

# 서해안 방조제 공사 기간중 유실토량 측정시험

## A Study of sea Dike materials loss due to Scouring and Consolidation Settlement During the Period of Construction on the West Coast of Korea

안 재 숙\*      김 시 원\*  
Jea Sook Ahn      Si Whon Kim

### Summary

The studies were carried out to find the cause and the quantitative evaluation of sea dike materials loss which is occurred during the period of construction works for the tideland reclamation projects on the west coast of Korea.

Major subjects to studies were to establish the typical relationships between the tidal flow and the movement of dike materials, the tidal-flow and the erosion, the dike materials and the ratio of material movement(losses), construction methods and the ratio of materials movement (losses).

Based on the above subjects, the studies were made for the purpose of obtain the following informations;

- (1) Collecting and evaluating the data of dike material losses due to the foundation settlement, from designed existing dikes on the west coast.
- (2) By the field investigation at A-San Sea Dike, Pyong Taek Project, the Comparison would be made by the relationships between the tide velocity and the movement of dike foundation under the natural conditions and the period of construction so that find out the relationship between the dike materials or foundation situation and settlements.

With regard to the dike construction works, it is so difficult to calculate the exact quantity of material losses due to the foundation settlements.

The major factors that affect the settlement losses of the dike materials are:

- (1) Topographical variation
- (2) Sweeping the sectional area of dike by the tide velocity.
- (3) Dumping riprap to the outside of dike during the period of construction works.
- (4) Sectional area losses by the cause of occurrence of the new tide channels.
- (5) material losses by the heavy storms.
- (6) Consolidation settlement by the foundation weakness.
- (7) Material losses by the earth materials by tide flow.

Most high material losses were occurred by the Consolidation settlement due to the foundation weakness, the maximum tide velocities due to decrease the cross sectional area of the gaps and erosion of foundation due to the range of tide, Inner and outside of dike, or dike material losses due to the tide flow.

Final conclusion would be obtained by the continuous measurement of consolidation settlement at the stage of final closure of the dike. (It is scheduled to close on the end of 1972)

However, intermediate conclusion can be introduced as follows:

- (1) The estimation of material (losses) during the period of construction works for the existing sea-dikes up to date were only empirical. The material losses at the general closure for design was estimated at 10% of the riprap, 20% of the earth materials, and 20% of the riprap, 40% of the earth materials at the final closure of the dike.

The final closure estimated double quantity to the general closure,

\*전국대학교

but it is still doubt.

(2) The ratio of consolidation settlements was found smaller than the calculated quantity.

It can be foreseen that settlement speeds is higher thom the calculated speeds.

(3) The movement of dike foundations under the natural conditions were not so depends on the geological conditions of the foundation

(4) When the tide velocities was estimated 100 at the normal tide, it was estimated 125 at the high tide and 55 at the low tide. The tide velocities at the low tide shows apparently lower than the high tide and the higher velocities at the deep water depth.

## I. 서 론

### 1. 우리나라의 간척지 자원

우리나라의 간척지 자원에 대한 전반적인 조사는 1962년 2월 국제연합간척사업지구(UNTID)의 발족

에서 비롯된다. 이는 주로 농토조성을 위주로 하는 전국적인 간척가능지 조사와 목포-영산강 간척예정지구의 조사 및 강화(江華) 간척지의 시범사업 등을 목적으로 한 것으로써, 1963년 2월 이 지구에 의한 보고서에 의하면(가능면적은 주로 Map study에 의함) 서남해안 일대의 간척가능면적은 총 71개 지구에서 매립가능면적 224,975ha, 농토조성가능면적 189,275ha로 나타나 있으며 이중 서해안에 위치한 것이 대부분인 95%를 차지하고 있다(매립가능면적 213,975ha, 농토조성가능면적 179,100ha)

그후 1965년~1966년에 걸쳐 건설부 주관으로 전국 간척지 자원조사가 실시되었으며, 이 조사결과에 의하면 매립가능면적은 총 126개 지구에서 261,827ha이며 이중 농업용이 163,129ha, 염전용 4,286ha, 공업용 3,847ha, 조력발전(潮力發展) 21,682ha, 기타 68,883ha인 것으로 밝혀져 있다.

표 1은 이 두기관에서 조사한 간척가능지 면적을 비교한 것으로 이와같은 방대한 면적의 간척지자원을 가진 서남해안은 장차 식량원 확대를 위한 농토 조성은 물론 임해공업을 위시한 각종 산업부지로서

표 1 간 척 가 능 지 면 적

도 별	구 분	UNTID조사(1962)			건설부 조사(1965~1966)			
		농 업 용			총 간 척 지 면 적	매 립 가 능 면 적		농 업 용 매 립 가 능 면 적
		지 구 수	매 립 가 능 면 적	농 토 조 성 가 능 면 적		지 구 수	면 적	
합	계	71	224,975 <sup>ha</sup>	189,275 <sup>ha</sup>	336,456 <sup>ha</sup>	182	261,827 <sup>ha</sup>	163,129 <sup>ha</sup>
경	기	12	67,750	60,650	97,973	18	73,486	43,777
충	남	20	47,600	41,800	75,205	46	69,793	35,284
전	북	5	21,375	19,650	41,772	7	24,420	15,466
전	남	34	88,250	67,175	115,506	73	87,574	64,145
경	남				6,000	38	6,554	4,457

의 개발이 크게 기대되고 있다.

### 2. 개발현황

서남해안 일대의 해안선의 길이는 육지부에서만도 5,221km에 이르고 있으며 약 336,000ha에 달하는 규모의 간척지가 무수히 형성 전개되어 있다. 이들 간척지에 대한 이제까지의 개발실적은 방조제 총길이 1,060km에 의하여 조성된 농토면적은 79,000여 ha이며 이중 1946년 이래의 실적을 보면 국고보조에 의한 준공실적(개답) 11,764ha와 민간 또는 단체에 의한 비보조사업 실적 5,523ha를 합하여 17,287ha이며, 이 밖에 농림부 및 건설부 주관으로 현

재 계속 공사중에 있는것 4,486ha(대천 : 693ha, 미면 423ha, 지산 320ha, 동진강 3,050ha)와 IBRD 차관에 의하여 시행되고 있는 평택지구의 남양 및 아산방조제 공사 등이 있다.

특히 최근에는 용수 수요의 급증(急增)에 따라 다목적용수원의 마련책을 겸하여 해안 하구(河口)를 차단하여 담수화(淡水化)하는 등 대규모의 간척사업으로 발전되어 가고 있다.

### 3. 서해안 간척지의 특징

일반적으로 간척지의 발달은 유입하천의 상태, 조석의 간만차(干滿差), 조석류의 방향 및 유속, 해

안선의 골목, 연안 도서의 위치와 형태, 내륙지대의 지형, 지세 등 지리적인 상태와 지질 및 입상 상태 등 자연적인 입지조건에 따르는 것으로 간석지의 토질이나 토성과 지반의 상태 등도 이에 따라 크게 달라지는 것이다.

서해안에서의 조석의 평균 간만차는 인천항에서의 9.73m를 최고로 군산항이 7.32m, 목포항 4.5m로서 남하함에 따라 점차 줄어가며 남해안인 여수, 부산항에서는 3.33m 및 2.00m이다.

남한의 간석지 총면적 336,456ha중 노출시간 4시간 이상에 위치한 것이 195,938ha나 된다.

간석지의 지질 및 토성은 경기 연안지대는 조립(粗粒)의 토사가 침전 퇴적되어 간석지면은 사질토로 형성되어 있고 지반도 비교적 단단한 반면 토성은 토박한 편에 속한다. 그러나 전남 연안지대의 간석지는 미립(微粒) 토사가 침전 퇴적된 실트질 양토(壤土)로 되어 있어 지반은 연약하나 토성은 비교적 비옥한 편에 속한다.

대체로 서해안의 간석지면은 퇴적 상승이 계속되

고 있다. 이는 내륙지대의 입상이 좋지 않는데다가 동쪽에서 서쪽으로 경사를 이루고 있고 대소하천 및 구능지대에서 홍수시 상류유역에서의 유사(流砂)의 대부분이 해안지대에 침전 퇴적되는 동시에 간만의 차가 크므로 해안일대에 광활한 간석지가 발달되고 있는 것이다.

이미 방조제를 축조한 지역에서는 방조제 외부에 해마다 토사가 퇴적되어 외부 지반표고가 현저히 상승하여 내수배제(內水排除)마저 지장을 초래하는 경우도 있다. 또 서해안에서는 간석지를 개발함에 따라 연속된 해면에 새로운 간석지가 계속 형성되어 가는 경향에 있음이 특징이다.

서해안일대의 대표적인 간석지로는 인천을 중심으로한 경기도 해안연안을 비롯하여 충남의 아산만 지역 보령 및 서천군 해안지역, 전북의 금강, 만경강 및 동진강 하구 해안지역, 전남의 영광, 함평, 무안, 해남군 해안지역과 영산강 하구 해안지역 등이다

다음은 서해안에 위치한 주요하천의 하구(河口)에서의 간석지 규모와 특징을 요약한 것이다.

하 구 명	유역면적 km <sup>2</sup>	유르연장 km	간 석 지 의 발 달 현 상	
			유역의 입상상태	퇴 적 현 상
안 성 천	1,722	76.2	황 폐	하구퇴적
삼 교 천 (아 산 만)	1,619.2	61.0	"	만의 주위 육지 연안으로 부터 점차 중앙깊은 곳으로 유사(流砂) 퇴적 과거 40~50년간 약 2,800ha의 간석지확대
금 강	9,885.7	401.4	중, 하류황폐	군산항의 연간 자연 매물량 약 100,000m <sup>3</sup> , 하구양안에 유사퇴적되어 간석지면적이 점차확대 Delta를 형성
만 경 강	1,601.7	98.5	—	하구좌안인 옥구군, 대야 옥구면과 김제군, 만경, 진봉면연안에 유사퇴적 우안인 옥구군, 회현면 교현리의 육지 돌출부의 영향으로 갯강(溇筋)의 유심 변동 발생
동 진 강	1,034.1	44.7	—	홍수시의 유사와 조류에 의하여 하구 중앙부를 관류(貫流)하는 갯강이 좌우측에 광활한 간석지를 형성
주 진 천 (줄 포 만)	233.0	22.0	—	유사퇴적으로 약 8,000ha 간석지가 발달 확대
영 산 강 (영 압 만)	2,790.1	115.8	양 호	영암만내 중앙부에 갯강이 관류하여 목포항을 경유 서해에 연결 유사량은 비교적 적고 목포시 지점에서 상류부 만입부 연안에 약 9,169ha의 간석지 발달

#### 4. 방조제 공사에 따르는 문제점

자연상태의 간석지라 할지라도 홍수로 인한 갯강

의 유심변동이 일어날 때에는 광대한 범위에 걸쳐 간석지가 일시에 침식 유실되는 경우가 많다. 또한 시설 간척지구 중에도 방조제 기초기반(외부 간척

지면)이 침식 세굴되어 방조제가 붕괴되므로 인하여 막대한 피해를 입히는 수가 있다.

간척사업에 있어 조석류를 차단하는 방조제 축조공사에 있어서는 시공과정에 있어 지반의 침식이나 축제재료의 유실을 아주 막을 수는 없다.

일반적으로 방조제 시공에 따라 일어나는 침식(세굴)의 요인과 양적인 범위는 조류의 지반상의 익류(溢流) 및 조류속의 증대를 비롯하여 조석류의 유입변동(갯강의 발생, 변동포함) 사석내부부의 투수(파이핑작용포함) 및 내의 수위차, 사석제 축조후 성토차단까지의 기간 등과 관련하여 시공방법에 크게 좌우되는 것으로 상황에 따르는 임기응변조치가 빈번한 것이 특징이며 어느정도까지는 불가피한 면도 있다. 이제까지의 방조제 공사에 있어서는 끝막이 공(最終締切)에 성패를 걸어왔고 이의 성공에 전력을 다해 왔다.

최근의 우리나라에서의 대규모 방조제 공사로는 1963년에 착공한 동진강 수리간척사업을 들수 있는바 불행히도 1965년 9월 15일 제2호 방조제 끝막이 구간중 162m가 불과 5분간에 결괴 유실된 사실고 이로 인하여 지반의 최대 세굴, 깊이가 18m, 그 영향범위(내외측)가 700m에 달한 사실을 상기할 때 조석류의 변화무쌍한 무서운 힘에 놀라지 않을 수 없다.

따라서 방조제 공사에 따르는 위험을 어떻게 방지하며 축제재료의 침하 유실을 최소한으로 억제하고 또한 그 양적인 판단을 어떻게 규명하느냐 하는 것이 가장 어려운 과제로 되고 있다.

이러한 관점에서 본 조사시험은 방조제 공사기간 중의 축제재료의 침하 유실에 관계되는 모든 인자를 찾아내고 상호관계를 규명하고자 시도한 것이다 이 결과가 앞으로 우리나라 방조제 축조공사를 보다 성공적으로 수행할 수 있게 하는 길잡이가 될 것을 바라마지 않는다.

## II. 조사시험의 목적 및 방법

본 조사시험은 조석류(潮汐流)와 토사의 이동관계의 유형화(類型化), 조석류와 세굴현상과의 관계 축제재료와 유실율의 산정, 축제공법과 유실율의 비교 등에 주안점을 두고 금년도에는 다음과 같은 기초적인 조사시험으로서,

① 서해안 기설방조제의 설계상의 침하 유실에 관한 자료수집 및 분석과

② 평택지구 아산방조제(공사중 침하, 유실의 원인별 분석)에 대한 현지조사 시험으로서 조석류의

유속과 지반의 변동상태를 자연상태에서와 방조제 축조에 따라 이들 인자의 변화상태를 비롯하여 축제재료 및 지반의 토질과 침하량과의 관계를 규명함에 목적을 두었다.

그리고 이하 조사 및 시험에 있어 대부분의 자료는 농업진흥공사의 기존 설계자료에 의하였음을 밝혀둔다.

### 1. 기설 방조제의 침하 유실율

서해안에 위치한 기설 방조제중 비교적 규모가 크고 (매립면적 300ha 이상이고, 개답면적 200ha 이상) 최근 10년내에 완성된 6개 지구에 대하여 설계자료를 수집하여 사석과 성토로 구분하여 일반막음(一般締切)과 끝막음(最終締切) 구간에 있어서 제상되어 있는 침하 유실율을 분석 검토하였다.

### 2. 침하량 측정

침하량의 측정은 방조제 축조 예정선에 따라 그림 (1)에서 보는 바와 같이 3개 측점에 다섯가지형의 것을 설치할 계획으로 이중 그림 (2) 및 (3)과 같이 No 21+22 위치에 I 및 II호형을 설치하고 I호형은 71년 6월 1일부터, II호형은 71년 7월 1일부터 관측하기 시작하였으나, II호형은 71년 10월 13일 이후 관측이 불가능하여 71년 10월 13일 No 26+29 위치에 다시 설치하였다.

침하량 측정지의 설치지점(예정지점 포함) 부근의 지반 지질상태는 시추조사(Boring) 결과 다음과 같았다.

측 점	지반지질분류	심도	토 질	측계(성토) 계획높이(지반에서)
No 21+22	지반 ~2.2	2.2	미립 점질토	8.5
	2.2~3.0	0.8	모래와 실트혼합	
	3.0~11.2	8.2	미립 점질토	
	11.2~15.0	3.8	모 래	
	15.0~15.6	0.6	사 력	
	15.6~16.2	0.6	연 압	
No. 35	지반 ~6.4	6.4	모래와 실트혼합	13.75
	6.4~10.7	4.3	모 래	
	10.7~11.6	0.9	사 력	
	11.6~15.4	3.8	진 사	
	15.4~22.5	7.1	연 압	
	22.5~24.0	1.5	경 압	
No. 51	지반 ~1.0	1.0	모래와 실트혼합	16.70
	1.0~2.9	1.9	모 래	
	2.9~21.1	18.2	진 사	

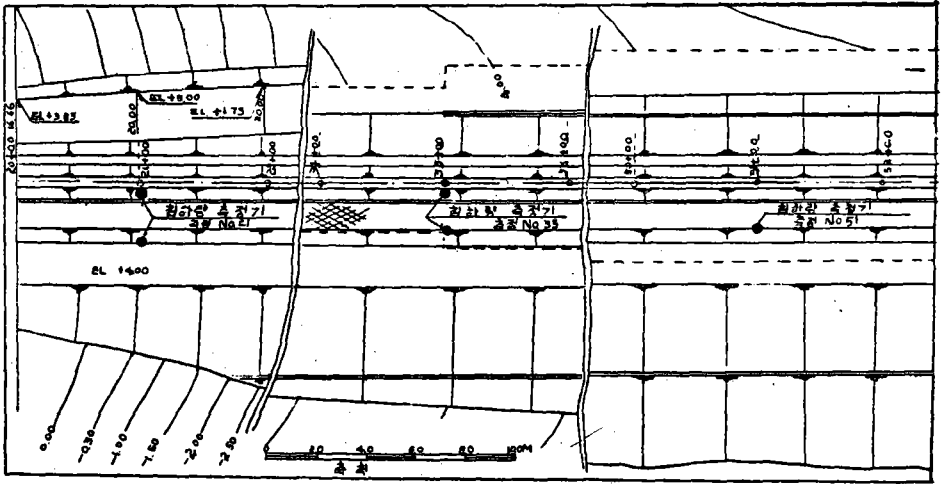


그림 1 침하량측정기 설치지점

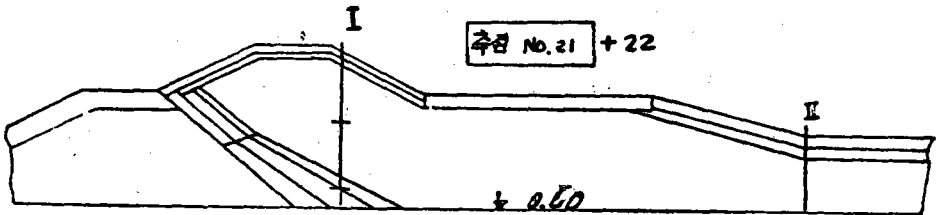
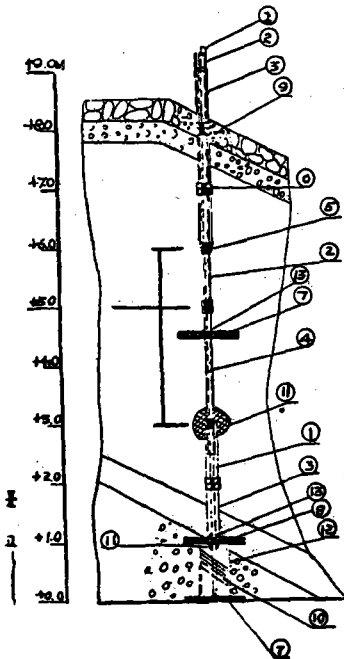


그림 2 침하량 측정기 설치위치



- 참고사항
- |                    |         |
|--------------------|---------|
| ① 3.81cm(1½")      | 표준철판    |
| ② 5.08cm(2")       | 표준철판    |
| ③ 10.2cm(4")       | 표준철판    |
| ④ 3.81cm(1½")      | 표준판 카프링 |
| ⑤ 5.08cm(2")       | 표준판 카프링 |
| ⑥ 10.2cm(4")       | 표준판 카프링 |
| ⑦ 발입판 상세도 참조       |         |
| ⑧ 7.6cm(3") 5#□형 강 |         |
| ⑨ 콘크리트(1:2:4)      |         |
| ⑩ 스티로폼 도고한다        |         |
| ⑪ 배합               |         |
| ⑫ 폴리텍스판            |         |
| ⑬ 용접               |         |

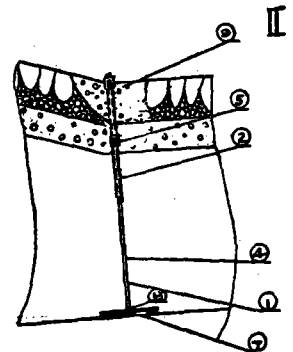
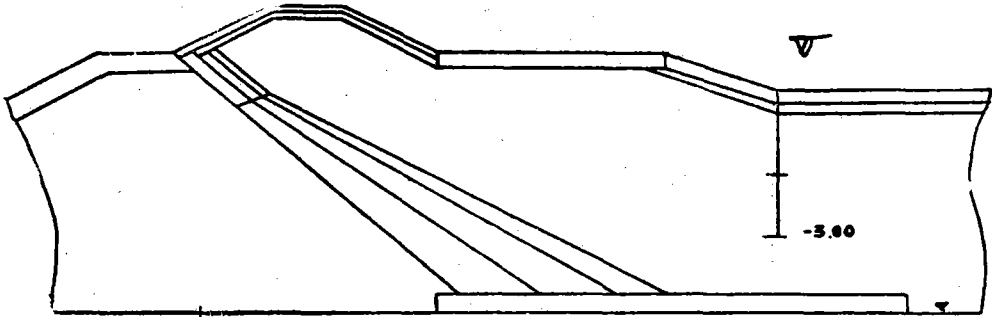


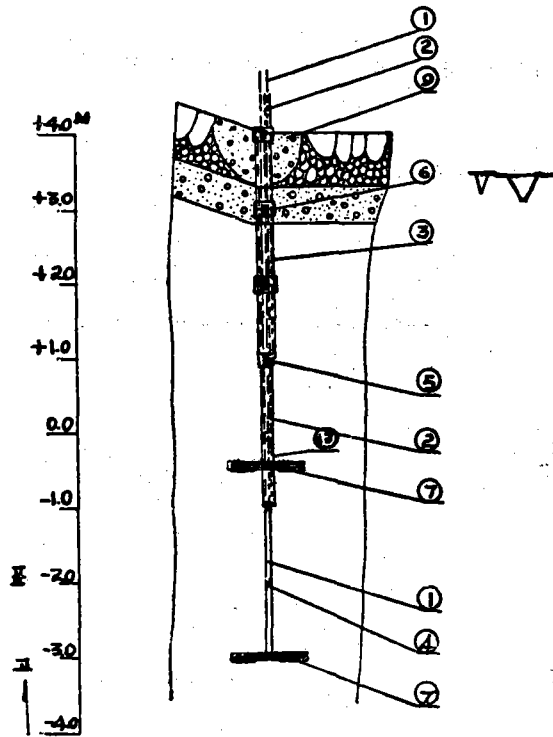
그림 3 침하량 측정기 I, II 설치 상세도



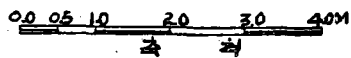
추진 No. 51



침하량 측정기 설치 위치



침하량 측정기 V 설치 상세도









No. 21 좌 측



No. 21 우 측

### 3. 지반변동상황 조사

자연 상태에 있어서의 아산방조제 축조 예정선의 지반 변동상황은 3차에 걸친 종단측량 결과를 비교 하였다. 즉 1966년 8~12월의 기본조사 당시와 1969년 6~8월의 실시설계 및 1971년 4~5월의 시공측량 결과를 그림 (4)의 종단도에 비교 표시하였으며 그림 (5)에 실시설계 때의 평면도를 참고로 게재하여 두었다.

### 4. 지반의 지질조사

방조제 기초지반의 지질분포상태는 No. 12~No. 58구간에 걸쳐 축제중심선 또는 그 부근에서의 시추조사 결과를 그림 (4)의 종단도에 주상도로써 표시하였다.

이 밖에 기초지반에 대한 흙의 물리성 및 역학적 성질에 대해서는 별도로 부록에 시험 결과를 수록

하여 두었다.

### 5. 조위 및 조속류 관측

조위는 방조제 축조 예정지점 부근인 평택군 현택면 권관리에서의 관측기록을 조류속은 No.30~34 및 No. 52~No. 53에서 방조제 시공전인 1969년 8월~9월까지 5차에 걸친 기관측기록과 1971년 10월 7일(시공중)의 관측값을 비교하기로 하였다.

## Ⅱ. 결과 및 고찰

1. 서해안 기설방조제의 설계상의 침하 유실율 서해안에 위치한 기설방조제 중 7개지구(매립면적 7,480ha, 개답면적 5,334ha)에서의 설계상에 계산된 침하 유실율을 조사한 결과는 아래 표 3-1과 같다.

표 3-1

서해안 기설 방조제 침하 유실율

도 명	지구명	매립면적 ha	개답면적 ha	방조제 길이 m	골막이 구간길 이 m	매립면적 100ha당 길이 m	침하 유실율					
							성 토		사 석		사 력	
							일반	최종	일반	최종	일반	최종
경 기	강 화	310	229	2,659	108	35	20	25	15	30	%	%
충 남	대천(본)	715	583	6,160	240	34	20	50	15	20		
	대천(확장)	689	510	3,383	220	32	20	40	10	20		
전 북	동진강	4,270	3,050	12,878	1,000	23	20	40	5	20	10	20
	미면	596	423	1,155	200	34	20	40	5	20		
전 남	군내	318	219	1,255	100	31	산토20	40	10	20		
	지산	582	320		200	34	사토30	40	10	20		
계		7,480	5,334									

이 표에서 보는바와 같이 대체로 성토에 있어서 끝막이(최종)구간이 40% 내외이고 일반구간은 이의 1/2인 20% 내외이며 사석에 있어서는 끝막이 구간은 20%이나 일반구간은 곳에 따라 5~15%의 범위로 제상하고 있다. 이는 방조제의 입지조건과 규모 및 기초지반의 지질과 축제재료의 성질은 물론 공법에 따라서 달라지는 것이며, 경험적인 추산에 의한 것에 불과하다.

일반적으로 방조제 공사에 있어 축제재료의 침하 유실을 산출함은 극히 어려운 문제이다. 이는 외부에서 투하하는 축제재료인 토석의 침하 유실 뿐만 아니라 기초지반의 유실(세굴) 침하와 지반변동으로 인한 침식, 퇴적, 계획단면 외로의 투하유실등에 의하여 손실되는 양은 막대하다.

본래 방조제는 축조에 있어 사석제를 시공하고 다음에 휠터층 및 성토 순으로 조수를 완전히 차단하여야 함으로 시공시기와 공사방법에 따라 크게 달라진다.

기초지반의 세굴 및 축제재료의 침하 유실에 관 계되는 요인은

- (1) 지형변동
- (2) 조류속에 의한 시공단면의 유실
- (3) 시공시 단면밖으로의 투하
- (4) 갯강의 발생으로 인한 단면 결과
- (5) 풍수해로 인한 유실
- (6) 지반연약으로 인한 압밀침하
- (7) 성토재료의 토립자의 유실

등을 들 수 있는바 이 중 지반연약으로 인한 압밀 침하와 시공단면 축소에 따르는 조류속의 증가나 내외수위차에 의한 지반의 세굴 및 축제재료의 유실

표 3-2

평택지구 방조제

지구별	방조제별	길이	독마루 표고	축 제 재 료				침 하 유 실					
				석 재 류	모 래	성 토	계	사석	조약 돌	사력	모래	성토	
		m		m	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	%					
남 양		1,913		530,000	37,000	1,612,000	2,512,000						
	제1호방조제	885	-1.0	480,000	37,000	1,547,000	2,397,000	20	10	10	10	30	
	제2호 "	128	+6.7										
	제3호 "	920	+6.7	50,000		65,000	115,000	3					
	방 조 제 간공사비 618백만원		8.5										
아 산		3,189	8.5	(56,665.64) 636,753.03	(9,548.1) 209,606.56	(198,663.65) 912,574.24	1,758,933.83	20	10	10	10	30	
				내외장석, 돌담태,기타 324,107.99	Bed Sand 34,620m <sup>3</sup>	—	358,727.99						

방조제공사비 2,362백만원(내외자) ( ) 침하유실량 내서

로 인한 손실량이 가장 크다 할 수 있다.

표 3-1의 7개지구 중 동진강 수리 간척사업에 있어서의 제2호 방조제(길이 3,556m)의 침하 유실율은 다음과 같이 제상하고 있다.

동진방조제 제2호 방조제 침하유실율

공 종	일반막음	갯강막음	끝막음	비	고
	%	%	%		
성토	+14.20이상	10	10	10	일반막음기간 2,544m
" "	이하	40	40	20	갯강막음구간 850m
외 사 석	15	20	30		끝막음구간 162m
내 사 석	15	20	—		계 3,556m
외사석밀다짐	15	—	30		공사기간 : 1965. 3 착공
사 력	15	20	20		1966. 9. 15 : 162m구간 결 과 유실
이불형돌담태	15	—	—		1967. 4. 2 : 위구간의 끝 막음 성공
외사석	안쪽		15		공사비 :
비탈면	보강				1965 : 181,000천원
사 력					1966 : 891,862 "
					1967 : 524,250 "
					1968 : 843,770 "
					계 : 2,440,882
			15		축제재료 :
					토재 : 2,245,841 m <sup>3</sup>
					석재 : 891,923 "
					계 : 3,144,764 "

## 2. 평택지구 방조제 침하 유실율

현재 IBRD의 차관에 의하여 공사중에 있는 평택 지구의 방조제의 계획상의 침하 유실율은 다음 표 3-2와 같다.

본 조사시험의 주대상인 아산방조제의 계획상의 침하 유실량은 관계 총물량에 대하여 석재류 636,753m<sup>3</sup>의 8.9%인 56,665m<sup>3</sup> 모래 및 자갈 209,606m<sup>3</sup>의 0.5%인 9,548m<sup>3</sup>과 성토 912,574m<sup>3</sup>의 21.8%인 198,633m<sup>3</sup>로 계상되어 있다.

이와 관련하여 이 방조제의 시공계획의 개요를 보면 다음과 같다.

아산 방조제 시공계획 요약

<시공방법>

점축식, 점고식 및 양자병행식 중 양자병행식을 채택

구 간	길 이	표고 (시공측량기준)	1 차년도	
A No. 0~No. 24	1,200m	-3.2m 이상	사석 및 성토공을 +6.0m 까지 시공 (완료)	
B No. 24~No. 40	800	-3.2~ -5.0	돌망태 바닥다짐 공(두께 1.0m)	-40m까지 점고식 사석공 (유속 3.0m/sec 미만 석재 중량 100kg 미만)
C No. 40~No. 56	800	-5.8~ -8.0		
D No. 56~No. 63+39 (EP) 계	389 3,189	-7.5 이상	바닥다짐 하지 않음	+1.0m 표고에 기관차 운반용 잔교가 설치

2 차 년 도

No. 24~No. 63+39(1,989m)

-4.0m에서 +1.0m까지 점고식

+5.0m에 잔교가설

No. 24~No.40 (800m)

+1.0m에서 -5.0m 사석제 완성

유속 (4.15m/sec) 내부시공 완료

3 차 년 도

No. 40~No. 63+39(1,189m)

1차사석제(4.48m/sec : 사석중량

250~400kg) 완성 및 내부시공완료 일부 돌망태 이용

이와 같은 계획내용(시공방법 및 침하 유실율)에 대한 공사 과정에 있어서 일어나는 변동상황과 그 원인 및 종합적인 결과는 금후 계속적인 조사 시험에서 고찰하기로 하고 이하 침하 유실에 관계되는 몇가지 인자에 대한 조사 시험의 결과에 대하여 고찰하기로 한다.

3. 침하량

압밀침하량의 측정결과는 표 3-3과 같다.

즉 No. 21+22 우측에서는 71년 6월 1일부터 71년 11월 2일까지의 155일간에 31.8cm의 침하가 있었고 No. 21+22 좌측에서는 71년 7월 1일부터 71년 9월 1일까지의 63일간에 33.6cm의 침하가 있었으며 No. 26+29 우측(71년 10월 13일) No. 21+22좌측에 대체하여 새로이 설치에서는 20일간에 10.6cm이었다.

아산방조제에 있어서는 No. 21+22지점의 관측값을 계산값과 비교하여 보면 다음과 같다. 즉 심도 12m에서의 침하량 계산값 1.12m에 대하여 155일간의 실측값은 31.8m이며 침하속도는 계산값보다 훨씬 빠르게 나타나 있다.

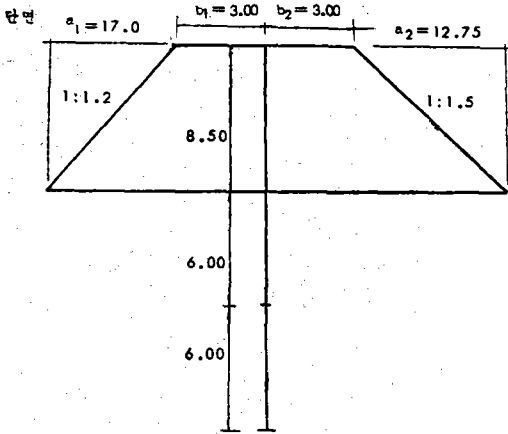
표 3-3

침 하 량 측 정 중 간 결 과

화 수	측량년월일	No. 21+22(우)		No. 21+22(좌)		No. 26-29(우)		No. -35(좌)		비 고
		설 치	측 정	설 치	측 정	설 치	측 정	설 치	측 정	
		지반고	지반고	지반고	지반고	지반고	지반고	지반고	지반고	
1	71. 6. 1	0.560	0.560	-	-	-	-	-	-	-
2	71. 7. 1	"	(0.157) 0.4033	0.338	0.338	-	-	-	-	-
3	71. 8. 1	"	(0.113) 0.290	"	(0.274) 0.064	-	-	-	-	-
4	71. 9. 1	"	(0.047) 0.243	"	(0.062) 0.002	-	-	-	-	-
5	71.10.13	"	(0.001) 0.242	"	측정불능	-1.348	-1.348	미설치	-	No. 21+22
6	71.11. 2	"	(0.000) 0.242	"	"	-	(0.106) -1.454	(-3.80)	-	(좌)가 측정 불능 임으로 No.26+29 (우)지점에 신설함

침하량 계산 값

1) 단면



2) 심도 6.0m에서

$$Z = \frac{H}{2} = \frac{6.0}{2} = 3.0m$$

$$b_1/z = \frac{3}{3} = 1 \quad b_2/z = \frac{3}{3} = 1$$

$$a_1/z = \frac{17}{3} = 5.7 \quad a_2/z = \frac{12.73}{3} = 4.25$$

$$I_1 = 0.49 \quad I_2 = 0.485$$

$$I = 0.49 + 0.485 = 0.975 \quad q = 8.5 \times 1.95 = 16,575$$

$$\Delta\delta Z = I \times q = 0.975 \times 1.6575 = 1.616 kg/m^2$$

$$P_1 = \delta t \text{ sat} \times Z_1 = 0.7 \times 3 = 2.1t/m^2 = 0.21 kg/cm^2$$

$$P_2 = P_1 + \Delta\delta Z = 0.21 + 1.616 = 1.826 kg/cm^2$$

E-P 곡선에서

$$e_1 = 1.33 \quad e_2 = 1.05$$

$$C_{c2} = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{0.28}{0.70757} = 0.396$$

$$Pu_2 = \frac{2 \times H_1}{1 + e_1} \times \frac{P_2 - P_1}{1/2(P_2 + P_1)} \times 0.435 \times C_{c2}$$

$$= \frac{2 \times 300}{1 + 1.33} \times \frac{1.826 - 0.21}{1/2(0.21 + 1.826)} \times 0.435 \times 0.396$$

$$= \frac{600}{2.33} \times \frac{1.616}{1.018} \times 0.435 \times 0.396$$

$$= 257.51 \times 1.587 \times 0.435 \times 0.396$$

$$= 70.2cm = 0.702m$$

3) 심도 12m까지

$$Z = 6 + \frac{6}{2} = 6 + 3 = 9m$$

$$b_1/z = \frac{3}{9} = 0.33 \quad b_2/z = \frac{3}{9} = 0.33$$

$$a_1/z = \frac{17}{9} = 1.89 \quad a_2/z = \frac{12.75}{9} = 1.53$$

Osterbeg 영향선에서

$$I_1 = 0.41 \quad I_2 = 0.39$$

$$I = I_1 + I_2 = 0.41 + 0.39 = 0.8$$

$$\Delta\delta Z = I \times q = 0.8 \times (8.5 \times 1.95) = 13.26t/m^2$$

$$= 1.326 kg/cm^2$$

$$P_1 = \delta t \text{ sat} \times Z = 0.7 \times 9 = 6.3t/m^2 = 0.63 kg/cm^2$$

$$P_2 = P_1 + \Delta\delta Z = 0.63 + 1.326 = 1.956 kg/cm^2$$

E-P 곡선에서

$$e_1 = 1.21 \quad e_2 = 1.04$$

$$C_{c2} = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{1.21 - 1.04}{\log 1.956 / 0.63}$$

$$= \frac{0.17}{\log 3.11} = \frac{0.17}{0.4976} = 0.345$$

$$Pu_2 = \frac{2 \times H}{1 + e_1} \times \frac{P_2 - P_1}{1/2(P_2 + P_1)} \times 0.435 \times C_{c2}$$

$$= \frac{2 \times 300}{1 + 1.21} \times \frac{1.956 - 0.63}{1/2(1.956 + 0.63)}$$

$$\times 0.435 \times 0.345$$

$$= \frac{600}{2.21} \times \frac{1.326}{1.293} \times 0.435 \times 0.345$$

$$= 270.9 \times 1.025 \times 0.435 \times 0.345$$

$$= 41.8cm = 0.418m$$

$$\therefore Pu_2 = 0.702 + 0.418 = 1.12m$$

$$\text{시간계수 } t \text{ year} = H^2 / Cv \cdot T$$

$$H = \frac{12}{2} = 6m$$

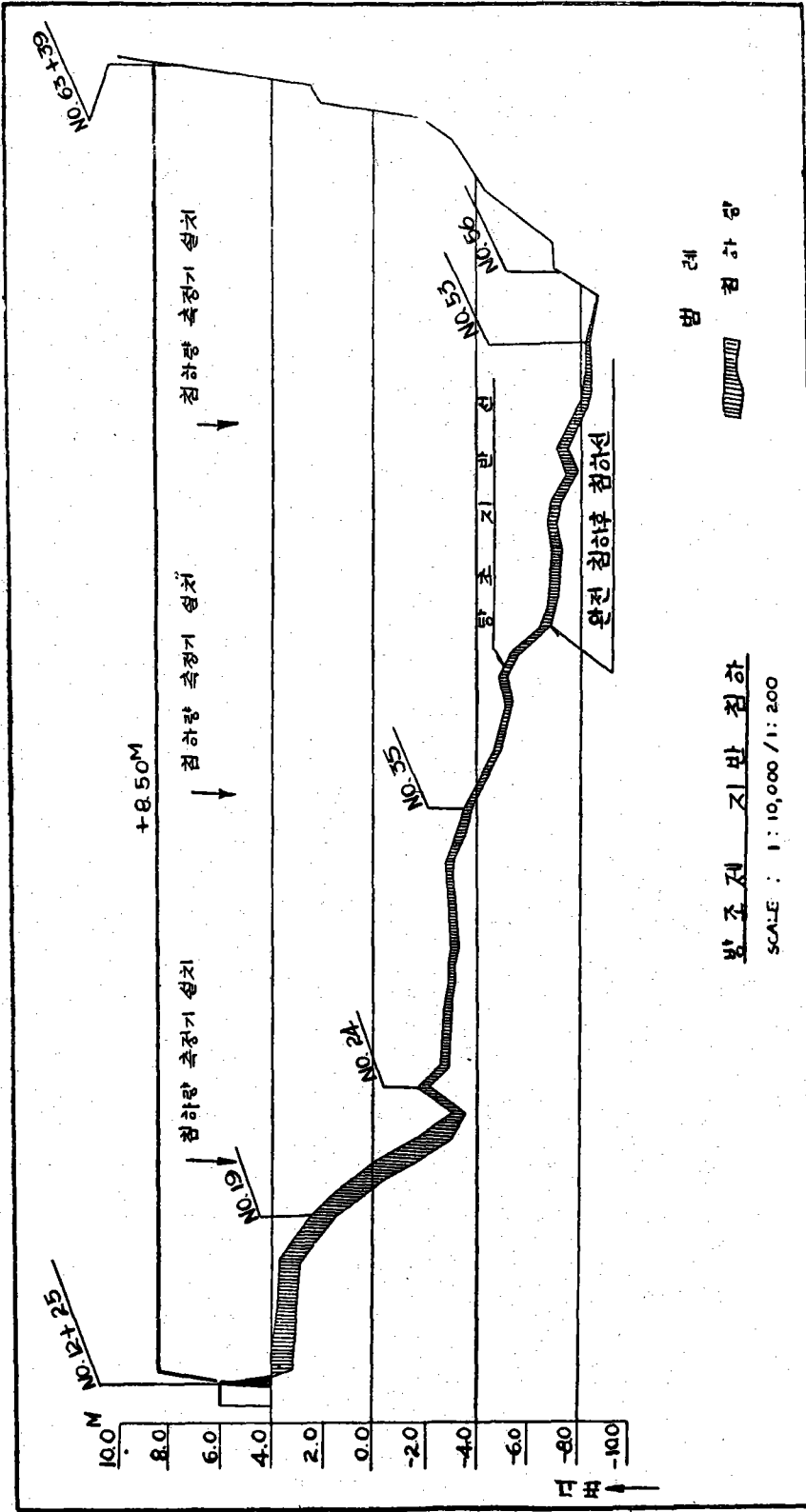
$$Cv = 2.831 \times 10^{-4} cm^2/sec$$

$$\therefore t \text{ year} = 600^2 / 2.831 \times 10^{-4} \times 31.5 \times 10^7 T$$

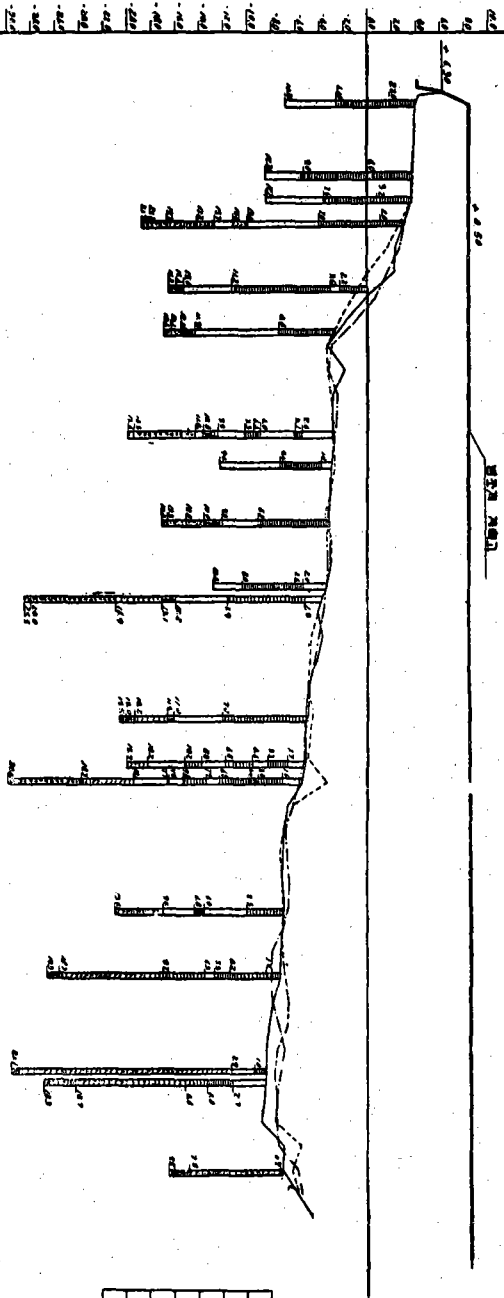
$$= 600^2 / 89 \times 10^3 = \frac{360,000}{89 \times 10^3} = 40.5T$$

U %	T	t year	Pu
10	0.008	0.324	0.112
20	0.031	1.257	0.224
30	0.071	2.875	0.336
40	0.126	5.101	0.448
50	0.179	7.98	0.560
60	0.287	11.62	0.672
70	0.403	16.32	0.784
80	0.567	22.98	0.896
90	0.848	34.38	1.008
100	1.000	40.5	1.112

압밀침하량의 계산은 제방의 여유높이 또는 더높이기 계획을 수립함에 중요하며 침하의 원인은 일



# 지반의 변동 상황



구분	구분	지반고 (측정점)	지반고 (측정점)	지반고 (측정점)
11				
12	0.00	4.00		
13	0.00	4.34		
14	2.00	4.00		
15	7.00	3.92		
16	12.00	2.85		
17	17.00	3.80		
18	22.00	3.70		
19	27.00	3.09	3.20	
20	32.00	1.60	2.63	2.72
21	37.00	0.40	2.34	1.70
22	42.00	1.70	0.00	0.77
23	47.00	2.25	1.70	0.92
24	52.00	1.50	3.22	2.74
25	57.00	3.26	1.00	3.24
26	62.00	2.70	2.75	2.39
27	67.00	2.75	2.80	2.45
28	72.00	2.72	2.75	2.45
29	77.00	2.73	2.90	2.71
30	82.00	2.60	3.00	2.97
31	87.00	3.42	3.15	3.27
32	92.00	2.93	3.00	3.27
33	97.00	2.79	4.94	3.20
34	102.00	3.52	2.80	2.52
35	107.00	4.03	3.36	2.56
36	112.00	4.42	3.40	3.00
37	117.00	4.72	4.15	4.29
38	122.00	4.85	4.74	4.19
39	127.00	5.04	4.98	4.00
40	132.00	4.73	5.13	3.11
41	137.00	4.88	4.98	3.41
42	142.00	3.34	5.38	4.42
43	147.00	4.60	4.47	4.43
44	152.00	7.05	4.05	4.73
45	157.00	3.20	7.05	4.60
46	162.00	7.03	3.05	4.05
47	167.00	7.04	4.84	4.10
48	172.00	7.03	3.00	7.04
49	177.00	4.99	3.22	7.07
50	182.00	4.80	7.23	8.07
51	187.00	4.44	7.61	7.88
52	192.00	4.43	8.21	7.94
53	197.00	7.00	8.00	7.89
54	202.00	7.70	7.00	7.80
55	207.00	7.84	4.40	7.41
56	212.00	7.60	8.00	7.81
57	217.00	8.41	4.90	7.42
58	222.00	6.20	4.90	5.82
59	227.00	6.40	4.70	6.01
60	232.00		4.00	
61	237.00		3.70	
62	242.00		3.20	
63	247.00		1.30	
64	252.00		2.27	
65	257.00		2.44	

10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65

그림 (43)

반적으로 다음과 같은바 이 중 ④ 및 ⑤에 의한 침하가 가장 크다.

침하의원인	현상	침하의원인	현상
성토 하중의 ① 성토 시공시의 침하 ② 성토지반의 파괴에 의한 침하 ③ 체재 성토의 압축 ④ 지반의 압밀침하	지반의 탄, 소성 변화 성토지반의 파괴 성토의 압밀	기타 원인에 의한 것 ⑤ 육지화, 지하수위 저하에 기인한 하중증가에 의한 침하 ⑥ 지하수의 양수로 인한 지반중의 간극수압의 저하에 의한 침하 ⑦ 지각의 변동에 의한 침하	지반의 압밀

#### 4. 기초지반의 변동상황(지형 및 지질상태와의 비교)

자연상태에서의 기초지반의 변동상황은 다음과 같았다.

측점구간	구간거리 m	지반변동상황	지반의 지형 및 지질상태	
No. 13~No. 18	250	별 변동 없음	표고 3.0~4.0m로 평탄하고 미립점질토로 구성	지반에서 2~4m 까지 미립점토질이고 그 밑으로 7~9m까지 모래와 실트 혼합층으로 지반이 연약함
No. 18~No. 23	250	전반적인 퇴적현상	표고 3.0~3.3m의 급경사로 미립 점질토로 구성	지반에서 5~11m 까지 미립 점질토로서 연약층임
No. 23~No. 42	950	큰변동이 없으나 국부적으로 No. 24, No.35에서 일시적인 침식, 퇴적현상이 있었음	표고 -3.2~-6.6m 완경사로 모래 또는 모래와 실트혼합층으로 구성	대체로 지반에서 7m 깊이까지는 모래 또는 모래와 실트혼합층임
No. 42~No. 56	600	전 구간에 걸쳐 침식, 퇴적현상이 일어나고 있으며 지반변동의 범위는 0.4~1.4m에 이르고 있음	표고 -6.6~-8.8m의 가장 낮은 부분이고 간조시에도 항상 조석류의 출입이 있는 곳이며 지반은 모래 또는 모래와 실트혼합층으로 구성되어 있음	
No. 56~No. 63+39(EP)	389		표고는 -8.8m에서 점차적으로 높아지고 지반에서 7~8m까지 진사층이고 그 밑으로 연암층임	

이와 같은 변동상황을 기초지반의 지형 및 지질상태와 비교하여 고찰할 때 대체로 No.0~No.23까지는 4~5m층까지 미립 점질토로서 지반이 연약한 편이었으나 지형상 경사진 부분에 퇴적현상을 볼수 있었고, No.23~No.56까지의 1,650m 구간에서는 표

고 -6.6~-8.8m의 가장 깊은 부분에서 전반적인 변동이 있었던바 이는 이 부분이 갯강에 해당되며 간조시에도 항상 조석류의 출입이 있어 침식, 퇴적현상이 계속 일어나고 있는 것으로 판단된다.

따라서 지층이 실트나 또는 모래와 실트 혼합층,





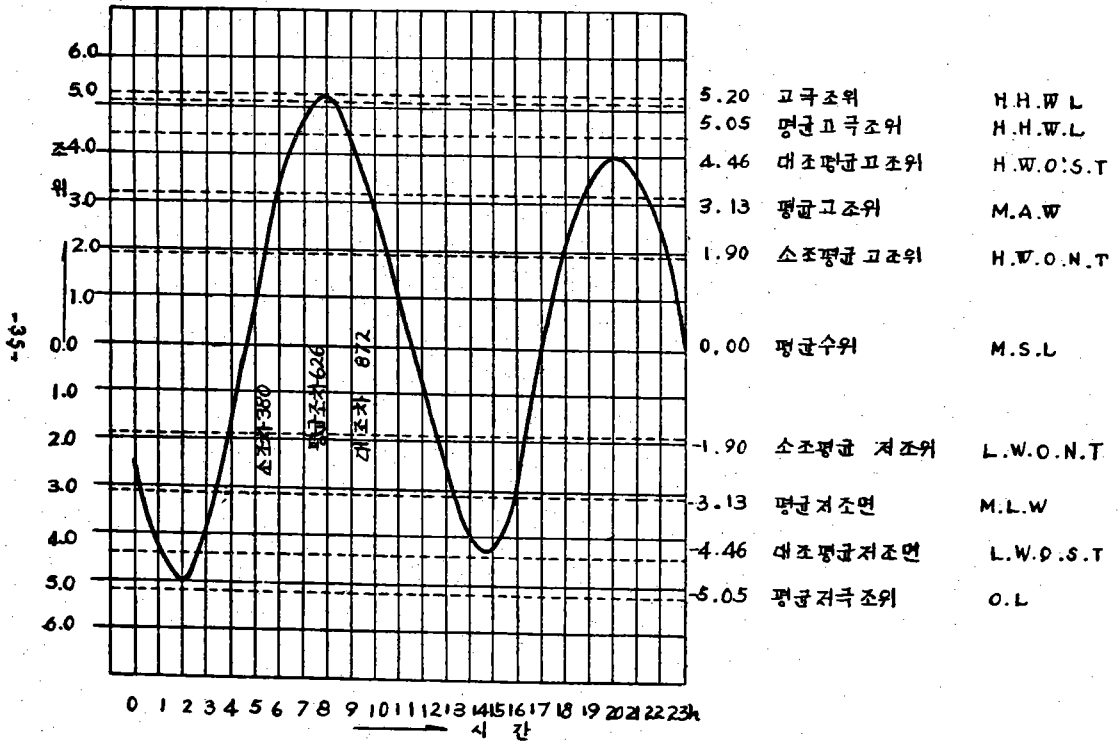
도래층의 범위에서는 자연상태에서의 조류에 의한 지반변동은 지질에 그다지 좌우되지 않는 것으로 보인다.

그러나 방조제의 축조에 따라 조성 출입단면의 축소에 따르는 유속의 증가에 의한 지반의 변화에는 다른 복합적인 요소와 함께 지반의 토질상태가 침식에 크게 관계됨은 물론이다.

아산방조제의 축조예정선 부근의 지반의 지질조사 결과는 다음과 같다.

No.	지질조사력							계
	실트	사층	사력	진사	연압	경압	계	
No. 20+40D 100	8.7	6.3	0.6	0.1	—	0.5	16.2	
26+42D 100	1.2	8.3	1.3	0.6	5.1	0.5	17.0	
33+25D 163	—	12.2	0.9	3.8	7.1	0.5	24.5	
41+49	4.4	9.5	0.1	4.3	6.1	—	24.4	
40+21D 95	1.6	12.5	0.1	1.7	—	—	15.9	
49 D 100	2.5	7.2	—	8.6	1.0	—	19.3	
53+49	2.1	4.5	—	9.1	2.6	—	18.3	
57+15D 47	—	0.2	—	7.6	1.7	—	9.5	
61+4	—	—	—	7.0	4.7	—	11.7	

아 산 조 위 표



5. 조위 및 조류속 관측

No.52~No.53 자점에서 다섯차례에 걸친 조류속의 관측 결과를 요약하면 아래 표 3-4와 같다.

표 3-4 조류속의 측정결과

측정일자	구분	표면유속		최대유속		바닥속의 유속	비고
		max	min	심도	유속		
1969. 8. 28	대조	1.94	0.00	1.0	2.15	1.27	
9. 2		2.05	0.10	0.0	2.05	1.38	
9. 6	소조	8.5	0.00	1.0	0.85	0.31	
9. 10	평균	1.55	0.12	2.0	1.60	1.36	
9. 14		1.70	0.18	3.0	2.0	1.48	
1971. 10. 7	대조	2.20	0.00	0.00	2.10	1.50	

표면 유속의 최대값은 2.10m/sec이며 심도별 최대유속은 2.15m/sec 바닥에서의 최대유속은 1.5 m/sec로 나타나 있다.

※ 본연구는 농업진흥공사 농공시험소와 한국농공학회간에 업무계약에 의하여 이루어진 시범연구사업임