

豎孔餘水吐에 對하여

趙 鏞 七

緒 言

1. 溢流斷面部決定

現在 알고있는 文獻으로서는 最初로 豎孔餘水吐가 施工된 것은 1896년에 英國의 Blackton 貯水池의 設計者 James Bansergh 氏에 依한 것과 同례로 1908年 亦是 英國의 Front 貯水池의 것 이며 그外는 1926年 以後 施工된 것으로써 1955年 現在 約 30個의 豎孔餘水吐가 있다.

豎孔餘水吐는

- (a) 集水構造物 即 morning-glory (나팔 꽃 모양)
- (b) 豎孔 또는 斜孔
- (c) 水平隧道
- (d) 末端部에 減勢工의 設置 또는 河川에 直接放流 等의 部分으로 構成된다. 貯水池 築造位置의 兩側 取付部의 山이 相狹하며 그 傾斜가 急할 時에 急流工(chute) 또는 側溝로서는 岩切이 많을 境遇나 工事中 假排水樋管으로서 隧道를 設置하였다가 後에 豎孔餘水吐의 一部分인 水平隧道로 使用하는 境遇等에는 工事費에 많은 節減을 가져오며 洪水調節池로서 必要할 때는 潛堰으로서 設計하면 下流放水量을 制限된 範圍內에 流下시킬 수 있는 特點이 있다.

이 豎孔餘水吐의 設置個所 增加와 더불어 歐美洲에서는 1920年代부터 設計施工의 進捗을 圖謀하는 模型實驗 및 既設物의 觀察 等を 하여 왔으며 이 構造物 設計에는 慎重히 考慮하여야 할 여러가지 點이 있는 것이다. 即

(a) 圓堰을 完全溢流할 때와 潛堰으로 될 때

(b) 圓溢流堰의 크기와 型態

(c) 豎孔의 크기와 型態

(d) 豎孔과 水平隧道와의 連結 灣曲部角度

(e) 水平隧道의 部分流水(Partial flow)를 安定 시키는데 必要

- (a) 圓堰을 完全溢流할 때와 潛堰으로 될 때
- (b) 圓溢流堰의 크기와 型態
- (c) 豎孔의 크기와 型態
- (d) 豎孔과 水平隧道와의 連結 灣曲部角度
- (e) 水平隧道의 部分流水(Partial flow)를 安定 시키는데 必要

한 空氣 流入孔의 크기

(f) 舊河川 取付部에 있어서 高速流를 減勢하기 위한 靜水池의 設置方法

最近 美國 內務省 開拓局 水理試驗所에서 各其 接近水深을 달리하며 또 水脈(nappe) 下側面의 壓力도 各其 다른 圓銳緣堰에 있어서 水脈(nappe)의 型態와 流量係數를 確定하여 一設 圓豎孔餘水吐의 設計資料로 供코져 模型實驗을 하였으며 이 實驗結果를 Montana 洲에 있는 Hungry Horse Dam 에도 適用 하였다.

A. 實驗範圍

半 徑	R	10吋 圓銳緣堰
水 頭	Hs	0.1呎~0.17呎
流 量	Q	0.5 $\frac{\text{秒立}}{\text{方呎}}$ ~ 11.5 $\frac{\text{秒立}}{\text{方呎}}$
接近水深	P	1 $\frac{1}{2}$ 吋 3吋 20吋

圓銳緣堰을 使用한 것은 물이 堰의 銳緣頂을 溢流하는 것을 水脈(nappe) 下側面中의 圓銳緣堰 頂보다 上部를 分明히 觀測할 수 있도록 한 것이다

hs 堰頂上 觀測水頭 (呎)

Va 平均 接近速度 (呎/秒)

$$h_a \text{ 平均 速度水頭 (呎)} = \frac{V_a^2}{2g}$$

$$H_s = h_s + h_a \text{ 堰頂上의 全水頭 (呎)}$$

E 堰頂上 水脈(nappe) 下側面이 最高로 昂上되는 高 (呎)

ho 水脈(nappe) 下側面 最高點에서 觀測된 水頭 (呎)

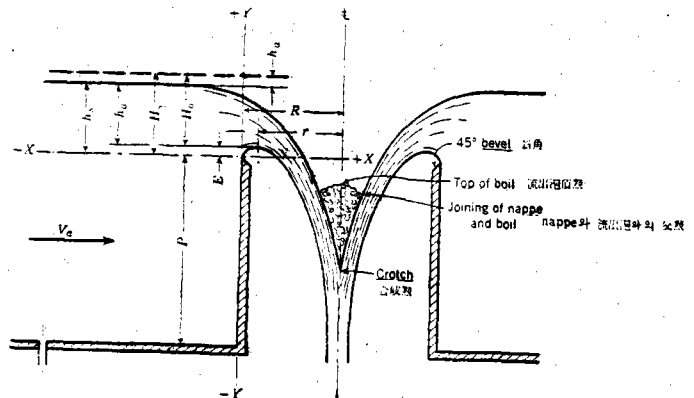


Fig 1

- Ho = ho + ha 水脈(nappe) 下側面 最高點에서
 觀測한 全水頭(呎)
- R 圓銳緣堰의 半徑(呎)
- P 銳緣頂부터 測定된 接近水深
- X 銳緣頂을 基準으로한 橫距
 上流(-) 下流(+)
- Y 銳緣頂을 基準으로한 縱距
 上部(+), 下部(-)

B. 實驗結果

1. 流量係數

圓堰의 흐름도 完全溢流 또는 潛堰으로 區別되
 며 完全溢流에 對한 流水特性은 矩形堰과 同一
 하다.

$$Q = CLHs^{3/2} \dots \dots \dots (1)$$

- Q ; 流量, 秒立方呎
- C ; 流量係數
- L , 堰長, 呎
- Hs ; 堰頂上의 全水頭, 呎

그러므로 理論流量은 水頭 Hs 의
 3/2 乘幂에 比例되는 것이다. 圓堰
 上 水位가 漸次 上昇하여 水平이될
 때 流量은 그에 따라 增加하며, 日時
 堰은 凹型管으로 되어 理論流量은
 다음 式을 따르게 된다.

$$Q = CoAo\sqrt{2gHs} \dots \dots \dots (2)$$

管流에 있어서 理論流量은 水頭
 Hs 의 平方根에 比例하므로 水頭增
 加에 따르는 流量增加는 거의 限
 定的이며 不完全溢流(部分潛流)에
 對한 流量係數 C 또는 Co는 水頭
 의 增減에 따라 急激히 變化하므로
 流水特性은 式(1) 또는 (2)도 따르
 지 않는다.

그것은 堰流水의 終末과 管流로
 서의 始點을 明確하게 指摘하기는
 大端히 어려운 것이다. 流量係數를
 表示함에 있어서 簡單한 方法으로
 式(1)의 流量係數를 使用하였으며
 그것은 大概의 豎孔餘水吐 設計가
 安全上 完全溢流로서 設計되어 있는
 까닭이다.

2. 水脈(Nappe)의 型態

“法則의 同一”이란 見地에서 萬若 堰의 半徑 R
 에 對한 水頭 Hs 의 比가 各其 同一하다면 二個
 의 圓銳緣堰頂을 溢流(接近速度는 無視)하는 水
 脈의(nappe) 斷面은 同一하다는 것이다. 그러므
 로 水頭 Hs 에 對한 堰의 半徑 R 와 水脈의 (nappe)
 上, 下側面을 表示하는 縱, 橫距座標는 結果
 的으로 無名數(dimension less)가 되며 어떤 水
 頭와 半徑에 對하여도 水脈(nappe) 型態는 決定
 될 수 있다. C. S. Camp, J. W. Home 의 兩氏
 (圓堰實驗者—1939)는 半徑이 各其 다른 三個의
 圓堰實驗에서 “無名數인 軸座標에 關한 水脈의
 (nappe)斷面圖表는 水脈의 (nappe)下側面이 堰
 頂上에 接着될 程度로 水頭가 얇은 것을 除外하
 고는 그堰의 直徑에 對한 水頭의 比가 같은 것은
 實質적으로 同一하다”라는 것을 確認하였다.

이 方法으로서 水脈(nappe)의 上, 下側面을
 圖2와 如히 區劃하였다 三個의 實驗堰 Hs/R
 의 各值에 對하여 X, Y 軸을 水頭 Hs 로서 割除

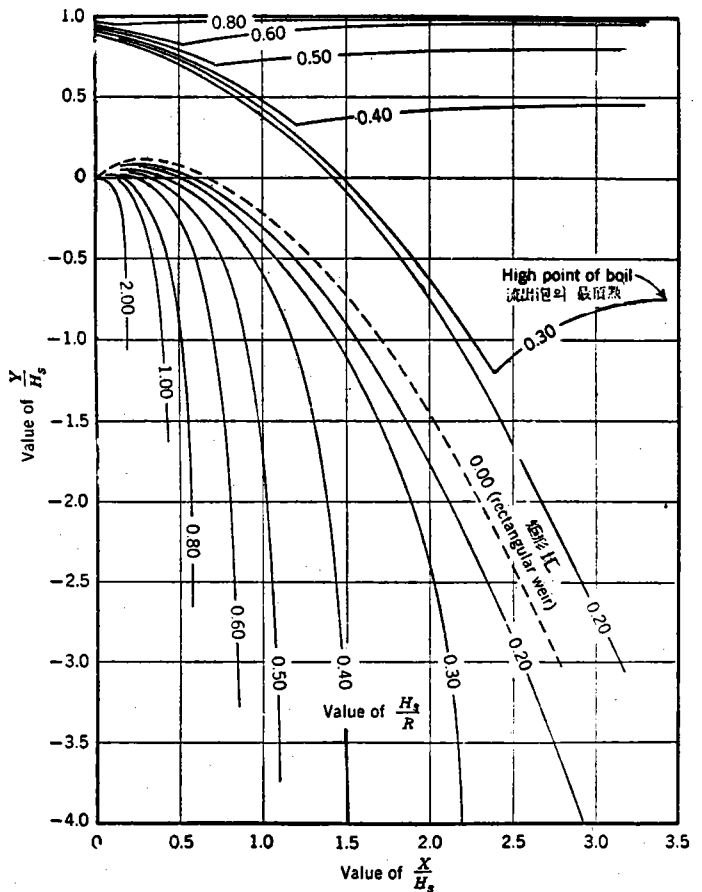


Fig2 NAPPE 上,下側面의 標準圖(接近速度無視 水脈範圍)

—X/Hs, Y/Hs—하였으며 이것은 水脈의 (nappe) 上, 下側面을 例證하는 것이다. (表1~6 參照)

(2) 圓銳緣堰의 水脈(Nappe) 下側面의 決定

R. B. dupond, Ohio. U. S. A. 1937年

C. 實驗結果의 分析

1. 流量係數

三個의 接近水深에 對한 Hs/R 와 流量係數 C 와의 關係圖表는 圖 3(a)와 같다. 水脈(nappe) 下側面을 大氣壓下에 實驗하였으며 Hs/R 一值 0.20~2.00(接近水深 20吋 接近速度는 無視) 間에 對한 流量係數를 表示한 것이다.

圖 2 및 3(a)를 參照컨개 Hs/R—比 0.45 以下 值에 對하여서는 圓堰의 흐름은 外見上 完全溢流 이다. 이 完全溢流範圍內 (Hs/R=0.20~0.45)에 서 流量係數는 3.34~3.20 으로 거의 直線의 으로 減少된다. 此等 流量係數는 다른 實驗家들의 結果와도 一致된다.

(3) 圓堰의 實驗

C. S. Camp. J. W. Home U. S. A. 1939年
Hs/R의 值가 0.45 以上이 되면 圓堰은 不完全溢流 (部分潛堰)가 되며 流量係數는 急激히 減少된다.

Hs/R 值의 比較的 적은 增加에 對해서 流量係數 值의 變化가 많은 範圍는 Hs/R=0.45~1.00 間 으로서 即 不完全溢流(部分潛堰)가 되는 區間이다. Hs/R 值가 1.00 보다 大할 時는 圓堰上의 水面은 水平이 되고 물의 흐름은 潛堰이 된다.

圖 3(a)의 曲線 A, B는 接近速度가 若干 有할 時의 流量係數로서 圖示된 것이다.

曲線 A P 接近水深— 3.0吋

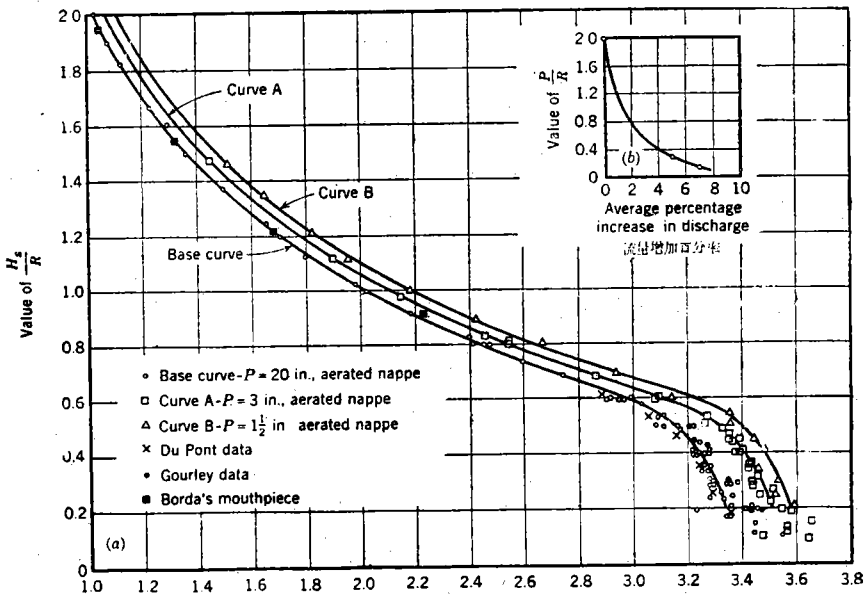
曲線 B P " — 1.5吋

基本曲線 P " — 20.0吋

此等曲線 A, B를 基本曲線에 對比하여 그 流

(1) 圓銳緣堰의 흐름에 對한 實驗

H. J. F. Gourley. Inst of. C. E. London
1911年



3 接近水深 P에 따른 Hs/R과 C와의 關係圖

量係數의 增加率을 보던

接近水深 P—3吋 接近水深 P—1.5吋

完全溢流範圍	5%	7%
潛堰部分	4%	8%

圖表 3(b)는 P/R 에 對한 流量의 平均增加率을 區劃한 것이며 이것은 完全溢流 또는 潛堰이 될 境遇에도 適用된다.

이 曲線은 接近速度가 無視될만한 流量을 基礎로 하고 接近速度가 增加 (또는 接近水深이 減少) 됨에 따라 流量의 增加率을 表示한 것이다. P/R—比 0.3~1.0 間의 範圍에서는 더 精確한 曲線을 그리기 위한 補充된 實驗이 必要한 것은 勿論이며 大體로 接近水深이 減少됨에 따라 流量은 增加한다.

圖 4는 接近速度를 無視할 境遇의 流量과 또 水脈(nappe) 下側面의 各種壓力에 對한 關係를 區劃(plot) 하였으며 (a)는 水脈(nappe) 下側面에서 大氣壓과 眞空度 10%, 20%, 30%, 40%, 그리고 50%인 境遇에 Hs/R 에 對한 流量係數를 表示한 것이다. 이 眞空度 水脈(nappe 1呎下 空氣筒에서 測定)는 Hs/R 에 對한 平均眞空度を 表示한 것으로서 實線은 實驗에 依해 確證된 것이며 그中 點線은 實驗을 土台로 한 推定線이다.

圖 4 (b)는 (a) 圖表의 結果에서 얻은 것이며 Hs/R=0.3, 0.4, 0.5에 對하여 眞空度는 10%~50%까지의 流量增加率을 算定한 것이다.

圖 3 및 4. 에서 流量係數를 表示함에 있어 Hs/R =0.2가 最少值이다. 水頭가 0.15呎 以下值에 對

한 流量係數는 不一致하며 水頭가 낮을 수록 流量係數는 增加되는 傾向이 있다. 低水頭に 있어서 는 물의 表面張力으로서 銳堰頂上에 射出流(jet)의 昂上을 阻止하여 流水特性에 影響하므로 그 限界는 明示하기 困難하다. 實驗을 여러번 한 結果를 綜合하여 보면 短形堰에 對한 流量係數도 0.2呎 以下의 水頭に 對하여는 急激한 增加를 示顯하였으며 물의 表面張力이 流量에 影響한다는 것이 밝혀 졌다. 그러므로 實驗堰의 低水頭に 對한 流量係數는 上述한 範圍內에서 한 것이다.

2. 水脈(nappe)의 型態

圖 2는 Hs/R—比에 對해서 水脈의 (nappe) 上下側面을 表示한 것이며 (接近速度는 無視) 그中 點線은 短形堰 水脈의 (nappe) 下側曲線을 圖示하였으며 이것은 圓堰에서 Hs/R=0.00의 值로 看取할 수 있는 것이다.

Hs/R=0.10의 值에 對한 水脈(nappe)의 型態을 求하기 위하여 여러번 試圖하였으나 大概가 堰頂上 가깝게 扁平, 即 水脈(nappe)이 頂上에 接着하는 것이었다. 그러므로 表 1에서 Hs/R=0.10의 值에 對한 座標는 實驗에서 實測한 值를 揭記한 것이 아니고 Hs/R=0.과 Hs/R=0.20의 中間值를 取한 것이다.

圖 2의 無名數인 座標에서 圖示된 nappe 下側面은 水頭가 增加됨에 反하여 座標는 漸次的으로 減少된다. 圖 5는 幾個의 Hs/R—比에 對한 水脈의(nappe) 下側面을 X, Y. 座標로서 圖示된 것이다.

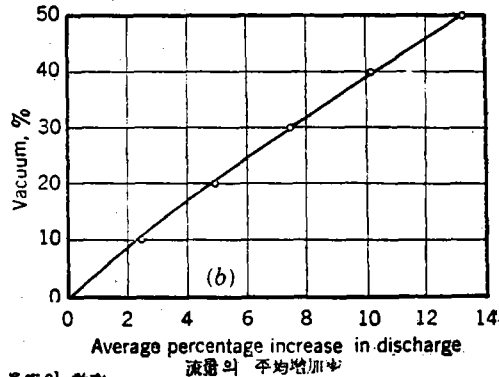
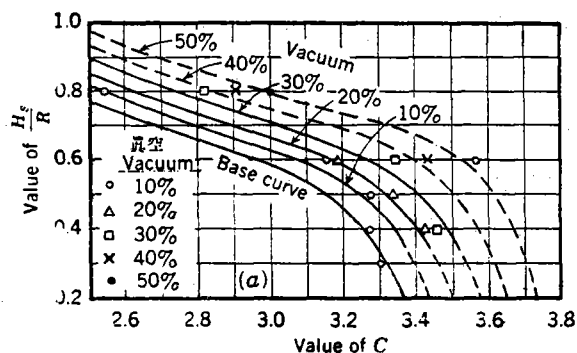


FIG. 4.—Q, Hs/R 및 C에 對한 眞空의 効率

流量의 平均增加率

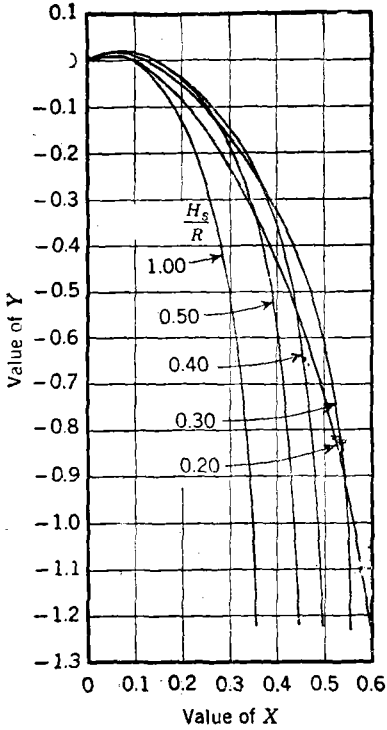


Fig. 5. -NAPPE 下側面의 標準座標

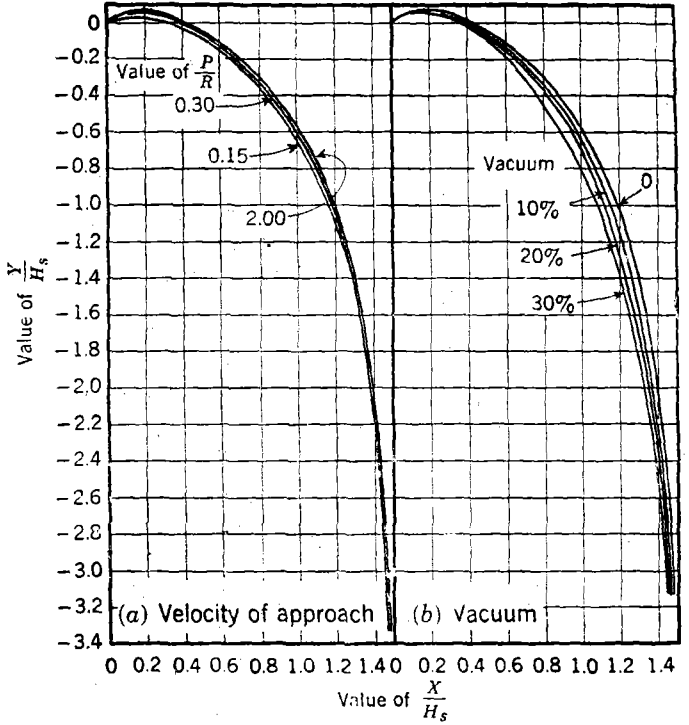


Fig. 6 —NAPPE 下側面에 있어 接近速度 및 眞空의 効率

矩形堰에 있어서는 水頭가 增加함에 따라 水脈의 (nappe) 下側面은 堰頂부터 더 昂上되나 圓堰에 있어서는 그렇지 않다. 圖5에서 보는바와 같이 水頭 또는 H_s/R —比가 增加함에 따르는 水脈의 (nappe) 下側 昂上部의 座標는 大略 一定하다. 堰下의 水脈의 (nappe) 型跡은 서로 交叉되며 水頭가 높아짐에 따라 水脈의 (nappe) 下側面은 內側으로 落水한다.

表1은 H_s/R —比 0.~2.0 間에 水脈의 (nappe) 下側面의 座標를 數示한 것이다. (接近速度는 無視)

圖6(a)는 $H_s/R=0.40$ 에 있어서 $P/R=0.15, 0.30, 2.0$ 에 對한 水脈의 (nappe) 下側曲線이다. 接近速度가 增加(또는 P/R —比가 減少)하면 射出水 (jet)의 收縮이 減少되는 同時 水脈의 (nappe)

昂上部는 堰頂에 더 接着하게 된다. 堰下에서의 水脈의 (nappe) 下側面은 그型態가 거의 一致하며 接近速度가 많은 것은 적은 것에 比하여 그 曲線은 若干 內側으로 落下한다.

表2는 接近速度를 가지는 水脈의 (nappe) 下側面 型態를 數示한 것이다.

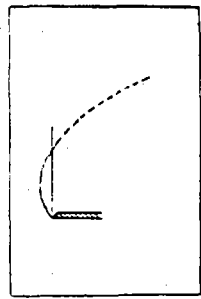
圖6(b)는 $H_s/R=0.40$ 에 對한 水脈의 (nappe) 下側의 部分眞空에 對한 曲線이다.

大體的으로 그 曲線은 圖6(b)와 거의 같으나 다만 堰頂部分이 前者 ($P/R=0.15\sim0.30$)와 같이 扁平하지 않다.

水脈의 (nappe) 下側面에 壓力이 減少되면 一定한 水頭에 對한 落下曲線은 漸次的으로 堅孔壁 側에 接近한다.

表 1 NAPPE 下側面의 座標 (接近速度無視)

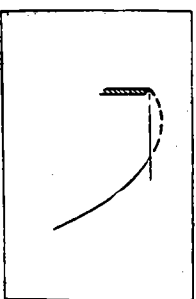
X Hs	Y Hs														
	0.00	*0.10	0.20	0.25	0.30	0.35	*0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	1.00	1.20	1.50	2.00
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
.010	.0150	.0145	.0133	.0130	.0128	.0125	.0122	.0119	.0116	.0112	.0104	.0095	.0086	.0077	.0070
.020	.0280	.0265	.0250	.0243	.0236	.0231	.0225	.0220	.0213	.0202	.0180	.0159	.0140	.0115	.0090
.030	.0395	.0365	.0350	.0337	.0327	.0317	.0308	.0299	.0289	.0270	.0231	.0198	.0168	.0126	.0085
.040	.0490	.0460	.0435	.0417	.0403	.0389	.0377	.0363	.0351	.0324	.0268	.0220	.0176	.0117	.0050
.050	.0575	.0535	.0506	.0487	.0471	.0454	.0436	.0420	.0402	.0368	.0292	.0226	.0168	.0092	
.060	.0650	.0605	.0570	.0550	.0531	.0510	.0489	.0470	.0448	.0404	.0305	.0220	.0147	.0053	
.070	.0710	.0665	.0627	.0605	.0584	.0560	.0537	.0514	.0487	.0432	.0308	.0201	.0114	.0001	
.080	.0765	.0710	.0677	.0655	.0630	.0603	.0578	.0550	.0521	.0455	.0301	.0172	.0070		
.090	.0820	.0765	.0722	.0696	.0670	.0640	.0613	.0581	.0549	.0471	.0287	.0135	.0018		
.100	.0860	.0810	.0762	.0734	.0705	.0672	.0642	.0606	.0570	.0482	.0264	.0089			
.120	.0940	.0880	.0826	.0790	.0758	.0720	.0683	.0640	.0596	.0483	.0195				
.140	.1000	.0935	.0872	.0829	.0792	.0750	.0705	.0654	.0599	.0460					
.160	.1045	.0980	.0905	.0855	.0812	.0765	.0710	.0651	.0585	.0418					
.180	.1080	.1010	.0927	.0872	.0820	.0766	.0705	.0637	.0559	.0261					
.200	.1105	.1025	.0938	.0877	.0819	.0756	.0688	.0611	.0521	.0292					
.250	.1120	.1035	.0926	.0850	.0773	.0683	.0596	.0495	.0380	.0068					
.300	.1105	.1000	.0850	.0764	.0668	.0559	.0446	.0327	.0174						
.350	.1060	.0930	.0750	.0650	.0540	.0410	.0280	.0125							
.400	.0970	.0830	.0620	.0500	.0365	.0220	.0060								
.450	.0845	.0700	.0450	.0310	.0170	.000									
.500	.0700	.0520	.0250	.0100											
.550	.0520	.0320	.0020												
.600	.0320	.0080													
.650	.0090														



註: 上記數表は 堰頂 断面實線部分이다

X
Hs

Y Hs	X Hs															
	0.00	0.10	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	1.00	1.20	1.50	2.00	
0.000	0.668	0.615	0.554	0.520	0.487	0.450	0.413	0.376	0.334	0.262	0.158	0.116	0.093	0.070	0.048	
-0.020	0.705	0.625	0.592	0.560	0.526	0.488	0.452	0.414	0.369	0.293	0.185	0.145	0.120	0.096	0.074	
-0.040	0.742	0.688	0.627	0.596	0.563	0.524	0.487	0.448	0.400	0.320	0.212	0.165	0.140	0.115	0.088	
-0.060	0.777	0.720	0.660	0.630	0.596	0.557	0.519	0.478	0.428	0.342	0.232	0.182	0.155	0.129	0.100	
-0.080	0.808	0.752	0.692	0.662	0.628	0.589	0.549	0.506	0.454	0.363	0.250	0.197	0.169	0.140	0.110	
-0.100	0.838	0.784	0.722	0.692	0.657	0.618	0.577	0.532	0.478	0.381	0.266	0.210	0.180	0.150	0.118	
-0.150	0.913	0.857	0.793	0.762	0.725	0.686	0.641	0.589	0.531	0.423	0.299	0.238	0.204	0.170	0.132	
-0.200	0.978	0.925	0.860	0.826	0.790	0.745	0.698	0.640	0.575	0.459	0.326	0.260	0.224	0.184	0.144	
-0.250	1.040	0.985	0.919	0.883	0.847	0.801	0.750	0.683	0.613	0.490	0.348	0.280	0.239	0.196	0.153	
-0.300	1.100	1.043	0.976	0.941	0.900	0.852	0.797	0.722	0.648	0.518	0.368	0.296	0.251	0.206	0.160	
-0.400	1.207	1.150	1.079	1.041	1.000	0.944	0.880	0.791	0.706	0.562	0.400	0.322	0.271	0.220	0.168	
-0.500	1.308	1.246	1.172	1.131	1.087	1.027	0.951	0.849	0.753	0.598	0.427	0.342	0.287	0.232	0.173	
-0.600	1.397	1.335	1.260	1.215	1.167	1.102	1.012	0.898	0.793	0.627	0.449	0.359	0.300	0.240	0.179	
-0.800	1.563	1.500	1.422	1.369	1.312	1.231	1.112	0.974	0.854	0.673	0.482	0.384	0.320	0.253	0.184	
-1.000	1.713	1.646	1.564	1.508	1.440	1.357	1.189	1.030	0.899	0.710	0.508	0.402	0.332	0.270	0.188	
-1.200	1.846	1.780	1.691	1.635	1.553	1.422	1.248	1.074	0.933	0.739	0.528	0.417	0.340	0.266		
-1.400	1.970	1.903	1.808	1.748	1.653	1.492	1.293	1.108	0.963	0.760	0.542	0.423	0.344			
-1.600	2.085	2.020	1.918	1.855	1.742	1.548	1.330	1.133	0.988	0.780	0.563	0.430				
-1.800	2.196	2.130	2.024	1.957	1.821	1.591	1.358	1.158	1.008	0.797	0.572	0.433				
-2.000	2.302	2.234	2.126	2.053	1.891	1.630	1.381	1.180	1.025	0.810	0.572					
-2.500	2.557	2.475	2.354	2.266	2.027	1.701	1.430	1.221	1.059	0.838	0.588					
-3.000	2.778	2.700	2.559	2.428	2.119	1.748	1.468	1.252	1.086	0.853						
-3.500		2.916	2.749	2.541	2.171	1.777	1.489	1.267	1.102							
-4.000		3.114	2.914	2.620	2.201	1.796	1.500	1.280								
-4.500		3.306	3.053	2.682	2.220	1.806	1.509									
-5.000		3.488	3.178	2.734	2.227	1.811										
-5.500		3.653	3.294	2.779	2.229											
-6.000		3.820	3.405	2.812	2.232											



注：上記 數表は 堰頂下流断面 實線部分이다

표 2 NAPPE 下側面의 座標 (接近水深을 달리 할時)

Hs X Hs	Y Hs																	
	P R = 0.30					P R = 0.15												
	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.10	0.130	0.130	0.130	0.125	0.120	0.115	0.110	0.100	0.100	0.115	0.115	0.115	0.115	0.110	0.110	0.105	0.100	0.090
0.20	0.245	0.242	0.240	0.235	0.225	0.210	0.180	0.170	0.170	0.190	0.195	0.190	0.185	0.180	0.170	0.160	0.140	0.140
0.30	0.340	0.335	0.330	0.320	0.300	0.270	0.240	0.210	0.210	0.265	0.270	0.265	0.250	0.235	0.225	0.200	0.165	0.170
0.40	0.415	0.411	0.390	0.380	0.365	0.320	0.285	0.240	0.240	0.335	0.325	0.310	0.350	0.385	0.420	0.460	0.500	0.500
0.50	0.495	0.470	0.455	0.440	0.420	0.370	0.325	0.245	0.245	0.455	0.435	0.400	0.460	0.480	0.480	0.420	0.365	0.300
0.60	0.560	0.530	0.505	0.490	0.460	0.405	0.350	0.250	0.250	0.530	0.505	0.460	0.520	0.530	0.460	0.380	0.300	0.220
0.70	0.610	0.575	0.550	0.530	0.500	0.440	0.370	0.245	0.245	0.575	0.545	0.495	0.550	0.560	0.480	0.380	0.300	0.220
0.80	0.660	0.620	0.590	0.565	0.530	0.460	0.385	0.235	0.235	0.620	0.585	0.530	0.590	0.600	0.500	0.400	0.300	0.220
0.90	0.705	0.660	0.625	0.595	0.550	0.480	0.390	0.215	0.215	0.660	0.625	0.570	0.635	0.640	0.520	0.400	0.300	0.220
1.00	0.740	0.690	0.660	0.620	0.575	0.540	0.450	0.190	0.190	0.705	0.670	0.630	0.690	0.695	0.570	0.450	0.350	0.265
1.20	0.800	0.750	0.705	0.650	0.600	0.560	0.480	0.380	0.380	0.750	0.715	0.670	0.730	0.735	0.600	0.480	0.380	0.285
1.40	0.840	0.790	0.735	0.670	0.615	0.560	0.480	0.380	0.380	0.790	0.755	0.710	0.770	0.775	0.640	0.520	0.420	0.320
1.60	0.870	0.810	0.750	0.675	0.610	0.550	0.470	0.370	0.370	0.810	0.775	0.730	0.790	0.795	0.660	0.540	0.440	0.340
1.80	0.885	0.820	0.755	0.675	0.600	0.535	0.450	0.350	0.350	0.820	0.785	0.740	0.800	0.805	0.670	0.550	0.450	0.350
2.00	0.885	0.820	0.745	0.660	0.575	0.505	0.435	0.180	0.180	0.820	0.785	0.740	0.800	0.805	0.670	0.550	0.450	0.350
2.50	0.855	0.765	0.685	0.590	0.480	0.390	0.270			0.765	0.720	0.675	0.735	0.740	0.600	0.480	0.380	0.285
3.00	0.780	0.670	0.580	0.460	0.340	0.220	0.050			0.670	0.625	0.580	0.640	0.645	0.500	0.380	0.280	0.185
3.50	0.660	0.540	0.425	0.295	0.150					0.540	0.495	0.450	0.510	0.515	0.370	0.270	0.170	0.080
4.00	0.495	0.370	0.240	0.100						0.370	0.325	0.280	0.340	0.345	0.200	0.100	0.010	0.000
4.50	0.300	0.170	0.025							0.170	0.125	0.080	0.140	0.145	0.000	0.000	0.000	0.000
5.00	0.090	0.060								0.060	0.015	0.010	0.020	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
5.50																		

註: 上記數表는 堰頂 上側斷面部分이다

$\frac{X}{H_s}$

$\frac{H_s}{Y}$	$\frac{R}{H_s}$									
	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	
-0.000	0.519	0.488	0.455	0.422	0.384	0.349	0.310	0.238	0.144	0.392
-0.020	0.560	0.528	0.495	0.462	0.423	0.387	0.345	0.272	0.174	0.427
-0.040	0.598	0.566	0.532	0.498	0.458	0.420	0.376	0.300	0.198	0.460
-0.060	0.632	0.601	0.567	0.532	0.491	0.451	0.406	0.324	0.220	0.492
-0.080	0.664	0.634	0.600	0.564	0.522	0.480	0.432	0.348	0.238	0.516
-0.100	0.693	0.664	0.631	0.594	0.552	0.508	0.456	0.368	0.254	0.547
-0.150	0.760	0.734	0.701	0.661	0.618	0.569	0.510	0.412	0.290	0.660
-0.200	0.831	0.799	0.763	0.723	0.677	0.622	0.558	0.451	0.317	0.729
-0.250	0.893	0.860	0.826	0.781	0.729	0.667	0.599	0.483	0.341	0.827
-0.300	0.953	0.918	0.880	0.832	0.779	0.708	0.634	0.510	0.362	0.883
-0.400	1.060	1.024	0.981	0.932	0.867	0.780	0.692	0.556	0.396	0.947
-0.500	1.156	1.119	1.072	1.020	0.936	0.841	0.745	0.595	0.424	1.029
-0.600	1.242	1.203	1.153	1.098	1.000	0.891	0.780	0.627	0.446	1.128
-0.800	1.403	1.359	1.301	1.227	1.101	0.970	0.845	0.672	0.478	1.380
-0.000	1.549	1.498	1.430	1.333	1.180	1.028	0.892	0.707	0.504	1.525
-1.200	1.680	1.622	1.543	1.419	1.240	1.070	0.930	0.733	0.524	1.659
-1.400	1.800	1.739	1.647	1.489	1.287	1.106	0.959	0.757	0.540	1.780
-1.600	1.912	1.849	1.740	1.546	1.323	1.131	0.983	0.778	0.551	1.897
-1.800	2.018	1.951	1.821	1.590	1.353	1.155	1.005	0.797	0.560	2.003
-2.000	2.120	2.049	1.892	1.627	1.380	1.175	1.022	0.810	0.569	2.104
-2.500	2.351	2.261	2.027	1.697	1.428	1.218	1.059	0.837	0.577	2.340
-3.000	2.557	2.423	2.113	1.747	1.464	1.247	1.081	0.852	0.582	2.550
-3.500	2.748	2.536	2.167	1.778	1.489	1.263	1.099	0.852	0.582	2.740
-4.000	2.991	2.617	2.200	1.796	1.499	1.274	1.109	0.852	0.582	2.904
-4.500	3.052	2.677	2.217	1.805	1.507	1.274	1.109	0.852	0.582	3.048
-5.000	3.173	2.731	2.223	1.810	1.507	1.274	1.109	0.852	0.582	3.169
-5.500	3.290	2.773	2.228	1.810	1.507	1.274	1.109	0.852	0.582	3.286
-6.000	3.400	2.808	2.228	1.810	1.507	1.274	1.109	0.852	0.582	3.396
										0.358
										0.404
										0.444
										0.482
										0.516
										0.550
										0.583
										0.616
										0.650
										0.691
										0.726
										0.760
										0.827
										0.883
										0.922
										0.988
										1.029
										1.128
										1.220
										1.380
										1.525
										0.947
										0.980
										1.040
										1.129
										1.285
										1.420
										0.893
										0.980
										1.061
										1.202
										1.317
										0.828
										0.902
										0.967
										1.080
										1.164
										0.749
										0.816
										0.869
										0.953
										1.014
										0.656
										0.710
										0.753
										0.827
										0.878
										0.917
										0.949
										1.023
										1.147
										0.013
										0.109
										1.240
										1.252
										1.263
										1.423
										1.457
										1.475
										1.780
										1.790
										1.690
										1.738
										1.768
										2.180
										2.198
										2.207
										2.210

註：上記數表は、堰頂下側斷面部分の値

豎孔餘水吐에 對하여

表 3 은 接近速度를 無視한 水脈의 (nappe) 下 Y/Hs 의 座標로서 載示된 것이다.
側面의 部分眞空에 對한 下側面 曲線을 X/Hs,

表 3 NAPPE 下側面의 座標 (接近速度無視할時)

Hs X Hs	$\frac{Y}{Hs}$												
	10 % 眞 空				20 % 眞 空				30 % 眞 空				
	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	0.40	0.50	0.60	0.80	0.40	0.50	0.60	0.80
0.000	0.0000	.0000	.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
.010	.0135	.0135	.0130	.0130	.0112	.0132	.0130	.0128	.0110	.0130	.0127	.0125	.0107
.020	.0235	.0230	.0225	.0215	.0180	.0227	.0220	.0210	.0175	.0225	.0215	.0205	.0170
.030	.0325	.0310	.0295	.0285	.0230	.0300	.0290	.0280	.0225	.0295	.0280	.0275	.0220
.040	.0395	.0375	.0350	.0330	.0265	.0370	.0340	.0325	.0260	.0365	.0335	.0320	.0250
.050	.0460	.0435	.0400	.0370	.0285	.0430	.0395	.0365	.0280	.0420	.0390	.0360	.0275
.060	.0515	.0480	.0450	.0405	.0295	.0475	.0440	.0400	.0290	.0465	.0435	.0395	.0285
.070	.0560	.0520	.0480	.0430	.0300	.0510	.0470	.0425	.0295	.0505	.0465	.0420	.0285
.080	.0600	.0565	.0520	.0450	.0295	.0555	.0505	.0445	.0290	.0540	.0495	.0440	.0280
.090	.0635	.0590	.0540	.0460	.0280	.0580	.0530	.0450	.0270	.0565	.0520	.0445	.0260
.100	.0665	.0620	.0560	.0470	.0260	.0605	.0540	.0460	.0250	.0585	.0530	.0460	.0240
.120	.0705	.0655	.0580	.0475	.0190	.0640	.0565	.0460	.0180	.0620	.0545	.0450	.0175
.140	.0730	.0680	.0580	.0450	.0105	.0660	.0565	.0436	.0095	.0630	.0545	.0420	.0090
.160	.0740	.0680	.0570	.0410	-.0010	.0660	.0550	.0395	-.0020	.0630	.0530	.0380	-.0030
.180	.0740	.0670	.0570	.0360		.0640	.0520	.0340		.0610	.0500	.0320	
.200	.0730	.0650	.0500	.0290		.0620	.0480	.0260		.0580	.0450	.0245	
.250	.0670	.0550	.0360	.0040		.0500	.0320	.0020		.0455	.0290	-.0010	
.300	.0560	.0390	.0145			.0330	.0100			.0265	.0070		
.350	.0400	.0200	-.0125			.0120	-.0180			.0030	-.0225		
.400	.0200	-.0040				-.0140				-.0420			
.450	-.0045												

註: 上記數表는 堰頂上側斷面部分이다

Y Hs	$\frac{X}{Hs}$												
	$\frac{Hs}{R}$												
	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	0.40	0.50	0.60	0.80	0.40	0.50	0.60	0.80
0.000	0.442	0.393	0.328	0.257	0.158	0.374	0.319	0.253	0.157	0.356	0.313	0.248	0.155
-0.020	0.478	0.431	0.362	.288	.187	0.411	0.353	.284	.185	0.392	0.346	.279	.183
-0.040	0.512	0.465	0.392	.314	.210	0.444	0.383	.310	.208	0.425	0.375	.305	.205
-0.060	0.452	0.496	0.418	.338	.229	0.475	0.410	.333	.227	0.454	0.402	.328	.224
-0.080	0.572	0.525	0.444	.358	.247	0.504	0.434	.354	.244	0.482	0.426	.348	.240
-0.100	0.600	0.552	0.467	.377	.262	0.531	0.458	.372	.259	0.509	0.449	.367	.255
-0.150	0.663	0.613	0.519	.418	.295	0.592	0.508	.414	.291	0.567	0.498	.409	.287
-0.200	0.720	0.669	0.563	.454	.321	0.645	0.552	.449	.316	0.618	0.540	.443	.312
-0.250	0.773	0.718	0.601	.484	.343	0.692	0.589	.479	.339	0.664	0.577	.472	.333
-0.300	0.823	0.764	0.634	.511	.363	0.734	0.622	.506	.358	0.705	0.609	.498	.351
-0.400	0.913	0.843	0.690	.556	.395	0.813	0.678	.550	.389	0.779	0.664	.542	.381
-0.500	0.996	0.913	0.737	.593	.422	0.879	0.723	.587	.414	0.844	0.709	.578	.407
-0.600	1.068	0.973	0.779	.623	.442	0.938	0.763	.617	.435	0.900	0.749	.609	.427
-0.800	1.193	1.070	0.843	.670	.476	1.032	0.826	.663	.469	0.993	0.810	.656	.459
-1.000	1.303	1.144	0.889	.705	.501	1.108	0.873	.696	.493	1.071	0.860	.690	.483
-1.200	1.401	1.203	0.927	.732	.518	1.170	0.912	.723	.510	1.137	0.900	.716	.501
-1.400	1.492	1.253	0.955	.755	.533	1.223	0.943	.746	.525	1.193	0.931	.739	.516
-1.600	1.574	1.297	0.980	.773	.545	1.268	0.970	.765	.535	1.243	0.958	.757	.528
-1.800	1.649	1.331	1.000	.790	.555	1.307	0.991	.780	.546	1.287	0.980	.773	.538
-2.000	1.717	1.361	1.018	.803	.564	1.340	1.010	.795	.555	1.321	1.000	.785	.546
-2.500	1.865	1.420	1.053	.828	.579	1.408	1.046	.819	.571	1.389	1.039	.810	.564
-3.000	1.988	1.457	1.078	.848		1.450	1.070	.838		1.435	1.062	.830	
-3.500	2.088	1.482	1.093			1.473	1.083			1.467	1.077		
-4.000	2.158	1.498				1.490				1.483			
-4.500	2.205	1.508				1.500				1.492			
-5.000	2.228												
-5.500	2.230												
-6.000	2.231												

註: 上記數表는 堰頂 下側斷面部分이다

表 4는 接近速度를 無視한 落水幕 (aerated nappe)의 上側曲線을 無名數 座標로서 數示한 것이다. $H_s/R=1.0$ 보다 크면 水面은 水平이 된 다.

表 4 NAPPE 上側面의 座標 (接近速度를 無視할時)

$\frac{X}{H_s}$	$\frac{Y}{H_s}$										
	$\frac{H_s}{R}$	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	1.00
-0.40	0.955	0.956	0.959	0.960	0.961	0.963	0.968	0.976	0.986	1.006	
-0.20	0.925	0.927	0.929	.930	.935	.936	.942	.958	.973	0.996	
0.00	0.880	0.886	0.892	.895	.900	.905	.920	.932	.955		
0.20	0.820	0.829	0.838	.845	.851	.861	.870	.900			
0.40	0.740	0.753	0.763	.772	.787	.801	.815	.855			
0.60	0.640	0.658	0.669	.684	.702	.726	.748				
0.80	0.518	0.540	0.556	.578	.600	.633					
1.00	0.372	0.402	0.420	.449	.475						
1.20	0.205	0.240	0.265	.300	.328						
1.40	0.013	0.051	0.081	.128							
1.60	-0.205	-0.160	-0.122	-.063							
1.80	-0.457	-0.400	-0.357								
2.00	-0.748	-0.678	-0.613								
2.20	-1.072	-0.981	-0.895								
2.40	-1.440	-1.315	-1.198								
2.60	-1.845	-1.670									
2.80	-2.268										
3.00	-2.685										
NAPPE 上側面과 流出泡의 交叉點											
X/H_s			2.410	1.711	1.208	0.810	0.725	0.510	0.120	-0.068	
Y/H_s			-2.210	-0.185	0.320	0.626	0.696	0.825	0.940	0.990	
流出泡最頂點											
X/H_s				2.911	2.545	2.267	2.043	1.710	1.275	1.030	
Y/H_s				0.006	0.438	0.666	0.783	0.942	0.970	1.000	

水面 水平時 $H_s > 1.00$

表 5는 接近水深 $P/R=0.15 \sim 0.30$ 에 對한 水 幕의 (nappe) 上側曲線을 X/H_s Y/H_s 의 座標로 數示된 것이다.

表 5 NAPPE 上側面의 座標 (接近水深을 달리 할時)

$\frac{X}{H_s}$	$\frac{H}{R_s}$	$\frac{Y}{H_s}$																	
		$\frac{P}{R} = 0.30$									$\frac{P}{R} = 0.15$								
		0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80
-0.40	0.964	0.965	0.968	0.975	0.976	0.977	0.978	0.986	0.991	0.957	0.962	0.968	0.971	0.978	0.980	0.987	0.990	0.995	
-0.20	0.929	0.934	0.936	.947	.949	.950	.954	.969	.981	0.917	0.924	.934	.942	.949	.955	.960	.970	.985	
0.00	0.879	0.885	0.890	.901	.907	.911	.919	.938	.966	0.870	0.875	.887	.899	.909	.915	.922	.937	.970	
0.20	0.813	0.818	0.829	.843	.853	.862	.871	.892	.944	0.800	0.810	.823	.836	.850	.860	.871	.894	.948	
0.40	0.730	0.737	0.753	.772	.788	.798	.810	.836		0.715	0.727	.745	.759	.776	.792	.735	.841		
0.60	0.626	0.641	0.658	.683	.700	.715	.730			0.610	0.629	.648	.666	.686	.708				
0.80	0.506	0.524	0.544	.574	.592	.611				0.490	0.511	.533	.556	.582	.612				

豎孔餘水吐에 對하여

1.00	0.363	0.388	0.413	.442	.465			0.352	0.377	.398	.427	.465				
1.20	0.199	0.228	0.253	.292				0.187	0.216	.240	.277	.337				
1.40	0.005	0.042	0.071	.132				-0.007	0.028	.055	.106					
1.60	-0.223	-0.175	-0.135	-.070				-0.235	-0.190	-.155	-.081					
1.80	-0.482	-0.422	-0.368					-0.498	-0.437	-.388						
2.00	-0.772	-0.702	-0.625					-0.790	-0.710	-.648						
2.20	-1.083	-1.018	-0.910					-1.118	-1.023	-.903						
2.40	-1.415	-1.347	-1.235					-1.448	-1.350							
2.60	-1.767	-1.683						-1.800	-1.683							
2.80	-2.130	-2.018						-2.148	-2.035							
3.00	-2.500	-2.351						-2.522	-2.388							
NAPPE 上側面과 流出泡와의 交叉點																
X/Hs	2.410	1.733	1.096	0.938	0.714	0.420	0.315			2.222	1.723	1.260	0.948	0.732	0.420	0.344
Y/Hs	-1.253	-0.210	0.394	0.531	0.680	0.830	0.926			-0.932	-0.200	0.295	0.530	0.681	0.835	0.925
流出泡最頂點																
X/Hs	3.370	2.922	2.436	2.288		1.775	1.252			2.935	2.531	2.278	2.009	1.680	1.263	
Y/Hs	-0.755	0.043	0.496	0.713		0.950	0.985			0.002	0.458	0.647	0.815	0.935	0.998	

表 6 은 nappe 下側面 部分眞空 10%, 20%, 30%에 對한 曲線을 數示한 것이다.

表 6 ENAPPE 上側面の 座標 (接近速度를 無視할時)

		$\frac{Y}{H_s}$												
		10 % 眞 空				20 % 眞 空				30 % 眞 空				
$\frac{X}{H_s}$	$\frac{H_s}{R}$	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	0.40	0.50	0.60	0.80	0.40	0.50	0.60	0.80
		-0.40	0.940	0.951	0.956	0.963	0.981	0.941	0.950	0.958	0.978	0.939	0.945	0.957
-0.20	.911	.927	.938	.940	.971	.911	.925	.931	.966	.908	.912	.929	.964	
0.00	.865	.883	.897	.909	.960	.865	.886	.898	.957	.865	.870	.890	.952	
0.20	.803	.825	.848	.873	.950	.808	.835	.860	.941	.803	.815	.843		
0.40	.725	.753	.783	.825		.735	.770	.808		.723	.742	.789		
0.60	.628	.662	.711			.641	.697			.622	.650	.724		
0.80	.508	.551				.522				.491				
1.00	.358	.413				.368				.325				
1.20	.170	.242				.173				.105				
1.40	-.062	-.053				-.070				-.163				
1.60	-.327					-.345				-.470				
1.80	-.629					-.638				-.783				
2.00	-.975													
2.20	-1.374													
2.40	-1.819													
2.60	-2.300													
NAPPE 上側面과 流出泡와의 交叉點														
X/Hs	2.600	1.504	.721	.403	.300	1.808	.722	.418	.299	1.803	.735	.608	.152	
Y/Hs	-3.300	-.043	.665	.821	.944	-.644	.647	.803	.931	-.790	.620	.722	.940	

3. 半徑에 對한 水脈의 (nappe) 下側 昂上部 (E)와 流量과의 關係

此等 實驗에 있어서 圓銳緣堰上의 流量은 全水頭 Hs에 對해서 計算되었다. 豎孔餘水吐의 溢流部를 設計하는데 普通 溢流堰頂上의 全水頭 (H₀ = h₀ + h_e)로서 計算하는 것이 더욱 便利하

다. 圖 7 (a) (b)는 Hs와 Ho 間의 關係를 容易하게 換算하기 위하여 三個의 接近水深과 眞空度에 對한 Hs/R와 E/Hs와의 相互關係를 區劃 (Plot)한 것이다. E/Hs—值는 表 1, 2, 3에서 求할 수 있는 Y/Hs—值의 水脈의 (nappe) 下側 昂上部와 同一한 것이다. 그 理由는 Hs = Ho + E

인 答이다.

圓堰의 流量公式 (1)은 三個의 變化數 (C, L, 또는 半徑, 그리고 Hs)가 있는故로 豎孔餘水吐 溢流部를 決定하는데 가장 效果的인 方法은

$$Q = C(2\pi R) H_s^{3/2} = \frac{C2\pi}{R} H_s^{5/2} \dots (3)$$

故르

$$\frac{H_s}{R} = 2\pi \left(C \frac{H_s^{5/2}}{Q} \right) \dots (4)$$

Hs/R—比에 對한 CH_s^{5/2}/Q—值를 圖 7 (a)(b)에 區劃(plot) 하였으며 E/Hs—交叉點을 使用하므로써 計算하여야 할 C, R, 또는 Hs의 計算을 大幅의으로 省略하여 그 概算值를 成功的으로 求할 수 있다.

D. 計算例

豎孔餘水吐의 斷面을 決定하는데 此等 實驗結果를 實地應用한 美國 Hungry Horse Dam 余水吐의 것을 例示한다.

먼저 堰의 頂上部의 半徑 R를 결정하는데 堰頂點上부터의 水頭 Ho=16.9ft 일때 流量 53,000 立方呎/秒 이다. 然而나 實驗에서는 全水頭 Hs를 使用하였으므로 流量係數 C와 全水頭 Hs—值를 假定한다.

Hs=18.5 呎, C=3.0

$$\frac{CH_s^{5/2}}{Q} = \frac{3.0(18.5)^{5/2}}{53,000} = 0.083$$

이 0.083—值르서 圖 7 (b)에서 Hs/R=0.52 그리고 E/Hs=0.053 (30%眞空) 등이 求하여 진다.

故로 E=0.053(18.5)=0.98呎

Hs=16.9+0.98=17.88呎

圖 4 에서 Hs/R=0.52에 對한 C=3.39 이 세로인 計算值 Hs와 C로서 計算을 反復함.

$$\frac{CH_s^{5/2}}{Q} = \frac{3.39(17.9)^{5/2}}{53,000} = 0.086$$

圖 7 (b)에서 Hs/R=0.53 E/Hs=0.052

E=0.052(17.9)=0.93

Hs=16.9+0.93=17.83

圖 4 에서 Hs/R=0.53에 對한 C=3.38 그러므로 前 C의 試算值 3.39와 거의 一致되므로

$$R = \frac{H_s}{0.53} = \frac{17.83}{0.53} = 33.6 \text{ 呎}$$

以上 計算으로서 半徑 R=33.6 呎 水頭 Hs=17.83 呎 등이 決定되었다.

Hs/R=0.53에 對한 溢流堰部斷面은 X/Hs, Y/Hs의 座標로서 求할 수 있다. 表 3의 30%眞空에 對한 座標 및 斷面圖는 圖 8과 같아.

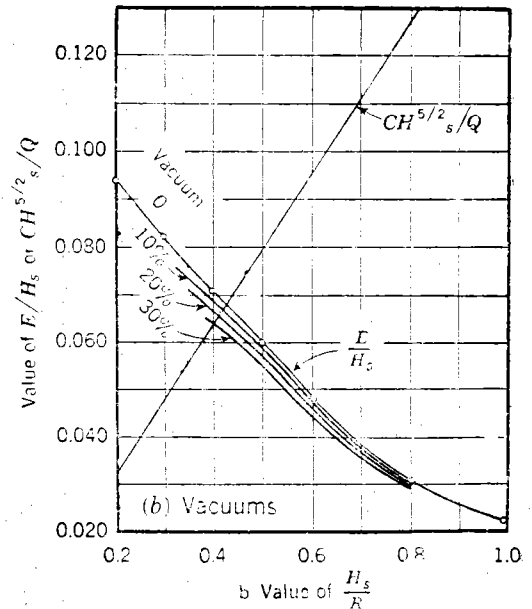
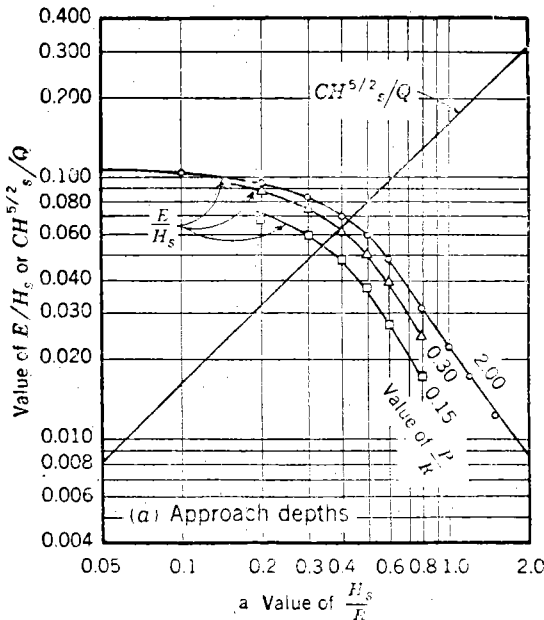


FIG. 7.—Hs/R에 對한 E/Hs 또는 CH_s^{5/2}/Q와의 關係 (接近水深 및 眞空度를 變換할 時)

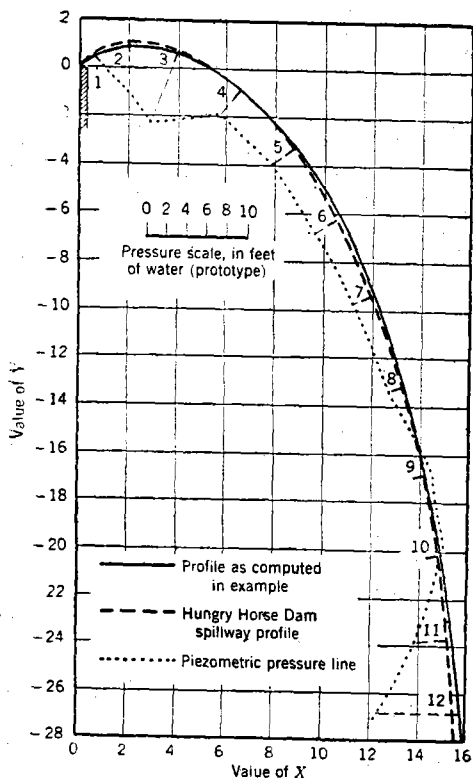


TABLE 7.—COORDINATES FOR FIG. 14

$\frac{X}{H_1}$	$\frac{Y}{H_1}$	X	Y
0.050	0.038	0.89	0.68
0.070	0.045	1.25	0.80
0.100	0.051	1.78	0.91
0.200	0.039	3.56	0.70
0.293	0	5.22	0
0.424	-0.10	7.55	-1.70
0.545	-0.25	9.71	-4.45
0.627	-0.40	11.18	-7.12
0.707	-0.60	12.60	-10.60
0.764	-0.80	13.60	-14.25
0.809	-1.00	14.40	-17.87
0.845	-1.20	15.03	-21.38
0.873	-1.40	15.54	-24.95
0.898	-1.60	16.00	-28.50

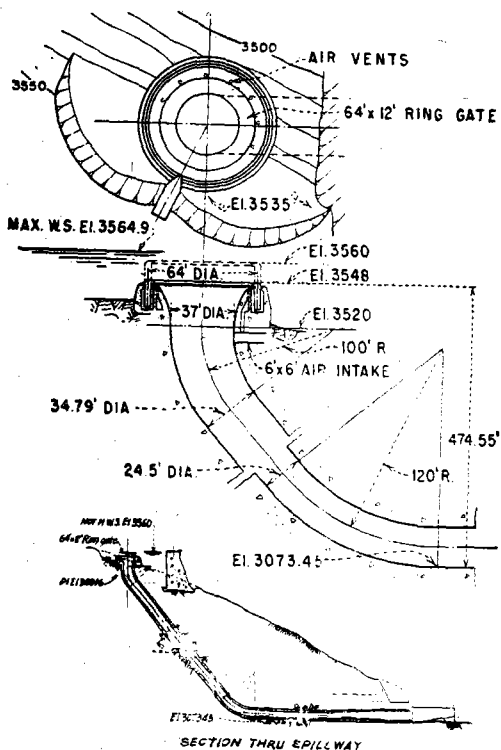
E. 實驗結果의 採用限界

豎孔餘水吐의 流量係數와 그斷面을 決定하는 데 있어서 實驗結果를 採用함에 若干의 制限을 必要로 한다. 그理由는 圓銳緣堰에서 물은 大氣壓下 또는 部分眞空下에 自由落下한 實驗資料인 것이므로 水脈의 (nappe) 上側面은 모든 實驗을 通해 大氣壓을 받은 것이며 그 反面 水脈의 (nappe) 下側面은 實驗器具 調節에 依한 大氣壓下 또는 部分眞空下에서 實驗된 것이다. 然故로 流量에 關係되는 水頭는 堰上의 水頭에다 大氣壓

力下 水脈의 (nappe) 下側面에서 測定된 壓力을 加한 것이다.

豎孔餘水吐에 있어서도 水脈의 (nappe) 下側面을 콩크리트로서 알맞게 施工하지 않은 限 같은 條件이 되는 것이다. 이것이 潛堰 또는 部分潛堰으로서 設計되었을 때는 豎孔이 싸이폰 (siphon)作用을 함으로써 이로인한 水頭가 더 作用하게 되는 것이며 이 添加되는 水頭—圓堰에 있어서는 射出水脈이 (jet)가 空氣로서 捲리쌓임으로 없음—은 堰孔에 있어서 壓力減小과 溢流部에서 流量의 增加를 가져오게 된다. 그러므로 豎孔餘水吐가 거의 潛堰으로서 設計되었을 때는 此 餘水吐와 圓銳과는 同一하지 않으며 萬若 部分流水로서 堰孔이 設計될 境遇에는 此 豎孔餘水吐와 圓堰과의 設計條件은 같은 것이다.

圓堰의 實驗結果를 豎孔餘水吐 (morning-glory spillway) 設計에 應用하는데 있어서 이 二個의 흐름을 同一하게 하기 爲하여 水脈의 (nappe) 下側面의 設計壓力 (大氣壓 또는 部分眞空)을 維持하기 위한 어떠한 方法이 講究 되어야 한다. 이 設計壓力은 다음 몇가지 方法으로서 維持될 것이다.



- (a) 豎孔이 滿流되지 않도록 溢流堰을 적은 H_s/R —比 로서 設計할것.
- (b) 水脈 (nappe)—流出泡(boil)點 以下—의 設計壓力을 維持하기 위하여 流出泡區間 (boil 點) 以下 豎孔의 어느 點에서든지 收縮을 시킬것.
- (c) 豎孔의 滿流로 因한 吸込水頭를 輕減하기 위하여 水脈의 (nappe)—流出泡區間 以下—에 空氣孔 (air vent) 設置를 講究할것.

Hungry Horse Dam 에 있어서 水脈 (nappe) 下側面의 空氣供給은 圓筒式水門의 (ring gate) 緣下에 設備된 數個의 空氣孔으로써 供給되었다. 此外에 豎孔과 斜孔과의 連結部에는 6ft×6ft 角의 空氣孔이 施設되었다.

2. 既設豎孔餘水吐의 作用에對하여
A. 資料收集

前者 豎孔餘水吐의 模型實驗에서 우리 設計者가 必要한 모든 資料는 다 얻을수 없는것이다. 然故로 1950年 부터 各國 既設 豎孔餘水吐의 作用面에 關한 資料를 收集하였다. 그目的은 첫째로 豎孔餘水吐의 設計에 關하여 補充 또는 그價值性을 決定하자는 것과 둘째로 그構造物에 加하여 지는 힘에 對하여 勘耐性의 確認 等이다. 應答內容은 多小間 다르나 다음 네가지의 質問은 共通된 것이다.

1. 餘水吐의 作用이 있었는가 萬若 作用을 하였다면 그 結果는 如何.
2. 豎孔, 灣曲部 및 水平隧道에 浸蝕을 當하였는가.
3. 作用中 振動 또는 異狀한 騒音의 有無.
4. 雜木屑片 崩壞物 또는 氷塊의 通過로서 어떤 支障이 있었는가.

B. 各國 豎孔餘水吐構造物概要表

構		造										面	
堰 堤 名	圖 所 在 番 號 國 名	最大 流量 (cfs)	堰頂上 最大水 頭 (ft)	堰頂부터 水平隧道 까지의 差 高 (ft)	게이트 의 型과 數	피어 數	隧道 直徑	豎坑灣 曲部半 徑	水平隧 道延長	竣工 年度	參 考 文 獻		
Akongtian	23 臺 灣	3,250	11.5		81 없 음	없 음				1951			
Bassano Power Canal	伊 太 利	1,138 三豎孔	2.46		60 없 음	없 음	8.4				Giornale del Genio Civile 1917年7月號		
Bouquet Canyon	26 美 國	6,900	5.0		168 없 음	1	8.0	16.0	1.280		A.S.C.E. 1934年8月號		
Burnhope	18 英 國	2,630	2.7		103.5 없 음	2	12.0	16.0			Institute of Water Engineers 1937		
Davis Bridge	10 美 國	27,000	8		180 없 음	16	21.5	55	600	1926	A.S.C.E. 1925年		
Gibson	12 美 國	50,000	17		162 Radial gate	6	29.5	59	350	1930	HYD-159		
Guernsey	27 美 國	30,000	14.5		86.5 drum gate	2	30		750				
Heart Butte	25 美 國	5,600	53.6		59.5 없 음	6	14	21	625	1949	A.S.C.E 1956		
Hungry Horse	9 美 國	53,000	16.9		475 ring gate	1	24.5	55	526	1952	Hydraulic Laboratory Report No.Hyd-355, 1954		
Jubilee	20 香 港	16,800	9.35		245 없 음		15		640		Journal Institute C.E. Vol. 1938		
Kingsley	19 美 國	54,000	28		148 tractor gate	12	28.5	64	723	1947	Kingsley Dam 1936		
Konigreichw-aede	체코슬로바키아	4,000 2,500											
Krauserboulder	체코슬로바키아	3,500	3.5					16.5			A.S.C.E, 1925		
Lady bower	21 英 國	10,000	10		122 없 음	12	15	35	700	1944	Engineering Nov1939		
Lumot	比 律 賓	7,060								1949			

堰 堤 名	構 造 所 在 地		最大流差 (cfs)	堰頂上最大水頭 (ft)	堰頂부터 水平隧道까지 差高 (ft)	게이트 피어 型과 數		隧道 直徑	豎坑灣水平隧道 曲部半徑	竣工 延長年度	參 考 文 獻		
	圖 番 號	國 名				型	數						
Manuherikia	16	뉴-지랜드	15,000	6	90	없음	6	17		1935	Institute of water Engineers 1937 Power Plant Eng 1937		
Owyhee	14	美 國	30,000	12	309	ring gate	1	1	22.6	50	750	1932 HYD-159	
Pleasant Hill	28	美 國	16,000	18	98	없음	10	20	45	680		HYD-Pleasant Hill Dam 1935 Institute of water Engineers 1687	
Pontian ketchil	13	新 嘉 坡	2,700	2.7	59.5	없음	15	13	10			1931 Engineers 1687	
Regadera	17	코롬비아	15,000	9.0	107							1935	
Sanroque	24	아루젠틴	10,000	25.27	111.55	없음	없음	13.12	32.12	436.35		1944	
Shade Hill	22	美 國	5,000	40	33			6	15.5	14		1950	
Silent Valley	15	英 國	2,500	2.0	55			4	16.0	18		1837	Ins of water
South Holston		美 國	61,000			없음		6	34	75			T.V.A
Sulak	29	蘇 聯	60,000	13	656	radial gate	12	12	36		2,510		Engineering News Record, 1935年10月 Institute of water
Taf Fechan	11	英 國	3,040	2.8	100	없음	4	13	15			1927	Engineers 1937
Watanga		美 國	16,000		290	없음	6	34	75				T.V.A.

C. 構造物作用에 對한 觀察

1. Davis Bridge Dam

이댐은 1926年 美國에서 最初로 豎孔餘水吐로 施工된 것이며 其間 여러번 作用을 하였다.

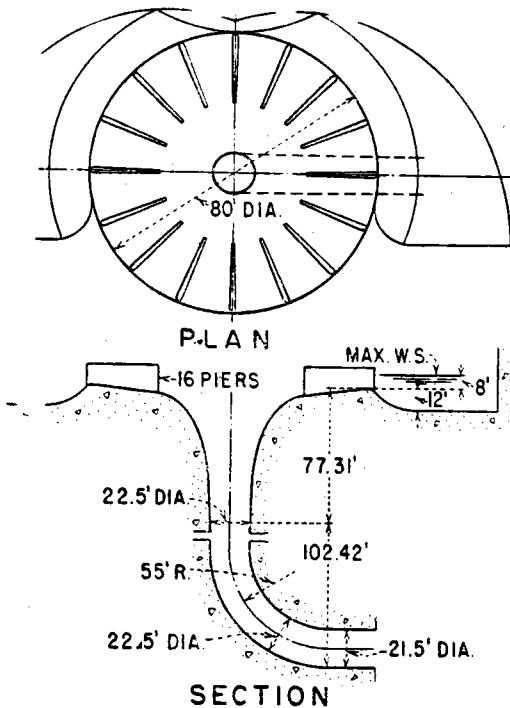


FIG.10.--DAVIS BRIDGE DAM SPILLWAY

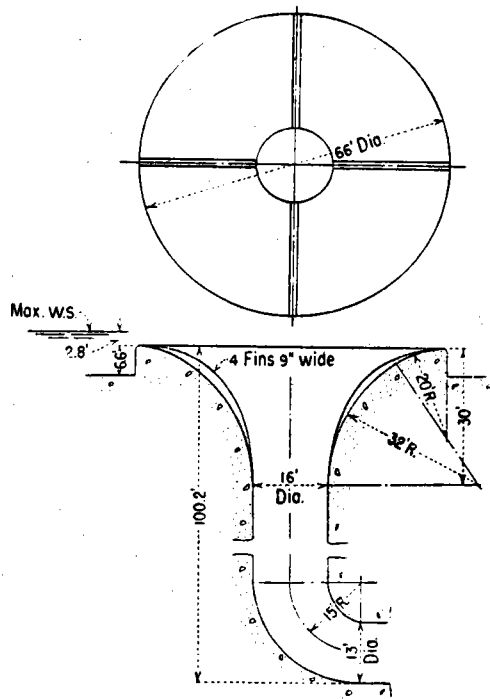


FIG.11.--TAF FECHAN DAM SPILLWAY

그記錄을 보면 最大洪水水位는 1938年 9月 颱風時에 計劃水頭 8呎 中 6呎까지 上昇하였으며 當時의 流量은 72%의 19,400立方呎/秒이었다. 作用後 檢査한바 水平隧道部分은 아무런 浸蝕이 없었으나 灣曲部에 幅 3呎 長 6呎 深 3吋 程度로 缺片이 있었다. 그러나 이것이 高速流에 因한 浸蝕인 것인지 또는 콘크리트 表面의 結解水에 따른 缺片인지는 確實치 않으며 어떤 境遇에도 必然적으로 些少한 補修는 있는 것이다. 水塊와 木材屑片等 “피어” 사이로 流下하였으며 이 洪水時에는 50~60呎 가량의 긴 長木도 通過하였다. 이 餘水吐는 作用時 堰堤로부터 가까운 곳에서 若干 騒音이 있었으며 振動은 아무런 問題가 없었다. 16個의 “피어”는 渦流阻止의 役割이 되었다.

2. Taf Fechan Dam

Morning glory Spillway로서 일찍이 竣工(1927年) 되었으며 이 餘水吐의 設計特徵은 廣長한 溢流部로 되어 있는 것과 적은 4個의 「魚등지느러미」(fin)로서 渦流를 阻止하고 있는 것이다. W. J. E. Binnie 氏의 資料提供에 依하면 只今까지 아무런 障害와 또는 補修도 없었다 한다.

3. Gibson Dam

이댐은 美國 開拓局 事業으로서 1930年에 竣工되었다. 처음에는 水門이 없었던 것인데 乃終에 6個의 레이디얼 게이트(radial gate)로 變更設置하였다. 1947年 以前 여러번 作用을 한바 있으며 이의 檢査結果 灣曲部에 2.5呎×1.5呎에다 깊이 2吋의 浸蝕이 있었다. 1948年 5월에 435,000 에-커-의 流量이 通過하였으며 最大流量은 該當量인 13,100立方呎/秒였다. 이 洪水로 因한 浸蝕이 5呎×3呎 範圍로 넓어졌으며 몇個의 鐵筋棒이 보일 程度였다. 其後

- 1949年—4,500 立方呎/秒
- 1950年—7,500 立方呎/秒
- 1951年—6,000 立方呎/秒

의 流量이 通過하였다. 灣曲部와 隧道는 每年 檢査를 하였으며 그 浸蝕의 速度는 늦다 할지라도 進行中인 것이었다. 그러므로 그 翌年 1952年에 이의 塗裝補修作業을 하였다 그緣由는 灣曲部의 不規則한 面으로 因한 粗

雜한 型枠工事等—浸蝕에 對한 責任은 어떤 한가지 理由로서 造成된 것은 아니다. 水平隧道의 倒壁(invert)도 亦是 崩壞된 것을 發見하였으나 이것은 工事中 洪水排除에 基因된 것으로 料된다. 騒音은 流量이 增加됨에 따라 無視할 수 없을만큼 있으나. 特別한 障害는 없었다. 其外 振動도 없었으며 渦流는 레이디얼 게이트와 피어로서 阻止되었다.

4. Pontian Ketchil Dam

이餘水吐는 期待한바와 如히 별다른 支障없이 作用이 잘 되었다. 新嘉坡 “마라야” 森林地帶 속에 築造되어서 많은 原木등이 潛流하였으나 崩壞는 없었다.

5. Owyhee Dam

美國 開拓局에서 1932年 竣工하였으며 그때로서는 冒險的인 設計였었다. 只今까지의 洪水記錄

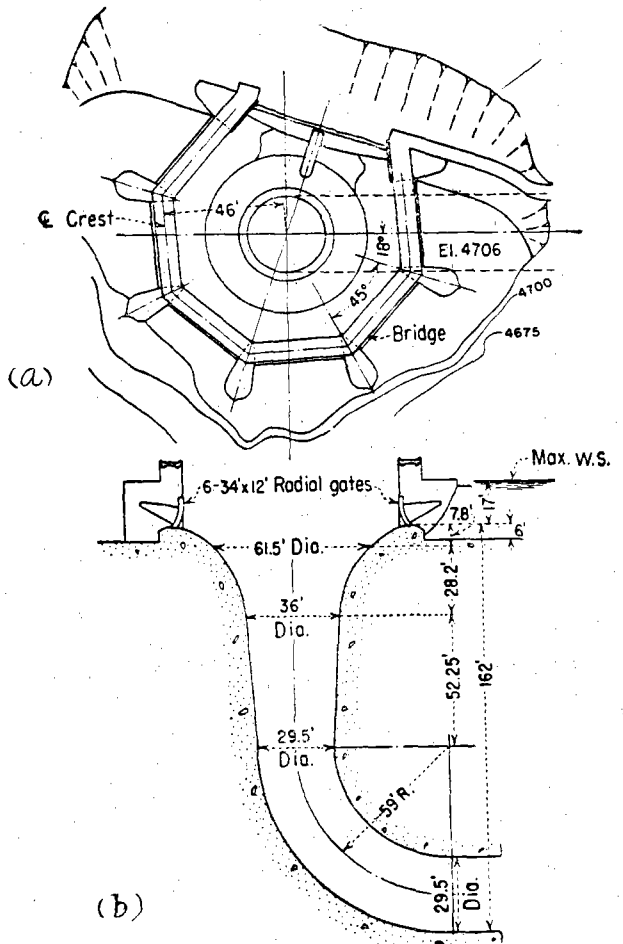


FIG. 12.—GIBSON DAM SPILLWAY

豎孔餘水吐에 對하여

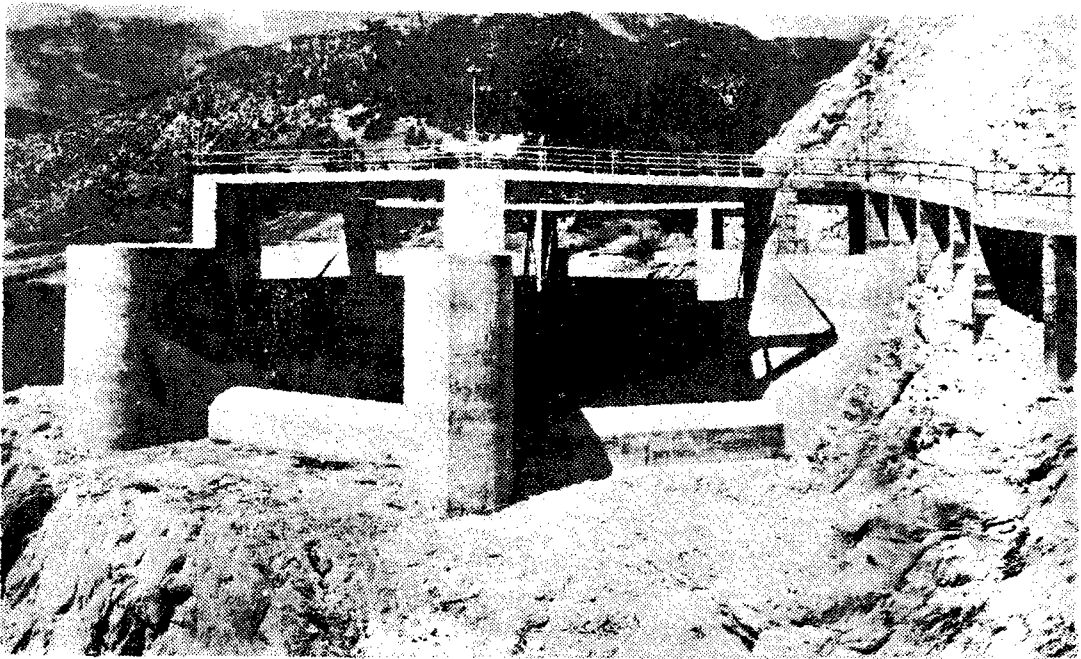
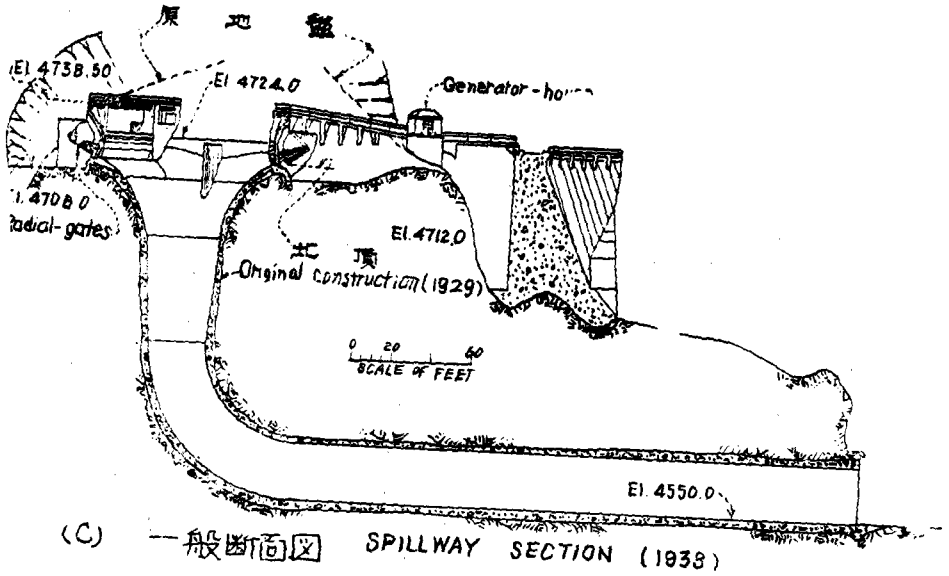


圖 12 (d) Gibson Dam 余水吐 — 피어 및 레이다의 게이트의 設置

을 보면 1936년에 3個月동안 約 300,000 에-커·
 一呎의 流量이 있었으며 그時 最大流量은 設計
 流量 $\frac{1}{2}$ 該當量인 15,000 立方呎/秒, 1951年
 — 6,600 立方呎/秒, 1052년에는 67% 該當量인
 20,000 立方呎/秒이었다.

1936年以後 大小洪水를 겪은 後에 豎孔의 崩
 壞與否의 檢査를 하였으며 最後檢査는 1952年 洪

水後 하였다. 豎孔은 尙今도 콩크리-트 型柱의
 型跡이 남아 있을 程度로 變化가 없었다. 但只
 目睹할 수 있는 것은 垂直灣更部 倒壁(invert)部
 分에 깊이 $\frac{1}{4}$ 呎도 넘지 않는 적은 表面破裂이
 있었다.

檢査時에는 7呎의 물이 水平隧도에 차여 있었
 음으로 灣曲底部는 探査 以外의 方法으로서는 調

査할 수가 없었다. 探查針은 $\frac{1}{2}$ 吋의 파이푸를 使用하였으며 垂直灣曲底部의 콘크리트面도 掘凹(cavitation) 또는 過度한 崩壞의 痕跡은 없었다. 거의 精確하게 말한다면 이 部分의 콘크리트面은 平滑하지는 못하였으나 그 粗度는 깊이

外見上 隧道吐口에서 放出되는 것보다 더 빠른 것 같다. 이 流入空氣는 還元(break back) 할때 까지 繼續 壓力이 增加되며 그 然後는 圖 14(d)에서 보는 바와 같이 還元作用으로서 水門(게이트)上 50~60ft나 上昇되는 噴水霧를 出現하는 것

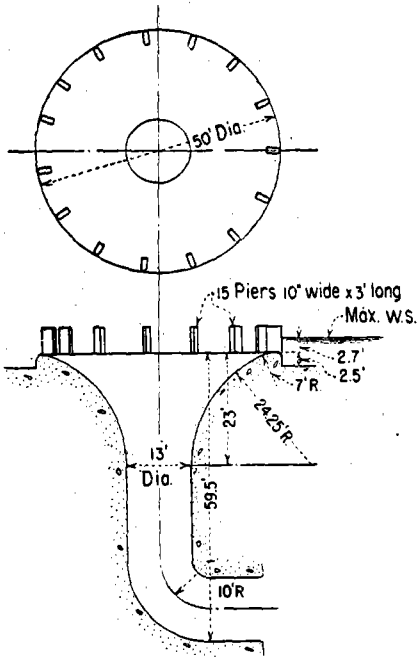


FIG.13.—PONTIAN KETCHIL DAM SPILLWAY

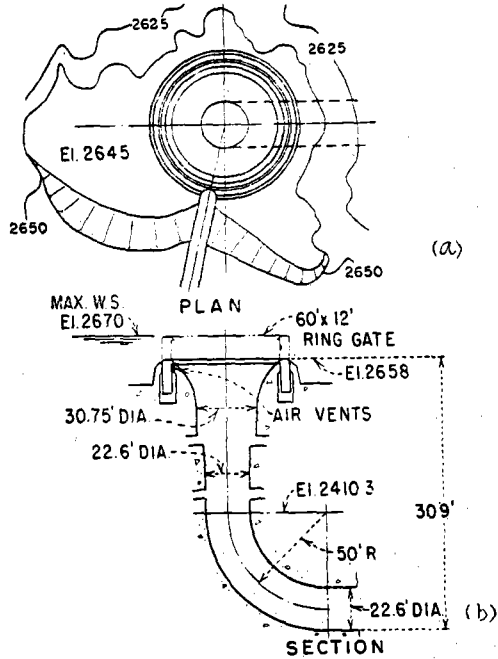
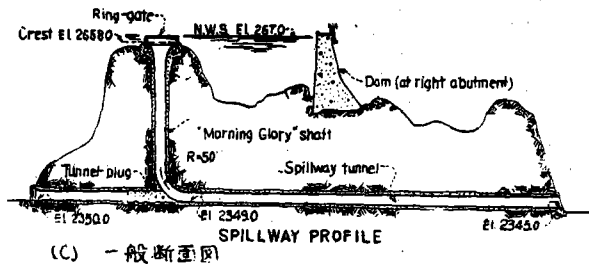


FIG.14.—OWHEE DAM SPILLWAY



(C) 一般断面圖

$\frac{1}{2}$ 吋(1.27cm)를 넘지않을 程度였다. 水平隧道의 倒壁部分도 亦是 探查한바 過度할만한 崩壞는 없었으나 前記와 같은 粗度面이었다. 作用中 振動을 認知할수없었으며 여기서 特記할 것은 單一의 “피어”로서 渦流를 沮止하며 圓筒水門(링 게이트)의 裝置를 가지고 있는 것이다.

이 餘水吐의 크기에 있어서 普通이 넘는 큰것으로서 作用에는 그 特徵이 있다. 水門(게이트)上 水頭가 1~2呎 間의 作用樣相은 물은 駁孔의 中心을 向해 水板을 이루고 落下하며 空氣流入은

이다. 이 現象은 下流 放流水深의 淺深에 따라 달라지나 每5分마다 있는 것이다. 水頭가 1呎보다 적을 때는 流入空氣는 餘水吐에 別다른 異狀없이 還元한다. 水頭 2ft 以上 되면 流入된 空氣壓力은 還元할만치 크지 못하며 結局 隧道吐口에서 高射流를 發生케 하여 放出되는 것이다. 이 作用은 放流水深과 直接 關係되며 若干은 放流水深은 隧道안에서 跳水를 造成케 되는 것이다.

餘水吐에 裝置된 圓筒式水門(링 게이트) 調節

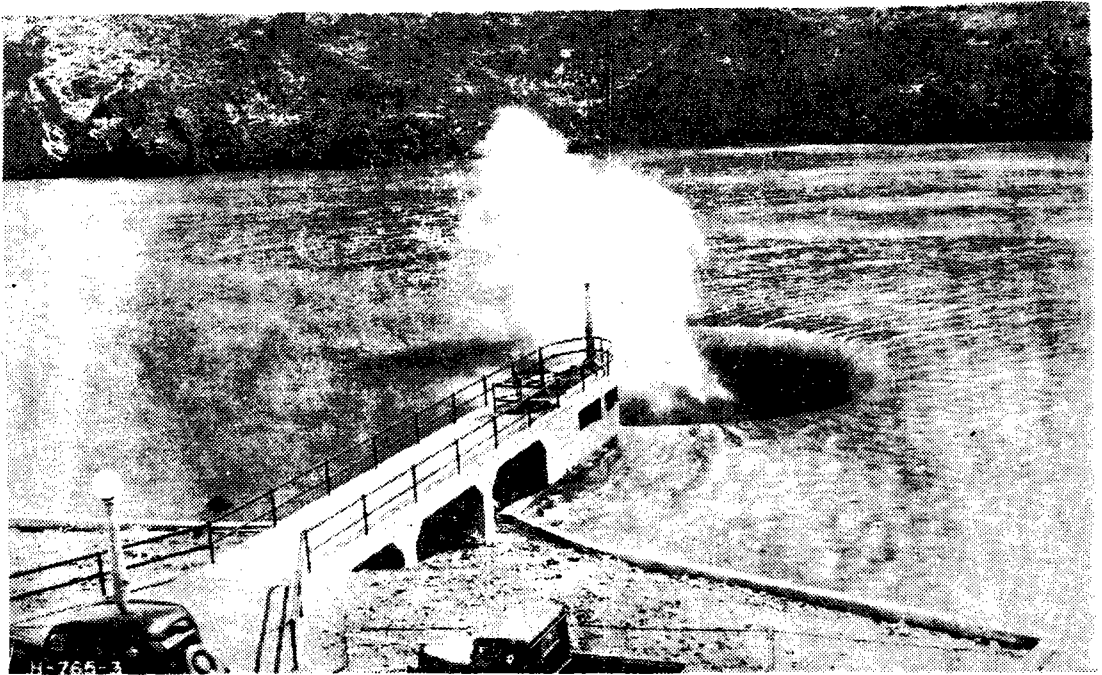


圖 14 (d) OWYBEE DAM 余水吐 一溢流量 約 1,200 立方呎/秒 作用時 湍元作用으로 因한 噴水霧

은 恒時 잘 되었으며 이것은 自動的作用으로 設計되어 있는 것이다. 그러나 手動的인 것이 더 좋은것 같다.

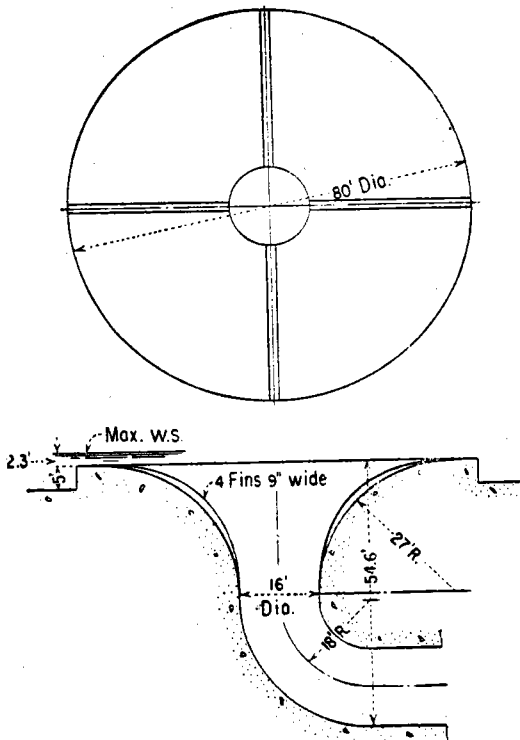


FIG. 15.—SILENT VALLEY DAM SPILLWAY

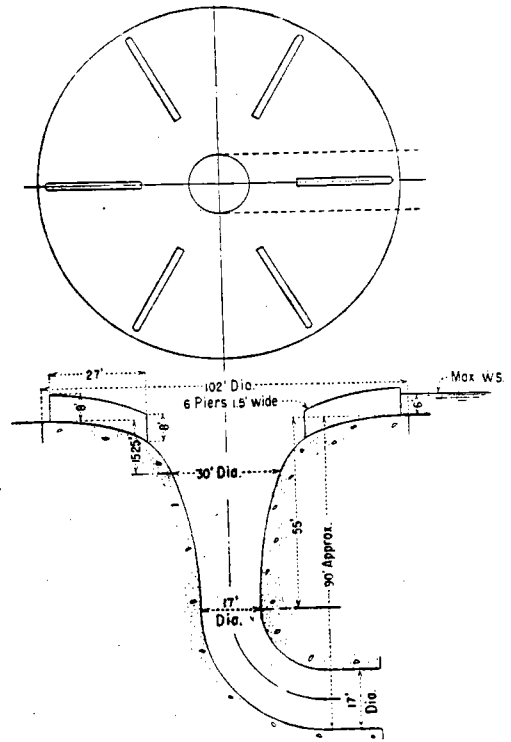


FIG. 16.—MANUBHERIA FALLS DAM SPILLWAY

6. silent valley dam

1937年 英國 愛蘭에 築造된 것이며 灣曲部에 浸蝕이 生起지 않을가 念慮하였는데 여러번의 洪水 後에도 特別한 浸蝕이나 또는 補修도 必要치 않았었다.

7. Manuherikia Falls Dam

이 餘水吐는 1935年 竣功後 여러번 적은 洪水를 겪었다. 1948年에 流量의 $\frac{1}{3}$ 인 5,000立方呎/秒의 流量이 있었는데 堰頂曲線部分의 硃크리-트 接合(조인트) 部分에 浸蝕을 當하였으며 堰頂부터 25呎 下位部인 豎孔周邊 接合 部分에 崩壞의 痕跡이 있었으나 此等 崩壞部分中에는 깊이 $\frac{3}{4}$ 吋~3吋, 面積으로서 3平方呎 程度로 浸蝕을 當한 것도 있었다. 餘水吐周圍의 岩龜裂을 통한 洩水의 結解水作用에 依한 浸蝕도 있었을 것이며 崩壞는 灣曲部 및 水平隧道의 下流部 100呎間의 조인트部分에 볼 수 있었다. 그러나 이 中에는 工事中 假放水路時 生한 것도 있는 것이다. 水塊, 木材屑片等의 流下는 極히 적었다. 以上의 見地로

보아 硃크리-트 接合部는 堰頂溢流部와 豎孔 灣曲部附近에는 避함인 上策이다.

8. Regadera Dam

이 餘水吐는 1938年以後 年間 9個月間은 作用

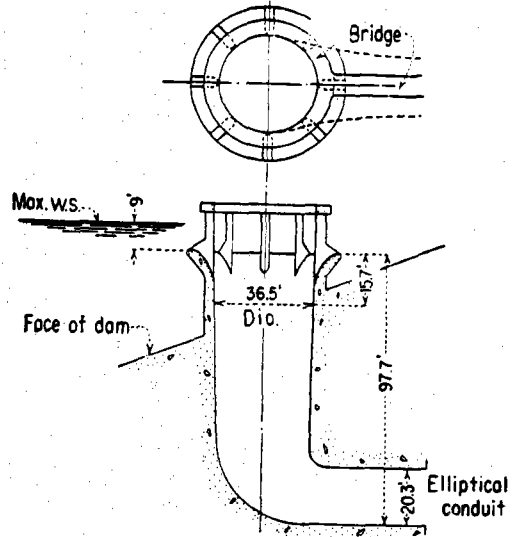


FIG. 17.—LA REGADERA DAM SPILLWAY

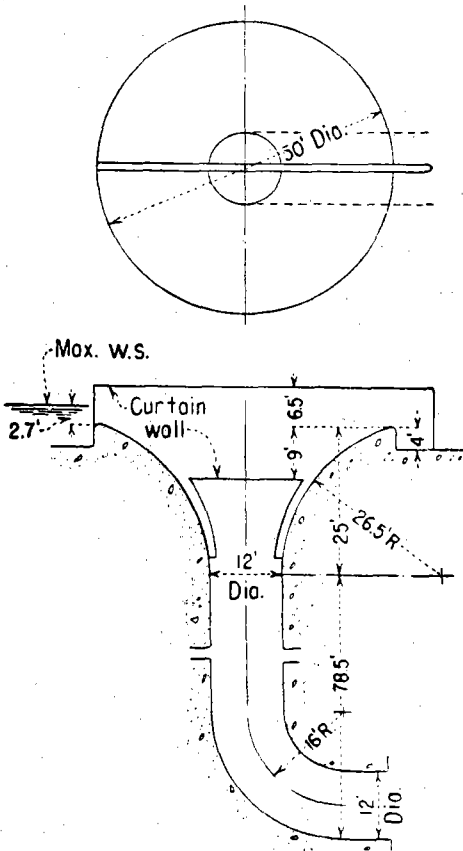


Fig 18

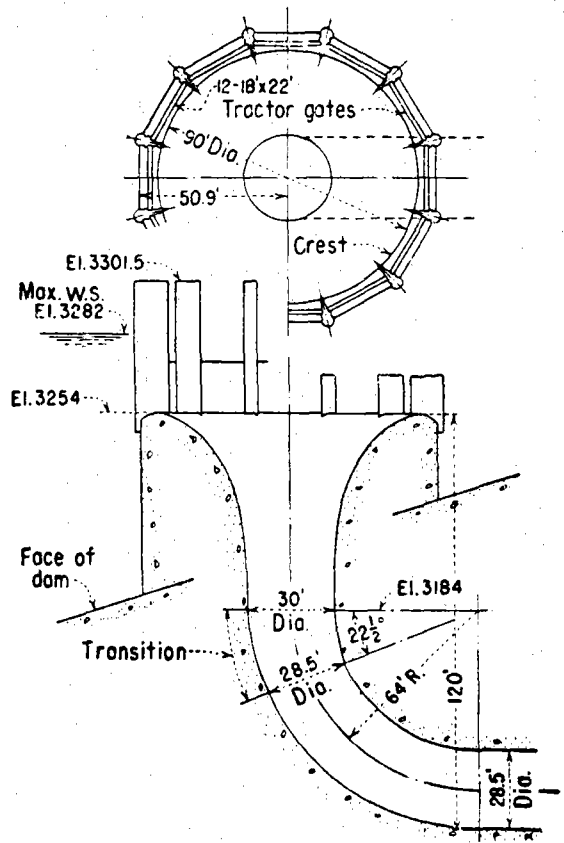


Fig 19

을 하였다. 이 期間中 800,000 에 -커 -呎의 물이 溢流하였는 것이다. 最大流量은 1943년에 設計流量의 38%인 5,670 立方呎/秒이었다. 1938年 11月~1952年 11月 사이에 水頭 1.3呎 以上 作用한 日數가 78日間, 中 3.3呎 以上 作用한 日數는 4日間 있었으나 豎孔은 아무런 變化가 없이 좋았다.

그러나 垂直灣曲部에 大體的인 粗面과 水平隧道의 倒壁部에 깊이 1吋程度의 浸蝕이 있었다. 이 水平隧道部分은 時間的으로 75%는 作用하였으므로 그 어떤 削磨物等에 因한 것으로 생각된다. 大體的으로 木材屑片等은 아무런 支障없이 溢流하였으나 1943년에는 피어에 原木, 木屑片等이 걸려서 이것을 鋼索으로 除去하였다. 이 洪水期間中 어느밤에 振動과 騒音이 異狀하게 크게 들었다. 이것은 아마 木材屑片等으로 因한 餘水吐 一部分의 崩壞部分이 落下함에 因한 것인지라. 이 事故의 前後로서는 아무런 振動도 없었다.

9. Burnhope Dam

이 餘水吐의 灣曲部는 浸蝕을 防止코져 鑄鐵板으로 貼裝되어 있으며 設計流量 2,630 立方呎/秒의 55%인 1,440 立方呎/秒의 洪水記錄을 내었으나 作用中 아무런 支障과 其後 浸蝕은 없었다.

이 餘水吐는 圖 18과 같이 幕壁(curtain wall)을 設置하였다.

10. Kingsley Dam

이 餘水吐는 1947年 以後부터 作用을 많이 하였으며 1951년에는 灌溉 및 電力用으로 年中에 亘하여 流水시켰으며 全流量의 8%인 4,500 立方呎/秒가 最大流量이었다. 垂直灣曲部 및 隧道에 認知할 만한 崩壞部分도 없었으며 其間 水塊과 木材屑片 등 溢流할 機會도 없었다.

11. Jubilee Dam

이 餘水吐에 있어서는 流量의 多少를 莫論하고 아무런 浸蝕을 받은바 없으며 豎孔에 다 特別한 空氣孔을 備置한 것은 이점이 처음이다. 水幕은 斜孔入口를 閉塞할려 하므로 斜孔部에 다 空氣筒을 備置한 것이다. 餘水吐의 幕壁은 英國의 Burnhope 餘水吐式이다.

12. Lady Bower Dam

이 餘水吐는 여러번 洪水를 겪었으며 그記錄을 보면 다음과 같아

1947年	1,240 立方呎/秒
1948年	540 立方呎/秒
1949年	310 立方呎/秒
1950年	1,520 立方呎/秒

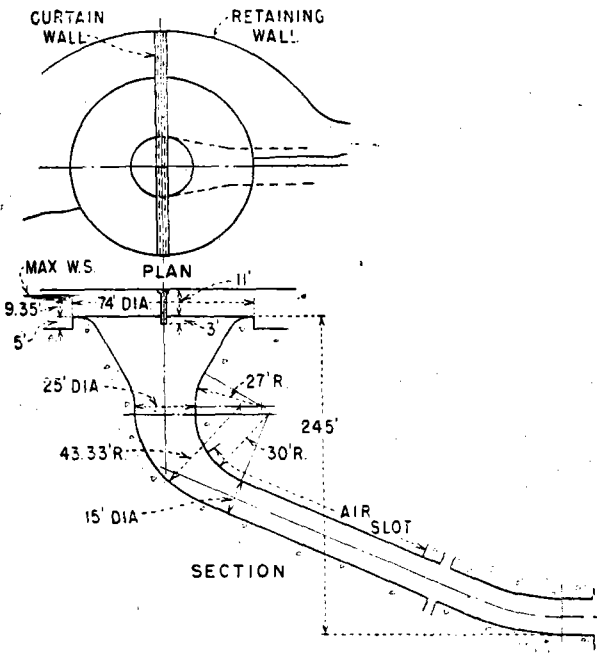


FIG. 20.—JUBILEE DAM SPILLWAY

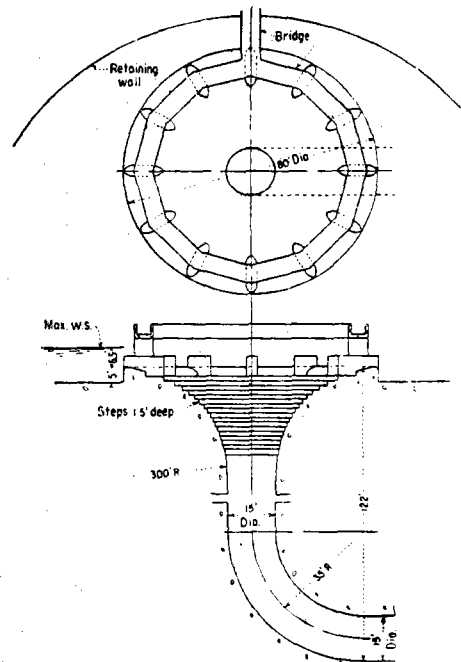


FIG. 21.—LADY BOWER DAM SPILLWAY

1951年 1,460 立方呎/秒

1952年 2,310 立方呎/秒

이 流量은 2個의 豎孔餘水吐로 分流되었으며 1951년에 豎孔監査를 하였다. 浸蝕된 部分이란 垂直灣曲部에 約一碼2가량되는 粗雜한 面이 있었다. 圖 21과 같이 階段式인 이 餘水吐는 一定한 水頭에 對한 流量은 平滑한 豎孔餘水吐보다 期待에 反하여 若干 많은 流量이었다. 이 餘水吐에서 注目되는 것은 많은 流量이 있을적에는 噴散水되는 空氣唧筒의 作用과 같이 分流瀧로서 豎孔에 落下되는 것이다.

13. Lumot Dam

이 餘水吐에 關한 設計圖는 不幸히도 求得치 못하였다. 1949年 竣功後 約10%인 流量 690 立方呎/秒의 물이 1951年 11月 28日 부터 1952年 3月 1日까지 있었다. 이로 因한 認知할만한 浸蝕은 없었으며 騒音과 振動도 없었다.

14. Shade Hill Dam

이 댐 亦是 美國 開拓局에서 1950년에 竣功한 것이며 潛堰作用을 主로한 餘水吐 設計이다. 水頭 25呎 以上되면 非常餘水吐도 作用하기 始作하며 1951년에는 1個月半이나 作用을 하였다. 그 當時 貯水池에 最大流入量 33,250 立方呎/秒 餘水吐로

부터 溢流量 5,020 立方呎/秒이었다. 洪水後 豎孔 및 垂直灣曲部 倒壁 그리고 水平隧道등 모두 別異常이 없었다.

15. Akongtien Dam

이 餘水吐는 最大流量의 約 半으로서 潛堰이 되며 1953年의 5日間 降雨에 1,000 立方呎/秒의 溢流量이 있었다. 洪水中 豎孔 隧道 또는 灣曲部の 그 어느 部分도 浸蝕은 없었으며 振動 또는 騒音으로 因한 障害도 確認할 수 없었다.

16. San Roque Dam

아르헨틴 코르도바市를 洪水防禦하기 위한 이 댐은 1940년에 着工하여 1944년에 竣功하였다. 水頭 6呎되면 流量 9,200 立方呎/秒으로서 潛堰이 始作된다. 이 餘水吐는 貯水池부터 아무런 게이트나 機械裝置없이 市の 河川水량까지 溢流量을 調節할 수 있게끔 設計되었다. 竣功後 1954年 4月 24日 流量 10% 該當量인 920 立方呎/秒의 溢流量이 있었으나 이 流量으로서는 作用實態를 把握하는 너무나도 적은 水量이다.

17. Heart Butte Dam

이 餘水吐는 美國 開拓局에서 1949年 竣功되었으며 原則적으로 潛堰作用을 主로한 餘水吐設計이다. 卽 水頭 6呎까지는 完全溢流이며 6呎~

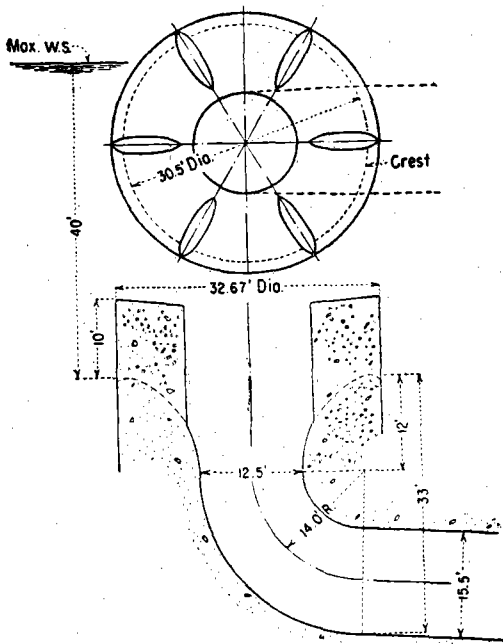


FIG. 22.—SHADE HILL DAM SPILLWAY

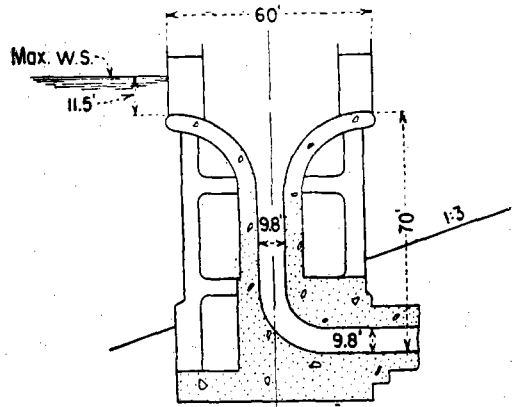


FIG. 23.—AKONGTIEN DAM SPILLWAY

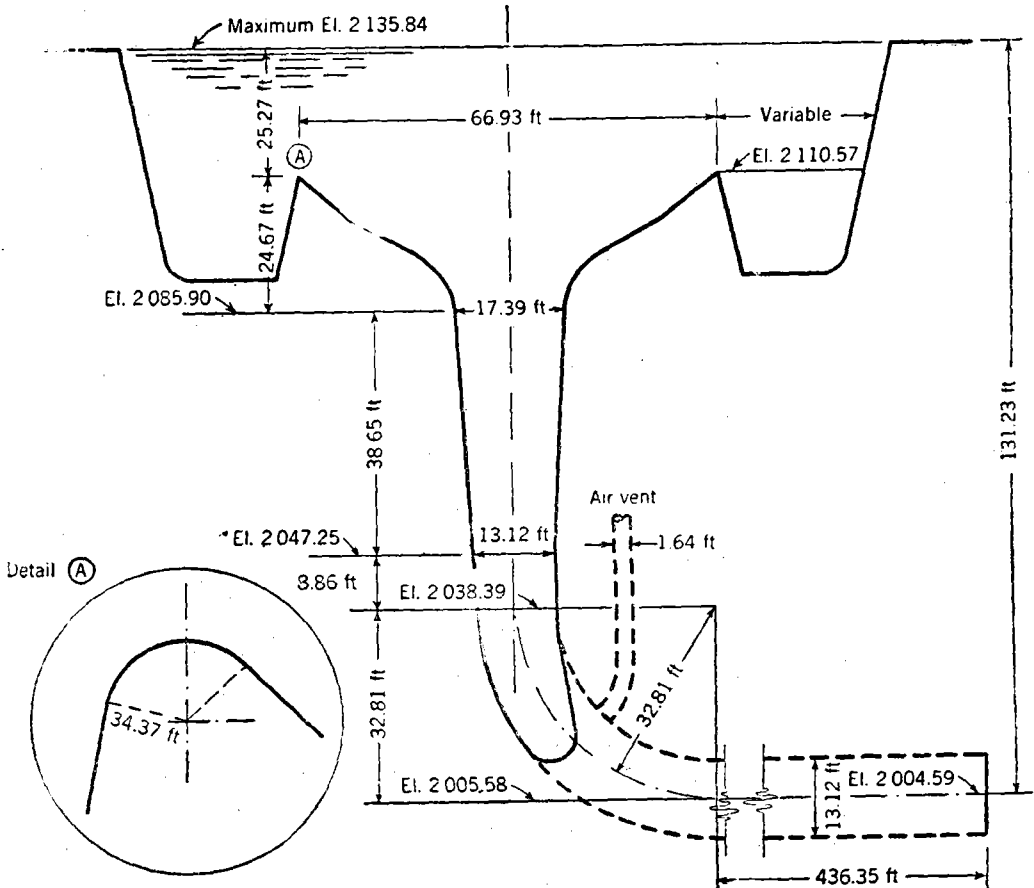
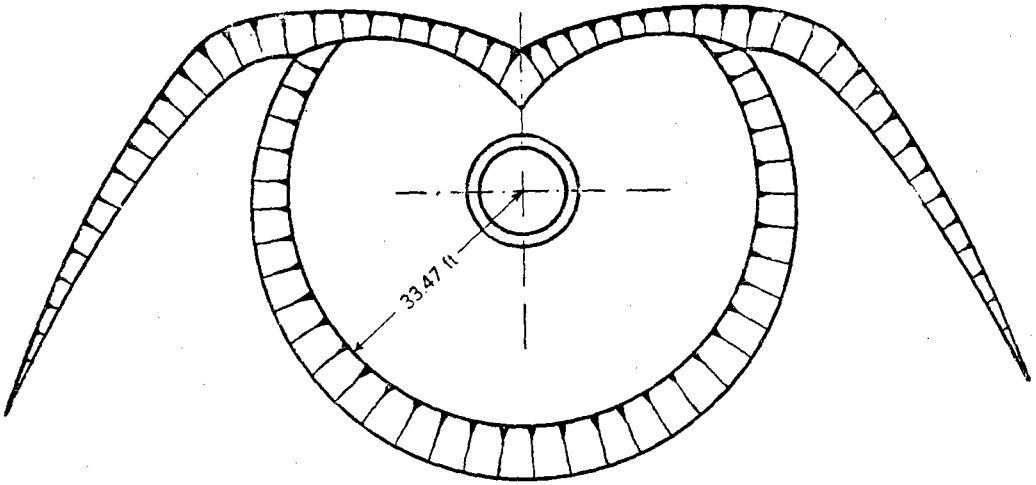


FIG. 24—SAN ROQUE DAM SPILLWAY

53.6呎까지는 潛堰溢流이다. 大渦流는 設置된 피어에 依하여 阻止될 수 있으나 6呎~20呎까지는 若干 存在하며 20呎 以上이 되면 불수 없다.

1950년에 約 1個月間 148,000 에-커.-呎의

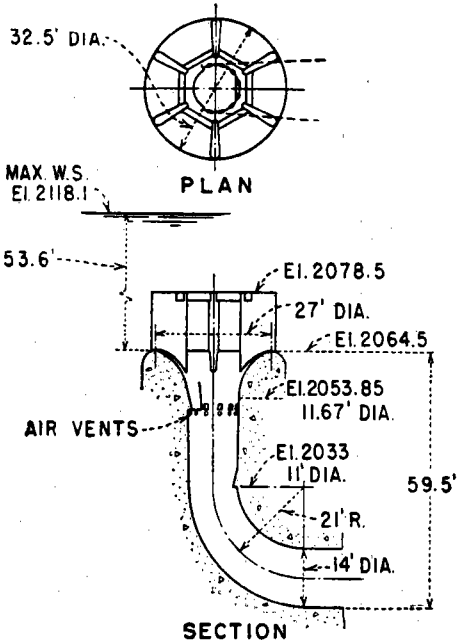
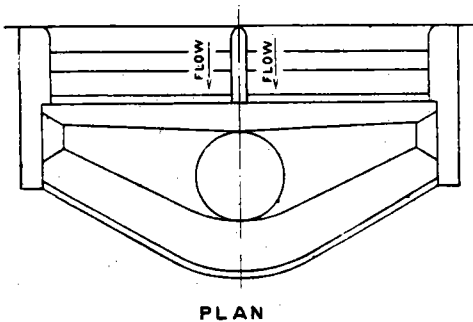
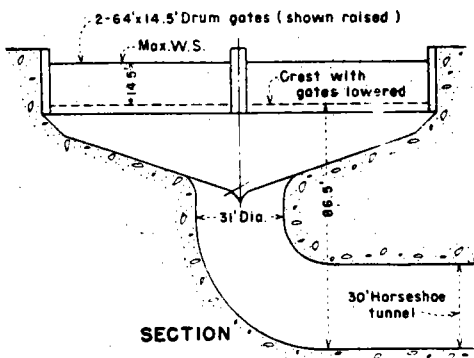


FIG. 25.—HEART BUTTE DAM SPILLWAY

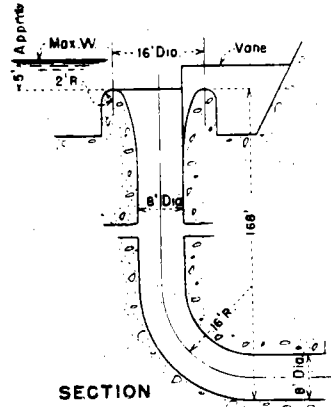


PLAN



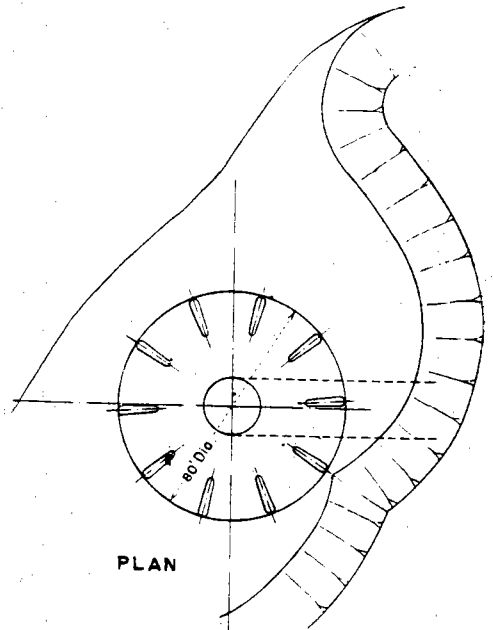
SECTION

圖 27. GUERNSEY

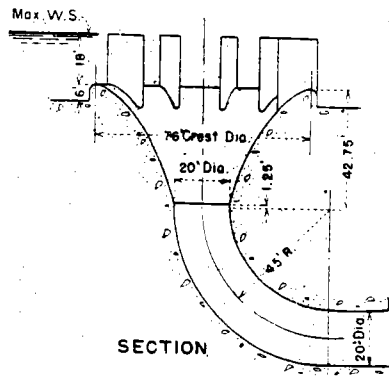


SECTION

圖 26. BOUQUET CANYON



PLAN



SECTION

圖 28. PLEASANT HILL

을 하였다. 이 期間中 800,000 에 -커 -呎의 물이 溢流하였던 것이다. 最大流量은 1943년에 設計流量의 38%인 5,670 立方呎/秒이었다. 1938年 11月~1952年 11月 사이에 水頭 1.3呎 以上 作用한 日數가 78日間, 中 3.3呎 以上 作用한 日數는 4日間 있었으나 豎孔은 아무런 變化가 없이 좋았다.

그러나 垂直灣曲部에 大體的인 粗面과 水平隧道의 倒壁部에 깊이 1吋程度의 浸蝕이 있었다. 이 水平隧道部分은 時間的으로 75%는 作用하였으므로 그 어떤 削磨物等에 因한 것으로 생각된다. 大體的으로 木材屑片等은 아무런 支障없이 溢流하였으나 1943년에는 피어에 原木, 木屑片等이 걸려서 이것을 鋼索으로 除去하였다. 이 洪水期間中 어느밤에 振動과 騒音이 異狀하게 크게 들렸다. 이것은 아마 木材屑片等으로 因한 餘水吐 一部分의 崩壞部分이 落下함에 因한 것인 지라. 이 事故의 前後로서는 아무런 振動도 없었다.

9. Burnhope Dam

이 餘水吐의 灣曲部는 浸蝕을 防止코져 鑄鐵板으로 貼裝되어 있으며 設計流量 2,630 立方呎/秒의 55%인 1,440 立方呎/秒의 洪水記錄을 내었으나 作用中 아무런 支障과 其後 浸蝕은 없었다.

이 餘水吐는 圖 18과 같이 幕壁(curtain wall)을 設置하였다.

10. Kingsley Dam

이 餘水吐는 1947年 以後부터 作用을 많이 하였으며 1951년에는 灌溉및 電力用으로 年中에 亘하여 流水시켰으며 全流量의 8%인 4,500 立方呎/秒가 最大流量이었다. 垂直灣曲部및 隧道에 認知할 만한 崩壞部分도 없었으며 其間 水塊와 木材屑片등 溢流할 機會도 없었다.

11. Jubilee Dam

이 餘水吐에 있어서는 流量의 多少를 莫論하고 아무런 浸蝕을 받은바 없으며 豎孔에다 特別한 空氣孔을 備置한것은 이뎨이 처음이다. 水幕은 斜孔入口를 閉塞할려 하므로 斜孔部에다 空氣筒을 備置한 것이다. 餘水吐의 幕壁은 英國의 Burnhope 餘水吐式이다.

12. Lady Bower Dam

이 餘水吐는 여러번 洪水를 겪었으며 그記錄을 보면 다음과 같아

1947年	1,240 立方呎/秒
1948年	540 立方呎/秒
1949年	310 立方呎/秒
1950年	1,520 立方呎/秒

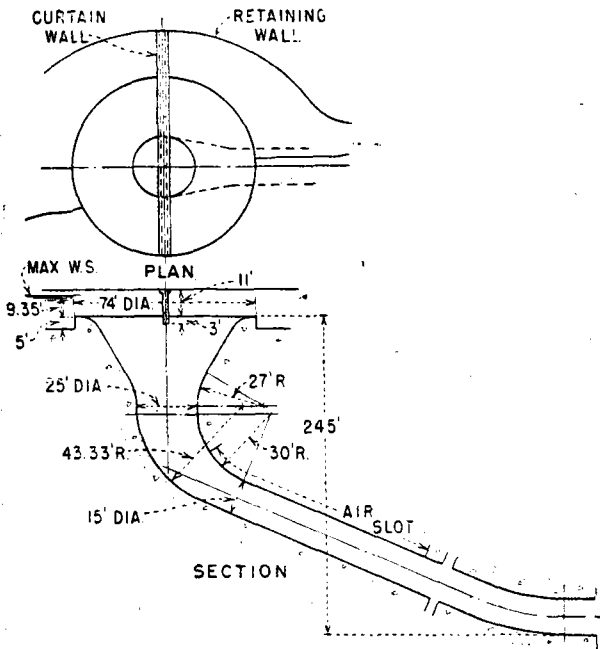


FIG. 26.--JUBILEE DAM SPILLWAY

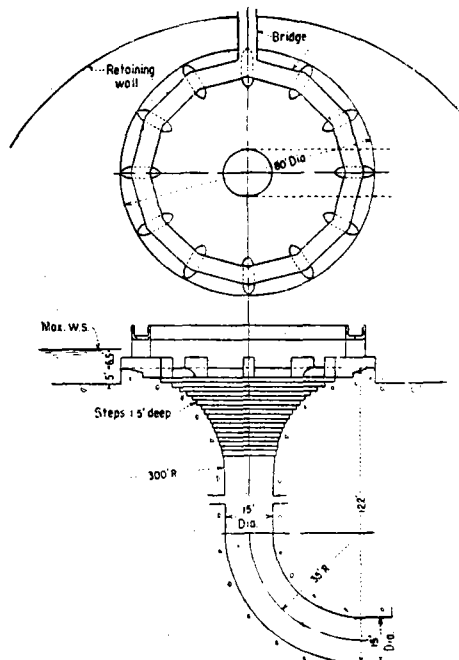


FIG. 27.--LADY BOWER DAM SPILLWAY

1951年 1,460 立方呎/秒

1952年 2,310 立方呎/秒

이 流量은 2個의 豎孔餘水吐로 分流되었으며 1951년에 豎孔監査를 하였다. 浸蝕된 部分이란 垂直灣曲部에 約一馬2가량되는 粗雜한 面이 있었다. 圖 21과 같이 階段式인 이餘水吐는 一定한 水頭에 對한 流量은 平滑한 豎孔餘水吐보다 期待에 反하여 若干 많은 流量이었다. 이餘水吐에서 注目되는 것은 많은 流量이 있을적에는 噴散水되는 空氣唧筒의 作用과 같이 分流瀧로서 豎孔에 落下되는 것이다.

13. Lumot Dam

이 餘水吐에 關한 設計圖는 不幸히도 求得치 못하였다. 1949年 竣功後 約10%인 流量 690 立方呎/秒의 물이 1951年 11月 28日 부터 1952年 3月 1日까지 있었다. 이 原因한 認知할만한 浸蝕은 없었으며 騒音과 振動도 없었다.

14. Shade Hill Dam

이 댐 亦是 美國 開拓局에서 1950년에 竣功한 것이며 潛堰作用을 主로한 餘水吐 設計이다. 水頭 25呎 以上되면 非常餘水吐도 作用하기 始作하며 1951년에는 1個月半이나 作用을 하였다. 當時 貯水池에 最大流入量 33,250 立方呎/秒 餘水吐로

부터 溢流量 5,020 立方呎/秒이었다. 洪水後 豎孔 및 垂直灣曲部 倒壁 그리고 水平隧道等 모두 別異常이 없었다.

15. Akongtien Dam

이餘水吐는 最大流量의 約半으로서 潛堰이되며 1953年의 5日間 降雨에 1,000 立方呎/秒의 溢流量이 있었다. 洪水中 豎孔隧道 또는 灣曲部の 그어느 部分도 浸蝕은 없었으며 振動 또는 騒音으로 因한 障害도 確認할 수 없었다.

16. San Roque Dam

아르헨틴 코르도바市를 洪水防禦하기 위한 이 댐은 1940년에 着工하여 1944년에 竣功하였다. 水頭 6呎되면 流量 9,200 立方呎/秒으로서 潛堰이 始作된다. 이餘水吐는 貯水池부터 아무런 게이트나 機械裝置없이 市の 河川水량까지 溢流量을 調節할 수 있게끔 設計되었다. 竣功後 1954年 4月 24日 流量 10% 該當量인 920 立方呎/秒의 溢流量이 있었으나 이 流量으로서는 作用實態를 把握키는 너무나도 적은 水量이다.

17. Heart Butte Dam

이餘水吐는 美國 開拓局에서 1949年 竣功되었으며 原則적으로 潛堰作用을 主로한 餘水吐設計이다. 即 水頭 6呎까지는 完全溢流이며 6呎~

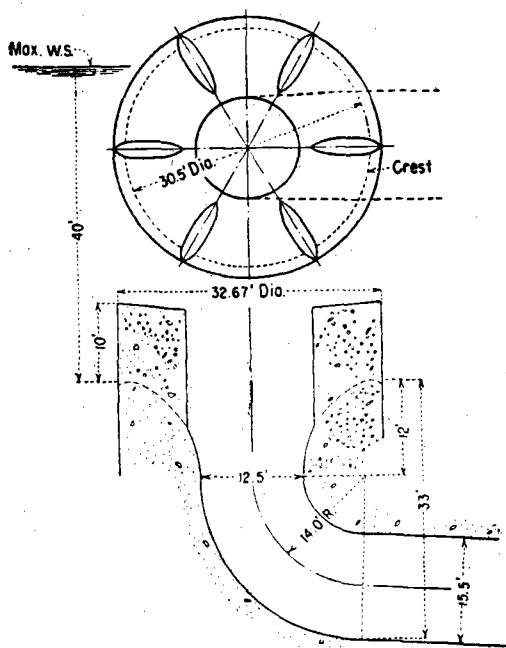


FIG. 22.—SHADE HILL DAM SPILLWAY

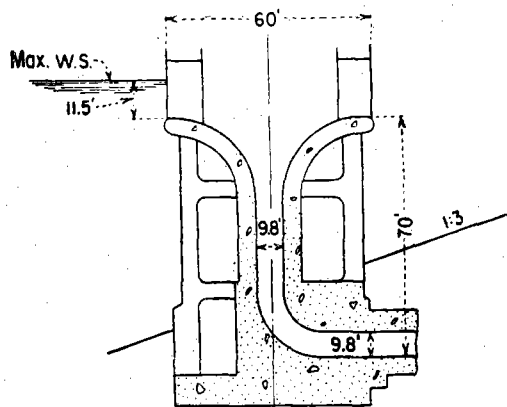


FIG. 23.—AKONGTIEN DAM SPILLWAY

53.6呎까지는 潛堰溢流이다. 大渦流는 設置된 피어에 依하여 沮止될 수 있으나 6呎~20呎까지는 若干 存在하며 20呎 以上이 되면 볼수 없다.

1950년에 約 1個月間 148,000 에 -呎, -呎의

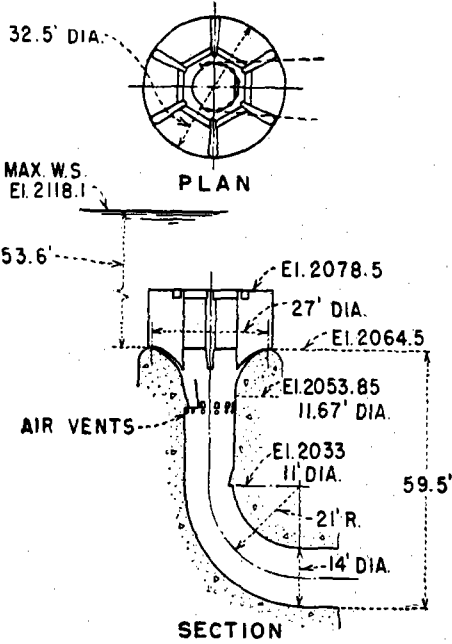


FIG. 25.—HEART BUTTE DAM SPILLWAY

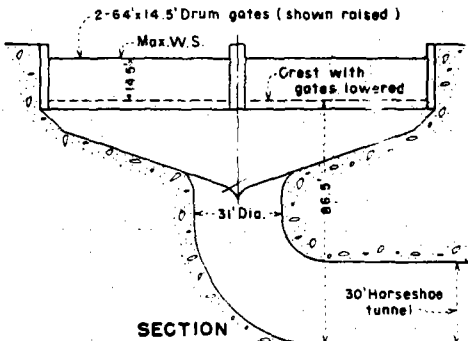
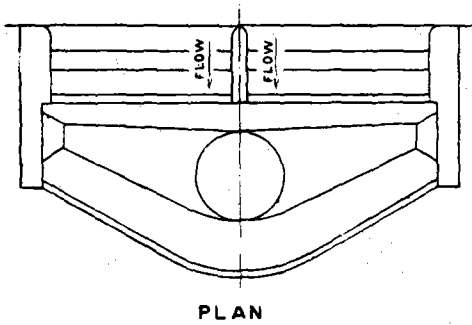


圖 27. GUERNSEY

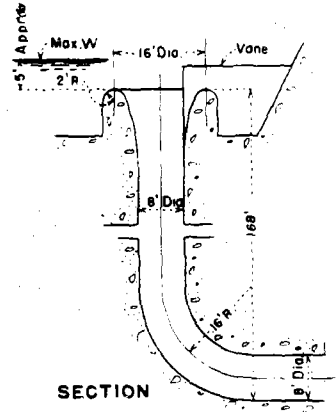


圖 26. BOUQUET CANYON

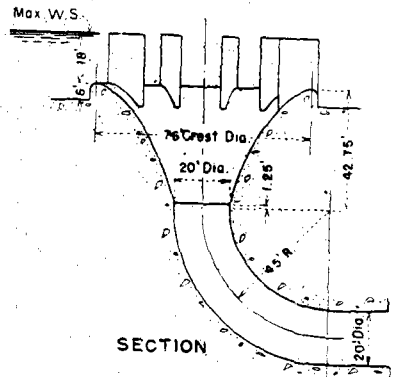
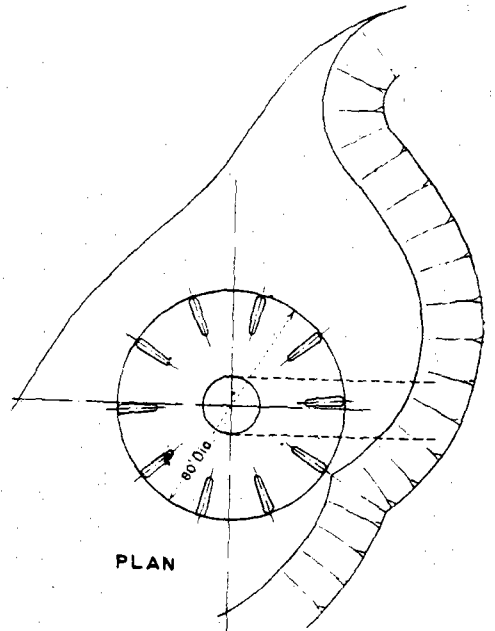


圖 28. PLEASANT HILL

溢流量이 있었으며 貯水池 最大流入量은 24,000 立方呎/秒 最大溢流量은 約 68%인 3,800 立方呎/秒이었다. 洪水後의 監査結果 垂直灣曲部에 直徑 8吋 깊이 1吋 程度의 浸蝕部分이 2個所 있

었다. 第2次 洪水는 1951年 約 1個月間 作用을 하였으며 最大流量은 約 54%인 3,000 立方呎/秒 이었다. 作用時 騒音은 大端치 않으며 振動도 認 知할수 없었다.

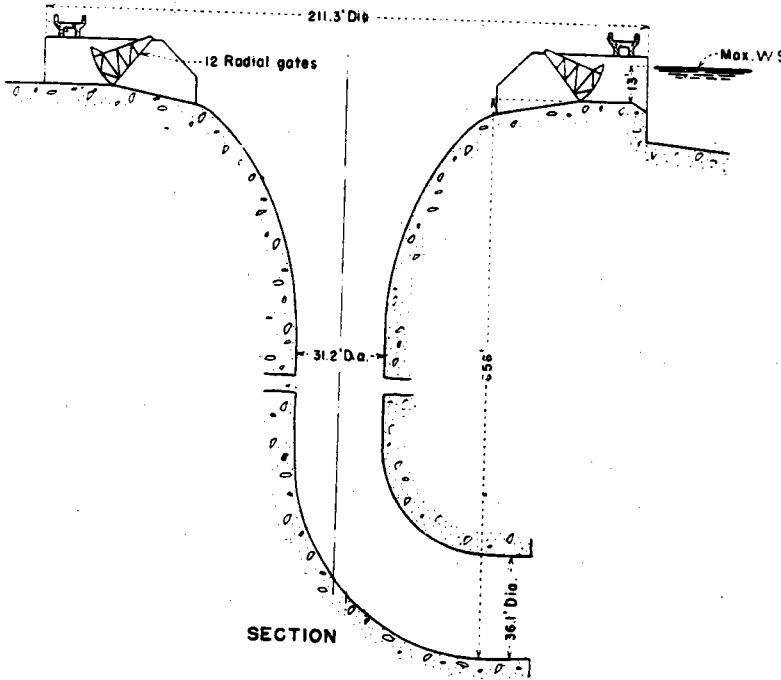


圖 29 SULAK

結 論

前述한 既設 豎孔餘水吐의 作用通報에 依하면 그約 半은 充分한 監査를하였다.

이에따라 確實한 結論은 얻을수 없으나 大端히 鼓舞될點을 얻었다. 餘水吐 作用面을 大體로 要約하면 自然後인 浸蝕으로서 큰것은 없었다는것과 또 特念할만한것은 Owyhee Dam의 作用에 있어 設計流量의 1/2, 2/3의 溢流量으로서 300呎나 垂直落下하여도 콘크리-트面이 若干 粗惡할 뿐 아무런 異狀이 없었다는 것이다. 垂直灣曲部에 浸蝕이 있는 것이 幾個 있었으나 그分明한 理由로서는 原木 또는 其他物件이 落下하므로써 생긴 것이다. 此外에 너무나 粗惡한 콘크리-트面에 高速流의 물의 落下, 缺解氷으로 因한 崩壞 等이며 振動 騒音및 渦流등으로서 是 아무런 支障 이 없었다는 것이다. 그러나 Regadera Spillway 의 境遇와 같이 崩壞物로 因한 不均齊한 荷重은 振動을 招來하였다.

叙上 檢査通報에 依 據 勸獎할 點을 下記 하면, (a) 施工接合部 를 餘水吐의 溢流部및 豎孔灣曲部에는 避할 것.

(b) 灣曲部の 型枠 組立에는 綿密한 注意 를 要함.

大體으로 豎孔및 水平隧道의 施工 接合 部에서 洩水됨이 1/3이 나 있었다. 이것은 結 解氷作用 및 渦凹 (카 비테이션)등을 當할憂 慮가 있는 것이다. 高 速流에 依한 浸蝕을 막 기 위한 가장 좋은 方 法은 平滑한 콘크리- 드面을 가질 것이며

施工接合部를 垂直灣曲部에는 避할것이다.

以上으로서 設計面에서는 (1) 溢流斷面部決定 에 그方法과 應用限界등이 確認提供되었고 (11) 에서 既設物 作用을 基礎로하여 過去보다도 더 自信있게 設計할 수 있을 것이며 우리도 立地의 條件이 適合한 곳에는 經濟的인 豎孔餘水吐 特 히 小地區에서는 橋管과 兼할수있는等 設計에 對 比檢討있기를 勸獎하여 마지않은 바이다.

參考文獻 (筆者 農林部 技佐)

Morning-Glory Shaft Spillways

A.S.C.E. Transactions, Vol. 1 121. 1956.

Prototype Behavior.

By Joseph N. Bradley M. ASCE.

Determination of Pressure-Controlled Profiles.

By William E. Wagner M. ASCE.

Performance Tests on Prototype and Model.

By Alvin J. Peterka M. ASCE.