

大湖防潮堤 設計와 施工 (I)

盧 承 吉* · 金 範 元*

I. 結 論

插橋川地區 農業綜合開發事業과 隣接한 西海岸 7,700ha를 開發하는 本事業은 1980년부터 1986년까지 7年에 걸쳐 總事業費 1,270億원을 投入하여 段階別로 開發하게 된다.

第1工區인 防潮堤工事が 1981年 4월에 着工하여 1次年度 計劃目標 15%의 工程을 達成하였다. 防潮堤의 概括的인 現況과 主要設計 內容 및 施工現況을 紹介시켜 한다.

II. 防潮堤 概要

1. 事業의 背景

本事業은 政府가 우리나라의 四大江流域開發과 더불어 西海岸의 廣闊한 干拓地 開發 및 水資源確保를 爲한 大單位農業綜合開發의 一環策으로서 農耕地擴大, 用水源開發, 農地基盤造成을 통한 食糧增産과 農村近代化를 이룩하는 龍대한 事業으로 本地區는 中西部 泰安半島 加露林灣(大湖芝)에 位置한 地域으로 7,807m의 防潮堤와 1,418m의 防潮堤 進入道路를 締切하는 國內最大의 防潮堤工사로 農業振興公社에서 既히 竣工한 牙山, 南陽, 插橋川榮山江 淡水湖와 더불어 또 하나의 淡水湖인 大役事가 될 것이다. 本工事의 主水源이 될 淡水湖는 滿水面積 2,175ha이며 總貯水量은 1億2千2百萬屯으로 7,700ha의 蒙利面積에 對한 灌溉와 隣接 瑞山邑에 13,000m³/日 生活用水를 供給하며 또한 工業用水로도 堤供給 多目的 計劃인 것이다. 淡水湖가 築造됨에 따라 給水를 爲해서 7個의 揚水場과 7條 318km의 用水路를 建設하며 耕地整理 1,140ha와 干拓地 3,700ha 開墾 100ha 開畝 1,000ha와 灌溉改善 1,760ha로 總 7,700ha가 開發되던 年間 51,000%의 食糧增産으로 國民食糧供給에 크게 寄與하게 됨은 勿論落後된 農漁村 近代化와 海岸道路 新設로 陸運改善과 海岸線 短縮으로 침식防止에도 크게 效果를 가져온다.

2. 事業地區 概況

가. 位 置

本地區는 北緯 36° 40' 東經, 126° 22'의 韓國中西部 泰安半島에 位置하고 있으며 防潮堤는 서울로부터 約 228km 떨어져 있는 地點으로 忠南唐津郡 石門面 橋路里와 瑞山郡 大山面 花谷里間을 連陸하는 7,807m의 延長을 갖는 防潮堤인것 이다.

나. 流 域

本淡水湖의 流域面積은 27,900ha이며 自體流域으로는 淡水化 期間이 長期間이 所要되여, 插橋湖에서 計劃된 用水幹線을 利用하여 非灌溉期 最大 5m³/sec를 流入토록 計劃하였으며 本淡水湖로 流入되는 流路長은 25.5⁶km로 比較的 짧다.

本地區 排水開門의 能力은 最大 洪水量 1,280m³/sec을 排除토록 計劃하였다.

다. 氣 象

本地區의 氣候는 大陸性과 海岸性 氣候를 兼하여 年平均 降雨量 1,413m/m로 우리나라 平均 降雨量보다 크며 年平均 蒸發量은 1,157m/m이며 氣溫은 寒暑의 差가 甚하여 夏期는 20°C以上이고 冬期는 -3°C以下로서 水稻作栽培는 物論 畚裏(麥作)作栽培에도 適合하다.

라. 地形 및 地勢

本地區는 西海岸의 一般的인 老年期의 地形樣相을 보이며 車嶺山脈의 連續으로 瑞山郡 聖淵面 化芳山과 望日山에서 發源한 聖淵川과 良竺山에서 發源한 鹽律川流域이 合流하여 牙山灣으로 流去한다.

마. 土質 및 地質

1號防潮堤 基礎地盤은 粘土層과 泥土層 砂礫層 風化岩層 軟岩層 普通岩順으로 12m에서 31m深度이며 2號防潮堤 基礎地盤은 粘土層 泥土層 砂礫岩 風化土 風化岩 軟岩 普通岩順으로 約 7m에서 38m의 深度를 이루고 있다.

바. 潮 汐

本地區 潮位는 仁川港 基本水準面으로 하였으며

* 農業振興公社 大湖事業所

潮汐은 1日 2回潮 現狀을 보이며 仁川港과의 潮時 差는 約 30分으로 大潮는 朔望 2日後에 小潮는 上下弦 2.5日後에 일어난다.

表-1. 大湖 潮位

高極潮位(H.H.W.L)	+4.939m
略最高滿潮位(APPROX.H.H.W)	+4.409m
大潮平均滿潮位(H.W.O.S.T)	+3.718m
平均滿潮位(H.W.O.M.T)	+2.690m
小潮平均滿潮位(H.W.O.N.T)	+1.662m
平均海面(M.S.L)	+0.033m
小潮平均干潮位(L.W.O.S.T)	-1.596m
平均干潮位(L.W.O.M.T)	-2.624m
大潮平均干潮位(L.W.O.S.T)	-3.652m
略最低干潮位(APPROX.L.L.W.L)	-4.343m
低極潮位(L.L.W.L)	-5.353m

사. 海岸條件

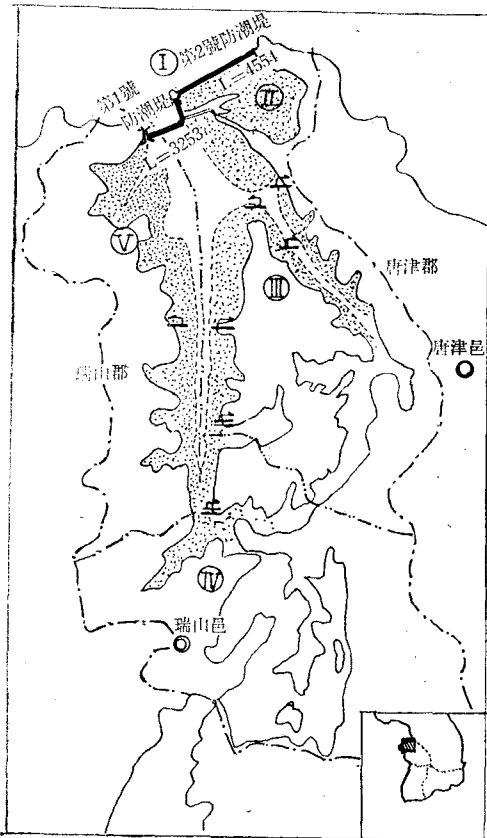
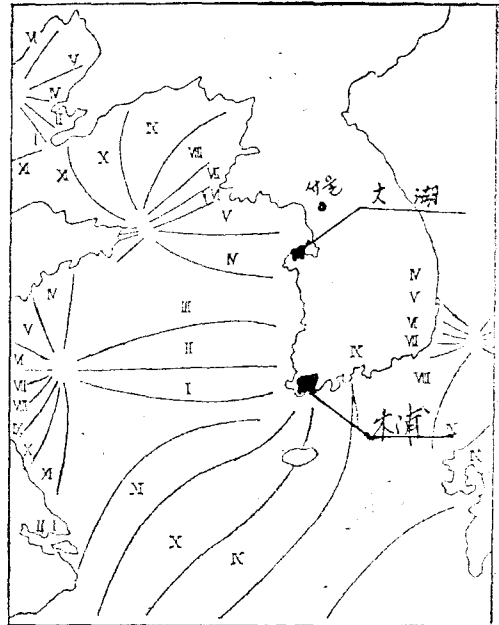
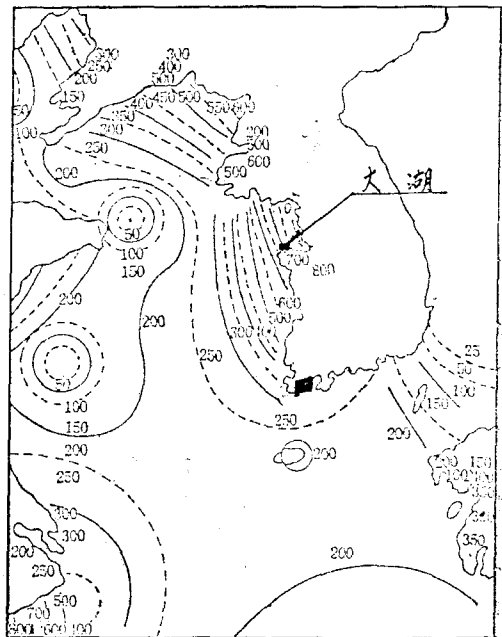


그림 1. 大湖防潮堤位置圖



[주] 로마 숫자 I, II, III, IV.....는 태음(달)이 동경 135°의 자오선을 통과해서 만조가 될 때까지의 시간을 표시한 것임.

그림 2. 한국근해의 M_2 조의 동시지도



[주] 아라비아 수치 100, 200,은 대조차, $2(m_1 + S_2)$ 가 거의 같은 지역을 동고선으로 표시한 것임.

그림 3. 한국근해의 $M_2 + S_2$ 조의 동조차도(단위 m)

大湖防潮堤設計와施工(I)

本防潮堤 位置는 우리나라 中西部 海岸 泰安半島에 속해 太陰이 東徑 135°의 子오선을 通過해서 滿潮가 退해까지는 4時間帶이며 平均海面은 2月에 最低이고 8月에 最高潮가 된다. 本防潮堤의 吹送距離는 加島와 자월도 영흥도 大阜島를 限界點으로 大小섬이 散在하고 있다.

3. 防潮堤의 規模

가. 淡水湖(1號防潮堤)

流域面積	27,900ha
滿水面積	2,175 "
滿水量	122,000千m³
死水量	68,800千m³
有效貯水量	46,500千m³
洪水位	+0.40m
滿水位	-0.50m
死水位	-3.70m
流入量(平均)	315,200千m³
必要水量(平均)	81,000 "
放流量(平均)	97,500 "
最大洪水量	1,280m³/sec

나. 防潮堤

堤名	延長	計劃高	堤高最大	位置
第1號	3,253m	EL+8.50m ~+9.00m (曲線部)	30.50m	瑞山郡 大 山面 花谷 里 ~唐津 郡石門面 蘭芝島里 鵝飛島間
第2號	4,554m	EL+8.0m	12.30m	石門面蘭 芝島里 鵝 飛島 ~石 門面 橋路 里間
防水路	1,418m	EL+5.50m	7.0m	1號防潮堤 中心曲線部 ~石門面 草 落島間

다. 排水閘門

本地區 淡水湖인 第1號防潮堤의 流域面積은 27,900ha이며 第2號防潮堤는 3,315ha로 防潮堤規模에 비하여 排水閘門 通水斷面이 적지만 第1號排水閘門의 경우 65.50m의 靜水池設置와 單一門扉로서 計劃하고 門柱를 橋臺로써 兼用하였고 右側 응벽저부에 除鹽暗渠를 設置하였음은 特徵있는 排水閘門이라 하겠다. 2號排水閘門은 地形條件과 干拓地 開發計劃上 排水閘門과 地區內 排水를 爲하여 排水場을 別途計劃하였다.

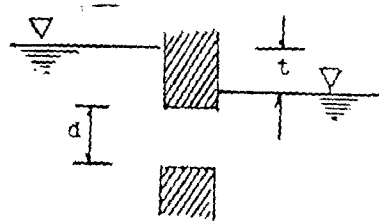
1) 排水閘門 規模

區分	1號 排水閘門	2號 排水閘門
規模	10m×6m-6連	5m×3m-5連
構造	Rahmen鐵筋 Conc.	Rahmen 鐵筋 Conc.
橋梁	T-Beam DB-18	T-Beam DB-18
Gate 型式	plate girdertype	plate girdertype
Stoplog	鋼製 plate girdertype	鋼製 plate girdertype

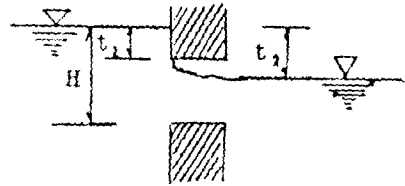
2) 排水閘門 能力計算

排水閘門 能力檢計는 内部干拓開發計劃과 排水역 轉을 고려 sill標高別 閘門別로 大潮時 小潮時로 區分 計算하였다.

使用公式

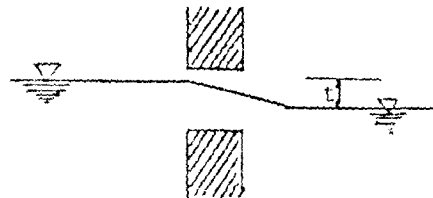


$$Q = c \cdot b \cdot d \sqrt{2gt} \quad (c = 0.7)$$



$$Q = q_1 + q_2 = c_1 \sqrt{g(t_2 - t_1)}(t_2 - t_1)b + c_2 \sqrt{gt_2}(H - t_2)b$$

(c₁ = 0.6 c₂ = 0.9)



$t < \frac{H}{3}$ 일때

$$Q = \mu \sqrt{2gt} \left(H - \frac{t}{3}\right)b$$

$t \geq \frac{H}{3}$ 일때

$$Q = 1.7 c \cdot b \cdot H^{3/2} \quad (\mu = c = 0.8)$$

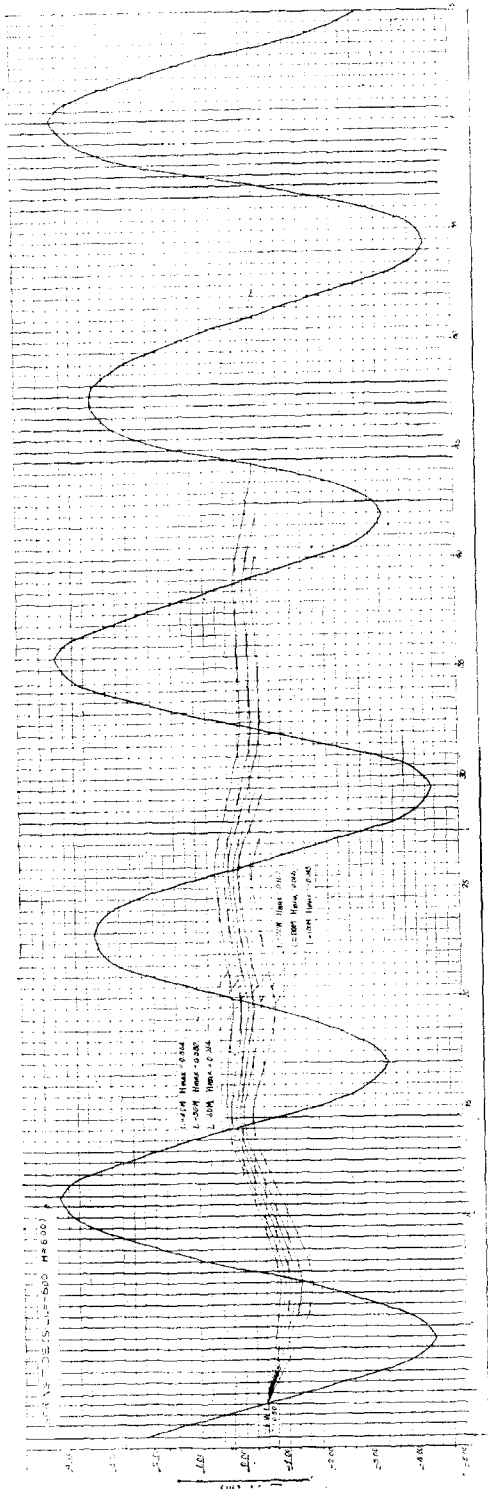


그림 4. 大湖 1 號 排水閘門 能力曲線圖(大潮時) 洪水量 = 200年頻度

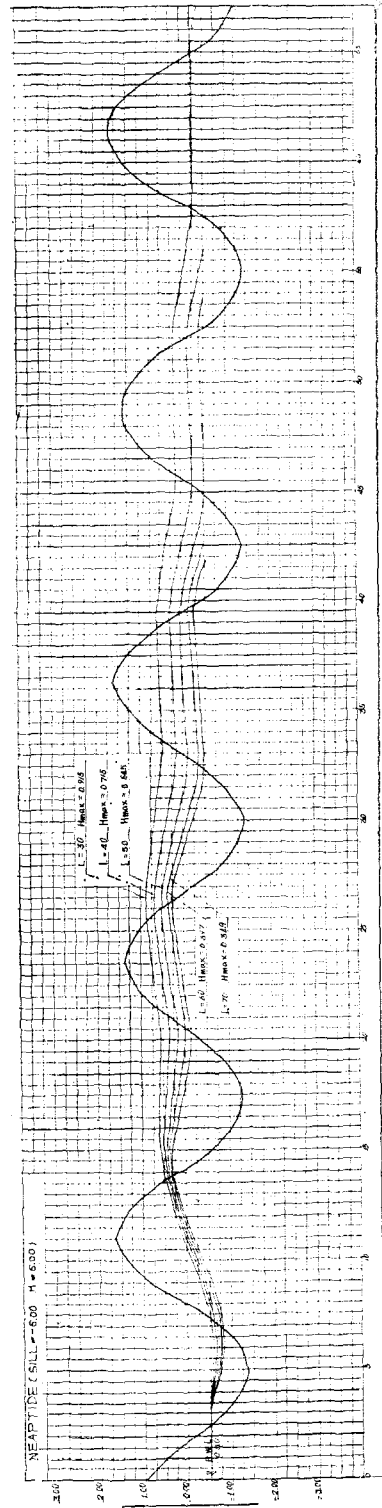


그림 5. 大湖 1 號 排水閘門 能力曲線圖(小潮時) 洪水量 = 200年頻度

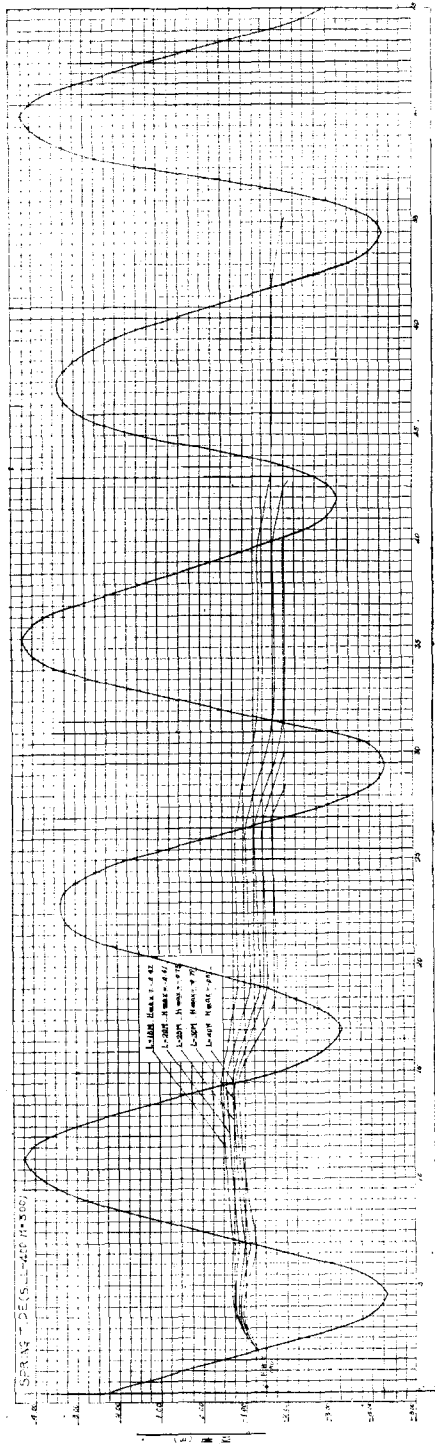


그림 6. 大湖 2 號 排水閘門 能力曲線圖(大潮時) 洪水量 = 200年頻度

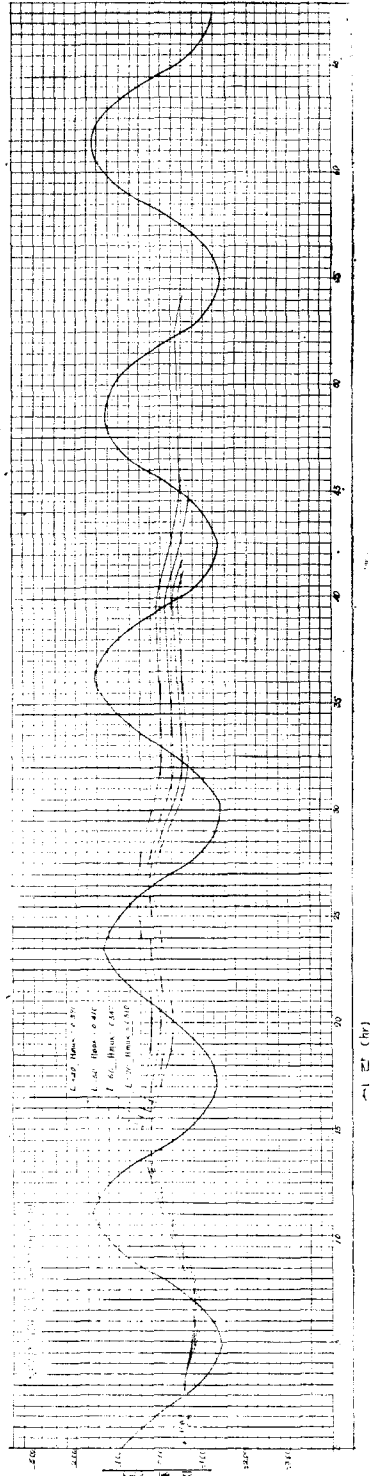


그림 7. 大湖 2 號 排水閘門 能力曲線圖(小潮時) 洪水量 = 200年頻度

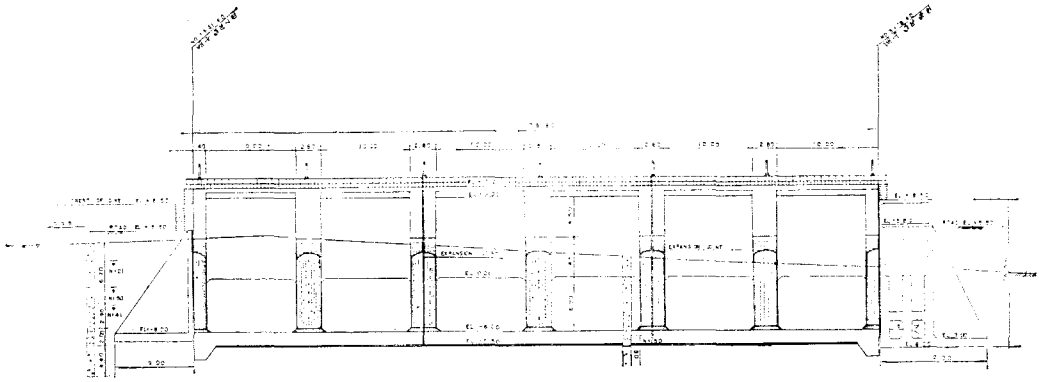


그림. 8. 第1號 排水閘門

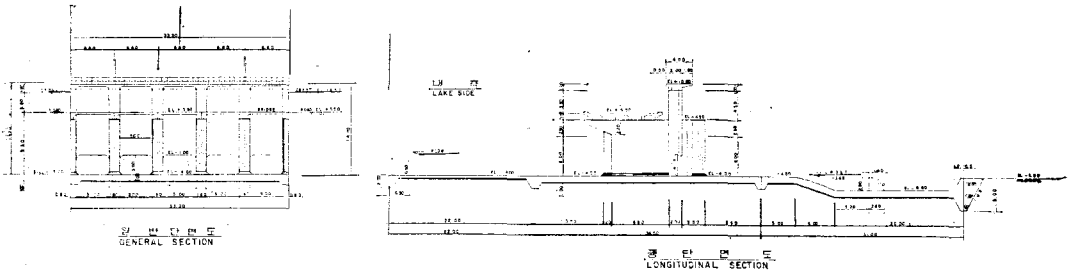


그림. 9. 第2號 排水閘門

Ⅲ. 防潮堤 計劃의 主要內容

1. 設計經緯

- 1971. 1~1971. 12
插橋川二段階 基本計劃을 爲한 區域 踏查實施
- 1972. 12
插橋川二段階 大湖地區 基本調查實施
- 1976. 4~1976. 12
大湖地區 妥當性 調查着手
- 1974. 4~1977. 12
大湖地區 防潮堤 및 進入道路 細部調查 實施
- 1977. 10~1977. 11
妥當性 調查
- 1977. 11~1977. 12
妥當性 檢討(산용役團 日本農業土木用役團)
- 1979. 12
JICA 專門家 設計 檢討

- 1980. 2. 28
設計審議
- 1980. 9. 22
中央設計審議
- 1980. 12
防潮堤 및 排水閘門 條件附承認
- 1981. 3
防潮堤 및 排水閘門 設計承認

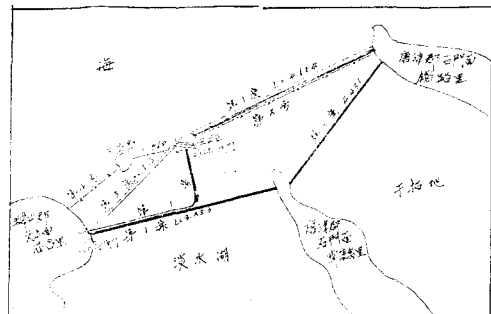


그림. 10. 防潮堤位置圖

大湖防潮堤 設計와 施工 (I)

比較 內容

區 分	第 1 案	第 2 案	第 3 案	第 4 案	付 記
1. 防潮堤規模					
條 數	2	2	2	3	
延 長	7,807m	7,561m	7,007m	6,422m	
堤高(最大)	29.50m	29.50m	38.50m	39.50m	
“(平均)”	12.75m	12.25m	61.25m	15.05m	
2. 締切條件					
平均地盤高	-4.0m	-3.50m	-7.50m	-7.10m	
最低 “	-21.00 //	-21.00 //	*-29.50 //	*-31.00 //	
3. 淡水量(百萬屯)	122	122	138	159	
4. 開 畚 面 積	3,700ha	3,200ha	*3,700ha	*3,700ha	
5. 淡 水 化 期 間	2.8年	2.8	3.0以上	3.0以上	
6. ha當 工 事 費	4.7百萬	5.1百萬	*6.2百萬	*4.8百萬	

註) *不摘格要因

2. 防潮堤 位置決定

防潮堤 位置選定은 끝막이가 可能한 4個案을 對象으로 土質, 標高 波高 및 波向, 排水計劃, 土地利用計劃, 排水閘門位置 끝막이 計劃等 綜合的으로 比較檢計하여 4案中 有利한 第1案을 採擇하였다

3. 防潮堤 曲線部設置

淡水湖인 第1號防潮堤 計劃線을 決定하기 爲해 1項에서 比較한 바와 같이 瑞山郡 大山面 花谷三里(三吉浦)와 搗飛島間을 連結하되 直線으로 連結時에는 水深이 깊어 締切이 어렵고 淡水化 期間의 長期化를 피하기 爲해 曲線部를 設置함으로써 國內最初의 曲線部 防潮堤가 될 것이다.

가. 曲線部設計 內容

R : 200m, 1A=90

防潮堤 標高 : EL +9.0m(一般區間 EL+8.50m)

外側被覆石 : 1,900kg/個當(一般區間 1,100kg/個當) 小段部에 Concrete채움

나. 適用波高

波高 : $H_{1/10} = 2.8m$ (一般區間 $H_{1/3} = 2.3m$)

다. 水理解析 : 水理模型試驗實施 計劃

(농진공 반월 옥외수리시험장)

4. 經濟的 基本斷面

本防潮堤의 基本斷面은 傾斜型混成堤로 4個의 基本斷面으로 計劃하여 施工初期 石山開發前에 盛土斷面만으로 締切토록 計劃된 “Type-I”을 最大한 길게 하므로 工事費切減과 施工初期工程에 유리하게

計劃하였으며 最終물막이 計劃을 漸縮式과 漸高式으로 工事を 하되 計劃標高를 EL-10m로 計劃한 것이 特徵이다.

斷面型	施工區間	斷面型의 特性
TYPE 1	一般締切	防潮堤 始終點 部位는 比較的 標高가 높고 締切時 流速變化가 적어 施工 初期 石山開發이전에 盛土斷面으로 締切하고 外提를 方塊石으로 被覆하므로 工事費를 切減토록 計劃한 斷面
	1號 255m 2號 1,366m	
TYPE 1-1	700m	
TYPE 2	一般締切	締切時 流速變化가 적으며 施工中 波浪의 影響이 적은 區間으로 工事初期에 石山開發이 本래도에 오르지 않았을 時 小潮와 中潮時 적은 捨石斷面으로 一次 締切하고 大潮以前에 盛土斷面으로 斷面을 完成토록 計劃
	1號 647m 2號 1,100m	
TYPE 3	一般締切	一般締切 區間으로 一次捨石斷面으로 締切하고 最終물막이 區間의 土石材運搬路로 計劃
	1號 1,247m 2號 783m	
TYPE 4	最終물막이 區間	最終물막이 區間斷面으로 締切期間中 發生流速에 對應토록 돌맹대 및 捨石을 混用 締切工法에 適合토록 計劃
	1號 1,000m 2號 600m	

4 Mattress 및 Filter工法 改善

가. Mattress工法 改善

Mattress工法은 軟弱地盤에 防潮堤를 築造함에 基礎地盤의 安定과 締切過程에서 發生하는 流速에 依하여 地盤洗堀과 Piping等 物理的 現象으로 堤體의 결괴를 防止할 目的으로 活用되고 있으나 深海에서는 Mattress 大型化 포설이 要求됨으로 本地區에서는 最大한 大型화에 역점을 두어 設置하였다. Mattress設置方法에 따라 人力에 依한 設置가 可能

한 標高(平均干潮位 -2.624m)까지는 "TYPE A"로 計劃하고 海上에서 船舶으로 폭설될 標高는 "TYPE B"로 計劃하였다.

區 分	TYPE A	TYPE B
材 料	폴리프로필렌 1겹	나일론 1겹
固 定	양카鐵筋 D-10	고경鐵筋 D-16
枚當規格	10.50×26.0=273m ²	11.80×22.0=259.60m ²
포설方法	人 力	特殊布設 船舶

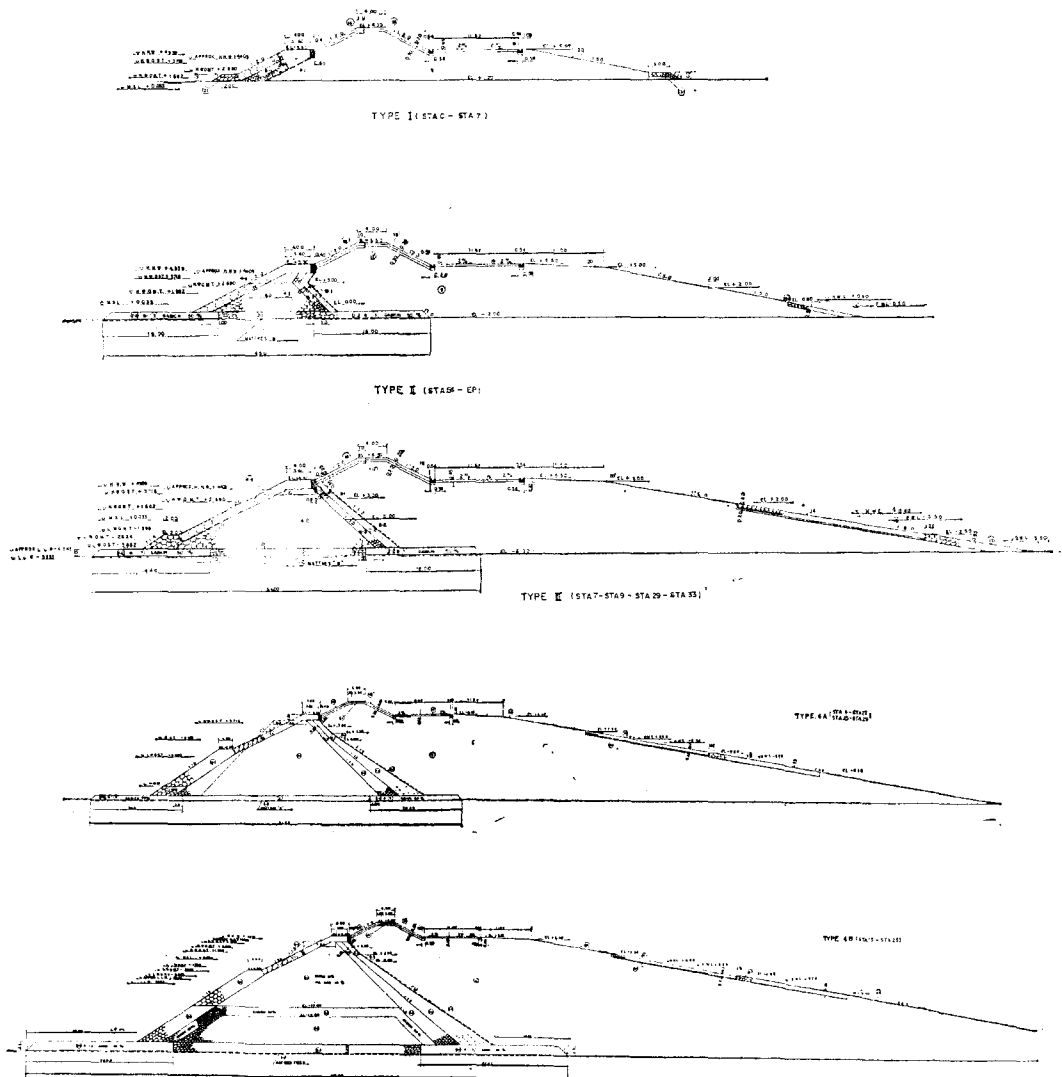


그림. 11. 第1號 防潮堤 標準斷面

大湖防潮堤 設計와 施工 (I)

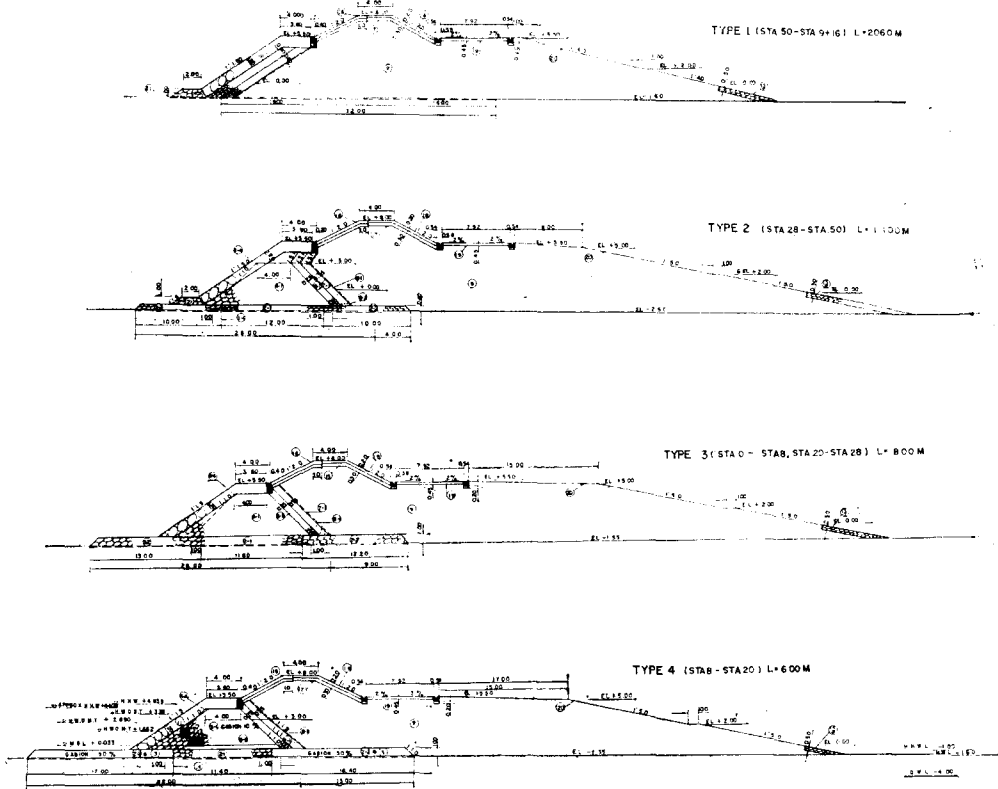


그림. 12. 第 2 號 防潮堤 標準斷面

他地區 防潮堤와 比較

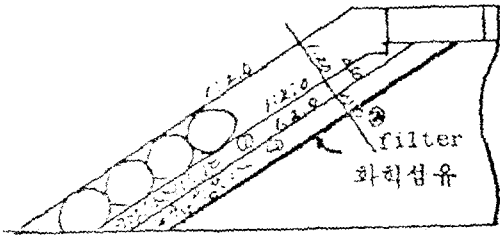
	牙 山		插 橋 川		榮 山 江 河 口 堰		大 湖	
	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型
材 料	질 유 음 포 리 프로피렌	가마니 3겹 "	가마니 3겹 "	가마니 3겹 "	가마니 3겹 "	가마니 3겹 나 일 론	양카철근 포리프로 피 렌	고정철근 나 일 론
매 당 규 격	6m×25m (150m ²)	9.6m× 11.20m (107.5m ²)	9.6m× 11.20m (107.6m ²)	9.6m× 11.20m (107.6m ²)	9.6m× 11.20m (107.60m)	9.6m× 11.20m (107.60m ²)	10.5m× 26m (273m ²)	11.80m× 22m (259.60m ²)

나. Fliter 工法 改善

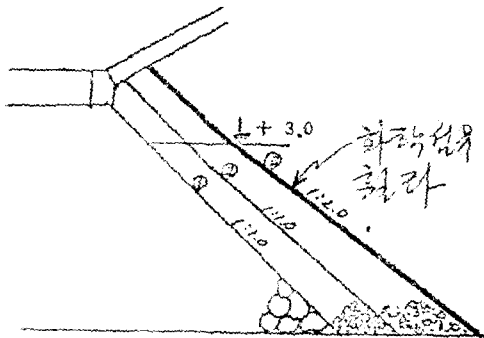
防潮堤의 Filter工은 조약돌, 자갈, 모래층으로 捨石材와 盛土材사이에 設置하여 盛土層의 土粒子가 捨石部를 通하여 流出되는 것을 막는 등 防潮堤의 安全을 爲한 工法이나 모래層은 粒子가 작고 重量이 적어 透水流速에 依해 盛土材가 流失되어 透水を 阻장하는 경향이 있고 潮流速의 影響으로 施工上 難點이 있어 本地區에서는 모래層대신 化學섬유필타로 대체하도록 計劃하였다.

設計條件

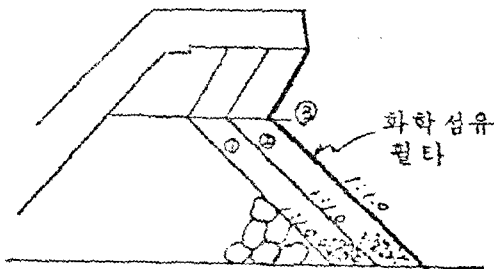
- ① 礫石 : d₁₅ = 10~45mm d₈₅ = 50~200mm
- ② 자갈 : d₁₅ = 0.669~1.67mm d₅₀ = 10.71~23.8mm
- ③ 化學섬유필타 : 引張強度 46kg/5cm 以上
伸 度 30% 以上
透 水 係 數 10⁻²~10⁻³cm/sec
重 量 310g/m² (厚 3.5mm 以上)



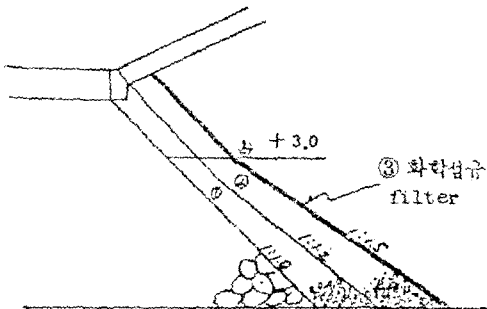
(一 貯盛土區間)



(一 盆 縮 切 區 間)



(一 盆 捨 石 區 間)



(一 最 終 縮 切 區 間)

그림 13. filter 斷面

5. 國內最初로 除鹽暗渠設置로 淡水化期間 短縮

本地區의 淡水湖는 總貯水量 122百萬 m^3 에 比해 流入量은 315.2百萬 m^3 /年 放水量 13百萬 m^3 /年으로 淡水化遲延은 물론 防潮堤로 부터의 海水侵入 門扉 閘門으로 부터의 漏水 및 操作에 依한 海水 侵入, 湖面蒸發, 干拓地로 부터의 除鹽排水, 地下水에 依한 湖底上에서의 鹽分 湧出, 鹽分層에서의 擴散侵入, 湖底上에서 鹽分擴散 이러한 鹽分濃度變化에 影響을 미치는 諸要素로 말미암아 淡水化 期間이 延長됨으로 早期淡水化를 期하고자 插橋川에서 非灌溉時 每秒 5 m^3 의 用水를 供給받도록 計劃하였으나 目標鹽度에 到達하기 爲하여는 約6年 7個月이 所要되므로 深部 EL-16m에 除鹽暗渠를 設置計劃하여 約 2年 8個月로 短縮 計劃하였다.

가. 除鹽化 期間算定

1) Jansen式

$$t = 0.0317 \frac{V}{Q_r} \ln \left(\frac{S_0 - S_r}{S_t - S_r} \right)$$

2) okuda式

$$t = 0.0317 \frac{V}{Q_r} \ln \left(\left(\frac{S_0}{S_t} + r_0 - 1 \right) \frac{1}{r_0} \right)$$

여기서 S_0 : 初期鹽分濃度

S_r : 河川 및 流域에서의 流入濃度

S_t : 灌溉用水로서 的 目標 鹽分 濃度

畚의 경우 1,000PPM(1kg/ m^3)

田의 경우 300PPM(0.3kg/ m^3)

V: 貯水容量

Q_r : 流入量

t: 目標 鹽分濃度에 到達時間(年)

淡水化 計劃 鹽度

1) 淡水湖의 許容 鹽度

農業用水: 水稻作 1,000ppm, 田作 300ppm

工業用水: 500ppm

生活用水: 200ppm

2) 水質保全(汚濁物質)

COD(化學적 산소 요구량)濃度, BOD(생물학적 산소 요구량)濃度: 8mg/l

大湖防潮堤設計と施工(I)

나. 淡水化 期間 算定

區 分	期 間	適 用 公 式	目 標 鹽 分 濃 度 1,000p.p.m	500 p.p.m	300 p.p.m
插橋湖에서 非灌 漑期 供給時 5m³/sec	渇 水 期	Jansen	3.0 年	3.9 年	4.7 年
		Okuda (奥田)	6.7	7.5	8.0
		Minami (南勳)	—	—	—
	平 水 期	Jansen (")	2.6	3.4	4.1
		Okuda (")	5.8	6.6	7.2
		Minami (")	2.8	—	—
	豊 水 期	Jansen (")	2.3	3.1	3.7
		Okuda (")	5.3	6.1	6.6
		Minami (")	—	—	—

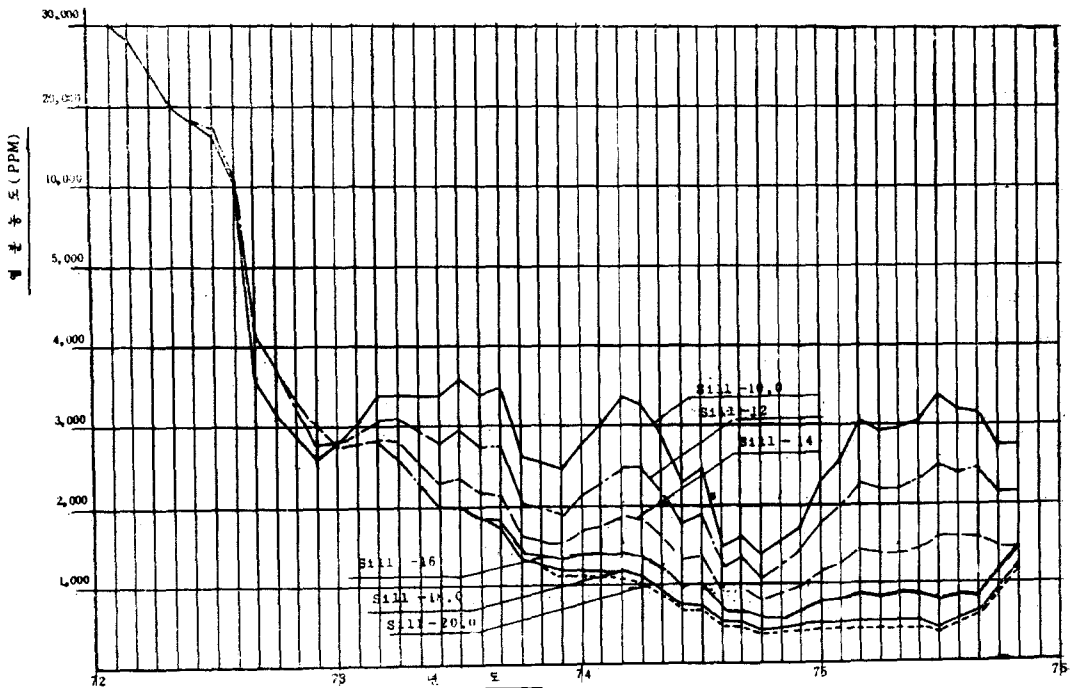


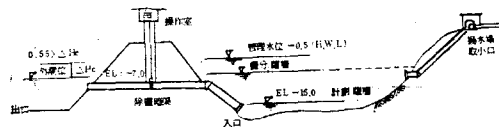
그림. 14. 除鹽期間 算定表(Minami式)

다. 構造設計

流入口 : Humepipe D-1800m/m 2連 L=600m
EL-16.0m

管體部 : Concrete Box 1.5m×2m-2連 L=90m
EL-7.0 m

除鹽暗渠(除鹽 Syphon) 設計



라. 除鹽暗渠의 作動 및 機能

除鹽暗渠構造中 流入口 標高는 EL-16.00m이며

海水面의 流出口 標高는 EL-7.00m로 内外構造의 標高差는 9.0m가 되며 除鹽暗渠의 機能은 内外水位差에 의해 사이폰 原理에 의해 作動된다. 除鹽暗渠의 作動方法은 排水閘門 旁벽 하부에 設置된 除鹽暗渠 中心部 上部에 操作室이 있고 下部 堤體에 門扉가 設置 内外水位差에 의해 自動으로 개폐된다. 外海의 潮位가 内水位보다 낮으면 제염수문이 열리고 높으면 제염수문이 닫히게 되는데 海水와 淡水의 密度관계로 除鹽限界의 流出限界가 있다. 式은 다음과 같다.

$$\Delta Hc \approx Hc \times \frac{(P_s - P_f)}{P_s} \approx \frac{1}{30} Hc \approx 0.55m,$$

ΔHc : 除鹽限界의 逆流限界水位差

P_s : 海水 密度 1.023 P_f : 淡水 密度 1.0

Hc : 暗渠의 流入口 水深(m)

6. 靜水池 設置로 洗堀防止

1號排水閘門 基礎는 軟岩과 風化帶이며 2號排水閘門은 軟岩으로 洪水排除時 地盤洗堀을 防止하기 爲해 靜水池를 計劃하였다.

1號排水閘門 外側에 計劃된 靜水池는 排水閘門 Sill 標高 EL-6.0m보다 2.50m 낮게 EL-8.50m로 急流部는 수맥선(Trajectory Curve)으로 計劃하였고 減勢工으로 Baffle Block 및 Dentated Sill과 거친 물받이를 設置함으로써 流速을 減少시켜 地盤洗堀을 防止토록 計劃하였고 第2號排水閘門은 地盤이 軟岩으로 排水閘門 Sill 標高 EL-4.0m보다 2.0m 낮게 靜水池를 設置하고 Baffle Block으로 減勢역활을 기하도록 計劃하였다.

가. 靜水池 規模

排水閘門別	急流部	減勢部(I)	減勢部(II)	計
第1號	9.5m	25.5m	25.5m	69.5m
第2號	11.0m	20 m		31 m

나. 水理解析

a) 門扉引揚높이 에 따른 流量計算

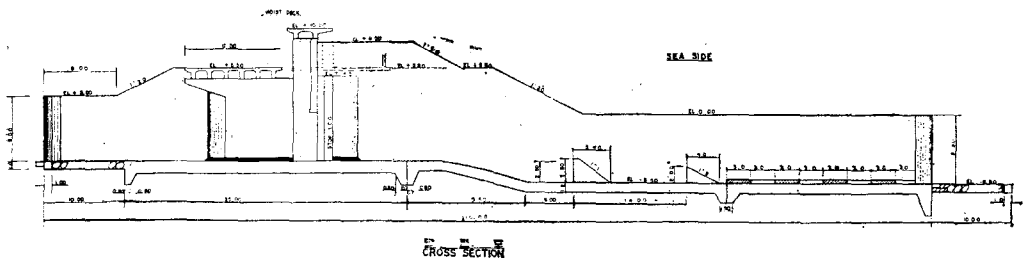


그림 16. 靜水池 斷面圖

$$q = C_q \cdot a \sqrt{2g \Delta h}$$

여기서 q : 單位幅當流量 C_q : 流量係數

a : 引揚높이 Δh : 内外 水位差

b) 水面型計算(背水曲線式 李熙榮교수논문집인용)

$$l = 340.13604^{4/3} - \frac{1025.641}{q^2} h_2^{18/3}$$

$$(340.13904 h_2^{4/3} - \frac{1025.641}{q^2} h_2^{18/3})$$

c) 下流 15m 地點의 水理計算

Bernoulli定理에서

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + HL$$

$$HL = \left(\frac{n V_m}{K_m^{2/3}} \right)^2 \times l$$

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \left[\left(\frac{n V_m}{K_m^{2/3}} \right)^2 \times l \right]$$

d) 跳水前의 水深 流速 및 Froude Number

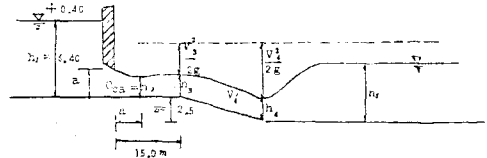


그림 15. 除鹽暗渠 機能圖

$$h_3 + \frac{V_3^2}{2g} + 2.5 = h_4 + \frac{V_4^2}{2g}$$

$$h_3 + \frac{V_3^2}{2g} + 2.5 = h_4 + \frac{q^2}{2g h_4^2}$$

跳水後의 水深

$$h_4 = h_3/2 (\sqrt{1 + 8F_3^2} - 1)$$

減小流速

區分	發生流速 (m/sec)	流 量 (m³/sec)	附 記
apron 部	10.79	21.696	6.0m開門時
跳 水 後	3.62	"	
거친물받이	2.90	"	

7. PERT式 工程計劃 完成으로 工期短縮

本防潮堤의 施工物量은 捨石材169萬m³ 盛土材

大湖防潮堤設計와 施工 (I)

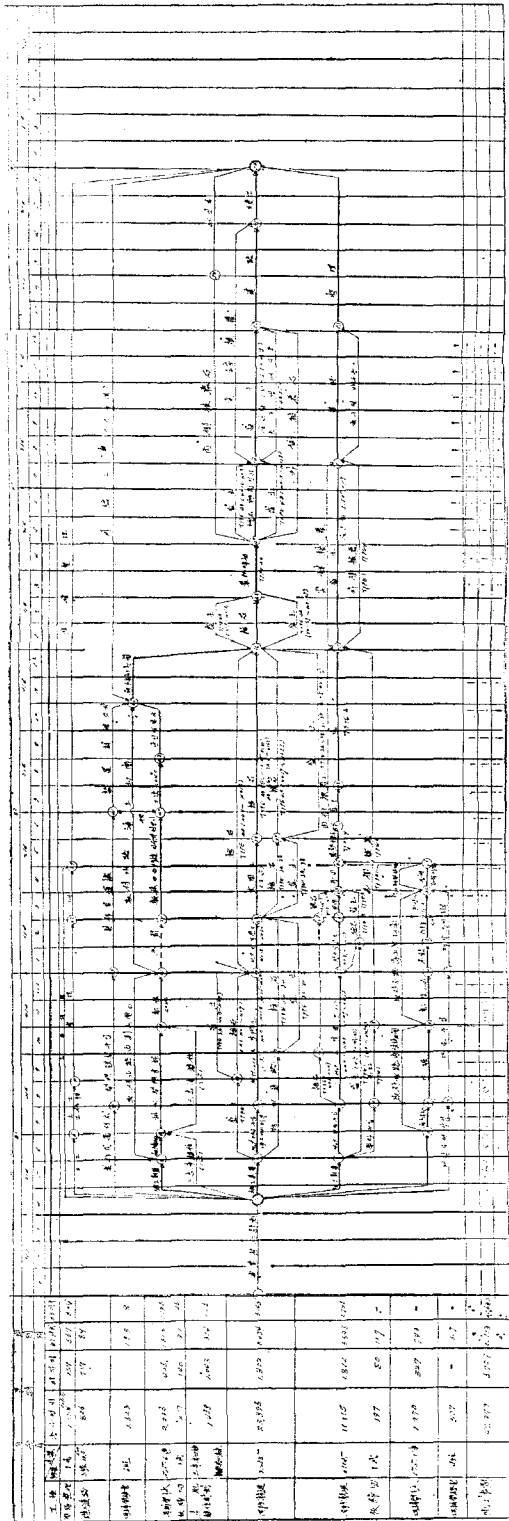


그림 17. 大湖防潮堤 PERT式 工程計劃表

575萬m³ 砂礫材 29萬m³ 計 773萬m³으로 插橋川防潮堤 施工物量 320萬m³에 比하여 約2.5倍가 되는 國內最大의 防潮堤 工事로 他地區보다 水深이 깊고 冬期에 波浪이 심한 惡條件으로 作業의 制限을 받고 床固工物量이 많고 締切前에 排水閘門을 完成하여야 하는 等 工程이 多様하며 特히 排水閘門 位置에 漁村部落 85棟을 철거해야 하고 33件의 漁業權의 被害補償等 어려운 問題點들을 선행 해결되지 않으면 事業을 進行할 수 없는 與件下에 工期를 36個月로 計劃하여 早期工事を 마무리져야 하는 關係로 年度別 段階別로 工程計劃 樹立과 PERT式 工程計劃을 完成하여 工事與件과 施行의 不均衡으로 工事中止 혹은 締切計劃을 變更하는 어려운 結果를 免치 않도록 하였다.

8. 工學的 分析을 爲한 波高計等 10種의 觀測器 設置

防潮堤와 排水閘門 施工後 維持管理와 構造의 安定性 檢討 및 기록을 유지 分析하여 他地區 設計資料로 活用코져 波高計 및 10種의 觀測器를 設置 計劃하였다.

種 別	個數	設置目的	設置場所
1. 土 壓 計	25	土 壓 分析	防潮堤 排水閘門
2. 間隙水壓計	7	間隙水壓分析	防 潮 堤
3. 沈下量計	6	沈下量分析	防 潮 堤
4. 波 高 計	1	波 分 析	外 海 側
5. 自己潮位計	1	潮 位 觀 測	"
6. 自己氣壓計	1	氣 象 觀 測	防潮堤 始點部
7. 自己雨量計	1	"	"
8. 自己風向風速計	1	"	"
9. 自己溫度計	1	"	"
10. 自己濕度計	1	"	"
11. 簡易雨量計	1	"	"

9. 防潮堤 設計適用 公式

本地區 防潮堤의 設計를 爲하여 새로운 理論과 새로운 實驗式等을 보다 폭넓게 活用함으로써 干拓技術 向上을 爲해 努力하였다. 特히 本地區에서 適用한 公式中에서 새롭게 檢討 活用된 것은 다음과 같다.

가. 波高推定

波高推定公式은 S—M—B法을 비롯하여 Bretschneider, 坂本, 井島, Stevenson, Moliter, Irribarren

Thitsse式等 많은 推定方法이 있으나 우리나라 西海岸 海岸條件과 가장 밀접한 修正 S-M-B法을 採擇하였고 跳波高 計算에 있어 Saville假想匂配法을 適用 張石(riprap)의 경우 冲刷를 고려함으로써 經濟的 提高를 定한것 等은 防潮堤 設計의 새로운 發展이라 하겠다.

나. 越波量 計算

設計波高는 經濟的인 設計를 爲해서 有義波高 ($H_s = H/3$)를 채택함으로 最大波浪에서는 防潮堤 頂部에 越波가 됨으로 被害의 可能性이 있다. 本地區의 計算越波流量은 約 0.02m³/m-sec로 限界越波量 0.05m³/m-sec보다 적어 內側측구로 排除計劃하였고 Saville式을 適用하였다.

다. 地盤洗掘 計算

基礎地盤 洗掘量深度計算은 地盤洗掘量 및 深度計

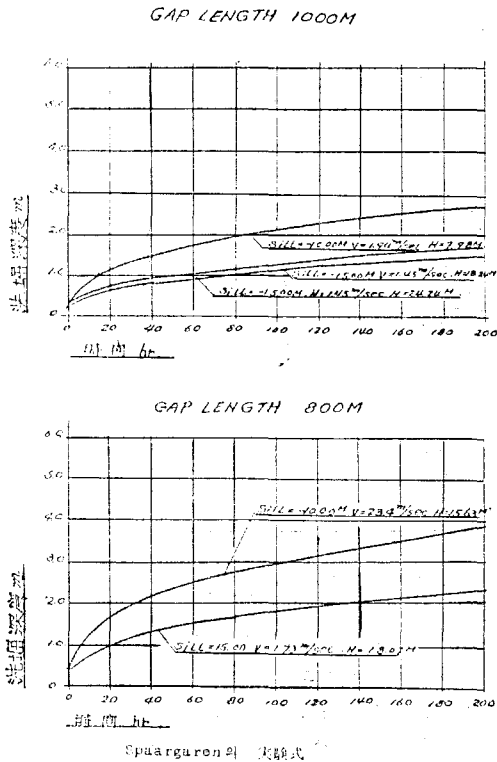


그림. 18. 第1號防潮堤洗掘深度曲線(最終締切區間)

算을 Spaargaren實驗式과 Thomas式과 Spaargaren式이 있으나 Thomas式을 芻論언제 하류부에 Apron이 없을 경우에 일어나는 洗掘深度計算이고 Spaargaren의 洗掘深度計算은 花崗의 델타와 그 締切計劃에 채용한 것으로 潮止工의 斜面傾斜가 $n < 5$ 일것. Apron의 길이 $l/D \geq 7$ 인 경우이다. 上記式은 公式이 복잡하고 水理學的인 여건이 복잡한 우리나라의 경우 適用上 問題點이 있다. 本地區에서는 Breuser氏의 實驗式은 간편하면서 다각적으로 活用할 수 있을 것으로 보아 他地區 設計時에 適用할 것을 권유하고 싶다.

$$h_{max} = 0.3(h_0)^{0.25} U^{1.5} t^{0.33}$$

$$\text{or } h_{max} = 0.3q^{1.5} h_0^{-1.25} t^{0.33}$$

여기서 h_{max} : 最大세굴 深度 m

q : 流量

h_0 : 洗掘地點의 水深

t : 時間(h_r)

라. 被覆石 重量計算

防潮堤의 被覆石 重量算定은 防潮堤設計에 있어서 重要한 要素인 同時에 가장 많이 쓰이는 公式이기도 하다. 適用公式은 Hudson이 1959년에 Iribarren公式을 수정하여 發表한 것으로 광범위한 실험결과를 토대로 하고 있어 日本항만 技術연구소 및 미공병대等 실험을 통해 이 公式의 타당성을 입증하고 있다. 古간 우리나라에서 소개된 內容은 KD值 適用상에 생략된 事項이라든가 제제부 제마루부, 쇠파와 비쇄과의 구별이 미흡한 點이 많아 設計者의 애로가 많았다. 그러므로 本設計에서는 美工兵隊發行 Shore protection manual에 소개된 內容을 適用하였으며 水面下部의 被覆材는 (-1.5H以下) 美國海岸 침식국(Beach erosion Board)에서 추천한 標準圖를 適用함으로써 堤體安定에 役績을 두어 計劃하였다.

마. 捨石材 透水流速

捨石材의 透水流速은 石材의 規格과 石質 혹은 施工方法等에 따라 많은 차이점이 있으나 捨石材의 空隔率에 크게 좌우된다. 捨石材의 透水流速의 重要性을 알면서 適當한 公式이 없어 darcy法則을 使用했었다. 다행이도 우리나라 仁川灣 독크工事に 活用했던 Cohende Lara實驗式이 있어 本地區에서 추천하게 됨은 干拓工事設計에 많은 裨益이라 하겠다.

大湖防潮堤 設計와 施工 (I)

러나 工法에 따라서 끝막이 할때에 짧은 時間에 流速이 대단히 크게 될때가 있으므로 수리모형 시험이 要求된다.

計算式

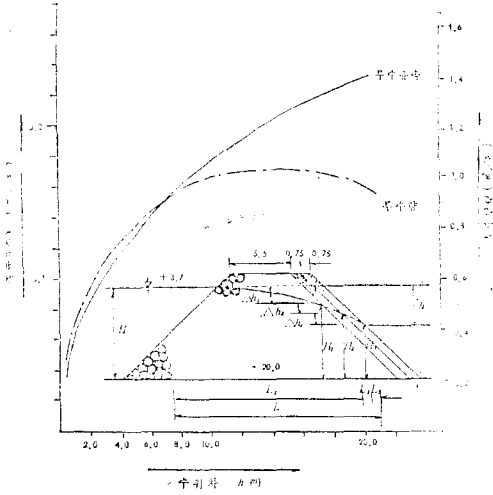
$$V_{max} = C_v \sqrt{2g h_{max}} \text{ m/sec}$$

여기서 V_{max} : 最大流速 m/sec

C_v : 流速計數 0.7~0.8

g : 重力가속도 m/sec²

h_{max} : 最大水位差



사석제 투수량 및 투수유속 계산

使用公式 Cohende Lara의 실험

사석의 입경 $D=0.5\text{m}$

공극율 $\lambda=30\%$

물의 동점성계수 $\nu=1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ (수온 20°C)

$$a = 5.5 + (5.5 - 3.7) \times 2 = 9.1 (\text{m})$$

$$L = a + 2H - \frac{H + H_2}{2}$$

$$C_1 = 0.2 + \frac{30}{VD/\nu} = 0.2 + \frac{30}{VD/1.01 \times 10^{-6}} \sim 0.2$$

$$V = \left(\frac{\lambda^2 D}{C_1 L} 2g \cdot h \right)^{1/3}$$

그림. 19. 사석제 통과 투수유속 및 투수량 곡선)

바. 締切流速計算 및 流速變化에 依한 捨石個當 크기

1) 流速計算

最大流速은 發生回數도 많고 세굴력도 크다. 그

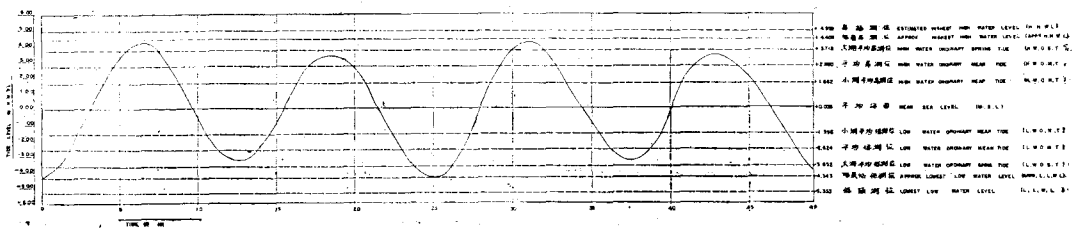


그림. 20. 대호 1호 방조제 조위곡선도(대조)

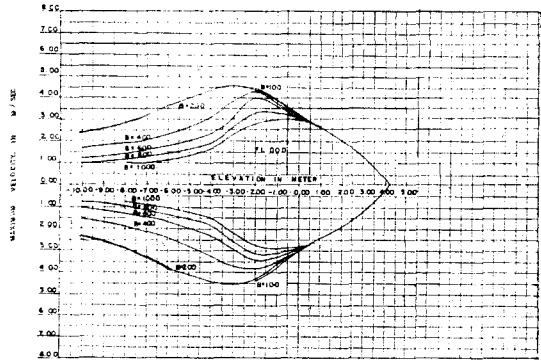


그림. 21. 대호 1호 방조제 최종체절구간 최대유속도(대조)

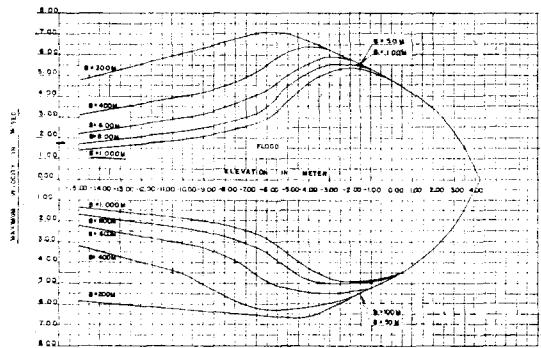


그림. 22. 대호 1호 방조제 최종체절구간 최대유속도(소조)

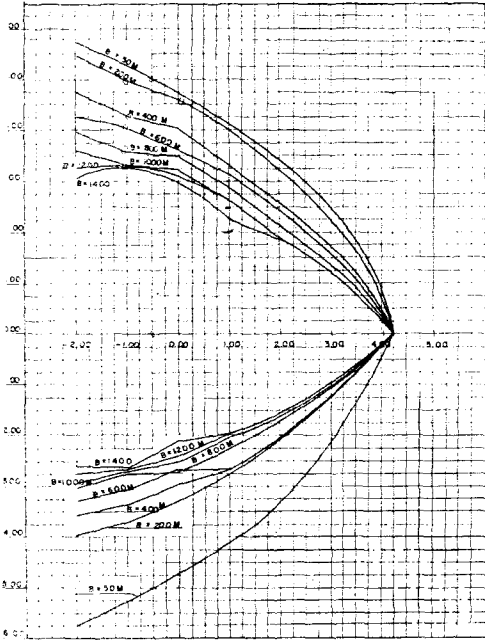


그림. 23. 대호 2호 방조제 최종체질구간 최대유속도(대조)

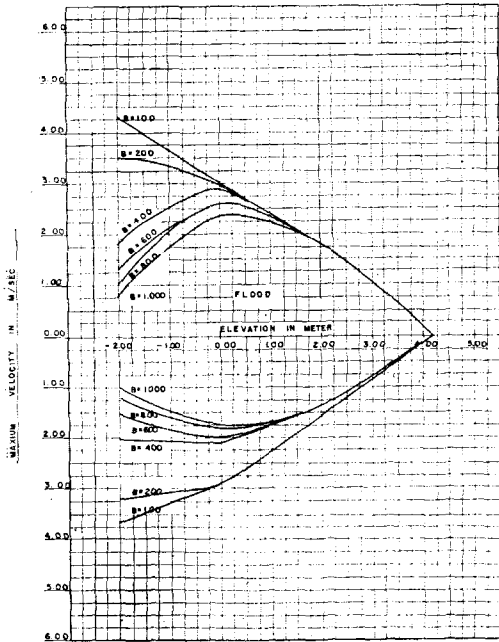
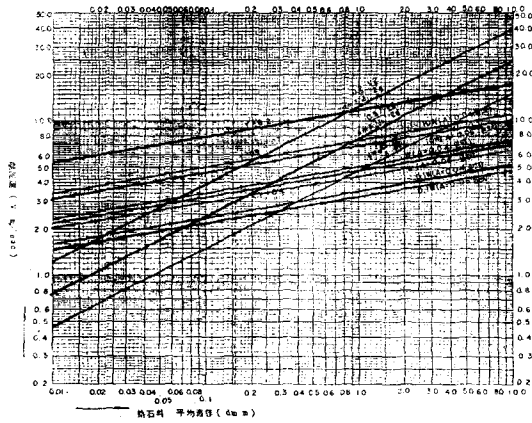


그림. 24. 대호 2호 방조제 최종체질구간 최대유속도(소조)

나. 捨石個當重量

捨石 個當 重量은 다음식에 의해 計算되며 그 간 잘못되었던 計數를 整理하여 圖表로써 소개코져 한다.

- 1) 潮流速의 變化에 對한 捨石의 個當 重量 및 크기
- 2) 流速에 對한 돌무제와의 관계
- 3) 미개척국의 흐름에 대한 상태에 따른 추천 공식



$$W = \frac{\gamma r}{(\gamma r - 1)} V A^2 (A = 0.04 \sim 0.06)$$

$$dm : (i) \text{ 난류현상이 적을때 } dm \geq \frac{0.2}{\delta} \frac{V^2}{2g}$$

$$(ii) \text{ 난류일때 } dm \geq \frac{0.5}{3} \frac{V^2}{2g}$$

여기서 $\gamma r = 2.6t/m^3$

$$\gamma w = 1.03t/m^3$$

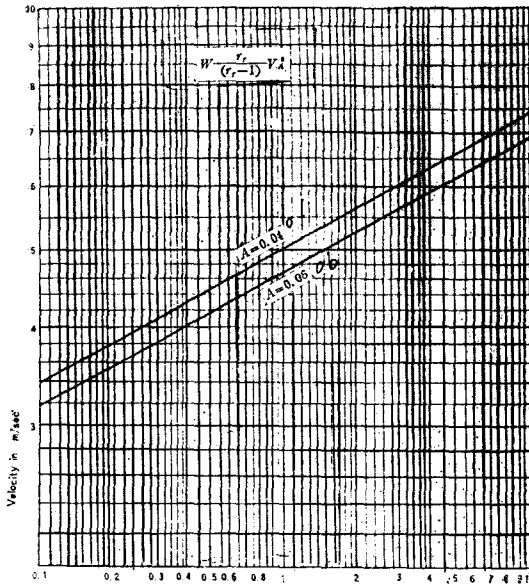
捨石의 個當重量

(例) $V = 3m/sec$ 일때

$$W = 0.071ton (A = 0.06)$$

$$dm \geq 0.151m \left(dm \geq \frac{0.5}{\delta} \frac{V^2}{2g} \right)$$

그림. 25. 潮流速의 變化에 對한 捨石의 個當重量 및 크기



$$1. W = \frac{r_r}{(r_r - 1)} V \cdot A$$

- 여기서 W : 재료의 개당 평균 중량
- r_r : 재료의 비중
- V : 조류속
- A : 계수 (0.04 ~ 0.06)

그림. 26. 유속에 대한 돌무게와의 관계도

미개척국(U.S.B.R)은 흐름의 상태 즉 난류성에 따라 다음과 같은 공식을 추천하였다.

$$\text{난류가 적을때 } Dm \geq \frac{0.2}{\Delta} \cdot \frac{U^2}{2g}$$

$$\text{난류 일때 } Dm \geq \frac{0.5}{\Delta} \cdot \frac{U^2}{2g}$$

$$\text{난류가 클때 } Dm \geq \frac{1.4}{\Delta} \cdot \frac{U^2}{2g}$$

- 여기서 Dm : 재료의 평균지름(m)
- U : 유속(m/sec)

$$\Delta : \frac{es - ew}{ew} \text{ 재료의 상대밀도}$$

es : 재료의 단위중량

ew : 해수의 단위중량

$$\Delta : \frac{2.6 - 1.03}{1.03} = 1.524$$

IV. 結 論

1. 本地區 防潮堤의 特徵을 要約하면 縮切延長이 9,225m(防水道路 1,418m포함)이며 投入될 土石量이 總7,730,000m³로써 國內最大 規模의 防潮堤일 뿐 아니라 最終縮切 條件에서도 10.29m의 干滿潮差로 發生하는 潮汐量이 最大 2억 3천만m³이 되며 最大 縮切流速이 6.2m/sec나 된다. 또한 基礎地盤이 平均海面下 21.14m로써 우리나라 干拓史上 最大의 難工事로 豫상되고 있다.

2. 他地區에서는 通常 전구간을 捨石斷面으로 縮切하였으나 本地區에서는 縮切延長 9,225m中 40%에 해당하는 3,039m 區間을 純盛土(土砂)斷面으로 과감하게 計劃 하므로써 工事費 節減은 물론 工期 縮短의 效果를 得하였다.

3. 防潮堤 軟弱基礎地盤 處理를 위하여 插橋川 및 榮山江 하구언 防潮堤 工事에서는 모래(海砂)置換工法을 채용하였으나 本地區에서는 pre-loading工法을 채용하였는데 pre-loading工法은 軟弱地盤에 荷重을 미리 실어(載荷) 그 荷重에 의해 軟弱土層이 壓密되어 支耐力이 향상되므로써 堤體의 安定을 도모하도록 基礎地盤을 改良하는 것으로 載荷重에 해당하는 材料는 床固捨石 및 縮切捨石(漸高)으로 활용하므로써(EL-10m漸高)을 별도 工事費를 투입치 않고 軟弱地盤을 처리토록하는 經濟的 工法을 채용하였다.

4. Mattress 및 Filiter工法의 難題를 解決함은 勿論 淡水化計劃으로 國內最初의 除鹽암거設置 計劃은 本地區工事의 特徵이라 하겠으며 他地區에도 널리 適用될 것이다.