

臨水坡面工設計經驗談

林 得 志

黎明工程顧問股份有限公司 水利技師兼董事長

一、前言

水利工程最多的是臨水坡面工。

所謂臨水坡面工是指①輸水渠道內面工②區域排水渠道坡面工③河川堤防護岸坡面工④水壩上游坡面工⑤海堤及碼頭護岸等等。

臨水坡面工法看似簡單，實則暗藏危機，一不小心就會有失敗、崩壞的可能，況且要兼顧功能、安全、經濟、景觀、節能與施工性，卻也不簡單。本文是憑筆者的經驗建議適合的斷面，依①功能②安全③經濟④景觀⑤節能⑥施工等六項予以 1~5 的評分，數字越多越優良。並說明採用該斷面的理由，以及過去有過失敗案例的原因。

本文希望能讓水利工程師參考引用，俾能設計出正確、優良的斷面。

二、灌溉渠道

灌溉用水之輸水渠道，要達到輸水功能，必須要做水理計算，以決定斷面大小。流況是等量等速流，通常用曼寧(Manning)經驗公式計算。

$$Q=A \times V$$

$$Q = \text{設計流量 CMS 即(m}^3/\text{sec)}$$

$$A = \text{通水面積(m}^2\text{)}$$

$$V = \text{流速(m/sec)} = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$n = \text{粗糙係數}$$

$$R = \text{水力半徑} = A/P \text{ (m)}$$

$$P = \text{濕周長(m)}$$

$$S = \text{水力坡降，灌溉渠道通常 S 等於渠底坡降}$$

以前的年代因為營建材料較貴，所以灌溉渠道之斷面要採用 P 最短之經濟斷面，近代比較富裕，應不必再計較，水理計算可先假設底寬 b，再直接計算水深 d。

(一) 土渠

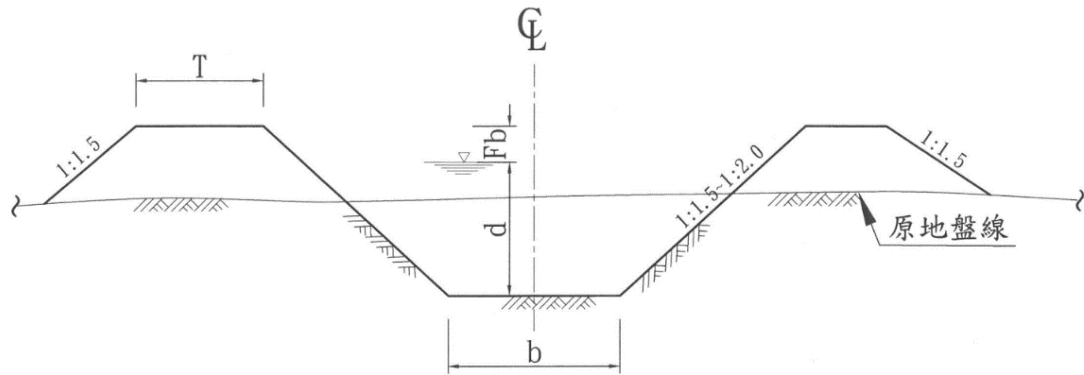


圖1 土渠橫斷面圖

表1 土渠橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
1	1	5	2	4	5	18

優點-施工快速。

缺點-滲漏水量大，坡面易淘刷。

說明：①坡面長草，通水量減少，用地面積大。

②早期(1950年代前)物資缺乏，水泥昂貴，大都採用土渠，譬如嘉南大圳。興建於1930年代(民國19年前)，大多採用土渠，但是1960年代以後已逐漸鋪設混凝土坡面工。

③近代灌溉渠道如果是臨時性者仍有採用土渠，如果是永久性渠道都用混凝土渠道。

④土渠滲漏水量及表面蒸發量，即輸水損失約25%~30%。

⑤n值約0.035。

⑥流速<1.50 m/sec。

(二) 混凝土坡面工

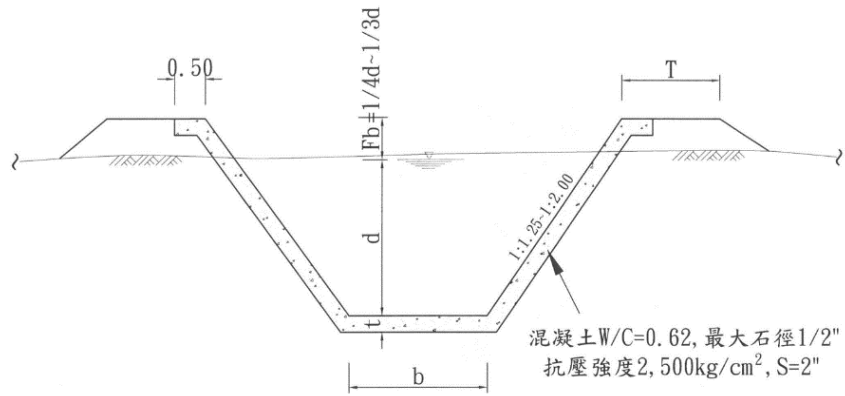


圖2 混凝土坡面工橫斷面圖

表2 混凝土坡面工橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
3	4	3	3	3	3	19

說明：①灌溉渠道通常使用混凝土坡面工，是止水增加流速的工法，流速可容許到 3m/sec，輸水損失不會超過 15%。

②n 值約 0.016。

③用地範圍大。

④規模大者可用機械化施工，小斷面者可以人工拍打。

⑤每區塊 10m~15m 設伸縮縫 $t=1\text{cm}$ ，填瀝青柏油。

(三) 混凝土砌塊石坡面工

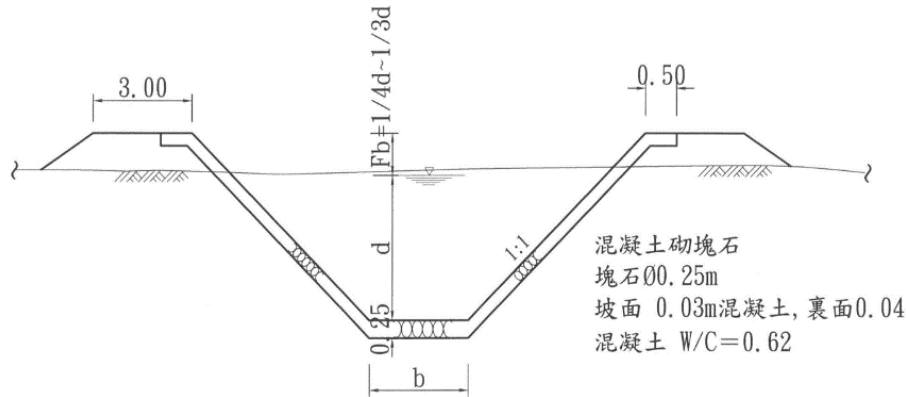


圖3 混凝土砌塊石坡面工橫斷面圖

表3 混凝土砌塊石坡面工橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
3	4	4	3	3	1	18

- 說明：①工址附近河川有豐富塊石可採用，惟無法機械化施工，故砌石工難找是缺點，輸水效率不佳。
- ②用地範圍大。
- ③n 值 0.025，輸水損失約 15%。

(四) 鋼筋混凝土座槽

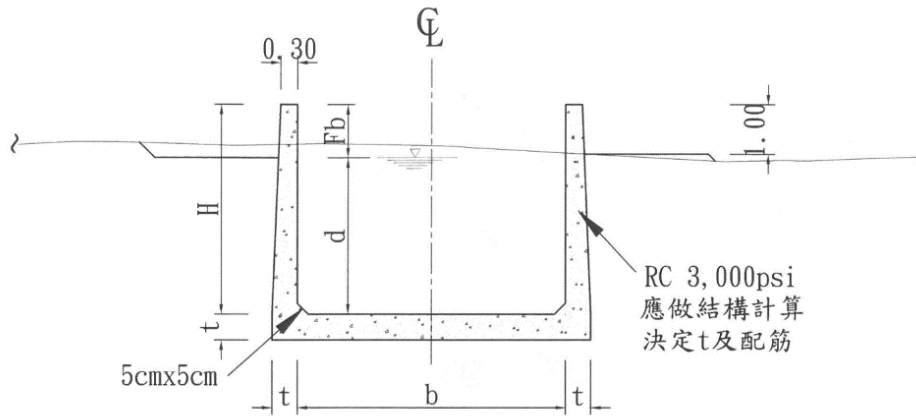


圖4 鋼筋混凝土座槽橫斷面圖

表4 鋼筋混凝土座槽橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	5	3	3	2	3	20

- 說明：①可節省用地，梯形斷面的老舊渠道紛紛改成矩形的 RC 座槽，剩餘的土地可做為維護道路及布置景觀。
- ②規模大時，施工可用滑動鋼模板，快速施工。
- ③ $n=0.016$ ，流速 $<3.00\text{m/sec}$ 。
- ④輸水損失約 10%。
- ⑤10m~15m 一區塊，伸縮縫用止水橡膠型。

(五) 圓形斷面(自由流)

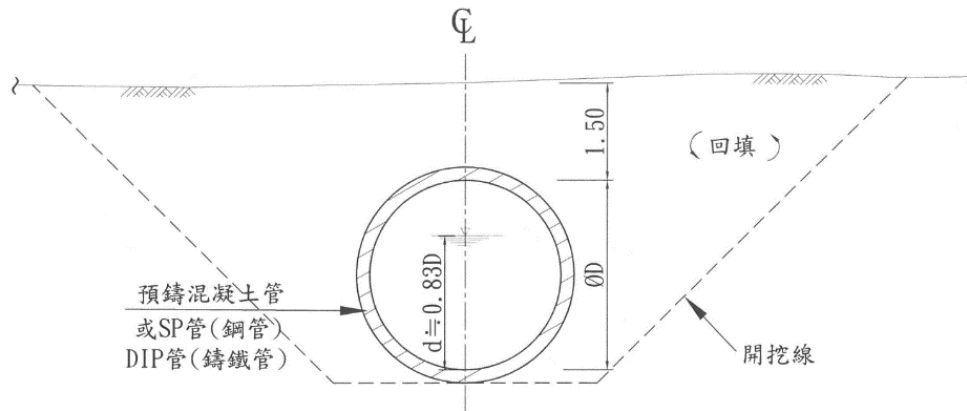


圖5 圓形斷面(自由流)橫斷面圖

表5 圓形斷面(自由流)橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
5	4	3	3	3	4	22

說明：①省用地。

②施工快速，輸水損失少，6m/支，止水活動接頭。

③manning 公式之 n 值：

預鑄混凝土管 n=0.016。

鑄鐵管 n=0.016。

鋼管 n=0.014 可內襯 PE，外塗瀝青柏油防鏽。

(六) 圓形斷面(滿管流)

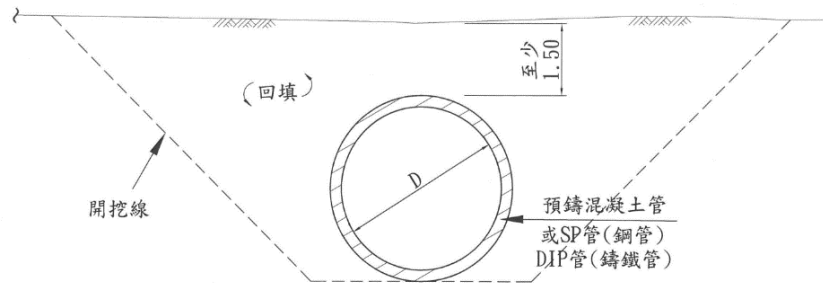


圖6 圓形斷面(滿管流)橫斷面圖

表6 圓形斷面(滿管流)橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
5	3	4	5	4	4	25

說明：①滿管流、壓力管要有足夠的壓力水頭。

②水理計算平均流速。

$$V=0.355 \times C \times D^{0.63} \times S^{0.84}$$

(日本「土地改良事業計畫設計基準—設計—水路」P.54)

V=平均流速(m/s)

C=流速係數(鑄鐵管 C=100、鋼管 C=100、混凝土管 C=130)

D=管徑 m 小於 2.60m

S=水力坡降

③可埋設在道路下或農路下，用地最省。

④可配合灑水灌溉，用水管理方便。

⑤輸水損失少。

(七) 灌溉渠道斷面檢討

1. 灌溉渠道斷面從歷史軌跡來看，早期因物質缺乏，只能採用土渠，但因長草，邊坡淘刷缺損、流速低而渠底淤積，致輸水效率不佳。而後發明水泥混凝土，而紛紛改成混凝土坡面工。
2. 混凝土坡面工，表面水面積大，蒸發損失大，用地範圍大。近代紛紛改建為矩形座槽式斷面，可節省用地面積，剩餘土地做為維護道路並佈置景觀綠美化。只是座槽要用鋼筋混凝土，鋼筋費用較貴，但是近代社會富裕，用得起座槽，堅固耐用。
3. 灌溉渠道應隨著科技進步而改變，筆者認為應改進輸水效率，減少輸水損失，便利自動化灌溉管理，即分水與量水，所以應朝圓形管路發展。
4. 無論任何灌溉渠段，如果座落在不良的地基上(OL、MH、CH、OH土質)，且含水量高，就會崩塌。遇到該不良地基，就必須地盤改良或打樁。
5. 渠道如果座落在斜坡上，應注意斜坡岩盤是否順向坡，有沒有滑動的可能，地下水位是否過高致揚壓力破壞渠道的可能(如圖7)。

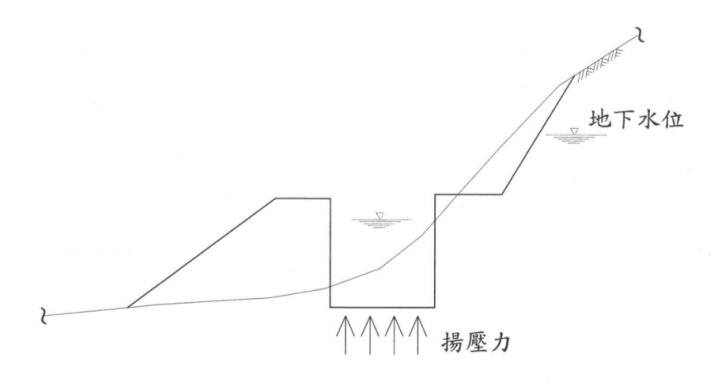


圖7 地下水位與揚壓力關係示意圖

6. 明渠斷面輸水系統要有退水路，自由溢流，以防取入水量過高或暴雨滿渠而溢流破壞渠道，也要有全洩放水門以便沖淤。
7. 管路渠道應防患地震破壞，適當地點裝置可撓管。管路低處設置排水閘或排泥閘。高處設置排氣閘，適當地點設置人孔便於維護。

三、排水渠道

排水渠道與灌溉渠道的不同是灌溉渠道不容許漏水，但排水渠道是不得封死，要使渠道水位與地下水位保持互通，使地下水能流入渠道內，如果渠道內的水位高於地下水位，則可流入補充地下水，所以渠坡應透水的，渠底不應封死。水理計算是等量不等速流。

1980 年之前的年代，還沒有電腦的時代水理計算都用手算，A 點的水理為已知數，假設 B 點之 d_2 並計算 h_{v2} 及 h_f ，檢討 A 及 B 斷面的水理是否平衡(如圖 8)，近代多用電腦 HEC-RAS 程式計算。

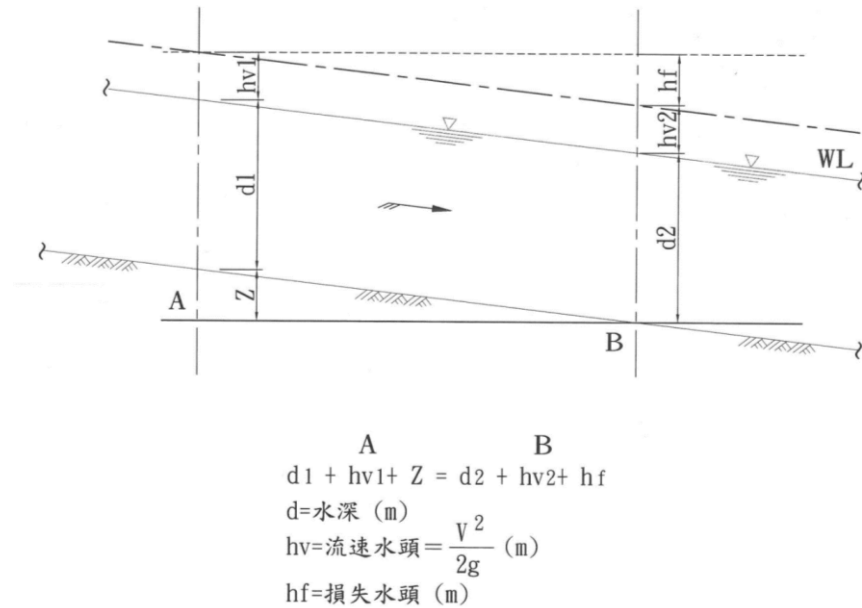


圖8 能量平衡公式示意圖

(一) 混凝土坡面工

適用於挖方斷面，混凝土坡面工不適用於填方斷面。

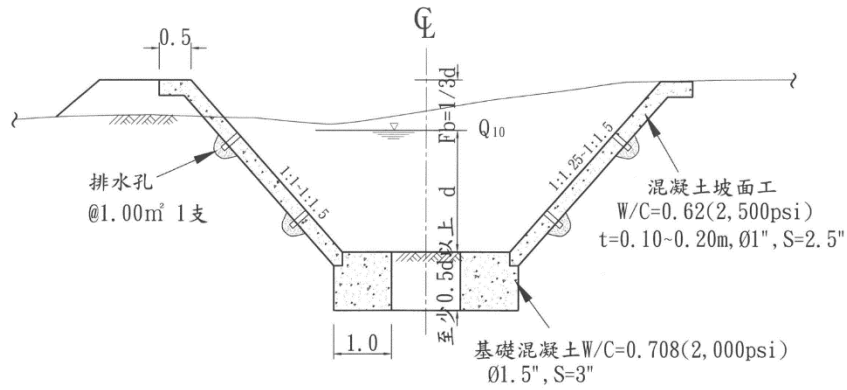
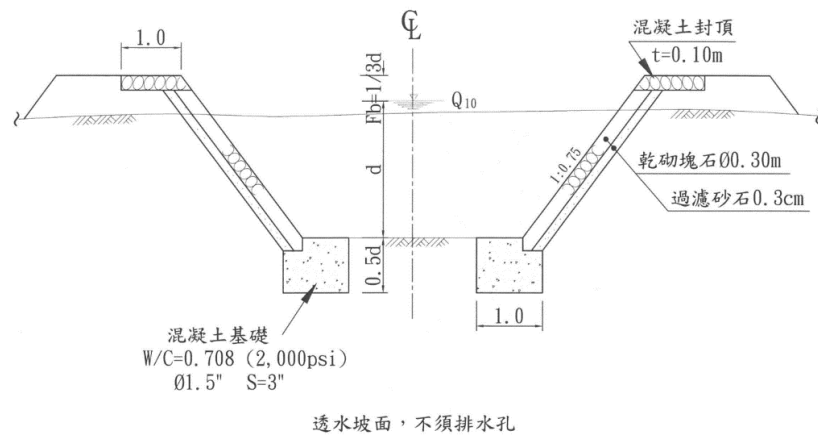


圖9 混凝土坡面工橫斷面圖

表7 混凝土坡面工橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
2	2	3	2	2	2	13

(二) 乾砌塊石



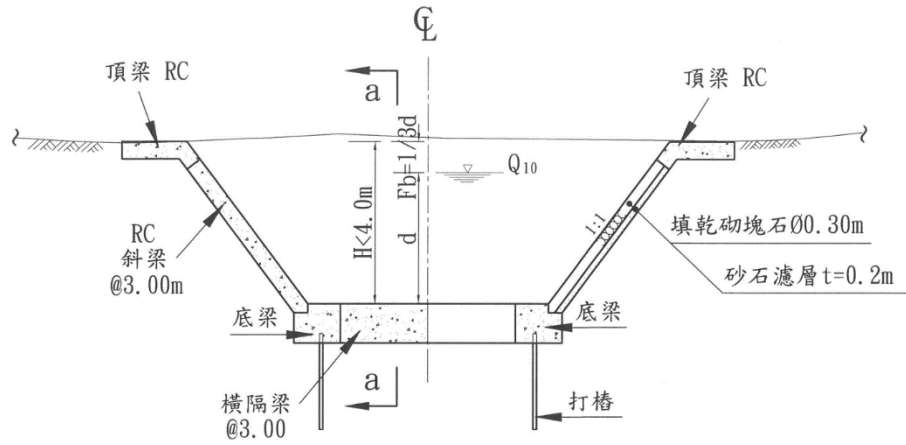
透水坡面，不須排水孔

圖 10 乾砌塊石橫斷面圖

表8 乾砌塊石橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
3	3	3	3	3	2	17

(三) RC 格框乾砌塊石



頂梁、斜梁、底梁、橫隔梁
RC W/C=0.53 (3,000psi)
Ø1.5", S=3"

鋼筋 主筋 Ø22mm@15cm 副筋 Ø9mm@20cm

圖 11 RC 格框乾砌塊石橫斷面圖(1/2)

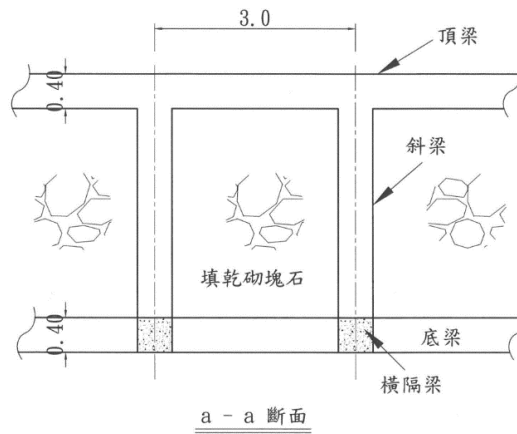


圖 11 RC 格框乾砌塊石橫斷面圖(2/2)

表9 RC格框乾砌塊石橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
5	5	3	3	2	2	20

(四) 預鑄混凝土塊坡面工

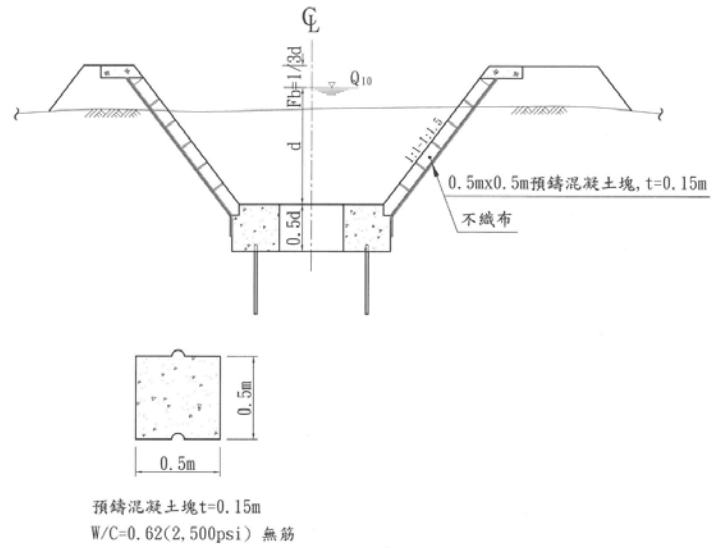


圖 12 預鑄混凝土塊坡面工橫斷面圖

表10 預鑄混凝土塊坡面工橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
5	4	3	4	3	3	22

(五) RC 板樁工法

適用排水出口之感潮段，不須圍排水，施工快速。

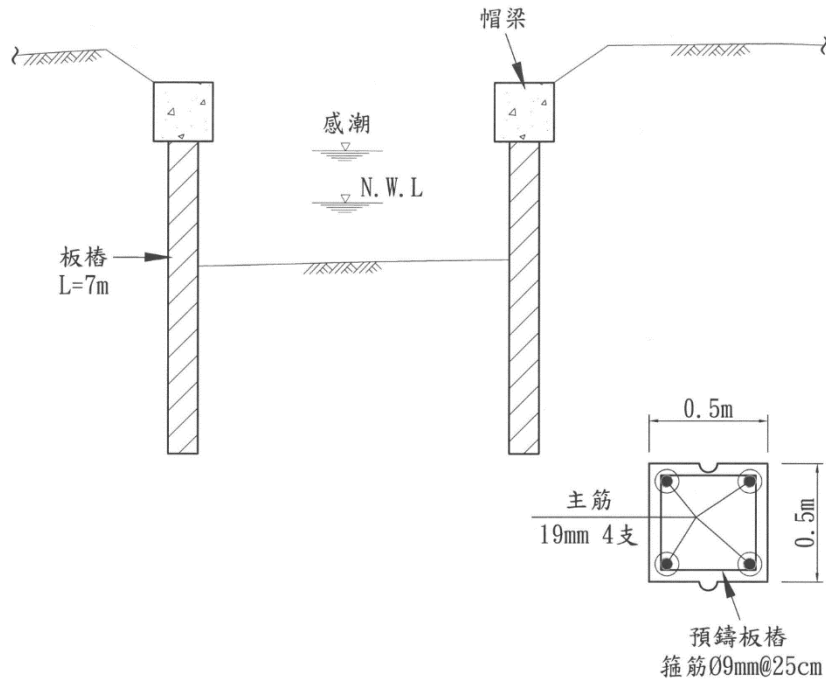


圖 13 RC 板樁工法橫斷面圖

表 11 RC 板樁工法橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
3	3	3	2	3	5	19

(六) 排水渠道斷面檢討

1. 混凝土坡面工斷面最容易失敗。臺南市柳營之龜子港排水 1:1 坡面，有的地方是成功的，部份斷面卻產生滑動破壞，原因是舊河道經過地質軟弱，所以混凝土坡面工只能做在挖方之地盤上。
2. 混凝土坡面工之上方，如果有池塘或水稻田，坡面工受滲流水之壓力，通常會滑動破壞，預留的排水孔數量，以前通常都不足(如圖 14)。
3. 濁水溪沖積平原，土壤屬於 OL 或 CH 類，以前整治都會失敗。彰化縣二林附近的大排，附近碾米店的老闆向筆者說，每次整治都白花錢，沒有成功過，而且排水斷面越來越小。黎明公司採用格框乾砌塊

石，渠底@3.00m 橫格梁支撐，成功了！三年後，碾米店的老闆打電話給筆者，感謝解決該大排的治理工程。

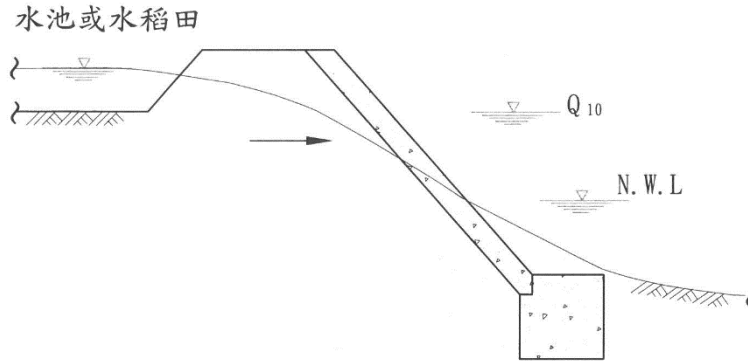


圖 14 水池或水稻田對坡面工滲流影響示意圖

4. 日月潭隔壁的頭社盆地，土壤肥沃，水稻田茂盛，盆地中央排水溝，很難整治，排水渠道向兩邊中央擠壓，斷面越來越小，原來是泥碳土 (CH)，工法則用格框乾砌塊石，並底部加橫格梁作支撐，成效穩定。
5. 南投縣南投市坑內坑排水，是填方斷面，黎明公司採用預鑄混凝土塊坡面工整治後，於 1999 年 921 大地震，僅坡面稍有變形，但是附近混凝土坡面工則大部分毀壞。
6. 黎明公司在宜蘭縣某一排水的出海口(感潮段)設計板樁工法，是成功的案例。臺南市仁德港尾溝溪排水採用板樁工法(如圖 15)，完工後第一次暴雨就沖毀。

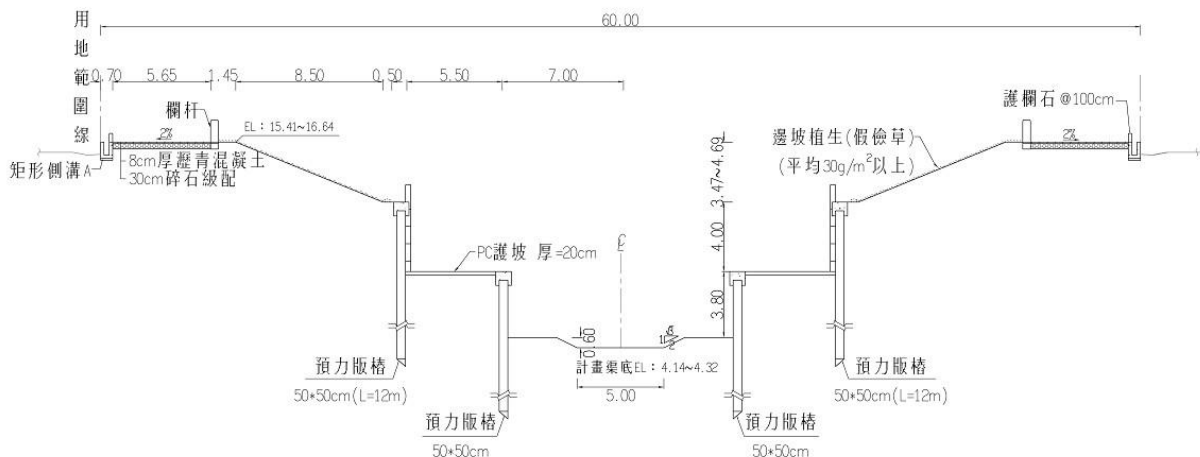


圖 15 板樁工法橫斷面圖

四、河川堤防與護岸

河川斷面不規則，流況是等量變速流，水理計算如同區域排水所述。河川流量大，流路彎曲，水流能量大，堤防護岸容易沖毀，基腳容易淘刷破壞，河川整治應視現場地形，譬如凹岸與凸岸有不同工法。近代配合景觀有五花八門的工法，本文僅概念之建議工法。

(一) 下游堤防

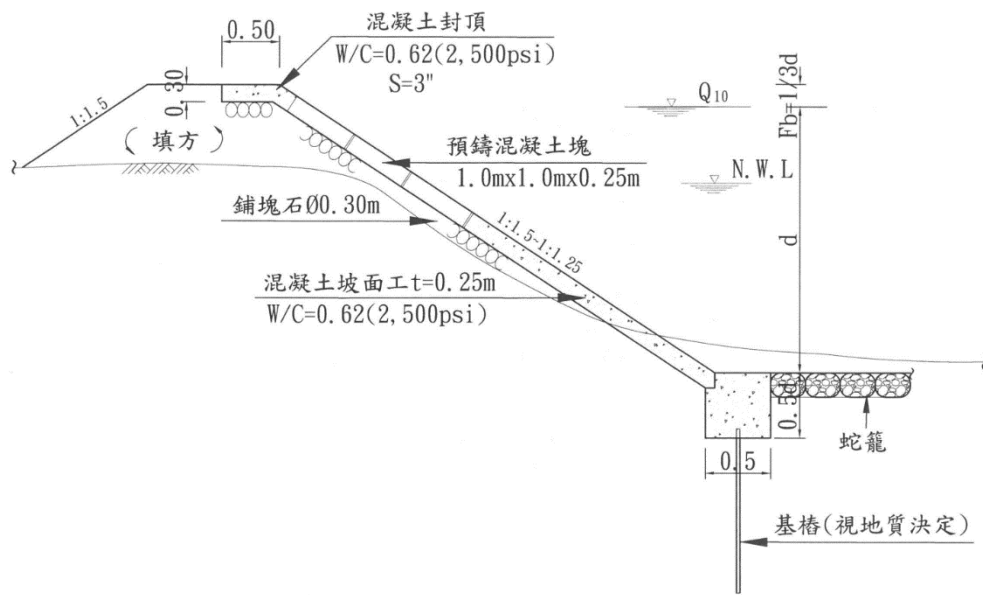


圖 16 下游堤防橫斷面圖

河川下游堤防，即流入海之上游段，通常水流緩慢，水深提高，但是感潮段應注意潮水進退的淘刷。高填方的堤坡不可採用場鑄混凝土坡面工，因為填方會壓密沉陷，變形而致混凝土坡面龜裂甚至塌陷。

表 12 下游堤防橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
3	3	3	3	3	3	18

(二) 中游堤防或護岸(之一)

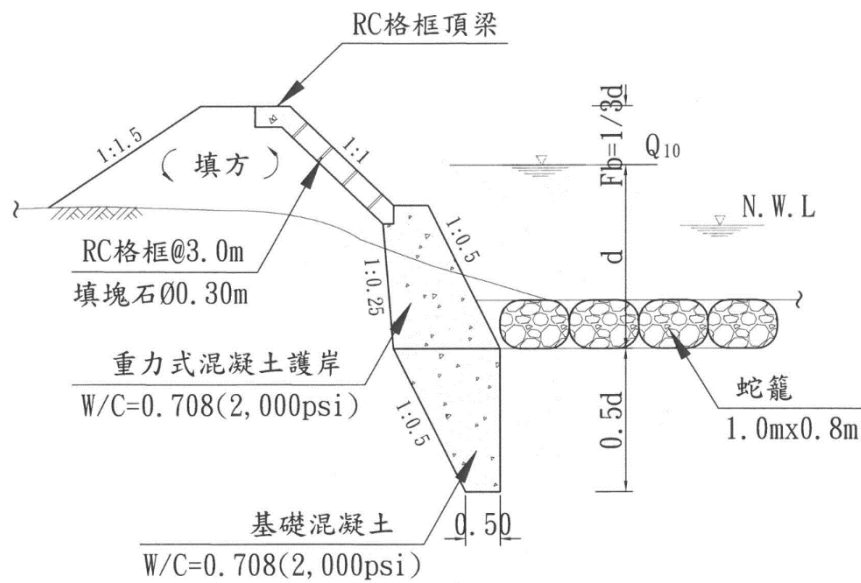


圖 17 中游堤防或護岸(之一)橫斷面圖

表 13 中游堤防或護岸(之一)橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	4	3	2	3	3	19

說明：①應做穩定分析。

②填方應用撓性護坡。

(三) 中游堤防或護岸(之二)

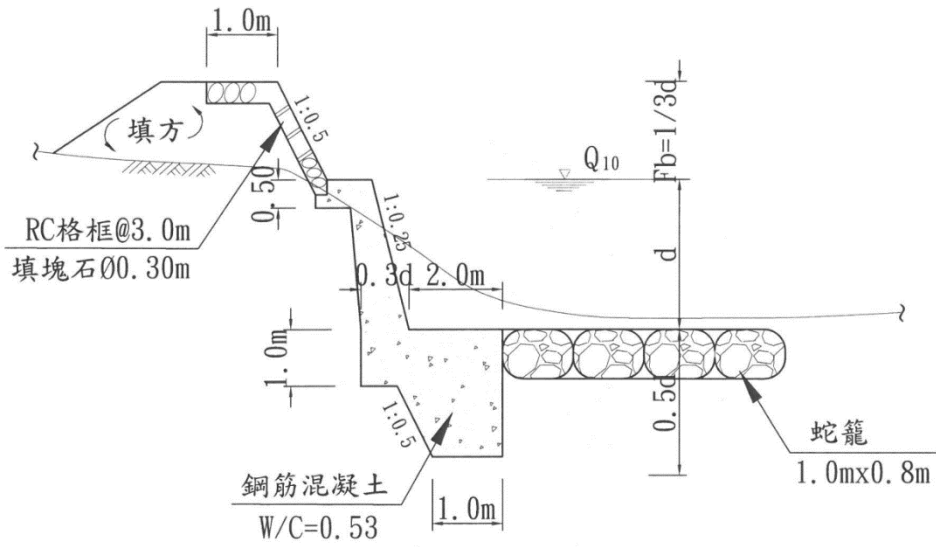


圖 18 中游堤防或護岸(之二)橫斷面圖

表 14 中游堤防或護岸(之二)評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	4	2	2	2	2	16

說明：①應做穩定分析。

②填方應用撓性護坡。

(四) 上游護岸(之一)

上游護岸是指河川在山區內，通常縱坡陡，流速快，沖刷成峽谷，所以護岸高。

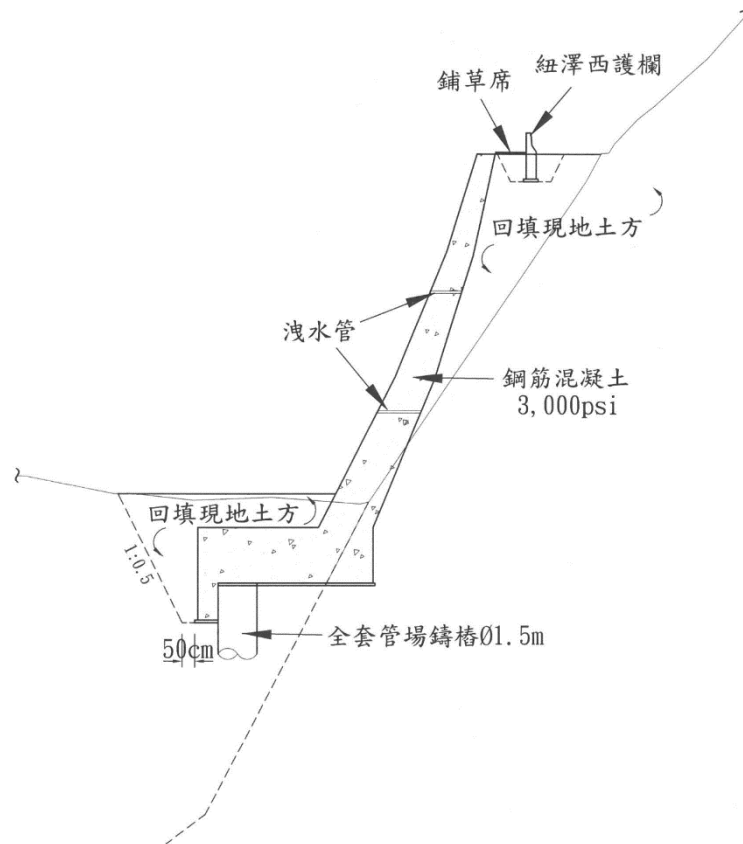


圖 19 上游護岸(之一)橫斷面圖

表 15 上游護岸(之一)橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	5	3	3	2	2	19

說明：①應做結構應力分析。

②上游河川沖刷、淤積變化很大。譬如荖濃溪，黎明公司曾規劃曾文水庫越域引水之攔河堰，結果 88 水災一場大暴雨就使堰址河床淤高約 10m，將來也會淘深約 10m，所以基腳應特別注意。

(五) 上游護岸(之二)

形成連續壁

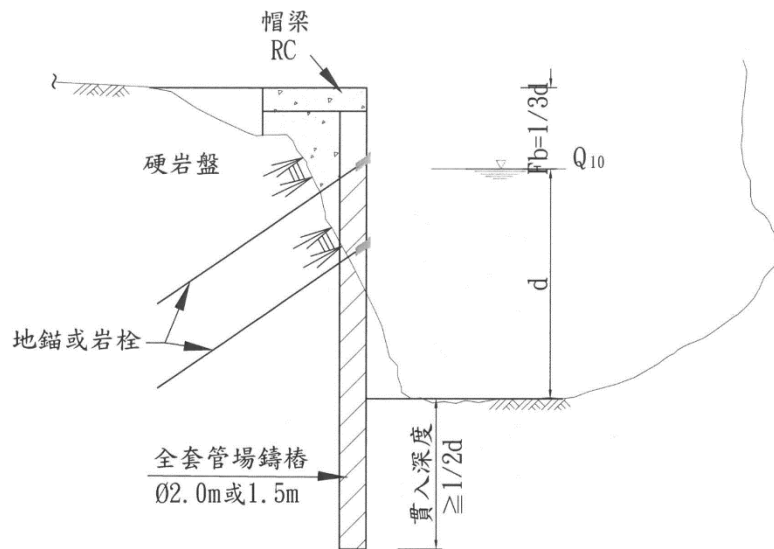


圖 20 上游護岸(之二)橫斷面圖

表 16 上游護岸(之二)橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	2	3	3	3	4	19

說明：①應做結構應力分析。

②全套管基樁之施工應有場地供起重機吊放鋼管及搖管。

③預力岩栓施做後，歷久有可能鬆散失效。

五、水壩

水壩如果設計施工不當，發生潰壩影響人民生命財產的安全，關係重大，所以設計水壩應非常慎重，本文建議斷面僅限於小壩(壩高 50ft 以下)。

(一) 混凝土重力壩

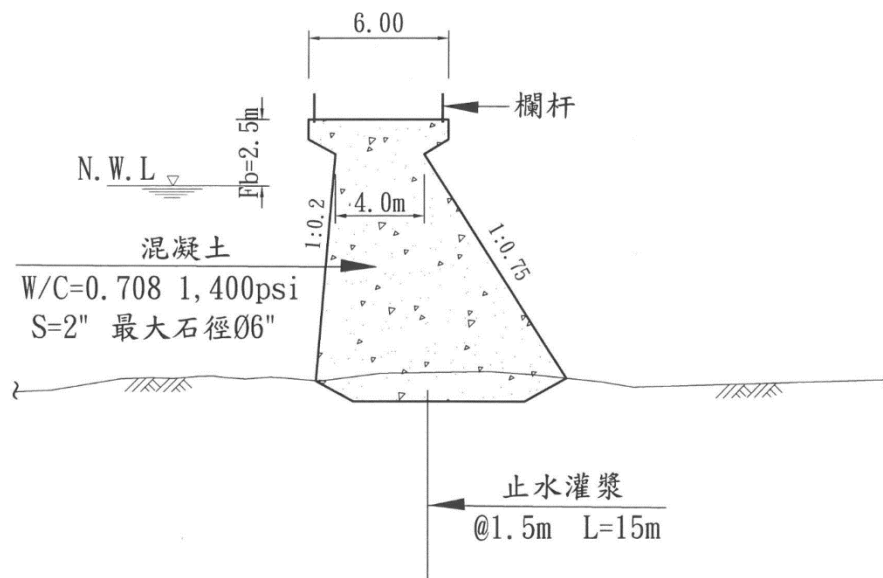


圖 21 混凝土重力壩橫斷面圖

表 17 混凝土重力壩橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	4	3	2	2	3	18

說明：①壩基應置於岩盤之上，岩盤承载力大於 100T/m³。

②施工可用滾壓式混凝土(RCD)。

(二) 土石壩(之一分區型)

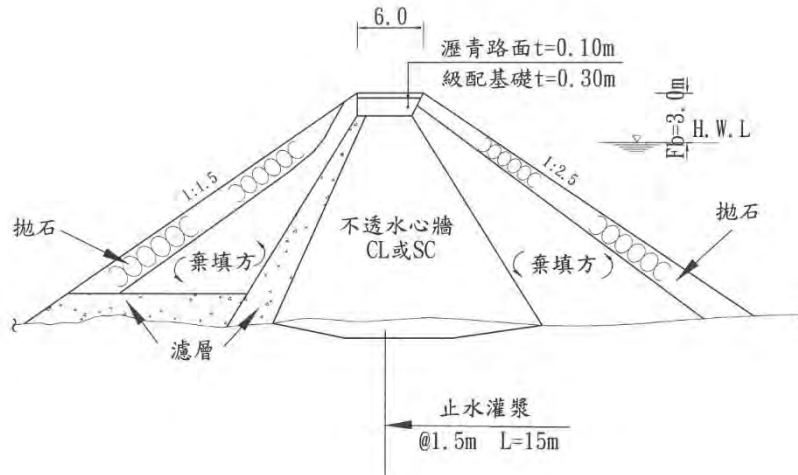


圖 22 土石壩(之一分區型)橫斷面圖

表 18 土石壩(之一分區型)橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	4	4	3	3	3	21

說明：①不透水心牆應以羊腳滾輾壓至試驗室普洛克達密度 98%。

②筆者於 1970 年代從事壩工設計，經年累月從事土壩坡面的安定分析，當時還沒有電腦則用手算，採用瑞典破壞圓弧法即

$$SF = \frac{C.L + \tan\phi(N - U)}{T}$$

SF=抗滑安全係數

C=土壤之凝聚力

L=滑動圓弧之長度

ϕ =土壤之內摩擦角

N=沿弧面線分力

U=沿弧面孔隙水壓力

經年累月分析土壩坡面安定之結果認為，在台灣以 CL、ML 之土壤填築土壩，並以羊腳滾輾土之安定坡面，上游在 1:2.5~1:3 之間，下游坡面約 1:2~1:2.5。

③土壩上游坡因急洩降，滲流水無法瞬時排水，所以會產生滑坡，至於下游坡會因滲流破壞。

④土壩的行為很複雜，尤其在地震力作用下是最危險的。本文之斷面僅供規劃之參考，實際設計應依土壤試驗 C、 ϕ 值之參數予以分析。

(三) 土石壩(之二均一型)

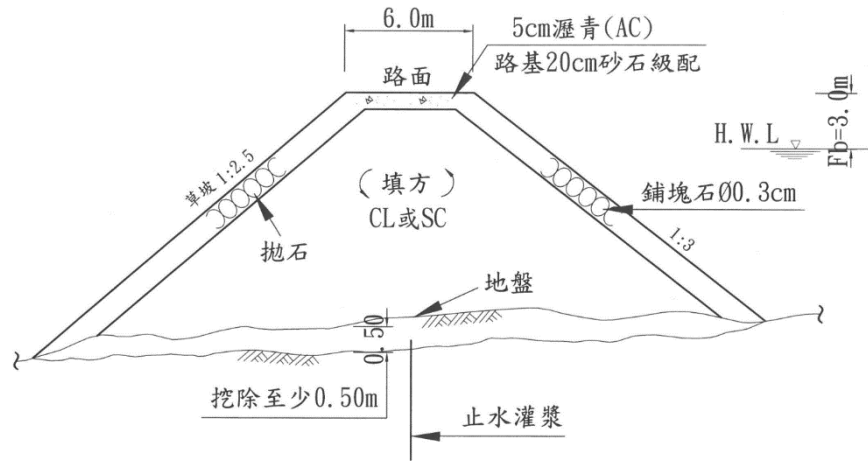


圖 23 土石壩(之二均一型)橫斷面圖

表 19 土石壩(之二均一型)橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	3	3	3	3	4	20

說明：①施工應以羊腳滾輾壓。

②土石壩填方完成後壓密變形，10年內高度會壓縮0.5~1%，所以坡面保護不可以用混凝土坡面工。

③以混凝土坡面工做為止水之壩是用在岩石填方(ROCK FILL)，台灣沒有火成岩的岩石，所以不適用。澎湖成功水庫壩體是用火成岩填築的，所以用面版壩型是成功的，但是西嶼的小池水庫壩體不是岩石，是用普通土壩築，也是用面版止水，完成後因壓密變形，面版破裂，漏水嚴重無法儲水，是失敗的案例。

六、海堤及碼頭護岸

(一) 感潮段海堤

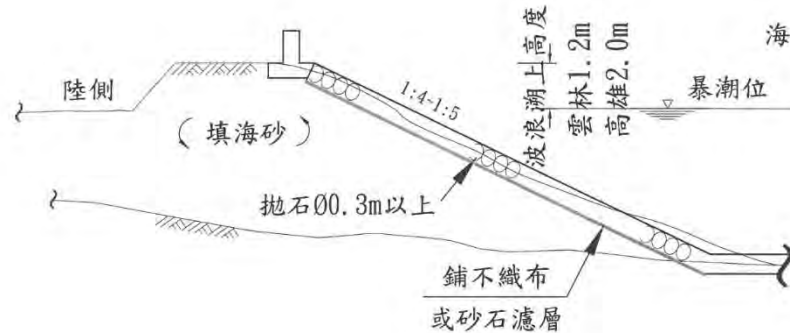


圖 24 感潮段海堤橫斷面圖

表 20 感潮段海堤橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
5	4	4	4	4	4	25

- 說明: ①海埔新生地開發專家, 故黃彩芳先生, 曾對筆者說, 在感潮段海邊置一堆砂, 經海浪沖刷後, 最終形成 1:8 的坡度。
- ②筆者 1970 年代曾在省水利局海堤規劃設計總隊任職, 曾考察台灣西部各處海堤, 發現 1:0.5~1:2 之陡坡, 無論混凝土坡面工或混凝土砌塊石坡面工, 大都破損。
- ③黎明公司 1984 年創立, 承辦第一件案件是彰化永興海埔新生地開發的設計。圍堤之海堤採用 1:4 之拋塊石斷面, 目前完好無損。
- ④光滑的混凝土坡面, 潮上高度會沖很高, 拋塊石有孔隙, 會吸收波浪的能量。
- ⑤順便一提, 海埔地開發最困難的是“封口”。海埔新生地的開發是在潮間帶圍堤造陸。圍堤之時, 漲潮退潮海水乃進進出出, 從兩邊築堤, 潮口越來越小, 最後封合(封口), 因 $Q=A \times V$, A 越小, V 就越大, 軟弱土質之潮口就越刷越深, 最後的封口非常困難, 土石丟進去就被沖走, 省政府時期開發的王功及牛埔海埔新生地, 當時就申請國防部派大批的軍工, 各扛砂袋, 瞬間同時填入潮口而封住。許時雄水利技師就說北韓有一處大型海埔地開發, 潮口無法封, 向聯

合國申請派專家指導，許技師海岸工程經驗豐富，奉派前往指導。曾說用上萬噸的廢船艦沉入才能成功。

- ⑥永興海埔地長條型，南北長約 600m，寬約 100m，面積共 600ha，黎明公司設計分為南北兩區塊，每區塊約 300ha，設計在中間設置中央路堤。兩區塊的外堤各設一座防潮閘門。RC 造防潮閘門先圍堰施工，完成後向兩邊築堤。築堤施工時，潮水即從閘門(全開)進進出出，因為混凝土耐 15m/s 的流速，不會淘深破壞，所以說永興海埔地的開發是沒有“封口”的問題。

(二) 碼頭護岸

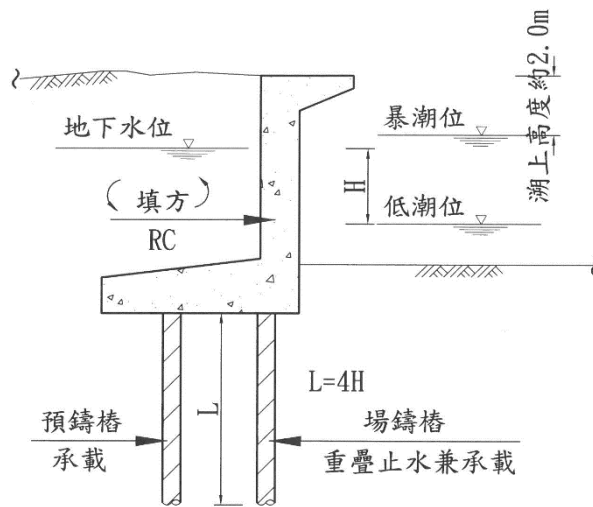


圖 25 碼頭護岸橫斷面圖

表 21 碼頭護岸橫斷面評分表

功能	安全	經濟	景觀	節能	施工	合計
4	4	2	3	2	2	17

說明：①以上斷面尺寸及基樁應依現場並做結構應力分析決定。

②海岸基礎軟弱，重力式不適合，建議用 L 型護岸。

③海岸護岸或碼頭會失敗之主因都因滲流水將砂土洗出而沉陷，有從底部滲流，所以宜用場鑄樁(重疊止水)，另外每節塊之伸縮縫也有滲流淘砂之可能，應以濾層及不織布止水。

七、結語

1. 本文是依筆者之經驗提出建議，技師(或工程師)實際設計時仍應依實際地形、地質與流量、流速因素考慮，或做安定分析及結構應力分析。
2. 水工結構物的安全最重要的因素是“水與土”，結構物滲流水的破壞與軟弱土質對基礎的破壞是最應注意的。
3. 灌溉渠道為減少輸水損失，及增進用水的科學化管理，建議逐漸進化到使用管路系統。
4. 排水渠道使用密封式斷面，無法達到排水效果，宜採用透水坡面，並不封底。
5. 填方坡面有壓密變形問題，不宜採用混凝土坡面工，宜用撓性工法。
6. 河川是最不穩定的，流量之大小、流速之變化、河川彎曲、橫衝亂流，淘刷與淤積，不要小看河川堤防與護岸，常常人不能勝天。
7. 潮間帶的海堤宜使用拋石緩坡，護岸或碼頭因潮水沖擊，且吸力很大，應防止堤後泥砂被吸出而破壞。
8. 水壩的興建，因大量儲水，如果失敗會危害人類的生命財產，所以水壩的設計必須慎重安全的分析。

附一 土壤分類表 (包括圖例及說明)									
主要區分	分類符號	典型名稱	野外鑑別程序 (不計大於 3 吋之顆粒及依佔得重量之百分比)	說明土壤所需之資料	實驗室分類	規範			
半數以上材料大於 2.0 號篩尺度約為內徑所能見之最小顆粒 半數以上材料小於 2.0 號篩尺度	粗粒土 粗粒土之百分比大於 50% (在對稱分佈可認為 1/4 吋尺度係等於 4 號篩尺度)	GW	優良級礫石、礫石沙土混合物，稍含或無細沙。	各種粒徑範圍並廣，且各種中間粒徑均有相當份量。	在未經擾動之土壤，另加攪拌、壓實度、膠結性、含水狀況及排水性質等資料。	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ 大於 4, $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$ 在 1 與 3 之間 不符合一切 GW 之級配條件 阿太堡限度在 "A" 線之下，或 PI 小於 4 阿太堡限度在 "A" 線之下，或 PI 大於 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ 大於 6, $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$ 在 1 與 3 之間 不符合一切 SW 之級配條件 阿太堡限度在 "A" 線之下，或 PI 小於 4 阿太堡限度在 "A" 線之下，或 PI 大於 7 限度位於粉線區，而 PI 在 4 與 7 之間為分界線狀況，常用雙車行駛。			
		GP	不良級礫石或礫石沙土混合物，稍含或無細沙。	主要為一種尺度，或在一尺度範圍內缺少若干中間粒徑之顆粒。	記典型名稱，指出沙土及礫石之概略百分比及最大尺度，粗粒土壤之尖銳度(向形)，表面狀況及硬度；當地及地質名稱，及其他適當之描述資料，及附括弧之符號。				
		GM	粉砂質礫石沙土粉沙混合物。	低塑性細沙，或非塑性細沙(區別程序見下之 ML)。	例：粉沙質沙土，有礫石；向形：礫石顆粒約 20%，最大粒徑 1/2 吋；圓形及次形沙土，顆粒至至細，低粘強度，非塑性細沙約 15%；壓實及當地、含水良好，風積沙土 (SM)。				
		GC	粘土質礫石，礫石沙土粉沙混合物。	塑性細沙(區別程序見下之 CL)。					
		SW	優良級細沙土，礫石質沙土，稍含或無細沙。	各種粒徑之範圍甚廣且各種中間粒徑均有相當份量。					
		SP	不良級細沙土或礫石質沙土，稍含或無細沙。	主要為一種尺度，或在一尺度範圍內缺少若干中間粒徑之顆粒。					
		SM	粉沙質沙土，沙土粉沙混合物。	低塑性細沙，或非塑性細沙(區別程序見下之 ML)。					
		SC	粘土質沙土，粘土沙土混合物。	塑性細沙(區別程序見下之 CL)。					
		粗粒土 粗粒土之百分比小於 50%	細粒土 細粒土之百分比大於 50%	ML	無機粉沙及極細沙土，石粉，粉沙質或粘土質細沙土，或略有塑性之粘土質粉沙。			新 至 軟 快 至 慢 絲	在未經擾動之土壤，另加攪拌、壓實度、含水率及排水狀況。
				CL	低塑性等塑性，無機粉沙，礫石質粘土，沙土質粘土，膠粘土。			中 至 高 無 至 極 慢 中	記典型名稱，指出細沙之程度及膠結性，並註之數量及最大尺度，壓實時之顏色、氣味(如有)，當地或地質名稱，及其他適當描述資料，及附括弧之符號。
OL	低塑性有機粉沙或有機粉沙質粘土。			輕 至 中 慢 至 無 輕 至 中	例：粘土質粉沙，綠色，略有塑性，細沙百分比小，有無數垂直根孔，在長期乾燥及乾燥、風積土上(ML)。				
MH	無機粉沙，含母質，粘土質細沙土質或粉沙質土質，膠粉沙。			輕 至 中 慢 至 無 輕 至 中					
CH	高塑性有機粘土，膠粘土。			重 至 極 重 無 產					
OH	中等至高塑性有機粘土，有機粉沙。			中 至 高 無 至 極 慢 輕 至 中					
富有機質土壤	Di	腐泥及其他富有機土壤。	易按其顏色，氣味，及濕度區別。常可依其纖維組織區別之。						

分界線分類法：土壤有兩期特性者，以兩期符號表之。例如 GW-GC，為優良級礫石沙土混合物中粘土質粉沙。

(1) 本表內之一切細沙，均為內徑極細沙。

1. 濕度(或濕潤)之反應
 在除去大於 40 號篩之顆粒後，準備一圓錐之立方吋之濕土壤。必要時，加入足量之水使土壤柔軟，但不可粘手。將土壤置於一瓷盤中，並在未攪動前，用力敲擊若干數次。傾倒之土壤，傾倒於土盤之表面。此時土壤呈好狀而有光澤。當在兩手間攪攪時，表面之水份及光澤自行消失，土壤變乾，最後成碎塊。水份在攪攪時出現及攪攪時消失之迅速程度可助顯出土壤內細沙之特性。

2. 乾強度(或碎碎特性)
 在除去大於 40 號篩之顆粒後，取一土塊，使其厚度似紙油，必要時加水，容許土壤在乾燥中，日光下或空氣中徹底乾燥，然後在手指間攪攪之，以試驗其強度。此種強度，為土壤內所含之細沙之特性及數量之度量。塑性細沙強度而增加。

3. 塑性(或塑性限度)之性質
 在除去大於 40 號篩之顆粒後，取一大小約立方吋之土壤，使其厚度似紙油。如太乾，必須加水，如太濕，應將土壤攤成一薄層，俾使多餘之水分，因風乾而消失，然後將土壤在日光下或空氣中攪攪，直至成厚約八分之一吋之薄層為止。再將薄層攤成薄層，並重覆攪攪。在此種工作中，含水量漸減，樣品亦減小，最後塑性消失，而使薄層斷裂。薄層斷裂後，將其重新揉成塊，並繼續攪攪，以迄土壤碎裂為止。

在塑性限度附近之濕度處，土壤最後碎裂時應置於土盤內所含之膠體粘土部分愈多。線位於塑性限度時，即在塑性限度下土壤之內聚力消失最快，即為低塑性無機粘土，如有機粘土，及位於 A 線下方之有機粘土之量。

富有機質土壤在其塑性限度，有極脆及極弱之感覺。

投稿 112.04.25
 校稿 112.05.08
 定稿 112.05.18