

韓國의 干拓 技術

尹 梧 燮*

● 要約

근 반세기 동안에 세계에서 간척 사업이 가장 활발하였던 곳은 화란의 북해안과 우리 나라의 서남해안이다. 이는 한반도의 서해안을 말하는 것으로 북한까지 포함된 것을 말한다. 그간 우리 나라는 간척 사업에 의해 농지의 외연적인 확대로 쌀의 지급율을 높이는 데 일익을 담당한 것도 사실이다.

우리 나라의 서해안은 간만의 차가 커서 ① 간척지가 잘 발달되어 간척 적지가 많고, ② 지구 내의 배수 방식이 외국에서처럼 기계 배수가 아니고 자연 배수가 가능하여 유지 관리비가 적게 든다. 그러나 ③ 방조제, 축조시 불가피하게 강력한 조류속이 발생하지만 이에 견딜 수 있는 자연 석재를 비롯하여 축제 재료의 구득이 용이하고, 돌망태 공법을 개발하여 공사가 용이하고 공사비도 저렴하다.

또한 태풍이나 해일에 의해 해면이 상승하는 氣象潮도 일본이나 화란의 3.5m 인데 비해 우리 나라는 1.5m 정도로 이들 나라에 비하여 같은 조건에서도 독마루 높이가 2.0m 정도가 낮아져 공사비도 저렴하고 외측 피복공 공사도 용이하다.

뿐만 아니라 서남 해안의 해안선은 굴곡이 심하고 연안에는 섬들이 산재하여 있어, 매립 면적당 방조제의 길이가 짧고, 공사의 단계별 추진이 용이하다.

간척지의 토질도 비교적 단단하여 방조제의 축조나 토지 이용에 적합하는 등, 자연적인 간척 여건은 세계에서 찾아볼 수 없는 천혜의 입지 조건을 갖추고 있다.

그동안 우리 나라의 간척 기술은 8·15 광복 이후, 소규모 간척 사업을 시행하다가 60년대에 이르러 국가 경제 개발의 일환으로 추진된 동진강 간척 사업을 필두로, 70년대에는 남양, 아산, 삼교천 방조제 공사를 시행하면서 우리 나라 여건에 부합되는 방조제 구조와 공법을 독자적으로 개발하였고, 80년대에는 영산강, 대호, 금강, 90년 초에는 영암 방조제 공사들을 무리없이 성공시켰고, 독자적인 기술 개발이 촉진되어 1994년 1월에는 세계 간척 사상 유출입 조석량이 가장 큰(9억 m³로 그간 우리나라 및 화란에서 시행하였던 큰 규모는 약 3~4억 m³ 내외임) 시화 방조제 끝막이 공사를 우리나라가 개발한 구조와 공법으로 성공시켰으며, 이에 힘입어 유출입 조석량이 18억 m³인 새만금 간척 공사를 독자적인 우리 기술에 의해 계획대로 시행되고 있는 현시점에서 그간 우리나라의 간척 기술 개발 사항은 물론, 간척 사업 전반적인 사항을 요약하였고, 세계 각국의 간척 사업과도 비교하여 우리나라 간척 사업에 대한 현주소를 여기에 소개한다.

● 要約

近半世紀の間 世界で 干拓事業が 活潑に 施工された 地域は The Netherlands の 北海岸と 韓國の 西南海岸であります, 韓國の 西海岸とは 北韓まで를 包めています.

其の間 韓國では 干拓事業で 農地를 擴大し, 米의 自給率를 提高するのに 一翼를 擔當した事は

* 農漁業土木 技術士, (財)韓國農地開發研究所 所長

事實であります。

韓國の西海岸は干満の差が大きくて ① 干瀉地が良く發達して干拓の適地が多く、② 地區内の排水方式が外國のように機械排水でなくて自然排水が可能であるから、維持管理費がやすいのが當然であります、③ しかし防潮堤の築堤時に不可欠に強力な潮流速が発生するがこれに抵抗出来る自然石及び築堤材料の売得が附近から容易に出来るし、石籠工法を開発して極めて難工事である條件がより容易に解決出来ると共に工事費もやすくなります。

なを颱風等によつて海面が上昇する氣象潮も日本、The Netherlands では約3.5mであるのに韓國では1.5mくらいであるかう兩國に比べて防潮堤の標高が2.0m程度低くても良いので工事費は勿論外側法面の被覆工の工事も容易になります。

又西南海岸の海岸線はりヤス式で屈曲が多く沿岸には多くの島島が撤在して埋立面積當り防潮堤の延長が短かく、又工事の段階的推進が容易になります。

干瀉地の土質も比較的良好で(南海岸の一部除外)防潮堤の築堤又は内部の土地利用に適合である等。

自然的な干拓與件は世界にありふれない天恵的な立地條件を備えています。

其の間韓國の干拓技術は1945年終戦後小規模の干拓事業を施行しながら1960年代至つて國家經濟開發の一環として推進された東津江干拓事業を始め、70年代には南陽、牙山、插橋川防潮堤の工事をしながら韓國の干拓與件に適合する防潮堤の構造と施工法を獨立的に開發して、80年代は榮山江のⅡ段階、大湖、錦江河口堰等を90年代には榮山江Ⅲ段階の靈巖及び錦湖防潮堤を成功的に潮止しながら技術を蓄積して1994年1月には世界干拓の歴史上流出入の潮汐量が一番多い(9億m³) 始華防潮堤の潮止を成功し繼いで潮汐流出入量18億m³の 새(New) 萬金干拓事業を無理なく施工している現時点で

其の間の干拓技術の開發及び問題點が発生した事例等、干拓技術に對して全般的な様相を要約し各國の技術とも比較して、韓國の干拓技術の現位置を概略的に紹介致します。

1. 韓國의 干拓 與件

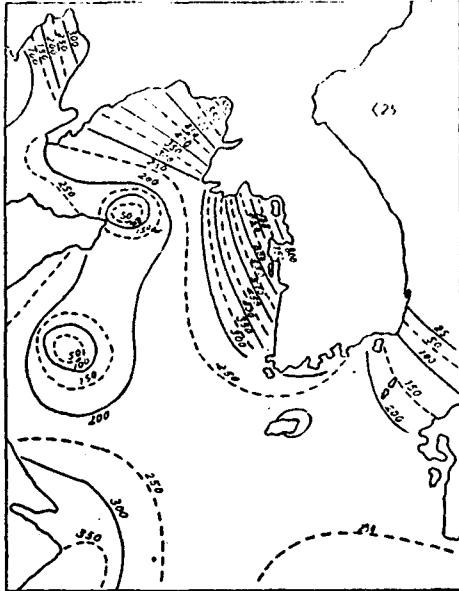
가. 韓國 近海의 潮汐 概況

1) 韓國 沿岸의 潮汐 特性

區分	位置	東海岸	南海岸	西海岸
大潮差(m)		0.3	1.2~3.0	3.2~8.2
平均海面의 變動		3月に 낮고 7月に 높음(差 0.3m)	3, 4月に 낮고 7, 8월에 높음	2月に 낮고 8월에 높음(差 0.5m)
日潮 不等		大端히 顯著함	적음	적음
潮高 不等		低潮에 큼	兩低 潮時에는 거의 같고 兩高 潮時에는 差가 있음	高潮時에 큼
1日 1回 潮		1日 1回 潮가 많음	1日 2回 潮	1日 2回 潮

2) 潮差와 潮時

가) 潮差



<그림 1> 等潮差圖(M₂ + S₂) 潮單位 : cm

나) 潮時

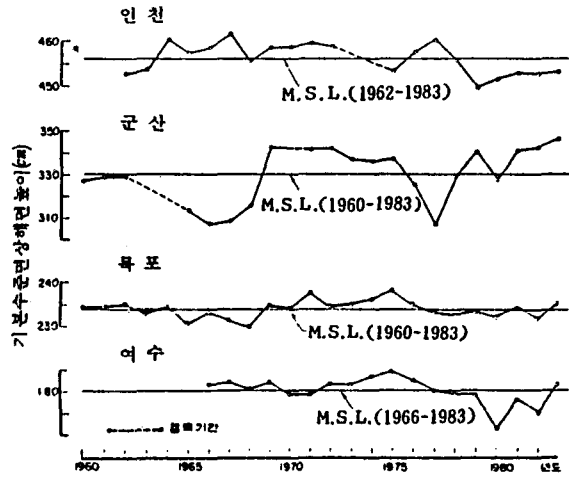


<그림 2> 等潮時圖 單位 : cm

로마 數字는 太陰이 東經 135° 子午線을 經過한 後 高潮時 까지의 平均 時間을 太陰時로 表示한 것

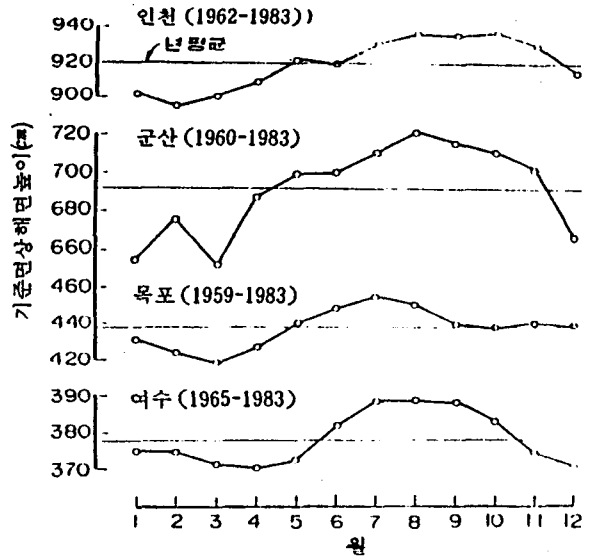
3) 主要 地點의 平均 海面의 年別 變化 및 月別 最高 潮位의 長期 平均

가) 平均 海面의 年別 變化



<그림 3> 平均 海面의 年別 變化

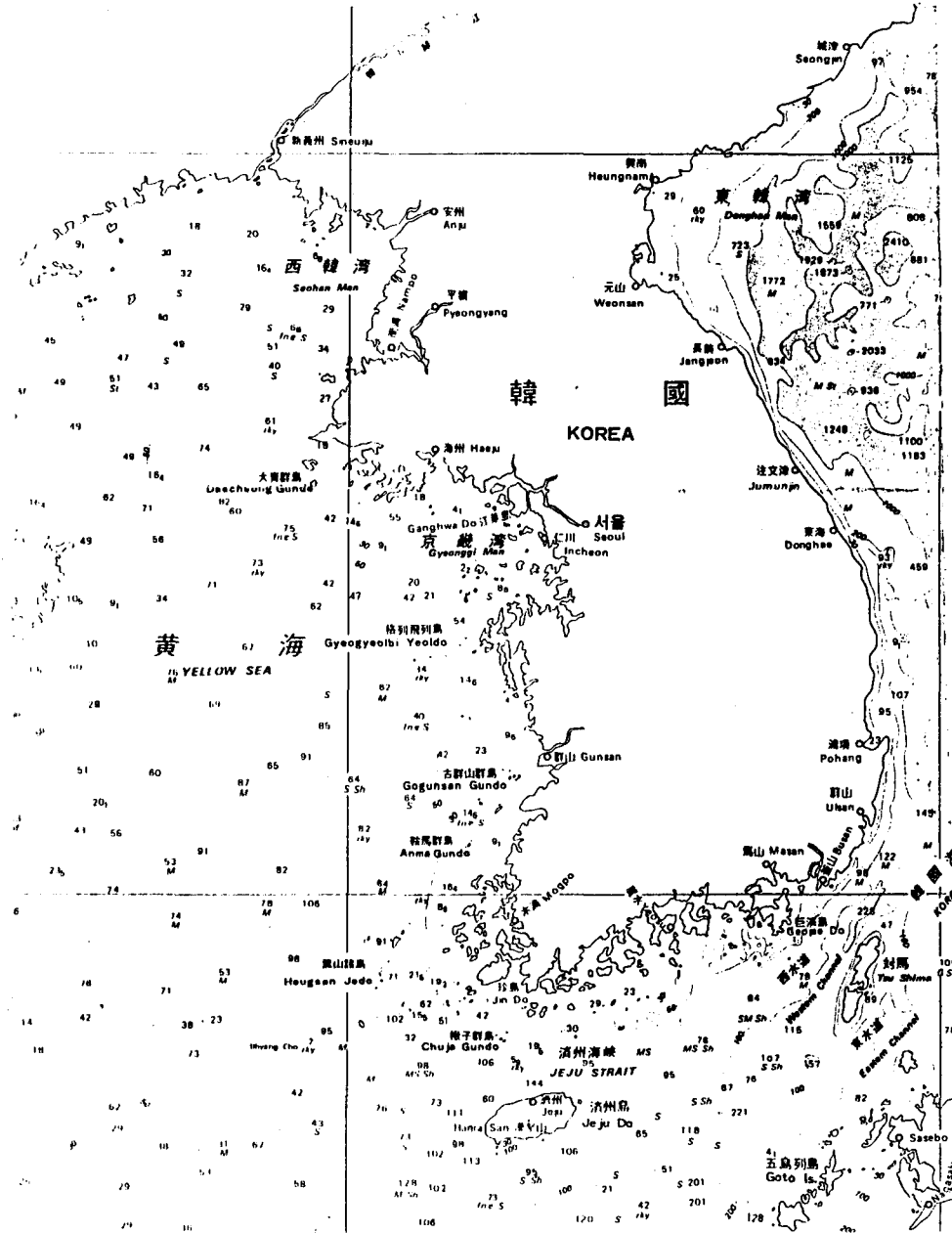
나) 月別 最高 潮位의 長期 平均



<그림 4> 나) 月別 最高 潮位의 長期 平均

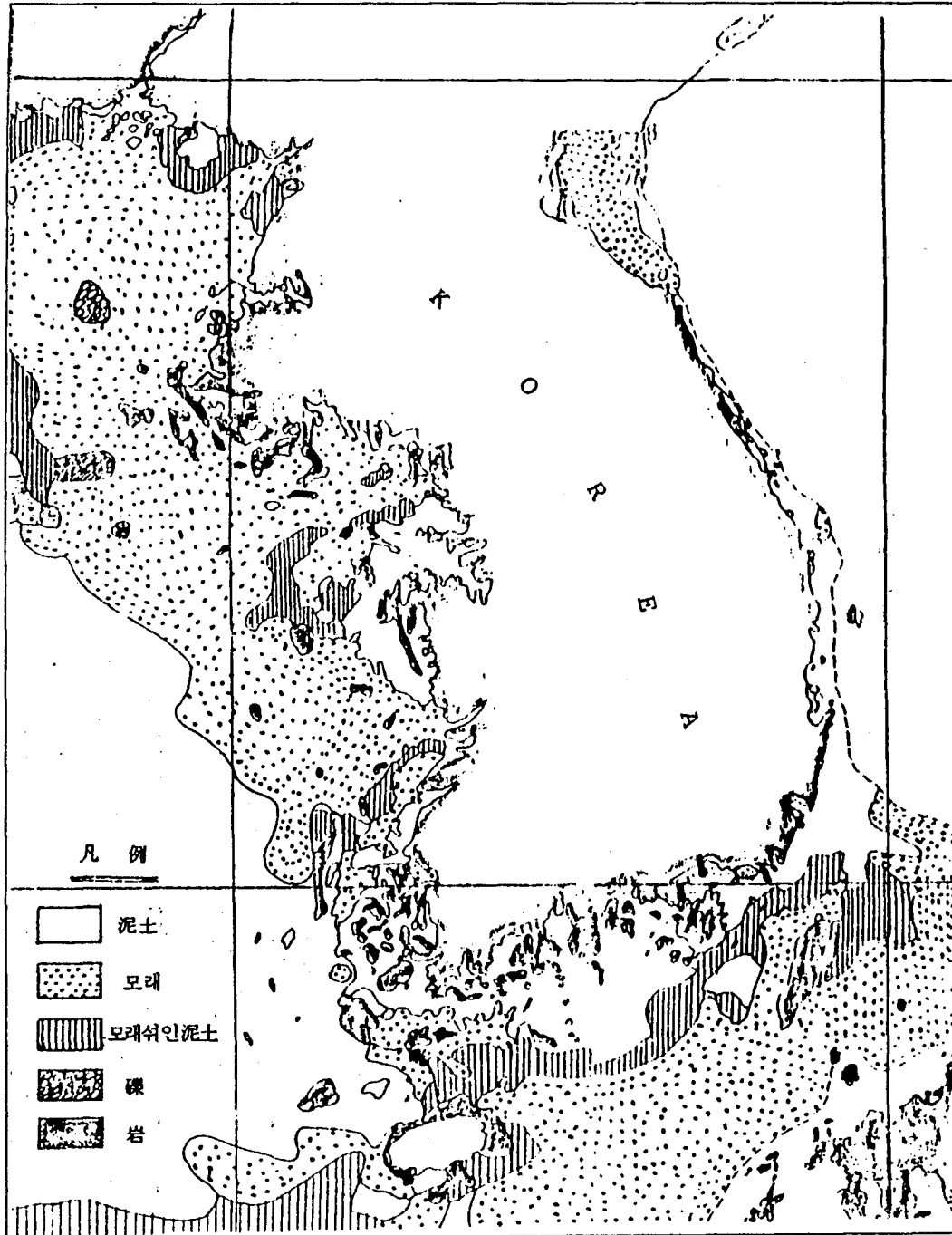
나. 海底地形 및 海底地質 概況

1) 海底地形



〈그림 5〉 韓國 沿岸의 海底地形

2) 海底地質概況



〈그림 6〉 우리 나라 近海의 海底地質圖

2. 各國의 干拓 與件과 技術 處理 內容 比較

가. 各國의 干拓 與件 比較

1) 潮差

가) 潮差의 比較

與件別 \ 國別	韓國	日本	和蘭
	크다	작다	작다
北部(m)	8.9 (牙山)	1.0 (北海道)	1.5 (쥬다지 地區)
中部(m)	5.6 (群山)	2.0 (東京灣)	
南部(m)	3.2 (光陽)	4.9 (長崎)	3.5 (델타 地區)

나) 潮差의 影響

與件別 \ 國別	韓國	日本	和蘭
(1) 干瀉地의 發達	干瀉地가 잘 發達되고 標高가 平均 海面 附近	干瀉地의 發達이 不振하며 標高가 平均 海面 以下	干瀉地의 發達이 거의 없으며 標高는 平均 干潮位 以下
(2) 排水 方式	自然排水	自然 排水, 機械 排水	機械排水
(3) 끝막이 工事의 難易 發生 最大 流速(m/sec)	7.0	4.5	3.5
(4) 上記 流速에 대한 築場 材料의 個量(t)	6.5	0.3	0.18

2) 築場 材料

가) 築場材料의 比較

區分 \ 單位	國別		韓國(榮山江)		日本(長)		和蘭(Zuiderzee)	
	工事物量	率(%)	工事物量	率(%)	工事物量	率(%)		
防潮場 延長	m	4,350		10,280		32,500		
埋立 面積	ha	10,860		10,904		371,700		
築堤材料	石 兪得의 難易	容易		困難		輸入		
	材 石 村 量	千m ³	1,163	25	4,100	17	1,000	3
	土 海 砂	"	2,774	60	20,400	83	23,800	62
	材 볼더크레이	"	-		-		13,500	35
	山 土	"	683	15	-		-	
小 計	"	3,457	75	20,400	83	37,300	97	
合 計	"	4,620	100	24,500	100	38,300	100	

나) 築場 材料의 影響

與件別 / 國別	韓國	日本	和蘭
1) 防潮堤斷面	一般的으로 捨石堤가 先 築堤되므로 外側 비탈이 調節(1:2.0~6.0)할 수 있어 工事物量이 적음	外側 비탈을 緩傾斜로 되어 工事物量이 많음	左同
2) 끝막이 工事材料 長短點	捨石, 돌망태 強力한 潮流速에 견디고 工事費도 싸며 施工이 容易함	프레임 捨石, 鐵材 角낙板 cassion 工事費도 많이 들고 施工도 어려움	cassion, cable에 의한 concrete 方塊石 工事費도 많이 들고 施工도 어려움
3) 바깥비탈의 被覆工	大形 方塊石 짜기, 一部 Concret	아스팔트 콘크리트 捨石, Concret Block	아스팔트 콘크리트 捨石

3) 基礎 地盤

가) 概況

與件別 / 國別	韓國	日本	和蘭
土質條件	西海岸; 砂質泥土 南海岸; 泥土	泥土; 極히 軟弱	砂質土 砂質泥土

나) 基礎 地盤의 影響

與件別 / 國別	韓國	日本	和蘭
基礎地盤의 影響	西海岸은 防潮場의 基礎 및 內部 土地 利用에 適合함	基礎 處理 費用이 過多하게 所要됨	一般的으로 良好함

4) 氣象 與件

가) 氣象潮에 의한 潮位 備考

區 分 / 發生地	水 州	仁 川	大 阪	伊 勢	Hook of Holland	Zee Land
1) 發生年月日	1959. 9. 17	1972. 10	1934. 9. 21	1959. 9. 26	1984	1953. 2. 1
2) 颱風 名	SARAH	低氣壓	室 戶	伊 勢		Zee Land
3) 風速(m/sec)						
瞬間最大風速	35.5		48.4	45.7		34.0
最大風速	34.7			37.0		

時間風速 20m/sec以上持續時間(hr)				5		25.0 23
4) 最低氣壓	951.5	9.96	911.9	930		
5) 最大潮位偏差	0.86	0.90	3.10	3.40	2.80	3.30
6) 被害內容						
死 之(人)	832		3,066	4,645		1,835
負 傷(人)			15,361	66,441		
建物全壞(戶)	1,320		458,634	32,629		50,000
建物浸水(戶)	11,016			194,041		
農地浸水(ha)				38,000		160,000
防潮堤破壞(m)				35,000		500,000
破壞 個所數				220		600

나) 氣象潮에 의한 影響

與件別	國別	韓國	日本	和蘭
1) 堤高		氣象潮에 의한 高潮 偏差를 最高 1.5m 計上	高潮 偏差 3.4m 計上하여야 되므로 提高가 韓國보다 2.0m 以上 높아짐	左同
2) 外側被覆工		比較的 容易함	強力한 颱風의 來襲으로 被覆工을 重武裝 하여야 함	左同

5) 施工 裝備

가) 施工 裝備의 現代化 與否

與件別	國別	韓國	日本	和蘭
陸上裝備				
積載		良好	良好	良好
運搬		良好	良好	良好
海上 裝備				
浚渫船		良好	良好	良好
台船		未備	良好	良好
特殊工種傳用船		未備	良好	良好

나. 各國의 代表的인 干拓 事業 地區 現況과 技術 處理 內容의 比較

區分	國別	單位	韓 國		日 本	和 蘭
			榮山江	始 華	長 崎	Zuider Zee
1) 工事期間			1981.1~1982.8	1987.6~1995.12 (豫定)	計劃을 縮小하여 諫早干拓(3.550ha) 으로 1987년에 着工	1927~1932 棟
2) 面 積						
埋 立		ha	10,860	17,300	10,094	371,700
開 發		ha	4,800	10,322	6,003	228,700
3) 潮 汐						
大潮平均滿潮位		m	+1.39	+3.98	+2.55	+0.75
大潮平均干潮位		m	-1.79	-3.95	+2.42	-0.75
大潮差		m	3.18	7.93	4.97	1.50
4) 溪 川 湖						
流域面積		ha	347,100	47,650	285,060	
滿水面積		ha	3,320	5,650	3,600	143,000
總貯水量		1,000m ³	253,000	342,000	168,000	5,500,000
有效貯水量		1,000m ³	180,000	191,000	38,000	
管理水位		m	+1.0	-1.0	-1.0	乾期 -0.2 雨期 -0.4
5) 防 潮 堤						
延 長		m	4,350	12,676	10,280	32,500
最低原地盤高		m	-13.7	-17.2	-14.0	-14.3
提頂標高		m	+6.15	+9.0	+7.0	+7.15
堤頂標高 - 大潮平均滿潮位		m	4.26	4.02	4.44	6.40
築堤物量						
石 材		1,000m ³	1,163	6,948	4,100	1,000
土 材		1,000m ³	683	12,731		13,500
海 砂		1,000m ³	2,774		20,400	23,800
計		1,000m ³	4,620	19,679	24,500	38,300
技術處理頻度		1/ 年	100	100	10,000	300 (10,000)
外側비탈						
勾 配			1: 2.0	1: 2.0	1: 6.0	1: 4~1: 6
材料: 下部			方塊石(0.9t)	方塊石(0.9t)	方塊石(1.0t)	Asphalt. Con
上 部			Concrete被覆	Concrete被覆	Conc. block	Asphalt, Con
小 飯 幅		m	8.0	4.0	15.0	20~30
끝막이工事						
끝막이方式			漸 縮 式	漸縮式	漸高式(漸縮式)	漸縮式
工 法			捨石돌망태	左 同	H型鋼鐵角落板 500m×500m× 12(Cassion)	(Cassion) (Cable)
主運搬裝備			덤프 8~15t	덤프 12~15t		
sill 標高		m	-6.0	-38.0	-6.0~ -9.0	

區分	國別	單位	韓 國		日 本	和 蘭
			榮山江	始 華	長 崎	Zuider Zee
延 長		m	240	155	15m×51門=765m	
流入出潮汐量		百萬m ³	270	900	450	570
發生最大流速		m/ sec	6.25	7.4	4.5	3.5
6) 排水閘門						
徑間 吳 連數		m×連	30×8	12×8 6×2	40×5	15×20 (56.5×17)
有效延長		m	240	108	200	300 (960.5)
sill 標高		m	-7.0	-6.0	-5.0	-4.5 (-5.5)
門扉個當重量		ton	480	70.5	712	(425)
門扉型式			Roller gate	左同	左同	左同 (Tainter gate)
最大排除量		m ³ /sec	10,860	3,980		1,000 (20,000)
7) 通船門						
最大通過噸數		t	30	30	60	2,000
日通過能力		t×隻				1,000t×40隻
8) 除鹽暗渠						
斷 面			-	φ=2,200mm×2	3.7m×3.7m×2	
延 長		m		336	314	
材 料				F.R.P		
9) 土地利用計劃			農耕地 都市用地 溪川湖	農耕地 都市用地 工業用地 溪川湖	農耕地 住居地 溪川湖	農耕地 住居地 溪川湖 林地 吳 自然溜池

다. 各國의 끝막이 方式의 比較

方式	區分	國別	韓 國	日 本	和 蘭
漸縮式	等堤材料		捨石, 塊石, 돌망태	H型鋼에 의한 鐵角落 板 프레임捨石, cassion,	caisson
	運搬手段		大型덤프트럭	引般덤프트럭	曳引船
漸高式	築堤材料		捨石, 塊石, 돌망태, 船舶 또는 棧橋에 의한 陸上運搬	捨石, 塊石 船舶	Concret block cableway 또는 船舶
	運搬手段				

라. 世界의 大規模 干拓事業의 끝막이 難易度 比較

國別	區分	地 區 名	潮汐量 (百萬m ³)	大潮差 (m)	防潮堤 延長(m)	끝막이 年度	附 記
韓 國		南 陽	144	8.81	2.060	1972	
		牙 山	170	8.92	2.564	1973	

	插橋川	140	8.92	3.360	1978	
	榮山江	270	3.19	4.350	1981	
	大湖	280	8.75	7.807	1983	
	靈巖	460	3.57	2.208	1991	
	錦湖	180	3.57	2.120	1994	
	始華	900	7.93	12.676	1994	
	새만금	1,800	6.28	30.000	施工中	
和 蘭	ZUIDER ZEE	575	1.5	32.000	1932	
	HARLING VLIET	260	2.0	4.500	1971	
	BROUWERSHAVENSEGAT	325	2.5	6.500	1972	
	EASTERN SCHELD	1.100	2.8	9.000	1986	*
日 本	長 崎	452	4.92	10.280	本 계획은 유보하고 축소하에 착공함	**

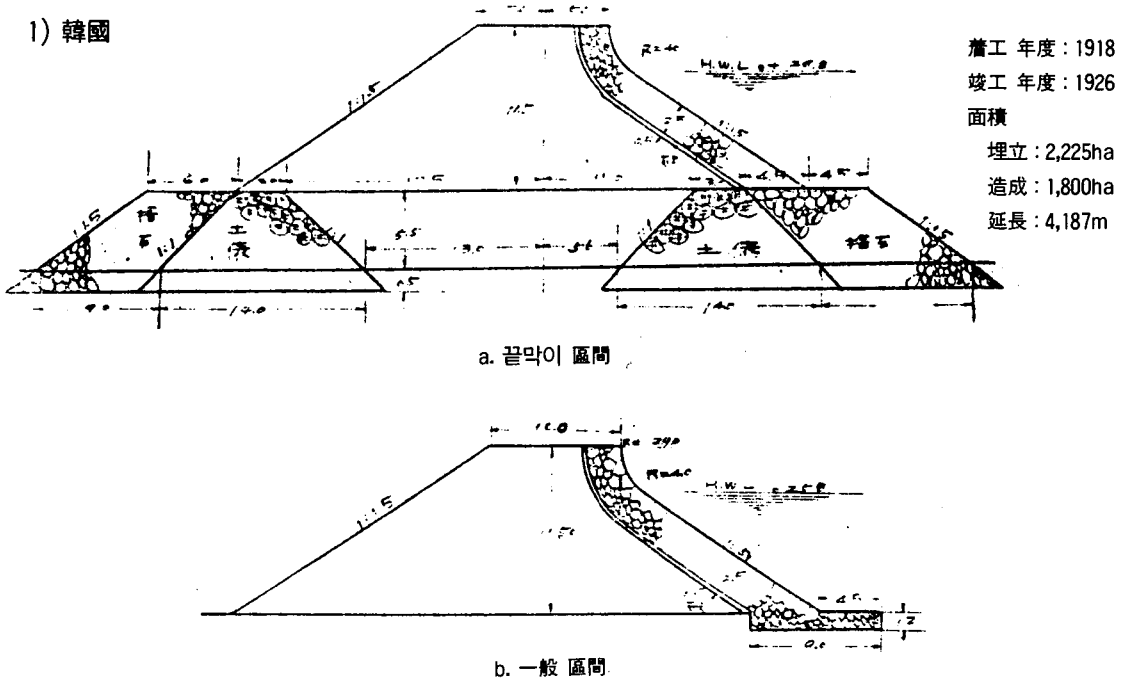
“附記”

* 防潮堤 延長 9.0km 中 地帶가 높은 6.0km는 防潮堤를 築造하고 낮은 갯골區間 3個所 延長計 3.0km로 組立式 構造에 의하여 防波 閘門 設置.

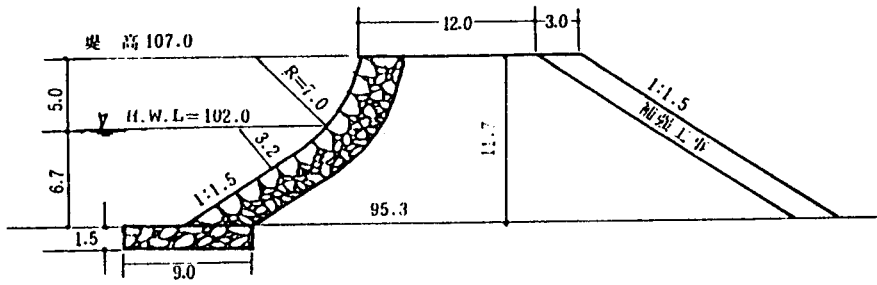
** 1951년부터 調査 設計를 進行하다 1987年에 規模를 1/3로 縮小하여(3,550ha) 諫早 干拓으로 着工함.

마. 各國의 防潮堤 斷面의 變遷 狀況

1) 韓國



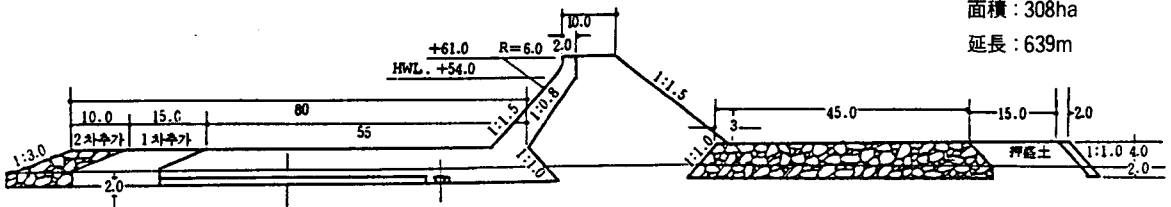
〈그림 7〉 不二 農場(單位:尺)



着工 年度：1924
 竣工 年度：1931
 面積：1,838ha
 延長：9,499m

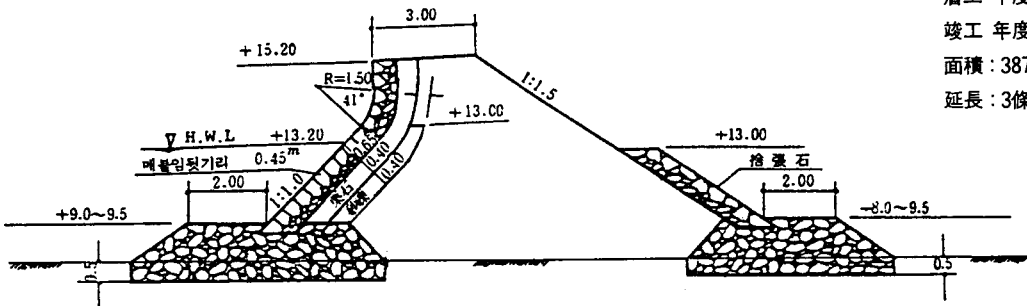
〈그림 8〉 全北 東津 農場(광할) 干拓 防潮堤(單位:尺)

着工 年度：1952
 竣工 年度：1953
 面積：308ha
 延長：639m



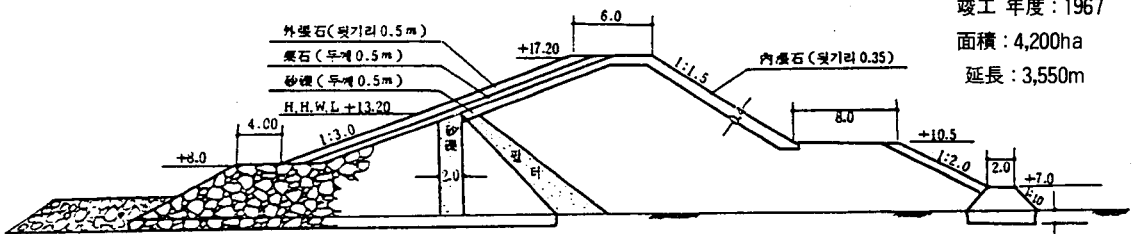
〈그림 9〉 珍島 義新 防潮堤 橫斷圖(單位:尺)

着工 年度：1955
 竣工 年度：1967
 面積：387ha
 延長：3條 4,300m

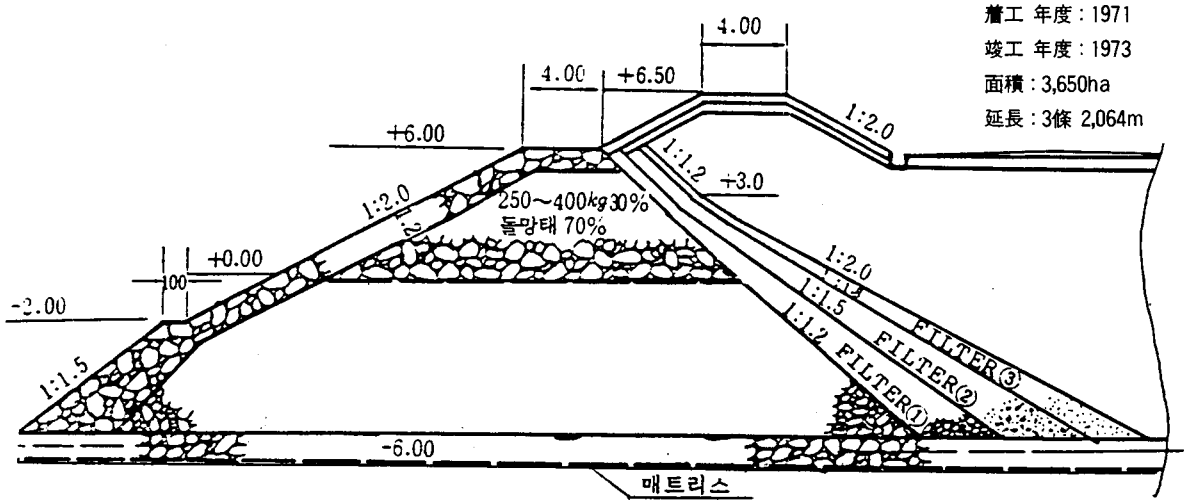


〈그림 10〉 米面 防潮堤 橫斷圖

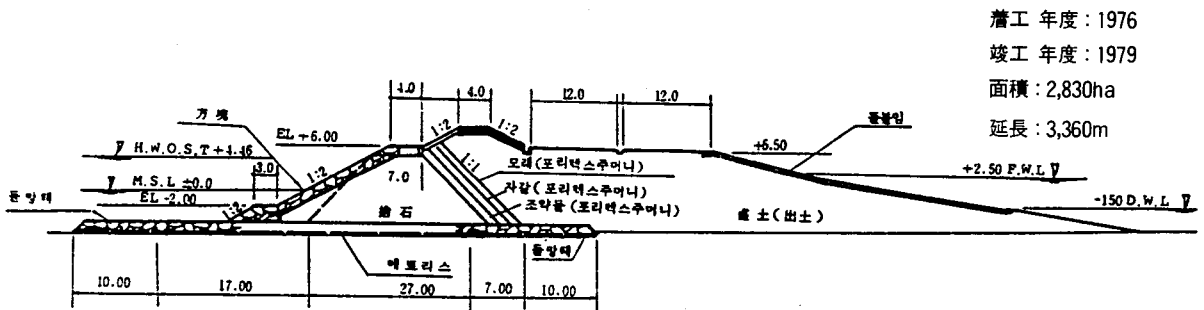
着工 年度：1963
 竣工 年度：1967
 面積：4,200ha
 延長：3,550m



〈그림 11〉 東津江 第2號 防潮堤 橫斷圖

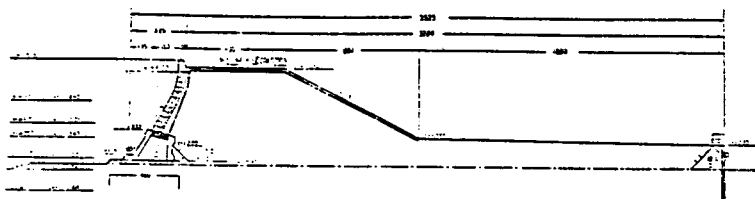


〈그림 12〉 南陽 防潮堤 標準 斷面圖

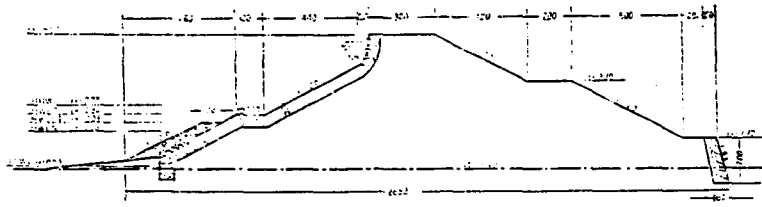


〈그림 13〉 插橋川 防潮堤 標準 斷面圖

2) 日本

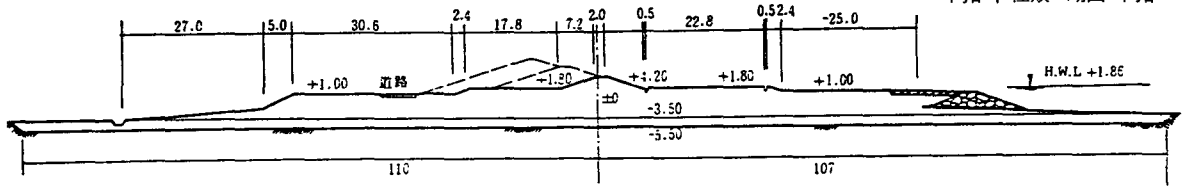


〈그림 14〉 田 干拓 防潮堤 斷面圖



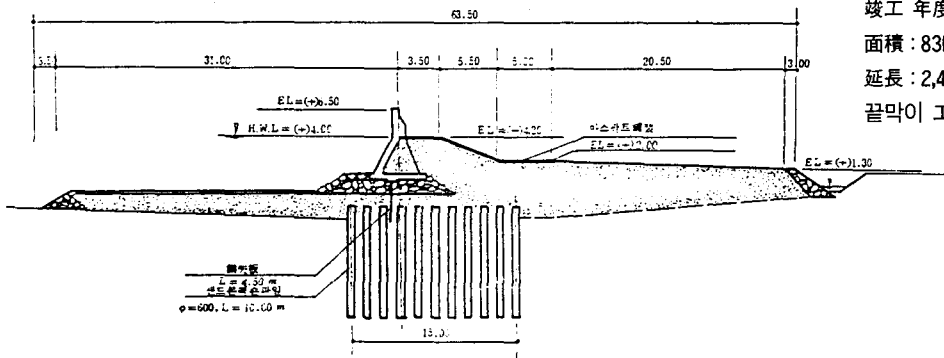
着工年度：1946
 竣工年度：1951
 面積：
 埋立：115ha
 造成：97ha
 延長：3,250m

〈그림 15〉 平坂 干拓 防潮堤 横斷圖



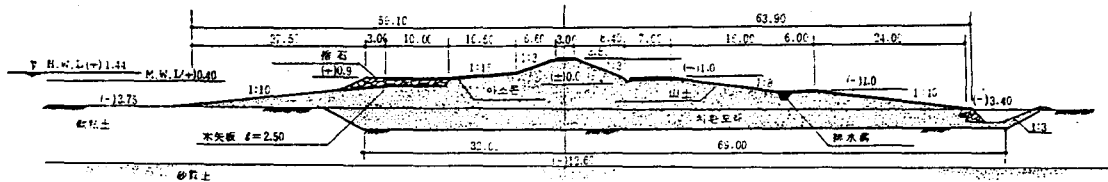
着工年度：1958
 竣工年度：1969
 埋立面積：17,229ha
 干拓의 種類：湖面 干拓

〈그림 16〉 八郎湯 干拓



着工年度：1967
 竣工年度：1977
 面積：83ha
 延長：2,485m
 끝막이 工法：빈지공

〈그림 17〉 有明 干拓 廻里江 工區



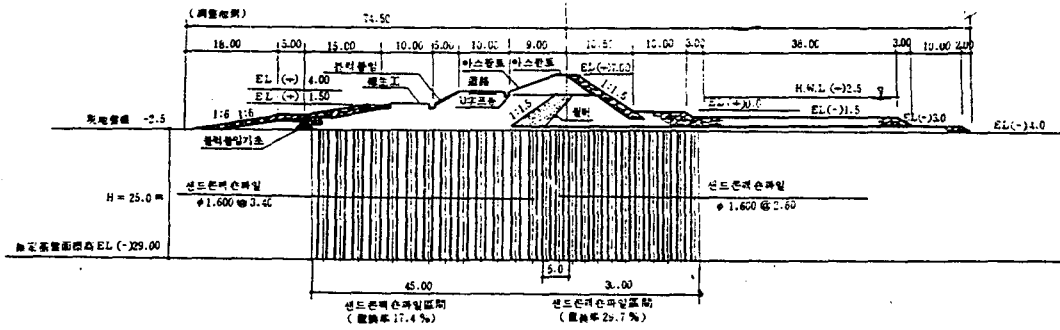
着工年度：1958
 竣工年度：1976
 埋立面積：331ha
 延長：2,722m

〈그림 18〉 中海 干拓 攝屋 本提 2號

着工年度：1987

面積：3,550ha

延長：7,050m



<그림 19> 諫早 干拓

3) 和蘭

1971 BROUWERS DAM

延長：5.0km

最大 水深：30m

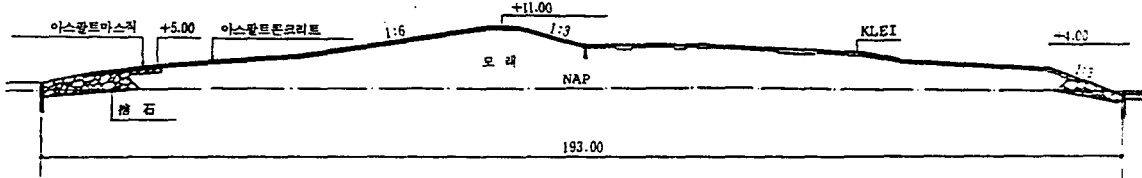
大潮差：2.5m

潮汐量：300百萬m³

끝막이 工法：케이슨 16.2m×18m×68m

케이블 델파當 2.5t

6個 콘크리트 블럭 투하



1961 VEERSE DAM

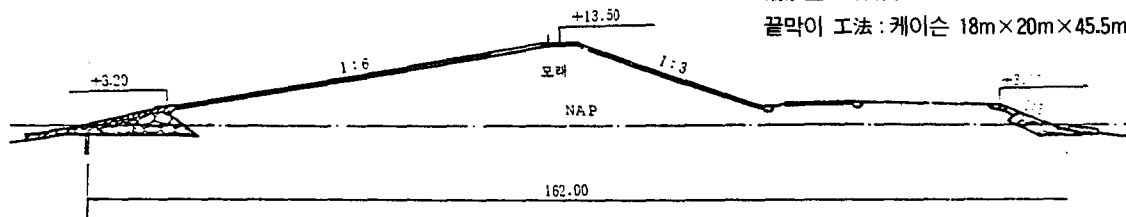
延長：3.0km

最大 水深：7.0m

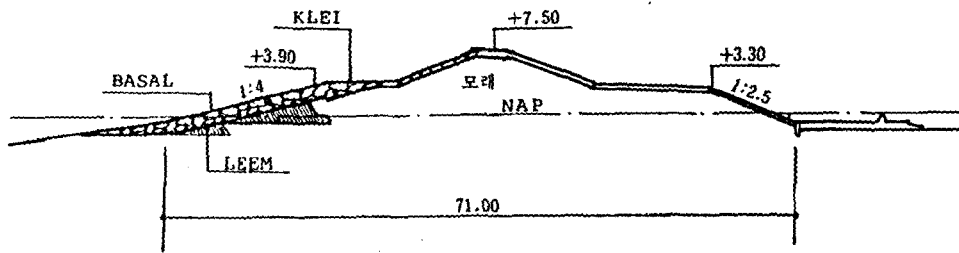
大潮差：3.0m

潮汐量：70百萬m³

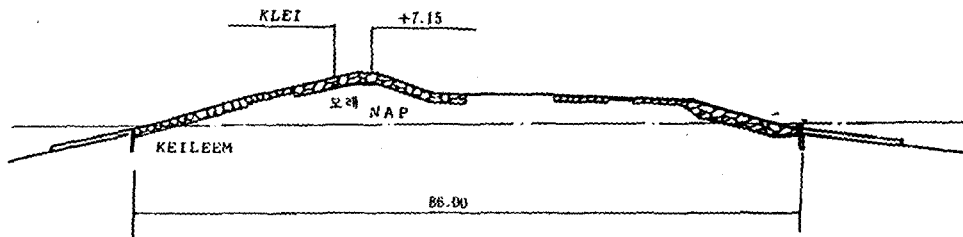
끝막이 工法：케이슨 18m×20m×45.5m



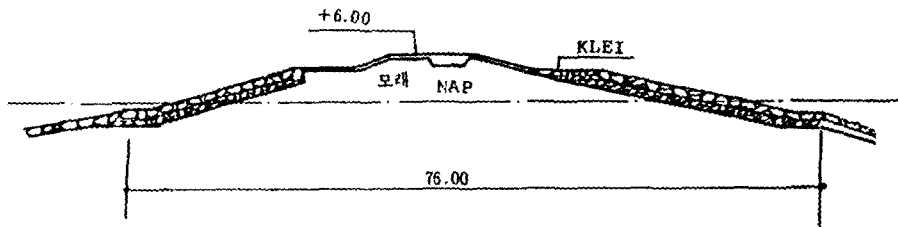
1950 BRIELSCHE MAAS



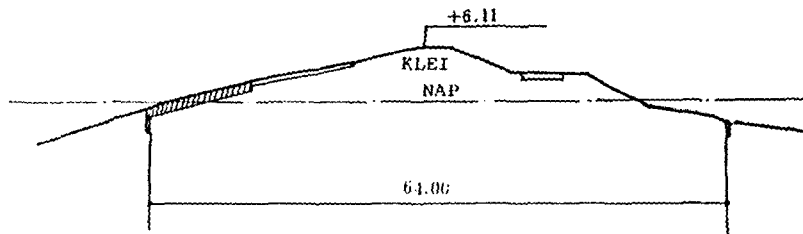
1932 AFSLUITDUK



1871 SLOEDAM



1533 LANGENOBK



〈그림 20〉 和蘭 防潮堤 斷面의 變遷圖

3. 韓國의 干拓 技術 開發과 主要 問題點 事例

가. 干拓 技術의 開發

1) 年代別 技術 開發 事項 概要

年代別 區分	1940年代以前	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	附記
主要事業名	水原方應摸, 瑞山宋環, 寶城與業務 東洋拓殖	江華, 大川, 義新, 郡內, 光陽辰矯	大川擴張, 智山米面, 東津江, 金海, 全南	南陽, 牙山, 插橋川, 素浦	榮山江, 大湖錦江, 洛東江	靈巖, 錦湖始華, 새萬金	
目的	農地造成	左 同	左 同	農地造成 水資源開發	左 同	多目的土地造成 水資源開發	
規模 埋立面積(ha)	500	500	4,000	5,000	10,000	20,000~40,000	
潮汐量 (大潮百萬m ³)	10	10	100	200	300	900~1,800	
防潮堤 最低地盤高 堤頂標高	大潮干潮位 設計高潮位上 0.7~1.8m	大潮干潮位 設計高潮位上 1.0~2.5m	大潮干潮位 設計高潮位上 4.0m	大潮干潮位下 5.0m 設計高潮位上 4.0m	大潮干潮位下 20m 設計高潮位上 4.8m	大潮干潮位下 30m 設計高潮位上 6.8m	
外側비탈의 構 造 및 勾配 끝막이方式	張石, 積石 1:0.5~1.5 1時물막이 漸縮式 1時물막이 漸高式	張石 1:1.0 1時물막이 漸縮式 1時물막이 漸高式	間知石, 大石 1:1.0~3.0 長期물막이 漸縮式 長期물막이 漸高式	方塊石쌓기(1.4t) 1:2.0 長期물막이 漸縮式	左 同 左 同 左 同	方塊石쌓기 1:2.0~6.0 左 同	
끝막이工法	棧矯에 의한 捨石 區間別 充填, 또는 角 落板工法 土俵 에 의한 工法	棧矯에 의한 捨石 區間別 充填 및 角落 板工法	棧矯에 의한 捨石 漸高式 -機關車에 의한 捨石 -돌망태 漸縮式	塊石돌망태에 의한 漸縮式	左 同	塊石, 돌망태에 의한 數個所 漸縮式	附記
材料運搬手段	리어커, 牛馬車 軌條人力土運車	牛馬車 軌條人力土運車	軌條人力土運車 機關車(5t)	덤프트럭	大型덤프트럭	左 同	
日最大捨石 運搬能力 (m ³)		500	3,000	10,000	14,000	20,000~50,000	
排水閘門 數標高	小潮干潮位	小潮干潮位	小潮干潮位와 大潮干潮位사이	大潮干潮位	大潮干潮位下 5m	左 同	
主要技術發 展內容		1. 軟弱地盤의 處理	1. 外側被覆石 個重量算出 2. 浸透路長의	1. 堤體頂部 및 小段上部 비 탈 被覆工을	1. 海砂盛土 施 行 2. 끝막이 床高	1. 外側비탈 緩 傾斜型 適用 2. 끝막이 作業	

			檢討 3. 필터構造의 開發 4. 매트리스工 의 開發 5. 돌망태 工法 開發 6. 外側小段의 構造 및 形態 開發	아스팔트 및 콘크리트로 鋪裝으로 安 全度 提高 및 美觀 增大 2. 끝막이 方式 에 對한 分析 3. 排水閘門門 扉 幅 20m	工의 最通바 닥 標高 算出 3. 排水閘門門 扉 幅 30m	能力提高 工 法開發 3. 數個所 끝막 이 區間 및 多段階 끝막 이 計劃樹立 4. 텐다, 게이 트式 排水門 扉 計劃
--	--	--	--	--	--	---

2) 韓國與件에 附合한 主要技術開發事項 록 技術開發한 事項中 代表的인 몇가지를 例示하면
 우리나라 技術者에 의해 우리나라 與件에 符合도 다음과 같다.

〈技術 開發 事項〉

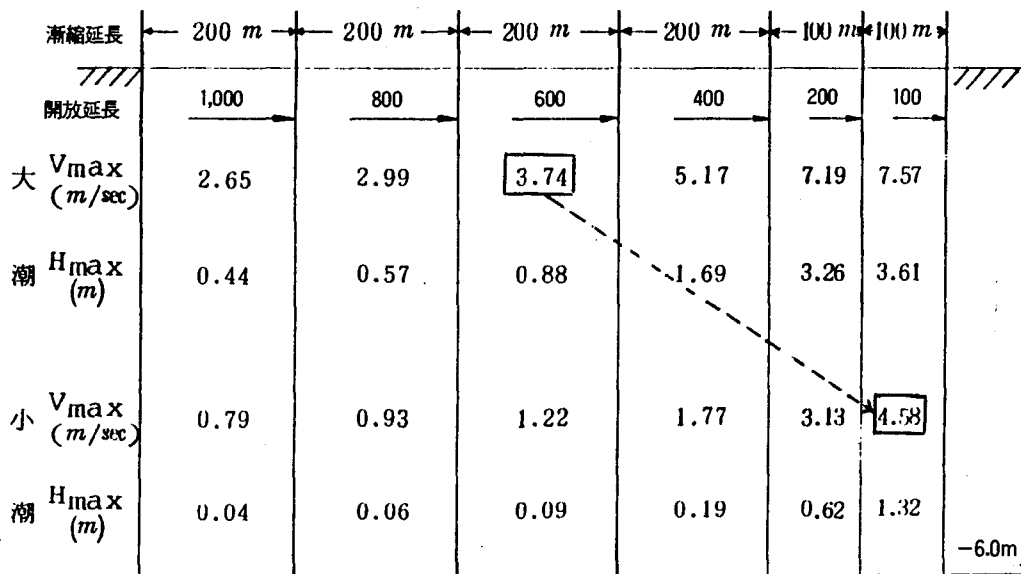
區分 \ 工種	外側비탈 構造	필터 構造	돌망태 工法
機能	外海의 強力한 諸外力으로 부터 堤體를 保護	空隙이 큰 石材와 粒子가 작 은 土材의 結合에서 石材層 을 통한 土粒子의 流出防止	築堤材料의 個當重量 및 摩 擦力의 劃期的인 增大로 強 力한 潮流速發生이 不可避한 與件에서의 效率的인 築堤材 料
構造	大型方塊石짜기 비탈기울기 1:2.0~6.0	捨石→栗石→자갈→모래 (p.p맷트)→土材	円筒型돌망태에 捨石充填
特徵	1次 물막이 한 捨石堤비탈 1:1.0에 必要한 비탈로 整理 하여 方塊石으로 被覆하므로 서 저렴하고 堅固한 被覆構 造임	石材와 土材의 連結된 構造 에서 꼭 必要한 安全裝置이 므로 우리나라 防潮堤의 安 全度를 크게 提高함	強力한 潮流速에 견디고 製 作 運搬 施工이 簡便한 아주 저렴한 築堤材料임
開發前 狀態	비탈기울기 1:1.0으로 돌붙 임 또는 돌쌓기	細粒子인 盛土層과 空隙이 큰 捨石堤 또는 被覆工이 直 接 連結되어 潮汐 및 波浪의 作用으로 土粒子의 吸出作用 發生	床固工; 沈床工(통나무로 들 을 짜고 돌을 채움) 끝막이工; 棧橋의 橋脚 區間 을 차례로 捨石으로 채움
外國의 現況	비탈기울기 1:4.0~6.0 아스팔트콘크리트 두께 0.3m 아스팔트충전사적 두께 0.5m 張石	技葉매트리스 아스팔트 스텝	케이슨 100m×28m×30m 케이블에 의한 콘크리트블럭 1.0m ³ 鐵프레임捨石
要補完事項	○方塊石사이 空隙의 完璧한 處理 ○보다 強力한 波力이 來襲 하는 條件에서의 構造	○捨石堤를 통한 透水流速이 發生할때의 構造 및 工法	○機械化 製作 ○工種 및 流速에 따른 돌망 태의 適正한 크기 및 率규 명

3) 韓國 與件에서의 끝막이 方式의 比較

가) 漸縮式과 漸高式

區分	工法	漸縮式	漸高式
主運搬裝備 作業條件		陸上	海上
潮水待機		支障없음	1.5~2m/sec 以下에서 作業可能
夜間作業		別支障없음	相當히 어려움
氣象狀況		別支障없음	相當히 支障이 있음
施工表面處理		必要없음	꼭 必要하며 相當히 어려움
施工能力		極大化할 수 있음	制限條件이 많음
水理條件		強力한 潮流速이 發生하므로 이에 對策이 必要함	큰 內外水位差가 發生하므로 이에 對策이 必要함

漸縮式(開放 延長 1,000m, 床固 標高 -6.0m)



漸高式(開放 延長 1,000m, 床固 標高 -6.0m)

床固標高 (m)	大 潮		小 潮	
	Vmax (m/sec)	Hmax (m)	Vmax (m/sec)	Hmax (m)
5				
4				
3	3.18	6.79		
2	3.92	5.96		
1	4.50	5.40	2.05	3.83
± 0	4.84	4.04	3.04	2.75
- 1	5.18	2.92	3.81	1.58
- 2	5.28	1.75	2.98	0.66
- 3	5.04	1.54	1.57	0.16
- 4	4.51	1.28	1.13	0.08
- 5	3.18	0.64	0.92	0.06
- 6	2.65	0.44	0.79	0.04

1,000 m

〈그림 24〉 漸縮·漸高式의 水理 條件 比較

나) 끝막이 區間의 設定 條件

區 分	水 理 條 件	施 工 條 件
位 置	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기왕의 潮水의 流出入系統을 그대로 존속시킬 수 있도록 低地帶에 설치함이 有利함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 끝막이區間 始終點側에 材料採取場이 있고 陸上 및 海上 施工能力을 最大로 할 수 있는 條件
延 長	<ul style="list-style-type: none"> ○ 一般的인 經驗으로 보아 全通水 斷面의 1/4 이 되는 區間(이때부터 流出入潮流速이 급격히 증가됨) ○ 潮流速 計算결과 개방연장이 축소됨에 따라 급격히 流速이 증가되는 延長 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 一般물막이區間의 堤體斷面 및 築堤工法으로 는 流速의 증가로 더이상 계속 築堤가 어려운 延長
床 固 標 高	<p>(끝막이區間의 床固標高와 延長은 상호 연관이 된다. 상고표고가 낮으면 延長이 짧아지고 높으면 길어진다.)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 구상한 끝막이 延長의 最大流速 發生標高보다 최소 1m이하 標高 ○ 大潮平均 干潮位 以下 ○ 水深이 깊은 곳에서는 水理條件은 낮을수록 有利하나 通水斷面의 單位通水面積當 物量增加로 施工能力低下됨 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 最大流速發生標高 또는 이를 넘을때는 投下된 捨石의 表面고르기가 어려워 流心의 集中 등으로 위험하게 되고 船舶의 흘수심등으로 干潮時의 投下가 불가능하게 될 수도 있음.

나. 干拓 工事의 主要 問題點 發生

1) 一般的인 要因

가) 施工中

- (1) 捨石堤 透水 流速에 의한 基礎 地盤 土粒子의 流出로 捨石堤 流出로 捨石堤 崩壞
- (2) 施工 材料의 潮流速에 個當 重量 不足으로 因한 流失
- (3) 床固工의 비탈끝 세굴로 因한 捨石堤의 崩壞

나) 竣工後

- (1) 外側 비탈 被覆石의 個當 重量 不足으로 因한 脫出

- (2) 盛土層 土粒子의 被覆工을 통한 海側으로의 流出
- (3) 潮流의 流向 變動에 의한 外側被覆工 基礎浸蝕으로 被覆工 浸蝕
- (4) 潮流의 流向 變動에 의한 外側 被覆工 基礎浸蝕으로 被覆工 崩壞
- (5) 強力한 排水 流速에 의한 倍數 閘門에서 主要 要因을 分類하면 다음과 같다.

2) 問題點 發生 原因의 類型 分析

既存에 施工된 7개 防潮堤 및 4개 排水 閘門에서 主要 要因을 分類하면 다음과 같다.

< 問題點의 原因 分類 >

原 因 別	發 生 地 區	對 備 策
1) 防潮堤		
가) 床固工 및 捨石堤의 越流速에 의한 上下流 地盤의 세굴로 捨石堤 崩壞	東津江, 南陽, 插橋川	가) 基礎地盤의 地質, 流速, 水深, 流量 등에 따른 에이프런 구조 및 延長부여
나) 捨石堤 투수流速에 의한 地盤土粒子의 流失로 유로확대, 파이핑, 捨石堤 崩壞	東津江, 南陽	나) 捨石堤基礎에 메트리스 부설
다) 무리한 공정계획 수립	南陽	다) 實踐possible한 工程計劃 樹立
라) 밑다짐工 表面石의 潮流速에 대한 個當重量 不足으로 捨石堤流失	插橋川, 南陽	라) 조류속에 적응하는 개당중량을 갖은 材料로 施工
마) 船舶에 의한 漸高式 捨石堤表面의 기복에 의한 流心의 集中 流速增大 材料 流失	插橋川	마) 船舶에 의한 漸高工法은 最大流速發生 標高는 피할 것이며 投下捨石 고르기 作業施行
바) 外側被覆工을 통한 盛土 土粒子의 流出	大川(本) 米面	바) 被覆工과 盛土層사이에 필터공 설치
사) 外側小段 끝 部位 피복석의 個當重量不足	大川(本)	사) 小段을 曲線으로 上下비탈面과 연결
아) 盛土施工時 流出入 潮流速에 의하여 세립자는 流失되고 盛土層表面에 조립층 形成	大川(本) 石浦 1號	아) 강한 流速에 露出防止 및 粗粒材 제거
자) 半투수성 및 투수성 材料에 의한 盛土 施工	石浦 2號	자) 築堤材料의 試驗 및 선택
2) 排水閘門		
가) 排水閘門에이프론 外側 排水路 피복석의 個當 重量不足	牙山	가) 最大流速에 견디는 個當重量 및 감세 구조도입
나) 투수로장 不足	京浦川	나) 充分한 투수로장 부여
다) 준공후 外海의 潮流變動과 堆砂供給源 조사미비	米面 3號 大川(擴) 2號	다) 潮流, 漂砂에 對한 多角的인 檢討實施

3) 地區別 事例

가) 東津江 第2號 防潮堤

(1) 被害年月日: 1966年 9月 15日

(2) 流失前 工事 現況

(가) 第1號防潮堤: 9,254m 全區間 거의 完了 狀態

(나) 第2號防潮堤: 3,556m 中

○ 始終 點側 計 998m 는 +3.8m(高極潮位 +3.2m+0.6m)까지 捨石堤를 完成

○ 끝막이 區間 2,558m 區間은 잔교를 가설 하고 기관차용 軌道 復線을 設置하여 갯골 區間 2個所 計 850m 區間은 +0.7m 까지 餘他 1,708m 區間은 +1.0m 까지 漸高式에 의하여 捨石堤 施工 狀態

(3) 當時의 水理 條件

流速: 4.01m/sec

內外 水位差: 3.28m(內水位+1.18m, 外水位 -2.1m)

기왕의 최대 수위차: 9月 14日 21時 20分 4.69m

8月 17日 22時 20分

4.15m

(4) 被害 現況

流失 延長: 162m

流失 深度: 21m(築堤 標高 +1.00m 세굴 표고 -20.0m)

(5) 결케 原因

○ 流出入 潮流의 捨石堤 越流速에 의한 內外 側 床固工 비탈끝 地盤의 세굴

○ 捨石堤 비탈끝의 세굴로 捨石堤의 비탈 붕괴

○ 捨石堤가 漸高되어 감에 따라 內外水位 (Hmax: 3.5m)가 增大되고 이에 따른 捨石堤內 투수 流速에 의해 基礎 地盤 土粒子의 流失

○ 계속적인 반복 作用에 의하여 流路가 形成

되고 점차 擴大되어 流心 集中

○ 內外 水位差에 의한 基礎 地盤에서의 파이핑(Piping) 現象 發生

(6) 未備點

(가) 基礎 地盤의 土質과 流速 內外 水位差 및 지속 시간, 工法 등에 따른 밀다짐공(Apron)의 延長 不足

(나) 捨石堤 바닥 基礎 地盤에 매트리스를 施工치 않음

나) 大川(本) 防潮堤

(1) 被害年度: 1961年 8月 12日

(2) 被害前 工事 現況: 竣工後

(3) 被害 現況

平均延長 10m程度로 7個所가 外側은 原地盤 부근에서 內側은 道路를 連結하는 線으로 流失

(4) 主要 原因

(가) 外側 被覆石 뒷面의 盛土 土粒子의 流出

○ 潮汐 및 波浪 現象에 의하여 外側 被覆石 뒷채움 돌에 接한 盛土 土粒子의 浸蝕 및 吸出

○ 계속적인 반복 作用으로 盛土 部位에 空洞 造成

○ 파압에 의한 外側 被覆工의 붕괴 및 流失

(나) 外側 비탈 小段끝 部位 被覆石의 個當 重量 不足

○ 銳角으로 되어 規格에 맞는 石材 쌓기가 至極히 困難

○ 파압과 파랑의 落下時의 충격으로 小段끝 被覆石의 脫落

○ 계속적인 作用으로 流失擴大

(5) 未備點

○ 外側 被覆石의 石材 構造와 盛土層의 中間에 필터 構造 未設置

○ 外側 小段 및 連結되는 上下 비탈 面을 曲線으로 連結하지 아니하였고 小段끝 部位

의 被覆石 個當重量 不足

4. 앞으로 研究 開發시켜야 할 事項

- 1) 用途 및 機能에 맞는 매트리스 構造 및 工法
- 2) 方塊石 被覆工의 未備點 補完 및 보다 큰 波力에 견디는 方塊石 被覆工의 構造
- 3) 필터層의 完璧한 施工法
- 4) 經濟的인 돌망태 製作의 機械化
- 5) 用途別 돌망태의 適正한 크기와 率 等