

報 告

# 慶州地區普門池 餘水吐 放水路 水理模型試驗報告書

水 聯 企 劃 課 提 供

## I. 緒 論

本水理模型試驗은 過去 여러사람의 設計를 거쳐 竣工된 地區인데 去年 颶風으로 因하여 災害를 입어 設計課 干拓係長 李鳳禧氏가 設計變更한 慶州水利組合 普門池 餘水吐 放水路를 企劃部長 元鳳集 企劃部次長 徐廷天 企劃課長 林迎春 試驗係長 林慶鎭 監督下에 大韓水利組合 聯合會 試驗室에서 技手 李熙榮이가 直接模型을 設計製作하여 시험한것이다.

## II. 試驗 目的

本地區는 慶北 慶州市 普門里 兄山江支流에 設置한 普門池餘水吐放水路로서 檀紀4285년 9월 27일 當局의 認可를 얻어 檀紀4286년 6월1일 着工하여 檀紀4291년 11월31일 竣工을본 地區인데 今般 去年 颶風時 右側벽이 溢流하여 測點No. 8以後가 大破되어 慶州市街가 危險狀態에 빠졌은 地區로서 今般 設計變更한것은 從前의 餘水吐長 141.3米 되는것을 30米延長하고 放水路도 餘水吐長의 延長에 比例하여 二倍를 넓혀 設計한것이므로 이와같은 設計變更이 實際 安全하고 經濟的인 設計인가 또한 安全하다하여도 얼마나 餘裕가 있게 安全한가 하는것은 計算이나 推論으로 表示할수도 없으며 또한 堆埋도 되지않아 水理模型試驗을하여 모든 水理現象을 把握하고 諸問題를 立證하여 構造物設計과 施工에 萬全을 期하여 構造物이 合理的이고 經濟的인 設計는 勿論 災害未然防止 工事費의 節減을 企圖함에 그目的이 있다.

## III. 現場과 設計條件

### a. 事業概要

本 普門池는 慶州市 普門里 兄山江支流에 位置하고 1,328.3町步를 蒙利할 目的으로 築造

된貯水池인바 堤防最高높이 21米 거리가308米 集水面積이 7,558.3町步를 갖고고 985,509町步를 貯水할수 있는 貯水池이다.

### b. 貯水池 流域狀態

貯水池의 總流域面積은 7,558.3町步이며 流路의 延長 13km 流域內林野와 耕地의 比率은 20 : 1 河床은 砂礫層이고 林相狀態는 普通이다.

### c. 氣象關係

年平均 962.35耗 (10個年平均)  
 最大年雨量 1,537<sup>7</sup> 耗 (4281年)  
 灌溉期間中降雨量 917.8耗 (4281年)  
 最大日雨量 202.1耗 (4262年6月18日)

### d. 設計概要(當初)

最大洪水量計算  
 最大洪水量은 最大日雨量 202.1耗를 84% 流出로 보아 棍山氏 公式에 의하여  $Q=465.3 \text{ m}^3/\text{sec}$   
 餘水吐斷面計算  $B = \frac{Q}{CH^{3/2}} = \frac{465.3}{1.838 \times 1.5^{3/2}} = 139.00 \text{ m}$   $C=1,838$   $H=1.5 \text{ m}$   $Q=465.3 \text{ m}^3/\text{sec}$

即當初  $B=141.3 \text{ m}$ 의 半圓型으로 設計하였다. 放水路는 Wadsworths氏 公式에 依하여 水深 =1.8m로 假定하여 底幅을 算出하였고 No. 4 以下는 Beroulli 定理를 利用하여 斷面을 計算하여 決定하였고 減勢工에는 Sill을 달아 減勢裝置를 하였다. 그러나 今般 去年 颶風時 右側壁이 溢流하여 測點 No. 8以後가 大破되었으므로 計算없이 餘水吐의 거리가 짧다고 假定하고 30m 延長하여서 171.30m로하고 放水路도 二倍 準하여 넓혀 設計變更한것임

## III. 模型製作

### a. 模型과 實物間의 相似關係

模型製作에 있어 模型과 實物間의 相似가 어떻게

한가 하는것은 極히 重要한 問題이다. 模型과 實物間에 完全한 相似가 成立하려면 幾何學上, 運動學上 그리고 力學上의 相似가 成立되어야한다.

力學的인 相似가 成立하려면 流體에 作用하는 모든 힘 사이에 相似性이 있어야 함으로 모든 힘을 考慮한 相似法則은 얻기 어렵다. 그러므로 特히 流體에 影響이 큰 힘만을 考慮한 相似法則을 求하여 實用하고있다. 卽 本模型은 開水路에 關한 水理模型實驗임으로 重力의 影響을 考慮한 Froude 相似法則을 使用하였다.

**b. 模型의 縮尺**

縮尺은 試驗의 精度 試驗에 使用되는 場所의 크기 試驗에 使用할수 있는 水量 經費等에 依하여 決定된다. 그런데 本模型은 餘水吐의 거리가 171.3m이며 放水路도 144.5m에서 65.0m의 幅員을 갖이고 있고 거리가 160m인 큰 工作物이나 計畫水深은 1.20m 程度임으로 平面上으로는 縮尺을 작게 하여야하나 水深關係로 精度를 期하기 위하여 場所에 無理하나 縱橫같은 1/50의 縮尺을 擇하여 幾何學的인 相似를 成立하도록 하였다.

**c. 模型의 材料와 製作**

餘水吐 및 放水路의 底部는 三分『베니아』合板(防水材)를 使用하고 側壁과 堰體等은 羅王을 使用하여 伸縮과 뒤트러짐을 防止하고 貯水池 用水槽는 합석으로 製作하였으며 漏水를 防止하기 爲하여 接合部에는 바디를 받렸다. 塗色에 있어서는 白色에나멜을 칠하여 물과 識別하도록 圖謀하였다.

模型製作은 以上 말한 材料를 갖이고 直接 設計圖하여 木手에 일일이 指示하여서 만들었으며 縱橫斷의 標高는 Level로서 測定하여 設置하였다.

**d. 給水裝置**

給水는 京畿工業學校 水理試驗室 6" 파이프로서 給水하였으며 餘水吐앞에 水槽를 設置하고 파이프앞에 橫斷으로 鐵網箱子를 만들어 砂礫을 채워세우고 파이프를 그앞에 配置하여 파이프로부터 供給되는 물은 이砂礫壁을 通하는 동안 亂流가 完全히 靜水狀態로되어 自由表面으로서 溢流堰을 넘게하였다.

**V. 模型의 測定値와 原型의 實値로 換算하는데 要하는 方法과 給水 및 測定方法**

**a. Froude 相似法則**

前記한 바와 如히 本試驗에서는 Froude 相似法則을 適用하여 諸値를 換算하였다.

諸 景	Froude 相似法則에 依한 寸法比	模型에 對한 率 原型의 倍
長	$L_r = \frac{L_p}{L_m}$	$\frac{50}{1} = 50$
面積	$L_r^2$	$50^2 = 2,500$
容積	$L_r^3$	$50^3 = 125,000$
質量	$L_r^3 W_r g_r^{-1}$	$50^3 \times 1 \times 1^{-1} = 125,000$
時間	$L_r^{0.5} g_r^{-0.5}$	$50^{0.5} \times 1^{-0.5} = 7.07107$
速度	$L_r^{0.5} g_r^{0.5}$	$50^{0.5} \times 1^{0.5} = 7.07107$
加 速 度	$g_r$	$1=1$
角 速 度	$L_r^{-0.5} g_r^{0.5}$	$50^{-0.5} \times 1^{0.5} = 0.1414$
힘	$L_r^3 W_r$	$50^3 \times 1 = 125,000$
單位 容 量	$W_r$	$1=1$
流 量	$L_r^{0.5} g_r^{-0.5}$	$50^{0.5} \times 1^{-0.5} = 17.677$
壓 力	$L_r W_r$	$50 \times 1 = 50$

以上에서 算出한 바와 如히 거리 面積은 模型의 實測値에 各各 50倍 2,500倍 12,500倍를 하면 原型의 값이되며 時間과 流速은 7倍 流量은 17,677倍 하면 原型의 값이된다.

**b. 模型上의 流量**

$$Q_r = \frac{Q_p}{Q_m} \therefore Q_m = \frac{Q_p}{Q_r}$$

$$\text{그런데 } Q_p = 638 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_m = 17,677$$

$$= \frac{638}{17.677} = 0.0360908 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$= 36.0908 \text{ kg/sec}$$

卽模型上에 流下되는 流量은 36.0908kg/sec이다.

**c. 模型의 給水**

以上과 같이 算出한 流量 36.0908kg/sec를 模型에 流下시킵에 있어 計算한 結果를 6 inch pipe Valve의 開閉로 調節하였다. 또한 今般 災容을 입을 時의 洪水에 餘水吐 溢流水深이 2.20m 이었다고 하여 溢流水深을 2.20m 되게 Pipe의 開閉를 調節하여 이것을 保存케하여 水理試驗도 하였다.

d. 測定裝置

模型의 各部 計畫高를 保存せ 한 다음 測點의 左右로 8m의 間격(模型上에는 16cm間격)으로 補助 測點을 設置하여  $\frac{1}{10}$  까지 읽을수 있는 Point gage로서 水深을 測定하였다.

Point gage를 使用하기에는 測定台가 必要한데 測定되는 一定한 높이를 갖고 製作 全面을 水平하게 角材를 使用하여 製作하였다.

VI. 模型試驗

本試驗은 計畫洪水量 638m<sup>3</sup>/sec를 今般 餘水吐長 171.30m로 設計變更한 構造物에 물을 流下하면서 水理學的으로나 經濟的으로 가장 有利한 斷面을 찾기에 여러가지 試驗을 하였으며 가장 有利한 斷面에 對하여 溢流水深을 2.30米로 하고서 水理試驗을 한結果를 實際 設計變更에 反映코져 하였음. 以上과 같은 觀點에서 第1. 2. 3. 4. 5次 試驗을 行하였다. 그 結果는 다음과 같다.

a. 第一次水理模型試驗

第一次試驗은 洪水量 638m<sup>3</sup>/sec (模型上 36.0908kg/sec)를 餘水吐長 171.3m로 變更한 構造物에 流下하여 試驗한 結果이다.

그 結果는 다음表 1과 같고 圖表로 표시하면 Fig 14, 15의 實線 (—)과 같다.

以上の 結果를 綜合하여 보면.

1. 測點 No. 2 No. 3에서는 左側의 水深이 右側의 水深보다 約 0.70m 높은 現象을 나타내고 있다.
2. 測點 No. 4에서는 도리어 左側이 右側의 水深보다 0.50m 높아졌다.
3. 測點 No. 5 에서는 左側과 右側水深의 차이가 1.30m이나 되었다. 같은 斷面에서 이와같은 現象이 나타남은 不經濟的이며 水理學的으로 좋지 못한 現象이다.
4. 測點 No. 6에서 最低 水深은 0.75m No. 7에서는 不過 0.01m 0.10m이니 이와같은 現象은 물이 흐르지 않는다고 하여도 過言이 아니다. 또한 最高水深이 좌야 0.72인데 底巾의 總기러가 55.00m인것을 26.00m延長하여 左右壁高를 3.00로 하고 있으니 左壁은 水深보다 2.90m 右壁은 水深보다 2.30m

이나 높음으로 이와같은 不經濟的인 斷面은 없으리라 생각 된다.

5. 測點 No. 8~No. 12까지는 今般 水害로 因하여 底面에 No. 8에서 巾員이 22.00m이고 깊이가 2.90인 落差로서 掘整되어 No. 12에서 巾員이 37.00m로되고 깊이는 原底面과 같게 되서 自然 落差가 이르난 곳인데 여기에서 水理現象은 아주 재미나는 現象이었다. 그 結果를 大體的으로 추려보면 다음과 같다. No. 8에서는 自然落差로 떠러지는 斷面인데 水深은 No. 7부터 急激히 降下하고 右側 卽 落差인 곳으로 水派이 湧려 左側에서는 0.64m인데 右側에서는 3.70m를 表示하고 있으며 No. 9에서도 甚한 差를 보이고 있다. 그러나 落差部分斷面에서는 原底面보다 水深이 2.10m 얕음으로 實際 原 底面보다 오히려 0.01m 程度 얕다. 그런데 여기서 그 餘勢가 水跳現象을 나타내어 測點 No. 10에서 右側으로 20.70m인 地點에서는 또다시 水深이 最高 2.88m이라는 現象을 나타내고 있으며 No. 11, No. 12에서도 비슷한 現象이 나타 났다. 以上 結果로서 無謀한 斷面의 擴大로 因하여 오히려 不利한 現象이 나타남에 着眼하여 다음과같이 修正하여 第二次 模型試驗을 하였다.

b. 第二次水理模型試驗

第一次 水理模型試驗에서 不合理한 現象을 把握하고 余水吐 長은 30.0m 延長한 171.30m로 하고 放水路 橫斷 No. 3에서 부터 平面圖 Fig 7 (—②—線)과 같이 底巾을 縮小하고 落差가 생긴 No. 8 부터는 破壞된 側壁을 그대로 높히기로한 斷面에서 水理試驗을 하였다. 그 結果는 Fig 10과 Fig 14, 15의 (---·---) 線과 같은 現象이 일어났다.

以上の 結果를 綜合하면 다음과 같다.

1. 測點 No. 2에서 No. 8까지 綜合하여 보면 水深은 第一次 模型試驗때 보다 0.50~1.00 m 上昇하였으나 同一 斷面에서의 水深은 差가 그렇게 크게 나타나지 않았다.
2. No. 8~No. 12 卽 水害를 當하여 底面에 落差가 생긴 斷面에서는 右側에서 水跳現象이 일어나지 않아 오히려 斷面이 擴大 하였

을때 보다 더욱 安全한 結果가 나타냈다.  
그러면 過然 以上の 結果로 보아 溢流堰의 長이를 30.00m까지 延長 하여야 만이 安全한가를 檢討하기 위하여 第三次 水理模型試驗은 溢流堰과 放水路斷面을 縮小하여 如何한 結果가 나타나는가를 試驗하기로 하였다

### c. 第三次水理模型試驗

第三次 水理模型試驗은 Fig 7의 平面圖에 表示한 (一㉓一線)과 같이 溢流堰 長을 151.30m 卽 20.0m 縮小하고 放水路의 底巾도 이에 準하여 No.1, No.2, No.3을 縮小시키고 No.4에서는 第二次 水理模型試驗때의 斷面과 一致시키고 左側 壁은 現地를 參酌하여 No2~No.6까지를 Fig 7圖表과 같이 變更시킨 斷面에 對하여 水理模型試驗을 하였다. 그 結果는 Fig 11과 Fig 14, 15의 (一△一△一線)과 같은 現象을 나타냈다.

以上の 結果를 綜合하여보면 다음과 같다.

1. 溢流水深은 溢流堰 171.30일때 1.50m가 1.72m로 增加되었다.
2. 左側壁 No.2~No.6까지의 從來의 急屈部를 現地가 許諾하는限 緩屈部로 修正함으로 第一, 二次 試驗에서 나타남과 같이 水深이 上昇하고 그 餘勢로 水派이 右側으로 흐리는 現象은 없어져 좋은 結果를 보여 주고 있었다.
3. 그 以後의 斷面에서는 第二次試驗時의 水深과 別差異가 없었다.
4. 測點 No.15+2.3에다 Controller를 設置한 結果 水派을 20m 餘의 遠距離에 떨어져트릴수 있어 構造物의 安全을 爲하여 좋은 結果였다.  
卽 第一, 二次 試驗과 第三次試驗을 比較하면 餘水吐의 長이를 20m 縮小하여도 溢流水深이 不過 0.22m 增加하였다. 또한 放水路 水深을 보아도 二次試驗보다 가장 水深이 增加된것이 不過 0.80m였다. 여기에 힘을 얻어 從來의 餘水吐 長141.30로 하고 側壁이 殘存한 壁高를 높여주는 方向으로 試驗을 展開키로 하였다.

### d. 第四次水理模型試驗

本試驗은 前記에서 指摘한 바와 같이 既存 構

造物를 破壞하여서까지 擴張한 必要가 있는가 하는點에 留意하여 餘水吐가 放水路의 底巾을 Fig7의 平面圖(一㉓一線)과 같이 No.7+10까지 從前의 것을 살리고, 그 以後는 第二, 三次 水理模型 試驗에서 한 斷面으로서 計劃 洪水量 638m<sup>3</sup>/sec (36.0908kg/sec)을 溢流시켜 試驗하였다. 또한 No.14+4에 Control roller를 設置하고 下流水深을 考慮하여 構造物의 安全을 圖謀한 結果 30m 以上の 遠距離로 물을 보낼수 있어 構造物의 安全上 大端히 좋은 結果였다.

그 結果를 綜合的으로 詳細히 比較檢討하면 다음과 같다.

1. 餘水吐의 長이가 30m 短縮됨에 溢流水深은 不過 0.36m 增加하였다. 그런데 餘水吐 長은 30m 短縮함으로 因한 切土量과 岩切量은 相當히 節減되었다.
2. 洪水量 638m<sup>3</sup>/sec (36.0908kg/sec)를 溢流시킨 結果 溢流水深이 1.87m가 되었다.
3. 斷面縮少로 因하여 水深은 增加하였으나 同一斷面에서의 水深의 差가 그렇게 크지않으므로 水理學的으로나 經濟的으로 有利한 斷面이다.
4. 各 斷面別로 第一次 水理模型試驗時의 水深과 比較檢討 하여보면 다음과 같다.
  - i) 測點 No.2에서 第一次水理模型試驗時와 第三次 水理模型試驗과 比較하여보면 底巾이 34m 縮小됨에 水深은 不過 最高水深에서 0.5m 增加하고 左側에서는 水深이 거의 같은 結果가 나타났다. 이와같이 底巾이 縮小함에 水深의 增加가 極少함은 第一次 水理模型試驗에서는 水深의 差가 3.0m나 있어 그와같은 無理한 現象이 나타났었다. 이와같이 斷面만 擴大한다고 構造物에 安全을 期함이 아니라는것이 如實히 나타남다.
  - ii) 測點 No.3에서는 第一次때보다 右側部에서 30m 縮小하고 左側에서 6m 擴大되어 結果的으로 24m 縮小됨에 水深은 右側壁 附近에서는 1.40m 높아 졌으나 左側壁 附近에서는 一致하고 있다.  
卽 底巾 縮小에 比하여 水深의 增加가 比較的 적은은 水深이 均一하게 維持됨을

알려주는 것이다.

- iii) 測點 No.4에서는 第一次에보다 右側部에서 30m 縮小되고 左側部에서 5m 擴大함으로 結果적으로 25.0m 縮小되었음에 水深은 最高水深과의 比較가 不過 0.7m 정도 높아졌다. 그 原因은 前斷面에서 指摘한 事實과 같다.
- iv) 測點 No.5에서는 第一次에보다 右側部에서 28.0m 縮小되고 左側壁에서 4.0m 底巾이 擴大되어 24.0m 底巾이 縮小됨에 水深은 最高水深과의 差가 0.5m 程度 높아졌다.
- v) 測點 No.6~No.8에서도 底巾이 大巾 縮小되거나 水深은 不過 0.5~0.8m 程度 增加한다.
- vi) No.8 以後에서는 二, 三次模型試驗 때와 同一하다.

以上の 結果로 보아 底巾을 34.0m~24.0m나 縮小함에 水深은 不過 0.5~0.8m 增加함을 보여주고 있다. 이와같은 實際現象을 보아 無謀한 底巾의 擴大만으로 安全을 期할수 없다는 것이 確實히 證明된다. 第一次에보다 壁高를 0.5~0.8m 높이던 되는데 從來의 壁이 No.0~No.8까지 殘存하고 있으므로 여기에 0.5~0.8m 崇上만하면 되고 餘水吐巾을 30m 延長치 않음으로 因한 莫大한 工事費의 節減을 보게된다. 그런데 洪水量 638m<sup>3</sup>/sec의 算出도 二根據가 稀薄하다. 卽 潛堰의 Flelog 和 Stoarm 兩氏의 流量式을 使用하여 算出하였으나 實際는 潛堰는 아니다. 다시 말하면 流量을 많이 내기위하여 억지로한 結果라고 볼수 있다. 가장 餘裕가 많은 棍山式 公式를 使用하여 算出한 流量도 不過 465.3m<sup>3</sup>/sec 인데 이것이 不足하다 하여 上記한바와 같은 流量을 算出하였으며 또 여기에도 不足하다하여 實際 現場에서 測定한 溢流深이 사라號 颶風時에 2.2m 였다고 하는데 果然 이 水深을 如何히 하여 測定하였는지 水深의 測定設備는 如何히 하였는지 理解키 困難한 點이 許多하다.

그러나 萬年大計를 爲함과 最大의 安全을 期하여 溢流水深은 2.2m로 하여 水理試

驗한 結果를 今般 設計變更에 反映코저함

### e. 第五次水理模型試驗

第五次水理模型試驗은 第四次時의 斷面에 計劃洪水量 638m<sup>3</sup>/sec를 溢流치 않고 溢流水深을 2.2m 保存하고 諸般 水理試驗을 하였다. 그 結果는 Fig 13과 Fig 14, 15의 (—x—x—線)과 같이 나타났다.

全斷面을 總括的으로 計劃洪水量 638m<sup>3</sup>/sec를 流下시킬 때와 比較하면 水深이 1.00m 內外 增加하고 있다.

## VII 結 論

以上の 結果로 보아 餘水吐기리와 斷面을 縮小하고 從來의 壁高를 崇上함이 水理學的으로 有利하며 經濟的으로도 工事費 30,000,000~40,000,000圓의 節減을 보았다. 第五次 水理模型試驗 結果를 中心으로하여 다음과같이 放水路의 底巾 및 壁高를 決定함이 妥當하다 生覺된다.

左側壁에 있어 底巾은 No.2~No.6까지는 現地 條件에 符合토록 平面圖와같이 緩曲으로 하였으며 그以後는 從來의 巾員을 그대로 갖게하였다. 壁高이는 다음表와 같다.

測 點	壁 高	備 考
No.1~No.2	5.00m	
No.2~No.4	4.50m	
No.4~No.6	4.00m	
其 以 後	2.60m	從前과同一함

右側壁

底巾은 다음과 같다. (平面圖參照)

No.7까지 原設計의 底巾과 同一함

No.7~No.12까지는 今般 被害를 當한 底巾과 一致케함

No.12~No.17까지는 No.12의 巾員에서 No.17의 中心으로부터 右側으로 36.00巾을 갖게한 直線을 側壁의 底尻로 한다.

壁高이는 다음表와 같다.

測 點	壁 高	備 考
No.1부근	5.50m	
No.2~No.4	5.00m	
No.4~No.5	4.50m	
No.5~No.12	4.00m	
No.12~No.14+4	3.50m	

Cution 部分의 壁高는 左側壁과 同一함  
第四次試驗時는 No. 14+4에 Control roller를  
付設하고 下流水深을 考慮하여 水派을 構造物  
부터 遠距離에 보내어 河床에 아무런 構造物을

設置치않어도 本構造物에 아무런 影響이 없음을  
알수 있었다. 이와같은 簡單한 設備로 因하여  
더욱 工事費의 節減과 아울러 構造物의 安全을  
期할수가 있었다

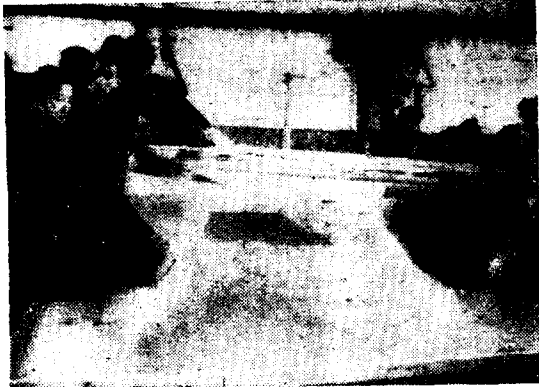


Fig1 原設計斷面에 물을 流下하였을때의 水理現象全景



Fig2 放水路底面의 自然掘鑿된 部分의 水理現象

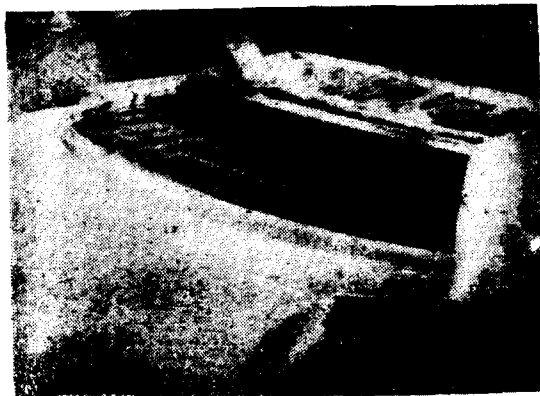


Fig3 修正前溢流堰의 溢流現象



Fig4 修正前 放水路及靜水池의 放流現象



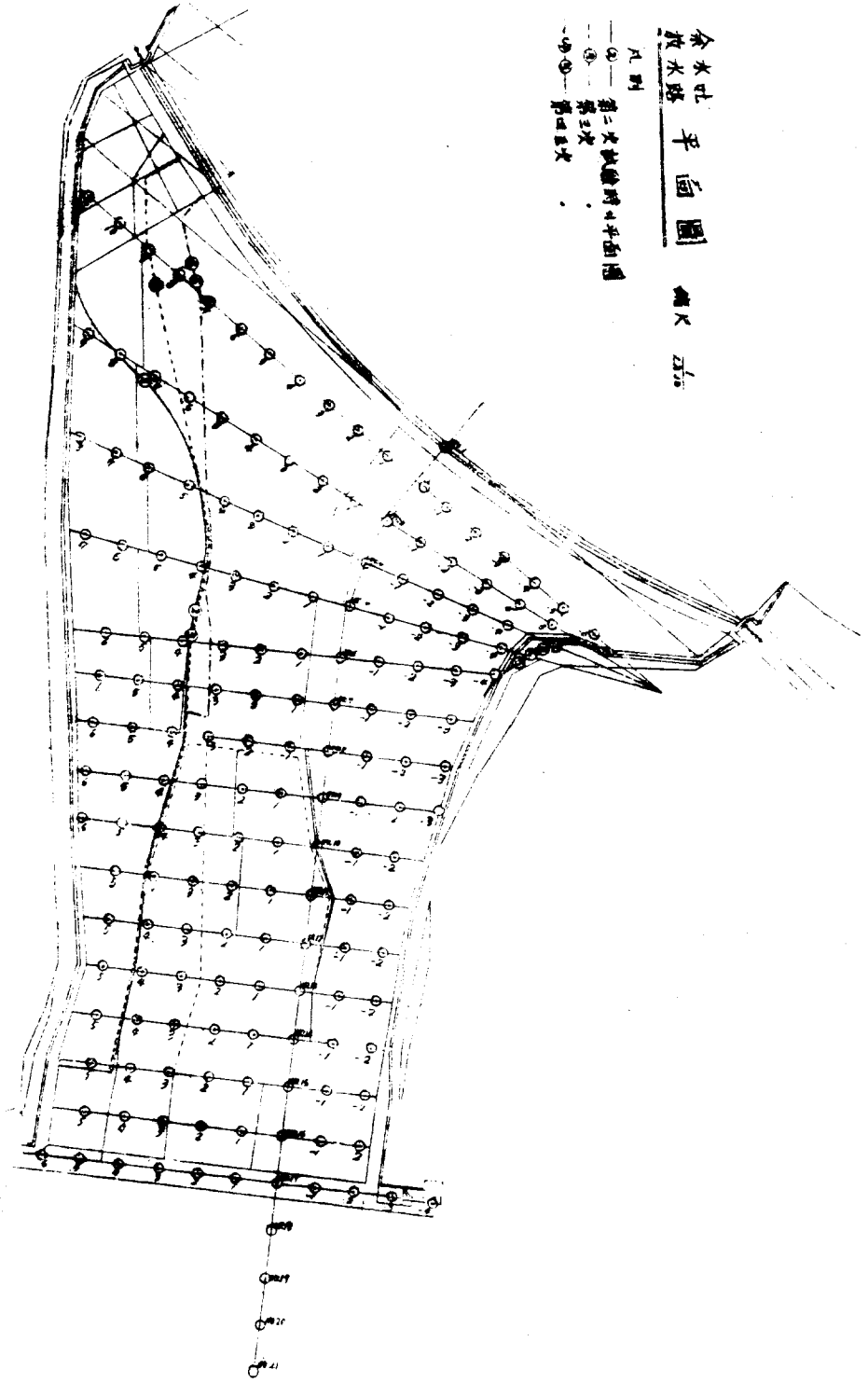
Fig 5 修正한斷面에 물을 溢流하였을때 水理現象



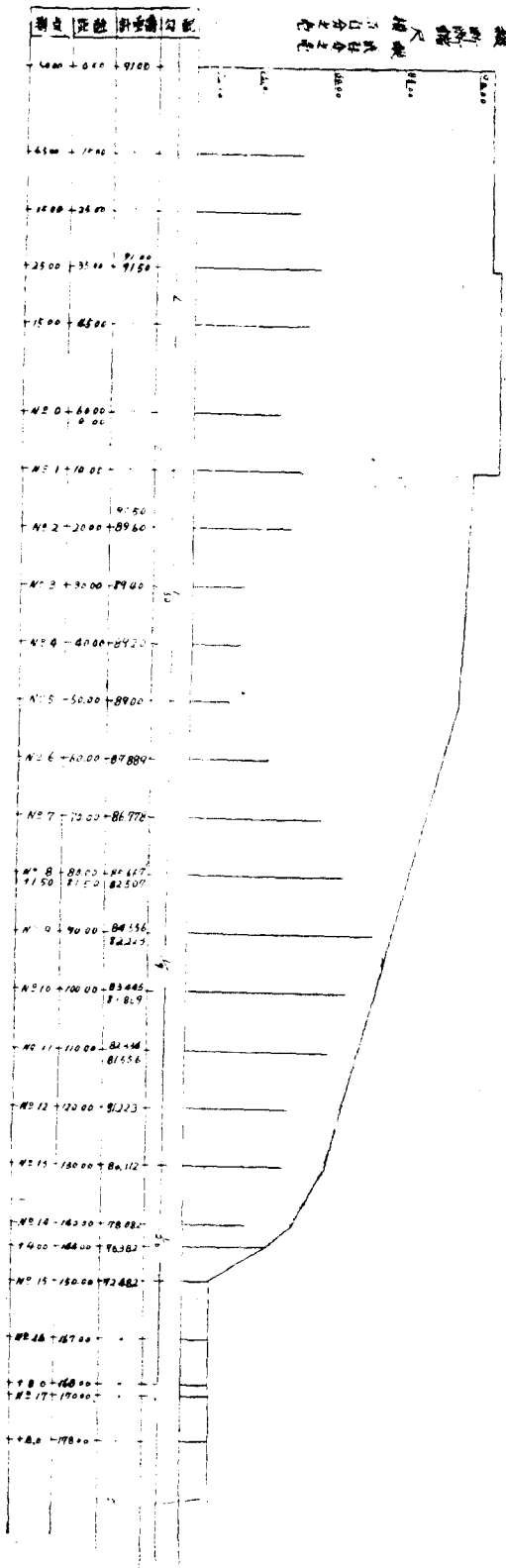
Fig6 水理試驗光景

余水站 平面图 比例 1:500

- 比例 1:500
- ① 第二次放线时平面图
  - ② 第三次
  - ③ 第四次



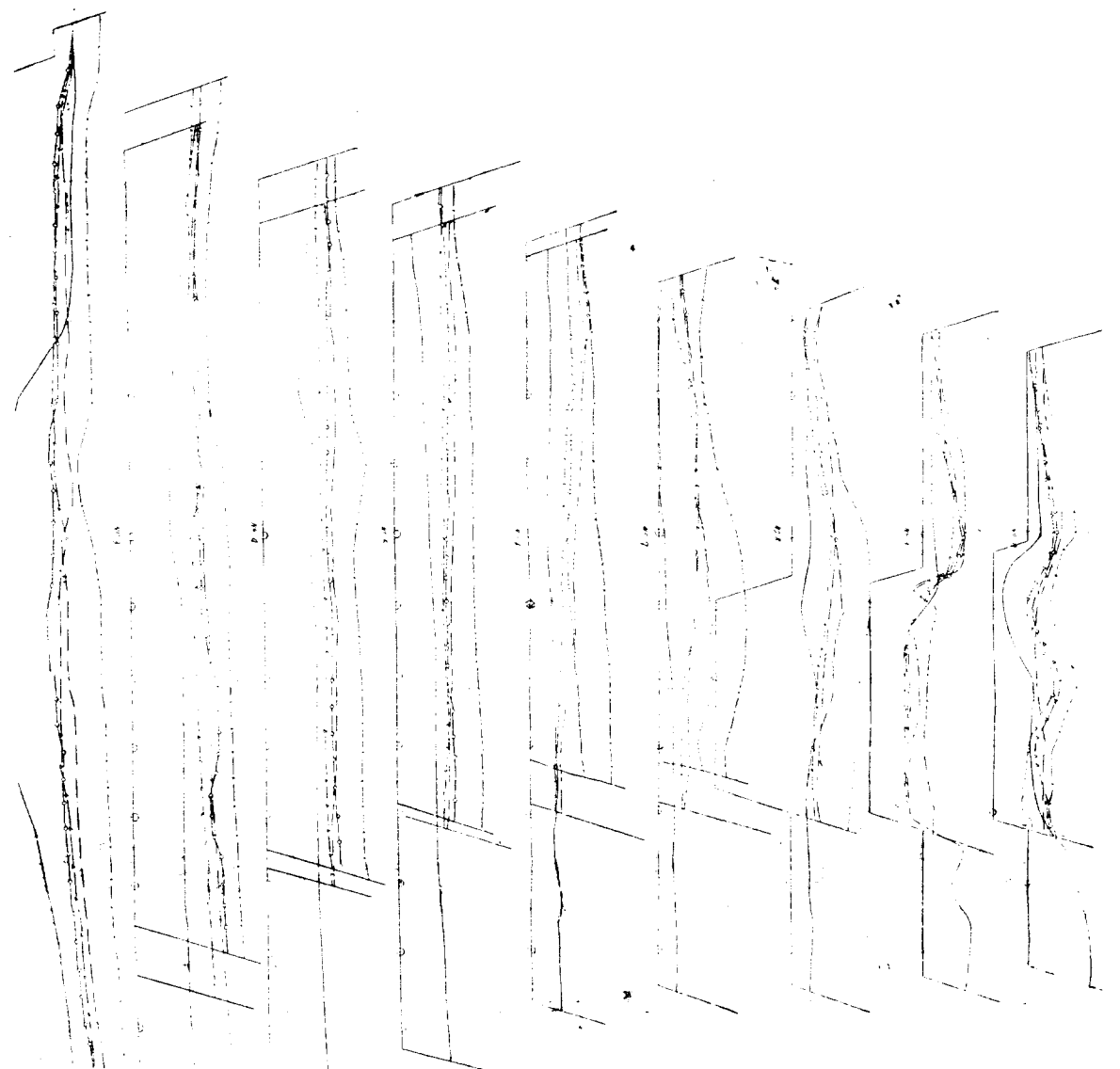
余水吐損水總 續 斷路 下 增 不 日 分 文 地





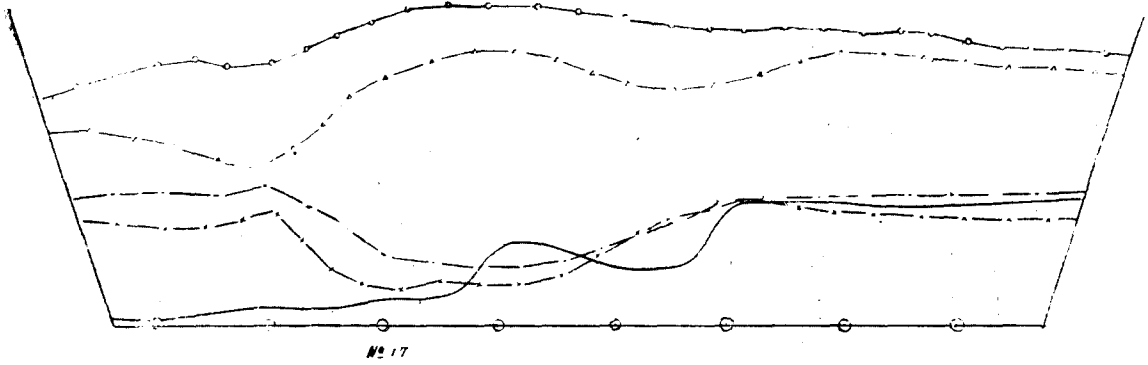
# 各測點의水深

- 凡例
- 第一次試驗水深
  - · · · · 第二次 " "
  - △-△-△- 第三次 " "
  - 第四次 " "
  - ×-×-×- 第五次 " "
- 註 第三次試驗은 N의 15+2.3에  
Control roller를設置하였을  
第四次試驗은 N의 4+4에設  
置하였음.

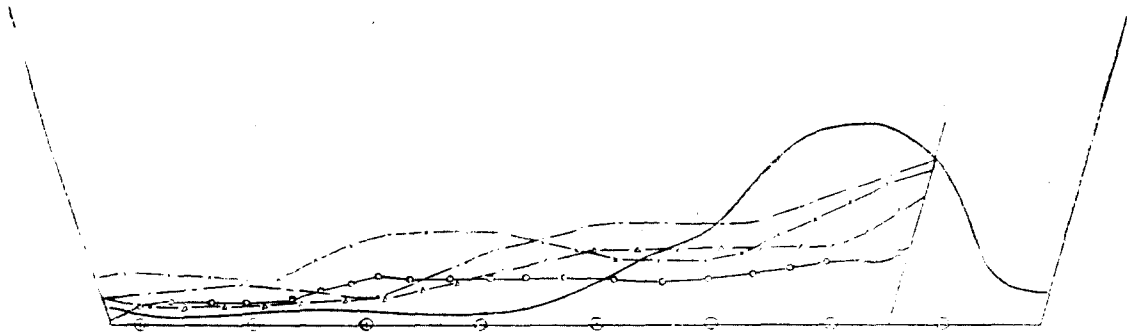


縮尺  
橫參百分之  
縱參百分之  
其一

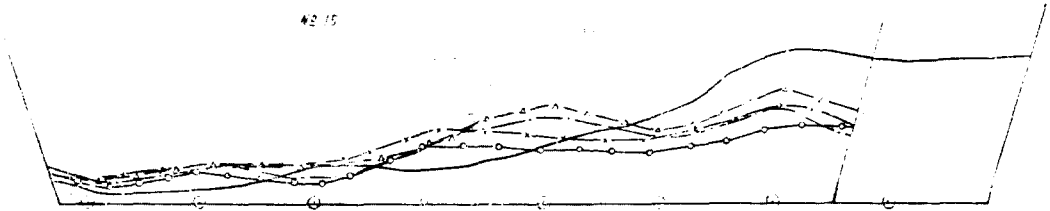
其二



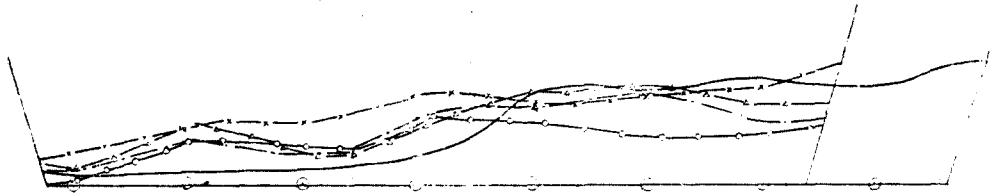
№ 17



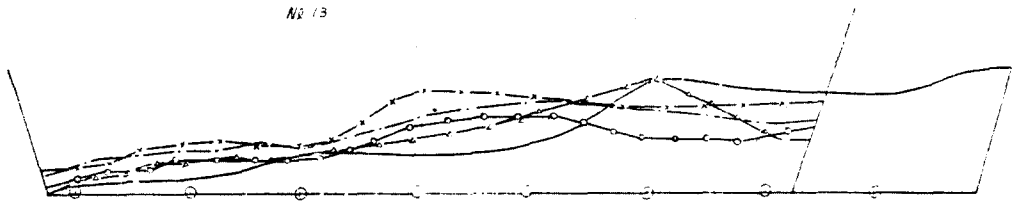
№ 15



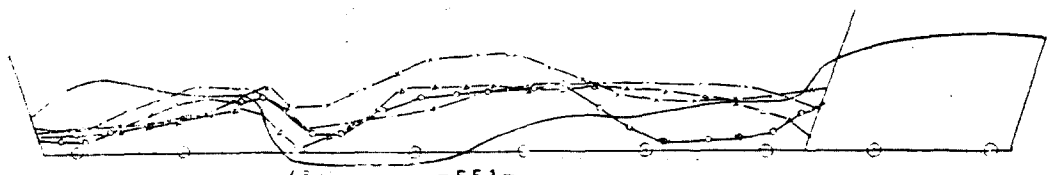
№ 14



№ 13



№ 12



№ 11