

統一編號：SWCB-110-015

計畫編號：110 保發-8.1-保-01-06-001（4）

融合安全及溪流環境功能之橫向構造物
優化案例評估
**Assess Stream Lateral Structures with
Multiple Environmental Functions
—A Case Study
（成果報告）**

執行單位：人禾環境倫理發展基金會

執行期間：110 年 01 月 27 日至 110 年 12 月 30 日

計畫主持人：方韻如 研究員

共同主持人：陳樹群 教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 110 年 12 月 21 日

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

摘要

一、前言

山區溪流橫向構造物的設置，可能造成土砂運移停滯、溪床高程局部改變，進而因改變棲地形成營力及原有的水文，而造成水域生物棲地退化及縱橫向廊道阻隔等問題。而隨著生態系服務共融治理的趨勢，及氣候變遷下澇旱皆成災的威脅，水土保持局的任務，已從只重視洪水治理，轉變為兼顧旱時及平常的河溪環境功能，因而需納入對河相的理解、實際針對治理目標進行規劃不堅持標準斷面、結合自然條件因地制宜的方式，對技術文件體系及決策機制也需有所調整。

本計畫選擇宜蘭頭城大溪溪為案例，進行融合安全及環境功能的案例評估。大溪溪已知有 95 種以上的原生魚蝦蟹螺，為台灣生物多樣性最高的溪流之一，河海間移動物種佔 92%；然 2014-2016 年進行兩期治理並設置 7 座橫向構造物後，常因伏流化而形成斷流，且治理段恰位於最接近河口的 500 公尺，因而對洄游及河海交界生態產生重大衝擊而形成衝突議題。臺北分局歷經 4 年的公私協力共學後，於 2020 年試行第一座固床工開口。本計畫將「優化既有橫向構造物」設定為後續工程的主要內容，探討從現況課題研究到治理規劃評估的過程，並追蹤分析大溪溪前期治理工程對其他環境功能產生的後遺症，在水理安全達標的條件下，對以恢復河相發育為目標的的棲地復育手段，做出橫向構造物的改善建議，並評估 3 種優化方案的可能效應。

一、研究方法

（一）歷史資料盤點：蒐集地形、氣象、歷史圖資、災害紀錄、前期治理工程等相關資料。

（二）現況課題整理：包括本會前幾年的追蹤累積、物理環境現況及生物分佈、旱季斷流情形、雨季水位狀況等，指認環境退化情形；另取得各方取水

量資料。並進行河床質、濱溪植物相、水域動物分佈追蹤等補充調查。

（三）擬定優化目標：蒐集治理單位、社區居民、生態專業者所代表的需求。依前述資料描述理想河相，整理生物棲地同功群可能的生態需求及應照顧到的瓶頸。並從指標生物類群在居民記憶及相近河溪之可分佈上限，推估整體優化目標及可能指標。

（四）優化方案建議及安全評估：使用 2020 年 8 月低水位之 UAV 正射影像，以 Agisoft Metashape 製作 2cm 網格的數值地表模型，並依現地資訊調整構造物下及深潭處的地形模型。因治理段以上沿岸為幾無開發、坡地穩定、保護良好的水質水量保護區，故採用與分局在 2016 年治理期間的水理分析一樣的定床模擬水深，但另增加單位河流功率的模擬，可視為模擬清水流情境，即考量最大水流衝擊力量情境下，河床沖淤變化潛勢。使用 HEC-RAS 二維水理模式，調整優化方案，輸入前期治理工程所使用的設計流量及模擬條件，以比較優化前後差異，並產製水深、流速、溪流功率等圖層。再根據分析結果，評估優化後水安全、河相及生物棲地的改善成效。該研究跟分局在 2016 年治理期間的水理分析一樣採用定床模擬。本溪段沿岸中上游皆為幾乎無人居住及開發的水質水量保護區，崩塌潛勢小。且依據歷次模擬皆顯示治理段主要為淤積潛勢，因此現況固床工常態墊高河床的條件下，在動床條件下發生壅高水位的情況，更易比優化後還具威脅。

（五）培力地方對大溪溪的瞭解：透過群組分享調查成果，並辦理 2 場研習，提升地方巡守隊的知能。

（六）最後整理本案例的經驗，並對未來類似治理工程提出建議。

二、研究成果與討論

（一）經調查歷史圖資、氣象水文紀錄、在地耆老回憶等，本區治理段內在施做 2014-2016 年工程前並無明確災害事件，唯一一處轉彎處凹岸掏刷問題已在前期興建護岸後得到控制。依據 1979-2020 農航所影像及 1907 年地形圖，

目前谷壁及護岸範圍，可大致滿足溪流變動所需的空間。區內險峻值低、地質條件穩定、上游森林完整，研判災害潛勢相當低。

(二) 居民希望不再經常斷流以維護封溪護魚成果，曾爭取治理的民代也表示，若護岸已達陳情訴求的安全，不反對生態優化。生態需改善課題包括：固床工下生成的落差，阻隔縱向廊道；落差處缺乏多元路徑而形成障礙；土砂輸運受阻且流心分散，致使棲地單調化；河床高程異常抬升，致使伏流化及斷流頻繁；下游流心分散、消能處集中於固床工下，使溪水流下力道降低而增加沒口頻度。

(三) 在能滿足 50 年重現期洪水不致災的前提下，建議下列優化原則：1. 恢復寬深比適當之低水流路。2. 恢復交替出現之潭瀨。3. 容許流路在河道內小幅擺動。4. 恢復橫向梯度及生物廊道。

(四) 追蹤 2020 年第一支固床工的局部優化測試，結果發現：1. 移除縱向阻隔確實擴大多種指標動物的活動範圍。2. 該固床工的上下游，在大水事件後發展成更完整的棲地，水深及河床質皆較優化前更接近自然棲地的樣貌，生物多樣性也顯著增加，通過物種記錄增加 13 種。3. 由於尚未處理更上游的第二固床工，其下游明顯產生新的落差。4. 目前優化開口寬度及深度都有限，無法容許流路擺盪變動，溪流的消能機制將受限，不利於安全及生態。

(五) 依上述原則，參考治理前地形調整河相後，以 HEC-RAS 模擬 Q50 流量，結果發現溢淹範圍與深度皆與優化前現況相當，沒有對設施的損害威脅。且在低流量 0.5cms 情境下，能大幅改善斷流、藻華、高包埋、特定固床工高程落差及流速過高的問題。據此提出完全移除漿砌固床工的「全面優化方案」，重新調整縱向高程及 7 座固床工處的橫斷面，作為優化時的高程依據。

(六) 若無法完全移除漿砌石固床工，在考量安全及不阻礙河相發育前提下，提出「起碼優化方案」的建議。依據河相目標，使用臨界單位河流功率，推求固床工最小的打除漿砌範圍。方法為：1. 計算足使 D50 代表粒徑啟動的臨界單位河流功率。2. HEC-RAS 模擬現況地形下 Q50 情境之單位河流功率分

佈，大於此臨界值為侵蝕作用區。3. 依據治理前潭區深度決定垂向「潛在沖刷深度」。4. 根據侵蝕作用區及潛在沖刷深度，決定各固床工移除範圍。

（七）另模擬僅移除下游 5 座固床工 1/2 量體的「侷限優化方案」，結果顯示有沖淤兩極化的威脅，不僅棲地多樣性降低，消能也將集中在特定位置，不利安全及生物移動的考量。

三、結論

（一）建議採取「全面優化方案」或「起碼優化方案」，系統性處理 7 座固床工，以兼顧安全與生態復育。

（二）未來應預期河相隨水文事件逐步發育，不奢求在預算年度內有完整表現。追蹤方式建議如下：1. 生物調查：優化改變區段及上下游的分佈變化、依據同功群指認優化區段的棲地分佈變化、灘地植被組成。2. 河相調查：潭瀨樣站固定斷面之 Q2 寬深比、潭瀨灘固定樣站的河床質、潭區尺寸、河槽谿線縱斷面測量。3. 水文事件的追蹤記錄：包括斷流事件的起始時空範圍、固定點位的流況影像記錄。

（三）對治理決策機制建議：1. 治理前確認需求，兼顧環境功能。2. 生態檢核除了關注棲地樣態，更應納入形塑棲地的自然營力。3. 對典型治理樣態，追蹤瞭解其對生態河相的影響。

（四）對治理規劃設計建議：1. 掌握溪流變動歷史。2. 瞭解並應用溪流消能機制。3. 保留溪流水平與垂直方向的變動空間。4. 維持低水流路與灘地的斷面形態及環境梯度。

目次

摘要.....	I
目次.....	V
表次.....	VII
圖次.....	VIII
第一章 緒論.....	1
第一節 擬解決問題說明	1
第二節 生態系服務共融治理的趨勢	8
第三節 河相學在治理的應用	13
第四節 設計思考的規劃模式	14
第二章 工作執行方法與步驟	17
第一節 歷史資料盤點	17
第二節 現況課題整理及補充調查	18
第三節 擬定優化目標	20
第四節 優化方案建議及安全評估	23
第五節 協助優化共識	30
第六節 地方培力及未來治理建議	31
第七節 計畫執行團隊組成分工	32
第八節 計畫執行期程規劃	34
第三章 歷史資料及現況課題盤點	35
第一節 歷史資料盤點	35
第二節 現況課題盤點及需求蒐集	52
第三節 現況下之二維水理模擬成果	72
第四章 優化目標擬定	77
第一節 河相優化原則	77

第二節 水文事件共構的棲地變遷追蹤	79
第三節 動物分佈變化追蹤	85
第四節 濱溪植生作為指標的評估	92
第五節 依據水域動物需求還原理想棲地條件 ...	99
第五章 優化方案規劃及模型檢驗	105
第一節 全面優化方案	105
第二節 起碼優化方案	114
第三節 侷限優化方案及其可能影響	123
第四節 優化後水域動物棲地推估	125
第六章 地方培力及未來追蹤治理建議	128
第一節 地方培力	128
第二節 優化成效追蹤建議方式	130
第三節 本案例經驗對未來治理的建議	132
參考文獻.....	136
期初審查意見 回應表	138
期中審查意見 回應表	141
期末審查意見 回應表	142

表次

表 2-1 計畫執行甘特圖	34
表 3-1 大溪溪鐵路橋上游治理工程一、二期工程內容	43
表 3-2 大溪溪 2015-2021 記錄原生物種名錄	46
表 3-3 大溪溪中小尺度棲地需求的棲地同功群	66
表 3-4 自來水公司 2017-2020 年大溪溪取用水量	71
表 4-1 優化測試後區段種數的改變（汽水域、純淡水物種不計）	87
表 4-2 依據大溪溪棲地需求建立優化目標	100

圖次

圖 1-1 大溪溪中下游純淡水域，主要由兩側洄游物種組成。	2
圖 1-2 大溪溪下游治理段伏流化問題示意。	3
圖 1-3 大溪溪在 2016-2020 年間治理段多次斷流時社區搶救生物。	4
圖 1-4 水土保持局臺北分局 2020 年間進行固床工#1 優化測試。	5
圖 1-5 大溪溪近年活絡的民間參與。	7
圖 1-6 IUCN 自然為本的解決方案 發展概念圖。	13
圖 1-7 「環境多重價值決策模式」實踐價值多元化的取徑。	15
圖 1-8 導入「設計思考規劃」及「環境多重價值融入決策」邏輯模式。	16
圖 2-1 本年度進行之補充調查方法。	20
圖 2-2 美國中西部中尺度棲地特徵所提供之溪流魚類利用案例。	21
圖 2-3 日本河川環境情報圖中棲地與生物關聯之蒐集案例。	22
圖 2-4 水理模擬操作流程圖。	25
圖 2-5 無人機空拍產製研究區地表數值模型。	26
圖 2-6 無人機空拍產製研究區正射影像。	26
圖 2-7 橋下地形內插與橋墩布置之前後對照。	27
圖 2-8 橫向構造物附近之網格與特徵線（紅線）設定。	27
圖 2-9 美國農業部出版之曼寧 N 值照片指南圖例。	28
圖 2-10 HEC-RAS 模型中現況 Q50 的曼寧 N 值設定	29
圖 3-1 大溪溪治理段地形環境	36
圖 3-2 歷史災害影像記錄	39
圖 3-3 本區災害潛勢查詢結果。	39
圖 3-4 大溪溪流域的地質圖。	40
圖 3-5 居民指認治理前的災害心理壓力點位。	41
圖 3-6 文獻資料及住民記憶對縱向廊道優化指標物種的建議	52

圖 3-7	優化方案期能協助消弭原治理設計理念和現實間的差距	55
圖 3-8	居民端及治理端的資需求蒐集	58
圖 3-9	現況下之主要生態課題。	65
圖 3-10	固床工#6 的流路轉彎段，目前形成深掏刷坑消能。	73
圖 3-11	Q ₅₀ 洪水水深分布圖。	73
圖 3-12	Q ₅₀ 洪水流速分布圖。	74
圖 3-13	Q ₅₀ 洪水單位溪流功率分布圖。	74
圖 3-14	低流量 0.5CMS 水深分布圖。	76
圖 3-15	低流量 0.5CMS 流速分布圖。	76
圖 4-1	竣工圖套疊施工前低水流路位置。	77
圖 4-2	大溪川歷年流路變遷。	78
圖 4.3	固床工#1 優化測試剛完工時的棲地樣貌	79
圖 4.4	固床工#1 優化測試前後，主要的棲地型態改變	82
圖 4-5	固床工#1 優化測試後上下游粒徑分佈改變及橫向梯度。	85
圖 4-6	優化測試後物種分佈的改變。	92
圖 4-7	濱溪草叢對水域生物提供的棲地。	94
圖 4-8	濱溪植生調查點位。	95
圖 4-9	治理段和自然段的典型濱溪植生。	99
圖 4-10	前期優化測試段之仍須整體調整課題。	104
圖 5-1	優化前後之 Q50 洪水水位及河床綫縱剖面。	105
圖 5-2	優化前後之固床工#1 附近河床橫斷面圖。	106
圖 5-3	優化前後之固床工#2 附近河床橫斷面圖。	106
圖 5-4	優化前後之#3 固床工附近河床橫斷面圖。	107
圖 5-5	優化前後之固床工#4 附近河床橫斷面圖。	107
圖 5-6	優化前後之固床工#5 附近河床橫斷面圖。	108
圖 5-7	優化前後之跌水工#6 附近河床橫斷面圖。	108

圖 5-8 優化前後之固床工#7 附近河床橫斷面圖。	109
圖 5-9 優化後 Q50 洪水水深分布圖。	110
圖 5-10 優化後 Q50 洪水流速分布圖。	110
圖 5-11 優化後 Q50 洪水單位溪流功率分布圖。	111
圖 5-12 優化後低流量 0.5CMS 水深分布圖。	112
圖 5-13 優化後低流量 0.5CMS 流速分布圖。	113
圖 5-14 河床質調查點位	115
圖 5-15 現況 Q50 情境模擬地形.....	117
圖 5-16 現況 Q50 情境下侵蝕作用區（紅色區域）	117
圖 5-17 施工前深潭基準線（底圖為原治理工程設計圖）	118
圖 5-18 固床工#7 最起碼優化範圍	119
圖 5-19 跌水工 #6 最起碼優化範圍及現況翼牆影響	120
圖 5-20 固床工#5、固床工#4 最起碼優化範圍	121
圖 5-21 固床工#3、#2 最起碼優化範圍	122
圖 5-22 固床工#1 最起碼優化範圍	123
圖 5-23 侷限優化方案地形（Q50 情境模擬用）	124
圖 5-24 侷限優化方案下 Q50 情境之侵蝕作用區	125
圖 5-25 主要水域同功群分佈現況及優化後推測獲益類群。	127
圖 6-1 目前已執行的社區培力，運用現場活動及社群平台。	130

第一章 緒論

第一節 擬解決問題說明

一、從單一治理目標到整體水土資源保育

為保護道路或人民財產安全，山區溪流常有設置橫向構造物需求。而橫向構造物設置可能造成土砂運移停滯、溪床高程局部改變，因而造成水域生物棲地退化、及縱橫向廊道阻隔的問題。

台灣中央山軸以北向東入海的溪流，為現有河海洄游水域動物的重要棲地，提供攸關海陸域資源串連的特殊生態系服務。過去在這方面的累積的瞭解較少，因而尚未發展出兼容治理需求及生態資源保育需求的設計評估方式。而此類溪流發源於島嶼東部山軸，坡降陡急，如大屯火山群、東北角丘陵、海岸山脈、恆春半島的獨立溪流，一旦有橫向構造物設置，往往更容易造成縱向高程配置的改變，對以洄游生態為主的水域動物相，也造成更顯著影響。

近年因溪流生態學及觀測記錄工具的普及，對洄游生物及其棲地的關切高漲。也因為此類溪流及其中生物，常是地方發展環境教育及生態旅遊的資產，因此地方民眾對野溪治理的目標、門檻、環境影響程度等的不同意見時有所聞。為使野溪治理能在減免災害的同時保育環境資源、尤其是長期的生態系服務，有必要從多元權益關係的需求分析中，基於溪流地形及自然營力，建立符合需求的河相指標，作為治理規劃設計的目標。

二、優化目標流域--大溪溪背景說明

(一) 作為「河海洄游動物種源庫」的高優先敏感區

大溪溪位於宜蘭縣頭城鎮，發源於頭城與貢寮交界標高

531m 的三分二山，幹流長約 8km，流域面積約 14.36km²，為宜蘭在東北丘陵區最大溪流，也是頭城北側最主要的民生用水來源。中上游屬自來水水質水量保護區，集水區內維持相當高的自然度。由於主流長度是頭城北側子集水區中最長的，自河口往上到自來水取水堰間，有 3km 以上的長度，在 103 年治理工程前都還維持潭瀨交錯的自然樣貌，因此除了是捕鰻苗採毛蟹的熱區，也早早受洄游淡水動物研究觀察者的矚目，被認為是周邊洄游物種關聯族群（metapopulation）的最大種源庫之一。

103-109 年間有發表或登錄於《台灣生物多樣性網絡 TBN》資料庫的記錄，在取水堰下游到河口間，已蒐集到 52 種魚、10 種蝦、6 種蟹、2 屬未區分到種的螺，共計 70 種台灣原生魚蝦蟹螺，當中 94% 的物種在河海間移動，若往上游調查預計還可增加數種。這樣高的水域動物多樣性，及獨立溪流洄游生態為主的原貌，與海洋資源間的攸戚與共，目前在台灣 <20km 主流長度的溪流中，還沒有能超越大溪溪的記錄。因此本會在 108 年針對東北部瑞芳到蘇澳獨立溪流的調查、及 109 年林務局在《國土生態綠色保育網絡計畫》的整體評估中，均將大溪溪列為「高度優先敏感區」。



圖 0-1 大溪溪中下游純淡水域，主要由兩側洄游物種組成。

(二) 輿論關注與治理後現況

2014 年到 2016 年「大溪溪鐵路橋上游治理工程」一二期完工後，工程品質榮獲工程金質獎水利類優等獎的肯定。但因完工後接連兩年夏天，在治理溪段最下游的 5 座固床工間，每年皆發生兩次以上超過 100m 長的斷流事件。對比斷流當下、往上游低水流路及水量的依舊維持、集水區近四年平均超過 4,000mm 以上的雨量、及 90% 以上洄游物種的生態敏感性，引發許多自然觀察記錄者的關注，也開啟本團隊的追蹤監測行動，及水土保持局臺北分局多年來持續的跨域共學。



圖 0-2 大溪溪下游治理段伏流化問題示意。



圖 0-2 大溪溪在 2016-2020 年間治理段多次斷流時社區搶救生物。

水土保持局於 2017 年辦理「民眾參與流域綜合治理平台多元發展及環境生態資訊整合」研究計畫，由觀察家生態顧問公司及全國社區大學促進會共同執行，即選定大溪溪的治理工程作為公私協力學習圈平台的示範操作點位。共辦理 4 場次平台會議，累積共 109 人次參與共學及 30 個以上不同的民間組織。經由共同學習、互相交流，私部門得以知悉公部門在面對治理工程中與民眾溝通時的困難處，而公部門也得以看見議題社群在質疑工程背後所欲彰顯的價值（水土保持局臺北分局，2020）。至此，在安全確保下復育生態系服務，已是關切大溪溪的各方共識。

臺北分局將大溪溪固床工的優化，納入「109 年生態檢核及環境友善措施管理計畫」中「結合民間力量進行環境議題探討與深化」工作項目的主要標的。經過多次會議討論，以開口契約的小規模工程，開啟第一座固床工低水流路連通廊道，作為初步測試。本期優化測試的成效包括：（1）確實擴大了關切指標物種（無棘腹囊海龍、格紋中鋸鰻、花鰻鰻等）的棲地範圍，藉由縱向阻隔的移除、及溪床包埋度的降低。（2）縮短了枯水期的伏流乾涸長度，過去最易伏流得第一到第二固床工間恢復地表水流。（3）提高了水域動物移動通暢性（改善湯鯉、瓢鰭鰕虎、枝牙鰕虎等上溯的阻滯塞車現象）。（4）釋放部分累積在第一固床工的囚砂後，下游棲地多

樣性增加，新增多種偏好沙棲的洄游及廣鹽物種。



圖 0-3 水土保持局臺北分局 2020 年間進行固床工#1 優化測試。

資料來源：水土保持局臺北分局（2020）。

雖然低流路期間，優化測試段棲地有顯著改善，但 2020 年僅打通局部廊道，還未能處理縱向高程合理配置及淤積土石方堆置的問題，致使過於深槽化的流路不易自我恢復出原地形該有的棲地樣態。兩側灘地也因為過高，缺乏定期冲刷漫淹的機會，導致「灘槽兩極化」的問題；在流量大時因流路束縮導致流速過高，對利用雨季上溯的洄游於群相當不利。同時因上端未能同時處理，坡降高程差過於集中在固床工#2 下，落差間孔隙也欠缺能填塞孔隙的粒料，目前固床工#2 下成為新障礙，高流量時瀑瀨流速過強、低流量時水流在石塊間流動難

在底質以上形成連續水路，對泳躍型物種尤其不利。固床工#2 以上游的棲地及輸砂功能，亦待系統性考量予以整體恢復河相的優化。

(三) 本流域的公私協力及優化後展望

1. 民間蓬勃的參與能量

透過大溪社區發展協會的主動爭取，宜蘭縣政府於 2019 年 8 月正式公告大溪溪全域封溪護魚。大溪巡守隊由 20 多人組成，執行每日巡邏及不定路線的巡察，也在 2020 年第一支固床工優化的過程中，參與討論並搶救乾涸溪段的魚蝦移往上游。本年度巡守隊亦邀請人禾環境倫理發展基金會及觀察家生態顧問公司，協助巡守隊進行生態知能研習。而本會自 2019 年起運用大溪溪辦理溪流環境教育活動，也觸發社區對投入生態旅遊的討論。2020 年臺北分局「手護大溪溪記者會」後，頭城地方團體「海波浪工作室」，與社區合作辦理大溪溪小旅行，開啟發展生態旅遊的正式參與。未來期能結合豐富的溪流生態資源，及公私協力優化治理的經驗，發展環境資源為基礎的地方創生，及投入水土保持局農村再生團隊的可能。



大溪社區巡守隊 2019 年起自主投入護魚行動，及開始觀察溪流生態。



圖 0-4 大溪溪近年活絡的民間參與。

2. 學術團隊的關注

2019 年林業試驗所、台灣大學、宜蘭大學、陽明大學組成的團隊，執行國家發展委員會《國土生態綠色保育網絡計畫》下，里山熱點的生物多樣性及地景變遷暨社區經營指標整合研究，亦選擇大溪溪集水區作為其中一個案例研究。

2021 年科技部徵求《氣候變遷對台灣生態環境及社會影響之研究》計畫，由中山大學、海洋大學、台灣大學組成的團隊，提出《北海岸及東北部獨立溪流棲地評估與生態復育》計畫獲選；該計畫將在東北角丘陵流域區的獨流溪中，選擇三條能涵蓋典型自然樣態的溪流為樣區，透過流域縱向廊道上分佈的樣站，及固定區間並搭配水文事件的資料蒐集頻度，整合河溪物理、生物、化學等面向，建立河廊空間上的基礎資料，作為研究氣候變遷影響的基礎比較資料。並進一步以溪流生態系服務為基礎，配合社區發展溪流復育成效指標，探討治理管理需要的關聯模式。大溪溪是當中已開始執行資料蒐集的一條。

可見，上游集水區獨特的植群生態、及獨流溪的資源特性逐漸受到重視，目前大溪溪下游多方協作參與的治理模式，已使大溪溪

成為未來「溪流生態系服務推動公眾參與式的自然資源經營管理」的潛在推動案例。水土保持局目前啟動的平台機制、及後續的優化推動，備受矚目。

3. 水土保持局參與 IPSI 的典範行動

水土保持局已積極加入 CBD 締約方大會推動的《國際里山倡議夥伴網絡 International Partnership for the Satoyama Initiative, IPSI》，成為台灣加入此國際組織的 14 個成員之一。大溪溪後續優化的實際復育工作，將可成為水土保持局參與 IPSI 下一個典範行動。而當中其他參與大溪溪平台的機關組織，包括觀察家生態顧問公司、人禾環境倫理發展基金會、農委會林務局，也是 IPSI 成員組織，水土保持局推動的合作，有機會帶動《台灣里山倡議夥伴網絡 TPSI》攜手合作的行動案例。

第二節 生態系服務共融治理的趨勢

一、水土保持局機關任務

《水土保持法》總則第一條及第四條分別指出：『為實施水土保持之處理與維護，以保育水土資源，涵養水源，減免災害，促進土地合理利用，增進國民福祉，特制定本法。』『水土保持之處理與維護：係指應用工程、農藝或植生方法，以保育水土資源、維護自然生態景觀及防治沖蝕、崩塌、地滑、土石流等災害之措施。』在保育水土資源、涵養水源的任務下，主管機關水土保持局僅被賦予工程、農藝或植生方法，但得達防災並維護自然景觀的成效。已有其法規上的侷限性。

雖有法規這樣的定義，但過去水土保持局被要求的治理任務，多以大水引發的現象為主，課責也單以洪水頻率年設定標準。但近

年澇旱不均的問題越來越嚴重，澇是災，旱也是災。從 2020 年冬季起的枯水警報，尤其讓社會大眾更正視多元水資源來源的重要，及過去只重視水患風險的治理方式可能會提高旱災的風險。尤其這兩者之間在頻度、影響層面、權益關係人等大大不同，也使得治理或管理兼顧不同災害時，必須要採取新的決策思維到社會參與方式。

水土保持局管理權限沒有法定治理線及用地範圍，各河溪流域內水保局負責治理的區段內，常有原為河川廊道自然變動的範圍，已在開發歷史中有人為利用，因而在政權更迭的地籍變動認定上，已劃定為私有土地，成為可以請求水保局以工程手段介入的保全對象，而這些工程手段常無法取得受保全戶的土地同意，被迫在有限的河道內進行治理，使得治理設計出來的河道樣態，難以兼顧平時、旱時、和洪水時的承受韌性。沒有河川廊道範圍的合理劃定，也容易使得治理方式無法依據河相原理處理在最合理有效的節點或區段。《水土保持技術規範》受限於過去以矩形渠道水利學為基底的演算檢核慣性、設計準則單一以防洪頻率年為基準、以及分析原則未能納入不同自然材料阻力結構等現況，也間接使可以「微創手術」治理、或「結合自然條件因地制宜」的手段不受鼓勵，加遽了前述問題的效應，為了保全位於河川廊道內易受災的私人土地，常需大規模改變環境加速通洪，易造成災害往上下游移動的問題。

綜上，逐步建立新的工程模式，包括：規劃評估納入多重環境價值、因地制宜的複合式工法應用、相關技術文件體系的調整，都已有其迫切性。而在現行壓力下，選擇洪患治理壓力低、其他受影響環境價值高、居民對復育支持度高的案例，進行測試，並運用後續監測結果反饋相關工法、流程、及文件體系，都有助於未來應用在高環境價值敏感區域進行治理，或就已穩定之歷史治理區進行優化復育。

大溪溪產砂量較少，屬於相當穩定崩塌至災量較小的溪流（水利試驗規劃所，2019）。在兩岸沒有太多保全對象的條件下，兩期治理工程保留出的河川廊道空間，比對歷史影像相當符合自然河廊空間，歷史資料顯示僅兩側濱溪植被帶有些需擾動、或小規模崩塌事件，因此評估大溪溪現況洪災壓力低（水土保持局臺北分局，2020）。而大溪溪又經行政院國土生態保育綠色網絡指認為「洄游性生物重要棲息廊道」（林務局，2020），居民已組成封溪護魚巡守隊，歷經多年共學，對於河相復育的目標高度認同。因此，大溪溪為最適合作為水土保持局發展「多重環境價值融合治理」的案例之一。

二、生態系服務的保育觀

自《千禧年生態系評估（Millennium Ecosystem Assessment）》之後，聯合國相關跨政府組織推動的相關計畫，不論以消弭貧窮、生物多樣性保育、環境永續、面對氣候變遷韌性等面向，莫不開始重視「生態系服務」。以聯合國環境規劃署開始提出的《生物多樣性及生態系服務經濟》為首，對長期以來被人們所忽略的大自然貢獻，導入市場經濟的計價方式，開始在經濟市場上被納入成本及效益計算。生態系服務一般概分為四大類，河溪所提供的生態系服務，包括：

- 供給服務（provisioning services）：植物性及動物性水產、淡水、纖維、製藥等材料、木材、石材...等材料物資供給。
- 調節服務（regulating services）：氣候調節、洪旱調節、貯留及輸運沉積物、環境稀釋清潔等對疾病的調控、碳匯、氮匯、整體生態平衡的調控機制...等環境機制調節。
- 支持服務（supporting services）：森林及洪氾平原的養分來

源、形成濕地而有的諸多功能、對海洋生物的生命週期及營養鹽循環的支持、廣泛地說對現代所有需水產業的支持....等初級或次級生產力運作系統。

- 文化服務 (cultural services)：美學、文化創作、觀光遊憩、環境學習、溪流本身物理特性透過五感提供的療癒功能、所有文明都從河流起...等文化基底。

因此，治理既然會對河溪造成實質改變，所有對自然環境的治理與管理，開始被要求多方融入考量整體生態系服務的維護；對這些生態系服務內容所產生的連帶衝擊，就逐漸會被計入治理的成本與負面效應。

在氣候變遷調適的課題上，對河溪的關注已不僅僅面對洪患議題，同時也包括河溪特質所產生的生態系服務品質，甚至包括其中生態系統運作所形成的溫室氣體收支影響。BBC “Future Planet”2021年三月專欄一篇名為“The rivers that 'breathe' greenhouse gases.”的專文指出：當河溪流動性高、生物組成豐富而使食物網複雜的河溪，水中溶氧量較高，因而當河溪從其流經地景中帶走輸運碳氮元素時，較不會有厭氧細菌使有機物礦化過程中產生的 CO_2 和甲烷及 N_2O 的問題，產生的溫室氣體較少。也就是河水中的生物地化反應 (biogeochemical reactivity) 是否導致對溫室氣體增量的效應，取決於所流經地景狀態 (是否裸露/是否有游離碳氮源)、水中氮化合物的濃度、水中溶氧量 (Matthew Keegan, 2021)。因此，水質改善不只是生態 (ecopocentric) 考量，也是氣候變遷減緩的人本 (anthropocentric) 考量 (廖桂賢, 2021)；而更因此，保護理想「河相」所維繫的河溪物理特性、及透過當中「生物相」所運作的生態過程，都是減緩氣候變遷的解決方案。

三、自然為本解決方案

聯合國環境規劃署發佈於 2021-2030 年推動《生態系統修復十年計劃》。聯合國《生物多樣性公約 Convention on Biological Diversity, CBD》在今年的國際生物多樣性日提出「以自然之道，養萬物之生 Our solutions are in nature」的主題，指出：面對持續發生的複合災難，人們必須建立與自然和諧共生的未來，而方法就在自然之中。國際環境與發展研究所（International Institute for Environment and Development, IIED）也指出，必須以自然為本的解決方案（NbS）來因應氣候變遷，或以生態系為基礎的調適方法（EbA），就是採取保護生態系、永續管理和復育自然的行動，來因應當今社會所面臨的挑戰。在挽救生態系服務免於顯著衰退的努力中，必須展開跨部門合作的革命性變革，促成權益關係人間對資源利用的多方協調，從經濟、社會、政治和技術各層面轉型，才能達成未來十年的目標。

接著 2019 年聯合國巴黎氣候峰會上也聲明：NbS 是全球落實《巴黎氣候協定》的重要組成，是脫碳、減少氣候變化風險和建立氣候韌性社會的重要補充機制。NbS 重視人與自然和諧共生，具有經濟高效、長久可持續的特點，是全面、以人為本應對氣候變化的有效方式。

參照 IUCN（2020）的 NbS 框架及實踐原則，審視水土保持局的機關任務中，建議在治理介入評估階段，發展「基於生態系的調適（Ecosystem-based Adaption）」「基於生態系的減緩（Ecosystem-based Mitigation）」，在方法上發展「基於生態的防減災（Ecosystem-based Disaster Risk Reduction）的技術（IUCN, 2020）。納入河溪中自然的環境原本的消能容洪機制作為治理手段，是當中採去的做法，但也需要相關技術文件的同步轉型。「基於生態系的防減災（Eco-DRR）」+「生態復育（Ecological Restoration）」，

很切合大溪溪構造物優化欲促進防災和生態系服務雙贏的投入作法。



圖 1-6 IUCN 自然為本的解決方案 發展概念圖。

第三節 河相學在治理的應用

河相學（fluvial geomorphology，又譯為河流地形學）為地理學之分支，係基於自然營力，描述河川不同尺度的形貌生成與變動機制的一門學問。營力部分包含了自然營力，如水文、地質、植生作用等；以及人為營力，如土地利用、工程建設、人為管理等。河相學的理論不僅能用以解釋營力作用如何型塑出河川現今的樣貌，也能依據河川特性與沖淤行為的分析，推測未來的可能變化。

河溪是一個能量系統，有其消能與自我平衡的機制。正如同醫者需明白人體健康的狀態，河溪治理者也需了解河溪自然的面貌，以及在不同營力作用下河川會朝何種方向演變。

治理工程主要以橫向、縱向構造物保護沿河土地與民眾之安

全。然而治理工程若不符合河相原則，亦可能使得河川無法透過其原有之潭、瀨等地形特徵，發揮自行穩定的功能。應用河相學可以指認河川消能所需的廊道空間，並善用各種自然消能機制，協助工程人員以最少量的工程介入與維護成本，達成維護河防安全的目標。

在生態復育方面，河相學的應用可謂不可或缺。例如歐盟水綱領即要求會員國應用河相學訂定理想河相，指認現況與理想河相之間的差距，以決定物理棲地方面的生態復育策略。各國成功的河川復育及環境營造案例（如德國伊薩河、新加坡加冷河、瑞士艾爾河、日本多摩川等），大多納入河相學專業，系統性地恢復健康河相。

水土保持局對於運用河溪營力的治理轉型，近三年在技術研究小組的導讀推廣，也多所著墨。到入的相關概念包括：『河川本身不斷在改變，需融入橫向構造物及河道整備的基本概念。』『從生態角度改善棲地，需考慮魚類生活史中所需改善的地形、流況、河床質。』『放棄標準斷面的設計改用拓寬河床，容許自然營力接續營造棲地。』『設定寬身比例時，應重適河床基質的穩定。』『確保充足的河床寬，才能利用河川自然作用形成多樣化景觀。』『護岸基礎保護的設計，應不妨礙深潭的生成與維持』『盡量保持原河道深槽線的蜿蜒，避免改變原凹凸岸線型。』『容許單側拓寬時，以拓寬凸岸、保留凹岸濱溪植群為優先。』...等。雖非所有原則都適用於各情境，但逐漸選擇適合的案例開始改變治理方式，並對照不同典型案例做法的追蹤監測，將有助於治理模式的滾動精進。

第四節 設計思考的規劃模式

不論是《自然為本的解決方案（NbS）》，或是《生態系統修復

十年計畫》，都牽涉到使用生態系服務惠益的多元權益關係人。而這些權益關係中，往往也有因環境經營方式、資源利用方式而相衝突的惠益型態，因此聯合國相關跨政府平台進一步倡議《環境多重價值決策模式（Multiple Value Decision）》。

借用這概念，大溪溪治理過程中的衝突，透過歷年共學平台，及生態檢核工作，開始實踐對該決策模式中「承認機構作用」、「使各種價值可見化」、「解決權利關係」等各取徑目標，再本計畫擬透過設計思考的規劃模式，進一步將大溪溪的多重價值整合修復，推動到「解決衝突」的目標。

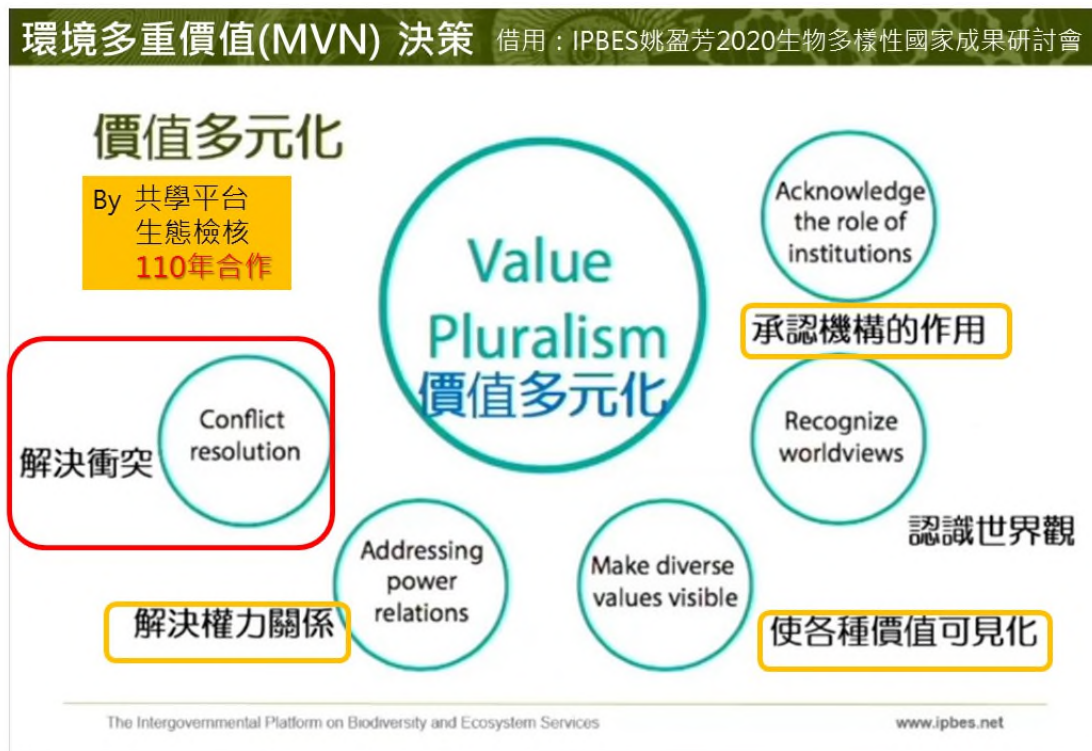


圖 1-7 「環境多重價值決策模式」實踐價值多元化的取徑。

資料來源：姚盈芳，2020。

「EDIPT」設計思考為本的規劃模式，是一個以人為本的解決問題方法論，為人類學融入規劃的方法，近年廣泛應用於物件設計及流程設計。包含 5 個主要步驟：同理（Emphathize）→定義（Define）→發想（Ideate）→原型（Prototype）→測試（Test），

透過這 5 個步驟的反覆測試與反饋調修，設計出更貼近需求的產品。

「EDIPT」應用於本計畫，因現況條件將概念簡化，著重在生態系統修復目標中複雜的多元權益關係人所關注的不同價值，如何透過現行水保治理規範中能接受的條件，建立「生態系服務需求盤點（Emphasize）—河相指標建立（Define）—治理規劃設計（Prototype）」的經驗模式。

大溪溪具高度生態敏感性、橫向構造物現況已造成價值衝突，並已產生實質環境議題及輿論壓力，社區又有意願參與後續生態系服務及河相監測。因此擇定大溪溪導入新的規劃模式，在既有治理決策外，加入長期觀測資料及學術專業共同參與，議訂生態系服務修復的目標，並透過溪流功率、流速、水深、溢淹範圍等水理演算分析，進行安全檢驗，提出符合治理需求並能優化生態系服務的規劃設計方向。

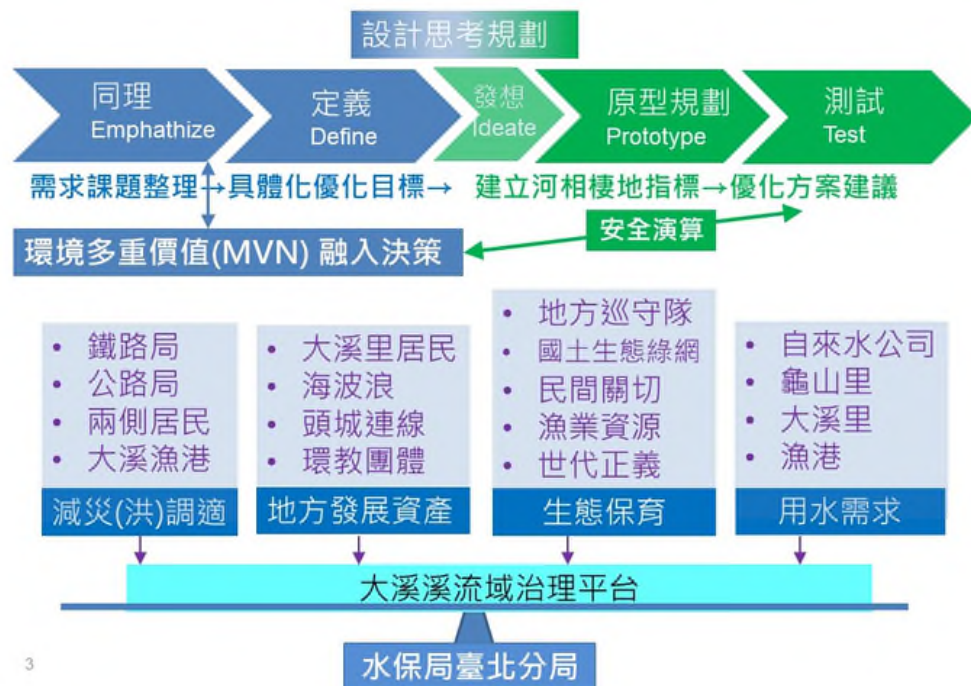


圖 1-8 導入「設計思考規劃」及「環境多重價值融入決策」邏輯模式。

第二章 工作執行方法與步驟

本計畫工作的最主要任務，在於在大溪溪議題衝突歷經四年的跨域共學之後，在公私協力過程中，協助在兼顧多元需求的決策過程中，以地方河溪情報為本，引入學界的專業，合作提供可行的方案，達成公私協力中關切團體能扮演的角色。

可能的執行步驟原訂為：歷史資料蒐集、現況課題盤點、擬定優化目標、優化方案建議及安全評估、凝聚優化共識。優化方案取得共識後，仍須由水土保持局臺北分局決定實際優化期程及執行與否。而在凝聚優化共識期間，也將同步辦理地方培力，提升社區對大溪溪的瞭解，並尋求周邊居民及關切人士長期觀測的可能行動。

但實際推動的這一年，不僅遇到新冠肺炎疫情的衝擊，對集會和各項工作的推動，都造成延宕及影響；也瞭解到原有執行節奏，仍必須尊重臺北分局的決策步調為優先；並在地方的溝通會議上，形成角色及承諾的混淆。因此與臺北分局分工協調，共識會議的召開，皆由臺北分局《生態檢核執行及民眾參與推動計畫》委託團隊執行。本團隊則在期中提出全面優化方案已能符合治理需求後，進一步協助兩項局部優化條件的水理分析，以協助臺北分局有未來進一步決策的依據。

各項工作執行方法，經重新分工和因應延宕的調整後，說明如下各節。

第一節 歷史資料盤點

從歷史圖資能輔助瞭解歷史河道之變遷、穩定性、大規模崩塌狀況，重新調整治理目標的錨點，並再次盤點需要被兼顧保全的環境功能。同時透過非政府資料的記錄動機，也可看出當事人對大溪溪的價值觀點或情感聯繫處。。

資料蒐集的面向包括：

一、政府圖資

1. 地貌：官方地質地形圖、農林航空測量所航拍...等。除瞭解集水區特性、河道變遷狀態；尤以近年資料為重點，尋找是否有災害跡象、治理影響的線索。
2. 氣象水文：雨量資料、水文資料。唯集水區內的氣象觀測僅有出海口的大溪國小測站歷時較久，2018 年 2 月集水區上游桃源谷測站啟用，而兩期治理採用的依據是頭城測站。另，集水區內無水文測站。
3. 引用水土保持局臺北分局（2016）《北部重要集水區野溪水理輸砂模式建立計畫》大溪溪之地文及氣象資料。

二、治理工程資料及相關追蹤記錄

包括水土保持局臺北分局兩期治理之施作內容、前後之測量資料、現勘資料、生態友善措施追蹤結果等。以協助本計畫在有限時間及資源下取得相關測量資訊及生態資訊

三、常民記錄：

包括水域活動的影像文字、在地居民生活記憶、災害記憶等。

第二節 現況課題整理及補充調查

透過前述歷史資料蒐集，確認：安全、環境生態、居民溪流關係、及其他層面課題，指出現況條件下可優化的方向。部分課題有基本需達標門檻，將列後續優化方案的基準。

一、整理現有課題，供評估改善目標參考

包括：溪流物理環境現況、生物分佈或利用現況、旱季伏流狀況、雨季水位狀況等，指認環境功能退化情形。並瞭解包括治理區域以上之自來水公司取水，及大溪舊橋下大溪漁港和龜山里等聯合取水井的設施取水量。

二、進行補充調查以反饋前期優化測試及評估所需

包括：經歷相當規模洪水後的水域動物分佈調查（調查結果提報本局生態檢核資料庫）、對比理想溪段和退化溪段的底質條件（粒徑）、下游演替初期及中後期的濱溪植物相，作為未來環境恢復的指標資訊。治理段的粒徑及剖面變化，則引用臺北分局委託《臺北分局轄區 110 年度生態檢核執行及民眾參與推動計畫》在兩年間的追蹤資料。



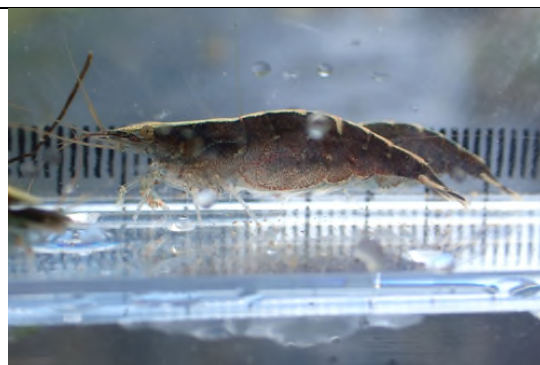
水域動物分佈調查，以浮潛觀察法為主，亦能瞭解棲地利用行為。



水域動物分佈調查，以踢擊網捕法補充隱匿石縫草叢種。



水域動物分佈調查，以蝦籠誘捕法補充隱匿或夜行種，



水域動物分佈調查，皆拍照記錄輔助鑑定。

但折損率較高不宜常用	
	
理想溪段及退化溪段的河床質調查	治理段及自然溪段的濱溪植被調查

圖 2-1 本年度進行之補充調查方法。

第三節 擬定優化目標

綜合大溪溪現有 7 道固床工及寬平河槽已達防洪目標的現況，及欲改善的問題，如：地表水下滲伏流化、生物棲地單調化、疏砂功能退化等，及其他透過第二節盤點出的課題，擬定大溪溪優化目標。

一、依據歷史資料及環境資料，評估理想河相，描述優化區段上欲達到的理想河相。

自然河溪的河相單元（潭、瀨、砂洲等）會順應自然營力而達成最佳之消能狀態（沿程均勻消能），這些河相單元又構成多樣的棲地。優化設計之首要目標，為在確保安全無虞前提下，減少既有構造物對河相的干擾，使河相單元在合適的位置生成，即恢復理想河相。理想河相可參考歷史照片、圖資設定。

二、依據現況及課題盤點結果，從指標生物棲地的角度、及居民或其他價值需求角度，說明前述理想河相包括應有之棲地形態分布。

依據近年調查之水棲動物相，以主要物種分群，指認牠們在已知利用行為中，所需求河道中的棲息環境特徵。由於此方面在國內並沒有針對物種的完整描述，將參考團隊於大溪溪及鄰近頭城北側子集水區之觀察，並訪談熟悉此區域之專家來指認。指認之目標為找出應在河段中存在的「棲地類型及其組合」，搭配前述河相學角度，還原其分佈的位置，提供作為健全生態導向的棲地復育目標。歸納概念介於兩類取徑間：

1. J. S. Schwartz (2016) 從文獻整理之美國中西部中尺度棲地特徵所提供之溪流魚類利用【圖 2-2】，在本計畫條件下以專家訪談搭配有限文獻整理。

Table 2. Geomorphological and hydraulic characteristics of low-flow mesohabitat units in low-gradient streams of the US Midwest. Classification characteristics adapted from [79]; and example ecological traits/strategies based on species occupancy [32].

Formative Geomorphic Process: Erosion			
Mesohabitat Unit	Geomorphic Characteristics	Hydraulic/Flow Depth Characteristics	Ecological Trait/Strategies
Pool Front	Entrance slope to a pool; downward-directed bed slope oriented with flow.	Flow acceleration, and strong outward velocities in meanders; relatively high turbulence [147,154,159]. Moderately deep (0.25–0.35 m).	Feeding by insectivores
Pool Mid	Topographic low along streambed; level bed.	Transition from flow acceleration to deceleration flow, and strong secondary circulation; submergence of high-velocity core; moderate turbulence [136,147,150,154,159]. Deep (0.4–1.2 m).	Feeding by piscivores and topminnows. Broadcast spawners.
Pool Rear	Exit slope to a pool; upward-directed bed slope oriented with flow.	Flow deceleration, and diminishing secondary circulation; relatively low turbulence [147,154,159]. Moderately deep (0.25 m).	Gravel nesting spawners.
Local Scour Pool	Small area of topographic low in bed; length smaller than channel width.	Local flow acceleration due to deflection and constriction of flow field [63,261,263–265]. Moderately deep (0.3 m).	Feeding by omnivores.
Formative Geomorphic Process: Deposition			
Mesohabitat Unit	Geomorphic Characteristics	Hydraulic/Flow Depth Characteristics	Ecological Trait/Strategies
Glide	Intermediate bed topographic elevation; level and uniform bed.	Uniform downstream velocity vectors; minimal secondary circulation [63,212,246,251]. Moderately Shallow (0.25 m).	Feeding by omnivores, herbivores. Spawning by nest builders, other
Riffle without Raceway	Topographic intermediate to high along streambed; lateral bed morphology diversity.	Downstream velocities accelerate from increasing bed slope, weak surface-divergent secondary circulation; relatively moderate turbulence [63,136,150]. Moderately shallow (0.20 m).	Feeding by generalist and benthic insectivores.
Riffle with Raceway	Topographic high along streambed; sinuous flow path through alluvium during low flow; diverse bed morphology with small depressions.	Downstream velocities accelerate from increasing bed slope, weak surface-divergent secondary circulation relatively moderate turbulence [63,136,147]. Very shallow with deep “pockets” (0.1–0.3 m).	Feeding by omnivores and herbivore. Spawners by egg adherence to gravel; darter resting
Submerged Bar	Lateral topographic high adjacent to pool, and extending into riffle structure.	Low velocities due to shoaling and lateral deflection of flow by the point bar; flow separation adjacent to or in lee of the point bar [136,147,149]. Shallow (0.15 m).	Evasion from predation by cyprinid young-of-the-year
Lateral Area in Lee of an Obstruction	Intermediate topographic elevation laterally positioned behind instream or bank structural element; area in lee of obstruction.	Separated, stagnant water or recirculating flow in lee of obstacle [251,261,263]. Shallow (0.15 m).	Evasion—escape from predators; resting; spawners by egg adherence to vegetation

圖 2-2 美國中西部中尺度棲地特徵所提供之溪流魚類利用案例。

資料來源：J. S. Schwartz (2016)

2. 日本國土交通省（2000）河川整備中心「河川情報圖」之生態部分【圖 2-3】，在本計畫應用 2019 年起本團隊參與頭城北側子集水區之觀察（水土保持局臺北分局 2018），並從物種角度佐以相近條件之其他流域觀察記錄（人禾環境倫理發展基金會 2020）。

表 12 探討環境類別及生物的關連性（範例：水域）

環境	區分	注意的種	利用狀況
海、淡水水域	水域	夏鳧 鱸 鰱 鰻 白足鯊 土蜆 沙蠶 磯小蟲	- 在本區域鱸、鰱、鰻等海水魚、淡水魚在其生活史的一部分會利用海、淡水區域。此外，也會出現諸如白足鯊(彈塗)之類整年生息於海、淡水區域的魚類。 - 湧海、淡水區域的沙礫底或泥沙底中，會有土蜆、沙蠶之類底生動物採食浮游懸濁物質及泥沙中的有機物。河口區域的石頭底下則生息了磯小蟲之類動物。 - 夏鳧利用為覓食及休息場所。
	乾灘	蒼鷺 中杓鷗 川山椒貝 石捲貝 沙蠶 橫沙鉗 倭梭蟹 叩頭蟹 葦濱蟹	- 乾灘區域各因底質的不同而會有不同動物生息。泥底為川山椒貝、葦濱蟹、倭梭蟹等；沙質為叩頭蟹，而泥質及沙質中間地帶則生息橫沙鉗。 - 石捲貝喜愛礫質河床，不僅在海、淡水區域，也會生息到上游，不過稚貝僅會出現於海、淡水區域。沙蠶則生息於沙礫底到泥沙底的廣大範圍區內。 - 蒼鷺及中杓鷗會飛來利用為捕食這些底生動物的覓食場所。
淡水水域	淺灘	香魚 光頭鰻虎魚 條紋擬鯊 螢火蟲	- 礫石較多的淺灘中，會有香魚、光頭鰻虎魚(彈塗)、條紋擬鯊(彈塗)生息於石頭底下及其周邊，採食附著的藻類。這些魚在孵化後立刻下游海中，渡過稚魚期後，再溯游回到河川當中。 - 水邊水流比較穩定的泥沙底會生息螢火蟲。
	水淵	鯉 鑷柄魚 河鮭 B 型 坡蜆 蜉蝣	- 本區係屬鯉魚、河鮭 B 型(丁斑鬥魚)、鑷柄魚的稚魚成長場所。這些魚類屬於採食附著藻類及底生動物等的雜食性魚類。 - 坡蜆(蜆蜆)、蜉蝣之類水生昆蟲的幼蟲會生息於本區域。
	灣池	銀鯽魚 沼蝦 白谷川蜉蝣 鱒	- 泥底的灣池，會生息銀鯽魚，在水草茂盛的區域進行繁殖。 - 鱒魚利用水草為產卵床群居生息。 - 岸邊植物的根部，沼蝦做為生息場所。這種沼蝦孵化後會立刻下游海域，安度幼齡期後，成為稚蝦時再溯游回到河川。 - 水流穩定的河岸石頭底下，會生息白谷川蜉蝣的幼蟲。
	水邊植生	鶴蘆 鱒 土附魚 川蜷 沼蝦 鱧蜆	- 鶴蘆類的草本類及楊柳類木本成長的場所，適於魚類生息、繁殖，鱒魚及土附魚利用為稚魚、幼魚的生息場所。 - 本區除了沼蝦、川蜷生息之外，也是鱧蜆(蜆蜆)幼蟲的生息場所。

圖 2-3 日本河川環境情報圖中棲地與生物關聯之蒐集案例。

資料來源：日本河川整備中心（2000）

第四節 優化方案建議及安全評估

因治理段以上沿岸為幾無開發、坡地地質穩定、保護良好的水質水量保護區，故採用與分局在 2016 年治理期間的水理分析一樣的定床模擬水深；另針對安全考量，增加單位河流功率的模擬，可視為模擬清水流情境，即考量最大水流衝擊力量情境下，河床沖淤變化潛勢。且依據治理時研析及現地觀察現況，皆顯示治理段在需要擔心水位壅高的道路設施段，主要為淤積潛勢，因此優化方案若能改善現況固床工淤積墊高河床的狀況，將比現況減輕水位壅高的威脅。

本計畫使用 HEC-RAS 6.0 二維水理模式，委請中興工程美學部楊佳寧博士團隊，建立大溪溪優化溪段模型，先了解現況水理特性，再提出整治溪段及各構造物優化原則，包括平面及縱橫斷面配置，供分局後續施作實質工程之前置基礎。透過經驗公式及水理模型，可檢驗優化規劃建議在防洪上之安全性，如水深流速分佈、溪流功率分析，使優化方案能兼顧安全與保育。

HEC-RAS 6.0 版水理模式由美國陸軍工兵團水文工程中心（Hydrologic Engineering Center, HEC）在 2020 年 12 月發表，為免費之公開軟體。HEC-RAS 自 5.0 版增加了二維模擬的功能，於 6.0 版新增修改地形模型的工具，對於人工構造物如堤防、橋墩等的佈設更為方便且精準。新版本並加強了 GIS 的處理功能，使用者可於 RAS-Mapper 的視窗中編輯一維的河道與斷面位置，以及二維的水理模擬範圍、曼寧 n 值等圖層，提升了建模的操作性能。本計畫使用 HEC-RAS 6.0，搭配影像建模軟體 Agisoft Metashape，以及地理資訊系統軟體 ArcGIS 10.7 之地文因子處理功能與視覺化呈現，整體操作流程如【圖 2-4】，各步驟說明如下。

一、建構地形模型

研究河段地形使用 2020 年 8 月低水位之無人機空拍影像，匯入影像建模軟體 Agisoft Metashape，製作成高解析度（2 公分網格）的數值地表模型【圖 2-5】與正射影像【圖 2-6】。

二、設定二維模擬範圍

二維模擬區域上端自河口起算約 600 m，下端至大溪溪河口，兩岸則包含河谷兩側可能溢淹之區域。水理計算單元可使用 1 m 之網格大小。

三、加入構造物調整地形模型

空拍影像因角度限制，無法呈現橋梁下地形，故須以加設剖線方式去除橋梁高程【圖 2-7】，橋梁下地形則使用橋梁上游端與下游端之橫剖線內插而得，另視需求使用地形修改工具設置橋墩。此外，橫向構造物及護岸之邊緣或高度變化處可加上特徵線（break lines），強迫網格沿著特徵線生成【圖 2-8】。

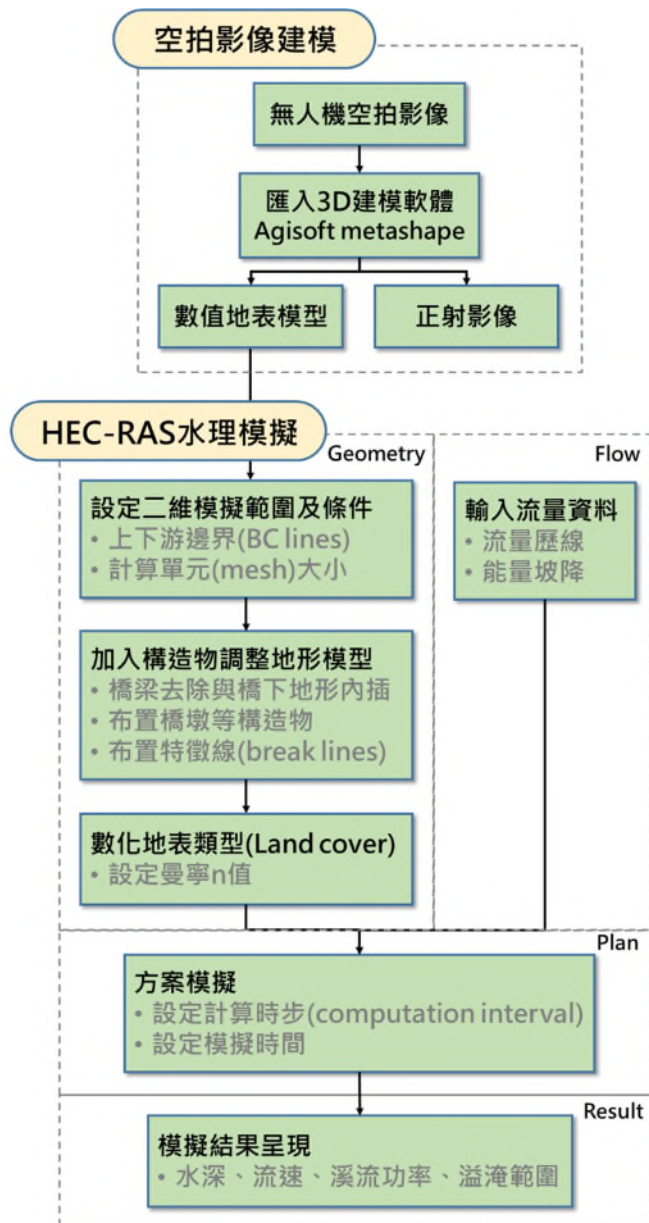


圖 2-4 水理模擬操作流程圖。

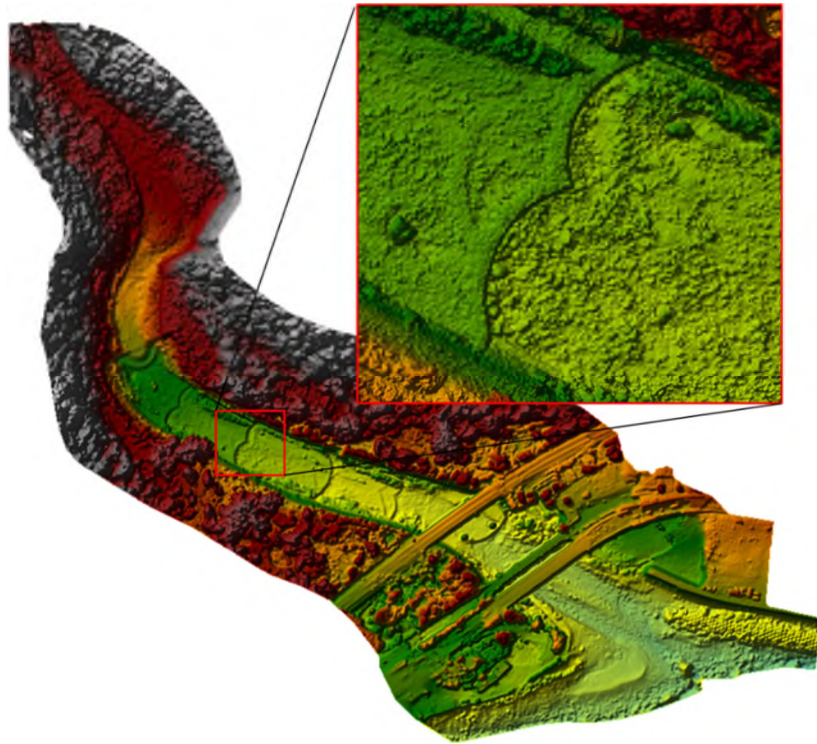


圖 2-5 無人機空拍產製研究區地表數值模型。



圖 2-6 無人機空拍產製研究區正射影像。

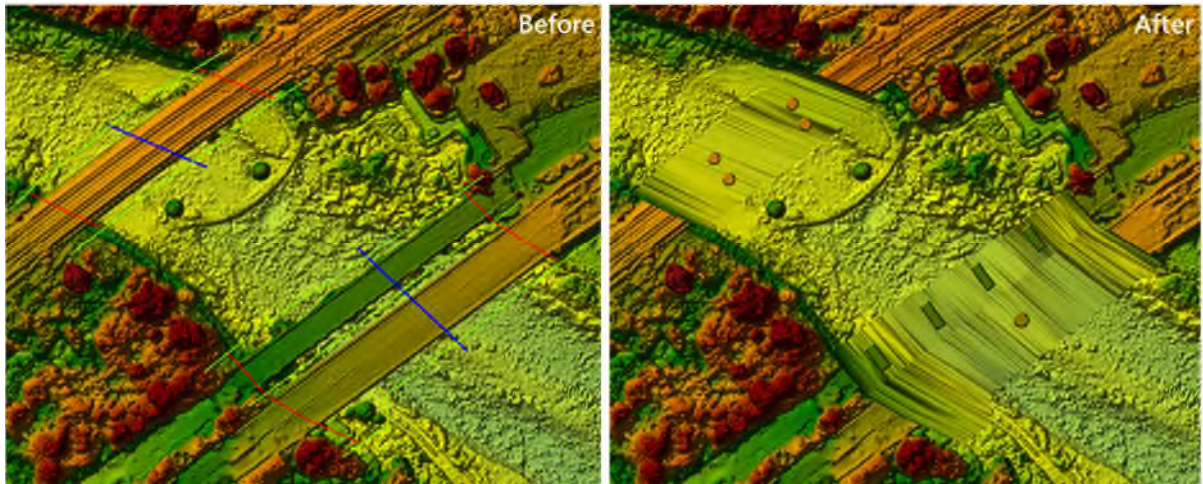


圖 2-7 橋下地形內插與橋墩布置之前後對照。

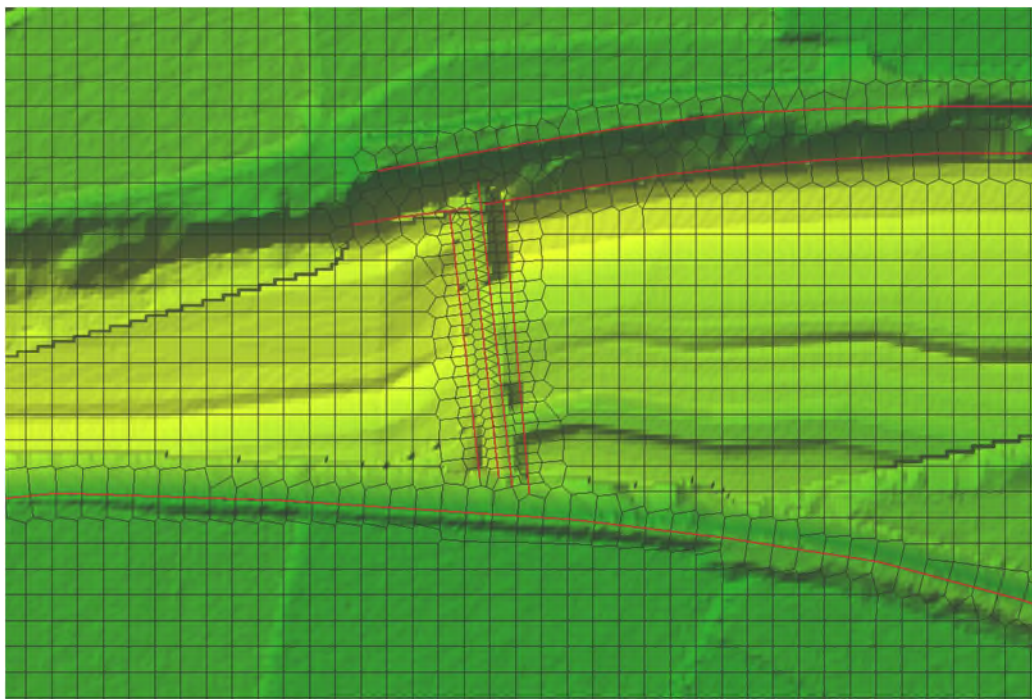


圖 2-8 橫向構造物附近之網格與特徵線（紅線）設定。

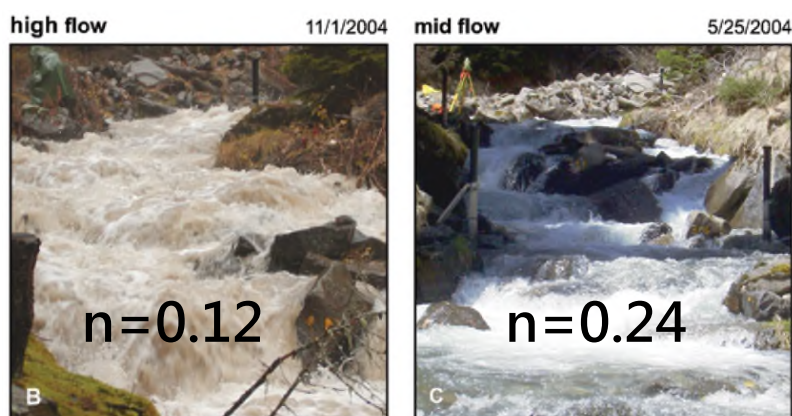
四、設定曼寧n值

曼寧 n 值的概念包含一切能量損失，其定義直接來自曼寧公式。二維 HEC-RAS 容許以多邊形來設定區域內網格之粗糙度，這對模擬河道內能量狀態十分重要。

地勢條件相仿的日本，國土交通省建議在沒有谷壁限縮的河

川，岩盤底質以 $n=0.035-0.050$ 計，60cm-40cm 塊石以 $n=0.037$ 計（日本國土交通省，2016）。2016 年臺北分局委託以 CCHE-2D 進行之水理演算（水土保持局臺北分局，2016），曼寧 n 值全段以均一的 $n=0.029$ 進行治理前後的水理分析。研判因推求 n 值的粒徑調查樣區選擇於二期剛完工後的左側灘地，在該段整地完成到採樣日期（2016/6/24）的三個月間（2016 年 4-6 月），頭城累積雨量 447mm，只有一天雨量 $>50\text{mm}$ ，粒徑尚受工程結果影響，僅代表治理後短期間的狀況。該次調查的平均粒徑 44.09mm，特徵粒徑 $D_{50}=33.04\text{mm}$ 、 $D_{90}=197.19\text{mm}$ 。因此本計畫重新依據底質條件，指定不同流段的 n 值，以求較接近實況的推估。

紊流、漩渦等局部能量損失為三維現象，在 HEC-RAS 中需以摩擦的方式表現，因此對於攔河堰、固床工等構造物下游處，都特別設定曼寧 n 值。橋梁處考量橋台及橋墩束縮與摩擦，設 $0.06 \sim 0.08$ 。



資料來源：Yochem et al. 2014

圖 2-9 美國農業部出版之曼寧 n 值照片指南圖例。

落差工的 n 值設定，係參考美國農業部出版之「高坡降河道水流阻力係數選擇照片指南」（Yochem et al. 2014），該指南提供一系列山區階潭河道於平時及洪水時之像片，與其相對應之實測 n 值，可彌補傳統查表或經驗式難以提供的落差處 n 值設定【圖

2-9】。

以 Q50 而言，改善前的 n 值設定如【圖 2-10】。

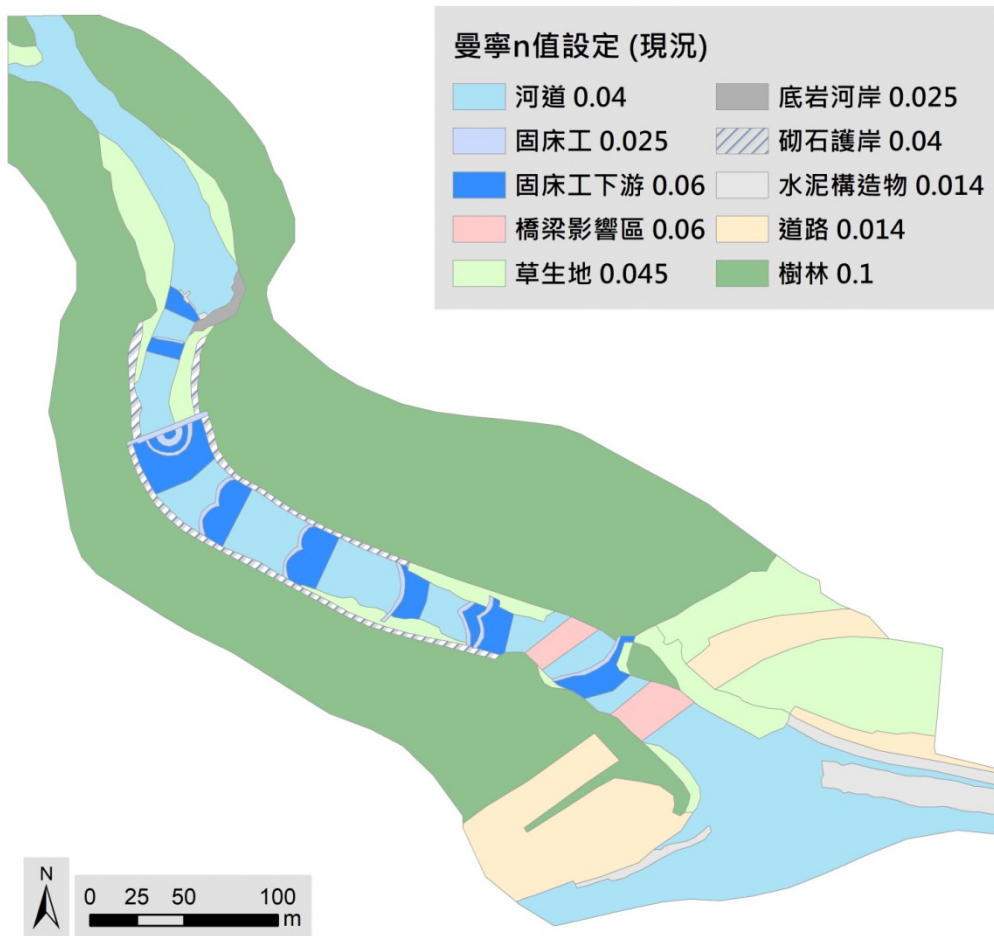


圖 2-10 HEC-RAS 模型中現況 Q50 的曼寧 n 值設定

五、輸入流量資料與模擬條件

洪水事件暫採用前期計畫分析成果（行政院農業委員會水土保持局臺北分局，2016），即以頭城雨量站 50 年重現期距一日最大暴雨量 623 mm 為設計條件，經修正三角形單位歷線法估算流量，Q50 入流之尖峰流量為 314.05 cms。洪水事件採變量流，上游邊界輸入流量歷線，下游邊界為 50 年重現期距設計潮位 1.724 m。計算時步（time step）在 1m 網格時採 1 秒。能量坡降設定模擬河段之河床平均坡降 0.028。

六、模擬結果呈現

二維 HEC-RAS 的模擬結果可以產製水深、流速、溪流功率等圖層，可用於比較改善前後的差異，評估改善方案的成效。

第五節 協助優化共識

優化將以降低至適合溪幅的壩體高度為原則，兼顧：治理安全、生態需求、居民關切課題三方面。包括：通洪斷面、河岸穩定、通過河道之交通設施安全不受侵蝕影響、消能機制、原生物種所需之縱向廊道連續度、合理坡降、橫向的棲地梯度、親水性、景觀自然度等。

擬定優化目標的過程分別從治理主管機關、地方社區、關切團體以需求訪談或焦點座談瞭解蒐集。優化方案提出後，原擬邀集治理主管機關、地方社區、關切團體、及相關學者專家，聯合召開一次焦點團體座談，以匯聚對最終建議優化方案的貢獻、理解、及共識。但本年度計畫開始後出現兩重大變數：一方面新冠肺炎疫情升溫限制了人與在現場的連結，二方面（最主要的原因）臺北分局亦積極將大溪溪的後續優化，列入《臺北分局轄區 110 年度生態檢核執行及民眾參與推動計畫》工程優化設計與生態監測工作的執行對象。未避免重複召集會議造成的溝通誤解，並尊重分局實質優化的進度推動和話語權，本計畫將原有焦點團體座談取消，配合分局的專家會議及平台會議，提供本案階段成果資料。並在第一方案未與臺北分局有共識的情況下，就需求條件於本計畫協助調修地形模型，並進行相關模擬，供分局瞭解不同方案間的差異。期末總計增加提出三個方案的模擬及差異分析。

第六節 地方培力及未來治理建議

一、培力地方知能

進行 2 場河相及生態相關之增能培力，增進地方人士對大溪溪生態及河相的瞭解，未來若有實際優化工程，能以之作為長期關切的基礎，促進社區觀察記錄能對接對優化成效的反饋，並協助社區開始發展溪流資源為本的地方產業可能。

目前大溪溪已經是宜蘭地區除了武荖坑溪之外，最常被利用來執行水域生態環境教育的基地，也多次被運用為河相學的踏查教材。但這些活動的辦理，大溪社區發展協會的參與仍有限。社區雖然有封溪護魚的巡守，但熟悉的主要仍是以湯鯉、苦花、鱸鰻、毛蟹等為主，對於大溪溪數量最多、物種多樣性極高的底棲鰕虎，仍是相當陌生。2019 年封溪護魚正式公告，固床工優化有較多討論後，社區開始接觸較多的調查資訊，表達進一步深化瞭解的意願，這是發展環境為本地方產業的機會，也是發展 NbS 的社區基底。而增加居民對河相及生態的基本認識，能結合現地的生活經驗，對長期觀察有較深入較全面的見解，將有機會為水土保持局推動流域地方情報提供較紮實的基礎。

二、提供未來優化追蹤及獨流溪治理的建議

計畫成果報告將從：治理規劃納入多元權益關係對象的需求、生態資訊和治理目標間的整合、東北部獨立溪流治理應注意課題等三層面，提供本案例經驗對未來相似溪流治理的建議。

另若至計畫結束前，臺北分局有對進一步優化方案有明確的執行決策，亦將提出後續追蹤監測的建議。

第七節 計畫執行團隊組成分工

計畫執行團隊組成分工及學經歷如下：

1. 計畫主持人 方韻如

- 計畫分工：計畫統籌、權益關係人協調、生態課題盤點、優化目標擬定、社區培力。
- 現任：人禾環境倫理發展基金會保育處研究員、林務局國有林治理工程生態友善機制工作圈委員。
- 學歷：台灣大學森林暨環境資源學系學士、台灣大學森林環境暨資源研究所資源保育組碩士。
- 主要相關經歷：人禾環境倫理發展基金會執行長；臺北市野鳥學會關渡自然公園管理處副處長、環境部主任；臺北縣平溪國小教師兼教導主任；中央研究院動物研究所鳥類研究室助理。

2. 共同主持人/顧問 陳樹群教授

- 計畫分工：計畫方向指導、產出審查顧問。
- 現任：中興大學水土保持學系終身特聘教授、科技部生科司農業環境學門召集人。
- 學歷：中興大學水土保持學系學士、台灣大學土木工程學系碩士、博士。
- 主要相關經歷：中興大學景觀及遊憩學程主任、中興大學水土保持學系系主任、中興大學農業暨自然資源學院副院長及院長、中華民國水土保持學會理事長。

3. 委託專業協作 楊佳寧

- 計畫分工：優化方案建立、水理及安全評估。
- 現任：中興工程顧問公司水利部暨工程美學部工程師。
- 學歷：台灣大學土木工程學系學士、日本東京大學土木工程

碩士、美國加州大學柏克萊分校景觀建築與環境規劃博士。

- 主要相關經歷：美國加州州立理工大學波莫那分校景觀系助理教授、美國 EDAW 國際環境規劃設計公司規劃師、日本 M+M 設計事務所設計師。

4. 委託專業協作 郭鎮維

- 計畫分工：環境課題盤點、數值地形建立。
- 現任：中興工程顧問公司建築工程部工程師。
- 學歷：台灣大學地理環境資源學系學士、台灣大學地理環境資源學研究所碩士、紐西蘭奧克蘭大學環境學院博士。
- 主要相關經歷：中興大學水土保持學系專案助理研究員、中央大學太空及遙測研究中心博士後研究員、師範大學地理學系研究助理、中央研究院環境變遷研究中心研究助理、臺北市立第一女子高級中學地理科代理教師。

5. 計畫兼任助理 林駿宏

- 計畫分工：環境補充調查、社區培力協作。
- 現任：人禾環境倫理發展基金會執行專員。
- 學歷：海洋大學海洋生物學系學士、海洋大學海洋生物研究所碩士。
- 主要相關經歷：海洋生態及保育研究室助理、桃園市永續資源館計畫管理人。

6. 計畫兼任助理 周秀慧

- 計畫角色：計畫行政。
- 現任：人禾環境倫理發展基金會秘書室主任。
- 學歷：台灣大學經濟學系學士、美國華盛頓大學公共行政環境政策組碩士。
- 主要相關經歷：台灣猛禽研究會專案計畫執行，林務局出版台灣鳥類誌電子版編輯。

第八節 計畫執行期程規劃

表 2-1 計畫執行甘特圖

期程 工作內容		110 年											
		二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
計畫調整核定階段													
歷史資料蒐集													
現況課題盤點	社區端需求訪談												
	臺北分局治理端訪談												
	現有設施取水量調查												
	環境補充調查－水域動物在構造物間分佈概況												
	環境補充調查－理想/對照 棲地剖面粒徑												
	環境補充調查－濱溪植被												
	現況課題整理												
擬定優化目標	數值地形重建												
	優化之目標河相描述												
	優化目標棲地及分佈檢核												
優化方案建議 及安全評估	整治溪段及各構造物優化原則												
	檢驗優化規劃建議在防洪上之安全性												
蒐集優化方案 意見	焦點團體座談 （與臺北分局分工，改為個別需求訪談）												
培力地方知能	生態研習及生物調查常態分享												
	提供未來治理建議												
計畫管考點	期初工作計畫書（4/11）												
	期中報告書（7/19）												
	期末報告書（11/15）												
	計畫完成期程（12/31）												

第三章 歷史資料及現況課題盤點

第一節 歷史資料盤點

一、歷史影像資訊及地貌文獻判讀

歷史影像資訊主要協助理想河相詮釋、災害潛勢判讀、及治理後的變遷趨勢。本計畫取得來源包括下列 3 項：

1. 取得農林航空測量所歷史影像：1979-2020 共 12 禎次，一期治理工程之前有 7 禎次。

2. 參考中央研究院人社中心 GIS 專題中心「臺灣百年歷史地圖」歷史圖層：「日治五萬分之一番地地形圖（1907）」、「國土測繪中心拍攝正射影像（2003）」。

3. 參考 2013 年至 2019 年 GOOGLE 衛星影像。

以上 1-3 項圖資顯示大溪溪因束縮於谷壁內，在保有足夠河道寬度的現況下，流路穩定，僅顯示兩側濱溪植被帶有些需擾動、或小規模崩塌事件，治理工程護岸寬度也符合歷史河廊變動空間。因此評估大溪溪現況洪災壓力低。治理上端點以下游，洪水災害潛在壓力點，與巡守隊描述相同。另以【圖 3-1】數化高程說明治理區段內的基本資料。

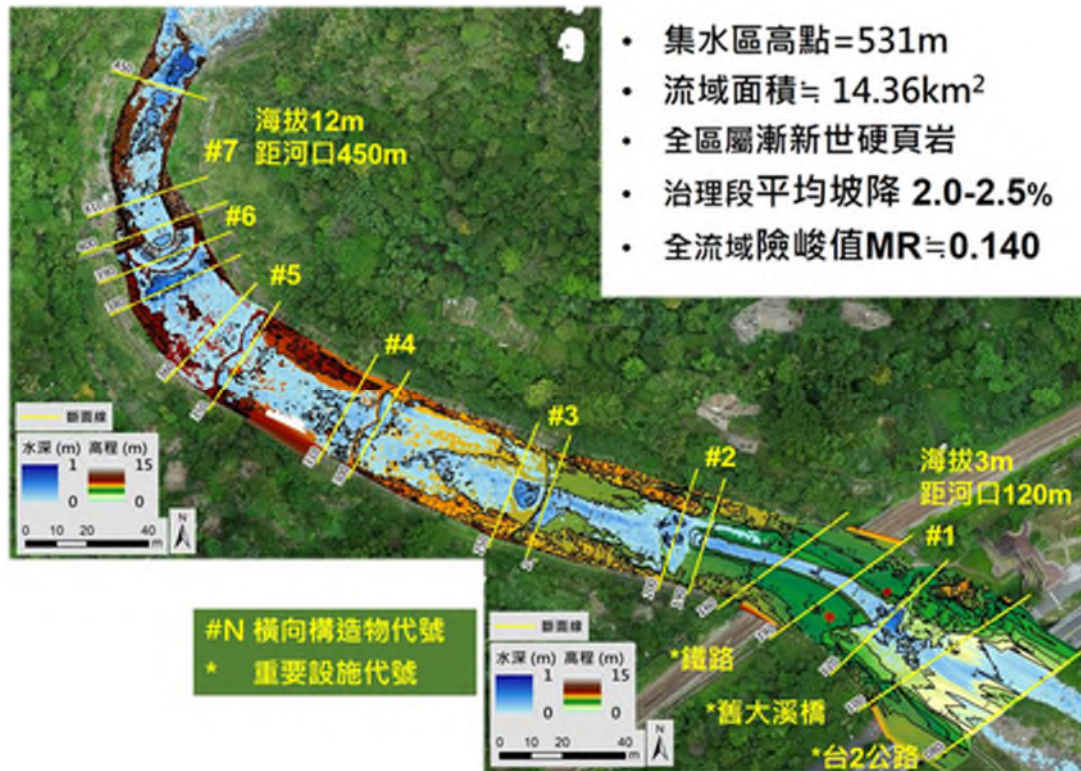


圖 3-1 大溪溪治理段地形環境

二、災害歷史蒐集

災害歷史蒐集主要透過文獻蒐集、國家災害防治相關資料庫查詢、居民口訪，分別說明如下：

(一) 歷史颱風資料文獻

宜蘭大學建築系碩士論文：林瑞祥（2009）颱風災害對地區變遷與發展之研究--以頭城鎮為例，於治理規劃前三年完成，分析洪颶如何影響頭城的發展及變遷，因此已完整蒐集治理前的災害事件。對大溪溪流域的主要影響為：1974 年范迪颱風，雨量達 287.4mm，對位於河谷高地的內大溪聚落（今自來水抬水堰上游）造成交通中斷、房舍傾倒的災情，因此遷村至大溪及合興。

1976 年的畢莉颱風，則毀損已多次受災的龜山島碼頭，形成龜山島最後遷村至大溪溪北岸的主因。龜山島居民主要遷居至原屬大

溪里土地上新建的「仁澤新村」，1990 年行政區切分出「龜山里」，後面討論的用水問題，也與這歷史事件有關。

查詢中央氣象局「歷史颱風資料」，1974 年范迪 WENDY 颱風雨量 287.4mm，爾後有更高單次雨量的颱風包括：1978 年歐拉 ORA 颱風 438.6mm、1998 年瑞伯 ZEB 颱風 452mm、2000 年象神 XANGSANE 颱風 318.1mm、2001 年立克馬 LEKIMA 颱風 375.7mm、2001 年納莉 NARI 颱風 550mm、2008 年辛樂克 SINLAKU 颱風 533mm、2009 年芭瑪 PARMA 颱風 383.8mm、2010 年梅姬 MEGI 颱風 505.1mm、2012 年蘇拉 SAOLA 颱風 503mm、2012 年蘇迪勒 SOUDELOR 颱風 345.3mm。以上各次颱風除 2012 年蘇迪勒颱風後水保局台北分局的勘災資料有一張災害照片【圖 3-2】外，及二期工程溪堤整治竣工的新聞報導中，鎮民代表尤瑞傑提到爭取此案的原因：2013 年颱風後南岸（右岸）溪岸土方沖刷掏空。

除此之外，其他均未找到其他有關大溪溪的災害報導，而在今年本計畫訪談、11/27 地方培力、及分局 10/21 小平台會議、12/3 優化方案會議座談中，出席多位里民表示，除了轉彎側向掏刷的威脅，及 1990 年代曾有水位壅高逼近大溪舊橋樑底，其他未曾有過實質災害，因此無法理解治理規模及做法。這樣的說法，也在 5 月新唐人電台《美麗新台灣 324 集》、及 9 月公共電視台《我們的島 1123 集》採訪巡守隊時被報導，受訪時居民也表達了對前期優化測試的肯定、及持續優化的期待。2020 年出版的《台灣淡水及河口魚蝦圖鑑》，淡水蝦篇現況與展望，特別對照治理前後照片，提及大溪溪歷經整治後斷流現象，且使河道平緩降低棲地多樣性。



臺北分局治理案件資料中，一期工程前勘災照片。
(該雞舍場址現已為護岸內行水區範圍)



宜蘭新聞網報導竣工，訪問治理緣由。當時溪水全伏流化。



宜蘭新聞網報導竣工，訪問治理緣由。當時溪水全伏流化。



宜蘭新聞網報導竣工，訪問治理緣由。當時溪水全伏流化。

圖 3-2 歷史災害追蹤

(二) 災害潛勢評估

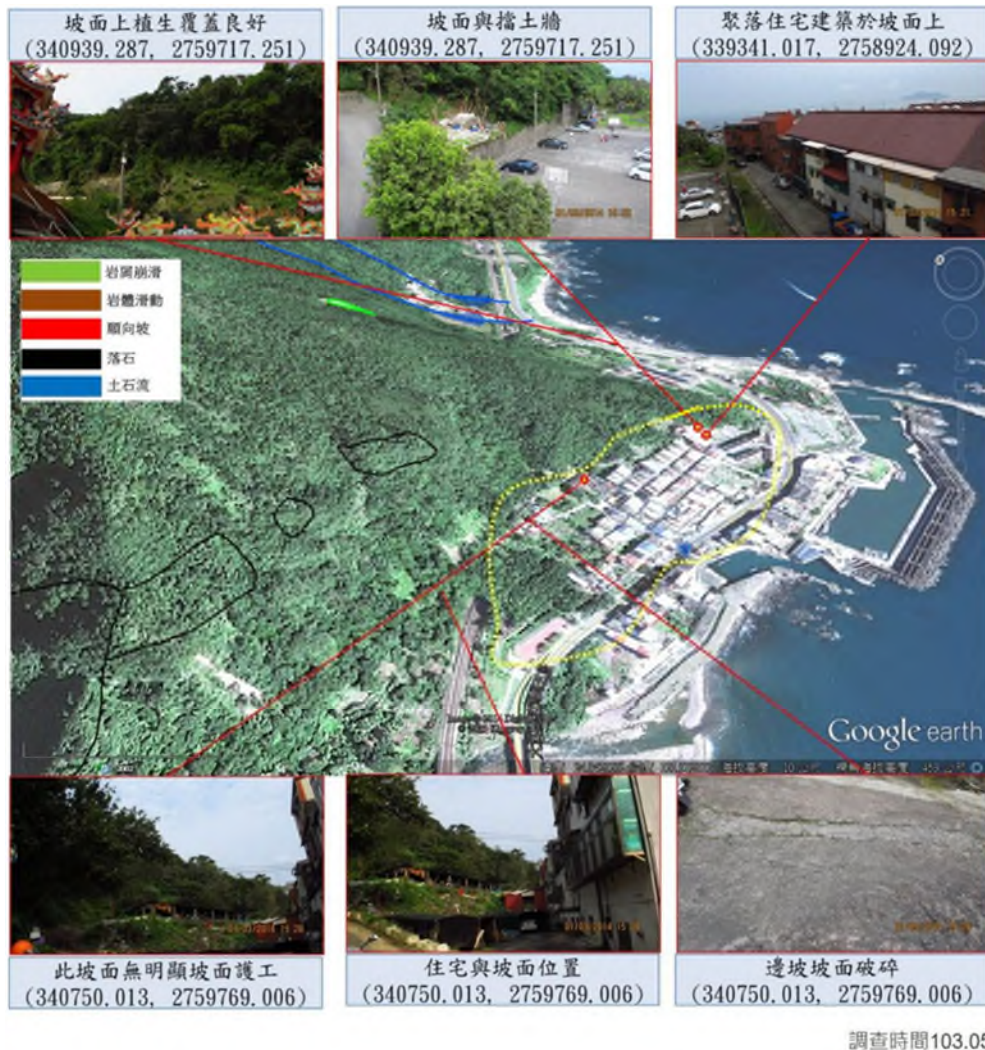


圖 3-3 本區災害潛勢查詢結果（衛星影像下方河口為大溪溪）。圖
3-2 歷史災害追蹤

依據國家災害防救科技中心「災害潛勢地圖網」，本區域的災害潛勢一件，發生在大溪溪北側的龜山里（原屬大溪里）【圖 3-3】。類型包括：「河階台地/ 坡地大於 30 度/ 邊坡地表破裂聚落/ 部分建物緊鄰危險邊坡」等潛在致災項目。與大溪溪無直接關聯。調查時間為 2014 年，迄今本區並無新的顯著地貌變化。亦顯示大溪溪河道周邊沒有被指認的災害潛勢。

另從「集水區險峻值（Melton Ratio, MR）」計算：大溪溪屬於

很少支流的獨立溪流，取集水區高點 531m，流域面積約 14.36km²，MR≐0.140，遠低於一般判釋土石流好發基準值的 0.3。

從地質條件分析，大溪溪流域的地質條件單純，全位於漸新世的大桶山層，由硬頁岩夾薄至厚層砂岩組成，岩盤穩定，即使枯水期亦有節理控制而生成的低水流路。相較於南側長期以來有治理壓力的梗枋溪，崩積量相對小很多。

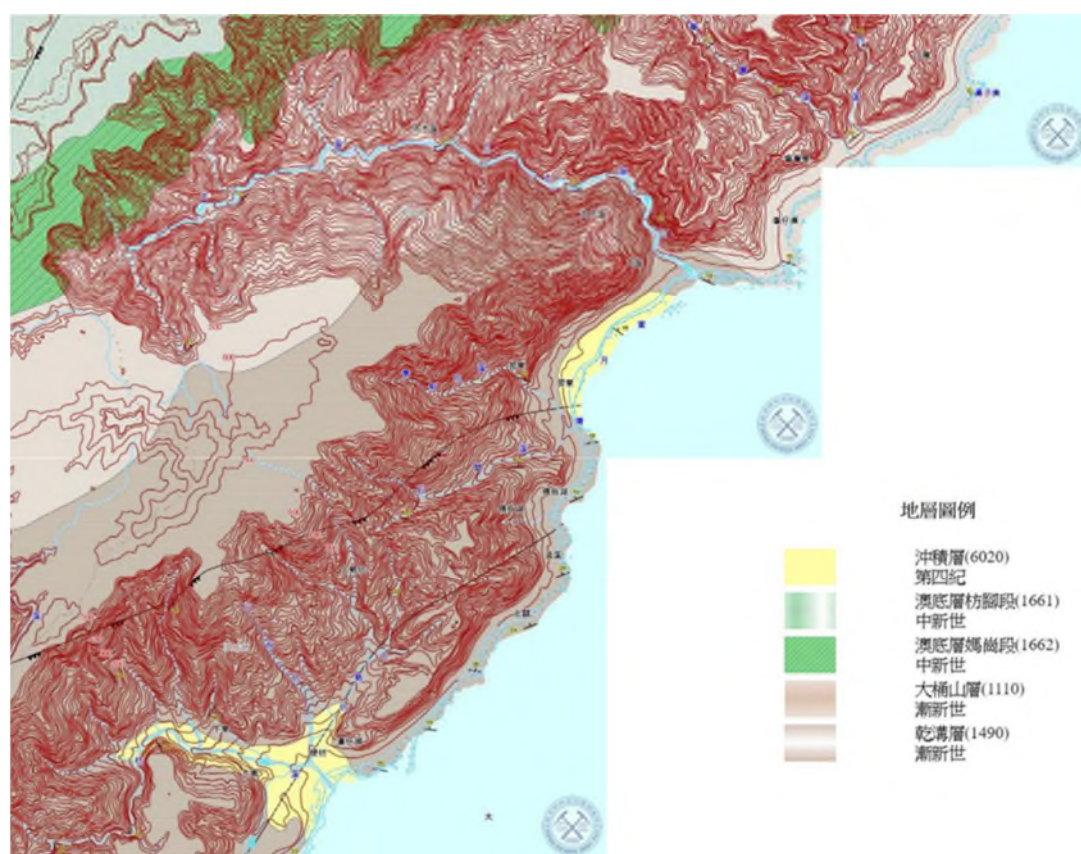


圖 3-4 大溪溪流域的地質圖。

(三) 口訪居民指認過去災害疑慮的壓力點位

現場口訪巡守隊指認過去曾有討論的災害壓力點位一處，即現今固床工#5 附近。因大溪溪在此處流出夾峙的山壁，並形成南向的小轉彎，此點位即成水勢主要攻擊處，有凹岸沖刷的壓力。2005 年水土保持局及縣府曾辦過會勘，建議放置鼎塊保護河岸，後來並未實際處理，至 2013 年水保局大溪溪治理一期工程前，但未有實際設

施的災損報導。而目前均在護岸保護範圍。

另巡守隊指認，約於 2000 年納莉或象神颱風期間，舊大溪橋段水位湧高到一度抵達橋面，所幸雨勢稍緩水位下降而沒有淹過。這經驗呼應了 2016 年治理後委託研究計畫的水理演算結果：『鐵路橋大溪橋舊橋段，在治理前的壓力為淤積潛勢高導致的通洪斷面不足。』

2013-2016 年兩期治理後，原壓力點位前設置扇形固床工/跌水工分散水流，目前流心仍順原流路方向，自完工後持續掏深目前形成 2.6 公尺深潭，深潭邊緣到護岸間有穩定植生帶，顯示水勢攻擊壓力多已藉由深潭消能。



圖 3-5 居民指認治理前的災害心理壓力點位。

(四) 治理前致災潛勢分析

依據臺北分局（2016）以 CCHE-2D 二維水理模式模擬，有下列幾點潛在致災壓力分析，及治理建議：

1. 0+500K~0+400K 山谷夾峙出山段，有水位超高現象，流至 0+400K~0+330K 轉彎流心偏右、因此有溢淹至溪岸農地的潛勢。

需注意邊坡及河床安定性，建議有開口式固床工固定流心，減緩彎道水流偏折。

2. 進入河道直順段 0+320K~0+180K，因受堆積砂洲束縮，及可能受下游橋墩擁水及通洪斷面不足影響，水流集中流速增加並有溢淹風險，建議拓寬河道增設護岸。

3. 0+160K~0+80K 間有三座橋樑形成瓶頸，洪水通過時恐有往兩側台地漫淹風險，建議斷面清疏整理通暢水流。並因局部流速較高，鐵路橋建議可增設固床工維護橋墩基礎安全。

以上分析顯示，大溪溪治理設置橫向構造物的目的，主要在導正轉彎處的流心；底床的沖淤潛勢顯示沒有下方刷深的壓力，而有砂洲淤積束縮斷面的壓力。

而治理後斷面大幅拓寬，兩岸均設有護岸，護岸內範圍至少都有 36m 寬，而以灘地植被來看，豐水期平時的流幅大約都在 20m 寬以內，除了壩體#6#1 下方潭區，幾乎有超過 70cm 水深處。而經演算，即使 Q50 也遠遠不到舊大溪橋樑底高約 6.4m 的水深、及全段都>10m 的溢堤風險，等同已在法規要求的合理防護標準內，有效消除致災壓力。因此對於目前形成生態災害的橫向構造物，確有檢討優化的必要，包括墊高河床、影響縱向高程順暢的問題，以及未依建議設置有導引流心作用的開口式固床工，致水流常態在拓寬的河床上漫流，無法有效發育出洪旱皆宜的橫剖面、及流心能適度集中的流路。

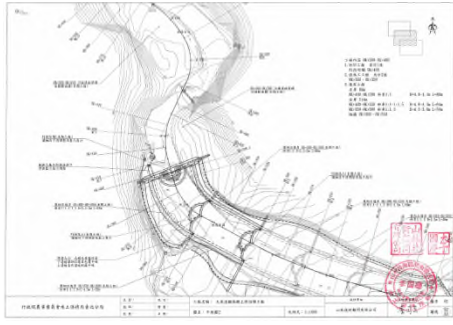
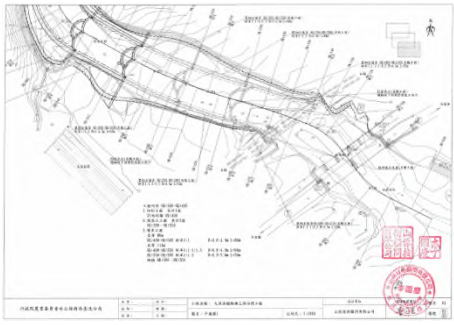
三、治理基本資料

(一) 工程內容

大溪溪除河口以上約 3.5km 的自來水取水抬水堰一座、及早年

已棄置的舊自來水取水口一座以外，主要的橫向構造物都在下游由水土保持局於 2014 年起設置，兩期工程內容如【表 3-1】。

表 3-1 大溪溪鐵路橋上游治理工程一、二期工程內容

案件	大溪溪鐵路橋上游治理工程	大溪溪鐵路橋上游治理二期工程
TWD97	X：340205 Y：2759678	X：340225 Y：2759689
工程內容	開工日期：103 年 6 月 3 日	開工日期：104 年 7 月 3 日
	完工日期：104 年 3 月 4 日	完工日期：105 年 4 月 21 日
	工程經費：12,000,000	工程經費：25,000,000
	工程內容： 跌水工 1 座 固床工 2 座 一階混凝土砌石護岸 200 公尺 二階乾砌石護岸 200 公尺	工程內容： 固床工約 4 座高約 1.5m 長約 25m 護岸高約 3m 長約 450m 護岸高約 4.5m 長約 450m 防汛階梯 2 座 排水涵管約 12 米等
	工程設計規劃圖： 	工程設計規劃圖： 

資料來源：臺北分局 109 年轄區生態檢核及環境友善措施管理計畫

經臺北分局協助，治理相關過程資料已取得：

- 2013 年（施工前）現勘照片：瞭解治理起因之災害程度及範圍、治理前河道狀況、濱溪植生狀況。
- 一二期工程竣工圖：瞭解治理施作方式、經外購進入河道之粒料狀況、斷面高程。
- 2016 年臺北分局委託模擬二期工程後之水理輸砂分析：瞭解數值模擬案成果及數值地形資料。

●臺北分局委辦單位豐華工程顧問公司於 2020 年 7 月優化測試工程開工前之 UAV 空拍資料：因拍攝期間正值固床工#4-#1 河床表面無水的乾涸，因此以此批影像，搭配同年 8 月優化測試完工後的空拍，輔助進行數值地形建模。

依據臺北分局（2016）以 CCHE-2D 二維水理模式模擬分析結果，及迄今為止每場大雨的觀察：因砂洲清疏斷面拓寬，並全段設置護岸，50 年重現期距之洪水模擬，對溢淹、及轉彎處凹岸側向沖刷壓力，已沒有影響至護岸外土地的風險。

四、水域生態歷史資料盤點

（一）資料來源

大溪溪雖然備受魚類觀察或採集者的重視，但正式登錄記錄的資料不多。也受限於過去生態調查研究資源較少關注獨立溪流，底棲洄游鰕虎不易被標準調查方式記錄完整，消費型水下相機及圖鑑資料，在 2010 年代之後才開始盛行為一般大眾有能力入手的工具。因此生態相關資料多在 2010 年之後，並多集中於在 2015 年治理工程之後（但多有影像證據）。2019 年到 2020 年間，林試所執行相關里山地景研究計畫，為大溪地區最具規模的整合型研究計畫，但溪流部分涉及少。目前蒐集到的資料來源如下，以物種組成為主：

- 林務局（2010）臺灣地區淡水湖泊、野塘、溪流魚類資源現況調查及保育研究規劃（2），國立海洋大學委辦執行。
- 詹見平等（2014）宜蘭縣魚類洄游研究--大溪川、梗枋溪。自辦研究案。
- 水土保持局臺北分局（2017）臺北分局工程生態友善作為評估與追蹤。觀察家生態顧問公司委辦執行。
- 周銘泰、李政霖（2017-2021）年所見訪談。

- 人禾環境倫理發展基金會（2018-2019）
- 水土保持局臺北分局（2020）109 年臺北分局轄區生態檢核及環境友善措施管理計畫。觀察家生態顧問公司委辦執行--第四章，結合民間力量進行議題探討與深化。結合人禾環境倫理發展基金會 / 大溪溪議題。

由於 2020 年優化測試後完全沒有颱風帶來的強降雨，雖然優化後到年底的 4 個月，總雨量超過 2,300mm，但下得綿延而平均，因此在固床工#1 的橫向開口有限、及落差加大因此帶有水營力的固床工#2，並沒有連帶開出低水流路及釋放囚固的砂源，因此流路僅在固床工#1#2 間有限的開口河幅中逐漸刷寬，到前期相關計畫的年底並沒有顯著的改變。優化測試後的物種分佈變化，整併至本年度持續的追蹤記錄中。

(二) 水域動物記錄彙整

前述文獻（含 2020 年協助臺北分局優化追蹤時的 11 天次調查記錄）、加上本年度 3 月到 11 月間分散 10 天次的分佈調查、及個人觀察通訊有確切影像證據者，在兩期治理工程影響範圍內已知物種名錄包括如【表 3-2】，台灣原生魚蝦蟹螺共計 95 種。相較於 2020 年底的 78 種，記錄增加了 17 種，可能來自來自固床工#2 以下的棲地改善，也調查努力量及關切者的增加。這樣不到短短 1km 內的高生物多樣性，當中在大溪溪有河海間移動利用的物種佔比達 92%，顯示縱向廊道及其陸海相連的重要。雖然物種的增加也可能來自洄游生態因年間波動帶來的物種變動，但也更彰顯大溪溪在黑潮種源帶上可能扮演的動態棲地角色。

前述本團隊調查觀察物種，均有照片影像記錄，並提交水土保持局生態檢核資料庫。

表 3-2 大溪溪 2015-2021 記錄原生物種名錄 *本年度新增

物種名 (他名/舊稱)	學名	生活史歸類
日本鰻鱺	<i>Anguilla japonica</i>	河海洄游
花鰻鱺	<i>Anguilla marmorata</i>	河海洄游
大鰭蚓鰻*	<i>Moringua macrochir</i>	廣鹽
虱目魚	<i>Chanos chanos</i>	廣鹽
臺灣石賓	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	初級淡水
臺灣鬚鱨 (臺灣縱紋鱨)	<i>Candidia barbata</i>	初級淡水
長鰭馬口鱨	<i>Opsariichthys evolans</i>	初級淡水
粗首馬口鱨	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	初級淡水
臺灣白甲魚 (臺灣鏟頰魚)	<i>Onychostoma barbatulum</i>	初級淡水
大鱗龜鯪	<i>Chelon macrolepis</i>	廣鹽
鰱	<i>Mugil cephalus</i>	廣鹽
短尾海龍	<i>Microphis brachyurus</i>	河海洄游
無棘腹囊海龍	<i>Microphis leiaspis</i>	河海洄游
無鬚真裸皮鮒	<i>Tetraroge nigra</i>	廣鹽
布魯雙邊魚 (彎線雙邊魚)	<i>Ambassis buruensis</i>	廣鹽
大棘雙邊魚	<i>Ambassis macracanthus</i>	廣鹽
浪人鰱	<i>Caranx ignobilis</i>	廣鹽
六帶鰱	<i>Caranx sexfasciatus</i>	廣鹽
布氏鰱鰻	<i>Trachinotus blochii</i>	廣鹽
銀紋笛鯛	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	廣鹽
火斑笛鯛	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	廣鹽
黃足笛鯛	<i>Lutjanus fulvus</i>	廣鹽
勒氏笛鯛*	<i>Lutjanus russellii</i>	廣鹽
曳絲鑽嘴*	<i>Gerres filamentosus</i>	廣鹽
大棘鑽嘴	<i>Gerres macracanthus</i>	廣鹽
花尾胡椒鯛*	<i>Plectorhinchus cinctus</i>	廣鹽
駝背胡椒鯛	<i>Plectorhinchus gibbosus</i>	廣鹽
黃鰭棘鯛	<i>Acanthopagrus latus</i>	廣鹽
黑棘鯛	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	廣鹽
四指馬鮫	<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	廣鹽
柴魚	<i>Microcanthus strigatus</i>	廣鹽
格紋中鋸鰺 (格紋島鰺)	<i>Mesopristes cancellatus</i>	廣鹽
銀身中鋸鰺 (銀島鰺)	<i>Mesopristes argenteus</i>	廣鹽
花身鰺	<i>Terapon jarbua</i>	廣鹽

物種名（他名/舊稱）	學名	生活史歸類
黑邊湯鯉	<i>Kuhlia marginata</i>	河海洄游
大口湯鯉	<i>Kuhlia rupestris</i>	河海洄游
孟加拉豆娘魚	<i>Abudefduf bengalensis</i>	廣鹽
溪鱧	<i>Rhyacichthys aspro</i>	河海洄游
闊頭深鰕虎*	<i>Bathygobius cotti</i>	廣鹽
棘鰓塘鱧	<i>Belobranchius belobranchus</i>	河海洄游
黃鰭棘鰓塘鱧*	<i>Belobranchius segura</i>	河海洄游
蓋刺塘鱧（刺蓋塘鱧）	<i>Eleotris acanthopoma</i>	河海洄游
尖頭塘鱧	<i>Eleotris oxycephala</i>	河海洄游
褐塘鱧	<i>Eleotris fusca</i>	河海洄游
珍珠塘鱧	<i>Giuris margaritacea</i>	河海洄游
曙首阿胡鰕虎（曙首厚唇鯊）	<i>Awaous melanocephalus</i>	河海洄游
眼斑阿胡鰕虎（眼斑厚唇鯊）	<i>Awaous ocellaris</i>	河海洄游
潔身叉舌鰕虎（盤鰭叉舌鰕虎）	<i>Glossogobius illimis</i>	河海洄游
琉球竿鰕虎（琉球竿鯊）*	<i>Luciogobius ryukyuensis</i>	廣鹽
大口寡鱗鰕虎	<i>Oligolepis stomias</i>	廣鹽
拜庫雷鰕虎	<i>Redigobius bikolanus</i>	廣鹽
極樂吻鰕虎	<i>Rhinogobius similis</i>	河海洄游
大吻鰕虎	<i>Rhinogobius gigas</i>	河海洄游
臺灣吻鰕虎	<i>Rhinogobius formosanus</i>	河海洄游
寬帶裂身鰕虎	<i>Schismatogobius ampluvinculus</i>	河海洄游
薩波立裂身鰕虎	<i>Schismatogobius sapoliensis</i>	河海洄游
日本瓢鰭鰕虎（日本禿頭鯊）	<i>Sicyopterus japonicus</i>	河海洄游
兔頭瓢鰭鰕虎（寬頰禿頭鯊）	<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	河海洄游
長絲瓢鰭鰕虎（飄鰭禿頭鯊）*	<i>Sicyopterus longifilis</i>	河海洄游
砂棲瓢眼鰕虎（宿霧黃瓜鰕虎）*	<i>Sicyopus cebuensis</i>	河海洄游
條紋狹鰕虎（種子鯊）	<i>Stenogobius genivittatus</i>	河海洄游
黑紫枝牙鰕虎	<i>Stiphodon atropurpureus</i>	河海洄游
明仁枝牙鰕虎*	<i>Stiphodon imperiorientis</i>	河海洄游
多鱗枝牙鰕虎*	<i>Stiphodon multisquamis</i>	河海洄游
黑鰭枝牙鰕虎	<i>Stiphodon percnopterygionus</i>	河海洄游
淺紅枝牙鰕虎*	<i>Stiphodon rutilaureus</i>	河海洄游
黃鰭刺尾鯛	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	廣鹽
紋腹叉鼻魨*	<i>Arothron hispidus</i>	廣鹽

物種名（他名/舊稱）	學名	生活史歸類
凹鼻鮪*	<i>Chelonodon patoca</i>	廣鹽
島內原生魚種數		70 種
粗糙沼蝦	<i>Macrobrachium asperulum</i>	陸封
澳洲沼蝦（南海沼蝦）	<i>Macrobrachium australe</i>	河海洄游
台灣沼蝦	<i>Macrobrachium formosense</i>	河海洄游
細額沼蝦	<i>Macrobrachium gracilirostre</i>	河海洄游
寬掌沼蝦	<i>Macrobrachium hirtimanus</i>	河海洄游
大和沼蝦	<i>Macrobrachium japonicum</i>	河海洄游
貪食沼蝦	<i>Macrobrachium lar</i>	河海洄游
熱帶沼蝦	<i>Macrobrachium placidulum</i>	河海洄游
附刺擬匙指蝦（刺足仿匙蝦）	<i>Atyopsis spinipes</i>	河海洄游
大和米蝦	<i>Caridina japonica</i>	河海洄游
齒額米蝦*	<i>Caridina serratirostris</i>	河海洄游
典型米蝦（真米蝦）*	<i>Caridina typus</i>	河海洄游
衛氏沼蝦*	<i>Caridina weberi</i>	河海洄游
島內原生蝦種類數		13 種
灰白陸寄居蟹	<i>Coenobita rugosus</i>	陸蟹/廣鹽
日本絨螯蟹（or 合浦絨螯蟹）	<i>Eriocheir japonica</i>	河海洄游
毛假方蟹（硬毛擬方蟹）	<i>Pseudograpsus setosus</i>	河海洄游
絨毛褶顎蟹	<i>Ptychognathus barbatus</i>	廣鹽
印痕仿相手蟹	<i>Sesarmops impressum</i>	陸蟹/河海移動
漢氏無齒螯臂蟹	<i>Chiromantes dehaani</i>	陸蟹/河海移動
島內原生蟹種類數		6 種
壁蜆螺（未分到種）	<i>Septaria sp.</i>	河海洄游
石蜆螺（未分到種）	<i>Clithon sp.</i>	河海洄游
棘石蜆螺*	<i>Clithon corana</i>	河海洄游
豆石蜆螺*	<i>Clithon faba</i>	河海洄游
川蜷	<i>Semisulcospira libertina</i>	陸封
瘤蜷*	<i>Tarebia granifera</i>	陸封
島內原生螺貝種類數		6 種
台灣原生種數		95 種
初級淡水及陸封種數（不含島外入侵之純淡水生活史種類）		7 種
廣鹽種數（沒有固定往淡水移動需求的物種生活史證據）		39 種
河海洄游種數（生活史有在鹽分梯度間移動的需求）		49 種

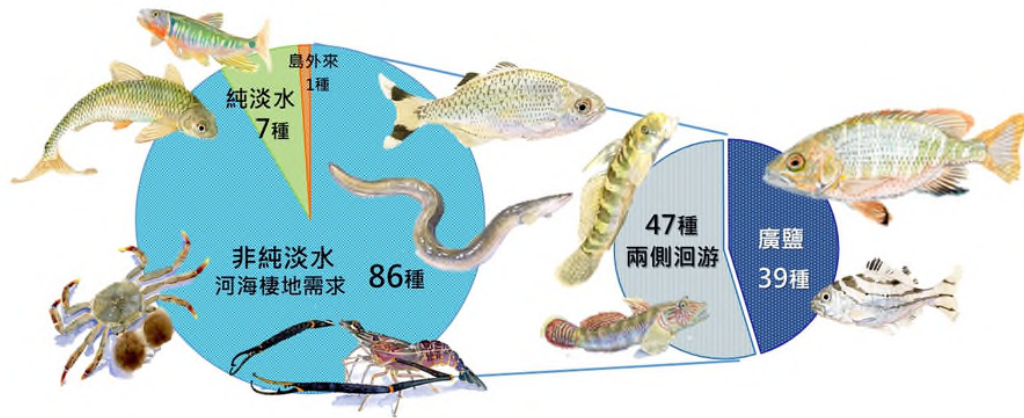


圖 3-6 大溪溪累積已知水域動物之生活史歸類圓餅圖。

(三) 文獻資料及住民記憶對縱向廊道優化指標物種的建議

雖然物種的資料累積相當豐碩，但生物分佈受許多因素影響，個體出現與族群能實際運用棲地與否，及棲地在不同極端條件可能扮演的角色，都影響調查人員「在某個特定地點看到某個物種」所代表的意義。另因本溪流治理區段最大宗的兩側洄游物種主要是鰕虎類群，具爬吸能力的鰕虎，溯行能力比泳躍型強許多，因此若要評估優化成效，僅就分佈記錄推斷可利用棲地是否擴大，往往會因其幼魚強大的溯行力而高估，實際上抵達某河段之後的棲地不適宜、枯水期的乾涸斷流風險、及產卵孵化後幼體的下漂旅程通暢程度，都難以從現有調查中確實評估。

因此本計畫也藉由【表 3.2】名錄中，比對居民口訪及其他相近流域的分佈，指認大溪溪治理段所提供的河海連結需求，可能影響的泳躍型物種，納入縱向廊道優化的指標。這也是因為：水域動物很難用絕對的生活史分類來劃分；一方面是對基礎生活史的研究普遍缺乏，二方面是生活史不必然歷經鹹淡水轉換的需求，但有不少成體在海域活動的魚種，常有幼魚長時間在淡水溪流活動的記錄。以 4 類群在大溪溪被視為縱向廊道優化指標的物種為例：

1. 「廣鹽」的大鱗龜鮫、鰻：及廣義的烏魚、豆仔魚。雖然現在實用多來自養殖或海魚，但過去也是河鮮之一。在東澳北溪常成群聚集在距河口 2km 的湧泉區，在三棧溪可上溯至 3km 以上的灌溉水源頭。在緩流區覓食，若河幅夠寬有細顆粒沉降的區域，則有機會形成其棲地。大溪溪優化前經常出現在固床工#1 下方。
2. 「兩側洄游」的無棘腹囊海龍：巡守隊居民表示治理前在固床工#4 上方右岸大樹下休息時，常可見到數量不少的海龍出現在淺流區。而同為獨立溪流但較平緩的的滿州港口溪，可深入內陸 5-6km。大溪溪優化前經常出現在固床工#1 下方。
3. 「廣鹽」的六帶鰺：成魚可達 120cm 的經濟魚種，為釣客熟悉易辨識的「甘仔魚」、「瓜瓜」，在立霧系記錄到深入內陸 6km 的支流砂卡噹溪下游；在帛琉距河口 5km 海拔 80m Ngardmau 瀑布下，也有六帶鰺幼魚與黑邊湯鯉、大口湯鯉共域的記錄（李承翰，2019）。大溪溪優化前經常小群出現在固床工#1 下。
4. 「廣鹽」的銀紋笛鯛、銀身中鋸鰺、格紋中鋸鰺：這 3 種是東部溪流中幼魚期常棲息在淡水溪流的物種。銀紋笛鯛俗稱「紅槽」為食用經濟魚種，為居民對大溪溪較熟悉的魚種之一，在貢寮北勢坑溪曾見於距海 250m 陡升海拔 40m 的階潭環境；銀身及格紋中鋸鰺，則是海釣竿釣的小型高單價魚種，特別偏好水質清淨有較大石塊的瀨流型棲地。格紋中鋸鰺在更陡更小流域的貢寮沙灣仔溪，曾記錄到進入森林下的階潭環境；在冬山武荖坑溪亦越過較平緩的 5km 河段，進入中游的瀨流環境，常與無棘腹囊海龍共域。優化試驗前都常見於固床工#1 下方。



鯔、大鱗龜鮫，及東澳北溪的分佈上端記錄



無棘腹囊海龍，及大溪溪過去居民的記憶分佈



六帶魮，及其他相近獨立溪流的溪流可溯行分佈環境



銀紋笛鯛，及其他更小型獨立溪流的分佈記錄坡度示意

圖 3-7 文獻資料及住民記憶對縱向廊道優化指標物種的建議

第二節 現況課題盤點及需求蒐集

一、居民需求

1. 2021/03/15 就本計畫規劃向巡守隊說明，並現勘蒐集大溪里守望相助巡守隊對優化的需求：

- ✓ 在目前的護岸寬度內，希望河相恢復自然，很介意固床工和優化測試段的渠道化。
- ✓ 希望縮減斷流時間。
- ✓ 希望有親水路徑及夏天玩水區。

2. 由於五月初全台進入 COVID-19 三級警戒，和社區的共識建立及培力受到很大影響，主要僅透過「大溪溪共好」LINE 群組聯繫，這是 2020 年由台北分局和社區共同建立的，實際運作當中並同時有封溪護魚的相關聯繫，及疫情期間的社區聯繫。節錄近期當中能顯示居民需求的相關對話如下：

- ✓ 在 6/4 強降雨展現去年優化成效後，里長：『大溪川的自然生態環境已慢慢回來了，而且魚、蝦、蟹數量也逐漸增加中，這都是各位長官、隊員努力付出的成果。當然要回覆到以前的生態，還有很長的路要克服努力。在這裡要感謝水保局台北分局去年將第一固床工打開缺口，消除原本將近 2 公尺的落差，讓洄游性的魚蝦蟹有一條安全回家的路。但是後續二到六固若沒持續改善，只是把一固的落差移到二固，另外缺口也開的不夠大，像目前一到二固間的現況就只是縱向廊道，卻沒有往橫向發展的生態空間。這是個人的淺見，希望水保局台北分局的長官能持續後續的工程改善，恢復以前的原始生態環境。謝謝。再次感謝各位長官、隊員辛苦了。』
- ✓ 巡守隊小隊長：『有下溪拍照、可多拍一些水底的種種、讓大

家覺得顧溪的成果和成績！謝謝🙏🏻晚安！』

- ✓ 巡守隊小隊長：『如果沒有妳們進來做調查，就不知道大溪川有這麼豐富的生態資源，我們可能知道的就妳文中所提到的苦花、溪哥、石賓、鱸鰻、蝦蟹等，要恢復到以前的生態，還有很常的路要走，大家互相打氣、加油！』
- ✓ 里長：『水保局台北分局張課長請你幫忙協助大溪川後續二到六固工程的改善，謝謝。』
- ✓ 里長（10/21 小平台會議）：『感謝水保局台北分局啟動優化作業，現況是之前在第一固床工的高落差的問題移到了第二固床工。目前一到二固間的現況就只是縱向廊道，卻沒有橫向發展的生態空間。進行全面優化作業，避免溪流乾固生物大量死亡，使封溪護魚保育行動功虧一簣。』

二、治理端需求

（一）回應 2016 年治理設計理念

大溪溪治理工程曾爭取公共工程金質獎並獲獎，優化方案期能消弭設計與目標達成間的落差。對照當年參獎資料（水土保持局公開資訊）所提治理設計理念，包括以下幾點：

1. 『橫向構造物導正流心，防止縱橫向沖刷，維持河川基流量，並營造水域生態與美學。』優化前透過流心引導而減緩沖刷的成果主要在跌水工#6 及固床工#5 之間，其餘造型多變的固床工，由於偏離自然態樣、又有漿砌無法讓溪流在洪水後自我調節斷面，且平直的斷面遠寬於原本常水流路的河幅；因此在固床工#5（承接扇形山形弧線跌水分散流路後又平均雙拱）、#3、#1（山形弧線分散流路），反而都造成分散流心的治理效果，而失去低水流路。並因縱向高程禁錮於漿砌無法自我調節，而伏流化損失河床表面的基流量。上游雖有自來水廠取水，但治理區之上端點以

上，在近五年沒有斷流、都能維持低水流路。治理區則在夏季全伏流現象經常發生，且#6#3#1 下方都能明顯感受伏流後出泉的水溫差。

2. 『多元環境，營造深潭、淺瀨等不同流況之棲地環境。』從資料欲營造的棲地位置，對照後續現實形成的流況，有不小的差距，包括：多道固床工上方皆想設計成潭，實際狀況則多因細粒料被構造物攔阻而淤積，在夏季常水質劣化長棉藻。固床工下設計成急流的範圍，實際因固床工設計平整、消能機制集中成跌降的動能轉位能型態，因此實際上是個短潭轉成緩流或淺流，淺瀨的樣態則多半遇下游那支固床工採正確的河谷線型（圓弧頂點朝山）後，才能被引導形成淺瀨。
3. 『消弭藍綠帶隔離，複式斷面緩坡化，兼顧水域陸域橫向廊道。』護岸採自然材質及緩坡化，的確沒有直接形成阻隔，但水陸域間澆渭分明。也因河幅拓寬複式斷面的尺度過大，複式階及緩坡，都做在可能超過完工後還未遇過的超大豪雨才會溢淹到的高處，對比自然河幅範圍內其實只有單斷面，缺乏有良好變化梯度的灘地水際線。因此對利用水陸域交界的小型動物，如水棲魚蝦蟹、澤蟹、兩棲爬行動物等的需求尺度，仍然沒有受益於複式斷面。兩側林木在這樣的材質下也不易恢復。
4. 施作內容與致災潛勢需求的治理目標，部分矛盾。固床工施作乃對應河床的向下掏刷，而非處理側向掏刷或淤積問題。治理評估其一致災壓力為下游鐵公路設施受水位壅高的威脅，在斷面拓寬後已獲大幅改善，達到治理目標。此位置較原河床墊高施作固床工，且分散了原先集中的流心，並不符合治理目標上的需求。



圖 3-8 優化方案期能協助消弭原治理設計理念和現實間的差距

(二) 對優化方案的安全檢驗模擬需求

2021/03/01 就本計畫規劃及實際優化的銜接介面，拜訪臺北分局進行研商，取得資料提供的協助，並瞭解治理端對本計畫產出的需求：

- 優化建議方案，需符合五十年重現期距之治理規範。
- 計畫產出宜提供理想河相之棲地空間配置，協助工程設計。

(三) 對優化方案的其他制度面及社會面考量

臺北分局於 10/07 召開專家會議，討論本計畫提出「全面優化方案」的可行性，及分階段執行或一次執行的方向。初步決議進行固床工#1-#5 的局部優化，由本計畫協助提出學理建議的「起碼優化方案」（對河相發育沒有限制的最小調降程度），及與其他考量下更小規模調整的「侷限優化方案」（各橫向構造物調整範圍 $<1/2$ 幅度＋不動橫向構造物混凝土基礎）在水理分析上的差異、並對 $1/2$ 開口位置提出建議。

臺北分局並於 10/21 於大溪社區里民活動中心召開小平台會議，廣邀社區居民、頭城地區團體及民意代表、歷年曾公開表達關切的團體及個人，及現有研究計畫在此處進行研究的水文及生態及社會學者，聽取對大溪溪的願景及需求，及對現況和方案 A 的疑問或看法。與會人士都對「符合治理安全目標下繼續優化橫向構造物」表達支持，會終宣布：「於明年夏季前進行固床工#1-#5 的繼續優化，施作程度待進一步演算討論後決定。」

兩次會議中，與會專家另對治理需求提出幾點提醒：

1. 固床工在枯水期會造成魚類空間限縮。大溪溪是礫石型的河川，坡陡流急，盡量把大石頭留在河床減少流速跟沖刷。

2. 海龍游泳能力沒那麼差，上溯可以應對急流，不用為了海龍移除一固。經過幾年的演替，大水會讓溪床變成自然樣貌，只要拆除固床工，不需要過度的整治溪床。
3. 固床工移除後，上下游的河床不需整治，而大石頭有附著混凝土，可於優化時一併敲除，回復河川的生態及樣貌。階段性的拆除還是要一次性拆除，考量防災壓力，依照水保局的經驗與建議去判斷。
4. 溪流樣貌並非固定，需要一點擺盪空間，還有灘地空間，也能推石頭消能，如果被混凝土卡住就會失去調節能力而產生大落差，保留足夠塊石消能效果會更好。
5. 透過更多專家學者、在地聲音、科學支持，公私協力。在人民生命財產保障的情況下，這會是非常好的案例，展現水保局隨著科學進步做出合理，並符合民意的改變。
6. 應搭配有效監測瞭解實際成效及影響，回應水保局未來對全生命週期監測的重視，讓證據說話。

三、爭取治理的民代訪談：回顧災情及對優化看法

2021/07/31 優化方案完成規劃後，就推動治理的權益關係人耙梳，拜訪 2012 年爭取治理案的時任頭城鎮民代表尤瑞傑，說明爭取優化原因，並瞭解當初居民需求及前代表對優化的想法。與會並有大溪里里長藍五富、大里里里長鄭順利、臺北分局友善機制委辦單位觀察家生態顧問有限公司。尤前代表的意見摘要如下：

- 近鐵路橋水流左側地主當時不同意施作工程，擔心土地利用受限，經多次溝通後達成共識。
- 前期工程治理以既有溪流斷面整理施作護岸。因此現行的行水區中有私有地，在施工前期作業都有跟地方和地主舉辦規劃說明

會，取得地主同意並有開會紀錄。

■ 原則上以不破壞護岸結構保障人民生命財產安全為上，不反對溪流進行第三期的生態優化工程。。

■ 民生取水的上限與河川基流量應可在優化工程加以討論。



圖 3-9 居民端及治理端的資需求蒐集

四、生態需求

(一) 現況生態課題

大溪溪為一條洄游生態為主、年雨量達 5,000mm，自然狀態下終年有水的溪流，幹流 8km 從海拔約 500m 降海，坡降也不致太陡峭，治理段上端固床工#7 所在海拔 12m、距出海口僅 450m，坡度僅 2.66% 不算陡峭。中下游並有開闊不鬱閉的河谷，因此能棲息於當中的生態同功群廣泛。兩期治理工程後的生態課題，主要如下：

1. 縱向廊道受固床工斷面的單一高差，缺乏不同水量時、不同生活史階段、不同移動方式所需要的多元路徑，因而形成障礙。

雖然完工之初下游 5 道固床工皆低矮隱沒，但實為施工回填細粒料的人為暫時低矮化，溪流在大水的消能過程中終將重塑其高程，但自我調節機制又被漿砌壩體所箝制。固床工設計高程高出原河床甚多，是造成日後早期逕流常變成伏流、大雨僅靠壩體位置消能而擴大落差的主要原因。漿砌固床工阻斷了河床在主要落差處後續自我發育調節的機會，因此 2016 年颱風後各固床工上下均產生 0.7-1.5m 以上的高差，整段高程的平衡及消能，幾乎均靠持續在同一位置的刷深，迄今多成為平流但局部大高差的縱向剖面。縱向落差造成：爬吸行的鰕虎及甲殼類集體上溯時暴露在固床工垂直面上，增加被捕食機會；游動泳躍型魚類的幼魚，除非利用大雨溢淹到邊灘有落差較小之處，否則幾乎無上溯機會；體型較大的成魚平常只有縱深很短的潭區能棲息，上溯也只能利用高水位時得到壩體下有「助跑區」的機會上躍。

2. 棲地單調化。

在 1. 的條件下，因而缺乏潭瀨結構，僅有固床工/跌水工#6 下方右側，因河道轉彎處的水流力量，而保有縱向梯度發育的深潭。其餘固床工下方僅剩沒有縱深的單斷面深槽帶，固床工上方則多為高包埋少孔隙的淺平流。若沒有運用水營力改善棲地單調化的現象，即使解決了通行的阻隔問題，仍解決不了日常生活及繁殖的面臨的壓力。

3. 易發生河床表面斷流、僅剩伏流形式的環境問題。

完工後的 2016 年起，多次發生治理區段到固床工#1 上方河床乾涸、死魚處處的生態災難。而最後乾涸前在多個固床工下方（主要為#6#3#1，恰都是圓弧呈山丘等高線的構造物），都能因水溫有

2-3°C 差異、及水體出流狀況，觀察到明顯的伏流出流。這個位置也常成為居民或巡溪公眾撿拾或搶救生物點，及更乾涸後的屍體聚集處，社會觀感很差。推測河床表面乾涸原因是大部分溪水都下滲至淺層伏流，並因流路分散漫流而提高蒸發量。近年僅 2019 年沒有斷流事件、及 2021 年迄今尚未發生；其餘 6 年中有 4 年發生，每年一次到年兩次，分別於空梅的五六月和颱風前的七八月。這現象雖然是取用水過量的綜效，但有下列證據顯示若恢復河床縱向高程的配置及底質條件、恢復潭瀨結構、維持低水流路的集中，將能有效降低伏流致使斷流的壓力：

- (1) 治理前可能曾因取水過量偶發、但缺乏具體記載，居民及生態觀察者多認為是 2016 年後才頻繁發生，且有大量的記錄。
- (2) 斷流的發生，每次都從固床工#1~#2 間開始，範圍往上方擴大。而斷流區間上端從未超過跌水工#6，下端從未超過固床工#1，也就是僅限於治理區段內。
- (3) 表面乾涸之前、水體開始無法越壩時，固床工#1 下方都可見到伏流從固床工漿砌石塊間滲流出來，甚至使爬吸型鰕虎幼魚及蜚螺，試圖沿著滲流處上溯。

4. 使下游流路分散，降低河水相對於海浪之營力，而增加河口沙崙沒口頻度及延時、縮減汽水域範圍。

治理前歷史流路沿著鐵路廢棄橋墩北側走，流心不會遇到公路橋墩。治理工程後，第二支固床工將流心向南引導，下流到第一支固床工因壩體線型呈山丘線型（圓弧頂點朝海）而非河谷線型（圓弧頂點朝山），再將流心分散，因而使流心被公路橋墩分成兩半。在 2016 年後的現場照片及航拍，顯示公路橋墩背水側開始發育一處高灘地，陸續長出演替早期的喬木，流路則常態分成兩股，單一水

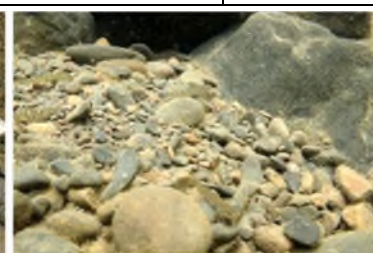
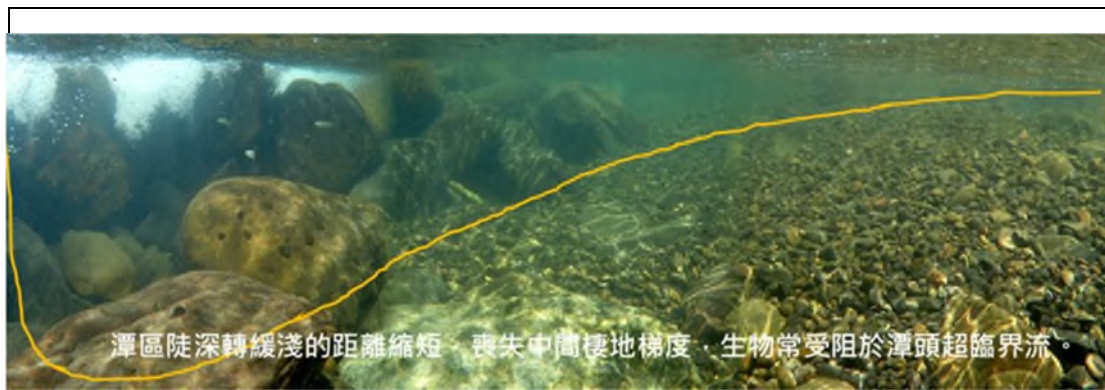
勢削弱，因而枯水期的沒口位置常發生在沙洲末端兩股匯流處，漲潮期間湧浪與淡水交換的範圍也變小（周銘泰 2021），亦即沒口發生頻度增加、時間延長、汽水域棲地範圍因橫向構造物而縮減。新近好發的淤沙位置，比歷史影像的沒口沙崙更靠河道內側（上游方向），顯示下游流路因橫向構造物及橋墩分散流路的效應、複合了河口消波塊投放等因素產生的綜效。而由於大溪溪九成以上物種需要河海間移動、或依賴河海交會的棲地條件，且並不限於特定季節。因此流路分散對河口環境的影響，也該被慎重對待。



設計高程高於原流路，以回填消弭落差，沒有考量河溪消能機制，是日後伏流化及縱向阻礙的原因。（左圖）固床工#1施工中的記錄。（右圖）跌水工#6 剛完工抹平灘地現為超過 2m 的深潭。



固床工間易發生河床表面斷流的現象，僅以伏流形式存在，大量生物乾死。



缺乏潭瀨結構，平緩淺流在治理段佔比高，棲地單調化，底質包埋度高。



跌水工#6（左）雨季常水位形成高功率集中處，且無緩流處可成移動的替代路線。（右）枯水期薄水層的混凝土河床優養化明顯。



橫向構造物墊高河床導致溪水下滲伏流化的間接佐證：

- (左) 歷次斷流都從#2-#1 間開始發生，此時#1 下方有清涼出泉。
- (右上) 即將全面乾涸前，溪水從壩下短潭漫流後逐漸消失在河床。
- (右下) 壩體下常發現有冷泉湧出，形成混合水層的膠質視感。



固床工#1 齊高的山丘弧形也使流心分散，且消能機制發生在極短範圍。

- (左圖) 少雨期間除了全伏流化、也失去夠深的低水流路。
- (右圖) 流心長期被分散、再經過下游兩處橋墩而更加劇流心的分散。





圖 3-10 現況下之主要生態課題。

(二) 大溪溪主要生態同功群的棲地需求分析

為了檢核優化方向是否符合原有生物的需求，從【表 3-2】中的生物名錄中，依據本會 2020-2021 年於大溪溪 25 天次、及 2018-2021 年在貢寮及頭城北側獨流溪共 17 條溪流的觀察歸納，並徵詢生態專家的意見，將出現頻度較高的種類，區分為各棲地同功群。同功群的區分主要為避免遺漏分眾的棲地需求，因此不特別考量分群是否均等、命名也無需講究僅為代號概念。

各同功群從已知生態習性推測的應考量棲地需求，包括不同水文條件下的瓶頸，列於【表 3-3】。由於工程設計需要物理環境條件設定的協助，但國內沒有相關針對物種的棲地及移動障礙的個別研究，少數有針對初級淡水魚的研究，也僅限於特定流域條件狀況。且各物種中有不同生命階段及個體差異，很難設定參數化條件，最理想的情境，是讓河溪恢復到原有的自然條件，或允許自然營力有原本的水量和基質，持續自我調節。【表 3-3】當中對坡降及障礙高

度等物理環境數據，僅為回應對治理條件的對接需求，以經驗推估供優化設計參考。

表 3-3 大溪溪中小尺度棲地需求的棲地同功群

本計畫之棲地同功群	主要物種	水文/棲地特定需求 (應照顧之瓶頸)	生態需求說明
汽水域掠食海魚	胡椒鯛、黃足笛鯛、黃鰭棘鯛、花身鰱、鑽嘴魚	有鹹淡水交換的汽水域，低流量期也能連接海水與溪流的流速和流量。保有不同流速的環境梯度，能照顧這當中各異的覓食方式。	小魚或成魚階段進入河口追擊小魚、或撿食底棲小型生物。部分需要很緩流的微棲地，以擬態方式狙擊。
汽水域及純淡水域下游碎食魚	鯔、雙邊魚	低流量期仍能連接海水和溪流的水流速及流量。下游有緩流區>30cm 水深。	緩流區撿食碎屑、小型甲殼類及浮游動物。雙邊魚偏好緩流區有遮蔽處。
進入純淡水域等待狙擊型海魚	無鬚真裸皮鮎、竿鯊	低流量期能沖開沙洲的水流，連接海水與溪流。棲地需要有些流速和 64-256mm 卵石徑級以上底質，但又有細砂利於鑽身的環境。故侷限偏好於感潮帶上還有瀨區跌水的環境。	感潮影響末端上方的淡水域，稍有流速、底質有小石礫大石塊附近躲藏狙擊覓食。
進入純淡水域追擊型掠食海魚	六帶魨、浪人魨	下游有流動良好的深流區。低流量期也能連接海水與溪流的流速和流量。	小魚階段進入溪流下游，在表層和追擊掠食。環境中有足夠的小型魚蝦。
進入純淡水域底層巡弋型掠食海魚	格紋中鋸鰂、銀身中鋸鰂、銀紋笛鯛	低流量期仍有流動水的完整潭區，有穩定大徑石基質、立面多層次、多孔隙，能提供不同小型無脊椎動物附著的微棲地。	小魚階段在中下層巡弋追擊小魚蝦、或啄食基質表面的無脊椎動物，可深入溪流。
鱸鰻型降海洄游魚	花鰻鱺、日本鰻鱺	大溪溪以花鰻鱺為主，偏好流速較快、多大徑石的	能利用大水時沿岸緣上溯移動，成熟成體需降

本計畫之棲地同功群	主要物種	水文/棲地特定需求 (應照顧之瓶頸)	生態需求說明
		瀨區活動；256mm 以上巨礫多的潭頭，能供成熟鱸鰻棲息；縱向廊道在豐枯水位期間均有淺水緩流帶，落差處多元跌降，則鱸鰻能深入山區上游。日本鰻鱺則主要在於平緩多石礫的下游活動，上溯機會不高。	海繁殖，因此沒有單斷面高壩體的阻隔就能上下移動。生活覓食的組合為：有石縫＋有獵物出現；因應體型大小需要不同石縫，獵物包括石縫的甲殼類、深水域的游魚，包括群遷移的小魚，包括被跌水沖下來或排隊阻滯的魚，生活史長所以需求多元。
塘鱧型兩側洄游魚	褐塘鱧、刺蓋塘鱧、尖頭塘鱧、無孔塘鱧	下游緩流低包埋多孔隙環境，橫斷面完整有流速及水深梯度處，能提供不同齡（不同體型大小）的塘鱧棲地利用。塘鱧吸爬力不強，需要沒有全斷面（ $>60^\circ$ 坡 $\cap >1\text{m}$ 高差）阻礙。	偏好在緩流隱蔽石縫間狙擊經過動物。石頭粒徑大小決定適居塘鱧體型。
砂棲濾食型兩側洄游鰕虎	阿胡鰕虎、狹鰕虎	豐水期仍有緩流區，有0.05mm 以下的粉粒。	濾食底沙，或鑽砂捕食小型動物。亦躲藏 2mm 以下砂粒中。
砂棲雜食型兩側洄游鰕虎	潔身叉舌鰕虎、拜庫雷鰕虎	縱向廊道沒有高落差阻隔，橫斷面有自然梯度而形成緩流淺水區。	啄食底砂，或在緩流區等待狙擊通過的小型動物。
湯鯉型洄游魚	黑邊湯鯉、大口湯鯉	低流量期仍有深潭或深流。泳力強，但跌水落差下方需有足夠的水深及縱深能供跳躍衝刺。幼魚上溯的豐水期需有淺水緩流處，跌水高差岸緣有低落差邊坡，沒有全斷面（ $>80^\circ$ 坡 $\cap >0.5\text{m}$ 高差）阻礙。	覓食及遷移，幼魚上溯及繁殖成魚降至河口時，沒有橫向構造物構成阻隔。

本計畫之棲地同功群	主要物種	水文/棲地特定需求 (應照顧之瓶頸)	生態需求說明
海龍型洄游魚	無棘腹囊海龍	豐水期仍有未達超臨界流的淺水區。低流量期有不滯流的淺流、淺瀨、深流，孔隙多的底質。跌水高差處有<45°坡的路徑，跌水落差往上還有淺流淺瀨區。	啜吸覓食、上溯移動的鑽行。因其游水方式而較難通過超臨界水流。
等待狙擊型洄游鰕虎	臺灣吻鰕虎、大吻鰕虎	縱向廊道在豐水期有淺水緩流帶，落差處多元跌降不致全斷面水牆或乾涸，沒有全斷面(>60°坡 $n>1m$ 高差)或(>80°坡 $n>0.5m$ 高差)阻礙。多 64mm 以上卵石環境。	幼魚於豐水期上溯，成魚吸附爬吸的能力遠比瓢鰕鰕虎弱。成魚常利用跌水或瀨流區下方躲藏狙擊，基質粒徑多元可提供豐富水生昆蟲，繁殖巢位的整理需用口銜開或以身軀鑽開卵石以上石塊下的孔隙。
溪鱧型兩側洄游魚	溪鱧	水質好溶氧高的瀨流區，大石多孔隙多。	明顯的棲地偏好，湍流吸附於石塊間的移動能力良好，對水質要求高。以藻類和小型無脊椎動物為食。
裸身鰕虎型兩側洄游魚	寬帶裸身鰕虎	水質好溶氧高，多 64mm 以下礫石-1mm 砂礫的淺流淺瀨區。	獵食小型無脊椎動物，生性隱蔽躲藏小石粒間。
枝牙鰕虎型兩側洄游魚	黑鰭枝牙鰕虎、黑紫枝牙鰕虎	縱向廊道在豐水期間有淺水緩流帶，低流量期間不斷流，跌水處有多元落差。兼有 0.05mm 砂粒到 64mm 以上卵石出露的穩定塊石的淺流區。潭區有潭尾的梯度。水質佳、陽光能穿透。	幼魚上溯期（豐水期）廊道保有淺水緩流區，跌水處保有多元落差。繁殖期有穩定塊石的淺流區（有 0.05mm 砂粒到 64mm 以上卵石）可供巢位及覓食需求。
瓢鰭鰕虎型兩側洄游魚	日本瓢鰭鰕虎、兔頭瓢鰭鰕虎	縱向廊道在豐水期間有淺水緩流帶，低流量期間不斷流，跌水處有多元落差。多 64mm 以上卵石出	幼魚上溯期（豐水期）廊道保有淺水緩流區，跌水處保有多元落差。體型隨成長差異大，需

本計畫之棲地同功群	主要物種	水文/棲地特定需求 (應照顧之瓶頸)	生態需求說明
		露的穩定塊石。有大塊石的深潭，水流動性佳。	大小徑卵塊石提供躲藏的多元孔隙及刮食矽藻環境。
毛蟹型降海洄游	日本絨螯蟹	冬半年下游流心穩定足以沖開沙洲。穩定基質孔隙多，有緩流區域，多64mm 以上卵石環境。	河口卵石以上粒徑下孵卵。刮取基質表面藻類進食，或撿食碎屑。
偏好急流石質底洄游沼蝦	細額沼蝦、寬掌沼蝦、熱帶沼蝦、附刺擬匙指蝦	低流量期仍有流動性良好的瀨區，有卵礫石以上底質。只要河床表面不斷流，上溯能力強，河口附近保持自然的坡降及水量。	撿食碎屑，平常躲藏於大徑石縫或小徑石堆下。在下游瀨區產卵的需求。
偏好緩流石質底洄游沼蝦	貪食沼蝦	偏好淘選良好、巨礫間有砂質底的多孔隙緩流，若有完整梯度的潭區常能支撐很大數量。要河床表面不斷流，上溯能力強。	撿食碎屑，平常躲藏於跌水下方迴水域、或大石堆間有細砂的孔隙。有洄游需求，縱向廊道需通暢。
偏好急流砂質底洄游沼蝦	大和沼蝦	偏好以卵石以下小粒徑底質為主的淺急流。	雜食性。有洄游需求，縱向廊道需通暢。
偏好緩流砂質底洄游沼蝦	澳洲沼蝦	偏好緩流區，細礫型灘地邊緣常有大量聚集，因此需要河幅夠寬、有擺盪空間的濱水梯度。	雜食性。有洄游需求，縱向廊道需通暢。
洄游型米蝦	大和米蝦、典型米蝦、衛氏米蝦	淺水緩流的石堆，或有落葉或草叢植株根系在水中，潭區邊緣水流緩處。由於大溪溪較開闊不鬱閉，落葉環境少，米蝦棲地較侷限，有擺盪空間的濱水梯度相對重要。	需腐植質豐富的环境撿食碎屑，且體型小泳力難抵流速較快的水流，因此需有植物體的緩流區，或流量低的小支流、次流路的緩流及灘地。
兩側洄游蜆螺	壁蜆螺、石蜆螺	水質好溶氧高的流動水域。跌水落差需有多元跌降，河床表面不斷流的環	長距離以腹肌爬行遷移，繁殖產卵需要流動水流背面或側面（不直

本計畫之棲地同功群	主要物種	水文/棲地特定需求 (應照顧之瓶頸)	生態需求說明
		境。多包埋度低的穩定基質立面。	接迎水衝擊但周遭溶氧高)的石塊壁面。
偏湍流型初級淡水魚	台灣白甲魚、台灣石賓	下游有流動性佳的深流或潭區(溶氧高水溫較低)，才能提供大型成魚棲息，及枯水期的庇護。縱向廊道有多元落差，六固以下沒有阻隔(>1m的垂直壁面∩流速>1.6m/s)，使之能流域內洄游。	水質好溶氧高，並有穩定大徑石表層底質於透光可及處，供其刮食底藻和休憩。台灣石賓對緩流的適應較強，成魚也會捕食底棲水生昆蟲。
偏緩流型初級淡水魚	粗首馬口鱖、台灣縱紋鱖、	偏緩流、平瀨、及淺瀨區。台灣縱紋鱖成魚偏好有遮蔭的靜水域，因此至距河口約2.6km的長壽橋附近才有穩定族群。	雜食偏肉食，有基質變化及兩側濱溪植被豐富的環境。有細砂礫底的瀨流區為產卵棲地。

四、用水相關需求

由於居民需求端及生態需求端的主要訴求之一，是縮短降低枯水期河床表面斷流的次數、延時、及空間規模。而訪談中部分居民表示，治理過後的全部伏流化的問題，可能參雜著水量的過度取用。因此本計畫也蒐集各主要用水對象，瞭解實際取水量，做為未來優化成效之參考。但由於大溪溪未設有流量站，而本計畫及過去工程前計畫所能執行的水理模擬都以二維水理模擬為主，尚無河床質及入滲的相關分析，因此無法直接就這些用水量，預估優化後在面臨何種條件時，大溪溪仍可能出現只剩伏流水的狀況。但未來若有以集水區地形特性推求降雨逕流關係的水文模式的相關研究，可就現場水文事件監測協助修正本集水區參數，進一步進行低流量時期水文分析，才可能再推估出合理共識範圍可容許的取用水量。

三處取水量概估總計每月5萬5千噸水，以自來水公司為最大

宗，大溪漁會和龜山里用水合計佔比小於 5%。但當中除自來水公司以水表記錄實際用水量外，其餘兩處之實際用水，可能與下列描述有所落差，約略相當於 0.02cms 流量。

(一) 自來水公司第八區處大溪淨水場

2021/4/22 本會去函自來水公司請求提供「2016-2020 年各月平均取水量」資料，5/17 獲得回覆「2017-2020 年各月平均取水量」。

表 3-4 自來水公司 2017-2020 年大溪溪取用水量

(單位/噸)	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年用水量
106年	64,491	57,920	58,842	53,214	48,469	47,702	60,932	59,680	55,200	54,900	52,140	49,970	663,460
107年	48,280	44,820	48,810	49,510	60,680	64,660	64,540	66,910	65,250	65,753	69,524	75,366	724,103
108年	68,398	64,699	58,190	55,610	59,450	61,290	63,990	62,850	43,283	43,829	35,990	35,388	652,967
109年	36,690	35,060	37,840	35,990	42,750	42,700	42,660	44,840	37,520	36,630	36,160	36,910	465,750
各月平均	54,465	50,625	50,921	48,581	52,837	54,088	58,031	58,570	50,313	50,278	48,454	49,409	52,214

(二) 大溪漁會

2021/5/14 訪漁會總幹事林正洲先生，摘要如下：

1. 漁會於民國 40-50 年間成立時，即用大溪溪畔的水井取水，沒有特別登記水權。主要用於漁港漁船及拍賣場清洗、製冰場（小宗）。
2. 水井深僅 15 尺=4.5 公尺深。用水量沒有大小月或季節顯著差別，有 10 噸水塔 * 5 個貯水，6 吋管每天分次抽 10hr，每日約用七分滿水量（但現場觀察有滿水溢流狀況），相當於 35 噸/日，1500m³/月
3. 總幹事個人在訪談中表示：「淺水井不會影響生態，降壩應該也不會影響漁會取水，而大溪橋改建時應該取水位置又會移動。因此未來相關討論無須知會漁會。」

(三) 龜山島社區發展協會（龜山里）

2021/5/16 訪頭城鎮民代表簡英俊先生（前龜山里長），摘要如下：

1. 龜山里社區發展協會在大溪溪南岸鐵路旁菜園有口水井，約 15-18 台尺深，依水利法第 34 條取得水權，但用水標的為農業用水，水權為每日用水 4hr，0.006cms，每 5 年重新申請一次水權。該水井為社區備用水源。
2. 龜山里主要用水為簡易自來水，取用來自兩處：自來水抬水堰下游之北側山溝，主流川流水，水源穩定時備用水井就不用取水。
3. 三個水源皆送至社區共用水塔 20 噸，由於沒有水表資料，但簡代表表示應該要有 40 噸水塔才夠。粗抓 40 噸/日之取水量，約當 1200m³/月。

第三節 現況下之二維水理模擬成果

一、Q50洪水情境

本計畫模擬現況 Q50 洪峰流量時之水深、流速、單位河流功率。其中單位河流功率代表河道內能量的分布狀況，定義為

$$\omega = (\gamma \times Q \times S) / b$$

式中 γ 為水的比重量， Q 為流量， S 為坡降， b 為河道寬度， ω 之單位為 W/m²。模擬結果如【圖 3-11】～【圖 3-13】。

由圖可知，現況 Q50 時並不會溢淹至道路或聚落。第六固床工附近出現 15m/s 以上之極高流速，且單位河流功率達 30,000W/m² 以上，表示該處能量集中，可能使構造物易破損。目前已觀察到下游右岸有 2.6m 深之淘刷坑【圖 3-10】。



圖 3-11 固床工#6 的流路轉彎段，目前形成深掏刷坑消能。

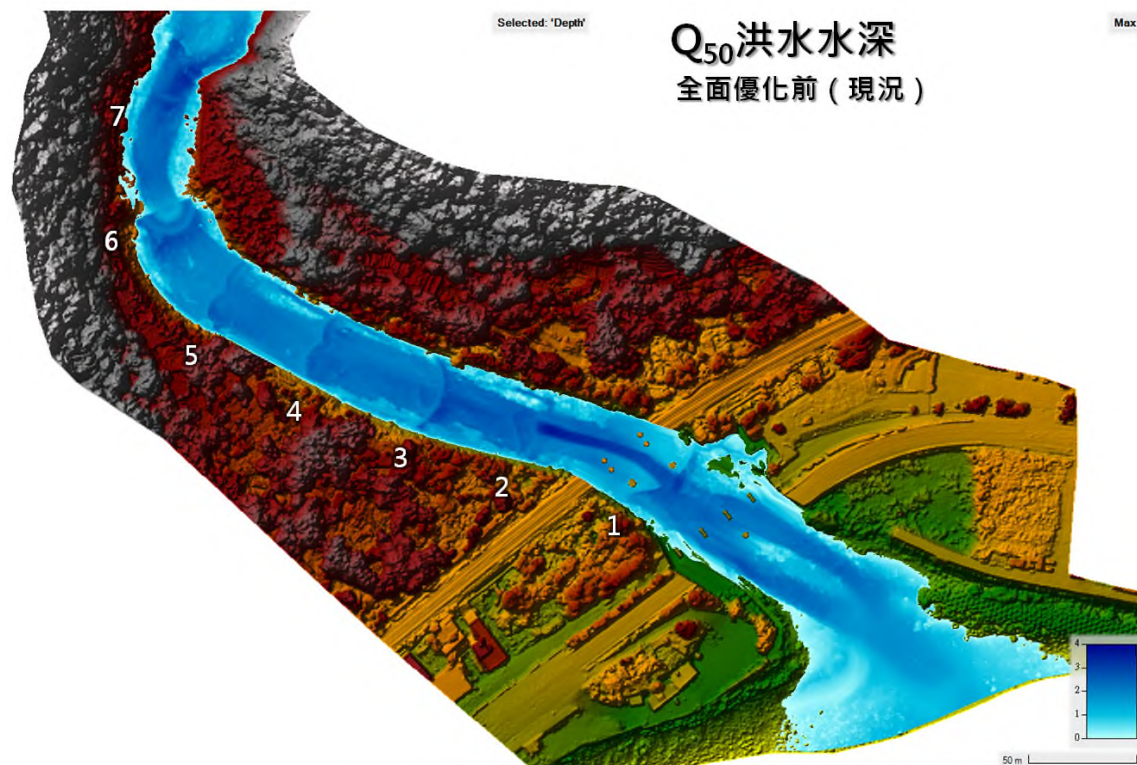


圖 3-12 Q_{50} 洪水水深分布圖。

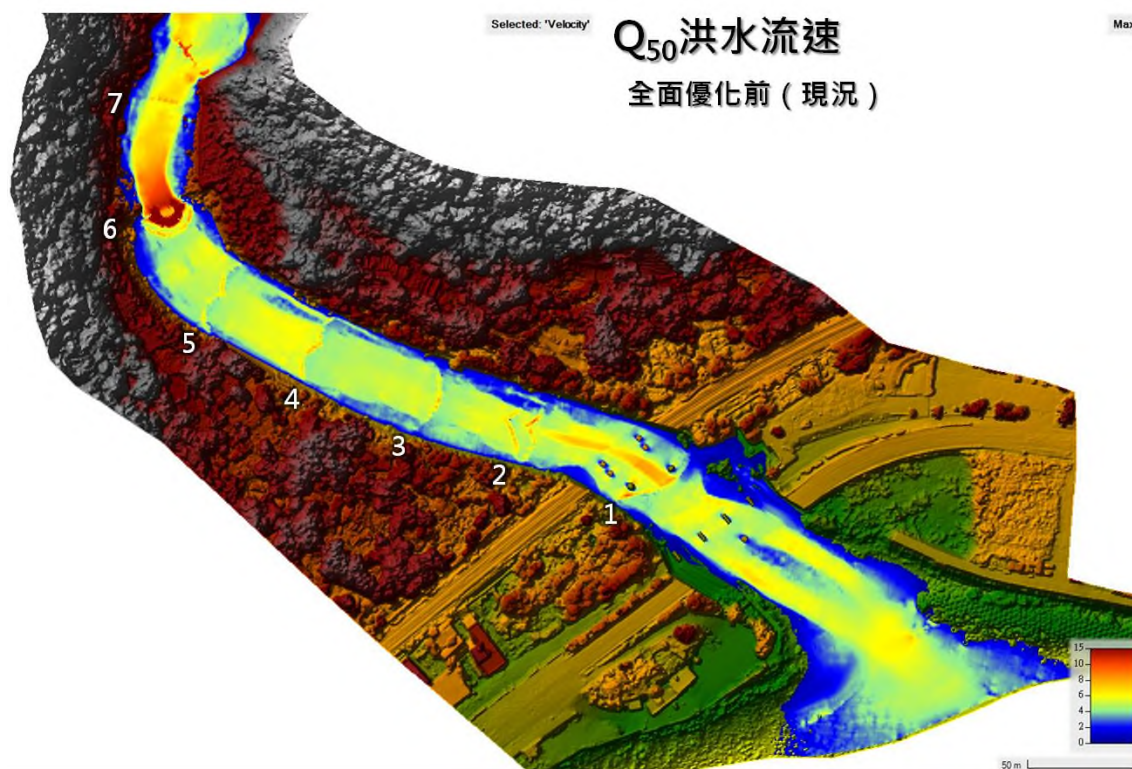


圖 3-13 Q₅₀ 洪水流速分布圖。

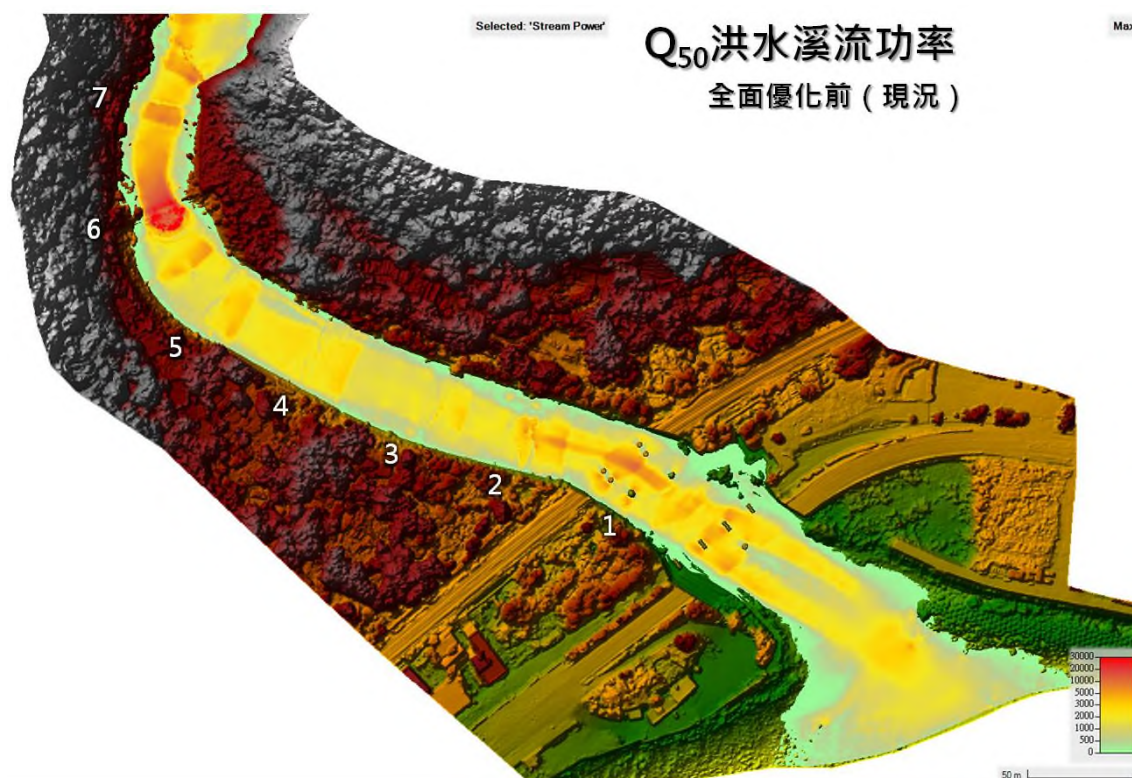


圖 3-14 Q₅₀ 洪水單位溪流功率分布圖。

二、低流量0.5cms情境

本計畫模擬現況低流量 0.5cms 情境之水深、流速，結果如【圖 3-14】～【圖 3-15】。由模擬結果及現地觀察，已知現況在低流量有以下課題：

1. 深度大於 0.5m 的潭區少，只有固床工#1 與#6，中間又得越過表面幾近斷流處。
2. 潭區縱深都很短，欠缺不同物種需要的環境梯度，也不利主要物種的成魚移動，ex.日本瓢鰭鰕虎、兩種湯鯉。
3. 固床工#3 至#6 之間沒有形成主要流心，水分散而淺，不利高溫的乾季。跌水工#6 的各階易滯水形成藻華。
4. 固床工#3 至#6 構造物表面有斷流的現象，直接降低仔稚魚下漂時的存活率。
5. 瀨區僅集中在固床工#1 的下游側。
6. 固床工#2 至#6 之間缺乏瀨區，整體而言流速緩慢，泥沙輸運功能弱，底質包埋度高。
7. 固床工#2、#3 落差處水流集中且流速過高，形成游動性魚的上溯障礙。
8. 各固床工落差處對攀爬性鰕虎幼魚也形成阻礙，因其只能沿很單一路徑攀爬，增加被鳥類定點獵食的風險。

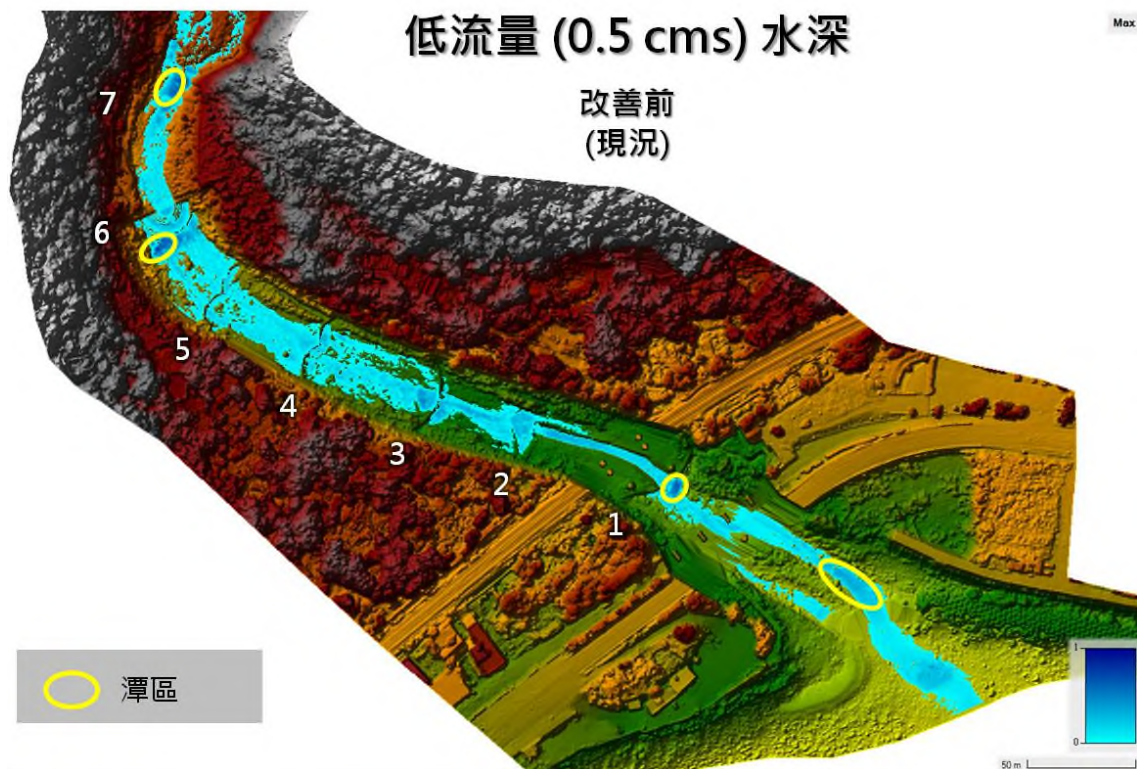


圖 3-15 低流量 0.5cms 水深分布圖。

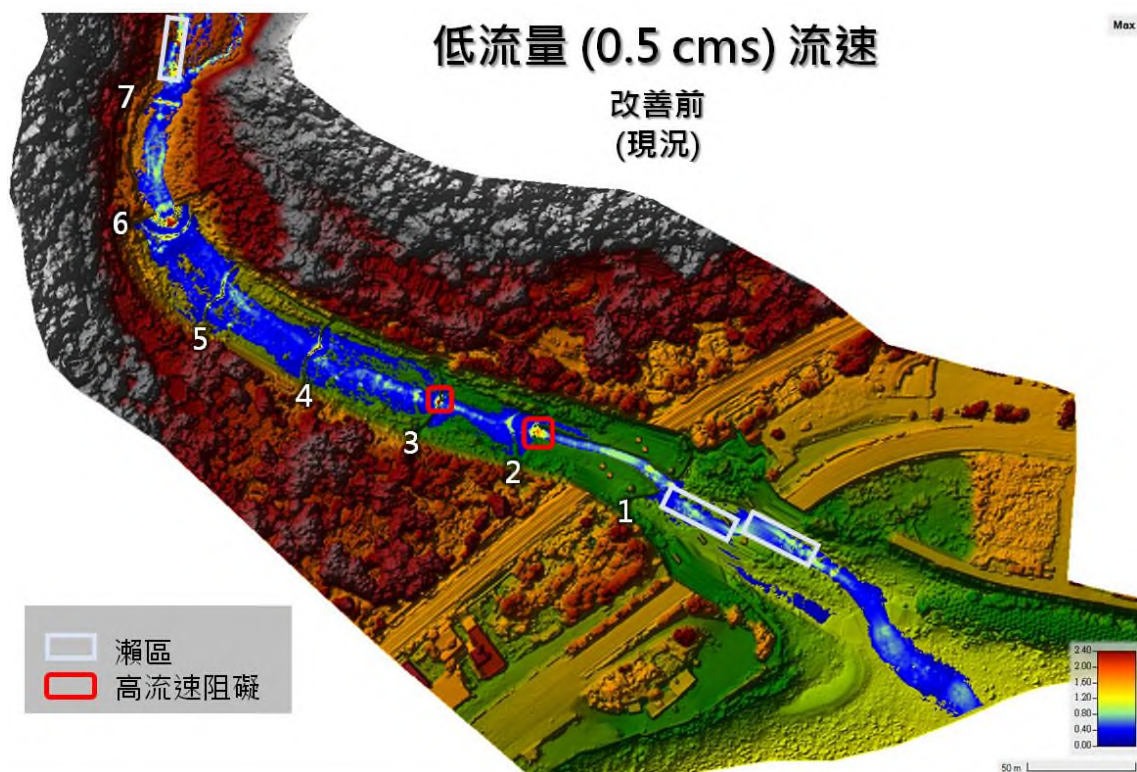


圖 3-16 低流量 0.5cms 流速分布圖。

第四章 優化目標擬定

第一節 河相優化原則

根據前述居民需求及治理需求，優化方案需能滿足 Q50 年洪水不致災之原則，且能恢復多樣之河相生態棲地。本計畫擬定之優化原則如下：

一、恢復寬深比適當之低水流路

比對竣工圖及施工後的流路，可知工程拓寬流路達兩倍以上【圖錯誤! 找不到參照來源。】。這導致河道過於寬淺，旱季容易水深不足，也使河道內缺乏應有的潭瀨變化。

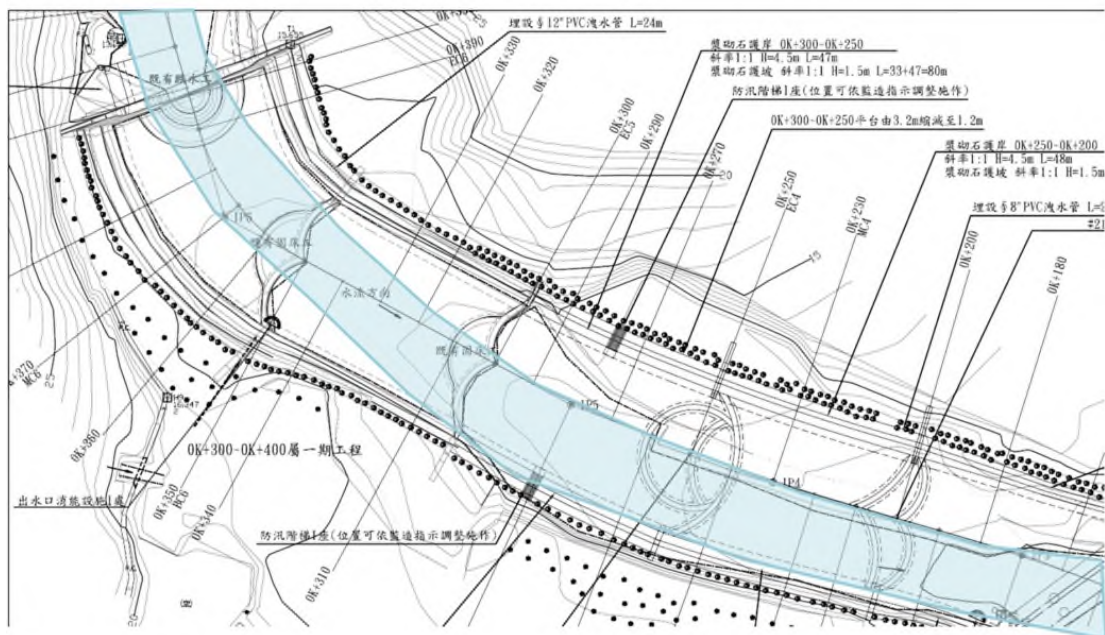


圖 4-1 竣工圖套疊施工前低水流路位置。

二、恢復交替出現之潭、瀨

工程前有交替出現的潭、瀨，但施工後潭瀨序列消失。除了上述流路拓寬的因素，混凝土固床工也讓土砂無法隨水流自然形成階梯深潭的形態。

三、容許流路在河道內小幅擺動

套置歷年農航所的航照圖，可知施工前流路在河道內小幅擺動，但施工後流路固定，無法擺盪。由於受地形限制，百年來大溪川的河道範圍未曾大幅變動，皆在此範圍內擺蕩。這個範圍是大溪川消能所需的空間，擺蕩幅度不致造成災害，且能讓較大規模的洪水更新灘地，防止灘地陸化，是維繫水陸域生物多樣性的重要因素。優化方案移除漿砌石固床工，但保留護岸，讓流路能重新發揮自我調節的功能。現況大溪溪的灘地在治理段越是有陸化趨勢的高灘，多樣性就越低，因人為活動帶來的入侵種就越優勢。

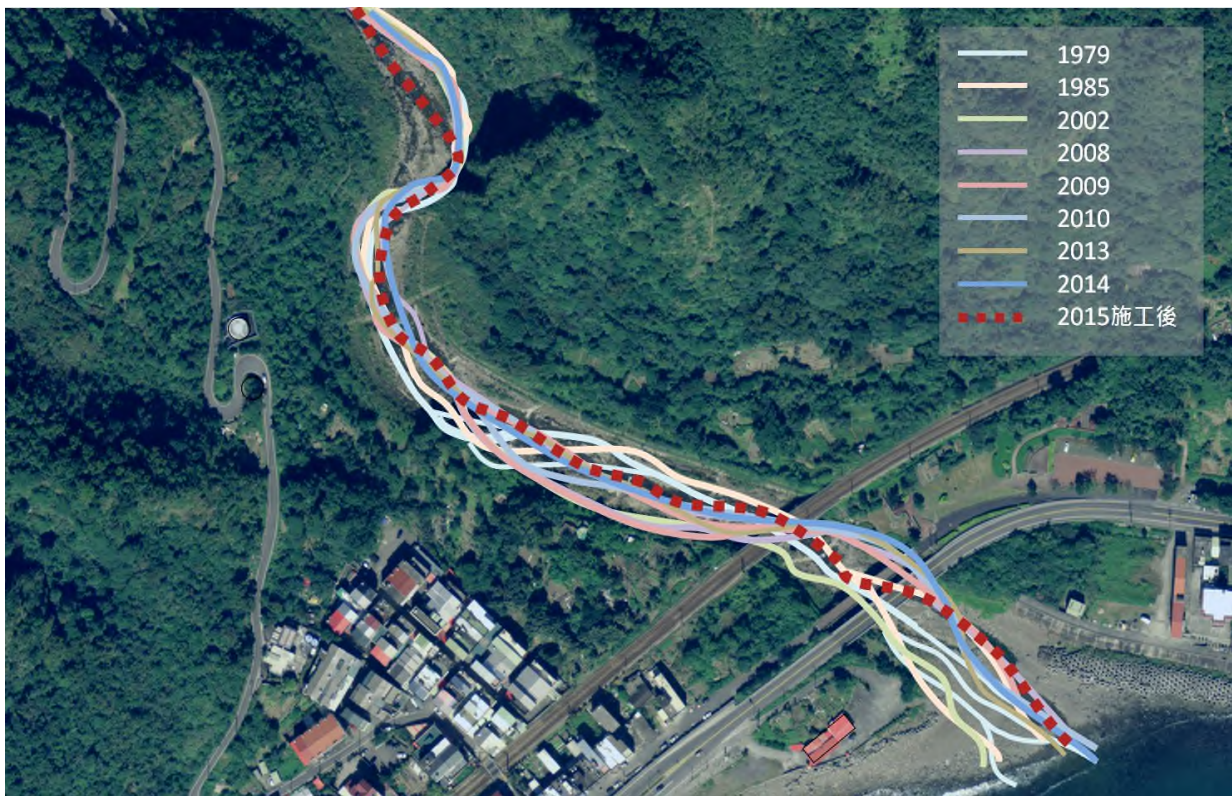


圖 4-2 大溪川歷年流路變遷。

四、恢復橫向生物廊道

工程拓寬河道的同時，也將河岸至河床原本漸變的地形切割成陡岸。原本河岸濱溪植被多樣，有利於蛙、蛇及小型哺乳動物往返

於水、陸域之間。建護岸後，橫向生物廊道受到若干阻隔。優化方案宜盡可能恢復低水河槽及兩側較高的灘地，緩和水陸交界的河岸坡度，並提升河岸的透水性，使工程段的濱溪植被帶能逐漸恢復。

第二節 水文事件共構的棲地變遷追蹤

2020 年 7 月底至 8 月上旬，固床工#1 進行優化測試。當時#1-#3 之間全伏流，優化測試執行固床工#1 斷面中間開口：第一層砌石約 11m、第二層砌石約 6m，兩層全降約 1m。而固床#1-#2 間的開挖深槽，據了解，優化測試當時到#3 間都是全伏流，因此原先要求延高程緩降稍微開出低水流路，以便引導水流延此流心自行沖刷有梯度變化的流路；但當時施作單位求水心切直接挖出伏流水位的深槽，開挖後河床質回填在深槽兩側，因而形成形似溝渠的兩極化流路如【圖 4-3】。居民多次反映景觀不協調，實際上觀察也發現：行水區寬度被束縮在 5m 的範圍（2020/10/27 優化後第一波鋒面雨之後量測），相對於上方 30m 寬度的漫流，即使是常水位時通過固床工#2 下方深槽的流速都很快。且經機具稍微壓平夯實，尋常雨量經固床工#2 將近 2m 落差的跌降消能後，通過此直線段時並沒有動能往左右擺盪自我調整。固床工#1 下方也受限於流心北側沉積在壩體下游約 3m 的 1-2m 巨礫阻擋，潭區發育未有明顯變化，優化測試有將近一年的時間未有明顯進展。



2020 年夏天，優化測試剛完成時的棲地樣貌。

圖 4.3 固床工#1 優化測試剛完工時的棲地樣貌

直到而 2021/06/05 的一場短強降雨，帶來 57mm 的時雨量，一次將#1 下的巨礫推開，後續不大的雨量遂通過#1 的跌降沖刷出治理區段最完整的潭區，縱向高程有了調整後，後續#1~#2 間持續自我調節，2021/11/05 豐水期量測的行水區寬度已拓展至 8m，中間並有 6 道石組卡扣成形，使沿程消能機制漸趨發育。

以下說明迄今優化測試產生與水文事件共同形成的棲地改變。從流況及河床質得知，優化測試引導流心的產生，能讓大溪溪恢復一路到河口仍有潭瀨交替、粒徑淘選分明的石質底環境。而在第三節水域動物分佈追蹤的成果，也反映了這個方向能恢復東北角獨立溪流的生物組成樣態。同時也果也都反映了若能在護岸範圍內，提供更完整的左右擺盪空間，這些河相及生態復育的過程，應更有機會在不同水文事件的運作中更顯著地作用。

一、中尺度棲地及流況的主要改變

優化測試迄今帶動的變化主要如下，並參考【圖 4-4】。





舊大溪橋拍攝優化測試前後固床工#1 周遭的改變



固床工#1-#2 間高程持續自我調節，已有 6 道石組出現。



固床工#1-#2 間束縮，左右擺盪消能受限，一般洪水量不足以溢淹。

(自動相機影像由觀察家生態顧問公司提供)



圖 4.4 固床工#1 優化測試前後，主要的棲地型態改變

(一) 固床工#1 對動物移動的硬體阻隔消失

由於距出海口僅 160m，過去超過 1m 的單斷面落差，形成相當關鍵的阻隔，優化後迄今已無來自高程落差的阻隔，主要觀測證據來自：指標生物往#1 上方移動利用、湯鯉和鯉科成魚在大水後集中滯留密度降低、鰕虎科小魚滯留#1 下方的數量級頻度降低..等，詳【第三節】。但水量豐侷限受固定的開口寬度及基礎高度，仍使水流速高，並於通過一固時產生水躍及紊流，在水位稍高時對小型泳躍魚形成些難度，水位低時對體型大的泳躍魚形成難度。另外這個開口的寬度相對於整個河幅約僅 1/3 弱，現階段明顯限制了上方水流於高流量時能擺盪的空間，不利溪流自我消能機制的發育，及合理的橫向水深梯度棲地，因此仍建議於後續系統優化時一併處理。

(二) 固床工#1 下方形成接近完整梯度的潭區。

有別於固床工#2-5 的短潭，由於水流方向及消能機制較不侷限於跌降掏刷，因此形成了有完整縱深的潭區，包含了接近自然的縱向水深粒徑梯度，及左右受限但各自為塊石、砂礫的推移帶坡降，因此不但因食源及棲所多元、在完工後陸續吸引不同物種來利用，

同時在偏好的微棲地空間也有明顯的分化。

(三) 固床工#1-#2 間，形成瀨流，河幅漸寬、沿程消能機制恢復。

原本高包埋的平淺流，在#1 開口的帶動及開口寬度的擺盪限制下，形成瀨流區，並有 6 道陸續卡扣成形的石組，逐漸稍微修飾平緩化原本在上端陡降的高程。

(四) 固床工#2 到副壩間（以下簡稱#2.5），低水流路明顯化。

中間深流區於豐水期可達 65cm 深，間接弭平副壩水面落差，多數物種只要過了#2 皆可抵達#3，也有大魚可棲息的環境。

二、優化前後的河床質改變

流況的改變連帶水下河床質的改變，包括：

(一) 固床工#1 下方潭區發育漸趨完整，除了水深變化之外，河床質相當接近自然潭區。

除了潭頭因為漿砌基礎呈一個垂直截切壁面，因而缺乏多元跌水和孔隙，較接近岩盤下的跌水潭之外，其他部分都呈現明顯的河床質淘選結果：縱深呈現前陡後緩的碗狀；潭腰隨前次大水事件而有不同表層底質，有時會有落葉樹枝等沉積在迴水區。右岸為較大徑石的推移帶，孔隙率相當高而多變，石塊形成的表面積複雜，形成偏好石質底的多樣物種高密度聚集處；因流心被廢棄鐵路橋墩及未開口的壩體阻擋轉折，左岸水勢較緩，岸緣從優化測試初期釋放的矽質堆積，經幾次大水後逐漸消化剩細礫砂質，也因此聚集的濾食及碎屑撿食型物種隨水文事件一直在變化。而左右岸都有較原來完整的橫斷面梯度，足讓迴游幼魚群沿淺水處通過。潭尾淺水處為透光良好的中大徑塊石區，因而聚集最多的藻食性魚類。舊大溪橋下進入瀨肩，轉成瀨流型的大小徑分明的底質。

(二) 固床工#1-#2 間形成瀨流，包埋度大幅下降，孔隙率大幅提昇。

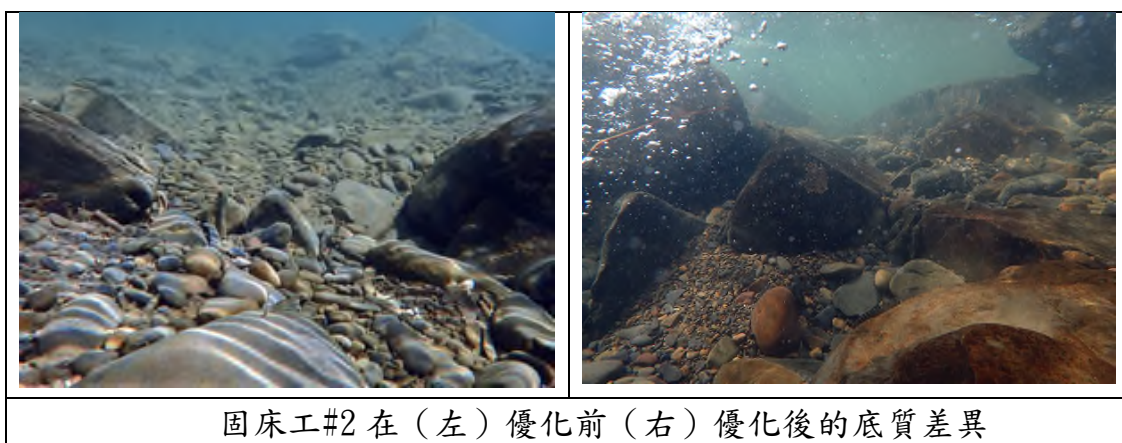
由於自然流路原偏左，繞過舊鐵路橋墩北側，因此在這一年內左岸推移帶的發育較多：在窄小河道中一塊巨礫的出露，背水側即形成細砂緩流，稍能提供高速水流下的緩衝棲息環境。目前橫向發育還不足，緩流區過少，也有待上方被構造物囚禁的砂源釋放。

(三) 固床工#2-#2.5 副壩間包埋度明顯下降。

除了包埋度下降，也因流心引導，副壩下開始有 65cm 落差短潭。

(四) 河床質調查的粒徑變化。

臺北分局生態檢核團隊（臺北分局 2021），於強降雨漫淹過的 2021/6/27 進行，對照本團隊協同執行計畫 2020/6/19 優化測試前的調查，固床工#1 上方瀨區淘選度明顯增強：粒徑增加，差異度也增加；下方潭區 D50 增大，D90 變小，趨近平均化，而潭區易隨前次降水及沉積事件而變化較劇烈。



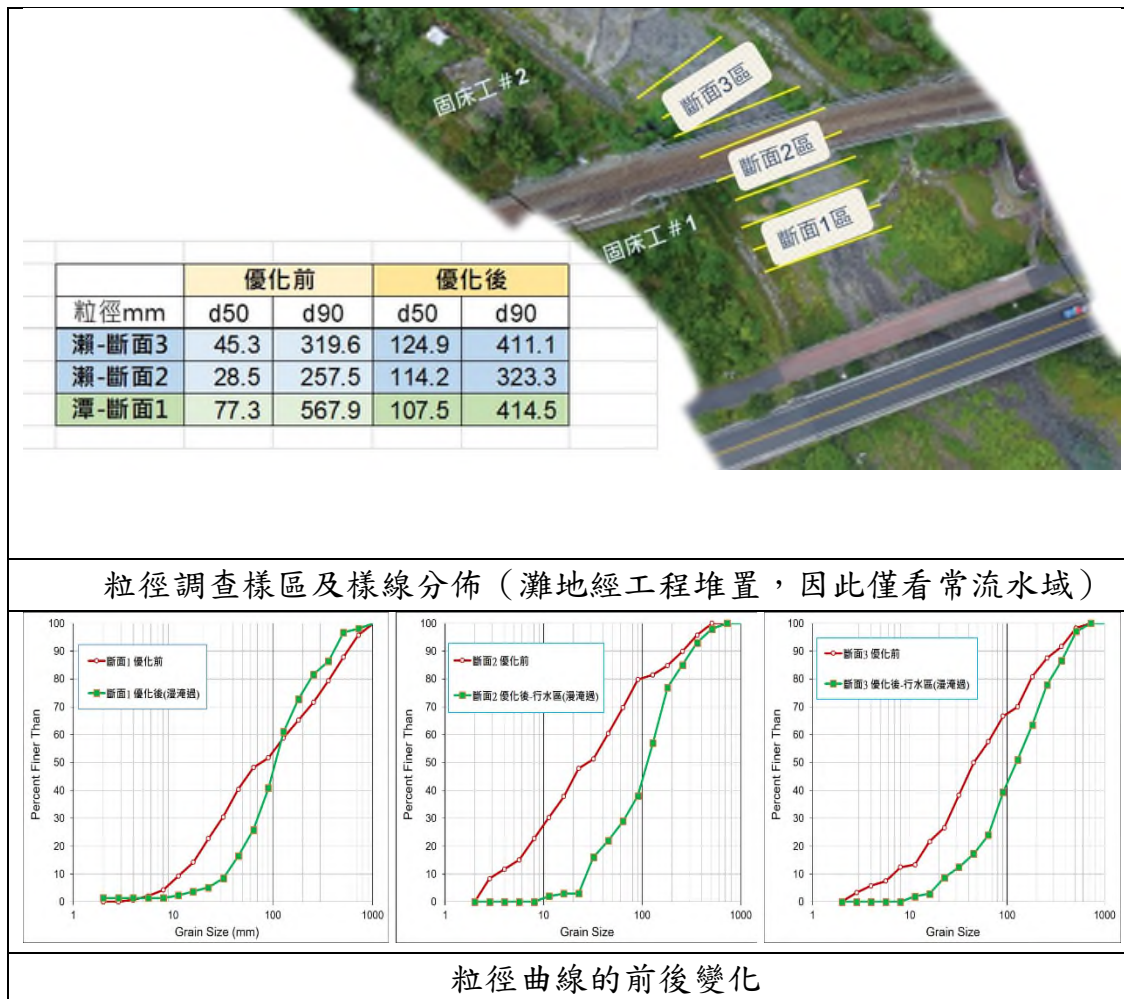


圖 4-5 固床工#1 優化測試後上下游粒徑分佈改變及橫向梯度。

第三節 動物分佈變化追蹤

水域動物變化的追蹤，由於存在著個體差異、水文事件的延時影響、其他變因、量化容許誤差相較於以上變因不一定能反映事實...等等因素，且優化測試前優化範圍無法定案致使沒能有針對範圍的調查，優化前後超過一個月的時間優化範圍全乾涸、未能逃離的生物全死亡。因此，優化的成效討論，包含臺北分局本團隊參與的 2020 年優化後追蹤，並著重於分佈變化及指標物種記錄所代表的整體意義。

本年度三月起迄今分散 10 天次調查，除延續 2020 年秋冬觀察優化測試後物種空間分佈的改變情形，重點放在透過實際觀察棲地

的利用及移動狀況，瞭解第一固床工優化測試工程的成效及課題，回饋優化的經驗。

(一) 優化效益生物指標

2020 年優化測試時，訂定的指標包括：

1. 過去記錄止於固床工#1 下物種是否擴大棲地範圍？排除近年觀察及條件相似河域都僅出現在汽水域的物種，尤其針對兩側洄游物種、及優化前常出現在固床工#1 下方潭區，但生態習性有機會更往上游活動的廣鹽性物種。包含：鰻科、笛鯛科、鰺科、海龍科、雙邊魚科、鮡科的所有物種。尤其如【第三章第一節】所提及的居民對治理前的記憶：鰻（及大鱗龜鰻）、無棘腹囊海龍、六帶鰻、格紋中鋸鰺（及銀身中鋸鰺），將是重點指標。
2. 現地的優勢物種是否減少了移動障礙？數量普遍之兩側洄游物種（瓢鰭鰕虎、湯鯉）成魚，及會被沖到下游的初級淡水魚（台灣石賓+台灣白甲魚+台灣鬚鰻+粗首馬口鰻），優化後在固床工#1 下潭區大量集中的現象是否減少？兩側洄游幼魚（枝牙鰕虎、吻鰕虎、瓢鰭鰕虎、湯鯉、）在固床工#1 下排隊塞車的現象是否減少？並特別關切目視不同水況下實際越過構造物的行為。
3. 其他綜合生物分佈利用記錄的展現：包括不同同功群物種的增加所代表的棲地改變、過去記錄數量少但不致完全被固床工阻隔的物種，數量是否增加？

(二) 物種空間分佈的變化

在洄游物種為主的溪流，物種數在自然條件下即呈現往上游可能漸減的分佈。但由於大溪溪固床工的阻隔很接近出海口，因此優化的影響如預期還是顯著的。

表 4-1 優化測試後區段種數的改變（汽水域、純淡水物種不計）



魚+蝦+蟹 種數	跌水工#6	固床工#2	固床工#1
優化測試前	魚 9 蝦 1 蟹 2	魚 14 蝦 7 蟹 2	魚 26 蝦 10 蟹 4
優化測試後	魚 12 蝦 4 蟹 1	魚 20 蝦 11 蟹 2	魚 27 蝦 12 蟹 3

註 1：「優化前」資料引用自臺北分局（2020）委託計畫，本團隊參與水域動物監測調查。當時優化前調查期間尚無法確定優化測試施作範圍，因此#1-#6 間資料為整併記錄無法切分。

註 2：汽水域因優化前努力量較低，暫且不計。初級淡水魚及陸封的甲殼類，與本段探討的阻隔改變較沒有關係，去除種數以降低判讀干擾。

註 3：因本表探討洄游物種的移動，資料來源也無法直接判斷是通過廊道或直接利用棲地，因此上游段有記錄的物種，是同有通過下游，而予以註記分佈。

1. 優化區段物種數的增加。

調查記錄發現，通過固床工#1 的物種數增加不少，這當中雖包含了優化後才在大溪溪有正式新記錄的物種，很難判定是否是優化測試的成效，包括：盤鰭叉舌鰕虎、拜庫雷鰕虎、薩波立裂身鰕虎、長絲瓢鰭鰕虎、砂棲瓢眼鰕虎、明仁枝牙鰕虎、淺紅枝牙鰕虎、典型米蝦、衛氏米蝦等 10 種。但在優化前止於固床工#1 的物種中，新增了 8 種往上游推進的物種，包括：大鱗龜鮫、鮡、無棘

腹囊海龍、六帶鰺、格紋中鋸鰻、寬帶裂身鰕虎、附刺擬匙指蝦、大和米蝦。這當中囊括了（一）所提到指標類群的全部，證實了優化單單是對縱向廊道的貫通，就產生很顯著的效益。

2. 直接利用固床工#1-#2 棲地的種類增加。

優化測試前的此段溪流，水淺而缺乏粒徑及孔隙變化，枯水期間水流遲滯高溫、且經常乾涸，因此平時除了體型<15cm 且在水上層撿食小型動物的粗首鰻之外，多半只有底棲<5cm 的小型鰕虎棲息，且在低水位高包埋的夏季，無法支撐如 #1 下的族群密度的藻食鰕虎，掠食性物種數量佔比高。

隨著固床工#1-#2 間包埋度的降低，及孔隙度的增加，即使到年底現況仍因束縮未發育出合理的橫向梯度，因而缺乏緩流及細砂粒的底質微棲地，但已經驟增了許多過往鮮少在這段被穩定發現、覓食、或展現領域的種類：鱸鰻幾乎是 100%可見率且至少 2 隻成鰻、極偏好低包埋石質底高溶氧水域的溪鱧、兔頭瓢鰭鰕虎、細額沼蝦、熱帶沼蝦等。而前述全流域今年才新記錄的鰕虎中，黃鰭棘鰕塘鱧、盤鰭叉舌鰕虎、薩波立裂身鰕虎、長絲瓢鰭鰕虎、淺紅枝牙鰕虎等石質偏好底棲小型鰕虎，都在此段有長時間的停留記錄。

3. 固床工#1 下方滯留的鯉科及湯鯉科成魚，密度降低。

過去#1 下方常在雨季後大量滯留鯉科及湯鯉科成魚，研判為雨季被沖下來（鯉科）、降河洄游往下游聚集（湯鯉科）時，在水位降低後過不了固床工#1，過往夏天甚至有滯留的台灣白甲魚（苦花）在斷流後無法耐受高溫低溶氧而死去。優化後這些泳躍能力佳的魚種，密度恢復到與上游跌水工#6 下潭區相當，研判固床工#1 已對這些種類的成魚不形成河內洄游的阻礙；但也可能是#1 下擴大成適宜棲地，這要等下一個夏天高水溫的乾季，才看得出來。

4. 固床工#2-#2.5 間藻食性物種豐度顯著增加。

#2 上方有個副壩，期間短短<10m 的流路，因#2 的陡降而跟著

形成流心深槽，壩下短潭水深可達 65cm，但豐水期水面幾乎不形成落差，即使小型游魚也能順利通過，因而目前只要上得了#2 就能抵達#3 下方。隨著此段流心集中、包埋度降低，但仍以淺瀨淺流為主的棲地中，藻食為主的鰕虎覓食停留的數量大增，以枝牙鰕虎為例，若包含上溯中的幼魚群，在這一小段最高記錄超過 400 隻個體。而較少見、明顯偏好流動佳的淺瀨區的：寬帶裂身鰕虎、毛假方蟹，也在今年豐水期出現停留在此段流心覓食活動。流心區鯉科能滯留的種類也增多、包括苦花，也能容下較大體型個體。

5. 固床工 #1 下方潭區棲地的分化穩定而明顯。

隨著潭區發育，水域動物也分化出各自特定的主要利用區：潭頭主要為等待流況適合上溯的個體，較不是特定的集團；雨季時流強加上水深可超過 1.6m，利用的物種反而少。下方混凝土掏蝕漸成的孔隙補償了潭頭貪食沼蝦可聚集棲息的環境；迴水區上層有雙邊魚、下層則有阿胡鰕虎；潭身中上水層多為湯鯉、台灣白甲魚、石賓、粗首鱸等的成魚；潭底潭尾及右側塊石推移帶會有不同大小的瓢鰕鰕虎為最大量；塊石推移帶種類最多，包含大孔隙中的鱸鰻、小孔隙下的塘鱧、在石塊表面巡弋的中鋸鰻和笛鯛，湯鯉的小魚、枝牙鰕虎、吻鰕虎等；及沿著最淺水邊移動的上溯幼魚群；潭尾轉瀨肩的較淺中徑石區常發現海龍、枝牙鰕虎、六帶魴、絨螯蟹、南海沼蝦；左岸的砂礫推移緩坡常有鰻、狹鰕虎、雷鰕虎等砂棲型物種。轉入瀨肩，掠食的湯鯉成魚、及六帶魴、銀紋笛鯛幼魚，經常此飆速巡弋追擊，偏好急流石質底的沼蝦如細額沼蝦、寬掌沼蝦，也容易在此發現。

6. 下游到河口積沙區的發育，增加了過去較少見的沙質偏好種。

沙源釋放，左右擺盪空間增加，加上水營力展現較多元，幾種過去沒有記錄的物種（過去沒有調查記錄但不斷言沒有）穩定出現於大溪溪，顯示微棲地漸多元分化。這項改變可能是暫時性的，也可能隨著發育出更穩定的積沙區，尚待觀察。

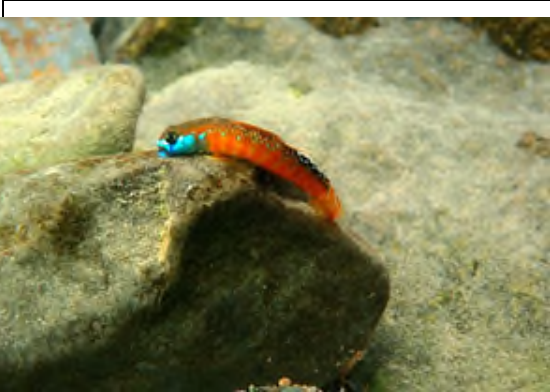
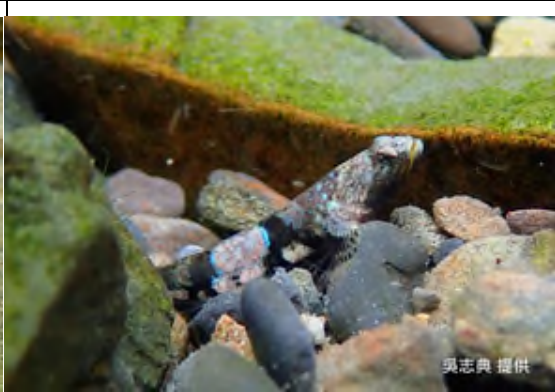
固床工#1 下曾在優化測試完工的第一場雨後，因為沙源的下放，一度明顯增加了濾食及碎食者，如曙首阿胡鰕虎、眼斑阿胡鰕虎、鰻、頰斑細鰕虎等，偏好沙質底的小型掠食者拜庫雷鰕虎、短尾腹囊海龍，也從此在大溪有持續的被記錄。河口汽水域也因細沙增加，優化測試後能看見底層碎食的經濟性海魚的機會增加，如：四指馬鮫（午仔魚）、虱目魚、鑽嘴魚（碗米仔）、黃足笛鯛等。以大溪溪的底床原貌來看，這些物種雖然數量不多，但若沒有固床工囚沙，應該會發展出流域下游的緩流積沙區。



原明顯受阻於第一固床工下的（左）無棘腹囊海龍、（右）格紋中鋸鰻，優化工程後均常態於固床工#1-#2 間覓食。但仍過不了固床工#1。



偏好石質底瀨流區、過去治理段少記錄、優化後固床工#1-#3 間易見的：
（左）溪鱧、（右）兔頭瓢鰭鰕虎

	
偏好石質底急瀨、過去治理段少記錄、優化後固床工#1-#3 間 易見的：(左) 細額沼蝦、(右) 毛假方蟹	
	
固床工#1-#2 優化測試後孔隙率大增並明顯被利用： (左) 褐塘鱧、(右) 鱸鰻的出現穩定，並記錄到從石縫狙擊寬掌沼蝦	
	
本年度新增了多種大溪溪新記錄種，同時也是台灣新近記錄的罕見種，都滯留 於固床工#1-#2 間：(左) 淺紅枝牙鰕虎、(右) 薩波立裂身鰕虎。	

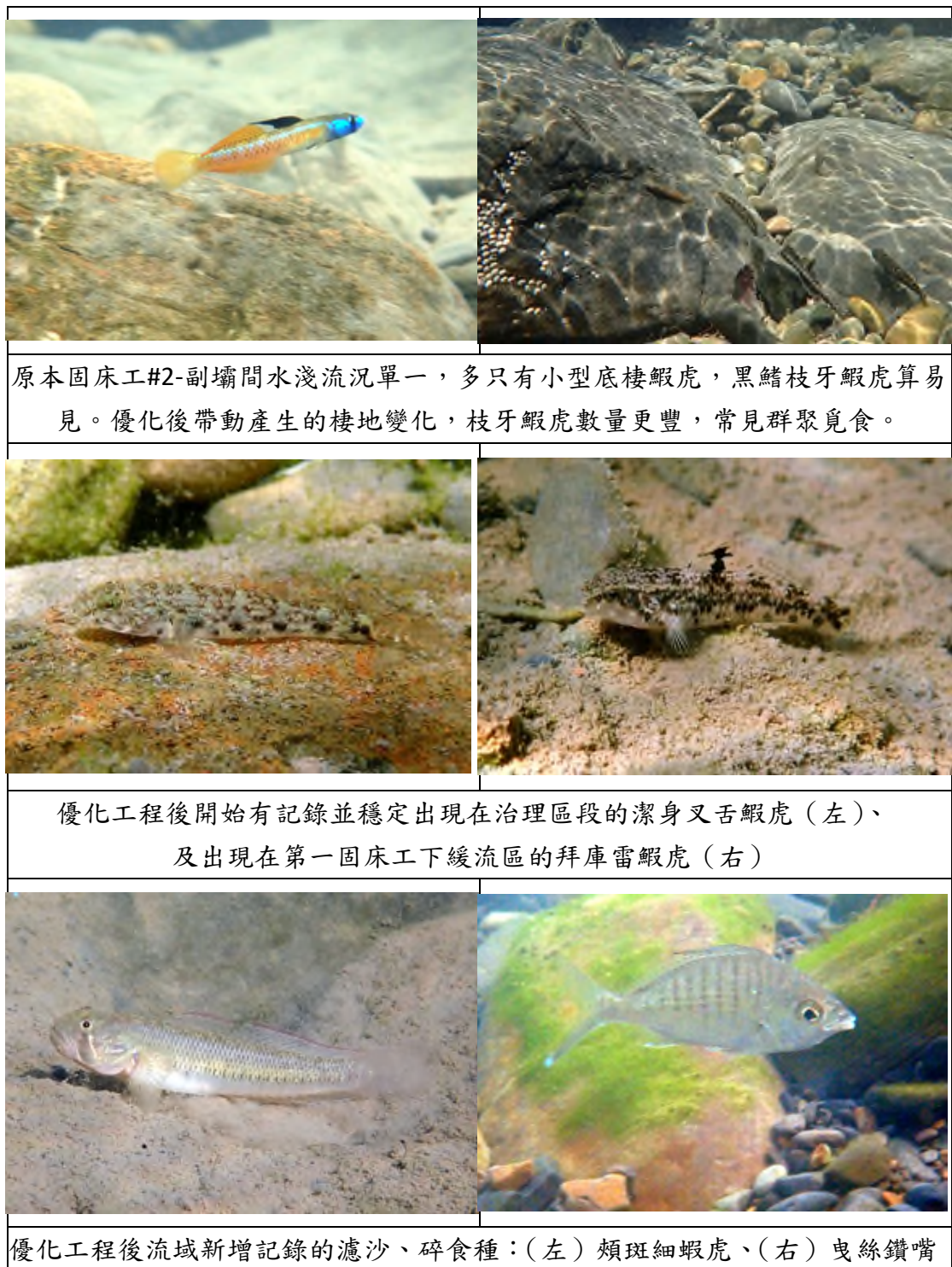


圖 4-6 優化測試後物種分佈的改變。

第四節 濱溪植生作為指標的評估

一、濱溪植生調查目的

大溪溪在治理後常流水路變寬至原本的 2-3 倍，原本水陸域交界的梯度大幅改變。所受影響包括：

1. 固床工#1～#2 間，灘槽兩極化，高灘地溢淹頻度降低，容易演替成樹林，而使中間的草叢推移帶消失，加遽流路束縮的問題。
2. 低灘地邊緣草叢植株能形成許多水域動物的棲地，利用者包括：剛羽化為成蟲的水生昆蟲、蜻蛉目成蟲、米蝦及緩流型沼蝦、偷襲蝦卵為食的海龍、伏擊的小型塘鱧...等，並在大水時提供緩衝水流的相對緩流區，應會有各種大小水域動物躲藏。
3. 濱溪植生及其形成的緩坡，為溪畔森林或農地之野生動物利用溪流的橫向廊道，目前治理段雖有複式斷面，但全漿砌條件使演替現況距治理前的緩坡次生林，還有很大差距。臺北分局委託團隊觀察家生態顧問公司在前兩年的自動相機監測，在治理段上方多次拍攝到食蟹獐及山羌的出入，本團隊今年調查時也在固床工#3 目擊護岸上的山羌（不確定原本是否能下到溪床）。

因此本計畫補充調查治理段對照自然段的植生概況，推求現地之植被演替序列，希望能瞭解：治理後是否造成物種組成及結構上的差異？若有差異，植生的組成是否適宜作為優化後健全發育的可能指標？並得以檢視植被自然演替是否朝向工程干擾前之原生物種組成，供未來若有整體復育計畫時，是否需人為介入之相關措施？

由臺北分局提供資料顯示，治理段在治理前，凹岸次生林緊鄰著溪床，凸岸及直順段則有較緩低灘地，過渡於溪流和次生林間。次生林以血桐、黃槿、牛奶榕、島榕、小葉桑、密花芋麻、山棕為主構；草灘則以白背芒為最主要，並有大花咸豐草、竹仔菜、姑婆芋、月桃...等。為典型的北部濱溪植群。

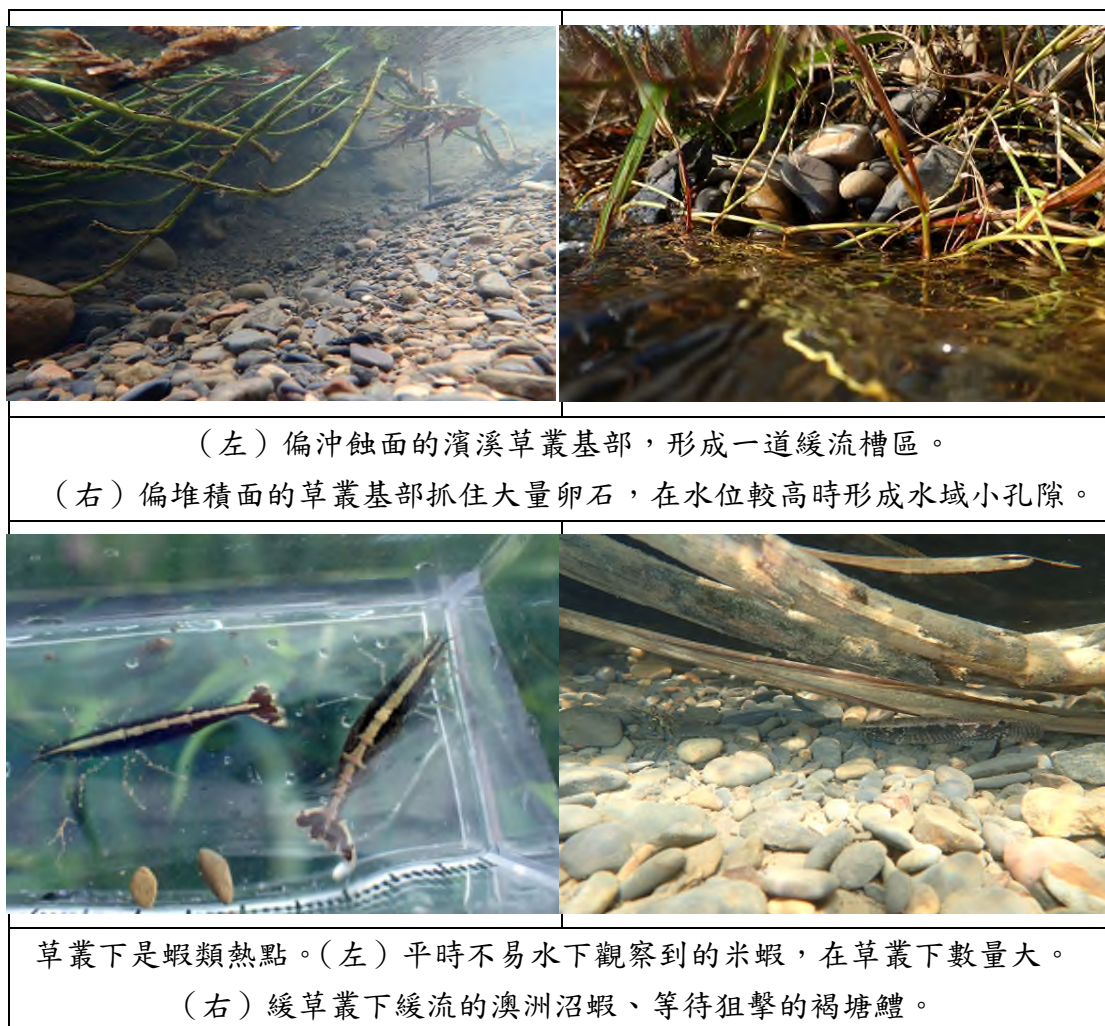


圖 4-7 濱溪草叢對水域生物提供的棲地。

二、濱溪植生調查結果

植生調查於 2021/9/25 野外調查。記錄臨水到濱溪坡面所見物種，描述於橫向梯度上的分佈。治理段在【圖 4-8】「植物 1」～「植物 3」點位範圍，自然段在「植物 4」～「植物 6」點位附近。



圖 4-8 濱溪植生調查點位。

(一) 各區段植生狀況

「點位 1」接近出海口，受濱海環境因素影響較大。整體以白背芒和大花咸豐草（入侵種）為主要優勢種。中島砂洲物種多樣性高，有典型親水性物種克菲亞草、水雞油、薏苡；但更多是周邊陸域常見之琉球女萎、千金藤、兩耳草、升馬唐、細葉饅頭果、漢氏山葡萄、銳葉紫珠、白柏、九芎；並已有喜強烈日照且不耐遮蔭之先驅樹種逐漸發育中--山芙蓉、白匏子、山黃麻、相思樹、狗牙根，少數銀合歡的入侵應盡早移除。右岸高位處堤岸以自然生長之種類為主，可見相思樹、揚波、小葉桑等灌木與小樹逐漸成長中。左岸疑因靠近大溪河濱公園，物種似與人為引進關係更密切，入侵種的象草、南美蟛蜞菊最為優勢。

「點位 2」及前期優化測試區段，典型人為干擾後受到外來種入侵佔據之開闊草生地，但原生種的白背芒、葛藤、磚子苗、圓果雀稗、竹子飄拂草...等親水性物種零星出現，未來可觀察是否能與大花咸豐草、青箱等優勢種外來種競爭。

「點位 3」在固床工#2-#7 之間，分為#6 以下的「平直段」，及#6 以上的「轉彎段」。平直段溪流水域漫淹面積較下游大，陸域外來種植物之優勢明顯降低，且由於本溪流目前沒有發現具水域入侵性的外來種植物，因此自此段以上游，原生種明顯開始佔優勢。整體以白背芒為主，外來種青箱和大花咸豐草逐漸居次，親水性高之糠稷、八字蓼、睫穗蓼、水丁香、圓果雀稗、大莞草，以及屬陸域物種之火炭母草、月桃、披針葉饅頭果、九芎等原生種皆生長於溪床上，多樣性頗高。高位近堤岸處則有山芙蓉、山黃麻、相思樹、銀合歡逐漸成長中。「轉彎段」與平直段類似，但距離人為干擾環境更遠，多為原生種，以白背芒佔據優勢。外來種已相當稀少，僅大花咸豐草仍然較為強勢，偶見青箱、銳葉牽牛。不少白背芒、九芎等陸生植物生長於流水間之堆積石塊上，親水的竹仔菜亦佔據相當面積，其他原生物種種類與前段差異不大，可見八字蓼、睫穗蓼、糠稷、水丁香、鼠尾粟、梵天花、木賊等生長於白背芒之間。岸邊不受水浸之高灘地則生長著相思樹、山黃麻、小葉桑、山芙蓉、密花苧麻、牛奶榕等木本植物。

「點位 4」進入自然段，在舊取水口上方的左岸岩壁下，雖沒有固床工，但口訪生態檢核人員得知，二期工程完工前此處曾刻意拓寬河道，將流心往右岸引導。相較於上下游格外寬大的砂洲上植物茂盛，同樣以白背芒為優勢，外來種以銀合歡與大花咸豐草為主，前者於兩側岩壁等水分較缺乏的環境相對優勢，後者則多分布於沙洲與溪床上陽光充足處。與白背芒混生者多見狗尾草、密花苧麻、月桃、九芎、銳葉紫珠等，多是下游段已記錄物種。然而，開卡蘆屬於分布廣生長速度快之親水性物種，僅於本段以上出現為較特殊情況。此外屬於森林底層物種荇弱柳葉箬，也在本段溪床上出現，生長於流水間岩塊縫隙。此區左岸切穿硬頁岩岩盤形成峭壁，岩盤上生長扭鞘香茅、萬年松、木槿、桔梗蘭與林投，雖與溪流特

性較無關，然所出現之植物組成較為特殊，其中林投一般也被認為是溪床高位處應有之樹種。

「點位 5」在是典型有坡度急瀨下方準備進入平瀨區的交界，沒有平緩河灘地。兩側森林較平緩處仍可見綠竹、唐竹、蓮霧屬於人為種植痕跡。其他原生森林則以稜果榕、石朴、山棕、雀榕、菲律賓榕、血桐、小葉桑、樹杞、魚木、九芎、烏皮九芎、大葉楠等樹種組成，為典型北台灣低海拔之楠榕林帶樹種，因此推測溪流上下游演替後期林相應相當類似此一組成，除了鄰近海岸區域外可能增添海岸樹種成員外，不致有太大差異。本溪段調查濱溪森林中較具特色之木本物種為木槿和十子木，零星出現於原始林邊緣，皆屬於東北季風影響帶下，東北角和恆春半島間斷分布的物種。

「點位 6」跳過約 2 個棲地單元，往上到距離出海口約 1.7 公里左右的潭區。濱溪浸水處，木賊與荇弱柳葉若有更大族群，但由於溪谷較為狹窄、而成熟森林更鄰近溪流，因此禾本科等喜愛強光生長環境之植物族群數量和面積較小，外來種入侵之情況也十分輕微，僅有零星大花咸豐草。台灣芭蕉則生長於緊鄰溪水區域，可見此區溪水侵蝕能力較弱。此地亦記錄水柳生長於溪畔，不排除未來有往下游藉由種子或斷落枝條散播族群之能力。

(二) 植物相作為生態恢復指標的可行性

整體而言，大溪川中下游流域以接近出海口處陸生外來種較多，尤其兩岸河灘地，包括人為種植之象草、南美蟛蜞菊，以及開闊地外來種大花咸豐草、帚馬蘭、青葙。往上游走隨著溪水漫流範圍加大、陸緣人為干擾較少，白背芒逐漸占據主要優勢，伴隨竹仔菜、糠稷、蓼屬植物有次要分布面積。至固床工#7 以上始出現開卡蘆。因此草本外來種的密度和優勢度，研判與人為干擾及距離出海口遠近，皆可能有關聯。木本植物部分則較少外來種，由於人為干擾，近出海口溪床與兩岸多先驅性樹種之幼樹，如血桐、山黃麻、

相思樹，往上游溪水無法漫淹之兩岸，則可見到稜果榕、菲律賓榕、石朴等演替後期樹種生長。

回應植物調查在未來持續監測的應用性：

1. 雖然外來種因素受來自陸域影響及工程擾動引入，但定期溢淹能抑制單一優勢，也能帶來上游的種源。因此灘地草本社會不以外來種為優勢的多樣性，應能反映植群發育的健康演替。目前固床工#1～#2 間，原生種的灘地指標白背芒，是否能壓制外來種的蒂馬蘭、大花咸豐草、青荊，就是一個指標。
2. 若未來有機會，讓護岸內外的橫向坡度恢復連結，「點位 5」的樹種組成，可視為演替發育的成熟指標。



2014 年治理前的大溪濱溪植被。



固床工#1 下的高灘地，先驅樹種已達 3m 高。



固床工#1～#2 間高灘地，外來種蒂馬蘭極優勢。

	
治理段淺瀨分散流路上的小砂洲並生著陸生與水生植物。	九芎本溪常見生長於湍急溪水之間。
	
濱溪先驅樹種以山黃麻、血桐、相思樹為主。	紅圈處的開卡蘆僅見於無固床工溪段。
	
自然段濱溪森林以北部楠榕林帶常見樹種為主。	自然段瀨區偶可見潮濕森林底層的荇弱柳葉箬，生長於溪上石縫間。

圖 4-9 治理段和自然段的典型濱溪植生。

第五節 依據水域動物需求還原理想棲地條件

一、依據同功群生態需求回推棲地優化目標

依據【表 3-3】的同功群需求，彙整回中小尺度棲地條件的設定，於優化河相中確認生態改善狀況。各棲地單元及單元連接的優化目標如【表 4-1】。

表 4-2 依據大溪溪棲地需求建立優化目標

棲地單元	生物利用需求	形成條件 & 應保全之自然樣態
河口汽水域緩流區	汽水域掠食海魚覓食、汽水域及純淡水域下游碎食魚覓食、進入純淡水域追擊和狙擊型掠食海魚通行及覓食。毛蟹型降海洄游繁殖、極多類型尚未確認繁殖棲地的洄游動物可能的利用。	低流量期有足夠集中的水量及合理坡降，避免因河道分散延長沒口時間，阻隔鹹淡水交換的緩流區。近年流心分散後，鹹淡水交界的河口內側多出一道沙嘴。
河口上游有塊石的瀨區	進入純淡水域等待狙擊型海源魚躲藏覓食。汽水域追擊型掠食海源魚覓食。並因不同體型，而有不同偏好的底質粒徑比例及水深。	維持自然坡降、不同深淺及流速的橫向梯度、及自然基質，並有與潮池連接的平瀨。
淺平流--溪床有卵石以上塊石，間隙有 2mm 砂礫	枝牙鰕虎型兩側洄游魚覓食繁殖。海龍型兩側洄游魚覓食。各型兩側洄游或降海洄游小魚遷移休息。偏好砂質平流型沼蝦覓食躲藏。	有坡降的流心兩側，或低坡降但有低水流路的寬闊平流。
深流--底部有卵石以上塊石	湯鯉成魚捕食通行。進入純淡水域巡弋掠食海源魚覓食。	保有水的良好流動能量，及自然基質。
平瀨（坡降 <15°）	枝牙鰕虎型兩側洄游魚覓食繁殖。海龍型兩側洄游覓食。裂身鰕虎型兩側洄游魚覓食。偏好石質流動水域型沼蝦覓食躲藏。	保有水的良好流動能量，及自然基質。
急瀨（坡降 >15°）	大部分兩側洄游物種通行。偏好石質流動水域型沼蝦躲藏。	保有水的良好流動能量，及自然基質。
階潭潭頭	爬吸行魚蝦蟹幼體需要有弱水流的上升路徑，遊跳型魚類需要在大落差前有足夠的緩流深水域可	跌水落差由該溪段相對大徑塊石組成，潭底有良好分選。跌水線非平直單調保留自然高低

棲地單元	生物利用需求	形成條件 & 應保全之自然樣態
	衝刺，因此都需要不是單垂直斷面的跌水落差。兩側洄游蜆螺繁殖。等待狙擊型兩側洄游魚覓食。鱸鰻型降海魚覓食。湯鯉型覓食。偏好石質流動水域型沼蝦覓食躲藏。兩側洄游蜆螺產卵。	落差，兩側溪岸保有水岸梯度（流心到兩側的跌水落差高度有自然梯度）。
潭身	進入純淡水域巡弋掠食海源魚覓食。瓢鰭鰕虎型兩側洄游魚成魚覓食繁殖。鱸鰻型降海魚覓食。湯鯉型覓食。枝牙鰕虎型兩側洄游魚覓食繁殖。毛蟹型降海洄游魚覓食。偏好石質流動水域型沼蝦覓食。兩側洄游蜆螺產卵。	上方坡降為多元落差跌水，兩側不受拘束形成自然坡度及有梯度的水線，因而潭身有分選良好塊石及多孔隙環境。
潭尾	進入純淡水域砂棲鰕虎覓食。瓢鰭鰕虎型兩側洄游魚小魚覓食。枝牙鰕虎型兩側洄游魚覓食繁殖。裸身鰕虎型兩側洄游魚覓食。毛蟹型降海洄游魚覓食。偏好砂質平流型沼蝦覓食。	潭尾有淺水區域、並有小徑卵石及細顆粒組成之鬆散包埋，仍有小型底棲魚蝦可鑽身的孔隙。
岸邊緩流	各型兩側洄游或降海洄游魚蝦蟹幼體遷移。進入純淡水域砂棲鰕虎覓食。海龍型兩側洄游魚覓食。偏好砂質平流型沼蝦覓食。靜水域型米蝦沼蝦覓食。	各斷面有合理集中的流心及推移帶（河床質分選良好），在低流量期有低水流路，豐水期仍有淺水緩流帶，與岸緣濱溪植被帶有良好銜接。
棲地單元連通性	潭瀨間水流相連通，有符合地形的坡降梯度，橫斷面上有多元而非單一高度坡降的連通流路，沒有局部斷流。	避免人為形成直線齊一的單斷面，避免漿砌導致河床高程無法動態調節。

二、前期優化測試方式之待改善課題

依據前述迄今的追蹤，2020 年優化測試的方式，主要為以下課題，可於後續優化施作時調整：

1. 固床工#1 開口有限，加上上方固床工#2 沒有連帶系統調整高程坡降，因此無法引導中間的流路有左右擺盪的消能機制，也無法在百代過程中發育出完整的橫向梯度，因此棲地變化不足，大部分時間全段都是高速瀨流或深流的環境，緩流區雖逐步發育但空間相當小。未來宜依據功率的計算，設定起碼開口寬度，以維持河相發育的穩定。
2. 有限的開口使固床工#1 漿砌底層仍是個大落差，下方流路直順，流經 30m 即抵達舊大溪橋，大水時直接承接高功率的流水，因而在斷面 0+100K-0+80K 之間，一年內出現多道落差。未來若能提供更完整的高程及寬幅的重組調節彈性，使沿程消能機制拉長在更長的流路上，單斷面承受的壓力才可減輕，有助於相關設施的安全。預期分散消能後固床工#1 下潭面積將變小、深度將變淺，但才是溪流自然平衡的動態狀態。
3. 有限開口下，溪床能經大水自我調節的空間不足寬度不足時，豐水期的狹口效應，使優化測試初期通過固床工#1 的流速相當高、且形成紊流及水躍，缺乏有變化的替代路徑。雖然流路束縮逐漸被大水拓寬，前述有多種指標物種通過固床工#1 活動的記錄，但同樣也記錄到多種游魚在這個隘口通行受阻、被水流推回、或延著底層漿砌平滑壁面左右徘徊、無法順利上升到開口水層的畫面。未來建議系統調整縱向高程，並在預期床底高的下方，打鬆但不移除構造物石塊，讓水營力對該斷面有自我調整的機會。
4. 固床工#2 形成的大落差，變成最主要的縱向廊道落差。該落差在優化測試時僅以塊石堆疊處理，雖陸續形成新階段能讓爬吸型鰕虎通行，但下方紊流強勁，缺乏「助跑用的」深流區、加上汽水簾的浮力變低，都使得泳躍型魚種不容易通過。研判僅能利用大

洪水降低水面落差並增加流路寬幅時通過。未來宜系統處理縱向高程，並保留夠寬的多元落差。



固床工#1 開口寬深彈性不足的狹口效應：(上) 豐水期大部分時間，水上水躍、水下強紊流。(中) 豐水期小魚通過狹口常被沖回。(下左) 六帶鰺有通過固床工#1 的記錄，但更多在最下層平化壁面間來回，一時上不了通水斷面。(下右) 豐水期斷面上流速極高，溪鱧在強流中緩行。



固床工#1 開口寬度不足，使下方集流欠缺擺動消能機會，台二線公路橋墩下在優化測試後，新出現多道石組跌水，彌補消能機制。



固床工#2 陡降形成紊流，潭區空間有限，都阻礙泳躍型魚種的移動。

圖 4-10 前期優化測試段之仍須整體調整課題。

第五章 優化方案規劃及模型檢驗

第一節 全面優化方案

「全面優化方案」指：基於理想河相，從固床工#1～#7，進行合於水理演算安全下的調整方案。

一、縱橫斷面形態

優化前後之 Q50 洪水水位及河床綫縱剖面如【圖 5-1】。由圖可知，優化前在固床工下游側，都形成陡降的短潭，形成縱向阻隔，棲地發育不均衡。優化後河床綫較為平順，水位則與現況差異不大。

優化前後各構造物附近之 Q50 洪水水位及河床橫斷面圖如【圖 5-2】～【圖 5-12】。

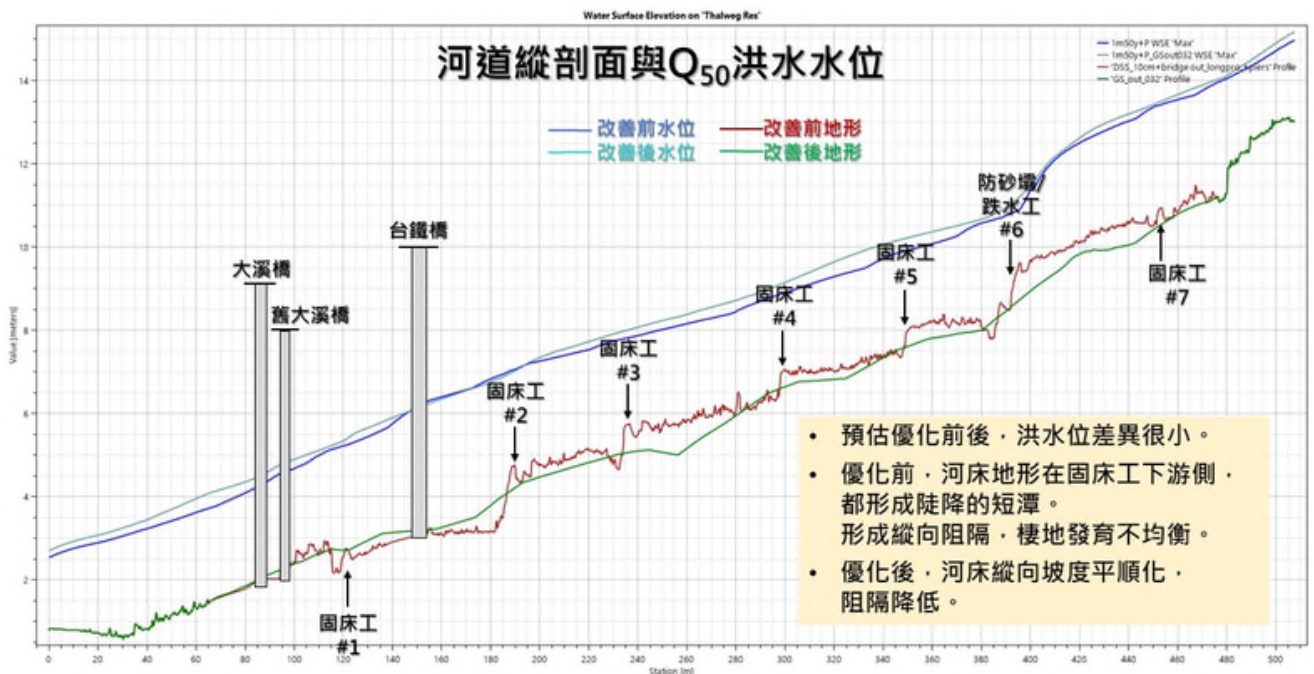


圖 5-1 優化前後之 Q50 洪水水位及河床綫縱剖面。

固床工#1

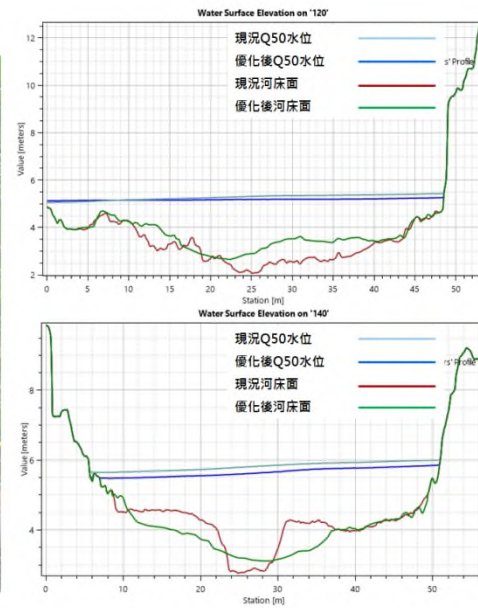


圖 5-2 優化前後之固床工#1 附近河床橫斷面圖。

固床工#2

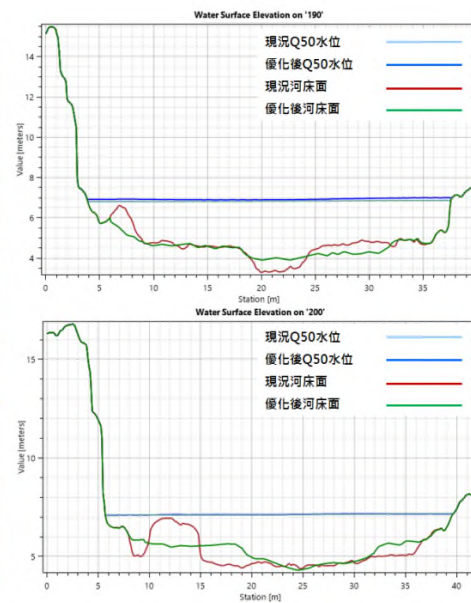


圖 5-3 優化前後之固床工#2 附近河床橫斷面圖。

固床工#3

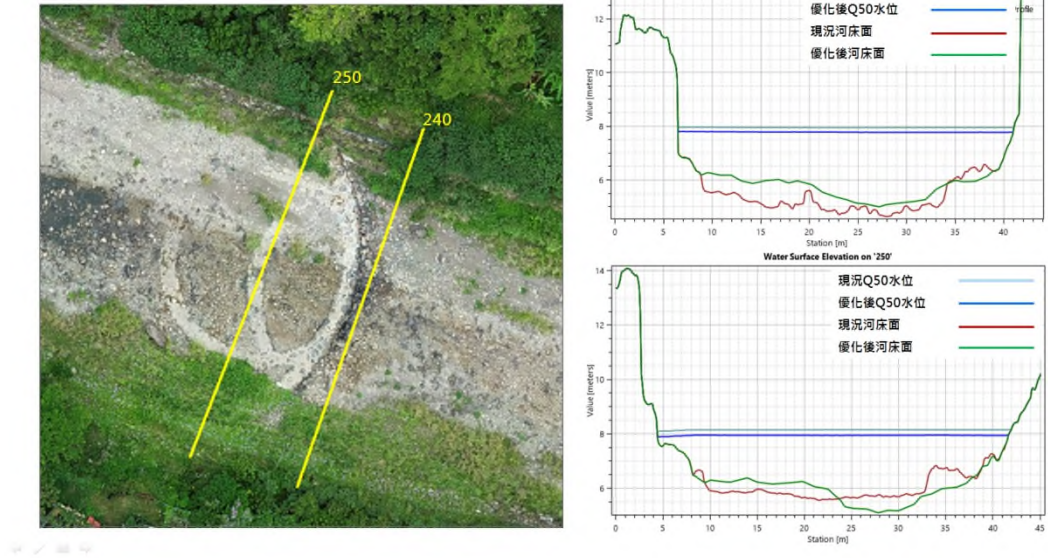


圖 5-4 優化前後之#3 固床工附近河床橫斷面圖。

固床工#4

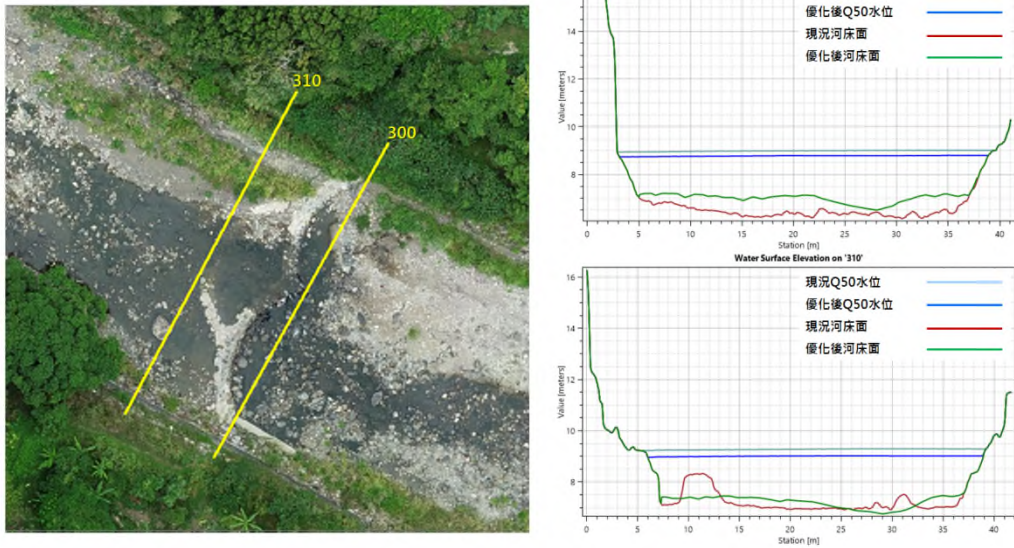


圖 5-5 優化前後之固床工#4 附近河床橫斷面圖。

固床工#5

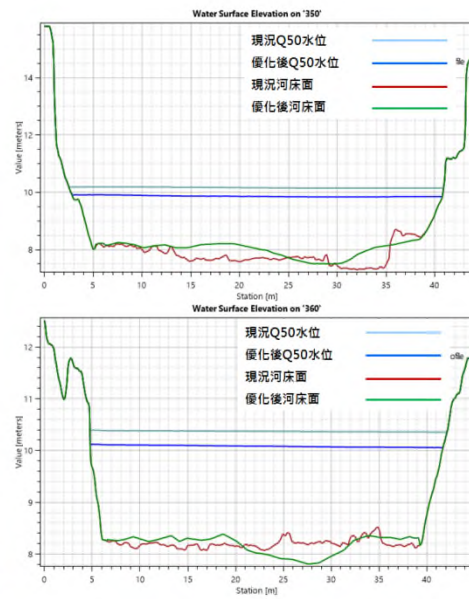


圖 5-6 優化前後之固床工#5 附近河床橫斷面圖。

防砂壩/跌水工#6

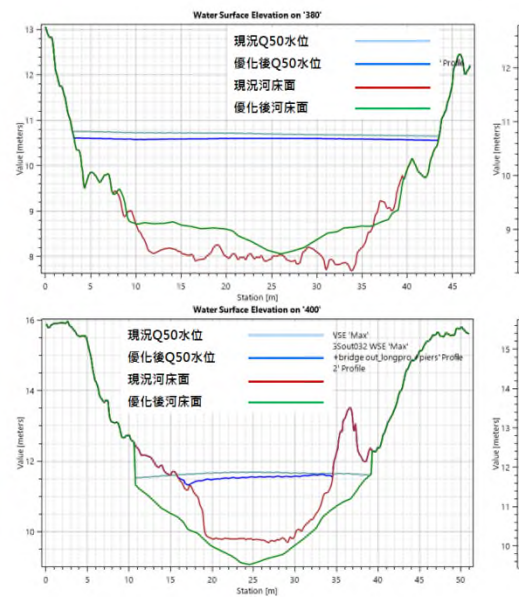


圖 5-7 優化前後之跌水工#6 附近河床橫斷面圖。

固床工#7

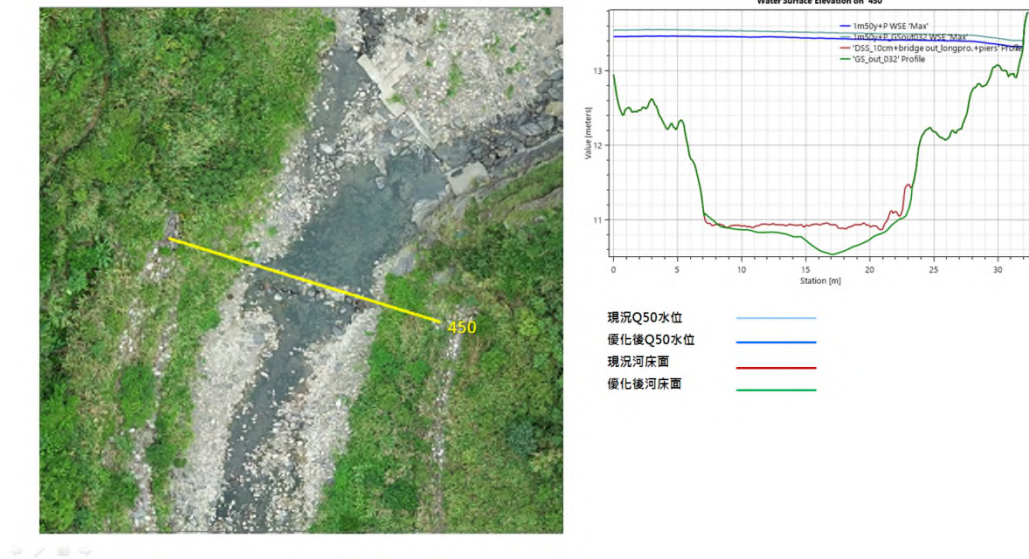


圖 5-8 優化前後之固床工#7 附近河床橫斷面圖。

二、 Q50洪水情境

符合 Q50 洪水情境安全，是優化方案的必要條件。以二維水理模型分析優化後 Q50 之水深、流速、單位溪流功率，結果如【圖 5-9】～【圖 5-11】。由圖可知，優化前後洪水可及範圍幾乎相同。水最多溢至左岸的涼亭下方，聚落、道路等保全對象不會溢淹。優化後局部高流速和極高速流消失，使幼魚蝦蟹能上溯到更上游。

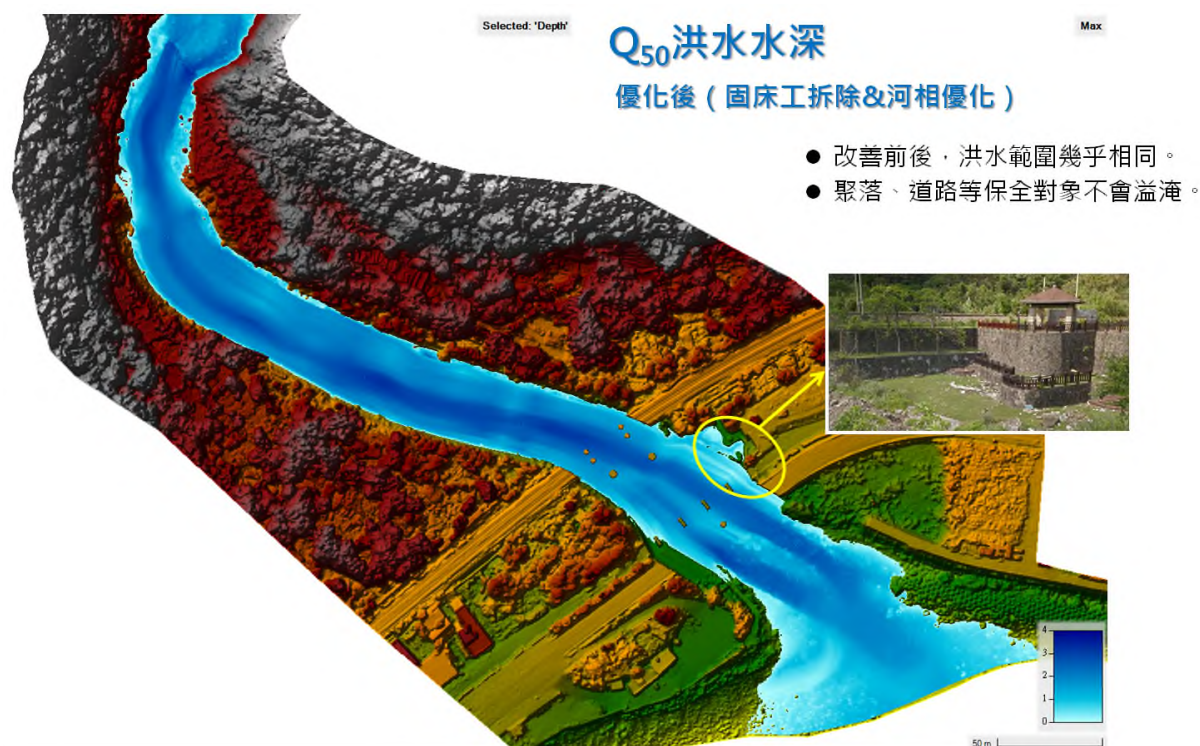


圖 5-9 優化後 Q50 洪水水深分布圖。

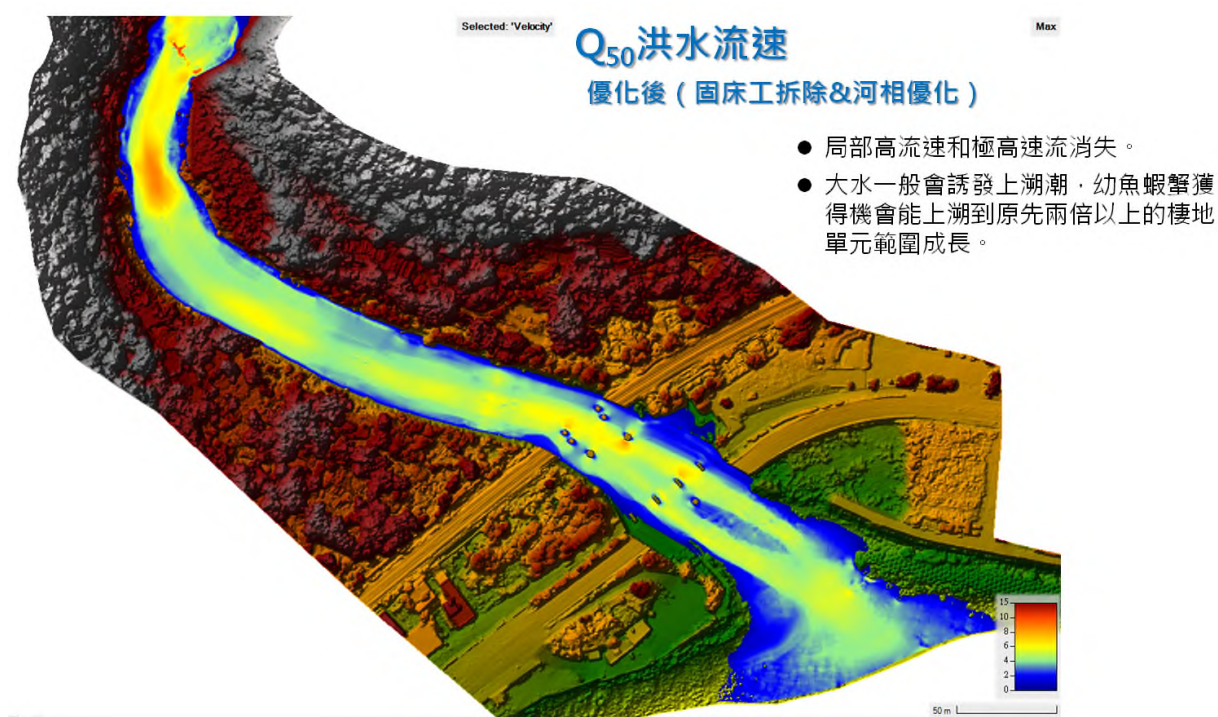


圖 5-10 優化後 Q50 洪水流速分布圖。

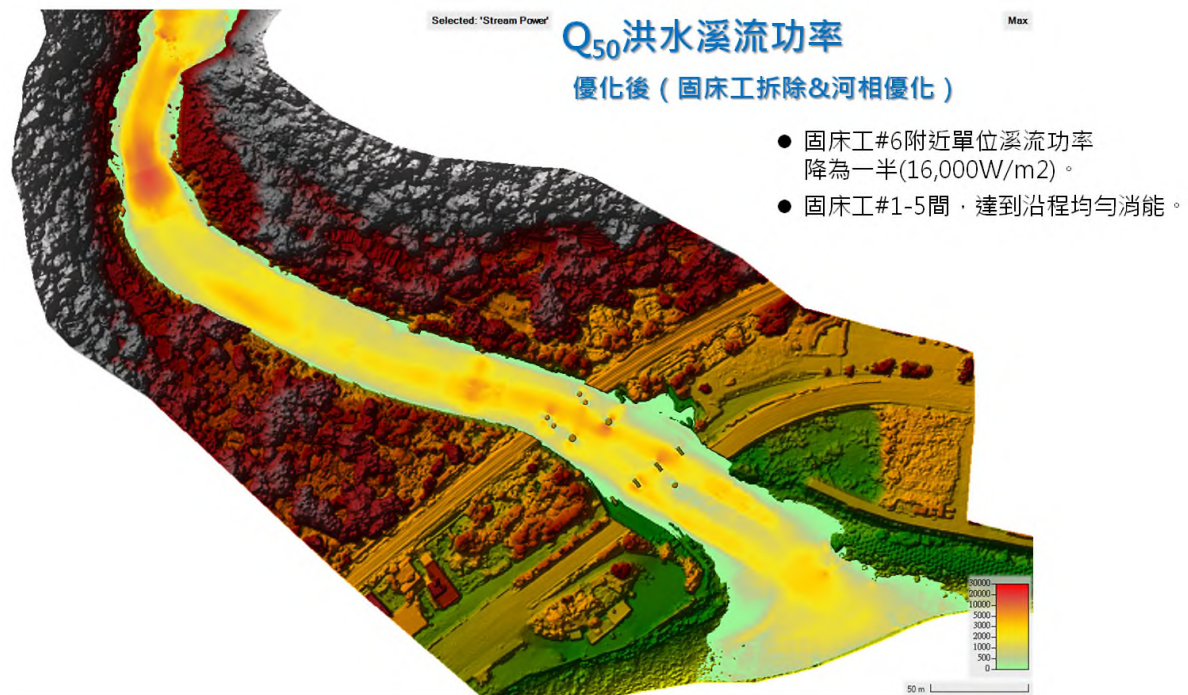


圖 5-11 優化後 Q50 洪水單位溪流功率分布圖。

除此之外，優化後固床工#6 附近單位溪流功率，降為現況之一半（約 16,000W/m²），且固床工#1-5 之間，可達到沿程均勻消能。

三、 低流量0.5cms情境

在確認符合 Q50 洪水情境的安全後，改善低流量情境下的生態問題，是優化方案的最大目標。以二維水理模型分析優化後低流量 0.5cms 下之水深、流速，結果如【圖 5-12】～【圖 5-13】。由圖判斷優化後達到下列目標：

1. 低流量期仍有規律分佈的潭區，且有縱橫向梯度的發育，可提高棲地多樣性。
2. 早期水流連續、無斷流之虞。
3. 流動性恢復可使包埋度降低，預期全段均可提供最主要物種瓢鰭鰕虎的良好棲地。
4. 全段岸緣都有淺水緩流域，有助於洄游物種幼體上溯。

5. 下游岸緣緩流淺水域，有連續性的濾食撿食魚覓食棲地。
6. 重現不同尺度、有規律的瀨區。
7. 流速適當，不形成幼體上溯阻礙。
8. 有多處緩流區，預期有砂棲鰕虎及小型雜食鰕虎棲地。
9. 潭區及連續急瀨交替，能提供鱸鰻等四類狙擊及巡弋型掠食者覓食棲地。
10. 鐵路上方較平緩溪段平瀨區，預期為枝牙鰕虎、平流型沼蝦之理想棲地。
11. 低流量時期適中流速處，應為石質流動水域型沼蝦棲地。
12. 不斷流且維持低包埋流動水域，有助於蜆螺類利用。

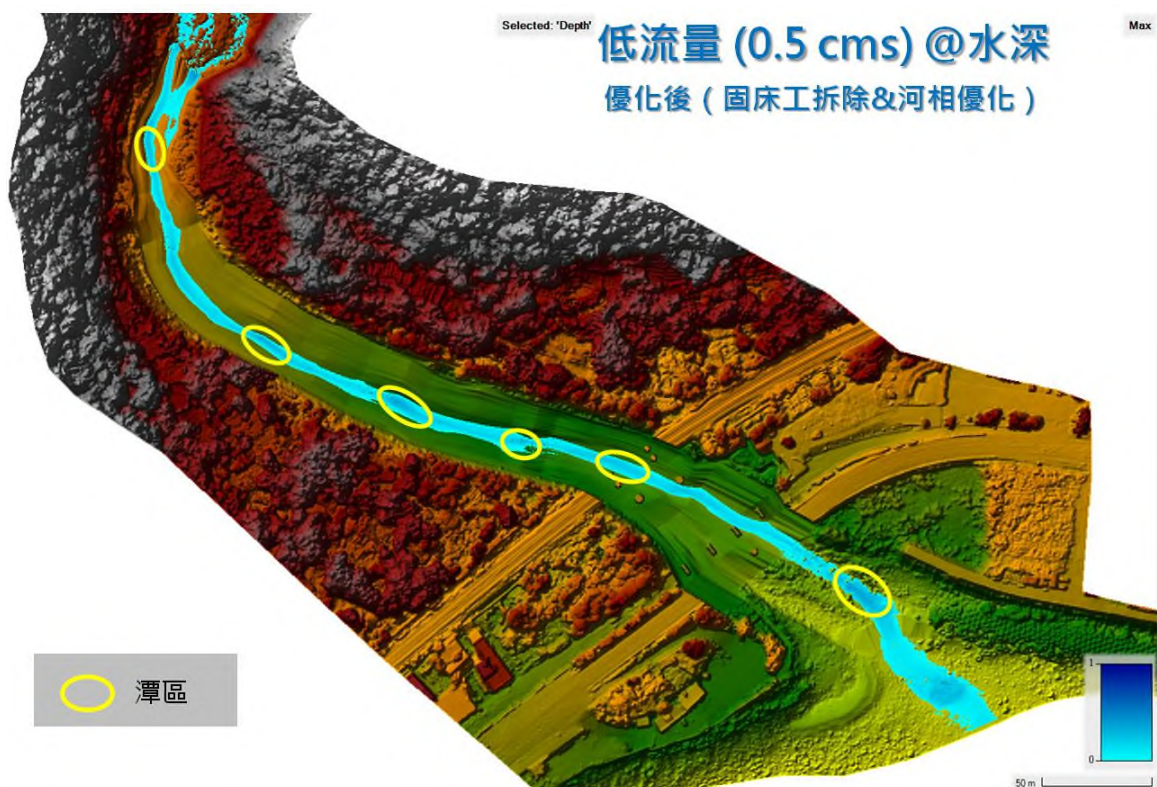


圖 5-12 優化後低流量 0.5cms 水深分布圖。

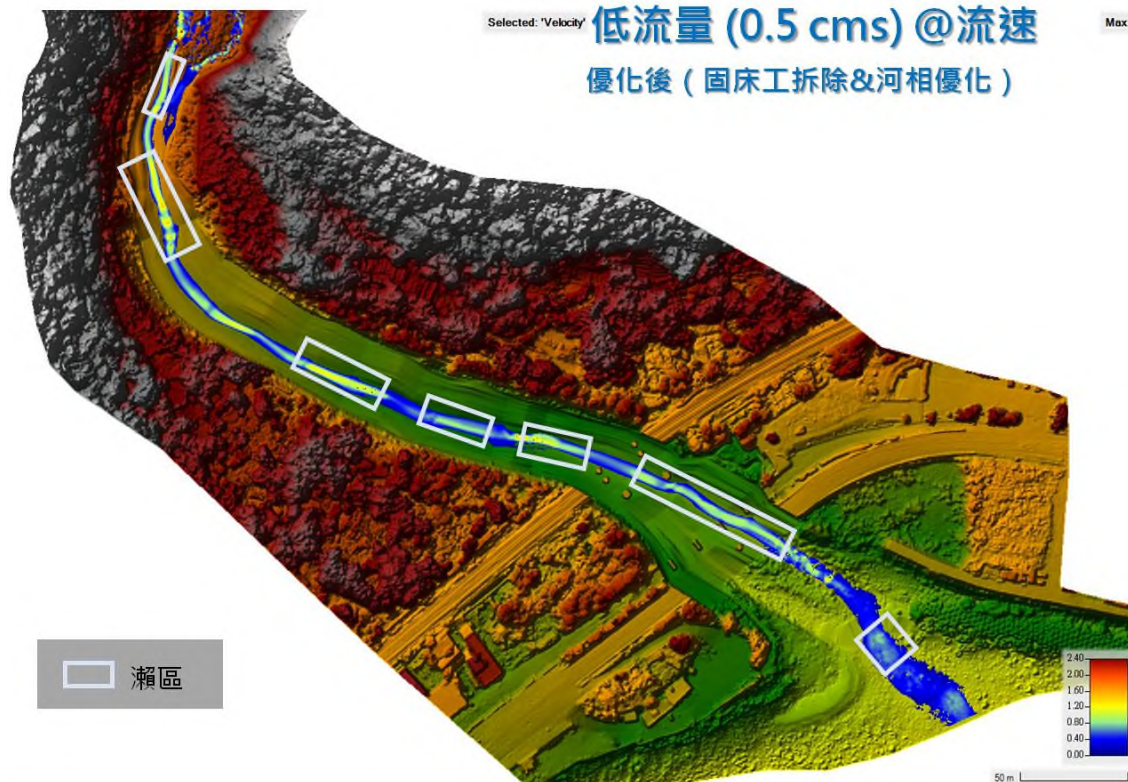


圖 5-13 優化後低流量 0.5cms 流速分布圖。

四、優化工程注意事項

1. 由上游往下游施作（固床工#7 往固床工#1），較能兼顧施工動線。現況河床平整，較適合作為優化工程的施工便道。
2. 雖然護岸的位置及高度不需調整，但現況漿砌的護岸，缺乏透水孔隙，致使護岸內外的表層伏流水無法相連通，也使濱溪植生的發育及拓展緩慢，不利於水陸域橫向廊道的恢復。因此建議於護岸漿砌處鑽孔，增加護岸孔隙。
3. 固床工移除漿砌部分（含基礎）。移除之材料，約 80%之塊石及混凝土殘塊填至護岸基腳，形成較緩邊坡，20%之塊石留置低水河道，供洪水沖刷形成天然固床工。
4. 低水河道兩岸坡度不大於 1:2（約 30 度）。

第二節 起碼優化方案

「起碼優化方案」指：若無法完全移除漿砌石固床工，在考量安全及不影響自然河相發育下，所建議採取的最起碼調整。本計畫採取以下步驟判斷固床工的最小移除範圍。

1. 調查河床質粒徑分佈，取行水區 D50 為代表粒徑。
2. 計算足以使 D50 顆粒啟動之臨界單位河流功率。
3. 透過 HEC-RAS 模擬現況地形下 Q50 情境之單位河流功率分布，大於此臨界值者，為「侵蝕作用區」。
4. 根據治理前潭區深度，決定垂直方向潛在的沖刷深度。在此潛在沖刷深度內，不宜有不可變動的構造物，以免影響前後河床垂向的自我調節發育。
5. 決定各固床工最小優化範圍，包括固床工基礎移除範圍。
6. 移除後，河道斷面形態、工程建議事項同前節之全面優化方案。

二、河床質調查

本計畫於現有工程段低水河道內進行河床質調查，調查點位（C, D, E, F）如圖 5-1，調查結果如表 5-1。這些點位雖以潭、瀨命名，實際上河床質均受工程影響，粒徑分布差異不大，可視為具全河段之代表性，其 D50 平均值為 37mm。



圖 5-14 河床質調查點位

表 5-1 表層河床質調查成果

	C 潭	D 瀨	E 潭	F 瀨
平均粒徑 (mm)	119.22	91.71	118.09	135.93
標準差 (mm)	171.84	129.24	164.06	191.64
代表粒徑 (mm)				
D10	3.5	5.2	5.3	5.6
D20	8.7	8.3	10.5	8.9
D30	13.2	10.5	19.9	16.0
D40	18.8	15.2	34.2	30.4
D50	31.1	22.6	46.0	48.5
D60	44.7	34.6	68.3	72.7
D70	136.2	107.7	119.9	151.1
D80	259.5	171.1	202.8	237.0
D84	295.9	213.0	234.7	298.4
D90	350.6	298.4	348.8	418.3

三、計算臨界單位河流功率

判斷河床質啟動與否，傳統上使用河床剪應力（bed shear stress）。傳統的無因次臨界剪應力（critical Shield's number）會隨著坡降而變化，難以作為山區河道泥砂啟動的判準，因而主張以無因次單位河流功率取代無因次剪應力，寫成

$$\omega_* = \frac{\omega}{\rho (g (s - 1) D_{50})^{3/2}}$$

式中 ρ 為水的密度， g 為重力加速度， s 為泥砂比重。Parker et al. (2011) 發現臨界無因次單位河流功率 ω_{c*} 不易隨坡度變化，且在大範圍的坡降資料中，可取平均值為 0.1。以 $D_{50}=37\text{mm}$ 代入，得到河床質啟動之臨界值 $\omega_c=1470 \text{ W/m}^2$ 。

四、Q50情境之侵蝕作用區

「侵蝕作用區」意指在模擬情境下，河床可能全面啟動的區域，若此區內有漿砌構造物，表示其下游可能受侵蝕而形成阻礙生物移動的落差，固床工建議移除。若不位於侵蝕作用區，表示雖然有固定構造物，但在 Q50 情境尚不至於改變河相。

以臨界值 1470 W/m^2 劃分現況的單位河流功率分布。考量在 Q50 規模洪水下，灘地植被可能流失，故於 DEM 削除灘地植被，恢復寬淺的河床形態，如圖 5-，單位河流功率之模擬結果如圖 5-。圖中紅色區域為單位流功 $>1470 \text{ W/m}^2$ 的區域，即侵蝕作用區。由圖可知，在固床工#4 以上，河道有超過 80%為侵蝕作用區，其範圍包括固床工#4、#5、#6、#7 的 90%範圍。

在固床工#4 下游，可能由於上游陡坡的能量已消耗，侵蝕作用區範圍變窄，在固床工#2~#3 之間出現淤積區。儘管如此，固床工#2~#3 大部分範圍的下游仍為侵蝕作用區，代表固床工下游落差可能繼續增加。

固床工#2 以下，受到固床工#1 開口溯源侵蝕的影響，侵蝕作用區再增大。固床工#1 已開口，目前的形態使其右岸側溪流功率較高，左岸則有淤積傾向。

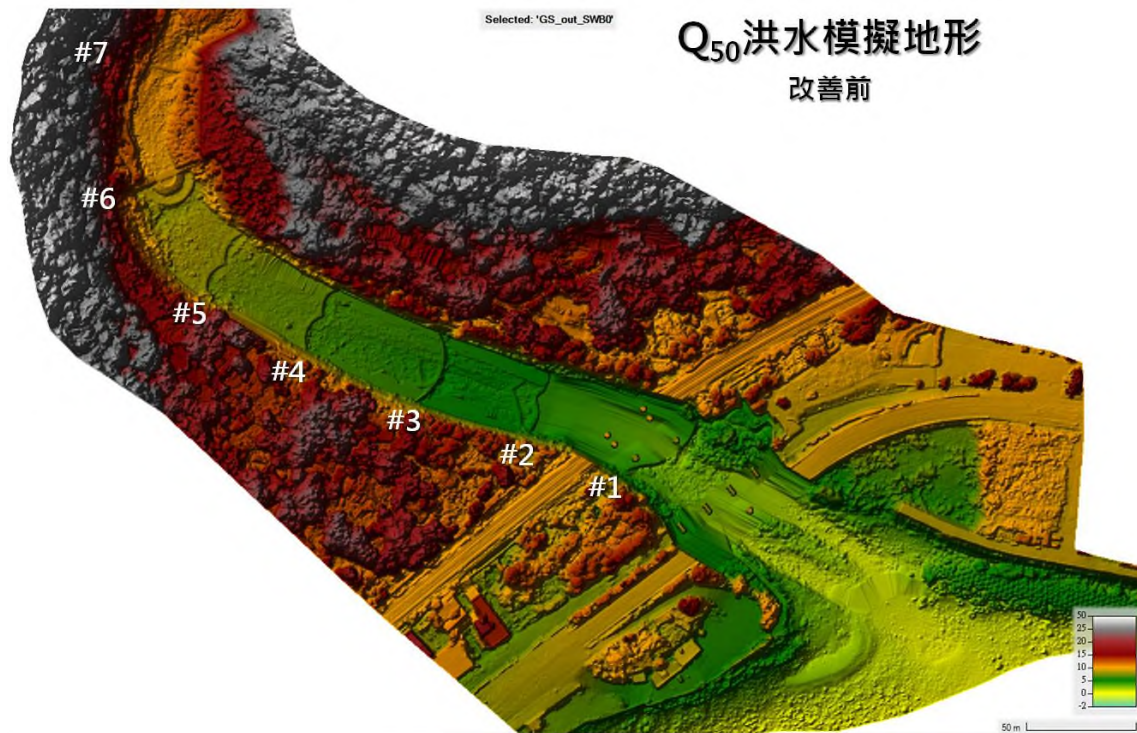


圖 5-15 現況 Q₅₀ 情境模擬地形

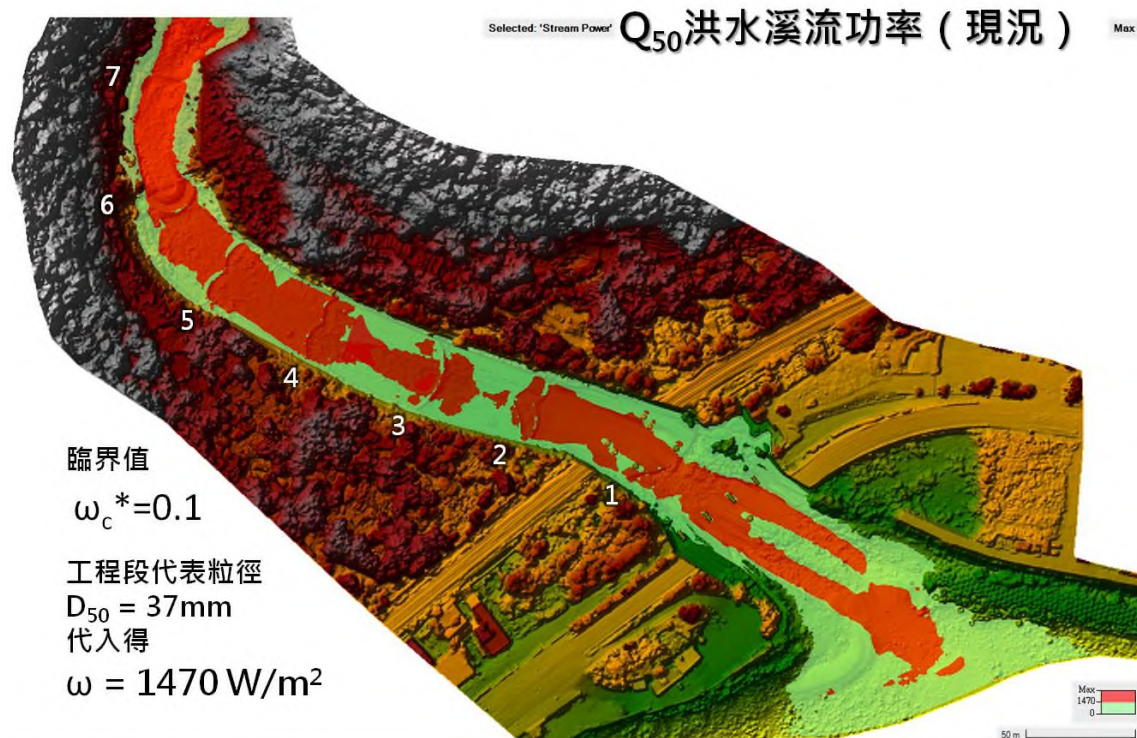


圖 5-16 現況 Q₅₀ 情境下侵蝕作用區 (紅色區域)

五、垂直方向冲刷深度

104 年施工前，固床工#1~#7 原河床面的坡降大致維持一致，並有連續的梯潭。潭區有深有淺，但不超過平均床面下 1.25m，如圖 5-。圖中紅線為自然潭瀨結構下，深潭最低點的連線。起碼優化範圍應以紅線為基準，紅線以下的固床工基礎可保留。紅線以上的範圍，可能會阻礙潭區的形成，建議移除。

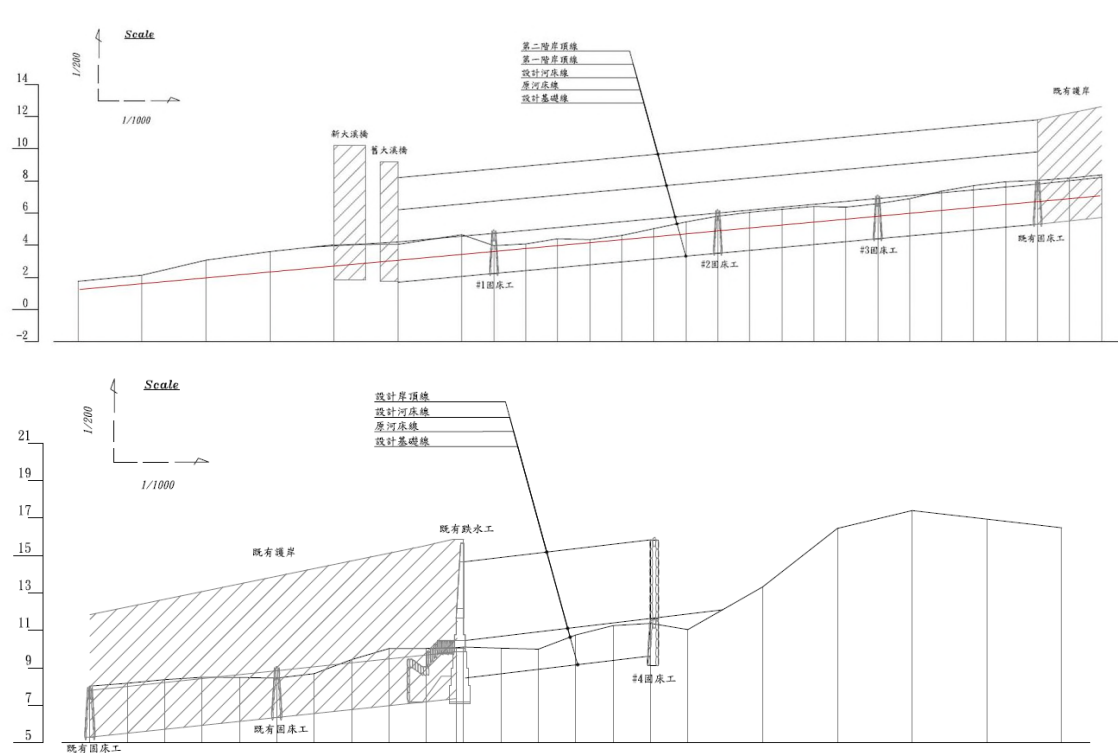


圖 5-7 施工前深潭基準線（底圖為原治理工程設計圖）

六、最小的起碼優化範圍

根據前述步驟決定固床工最小優化範圍。考量保全對象位置及潛在能量集中點，做以下調整：

1. 固床工#7 之右岸為彎道攻擊岸，故保留一小段作為丁壩，將水勢挑離右岸。

2. 固床工#6 之右岸為彎道攻擊岸，過去有沖刷紀錄，保留一段翼牆作為丁壩，將水勢挑離右岸。左岸翼牆嚴重束縮河道，造成彎道隘口能量無法宣洩【圖 5-19】，故左岸翼牆建議移除。
3. 固床工#1 右岸離大溪聚落較近，且考量左岸為施工前舊流路，故將優化範圍調整至左岸，右岸保留部分一小段固床工。

各固床工之優化範圍的平面圖、斷面圖如【圖 5-18】至【圖 5-22】。

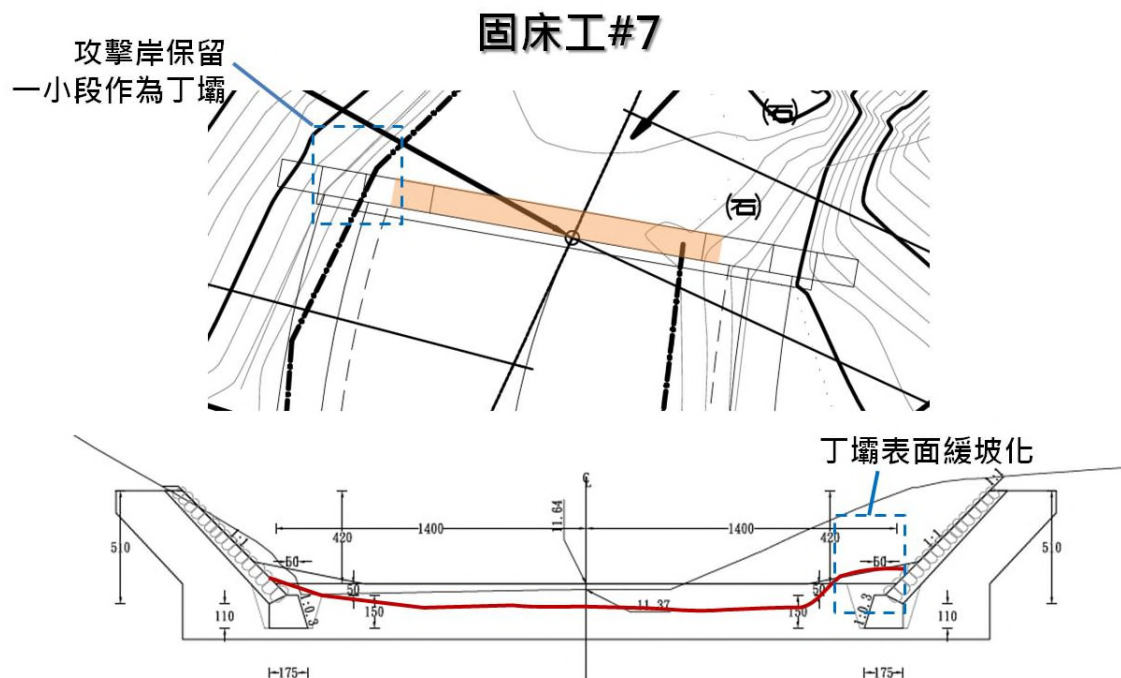


圖 5-18 固床工#7 最起碼優化範圍

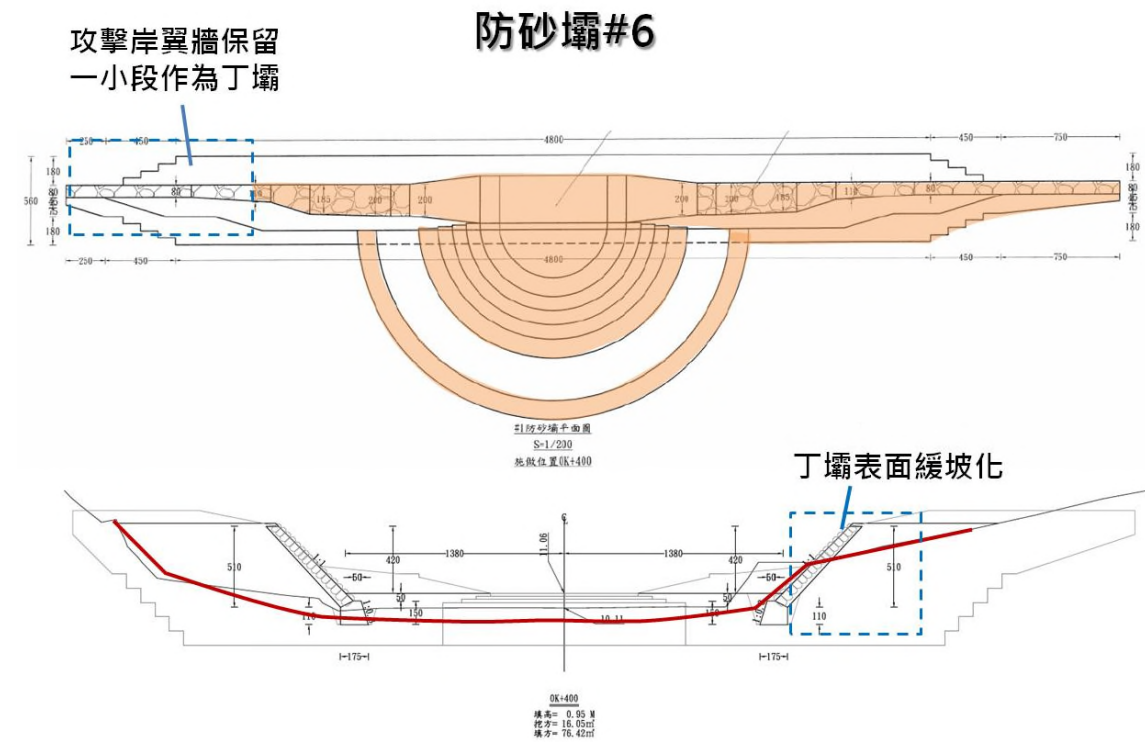


圖 5-19 跌水工 #6 最起碼優化範圍及現況翼牆影響

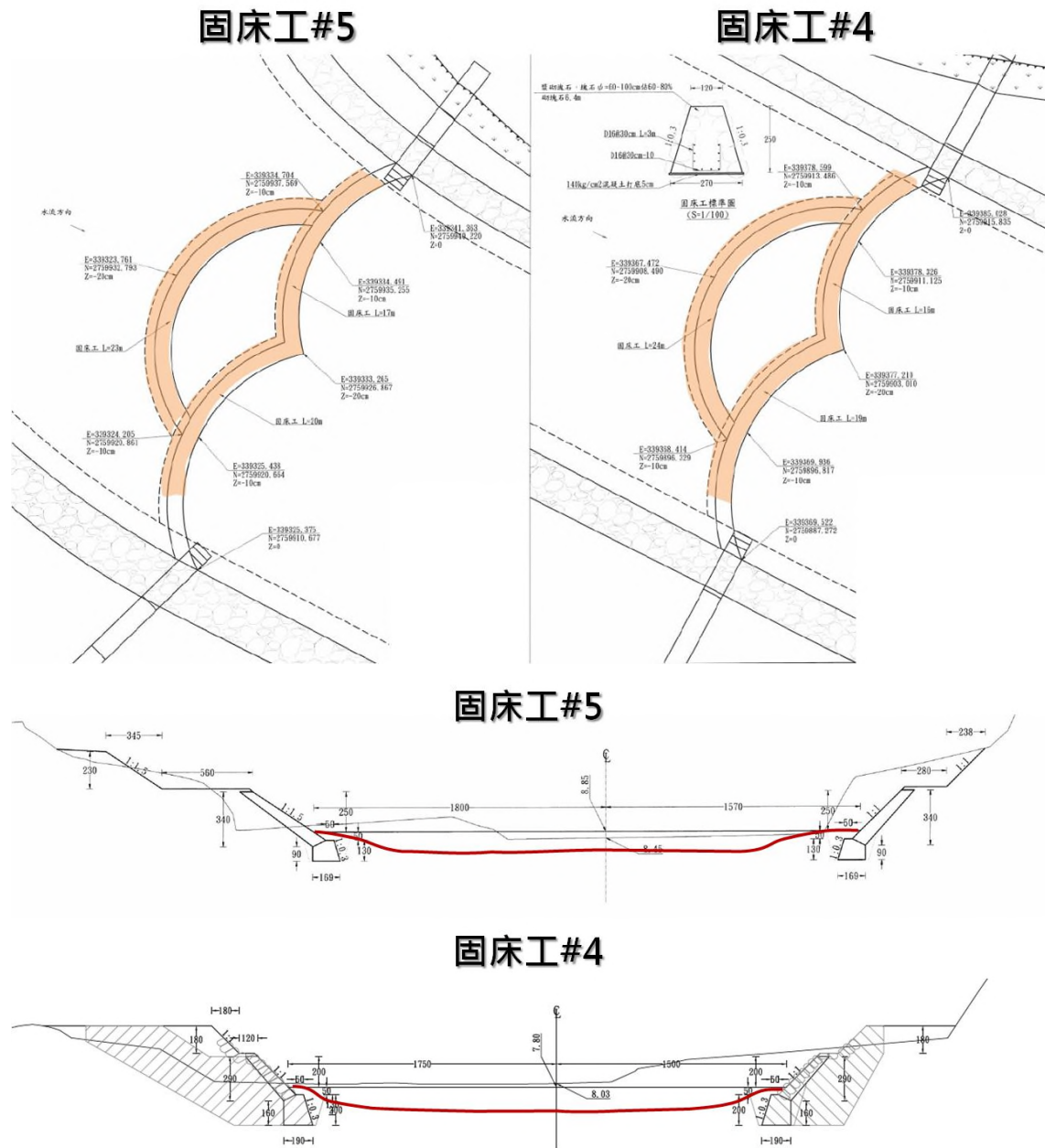
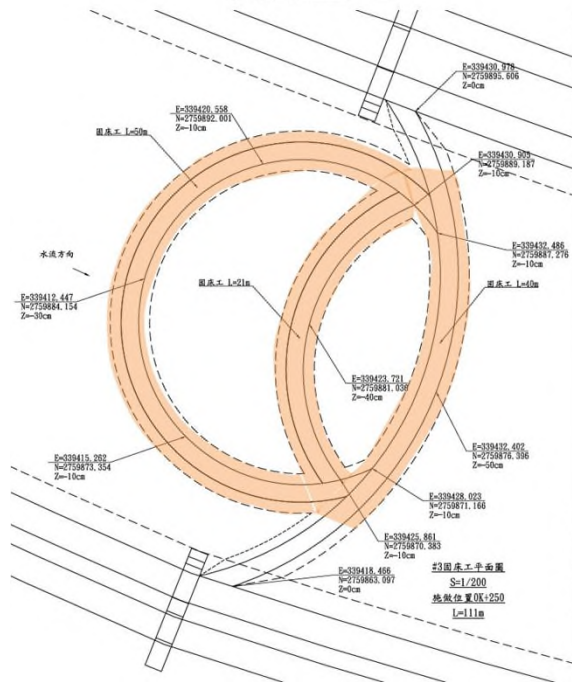
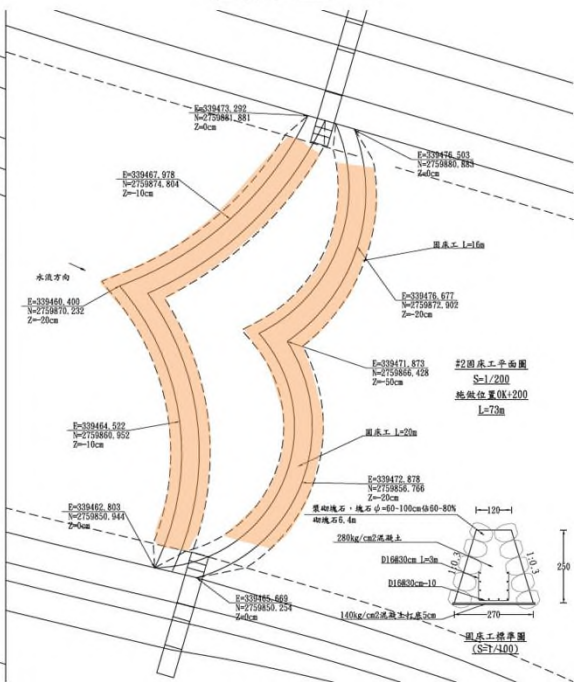


圖 5-20 固床工#5、固床工#4 最起碼優化範圍

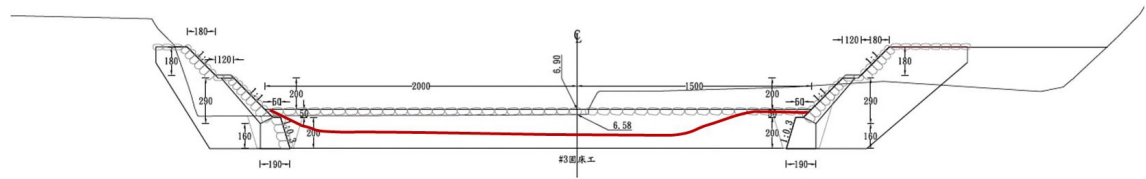
固床工#3



固床工#2



固床工#3



固床工#2

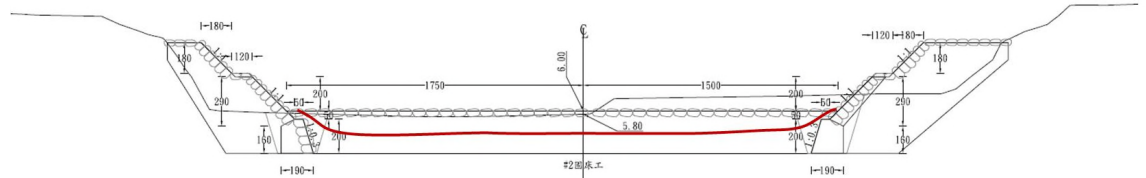


圖 5-21 固床工#3、#2 最起碼優化範圍

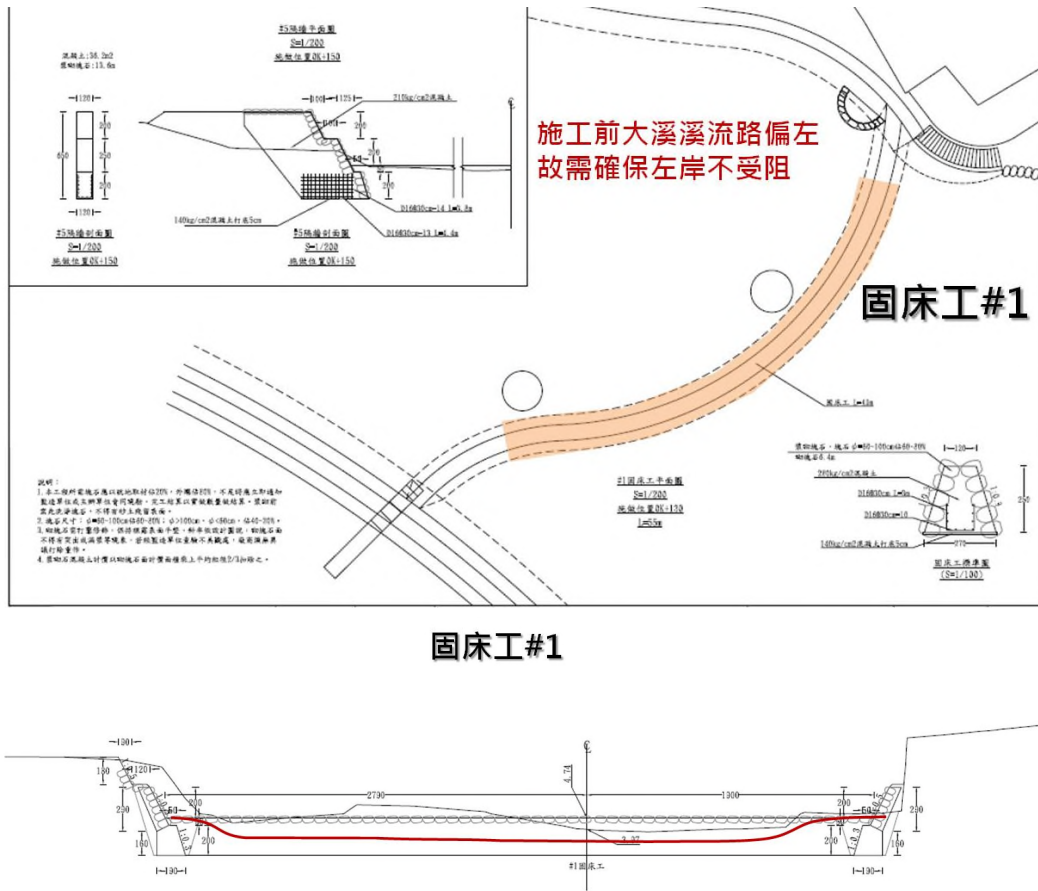


圖 5-22 固床工#1 最起碼優化範圍

第三節 侷限優化方案及其可能影響

為協助臺北分局評估局部優化，「侷限優化方案」的假設為：僅移除固床工#1-#5 近河槽中央 1/2 寬度之量體，同「起碼優化方案」的高程，並保留固床工開口兩側 1:2 的緩坡。削除灘地植被後，其 Q50 模擬地形如【圖 5-23】。在平常低流量情境下，生物在固床工#1-#5 間，可保有上下移動的通路，但仍將受阻於固床工#6。

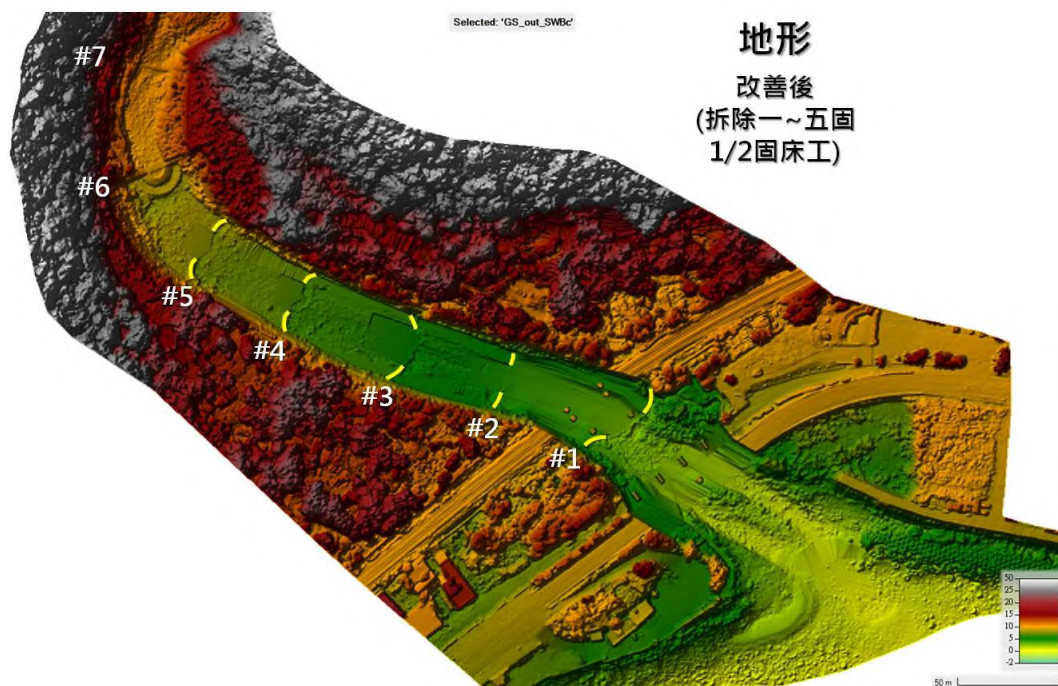


圖 5-23 侷限優化方案地形（Q50 情境模擬用）

依前節的方法，以 $w_c=1470\text{W/m}^2$ 為臨界單位河流功率，在 Q50 情境下，侷限優化方案的侵蝕作用區分布如【圖 5-24】。由圖可知，與現況【圖 5-16】相比，侵蝕作用區的分布範圍較為連續，且集中於河槽開口處。然而#5、#4、#1 固床工的兩岸未移除部分，下游仍有局部淘刷之虞。固床工#2、#3 兩側下游灘地雖不致於淘刷，但由於流路固定於中央，失去洪水更新灘地植被的功能，灘地容易淤積陸化。此外，固床工#6 已淘刷 2.6m 的右岸深潭，可能進一步淘深，損及固床工基礎。

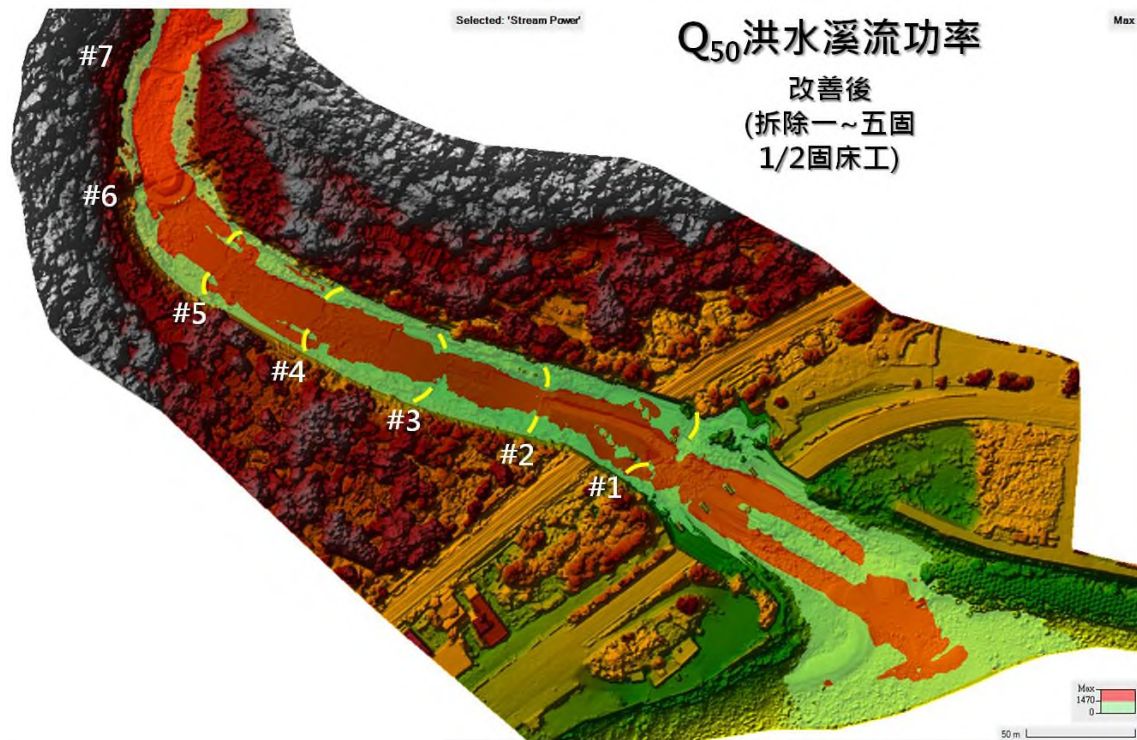


圖 5-24 侷限優化方案下 Q50 情境之侵蝕作用區

在侷限優化方案下，固床工#1-#5 剩餘 1/2 橫向構造物的存在，於高流量期間會束縮河槽，使水流易集中沖刷，而灘地則易淤積。久而久之，可能造成灘地與河槽分離（河床兩極化），低水河道變得較窄深，失去卵礫石構成的裸灘，因而降低棲地多樣性。

另一方面，【圖 4-2】顯示，在近 30 年間，大溪溪的擺盪範圍遍及整個沖積河谷。更準確的說法是，近出海口的沖積河谷，是為了消減大溪溪的能量，而被沖出來的。整個河谷都是新進形成的沖積層，沒有階地堆積層，代表整個河谷的寬度，都是大溪溪消能所需要的寬度。

第四節 優化後水域動物棲地推估

檢視大溪溪較主要之同功群（出現較穩定、數量多），現況主要分佈界線如【圖 5-25】，黃底標示類群為推測優化後棲地範圍能

在流域空間上擴張、或因棲地瓶頸改善而有機會增加族群量的類群。實際狀況仍待實際優化後追蹤監測。



圖 5-25 主要水域同功群分佈現況及優化後推測獲益類群。

第六章 地方培力及未來追蹤治理建議

第一節 地方培力

地方培力原考量大溪社區巡守隊年齡偏高，研習擬擴大社區以外環境權益關係人的參與，包括越來越多水域生物的觀察者，目標在增加河相棲地與其所關切的生物間的關聯性。也包括有意願將相關知能應用於其他流域的社區。可望增加實質參與的社會動員，也有助於擴大大溪社區的關係人口。但疫情對戶外戴口罩的要求持續到十月中旬，溪流生態觀察活動非典型疫情指揮中心所頒佈的水域活動，一直有模糊的不確定性，因此於 8/15 先行針對社區內辦理生態觀察研習，僅部分開放給相關關心人士參與。共計 28 人參加。

爾後至解封時已入秋並受東北季風及颱風外環影響，不利水域活動，並由於繼續優化與否的決策，延至十月底才召開小平台會議，社區在平台會議之前對於繼續關注棲地的改變並沒有太大的期待。至 10/21 小平台會議臺北分局宣告繼續優化後，社區重新對改善有了期待，但青壯年表示週間因工作沒有機會瞭解，因而仍以社區成員為主體，辦理第二次研習說明。

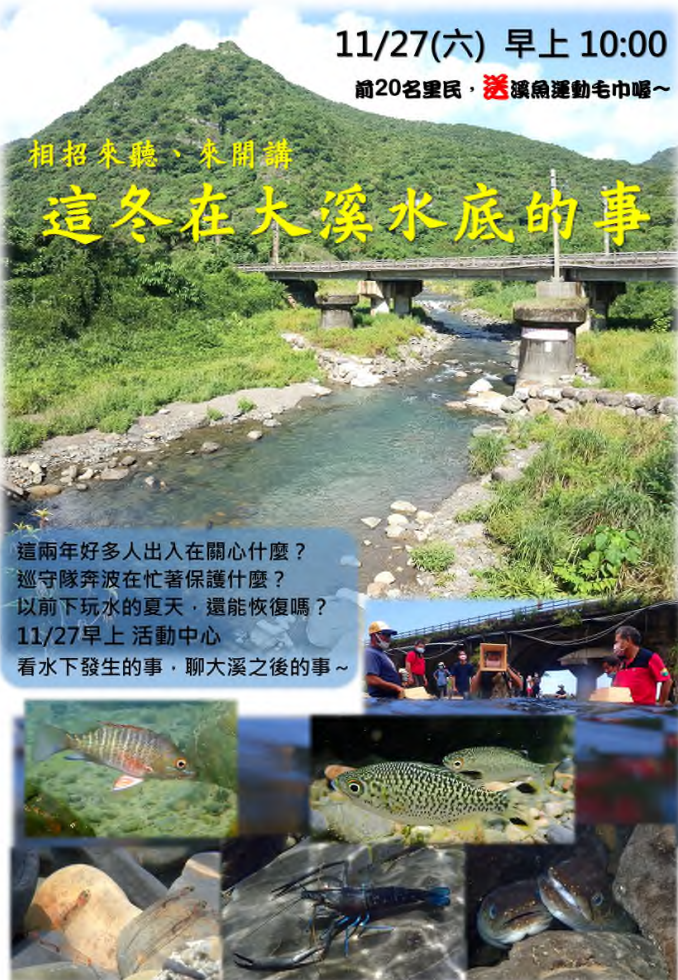
11/27 週末，併同優化方案之模擬結果說明，協助社區平日無法參與平台會議的成員，有更多的瞭解。該場次於兩週前社區出入口廣貼海報，並透過社群聯繫，得到兩年來少有參與的青壯年踴躍回應，共計 30 人參與，並於會後討論與地方發展之結合可能。該次討論中也得到 30-50 歲間社區人士的回顧，重現過往廣鹽性及兩側洄游物種分佈的觀察，並瞭解水域環境在其休閒生活的重要地位。

為使監測調查過程也有社區的逐步參與，計畫執行期間，運用臺北分局與河川巡守隊間建立的群組，提供記錄影像及解說，並同步瞭解 2020 年優化測試的改變情形。

11/27(六) 早上 10:00
前20名里民，送溪魚運動毛巾囉～

相招來聽、來開講
這冬在大溪水底的事

這兩年好多人出入在關心什麼？
巡守隊奔波在忙著保護什麼？
以前下玩水的夏天，還能恢復嗎？
11/27早上 活動中心
看水下發生的事，聊大溪之後的事～



辦理生態觀察研習，邀請大溪社區週遭居民實際下溪。並於假日辦理室內講座說明環境現況及研析結果，會後蒐集意見並討論地方發展的結合。



圖 6-1 目前已執行的社區培力，運用現場活動及社群平台。

第二節 優化成效追蹤建議方式

大溪溪的優化是觀察生物如何回應物理棲地變化的絕佳機會。第一階段的優化在 2021 年 6 月洪水後，物種組成與新紀錄種的出現都已說明優化的成效。此後仍建議持續觀察優化成效，除紀錄物種變化之外，亦同時紀錄河相變化。紀錄期間建議至少連續三年。

一、生物調查紀錄

建議優化後可於大水事件後進行生態調查，包括：

1. 優化區段上下游之水域動物相：建議調查記錄區間劃分：台二公路～固床工#1、固床工#1～優化區段上端、優化區段以上～治理區段上端、治理區段以上至少一個棲地單元的溪長。主要追蹤各類群棲地是否往上擴大。

2. 依據生態同功群的利用，指認優化區段在大水事件後的微棲地分佈變化。優化區段應開始發育出棲地的多樣性。
3. 河灘地濱溪植生的組成概況。參考【第四章第四節】，入侵種覆蓋越不優勢、越接近固床工#7 以上的組成，代表已經越高頻度受溢淹因素主導演替，則越健康。
4. 若仍有斷流事件，協同【三】記錄死亡動物概況。

二、河相調查紀錄

建議優化後可於大水事件後，進行一次河相調查，包括：

1. 固定斷面（包含潭區、瀨區）之 Q2 寬深比。
2. 固定樣站之河床質組成（包括潭區、瀨區、灘地）。
3. 潭區尺寸（長、寬、深）。
4. 河槽綫縱斷面測量。

三、水文事件的不定期記錄

除了前述標準化、需要相當程度專業的調查記錄外，對即時水文事件的掌握，也能反映並協助前述生態及河相變化的判釋，尤其在大溪溪這樣沒有流量站的溪流，上下游又有自來水廠及其他取水井等複雜影響因素。這部分適合透過社區居民以定點搭配不定點拍照的方式，最能保持機動性，也更能夠發掘問題，或記錄環境修復的歷程。建議水文事件的記錄能包括：

1. 斷流現象：有明確的位置、包含上下游影像，及發現斷流後，追蹤持續時間及空間範圍。

2. 固定點位的流況影像記錄：雖然地面拍照不若空拍完整，但門檻低、即時性高，也容易累積變遷的直覺。建議拍照點：台二公路橋、舊大溪橋、社區濱溪的制高點、固床工#7 旁的廢棄自來水塔、內大溪路宜一線道交叉口。

第三節 本案例經驗對未來治理的建議

一、治理決策機制層面

治理機制決策層面包括：治理工程成案與否、治理方式與規模等的評估及決策機制。從本案例有以下建議：

(一) 治理前需確認需求

本案例在治理之前並未有明確災害紀錄，因當時陳情而成案，但資料顯示當時僅鐵路橋上游緊臨右岸的雞舍受損。如今資訊公開、民眾參與已逐漸體制化，今後治理有更多機會可確認實際需求，平衡各方價值。

(二) 治理方案規劃兼顧生態系服務

大溪溪治理在價值間最大的衝突在於，改變了此處自然溪流最基本的常流水狀態，衝擊了原本相當穩定的洄游資源保育區。發生的主因為起案當時，國內對生態系服務的討論較少，對氣候變遷的因應也還未定調為「基於自然原則的調適」，對生態資料庫的建立也才剛起步。因此各項條件都漸趨完整的未來，治理決策前期即應盤點多元權益關係，釐清需要兼容於保全目標中的生態系服務。尤其過往治理多僅針對洪水事件的防減災，在氣候變遷漸趨滯旱不均的此刻，早期可能的水資源壓力及生態災害，也是治理該重視的。

(三) 生態檢核可納入棲地樣態，輔助資料庫的有限。

治理前生態檢核工作時間很有限，常無法有完整的生態調查，資料庫的完整性才在逐漸建構中，尤其獨流溪因商業採集壓力而讓生態觀察者怯於資料。以本案例而言，「物種 v.s.-努力量曲線」一直還小幅上升，但豐度優勢物種對照鄰近獨流溪資料庫很一致，稀有種的再記錄的對照棲地的變化，可預測性也很高。因此建議未來生態檢核，可依據原河相棲地類型快篩，重點調查出優勢生物組成，再依據同功群回推這些物種的棲地需求，尤其注意豐枯水期的棲地需求能否被滿足，力求在治理優先順位下，尋求盡量不使其減損的方案。

(四) 計畫性地針對典型治理樣態進行監測

全生命週期的生態檢核，可能是治理優化發展的轉型階段中，可以讓治理融入生態系服務的最主要工具。本案例最可貴處在於：臺北分局願意在完工仍持續追蹤，進而面對問題，討論優化方式。類似的案例也發生再各分局。若能更有系統地對典型治理樣態進行完工後監測，回饋調修治理前對治理影響的預期想像、也因應未來可能因新的科學事證而持續瞭解的生態系服務運作機制，持續成為水保局治理技術優化的動力。

二、治理規劃設計層面

(一) 掌握溪流變動歷史

從航照、歷史地圖等圖資除可了解集水區過往災害紀錄，也能掌握溪流流路變化的範圍，從而得知溪流消能所需的空間。本案例施做工程後，原本可自由擺盪的流路受限，但部分構造物下游河床局部下刷達近 3 公尺。

(二) 應用溪流消能的機制

溪流有其固有的消能機制，包括推動土砂前進、與底床岸壁摩擦、透過石頭卡合成階梯床型等。其中穩定的階梯構造是消能機制良好的指標。以大溪溪而言，施工前的照片顯示溪床已有發育良好的階梯深潭。第一座固床工初步優化後，一、二固床工之間也迅速發育出階梯石組，顯示大溪溪能藉自我調節達到穩定平衡的樣貌。

而這案例也發現，過去對治理後的想像，常未將營力的持續作用考慮進去，因此預期了沒有演替變遷、停留在完工當下的想像，這想像往往在一兩次洪水事件後就走樣，或無法設想到枯水期會發生的問題。例如：「避免形成高程落差」的目標，常在有坡降的溪段，用回填土石方或整平等方式，做出完工當下低矮隱沒的橫向構造物。但常忽略了設計高程是在溪流沖淤變化過程中的哪個階段（尤其災害治理常在崩積物還未充分運移時）、或忽略有坡降的水營力自然會需要的消能機制。

(三) 保留垂向變動空間

本案例完工時固床工下游並無落差，但洪水後落差即逐漸加大。混凝土固床工沒有孔隙，也無法隨水流位移調節，因此水流僅能透過淘刷固床工下游來消能。移除混凝土固床工，河道即可恢復均勻消能的狀態。在深潭最大可能深度的範圍內，不宜有混凝土構造物，以確保河床沖淤變動的空間。

(四) 保留橫向梯度變化

橫向梯度對溪流生物的棲地分化很重要，也使洪水期和枯水期都有機會提供棲地的需求。垂向變動的容許，就能讓溪水藉營力自我發育出橫向梯度。本案例固床工及跌水工漿砌固定，且拓寬 2 倍

以上的斷面緩緩的弧形變化很小（30m 寬度從中間到邊緣差距 0.5m），因此完工數年在非豐水期間依舊流路分散、枯水期間更無法形成集中成夠深的低水流路，加遽了伏流化的問題。倘若橫向構造物的垂向變動空間無法完整保留，構造物本身的橫向梯度就格外重要：有符合於自然河床低水流路的複式斷面（寬深比），至少能讓構造物上下河床發育出合理的寬深梯度。

參考文獻

1. 人禾環境倫理發展基金會，成果報告，獨流溪生態現況調查暨環境覺知推動計畫（3-1），行政院農業委員會林務局農業發展補助計畫，2019。
2. 行政院農業委員會水土保持局臺北分局，成果報告，北部重要集水區野溪水理輸砂模式建立計畫—大溪溪水理輸砂分析節錄本，2016，委辦中興大學水土保持學系執行。
3. 行政院農業委員會水土保持局臺北分局，成果報告，109年臺北分局轄區生態檢核及環境友善措施管理計畫，觀察家生態顧問公司委辦執行，2020。
4. 行政院農業委員會水土保持局臺北分局，期中報告，110年臺北分局轄區生態檢核執行及民眾參與推動計畫，觀察家生態顧問公司委辦執行，2021。
5. 行政院農業委員會林務局，成果報告，國土生態綠網藍圖規劃及發展計畫，台灣生態工法基金會計畫委辦執行，2020。
6. 周銘泰，高瑞卿，張瑞宗，廖竣，台灣淡水及河口魚蝦圖鑑，2020，晨星出版社。
7. 周銘泰，私人通訊，2021。
8. 姚盈芳 Evonne Yiu，從里山倡議視角理解自然的多重價值概念化，台灣生物多樣性國家執行成果研討會，2020。
9. 國立臺灣大學，在地社區對於溪流環境營造的參與以及溪流環境生態系服務指標初探，科技部氣候變遷對台灣生態環境及社會影響專案補助研究計畫，期中報告，2021。
10. 陳樹群等，濱水區植生演替與沖積河床演變之動態交互地貌調整機制，科技部補助專題研究，期末報告，2019。
11. 陳樹群、邱渝方，會呼吸的防砂壩，網路平台發表，科技部科

- 技大觀園 20190913，2019。
12. 經濟部水利署水利規劃試驗所，成果報告，河相學應用於河川治理規劃參考手冊（草案），2019，中興工程顧問股份有限公司委辦執行。
 13. 經濟部水利署，翻譯出版，展現河川環境入門（草案）--日本河川整備中心出版品推廣計畫叢書，台北市七星農田水利研究發展基金會委辦執行，2014。
 14. 廖桂賢，社群通訊發表，城鄉河溪論壇 20210402，2021。
 15. 日本國土交通省，美しい山河を守る災害復旧基本方針，2014。
 16. 日本國土交通省，持続性ある実践的な多自然川づくりに向けて，2017。
 17. IUCN，2020，Global standard for nature-based solutions。
 18. J. S. Schwartz，“Use of Ecohydraulic-Based Mesohabitat Classification and Fish Species Traits for Stream Restoration Design”，Water 2016, 8, 520, 2016.
 19. Matthew Keegan, 2021, "The rivers that 'breathe' greenhouse gases." BBC Future.
 20. Steven E. Yochum, Guidance for Stream Restoration （Version 5）, U.S. Forest Service
 21. 宜蘭新聞網，2016/08/08，<https://www.travelnews.tw/news/頭城大溪川溪堤竣工兼顧生態保育-民眾酬神保平安/>
 22. 新唐人電台，2021《美麗新台灣 324 集》
<https://youtu.be/l1HBrzEUe4>
 23. 公共電視台，2021《我們的島 1123 集》
<https://youtu.be/k44VDdps7rl>

期初審查意見 回應表

	審查意見	回覆內容
1	近期因生態檢核或與地方團體溝通未有共識而拖延工期的案量增加，建議提出兩方不同價值目標時，雙方溝通調整的原則，以供實務上應用之參考。	是。建議在未來規劃設計目標擬定時，即同時加入「多元環境權益關係」的目標，在能達標治理目標下，規劃設計能願意為了其他權益目標去演算出替代方案，以達到「雙不輸」（或「多不輸」）的最可能規劃。本計畫於模擬大溪溪優化方案建議時演練一次。但由於 NGO 創研補助案的權責，無法整合分局實際治理規劃的流程上，方法精神參酌運用。期待在局內治理規劃有效統整下有更好案例誕生。期末報告第六章亦有相關建議。
2	整治方案可能包含防砂壩設置、調整溪床坡降等，若以 HEC-RAS 二維水理模式分析方案，需要調整 DEM 的高程。DEM 是由多個連續高程值所組成，請問預計調整 DEM 高程的方法及其可行性。	在 2021 年的 HEC-RAS 6.0 版中，增強了 DEM 調整功能，可設置或移除構造物，也可以透過多斷面內插來調整河床坡降。
3	方案評估目前只有針對水理，如何量化考慮生態部分。	生態部分主要以以洄游物種的通行及棲地需求課題改善程度來評估，亦盡可能搭配前期相關工程追蹤方式。由於治理後無延續性的系統追蹤，目前也無法預估或期望具體優化工程是否或何時進行，因此不易直接量化，但提出可具體舉證之項目。
4	請補附參與研究人員學經歷及人力配置、分工。	謝謝委員指正。由於期中報告已提前於規定截止時間前送出，才收到期初審查意見，補附於表末，將加入期末報告。
5	工作計畫書第一節擬解決問題之說明：其內容過於廣泛	謝謝委員指正。擬解決問題主要為大溪溪於兩期治理後產生的各項生態課題、

	審查意見	回覆內容
	未能聚焦，看不懂擬解決問題何在，以及其與研究案之標題之具體關聯性，宜更為聚焦針對研究課題具體條列說明。	社區負面感受，及因此回顧治理規劃的慣性範式。相關前兩項課題，於期中報告說明。
6	優化目標是大溪溪，唯“優化”之定義不清楚。請釐清“優化”之指標以及各指標如何評估。	「優化」一詞延續臺北分局 109 年在大溪溪的工作內容，沒有確切定義及範疇幅度，本計畫僅提出在防減災要求下，理想的生態改善及社區需求改善的優化建議，供臺北分局參考。各指標評估於期中及期末報告依進程說明。
7	優化與共識是不同的意義，研究進行時宜分開討論，不應直接認為有共識的方案即是優化方案	是。本計畫提出建議優化方案，爭取計畫時間內的共識討論，但本計畫建議優化的方案是否執行，仍尊重水土保持局之權限。
8	由於不清楚要優化的指標為何，後續第四節有關方案的執行步驟無從評估。	「透過歷史資料蒐集及現況課題盤點，再提出優化指標建議」，為本計畫的主要執行內容。隨工作進度於期中報告第三、四章說明。
9	有關團隊提及要優化生態系服務，但未說明實際上服務後生態系要修復到甚麼程度為優良，亦無相關定量化。例如：修復生態系達到 90%之類說明。	建議優化方案的修復方向，以：社區需求＋生態改善＋防災要求，三方面獲得改善為目標，已於期中報告提出。生態系服務在國內對溪流或大部分生態系無基礎研究，亦非本計畫時間及資源規模可行；加上修復是一個時間動態，即使計畫有權限決定優化方案，實質的生態修復也要等確切河相改變，並有各種其他來源的因素。因此原就沒有量化的規劃及要求程度。
10	團隊提及培力地方長期監測，但內容卻只是觀測，未率定出觀測頻率及觀測方式且若培育地方進行觀測是否	因優化與否、及優化程度仍將由水土保持局決策，將培力地方適宜在能自發、或能自籌經費的條件下之監測方式，包括觀測；因此實際適宜方式也將在本計

	審查意見	回覆內容
	需每年挹注經費以維持定期觀測的動能，請補充相關說明。	畫範圍內與地方討論再決定。若本計畫期限內確定有優化工程執行，本團隊可配合未來業務單位對地方協力監測的需求，訂定方法。若水保局願意借重或鼓勵社區的觀測回饋，亦可討論經費挹注需求。
11	P28 表 2-1 執行計畫甘特圖擬定優化目標優化方案建議及安全評估，如何限期內結合各方意見及建議，完成規劃設計乃本案重點請針對此加以檢討並提出說明及建議	由於 NGO 補助計畫權限還是有限，目前又受制於疫情三級管制，優化方案的安全檢驗模擬產出後，將個別向社區、水土保持局臺北分局、生態關注專家以線上或現場說明。感謝臺北分局亦整合生態檢核暨友善措施之計畫工作，以小平台滾動討論。
12	P15 圖 1-7 所示新規劃模式之操作方式應加強說明	是。該邏輯模式下產生的工作步驟，為第二章之內容，並於期中報告第三四章說明操作方式及產出。
13	HEC-RAS 模式之參數檢定及模式驗證如何進行。	本計畫模擬之入流、出流邊界條件係直接採用前期 106 年研究成果，以供比對驗證。

期中審查意見 回應表

	審查意見	回覆內容
1	請增加摘要。列出計畫期程、目的、成果、至期中已完成事項、初步成果、待完成事項、時程、遭遇困難等。	由於接獲期中審查意見已是十月初，各項工作接近結案，因此撰寫整合進期末報告中，不再另切分期中觀點。成果報告將有整體摘要。
2	經與期初比對，可能受疫情影響，工作進度落後，請儘速調查評估。	各項調查持續中，於期末達適當段落一併整理。除疫情影響，主要配合臺北分局決策期程，也於六月有分工的調整。
3	各既有橫向構造物之規劃設計，請盡可能予以量化，工日後工程設計參考之依據。	本計畫非針對各構造物規劃設計，係提供兼顧各環境價值的規劃考量方案，優化的程度及決策仍尊重臺北分局決策。在授權範圍內，給予純學理角度的量化建議，並配合臺北分局對實際優化的其他社會因素限制，提供演算說明與本計畫建議方案間之差異及影響，供後續工程設計參考。分工詳第二章。
4	第四章已研議出優化目標和方案立意頗佳，如文所述實際狀況仍待實際優化後追蹤監測，試說明後續配合如何進行？短期內預期效果？各項作為之優化順序如何？	後續建議追蹤方式詳 p. 127 起之第六章第二節。由於無法得知最終分局決策之優化方案，暫無法預期成果（本計畫提案之初，係假設本計畫之初步成果可直接搭配進一步優化，即可配合監測；但實際進度受諸多計畫外因素影響，仍以分局進度為主。）；但從前期優化測試在本年度的追蹤，可得知若如本計畫建議之方向，等待足夠的大水事件，潭瀨結構及沿程消能機制會重新建立，連帶的改變預期如 p. 104 起第五章各節。優化之順序詳 p. 112 頁建議。

期末審查意見 回應表

	審查意見	回覆內容
1	考量全面，並提供分析「全面優化方案」、「起碼優化方案」、「侷限優化方案」沖刷淤積情形及棲地多樣性改善說明。未來建議可針對前敘不理解原治理方案之民眾及專家學者對於本研究方案意見及支持度調查，供分局處理參考。	目前已透過本計畫的研習，及臺北分局小平台的兩次說明會，向曾關切大溪溪的民眾及專家說明。目前得到的回應都表示（包括當初陳情的鎮民代表）：在護岸已能達治理安全的條件下，希望能有更優化的處理改善現有橫向構造物造成的生態及輸砂課題。這個結果已經呈現在分局的委辦計畫中供分局知悉。 本計畫結果，分局可在未來徵詢更多民意。