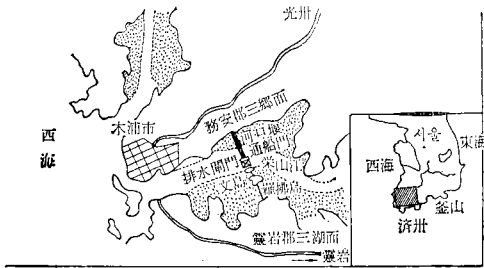


榮山江河口堰의 設計

(I. 排水閘門編)

韓 相 昱* • 韓 相 龍*

I. 序 論



榮山江 河口堰 位置圖

榮山江은 流域面積이 2,798km²이며 流路延長은 115km로서 우리나라 西南部인 湖南穀倉의 中心部를 流下하는 五大江의 하나이다.

이江의 特性은 颱風의 進路이며 流域은 放射線形으로 流出의 同時集中에 依한 洪水量이 크고 下流部는 潮水및 狹窄部의 影響으로 洪水의 疏通이 느려 年例의인 洪水被害가 發生되고 있으며 流域의 耕地比率이 크고 降雨의 季節의 偏重에 依하여 물의 需要가 커서 旱害 또한 제일큰 地域이다.

이와같이 旱水害의 惡循環을 벗기 爲한 大役事가 榮山江流域開發事業이며 이의 概要를 살펴보면 이는 政府에서 推進하고 있는 四大江流域開發과 大單位 農業開發事業의 一環으로 施行되고 있으며 全體開發面積 126,000ha를 6,500億원을 投入하여 1972년부터 1995년까지 段階別로 開發하도록 計劃되었다.

이中 河口堰 工事は 核心工種으로서 1978년부터 1981년까지 4個年에 걸쳐 建設하도록 計劃되어 있으며 이의 重要工種으로는 河口堰댐과 排水閘門 그리고 通船門으로 區分된다.

이中 排水閘門 設計에 對하여 紹介코져 한다.

II. 河口堰의 概要

河口堰은 北緯34°46', 東經126°28'의 韓國西南端

그리고 木浦港에서 6km上流地點인 靈岩灣에 位置하고 있다.

河口堰의 流域面積은 3,471km²이고 流路延長은 138km이며 潮汐은 1日2回潮이고 平均潮差는 4m이다.

1. 潮 位

潮位는 木浦港基本水準面(M.H.D)을 基準으로 다음과 같으며 本章에서 記述되는 모든 標高는 M.H.D를 基準하였다.

高極潮位(H.H.W.L)+4,750m

大潮平均滿潮位(H.W.O.S.T)+3,741m

平均滿潮位(H.W.O.M.T)+3,347m

平均海面(M.S.L)+2,148m

平均干潮位(L.W.O.M.T)+0.922m

略最低干潮位(Approx L.L.W.L)±0.00

低極潮位(L.L.W.L)-0.840m

2. 河口堰의 規模

가. 河口堰및 榮山湖

位置: 始點: 全南 務安郡 三鄉面 玉岩里

終點: 全南 靈岩郡 三湖面 山湖里

延長: 4,351m

貯水量: 253百萬噸

管理水位: +1.0m

洪水位: +3.73m

滿水面積: 3,460ha

나. 排水閘門

크 기: 幅30m×高13.6m×8連

두께: 3.6m

型式: Shell type lift roller gate

重量: 467Ton/門

Sill標高: -7.0m

다. 通船門

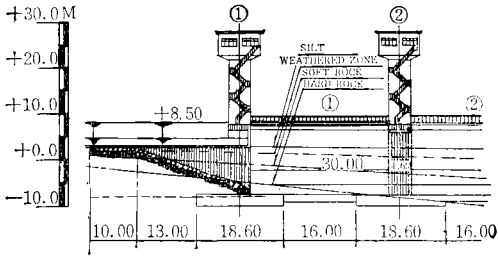
標準船舶: 30TON級旅客船

閘室規模: 有効幅 6.0m

*農業振興公社 榮山江事業所

길 이 : 30m
 水位調節 : 閘門式

Ⅲ. 排水閘門의 設計



排水閘門 前面圖

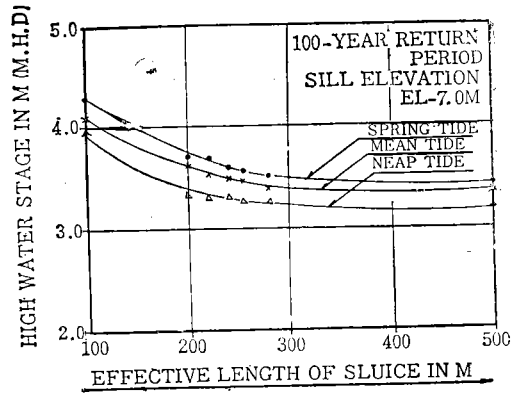
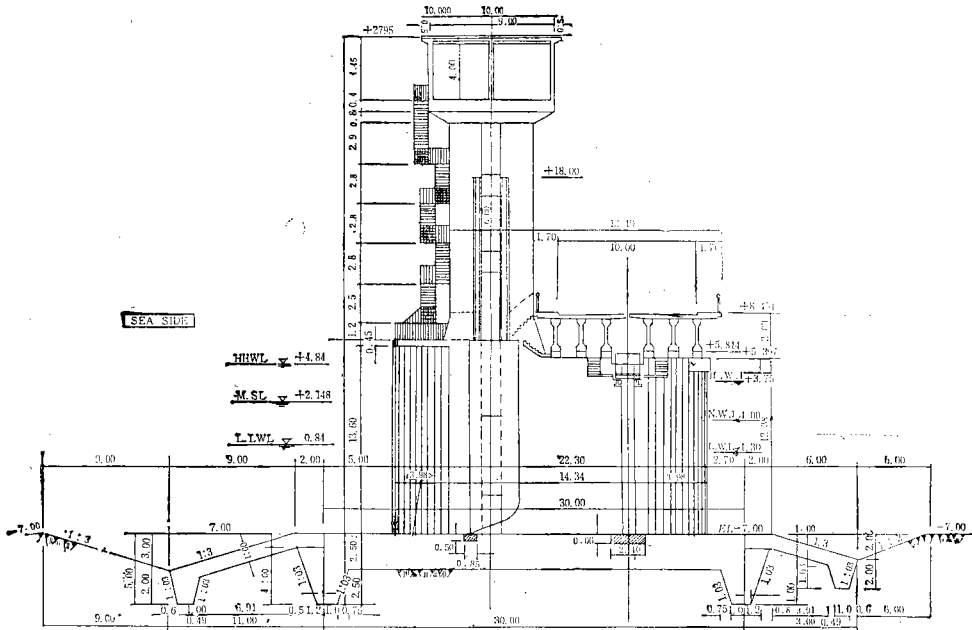


Fig. 1. Relation Between Effective Length & high water stage



排水閘門 橫斷面圖

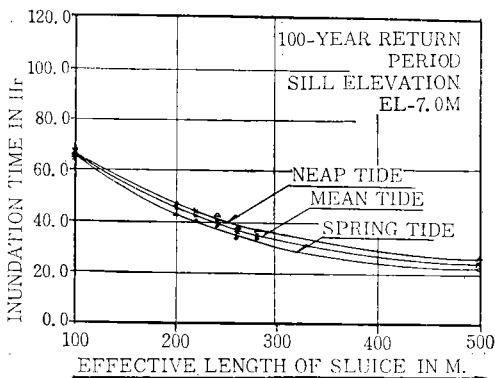


Fig. 2. Relation Between Effective Length & inundation time

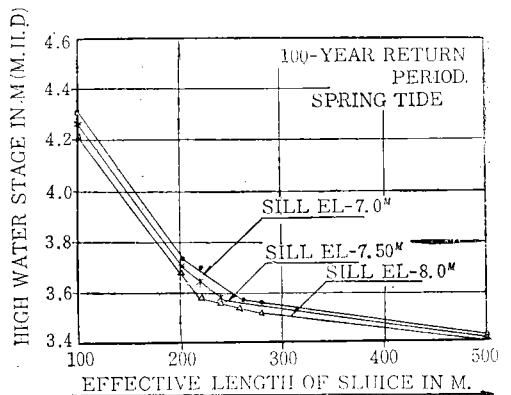


Fig. 3. Relation Between Effective Length & High water stage

表-1. 各條件別 洪水排除 成果表

유호폭 (M)	SILL (EL)	홍수위 및 침수시간 (hr)		빈도(년)								
				1			5			10		
				대조	중조	소조	대조	중조	소조	대조	중조	소조
200	EL -7.00	홍수위	수위	+2.28	+2.23	+2.42	+3.13	+3.05	+2.97	+3.27	+3.23	+3.12
		침수시간	EL+1.0이상	68.1	72.3	74.3	72.4	73.8	78.0	72.5	73.9	78.0
			EL+2.2 "	4.0	1.5	6.7	29.4	27.4	29.7	34.5	33.9	36.5
	EL -7.50	홍수위	수위	+2.27			+3.10			+3.25		
		침수시간	EL+1.0이상									
			EL+2.2 "									
EL -8.00	홍수위	수위	+2.26			+3.06			+3.25			
	침수시간	EL+1.0이상										
		EL+2.2 "										
220	-7.00	홍수위	수위	+2.26	+2.21	+2.39	+3.07	+3.03	+2.96	+3.25	+3.17	+3.06
		침수시간	EL+1.0이상	63.8	72.2	74.1	72.1	73.7	78.0	72.3	73.7	78.0
			EL+2.2 "	3.3	1.1	6.2	26.1	23.4	26.5	31.1	38.1	31.8
	-7.50	홍수위	수위	+2.25			+3.03			+3.22		
		침수시간	EL+1.0이상									
			EL+2.2 "									
-8.00	홍수위	수위	+2.26			+3.00			+3.17			
	침수시간	EL+1.0이상										
		EL+2.2 "										
240	-7.00	홍수위	수위	+2.26	+2.21	+2.38	+3.02	+3.00	+2.93	+3.20	+3.15	+3.04
		침수시간	EL+1.0이상	60.9	70.2	74.0	71.9	73.6	76.4	72.0	73.6	77.2
			EL+2.2 "	2.4	1.2	5.3	23.6	21.9	24.5	28.4	24.7	29.5
	-7.50	홍수위	수위	+2.18			+2.99			+3.16		
		침수시간	EL+1.0이상									
			EL+2.2 "									
-8.00	홍수위	수위	+2.24			+2.97			+3.12			
	침수시간	EL+1.0이상										
		EL+2.2 "										
260	-7.00	홍수위	수위	+2.26	+2.19	+2.35	+2.98	+2.95	+2.90	+3.14	+3.12	+3.04
		침수시간	EL+1.0이상	58.4	68.0	73.8	71.1	73.5	74.5	71.9	73.5	75.8
			EL+2.2 "	1.9	0.0	3.6	21.8	20.6	22.7	25.4	23.2	28.1
	-7.50	홍수위	수위	+2.22			+2.97			+3.11		
		침수시간	EL+1.0이상									
			EL+2.2 "									
-8.00	홍수위	수위	+2.19			+2.96			+3.09			
	침수시간	EL+1.0이상										
		EL+2.2 "										
-7.00	홍수위	수위	+2.21	+2.15	+2.34	+2.96	+2.91	+2.88	+3.10	+3.08	+3.01	
	침수시간	EL+1.0이상	56.1	66.1	72.7	69.9	72.9	74.2	71.1	73.4	74.4	
		EL+2.2 "	0.5	0.0	2.6	20.4	19.4	21.7	23.5	22.2	25.0	

榮山江 河口 疏의 設計

280	-7.50	홍수위	+2.18			+2.96			+3.08		
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "								
-8.00	침수시간	홍수위	+2.15			+2.96			+3.06		
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "								
500	-7.00	홍수위									
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "								
	-7.50	침수시간	홍수위								
침수시간			EL+1.0이상 EL+2.2 "								
-8.00	침수시간	홍수위									
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "								

유폭 표M)	SILL (EL)	빈도(년)				20			50			100		
		홍수위 및 침수시간		조석	대조	중조	소조	대조	중조	소조	대조	중조	소조	
		침수시간 (hr)	조석											
200	-7.00	홍수위	+3.47	+3.32	+3.18	+3.63	+3.48	+3.25	+3.73	+3.61	+3.33			
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "	72.5	74.1	78.0	72.7	75.9	78.0	72.8	77.2	78.0		
	-7.50	침수시간	홍수위	+3.42			+3.59			+3.70				
			침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						72.5				
	-8.00	침수시간	홍수위	+3.39			+3.56			+3.68				
			침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						72.33				
220	-7.00	홍수위	+3.40	+3.28	+3.16	+3.57	+3.43	+3.23	+3.70	+3.53	+3.30			
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "	72.3	73.8	78.0	72.4	74.0	78.0	72.5	74.1	78.0		
	-7.50	침수시간	홍수위	+3.38			+3.55			+3.64				
			침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						72.16				
	-8.00	침수시간	홍수위	+3.38			+3.54			+3.59				
			침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						72.17				
240	-7.00	홍수위	+3.38	+3.25	+3.15	+3.55	+3.41	+3.21	+3.62	+3.50	+3.30			
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "	72.2	73.5	77.7	72.2	73.8	78.0	72.3	73.8	78.0		
	-7.50	침수시간	홍수위	+3.35			+3.53			+3.58				
			침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						72.08				
	-8.00	침수시간	홍수위											
			침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						36.17				

260	-8.00	홍수위	+3.31			+3.51		+3.56			
		침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						72.00 34.67		
	-7.00	홍수위	+3.29	+3.24	+3.13	+3.53	+3.36	+3.18	+3.57	+3.48	+3.29
280	-8.00	침수시간	72.0	73.6	76.1	72.0	73.6	76.8	72.1	73.7	77.4
		EL+1.0이상 EL+2.2 "	30.3	27.7	31.3	33.8	33.2	34.4	35.8	37.2	37.9
	-7.50	홍수위	+3.29		+3.1	+3.52			+3.56		
500	-8.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						72.00 34.33		
		EL+1.0이상 EL+2.2 "							71.83 33.50		
	-7.00	홍수위	+3.25			+3.47			+3.55		
260	-8.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						71.83 33.50		
		EL+1.0이상 EL+2.2 "							71.83 32.83		
	-7.50	홍수위	+3.28	+3.23	+3.14	+3.50	+3.34	+3.18	+3.56	+3.44	+3.21
280	-8.00	침수시간	71.8	73.5	74.7	72.0	73.6	75.4	71.9	73.6	75.9
		EL+1.0이상 EL+2.2 "	28.9	25.8	29.9	32.2	29.7	32.7	34.1	34.6	34.7
	-7.50	홍수위	+3.24			+3.45			+3.55		
500	-8.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						71.83 32.83		
		EL+1.0이상 EL+2.2 "							70.00 32.00		
	-7.00	홍수위	+3.22			+3.42			+3.53		
260	-8.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						70.00 32.00		
		EL+1.0이상 EL+2.2 "							65.3 22.7	68.8 24.8	73.3 26.9
	-7.50	홍수위							+3.41		
500	-8.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						71.16 22.67		
		EL+1.0이상 EL+2.2 "							64.67 22.50		
	-7.00	홍수위							+3.43	+3.37	+3.21
260	-8.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						65.3 22.7	68.8 24.8	73.3 26.9
		EL+1.0이상 EL+2.2 "							71.16 22.67		
	-7.50	홍수위							+3.40		
500	-8.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "						64.67 22.50		
		EL+1.0이상 EL+2.2 "									
	-7.00	침수시간	EL+1.0이상 EL+2.2 "								

排水閘門은 河口堰의 左端側 文島에서 河口堰側으로 300m距離에 岩礁가 發達되어 있어 이 사이에 設置되며 門扉의 規模는 幅 30m, 높이 13.6m, 8連으로 Shell型 單一門扉이다.

排水閘門은 다음 事項들을 比較檢討하여 適定한 規模로 決定하였다.

1. 適定規模의 決定

가. 洪水排除

河口堰의 流域面積 3,471km²로부터 流入되는 洪水量 $Q_{max}=5,600m^3/sec$ 을 排除하기 爲하여 洪水의 頻度年別로 排水閘門의 有效幅과 Sill 標高를 變化시켜가면서 洪水排除能力을 檢討하였으며 (表-1 參照)

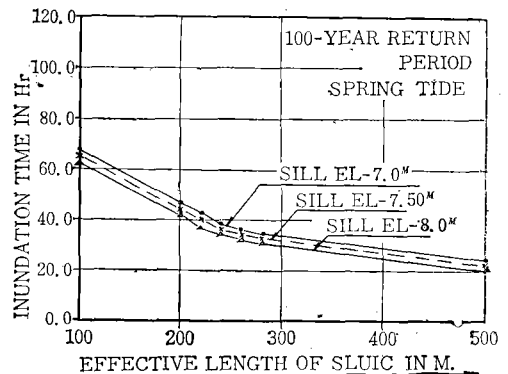


Fig. 4. Relation Between Effective Length & inundation time

但 門扉는 +5.80m까지 引揚할 수 있으므로 內水位 最大가 +3.73m로서 洪水排除와는 無關하므로 考慮치 않았다.

Sill 標高를 -7.00m로 假定하고 潮汐別 通水斷面의 全幅을 變化시켜 洪水位를 考察하여 보면 Fig. 1과 같다.

幅을 100m에서 부터 增加시켜보면 洪水位는 急速히 降下하다가 240m 前後를 轉換點으로 하여 둔화하며 曲線의 傾斜는 완만 하여진다

Fig. 2는 Fig. 1에서 縱軸의 洪水位를 浸水時間으로 代替하여 檢討한바 여기에서도 Fig. 1에서와 類似的한 現象을 나타내고 있다.

Sill 標高를 變化시켜 Fig. 1.2와 같은 方法으로 Fig. 3.4를 考察하여 보면 역시 여기에서도 閘門의 有效幅이 240m에서 曲線傾斜의 轉換點을 가져오므로 閘門幅의 適定規模는 240m로 判斷될 수 있다.

나. Sill 標高와 基礎地盤

Sill 標高는 排水閘門의 通水斷面과 基礎地盤狀態 그리고 所要淡水層의 確保等을 考慮하여 決定하였다.

表-1에서 排水閘門의 幅이 240m일때 100年頻度 洪水時에 Sill標高別 洪水位는 Sill標高 -7m일때 洪水位는 +3.62m이며 -7.50m일때 洪水位는 +3.58m 이고 1m깊은 -8.00m일때에도 洪水位는 +3.56m 로 6cm差밖에 發生하지 않으므로 Sill標高를 -7.00m 로 決定하였다.

基礎地盤 狀態는 岩礁附近(排水閘門과 河口堰의 接續附近)에서 岩盤線이 排水閘門 基礎와같이 排水閘門을 良好한 地盤에 設置하여 構造物의 安全性을 期하도록 하였다.

다. 所要淡水層

淡水湖는 安全을 보아 Sill標高까지 淡水化되는 것으로 計劃하였다.

平常의인 경우 所要淡水層은 管理水位에서 Sill標高까지와 渴水位에서 Sill標高까지 2個의 경우를 檢討하였다.

公式 $H_c : 5 \log V_{10} - 1$

式中 H_c : 鹽水混入 限界水深(m)

V_{10} : 水面上 10m地點의 風速(m/sec)

本地區의 設計 最大風速은 $V_{max} = 31.0m/sec$ 이므로 所要淡水層 H_c 는 6.45m가 된다.

淡水湖의 管理水位는 +1.00m이며 Sill標高는 -7.00m이므로 所要淡水層보다 1.55m 餘裕가 있으나

渴水時에는 水位가 -1.30m까지 降下하므로 이때에는 0.75m가 不足하나 管理水位와 渴水時의 平均値를 取하면 Sill標高 -7.00m는 所要淡水層을 確保하는데도 適當한 것으로 判斷하였다.

라. 徑間長

排水閘門의 徑間을 決定하는데는 土木과 機電을 包含한 工事費, 維持管理 그리고 水利狀況, 治水等의 檢討를 거쳐 決定하였다.

(1) 工事費: 徑間 10m, 20m, 30m, 40m에 對한 土木, 機電工事費를 合算하여보면 30m인 경우가 僅少하게 低廉하다.

(2) 維持管理: 門扉의 操作및 維持管理等은 門의 數가 적은편이 容易하다.

따라서 門扉의 徑間은 크게 하는 편이 有利하다.

(3) 水利狀況: 洪水排除時에는 橋脚에 依한 縮流現象이 發生한다.

따라서 徑間을 크게해서 橋脚數를 적게하는 것이 水利의으로 有利하다.

(4) 治水: 本閘門은 河口에 設置되는 河川 構造物로도 볼 수 있다.

이경우 洪水量이 크면 流木等 洪水時 流下物이 많 아진다는 見地에서 設計洪水量에 比例해서 門扉徑間을 考慮하는 例가 있어 參考하였다.

設計洪水量別 徑間長

設計洪水量	所要徑間長	備考
500m ³ /sec未滿	15m以上	日本河川管理施設構
500~2,000 "	20 "	造 令拔萃, 所要徑間
2,000~4,000 "	30 "	長에는 橋脚의 두께
4,000 以上	40 "	가包 되슬어 있음.

마. 結果

以上 各事項을 檢討 綜合하여 通水斷面의 全幅은 240m로 Sill標高는 -7.00m, 純徑間長은 30m로 各 각 決定하였다.

2. 門扉의 設計

排水閘門의 門扉에 作用하는 波高와 水壓은 門扉의 높이와 規模를 決定하는 要因이다.

排水閘門에 作用하는 諸條件에 따른 波高를 計算하여 門扉의 높이를 決定하고 內外水壓과 荷重에 依한 諸應力을 計算하여 斷面을 決定하면 다음과 같다.

가. 門扉에 作用하는 諸條件

區 分	外 側	內 側
最低內水位		-1.30M
最高外水位	+4.87M	-
對岸距離	8.100M	2.870M
風 速	(WSW) 24M/sec	(ENE) 23.6M/sec
最高內水位	-	+3.73M
最低外水位	-0.84	
對岸距離 및 區間別水深		

나. 波 및 扉頂標高의 決定

波高 計算에는 Willson式, Molitor式 Stevenson式等 各 公式에 依하여 計算 比較하였으며 其中 本地區에서는 Willson式에 依한 값을 採擇하였다.

波壓計算은 Sain Flou의 簡略公式를 使用하였다. 外側의 경우 가 項의 各 條件을 代入하여 計算한 波高와 波壓은 아래와 같다.

- $h_{1/10}=1,905m$ (1/10波高)
- $h_{1/3}=1.45m$ (有義波高)
- $T=3.99sec$ (週期)
- $L=24.82m$ (波長)
- $P_1=2,065T/m^2$ (靜水面上 波壓強度)
- $P_2=0.196 "$ (構造物下端의 ")
- $h_{01}=0.46m$ ($h_{1/10}$ 時波高中分水面의 靜水面上 높이)
- $h_{02}=0.27 "$ ($h_{1/3}$ 時 波高中分水面의 靜水面上 높이)

上記 結果를 圖示하면 Fig. 5, 6과 같다. Fig. 5에서와 같이 扉頂標高는 +6.60m {HHWL (4.84) + $h_{01}/3(0.27) + h_{1/3}(1.45) \div 6.60m$ }이며 門扉의 높이는 13.6m이다.

門扉의 強度는 Fig. 6에서와 같이 安全을 고려하여 $h_{1/10}$ 波에 依한 水壓을 適用하였다.

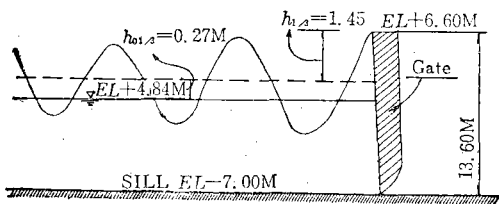


Fig. 5. $h_{1/3}$ 波가 作用時

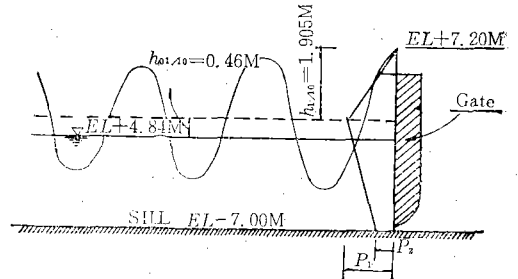


Fig. 6. $h_{1/10}$ 波가 作用時

本地區에서는 最大 外水壓과 最小 內水壓(靜水壓)이 作用하는 경우 가 門扉에 最惡의 影響을 미치므로 本 경우를 組合하여 圖示하면 Fig. 7과 같다.

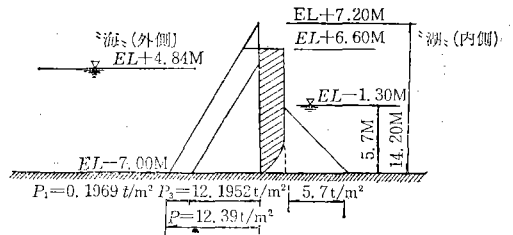


Fig. 7. 最大外水壓이 作用時 內外水壓의 組合

다. 設 計

(1) 諸 元
型式 : Shell Type, Vertical Lift Roller Gate,
Single Stage Type

門扉數 : 8門

徑 間 : 30m

扉 高 : 13.6m

縮切時 設計水深

湖 側 : 12.35m(波高 1.62m 包含)

海側 : 6.16m

門扉敷高 : EL. -7.00m

水密方式 : 前面3方止水 크루에 依함

卷揚機型式 : 2Motor 2Drum, Wier Rope卷上式

揚程 : 12.80m

開閉速度 : 0.3m/min

操作 : 機側 및 遠方

(2) 設計荷重

門扉에 作用하는 荷重은 閉門時와 引揚時의 2個 條件을 檢討하였다.

門扉의 強度計算은 Fig. 8과 같이 水位가 外高內低일때 全水壓을 基準하였으며 卷揚機의 能力은 Fig. 9와 같이 水位가 外低內高일때 全水壓을 基準하였다.

內外水壓 P_1, P_2 와 Sill로부터 水壓의 作用點까지의 距離 y_1, y_2 는 다음 計算과 같다.

閉門時

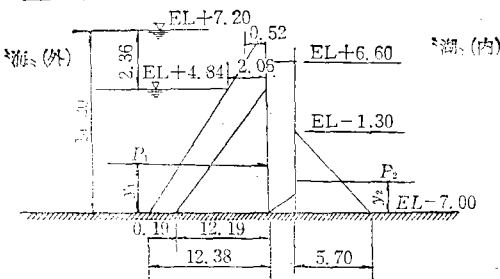


Fig. 8. 閉門時 最大水壓

$$P_1 = (0.52 + 12.38) / 2 \times 13.6 = 87.72 \text{ t/m}^2$$

$$P_2 = (5.7 \times 5.7) / 2 = 16.24 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore P = (87.72 - 16.24) \times 30 = 2,144.4 \text{ t}$$

$$y_1 = \frac{13.6(12.38 + 2 \times 0.52)}{3(12.39 + 0.52)} = 4.71 \text{ m}$$

$$y_2 = 5.7 / 3 = 1.90 \text{ m}$$

全水壓의 中心 y 는

$$y = \frac{(87.72 \times 4.71 - 16.24 \times 1.9) \times 30}{2,144.4} = 5.31 \text{ m}$$

$$P_1 = (6.16 \times 6.35) / 2 \times 30 = 586.74 \text{ t}$$

$$P_2 = (10.75 \times 12.34) / 2 \times 30 = 1,989.83 \text{ t}$$

$$\therefore \text{全水壓 } P = 1,989.83 - 586.74 = 1,403.09 \text{ t}$$

表-2. y 軸에 對한 計算表

單位 : cm

部材番號	部材	A cm ²	x cm	A · x cm ³	A · x ² cm ⁴	iy cm ⁴
1	2.2 × 1,359.80	2,991.56	1.10	3,290.71	3,619.78	1,206.59
2	2.2 × 360.40	792.88	180.20	142,876.97	25,746,431.07	8,559,835.89
3	1.8 × 357.60	643.68	180.00	115,862.40	20,855,232.00	6,859,363.04
4	1.8 × 357.60	643.68	"	115,862.40	"	"
5	2.2 × 285.10	627.22	133.90	83,984.75	11,245,559.09	3,751,527.42
6	2.2 × 160.60	353.32	313.90	110,907.14	34,813,753.75	249,926.21

引揚時

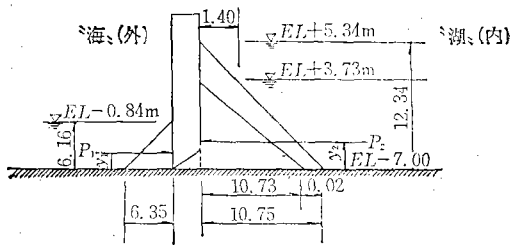


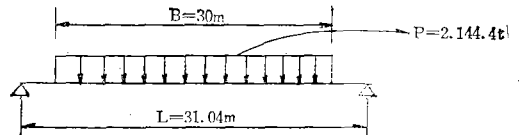
Fig. 9. 引揚時 最大水壓

$$y_1 = 6.16 / 3 = 2.05 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{1,989.83 \times 4.11 - 586.74 \times 2.05}{1,989.83 - 586.74} = 4.97 \text{ m}$$

(3) 彎曲 모멘트 및 剪斷力

全水壓 P 가 扉體에 作用時 誘發되는 最大 모멘트와 剪斷力 F 는 아래와 같다.



$$M_{max} = \frac{1}{8}(ZL - B)P = 8,599.04 \text{ t-m}$$

$$F = \frac{1}{2}P = 1,072.2 \text{ t}$$

(4) 扉體의 斷面2次 모멘트 計算

扉體의 標準斷面을 Fig. 10과 같이 強度를 極大化 시키기 爲하여 空洞을 갖는 Shell Type로 假定하고 x, y 軸에 對한 斷面2次 모멘트를 計算한다.

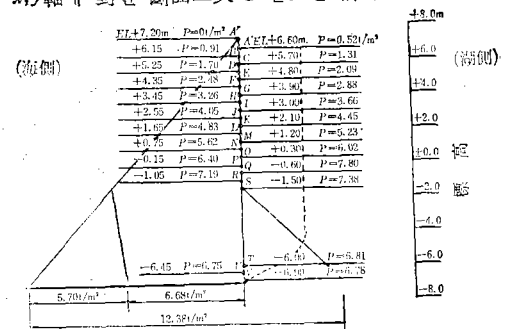


Fig. 11. 最大全水壓에 作用時 門扉各點에 作用하는 最大水壓分布

7	2.2×1,103	2,426.60	360.00	873,576.00	314,487,360.00	978.72
8	T20×20×2/2	80.00	17.85	1,428.00	25,489.80	3,766.66
9	"	"	"	"	"	"
10	"	"	"	"	"	"
11	"	"	"	"	"	"
12	"	"	"	"	"	"
13	"	"	"	"	"	"
14	"	"	"	"	"	"
15	"	"	"	"	"	"
16	"	"	"	"	"	"
17	"	"	"	"	"	"
18	"	"	"	"	"	"
19	"	"	"	"	"	"
20	"	"	121.10	9,688.00	1,173,216.80	1,346.66
21	"	"	241.10	19,288.00	4,650,336.80	"
22	"	"	344.35	27,548.00	9,486,153.80	3,766.66
23	"	"	"	"	"	"
24	"	"	"	"	"	"
25	"	"	"	"	"	"
26	"	"	"	"	"	"
27	"	"	181.10	14,488.00	2,623,776.80	1,629.74
28	"	"	121.10	9,688.00	1,173,216.80	1,346.66
29	"	"	241.10	19,288.00	4,650,336.80	"
30	"	"	121.10	9,688.00	1,173,216.80	"
31	"	"	241.10	19,288.00	4,650,336.80	"
計	—	10,398.94	—	1,702,652.37	495,838,271.89	26,355,943.83

$$\delta = \frac{\sum Ax}{\sum A} = \frac{1,702,652.37}{10,398.94} = 163.73\text{cm}$$

$$I_y = \sum Ax^2 + \sum ioy - \sum A\delta^2 = 243,424,497.59\text{cm}^4$$

表-3. x 軸에 對한 計算表

單位 : cm

部材番號	部 材	A cm ²	y cm	A·y cm ³	A·y ² cm ⁴	i _{ox} cm ⁴
1	2.2×1,360	2,992.00	680.00	2,034,560.00	1,383,500,800.00	461,083,084.80
2	2.2× 358	787.60	1,351.00	1,064,047.60	1,437,528,307.60	21,356.44
3	2.2× 357.6	786.72	910.00	715,915.20	651,482,832.00	317.31
4	"	"	460.00	361,891.20	166,469,952.00	"
5	2.2×2,851	627.22	58.75	368,491.75	21,648,890.31	499,345.21
6	2.2× 160.6	353.32	173.20	61,195.02	10,598,978.15	508,998.42
7	2.2×1,103	2,426.60	790.50	1,918,227.30	1,516,358,680.65	246,014,143.55
8	T20×20 2/2	80	100.00	8,000.00	800,000.00	1,346.66
9	"	"	190.00	15,200.00	2,888,000.00	"
10	"	"	280.00	22,400.00	6,272,000.00	"
11	"	"	370.00	29,600.00	10,952,000.00	"
12	"	"	550.00	44,000.00	24,200,000.00	"
13	"	"	640.00	51,200.00	32,768,000.00	"
14	"	"	730.00	58,400.00	42,632,000.00	"
15	"	"	820.00	65,600.00	53,792,000.00	"
16	"	"	910.00	72,800.00	66,248,000.00	"
17	"	"	1,000.00	80,000.00	80,000,000.00	"

榮山江河口堰斗設計

18	"	"	1,090.00	87,200.00	95,048,000.00	1,346.66
19	"	"	1,180.00	94,400.00	111,392,000.00	"
20	"	"	1,354.00	108,320.00	146,665,280.00	3,766.66
21	"	"	1,348.00	107,840.00	145,368,320.00	"
22	"	"	1,198.00	95,840.00	114,816,320.00	1,346.66
23	"	"	1,054.00	84,320.00	88,873,280.00	"
24	"	"	760.00	60,800.00	46,208,000.00	"
25	"	"	610.00	48,800.00	29,768,000.00	"
26	"	"	300.00	24,000.00	7,200,000.00	"
27	"	"	75.50	6,040.00	456,020.00	3,483.56
28	"	"	893.50	71,480.00	63,867,380.00	3,766.66
29	"	"	"	"	"	"
30	"	"	443.50	35,480.00	15,735,380.00	"
31	"	"	"	"	"	"
計	—	10,680.18	—	7,903,008.07	6,435,141,180.71	708,176,539.78

$$\delta = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} = \frac{7,903,008.07}{10,680.18} = 739.97 \text{ cm}$$

$$I_x = \sum A y^2 + \sum i_{ox} - \sum A \delta^2 = 1,313,325,342.87 \text{ cm}^4$$

表-4. 應力計算表

各點	M_{xH} t-cm	I_y cm ⁴	δ cm	δ' cm	σ_{δ} t/cm ²	$\sigma_{\delta'}$ t/cm ²
A	859,904	243,424,497.59	163.73		-0.578	
B	"	"	"		"	
C	"	"	"	139.33	"	-0.492
D	"	"	"		"	
E	"	"	"	139.33	"	-0.492
F	"	"	"		"	
G	"	"	"	139.33	"	-0.492
H	"	"	"		"	
I	"	"	"	139.33	"	-0.492
J	"	"	"		"	
K	"	"	"		"	
L	"	"	"		"	
M	"	"	"	139.33	"	-0.492
N	"	"	"		"	
O	"	"	"	139.33	"	-0.492
P	"	"	"		"	
Q	"	"	"	139.33	"	-0.492
R	"	"	"		"	
S	"	"	"	139.33	"	-0.492
T	"	"	"	"	"	"
U	"	"	"		"	
V	"	"	"		"	
W	"	"	196.27		+0.693	
X	"	"	"		"	

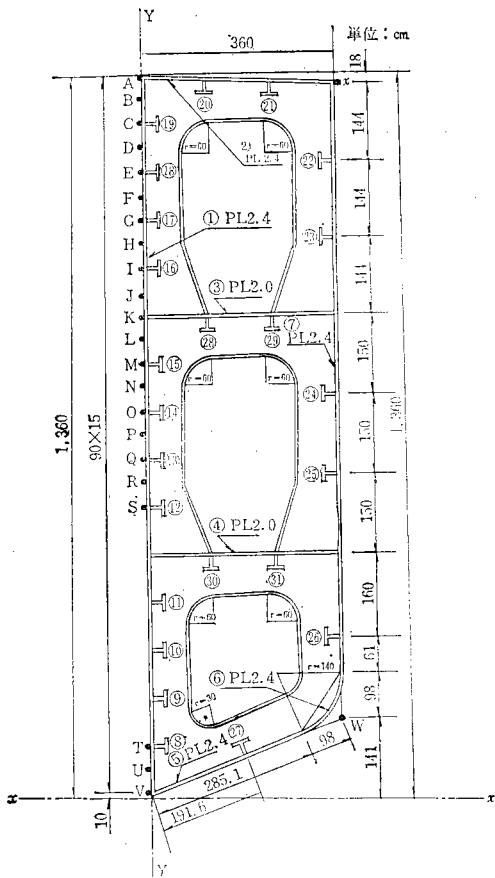
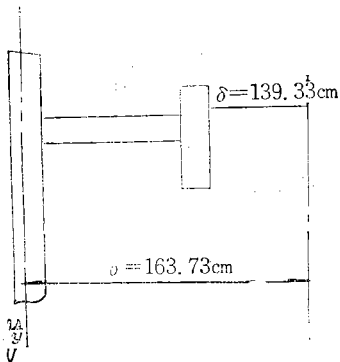


Fig. 10. 門扉斷面圖 S=1/50

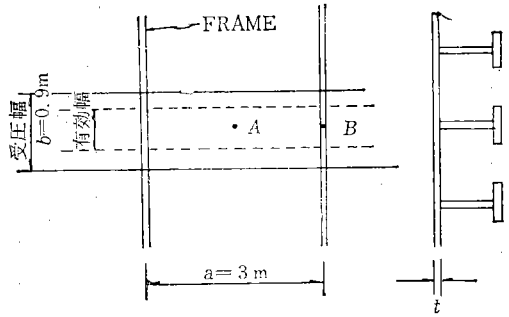
(5) 扉體의 彎曲應力
 水平方向 Y軸에 關하여

$$\sigma_r = \frac{M_x H \times \delta}{I_y}$$



(6) 水平橫桁의 計算

(7) 荷重



有效巾: 壓縮側 24t(52.8cm)

引張側 30t(66cm)

(L) 彎曲모멘트

水平橫桁은 連續梁으로 計算한다.

$$M_{HA} = \frac{100}{20} wa^2 = \frac{100}{20} P \cdot a^2 b^3 \text{-cm}$$

$$M_{HB} = \frac{100}{10} wa^2 = \frac{100}{10} P \cdot a^2 \cdot b^3 \text{-cm}$$

여기서

P = 支持된 區間의 平均水壓(t/m²)

a = 上圖에서 Frame의 間격

b = " 受壓幅

M_{HA} = 水平橫桁의 支持間격 中央點 (A)에 作用하는 彎曲모멘트(t-cm)

M_{HB} = 水平橫桁의 支持點 (B)에 作用하는 彎曲모멘트(t-cm)

W = P · b t/m

表-5. 水平橫桁의 計算表

各點	a	b	P	M _{HA}	M _{HB}	備考
C	3.0	0.9	1.31	53.05	106.10	
E	"	"	2.09	84.65	169.30	
G	"	"	2.28	92.34	184.68	
I	"	"	3.66	148.23	296.46	
K	"	"	4.45	180.23	360.46	
M	"	"	5.23	211.82	423.64	
O	"	"	6.02	243.81	487.62	
Q	"	"	6.80	275.40	550.80	
S	"	"	7.38	298.89	597.78	
T	"	"	6.81	275.81	551.6	

(T) 水平橫桁의 斷面性能

Skin plate의 有效幅은

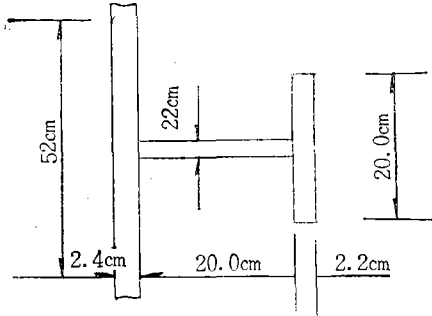
壓縮側은 52.8cm

引張側은 66cm 임으로

榮山江河口堰의 設計

表-6. 水平橫桁의 應力 計算表

各點	彎曲 모멘트		斷面係數		σ_{HA}		σ_{HB}	
	M_{HA}	M_{HB}	Z_1	Z_2	$(-)\sigma_{HA1}$	$(+)\sigma_{HA2}$	$(-)\sigma_{HB1}$	$(+)\sigma_{HB2}$
	t-cm	t-cm	cm^3	cm^3				
C	53.05	106.10	2,137.01	1,040.51	0.0248	0.05098	0.0496	0.1019
E	84.65	169.30	"	"	0.0396	0.0813	0.0792	0.1627
G	92.34	184.68	"	"	0.0432	0.0887	0.0864	0.1774
I	148.23	296.46	"	"	0.0693	0.1424	0.1387	0.2849
K	180.23	360.46	"	"	0.0843	0.1732	0.1686	0.3464
M	211.82	423.64	"	"	0.0991	0.2035	0.1982	0.4071
O	243.81	487.62	"	"	0.1140	0.2343	0.2281	0.4686
Q	275.40	550.80	"	"	0.1288	0.2646	0.2577	0.5293
S	298.89	597.78	"	"	0.1398	0.2872	0.2797	0.5745
T	275.81	551.62	"	"	0.1290	0.2650	0.2581	0.5301



여기서

σ_{HA1} ; 水平橫桁의 支持間隔 中央點의 壓縮側 應力 (t/cm^2)

σ_{HA2} ; 水平橫桁의 支持間隔 中央點의 引張側 應力 (t/cm^2)

σ_{HB1} ; 水平橫桁의 支持點의 壓縮側 應力(t/cm^2)

σ_{HB2} ; " 引張側 應力(t/cm^2)

(7) Skin plates의 計算

水壓에 依하여 平板의 生기는 휨 모멘트는 다음 式으로 計算한다.

$$\sigma = \frac{1}{100} kb^2 \frac{p}{(t-\epsilon)^3}$$

여기서 σ ; 平板에 유발되는 應力(t/cm^2)

k ; b/a 에 對한 係數

a ; 區劃의 長邊(cm)

b ; 區劃의 短邊

p ; 水壓(kg/cm^2)

t ; 板厚(cm)

ϵ ; 腐蝕의 두께(cm)

部材	a	y	ay	$ay^2 + I_0$
cm	cm^2	cm	cm^3	cm^4
2.2×5.2	114.4	1.1	125.84	184.56
2×20	40	12.3	492.00	7,384.93
2×20	40	23.4	936.00	21,915.73
計	194.4	-	1,553.84	29,485.22

$$\delta = \frac{\sum ay}{\sum a} = \frac{1,553.84}{194.40} = 7.99cm$$

$$I = \sum (ay^2 + I_0) - \sum a\delta^2 = 17,074.71cm^4$$

斷面性能

$$Z_1 = \frac{I}{y_1} = \frac{17,074.71}{7.99} = 2,137.01cm^3$$

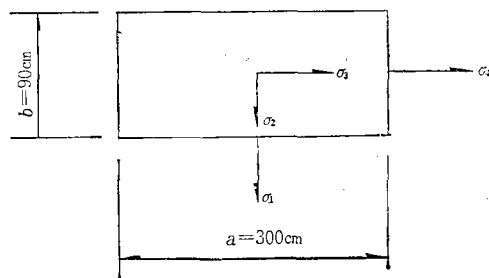
$$Z_2 = \frac{I}{y_2} = \frac{17,074.71}{16.41} = 1,040.51cm^3$$

表-7. Skin plate의 應力 計算表

各點	a	b	p	t	ϵ	k				σ			
						k_1	k_2	k_3	k_4	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
B	cm	cm	kg/cm^2	cm	cm					kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2
	300	90	0.091	2.4	0.2	50.0	25.0	7.5	34.3	76.14	38.07	11.42	52.23
D	"	"	0.170	"	"	"	"	"	"	142.25	71.12	21.33	97.58
F	"	"	0.248	"	"	"	"	"	"	207.52	103.76	31.12	142.35
H	"	"	0.326	"	"	"	"	"	"	272.78	136.39	40.91	187.13
J	"	"	0.405	"	"	"	"	"	"	338.89	169.44	50.83	232.48

L	"	"	0.483	"	"	"	"	"	404.16	202.08	60.62	277.25
N	"	"	0.562	"	"	"	"	"	470.26	235.13	70.54	322.60
P	"	"	0.640	"	"	"	"	"	535.57	267.76	80.33	367.37
R	"	"	0.719	"	"	"	"	"	601.64	300.82	90.24	412.72
U	"	"	0.675	"	"	"	"	"	564.82	282.41	84.72	387.46

a/b	k 의 값			
	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
1.00	30.9	13.7	13.7	30.9
1.25	40.1	19.0	13.6	33.8
1.50	45.5	22.1	12.2	34.3
1.75	48.8	23.6	10.7	34.3
2.00	49.7	24.7	9.5	34.3
2.50	50.0	25.0	8.1	34.3
3.00	50.0	25.0	7.5	34.3
∞	50.0	25.0	7.5	34.3

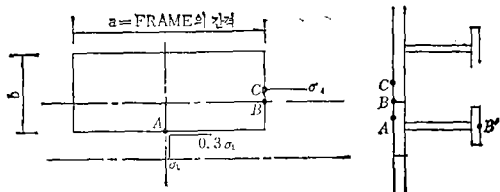


(8) 合成應力의 計算

Skin plate와 "T" 桁이 一體로 作用하므로 應力을 合成한다.

表-8. 諸應力의 合成

各 點	σ_{OA} (σ_x)	$\sigma_{OB'}$ ($\sigma_{x'}$)	σ_{OC} (σ_x)	$0.3\sigma_1$	σ_4	σ_{HA_1}	σ_{HB_2}	σ_A	$\sigma_{B'}$	σ_C
A	-0.578	—	—	± 0.013	—	—	—	-0.591	—	—
B	—	—	-0.578	—	± 0.052	—	—	—	—	-0.630
C	-0.578	-0.492	—	± 0.033	—	-0.024	-0.101	-0.635	-0.593	—
D	—	—	-0.578	—	± 0.097	—	—	—	—	-0.675
E	-0.578	-0.492	—	± 0.052	—	-0.039	-0.162	-0.669	-0.654	—
F	—	—	-0.578	—	± 0.142	—	—	—	—	-0.720
G	-0.578	-0.492	—	± 0.072	—	-0.043	-0.177	-0.693	-0.669	—
H	—	—	-0.578	—	± 0.187	—	—	—	—	-0.765
I	-0.578	-0.492	—	± 0.092	—	-0.069	-0.284	-0.739	-0.776	—
J	—	—	-0.578	—	± 0.232	—	—	—	—	-0.810
K	-0.578	-0.492	—	± 0.111	—	-0.084	-0.346	-0.773	-0.838	—
L	—	—	-0.578	—	± 0.277	—	—	—	—	-0.855
M	-0.578	-0.492	—	± 0.131	—	-0.099	-0.407	-0.808	-0.899	—
N	—	—	-0.578	—	± 0.322	—	—	—	—	-0.900
O	-0.578	-0.492	—	± 0.151	—	-0.114	-0.468	-0.843	-0.960	—
P	—	—	-0.578	—	± 0.367	—	—	—	—	-0.945
Q	-0.578	-0.492	—	± 0.195	—	-0.128	-0.529	-0.901	-1.021	—
R	—	—	-0.578	—	± 0.412	—	—	—	—	-0.990
S	-0.578	-0.492	—	± 0.185	—	-0.139	-0.574	-0.902	-1.066	—
T	-0.578	-0.492	—	± 0.171	—	-0.129	-0.530	-0.878	-1.022	—
U	—	—	-0.578	—	± 0.387	—	—	—	—	-0.965
V	-0.578	—	—	± 0.170	—	—	—	-0.748	—	—
W	+0.693	—	—	—	—	—	—	+0.693	—	—
X	+0.693	—	—	—	—	—	—	+0.693	—	—



IV. 結 論

榮山江河口에 設置되는 排水閘門은 海水를 차단하고 流域面積 3,471km²에서 流入되는 洪水量과 管理水位 +1.00以上の 水量을 排除함으로써 253百萬 噸을 貯溜할 수 있는 人工 淡水湖가 되어 榮山江과 隣接 西南海岸의 農土에 農業用水의 供給과 木浦市를 비롯한 隣近都市의 生活및 工業用水의 供給源이 된다. 이제까지 本 構造物을 計劃하고 設計한 過程을 상세히 記述하였으며 이의 結論을 簡單히 要約하면

1. 規模에 있어서는 Sill標高를 -7.00m로 하고 排水閘門의 幅을 30m, 높이를 13.6m로 하여 8連을 設置하는 것이 洪水의 排除가 원활하고 構造物 基礎가 安全하며 所要 淡水層을 確保할 수 있고 經濟的이며 維持管理面에서도 利點이 있는 것으로 判斷되었다.

2. 扉頂 標高는 有義波를 넘지 않는 線인 EL+6.60m로 決定하였다.

3. 扉體에 가장 惡條件을 誘發하는 全水壓은 水位가 最大 外高內低인 경우이다.

4. 假定斷面 Fig.10이 許容應力이나 撓度에 있어 許容限度 범위에 들므로 Fig.10의 斷面으로 決定하였다.

가. 應力面에서는 諸應力을 合成한 結果表8과 같이 最大應力은 全水壓 強度가 最大值인 S點에서 1,066kg/cm²가 誘發되는데 이값은 使用하는 鐵板의 許容應力 1,200kg/cm²보다 적으며

나. 扉體가 最大全水壓을 받았을時 水平撓度 $\frac{d}{l} = \frac{1}{1,900}$ 로서 許容限度 $\frac{1}{1,000}$ 보다 적고 수직 撓度는 $\frac{d}{l} = \frac{1}{50,288}$ 로서 $\frac{1}{1,000}$ 보다 월등히 적으므로 應力面이나 撓度面에서 安全하다.

5. Fig.10은 門扉의 中央斷面을 圖示한 것으로서 鐵板은 分식두께 2mm를 考慮 中央은 24mm로 하고 中央部로부터 모멘트가 兩端에 갈수록 減小하므로 鐵板의 두께를 22mm, 20mm로 區間別 두께를 變化시켜 工事費를 節減시켰다.

또한 下部 鐵板과 水平補強鐵板에는 給排水孔을 設置하여 空洞으로 인한 扉體의 浮力을 받지 않도록 하였다.

同方向應力의 合成은

A點의 應力

$$\sigma_A = \sigma_{OA} + 0.3\sigma_1 + \sigma_{HA_1}$$

여기서 σ_{OA} : Shell의 彎曲應力(t/cm²)

σ_1 : Skin plate의 長邊의 應力(t/cm²)

σ_H : A水平橫桁의 支持間隔中央에 있어서 引張側應力(t/cm²)

B'點의 應力

$$\sigma_{B'} = \sigma_{OB'} + \sigma_{HB_1}$$

여기서 $\sigma_{OB'}$: B'點에서 Shell의 彎曲應力(t/cm²)

σ_{HB_1} : 水平橫桁의 支持點에 있어서 壓縮側應力(t/cm²)

C點의 應力

$$\sigma_C = \sigma_{OC} + \sigma_1$$

여기서 σ_{OC} : C點에서 Shell의 曲應力(t/cm²)

σ_1 : Skin plate의 短邊의 應力(t/cm²)

(9) 扉體의 撓度計算

(ㄱ) 水平方向의 撓度

徑間 中央點에서 最大撓度는 근사적으로 다음式에 依해서 計算할 수 있다.

$$\frac{d}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{l^2}{EI_y} P$$

여기서 d; 徑間 中央點에서의 撓度(cm)

E; 鐵板의 彈性係數(2,100t/cm²)

P; 水平方向의 全水壓(2,144.4t)

l; 徑間長(31.04m)

$$\frac{d}{l} = \frac{5 \times 3,104^2 \times 2,144.4}{384 \times 2,100 \times 243,424,497.59}$$

$$= \frac{1}{1,900} < \frac{1}{1,000} \therefore \text{OK} \therefore d = 1.63\text{cm}$$

(ㄴ) 垂直方向의 撓度

$$\frac{d}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{l^2 \cdot W}{E \cdot I_x}$$

$$\frac{d}{l} = \frac{5}{384} \times \frac{3,000^2 \times 467}{2,100 \times 1,313,325,342.87}$$

$$= \frac{1}{50,288} < \frac{1}{1,000} \therefore \text{OK} \therefore d = 0.059\text{cm}$$