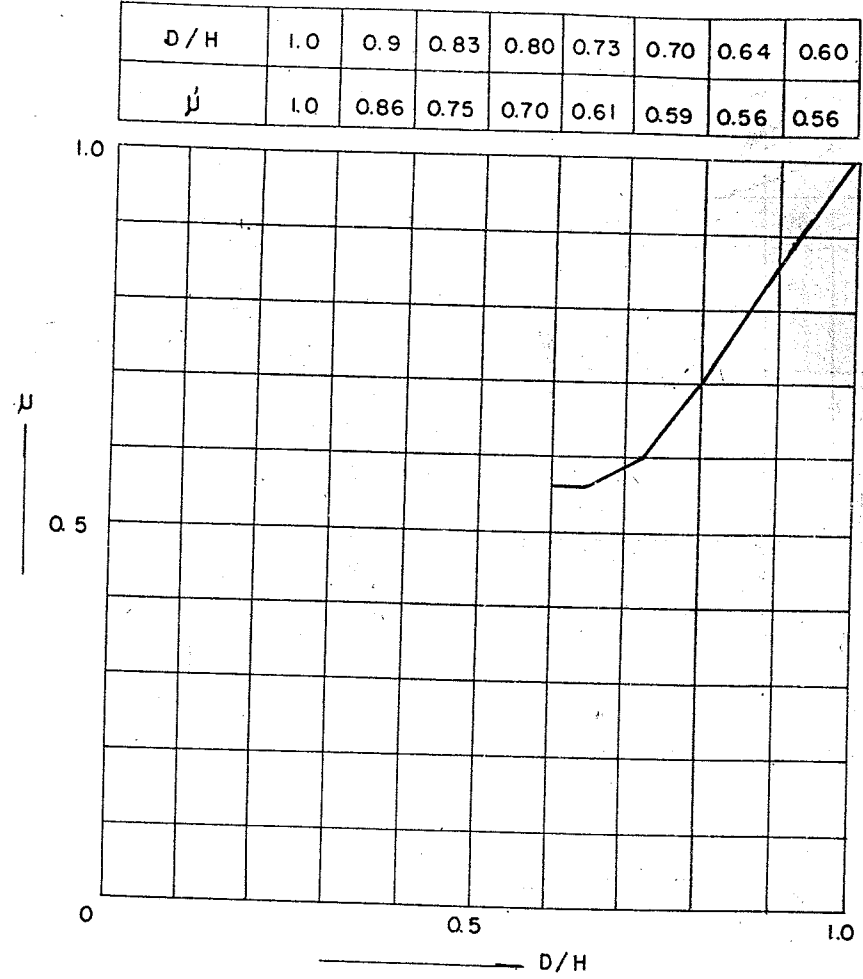


그림부 - 7 배수감문 단면도 (기실감문보강)

시간별 유입량

5년		10년		100년	
시간 (hrs)	유입량 (m ³ /sec)	시간 (hrs)	유입량 (m ³ /sec)	시간 (hrs)	유입량 (m ³ /sec)
0	0	0	0	0	0
1	43	1	48	1	172,800
2	126	2	140	2	504,000
3	270	3	300	3	1,080,000
4	459	4	510	4	1,836,000
5	670	5	745	5	2,682,000
6	845	6	940	6	3,384,000
7	881	7	990	7	3,564,000
7.2	897	7.2	1,000	7.2	3,600,000
8	856	8	952	8	3,427,200
9	778	9	865	9	3,114,000
10	678	10	754	10	2,714,400
11	587	11	652	11	2,347,200
12	508	12	565	12	2,034,000
13	444	13	494	13	1,778,400
14	389	14	432	14	1,555,200
15	343	15	380	15	1,368,000
16	316	16	340	16	1,224,000
17	261	17	290	17	1,044,000
18	223	18	248	18	892,800
19	184	19	204	19	734,400
20	151	20	168	20	604,800
21	126	21	140	21	504,000

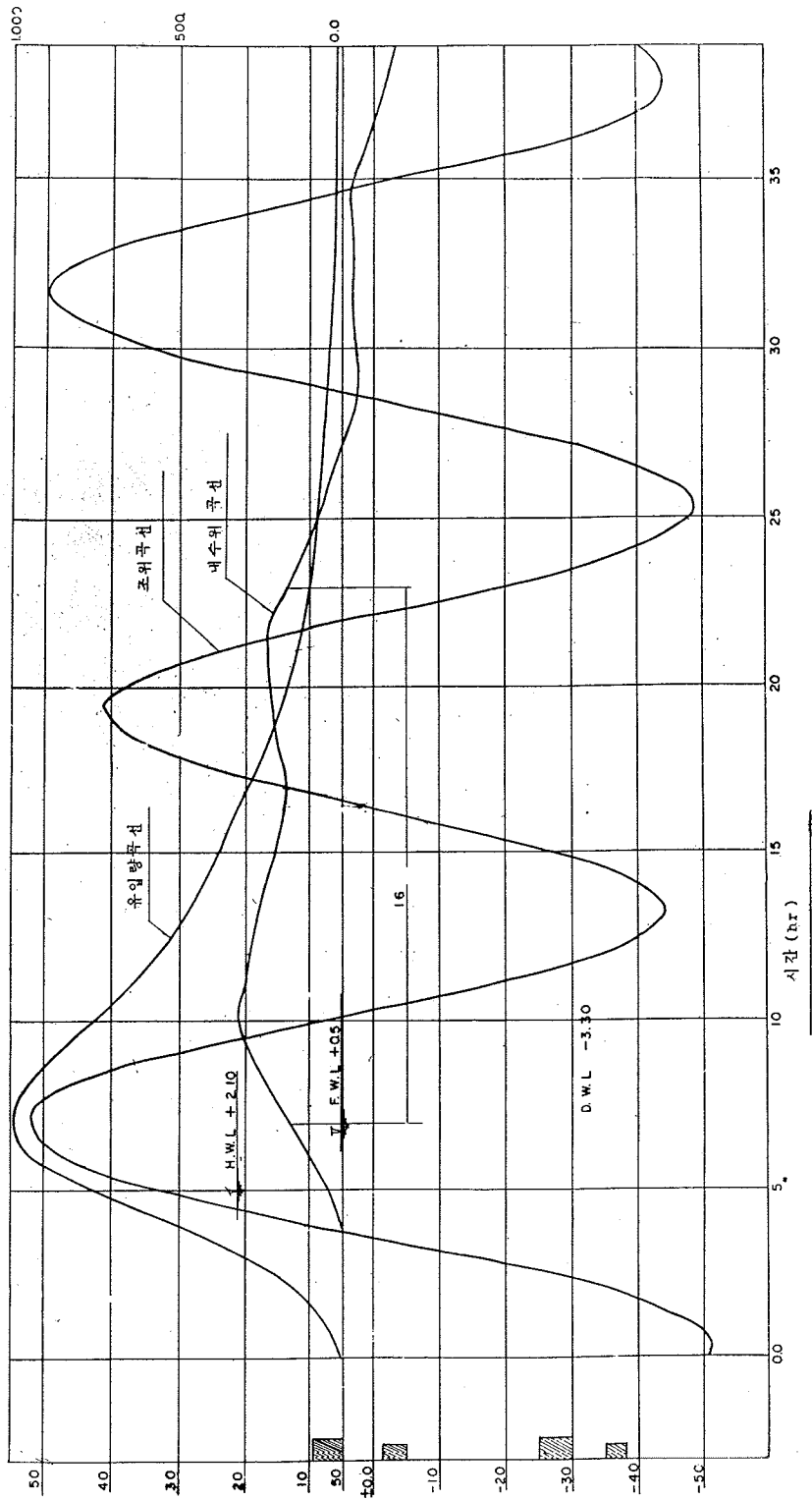
그림부 - 8 d/H 와 u 와의 관계곡선도표



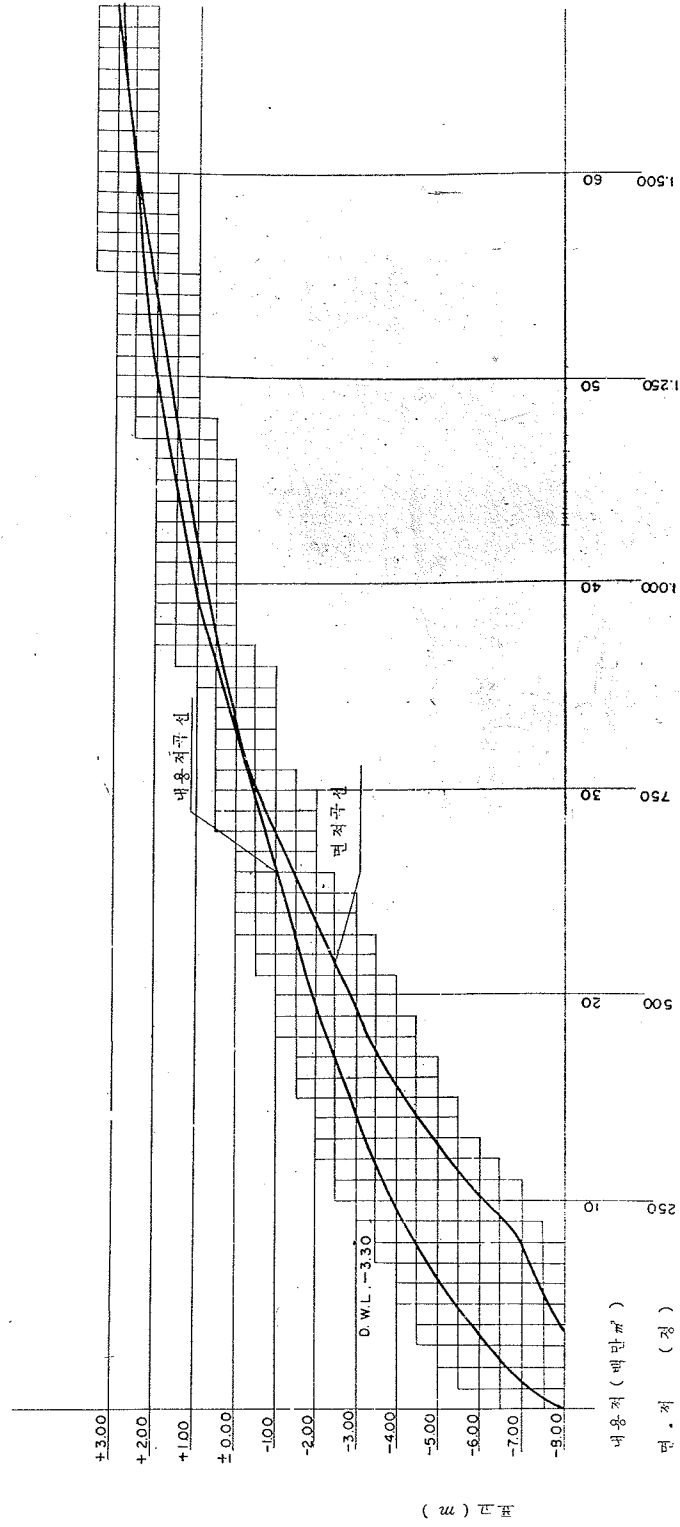
II. E. D. P. S 에 의한 계산 실례

최근의 E. D. P. S 의 개발로 과학문명이 급속도로 발달되었다. 우리나라에서도 E. D. P. S 의 활용단계에 이르렀고 간척 공학부문에서도 광범위하게 이용될것이며 기 개발적용하고 있는 배수갑문 능력계산, 끝막이공 유속 계산에 대한 후로 차드, 프로그램(배수갑문 능력 계산분)을 소개하면 다음과 같다. (방주제 안전도 계산에 대한 것은 본문에 기재)

그림부 - 9 남양지 배수감문 능력 계산도
남양지 배수감문 능력 계산도



그림부 - 10 남양지 범수지면적 및 내용적곡선



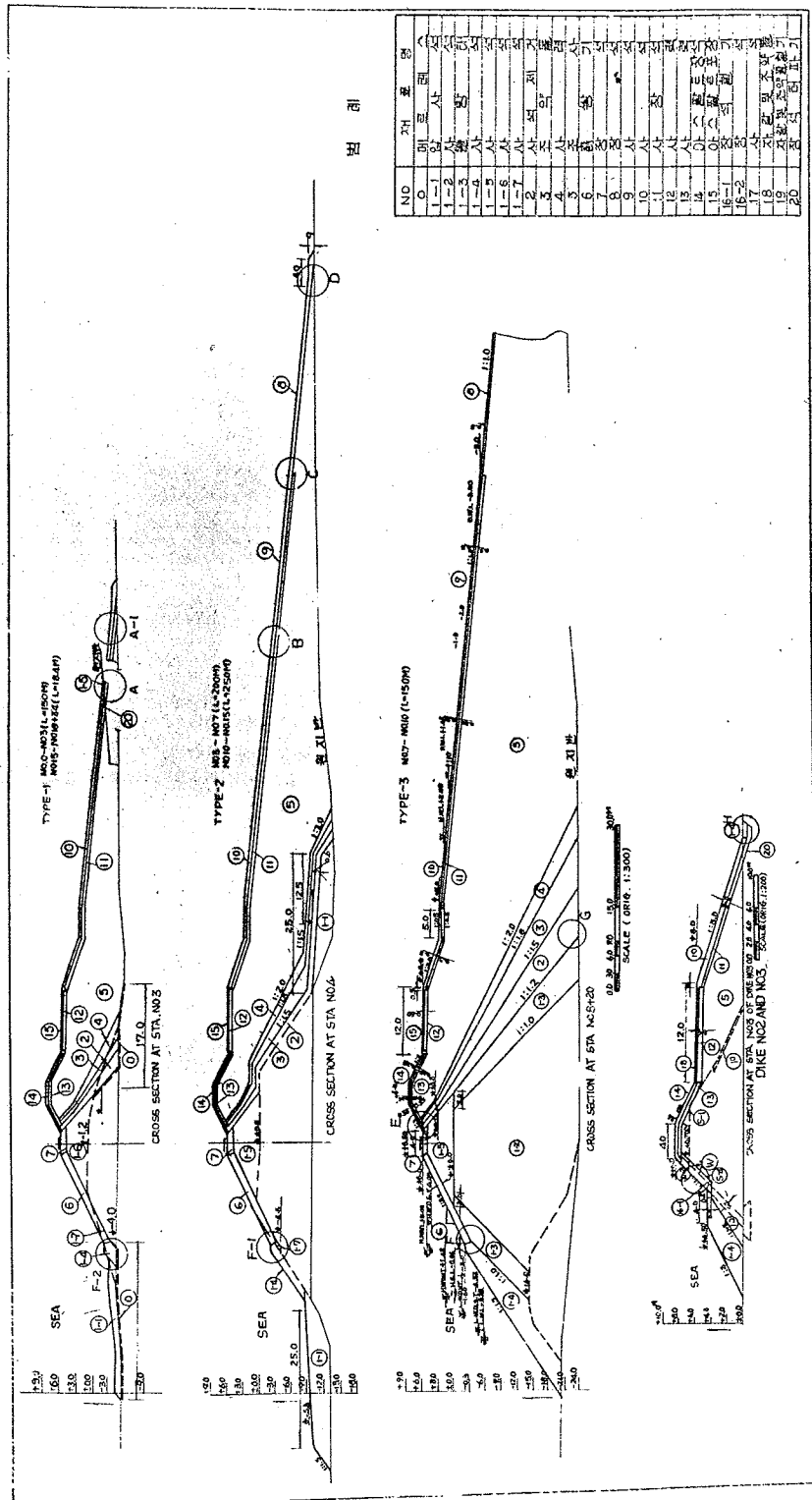


그림 부 II 방조제 표준 단면도

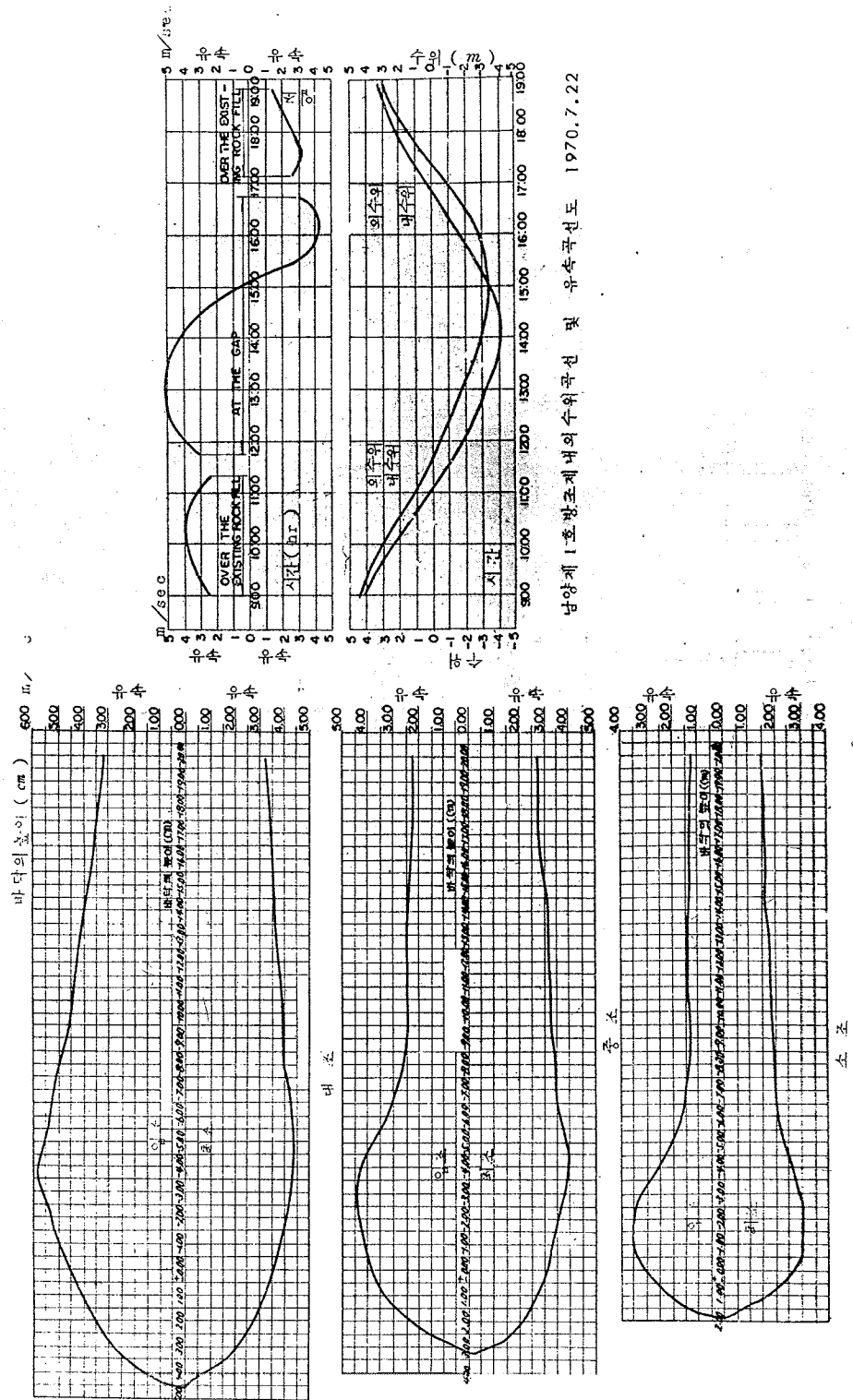
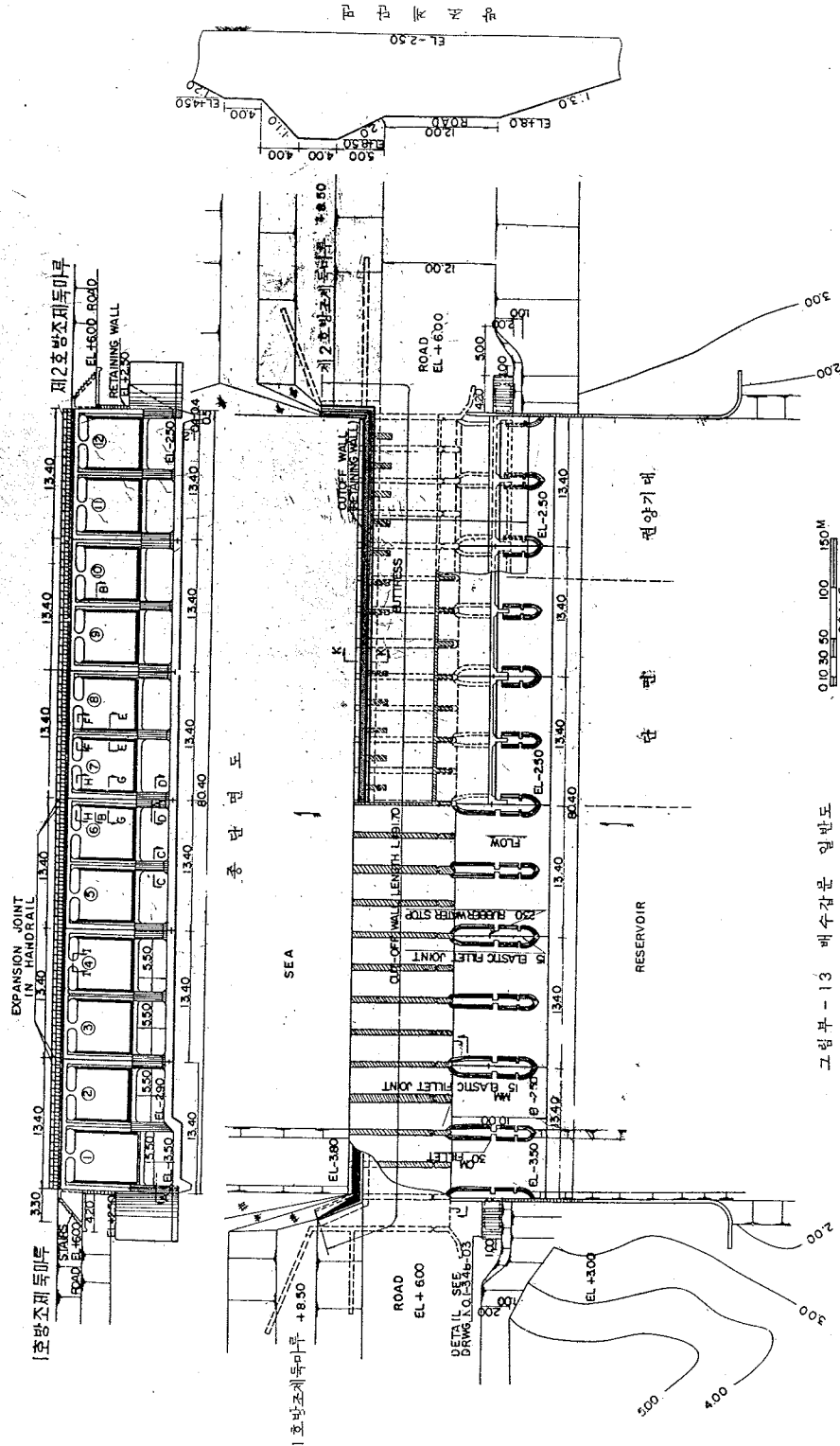


그림 부 12 제 1호 방조제 유속곡선도



그림부 - 13 배수구문 일반도

다. 프로그램 DRAINAGE AMOUNT COMPUTATION SUBROUTINE (DGDRN)

```

C.....
SUBROUTINE DGDRN(KASE)
C.....
CASE1(D1, B1, T1) = C1 * D1 * B1 * SQRT(19.6 * T1)
CASE2(B2, H2, T21, T22) = C21 * SQRT(9.8 * (T22 + T21) * (T22 - T21) * B2 +
* B2 + C22 * SQRT(19.6 * T22) * (H2 - T22) * B2
CASE3(T3, H3, B3) = U3 * SQRT(19.6 * T3) * (H3 - T3/3) * B3
CASE4(B3, H3) = 1.7 * C3 * B3 * H3 * * 1.5
C.....
DO 200 KG = 1.2
UQ (KG) = 0
SQ (KG) = 0
SH (KG) = WHM - GSIL (KG)
CH (KG) = WHM - GOEL (KG)
DH (KG) = WHM - THM
C.....
IF (GHGH (KG)) 141, 141, 135
135 IF (SHCKG) 141, 141, 140
140 IF (DH. (KG)) 141, 141, 145
141 ICASE (KG) = 0
GO TO 200
C.....
145 IF (KASE (KG) - 1) 147, 147, 146
146 KIP = I CASE (KG)
GO, TO (170, 180, 155, 160) KIP
147 ICASE (KG) = 0
C.....
IF (DH (KG) - SH (KG)) 149, 148, 148
148 DH (KG) = SH (KG) - 001
1 149 CONTINUE
IF (SH (KG) ~ GHGH (KG)) 150, 150, 165
150 IF (DH (KG) - SH (KG) 13) 155, 160, 160
155 KIP = 3
UQ (KG) = CASE 3 (DH (KG), SH (KG) GLNG. (KG)
GO TO. 190
C.....
160 KIP = 4
UQ (KG) = CASE 4 (GUNG. (KG) SH (KG)
GO. TO. 190
    
```



```

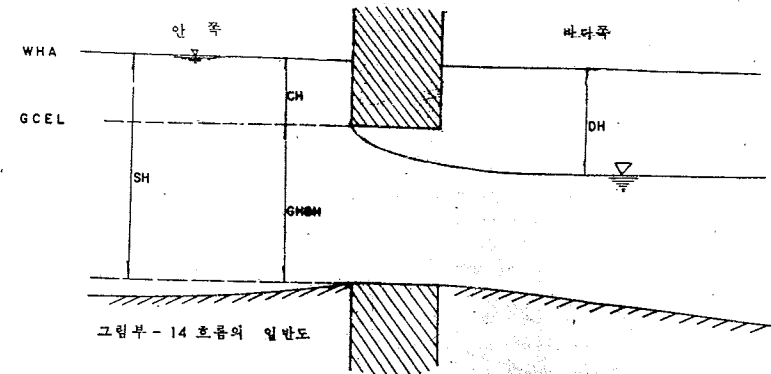
C.....
165 IF (DH (KG) - CH (KG) 170, 170, 175
170 KIP=1
    UQ (KG) = CASE 1 (GH, GH, (KG), GUNG, (KG), DH (KG)
    GO. TO 190
C.....
175 CONTIUNE
180 KIP=2
    UG (KG) = CASE 2 (GLNG (KG), SH (KG), CH (KG) DH (KG))
C.....
190 SQ (KG) = UQ (KG) * DUR * 3600
    ICASE (KG) = KIP
200 CONTINUE
    TQ = SQU + SQ (2-)
    RETURN
    END
    
```

다. 배재능력 곡선도

평택지구, 대조시 및 소조시의 갑문 단면의 높이를 4.0m에서 +2.0m 까지 6m로 하여 나비가 138m, 120m, 180m 일때 100, 50, 30년 빈도의 유입량을 적용한것과 갑문단면의 높이를 -3.0m에서 +3.0m가 6m로 하여 나비가 152m, 138m, 123m 일때 100, 50, 30년 빈도의 유량을 적용 계산한 결과 그림부-15, 16 에 표시되었다. 그림부-17, 18은 삼교천 지구의 대조 및 소조시의 배수갑문 단면의 높이를 -4.0 m에서 +2.0m 까지 6m의 구간의 나비 100m-0.5m에서 +2.0m 까지 7m의 구간의 나비 20m로 하여 최초 유입개시 시간을 변경 계산한 결과이다.

I. E. D. P. S에 의한 계산실행

1. 배수갑문능력 검토



가. 부호의 결정

- WHM : 평균 내수위
- THM : 평균 외수위
- GSIL : 갑문의 Sill 높이
- GCEL : 갑문의 천정 높이
- GHGH : 갑문의 단면의 높이
- GLNG : 갑문의 길이
- SH : 평균내수위의 Sill로부터 높이
- CH : 평균내수위의 갑문단면천단으로부터의 높이
- DH : 내,외 수위차
- UQ : $\frac{d}{sec}$
- SQ : Total 유량

나. 흐름-차트

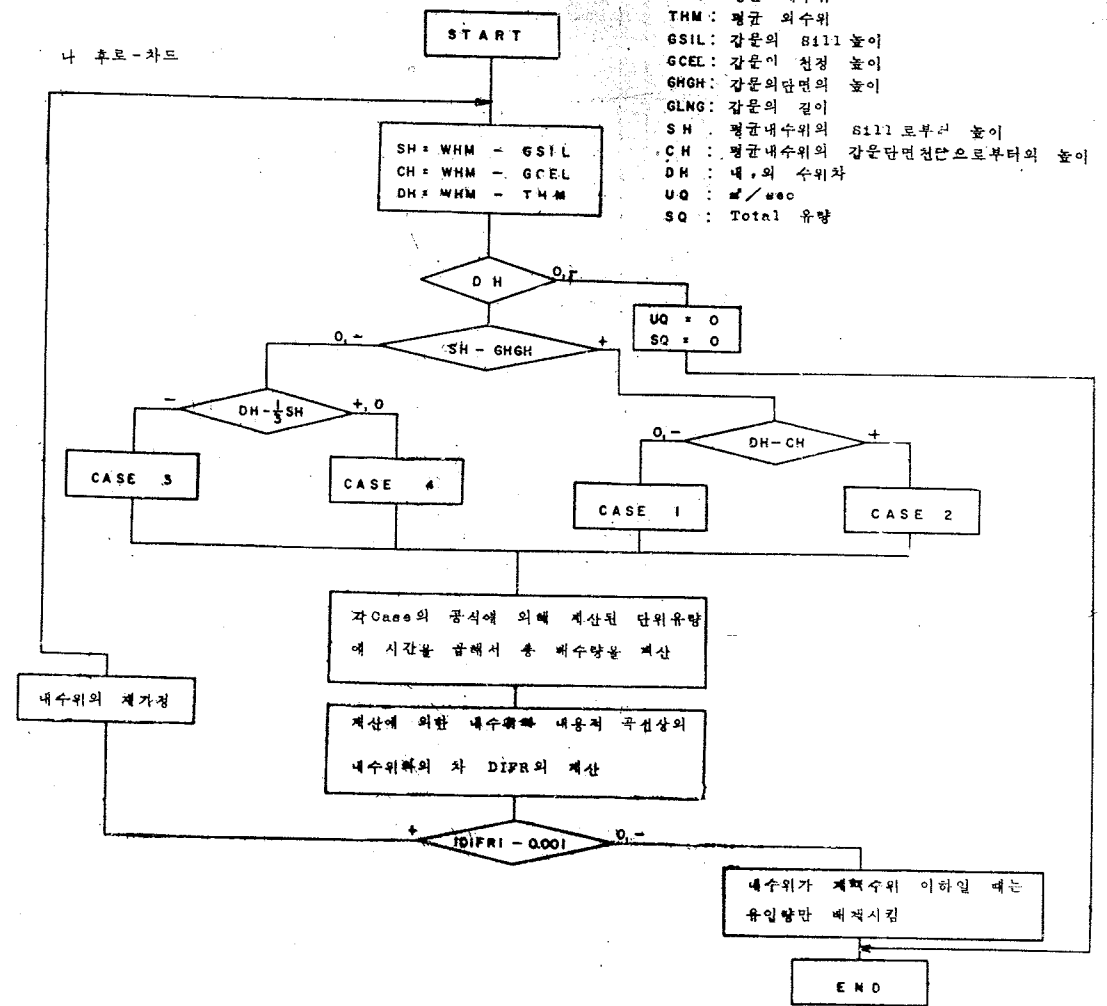
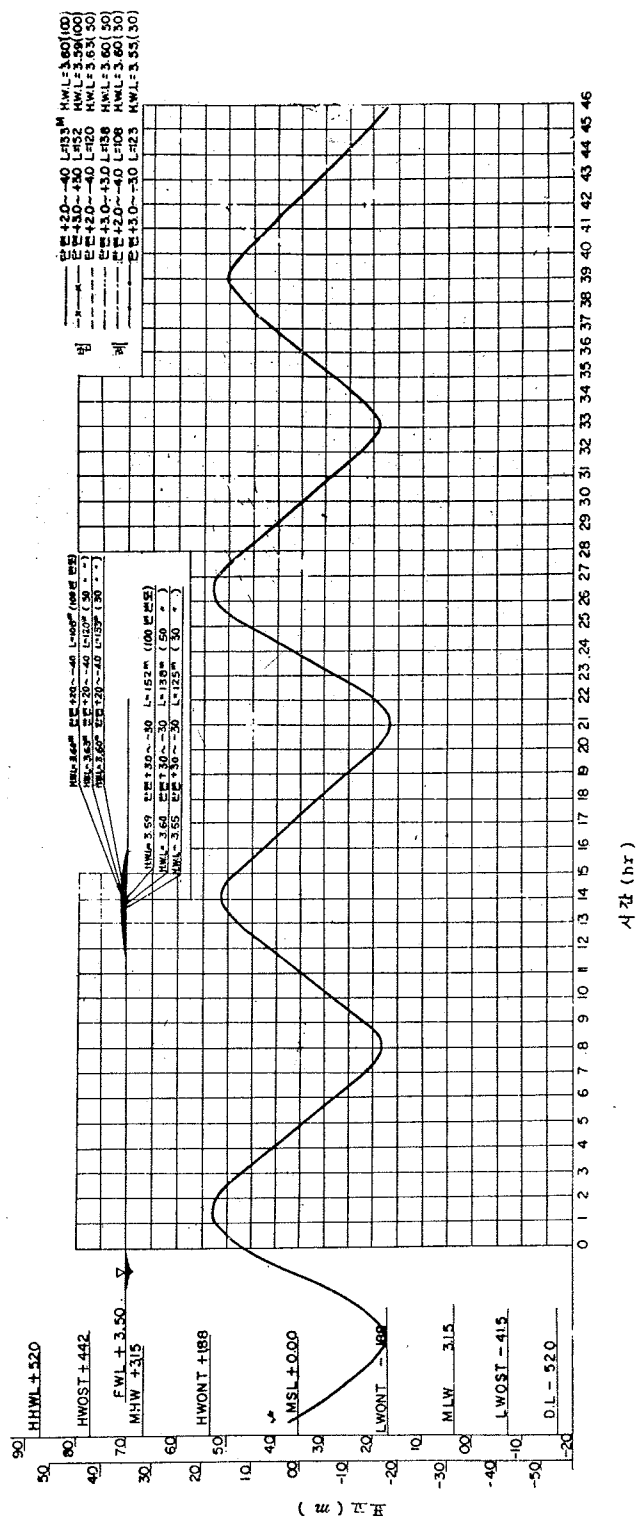
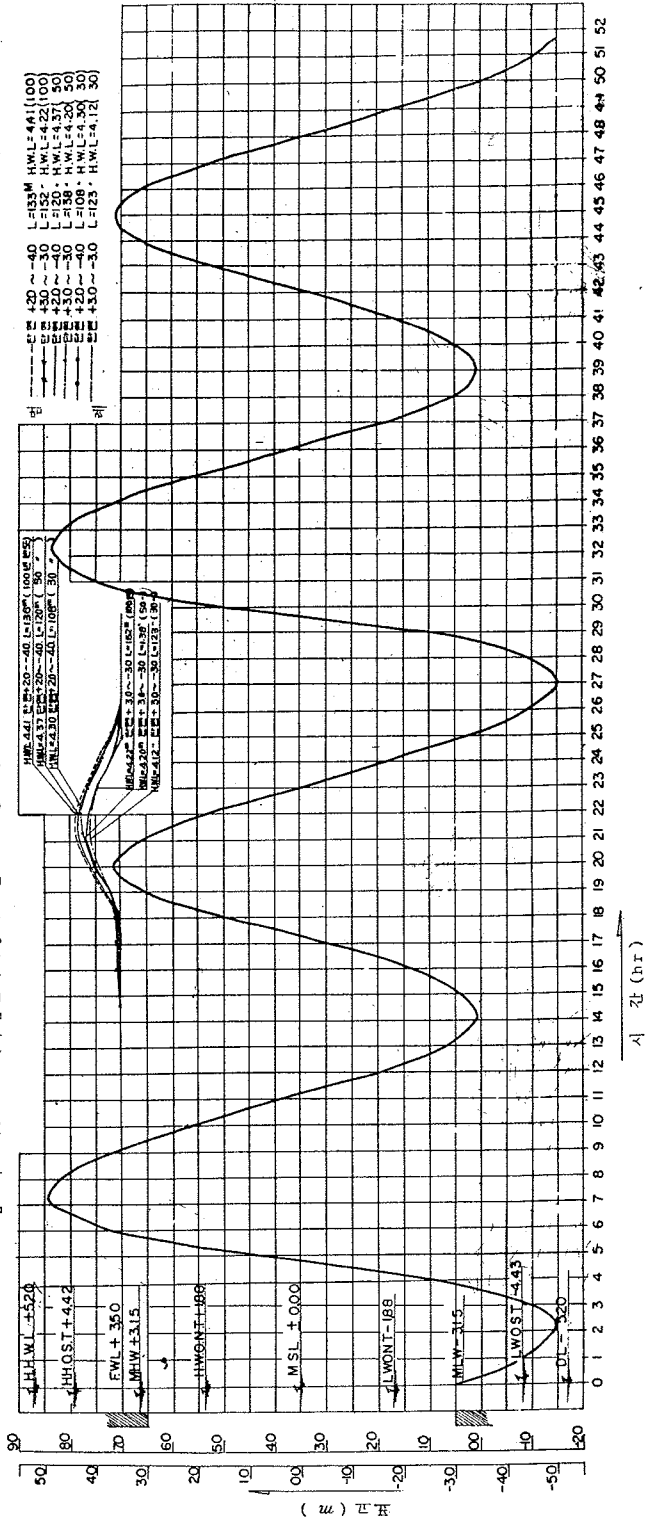
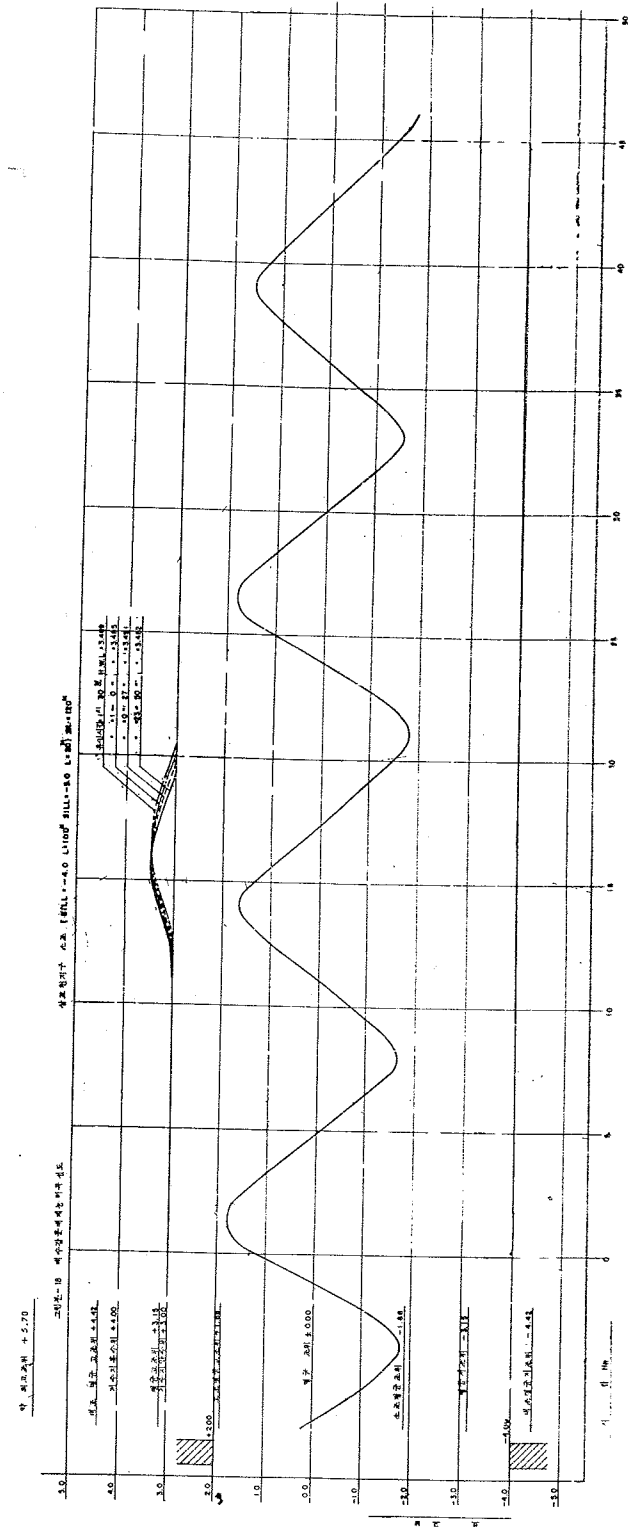
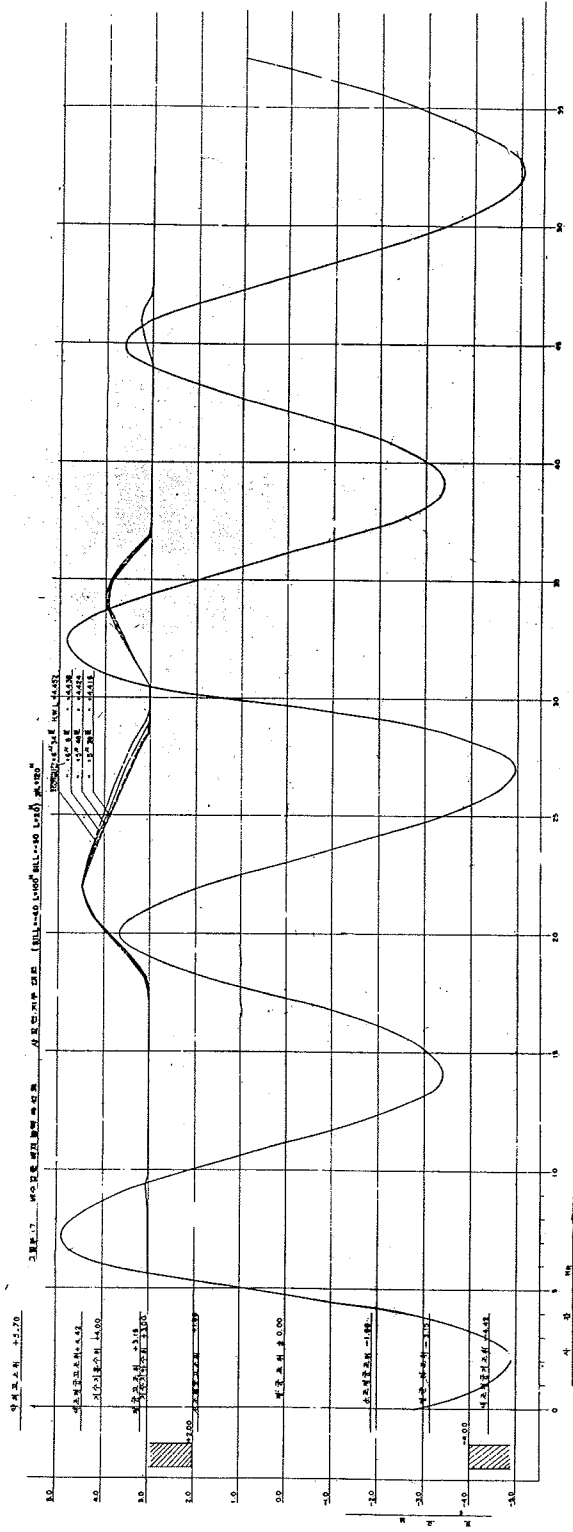


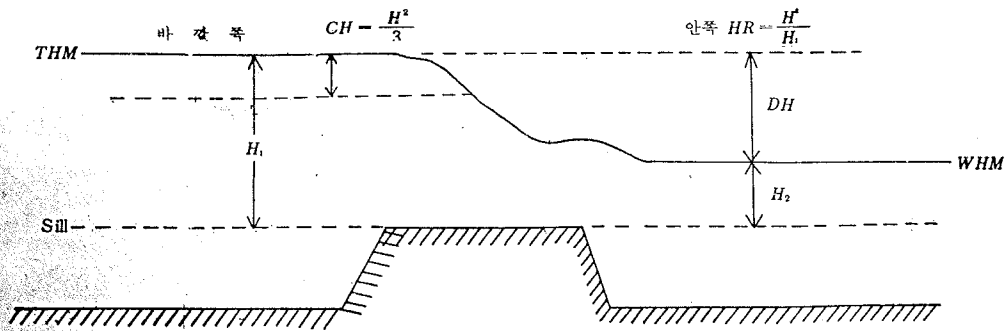
그림 부 - 15 배수강문배계능허곡선도 평면지구 대조



그림부 - 16 배수강문 배계 능허곡선도 평면지구 대조



2. 끝막이공의 유속계산



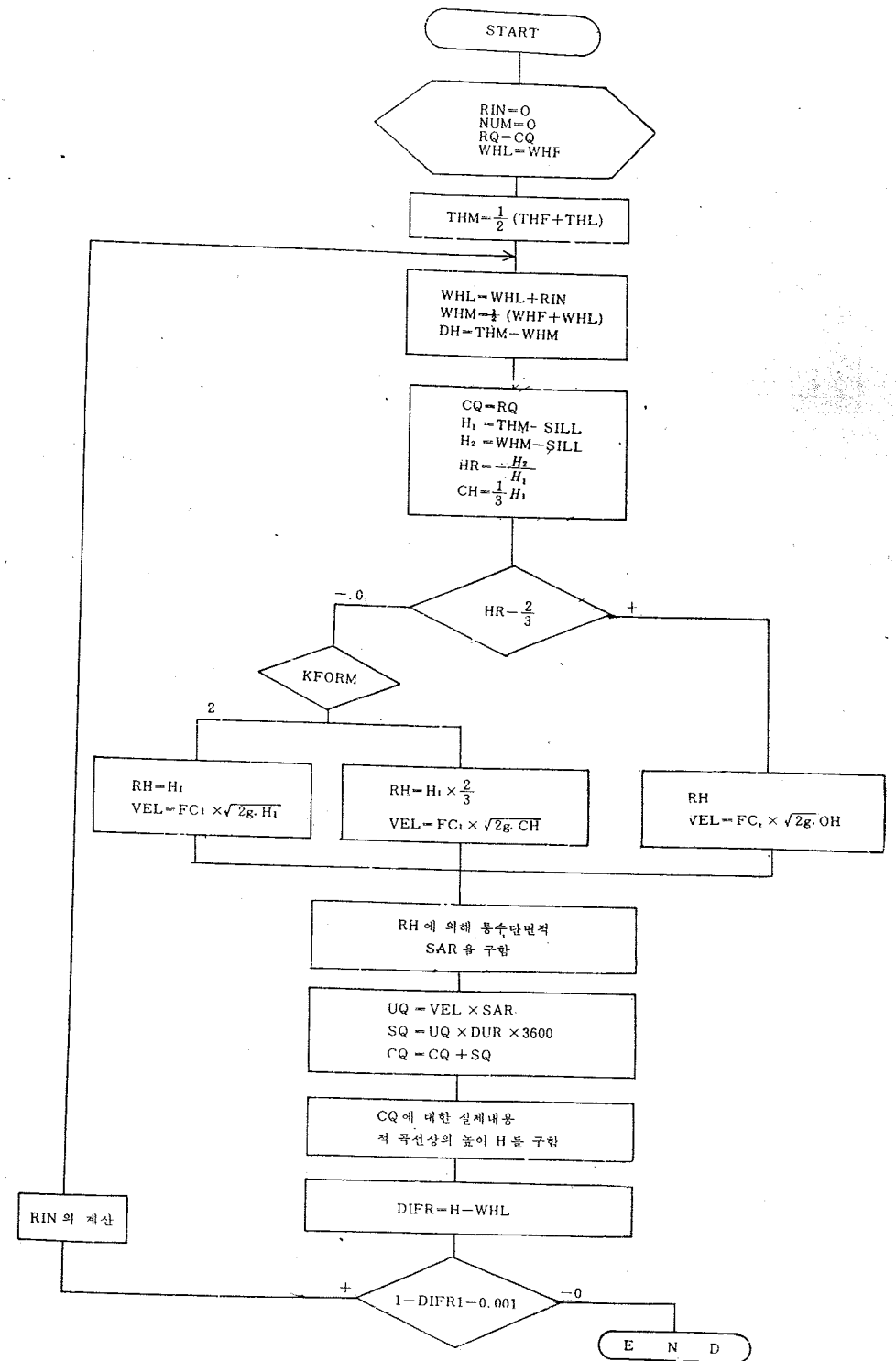
그림부-19 흐름의 일반도

가. 부호의 결정

- THF : 최초 외수위 (분할계산 기간중)
- THL : 최종 외수위 (")
- THM : 평균 외수위 (")
- WHF : 최초 내수위 (")
- WHL : 최종 내수위 (")
- WHM : 평균 내수위 (")
- R Q : 최초 내수위 때의 담수용량
- C Q : 최종 내수위 때의 담수용량
- RIN : 최종 내수위를 제차 가정시의 가감되는 수
- D H : 가정한 내외수위차
- H₁ : SILL 로 부터 평균 외수위까지의 높이
- H₂ : SILL 로 부터 평균 내수위까지의 높이
- H R : H₂ : H₁ 의 비
- C H : $\frac{H_1}{3}$ 의 값
- KFORM : 공식의 선정 (1 = Beymoulli) (2 = Honma)
- R H : 일류수심
- VEL : 유속 (m/sec)
- FC₁ : 완전 월류시의 유량계수
- FC₂ : 불완전 월류시의 유량계수
- U Q : 초당 통수량 (m³/sec)
- DUR : 유출시간
- S Q : 유출시간동안의 총유출량
- H : 계산후 내수위
- DIFR : 계산후 내수위와 가정내수위의 차
- SILL : SILL 의 높이 (표고)

나. 끝막이 구간 최대 유속도

끝막이 구간 최대 유속도는 예상되는 제 여건에 대하여 끝막이 구간 바닥 표고 길 이 조위별로 검토한 결과는 다음과 같다.

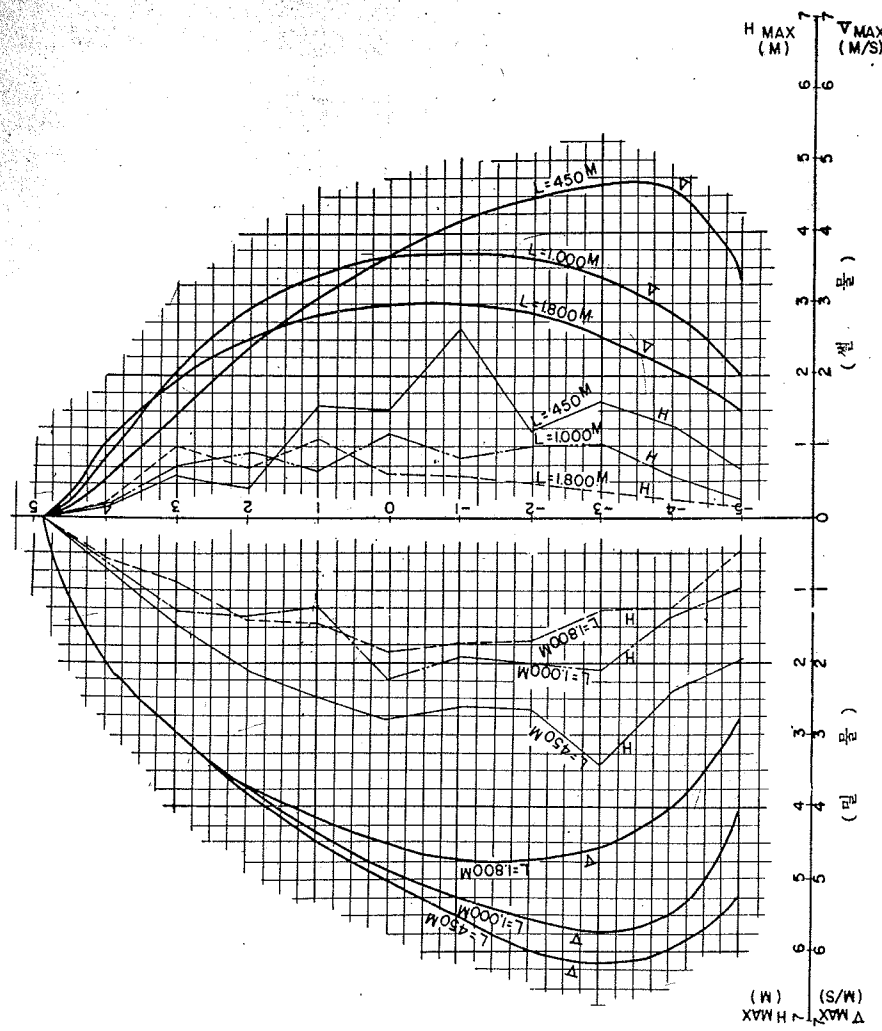


길이	종교	거리 (m)										
		-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	
450M	밀	외수위	4.27	4.27	4.27	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
		내수위	2.32	1.90	0.80	2.10	2.10	1.95	2.22	2.60	3.25	4.02
		수위차	1.95	2.37	3.47	2.60	2.60	2.75	2.40	2.10	1.45	0.68
	셀	외수위	5.14	6.02	6.15	5.95	5.54	4.95	4.48	3.87	3.02	1.92
		내수위	-0.50	-0.47	-0.50	1.27	-0.50	1.20	1.50	2.70	2.82	3.85
		수위차	-1.18	0.85	1.67	2.50	2.20	2.75	2.91	3.12	3.44	4.04
1,000M	밀	외수위	3.29	4.59	4.65	4.52	4.10	3.75	3.18	2.47	1.53	0.53
		내수위	0	2.40	3.22	4.05	4.27	4.27	4.70	4.70	4.70	4.70
		수위차	-0.98	0.97	1.12	2.02	2.35	2.05	3.50	3.35	3.45	4.06
	셀	외수위	0.98	1.43	2.10	2.03	1.92	2.22	1.20	1.35	1.25	0.64
		내수위	3.94	5.62	5.66	5.61	5.22	4.86	4.39	3.78	3.02	1.92
		수위차	-2.10	-3.12	-1.00	-0.50	1.20	1.27	2.92	2.85	3.02	3.90
1,800M	밀	외수위	0.26	0.87	1.05	1.00	0.80	1.18	0.68	0.90	0.75	0.22
		내수위	2.03	2.82	3.38	3.66	3.65	3.60	3.45	2.93	2.08	0.79
		수위차	-0.75	-0.75	1.75	2.35	3.20	4.05	4.22	4.22	4.70	4.70
	셀	외수위	-1.22	-2.00	0.47	0.65	1.46	2.21	2.80	2.84	3.87	4.12
		내수위	0.47	1.25	1.28	1.70	1.74	1.84	1.42	1.38	0.83	0.58
		수위차	2.74	4.09	4.55	4.75	4.73	4.55	4.15	3.65	3.02	1.92

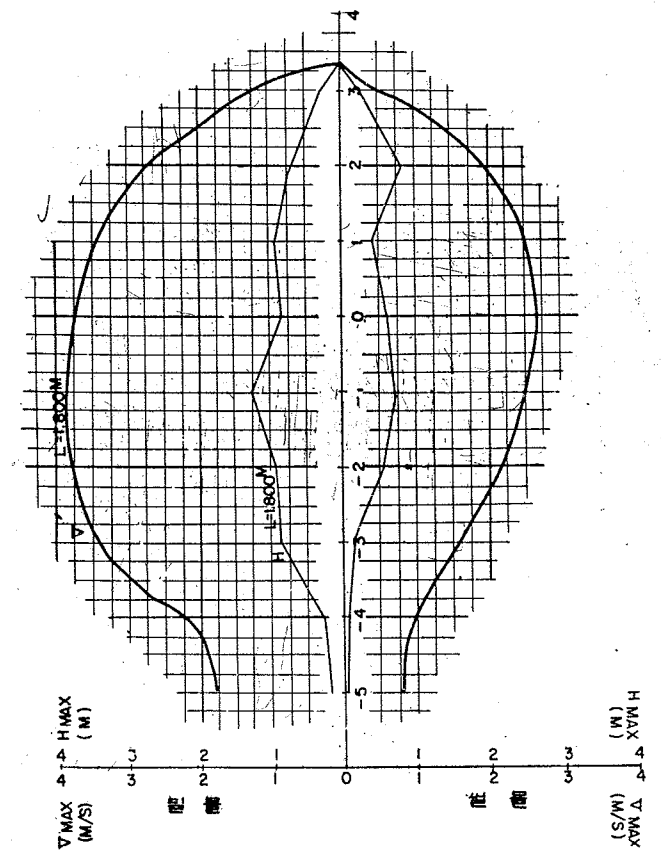
* 1,800M에서는 -5=1,100M, -4=1,200M이다.

(조각) 표의 수치를 이용하여 계산

그림부 - 20 물막이 구간 최대 유속도 (평택대교)



그림부 - 21 물막이 구간 최대 유속도 (평택대교) 물막이 구간 최대 유속 계산표 (중조)



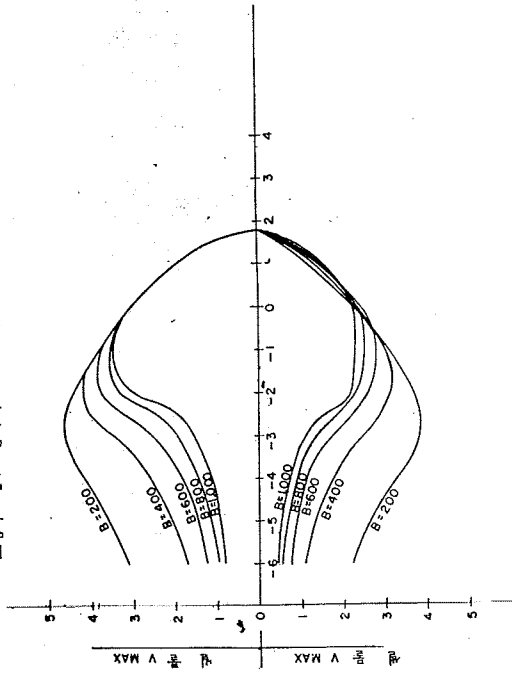
거리	거리 (m)										
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3		
밀	외수위	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
	내수위	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65
	수위차	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
셀	외수위	1.78	2.16	2.32	2.38	2.32	2.16	1.78	1.25	0.67	0.19
	내수위	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675
	수위차	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715

* 1,800M에서는 -5=1,100M, -4=1,200M이다.

외공설계구간 최대유속계산표 (소조)

구간	상표면	속도										
		-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	1.5		
1,000M	외수위	-0.03	0.07	-0.20	-0.17	-0.18	1.32	1.75	1.79	1.79	1.79	1.79
	내수위	-0.07	0.01	-0.28	-0.33	-0.74	0.55	1.06	1.28	1.55	1.55	
	수위차	0.04	0.06	0.08	0.16	0.56	0.77	0.69	0.51	0.24	0.24	
	유속	0.799	0.923	1.132	1.574	2.981	3.510	3.046	2.054	1.256	1.256	
	외수위	-0.44	0.65	-1.21	-1.35	-1.43	-0.29	0.75	1.27	1.66	1.66	
	내수위	-0.42	0.87	-1.17	-1.28	-1.14	0.05	1.10	1.45	1.55	1.55	
	수위차	0.02	0.02	0.04	0.07	0.29	0.34	0.35	0.18	0.11	0.11	
	유속	0.482	0.542	0.731	1.098	2.213	2.354	2.335	1.548	0.941	0.941	
	외수위	0.07	0.07	0.07	-0.14	0.23	1.55	1.79	1.79	1.79	1.79	
	내수위	0.01	0.00	-0.05	-0.39	-0.46	0.75	1.15	1.25	1.56	1.56	
	수위차	0.06	0.07	0.12	0.25	0.69	0.80	0.64	0.54	0.23	0.23	
	유속	0.993	1.114	1.405	1.967	3.300	3.574	3.080	2.054	1.259	1.259	
800M	외수위	0.85	-0.45	-1.21	-1.48	-1.35	-0.17	0.79	1.20	1.49	1.49	
	내수위	0.87	-0.42	-1.15	-1.37	-0.98	0.23	1.17	1.39	1.53	1.53	
	수위차	0.02	0.03	0.06	0.11	0.37	0.40	0.38	0.19	0.04	0.04	
	유속	0.565	0.678	0.900	1.356	2.321	2.558	2.481	1.453	0.882	0.882	
	외수위	0.07	0.07	0.08	-0.06	0.61	1.70	1.79	1.79	1.79	1.79	
	내수위	-0.02	-0.06	-0.12	-0.47	-0.26	0.81	1.02	1.25	1.55	1.55	
	수위차	0.09	0.13	0.20	0.41	0.87	0.89	0.77	0.54	0.24	0.24	
	유속	1.228	1.471	1.845	2.556	3.719	3.765	3.083	2.56	1.259	1.259	
	외수위	-0.45	-0.45	-1.21	-1.48	-1.13	-0.05	0.77	1.17	1.50	1.50	
	내수위	-0.42	-0.40	-1.12	-1.28	-0.67	0.48	1.20	1.36	1.55	1.55	
	수위차	0.03	0.05	0.09	0.20	0.46	0.53	0.43	0.19	0.05	0.05	
	유속	0.743	0.900	1.179	1.776	2.651	2.800	2.524	1.391	0.873	0.873	
600M	외수위	0.07	0.09	0.15	0.42	1.40	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	
	내수위	-0.12	-0.18	-0.27	-0.31	0.27	0.84	0.92	1.22	1.51	1.51	
	수위차	0.19	0.27	0.42	0.73	1.13	0.95	0.87	0.57	0.28	0.28	
	유속	1.776	2.107	2.612	3.434	4.240	3.842	3.086	2.056	1.255	1.255	
	외수위	-0.61	-0.61	-1.35	-1.47	-0.70	0.13	0.71	1.11	1.46	1.46	
	내수위	-0.54	-0.51	-1.16	-1.05	-0.06	0.78	1.15	1.31	1.50	1.50	
	수위차	0.07	0.10	0.19	0.42	0.64	0.65	0.44	0.20	0.04	0.04	
	유속	1.108	1.353	1.752	2.578	3.203	3.072	2.467	1.296	0.800	0.800	
	외수위	1.15	1.28	1.34	1.40	1.77	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	
	내수위	0.53	0.46	0.24	0.06	0.47	0.62	0.80	1.20	1.56	1.56	
	수위차	0.62	0.82	1.10	1.34	1.30	1.17	0.99	0.59	0.21	0.21	
	유속	3.134	3.607	4.181	4.619	4.466	3.846	3.083	2.057	1.251	1.251	
400M	외수위	-0.69	-1.37	-1.50	-1.14	-0.20	0.19	0.62	1.01	1.50	1.50	
	내수위	-0.38	-0.92	-0.77	-0.13	0.58	0.86	1.00	1.24	1.57	1.57	
	수위차	0.31	0.45	0.73	1.01	0.88	0.67	0.58	0.23	0.07	0.07	
	유속	2.225	2.689	3.394	3.892	3.699	3.144	2.308	1.136	0.102	0.102	

그림부 - 24 물라이 구간 최대유속도 (상표면소조)



비 매 품

농지개량사업 계획설계기준

해면간척편

1971. 12. 발행

발행 농 림 부
 감수 농업 진흥 공사
 편수 한 국 농 공 학 회
 인쇄 삼 우 상 사

정 오 표

페이지	열	오	정	페이지	열	오	정
16	4	방조제의	방조제의	72	14	$\frac{C_{ob}}{C}$	$\frac{C_o}{C}$
17	16	교점을 원점 0	교점을 원점 0,	75	18	불가선에	불가선에
	그림 2-2	(좌측 교점상의 0)	(삭제)	25	39	아니라 따라서	아니다. 따라서
26	30	구체로 한	주체로 한	76	30	어그 넓이	어느 넓이
	36	표 2-1	표 2-6	77	33	(가) 변면에	(가) 변면에
27	9	조사단으로	조사 수단으로	34		$\left(\frac{H+\delta}{h+H+\dots}\right)$	$\left(\frac{H+\delta_o}{h+H+\delta_o}\right)$
	26	④구조물	④구조물	36		$\delta = \frac{\pi H^2}{L} \text{Coth} \frac{2\pi h}{L}$	$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \text{coth} \frac{2\pi h}{L}$
29	그림 2-7	D. 축집기초	D. 직접 기초	78	3	$\text{Cos} \frac{2\pi h}{L}$	$\text{Cosh} \frac{2\pi h}{L}$
30	12	충격 함수량의 변화	충격, 함수량의 변화, 과도의	12		앞면에 서시	앞면 예시의
	16	10%이하 내경비는	10%이하, 내경비는	79	그림 3-28	수면상 H+S ₀	수면상 H+δ ₀
32	9	실제공동에	실제 시공 등에	82	2	$Pd = \frac{whb}{2}$	$Pd = \frac{Whb}{2}$
	16, 17	표 2-4 표 2-4	표 2-8 표 2-9		4	pd	Pd
33	11	A A	A A A		5	P;	P;
	11	얇은 채취판	얇은 채취 판	18		$P_* = \frac{WH}{\cosh \frac{2\pi h}{L}}$	$P_* = \frac{WH}{\cosh \frac{2\pi h}{L}}$
	13	정적 원부 관입	정적 원부 관입	83	1	분류의 중량	분류의 중량
	"	코온케베트미터	코온 케베트미터, 벨	표 3-6	12	n항중의 13은	>3
	18	ABAABBA	ABAABCA	13		CK'r,	CK'r,
37	24	실내 투수	실내 투수	15		w:피복사석의	W:피복사석의
39	36	관개 기관	관개 기간	16		U:마찰계수	μ:마찰계수
55	4	해상적과	해상과	21		K:	k':
60	5	여유전력량등을	여유전력량등을	86	그림 3-39	$\frac{a \cdot w}{H} \text{ or } \frac{a \cdot r}{H}$	$\frac{a \cdot \beta}{H} \text{ or } \frac{a \cdot r}{H}$
	8	$\rho = a\Delta p + bv^2 \cos\theta$	$\rho = a\Delta p + bU^2 \cos\theta$	그림 3-42	72	$\frac{a \cdot w}{H} \text{ or } \frac{a \cdot r}{H}$	$\frac{a \cdot \beta}{H} \text{ or } \frac{a \cdot r}{H}$
	24	상절일때	상절일 때는 2,	87	21	V = []	V = [] ²
	25	2배(腹)는	배(腹)는	39		= c · sinα	= c · sinα _s
	30	$-\log e \frac{\pi b}{4l}$	$-\log_e \frac{\pi b}{4l}$	88	11	$V = U \sqrt{\sin\phi}$	$V = U \sqrt{\sin\phi}$
61	30	해상의 측정하는	해상의 바람을 추측하는	17		$D = \frac{7.6}{\sqrt{\sin\phi}} V$	$D = \frac{7.6}{\sqrt{\sin\phi}} U$
62	15	$\frac{(273+t)}{L \cdot \text{Simp}}$	$\frac{273+t}{L \cdot \text{Simp}}$	89	14	+3 $\sqrt{\frac{V_o^2}{\epsilon gh}}$	+3 $\sqrt{\frac{V_o^2}{\epsilon gh}}$
	22 27	φ: 위도	φ: 위도	90	2	$\frac{dl}{\sqrt{gd}}$	$\frac{dl}{\sqrt{gd}}$
64	16	침자 0	침자 0	13		Ain ¹	sin ^{1/2}
	20	CO	Co	92	3	Co ⁻¹	Cos ⁻¹
	25 26	tan	tan	93	14	$\left(\frac{b_o}{h}\right)^{1/4}$	$\left(\frac{h_o}{h}\right)^{1/4}$
	27	$4 \pi h / 4$	$4 \pi h / L$	95	9	해역에서는	해역 예시는
68	그림 3-4	만수파고	천수파고	99	39	혼환재는	혼 환재는
	"	중축	중축	100	23	도입을 들의	도입을 들의
	"	gF/42	ε ⁵ /u ²		25	잘 쌓기	잘 쌓기
	"	5마찰계수	f: 마찰계수	106	32	원(堤)성울	원(堤)성울
		H:K _s , H _o :	H=K _s · H _o '	107	24	집할 경우에는	집할 경우에는
		gH _o '/u ²	gH _o '/u ²		25	흙막이공, 즉	흙막이공, 즉
70	1	KS=H/H _o =	K _s =H/H _o =	111	그림 3-55	$y_* = \sqrt{h^2 + d^2} - d$	$y_* = \sqrt{h^2 + d^2} - d$
		$\sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \frac{CO}{c}}$	$\sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \frac{C_o}{C}}$	112	7	Q:안비탈면과	α:안비탈면과
	3	$C_o = \frac{gt}{2\pi}$	$C_o = \frac{gT}{2\pi}$				
	4	$\sqrt{\frac{gl}{2\pi}}$	$\sqrt{\frac{gT}{2\pi}}$				
	5	KS	K _s				
71	그림 3-8	좌측 중축	R/R삽입				
		하측 횡축	C ₂ /C ₁ 삽입				