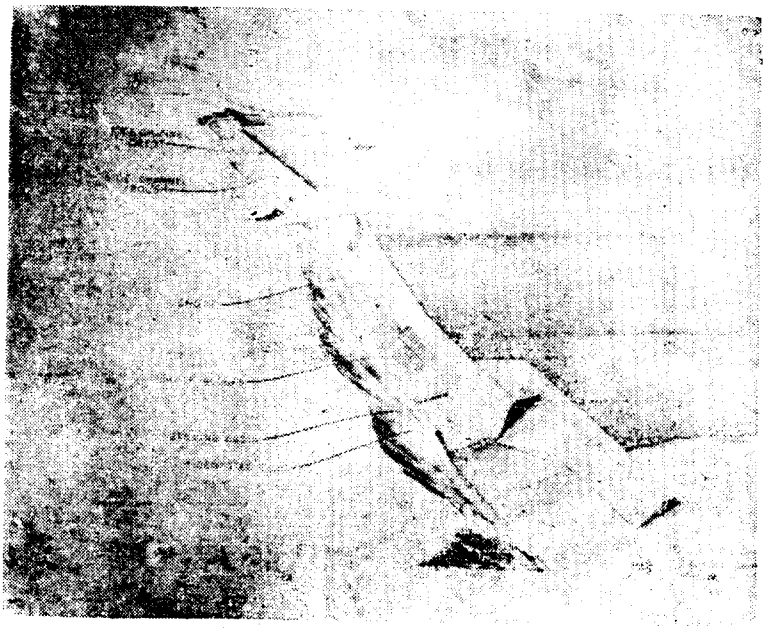
論說, 資料

힌즈의 方法에 依한 側水路計算法 및 鶴沙坪 貯水池 餘水吐 放水路 斷面計算書

朴 基 丞



1. 序 說

A. 序 書

側水路를 設計함에 있어서 먼저 考慮할 것은 첫째로 安全性과 두째로는 工事費의 節減이라 하겠다. 말하자면 洪水期의 異常出水에 對하여 過量의 물을 잘 疏通해야 하고 또 우리나라와 같이 大概의 境遇에 側水路를 設置할 山腹의 傾斜가 急한 곳에서는 在來의 堀山氏의 方法에 依한 側水路의 計算은 莫大한 量의 掘鑿을 하게 되므로 最大限의 經濟性이 要請된다.

이에 즈음하여 本稿에서는 힌즈氏의 側水路 計算法을 그 設計計算 實例와 더불어 紹介하므로써 앞으로의 側水路 設計에 있어 實務의 指針이 되길 바라면서 먼저 이 計算過程에 쓰이는 公式의 解說부터 하려한다.

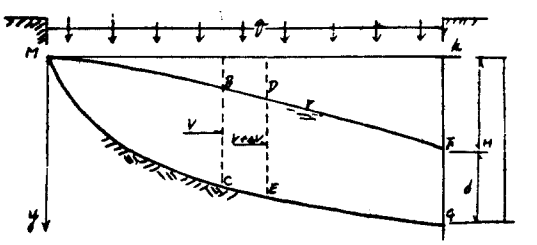
B. 힌즈의 側水路 計算公式에 對한 理解

1. 水面 曲線에 關한 一般式

q; 單位 堰長에 對한 溢流量$(=\frac{Q}{l})$

Qx; BC 斷面을 흐르는 流量$(=q\cdot x)$

m; 물의 單位 質量



第 一 圖

Vx; BC 斷面을 흐르는 流速

$\triangle Q$ 및 $\triangle V$; 流量 및 流速의 增加量

g; 重力의 加速度($=9.8m/sec^2$)

BC 斷面을 一秒間에 流入하는 물의 運動量을 Mb라 하면

$Mb=mQxVx$이고

DE 斷面을 一秒間에 流出하는 물의 運動量 Md는

$Md=m(Qx+q\cdot\triangle x)(Vx+\triangle V)$이다.

여기서 $\triangle x$는 距離의 微小 增分 이다.

따라서 $BCED$에 든 물의 運動量의 增加量 $\triangle M$는

$$\triangle M=Ml-Mb$$
$$=m\{(Qx+q\triangle x)(Vx+\triangle V)-Qx\cdot Vx\}$$
$$\fallingdotseq m(Qx\cdot\triangle V+q\cdot Vx\cdot\triangle x)$$

兩邊을 $\triangle x$로 나누면.

$$\frac{\triangle M}{\triangle x}\fallingdotseq\frac{dM}{dx}=m\left\{Qx\frac{dV}{dx}+q\cdot Vx\right\}$$

이것을 時間에 對한 微分으로 變換하면

$$\frac{dM}{dt}=\frac{dM}{dx}\cdot\frac{dx}{dt}=m\left\{Qx\cdot\frac{dV}{dx}\cdot\frac{dx}{dt}+q\cdot Vx\frac{dx}{dt}\right\}$$
$$=m\left\{Qx\cdot Vx\cdot\frac{dV}{dx}+q\cdot V^2x\right\}$$

運動量의 時間에 對한 變化量은 $BCED$에 作用하는 面力 卽 $m\cdot g\cdot Qx\cdot\frac{dy}{dx}$와 같으므로

$$m\cdot gQx\frac{dy}{dx}=mQxVx\cdot\frac{dV}{dx}+m\cdot q\cdot V^2x$$

따라서

$$\frac{dy}{dx}=\frac{Vx}{g}\cdot\frac{dV}{dx}+\frac{q\cdot V^2}{g\cdot Qx}$$

이것을 積分하면

$$y=\frac{1}{g}\left\{\int_0^x Vx\frac{dV}{dx}dx+\int_0^x\frac{q}{Qx}Vx^2\,dx\right\}$$

여기서 $Qx=q\cdot x$ ·····(1)

$Vx=ax^n$ ·····(2)라고 놓으면

$\frac{dV}{dx}=nax^{n-1}$ 이므로

$$y=\frac{1}{g}\left\{\int_0^x na^2x^{2n-1}dx+\int_0^x\frac{1}{x}a^2x^{2n}dx\right\}$$
$$=\frac{a^2(n+1)}{g}\int_0^x x^{2n-1}dx=\frac{a^2}{g}(n+1)\cdot$$
$$\frac{x^{2n}}{2n}=\frac{n+1}{n}\quad\frac{a^2x^{2n}}{2g}$$

$\frac{a^2x^{2n}}{2g}=\frac{Vx^2}{2g}=hv$ 라고 놓으면

$$y=\frac{n+1}{n}hv \quad\cdots\cdots(3)$$ 가 된다.

卽 (3)式은 側水路 水面曲線의 基準線에 對한 縱距를 表示하고 있으며 水路의 底面 勾配에 制限이 없는 一般的 境遇에 쓰인다.

그리고 側水路의 設計에 있어서 掘鑿量을 最小로 할것이 要求되므로 側水路 末端에서 掘鑿深이 最小가 되는 y値를 求하면 다음과 같다.

$$H=d+y=d+\frac{n+1}{n}hv=d+\frac{n+1}{n}\quad\frac{V^2}{2g}$$
$$=d+\frac{n+1}{n}\quad\frac{Q^2}{2gA^2}$$

여기서, H ; 水路底까지의 길이 (側水路 始點의 水面標高로 부터)

d ; 水路의 水深

A ; 水路의 斷面積

이것을 d에 對해서 微分하여 零으로 놓으면

$$\frac{dH}{dd}=1-\frac{n+1}{n}\quad\frac{Q^2}{gA^3}\quad\frac{dA}{dd}=0$$

$\frac{dA}{dd}=T$ (水面幅) 이므로

$$\frac{Q^2}{gA^3}=\frac{n}{n+1}\quad\frac{A}{T}$$

兩 邊을 2로 나누면

$$\frac{Q^2}{2gA^3}=\frac{n}{n+1}\quad\frac{A}{2T}$$

卽 $hv=\frac{n}{n+1}\cdot\frac{A}{2T}$ ·····(4) 이다.

(4)式을 (3)式에 代入하면

$y=\frac{A}{2T}$ ·····(5) 이 된다.

그러므로 側水路 末端에서 水面 降下量이 (5)式을 滿足하게 되면 掘鑿深을 最小로 할수 있다.

2. 水面 變化量 公式

第一圖에서 $BCED$가 가진 運動量의 增加量

增加量$\triangle M$는

$$\triangle M=m\{(Q_1+q\cdot\triangle x)(V_1+\triangle V)-Q_1V_1\}$$
$$=m\{Q_1\cdot\triangle V+q\cdot\triangle x(V_1+\triangle V)\}$$ 였다.

지금 兩 邊을 $\triangle x$로 나누면

$$\frac{\triangle M}{dx}=m\{Q_1\frac{\triangle V}{\triangle x}+q(V_1+\triangle V)\}$$

$\frac{\triangle M}{\triangle t}=\frac{\triangle M}{\triangle x}\cdot\frac{\triangle x}{\triangle t}$, 그리고

두 斷面사이의 平均 流速 $V_1+\frac{\triangle V}{2}=\frac{\triangle x}{\triangle t}$

라 놓으면

$$\frac{\triangle M}{\triangle t}=m\{Q_1\frac{\triangle V}{\triangle x}+q\cdot(V_1+\triangle V)\}$$

$(V_1+{}^1/_2\cdot\triangle V)$

또 作用하는 面力을 $m\cdot g\cdot(Q_1+{}^1/_2\cdot\triangle Q)\frac{\triangle y}{\triangle x}$

라 놓고 위의 式과 等置하면

$$m\cdot g\cdot(Q_1+{}^1/_2\cdot\triangle Q)\frac{\triangle y}{\triangle x}=m\{Q_1\frac{\triangle V}{\triangle x}+q\cdot$$

$(V_1+\triangle V)\}(V_1+{}^1/_2\cdot\triangle V)$

이것을 整理하면

$$\triangle y=\frac{Q_1}{g}\frac{(V_1+{}^1/_2\cdot\triangle V)}{(Q_1+{}^1/_2\triangle Q)}\left[\triangle V+\frac{q}{Q_1}\right.$$

$\left.(V_1+\triangle V)\triangle x\right]$

그러므로 다시 쓰면

$$\triangle y=\frac{Q_1}{g}\frac{(V_1+V_2)}{(Q_1+Q_2)}\left[\triangle V+\frac{q}{Q_1}\cdot\right.$$

$\left.V_2\triangle x\right]\cdots\cdots\cdots(6)$

또는

$$\triangle y=\frac{Q_2}{g}\frac{(V_1+V_2)}{(Q_1+Q_2)}\left[\triangle V+\frac{q}{Q_2}\cdot\right.$$

$\left.V_1\cdot\triangle x\right]\cdots\cdots\cdots(7)$

이 된다.

여기서, Q_1, V_1 ; BC 斷面의 流量 및 流速.

Q_2, V_2 ; DE 〃

위의 (6) 또는 (7)式은 水路底面의 條件 卽 勾配가 規定된 境遇의 水面曲線을 求하는데 쓰이며 어느 斷面에서의 諸 條件이 決定되면 隣近斷面에서의 條件을 假定하여 試算으로 正確한 값을 求하고 (6) 또는 (7)式에 代入해서 兩斷面사이의 水面 降下量 $\triangle y$를 求하여 漸進的으로 나아 간다.

Ⅱ. 計 算 方 法

A. 準備段階

計算을 함에 앞서 豫備的인 調査 硏究에 依하여 設計 條件을 推定해야 한다. 側水路의 計算에서 주어져야 할 條件은 計畵 洪水流量 (Q), 計畵 溢流 水深 (h), 溢流 堰長 (l), 그리고 單位溢流量 ($q=\frac{Q}{l}$) 等 이다.

그리고 計算上의 便宜로서 溢流 堰長을 基準路線上에서 適當한 區間으로 細分하게 되는데 그 길이는 普通 溢流 堰長이 30m 以下이면 5m, 60m 內外이면 10m, 그리고 그 以上에 對해서는 10~20m로 하고 側水路 始點附近에서는 最小限 2m以內를 取하고 있다.

B. 斷面形의 假定

(1) 堰體 側面 勾配 ; 設計된 堰體의 安定 勾配를 그대를 쓰며 普通으로

$Z_1=0.6\sim0.8$ 程度 이다.

(2) 山側 勾配 假定 ; 作業이 可能한限 急한 것이 좋으며 硬岩이나 *Concrete lining* 을 할 때는 $Z_2=0\sim0.5$ 程度로 取한다.

(3) 斷面의 一般 公式 ;

$$A=b\cdot d+(Z_1+Z_2)\frac{d^2}{2}\cdots\cdots\cdots(9)$$

$$T=b+(Z_1+Z_2)d\cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

여기서, A ; 通水 斷面積

b ; 水路 底幅

d ; 水深

Z_1 ; 堰體側 勾配

Z_2 ; 山側 勾配

T ; 水面幅

C. 流速의 假定

側水路內 흐름의 流速은 一般的으로 다음과 같은 指數形으로 表示하고 있다.

$$Vx=ax^n\cdots\cdots\cdots(11)$$

여기서, x ; 側水路 始點부터 生覺하는 點까지의 水平 距離.

Vx ; x點의 流速.

a, n ; 假定 常數.

위에서 n는 普通 0.4~0.8 程度 이며 a는 0.1~1.0 程度 이다. $n=0.4\sim0.8$의 各 値에 對한 $a=0.1\sim1.0$의 各 値의 結合으로써 各 點(x)에서의 流速을 (11)式의 $Vx=ax^n$에 代入해서 計算을 進行한다.

D. 通水 斷面積, 水深 및 水路幅의 假定

(11)式에서 流速 Vx가 假定되면 a와 n의 아러값에 對한 通水 斷面積은

$$Ax=\frac{Qx}{Vx}\cdots\cdots(12)$$ 에서 求한다.

여기서, Ax ; x點의 通水 斷面積.

Qx ; x點의 所要 流量 $(=q\cdot x)$

위의 (12)式에서 求한 通水 斷面積에 對한 水深과 水路幅은 (9)式에서 어느 한 값을 假定하므로써 決定된다.

水理學的으로 有利한 斷面 卽 潤邊長 P가 가장 작고 또 *Concrete lining*의 量을 最小되게 하는 水深은 다음의 (13)式으로 求해 진다.

卽. $$d=\sqrt{\frac{Ax}{\sqrt{1+Z_1^2}+\sqrt{1+Z_2^2}-\frac{1}{2}(Z_1+Z_2)}}\cdots\cdots(13)$$

여기서, $Z_2=0$ 이면

$$d=\sqrt{\frac{Ax}{\sqrt{1+Z_1^2}+1-\frac{Z_1}{2}}}\cdots\cdots(14)$$

(13) 또는 (14)式에서 水深이 決定되면 (9)式에서 水路 底幅 b가 計算된다. 卽 (9)式을 變換하면

$$b=\frac{Ax}{d}-(Z_1+Z_2)\frac{d}{2}\cdots\cdots(15)$$ 으로 된다.

以上으로 水深과 水路 底幅이 決定되면 (10)式에 依하여 水面幅 T를 計算한다.

E. 掘鑿量을 最小되게 하는 特殊 方法.

一般的으로 餘水吐 放水路의 工事費는 이 側水路의 掘鑿量과 使用하는 *Concrete*量에 크게 左右되므로 이것을 最小로 되게 하는 것이 必要하며 여기에 對해서는 *I*-*B*-*I*의 (4)와 (5)式으로 條件이 주어 졌다.

卽. $$hv=\frac{n}{n+1}\cdot\frac{A}{2T}\cdots\cdots(4)$$

$$y=\frac{A}{2T}\cdots\cdots(5)$$

여기서 hv ; 流速 水頭

y ; 側水路 末端의 水面 降下降

그러므로 側水路 末端의 斷面이 假定되면 (13) 또는 (14)式에서 水深과 (15)式에서 底幅을 求하고 (10)式에서 水面幅을 計算하면 n의 여러 값 $(n=0.4\sim0.8)$에 對한 流速 V는 (4)와 아래의 (16)式에서 算出된다.

卽. $$V=\sqrt{2g\,hv}\cdots\cdots(16)$$

假定한 斷面에 對하여 이러한 過程으로 求한 流速이 (12)式의 $Vx=\frac{Qx}{Ax}$로 求한 것과 一致하면 假定은 正確한 것이며 差異가 있으면 同一値가 나올때 까지 試算을 返復한다.

n가 다름에 따라 그 斷面積과 水面 降下量이 다를 것이며 以上과 같은 方法으로 $\frac{Q}{A}=\sqrt{2g\,hv}$ 가 成立되면 (11)式에서 n의 여러 값에 對한 a의 값을 決定한다.

卽. $$a=\frac{Vx}{x^n}\cdots\cdots(17)$$

a의 값이 決定되면 n의 여러 값에 對하여 (11)式에서 各 點(x)의 流速을 計算하고 (13) 또는 (14)와 (15) 그리고 (10)式에서 水深과 底幅 그리고 水面幅을 各各 求하여 (5)式으로 各點의 水面 降下量을 算出하게 된다.

以上의 方法으로 算出된 側水路는 一般的으로 側水路內에서 限界流 以下인 常流 狀態에 있게 된다.

F. 水面 및 水路 底面 曲線의 假定

n와 a의 여러 값에 對한 各 點(x)의 流速 V_x가 算出되면 (3)式의 $y=\frac{n+1}{n}hv$에서 側水路 始點의 標高로 부터 水面까지의 縱距(降下量) y_x를 算出할 수가 있다.

위에서 求한 各 點(x)의 水面 降下量 y_x를 連結한 線이 곧 水面 曲線이다.

그리고 水路 底面 曲線은 위에서 算出된 y_x에 各 點의 水深 dx를 加한 $Hx=dx+y_x$ 를 連結한 線이며 水路 底面이 된다.

G. 水路 底面 勾配의 決定

n와 a의 여러 값에 對한 水路 底面 曲線이 決定되면 各 曲線에 對하여 現地의 實況과 關係工事費 그리고 側水路 下流에 接續되는 急流工의 影響等을 考慮하여 가장 適合한 것을 選擇하게 된다.

이렇게 選定된 水路의 水面 및 底面 曲線에 對한 n와 a의 값은 確定되며 水路 底面 曲線은 普通 다음과 같은 方法으로 修正하여 施工에 便宜하게 한다.

卽 側水路 末端의 水路 底面 標高와 側水路

始點에서 堰長의 約 $\frac{1}{10}\sim\frac{1}{8}$되는 地點의 水路底面 標高를 連結하는 直線으로 修正한다.

H. 側水路 內에 限界流가 일어 날때의 水面 및 底面 曲線의 計算

側水路 內에 限界流가 일어나는 境遇에는 그 限界點에 있어서의 모든 條件을 確定하고 上流 및 下流를 向하여 各各 水面 및 底面 曲線을 計算하게 되며 그 方法은 다음과 같다.

먼저 $Q=q\cdot x$에 依해서 그 點의 所要 流量 Q^1을 計算하고 斷面을 假定한 다음 (19)式의 限界流 公式으로 dm를 算出한다.

$$Qc=A\sqrt{g\cdot dm} \quad \cdots\cdots\cdots(18)$$

$$dm=\frac{Ac}{Tc} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19)$$

여기서, g ; 重力加速度 ($9.8m/sec^2$)

dm ; 平均 水深.

Ac, Tc ; 限界 斷面의 斷面積 및 水面幅.

그리고 dm의 값을 (18)式에 代入하여 求한 流量 Q가 所要 流量 Q_1과 같으면 그 假定은 正確하다.

다시 下流에서 $Q_2=q\cdot(x+\triangle x)$을 計算하고 斷面을 같은 方法으로 假定하여 各各의 流量 Q와 流速 V를 $I-B-2$의 (6)式에 代入해서 水面 降下量 $\triangle y$를 算出한다.

$$\text{卽. } \triangle y=\frac{Q_1}{g}\frac{(V_1+V_2)}{(Q_1+Q_2)}\left[\triangle V+\frac{q}{Q_1}V_2\cdot\triangle x\right] \quad \cdots\cdots\cdots(6)$$

그리고 各 斷面에서의 理論 勾配를 다음 公式으로 計算한다.

$$\left.\begin{aligned} &S_1=\frac{V_1^2n^2}{R_1^{4/3}}\cdots(a),\ S_2=\frac{V_2^2n^2}{Rc^{4/3}}\cdots(b)\\ &\text{따라서, } S=\frac{s_1+s_2}{2}\cdots\cdots(c)\\ &\text{그리고, } Sc=\frac{g\cdot dm\cdot n^2}{Rc^{4/3}}\cdots\cdots(d)\end{aligned}\right\} \quad (20)$$

여기서, n ; 水路의 粗度 係數.

R_1, R_2 ; 各 斷面의 動水 半徑.

S_1, S_2 ; 各 〃 理論 勾配.

S ; 兩 斷面사이의 平均 理論 勾配.

Rc ; 限界 斷面의 動水 半徑.

위의 (20)式에서 나온 平均 勾配를 다음의 (21)式에 代入하여 摩擦 損失 水頭 hf를 求한다.

$$\text{卽. } hf=S\triangle x \quad \cdots\cdots\cdots(21)$$

여기서, hf ; 摩擦 損失 水頭.

$\triangle x$; 兩 斷面사이의 距離.

다음에 위에서 求한 $\triangle y$와 hf를 合하여 卽 $\triangle y+hf$를 全 降下量으로 하여 漸次的으로 水面 曲線을 算出한다. 그리고 여기에 水深 d를 加해서 水路 底面 曲線을 求할 수 있다.

I. 調節 部分의 計算

1. 調節點.

調節點은 限界流가 일어나는 斷面으로써 이 點을 基準으로 上流는 常流 그리고 下流는 射流가 흐르게 된다. 따라서 이 點에서는 計劃 洪水流量에 對해서 (18)式의 $Q=A\sqrt{g\cdot dm}$가 成立되어야 하며 또 주어진 斷面으로써 計劃 洪水流量에 對해서 恒常 同一한 水深을 保持하게 된다.

그리고 이 點에서 上流는 限界 勾配보다 그 理論 勾配가 작고 下流는 크야 한다. 側水路의 設計에 있어서 調節點이 側水路 內에 있으면 여기서 限界流가 일어 나므로 可及的 下流의 末端에 있는 것이 有利하게 되며 따라서 接續하는 急流工의 勾配를 急하게 하고 必要한 掘鑿量을 작게 할 수 있다.

2. 調節點의 斷面 決定.

調節點에서는 計劃 洪水量에 對하여 恒常 限界流가 일어 나므로 (18)式의 $Qc=A\sqrt{g\cdot dm}$가 成立해야 한다. 그러므로 接續하는 急流工의 斷面形이 決定되면 水深을 假定하여 斷面積을 算出하고 (19)式의 $dm=\frac{Ac}{Tc}$에서 平均 水深 dm를 計算한다. 여기서 $Q=A\cdot\sqrt{g\cdot dm}$가 成立하면 그 때의 流速은 限界 流速이 되고 水深은 限界 水深이 된다. 이 때의 流量 Q를 限界 水深 dc에 對한 限界 流量이라고 하며 (20)式 (d)의 $Sc=\frac{g\cdot dm\cdot n^2}{Rc^{4/3}}$에서 限界 勾配도 計算된다.

3. 調節 斷面과 側水路 末端과의 關係.

側水路末端 斷面과 調節 斷面과의 關係는 다음과 같다.

ㄱ). 側水路 末端 底面이 調節 斷面보다 낮을 때. ;

$$d_1+hv_1=dc+hvc+hf+0.2(hvc-hv_1)+Z \quad \cdots\cdots\cdots(22)$$

ㄴ). 側水路 末端 底面이 調節 斷面보다 높을 때 ;

$$Z+d_1+hv_1=dc+hvc+hf+0.1(hvc-hv_1) \quad \cdots\cdots\cdots(23)$$

여기서, Z ; 側水路 末端 底面과 調節 斷面 底面의 標高差

d_1, hv_1 ; 側水路 末端의 水深과 速度 水頭.

dc, hvc ; 調節 斷面의 水深과 速度 水頭.

hf ; 平均 摩擦 損失 水頭.

$$S_1=\frac{V_1^2n^2}{R_1^{4/3}} \cdots(a) \quad Sc=\frac{g\cdot dm\cdot n^2}{Rc^{4/3}} \cdots\cdots\cdots(b)$$

$$hf=\frac{S_1+Sc}{2}\cdot l \cdots\cdots(c) \cdots\cdots(24)$$

여기서, S_1, V_1, R_1 ; 側水路 末端의 勾配, 流速 및 動水 半徑.

Sc, Vc, Rc ; 調節 斷面의 勾配, 流速 및 動水 半徑.

g ; 重力 加速度.

l ; 遷移部의 길이.

J. 側水路 末端 斷面의 決定.

側水路 內에서는 可及的으로 限界流가 일어나지 않아야 하며 따라서 底面의 勾配가 限界 勾配보다 작아야 하고 斷面의 水深도 前節에서 求한 限界 水深보다 커야 한다. 一般的으로 II−E에서의 計算 方法으로는 이러한 範圍內에 있으나 II−E의 方法은 이와 反對 現象이 일어난다. 그러므로 側水路 末端의 水路幅과 各測點에서의 水路幅 및 勾配를 水理學的 및 施工面에서 有利하겠끔 II−E에서 決定한 n 및 a의 값에 對한 假定値와 近似하게 修正하고 이 修正된 水路幅에 對해서 上記의 條件을 充足하는 水深을 決定한다. 勿論 採擇된 n 및 a의 값에 對한 假定値가 各各 上記의 條件을 滿足하면 그대로 쓴다.

K. 調節 斷面의 標高 決定.

側水路 末端과 調節 斷面사이에는 (22) 또는 (23)式과 같은 關係가 成立되므로 兩 斷面이 決定되면 그 標高差는 Z를 算出하므로써 알 수 있다. 그리고 그 標高差는 兩斷面의 性格에 따라 달라 지므로 調節 斷面의 性質에 따라서 側水路 末端의 斷面과 그 標高差가 달라 진다.

L. 側水路 末端과 調節 斷面과의 距離.

兩 斷面사이의 距離 l는 現地의 地形에 符合하게 해서 接續하는 急流工을 急하게 하고 掘鑿量을 最小가 되도록 해야 하며 可及的 5m 以內로 함이 좋다. 이러한 點을 考慮하여 調査 測量時에 路線 選定에 留意해야 한다.

M. 側水路의 水面 曲線 決定.

調節 斷面과 側水路 末端의 斷面이 決定되고 그 標高 關係가 確定되면 (6), (20), 그리고 (21)式으로 決定한 勾配에 對한 計劃 洪水 流量의 水面 曲線은 다음과 같은 順序로 求할 수 있다.

1. 側水路 末端部의 水路 底面 假定 標高, 水深, 水面 假定 標高, 斷面積, 流速 및 流量을 記入한다.
2. 側水路 末端部의 上流側 測點과 末端部 水面 標高의 差를 假定하여 $\triangle y_1$로 놓는다.
3. 側水路 末端部의 水面 標高에다 $\triangle y_1$을 加하여 上流 測點의 水面 標高로 假定한다.
4. 末端部의 水路 底面 標高에다 이 點의 底面 勾配 S를 上流點까지의 距離 $\triangle x$로 乘한 $S\cdot\triangle x$를 加하여 上流點의 水路 底面 標高로 한다.
5. 上流點의 水面 標高에서 水路 底面 標高를 뺀 값을 그 點의 水深 d_1로 한다.
6. 上流點의 水深 d_1에 對한 斷面積 A_1을 計算한다.
7. 側水路 始點부터 그 點까지의 距離 x_1에 單位 溢流量 q를 乘하여 所要流量 $Q_1=q\cdot x_1$을 얻는다.
8. Q_1을 A_1으로 나눈 값을 그 點의 流速 V_1으로 假定한다.
6. 側水路 末端部의 流速을 V_2, 流量을 Q_2, 라고 하여 (6)式에 依해서 $\triangle y$를 算出한다.
10. 末端部에서 그 點까지의 損失 水頭 hf를 (20)와 (21)式으로 求하여 $\triangle y_1-(\triangle y+hf)$를 計算한다.
11. $|\triangle y_1-(\triangle y+hf)| \leq 0.01\ m$ 면 假定한

$\triangle y_1$은 正確한 것으로써 그 때의 流速 V_1과 水深 d_1을 그대로 採用하며 水面 標高도 그것으로 한다. 그러나 差異가 크게 되면 0.01 m 以內로 될 때 까지 試算한다.

12. 다음 測點부터는 같은 方法으로 하며 下流點을 基準으로 한다.

13. 側水路 始點 附近에서는 $\triangle x$를 2m 以內로 取하여 計算하고 始點의 水面 標高는 速度 水頭 $hv=\frac{V^2}{2g}$의 2倍 卽 $\frac{V^2}{g}$만큼 올려 준다.

14. 各 側點에서의 水面 標高와 水路底面 標高를 連結하면 各各 水面 曲線과 勾配가 S인 水路 底面線이 된다.

N. 設計上 留意할 點.

堰堤의 標高가 確定되면 前節 (J)에서 求한 側水路 始點의 水面 標高가 溢流 水深의 三分의 二以上 潛水되지 않도록 平行 移動하여 始點의 水路 底面 標高를 定하고 調節點까지 底面 標高를 決定하며 同時에 水面 曲線도 決定된다. 다음에 水流의 空氣含量과 渦 運動에 對해서 計劃斷面積의 0.1~0.15倍의 餘裕를 주고 水深에도 餘裕를 주어 設計한다.

上記의 側水路 始點의 水面 標高를 처음부터 溢流 水深의 三分의二以上 潛流치 않도록 決定하고 下流의 水面 曲線과 水路 底面 曲線을 決定할 수도 있다.

Ⅲ. 設計 計算의 實例

A. 準備 段階.

위에서 記述한 方法으로 計算된 束草 水利 組合 鶴沙坪 貯水池의 餘水吐 放水路 設計 實例를 다음에 前記한 順序에 따라 記載해 보기로 한다.

이 計算에 주어진 旣定値는 다음과 같다.

計劃 洪水 流量 ; $Q=195.75m^3/sec$ ($196m^3/sec$를 取함)

計劃 溢流 水深 ; $h=1.5\ m$

溢流 堰長 ; $l=55.0\ m$

單位 溢流量 ; $q=3.564\ m^3/sec/m(=\frac{196}{55})$

그리고 計算에 앞서서 堰長 55.0m 를 그 測線에 따라 $x=0, 1, 10, 20, 30, 40, 50$, 그리고 $55m$로 細分한다.

B. 側水路 斷面形의 假定.

1. 堰體 側面 勾配 ; $Z_1=0.7$
2. 山側 勾配 ; $Z_2=0$.

C. 流速의 假定

流速은 測點에 따라 (11)式의 $V_x=ax^n$의 形으로 假定하고 n의 값은 0.4~0.8 사이의 값으로써 計算하기로 한다.

D. 通水 斷面積, 水深 및 幅의 相關 關係式

(14)式에서 $Z_1=0.7$, $Z_2=0$ 이므로

$$dx=\sqrt{\frac{Ax}{\sqrt{1+Z_1^2}+1-\frac{Z_1}{2}}}=0.73\sqrt{Ax}$$

(15)式에서

$$b=\frac{Ax}{dx}-Z_1\frac{dx}{2}=\frac{Ax}{dx}-0.35\cdot dx$$

(10)式에서

$$Tx=bx+Z_1\cdot dx=bx+0.7\ dx$$

그리고 (5)式에서

$$yx=\frac{Ax}{2Tx}$$

위의 式에 依해서 第二表와 같이 A의 여러 값에 對해서 各各 計算하여 作表한다.

E. 側水路 末端의 通水 斷面의 假定.

側水路 末端의 水面 降下量은 掘鑿量을 最小로 하기 위하여 (5)式의 $y=\frac{A}{2T}$로써 計算한다.

지금 $n=0.4$, 0.5, 0.6, 0.7, 그리고 0.8일 때 $\frac{n}{n+1}$의 값은 第一表와 같다.

第 一 表

$\frac{n}{n+1}$의 값

n	n+1	$\frac{n}{n+1}$
0.4	1.4	0.2857
0.5	1.5	0.3333
0.6	1.6	0.3750
0.7	1.7	0.4117
0.8	1.8	0.4444
0.9	1.9	0.4736
1.0	2.0	0.5000
1.1	2.1	0.5238
1.2	2.2	0.5454

第二表

通水斷面積과 水深 및 水路幅

A	$\sqrt{A}$	d $0.73\sqrt{A}$	A/d	0.35d	b =A/d-0.35d	0.7d	T =b+0.7d	2T	y =A/2T	V_2	$n=0.4, \frac{n}{n+1}=0.2857$			$n=1.2, \frac{n}{n+1}=0.5454$		
											$hv=\frac{n}{n+1}y$	$19.6\times hv$	$v_1=\sqrt{\ }$	hv	$19.6\times hv$	$V_1=\sqrt{\ }$
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	3.1623	2.308	4.335	0.808	3.527	1.616	5.143	10.286	0.973	19.6	0.278	5.449	2.34	0.531	10.408	3.24
20	4.4721	3.265	6.126	1.143	4.983	2.286	7.269	14.538	1.376	9.8	0.393	7.703	2.78	0.750	14.700	3.85
30	5.4772	3.998	7.504	1.399	6.105	2.798	8.903	17.806	1.685	6.533	0.481	9.428	3.08	0.919	18.012	4.28
40	6.3246	4.617	8.664	1.616	7.048	3.232	10.280	20.560	1.946	4.9	0.556	10.893	3.30	1.061	20.801	4.56
50	7.0711	5.162	9.687	1.807	7.880	3.614	11.496	22.992	2.175	3.92	0.621	12.172	3.48	1.186	23.250	4.83
60	7.7460	5.655	10.610	1.979	8.631	3.958	12.589	25.178	2.383	3.267	0.681	13.348	3.65	—	—	—
70	8.3666	6.108	11.460	2.138	9.322	4.276	13.598	27.196	2.574	2.8	0.735	14.406	3.78	—	—	—
80	8.9443	6.529	12.253	2.285	9.968	4.570	14.538	29.176	2.742	2.45	0.783	15.347	3.92	—	—	—
90	9.4868	6.925	12.997	2.424	10.573	4.848	15.421	30.842	2.918	2.178	0.834	16.346	4.04	—	—	—
100	10.0000	7.300	13.699	2.555	11.144	5.110	16.254	32.508	3.076	1.96	0.879	17.228	4.15	—	—	—

第 三 表

側 水 路 末 端 通 水 斷 面 假 定 表

A	$V_2=196/A$	$\sqrt{A}$	$d=0.73\sqrt{A}$	A/d	0.35d	$b=A/d+0.35d$	0.7d	$T=b+0.7d$	2T	$y=A/2T$
42	4.667	6.481	4.731	8.878	1.656	7.222	3.312	10.534	21.068	1.994
43	4.558	6.557	4.787	8.983	1.675	7.308	3.350	10.658	21.316	2.017
44	4.455	6.633	4.842	9.088	1.695	7.393	3.390	10.783	21.566	2.040
45	4.356	6.708	4.897	9.189	1.714	7.473	3.428	10.901	21.802	2.064
46	4.261	6.782	4.951	9.291	1.733	7.558	3.466	11.024	22.048	2.086
47	4.170	6.856	5.005	9.391	1.752	7.639	3.504	11.143	22.286	2.109
48	4.083	6.928	5.057	9.492	1.770	7.722	3.540	11.262	22.524	1.131
49	4.000	7.000	5.110	9.589	1.789	7.800	3.578	11.378	22.756	2.153
50	3.920	7.071	5.162	9.686	1.807	7.879	3.614	11.493	22.986	2.175
51	3.843	7.141	5.213	9.783	1.825	7.958	3.650	11.608	23.216	2.197
52	3.769	7.211	5.264	9.878	1.842	8.036	3.684	11.720	23.440	2.218
53	3.698	7.280	5.314	9.974	1.860	8.114	3.720	11.834	23.668	2.239
54	3.630	7.349	5.365	10.065	1.878	8.187	3.756	11.943	23.886	2.261
55	3.564	7.416	5.414	10.159	1.895	8.264	3.790	12.054	24.108	2.281

A	n=0.4			n=0.5			n=0.6			n=0.7			n=0.8		
	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1
42		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—
43		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—
44		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—
45		—	—		—	—		—	—		—	—		0.917	4.239
46		—	—		—	—		—	—		—	—		0.927	4.262
47		—	—		—	—		—	—		0.868	4.138		0.937	4.285
48		—	—		—	—		—	—		0.877	4.146		—	—
49		—	—		—	—		0.807	3.977		0.886	4.167		—	—
50		—	—		—	—		0.816	3.999		—	—		—	—
51		—	—		0.732	3.789		0.824	4.018		—	—		—	—
52		—	—		0.739	3.806		—	—		—	—		—	—
53		—	—		0.746	3.824		—	—		—	—		—	—
54		0.646	3.558		—	—		—	—		—	—		—	—
55		0.652	3.575		—	—		—	—		—	—		—	—
	0.2857			0.333			0.3750			0.4117			0.4444		

A	n=0.9			n=1.0			n=1.1			n=1.2		
	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1
42		—	—		—	—		—	—		1.087	4.617
43		—	—		1.009	4.446		1.057	4.551		1.100	4.643
44		0.966	4.351		1.020	4.471		1.069	4.577		—	—
45		0.978	4.378		—	—		—	—		—	—
46		—	—		—	—		—	—		—	—
47		—	—		—	—		—	—		—	—
48		—	—		—	—		—	—		—	—
49	0.4736	—	—	0.5	—	—	0.5238	—	—	0.5454	—	—
50		—	—		—	—		—	—		—	—
51		—	—		—	—		—	—		—	—
52		—	—		—	—		—	—		—	—
53		—	—		—	—		—	—		—	—
54		—	—		—	—		—	—		—	—
55		—	—		—	—		—	—		—	—

第 四 表

側 水 路 末 端 斷 面 計 算 表

n	A	v_2	$\sqrt{A}$	d	A/d	0.35d	b	0.7d
0.4	54.9	3.570	7.409	5.409	10.15	1.893	8.257	3.786
0.5	51.6	3.799	7.183	5.244	9.84	1.835	8.005	3.67
0.6	49.4	3.968	7.028	5.130	9.63	1.796	7.834	3.592
—	49.3	3.976	7.021	5.125	9.62	1.794	7.826	3.588
0.7	47.8	4.100	6.914	5.042	9.48	1.765	7.715	3.53
—	47.5	4.126	6.892	5.031	9.442	1.761	7.681	3.522
0.8	46 0	4.261	6.782	4.951	9.291	1.733	7.558	3.466
0.9	44.8	4.375	6.694	4.887	9.167	1.710	7.457	3.420
1.0	43.5	4.506	6.6	4.818	9.029	1.686	7.343	3.372
—	43.7	4.485	6.611	4.826	9.055	1.689	7.366	3.378
—	43.8	4.475	6.617	4.830	9.068	1.691	7.377	3.382
1.1	43 0	4.558	6.557	4.787	8.983	1.675	7.308	3.350
1.2	42.4	4.623	6.512	4.754	8.919	1.664	7.255	3.328

힌츠의 方法에 依한 側水路計算法 및 鵝沙坪 貯水池 餘水吐 放水路 斷面計算書

n	T	2T	A/2T	$\frac{n}{n+1}$	hv	v_1	v_2-v_1	Remark
0.4	12.043	24.036	2.279	0.2857	0.651	3.572	−0.002	0.k
0.5	11.675	23.35	2.21	0.0333	0.737	3.807	−0.008	0.k
0.6	11.426	22.852	2.162	0.375	0.811	3.936	0.018	—
--	11.414	22.828	2.160	0.375	0.810	3.984	−0.008	0.k
0.7	11.245	22.49	2.125	0.4117	0.875	4.141	−0.041	—
—	11.203	22.406	2.12	0.4117	0.873	4.136	−0.01	0.k
0.8	11.024	22.048	2.086	0 4444	0.927	4.262	−0.001	0.k
0.9	10.877	21.754	0.059	0.4736	0.975	4.372	0.003	0.k
1.0	10.715	21.430	2.030	0.5000	1.015	4.46	+0.046	—
—	10.744	21.488	2.034	0.5000	1.017	4.465	—	—
—	10.759	21.518	2.036	0.5000	1.018	4.467	0.008	0.k
1.1	10.658	21.316	2.017	0.5238	1.057	4.551	0.007	0.k
1.2	10.583	21.166	2.003	0.5454	1.092	4.626	−0.003	0.k

n의 여러 값에 對한 側水路 末端의 通水 斷面積의 槪略的인 範圍를 알기 위해서 第二表와 같이 A의 여러 값에 對한 流速 V_2를 $V=\frac{Q}{A}$에 依해서 먼저 計算하고 n의 下限 0·4와 上限値 1·2(n値의 增大로 인한 영향을 例示하기 위해서 本 計算에서는 n=0·4~1·2까지로 取하였음)에 對하여 (4)式과 (16)式으로 各 斷面積에 對한 流速 V_1을 計算하여 V_1과 V_2가 서로 一致하게 되는 A의 값을 찾아 보면 A=40~60 사이임을 알 수 있다.

여기서는 第三表와 같이 A=42~55 사이를 取하여 斷面積 A의 여러 값에 對한 V_2와 n의 여러 값에 對한 各 斷面積 A의 流速 V_1을 計算한다. 그리고 n의 여러 값에 對하여 $V_1 \fallingdotseq V_2$가 成立하는 A의 槪略値를 찾아서 第四表와 같이 n의 값에 對하여 $|V_2-V_1| \geqq 0.01$의 精度를 갖는 A의 값을 試算으로 찾아 낸다.

以上과 같이 n의 여러 값에 對한 斷面積 A와 流速 V가 計算되면 (11)式을 置換한 $a=\frac{V_x}{x^n}$에 依해서 x=55로 놓아서 n의 여러 값에 對한 常數 a의 값을 算出하면 第五表와 같다.

이렇게 해서 처음에 假定한 斷面形으로 n의 여러 값에 對한 側水路 末端의 斷面과 假定한 流速公式의 各 常數가 計算된다.

第五表

A 의 값 ($x=55$) $v=ax^n$

n	v_1	lcg x	n loy x	x^n	a	Remark
0.4	3.572	1.7403627	0.69614508	4.971	0.719	
0.5	3.807	1.7403627	0.87018135	7.433	0.512	
0.6	3.984	1.7403627	1.04421762	11.748	0.338	$a=\frac{V_x}{x^n}$
0.7	4.136	1.7403627	1.21825389	16.537	0.250	
0.8	4.262	1.7403627	1.39229016	24.681	0.173	
0.9	4.372	1.7403627	1.56632643	36.835	0.119	
1.0	4.467	1.7403627	1.74036270	55.000	0.081	
1.1	4.551	1.7403627	1.91439897	82.301	0.055	
1.2	4.626	1.7403627	2.08843524	122.585	0.038	

F. 水面 및 水路底面 曲線의 假定.

1. 水面 曲線.

前節의 第五表에서 n의 여러 값에 對한 ($n=0.4\sim1.2$) 常數 a의 값이 確定되었으므로 (11)式의 $V_x=ax^n$에 依해서 n의 여러 값에 對한 各 測點의 流速 V_x와 速度 水頭 $h_v(=\frac{V_x^2}{2g})$를 計算하고 (3)式의 $y_x=\frac{n+1}{n}h_v$ 에 依해서 第六과 第七表와 같이 水面 降下量 y_x를 求하면 이것이 水面 曲線이 된다.

2. 水路 底面 曲線.

第七表에서 各 測點의 流速 V_x가 計算되었으므로 $Q_x=q\cdot x$에 依해서 各 點의 所要 流量 Q_x를 알고 (12)式의 $A_x=\frac{Q_x}{V_x}$로 斷面積을 算出하여 III−*D*의 $d_x=0.73\sqrt{A_x}$ 에서 n의 여러 값에 對한 各 測點의 水深 d_x를 求할 수 있다.

다음에 d_x와 y_x를 加算하여 第八表와 같이 各 測點의 水路 底面 降下量 $H_x(=d_x+y_x)$를 計算하면 水路 底面 曲線이 된다.

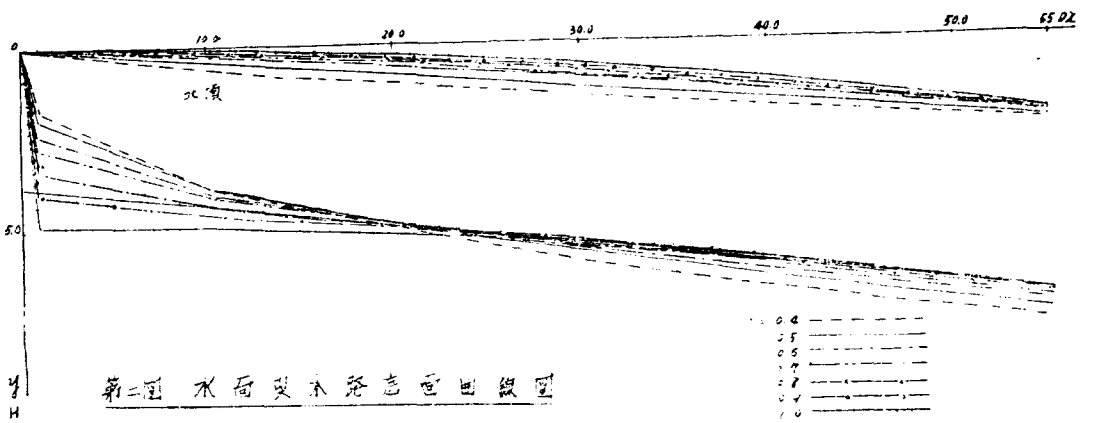
G. 側水路 底面 勾配의 決定.

1. n의 여러 값에 對한 各 曲線의 比較.

第八表에서 n의 여러 값에 對한 水面 및 水路 底面 曲線을 圖示하면 第二圖와 같다.

지금 圖表에서 各 曲線을 比較해 보면 $n=0.4\sim0.6$의 曲線은 上流側에서는 掘鑿量이 작으나 掘鑿量의 比重이 큰 下流側에서 掘鑿深이 커지고 水面上의 餘裕가 크다.

그리고 $n=1.0\sim1.2$의 曲線은 上下流에 있어서 流速의 變化가 크므로 流速이 큰 下流에서는 斷面이 작고 掘鑿深도 얕으나 流速이 작은 上流에서는 斷面과 掘鑿深이 커지므로써 前者와는



第二圖 水面및水路底面曲線圖

第 六 表

x^n 의 값

n	x=0			x=1			x=10			x=20		
	log x	n log x	x^n	log x	n log x	x^n	log x	n log x	x^n	log x	n log x	x^n
0.4	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1.0000	0.4	2.511	1.30103	0.520412	3.314
0.5	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1.0000	0.5	3.162	1.30103	0.650515	4.472
0.6	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1.0000	0.6	3.981	1.30103	0.780618	6.034
0.7	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1.0000	0.7	5.012	1.30103	0.910721	8.142
0.8	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1.0000	0.8	6.310	1.30103	1.040824	10.986
0.9	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1 0000	0.9	7.943	1.30103	1.170927	14.823
1.0	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1.0000	1.0	10.000	1.30103	1.301030	20.000
1.1	$-\infty$	$-\infty$	0	0	0.	1.0	1.0000	1.1	12.590	1.30103	1.431133	26.986
1.2	$-\infty$	$-\infty$	0	0.	0.	1.0	1.0000	1.2	15.850	1.30103	1.561236	36.412

n	x=30			x=40			x=50			x=55		
	log x	n log x	x^n	log x	n log x	x^n	log x	n log x	x^n	log x	n log x	x^n
0.4	1.477121	0 59085	3.898	1.60206	0.64082	4.373	1.69897	0.67959	4.782	1.74036	0.69614	4.968
0.5	1.477121	0.73856	5.477	1.60206	0.80103	6.325	1.69897	0.84949	7.071	1.74036	0.87018	7.416
0.6	1.477121	0.83627	7.696	1.60206	0.96124	9.146	1.69897	1.01938	10.456	1.74036	1.04422	11.072
0.7	1.477121	1.03398	10.814	1.60206	1.12144	13.226	1.69897	1.18928	15.462	1.74036	1.21825	16.529
0.8	1.477121	1.18170	15.195	1.60206	1.28165	19.127	1.69897	1.35918	22.866	1.74036	1.39229	24.677
0.9	1.477121	1.32941	21.352	1.60206	1.44185	27.66	1.69897	1.52907	33.812	1.74036	1.56632	36.840
1.0	1.477121	1.47712	30.	1.60206	1.60206	40.	1.69897	1.69897	50.	1.74036	1.74036	55.
1.1	1.477121	1.62483	42.153	1.60206	1.76227	57.846	1.69897	1.86887	73.939	1 74036	1.91440	82.111
1.2	1.477121	1.77255	59.232	1.60206	1.92247	83.652	1.69897	2.03876	109.34	1.74036	2.08843	122.59

第七表

水 面 曲 線 計 算 表

x	n=0.4 • a=0.72					n=0.5 • a=0.51					n=0.6 • a=0.34				
	x_n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x	x_n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x	x_n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x
0	0	—	—	—	—	0	—	—	—	—	0	—	—	—	—
1	1	0.72	0.026	3.5	0.091	1	0.51	0.013	3.0	0.039	1	0.34	0.006	2.667	0.016
10	2.511	1.808	0.167	3.5	0.585	3.162	1.613	0.133	3.0	0.399	3.981	1.354	0.094	2.667	0.251
20	3.314	2.386	0.290	3.5	1.015	4.472	2.281	0.265	3.0	0.795	6.034	2.052	0.215	2.667	0.573
30	3.898	2.807	0.412	3.5	1.442	5.477	2.793	0.398	3.0	1.194	7.696	2.617	0.349	2.667	0.931
40	4.373	3.149	0.506	3.5	1.771	6.325	3.226	0.531	3.0	1.593	9 146	3.110	0.493	2.667	1.315
50	4.782	3.443	0.605	3.5	1.121	7.071	3.606	0.663	3.0	1.989	10.456	3.555	0.645	2.667	1.72
55	4.968	3.577	0.653	3.5	2.286	7.416	3.782	0.73	3.0	2.19	11.072	3.764	0.723	2.667	1.928

x	n=0.7 • a=0.25					n=0.8 • a=0.17					n=0.9 • a=0.12				
	x_n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x	x_n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x	x_n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x
0	0	—	—	—	—	0	—	—	—	—	0	—	—	—	—
1	1	0.25	0.003	2.429	0.007	1	0.17	0.001	2.25	0.002	1	0.12	0.001	2.112	0.002
10	5.012	1.253	0.080	2.429	0.194	6.310	1.073	0.059	2.25	0.133	7.943	0.953	0.046	2.112	0.097
20	8.142	2.036	0.211	2.429	0.513	10.986	1.868	0.178	2.25	0.401	14.823	1.779	0.161	2.112	0.34
30	10.814	2.704	0.373	2.429	0.906	15.195	2.583	0.340	2.25	0.765	21.352	2.562	0.335	2.112	0.703
40	13.226	3.307	0.558	2.429	1.355	19.127	3.252	0.540	2.25	1.215	27.660	3.319	0.562	2.112	1.187
50	15.462	3.866	0.763	2.429	1.853	22.866	3.887	0.771	2.25	1.733	33.812	4.057	0.84	2.112	1.774
60	16.529	4.132	0.871	2.429	2.116	24.677	4.195	0.898	2.25	2.021	36.840	4.421	0.997	2.112	2.106

x	n=1.0 • a=0.08					n=1.1 • a=0.055					n=1.2 • a=0 04				
	x^n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x	x^n	v_x	h_v	$\frac{n-1}{n}$	y_x	x^n	v_x	h_v	$\frac{n+1}{n}$	y_x
0	0	—	—	—	—	0	—	—	—	—	0	—	—	—	—
1	1	0.08	0	2.0	0	1	0.055	0	1.909	0	1	0.04	0	1.833	0
20	10	0.8	0.033	2.0	0.066	12.59	0.692	0.024	1.909	0.046	15.85	0.634	0.021	1.833	0.038
30	20	1.6	0.131	2.0	0.262	26.986	1.482	0.112	1.909	0.214	36.412	1.456	0.108	1.833	0.198
30	30	2.4	0.294	2.0	0.588	42.153	2.318	0.274	1.909	0.523	59.232	2.369	0.286	1.833	0.524
40	40	3.2	0.522	2.0	1.044	57.846	3.182	0.517	1.909	0.987	83.652	3.346	0.571	1.833	1.047
50	50	4.0	0.816	2.0	1.632	73.939	4.067	0.844	1.909	1.611	109.34	4.374	0.976	1.833	1.789
55	55	4.4	0.988	2.0	1.976	82.111	4.516	1.041	1.909	1 987	122.59	4.904	1.227	1.833	2.249

$$h_v \frac{v^2}{2g}, \quad y=\frac{n+1}{n}h_v, \qquad V_x=a\times n,$$

第 八 表

水 路 底 面 曲 線 計 算 表

x	Q_x	n=0.4						n=0.5					
		v_x	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x	vx	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	3.564	0.72	4.95	2.223	1.623	0.091	1.714	0.51	6.988	2.644	1.93	0.093	1.969
10	35.636	1.808	19.710	4.439	3.240	0.585	3.825	1.613	22.093	4.7	3.431	0.399	3.830
20	71.273	2.386	29.871	5.465	3.989	1.015	5.004	2.281	31.246	5.59	4.081	0.795	4.876
30	106.909	2.807	38.087	6.172	4.506	1.442	5.948	2.793	38.278	6.187	4.517	1.194	5.711
40	142.546	3.149	45.267	6.728	4.911	1.771	6.682	3.226	44.187	6.647	4.852	1.593	6.445
50	178.182	3.443	51.752	7.194	5.252	2.121	7.373	3.606	49.413	7.03	5.132	1.989	7.121
55	196.0	3.577	54.795	7.402	5.403	2.286	7.689	3.782	51.825	7.199	5.255	2.19	7.445

x	n=0.6						n=0.7							
	v_x	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x	v_x	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x	v_x	A_x
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0.34	10.482	3.238	2.364	0.016	2.38	0.25	14.256	3.776	2.756	0.007	2.763	0.17	20.965
10	1.354	26.319	5.137	3.75	0.251	4.001	1.253	28.441	5.333	3.893	0.194	4.037	1.073	33.212
20	2.052	34.733	5.894	4.303	0.573	4.876	2.036	35.006	5.917	4.319	0.513	4.832	1.868	38.155
30	2.617	40.852	6.392	4.666	0.931	5.597	2.704	39.537	6.281	4.585	0.906	5.491	2.583	41.390
40	3.110	45.835	6.770	4.942	1.315	6.267	3.307	43.104	6.565	4.792	1.355	6.147	3.252	43.833
50	3.555	50.122	7.080	5.168	1.72	6.888	3.866	46.090	6.789	4.956	1.853	6.809	3.887	45.830
55	3.764	52.072	7.216	5.268	1.928	7.196	4.132	47.435	6.887	5.028	2.116	7.144	4.195	46.722

x	n=0.8				n=0.9						n=1.0			
	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x	v_x	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x	v_x	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	4.579	3.343	0.002	3.345	0.12	29.70	5.45	3.979	0.002	3.981	0.08	44.55	6.675	4.873
10	5.763	4.207	0.133	4.34	0.953	37.394	6.115	4.464	0.097	4.561	0.8	44.55	6.675	4.873
20	6.177	4.509	0.401	4.91	1.779	40.064	6.33	4.621	0.34	4.961	1.6	44.55	6.675	4.873
30	6.434	4.697	0.765	5.462	2.562	41.729	6.46	4.716	0.708	5.424	2.4	44.55	6.675	4.873
40	6.621	4.833	1.215	6.048	3.319	42.949	6.554	4.784	1.187	5.971	3.2	44.55	6.675	4.873
50	6.770	4.942	1.735	6.677	4.057	43.920	6.627	4.838	1.774	6.612	4.0	44.55	6.675	4.873
55	6.835	4.990	2.021	7.011	4.421	44.334	6.658	4.860	2.106	6.966	4.4	44.55	6.675	4.873

x	n=1.1								n=1.2					
	y_x	H_x	v_x	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x	v_x	A_x	$\sqrt{A_x}$	d_x	y_x	H_x
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	4.873	0.055	64.8	8.05	5.877	—	5.877	0.04	89.1	9.439	6.89	—	6.890
10	0.066	4.939	0.692	51.497	7.176	5.238	0.046	5.284	0.634	56.208	7.497	5.473	0.038	5.511
20	0.262	5.135	1.432	48.093	6.935	5.063	0.214	5.277	1.456	48.951	6.978	5.094	0.198	5.292
30	0.588	5.461	2.318	46.121	6.789	4.956	0.523	5.479	2.369	45.128	6.718	4.904	0.524	5.428
40	1.044	5.917	3.182	44.798	6.693	4.886	0.987	5.873	3.346	42.602	6.527	4.765	1.047	5.812
50	1.632	6.505	4.067	43.812	6.619	4.832	1.611	6.443	4.374	40.737	6.383	4.66	1.781	6.449
55	1.976	6.849	4.516	43.401	6.588	4.809	1.987	6.796	4.904	39.967	6.322	4.615	2.249	6.864

$Q_x=q\cdot x=3.564\cdot x$ $\qquad d_x=0.73\sqrt{A_x}$

$A_x=\dfrac{Q_x}{v_x}$ $\qquad H_x=d_x+y_x$

逆의 現象을 보이고 있다.

또 n의 값이 클수록 水面 曲線이 위로 굽어지므로 側水路의 上流 部分에 있어서는 堰長의 大部分이 潛流 現象을 갖게 된다.

2. 水面 曲線의 取擇 및 水路 底面 勾配의 決定.

위에서 본바와 같이 水理學的인 利點 (圓滑한 疏通)과 工事費의 節減을 위해서 現地의 事情에 비추어 가장 有利하고 經濟的인 水路 形狀을 取擇하게 된다.

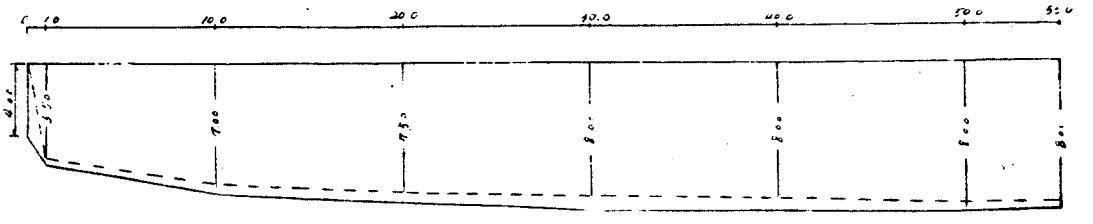
本 例에서는 이러한 事情에 비추어 $n=8$인 曲線을 取하고 第二圖의 赤線과 같이 施工의 便宜에 鑑하여 水路 底面 曲線에 近似한 直線 勾配를 擇하여 $\begin{cases} x=0 \text{ 에서 } H=3.80m \\ x=55.0m\text{에서 } H=7.00m \\ S=0.058 \end{cases}$ 로 決定한다.

따라서 側水路 內의 流速形은 $V_x=ax^n$에서 $n=0.8$, 그리고 $a=0.173$ 로써

$V_x=0.173x^{0.8}$ 로 決定되었다.

이에 따라서 (14)와 (15)式으로 各 測點의 水路 底幅 b를 計算하면 第九表와 같이 되며 施工上의 便宜와 設計上의 餘裕를 보아서 第三圖와 같이 決定한다.

第三圖 側 水 路 斷 面 圖



..... 計算斷面圖

——— 設計斷面圖

H. 決定된 水路幅에 對한 限界 水流의 形態.

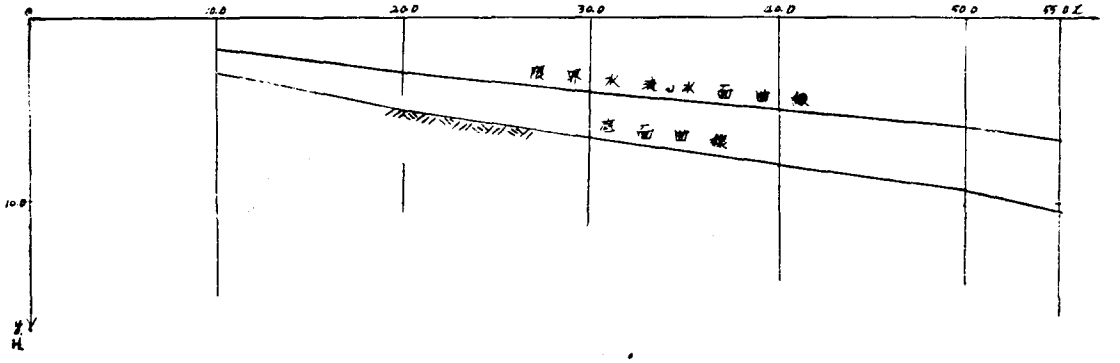
주어진 洪水 流量 $Q=196m^3/sec$와 위에서 決定된 各 測點의 水路幅에 對하여 各 測點에서 水深 dc를 假定하고 이 水深에 對한 限界 流量 $Qc=Ac\sqrt{g\cdot dm}$, $(dm=\frac{Ac}{Tc})$가 그 測點의 所要 流量과 一致하는 dc를 試算으로 求하면 第十表와 같다.

다음에 第十表에서 計算된 값에 對하여 (6)과 (20)式을 써서 側水路의 始點부터 各 隣近 測點間의 水面 降下量 $\triangle y$를 求하여 累加해 가면 限界水流의 水面 曲線 降下量 y가 얻어지고 여기에다 各 測點의 限界水深 dc를 加하여 底面 曲線의 降下量 H를 얻게 된다.

이것을 圖示하면 第四圖와 같다.

이 曲線을 第二圖의 $n=0.8$의 曲線과 比較해 보면 側水路內에 있어서 限界流가 일어나지 않음을 알 수 있다.

第四圖 限界水流의 水面과 水路底面曲線



第九表

水路底幅計算表 (n—0.8일때)

x	Ax	dx	Ax/dx	0.35dx	b	設計幅
0	—	—	—	—	—	4.00
1.0	20.97	3.34	6.29	1.17	5.12	5.50
10.	33.21	4.21	7.89	1.47	6.42	7.00
20.	38.16	4.51	8.46	1.58	6.88	7.50
30.	41.39	4.7	8.81	1.65	7.16	8.00
40.	43.83	4.83	9.07	1.69	7.38	8.00
50.	45.83	4.94	9.28	1.73	7.55	8.00
55.	46.72	4.99	9.36	1.75	7.61	8.00

$$bx=\frac{Ax}{dx}-0.35\,dx$$

I. 調節 斷面의 計算.

$Q=196\ m^3/sec$에 對해서 底面幅 $b=6m$ 側面 勾配 $Z_1=Z_2=0.3$으로 決定하고 試算으로 限界水深 dc와 限界勾配 Sc를 求하면 다음과 같다.

(9)式에서 $A=bd+(Z_1+Z_2)\frac{d^2}{2}=6.d+0,3d^2$

(10)式에서 $T=b+(Z_1+Z_2)d=6+0.6d.$

(19)式에서 $dm=\frac{A}{T}$ 그리고

(18)式에서 $Qc=A\sqrt{g\cdot dm}$ 을 써서 먼저 $dc=4.5$ 로 假定하면

$A=6\times4.5+0.3\times(4.5)^2=33.08$

$T=6+0.6d=6+06\times4.5=8.7$

$d=\frac{A}{T}=\frac{33.08}{8.7}=3.802$

$Vc=\sqrt{g\cdot dm}=\sqrt{9.8\times3.802}=6.104$

따라서

$Qc=A\sqrt{g\cdot dm}=33.08\times6.104=201.89$

다시 $dc=4.42$ 로 假定하면

$A=6\times4.42+0.3\times(4.42)^2=32.381$

$T=6+0.6\times4.42=8.652$

$dm=\frac{32.381}{8.652}=3.743$

$Vc=\sqrt{9.8\times3.743}=6.056$

따라서

$Qc=32.381\times6.056=196.099\fallingdotseq196$

그러므로 $dc=4.42$를 取하여 그 限界勾配 Sc를 求하면

$P=b+(\sqrt{1+Z_1^2}+\sqrt{1+Z_2^2})d$ 에서

$P=6+2.088\times4.42=15.229$

第十表

限界流에 對한 計算

x	Q_x	b_x	d_c	A	T	d_m	$g \cdot d_m$	$\sqrt{g \cdot d_m}$	Q
1.0	3.56	5.5	0.35	1.968	5.745	0.343	3.361	1.83	3.601
—	—	—	0.346	1.945	5.742	0.338	3.312	1.82	3.54
—	—	—	0.347	1.951	5.743	0.340	3.332	1.825	3.560
10.0	35.64	7.0	1.35	10.088	7.945	1.269	12.436	3.526	35.57
—	—	—	1.353	10.112	7.947	1.272	12.456	3 53	35.68
20.0	71.27	7.5	2.0	16.4	8.9	1.843	18.061	4.25	69.7
—	—	—	2.03	16.67	1.421	1.868	18.306	4.28	71.33
30.0	106.91	8.0	2.5	22.187	9.75	2.276	22.295	4.722	104.77
—	—	—	2.53	22.48	9.771	2.301	22.549	4.75	106.78
—	—	—	2.532	22.50	9.772	2.303	22.569	4.75	106.88
40.0	142.55	8.0	3.0	26.95	10.1	2.668	26.146	5.11	137.71
—	—	—	3.05	27.656	10.135	2.729	26.744	5.17	142.98
—	—	—	3.045	27.605	10 132	2.725	26.705	5.167	142.63
50.0	178.18	8.0	3.5	32.288	10.45	3.09	30.282	5.503	177.68
—	—	—	3.506	32.35	10.454	3.095	30.331	5.508	178.18
55.0	196.0	8.0	3.73	34.71	10.611	3.271	32.056	5.66	196.46
—	—	—	3.725	34.657	10.608	3.267	32.017	5.66	196.16

$A = b.d + 0.35d^2$
$T = 6 + 0.7d$

$d_m = \frac{A}{T}$

$v_c = \sqrt{g \cdot d_m}$
$Q_c = A \cdot v_c$

第十一表

$\triangle y=\frac{Q_1}{g}\frac{v_1+v_2}{Q_1+Q_2}\left(\triangle v+\frac{qV_2\triangle x}{Q_1}\right)$, $n=0.014$, $s_1=\frac{v_1^2n^2}{R_1^{4/3}}$, $s_2=\frac{V_2^2n^2}{R_2^{4/3}}$, $s=\frac{s_1+s_2}{2}$, $h_f=s\cdot\triangle x$

限界水流의 水面및底面曲線

(1) x	(2) Q_x	(3) b	(4) d_c	(5) v_c	(6) $\triangle x$	(7) Q_1+Q_2	(8) v_1+v_2	(9) $\triangle v$	(10) $g(Q_1+Q_2)$	(11) $Q_1(v_1+v_2)$
0	—	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—
1	3.56	5.5	0.347	1.825	1	—	—	—	—	—
10	35.64	7.0	1.353	3.53	9	39.20	5.355	1.705	384.16	190.852
30	71.27	7.5	2.03	4.28	10	106.91	7.81	0.75	1047.718	556.619
30	106.91	8.0	2.532	4.75	10	178.18	9.03	0.47	1746.164	965.397
40	142.55	8.0	3.045	5.167	10	249.46	9.917	0.417	2444.708	1413.668
50	178.18	8.0	3.506	5.507	10	320.73	10.674	0.340	3143.154	1901.893
55	196.0	8.0	3.725	5.66	5	344.18	11.167	0.167	3666.964	2188.732

(1) x	(12) $(11)/(10)$	(13) $v_2\triangle x$	(14) $v_2\triangle x/Q_1$	(15) $q\frac{v_2\triangle x}{Q_1}$	(16) (15)+(9)	(17) (16)×(12)	A	p	$R(=\frac{A}{p})$
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	1.95	6.27	0.311
10	0.497	16.425	0.461	1.643	3.348	1.664	10.11	10.004	1.011
20	0.531	35.3	0.495	1.764	2.514	1.335	16.67	12.007	1.388
30	0.553	42.8	0.400	1.426	1.896	1.048	22.50	13.621	1.652
40	0.578	47.5	0.333	1.186	1.603	0.927	27.61	14.76	1.871
50	0.605	51.67	0.290	1.033	1.373	0.831	32.35	15.783	2.05
55	0.597	55.07	0.281	1.001	1.168	0.697	34.66	16.27	2.13

(1) x	$R^{4/3}$	v^2	n^2	v^2n^2	$s_{1\cdot2}$	s	hf(=s△x)	△y+hf	y	$H_x=d_x+y_x$
0	—	—		—	—	—	—	—	—	—
1	0.211	3.332		0.000 653	0.00 3095	—	—	—	—	—
10	1.015	12.456		0.00 2441	2405	0.00 2750	0.025	1.689	1.689	3.042
20	1.548	18.306		3588	2318	2361	0.024	1.359	3.048	5.078
30	1.953	22.569	0.001000	4424	2265	2291	0.023	1.071	4.119	6.651
40	2.305	26.705		5234	2271	2268	0.023	0.950	5.069	8.114
50	2.604	30.331		5945	2283	2277	0.023	0.854	5.923	9.429
55	2.73	32.017		6275	2299	2291	0.023	0.720	6.643	10.368

따라서 $R=\frac{A}{P}$에서

$$R=\frac{32.281}{15.229}=2.126$$

$$R^{4}/_{3}=(2.126)^{4}/_{3}=2.733\ (n=0.014)$$

그러므로 $Sc=\frac{g\cdot dm\cdot n^{2}}{R^{4}/_{3}}$에서

$$Sc=\frac{9.8\times 3.743\times(0.014)^{2}}{(2.733)^{4}/_{3}}$$

$$=\frac{36.68\times 0.000196}{2.733}=0.00263$$

이 된다.

J. 側水路 末端의 斷面 計算.

施工面을 考慮하여 側水路 末端의 斷面形은 底幅 $b=8.0m$, 그리고 側面勾配 $Z_1=0.7$, $Z_2=0.3$로 決定하여 다음에 그 計劃水深을 設定하려 한다.

第八表에서 $V=4.195m/sec$, $A=46.722\ m^{2}$ 이므로

$$A=b\cdot d+(Z_1+Z_2)\frac{d^{2}}{2}$$에서

$46.722=8d+0.5d^{2}$, 故로 $d=4.547$

$$P=b+\{\sqrt{1+Z_1^{2}}+\sqrt{1+Z_2^{2}}\}d=b+2.264\cdot d$$ 에서

$P=8+2.264\times 4.547=18.294$

$R=\frac{A}{P}$에서

$$R=\frac{46.722}{18.294}=2.554,\quad R^{4}/_{3}=(2.554)^{4}/_{3}=3.490$$

따라서 $S=\frac{V^{2}n^{2}}{R^{4}/_{3}}$에서

$$S=\frac{(4.195)^{2}\times(0.014)^{2}}{(2.554)^{4}/_{3}}$$

$$=\frac{17.598\times 0.000196}{3.490}=0.000988$$

그리고 同斷面에 對한 限界水深과 限界勾配를 求해 보면 流量 $Q=196\ m^{3}/sec$ 이므로

$A=8.d+0.5d^{2}$

$T=8+d$

$dm=\frac{A}{T}$

$Vc=\sqrt{g\cdot dm}$

그리고 $Qc=Vc\cdot A$ 에서 다음과 같이 計算한다.

지금 $dc=3.70$ 로 놓으면

$A=8\times 3.7+0.5\times(3.7)^{2}=26.445$

$T=8+3.7=11.7$

$$dm=\frac{36.445}{11.7}=3.115$$

$$Vc=\sqrt{9.8\times 3.115}=5.52$$

따라서 $Qc=36.445\times 5.52=201.18$

다시 $dc=3.643$ 로 놓으면

$A=8\times 3.643+0.5\times(3.643)^{2}=35.78$

$T=8+3.643=11.643$

$$dm=\frac{35.78}{11.643}=3.073$$

$$Vc=\sqrt{9.8\times 3.073}=5.48$$

따라서 $Qc=35.78\times 5.48=196.07=196.0$

$P=b+2.264\times d$ 에서

$P=8+2.264\times 3.643=16.248$

$$R=\frac{A}{P}=\frac{35.78}{16.248}=2.202,\quad R^{4}/_{3}=2.864$$

$$Sc=\frac{g\cdot dm\cdot n^{2}}{R^{4}/_{3}}=\frac{9.8\times 3.073\times(0.014)^{2}}{(2.202)^{4}/_{3}}$$

$$=\frac{30.115\times 0.000196}{2.864}=0.00206$$

側水路 內에서는 限界流가 일어나지 않아야 하므로 側水路 內의 水流 勾配가 調節 斷面의 勾配(限界 勾配)보다 작아야 한다.

위의 計算에서 보면 側水路 末端의 限界 勾配 $Sc=0.00206$ 이 調節 斷面의 限界 勾配 ($Sc=0.00263$) 보다 작고 또 末端에서 限界 水流가 일어나지 않아야 하므로 그 水深은 限界 水深인 $dc=3.643$ 보다 크야 한다.

그리고 末端에서 常流의 水深인 $d=4.547$ 에서 그때의 水流 勾配 $S=0.000988$ 이 그 限界勾配 $Sc=0.00206$ 보다 훨씬 작으므로 側水路 末端의 水深을 $d=4.547$ 로 決定하여 計劃 洪水 流量에 對해서 側水路 內에 限界流가 일어나지 않게 한다.

K. 調節點의 標高 決定

側水路 末端과 調節點사이의 距離 l는 普通 $5m$ 以內로 하는 것이나 이 設計에서는 이미 調査된 現地 資料를 利用한 까닭에 不得이 現地 地形을 考慮하여 $l=40m$ 로써 無理한 決定을 하였다.

지금 (23)式을 써서 兩 斷面사이의 標高差를 求하면 다음과 같다.

(23)式에서

$Z+y_1+hv_1=yc+hvc+h_f+0.1(hvc-hv_1)$

여기서, $y_1=4.547$, $hv_1=0.898$, $(V_1=4.195)$

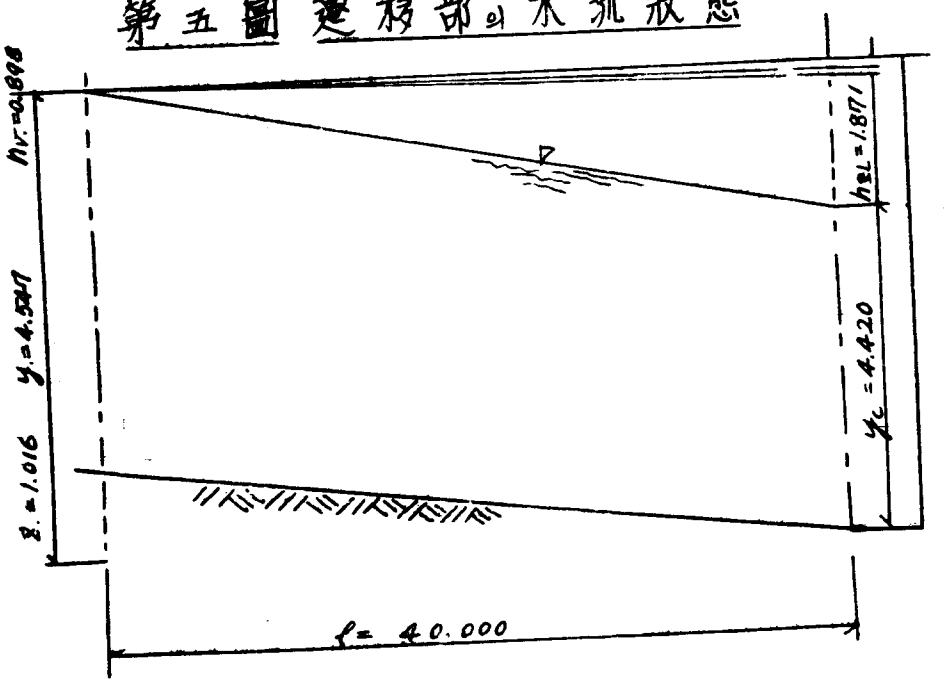
$yc=4.42$ $hvc=1.871$ $(Vc=6.056)$

$hf=0.073$ $(S_1=0.000988.\ S_2=0.002$ 63. $l=40)$

$Z+4.547+0.898=4.42+1.871+0.073+0.1\times(1.871-0.898)$, $Z=1.016$

그러므로 $Z=1.016$ 이 된다. 따라서 調節斷面의 底面 標高가 側水路 末端의 底面보다 1.016 m 낮게 設定되게 된다. (第五圖 參照)

第五圖 遷移部의 水流狀態



L. 側水路의 水深 및 水面 曲線의 決定.

앞에서 決定된 側水路 末端의 斷面을 基準으로 하여 底面 勾配 $S=0.053$에 對한 各 測點의 水深 및 水面 曲線을 決定하려 한다.

이 計算은 試算으로써 進行되며 먼저 基準 斷面의 水面에 對한 上流 斷面에서의 水面 降下量 $\triangle y_1$을 假定하여 (6)式을 써서 $\triangle y$를 計算하고 다음에 (20)式을 써서 假定된 斷面과 基準 斷面 사이의 損失 水頭 hf를 求하여 $\triangle y$와 hf의 合이 $\triangle y_1$과 一致하게 되도록 試算을 返復한다. 이러한 方法을 漸進하여 側水路의 始點에 까지 이르게 되면 各 區間의 水面 降下量의 累加로써 水面 曲線이 얻어진다.

第十二表는 이러한 方法과 順序로 計算한 結果이다. 그리고 計算의 便宜上 側水路 末端 底面의 標高를 10.0m로 假定한다.

이렇게 試算한 結果는 第十二表에 詳記되어 있다.

M. 設計의 綜合 資料

1. 標高의 決定.

側水路의 始點 $x=0$ 에서 水面 標高가 堰頂上의 溢流 水深 $h=1.50m$ 의 三分의二 卽 1.0m 까지는 許容되나 本 設計에서는 水面 勾配가 緩漫하여 堰長의 大部分이 潛流되므로 二分의一인 0.75m 까지 올라가게 鉛直 方向으로 各 測點의 水面 및 水路 底面의 標高를 平行 移動하여 第十四表 및 第六圖와 같이 決定하였다.

2. 斷面의 餘裕.

各 測點의 所要 斷面積이 一割五分의 餘裕를 갖도록 第十三表와 같이 水深에 餘裕를 주고 施工上의 便宜를 보아 第十四表와 같이 決定하였다. (第十四表에서는 假定 標高를 代置하여 堰頂에서 100.0m로 取했다. 앞으로 이 標高를 쓴다).

第十三表

$$F=\frac{\sqrt{T^2+0.3(z_1+z_2)A}-T}{z_1+z_2}$$

水 面 上 餘 裕 高 計 算 表

x	A	b	d	斷面形	z_1+z_2	$(z_1+z_2)d$	$T=b+(z_1+z_2)d$	T^2	$(z_1+z_2)A$	$0.3(z_1+z_2)A$	$T^2+0.3(\ )A$	$\sqrt{\ }$	$\sqrt{T}$	$\frac{F-\sqrt{\ }-T}{z_1+z_2}$	決定値	既水面標高	側壁標高
0	18.711	4	3.309	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	3.309	7.309	53.421	18.711	5.613	59.034	7.7	0.391	0.39	0.591	100.750	101.341
1	24.17	5.5	3.365	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	3.365	8.865	78.588	24.170	7.251	85.839	9.3	0.435	0.44	—	100.748	—
20	33.464	7.0	3.767	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	3.767	10.767	115.928	33.464	10.039	125.967	11.2	0.433	0.43	—	100.628	—
20	39.121	7.5	4.097	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	4.097	11.597	134.490	39.121	11.736	146.226	12.1	0.503	0.50	0.603	100.378	100.981
30	44.224	8.0	3.347	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	4.347	12.347	152.448	44.224	13.267	165.715	12.9	0.553	0.55	—	100.048	—
40	46.463	8.0	4.527	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	4.527	12.527	156.926	46.463	13.939	170.865	13.0	0.473	0.47	0.573	99.648	100.221
50	47 468	8.0	4.607	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	4.607	12.607	158.936	47.468	14.240	173.176	13.1	0.493	0.49	—	99.148	—
55	46.714	8.0	4.547	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	1.0	4.547	12.547	157.427	46.714	14.014	171.441	13.0	0.453	0.45	0.603	98.798	99.401
95	32.381	6	4.420	$z_1=0.3$ $z_2=0.3$	0.6	2.652	8.652	74.857	19.489	5.847	80.704	8.98	0.328	0.55	0.580	97.655	98.235

第十二表

側水路水面曲線計算表

$$\triangle y=\frac{Q_1(v_1+v_2)}{g(Q_1+Q_2)}\left(\triangle v+\frac{qv_2\triangle x}{Q_1}\right)$$

$A=b.d+0.5d^2$ $q=3.564$
$b=b+2.264d$

x	b	△y	假定地盤高	△y₁	水面標高	d	b.d	d²	0.5d²	A	Q₁	v	Q₁+Q₂	g(Q₁+Q₂)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
55	8.0	—	10.000	—	14.547	4.547	36.376	20.675	10.338	46.714	196.	4.196	—	—
50	8.0	5	10.290	0.35	14.897	4.607	36.856	21.224	10.612	47.468	178.182	3.754	374.182	3666.984
40	8.0	10	10.870	0.5	15 397	4.527	36.216	20.494	10.247	46.463	142.55	3.068	320.732	3143.1736
30	8.0	10	11.450	0.5	15.897	4.447	35.576	19.776	9.888	45 464	106.91	2.352	249.46	2444.708
—	—	—	—	0.4	15.797	4.347	34.776	18.896	9.448	44.224	—	2.417	—	—
20	7.5	10	12.03	0.5	16.295	4.265	34.12	18.190	9.095	43.215	71.25	1.649	178.16	1745.968
—	—	—	—	0.3	16.097	4.067	32.536	16.540	8.270	40.806	—	1.746	—	—
—	—	—	—	0.34	16.137	4.107	32.84	16.851	8.426	41.266	—	1.727	—	—
—	—	—	—	0.33	16.127	4.097	30.728	16.785	8.393	39.121	—	1.821	—	—
10	7.0	10	12.61	0.2	16.327	3 717	29.736	13.816	6.908	36.644	35.64	0.973	106.89	1047.522
—	—	—	—	0.25	16.377	3.767	26.369	14.190	7.095	33.464	—	1.065	—	—
1.0	5.5	9	13.132	0.2	16.577	3.445	18.948	11.868	5.934	24.882	3.56	0.143	39.20	384.16
—	—	—	—	0.12	16.497	3.365	18.508	11.323	5 662	24.170	—	0.147	—	—
0.	4.0	1.0	13.19	0.002	16.499	3.309	13.236	10.949	5.475	18.711	—	—	—	—

$\left(=\frac{v_1^2}{g}\right)$

x	$\frac{Q_1}{g(Q_1+Q_2)}$	v_1+v_2	$\frac{Q_1(v_1+v_2)}{g(Q_1+Q_2)}$	△v	$v_2\triangle x$	$\frac{v_2\triangle x}{Q_1}$	$q\frac{v_2\triangle x}{Q_1}$	$\triangle v+q\frac{v_2\triangle x}{Q_1}$	△y	h_f	△y+h_f
0	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	0.04859	7.950	0.386	0.442	20.98	0.118	0.42	0.862	0.333	0.004	0.337
40	0.04535	6.822	0.309	0.686	37.54	0.263	0.937	1.623	0.501	0.007	0.508
30	0.04373	5.42	0.237	0.716	30.68	0.287	1.023	1.739	0.412	—	—
—	—	5.485	0.24	0.651	30.68	0.287	1.023	1.674	0.402	0.404	0.404
20	0 04081	4.066	0.166	0.768	24.17	0.339	1.028	1.976	0.328	—	—
—	—	4.163	0.170	0.671	24.17	0.339	1.028	1.879	0.319	—	—
—	—	4.144	0.169	0.69	24.17	0.339	1.028	1.898	0.321	—	—
—	—	4.238	0.173	0.696	—	—	—	1.904	0.329	0.003	0.332
10	0.03402	2.704	0.092	0.758	18.21	0.511	1.821	2.579	0.237	—	—
—	—	2.886	0.098	0.756	—	—	1.821	2.579	0.253	0.001	0.254
1.0	0.00927	1.208	0.011	0.923	9.585	2.692	9.594	10.494	0.115	—	—
—	—	1.212	0.011	0.918	—	—	—	10.512	0.116	—	0 116
0.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

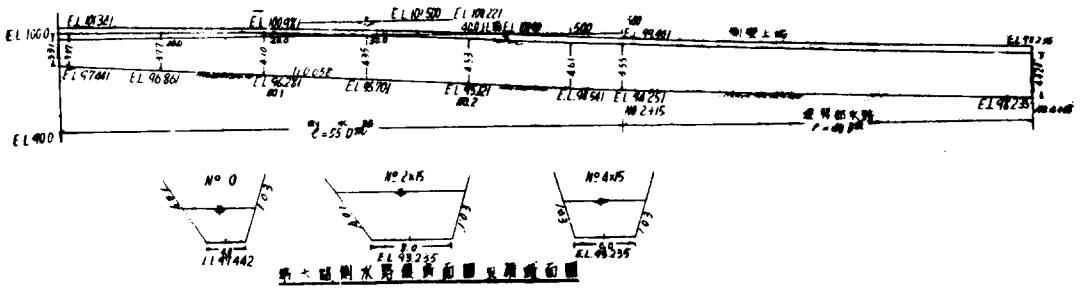
힌즈의 方法에 依한 側水路計算法 및 鶴沙坪 貯水池 餘水吐 放水路 斷面計算書

x	$\frac{\Delta y_1-(\Delta y+hf)}{26}$	2.264d	P	R	R4/3	v^2	v^2n^2	S_1	$\frac{S_1+S_2}{2}$	$hf=s^1\Delta x$
55	—	10.294	18.294	2.554	3.49	17.606	0.003451	0.0009888	—	—
50	0.013	10.43	18.43	2.576	3.53	14.093	0.002762	0.0007824	0.0008856	0.004
40	— 0.008	10.249	18.249	2.546	3.475	9.413	0.001845	0.0005309	0.0006567	0.007
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	— 0.004	9.842	17.842	2.479	3.354	5.842	0.001145	0.0003414	0.0004362	0.004
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	— 0.002	9.276	16.776	2.332	3.092	3.316	0.000650	0.0002162	0.0002758	0.003
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	— 0.004	8.528	15.528	2.155	2.783	1.134	0.0002223	0.0000799	0.0001451	0.001
1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0.004	7.618	13.118	1.843	2.259	0.022	0.0000043	0.0000019	0.0000409	0
0.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

第十四表

設 計 資 料

測 點	斷面形	底 幅	底面勾配	地盤標高	水面標高	堰頂標高	計畫水深	餘裕高(F)	備 考	壁 高
0	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	4.0	0.058	97.441	100.750	1.00	3.309	0.591	始 點	101.341 (3.9)
1	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	5.5	0.058	97.383	100.748	1.00	3.365	—		—
10	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	7.0	0.058	96.861	100.628	1.00	3.767	—		—
20	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	7.5	0.058	96.281	100.378	1.00	4.097	0.603		100.981 (4.7)
30	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	8.0	0.058	95.701	100.048	1.00	4.347	—		—
40	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	8.0	0.058	95.121	99.648	1.00	4.527	0.573		100.221 (5.1)
50	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	8.0	0.058	94.541	99.148	1.00	4.607	—		—
55	$z_1=0.7$ $z_2=0.3$	8.0	0.0254	94.251	98.798	1.00	4.547	0.603	末 端	99.401 (5.15)
95	$z_1=0.3$ $z_2=0.3$	6.0	0.0027	93.235	97.655	1.00	4.420	0.580	調節斷面	93.235 (5.00)



그리고 餘裕高 F를 算出하는 基本式으로 다음의 式을 썼다. (斷面積 餘裕 一割五分인境遇)

卽.

$$F=\frac{-T+\sqrt{T^2+0.3(Z_1+Z_2)A}}{Z_1+Z_2}$$

에기서, F ; 水深의 餘裕

T ; 水面幅 〔$=b+(Z_1+Z_2)d$〕

Z_1, Z_2 ; 側面 勾配.

以上과 같이 하여 計劃 洪水 流量 $Q=196\ m^3/sec$ 이고 堰長 $l=55.0m$ 인 側水路의 設計計算은 終結되었으며 다음에는 調節 斷面의 下流에 接續하는 急流工의 計算을 하려 한다.

N. 急流工의 設計.

1. 現地 調査圖를 參酌하여 調節點의 下流에 있어서 掘鑿量을 最小로 하기 위해서 底面 勾配를 0.0027, 0.1, 그리고 0.2로 하여 第十五表와 같이 試算하고 各 測點의 水深과 流速 그리고 餘裕高를 決定한다. 이 計算에 있어서는 베르누이의 定理를 適用하였다.
2. 急流工 末端의 放射部 計算에는 다음의 式을 쓴다.

$$\begin{cases} y=x\tan\theta+k\cdot x^2/4hv\cos^2\theta \quad (K\leqq 0.5) \\ S=\tan\theta+kx/2hv\cos^2\theta \\ \theta=\dfrac{1}{3F}, \quad F=\dfrac{V}{\sqrt{g\cdot dm}} \end{cases}$$

여기서, $\theta=\tan^{-1}0.2=11^0-19^1$

$$\cos^2\theta=(0.9805576)^2=0.961$$

$$hv=\frac{V^2}{2g}=\frac{(13.790)^2}{19.6}=9.702$$

따라서 縱斷 曲線은 다음과 같이 된다.

$$y=0.2x+0.0134x^2$$

x	2	4	6	8	10	12	14
y	0.454	1.014	1.682	2.458	3.340	4.330	5.426

다음에 勾配를 檢定해 보면

$S=0.2+0.0267\ x$ 에서

$x=10$, 이면

$$S=0.2+0.0267\times 10=0.467\fallingdotseq 0.461$$

$\left[\dfrac{83.827-79.676}{19-10}=0.461\right]$ 이 되므로 *No.* 8+10 에서 勾配 0.46 인 直線 斜面을 設定한다.

또 放射部 19.0*m* 區間에 있어서 水路幅의 擴大率을 計算하면

$$\tan\theta=\frac{1}{3F}, \quad F=\frac{V}{\sqrt{g\cdot dm}} \text{에서}$$

$$F=\frac{13.79}{\sqrt{9.8\times 2.14}}=\frac{13.79}{4.57}=3.018$$

$$\tan\theta=\frac{1}{3\times 3.018}=0.11$$ 이 되므로

No. 9 에 있어서 水路幅은

$$B=6+0.11\times 19\times 2=10.18\fallingdotseq 10.0$$

卽 10.0*m*로 된다.

3. 放射部 下流의 水褥工은 下流의 地形으로 보아 安全할 것이므로 圓形의 *deflector*를 設置하기로 한다.

第十五表　　急流工計算表　　$Q=196.0$　　$A=b.d+0.3d^2$

$n=0.014$ ($n^2=0.000196$, $P=b+2.088d$

測點	(l) 點間距離	(s) 底面傾配	(b) 底幅	(d) 水深	b.d	d^2	$0.3d^2$	A	2.088d	P
No.4+15	—	—	6	4.42	—	—	—	32.381	—	15.229
No. 6	25	0.0027	6	4.41	26.46	19.448	5.834	32.294	9.208	15.208
No. 7	20	0.1	6	3.4	20.4	11.56	3.468	23.868	—	—
—	—	—	—	3.0	18	9	2.7	20.7	—	—
—	—	—	—	2.6	15.6	6.76	2.028	17.628	—	—
—	—	—	—	2.8	16.8	7.84	2.352	19.152	5.846	11.846
—	—	—	—	2.79	16.74	7.784	3.335	19.075	5.826	11.826
No. 8	20	0.2	6	2.15	12.9	4.623	1.387	14.287	4.489	10.489
—	—	—	—	2.13	12.78	4.537	1.361	14.141	—	—
—	—	—	—	2.12	12.72	4.494	1.348	14.068	4.427	10.427
—	—	—	—	2.14	12.84	4.58	1.374	14.214	4.468	10.468

測點	R	R_m	$R_m^{4/3}$	$v\left(=\frac{Q}{A}\right)$	v_m	v_m^2	$\frac{V_{1\cdot2}^2}{19.6}=h_v$	$s.l=hg$	$v_m^2n^2$
No.4+15	2.126	—	—	6.056	—	—	1.871	0.068	—
No. 6	2.123	2.125	2.731	6.069	6.063	36.754	1.879	2.0	0.007204
No. 7	—	—	—	8.212	—	—	3.441	—	—
—	—	—	—	9.469	—	—	4.575	—	—
—	—	—	—	11.119	—	—	6.308	—	—
—	1.617	1.870	2.303	10.234	8.152	66.455	5.344	—	0.013025
—	1.613	1.868	2.300	10.276	8.173	66.798	5.388	4.0	0.013092
No. 8	1.362	1.488	1.699	13.719	11.988	143.952	9.603	—	0.028215
—	—	—	—	13.861	—	—	9.802	—	—
—	1.349	1.481	1.688	13.933	12.105	146.531	9.904	—	0.028720
—	1.358	1.486	1.696	13.79	12.033	144.793	9.702	—	0.028379

測 點	$v_m^2n^2l$	$\frac{v_m^2n^2}{R_m4/3}l=hf$	$d_1+\frac{v_1^2}{2g}+hg$	$d_2+\frac{v_2^2}{2g}+hf$	備 考	底面標高	水面標高	側壁高
No.4+15	—	—	6.359	—	—	93.235	96.655	98.239
No. 6	0.180	0.066	8.307	6.355	O.K	93.167	97.577	98.167
No. 7	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0.260	0.112	—	8.266	—	—	—	—
—	0.262	0.114	12.178	8.292	O.K	91.167	93.957	94.467
No. 8	0.564	0.332	—	12.086	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0.574	0.340	—	12.364	—	—	—	—
—	0.567	0.334	—	12.176	O.K	87.167	89.307	89.767

(끝)

(筆者; 農林部 農地管理局 技監)