SWCB-95-108

生態工程設計圖說手冊暨案例彙編

Ecological Engineering Design Manual and Case Histories



行政院農業委員會水土保持局　編印

中華民國九十五年十一月

生態工程設計圖說手冊暨案例彙編

行政院農業委員會水土保持局

行政院農業委員會
水土保持局
與您一起打拼

行政院農業委員會水土保持局圖書室
R0000003738

行政院農業委員會水土保持局
南投市中興新村光華路6號
http://www.swcb.gov.tw

目　錄

壹、通論---**1**

一、前言---1

(一)生態工程之定義---1

(二)生態工程之沿革---1

(三)生態工程與治山防災之發展---3

二、生態工程應用原則---5

(一)安全之考量---5

(二)生態之考量---6

(三)經濟與景觀之考量---6

三、生態環境調查---8

(一)集水區環境因子---8

(二)基礎環境調查項目及方法---10

(三)陸域生物資源調查---22

(四)水域生物資源調查---28

四、生態工程規劃原則---33

(一)河溪棲地改善規劃原則---33

(二)生態廊道之規劃---40

(三)護岸類型與安定分析---56

(四)常見之生態水池應用動植物----59

貳、處理單元暨案例圖說----64

一、護岸----64

(一)乾砌石護岸----64

(二)混凝土砌石護岸----72

(三)箱籠護岸----76

(四)單排木樁箱籠護岸----83

(五)木樁捲包護岸----85

(六)捲包橫向堆疊護岸----88

(七)箱籠排水溝----91

(八)土袋溝----94

(九)堆疊式蜂巢圍束網格護岸----98

(十)展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸----102

(十一)拋石護岸----105

(十二)景觀石梯護岸----108

(十三)混凝土格籠護岸----110

(十四)混凝土型框填石植生護岸----113

(十五)布袋模蓆墊護岸----116

二、護坡----119

(一)箱籠堆疊護坡----119

(二)打木樁編柵----123

(三)打竹樁編柵----127

(四)原木擋土柵----129

(五)木排樁護坡----132

(六)輪胎擋土牆----134

(七)植岩互層法----136

(八)固定框與框內植生工----137

(九)鋪網噴植----141

(十)切枝壓條----144

(十一)圓木格框護坡----146

三、堤防----148

(一)蛇籠堤防----148

(二)箱籠堤防----150

(三)混凝土砌塊石堤防----152

四、防砂壩及潛壩----155

(一)梳子壩----155

(二)切口壩----158

(三)混凝土格籠潛壩----160

(四)混凝土柱透過性潛壩----163

五、固床工----166

(一)混凝土鋪石固床工----166

(二)階梯式固床工----170

(三)石樑固床工 ---------- 173

六、魚道 ---------- 178

(一)階段式魚道 ---------- 179

(二)潛孔口式魚道 ---------- 185

(三)舟通式魚道 ---------- 186

(四)導流壁式魚道 ---------- 188

表 目 錄

表 1-1 棲地底質分類系統表----------16

表 1-2 各種物理棲地環境指標之定義----------18

表 1-3 植物種類與樣區大小之關係----------27

表 1-4 河溪棲地類型說明----------33

表 1-5 河川棲地區域改善與復育之規劃要點表----------39

表 1-6 護岸坡度設計表----------57

表 2-1 高/徑 (H/D) 設計表 ----------65

表 2-2 單粒塊石容許流速表----------66

表 2-3 蜂巢圍束網格護岸蜂巢深度與最大粒徑關係表----------99

圖 目 錄

圖 1-1 河川級序之示意圖----11
圖 1-2 踏腳石之喪失----43
圖 1-3 串聯型態的踏腳石----43
圖 1-4 溪流廊道的連結----44
圖 1-5 水陸域交流通道之規劃流程圖----47
圖 1-6 常見魚道入口設計類型----54
圖 2-1 單階砌石護岸斷面圖----66
圖 2-2 混凝土基礎單階砌石護岸斷面圖----67
圖 2-3 基礎加固單階砌石護岸斷面圖----67
圖 2-4 混凝土基礎多階砌石護岸斷面圖----67
圖 2-5 六圍砌砌築方式----68
圖 2-6 混凝土砌石護岸斷面圖----74
圖 2-7 混凝土蓆墊砌石護岸斷面圖----74
圖 2-8 混凝土砌石護岸魚穴設置示意圖----74
圖 2-9 箱籠護岸 I 斷面(護岸坡度 45°)----78
圖 2-10 箱籠護岸 II 斷面(護岸坡度 60°)----78
圖 2-11 箱籠護岸立面圖----79
圖 2-12 箱籠護岸填充粒料圖----79

圖 2-13 單排木樁箱籠護岸斷面圖----84
圖 2-14 單排木樁箱籠護岸平面圖----85
圖 2-15 單排木樁箱籠護岸正面圖----85
圖 2-16 木樁捲包護岸斷面圖----87
圖 2-17 木樁捲包護岸正面圖----87
圖 2-18 木樁捲包護岸地工合成物網袋捲包詳圖----87
圖 2-19 木樁捲包護岸捲包接合詳圖----88
圖 2-20 捲包橫向堆疊護岸斷面圖----90
圖 2-21 捲包橫向堆疊護岸正面圖----90
圖 2-22 捲包橫向堆疊護岸捆紮單元示意圖----90
圖 2-23 地工合成物網袋及椰纖維毯網袋詳圖----91
圖 2-24 箱籠排水溝縱斷面圖----92
圖 2-25 箱籠排水溝正面圖----93
圖 2-26 箱籠排水溝平面圖----93
圖 2-27 土袋溝土袋規格----95
圖 2-28 土袋溝橫斷面圖----95
圖 2-29 土袋溝縱斷面圖----96
圖 2-30 土袋溝平面圖----96
圖 2-31 堆疊式蜂巢圍束網格護岸 I 斷面圖----100
圖 2-32 堆疊式蜂巢圍束網格護岸 II 斷面圖----100
圖 2-33 堆疊式蜂巢圍束網格護岸 I 配置圖----100

圖 2-34 堆疊式蜂巢圍束網格護岸Ⅱ配置圖 ---- 101
圖 2-35 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸斷面圖 ---- 103
圖 2-36 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸立體圖 ---- 103
圖 2-37 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸網格植生示意圖 ---- 104
圖 2-38 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸 J-型錨丁配置圖 ---- 104
圖 2-39 拋石護岸設計示意圖 ---- 107
圖 2-40 景觀石梯護岸設計示意圖 ---- 109
圖 2-41 混凝土格籠護岸斷面圖 ---- 112
圖 2-42 混凝土格籠護岸丁條設計圖 ---- 112
圖 2-43 混凝土格籠護岸順條設計圖 ---- 112
圖 2-44 混凝土型框填石植生護岸斷面圖 ---- 114
圖 2-45 混凝土型框填石植生護岸正立面圖 ---- 115
圖 2-46 混凝土型框填石植生護岸平面圖 ---- 115
圖 2-47 布袋模蓆墊護岸斷面圖 ---- 117
圖 2-48 布袋模蓆墊護岸立體圖 ---- 117
圖 2-49 布袋模蓆墊護岸平面圖 ---- 117
圖 2-50 箱籠堆疊護坡Ⅰ斷面圖 ---- 120
圖 2-51 箱籠堆疊護坡Ⅱ斷面圖 ---- 120
圖 2-52 箱籠堆疊護坡正面圖 ---- 121
圖 2-53 打木樁編柵斷面圖 ---- 124
圖 2-54 打木樁編柵平面圖 ---- 125

圖 2-55 打木樁編柵立面圖 ---- 125
圖 2-56 打竹樁編柵斷面圖 ---- 128
圖 2-57 打竹樁編柵平面圖 ---- 128
圖 2-58 打竹樁編柵立面圖 ---- 128
圖 2-59 原木擋土柵斷面圖 ---- 130
圖 2-60 原木擋土柵立面圖 ---- 131
圖 2-61 原木擋土柵平面圖 ---- 131
圖 2-62 木排樁護坡斷面圖 ---- 133
圖 2-63 木排樁護坡平面圖 ---- 133
圖 2-64 木排樁護坡立面圖 ---- 133
圖 2-65 輪胎擋土牆示意圖 ---- 135
圖 2-66 植岩互層法設計示意圖 ---- 137
圖 2-67 固定框與框內植生工設計示意圖 ---- 139
圖 2-68 鋪網噴植設計示意圖 ---- 142
圖 2-69 切枝壓條設計示意圖 ---- 145
圖 2-70 圓木格框護坡設計示意圖 ---- 147
圖 2-71 蛇籠堤防設計示意圖 ---- 149
圖 2-72 箱籠堤防設計示意圖 ---- 151
圖 2-73 混凝土砌塊石堤防設計示意圖 ---- 153
圖 2-74 梳子壩斷面圖 ---- 156
圖 2-75 梳子壩立面圖 ---- 156

圖 2-76 梳子壩平面圖 ---------- 157
圖 2-77 梳子壩壩柱鋼筋配置圖 ---------- 157
圖 2-78 切口壩設計示意圖 ---------- 159
圖 2-79 混凝土格籠潛壩斷面圖 ---------- 161
圖 2-80 混凝土格籠潛壩平面圖 ---------- 162
圖 2-81 混凝土格籠潛壩正立面圖 ---------- 162
圖 2-82 混凝土柱透過性潛壩斷面圖 ---------- 164
圖 2-83 混凝土柱透過性潛壩平面圖 ---------- 164
圖 2-84 混凝土柱透過性潛壩立面圖 ---------- 165
圖 2-85 混凝土鋪石固床工斷面圖 ---------- 168
圖 2-86 混凝土鋪石固床工平面圖 ---------- 168
圖 2-87 混凝土鋪石固床工正面圖 ---------- 168
圖 2-88 階梯式固床工斷面圖 ---------- 171
圖 2-89 階梯式固床工平面圖 ---------- 171
圖 2-90 石樑固床工斷面圖 ---------- 174
圖 2-91 石樑固床工平面圖 ---------- 174
圖 2-92 石樑固床工正面圖 ---------- 174
圖 2-93 石樑固床工接合圖 ---------- 175
圖 2-94 階段式魚道中的越流流速(V_1)及落下流速(V_2) ---------- 181
圖 2-95 階段式魚道中的潛孔流速(V_3) ---------- 181
圖 2-96 落下流狀態(PLUNGING FLOW) ---------- 182

圖 2-97 表面流狀態(STREAMING FLOW) ---------- 182
圖 2-98 階段式魚道設計示意圖 ---------- 183
圖 2-99 潛孔式魚道設計示意圖 ---------- 185
圖 2-100 舟通式魚道設計示意圖 ---------- 187
圖 2-101 導流壁式魚道設計示意圖 ---------- 189

照 片 目 錄

照片 1-1 河溪棲地類型----34
照片 1-2 道路廊道實景----40
照片 1-3 廊道空隙(開發區域)情形圖----41
照片 1-4 廊道的植物結構(與大型塊區之結構差異性大)----41
照片 1-5 聚藻與石龍尾----59
照片 1-6 青萍與滿江紅----60
照片 1-7 紅辣蓼與開卡蘆----60
照片 1-8 三白草與穗花棋盤腳----61
照片 1-9 腎蕨與海金沙----61
照片 1-10 紫紅蜻蜓與杜松蜻蜓----62
照片 1-11 澤蛙與莫氏樹蛙----62
照片 1-12 台灣馬口魚與極樂吻蝦虎----63
照片 2-1 乾砌石護岸施工流程步驟----69
照片 2-2 單階砌石護岸案例----70
照片 2-3 混凝土基礎單階砌石護岸案例----71
照片 2-4 基礎加固單階砌石護岸案例----71
照片 2-5 混凝土基礎多階砌石護岸案例----72
照片 2-6 混凝土砌石護岸案例----75

照片 2-7 混凝土蓆墊砌石護岸案例----76
照片 2-8 箱籠護岸施工流程步驟----81
照片 2-9 箱籠護岸 I 案例----82
照片 2-10 箱籠護岸 II 案例----83
照片 2-11 木樁捲包護岸案例----88
照片 2-12 捲包橫向堆疊護岸案例----91
照片 2-13 箱籠排水溝案例----94
照片 2-14 土袋溝案例----97
照片 2-15 堆疊式蜂巢圍束網格護岸----101
照片 2-16 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸案例----105
照片 2-17 拋石護岸案例----107
照片 2-18 景觀石梯護岸案例----110
照片 2-19 混凝土格籠護岸案例----113
照片 2-20 混凝土型框填石植生護岸案例----115
照片 2-21 布袋模蓆墊護岸案例----118
照片 2-22 箱籠堆疊護坡案例----122
照片 2-23 打木樁編柵案例----126
照片 2-24 打竹樁編柵案例----129
照片 2-25 原木擋土柵案例----131
照片 2-26 木排樁護坡案例----134
照片 2-27 輪胎擋土牆案例----136

照片 2-28 固定框與框內植生工案例 ---------- 140
照片 2-29 鋪網噴植案例 ---------- 143
照片 2-30 切枝壓條案例 ---------- 145
照片 2-31 圓木格框護坡案例 ---------- 147
照片 2-32 蛇籠堤防案例 ---------- 150
照片 2-33 箱籠堤防案例 ---------- 152
照片 2-34 混凝土砌塊石堤防案例 ---------- 154
照片 2-35 梳子壩案例 ---------- 158
照片 2-36 切口壩案例 ---------- 160
照片 2-37 混凝土格籠潛壩案例 ---------- 163
照片 2-38 混凝土柱透過性潛壩案例 ---------- 165
照片 2-39 混凝土鋪石固床工案例 ---------- 169
照片 2-40 階梯式固床工案例 ---------- 172
照片 2-41 石樑固床工施工流程步驟 ---------- 176
照片 2-42 石樑固床工案例 ---------- 177
照片 2-43 階段式魚道案例 ---------- 184
照片 2-44 潛孔式魚道案例 ---------- 186
照片 2-45 舟通式魚道案例 ---------- 187
照片 2-46 導流壁式魚道案例 ---------- 189

壹、通論

一、前言

(一)生態工程之定義

生態工程(Ecological engineering)係指人類基於對生態系統的深切認知，為落實生物多樣性保育及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向，減少對生態系統造成傷害的永續系統工程。

生態工程強調從整體性的角度來思考問題，如河川的整治應將集水區，河川上、中、下游整體納入評估，才能有效整治；若從生態系統的觀點來看，人類經濟活動所採取的工程施作，應儘量降低對自然造成的衝擊，為提升工程專業人員對自然生態的瞭解，在工程規劃及施作過程中，須借重生態領域專家提供環境諮詢。因此，生態工程的工作團隊中，熟悉當地環境的生態專家，扮演非常重要的角色。

(二)生態工程之沿革

生態工程源自於歐洲德國及瑞士，近年來正逐步推展至世界各國。台灣近期各項建設工程，偏重於設計安全、材料堅固、經濟實惠、施工管理便利的工程設施，缺少配合環境調和必要所考量的造型設計、自然材料的選擇及綠美化的運用，雖達到保護目的，但也可能對環境、生態

造成傷害。

1938 年 Seifer 首先提出「近自然河溪整治」的概念，特別指出能夠在完成傳統河流治理任務的基礎上，可以達到接近自然、廉價並保持景觀美的一種治理方法；使人類從物質文明到文化文明、從工程技術到工程藝術、從實用價值到美學價值，同時特別強調河溪治理工程中美學的成分。至 50 年代德國正式創立了「近自然河道治理工程」，提出河道的整治要符合植物化和生命化。

1962 年 Odum 首次提出生態工程，將生態學概念運用於工程中。隨著生態學理論的發展，人們對溪流治理有了新的認識，對於生態治理的目標，除了要滿足人類對河溪利用的要求，同時要維護或創造河溪的生態多樣性。治理時考慮溪流的水理特性和地形特點，將溪流的自然狀況或原始狀態，作為衡量溪流整治與人為活動干預程度的標準。

1971 年 Schlueter 認為近自然治理（Near nature control）的目標，首先要滿足人類對河溪利用的要求，同時要維護或創造河溪的生態多樣性。1983 年 Bidner 提出河道整治首要考慮河道的水利學特性、地貌學特點與河溪的自然狀況，作為衡量河道整治與人為活動干預程度的標準。1985 年 Holzmann 認為生態治理是通過生態治理創造出一個具有各式各樣水流斷面、不同水深及不同流路的溪流，把河岸植被看待為具有多種小生態環境的多層結構，強調生態多樣性在生態治理的重要性，注重工程治理與自然景觀的和諧性。到了 1989 年 Pabst 則把生態治理看為一種

工程治理方式，溪畔僅用帶石塊的原有土壤或純石塊覆蓋，河岸植被則應該是由自然下種形成的，其他一切刻意促進植被恢復和改良土壤的措施如撒種、栽植、灑水、施肥等均應禁止，溪流的自然特性依靠自然力去恢復。1992 年 Hohmann 從維護河溪生態系平衡的觀點出發，認為近自然河溪治理是減輕人為活動對河溪的壓力，維持河溪環境多樣性、物種多樣性及其河溪生態系統平衡，並逐漸恢復自然狀況的可行性工程措施。近自然治理的實質就是景觀生態學與野溪治理學的完美結合，亦就是既有防護作用又能維護野溪自然景觀的管理工程。到了 1993 年 5 月由美國(National Academy of Sciences)所主辦的生態工程研討會中定義：「The design of sustainable ecosystems that integrate human society with its natural environment for the benefit of both」(Mitsch，1996)。因此生態工程治理之精神可歸納如下：

1.尊重自然環境原有之多樣性。

2.依照現存之自然條件，建設一個良好水循環及安全的溪流環境。

3.不只消極的保護，更應積極的使自然環境再生創造出水與綠之生態網。

(三)生態工程與治山防災之發展

水土保持的觀念大致上於 1930 年開始在美國推動，即包括了土壤保育、野生動物棲息與保護以及坡地遊憩等內容。台灣地區開始從事山坡

地之水土保持與坡地防災工作，大約是在 1950 年左右，當時以坡地農業開發地區土壤保育為主要的研究與推廣之工作重點。爾後 1959 年的八七水災，由於造成台灣地區嚴重的災情，政府隨即進行籌劃山地農牧資源開發及其他保育專責單位。至 1961 年，則開始有職掌有關國土規劃管理、水土保持及農業畜牧等問題的機關成立。到了 1967 年，已成立專門培育相關人才的科系。

然而，自 1980 年開始，由於經濟起飛，高度工業化及坡地開發利用結果，破壞與干擾自然環境與生態體系，在使用的其他工程構造物設計施工方面，也逐漸趨向以快速、方便為主要考量，較少考慮到自然、生態方面的問題。

近幾年，政府各相關單位有鑒於過多之人工構造物容易破壞台灣地區原有的生態系統及環境，進而積極推動生態工程，增加柔性資材之使用，減少工程施作對環境之衝擊；進行坡地生態環境調查、生態資料庫建置以及研發適合台灣地區生態工程之參考圖冊、調查等，期望能讓國內外與生態工程相關之理念與技術，真正落實到設計及施工人員的層級。

二、生態工程應用原則

生態工程之應用，因地區生態系結構與功能性之差異、開發程度及考量尺度之不同，以及研究規劃人員之學經歷背景，工作屬性之差異，對於生態工程之解讀會有所不同。目前何種工法屬於生態工程，又何種工法不屬於生態工程，雖仍有爭議，但以水土保持處理或治山防災工程為目的之生態工程設計，應分別就安全、經濟、生態及景觀等方面依序考量。

(一)安全之考量

當施工地區有特定保全對象(如村落、民宅)、重要維生體系(如水庫、農業生態系)或特殊災害地點(生態系無法自然復原)時，安全因素將優先考慮，設計規劃時需依安定評估、安全係數設定、應力檢算及坡面穩定分析為依據。

又如土石流、崩塌地等大規模災害地區，舊有環境破壞殆盡，原先之主體生態結構無法自然復原時，為盡可能達到原生態系或景觀之再生，依新地形或周邊環境狀況，考量周邊環境、上下游區域生態及景觀之連續性，所設計之適合創造生態系或景觀之治山防災構造物。

而如防砂壩與梳子壩等混凝土構造物，目的是希望當土石流來臨時可以攔阻大量的土砂，防止土砂下移造成下游居民的危害，而若因大量土石毀壞道路與橋樑造成交通要道的中斷，則會影響交通運輸與人類活動。

(二)生態之考量

當施工地區為生態保護區、特有或保育生物之復育區、或自然復育演替可能性高之地區時，應注意工程構造物之負面效應，設計規劃時最好能改變工程施工之位置；若工址無法改變時，也應盡量減少外物之導入及人為干擾，依據生物或環境棲地條件及自然演替系列之推測、評估為規劃設計之依據。

而需進行溪流整治之地區，依其施工前地區特性之變化及演替情形，以及依生態系與景觀之實況，盡可能採用當地現有之石材、木料等，並以原生植物為主要植生資材，設計有助於自然復育能力之治山防災構造物。其設計重點應注意濱水區生態區域之完整性，以及形成適合生物棲息之多孔性護岸。相同的，因為施工或工程構造物會對環境因子造成的改變也須列入考慮，包括溫度、溼度地形、地貌等。

施工時可依災害規模、災害嚴重性及保全對象等，考慮快速且符合經濟效益的工程方法，唯安全及生態之考量仍有時序上的變化、開發尺度之影響，以及生態棲地干擾、復原間之區域相互作用，宜因地制宜、靈活運用。

(三)經濟與景觀之考量

除安全及生態考量外，設計規劃時，應注意工程設施之景觀性及經濟性，在已治理地區就開發、保育對策及整體評估，並依據立地條件及

周邊遊憩用途之潛力，考量當地居民對該河溪的使用，利用原溪流環境，重建(改善)生物棲息地及環境學習、自然體驗地點等多重目的，並同時考量鄰近河溪之整治計畫及現存與將來計畫構造物之相容性，以開創多樣化野外活動空間所設計之河溪整治工程。

工程治理乃以人本考量，在已治理地區經由景觀設計後可營造出綠美化環境，利用植生工程技術可栽植多種類的植物，達到環境綠美化的功能；也可以考慮興建親水與遊憩設施如：親水護岸、涼亭或是休閒步道，讓民眾可以到此地從事休閒與嬉戲等活動，使工程本身不但兼顧到防災也營造出遊憩的場所；若能再設立教育解說牌，更具有傳達知識的用途，使人們了解工程不僅僅是用在防災上，也可以用來親近自然。唯過多之親水及遊憩設施雖然可以做為人類休閒娛樂之場所，但對生態環境卻也會某種程度上的衝擊，故找到人類活動與生態之間的平衡，仍然是很重要的。

三、生態環境調查

(一)集水區環境因子

水土保持工程不但需要考慮單一河段之治理，更需融入集水區及生態系之觀念，茲將集水區生態系之觀念介紹如下。

1.集水區生態系之意義

集水區生態系的意義比單純的生態系多加入分水嶺的概念，以對棲地生態的環境做規劃與設計。而又不同生物常有不同尺度的活動領域：例如水生昆蟲其棲地可能僅只有某河段中的局部位置；而魚類活動的領域則可擴大至中上游，或是及於下游地區；鳥類則因為具有飛翔能力，而可跨越多個集水區，甚至多個洲。

2.集水區生態系之分類

集水區生態系依其結構與功能屬性可大略區分為水域生態系、濱水生態系以及陸域生態系等三大類。

(1)水域生態系

廣義的溪流生態系就是一般河道內之水域環境暨與其相毗鄰之陸域環境所構成的生態體系。而狹義的溪流生態系則指一般河道水域環境之相關因子所構成的生態體系。

(2)濱水生態系

濱水生態系是位於陸域與水域間的生態過渡地帶，亦是易受干擾的敏感地帶。

(3)陸域生態系

陸域生態系泛指森林、草原、沙漠等範圍的生態系。

3.集水區基礎環境因子

(1)地文：包括地理位置及地勢地形、地質土壤、河川情形、流域指數、高程、坡度及坡向、河床底質、上層覆蓋、下切河岸、棲地比例。

(2)氣候、水文：包括水位、流量、水流型態及溫度、雨量、濕度、蒸發散量等。

(3)水質：包括溶氧量、電導度、酸鹼值(pH 值)、水溫、化學需氧量(COD)、濁度及營養鹽。

(4)人文及其他：包括人口、農產經濟及土地利用、歷史文化等。

4.陸域生物資源

包括哺乳類、兩棲及爬蟲類、鳥類、昆蟲、植物等。

5.水域生物資源

包括魚類、蝦蟹類、水棲昆蟲類、底棲無脊椎動物等。

(二)基礎環境調查項目及方法

1.地文調查

(1)地理區位及地勢：主要為利用地形圖及航照圖，對研究區做大略地調查。

(2)地質土壤：地質與土壤會影響地表沖刷程度，進而影響動植物之生長及須導入之動植物類別等。

(3)河川特性

A.河溪級序

目前常為溪流生態使用的溪流序列系是將無支流之小河川仍給予1號序列，2號溪流由二個1號溪流依流後生成，3號溪流則由二個2號溪流併流，餘類推。若二條不同序號之溪流合併，則以下溪段以較高序號之支流序列稱之(詳圖1-1)。

溪流序列系統經常使用和棲地與魚種之岐異度作比較，但其準確度受到地圖之詳細精度影響甚大，另在石灰岩地形及多伏流地區並不適用。

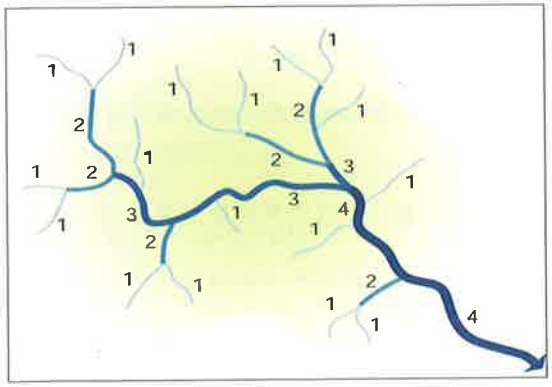


圖 1-1 河川級序之示意圖

B.主要河川長度(length of main stream)，L_0

為流域最大最長河川之長度，單位為公里(km)。

C.流域平均寬度(mean width)，W(km)

為流域平均之寬度，單位為公里(km)，$W=A/L_0$。

D.河道蜿蜒度(channel sinuosity)

用以表示溪流曲折之程度，可由下列公式計算。其中河谷長度之計算，可將河道依其轉折分成數個河段，測量其直線距離後予以累加。

Sinuosity Index (SI)= 河道長度(channel distance) ÷ 河谷長度(downvalley distance)

(4)流域指數

A.流域之形狀因子(form factor)，F

為 1932 年荷頓氏(Horton)提出，故又稱為荷頓氏形狀因子或流域形狀(basin shape)。

$$F = W/L_0 = A/L_0^2$$

B.流域之周長(perimeter)，P

可在地形圖上沿分水嶺量測求取，單位為公里(km)。

C.流域之圓比值(circularity ratio)，M

圓比值=流域面積 A 與該流域周界等長 P 相等之圓面積。

$$M = \frac{A}{\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 \pi} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

D.流域之密集度(compactness)，C

密集度=同一面積 A 所對應圓之周長/流域之周長 P。

$$C = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}}\pi / P = \frac{3.54\sqrt{A}}{P}$$

E.流域之細長比(elongation)，E

細長比＝與流域相等面積 A 之圓之直徑／流域之最大長度 L_0。

$$E = \frac{\sqrt{A/\pi}}{L_0}$$

F.河川密度(river density)

河川密度為流域中全部河川，包括主流長度 L_0，支流長度 L_1，分流長度 L_2 及小流長度 L_3 等之總長度除以流域面積即得。

$$D = \frac{L_0 + L_1 + L_2 + L_3 + \cdots\cdots}{A} = \frac{L}{A}$$。

L 為流域中河川之全部長度。

G.排水密度(drainage density)，D_d

排水密度之倒數稱為河道維護常數，此值表示單位河道長度所需維護地面之面積；又漫地流之平均長度如下。

$$\bar{L}_0 = \frac{1}{2D_d}$$

(5)高程(elevation)

又分為中值高程(median elevation)H 及平均高程(mean elevation)H_0。中值高程為一流域中某一高程，此高程以上及以下面積相等，通常以圖解法求之；而量測平均高程方法則有以下幾項下：

A.等高線面積法(contour-area method)

$$H_0 = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2} * Ai\right)$$

其中 h_i，h_{i+1} 為兩相鄰等高線之高程。

Ai 為 h_i，h_{i+1} 為兩相鄰等高線間之帶狀面積(km^2)。

A 為流域總面積(km^2)。

B.等高線長度法(contour-length method)

用測線計(odmeter)量測地形圖上等高線 h 之長度 l。

$$H_0 = \sum_i (hl)/\sum l$$

C.格線法(Grids method)或交點法(intersection method)

於流域地形圖上分成若干方格，計算所有流域內縱橫交點處高程之總和，再以交點數除之即得。

(6)坡度、坡向

集水區之坡向依北(337.5°－22.5°)、東北(22.5°－67.5°)、東(67.5°－112.5°)、東南(112.5°－157.5°)、南(157.5°－202.5°)、西南(202.5°－247.5°)、西(247.5°－292.5°)、西北(292.5°－337.5°)等八個方位進行分類。

而坡度係指一坵塊土地之平均傾斜比，或以坡面上垂直於等高線方向之上、下兩點間之垂直高差除以其水平距離乘以一百，以百分比表示。有關平均坡度(mean slope)，S 的計算方法有二：

A.坵塊法

於地形圖上每 10m 或 25m 畫一方格丘塊。

計算方格各邊與等高線交點之點數。

$$S = \frac{n\pi\Delta h}{8L} \times 100$$

其中 S：坡度(%)。

Δh：等高線間距(m)。

L：坵塊邊長(m)。

n：方格各邊與等高線交點之點數。

B.等高線長度法

$$S = D\sum l / A$$

其中 D 為兩相鄰等高線之高程差(contour interval) (m)。

C.等高線面積法

$$S = 1/A \sum \left(A_i \frac{D}{d} \right)$$

其中 d 為兩等高線間之平均水平距離，單位為(m)。

(7)河床底質調查

底質和魚類生殖需要和食物來源如無脊椎生產量有密切關係，河床底質之調查有以下方法：

A.目測法

即將底質分成易區分之幾個項目，如巨石、卵石、礫石、砂和泥等，再取數條穿越線，每一穿越線上再取數個觀察點，分別記錄再計不同底質所佔之百分率，但目測法最好由同一觀察者執行，以避免不同觀察人員之主觀判定所造成的誤差。

B.穿越線法

穿越線法記錄採樣河床斷面，並採用 Platts 等人(1983)的表面目視法(Surface-visual-method)來輔助測量。二人分別站立於溪岸，沿穿越線持卷尺，第三人則順著穿越線由左岸至右岸每隔 5 公尺之區間，利用竹尺俯視，並記錄其投射下方所涵蓋之底質石粒大小，若河溪的寬度不足 5 公尺時，則由調查者按當時的狀況，自行定

之。底質分析一般係根據汪靜明(1990)所建議採用之底質系統來加以分類，詳如表 1-1。

表 1-1 棲地底質分類系統表

底質	底質粒徑範圍(cm)
沉積砂土黏土、有機物碎屑	＜0.2
礫石	0.2~1.6
卵石	1.7~6.4
圓石	6.5~25.6
小塊石	25.7~51.2
大塊石	＞51.2

(8)上層覆蓋(overhead cover)

上層覆蓋一般即指溪畔林木對溪流之遮蔽度，可用遮蔽針(densitometer)來測量，遮蔽針是一片已劃定方格的內凹鏡片鑲於一木塊而成。測量方法則記錄在不同位置時鏡片上受到上層覆蓋所遮蔽之方格數目，再予以平均便可計算河段受到遮蔽之百分比。

2.水文、氣候調查

(1)水位

一般來說量測水位之基準面通常以海平面作為基準，量測水位之目的除了了解該地之水流情況之外，尚可利用建立水位－流量率定曲線，來推估該地之流量；除此之外，水位之高低尚可提供河川中工

程構造物之設計、水資源規劃等功用。一般來說水位之量測儀器常裝設於量側井內，故量測井位置之穩定性及安全性實屬重要；而常用的水位之量測儀器有標尺、浮桶式水位計、壓力式水位計、氣泡式水位計、超音波水位計及雷射水位計等，使用時可因不同測站之特性及水位計之優缺點予以選擇。

(2)流量

因河川流量會影響魚類棲息環境與生存空間，且由於工程構造物之建置，導致生態基流量之明顯不足，因而常導致河川生物多樣性的喪失，因此流量調查極具重要性，且流量之調查區分季節施作。而流量測定方法可依河川斷面積及斷面平均流速之乘積($Q=VA$)，求出通過斷面之流量。調查方法如下：

A.河川斷面積測定

在河川測定斷面兩岸，以繩索或鋼索與水流方向呈垂直且以水平固定。並在該直線以等間隔寬度選定數個測定點，而所選定之採樣斷面水深不及腰時，以涉水方式採用尺或有刻度之測竿或測錘測各定點之水深；若當水流較湍急或因天候條件惡劣，無法於水面進行量測作業時，於橋上游面進行水深測定，以減低因橋墩阻擋所造成之水流擾動影響；而當附近無橋樑或無法涉水時，以皮筏或小艇進行水深量測作業。

B.流速測定

每季在各測站選擇 1~3 條穿越線以塑膠皮尺測量河寬，並沿穿越線每隔 1 公尺以攜帶式流速計測量水深、流速，並以下列公式計算流量。

$$流量=\sum_{i=1}^{n} D_i \times V_i$$

(3)水流型態

水流型態大致可分為深潭(pools)、緩流(slow run)、淺瀨(riffles)、急流(rapids)、岸邊緩流(slack)、迴流(backwater)等六種流況；且於寬淺型河道中可利用福祿數(Froude number) $F_r = V/\sqrt{gh}$ 來作為流況之表示方式(如下表 1-2)。

表 1-2 各種物理棲地環境指標之定義

型態	福祿數(Fr)	寬深比
Riffles 淺瀨	0.255<Fr<1	但 b/h>15
Slow run 緩流	0.095<Fr<0.255	15<b/h<30
Pools 深潭	Fr<0.095	水面坡度≒0 b/h<15
Rapids 急流	Fr>1	不受限制

b/h：指河溪之寬深比

3.水質調查

(1)調查項目

水質之調查項目應包含可在現地量測之溶氧含量(DO)、電導度、酸鹼值(pH 值)、水溫及須在實驗室進行之化學需氧量(COD)、濁度及營養鹽(nutrient)等。

(2)調查目的

A.溶氧含量(DO)

溶氧為判別河川污染程度最重要的指標，溶氧可維持水中的魚類和水微生物的生長和水質淨化的有利環境，若水中溶氧低於 3.0mg/l，會對大部分的魚類有害，所以溶氧一般最好能維持 5.0mg/l 以上，以利魚類生長。

B.導電度(EC)

導電度常做為水中鹽類濃度之指標。依照灌溉水的標準，導電度大於 750μs/cm 之水質，長期施灌於土質粘重、排水不良之土壤，農田便有發生鹽化之可能，將會妨礙作物之正常生長，故不利於淡水生物之生存環境。

C.酸鹼值(pH 值)

pH 值一般用來表示水體之酸鹼度。在水產養殖方面，pH 值維持於 6.7～8.6 之間有利於大部分魚類生存。灌溉用途方面，以 6.5～8.0 為最佳，惟土壤對灌溉水之 pH，具有較大之緩衝能力，對

土壤之理化性及作物較不致發生不良影響。

D.水溫

溫度的變化對於複雜的水生環境有相當大的影響，溫度的變化也就是隨著季節的轉變而變化，或是地域環境的不同而有所差異。

E.化學需氧量(COD)

水中化學需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)指水中有機物氧化成 CO_2 及 H_2O 時所需的總需氧量。COD 試驗被廣泛地用於工業廢水分析，尤其在調查測定及控制廢水流入到下水道系統上更具價值。

F.濁度

濁度(Turbidity)的成因，依據水的混亂程度的不同，而由不同的懸浮物質所引起。

G.營養鹽(Nutrient)

水中營養鹽主要是指氮與磷，兩者均與水中藻類和植物有關；而工廠或家庭排放廢水時，水中營養鹽的量會突然升高，常會造成優養化之現象。

(3)採樣程序

水質調查現場採樣程序分為以下幾個步驟：

A.到達現場後，先確定採樣地點。

B.拍照存檔並準備該點之樣品容器。

C.以 300cc 燒杯或塑膠杯盛水(盛水前，先潤洗數次)，量測水溫、溶氧、導電度、pH 值等項目並記錄之。

D.以 20 公升桶盛裝水樣(先潤洗數次)。

E.分裝各個已貼樣品標籤之樣品容器。

F.清點檢查樣品，記錄採樣結果。

G.於離開採樣現場前，必須完成所有現場採樣記錄表格填寫。

(4)採樣原則

採水前，採樣瓶及盛水桶要用所要採樣之水洗滌二至三次。且沿採樣斷面處應以下述方式採水。

A.在河斷面之左、中、右採樣點採集。

B.採樣點水淺時(＜1.5m)取水面下 0.6 倍水深之水。

C.採樣點水深介於 1.5~3m 間時，取水面下 0.2、0.8 倍水深之兩層水樣以等體積比例混合成單一水樣。

D.採樣點水深≧3.0m 時，取水面下 0.2 倍、0.6 倍及 0.8 倍水深之三層水樣以等體積比例混合成單一水樣。

E.取樣時，避免有較大固體物(直徑大於 0.6cm 之顆粒)進入水樣中，以減低檢驗誤差。

F.取水時儘量選取水樣混合均勻處。

G.取水時水樣應直接緩慢均勻放入水桶中，至足夠的量為止。

H.當發生特殊情況時，應儘可能拍照存證，如上游河水暴漲、水庫

放水、大雨、水流湍急及大風等。

(5)調查設備

水質調查設備以輕便、能攜帶至郊外現地實測為宜，包括攜帶型溶氧度計可量測溶氧含量(DO)、攜帶型鹼度/電導度計可量測電導度、酸鹼值、水溫等變化。COD 與濁度則採集水樣帶回實驗室，利用化學需氧量(COD)測定儀及攜帶型濁度計測定之。

集水區進行化學調查時，人員所需的裝備，包括 GPS 定位器、水質調查裝備、水杯(或燒杯)、背包、圖板、筆、紙等，人員則應穿著雨鞋或防滑鞋及做好防曬措施。一般進行集水區水質調查時，通常與水文調查一起合併實施，以節省人力與時間。

(三)陸域生物資源調查

1.哺乳類資源

台灣地區野生之哺乳類動物已知有 8 目 20 科約 70 種，小型(體重 250kg 以下)的有食蟲目、齧齒目、翼手目，約有 50 種，佔 70%以上。中、大型(體重 300kg 以上)約 20 種，含兔形目、鱗甲目、靈長目、食肉目、以及偶蹄目。其調查方法主要有目視觀察法、跡相搜尋法、陷阱捕捉法、紅外線自動照相法及氣味站法等，由於野生哺乳類一般不易被發現，因此集水區哺乳類之調查常以居民訪談及紀錄資料為主。

2.兩棲及爬蟲類調查

台灣地區的爬蟲動物與兩棲動物均屬於外溫動物，在生理上無法維持恆定的體溫，常須藉外界的溫度調節之，故其活動情形與天候情況有很大的關係。在棲地的選擇及利用上，不同種類的兩棲及爬蟲類動物各有其偏好的棲地型態，部分適應力強的物種則可利用較多不同的棲地。

●調查方法

A.徹底資源清查

此法可用在小區域的調查，如一條溪流、一個水池等，或在大區域中採系統取樣進行調查，在一定的時、空之下，於白天和夜晚，到所有可能的微棲地中，以儘量不破壞棲地的調查方式，如翻動石頭、木頭或是拆除附生植物等，搜尋及採集兩棲類。

B.目視遇測法

調查人員在一定的時間內，有系統的走過一特定段落的棲地，將所看到的兩棲類動物種類及數目記錄下來。為了便於比較調查結果，用單位時間、單位人員捕獲(計數)量表示。目視遇測法適用於資源的清查及監測，可用來研究一個地區內兩棲類的豐度(群聚中種類的多少)比較在群聚內種間的相對數量。

此法較不適用於估算族群密度，因為它在調查過程中，無法計數到調查區中所有的個體。目視遇測法可以在樣區設穿越線，沿著一特定方向，取固定的長度來進行調查。

C.穿越帶鳴叫計數法

在無尾兩棲類中，大部分青蛙都有獨特求偶叫聲，而穿越帶鳴叫計數法就是利用此特點來進行調查。凡在穿越帶兩側聽到，可鑑定音源個體的數量都要計算，至於兩側聽到的範圍要定多大，就須視種類及調查環境而定。鳴叫聲的記錄資料，可以用來估算或決定鳴叫雄蛙的相對數量、成體的相對數量、種類組成、微棲地利用及物種繁殖之特性等。

D.穿越線取樣法

在自然環境中，各種因子的顯現，往往呈現梯度變化。而此法可用在比較種類或種間的關係變化，是否與環境因子梯度的變化有密切的關係。例如要檢視海拔高度變化，或濕度變化是否與兩棲類的分布有關，可用此調查法。此法經常與目視遇測法共同使用。

3.鳥類調查

目前全世界的鳥類約有 9,100 種，台灣已列入正式記錄的鳥類約有 450 種。由於種類數量多，而不同物種間的棲息環境及生活方式也都有所差異，例如有些鳥類屬於區域性的留鳥，一年四季都可能在該區域發現；有些鳥類屬於季節性的侯鳥，只能在一年中的特定季節發現;有些鳥類會成群聚集；有些鳥類則頃向單獨活動;有些鳥類極易發出特殊的鳴叫聲而被發現辨識；有些鳥類則鮮少鳴叫。

●調查方法

穿越線法是在調查範圍內選定一條固定方向的穿越線，調查時以穩定的速度沿著穿越線前進，紀錄沿途兩邊所發現的鳥種及數量。一般而言，棲地開闊而面積大的樣區比較適合採用穿越線法來進行鳥類資源調查。

調查時以雙筒望遠鏡(10×25)進行觀察為主，記錄鳴叫聲為輔，將鳥種、數量及其出現之棲地加以記錄，並就不同鳥種拍照存證。比較各樣區之數量及種類組成，並分析不同區域鳥類族群之變化情形。進行鳥類調查時，最好避免穿著鮮艷的服飾，同時也要避免穿戴會發出聲響或味道的裝飾。

4.昆蟲調查

台灣的昆蟲相十分豐富，約有 45,000 到 200,000 種，已登錄並經命名者約 18,000 種。昆蟲的調查方法甚多，茲舉陸域昆蟲的調查方法如下：

(1)掃網調查法：各河段兩旁河岸之地或河床邊或河岸上(砌石縫)植群上掃網，每段 20 網，鑑定及計算昆蟲科數。

(2)目視調查法：另飛行中之中大型昆蟲如蜻蛉目、鱗翅目、鞘翅目、膜翅目及停棲植物上之中小型昆蟲如鞘翅目、直翅目、膜翅目、雙翅目等，均以目視法記錄調查當時 30 分鐘內出現在該河段的昆蟲種類及數量。

5.植物調查

一般植物相調查常用的植物相調查有樣區取樣調查方法、穿越線法、沿線調查法及目視記錄法等四種；而關於植物群的調查，理論上應包括定性的(Qualitative)及定量的(Quantitative)兩方面。定性應鑑定植物之種類，通常以種(Species)為基礎，測計樣區內每一植物之種類；定量則為調查每一植物之數量，如株數、優勢度等植物社會介量及代表植物組成複雜程度之種歧異度。

● 調查方法

A.樣區取樣調查方法

依調查地區之環境條件，植物之生活型、冠層結構分佈及調查目的等，選取適宜之樣區，進行植物種類數量及生長情形之調查，並依調查所得之相關參數加以組合分析，作為計算植物群落特性之方法。

a.樣區形狀：可分為長方形、正方形、圓形、帶截樣區及線截樣區。

b.樣區之分布：可採逢機取樣、系統取樣或選擇性取樣方法。

c.樣區大小則如表 1-3 所示。

d.樣區之數量：樣區之數目會影響調查之精度，而在決定適當之樣區數時大多採用「種數-樣區數曲線」法。

表 1-3 植物種類與樣區大小之關係

植物種類	樣區大小
蘚苔層	0.01~0.1m^2
草本層	1~2m^2
低灌木及高草本層	4 m^2
高灌木層	16 m^2
喬木層	100 m^2

B.穿越線法

所謂穿越線法(Line transect, Strip)即針對所調查之區域內先進行勘查，選設若干穿越線，穿越線數可依所調查面積之大小、植物社會之多樣性、環境變化的幅度或人力資源的充足與否等條件來增減。穿越線之長度可為 100m、500m 或 1,000m 不等；可依現有之步道、等高線或沿稜線、溪谷等設置；設置後由調查者沿所設置之穿越線將兩旁 5m 內可見到之植物一一記錄，無法判釋但可取得標本者，攜回鑑定。所記錄之物種，儘量採一份引證標本，而此引證標本最好是具繁殖器官(花、果實或種子)者。同一路線需每季進行一次調查，以記錄不同季節出現之物種。

C.沿線調查法

所謂沿線調查法(Road Sampling，Bookhout, 1996)即於各調查區內沿著現有的公路、林道、產業道路、登山步道、獵徑等，設置若干調

查路線，此路線長度可為 1km、2 km 或 3 km 等或某兩處明顯地標物之間現有的路徑，設置後由調查者沿所設置之樣線將兩旁可見到之植物一一記錄，沿途所記錄之物種，儘量採一份引證標本，而此引證標本最好是具繁殖器官(花、果實或種子)者，同一路線亦需每季進行一次調查。

D.目視記錄法

所謂目視記錄法即凡出現在調查區內之植物經調查者判釋之物種皆一一記錄，調查者依經驗直接記錄所見之物種，不需採標本，但需注意哪些是優勢種、哪些是稀有種、哪些是較特殊的物種等。

(四)水域生物資源調查

1.魚類調查

蒐集當地魚類生態及當地生態保育團體或個人調查之相關資料，如魚類分佈、繁殖狀況、產卵地點、放流地點、漁獲實態等，可獲得野溪魚類或其相關資訊之生態最基礎的資料。調查方式有直接觀察法、捕捉法、電魚法。其中電魚法較適合中、上游的野溪魚類資源調查研究。而一般來說，背負式電魚器會是較合適的電魚器具。

在河段之調查樣點每季調查一次。調查時，選 50m 長河段，以 12V 蓄電池電魚器採集為主，深水域(水深超過 80cm) 則以手拋網、潛水及釣魚法補充採集。由於電器捕魚的方法屬於管制項目，必須特別向主管機

關申請，同時每次採集時也需要向各地警察單位報備，更因為電魚屬於危險工作，必須請當地有經驗的人協助辦理以策安全。

(1)在較小區域與採樣站較少者，常常是以每月或是每兩月進行一次調查。

(2)考量調查目的與所能投入的人力與物力，以及調查範圍大小等因素後，可以每季為單元，對每一採樣站進行一次調查，能獲得相當充份的資訊。

(3)一般來說，調查頻度以每季依次為宜。

2.蝦蟹類調查

蝦蟹類之調查大多使用蝦籠，而使用蝦籠之方法及注意事項如下：

(1)適合之溪段與操作

藉著擺設於魚類移動時必經途徑上，或因其密閉性而造成遮蔽(Cover)效果，或是籠內置餌料而吸引魚類及蝦蟹類進入取食，使魚類及蝦蟹類自動地游入籠內，無法逃出。因此，依魚類及蝦蟹類之習性如移動、棲性或體型較小魚類來做設計。惟因小型魚類之體積較小，所能捕獲的魚隻數量有限，而須大量擺設於各類的水體環境，方得以捕獲足夠的數量。蝦籠多半是以塑膠製成，質料較輕；因此，須加沉子(Lead)，使其能沉底；並須置石塊於其上方，以免其被水流衝激而浮起。另外，魚籠的開口較大，通常須以擺放石頭橫堵溪

流以改變水流方向，令魚類往上游活動時，因朝水流勢游動，而陷入魚籠之中，其需耗費相當人力，擺置石頭，其開口設計多為捕捉大型魚隻，故無法捕獲小型魚隻，不常用於溪流調查之中。蝦籠開口較小，通常不朝向水流擺置，捕獲的魚隻及蝦蟹類以小型魚類為主。網具的材質、擺置時刻、時間、位置都與效率有關。此法往往只用於魚類及蝦蟹類的取樣，捕獲的種類以福馬林固定，攜回實驗室內進行生物學分析。魚籠與蝦籠除可作為輔助之採樣漁法外；在一些小型溝渠與溪流下游或岸邊多灌叢的環境中，可以置放誘餌之蝦籠進行魚類及蝦蟹類的捕捉，可用以捕捉一些夜行性魚類；其捕捉效果乃因累加數個蝦籠且又置放一晚，甚或比電魚法來得好。

(2)蝦籠擺放時間

如有置放餌料以引誘魚類及蝦蟹類進入取食，則約需時一晚，若是不置放餌料於蝦籠內，單純擺置在魚類活動途徑，自然的捕獲魚隻及蝦蟹類，擺放於溪流中約需 3~5 日，才較有效果；但需注意的是，此兩者所捕獲的種類，會有所不同。如以蝦籠為調查工具時，每一調查站約需 30~50 個蝦籠擺置於不同棲息地；以一個調查站而言，約需耗時 2~3 小時。

3.水棲昆蟲類調查

水生昆蟲的採樣方法，依環保署環境檢驗所網頁上公告的「河川底

棲水生昆蟲採樣方法」(82 環署檢字第 02198 號)為基準。該方法適用於非感潮河段，或水中鹽度在 1.5 以下之河川底棲水生昆蟲採樣。

●調查方法

水生昆蟲採樣方法係以蘇伯氏定面積採集網(Surber net sampler)採取河川底棲性且肉眼可見的水生昆蟲，其大小能以 30 號標準篩(網孔大小為 0.595mm)篩獲者。採集網可使用蘇伯氏採集網，此網之大小為長寬高各 50cm，網框以不銹鋼片製成，網袋近框處以帆布製成，網袋部分為 24 目(mesh，每公分 9 條網線，網孔大小為 0.595mm 之尼龍網製成)。其他裝備則有尖嘴鑷子、標本瓶(50ml)、白色或淡色塑膠盤以及長統雨鞋(長度至大腿)等。

採樣地點最好選擇河床底質為卵石、礫石之處，且水深不宜超過 50cm 左右。其次，在採樣站 50m 範圍內選擇岸邊及接近河中央各一點進行採集，兩人一組，一人固定網框，另一人將網框內之河床底質攪動，使其間之底棲昆蟲隨水流入網中。若有附著在石塊者，則用鑷子夾入標本瓶中或用刷子刷入網袋。將水生昆蟲網提起至岸邊挑蟲，挑蟲時以鑷子將網上之昆蟲放入標本瓶內，或將網中網獲之物倒入白色或淡色之塑膠盤中，再仔細挑出其中之水生昆蟲放入標本瓶中。

將採獲之水生昆蟲放入事先配好之 70%酒精標本瓶中，標本瓶上記錄採樣時間、地點及採集者名字，帶回實驗室作進一步種類鑑定及

數量計算。

河岸的昆蟲調查以蝴蝶和蜻蛉目為對象，不做夜間集網採集，調查基準範圍以鳥類穿越線為基準。

四、生態工程規劃原則

(一)河溪棲地改善規劃原則

河川生態系是一個動態且多樣化的生態體系，因各河段之生態特性、河道空間不同，其間之異質性與生物多樣性亦有所不同。河溪棲地類型可分為深潭、淺瀨、急流、緩流、沙灘及河岸濱水帶等類型(表 1-4、照片 1-1)。

表 1-4 河溪棲地類型說明

棲地型態	流況	底質	河床坡度平均值
深潭	水勢緩和、水面平靜無擾動，流況呈緩流(tranquil flow)	幾乎無石塊突出水面	0.5%
淺瀨	水面有波紋、局部水流遇阻會有水躍，流況屬緩流(tranquil flow)	局部有石塊突出水面	1%
急流	石塊或石肋(rib)阻水，形成跌水或水躍	多處石塊突出水面，石塊能集結成不規則石(rib)，石肋方向約略垂直河向	2.5%
緩流	水流緩慢的流動	底質分配較均勻	
沙灘	水流緩慢形成淤積	均勻細顆粒	
河岸濱水帶	依水位高低決定臨水狀況，流況通常平緩	均勻細顆粒	

影響河川生態系生物棲息環境最大者為颱風豪雨、河川治理及周邊土地使用行為，包括都市城鎮之開發、道路開闢或修復、堤防或護岸工程、疏濬或河道整理之採砂行為等。在維護河川生態系之保育與永續經

營上，最需考慮人類活動(包括河川治理在內)對河川生態系自然演替(Succession)、生物多樣化(Biodiversity)及其穩定性(Stability)之影響或衝擊。


深潭


淺瀨


急流


緩流


沙灘


河岸濱水帶

照片 1-1 河溪棲地類型

1.棲地改善與復育應採取之實施步驟

(1)基礎生態資料與環境變遷資料之取得

河川生態基礎資料除蒐集過往該河川既有之調查或監測資料外，最好能在規劃時進行必要之現地調查工作，期能完全掌握當時的生態資源狀況。河川環境變遷資料則可透過既有之航照圖、衛星影像圖以及過去之歷史資料加以蒐集，累積更多影響環境變遷之因子，以了解環境變遷之情形，做為河川生態基礎環境之背景資料。

(2)實施地區之演替階段與狀況之瞭解

由於河川物理化學及生物之變遷與時間、空間會交互影響特定區域之棲地改善或復育，並非只是單純引入生態工程即可。故在實務及操作上規劃者應設法扮演誘導與促成的角色，亦即透過棲地空間之規劃，試圖提供該棲地或生態棲位(Niche)可行之發展機會。前述空間絕非制式的、唯一的或完整的，它必須將演替過程的變化、植物群落生長變化以及河川水流穩定性納入考量，並給予彈性變化之空間，因此可復元機制之提供就是棲地改善與復育之重要原則。

(3)先選擇敏感度低之區域進行示範操作

欲進行棲地改善及復育時，可選擇敏感度較低及較小型之區域先進行先驅示範，如選取河砂採掘區，依其河床之坑洞選擇再造魚類或其他生物可能的棲息環境，並依當地環境特性及生物需求，而後栽植適宜之植物群落，並經實驗觀察以做為大區域棲地改善或復育推

動之準據。

2.棲地改善與復育之規劃原則

(1)避免單一化棲地

河川截彎取直或渠道化會造成生物棲地的惡化、物種的遷移或滅絕、河床底質多樣性的降低等問題，其解決方法為創造河川中自然棲地的環境如深潭、淺瀨、急流及緩流等。

(2)創造多樣性生態單元

河川型態(包括河道蜿蜒、河道坡度、流水型態及河床底質等)若缺乏變化，水邊環境則趨於單調，其所形成之生態體系因生物相貧乏而產生不穩定。反之若能創造豐富多樣性之河川環境，使其具有自然河川之多樣化，則能促進形成穩定之生態體系。

(3)創造多孔性棲息環境

護岸或堤防構造物之材料應考慮具有多孔性且表面較為粗糙者，以利野生動物之躲藏、攀爬及遷移，亦有空間以供各類植物種之生長及攀附，促進生態系之保全。

(4)植被緩衝帶及生態廊道之建立

因有植被緩衝帶之存在可緩和人類活動對河川生態系之干擾與破壞，若於岸邊設置多樣性且多層次之複層林保護河川、於水邊創造多變化濕地類型之棲地，形成陸域與水域之間的過渡帶或生態推移

(Ecotone)帶，增加河川生態廊道之連續性，使生物棲地不至於碎裂化，則有利於棲地間生物遷移覓食、繁衍等生存空間。

(5)適應自然之動態變化

自然河川環境條件應具有承受大自然動態變化之能力，其承受自然侵蝕堆積等變化之彈性愈高，則造就新的適地性物種之可能性就愈高。

(6)避免生態系之零碎程度

自然環境原本即存在生態上的連貫性及延續性，因此規劃設計時需考慮維持生態系之完整性、結合現地情形等要項。

3.河溪棲地改善要項

基於前述，想要恢復或創造一個適合生物棲息的多樣性河川，宜在規劃上從河川之平面、縱斷面、橫斷面形式配置，加以考量：

(1)平面規劃

A.保存原有河川之深潭、淺灘、河畔林等自然型態。

B.直線型之河床改為曲線、於適當地點加大河川寬度。

C.取得原有溪流兩岸空地(浮覆地等)做為溪流生態綠化之用。

D.溪流蜿蜒度高則流長加大，做為魚類棲息地點相對增加。

E.藉由植物軟化河工構造物硬質、單調景觀，恢復溪流原有生態環境。

(2)縱斷面規劃

A.除保存原有深潭、淺灘外，儘可能增加其他深潭、淺灘。

B.檢討跌水設施，不要使河溪有阻礙通路之高落差跌水。

C.確保支流安全且緩和匯入本流。

D.減少直線型式之縱斷面設計。

(3)橫斷面規劃

A.維持水域至陸域之連續性。

B.堤岸坡面雖以安全性為重點，但仍須考慮製造多樣性的環境。

C.減少直線型式之橫斷面設計。

D.從水邊至高灘地植生做為鳥類休憩地。

(4)河川區域棲地改善施工期間應注意事項：

A.施工期間應避開魚類迴游期及產卵期，次為鳥類昆蟲之繁殖期，並配合植物萌芽生長季節。

B.施工的挖填土方愈少愈好，避免過度干擾當地生態環境。

C.施工道路上原有之植生狀況應加以保護，道路寬度愈小愈好。

D.儘可能使用震動噪音較低之機械，將對魚類、鳥類的干擾減到最低。

E.為避免原有生態環境遭受過大干擾，應將挖方集中堆置，以做為未來之回填表土。

F.規劃臨時生態避難區以保護河川生物。

G.規劃設置臨時水道，以供河川生物得以遷移通行，不宜完全截流阻礙橫向廊道。

H.施工污水應於沉砂池或汙水沉澱池沉澱後，再行排放至河川，以免污染水源影響水中生物之存活。

I.應考慮土砂污染對於環境之影響，考慮項目包括：

a.須避開梅雨颱風季節。

b.施工時應注意道路灑水及設置沉砂池。

c.設置汙水擴散防止措施。

d.於下游設置攔污網。

J.機器材料放置地點應避免於搬運時或施工時觸碰到樹木枝幹及阻斷生物移動之路線，必要時須對樹木枝幹做適當之包裹。

(5)就河溪之部位，規劃要點整理如表 1-5：

表 1-5 河川棲地區域改善與復育之規劃要點表

位置	規劃要點
河道	(1)儘可能保存現有溪流面貌，採用或維持蜿蜒型態之河道治理計劃線 (2)堤岸緩坡化
高灘地	(1)儘可能維持自然草本、木本植物之植生種類生長情形 (2)應依計畫洪水位之設計，進行必要之保護措施
低水路	(1)採用彎曲且於適當地點擴大河幅之溪流型態 (2)加強低水路基礎，保護深潭之存在 (3)在不影響水理特性及河川法規需求下，於河道內堆疊大石 (4)佈設深潭及淺灘
護岸	(1)運用巨石堆砌，製造多樣性之空隙構造 (2)以基礎保護工兼作丁壩群使用
臨界陸域	利用溪流兩岸空地作為生物蔽護及綠化之用

(二)生態廊道之規劃

1.廊道對於物種活動的影響(Corridors for species movement)

(1)廊道功能之控制(Controls on corridor functions)

寬度與連結性是控制廊道五項功能的基礎。此五項功能包括棲地、導管、過濾、來源及儲積。典型的廊道，如照片 1-2 之道路廊道。



照片 1-2 道路廊道實景

(2)廊道空隙之有效性(影響程度)(Corridor gap effectiveness)

廊道中的空隙對物種活動的影響程度，主要為此空隙長度與物種活動規模兩者之間的關係，以及廊道與此空隙(開發區域)之間的差異(如圖 1-3)。其廊道之空隙較大，對廊道功能之影響較高。

(3)結構相似性與植物相似性(Structural versus floristic similarity)

雖然在大多數大型塊區之間，結構的相似性(Similarity)之規劃考量，

對內部物種活動已然足夠。但廊道規劃時，其與大型塊區之間的植物結構(Vegetation structure)與植物種類地理學(Floristics)、植物之物種(Plant species)的相似性之一併考量，則將更合乎景觀生態學之原則(如照片 1-4)。其廊道之植物結構與大型塊區之植物結構差異性大。



照片 1-3 廊道空隙(開發區域)情形圖



照片 1-4 廊道的植物結構(與大型塊區之結構差異性大)

2.踏腳石之規劃考量

(1)踏腳石之連接(Stepping-stone connectivity)

呈現連串排列形狀的踏腳石(即指小型塊區)在廊道或沒有廊道之間擔任起連接的功能，即此踏腳石處於居中媒介的地位，可提供內部物種在塊區與塊區之間的活動。

(2)踏腳石間的距離(Distance between stepping-stones)

對於高度以視覺為導向的物種而言，牠們在踏腳石之間進行活動的有效距離，取決於牠們看見前後接續性踏腳石(Successive stepping stones)的能力。

(3)踏腳石之喪失(Loss of a stepping stone)

在塊區之間擔任物種活動之踏腳石喪失時，將會壓制物種活動，並會增加塊區孤立作用之可能性(圖 1-2)。

(4)串聯型態的踏腳石(Cluster of stepping stones)

在大型塊區間，最理想的空間串連型態的踏腳石將可提供(物種活動)交替間隔或替代的路線，但也可以在大型塊區之間維持大約為直線型導向的踏腳石排列(圖 1-3)。

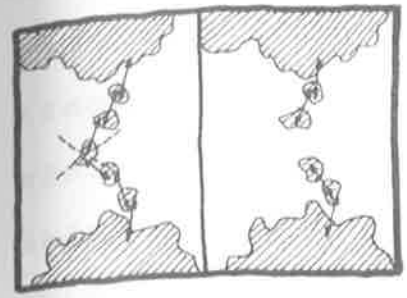


圖 1-2 踏腳石之喪失
（資料來源：Dramstad et al., 1996）

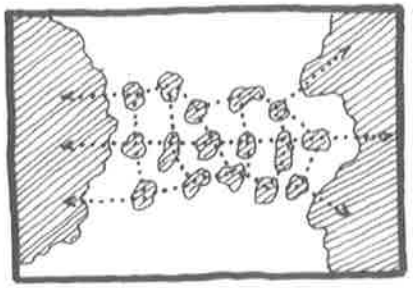


圖 1-3 串聯型態的踏腳石
（資料來源：Dramstad et al., 1996）

3.溪流及河流廊道(Stream and river corridors)

(1)溪流廊道及可溶解物質(Stream corridors and dissolved substances)

可溶解物質，例如氮(Nitrogen)、磷(Phosphorus)、毒物(Toxins)進入水域寬廣且兩側植被良好的溪流廊道後，將會受到摩擦作用(Friction)、根系吸收作用(Root absorption)、黏土(Clay)以及土壤有機物質(Soil organic)吸附過程等所控制，藉以避免影響水質及溪流生態系之穩定。其控制作用包括：

A.與植物根莖及枯枝落葉層接觸藉以減緩水流速度。

B.可溶解物質流到溪流之前，濱水帶或植生緩衝帶之植物根部吸收上述之物質。

C.土壤顆粒吸附可溶解物質。

D.土壤有機物質吸收可溶解物質。

(2)主要溪流之廊道寬度(Corridor width for main stream)

在維持自然過程當中，河川中上游之溪流廊道，可以提供兩側足夠寬度坡面高地之棲地，並用以控制從中心基質流入的可溶解物質；且此溪流廊道提供邊坡高地內部物種所需之導管。另外，在經歷洪水沖淤或橫向河道變遷後，提供沖積平原上生存之物種一個合適的棲地。

(3)溪流廊道之連結性(Connectivity of a stream corridor)

濱水帶植物與溪流相互影響或結為一體，形成一定寬度與長度之溪流廊道之流動過程。然而，具有常流水且沒有廊道空隙的溪流廊道，對於維持水棲環境的條件是不可或缺的，例如維持水溫(Cool water temperature)、高溶氧量(High oxygen content)等。如果缺少這些條件，則無法於此溪流廊道增加魚類物種族群(如鮭魚)（圖 1-4）。

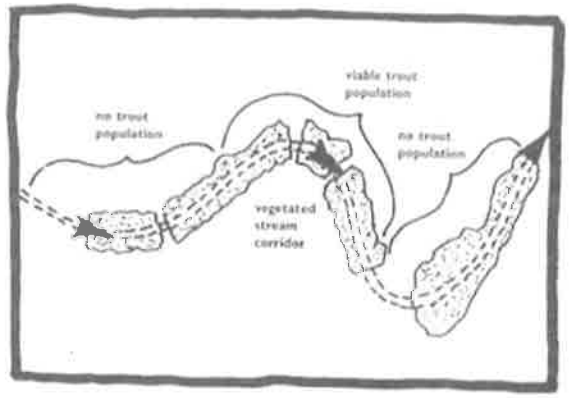


圖 1-4 溪流廊道的連結
（資料來源：Dramstad et al., 1996）

4.水域廊道

(1)水域廊道之目的與功能

水域通道設置之目的，為讓魚蝦、貝類能上溯河川之一種輔助設施，因此應考慮魚蝦貝類之種類、生態環境、迴游習性、河川水理特性及立地條件等，故其類型設計則甚為重要。而水域廊道之功能如下：

A.廊道縫隙的效應：廊道縫隙對物種移動的影響，取決於縫隙的長度相對於物種移動的尺度，且廊道和縫隙是對比的。

B.結構相對於植被相似處：廊道和大嵌塊體間植被結構愈相似，愈可提高物種遷移上的適應性。

C.踏石：橫列的踏石(小嵌塊體)可以提供物種在區塊間的移動；對於高視覺導向的物種，嵌塊體踏石間移動的有效距離可取決於踏石間的連續性。

D.踏石的喪失：小嵌塊體的喪失，在其他嵌塊體之間所起的踏石作用，通常會阻止其移動並增加嵌塊體的孤立。

E.邊緣棲地與物種：當一個嵌塊體分割成兩塊時，會創造出附加的邊緣棲地，導致邊緣物種中族群較先前為大且數量上些微大於先前之物種邊緣，此種情形經常普遍存在於景觀中。

F.群組的嵌塊體：群組的嵌塊體如同棲地，在缺乏大嵌塊體時，物種能夠在更小的嵌塊體附近生存，雖然個別不合適，但群組時卻是適合的。

G.大嵌塊體的數目：一個大嵌塊體幾乎含有所有物種所需之嵌塊體類型景觀；兩個大嵌塊體可被考慮為保持物種豐富性的最小量；而三個以上之大嵌塊體是被需要的，其中每一個嵌塊體內均可分別包含有限制之物種。

H.邊界：筆直的邊界物種易於沿著移動；曲狀邊界物種較可能具有超越邊界的移動；而弓形和不規則型邊緣能產生更大的棲地多樣性。

I.小嵌塊體：小嵌塊體可做為物種移動的踏石，通常亦可容納消失於大嵌塊體的罕見物種，所以小嵌塊體較大嵌塊體提供不同和輔助的生態優勢。

J.生態嵌塊體最佳形狀：最佳的生態嵌塊體形狀，通常是「太空船型」其以圓狀為核心保護資源部分，結合曲狀和少數指狀邊界。

(2)水域廊道設計規劃流程

水陸域交流通道之規劃流程及設計之基本原則如下，且規劃流程圖如圖 1-5。

A.認識河川整體情況：包括了解河川整體之生態環境，必須於不同狀況及不同季節進行實地調查；尋找河川環境問題；並訂出治理河川之先後順序、確定計畫。

B.執行與施工。

C.盡量以符合生態工程之原則整治之。

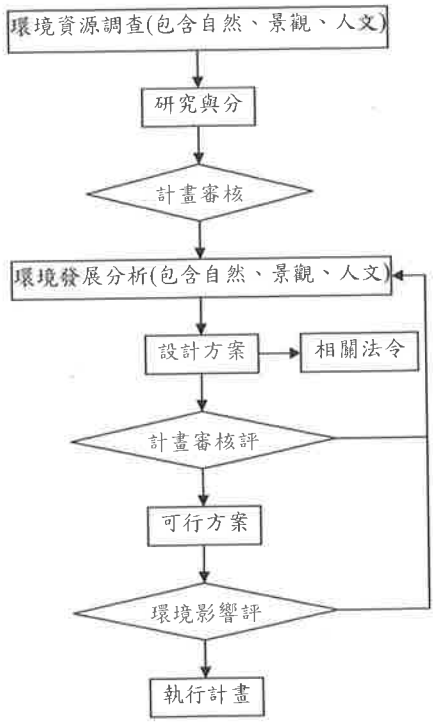


圖 1-5 水陸域交流通道之規劃流程圖

D.盡量減少對河岸地區之整地範圍。

E.避免改變集水區內之自然水文循環路徑。

F.確實執行水土保持計畫，減少對下游地區之不良影響。

G.維持天然河道之蜿蜒度，以避免對下游之衝擊。

H.保護河道兩岸之原生植物與植被型態。

I.於河道兩岸設置緩衝綠帶，可攔截地表逕流、提供生物之棲息場

所，以及有綠美化之功效。

J.減少對河岸邊溼地之破壞，減少人類行為對溼地生物之干擾及破壞。

(3)生態廊道應用工法類型

A.河道內棲地保育措施構造物

a.卵石組串堆：卵石群鋪置於河道底床，提供覆蓋、並創造不同流況之多樣性棲地。

b.壩堤或橫向固床工法：於河道橫向鋪置具孔性混凝土、原木、卵石或是採石場石材，並將其固定於河岸或河床上，以創造淵瀨棲地，控制河床沖蝕或堆積，並蓄留砂礫性河床質。

c.魚道：任意一種可用之河道措施，可提高目標魚種自由移動至上游區域產卵之機會，同時可有效運用該區域之棲息地及其他生物所需之棲地機能。

d.防遷移障礙物：在策略性地點設置障礙物以防止下游或其他物種接近上游區域，此方法目前台灣地區之河道較少考慮及應用。

e.河道坡降控制措施：採用岩塊、木材、多孔性材料等，構成單一或連續橫跨河岸之構造物(目前常用連續性固床工、潛壩)，以抵抗河床之沖蝕力並減少上游之能量坡降以防止河床沖刷。

B.陸域水域交流通道

a.河岸修整及植生：修整河岸成穩定岸坡，鋪置表土及植生所需材料，並選擇最適合之樹種進行植生。

b.箱籠護岸與植栽：機編之金屬格網矩形箱籠，內部填充小至中等之石材及土袋包，多組箱籠捆結形成岸趾部防護結構或擋土側壁。以新鮮枝條鋪置於箱籠堆疊層次之間，使其生根貫入岸坡，進而可將箱籠整體固定於河岸上。

c.多孔性資材植生：於坡面上之岩塊、堆石或多孔性混凝土構造物之縫隙中栽植適生植栽材料，栽植方法視孔隙率及孔隙厚度而定。

d.多孔性混凝土通常較目前常用之混凝土材料強度低，因此，急流河中、河川凹岸或受水衝擊部位等受強大外力作用之地點施設多孔性護岸時，須參考以往災情，充分瞭解河道特性及視護岸結構及位置，設計上須與原來混凝土護岸之強度相同，並以被覆良好之植生環境為預期目標，必要時先行試驗以證其安全性。

e.丁壩、導流工：由河岸向外突出之橫向構造物，但構造物非橫跨兩岸。用以將水流導離河岸，並藉由河道之緊縮使水流加速而形成沖刷型淵潭。

f.植生木樁：活的樹枝經切割後，打入土壤中使其生根、成長，並於河岸坡面創造一片完整根域，以加強土壤穩定及固結土壤顆粒，及涵蓄土壤中之水分。

C.坡面保育構造物

a.岸趾堆石防護：為了提高河岸之長期耐久性，以適當大小石塊所組成之敷墊，由邊坡坡趾鋪設到所需要之高程。

b.拋石：以採石場大塊石或河岸上之大卵石，在河岸坡趾構築一條脊狀帶構造物，以便造成水流於此岸轉向、穩定邊坡及促進沈積物沈澱。

D.棲地保育與廊道建構

a.河岸林緩衝帶：河岸植生可降低水溫，提供岩石及樹林碎屑之料源以改善棲息地，並可減少沈澱物、有機材料、營養物、殺蟲劑及其他污染物移入溪流。

b.污染物隔離及管理：隔離水源及庇護區、採管理放牧或控制點源污染，以保護、維持或改善河岸之動物相、植物相及水質。

c.棲息地復原水淹法：由上游之水庫，於短時間內釋放蓄水，用以沖刷河床之細粒沈澱物，並於河道內修整恢復合適之棲地。

E.集水區及土地利用管理措施

a.農業地區：採用個別或系統方法，目標在減輕農業地非點源污染。管理實務包括：等高耕作、水土保持保育耕作(農地植草、

草生栽培等)、台地化、緩衝區域植生、營養物管理、過濾帶、廢棄物儲存管理，以及蟲害整合管理。

b.林地：採用個別或系統方法，目標在減輕林地非點源污染。管理實務包括：濱水帶管理措施、林道構築與管理、森林造林與撫育、火災控制與管理，崩塌地或擾動區再植生、森林化學物質管理以及森林保育地區管理。

c.都會區：採用所設計之個別或系統方法，減少或防護都市發展及都市活動對溪流廊道造成之衝擊。管理實務包括：乾燥盆地、水池、濕地、油-水隔離措施、植生沼澤地、過濾帶，入滲盆地、溝渠、多孔鋪面，以及都會區森林地。

(4)魚道之考量及注意事項

魚道設計者，應先進行河川環境及魚類棲地之研究調查與生態評估，把握河川生態保育與魚類棲地改善之原理，規劃合適可行的魚道。魚道工程之設置，依河川地形及魚類生態等特性不同，而有各種因地制宜的魚道設計原理與管理，以確保魚類在河道中正常游動，維護河川生態的自然平衡。一般而言，魚道系統需考慮的不應只是該段之河道情形，而是其包含河川上下游邊界、壩體、避難設施等，將其視為一個系統來看待，因為單注重魚道本體的設計是很難使其發揮應有的功能。

A.魚道設置之原則

a.魚道設置河川，應具水文穩定及永續的生態基流量。

b.魚道設置河段，需有洄游習性及洄游能力之原生種魚類。

c.魚道設置河段，其地質環境要確保穩定，不發生河道變遷。

d.魚道設計要有河川生態、魚類保育、水利工程等學域的人力與技術。

e.魚道設計的位置、方向、寬度、坡度、長度與通水量等，要能誘導魚類通行。

f.魚道的永續經營，要有妥善的工程保全及保育教育。

g.追蹤調查：為了檢核魚道效果，應落實追蹤調查。

B.魚道設計考量

a.設法讓魚類易於集中且易於進入魚道

(a)魚道的設置位置需考慮生息的魚種及河床特性。

(b)毗鄰河岸之魚道設置考量事項。

(c)魚道入口不應設置於突出的攔河堰本體下游端。

(d)魚道的下游端入口需預估沖刷情況以確保入口基礎。

(e)注意魚道下游周邊之障礙。

b.使魚類易於上溯(攔河構造物本體)

(a)攔河堰本體在設置魚道時，其橫斷面之形狀需配合流況，以形成魚類移動所需的水深及流速。

(b)為避免水躍而設置消波塊時，應避免發生伏流現象。

(c)攔河構造物的溢流部分，需注意避免產生水深不足及流速過大。

(d)依河道環境情況，亦可將全斷面式魚道列為選擇項目加以探討。

(e)攔河構造物不使用透水性材料之情況。

(f)規劃設置橡膠布材質之起伏堰(橡皮壩)時，需充分考量魚道之功能設計。

c.使魚類易於上溯(魚道技術)

(a)魚道之平面線行應儘可能平緩。

(b)魚道彎曲時，需在彎曲部設置適當游水池。

(c)階梯式魚道兩側高壁應避免產生橫越流。

(d)設置於魚道下游端的副壩，需避免魚類上溯。

(e)不銜接不同型式之魚道。

(f)扇型魚道不可規劃成上溯時流速會增大的構造。

(g)甲殼類上溯而設置之繩索需避免在水中震動。

(h)魚道上游端儘可能與取水口分離。

d.規劃成魚類易於下降的環境

(a)避免下降魚種受到落下衝擊的構造。

(b)鋪設粗石魚道需使用圓石而非尖石。

e.集魚場所與魚道入口

(a)沿著緩流的邊緣地區移動以避免過強水流造成上溯之障礙。

(b)平穩的朝緩流中流速較強的方向行動。

(c)在周圍複雜亂流中選擇較平緩的寬流幅方向行動。

(d)滯留在較強流水產生的循環流中游泳。

f.魚道出口

(a)避免上溯之魚類游入取水口。

(b)避免流入土砂。

(c)避免因堆砂而閉塞。

(d)流量調節裝置、計數設備等位置要適當。

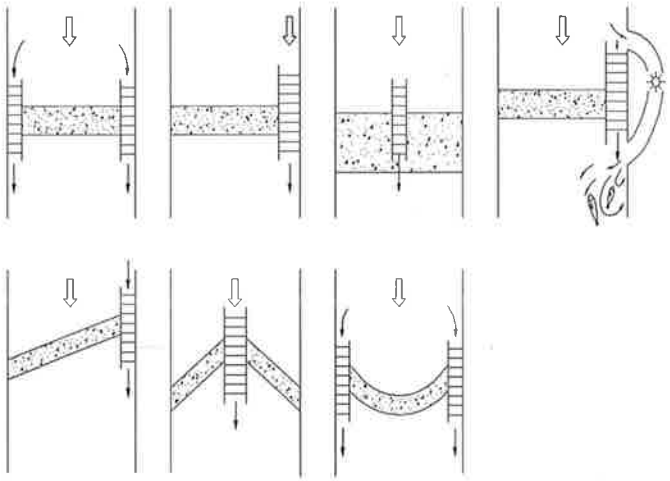


圖 1-6 常見魚道入口設計類型

5.陸域廊道

(1)陸域廊道之目的與功能

廊道一般是指狹長、線型的棲地，且其性質較不同於相鄰兩邊之棲地；通常是用來建立或維持兩個或多個相鄰的棲地區塊。例如政府於民國 90 年規劃的「中央山脈保育廊道」計畫，即是藉連接中央山脈地區的高山林地、自然保留區、野生動物保護區、自然保護區及國家公園等地區，以使其成為連綿不絕之陸域廊道的一個計畫。近年來，因為人類活動造成之干擾的範圍與強度日益擴大，許多物種原有之棲地面臨零碎化的問題，且由於生物移動及遷徙之範圍極廣，通常需要許多保護區才能完全涵蓋，並非單一保護區就可以包含在其中；廊道的概念是希望維持或重建物種在棲地間繁殖、覓食、遷移或播遷之行為；並藉由恢復或建立相互隔離區塊中族群的交流，以減輕物種滅絕的風險。

(2)陸域廊道設計規劃流程

A.棲地之連續性：觀測棲地之連續性時，在操作上可根據圖片，航照圖或各類地圖來確認；功能上的連結則是以所研究的生態學對象或過程的特徵來確定的景觀連續性。

B.注意事項

a.設計前應做適當的生態調查。

b.減少對生態環境與系統之干擾，並設計動物廊道，供其通過道路，以確實維護保護區域完整。

c.設計選線時，宜選定適當路線，以減少對生物棲息環境不當的分割，並避開不穩定地質區。

d.道路施工時，儘量避免以高路堤興建道路。環境敏感地區，適當的減少車道數量及寬度。

e.建立監測系統。

C.廊道類型

a.地下穿越道：設計時需一併設置誘導網和阻絕設施，誘引動物穿越地下廊道。

b.架設天橋：設計較簡單易行，對跨越能力較大之生物有利。

c.隧道。

d.樹籬或綠帶。

e.跨國或跨越不同保護區的連接配置。

(三)護岸類型與安定分析

1.護岸類型之坡度設計

由於護岸之坡度設計需考量保育生物之種類與其活動力(爬坡力)之差異，惟目前坊間及相關之試驗研究報告，並未有關於不同生物對象之最佳護岸坡度設計資料，此方面尚需進一步之調查研究。

依據現場勘查、調查及相關彙整資料所得，彙整其生態考量(非特定生物群落)之建議坡度，如表 1-6 所示。

表 1-6 護岸坡度設計表

護岸類型	目前常用坡度	生態考量建議坡度
乾砌石護岸	1:0.3~1:1	緩於 1:0.5
混凝土砌石護岸	陡於 1:0.5	緩於 1:0.5
混凝土蓆墊砌石護岸	1:1~1:2	1:1~1:2
景觀石梯護岸	1:1~1:2	1:1~1:2
箱籠護岸	1:0.5	1:1
箱籠堆疊護岸	1:0.5~1:1	1:1
箱籠蓆護岸	緩於 1:1.5	緩於 1:1.5
木樁捲包護岸	1:1.5~1:2	1:1.5~1:2
捲包橫向堆疊護岸	緩於 1:1	緩於 1:1
蜂巢圍束網格堆疊護岸	1:0.5	1:0.5
蜂巢圍束網格單階緩坡護岸	緩於 1:1	緩於 1:1
木排樁護岸	緩於 1:1	緩於 1:1
拋石護岸	緩於 1:1.5	緩於 1:1.5
混凝土格籠護岸	1:1/6	1:1/6
混凝土型框填石植生護岸	1:1~1:1.5	1:1~1:1.5
布袋模蓆墊護岸	緩於 1:1.5	緩於 1:1.5
打樁編柵護岸	緩於 1:1	緩於 1:1
鋪網植生護岸	緩於 1:1.5	緩於 1:1.5

2.安全穩定分析方法

由於生態工程施作完工後之河岸坡面穩定對工程構造物整體穩定有重大影響。因此，穩定分析中應同時納入工程構造物與河岸坡面。穩定

分析可同時採用傳統方法及數值方法，並介紹如下：

(1)傳統方法：包含一般常進行的抗傾倒、抗滑移、基礎承載力及整體穩定檢核。其中，工程構造物整體穩定性檢核，除了可採用一般邊坡穩定分析方法外，亦可採用數值方法進行，其方法乃是將河岸土層以及構造物基礎下方之河床質之抗剪強度依固定百分比逐漸折減，使河岸坡面以及構造物之基礎處於臨界穩定狀態，並求得維持此臨界穩定狀態所需之最小河床質強度。最後定義各種工法之整體穩定安全係數。

(2)數值方法：適合用來檢算工程構造物之應力與變形；而各工法於施工階段及完工後之應力及變形分佈亦可於分析中進行檢算。於分析過程中，材料破壞或結構體因不良幾何配置所導致之不穩定將會使分析計算中止。分析前處理(pre-process)包括網格及邊界條件之形成、材料性質之設定、及施工過程之模擬。分析後處理(post-process)則包括各區域之材料應力、變形、及結構元件之內力分佈圖(若分析中含有結構元件則有彎矩、軸力及剪力之輸出)。

另外，河溪工程構造物下方河床質之承載力可由標準貫入試驗 N 值(或 *SPT-N* 值)來判斷。凝聚性細粒河床質(如粘土質或沉泥質)之 $N<4$ 或無凝聚性粗粒河床質(如礫石土質或砂土質)之 $N<10$ 時，可歸類為軟弱基礎土層，其承載力通常不佳並可能導致結構體發生

大量沉陷，工程構造物施工前，應進行地盤改良或採用特殊基礎(例如樁基礎)處理之。

(四)常見之生態水池應用動植物

1.常見之生態水池植物

(1)沉水植物：包括聚藻、石龍尾、馬藻、水王孫、小茨藻、水蘊草、苦草等。



聚藻　　石龍尾

照片 1-5 聚藻與石龍尾

(2)浮水植物：包括台灣萍蓬草、小杏菜、印度杏菜、青萍、水禾、紫萍、滿江紅等。


青萍


滿江紅

照片 1-6 青萍與滿江紅

(3)挺水植物：水蕨、鐵毛蕨、水紅骨蛇、紅辣蓼、小花蓼、三白草、水馬齒、長梗滿天星、石龍芮、圓葉節節菜、白花水龍、黃花水龍、白花紫蘇草、細葉水丁香、水丁香、水芹菜、泥花草、半邊蓮、野慈姑、小穀精草、水竹葉、鴨舌草、多花鴨舌草、石菖蒲、長苞香蒲、香蒲、異花莎草、畦畔莎草、碎米莎草、牛毛氈、荸薺(水燈心草)、水毛花、水禾、開卡蘆。


紅辣蓼


開卡蘆

照片 1-7 紅辣蓼與開卡蘆

(4)水岸植物：水丁香、李氏禾、三白草、木賊、大安水蓑衣、水竹葉、毛茛、過溝菜蕨、黃花水龍、菁芳草、水柳、穗花棋盤腳、稜果榕、水同木、雀榕、茄苳、九芎、筆筒樹、山黃麻、血桐。


三白草


穗花棋盤腳

照片 1-8 三白草與穗花棋盤腳

(5)岸邊石縫植物：紫萁、木賊、過溝菜蕨、腎蕨、石松、生根卷柏、車前草、石菖蒲、鐵線蕨、海金沙、越橘葉蔓榕。


腎蕨


海金沙

照片 1-9 腎蕨與海金沙

2.適宜生長之水生動物

(1)蜻蜓類：紫紅蜻蜓、猩紅蜻蜓、粗鉤春蜓、黃紉蜻蜓、杜松蜻蜓、霜白蜻蜓、善變蜻蜓、鼎脈蜻蜓、呂宋蜻蜓、侏儒蜻蜓、薄翅蜻蜓、紅腹幽蟌、弓背細蟌、脛蹼琵蟌、青紋細蟌。



紫紅蜻蜓(詹見平 攝)



杜松蜻蜓(黃敏琦 攝)

照片 1-10 紫紅蜻蜓與杜松蜻蜓

(2)蛙類：澤蛙、貢德氏蛙、金線蛙、拉都希氏蛙、梭德氏蛙、腹斑蛙、虎皮蛙、白頷樹蛙、莫氏樹蛙、褐樹蛙、小雨蛙、盤古蟾蜍、黑框蟾蜍。



澤蛙
(資料來源：「楊懿如的青蛙學堂」網站)



莫氏樹蛙
(資料來源：「楊懿如的青蛙學堂」網站)

照片 1-11 澤蛙與莫氏樹蛙

(3)魚類：台灣石鱝、台灣馬口魚、高體鱊鮍、鯽魚、羅漢魚、粗首鱲、泥鰍、大鱗泥鰍、青將魚、極樂吻鰕虎、蓋斑鬥魚。



台灣馬口魚
(林素芳 攝)



極樂吻鰕虎
(資料來源：「塔內植物園」網站)

照片 1-12 台灣馬口魚與極樂吻鰕虎

貳、處理單元暨案例圖說

一、護岸

護岸係為保護河岸而直接構築於岸坡之構造物。以下針對河溪生態工程可茲應用之護岸類型、使用說明、設計及案例圖說敘述如下：

(一)乾砌石護岸

1.適用性

(1)乾砌石護岸之種類包括混凝土基礎單階砌石護岸、單階砌石護岸、基礎加固單階砌石護岸及混凝土基礎多階砌石護岸等。

(2)適用於可防止河岸坡面受滲流水侵入後產生管湧淘空破壞之地點。

(3)不適用於凹岸攻擊坡，大河床質之河段攻擊面。

(4)不適用於土石流潛勢溪流。

2.使用說明

(1)表面具有自然的景觀，砌石縫隙之空間利於動物棲息及植物生長。

(2)混凝土基座埋置於河床線下 130cm 以上，防止沖蝕淘空，凹岸處基礎應酌量加深。

(3)河床承載力應足以支撐結構體並應防止大量沉陷。。

(4)建議設計高度 H≦3m，單粒砌石平均長徑 D≧30cm。

(5)護岸高/徑設計表乃依下列背填材料之輸入參數計算求得 γ_R=2.1 t/m^3(砌石單位體積重)，γ = 1.76 t/m^3(牆背回填材料單位體積重) ϕ =30°(牆背回填材料之內摩擦角)。

(6)岸趾可拋石，製造蜿蜒水域，增加生物棲息空間。

(7)設計粒徑須大於流速~最小粒徑表及高/徑設計表所求得之粒徑(表 2-1、表 2-2)。

(8)乾砌塊石以五圍或六圍砌方式砌築，而石縫間隙應以卵石緊密填充。

(9)本圖所列尺寸為標準尺寸，標準尺寸之認定基準悉依施工規範之規定。

(10)如材料缺乏，得採用景觀模板代替基礎台正面砌石。

表 2-1 高/徑 (H/D) 設計表

H=1m 岸面坡度 1 : n	D (cm) β = 20	β = 10	β = 0
1:1.5	30	30	30
1:1.0	30	30	30
1:0.9	30	30	30
1:0.8	30	30	30
1:0.7	18	30	30
1:0.6	30	30	30
1:0.5	30	30	30
1:0.4	30	30	30
1:0.3	30	30	30

H=2m 岸面坡度 1 : n	D (cm) β = 20	β = 10	β = 0
1:1.5	30	30	30
1:1.0	30	30	30
1:0.9	32	30	30
1:0.8	34	30	30
1:0.7	36	32	31
1:0.6	38	34	33
1:0.5	41	37	36
1:0.4	44	40	39
1:0.3	47	43	42

H=3m 岸面坡度 1 : n	D (cm) β = 20	β = 10	β = 0
1:1.5	35	30	30
1:1.0	45	39	38
1:0.9	48	42	40
1:0.8	50	45	43
1:0.7	54	48	46
1:0.6	57	51	50
1:0.5	61	55	54
1:0.4	65	60	58
1:0.3	70	65	63

表 2-2 單粒塊石容許流速表

V(流速) (m/sec)	D min(單粒塊石最小粒徑) (cm)
<1.0	5
1.0	5
2.0	16
3.0	36
4.0	63
5.0	102
6.0	145

3.設計示意圖

乾砌石護岸之種類包括單階砌石護岸(圖 2-1)、混凝土基礎單階砌石護岸(圖 2-2)、基礎加固單階砌石護岸(圖 2-3)及混凝土基礎多階砌石護岸(圖 2-4)。單階砌石護岸基礎無混凝土基礎台之設置，適用沖刷作用較小或是流速小於 3m/sec 之地區，其他種類之乾砌石護可適用於流速介於 3m/sec~6m/sec 之地區。

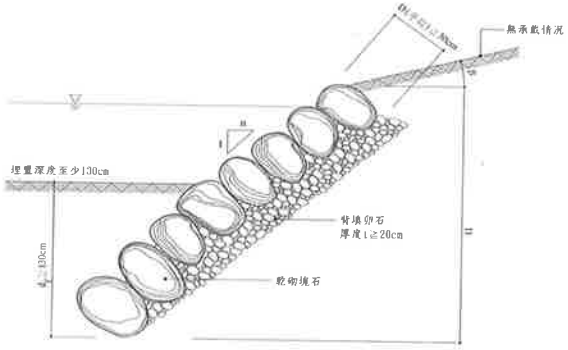


圖 2-1 單階砌石護岸斷面圖

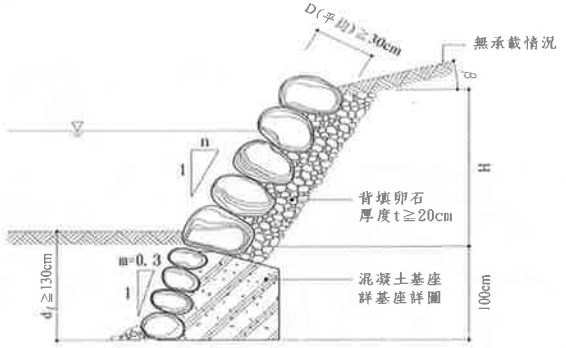


圖 2-2 混凝土基礎單階砌石護岸斷面圖

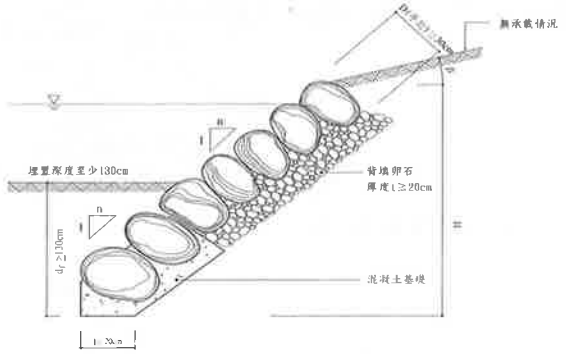


圖 2-3 基礎加固單階砌石護岸斷面圖

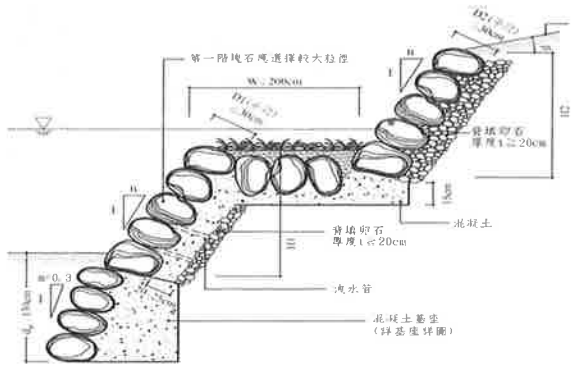


圖 2-4 混凝土基礎多階砌石護岸斷面圖

乾砌塊石砌石標準是以五圍砌或六圍砌(圖 2-5)方式構築，在石縫間隙應以不同大小之卵石緊密填充使其穩固。



六圍砌現場施工照片

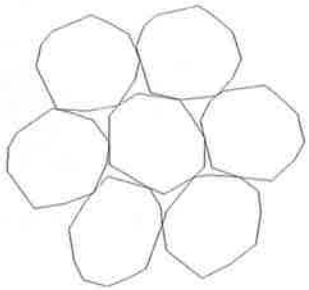

六圍砌示意圖

圖 2-5 六圍砌砌築方式

4.施工流程(以乾砌石護岸為例)

乾砌石護岸施工流程如照片 2-1，依步驟一至步驟六之方式施工。


【步驟一】基礎開挖前放樣


【步驟二】基礎開挖向後傾斜且塊石排列呈鋸齒狀


【步驟三】砌塊石後空隙填塞小塊石增加穩定度


【步驟四】面層及第三層塊石先砌中間層塊石挑選合適大小塊石確實塞緊


【步驟五】砌石以五或六圍砌方式，石縫間隙填塞小塊石


【步驟六】工程完工

照片 2-1 乾砌石護岸施工流程步驟

5.施工案例

(1)單階砌石護岸施工案例

單階砌石護岸僅使用塊石材料砌築，因此其結構強度取決於施工技術，需要有經驗工程師進行施工指導。



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣太平市頭汴坑溪



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉丁子蘭坑溪



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：南投縣中寮鄉內城清水地區



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉平林溪

照片 2-2 單階砌石護岸案例

(2)混凝土基礎單階砌石護岸施工案例

混凝土基礎單階砌石護岸主要利用混凝土基礎台穩固護岸基腳，可阻擋較大水流之沖蝕破壞，而基礎台上方利用塊石砌築，具

孔隙性，可利植物自然入侵或生物棲息。



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉丁子蘭坑溪



地點：南投縣信義鄉

照片 2-3 混凝土基礎單階砌石護岸案例

(3)基礎加固單階砌石護岸施工案例

基礎加固單階砌石護岸型式類似單階砌石護岸，不同處在於基礎加固單階砌石護岸基礎底部塊石使用混凝土固結，結構強度較單階砌石護岸強，可抵抗較大水流沖刷。



執行單位：彰化縣政府及水土保持局第三工程所
地點：水土保持戶外教室彰化縣花壇灣雅

照片 2-4 基礎加固單階砌石護岸案例

(4)混凝土基礎多階砌石護岸施工案例

混凝土基礎多階砌石護岸較其他種類乾砌石護岸適用在洪水位高，岸背腹地大、河岸岸較高且有整體景觀或親水考量之地區。



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉丁子蘭坑溪



執行單位：林務局嘉義林區管理處
地點：嘉義縣番路鄉腦寮溪

照片 2-5 混凝土基礎多階砌石護岸案例

(二)混凝土砌石護岸

1.適用性

(1)混凝土砌石護岸之種類包括混凝土砌石護岸、混凝土蓆墊砌石護岸等。

(2)混凝土砌石護岸較砌石護岸結構穩固，可適用於流速大、沖蝕嚴重、土質較差且崎嶇不平之河岸。

(3)適用於須防止滲流水滲入河岸坡面之地區；尤其可防止河岸坡面受滲流水侵入後產生管湧淘空破壞；但較不適用於流速大於 6m/sec 之河溪。

2.使用說明

(1)背填卵石為濾層，可排水並防止岸背細粒土壤流失。

(2)岸面漿砌石使表面具自然景觀並增加粗糙度。

(3)背填卵石宜採直徑 15cm 以下級配良好之石材，亦可以粗砌塊石或以袋裝卵碎石代替。

(4)洩水孔除排水功能外，亦可加大尺寸提供小型魚類及其他水生動物暫時棲息場所，於低水位之最下層洩水孔。

(5)洩水孔排設間距依現地地下水條件決定，一般採用 2m 一支，採用 ϕ7.5cmPVC 管為原則。

(6)必要時得加設基礎台。

(7)如背土濾水狀況良好，得視需要酌減背填卵石濾水層。

3.設計示意圖

混凝土砌石護岸之種類包括混凝土砌石護岸(圖 2-6)及混凝土蓆墊砌石護岸(圖 2-7)，混凝土砌石護岸可施作在坡度較陡(約 70°內)之區域，而混凝土蓆墊砌石護岸之適用坡度不宜大於 45°，此兩種護岸在基腳臨水區域可增設魚穴(利用 PVC 管)，增加水生物棲息空間。

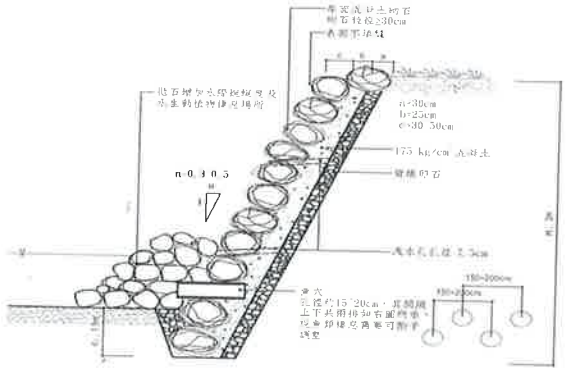


圖 2-6 混凝土砌石護岸斷面圖

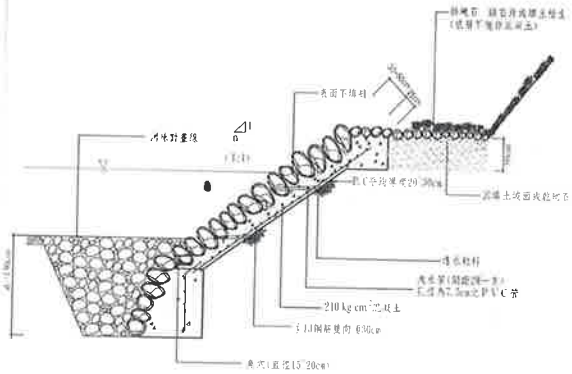


圖 2-7 混凝土蓆墊砌石護岸斷面圖

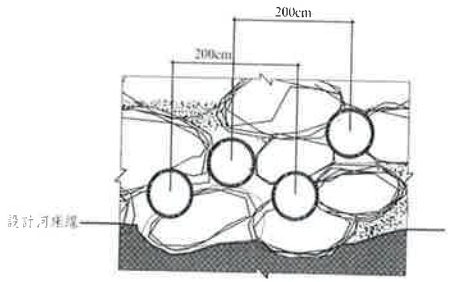


圖 2-8 混凝土砌石護岸魚穴設置示意圖

(1)混凝土砌石護岸

混凝土砌石護岸整體結構經混凝土加固較乾砌石護岸能抵擋較大之水流衝刷(流速＜6m/sec)，適用在塊石充裕之區域。



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：苗栗縣獅潭鄉新店溪和興段



執行單位：彰化縣政府及水土保持局第三工程所
地點：水土保持戶外教室花壇灣雅



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣和平鄉觀音溪(施工中)



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣太平市頭汴坑溪(施工中)



地點：日本



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣太平市頭汴坑溪

照片 2-6 混凝土砌石護岸案例

(2)混凝土蓆墊砌石護岸

混凝土蓆墊砌石護岸型式與適用性類似混凝土砌石護岸，惟構築坡度較混凝土砌石護岸緩，且護岸背面有較大腹地之地區，在岸背腹地可利用乾砌方式加強坡面穩固。



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣太平市頭汴坑溪



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣白河鎮六重溪



地點：日本



執行單位：林務局新竹林區管理處
地點：台北縣三峽鎮蚋仔溪

照片 2-7 混凝土蓆墊砌石護岸案例

(三)箱籠護岸

1.適用性

(1)降雨量大，地下水高之河岸地區可利用其高滲透性以利排水。

(2)河岸邊坡可能發生大量崩塌沉陷時，運用其高柔性特質抵抗變形。

(3)不適用於土石流潛勢溪流及河床質粒徑 ϕ >10cm 以上之溪流，為原則。

(4)箱籠類型 B 和 C 適用高於常流水水位之坡段。

(5)攻擊坡不適用。

2.使用說明

(1)箱籠填充石材時，應分三層填滿，每層塊石應在投料後，以人工確實填塞及整平。完工後之填充愈均勻，愈能保證結構體自重呈最佳分佈狀態且對變形有較佳之自我調整性。

(2)箱籠結構體可微後傾以確保較高之抗傾倒安全係數。由於結構體較少發生傾倒，因此破壞以抗滑動檢核為主。

(3)箱籠單元靠籠面四周填充較大石材，以固定籠形後再於單元中心部份填充現地出產之顆粒性土石材料。

(4)箱籠之底寬為 B，每層退縮距離為 100cm。

(5)基礎層承載力不佳時，可考慮採用混凝土版基礎以防止完工箱籠結構體外觀不平整之情況發生。

(6)如現地石材不足，可於箱籠內部填充礫石土，外表面鋪設地工織物或細鉛絲網以防材料外漏。

(7)箱籠堆疊應交錯堆疊如箱籠配置立面圖所示。

(8)可在適當距離留生態孔隙。

3.設計示意圖

箱籠護岸依各層箱籠之排列配置方式不同如圖 2-9 之箱籠護岸 I (護岸坡度 45°)及圖 2-10 箱籠護岸 II(護岸坡度 60°)。箱籠內填充粒料分成(A)填充卵塊石、(B)填充卵塊石及填土及(C)填充現地砂礫土三種，A 適用於保持常流水水位之河段，B 和 C 適用高於常流水水位之河段。

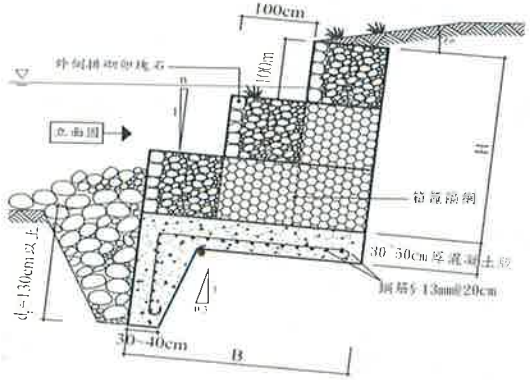


圖 2-9 箱籠護岸 I 斷面(護岸坡度 45°)

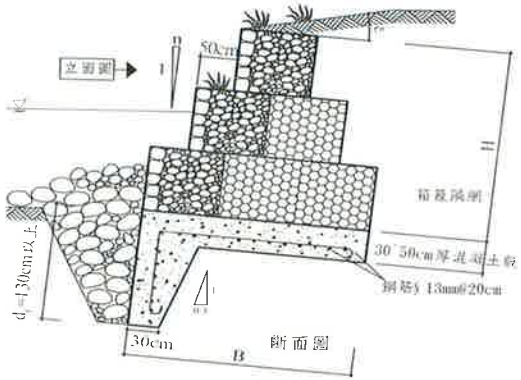


圖 2-10 箱籠護岸 II 斷面(護岸坡度 60°)

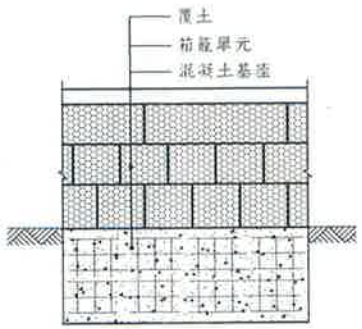


圖 2-11 箱籠護岸立面圖

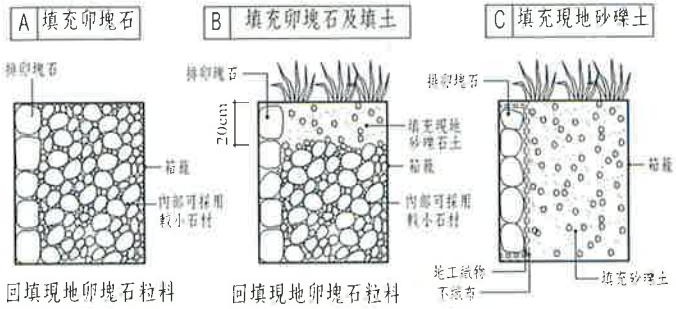


圖 2-12 箱籠護岸填充粒料圖

4.施工流程照片

施作箱籠護岸時，步驟為整地及坡面整理、鋼線編製、箱籠編製、裝填石料、、捆結、安放、整地及錨接，詳如圖 8 所示。

【步驟一】整地及坡面整理：整地應按設計所示之範圍、坡度、高程及橫斷面完成開挖工作，並隨時保持良好之排水狀況，挖方開挖後之邊坡，須正確合於設計之坡度。

【步驟二】鋼線編製：箱籠需以規定之鍍鋅低碳鋼線縱向排列，編結成六角形孔，孔長在 20cm、寬 15cm 以下整齊一致。每兩根鄰近鍍鋅低碳鋼線之捲接處至少繞結 2 圈半以上，依設計之詳細尺度或班長指示圍成正方形或長方形。

【步驟三】箱籠編製：箱籠每長 100cm 依設計所示，須以鍍鋅低碳鋼線網間隔之，間隔網之編結方法同上款。

【步驟四】裝填石料：箱籠裝石，其石料大小，應以粒徑 22cm～35cm 為原則，但為裝實及填平，應依班長之指示，得於其空隙內，斟酌填以粒徑 10cm～22cm 之石料。

【步驟五】捆結：石籠安放指定位置後應用鍍鋅低碳鋼線互相連接每邊每公尺至少 3 處，其它重要部分，應照工程司指示固結之。

【步驟六】安放：箱籠安放方向除設計圖另有規定外，用於護坡之石籠，應垂直水流方向順坡安放。

【步驟七】錨接：石籠安裝前，地面須先整平，平舖部分除設計圖另有規定外應儘可能舖於原地面上，但相鄰兩石籠頂面高度相差以 10cm 為限。量其中心長度，以公尺計量。

【步驟八】工程完工：工程驗收完成之最後階段。


【步驟一】整地及坡面整理


【步驟二】鋼線編製


【步驟三】箱籠編製


【步驟四】裝填石料


【步驟五】捆結


【步驟六】安放


【步驟七】捆結錨接


【步驟八】工程完工

照片 2-8 箱籠護岸施工流程步驟

5.施工案例照片

(1)箱籠護岸 I

箱籠護岸 I 除了一般類型，亦可附加輪胎及混凝土塊等之消能設施，可抵擋水流及石材之撞擊，更能穩固保護坡面。



執行單位：水土保持局第五工程所
地點：台東縣東河鄉羊橋上游野溪



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣白河鎮六重溪



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣和平鄉林場巷



執行單位：水土保持局第六工程所
地點：花蓮(配合跌水設施)



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：南投縣水里鄉(加附輪胎)



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣太平市頭汴坑溪(配合消能設施)

照片 2-9 箱籠護岸 I 案例

(2)箱籠護岸 II



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣龍潭鄉南坑野溪

照片 2-10 箱籠護岸 II 案例

(四)單排木樁箱籠護岸

1.適用性

(1)需緊急處理之暫時性護岸，重覆性高、施工迅速簡易。

(2)設計水深在 100cm 以下，低流速，低沖蝕河岸，配合植栽之前期處理措施。

(3)維持原有生態棲息環境，避免棲息環境快速變化。

2.使用說明

(1)若填充粒料粒徑足夠而無土壤流失之虞，得取消不織布之設置。

(2)箱籠單元之尺寸依護岸之高度及實際情況調配選用。

(3)木樁之功用在於輔助箱籠定位，可選用圓木樁或方木樁。

(4)護岸具低矮化、透水化及自然化之特性。

(5)若為營造多孔性棲地環境或凹岸之需求拋塊石，可參考單粒塊石容許流速表設計。

(6)拋石粒徑請參考單粒塊石容許流速表。

3.設計示意圖

單排木樁箱籠護岸使用之木樁規格，長度宜介於 200~250cm 之間，木樁直徑宜介於 10~15cm 之間，貫入土層深度約 100~150cm，木樁間距約 100~150cm。木樁內側可被覆地工織物或是不織布防止土石流失，並客土或填充現地砂礫土植生，營造自然景觀。然而，此護岸設施並未找到相關實際個案，僅列出設計示意圖供相關設計單位參考。

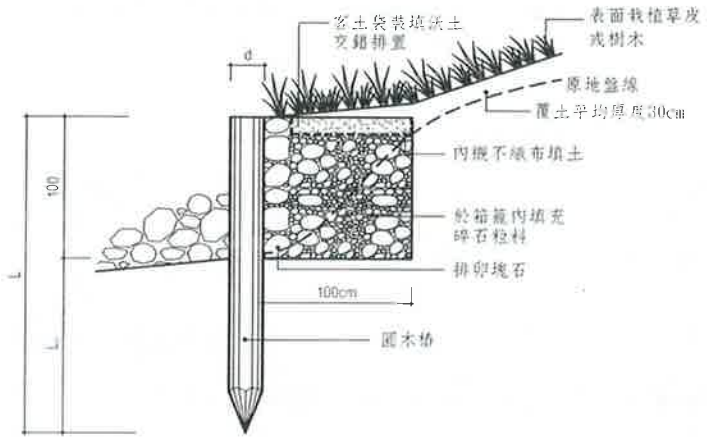


圖 2-13 單排木樁箱籠護岸斷面圖

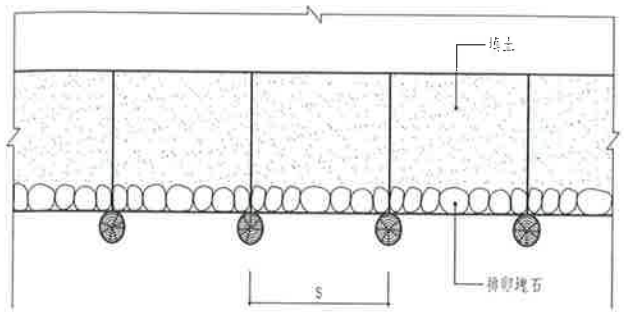


圖 2-14 單排木樁箱籠護岸平面圖

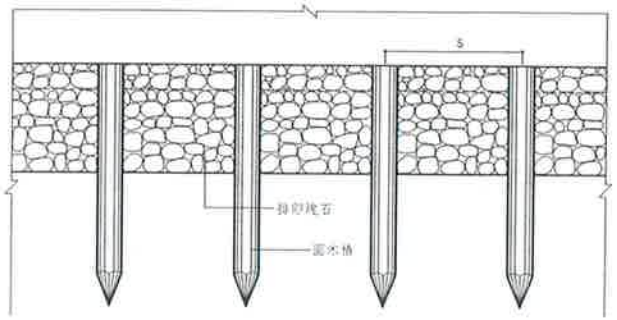


圖 2-15 單排木樁箱籠護岸正面圖

(五)木樁捲包護岸

1.適用性

(1)適用於人工濕地、生態水池、水岸護坡或低流速河道。

(2)可用於須緊急處理之暫時性護岸，且其具有重覆性高及施工迅速等特性。

(3)不適用於流速高及河川凹岸等沖蝕嚴重之區域。

(4)可用於社區親水性高之河溪或景觀需求較高之地區。

(5)護岸具低矮化、透水化及自然化特性。

2.使用說明

(1)地工合成物(synthetic)網袋由高分子聚合物材料編織而成，網目大小可依填充料之種類而變化。

(2)網袋填充物可配合種子撒播植生、扦插植生、薄層覆土及扦插。一般完成填充之捲包直徑可為 30cm 或 60cm，長度可為 1m 或 3m。

(3)可採用填充捲包作為背填材料。

(4)護岸具低矮化、透水化及自然化特性。

(5)固定樁可使用木樁、竹樁或現地材料。

(6)若坡度較陡則在木樁後加不織布成 L 型防止沖蝕。

(7)視現地條件調整固定樁數量。

3.設計示意圖

木樁捲包護岸所使用之捲包直徑約 30cm，木樁長度宜介於 200~250cm 之間，木樁間距約 100cm，木樁直徑宜介於 10~15cm 之間。固定樁方面，長度與間距宜介於 150~200cm 之間，直徑宜介於 5~10cm 之間，貫入土層深度約 100~150cm。捲包材料主使用椰纖維毯包覆，利用麻繩或尼龍線縫合。

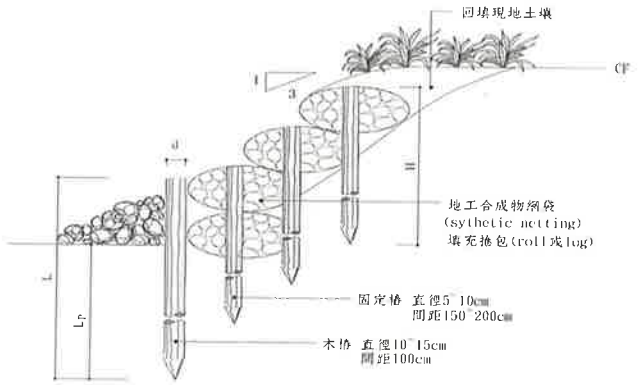


圖 2-16 木樁捲包護岸斷面圖

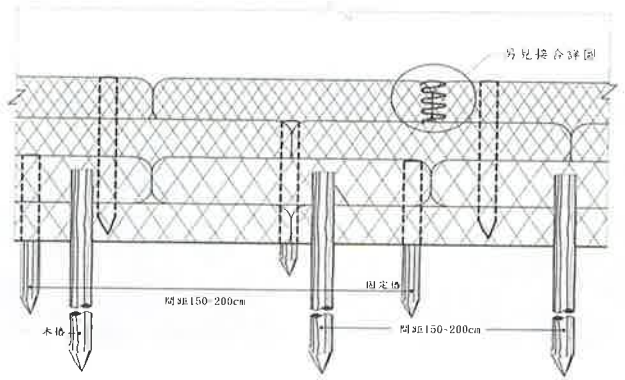


圖 2-17 木樁捲包護岸正面圖

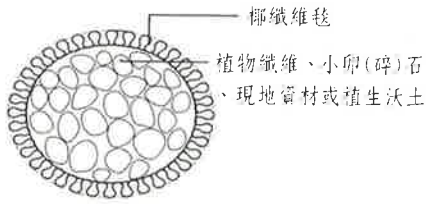


圖 2-18 木樁捲包護岸地工合成物網袋捲包詳圖

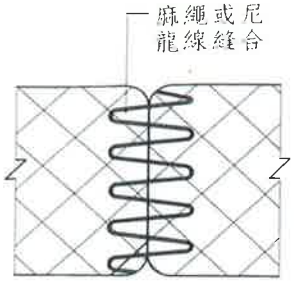


圖 2-19 木樁捲包護岸捲包接合詳圖

4.施工案例照片



執行單位：金門縣政府
地點：金門植物園



執行單位：金門縣政府
地點：金門植物園(施工近照)

照片 2-11 木樁捲包護岸案例

(六)捲包橫向堆疊護岸

1.適用性

(1)適用人工濕地、生態池、水岸護坡或低流速溝渠。

(2)需緊急處理之暫時性護岸，重覆性高、施工迅速。

(3)對於高流速，沖蝕嚴重之河岸，應避免採用。

(4)適用於社區親水性高之合流或景觀性較高地區。

2.使用說明

(1)地工合成物(synthetic)網袋由高分子聚合物材料編織而成，網目大小可依填充料之種類而變化。

(2)網袋填充物可為含草種之植生沃土包或植物纖維製成之團粒。一般完成填充之捲包(roll 或 log)直徑可為 30cm(或 60cm)，長度為 1m 依現地需要斟酌調整之。

(3)捲包退縮長度 b 一般為 30cm，或依河岸計劃坡度調整。

(4)護岸具低矮化、透水化及自然化特性。

(5)可採用填充捲包作為背填材料。

(6)施工中堆疊自重可能產生捲包壓縮，重力方向尺寸僅供參考。

3.設計示意圖

捲包材料主要分成地工合成物網袋及椰纖維毯網袋兩種，網袋內可填充含草種之植生沃土包、有機材料、小卵(碎)石或植物纖維製成之團粒，網袋利用堆疊方式構築。

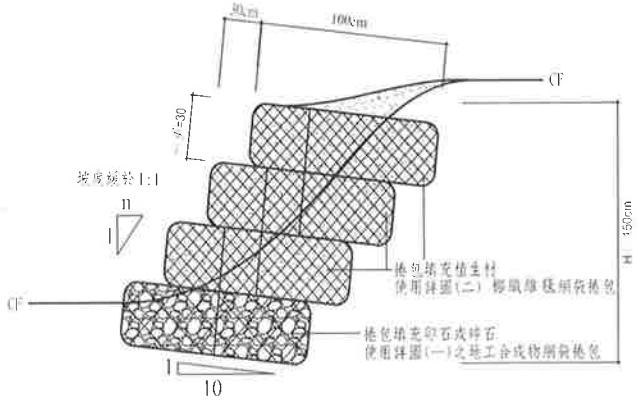


圖 2-20 捲包橫向堆疊護岸斷面圖

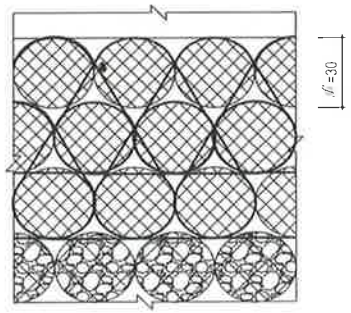


圖 2-21 捲包橫向堆疊護岸正面圖

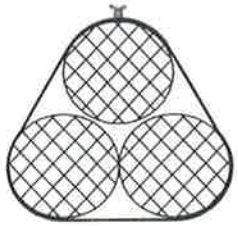


圖 2-22 捲包橫向堆疊護岸捆紮單元示意圖

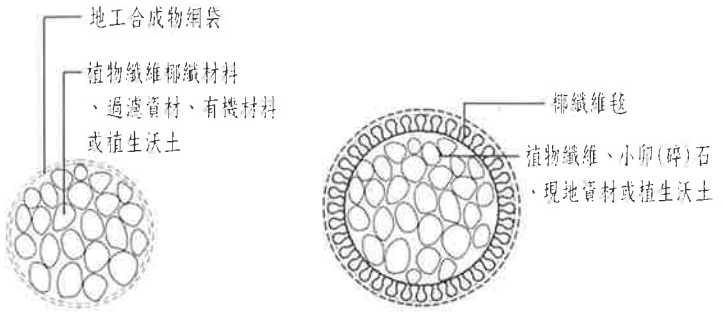


圖 2-23 地工合成物網袋及椰纖維毯網袋詳圖

4.施工案例照片



照片 2-12 捲包橫向堆疊護岸案例

(七)箱籠排水溝

1.適用性

適用於崩塌地、土石鬆軟地區，若坡度在 15%以下，工程師得視現地情況取消木樁之設置。

2.使用說明

若坡度非大於 15%或土質非鬆軟，則工程人員得可不設計木樁。

3.設計示意圖

箱籠排水溝之規格為長 150cm、寬 100cm 及高 50cm 之尺寸，箱籠鐵絲直徑約 4cm，內填塊石長徑宜介於 15~30cm 之間，在坡度大(>15%)的地區得設計木樁加固。

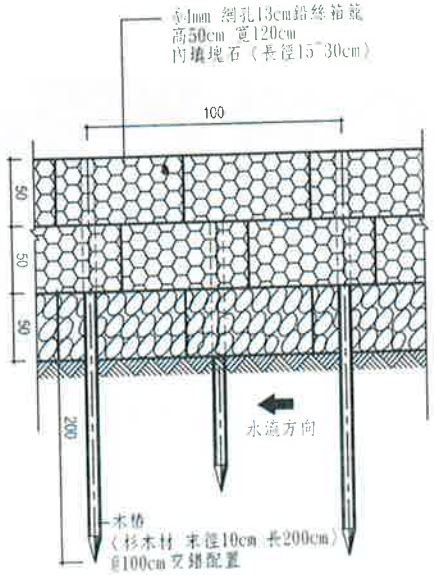


圖 2-24 箱籠排水溝縱斷面圖

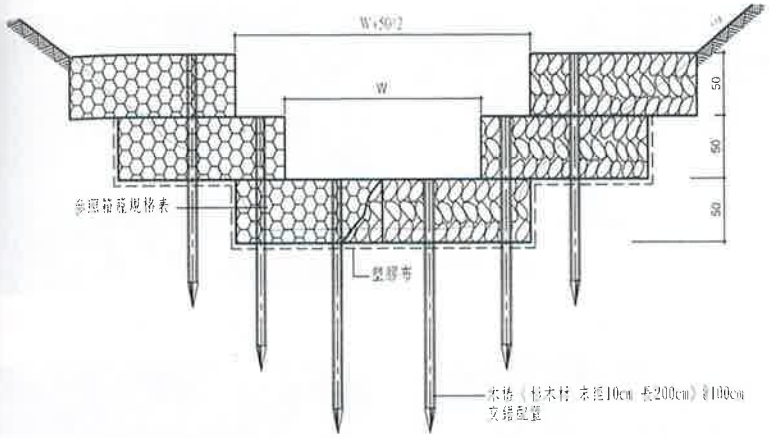


圖 2-25 箱籠排水溝正面圖

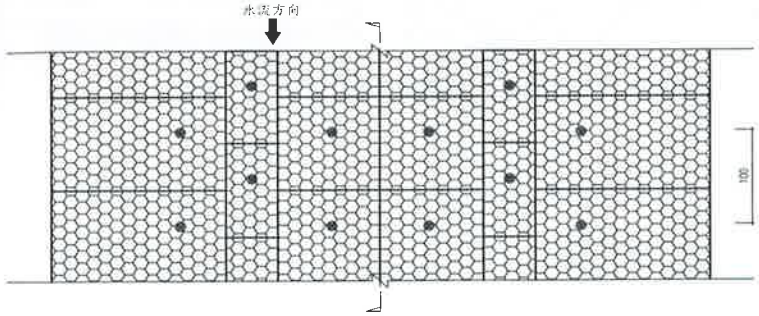


圖 2-26 箱籠排水溝平面圖

4.施工案例照片

箱籠排水溝可配合不織布及土壤袋等設施應用於坡面排水。



執行單位：台東縣卑南鄉公所
地點：台東縣卑南鄉



執行單位：台東縣卑南鄉公所
地點：台東縣卑南鄉



執行單位：新竹縣關西鎮公所
地點：新竹縣關西鎮東平里



執行單位：林務局羅東林區管理處
地點：太平山翠峰林道

照片 2-13 箱籠排水溝案例

(八)土袋溝

1.適用性

適用於坡度 15%以下一般蝕溝。

2.使用說明

若坡度大於 15%，應於一定距離加設截牆及消能設施。

3.設計示意圖

土袋之規格長為 60cm、寬為 30cm 及高為 10cm，利用堆疊方式構築，並打入木樁加強結構穩固，土帶內層可撒播種子，以營造自然景觀。

土袋規格表

單位	長	寬	高
公分	60	30	10

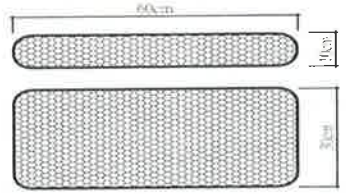


圖 2-27 土袋溝土袋規格

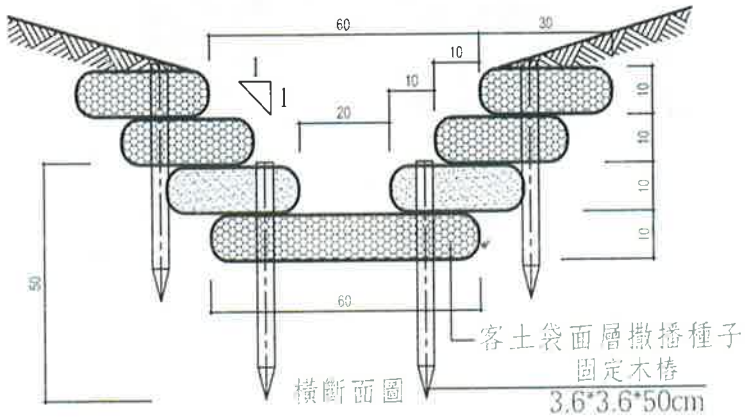


圖 2-28 土袋溝橫斷面圖

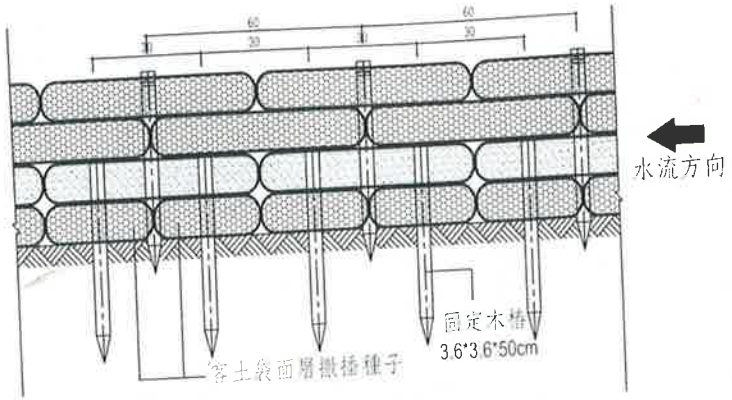


圖 2-29 土袋溝縱斷面圖

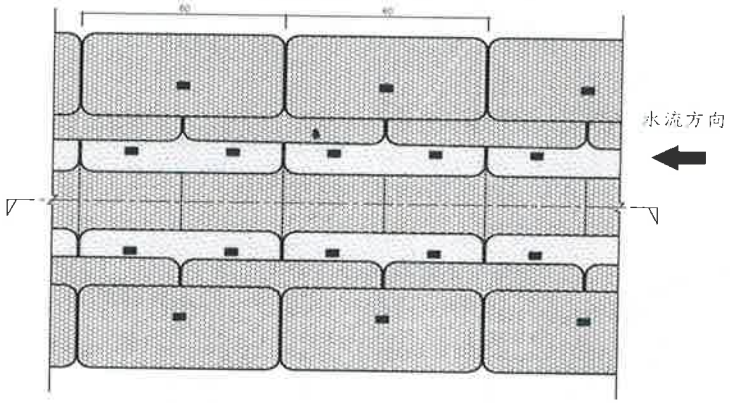


圖 2-30 土袋溝平面圖

4.施工案例照片

土袋溝可配合不織布與打樁編柵等設施應用於坡面排水。



執行單位：苗栗縣三灣鄉公所
地點：苗栗縣三灣鄉本慈寺



執行單位：台中縣東勢鎮公所
地點：台中縣東勢鎮石瑤坑



執行單位：新竹縣關西鄉公所
地點：新竹縣關西鄉東平里



執行單位：南投縣埔里鎮公所
地點：南投縣埔里鎮中心碑



執行單位：水土保持局第五工程所
地點：台東縣延平鄉鹿鳴舊社區



執行單位：苗栗縣大湖鄉公所
地點：苗栗縣大湖鄉

照片 2-14 土袋溝案例

(九)堆疊式蜂巢圍束網格護岸

1.適用性

(1)適用於流速 6 m/sec 以下之溪流。

(2)河岸區之土層有不均勻沉陷或地震顧慮時，可運用其高柔性抵抗變形。

(3)護岸高度 H 小於 4m。

2.使用說明

(1)本工法適用坡度 5%以下河道，且每隔適當距離設置隔牆。

(2)背填土儘量採用現地非凝聚性或顆粒材料，砂質壤土或砂土為佳。

(3)若河床之基礎土壤為軟弱土壤時，可打設木樁以提昇承載力及減小沉陷量。木樁之水平間距可採用 60cm，或依實際情況改變樁長、樁徑及間距。

(4)蜂巢填充料可採用植生沃土、碎石粒料或混凝土：

A.水流速度<2m/sec 之情況下，岸面之蜂巢可填充植生沃土進行快速植生，草種應滾搗至沃土之中。

B.於水流速度大(>2m/sec)，沖蝕嚴重之情況，岸面最外兩層蜂巢可填充混凝土(fc≧175kg/cm^2)。最底層之蜂巢亦可澆置混凝土以提高承載力及抗沖蝕力，必要時加設基礎台。

C.填充料採用碎石粒料時應考慮蜂巢深度並限制其最大粒徑(表2-3)，以保證良好之填充度。

(5)應避免使用黏土含量太高。

(6)H 若大於 4m 以上或有地滑及土層鬆動則運用前應進行滑地及傾倒檢核。

(7)護岸基礎有沖刷之虞時，應設基礎保護工，水位下取較深之蜂巢網格。

表 2-3 蜂巢圍束網格護岸蜂巢深度與最大粒徑關係表

蜂巢深度	75mm	100mm	150mm	200mm
標準蜂巢 $(203mm \times 244mm)$ d_{max}	38mm	50mm	75mm	75mm
大蜂巢 $(406mm \times 488mm)$ d_{max}	75mm	100mm	150mm	150mm

3.設計示意圖

蜂巢圍束網格分成標準蜂巢(20.3cmx24.4cm)及大蜂巢(40.6cmx48.8cm)兩種規格，設計者可因地制宜，依據不同需求採用不同規格。護岸型式分成堆疊式蜂巢圍束網格護岸Ⅰ及堆疊式蜂巢圍束網格護岸Ⅱ兩種類型，依照施工地點河岸坡度進行選擇，類型Ⅰ適用在較類型Ⅱ坡度陡之地區。蜂巢可用 J 型錨釘固定，並可在內填充碎石或是沃土進行植生。

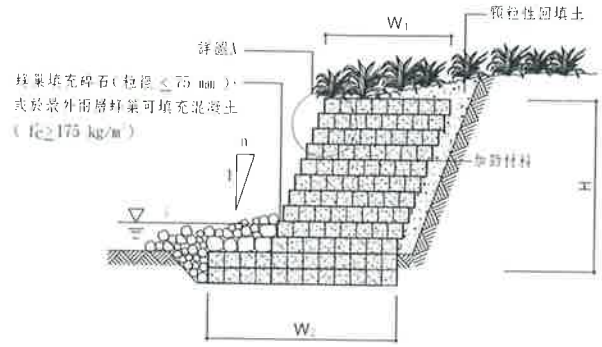


圖 2-31 堆疊式蜂巢圍束網格護岸 I 斷面圖

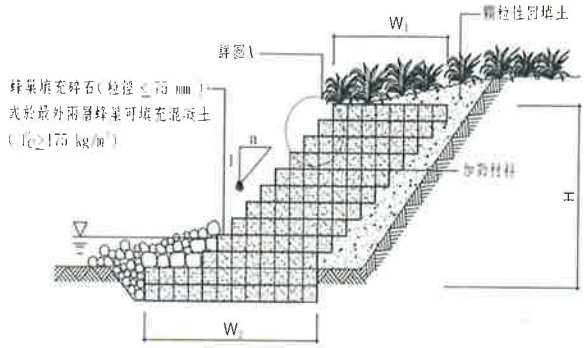


圖 2-32 堆疊式蜂巢圍束網格護岸 II 斷面圖

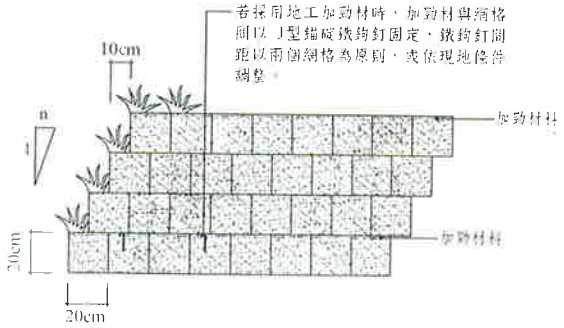


圖 2-33 堆疊式蜂巢圍束網格護岸 I 配置圖

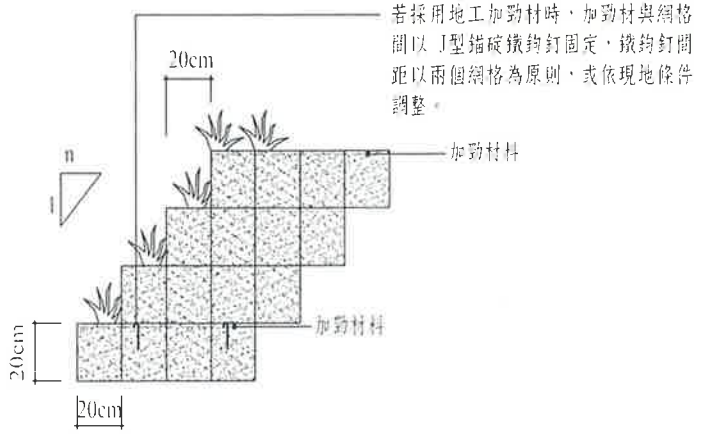


圖 2-34 堆疊式蜂巢圍束網格護岸 II 配置圖

4.施工案例照片



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣龍潭鄉南坑野溪

執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣龍潭鄉南坑野溪

照片 2-15 堆疊式蜂巢圍束網格護岸

(十)展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸

1.適用性

(1)適用於各種流速及沖蝕情況之溪流河岸。

(2)於緊急處理或有時效性之工程，由於其預組性及重覆性高，施工迅速簡易。

(3)於緩坡度河岸，具有較寬廣之河岸腹地時具實用性。

(4)河岸區之土層有不均勻沉陷或地震顧慮時，可運用其高柔性抵抗變形。

2.使用說明

(1)最高水位以下，浸水蜂巢深度為 10cm 之情況，可採用單尺寸石(粒徑 5 cm)或混凝土填充。

(2)最高水位以上，蜂巢深度為 10cm 之情況，可填充表土後以草皮覆蓋，或鋪置 5cm 厚之草種混合沃土或覆蓋植生毯。

(3)依現地條件及護岸坡度，設計隔牆工及結束工。

(4)填充料採用碎石粒料時應考慮蜂巢深度並限制其最大粒徑(表 2-3)，以保證良好之填充度。

(5)為確保網格穩定，應每隔適當距離設置格框牆，並於起迄處設結束工。

3.設計示意圖

展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸適用性與規格與堆疊式蜂巢圍束網格護岸相同，僅配置方式不同，詳細設計方式如下列圖示。

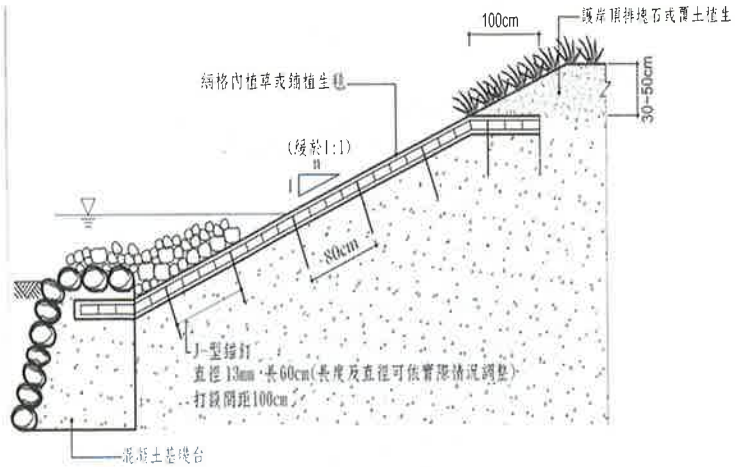


圖 2-35 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸斷面圖

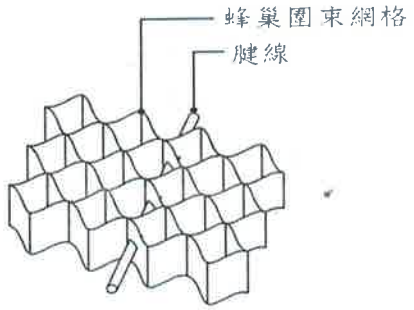


圖 2-36 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸立體圖

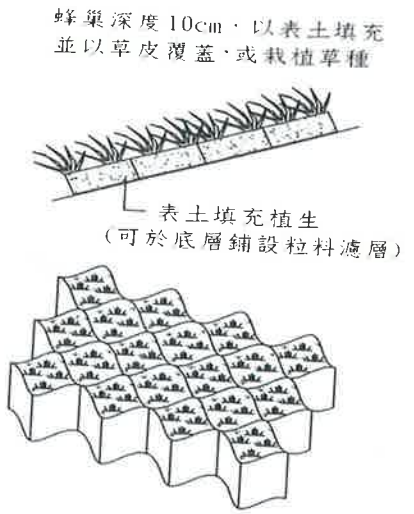


圖 2-37 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸網格植生示意圖

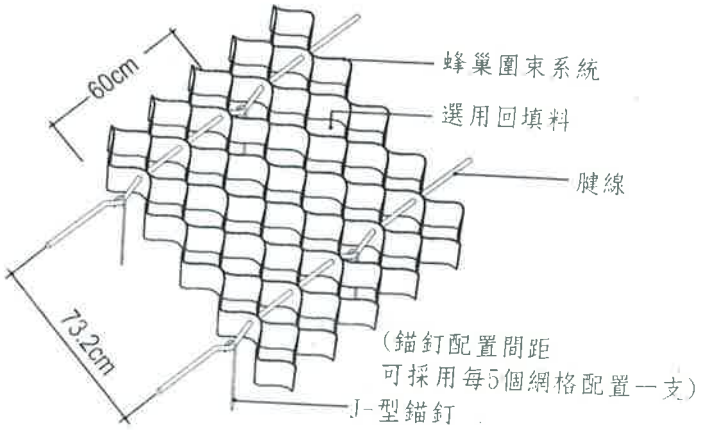
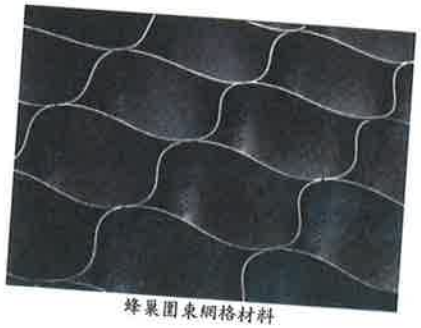


圖 2-38 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸 J-型錨丁配置圖

4.施工案例照片





照片 2-16 展開式蜂巢圍束網格緩坡護岸案例

(十一)拋石護岸

1.適用性

(1)原則適用於中、低流速、沖蝕小、縱坡平緩之河段。

(2)工址周圍石材之供應無慮。

(3)考慮生態性其拋石縫隙可供動物棲息及植物生長。

2.使用說明

(1)護岸坡度緩於 1：1.5。

(2)護岸趾部應嵌入預期之沖蝕線下。

(3)拋石底層依河岸現地之土質條件舖設過濾墊層，以防止基礎土層之石、碎石級配料。細粒土沖刷流失及拋石定位後產生大量下陷，過濾墊層可採用卵礫石、碎石級配料。

(4)表層拋石之尺寸須大於 D_{min}，D_{min} 參考最小長徑與流速關係表。

(5)建議優先考量工地區域現有材料作為最終設計及規範訂定之依據。

(6)以水深及預計沖刷深度來決定 B。

3.設計示意圖

拋石護岸施工技術簡單，在工址周圍塊卵石無虞情形下可以快速施工完畢，適用在低流速，沖蝕作用小之河岸。

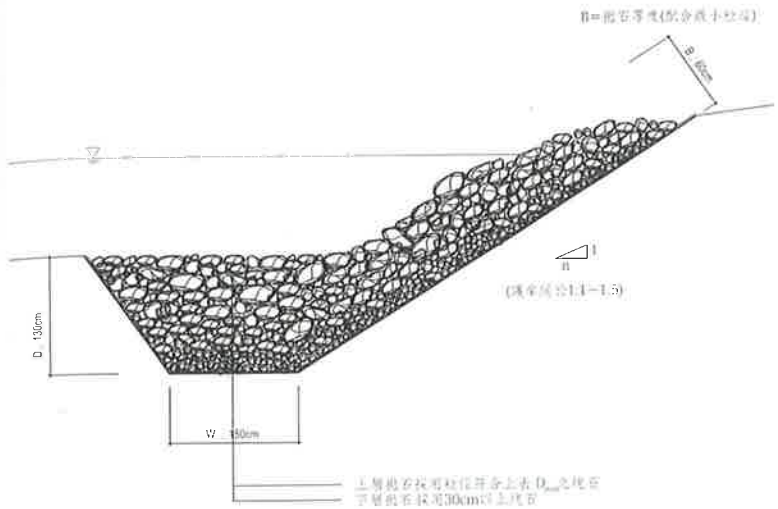


圖 2-39 拋石護岸設計示意圖

4.施工案例照片

拋石護岸可應用在河海岸，塊石礫徑愈大愈能抵抗水流之沖蝕作用。



執行單位：經濟部水利署
地點：南投縣竹山鎮加走寮溪



執行單位：經濟部水利署
地點：苗栗縣通宵鎮

照片 2-17 拋石護岸案例

(十二)景觀石梯護岸

1.適用性

於流速大、沖蝕嚴重、土質較差且崎嶇不平之河岸。

2.使用說明

(1)漿砌石對河流水之抗沖蝕力較佳，砌石應以長徑方向作水平堆疊，上部外露砌石間之縫隙利於動物棲息。

(2)護岸高 H 依河岸實際情況調整配置。

(3)砌石表面粗糙化並具有自然景觀性，砌石長徑約 50cm 以上，混凝土蓆墊之厚度與配筋可依混凝土版之設計原則決定。

(4)排水管間距 $2m^2$ 一支。

(5)此工法應配合各類型護岸工法，作為親水設施。

(6)塊石長徑 50cm，台階淨寬 25cm 以上。

3.設計示意圖

景觀石梯護岸可兼顧防災與親水功能，石材長徑需要 50cm 以上的塊石，與混凝土、鋼筋及洩水管等一起施工，必要時可增設植生槽進行綠美化。

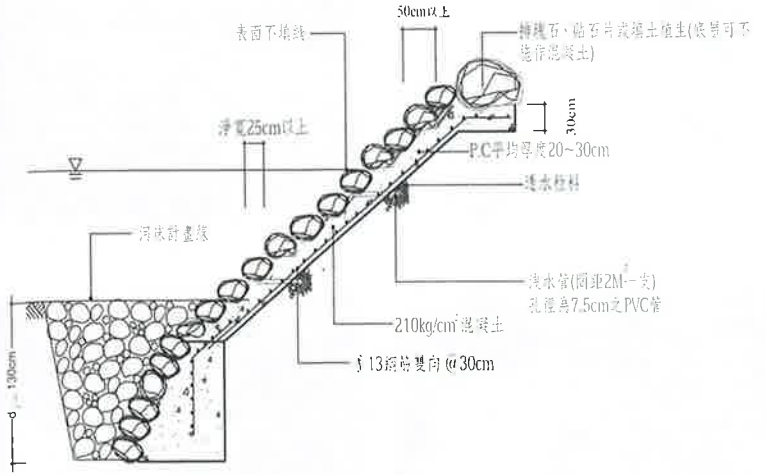


圖 2-40 景觀石梯護岸設計示意圖

4.施工案例照片

設計景觀石梯護岸最主要功能在於增加親水空間，因此，塊石間之固結性甚為重要，應避免民眾親水時發生塊石鬆動產生意外。



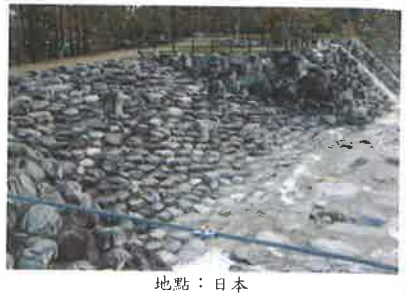
執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉平林溪軟橋段



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣龍潭鄉打鐵坑溪紅橋段



地點：日本



地點：日本

照片 2-18 景觀石梯護岸案例

(十三)混凝土格籠護岸

1.適用性

於流速大、沖蝕嚴重、土質較差且崎嶇不平之河岸。

2.使用說明

(1)岸高 H<4m 時，格籠後面應後傾 1：n 約為 1：1/6。

(2)格籠內回填料可採碎石或其他顆粒性材料，回填料之粒徑以其不會流失，由格籠間隙漏失為原則，可於格籠內表面排卵石以防止較細

顆粒材料。

(3)格籠間隙一般由順條(stretcher)厚度(15cm)或混凝土墊塊厚度(15cm 或 25cm)來決定。

(4)格籠結構體對橫向(transverse)或丁條(header)方向之不均勻沉陷特別敏感，一般須鋪置混凝土版以支撐格籠結構體，防止不均勻沉陷發生。

(5)內部孔隙多，為透水性結構，岸背孔隙水極易排除，因此不必配置排水設施，內部亦可供浮游生物棲息而不受亂流干擾。

(6)岸面多孔，可提供大量孔隙供動植物棲息生長。

3.設計示意圖

混凝土格籠護岸岸面可提供大量孔隙供動植物生長，為透水性結構，岸背孔隙水極易排除，因此不必配置排水設施，內部亦可供小生物棲息而不受亂流干擾。

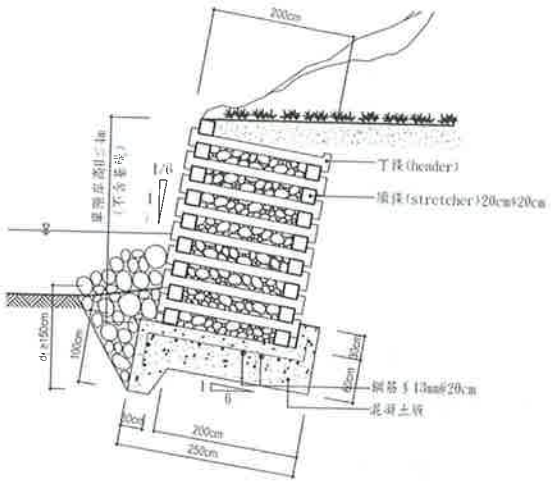


圖 2-41 混凝土格籠護岸斷面圖

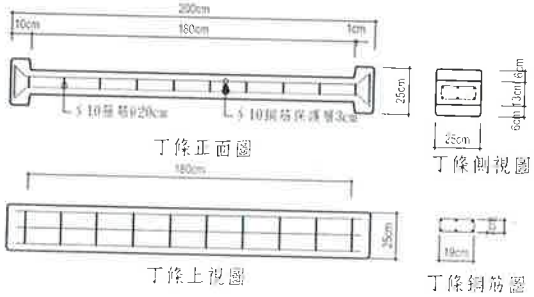


圖 2-42 混凝土格籠護岸丁條設計圖

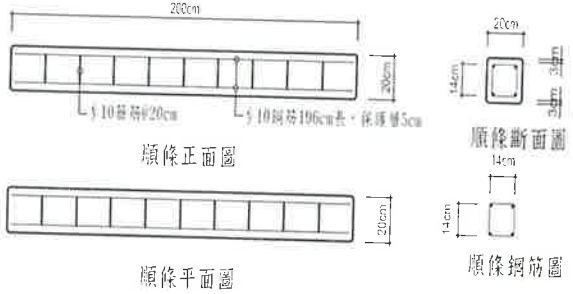


圖 2-43 混凝土格籠護岸順條設計圖

4.施工案例照片

混凝土格籠護岸可應用在河岸或是坡面上，此護岸具有大量孔隙，因此植物入侵容易，可營造良好景觀。



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：雲林縣荷苞村大埔口溪



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣龍崎鄉牛埔泥岩

照片 2-19 混凝土格籠護岸案例

(十四)混凝土型框填石植生護岸

1.適用性

(1)中高流速之河道適用，於高流速情況下應考慮底層細料淘刷問題，可補設地工織布以防底層細料吸出。

(2)河岸坡面起伏較小且平順者。

(3)河岸坡面表層呈現風化、崩落現象時。

2.使用說明

(1)底層混凝土型框寬度至少 1m，以增加基礎之承載力及抗沖刷能力。

(2)最高水位上之型框，坡度緩於 1:1.5 時可回填植生沃土或客土袋，並鋪草植栽，提供河岸遮蔭效果及調節水溫。

(3)最高水位上之型框，坡度陡於 1:1.5 時框內填塊石。

(4)位於最水位線以下之型框內填塊石，最下層可背襯混凝土。

(5)位於攻擊面之基礎台應酌予提高，並於基礎台內增置鋼筋。

3.設計示意圖

混凝土型框填石植生護岸乃利用混凝土方式構築型框，之後在框內填充石材及沃土，必要時可人為植栽草種或灌木，營造自然景觀。

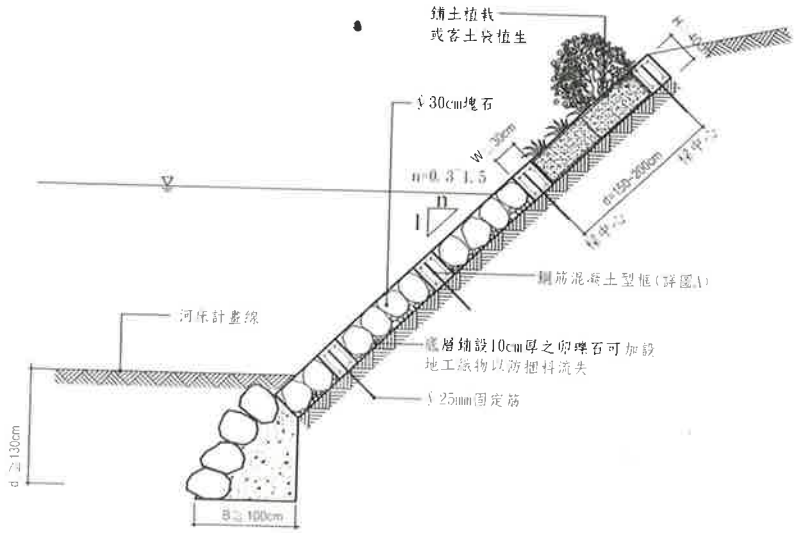


圖 2-44 混凝土型框填石植生護岸斷面圖

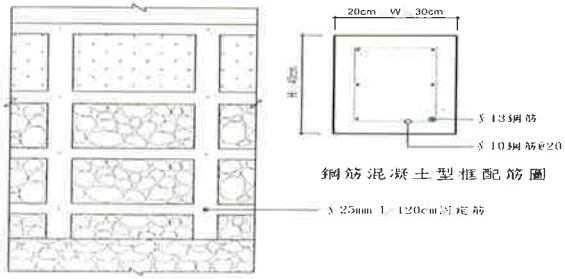


圖 2-45 混凝土型框填石植生護岸正立面圖

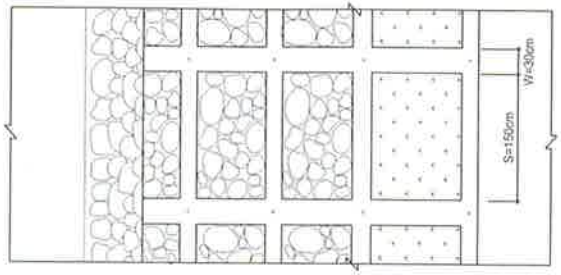


圖 2-46 混凝土型框填石植生護岸平面圖

4.施工案例照片

混凝土型框填石植生護岸以龍潭南坑野溪(施工後期)及源之旅公園(施工初期)之實際案例說明。



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣龍潭南坑野溪



執行單位：臺南縣南化鄉公所
地點：台南縣南化鄉源之旅公園

照片 2-20 混凝土型框填石植生護岸案例

(十五)布袋模蓆墊護岸

1.適用性

(1)低流速、河床質小及腹地大之河岸，流速 ＜2m/sec。

(2)一般挖方河岸坡面，施作前需先整坡夯實。

2.使用說明

(1)箱籠沉床作為岸趾基礎保護工，表面可配合各類型覆土植生。

(2)護岸坡度須緩於 1：1.5，使坡面處於自然穩定狀態。

(3)布袋模蓆墊可預先縫製成型或配合現地地形裁剪縫接，其本身具柔性，因此充填水泥沙漿或混凝土時可確實貼合地形不留空隙。

(4)中間柵格之孔穴可植生美化景觀。

(5)布袋模蓆墊為尼龍材質其拉力強度、伸展率及滲透率應符合 ASTM 或 CNS 之相關規定。

3.設計示意圖

布袋模蓆墊護岸必須施作在坡面處於自然穩定狀態之地區，若是設置在土層不穩定地區，當土層不均勻塌陷時，布袋模蓆墊護岸將會崩解毀壞。布袋模蓆墊護岸之植生穴可利用客土或是使用當地回填土進行植生美化。

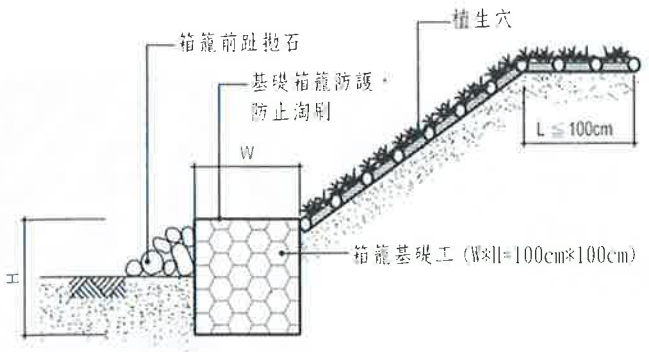


圖 2-47 布袋模蓆墊護岸斷面圖

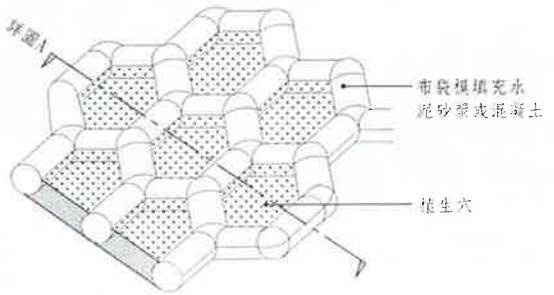


圖 2-48 布袋模蓆墊護岸立體圖

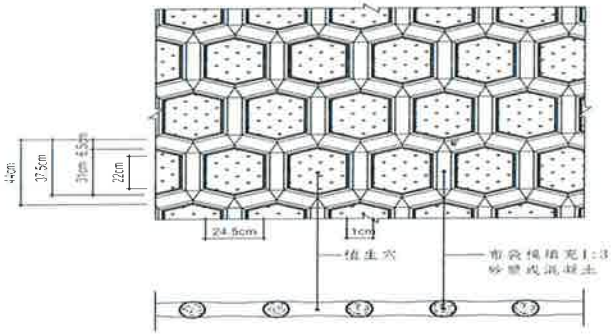


圖 2-49 布袋模蓆墊護岸平面圖

4.施工案例照片



執行單位：經濟部水利署
地點：台中縣梧棲鎮火力發電廠



施工後期



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣新化鎮



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣左鎮鄉岡林村

照片 2-21 布袋模蓆墊護岸案例

二、護坡

護坡為利用工程設施，以達坡面保護之目的者。

(一)箱籠堆疊護坡

1.適用性

(1)適用於高度小於 300cm。

(2)湧水多、易崩壞之河岸可採用本工法。

(3)施工簡易迅速，適用於須緊急施作之坡面。

(4)河床質粒徑 ϕ <10cm 以下且流速小於 3m/sec 為原則。

(5)不適用於土石流潛勢溪流。

2.使用說明

(1)岸面相當粗糙化及透水化，石材間之縫隙利於動物棲息，植　物生長，水線以上之箱籠面可填充客土袋植生。

(2)對於一已知尺寸箱籠應儘量採用較小尺寸回填石料來填充，如此可獲得較經濟之設計及較均勻之總體單位重。填充石材時，應分三層填滿，每層塊石應在投料後，以人工確實填塞及整平。完工後之填充愈均勻，愈能保證結構體自重呈最佳之分佈狀態且對變形有較佳之自我調整性。

(3)若淤積段無沖刷之虞者，則基礎深度可減少。

3.設計示意圖

箱籠堆疊護坡型式包含如圖 2-17 之箱籠堆疊護坡Ⅰ及箱籠堆疊護坡面Ⅱ兩種型式，其主要差異在於箱籠之排列配置方式不同，此護坡施工簡易迅速，適用於須緊急施作之坡面。

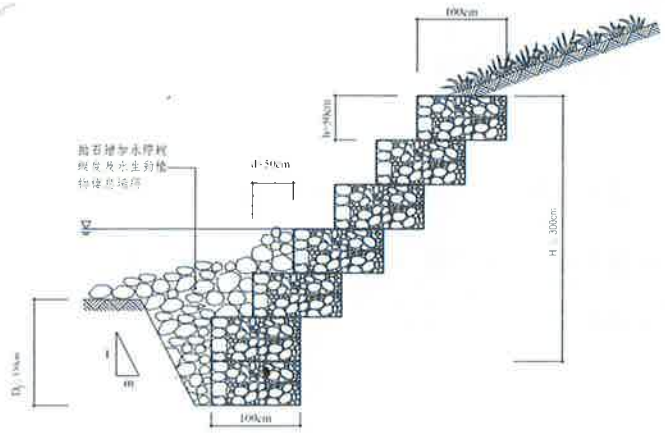


圖 2-50 箱籠堆疊護坡Ⅰ斷面圖

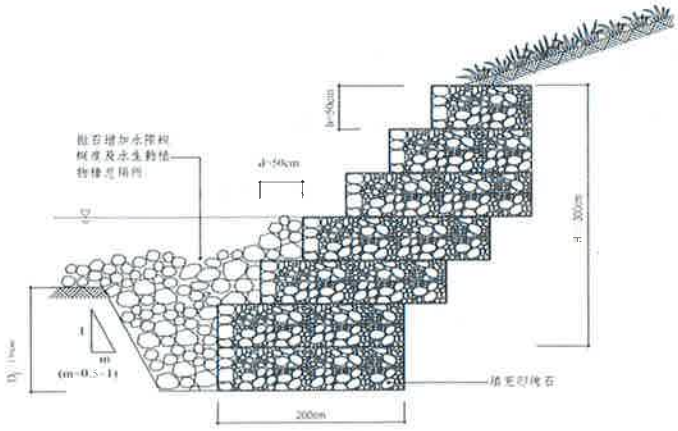


圖 2-51 箱籠堆疊護坡Ⅱ斷面圖

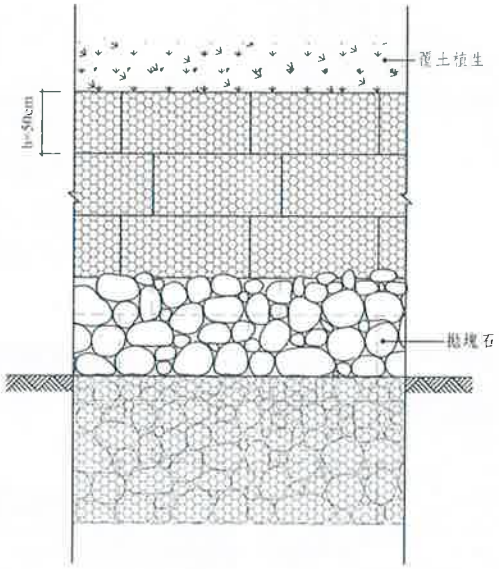


圖 2-52 箱籠堆疊護坡正面圖

4.施工案例照片

箱籠堆疊護坡可設置在道路邊坡、河岸坡面或是需要緊急修復之區域，下列以國內不同地區之實際案例說明。



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣潭子鄉



執行單位：苗栗縣三灣鄉公所
地點：苗栗縣三灣鄉東山國小



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：南投縣新社鄉



執行單位：台北縣政府
地點：臺北縣樹林市保安街



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣龍崎鄉牛埔泥岩



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：南投縣竹山鎮秀林里

照片 2-22 箱籠堆疊護坡案例

(二)打木樁編柵

1.適用性

(1)坡度 45 以下之填方坡面。

(2)一般土壤之挖方坡面。

(3)崩積土或淺層崩塌坡面。

(4)可依崩塌裸露地坡面狀況調整適用範圍。

2.使用說明

(1)施工前需稍事坡面整平及消除沖蝕溝，清除危石及植物殘株，並依邊坡形狀及地質狀況，於坡頂及坡面構築截洩溝。

(2)每排樁之水平方向坡降以 1~1.5%為原則，以雙向排水方式排入蝕溝內。

(3)樁距視坡度及地質條件而異，一般排樁之行距為 2~3m，樁距為 30~50cm。

(4)木樁末端直徑 5~8cm，長度 0.9~1.2m，木樁打入土中之角度，以垂直線與坡面垂直線交角之 1/2 為原則，打入土中 2/3 以上，出土 15~30cm，樁間以 PE 網或其他材料編柵。

(5)萌芽樁應保持新鮮，打樁時應保護樁頭，不使打裂；裂開部分應鋸除以免影響其萌芽能力；如萌芽樁不足時，可與其他雜木樁混合使用，其中萌芽樁可採用九芎、黃槿、榕樹、破布子等。

(6)以 HDPE 網構成高 20cm 網柵，柵體底部平貼坡面，並以鐵絲固定於木樁，每片網柵兩端銜接處至少需有 5cm 重疊。

(7)鋪置寬為柵體高 1.2~1.5 倍之 0.5mm 厚不織布，上端以鐵絲固定於網柵上端，使不織布順延下垂並與坡面及網柵密接，並延伸平貼於坡面。

(8)完工初期需將下邊坡地面稍加整平或客土，樁行間配合其他植生方法。

(9)編柵材料:大網目、不織布和小網目或龜甲網和不織布。

3.設計示意圖

打木樁編柵所使用之木樁可使用萌芽樁或是雜木樁，萌芽樁具有萌芽能力，可快速達到施工地區之自然植生狀態，此為國內坡面整治常使用工法之一。

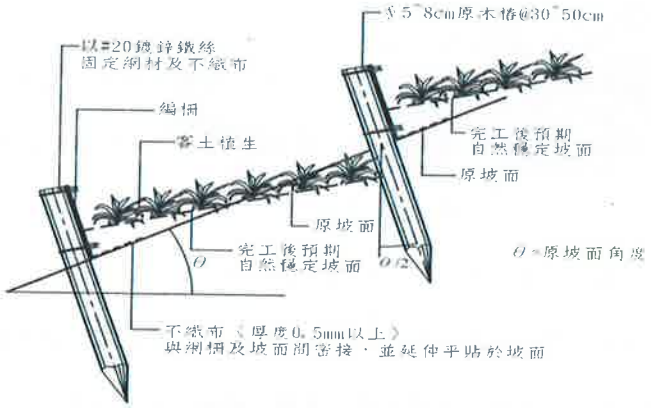


圖 2-53 打木樁編柵斷面圖

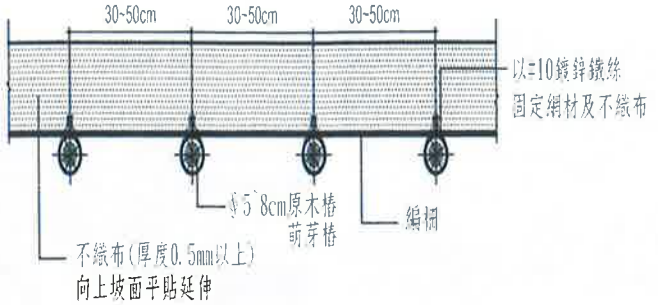


圖 2-54 打木樁編柵平面圖

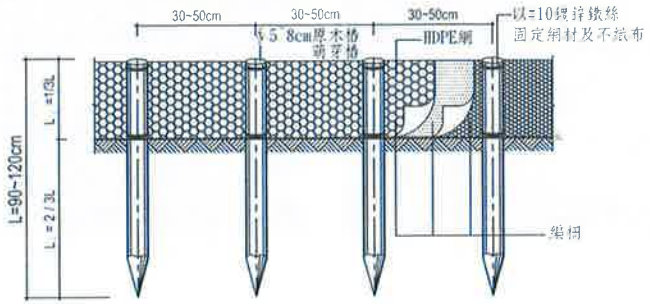


圖 2-55 打木樁編柵立面圖

4.施工案例照片

打木樁編柵可應用在崩塌坡面、道路或是河岸邊坡，可配合鋪設稻草蓆撒播草種或是利用噴植方式加速植生復育，並可配合土袋溝增加縱向排水之速度。



執行單位：苗栗縣大湖鄉公所
地點：苗栗縣大湖鄉(施工中)



執行單位：苗栗縣大湖鄉公所
地點：苗栗縣大湖鄉



執行單位：苗栗縣三灣鄉公所
地點：苗栗縣三灣鄉



執行單位：台中縣新社鄉公所
地點：台中縣新社鄉



執行單位：南投縣埔里鎮公所
地點：南投縣埔里鎮中心碑



執行單位：南投縣埔里鎮公所
地點：南投縣埔里鎮中心碑

照片 2-23 打木樁編柵案例

(三)打竹樁編柵

1.適用性

(1)坡度 45 以下之填方坡面。

(2)一般土壤之挖方坡面。

(3)崩積土或淺層崩塌坡面。

(4)可依崩塌裸露地坡面狀況調整適用範圍。

2.使用說明

(1)施工前需稍事坡面整平及消除沖蝕溝，清除危石及植物殘株，並依邊坡形狀及地質狀況，於坡頂及坡面構築截洩溝。

(2)樁距視坡度及地質條件而異，一般排樁之行距為 2~3m，樁距為 30~50cm。

(3)竹樁末端直徑 5~8cm，長度 0.9~1.2m，竹樁打入土中之角度，以垂直線與坡面垂直線交角之 1/2 為原則，打入土中 2/3 以上，出土 15~30cm，樁間以竹片、樹梢枝條或其他材料編柵，必要時得另加鋪不織布。

3.設計示意圖

打竹樁編柵其設計配置方式類似打木樁編柵，不同處在於所使用材料為竹片及竹樁。

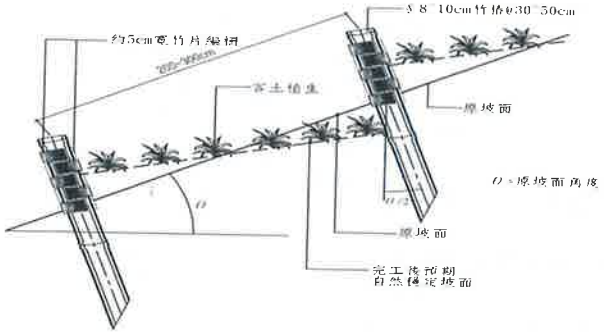


圖 2-56 打竹樁編柵斷面圖

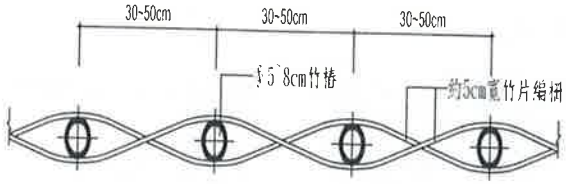


圖 2-57 打竹樁編柵平面圖

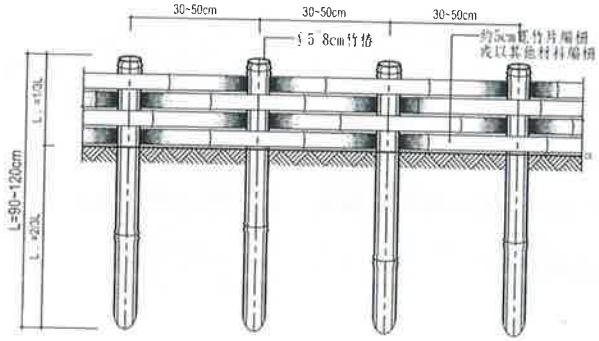


圖 2-58 打竹樁編柵立面圖

4.施工案例照片

打竹樁編柵可應用在崩塌坡面、道路或是河岸邊坡，可配合鋪設

稻草蓆撒播草種或是利用噴植方式加速植生復育。



執行單位：水土保持局第五工程所
地點：台東縣延平鄉鹿鳴舊社區



執行單位：台南縣左鎮鄉公所
地點：台南縣左鎮鄉草山月世界泥岩



執行單位：苗栗縣三灣鄉公所
地點：苗栗縣三灣鄉



執行單位：苗栗縣三灣鄉公所
地點：苗栗縣三灣鄉本慈寺

照片 2-24 打竹樁編柵案例

(四)原木擋土柵

1.適用性

(1)坡度 45°以下之填方坡面。

(2)填方坡面崩積土或淺層崩塌坡面。

(3)期望配合階段面苗木栽植之地點。

2.使用說明

(1)木樁之打入角度以鉛直線為原則。

(2)期望木樁增加持久性，須配合作防腐處理。

(3)打樁前需有小階段之整坡處理。

(4)為一般坡面防止滑落之簡易型擋土構造物。

(5)橫木接合處勿留設於同一處，應予錯開。

(6)植栽以灌木為原則，植株距柵緣約 50cm。

(7)立柱末徑 8~10cm。

3.設計示意圖

原木擋土柵所使用之木樁需要經過防腐處理，木樁鉛直打入坡面，適用在坡度 45°以下期望配合階段面苗木栽植之地點。

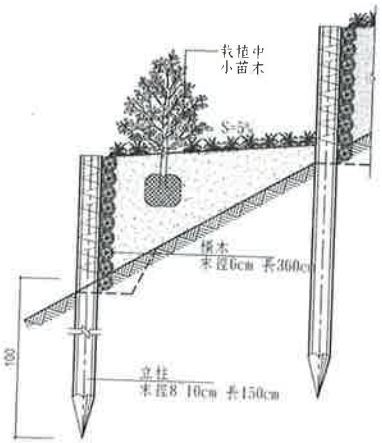


圖 2-59 原木擋土柵斷面圖

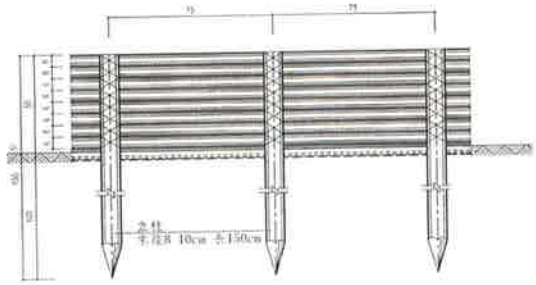


圖 2-60 原木擋土柵立面圖

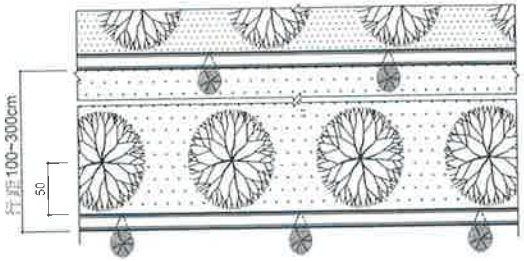
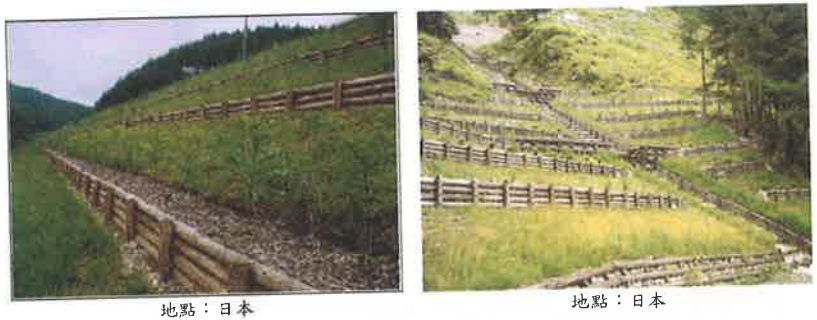


圖 2-61 原木擋土柵平面圖

4.施工案例照片

原木擋土柵擋土能力較打木樁編柵及打竹樁編柵佳，因此可用在坡度較大之地區。



地點：日本　　地點：日本

照片 2-25 原木擋土柵案例

(五)木排樁護坡

1.適用性

(1)坡度較緩砂岸。

(2)需緊急處理或暫時性修補工程，施工迅速易於配合蜿蜒地形施作。

(3)低流速，低沖蝕及流速較緩之河岸。

2.使用說明

(1)木樁可採用圓或方木樁(直徑 10cm~15cm)及圓或方木(直徑 10cm~15cm)及圓或方木(直徑約 8cm)，須做防腐處理。

(2)臺階高度應限制在 1m 之內，木樁打設角度可視河岸情況調整。

(3)順直河段多採 200cm 木條設計，彎曲河段則採用 100cm 設計。

(4)單一木排樁如發生毀壞時，應立即更換。

(5)木樁經處理高壓化學處理，可延長使用年限。

(6)木樁儘可能就地取材，或以其他當地產品如竹材等替代。

(7)完工護岸低矮親水性高，植生容易符合綠美景觀化要求。

(8)木橫桿與木樁固定方式，以螺栓方式固定。

3.設計示意圖

木排樁護坡適用在坡度較緩砂岸或是低沖蝕及流速較緩之河岸，可在橫桿間鋪石，或是客土植生。

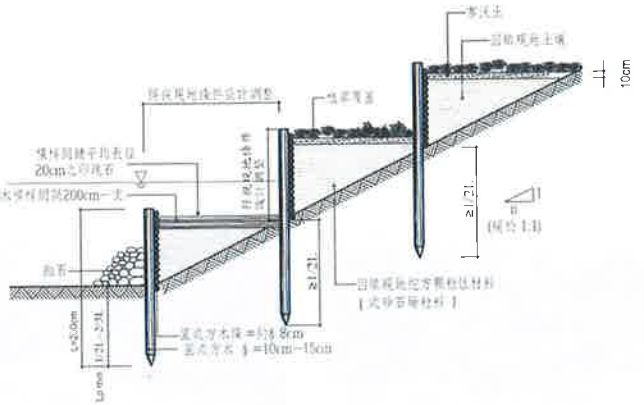


圖 2-62 木排樁護坡斷面圖

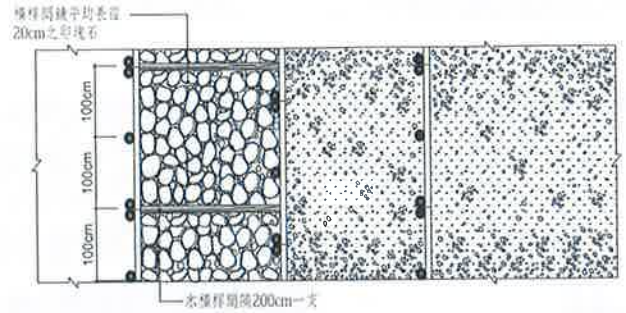


圖 2-63 木排樁護坡平面圖

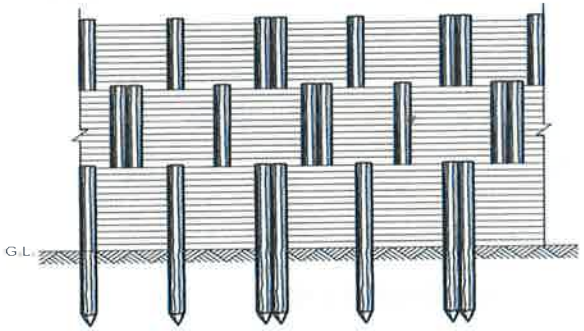


圖 2-64 木排樁護坡立面圖

4.施工案例照片

木排樁護坡主要應用在河岸邊坡上，其特性為施工迅速且易於配合蜿蜒地形施作。



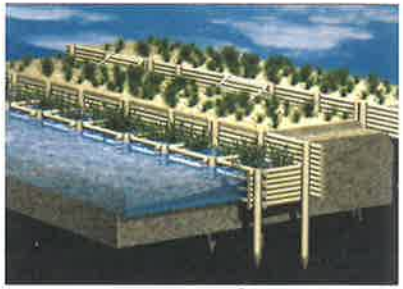
執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉后番仔坑溪



地點：日本



地點：日本



3D模擬示意

照片 2-26 木排樁護坡案例

(六)輪胎擋土牆

1.適用性

(1)利用廢輪胎交叉堆疊而成擋土牆。

(2)具有良好的粗糙度、孔隙度及透水性，有利於動植物之生長。

(3)適用於含石礫質土、表層崩塌、無滑動情形或有大量地表水之地區。

(4)適用於現地可用資材匱乏，可以廢棄輪胎代替之地區。

2.使用說明

(1)廢輪胎交叉堆疊時，斜率以 1：0.3，高度則以＜2m 為宜。

(2)輪胎堆疊後可內填土石方，以作為植物導入、或創造多層次、多樣性棲地之用。

(3)廢棄輪胎之利用可與護坡、護岸、蝕溝控制、固床工及梳子壩結合。

3.設計示意圖

輪胎擋土牆乃利用廢輪胎交叉堆疊而成，輪胎內填土石方，具有良好的粗糙度、孔隙度及透水性，有利於動植物之生長。

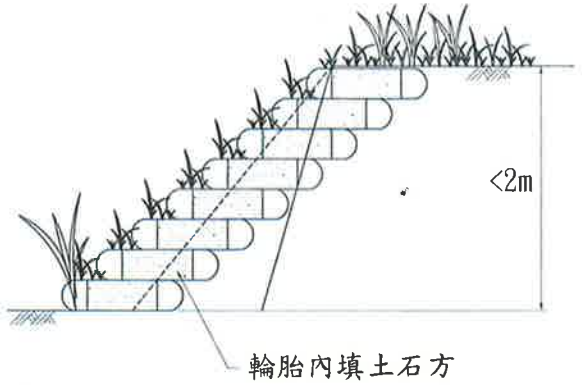


圖 2-65 輪胎擋土牆示意圖

4.施工案例照片

輪胎擋土牆輪胎內可填充土石方或是灌注混凝土，增加坡面穩定度。



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：台中縣太平市頭汴坑溪



執行單位：花蓮縣鳳林鎮公所
地點：花蓮縣鳳林鎮永信路
(輪胎內灌注混凝土加強結構穩定)

照片 2-27 輪胎擋土牆案例

(七)植岩互層法

1.適用性

(1)穩定性較佳之河岸。

2.使用說明

(1)以塊石護岸，並以土壤填充於塊石間之孔隙，形成岩牆。

(2)建議植栽以水平根系發達，枝條柔軟之灌目為原則。

(3)運用植栽活枝以間層方式插入塊石間隙，以其根系固著土壤及岩石，使其抗蝕力增加，植物之莖、葉更可減少水流直接沖刷河岸，且施工後即可增添河岸綠意，所扦插之樹枝萌發後，可逐漸恢復成

較自然之棲地環境。

(4)魚穴大小及間距依現地生物空間需求酌予調整。

3.設計示意圖

植岩互層法設計方式類同乾砌石護岸，不同處是加入植栽，活枝以間層方式插入塊石間隙，以其根系固著土壤及岩石，使其抗蝕力增加。

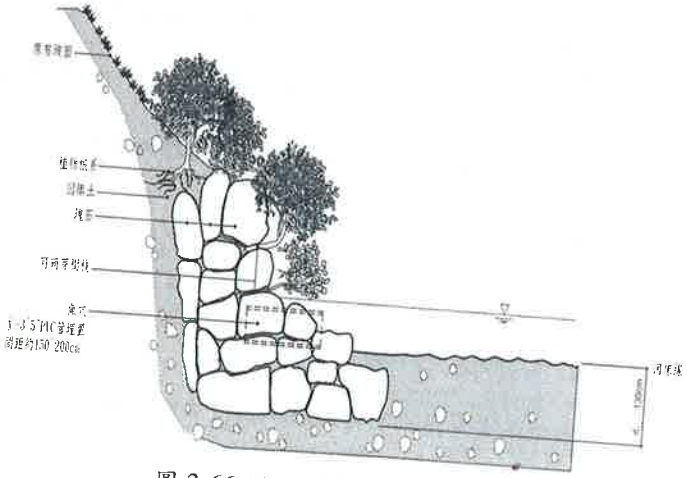


圖 2-66 植岩互層法設計示意圖

(八)固定框與框內植生工

1.適用性

利用預鑄或現場製作之格框，配合框內之植生處理，以達到穩定坡面、減少沖蝕之水土保持方法。

(1)格框之種類可分為以下幾類

A.預鑄水泥框：適用於坡地社區或重要道路邊坡及地質條件較差等地區；亦可用於坡度緩於 45°之地區；或無土壤之挖方坡面。

B.鐵製框：利用菱形鐵製框安裝於坡面已利客土植生。可用略有凹凸之坡面。

C.自由樑框：適用於起伏較大且不規則、表面呈現風化及崩落現象之坡面。可用於坡度約 45°~60°之坡面。

D.混凝土固定框(型框)：適用於坡面起伏較小、較規則坡面、坡面表層有風化及崩落之現象之地區。可用於坡度約 45°~65°之坡面。

(2)框內植生方法：框內之植生方式大致可分為框內鋪石、框內土壤袋、框內客土噴植及框內岩面噴植。

2.使用說明

(1)岩層地下水位高或有湧水之情形時，框內以鋪石為佳。

(2)直接客土時，其客土情形與填方坡面相同，僅能應用在緩坡（35°以下）之固定框內。

(3)大型植生袋或土壤袋使用時，為免袋體破壞後土壤溢出，其應用範圍之最大坡度為 45°。若在大於 45°之固定框內使用土壤袋，將會造成植生衰退及土壤崩落之現象。

(4)下層岩面具不透水性時，需於橫樑處配合排水孔之設計。

(5)自由樑框可應用至坡度 60°。但在坡度較陡處需施以噴植時，噴植厚度不宜大於 10cm。

3.設計示意圖

固定框通常以混凝土為主要材料，利用預鑄或現場製作之格框，框內配合放置透水性材料、植生袋或是以客土噴植方式植生。

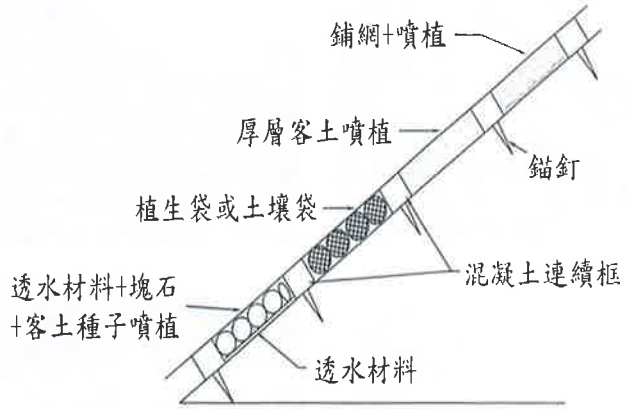


圖 2-67 固定框與框內植生工設計示意圖

4.施工案例照片

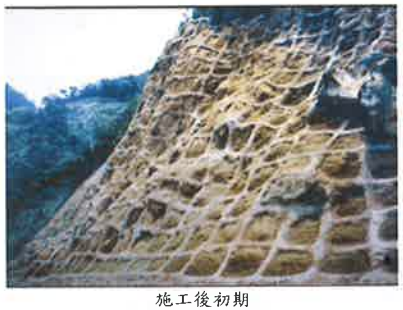
固定框植生工可應用在崩塌坡面或是河溪護岸需要較大規模穩固坡面之處。



地點：日本福島線林道



執行單位：交通部公路總局
地點：苗栗縣泰安鄉



施工後初期



施工後期



土壤袋裝填施工



地點：日本
應用在隧道口坡面

照片 2-28 固定框與框內植生工案例

(九)鋪網噴植

1.適用性

(1)於坡面上先行鋪設鐵絲網，再噴植客土、黏著劑及種子之方法。

(2)適用於坡度 50°左右，及噴植厚度約 3cm 之挖方坡面。

2.使用說明

(1)整坡後，將菱形鐵絲網平鋪於坡面，然後每 m^2 以一支鐵栓固定之。

(2)客土材料依立地條件不同而異，可於土壤中加入堆肥、台肥 43 號、複合肥料與適量的水均勻混合材料，以噴植機噴佈形成客土層。再將黏著劑、種子及適量的水混合後，噴植於客土上。

(3)於軟岩地區，坡面整坡後沿等高線每隔 30～50cm，用鑽孔機或挖穴機鑽孔或挖穴，施放遲效性肥料。然後鋪網噴植，可增加植物根系之固著能力及達到綠化效果。

(4)如考慮生態綠化草花之美化效果，可酌量增加植物種子之種類與數量。

(5)其餘鋪網噴植細部之設計施工，可參考水土保持手冊植生篇。

3.設計示意圖

鋪網噴植必須先於坡面鋪設鐵絲網，之後再由噴植機具噴植客土、黏著劑及種子，以達植生目的。

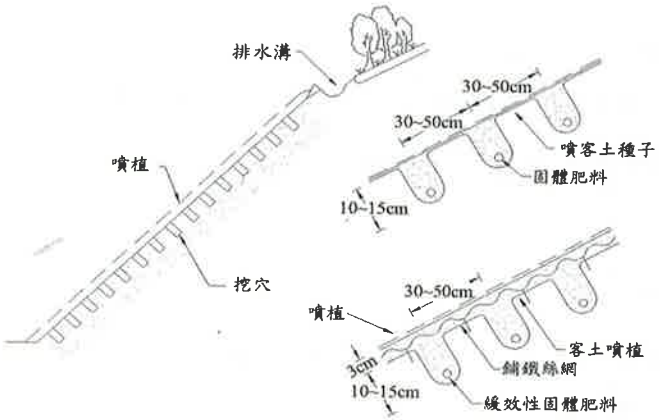


圖 2-68 鋪網噴植設計示意圖

4.施工案例照片

鋪網噴植主要應用在大規模崩塌地區，可快速達到坡面穩定功能。



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：石門水庫(施工中)



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：苗栗縣三灣鄉



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣左鎮鄉草山月世界泥岩(施工中)



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：石門水庫



執行單位：水土保持局第四工程所
地點：台南縣龍崎鄉牛埔村



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：苗栗縣西湖鄉

照片 2-29 鋪網噴植案例

(十)切枝壓條

1.適用性

(1)大多利用木本植物之栽植及較厚之表土，配合適當之生長之環境，以利安定土、防止土壤流失及固結土壤之方法。

(2)因其安定坡面之功效需待植物之根系深入地盤後方可顯現，故其不適用於有立即危險之坡面。

(3)適用於一般挖填方坡面或水面以上之河岸。

(4)因其坡面層次之特性，可提供動植物棲息之空間。

2.使用說明

(1)可於冬季時切下枝條，並以壓條之方式處理；待隔年春季植物萌芽時，佈滿坡面，始有土層保護之功效。

(2)若土壤若太過乾旱，在初期要澆水，以增加萌芽率；待根系深入土層並具保水性後，則可停止澆水。但應避免雨季前施工。

(3)每層的間距約為 1.5~3.0m，邊坡底部可再縮小間距，以加強其穩定功效。

(4)使用苗木以當地原生種為主，可考慮栽植具演替潛勢的種類。

3.設計示意圖

切枝壓條主要在一般挖填方坡面或水面以上之河岸植入可萌芽

枝條，使萌芽枝條根細生長厚達坡面穩固功能。

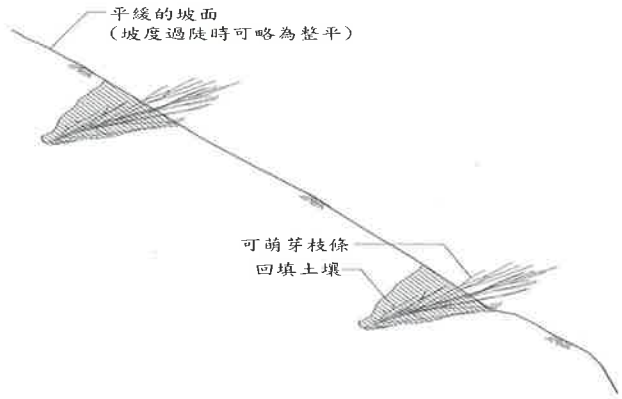


圖 2-69 切枝壓條設計示意圖

4.施工案例照片



地點：奧地利(切枝壓條施工中)

照片 2-30 切枝壓條案例

(十一)圓木格框護坡

1.適用性

(1)以鐵絲將鋪設於坡面之等長圓木加以固定成方形，以達穩定坡面之效。

(2)適用於坡度＜45°之坡面。

(3)具植生綠化、穩定邊坡並促進植物自然演替之功效。

(4)由於木製格框之多孔性，較易為植物入侵及生長。

(5)適用於略有沉陷及略有凹凸之坡面。

2.使用說明

(1)於接合處需配合錨定鋼筋及鐵絲做固定，其中錨定鋼筋長度需＞1m，打入地面時，鋼筋之最頂端需與最上層圓木齊高。

(2)可配合鋪網噴植等植生方法，以達穩定坡面之功效。

(3)由於木框為柔性構造物，故其對於沉陷較不敏感。

3.設計示意圖

圓木格框護坡較固定框植生結構強度低，因此僅能適用在坡度＜45°之坡面。

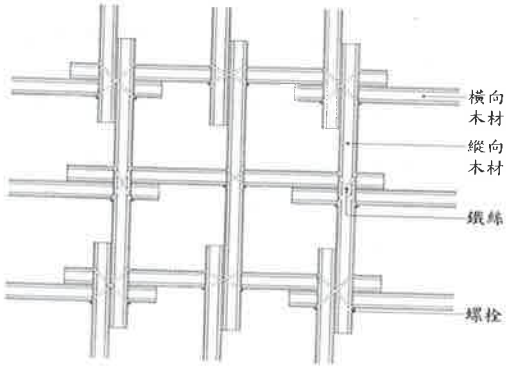


圖 2-70 圓木格框護坡設計示意圖

4.施工案例照片

圓木格框護坡以日本實際案例說明之。



地點：日本
(資料來源：日本林野庁，2005，森林土木構造物施工手冊)



地點：日本
(資料來源：日本林野庁，2005，森林土木構造物施工手冊)

照片 2-31 圓木格框護坡案例

三、堤防

堤防係順溪流方向構築，高於地面用以防禦及約束水流不使氾濫之構造物。以下針對河溪生態工程可茲應用之堤防類型、使用說明、設計及案例圖說敘述如下：

(一)蛇籠堤防

1.適用性

(1)適用於沖蝕力大，流速快之溪流。

(2)在雨量豐沛或地下水高之河岸地區可利用其多孔性排孔隙水。

(3)較適用於河床質粒徑 ϕ <20cm 之河道。

2.使用說明

(1)蛇籠填充石材之粒徑為蛇籠網目孔徑之 1.5~3.0 倍。

(2)過濾層於岸坡整平後，可依現地岸坡土質情況，其功能在排除孔隙水，繫留土層細料防止淘刷及增加承載力。

(3)蛇籠單元之尺寸及種類依護岸之高度(H) 及斜度(1:n) 來調配選用。

(4)岸面粗糙化及透水化，石材間之縫隙利於動物棲息及植物生長。

(5)河岸區之土層有不均勻沉陷，或大量沉陷時可運用其柔性結構以抵抗變形。

(6)設計得視堤防填充料，加設地工織物或濾層。

(7)堤外基礎部份得視需要增加拋塊石。

(8)蛇籠填石方式應參考公共工程委員會及水土保持局相關規範。

(9)堤內坡面可分別採用填土，砌石或植生方式，斜率依現場土質決定。

(10)緩於 1:1.5 時，堤內坡面可採用土坡；陡於 1:1.5 時採用乾砌石。

3.設計示意圖

蛇籠堤防適用流速快、雨量豐沛或地下水高之河岸地區。

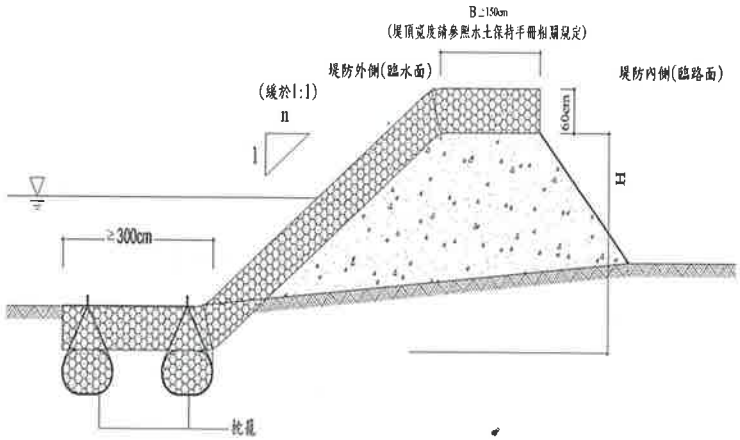


圖 2-71 蛇籠堤防設計示意圖

4.施工案例照片



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣龍潭鄉南坑野溪



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣龍潭鄉南坑野溪

照片 2-32 蛇籠堤防案例

(二)箱籠堤防

1.適用性

(1)適用於沖蝕力大，流速快之溪流。

(2)在雨量豐沛或地下水高之河岸地區可利用其多孔性排孔隙水。

(3)不適用於大粒徑河床之河段，以免造成土石衝擊，網目破壞、斷裂造成整體性破壞。

(4)較適用於河床質粒徑＜20cm 之河道。

2.使用說明

(1)拋石護岸工法無法覓得合適尺寸之石材時可採用本工法代替之。

(2)堤防坡度緩於 1:1.5(堤外)。

(3)趾部採混凝土基座外表砌石，埋置深度 $d_f \geqq 130cm$

(4)箱籠蓆與岸坡土層間鋪設過濾層可排除孔隙水壓、防止土層中之細料沖刷流失及增加岸坡承載力。

(5)視現地地質條件決定是否鋪設過濾層(碎石級配、地工織物或是二者同時採用)。

(6)箱籠堤坡垂直水流方向排列。

(7)本工法可覆土植生，由設計者決定之。

(8)可視需要增加基礎前趾拋石保護。

(9)堤內(臨路面)坡度緩於 1:1.5 時，堤內坡面可採用土坡；陡於 1:1.5 時採用乾砌石。

3.設計示意圖

箱籠堤防適用性與蛇籠堤防相同，主要差異再於兩者規格不同。

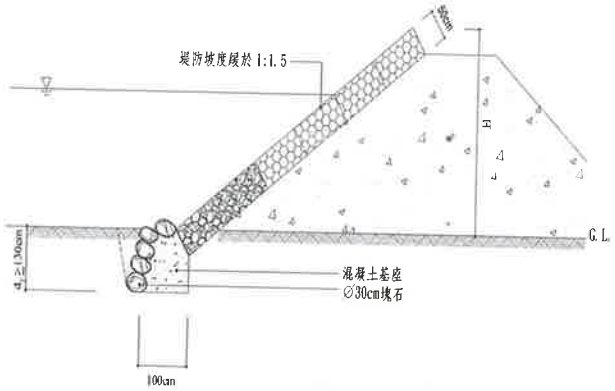


圖 2-72 箱籠堤防設計示意圖

4.施工案例照片



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉雙溪

照片 2-33 箱籠堤防案例

(三)混凝土砌塊石堤防

1.適用性

適用於沖蝕力大，流速快之溪流。

2.使用說明

(1)漿砌石對河流水之抗沖蝕力較佳，砌石半埋於混凝土中，上部外露砌石間之縫隙利於動物棲息及覆土植生。

(2)砌石表面粗糙化並具有自然景觀性，砌石長徑約 30~50cm。

(3)於最高水位以上之砌石間隙可填充混合草種植生。

(4)基礎深得依河床地盤線沖刷變化加深。

(5)堤心填土層須分層夯實。

(6)堤內坡度緩於 1:1.5 時，坡面可採用土坡;陡於 1:1.5 時採用乾砌石坡面。

(7)堤面坡度限制依水土保持手冊相關規定設計。

(8)堤外基礎部份得視需要增加基礎前趾拋塊石。

3.設計示意圖

混凝土砌塊石堤防較蛇籠堤防及箱籠堤防結構穩固，可應用在河海岸等沖蝕力較大之地區。

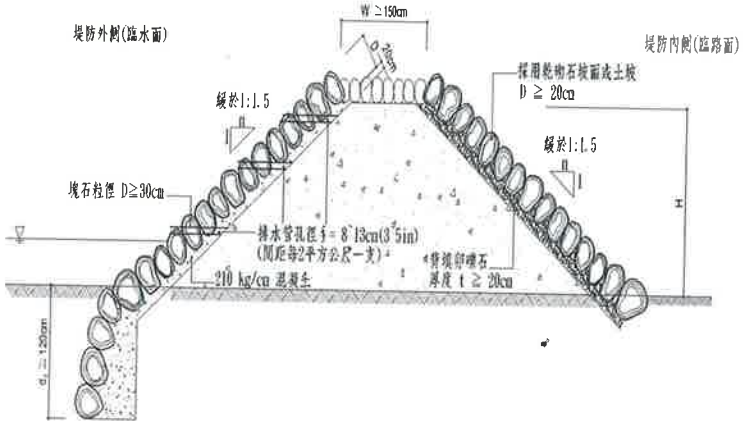


圖 2-73 混凝土砌塊石堤防設計示意圖

4.施工案例照片



執行單位：經濟部水利署
地點：苗栗通宵



執行單位：：經濟部水利署
地點：苗栗通宵

照片 2-34 混凝土砌塊石堤防案例

四、防砂壩及潛壩

為調節土砂輸送，以容許部份細粒通過，所構築之透過性壩。以下針對河溪生態工程可茲應用之透過性防砂壩類型、使用說明、設計及案例圖說敘述如下：

(一)梳子壩

1.適用性

適用於土石流潛勢溪流河段。

2.使用說明

(1)為透過式剛性壩體，但對特定粒徑之土石乃具繫留功能。

(2)梳槽間距開口尺寸視現地土石尺寸來決定，一般可採設計粒徑之 1.5~2.0 倍。

(3)梳齒之斷面可依土石之衝擊力來設計。

(4) S 在一般河道為計劃淤砂坡度，在土石流潛勢溪流為原河床平均坡度。

(5)W 為壩翼嵌入深度，依水土保持手冊規範設計。

(6)本圖尺寸僅供參考，設計者請依現地條件設計。

(7)壩柱底板細部設計鋼筋配置方式應依應力計算結果決定。

(8)梳子壩各部結構及梳齒間距等細部設計，應依水土保持手冊規定設

計。

(9)如壩之上下游落差過大有下切之虞時，應考慮加設護坦或前趾之安全保護措施。

3.設計示意圖

梳子壩為土石流潛勢溪流常使用之防災設施，具有通透性，較傳統重力式防砂壩具有生態效益。

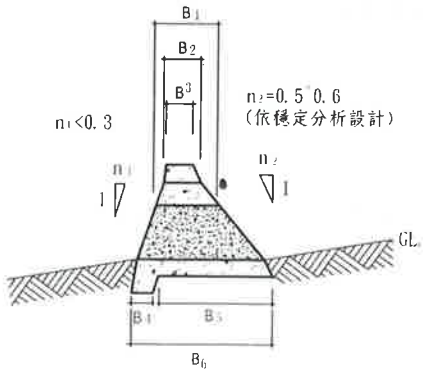


圖 2-74 梳子壩斷面圖

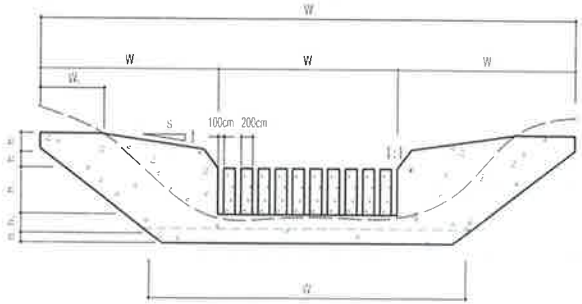


圖 2-75 梳子壩立面圖

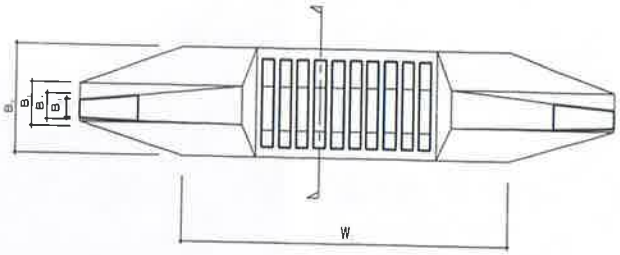


圖 2-76 梳子壩平面圖

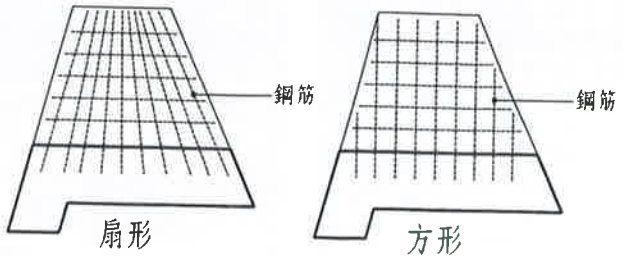


圖 2-77 梳子壩壩柱鋼筋配置圖

4.施工案例照片

梳子壩上游面可配合廢輪胎施作，以減緩塊石之衝擊力，下游面可增加跌水設施，保護溪床避免水流滔刷。



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：宜蘭縣三星鄉大坑溪



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：宜蘭縣礁溪鄉小礁溪



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：南投縣國姓鄉九份二山



執行單位：水土保持局第六工程所
地點：花蓮縣

照片 2-35 梳子壩案例

(二)切口壩

(1)調節泥砂輸送，維持下河道平衡。

(2)調節土石流流出量，減少下游土石流災害。

(3)遲滯洪峰流量。

(4)具有良好之生態功能，魚類及兩棲動物可藉其開口於河道上下通行。

(5)適用於土石流潛勢溪谷口，以調節泥砂輸送。或一般溪流中上游庫

容較大處，以遲滯洪峰流量。

2.使用說明

(1)溢洪口斷面、壩體與壩翼、開口寬度、及水理計算等均與工程篇同。

(2)為利魚類及兩棲動物上下通行，開口底部以與河床同高為原則。

3.設計示意圖

切口壩型式類似傳統重力式混凝土壩，缺口壩主要差異在壩中央開口，可利低水流或是生物移動。

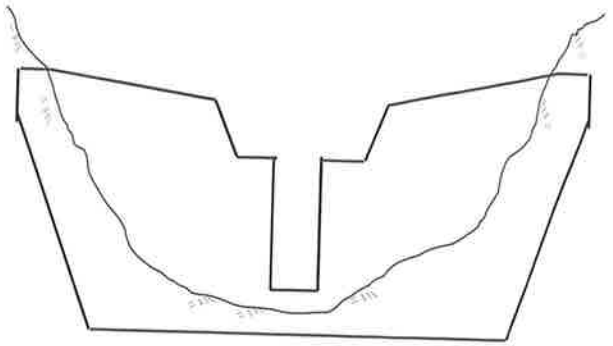


圖 2-78 切口壩設計示意圖

4.施工案例照片



執行單位：水土保持局第五工程所
地點：台東縣達仁鄉安朔溪



地點：德國

照片 2-36 切口壩案例

(三)混凝土格籠潛壩

1.適用性

適用於小規模蝕溝治理。

2.使用說明

(1)本設計壩高 H<4m，壩體後傾度為 1:n<1:1/6；壩高 H > 4m 時，壩體後傾度為 1:n>1:1/6。對於較高之壩體除了增加壩體之後傾角外，亦可於上游面加建補強格籠。

(2)格籠內之回填料可採碎石或其他顆粒性材料，回填料之粒徑以其不由格籠間隙漏失為原則。格籠間隙一般由順條(stretcher) 厚度(15cm)或混凝土墊塊厚度(15cm 或 25cm)來決定。

(3)為節省石材可於格籠內表面排置卵石，再於中央區填充較小粒徑之粒料。

(4)格籠壩體結構對橫向(transverse)或丁條(header)方向之不均勻沉陷特別敏感，壩底基礎層可視需要鋪置條型基礎。

(5)下游箱籠蓆護坦之長度 L 與厚度 d 可依壩高 H 及溢流水深 h 決定：

$L = c\,(H+h-nH)$，$c = 1.5 \sim 2.0$(依壩高 H 決定)

(6)不適用土石流潛勢溪流。

3.設計示意圖

混凝土格籠潛壩適用於小規模蝕溝治理上，具透水性及孔隙性。

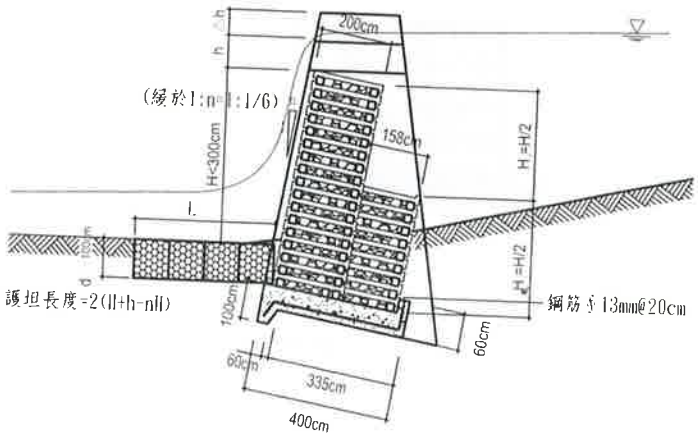


圖 2-79 混凝土格籠潛壩斷面圖

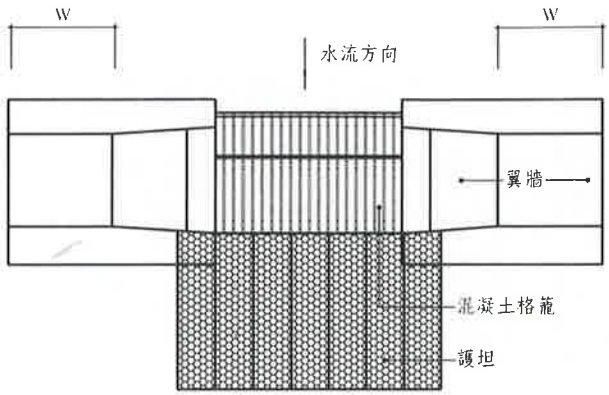


圖 2-80 混凝土格籠潛壩平面圖

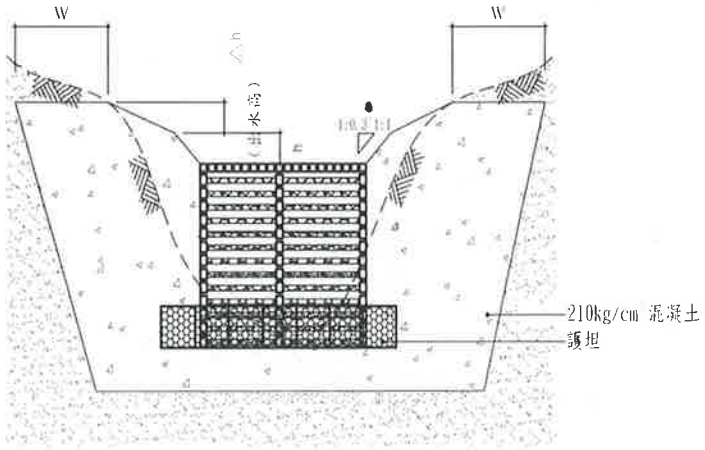


圖 2-81 混凝土格籠潛壩正立面圖

4.施工案例照片



地點：日本

照片 2-37 混凝土格籠潛壩案例

(四)混凝土柱透過性潛壩

1.適用性

(1)河床質大，土石流潛勢高之河川。

(2)流量變化大之河川。

(3)河川質粒徑 f<20cm，若大於 20cm 壩柱頂應以鋼板保護。

(4)堆積層河段。

2.使用說明

(1)柱狀透過性壩具有生態性且有繫留大粒徑土石而允許通水之功能。

(2)依現地地質條件，決定是否於基礎打設鋼軌樁或基樁補強。

(3)圓柱及底板鋼筋配置，另依結構應力計算及相關規範設計。

(4)W 為壩翼嵌入深度，依水土保持手冊規範設計。

(5)本圖尺寸僅供參考，設計者請依現地條件設計。

(6)以系列壩構築，且主副壩間基礎無法保護或以獨立壩構築時，其下游應設置護坦消能。

3.設計示意圖

混凝土柱透過性潛壩在混凝土壩柱間堆排大塊石，可增加水生物棲息空間。

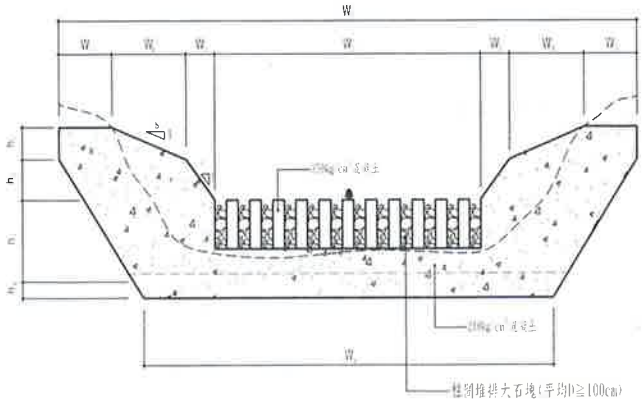


圖 2-82 混凝土柱透過性潛壩斷面圖

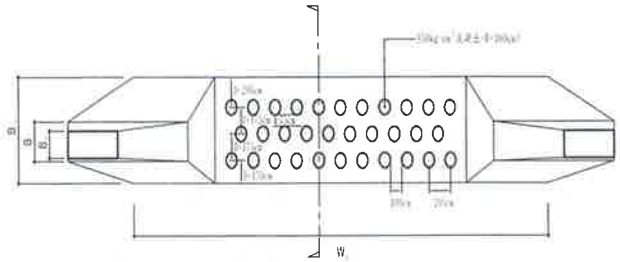


圖 2-83 混凝土柱透過性潛壩平面圖

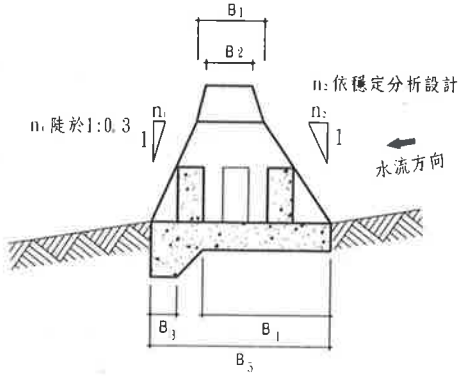


圖 2-84 混凝土柱透過性潛壩立面圖

4.施工案例照片



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：南投縣國姓鄉九份二山

照片 2-38 混凝土柱透過性潛壩案例

五、固床工

固床工係為固定河床，配合護岸或堤防所構築之橫向構造物。以下針對河溪生態工程可茲應用之固床工類型、使用說明、設計及案例圖說敘述如下：

整流工程規劃設計時，應先評估其河床有否被刷深之傾向。如有整段被刷深之可能時，則應施設固床工。如僅局部刷深，可加深堤岸之基礎，或拋大塊石等加以保護，而不必施設固床工，以避免過度影響河道原有之生態環境。

固床工之基本設計及間距，依水土保持手冊工程篇整流工程之規定辦理。系列固床工之配置，原則上以下游固床工之高度，足以保護上游固床工及護岸之基礎。

一般基流量較小之野溪，枯水期間魚類依賴深潭存活，固床工之設置，應避免使深潭消失。一般凹岸常有深潭存在，故固床工以避免設於彎曲段為原則。惟為避免凹岸基礎被淘空，可將其加深，以策安全。

為免防礙魚類通行，固床工之落差超過 30cm 時，其結構如屬混凝土，且河床質顆粒較小者，以採用斜坡式或階梯式為宜。

(一)混凝土鋪石固床工

1.適用性

(1)有常流水時配合水生動物之棲地改善設置。

(2)不適用土石流潛勢溪流。

(3)較適用於河床質 ϕ <20cm 河段。

(4)堆積層河床。

2.使用說明

(1)降低河水流速防止河床淘刷及穩定流心，使河道保持穩定不致偏移。

(2)採用鋼筋混凝土蓆墊可抵抗高流速形成之沖蝕刷深。

(3)完工鋪石表面具有自然景觀。

(4)護岸結構之混凝土基座可考慮和固床工混凝土蓆墊相連接而成為本工法基礎之一部分。

(5)1:n=視流速及河床坡度及目標魚種上溯能力調整。

(6)河寬較大時，得保留供常流水流動之深槽。

3.設計示意圖

混凝土鋪石固床工係採用鋼筋混凝土蓆墊可抵抗高流速形成之沖蝕刷深，可降低河水流速防止河床淘刷及穩定流心，使河道保持穩定不致偏移。護岸結構之混凝土基座可考慮和固床工混凝土蓆墊相連接而成為本工法基礎之一部分；河寬較大時，得保留供常流水流動之深槽，而其設計坡度應視河床流速、坡度及目標魚種上溯能力調整。

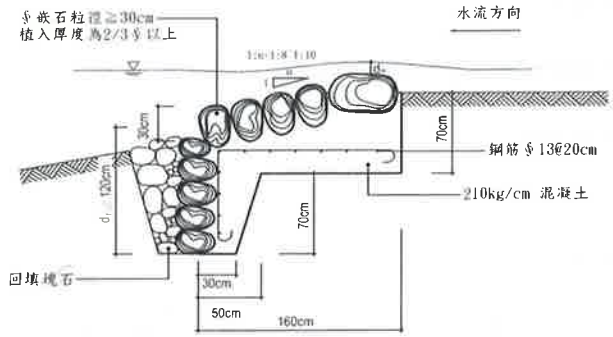


圖 2-85 混凝土鋪石固床工斷面圖

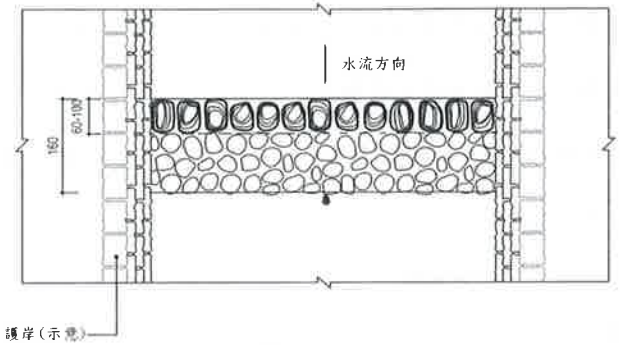


圖 2-86 混凝土鋪石固床工平面圖

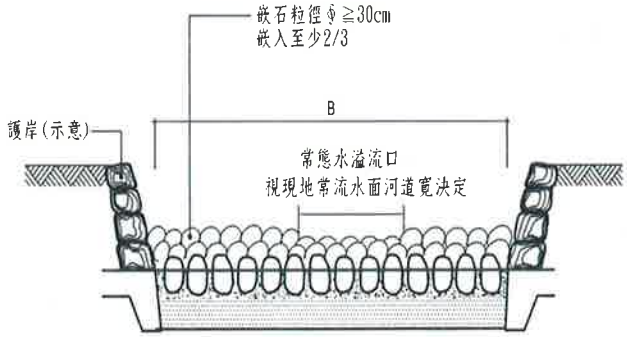


圖 2-87 混凝土鋪石固床工正面圖

4.施工案例照片



執行單位：台北市政府建設局
地點：台北市內湖區大溝溪



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉丁子蘭坑溪



地點：日本



地點：日本



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：桃園縣打鐵坑溪紅橋段整治



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：苗栗縣新店溪永興段

照片 2-39 混凝土鋪石固床工案例

(二)階梯式固床工

1.適用性

河床淘刷，流心不穩定。

2.使用說明

(1)降低河水流速防止河床淘刷及穩定流心，使河道保持穩定不致偏移。

(2)完工崁石具有自然景觀並可配合兩岸親水設施設計。

(3)採用嵌石階梯設計，對水流具消能效果，可保護下游區之結構物，並調整河床之坡降。

(4)每一塊石須嵌入其高度之 2/3。

(5)踏步臺可連結兩岸作為親水設施間之動線。

(6)踏步塊石與固床工之寬度相同為原則。

(7)細部設計請參閱水土保持手冊-生態工法篇內容。

3.設計示意圖

階梯式固床工下游面之平均坡度以緩於 13%(約 1：8)為原則。階梯間之高差以不超過 30cm 為宜。階梯之外緣可嵌以較大之塊石，並應高於內側，使每階間有足夠之水深，以利魚類起跳。

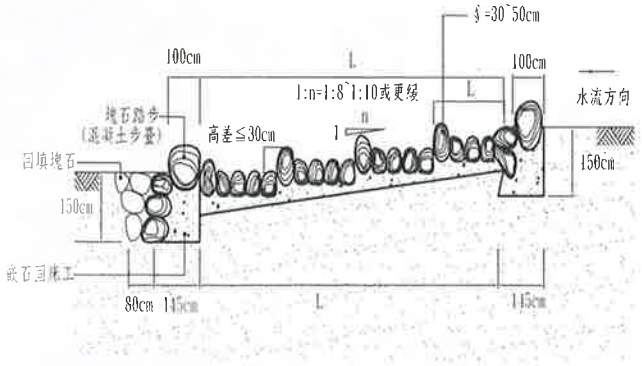


圖 2-88 階梯式固床工斷面圖

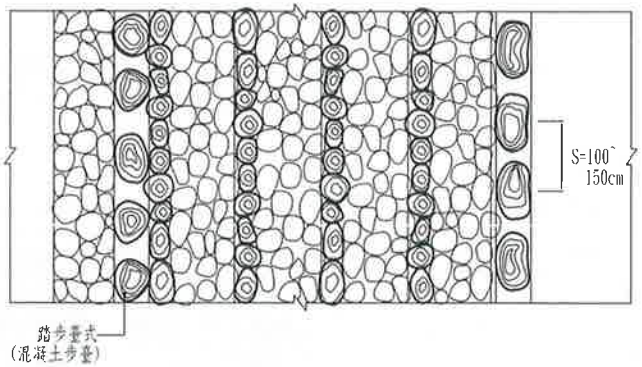


圖 2-89 階梯式固床工平面圖

4.施工案例照片

階梯式固床工以下列實際施工案例說明。



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉牡丹溪



執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣汐止市



執行單位：水土保持局第二工程所
地點：苗栗縣卓蘭鎮食水坑溪



執行單位：水土保持局第三工程所
地點：南投中寮月桃



執行單位：台中市政府
地點：台中市東山樂園



地點：日本長野縣牛伏川

照片 2-40 階梯式固床工案例

(三)石樑固床工

1.適用性

適用於常流水、河床坡度較緩、穩定性佳之河段。

2.使用說明

(1)以大型天然石塊構築於河中之橫向構造物，設計時應避免全斷面阻絕應留有高度較低之流水路，以利水生動物上下水域遷移。

(2)石樑與護岸連接觸，應嵌入護岸，以抵抗水流沖擊力。

(3)於坡度較陡處可連續設置，形成階梯式落差，使上游流速降低，增加泥沙沉降，可具有攔砂及穩定河床之功能。

(4)河床寬<12m 為原則，>12m 時視需要襯混凝土補強。

3.設計示意圖

石樑固床工係利用拱作用之原理，平面配置採用拱形，以足以抵抗水流拖曳力之大石塊作為力石，與較小之連結石緊密連結成一體，以抵擋水流及土砂壓力。溪寬較大時，拱之作用較小，石塊之重量均應足以抵抗水流拖曳力。其基礎有被淘空之虞者，可加設混凝土基座。

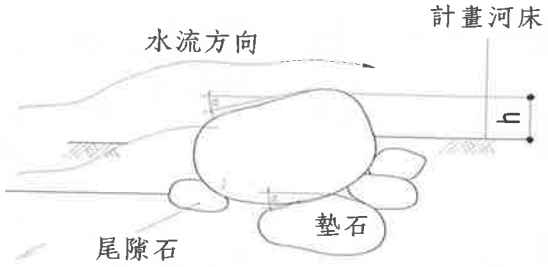


圖 2-90 石樑固床工斷面圖

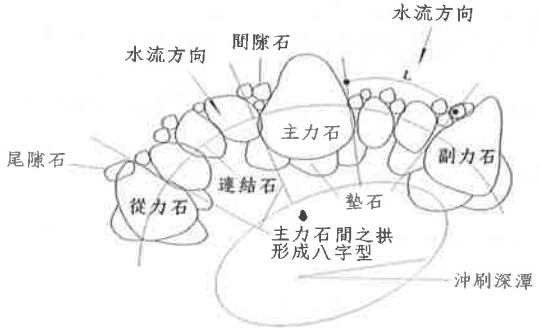


圖 2-91 石樑固床工平面圖

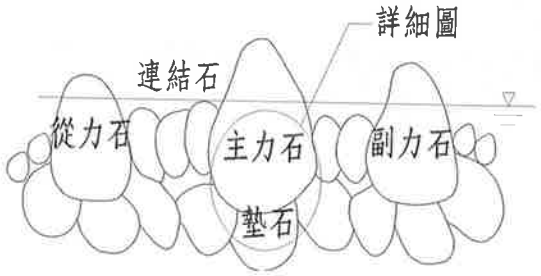


圖 2-92 石樑固床工正面圖

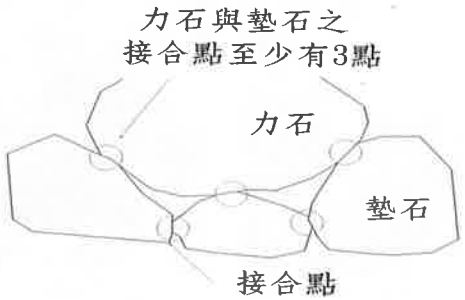


圖 2-93 石樑固床工接合圖

4.施工流程照片

石樑固床工施工流程如照片 2-41 步驟一至步驟六之施工方式。

【步驟一】基礎開挖：放樣後基礎開挖。

【步驟二】塊石排列：以主石、副石、從石等依序排放塊石排列成鋸齒狀，石材長徑順水流方向，尖部朝上游，塊石需要緊密靠攏，石縫填小塊石。

【步驟三】機具施工：可砌石之怪手於下游面負責砌石工作，上游機具負責回填小塊石及水密工作。

【步驟四】頂層堆疊：砌石需師傅指導，尤其於頂層堆疊。

【步驟五】砌石孔隙填補：人工填塞小塊石及水密工作。

【步驟六】工程完工：工程驗收完成之最後階段。


【步驟一】基礎開挖


【步驟二】塊石排列


【步驟三】機具施工


【步驟四】頂層堆疊


【步驟五】砌石孔隙填補


【步驟六】工程完工

照片 2-41 石樑固床工施工流程步驟

5.施工案例照片


執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉平林溪軟橋段


執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉牡丹溪


執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉丁子蘭坑溪


執行單位：台北市政府建設局
地點：台北市萬壽路野溪


執行單位：水土保持局第一工程所
地點：台北縣雙溪鄉后番子坑溪


地點：日本長野縣牛伏川

照片 2-42 石樑固床工案例

六、魚道

於河溪內構築之魚類通道，以供魚類活動及迴游之工程構造物。以下針對河溪生態工程可茲應用之魚道類型、使用說明、設計及案例圖說敘述如下：

魚道基本設計原則如下：

(1)可藉由提供超額流速及落水聲來產生集魚效果。

(2)需依現地魚群種類後，設計最大流速、最適坡度及魚道種類。

(3)由魚道游出之魚類必須被引導至正確之流場、且避免停滯於魚道之出口等。且魚道施作方向與河川流心線之交角以 30°~60°為宜。

(4)就國內實地調查而言，中上游河段之鯉科魚類跳躍高度可達 30cm 以上，故水位差之標準大約為 30cm。

(5)最大流速之設計須小於魚類之突進泳速；若無突進泳速之生態調查資料，其大小可以 10 倍之尾叉長來計算。而一般魚道之建議流速大約為 1.5m/s~1.7 m/s；但仍須依魚類特性加以改良。而魚道之設計尚須考慮最小流速，以避免魚類喪失上溯之意願，一般魚道之流速以不小於 0.4m/s 為宜。

(6)體型較大之魚類以 1.5 m ~2.5m 較佳、體型較小之魚類水深則約介於 0.3 m ~0.6m 為宜；而一般鮭魚及鱒魚之設計水深是少需介於 0.6 m ~1m。

(7)一般坡度以 1/8~1/10 為宜，但仍須配合現地環境之特性做修正；水

池型魚道之坡度則以 1/10~1/20 為宜；丹尼爾型魚道在歐美國家之設計坡度較陡，其坡度可達 1/6；而在台灣實際應用上，改良型舟通式魚道針對台灣鏟頜魚、台灣石鱝之研究，則以 1/8 為最佳坡度。

(8)開孔寬度須大於魚類之最大體寬，大致上為 30cm。

(9)一般建議水池型魚道應每隔 10 塊隔板設置一休息區；且魚道彎曲處亦需設置休息區；而丹尼爾式魚道以高程差 1.5m 或平面距離 5m~10m 之距離設置休息池較佳。

(10)魚道入口處之布置及水理設計

A.一般入口水深宜約為 1.0m~1.5m。

B.魚道入口處較容易沖蝕，應特別降低於道入口處之設計高程。

C.魚道出水處較容易淤積，故可設計多個不同水位之開口，以適應水位變化。

D.出水處若有紊流之情形，應加裝擾流版。

(一)階段式魚道

1.適用性

(1)利用階段式之設計，以達到魚類活動之效果。

(2)其適用之魚類有台灣鏟頜魚、台灣石鱝、台灣馬口魚、粗首鱲等、台灣爬岩鰍及台灣纓口鰍等。

2.使用說明

(1)設計時水位差應在 10～40cm 之間；若河口段之稚魚溯游能力較弱時水位差宜在 20cm 以下；若水位差大於 40cm 時，較不易造成不穩定流況。

(2)流速：階段式魚道中的隔板附近，魚類所對抗的流速有越流流速(Overflow velocity)V_1、落下流速 V_2(Fall velocity)與潛孔流速 V_3(Orifice velocity)等三種(如圖 2-94、圖 2-95)；又其流速計算可依下列公式(中村，1992；廣瀨、中村，1991)：

A.越流流速(Overflow velocity) $V_1 = \sqrt{gh_c}$

B.落下流速 $V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2g\Delta h}$

C.潛孔流速 $V_3 = C\sqrt{2g\Delta h}$

其中，h_1 為隔板頂端之越流水深；h_c 為臨界水深，可用以越流水深的 2/3 倍估算；V_1 為越流速度，通常等於臨界流速；g 為重力加速度=9.81m/sec^2，C 為潛孔口流速係數，通常與潛孔口形狀及平滑與否有關，Δh 則為魚道隔板上下方之水位差，則由坡度與隔板間距共同決定，水位差可由下式計算而得： $\Delta h = S \times \Delta L$，式中 S 為魚道坡度(相當於 tanθ)、ΔL 為隔板間距。

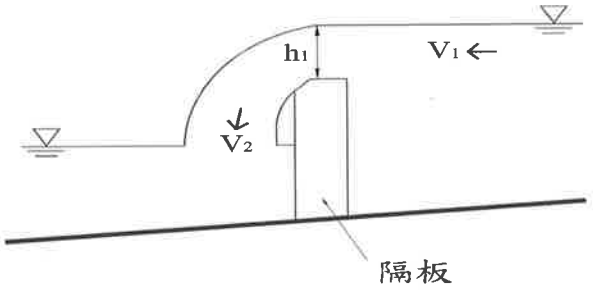


圖 2-94 階段式魚道中的越流流速(V_1)及落下流速(V_2)

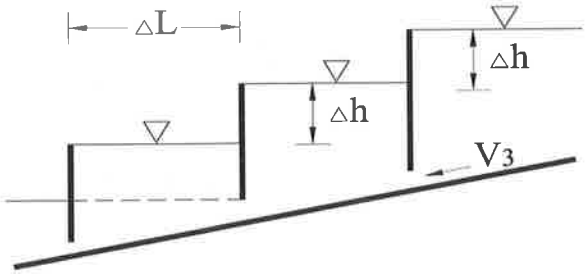


圖 2-95 階段式魚道中的潛孔流速(V_3)

(3)流況：魚道流速或流量速較小時，其流況會呈落下流狀態，此時的越流速度，相對較重要，其代表流速可用越流流速公式表示，而此流速值則與流量大小有絕對關係；又因其流量大，則相對的越流水深 h_1 增大，使的越流速度變大，如圖 2-96。而流量大增或坡度較陡之魚道，較容易發生表面流狀態，其流速則受魚道坡度控制，如圖 2-97。

A.落下流狀態代表流速

$V_v = \sqrt{2gh_1/3}$

B.表面流狀態代表流速

$V_s = 1.5\sqrt{gSL}$

S 為魚道坡度，L 為隔板間距。

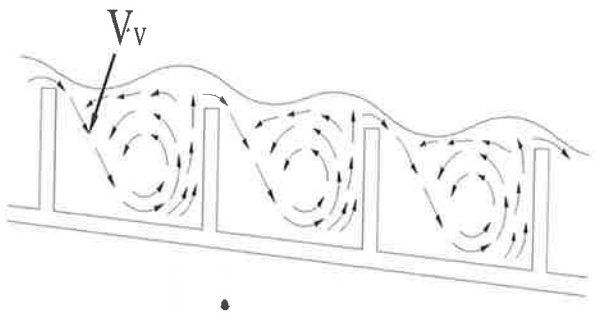


圖 2-96 落下流狀態(Plunging Flow)

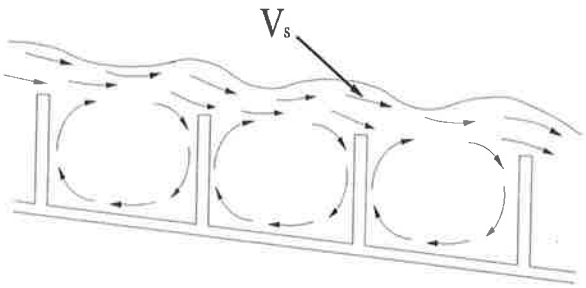


圖 2-97 表面流狀態(Streaming Flow)

(4)魚道隔板間距 ΔL 的限制：魚道隔板間距 ΔL，有一定的上下限，一方面要大於目的魚類的 3 倍體長；另一方面要控制其水位差小於規範的要求。

3.設計示意圖

階段式魚道設計方式如下圖所示。

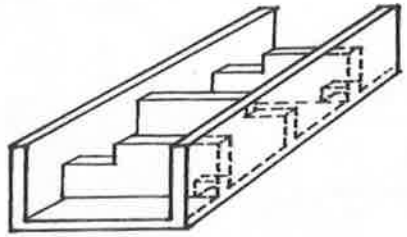


圖 2-98 階段式魚道設計示意圖

4.施工案例照片



地點：加拿大



地點：美國



地點：美國



地點：英國



地點：日本岐阜縣



地點：日本岐阜縣

照片 2-43 階段式魚道案例

(二)潛孔口式魚道

1.適用性

(1)係指將潛孔等類似的通道置於水中，以做為便利於魚類活動之構造物。

(2)其流速受水位差與閘口形狀所控制。

2.使用說明

流速　$V_3 = \sqrt{2g\Delta h}$

潛孔式魚道與水位差相關，與流量關係不大。

流量　$Q_{V3} = Cby\sqrt{2g\Delta h}$

其中 b 為潛孔寬度；y 為潛孔深度。

3.設計示意圖

潛孔口式魚道設計方式，如下圖所示。

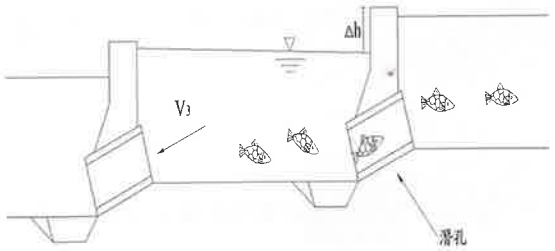
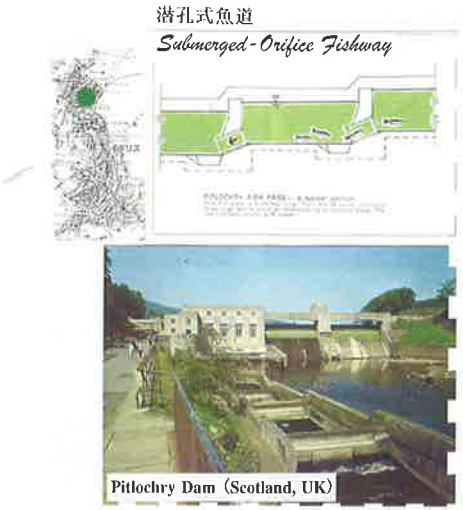


圖 2-99 潛孔式魚道設計示意圖

4.施工案例照片



地點：英國

照片 2-44 潛孔式魚道案例

(三)舟通式魚道

1.適用性

適用於跳躍性、攀爬性、甚至鰻類之魚群。

2.使用說明

(1)一般來說，舟通式魚道的入流堰頂水深多不超過 40 cm，水深太大容易因進流量大，造成流速過快；水深太小則會使入流量有限，易

造成泥沙淤塞。

(2)舟通式魚道尚需特別注意開孔之寬度，開孔寬度須比魚類之最大體寬大，一般需>30cm。

3.設計示意圖

舟通式魚道設計方式，如下圖所示。

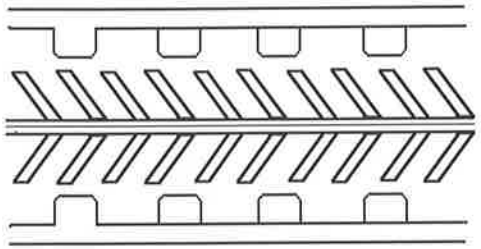


圖 2-100 舟通式魚道設計示意圖

4.施工案例照片



地點：法國



地點：日本

照片 2-45 舟通式魚道案例

(四)導流壁式魚道

1.適用性

利用隔板將通直之通道隔成迂迴狀，以減低流速及坡度，供魚群通過。

2.使用說明

(1)具有全垂直方向的缺口，能同時提供底棲性與跳躍性的魚種利用，在設計上必須特別注意控制魚道入口之尾水水位及各部位流速水深狀況，否則若魚道中水位遽降，會造成魚道失敗。

(2)此種魚道設計坡度不宜過陡，適用於水庫型魚道，通常長度會拉得很長，成本亦高，且其流速受坡度所控制。

(3)因導壁的形狀、間隔和突出的角度均有許多不同的型式，會造成一些渦流或緩流區，可提供魚類短暫休息的場所。

3.設計示意圖

導流壁式魚道設計方式，如下圖所示。

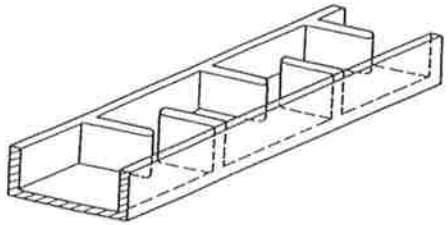


圖 2-101 導流壁式魚道設計示意圖

4.施工案例照片



地點：美國

照片 2-46 導流壁式魚道案例