

# 砥墩式堰之新設計及其在渠首工程之應用

## New Design of Baffle Weir and its Application to the Head Work

臺灣省南投水利會會長

洪 瑞 明

### Abstract

According to the concept of energy dissipation, a stepped diversion dam has been designed by using energy dissipation blocks arranged in three or four parallel rows, and connected with reinforcing steel. It has the advantages of both the fixed dam and that of the movable dam. Hydraulic computation are carried out in several cases including the cases of practical application done by the Irrigation Association of Nan-tou, Yun-lin and I-lan. The merits of the dam presented have been confirmed. They save about 67% of maintenance cost annually. The results of practical applications have shown both the feasibility and the worth of being greatly employed.

### 摘 要

本文係利用消能觀念，將消能塊以鋼筋連結，且深入河床直接灌製，以三排或四排消能檻作成階梯式之攔河堰（即砥墩式堰），使其兼具固定堰及活動堰之優點。經水理計算及南投、雲林、宜蘭水利會所屬各圳實際使用結果，效果頗佳，每年節省渠首工程養護費三分之二，證實此砥墩式堰為一施工容易、建築費與維護費低廉且取水容易之渠首工程，值得大力推廣與採用。

### 一、前 言

烏溪中游是臺灣水利事業起源較早之區，始於乾隆七、八年間，距今已有二百多年之歷史。時至今日，急流中之渠首工程（Head Work）一直是令人頭痛而尚未解決之問題。一般而言，臺灣的河流短促，水流湍急，以烏溪為例，比流量即達 6.7<sup>(8)</sup>，河況係數高至 900 左右<sup>(9)</sup>，流況亦極不穩定，其結果極易導致河川改道，甚至沖毀攔河堰（Diversion Dam）及刷深河床。例如記載上民國三十二年，烏溪橋下游左側之茄荖媽助圳，經長年洪水衝擊，圳頭刷深，無法提高水頭，以致導水灌溉幾致停頓，農民怨聲四起，當時水利會曾動用

三百多人力，花費了將近 60 個工作天，填下無數之「筍」\* 才勉強將水位提高，而獲得引灌。但時隔不久，另一洪水之來臨，即前功盡棄，破壞無遺。因此渠首工程一直是臺灣灌溉事業上棘手的問題，而如何設計或改良更堅固實用的渠首結構則一直是水利工程師們努力的目標。

本研究之發啓乃於民國六十四年，當時正巧烏溪流域之阿罩霧第一圳之固定堰受堤頭地基刷深而被水攔腰沖斷。首先仍用以往慣用之「筍」工處理，但因流速頗急，不易施工，且極易再度被流失，效果不佳。尤其水利會耗費巨額製「筍」費用，而

\* : A Basket filled with stones

製筴技術工日益難求，且工資日漸高昂，若不另求他途，實不能一勞永逸地解決渠首工程之問題。

筆者爲了研究改善之道，乃赴各地勘察各主要河川之護岸工程之特色，觀察損害情形，並推究其受損原因。幾經研討後，認爲可利用消能檻 (Blocks) 之觀念來試製渠首工，其構想即將消能檻之塊與塊之橫豎方向以鋼筋連結，且深入河床直接灌製，使其兼具固定堰與活動堰之效果。首先試用於阿罩霧第一圳原固定堰前端遭沖毀不遠處，按此構想採用四排式結構之攔河堰 (Diversion Dam)，發現效果頗佳。自民國六十五年十二月動工至六十六年三月完工後至今五年，已使每年渠首工程養護費減至三分之一，惟其前排之先端 (即堰趾處) 稍有淘沙現象，爲了改進，於民國六十七年初於原堰址之上游處另加二排消能檻，將其改設成階梯式，發現消能作用更佳，雖經幾次洪水，絲毫未見受損，且水流頗爲穩定。其後將此構想應用於九芎林圳、北圳、國姓圳、福龜圳、茄荖媽助圳等地，雖經多年來洪水之考驗，均未有不良之效果，非但可穩定取水灌溉且節省了大量之維護費用。本研究所設計之砥墩式堰施工簡易低廉，且經南投水利會所屬多處渠首工使用結果，證明其優異的實

用價值，故將其作成報告就教於諸位先進，並請不吝指正。又本研究之分析整理承蒙前南榮工專土木科主任許宗民副教授之精心指導及協助，誠致十二萬分之謝意。

## 二、攔河堰 (Diversion Dam) 之沿革

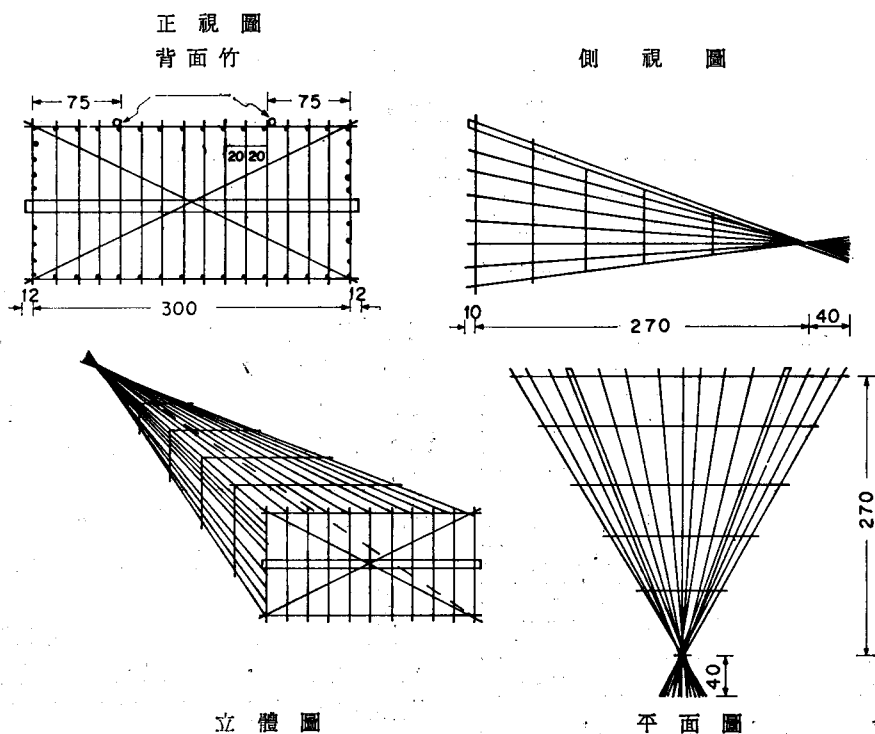
攔河堰乃攔截河流中之水以引導進入灌渠之工程。

### 2-1 臨時性堰

一般稱爲渠首工或引水工，在臺灣使用之前後，大約可分爲下列幾種：

(1) 錐形筴：爲我國先民所沿襲下來之一種特殊引水工材料，其歷史已相當悠久，在臺灣可說一有水利工程就使用此種形式，其優點爲取材容易，且施工時可任意增加其個數，尤其遇有大水時即自動沖掉，不致擋住水路而造成氾濫。一般使用形狀爲矩形 (四角錐體) 如圖一，其他另有圓形 (圓錐體) 兩種，若以材料論可分下列幾種。

(A) 山番菓筴：山番菓樹爲本省八卦山之特產，本省之臺中、南投一帶均使用其樹幹做爲筴之材料，其大小可由 3~12 台尺 (1m~4m) 不等，一般使用 1m~2.5m 較理想且經濟，因再大則其結



圖(一) 高 150 矩形角錐筴

單位：cm

構體之材料均隨着加大，而使材料不易求。

優點：施工容易，材料耐水性高。

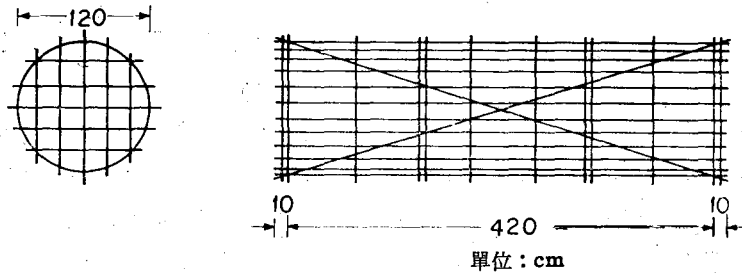
劣點：材料不易取得，價格較貴。

(B)竹筴：彰化、雲林一帶較常使用，一般採用桂竹。

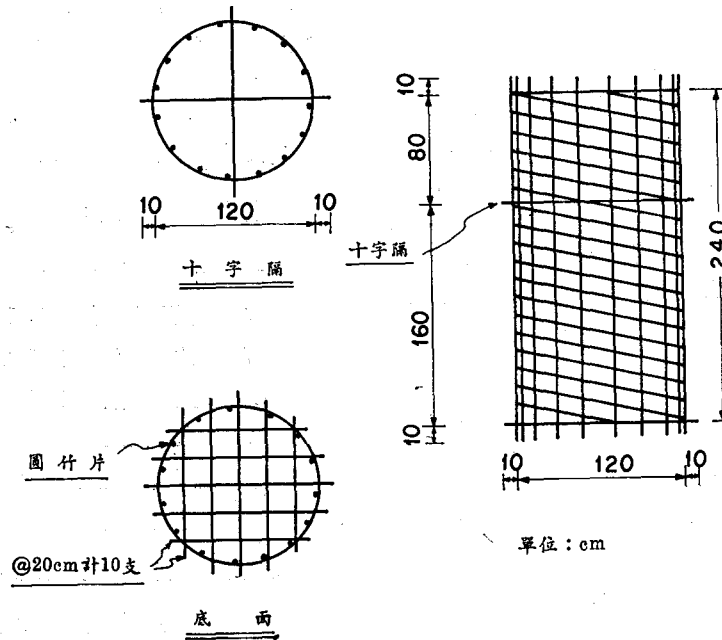
優點：材料取得容易，且價廉，施工容易，耐水性高。

劣點：竹材容易破裂，施工較易受傷。

(2)圓柱形筴（俗稱枕頭筴）可分為圓倒筴及圓豎筴兩種，前面所述之筴均為錐體，而此種為類似蛇籠之形狀，為圓柱狀如圖(二)及圖(三)，一般為竹材及山番葉混合做成。其優點為做成後將其從岸上滾入沖蝕之河床，然後在其上加筴，其劣點為不



圖(二) 長 420 之圓倒筴



圖(三) 高 240 圓豎筴標準圖

耐撞擊。

## 2-2 固定堰：

一般依基礎岩盤之深淺，完全截水之要求及冲刷之狀況綜合考慮後，選定固定型 (Fixed Type) 或浮式型 (Floating Type) 堰體，原則上以混凝土設計。混凝土依設計施工上之適合成為永久構造物，依河川之狀況可隨意製造適當高度大小之形狀，而較其他築堰材料可建造為水密性，故取水量

佔河川流量中之較大比例時，混凝土材料應為較佳之選擇，因此目前築堰時均以混凝土為設計原則，如圖(四)

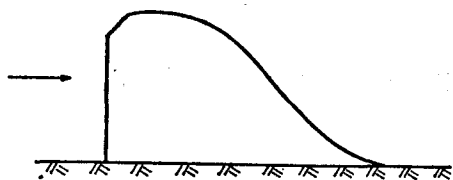
優點：(1)耐久性高。

(2)擋水效果高。

劣點：(1)地基強度不夠或處理不當，常易造成危險。

(2)若有部分損壞則不易修理。

(3)建造費用昂貴。



圖(四) 固定堰側視圖

### 2-3 活動堰：

計劃洪水量溢流固定堰時，如溢流水深過大或流床質特多，如用固定堰可能埋沒或阻塞進口水口時，則須用活動堰。

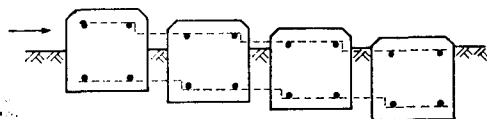
活動堰之設計方式：(a)全部以活動堰攔河，(b)以活動堰與固定堰配合設置，(c)低固定堰上架設活動堰等。應用何種方式端視迴水影響，引水堰之規模及河川之性態而異。

優點：洪水時可使水之宣洩順暢。

劣點：建造費較昂貴。

### 2-4 砥墩式堰：

即本文所提之方式，乃採用固定堰及活動堰之優點設計而成，將堰體做成塊 (Block) 狀，而 Block 與 Block 之間又以鋼筋連結，如圖(五)所示，一般採用橫向三排式或四排式不定，使具有固定堰之優點，且大半埋於河床，每遇洪水時即可將置於堰體之臨時取水構造物沖掉。其優劣點將於爾後幾章提出討論。



圖(五) 砥墩式堰側視圖

## 三、水 理 計 算

### 3-1 概 說

渠首工乃堰之一種，其設計原則可參考堰壩之方式，而砥墩式堰則為一溢流式堰。

通常堰之作用力可大別為兩類，一為可直接計算者，另一則由經驗公式所得計算，本研究所設計之砥墩式堰大都採每邊 2 m 之立方體。(一般與取水高度與流速有關)。本篇水理探討以北圳渠首工程為例，因該地區平時之流速較急，由實測結果平時平均速度約為 3m/Sec，堰頂水深約 50 公分，為考慮本堰體之計算依下列假設為依據：

### <假設>

1. 堰頂水深  $H_1=50$  公分 (cm)
2. 為安全計以單一塊體計算
3. 單位水重  $W=1000$  kg/m<sup>3</sup>
4. 混凝土之單位重  $r=2.4$  Ton/m<sup>3</sup>
5. 塊體高  $H_2=2$ m，長 (L)，寬 (B) 亦同
6. 水流沖擊力  $F_1 = \frac{WQ}{g} V$  (V 為流速，Q 為流量)
7. 靜水壓力  $F_2 = \frac{1}{2} W (H_2^2 - H_1^2)$
8. 石頭之直徑約有 60 cm, 80 cm, 100 cm, 今取較大者 100 cm 為計算依據，令其質量為 M，作用力為  $F_3$
9. 取單位寬度計算
10. 令石頭之單位重為 2.6 Ton/m<sup>3</sup>
11. 浮托力 (uplift pressure) 分別為  $P_u$  與  $P_u'$
12. 因砥墩堰埋於河床僅約一米，且完全處於飽和水狀態，故土壓力擬採藍欽 (Rankine) 氏之淤砂作用力公式：

$$P_u = \frac{1}{2} (W_1 - W_0) C_0 H_s^2$$

$$W_1 = \text{淤砂之單位重} \div 1.8 \text{ Ton/m}^3$$

$$W_0 = \text{水之單位重} \div 1 \text{ Ton/m}^3$$

$$C_0 = \text{土壓係數 } 0.4 \sim 0.5$$

$$H_s = \text{淤砂高度}$$

13. 摩擦係數 f (混凝土與砂) 採  $f=0.4$

### 3-2 情況 I：浮式基礎

假設尾水不計，則浮托力  $P_u = \frac{1}{2} W H_2 L$

$$\text{摩擦力 } P_f = f (W - P_u)$$

$$\text{水衝擊力 } F_1 = \frac{W}{g} QV = \frac{HBW}{g} V^2$$

$$\text{水靜壓力 } F_2 = \frac{1}{2} W (H_2^2 - H_1^2), \text{着力點}$$

$$\text{距離 } X = \frac{1}{3} H \cdot \frac{H_2 + 2H_1}{H_2 + H_1}$$

因本例之水流速假定為 3 m/Sec，則石頭之衝擊力暫不考慮，則得

(i) 滑動安全率 (stability against sliding)

$$\eta = \frac{f (W - P_u)}{F_1 + F_2} = \frac{6680}{4836.7} = 1.38$$



< b > 如同 < a > 之情況若同時考慮石頭之撞擊力時，首先吾人須先瞭解水流欲推動石頭之作用情形，如圖(八)。

< 假設 >

1. A = 垂直水流方向之礫石面積
2. F<sub>w</sub> = 水流對礫石之作用力
3. F<sub>R</sub> = 為礫石對河床之摩擦力
4. f<sub>1</sub> = 礫石對床面之摩擦係數
5. V = 礫石之體積
6. W = 礫石在水中之重
7. ω = 水單位重
8. α = 河床之坡度
9. d = 礫石之比重
10. v = 水流之速度

由牛頓之公式可知作用於礫石之力

$$F_w = CA\omega \frac{v^2}{2g} \quad (C \text{ 為係數})$$

且礫石在水中之重

$$W = (d - \omega) V$$

則礫石在河床向下移動之條件為

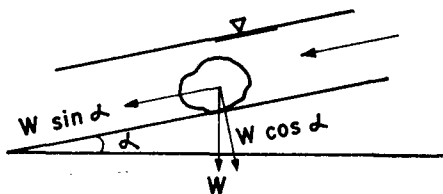
$$F_w + W \sin \alpha > f W \cos \alpha$$

即

$$CA\omega \cdot \frac{v^2}{2g} + (d - \omega) V \sin \alpha > f \cdot (d - \omega) V \cos \alpha$$

∴

$$\frac{C\omega}{2g} Av^2 > (d - \omega) V (f \cos \alpha - \sin \alpha) \dots\dots\dots(1)$$



圖(八) 礫石在河床受力情形

河床上之礫石一般為三軸向均以橢圓體討論，設長軸長為 a，中軸為 b，短軸為 c，則體積

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot \frac{a \cdot b \cdot c}{8}$$

$$A = \pi \cdot \frac{a \cdot c}{4}$$

(a 為與水流平行之軸，c 為與水流垂直之軸)

∴ (1)式為

$$\frac{C\omega}{2g} \pi \cdot \frac{a \cdot c}{4} v^2 > (d - \omega) \cdot$$

$$\frac{4}{3} \pi \cdot \frac{a \cdot b \cdot c}{8} (f \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$\therefore v^2 > \frac{4g}{3c} \cdot \frac{d - \omega}{\omega} b (f \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$\text{令 } \frac{4g}{3c} = \beta \text{ (const.)}$$

$$\text{即 } v = \sqrt{\frac{\beta b (d - \omega) (f \cos \alpha - \sin \alpha)}{\omega}}$$

按照日本伊藤武夫<sup>(10)</sup>先生之研究抵抗係數

C = 0.53. 摩擦係數 f = 0.6

∴ 實用上其速度應為

$$v = 6.25 \sqrt{b (0.6 \cos \alpha - \sin \alpha)}$$

但一般 α 甚小故 cos α ≅ 1, sin α ≅ 0

則

$$v = 4.87 \sqrt{b}$$

今若取礫石之直徑為 1 m 則得

$$v = 4.87 \text{ m/sec}$$

即欲使直徑 1 m 之礫移動之水流速需

$$v > 4.87 \text{ m/sec}$$

於情況 < b > 若假設石頭滾動之速度與水流

同，設為 v，今以傾覆安全率為考慮依據時則

由 < a > 情況可知

$$F_1 \times 0.31 + P_u \times \frac{4}{3} + P_u' \times \frac{2}{3} + F_1 \times 0.5$$

$$+ F_2 \times 1 < W \times 1 + P_o \times \frac{2}{3} + F_2 \times 0.22$$

$$\text{即 } 102v^2 + 79.6v - 14399 < 0$$

$$\therefore v < 12.27 \text{ m/sec}$$

若 Block 之體積保持為 2<sup>m</sup> × 2<sup>m</sup> × 2<sup>m</sup>，則其強度按上述之水力分析應可至 V = 12 m/sec 左右。今以流速較大之北圳為例，若取河床糙率 n = 0.25，河床坡度 s = 0.01，渠寬 53 米，平均水深 1.4 m，則由滿寧 (Manning) 公式得其流速 v = 4.84 m/sec，因此當可安全，即使在洪水期，水位高達 4.7 m 時，流速雖可高至 10 m/sec 左右，亦應無問題，且因面向上游第一排壩體埋入土層常深至三分之二左右，故應可安全。且事實證明雖使用一、二年，經歷幾次洪水，仍無滑移與傾覆之事發生。

#### 四、結構分析

4-1 砥墩式堰一般結構特性

本結構體雖由個別之 Block 完成，但其豎橫

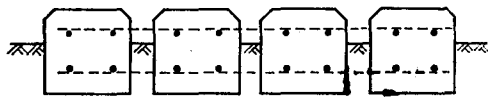
向均有  $25\phi$  之鋼筋連接，因此有整體結構之效果，其結構特性約有下列幾點：

1. 鋼筋之連結富有撓曲性，若有一個傾覆，可不致影響另一個體之安全性。
2. 對每一縱向之 Block，由於鋼筋之連體作用，因此由第二個 Block 起之摩擦阻力均可由鋼筋傳至頭一個 Block，而使其穩定性倍增，因此滑移安全率可增高。
3. 各 Block 之間由於鋼筋之作用，使底面積加大，因此其傾覆安全率 (stability against overturning) 增大。

#### 4-2 兩種不同型式之結構特性比較

##### 1. Model I：平頂式砥墩式堰：

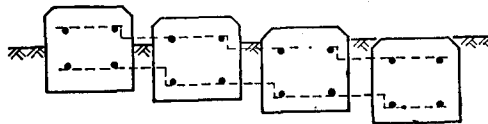
目前在阿罩霧第一圳之渠首改善工程即使用此平頂式之 Block 結構，如圖(九)。其優點為施工容易，但對水流之消能作用 (Energy dissipation) 未能產生效果，以致前端之 Block 有淘砂之情形。



圖(九) 平頂式砥墩堰之側視圖

##### 2. Model II：階梯式砥墩式堰：

因有 Model I 之經驗，因此改成為有消能作用之階梯式 Block 結構，每一 Block 高差約 25~50 cm。此種結構因順水流而下，故前端之淘砂作用已不再出現，雖施工較 Model I 費時，但較穩固，如圖(十)。



圖(十) 階梯式砥墩堰之側視圖

## 五、討 論

### 1. 各種渠首工程之經濟效益比較

僅就烏溪流域往年使用之三種型體作比較，即 (a) 臨時渠首工「筭」，(b) 固定式混凝土堰，(c) 砥墩式堰。

#### (1) 施工費用：

一般「筭」施工較省，砥墩式堰次之，固定式混凝土堰最鉅。但若水流湍急或洪水頻繁之

年，則因「筭」一再流失，故其總工程費當大幅度增加，而半固定堰不必考慮地質因素，且可做成浮式基礎，故其工程費最省。

#### (2) 逐年之修繕費用：

「筭」之施工雖較省，但因經常被沖失而一再補充，因此每年之修繕費用相當可觀，而固定式混凝土堰施工費不少，且一經地基沖蝕而沖毀時，修繕不但困難，且工程亦不少，而砥墩式堰經施工後，每年之修繕費相當少，可參考表(一)與表(二)

#### (3) 其他影響：

(a) 時序影響：「筭」因施工時間長 (約 15 天左右)，往往影響秧苗之栽種；若是菸葉則因時序之不合時，其影響品質之損失可達 15 % 左右；其他水稻若超出預定插秧期七天以上，整田將重新處理，則每公頃將耗費約 NT\$5,600 元左右，以全流域灌溉面積而論，則損失更甚。

(b) 洪水影響：臨時堰雖不影響洪害，但屢被沖失，損失可觀，而固定堰則有淘砂及沖毀之危險，但砥墩堰因該項工程露出河床面不高，因此遇到洪水時，將不致影響本身之安全及防洪效益。

### 2. 耐久性：

本結構體前已述及因塊 (Block) 與塊之間有  $25\phi$  之鋼筋連接，因此有下列幾個優點：

(1) 穩定性強：由學理之分析及實地之試驗已證明其傾覆安全率 (Stability against overturning) 及滑移安全率 (Stability against sliding) 均強。

(2) 避免淘砂：混凝土塊 (Block) 之間因留有間隙，故由於水流迴流作用而使水相互沖擊而抵觸能量，因此可避免淘砂作用。

(3) 修繕容易：若有部分損壞，可以隨時逐一修補，且若 Block 之表面經年累月而有磨損時亦可在原址重新灌製。

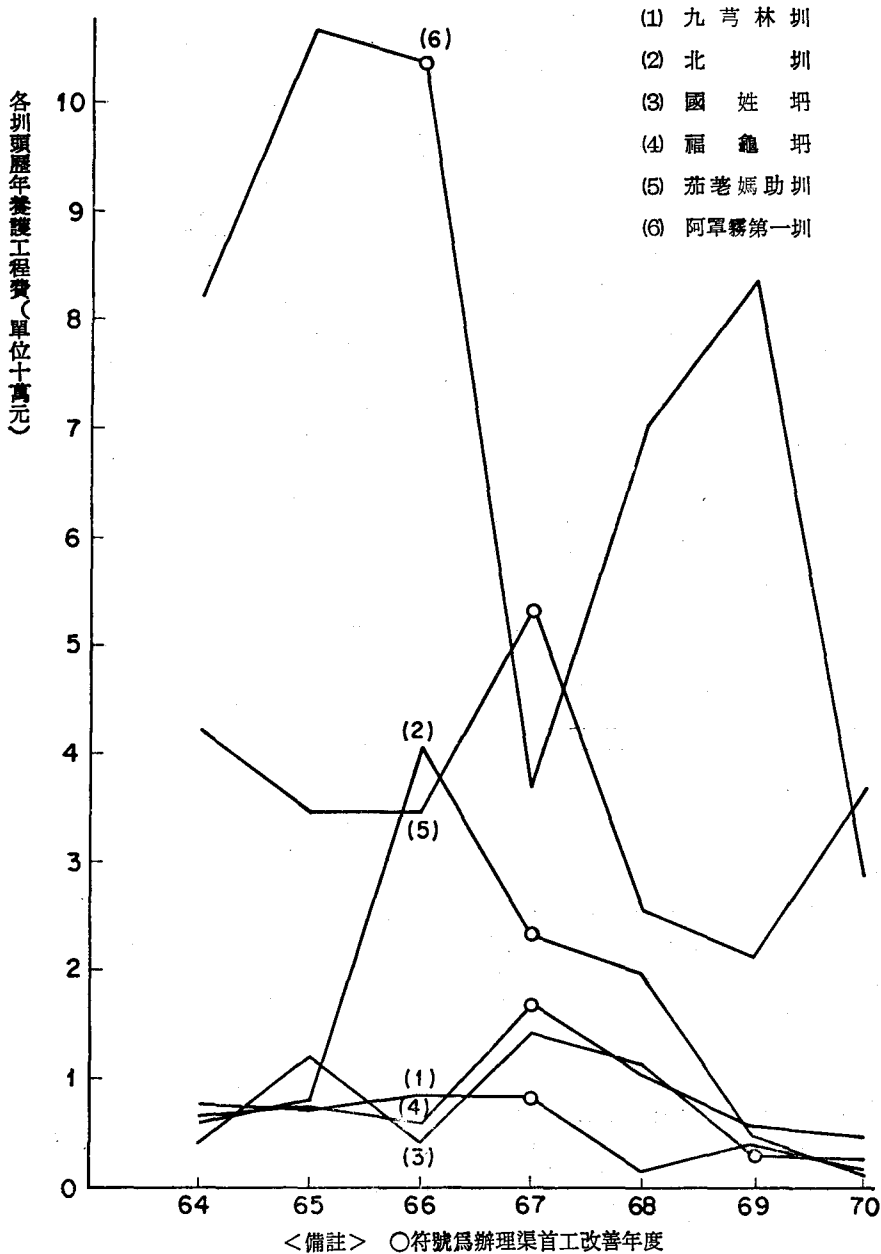
### 3. 推展實況：

目前已使用此項工程者包括南投水利會、雲林水利會和宜蘭水利會，請參看表(三)。

#### (1) 南投水利會：

南投水利會在烏溪流域自民國六十五年(1976)

表(-) 各圳養護施工年度(年)



表(-) 各型取水工程費用比較表

堰之種類	單位長度費用 元/m	使用年限 (年)	每年之單位長度(m) 費用(元)
固定堰	高 2 <sup>m</sup> ~3 <sup>m</sup> 32,000~36,000	30~40 平流處 60 年以上	9,000
臨時堰	高 2 m 1,187.50	約 1/2 年	3,412
砥墩堰	2 <sup>m</sup> ×2 <sup>m</sup> ×2 <sup>m</sup> 式 5,500~6,000	10~20 平流處 50 年以上	300



表(二) 各水利會現有砥墩式堰概況

水利會名稱	渠首工程位置	長度 (M)	排列形式	塊體大小 (長 <sup>m</sup> ×寬 <sup>m</sup> ×高 <sup>m</sup> )	建設年度	流域名稱
南投水利會	阿罩霧第一圳	85.65	4 排式	1.8 × 1.8 × 2.0	1976	烏 溪
	國 姓 圳	68.80	3 排式	2.0 × 1.5 × 2.0	1976	"
	茄老媽助圳	74.50	4 排式	1.8 × 1.8 × 2.0	1977	"
	九 芎 林 圳	59.80	4 排式	2.0 × 2.0 × 2.0	1977	"
	福 龜 圳	44.50	4 排式	2.0 × 2.0 × 2.0	1979	"
	北 圳	37.00	4 排式	2.0 × 2.0 × 2.0	1978	"
雲林水利會	林 內	150.00	3 排式	2.0 × 2.0 × 2.0	1979	濁水溪
	集 集 大 圳	80.00	4 排式	2.0 × 2.0 × 2.0	1981	"
	水里社仔圳	70.00	4 排式	2.0 × 2.0 × 2.0	1981	"
宜蘭水利會	畚箕湖溪圳	50.00	4 排式	3.0 × 3.0 × 3.0	1979	蘭陽溪
	南澳溪圳	15.00	3 排式	1.5 × 1.5 × 1.5	1978	"

開始已施工者有：(a)阿罩霧第一圳(b)國姓圳(c)茄老媽助圳(d)九芎林圳(e)北圳(f)福龜圳，請參考附錄一、二，福龜圳之施工配置圖及附錄三照片(一)~(六)之實際使用情形。

以上烏溪流域各圳除北圳外，其他各圳之工程均安然無恙，而北圳在 1981 年 8 月左右之洪水過後大部均受到磨損，經實地堪查結果，發現並非滑移及傾覆現象，而純粹是由於石頭撞擊而成，且其所以損壞完全是由於施工時為節省工程費而塊石粒徑太大，有超過三十公分者，因此影響強度甚鉅。

(2)雲林水利會：

(a)林內進水口(b)集集大圳進水口(c)水里社仔圳進水口，以上分別於民國六十八年(1979)至民國七十年(1981)完成，情況良好。

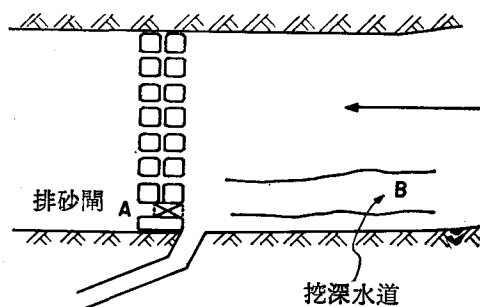
(3)宜蘭水利會：

(a)畚箕湖溪圳進水口，(b)南澳溪圳進水口分別於民國六十七年(1978)與六十八年(1979)完成，目前情況尚稱良好，尤其河床之冲刷情形已不復見，每年節省不少維護費。

4. 其他附屬設備應注意事項：

- (1)排沙閘之設計最好設於圖(十一)A處，且對於排沙閘之閘門據筆者之經驗，認為取單閘式較佳，以免泥土等雜物之淤積。
- (2)半固定堰完成後應注意設計水位時把增高位能(Block之高度)及因水工構造物使斷面積縮小之因素一併考慮。
- (3)一般打開排沙閘時，最好在水位剛退之瞬間較佳。

(4)若上游接近渠首之B處有淤積而使河床墊高之現象，則只需在B處用挖土機挖出一水道即可引水入渠而省掉加高引水壩之費用。



圖(四) 砥墩式堰附屬設備配置圖

## 六、結 論

渠首工(Head Work)為灌溉工程重要之水工結構物，其設計與施工之優劣，影響灌溉取水甚鉅，因此不能不慎重。今僅將本研究所得結論分述如下：

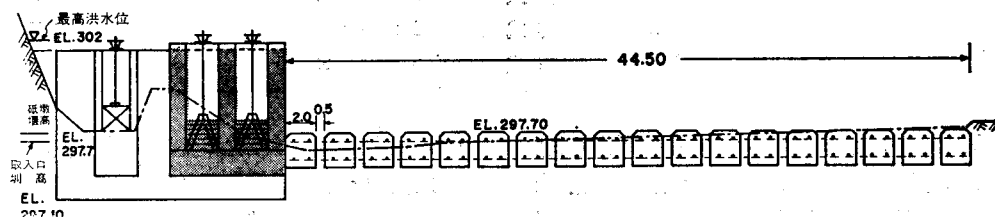
1. 本研究之砥墩式堰，為施工容易，工程費低廉且取水容易之渠首工程。
2. 急流處或坡度較陡之處，尤其位於上游之首排Blocks應使用高強度施工法，以免撞擊損壞。
3. 在砥墩式堰Blocks之前端為防止淘砂作用可作成護坦式(Apron)。
4. 目前雖有少數地方之塊體損壞，經調查均為石頭撞擊所致。因此建議在面向上游之首排前端及各塊頂，利用河床之石塊打鑿成矩形砌鋪其上。

### 參 考 文 獻

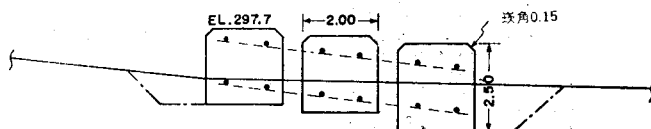
1. 易 任：「渠道水力學」國立編譯館 東華書局。
2. 陳茂生：「灌溉排水工程設計」第三編 渠首工程，臺灣省水利局編 1978. 12
3. 中國工程師手冊 水利篇（第七篇開壩工程）。
4. 美國內政部墾務局編 臺灣省水利局譯「壩工設計」1966。
5. Victor. L. Streeter: Handbook of Fluid Dynamics 1969.
6. Streeter/Wylie: Fluid Mechanics, Sixth Edition, Mcgraw-Hill, 1975.
7. United States Department of the Interior Bureau of Reclamation "Hydraulic Design of Stilling Basins."
8. 齋藤一夫：「臺灣の農業（上）」，亞洲經濟研究所，1977. 2.
9. 伏谷伊一：「溪流工學」，地球出版社，1970. 3。
10. 伊藤武夫：「砂防工學」，白楊社，昭和 33 年。

### 附 錄 一

單位：M S=1:400

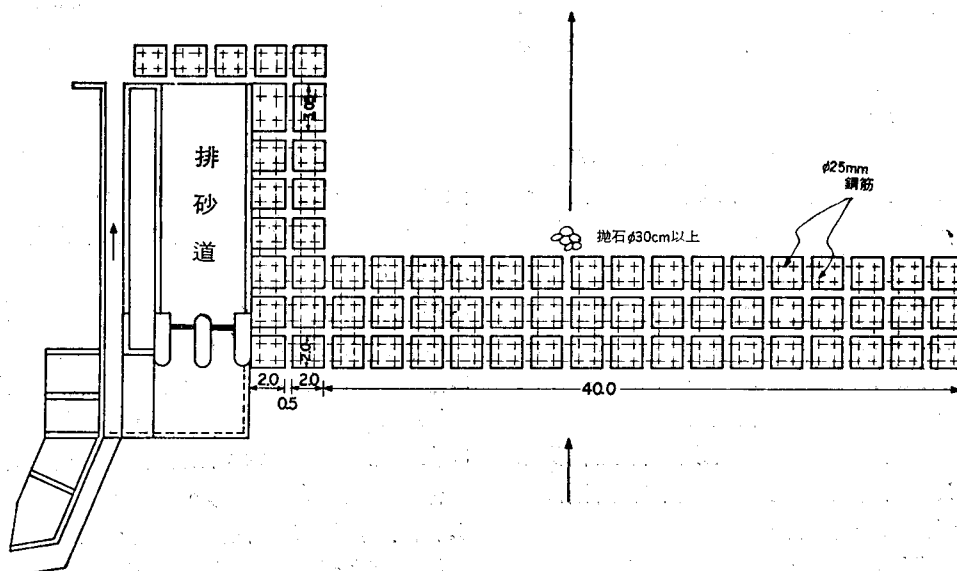


福龜圳砥墩式壩前視圖



圖(一) 福龜圳砥墩式壩橫斷面圖

### 附 錄 二



圖(二) 福龜圳渠首工程平面圖，單位 (M)

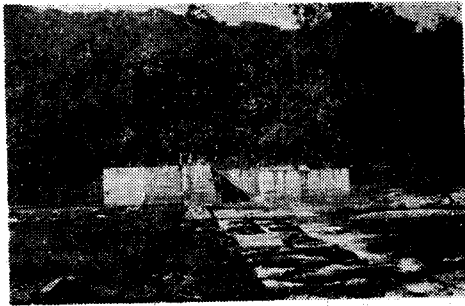
附 錄 三



↑ 照片(一) 福龜圳頭未建設前



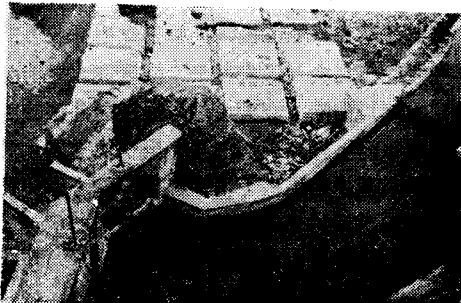
↑ 照片(四) 九芎林圳頭



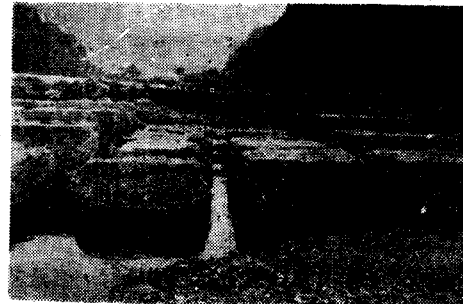
↑ 照片(二) 福龜圳頭工程(經過三年後之情形)



↑ 照片(五) 九芎林圳頭工程經過四年後(中央部分為所留缺口, 排砂用)



↑ 照片(三) 九芎林圳頭工程



↑ 照片(六) 九芎林圳頭(所留之缺口為排砂用)