

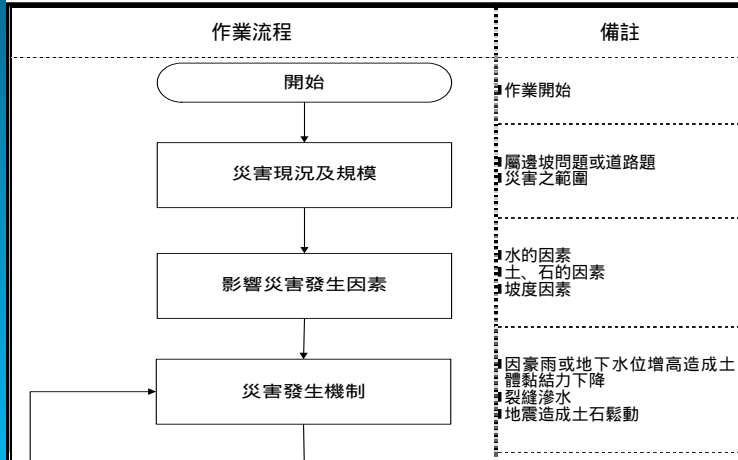
生態工程設計與施工實務 (河溪工程)

壹、前言

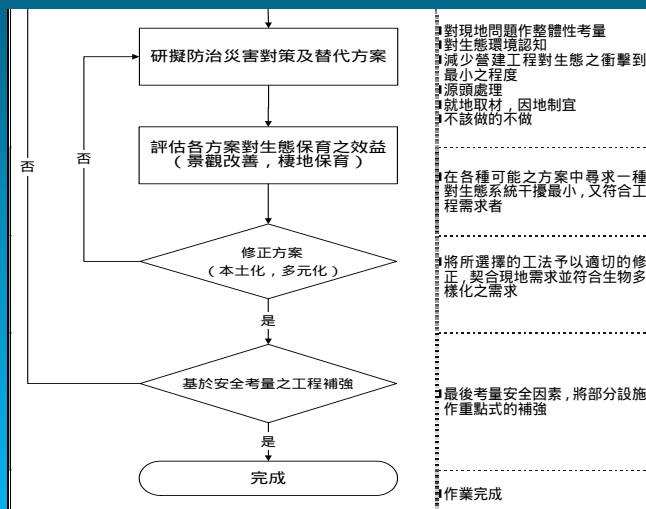
- ◆ 生態工程之落實應具備：
 - 詳實之理論基礎
 - 純熟之施工技術
 - 完備之制度
 - **經驗之累積**
- ◆ 本課程利用案例介紹，建立正確認知。
 - 規劃設計篇、工程施工篇

貳、規劃設計篇

生態工程治理對策流程圖



貳、規劃設計篇



貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道線性規劃

– 考量改變流況之**必要性**

整治工程以不改變現有流況為原則，避免不必要之工程設置。

– 維持或營造原有溪溝流心之**蜿蜒性**

蜿蜒之流況才能營造出深潭淺瀨等自然之水域棲地。

貳、規劃設計篇



貳、規劃設計篇



貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道線性規劃

- 對於生態敏感區段需有迴避對策或替代方案





貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道線性規劃

- 除非原有河道有明顯的縱向刷深或趨向，否則**不輕易改變原有河床坡降**。

只有河道發生嚴重沖刷甚至危及河岸安全時，才需調整河道坡降。**(何時做)**

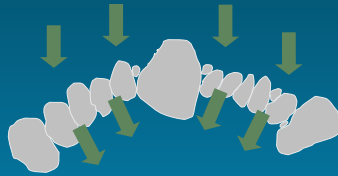
又固床工等橫向構造物之設計建議採拱形之構造，當水流越過構造物時，左右兩股水流能抵消部份能量。

另一方面，設計者應把握構造物之下游端均將產生沖刷之特性，營造深潭之棲地環境。**(如何做)**

固床工：



- 石頭之長向斜面朝向上游



- 拱型結構考量力學原理
- 水流流向河心能量抵消，保護河岸



貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道線性規劃

— 為配合區域生態系，應**慎選工法及材料**，使其能相對**減輕對自然造成的負擔**。

- ◆ 由於水泥使環境水質呈鹼性而不利生物生存，其影響往往持續相當之時間；因此推動生態工程時強烈建議少用水泥（非絕對禁用水泥）。因應對策，可修正砌石斷面或是砌石方式以增加其結構之強度，必要時才使用適量之水泥強化之。

貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道線性規劃

– 為配合區域生態系，應慎選工法及材料，使其能相對減輕對自然造成的負擔。

- ◆ 取用河道內之塊石構工時應審慎評估，必需**保留適當之塊石**以維持其對河道之消能功能。而取材之地點亦應經評估影響安全至最小。
- ◆ 使用防腐處理之木樁應考慮木樁之防腐劑可能反而破壞鄰近之生態環境。

貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道線性規劃



貳、規劃設計篇

- ◆ 河（溪）道線性規劃
 - 考量河道沿線縱、橫向之生態連續性



貳、規劃設計篇

- ◆ 河（溪）道線性規劃
 - 對於受蝕河岸可充分應用水流特性，藉由更少的改變及施工來達成整治之功效。
 - 考量一些可承受低風險地區為適度之**洪氾區**。
 - 考量在不損害防洪安全性的同時，又能種植河畔林及樹叢。



貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道斷面規劃

- 護岸斷面應配合地形之寬窄不一而蜿蜒曲折，以營造視覺之調合；
- 採**較大之河道寬度**，相對**減低流速**，以降低水流對構造物之破壞力。彎道處應加大河寬。保留原有複式斷面。

貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道斷面規劃

- 審慎考量保留（護）現有河（溪）岸植被、林木。
- 流速則以不超過設計構造物我能承受之最大容許流速為限。

貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道平面佈設

- 佈設橫向構造物以穩固溪床時，應考量生物遷移通路。
- 注意水岸環境（如植栽、步道、親水措施等）之營造，藉以達成綠帶與藍帶之結合。
- 考量所佈設之植栽樹種為原生種，且以小樹苗為宜。
- 考量不破壞原有生態環境之施工動線。

貳、規劃設計篇

◆ 河（溪）道平面佈設

- 為保留原有深潭，避免於該河段內設置橫向構造物；凸岸側，應視情形加寬河幅，以利淺灘之形成。
- 考量施工時環境污染（如施工機械之噪音、空氣污染、振動、土壤過度壓密和土砂污水擴散及夜晚施工之臨時照明等）之防制措施。

貳、規劃設計篇

◆ 河岸構造物之設計

– 營造構造物之**多孔隙**、**滲透性**、**緩坡傾斜**及**表面粗糙**。

- ◆ 多孔隙與表面粗糙均是讓植栽便利附著成長
- ◆ 滲透性可以增加土壤之含水量，增加其生命力
- ◆ 多孔隙與緩坡化便利弱小動物棲息、藏匿或攀爬
- ◆ 砌石、石籠、漿砌 . . .

貳、規劃設計篇

◆ 河岸構造物之設計



– 乾（漿）砌石護岸之頂部不需再以水泥砂漿或混凝土修飾，藉以維持生態及景觀環境，其內部空隙及不平穩處，應以適宜之小石塊【嵌塞】之。

貳、規劃設計篇

◆ 河岸構造物之設計

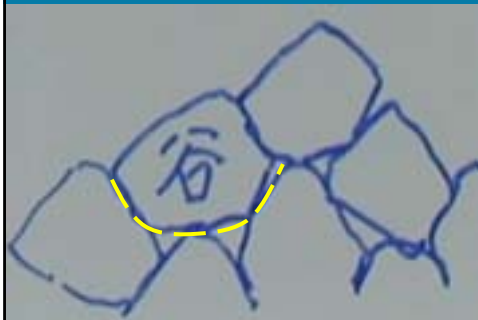
– 砌石構造物之卵（塊）石規格

- ◆ 長徑為短徑之1.2 ~ 1.8倍為宜，
- ◆ 厚度為短徑之二分之一以上，
- ◆ 其大小相差應以不超過30%為限，
- ◆ 其規格應要求能抵抗安全流速之水流所產生之曳引力。

貳、規劃設計篇

◆ 河岸構造物之設計

- 於河岸或水域之構造物受水流衝擊力較大，因此建議採用谷形方式疊砌（六圍砌）；即兩大粒徑塊石夾一較小塊石而成谷形，亦即在砌石面上每一塊石之下緣均有三個支撐點。



貳、規劃設計篇

◆ 河岸構造物之設計 (少用橫向構造)

- 為防止局部護岸基礎被刷深，致護岸崩壞，應先分析淘刷深度以加深基礎並設基礎保護工用以替代固床工、潛壩之設置。
- 於岩層裸露之凹岸，除非是較脆弱之軟岩或容易崩坍之順向坡，否則不刻意施設構造物保護；對於河幅較寬者考量以丁壩或拋大塊石等方式處理。

貳、規劃設計篇

◆ 河岸構造物之設計



- 在生態工程之應用上，可能會搭配植栽之特性以達穩定河岸之效果。惟初期植栽未完全成長，預期效果未完全發揮之前，可於構造物之前端施設木排樁或編柵等措施，以期於短時間內能**暫時提供加強穩定之功效**。

貳、規劃設計篇

◆ 河岸構造物之設計

- 於不破壞原有生態環境且在主辦機關同意之前提下，盡量採用就地自然材料；如因自然材料欠缺而需使用人造資材時，應就功能、生態、經濟及景觀等方面加以評估考量。

貳、規劃設計篇

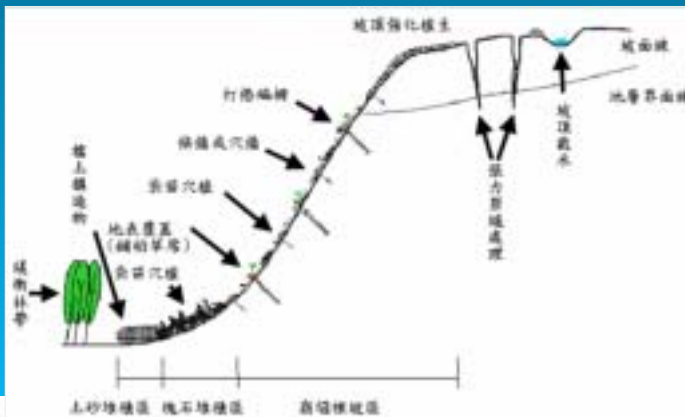
◆ 河岸構造物之設計

- 思考所設計之材料（如形狀、尺寸、顏色等）及工法以**不破壞原有環境為優先且與環境自然融合**。
- 材料如採就地採取，審慎考量**採取原則、採取數量及採取後之復育工作**。

貳、規劃設計篇

◆ 邊坡源頭處理

- 崩塌面上緣之源頭裂縫填補
- 危木處理
- 修坡
- 坡面截排水
- 打樁編柵
- 坡面植生
- 坡趾保護工



貳、規劃設計篇

- ◆ 混凝土減量之最佳方案設計
- ◆ 生態調查與環境監測
- ◆ 民眾參與及維護計畫
- ◆ 其他注意事項
 - 詳細明訂生態工程施工項目之**施工規範**。
 - 對於詳示**施工步驟**或要求重點。
 - 因此對於材料之**檢驗標準**應明訂。

參、工程施工篇

◆ 施工計畫

- 工程預定進度應確實了解整體工程內容與工址環境，規劃工區與施工程序，再據以研擬施工計畫。
- 確認生態敏感區之位置後，擬定避開該區域之施工對策。

參、工程施工篇



樹木保護

參、工程施工篇

河岸林保護



參、工程施工篇

施工計畫



參、工程施工篇

◆ 施工計畫

- 單項工程施工計畫之擬定，應涵蓋所有重要單項工程。尤其對於特殊工項應詳細研擬適用之機具與施工步驟，並將應注意事項列入自主檢查表之檢查項目。在施工計畫中更要明定該等工項之檢驗停留點。
- 開採河床之塊石，為避免挖斗過度擾動河床，可改用銜具自面層逐一挑選。且應確定可用石材之分布範圍與深度，以免過度開挖。

參、工程施工篇

◆ 施工計畫

- 針對各項工程之施工過程中需檢查之項目列出並訂定檢查標準。
- 建立各文件之間相互關聯之文件紀錄管理系統。
- 勞工安全衛生、環境保護及交通安全維持措施等應分別就個案狀況予以研擬。對環境之衝擊或將其降至最低，或是否有彌補或復育措施。

參、工程施工篇

◆ 材料檢驗

－ 石材

- ◆ 檢查項目：長短徑（或平均粒徑上下限）、圓度、**抗壓強度（或硬度）、清潔度**．．．等
- ◆ 檢查時機或頻度：
 1. 材料進場時與施工前。
 2. 可多採樣再取檢驗值平均。

參、工程施工篇

◆ 材料檢驗

－ 一般木樁

- ◆ 檢查項目：木樁**樹種、樁徑、長度、表皮層處理**（應規定刨除表皮）、**裂隙、蛀蝕**．．．等。
- ◆ 檢查時機或頻度：
 1. 材料進場時與施工前。
 2. 可多採樣再取檢驗值平均。

參、工程施工篇

◆ 材料檢驗

－ 萌芽樁

- ◆ 檢查項目：**採取時間**（最好現採現用）、**鮮度**（防止採後保養差而乾枯）、樁徑、長度。
- ◆ 檢查時機或頻度：
 1. 材料進場時與施工前，
 2. **施工後要檢查施打方向是否正確**（尾端打入）。
 3. **樁頭打裂部份要鋸除**。

參、工程施工篇

◆ 材料檢驗

－ 石籠網

- ◆ 檢查項目：網目尺寸、鉛絲線徑、鉛絲鍍鋅量（或被覆層）、網籠尺寸．．．等
- ◆ 檢查時機或頻度：材料進場時

參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石工程）

－ 砌石工構築原則：

- ◆ **最大塊石應用於基礎部份**，以求最大強度，以免構造物發生不均勻沉陷。
- ◆ 為求美觀與穩定，較大石塊應砌於構造物最下層，向上逐層遞減。因此構造物最下層最厚頂層最薄。
- ◆ 堆砌塊石應以**較大之面向下**，以使用小石塊填塞縫隙。

參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石工程）

－ 砌石工構築原則：

- ◆ 若以成層岩為石工材料，則其堆砌應使石之**層紋與壓力互相垂直**，俾不損強度及耐久性。
- ◆ 砌石工之**砌層（面）應與其所承受之壓力方向互相垂直**。
- ◆ 為使石牆之石塊縱向內具聯合力量起見，上層中之任一石塊應重疊於下層之兩石塊間，即**上層中石塊之豎接合縫與下層之豎接合縫不應有機會接合**。

參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石工程）

– 砌石工構築原則：

- ◆ 為使牆之石塊在橫向內具有聯合力量，如係薄牆則其丁石應自牆之前面伸至牆之後面；如係厚牆，則丁石應自牆之外側伸至牆內部。
- ◆ 質地疏鬆多孔之石材若用於漿砌時，則於堆砌前應用水潤濕之，以免石塊吸收水泥漿中之水份，至灰漿變成脆性。

參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石工程）

– 砌石工施工應注意事項：

- ◆ 砌石應選質地堅硬、無風化或裂隙者，石面可略加琢治使之平整，並與橫截面略呈垂直；長徑約為短徑之1.2至1.8倍為佳。
- ◆ 砌石工基礎應砌於岩盤或原狀硬實之土層上，最下層之石塊底部應以石塊墊穩；如遇軟弱地層，應擴大基礎面，必要時予以打樁，使之無沉陷之虞。

參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石工程）

－ 砌石工施工應注意事項：

- ◆ 牆背回填之級配或土壤應配合面層砌石，每昇高30公分搗實一次，若回填土壤則需利用其最佳含水量為之，以免發生沉陷進而導至砌石工傾壞。
- ◆ 護岸之頂部應以適當之蓋頂石砌之。與頂部相鄰之地坪應特別夯實，以防表水過度入滲。

參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石工程）

－ 砌石工施工應注意事項：

- ◆ 砌石之長徑應與砌石面垂直向後傾斜，並使各接觸面盡量平整寬大，必要時應略事修琢；並逐層將空隙用適當大小之石塊墊襯使其穩固。
- ◆ 砌築法通常採用不成層之亂砌石工，以**六圍砌為原則，五圍砌或七圍砌尚可使用**。其外露面應呈角孔形，各接縫不得成一直線或近乎直線；尤應切忌四圍砌與八圍砌。

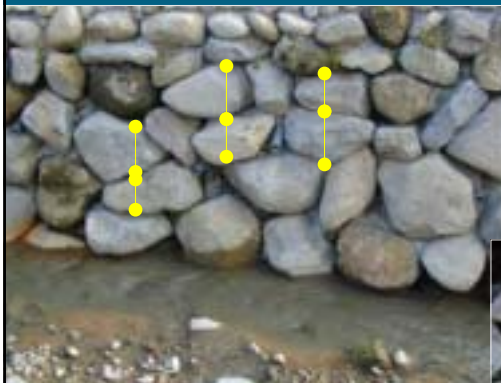
參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石工程）

－ 砌石工施工應注意事項：

- ◆ 護岸基礎有刷深淘空之虞時，應加大基礎深度，並適度向外延伸，以發揮保護護岸之效果。

參、工程施工篇



參、工程施工篇



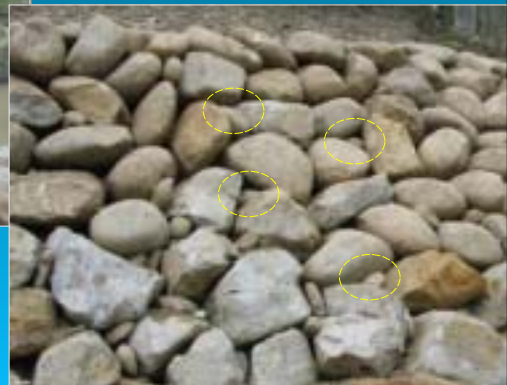
谷型砌石例

參、工程施工篇



砌石用鉞具

石縫嵌塞



參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石固床工）

－ 砌石固床工之施工需特別注意事項：

- ◆ 通常砌石固床工做成拱形、彎拱朝上游，當承受水流衝擊時，力量會向兩岸傳遞。
- ◆ 拱形固床工於施做時，須參考水流方向，於中間部位施做一較高之石墩，將水流一分為二。藉由二股分散之水流越過固床工於下游側交會時，產生消能作用，而另一部份能量則將河床刷深為一深潭。

參、工程施工篇

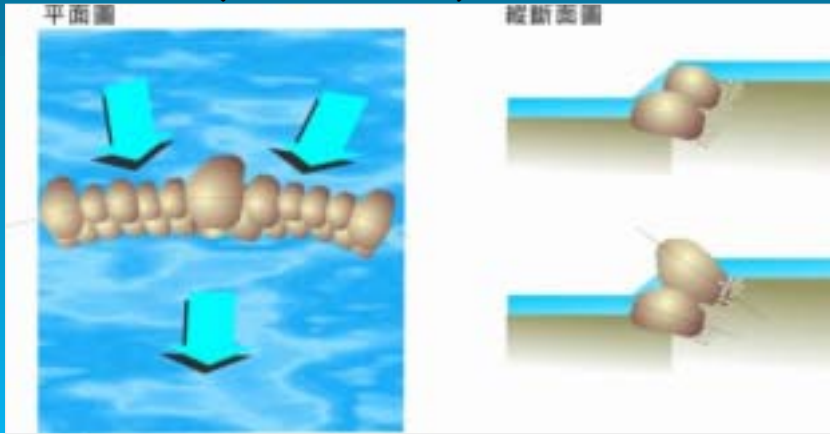
◆ 單項工項（砌石固床工）

－ 砌石固床工之施工需特別注意事項：

- ◆ 固床工之施做，應選略為**長形之石塊**，**長軸向上游端傾斜**，如此受水流之衝擊時才不至於翻倒。砌石中盡量**營造上游寬下游窄之間隔空隙**，再挑大小適中之石塊自上游往下游嵌入，再用大鎚敲緊；如此拱形結構受水流作用後會越形緊密。
- ◆ 固床工因長時間受水流衝擊，需挑選**較大之塊石以抵抗水流之曳引力**。

參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石固床工）



參、工程施工篇



參、工程施工篇



『水密』



參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石固床工）

－ 砌石固床工之施工需特別注意事項：

- ◆ 為避免開挖過程細粒料被水沖失，進而污染下游水質，應適度做好圍水措施。而開挖過程挖出之土石，應堆置於岸邊不受水流影響之地點，以備『水密』之用。

參、工程施工篇

石樑固床工



參、工程施工篇



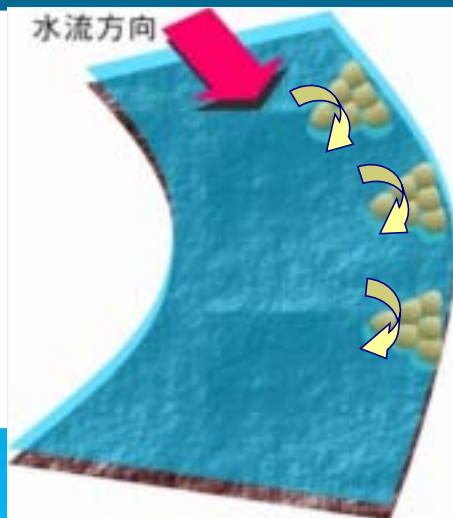
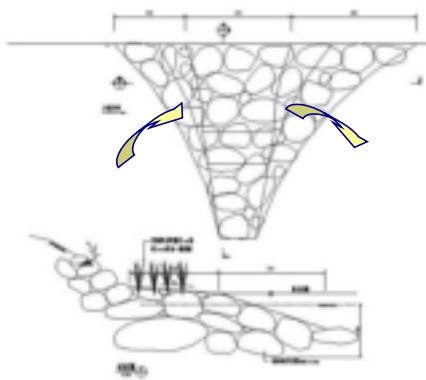
參、工程施工篇

◆ 單項工項（砌石水制工（丁壩））

－ 砌石水制工之施工需特別注意事項：

- ◆ 水制工設於河道凹岸、水流衝擊力最強之地區，因此施工須特別謹慎，否則工程極易失敗。
- ◆ 水制工是應用**挑流原理**而非**擋水**。因此其高度略高於常水位，為中間高、上下游側低，靠河岸端高、靠河心端低之構造物。洪水時，水流越過水制工藉由其高程之變化，將水流導回河心，因而減少對河岸之衝擊。

參、工程施工篇



水制工示意圖

參、工程施工篇



水制工施工



參、工程施工篇

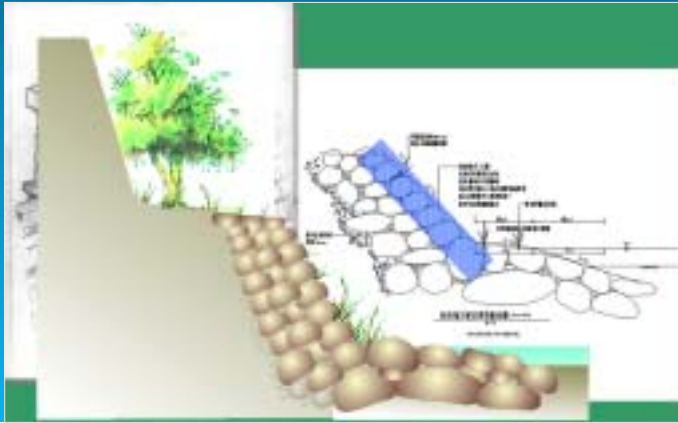


水制工與固床工



參、工程施工篇

◆ 單項工項 (多層砌石護岸)



參、工程施工篇



基礎開挖向後
傾斜

基礎塊石排列
呈鋸齒狀

參、工程施工篇



石後空隙填塞小塊石增加穩定度

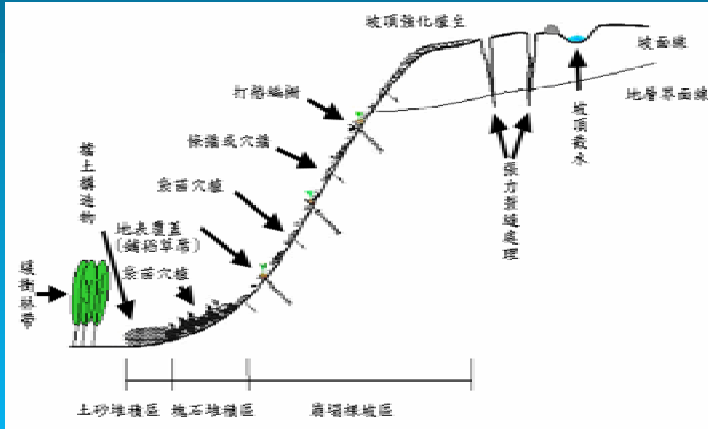
參、工程施工篇



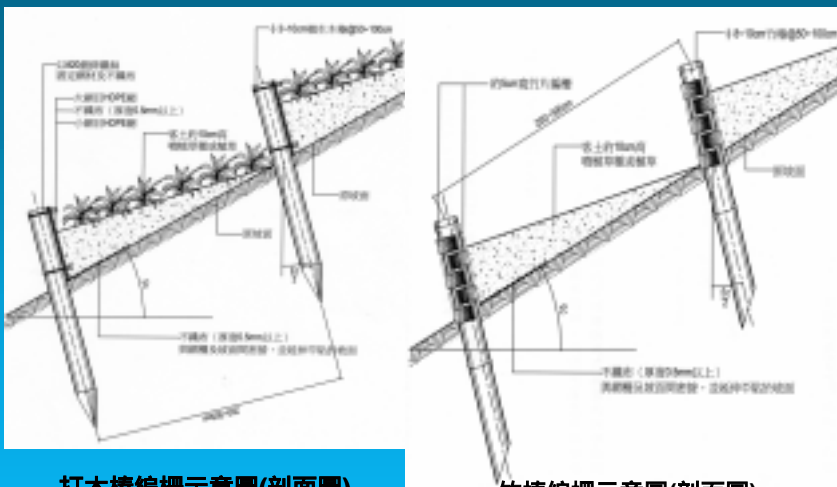
先砌前後層塊石，中間層塊石挑選合適大小塊石確實塞緊

參、工程施工篇

◆ 單項工項 (打樁編柵源頭處理)



參、工程施工篇



打木樁編柵示意圖(剖面圖)

竹樁編柵示意圖(剖面圖)

參、工程施工篇



參、工程施工篇



參、工程施工篇



完工二年

參、工程施工篇

◆ 單項工項 (植生工程)



參、工程施工篇



薜荔

野薑花

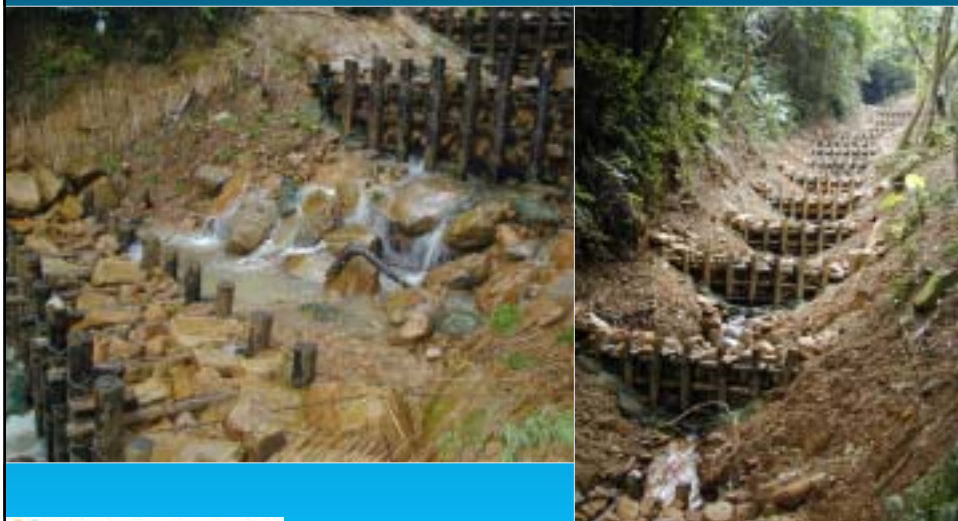
腎蕨

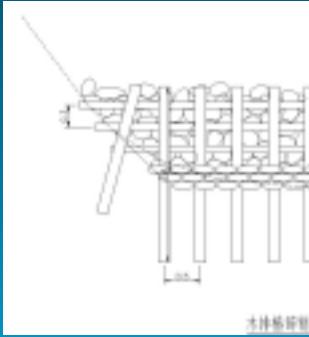
參、工程施工篇



固床工兩翼
護岸基礎之
施工

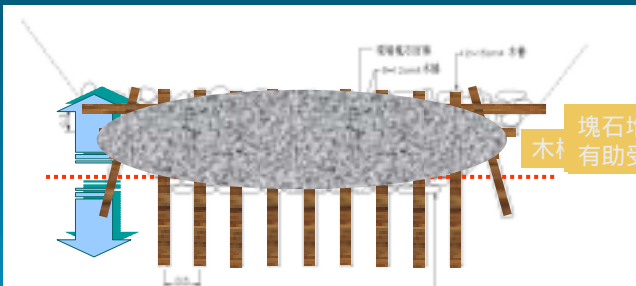
參、工程施工篇



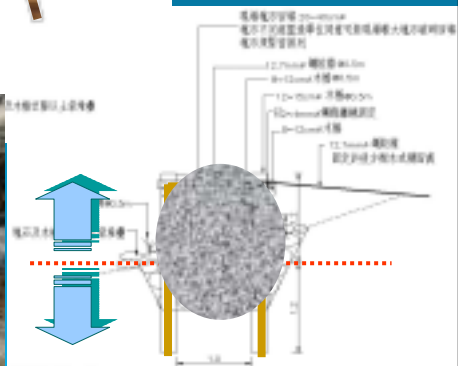


配合地形採人工施作

施工材料符合生態原則



塊石堆砌緊密
有助受力分散





The diagram on the left shows a cross-section of a stone check dam. It features a trapezoidal stone structure supported by vertical wooden posts. Blue arrows indicate water flow from left to right, and a red dashed line shows the water level. Labels include '檢水壩' (check dam) and '檢水壩之剖面圖' (cross-section diagram of the check dam). The top right photograph shows a close-up of the stone structure built on a dirt slope. The bottom right photograph shows a wider view of the check dam in a natural setting with trees and a dirt path.

配合地形採人工施作
施工材料符合生態原則
符合力學性質設計
連續性設置削減動能

行政院公共工程委員會

肆、結語

- ◆ 生態工程之推廣，有賴大家持續之努力；也希望累積大家之經驗讓技術成長。成功之經驗固然可賀，但失敗之經驗更彌足珍貴。講習除了推廣既有之知識，更希望能匯集更多之經驗，讓本土技術更精進。



謝謝聆聽

賜教處：

aa5474@ms.tpc.gov.tw