SWCB-92-152



行政院農業委員會水土保持局圖書室
B000000199

自然生態工法實務應用—河溪工程篇　行政院農業委員會水土保持局　編印

B
治理組
2003

自然生態工法實務應用

河溪工程篇













行政院農業委員會水土保持局　編印

自然生態工法實務應用—

河溪工程篇

水土保持圖書室藏書

行政院農業委員會水土保持局　　編印

主委序

台灣地區隨著經濟起飛，國民對土地利用需求相對增加，山坡地開發明顯加劇；過度不合理利用水土資源，嚴重破壞生態和諧，導致自然平衡脫軌失序。近年來民眾與公部門逐漸體認到人類永續生存的目標，不僅是在追求經濟發展及富裕生活，且身為地球生態系之一分子，有義務對整個自然環境付出更多關懷與努力。因之，民眾對生態保護意識抬頭，政府部門也極力推展生態保育與環境景觀維護等永續利用相關政策，希望藉由營造生物多樣性棲地環境及工程技術之改善，為往昔遭受過度開發，粗魯對待的大地療傷止痛，讓開發行為及工程建設，不只獨惠人類，同時也給予地球上所有生物及環境同等尊重。

本會水土保持局多年來積極落實推動自然生態工法，建立了許多成功的實務案例，前經該局舉辦成果發表會，並藉由本書之出版，記錄了工作同仁過去幾年來推動自然生態工法的成果與經驗，除具特殊意義外，對自然生態工法之技術提升亦有相當大的幫助，同時也能讓社會大眾了解，公共建設在保護人民生命財產之目標外，若能妥善結合自然生態工法理念，可有效創造出坡地野溪的新風貌及農村發展的新價值。諸如：雲林縣古坑鄉華山社區成功地打開台灣咖啡故鄉名聲，為當地民眾帶來新生活商機；台東縣及花蓮縣的金針山風光讓遊客再次發現後山之美；南投縣中寮鄉從震災的重大損失中浴火重生，凝聚了更強大的社區意識；台南縣龍崎鄉埤仔溝溪的泥岩惡地，仍能展現出綠意盎然的景象。

陳總統在生態工法宣言中揭示了以「全球思考、在地行動、尊崇自然、追求永續」做為永續台灣的指導原則。我們樂於見到政府部門開始轉變，扮演自然生態工法推展的火車頭，帶領台灣地區的公共建設邁入資源永續、創新價值的新紀元，更期待有朝一日，河川野溪能在政府及全民共同努力下化身為一條條充滿生命力的綠色動脈，創造台灣永續優質生活環境。

行政院農業委員會

主任委員 李金龍 謹誌

九十二年十二月十六日

局長序

自然生態工法功能，為促進生態系之再生、保護、復原能力，及提昇溪流之適當利用，對改善生態環境，提昇生活品質有正面之意義。本局近年來為創新推動自然生態工法，積極研發設計參考圖冊，建立生態資源調查及棲地改善模式、評估指標、水理分析，集水區整體規劃設計模式，崩塌地植生工法研發，舉辦觀摩研習及研討會等，期將國內外自然生態工法相關技術，全方位落實於治山防災、坡地保育、農村建設、土石流及崩塌地處理等實務工作之上。

九二一震災之後，各地區山坡地土砂災害嚴重，使百姓生命財產安全受到威脅，惟俗語說危機即是轉機，許多災害區域，在精心規劃之下，依不同人文生態條件，導入自然生態工法整體規劃，營造具有地區性特色之個案，為當地帶來新的願景與希望，深獲百姓歡迎與肯定；本局今後將加倍努力朝防災、休閒、生態多元性整治目標發展，期以自然生態工法為主軸，結合人本關懷、地方文史、農業知識經濟、自然農學教育、生態體驗等特色，帶動發展精緻化與高附加價值之農業，建立生活、生產、生態三生一體之優質環境。

本個案彙編內容涵蓋本局近年來辦理之河溪工程、坡地保育、農村建設等整治案例，每篇內容均為同仁規劃設計施工經驗之現身說法，將規劃設計理念及成果，以圖文表照片，做最實際之敘述與說明，一方面期以實務結合理念創新之成果，提供給國內產官學界及相關機關一個正向思考與討論之空間，另一方面希望給辛苦努力之同仁，在工作與自然生態工法發展史上，留下一個美好之回憶與記錄。

行政院農業委員會水土保持局

局長 吳靜彥 謹誌

九十二年十二月十日

河溪工程

目錄

序 I

一、自然生態河溪治理之規劃設計及施工 1

二、溪流固床工生態工法之探討 21

三、既有潛壩緩坡化改良案例探討與展望 79

四、野溪整體規劃治理－以打鐵坑溪紅橋段整治工程為例 87

五、雙溪流域自然生態工法－以丁子蘭坑溪整治為例 97

六、蛻變中的樟平溪 119

七、美麗的新店溪 133

八、砂婆礑自然生態工法整治 149

九、加拿水整治十期工程 159

十、五棚坑野溪之自然生態工法 165

十一、五棚坑野溪周邊水車與自行車道工程 173

十二、羊橋自然生態工程 183

十三、南河支流蓬萊段整治工程品質管制措施 195

十四、乾砌塊石工法之探討與展望 203

十五、龍興橋上游整治 211

十六、創造華山新契機 217

十七、觀音溪土石流整治之自然生態工法 225

十八、大湖口溪整治八期工程 233

十九、九份二山柱狀透過性潛壩工法介紹 237

二十、菜寮溪整治 247

二十一、安通聚落堤防工程 253

圖目錄

自然生態河溪治理之規劃設計及施工

圖 1 溝渠化之野溪整流工程……5
圖 2 防砂堰妨礙魚類通行……5
圖 3 太高的固床工堰妨礙魚類通行……5
圖 4 光滑的混凝土面堤堤防……5
圖 5 河道蛇行波長與河寬之關係……6
圖 6 透過性防砂堰……8
圖 7 連續非透過性堰……8
圖 8 保護橋樑基礎之非透過性防砂堰……8
圖 9 柵欄護岸示意圖及圖……10
圖10 切枝壓條示意圖及圖……11
圖11 乾砌塊石護岸示意圖……12
圖12 混凝土基礎乾砌塊石護岸……12
圖13 固定填塊石護岸……12
圖14 箱籠斷面圖……13
圖15 箱籠疊砌示意圖……13
圖16 開口式固床工示意圖……14
圖17 固床工下游拋塊石……14
圖18 階段式固床工……14
圖19 斜坡式固床工……15
圖20 複式斷面固床工……15
圖21 排砌大塊石固床工示意圖……15
圖22 正確之砌築方式……18
圖23 錯誤之砌築方式……18

既有潛壩緩坡化改良案例探討與展望

圖 1 施工前……80
圖 2 施工後……81
圖 3 剖面圖示意圖……81
圖 4 花蓮縣白鮑溪……82
圖 5 正面圖……82
圖 6 上視圖……82

野溪整體規劃整治－以打鐵坑溪紅橋段整治工程為例

圖 1 打鐵坑溪紅橋段整治工程地形圖……88
圖 2 紅橋石碑……90
圖 3 紅橋周邊綠美化……90
圖 4 整流工斷面規劃圖……90
圖 5 親水設施平面圖……91
圖 6 斜坡式固床工斷面圖……92
圖 7 涼亭及石椅示意圖……93

雙溪流域自然生態工法－以丁子蘭坑溪整治為例

圖 1 平面圖……106
圖 2 TYPE1型式護岸……107
圖 3 安山岩石板階梯示意圖……107

圖 4　TYPE2型式護岸……108
圖 5　TYPE4型式護岸……108
圖 6 步道及植生綠美化平面示意圖……109
圖 7 木製涼亭……109
圖 8 親水橋上游自然生態保護區……110
圖 9 岸邊植被良好……110
圖10 深潭及淺灘……110
圖11 自然景觀……110
圖12 自然景觀(湍瀨)……110
圖13、14 水域生態資源……111
圖15 自然生態工法整治全貌……111
圖16 ……111
圖17 親水階梯固床工深潭……111
圖18 觀景台景觀石……112
圖19 沿溪步道……112
圖20 沿溪步道……112
圖21 右岸生態池……112
圖22 複式護岸……112
圖23 一期整治圖……113
圖24 一期整治……113
圖25 右岸支流上游崩塌處理圖……113
圖26 原產業道路銜接步道系統……113
圖27 步道平面圖……114
圖28 步道平面圖……114
圖29 舖設安山岩步道大樣圖……115
圖30 步道拱橋……115
圖31 親水橋以上沿溪環山步道系統……116
圖32 沿溪步道拱橋……116
圖33 沿溪步道……116
圖34 沿溪步道……116
圖35 環山步道……116
圖36 沿溪賞魚步道……117
圖37 沿溪賞魚步道……117
圖38 砌石拱形固床工……117
圖39 河道拱形固床工……117

蛻變中的樟平溪

圖 1 順豐橋生態池……120
圖 2 下水堀農塘……120
圖 3 下水堀野溪整治護岸步道……121
圖 4 下水堀野溪整治護岸右岸……121
圖 5 順豐橋生態園區……121
圖 6 下水堀野溪整治上游……121
圖 7 順風橋植物園……122
圖 8 下水堀野溪整治固床工……122

圖 9 下水堀野溪整治護岸週邊……122
圖10 下水堀野溪整治階梯護……122
圖11 護岸 A 設計圖……123
圖12 護岸 A 完工圖……123
圖13 護岸 B 設計圖……124
圖14 護岸 B 完工圖……124
圖15 階梯護岸設計圖……124
圖16 階梯護岸完工圖……124
圖17 斜坡式固床工設計圖……124
圖18 階梯式固床工設計圖……124
圖19 固床工完成圖……125
圖20 跌水工設計圖……125
圖21 跌水工完成圖……125
圖22 坡頂排塊石設計圖……126
圖23 排塊石步道完成照……126
圖24 邊坡綠美化圖……126
圖25 邊坡植生圖……126
圖26 下水堀農塘圖……126
圖27 生態池之景觀瀑布……126
圖28 步道設計圖……127
圖29 藥用植物園……127
圖30 拱橋設計圖……127
圖31 拱橋完成圖……128
圖32 欄杆設計圖……128
圖33 永豐橋橋墩改善及欄杆更新……128
圖34 下水堀涼亭……129
圖35 姜子寮農塘……129
圖36 候車停……129
圖37 下水堀親水護岸……129
圖38 堤頂步道……129
圖39 月桃橋下游砌石護岸……129
圖40 生態公園……130
圖41 兒童遊憩設施……130
圖42 植物園步道……130
圖43 下水堀停車場場照片……130
圖44 親水及休憩步道……130
圖45 人行拱橋……130
圖46 下水堀砌石護坡1:1.5(下游)……131
圖47 下水堀砌石護坡1:1.5(上游)……131
圖48 下水堀砌石護坡1:0.4……131
圖49 下水堀野溪河床整治後狀況……131
圖50 固床工照片……131
圖51 跌水工照片……131

圖目錄

美麗的新店溪

圖 1 新店溪永興段位置圖……133

加拿水整治十期工程

圖 1 基礎預鑄單元詳圖……160
圖 2 護岸預鑄單元詳圖……161
圖 3 預鑄單元堆疊組合詳圖……162

五棚坑野溪之自然生態工法

圖 1 往下游施工前……168
圖 2 往下游施工後……168
圖 3 往上游施工前……168
圖 4 往上游施工後……168
圖 5 潛堰……169
圖 6 固床工……169
圖 7 乾砌塊石護岸……170
圖 8 凹岸以混凝土漿砌加強……170
圖 9 拋石處理……171
圖10 岩坡拋石處理……171
圖11 落差處理……171
圖12 景點營造……171
圖13 糯米橋……172
圖14 水橋……172

五棚坑野溪周邊水車與自行車道工程

圖 1 以角鋼及木板懸空架構之木棧道，盡量避免破壞原有地被及生態……175
圖 2 以透水性材料鋪底之連鎖磚步道……175
圖 3 以壓花地坪構築，提升景觀效果……176
圖 4 未施工之水橋……176
圖 5 施作欄杆之水橋……176
圖 6 木棧道剖面圖……177
圖 7 連鎖磚及高壓界石設計圖……177
圖 8 水橋步道設設計圖……178
圖 9 糯米橋……178
圖10 龍鳳瀑布……179
圖11 阿冷溪水……179
圖12 北圳上的水車……179
圖13 茄苳樹步道附近的檳榔園……180
圖14 北港溪的暮色……181
圖15 地方人士協調工程用地……181

羊橋自然生態工程設計

圖 1 上游源頭崩塌及河岸沖刷……183
圖 2 中游河岸沖刷……183
圖 3 下游河道淤積……183
圖 4 治理位置圖……184

圖目錄

圖 5 治理前暴雨情形(91/08/05)……184
圖 6 RC 基礎箱組立……184
圖 7 型鋼框架組立……185
圖 8 覆土完工後八個月……185
圖 9 羊橋整治二期工程地形平面圖……185
圖10 日本禿頭鯊……186
圖11 拉氏清溪……186
圖12 鱸鰻……186
圖13 貪食沼蝦……186
圖14 整流工護岸設計圖……188
圖15 型鋼框架菱形網護岸……189
圖16 回填溪床料……189
圖17 帶工箱基礎箱及護岸花台箱設計圖……189
圖18 帶工箱……190
圖19 基礎箱……190
圖20 護岸花台箱……190
圖21 生態水潭……190
圖22 轉彎處河道加寬超高……190
圖23 丙種生態水潭設計圖……191
圖24 多孔巢箱設計圖……191
圖25 水池……191
圖26 生態水池……191
圖27 基礎箱……192
圖28 透水性帶工……192
圖29 透水性帶工設計圖……192
圖30 基礎帶工箱……193
圖31 基礎箱排列……193
圖32 生態遊憩賞景區……193
圖33 田園生態教育遊憩區……193
圖34 社區居民參與生態維護與防災……193

南河支流蓬萊段整治工程品質管制措施

圖 1 護岸固床工設計圖……197
圖 2 0+122(二期)基礎頂寬尺寸……198
圖 3 0+168(二期)隔牆處理斜率檢查……198
圖 4 5 6 0+016~0+040(二期)砌石護岸施工不平順改善前中後圖……198
圖 7 混凝土鑽心體現場取樣……198
圖 8 抗壓試驗……198
圖 9 混凝土構造物穿透厚度檢查……198
圖10 混凝土基座施工前承包商自主檢查……199
圖11 混凝土基座施工中承包商 自主檢查……199
圖12 混凝土基座施工後承包商自主檢查……199
圖13 承包商施工長度自主檢查……199
圖14 承包商施工高度自主檢查……199
圖15 第一期完工後……200

圖16 第二期完工後……200
圖17 野溪中豐富的魚群……201
圖18 岸邊保留的大茄苳樹……201
圖19 野溪整治前……201
圖20 野溪整治後……201
圖21 地主以自然材料營造美麗庭園……201
圖22 休閒活動場所……201

乾砌塊石工法之探討與展望

圖 1 圍砌及五圍砌……204
圖 2 錯誤凌亂的堆砌方式……204
圖 3 單調顏色鋪面……205
圖 4 多樣性景觀視覺效應……205
圖 5 野溪護岸……205
圖 6 防砂壩……205
圖 7 跌水工兼魚道……205
圖 8 擋土牆……205
圖 9 較陡的斜率不利於人類及稍大型野生動物對水域的親近與活動……206
圖10 減緩坡面斜率之設計……206
圖11 設置寬廣之階梯……206
圖12 混凝土構造物大量使用影響乾砌石工法之效益……207
圖13 盡量減少背後混凝土之使用……207
圖14 加強基礎保護構造物……207
圖15 設置消能跌水工……207
圖16 舊有自成穩定生態系之溪流……208
圖17 為一小段破壞而編列整筆溪流治理經費……209
圖18 構造物正面維持環境景觀……209
圖19 周邊環境凌亂破壞景觀……209
圖20 具整體景觀視覺美感之治理成果……209
圖21 其他自然資材利用之工法……210

創造華山新契機

圖 1 華山溪土石流整治工程區域位置圖……218
圖 2 華山土石流淹沒民宅情形89 06 14……218
圖 3 華山土石流改道災害情形89 06 14……218
圖 4 華山地區土石流防治工程分佈情形……219
圖 5 明治砌石壩施作方法……220
圖 6 乾砌石護岸施作情形……220
圖 7 以連續壩改變坡度減緩流速……221
圖 8 原有拋物線型砌石壩……221
圖 9 以連續壩改變坡度減緩流速……221
圖10 預定施設沉砂位置……221
圖11 華山橋通水斷面不足……221
圖12 新華山橋通水斷面不足……221
圖13 梳子壩設計符合自然生態原則……222

圖14 源頭治理以打樁編柵配合植生……222
圖15 砌石壩符合生態原則……222
圖16 砌石壩符合生態原則……222
圖17 以廢輪胎保護梳子壩……223
圖18 乾砌石護岸符合自然生態原則……223
圖19 植塊石護欄完工情形……223
圖20 植塊石護欄配合植生情形……223
圖21 虛無縹緲的華山……224
圖22 燦爛的華山夜景……224

觀音溪土石流整治之自然生態工法

圖 1 觀音溪集水區面積圖……226
圖 2 集水區桃芝颱風土石流災情……226
圖 3 集水區桃芝颱風土石流災情……226
圖 4 源頭崩塌地處理……227
圖 5 上游設置之梳子壩……227
圖 6 中游地區之疏濬工程……227
圖 7 支流整治前圖……228
圖 8 支流整治後圖……228
圖 9 炭石護岸設計圖（單位：cm）……229
圖10 炭石護岸完成圖圖……229
圖11 炭石固床工設計圖（單位：cm）……229
圖12 斜坡式固床工完成照……229
圖13 工程施工前圖……230
圖14 工程完工後圖……230

九份二山柱狀透過性潛壩工法介紹

圖 1 九份二山大崩塌造成嚴重災害……237
圖 2 澀子坑地區因九二一地震造成山麓大面積土石大移……237
圖 3 韭菜湖堰塞湖……238
圖 4 澀子坑堰塞湖……238
圖 5 整體規劃及建設圖……239
圖 6 緊急溢洪道開挖情形，完成1450公尺溢洪道……240
圖 7 緊急溢洪道排砌大塊石排水情形，完成290公尺溢洪道兩岸及底部排砌大塊石以穩定河床……240
圖 8 新型生態式防砂壩施工後，完成主壩(梳子壩)長131公尺，高14公尺；副壩長84公尺，高8公尺……240
圖 9 九份二山柱狀透過性潛壩完工後情形……241
圖10 九份二山透過性潛壩設計詳細圖……243
圖11 未排砌塊石前……244
圖12 排砌塊石後……244
圖13 桃芝颱風後溢洪道下切情形……244
圖14 柱狀透過性潛壩施工前……244
圖15 柱狀透過性潛壩施工後……244
圖16 系列柱狀透過性潛壩完工後……245
圖17 柱狀透過性潛壩具有生態性且有穩定河床功能……245

圖目錄

圖18 石門景觀設施……245
圖19 傾斜屋景觀……245
圖20 紀念碑景觀設施……245
圖21 生態教育中心建築透視圖，位於投147縣道南港二號橋旁……246
圖22 生態教育中心全區鳥瞰圖，其包括主體館停車場及周遭環境……246

安通聚落堤防工程

圖 1 安通溪集水區位置圖……253
圖 2 河道受縱向侵襲，部份原有鼎形墝傾倒……254
圖 3 原有石籠受擠壓破壞情形……254
圖 4 河道受橫向侵襲，沖蝕兩岸農田情形……254
圖 5 農民灌溉渠道基礎被淘空情形……254
圖 6 工程配置圖……256
圖 7 增加表面孔隙度及粗糙度，提供水位以下魚蝦棲息生存空間……257
圖 8 於砌石堤防石縫中填入植生基材及先期植生植物，二個月後本地植物迅速導入情形……257
圖 9 打樁編柵有效防止坡面沖蝕，穩定坡面及利用當地石塊乾砌成護岸，保護崩塌地基腳……257
圖10 設置魚梯，讓迴游性魚類能回到上游……257
圖11 保持原有的水體環境……258
圖12 對原生樹木加以保存及保護……258
圖13 工程位置圖……258
圖14 大興村街道被土石掩埋……259
圖15 大興溪被土石填滿……259
圖16 民宅遭土石掩埋……259
圖17 橋樑受土石衝擊破壞……259
圖18 工程配置圖……260
圖19 堤防以現地巨石乾砌，提供生物棲息空間……261
圖20 堤後以斜率1：3回填天然級配並植生，將綠帶與藍帶連結……261
圖21 就地取材，利用當地石塊乾砌成護岸，保護崩塌地基腳……261
圖22 使用自然材質打樁編柵防止坡面沖蝕……261
圖23 以透過性梳子壩取代傳統潛壩，減少棲地的縱向隔絕……261
圖24 工前舉行地方說明會情形……262
圖25 熱心的許村長及吳理事長協助監工……262
圖26 利用村里的活動，對村民做防災教育宣導……262
圖27 舉行砌石工法訓練情形……262
圖28 大興村村長代表村民頒發感謝狀給本所……262

表目錄

自然生態河溪治理之規劃設計及施工

表 1 河幅係數參考表……6
表 2 最小粒徑與流速之關係表……11
表 3 乾砌石護岸高 H 與粒徑 B 之比值表（H／B 值）……11

表目錄

南河支流蘆萊段整治工程品質管制措施

表 1 分年分期治理表……196
表 2 品質管制組織架構……197
表 3 施工品質管制執行情形一覽表……200

自然生態河溪治理之規劃設計及施工

謝金德

(行政院農業委員會水土保持局簡任技正)

摘　要

自然生態工法在歐美等先進國家發展已有四、五十年歷史，生態環境之保育近年來普遍獲得國內各界重視，自然生態工法已獲各機關之重視並積極推展。本文就自然生態工法之沿革、國內推展情形、河溪治理計畫基本理念及規劃設計原則、各種經濟實用工法之設計分別介紹，謹供參考。

1 前言

台灣地區近十幾年來經濟及建設蓬勃發展，各項建設如河溪治理等工程主要考量為如何保護生命財產，相關工程均講求安全性及耐久性，新建構造物多以混凝土為主體，因而忽略了對生態環境造成的破壞與衝擊。然而近年來人們除了對於生活水準之品質要求逐漸提高，對於自然環境及景觀美化之關心程度也越高。此外人們對於如何保護與人類生活密切的溪流生態環境、水及綠資源，也漸付予最大的期盼。反觀國外如歐美日等先進國家研究發展及推行自然生態工法已久，工程建設兼顧了生態環境的保育，真正的提高了生活品質。有鑑於此，國內近年來各機關亦積極推行自然生態工法，使其成為國家綠建設的一個重要指標。吾等從事水土保持、水利、景觀及一般土木工程相關人員，自當以發展及推行自然生態工法為己任。

2 生態工法之定義

依91年8月行政院公共工程委員會生態工法諮詢小組之研議，生態工法之官方定義為：基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎，安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害。

3 自然生態工法之沿革

自然生態工法乃源自歐洲德國及瑞士，1938年德國 Seifert 首先提出近自然河溪整治的概念，1962年 H.T.Odum 首度提及生態工程（Ecological Engineering）一詞。1991年在瑞典的 Trosa 第一次針對生態工法舉辦國際性研討會，1993年國際生態工法協會（International Ecological Engineering

Society，IEES）在荷蘭 Utrenht 成立。1995年在瑞典 Stantsund 召開生態技術會議，1996年在丹麥哥本哈根召開之生態高峰會議將生態工法列入生態學新領域中。嗣後自然生態工法之學術活動持續在歐美先進國家進行，自然生態工法亦普遍獲得採行，其規劃設計亦更加純熟，在1996年中國大陸北京也第一次召開了遠東地區生態工法研討會。

4 國內自然生態工法推展情形

國內推展自然生態工法時間並不長，近五、六年來各機關才開始較積極研究發展。農委會及經濟部水資源局於87年首先舉辦中日溪流生態保育研討會，農委會及特有生物保育中心亦於87年及88年舉辦水土保持工程人員生態保育研究班。經濟部水資源局復於88年舉辦水資源保育技術生態工法研討會。農委會於90年成立生態工法推動小組，其所屬水土保持局及林務局並分別成立工作群積極推行自然生態工法。行政院公共工程委員會亦於91年4月成立生態工法諮詢小組並輔導各部會及各縣市政府成立生態工法推動小組。生態工法之推展可說甚為積極。

5 自然生態河溪治理計畫基本理念

有關自然生態河溪之治理，瑞士專家克里斯汀・蓋迪提出之近自然河川設計之理念最具代表性，茲摘要敘述如下各節：

5.1 將流域整體納入視野

①河川形態和流域狀況之緊密關係

溪流的整治不能光是滿足水文學及防洪的需要。水匯成流，是大地的一部分，必須考慮它對整個生態系的重大意義。流域內的市鎮，村落的形成狀況和該流域的河川形態有密切關係，影響極為深遠。應用近自然河川工法實行河川整治時，要把這些全部納入考慮。由於市區的擴展，農地轉變為建物及道路等不透水表面增加，滲透水減少，地表逕流及洪峰流量增加，結果洪患一再發生。對河川整治工程來說，防洪雖是首要課題，也必須把河川從上游到下游整個流域的自然運作機制掌握，以及思考在自然人文景觀中要如何對待它。

②和生態學者討論之基礎作業

自然河流和經過幾何形狀式整治的河道之間，其動物相及植物相有顯著的差異。為了使整治之河川與自然河川相近，和生態學者與自然科學方面具專業知識的人討論，是不可或缺的基礎作業。

5.2 準備多樣的工法及材料

①順應自然，採用合適的工法

在實施河川相關工程時，必須順應自然，尋找合適的工法，以柔和的方式處理。基於此項原則，工程人員計畫河川整治前應先考慮以下各點：

—該計畫所包含的改變及施工，對自然來說是必要的嗎？

—所設定的目標可不可以藉由更少的改變及施工來達成？

—用何種方法及何種材料，才能相對減輕對自然造成的負擔？

②運用多種建材及工法的組合

在決定整治計畫時必須要選擇最適當的組合，工法的選擇優先順序如下：

使用生物材料的工法

使用混合自然材料（植物、木材或石材）的工法

使用堅固材料（木材、石材、混凝土）的工法

5.3 多樣的水岸空間

因水流造成河岸淘刷，為了安全考量，雖有必要設施工程加以保護，但應儘可能增加水流的變化，選擇使用與其危險性相應的工法。從堤防表面植草木或讓草木自然生長這種較柔和的方式，到採用大石材或堅固的混凝土的硬式工法都有可能。例如生物工法在堤岸上種植柳樹，利用柳樹強韌的生命力，可緊緊把土壤抓住。河畔植物可提供魚類許多藏身的場所，樹蔭可防止藻類過度繁殖，在洪水時水流可因樹叢、灌木而減弱，成為容易被洪水沖走的水生動物的保護地帶。此外植生材料和石材混合使用，在很多的場合都有好處。塊石結合樹木，樹根可固定背後的砂土材料，同時洪水來時其枝葉可減緩水勢，樹幹可直接保護河岸。

是否使用生物材料或用其他方法保護河岸，應視實際狀況來決定。在一定區間範圍內，可讓河川有自行發展的餘裕。並不是所有受侵蝕的部份都得把它隔堵才行，受蝕河岸也提供了各種生物的生存空間。工程師不必在任何地方都要求採用完美的技術，有些時候也該有放手讓自然自行運作的體悟。

5.4 考慮洪水的危險度

在自然河川整治裡，對工程師來說，最重要的問題雖然仍是安全性。但顧慮安全的同時應思考洪水發生時，那些事是可以被容許的，河川裡有沒有這樣的地方？

—有沒有可以被浸蝕，或被砂石堆積的地方？

—有必要窮盡一切工程技術來保護鄰近的草地或森林嗎？

—有沒有一些地區是偶爾淹水也不要緊的？

—有沒有一些地區是可以承擔較低安全性之風險？

—有沒有可以在不損害防洪安全性的同時，又能種植河畔林及樹叢的地方？

—在安全界線內，有沒有能容許河川儘可能自由發展的地方？

自然本身是我們最好的導師，把自然河川溪流看成環境中的活元素，用心觀察，把感情放進去，應該可以得到最佳的處理方案。

6 國內河溪治理工法之檢討

6.1 護岸工程

採用1:0.3～1:0.5（垂直與水平比）斜率，坡度陡且表面光滑的混凝土構造，使得水岸空間消失，不利動植物生存。

6.2 堤防工程

採用混凝土堤面，表面光滑的混凝土，不利動植物生存，對生態造成衝擊，景觀也不好。

6.3 整流工程

採用混凝土砌石或混凝土護岸及混凝土舖底，縮小河道並截彎取直，使河道溝渠化。遇洪水流速增加，加大下游洪峰流量及減少滲透水，影響水源涵養。河道原有深潭及淺灘消失，使水生動物缺乏生存空間及避難處所。即使沒有混凝土舖底，除將滲透水影響減少外，其他對生態環境不利因素仍然存在。

6.4 固床工

固床工落差大都大於一公尺以上，阻斷魚類通路。河道寬廣，縱坡平緩，縱向沖蝕輕微之河段，亦大量施設固床工，難以形成深槽，不利水生動物之生存。

6.5 防砂堰

在溪床沖刷嚴重容易引起邊坡崩坍或影響橋樑及道路基礎安全之處興建防砂堰，藉淤砂提高河床以穩固邊坡及基礎，此法雖然有效但仍屬不得已之手段。但在沖刷輕微或淤積河段，興建以攔砂為目的之非透過性防砂堰其功能有限，甚至可能導致河道失去平衡。尤其在有常流水之處興建此種防砂堰，對魚類之通路及迴游造成嚴重的阻礙。



圖1 溝渠化之野溪整流工程



圖2 防砂堰妨礙魚類通行



圖3 太高的固床工堰妨礙魚類通行



圖4 光滑的混凝土面堤堤防

7 自然生態河溪治理工程規劃原則

自然生態工程之規劃設計，在以安全為導向之原則下，應充分考慮對生態環境的影響，整治完成後應使其衝擊減少至最低程度。

7.1 計畫洪水量

依水土保持技術規範第156條規定，防砂堰、潛堰、整流工程、堤防、護岸及丁堰等；設計洪水量之估算以50年一次頻率之降雨量計算。排洪斷面除出水高外，尚應考慮洪水所夾帶泥砂而加大其斷面10%～50%。基於工程安全，治理工程一旦決定施設，其設計標準自不能改變。

7.2 計畫河幅

河溪整治以不縮小原河寬為原則。對自然河川來說，其河寬本來就是寬窄不一，故整治時不必然要求全部等寬。寬度不足之河段原則上應予拓寬，惟如兩岸屬低度利用土地，暫時的淹水不致發生災害及河水改道，應考慮不予拓寬。對於寬度較大之河段，則儘量保留，除因事實需要不得已才予以縮小。較寬河道的保存，可維持河道滯洪功能，亦可提供動植較多

的生存空間。

整治河寬之決定，可參考水土保持工程手冊，以下列公式概估決定

$B=\beta Q_P^{\frac{1}{2}}$　　B：寬度

Q_P：計畫洪水量　　β：係數，可由表1選定

表1　河幅係數參考表

集水區面積（Km^2）A	β值
A≦1	2-3
1＜A≦10	2-4
10＜A≦100	3-5
100＜A	3-6

上式估算值僅供規劃參考，實際斷面於設計時，應再參酌工程地點、土地利用、工程用地、生態環境等做詳細之水理計算後修正之。

7.3 計畫堤線

河溪之改善，應避免過度之截彎取直，保持河道適當之蜿蜒蛇行，可保存原有多樣性的河川生態。河溪的深潭在枯水流量時，提供魚類生存的空間；淺灘則提供魚類在洪水時避難的場所及兩棲動物的生存空間。唯有蜿蜒蛇行的溪流，才能保有深潭及淺灘。蛇行波長一般採用約8～20倍之河寬。惟土石流潛勢溪流之防治，基於安全考慮，計畫堤線不能過於彎曲，以免土石流直衝釀災。

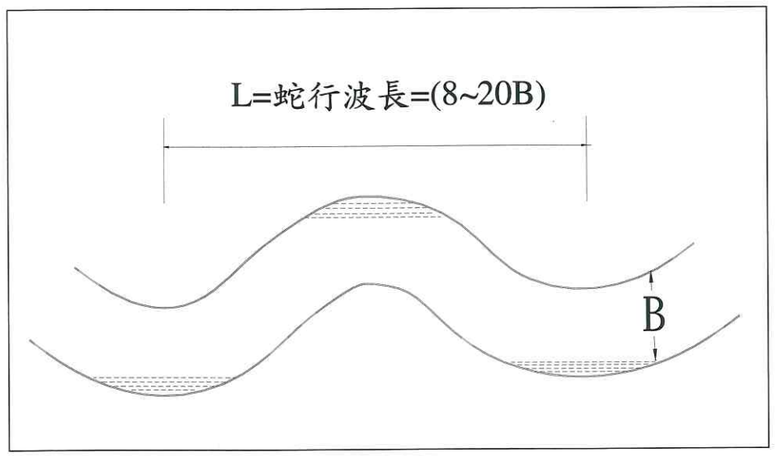


圖5 河道蛇行波長與河寬之關係

7.4 計畫河床坡降

除非原有河道有明顯的縱向刷深或傾向，否則河床坡降不宜輕易改變。如欲改變河床坡降，勢必建造較多的橫向構造物如潛堰、固床工或跌水等。而這些構造物往往會阻礙魚類的通行。水土保持工程手冊整流工程章，補充說明第3點提及「相鄰固床工之計畫河床坡度為原河床之二分之一為原則」之說法應有再斟酌之必要。

7.5 計畫水深

一般山坡地野溪坡降較大，設計水深大，則其流速亦大，破壞力較強。以自然生態工法而言，構造物較易被破壞。故山坡地野溪整治工程之計畫水深以在1～2公尺為宜，其流速則以不超過水土保持技術規範第198條規定之最大容許流速為限。

7.6 凹岸深潭

河道凹岸通常也是深潭所在，凹岸受洪水沖刷，常引起崩坍及土地流失。山坡地野溪之凹岸有些岩層已經裸露，除非是較脆弱之軟岩或容易崩坍之順向坡，否則不必刻意施設構造物加以保護。對於河幅較寬，凹岸土質不良易因淘刷引起崩坍或土地流失之處，可配合施設丁壩。亦可拋大塊石，不得已時可採用混凝土鼎形塊。混凝土鼎形塊景觀雖不佳，但對生態影響不大。

7.7 凸岸淺灘

凸岸通常也是淺灘之所在。河溪整治時在曲線段均應予加寬，而加寬位置就在凸岸那一側。加寬度越大，形成淺灘面積亦越大。

7.8 固床工

有常流水魚類生存之溪流，不得已施設固床工或跌水時，其落差以小於30公分為原則，落差較大之固床工或潛堰以階段式或斜坡式之設計為宜。對於河道寬、縱向沖刷較小之河段，可施設開口式固床工。

7.9 防砂堰

7.9.1 防砂堰之類型

防砂堰依其功能可分為透過性與非透過性兩種。透過性堰亦稱為開口堰，細顆粒土砂可通過堰身開口流出，僅能攔阻較大顆粒之土石。細顆粒土砂流出，下游河道得以維持平衡。透過性堰淤滿後應清除淤砂，平時保持空庫。透過性堰如梳子堰及切口堰等，除可調節泥砂流出量外，亦可讓魚類通行，對生態環境衝擊較小。非透過性防砂堰較易引起下游淘刷及妨

礙魚類通行，對生態環境衝擊最大。有常流水且魚類通行較多之處，除非為防止河岸邊坡嚴重之崩坍及橋樑基礎，否則不宜施設。

7.9.2 防砂堰類型選擇原則

①土石流潛勢溪流上游之發生段及流動段，為防止溪床沖刷引起兩岸邊坡崩坍，可興建低矮之連續非透過性堰。

②土石流潛勢溪流中下游為攔阻土石流，調節土石流流量，庫容較大且可清除淤砂之處興建透過性堰。

③一般野溪上游沖刷嚴重易引起兩岸邊坡崩坍或橋樑基礎嚴重刷深，必須藉防砂堰之淤砂以穩定坡腳及保護基礎者，應興建非透過性堰。





圖6 透過性防砂堰



圖7 連續非透過性堰



圖8 保護橋樑基礎之非透過性防砂堰

7.10 工程材料之選擇

工程材料選用之優先順序為生物材料，天然石材及人造資材。

①生物材料

對於河床坡降平緩、水流速度慢、高度不大，惟土質鬆軟之河岸，以生

物材料護岸為最佳選擇。樹木的根部可緊緊的把土壤抓住，河畔植物提供魚類藏身及避難場所。樹蔭可防止藻類過度繁殖，亦為魚類喜棲息的處所。此種河岸不僅可保育河中及河岸生物基本生存空間，亦可發揮環境綠美化之效果，達到生態共存共榮之境界。

②天然石材

天然石材如卵石、塊石因其顆粒較組，可抵抗沖刷及水流之拖曳力。且天然石材組成之構造物表面粗糙、孔隙多，利於動植物之生存。一般山坡地野溪此種資材較多，如能就地取材，施工快速且經濟。如以石材與植物材料混合使用，塊石結合插枝而生存的樹木可以保護河岸，樹根可固定背後的土砂材料，強化石材間的結合。

③人造資材

部份野溪河川天然石材有限，如由他處大量挖採石材，亦可能對當地生態環境產生較大之衝擊，在考量結構安全及經濟之前提下，使用人造資材以替代天然石材實有其需要。人造資材包括混凝土、消波塊、護坡植生框、格網、箱籠及蛇籠等。其選用應就功能、生態、經濟及景觀等四方面加以評估。

8 自然生態工法構造物之設計

8.1 自然生態工法構造物設計基本原則

①表面粗糙化

②堰體低矮化

③坡度緩平化

④材質自然化

⑤施工經濟化

8.2 河道縱橫斷面設計

①有常流水之河段設法保存原有深潭及淺灘。

②縝密檢討固床工及潛堰設置之必要性。對於縱向沖刷輕微之河段應避免施設，如為防止局部護岸基礎被刷深而失敗，可加深基礎並設置基礎保護工。

③為保有原有深潭，應避免於該河段內設置固床工或潛堰。

④凹岸如需施設護岸，除增加超高外，其計畫河床高度應較河床中心線低，基礎應視原有深潭深度及地質情況予以加深並置設基礎保護工。

⑤曲線段凸岸側加寬河幅約20%，以利淺灘之形成。

⑥減少直線形式之縱斷面及橫斷面設計。

8.3 構造物設計

8.3.1 柵欄護岸

以一般圓木樁及橫隔材組成。木樁打入基礎深度以全長之二分之一以上為原則，橫隔材可用圓木或編柵材料。編柵材料可採用樹枝末梢枝條或竹片。

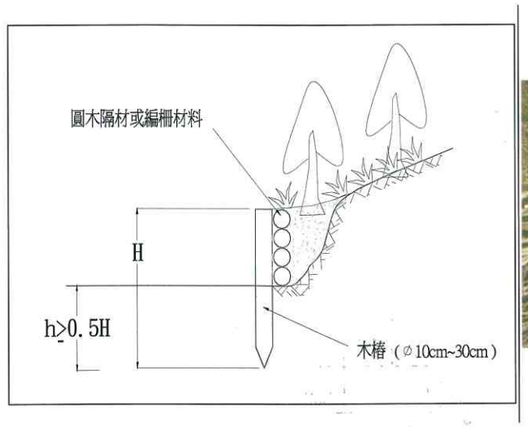
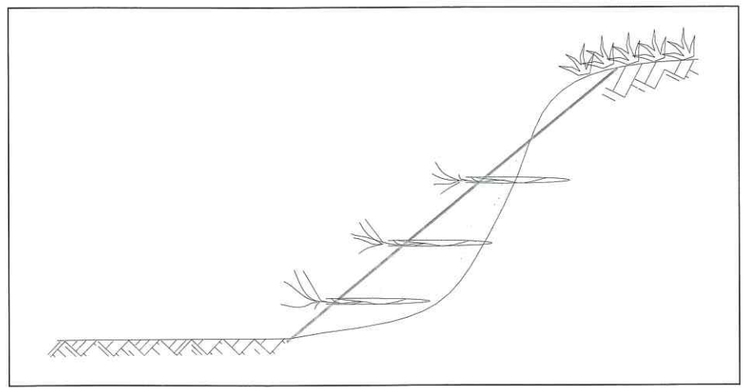




圖9 柵欄護岸示意圖及照片

8.3.2 切枝壓條護岸

在有足夠空間之狀況下，先將坡度過陡之堤岸整為較平緩之坡面，將切下之萌芽枝條分層壓條而成。





切枝壓條施工中



切枝壓條施工後

圖10 切枝壓條示意圖及照片

8.3.3 拋石護岸

在有足夠空間，土地附近天然石材供應無慮，縱向沖刷輕微，水深較淺之河岸採用較為經濟。拋石護岸之斜率以緩於石塊之安息角為原則，一般緩於1：1.5（豎橫比）為宜，最小粒徑視水流速度而定（如表2）。

表2 最小粒徑與流速之關係表

流速 V (m/Sec)	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0
粒徑 D (Cm)	2.5	4.5	6.5	9.5	13.0	18.0	24.0	30.0	36.0	52.0	72.0	96.0	120	145

拋石護岸基礎部分之埋置深度以約一公尺為原則，流量及流速較大之處，基礎部份之拋石間隙可以混凝土填充。

8.3.4 砌石護岸

乾砌石背面應以卵石或碎石襯墊；砌石粒徑（長徑）之大小視護岸之坡度及高度而定，可參考表3，對於基礎易被淘刷處可加設混凝土基礎（如圖11）。

表3 乾砌石護岸高 H 與粒徑 B 之比值表（H／B 值）

	岸面坡度							
地面坡度	1：1.0	1：0.9	1：0.8	1：0.7	1：0.6	1：0.5	1：0.4	1：0.3
$\alpha=20°$	6.75	6.38	6.01	5.65	5.31	4.96	4.62	4.29
$\alpha=15°$	7.32	6.89	6.48	6.06	5.67	5.28	4.89	4.52
$\alpha=10°$	7.70	7.23	6.79	6.34	5.91	5.49	5.07	4.67
$\alpha=5°$	7.92	7.43	6.97	6.50	6.05	5.61	5.18	4.75
$\alpha=0°$	7.99	7.50	7.02	6.55	6.10	5.65	5.21	4.78

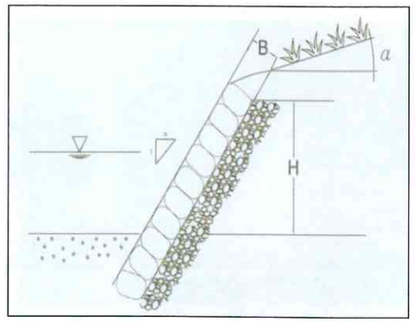


圖11 乾砌塊石護岸示意圖

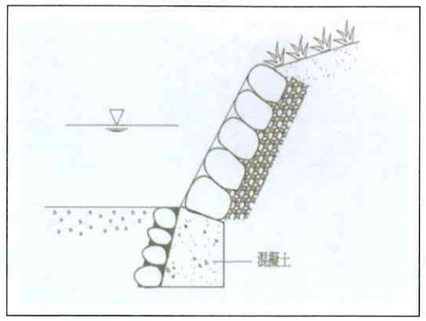


圖12 混凝土基礎乾砌塊石護岸

如現場大粒徑塊石取得不易，或易受土石流衝擊，可用混凝土砌塊石，惟表面不必使用水泥砂漿抹面，並每 m^2 加設Φ8～10cmPVC 管一支。

8.3.5 固定框填塊石護岸

在水流速度較大而工地附近無足以抵抗水流拖曳力之大粒徑塊石時，可於岸坡設置混凝土固定框，再於其間填排塊石。固定框可增加石塊抵擋水流之拖曳力。固定框之深度約與塊石長徑相同，以25～30cm 為原則，框之大小以1.5～2公尺見方為原則。



圖13 固定填塊石護岸

8.3.6 箱籠護岸

箱籠具有較大之曲柔性，適用於基礎鬆軟，流速較大現場無大塊石之河段。箱籠內卵塊石之裝填，外側以採用大於網目孔徑之石塊排砌，裡面可填以粒徑較小之卵石。如現場卵石量不足，可於排砌石後面加鋪地工織物後以當地之砂礫填充之。此種施工法，不但經費較省，亦有利於箱籠上植物之生長。

箱籠之高寬一般皆為一公尺，疊砌時岸面側大都以每層向後退縮50公分之方式施作 則其平均斜率為1：0.5，與天然河岸之斜度有較大之差異，就景觀而言不甚調合，且日後鐵絲腐鏽後，因陡於安息角，亦有崩坍之可能。依筆者看法，疊砌時以每層向後退縮一公尺，則其平均斜率變為1：1較為理想。

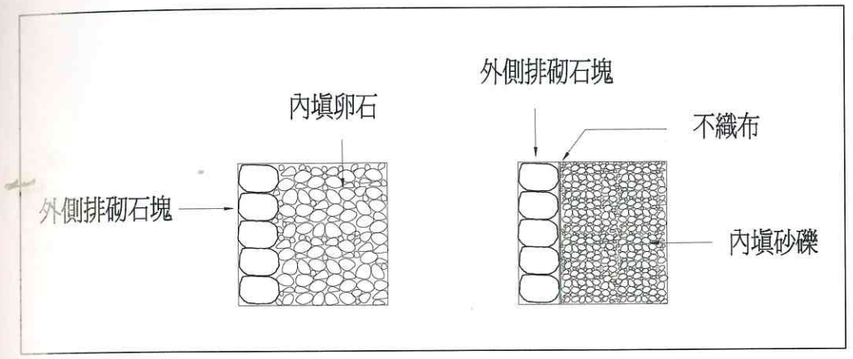


圖14 箱籠斷面圖

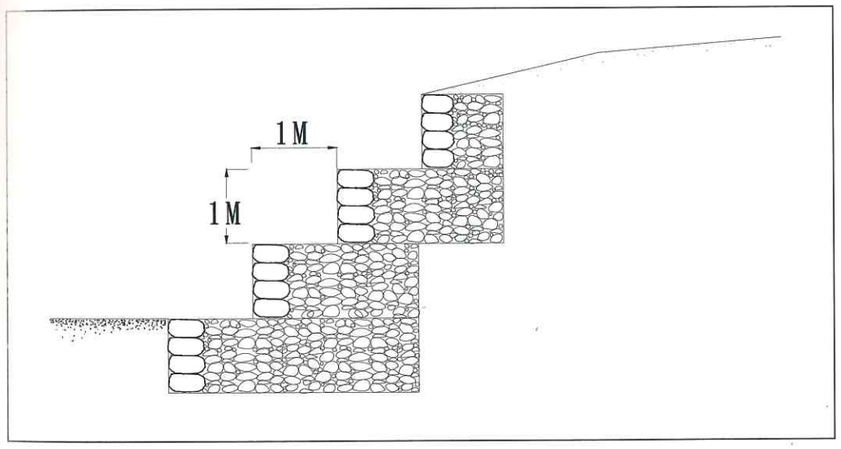


圖15 箱籠疊砌示意圖

8.3.7 固床工

①固床工之落差

台灣地區一般有常流水及魚類生存之野溪，固床工之落差以30公分以內為宜。落差大於30公分之固床工，其下游面可拋大塊石，使其坡降維持約13%，惟大塊石應足以抵抗水流拖曳力。

②階段式固床工

坡降較大之野溪，固床工之落差較大，可改為階段式，每階段之高差以不超過30公分為原則，而其平均縱向（水流方向）坡度以不陡於13%（約1：8）為原則。

③斜坡式固床工

固床工縱向（水流方向）坡度不陡於13%為原則。

④複式斷面固床工

天然河道枯水期之水流均集中於深槽，但施設固床工後，水流分散全河寬溢流，水深太淺時會影響魚類通行。固床工配合河床深槽改用複式斷面，將其中一段降低形成開口，使溢流之水深較大以利魚類通行。開口之深度以在50～100公分為宜，寬度則視流量而定。開口太淺、太窄或太寬恐難以在上游形成適當之深槽。其寬窄如何決定較合理，則有待研究。

⑤開口式固床工

對於坡度較緩，僅有局部河岸刷深之寬廣河段，可將固床工中間段切除形成開口，僅保留靠岸之兩端以保護河岸之基礎。每端之長度 L 以不大於河寬之四分之一為原則，間距 S 則約為長度 L 之1.5～2倍，如圖16。

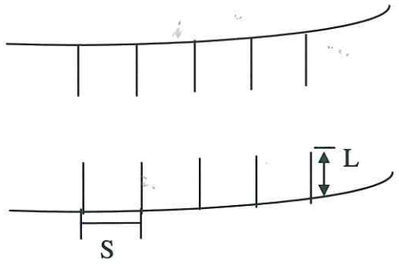


圖16 開口式固床工示意圖



圖17 固床工下游拋塊石



圖18 階段式固床工



圖19 斜坡式固床工



圖20 複式斷面固床工

⑥排砌大塊石固床工

工址附近如有足以抵抗水流拖曳力之巨大石塊，可用以排砌固定做為固床工，其斷面如圖21所示。

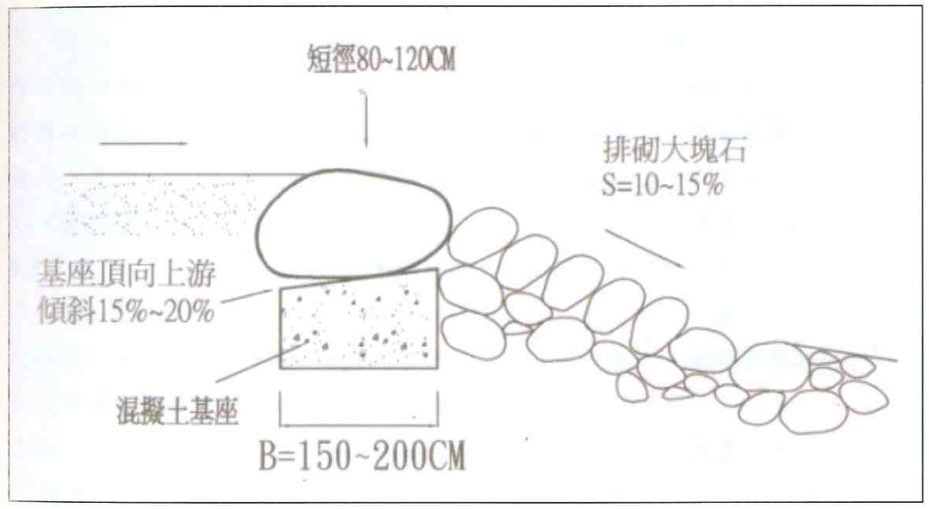


圖21 排砌大塊石固床工示意圖

9 自然生態工法之施工

9.1 植生之施工

植生工程之施工，依規劃設計圖說，首先進行植生基礎處理，包括整地擋土、排水、打樁編柵或固定框等，再進行植生工作。植生之時機並應配合農時進行，才能得到較好的效果。

9.1.1 播種法

①直播法：

清除地上雜物施基肥後，將種子均勻撒播於坡面，並酌量覆蓋稻草蓆。

②植生帶法

於整坡、鬆土、施基肥後鋪設植生帶，鋪設時以橫鋪為宜，並應有五公分之重疊，每公尺固定一點，並敷蓋稻草蓆。

③土壤袋法

一般配合固定框，全面鋪於坡面並以鐵柱固定。坡度大於50度時並應加鐵絲網或塑膠網固定。

④噴植法

a.直接噴植

將種子粘著劑、肥料與適量之水充分攪拌後，利用強力壓縮機噴植之。挖方坡面土質、貧瘠者，每50公分開一等高植溝再行噴植，效果較佳。但礫石層地質則不需開溝處理。噴植後保水能力較差之坡面，須加蓋稻草蓆或其他材料敷蓋，以免流失。

b.鋪網噴植

整坡後依設計圖說將網平鋪固定後，以噴植機將噴植材料噴佈。對保水能力較差之坡面，最好再加覆蓋稻草蓆或其他材料。

9.1.2 栽植法

植生之栽植法包括草苗栽植及樹苗栽植。

①草苗栽植

a.開溝栽植

沿等高方向每隔約30公分挖一道植溝，溝中每隔15公分種植草苗一束壓實後灑水。

b.穴植

每隔20～30公分呈三角形挖小穴，植入分株苗並壓實後灑水。

②樹苗栽植

樹苗苗木以選用小苗為宜，小苗適應力強，成活率高。長成後根系健壯，生命力強，不易被強風吹倒。栽植時依設計之株行距並視苗木大小挖掘適當之植穴後種植。植穴底部視土壤情況放置有機肥或客土後，種植樹苗並壓實之。

9.2 打樁編柵之施工

9.2.1 材料之選用

木樁之採用，以適合當地環境之萌芽樁約25%為原則。萌芽樁以九芎、

黃槿、榕樹、柳樹、刺桐及破布子等為主。編柵材料以竹片或樹木末梢枝條為主。

9.2.2 施工注意事項

①打樁之時機以在春天雨季來臨時為佳。

②施工前需略為整平坡面消除蝕溝，並沿等高線方向由坡面下方開始施打，向上方推展。

③樁之行距及樁距依設計圖說規定，一般行距視坡度情況以1～3m為原則，樁距以30～50cm為原則，打入土中深度約為樁長之三分之二。

④萌芽樁應保持新鮮，打樁時需保護樁頭，裂開部分需鋸除，以免影響其萌芽能力。

9.3 砌石之施工

9.3.1 材料

卵塊石以選用質地堅硬，耐久而不風化之質料，並以採自河床為原則。石材之長徑應為橫徑之1.2～1.8倍，厚度為橫徑之二分之一以上，使用石材忌用扁石，以免承載重時易於折裂。卵塊石之大小，除設計圖另有規定外，其大小不得相差過鉅，以不超過30%為宜。混凝土砌石應用乾淨塊石，不得沾有污泥。

9.3.2 施工

①施工放樣要精確，隨時檢查放樣板之準確度。

②砌石基礎開挖完成後應妥加整平夯實，背後坡面如屬填方應依填方之規定壓實，以免沉陷造成砌石構造物之變形或破壞。

③砌石應分段分層自基腳砌起，基礎底部應選用較大塊石。不得以大小相差懸殊之石塊砌築於一處，以防因交錯不佳發生鬆動現象。

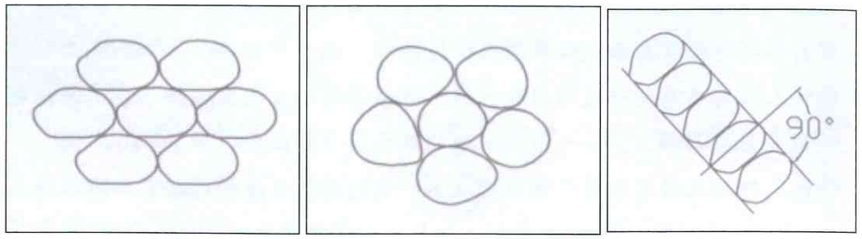
④如必需分段砌築時，分段不宜過短，至少每一段長10M 以上，分段砌築之縱接線必須成階梯狀，以使與次一段易於密接，不得成一縱直線。

⑤放置石塊時應以最寬之面向下，大頭向內較為穩固。塊石之長徑應垂直於坡面，以使其接觸面盡量寬大。

⑥每一石塊應與鄰近石塊相互交錯聯鎖緊密，各石縫不得成一直線。砌築以六圍砌為原則，五圍砌、七圍砌尚可使用，不可橫砌、立砌、重疊砌、四圍砌、八圍砌，詳如圖22。

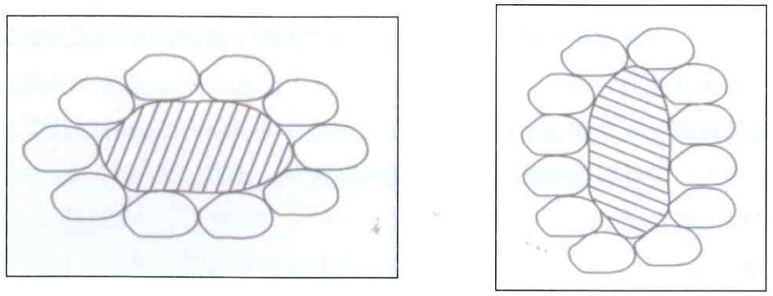
⑦乾砌石內部空隙及不平穩處，應以適宜之小石塊嵌塞之，不得有鬆動情形，所砌石塊如有可抽動之處，應拆除重砌。

⑧混凝土砌石每次所砌高度不宜超過2公尺，外側不必以水泥砂漿抹面，以保持粗糙並利植物生存，且可節省經費。



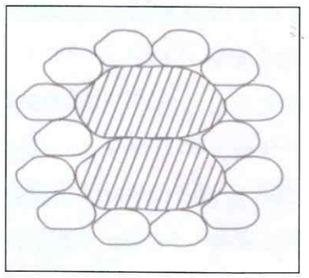
六圍砌　　五圍砌　　長徑垂直於坡面

圖22 正確之砌築方式

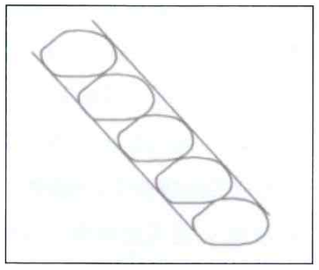


橫砌

立砌



重疊砌



長徑不垂直於坡面

圖23 錯誤之砌築方式

9.4 箱籠之施工

①箱籠安放前，地面應整平並夯實或加鋪混凝土基礎。

②籠面石塊應排砌平整，使籠身保持方型，不得變形。籠內填充石料時，每層礫石應確實填塞緊密，填充之石料應使之較籠頂高出5公分，如係

填充一般砂礫土，則高出約10公分，以便疊放完成後，保持每層應有之設計高度。

③上下兩層之接縫應錯開，不得成為一直線。完成後之籠身以微向後傾斜為宜。

④箱籠之疊放如係上層較下層往後退縮，則於下層箱籠安放完成後，其後面與坡面間如有空隙，其回填土應充分夯實或以石料填充，以免沉陷造成籠身不穩。

10 結語

自然生態工法為目前國家建設重要政策之一，各機關均應積極推行，民間之工程人員亦責無旁貸應協助配合。各機關除加強研發各種安全、實用及經濟的工法外，並應加強宣導，以獲得民眾的支持與配合。此外相關單位宜寬列預算，派遣有潛力、熱心推展之工程人員赴國外考察、研習，推展之成效必然可期。

參考文獻

1. 水土保持局（1992）水土保持工程手冊。
2. 行政院農業委員會（2001）水土保持技術規範。
3. 孫明德（1998）河川生態綠化
4. 經濟部水資源局（2001）生態工法技術參考手冊。
5. 行政院農業委員會水土保持局、國立中興大學（2001）九二一震災重建區治山防災構造物運用自然生態工法之調查評估及新工法之研究計畫報告。
6. 克里斯汀・蓋迪、福留脩文（2002）河川近自然工法概述（行政院農業委員會特有生物研究保育中心編印91年度河川近自然工法技術訓練講義）。
7. 陳溪州（2002）崩坍地植生樹種選擇及砌石工法（91年度林務局自然生態工法教育訓練研習講義）

溪流固床工生態工法之探討

施東榮

(行政院農業委員會水土保持局簡任技正兼治理組組長)

摘　要

治山防災工作之溪流整治是一重要工作項目，固床工是溪流整治最常見橫向構造物之一。固床工之設計除講求安全與耐久性外，融入自然生態工程之設計理念，以減少或降低對生態環境造成之衝擊是當前重要課題。

蒐集及彙整國內已施設之固床工及小部分國外適合目前國內可實施之固床工案例，並依設計之幾何形狀及使用之材料予以分門歸類九種，筆者並就工程施工地點是否為土石災害地區、保全對象、河道水棲生態、陸地棲息生態等考量予以建議適用工法，期盼各界對自然生態工法之彙整，可供爾後治山防災工程設計之參考。

1 前言

隨著人們生活水準品質之提升，對自然環境及景觀關心程度日愈提高，溪流之生態環境及水與綠資源乃為重要一環。溪流整治工程除安全、耐久性之考量外，生態環境保育工作亦為相關工程人員於工程規劃設計、施工必須秉持之基本理念與原則。

固床工係野溪治理之一種橫向構造物，是溪床縱向沖蝕控制、防止淘刷之重要工法，目前應用上較為廣泛，因此如設計、施工不當，對生態環境將會有所衝擊。該工法結合生態理念之研究及實務工作正積極推動，惟有關工法研究方向均著力於常流水溪流之生態工法，非常流水及土石流潛勢溪流之陸地棲息生態體系部份，倍感欠缺，特一併蒐集與整理相關已施設工程之資料，供規劃設計者參考。

2 定義

2.1 生態工法：

①無論以生態為基礎、安全為導向(工程會，2002)，或是以安全為基礎、生態為導向(林鎮洋，2000)，生態工法乃是建構在生態與安全並重之基礎上，而採取因地制宜之一種工法。因此，在生態目標下，安全分析必須詳實，在安全需求下，生態必須落實，二者相輔相成，缺一不可。

②生態工法講求因地制宜，也要求對生態系統之深切認知，因此在都市生態系統中，確保人類居家生活安全將是最重要，其生態工法應特別加強

安全分析。

2.2 自然工法（**Nature-Working Method or Eco-engineering**）：

廣義：對周邊環境保存、維護、永續利用、復舊及改良所施作的工事，包括生物與非生物材料的應用。

狹義：取當地之可應用資材，在儘可能不破壞當地生態及環境景觀下，對一般邊坡以及河溪，包括對崩塌地等特殊地所做之整治工程與措施。

2.3 自然生態工法 （**Ecological Engineering**）：

乃運用生態系之 Self-design 能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間之互動，達到互利共生之目的。

2.4 固床工(**Groundsill Works**)：

①穩定溪床而設置之橫阻溪谷構造物，構造物之頂部與溪床之落差小於1公尺者。

②為防止河床縱向沖蝕，調整河床坡度，調節水流方向及保護護岸構造物之基礎與河岸崩塌為目的之橫向構造物，高度在5公尺以下，下游面之落差為2～3公尺以下(日本)。

③避免溪床因水流之侵蝕，沖刷而設計之溪床保護工(91-12工程會)。

3 規劃設計原則：

固床工為溪流整治常見之工程項目，亦為治山防災計畫工程主要工作，因此該項規劃設計應就安全、保育與經濟予以考量，其順序端視開發影響情形，保全對象、程度，生態棲地干擾程度及復原間之相互因素，因地制宜考量運用，以降低工程行為對環境之衝擊,及對自然生態之破壞。

3.1 原則：

①規劃設計應依據水土保持技術規範、水土保持手冊及其他相關設計規範等進行工程之水理分析及安定檢算。

②五化原則：

a.表面粗糙化：

構造物表面之設計具有粗糙度及多孔性。

b.壩體低矮化：

儘量降低壩體高度所產生之水流落差或採階段化，下游面緩坡化。

c.結構體之坡度緩坡化（含側牆）：

建構生物棲息環境。

d.材質自然化：

材料多樣化，自然化。

e.施工經濟化：

配合現地條件合理規劃，尋求最小量體。

③如就地取材時，採取河床之土石應避免破壞原有河道生態與穩定及造成弱床之效應。

④避免規劃設計時因需產生平順之河床計畫線，致須挖除原河床巨石，影響生態環境與穩定。如因巨石等有礙通水斷面，應於水理計算一併檢討。

⑤須順應原有河幅地形，避免過度截彎取直。另為維持多樣性之環境，不宜採一致之通水斷面。

⑥構造物須規模最小化及最小干擾之施作方法，期能對溪流之生態系統衝擊降至最低。

⑦規劃設計不要過於人工化、一致性、複雜化，以免造成施工困難及失去自然的意義。

3.2 水理分析

①計算洪峰流量：

合理化公式：Q=C.I.A/360

Q：洪峰流量（CMS）

C：逕流係數

I：降雨強度（mm/hr）

A：集水面積（ha）≦10km2

Qp≧Q

②排洪斷面之決定：

梯形：$Qp=2/15*(2Bu+3Bo)\,C*h\sqrt{2gh}$

詳參水土保持技術規範、水土保持手冊（工程篇）

3.3 拋石最小粒徑與流速關係

美國農業部水土保持署(U.S.D.A, United States, Department of Agriculture, Soil Conservation Service) 提出拋石不受河流拖曳力影響之最小粒徑 D_{min} 與流速 V 之關係如下表。

河流流速與最小粒徑關係表(拋石單位體積重=26 kN/m3)

V(流速) (m/sec)	D_{min} (cm)	V(流速) (m/sec)	D_{min} (cm)
0.6	2.5	2.7	30.0
0.9	4.5	3.0	36.0
1.2	6.5	3.6	52.0
1.5	9.5	4.2	72.0
1.8	13.0	4.8	96.0
2.1	18.0	5.4	120.0
2.4	24.0	6.0	145.0

單粒鋪石受水拖曳力作用而不發生移動之最小粒徑 D_{min}，計算如下：

$$D_{min}=\frac{1}{I^2\times 2g\times(\frac{\gamma_s}{\gamma_w}-1)}\times V_m^2$$

Vm ：河道無拋石時之平均流速(m/sec)

I ：亂流影響係數=1.2～0.86

g ：重力加速度=9.8(m/sec2)

γ_s ：砌石石材之單位體積重=2.9～1.7(t/m3)

γ_w ：水之單位體積重=1.0(t/m3)

因此鋪石的設計粒徑 $D_d = D_{min}$。

依據河流流速與上述拋石不受拖曳力最小粒徑關係表顯示，流速達4.8m/s 河床之骨材粒徑其長徑需1.0m，如流速為6.0m/s 則粒徑達1.45m。依上表顯示，一旦無規劃即進行就地取材，則河床遭破壞沖刷力將加大，固床工設計之計畫坡度（間距）應特別檢討，以免基腳受淘空，影響構造物之安全。

4 固床工之型式及適用性

4.1 依形狀可分：

4.1.1 階段（梯）式固床工：

於落差較大之溪流，固床工應考慮以階段（梯）式構築，每階段落差約為20～30公分，表面可植塊石，使高度低矮化並增加表面粗糙化。下游最低階段之基礎可採用拋石保護，防止或減緩淘刷。如河床坡降較大則需要消能之河道亦較長，容易影響生態棲息，可採用其他方式施設，河床坡

降以≦15%為原則。

於非常流水溪流不考慮魚類生態，則各階段高度可略為增加至50～100公分，以減少構造物之設置，盡量最少、小量化。

階段（梯）式固床工之溢洪口亦可配合枯水期低流量之複式溢洪口設計，形成河道深槽，以利魚類迴游。

階段（梯）式固床工常與斜坡式固床工混合配合設計，施設位置、寬度、長度、坡度等則視溪床之坡降、河幅、河床質及施設目的決定之。

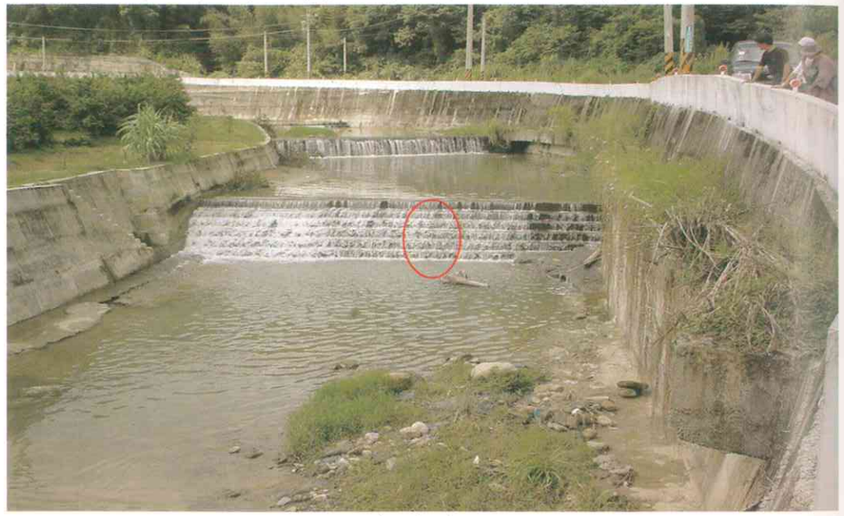
此種混合設計於溪床質為卵礫石、常流水、非常流水時適用。於發生土石流之溪流，因構造物表面易受磨損或撞擊、沖毀致破損，較不宜採用。







斜坡式、斜坡式（兩側）固床工：礫石河床質之溪流



階段（梯）式固床工



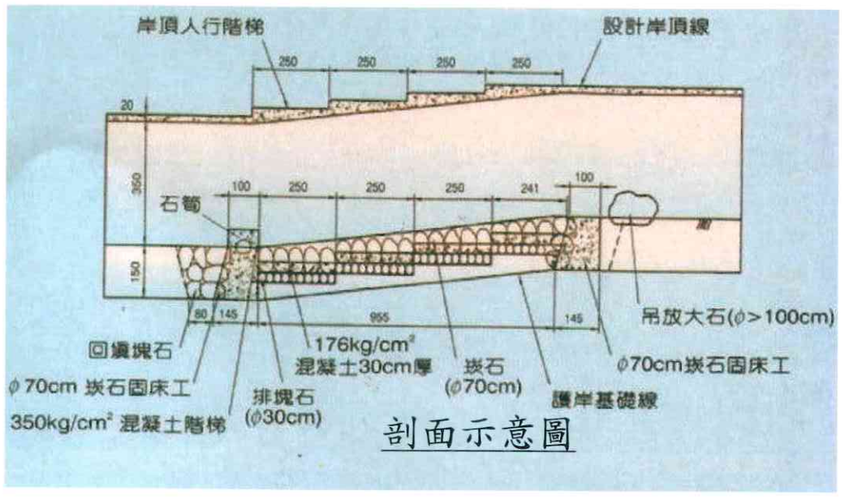




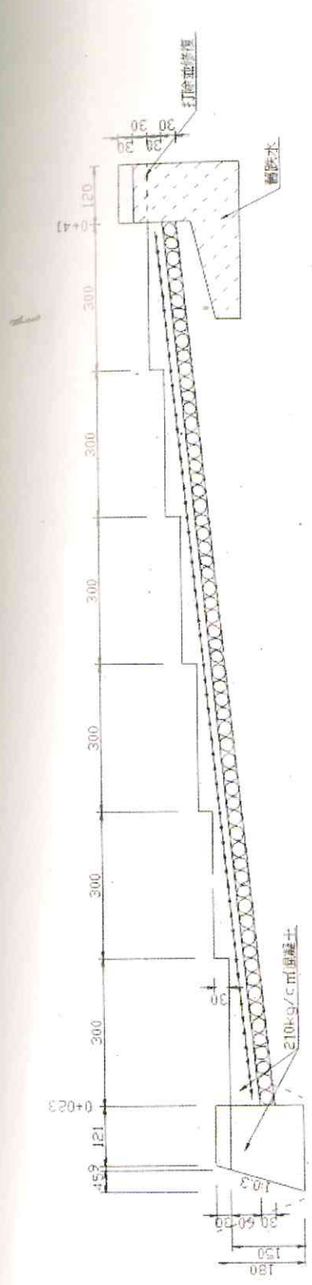


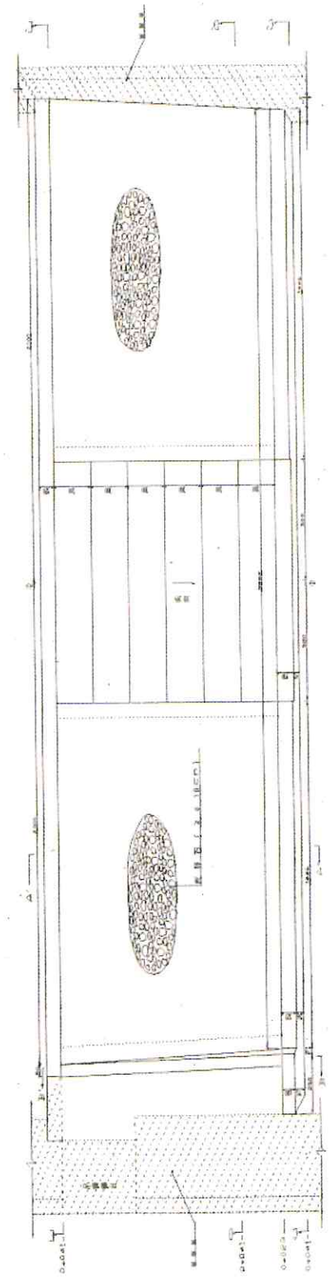


階段（梯）式固床工



剖面示意圖

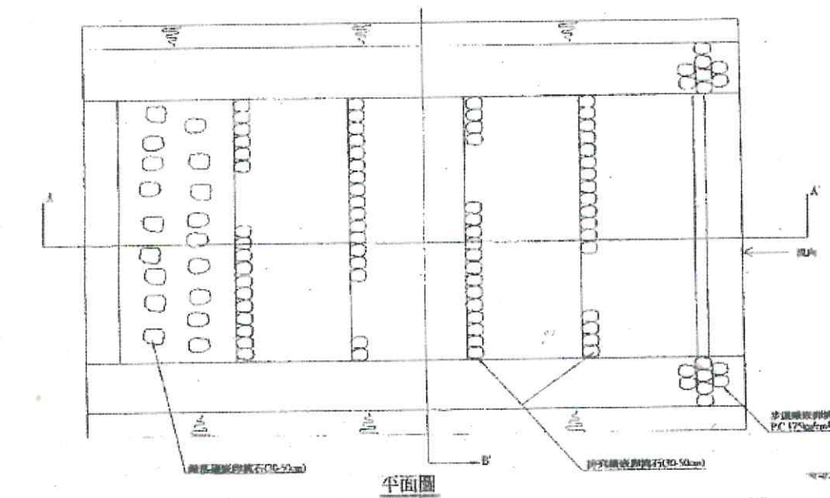




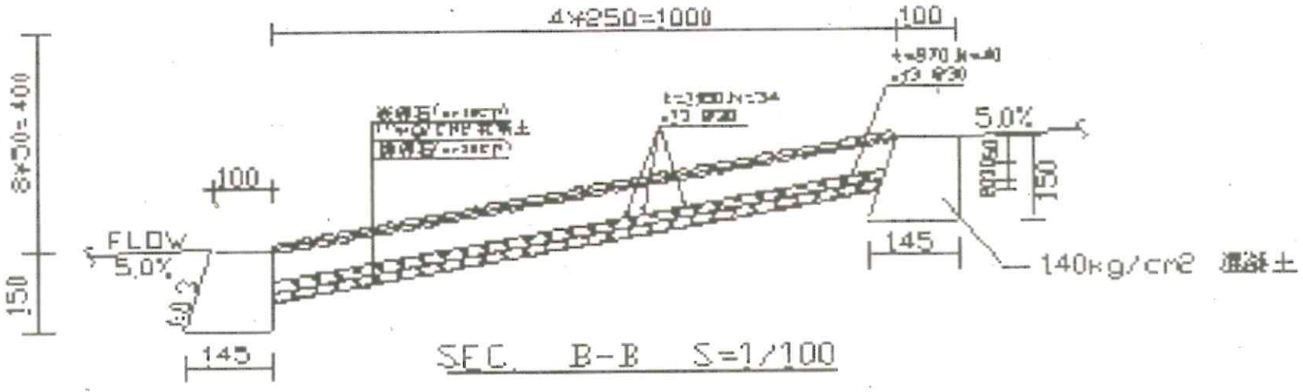
剖、平面示意圖

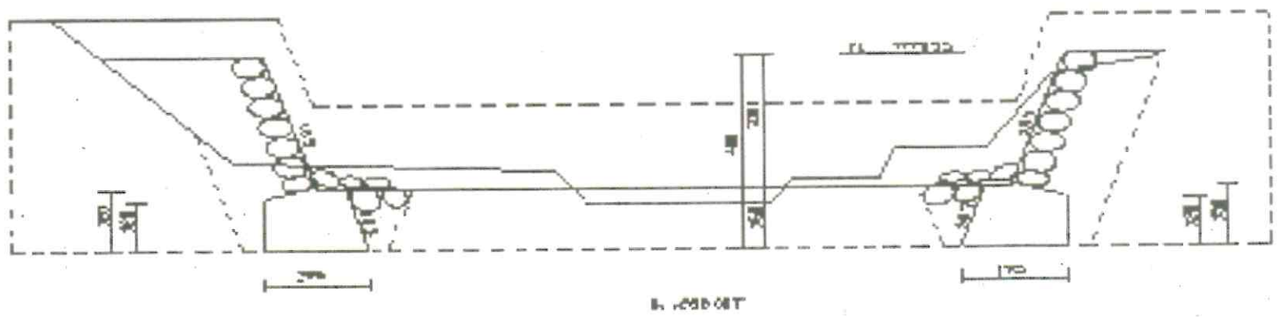
階段(梯)式固床工

三視圖（示意圖）



階梯式緩坡固床工







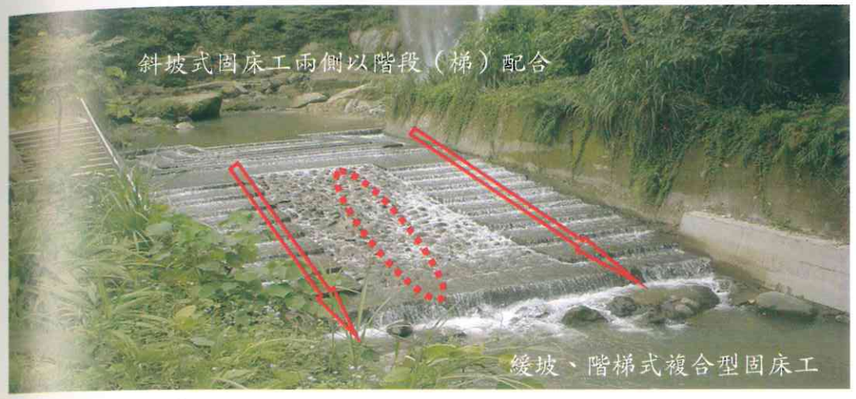
4.1.2 斜坡式固床工：

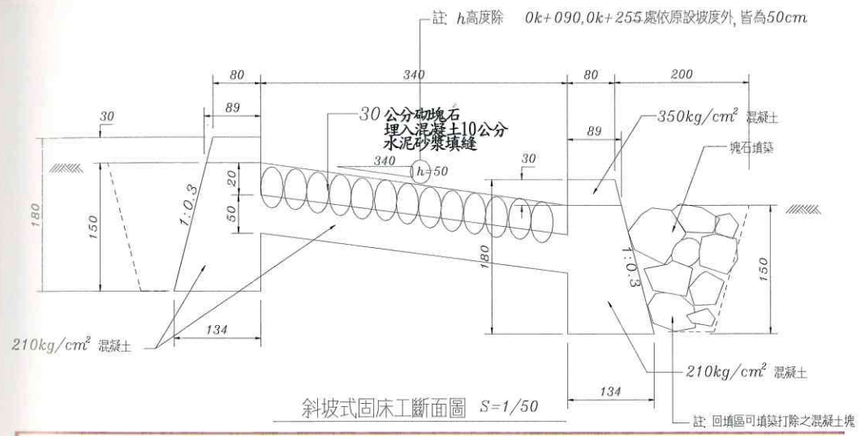
於下游面以斜坡方式構築，利用坡度消除落差，常流水之溪流如考慮魚類之生態，其坡度一般以10～15%為原則，坡面以塊石（長徑30～50公分）排、砌或植石，並預留低水流量之水道。

於非常流水之溪流，因不考慮魚類生態，其坡度可採用≦20%，坡面除以排、砌塊（巨）石外，亦可以植石處理，常與階（梯）段式固床工配合構築。

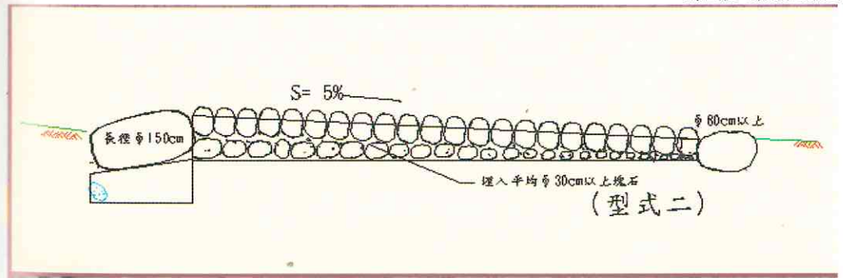
發生土石流之溪床，因構造物表面較易受土石磨損及撞擊致破損，不宜採用。







斜坡式固床工斷面圖 S=1/50









斜坡式拋排石固床工





4.1.3 複式斷面固床工：

於溪床為常流水時，設計溢洪口之排洪量可分低流量、常流量、最大（設計）洪峰流量等。由於河道遇枯水期之水流集中於深槽，為考慮魚類生存，固床工之溢洪口宜採用複式型，開口深度視魚類、生物棲息狀況調整，讓水流形成蜿蜒，一般宜小於1公尺，開口寬度可視溪床質、河幅寬度、流量、流心方向位置作適當設計。採用複式斷面一般有二階式及多階式兩種，二階式之複式溢洪口較常用於常流水之溪流，主要配合枯水期之低流量，以避免水流分散，水深太淺，影響魚類迴游。另為考慮防止漫流及控制流心亦有採行。

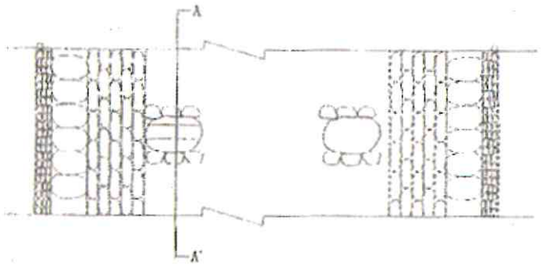
多階式之複式溢洪口常用於非常流水之溪流，考慮低、中、大流量及河床縱向控制，減少兩岸淘刷。

於溪床質為卵礫石常流水、非常流水適用之，土石流潛勢溪流則較少採用。

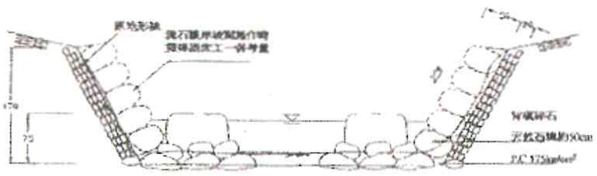


二階式複式斷面固床工

低流量設計固床工



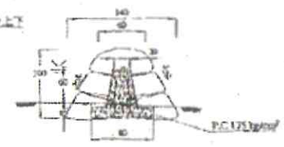
平面圖



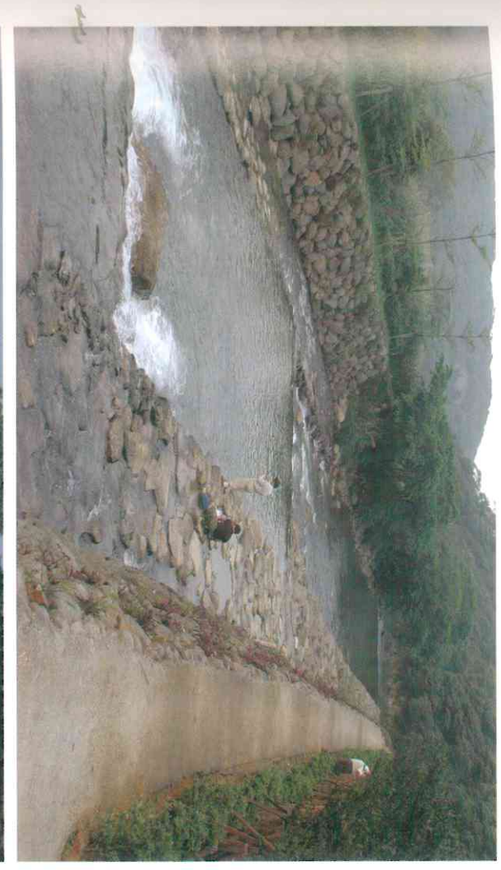
正面圖

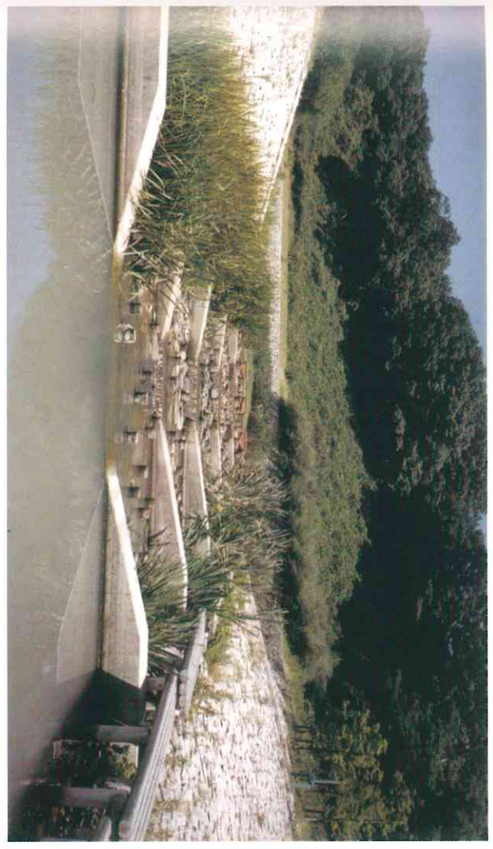


[型I]A-A'剖面圖



[型II]A-A'剖面圖















多階式溢洪口固床工

4.1.4 拋物線式（淺碟式）固床工：

排洪斷面採拋物線或複曲線或雙豎曲線等幾何圖形設計，可調整水流流心，保護兩岸減防淘刷，惟應注意集中水流可能造成之局部刷深致影響固床工之基腳，於彎曲河段之流心，應配合地形，考慮曲線段之超高，以免發生溢流。

設計時應注意溢洪口底部寬度及彎曲段超高之考量。

河床質為礫石較常採用；如為泥岩質，因易局部淘刷不宜採用。於常流水、非常流水、土石流潛勢溪流適用。







4.1.5 溢洪口兩側形狀不同之固床工：

①梯形之溢洪口緩坡型：將梯形兩側之坡度設計為1：1～2（垂直：水平）呈緩坡狀以利生物通行，儘量避免因構造物之設置而受阻，設計時應考慮兩頂點相對之構造物基礎深度。

適用於常流水、非常流水及土石流潛勢溪流。





②門檻式之溢洪口：

固床工兩翼直接嵌入兩岸，其排洪斷面之形狀呈梯形或矩形端視護岸斜率而定，斷面寬度即為整治河道之計畫寬度。於非常流水、礫石河床質及土石流潛勢溪流適用。











③矩形式（缺口式）之溢洪口：

在低流量時溢洪口採矩形設置，為一複式型之溢洪口，如兩翼較短則類似丁壩式，計算排洪斷面以 $Q=1.767bh^{3/2}$ 估算。於常流水溪流採用之。













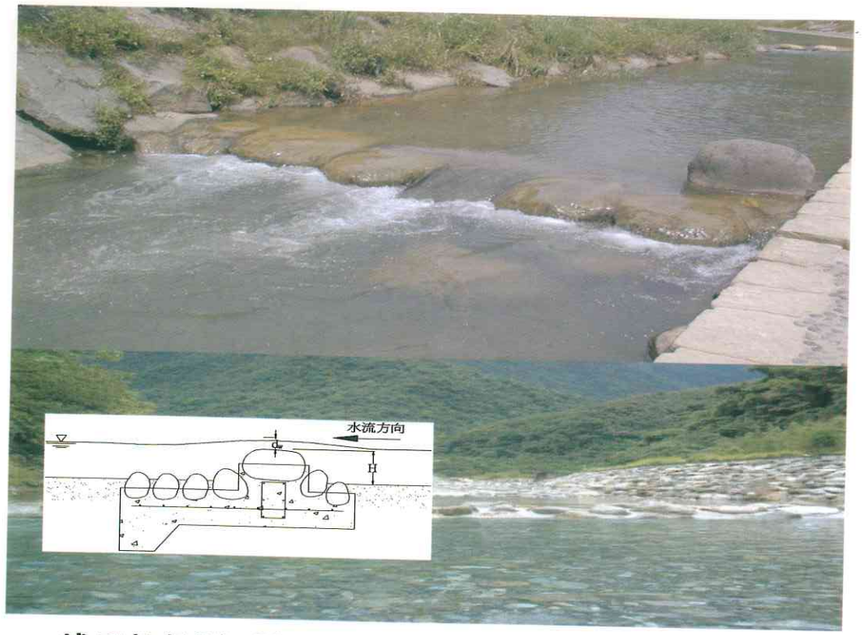




4.1.6 踏步式固床工：

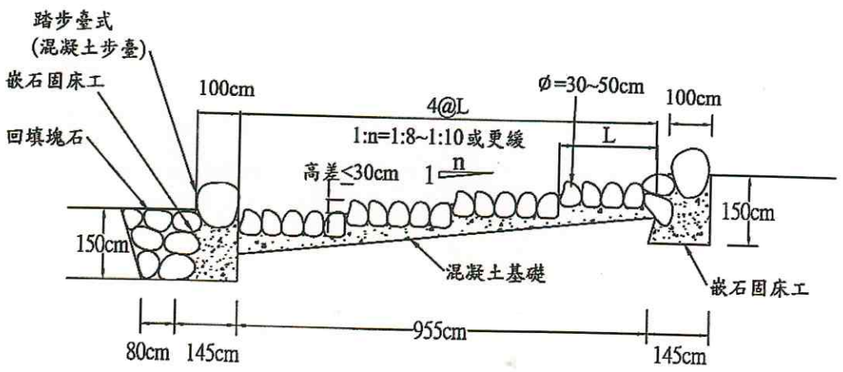
於溢洪口斷面處每隔一距離開口或以大石於適當距離置放於河床或崁入混凝土呈踏步台，可視為橫向構造物並兼具通行功能。如以混凝土為材料各呈方塊狀，其間留有低流量通水矩形開口，一般俗稱齒狀式固床工。較寬廣之溪流常與階段（梯）或緩坡式固床工混合施設。

適用於流量不大之常流水溪床，可配合景觀、親水設施，此工法河床坡降 10%以下為原則。



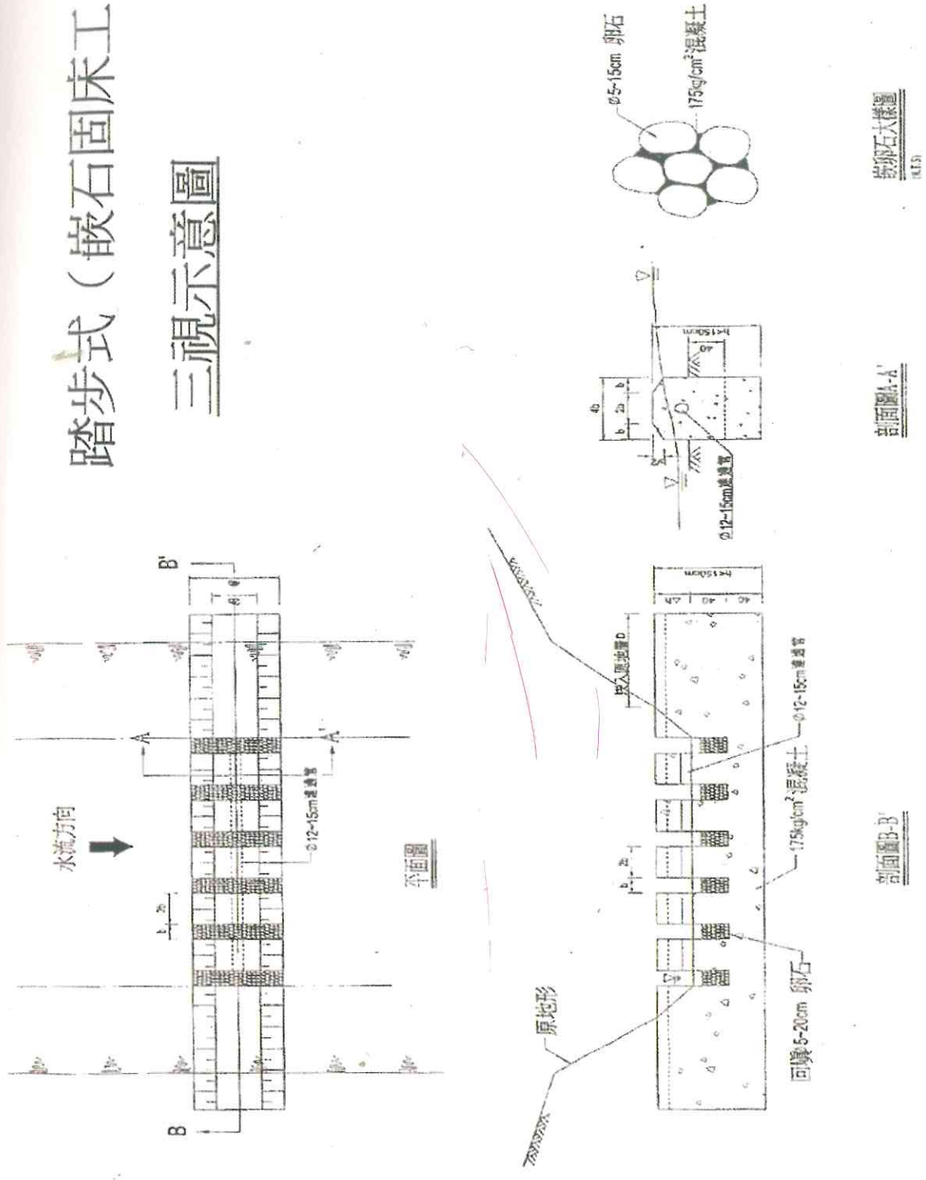
踏步式固床工

剖面示意圖



踏步式（嵌石固床工）

三視示意圖



















踏步式固床工溢洪口兩側呈階梯兼具通行

4.1.7 丁壩式（單、雙岸）固床工：

為防止亂流、偏流及溪岸侵蝕之固床工，一般與水流方面呈直角、向上游及向下游方向設置，不宜過分阻礙水流。依溪床寬度設置，方式有單岸、雙岸或以兩岸交錯排列並保留中間部份作為水流及生物之通道，設計時應注意水流流心之可能造成沖刷問題，材料以混凝土或網籠、拋石等多孔性為主。

於溪床質為卵礫石、常流水可適用，惟如用網籠應考慮材料使用年限。如用拋石，則應注意容許流速。





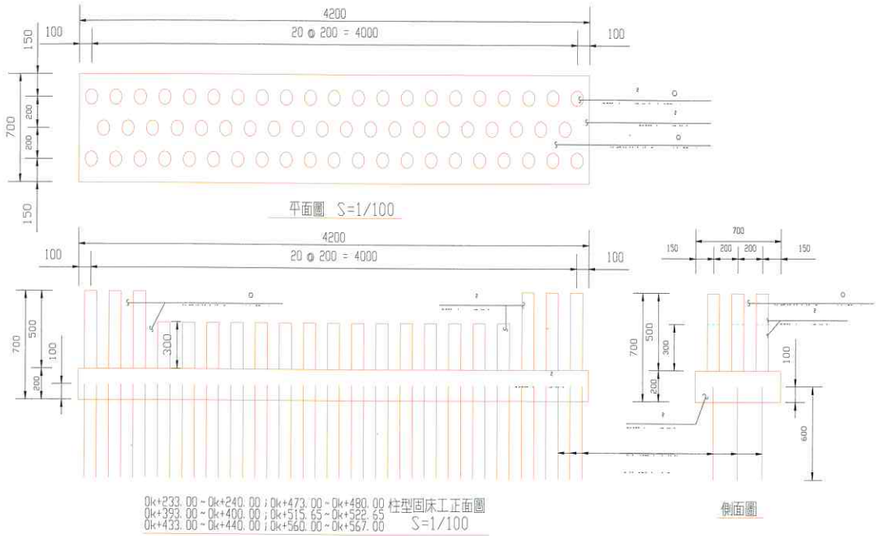
4.1.8 柱狀式（透過性）固床工：

以設置混凝土體（R.C）或鋼軌、工字型鋼等柱狀式樁、梳子形狀之材料為主要結構體，並以大、塊石排列或填放其間構築呈一體之固床工，其結構之基礎底版等視現場需要可考慮打設鋼軌、工字型鋼樁等補強，排列方式有三角形、馬蹄形等。此一結構體，透水性良好，於較寬廣之河床，為防止流心不易控制，溢洪口之斷面圓柱體之排放可採拋物線式幾何圖形。惟設置之地盤基礎常較為鬆軟，應力檢算較複雜。

適用於較鬆軟地盤或土砂堆積地區之常流水、非常流水及土石流潛勢溪流。













以輪胎保護具消減土石衝擊能量減防結構體磨損





4.1.9 其他：

①網籠固床工：一般採用蛇籠、箱型網籠。

蛇籠：設計高度以不超過2m 最佳，以≦3m 為原則，為降低河床坡度可採階段式處理，水流流速≦4m/s，設計之河床坡度應小於15%，溢洪口一般採梯狀及矩狀。

堆疊方式有單式堆疊及複式堆疊兩種。

箱籠：設計同蛇籠。施工時其上、下游面應排塊石，中填卵礫石並應注意捆結方式，務必使網籠固定呈一體以符合設計。

適用於基礎軟弱或土砂堆積之地盤，因透水性高且屬柔性結構、抗震力佳，表面粗糙化多孔性及材料自然化為生態工法之一。惟對橫向撞擊力之抵抗較差，且基腳易淘刷須考慮保護措施。

於常流水、非常流水常使用。不適用於礫石型之潛勢溪流。

②格框固床工：一般採用混凝土格框、鋼構格框等或與混凝土結構體配合設計，框內填塊石，為一透水性構造，可採用階段式構築，其下游面可採緩坡式拋巨、大石作為消能設施。

本工法透水性良好，可利用現場之石材，惟設計高度宜≦3m，其下游面斜率宜≧1：1/6，中填石材部分可採較小粒徑之粒料。另基礎之設計，應考慮防止不均勻沉陷及內側排水設施等問題。

可適用於常流水、非常流水河床質為礫石型之溪流。







③混合式結構體：

複式溢洪口之斷面於較低流量斷面以混凝土構築，兩側施設冂字型混凝土條，中填卵、塊石成一混合式固床工。

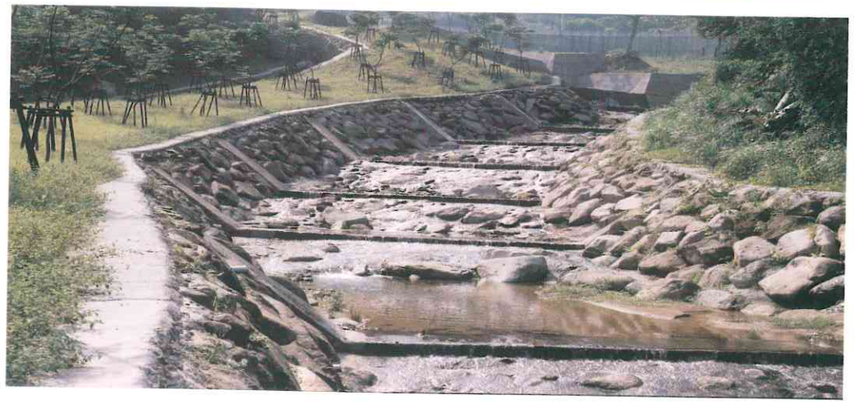
一般可用於非常流水或低流量之溪流，流速較大之溪流因兩側填石易被淘空，固床工將受損不宜。



④連續（門檻）式固床工：

橫向結構體為矩形混凝土，兩結構體間拋、排塊、大石，增加粗糙度，減緩流速及防止淘刷河床。於河床坡降較大、流速大且河床質為礫石時考慮施設，大部分為非常流水之溪流。

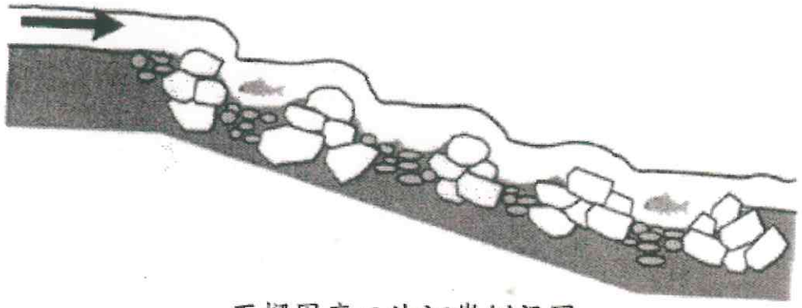




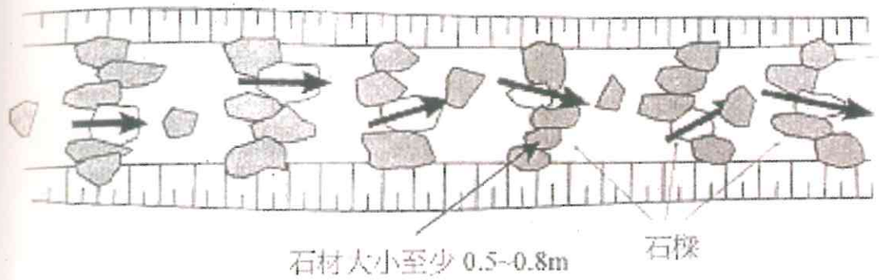
4.2 固床工依形式可分（工程會）

4.2.1 石樑固床工：

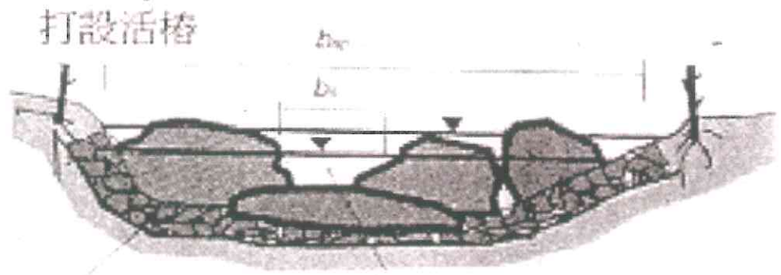
以天然石塊構築於河床中之橫向構造物。設計時其石材之大小及佈置應考慮水位並避免全斷面絕水路，且應審慎評估石材受水流衝擊能力以避免流失，造成下游之災害。配置圖如下：



石樑固床工法河岸側視圖

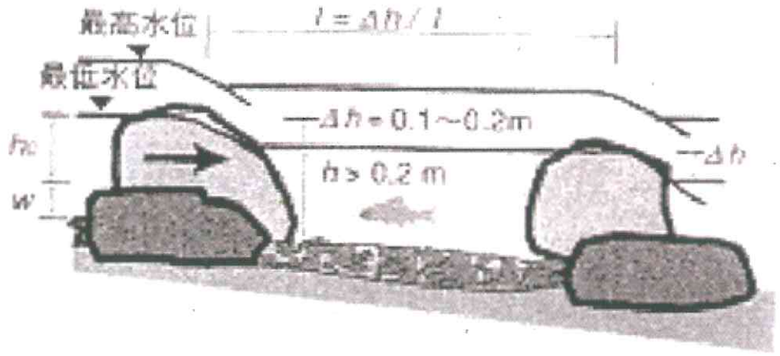


（一）平面圖



通常河床均須保護　　最低水位時之橫斷面

（二）橫斷面圖



（三）縱斷面圖

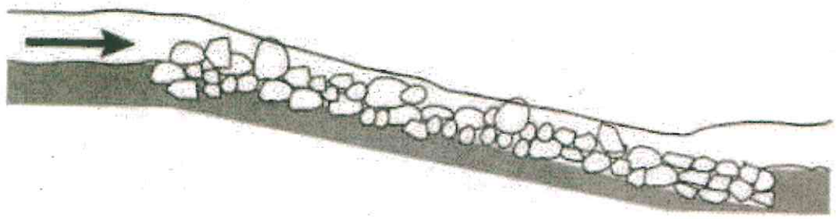
石樑固床工法石材配置圖

4.2.2 河床拋石：

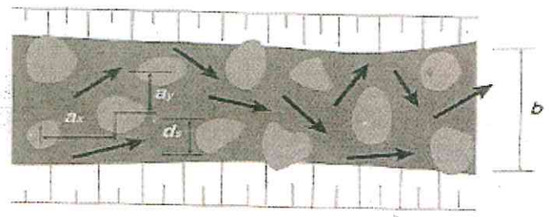
於河道中將阻流石不規則分佈，使水流流向改變，以降低水流速度，避免河道過份沖刷。

設計河床拋石石材大小之選擇及間距，除考慮降低水流之沖刷力外，應含棲息處之特性、多孔隙空間。依據日本 DVWK（1998）之建議，採用之石材大小至少0.3～0.4m，排列之間距至少2～3倍石材長徑，為求多孔隙，石材仍應以天然石材為主。

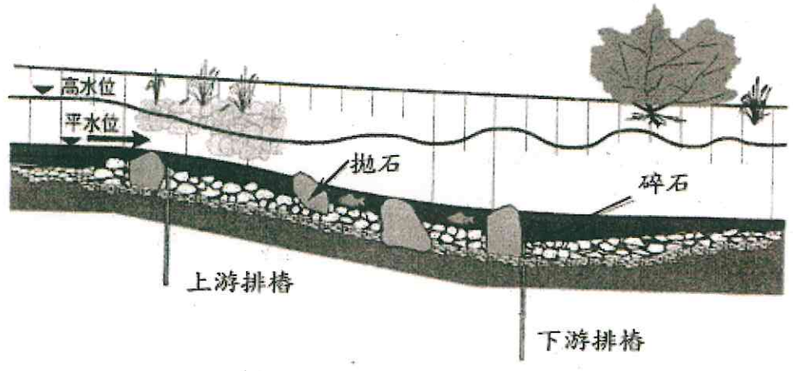
設計示意圖如下：



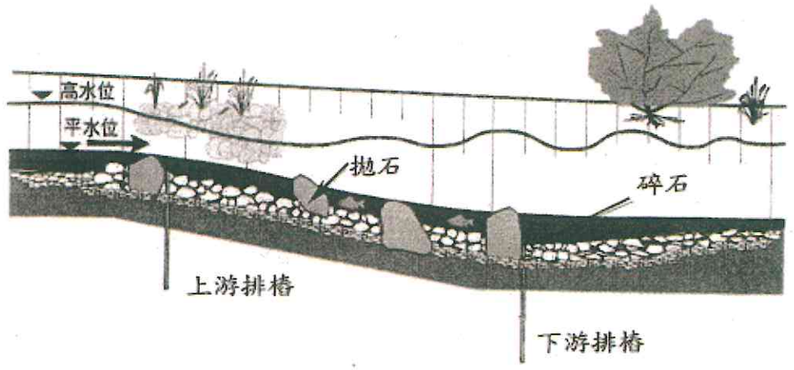
拋石固床工法河岸側視圖



河床拋石尺寸及間距示意圖



河床拋石工法設計剖面示意圖



河床拋石工法設計剖面示意圖

4.2.3 潛壩：

木柵潛壩：適用於小型的河道。

圓木潛壩：適用於溪流斷面小，坡度大之上游山谷或山溝地區。

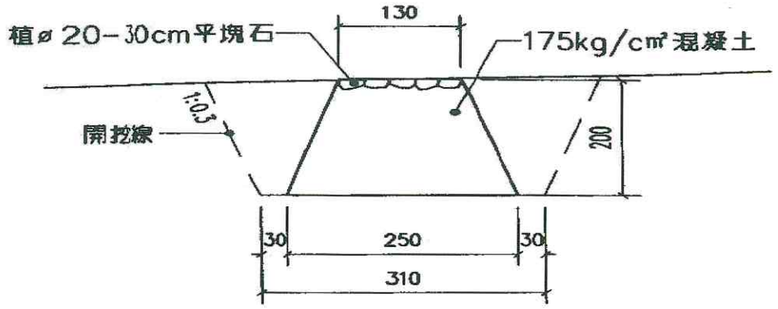
設計時參考水土保持技術規範及水土保持手冊。

4.3 依材料可分

①以混凝土為主要結構材料，於頂部面排、砌（或嵌入約3/4長徑）大、塊石。

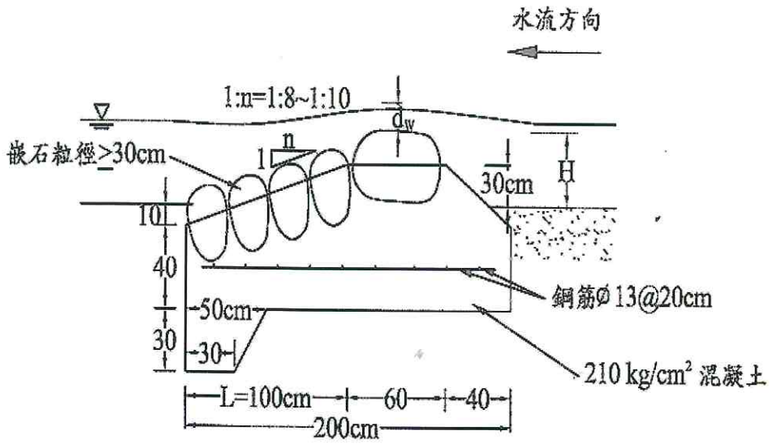


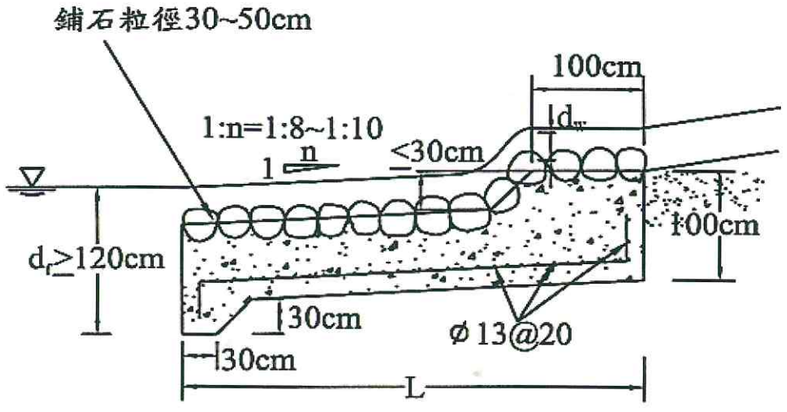


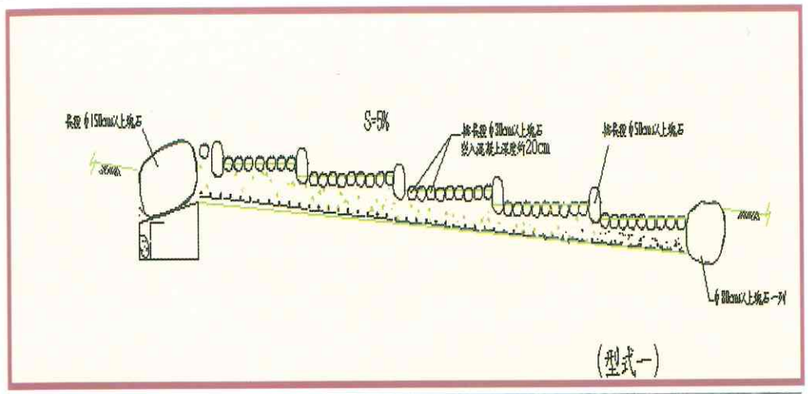


固床工A-A剖面圖

Scale=1/100













②結構物（混凝土）外側排、砌大塊石。







③漿砌塊石（未抹面、未塞縫）中填河床之卵礫石。

④網籠中填卵塊石（上下游面可以排、砌塊石方式處理）。











⑤拋石或排、砌大石









5 探討

5.1 土石流潛勢溪流與固床工：

發生土石流之潛勢溪流一般區分為發生段、輸送段、淤積段，而普遍現象即乾涸型之溪流，無常流水，遇足夠雨量產生逕流水才會挾帶土砂、石發生沖刷現象。治標之方式主要以橫向構造物為主，因此生態環境之配合以陸地生物棲息處為思考之方向。

於輸送段施設固床工是主要工法，因大部分地區均有保全對象，構造物之設計以安全考量為第一優先，其工法主要是為抑制與攔阻以減緩土石流之流動。由於土石流在臺灣幾乎均為礫石型，流速快、泥砂濃度高、沖刷力強、衝擊力大及具擴床性，因此構造物之施設其材料應考量磨損及破壞力。

為考量陸地生態相關生物之棲息，固床工下游面以拋石減緩坡降。

基於現況考量，土石流潛勢溪流固床工規劃設計時應就安全、保育及經濟分別依其目的採透過性或非透過性構造物作周延考量。











5.2 礫石河床質之溪流與固床工：

具卵礫石之河床質，顧名思義大部分河床骨材由上游流下及兩岸崩落之材料所組成。由於水流流動帶動卵礫石滾動，衝擊力大、淘刷力強，加上河床坡降、流速大，致破壞力驚人，相形下橫向構造物之設計安全考量至為重要。

於非常流水溪流採用之構造物應提高設計強度，但為配合當地生態系統，構造物之設計儘量低矮化、表面粗糙化與最少、小量化，以降低構造物對環境之衝擊。









5.3 泥岩河床質之溪流與固床工：

泥岩素有地癌之封號，遍佈台灣中、南、東部，溪床之治理與一般差異特大，尤其常因愈治理愈難善後，固床工之設計型式、材料均待探討。

泥岩因粒徑細小，所含黏土礦物質具回脹現象，容易產生崩解，且PH 值約在8.8～9.4之間屬弱鹼性，在溪流之治理與自然生態配合上更需周延考量。

較常見有以土袋構築之固床工、輪胎疊置之固床工及混凝土為材料之固床工，其設計可參考水土保持手冊工程篇。

施工方面，於泥岩質之河床基礎開挖後，以人工開挖面灌築混凝土為原則，不宜按裝模板，可減少或防止沖蝕、淘刷。

依據以往施設構造物檢視之經驗，泥岩質之河床經開挖後與構造物之材料均存有一界面，目前尚無相容之材料，形成一弱面，受破壞比率高，有待研發。









5.4 常流水之溪流與固床工

常流水溪流固床工之構築，應視當地魚類迴游遷徙等生態性，從構造物之材料、形狀、高度考慮如何造成深潭、淺灘，以利水中生物之保育。

目前常流水溪流固床工之設置，官、學均朝此方向研究與推動，台灣東、南、西、北實例甚多可參考運用。





5.5 非常流水（乾涸型）之溪流與固床工

依照生態系統結構體系檢討，非常流水之溪流尤其是發生土石流之潛勢溪流中、下游段，因常具有保全對象，設計之構造物首重安全、耐久。且常乾涸之溪床，魚類生態系統可不予考慮，構造物之設計可單就植物生態系統之恢復及施工上環境衝擊之降低，檢討固床工最小化之設計與施工。





6 結語

因地制宜是固床工設計融入自然生態工法之重要概念,為使野溪整治成為一種有機工程，固床工工法的選擇及材料之選用，必須隨著不同的生態環境條件而調整，在工程設計中融入生態的理念，以期在安全為導向上，達到兼顧生態保育與建設功能之目的。

目前治山防災計畫中對於整治地區大多欠缺自然環境相關基本資料，如何就溪流特性、自然環境、災情情形，規劃設計出理想整治藍圖，降低生態之衝擊，保存與恢復原有棲息地特性的溪流為當前所面臨之問題。

固床工設計須因地制宜，無固定之模式，目前使用之材料常受限，直接影響設計工法，一般常以就地取材方式以利生態，惟如無妥善規劃，以塊石為例，有可能造成另一次之災害與破壞溪床，設計者應審慎考量。









參考文獻 1. 水土保持局（2001）九二一震災重建區治山防災構造物運用自然生態工法之調查評估及新工法之研發計畫成果報告。
2. 水土保持局（2001）北部地區治山防災構造物運用自然生態工法之調查評估及新工法之研發計畫成果報告。
3. 水土保持局（2002）野溪自然生態工法評估指標及設計參考圖冊之建立。
4. 水土保持局（2002）自然生態工法教育訓練研習班講義。
5. 水土保持局（2002）水土保持局自然生態工法研討會論文集。
6. 水土保持局（2003）水土保持局「各項計畫及行政興革創新措施等」成果發表個案資料。
7. 水土保持局技術規範及水土保持手冊工程篇
8. 水利署（2002）河川生態工法及其應用（1/3）
9. 行政院農業委員會(2003-3)「臺灣地區自然生態工法個案圖說彙編」













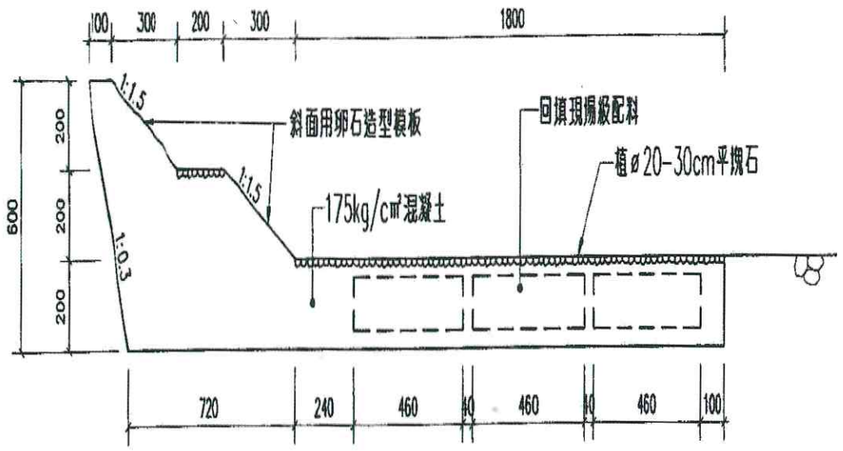

'99 7











既有潛壩緩坡化改良案例探討與展望

丁振章

(行政院農業委員會水土保持局科長)

摘　要

本文選取「苗栗縣卓蘭鎮坪林東豐橋上游潛壩修復工程」為潛壩緩坡化改良探討案例。潛壩按傳統設計模式，習慣採用水流通過溢洪口後以投潭型態，並於壩體下游面配合設置護坦或靜水池消能之方式設計。若以生態角度審視之，存在阻隔上下游棲地廊道、魚類無法迴游及破壞自然生態平衡等主要缺失。文中主要針對既有潛壩經採用緩坡化改良後之幾項優點，包括降低勢能、魚類迴游、棲地改善及潔淨水質等予以探討分析。此外，本文從「安全穩定、生態平衡、永續發展」的工作指導原則出發，探討本局四項與自然生態工法相關委辦計畫之工作目標、內容及其預期成果，期藉由研究探討及專業教育訓練，有效提昇國內自然生態工法設計理念與水準。

關鍵字：潛壩、自然生態工法

1 前言

時值全球景氣低迷，政府大力推行擴大公共建設方案之際，除了需在如何提昇經濟、紓解失業壓力、增加在地人就業機會等論點與方法上努力外；在促進公共建設興建過程中，如何配合行政院永續發展委員會永續發展行動計畫，落實推動自然生態工法，以達環境平衡、生態保育及永續發展利用，乃屬當前重要階段任務之一。

永續發展包括環境保護、經濟發展及社會發展三大層面，有良好的環境及自然資源為基盤，經濟及社會才得以順利發展。

至於自然生態工法具體推動做法，不外乎成立推動小組，研訂實施計畫、審議指標、施工規範，建立設計參考圖冊，研訂營建物價資料庫，定期舉辦評比觀摩，舉辦生態工法博覽會，提昇公共工程採用自然生態工法達成率，充分了解地方民意及參與感等項措施。

為落實推動自然生態工法，本局河溪整治工程規劃設計主要朝著表面粗糙化、高壩低矮化、坡度緩坡化、材質自然化及施工經濟化等五化原則辦理。本文除針對既有潛壩緩坡化改良案例加以探討外，亦就本局為提昇自然生態工法專業知識所推動之相關委託專業服務案構想及內容予以論述。

2 既有潛壩緩坡化改良案例探討

依水土保持技術規範，「潛壩」之定義為：「為維持河床安定所構築高度在五公尺以下之橫向構造物。」，其設置目的為：一、安定河道，防止縱橫向侵蝕。二、保護護岸等構造物之基礎。按傳統設計模式，習慣採用水流通過溢洪口後以投潭型態，並於壩體下游面配合設置護坦或靜水池消能之方式設計。若以生態角度審視之，存在阻隔上下游棲地廊道、魚類無法迴游及破壞自然生態平衡等主要缺失。以下乃針對既有潛壩經採用緩坡化改良後之幾項優點，包括降低勢能、魚類迴游、棲地改善及潔淨水質等，予以探討分析。

2.1 降低勢能

工程名稱：苗栗縣卓蘭鎮坪林東豐橋上游潛壩修復工程（如圖 1、2）。

災害情形：本工程於九二一地震後，因逢大雨，造成原有潛壩基礎淘空、靜水池及尾檻沖毀流失、下游護岸部分倒塌或基腳裸露。



圖 1 施工前（于技正慧珍提供）

設計理念：因原有潛壩沖毀處高差達 2.5 公尺以上，而且全線溪床坡度甚陡，一方面要遷就舊有護岸（旁邊為既有道路），一方面要保護護岸基腳，且為營造親水及生態空間，本修復工程採設置斜坡式予以改良，由原潛壩頂至溪床拉成斜坡，並設計成複式斷面，以提高常流水之水位，俾利魚類上溯；復於斜坡上設置階梯，除平常可供遊客親水外，亦可產生水花增加水之優氧性，改善水生動物之生存環境。



圖 2 施工後（于技正慧珍提供）

茲就水力學觀點，探討分析既有及改良後潛壩下游段水流流況如下：

依能量不滅定律，圖3斷面①及斷面②，可以下列關係式表示：

$$Z_1+\alpha V_1^2/2g+P_1/r=Z_2+\alpha V_2^2/2g+P_2/r\cdots\cdots\cdots\cdots ⓐ$$

斷面①及斷面③，可以下列關係式表示：

$$Z_1+\alpha V_1^2/2g+P_1/r=Z_3+\alpha V_3^2/2g+P_3/r+S_f\Delta L\cdots\cdots ⓑ$$

由ⓐⓑ二式，可得

$$Z_2+\alpha V_2^2/2g+P_2/r=Z_3+\alpha V_3^2/2g+P_3/r+S_f\Delta L$$

$$\Rightarrow \alpha (V_2^2-V_3^2)/2g=(Z_3-Z_2)+ S_f\Delta L$$

$$\Rightarrow V_2^2-V_3^2=2g(\Delta Z+S_f\Delta L)/\alpha>0$$

$$\Rightarrow V_2>V_3$$

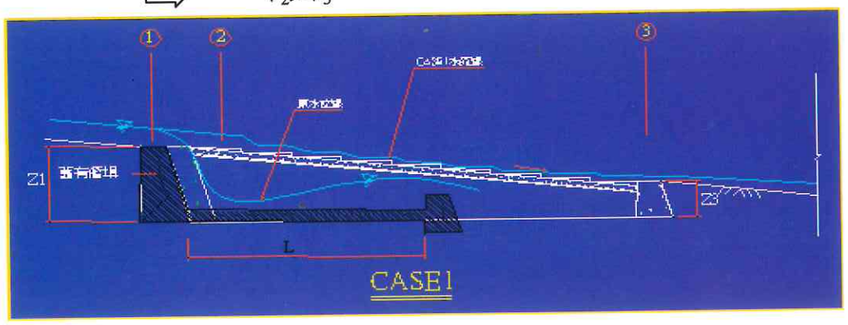


圖 3 剖面圖示意圖

由上式知道，既有潛壩下游斷面②之速度頭遠大於改良後斷面③；若以 $F=1/2?V^2$表示所有外力總和，因為 $V_3<V_2$，故經改良處理後之斷面③，其 F_3（$=1/2?V_3^2$）相對小於既有斷面②之 F_2（$=1/2?V22$），故知，緩坡化改良有助於破壞潛勢之降低。

2.2 魚類迴游

由於台灣的河性及環境之惡化，魚道不僅為魚類能逆水或順水上下之構造物，亦為考慮整條河系上、中及下游的自然生態環境，保留魚類及其他小動物能上下游動或棲息的良好場地。台灣近年來雖然注意魚類生態，在阻礙魚類移動之水利構造物處儘量施設魚道，但其設計均抄襲國外，未必適合於國內的自然實際條件，成功者不多。魚道之設計必需依水力學、河工學、魚類生態學、水產學等學理，配合實際困難問題，予以研究發展。傳統式的階段式魚道，除了有部分魚類無法適用之外，最常遇到的就是砂石堵住的問題，一旦魚道被堵塞，就無法發揮通路功能。依據特有生物中心研究發現傳統的階段式魚道容易產生阻塞，且不利於部分攀爬性魚類利用，改良後的舟通性魚道更有助於自然生態保育工作的執行。



圖 4 花蓮縣白鮑溪

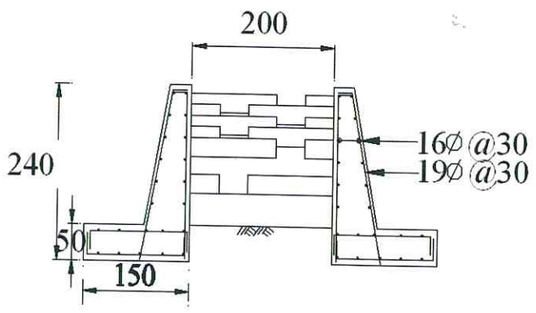


圖 5 正面圖

本文所舉案例，其溢洪口下游面之改良，若能配合考量魚道之設計，將有助魚類迴游，並進而促進生態系之穩定。有關魚梯設計可參考本局「野溪自然生態工法評估指標設計參考圖冊」（如圖 5、6）。

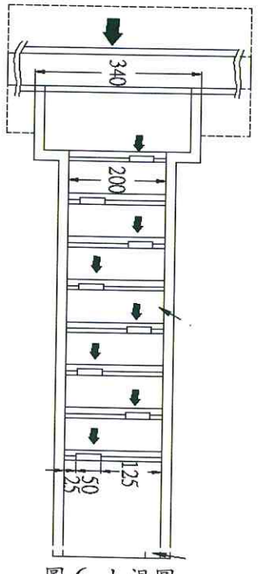


圖 6 上視圖

2.3 棲地復育

既有投潭式潛壩或防砂壩之設計方式，阻斷上下游河溪空間縱向連續性（Contnuity），除溯溪魚類無法迴游外亦有礙生物群穩定及生態環境之平衡。依景觀生態學（Landscape Ecology）觀點，橫向構造物之施設若未考量在景觀和區域尺寸上合理調控現有景觀生態系統並加以規劃設計，空間區塊被分割或喪失將相對降低大環境中族群擾動的穩定性，甚至增加物種滅絕機率。既有投潭式設計模式若改以緩坡化方式設計，因上下游廊道（Corridors）之得以暢通，提供了棲地（habitat）、過濾（filter）、來源（source）和沉降（sink）等功能，有助生態平衡，其功能主要包括以下各點：

①恢復上下游廊道暢通及棲地生態連續性，增加生物活動空間。

②穩定生態系發展，平衡自然生育循環。

③確保生物多樣性之生物棲息場所。

④回歸自然，有助環境和諧、棲地再生及復育能力。

2.4 潔淨水質

壩體下游緩坡化後，流速緩增，挾氣能力增強，水流曝氣亦將因接觸面積增大隨之增加，而曝氣主要目的是增加水中的溶氧，去除水中不良的氣味並提高酸鹼值，至於水流通過坡面不規則糙化炭石表層部分，可使水中一些雜質等被阻擋過濾;另水中膠狀物體及浮游生物、微生物酵素等也會在表面形成細密的過濾膜，潔淨通過水流。

3 現階段工作重點

「安全穩定、生態平衡、永續發展」是推動自然生態工法之主要工作方針。自然生態工法執行過程除應重視取得社會的認同及民眾之支持外，留給工程師的，就是「該怎麼做才對」的問題了。諸如：規劃設計時如何將整個集水區納入視野，並掌握區內自然法則與生態運作模式；如何避免或減少破壞生態環境，營造生物多樣性棲地，或該怎樣復育棲息地…等等，均是我們該去面對和努力的。為提昇本局工程規劃設計品質，並強化工程人員專業素養，本（92）年度爰研提以下四個委託專業服務案，期藉由研究探討及教育訓練，有效提昇國內自然生態工法設計理念與水準。茲分述相關委託案及主要內容如下：

3.1 集水區自然生態工法規劃設計參考模式之建立

以集水區為單元，藉由環境、生態、地文、地質等基本資料之蒐集及歷年災害及整治情形的調查，透過土砂來源分析、地景生態分析及河溪水理演算，充分瞭解集水區特性與問題本質，於適當區位綜合考量河溪整治、邊坡植生復育及農村建設等層面，導入自然生態工法規劃設計理念，評估施設防砂壩、潛壩、固床工、護岸、生態池或整流工程適宜性。期經由集水區自然生態工法規劃設計模式之建置，供作工程人員參考應用，有效提昇規劃設計專業素養與理念，並利往後集水區整體治理規劃及細部設計工作，朝兼顧治山防災、生態保育與休閒遊憩等方向前進。主要工作項目包括：集水區自然生態工法規劃設計參考因子與流程之確立、集水區自然生態工法規劃、集水區解說教育系統之建立、細部設計及規劃成果多媒體展示等。

3.2 野溪生態調查及棲地改善模式之建置

為因應社會環境變遷，推動自然生態環境的重建與維護。本計畫選定具生態資源適宜改善棲地並施設自然生態工法之野溪，從事生態資源調查以及棲地改善模式之建立。

本研究側重於野溪傳統治理工程（混凝土構造物）對棲地之影響，在考量工程安全與生態考量平衡機制下，參考國內外的實例後，研擬適合的棲地改善模式。依據棲地再改善後與未受干擾前二者之生態特質為考量因子，將改善模式分為復育（restoration）、復建（restoration）、改善（enhancement）及創造（creation）等四種，依目標棲地現地性質、改良動機及當地民眾生態意識，綜合評斷後選定之。其次，透過自然生態工法實施地區的生態調查與數據分析，對野溪自然生態工法及棲地構造物改善模式進行修正與檢驗，並據此提出適當的棲地改善方案。再則，將上述蒐集的資料以及研發成果，編輯成野溪自然生態工法調查與棲地改善模式彙編，而棲地改善規劃設計成果則以電腦模擬加以展示。最後，則將上述研究成果，透過研討會與成果出版的方式，加以推廣應用，以期創造永續的自然環境及適合生物棲息的野溪棲地。主要工作項目包括：落實推行自然生態工法之相關問題分析、野溪混凝土構造物傳統治理工程對棲地影響探討、自然生態工法實施地區生態調分析、野溪棲地環境自動測站之建立、野溪生態調查及棲地構造物改善模式草案、自然生態工法個案彙編、棲地改善規劃設計成果模擬之展示及教育訓練等。

3.3 橫向構造物之改良對於溪流水理特性影響探討

防砂壩、潛壩、固床工等橫向構造物雖具調節河道泥砂、減緩溪床坡度、穩定流心、防止溪床之縱向切割與橫向沖蝕及溪岸崩塌等功能，惟近年來由於民眾對生活環境品質要求提高，逐漸重視自然生態環境保育觀念，如何改良原有之構造物設計方式，以較符合安全、自然環境及生態之基本要求，於適地環境下逐步取代過去傳統構造物對環境所造成之不協調或衝擊，為本計畫主要目的。

為探討橫向構造物之改良對於溪流水理特性影響，提高規劃設計品質及維護自然生態景觀，有必要依不同地質區（包括礫石堆積、砂岩、片岩、頁岩及其互層地質、南部泥岩地質、東部海岸山脈西側泥岩地質、東部海岸山脈東側集塊岩地質）及集水面積，調查河床質對橫向構造物配置之影響，或以改良橫向構造物之方式，降低橫向構造物下游之沖刷及對自然生態景觀之負面影響。主要工作項目包括：既有國內外研究成果之收集、回顧與評析、目標地質區溪流現場調查、應證、檢討並整理歸納國內野溪整治橫向構造物的適宜配置等。

3.4 野溪水理演算模式之建立與驗證

河溪整治工程之規劃設計，除了安全性為首要考量外，如何結合自然生態平衡與環境景觀維護，遵循天然河性、自然蜿蜒，避免直線化及斷面規則化，以減低人為干擾破壞，亦為必須加以重視之課題。為配合不規則斷面及深潭淺瀨等變化渠床之設計需求，若單純以曼寧公式作為水理演算設計依據，將顯粗糙；為探討合理適用之野溪水理演算模式，特研提本項委託案，主要工作項目包括：模式之選擇與評估、野溪糙度分析及推定、HEC-RAS、NETSTARS 等模式之修正、模式檢定與驗證及教育宣導等。

4 結論與建議

①於常流水河段，壩體或固床工下游面採用緩坡化方式設計，具有降低潛勢、魚類迴游、棲地改善及潔淨水質等優點。

②緩坡化坡面可配合水流流量因地制宜設計舟通式魚道，以利溯流魚類迴游。

③「安全穩定、生態平衡、永續發展」是自然生態工法推動之主要工作準則。其過程，除需重視取得社會的認同及民眾之支持外，規劃設計時亦應本著師法自然、回歸自然、遵循自然法則之理念，藉由最少之破壞與改變，儘可能維持當地生態及景觀環境，盡量採用當地天然材料，融合

週邊自然環境，減少生態環境之衝擊。

④河溪生態調查資料，可作為設計參考依據與評估指標；建議統合國內各相關單位，參考日本河川水邊國勢調查模式，有系統建立全國一致性調查項目、格式及機制，以利後續落實推動作業。

參考文獻

1. 水土保持局（2002），「自然生態工法調查評估及工法研發計畫」報告摘要。
2. 水土保持局（2003），「野溪自然生態工法評估指標及設計參考圖冊之建立」。
3. 水利署（2003），「河川近自然與生態工法」。
4. 特有生物研究保育中心（2002），「河川近自然工法概述」。
5. 特有生物研究保育中心（2002），「河川近自然工法與環境管理」。

野溪整體規劃整治－以打鐵坑溪紅橋段整治工程為例

張益通[1]、王幸隆[2]

（1水土保持局第一工程所技士；2水土保持局第一工程所所長）

摘　要

打鐵坑溪流經台3乙線位於石門二號橋下游有座五拱之磚造紅橋，造型獨特斑斕古樸，為桃園縣票選十大歷史建築，橋下流水潺潺終年不斷，水質清澈，魚兒悠游，偶有垂釣者佇立溪澗，構成一幅「紅橋、流水、釣叟」之田園風光，為配合「紅橋」溪流特質，以自然工法、親水設施、綠美化等項目整體規劃設計，為教育、文化及社區發展奠定未來轉型利基。

關鍵字：自然工法、親水設施、綠美化

1 前言

臺灣地區生活水平提昇，相對地亦使人類對生態資源景觀品質之要求日益提高，有關水土保持或相關保育處理之措施，不僅要具備治山防災功能等安全之考量，更須建立生態且合乎生態理念方式，以降低對當地環境與生態所造成的衝擊。

自然生態工法的概念提出後，傳統溪流整治從工程技術發展到工程藝術，從實用價值顧及到美學價值，在盡可能不影響生物棲息及活動的考量下，提供人們戶外教育與生活休閒遊憩的機會和活動空間，進而喚起對水與土應有的尊重與珍愛，使大眾加深體認人類與自然環境和諧關係的重要性，及養成全民對水土資源保育的責任感。

為了達到自然環境的永續利用，野溪治理型態隨時代背景，有各所肩負之任務，因此，要達到一個合乎自然環境的溪流，應避免破壞當地的環境生態，在生活空間與生育基盤上自然生長與演替中，強調工程與環境之調和。應用綠化美化，並兼顧生態保育原則下，提供休閒遊憩及其他附加價值的機會，創造更和諧更適意的人類與其他生物共存共榮的景象。

2 集水區水文條件及地理位置概述

打鐵坑溪集水區位於桃園縣龍潭鄉東南方，行政區域隸屬龍潭鄉三坑村、大平、佳安、三林、高平及高原等六村，為大溪集水區（集水區編號0402002）之子集水區之一，打鐵坑溪屬大漢溪上游之一支流，集水區面

積618.40公頃，是本次整治規劃範圍。

本集水區為河谷台地地形，地勢南高北低，平均坡度21.84%，土壤以壤土及細砂土為主，地質主要由沉積岩所組成。集水區內之土地權屬以私有地387.61公頃居多，佔集水區面積之62.86%，土地利用則以闊葉林分布最廣，面積278.16公頃，佔集水區面積之44.99%，覆蓋濃密，水源涵養良好，終年流水潺潺，水質清澈，魚、鳥類生態相當豐富。

集水區之交通以台3乙線為樞紐，由此分支通往集水區各地。溪流情形打鐵坑溪全長7.2公里，平均坡降4.59%，溪流寬度6～30公尺，寬窄不一，由下游起分蔗部坑、清水段、粗坑段，自民國八十四年起由本所逐年編列經費分段整治，並於地方頗受好評。

打鐵坑溪紅橋段整治工程地形圖

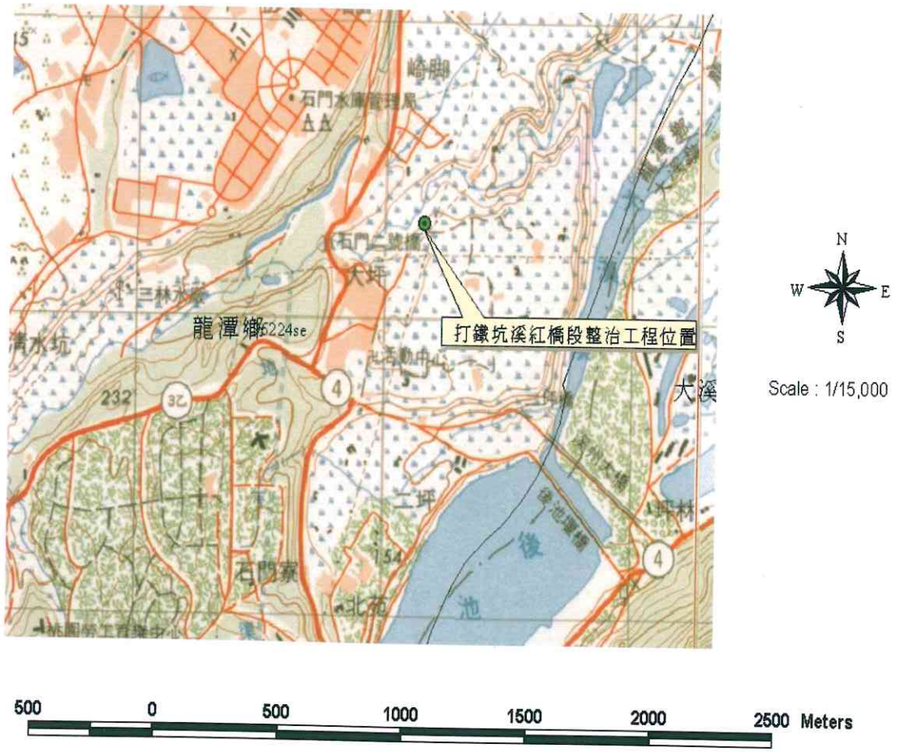


圖 1 打鐵坑溪紅橋段整治工程地形圖

3 設計理念說明

野溪集水區治理主要目的雖以保護溪流下游居民安全，避免兩岸土石流失，防止災害發生為主要考量，但施設治山防災工程時，除應考慮安全防護之功能外，亦應考量生態環境之維持，並使工程構造物與週遭環境相容。石門二號橋下游有座五拱之磚造「紅橋」，造型獨特斑斕古樸，橋下流水潺潺終年不斷，水質清澈，魚兒悠游，偶有垂釣者佇立溪澗，構成一幅「紅橋、流水、釣叟」之田園風光，假日經常有遊人來此緬懷先民生活的軌跡，為配合「紅橋」溪流整治，以自然工法、親水設施、綠美化等項目規劃設計，增加休憩價值空間。

4 生態理念

4.1 渴望親水出自原始意識

見水、親近水或聞水聲而對水有親切感。而水與他物之組合，亦產生相當之新鮮感，如同對光的潛在親密感，水亦使人產生心境上的平和。

4.2 創造環境景觀多樣性

景觀中視覺複雜性越高，視覺吸引力越大。重視視覺的生動、完整及統一，以兼顧景觀的文化價值及景觀本體品質。

4.3 發展生物多樣性

在自然生態鏈節下，發展生態系形式的數量或同一物種間基因的變異多樣性。

4.4 維持景觀設計低能量

規劃設計尊重自然，減少更動原有生態，並補救受損之景觀。

4.5 活化親水設施

利用造形、材料與他物之組成，激發大眾具有之內在親水性。

4.6 運用自然因子

水、光及風等作為近自然工法的設計概念，減少人為環境介入，並以此取自環境的地景藝術，促進資源節省與自然動力運用。

4.7 結合人文歷史因子

對文化起源及城鄉生活之溪河之再造規劃，喚起環境認同及文化記憶，產生新的生活經驗及歷史意義之餘，教育提昇對生態環境的普遍重視。

5 工程特色及貢獻

以自然生態工法、親水設施、休憩措施及綠美化工程等項目規劃設計，融合桃園縣票選十大歷史建築「紅橋」特質，為教育及文化貢獻一份心力及研發新砌石工法（繩吊法及夾吊法）為工程界開創新紀元。



圖 2 紅橋石碑



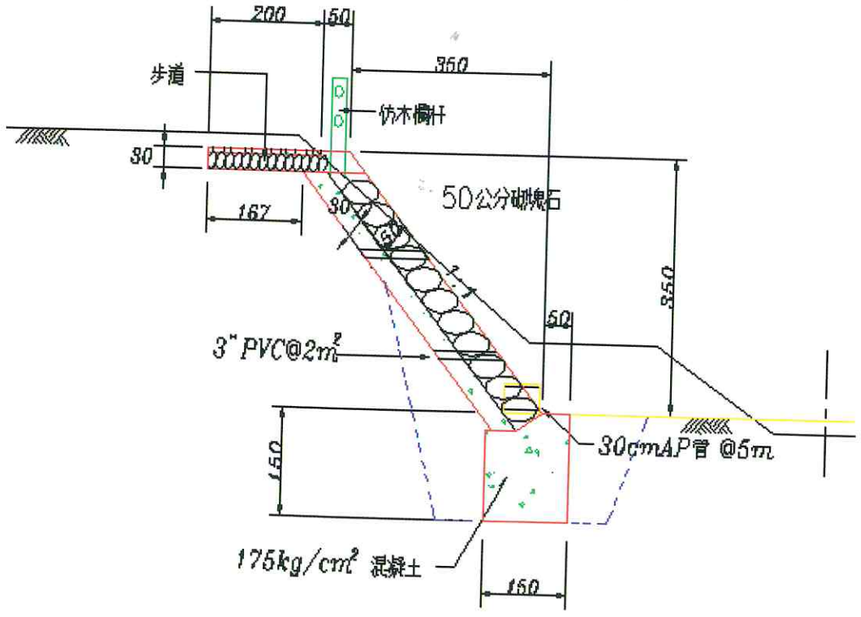
圖 3 紅橋周邊綠美化

6 工程相關圖說

6.1 親水性自然工法(含生態工法)

①整流工

本溪段左岸為台地之平台，右岸地形較陡且有房舍鄰近，以緩坡化砌塊石護岸保固，護岸每間格5公尺於基腳埋設§30cm 長125cm 之水泥管供魚類棲息。（石頭粒徑上限及下限各有20%之容許誤差）



砌塊石護岸斷面圖 S=1/100

圖4 整流工斷面規劃圖

②親水設施

「紅橋」上、下遊附近河幅開闊，於下游左岸0k+305～0k+360之間佈置長條式階梯及活動平台配合溪流中踏步式固床工親水。

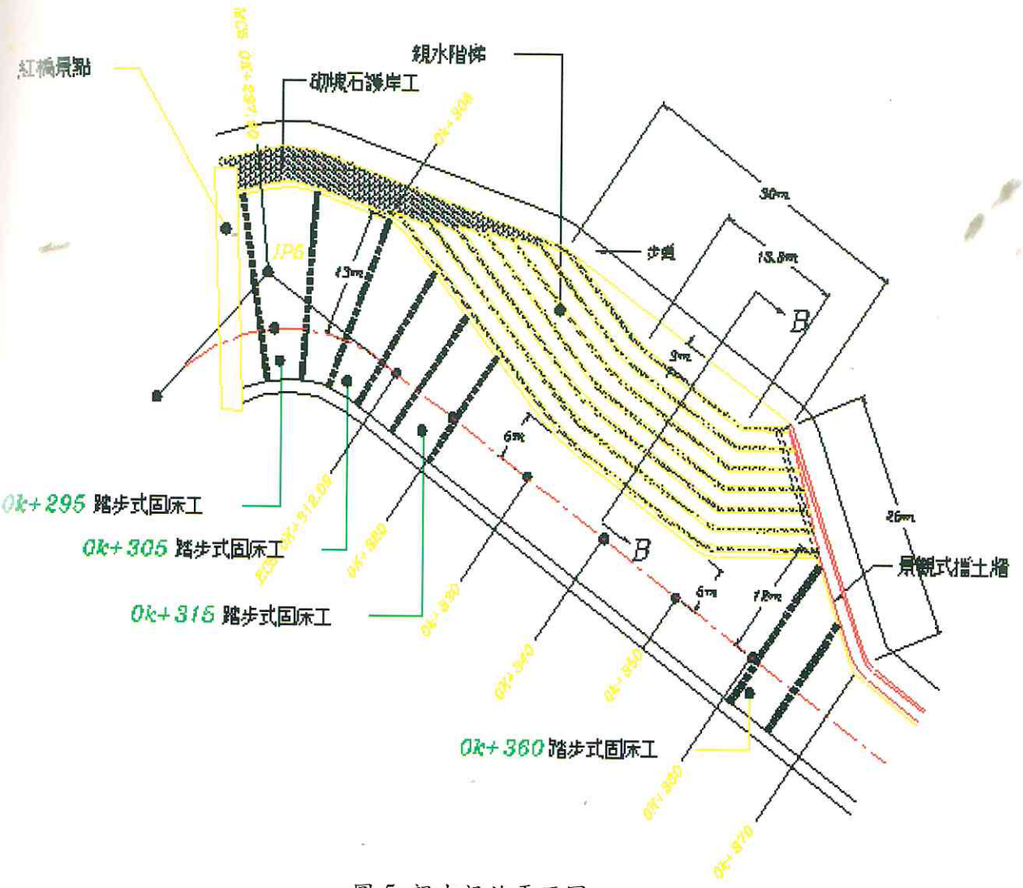


圖 5 親水設施平面圖

③固床工

踏步式：位於紅橋下游親水區域採親水性及消能性較佳之踏步式固床工，並兼具過水路面功能。

斜坡開口式：親水區域外採能穩定流心及控制流向較佳之斜坡開口式固床工，其落差較小魚類迴流沒有問題，兼具魚梯功能。

為調整溪床坡降防止縱向沖蝕，每間格10～45公尺設置固床工一處，並於半徑較小之凹岸處，配合設置凹岸保護格框，不僅可防止凹岸基礎淘空，更提供魚類棲息空間。

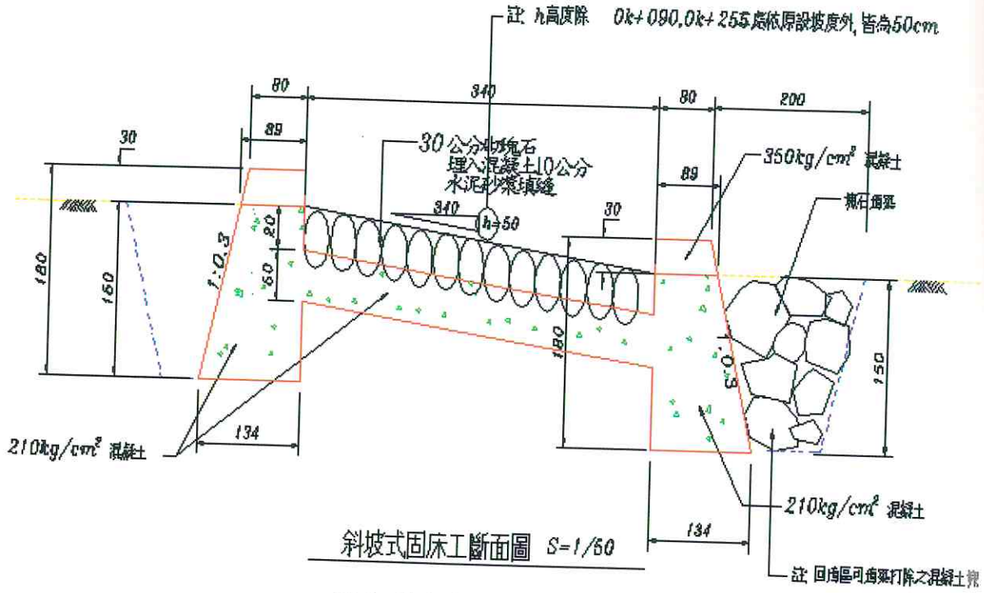


圖 6 斜坡式固床工斷面圖

6.2 綠美化工程

①植栽：為綠化整流工兩岸，喬木種植垂柳及台灣欒木，灌木種植杜鵑。

②美化：0k+293～0k+393右岸原設置重力式護岸，表面粉刷石頭漆美化。

6.3 環溪道路及道路水土保持

6.4 休閒設施：休閒設施有涼亭、休閒桌椅等項目。

①採用原木複製預鑄鋼筋混凝土材質(休閒桌椅、欄杆)。

②休閒桌椅 3 組，位予涼亭及親水平台。

③欄杆：整流工完成後為保護行人安全及美化環境，分別於兩岸配合步道設置欄杆。

④標示牌：原石一塊。

⑤其他：為利聯絡及農耕於 0+420 處規劃跨徑 15 公尺之橋樑乙座。

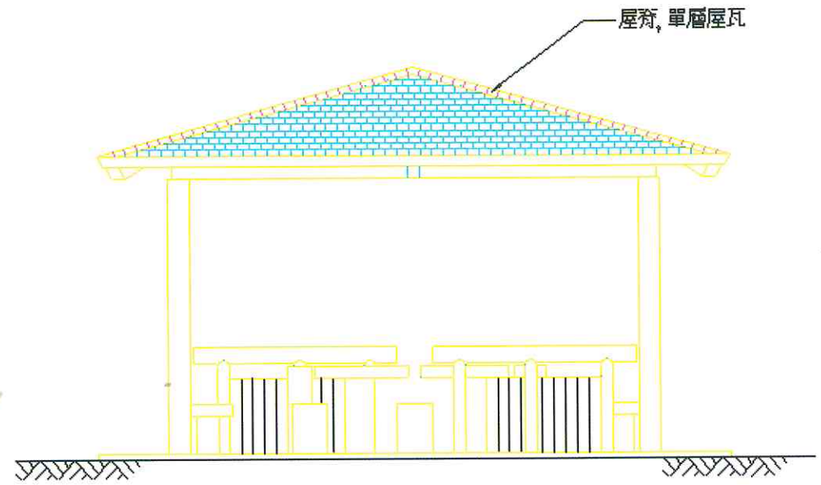


圖 7 涼亭及石椅示意圖

7 結論

溪流治理管理的理念，已發展到重視坡地及溪流的生命與靈性，並顧及流域居民生活的調和，溪流治理不僅以防洪、防災、利水、美觀、休閒為目的，更應考慮到生物多樣性，水循環系的健全以及自然景觀的再生。

人類對生活環境的高度關心，若單純以防災為整治目的，已不能滿足需求。多元化整治的災害防止，環境美觀及生態調和兼顧，方為未來共同努力之目標。

8 工程照片













參考文獻

1. 孫明德・林信輝・陳明義 1991 石質邊坡綠化植物之生態與生理特性 中華水土保持學報
2. 汪靜明 1994 河川生態保育 國立自然科學博物館
3. 林信輝 1998 台灣地區河溪整治與自然工法調查 水資源保育生態工程技術推廣研討會 中興大學水資源保育及防災研究中心等 pp44-55
4. 林信輝 2002 植生工法與自然生態工法之應用 土石流災害防救實務研習會
5. 段錦浩 1998 魚道及生態化整流工程之研究 中日溪流生態保育研討會論文 中華民國溪流環境學會等 pp67-75
6. 曾晴賢 1998 台灣河川魚類資源及生態保育 水土保持工程人員研究班手冊
7. 蔡進來 1999 野溪護岸植物 農委會水土保持局 國立中興大學
8. 鄒宗儒 2002 治山防災與自然生態工法簡報 行政院農業委員會水土保持局自然生態工法成果發表會
9. 中華水土保持學會 1997 堤防及防砂壩自然工法之可行性研究計畫 台灣省水土保持局

雙溪流域自然生態工法－以丁子蘭坑溪整治為例

鄒宗儒

(行政院農業委員會水土保持局技正)

摘　要

丁子蘭坑溪自然生態資源及環境景觀條件極佳，為免因施工造成嚴重干擾破壞，規劃設計即以整體集水區為考量，依其立地條件特性配置，概分為自然生態保育區、親水遊憩區、步道系統、涼亭、停車場、步道沿岸帶狀綠化、崩塌裸露地植生綠美化等。又為讓人體會自然、親近自然，並減低生態衝擊及干擾，採行破壞最小之治理機制，即規劃設計三環線之步道系統，穿梭於自然生態環境間。本區整體而言親水橋以上規劃為自然生態保育區，沿溪流岸邊及山側建構賞魚與環山生態步道，並儘量順沿等高線方向或舊有步道修築，最後銜接早期輸運木材之產業道路；親水橋以下，左岸坡腳淘刷，且曾發生土砂洪氾災害，該區段河道依整體規劃設計，配置自然塊石護岸、環溪步道、親水階梯、涼亭、觀景台、植生綠帶、生態池、邊坡打樁編柵及低落差固床工、拱形落差工，符合壩工低矮化、表面孔隙化、坡面緩平化、界面透水化、材質自然化等五化設計原則，能營造自然水域與緩坡河岸親水空間，使本區域治理兼具治山防災、自然生態與休閒遊憩之多重功能。

關鍵字：自然生態工法、整體規劃設計、生態資源、步道

1 前言

近年來無論是政府、民間或學術界，均已全面積極推動自然生態工法，包括圖冊研發、生態資源調查、棲地改善復育、生態水理分析、集水區整體規劃設計模式建立、國家生態步道規範、乃至生態工法技術參考手冊、生態工法相關刊物書籍等均陸續推出，並透過教育、訓練、國內外考察觀摩、成果發表會，及研討會等交流培訓，給予大家更多學習成長機會，相信我們可培植許多優秀之大地自然生態工程師，雕塑出更具有生命力之河溪生態環境，而丁子蘭坑溪親水橋上下游整治完成，正好提供一個正向思考與討論之空間。

2 地區概述

2.1 地理位置

號2801003）位於台北縣雙溪鄉魚行村，屬於
面積1035 公頃，主河道長6.7公里，河床平均坡
丁蘭大橋，丁子蘭坑溪發源於集水區東南方破子寮
度約570m），向東北下流約7公里於蘭溪橋與雙溪會
即位於本集水區之中上游區段，自然生態資源甚佳，具
生態體驗與生態教育多重功能價值，堪稱世外桃源，為北部
法示範集水區。

2.2 水文

雙溪氣象站之年平均降雨量為4,177mm，雙溪測站最低月均溫發生在二月為15.1℃，最高月均溫發生在七月為28.3℃，平均風速為0.2 m/s ～0.46 m/s。

2.3 土地利用

平坦的農耕地多已荒廢成草生地，尚有大面積的桂竹林，及少量油桐，柳杉造林地與果園，果園農作主要有柚子、香蕉及柑橘、柳丁、山藥薯、竹筍、野薑花等，除果樹外以禾草為優勢種。

3 自然生態資源說明

水陸域生態資源依據本局雙溪集水區整體規劃報告分述如下：

3.1 陸域生態

①陸域野生動物：農委會公告之珍貴稀有保育類野生動物有山豬、果子貍、穿山甲、山羌、山鹿、白鼻心、大冠鷲、台灣藍鵲、雨傘節、龜殼花、褐樹蛙等，及保育性野生動物：雉雞、貓頭鷹、黃嘴角鴞、紅尾伯勞、喜鵲、野兔等。

②其他鳥類：紅嘴黑鷴、繡眼畫眉、白頭翁等三種數量最豐富，頭烏線、山紅頭、綠繡眼、麻雀與樹鵲及夜鷺、翠鳥、黃頭鷺、小白鷺、鵪鴣等多種鳥類。

③昆蟲：突眼蝗、短腹幽蟌、台灣紋白蝶、台灣波紋蛇目蝶等，並有為數眾多之螢火蟲棲息於溪岸與山坡間，夏日夜間，閃爍景觀，令人流連忘返。

④植被類型：可分為人工林、次生闊葉林、高草地與廢耕草地等四大類

a.林相：喬木層主要有相思樹、水同木、稜果榕、水金京、九芎、大葉楠、及紅楠等；灌木層為江某、柃木、九節木、牛奶榕及山棕等。喬木枝幹上常附生有山蘇及代石蕨等

b.其他植被：丁子蘭集水區內有數處高台草地，其主要組成為五節芒，其中亦散生葉饅頭果、桐樹、大明橘、紅淡、烏皮九芎等灌叢，芒草叢下常見有金毛耳草。

3.2 水域自然生態水理條件

①水域棲地：在一般自然河道水域計有急流、緩流、岸邊緩流、深潭、淺瀨、迴流等各種流況，河床底質歧異度高，大型底石亦多，很適合魚蝦蟹鰻各種水中生物之棲息繁殖，如圖8、9、10及12。

②溶氧：水域具有多流況特性，溶氧均在6.0mg/l 以上，非常有利魚類生長。

③pH 值：介於7～8.5之間，是較佳水域棲息環境。

④水域水溫：除夏季外水溫維持在18至23度間，故須有深潭及河道沿岸植被林蔭，以維持夏季河道水溫之提昇，如圖9及10。

3.3 水域生態

①魚類方面：有農委會公告之珍貴稀有保育類野生動物：鱸鰻，台灣地區特有種：台灣纓口鰍、石班等，另有鯽魚、馬口魚、溪哥等淡水魚類及螃蟹、貝類及多種蝦類，如圖13及14。

②藻類：藍綠藻、綠藻及矽藻等。

③水生昆蟲：蜉蝣目、績翅目、毛翅目、廣翅目、鞘翅目、蜻蛉目與雙翅目等，棲息水生昆蟲豐富，有利食物鏈之供給，使魚產豐富多樣。

3.4 水資源循環儲存：本區地下水體主要來源為雨水入滲及河川補注，儲存於森林及地表地層中，並循環注入河道中，使本流域保持常年有水之景觀，經由實地勘查得知，河川集水區內幾乎甚少人為開發，上游極少污染源，水域水質相當清澈良好。

4 整體規劃設計原則及構想

4.1 整體集水區規劃考量

本區域自然生態資源及環境景觀條件極佳，為免因施工造成嚴重干擾破壞，規劃設計即以整體集水區生態資源、人文景觀動線及土砂災害為考量，依其立地條件特性配置，概分為自然生態保育區、親水遊憩區、步道系統、涼亭、停車場、步道沿岸帶狀綠化、崩塌裸露地植生綠美化等。

4.1.1 親水橋以上

①左岸支流曾發發生土石流災害，本局已於一期工程加以整治，上游崩塌源頭僱用在地人治理，土砂已獲得有效控制，如圖23、24及25；主流左岸崩塌地於二期工程施設混凝土外砌大塊石護岸。

②規劃為自然生態保育區域：除了必要之土砂災害整治外，原則禁止任何山坡地開發建築或河道整治行為介入，儘量保持原有自然原始風貌，避免干擾該區內水陸域野生動物之棲息，讓這片寶貴自然資源，能永續保存利用，讓更多的人能親近體會而不破壞它，如圖8至14。

4.1.2 親水橋以下

①左岸坡腳淘刷，曾發生輕微地滑，右岸曾發生土砂洪氾災害，該區段河道透過整體規劃設計，配置自然塊石護岸及橫向固床工，營造自然水域與緩坡河岸空間，如圖15，近自然生態工法整治全貌。

②沿右岸以單式銜接複式砌塊石斷面設計，建構緩坡化又不具壓迫感之水岸空間，如圖22；岸頂外側種植山櫻花、非洲鳳仙、百慕達草等植生綠美化，使岸邊、水域與自然景觀融為一體，如圖19及20。

③設計親水階梯，使人能更親近自然，如圖3及17。

④藉低落差固床工及拱形固床工營造深潭、淺灘、湍瀨、岸邊緩流等不同水域生態環境，魚蝦更愛悠遊棲息，如圖16、17及39。

⑤態休閒指標之意義，如圖7及18、19。

⑥建立大理石景觀石乙處，如圖18，具有遊憩地標之功能。

⑦邊坡裸露地規劃植生綠美化，種植大頭茶花、杜鵑、百慕達草。

⑧右岸高灘地生態池之建構，營造近靜態生態環境，並富教育之功能，如圖21。

4.1.3 步道系統之建構

為讓人體會自然、親近自然，採行破壞最小之治理機制，就是建構步道系統，穿梭於自然資源環境之間，本案規劃設計構想，源自於墾丁國家公園範圍的南仁湖，建構步道深入野生動物生態保護區，讓民眾親身體驗自然生態資源，而宜蘭縣福山植物園，園區內亦有許多野生動植物自然資源景觀，為讓人親近體驗，亦建構生態步道，低密度分布於園區內，前揭兩區為避免過度干擾當地生態，管理單位對每日遊客均做總量管制。

①親水橋以上自然生態保育區，為避免對該區域內生態之干擾破壞，沿溪岸岸邊建構賞魚生態步道，如圖36及37，並儘量順沿等高線方向或舊有步道修築，最後銜接早期輸運木材之產業道路，如圖26，以減少邊坡之

挖填方及景觀破壞，遇坑溝處以景觀拱橋建構，而步道緊貼地面施設未墊高路基，以免形成動物跨越通行之障礙，如圖32、33、34及35。

②親水橋以下沿河道兩側護岸建構環溪步道，並於左岸以縱向階梯步道向上施設至丁蘭52號住宅前，與前揭生態步道銜接形成三環線之步道系統，可供民眾生態休閒體驗，施設成果如圖19至20。

4.2 水域與周邊環境之規劃

4.2.1 平面配置考量

順應原有河幅河寬地形，毋須整治河段，保持原有自然原始風貌，土砂洪氾災害河道，則須順應河道蜿蜒曲折之地形，及自然平衡寬度進行規劃設計，避免採行平行等寬護岸之型式佈設，儘量維持原有河形狀寬度，未束縮河道斷面及混凝土封底，利於水資源循環儲存，平面配置如圖一。

4.2.2 橫向考量

依當地動植物活動分布狀況，建構坡面1比1.5，平衡長徑約80cm 大塊石緩坡護岸，維持水陸域動物交流廊道，又緩坡化護岸，使整體河道結構不致於有壓迫感，讓人與大自然水域更加親近，如圖2至4及15。

4.2.3 縱向考量

原則不設計河床橫向構造物，以免阻斷魚蝦之迴游，並以加深基礎方式，增加護岸之安全性，惟左岸邊坡79年間受豪雨洪流淘刷影響，曾發生輕微之地滑，為此布設兩座低落差固床工，穩固左岸基腳，並於下游面銜接拋排大塊石全斷面魚梯，而一般壩工落差以不超過30cm 為原則（曾晴賢，2002），本設計符合生態之要求，使縱向廊道形成無障礙空間，如圖16及17。

4.2.4 回復棲息地生機

本案規劃設計階段即進行原河道自然狀態之拍攝，施工完成後，以模擬原河道自然塊石分布狀況回復，創造原有之孔穴、亂石堆，使水域生態儘速恢復原有自然面貌。

4.2.5 營造深潭淺灘

建構深潭供魚蝦等於常流量時之生存空間及人類觀賞遊憩垂釣景點，而淺灘則供魚蝦洪水期之避難空間，如圖16及17。

4.2.6 規劃設計五化原則之檢核

①高壩低矮化（壩工低矮化，下游緩坡化，可維持縱向廊道之暢通）。

②表面孔隙化（平均長徑約 80cm 大塊石護岸，表面具有粗糙度及多孔性

，增加動植物棲息附著機會）。

③坡面緩平化（建構橫向水路棲地生物交流廊道與休閒遊憩景觀）。

④界面透水化（未以混凝土封底，使河道具透水性，維持降雨水流入滲，避免造成絕緣作用）。

⑤材質自然化（護岸大塊石最具自然性，並與當地自然生態景觀協調一致）。

5 工程內容、構造物設計

5.1 一期工程（**90**年度）：

①上游壩工跌水乙座。

②支流護岸整流長約136m，主流三明治漿砌卵石護岸約142m及低落差小型帶工69座，護岸出水高斷面採土坡植生設計，所種植之植物具有誘蝶功能，如圖23及24。

③T型橋樑乙座－親水橋，如圖31。

5.2 二期工程（**91**年度）：

①主流1：0.5及1：1.5單斜式砌塊石與1：1.5複式砌塊石護岸約計350m，河床計畫線下降20cm，基礎深1.8m，其頂面砌40cm塊石，增加自然性與多孔性，設計斷面如圖2至5。

②親水橋上游1：0.3單斜式斷面砌塊石擋土牆80m，如圖5。

③低落差固床工兩座，長度27m，並於下游面銜接1:10緩坡度全斷面之拋塊石魚梯。

④親水階梯四座，設計斷面如圖3。

⑤親水休憩安山岩步道長553m，寬1.5m，設計斷面如圖2至6，施工成果如圖15、19及20。

⑥RC造雙層涼亭（觀景台）乙座及木造涼亭乙座，設計圖，如圖7，現場施工成果如圖18及19。

⑦沿步道右側帶狀植生綠化長150m，寬4.6m現場施工成果如圖19及20。

⑧右岸支流版橋乙座、低落差固床工兩座、1：0.3單斜式砌塊石護岸約100m。

⑨乾砌石拱型固床工數座，如圖38，創造湍流水域，增加水中之含氧量，提供喜好急流性水域之魚群棲息（日本福留脩文所長，2002），河道棲地營造自然大塊石之分佈，創造多孔隙環境。

⑩營造深潭、淺灘、岸邊緩流、急流、湍瀨等水域環境，如圖39，本設計

水域環境之營造原則，每隔五倍河寬之長度，就須有深潭之流況，方能滿足枯水期魚群等水中生物之存活需求（Harper ，1995；林鎮洋，2001），並應用防災所設計之低落差固床工及砌石拱形固壓工營造深潭水域，而深潭平時為水中生態棲息成長之最佳場所，在土砂災害期間則兼具沉砂淨化水流之功能，符合生態要求，整治後現場已可看到魚兒成群，悠游其中，大者以目視，身長達五公分以上之石班魚潭中處處可見，並有民眾垂釣其間，如圖16。

5.3 周邊環境景觀及植生綠化工程（**92**年度）：

①沿溪及環山安山岩步道524m，寬1.5m，整體平面示意圖如圖27及28，設計斷面如圖29。

②親水橋上游左岸崩塌地基腳砌石護岸及排水邊溝64m，仿木欄杆約135m，及崩塌區源頭打樁編柵縱橫向導排水處理，棲地復育後整體景觀優美，別有一番生態景緻。

③安山岩情人座椅16組。

④拱橋三座立面圖，如圖30。

⑤階梯步道乙座，長12.5m，寬2m。

⑥植生綠化面積827平方公尺，種植原生植生。

6 自然生態或休閒親水遊憩願景

6.1 優質之水質水域環境，提供最佳之親水空間

丁子蘭坑溪集水區，主流河道常年有水，未曾枯竭過，沿岸河道水岸及廣大山坡地甚少破壞與污染，住家亦少，無任何工廠且甚少污廢水排入，是屬於極低密度使用之山坡地，親水橋以上區段，甚至於幾近零污染，自然生態資源豐富多樣，而本集水區經整體性調查規劃整治後，可供為戶外親水遊憩及生態體驗之最佳空間。

6.2 本區建構較完整之步道系統，讓人更深入親近自然

除已建設之沿溪環山生態步道約2,500m（長度含新設置及銜接既有道路共三環線）外，未來在考量低程度干擾當地生態系原則下，順應地形地勢，繼續建構低密度步道系統，並可與鄰近區域之貢寮鄉草嶺古道串聯，或由左岸翻越山嶺經貢寮鄉獅山至大牛埔，而到達遠望坑步道系統銜接，以提供機能完整之深度休閒旅遊。

6.3 與東北角風景特定區串聯成休閒鏈

建立一處海景以外之純山川景致生態園區，讓民眾有不同體會與感受，可增加週休二日休閒遊憩之廣度及深度，值得我們去開發創新此一優質環境，讓自然生態資源與廣大民眾共享。

6.4 成為都會區的後繼生態休閒園區

本集水區緊鄰台北及基隆等人口密集之都會區，與台北及基隆相距不遠，約一小時車程能到達，生態資源豐富多樣，非其他低海拔山脈所能比擬，可說是北部自然資源寶庫，在前節已加以敘述，此一豐富資源，可成為永續利用保護之生態園區，透過導覽圖及生態解說牌之建置，將讓一般民眾及學生有機會認識自然、尊重生態，頗具教育之功能，值得重視與提倡。

6.5 結合當地鄉土特色，提供偏遠農村生活之不同體驗。

7 檢討與建議

7.1 中下游縱向廊道改善

本集水區為雙溪主要支流，而雙溪下游貢寮區段為水利應用，設置有約二公尺落差之壩工，影響迴游動物魚蝦蟹鰻幼苗之行進，勢將威脅該等迴遊性魚類之繁衍，使物種逐漸減少劣化，為此，須積極進行集水區河道迴游障礙物調查，並協調權責單位加以改善。

7.2 後續整治

本集水區是本局推動自然生態工法所核定中長程計畫之示範集水區，希望透過整體性規劃之執行，使資源有效整合運用，不因整治而過度破壞原有棲地生態，經由計畫性及低干擾度之治理，未來除丁蘭內橋下游三百公尺至上游親水橋止，及丁蘭大橋至上游四百公尺須治理外，其餘均須保持河道原始狀態不宜整治，使生態資源能獲得保護，且為人類與其他動植物共處共享共榮，讓人類體驗自然資源之寶貴。

7.3 國外技術之參考應用

本工程河道兩岸建構步道系統可讓人親水近水，賞魚及欣賞水域中之百態，而河道中宜有更多岩石、巨礫石之分布，低落差固床工下游面，須以拋大塊石一比十坡降之全斷面魚梯，建構魚蝦迴游之無障礙空間，乾砌石拱形固床工亦應維持其穩定平衡，第二座固床工下游面坡度較陡，未來亦可參考日本及德國組合式落差工模式設計改善；而塊石護岸孔隙極為自然，可加以填充壤土，並做植生綠美化，使它更柔和接近自然。

8 未來展望

①繼續執行三期整治工程（櫻滿橋上下游及丁蘭內橋下游整治）。

②親水橋上游左右岸再擇適當邊坡區段，建構生態休閒步道、涼亭、棧道、觀景台、生態池，親水橋下游第二座固床工附近，以拱橋或吊橋銜接左右岸，使兩岸沿溪環山步道系統串聯相通。

③建立解說牌，除導覽本區自然生態域設施外，並進一步揭示解說水陸生態資源，讓遊憩民眾能更深一層體會，使之成為自然生態資源之戶外教室。

④改善對外連絡道路：目前通行道路狹小，部份區段難以交會車，可選擇部份區段，在破壞最小原則下，加以拓寬改善或興建避車道。

⑤建立網路資訊，提供民眾了解本區自然資源及旅遊路線（如螢火蟲生態深度旅遊資訊），並印製導覽活頁資料。

9 結論

丁子蘭坑溪集水區屬於少有污染之水域環境，為防治土砂洪氾災害兼具生態環境營造，經縝密規劃與治理下，該集水區親水橋上下游區段河域近自然生態工程、崩塌地治理及沿溪環山生態步道系統均已具雛型，未來仍有努力發揮之空間，以提供一個優質的處所，讓民眾去親自體驗生態、保護生態、尊重生態。但願丁子蘭坑溪個案整治之完成，提供更具體之自然生態工法討論與改善之園地，以它為出發點，不斷研究創新工法、技術及資材，相信建立優質生態之河溪環境，指日可待。

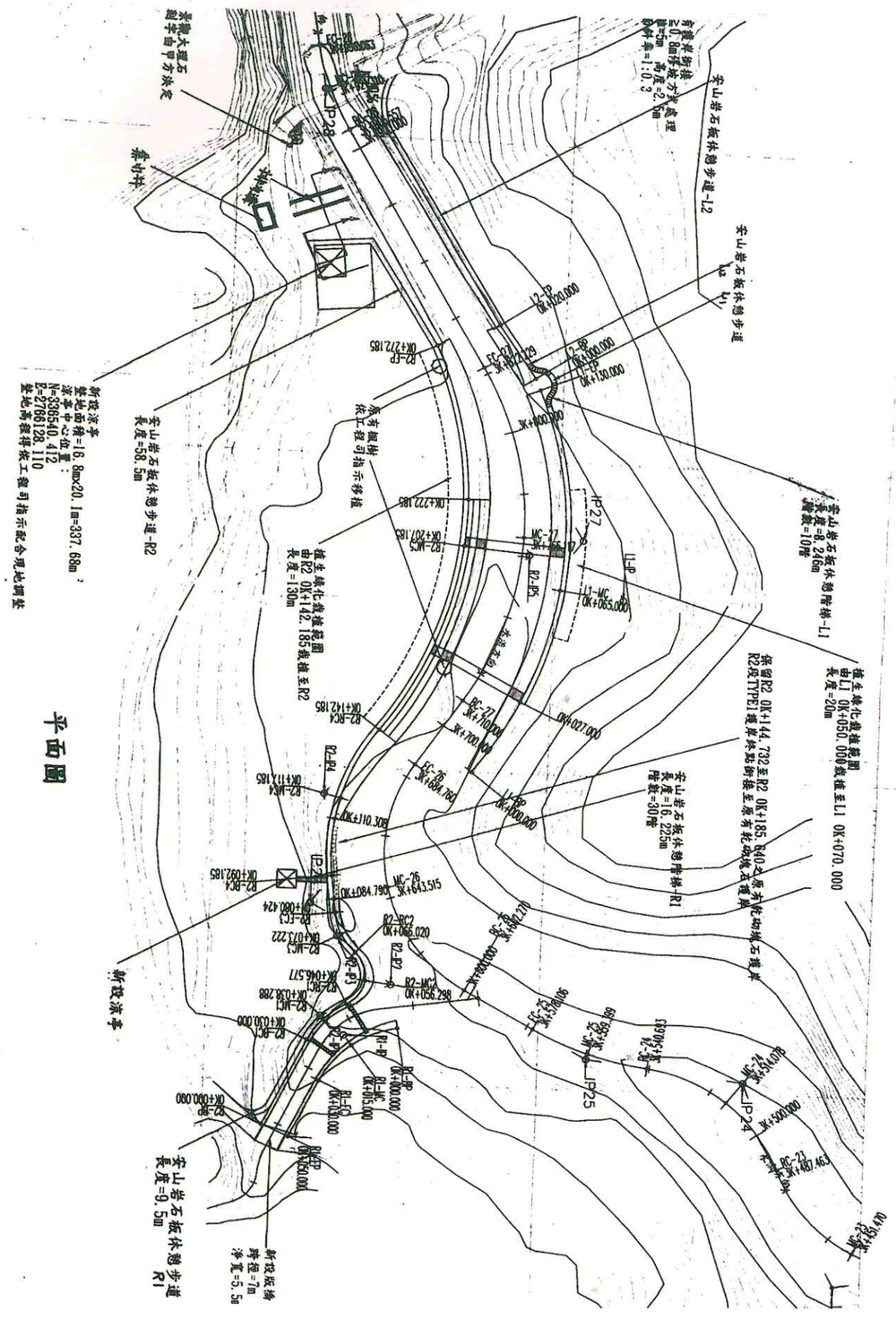

新設溪手
安山岩石板休憩步道-R2
安山岩石板休憩步道-L2
安山岩石板休憩步道-L1
新設坂梯
寬度=7m
淨寬=5.5m
安山岩石板休憩步道-R1
新設溪手
基地面積=16.8m×20.1m=337.68m²
溪手中心位置：
N=2396040.412
E=276128.110
整地高程得依工程司指示配合現地調整
平面圖

圖 1 平面圖

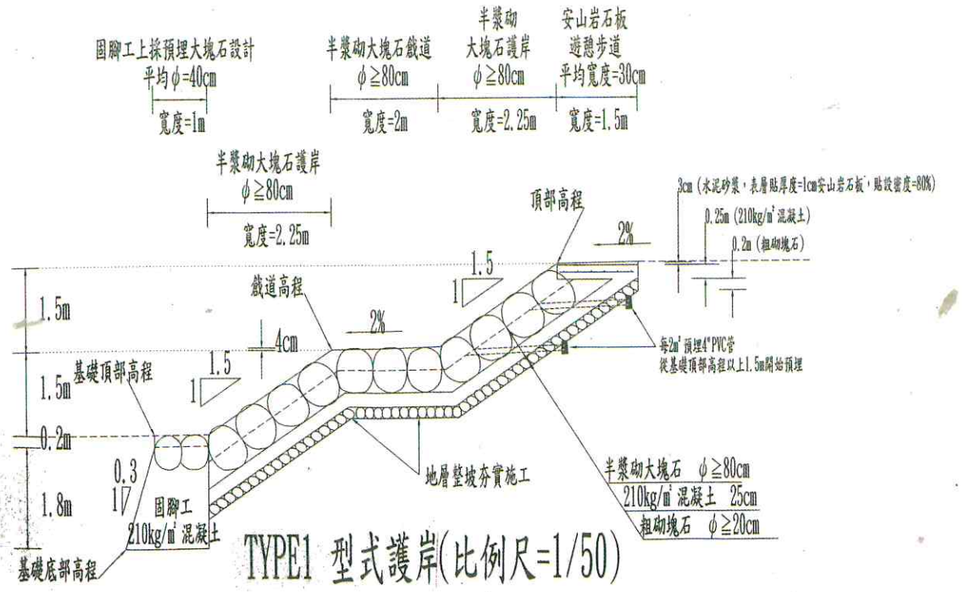

固腳工上採預埋大塊石設計
平均φ=40cm
寬度=1m
半蠻砌大塊石截道
φ≧80cm
寬度=2m
半蠻砌
大塊石護岸
φ≧80cm
寬度=2.25m
安山岩石板
遊憩步道
平均寬度=30cm
寬度=1.5m
半蠻砌大塊石護岸
φ≧80cm
寬度=2.25m
3cm（水泥砂漿，表層貼厚度=1cm安山岩石板，貼設密度=80%）
0.25m（210kg/m³混凝土）
0.2m（粗砌塊石）
頂部高程
2%
1.5
截道高程
4cm
2%
1.5m
基礎頂部高程
1.5m
1
1.5
0.2m
1.8m
0.3
1/7
固腳工
210kg/m³混凝土
基礎底部高程
每2m³預埋4"PVC管
從基礎頂部高程以上1.5m開始預埋
地層整坡夯實施工
半蠻砌大塊石 φ≧80cm
210kg/m³混凝土 25cm
粗砌塊石 φ≧20cm
TYPE1 型式護岸(比例尺=1/50)

圖 2

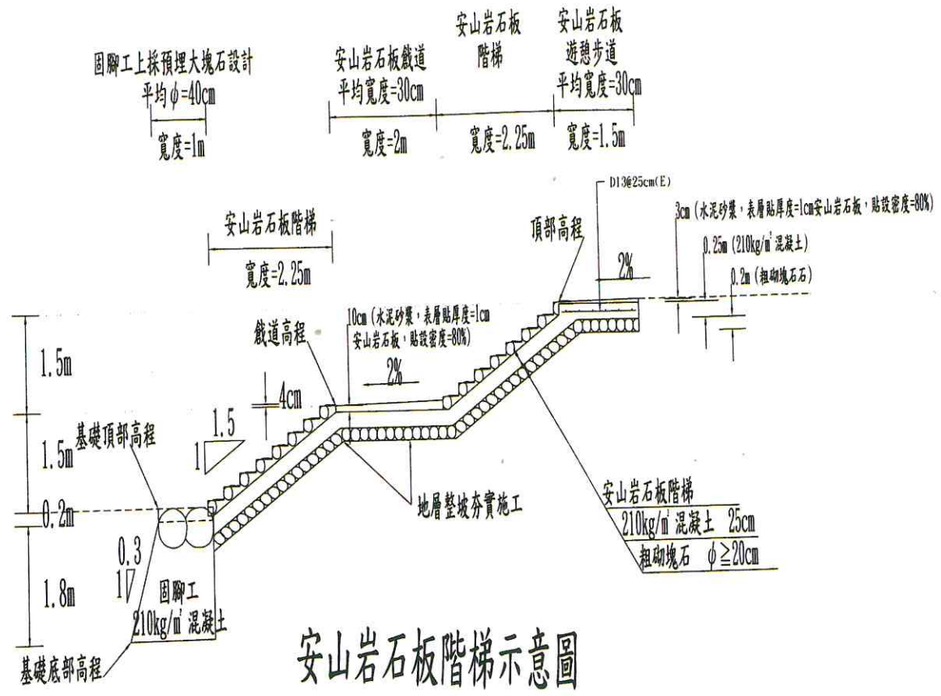
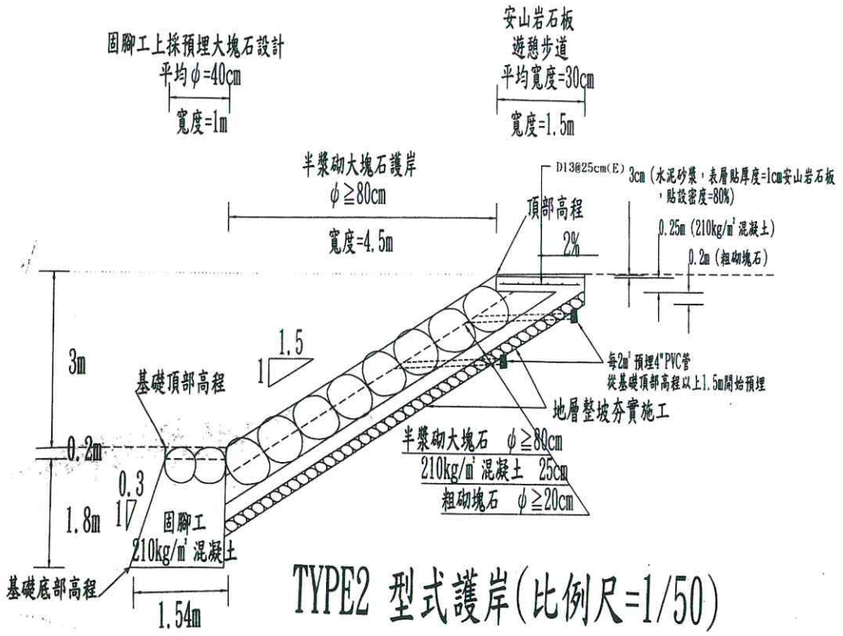
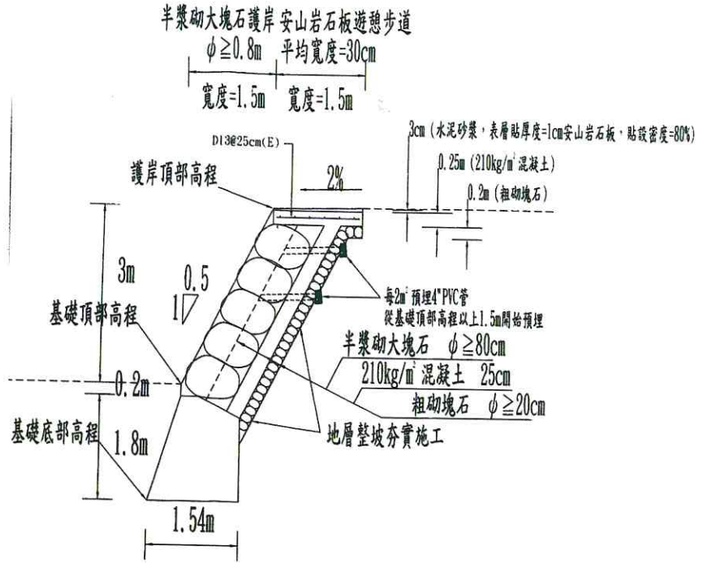

固腳工上採預埋大塊石設計
平均φ=40cm
寬度=1m
安山岩石板截道
平均寬度=30cm
寬度=2m
安山岩石板
階梯
寬度=2.25m
安山岩石板
遊憩步道
平均寬度=30cm
寬度=1.5m
DJ3@25cm(E)
安山岩石板階梯
寬度=2.25m
3cm（水泥砂漿，表層貼厚度=1cm安山岩石板，貼設密度=80%）
0.25m（210kg/m³混凝土）
0.2m（粗砌塊石）
頂部高程
2%
10cm（水泥砂漿，表層貼厚度=1cm
安山岩石板，貼設密度=80%）
截道高程
4cm
2%
1.5
1
1.5m
基礎頂部高程
1.5m
0.2m
1.8m
0.3
1/7
固腳工
210kg/m³混凝土
基礎底部高程
地層整坡夯實施工
安山岩石板階梯
210kg/m³混凝土 25cm
粗砌塊石 φ≧20cm
安山岩石板階梯示意圖

圖 3



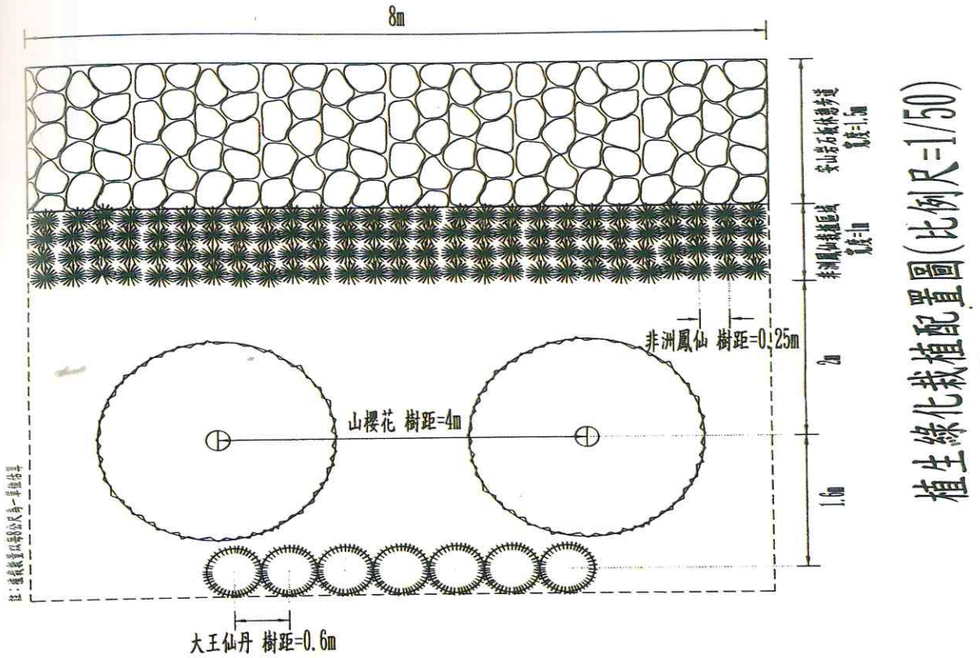
TYPE2 型式護岸(比例尺=1/50)

圖 4



TYPE4 型式護岸(比例尺=1/50)

圖 5



植生綠化栽植配置圖(比例尺=1/50)

圖 6 步道及植生綠美化平面示意圖

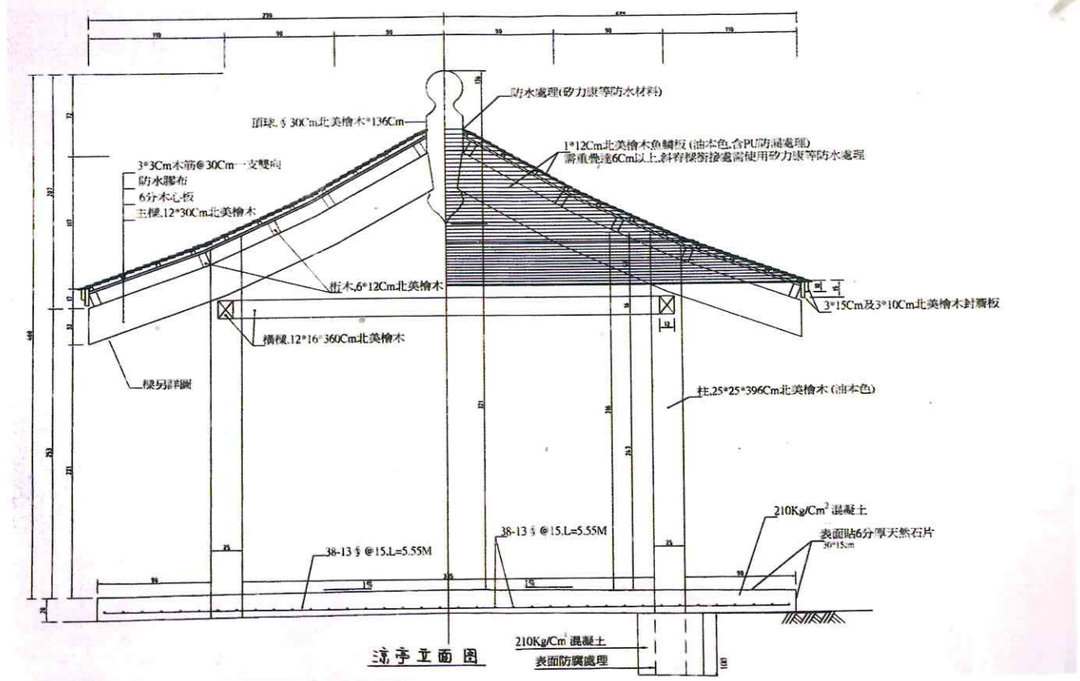


圖 7 木製涼亭



圖 8 親水橋上游自然生態保護區



圖 9 岸邊植被良好



圖 10 深潭及淺灘



圖 11 自然景觀



圖 12 自然景觀(湍瀨)





圖 13、14 水域生態資源(曾晴賢教授提供)



圖 15 自然生態工法整治全貌



圖 16



圖 17 親水階梯、固床工、深潭



圖 18 觀景台、景觀石



圖 19 沿溪步道



圖 20 沿溪步道



圖 21 右岸生態池



圖 22 複式護岸



圖 23 一期整治圖

※棲地改善：可將基礎台下降 30cm，上方拋大塊石，坡面改為砌塊石不勾縫。



圖 24 一期整治

※岸坡種植誘蝶或培育螢火蟲之植物





圖 25 右岸支流上游崩塌處理圖



圖 26 原產業道路銜接步道系統

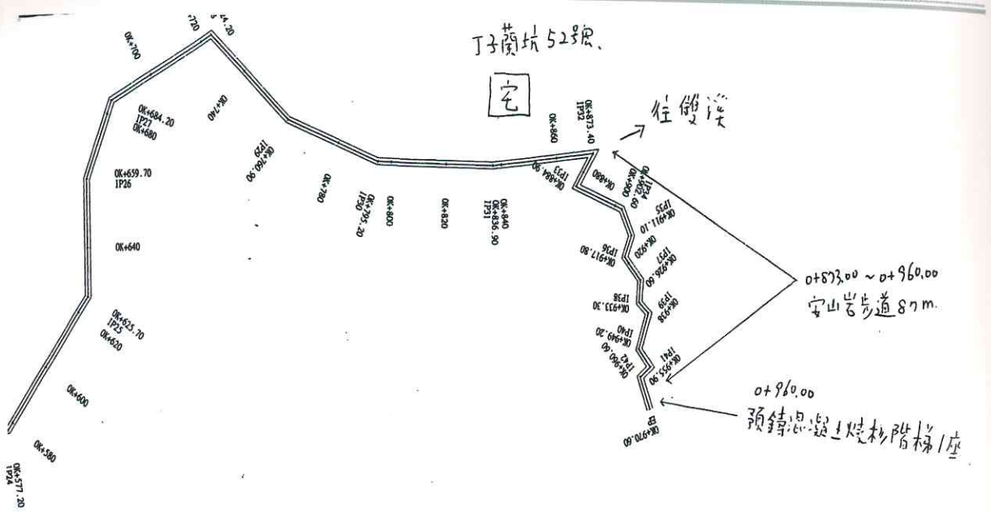


圖 27 步道平面圖(張吉村先生提供)

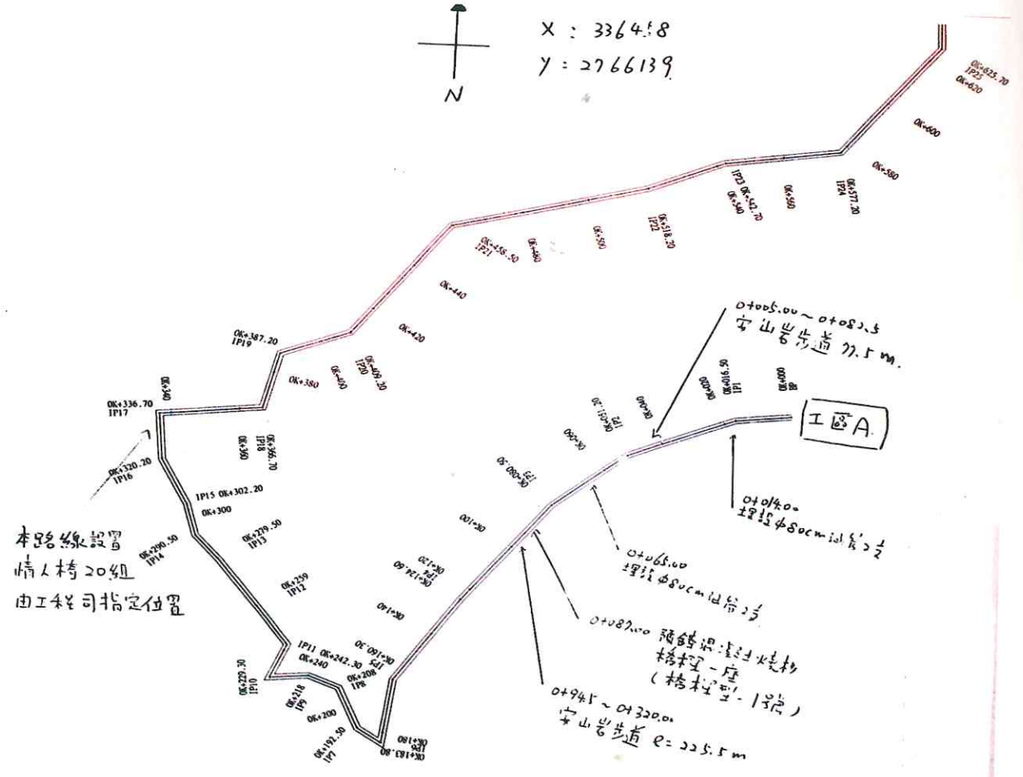
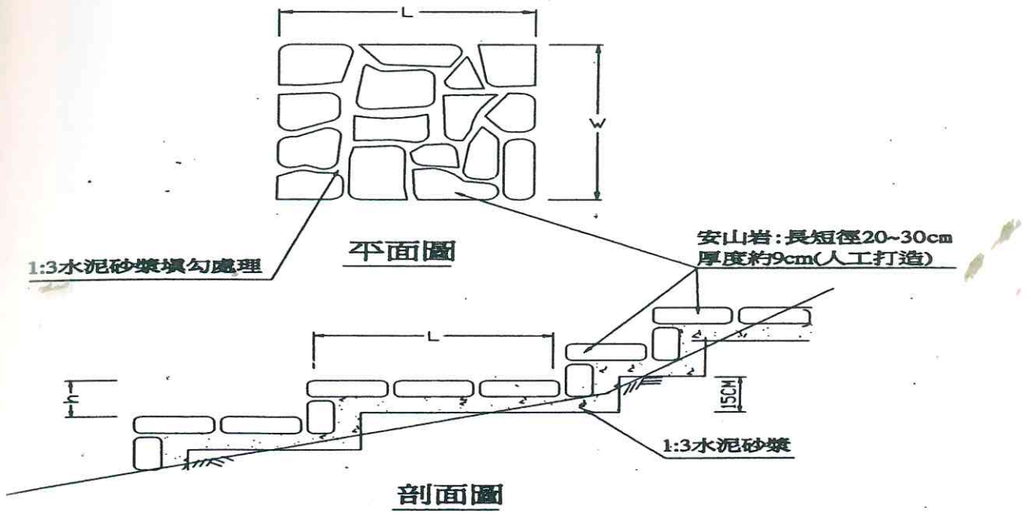


圖 28 步道平面圖(張吉村先生提供)



註：1．當W=1．2M，L=1M，A=1．2M²約需石材19塊
2.本工程h<20cm,L>30cm,視現場坡度而定,以不大肆破壞原地貌爲原則

舖設安山岩步道大樣圖

圖 29 (張吉村先生提供)

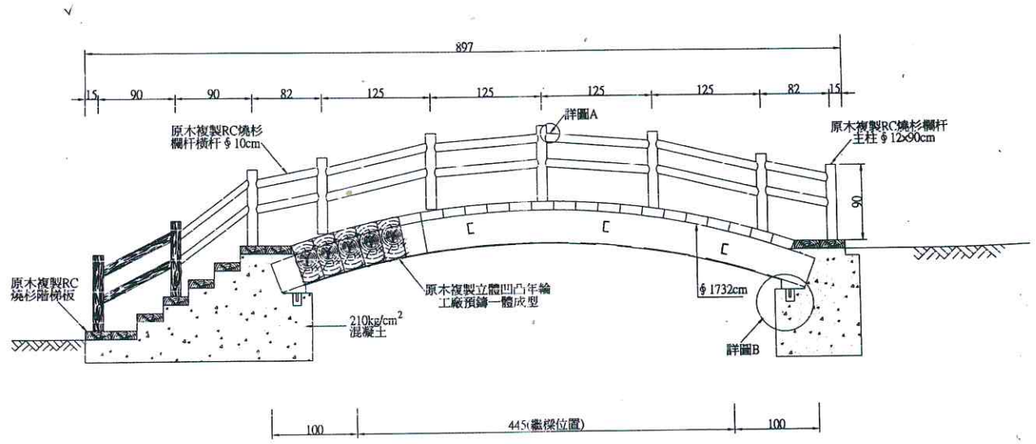


圖 30 步道拱橋(張吉村先生提供)



圖 31 親水橋以上沿溪環山步道系統



圖 32 沿溪步道拱橋



圖 33 沿溪步道



圖 34 沿溪步道



圖 35 環山步道



圖 36 沿溪賞魚步道



利用塊石孔隙植生綠美化

圖 37 沿溪賞魚步道

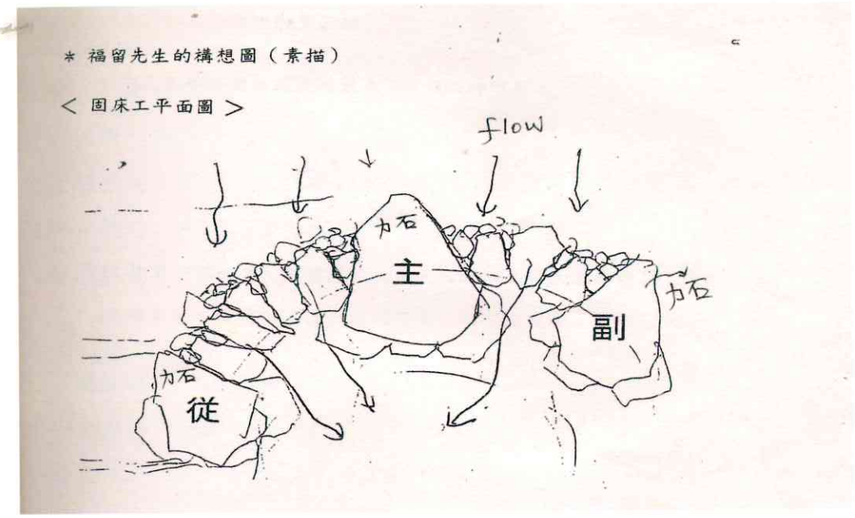


圖 38 砌石拱形固床工



圖 39 河道拱形固床工

參考文獻：

1. 水土保持局 2003 自然生態工法實務與創新研討會論文集。
2. 吳輝龍 2002 邊坡穩定工法與自然保育地工技術第九十四期，61-72頁。
3. 水土保持局 2002 野溪自然生態工法評估指標及設計參考圖冊成果報告。
4. 水土保持局 2002 自然生態工法實務研討會論文集 p91－121。
5. 水土保持局 2001 台北縣雙溪鄉雙溪集水區整體治理調查規劃報告。

蛻變中的樟平溪

溫銘忠[1]、黃振全[2]、張義雄[3]

(1水土保持局第三工程所技士；2水土保持局第三工程所課長；3水土保持局第三工程所所長)

摘　要

位於南投縣中寮鄉的樟平溪流域，於遭受九二一震災及納莉颱風等天災摧殘後，在政府適當的規劃及各方資源投入下，配合地方居民參予社區營造，該區域已走出災害的陰霾，浴火重生後，蛻變中的樟平溪流域，正逐漸展現無限生機及無窮的潛力。

樟平溪流域擁有得天獨厚的好山好水，為了保持原有的自然生態環境及豐富的產業資源。於河溪整治及山坡治理的各項水土保持工程，規劃設計時採用生態工法避免大量開挖破壞，於不影響原有生物棲息和活動下，營造理想的生態環境。集水區的治理除了安全實用性及維護原有溪溝生態環境風貌外，並考慮結合鄰近休閒、觀光之資源，促使傳統農業轉型，進而發展休閒農業帶動農村產業生機，達成改善農村生活環境之目標。

1 前言

過去傳統的溪流整治工作，多著重防災安全，保護人類的生命土地財產安全為第一要務，大量採用堅固的混凝土高壩及堤防護岸，往往對溪流生態造成不可挽回的環境傷害。近年來隨著生態保育觀念抬頭，為達成自然環境之永續利用，要求溪流整治採用生態工法，工程規劃設計除考慮達成安全防洪功能外，更同時注重環境調和及生態復育，並視現場溪流天然條件，適當引入休憩景觀設施提供民眾親水空間，期能藉由溪流之親水機能喚醒及教育民眾愛護溪流，保護生態環境之意識。野溪整治工程之施工資材盡量因地制宜採用當地現有的土壤、石材、木材或植物材料為主，以柔化工程，並加強植生復育，使自然資源與生態環境得以有效維護，野生動植物的棲息地得以妥善保全，確保社會文明與大自然和諧，俾以創造一個供人類長久生存並與其他生物協調祥和相處的環境。

2 地區概述

本區位於南投縣中寮鄉北七村為烏溪支流上游，集水區面積738公頃，溪流主流長度為5.3公里，農業經營為主要經濟來源，作物以荔枝、龍眼、柑桔、香蕉為主。樟平溪為貓羅溪支流，發源於二崁山，峽谷兩岸為

高山峻嶺，山地為堅實峭壁，林木蒼翠，谷中水流清澈，水質優良，為北七村人民民生飲水與農業灌溉用水之主要來源。由於遭逢九二一地震影響，部分區域地貌遽變土質鬆動，幾經豪雨侵襲沖刷，土石流災害頻傳。有鑑於過去集水區治理相關工程，注重安全性及實用性而忽略了生態環境，本區域之工程儘量以生態工法設計，期能找回樟平溪往日生態原貌。

水土保持局於九二一地震後隨即緊急搶通農路6公里，使該區居民得以獲得補給。後續處理崩塌地源頭計36處(面積達25公頃)，並於89年度至91年度辦理防砂壩、蝕溝治理及整流等治山防災工程，使居民免受土石流之恐懼，並於農村聚落重建計畫項下進行各項公共基礎設施以利農民之屋舍重建，並於適當地點，施設生態園區、生態池、農塘、藥用植物園、景觀步道及休憩涼亭等設施，營造農村旅遊環境，加上目前居民參與施工之社區營造工程整合上述各項設施，使樟平溪流域有一嶄新風貌，深獲各界認同並促使該區域的傳統農業轉型，為休閒農業奠下基礎。

3 規劃理念與設計原則

3.1 規劃理念

為了有效實施流域之治理計畫，使能維護原有流域及周邊生態及符合多數民眾需求等目標，本局舉辦多次生態工法講習以提昇規劃設計人員之素質並加強與當地民眾溝通及互動，期經由專業知識之支援及與民間組織經驗之交換，使流域整治更臻完善。

圖 1 順豐橋生態池

流域整治工程為避免戕害溪溝生態，造成不可挽回之環境傷害，工程規劃設計除考慮安全排洪功能外，更同時注重環境調和及生態復育，視溪流天然條件適當引入親水設施提供遊客親水空間，結合現有人為設施及溪溝自然環境立地條件(如自然生態園區、農塘、景觀步



圖 2 下水堀農塘

道、遊憩涼亭、停車場、生態池、植物園等設施)，提供完善之規劃以滿足人們親近自然生態環境之渴望。

現值施工中之下水堀野溪整治二期工程，設計除考慮安全排洪要求及維護原有野溪之生態環境外，並以兼顧鄰近聚落休閒遊憩環境之需求為規劃目標，整治時依現有野溪環境研判，針對桃芝颱風造成底床沖蝕及原護岸損壞情形嚴重之區域進行整治，治理長度約六八〇公尺，設計以就地取材為原則，並期以達成表面粗糙化、壩體低矮化、坡度緩和化、材質自然化、施工經濟化之自然生態工法五化原則為為目標。



圖 3 下水堀野溪整治護岸步道



圖 4 下水堀野溪整治護岸右岸

3.2 設計原則

為兼顧防災安全、休閒景觀、親水遊憩機能及生態保育等目標，工程規劃時主要以下項設計原則交互運用：

3.2.1 創造環境景觀多樣性營造自然生態空間：

井然有序之景觀設施，創造視覺上醒目和美化區域的效果，工程採用當地植物及卵塊石材料，利用地形造就不同深度之淺灘、湍瀨水流、人行步道及栽植原生鄉土植物、創造多樣化之水生叢林，以利各種動植物之棲息。

3.2.2 綠帶與藍帶之結合及與環境景觀之調和：



圖 5 順豐橋生態園區



圖 6 下水堀野溪整治上游

於河溪整治時於砌石坡頂設置排石親水觀景步道，將遊憩動線適度的引入溪流，並設計階梯式護岸提供民眾親近溪水之機會，並可經由完善之步道系統與附近景觀農塘及生態園區等遊憩點作有效之串聯。



圖 7 順風橋植物園

河道整治配合兩岸地形及溪幅大小，設計多樣型式之護岸及固床工、跌水工等人工構造物，為考慮降低人工構造物對環境之衝擊，設計材料及型式均考量使用能與周遭環境調和，並營造自然溪流環境景觀之材料。在水理條件要求下，就地取材採用當地自然石材堆砌護岸，以減低結構物對自然環境之破壞，營造視覺美感。



圖 8 下水堀野溪整治固床工

3.2.3 生物走道之維持及水陸域生態環境之維護：

順應溪溝原有自然地形，避免截彎取直之設計以維持原有自然野溪蜿蜒之風貌，保有原溪流之生命力，並善用原有水文環境營造多孔隙之生物棲地。



圖 9 下水堀野溪整治護岸週邊

溪流之橫向構造物如固床工、跌水工等，設計時考量溪流河床之平滑度、斜率、落差高低、基流水流動線及水量及流速等因素，以營造水生動物遷移之走道。縱向構造物如護岸及堤防，則細心考量高差、粗糙度及隱蔽效果，以降低影響蟲、蛙、鳥獸等陸生動物之濱水路線。



圖 10 下水堀野溪整治階梯護

3.2.4 因地制宜的規劃及提高民眾參予以切合實用：

採用生態工法時必須因地制宜，以因應當地的生態系統，並找出適合環境的新施工方法，生態不只是工程設計之參考資料，而是具體落實在規劃中。

每件工程最直接關聯的就是該區域的民眾，所以設計之初、工程的施作過程一直到完工後的維護管理，我們都邀請民眾參與，期盼完工後生態環境能永續經營與發展。

4 工程內容構造物單元設計圖

河溪整治時，屏棄傳統工法而少用水泥，護岸結構乃就地取材以大塊石堆砌，以營造生物棲息處所，及柔化視覺具有景觀功能。部分護岸配合生態農塘設計以塊石襯砌階梯及平台供親水遊憩，現已完成聯絡河道兩岸交通之景觀人行拱橋及舊橋欄杆改善後美侖美奐，與週遭環境搭配更顯相得益彰。固床工同樣採用就地資材，除以排塊石方式控制河心緩和坡度，並於適當地點及橋樑基礎下方拋填大塊石，有效的營造多孔隙之生物環境。另於護岸頂設計排石步道並進行兩岸邊坡之植生及景觀，更能驅使人想走入河溪貼近自然環境，大大改變人們原本對野溪治理工事單調生硬之印象。以下就該區域已完成之工程內容設計圖與完成現況作說明：

4.1 護岸工程

為保持自然溪溝風貌，並維持原有野溪生物，護岸結構乃就地取材以塊石堆砌，於護岸頂及邊坡加以植生，以柔化視覺及營造生物生存環境，創造親水活動空間及達成河岸生態復育。

① **A 型護岸**：在土地取得較困難及受地形限制必須施築較陡之護坡，或為減少開挖需保留原有結構物時採用1:0.4斜率之護岸，惟為增加護岸之表面孔隙，提供植物生育基盤，結構體表面採用大塊石疊砌，營造生態環境。



圖 11 護岸 A 設計圖



圖 12 護岸 A 完工相片

② **B 型護岸**：在溪溝環境較為寬廣，流速較強之地點，採用斜率(1:1.5)較平緩之護岸，以保有生物廊道。

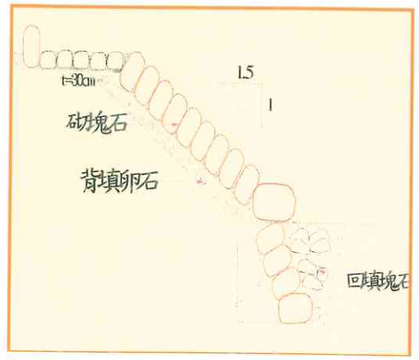


圖 13 護岸 B 設計圖



圖 14 護岸 B 完工相片

③ **C** 型護岸：設計階梯式護岸可營造親水遊憩空間並增加視覺美感。

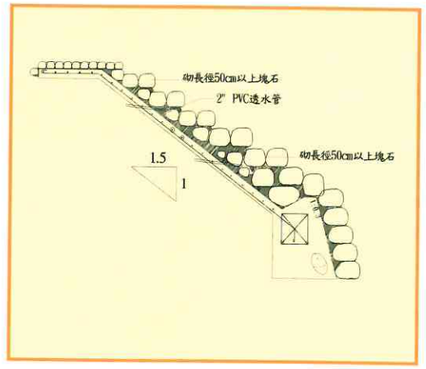


圖 15 階梯護岸設計圖



圖 16 階梯護岸完工相片

4.2 固床工

以原形自然石材間隔交錯疊砌，營造溪床自然石灘之型式，兼顧攔阻河床砂石及約束水流之功能，增加水體之變化並營造視覺美感。

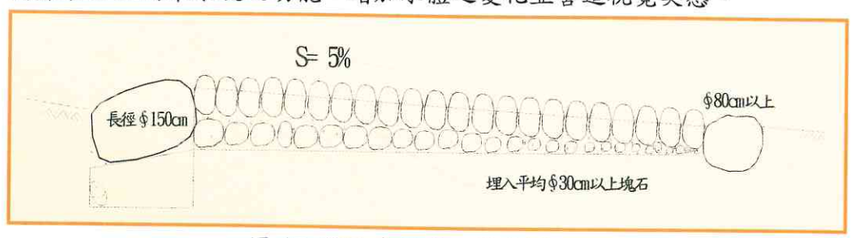


圖 17 斜坡式固床工設計圖

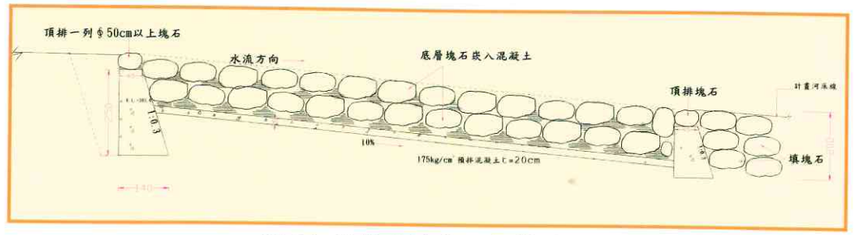


圖 18 階梯式固床工設計圖



圖 19 固床工完成照片

4.3 跌水工

為減緩溪水流速，消減洪水能量，避免河床沖蝕及保護護岸基腳，需設置跌水工時，為避免因設置之人工構造物形成太大之落差，切斷水生動物溯源遷移之路徑。本案例設計時(落差1.5公尺)，於上下游分別施設一高一低之潛壩穩定河床，並使用自然石材間隔疊砌包覆，導入生態概念設置迂迴水路，營造適當流速之水道，提供水生動物遷徙及隱藏之空間以利溪流生態。

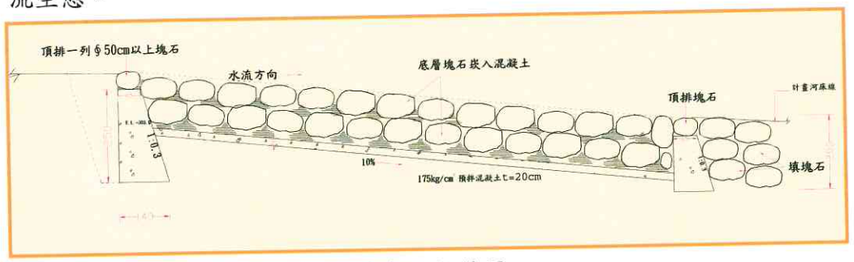


圖 20 跌水工設計圖

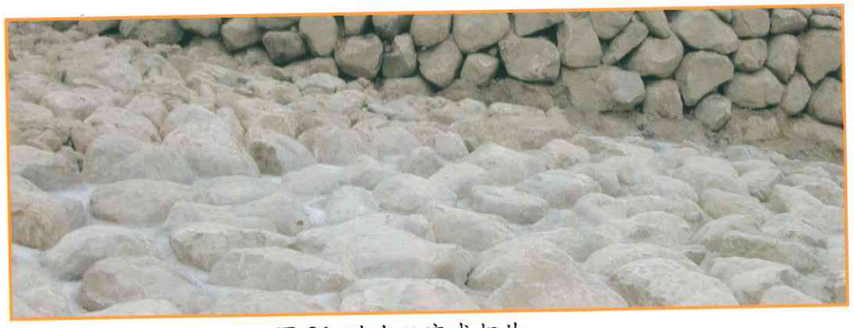


圖 21 跌水工完成相片

4.4 護岸頂步道及邊坡植生

護岸完工後於頂部排塊石，再以碎石充填縫隙形成自然之步道，並於兩岸之邊坡上以堆砌客土袋及披覆稻草蓆之方式植生。

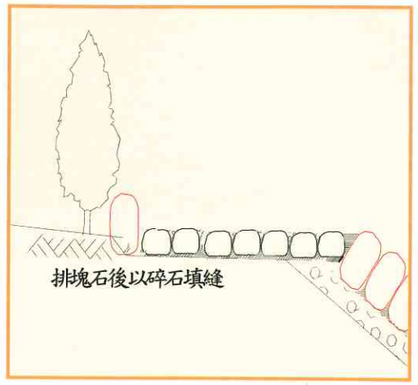


圖 22 坡頂排塊石設計圖



圖 23 排塊石步道完成照片



圖 24 邊坡綠美化照片



圖 25 邊坡植生照片

4.5 自然生態園區、農塘、步道

引入河道水，於陸域以人工方式，營造一低水位落差之生態水域環境，供水生植物生長場所，塑造多樣化之植物群落。



圖 26 下水堀農塘照片



圖 27 生態池之景觀瀑布

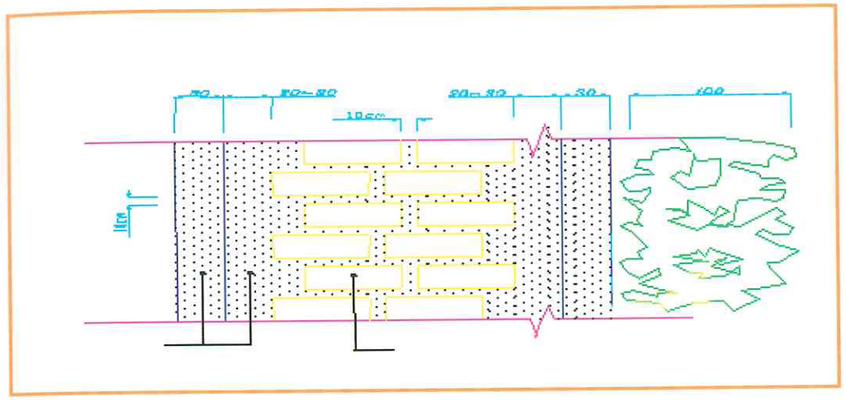


圖 28 步道設計圖



圖 29 藥用植物園

步道以透水材料鋪底增加滲透性，以符合自然生態之原則，周圍並加以綠化植生，使步道更賞心悅目。

4.6 拱橋、橋墩及欄杆整修

聯絡河道兩岸交通之人行拱橋橋欄杆係以鋼構設計，完工後後美侖美奐，兼具實用及美觀。永豐橋橋墩經洪水沖刷淘空嚴重，基礎予以補強改善後，加上更新後的欄杆，給橋注入新的生命，呈現新風貌。

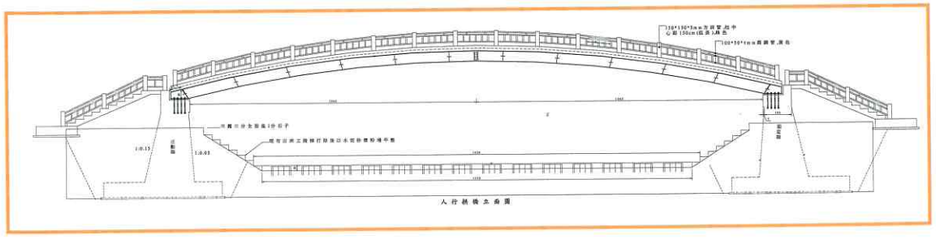


圖 30 拱橋設計圖



圖 31 拱橋完成照片

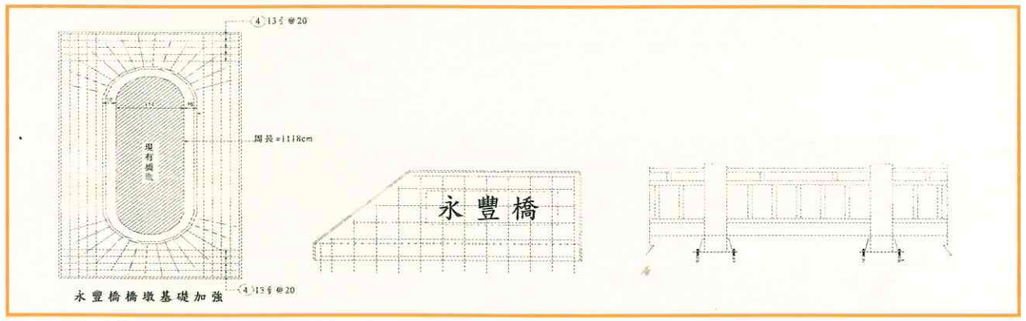


圖 32 欄杆設計圖



圖 33 永豐橋橋墩改善及欄杆更新

5 休閒親水遊憩及自然生態功能性分析

5.1 休閒親水遊憩功能性



圖 34 下水堀涼亭



圖 35 姜子寮農塘

①遊客於樟平溪流域可隨著境內完善的指標系統及步道到達各個遊憩休閒設施。



圖 36 候車停



圖 37 下水堀親水護岸

②沿護岸頂步道可讓遊客緣溪行或走下階梯親近水濱，美麗之河岸風光盡收眼底。



圖 38 堤頂步道



圖 39 月桃橋下游砌石護岸



圖 40 生態公園



圖 41 兒童遊憩設施

③豐富的生態資源，增添了樟平溪流域的可看性，常使遊客流連忘返。



圖42 植物園步道



圖43 下水堀停車場場照片

④完善的公共設施(停車場、指標系統、民宿及餐廳)為農民發展休閒農業奠下基礎。



圖 44 親水及休憩步道



圖 45 人行拱橋

5.2 自然生態功能方面



圖 46 下水堀砌石護坡 1:1.5(下游)



圖 47 下水堀砌石護坡 1:1.5(上游)

①緩和的護岸坡度與多孔隙材料的設計以保留生物廊道



圖 48 下水堀砌石護坡 1:0.4



圖 49 下水堀野溪河床整治後狀況

②固床工及跌水工導入生態概念設置迂迴水路營造適當水流速度，提供水中生物棲地



圖 50 固床工照片



圖 51 跌水工照片

6 檢討與建議

樟平溪流域近年來於本局富麗農村計畫與九二一震災農村聚落重建計畫建設下，已創造出優美之農村景觀，於辦理工程過程中，由規劃以至於施工階段，工作人員與地方居民的參與、討論，不斷的溝通、意見交流，

建立良好的機制，啟動了地方自覺與對環境的關懷，更協助了地區產業的發展，與觀光休閒農業的蓬勃。

流域野溪之治理主要目的是要維護環境的安定，近年來各界大力推行採用生態工法，於設計時究竟應採用何種方式，及各種工法之生態效益如何，個人認為應是因地、因時而不同。整治溪溝之場址會因其海拔高度、集水面積、坡降、植被等天然環境不同而有其特性及風貌，工程規劃人員於設計時應妥為思考溪溝立地環境之差異，因地制宜，依循現有自然環境等天然及人為條件詳細規劃，以求完工後使原生動植物能保有棲地。

現階段的自然生態工程之設計，已不能單就水利或土木觀點考量工法及規劃方向，應多方面配合自然景觀、生態環境等因素期能達成較理想之治理目標。因此建議工程人員應多學習，增進新知，學者專家能多提供國內外之各種生態工法與近自然工法之設計案例給工作人員參考，以及多宣導生態理念，使大眾觀念改變，並尋求安全考量與營造自然生態空間雙贏的策略與設計，使我們的居住環境更加美好。

7 未來展望

樟平溪流域之河溪及周遭環境，經治理後其效果日益顯現，該區域已走出天災的陰霾，將原本的災難空間轉化為培力空間，並促成鄉村社區組織再造，營造多元化的公共開放空間，帶動鄉村新產業引發居民對未來遠景的想像與念力。

未來希望於傳統農業轉型之際，能善用地方自然資源配合政府之公共投資，帶動農村產業生機，重振農業活力並發展休閒遊憩之附加價值，增加農民收益達成改善農村生活環境之目標。

參考文獻

1. 吳明聖(2002)自然生態工法設計實務—以內湖大溝溪上游整治為例，91年度自然生態工法教育訓練言行班講義
2. 張義雄，陳美珍(2002) 順豐橋上游溪岸植生綠化工程之各案探討，91年度水土保持自然生態研討會論文集
3. 顏秀峰，陳榮俊，祝瑞敏(2002) 農村建設與自然生態工法，91年度水土保持自然生態研討會論文集
4. 林建章，鄒宗儒(2002) 治山防災與自然生態工法，91年度水土保持自然生態研討會論文集

美麗的新店溪

曾美冠

(水土保持局第二工程所課長)

摘　要

新店溪流域歷經本局第二工程所完成部份區段之河溪治理、環境整理及綠美化工作後，除了改善環境品質、確保民眾安全外，也因此帶動地方的繁榮，更喚起地方百姓生態保育之意識，先後成立護溪、護生態之團體，迄今已有良好成效。

為落實自然生態工法，並期能符合民眾需求及維護原有溪流生態資源等目標，除需加強規劃人員之專業素養外，更應借重專家、學者之力量及地方政府之協助、宣導與民眾之參與等，期經由專業知識的支援及與民間經驗之交換，使河溪整治工作更臻完善。

1 工程位置

本工程位於苗栗縣獅潭鄉永興村，臨台三線 112.5 公里側如圖 1，新店溪與上大窩農路交點之永善橋上游兩側護岸之腹地。



圖 1 新店溪永興段位置圖

2 地域特色及治理緣由

新店溪係明德水庫集水區上游主流之一，*集水面積2,700公頃，流長5.50公里，蜿蜒曲折，常年流水清澈，魚蝦等種類多，且天然環境蘊藏豐富之植物相*。新店溪永興段經本所逐年治理後，加上工程周邊腹地之加強環境整理及植生綠美化工作配合，對環境的改善已有顯著成效；串聯全區各景點動線之配置，具本區解說宣導作用之導覽設施，方便遊客休閒活動之服務設施等，更形迫切需要，**91**年度爰編列預算以自然生態工法方式規劃設計。

3 各年度配置概述



86·87年度植生綠美化主要成果如下成果相片



※ 91 年度自然生態工法工程成果詳述如后：

4 規劃設計理念及原則

4.1 水土保持及景觀加強部份

構築公共設施時，除了安全性、實用性的規劃原則外，更將基地天然條件、生態因子及景觀設計元素等一併考量，如此方能提供更安全、便利、趣味且富教育功能的優質戶外休憩環境。

材料及設計原則

①材料自然化 — 採用木材.石材.植物或其他園藝資材等。

②運用造景手法—

a.依各區地形及景點特色設置道路，以活潑各區動線。

b.於區內須設遮蔽設施或小形崩坍邊緣，以自然化的材料規劃護坡處理。

c.於各區適當景點設置涼亭、露台、休憩桌椅、公廁、安全護欄等服務設施，以提高服務品質。

d.設置各式解說設施—

(a)以引導遊客認識植物、各項重要構造物等，並可以自導方式暢遊全區。

(b)期以將本局在治山防災、自然生態工法、環境綠美化、宣導教育等工作成果介紹于民眾。

(c)將珍愛自然生態環境的理念，落實於有形的工程，並進而融入民眾生活於無形。

4.2 植生綠美化工程部分

運用植物材料在戶外空間之許多視覺及非視覺之不同機能特性，並考量該區既有植物、動物相之生態因子，加以妥善配置。

4.2.1 *植物材料及設計原則*

①植物材料具可遮蔽、柔化公共設施及其建築材料單調感及生硬線條之功能。

②因應地域特性及期望達成的目標，選擇適宜植物種類予以配置，以求儘速恢復自然景觀風貌及生態特色。

③植物材料依種類的不同各具迥異之生命特質，隨著配置方式、時間、季節、氣候、誘蝶誘鳥特性……等變化，持續呈現萬種風情；藉由豐富的

視覺及非視覺機能特性，以提高環境品質及戶外空間之趣味性。

④具寓教於樂之教育意義。

4.2.2 *植物材料之選擇*

①儘量以原生樹種為配置原則。

②*適地適作*—依環境之條件選定適應性強之樹種。

③*機能*—對栽培環境之影響。(株型、大小、色澤、誘蝶誘鳥、水土保持、景觀衝擊、季節變化、統調等)

④*管理*—選擇容易管理維護之樹種。(例如耐旱、耐瘠、抗風、耐病蟲害、樹型較不須修整等)

4.2.3 *植物之配置*

依現場的需求，予以單植、列植、叢植或群植等，以營造空間趣味。

4.2.4 既有的樹木、植被儘量保留，以避免破壞各該小區生態，更能展現地方特色

5 工程內容及休閒親水遊憩功能

〝永興親水公園〞—我們的主題區。在省道台三線**112.5K** 旁以醒目的大型木作看板吸引遊客的目光，藉以引導進入我們栽植多種原生植物的生態綠地。

那裡並設有本區段各項工程及親水設施的導覽牌，配合各式針對原生植物及生態工法構造物等之小型解說牌，並以活潑的動線串聯全區，讓遊客能認識並暢遊新店溪永興段。

我們於入口處設休憩景點，沿著各種造形別緻的步道石階而下，可以到達溪畔，踩著濺著水花的親水設施，聽著潺潺流水聲，很快便可到溪中洋溢南國風味的中途島上。溪裡有許多游動的魚蝦成群，水面上更時有覓食戲水的水鳥，模樣逗趣可愛，沿途設有觀景亭、賞溪露台，可供駐足欣賞多處景點，景緻美妙。

※91 年度自然生態工法工程成果成果相片及說明如后：

①乾砌塊石以改善上邊坡生硬且高落差之牆面，並配合原生植物之種植，以達到材料自然化及環境綠美化效果



乾砌石護坡周邊配合植生綠美化



為安全計邊坡分段砌石，並配置各項設施

②充分利用空間—依使用機能與地形特色規劃符合生態工法之材質設置步道、階梯等，以串聯各區動線，俾能提供更豐富、更多樣化之活動空間



以黃色花崗石塊收邊之植草磚車道



以自然形青斗石板鋪設人行步道





坡度較陡處以貼作鐵平石亂片為面材之階梯步道，並設施木作安全欄杆



以木作格框內填碎石，面加鋪青斗石板二塊，既實用美觀又符自然生態工法



木作格框步道，配合坡度平緩處鋪設之青斗石板步道形成之活潑動線，相當吸引人



青斗石步道另一側盡頭則為下圖之多層次露台，配合道路曲線設置休憩桌椅，方便遊客



青斗石步道盡頭則為公廁，屋頂觀景平台，可賞溪休憩，趣味性十足



於車道盡頭配合分段砌石護坡設置多層次涼亭及木階梯等以活潑動線



公廁旁連接屋頂觀景平台及車道之階梯步道增設安全欄杆及鋪面貼作

③在台三線旁入口處設置解說設施—以引導遊客進入本區踏青、戲水



台三線旁入口處外側設置大型看板，以吸引遊客目光，並進入本區



入口處內側設置大型全區導覽牌，以提供遊客自行暢遊親水公園

④設置各式標示牌—以利民眾認識本區之設施及植物，富生態教育意義











⑤邊坡穩定處理：因應地形施作木製組合式護坡—除施工容易更具特色，於其背側客土栽植苗木綠化，以與景觀調和



鄰灌溉水圳上方設木製組合式護坡及護圳平台以防崩坍土石阻塞水流



多層次涼亭上方崩塌處設木製組合式護坡以防土石崩坍危及遊客



公廁屋頂觀景平台之上邊坡以雙排圓形木樁加上麻繩捆綁連結，具護坡、遮蔽效果又美觀背面種植春不老，前面畸零地坪鋪設碎石子

⑥充分利用空間—設置各式服務設施，如雙層涼亭、休憩桌椅等，及之前配合地形設置的公廁、多層次露台及涼亭，營造多樣化之活動方式及空間



雙層涼亭—上層為木製欄杆及座椅，居高臨下，視野良好



雙層涼亭—下層為紋石座椅，底層活鋪黑色卵石，既悠閒又可腳底按摩，饒富趣味



綠地上設置紋石桌椅



添景石組亦可供休閒活動及腳底按摩



崩塌地邊緣修復並設置木作露台及護坡可供賞溪休憩



公廁上方之屋頂觀景平台是賞溪休息的好地點



綠意盎然的多功能公廁提供遊客不少需要



旁水構築之多層次露台已然成為本區之主要景觀之一



臨深潭處設露台以增加活動空間，因地處隱密，頗具世外桃源之趣味



充滿南國風味之中途島，雖局部遭桃芝和那莉摧毀，經本期修復後，景致依然迷人

6 工程經費及施工期限

執行年度	工程名稱	執行經費(元)	開工日期	完工日期	施工期限
86	獅潭新店溪一期環境綠美化工程	459,000	86.5.17	86.6.23	70 工作天
87	新店溪植生綠化二期工程	265,000	87.6.23	87.8.21	50 工作天
	新店溪坑溝綠美化工程	560,000	87.6.27	87.8.7	50 日曆天
	新店溪永興段環境保育工程	3,600,000	87.6.27	87.11.3	140 工作天
91	新店溪周邊及永興段自然生態工法示範工程	3,778,726	91.07.04	91.12.25	91.12.25
		8,662,726			

7 工程效益

①涵養水源、維護生態景觀。

②維護並營造魚蝦蟹、昆蟲、鳥類、兩棲類及小型生物等之棲息環境。

③增加綠量，強化該區景觀特色，促進地方繁榮發展。

④部份區段開放親水—吸引前往踏青、戲水之民眾甚多。

⑤藉由良性戶外休憩空間之營造—

喚起地方百姓護溪、護生態之意識並力行之，如今已有良好成效。

休閒・親水・遊憩之成果詳如下：踏青、戲水、垂釣、參觀……，各式各樣活動頻繁熱烈











8 環境整理及生態維護之成果—

本集水區歷經本所完成部份區段之河溪治理、環境整理及植生綠美化工作後，除了改善環境品質、確保民眾安全外，也因此帶動地方的繁榮，更喚起地方百姓生態保育之意識，先後成立護溪、護生態之團體，迄今已有良好成效。

為建設公共工程所造成之環境衝擊是必然的，如何將傷害降低並期於短時間內恢復自然生態及景觀風貌，一直是我們工作團隊努力之目標，因此我們因地制宜予以環境整理，並用適生植物加強綠化。

由地方人士長期觀察，並經獅潭公所人員證實，本集水區較常見之

動植物種類，在本局的用心整理及地方人士之戮力護溪、護生態之下，族群數量已有顯著的增加，值得欣慰。生態維護成果概述如下：

8.1《 魚類 》

①褐吻蝦虎〈狗甘仔〉
②短吻褐斑吻蝦虎〈狗甘仔〉
③台灣馬口魚〈山漣仔〉
④灣鏟頜魚〈鯁魚、苦花、齊頭偎〉
⑤粗首鱲〈溪哥仔〉
⑥台灣石濱〈石斑〉
⑦台灣間爬岩鰍〈石貼仔〉
⑧甲魚……


台灣石濱


台灣馬口魚


台灣間爬岩鰍


粗首鱲

8.2《 兩棲類 》

①盤古蟾蜍
②莫氏樹蛙
③斯文豪氏赤蛙
④拉都希氏赤蛙……


拉都希氏赤蛙


莫氏樹蛙


斯文豪氏赤蛙

《 蝦、蟹類 》

⑤黑殼沼蝦等三種以上
⑥灰甲澤蟹、拉氏清溪蟹……


黑殼沼蝦


灰甲澤蟹

8.3《 昆虫類 》

①蟬
②蜻蜓
③豆娘
④螢火虫……


拉氏清溪蟹

8.4《 蝶類 》

①台灣鳳蝶
②青帶鳳蝶
③銀紋淡黃蝶
④小紫斑蝶
⑤切翅單環蝶
⑥白三線蝶
⑦姬雙尾蝶 ……


小紫斑蝶


白三線蝶


青帶鳳蝶


姬雙尾蝶


台灣鳳蝶


銀紋淡黃蝶

8.5《 鳥類 》

①竹雞
②翠翼鳩
③翠鳥（魚狗）
④五色鳥
⑤台灣藍鵲
⑥紅嘴黑鷗
⑦台灣紫嘯鶇
⑧白頭翁
⑨大卷尾
⑩夜鷺
⑪小白鷺
⑫中白鷺
⑬大冠鷲
⑭松雀鷹
⑮鴴鴷
⑯領角鴞
⑰山啄木
⑱繡眼畫眉
⑲白耳畫眉
⑳冠羽畫眉……


五色鳥


台灣紫嘯鶇


台灣藍鵲


繡眼畫眉


竹雞


翠翼鳩


紅嘴黑鷗


翠鳥

8.6《 植物類 》

①筆筒樹
②烏臼
③山黃麻
④破布子
⑤腎蕨
⑥山蘇
⑦海金沙
⑧毬蘭
⑨巒大秋海棠
⑩冇骨消


三角西番蓮


千金藤


構樹


冇骨消


冇骨消之花


姑婆芋


茄冬


茄冬之花


海金沙

⑪雙輪瓜
⑫茄冬
⑬蓖麻
⑭野牡丹
⑮金藤
⑯構樹
⑰三角西番蓮
⑱雞屎藤
⑲水麻
⑳姑婆芋
㉑野薑花……


毬蘭


蓖麻之花


野薑花

9 檢討與改進

本集水區至91年度止，本所已運用數種工法完成部份區段之河溪治理、加強環境保育、植生綠美化及自然生態工法等工作；除了有效防止洪患並達到保護橋樑、道路確保交通安全之目的外，更提供鄉民和遊客良性的休憩、戲水場所。

本區係自然生態工法中長程計畫中區示範集水區之一，爾後更應尊重並*師法自然*，以求工程完工後對環境之衝擊降至最低。

為使本區治理工作更臻完善，除安全考量應注意下列基本設計原則：

9.1 *〝水〞與〝綠〞之結合*－設步道提供民眾親水機會。

9.2 *環境與景觀之調和*－藉由選擇之自然化材料性質、外觀等，營造視覺美感與動感。

9.3 *生物通道之維持與尊重*－河溪構造物力求表面粗糙化、坡度平緩化、高壩低矮化等。

水生動物－考量橫向構造物如固床工、潛壩等之大小、粗糙度、斜率、落差……。

兩棲生物－考量縱向構造物如護岸、堤防等之高差、斜率、粗糙度及隱蔽效果……。

9.4 *水陸域生態之考量與維護*－

儘量保留溪溝兩岸腹地原有之地形地物，並考量溪內淺灘、深潭、魚穴及濱岸隱蔽孔洞等之營造，以利生物活動生長及掩藏避災。

9.5 *既有護岸*等構造物因多為連續性，施工等機具進出溪流困難，建議應於適當位置*增設防災坡道*，以作為救災道路，裨利排除因豪雨等天然災害所造成之河道淤積，並可提供為地方消防車取水便道之用，一舉數得。

9.6 已遭毀損之既有構造物—儘量以自然生態工法修復。

9.7 視溪流及周邊之天然條件，儘可能保持原始面貌，以維護生態資源；鄰近主要道路處則開放部份區段供作遊憩踏青空間，並強化其親水機能。

為有效*落實自然生態工法*，並期能符合民眾需求及維護原有溪流生態資源等目標，除*需加強規劃設計人員之專業素養*外，更應*借重專家、學者之力量及地方政府之協助*用地取得、工程效能宣導與*民眾之溝通互動*等，期經由專業知識的支援及與民間經驗之交換，使河溪整治工作更臻完善。


新店溪永興段治理後配合植生綠美化之動人風貌

10 未來展望

維護自然生態環境，並瞭解與其他生物共存共榮的意義，祈為後代子孫營造一片生趣盎然的生活空間，是我們大家的責任與時代所付予的使命。

如何能讓自然資源得以永續利用？如何能讓青山長在、綠水常流、魚蝦長駐？是我們努力的目標。

今後仍將繼續把水土保持的理念，以生態工法、景觀手法等方式落實於國土保育工作上；更重要的是應儘量減少因工程施作對環境的破壞與對

自然的衝擊；同時也要*加強民眾〝尊重並珍愛自然〞的理念*，如此方能由全民當下*〝愛山・愛水・愛大地〞*的真心真意，提昇並達到爾後長長久久*〝樂山・樂水・樂大地〞*的美麗願景與境界。



新店溪永興段治理後配合多層次涼亭及植生所呈現之美麗景緻

參考文獻

1. 林信輝，（1998），「臺灣地區邊坡暨河溪綠美化自然工法-個案調查與探討」，國立中興大學水土保持學系。
2. 吳明聖，（2002），「近自然工法-台北市野溪整治工程設計與施工」，台北市政府建設局。
3. 顏仁德，（1996），「保育類野生動物圖鑑」，臺灣省特有生物研究保育中心。
4. 施志昀、游祥平，（1999），「台灣的淡水蟹」，國立海洋生物博物館籌備處。
5. 施志昀、游祥平，（1999），「台灣的淡水蝦」，國立海洋生物博物館籌備處。
6. 汪靜明，（2000），「後龍溪河川生態教育」，經濟部水資源局。
7. 李雅景、顏仁德，（1999），「魚鄉-達娜伊谷溪流域動植物資源解說手冊」，臺灣省特有生物研究保育中心。

砂婆礑自然生態工法整治

吳家勝

(行政院農業委員會水土保持局第六工程所第二課技士)

摘　要

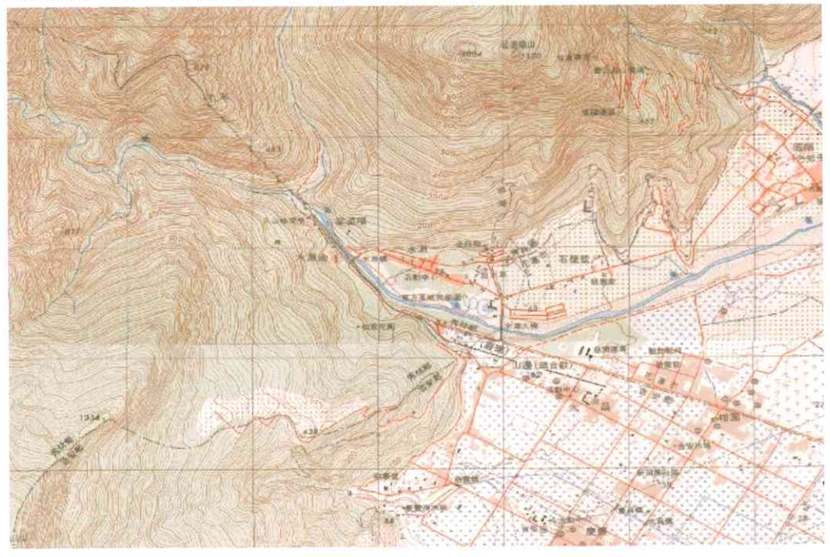
「自然生態」顧名思義，就是一幅河邊蜻蜓飛停石上、水中魚蝦悠游，蛙鳴蟬叫，林蔭水影互相輝映，鳥棲飛蝶蟲跳…之景象，然而曾幾何時，這種景象已不復多見，因此，如何營造河溪之自然生態環境，已然擢升為當前河溪治理工作之重要考量。

1 前言

近幾年來，自然生態工法日益受到重視，相較之下，傳統型之厚重安全之構造物，因其對自然生態造成相當程度之干擾，因而漸被以較柔和及考慮生物生息之自然工法所取式，本文乃針對前揭工法之個案提出探討。

2 地區概述

本溪流發源於中央山脈之七腳川山，朝東南至水源大橋與須美基溪會，為美崙溪上游支流，中下游貫穿花蓮市再蜿蜒流經中山橋後注入太平洋；流域面積76.4平方公里，溪床坡度大多在30%以上，河床平均坡度為1：20。，地質由塊狀岩石構成，部份為礫石毋質，年代較輕易於風化，土壤深度約在50公分左右。



3 規劃設計理念及構想

本集水區上游森林覆蓋良好，水資源豐富，是良好的水源地區，中、下游則因穿過花蓮市，且水量豐沛、污染程度輕，深具觀光休閒潛力，因此治理工程除考慮防災功能外，同時納入水源涵養、污染防治、景觀維護及休閒遊憩之考量。



4 工程內容

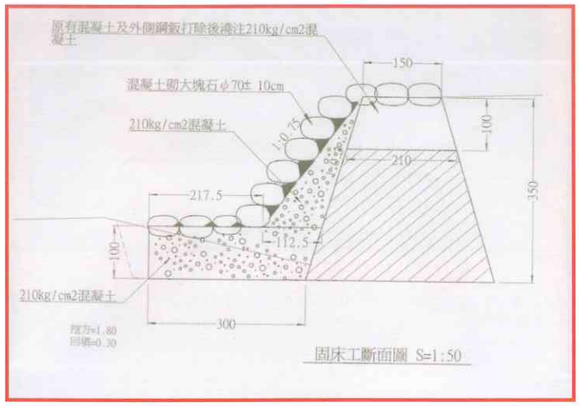
年　度	工　　程　　內　　容	工程經費（千元）
77	潛壩1座，北岸護岸 280 公尺，固床工 6 座	4,713
79	南岸砌大塊石護岸 280 公尺	2,260
87	護岸加強 140 公尺，固床工 2 座	3,818
91	北岸砌大塊石護岸 199 公尺，固床工加強 6 座	3,150
合　　計		13,941







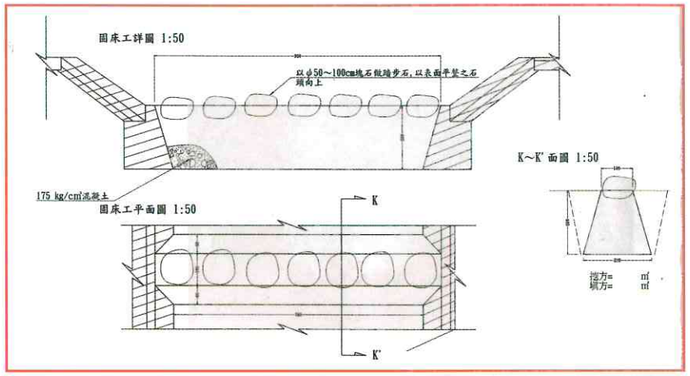
5 構造物設計





因本溪位於水源區，水質清澈，魚蝦豐富，故設置原形塊石固床工，除配合整體景觀外，更可提供迴游性魚類上溯時之暫棲空間，以利其迴游產卵繁衍下一代。

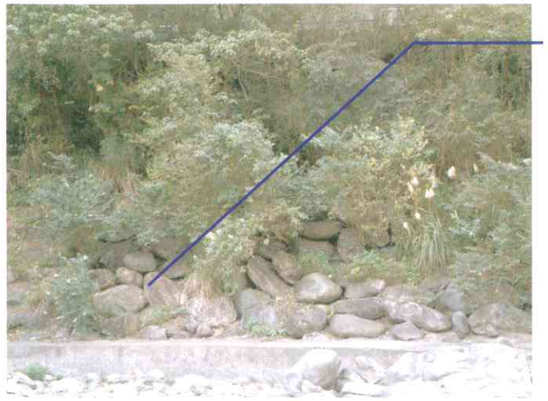




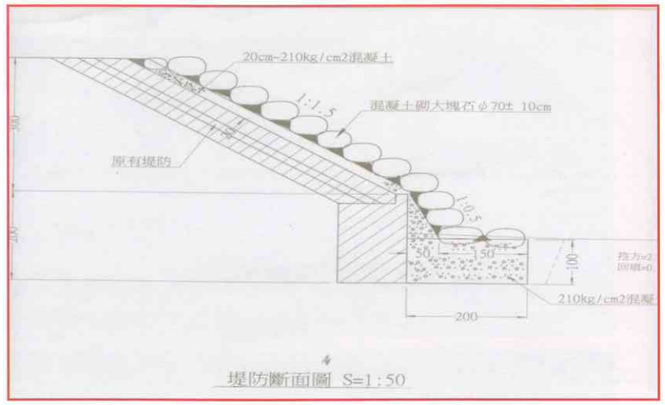


傳統型固床工純以消能及安全為考量，致使此類橫向構造物阻隔了生物洄溯繁衍之通道，本工程以踏階方式將原pc固床工改以自然石材間隔放置，營造自然景觀，除具備約束水流之功能外，亦可增加水體之多樣化，減低了對生物通道之阻隔。





利用現場塊石砌築護岸，使護岸表面粗糙度大增，除了就地取材之優點外，更可結合周圍自然景觀及增加生物棲息空間。





完成後之塊石護岸，孔隙及粗糙度均較利於動植物生長。

自然材質



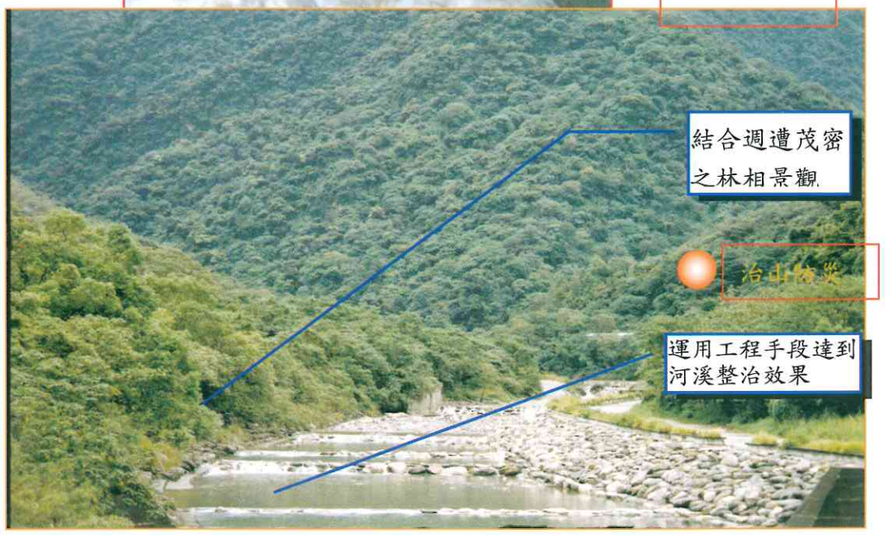
利用現場塊石砌築護岸及固床工

生物棲息



魚蝦等生物棲游於石縫

結合景觀



結合週遭茂密之林相景觀

治山防災

運用工程手段達到河溪整治效果



以塊石砌築護岸及固床工，減少混凝土用量，石縫供原生植物生長及動物棲息，使河溪接近自然之風貌。



原有塊石經過篩選砌築成階梯型式，提高親水性，吸引民眾親近河水，自主性地激發知河、愛河的意識。









傳統潛壩施作後常造成上下游面落差過大及橫向之阻隔，本工程利用溪床塊石將壩表面作緩坡處理，以漸進方式緩和因壩體造成之高落差，同時使工程施作能配合河溪周圍自然景觀。



6 檢討與建議

本工程利用現場塊石砌築護岸，在河溪治理上不僅要求防洪安全且注重生態之保育，因此於塊石施工階段，在護岸結構安全無虞之考量下，將混凝土用量減到最低，以增加塊石表面裸露面積，以便提供水域內之水生動植物棲息生存之空間。經過長期觀察之後發現此類考量，均能達到預期的效果；惟以往年度在治理完成後之工程，均放任現場原生植物自行成長，不僅時間期程長久且無法達到立即綠美化之效，因此為讓河溪治理能一舉達成自然、生態、景觀美化、休閒遊憩之多樣性目標，考慮在護岸砌築完成之初，以人工栽植方式，先行植入部份前驅植生基材，縮短初期綠化時程，俟中長時期原生植物成長後交互演替，達到全面綠化之效。

7 未來展望

河溪治理工法及其設計理念，在近幾年來因自然生態及資源保育觀念日益受到重視，已從傳統之制式及統一設計與施工模式跳脫至兼具生命及環境維護考量之境界，漸層地改變了以往只求安全防治而忽略自然之觀念，在「尊重生命」之前提下，將人對自然之破壞盡可能地降至最低，在河溪治理中以安全為基礎之考量下，更重視溪流之生命及靈性，讓繁茂多變的植物林相及日夜穿梭不息的動物群相精彩地呈現它不同的面貌，不再讓它們辛苦營造的舒適棲息家園被人們不經意的破壞。生命處處存在，無關形體大小，更無關棲境的高低，在我們儘情享受休閒遊憩之餘，更應保留溪流內動植物棲流生息的空間及權利，此不僅維護及創造環境，也達成生態系的維持與復育，更拉近了人與自然之距離。

參考文獻

1. 1994 花蓮縣治山防洪
2. 2000花蓮縣政府「洄瀾大地雙重奏」

加拿水整治十期工程

張清晏
（水土保持局第五工程所技士）

摘　要

加拿水溪整治工程自80年度起至91年度止共分十期，90年度前之施作方式係採傳統砌石工法，本期改採預鑄花槽護岸設計，營造多孔隙環境，以便大幅提供植物生長、動物棲息之空間。主設計分預鑄花槽護岸及舊護岸景觀綠美化處理兩部分。

預鑄單元堆疊植生護岸　　舊護岸景觀綠美化處理



1



2

1 溪流與災害

1.1 屬台東縣延平鄉鹿鳴大橋集水區鹿寮溪之支流，為台東 95號土石流潛勢溪流，源於中央山脈東側，經東33線及台九省道橋樑匯入鹿寮溪，集水面積701公頃，溪流長5750公尺，地質以板岩、片岩及礫岩狀砂岩之畢祿山層為主，相當脆弱，坡面容易崩坍。



3

1.2 災害情形：89年「碧利斯」颱風帶來豐沛雨量，上游地區發生崩坍，大量土石傾瀉而下，埋沒下游農地



4

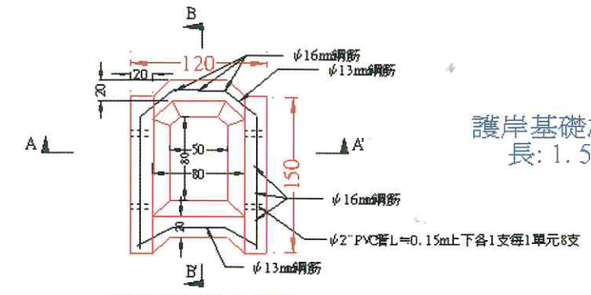


5

2 設計構想與施工

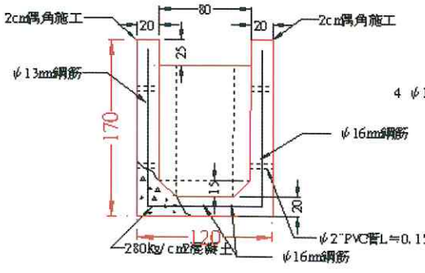
2.1 預鑄單元堆疊植生護岸：護岸乃利用預鑄單元疊砌組合而成，並回填土石材料予以植生。

①預鑄單元設計圖

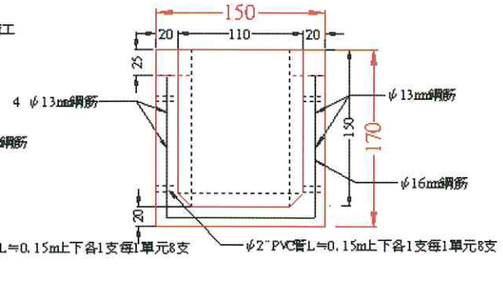


護岸基礎之預鑄單元規格:
長: 1.5m*寬: 1.2m*高: 1.7m

基礎預鑄單元平面圖



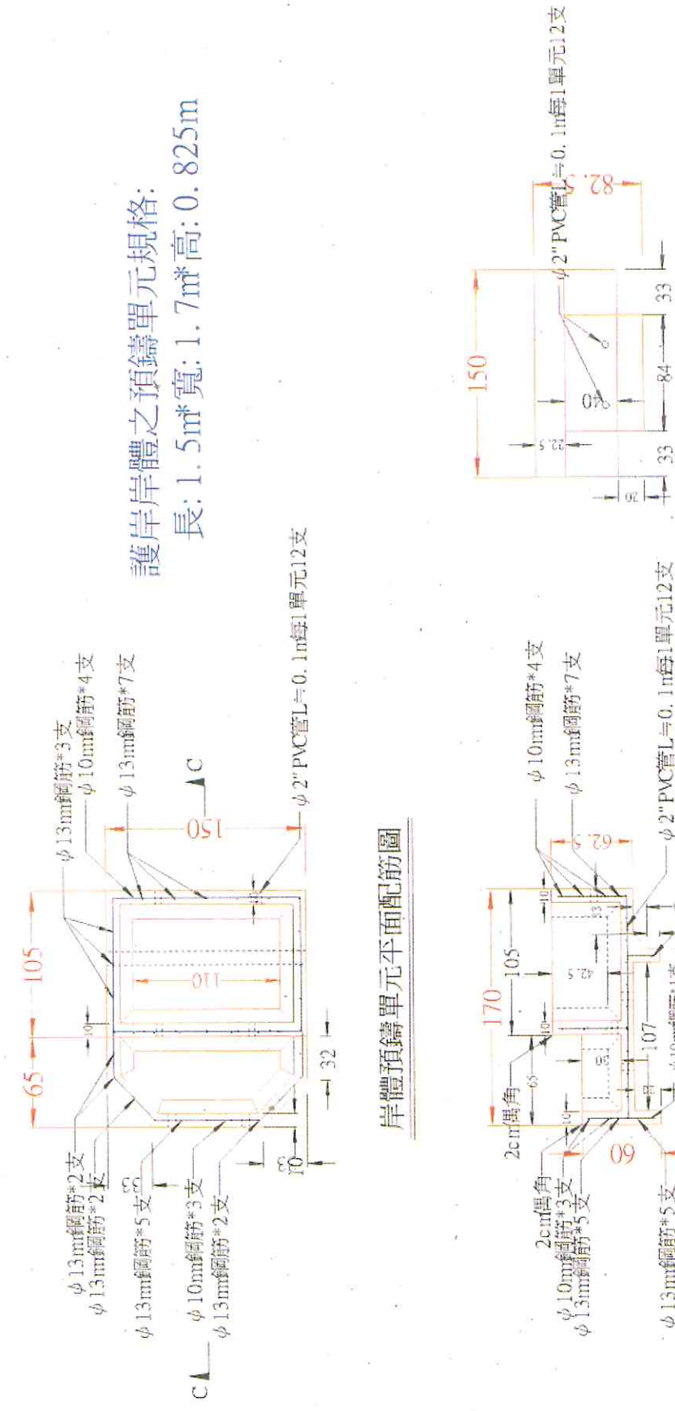
(A-A") 基礎預鑄單元剖立面圖



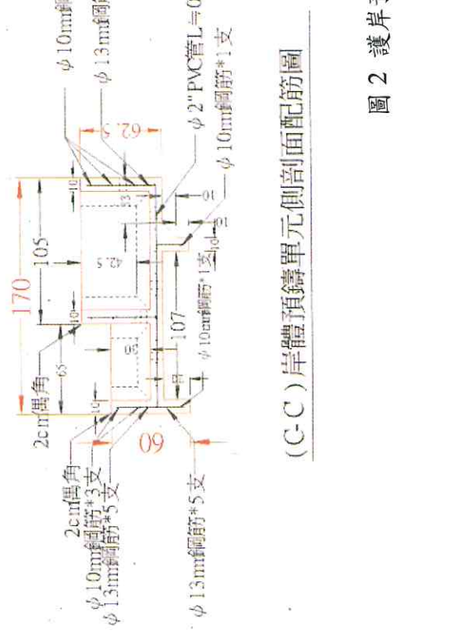
(B-B) 基礎預鑄單元側剖面圖

圖1 基礎預鑄單元詳圖

護岸岸體之預鑄單元規格:
長: 1.5m*寬: 1.7m*高: 0.825m



岸體預鑄單元平面配筋圖



(C-C)岸體預鑄單元側剖面配筋圖

圖2 護岸預鑄單元詳圖

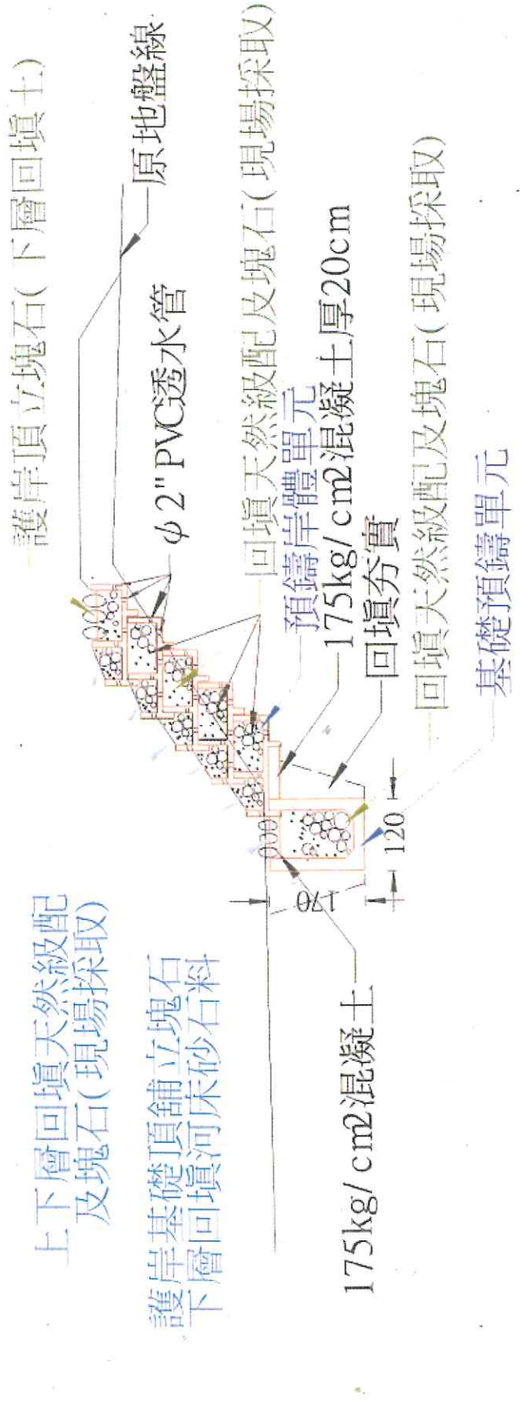


圖 3 預鑄單元堆疊組合群圖

②預鑄單元規格化，於預拌場先行鑄造後，在於現場堆疊排置，可縮短工期及適合汛期施工。



預鑄單元完成 6



預鑄單元-規格化施工 7

③有機堤岸預鑄花槽單元內中空，回填溪床級配，減少棄土。



堆疊排置完成 8



覆土完成 9

2.2 舊有混凝土砌石護岸景觀綠美化植生處理：改善生態性較差之砌石護岸。



前後對照 10



鋼構詳圖 11



掛網填充土壤包 12



噴植完成植生現況 13

2.3 具生態考量的設計



固床工兼親水階梯 14



縷空型護欄 15

3 植生現況

植物生長



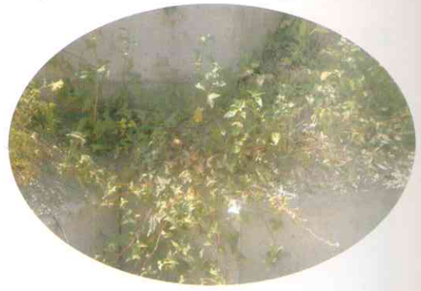
山芋 16



龍葵（黑甜菜） 17



蓖麻 18



爬藤類 19

4 改進與誌謝

①感謝工程所、延平鄉公所及施工廠商（臺華營造有限公司）等相關單位及人員在本工程施作期間之努力及支持。

②預鑄單元之尺寸可做彈性修改，以配合現地之施工需求。

③持續觀察預鑄單元堆疊植生護岸之防洪能力及植生狀況，以做日後設計改進之參考。

④完工護岸可配合河岸附近取得之用地，結合發展成為住民遊憩之生態主題公園。

五棚坑野溪之自然生態工法

許慶源

(水土保持局第三工程所技士)

摘　要

1 前言

在生態、安全、永續經營的概念下，河溪整治以不縮減河道，就地取材，應是一個可考慮的方式。本件工程的特點不在於構造物的多少，而是在儘可能不破壞原有生態環境下，是否能減少不必要的工程處理，並期能降低經費；因此試著採用乾砌塊石護岸及拋石，減少開挖以降低對環境的衝擊，而本工程的單價為一般整流工程的一半。

2 地區概述

①位於國姓鄉北港村，為烏溪上游北港溪之支流(圖①)。

②集水面積約820公頃，標高介於375~1050m 間，主要流長5.1km，河床平均坡降4.7%。

③月平均溫度14.1~22.9度 C，最低溫為一、二月的10.7度 C，最高為七、八月，可達28度 C；年平均雨量參考「惠蓀」測站27003號為2640mm（水土保持技術規範）；每年5~10月為雨季，11~4月為旱季，年平均蒸發量為1354mm。

④地質屬北部第三紀層，主由砂岩、深灰色頁岩、板岩組成；土壤多為砂質壤土、砂粘質壤土，土層淺薄，團粒構造疏鬆。

⑤地形陡峻，大部份為林班地或宜林地，佔72.3%，覆蓋大致良好。

⑥由於九二一震災及颱風豪雨影響，土石堆積河床，阻滯排水，洪流時更氾濫至相鄰之農路，影響農業資材搬運及下游安全。

3 規劃設計理念

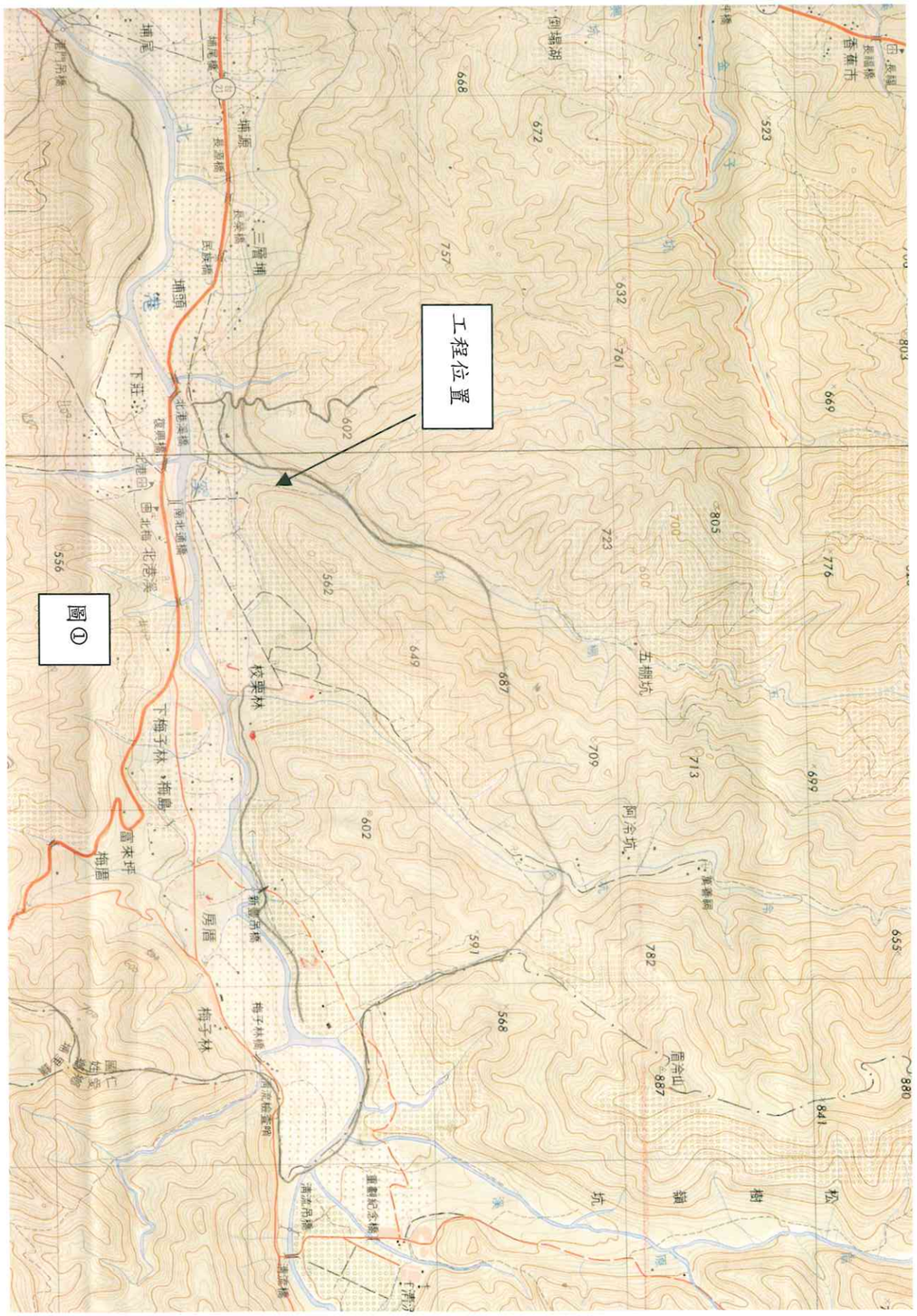
①擴大通水斷面，讓河川用地還給河川，以確保排洪量，並降低流速。

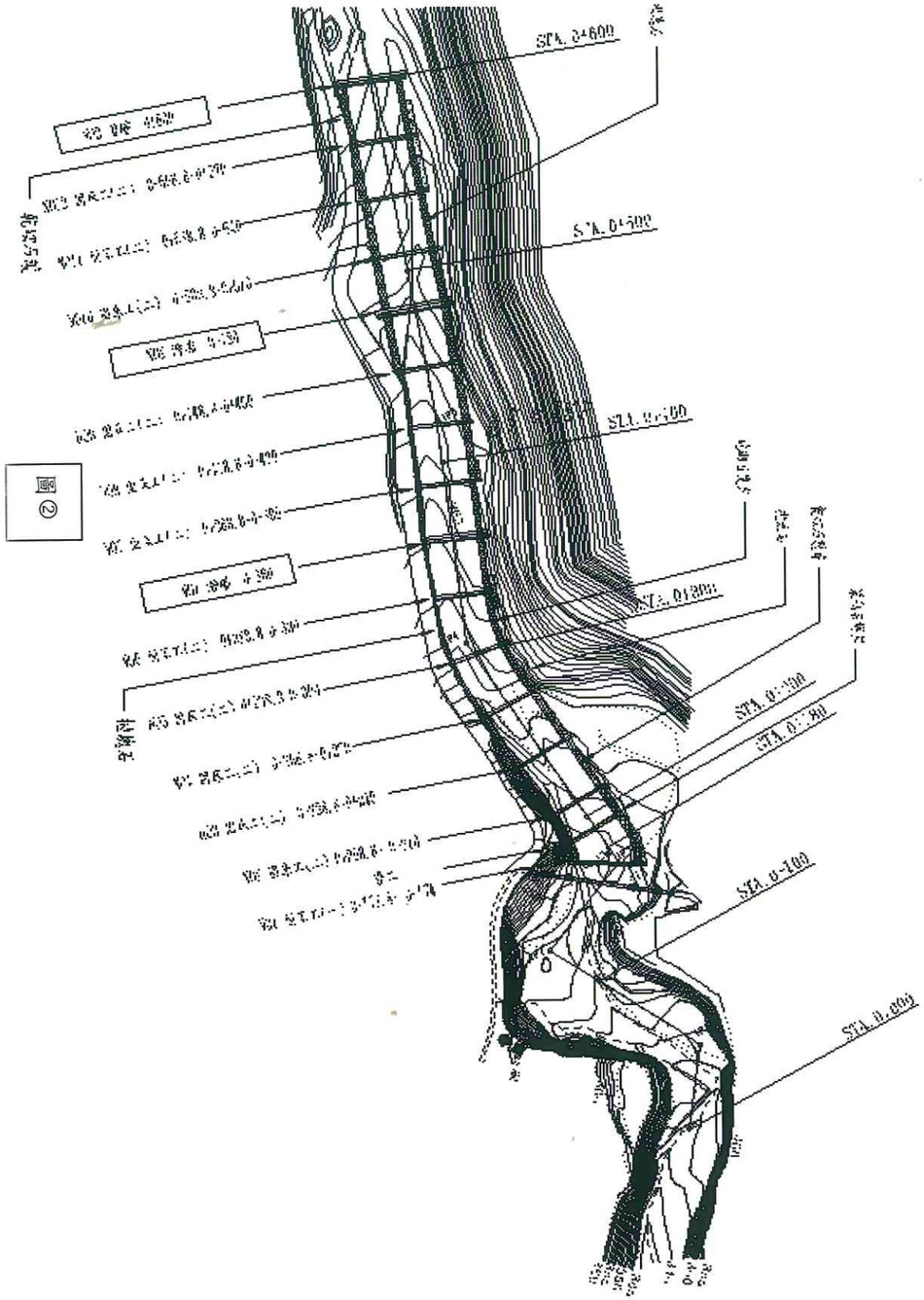
②依當地自然環境條件，利用潛堰、固床工組合及適當配置，以維持河溪斷面，改善排水，並保護構造物基礎。(圖②)。

③儘量減少人工構造物，降低施工中對環境之破壞，維護兩岸之自然。

④善利用五棚坑河域現地之天然資材，就地取材，採用砌塊石及拋石，營造護岸表面粗糙及多孔性，以適合水中生物及昆蟲之棲息。

⑤採用淺寬斷面，岸坡和緩化，以利親近，減少突兀，調合自然環境。





平面配置圖

Scale:1/1000 Unit:CM



圖 1 往下游施工前



圖 2 往下游施工後



圖 3 往上游施工前



圖 4 往上游施工後

4 工程經費：

5,846,135 元。

5 工程內容

河溪整治總長428公尺、潛堰3座、固床工12處、混凝土砌石護岸36公尺、乾砌塊石護岸270公尺、拋石處理546公尺、植生處理1式。

潛堰：調整河床坡降，防止河道縱橫向侵蝕，保護構造物基腳(圖③、圖5)。

圖③

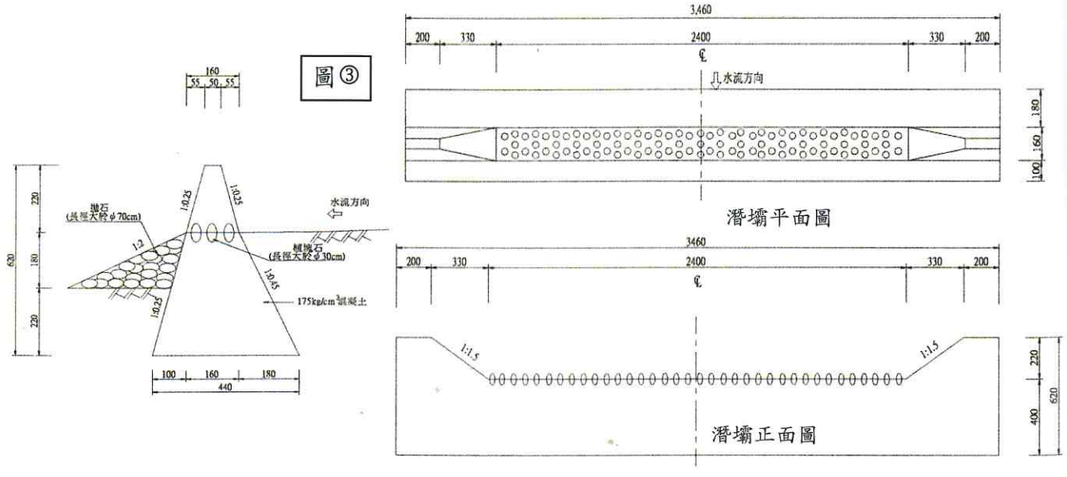


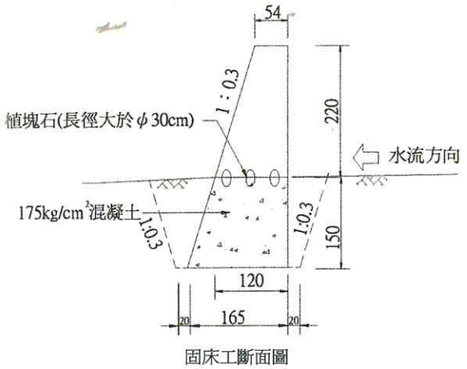


圖 5 潛堰

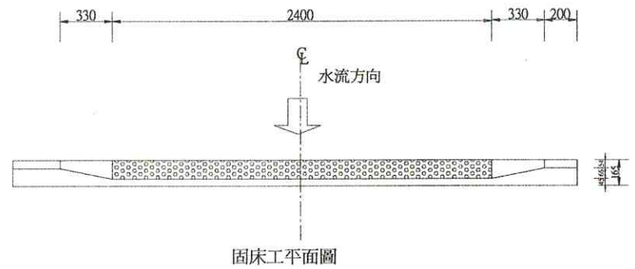


圖 6 固床工

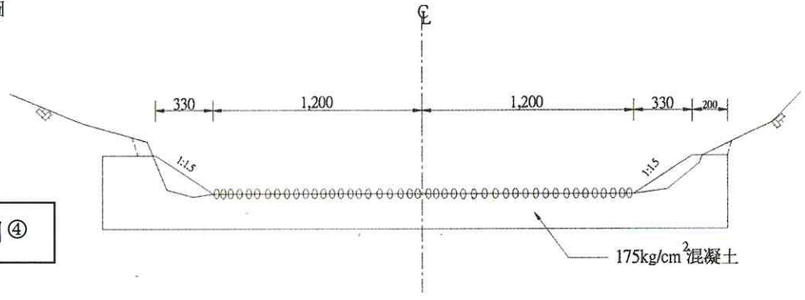
固床工：安定河道，防止縱橫向侵蝕，保護河岸基礎，並作為砌石護岸隔牆（圖④、圖 6）。



固床工斷面圖

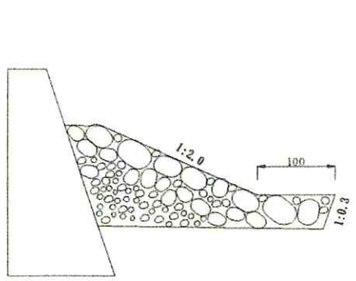


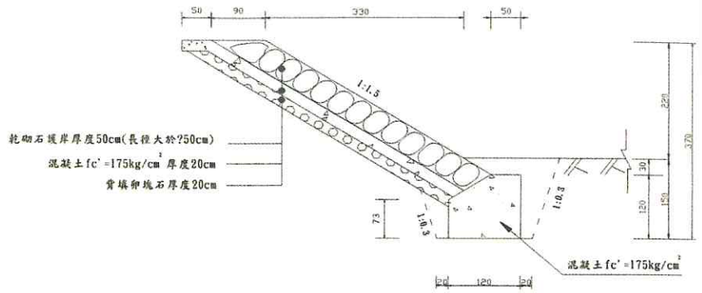
圖④



固床工正面圖

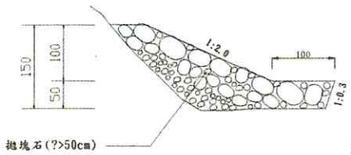
乾砌塊石護岸：保護河岸及鄰近土地、設施，確保河道斷面，營造護岸表面粗糙及多孔性；彎曲凹岸，為避免攻擊波衝擊及帶出細顆粒，以混凝土漿砌加強（圖⑥、圖 7）。





漿砌石護岸詳圖

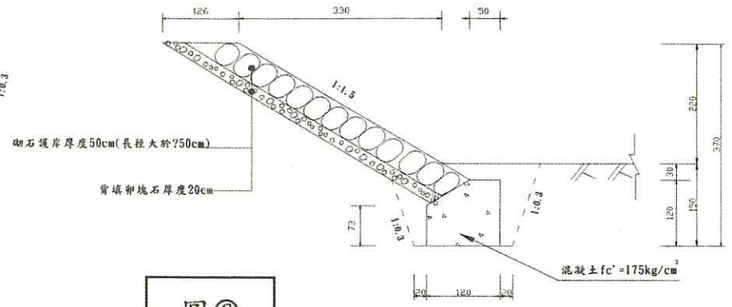
S:1/30



拋塊石詳圖

S:1/30

圖⑤



圖⑥

乾砌石護岸詳圖

S:1/30



圖 7 乾砌塊石護岸



圖 8 凹岸以混凝土漿砌加強

拋石：用於構造物及岩坡，避免水流衝擊坡腳，營造多孔性，使適合水中生物及昆蟲棲息；調節構造物落差，緩和岸坡坡度（圖⑤，圖 9、10）。



圖 9 拋石處理



圖 10 岩坡拋石處理

6自然生態或休閒親水遊憩功能分析

①多孔性護岸利於植物自然入侵，魚類爬蟲類及昆蟲棲息。

②潛堰落差以1：2緩坡拋石處理，利於魚類迴游（圖11）。

③緩坡生態砌石護堤，使民眾易於利用進行親水（水岸邊之戲水、釣魚等）。

④岸邊奇零地景點的營造（圖12）。



圖 11 落差處理



圖 12 景點營造

7 自然生態資源說明

①河岸生態：溪蝦、石濱、馬口魚、溪哥等野溪魚群。

②山林生態：闊葉樹林、竹林、檳榔樹及果樹等，覆蓋良好、環境整潔、空氣清新，具山村風味。

③鄰近景點：距離約一公里出口處的拱形糯米橋（圖13），為橋樑三級古蹟，工程起點附近的水橋（圖14）、觀景涼亭等，均為良好景點。



圖 13 糯米橋



圖 14 水橋

8 檢討與建議

①兩河岸用地有限，景觀及遊憩設施難於規劃營造。

②天然塊石取得不易，砌石工法施工技術較高，技術工人難找。

③潛堰、固床工溢洪口植石，以較大塊石橫向嵌入為佳，低水期有汀石之功能，且較美觀。

9 未來展望

①上游支流及土砂來源地點之繼續整治，使河岸環境得以永續經營；結合當地之生態資源與遊憩資源，完善規劃河域多功能的新風貌。

②多孔性材料之應用，可取代天然塊石之缺乏。

五棚坑野溪周邊水車與自行車道工程

陳志賢[1]、黃振全[2]

(1水土保持局第三工程所技士；2水土保持局第三工程所課長)

摘　要

南投縣國姓鄉北港村位於國姓鄉東北側，全村臨台21線，為通往蔥蒜林場必經門戶，北港溪貫穿全村，呈南北走向之河階地形，自然形成極具特色之觀光資源，五棚坑溪及阿冷坑溪為本區域內北港溪最大之兩大支流，導引著清澈的山泉自北方來匯，民國二十七年（昭和十三年）當地村民聘請埔里何萬圳先生監工開鑿北圳灌溉渠，圳頭位於一鄰菜茵河畔下北港溪，逢山鑿石開洞，越阿冷溪進入校栗林，跨五棚溪進入三層埔，終點至埔尾，歷經三年完工。本村全區九二一大地震造成全倒245戶、半倒112戶，受災佔全村百分之五十，因此列入九二一震災農村聚落重建地區。規劃並重建中的工程利用北圳南岸平緩的步道設置環村自行車道，用以結合當地著名古蹟「糯米石橋」、水車、弧形水橋、古吊橋、千年茄苳神木、寺廟、蝙蝠洞…等發展觀光休閒農業、創造富麗農村新風貌。

關鍵字：環村自行車道

1 前言

本區九二一震災農村聚落重建規劃的構想，在產業方面，首先以傳統農產的轉型經營，並配合公共設施、景點之施設來吸引人潮，其次經由特色農產品包裝，辦理產業文化活動，並且藉由當地古蹟-糯米橋，與北港溪水體資源之特色，結合糯米橋文化創造出自然與人文相結合之景觀遊憩資源，最後結合鄰近泰雅渡假村、神仙島等遊憩場所及當地特有之碳酸溫泉發展民宿及渡假旅遊。

具體建設作為方面，道路及排水--拓寬改善現有道路及排水系統，並設置景觀步道及自行車道。公共設施--配合產業發展所導入觀光休閒事業，設置停車場、景觀涼亭、公廁、路燈等。自然生態環境--配合當地自然生態以自然環境資源保育與永續發展為主、靜態遊憩為輔之生態規劃。

就北圳南岸部分設置之環村自行車道及步道，東側連接現有之水車、阿冷溪及北圳步道等既有構造，西側則有弧形水橋、千年茄苳神木等觀光休閒景點，符合原先規劃之構想，更契合當地居民發展休閒農業之需要。

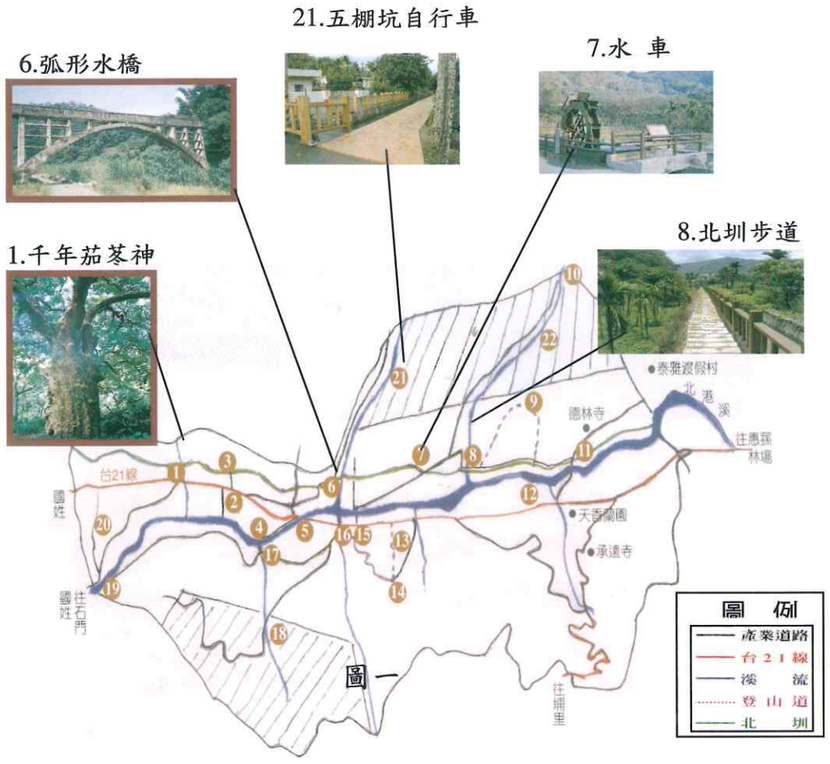
本項工程構造物以木造為主，盡量因地制宜避免破壞原有之地被及生

態，並加強植生復育，使自然資源與生態環境得以有效維護，野生動植物的棲息地得以妥善保全，確保社會文明與大自然和諧，俾以創造一個供人類長久生存並與其他生物協調祥和相處的環境。

2 地區概述

本案工程位於國姓鄉北港村北側，為串聯東側阿冷溪親水設施、北圳步道及西側水橋、茄苳樹停車場等工程，遂沿北圳南岸設置木欄杆及自行車道，原設計水橋步道約七十公尺跨越五棚坑溪、混凝土壓花車道約七百五十公尺、木製欄杆約二百五十公尺。

詳細位置及連結之景點，詳如下列圖一及所附照片：



1. 茄苳神木、停車場
2. 田園花卉休閒村
3. 淨蓮禪寺
4. 生態池
5. 糯米橋古蹟
6. 水橋、觀景台
7. 水車
8. 北圳步道
9. 眉冷山登山步道
10. 龍鳳瀑布(芙蓉谷瀑布)
11. 北港溪溫泉山莊
12. 神仙島、神仙湖、神仙橋、蝙蝠洞
13. 好漢坡
14. 松柏嵩觀景台
15. 北梅國中
16. 北港國小、社區鄉土文物館
17. 斷魂橋觀景台(深坑吊橋)
18. 樟湖頂登高
19. 港門吊橋
20. 生態區
21. 五棚坑自行車道
22. 阿冷溪親水設施

3 規劃設計理念與或構想

為配合地方構築生態工法之理念，環村自行車道及步道有下述幾種主要構造：

3.1 木棧道：以角鋼及木板懸空架構，盡量因地制宜避免破壞原有之地被及生態，使自然資源與生態環境得以有效維護。(圖1)



圖1 以角鋼及木板懸空架構之木棧道，盡量避免破壞原有地被及生態。

3.2 連鎖磚及花崗石步道：皆以透水性材料鋪底，上植草皮，符合自然工法之原則，使能維護原有周邊生態及符合多數民眾需求為目標。(圖2)



圖2 以透水性材料鋪底之連鎖磚步道。

3.3 壓花地坪：考量實用性及耐久性，自行車道農業機具出入頻繁地段以壓花地坪構築，提升景觀效果。(圖3)



圖 3 以壓花地坪構築，提升景觀效果。

3.4 木欄杆與水橋：木欄杆跨越陳年水橋之混凝土構造，使水流與綠蔭之環境景觀得以調和。



圖 4 未施工之水橋



圖 5 施作欄杆之水橋

4 工程構造物單元設計圖

為保持自然田園風貌柔化視覺及營造生物生存環境，以下就本區域已完成之工程內容設計圖與完成現況作說明：

4.1 木棧道

以角鋼及木板懸空架構，盡量因地制宜避免破壞原有之地被及生態，使自然資源及生態環境得以有效維護。(圖6)

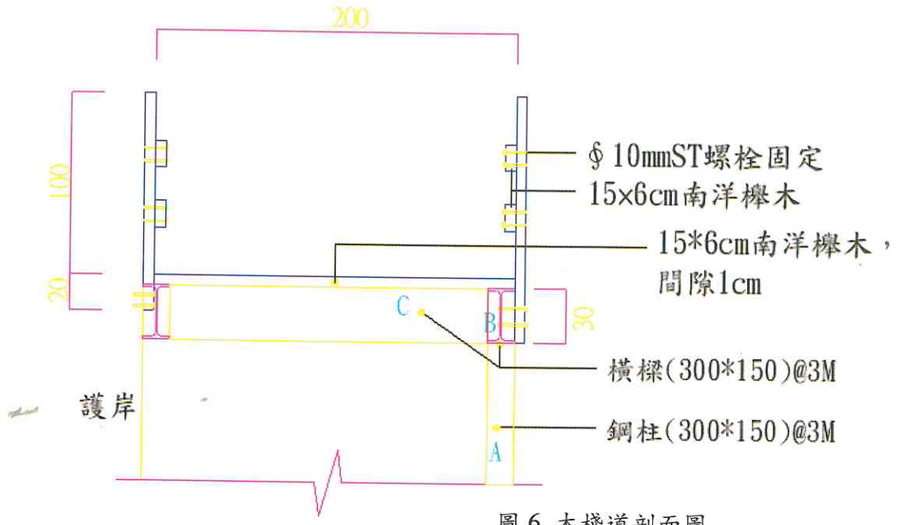


圖 6 木棧道剖面圖

4.2 連鎖磚及花崗石步道

以透水性材料鋪底，上植草皮，符合自然生態工法之原則，使能維護原有周邊生態及符合民眾需求。(圖7)

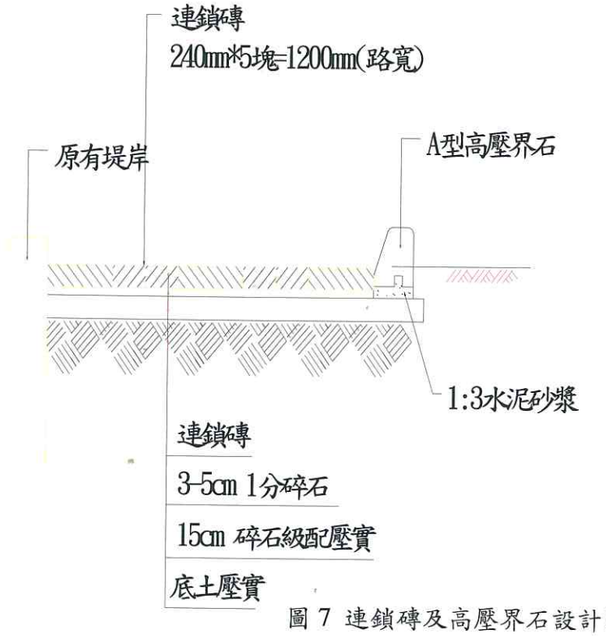


圖 7 連鎖磚及高壓界石設計圖

4.3 木欄杆與水橋

木欄杆跨越陳年水橋之混凝土構造，使水流與綠蔭之環境景觀得以調和。(圖8)

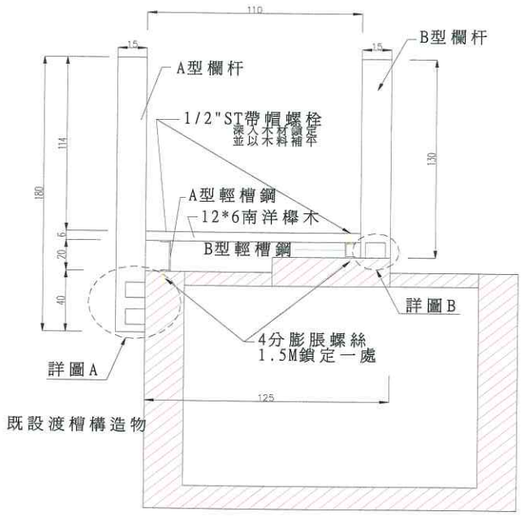


圖 8 水橋步道設設計圖

5 休閒親水遊憩及自然生態功能性分析

5.1 北港村的美在於古樸與自然，遊客可依境內完善的自行車道系統及步道到達各個遊憩休閒設施，如糯米橋(圖9)、龍鳳瀑布(圖10)。

糯米橋位於國姓鄉鄉北港村台21線旁之北港溪上，北港溪是一條清徹、美麗的溪流，源自合歡山西麓經蕙蓀林場，穿過仁愛鄉清流部落進入國姓鄉，糯米橋即為先人匠心獨具的作品，因其造型古拙、取材特殊，於83年8月16日，內政部正式公告指定為台閩地區三級古蹟，是國姓鄉唯一古蹟，也是本省目前僅存三座糯米橋之一。約建於清光緒年間，當時日本軍閥統治台灣，為積極投入太平洋戰爭，加速徵斂台灣物資，運輸北港溪上游仁愛鄉境泰雅部落山區之松柏，便利交通運輸所建，雄踞北港溪約八十多年之久。



圖 9 糯米橋

龍鳳瀑布又名芙蓉谷瀑布，芙蓉谷位於阿冷坑溪的上遊溪谷，瀑布因溪谷落差而形成，是一處峽谷地形，過去鮮為人知，但因為近年來南投縣政府大力開發觀光資源，芙蓉谷瀑布的名聲也就漸漸的傳開了。此地風景原始自然，不但可郊遊、戲水、釣魚，還可享受紮營的樂趣。



圖 10 龍鳳瀑布

5.2 北港村的水終年潺潺不絕，清澈的溪水可讓遊客滌盡一身疲憊，如阿冷溪(圖11)、北圳及水車(圖12)。北港溪這條清澈美麗的溪流，一九九一年六月，成立了「北港溪河川魚蝦保育會」，長年巡守北港溪，保護河川魚蝦。深入北港溪的源頭中央山脈，發現北港溪有難以數計的支流，面積廣闊、氣勢雄偉、生態豐富。在這樣的地理環境中孕育出北港溪壯麗無比的生命力。其中支流阿冷溪水水量豐沛、造就了北圳的活力與美。



圖 11
北圳上的水車



圖 12 阿冷溪水

6 自然生態資源說明

6.1 豐富的農園生態，增添了北港溪流域的多樣性。

整體而言，國姓鄉的特色與地景幾乎完全是依據山勢與河川的流動而陳設的，北港村尤是。從山以降的剖面來看，山頂的植被在地震後生還，其下則大部分被岩屑所覆蓋，在地震沒有摧毀之處，在抖落的山坡地與平緩的坡地種植檳榔和香蕉、桂竹等；在山與水的交界，快速道路通過，形成陸域生態與水域生態的大斷層，而溪畔所有可利用的土地包括石灘地都種滿了檳榔，在未種植檳榔之處則有零星的原生植物群（人稱為荒地）出現。在河的兩岸，有吊橋聯繫，或是在新的水泥橋邊，存有舊吊橋的橋頭遺跡，河面上有燕子（赤腰燕、白腰雨燕、小雨燕、毛腳燕等）快速滑行覓食、點水沐浴，整個山與水中間所形成的谷地聚集了向上捧的熱氣流，猛禽類（大冠鷲、鳳頭蒼鷹）在高空輕鬆的盤旋。

山、道路與河是本村整體生態的重點，就生態的觀點來看，檳榔園的生態化和道路兩側的植被復育是當務之急。據地方人士觀察，地震後北港溪以及其他水域水量較往年同期充裕，河幅亦寬。但由採收之農產品，如檳榔，發現其果實內含水量減少，疑似水線移動，地下水滲入水域內，致作物含水量不足。



圖 13 茄苳樹步道附近的檳榔園

6.2 水資源

本村由北港溪由東向西貫穿，流經本村中心地帶(即本規劃範圍)，並有五棚坑溪、阿冷坑溪、眉原溪、南北圳、大小野溪等河川共同編織本村綿密水系，為本村重要天然水、灌溉、民生用水資源。



圖 14 北港溪的暮色

7 檢討與建議

北港溪流域近年來於本局富麗農村計畫與九二一震災農村聚落重建計畫建設下，已創造出優美之農村景觀，於辦理工程過程中，由規劃以至於施工階段，工作人員與地方居民的參與、討論，不斷的溝通、意見交流，建立良好的機制，啟動了地方自覺與對環境的關懷，更協助了地區產業的發展，與觀光休閒農業的蓬勃。

惟工程之進行常受限於用地取得之困難，事權機關缺乏有效之協調機制，使原有的構想難以實現。以本工程為例，地方殷殷企盼之水橋設計後因農田水利單位有安全上之顧慮而刪除，致使結算經費尚不及原預算之一半，令人惋惜。



圖 15 地方人士協調工程用地

8 未來展望

北港村目前以休閒觀光農業為產業主體，純農業生產配合休閒觀光產業，發展有機農業、服務不同層級之觀光消費人口，包括大眾觀光、深度生態旅遊、運動休閒人口。善用並保育本村青山綠水資源，規劃生態、景觀、休閒區。北港溪流域之河溪及周遭環境，經治理後其效果日益顯現，該區域已走出天災的陰霾，將原本的災難空間轉化為培力空間，並促成鄉村社區組織再造，營造多元化的公共開放空間，帶動鄉村新產業引發居民對未來遠景的想像與念力。

未來希望於傳統農業轉型之際，能善用地方自然資源配合政府之公共投資，帶動農村產業生機，重振農業活力並發展休閒遊憩之附加價值，增加農民收益達成改善農村生活環境之目標。

9 結論

現階段的自然生態工程之設計，已不能單就水利或土木觀點考量工法及規劃方向，應多方面配合自然景觀、生態環境等因素期能達成較理想之治理目標。因此建議工程人員應多學習，增進新知，學者專家能多提供國內外之各種生態工法與近自然工法之設計案例給工作人員參考，以及多宣導生態理念，使大眾觀念改變，並尋求安全考量與營造自然生態空間雙贏的策略與設計，使我們的居住環境更加美好。

參考文獻

1. 梅林社區文史工作室　張文正　2002年 北港村富麗農村簡介
2. 國姓鄉公所　2003年　全球資訊網之觀光景點
3. 財團法人台灣大學建築與城鄉研究發展基金會　2000年 南投縣國姓鄉北港村農村重建規劃調查報告

羊橋自然生態工程設計

林志賢[1]、徐弘明[2]

(1水土保持局第五工程所技士；2水土保持局第五工程所課長)

摘　要

羊橋生態工法規劃設計主要以落實生態環境復育、社區參與永續經營、愛鄉護土防災為目標。構造物之設計以創造良好生物棲息、避難及植物自然演替環境，考量安全性並採用本土植物為穩定護岸邊坡之材料，發揮綠化效果，達到生態防災共存之境界。

1 前言

自然生態之工程設計，須於設計前知道如何保護現有生態環境，並讓承攬廠商了解維護週遭原有動植物、地貌及河床生物棲息環境保護觀念之重要，另加強社區居民主動維護生態環境之理念，進而確實達到整體性自然生態維護的目標。



圖1 上游源頭崩塌及河岸沖刷



圖2 中游河岸沖刷



圖 3 下游河道淤積

2 地區概述

①位置：羊橋位於東河鄉興昌村，屬都蘭沿海集水區，為土石流潛勢溪流。

②集水區面積：350公頃。

③溪流長度：2500公尺。

④保護對象：興昌社區、台十一線公路。

⑤作物：椰子、釋迦等。

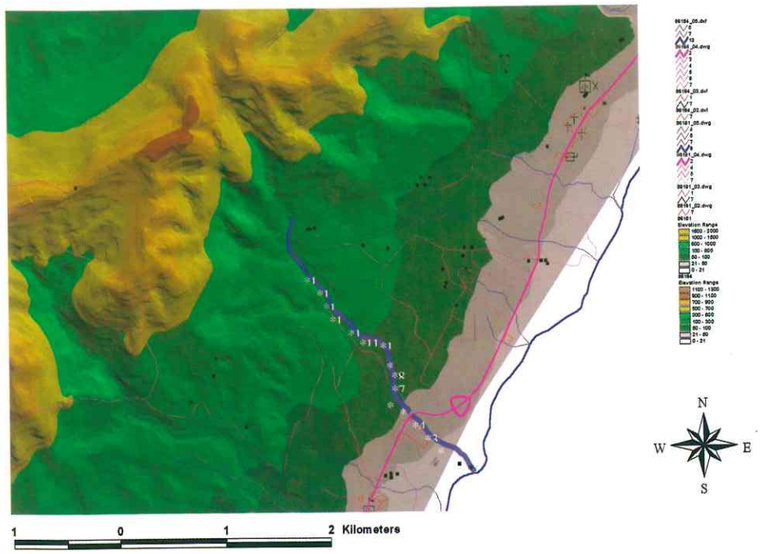


圖4 治理位置圖



圖5 治理前暴雨情形(91/08/05)



圖6 RC 基礎箱組立



圖7 型鋼框架組立



圖8 覆土完工後八個月

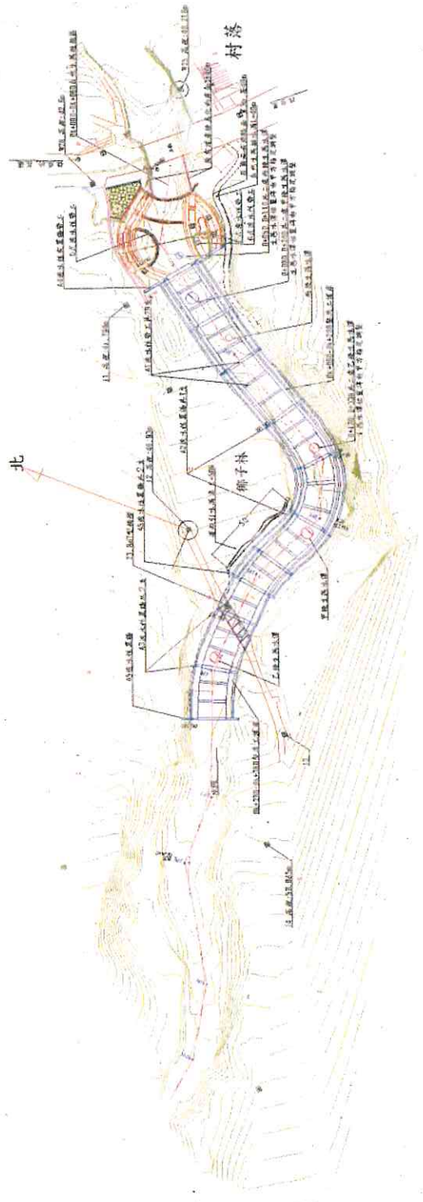


圖9 羊橋整治二期工程地形平面

3 自然生態設計理念

3.1 設計前置作業：

①90年整體規劃時已考量溪流生態

②設計前初步調查結果魚蝦鰻及原生植物豐富



圖10 日本禿頭鯊



圖11 拉氏清溪

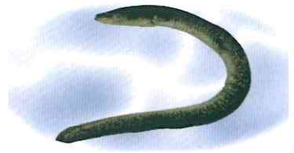


圖12 鱸鰻



圖13 貪食沼蝦

3.2 設計理念

①防止坡面沖蝕，恢復溪流生態及植物自然演替之綠景觀。

②多孔隙河道，利於生物避難棲息。

③減少廢棄土，無混凝土護岸。

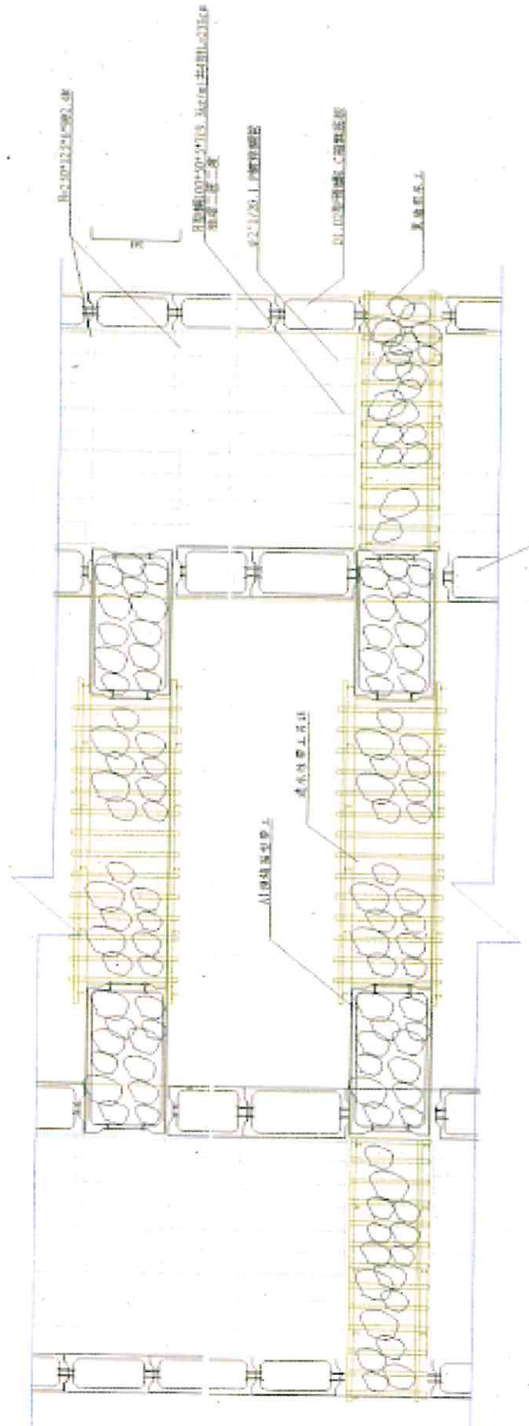
④基礎預鑄箱便於水中施工，縮短工期。

⑤遊憩賞景。

4 構造物設計

4.1 平面設計構想：

①採用緩坡複式鋼構P．C鉛絲網內舖自然塊石護岸：利用當地塊石乾砌護岸，配合型鋼框架加強護岸強度，屬柔性構造物，可防大塊石衝擊，以達到有效的防洪功能。表面施予回填溪床礫石料，除可創造多孔隙環境利於植物復育及兩棲生物上岸活動外，不致破壞生態綠網。



圖例 S:1/50

整流工護岸平面圖

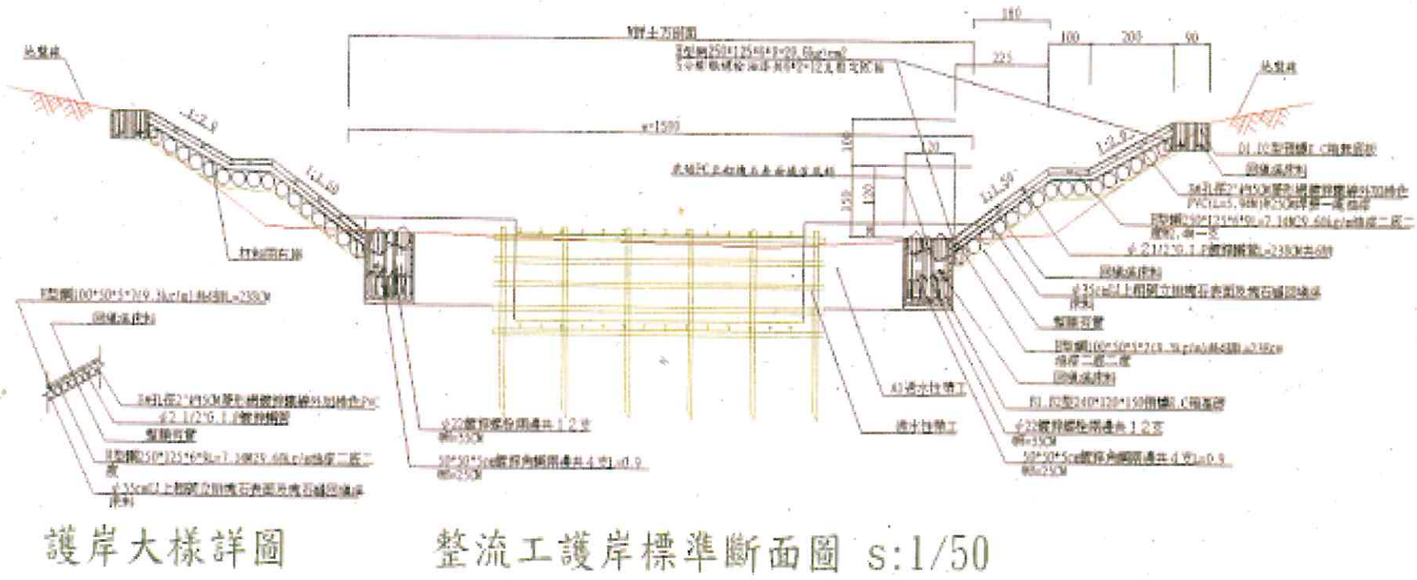
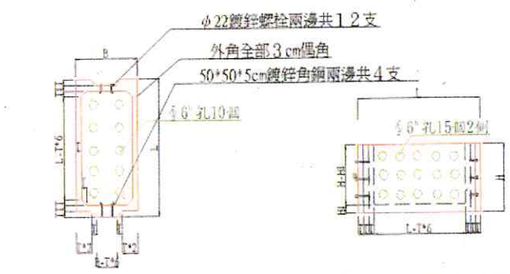
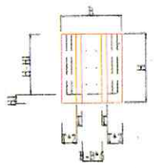


圖 14 整流工護岸設計圖





帶工預鑄R.C箱型規格

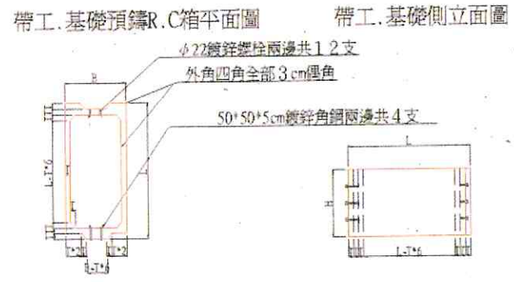
尺寸 / 型號	L(cm)	B(cm)	H(cm)	T(cm)	H1(cm)	數量
A1	360	180	180	20	25	28*2=56個

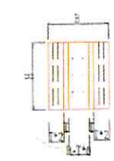
基礎預鑄R.C箱型規格

尺寸 / 型號	L(cm)	B(cm)	H(cm)	T(cm)	H1(cm)	數量(個)
B1	240	120	150	15	25	70*2+20+18=178
B2	120	120	150	15	25	71*2+41=183



圖 15 網框型鋼護岸菱形





花台預鑄R.C箱型規格

尺寸 / 型號	L(cm)	B(cm)	H(cm)	T(cm)	H1(cm)	數量(個)
D1	240	90	60	10		70*2+13.5*2+15+5=187
D2	120	90	60	10		71*2+30=172



圖 16 回填溪床料

圖 17 帶工箱、基礎箱及護岸花台箱設計圖



圖 18 帶工箱



圖 19 基礎箱



圖 20 護岸花台箱

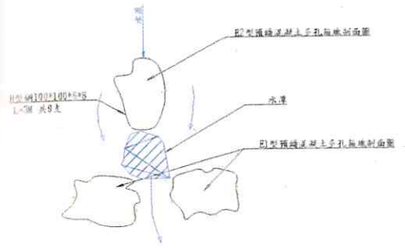
②溪流凹岸設置不同型式之生態水潭：配合人工多孔空心鋼筋混凝土巢箱及佈置大塊石，不但可防止基腳沖刷，並可創造生物多樣化棲息環境，為一舉兩得之工法。



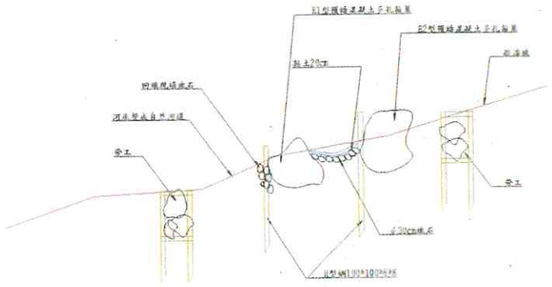
圖21生態水潭



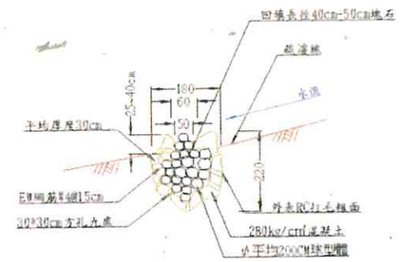
圖22 轉彎處河道加寬超高



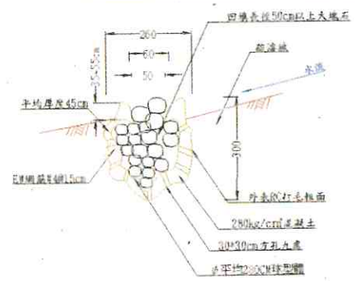
丙種生態水潭單座佈置平面圖 1:100



丙種生態水潭單座佈置縱剖圖 1:100



E1型預鑄混凝土多孔巢箱剖面圖1:100



E2型預鑄混凝土多孔巢箱剖面圖1:100

圖 23 圖丙種生態水潭設計圖

圖 24 多孔巢箱設計圖

③保存溪流蜿蜒的面貌：轉彎處加寬超高現有河道，順應原有河道槽線施作，以利多樣化河面溪流之自然環境。

④設置自然生態親水遊憩區：靠近村落之河段配合富麗農村計畫，提供遊客休憩賞景並購置農產品及生態環境教育展示之據點。



圖 25 水池



圖 26 生態水池

4.2 縱橫向溪流構造設計：

①多樣化水流水深：設置透水性型鋼塊石帶工、創造不同溪流速度及良好透水性，有助於水中生物多樣化之環境。



圖27 基礎箱



圖28 透水性帶工

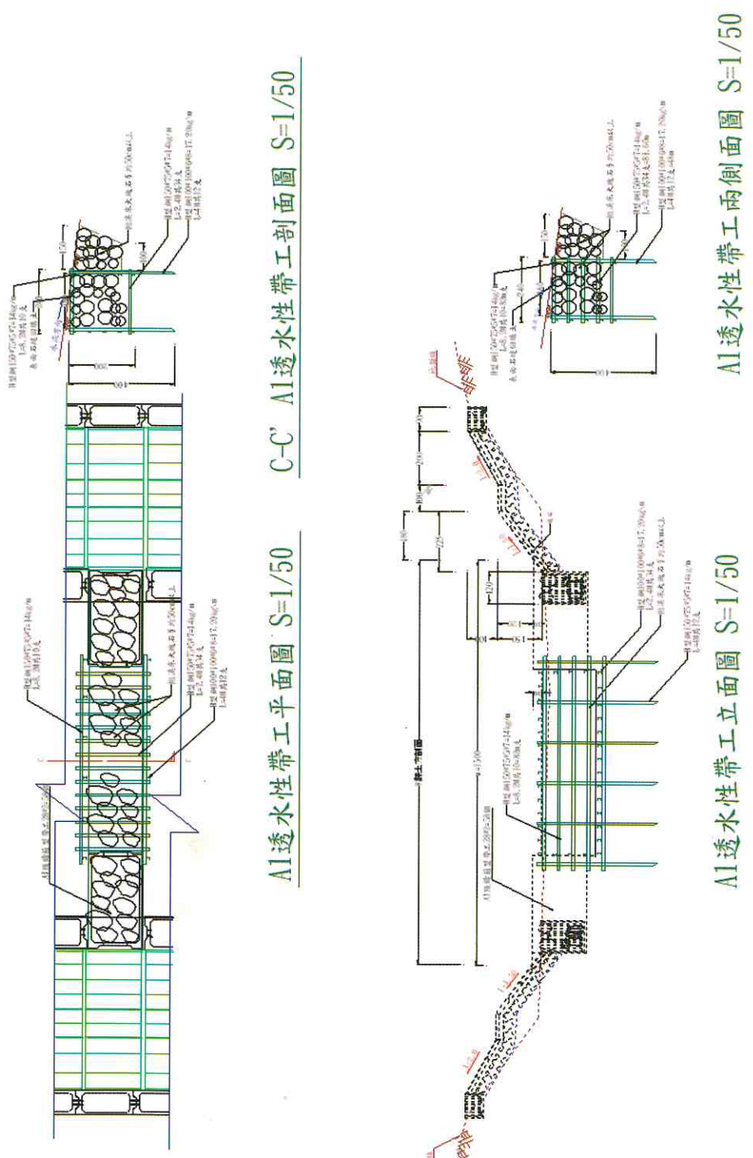


圖 29 透水性帶工設計圖

②多孔隙河床設計：在河床帶工兩側設置鋼筋混凝土空心巢箱，內拋塊石，利於生物棲息環境。

③預鑄鋼筋混凝土空心基礎箱：基礎之施作採用預鑄鋼筋混凝土空心箱回填溪床料面砌塊石，並深入河床面以下，可防止基礎面受衝擊，及恢復現場自然溪床面貌景觀，有利減少棄土，不致污染週邊環境。



圖30 基礎、帶工箱



圖31 基礎箱排列



圖32 生態遊憩賞景區



圖33 田園生態教育遊憩區



圖34 社區居民參與生態維護與防災

5 改進與誌謝

①感謝農委員生態工法推動小組、水保局生態工法小組、工程所、清華大學曾晴賢教授、台東師範學院劉炯錫教授、東河鄉公所、興昌村林村長及施工廠商等相關單位及人員的努力與支持。

②創新生態工法，善用自然材料，工廠預鑄規格化，減低施工中對生態影響。

③發展為田園生態教育遊憩場所，促進社區居民參與溪流生態維護及防災意願。

南河支流蓬萊段整治工程品質管制措施

葉健[1]、詹連昌[2]

(1水土保持局第二工程所技士；2水土保持局主任秘書)

摘　要

近年來由於經濟的成長，國人平均所得的提高，進而對生活品質的要求也相對提升。早期大規模採行的傳統工法，對自然環境造成很大的衝擊與傷害，屢遭社會大眾所詬病。在營造人與自然和諧共處的環境理念下，自然生態工法的採用與推動是國人共同殷切的期盼。在兼顧維護自然生態與防範土砂災害的野溪整治工程，系列性固床工的構築，對溪床緩坡化有利於生物的回溯；砌石護岸的構築，卻除傳統混凝土護岸封閉性的缺點，多孔性機能提供了生物生存的空間，材料並能與周遭環境相契合，使得工程與生態環境融為一體。

公共工程品質的良窳，端賴品質管制是否落實。工程主辦單位應建立施工品質保證(QA)系統,承包廠商應建立施工品質管制(QC)系統，使在工程施工過程中，確實以系統化之管理，有效之管理步驟，注意施工品質，以使完成之工程建設品質臻至完善，達到規範標準與要求。

關鍵字：品質保證(Quality　Assurance)　品質管制(Quality Control)

1 前言

蓬萊村之南河支流野溪，因受颱風豪雨造成崩坍及採礦礦渣堆積沖刷，所引發的土石災害，嚴重影響村民生命財產安全與苗124甲縣道交通運輸暢通，經勘查結果必須予以整治。基於該地區自然生態環境保育良好，應配合予以加強維護。因之，在治理方面融入自然生態工法理念；在設計上依循表面粗糙化、高壩低矮化、護岸坡度緩坡化、材質自然化與施工經濟化之五化原則；施工時以就地取材作業，儘量減少外購材料使用，並落實品質管制措施藉以達成防災安全與維護自然生態環境的目的。

2 地區概述

本工程緊鄰苗栗縣南庄鄉蓬萊村，距南庄市區約7公里。整治野溪係南河上游的支流，發源自海拔1410公尺的高山，溪流長度3620公尺，集水面積約450公頃；南河與東河在南庄村會合後匯入中港溪。集水區大部份屬林班地，林木植被蔥鬱，水源涵養良好。區內有產業道路一條，係已廢

棄之南庄礦業公司早期採礦運煤聯外道路，現供一般農用。

蓬萊村現有316戶，主要居民為泰雅族原住民與部份漢人共1160人。由於該地區山青水秀、氣候宜人，而且民風純樸、自然環境保育良好；加以苗124甲縣道聯繫南庄經仙山直達獅潭各景點，交通十分便利。休閒旅遊業在地方政府大力輔導與業主巧思經營下，近年正蓬勃發展日益興盛，假日經常遊客如織絡繹不絕。

3 規劃設計理念

基於防災之需求與兼顧自然環境之維護，規劃設計理念融合了工程、環境、生態與土地利用於一體，冀求治理後能達到下列之效益：

①工程安全方面，除了完成整治河道、防止亂流危害兩岸農地，並保障鄰近蓬萊村民生命財產與道路交通安全。

②環境維護以就地取材方式設計施工，使得工程構造物與周遭環境一致，降低外來材料對環境的衝擊；同時並能達到挖填平衡，避免土石方外運棄置或開挖取土等破壞環境之情事。

③營造緩坡化與多孔隙之溪床護岸，以創造生物覓食、棲息、成長、避險與復育的生存空間，使得工程完成後生物仍保有其豐富度與多樣性。

④在安全的水理演算設計與工程施作完成後，地主能將被流失或缺乏保障而荒蕪的土地再度予以利用，並參與休閒、親水遊憩產業的經營。

4 工程內容、構造物設計

4.1 分年分期治理：

表1 分年分期治理表

年度	期別	整治長度(公尺)	工　程　內　容	經　費
87	一	330	砌石護岸666公尺，固床工11座	7,381,700
90	二	311	砌石護岸622公尺，固床工22座	7,460,000
92	三	120	砌石護岸170公尺，固床工6座，橋樑1座	2,500,000
合計		761		17,341,700

4.2 構造物設計：

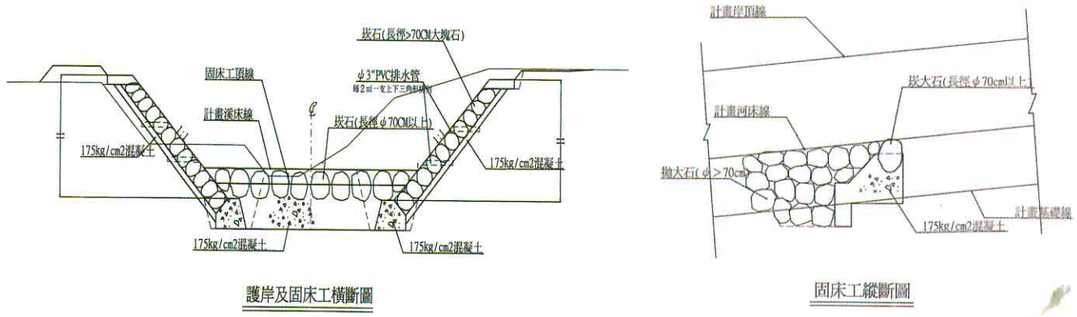


圖1 護岸、固床工設計圖

5 施工品質管制

整治工程縱有良好的規劃設計理念，妥善的設計圖說與嚴謹的施工規範。但發包後的施工作業，常因受工程競標及廠商良莠不齊等因素影響施工品質，嚴格的執行施工品質管制措施才能確保達成預期的成果。本工程依據行政院公共工程委員會訂頒「公共工程施工品質管理作業要點」確實執行三級品管，其組織架構與執行內容如下：

5.1 品質管制組織架構：

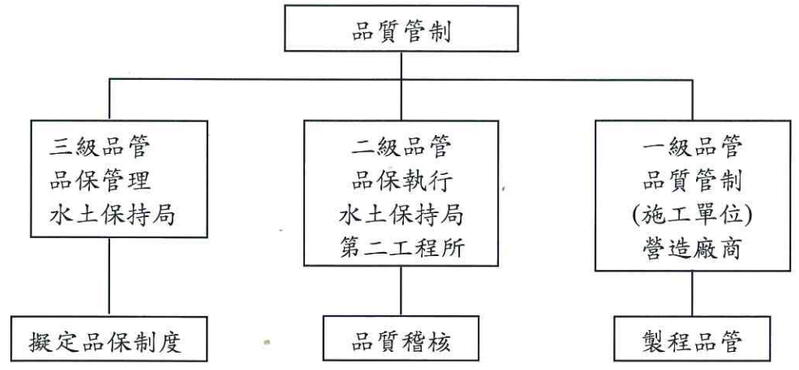


表2 品質管制組織架構

5.2 品質管制執行內容：

5.2.1水土保持局負責第三級品管主要執行項目：

①負責擬訂品保制度。

②統籌研擬品質管理相關執行計畫。

③協調各業務組研訂各項作業規範與材料規格。

④擬定工程標準作業程序。

⑤辦理品保執行績效評估。

5.2.2 水土保持局第二工程所負責第二級品管主要執行項目：

①訂定監造計畫。
②審核承包商施工計畫書與品質計畫書。
③執行施工中各項作業抽驗。
④查證承包商施工檢驗及材料試驗作業。
⑤對不良品之缺失改善與追蹤。
⑥文件紀錄建檔保存。

水土保持局第二工程所在施工中，進行各項抽查及檢驗如圖1~8所示。



圖 2 0+122(二期)基礎頂寬尺寸抽查



圖 3 0+168(二期)隔牆處理斜率檢查







圖 4、5、6 0+016~0+040(二期)砌石護岸施工不平順改善前、中、後照片



圖 7 混凝土鑽心體現場取樣



圖 8 抗壓試驗



圖 9 混凝土構造物穿透厚度檢查

5.2.3 承包廠商負責第一級品管主要執行項目：

①擬定施工計畫書與品質計畫書。
②訂定管理責任、施工要領、品質管理標準。
③訂定材料及施工檢驗程序。
④訂定自主施工檢查表。
⑤不合格品之管制、矯正與預防措施。
⑥內部品質稽核及文件紀錄管理系統。

承包商在施工中，進行各項自主檢查如圖10~14所示。



圖 10 混凝土基座施工前承包商自主檢查



圖 11 承包商施工長度自主檢查



圖 12 混凝土基座施工中承包商 自主檢查



圖 13 承包商施工高度自主檢查



圖 14 混凝土基座施工後承包商自主檢查

5.3 品質管制執行情形與成果：

工程經整治一、二期後，施工品質管制執行情形與成果，如表3及圖15,16所示。

表3 施工品質管制執行情形一覽表

年度	期別	合格別	工程所品質管制				承包商品質管制		
			一般抽驗(次)	鑽心抽驗(組)	穿透抽驗(處)	合格率(%)	施工檢驗(次)	材料檢驗(次)	合格率(%)
87	一	合格	14	6	6	92.86	28	10	95.00
		不合格	2	0	0		1	1	
90	二	合格	12	10	7	96.66	32	13	95.75
		不合格	1	0	0		2	0	

註：合格率由各項合格率加權平均求得。



圖 15 第一期完工後



圖 16 第二期完工後

6 整治工程對自然生態維護與休閒遊憩之具體成效

6.1 營造並維護自然生態環境：

利用砌石構築護岸，營造了多孔隙空間；運用連續性固床工攔阻、蓄積溪水營造水域。以上方式提供了植物入侵附著及動物藏匿、棲息、覓食、繁殖與成長的空間。第二期工程完工一年後，護岸已可見稀疏植物群落生長；第一期工程完工五年後，護岸大部份已被植物覆蓋，達到自然生態工法的最佳境界— 不見工程蹤跡。目前溪溝內隨處可見蜻蜓點水、蝴蝶飛舞、青蛙跳躍、游魚覓食等情景，已形成生物多樣性的野溪。第二期工程0+300左側原有的一株大茄苳樹，施工時也予以細心保留作為景觀與溪水中魚類蔽蔭樹木。(如圖17,18所示)



圖 17 野溪中豐富的魚群



圖 18 岸邊保留的大茄苳樹

6.2 提供與創造休閒遊憩的場所：

水流紊亂的野溪及荒廢的兩岸田園，由於整治工程的完成，不但提供了蓬萊村民可沿溪岸親水休閒的場所；同時地主們也陸續加入配合地方發展觀光休閒產業，以就地取材的方式，營造以自然景觀模式的休閒遊憩場所。(如圖19~22所示)



圖 19 野溪整治前



圖 20 野溪整治後



圖 21 地主以自然材料營造美麗庭園



圖 22 休閒活動場所

7 檢討與建議

7.1 檢討：

①護岸混凝土基座沒入溪床線以下或堆石予以隱蔽，以符合自然環境。

②護岸加設人行梯，以利親水活動。

③固床工頂部崁石並留間隙，以近自然化。

④河道交錯埋置巨石，以營造深潭。

⑤護岸石縫置沃土並予植栽，以加速綠美化。

7.2 建議：

自然生態工法品質抽驗作業要點儘速訂定，以利品質管制之執行。

8 結論

①防災的整治工程規劃設計除了考量安全性外，應融入當地的人文、自然生態環境與觀光休閒產業發展等因素，才能提高其治理成效及附加價值。

②良好的規劃理念與妥善的設計，應配合嚴謹的施工品質管制措施，以確保工程規劃設計成效的達成。

③本工程的完成，激發了地方人士對維護自然生態的意識。遂在八十九年成立「蓬萊社區守望相助護魚巡守隊」，並於九十一年在工程入口處設立「蓬萊溪自然生態園區」，更發揮了本工程整治的無形效益。

參考文獻

1. 水土保持局(2002.10)自然生態工法實務研討會論文集。
2. 水土保持局(1998.12)台灣地區邊坡暨河溪綠美化自然工法—個案調查與探討。
3. 水土保持局(1997.5)工務處理常用法規彙編。
4. 行政院工共工程委員會(1998.3)公共工程品管工程師班教材。

乾砌塊石工法之探討與展望

鄒宗穎

(行政院農業委員會水土保持局技士)

摘　要

乾砌塊石工法之施作在民間，尤其是窮鄉僻遠地區有史以來一直都被使用著，只是常為工程人員所漠視。目前國內為推行自然生態工法而大量使用乾砌塊石工法，就應就其該工法規劃設計理念及要求賦予一定程度的標準，本篇係針對目前砌石工法已規劃設計的工程作進一步要求與探討。

1 前言

國內近四、五年來積極推行自然生態工法之研究、發展、推廣及教育宣導工作，工法材料以石材最符合原有自然環境並可營造生物生長空間，符合經濟效益及保持原有地文景觀與生態。石材為工地最常見之可使用工程資材，也是有史以來為人類所鍾愛，其與幾千年前先民珍貴遺跡，目前已廣泛使用在各種型態之整治工程構造物上。石又為自然之象徵，在推動自然生態工法上，為追求工程之安全、穩固且兼具自然與生態，最直覺考量，也最具代表性的就是利用乾砌塊石來構築工事。



【古埃及金字塔】



【周庄之石橋】

2 工法內容

2.1 定義：以採取自工區河床之自然石材，以築成一擋土構造物，而無使用其他材料者，稱之「乾砌塊石工法」。

2.2 施工方式

2.2.1 選用之石材

自然琢磨形成，無裂縫、潔淨、堅實而無風化之石材。

2.2.2 構築方式

以龜甲狀大小均勻構砌強度

較高，故砌築方式以六圍砌及五圍砌（如圖1）為原則，其他則為可能錯誤之堆砌方式（如圖2）。



圖1 六圍砌及五圍砌

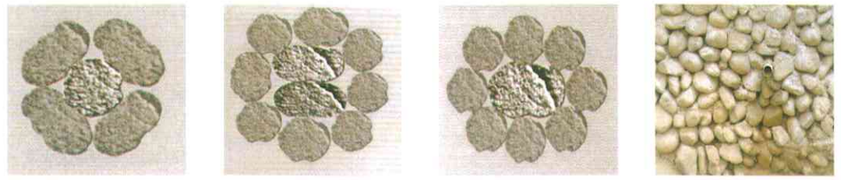


圖2 錯誤凌亂的堆砌方式

2.3. 功能分析：乾砌塊石工法普遍之使用，有其獨特之功能與效益，分述如下

2.3.1 現場資材之利用

自然生態工法目前於國內受各界重視並加以推廣，該工法之工程材料使用，雖然有些部分是由傳統營建資材獲得，但仍嫌不足。是以現地材料若能符合自然與安全構築工程時，應是作為第一優先考慮之料原，乾砌塊石工法就是利用現場資材工法的最佳表現。

2.3.2 施工簡易，造價低廉

乾砌塊石工法是最傳統的營建工法，其施工簡易，為一般民間經常使用之構築工事，其施工方式只要經稍訓練，即能上手。一般工程料原的選擇，原則上皆以距離較近、交通便利性較佳為優先考慮，因路程影響施工效率、施工成本，就地取材的結果，既可降低施工成本，又可為現場塊石資材做最有效之利用，工程經費自然較為低廉。

2.3.3 符合自然及生態

砌石使用之石材及其完工表面具有自然的景觀，砌石縫隙具多孔性空間，利於小型動物棲息及植物生長，創造特有的生物棲息地，使生物在完整的棲息地中完成其生活史，促進生態系的復原、再生與保護能力，符合自然生態的考量及要求。

2.3.4 創造景觀視覺美感

大小不一、形狀不同、甚至顏色差異之石材，增加完工工程表面之多樣變化；工程完工一段時間後，石塊與石塊間孔隙所生長出之不同植物，增進整體工程之豐富度及繁複性。景觀中猶以視覺層面最直接影響人們對景觀是否具有美感之判別，視覺複雜性越高，視覺吸引力也越大

。相較為求施工之簡便性而單純使用混凝土，使構造物斷面常呈一成不變之單調顏色鋪面（如圖3），在人類景觀視覺上，乾砌塊石工法能創造截然不同之美感（如圖4）。



圖3 單調顏色鋪面



圖4 多樣性景觀視覺效應

2.4 適用範圍：

①野溪護岸（圖5）

②防砂壩、潛壩及固床工（圖6）

③跌水工（圖7）

④擋土牆（圖8）



圖5 野溪護岸



圖6 防砂壩

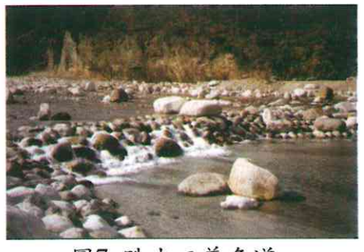


圖7 跌水工兼魚道



圖8 擋土牆

3. 問題探討與對策

問題一：工程設計時規定選用固定尺寸、無裂縫、堅實而無風化石材之標準難以界定及確認。

實際工程施工時，因自然形成之塊石大小或強度差異性頗大，要於現場仔細篩選符合規定設計尺寸及標準石塊曠日費時，影響施工進度，且常造成工程檢驗或驗收之困擾。

對策一：設計乾砌塊石工法時，於設計圖說標示塊石標準時，應盡量放大可使用塊石尺寸範圍，施工時可將大塊石置於底層，上層置較小塊石，並應編列一定比例數量之填隙石塊；其材質規定標準，建議放寬為無明顯裂縫及無嚴重風化之石材。

問題二：陸域環境與水域環境之不連貫，阻斷生態廊道之暢通。

乾砌塊石工法的規劃設計斷面最常以1:0.3的斜率施工，然而此斜率並不符合人類及稍大型之野生動物，對該水域的利用及活動，阻絕了該陸域環境與水域環境及水域環境兩側陸域之暢通，阻斷了生態廊道（如圖9）。



圖9 較陡的斜率不利於人類及稍大型野生動物對水域的親近與活動

對策二：儘可能減緩設計坡面斜率，生態考量建議坡面設計斜率在1:0.5以上（如圖10），或多設置寬廣之階梯（如圖11），利用策略與方法增加個別孤立棲地之間的連結，促進整個生態網路的協作，已確保與增進環境中的生物多樣性。



圖10 減緩坡面斜率之設計



圖11 設置寬廣之階梯

問題三：海綿原理之蓄流滯洪效果不彰。

有些乾砌石工法為加強背後基礎的安全及穩固，常於乾砌石背後加設混凝土構造物（如圖12），也因此造成溪流與護岸土壤之間水流吸吐效果不良，對於延長洪峰時間及減少逕流量的效果不彰。

對策三：為落實工法真正具有自然與生態之效益，非僅是利用自然石修飾混凝土構造物表面，應盡量減少背後混凝土之使用（如圖13）、增加背後混凝土之透水性，或以透水性材料替代來加強構造物的安全及穩固。

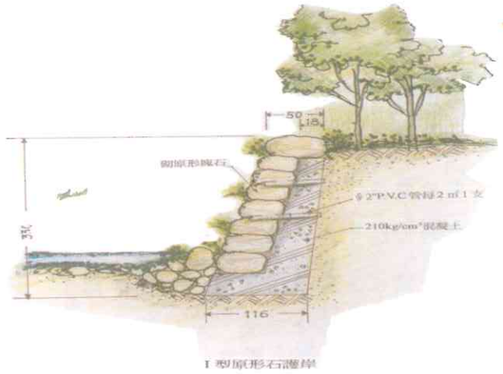


圖12 混凝土構造物大量使用影響乾砌石工法之效益

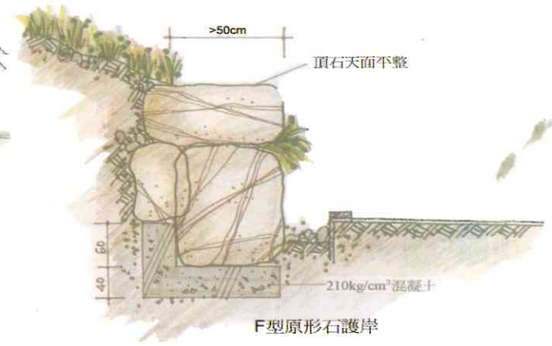


圖13 盡量減少背後混凝土之使用

問題四：一般觀念僅適合水流力較小之地區。

工法之使用常規劃設計在水流力較小溪流段，對於流速大或水流強度大之區域不敢使用，恐有塊石遭受毀壞之虞。

對策四：常見溪流護岸工事失敗原因，在於基礎遭沖刷而路面護岸傾倒、下陷或斷裂而損毀，故可於隱蔽部分加強或加深乾砌塊石基礎保護構造物（如圖14），並於坡度較大、流速較強地區設置消能跌水工等設施（如圖15），以預防及解決安全問題，而且自然塊石做的護岸，雖然多少都會移動，但已長久言，之後會成一自然安定的狀態。



圖14 加強基礎保護構造物



圖15 設置消能跌水工

問題五：乾砌塊石工法不夠安全之迷思。

混凝土構造物已成為一般民眾對於工程施作安全上的一個代名詞，凡是沒有敷上混凝土的構造物，不論在民眾或工程人員心理上都有一種不具安全的恐懼感，在講究使用自然生態工法的基礎上，如此的迷思應予打破。

對策五：要打破此迷思唯有以科學方式來驗證，因此制定乾砌塊石工法之設計強度標準，是目前當急之務。乾砌塊石工法設計強度標準制定後，工程人員在設計時即有所依據，並能以技術專業人員之立場保證工程品質，進而可以有信心地加強對一般民眾觀念之宣導，穩定民心以達到兼顧生態與安全雙贏之目標。

問題六：工程施工絕對會破壞舊有已穩定的自然生態及環境之虞。

舊有溪流原本自然演替，已自成一穩定生態系（如圖16），往往一件整條溪流治理工程，僅為一小段容許部分破壞，以保護重要地區，而編列經費。（如圖17）該部分基礎淘刷段，已經過九二一大地震及納莉颱風等大型颱風考驗，應不至於有災害之危險，且現場所造成之淺灘及潭淵效果，正為魚蝦等生物棲息及活動最好地段，如經整體重新治理後，自然的復育通常需要數年甚至幾十年的時間，才能恢復穩定且生物多樣性之生態風貌，故無不讓人惋惜。

對策六：野溪治理之必要性，單純以水力學角度考慮不變動只是短期狀態；長期而言應朝向動態平衡方向考慮。故河道因洪水而發生變動不一定要立刻加以處理，而應以因勢利導為原則，視現地條件決定，不宜因百姓或民意代表之建議即採工程手段治理，破壞溪流生態環境；且工法之決定應以專業判斷，選擇生態工法加以處理，並以工程構造物規模最小化及最少化之資材組合應用，達到最大生態機能與防災效益為原則。




圖16 舊有自成穩定生態系之溪流




圖17 為一小段破壞而編列整筆溪流治理經費

問題七：工程完工後之周邊環境凌亂，破壞景觀。

工程完工後，原本應恢復周邊環境景觀，要求加強環境整理及維護，甚至加強植栽綠美化，但往往在完工構造物正面能稍維持環境景觀（如圖18），週遭部分則缺乏整體整理與修飾（如圖19）。

對策七：提昇工程設計者對造園技術及景觀美學的素養，以訓練或研習會的方式，吸取景觀美學新知、技術與經驗，並針對該工程內容之客觀環境，於工程規劃設計時，自行研擬發展適地適用之景觀修飾方法，著重考量工程景觀美學等邊際效益（如圖20）。


圖18 構造物正面維持環境景觀


圖19 周邊環境凌亂破壞景觀




圖20 具整體景觀視覺美感之治理成果

4 結論與未來展望

乾砌塊石工法是生態工法基本的施工方式之一，也是一個濫觴。在台灣山坡地地質脆弱，颱風地震頻繁且降雨集中，而溪床坡陡流急，洪枯水位差異大的特異條件下，其他可利用自然資材之自然生態工法，有待工程執行人員勇於自行研擬、開發與運用，找出國內工程性質合適的方法。



圖21 其他自然資材利用之工法

行政院公共工程委員會對於生態工法的定義為：「落實生物多樣性保育及永續發展，而採取生態為基礎，安全為導向的工程方法」，目前仍有許多專家學者，對於「採取生態為基礎，安全為導向的工程方法」一詞，是否應更改為「採取安全為基礎，生態為導向的工程方法」仍有疑慮。吾人認為工程中「安全」兩字是處於相對應的，且是以人類自我中心為立足點而言，在講究及注重生物多樣性的生態工法中，唯有以「生態」為基礎的工程考量，才能規劃設計出一項真正象徵性的自然生態工法，也唯有拋開水泥化工法的思考模式，才能跳脫工程人員傳統的規劃設計理念。

參考文獻

1. 經濟部水資源局（2000）生態工法講習班講義
2. 經濟部水資源局（2001）生態工法技術參考手冊
3. 水土保持局（1992）水土保持手冊 工程篇
4. 水土保持局（2001）九二一震災重建區治山防災構造物運用自然生態工法之調查評估及新工法之研究計畫成果報告
5. 水土保持局（2002）野溪自然生態工法評估指標及設計參考圖冊之建立成果報告
6. 水土保持局（2002）水土保持自然生態工法研討會論文集

龍興橋上游整治

李世傑[1]、黃振全[2]

(1水土保持局第三工程所技士；2水土保持局第三工程所課長)

摘　要

平林溪龍興橋上游河段，由於河床坡度陡峭，水流短急，每遇颱風豪雨，洪水常夾帶砂石下移，刷深河床掏空兩岸、並曾造成投26線路基下陷、交通中斷等情事。有鑑於此，為抑制土砂繼續下移，防止災害發生，維護公路交通順暢，保護兩岸人民生命財產安全，本局自86年度起，特擇龍興橋上游災害嚴重河段採自然生態工法設計方式分期辦理砌石護岸、固床工、魚梯、截水牆等整治工程，沿岸種植喬木、灌木等植生綠美化工程，並利用新生地及農民捐獻之私有地配合規劃一河濱生態休閒公園，以提供村民及尋幽訪勝遊客，多一處踏青、運動、親水之休憩場所。

1 前言



龍興橋地理位置圖

台灣山脈綿長，人口稠密，為拓展生存空間，經濟活動範圍逐年往山區發展，使得自然及生態環境頻遭破壞，突顯出人與自然爭地之困境，惟往年河溪整治工程往往著眼於安全及經濟效益等考量，忽略環境景觀，資源保育及生態營造等問題，但近年來由於環境保育之觀念漸受重視，部份地區之河溪整治已見生態理念與自然工法措施，本工程即結合上述觀念，據以設計施工，企盼早日恢復大自然翠綠原貌，以達到大地永續利用之遠程目標。

2 地區概述：



和興有機文化村

和興村位於南投縣中寮鄉的最東邊，屬於散村型之農村聚落，境內多屬山地丘陵，處於大南山西麓區內，全村地勢東高西低，北與內城村相接，南和福盛村為鄰，西和復興村

相接，東與國姓鄉相鄰，本工程即位於和興村、坪林溪龍興橋上游，集水區面積約12.5平方公里，溪床坡度約在5%~30%之間，河床寬度約28公尺，年平均降雨量大約2000mm，集水區內坡地作物以種植檳榔、竹、香蕉、柑、梅等作物為主，九二一地震重創和興村，該村村民抱持重建家園信念，推動在地重建工作，成立有機文化村，以觀光產業取代傳統農業。

3 規劃設計理念或構想：

①本河段由早期施設之 PC 護岸改進為 PC 基礎台（高出河床線）上疊砌塊石，至近期設計 PC 基礎台隱藏河床線下。



早期 PC 護岸



PC 基礎台高出河床線

②統合河溪整治，邊坡植生復育及農村社區建設等，落實自然生態工法，整體規劃設計，營造產業、休閒及生態兼備之環境，以達治山防災效果。

③提供遊客安全，多元化之水岸遊憩活動空間。

④運用當地資材，採緩坡砌石護岸，結合生態保育，維護區內自然景觀達到珍惜自然環境之教育功能。



緩坡砌石護岸



緩坡砌石護岸

4 工程內容：

龍興橋上下游本所自86年度起治理工程如下：

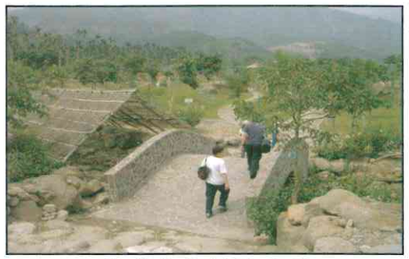
年度	工程名稱	工程內容	經費(元)
86	龍興橋上游整治工程	整治136.61公尺，固床工四座	3,196,100
	龍興橋下游植生綠美化工程	喬木種植103株，灌木種植1760株	506,930
87	龍興橋上游整治二期工程	A 段整治209.38公尺，固床工五座 B 段整治137公尺固床工四座	5,920,000
	龍興橋下游植生二期綠美化工程	喬木種植88株，灌木種植1140株	1,890,682
88	龍興橋上游植生綠美化工程	喬木種植305株，灌木種植3140株，地被種植2100m^2，涼亭1座，花架1式，混凝土碎步道584.4m，親水區混凝土卵石鋪面30m^2，親水河床植石20m	2,916,362
88下半年~89年度	龍興橋上游整治三期工程	本流整治147公尺，固床工五座，右支流整治14公尺，左支流整治26公尺，魚梯一座長30公尺，寬28公尺	3,300,000
	龍興橋上游溪岸植生二期工程	喬木種植3株，灌木種植10株，地被及草花種植35 m^2，高壓連鎖磚步道370 m，親水鋪卵石設施315 m^2，拱橋設施1座，涼亭1座，橋版面係原木預鑄 RC 組合設施1處（長12m，6m）	1,800,793
90	龍興橋上游野溪整治工程	本流整治(砌石護岸)80公尺，固床工6座 魚梯1座長24公尺，寬28公尺	4,205,600
90	龍興橋上游疏浚及復建工程	本流砌石護岸157公尺，固床工5座，護岸修護16公尺，左支流整流(砌石)26公尺，右支流護岸8公尺	4,080,000
90	永樂路崩塌地加強處理工程	整治84公尺，固床工4座，魚梯一座，截水牆5處	2,590,000
91	龍興橋上游野溪整治二期工程	本流砌石護岸317公尺，固床工9座	5,320,000
合計			35,726,467

5 自然生態休閒親水遊憩功能性分析：

①河濱公園內濕地規劃生態池栽植水生植物，營造生物棲息環境，並能增加河道之水流入滲及滯洪功能。

②河道縱向構造物，以緩坡化方式設計，並設置魚梯，讓魚蝦等有洄溯之通路。

③設置步道、拱橋、親水河床、涼亭、植生綠美化工程，創造景觀休閒等多元化之遊憩空間。



綠美化之拱橋造型



親水河床



魚梯工程



生態池

6 自然生態資源說明：

①本河段有常流水，區內生物有蝴蝶、魚、蝦、野鴨、青蛙、螢火蟲及各類水生昆蟲。



蝴蝶



鳥白林

②集水區內坡地作物，前以種植檳榔、竹、香蕉、柑、梅等為主，現致力恢復原生種植物及造林重建生機。

③自然生態工法所需之自然資材如大塊石或木材等嚴重欠缺，自然資材的取得宜開發其穩定來源。



檳榔亭



有機菜圃

7 檢討與建議：

①自然生態工法所需之自然資材如大塊石或木材等嚴重欠缺，自然資材的取得宜開發其穩定來源。

②應避免過度地就地取材，破壞河溪穩定和生態棲地的健全發展。

③受限於用地取得困難，原有構想難以實現。

8 未來展望：

①減低上游集水區因人為開發或工程施設，破壞原有平衡機制。

②增加河道兩岸及邊坡之植生綠美化，使人與環境之關係趨於調和，達到治山防災、水土資源永續利用，生態環境保育之目標。

創造華山新契機

章裕賓[1]、張義雄[2]
(1水土保持局第三工程所技佐；2水土保持局第三工程所所長)

摘　要

華山地區原為土石流發生危險地區，但經過華山地區新生活圈整體規劃、華山土石流教學園區及華山土石流整治工程後展現了無比的新契機，也將華山地區居民由土石流的厄夢中帶到一個到處充滿生態、歡樂及教育的生活環境，而土石流防治依河道位置可區分為上游發生段之崩塌地及源頭整治工程、中上游輸送段之梳子壩及拋物線堆石壩及、中下游以三明治砌石連續壩、砌石護岸及砌石沉砂池工程，在兼顧土石流及生態考量下設計出一套卓越的土石流防災工程。

關鍵字：華山、梳子壩、砌石壩

1 前言

新生活圈的整體規劃除了要有完善的規劃團隊外，最重要的成功因子就是當地居民的動力，當規劃團隊投入規劃後需有當地居民自主的配合方可得到一完善的社區整營造，而華山地區在水土保持局進行規劃後，當地的居民為了營造一個國際級的休閒園區，紛紛自主性的出地出力出錢，在規劃初期已有顯著的成效展現。

在以往土砂災害嚴重地區之土石流防治工程與生態理念往往是相衝突的，人們總是覺得無法兩面俱到，然而在集水區整體治理考量下，在適當的工程位置選擇妥適的工法卻可達到兩全其美的目的，一方面考慮到結構體的安全及功能性以防止土石流災害的發生，一方面可兼顧當地自然生態景觀之維護，使動植物能在人為創造的生活空間與生育基盤上自然生長及演替，並可達到工程與環境之調和、綠化、美化之應用，使得土石流防治工程可融入當地的生態景觀，進而達到社區整體營造的目的。

2 地區概述

古坑鄉華山村位於雲林縣東南側，北鄰桂林村，西界華南村南接嘉義縣梅山鄉，區內以華山溪與科角溪為主要溪流。自東向西流經本村中心，會合後於光華橋上游注入大湖口溪。作物以檳榔及茶葉為大宗，本區域為著名風景點，假日遊客除沿登山步道健行外，附近還有多處土雞城及咖啡

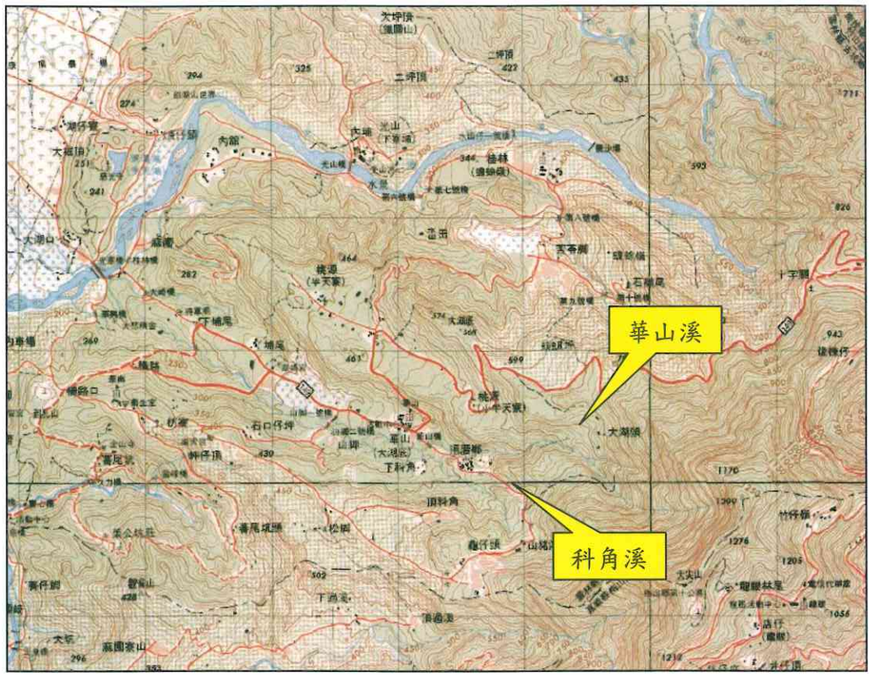


圖1 華山溪土石流整治工程區域位置圖

店，供遊客休憩，88 年九二一大地震，造成地層鬆動，華山溪與科角溪上游源頭造成嚴重崩塌，崩落之土石大量淤積於山谷中。89 年 2 月及 4 月豪雨，上游砂石大量下移，溢過科角溪上游雲林縣政府施設完成之防砂壩，淹沒 208 號縣道，縣府立即指示鄉公所以挖土機清除砂石，惟 6 月 3 日下午雷陣雨，上游砂石再度下移，造成土石改道，衝至民宅危及六戶住家安全，附近果園、茶園亦遭受嚴重損害。6 月 14 日發生豪雨更造成華山溪上游崩積土石沿河道奔流而下，沿岸十五戶房屋及下游居民均受到嚴重威脅。



圖2 華山土石流淹沒民宅情形89.06.14



圖3 華山土石流改道災害情形89.06.14

3 規劃設計理念

華山為土石流發生危險地區，設計理念首重安全，並考量兼顧自然生態的平衡，故全區以全方位的土石流整體治理來進行規劃設計

①因九二一地震造成大量崩塌及表土鬆動，土層鬆軟遇雨沖刷而下，為土砂之生產源，治理方式以穩定坡面之源頭處理(裂縫填補)及控制土石下移設置透過性防砂壩，期避免於發生段堆積大量土石並有效控制崩落於溪床上之土石移動，於豪雨時成為土石流發生的因子。目前已完成一座梳子壩及三座重力式防砂壩。

②中上游段溪床因已有大量土砂堆積，採用攔阻工法調節控制土砂，設置透過性及非透過性防砂壩，目前除清除淤積之土砂外，已施設二座梳子壩(90.91)及砌石壩三座(89 年度)及固床工 24 座(9 座已毀)兩岸為乾砌大石護岸。

③中游段因溪床局部較寬坡緩，即已興建之猴洞橋以上部份，大小石塊混雜，主要以攔阻工及淤積工為工程措施.目前在猴洞橋上游已施設多座砌石固床工，預定增設沉砂池一處及調整已有之固床工。

④猴洞橋下游段排洪斷面正檢討中,包括部份橋樑之排洪斷面問題，另華山橋以下部份以整流工為主，目前部份正修建中。



圖 4 華山地區土石流防治工程分佈情形

4 工程內容

包括梳子壩三座、砌石壩三座(二座損壞)、防砂壩三座、砌石固床工

十四座、輪胎保護工一座、砌石護岸約一六〇公尺、砌石護欄及植生綠美化約三〇〇公尺及枕木橫向排水六處等工程。

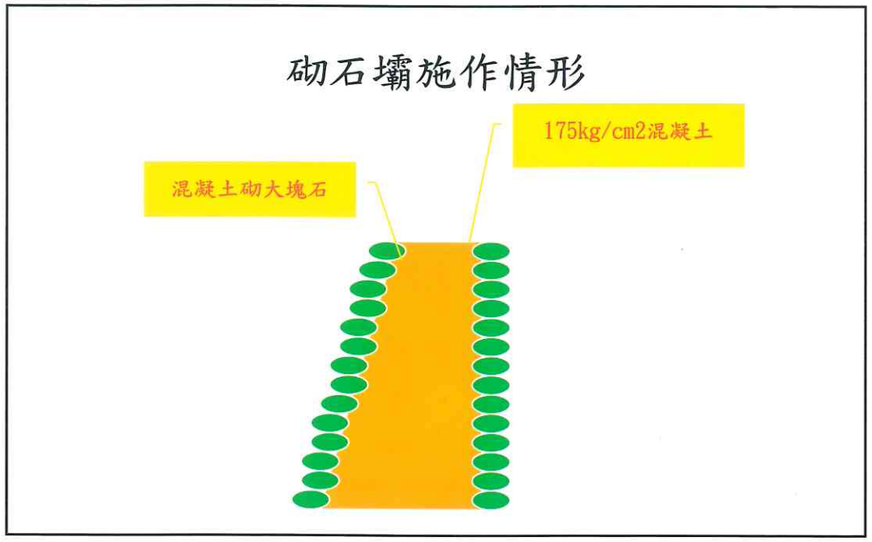


圖5 三明治砌石壩施作方法

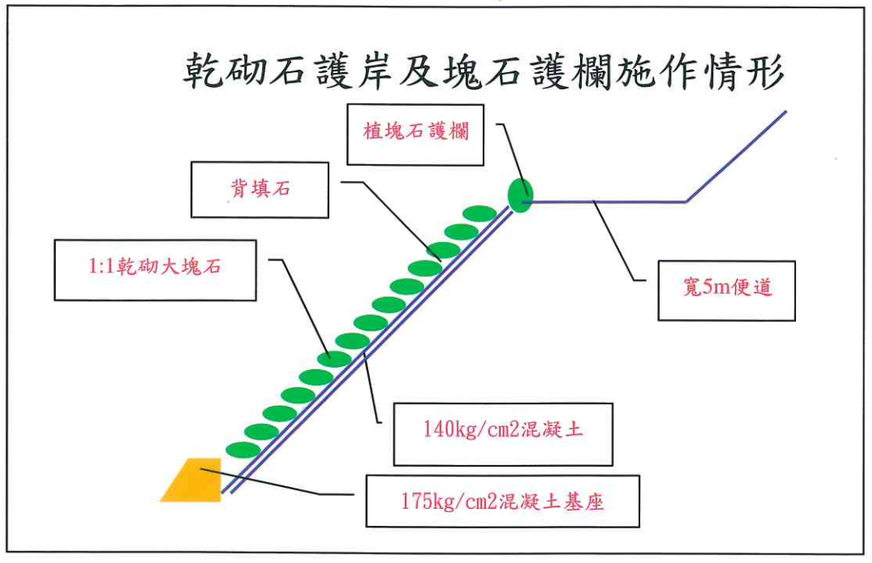


圖6 乾砌石護岸施作情形



圖7 以連續壩改變坡度減緩流速



圖8 原有拋物線型砌石壩



圖9 以連續壩改變坡度減緩流速



圖10 預定施設沉砂位置



圖11 華山橋通水斷面不足



圖12 新華山橋通水斷面不足

5 自然生態分析

①在集水區上游以源頭整治抑制崩塌發生，以打樁編柵、坡面排水、危木清除及種子撒播等方式，僱用在地人，保護自己的家園，以最省錢的方法，期望有最好的效果，達到抑制土石流的發生。



圖13 梳子壩設計符合自然生態原則



圖14 源頭治理以打樁編柵配合植生

②華山溪為土砂災害嚴重河道，為兼顧生態與災害的防治，採取不同間距的梳子壩在設置適當的位置，以期有效的攔截粗顆粒石塊，且透過性的壩體設計不會將土石全部攔下，可顧及自然輸砂的平衡。

③砌石固床工以現場採集的大石為材料，其設計理念符合多項的自然生態原則

a.固床工表面為大石符合表面粗糙化的原則

b.連續壩的設計使高壩低矮化

c.現場採集因豪雨而下移的石塊，使施工材料來自現場，材質自然化能與當地自然環境相結合。

d.現場施工以大石為模板，可減少模板工資及材料，而大石取代混凝土可節省大量混凝土材料，故施工經濟化亦符合自然生態的原則。



圖15 砌石壩符合生態原則



圖16 砌石壩符合生態原則

④輪胎保護工，於梳子壩前方做為土石流發生時的緩衝材料，一方面為資源回收利用，一方面亦可節省部份混凝土用量。



圖17 以廢輪胎保護梳子壩



圖18 乾砌石護岸符合自然生態原則

⑤護岸施作採 PC 打底後，採用坡度 1:1 乾砌塊石，再以現場塊石回填，緩坡、含土壤及多孔性設計及可增加生物多樣性及植物生長。

⑥堤頂道路旁以植塊石做為護欄的施工方式，搭配綠美化設計。



圖19 植塊石護欄完工情形



圖20 植塊石護欄配合植生情形

6 檢討與建議

①華山山莊後方排洪斷面應進行檢討，並於猴洞橋上游增建沉砂池，做為土石流防治的最後一道防線。

②有固床工兩翼延伸嵌入護岸，其型式呈拋物線以利控制流心，利用河床淤積土石填補右岸窪地並進行綠美化工作及製作警告標誌以防意外發生

③在華山溪上本有三座拋物線堆石壩，迫於經費不足，無法以全面性的整體治理方式進行規劃，以致在 90 年 9 月 18 日發生豪雨時，造成二座砌石壩的毀損，讓我們更能深切的反省，找出問題的所在，擬定最佳的對策，找出一個真正安全，但又能兼顧自然的土石流防治方法。

④在水土保持局及規劃團隊全力投入後，華山新生活圈整體經營預計將大華山地區規劃為四個大區並細分為 11 個小區，每一個大區有不同的整

體特色而每一個小區有不同的休閒、遊憩及教育的功能，結合當地特殊的自然景觀及人文咖啡，預計將華山帶到一個國際級的休閒園區。



圖21 虛無縹緲的華山

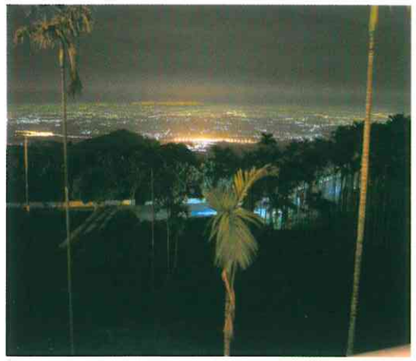


圖22 燦爛的華山夜景

觀音溪土石流整治之自然生態工法

劉明星

(水土保持局第二工程所技士)

摘　要

土石流區之整治必須視其所處之區段而定，堆置區因為現有河床淤積大量土石，其石材來源豐富，可以多方利用。如果上游地區已有效的攔阻土石，則可以以清水流量設計，並設置親水設施，配合週邊環境的綠美化或景觀工程，營造出多元化的野溪治理工程。

1 前言

觀音溪為大安溪中游集水區其中之一支流，係編號台中 A004之土石流潛勢危險溪流，致使鄰近的雙崎部落成為高危險潛在危險村落，嚴重威脅村內八十餘戶，五百多人的生命財產安全。區內僅有一條縣中47之聯外道路，九二一地震後集水區內崩坍地面積增加，又逢九十年豪雨、颱風引發土石流，大量土石淹沒河道及房舍，縣道橫跨溪流之觀音橋，因土石阻塞而溢流，造成交通中斷，致使搶修工程施工倍感困難，為能有效達到整體治理之成果，本所於九十一年辦理本集水區整體治理調查規劃，為能維持區內交通順暢，及迅速排洪，將觀音橋下游之本工程列為治理計畫內優先辦理之工程。

2 地區概述

觀音溪位於台中縣和平鄉自由村，詳如圖1所示，集水區面積900公頃，溪流長度五公里，支流密佈，溪床平均坡度：15.3 %，平均年雨量2,620 mm，土壤多為石質土及崩積土，地質為砂、頁岩互層，區內有水長流斷層、遠藤山斷層、司馬限斷層、大茅埔斷層、千倆山斷層、雙崎斷層通過，地層相當破碎。區內主要作物為甜柿、桃、李、柑橘等高經濟作物，耕作面積達200公頃。

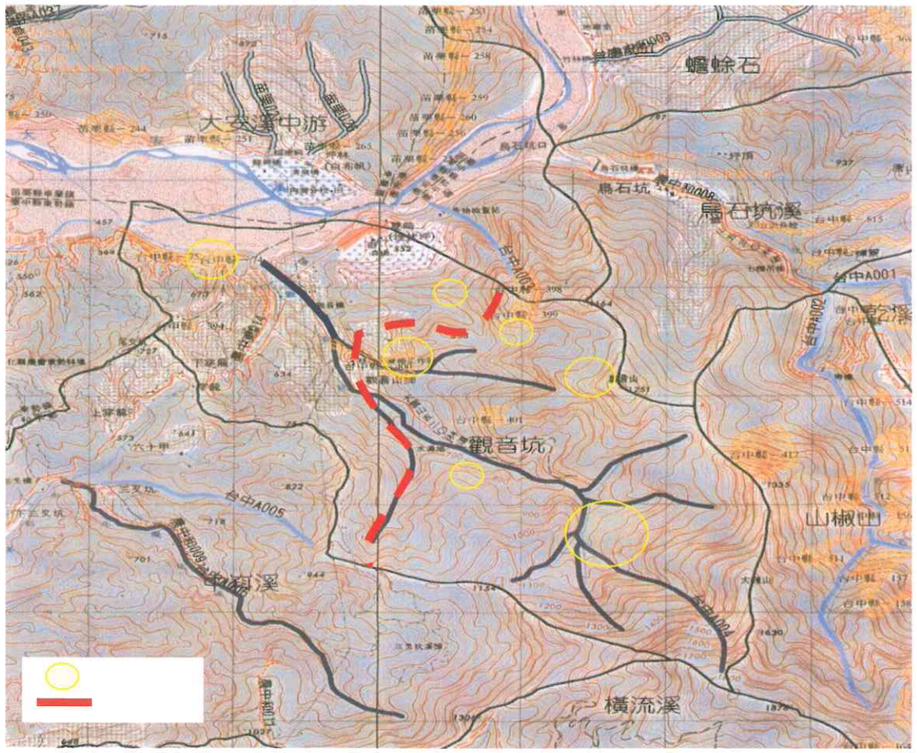


圖 1 觀音溪集水區面積圖



圖 2 集水區桃芝颱風土石流災情形



圖 3 集水區桃芝颱風土石流災情形

九二一地震造成上游崩塌地67處，面積達72公頃，其中雙崎部落沿大安溪岸側約8公頃，使其成為高危險村落。90年2-6月及7月桃芝颱風引發大規模土石流，詳見照片1及2，受災害面積達55公頃，經緊急處理疏通河道1800公尺、源頭處理26處，面積12公頃、梳子壩一座、蝕溝治理及排水工程共計8處。

3 規劃設計理念及構想

3.1 集水區之整体治理

3.1.1 崩塌地之處理

以源頭處理方式，將坡面上的危石清除後，運用打樁編柵、截水溝、掛網植生等方法穩定坡面，避免土石崩落溪床而阻塞水流。詳如圖4。



圖 4 源頭崩塌地處理

3.1.2

圖5顯示本工程上游地區土石之攔阻設置梳子堰穩定上游之坡面，並攔阻大顆粒的土石，大雨過後加以清除，以保持壩上游面之淨空，維持攔阻土石之功能，避免土石造成下游地區之災害。



圖 5 上游設置之梳子壩

3.1.3 中游地區之疏通

緊急清出洪水及小顆粒土石可通過的斷面，易崩塌區之兩岸以現場之大石乾砌，以穩定兩岸邊坡，俟後依整體治理規劃的輕重緩急次序，逐年加以治理。詳如圖6所示。

3.1.4 下游地區之整治

洪水經多處攔阻土石後，下游地區可以含砂水流設計斷面，本集水區因下游地區住家眾多，且縣道中47通過其間，顧及人民生命財產安全及維持交通順暢，將下游地區之治理列為集水區整體治理之第一優先。



圖 6 中游地區之疏濬工程

3.1.5 支流之整治

集水區內支流密佈，且坡度陡峻，其中亦有發生土石流災害者，造成兩側房舍被淹沒，且大量土石匯入主流，影響主流排洪，均需列入治理範圍。圖7及8係支流整治前後對照情形，由圖中可知土石獲得初步控制。



圖 7 支流整治前照片

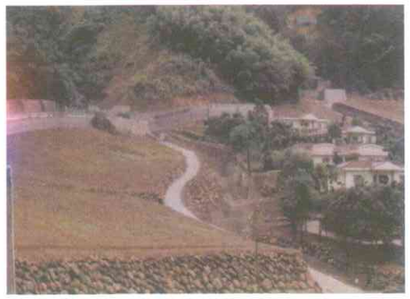


圖 8 支流整治後照片

3.2 一期整治工程

本工程位於縣道中47觀音橋下游，鄰近與大安溪匯流口處，為土石流堆積區，規劃時首重於足夠的排洪斷面，以避免洪水由觀音橋溢流，造成洪災；其次因集水區內生物資源豐富，又鄰近道路，其工法必須在安全之考量下兼顧景觀及生態等方面，依循上述構想其設計理念有：

3.2.1 就地取材：以現場堆積之大量土石為構築材料，一方面減少剩餘土方；另一方面可達到溶入週邊環境景觀之目的。

3.2.2 緩坡化的崁石護岸：以混凝土基座為護岸基礎，抵抗水流高流速的沖擊，防止護岸基腳被淘刷而倒塌，護岸坡面加以1：1整坡後，內部襯以混凝土可防止河岸坡面受滲流水侵入後產生管湧淘空破壞，外部則乾砌現場塊石，護岸因具有多孔性且緩坡化，有利魚蝦及動植物之棲息攀爬，促進生態平衡。圖9為崁石護岸設計圖，其完工照片，詳如圖10所示。

3.2.3 將剩餘土方設置堤頂步道：兩岸構築堤頂道路，填方區提後邊坡乾砌塊石以使穩定，預留將來綠美化之空間。

3.2.4 以斜坡式固床工減緩河床坡度：為防止河道之縱橫向切割、河心偏離，使河道保持固定並降低水流流速，設置斜坡式固床工，斜坡上崁現場大石，除了利於水生動物迴游外，並製造優氧化空間，改善原有河床生存環境。斜坡式崁石固床工設計圖及完工照片分別示如圖11和圖12。

3.2.5 凹岸部分基礎加強：凹岸基礎填現場大粒徑之塊石，下游以固床工固定，以減低水流之直接沖擊，並於激流處營造出多孔隙的環境，有助於水生動物棲息及躲藏。

4 工程內容

4.1 崁石護岸兩岸共計**400**公尺

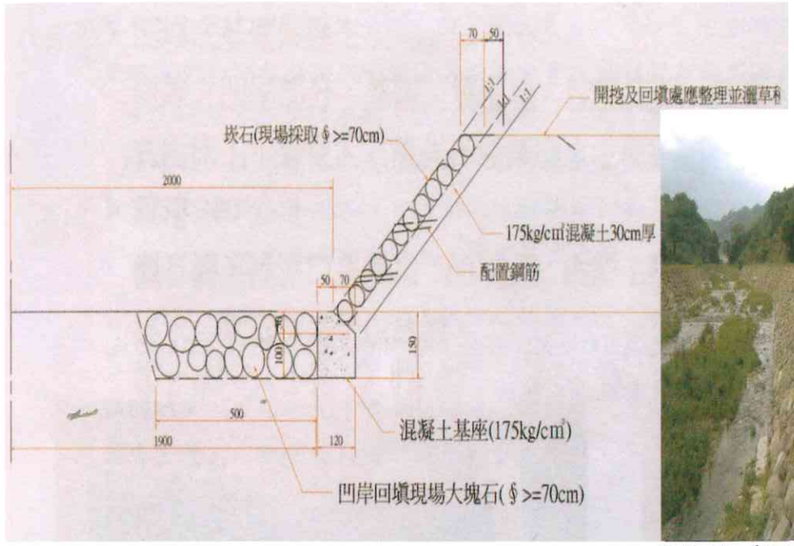
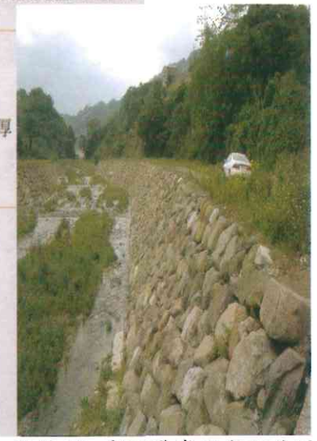


圖 9 崁石護岸設計圖（單位：cm）



照片 10 崁石護岸完成照片圖

4.2 斜坡式固床工**3**座

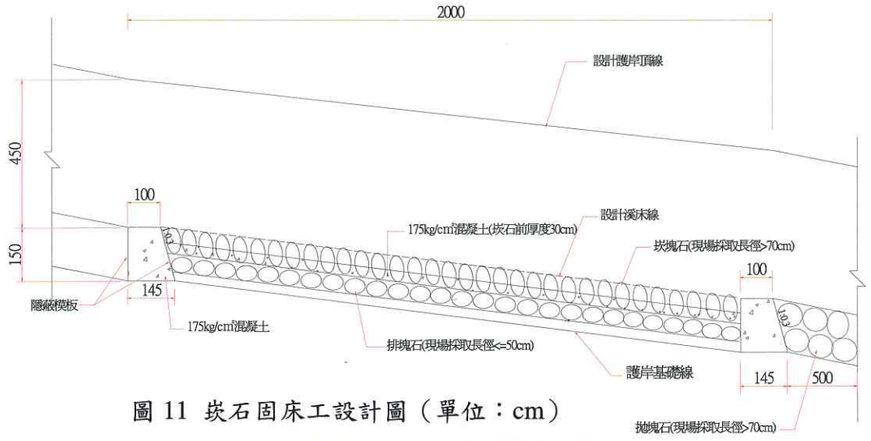


圖 11 崁石固床工設計圖（單位：cm）



圖 12 斜坡式固床工完成照

4.3 兩岸堤頂步道

沿岸頂填築步道並暫時灑上草種綠化，俟詳加規劃設計予以綠美化後，提供休憩遊戲空間。

4.4 凹岸之基礎保護工

曲線之凹岸部分，基礎回填現場大粒徑塊石，抵抗水流之沖擊，下游面設置斜坡式固床工，避免大石流失，並減緩水流流速。

4.5 疏濬**300**公尺

觀音橋至匯流口長度為500公尺，由於工程經費不足只整治了200公尺，為利於排水，剩餘長度予以疏濬。

本工程施工前後情形，示如照片10及11。



圖 13 工程施工前照片



圖 14 工程完工後照片

5 檢討及建議

①本工程因採用現場大石構築，石塊粒徑不一，於圍砌時不能全部依設計為六圍砌，於工程查核或驗收時，產生爭議造成困擾；且採石時如不仔細篩選，將硬度不夠的石塊崁入，俟完成後發現時石塊已有裂縫，減低崁石護岸之強度，所以於施工時必須好好篩選，並仔細加以清洗，確保與混凝土間之密合，增加護岸之強度。

②自然生態工法目前並無周詳之施工規範可供施工參考，承包商於施工同時逐一摸索，經常需拆除重做，除增加成本並延誤工期外，亦無形中降低承包商承包自然生態工法之意願。

③斜坡式固床工完工後，既可以減緩溪床坡度，而且可以保持原有溪床狀況，河床經常有鳥類飛掠，如燕子科的洋燕、赤腰燕、鶺行鳥科的東方環行鳥、鶇亞科的鉛色水鶇、鶺鴒科的白鶺鴒、天生補魚好手的魚狗，配合天空不斷鳴叫的大冠鷲，兩岸邊坡上跳來跳去的斑文鳥等，步行於長滿萬壽菊的堤頂道上，實在無法想像施工前是滿目瘡痍的景像，故自然生態工法實在有其施行的必要。

④本工程施工中，用地問題不斷，農民希望護岸陡坡化，堤頂不設步道等以減少用地之損失，幾經協調才解決，但原規劃為綠美化之步道，於完工後地主不願提供用地，並種上果樹，足見自然生態工法及永續利用之綠建設，其施行尚需大力宣導，在用地無償提供之前提下，必需讓農民瞭解其需要性及必然性，方能順利推行。

6 未來展望

本工程係一期工程，完成後當地居民見防災功能良好，已對自然生態工法漸具信心，二期工程目前已發包，其用地問題之取得相較於一期工程順利頗多，可想而見，隨著整體治理工程之逐步完成，除了有效抑止土石流災害外，定能營造出土石流地區自然生態工法之治理模式。

7 結論

①自然生態工法必須有其適用之施工規範及單價分析，才能落實及推行。

②以河溪來講，不可能整個集水區都能利用現場材料構築，沒有現場材料之區段，應如何不破壞河床之平衡，營造出永續利用的生態環境，是值得深思集探討的問題。

③用地問題一直都是自然生態工法推廣時的隱憂，為了改變農民對自然生態工法的接受度，必須經常舉辦有關自然生態工法的成果觀摩。

④災害地如有保全對象，治災時必須以安全為考量，其自然生態工法於設計時，應選擇強度夠，不易破壞之工法。

⑤河溪之整治，欲將溪床坡度降低時，應以不改變原溪床平衡狀況為前提，方能營造永續利用之生態環境。

大湖口溪整治八期工程

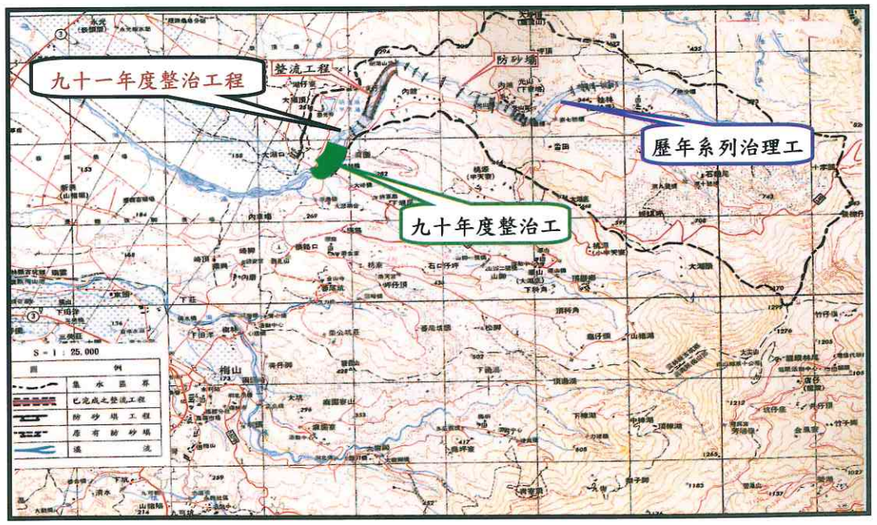
白宗仁

(水土保持局第三工程所技士)

1 前言

大湖口溪集水區整治八期工程，其範圍位於光華橋上游銜接已完成工程之上游350公尺，範圍屬大湖口溪之主流。

大湖口溪源於雲林縣古坑鄉，流域長約31公里，於雲林縣虎尾鎮土庫大橋附近匯入虎尾溪。本流域北有石牛溪，南有華興溪，均屬北港溪之子集區。光華橋上游由於河床坡度陡峭，水流短急，又因早期大湖口溪河床砂石被濫採，致底層泥岩裸露，每遇颱風豪雨，洪水夾帶砂石滾滾而下，致河床嚴重下切，兩岸基腳掏空嚴重，造成兩岸坡地崩塌，橋梁危急，交通時有受中斷之虞，且危及居民生命財產之安全。有鑑於此，為抑制地層滑動及土砂繼續下移，本局自78年度起，特擇光華橋上游災害嚴重河段分年分期辦理整治，並配合古坑鄉公所河濱公園規劃，於光華橋上游採近自然工法整治，利用整治後之浮腹地撒播草花種子，加速植生覆蓋，提供村民及尋幽訪勝遊客，多一處踏青、運動、親水之休憩場所，並結合防災、社區安全及休閒之規劃、以自然型工法設計整治，維護本區域自然環境景觀。



大湖口溪集水區整治工程地理位置圖

2 地區概述

①位置：雲林縣古坑鄉永光村，雲210道路大湖口溪光華橋上游集水區。

②集水區面積：約1729公頃，流域長度6,570公尺。

③溪床坡度：

a.光華橋至光山橋段：平均坡度為3.60%。

b.光山橋至三交水防砂壩段：平均坡度為5.24%。

c.三交水防砂壩上游：平均坡度為6.26%。

④平均年雨量：約2500mm。

⑤最大日雨量：786mm（48年8月7日）。

⑥最大洪峰流量：430cms（50年）。

⑦地質特性：地表為礫石層，膠結鬆散，下層大部份為泥岩、砂石。

⑧土地利用：集水區內坡地大部份已開發利用，並種植檳榔、竹、香蕉、柑、柳橙等農作，整個集水區開發度約80%。

3 規劃設計理念：

大湖口溪規劃設計理念包括：

3.1 親水遊憩：

以工程手段、設置階梯式塊石護岸，達成近水、親水目的，並結合防災、社區安全及休閒之規劃。

3.2 生態景觀：

①提供多孔隙材料、以拋石跌水、營造生物棲息空間並配合公園景觀規劃，避免對原有環境造成衝擊。

②提供溪流生態溯游機能，避免高壩阻斷水中生物溯游本能。

3.3 治水固床：

以近自然工法，防止河岸沖刷，配合踏步式固床工，期許恢復原有河川態樣。



4 工程內容：

本期的工程內容包括：

①漿砌塊石護岸（階梯式）200m。

②乾砌塊石護岸500m。

③固床工（踏步式）2座。

5 自然生態或休閒遊憩功能分析：

	漿砌塊石護岸	乾砌塊石護岸	踏步式固床工
自然生態		V	V
休閒遊憩	V		V

6 檢討與建議

①針對溪流生態調查

a.水域、陸域動植物資料建立。

b.規劃設計、施工對各物種的影響保存與維護。

②鼓勵附近居民參與並以社區總體營造投入。

7 未來展望

①集水區劍湖山莊遊樂區及華山地區，風景秀麗，而防災工程設施除應以安全為優先考慮外，並應融入自然生態工法設計，以維護環境景觀，配合區域特性，導入適當植物予以綠美化，以營造溪流物種多樣性，成為新興的鄉村休閒景點。

②工程治理方法僅屬治山防災之手段，唯有加強山坡地之管理，防止濫墾

、濫伐，並讓林地回歸造林，使樹根抓住大地，以維護水土資源之永續利用，才是最有效之防災、減災方法。

8 結論

大湖口溪集水區之地質狀況，上層為礫石層及頭嵙山層，下層為泥岩、砂岩等，河川易對坡腳進行淘刷，造成兩岸崩塌。本期工程期與既有完成之整治工程結合，發揮整體治理成效，以保障兩岸居民生命財產、公共設施、橋樑、農作物安全，並配合河濱公園規劃，整治後提供居民、遊客另一休閒活動空間。

九份二山柱狀透過性潛壩工法介紹

（李青林[1]、張義雄[2]）

(1水土保持局第三工程所技士；2水土保持局第三工程所所長)

摘　要

南投縣國姓鄉南港村澀子坑地區，受九二一大地震之影響，山麓大面積土石沿順向坡迅速下移，其滑動長度超過一公里，滑動體淹沒韭菜湖溪及澀子坑溪河道，形成兩個堰塞湖，為防止堰塞湖之崩塌土石於雨季來臨時潰決，本所開闢1450公尺長、深2公尺、寬20公尺緊急排水道，排水道位處崩積土石之鬆方土，極須覓得適當工法保護臨時排水道，以免繼續縱斷下切而穩固河床，需有創新突破工程設計理念，設計前所未有九份二山柱狀透過性潛壩。

關鍵字：堰塞湖、柱狀透過性潛壩

1 前言

九份二山大面積危險崩塌地在台灣或世界上是極特殊案例，它同時俱有潛在危機，如遇豪雨緊急排水道嚴重下切，將直接發生無法估計土石災害，下游國姓鄉南港村、北山村兩村土地、生命、財產、道路損失不計其數，甚至造成北山村以下烏溪流域嚴重河道淤積，在治理九份二山整體規劃設計上，如何穩定、保護緊急排水道是首要工作。



圖 1　九份二山大崩塌造成嚴重災害



圖 2　澀子坑地區因九二一地震造成山麓大面積土石大移



圖3 韭菜湖堰塞湖



圖4 澀子坑堰塞湖

2 地區概述

崩塌地位於南投縣國姓鄉南港村之九份二山北側，炭斗山的東南面順向坡，地處國姓鄉、中寮鄉及草屯鎮之交接處，滑落下土石堵塞韭菜湖、澀子坑溪，崩塌面積約102公頃，自標高1,025公尺至425公尺東南崩塌，崩塌體積為34,923,400立方公尺，堆積體積為36,585,006立方公尺。

為防止堰塞湖之崩塌土石潰決，本所於 88 年 10 月 10 日發包施工在崩塌坡面低窪處，施工挖掘長 1,450 公尺、深 2 公尺、寬 20 公尺之拋物線形斷面緊急排水道，做為排除堰塞湖之溢流水，於 89 年 4 月 28 日滿水位溢流，5 月 1 日上午 6 時溢流水到達下游中興橋。

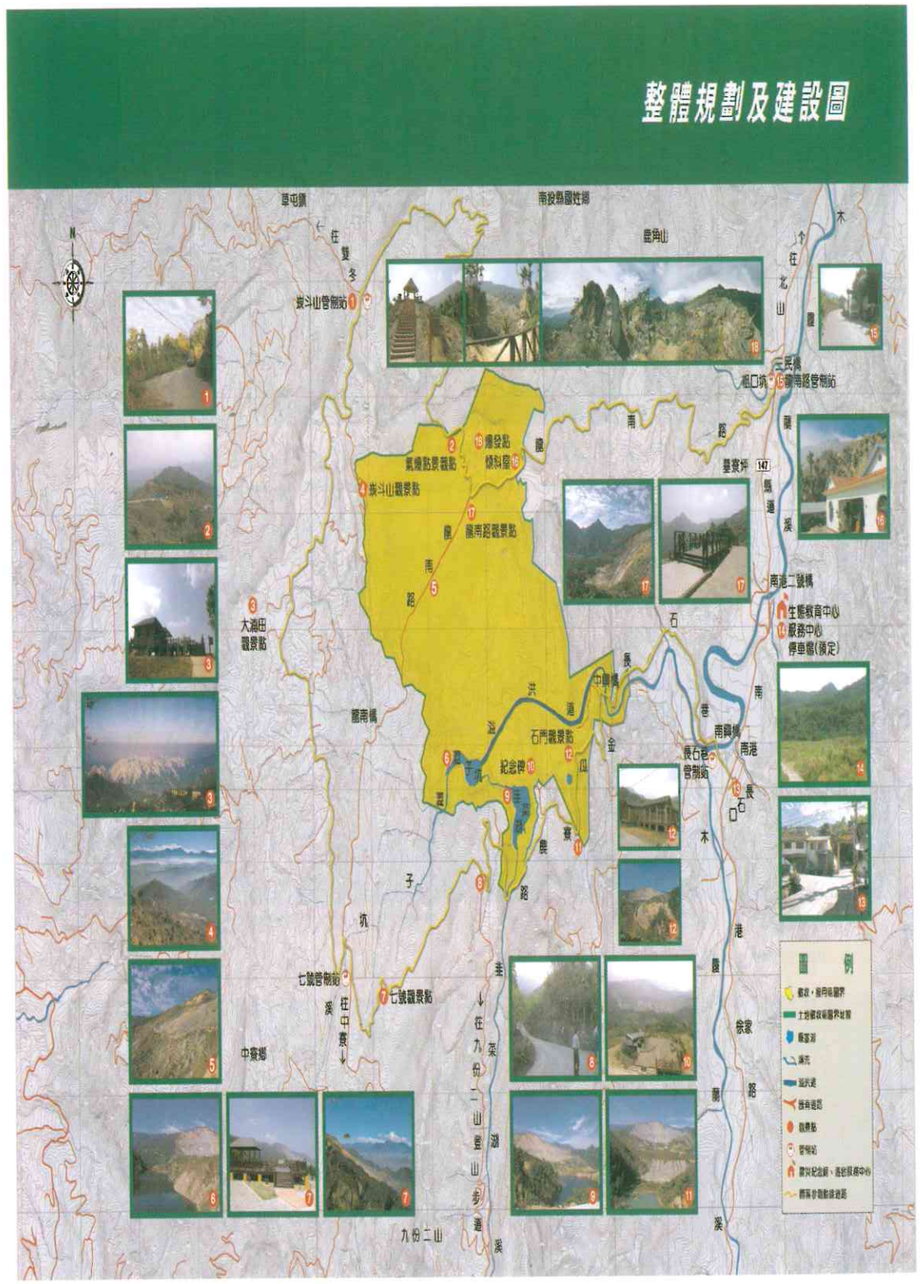


圖 5 整體規劃及建設圖



圖6 緊急溢洪道開挖情形，完成1450公尺溢洪道



圖7 緊急溢洪道排砌大塊石排水情形，完成290公尺溢洪道兩岸及底部排砌大塊石以穩定河床

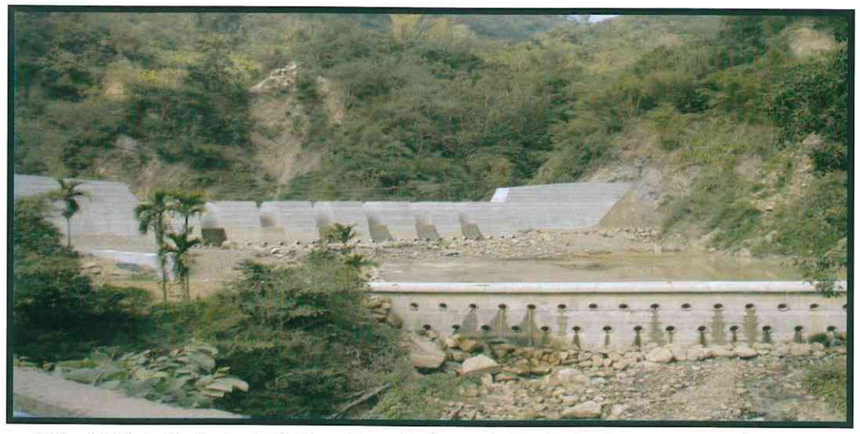


圖8 新型生態式防砂壩施工後，完成主壩(梳子壩)長131公尺，高14公尺；副壩長84公尺，高8公尺



圖9 九份二山柱狀透過性潛壩完工後情形

3 規劃設計理念

我們在傳統土木工程設計上，構造物基礎必需立於堅固土層或岩盤上而後著手設計整體工程，但是在九份二山崩塌地根據委託國立中興大學鑽探資料顯示緊急排水道位於鬆軟崩積土石上厚度高達一百公尺左右，設計者日夜思考，另創工法才能立足於鬆軟土石上，我把三千四百多萬立方公尺堆積土石當做一片汪洋大海，利用般行大海載沉載浮原理，來設計特殊工法。

從三方面考量：

①在鬆軟地基上必需儘量減少構造體荷重。

②在鬆軟地基上壩體穩定性要求提高。

③在鬆軟地基上結構體經不均勻下陷，不能有龜裂、分離現象。

依據三個考量條件，著手從事設計，90年2月第一座壩設計完成，經本局、工程所咸認可行，90年3月發包施工，6月竣工現場觀察效果良好而且適用於九份二山特殊地形。

4 工程內容(構造物設計)

單一構體壩長42公尺有效壩高5公尺，圓柱直徑1公尺三排間隔排列距離1公尺，本結構體基座、圓柱均以鋼筋完整銜接，空隙排放現場大塊石，透水性良好，為防止壩體滑動，基座夯打三排40kg/M，6公尺長鋼軌樁三排。

5 自然生態(功能性分析)：

本構造物比較傳統防砂壩更具透水性，梳子壩透水性是防砂壩較具優

秀性，但是它的透水性集中於接近溢水口階段，本壩透水性是從底部開始整座壩整體兼具透水性，因此應用於九份二山特殊地質。底部夯打三排鋼軌樁，長6公尺，夯打入基礎5公尺，留1公尺銜接基座鋼筋混凝土，著地力穩固性更較其他型壩安全。本壩在九份二山發揮應有功能，本所於91年2月再次發包施工十座，於91年6月竣工，於同時再發包九座壩，銜接堰塞湖，形成一系列完整保護緊急排水道任務，本壩不僅適用地質特殊九份二山，亦適用其他地區，它對周邊環境生態考慮更比其他型防砂壩配合良好。經過二年觀察結構物，由於鋼筋排設完整，並無龜裂、分離現象。

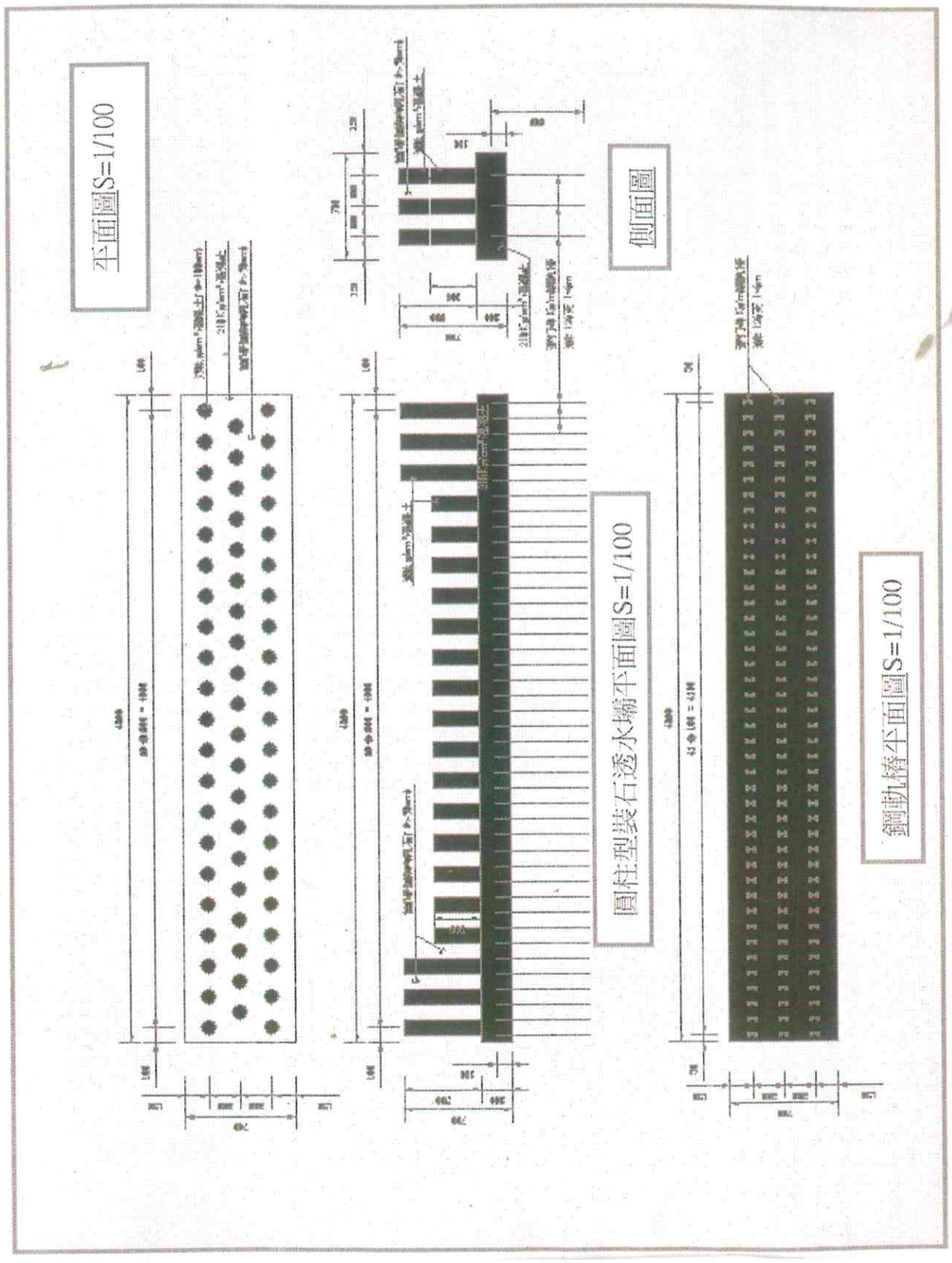


圖 10 九份二山透過性潛壩設計詳細圖



圖11 未排砌塊石前



圖12 排砌塊石後



圖13 桃芝颱風後溢洪道下切情形

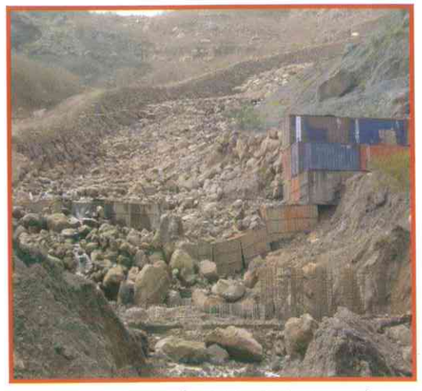


圖14 柱狀透過性潛壩施工前



圖15 柱狀透過性潛壩施工後



圖16 系列柱狀透過性潛壩完工後



圖17 柱狀透過性潛壩具有生態性且有穩定河床功能

九份二山紀念園區建設



圖18 石門景觀設施



圖19 傾斜屋景觀



圖20 紀念碑景觀設施

生態教育中心



圖21 生態教育中心建築透視圖，位於投147縣道南港二號橋旁



圖22 生態教育中心全區鳥瞰圖，其包括主體館、停車場及周遭環境

6 未來展望：

中央政府有意成立九份二山地震國家公園，水土保持局已收購公園內全部土地，這是一處永續經營、治理、美化重點位置，立足九份二山，遠觀世界，只要好好發揮，水土保持局將為世界所重視。

菜寮溪整治

李瑞景[1]、蔡英章[2]、宋國柱[3]
(1水土保持局第四工程所約僱人員；2水土保持局第四工程所課長；3水土保持局第四工程所技士)

摘　要

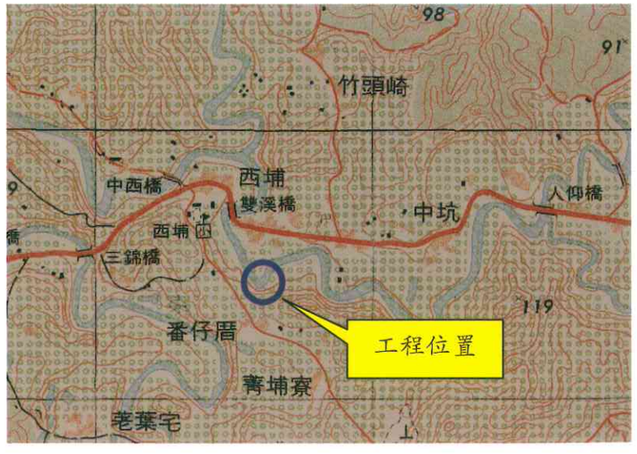
為落實政府環境保育及景觀維護之既定政策，本局全力配合推動「自然生態工法中長程計劃」。在河溪整治工程規劃設計時，即著重地域環境之評估，在生態方面要儘量維護生物棲息的空間，在景觀上要配合原生物種、植生綠美化，在河溪工程結構物需依現有地形做適當之配置，並考慮工程材料之適用與安全，使河溪整治工程能達到美化環境及人民休閒之使用，使台灣河溪流向美麗的未來。

1 前言

在此之前，台灣河溪整治工程，只偏重於安全性的考慮因此到處可見混凝土擋土牆充斥於台灣河溪上。就景觀言之，頗為人工化，失去自然風景的優雅。在生態方面因為擋土牆隔絕溪床與兩岸土地，生物之生態空間被阻斷，造成生物之分布區域改變，整體生態環境影響頗大。因此本工程之護岸設計採用柔性材質之箱型石籠，並以複式斷面及坡度緩和化的理念以維護生態環境的平衡。

2 地區概述

本工程位於台南縣南化鄉中坑村，屬菜寮溪上游，距下游雙溪橋約200公尺，河床坡地平緩，屬淤積河段，兩岸作物以香蕉、竹子、龍眼、荔枝為主。



3 規劃設計理念

本工程規劃以近自然工法設計護岸，基礎混凝土高50公分，再以1.5公尺高箱型石籠加強維護。採複式斷面設計，以使渠道寬淺化、坡面緩坡化，減少混凝土構築。本工程主要規劃生態構想，並加強植生綠化，以維護自然景觀。

4 工程內容

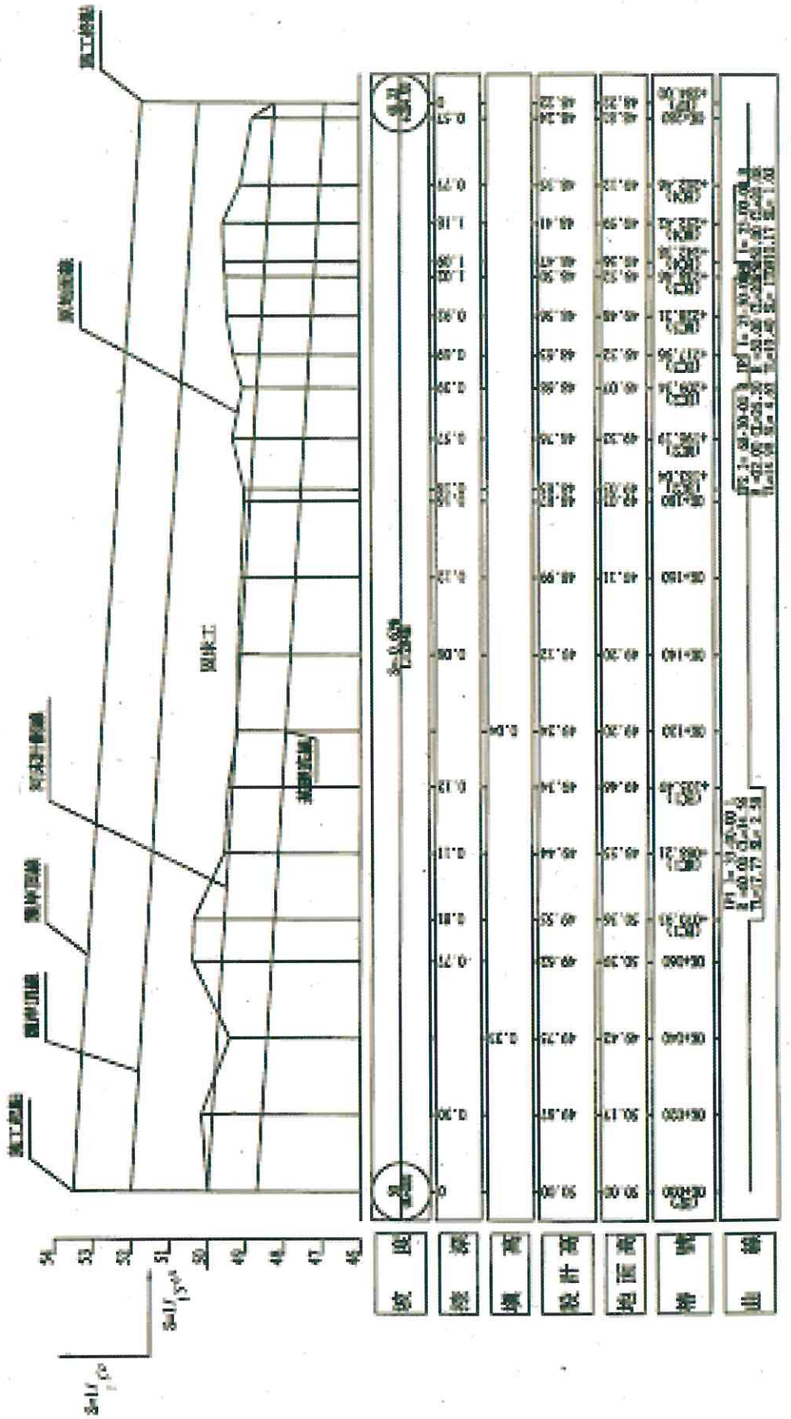
①140kg/m2混凝土基礎總長456公尺

②箱型石籠14136平方公尺

③固床工10座

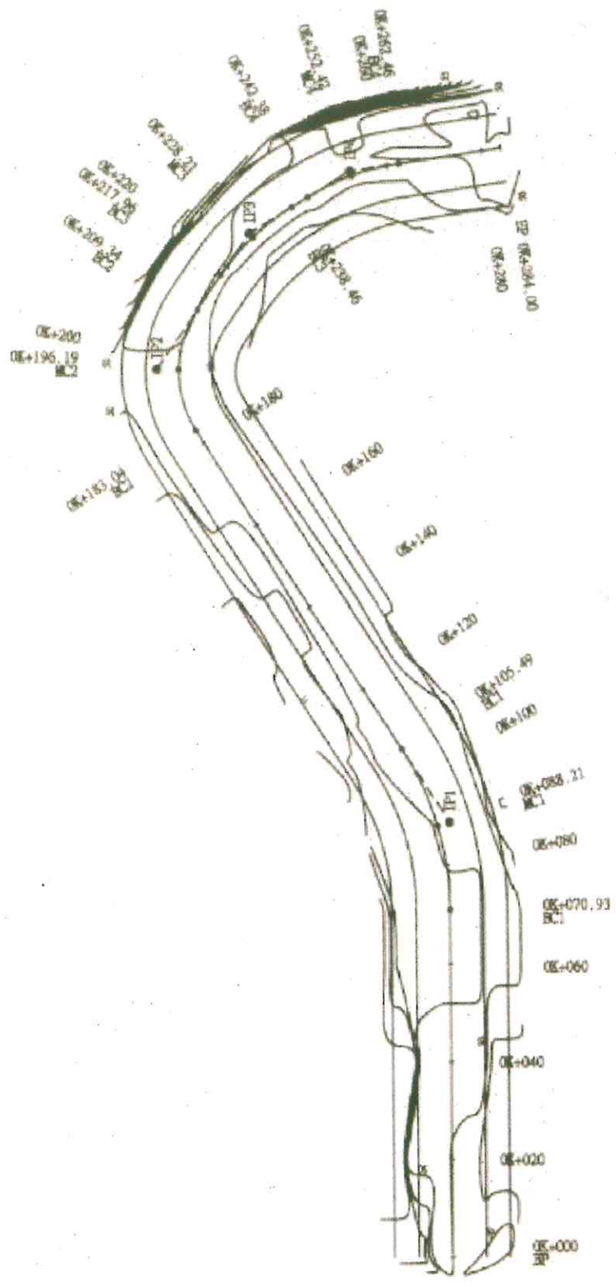
5 構造物設計及成果照片

本工程採複式斷面設計，設計斷面如下圖：

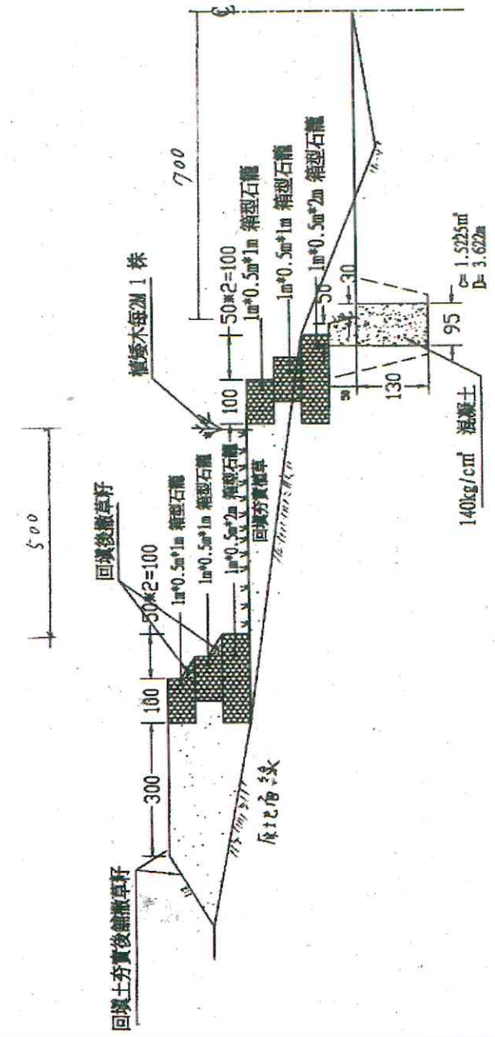


IP資料曲線表

		IP1	IP2	IP3	IP4	EP
編號	θ					
半徑	D	53-00-008	68-50-008	21-30-008	21-00-008	
切線長	T					
曲線長	L					
外矢	E					
切線差	C					
曲線差	S					
K+	起點					
K+	中點					
K+	終點	0K+070.93	0K+183.04	0K+212.96	0K+242.38	
K+	起點	0K+000	0K+055.21	0K+208.21	0K+263.42	0K+284.00
K+	中點		0K+105.49	0K+238.46	0K+263.46	
K+	終點		0K+196.13	0K+238.21	0K+263.46	
K+	起點		0K+196.13	0K+238.21	0K+263.42	
K+	中點		0K+209.34	0K+258.46	0K+283.46	
K+	終點					



平面地形圖 S=1/



護岸詳圖 S=1/100



【工程全景】



【護岸】



【固床工】



【植生綠美化】

6 檢討與建議

政府推行自然工法用心良苦，對維護整個自然環境有很大的期望：為了後世子孫能有美好的生活環境，確需如此進行然而實行之初，設計工法未臻成熟，在工程材料取材不易，且材料價格往往比混凝土高出許多，對於付出成本考量，實在需要對材質的選擇更加費心研發以降低成本，且能兼顧安全，才能既美觀又合乎經濟效益。

7 未來展望

河溪整治不再只是安全的考量而是兼能維護生態環境平衡，與自然景觀的美化，在都市化生活日趨明顯時，野外的自然環境成為人民休閒遊憩的重心，因此自然工法中長期計畫，必能在工作人員努力一段時間後，展現出令人感動的成果。工程不再只是工程，而有自然的藝術在其中，那是人與自然合而為一的生活寫照。

8 結論

對自然工法的推行要不遺餘力，運用經驗智慧，對每一工程設計都能配合地域環境做思考的方針，且要注重安全與經濟效益的考量。在保障人民財產安全及自然景觀的提昇上達到雙贏的成果。

安通聚落堤防工程

王志豪[1]、趙國昭[2]

(1水土保持局第六工程所技士；2水土保持局第六工程所所長)

摘　要

臺灣東部地區多颱風豪雨，花東縱谷山高水急，地質脆弱，地形地質異於西部地區，今以二個不同類型的個案，介紹生態工法運用於東部地區治山防災，包括應用於旅遊地區之野溪災害之安通溪治理工程，及應用於土石流災區之大興溪土石流防治工程。

1 生態工法運用於旅遊地區之野溪災害－安通溪治理工程

1.1 前言

安通溪為典型之東部河川；每逢颱風豪雨，則陸續有沖刷侵蝕情形發生，常使河川淤積，流心迭亂沖蝕兩岸坡趾，交替作用下致使災害擴及兩岸農地村舍，威脅居民生命財產安全甚鉅，所以興建本工程；但本溪中游為溫泉區，流量豐沛水質潔淨，且有豐富的生態資源及少量珍貴動植物棲息；故本件工程之興建運用生態工法，兼顧生態及觀光休閒遊憩功能。

1.2 地區概述

安通溪集水區隸屬花蓮縣玉里鎮樂合里及富里鄉吳江村，屬於海岸山脈西側發源之河系，流域為東向西匯入秀姑巒溪，為秀姑巒溪之支流，水流湍急為典型之東部河川。

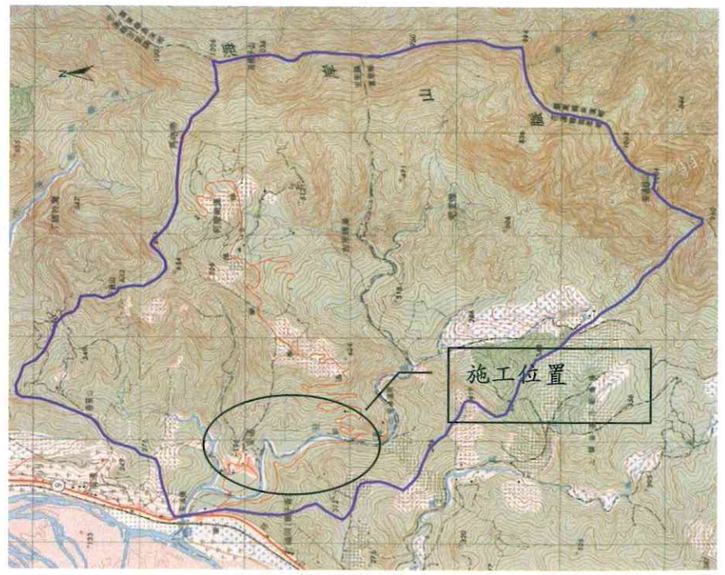


圖 1 安通溪集水區位置圖

1.2.1 集水區問題

①坡面沖蝕情形－部份山坡地經農民開墾或因開闢道路因水土保持措施不足或不當加上本集水區地質條件不良等誘因，每遇豪雨坡面極易形成沖蝕溝。

②崩塌地情形－因地質脆弱，坡度陡峻，崩塌面積廣大，崩積之土石量大，崩塌產物堆積河道，將可能危及戲水人潮及阻礙水流順暢。

③河道侵蝕情形－部份原有護岸基礎被淘空，沖蝕兩岸農田。



圖 2 河道受縱向侵襲，部份原有鼎形墝傾倒



圖 3 原有石籠受擠壓破壞情形



圖 4 河道受橫向侵襲，沖蝕兩岸農田情形



圖 5 農民灌溉渠道基礎被淘空情形

1.2.2 現場生物調查

①哺乳類：其中屬珍貴稀有保育類有台灣獼猴、台灣長鬃山羊、山羌、麝香貓及白鼻心…。

②鳥類：瀕臨絕種的保育類有林鵰、熊鷹、藍腹鷴、褐林鴞等，另外屬於珍貴稀有保育類有台灣松雀、大冠鷲、畫眉、 台灣藍鵲、黃雀、小剪尾…等。

③爬蟲類：其中南台草蜥、眼鏡蛇、百步蛇屬台灣珍貴稀有保育類。

④兩棲類：其中屬珍貴稀有保育類有莫氏樹蛙、褐樹蛙…等。

⑤魚類：經調查到的有鱸鰻、大吻蝦虎、台灣鏟頜魚等三種。

⑥蝦、蟹類：有郝氏沼蝦、貪食沼蝦、拉氏清溪蟹、毛蟹……等。

其中鱸鰻、大吻蝦虎、毛蟹具有迴游性。

1.3 規劃設計理念或構想

①治山防災

針對有保全之對象治理，治理時儘可能減少河道的干擾。

②結合生態工法

將材質自然化、表面粗糙化、坡度緩坡化、高壩低矮化、施工經濟化觀念運用於工程。

③配合現地景觀特色，進行規劃設計、環境景觀之調合

④結合當地旅遊產業

當地是有名的旅遊景點，在原有的設施上，稍做加強美化，配合發展當地的旅遊產業。

1.4 工程內容

砌石護岸、堤頂兼步道及涼亭、打樁編柵、箱籠護岸、潛壩附設一座魚道。

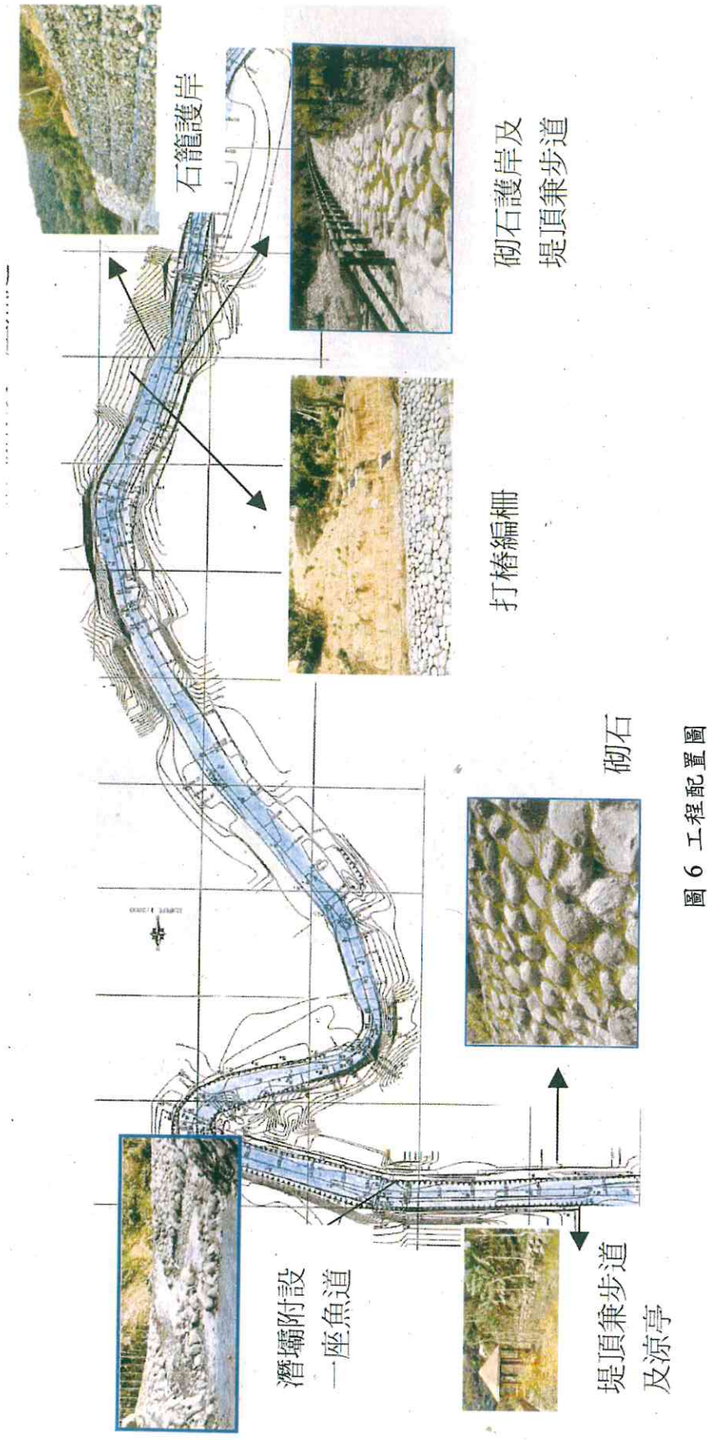


圖 6 工程配置圖

1.5 生態或遊憩功能性分析

①以附近溪床中之石材為堤防材料，增加表面孔隙度及粗糙度，提供水位以下魚蝦棲息生存空間(如圖7)。

②本件於砌石堤防石縫中填入植生基材，並利用黑麥草、百喜草、百慕達草做為先期植生植物，以迅速達生的目地(如圖8)。

③坡面使用自然材質打樁編柵有效防止坡面沖蝕，穩定坡面，鞏固坡面基礎，利用當地石塊乾砌成護岸，保護崩塌地基腳(如圖9)。

④設置魚梯(斜率約為1:10)，讓迴游性魚類能回到上游產卵，繁衍下一代。在表面用混凝土砌大塊石，使魚蝦迴游的中途在石縫暫棲；且能配合整體的景觀(如圖10)。

⑤保持原有的水體環境：(如圖11)

淺灘及急流：提高溶氧

緩流及深潭：提供水生動物良好棲場所

⑥於河道中，對原生樹木加以保存及保護。保留河道中原有的石頭，提供水生動物躲藏良好場所。(如圖12)



圖 7 增加表面孔隙度及粗糙度，提供水位以下魚蝦棲息生存空間



圖 8 於砌石堤防石縫中填入植生基材及先期植生植物，二個月後本地植物迅速導入情形



圖 9 打樁編柵有效防止坡面沖蝕，穩定坡面及利用當地石塊乾砌成護岸，保護崩塌地基腳



圖 10 設置魚梯，讓迴游性魚類能回到上游



圖11 保持原有的水體環境



圖12 對原生樹木加以保存及保護

2 生態工法運用於土石流災區－大興溪土石流防治工程

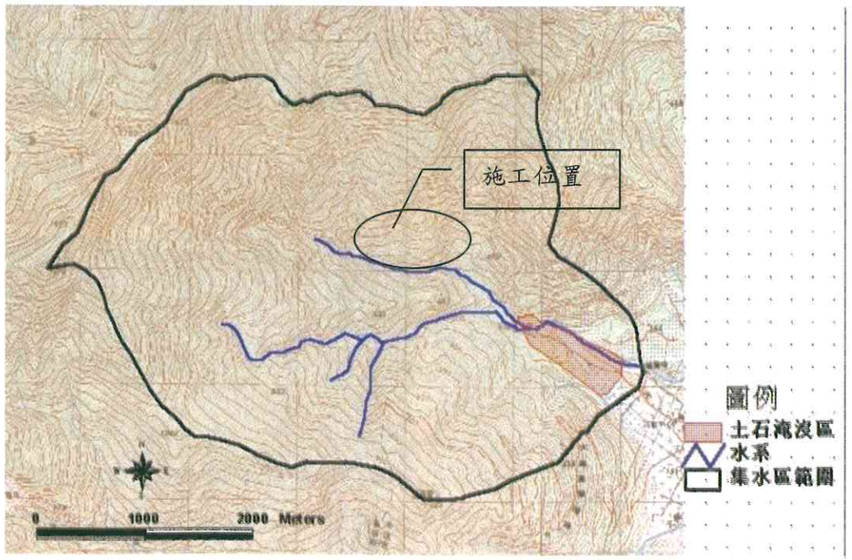
2.1 前言

民國90年7月30日中度颱風桃芝於凌晨12時由花蓮縣秀姑巒溪附近登陸，夾帶強風豪雨，每小時瞬間最大降雨量達156公厘，造成大興溪上游之南溪、北溪集水區坡面崩塌嚴重，並引發約150萬立方公尺之土石下移，釀成花蓮縣光復鄉大興社區嚴重災情，大興村全村184戶，近150戶遭土石流掩埋，災情嚴重之6、7、8鄰共37戶，其中12戶房屋全部被掩埋，土石淹沒面積約50公頃，造成27人死亡、16人失蹤、8人受傷之慘劇。

2.2 地區概述

行政區域－花蓮縣光復鄉大興村。

地理位置－東側為中央山脈馬錫山及嘉羅蘭山，西側為花東公路〈即台九線〉。區間有南清水溪貫穿並流入花蓮溪。



2.2.1 致災原因

①桃芝颱風雨量豐沛，降雨 圖 13 工程位置圖 土石快速混合大量雨水，形成土石流。

②目前聚落位置在舊河道上，使得原有河道縮減。

③原有堤防設計河寬不足。



圖 14 大興村街道被土石掩埋



圖 15 大興溪被土石填滿



圖 16 民宅遭土石掩埋



圖 17 橋樑受土石衝擊破壞

2.2.2 現場生物調查

①哺乳類：其中屬珍貴稀有保育類有台灣獼猴、台灣長鬃山羊、山羌、麝香貓及白鼻心…等。

②鳥類：其中瀕臨絕種的保育類有朱鸝、藍腹鷴，另外屬於珍貴稀有保育類有台灣松雀、大冠鷲、畫眉、台灣藍鵲、黃雀、小剪尾…等。

③爬蟲類：其中台灣草蜥、眼鏡蛇、百步蛇屬台灣珍貴稀有保育類…等。

④兩棲類：其中屬珍貴稀有保育類有莫氏樹蛙、褐樹蛙及貢德氏樹蛙…等。

⑤甲蟲類：其中屬珍貴稀有保育類有台灣長臂金龜…等。

2.3 規劃設計理念或構想

①土石流防制

上游採用抑制工法，以阻止土石流獲得材料之補充；中、下用攔阻工法

，用透過性壩攔阻大粒徑塊石；在有保全對象地區，以堤防加強保護。

②水陸域生態之維護

將材質自然化、表面粗糙化、坡度緩坡化、高壩低矮化、施工經濟化觀念運用於工程。

③環境景觀之調合

在原有的設施上，稍做加強美化，配合發展當地的旅遊產業。

④社區參與及教育與宣導

透過社區的參與，加強居民防災觀念，並讓他們更了解自己的家園，進而更熱愛自己的鄉里。

2.4 工程內容

打樁編柵工程、梳子壩興建工程、南北岸堤防工程、堤後植生工程。



圖 18 工程配置圖

2.5 生態或遊憩功能性分析

①堤防以現地巨石乾砌，增加孔隙度及護岸粗糙度，提供生物棲息空間。堤後以斜率1：3回填天然級配，表面撒播草籽及九芎木樁，並表面鋪稻草蓆，以迅速達到植生目地，將綠帶與藍帶連結(如圖19、20)。

②使用自然材質打樁編柵防止坡面沖蝕，有效的減少泥沙的產生。就地取材，利用當地石塊乾砌成護岸，保護崩塌地基腳(如圖21、22)。

③傳統的防砂壩會造成生態縱向隔絕，且會影響下游的輸砂平衡。以透過性梳子壩取代傳統潛壩，減少棲地的縱向隔絕，並利於自然輸砂平衡(如圖23)。



圖 19 堤防以現地巨石乾砌，提供生物棲息空間



圖 20 堤後以斜率 1：3 回填天然級配並植生，將綠帶與藍帶連結



圖 21 就地取材，利用當地石塊乾砌成護岸，保護崩塌地基腳



圖 22 使用自然材質打樁編柵防止坡面沖蝕



圖 23 以透過性梳子壩取代傳統潛壩，減少棲地的縱向隔絕

2.6 社區參與及教育與宣導

①施工前舉行地方說明會

於施工前舉行二次地方說明會及一次放樣說明會，傾聽居民意見並做工程興建的說明，讓居民了解工程建設之必要性(如圖24)。

②在地人協助監工

請熱心的村民發揮對自己鄉村的熱愛，一同來協助監督工程品質(如圖25)。

③防災教育與宣導

利用村里的活動，我們也積極參與，並利用機會，對村民做防災教育宣導 (如圖26)。

④教育訓練

91年10月本局假錦豐上游南.北岸堤防工程，舉行砌石工法訓練情形(如圖27)。

⑤在地人居住安心，外地人旅遊放心

經過一年半的整治，已完成初步的整治，大興村村長代表村民頒發感謝狀給本所(如圖28)。



圖 24 工前舉行地方說明會情形



圖 25 熱心的許村長及吳理事長協助監工



圖 26 利用村里的活動，對村民做防災教育宣導



圖 27 舉行砌石工法訓練情形



圖 28 大興村村長代表村民頒發感謝狀給本所

3 檢討與建議

①溪河整治，不只是興建工程而已，應與當地居民充分溝通，了解當地居民需求，並讓民眾參與協助，使整治工作更完善。

②提高溪河整治的附加價值，除注重自然生態外，在原有的環境基礎下，使工程能配合當地自然景觀，結合觀光休閒旅遊，增加當地居民收益，發揮最大的工程價值。

4 致謝

桃芝颱風為光復鄉大興村帶來歷年罕見的災害，承蒙各界專學者專家及花蓮縣政府、光復鄉公所暨當地民意代表、居民等鼎力協助，方能使工程順利完工，在此也特別感謝大興村村長許輩燕先生，於施工期間幫忙協調本所與民眾種種的問題，使工程得以順利進行。

參考文獻

1. 黃宏斌(2002)大興社區土石防治整體治理規劃工程規劃報告
2. 山河工程顧問有限公司(2002)安通溪集水區整體治理規劃報告

自然生態工法個案彙編

指　　導：行政院農業委員會
編　　印：行政院農業委員會水土保持局
總 編 輯：吳輝龍
編輯委員：湯曉虞、張三郎、詹連昌、謝金德、曹明豐、吳清民
顏秀峰、吳久雄、李鎮洋、蔡銖華、王幸隆、張新民
施東榮、阮亞興、陳有著、趙國昭
審查委員：游繁結、林信輝、曾晴賢、林德貴、張俊彥、連惠邦
、王傳益、張俊彥
工作小組：丁振章、鄒宗儒、黃效禹、吳瑞鵬、施奕良
地　　址：南投縣中興新村光華路6號
行政院農業委員會水土保持局
電　　話：(049)2394231
傳　　真：(049)2394307
初　　版：2003年12月
印　　刷：立誠印刷股份有限公司
地　　址：台南市樹林街二段220號
電　　話：(06)2142021