# 東津江 水利干拓工事를 끝마치고

Completion of the Dong Jin Gang Irrigation of Tideland Reclamation Project

林 迎 春*

Yeog Choon Lim

## 머리말

第1次 經濟開發事業의 一環인 東津江 流域 綜合開發 計劃의 水利干拓工事는 우리나라 干拓史上 最大規模의 것이며 類例없는 難工事로서 國內는 勿論 世界的으로도 斯界의 關心이 컸었다.

이 干拓工事는 많은 難關과 쓰라린 試鍊에 逢着하면서도 끝내 國內 技術陣만으로 防潮堤의 끝막이를 成功시킨 것은 一大 痛快事가 아닐수 없다. 이 어렵고 쓰라린 經驗을 通하여 所期하였던 農地造成의 目的 達成은 國內 干拓技術 水準이 크게 向上되었다는 것을 立證함은 勿論 國外로도 韓國 干拓技術을 誇示하였으며 높은 水準을 認識케 하였다.

이번 工事를 通하여 우리나라는 今後 干拓事業遂行에 있어 우리 技術만으로 充分히 堪當할 수 있다고 自負하는 바이다,

東津江 水利干拓 工事 施行에 있어 着工 翌年인 1964年度 以來 이에 參與해온 筆者의 立場에서 이 事業의 概要와 몇가지 느낀바를 記述하여 會員 여러분의 參考에 資하고저 하는 바이다.

### 1. 東津江水利干拓事業의 概況

#### 1-1. 概 要

本事業은 第1次 經濟開發 5個年 計劃으로 1963. 3. 25 着工하였다.

本事業의 用水源은 蟾津江 댐으로서 이 댐과는 密接한 關係에 있으며 參考로 이 댐에 대하여 略述하면 이댐 亦是 第1次 經濟開發 計劃에 依하여 着工된 것으로서 擴張된 狀況은 第 1—1表와 같다.

**第 1—1 表 蟾津江 댐 擴張內容**

| 種 別 | 單位 | 舊 댐 | 新 댐 | 附 記 |
|---|---|---|---|---|
| 有效落差 | m | 135. 0 | 151. 0 | 七寶發電所에서發電 |
| 設備容量 | kw | 14, 400 | 28, 800 | |
| 堤 高 | m | 29. 7 | 56. 7 | |
| 滿水面積 | 町步 | 714. 0 | 2, 651 | |
| 貯 水 量 | $m^3$ | 60, 610, 000 | 466, 000, 000 | |
| 最大發電用水量 | $m^3$/sec | | 21. 93 | |
| 蒙利面積 | 町步 | 17, 890 | 25, 035 | |

위의 表와 같이 蟾津댐의 擴張에 依한 增加된 貯水量으로 發電하고 그 放流水로 井邑과 扶安 2個郡의 水利不安全畓 7, 145町步의 灌漑改善과 東津江 干拓地 3, 050町步의 灌漑 用水源이 되고 있으며 또한 이 地域水沒地區內 罹災民을 入住시킬 對策으로 東津江 河口에 發達된 干潟地를 2條의 防潮堤로 埋立하여 干拓 農地를 造成하는 事業이다.

蟾津江 댐과 本地區와의 關係는 第1圖의 用水源系統略圖와 같다.

#### 1—2. 施設現況

干拓地區는 第1號 防潮堤의 起點과 終點부터 着手하고 蒙利地區는 導水路 始點部의 隧道工事를 1963. 3. 15. 同時에 起工하여 1969年末 現在 第1—2表와 같이 設置中에 있다.

**第 1—2 表 東津江水利干拓事業施設現況** 1969. 12. 末現在

| 項 目 | 工 事 內 容 | | 工程 | 附 記 |
|---|---|---|---|---|
| 導 水 路 | 1條 總延長 | 15, 255m | 完工 | 七寶發電所에서 井邑發電所까지 |
| 用水幹線 | 2條 | 51, 789m | 〃 | |
| 扶安用水幹線 | 1條 | 38, 917m | 〃 | 井邑發電所에서 末端까지 |
| 上西用水幹線 | 1條 | 12, 872m | 〃 | 扶安用水幹線에서 分岐하여 貯水池에 이른다 |
| 取入水路 | 1條 | 659m | 〃 | 七寶發電所放流水가 없을때 雲岩取入口에서 放流되는 물을 導水路에 取入키 爲함 |
| 防 潮 堤 | 2條 | 12, 810m | 〃 | |

* 土地改良組合聯合會 理 事

| 項 | 目 | 工事內容 | 工程 | 附記 |
|---|---|---|---|---|
| | 第1號防潮堤 | 1條 9,254m | 完工 | 界火島에서 安城里 |
| | 第2號防潮堤 | 1條 2,556m | 〃 | 頓池에서 界火島까지 |
| 排水閘門 | | 2個所 30連 | 〃 | |
| | 界火排水閘門 | 1個所 2.5m×2.5m 14連<br>2.5m×3.5m 2連 | 〃 | 外側招扉 內側非常扉引揚扉內外側二重 |
| | 頓池排水閘門 | 1個所 2.5m×2.5m= 14連 | 〃 | 外側招扉內側引揚扉 |
| 烏浦內部開畓 | | 1個所 243町步 | 〃 | 1號防潮堤末端部에 施設道路로 埋立하여 旣耕함 |
| 貯水池 | | 1個所 滿水面積 439町步 | 80% | 工事中 |
| 用水支線 | | 93條 152,321m | 未着工 | 第三段階旱害對策事業으로 着手 豫定 |
| 排水路 | | 3條 8,501m | 〃 | 〃 |
| 取入堰 | | 2個所 公水洑, 楚江洑 | 〃 | 〃 |
| 揚水場 | | 2個所 第1號 第2號 | 〃 | 〃 |
| 干拓地內部開畓 | | 1個所 | 〃 | 〃 |

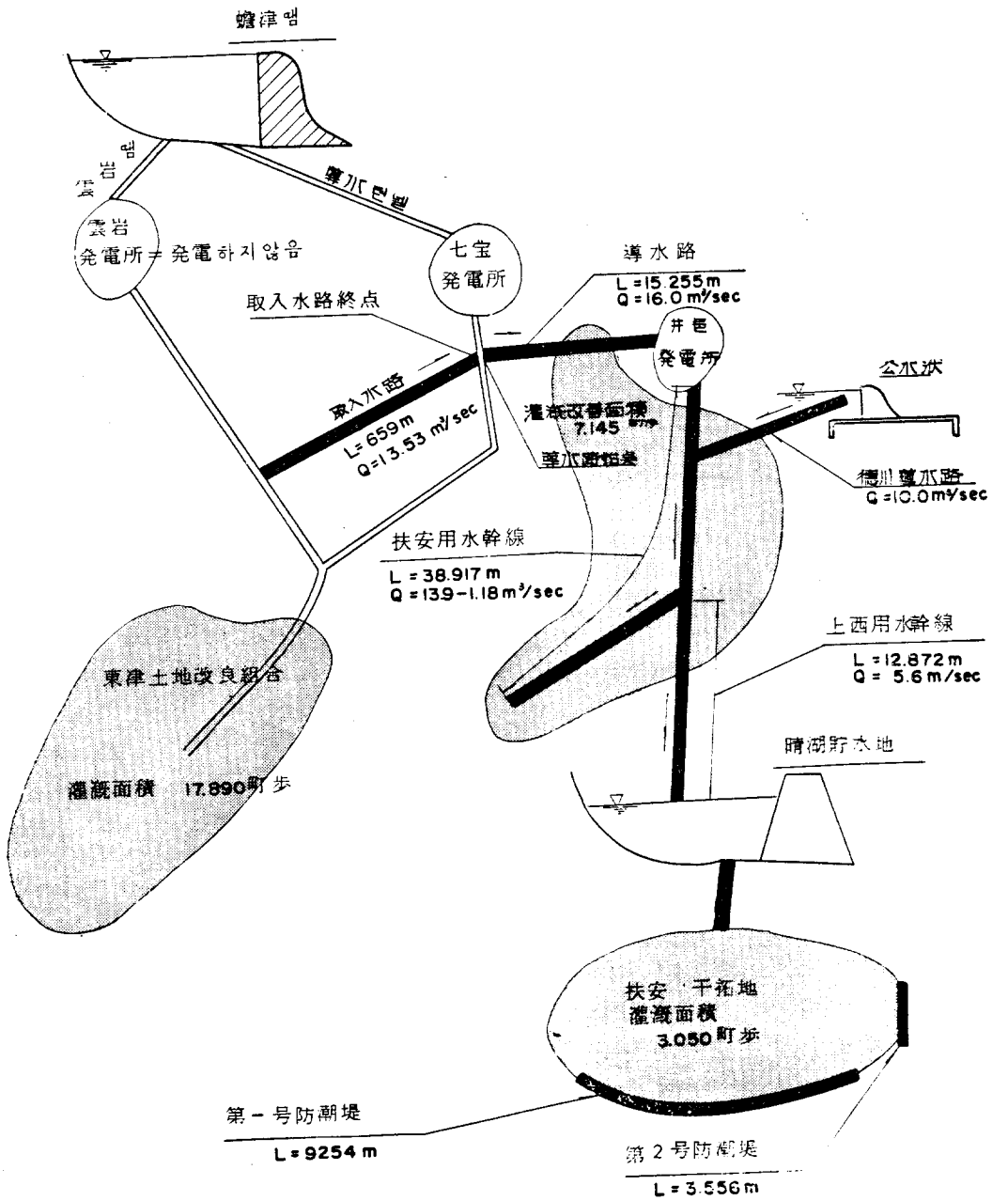
### 1—3. 事業費 投資狀況

本事業의 總事業費는 73億원으로 着工以後 現在까지의 投資額은 第 1—3表와 같다.

**第 1—3 表** **東津江水利干拓事業費投資內譯表** (1963 -1969)

| 工種 \ 區分 | 投資規模 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 國庫投資 | W.F.P 糧穀 | P.L—480 | 計 |
| 幹線水路 | 968,877,162 | — | (8,453M/T)<br>291,614,971 | (8,453M/T)<br>1,260,492,133 |
| 干拓地區 | 3,570,413,272 | (4,353M/T)<br>150,202,000 | | (4,353M/T)<br>3,720,615,272 |
| 第1號防潮堤 | 819,512,124 | — | | 819,512,124 |
| 第2號防潮堤 | 2,440,882,000 | — | | 2,440,882,000 |
| 排水閘門 | 173,977,967 | — | | 173,977,967 |
| 貯水池 | 105,641,000 | (4,353M/T)<br>150,202,000 | | (4,353M/T)<br>255,843,000 |
| 內部工事 | 30,400,181 | — | | 30,400,181 |
| 其他 | 450,004,156 | — | | 450,004,156 |
| 假設費 | 7,306,800 | — | | 7,306,800 |
| 用地買收및補償費 | 189,958,361 | — | | 189,958,361 |
| 水理試驗費 | 3,034,000 | — | | 3,034,000 |
| 實施設計費 | 13,947,000 | — | | 13,947,000 |
| 附帶費 | 217,757,995 | — | | 217,757,995 |
| 糧穀操作費 | 18,000,000 | — | | 18,000,000 |
| 合計 | 4,989,294,590 | (4,353M/T)<br>150,202,000 | (8,453M/T)<br>291,614,971 | (12,800M/T)<br>5,431,111,561 |

第一図　　東津江水利干拓事業用水源系統　略図



### 1—4. 事業의 効果

本事業의 施行으로 第 1—4表와 같은 主要 効果 以外에도 旱害 地域의 勞賃撒布, 安全農家 育成, 干拓地 潮澄池內의 漁貝類 養殖과 生產, 產業交通等에 寄與되는 間接的 効果도 자못 크다.

**第 1—4 表 東津江水利干拓事業의 効果**

| 番號 | 種 別 | 數 量 | 附 記 |
|---|---|---|---|
| 1 | 國土擴張 | 4, 270町步 | 扶安干拓地埋立面積 |
| 2 | 農耕地擴張 | 3, 050町步 | 扶安干拓地開畓面積 |
| 3 | 灌漑改善 | 7, 145町步 | 井邑扶安郡內旱害常習地 |
| 4 | 開 畓 | 277 〃 | 井邑扶安郡內 밭을開畓 |
| 5 | 食糧增產 | 133, 410石 | (19, 172M/T) 年間 |
| 6 | 電力發電 | 1, 900KWH | 導水路末端에서有効落差로 發電하고 放流水路를 扶安用水幹線에連結시킴 |
| 7 | 移住定着 | 1, 925世帶 | 蟾津江댐水沒罹災民救護 |
| 8 | 雇傭効果 | 11, 000, 000 | |

### 2. 東津江 干拓地의 防潮堤

防潮堤는 氣象, 海象, 地形, 地質等의 與件과 施設의 規模, 旣存施設, 土地와 水面 利用狀況, 將次의 展望等을 考慮하여 硏究檢討되고 綿密한 計劃을 樹立하였다.

또한 路線을 選定하는데에도 土質, 標高, 波向, 隣接地의 排水 狀況과 綜合的 土地 利用計劃, 排水閘門과 끝막이의 構造 및 位置를 考慮하여 가장 經濟的인 것으로 決定하였으며 東津江 防潮堤는 이러한 條件을 具備하였다고 볼 수 있다.

### 2—1. 防潮堤의 斷面型

一般的으로 防潮堤 斷面의 型式에는 外側 비탈을 基準하여 急傾斜型, 緩傾斜型, 混成型으로 大別되나 이의 採擇은 波浪, 基礎地盤의 土質, 築堤材料, 施工速度等을 考慮하여 決定되는 것으로서 우리나라의 旣設된 防潮堤는 全部 急傾斜 型式에 屬하고 있다.

東津江 防潮堤 亦是 急傾斜 型式으로 設計되어 처음에는 第1號 防潮堤를 그대로 施工中에 있었으나 筆者가 土聯 開墾干拓部長으로 赴任하여 이 斷面型을 檢討한바 急傾斜型으로는 到底히 不安함으로 波浪에 抵抗이 크고 安全한 緩傾斜型의 採擇을 建議하였다.

우리나라에서는 처음으로 緩傾斜型이 第2號 防潮堤에 採擇되었으며 內堤側 비탈面에도 捨石保護토록 한것도 우리나라에서 처음이다.

이미 築造된 第1號 防潮堤는 波浪을 많이 받는 部分만 비탈面을 3割로 補强捨石을 追加하여 緩傾斜型의 役割을 하도록 하였다.

1962年 봄 筆者가 和蘭 技術者들 一行과 같이 우리나라 西南海岸 一帶의 干拓適地를 調査할 때 和蘭 技術者들은 우리나라 旣設 防潮堤를 보고 危險千萬이라고 憂慮를 表明할 때 本人은 그 當時 그네들의 見解를 疑心도 한바 있었다.

其後부터 3—4年 專門的으로 干拓事業을 다루면서 和蘭을 위시하여 구라파 諸國과 日本의 干拓地를 돌아보고 비로서 1962年度에 和蘭 技術者들의 한 말이 首肯되었다.

그리하여 東津江 防潮堤의 斷面을 緩傾斜型으로 設計變更토록한 緣由가 된 것이다.

### 2--2. 地質 및 原地盤 保護問題

地區內 殆半이 微細砂質土로 되어 있고 路盤은 第2—1表에서 보는 바와 같이 粘着力이 적고 內部 摩擦角이 큰 地質이다.

**第 2—1 表 基 礎 地 盤 土 의 性 質**

| 試料別 \ 種別 | 粒度 0.005mm | 0.005—0.074 | 0.074—4 No | 計 | Cu | Cc | 比重 | 分類 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A 點 | — | 15.24% | 84.76% | 100 | 3.49 | 1.73 | 2.58 | S. M |
| B 點 | — | 17.10 | 82.90 | 100 | 1.60 | 1.16 | 2.63 | S. M |

| 試料別 \ 種別 | Atterberg 限界 LL | P.L | S.L | 점착력 Csat | Tan$\phi$ | 최대건밀도 gr/cm³ | 투수성 ft/gear | 壓縮性 20psi | 50psi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A. B點 | 17 | — | — | 2.9±1.0 | 0.07±0.02 | 1 546 | 7.5±4.8 | 1.2±0.1 | 3.0±0.4 |

即 防潮堤 基礎地盤으로서 工學的 見地에서 地耐力은 많이 받을 수 있어 安全度에는 좋은 土質이나 防潮堤가 築造됨에 따라 潮水의 流速은 점점 빨라지고 土粒子의 流失, 地盤의 浸蝕 問題가 惹起된다.

이곳 土質은 肉眼으로 보드라도 流速 0.2m/sec이면 土粒子가 移動을 始作하는 極히 流速에 浸蝕되기 쉬운 地盤이다. 따라서 防潮堤 築造에서 第一 먼저 해야할 것이 基礎地盤 保護工인 바닥다짐工이다.

바닥다짐을 하드라도 Filter特性에 맞도록 하여야지 큰 돌만 직접 運搬하여 原地盤에 놓으면 안된다. 이 Filter特性에 맞는 바닥다짐工을 할 것을 設計 또는 施工에 留念하도록 筆者는 先頭에서 귀가 달토록 主張하여 結局 効果를 보기는 하였으나 遺憾되게 생각되는 일이 한 두가지가 아니었다,

當時 關係者의 大部分은 이 點에 對하여 認識이 적었으며 筆者의 主張을 認定하지 않으려 하였으나 施工이 進行되는 동안 그네들이 豫期치 못했든 여러가지 現狀을 쓰라리게 몸소 體驗하고야 때는 이미 늦었으나 1—2年後 筆者의 主張이 妥當하였다는 것을 認識하게되고 이 基礎地盤 保護工 即 바닥다짐工 問題가 심각하게 다루어 졌었고 여러 技術者의 腦裡에 이에 對한 重要性이 깊이 認識되게 되었으리라고 본다.

**2—3. 海 象**

1961年 界火島에서 觀測한 記錄으로 標準港 群山港의 潮汐値를 調和分析으로 決定한 潮位는 第 2—2表와 같다.

**第 2—2 表 潮 位 表**

| | |
|---|---|
| 高 潮 位 | E. L+13. 20m |
| 大潮平均滿潮位 | 〃 12. 65 |
| 小潮平均滿潮位 | 〃 10. 39 |
| 平 均 水 面 | 〃 9. 07 |
| 小潮平均干潮位 | 〃 7. 75 |
| 大潮平均干潮位 | 〃 6. 95 |
| 最 低 潮 位 | 〃 5. 30 |
| 最 高 潮 差 | 〃 7. 90 |

**2—4. 第1號 防潮堤**

第1號 防潮堤는 界火島에서 東津面 安城里의 旣設 東幸 防潮堤 突出部를 連結하는 9,254.6m의 延長이고 始點側은 對岸 巨離가 크고 水深이 깊은 低地盤이며 終點側은 金堤 廣活 防潮堤와 對岸을 이루워 巨離가 짧고 水深이 얕아 中間部에 斷面 變化部를두었다.

**2—4—1. 波高計算**

$H=0.076+0.061\sqrt{V\cdot F}-0.27\sqrt[4]{F}$ (F<72.5km)

H=波高 : m(Molitor公式)

F=對岸巨離 : km

始點側 : 東波島에서 40.0km

終點側 : 沃溝半島에서 12.0km

V=風速 : m/sec 第 2—3表 木浦의 0.8을 取함(瞬間最大風速値를 波浪에 影響을 考慮한 것임)

28.7m×0.8=23.0m/sec

**第 2—3 表 風 速 表**

| 測候所 | 發生日時 | 風 向 | 風 速 | 附記 |
|---|---|---|---|---|
| 仁 川 | 1959. 4. 16 | NW | 33.3m/sec | |
| 木 浦 | 1951. 3. 1 | NW | 28.7 〃 | |

$H=0.76+0.061\sqrt{23\times40}-0.27\sqrt[4]{40}=1.94$ m

**2—4—2 衝突波高의 計算**

和蘭 Delf 水理試驗所의 公式(1953年)을 使用하여 衝突後의 Up rush高를 計算하면

$$Z/H=2.7(\cos\beta-B/L)(\pi/2\alpha)\frac{1}{2}\sin\alpha$$

$\beta$ : 波高와 防潮堤線과의 角 40°

B : Berm의 幅 1.0m

$\alpha$ : 外側斜面과 水平과의 角 1 : 3割(18°—30′)

L : 波長 L=H/V×1.340=1.94/82.8×1.340

=31.4m

V : 風速 23×60×60/1,000=82.8km/hr

H : 波高 A工區=1.94m

∴ A工區 $Z/H=2.7(\cos 40°-1/31.4)(180/2\times18.5)\frac{1}{2}\sin 18°30′=1.37$

∴ Z=1.37H=2.66m

둑높이 決 定

(高潮位) (衝突波高) (餘裕)

13.20 + 2.66 + 0.34=16.20m 但 A工區分임.

둑높이는 波浪과 潮位에 依하여 決定되는 것으로 第1號 防潮堤는 第 2—4表와 같이 決定되고 마루의 나비, 外側비탈面, 被覆石材 重量決定 安全度 計算過程은 여기서는 使用公式이 重複되어 避하고 第2號 防潮堤를 參照하기 바란다.

**第 2—4 表 第 1 號 防 潮 堤 斷 面 表**

| 工 區 別 | 마루標高 | 마루나비 | 外 側 비 탈 | 內側비탈 | 補强捨石 | 附 記 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A 工 區 | +16.20 | 6.00 | +13.20以上1:1.0<br>+13.20上下1:3.0 | 1:2.0 | 有 | No 20—No:110 |
| B 工 區 | +15.20 | 4.00 | 1:1.0 | 1:2.0 | 無 | No:111—EP |

### 2—5 第2號 防潮堤

第2號 防潮堤는 第1號 防潮堤에 比하여 地盤이 낮고 本干拓地의 끝마기 區間도 第2號 防潮堤에 設置하므로 愼重한 檢討가 있었다.

여기에 우선 防潮堤 斷面을 決定한 設計의 一部를 紹介한다.

#### 2—5—1 둑높이

가. 波高計算

F : 對岸巨離 17.0km

w : 風速 33.3m/sec(仁川記錄 第 2—3表 參照)

h : 水深 平均 5m

1. Brets chneider方法

$gh/w^2=9.81\times5.0/(33.3)^2=0.0442$

$gF/w^2=9.81\times17,000/(33.3)^2=150$에 依하여 水理 公式集 p. 500 그림 39(a) 圖表에서

$gh/w^2=0.018$

$H=0.018\times1,110/9.81=2.04^m$

2. Moelitorn公式

$H=0.0612\sqrt{WF}+0.762-0.27\sqrt[4]{F}=1.66^m$

3. Stevensom公式

$H=0.76+0.33\sqrt{F}-0.26\sqrt[4]{F}=1.59^m$

以上에서 安全側인 (1)을 擇하여 波高는 H=2.04로 決定하였다.

나. 跳波高 및 氣象潮

波高 2.04m

1. 跳波高 $V=8\ H\tan\alpha$

$=8\times2.04\times\frac{1}{3}=5.44^m$

2. 氣象潮

發生할 수 있는 氣象潮中 氣壓 降下로 因한 潮位上昇高는 旣히 高潮位에 包含되어 있어 바람에 依한 上昇만을 計算하면

$Z=4.8\times10^{-7}FW^2/h\cos\theta^2$

h:20.0m(바람의 吹送軸方向으로 測定한 平均水深)

$\cos\theta^2=(\cos0°)^2=1.0$

$\therefore Z=4.8\times10^{-2}\times17\times(33.3)^2/20=45cm$

다. 둑높이

둑높이 決定은 다음과 같다.

| 設計高潮位 | 氣象潮 | 波 高 | 餘裕高 | 둑 높 이 |
|---|---|---|---|---|
| 13.20m | 0.45m | 2.04m | 1.51m | 17.20m |

둑높이 EL+17.20m는 跳波高를 考慮치 않은 높이로 對策을 內外側 모두 張石被覆으로 堤體를 保護케 하였다.

#### 2—5—2 둑마루나비

美國 開拓局에서 使用하는 公式

$b=3.6\times H^{\frac{1}{3}}-1.5$

H=둑높이 9.0m

b=둑마루나비

$\therefore b=3.6\times(9.0)^{\frac{1}{3}}-1.5=5.99\fallingdotseq6.0$0m로 決定

#### 2—5—3 外側비탈面

本防潮堤의 規模로 보아 처음 採擇한 緩傾斜인 1:30 비탈로 決定되었다.

가. 外側비탈面의 被覆石 重量

Iribarren公式에 依하여

$W=\rho h^3N/(\cos\alpha-\sin\alpha)^3(\rho-1)^3$

W : 石材個當 重量(kg)

$\rho$ : 石材의 單位重量 2.60ton/m³

h : 波高 2.04m

N : 係數로서 被覆上의 天然石인 경우 15

$\alpha$ : 비탈面과 水平面과의 角

$\therefore W=2.60\times2.04^3\times15/(\cos18°4'-\sin18°4')^3$

$\times(2.60-1)^3=316kg$

그러나 비탈을 짜고 多少 움직여도 좋을 경우는 4割을 減할수 있으므로

$W=316\times0.6=189kg$

나. 外側탈뒷面 構造

表面石의 뒷길이를 0.50m以上의 것을 使用하고 뒤채움 조약돌을 挿入하여 1m 두께로 하고 뒷面에는 內部 쌓은흙의 土粒子 吸出을 防止키 爲한 Filter層을 두었다.

Filter層의 두께는 G.E. Bertram & Terzaghi의 理論을 適用하여 材料의 粒徑에 있어서는 各連續層을 15% 粒徑에 對하여 9倍의 比率로 하고 두께는 各層의 15% 粒徑의 것을 最少限 50倍로 하는 것이나 工事費를 勘案하여 앞쪽 50cm는 조약돌, 뒤쪽 50cm는 모래자갈을 計上하고 Filter 理論에 맞도록 施工 指示하였다.

#### 2—5—4 內側비탈面

內側비탈面 E.L+10.50m에서 8m道路를 限界로 上部는 1:1.5, 下部는 1:2.0로 또 E.L+7.00m에 나비 2.0m의 捨石 흙받이工을 設置하고 全비탈面을 메붙임(뒷길이 0.35m 두께 0.6m)으로 保護하여 다음 事項을 考慮하였다.

1) 跳波의 落下 및 降雨에 依한 堤體浸蝕 防止
2) 堤體 및 基礎地盤에 對한 piping및 堤體의 安定
3) 浸潤線의 影響
4) 水中 흙쌓기時 흙받으 捨石工
5) 維持管理

#### 2—5—5 完全度 計算

防潮堤 堤體의 完全에 對한 檢討 事項은 다음에 依하여 細密히 分析 檢討된다.

ㄱ. 堤體의 外力에 對한 安全

1) 滑動과 轉倒에 對한 것

2) 흙쌓기 한 接觸部의 各構造와 土壓과의 關係

ㄴ. 滲透

1) 浸潤線

2) 浸透量

3) Piping

ㄷ. 地盤의 支持力

1) 地盤의 支持力

2) 基礎의 沈下

以上의 檢討中 本稿에서는 堤體의 浸透路長과 防潮堤의 基礎인 바닥다짐捨石에 對하여 略述코저 한다.

가. 浸透路長

$l = hcr \times Cc$

$l$: 最短浸透量

hcr: 內外 最大 水位差 5.65m

Cc: Creep比 微砂 7.5

$\therefore l = 5.65 \times 7.5 = 42.37$m

捨石堤 및 2個所의 砂礫層이 施工途中 또는 施工後 흙과 泥土 粒子의 浮遊物等에 依하여 그 空隙이 充塡될 것이 豫想되어 不透層(盛土層)에 作用하는 透水壓은 그만큼 적어질 것이며 안비탈面의 모래자갈層과 捨石層은 Filer作用을 할 것이고 旣設 防潮堤等의 斷面을 參酌하여 決定하였다.

**나. 바닥다짐工**

바닥다짐工이라하면 干拓部門에 從事하는 技術者는 重要度를 直感할 것이나 他部門의 讀者는 術語 自體가 模糊할 것이다. 바닥다짐工은 防潮堤 築造 過程에서 最初로 施工되는 防潮堤의 基礎이다.

流出入하는 潮水에 依하여 防潮堤 構築에 必要한 强度를 얻기 爲하여 普通 石材를 敷設하고 軟弱한 基礎地盤을 改良시키고 築堤 材料의 運搬路의 下部가 되는 것이다.

바닥다짐工에도 潮汐流에 依한 패임, 內外 水位差에 依한 揚壓力에 依한 破壞, 基礎의 破壞 沈下, Piping 等에 充分한 安全 檢討가 있어야 한다.

1) 패임깊이 計算

$$Zs = h(0.49 + 0.040 \log qt/h^2)(q/hwo)^{\frac{2}{3}}(h/h_2)^3 (q/hw_0)^{1/6}$$

Zs=Thomas 實驗公式의 最大洗堀깊이(m)

$h_2$=上下流 地盤高差 6.79m

q=單位幅當의 流量 2.51$m^3$/sec

h=4.68m 內外水位差

t=時間(sec)

$W_0$=흙의 幾何學的 平均沈降速度 0.134

以上으로 時間別 패임깊이는 다음과 같다.

| 時 間 | 洗堀깊이 |
|---|---|
| 1時間後 | Zs=1.914m |
| 10時間後 | Zs=1.935 |
| 100時間後 | Zs=2.059 |

2) 透水速度 計算

使用 材料의 空隙率과 動水勾配에 依하여 速度를 曲線表에서 算出하여 本地區에서는 內水位를 E.L+11.00m로 하고 水位差를 두고 얻은 것은 다음과 같다.

| 內 水 位 | 外 水 位 | $i=h/\ell$ | 透水速度 m/sec |
|---|---|---|---|
| EL. +11.00m | EL+7.00m | 0.24 | 1.13—2.24 |
| 〃 | 8.00 | 0.30 | 0.98—1.80 |
| 〃 | 9.00 | 0.154 | 0.73—1.35 |

3) 바닥다짐工의 基礎

本防潮堤는 第 2—1表와 같이 粘着性이 적은 微細粒土質로서 0.2m/sec의 流速에도 移動되기때문에 捨石堤外의 透水速度는 能히 地盤을 流失시키므로 이의 防止策으로 Filter의 理論을 살려 捨石堤內의 透水速度에 견디도록 하였다.

前述한바와 같이 이 바닥다짐工이 가장 重要한 것으로 많은 우여곡절을 겪어 그 當時에 最善을 다했으나 오늘에 있어서는 좀더 잘했으면 하는 아쉬운감과 자책감이 많다.

**第 2—5表 第2號防潮堤斷面**

| | |
|---|---|
| 둑 마 루 標 高 | EL+17.20 m |
| 둑 마 루 나 비 | 6.00 m |
| 外側비탈面기울기 | 1:3.0 |
| 內側비탈面기울기 | 1:2.0 |
| 外側비탈面被覆工 | 뒷길이 0.5m 두께 1.0m의메붙임 |
| 外側비탈面휠터工 | 조약돌 0.50m 사력층 0.5m |
| 內側비탈面被覆工 | 메붙임 뒷길이 0.35m 두께 0.6m |
| 內側비탈面휠터工 | 조약돌 0.3m |
| 內 側 道 路 | №:20—EP EL+10.50 나비 8.0m |
| 外捨石 小段나비 | 21.96m |
| 外堤石小마루標高 | EL+13.20m |

2—6 끝막이

무릇 防潮堤 끝막이工事에 있어서 成敗의 關鍵은 끝

막이에 있으며 끝막이의 計劃 또는 設計는 干拓技術의 總產인 것이다.

1潮時 1億2千萬$m^3$의 潮汐量이 出入하는 本防潮堤 끝막이는 基本計劃에서는 延長 1,000m의 빈지(角落)式으로 小潮干潮時에 1時에 끝막게 되었으나 危險率이 높아 檢討 끝에 延長 2,750m의 區間을 捨石을 徐徐히 높여서 捨石堤로 일단 끝막는 漸高式을 採用키로 하고 施工中 다바닥짐捨石 下部의 Filter層의 弱한 部分에 Piping이 일어나서 끝막이를 目睫에 두고 決潰 流失되었다.

當時의 狀況은 第2—6表와 같다.

流失當時 筆者도 現地에 나가 있을때 일어난 일로서 責任이 重한 立場에 있는 사람으로 무엇이라 表現할 수 없는 놀라움과 悲痛을 禁치 못하였다.

162m의 流失의 原因은 不可抗力的 要素도 없지는 않으나 地盤의 基礎調査를 徹底하게 또는 水理試驗을 通하여 水理現象의 糾明. 工事中 흙과 물과의 關係, 바닥다짐工의 徹底한 施工等 技術的으로 處理했어야할 여러가지 問題가 많았다.

世界的으로 先例가 없는 어려운 일을 하기에는 準備없이 큰일을 始作한 셈이다.

이 쓰라린 經驗과 後悔는 貴重한 知識이 됨은 틀림없는 일이다.

**第2—6表　　內 外 水 位 表**　　(m)

| 區　分 | 決潰前日 干潮時 | 決潰當時 9.15 37:15 | 既往最大滿潮時 8.17 22:20 | 附次 |
|---|---|---|---|---|
| 內水位 | EL+10.64 | EL+11.18 | EL+9.93 | |
| 外水位 | EL+5.95 | EL+7.90 | EL+5.75 | |
| 水位差 | 4.69 | 3.28 | 4.15 | |

**第2—7表　　潮　流　速　表**

| | 8.20 退　潮 | | 9.2 退　潮 | | 決潰當時 | | 附　記 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 끝막이標高EL | 流速 m/sec | 끝막이標高EL | 流速 m/sec | 끝막이標高EL | 流速 m/sec | |
| N：29 | +9.50 | 4.00 | +9.90 | 3.30 | +10.70 | 4.01 | |
| N：61 | +9.50 | 3.70 | +10.20 | 3.90 | −10.70 | 3.46 | |
| 其他高地帶 | +10.20 | 2.90 | +11.00 | 2.09 | +11.00 | 2.60 | |

**2—6—1　끝막이區間의 狀況**

前記한 決潰는 N0.36+31—N0.39+43　L=162m가 工事着手 當時의 地盤高(E.L.+8.00m)가 E.L. $\pm 0.0^{0}$ m까지 地盤流失을 이르켰다

其後 內外水位差를 거이 두지 않고 이 區間에서 潮水가 流出入하므로 地盤流堀은 더욱 甚하여 E.L.—20.00m까지 패되었다. 其間 基礎地盤 保護를 爲하여 捨石을 投下하였으나 소용돌이 現象이 일어나면서 漸增하였든 것이다.

**2—6—2　끝막이의 設計**

끝막이 計劃을 原點으로 還元서켜 다음과 같이 여러 方案을 檢討하였다.

1) 中間堤 設置 方案

地區內를 分劃締切하여 流出入 潮汐量을 적게하여 끝막이를 容易하게 하는 案

2) 漸高方式

끝막이場所를 澪區間으로 하고 지금까지 施行한 方法인 漸高式으로 하는 案

3) 決潰區間에서 끝막이하는 案

決潰區間을 끝막이場所로 하는 案

以上의 方案에서 中間防潮堤 設置 方案은 現時點에서는 不合理하고 工事費도 過多히 所要되어 2)와 3)에 對하여 第 1, 2 案으로 比較檢討하였다.

**다. 끝막이區間 및 延長에 對한 檢討**

澪區間 850m를 E.L 10.00m로 낮추어 流失區間 162m와 같이 끝막이區間으로 定하여 끝막이하는 方案(第1案)과

162m만을 끝막이區間으로 定하여 實施하는 方案(第2案)을 比較 檢討하면 別紙調書 內容과 같음.

(1) 各案의 槪要

(가) 第1案

ㄱ. 兩澪 850m 區間의 現捨石堤 標高를 E.L 10.70m에서 E.L 10.00m으로 낮춤과 同時에 돌망태 및 木杭工으로 上下流側 捨石堤斜面 및 바닥다짐面補强

ㄴ. 流失區間의 護岸工과 地盤保護捨石을 E.L 0.00m까지 實施

ㄷ. 一般締切 1,740m를 計劃斷面으로 끝막이

ㄹ. 流失區間을 E.L 10.00m까지 捨石堤로 끝막이

ㅁ. 流失區間 및 兩澪區間 1,012 m를 漸高式에

依한 捨石堤로 흙쌓기施工으로 完成斷面 끝막이

(나) 第2案

ㄱ. 流失區間의 護岸工과 地盤保護捨石(멧트레스工先行)을 E.L 1.00m까지 實施하여 돌망태 또는 沈床工으로 補强

ㄴ. 一般締切(澪區間包含) 區間 2,590m를 計劃斷面으로 끝막이

ㄷ. 流失區間을 돌망태 捨石으로 最少斷面을 E.L 9.50m까지 끝막이後 內外側을 捨石으로 補强하여 捨石堤施工

ㄹ. E.L 9.50m에서 E.L 13.29m까지의 捨石堤를 小潮時에 끝막이後 흙쌓기施工으로 完成斷面끝막이

**第2—8表　끝막이方案比較檢討書**

| 區　分 | 第　1　案 | 第　2　案 |
|---|---|---|
| 1. 內外水位差에의한 水壓 | | |
| 가. 水壓 | 流失區間끝막이에 있어 各種높이別內外水位差는 別紙 潮流速計算表와같이 第2案보다 0.27m～0.69m의 적은 計算値가 되나 바닥다짐標高 +8.0m以上일때 最高數値 4.21m/sec로 第 2案의 3.89m/sec보다 오히려 0.32m/sec가 더하다. | 流失區間바닥다짐높이 +8.00m 以內에는 第1案보다 0.27m+0.69m의 水位差가 더하나 그以上때 부터는, 第1案보다 적다. |
| 나. 對策 | 澪區間 850m에 充分한 對策이 必要함 | 流失區間外에는 盛土를 施工하므로 安全함 |
| 2. 流失區間끝막이途中에미치는潮流速 | | |
| 가. 潮流速 | 大體的으로 各標高別이 0.60m/sec內外로 第2案 보다 적은 流速이며 最大流速은 5.80m/sec로 第2案의 5.95m/sec보다 0.15m/sec적다 | 大體的으로 第1案보다 0.50m/sec內外가 크며 最大流速은 0.15m/sec差로 大差없다. |
| 나. 最大潮流速持續時間 | 4.0/sec 流速以上 持續時間 5時間 10分 5.0m/sec 流速以上 | 4.0m/sec 流速以上 持速時間 5時間10分 5.0m/sec 以上 |

| 區　分 | 第　1　案 | 第　2　案 |
|---|---|---|
| | 上 2時間 40分 | 時間15分으로 大差없다. |
| 3. 끝막이區間管理및끝막이 | | |
| 가. 管理 | 流失區間에 미치는 潮流速과 內外水位差에 大差가 없으므로 第2案과 同等히 安全한 護岸工과 바닥다짐工을 要한다. | 充分한 基礎地 保護工과 護岸工이 必要하다. |
| | 流失 區間外에 澪區間 2個所의 兩岸護岸工을 要하며 澪바닥다짐工補强物量이 많으므로 工事費가 增加되며 工期가 늦다. | 流失 區間 만의 護岸이므로 經濟的이며 安全하다. |
| 나. 끝막이 | 끝막이區間이 길어서 施工管理가 어렵다. | 流速은 若干 많으나 끝막이區間 延長이 짧고 單一區間으로서 特殊工法으로 施工管理에 集中施行이 可能하다. |
| 4. 一般澪區間의管理및끝막이 | | |
| 가. 管理 | 澪區間의 棧橋補强과 끝막이로서의 바닥다짐工을 要한다. | 澪區間의 棧橋補强 또는 바닥다짐工이 必要하다. |
| 나. 끝막이 | 一般 끝막이區間의 흙쌓기作業이 非能率的이며 工期가 늦다 | 一般끝막이區間의 흙쌓기作業이 容易하다. |
| 5. 能率的인 施工과 施工의 難易 | 가. 作業場所가 分散되어 있으므로 非能率的이다. | 가. 一般끝막이때의 作業場所가 限定되지 않으므로 能率的이며 工期가 빠르다 |
| | 流失區間外에 別途 2個所 끝막이을 施工해야 한다. | 끝막이가 이 單一區間이므로 集中施工이 可能하다. |
| 6. 經濟性 | 流失區間外에 澪區間의 끝막이 바닥다짐 補强 工事費를 要하므로 工事費가 增加한다. | 單一區間의 끝막이 終締切이므로 바닥다짐工事費가 減少되어 經濟的이다. |

以上과 같이 第2案이 適合함을 알 수 있고 따라서 9月 15日 決潰流失區間의 그後 流速, 바닥다짐工作業實施狀況을 볼때 護岸 및 바닥다짐工을 實施後 끝막

이하는 것이 工期面이나 經濟面에서 有利하며 第2案으로 決定하였다.

構造의 安全計算은 第2號 防潮堤에서 略述한 方法에 依하였다.

以上 記述한 外에도 케이슨 工法, 데트라포드 工法, 漸高式으로 Cable Way를 設置하여 運搬하는 方法等 있을수 있는 모든 方法을 생각해 보았고 關係者들의 數많은 會議를 通하여 上記方法을 採擇 强行하여 成功한것은 不幸中 多幸이였으며 끝막이가 成功되는 瞬間 筆者와 當時의 湖南 國土建設局長 李孝承氏와의 歡喜의 악수는 筆者 一生의 最大 기쁨이었다.

이 끝막이工事를 爲하여 流速에 떠내려가지 않는 重量物을 使用하는데 돌망태를 使用 1個當 2屯重量까지 使用하여 最大流速 6.5m/sec를 阻止서켰고 前例없는 難工事를 完成서킨것은 우리의 자랑이 아닐수 없다.

끝막이 部分의 一次石堤가 된後의 물막기 흙工事또한 普通工事가 아니다.

水中에서 37m나 높은 흙댐을 만드는 일이란 여간 힘든 것이 아니다. 이 工事를 通하여 水中堤工事의 貴重한 經驗을 얻었다.

東津江 防潮堤를 成功시킨 後부터는 外國사람들이 우리나라 干拓技術을 높이 評價함이 事實이다.

和蘭이나 日本等地의 干拓技術者 學者들이 많은 찬사를 보내올뿐만 아니라 前般에 來韓한바 있는 W.F.P. 事務總長도 東津江을 成功裡에 完成시켰으니 牙山灣 끝막이도 疑心치 않고 錦江平澤地區에 W.F.P. 援助를 한다고 하였으며 世界銀行에서 온 사람들도 牙山灣이든 榮山江河口든 土聯技術로 能히 감당할 수 있음을 認定한다고 말한點等 마음 든든하고 흐뭇한 感을 禁치 못하였다.

3. 結　　言

東津江 干拓工事는 우리가 해보지 못했든 어려운 일을 하지 않으면 안될 立場에 處하여 모든 努力을 傾注한 結果 여러가지 難關을 克服하고 成功하기에 이르렀다.

日本의 干拓技術은 八郎潟干拓事業의 實施를 通하여 一般 水利技術은 愛知用水事業을 契機로 飛躍的 技術發展을 시켰고 美國 開拓局이 후—바 댐 建設을 通하여 世界에서 有名한 技術團體인 USBR의 土台를 이룩했고 和蘭의 干拓技術도 「자이달지」地區 및 「델타」地區의 施行을 通하여 發展하였다. 先進國에서도 技術發展이란 技術的 難問題가 많이 包含된 工事를 하므로서 이룩된 것이 普通이다. 東津江干拓도 그例外가 될 수 없다.

發展을 이룩한 仔細한 點은 다음 機會로 미루기로 하나 計劃, 設計, 施工等에서 從來보다는 飛躍的인 技術發展을 한 것만은 事實이다.

各分野別로 訓練된 技術者들을 繼續 그 專門分野에 종사시켜 技術의 質을 더욱 높여 앞으로 있을 錦江平澤地區와 牙山灣 防潮堤工事는 보다 安全하고 東津江의 산經驗을 살려 高度의 技術를 發揮 完全無缺한 工事를 하도록 努力코저하며 앞으로 있을 榮山江 河口地等 어려운 일에 對備코저 한다.