

減勢工設計에 對하여

趙 鏞 七

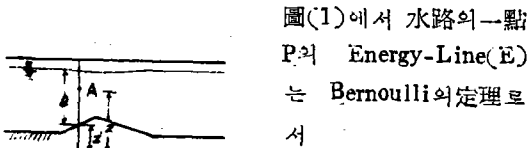
緒 論

減勢工의設計에 있어서 過去에는 水理學上 解明이 完全치 않았으므로 이것에對하여 個人 個流의 設計로서 議論의焦點이 되어왔으며 이에따른 不分明한 混雜과 때로는 認知할수없는 反對現象等이 存在하였었다.

이에對하여 數 많은 模型實驗과 또施工後의 原型에서의 觀測으로 얻은 跳水(Hydraulic jump)의 公式決定 및 各種跳水の 形態와 觀察等이 分明히 되므로써 經濟의이며 合理的인 減勢工設計를 할수있게되었다.

1.. 常流와射流(Ordinary Flow and Jet Flow)

i 限界水深과限界流速(Critical Depth and Critical Flow)



$$E = Z + \frac{P_1}{W_0} + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$P_1 = W_0(D + Z' - Z)$$

V_1 : P點의 流速

Z : 基準面부터 P까지의高

P_1 : P點에있어서의 水壓

上記斷面에서 平均流速을 V 로하면 다음式이 成立된다.

$$E = D + Z + \alpha \frac{V^2}{2g} \dots (1) \quad (\alpha \approx 1.11) \text{水路}$$

橫斷面에있어서 實際의 流速과 平均流速의 差로서 一般의境遇는 實際의 流速이 平均流速의 1.11배

上記(1)式의 E 는 比Energy (Specific Energy)

라고하며 Z 가 一定한것은

$$E = D + \alpha \frac{V^2}{2g} \text{로서 表示할수있다.}$$

長方形水路斷面에서

$$Q = AV = A \sqrt{\frac{2g}{\alpha} (E - D - Z')} \dots (2)$$

限界水深이라함은 一定한 Q 를 流下하는데 E

가 最小值가되는 水深을말하며 換言하면 附與된 E 로서 最大의 Q 를流下시키는 水深을말한다.

$$\text{그러므로 } E = \text{一定} \quad \frac{\partial Q}{\partial h} = 0 \text{로하면}$$

長方形斷面水路에서 $A = b \times D$ 가되므로 限界水深, 限界流速을各其 D_c, V_c 로하면

$$D_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} \quad V_c = \sqrt[3]{\frac{gQ}{ab}} = \sqrt[3]{\frac{gD_c}{\alpha}} \dots (3)$$

$$Fr = \frac{V_c}{\sqrt{gD_c}} = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \approx 1 \quad Fr: \text{限界Froude Number}$$

이 Froude Number $Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$ 는 水理模型實驗에서 粘性, 表面張力, 彈性力이 無視되는 흐름에서 速度 V 를 \sqrt{L} 長에比例한 力學的相似를 가지게한것으로서 이것을 Froude의 相似則이라한다.

ii 限界勾配

常流의 狀態로 흐르는 흐름이 勾配를 漸次 變化하여 水深이 적게되어갈때 어떤勾配에서 限界水深에 達하게되며 그흐름은 射流로變한다. 이때의 勾配를 限界勾配(I_c)라稱한다.

長方形水路에서 $A = bD$ $R \approx D$ 으로보면 Chezy型 公式으로부터

$$Q = A_c \sqrt{RI} \quad Q: \text{流量 } b: \text{水路幅}$$

$$Q = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad A: \text{水路斷面積 } C: \text{Chezy의係數}$$

I : 水面勾配

上式에서 徑深 $R = D$ 로하면

$$Q = bDC \sqrt{DI} \quad Q = bD \frac{1}{n} I^{\frac{1}{2}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{그러므로 } D^3 = \frac{Q^2}{b^2 C^2 I} \text{ 또는 } D^{\frac{5}{3}} = \frac{nQ}{b \sqrt{I}}$$

$$(3) \text{式限界水深 } D_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} \text{에서 } D_c = D \text{ } I_c = I \text{로써}$$

$$D^3 = \frac{\alpha Q^2}{gb^2} = \frac{Q^2}{b^2 C^2 I} \therefore I_c = \frac{g}{\alpha C^2} \dots (4)$$

(4)式은 限界勾配를求하는 Chezy型式이다.

以上으로서 常流와 射流을 簡略表示하면

水深 流速 勾配 速度水頭
 常流 $D > D_c$ $Fr < 1$ $1 < g/\alpha C^2$ $V^2/2g < \frac{D}{2}$
 射流 $D < D_c$ $Fr > 1$ $1 > g/\alpha C^2$ $V^2/2g > \frac{D}{2}$

渦流狀態로서 흐르는 水流의 勾配에 있어서 緩勾配로부터 急勾配로 變換境遇 緩勾配의 水流의 水深은 크며, 또 물의 各分子의 運動은 不整하다. 이러한 흐름을 常流라한다. 또 水流는 常流의 狀態로부터 急한 勾配로 變化하면 水流의 流速은 크게 되는一方 물의 各分子의 運動은 漸次 整流로 된다. 이러한 물의 흐름을 射流라한다.

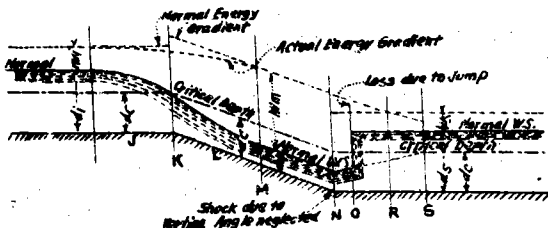


圖 2

2. 跳水現象

i 跳水の 公式

射流에서 常流로 變할時 水深이 急激히 增大하며 그로因하여 渦流가 생긴다. 이現象을 跳水現象이라한다.

圖(3)에서 그檢査面 (I) (II)을 區分하여 流速을 V_1 V_2 全靜水壓을 P_1 P_2 라하면 衝力理論으로부터

$$\frac{WQ}{g}(V_2 - V_1) = P_1 - P_2, \quad P_1 = \frac{W_0}{2} D_1^2, \quad P_2 = \frac{W_0}{2} D_2^2$$

$$Q = V_1 h_1, \quad V_2 h_2 = V_1 h_1$$

$$\frac{W_0 V_1 D_1}{g}(V_2 - V_1) = \frac{W_0 D_2^2}{2} - \frac{W_0 D_1^2}{2}$$

$$\frac{V_1}{g} \frac{D_1}{D_2} \left(\frac{D_1}{D_2} V_1 - V_1 \right) = \frac{1}{2} (D_1^2 - D_2^2)$$

$$\frac{V_1^2 D_1}{g} \left(\frac{D_1}{D_2} - 1 \right) = \frac{1}{2} (D_1^2 - D_2^2)$$

$$\frac{V_1^2 D_1}{g} \left(\frac{D_1 - D_2}{D_2} \right) = \frac{1}{2} (D_1 - D_2)(D_1 + D_2)$$

$$\frac{V_1^2 D_1}{g D_2} = \frac{1}{2} (D_1 + D_2), \quad \frac{2V_1^2 D_1}{g} = D_1 D_2 + D_2^2$$

$$D_1 D_2 + D_2^2 - 2 \times \frac{V_1^2 D_1}{g} = 0$$

$$D_1 = -\frac{D_2}{2} + \sqrt{\frac{D_2^2}{4} + \frac{2V_1^2 D_1}{g}} \quad \dots\dots(5)$$

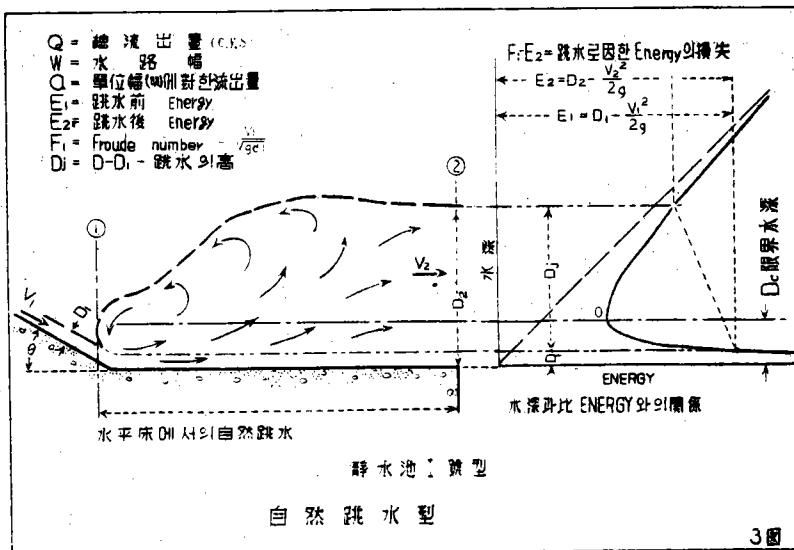
$$D_2 = -\frac{D_1}{2} + \sqrt{\frac{D_1^2}{4} + \frac{2V_1^2 D_1}{g}} \quad \dots\dots(6)$$

(6)式은 流入速度 V_1 및 水深 D_1 을 代入함으로써 그의 跳水深 D_2 을 알수있는 公式이다. 이를 圖表化한것이 圖(4)이다.

(6)式을 다음과같이 變形하여

$$D_2 = -\frac{D_1}{2} + \sqrt{\frac{D_1^2}{4} + \frac{2V_1^2 D_1}{g}}$$

D_1 을 左邊으로 移項하여, $Fr^2 = \frac{V_1^2}{g D_1}$ 로서代 入하면



3圖

U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE

FORMULA

$$Q = \frac{V_1^2}{2} + \sqrt{\frac{D_1^3}{2} + \frac{2V_1^2 D_1}{g}}$$

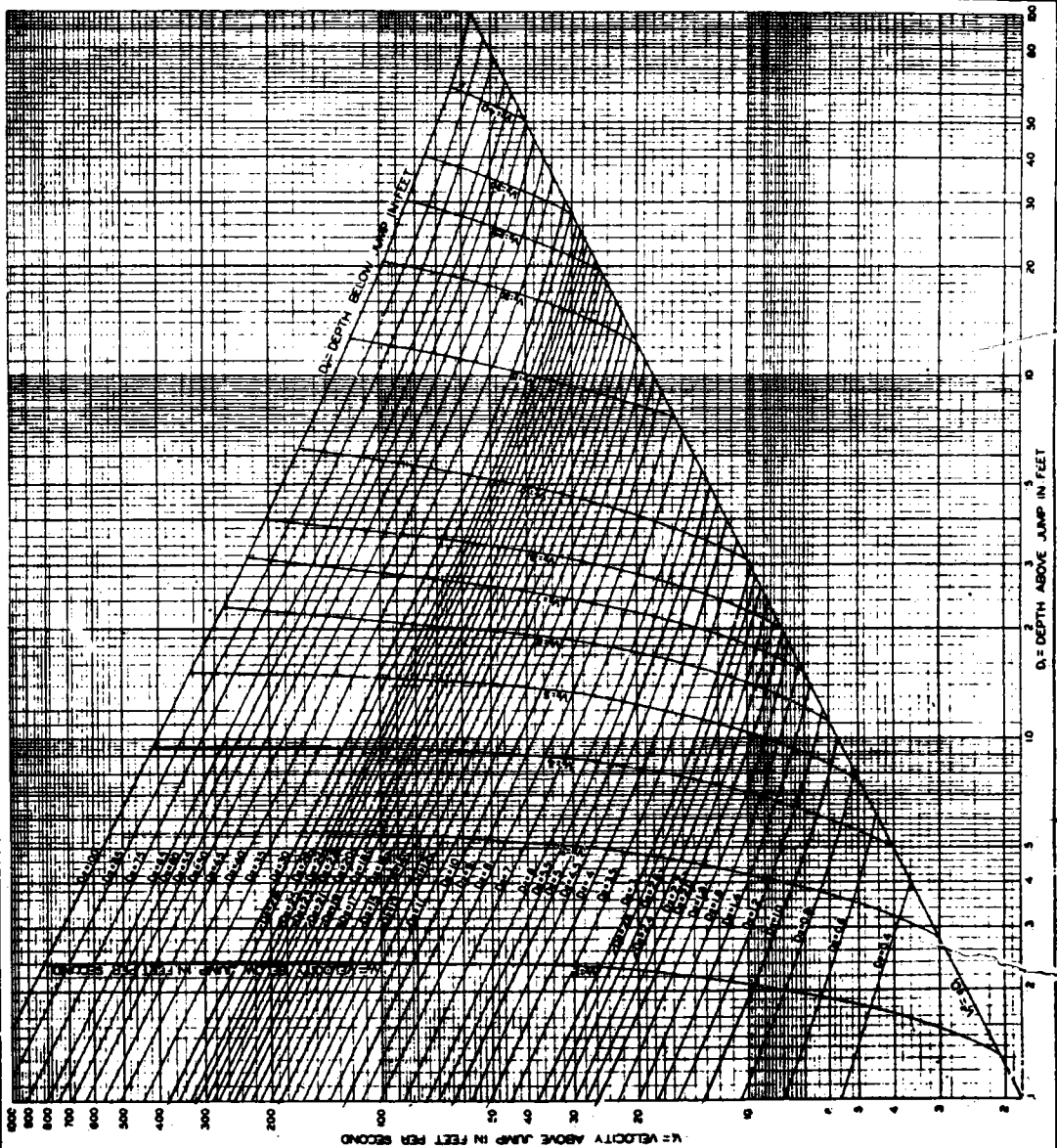
EXPLANATION

- V₁ = VELOCITY ABOVE THE JUMP
- D₁ = DEPTH ABOVE THE JUMP
- V₂ = VELOCITY BELOW THE JUMP
- D₂ = DEPTH BELOW THE JUMP



RELATIONS BETWEEN VARIABLES
IN HYDRAULIC JUMP
FOR RECTANGULAR CHANNEL
BASED ON THE MOMENTUM FORMULA

DESIGNED BY THE
U.S. ARMY
ENGINEERS
OFFICE OF THE
CHIEF OF ENGINEERS
WASHINGTON, D.C.



4

$$\frac{D_2}{D_1} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{4} + 8Fr^2} \quad \text{또는} \quad \frac{D_2}{D_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1) \dots\dots\dots (7)$$

跳水前後의 水深 D_1 , D_2 를 서로 共軛水深

(Conjugate depths)이라고하며 式에서보는바와 같이 Fr 數의 函數이다.

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{gD_1}} \text{에 對한 } \frac{D_2}{D_1}$$

比率의 線을 圖表化한 것이 圖表(5)이며 거기서보는바와같이 $\frac{D_2}{D_1}$ 比率의 線은 下位部分을 除外하고는 事實上 直線인 것이다.

ii 跳水의 長 (Length of Jump)

跳水의 長을 測定하는 것은 大端히 어려운 것이며 Chutes나 또는 溢流堰(Overfalls)의 境遇 圖表(3)과 같이 跳水는 檢査面(1) 卽 水平床과 Chutes의 交叉點에서 始作되며 그 길이는 實質面에서 콩크리트面의 終點 卽 콩크리트兩壁의 終點이 되는點이다.

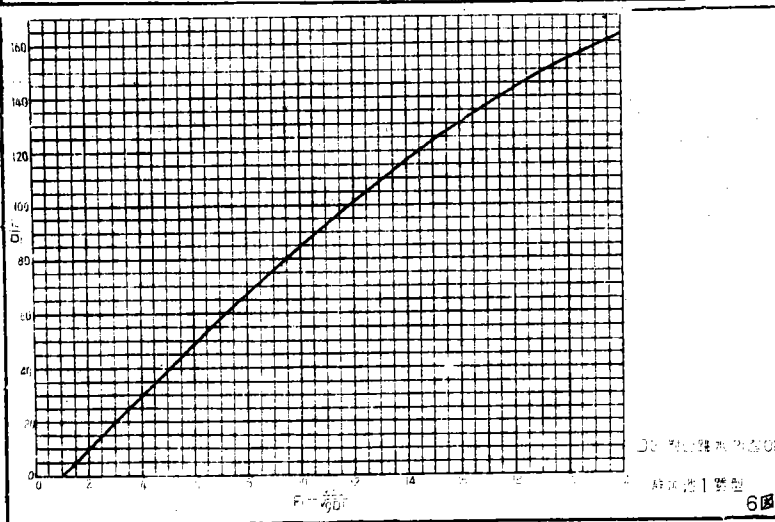
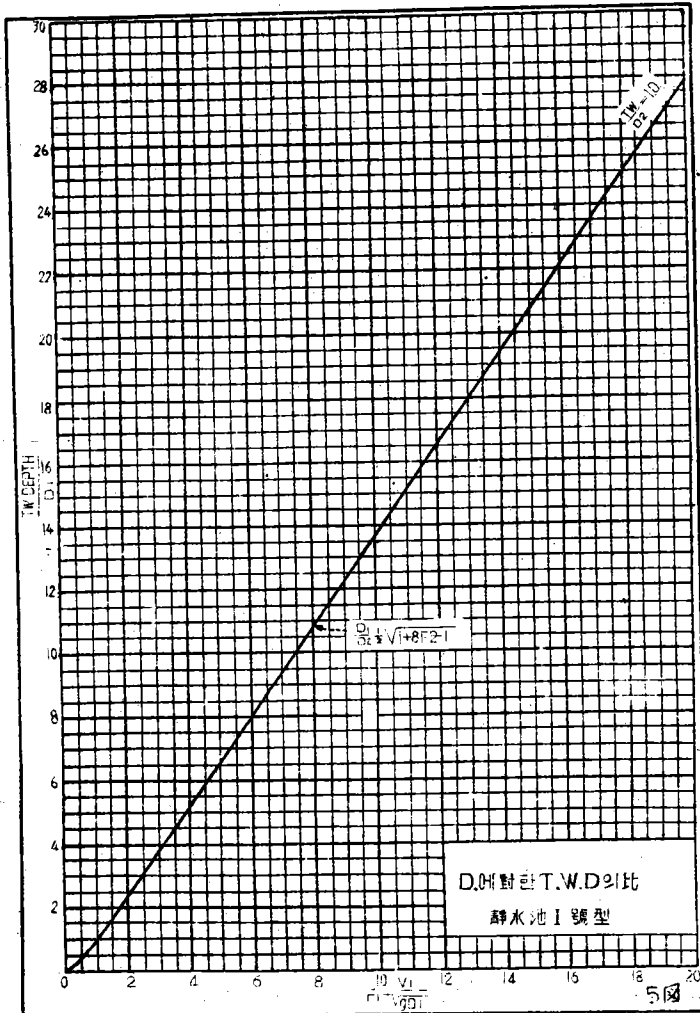
跳水의 長을 測計하는데 두가지 方法이 있으며 그(1)은 圖表(6)에서 보는바와같이 Fr 數에 對하여 L/D_1 의 比率를 表示한 것이며 그(2)의 方法은 Fr 數에 對한 L/D_2 의 比率를 表示한 것으로 前者(1)의 方法이 더 나은 것으로 되어 있다.

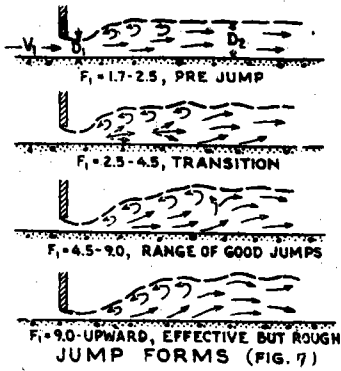
iii 跳水의 型態

水平床에서 생기는 跳水의 形態는 (圖7)과 같이 最小限 四種으로 分明히 區分될 수 있다. 이것들은 그들이 갖는 跳水의 特性과 Energy의 消耗等이 各其 다른 것이다.

A : $Fr = 1.7 \sim 2.5$

이사이의 Fr 數에 있어서는 跳水는 形成되지 않으며 Fr 數 1.0~1.7에서의 D_1 , D_2 의 共軛水深의 差는 거의 없고 若干의 粗曲한 水表面을 나타낸다. Fr 數 1.7~2.5사이에는 그림과 같이 水表面은 平坦하고 또 그流速도 大體적으로 同一하며 Energy의 損失도 적으므로써 粗





遇는 水路工作物, 頭首工(Diversion dams) 또는 樋管等에서 우리가 자주 取扱되는 것이며 그取扱에 慎重을 期하여 할것이다. 그림과같이 그振動이 水路底부터 全面的으로 水表面까지 일어나며 水路에있어서는 數哩間이나 그波狀을 일으켜 土工 또는 護岸工等を 損傷시킨다. 이間的 Fr數에對한 工作物設計方法은 後로미루고 여기에對한粗柱 또는 그에附隨되는 工作物等の 設置는 過히 效果의인것은아니다.

C Fr=4.5~9

이範圍의 跳水是 安定이되어 特別히 어려운問題도없으며 粗柱와齒闕(Sill)을 設置함으로써 靜水池의깊이를 짧게하는데 效果의인것이다.

D Fr=9以上

이範圍는 V_1 이 大端히 많으며 D_1 이 比較的 적은지라 共軛水深의 差가 많다. 이 高速度의

柱(Baffle Blocks)의 設置 또는 特別한考 慮도 必要치 않으며 圖表 6에서 求하여 지는 靜水池의 길이만있 으면 된다.

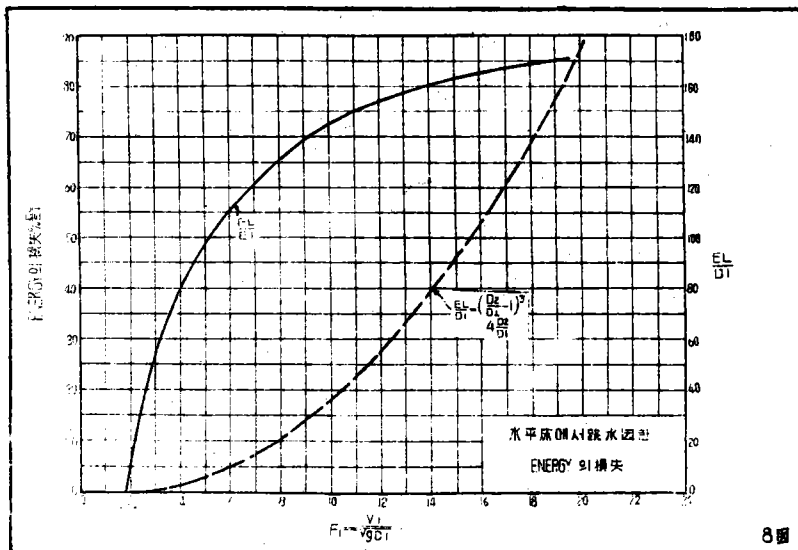
B Fr= 2.5~4.5

이사이의境

jet는 跳水의 全般에걸쳐서 作用되는것은 아 니며 下流 放水路水深(Tail Water Depth)에 敏感하여진다. Fr數가 最小限 8以上이되면 共 軛水深보다 많은 下流放水路水深이 된다. Fr數 10以上이되면 靜水池構造物은 經濟的인것이아 틀되며 共軛水深의 差가 많음으로써 靜水池의깊 이가 깊어지며 높은擁壁이 必要하다.

IV 跳水로因한 Energy의 消耗

跳水內에서 Energy의 消耗는 突入射流水脈 과 下流側常流間에 存在하는것으로서 이突入 射流가 가지는 高速流의 Energy를 可及的速 히 消耗시키므로써 下流側河床洗掘作用을 防 止하자는것이 靜水池(水堀工)設置의 目的인것 이다. 그러면 跳水型態과 Energy의 消耗程度 에對하여 Bakhmeteff 및 其他人에依하여 알려 진바에 依하면 下流側常流水深이 共軛水深과같 을때 그水勢를 短區間으로서 減殺하게되며 共 軛水深보다 깊을때는 潛流에 가가워지며 自 由噴流擴散型의 流速分布가되어 射流區間및混 合領域이 若干 延張되는 것이다. 이와反對로 共軛水深보다 얕을때에는 射流水脈이 露出되 어 그流入流速은 減小되지 아니하고 波狀跳 水を 發生하여 洗掘範圍는 相當히 廣範圍에 미치게된다. 이와같이 그突入射流가 가지는莫 大한 Energy를 減殺함에는 共軛水深과同一한 靜水池(水堀工)를 設置하여 完全跳水を 發生 시켜 運動 Energy를 過運動 Energy로 變換하 며 道熱의 Energy로 轉化하는것이다.



跳水前後間에서 消耗되는 Energy는 다음式과 같다.

$$E_1 = D_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad E_2 = D_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$q = V_1 D_1 = V_2 D_2$$

E_1 : 跳水前 Energy E_2 : 跳水後 Energy

q : 單位幅當流量

V_1, V_2 : (I) (II)斷面에서의流速

D_1, D_2 : 跳水前後의水深

上記式은 代入하므로써 다음式으로 改め진다.

$$E_1 = D_1 + \frac{q^2}{2gD_1} \quad E_2 = D_2 + \frac{q^2}{2gD_2}$$

跳水에依한 Energy의 消耗는

$$E_1 - E_2 = \frac{(D_2 - D_1)^3}{4D_1 D_2} \dots \dots \dots (8)$$

다음에 Fr數에依한 Energy 消耗程度를 圖表化한것이 圖表(8)인것이다. 이圖表에서보면 Fr數=2.0에있어 卽 적은 流入速度이며 그水頭가 높은 jet로서 流入되는 跳水의 Energy의 消耗度는 全Energy에對하여 7%程度가 消耗될뿐이다. 그와反對로 Fr數19의 境過를볼때 水頭가 적은 Jet이며 高流速으로 流入되는 이跳水에 있어서는 85%程度의 Energy가 消

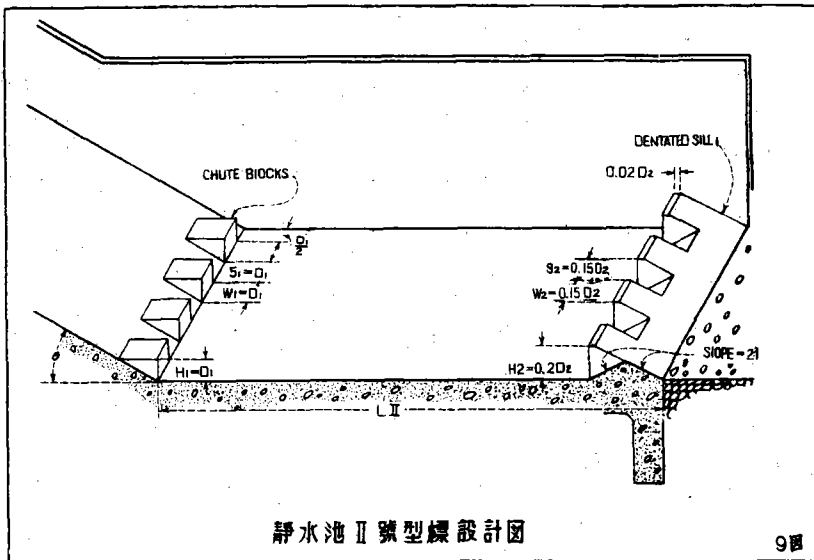
耗되는것이다.

3 高堰堤(Concrete dam) 및 土堰堤餘水路에 對한 靜水池設計(靜水池 II號型)

i 一般事項

이 II號型의 靜水池設計는 高堰堤 및 土堰堤餘水路에있어서 普通 設計되는것으로서 自然跳水의全長을 靜水池水平床으로取함은 不經濟이므로 流入上流側에 Chute blocks와 下流側에齒闊 dentated Sill을 設置하여 跳水型態를 變更修正함으로써 靜水池長이 짧게되는 構造物인것이다. 이構造物에對한 (I) 設計를 一般化하며 (2) 이構造物로서 가장適合한 作用範圍를 決定하기爲하여 여러水理試驗所와 各其 다른 사람에依하여 23個年以上の 長時日에걸친 模型實驗과 또 美內務省開拓局에서 이를 設計施工하여 設計者나 또는 試驗者相互間에 下揭表의 各部分에關해서 意見이 一致되었으며 然故로 理想的인 靜水池標準設計型(II)로써 擇하게된것이다.

下揭表는 土堰堤 적은 溢流堰 및 大水路作物物等の 36個靜水池에關한 模型實驗觀測이며 其中 大, 小 平均만을 拔擧한것이다.



	1	2	3	落 差 H 貯水水位부터放水 路下流水面까지	5	最大 洪水 量 cf/s	靜水池幅 B	流量 ft g/ft	流速 V-ft/sec
最 大				170		458,000	1197.5	780	108
最 小				14		1,200	20	52	38
平 均				85		58,541	178.5	265	73

	水深 D=ft 10	Froude Number Fr= $\frac{V_1}{\sqrt{gD_1}}$	放水路水深 T.W.D. ft 15	$\frac{T.W.D}{D_1}$ 13	共軛水深 D ₂ 14	$\frac{T.W.D}{D_2}$ 15	靜水池長 L 16	$\frac{L_2}{D_2}$ 17	傾斜角度 水平床斗 急水路
最大	8.80	22.00	60.	21.40	62.	1.67	180	4.93	34
最小	0.60	4.31	12	6.00	11.5	0.73	27	1.61	14
平均	3.47	7.67	31.	10.00	32.	0.99	90	2.90	25

Chute blocks						齒 閘 End Sill						中間粗柱 baffle blocks									
型	高 h_1	$\frac{h_1}{D_1}$	幅 W_1	$\frac{W_1}{h_1}$	$\frac{W_1}{S_1}$	設置地點	h_2	$\frac{h_2}{D_2}$	W_2	$\frac{W_2}{h_2}$	$\frac{W_2}{S_2}$	設置地點	高ft	高 D_2	幅ft	幅高	幅間				
19	ft	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
最大	14.3	2.72	13.00	1.67	1.91	1.0	14.3	0.37	13	1.25	1.91		0.73	5.0	0.28	3.75	1.44	1.0			
最小	1.0	0.81	1.67	0.44	0.95	0.65	1.0	0.08	1.33	0.33	1.00		0.71	2.41	0.12	2.25	0.75	1.0			
平均	4.59	1.35	3.37	0.97	1.15	0.97	6.43	0.20	2.62	0.76	1.13		0.72	3.55	0.15	2.84	1.06	1.0			

表에서 보는바와같이 平均洪水量=58.541c
呎³/秒의물이 靜水池水平床과 25°를가진 急水路에서 大體的으로 3.47呎=1.05m의 水深으로서 靜水池에 流入된다는것은 從來 우리나라 設計施工해오던 構造와는달리 設計되어야한다 $\frac{T.W.D}{D_1}$ 의 比가 最大=21.40에서 最小=6.00이며 平均=10.00일진대 跳水後水深D₂는 圖表(6)에서도 求해지는바와같이 射流의 Froude數와 流入水深D₁에 基因되는바 流入水深D₁이 적다는것은 跳水後水深D₂를 적게하기 爲한것으로서 이로인한 靜水池兩壁과 共軛水深掘鑿 따라서 $\frac{\text{靜水池長}=L}{\text{跳水後水深}=D_2}$ 에서 얻어지는 靜水池長의 長短에影響하는바 크므로 이의經濟面을 考慮한것이라하겠다.

ii Baffle blocks

이靜水池型Ⅰ號에서는 靜水池에突入되는 流速이 最大 108ft=33m 最小 33ft=11.6m 平均 73ft=22. m나되는 高流速인故로 設置하지 않으며 다음에論하는 靜水池Ⅱ號型에 適合할 것이다.

iii Chute Blocks 이 blocks는 射流가 靜水池에 突入되는部分에 設置하는것으로서 突入水深에따라 크기와 間隔이달리며 이大部分이 鋸齒狀인 構造이며 卽이 block가 靜水池水平床으로부터 部分的으로 凸上됨으로써 跳水脈을 波狀型으로 造成하여 이로하여금 跳水의長이 短縮되는것이다. 表에서보면 $\frac{h_1}{D_1}$ 의 比가 最大 2.72, 最小 0.81, 平均 1.35로 되어있으나 이는 討論의焦點이다. 이에對한 檢證試驗을 別記한바 D₁와 同等한高로써 充分한것이 分明히 되었다.

IV 放水路水深 (Tail Water Depth)

圖表(10)에서 直線은 $\frac{D_2}{D_1} = \frac{1}{2}(\sqrt{1+8F^2}-1)$ 의 跳水公式에 依한것으로써 共軛水深을 말하는것이며 前圖表(5)와 같은것이다. 點線(四個線)은 共軛水深에對한 $\frac{T.W.D}{D_1}$ 을 點描한것이며, 太點線은 水塀工構造型에따른 $\frac{T.W}{D_1}$ 의線이다. 大部分의 水塀工設計에있어 共軛水深이나 또는 그以下로서 設計되며 水塀工Ⅰ型의 $\frac{T.W}{D_1}$ 線은 0.94D₂~0.98D₂에 接近되는線이며 安全의範圍는 中間部位가 가장 많다. T.W.D는 安全을取하여 共軛水深보다 若干 많은것이 좋으며 最小限 D₂의 5%보다 적어서는안된다.

V 水塀工의長

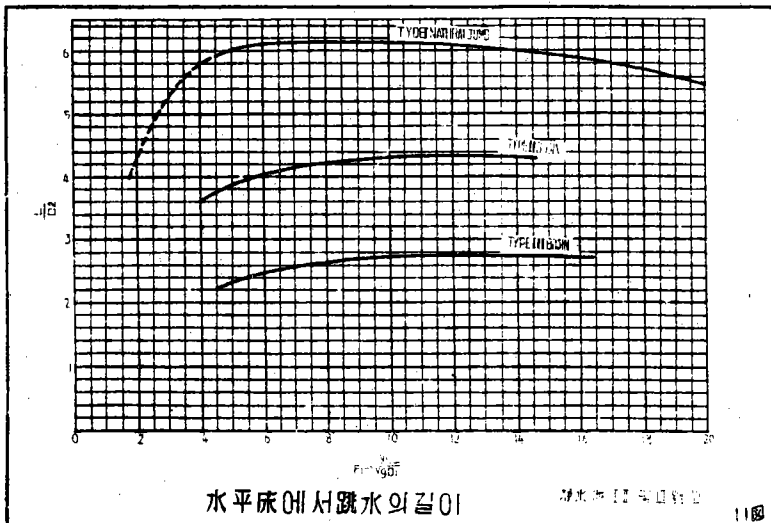
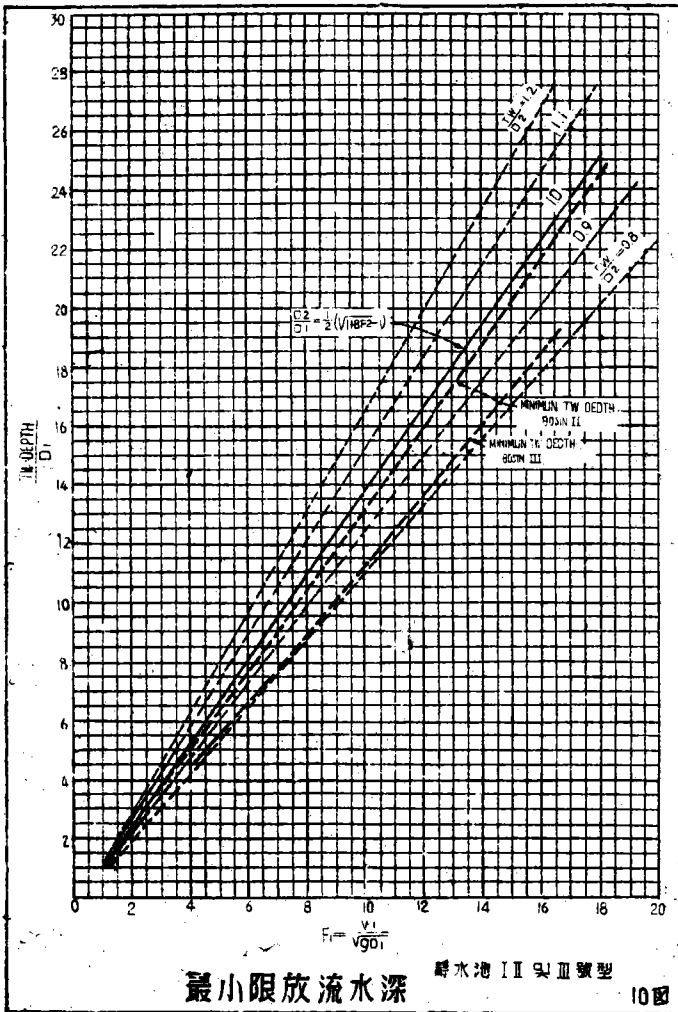
圖表11의中間線이 靜水池Ⅰ號의 $Fr = \frac{V_1}{\sqrt{gD_1}}$ 에 對한 $\frac{L}{D_1}$ 를 表示된것이며 Fr數=4로서 停止된것은 그以下 Fr數에있어서는 跳數가 不確實하기때문에 任意로 終結하였으며 Chute blocks의 設置는 Fr數 4.5以上이면 그길이의 減縮과 또 跳水의安定이 圖謀되었다. Fr數4以下(頭首工 및 水路工作物)에 對하여는 別途論하기로 한다.

VI 跳水斷面

靜水池水平床의 揚壓力을 計算하기 爲하여 跳水面이 測定되었으며 이跳水面은 너무나 急速히 變動하므로 高度의 精密을 示顯하기는 難한것이며 大體的인 線을 測定한것이다. 이線은 水平에對하여 α角인 直線으로 近似하게 接近되는것이며 同時에 水壓力面으로도

생각할 수 있는 것이다.

檢證試驗에서 觀測된 α 角은 Froude數에對



해서 測計된 것이며 圖表12와같다 그勾配는 Froude數가 增加함에따라 急해지며 共軛水深 D_2 를 높이로하는 水平線이 終齒關(End Sill)點인水表面에서 下流部로 그려지며 角度線은 圖表와같이 그려지는 것이다. 여기 이靜水池 I 號型에 있어서 放流水深(T. W. D)은 共軛水深 D_2 보다 높아야하며 그線은 下部線과 平行하게 그려지는 것이다.

VII 靜水池 I 號型에對한 設計 基準

靜水池 I 號型設計에있어 다음各項이 一般的인 規則으로서 勸獎하는바이다.

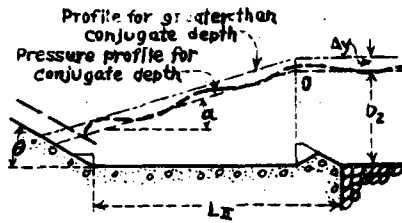
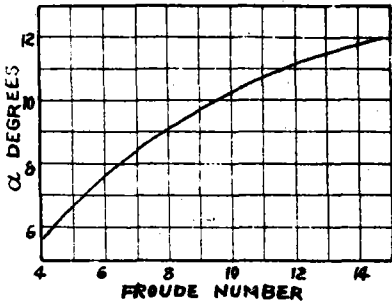
(1) 靜水池底高는 充分한 共軛放水水深이 附與되도록 設置되어야 할 것이며 必要하다면 安全值를 若干 加해야할것이다. 最小限界로 D_2 의 5% ($D_2 \times 0.05$)보다 적어서는 안된다.

(2) 靜水池 I 號型에 對해서는 Froude數 4以上이라야 有效하며 그 以下의 Froude數值를 取하여서는 안된다. (Froude數 4.5以下에 있어서는 別途論하기로함)

(3) 靜水池長은 圖表(11)에서 Froude Number에 따라 $\frac{L}{D_2}$ 로求해진다.

(4) Chute blocks의 高는 靜水池에 突入되는 射流水深 D_1 과 同高이며 그幅 W_1 와 間隔 S_1 도 大體의으로 D_1 과 同等으로한다. 그러나配置하는에 端數를 없애기위하여 多少間 그間隔이 變更되며 兩壁에 沿한 Block(2個)와 壁과의 間隔은 水壓과 水流의 擴散을 減少하기 위하여 $\frac{D_1}{2}$ 으로한다.

(5) 齒關(dentated S-



WATER SURFACE & PRESSURE PROFILES 12

流速 5~60feet/Sec
 $\approx 1.5 \sim 18.0\text{m/Sec}$
 의 範圍에서 一般
 的으로 設計할수있
 는것이다.

ii baffle blocks
 의 型態

이靜水池에 使用
 될 Baffle blocks의
 最善의것을 選擇하

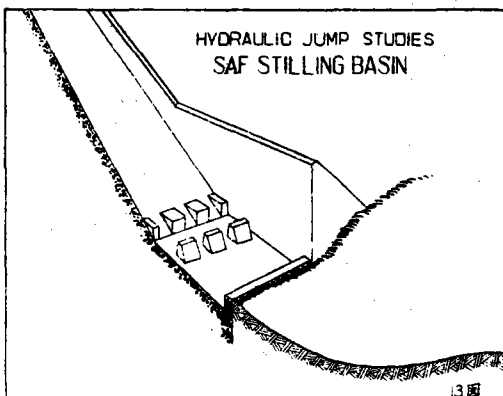
iii)의 高는 $0.2D_2$ 로하며 그幅과 間隔은 大
 體로 $0.15D_2$ 로한다. 兩壁에 齒關이 接近되도
 록하며 Sill이 接觸되는 內外傾斜는 1:2로
 한다. 靜水池幅이 좁은 境遇에 上記比로 計
 算한다면 不過 몇個에 지나지않으므로 幅과
 間隔을 若干減하여도된다. 이 幅이 좁은 靜水
 池에 있어서그幅과 間隔이 減少함으로써 作用
 用이 改善되며 構造物에따라 適宜히할것이다.

以上과같은 條項을따른다면 $20\text{ft} \approx 60\text{m}$ 의
 落差와 500cfs/ft 의 流量을 流下시키는때는
 安全할것이며 그以上の 落差 또는 流量에對
 해서는 別途模型實驗을 하여 特別한 設計를하
 여야 할 것이다.

3. 小餘水路 樋管 및 水路落差工에對한 小 規模靜水池設計 (靜水池 Ⅲ號型)

i 一般事項

이靜水池 Ⅲ號型은 Saint, Anthony Falls 水
 理試驗所에서 實驗研究하여 農地保存處에서
 "SAF, Basin" 이라고 命名하여 使用하고있으
 며 粗柱(Baffle blocks)를 設置하여서 跳水의
 形態를 變修하여 靜水池長을 가장 짧게하는
 것이다. 이 Ⅲ號型은 總落差 $100\text{ft} \approx 30\text{m}$ 突入



13圖

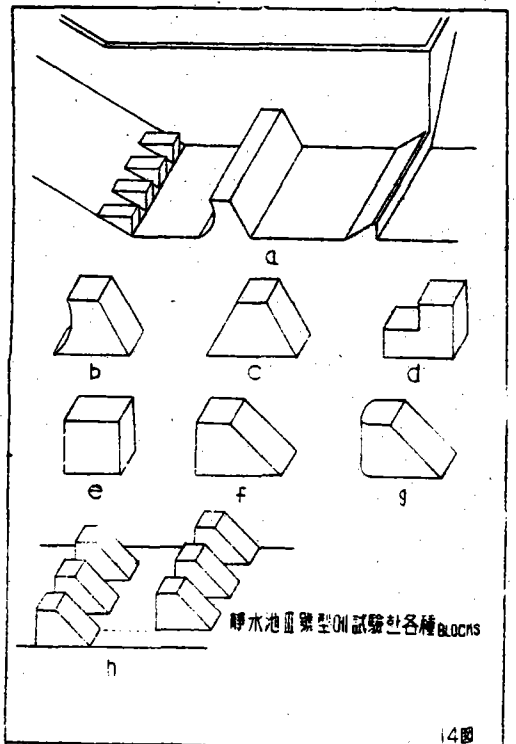
기위하여 그型態와 設置位置에 對하여 實驗
 한것을 略述하면

a型: 이固定 bucket Sill을 가지고 apron上
 數點位置에 對해서 實驗을하였다. 이 Sill이
 有效的인것이 되려면 같은 放水路水深이 必
 要하다.

b型: 어느程度의 높이, 幅, 間隔으로써 設置
 된 "b型"의 水表面은 圖20에서와같은것이다.

C型: 이型의 어떠한 높이에도 無效果이며 45
 度角의 이Blocks는 水勢를 阻止하지못하고 超
 越하여 그下流部는 渦流를 일으킨다.

d型: 이階段된 Blocks "d"型을 一列 或은
 二列로 設置하여도 效果가없으며 그作用은



14圖

c)型和 거의 같았다.

e型: 立方體를 水勢에 따라 適合한 高, 幅, 間隔으로 設置할 때 跳水の 前面은 圖17과 같이 垂直이며 下流部도 大端히 平坦하여 有効的이었다.

f型: 이型이 "SAF basin"으로 使用하는型이며 立方體block "e"型과 같은 形態를 나타낸다.

g型 이型은 "f"型과 같은데 다만 端部를 둥글게 한 것으로서 이로 말미암아 blocks의 效果가 大端히 減少되어 이것을 二列로 設置한다 하더라도 "b" "e" 或은 "f"型을 一列로 한 것보다 效果가 적었다.

h型: 이것은 "f"型을 二列로 配置한 것으로서 實狀 後列 block는 그다지 效果가 없다.

以上 各型 Baffle blocks中 "f"型이 工事構造上으로 보아 取擇될型이며 이型으로 水平床에 設置地點 高, 幅 및 間隔等에 對해서 實驗하였다. 此外에도 Chute blocks End Sill의 크기와 型態에 關한試驗도 하였는데 Chute blocks는 突入水深 D_1 보다 적어야 하며 이것은 跳水を 安定시키는 것이다. End Sill(終闕)은 baffle blocks가 後記하는 바와 같이 適當한 位置에 設置되었을時 그效果는 下流部の 浸蝕을 制止하기 위한 것이다.

iii 靜水池의 作用과設計

이靜水池는 다른靜水池(I)或은 (II)號型보다 實로 그設計에 對하여 大端히 安定하였으며 跳水の 前面이 急하여 前者(II)號型에

서와같이 下流水深에서 생기는 波作用도 적었다. 그리고 이(III)號型은 跳水の 洗堀力에 對해서도 安全하며 Froude數 $=4.0$ 以上 値에 있어서도 모두 作用이 잘되었다.

이 III號型은 $50 \sim 60 \text{ feet/sec} = 15 \sim 16 \text{ m/sec}$ 의 範圍를 넘는 流速에 있어서는 Baffle blocks를 使用하지 말 것이며, 그 이상의 流速에 있어서는 前者(II)號型靜水池를 採用해야 한다.

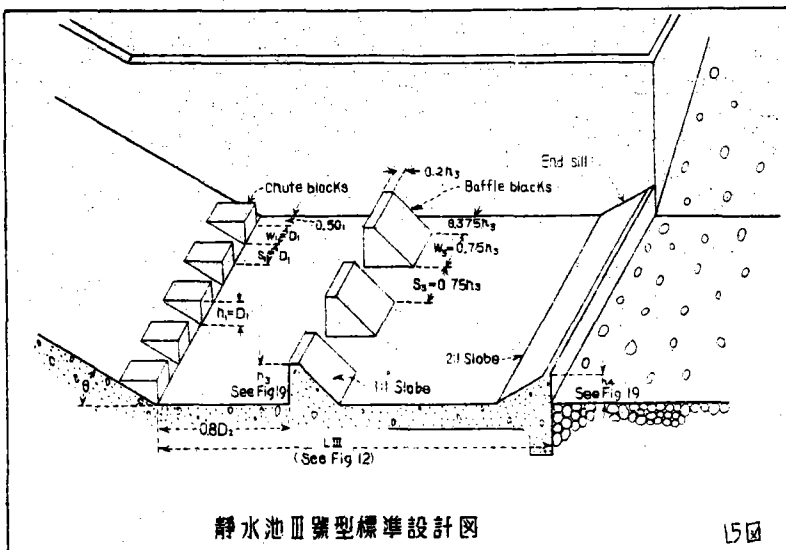
a. Chute Blocks

III號型靜水池에 있어 勸獎하는 Chute blocks의 高, 幅 및 間隔은 圖15에서 指稱되는 바와 같이 突入水深 D_1 과 相等해야 한다. D_1 보다 높은 Chute blocks는 Baffle blocks上으로 高流速의 Jet를 던지는 傾向이 있어 勸獎할 바가 못되며 또 最小高는 構造物施工見地에서 8吋 $=20 \text{ cm}$ 보다 적어서는 안 될 것이다. Chute blocks의 幅과 間隔은 高와 同等하게 할 것이나 blocks의 幅과 間隔이 大體적으로 同等하기 위하여 多少間 差異는 있는 것이다.

b. Baffle Blocks

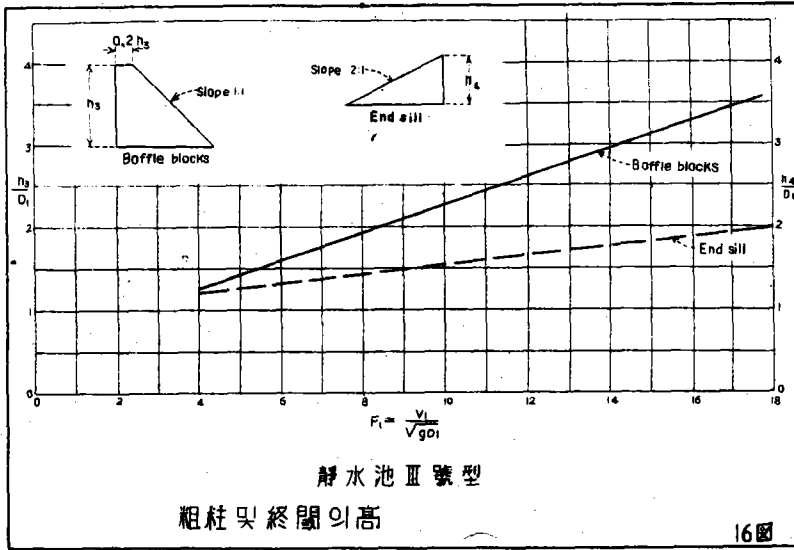
Baffle Blocks의 高는 Froude數가 增加함에 따라 그高가 增加되며 圖表16의 上側實線으로서 $\frac{h_s}{D_1}$ 로서 求하여진다. 그幅과 間隔은 同等하여 지도록 함에 있어 달라지나 가장 滿足할 만한 幅과 間隔은 高의 $\frac{3}{4}$ 이다. 이것은 水理學의 見地에서는 難關點으로서 Chute Blocks와 똑같이 執着할 必要는 없다.

baffle blocks의 設置地點은 圖15에 指示한 바와 같이 Chute blocks로부터 $0.8 D_1$ 點이다. 이 blocks의 設置하는 地點, 高 및 間隔等은 大端히 重要한 것이며 上記指示된 距離보다 上流側으로 設置되면 分流龍(Cascade)을 生하게 되며 그와 反對로 너무 下流側에 設置된다면 더 긴 靜水池가 必要한 것이다. 또 blocks의 高가 너무 높아도 分流龍을 生하고 낮은 blocks는



靜水池 III 號型標準設計圖

15圖



粗凹凸한 水面波를 生하게 된다. 圖15에서 指示된 距離와 寸法으로 設計施工하는것이 가장 適合한 限界이며 任意대로 靜水池床에 baffle block를 設置하여서는 안된다.

이 baffle blocks의 型은 “e” 또는 “f” 型의 어 느 것이든지 좋으나 “g” 型과 같은 端部가 丸味 된것보다 尖角 된것이 Energy를 消散하는데 效果的이며 blocks의 後面부터 6吋内外로 鐵筋으로 補強하여야 하며 너무 表面에 가깝게 鐵筋을 配置하면 콘크리트가 削割되는 수가 있다.

c. 終閘(End Sill)

End Sill의 高는 圖16의 下點線으로서 求하여지며 Froude數에 따라 달라진다. 傾斜度는 1:2이다.

iii 放流水深 Tail water Depth

“S.A.F.” Ⅲ號型靜水池로서 放流水深은 그 全共軛水深 D_2 보다 작은것을 使用하기로 하고 있으나 Ⅲ號型靜水池境遇와 같이 靜水池床에서 測定된 全共軛水深을 이 Ⅲ號型에도 使用함이 可하다. 그理由는 첫째로 完全한 共軛水深下에서 가장 좋은 作用이 되었으며 둘째로 이 共軛水深보다 적을 때는 靜水池에 남는 表面流速이 많아 跳水作用으로서 Energy의 消散이 멀며 下流部에 많은 洗滌作用이 일어난다. 셋째로 長時日에 걸친 跳水作用으로서 block가 浸蝕을 當할時 그 修築工안은 完全한 共軛水深으로서 跳水作用을 시킬수 있다는點等

이다. 그反面 共軛水深보다 더 높은 放流水深을 가진 靜水池에 있어 跳水作用의 効果란 거의 없는것이다. “最小限放流水深”은 圖10의 下點線으로 求하여지며, Froude數에 따라 15~18%의 安全範圍가 있다.

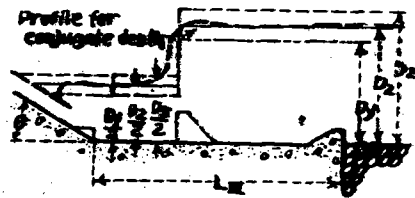
IV 靜水池의 길이

Ⅲ號型靜水池의 길이는 Froude數에 따라 달라지며 圖11의 下位線으로서 求하여진다. 길이는 Chute blocks부터 End Sill까지이며 自然跳水

에서 必要한 길이의 半도 못되는것이다. 이것도 Ⅲ號型과 同樣으로 Froude數가 4.5以上으로서 效果를 나타내므로 이點에서 終止된것이다.

V 水表面 및 水壓力線

圖17에서 보는바와 같이 跳水의 前面이 急傾斜이며 下流放流水深과 baffle blocks의 上流側의 水深의 比는 Froude Number에 相關없이 거의 같은值(0.52)이며 그러므로 上流側水深은 下流放流水深의 $\frac{1}{2}$ 로 看取할수 있다.



WATER SURFACE AND PRESSURE PROFILES 圖17

VI Ⅲ號靜水池에 對한 設計基準

(1) 圖10에서 보는바와 같이 最小限放流水深과 (Minimum. TW. Depth) 全共軛水深間에 安全值를 붙수 있으나 이는 全共軛水深下에 그 作用이 가장 잘 된다.

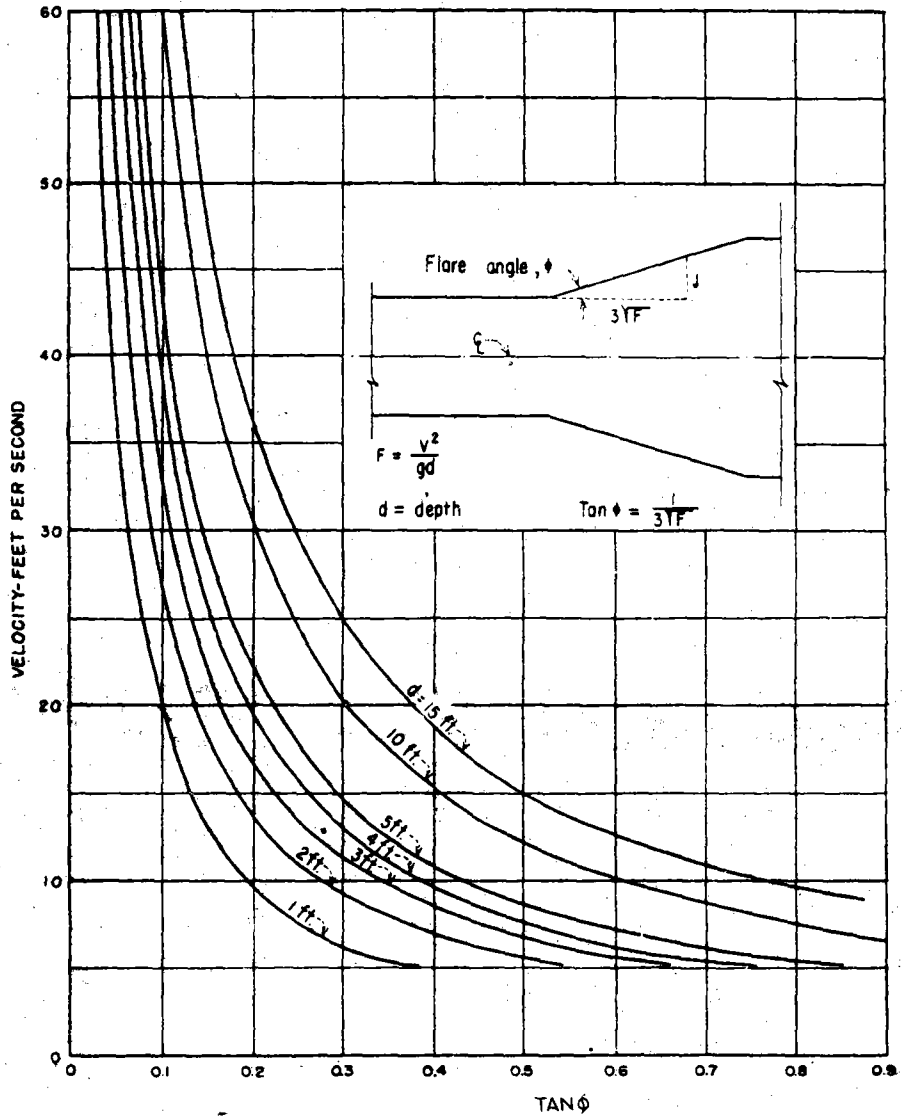
(2) 靜水池의 길이는 圖11의 下部曲線이며 自然跳水길이의 $\frac{1}{2}$ 도 못되는것이다.

(3) Ⅲ號靜水池는 Froude Number=4.0以上으로 效果가 있으며 그以下는 別途論함

(4) Chute blocks의 高, 幅 및 間隔은 突入水深 D 과 同一하여야 하며 blocks의 幅은 全

水路底幅擴張角度圖

圖18



體幅을 分割함에 따라 多少減少될 것이나 最小限 D_1 이 $8\text{in}=20\text{cm}$ 이상이라야 하며 따라서 blocks 의 高度 $8\text{in}=20\text{cm}$ 이상이라야 한다.

(5) Baffle blocks의 高는 圖16에서 求하여 지는바와같이 Froude number에 따라 달라지며 그型에 있어 圖15와같이 上流面이 垂直인 同時 立方形(角形)이라야 하며 이點이 重要한 것이다 그幅과 間隔도 圖15에서 指示한바와같으며 亦是 全體幅을 分割함에 多少 減少될 것이며 側壁에 對한 blocks의 間隔은 그의 $\frac{1}{2}$ 을 取한다.

(6) baffle blocks의 設置地點은 Chute blocks로부터 $0.8D_1$ 인 地點이며 이것亦是 重要한 點이다.

(7) 下流部固定閘(End Sill)의 高는 圖16에서 求하여지며 그傾斜度는 流下方向에 따라 1:2로 한다.

(8) Chute blocks, Baffle blocks 또는 End Sill의 角을 丸味를 지을 必要는 없으며, 丸味로 施工된 上記構造物은 그效果를 半이나 減少하는 것이다.

(9) 下流放流水深이 共軛水深보다 더 높은 것은 靜水池長을 短縮시키는 데는 效果가 없는 것이다.

(10) Chute와 水平床과의 交角 $\theta > 45^\circ$ 인 境遇에서 半徑 $R \geq 4D_1$ 의 長이 必要하다.

以上 各條項을 벗어나지 않도록 設計되어야 한다.

5. 餘水路

i 一般事項

餘水路의 縱斷面은 地形地質에 따라 다를 것이나 減勢工上流部는 Cutting을 많이 하지 아니 하고 下流部를 急히하여 減勢工(Stilling basins, Cushion)으로 引導함이 그經

濟性和 安全性的 兩面으로서 有利하다. 橫斷面形은 地形 및 地盤의 構成狀態에도 달려 있으나 一般的으로 長方形斷面이 經濟的이며 그幅에 있어 從前에는 減勢工(Cushion)部까지 水路水深을 一定히하여 그幅을 줄여왔으나 그 것보다 餘水吐로부터 直下流部는 流下에 따라 狹小하게 할 것이나 急勾配部에 있어서는 좁히는 것을 避하고 도리어 水路幅을 一定히 하는 지 또는 下流에 갈수록 幅을 넓게 하는 것이 좋으며 이는 靜水池에 突入되는 射流水深을 적게하여 靜水池(水鑛工)에서 생기는 跳水의 高와 長을 적게함으로써 經濟的인 것이 될 것이다.

射流狀態의 水路幅을 넓히는 데 어느 限界를 넘으면 그附近에서 衝擊波를 生하며 水路斷面 및 側壁의 餘裕等으로 不穩固일 뿐만 아니라 流水狀態를 混亂시켜 不良하므로 그擴大시키는 許容限界는 다음式의 範圍內에서 한다.

$$\tan \theta = \frac{1}{3\sqrt{Fr}} \quad \theta = \text{水路를 漸擴} \left. \begin{array}{l} \text{漸縮} \end{array} \right\} \text{시키는 角度 但側壁은 鉛直으로 함}$$

$$Fr = \text{Froude數} = \frac{V}{\sqrt{gd}}$$

ii 水理計算

餘水路는 그底勾配가 限界勾配보다 急한急勾配水路이며 急勾配를 流下하는 물은 加速狀態의 射流가 되며 그위에 어느距離를 經過하면 摩擦損失의 增加로써 等速定流가 된다.

이解析에 Wadsworth氏公式

$$V = \left[V_1^2 - \frac{1}{e \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2} (V_1^2 - U^2) \right]^{\frac{1}{2}}$$

을 使用하여 왔으나 Bernoulli氏 定理을 應用하여 一般的으로 解法하고 있다.

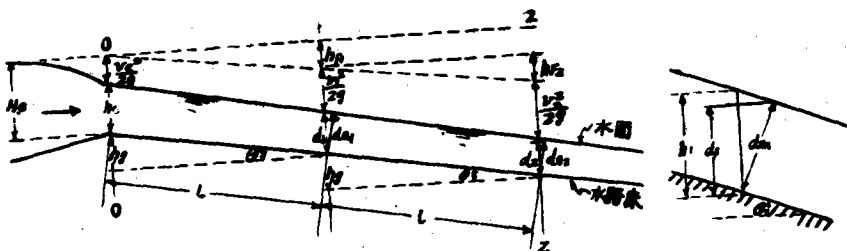


圖 19

$$h_e + \frac{V_e^2}{2g} + hg = d_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_{f1}$$

$$= dn_1 \cos \theta + \frac{Q^2}{2g(bdn_1)^3} + h_{f1}$$

$V_m = (V_0 + V_1)/2$ 라고 하면

$$\text{Manning式로부터 } V_m = (1/n) r_m^{2/3} l^{1/2}$$

$$= (1/n) r_m^{2/3} (hf_1/l)^{1/2}$$

$$\therefore hf = \frac{V_m^3 n^2 l}{r_m^{4/3}}$$

여기에 Q : 流量 hc : 支配斷面의水深

Vc : 支配斷面의流速 b : 水路幅

$$H_e : hc + \frac{V_e^2}{2g}$$

l : 各區間 0~1, 1~2의斜距離

θ : 急勾配水路底의 傾斜角(度)

hg : 各區間의落差 $l \sin \theta$

dn_1, dn_2 : 點 1, 2에서 水路底로부터 直角인水深

d_1, d_2 : 點 1, 2에서의 壓力水頭, $dn \cos \theta$

V_1, V_2 : 點 1, 2에서의流速 $Q/(bdn_1)$

h_1, h_2 : 水路底로부터 鉛直으로 測定한 水深

r : 徑深, r_m : 各區間의平均徑深

h_f : 各區間 0~1, 1~2에서 生하는 摩擦損失水頭

計算方法은 dn_1 을 d_0 보다 작은試算値를 附與하여, V_1, V_m, r_m , 或은 $dn, hf, \frac{V_1^3}{2g}$ 등을 計算하여서 式右邊에 代入한다. 結果左邊과 同一하도록 試算을 몇番한다.

iii 水路의水平灣曲部

射流狀態의 流水에 있어 平面灣曲하면 그水面은 遠心力에 依하여 同一平面이 안되고 灣曲部外側壁面에 水位上昇을 招來하여 意外의 浸蝕을 當할때가 있으므로 이를 調整하여야 하며 그方法은

- 水路底에 橫斷勾配를 하여야 한다.
- 隔壁(導流壁) Training Wall을 設置한다.
- 低水制(Diagonal end Sill)를 設置한다.

IV 放射流路의設計

餘水路의 緩勾配에서 急勾配로 變하는部分 또는 減勢工으로 移行하는部分은 水脈이 水路底로부터 離去하지않도록 底面에 流線曲線을 附與한다. 그放射流路의 縱斷形狀勾配의 式은

$$y = x \tan \theta + \frac{Kx^2}{4h_v \cos^2 \theta}$$

$$S = \tan \theta + \frac{Kx}{2h_v \cos^2 \theta}$$

y : 縱距 (原點은 放射路起點으로함)

x : 橫距

s : x點에 있어 放射路勾配

h_v : 放射路起點의 速度水頭

θ : 放射路起點에 있어 水路의 傾斜角

K : 重力의 加速度가 放射運動에 作用하는比率 0.5 또는 그以下值

이放射流路는 圖20과같이 그下位部를 擴大시키는것이 좋으며 ($\theta = \frac{1}{3F}$) 放射路勾配 S는 1:1.5 = 33°41' = 0.666보다 急하여서는안되며 K值 = 0.5以上을 超過하지않아야 된다.

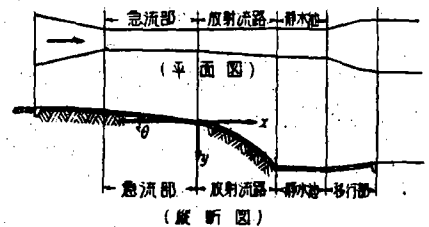


圖 20 放射流路

V 靜水池의構造

靜水池 I, II號型的 諸工作物(Chute blocks, Baffle blocks)은 高速流에 依하여 그端部가 浸蝕을 받으므로 鐵筋을 挿入하여 衝擊에 견디도록할것이며 때로는 angle의 挿入等を 하여야할것이다. 揚壓力을 輕減하기위하여 餘水路 및 靜水池의側壁 또는 水平床에 盲暗渠를 設置하여 浸透水を 排除하여야하며 側壁의 餘裕高는 最大水深 D_2 의 20~25%를 附與한다. End Sill以下 下流放水路와의 移行部는 1:6보다 緩勾配가 좋을것이나 普通 1:4, 1:6의 逆勾配로하여 取付한다. 靜水池의幅은 上述放射流路를 漸次 擴張하여서 그最下流端幅과 同一하게하면된다.

靜水池長을 決定하는데 I, II, III號型以外에 다음의 實驗公式도 있다.

$$\text{Safranez 公式 } l = 6D_1 Fr \quad Fr = v_1 / \sqrt{gD_1}$$

$$\text{Smetana 公式 } l = 6(D_2 - D_1)$$

$$\text{Woycicki 公式 } l = \{8 - 0.05(D_2/D_1)\}(D_2 - D_1)$$

靜水池의 壩壑深度는 저음에 下流放水路水

深 또는 河川常流水深을 決定하여야 하며 Manning氏公式를 適用하여 各種流量 q에對하여 次式으로서 計算한다

$$D_m = \left(\frac{nq}{1.48} \right)^{\frac{3}{2}}$$

n : 粗度係數
I : 水路勾配
q : 單位幅當流量 m²/sec

다음 共軛水深 D₂를 算出하여 이共軛水深 D₂에서 放水路常流水深 D_m를 差引한 것이 (D₂ - D_m = ΔD) 放水路床以下의 掘鑿深度가 되는 것이다。靜水池長이 不足하면 靜水池後端에 水面上昇을 招來하여 그結果 靜水池水深은 共

軛水深보다 더 많은 水深을 나타내어 靜水池의 效果는 大端히 減少되는 것이다。

計算例

Q = 426 m³/sec n = 0.014 으로서 溢流堰은 側溝式餘水吐로서 計算되어 그終點부터 Bernoulli 定理을 適用하여 解法함

側溝斷面 計算表

測點	勾配	x	d	v ₁	k	v	b
No. 6+5	$\frac{1}{30}$	125	3.0	20.85	0.2983	6.22	22.8

i 餘水路 Chute 部 計算表

測點	點間距離	勾配	Cosθ	Secθ	巾 b	水深 d	d cosθ	斷面積 a	流速 V = $\frac{Q}{a}$	$\frac{V^2}{2g}$
No. 6+5	0	$\frac{1}{30}$	0.999	1.0005	22.8	3.0	2.997	68.4	6.22	1.974
No. 7	15	"	"	"	21.0	2.87	2.868	60.27	7.07	2.550
No. 8	20	"	"	"	19.0	2.85	2.848	54.15	7.87	3.160
No. 9	20	$\frac{1}{10}$	0.999	1.005	18.0	2.255	2.244	40.59	10.50	5.625
No. 10	20	"	"	"	18.0	1.925	1.915	34.65	12.29	7.706
No. 11	20	放射流路			22.0	1.094	0.947	24.068	17.70	15.984

測點	$H = \frac{V^2}{2g} + d \cos \theta$	徑深 $r = \frac{a}{p}$	V_m	r_m	$\frac{1}{r_m^4/3}$	$n^2 V^2 m l$	hf	hg	$\frac{V^2}{2g} + d \cos \theta / hg$	$\frac{V_m^2}{2g} + d \cos \theta / h_f$
No. 6+5	4.971	2.375								
No. 7	5.418	2.254	6.65	2.31	0.3274	0.1800	0.043	0.5	5.471	5.491
No. 8	6.008	2.19	7.47	2.22	0.3453	0.2188	0.076	0.637	6.085	6.084
No. 9	7.869	1.80	9.19	2.00	0.3988	0.3318	0.132	2.00	8.008	8.001
No. 10	9.621	1.533	11.40	1.69	0.4967	0.5120	0.254	2.00	9.869	9.875
No. 11	16.931	0.995	15.00	1.29	0.7122	0.9392	0.688	8.00	17.621	17.619

ii 放射流路의 計算

放射流路의 起點 No. 10에서의 水路를 漸擴

시키는 角度 $\theta = \frac{1}{3F} F = \frac{V}{\sqrt{gd}} = \frac{12.29}{\sqrt{9.8 \times 1.925}} = \frac{12.29}{4.343} = 2.83$

$$\theta = \frac{1}{3 \times 2.83} = \frac{1}{8.49} = 0.11778$$

$$\tan \theta = 6^\circ 43'$$

距離 20m 間에 漸擴長은 $20^m \times 0.11778 = 2.35^m$

$$\text{兩側 } 2.35^m \times 2 = 4.7^m$$

然而나 漸擴長을 4m로 보코

No. 10 漸擴長 No. 11

$$18^m + 4^m = 22^m$$

$$\text{그縱斷勾配 } y = x \tan \theta + \frac{Kx^2}{4h \cos^3 \theta}$$

$$\theta = 0.1 \quad K = 0.5 \quad h_v = 7.706 \quad \cos^3 \theta = 0.99$$

$$x = 2 \quad 2 \times 0.1 + \frac{0.5 \times 4}{4 \times 7.706 \times 0.99} = 0.27$$

$$x = 4 \quad 4 \times 0.1 + \frac{8}{33.52} = 0.66$$

$$x = 6 \quad 6 \times 0.1 + \frac{18}{30.52} = 1.19$$

$$x = 8 \quad 8 \times 0.1 + \frac{32}{30.52} = 1.85$$

$$x = 10 \quad 10 \times 0.1 + \frac{50}{30.52} = 2.64$$

$$x = 12.5 \quad 12.5 \times 0.1 + \frac{78.125}{33.52} = 3.81$$

$$x = 15 \quad 15.0 \times 0.1 + \frac{112.5}{30.52} = 5.19$$

$$x=15\text{點에서 放射路勾配 } S=\tan\theta+\frac{Kx}{2hvcos^2\theta}$$

를 檢査하여보면

$$S=0.1+\frac{0.5\times 15}{2\times 7.706\times (0.99)}=0.59<0.666$$

放射流路勾配限界

距離 20m(No.11까지)에 落差(hg)=8.0 m를 두면 殘餘 5m에對한 勾配는 $8.0-5.19=2.81\text{m}$

$$\frac{5.0}{2.81}=1.78$$

即 $x=15\text{點에서 } \frac{1}{1.78}$ 勾配로 綫을 延長하면 圓滑하게되므로 이로서決定하면 No.11과같은 計算結果가 된다.

iii 跳水의高 (圖 4 參照)

$$(6)\text{式에서 } D_2=-\frac{D_1}{2}+\sqrt{\frac{D_1^2}{4}+\frac{2V_1^2D_1}{g}}$$

$$=-\frac{1.094}{2}+\sqrt{\frac{1.094^2}{4}+\frac{2\times 17.7^2\times 1.094}{9.8}}$$

$$=7.83\text{m}$$

共扼水深의比는 (7)式에서 圖 5 參照

$$\frac{D_2}{D_1}=\frac{1}{2}(\sqrt{1+8Fr^2}-1)$$

$$Fr=\frac{V}{\sqrt{gd}}=\frac{17.7}{\sqrt{9.8\times 1.094}}=5.4$$

$$=-\frac{1}{2}(\sqrt{1+8\times 5.4^2}-1)=7.15$$

$$D^*=7.15\times 1.094=7.82\text{m}$$

iiii 跳水의 長 (圖 11 參照)

I 號靜水池(自然跳水長)

$$\frac{L}{D_2}=6.06 \quad L=7.83\times 6.06=47.45\text{m}$$

II 號靜水池

$$\frac{L}{D_2}=3.93 \quad L=7.83\times 3.93=30.77\text{m}$$

III 號靜水池

$$\frac{L}{D_2}=2.4 \quad L=7.83\times 2.4=18.79\text{m}$$

$$\text{Smetana} \quad l=6(D_2-D_1)$$

$$=6(7.83-1.094)=40.42\text{m}$$

$$\text{Safranez} \quad l=6D_1Fr=6\times 1.094\times 5.4=35.46\text{m}$$

$$\text{Wayeicki} \quad l=\left\{8-0.05\left(\frac{D_2}{D_1}\right)\right\}(D_2-D_1)$$

$$=51.48\text{m}$$

結 論

以上으로서 靜水池設計에 對해서 記述한바는 不分明하였든 靜水池設計를 實驗實測으로 理論과符合되는 跳水의 높이等에 基準한바이므로 우리의 現行의設計와 對照하여 漸次改善의 域이되기를 勸奨하였으며 不足한點은 同志諸先輩들의 研究叱正을 바라마지않는바이다

參 考 書 籍

- Progress Repor 11 : Research Study On Stilling Basins, Energy Dissipators, Hyd-39⁹
1955.6.1 Engineering Laboratories U.S.B.R
- Design Standard : Treatise On Dams, Canals and Related Structures, U.S.B.R
- Engineering HandBook: Hydraulics and Chute Spillway U.S.S.C.S
- 農業土木 Hand Book : 昭和32年6月20日
全訂改版 第一版
- 農業土木研究 : 水褥工의水理에關한 一實驗 南 勳
(筆者, 農林部技佐)

$$h=\frac{V^2}{2g} \text{ (m)}$$

V	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.2	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
0.3	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.007	0.007	0.007	0.008
0.4	0.008	0.008	0.008	0.008	0.010	0.010	0.011	0.011	0.012	0.012
0.5	0.013	0.013	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	0.018
0.6	0.018	0.019	0.020	0.020	0.021	0.022	0.022	0.023	0.024	0.024
0.7	0.025	0.026	0.026	0.027	0.027	0.029	0.029	0.030	0.031	0.032
0.8	0.033	0.033	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.039	0.039	0.040
0.9	0.041	0.042	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048	0.049	0.050
1.0	0.051	0.052	0.053	0.054	0.055	0.056	0.057	0.058	0.060	0.061
1.1	0.062	0.063	0.064	0.065	0.066	0.067	0.069	0.070	0.071	0.072
1.2	0.073	0.075	0.076	0.077	0.078	0.080	0.081	0.082	0.084	0.085
1.3	0.086	0.088	0.089	0.090	0.092	0.093	0.094	0.096	0.097	0.098
1.4	0.099	0.101	0.103	0.104	0.106	0.107	0.109	0.110	0.112	0.113

V	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.5	0.115	0.116	0.118	0.119	0.121	0.123	0.124	0.126	0.127	0.129
1.6	0.131	0.132	0.134	0.136	0.137	0.139	0.141	0.142	0.144	0.146
1.7	0.147	0.149	0.151	0.153	0.154	0.156	0.158	0.160	0.162	0.163
1.8	0.165	0.167	0.169	0.171	0.173	0.175	0.177	0.178	0.180	0.182
1.9	0.184	0.186	0.188	0.190	0.192	0.194	0.196	0.198	0.200	0.202
2.0	0.204	0.206	0.208	0.210	0.212	0.214	0.217	0.218	0.221	0.223
2.1	0.225	0.227	0.229	0.231	0.234	0.236	0.238	0.240	0.242	0.245
2.2	0.247	0.249	0.252	0.254	0.256	0.258	0.261	0.263	0.265	0.269
2.3	0.270	0.272	0.275	0.277	0.279	0.282	0.284	0.287	0.289	0.291
2.4	0.294	0.296	0.299	0.301	0.304	0.306	0.309	0.311	0.314	0.316
2.5	0.319	0.321	0.324	0.327	0.330	0.332	0.334	0.336	0.340	0.342
2.6	0.345	0.348	0.350	0.353	0.356	0.358	0.361	0.364	0.366	0.369
2.7	0.372	0.375	0.377	0.380	0.383	0.385	0.388	0.391	0.394	0.397
2.8	0.400	0.403	0.406	0.409	0.412	0.414	0.417	0.420	0.423	0.426
2.9	0.429	0.432	0.435	0.438	0.441	0.444	0.447	0.450	0.453	0.456
3.0	0.459	0.462	0.465	0.468	0.472	0.475	0.478	0.481	0.484	0.487
3.1	0.490	0.493	0.497	0.500	0.503	0.506	0.509	0.513	0.516	0.519
3.2	0.522	0.526	0.529	0.532	0.536	0.539	0.542	0.546	0.549	0.552
3.3	0.556	0.559	0.562	0.566	0.569	0.573	0.576	0.579	0.583	0.586
3.4	0.590	0.593	0.597	0.600	0.604	0.607	0.611	0.614	0.618	0.621
3.5	0.625	0.629	0.632	0.636	0.639	0.643	0.647	0.650	0.654	0.658
3.6	0.661	0.665	0.669	0.672	0.677	0.680	0.683	0.687	0.691	0.695
3.7	0.698	0.702	0.706	0.710	0.714	0.717	0.721	0.725	0.729	0.733
3.8	0.737	0.741	0.745	0.748	0.752	0.756	0.760	0.764	0.768	0.772
3.9	0.776	0.780	0.784	0.788	0.792	0.796	0.799	0.804	0.808	0.812
4.0	0.816	0.820	0.825	0.829	0.833	0.837	0.841	0.845	0.849	0.853
4.1	0.857	0.862	0.866	0.870	0.874	0.879	0.883	0.887	0.891	0.896
4.2	0.900	0.904	0.908	0.913	0.917	0.921	0.926	0.930	0.934	0.939
4.3	0.943	0.948	0.952	0.957	0.961	0.965	0.970	0.974	0.979	0.983
4.4	0.988	0.992	0.997	1.001	1.006	1.010	1.014	1.019	1.024	1.029
4.5	1.033	1.038	1.042	1.047	1.052	1.056	1.061	1.066	1.070	1.075
4.6	1.080	1.084	1.089	1.094	1.098	1.103	1.108	1.113	1.118	1.122
4.7	1.127	1.132	1.137	1.141	1.146	1.151	1.156	1.161	1.166	1.171
4.8	1.176	1.180	1.185	1.190	1.195	1.200	1.205	1.210	1.215	1.220
4.9	1.225	1.230	1.235	1.240	1.245	1.250	1.255	1.260	1.265	1.270
5.0	1.275	1.280	1.285	1.290	1.296	1.301	1.306	1.311	1.317	1.322
5.1	1.327	1.332	1.337	1.343	1.348	1.353	1.358	1.364	1.369	1.374
5.2	1.380	1.385	1.390	1.396	1.401	1.406	1.412	1.417	1.423	1.428
5.3	1.433	1.439	1.444	1.449	1.455	1.460	1.466	1.471	1.477	1.482
5.4	1.488	1.493	1.499	1.504	1.510	1.515	1.521	1.527	1.532	1.538
5.5	1.543	1.549	1.555	1.560	1.566	1.572	1.577	1.583	1.589	1.594
5.6	1.600	1.606	1.611	1.617	1.623	1.629	1.634	1.640	1.646	1.652
5.7	1.658	1.663	1.669	1.675	1.681	1.687	1.693	1.699	1.705	1.710
5.8	1.716	1.722	1.728	1.734	1.740	1.746	1.752	1.758	1.764	1.770
5.9	1.776	1.782	1.788	1.794	1.800	1.806	1.812	1.818	1.825	1.831
6.0	1.837	1.843	1.849	1.855	1.861	1.867	1.874	1.880	1.886	1.892
6.1	1.898	1.905	1.911	1.917	1.923	1.930	1.936	1.942	1.949	1.955
6.2	1.961	1.968	1.974	1.980	1.987	1.993	1.999	2.006	2.012	2.019
6.3	2.025	2.031	2.038	2.044	2.051	2.057	2.064	2.070	2.077	2.083
6.4	2.090	2.096	2.103	2.109	2.116	2.123	2.129	2.136	2.142	2.149
6.5	2.156	2.162	2.169	2.175	2.182	2.189	2.196	2.202	2.209	2.216
6.6	2.223	2.229	2.236	2.243	2.249	2.256	2.263	2.270	2.277	2.283
6.7	2.290	2.297	2.304	2.311	2.318	2.325	2.332	2.338	2.345	2.352
6.8	2.359	2.366	2.373	2.380	2.387	2.394	2.401	2.408	2.415	2.422
6.9	2.429	2.436	2.443	2.450	2.457	2.464	2.472	2.479	2.486	2.493
7.0	2.500	2.507	2.514	2.521	2.529	2.536	2.543	2.550	2.557	2.563
7.1	2.572	2.579	2.586	2.594	2.601	2.609	2.616	2.623	2.630	2.638
7.2	2.645	2.652	2.660	2.667	2.674	2.682	2.689	2.697	2.704	2.711
7.3	2.719	2.723	2.734	2.741	2.749	2.756	2.764	2.771	2.779	2.786
7.4	2.794	2.801	2.809	2.817	2.824	2.832	2.839	2.847	2.855	2.862
7.5	2.870	2.878	2.885	2.893	2.901	2.908	2.916	2.924	2.931	2.939
7.6	2.947	2.953	2.962	2.970	2.978	2.986	2.994	3.001	3.009	3.017
7.7	3.025	3.033	3.041	3.049	3.057	3.064	3.072	3.080	3.088	3.096
7.8	3.104	3.112	3.120	3.128	3.136	3.144	3.152	3.160	3.168	3.176
7.9	3.184	3.192	3.200	3.208	3.216	3.225	3.233	3.241	3.249	3.257

V	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
8.0	3.265	3.273	3.282	3.290	3.298	3.306	3.314	3.323	3.331	3.339
8.1	3.347	3.356	3.364	3.372	3.381	3.389	3.397	3.406	3.413	3.422
8.2	3.431	3.439	3.447	3.456	3.464	3.473	3.481	3.489	3.498	3.503
8.3	3.515	3.523	3.532	3.540	3.549	3.557	3.565	3.574	3.583	3.591
8.4	3.600	3.609	3.617	3.626	3.634	3.643	3.651	3.660	3.669	3.678
8.5	3.686	3.695	3.704	3.712	3.721	3.730	3.738	3.747	3.756	3.765
8.6	3.773	3.782	3.791	3.800	3.809	3.817	3.826	3.835	3.844	3.853
8.7	3.862	3.871	3.880	3.888	3.897	3.906	3.915	3.924	3.933	3.942
8.8	3.951	3.960	3.969	3.978	3.987	3.996	4.005	4.014	4.023	4.032
8.9	4.041	4.050	4.060	4.069	4.078	4.087	4.096	4.105	4.114	4.123
9.0	4.133	4.142	4.151	4.160	4.169	4.179	4.188	4.197	4.206	4.216
9.1	4.225	4.234	4.244	4.253	4.262	4.271	4.281	4.290	4.300	4.309
9.2	4.318	4.328	4.337	4.347	4.356	4.365	4.375	4.384	4.394	4.403
9.3	4.413	4.422	4.432	4.441	4.451	4.460	4.470	4.479	4.489	4.499
9.4	4.508	4.518	4.527	4.537	4.547	4.556	4.566	4.575	4.585	4.595
9.5	4.605	4.614	4.624	4.634	4.644	4.653	4.663	4.673	4.682	4.692
9.6	4.702	4.712	4.722	4.731	4.741	4.751	4.761	4.771	4.781	4.791
9.7	4.800	4.810	4.820	4.830	4.840	4.850	4.860	4.870	4.880	4.890
9.8	4.900	4.910	4.920	4.930	4.940	4.950	4.960	4.970	4.980	4.990
9.9	5.001	5.011	5.021	5.031	5.041	5.051	5.061	5.071	5.082	5.092
10.0	5.102	5.112	5.122	5.133	5.143	5.153	5.163	5.173	5.184	5.194
10.1	5.205	5.215	5.225	5.235	5.245	5.256	5.266	5.277	5.287	5.297
10.2	5.308	5.318	5.329	5.339	5.350	5.360	5.371	5.381	5.392	5.402
10.3	5.413	5.423	5.434	5.444	5.455	5.465	5.476	5.487	5.497	5.508
10.4	5.518	5.529	5.539	5.550	5.561	5.572	5.582	5.593	5.604	5.614
10.5	5.625	5.636	5.646	5.657	5.668	5.679	5.689	5.700	5.711	5.722
10.6	5.733	5.743	5.754	5.765	5.776	5.787	5.798	5.809	5.820	5.830
10.7	5.841	5.852	5.863	5.874	5.885	5.896	5.907	5.918	5.929	5.940
10.8	5.951	5.962	5.973	5.984	5.995	6.006	6.017	6.028	6.040	6.051
10.9	6.062	6.073	6.084	6.095	6.106	6.117	6.129	6.140	6.151	6.162
11.0	6.173	6.185	6.196	6.207	6.218	6.230	6.241	6.252	6.264	6.275
11.1	6.286	6.298	6.309	6.320	6.332	6.343	6.354	6.366	6.377	6.389
11.2	6.400	6.411	6.423	6.434	6.446	6.457	6.467	6.480	6.492	6.503
11.3	6.515	6.526	6.539	6.549	6.561	6.573	6.584	6.596	6.607	6.619
11.4	6.631	6.642	6.654	6.666	6.677	6.689	6.701	6.712	6.724	6.736
11.5	6.747	6.759	6.771	6.783	6.795	6.806	6.818	6.830	6.842	6.853
11.6	6.865	6.877	6.889	6.901	6.913	6.925	6.937	6.949	6.960	6.972
11.7	6.984	6.996	7.008	7.020	7.032	7.044	7.056	7.068	7.080	7.092
11.8	7.104	7.116	7.128	7.140	7.152	7.164	7.177	7.189	7.201	7.213
11.9	7.225	7.237	7.249	7.263	7.274	7.286	7.298	7.310	7.322	7.335
12.0	7.347	7.359	7.371	7.384	7.396	7.408	7.421	7.433	7.445	7.458
12.1	7.470	7.482	7.495	7.507	7.519	7.532	7.544	7.557	7.569	7.581
12.2	7.594	7.606	7.619	7.631	7.644	7.656	7.669	7.681	7.694	7.706
12.3	7.719	7.731	7.744	7.757	7.769	7.782	7.794	7.807	7.820	7.832
12.4	7.845	7.858	7.870	7.883	7.896	7.908	7.921	7.934	7.946	7.959
12.5	7.972	7.985	7.997	8.010	8.023	8.036	8.049	8.061	8.074	8.087
12.6	8.100	8.113	8.126	8.139	8.152	8.164	8.177	8.190	8.203	8.216
12.7	8.229	8.242	8.255	8.268	8.281	8.294	8.307	8.320	8.333	8.346
12.8	8.359	8.372	8.385	8.398	8.412	8.425	8.438	8.451	8.464	8.477
12.9	8.490	8.503	8.517	8.530	8.543	8.556	8.569	8.582	8.596	8.609
13.0	8.622	8.636	8.649	8.662	8.676	8.689	8.702	8.716	8.729	8.742
13.1	8.756	8.769	8.782	8.795	8.809	8.823	8.836	8.849	8.863	8.876
13.2	8.890	8.903	8.917	8.930	8.944	8.957	8.971	8.984	8.998	9.011
13.3	9.025	9.039	9.052	9.066	9.079	9.093	9.107	9.120	9.134	9.148
13.4	9.161	9.175	9.189	9.202	9.215	9.230	9.243	9.257	9.271	9.285
13.5	9.298	9.312	9.326	9.340	9.353	9.367	9.381	9.395	9.409	9.423
13.6	9.437	9.451	9.465	9.478	9.492	9.506	9.520	9.534	9.548	9.562
13.7	9.576	9.590	9.604	9.618	9.632	9.646	9.660	9.674	9.688	9.702
13.8	9.716	9.730	9.745	9.759	9.773	9.787	9.801	9.815	9.829	9.843
13.9	9.858	9.872	9.886	9.900	9.914	9.929	9.943	9.957	9.971	9.986
14.0	10.000	10.014	10.029	10.043	10.057	10.072	10.086	10.100	10.115	10.129
14.1	10.143	10.158	10.172	10.187	10.201	10.215	10.230	10.244	10.259	10.273
14.2	10.288	10.302	10.317	10.331	10.346	10.360	10.375	10.389	10.404	10.419
14.3	10.433	10.448	10.462	10.477	10.492	10.506	10.521	10.536	10.550	10.565
14.4	10.580	10.594	10.609	10.623	10.638	10.653	10.668	10.683	10.697	10.712

V	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
14.5	10.727	10.742	10.757	10.771	10.786	10.801	10.816	10.831	10.846	10.861
14.6	10.876	10.890	10.905	10.920	10.935	10.950	10.965	10.980	10.995	11.010
14.7	11.025	11.040	11.055	11.070	11.085	11.100	11.115	11.130	11.145	11.160
14.8	11.178	11.191	11.206	11.221	11.236	11.251	11.266	11.281	11.297	11.312
14.9	11.327	11.342	11.357	11.373	11.388	11.403	11.418	11.434	11.449	11.464
15.0	11.480	11.495	11.510	11.526	11.541	11.556	11.572	11.589	11.602	11.618

4
3

N	0.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.0000	0.0022	0.0054	0.0093	0.0137	0.0184	0.0235	0.0288	0.0345	0.0403
0.1	.0464	.0527	.0593	.0659	.0727	.0797	.0869	.0942	.1016	.1092
0.2	.1170	.1248	.1328	.1409	.1491	.1575	.1659	.1745	.1832	.1920
0.3	.2008	.2093	.2180	.2268	.2357	.2447	.2538	.2630	.2722	.2814
0.4	.2917	.3016	.3115	.3216	.3317	.3418	.3521	.3624	.3728	.3833
0.5	.3930	.4035	.4142	.4250	.4357	.4466	.4576	.4686	.4797	.4908
0.6	.5011	.5117	.5227	.5337	.5448	.5559	.5670	.5782	.5894	.6007
0.7	.6215	.6324	.6435	.6547	.6659	.6772	.6886	.6999	.7113	.7228
0.8	.7342	.7457	.7573	.7690	.7808	.7926	.8045	.8164	.8283	.8403
0.9	.8523	.8643	.8764	.8885	.9006	.9128	.9250	.9372	.9494	.9617
1.0	1.000	1.013	1.027	1.040	1.054	1.067	1.081	1.094	1.108	1.122
1.1	1.136	1.149	1.163	1.177	1.191	1.205	1.219	1.233	1.247	1.261
1.2	1.275	1.289	1.304	1.318	1.332	1.347	1.361	1.375	1.390	1.404
1.3	1.419	1.433	1.448	1.463	1.477	1.492	1.507	1.522	1.537	1.551
1.4	1.566	1.581	1.596	1.611	1.626	1.641	1.656	1.671	1.687	1.702
1.5	1.717	1.732	1.748	1.763	1.778	1.794	1.809	1.825	1.840	1.856
1.6	1.871	1.887	1.903	1.918	1.934	1.950	1.966	1.981	1.997	2.013
1.7	2.029	2.045	2.061	2.077	2.093	2.109	2.125	2.141	2.157	2.173
1.8	2.190	2.206	2.222	2.239	2.255	2.271	2.287	2.304	2.320	2.337
1.9	2.353	2.370	2.386	2.403	2.420	2.436	2.453	2.470	2.486	2.503
2.0	2.520	2.537	2.553	2.570	2.587	2.604	2.621	2.638	2.655	2.672
2.1	2.689	2.706	2.723	2.741	2.758	2.775	2.792	2.809	2.827	2.844
2.2	2.861	2.879	2.896	2.913	2.931	2.948	2.966	2.983	3.001	3.018
2.3	3.033	3.054	3.071	3.089	3.107	3.124	3.142	3.160	3.178	3.195
2.4	3.213	3.231	3.249	3.267	3.285	3.303	3.321	3.339	3.357	3.376
2.5	3.393	3.411	3.429	3.447	3.465	3.483	3.502	3.520	3.539	3.557
2.6	3.575	3.594	3.612	3.630	3.649	3.667	3.686	3.704	3.723	3.741
2.7	3.760	3.778	3.797	3.815	3.834	3.853	3.871	3.890	3.909	3.928
2.8	3.946	3.965	3.984	4.003	4.022	4.041	4.061	4.079	4.098	4.117
2.9	4.136	4.155	4.174	4.193	4.212	4.231	4.250	4.269	4.288	4.308
3.0	4.327	4.346	4.365	4.385	4.404	4.423	4.443	4.462	4.481	4.501
3.1	4.520	4.540	4.559	4.579	4.598	4.618	4.637	4.657	4.676	4.696
3.2	4.716	4.735	4.755	4.775	4.794	4.814	4.834	4.854	4.873	4.893
3.3	4.913	4.933	4.953	4.973	4.993	5.013	5.033	5.053	5.073	5.093
3.4	5.113	5.133	5.153	5.173	5.193	5.213	5.233	5.253	5.274	5.294
3.5	5.314	5.334	5.355	5.375	5.395	5.415	5.436	5.456	5.477	5.497
3.6	5.517	5.538	5.558	5.579	5.599	5.620	5.640	5.661	5.682	5.702
3.7	5.723	5.743	5.764	5.785	5.805	5.826	5.847	5.868	5.888	5.909
3.8	5.930	5.951	5.972	5.992	6.013	6.034	6.055	6.076	6.097	6.118
3.9	6.139	6.160	6.181	6.202	6.223	6.244	6.265	6.286	6.307	6.328
4.0	6.350	6.371	6.392	6.413	6.434	6.455	6.477	6.498	6.519	6.541
4.1	6.562	6.583	6.605	6.626	6.648	6.669	6.690	6.712	6.733	6.755
4.2	6.776	6.798	6.819	6.841	6.863	6.884	6.906	6.927	6.949	6.971
4.3	6.992	7.014	7.036	7.057	7.079	7.101	7.123	7.145	7.166	7.188
4.4	7.210	7.232	7.254	7.276	7.298	7.319	7.341	7.363	7.385	7.407
4.5	7.429	7.451	7.473	7.495	7.518	7.540	7.562	7.584	7.606	7.628
4.6	7.650	7.672	7.695	7.717	7.739	7.761	7.784	7.806	7.828	7.850
4.7	7.873	7.895	7.918	7.940	7.962	7.985	8.007	8.030	8.052	8.074
4.8	8.097	8.119	8.142	8.164	8.187	8.210	8.232	8.255	8.277	8.300
4.9	8.323	8.345	8.368	8.391	8.413	8.436	8.459	8.482	8.504	8.527
5.0	8.550	8.573	8.596	8.618	8.641	8.664	8.687	8.710	8.733	8.756

減勢工設計에 對하여

N	0.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
5.1	8.779	8.802	8.825	8.848	8.871	8.894	8.917	8.940	8.963	8.986
5.2	9.009	9.032	9.055	9.078	9.101	9.125	9.148	9.171	9.194	9.217
5.3	9.241	9.264	9.287	9.310	9.334	9.357	9.380	9.404	9.427	9.450
5.4	9.474	9.497	9.521	9.544	9.568	9.591	9.614	9.638	9.661	9.685
5.5	9.708	9.732	9.756	9.779	9.803	9.826	9.850	9.874	9.897	9.921
5.6	9.945	9.968	9.992	10.02	10.04	10.06	10.09	10.11	10.13	10.16
5.7	10.18	10.21	10.23	10.25	10.28	10.30	10.33	10.35	10.37	10.40
5.8	10.42	10.44	10.47	10.49	10.52	10.54	10.56	10.59	10.61	10.64
5.9	10.66	10.69	10.71	10.73	10.76	10.78	10.81	10.83	10.85	10.88
6.0	10.90	10.93	10.95	10.98	11.00	11.02	11.05	11.07	11.10	11.12
6.1	11.15	11.17	11.19	11.22	11.24	11.27	11.29	11.32	11.34	11.37
6.2	11.39	11.41	11.44	11.46	11.49	11.51	11.54	11.56	11.59	11.61
6.3	11.64	11.66	11.68	11.71	11.73	11.76	11.78	11.81	11.83	11.85
6.4	11.88	11.91	11.93	11.96	11.98	12.01	12.03	12.06	12.08	12.11
6.5	12.13	12.16	12.18	12.21	12.23	12.26	12.28	12.31	12.33	12.36
6.6	12.38	12.41	12.43	12.46	12.48	12.51	12.53	12.56	12.58	12.61
6.7	12.63	12.66	12.68	12.71	12.73	12.76	12.78	12.81	12.83	12.86
6.8	12.88	12.91	12.93	12.96	12.98	13.01	13.03	13.06	13.09	13.11
6.9	13.14	13.16	13.19	13.21	13.24	13.26	13.29	13.31	13.34	13.37
7.0	13.39	13.42	13.44	13.47	13.49	13.52	13.54	13.57	13.59	13.62
7.1	13.65	13.67	13.70	13.72	13.75	13.77	13.80	13.83	13.85	13.88
7.2	13.90	13.93	13.95	13.98	14.01	14.03	14.06	14.08	14.11	14.14
7.3	14.16	14.19	14.21	14.24	14.26	14.29	14.32	14.34	14.37	14.39
7.4	14.42	14.45	14.47	14.50	14.52	14.55	14.58	14.60	14.63	14.65
7.5	14.68	14.71	14.73	14.76	14.79	14.81	14.84	14.86	14.89	14.92
7.6	14.94	14.97	14.99	15.02	15.05	15.07	15.10	15.13	15.15	15.18
7.7	15.21	15.23	15.26	15.28	15.31	15.34	15.36	15.39	15.42	15.44
7.8	15.47	15.50	15.52	15.55	15.57	15.60	15.63	15.65	15.68	15.71
7.9	15.73	15.76	15.79	15.81	15.84	15.87	15.89	15.92	15.95	15.97
8.0	16.00	16.03	16.05	16.08	16.11	16.13	16.16	16.19	16.21	16.24
8.1	16.27	16.29	16.32	16.35	16.37	16.40	16.43	16.45	16.48	16.51
8.2	16.54	16.56	16.59	16.62	16.64	16.67	16.70	16.72	16.75	16.78
8.3	16.80	16.83	16.86	16.89	16.91	16.94	16.97	16.99	17.02	17.05
8.4	17.08	17.10	17.13	17.16	17.18	17.21	17.24	17.27	17.29	17.32
8.5	17.35	17.37	17.40	17.43	17.46	17.48	17.51	17.54	17.57	17.59
8.6	17.62	17.65	17.67	17.70	17.73	17.76	17.78	17.81	17.84	17.87
8.7	17.89	17.92	17.95	17.98	18.00	18.03	18.06	18.09	18.11	18.14
8.8	18.17	18.20	18.22	18.25	18.28	18.31	18.33	18.36	18.39	18.42
8.9	18.44	18.47	18.49	18.50	18.55	18.58	18.61	18.64	18.67	18.69
9.0	18.72	18.75	18.78	18.80	18.82	18.86	18.89	18.92	18.94	18.97
9.1	19.00	19.03	19.05	19.08	19.11	19.14	19.17	19.19	19.22	19.25
9.2	19.28	19.31	19.33	19.36	19.39	19.42	19.45	19.47	19.50	19.53
9.3	19.56	19.59	19.61	19.64	19.67	19.70	19.73	19.75	19.78	19.81
9.4	19.84	19.87	19.89	19.92	19.95	19.98	20.01	20.04	20.06	20.09
9.5	20.12	20.15	20.18	20.20	20.23	20.26	20.29	20.32	20.35	20.37
9.6	20.40	20.43	20.46	20.49	20.52	20.54	20.57	20.60	20.63	20.66
9.7	20.69	20.72	20.74	20.77	20.80	20.83	20.86	20.89	20.91	20.94
9.8	20.97	21.00	21.03	21.06	21.09	21.11	21.14	21.17	21.20	21.23
9.9	21.26	21.29	21.31	21.34	21.37	21.40	21.43	21.46	21.49	21.52