

函型流入部 落差式 餘水吐의 水理計算

宋 永 壽

序 言

여기에 紹介하는 內容은 美國 農地保存處 用 排水課의 水理技術者인 Fred W. Blaisdell氏 及 同 Charles A. Donnelly의 兩氏가 共編한

Hydraulic Design of The Box Inlet Drop Spillways

를 可及의 原體制대로 翻譯하여 紹介한 것이다.

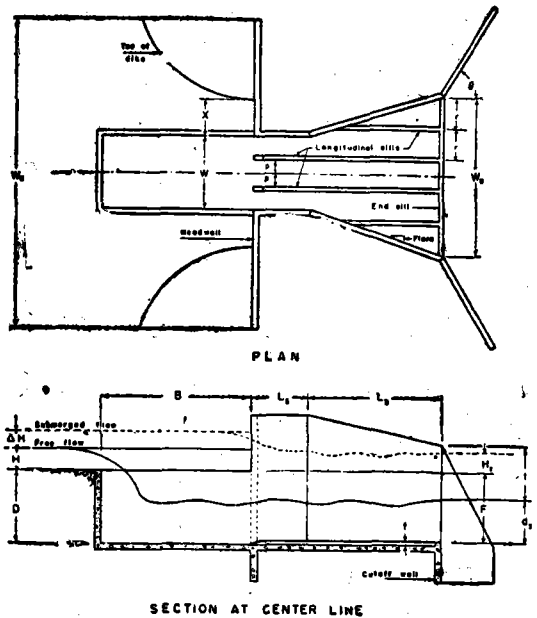
途中 技術者인 本에게는 지나치게 常識의인 問題를 되풀이 說明하여 지루한 感을 느끼게 하는 點도 있으나 이는 原著者의 意圖하는바를 되도록 忠實하게 傳達하고 처음 對하는 本의 理解를 도우는 意味에서 取한 態度이다.

近者에 小溜池事業이 活潑해지고 그 設計가 進行되고 있으리라 믿어지는 이즈음 本稿에 紹介하는 餘水吐는 이와같은 小規模의 餘水吐나 排水計劃等에 아주 適合한 것으로 믿어지는바 이를 紹介하는 바이다. 이 餘水吐는 設計計算이 比較的簡單하고 누구든지 한번만 內容을 通讀하면 쉽게 實地設計를 할 수 있고 또 그 精度도 높아서 實用性이 많은 餘水吐의 하나인 것으로 믿는바이다. 그러나 原著者가 意圖하는바를 그대로 살리지 못하여 簡潔하고 要領있게 內容을 傳達하지 못한 點은 罪悚할 뿐이다. 原書에는 많은 圖表가 있으나 紙面關係로 이 모든것을 掲載 못한 點을 謝過하는 바이며 必要할때 請求하면 所要資料를 連絡해 드릴 作定이다.

各計算이나 係數取扱에 있어서는 英美式 그대로 foot pound 法을 使用하였으나 이것을 C.G.S 單位로 換算하는 問題는 그다지 힘들지 않으리라 믿는다.

本論에 들어가기 前에 餘水吐 各部의 名稱과 文字(記號)의 意味를 第1圖에 依하여 說明하기로 한다. 用語는 可及의 우리 말을 使用하기로 하였으나 그 翻譯은 어디까지나 個人的인 意見에

不週하고 경우에 따라서는 原語를 그대로 使用한 경우가 많다.



(第1圖)

Figure 1 - Box Inlet Drop Spillway

1. 流入部(inlet)

流入部는 函全體를 말하는 것이고 第1圖의 $I_1 \sim I_2$ 斷面을 말한다. I_2 는 곧 流入部終點이 되며 流出部始點이 된다. W 는 流入部の 幅이고 同時에 餘水吐의 幅이 된다. B 는 流入部 函의 側壁길이((inside length)이다.

2. 流出部(outlet)

流出部는 流入部外의 全部를 稱하는 것이고 다음과 같은 部分으로 되어 있다.

(i) 直線斷面部(straight section)

$I_2 \sim I_3$ 斷面을 말한다. 이 斷面은 그 幅을 W 와 같게 하며 側壁를 餘水吐中心線에 平行하게 하도록 되어 있다.

(ii) 靜水池(stilling basin)

$I_3 \sim I_4$ 斷面까지를 말한다. 이 部分은 水理學的 機能을 爲하여 側壁에 flare를 주는 것이 普通이다.

(iii) sills

endsill 及 縱斷綫(longitudinal sills) 등이 있다.

(iv) 翼壁(wingwall)

$I_4 \sim I_5$ 斷面을 말한다.

(3) 各文字의 意味

W = 函의 巾 即 餘水吐幅 (ft)

B = 函의 側壁의 길이 (ft)

L_s = 直線斷面部의 最少所要長 (ft)

L_B = 靜水池의 最少所要長 (ft)

D = 流入部 函의 길이 (ft)

d_s = 下流水深(tailwater depth)

f = endsill 或은 longitudinal sill의 높이(ft)

F = endsill의 頂點부터 堰頂까지의 높이(ft)

H_1 = 溺深 即 (下流水深) - (D) (ft)

H = 完全溢流 때의 所要水頭 (ft)

ΔH = 溺로 因한 水頭增加 (ft)

W_c = 接近水路의 底幅 (ft)

X = 流入部側壁의 內側面에서 堰塘法尾(實地法尾)를 말함이 아니고 堰頂位高와 같은 位高의 平面으로 堰塘을 水平으로 切斷할 때 이 水平面과 堰塘勾配가 만나는 交綫을 말함)까지의 距離 (ft)

W_e = 靜水池終點의 幅 (ft)

p = 中心縱斷綫의 間隙; 餘水吐中心부터 距離 (ft)

γ = 中心綫과 附加綫과의 間隙 (ft)

θ = 翼壁의 flare (ft)

完全溢流 때의 水理計算

放水路의 水位(流出部의 水位 即 tailwater elevation을 말함)가 餘水吐堰頂의 位高보다 얕으면 下流水가 餘水吐의 溢流量에 影響을 미치지 아니하므로 이러한 경우는 完全溢流가 된다. 函型流入部 落差式 餘水吐에 있어서는 完全溢流 때라도 두가지의 相異한 水理現象이 일어난다. 이 두가지의 相異한 水理現象이라 함은

水頭に 따라 流量을 支配하는 因子가 달라지는 것을 말하는 것인데 그 하나는 堰頂部가 流量을 支配하는 경우이고 다른 하나는 扶壁의 空間部(headwall opening)가 流量을 支配하게 되는 경우를 말한다. 完全溢流 때에 있어서 水頭가 작은 경우는 流量의 支配因子는 前者가 되고 水頭가 어느 特定點을 지나면 支配因子가 後者로 變遷한다.

이 變遷點을 求하는 方法은 水頭-流量 曲綫을 거쳐 變位點을 求하면 되는 것이나 이와같은 判斷은 各경우에 對한 流量計算을 實行한 다음에 可能한 일이므로 爲先 上記 두가지 경우의 流量(또는 水頭) 計算方法부터 紹介하기로 한다. 前記 變位點의 判斷은 本稿 函型流入部 落差式 餘水吐의 設計例에 包含되어 提示되어 있다. (計算例 參照)

(1) 堰頂部가 流量을 支配할 때

(Control at Box-inlet Crest)

이 경우의 堰公式은

$$Q = C_1 L \sqrt{2g} H^{3/2} \dots \dots \dots (1a)$$

$$\text{or } H = \left(\frac{Q}{C_1 \sqrt{2g}} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (1b)$$

但 Q = 流量 ft³/sec

L = 堰長 (2B + W)

B ; 流入部 側壁長 (ft)

W ; 流入部 幅 (ft)

H = 水頭 $\left(H_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right)$ (ft)

g = 重力加速度 32.2 ft/sec²

C_1 = 流量係數 單位없음

上記公式의 流量係數 C_1 은

$$\frac{B}{W} = 1.0 \quad \frac{W_c}{L} \geq 3.0 \quad \frac{H}{W} \geq 0.6$$

인 範圍에서 0.4275 이고, 따라서 $C_1 \sqrt{2g} = 3.43$ 이 된다. 實際設計에 際하여는 B , W , W_c , L , H 등의 值가 위의 條件을 滿足하게 되는 경우는 드무니까 이들의 值가 上記條件을 滿足하지 않는 경우에는 水頭計算에 있어서 C_1 을 更正하여야 한다. C_1 의 更正要領은 다음과 같다.

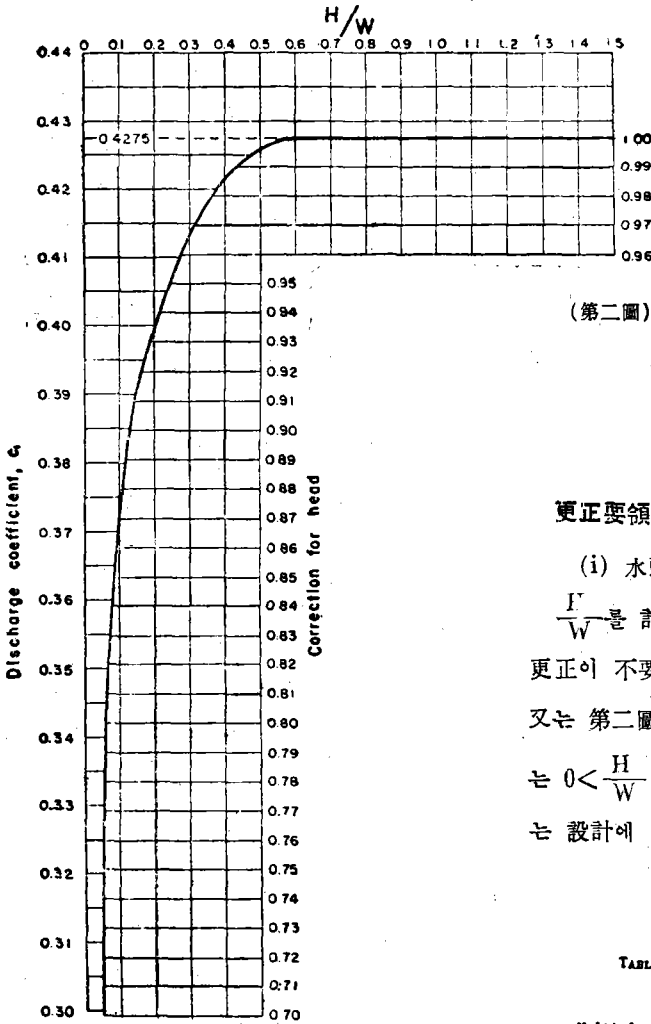
TABLE 1.--Correction for head
(Control at box-inlet crest)

Multiply c_1 in $Q = c_1 L \sqrt{2g} H^{3/2}$ by correction

H/W	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0										
.1	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
.2	.93	.94	.94	.95	.95	.95	.95	.96	.96	.96
.3	.97	.97	.97	.97	.98	.98	.98	.98	.98	.98
.4	.99	.99	.99	.99	.99	.99	.99	.99	.99	1.00
.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
.6	1.00									

Correction is 1.00 when H/W exceeds 0.6.

(第一表)



(第二圖)

更正要領(Corrections)

(i) 水頭に 따른 更正

$\frac{H}{W}$ 를 計算하여 이것이 0.6 보다 크면 C_1 은 更正이 不要하다. 0.6 보다 작은 경우는 第一表 又は 第二圖로 C_1 을 更正한다. $\frac{H}{W}$ 의 實驗範圍는 $0 < \frac{H}{W} < 1.5$ 이므로 H가 이 範圍를 超過할때는 設計에 際하여 深重한 檢討를 要한다.

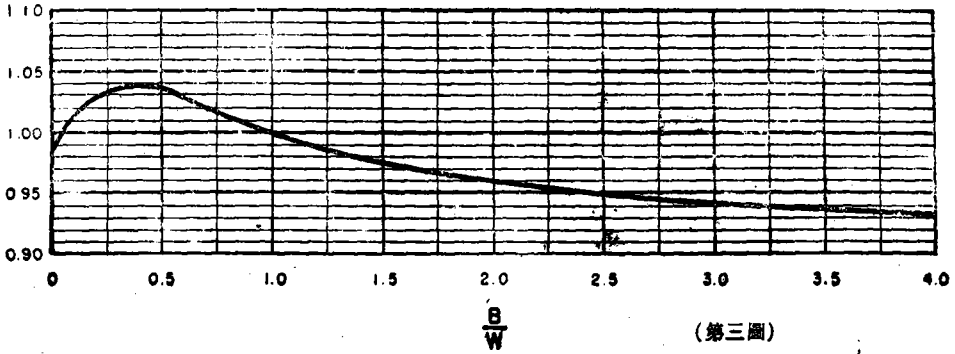
TABLE 2.--Correction for box-inlet shape
(Control at box-inlet crest)

Multiply c_1 in $Q = c_1 L \sqrt{2g} H^{3/2}$ by correction

B/W	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.98	1.01	1.03	1.03	1.04	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01
1	1.00	.99	.99	.98	.98	.98	.97	.97	.96	.96
2	.96	.96	.95	.95	.95	.95	.95	.95	.94	.94
3	.94	.94	.94	.94	.94	.94	.94	.94	.93	.93
4	.93									

(第二表)

(ii) 函의 퍼멘수에 따른 更正 $\frac{B}{W}$ 를 計算하여 其值가 1이 되 지 않을 때는 C_1 을 更正한다. 更正은 第二表 又は 第三圖에 依한 다. $\frac{B}{W}$ 의 實驗範圍는 1~4이다.



(第三圖)

TABLE 3.--Correction for approach-channel width
(Control at box-inlet crest)

Multiply c_1 in $Q = c_1 L \sqrt{2g} H^{3/2}$ by correction

W_c/L	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.00	0.09	0.18	0.27	0.35	0.44	0.53	0.62	0.71	0.80
1	.84	.87	.90	.92	.93	.94	.95	.96	.97	.97
2	.99	.98	.99	.99	.99	.99	1.00	1.00	1.00	1.00
3	1.00									

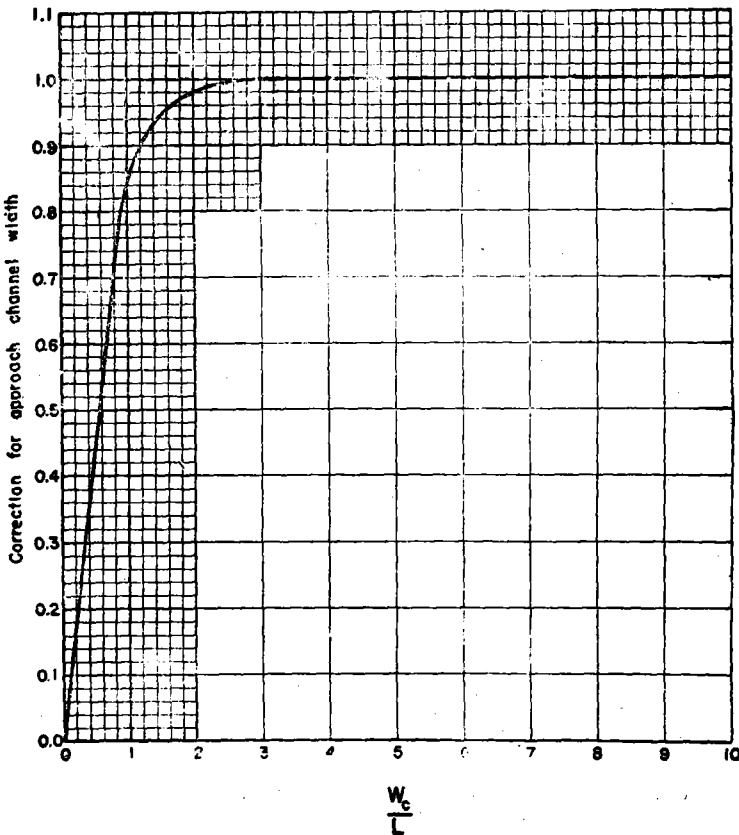
Correction is 1.00 when W_c/L exceeds 3.0

iii) 接近水路의 幅 W_c
(approach channel width)

에 따른 更正

接近水路의 幅 (W_c)는 流量에 對하여 큰 影響을 미친다고 한다. W_c 가 좁고 堰長이 길때에 있어서는 堰頂의 一部分이 溢流機能을 喪失하여 流量이 大幅 減少된다고 한다. 따라서 W_c 는 可及的 크게 取하는 것이 理想的이며 $\frac{W_c}{L}$ 가 3 보다 작을 때는 第三表 又は 第四圖에 依하여 C_1 을 更正한다. 이 實驗範圍는 $\frac{W_c}{L} = 0.4 \sim$

$\frac{W_c}{L} = 10$ 이다.



(iv) 堤塘의 位置에 따른 更正(圖1 參照)

堤塘의 法尾(the toe of the dike)가 堰頂에서 가까운 距離에 있으면 물이 堰頂에 自由로 接近되는 것을 妨害하기 때문에 이 亦是 流量에 많은 影響을 미친다고 한다. 그러므로 堤塘의 法尾位置는 條件이 許容하는 限 堰頂에서 멀리하는 것이 좋다. 堤塘法尾와 流入部堰頂間의 距離 X가 流量에 미치는 影響은 第四表에 依하여 C_1 을 更正하나 이 表의 數値는 全部 實驗資料에서 求한 數値가 아니고 一部의 實驗資料를 根據로 하여 計算으로 求한 數値이다. 具體的으로 말하면 距離 X의 變化에 따른 流量의 變動은 $\frac{B}{W}=2$ 인 때에 限하여 6種의 相異한 X의 値에 對하여서만 實驗을 하였고 $\frac{B}{W}=2$ 인 경우에 對하여서는 X의 影響으로 流量이 減少되는 比率은 堰長 L에 反比例한다고 보아 計算에 依하여 求한 數値이며 그 計算例는 다음과 같다. 例컨대 $\frac{B}{W}=1$ 인 때의 更正係數를 求하면

$$\frac{B}{W}=2 \text{ 이면 } L=5W \text{ (} L=2B+W \text{)}$$

$$\frac{B}{W}=1 \text{ 이면 } L=3W \text{ (} L=2B+W \text{)}$$

流量減少가 上記한바와 같이 堰長 L에 反比例한다고 보면 $\frac{B}{W}=1$ 인 때의 流量減少는 $\frac{B}{W}=2$ 인 때의 流量減少의

$$\frac{5W}{3W} = 1.7 \text{ 倍}$$

가 된다.

따라서 表에서 보는바와 같이 $\frac{B}{W}=2$ 인 때의 流量減少率이 $(1-0.84=0.16)$ 即 1割 6分이면 $\frac{B}{W}=1$ 인 때는 0.16의 1.7倍 即 0.27로 되어 所要 更正係數는 $1-0.27=0.73$ 으로 된다. 第四表는 이와같은 計算으로 作成된 表이다.

TABLE 4.--Correction for dike effect (Control at box-inlet crest)

Multiply c_1 in $Q=c_1 L \sqrt{2g} H^{3/2}$ by correction

$\frac{B}{W}$	X/B					
	0.0	0.7	1.4	2.9	5.7	∞
2.0 (actual)	0.84	0.85	0.93	0.97	0.99	1.00
1.0 (estimated)	.73	.75	.86	.95	.98	1.00
0.5 (estimated)	.60	.62	.82	.92	.98	1.00

(第四表)

註 以上の 論理는 實際로 實驗을 實施한 $\frac{B}{W}=2$ 인 때에도 成立함을 알 수 있다.

(v) 接近水路(Approach channel)의 水深이 미치는 影響

本稿의 原書에는 接近水路의 水深이 流量에 미치는 影響에 對하여는 係數의인 提示가 없어서 紹介할수가 없으나 이와같은 問題는 Kessler, L.H.氏 Huff, A.H.氏 等の 研究에 밝혀져 있다고 한다

그러나 上記 兩氏의 研究結果에 依하면 接近水路의 底面이 堰頂보다 깊으면 堰頂과 水平인 경우에 比하여 流量이 增加된다는 點을 指摘하고 있다 하므로 實地施工을 接近水路底面이 堰頂보다 깊게 하여도 計算은 兩者가 水平인 本稿의 標準대로 하면 安全側의 餘裕가 있게 되는 셈이 된다. 그리고 또 接近水路의 底面을 堰頂보다 깊게 하여도 長時日이 지난뒤에는 堰頂과 같은 位高까지 土砂가 차 오른다고 보는 것이 妥當 하리라 생각된다.

以上 C_1 에 對한 更正은 대단히 簡單한 計算으로 流量計算을 할수가 있으나 堤塘의 影響이 無視되는 경우(即 $\frac{W_c}{L} \geq 3.0$ 인 경우)에 있어서는 C_1 에 對하여 其他의 各種 更正을 實施한 結果는 公式(1)의 精度는 $\pm 7\%$ 以內로 떨어진다 한다. 이 精度는 理想的인 條件下에 對한 것이고 現場에서는 精度가 약간 低下되리라 믿어진다. 따라서 實地設計에 있어서는 1割程度의 餘裕를 주면 充分하리라 짐작된다.

(2) 扶壁空間部가 流量을 支配할 때 (Control at Headwall Opening)

水頭가 增加하면 流量을 支配하는 部位가 堰頂部에서 扶壁空間部로 變遷한다는 點은 前述한 바와 같다.

이 때의 堰公式은

$$Q = C_2 W \sqrt{2g} (H - H_{02})^{3/2} \dots (2a)$$

$$\text{or } H = \left(\frac{Q}{C_2 W \sqrt{2g}} \right)^{2/3} + H_{02} \dots (2b)$$

但 各文字의 內容은 (1)式과

D/W	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_d	0.34	0.34	0.35	0.35	0.35	0.36	0.36	0.37	0.39	0.40	0.43
$C_d \sqrt{H}$	2.76	2.76	2.77	2.79	2.81	2.85	2.90	2.99	3.10	3.22	3.43

(第五表)

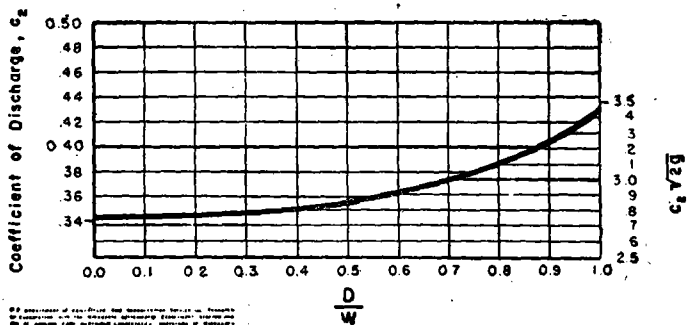


Figure 5— Coefficient of Discharge
Control at Headwall Opening

TABLE 6.—Head correction H_{02}/D for $D/W \geq 1/4$
(Control at headwall opening)

H_{02}/D is negative

B/D	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.00	0.07	0.13	0.20	0.25	0.30	0.35	0.39	0.42	0.46
1	.49	.52	.54	.56	.59	.61	.63	.65	.67	.68
2	.70	.71	.72	.74	.75	.76	.77	.79	.80	.81
3	.82	.83	.84	.85	.86	.87	.87	.88	.89	.90
4	.90	.91	.91	.92	.92	.92	.92	.92	.92	.92
5	.92	.92	.92	.92	.93	.93	.93	.93	.93	.93
6	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93
7	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93
8	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93

(第六表)

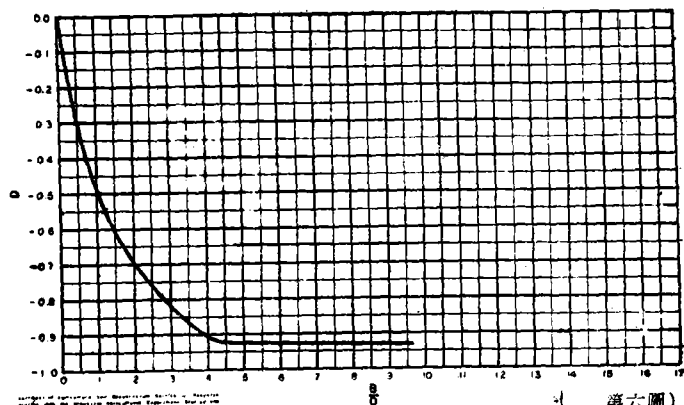


Figure 6— Relative head Correction for $D/W \geq 1/4$
Control at Headwall Opening

같은 H_{02} 는 水頭更正 C_d 는 流量係數이다.

更正은 流量係數 C_d 와 水頭更正 H_{02} 의 兩者에 對하여 行한다.

更正要領(Corrections)

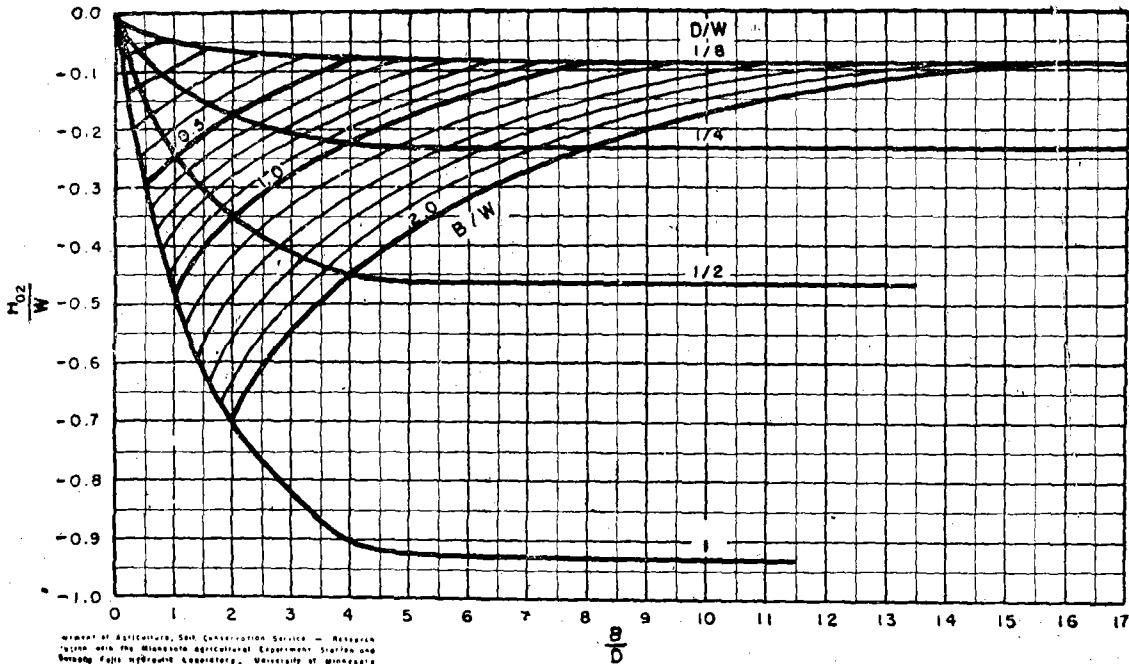
(i) C_d 의 更正

C_d 는 D 가 크됨에 따라 크진다. 이 更正은 $\frac{D}{W}$ 를 計算하여 第五表 또는 第五圖에 依한다. 實驗範圍는 $\frac{D}{W} = 0 \sim \frac{D}{W} = 1$ 이다.

(ii) 水頭更正 H_{02}

$\frac{H_{02}}{D}$ 는 $\frac{B}{D}$ 의 單純函數이다. 更正은 第六表 또는 第六圖에 依하여 하고 第七圖는 $\frac{D}{W} = \frac{1}{4}$ 에서 $\frac{D}{W} = \frac{1}{8}$ 까지의 範圍에 對하여도 更正을 할수 있도록 만든 圖表이다. 第七圖를 使用할때는 $\frac{B}{D}$, $\frac{B}{W}$, $\frac{D}{W}$ 中의 二個值를 計算하여 H_{02} 를 求한다.

(第七表)



Minnesota Agricultural Experiment Station - Research Station and the Minnesota Agricultural Experiment Station and Rensselaer Polytechnic Institute, University of Minnesota

Figure 7 - Relative Head Correction.

Control at Headwall Opening

以上에서 보는바와 같이 流量係數 C_2 는 $\frac{D}{W}$ 에 따라 定해지는 것이고 公式(1)의 C_1 과 같이 B, W_0 , 又は X 등에 依하여는 影響을 받지 아니한다. 또 H_{02} 는 W_0, X , 등에 따라서는 影響이 없고 이것을 支配하는 因子는 $\frac{D}{W}$ 뿐이다.

公式(2)의 C_2 는 其精度가 $\pm 10\%$ 以內 水頭更正 H_{02} 는 10% 以內이라 한다. 다만 H_{02} 는 第六圖에서 曲線이 急한 部分에서는 $\pm 20\%$ 의 誤差가 生길수 있다고 한다. 即 $\frac{H}{W} \approx 1.2$ 인때는 이와같은 誤差가 生진다는 것이다. 그러나 C_2 및 H_{02} 의 誤差는 相加的이 아니고 相殺되는 것이므로 公式(2)의 全體誤差는 一般으로 減少되어 全體精度가 높아진다.

流出部の 設計 (Outlet Design)

流出部는 流入部終點 即 扶壁以下の 部分을 말하는 것인데 直線斷面部(straight section), 靜水池(stilling basin), 翼壁(wingwall) 등의 各部를 總稱한 것이다.

堰頂을 溢流하는 水脈과 流入部 側壁間은 空

間이 形成되어 이 空間에는 水平軸에 關하여 螺旋運動을 하는 물로 充滿하게 된다. 이 때문에 函의 終點附近에서는 側壁에서 生진 螺旋運動流(helics)가 餘水吐 中心線으로 集結되어 이附近(流入部終點附近)의 水流狀態를 不安한 狀態로 하여 준다.

流出部는 이와같은 水流狀態를 改善하고 水流 Energy를 減勢하며 餘水吐 或은 下流連結水路의 侵蝕을 最少限度로 防止하는 것이 其機能인 것이다. 流出部設計에 있어서는 限界水深을 頻繁히 使用하게 되므로 이것을 미리 提記하기로 한다.

(1) 限界水深(critical depth)

(i) 靜水池始點(直線斷面部終點)의 限界水深 d_c .

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{(Q/W)^2}{g}} \dots \dots \dots (3a)$$

(ii) 靜水池終點(幅 W)의 限界水深

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{(Q/W_0)^2}{g}} \dots \dots \dots (3b)$$

(2) 直線斷面部의 計算

이 斷面의 機能은 流入部에서 生진 螺旋運動

流를 抹殺한다든가 流量分布를 改善하며 浸蝕을 防止한다든가 하는 여러 機能을 갖고 있다. 이 斷面은 其幅을 餘水吐幅 W와 같게 하고 側壁은 餘水吐 中心線에 平行하게 한다. 直線斷面部的 長이는 L_s 를 最少限 長이로 할때

$$L_s = d_c \left(\frac{0.2}{B/W} \right) + 1 \dots \dots \dots (4)$$

但 各單位는 ft

直線斷面部的 長이는 (4)式에서 求한 minimum length를 附與하면 其機能發揮에는 何等の 支障이 없지만 (4)式에 依한 直線斷面部的 長이는 實用上으로 너무 짧게되는 傾向이 있다. L_s 는 直線斷面部的 長이의 最少許容限界를 表示하는 것이므로 이 斷面의 長이를 이보다 크게 取하여서 안된다는 理由는 없는 것이고 現地事情에 따라서는 얼마든지 크게 하여도 無妨하다 한다. 即 경우에 따라서는 이斷面을 橋梁兼用으로 使用하기 爲하여 上面에 床版을 걸어도 좋고 또는 이 斷面을 延長하여 暗渠로 利用하여도 無妨한 것이다. (4)式을 쓸때 特別히 注意를 要하는 點은 $\frac{B}{W} \geq 0.25$ 인때에 限하여 (4)式을 使用한다는 點이며 이範圍를 超過할때는 直線斷面部가 지나치게 長게 되어 不經濟이며 特히 $\frac{B}{W} = 0$ 인 때는 (4)式 自體의 數學的 性質로 보아도 L_s 가 無限大로 됨을 알 수 있다.

一般으로 $\frac{B}{W} < 0.25$ 인때는 餘水吐를 函型流入部落差式으로 設計하지 않는것이 有利하다 한다.

(3) 靜水池의 計算

(Design of Stilling Basin)

靜水池는 水流 energy를 減勢하여 餘水吐自體나 下流連結水路의 床面, 堤防等の 浸蝕을 防止하는 目的으로 設置된다. 靜水池의 設計標準은 다음과 같다.

(i) 靜水池 側壁의 漸擴度(Sidewall flare)

靜水池의 側壁을 漸擴시켜 주면 下流連結水路의 水流條件이 좋아지며 下流水深(tailwater depth; 靜水池終點의 水深을 말함)이 알아지고 餘水吐全體의 掘鑿量이 減少되어 工費의 節約을 圖謀할수가 있다.

側壁의 漸擴度는 縱斷 2에 對하여 橫斷 1인

比率이 其限界이다. 萬一 이보다 큰 漸擴值를 주면 靜水池를 放流하는 물이 재빨리 側壁에 沿하여 퍼지지 못함으로 물이 餘水吐中心線近處에 集結되는 傾向을 가지게 되기 때문에 放流水主流와 靜水池 側壁사이에는 Whirls (回轉流)가 생기게 되어 靜水池의 機能이 不充分하게 되며 上流水路의 水流條件도 不良할뿐 아니라 工費上으로도 不經濟이다. 이러한 理由로 靜水池의 側壁 flare는 1:∞와 1:2인 範圍內에서 取한다.

(ii) 靜水池의 長이(Basin Length)

工費上으로 보면 靜水池의 長이는 짧을수록 有利하나 水勢를 減勢하기 爲하여는 最少限의 所要長이 必要하다. 지금 L_B 로서 靜水池의 minimum length라 할때 L_B 는

$$L_B = \frac{L}{\frac{2B}{W}} \dots \dots \dots (5)$$

(5)式도 $B/W \geq 0.25$ 인때에만 使用한다. 萬一 L_B 를 延長하여야 할 必要가 있으면 可及的 直線斷面部的 長이를 延長하는 것이 工費上 有利한 것이다.

(iii) tailwater level (靜水池終點斷面의 水深) d_2

이것은 普通 靜水池終點의 限界水深 d_{c2} 의 函數로 表示된다. 靜水池 終點斷面이 지나치게 廣하면 (即 側壁의 flare가 크면) 靜水池의 側壁 附近에 靜堆水(still or nearly still water)가 생기어 靜水池의 機能이 不充分할뿐 아니라 不經濟이다. 이와같은 靜止狀態의 물이 靜水池 側壁近處에 생기는 것은 $W_1 > 11.5d_{c2}$ 인때이다.

tailwater의 水深은 $W_1 < 11.5d_{c2}$ 인때와 $W_1 > 11.5d_{c2}$ 인때의 두가지로 區分하여 생각한다. $W_1 < 11.5d_{c2}$ 인때

$$d_2 = 1.6d_{c2} \dots \dots \dots (6a)$$

$W_1 > 11.5d_{c2}$ 인때

$$d_2 = d_{c2} + 0.052W_1 \dots \dots \dots (6b)$$

(6)式은 靜水池床面부터의 水深이고 endsill (第一圖 參照) top 부터의 水深은

$$d_3 = 1.33d_{c2} \dots \dots \dots (7a)$$

$$d_3 = 0.83d_{c2} + 0.043W_1 \dots \dots \dots (7b)$$

前述한바와 같이 (6b) 또는 (7b)에 依하여 tailwater의 所要深을 求하면 安全하기는 하나

不經濟이며 反對로 (6)式 또는 (7)式 보다 작게 取하면 下流水路의 浸蝕이 甚하여 좋지 못하다.

(iv) End Sill (靜水池終點에 가로지른 문턱 第一圖 參照)

이것은 靜水池終點의 水流을 上方으로 치켜올려 其近方水路의 浸蝕을 防止하는 目的으로 使用된다. endsill의 높이는 大端히 重要한 役割을 하는것으로 이 높이가 지나치게 높으면 靜水池終點부터 若干 떨어진 點의 下流水路가 傷하게 되고 또 너무 낮으면 其附近水路를 浸蝕하는 結果를 招來한다. 가장 理想的인 높이는

$$f = \frac{d_2}{6} \dots\dots\dots(8)$$

이다.

(v) 縱斷 綫(Longitudinal Sills)

縱斷 綫은 流出部의 流量分布改良, 靜水池側壁附近의 流速減勢, 靜水池 終點 及 下流水路의 堤防浸蝕防止等의 目的으로 設置한다. 이 縱斷 綫의 設置要領은 다음과 같다.

(a) 靜水池의 側壁을 平行하게 하였을때는 縱斷 綫을 設置하지 아니한다.

(b) 中心綫은 流入部終點부터 始作하여 靜水池 終點까지 延長한다.

(c) W. (靜水池終點의 巾)가 2.5W 보다 작을때는 中心綫 一雙(두줄)만을 設置하고 餘水吐 中心線에서 兩便으로 $p = \frac{W}{4}$ 乃至

$$p = \frac{W}{6}$$

인 거리로 別린다.

(d) W.가 2.5W 보다 클때는 中心綫外에 2個의 縱斷綫을 더 添加設置한다. 이位置는 中心綫과 側壁間의 中間點에 取하고 (第一圖 參照) 中心綫과 平行하게 한다.

(e) 各綫의 높이는 모두 endsill과 같이 한다.

$$(即 f = \frac{d_2}{6})$$

(vi) 側壁高(side wall height)

靜水池를 흐르는 물은 水勢가 強하고 거칠기 때문에 靜水池側壁의 餘裕는 다른 部分보다 많은 餘裕를 주어야 한다. 靜水池終點 側壁의 餘裕高는 水面位高上

$$t = \frac{d_2}{3} \dots\dots\dots(9)$$

인 餘裕를 附與한다. 溺流일때는 (9)式보다 큰 餘裕를 주는 것이 普通이나 靜水池內의 水勢가 極히 緩하게 될 條件이 있으면 (9)式보다 작은 餘裕를 줄수도 있다.

(vii) 翼壁(wingwalls)

翼壁도 그型과 設置位置에 따라서 靜水池終點 近處의 水路床面, 堤防盛土等의 浸蝕에 影響을 미친다고 한다. 翼壁은 三角形으로 하는것이 特別히 理想的이며 其頂部는 45°의 傾斜로써 下流側으로 주러가는 것이 普通이고 現地實情에 따라서는 이 傾斜를 더 緩하게 할수도 있다.

또 平面的으로는 翼壁의 flare는 60°~45°의 範圍가 좋고 이것을 餘水吐中心線과 平行하게 하여도 下流水路의 浸蝕에는 別差異가 없으나 翼壁中間의 床面을 甚히傷하게 한다 한다.

不完全溢流때의 水理計算

(Submerged-flow capacity)

下流水路의 計劃水面이 堰頂보다 높아지는 不可避한 경우 特別히 排水計劃이나 島嶼堰(island dam) 같은 경우는 餘水吐設計에 溺流를 不可避하게 할때가 많다. 溺流가 생기면 勿論 流量이 減少된다. 따라서 같은 流量을 溢流시키려면 溺流程度에 相應한 水頭의 增加 ΔH 가 必要하게 된다. 本稿에서는 ΔH 로서 溺流影響으로 因한 增加水頭를 表示하며 H_1 로서 堰頂부터 下流水深(tailwater depth)를 表示하기로 한다.

(1) 溺流影響을 支配하는 因子

溺流效果를 支配하는 因子는 完全溢流때의 流量支配因子와는 相違하며 設計流量 及 靜水池終點의 巾이 溺流效果에 影響을 미치고 있다.

(i) 流量

溺流가 生길때는 流量에 따라 溺流影響이 相異하게 되므로 이 影響의 程度를 決定하는 것은 多小繁雜하다. 流量이 어너 限界量까지 增加하는 동안은 溺流의 影響도 漸次增加하였다가 流量이 이 限界量을 超過하면 溺流影響은 도리어 減少되는 性質을 갖고 있다.

溺流의 效果가 가장 큰 點은 完全溢流때에 있어서 流量의 支配因子가 堰頂部로부터 扶壁空間部로 變遷하는 點과 비슷한 性格을 가진다고 한다. 이 외같이 流量이 溺流效果에 미치는 影響은

複雜한 性格을 가지고 있으므로 水頭를 計算할 때는 湧流量曲線表에 依하여 求하고 있다.

湧流量曲線表는 原書에는 36種이 掲載되어 있으나 紙面關係로 全部를 本稿에 提示하지 못하고 例題풀이에 必要한 圖表만을 紹介하고 使用法은 例題풀이에서 言及하였다.

(ii) 流出部終點의 巾 W.

W.도 湧流때의 流量支配因子이다. 靜水池側壁의 flare는 湧流效果에 對하여 直接的 影響이 없고 靜水池終點의 巾 W.가 湧流效果에 對한 支配因子가 되어 있다. W.의 値가 어너 限度內에 있을 때는 W.가 크면 클수록 湧流效果가 작아지며 W.가 1.5W를 超過하면 湧流의 效果는 殆無하다 한다. W.를 決定할때는 各種의 W.에 對한 湧流量曲線表를 檢討하여 湧流의 程度와 工費의 概點에서 理想的인 數値를 採擇하도록 하여야 한다.

(iii) 其他의 影響因子

直線斷面部の 길이 又は 水路床面, 堤防의 位置等은 湧流效果에 影響을 미치지 않는다 한다.

(2) 湧流量曲線에 對하여

湧流가 生길때는 其影響計算을 할때 第9, 10圖와 같은 湧流量曲線을 利用하도록 되어 있다. 原著者의 말에 依하면 湧流實驗 結果를 좀더 系統化하고 壓縮하여서 計算上簡便하고 效果의 列表가 되도록 하려 하였으나 滿足할만한 結果를 얻지 못하고 量的으로 相當히 廣大한 量的 圖表가 必要하게 되었다는 것이다.

原稿에 提示되어 있는 湧流量曲線表는 36種이

$\frac{B}{W}$	$\frac{D}{W}$	$\frac{Q}{W^2}$			
		1.0	1.25	1.5	2.0
0.5	0.25	8	9	10	11
	.5	12	13	14	15
	1.0	16	17	18	19
1.0	.25	20	21	22	23
	.5	24	25	26	27
	1.0	28	29	30	31
2.0	.25	32	33	34	35
	.5	36	37	38	39
	1.0	40	41	42	43

(第 1 表)

있으며 이들 曲線은 $\frac{B}{W}$, $\frac{D}{W}$, $\frac{W}{W}$ 등의 値에 따라 區別되어 있다.

本稿에서는 紙面關係로 湧流量曲線의 全部를 提示하지 않고 後章의 例題풀이에 必要한 圖表만을 提示한바 이나 原書에 있는 流量圖表의 種目은 第七表와 같은 것이므로 實地設計에 當하여 必要한 圖表가 있으면 連絡하여 주시기 바라는 바이다.

(3) 湧流影響의 計算

湧流影響을 計算하려면 먼저 B, D, W. 及 W_e 그리고 H.와 Q의 値를 알아야 한다. 具體的인 計算方法은 다음 章의 例題에 包含되어 있으나 이 湧流影響을 計算하는 順序를 말하면 다음과 같다.

- (i) $\frac{B}{W}$, $\frac{D}{W}$, $\frac{W}{W}$ 를 計算하고 表 7에 依하여 所要圖表를 選定한다.
- (ii) $\frac{Q}{W^2}$ 의 値에 依하여 圖表中에서 所要曲線을 찾는다.
- (iii) 完全溢流를 假定하고 H를 計算한다.
- (iv) $\frac{H}{H}$ 를 求하고 이것으로서 圖表에 依하여 $\frac{\Delta H}{H}$ 와 이에 相應한 $\frac{Q}{W^2}$ 의 値를 求한다.
- (v) $\frac{\Delta H}{H} \times H$ 에 依하여 ΔH 를 求한다.
- (vi) $H + \Delta H$ 를 求한다.

必要에 따라서는 以上の 各數値를 補問法으로 求하여야 할 경우도 있을 것이며 流量이 未知인 경우는 漸近法으로 求하면 될 것이다.

設 計 例 (例題)

여기에 提示한 例題는 하나의 典型的인 設計條件에 따라 計算을 遂行한 것이며 實地設計에 際하여는 現地條件과 設計者의 技術의 所見에 따라 融通性있게 變通을 하는 것이 좋으리라 믿어진다. 換言하면 流量(洪水量)을 決定한다든가 敷地의 地質學的 又は 土質學的特性, 下流水路의 水理學的인 條件과 構造學的인 狀況等은 設計擔當者가 別途로 參酌하여야 할 問題이며 本例題에는 이런 問題는 取扱

지 않고 있다.

設計條件

設計流量 $Q=200 \text{ ft}^3/\text{sec}$

接近水路의 幅은 45 ft이고 法 1:5인 梯形斷面이며

堰頂의 位高는 100 ft, 下流連結水路의 底面位高는 96 ft, 따라서

落差는 4 ft이다.

下流水路의 底面幅은 10 ft이며 堤防法은 1:3인 梯形斷面이며 水深은 4.3 ft이다.

本例題에서는 下流水路의 水面位高가

$$96\text{ft} + 4.3\text{ft} = 100.3\text{ft}$$

이고 따라서 溺는

$$100.3 - 100.00 = 0.3\text{ft}$$

가 된다.

設 計

第一段階 (流量的 支配部位를 決定함)

(1) 爲先 完全溢流를 假定하고 水頭 H를 求하면

$$H = \left(\frac{Q}{3.43L} \right)^2 \dots\dots\dots (1d)$$

$Q=200 \text{ ft}^3/\text{sec}$ 를 滿足하는 H, L의 値는 無數한 雙이 있으나 L를 假定하여 다음과 같은 L, H의 相應値를 얻는다.

L (ft)	10	15	20
H (ft)	3.24	2.47	2.04

여기서 어떠한 L, H의 値를 採擇할 것인가 하는 問題는 現地條件, 設計者의 意見等에 따라 區區할 것이다. L와 H의 比, 工事費等の 條件을 參酌하여 $H=2.47\text{ft}$ 를 採擇하기로 한다. 그러면 이에 對應한 L는 $L=15\text{ft}$ 이고 $L=15\text{ft}$ 를 滿足하는 B, W의 値는 또 다음과 같은 雙들을 생각할 수 있다.

B (ft)	6	5	4	3
W (ft)	3	5	7	9
B/W	2.00	1.00	0.57	0.33

$W=3\text{ft}$ 는 全體堰長과 對照하여 좀 狹少한 感이 있으므로 이와같은 點을 考慮하여 $W=5\text{ft}$ 를 採擇한다.

(2) 以上은 堰頂部가 流量을 支配한다는 假定下에 求한 水頭이나 扶壁空間部가 流量을 支配한다고 할때의 水頭를 求하고 이것을 前番에 求한 水頭와 比較하면 큰 水頭가 實地의 所要水頭

가 되는 것이다. 지금 扶壁空間部가 流量을 支配한다고 보면 其水頭는

$$D=4.0\text{ft} \text{ (溺는 爲先無視하므로)}$$

로 하여

$$\frac{D}{W} = \frac{4.0}{5.0} = 0.8 \quad \frac{B}{D} = \frac{5.0}{4.0} = 1.25$$

따라서 第5圖에 依하여 $C_2\sqrt{2g}=3.10$

$$\text{또 } \frac{B}{D} = \frac{5.0}{4.0} = 1.25 \text{로서 第6圖에 依하여}$$

$$\frac{H_{02}}{D} = -0.55$$

$$\therefore H_{02} = -0.55 \times 4 = -2.20$$

公式 (2b)에 依하여

$$H = \left(\frac{200}{3.10} \times 5.0 \right)^2 + (-2.20) = 3.30$$

이 水頭 3.30ft는 前番에 求한 2.47ft인 水頭 (堰頂部가 流量을 支配한다고 볼때의 水頭) 보다 크므로 流量을 支配하는 部位는 扶壁의 空間部(headwall opening)이다.

第二段階 (流量支配部位를 檢討한 後 水頭를 正確히 求하는 過程)

(1) 지금까지의 計算은 流量的 支配部處를 알기 爲한 檢討이었고 各種影響因子에 따른 更正을 正確히 實施하지 못하였으므로 水頭 3.30ft는 正確한 結果가 되지 못한다. 流量的 支配部位가 扶壁空間部임이 判明되었으므로 다음 計算은 이와같은 條件下에 正確한 水頭를 求하는 問題가 된다.

扶壁의 空間部가 流量을 支配할때의 公式 (2b)式부터 再出發하여 流量係數 C_2 와 水頭更正 H_{02} 의 値를 決定한다.

$$H = \left(\frac{Q}{C_2 W \sqrt{2g}} \right)^2 + H_{02} \dots\dots\dots (2b)$$

앞서서는 流量係數 C_2 ($\frac{D}{W}$ 의 函數임)를 決定할때 餘水吐堰頂에서의 落差를 4ft 即 函深 D를 4ft로 보고 C_2 를 計算한바 있으나 이것은 endsill의 높이를 無視한 것이므로 (下流連結水路의 底面은 endsill 頂部의 位高와 같음에도不拘하고 函深을 4ft라하면 靜水池床面과 下流水路의 底面이 同位高에 있는 것이 되어 endsill의 높이는 無視되어 버리므로 流量的 支配部位가 決定된 後에는 C_1 또는 C_2 를 計算할 때 endsill의 높이를 假定하여 函深 D를 求하고 이

로부터 更正을 實施하여야 한다) endsill의 높이를 參酌하면 靜水池終點의 幅을 10ft로 假定하여

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{(Q/W)^2}{g}} = 2.3\text{ft}$$

$$d_2 = 1.6d = 2.3 \times 1.6 = 3.7\text{ft}$$

$$\therefore f = \frac{d_2}{6} = 3.7 \times \frac{1}{6} = 0.6\text{ft}$$

即 流出部終點의 幅 W를 10ft로 假定하면 (이 假定은 靜水池의 길이 其側壁의 flare 등을 考慮하여 流量과 對照하여 假定하는 것이고 이와같은 假定의 結果 W의 値가 처음 假定値와 큰 差異가 나면 다시 試算으로서 計算을 反復해 나가면 滿足할만한 結果를 得할 수 있다. 水路의 流量計算에 있어서 斷面을 假定하여 所要流量 Q를 檢討하는 것과 같은 方式이다) endsill의 높이는 0.6ft로 되어 函深은

(所要落差) + (endsill 高) = 4ft + 0.6ft = 4.6ft 따라서 C_2 를 更正함에는

$$\frac{D}{W} = \frac{4.6}{5} = 0.92$$

의 値로부터 第5圖 또는 第5表에 依하여

$$C_2 \sqrt{2g} = 3.26$$

다음 H_{02} 를 求하면

$$\frac{D}{W} = 0.92 > 0.25$$

이므로 第6圖 또는 第6表로부터 $\frac{B}{D} = 1.1$ 일때

$$\frac{H_{02}}{D} = -0.52$$

$$\therefore H_{02} = -0.52 \times 4.6 = -2.39\text{ft}$$

以上에 依하여 H를 計算하면

$$H = \left(\frac{200}{3.26 \times 5} \right)^{\frac{2}{3}} - 2.39 = 5.32 - 2.39 = 2.93$$

(2) 以上에서 求한 水頭 $H = 2.93\text{ft}$ 는 아직 最終의 水頭를 表示하는 것이 못된다. 潮流에 依한 影響을 考慮하지 않았기 때문이다. 또 工事費에 關하여서는 餘水吐의 各며덴순을 여러가지로 變化시켜 一히 工費를 算出하여 比較하고 最少의 工費를 주는 水頭를 採擇하는 것이 原則이나 本例題에서는 다만 水頭가 작을수록 堤塘高가 알아지며 따라서 工事費도 이에 따라 減少된다고 보아 작은 水頭일수록 有利하게 보는 것이다.

第三段階 (水頭-流量 曲線의 作圖)

以上 第二段階까지는 이 餘水吐가 洪水量 $Q = 2005\text{ft}^3/\text{sec}$ 를 溢流시킬때 이 流量을 支配하는 部位가 堰頂部인가 또는 扶壁의 空間部인가 하는 點을 檢討하였다.

實地問題로는 洪水量 $Q = 200\text{ft}^3/\text{sec}$ 는 一時에 오는 것이 아니고 漸次溢流量이 增加되어 極值 $200\text{ft}^3/\text{sec}$ 까지 到達하게 되는 것이나 이 餘水吐 ($L = 15\text{ft}$, $\frac{B}{W} = 1$)는 어떠한 流量부터 其支配 部位가 變遷되는가 하는 問題는 流量-水頭 曲線을 그려 檢討한다. 이 曲線을 作圖함에는 堰頂部가 流量을 支配할때의 水頭-流量 曲線과 扶壁 空間部가 流量을 支配한다고 할때의 水頭-流量 曲線을 各其作圖하여 같은 流量에 對하여 水頭가 變動하는 點(第8圖 A點)을 찾아서 求하는 것이다.

(1) 堰頂部가 流量을 支配한다고 보는 경우의 水頭-流量 曲線 (第8表, 第8圖參照)

完全溢流이고 堰頂部가 流量을 支配하는 경우의 各更正要領에 따라 各種의 水頭에 對하여 更正係數를 求하고 第8表와 같이 一括整理한다.

다만 接近水路의 幅에 關하여서는 試驗時는 其水路斷面을 矩形으로 한바이나 實際問題로서는 이와같은 條件은 稀少할 것이고 또 本例題에서도 接近水路의 斷面은 丙法 1:5로 되어 있다. 그러므로 接近水路의 幅 W는 斷面이 梯形인때는 上下幅의 平均을 取하여 $W_c = \frac{A}{H}$ 로 한다.

即

$$W_c = \frac{A}{H} = \frac{(45 + 5H)H}{H} = 45 + 5H$$

上式은 H의 函數로 되어있으므로 更正에 必要한 $\frac{W_c}{L}$ 의 値도 H에 따라 變動한다. 그러므로 接近水路의 幅에 따른 更正係數는 各 H에 對하여 $\frac{W_c}{L}$ 를 求하고 第4圖나 第3表에서 求하면 된다(第8表). 또 堤塘位置에 따른 更正에 있어서도 $\frac{X}{H}$ 는 H에 따라 變化하므로 이것도 各 H에 對하여 第4表로부터 更正係數를 求하면 된다(第8表).

以上計算한바에 依하여 流量係數 C_1 을 求하면 例컨대 $H = 0.5\text{ft}$ 인때는

$$(更正된 流量係數) = 0.87 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.98 \times 0.43 = 2.92$$

이와같은 C₁의 更正值를 各水頭에 對하여 求하고 表에 整理한다. 各其 相應한 流量을 計算하여 表에 整理한다. (第8表)

(2) 扶壁空間部가 流量을 支配하는 경우의 水頭—流量 曲線(第8表 及 第8圖 參照)

이미 計算한바에 依하여 扶壁空間部가 流量을 支配할때는

$$C_2 \sqrt{2g} = 3.26 \quad H_{02} = -2.39$$

이 值를 公式(2a)에 代入하면

$$Q = 3.26 \times 500 (H + 2.39)^{\frac{3}{2}} = 16.3 (H + 2.39)^{\frac{3}{2}}$$

即 Q는 H에 따라 變化하고 各其 H에 對한 Q를 計算하면 水頭—流量 曲線을 引을 수 있다.

第8圖에서 實線은 實地所要求水頭를 表示하는 것이다. 이 圖表에서 流量의 支配部位가 堰頂部에서 扶壁空間部로 變遷하는 點의 水頭는 2個曲線의 交點을 找으면 되는 것이다. 即 이 餘水吐 (L=15ft, $\frac{B}{W}=1$)는 H=2.7ft 以上인때는 扶壁空間部가 流量을 支配하게 되는것이며 그때의 流量은 約 193 ft³/sec로 된다. 換言하면 이미 決定된 各싸이즈로 이 餘水吐를 設計하였을때는 Q>193 ft³/sec인 경우는 流量의 支配部位는 扶壁의 空間部가 되고 本例題의 Q=200 ft³/sec에 對하여는 勿論 앞서 檢討한바와도 같이 扶壁空間部에 依하여 流量이 支配되고 있는 것을 圖表에서 알수가 있는 것이다.

第8圖와 같은 流量曲線은 實地의 應用上으로 보아 其精度가 充分히 높은 것이라 한다.

TABLE 8.--Rating curve computations for example

B = 5.0 feet W = 5.0 feet	D = 4.6 feet L = 15.0 feet		X = 3.0 feet B/W = 1.0			D/W = 0.92 B/D = 1.1		
H.....	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
CONTROL AT BOX-INLET CREST								
H/W.....	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
W _c	47.5	50.0	52.5	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
H _c /L.....	3.17	3.33	3.50	3.67	3.83	4.00	4.17	4.33
L/H.....	6.0	3.0	2.0	1.5	1.2	1.0	.9	.8
Correction for:								
Head (fig. 2 or table 1).....	.87	.93	.97	.99	1.00	1.00	1.00	1.00
Shape (fig. 3 or table 2).....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Channel (fig. 4 or table 3).....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Dike (table 4).....	.98	.95	.91	.88	.84	.81	.79	.76
Corrected discharge coefficient.....	2.92	3.03	3.03	2.99	2.88	2.78	2.71	2.61
Q _{crest}	16.	45.	84.	127.	171.	217.	266.	313.
CONTROL AT HEADWALL OPENING								
Q _{headwall}	80.	102.	125.	150.	176.	204.	233.	263.

(第8表)

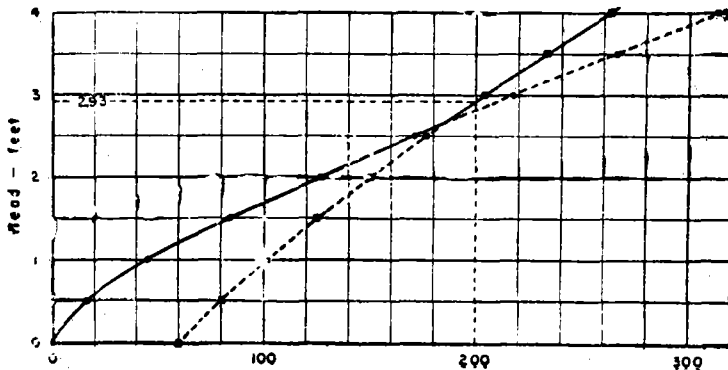


Fig 8

第四段階 (流出部の 計算)

(1) 爲先 限界水深을 求한다.

靜水池始點의 限界水深 d_c 를 求하면

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{Q}{W}\right)^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{200}{5}\right)^2}{32.2}} = 3.68\text{ft}$$

또 靜水池 終點의 限界水深은 其幅을 $W_s = 10\text{ft}$ 로 하였으므로

$$d_{c_s} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{Q}{W_s}\right)^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{200}{10}\right)^2}{g}} = 2.32\text{ft}$$

(2) 直線斷面部の minimum length는

$$L_s = 3.68\left(\frac{0.2}{1} + 1\right) = 4.42\text{ft}$$

勿論 L_s 는 必要에 따라 더 길게 할수도 있다. 是點은 前述한바와 같다.

(3) 靜水池 側壁의 flare는 許容限界가 1:2 이므로 餘水吐의 幅 (即 靜水池 始點의 幅 W) 5ft를 미리假定한 靜水池 終點의 10ft 幅까지 縮일려면 靜水池의 最少所要長은

$$\frac{10.0 - 5.0}{2} \times 2 = 5\text{ft}$$

이것을 計算에 依한 靜水池의 最少許容長 L_B 와 比較하면 L_B 는

$$L_B = \frac{15}{2 \times 1} = 7.5\text{ft}$$

가 되어 靜水池終點의 幅을 10ft로 하여도 側壁의 flare는 1:2 보다 작게되므로 許容限界內에 碍려진다. 따라서 L_B 는 7.5ft로 取하여 無妨하다.

(4) 下流水深(required minimum tailwater depth)

靜水池 終點의 水深(minimum tailwater depth) d_s 는 $W_s = 10\text{ft}$, $11.5d_s = 11.5 \times 2.32 = 26.68\text{ft}$ 故로 $W_s < 11.5d_s$ 이므로 公式 (6a) 又是 公式(7a)로 부터 計算할 수 있다. 靜水池床面부터의 水深(minimum tailwater depth)은

$$d_s = 1.6 \times 2.32 = 3.71\text{ft}$$

또는 endsill 頂點부터의 水深은 (7a)에 依하여

$$d_s = 1.33 \times 2.32 = 3.09\text{ft}$$

지금 下流連結水路의 水深은 設計條件에 依하여 4.3ft이었고 扶壁空間部가 流量을 支配한다고 할때에 endsill의 頂點이 下流連結水路의 底面

과 同位高에 있다함을 假定하여 $D = 4.6\text{ft}$ 로서 各計算을 行한바 있으나 위에서 求한 水深 3.71ft 或은 3.09ft를 下流連結水路의 水深 4.3ft와 對照할때 4.3ft > 3.09ft가 되어 처음 假定이 妥當한 것을 알 수가 있다.

그러나 위에서 求한 下流水深(tailwater depth)은 下流連結水路의 水深에 比하여 餘裕가 있으므로 $(4.3 - 3.71 = 0.59\text{ft})$ 靜水池終點을 縮려 (即 下流水深을 더 크게 하여) 工事費를 節約할수가 있는 것이다. 即 tailwater depth를 $d_s = 4.3\text{ft}$ 가 되도록 크게 取하면 W_s 를 縮少할수가 있는 것이다. 지금 $d_s = 4.3\text{ft}$ 로 놓아 이에 相當한 d_{c_s} 를 求하면

$$d_{c_s} = 1.33d_s$$

$$\therefore d_{c_s} = \frac{4.3}{1.33} = 3.23\text{ft}$$

即 靜水池終點의 限界水深 d_{c_s} 를 3.23ft(endsill 頂點에서)까지 높일 수 있고 이에 對應한 W_s 를 計算하여 보면 (3b)式에 依하여

$$W_s = \frac{Q}{(gd_{c_s}^3)^{\frac{1}{2}}} = 6.06\text{ft}$$

即 tailwater의 水表面과 下流連結水路의 計劃水面이 一致하도록 할때는 W_s 는 6.06ft 까지 縮일수가 있는 것이다. 이와같은 問題는 實地設計을 할때 工事費等に 重點을 두는 경우에 參酌하여야 할 問題이다. 本例題에서는 W_s 는 처음 假定대로 10ft를 그대로 取하기로 한다. (側壁 flare는 檢討를 끝쳤음)

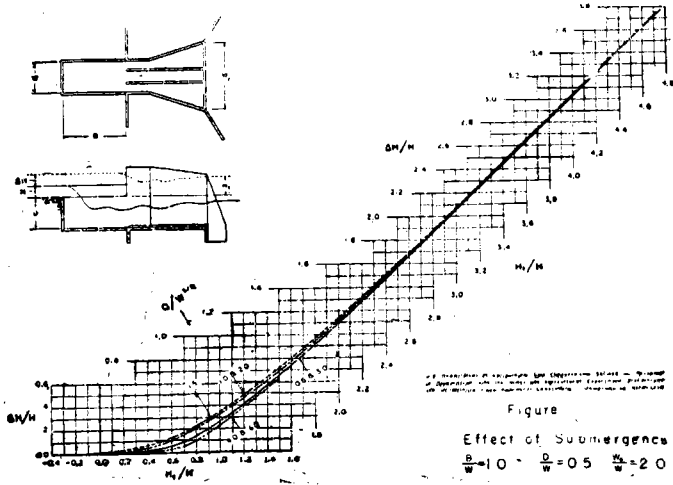
(5) endsill의 計算

以上에 計算한 d_s 或은 d_s 의 結果가 下流連結水路의 計劃한 水深보다 높다는가 또는 어떤 要求值以上으로 크게 되었을 때는 靜水池床面과 endsill 頂部의 位高를 알게하여 (即 D 를 크게 하여) d_s , d_s 의 水表面位高를 要求值까지 低下시킬수도 있고 幅 W_s 를 縮혀서 d_s 나 d_s 를 작게할 수도 있다. (以上の 例에 따라)

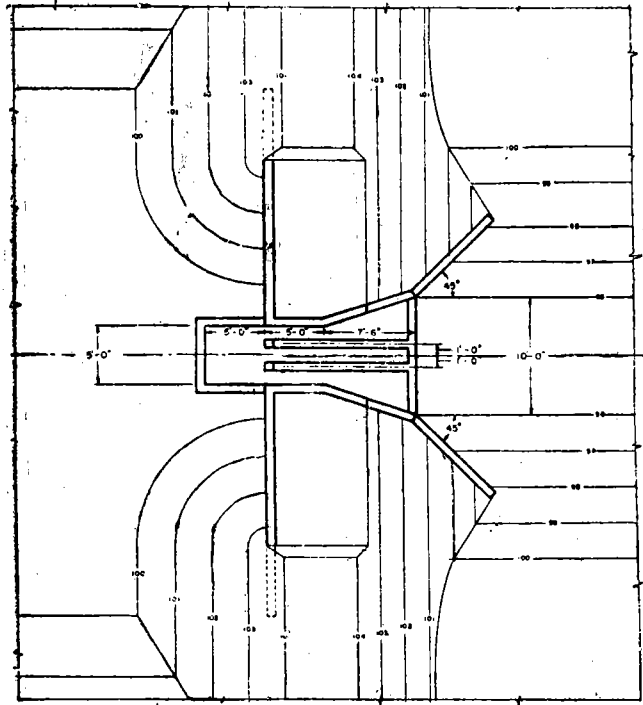
本例題에서는 endsill의 높이 f 는 公式(8)에 依하여

$$f = \frac{3.71}{6} = 0.62\text{ft}$$

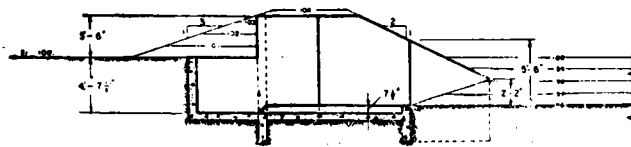
그런데 이 f 值를 처음에 假定한 $f = 0.60\text{ft}$ 와 比較하면 其差異가 작아 이로 因한 各計算의 誤差는 無視해도 좋을 程度이다. 萬一 여기서 큰 差異가 나면 f 를 새로운 計算結果대로 假定하여



10



Plan



Section on Center Line

Figure 11 - Proportions of Box

第11圖

設計를 反復하여야 한다.

(6) 縱斷綫 Longitudinal sills)의 計算

이 計算은 該當節에서 言及한바와 같이 $\frac{W}{W}$ 에 따라 決定한다. 即 $\frac{W}{W}$ = $\frac{10}{5}$ = 2이고 이值는 2.5 보다 작으므로 縱斷綫은 中心의 1雙단이 必要하며 設置位置는 餘水吐中心線에서 兩便으로 $p = \frac{W}{6} \sim \frac{W}{4}$ 인 거리에 取하면 된다.

p의 值는 水理學的인 目的에 依하면 $\frac{W}{6} \sim \frac{W}{4}$ 中의 어느值를 取하여도 無妨하며 萬一 縱斷綫을 流出部床面의 Slab로 兼用시킬 境遇는 力學計算을 하여 上記許容範圍內에서 가장 適合한 值를 擇하면 된다.

本例題에서는 $p=1.0\text{ft}$ 로 하기로 한다.

(7) 側壁高(the minimum sidewall height above the tailwater level)의 計算

公式(9)에 依하여

$$t = 3.71/3 = 1.24\text{ft}$$

따라서 側壁의 높이는 靜水池終點에 있어서 $4.3 + 1.24 = 5.54\text{ft}$

即 endsill 頂點부터의 높이는 5.5ft가 된다.

(8) 翼壁의 計算

翼壁의 平面 flare는 45°로 하기로 한다. 그리고 翼壁의 頂部는 (7)에서 求한 靜水池終點의 側壁頂部에서 始作하여 下流連結水路의 堤防頂點과 連結하고 이點에서 翼壁이 끝나도록 할 수도 있으나 翼壁은 其頂部가 endsill의 頂點과 같은 높이가 될때까지 延長하는 것이 有利하며 工費에도 큰 差異가 없다.

第四段階 (湧流影響의 計算)

湧流의 影響을 알기 爲하여는 $\frac{B}{W}$,

$\frac{D}{W}$, $\frac{W}{W}$ 等의 值를 計算하여 이것으로 該當 湧流量曲線을 찾아計算한다. 지금

$$\frac{B}{W} = 1.0 \quad \frac{D}{W} = 0.92 \quad \frac{W}{W} = 2.0$$

第7表에서 이에 該當한 湧流量曲線은 없으므로 補問法으로서 計算을 遂行하여야 한다. 即上記 範疇에 가장 가까운 $\frac{D}{W} = 0.5$ 인 第9圖及 $\frac{D}{W} = 1.0$ 인

第10圖로서 補問計算을 遂行한다.

TABLE --Values of $\Delta H/H$ for $B/W = 1.0$, $W_p/W = 2.0$, and $H_t/H = 0.10$ for example

D/W	$\Delta H/H$	D/W	$\Delta H/H$
0.5	0.02	0.92	0.02
1.0	0.02	1.0	0.02
1.5	0.02	1.5	0.02
2.0	0.02	2.0	0.02

(第9表)

지금 $\frac{Q}{W^{5/2}} = \frac{200}{55.9} = 3.6$ 이며 第9圖의 $\frac{Q}{W^{5/2}} = 3$ 曲線及 第10圖의 $\frac{Q}{W^{5/2}} = 4$ 曲線을 써서 補問法으로 $\frac{Q}{W^{5/2}} = 3.6$ 인때의 湧流影響을 計算하면 第9表와 같이 된다.

이 表에 依하여 ΔH 를 計算하면

$$\Delta H = 0.02 \times 2.93 = 0.06\text{ft}$$

故로 全所要水頭는

$$H \text{ total} = 2.93 + 0.06 = 2.99\text{ft} = 3.00\text{ft}$$

第5段階 餘裕

本例題에서 餘裕는 높이로서

扶壁은 6 inches

堤塘은 1 foot의 餘裕를 주는것으로 하였다.

따라서 扶壁과 堤塘의 頂點位高는 各各 103.5 ft 및 104.0ft가 된다.

以上的 計算結果는 第11圖의 設計圖에 總括되어 있다. 第11圖에서는 다만 直線斷面部의 長이 4.42ft에서 5.0ft로 延長하였는데 이것은 直線斷面部의 長이와 堤塘橫斷面의 長이를 參酌하여 決定한 것이다.

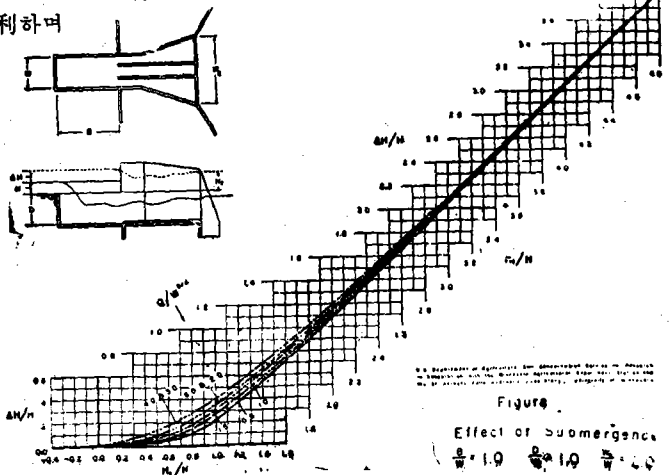


Figure 9 Effect of Submergence $\frac{D}{W} = 1.0$ $\frac{W_p}{W} = 2.0$

(제9도) (筆者, 水聯企劃部)