經濟部

MOEAWRA1090122

鱉溪河川復育方案

Bie Creek Restoration Proposal

主辦機關：經濟部水利署第九河川局

執行單位：中興工程顧問股份有限公司

中華民國 109 年 12 月

經濟部

MOEAWRA1090122

鱉溪河川復育方案

Bie Creek Restoration Proposal

主辦機關：經濟部水利署第九河川局
執行單位：中興工程顧問股份有限公司
計畫主持人：楊佳寧

中華民國 109 年 12 月

目　錄

摘要 摘-1

Abstract A-1

結論與建議 結-1

第一章　緣起：找回鱉溪的生命力 1-1

一、 計畫緣起及目的 1-1

二、 工作範圍及項目 1-2

第二章　鱉溪復育的脈絡 2-1

一、 治理規劃與防災工程 2-1

二、 文化景觀與社區發展 2-4

三、 生態復育與環境營造 2-6

四、 鱉溪流域管理平台 2-10

五、 資料盤點與補充 2-15

第三章　復育課題與對策 3-1

一、 水量課題 3-1

二、 河相課題 3-8

三、 水質課題 3-14

四、 生物相課題 3-15

第四章　鱉溪水量剖析 4-1

一、 水文分析校準與檢驗 4-1

二、 天然流量與用水量考察 4-25

三、 生態基流量考察 4-41

第五章 鱉溪河相剖析 5-1

一、 掌握鱉溪的河川個性 5-2

二、 鱉溪的河川廊道 5-10

三、 鱉溪河床沖淤變化 5-21

四、 尋求河相典範 5-37

第六章 鱟溪復育願景與目標建構 6-1
一、 鱟溪復育願景 6-2
二、 物理棲地復育方針 6-6
三、 物理棲地量化目標 6-7
第七章 復育策略與行動方案 7-1
一、 河相調整方案 7-1
二、 水量調整方案 7-45
三、 方案期程與分工 7-49
第八章 特定河段復育方案規劃 8-1
一、 環境概況與復育課題 8-1
二、 復育方案規劃 8-4
三、 工序與工法說明 8-29
四、 安全性檢核 8-35
參考資料 參-1
附錄一 調整前後各斷面比較
附錄二 期末報告審查意見及答覆說明
附錄三 第三次工作會議會議紀錄
附錄四 第二次工作會議會議記錄
附錄五 台日交流工作坊會議紀錄
附錄六 期中報告審查意見及答覆說明
附錄七 第一次工作會議會議記錄
附錄八 期初工作執行計畫書審查意見及答覆說明

表目錄

表 2-1 鰲溪流域管理小平台的分工 2-12
表 2-2 鰲溪主流河床橫向構造物綜整表 2-16
表 2-3 鰲溪流域取水設施與水權分配表 2-20
表 2-4 鰲溪歷年防災減災工程 2-22
表 2-5 民國 90-99 年水保局於鰲溪流域辦理野溪坑溝相關工程 2-24
表 2-6 民國 100-109 年水保局於鰲溪流域辦理野溪坑溝相關工程 2-25
表 2-7 近二十年林務局於鰲溪流域辦理工程 2-27
表 2-8 本計畫蒐集之鰲溪流域表資與 DEM 2-27
表 3-1 先期計畫之鰲溪設計暴雨分析成果 3-2
表 3-2 先期計畫之降雨-逕流分析方法與洪峰流量成果(近河口處) 3-4
表 3-3 由崙天大橋站推估之鰲溪各控制點常流量 3-5
表 3-4 鰲溪生態改變的六項主要因素(階段) 3-16
表 4-1 鰲溪流域及鄰近雨量站 4-1
表 4-2 鰲溪各控制點子集水區雨量站權重分配 4-2
表 4-3 近年降雨事件合成雨量比較 4-3
表 4-4 近年大型事件各站紀錄與九河局明里站之比值 4-4
表 4-5 KW-GIUH 及 DUH 模擬流量與實測值之比較(cms) 4-10
表 4-6 民國 104 年水規所計畫洪峰流量分析成果表 4-12
表 4-7 鰲溪河床橫向構造物之 n 值設定 4-15
表 4-8 KW-GIUH 模擬白鹿颱風鰲溪洪峰流量與到達時間 4-16
表 4-9 崙天大橋流量站地形指數模式採用參數 4-28
表 4-10 TOPMODEL 模擬流量與實測值之比較 4-30
表 4-11 鰲溪 2013-2019 年日流量統計 4-31
表 4-12 四種天然流量情境下各控制點之流量(cms) 4-32

表 4-13 花蓮地區水稻旬別作物需水量 4-33
表 4-14 不同土壤分類之灌溉率 4-35
表 4-15 各田區用水量比較 4-40
表 4-16 鱉溪生態基流量條件設定 4-41
表 4-17 A2 情境下河道內剩餘流量 4-43
表 4-18 不同情境組合下鱉溪出口之剩餘流量比 4-43
表 5-1 鱉溪河道特定斷面之側向遷移 5-14
表 6-1 溪流互動等級作為文化服務指標 6-5
表 6-2 鱉溪物理棲地指標 6-9
表 7-1 鱉溪物理棲地評估指標與復育策略 7-1
表 7-2 橫向構造物移除或改造方案 7-6
表 7-3 河段河床平均調整量 7-9
表 7-4 現有護岸評估與復育方案 7-19
表 7-5 還地於河線建議位置與放寬策略 7-26
表 7-6 削灘位置與策略 7-33
表 7-7 河相調整方案各河段挖填方概估 7-45
表 7-8 各種情境下 2-A 攔河堰斷面之剩餘水深(公尺) 7-47
表 7-9 建議取得用益物權的地號與可能影響 7-53
表 8-1 示範區各斷面水位與河岸高程 8-39

圖目錄

圖 1-1 本計畫區域範圍 1-1
圖 1-2 鱟溪河川區域 1-3
圖 1-3 本計畫工作執行流程 1-4
圖 2-1 鱟溪復育的主要脈絡 2-1
圖 2-2 鱟溪流域水土保持潛在問題點與敏感區 2-2
圖 2-3 吉哈拉艾文化景觀區 2-4
圖 2-4 經指認對魚類溯游影響重大的橫向構造物 14-A 2-9
圖 2-5 106 年豐南社區環境復育區構想圖 2-10
圖 2-6 鱟溪復育標的之演變 2-11
圖 2-7 鱟溪流域管理平台的機制 2-12
圖 2-8 營造中的 Timolan 生態池 2-14
圖 2-9 潭埔堀抬水堰的臨時魚道 2-14
圖 2-10 鱟溪主流河床橫向構造物位置 2-15
圖 2-11 鱟溪沿岸的縱向構造物 2-19
圖 2-12 歷年來鱟溪堤防、護岸工程受災地點 2-21
圖 2-13 中溝橋在白鹿颱風期間受損 2-23
圖 3-1 河川復育需考量的面相 3-1
圖 3-2 秀姑巒溪水系治理規劃檢討(105 年)中針對鱟溪採用的雨量站 ... 3-2
圖 3-3 鱟溪斷面 20 計畫洪水位與白鹿颱風觀測水位比較 3-5
圖 3-4 富里大橋新設測站 CCTV 影像畫面 3-6
圖 3-5 2-A 攔河堰上方堆置土堤(109 年 3 月) 3-7
圖 3-6 2-A 攔河堰取水口閘門全開(109 年 3 月) 3-7
圖 3-7 1952 年鱟溪中游段航拍 3-9
圖 3-8 鱟溪北側的螺仔溪與九岸溪 3-10

圖 3-9 臭水溝上游的系列固床工 3-12
圖 3-10 穩定溪床常見的拱型階梯 3-12
圖 3-11 鄰近養豬場糞尿廢水可能溢流至鱉溪 3-15
圖 3-12 石厝溝與螺仔溪共同的侷限物種 3-17
圖 3-13 鱉溪 105-106 年魚類調查顯示之外來種佔比 3-18
圖 4-1 鱉溪流域及鄰近之氣象局雨量站 4-2
圖 4-2 鱉溪控制點與子集水區 4-3
圖 4-3 根據象神颱風合成雨量調整之 24 小時暴雨雨型 4-5
圖 4-4 集水區逕流路徑示意圖(Lee and Yen, 1997) 4-5
圖 4-5 考慮河川網路之集水區 V 形漫地流模型 4-6
圖 4-6 崙天大橋站 KW-GIUH 參數檢定(N_o=11，n_c=0.02，河道寬 B=360) 4-7
圖 4-7 崙天大橋站 2011 年南瑪都颱風 KW-GIUH 參數檢定 4-8
圖 4-8 崙天大橋站 2013 年天兔颱風 KW-GIUH 參數檢定 4-9
圖 4-9 尼伯特颱風鱉溪出口 KW-GIUH 流量歷線成果 4-10
圖 4-10 梅姬後豪雨鱉溪出口 KW-GIUH 流量歷線成果 4-11
圖 4-11 鱉溪出口象神颱風設計降雨及流量歷線 4-12
圖 4-12 富池橋附近地形處理 4-13
圖 4-13 14-A 攔河堰附近之網格與特徵線(紅線)設定 4-14
圖 4-14 美國農業部出版之曼寧 n 值照片指南圖例 4-14
圖 4-15 復興橋下游白鹿颱風近洪峰期間與平時影像 4-17
圖 4-16 白鹿颱風尖峰流量斷面 20 模擬成果 4-17
圖 4-17 池豐橋上游白鹿颱風近洪峰期間 4-18
圖 4-18 白鹿颱風尖峰流量模擬(斷面 44) 4-18
圖 4-19 池豐橋下游白鹿颱風近洪峰期間與平時影像 4-19
圖 4-20 白鹿颱風尖峰流量模擬(斷面 42) 4-19
圖 4-21 池豐橋下游白鹿颱風近洪峰期間與平時影像 4-20

圖 4-22 白鹿颱風尖峰流量模擬(斷面 5) 4-20
圖 4-23 鱉溪大型洪水曼寧 n 值設定 4-21
圖 4-24 蚊仔洞橋上游側(斷面 31)Q50 水位 4-22
圖 4-25 現況 Q50 河道內單位河流功率分布 4-23
圖 4-26 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量二維模擬 4-24
圖 4-27 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量下斷面 1 4-24
圖 4-28 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量下斷面 20 4-25
圖 4-29 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量下斷面 46 4-25
圖 4-30 地形指數模式示意圖(水規所，106 年) 4-26
圖 4-31 地形指數模式架構(水規所，106 年) 4-26
圖 4-32 崙天大橋站 2019 年日流量紀錄與 TOPMODEL 模擬流量 4-28
圖 4-33 TOPMODEL 鱉溪 2013-2019 年日流量模擬 4-29
圖 4-34 TOPMODEL 2016-2017 模擬鱉溪日流量與實測值 4-30
圖 4-35 鱉溪流域作物分布圖 4-32
圖 4-36 水田栽培管理概略圖 4-33
圖 4-37 鱉溪流域水稻各旬每日每公頃用水量 4-34
圖 4-38 鱉溪主流各取水設施日平均水權量與需水量 4-36
圖 4-39 花蓮區農改場於鱉溪河川地試行之乾濕交替灌溉法 4-38
圖 4-40 鱉溪省水栽培實驗田區配置圖 4-38
圖 4-41 節水農法實驗各田區用水量與水位紀錄 4-39
圖 4-42 鱉溪取水點位 4-44
圖 4-43 蚊仔洞橋下游 D5 情境現況水深模擬 4-44
圖 5-1 順應河相之河川治理規劃流程圖 5-1
圖 5-2 台灣河川之流域區及鱉溪流域位置 5-2
圖 5-3 台灣四大河川類群與河流地形模式圖 5-3
圖 5-4 鱉溪流域地質圖 5-4

圖 5-5 鱟溪流域生產之代圖性河床質樣貌 5-5
圖 5-6 臭水溝匯口附近之永豐斷層露頭 5-6
圖 5-7 鱟溪流域地形圖 5-6
圖 5-8 台灣各地年平均降雨量及降雨沖蝕指數 5-7
圖 5-9 河川地形分段類別與基本原則 5-8
圖 5-10 鱟溪出小天祥峽谷後河階發達 5-9
圖 5-11 鱟溪沖積河谷上色地形圖 5-9
圖 5-12 鱟溪縱向地形分段點 5-10
圖 5-13 近百年之鱟溪歷史流路 5-11
圖 5-14 近七十年鱟溪河道寬度變化 5-12
圖 5-15 鱟溪斷面 45-46 左岸之崩塌緩衝區 5-13
圖 5-16 鱟溪河道特定斷面之侵蝕風險區 5-14
圖 5-17 在 RAS Mapper 中削除堤防 5-15
圖 5-18 鱟溪無堤情境下主要堆積範圍(界線 C) 5-16
圖 5-19 鱟溪無堤情境下可能溢淹範圍(界線 D) 5-17
圖 5-20 鱟溪現況之河川廊道 5-18
圖 5-21 鱟溪 Q_{200} 時河床剪應力分布與侵蝕作用區 5-20
圖 5-22 現況鱟溪河川廊道分區 5-21
圖 5-23 鱟溪歷年河床縱線縱剖面變遷 5-23
圖 5-24 三個年期之鱟溪流域開發範圍比較 5-24
圖 5-25 河床縱剖面與縱、橫向構造物(1980 年) 5-25
圖 5-26 河床縱剖面與縱、橫向構造物(1993 年) 5-25
圖 5-27 河床縱剖面與縱、橫向構造物(2002 年) 5-26
圖 5-28 河床縱剖面與縱、橫向構造物(2010 年) 5-26
圖 5-29 斷面 46 河床演變過程(1/2) 5-28
圖 5-30 斷面 46 河床演變過程(2/2) 5-29

圖 5-31 鱟溪流域民國 79-104 年之山崩地滑範圍 5-31
圖 5-32 鱟溪流域水土保持防砂工程點位 5-33
圖 5-33 搭不烏拉溪山區自然溪床(左)與整治後的溪床(右) 5-34
圖 5-34 臭水溝固床工段淤積情形(2020 年 4 月) 5-34
圖 5-35 石厝溝上游溪段陸化淤積 5-35
圖 5-36 中溝女鬼瀑布下方潛壩 5-36
圖 5-37 從小天祥望向下游的 46-B 攔河堰 5-37
圖 5-38 石平橋眺望鱟溪與秀姑巒溪匯流口 5-38
圖 5-39 富里大橋上游 5-39
圖 5-40 復興橋下游 5-40
圖 5-41 蚊子洞橋下游 5-40
圖 5-42 池豐橋下游 5-41
圖 5-43 池豐橋上游 5-42
圖 5-44 豐南社區旁護岸 5-42
圖 5-45 鱟溪中溝橋至四維橋低水河道寬深比 5-43
圖 5-46 螺仔溪斷面 3-4 低水河道寬深比 5-44
圖 5-47 蜿蜒河道之河床波與潭、瀨、砂洲分布 5-45
圖 5-48 斷面 12-17 河段 1948 年航照圖之潭瀨判釋 5-46
圖 5-49 斷面 4-8 河段 1948 年航照圖之潭瀨判釋 5-46
圖 6-1 河川復育之思考與行動優先順序 6-1
圖 6-2 河川生態系服務的四個層面 6-2
圖 6-3 使用者溪流互動程度與價值感的關係 6-5
圖 6-4 鱟溪物理棲地指標示意圖 6-8
圖 6-5 現況 Q200 溢淹範圍與歷史廊道比較 6-10
圖 6-6 鱟溪 Q50 溢淹範圍內灘地植被現況 6-11
圖 6-7 鱟溪現況河岸類型 6-13

圖 6-8 Lane 平衡圖解 6-15
圖 6-9　石材滑動及滾動之力平衡 6-18
圖 7-1 中溝瀑布下游之野溪治理工程 7-2
圖 7-2 鱉溪目標床面高程 7-3
圖 7-3 豐南護岸斷面 46 附近的還石於河(2020 年 6 月) 7-4
圖 7-4 現況與填高河床後 Q2 寬深比 7-5
圖 7-5 鱉溪河道骨架配置圖 7-7
圖 7-6 重建河床骨架後之目標床面 7-8
圖 7-7 日本內子町麓川流域的砌石堰 7-10
圖 7-8 日本岩岳川篠瀨堰之全斷面魚道 7-10
圖 7-9 岩岳川階梯深潭單元縱斷面 7-10
圖 7-10 岩岳川全斷面魚道平面圖 7-11
圖 7-11 日本朝倉市筑後川的山田堰 7-12
圖 7-12　野中兼山對取水堰的規劃 7-13
圖 7-13　日本高知市仁淀川的八田堰 7-13
圖 7-14 日本福岡縣岩岳川之分散型落差工 7-14
圖 7-15 日本合志川的造川願景(左)及瀨區營造(右) 7-15
圖 7-16 日本四萬十川之過水橋（沉下橋） 7-16
圖 7-17 鱉溪上游支流的過水路面(左)及過水橋(右) 7-16
圖 7-18 設計恰當的小型過水橋 7-17
圖 7-19 順應河相之護岸新建或改善決策流程 7-18
圖 7-20 河岸零方案概念 7-20
圖 7-21 德國巴登符騰堡州常用的植生護岸 7-21
圖 7-22 安田川丁砌石壩的配置與縱斷面構造 7-22
圖 7-23 日本安田川丁壩(左)與丁壩區的魚群(右) 7-23
圖 7-24 日本豐田市矢作川利用砌石矮丁壩促淤造灘 7-23

圖 7-25 鱉溪河道附近公私有地分布 7-25
圖 7-26 富里都市計畫鄰近鱉溪區域 7-27
圖 7-27 還地於河線與用地範圍線之間的私有地 7-29
圖 7-28 用地範圍線內現為田地的公私有地分布 7-30
圖 7-29 削高灘示意圖(以斷面 17 為例) 7-35
圖 7-30 改善後 Q200 溢淹範圍與歷史廊道之比較 7-37
圖 7-31 改善前、後各斷面區間歷史廊道面積達成率 7-37
圖 7-32 河相改善後之河川廊道與分區圖 7-38
圖 7-33 改善後粗糙灘地範圍 7-39
圖 7-34 改善後各斷面區間粗糙灘地面積比 7-40
圖 7-35 削高灘後 Q2 寬深比多達理想範圍 7-40
圖 7-36 河相調整方案之平面挖填位置與高程變化 7-41
圖 7-37 河相改善後之曼寧 n 值設定(Q50) 7-42
圖 7-38 河相調整後 Q200 溢淹範圍 7-43
圖 7-39 河相調整後單位河流功率分布 7-44
圖 7-40 河相調整前後各斷面區間單位河流功率比較 7-44
圖 7-41 河相調整後情境 A1 之水深 7-46
圖 7-42 河相調整後情境 B1 之水深 7-46
圖 7-43 河相調整後情境 C1 之水深 7-46
圖 7-44 河相調整後情境 D1 之水深 7-47
圖 7-45 第九河川局協助社區推廣省節水農作實驗收成的稻米 7-49
圖 7-46 物理棲地復育方案展開之優先順序 7-50
圖 7-47 各河段物理棲地復育期程安排 7-52
圖 8-1 短期示範區河段現況 8-1
圖 8-2 擋土牆傾斜(左：2020 年 4 月)及戲台受損情形(右：2014 年 9 月)8-2
圖 8-3 界點上游小天祥峽谷內淤積現況 8-3

圖 8-4 46-A 固床工下游淘刷狀況(2014 年 1 月)..... 8-3
圖 8-5 示範區平面配置概念圖..... 8-4
圖 8-6 示範區施工前後谿線縱斷面比較..... 8-4
圖 8-7 示範區平面配置及完工後意象圖..... 8-5
圖 8-8 斷面 46-B 完工意象..... 8-6
圖 8-9 斷面 46-5 完工意象..... 8-7
圖 8-10 斷面 46-4 完工意象..... 8-8
圖 8-11 斷面 46-A 完工意象..... 8-9
圖 8-12 斷面 46-1 完工意象..... 8-10
圖 8-13 斷面 46 完工意象..... 8-11
圖 8-14 斷面 45 完工意象..... 8-12
圖 8-15 斷面 44 完工意象..... 8-12
圖 8-16 斷面 43 完工意象..... 8-13
圖 8-17 斷面 46-B 附近現況及堰體移除規劃..... 8-14
圖 8-18 斷面 46-B 右岸階梯與平台..... 8-15
圖 8-19 斷面 46-5 附近現況..... 8-15
圖 8-20 斷面 46-4 右岸平台佔耕現況..... 8-16
圖 8-21 斷面 46-4 附近現況..... 8-17
圖 8-22 斷面 46-A 附近現況..... 8-17
圖 8-23 斷面 46-A 右岸建物佔用情形..... 8-18
圖 8-24 斷面 46 重建護甲層、河岸粗糙化過程示意(1/2)..... 8-19
圖 8-25 斷面 46 重建護甲層、河岸粗糙化過程示意(2/2)..... 8-20
圖 8-26 斷面 46 附近現況..... 8-21
圖 8-27 斷面 45 附近現況..... 8-22
圖 8-28 斷 45 右岸箱籠護岸(左);2020 年冉而山行為藝術於鱉溪畔演出(右)
..... 8-23

圖 8-29 銜接段擋土牆保留及覆土坡面示意圖 8-25
圖 8-30 示範河段公私有地地籍 8-26
圖 8-31 示範區建議還地於河範圍 8-26
圖 8-32 永豐圳 3 支線 1 分線灌區圖 8-27
圖 8-33 圳路形式與高程規劃 8-28
圖 8-34 右岸住戶生活污水沿擋土牆排放情形 8-29
圖 8-35 石梁工平面示意圖 8-31
圖 8-36 石梁工平面示意圖 8-32
圖 8-37 石梁工施做工序示意圖 8-32
圖 8-38 丁壩平面(基礎層)及斷面示意圖 8-33
圖 8-39 柵工護坡示意圖 8-34
圖 8-40 柵工交錯配置示意圖 8-35
圖 8-41 改善前示範段 Q50 單位河流功率分布 8-36
圖 8-42 改善後示範段 Q50 單位河流功率分布 8-36
圖 8-43 民國 109 年施工前(左)與施工後(右)Q50 流速分布比較 8-37
圖 8-44 改善後示範段 Q50 流速分布圖 8-38
圖 8-45 斷 46 以上河段 107 年(左)及本計畫改善後(右)流速分布比較 . 8-38

摘要

鱉溪位於花蓮縣富里鄉，為秀姑巒溪上游支流。民國 108 年 3 月第九河川局成立鱉溪流域管理平台，宣告公私協力營造共好的流域環境。本計畫承接此精神，擬定鱉溪整體復育策略與行動方案，從包含棲地物理、化學、生物面之「系統復育」觀點出發，並著重水量與河相之物理棲地改善。

一、鱉溪復育課題

鱉溪物理棲地之復育面臨三項主要課題：

(一) 鱉溪主流界點下游現有 23 座橫向構造物，嚴重影響生態棲地，阻隔各種生物的移動。

(二) 鱉溪河道自民國 69 年起，即逐漸下切，界點下游河段局部已下切 12 公尺，使局部堤岸及橫向構造物受災頻繁。

(三) 鱉溪現採粗放式灌溉管理，九座混凝土攔河堰因河床下切或堰體下伏流導致取水困難，過往農田水利會堆置土堤攔水，造成枯水期局部河段完全斷流。

為解決主要復育課題，本計畫亦需克服執行面之課題，包括(1)前期研究採用之雨量站未能反映實際降雨；(2) 前期研究洪峰流量分析成果差異大；(3)缺乏基礎觀測以決定天然基流量；(4)理想河相尚未確立；(5)鱉溪河川廊道尚未確立。

二、鱉溪水量剖析

本計畫校準與檢驗前期水文分析，考察天然流量、農業用水量與生態基流量，主要成果包括：

(一) 以新設雨量站校準前期雨量分析成果，以運動波－地貌瞬時單位歷線模式(KW-GIUH)推估洪峰流量，檢證各項前期研究洪峰流量分析成果，發現 104 年水規所「鱉溪棲地復育檢討規劃」之成果

最合理。

(二) 建立高解析度 HEC-RAS 二維水理模型，以實際現場紀錄驗證模型之實用性後，模擬重現期 50 年及 200 年洪水，說明鱟溪洪水溢淹風險不大，主要風險來自構造物因河川能量集中而破損。

(三) 使用地形指數模式(TOPMODEL)推估天然日流量，得知鱟溪若無人為取水，在枯旱期也不易斷流。

(四) 根據台灣水稻慣行農法標準，計算鱟溪河谷農田需水量，建構各取水設施水權量與需水量圖。從相關實驗結果發現，現況鱟溪農田實際用水量是慣行農法標準的二倍以上。

(五) 設定四種天然流量情境，以及各情境下為滿足生物移動與生態功能所需的全河段連續水深。設定五種用水情境，計算出在 20 種情境組合下，鱟溪出口之河道內剩餘流量。

(六) 以二維水理模擬，說明在現況下，即便天然流量較豐且採最大節水方案，使河道內剩餘流量達最高之情境，仍會因構造物阻隔而斷流。由此說明鱟溪復育關鍵在於河相。

三、鱟溪河相剖析

本計畫掌握河川個性，產製鱟溪河川廊道，分析河床沖淤變化，並尋求河相典範，主要成果包括：

(一) 鱟溪為海岸山脈流域區的獨立溪流，個性相對溫和，歷年來並無重大洪水與土砂災害紀錄，界點以下河段皆屬沖積河谷。

(二) 依 108 年水規所河相手冊流程，蒐集百年來鱟溪流域歷史圖資，界定河川廊道，發現鱟溪擺動範圍不大，自然沖淤所需的廊道空間，僅略寬於現況用地範圍線。

(三) 由於過往與河爭地及河床下切，鱟溪河寬較過往狹窄且多為侵蝕

作用區，缺乏堆積作用區，欠缺河畔植被生長與生物利用的空間。

(四) 分析河床縱剖面歷年變化及各類圖資，可知 1980~1993 年之河床大幅下切為早年集水區濫墾後自然復育，使得產砂量大幅下降。然而 2000 年後河床局部下切，與混凝土堤岸光滑，導致能量集中淘刷岸側密不可分。由此判斷 1993~2000 年之河床高程較為理想。

(五) 分析流域天然產砂量，並蒐集過去 20 年水土保持工程資料，計算工程防砂量，可知每年平均工程防砂量為天然產砂量的 1.6 倍。上游砂源不足亦為鰲溪河床下切、護甲層流失的重要原因。

(六) 考察歷史影像與鄰近溪流空間較健康的河相，可知現況鰲溪深槽化嚴重，且缺乏形成河床骨架的塊石、卵礫石，因此幾乎沒有水域生物賴以生存的瀨區。

四、復育願景與目標

本計畫研擬鰲溪復育願景與物理棲地復育方針，並訂定物理棲地量化目標，主要成果包括：

(一) 依循近期鰲溪流域管理平台，各方參與者對鰲溪的未來願景，以鰲溪之「三生有幸」為整體復育目標。

(二) 將三生(生態、生產、生活)與基本的防災等四項機能，對應至生態系服務的支持、供給、文化、調節服務，針對鰲溪研提易於操作、可量化的復育成效評估指標。

(三) 針對鰲溪物理棲地，提出四大復育方針：還地於河、還石於河、還水於河、近自然工法。

(四) 從各項水文、河相因子中，找出可量化，容易監測的指標，並提出各指標之理想範圍，作為鰲溪物理棲地復育的量化目標。

五、復育策略與行動方案

本計畫提出河相調整方案及水量調整方案，並研擬各項策略的期程與分工，主要成果包括：

(一) 為鱉溪河相調整提出六項策略，為水量調整提出三項策略。各項策略與鱉溪物理棲地復育方針與評估指標的關係如摘表 1。

摘表 1 鱉溪物理棲地評估指標與復育策略

評估指標(assessment indicators)		方針(policies)	策略(strategic plans)	
Q200 指標	歷史廊道達成率	還地於河、 還石於河	局部放寬河道、削高灘 防砂設施改善、重建護甲層	河相
	堆積作用區佔比			
Q50 指標	粗糙灘地面積比			
	安定骨架間距	近自然工法	重建河床骨架	
Q2 指標	寬深比	還石於河、 還地於河	防砂設施改善、重建護甲層 削高灘	
	自然河岸長度比	近自然工法	河岸粗糙化	
平時流量指標	瀨區間距	還石於河	重建河床骨架	
	水域縱向連續度	還水於河	用水管理精緻化、智慧水管理、推廣節水農作	水量

(二) 防砂設施改善：指認出上游應優先改善的防砂設施點位。

(三) 重建護甲層：定出各斷面目標床面高程，說明土方來源。

(四) 重建河床骨架：提出 23 道橫向構造物改善方案，攔河堰改造為不阻礙生物移動的曲線斜堰，保護工改造為安定瀨區，固床工、抬水堰移除，過水橋改造為不阻擋水流的沉下橋。同時依理想之潭、瀨分布，選擇適合地點新設安定瀨區。

(五) 河岸粗糙化：依水規所 108 年河相手冊，評估現有護岸的移除或改善。判斷需改善二處護岸，保留一處，其餘建議移除，並考量零方案、非工程方案、植生工法、以丁壩取代護岸等配套措施。

(六) 局部放寬河道：參考歷史廊道線及用地範圍線，探討還地於河的可能位置，劃設「還地於河線」。建議還地於河線的非工程方法，

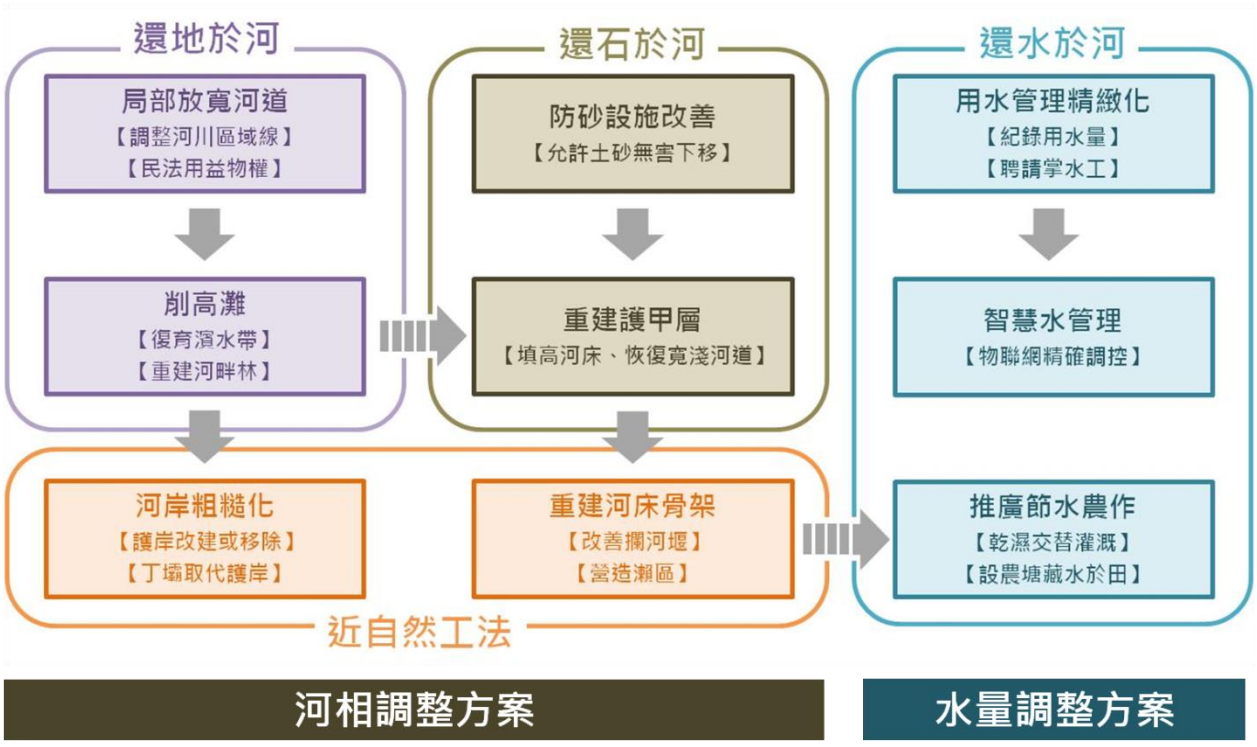
包括河川公地收回、調整河川區域線、協商換地後調整河川區域線、民法用益物權。

(七) 削高灘：依不同規模洪水溢淹程度決定削灘位置，以滿足各項河相評估指標。削灘可營造濱水帶與河畔林，並提供河床填高料源。

(八) 依本計畫河相調整後，各項物理棲地評估指標均大幅改善，且透過水理分析，確認具有消減大範圍溢淹、沿程平均消能之治理綜效，。

(九) 透過二維水理模擬，可知當用水調整成以需水量為上限的情境 2 時，在各種天然流量下均已滿足連續水深門檻。透過紀錄用水量、聘請掌水工等基本做法，即可兼顧現況農業灌溉與水域生物的需求。智慧水管理與節水農作推廣則可進一步因應極端氣候與未來灌區擴大的需求。

(十) 各項措施與方案之優先順序如摘圖 1。



摘圖 1 物理棲地復育方案展開之優先順序

(十一) 針對第九河川局轄管範圍，研擬短、中、長期推動計畫，預計

以七年為期，逐段實施界點下游之物理棲地復育。

(十二) 建議第九河川局以外各單位辦理之配合措施與期程，包括農田水利署花蓮管理處、林務局花蓮林管處、水土保持局花蓮分局、花蓮縣政府農業處及富里鄉公所、花蓮農業改良場等。

六、特定河段復育方案規劃

本計畫選擇界點至池豐橋(鄰近豐南社區)河段為短期示範區，依河段環境概況與課題，提出方案規劃與初步設計，說明工序與工法，並檢核設計之安全性。主要成果包括：

(一) 規劃移除 46-B 攔河堰、8m 高擋土牆上部、戲台面層等構造物，填高河床 0.8 至 4.8 公尺。挖掘左岸次流路，以近自然工法建置全斷面魚道、石梁工、丁壩等，恢復健康潭瀨分布。新建砌石、鋪石、柵工等護岸並保留現有箱籠護岸，配合植樹保護河岸，同時營造便於社區利用的緩坡親水空間。

(二) 規劃內容皆不涉及私有地，屬短期可行，第一年以挖填方為主，第二年以近自然工法為主。

(三) 檢核改善前後河段水勢、水位，並計算近自然工法之力石(keystone)安定性，確認規劃內容符合防洪需求，且大幅減緩水勢，可提升安全性。

Abstract

Bie Creek, a tributary of Shiu-Gu-Luan Creek in Fuli, Hualian, has attracted much attention for its efforts to establish the Watershed Management Platform in 2019 so as to promote cross-agency coordination in creating an eco-friendly watershed, a first of its kind for Taiwan. This report summarizes the works of the Bie Creek Restoration Proposal, a one-year project that is charged with the duty to provide the overall strategies and action plans to restore the physical habitat of the Creek.

The physical habitat of Bie Creek is confronted with three primary issues. There are 23 lateral structures that impede the movement of the acquatic species. The bed has been downcutting continuously during the past 40 years, causing repeating failures of bank and bed structures. The downcut in turn makes natural diversion difficult and earth dikes need to be built accros the channel to intercept the flow, which leave no water in reaches during the dry season.

The team has gone through a series of hydrological and morphological analyses to understand the characteristics of the Creek. The following has been learned:

- Simulation of the natural long-term daily flow indicates that the Creek maintains a continuous base flow even in considerably dry condition if there is no diversion.
- Irrigation water necessary for the rice paddies in the valley was calculated and the current water use is found to be more than doubling the amount actually needed.
- With the existing channel form the flow gets cut off by structures even with average natural flow and great water saving effort.

- An overlay of the historic channels shows that the Creek has not wildly varied its course during the past century and needs a fluvial corridor only slightly broader than the current management boundary.
- The downcut companied with reduction of channel width due to early reparian reclamation.
- Concrete walls and embankments have considerably accelerated the downcut by concentrating the stream energy along the bank.
- Upstream dams and grade control structures have compounded the effect by cutting the sediment supply.
- As a result, the Creek has seen a continuous loss of bed armor and riffle is almost non-existent in this valley creek.

The team proposes to return the land, the rocks and water back to the Creek, and to re-build the channel framework with eco-engineering works. Based on these principles 8 indicies were chosen to define the quantitative goals of physical habitat restoration. Historic migration zone occupaton rate and sedimentation zone ratio are calculated for the Q200 events; rough floodplain ratio and stable bedform spacing are established for the Q50 events; width-depth ratio and natural bank percentage are measured for Q2 events; riffle spacing and longitudinal continuous water depth criteria are set for the mean flow.

The strategies to restore a healthy stream morphology thus follows naturally: broaden the creek territory, remove sediment barriers upstream, reshape the floodplain, rebuild the gravel armor, roughen the banks and re-construct the bed framework, i.e. stable riffles.

Using HEC-RAS 2D combined with GIS tools, the final morphological proposal not only satisfies the 8 indicies of a healthy Bie Creek, it can reduce flooding at the downstream confludence as well as ensuring even energy

dissipation throughout the course of the Creek, thus avoiding structure failures. Furthermore, the re-naturalized channel will make irrigation much easier, maintaining continuous water depth for acquatic life while satisfying the need of agricutural use.

The final proposal includes measures to be taken by the 9th River Management Office during the next 7 years, including a detailed plan to improve the upstream reach during the first two years. Items that need to be implemented by the member agencies of the Watershed management Platform are also suggested.

結論與建議

一、結論

(一) 鱉溪因沖積河谷地形及地質相對安定等因素，百年來沒有嚴重的溢淹或土砂災害，卻因人為利用限縮河道，並受河道內、上游集水區工程構造物影響，而導致棲地切割，功能劣化，其狀況深受居民關切，不僅有復育之條件，也亟待復育。

(二) 河道內 23 道橫向構造物雖抑制河道下切，但其直壁形態阻擋生物及土砂運移，洪水時落差下游形成高能沖刷坑，易使構造物受損。

(三) 現況一半以上河岸為混凝土護岸，過往雖略增加沿岸耕地，但其光滑壁面導致能量集中，加速河床下切，並使部分堤岸受災頻繁。

(四) 復育鱉溪的關鍵在於恢復健康河相。一旦河相恢復，鱉溪之天然流量足可兼顧目前灌區內農業用水及河道內生物需求，亦可解決構造物一再受損及居民難以親水之狀況。

(五) 健康河相的關鍵，在於恢復健全的河道骨架，包括恢復粗糙、可透水、植被可生長的河岸，以及重建安定、不阻礙土砂運移、可自然維持的瀨區(河床骨架)。

(六) 實施本計畫研擬之河相調整方案，可達到以下效果：

1、八項量化的物理棲地指標可達理想狀態。

2、農業用水與水域生態所需的連續水深，在合理的用水管理下即可兼顧。

3、使鱉溪出口處大範圍溢淹風險降低。

4、河川能量降低且可沿程均勻消能，使縱、橫向構造物破損風險大幅降低，提升整體河防安全。

二、建議

(一) 本計畫擬定還地於河、還石於河、還水於河、近自然工法四大復育方針及具體策略，建議分年分期，逐步實施河川復育方案。

1、短期(二年內)：河川公地收回、河川區域線變更、近自然工法教育訓練、實施池豐橋上游復育工程。其中池豐橋上游河段已完成復育規劃與初步設計，建議依第八章分二年實施。

2、中期(三至五年)：取得還地於河所需的用益物權；實施池豐橋至永豐橋(第三年)、永豐橋至蚊仔洞橋(第四年)、蚊仔洞橋至復興橋河段(第五年)之復育工程。

3、長期(五年以上)：實施復興橋至富里大橋(第六年)、富里大橋至鱉溪出口段(第七年)復育工程。

(二) 為營造共好的流域環境，達成復育目標，建請鱉溪流域管理平台之各參與機關實施以下配合措施。

1、林務局花蓮林管處：鱉溪支流中溝上游防砂設施改善與地質公園整體規劃(短期)。配合近自然工法之施做，提供疏伐材料及苗木(各年期)。

2、農田水利署花蓮管理處：

(1)用水管理精緻化(短期)：紀錄用水量及聘請掌水工，使鱉溪流域取水量符合水權量之上限(情境 1)，使 2-A 攔河堰灌區取水符合需水量之上限(情境 2)，以達成河道內連續水深。

(2)灌溉設施整體規劃(短期)：各攔河堰改建規劃，及各取、輸水設施之配合調整規劃。

(3)配合河川局工程改造攔河堰及輸水保護工： 2-A 改為曲線斜堰(第二年)；42-C 改為曲線斜堰，37-B 改造為瀨區(第三年)；29-A 移除，30-A、24-A 改建為曲線斜堰(第五年)；20-A、14-A 改建為曲線斜堰(第六年)；6-A 改造為瀨區(第七年)。

3、水保局花蓮分局：配合河川局工程改善防砂設施，補充界點下游缺乏之護甲層塊石。包括石厝溝吉哈拉愛橋上游固床工(第二年)，臭水溝防砂設施(第三、四年)，搭不烏拉溪防砂設施(第四、五年)。

4、花蓮縣政府農業處、富里鄉公所：配合第九河川局工程，改善可能阻水的橋梁，包括蚊仔洞橋(第四年)、23-A 過水橋(第四年)及 15-A 過水橋(第五年)。另配合林務局花蓮林管處及水保局花蓮分局支流防砂改善工程，改善支流農路過水路面及過水橋。

5、農委會農業試驗所、花蓮農業改良場：推廣節水農作，包括農法的調整與智慧水管理的導入(隨時展開)。

第一章　緣起：找回鱉溪的生命力

一、計畫緣起及目的

鱉溪位於花蓮縣富里鄉，是秀姑巒溪最南端的支流，發源於海岸山脈最高峰麻荖漏山(又稱新港山)，流域面積約 47.96 平方公里，因昔日鱉(中華鱉)蹤跡隨處可見而得名。鱉溪蜿蜒穿越豐南阿美族部落及永豐富里的客家聚落，是一條貼近生活的溪流。早期俯瞰溪中，可見臺灣特有種臺東間爬岩鰍和日本禿頭鯊悠游其中，阿美族人稱這些有吸盤的魚類為「哈拉」。初次移居鱉溪支流石厝溝溪流域的阿美族人，並為聚落命名為「吉哈拉艾（Ciharaay）」，意為「很多吸盤魚的地方」。客家人稱呼早年常往來於溪流與水田的菊池氏細鯽為「禾花仔」，意指在稻禾開花時，田溝旁悠遊的小魚。

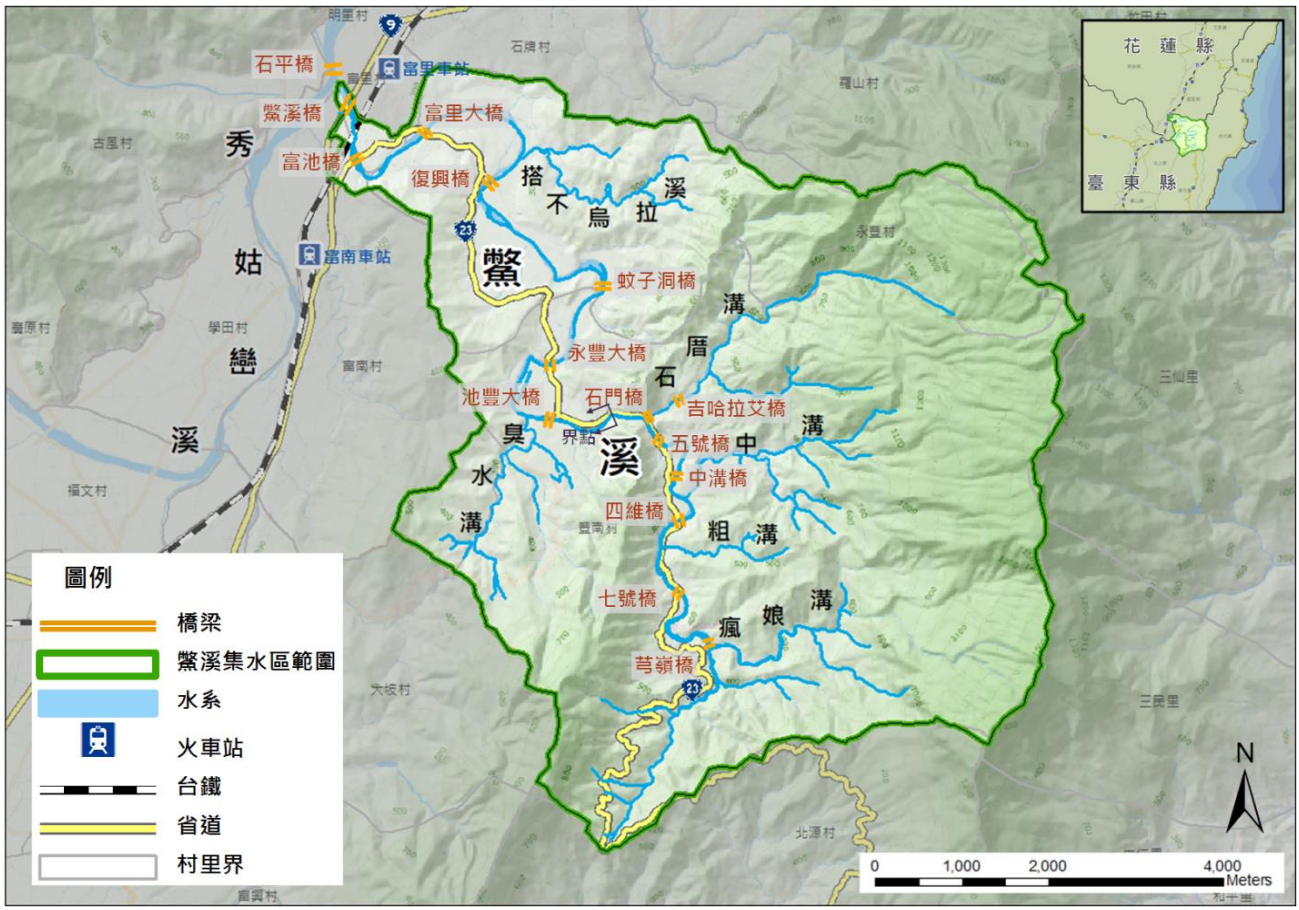


圖 1-1 本計畫區域範圍

鱉溪現有 23 座橫向構造物，嚴重影響生態棲地，阻隔各種生物的移

動，包括河海洄游的哈拉，禾花仔也幾乎絕跡了。本計畫目的為落實鱟溪環境與生態之永續發展，強調棲地復育，在防洪安全之考量下亦須兼顧生態之復育，以自然方式來治理與管理鱟溪。

民國 108 年 3 月第九河川局選擇鱟溪流域為示範區，以公私協力模式及藍綠帶縫合的理念，邀請鱟溪流域上中下游相關單位、在地社區及長期關心投入鱟溪觀察、研究的學術及 NGO 等 26 個單位參與「鱟溪流域管理平台」，並宣告公私協力營造共好的流域環境。本計畫承接此精神，為融合環境景觀、水利、水保、生態專業之跨域整合計畫，擬定鱟溪整體復育方針與行動策略，改善鱟溪河相與既有水利建造物，讓降海產卵的哈拉能找到回家的路，重新恢復鱟溪的生命力。

二、工作範圍及項目

本計畫規劃調查範圍為鱟溪全流域(圖 1-1)，復育方案以第九河川局管轄之鱟溪河川區域範圍為原則，自石門界點以下至與秀姑巒溪匯流口，主流長度約 9.4 公里(圖 1-2)。

本計畫工作項目如下，預計之執行流程如圖 1-3。

(一) 鱟溪河川復育資料盤點與補充

1、鱟溪人文、水質、河川特性、水文水理、社經相關計畫等基本資料蒐集；應包含水工結構物及水利構造物調查、動植物、現況環境及土地利用等資料分析及應用。

2、應含國外文獻，盤點國內外可參考之流域生態經營或生態廊道建相關文獻與案例，做為計畫執行基礎。

3、歷年洪水及土砂災害調查：蒐集本計畫範圍內洪水及土砂災害相關資料，包括災害事件發生時間、地點、災害原因及災損程度等，以利後續課題分析與應用。

4、河川區域與周圍土地利用：蒐集本計畫範圍河川區域與周圍土地利用相關計畫，包括公私有地、保護區、農耕及遊憩行為等之

分布狀況，以及土地利用、水資源利用、河川治理、集水區保育、景觀遊憩、生態保育及都市計畫等，以利後續課題分析與應用。

5、蒐集本計畫河段之河相相關資料，包括現況及歷史紀錄之分析，以探討計畫河段內之營力、形態、機能之交互作用，供鱉溪河川復育之參考。

6、視需求增加分析、相關資料彙整及調查作業。

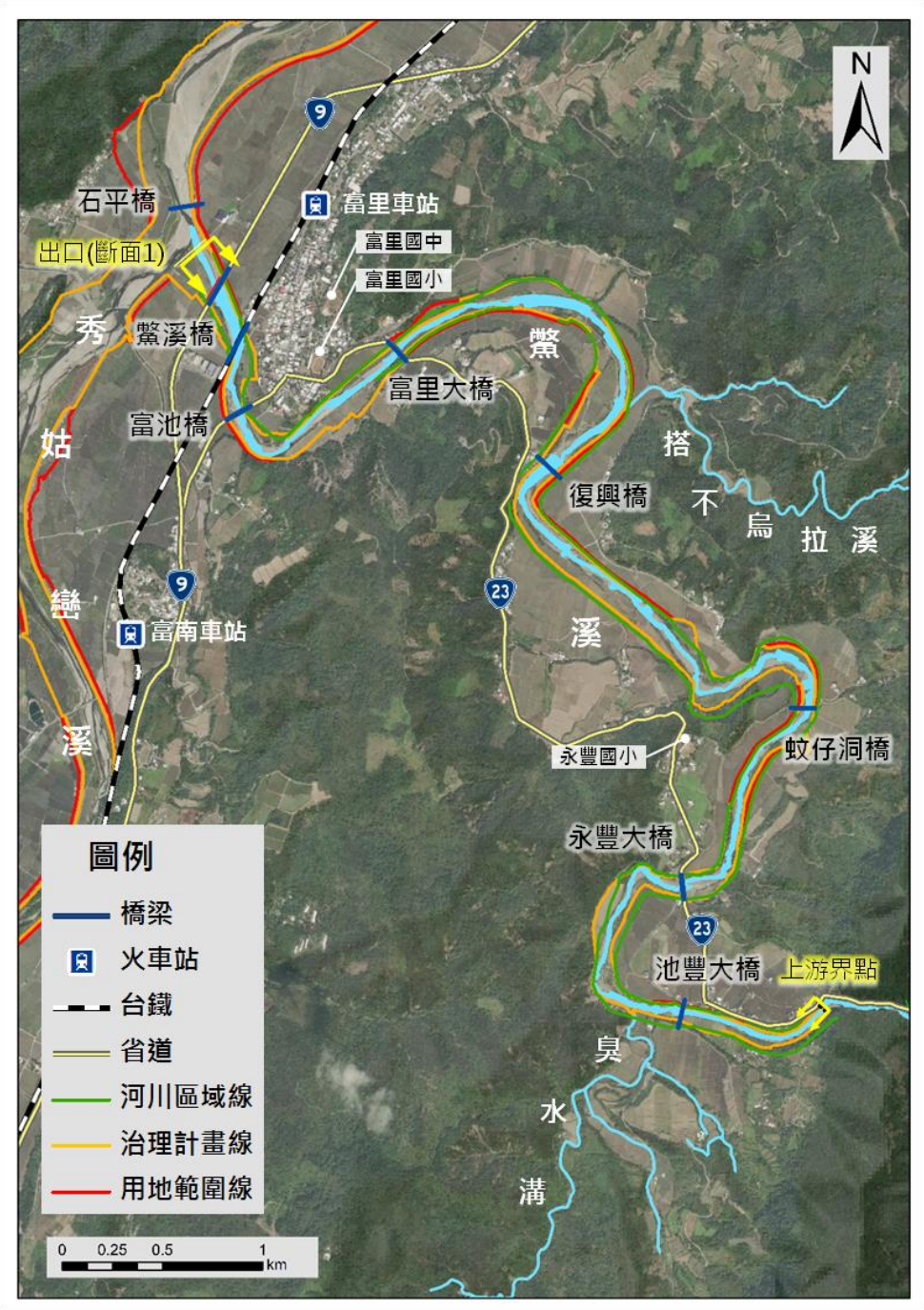


圖 1-2 鱉溪河川區域

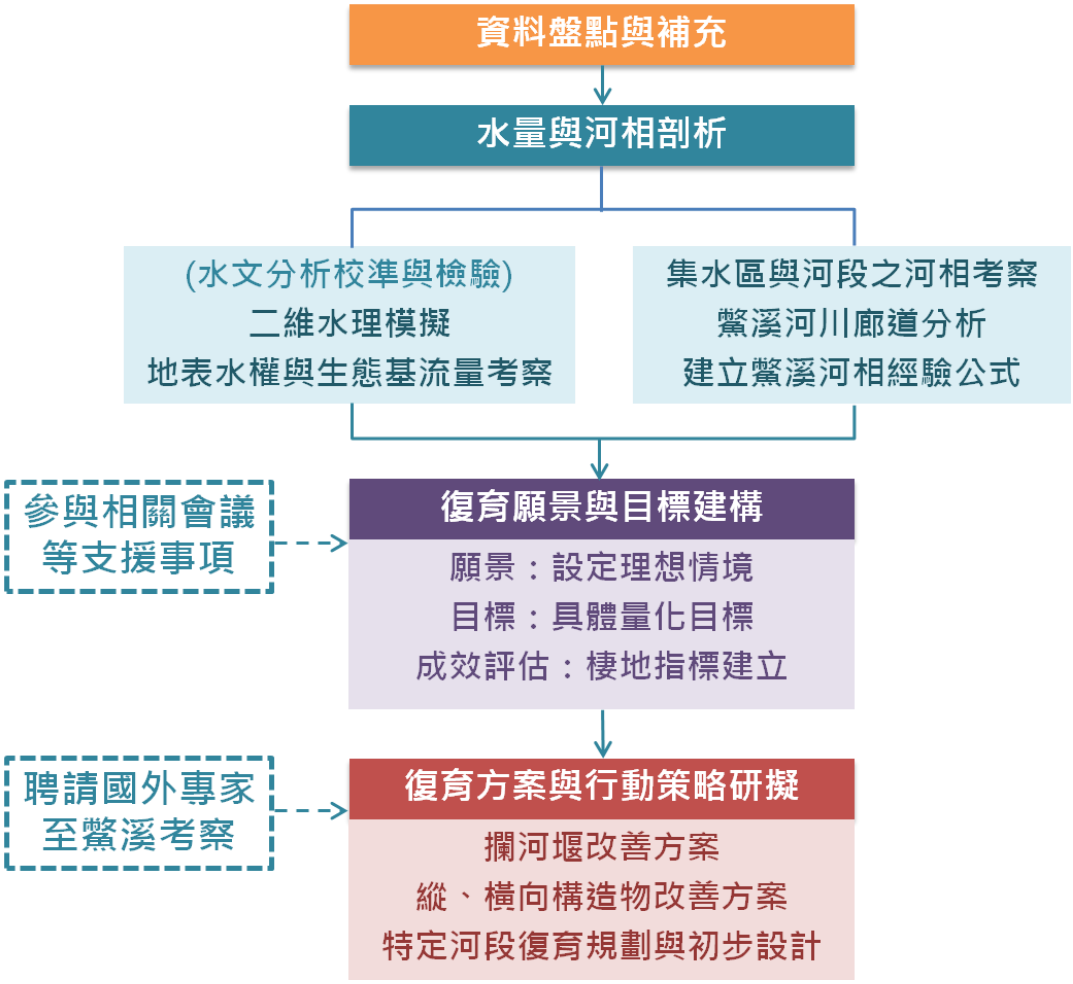


圖 1-3 本計畫工作執行流程

(二) 鱉溪河相剖析

1、地表水權與生態基流量分配合理性之評估

2、集水區與河段尺度河相考察與分析

3、河川棲地指標建立與量化分析

4、鱉溪河川廊道分析

5、以河相觀點分析鱉溪沖淤變化機制

6、建立鱉溪河相經驗公式

7、以二維水理建模(如：HEC-RAS 或 SRH2D 或其他免費授權之數值程式為主)分析計畫範圍內不同流量模擬，以安全考量為前提，藉由水理模擬、經濟評估與在地團體討論，找出適合改善方式。

(三) 願景與目標建構

1、根據前項提出之各項關鍵課題設定改善目標，並研提達成改善

目標的行動計畫，並建立鱉溪治理規劃、環境管理、生態復育之體系。

2、研提具體的成效評估方法，以評估前述關鍵課題之改善成效。

3、針對鱉溪河川復育提出短(二年以內)、中期(二年至五年)、長期(五年或以上)的行動規劃建議及可執行方案。

(四) 河川復育方案與行動策略擬定

1、評估鱉溪河川高灘地規畫生態復育區之可行性。

2、特定河段復育方案規劃與初步設計。考量鱉溪生態及文化之課題，選擇一處示範區進行評估並提出初步構想以供短期執行。

3、評估既有水利建造物阻絕廊道之改善方案。

4、縱、橫向構造物改善方案(含石梁工法方案分析)。

5、鱉溪既有 23 座橫向構造物之短、中、長期建議改善的行動方案並含可行性分析及對河防安全、生態環境、灌溉取水引水等需求之影響評估及鱉溪石樑工法經驗公式及石樑工法對河防安全、生態環境的影響評估。

(五) 其他

1、配合參加與本計畫相關會議，以利彙整相關情報於計畫內。

2、配合各項會議辦理報告、圖說及簡報等資料編撰、印製、說明、審查、答詢、意見處理及修訂等各項作業。

3、協助提供新聞露出相關資料。

4、成果電子圖資(CAD 檔或 GIS 檔或 KML 檔或其他通用性格式)

5、總成果報告編撰印製。(含光碟)。

6、協助計畫相關會議簡報資料製作及與會技術支援。

7、工作會議雙方決議事項，視為契約履約項目。

(六) 聘請國外專家至鱉溪給予生態復育之建議

(註：受 COVID-19 影響，國外專家未能來台，依 109 年 6 月 15 日工作會議結論(附錄五)，改以視訊會議方式辦理，詳附錄三。)

第二章　鱟溪復育的脈絡

鱟溪復育自民國 95 年九河局展開復育規劃至今，已走了 15 年(圖 2-1)。本章回顧與本計畫有關之前期鱟溪規劃與計畫，包括治理規劃與防災工程、生態調查與復育實驗、環境營造與文化景觀，以及自 108 年展開的鱟溪流域管理平台之決議與具體作為。

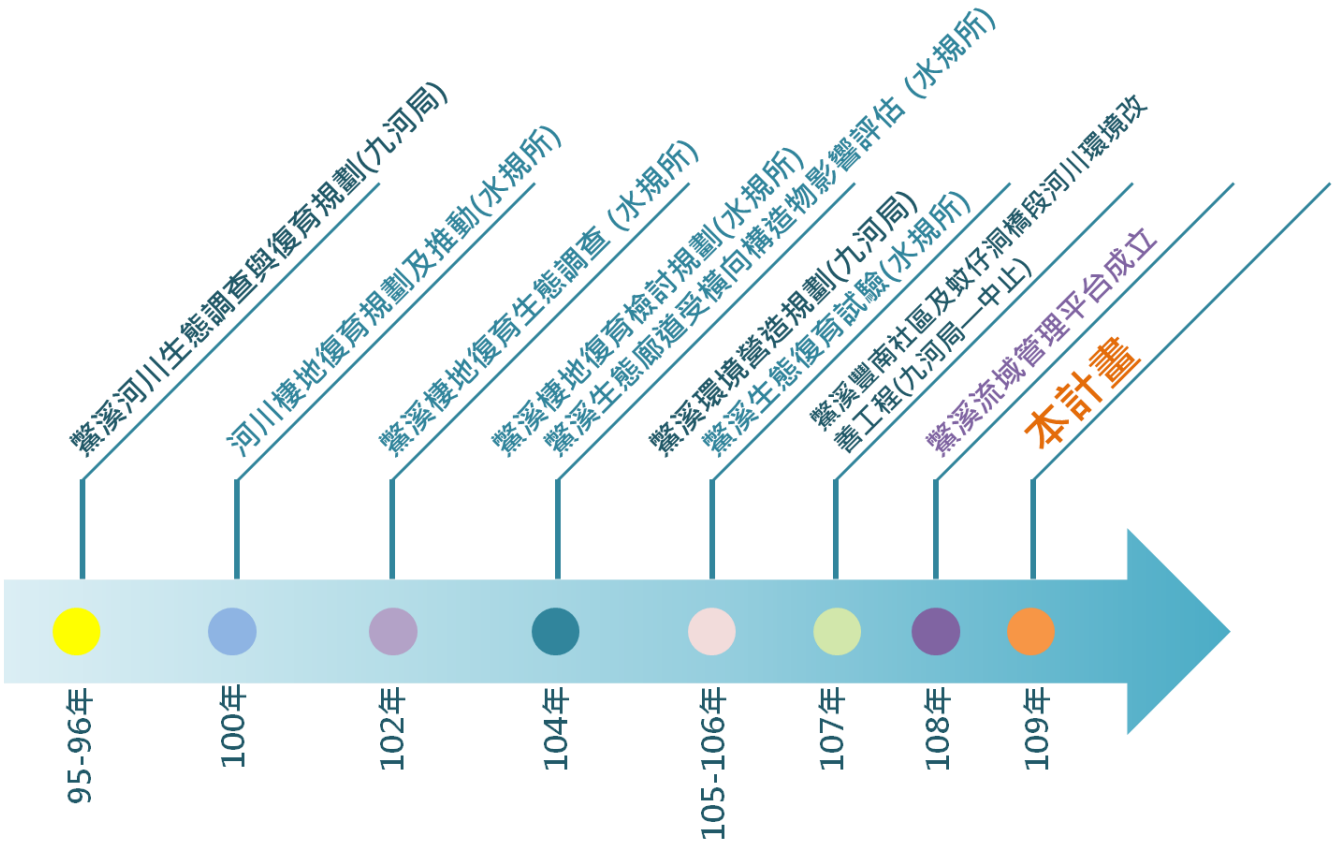
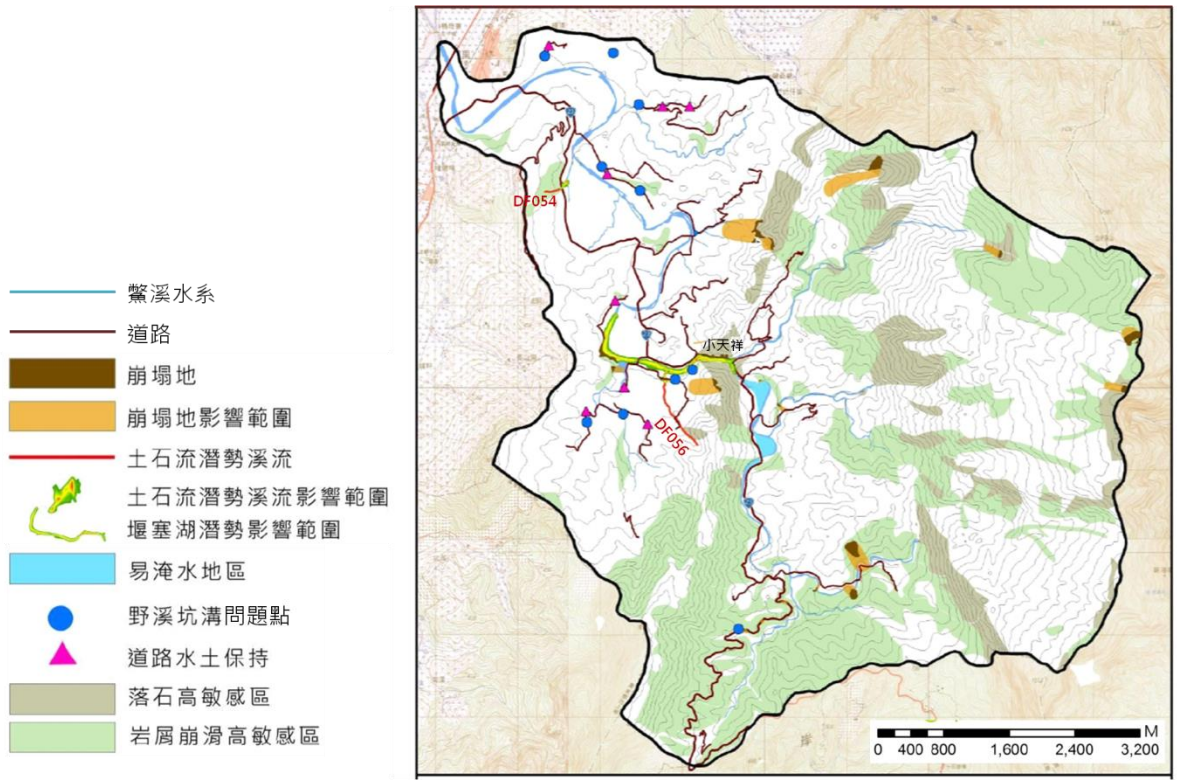


圖 2-1 鱟溪復育的主要脈絡

一、治理規劃與防災工程

(一) 鱟溪子集水區調查規劃(水保局花蓮分局，100 年)

民國 100 年水土保持局花蓮分局以鱟溪流域為範圍，調查流域內水土保持問題與治理需求。流域歷年並無嚴重之災情，潛在問題點與敏感區如圖 2-2。



資料來源：鱉溪子集水區調查規劃報告(水保局，100 年)，本計畫後製

圖 2-2 鱉溪流域水土保持潛在問題點與敏感區

1、流量分析最下游控制點為富里大橋，採用之 50 年重現期距洪峰流量為 873.7cms。

2、本區雖無易淹水區域，但根據居民訪談和現場調查結果，歷年僅五號橋上游因道路位於較低之河階地，過去洪水曾漫溢至右岸，影響道路通行。

3、崩塌地:主要潛在災害為台 23 線小天祥段之崩塌及落石問題，建議以坡面防護網及防落石網攔蓄土石。

4、土石流：本區內兩條土石流潛勢溪流花縣 DF054 及花縣 DF056，二溪都已經治理，無立即之危險，建議加強非工程之防災避難規劃。

5、野溪坑溝：大部分之野溪坑溝已治理，部分未治理溪段，可能因坑溝發展而造成農地流失，或因土砂淤積而影響排水斷面。經指認之問題野溪坑溝共有 11 處(圖 2-2)，治理對策包括護岸、連續固床工、防砂壩及河道清疏。

6、區內農路眾多，由於多屬泥岩層，地質條件不佳，易有邊坡崩塌及土砂下移之情形，建議規劃縱橫向排水、路面修復，並以重力式擋土牆保護邊坡。

7、規劃共 19 項工程，分四年執行，整體治理經費共 142,700 仟元。其中野溪坑溝整治經費為 23,700 仟元。

(二) 秀姑巒溪水系治理規劃檢討(九河局，105 年)

105 年的「秀姑巒溪水系治理規劃檢討」包含秀姑巒溪各支流，其中鱉溪以 50 年重現期洪峰流量、1m 出水高為檢討標準。鱉溪全流域因花東縱谷地形關係，河道兩岸均高出河床甚多，大部分流量均可以重力排除，故淹水區域不多。該規劃檢討之成果尚未正式公告為治理計畫，其中有關鱉溪的建議辦理事項如下：

1、鱉溪與秀姑巒溪匯流口採用之 50 年重現期距洪峰流量為 457cms(無因次單位歷線法)。

2、鱉溪因有防洪疑慮、棲地保護與明顯保護標的，須辦理治理計畫，治理長度 9.30 公里，治理計畫起點為吉拉米代部落前攔砂壩，終點為秀姑巒溪匯流口。

3、鱉溪與秀姑巒溪匯流口處(斷面 3 以下)有局部淹水情形。未來治理配合秀姑巒溪石平橋改建後，石平橋上游現況 Q50 洪水位約降低 0.94 公尺，鱉溪全河段防洪可達 50 年重現期以上保護標準。

4、檢討鱉溪池豐大橋以下的八座跨河橋梁，除蚊仔洞橋梁底高程未滿足 1.0 公尺出水高外，其餘橋梁均不影響現況河道通洪。另富池橋、復興橋及蚊子洞橋橋長跨距不足，未來改建時配合本計畫辦理。

5、鱉溪之鱉溪橋因配合主流而需加高支流出口段背水堤高程，未來改建時亦需配合本計畫辦理。

二、文化景觀與社區發展

(一) 花蓮縣文化景觀富里鄉豐南村吉哈拉艾保存維護計畫(花蓮縣文化局，102 年)

2012 年 5 月，吉哈拉艾(石厝溝溪流域)由花蓮縣政府文化局依《文化資產法》正式登錄為「吉哈拉艾文化景觀區」(圖 2-3)。這是國內第一處以完整集水區地景為範圍，結合水梯田、水圳、次生林、溪流、天然林等地景，並以原住民《吉哈拉艾部落公約》和「吉哈拉艾文化景觀管理委員會」為規劃和經營主體的文化景觀。

1、延續先期作業，採參與式方法，調查豐南村水稻與梯田文化景觀，調查項目包含梯田與水圳位置、闢築與興修歷史、使用現況及損壞、水圳工法、權屬等。其中水圳及取水工法與鱉溪河川復育有密切關係。

2、建立公私部門權益關係人所組成之「夥伴關係工作平台」，成員包括吉哈拉艾文化景觀管理委員會、協力團體、花蓮縣文化局三方組成之「核心成員」，以及由林業、水利、農業、教育、地方行政、公路等政府部門所組成之「支持成員」。

3、與部落頭目、在地水圳管理者和梯田耕作者共同研擬《吉哈拉艾文化景觀保存及管理原則》，訂定永續經營管理原則及五大行動策略，以實現吉哈拉艾部落與山林溪流和諧共處的願景。

圖 2-3 吉哈拉艾文化景觀區

(二) 花蓮縣富里鄉豐南村吉哈拉艾文化景觀環境回復力指標研究計

畫(花蓮縣文化局，105 年)

文化景觀在逐年經營管理實質成效的評估上，尚需一套有系統的監測指標，故透過由下而上的社區參與工作坊，發展在地居民可理解、可運用的環境回復力指標。該計畫完成五大類、20 項環境回復力指標評估，並訂定 36 項環境回復力增進對策，其中與河川復育有直接關係者如下：

1、增加友善環境生態農法、減少慣行農法。

2、連通天然水系和人工水圳、梯田灌溉系統及營造水塘等人工濕地。

3、有條件的護溪/垂釣保護及利用計畫。

4、災害(沖蝕、水災、山崩)防治生態工程規劃及應變計畫。

5、維護石厝溝溪的飲用及灌溉水質/水量。

6、生態工法修復梯田和水圳。

(三) 花蓮縣富里鄉豐南村吉哈拉艾文化景觀水路系統調查研究計畫(農業工程研究中心，106 年)

水圳是吉哈拉艾文化景觀的核心元素，在圳溝整治時面臨工程效率與文化景觀保存之衝突，故擬藉由該計畫研討解決方案。計畫成果如下。

1、整體水路(溪流、灌溉圳路、梯田田區、排水系統)調查及地理資訊圖資建置。

2、對於吉哈拉艾整體水土保持提出生態工法原則，如道路排水建議採草溝、砌石溝，田埂用砌石、疊石並注重跌水消能，邊坡穩定以自然復元、植生覆蓋、打樁編柵為主，野溪治理以砌石、石籠工法為主，並推廣手作步道。

3、透過三場工作坊及一場成果交流會，向在地居民強調尊重自然之重要性，避免水泥化工程，體認惟有以生態為優先考量，才能永續保存文化景觀。

三、生態復育與環境營造

(一) 鱟溪河川生態調查及復育規劃(九河局，95-96 年)

此兩年度計畫為一系列鱟溪復育計畫之始，95 年進行水陸域生物相調查，96 年進行復育規劃。

1、鱟溪以鱟命名，故以鱟之復育為重點。

2、採集到七種魚類，其中臺灣石鱝、粗首馬口鱲及明潭吻鰕虎等西部引入種已成為鱟溪優勢魚種，佔比達 95%以上。

3、為使鱟能上岸而提出綠色緩坡堤岸構想，兼顧生態觀察體驗與親水休憩設施。

4、因應洄游魚類的生態特性而提出鱟溪攔河堰改善之方案。

(二) 河川棲地復育規劃及推動(水規所，100 年)

該計畫中的「鱟溪復育計畫」，為對九河局 96 年「鱟溪河川生態調查及復育規劃」之可行性評估，並提出下列建議。

1、原規劃的深、淺潭並無法滿足鱟類棲息所需要的空間，鱟所需要應該是橫向廊道，以提供牠離開河道尋求更適合產卵的空間。

2、鱟溪沿線共有十多座攔河堰，僅在中上游規劃 1~2 座魚道並無太大助益，唯有拆除部分攔河堰方能有所助益。

3、豐南村綠色堤防及親水步道對社區發展有其助益，但無明顯生態功能，建議進一步規劃，整合農田取水系統，拆除部分攔河堰，並改善農田排水路，暢通橫向廊道，同時透過社區環境教育，確保堤防外鱟類產卵棲息的空間。

(三) 鱟溪棲地復育生態調查(水規所，102 年)

該計畫提供近期較完整之鱟溪一年四季水域生態調查資料，及河床質、構造物等物化環境調查。

1、魚類分布：紀錄 18 種魚類，各站優勢物種幾乎皆為西部引入的臺灣石鱝、粗首馬口鱲及明潭吻鰕虎。洄游性魚類於鱟溪流域分布不均，大吻鰕虎僅記錄於下游，寬頰禿頭鯊和花鱷鰻記錄於

上游，日本禿頭鯊分布略廣。

2、水質分析：以河川污染指標(RPI、WQI)、生物整合指標(IBI)、科級生物指標(FBI)評估，顯示當地水質尚屬良好。

3、溪流棲地型態分布：各站中僅下游的富池橋及上游的第五號橋、四維橋附近有較多淺瀨，其餘各站均以深潭為主。

4、認為鱟溪主流各樣站物種組成相似，並未明顯受人工構造物阻隔影響。

(四) 鱟溪棲地復育檢討規劃(水規所，104 年)

本計畫為三年度計畫，以民國 95~96 年由第九河川局辦理之「鱟溪河川生態調查及復育規劃」為檢討規劃之對象，依據平行辦理的另一計畫「鱟溪棲地復育生態調查」之調查結果，試圖將其研究成果落實於棲地復育。

1、水文分析：以運動波-地貌瞬時單位歷線進行降雨逕流分析得到鱟溪河口 50 年重現期洪峰流量為 628cms。

2、基流量分析：由崙天大橋流量站紀錄以比面積法，推測鱟溪河口的 Q95 為 0.31cms，平均流量 2.97cms。

3、水理分析：經 HEC-RAS 一維分析，發現洪氾之空間變動範圍極小，表示棲地與避難空間不足。

4、河川特性分析：比較民國 82、94、95 及 99 年河川大斷面，發現鱟溪河床下刷嚴重，永豐橋至池豐橋間與富里大橋至復興橋間，達 4~6 公尺。

5、生態環境分析：以定性棲地評估指標(CQHEI)、快速棲地生態評估(RHEEP)、河溪物理性棲地環境評估、河川物理棲地模式等評估鱟溪棲地品質，但多與魚類調查結果不符，最後採用河川物理棲地模式，認為其較能符合魚類調查情形。

6、指標物種：選擇中華鱟、日本禿頭鯊、菊池氏細鯽及臺東間爬岩鰍。

7、復育策略：提出增加河川基流量、建置生物通道、增加魚類避難空間、豐南村親水空間規劃、水稻田環境自然化、全面封溪護魚等初步構想。

(五) 鱉溪生態廊道受河道橫向構造物影響評估及改善研擬(水規所，104 年)

1、繼「鱉溪棲地復育檢討規劃」，考量構造物眾多、外來種入侵及影響不明顯，因此進一步於 104 年 8 月、10 月辦理攔河堰與防砂壩上、下游生態環境調查，作為橫向構造物是否需改善之依據。

2、池豐大橋兩構造物(42-8A、42-5A)之上下游相似度最低，建議構造物間設缺口，營造淺瀨環境。

3、富里大橋上游構造物 14-1A 明顯造成生物阻隔，建議拆除下游側之構造。

4、構造物 46-5A、46-2A、20-2A 及 23A 上下游的魚種相似度較高，這些構造物在枯水期仍有有溢流水，或構造物上有涵管等通道，可能為物種上溯之廊道，因此其上下游物種族群較為穩定。

5、建議小規模改善池豐橋下游構造物 42-2A 的既有魚道，如疊放石塊供上溯魚類休息，或設攀爬繩供蝦蟹類利用。

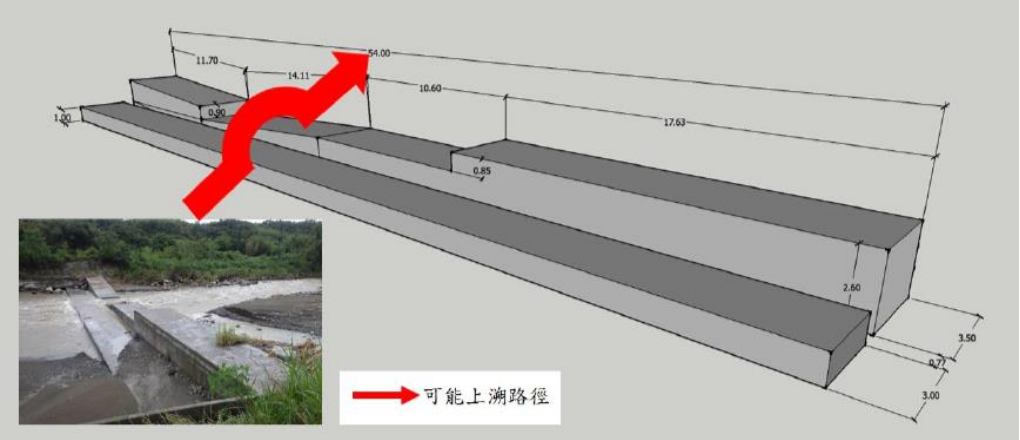
(六) 鱉溪生態復育試驗(水規所，106 年)

該計畫延續先前水規所鱉溪復育系列計畫，主要內容如下。

1、以中華鱉及菊池氏細鯽為復育標的，並於水規所用地內設置生態池及水族箱，放養試驗個體，觀察二物種的活動情形，但由於試驗場所與物種的自然棲地相去甚遠，較難得到可直接反饋至鱉溪復育的觀測成果。

2、選擇高差大於 1 公尺的 11 座鱉溪橫向構造物，於其上、下游進行生態調查，發現日本禿頭鯊至構造物 14-A(富里大橋上游)後，上游數量大為減少，而大吻鰕虎更僅記錄於其下游樣站，顯示該構造物對河海洄游性物種阻隔影響大(圖 2-4)，建議拆除部份堰

體。



資料來源：鱟溪生態復育試驗(水規所，106 年)

圖 2-4 經指認對魚類溯游影響重大的橫向構造物 14-A

3、透過 CCHE-2D 模式模擬堰體改善方案(壩體改為多階，並降低階高)，或附加魚骨形魚道。模擬結果雖顯示堰體或魚道內可出現適於目標魚種游泳的流速及水深，但未進一步檢討此類混凝土構造物對河相與棲地的影響。

(七) 鱟溪環境營造規劃(九河局，106 年)

承續水規所的規劃成果，第九河川局於 105~106 年委外辦理環境營造規劃，補充生態與流量調查，擬定水資源利用與環境營造實施計畫。

1、魚類共紀錄 3 科 13 種，線鱧、吳郭魚及福壽螺等外來種入侵可能有惡化趨勢。

2、鱟溪主流共計 23 座攔河堰、固床工等構造物，其上下游的深潭，是水域生態重要棲地。建議於 02-A、14-A、20-A、29-A、46-B 等攔河堰新建魚梯工程。

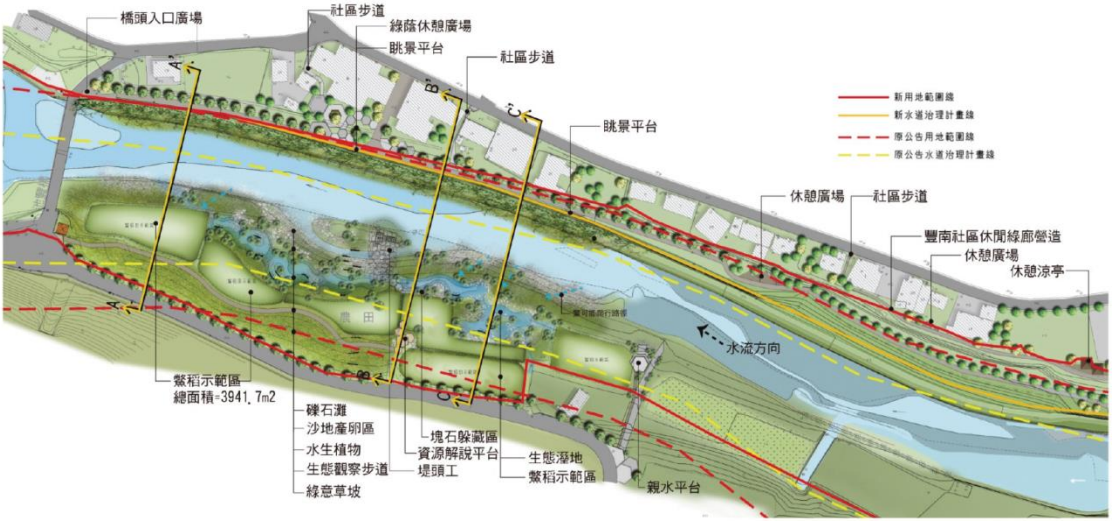
3、由實測流量推論鱟溪河川基流量從第五號橋~富池橋間約為 0.026~0.061cms，建議引水時保留至少 0.039cms 的流量回鱟溪。

4、推動為期五年的全面封溪護魚計畫，以防止毒魚電魚行為。

5、選擇豐南社區附近河川公地為「鱟稻共生」示範區，營造生態溼地，以緩坡鱟道導引鱟爬至灘地的稻田覓食福壽螺，並設置景

觀設施(圖 2-5)。

6、規劃蚊仔洞橋下游左岸公有地為鱉的產卵據點，並於河幅最窄處興建小型固床工，以提升水位。永豐大橋下游右岸發展為賞景旅遊據點，設置休閒步道、賞景設施、停車空間。



資料來源：鱉溪環境營造規劃(九河局，106 年)

圖 2-5　106 年豐南社區環境復育區構想圖

四、鱉溪流域管理平台

(一) 平台成立背景

前述各類型鱉溪相關計畫，由於主管機關權責與著眼面向不同，在落實之際，彼此之間無可避免有難以整合的地方。治理與防災為法律賦予河川與山坡地主管機關之首要職責，而傳統工程在設計手法、材料、工法方面，都較難與生態復育及文化景觀融合。

另一方面，由地方文史學者催生的「哈拉艾文化景觀區」，已逐漸凝聚社區意識，其中除自我要求減少慣行農法，對於防災工程及農田水利設施，也有比以往更高的期許。

在生態復育與環境營造方面，鱉溪在台灣河溪中起步甚早，15 年來鱉溪復育的進程，也彰顯了台灣推動河川復育的觀念演進。由水利單位主導的鱉溪復育，已從針對單一物種的「物種復育」，逐漸轉化成「多種復育」。95、96 年的鱉溪復育只提到鱉，其後復育標的逐漸

增加。102 年增加菊池氏細鯽，但與鱎皆為緩流物種。104 年再增加洄游的日本禿頭鯊，以及保育類的臺東間爬岩鰍(兩種都是適生於湍流的哈拉魚)。

照片來源：鱎溪流域生活圈手冊(九河局，108 年)

圖 2-6 鱎溪復育標的之演變

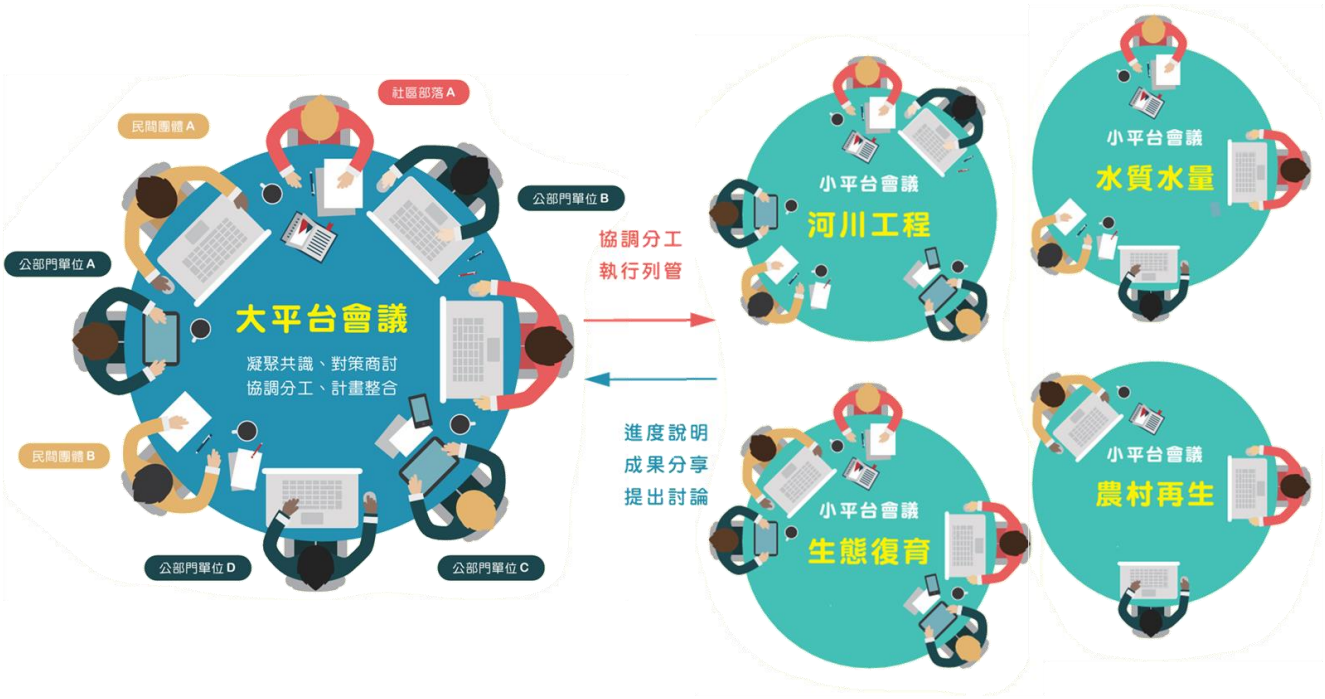
在此情境下，原本預期可落實復育的 105-106 年鱎溪環境營造計畫，卻考量既有構造物與灌溉需求難以更動，導往強調特定物種、尊重現況、以遊憩設施為亮點的方向。107 年第九河川局原預計以 3000 萬元預算，實現豐南社區的「鱎稻共生」環境營造構想，但居民強烈表達希望恢復河川原始生命力，而非著墨於公園化的景觀營造。九河局於是中止工程計畫，讓鱎溪治理「歸零思考」，並於 108 年 3 月率全國之先，創立了跨單位整合的「鱎溪流域管理平台」。

由於該平台企圖納入前期計畫著重與忽略的各種面向，在河川復育的進程上，可說是最有機會走向「系統復育」的體制變革，因為它讓河川復育含蓋的各種複雜課題，都可以在這個跨機關、跨領域的平台中，被充分地討論。

(二) 平台的運作機制

平台邀請鱎溪流域所有與環境管理相關的公部門單位及民間團體

加入，透過「大平台會議」讓參與者同步瞭解目標，再透過「小平台會議」分組解決屬性相似的問題(圖 2-7)。目前大平台會議已成立四個小平台，成員及分工如表 2-1。



資料來源：鱟溪流域生活圈手冊(九河局，108 年)

圖 2-7 鱟溪流域管理平台的機制

表 2-1 鱟溪流域管理小平台的分工

小平台主題	公部門召集人	民間召集人	成員
一、河川工程 - 溪流棲地多樣性不足 - 鱟溪河道下刷岩盤裸露 - 攔河堰阻斷魚類洄游 - 河床原有大石塊消失 - 邊坡治理納入營力考量 - 珍貴地質景觀區域保存	水利署第九河川局	台灣環境保護聯盟花蓮分會	林務局花蓮林區管理處 水土保持局花蓮分局 花蓮縣環境保護局 花蓮縣文化局 花蓮縣富里鄉公所 農田水利署花蓮管理處
二、水質水量 - 畜牧廢水農業廢水 - 家庭污水 - 農業用水需求 - 維持生態基流量	花蓮縣政府農業處、農田水利署花蓮管理處	荒野保護協會花蓮分會、花蓮縣富里鄉永豐社區發展協會	水利署第九河川局 林務局花蓮林區管理處 花蓮區農業改良場 農田水利署花蓮管理處 花蓮縣環保局 花蓮縣富里鄉公所
三、生態復育 - 特殊物種人為獵捕壓力 - 優勢外來種應對處理 - 生態資源調查與監測 - 棲地營造	林務局花蓮林區管理處	後山采風工作室	水利署第九河川局 花蓮縣文化局 花蓮縣農業處 花蓮縣原民行政處 富里鄉公所

小平台主題	公部門召集人	民間召集人	成員
- 指標生物討論 - 鱉溪地質公園			東華大學自然資源與環境學系
四、流域創生 - 在地文化發展 - 農村再生 - 流域學校	水土保持局花蓮分局	天賜糧源股份有限公司	林務局花蓮林區管理處 交通部觀光局 花東縱谷國家風景區管理處 花蓮縣文化局 花蓮縣政府原民行政處

資料來源：鱉溪流域生活圈手冊(九河局，108 年)，依 109 年 11 月大平台會議修正

(三) 平台重要工作成果

1、河川界點上移

108 年 6 月九河局召開「鱉溪水道治理計畫線及用地範圍線劃設說明溝通平台會議」，透過平台邀請相關機關、NGO 組織、生態專家及地方意見領袖參與討論。居民建議將鱉溪治理計畫線從上游第二支壩往上移到第一支壩上游 50 公潭埔堀攔河堰臨時魚道試驗尺，原來由縣政府管轄的範圍，納入水利署管理，與林務局治理界點接合。這次會議同時決議，鱉溪在重新檢討河寬時，應將生態棲地及地方創生議題納入考量，創造了台灣公私協力探討河川治理計畫的先例。

2、Timolan 棲地營造

池豐大橋上游左岸 Timolan 為阿美族語「南邊之地」的意思，是當地吉拉米代部落族人捕魚、遊憩的地方，早期社區取用鱉溪河川中的石塊堆疊成灘地耕作。此地為水利用地，第九河川局於 108 年初收回，作為實現公私協力、地方參與的示範基地。豐南村辦公室、豐南社區發展協會、吉拉米代部落文化產業協會及後山采風工作室共同成立「Timolan 左岸生態共治園區籌備委員會」，討論營造方案，除了創造鱉攀爬上岸產卵的緩坡環境，也施做三口生態池，作為鱉溪原生植物及菊池氏細鯽的復育場所。

攝影：吳泰維

圖 2-8 營造中的 Timolan 生態池

3、潭埔堀抬水堰臨時魚道試驗

由於短期間內無法快速改善攔河堰阻斷河川廊道之現況，在第九河川局的支持下，社區及部落發起小型魚道試驗，在潭埔堀抬水堰以木材製作臨時魚道。居民經由實地觀察不斷改良魚道，目前使用的魚種已越來越多。

圖 2-9 潭埔堀抬水堰的臨時魚道

4、鱉溪豐南堤段工程

緊臨豐南社區的垂直堤岸與戲台受災頻仍，過往九河局災後皆以混凝土復舊，108 年經過平台舉辦的共學討論，改以拋放塊石、設置石梁工的方式「增加河岸粗糙度、重建河床護甲層」，並已完成生態檢核，預計於 109 年施做完成。

五、資料盤點與補充

(一) 河道內橫向構造物

鱉溪主流界點下游共有八座跨河橋梁，位置如圖 2-10。其中富里大橋於近年改建完成，其餘橋梁尚未有改建計畫。各橋梁上、下游側皆設有大斷面，本計畫將下游側斷面編號增加「-1」以便識別。

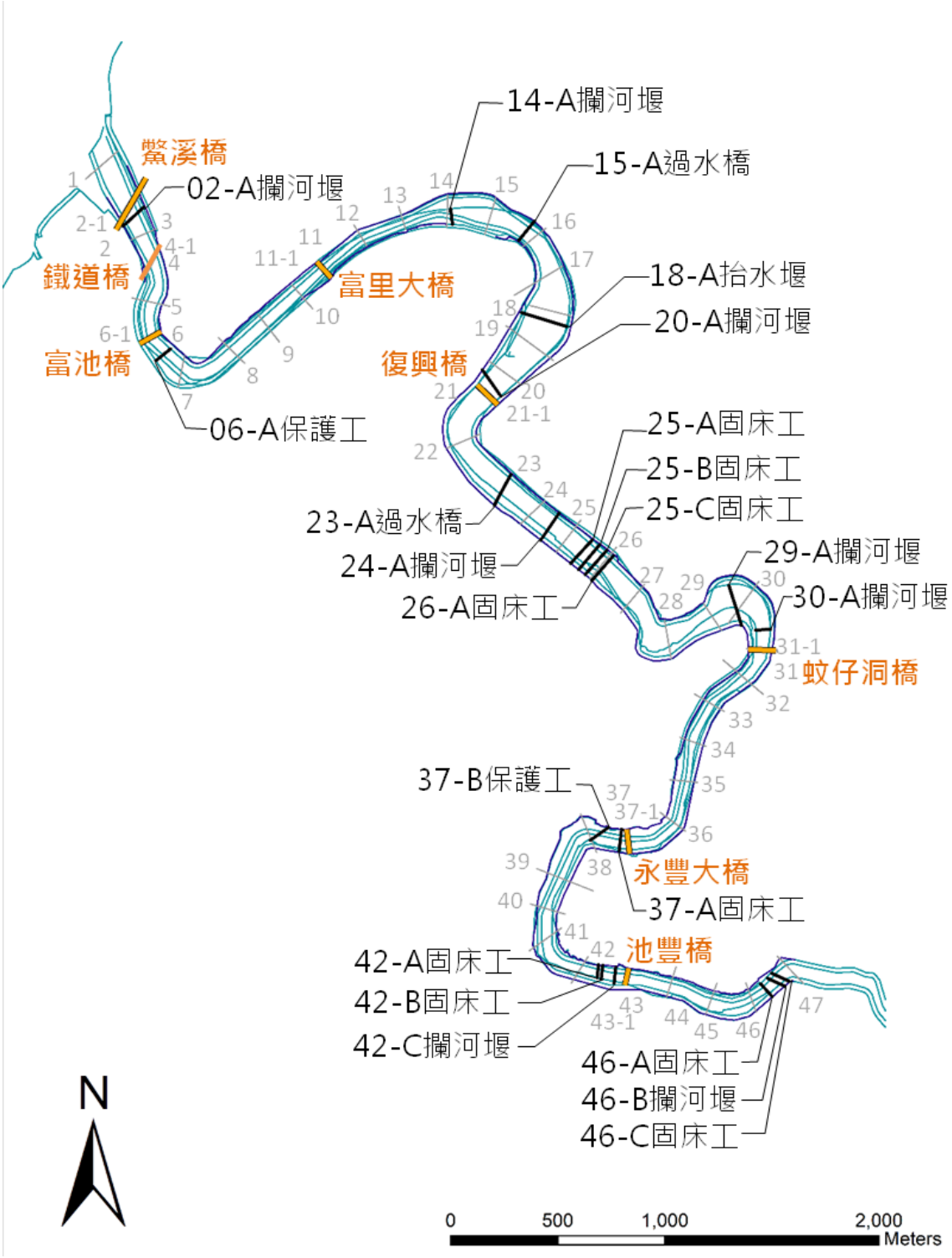


圖 2-10 鱉溪主流河床橫向構造物位置

根據 106 年「鱉溪河川環境營造規劃」，鱉溪主流河床上有 23 座攔河堰、固床工等橫向構造物。其中原編號 42-D 之構造物為 42-C 攔河堰上游之臨時性土堤，已流失不予計入；其餘 22 座皆為混凝土結構物，位置與編號配合斷面編號如圖 2-10 所示。

另在界點以上的四維橋上游約 300 公尺處，亦有一座之前未被計入的攔河堰，因無斷面編號，本計畫稱為四維橋上游攔河堰。目前鱉溪主流河床共計有 23 座橫向構造物。其中 02-A、14-A、20-A、24-A、29-A、30-A、42-C、46-B、四維橋上游等 9 座攔河堰有引水入灌圳的功能，06-A 及 37-B 保護工堰體下為灌溉用之倒虹吸管。各構造物之高度、權屬機關、功能與現況匯整於表 2-2。

表 2-2 鱉溪主流河床橫向構造物綜整表

編號	高度(m) 權屬機關	功能現況	構造物像片
02-A 攔河堰	3.13 農水署花蓮管理處	• 引水入富里圳 2 支線 • 堰上以臨時性土堤加高，洪汛期間會流失部分土堤 • 左岸有溢流缺口	
06-A 保護工	0.45 農水署花蓮管理處	• 保護縣界圳 7 支線 6 分線倒虹吸 PVC 管 • 下方之倒虹吸管曾破損，已於 105 年修復	
14-A 攔河堰	2.22 農水署花蓮管理處	• 引水入永豐圳 6 支線 6 分線 • 分兩次施作，上游側之混凝土結構有破損 • 枯水期間完全阻斷水流	
15-A 過水橋	2.0 花蓮縣富里鄉公所	• 攔河堰中央埋設 5 支 RC 管連通上下游河道	
18-A 抬水堰	1.13 無	• 抬高水位但無引水功能 • 傾斜之混凝土表面有破損，鋼筋裸露 • 社區在此處設置臨時魚道	

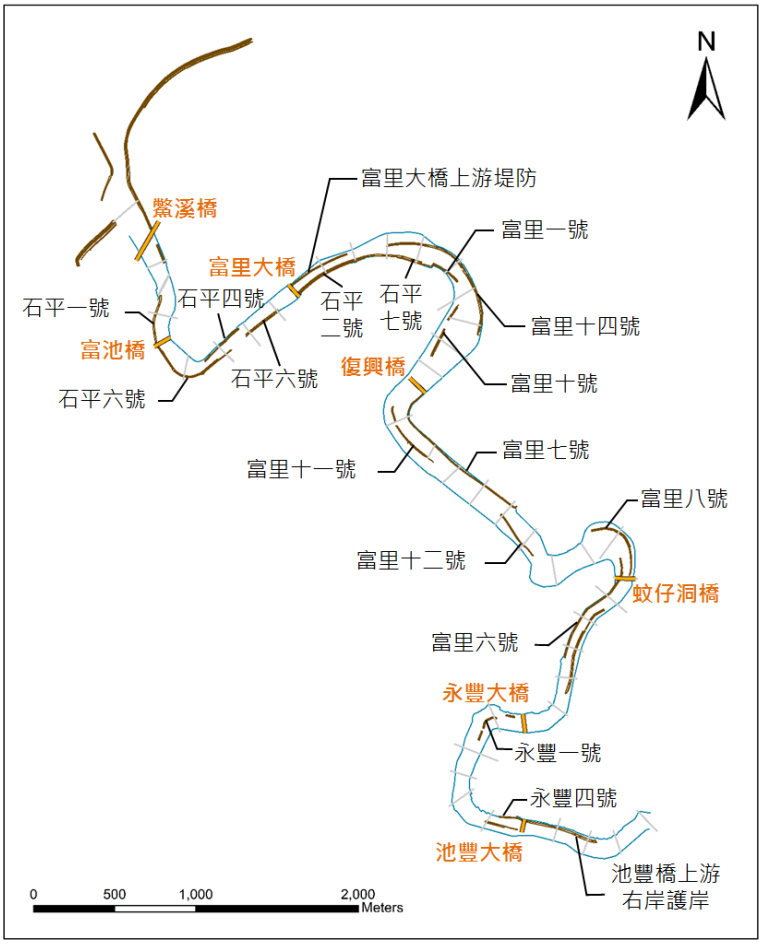
編號	高度(m) 權屬機關	功能現況	構造物像片
20-A 攔河堰	4.36 農水署花蓮管理處	• 引水入永豐圳 6 支線 3 分線 • 上游有加高之臨時性土堤 • 退水閘門的溢流道破損且基礎淘空嚴重	
23-A 過水橋	0.58 花蓮縣富里鄉公所	• 左右兩側各埋設 1 支 RC 管	
24-A 攔河堰	1.95 農水署花蓮管理處	• 引水入永豐圳 8 支線 3 分線 • 左半部破損嚴重，原混凝土坡面工已流失，僅剩基礎結構	
25-A 固床工	0.58 無	• 低矮，左岸有缺口	
25-B 固床工	0.69 無	• 低矮，左右岸均有缺口	
25-C 固床工	0.45 無	• 低矮，左右岸均有缺口	
26-A 固床工	1.39 無	• 低矮，左右岸均有缺口	
29-A 攔河堰	2.58 農水署花蓮管理處	• 引水入永豐圳 6 支線 1 分線 • 重修後整體結構雜亂，已向下游側傾斜，有再崩塌之虞 • 枯水期間完全阻斷水流	
30-A 攔河堰	3.06 農水署花蓮管理處	• 引水入永豐圳 8 支線 1 分線 • 分上下二道構造物，取水口向上游側有加高之臨時土堤，枯水期間完全阻斷水流	
37-A 固床工	0.53 無	• 低矮，但仍可阻斷水流	

編號	高度(m) 權屬機關	功能現況	構造物像片
37-B 保護工	1.65 農水署花蓮管理處	• 保護縣界圳 5 支線倒虹吸鋼管 • 下方之鋼管有虹吸導水功能，曾破損並於 105 年修復	
42-A 固床工	1.35 無	• 原設立於右岸之魚梯已磨損嚴重而喪失功能	
42-B 固床工	1.89 無	• 中間段凹陷且下游側有一突緣結構，不利吸附性魚類攀爬	
42-C 攔河堰	1.90 農水署花蓮管理處	• 引水入永豐圳 5 支線 • 左岸混凝土坡面破損鋼筋裸露 • 枯水期間完全阻斷水流	
46-A 固床工	3.04 無	• 46-B 攔河堰下游之固床工，有上下二階 • 左側接山壁處有淘刷現象	
46-B 攔河堰	4.74 農水署花蓮管理處	• 引水入永豐圳 3 支線 • 左岸原有之魚梯已流失	
46-C 固床工	0.31 無	• 46-B 攔河堰上游之固床工 • 過往水利會有時在此堆置砂包抬高水位	
四維橋 上游 攔河堰	2.0 農水署花蓮管理處	• 位於界點上游 • 引水入永豐圳 1 支線 7 分線 • 下游 RC 護坦工破損，堰上有加高之臨時性土堤	

資料來源：鱉溪環境營造規劃(九河局，106 年)，本計畫整理

(二) 河道內縱向構造物

河道內縱向構造物的位置、長度等資訊說明鱉溪側向受侷限的狀況，也是河相復育的重要標的。根據第九河川局之紀錄，鱉溪現有混凝土堤防、護岸位置如圖 2-11 所示，但該圖尚不包含石籠與砌石護岸。



左岸		
編號	工程名稱	長度(m)
25-1	石平一號堤防	300
25-3	石平六號堤防	380
25-5	石平二號堤防	450
25-7	石平七號堤防	400
25-9	富里一號堤防	187
25-11	富里十號堤防	330
25-13	富里十一號堤防	410
25-15	富里十二號堤防	322
25-17	富里六號堤防	590
右岸		
編號	工程名稱	長度(m)
25-2	石平四號堤防	300
25-4	富里大橋上游堤防	390
25-6	富里十四號堤防	950
25-8	富里七號堤防	1,080
25-10	富里八號堤防	822
25-12	永豐一號堤防	290
25-14	永豐四號堤防	100
25-16	池豐橋上游右岸護岸	640

圖 2-11 鱉溪沿岸的縱向構造物

(三) 灌區與水權

灌區與水權資料是推求鱉溪生態基流量的重要依據。本計畫向農水署花蓮處富里工作站蒐集鱉溪流域之灌區與水權相關資訊，包含圳路圖、灌區圖、水權狀等。鱉溪流域內共申請 16 張水權狀，其中 4 張尚待核發，各灌圳、取水設施(位置)、灌溉面積、各月水權及每日用水時數匯整於表 2-3。過往鱉溪流域僅以攔河堰取水。由於河床下切，取水不易，近年設置數個抽水站。因抽水機操作耗費油電，目前僅在重力取水不易時作備援取水之用。

表 2-3 鱉溪流域取水設施與水權分配表

圳名	支線	分線	取水設施(位置)	灌溉面積(ha)	水權(cms)												每日時數	備註
					1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月		
永豐圳	1	7	四維橋上游攔河堰	2.4671	0.0032	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0048	0.0052	0.0052	0.0052	0.0032	0.0013	24	
	2		無(石厝溝石門橋上游右岸)	15.2627	0.0235	0.0376	0.0376	0.0376	0.0376	0.0376	0.0021	0.0376	0.0376	0.0376	0.0235	0.0094	24	
	3	1	46-B 攔河堰	11.0011	0.0169	0.0271	0.0271	0.0271	0.0271	0.0271	0.0014	0.0271	0.0271	0.0271	0.0169	0.0068	24	
	3	1	6 號抽水站(42-C 右岸)	15.8622	0	0	0	0.1780	0.1780	0.1780	0.1780	0.1780	0	0	0	0	6.5	46-B 攔河堰備援, 4-8 月每月 10 日
	5		42-C 攔河堰	4.932	0.0076	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0076	0.0030	24	
	5	2	1 號抽水站(37-B 左岸)	30.3081	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	0.0310	20	42-C 攔河堰備援
	8	1	30-A 攔河堰	8.7522	0.0135	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0210	0.0216	0.0216	0.0216	0.0135	0.0054	24	
	6	1	29-A 攔河堰	6.9429	0.0107	0.0171	0.0171	0.0171	0.0171	0.0171	0.0171	0.0171	0.0171	0.0171	0.0107	0.0043	24	
	6	1	2 號抽水站(27-28 間左岸)	20.9243	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	20	29-A 攔河堰備援
	8	3	24-A 攔河堰	2.46074	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	0.00606	24	水權申請中
	6	3	20-A 攔河堰	21.6361	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	0.05329	24	水權申請中
	6	2	6 支 2 分抽水站(20-A 左岸)	9.088285	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	0.02238	24	水權申請中，20-A 備援
	10		搭不烏拉溪攔河堰	5.1843	0.0080	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0080	0.0032	24	
	10		3 號抽水站(15-A 右岸)	18.1321	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	20	搭不烏拉溪攔河堰備援
	6	6	14-A 攔河堰	6.1049	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	24	水權申請中
富里圳	2		2-A 攔河堰	103.9893	0.1601	0.2561	0.2561	0.2561	0.2561	0.2561	0.2561	0.2561	0.2561	0.2561	0.1601	0.0640	24	供應流域外

(四) 歷年災害調查

1、防洪工程受災

過往興築堤防、護岸之主要目的為固定流路及防止河岸局部沖刷。根據本計畫蒐集之資料，鱉溪歷年來並無大型洪水災害。由於絕大多數房舍道路位於河階上，幾乎沒有溢淹災情。綜合九河局之防災減災工程紀錄及相關文史資料，整理鱉溪歷年之防災減災工程如表 2-4，相關工程曾受災地點如圖 2-12。

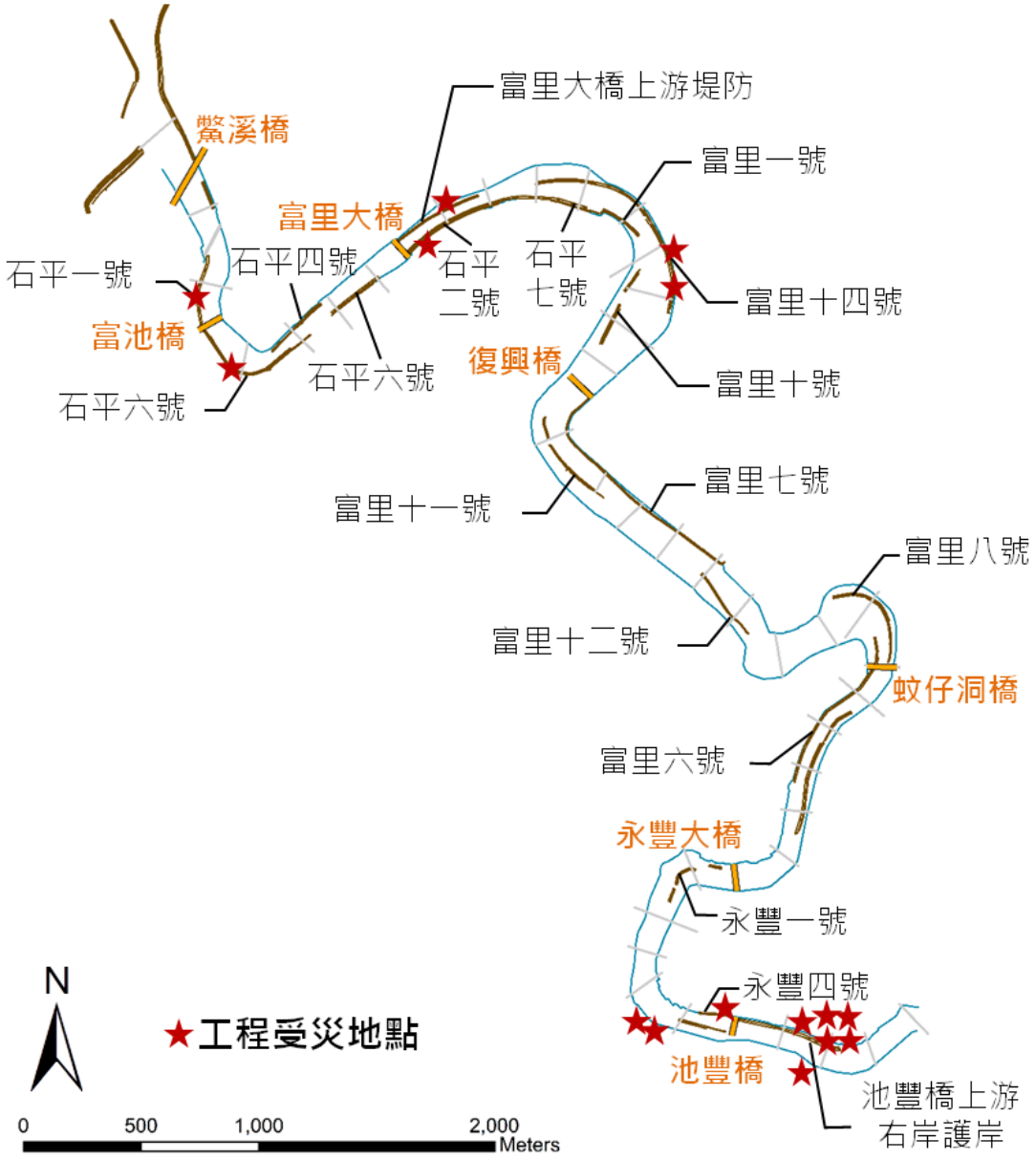


圖 2-12 歷年來鱉溪堤防、護岸工程受災地點

表 2-4 鱉溪歷年防災減災工程

年	工程名稱	位置	長度(m)	屬性	工法	緣由
106	鱉溪富里 14 號堤防復建工程	富里大橋上游右岸	390	修復	既有護岸上新設漿砌塊石、混凝土護岸基礎	105 年 9 月梅姬颱風豪雨後崩塌
		18-A 抬水堰下游右岸	83+79+450	修復	漿砌塊石、混凝土護岸基礎、防汛塊護坦工、丁壩	
105	鱉溪石平堤段復建工程	鐵路橋上游左岸	167	修復	漿砌塊石、混凝土護岸基礎、防汛塊	105 年尼伯特颱風受損
103	照片紀錄：池豐橋上游右岸復建工程	池豐橋上游右岸	約 300	修復	混凝土戧台	102 年 9 月颱風破損
101	照片紀錄：池豐橋上游右岸復建工程	池豐橋上游右岸	約 300	修復	混凝土戧台加寬	100 年颱風破損
99	鱉溪富里 14 號堤段防災減災工程	18-A 抬水堰下游右岸	160	修復	漿砌塊石、混凝土護岸基礎、防汛塊	河床刷深造成臨水面混凝土基礎底土石掏空而破壞
98	鱉溪豐南橋上游右岸護岸加強防災減災工程	池豐橋上游左岸	50	新建	石籠 6 層(6m 高)	左岸 0+010~0+060 遭洪流沖蝕，攔河堰左岸破損
		池豐橋上游右岸	150	修復	戧台上建石籠 7 層(1:1.5)	右岸 0+200~0+330 發生邊坡滑動
95	鱉溪池豐橋下游左岸護岸段防災減災工程	永豐大橋上游右岸	48	新建	石籠 2 層(2m)	
		臭水溝匯流口下游左岸	24+26	修復	石籠 6 層(6m 高)	95.8.8 寶發颱風致二處損毀，9 月緊急修復
94	鱉溪池豐橋下游左岸防災減災工程	臭水溝匯流口下游左岸	270	新建	石籠 6 層(6m 高)	93.12 南瑪都颱風致左岸高崁沖蝕
92	鱉溪永豐四號堤防緊急搶修工程	42-C 攔河堰下游右岸	32	搶修	漿砌塊石、混凝土護岸基礎、防汛塊	
92	鱉溪豐南橋上游右岸護岸工程	池豐橋上游右岸	640	修復	混凝土戧台	因河道刷深危及構造物且部分防洪牆已斷裂，故辦理本工程
90	鱉溪公路橋上游左岸堤防修復工程／鱉溪石平五號堤防工程	富里大橋上游左岸	450	修復+新建	漿砌塊石	
80	(王晉英先生口述：省政府危險部落防災工程)	池豐橋上游右岸	640	新建	RC 防洪牆(8m)	為固定灌渠及防止河岸沖刷
72	鱉溪糖廠國校護岸新建工程	富里大橋上游左岸	350	新建	漿砌塊石	
		蚊子洞橋上游左岸永豐國小	220	新建	漿砌塊石	
69	影像紀錄：村民興建北溪堤防	池豐橋上游右岸	約 300	新建	漿砌塊石	右岸防護及左岸填出灘地耕種
68	鱉溪富里堤防新建工程	富池橋上游左岸 123M 下游左岸 300M	423	新建	漿砌塊石	歷年洪水直沖左岸田地

這些紀錄雖不完整，但可觀察到過往鱉溪河川工程的趨勢：

(1) 近 20 年來以構造物災後修復為主。

(2) 部分構造物需重複修復，為河川能量集中而重複致災地點。其中池豐橋上游右岸豐南護岸是災損最頻繁之處。

(3) 歷年來採用的工法變化不大，以混凝土為主，其次為鐵線石籠。

2、橋梁災害

2019 年 8 月 24 日白鹿颱風來襲，造成界點上游之中溝橋橋墩基礎裸露、橋面傾斜，被列為危橋，亟需改善(圖 2-13)。

圖 2-13 中溝橋在白鹿颱風期間受損

3、土砂災害

根據本計畫蒐集之資料，鱉溪歷年來並無大型土砂災害。流域內雖已指定二條土石流潛勢溪流，但並無土石流發生紀錄。根據民國 100 年「鱉溪子集水區調查規劃」，二條溪溝上游植被覆蓋良好。

(五) 土砂治理工程調查

本計畫透過鱉溪流域管理平台，取得水土保持局花蓮分局及林務

局花蓮林區管理處於鱉溪流域施做之土砂治理工程資訊。

1、水土保持局花蓮分局工程(含花蓮縣政府)

歷年來水土保持局花蓮分局及花蓮縣政府為防患未然，將災害潛勢降至最低，已在流域內各支流坑溝施做野溪治理工程。經統計自民國 90 年至民國 109 年間，鱉溪流域已完成 52 件土砂治理相關工程（包括野溪坑溝整治、崩塌地整治與清疏），總治理經費達 1.89 億元，整理如表 2-5 及表 2-6。

表 2-5 民國 90-99 年水保局於鱉溪流域辦理野溪坑溝相關工程

項次	年度	工程名稱	座標(TWD67)x,y		工程內容	預算(仟元)	執行單位
1	90	永豐南北溝整治工程	276145	2562097	固床工 6 座,整治整流 203m,護岸 289m	4,500	花蓮分局
2	90	潭埔堀蝕溝控制災修工程	276985	2563157	護岸 167m,排水溝 49m,其他:跌水工	2,000	花蓮縣政府
3	91	永豐蝕溝控制工程	276297	2564000	固床工 15 座,護岸 175m,地被植物 35m2	3,000	花蓮縣政府
4	91	豐南十四鄰野溪整治工程	276320	2559650	固床工 15 座,護岸 155.51m,蝕溝治理	1,200	花蓮縣政府
5	92	豐南蝕溝控制工程	277761	2560012	固床工 28 座,護岸 180m	1,500	花蓮縣政府
6	92	永豐 13 鄰蝕溝控制工程	275567	2562136	固床工 12 座,護岸 145m,	2,000	花蓮縣政府
7	92	蚊仔洞橋上游蝕溝控制加強工程	277010	2561500	蝕溝加強 100m	2,000	花蓮分局
8	93	蚊仔洞橋上游蝕溝控制工程	277010	2561500	固床工 8 座,護岸 100m,跌水 5 座,	2,000	花蓮分局
9	93	永豐蚊仔洞排水工程	277283	2561743	蝕溝控制長約 200m 高約 2.5m 底寬 2m	2,800	花蓮縣政府
10	93	豐南村鱉溪支線排水工程	276128	2561011	蝕溝控制長 300m 高約 3m 寬約 3m	4,000	花蓮縣政府
11	94	豐南臭水溝崩塌地穩定植生工程	276755	2559456	護岸 80m,駁坎、護坡 80m,箱涵 4 座,	2,500	花蓮分局
12	94	永豐 5 鄰邊坡穩定工程	277805	2563307	護岸 96m,植生面積 7m2	2,000	花蓮分局
13	94	永豐二號橋蝕溝控制工程	275511	2562423	固床工 2 座,護岸 162m(高 2.5m)	4,000	花蓮分局
14	95	永豐潭埔掘邊坡穩定植生工程	278183	2562969	擋土牆 160m,其他:箱型石籠 H=1m*W=1m	2,500	花蓮分局
15	95	豐南野溪整治工程	278823	2560586	固床工 6 座,護岸 100m,其他:排水溝	1,200	花蓮分局
16	95	豐南臭水溝野溪整治工程	276842	2559799	固床工 10 座,護岸 220m,灌木 440 株	4,000	花蓮分局

項次	年度	工程名稱	座標(TWD67)x,y		工程內容	預算(仟元)	執行單位
17	95	潭埔掘野溪整治工程	276390	2563407	固床工 5 座,整治、流 100m,跌水 4 座	2,300	花蓮分局
18	95	豐南 9 鄰野溪整治工程	277680	2557517	固床工 25 座,整治、流 261m,護岸 261m	1,000	花蓮分局
19	95	永豐復興土石災害防治工程	277848	2563355	潛壩 6 座,固床工 15 座,整治、流 424m	4,800	花蓮分局
20	96	永豐復興裸露地穩定植生工程	276196	2562523	擋土牆 18m,駁坎、護坡 50m,排水溝	3,360	花蓮分局
21	96	豐南 9 鄰野溪整治工程	277680	2557517	固床工 25 座,整治、流 261m,護岸 261m	3,000	花蓮分局
22	96	永豐復興土石災害防治工程	277848	2563355	潛壩 6 座,固床工 15 座,整治、流 424m	15,000	花蓮分局
23	97	富南村阿里山溪下游清淤工程	274849	2562748	土石(疏濬)清除 27000m3	1,500	花蓮縣政府
24	97	蚊子溪橋上下游土石防治工程	277084	2561869	護岸 270m,排水溝 58m	13,000	花蓮分局
25	97	永豐村土石防治工程	278498	2563151	排水溝 501m,跌水 7 座	10,000	花蓮分局
26	97	永豐二號橋右側土石防治工程	275511	2562423	固床工 10 座,排水溝 26m,跌水 7 座,其他	8,500	花蓮分局
27	98	豐南、石牌地區野溪清疏工程	276242	2559660	土石(疏濬)清除 5100m3	1,200	花蓮縣政府
28	98	永豐 9 鄰蝕溝控制工程	274956	2563259	其他:護岸高 2.5m、長 800m	8,700	花蓮分局
29	99	永豐野溪清疏工程	275623	2562649	土石(疏濬)清除 2382m3	1,000	花蓮縣政府

資料來源：水土保持工程管考系統，本計畫整理

表 2-6 民國 100-109 年水保局於鱉溪流域辦理野溪坑溝相關工程

項次	年度	工程名稱	座標(TWD97)x,y		工程內容	預算(仟元)	執行單位
30	101	蚊子洞邊坡穩定設施改善工程	278231	2561959	擋土牆 110m,L 溝 38.5m 鋼軌樁打設 62 支、護欄 52 座	1,177	花蓮縣政府
31	102	蚊子洞土石防治工程	277626	2560929	擋土牆 100m,箱型石籠 93m、鋼軌樁 50 支、縱向溝 25m、排水管 25m	1,890	花蓮分局
32	102	富里鄉豐南村 12 鄰邊坡穩定工程	277773	2559479	擋土牆 100m,排水溝 3m,L 型溝 91.2m	0,780	花蓮分局
33	102	豐南村 15 鄰臭水溝上游坑溝改善工程	277249	2558660	護岸兩岸長 L=300m、固床工 6 座、防砂設施 2 座及植喬木 50 株	3,575	花蓮分局
34	102	豐南村 12 鄰坑溝治理工程	277813	2559857	固床工 8 座,護岸 118m,跌水 1 座,堤頭工 1 座,箱型石籠 65 組	1,554	花蓮分局
35	104	豐南村 28 鄰野溪整治工程	279919	2557380	新設護岸左岸 95m,新設護岸右岸 30.8m。	1,810	花蓮分局
36	104	富里鄉豐南 5 號橋上游野溪清疏工程	278645	2559806	土石(疏濬)清除 4722m3,清疏河道長 150m，平均寬度 25m	820	富里鄉公所

項次	年度	工程名稱	座標(TWD97)x,y		工程內容	預算(仟元)	執行單位
37	105	富里鄉永豐村潭埔堀蝕溝控制工程	278956	2563333	護岸 250m,擋土牆 50m,排水溝 80m,護欄 42m	1,922	花蓮分局
38	105	豐南村野溪整治工程	279463	2559658	護岸長約 150m(高約 3m)、固床工 5 座(長約 2m,高約 1.2m)等	2,280	花蓮分局
39	105	豐南村辦公處前野溪整治工程	277683	2560314	排水溝 230m,靜水池 1 座、擋水工 10 座、斜坡道 1 座、塊狀護欄 2 座	1,930	花蓮分局
40	105	豐南村 6 號橋上游護岸工程	278729	2559214	護岸 245m、階梯 1 座、D100cm 混凝土管 2 處、堤尾工 1 座	3,950	花蓮分局
41	106	永豐村潭埔堀蝕溝控制二期工程	278867	2563330	箱籠 160m、護岸約 200m 等	4,180	花蓮分局
42	106	豐南村 14 鄰坑溝整治工程	277128	2559449	護岸長約 350m(高約 2.5m)、固床工 5 座(長約 2.5m,高約 1m)等	3,494	花蓮分局
43	106	鱉溪中溝橋上游整治工程	278789	2559253	護岸長約 150m(高約 5m)等	2,380	花蓮分局
44	107	豐南村臭水溝溪改善工程	277120	2559421	護岸長約 659m(高 3.5-6m)、固床工 31 座(高約 1m)、版橋 1 座、翼牆 2 座等	16,370	花蓮分局
45	108	永豐村潭浦掘野溪改善工程	277266	2563219	護岸長約 200m(高約 2.5m)、箱籠 150m 等	3,150	花蓮分局
46	109	豐南村 28 鄰坑溝改善工程	279643	2557394	鋼軌樁保護工 94m、鋼軌樁節制工 14 座、洩槽 24m、箱涵 2 座、版橋 1 座、潛壩 1 座、靜水池 3 座、跌水工 1 座、尾檻 1 座	3,460	花蓮分局
47	109	豐南村四維分校旁坑溝改善工程	278710	2558316	排水溝長約 150m 高 2m 寬 2.5m 等	1,950	富里鄉公所
48	109	豐南村 20 鄰護岸工程	278828	2558901	RC 樁保護工(含起始及生物通道)200m、RC 樁節制工 21 座、結束工 1 座、客土袋溝 52m	3,500	花蓮分局
49	109	永豐村蚊子洞野溪改善工程	278149	2561164	護岸長約 300m(高約 2.5m)、固床工 5 座等	5,000	花蓮分局
50	109	永豐村 8 鄰野溪改善工程	278041	2561678	護岸長約 90m(高約 4m)、固床工 3 座(長約 5m,高約 4m)等	3,000	花蓮分局
51	109	永豐村 4 鄰野溪改善工程	277385	2563185	護岸長約 100m(高約 4m)、固床工 3 座(長約 4m,高約 4m)等	4,000	花蓮分局
52	109	豐南村 27 鄰野溪改善工程	280464	2557291	護岸長約 50m(高約 2.5m)、箱涵 1 座等	2,000	富里鄉公所

資料來源：水土保持工程管考系統，本計畫整理

2、林務局花蓮林區管理處工程

根據林務局花蓮林區管理處的匯整，林務局近二十年來在鱉溪流域共辦理四件野溪工程，都位於中溝，治理經費共 1285 萬元，如表 2-7。

表 2-7 近二十年林務局於鱉溪流域辦理工程

項次	年度	工程名稱	座標 (TWD97)	工程內容	預算 (仟元)	執行單位
A	89	中溝野溪整治工程	x: 279929 y: 2559726	護岸 440m，潛壩 24.4x5m	2850	花蓮林管處
B	90	中溝二期野溪整治工程	x: 279929 y: 2559727	潛壩 1 座，護岸 104x4m，漿砌護岸 201m	3250	花蓮林管處
C	94	中溝野溪護岸工程	x: 279929 y: 2559728	混凝土護岸 147m，石籠護坡 30m，擋土牆 50m，固床工 3 座	1930	花蓮林管處
D	106	中溝野溪護岸加強二期工程	x: 279929 y: 2559729	鋪排塊石混凝土護坦 48m^2，護岸基礎鋪排大塊石 975m^2，新設木排樁護岸 298m	4816	花蓮林管處

資料來源：林務局花蓮林區管理處，本計畫整理

(六) 河相歷史圖資

本計畫蒐集整理鱉溪流域之各類影像圖資與數值高程模型，如表 2-8。使用這些圖資可推導鱉溪的歷史廊道，了解流域開發歷史，並進一步分析河相的演變。

表 2-8 本計畫蒐集之鱉溪流域表資與 DEM

圖資類型	範圍	年代	資料來源
空照圖	富里大橋至上游界點	2018	第九河川局
正射影像	鱉溪出口至芎嶺橋	1980	中央研究院
1:5000 第一版像片基本圖	鱉溪出口至芎嶺橋	1980	中央研究院
1:5000 第二版像片基本圖	鱉溪出口至芎嶺橋	2000	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1947	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1948	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1951	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1952	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1956	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1959	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1961	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1964	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1968	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1969	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1973	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1974	中央研究院
航照影像	鱉溪流域及其周邊	1975	中央研究院
彩色正射影像	鱉溪出口至界點(解析度 5cm)	2019	第九河川局
彩色正射影像	鱉溪出口至界點(解析度 20cm)	2019	第九河川局
彩色正射影像	豐南堤段(解析度 5cm)	2020	第九河川局
日治五萬分之一地形圖	全臺	1924	中研院百年歷史地圖網站

圖資類型	範圍	年代	資料來源
第一版經建版地形圖	全臺	1985	中研院百年歷史地圖網站
第二版經建版地形圖	全臺	1992	中研院百年歷史地圖網站
第四版經建版地形圖	全臺	2003	中研院百年歷史地圖網站
1mDEM	鱉溪出口至界點	2019	第九河川局
5mDEM	鱉溪流域及其周邊	2003-2005	內政部地政司

第三章　復育課題與對策

多年來鱟溪復育的論述方向，已從個別物種朝向「系統復育」轉換。所謂系統復育，即是讓河川棲地的物理、化學、生物特性，都盡可能達到理想情境。河川復育需關注水質、水量、河相、生物相四大面向。水質對應河川棲地的化學特性，水量與河相對應棲地的物理特性，生物相對應生物特性(圖 3-1)。本計畫著重鱟溪水量、河相之物理棲地改善，故對此二面相提出初步對策。但仍整理水質與生物相課題，以便與對應之小平台配合研擬對策。

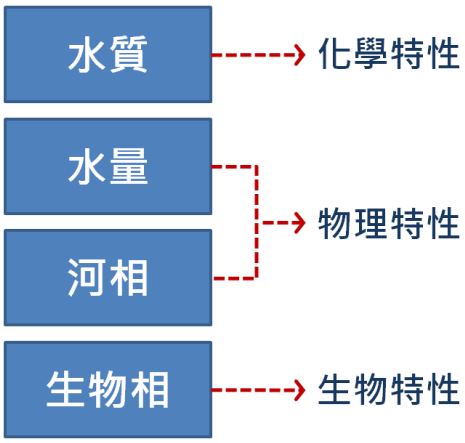


圖 3-1 河川復育需考量的面相

一、水量課題

回顧過往規劃，可發現鱟溪流域尚缺乏可靠的流量基礎資料。鱟溪流域沒有流量站、水位站，以致於歷次規劃及檢討採用各自的水文水理分析方法，所得結果也差異甚遠，需要找到校準的基礎。此外，河川復育不同於治理規劃，除關注防洪保護標準之大洪水，也關注中小型洪水及平時河道內的基流。

(一) 雨量站未能反映實際降雨

1、課題說明

105 年九河局「秀姑巒溪水系治理規劃檢討」、104 年水規所「鱟溪棲地復育檢討規劃」及 100 年水保局「鱟溪子集水區調查

規劃」都有蒐集降雨資料，且因應降雨頻率分析的需求，盡量採用紀錄年期長的雨量站。

資料來源：秀姑巒溪水系治理規劃檢討(105 年)

圖 3-2 秀姑巒溪水系治理規劃檢討(105 年)中針對鱉溪採用的雨量站

表 3-1 先期計畫之鱉溪設計暴雨分析成果

計畫名稱		105 年秀姑巒溪水系治理規劃檢討	104 年鱉溪棲地復育檢討規劃	100 年鱉溪子集水區調查規劃
採用雨量站		池上站(51%)、明里站(28.7%)、成功站(20.3%)	明里、六十石山、池上(前水利會)、池上(氣象局)、富里(前水利會)	明里站(100%)
採用延時		48 小時	24 小時	24 小時
各重現期暴雨量(mm)	200 年	818	915	788
	100 年	760	828	724
	50 年	700	741	657
	25 年	638	653	587
	20 年	618	624	564
	10 年	550	534	487
	5 年	477	440	403
	2 年	357	298	271
	1.1 年	225	147	--

105 年計畫採用前水利會池上站(比重 51%)、水利署明里站(比重 28.7%)、氣象局成功站(比重 20.3%)，再依徐昇氏法決定流域降雨。100 年計畫 100%採用明里站降雨紀錄。然而池上及明里站位於鱉溪流域之外的縱谷內，成功站位於海邊，都不易反應鱉溪流域海岸山脈帶來的降雨(圖 3-2)。上述計畫中僅 104 年水規所報告在採用的 5 站中，包含海岸山脈的六十石山雨量站(標高 730m)，

利用等雨量線法求出流域之平均雨量。也因此，上述三計畫所得之 50 年重現期設計暴雨差異不小，如表 3-1 所示。其中 105 年治理規劃檢討之 48 小時雨量尚低於 104 年水規所計畫之 24 小時雨量。

2、對策：以新設雨量站校準

近年氣象局在鱉溪流域內已設置雨量站，如 C1S850 豐南雨量站位於流域西南端臭水溝溪上游，標高 489m，於 2012 年 1 月設站，可提供山區較為可靠的降雨紀錄。C0T9N0 富里站則位於鱉溪下游近匯流口的富里國小，標高 261m，於 2019 年 7 月設站，可提供下游河谷區較為可靠的降雨紀錄。另考量流域有一半面積位於 EL.500m 以上，水利署六十石山雨量站雖位於流域外，但亦應納入以補足山區降雨資料。雨量校準過程於 4.1.1 節說明。

(二) 洪峰流量分析成果差異大

1、課題說明

鱉溪缺乏持續之流量觀測成果可供檢證降雨-逕流模式。上述三年期報告採用不同的降雨-逕流分析方法，其成果如表 3-2。其中 100 年報告採合理化公式。一般而言合理化公式適合 10km^2 以下的小集水區，即稽延時間小於降雨延時，可忽略河道蓄存效應。鱉溪流域面積達 48km^2，合理化公式易高估洪峰量。

降雨量的掌握是水文分析及後續水理分析的基礎。若降雨資訊不夠正確，流量估計會產生很大的偏差。105 年「秀姑巒溪水系治理規劃檢討」雖為鱉溪計算了各斷面各重現期距洪水位，但僅使用匯流口單一流量計算，並未考量各斷面集水區面積或支流的匯入，因此在下游斷面傾向因雨量誤判而低估水位，在上游斷面則易高估水位。104 年計畫採用「運動波－地貌瞬時單位歷線法」。過往三角、無因次單位歷線皆假設單位歷線不隨時間改變，可隨有效降雨疊加，不符合實際觀察結果。運動波－地貌法假設瞬時

單位歷線在降雨歷程中為可變值，當降雨強度越強，逕流深度與流速增加，其集流時間縮短，較符合實際物理現象(Lee and Yen 1997)。

表 3-2 先期計畫之降雨-逕流分析方法與洪峰流量成果(近河口處)

計畫名稱		105 年秀姑巒溪水系治理規劃檢討	104 年鱉溪棲地復育檢討規劃	100 年鱉溪子集水區調查規劃
降雨延時(小時)		48	24	24
採用分析方法		無因次單位歷線	運動波－地貌瞬時單位歷線	合理化公式
各重現期尖峰流量(cms)	Q200	542	819	1024.7
	Q100	500	723	949.2
	Q50	457	628	873.7
	Q25	412	533	794.2
	Q20	--	503	--
	Q10	349	408	--
	Q5	297	312	--
	Q2	212	180	--
	Q1.1	--	56	--

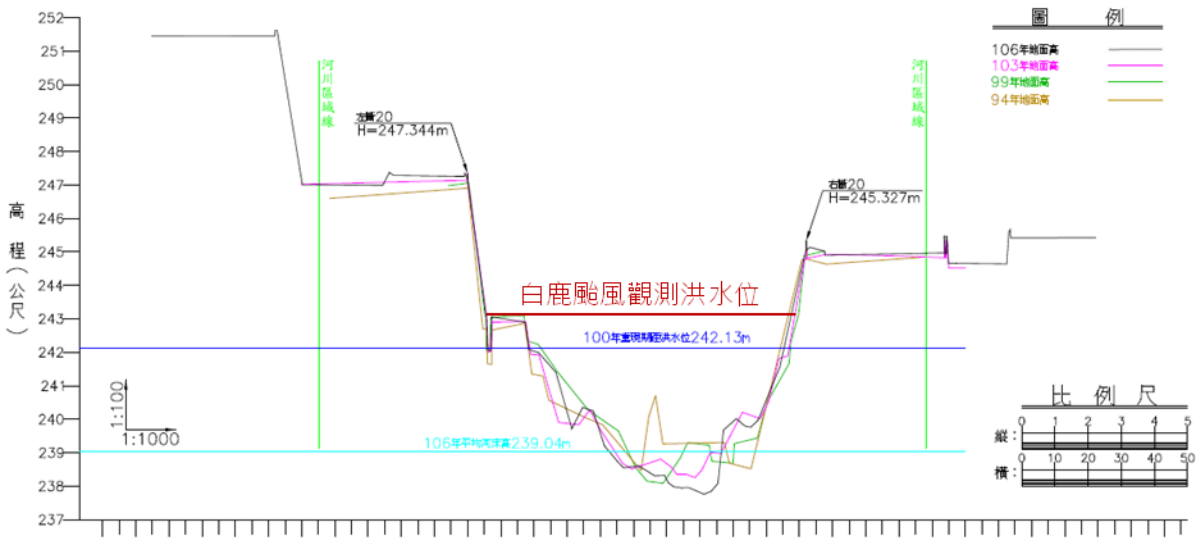
2、對策

(1) 建構運動波－地貌瞬時單位歷線

本計畫利用鄰近流量站，重新檢定鱉溪「運動波－地貌瞬時單位歷線」所需的參數，然後推估鱉溪流域特定暴雨事件之洪峰流量。比對過往計畫之各重現期洪峰流量，可知 105 年檢討之數值過低，100 年規劃之數值過高，104 年規劃成果則較為合理。相關過程說明於 4.1.2 節。

(2) 以現場觀察驗證洪峰流量

108 年 8 月白鹿颱風過境，社區居民張振岳老師於尖峰流量數小時內拍攝鱉溪影像，亦提供了事實查核的根據。從 8 月 24 日 16:50pm 於復興橋向下游拍攝之畫面可知，水位已淹過左岸平台，對照斷面 20，已高於治理規劃檢討預期之 100 年重現期距洪水位(圖 3-3)，但白鹿颱風尖峰降雨尚低於 105 年 7 月尼伯特颱風。4.1.3 節說明鱉溪暴雨水理模擬與驗證過程。



資料來源：秀姑巒溪水系次支流大斷面測量及水理與沖淤變化計畫(九河局，106 年)，本計畫增加白鹿颱風觀測水位

圖 3-3 鱉溪斷面 20 計畫洪水位與白鹿颱風觀測水位比較

(三) 缺乏基礎觀測以決定天然基流量

1、課題說明

鱉溪過往缺乏持續之流量觀測成果可紀錄平時流量及農業用水量，故較難掌握鱉溪無引水情境下的天然基流量。104 年「鱉溪棲地復育檢討規劃」由秀姑巒溪崙天大橋站所紀錄之流量，以比面積法推估鱉溪 95%超越機率流量(Q95%)及平均流量，結果如表 3-3。

表 3-3 由崙天大橋站推估之鱉溪各控制點常流量

控制點	鱉溪河口	搭不烏拉溪匯流前	臭水溝匯流前	石厝溝匯流前
Q95%	0.31	0.28	0.21	0.14
平均流量	2.97	2.67	2	1.34

資料來源：鱉溪棲地復育檢討規劃(水規所，104 年)

106 年「鱉溪環境營造規劃」則採用早年「經驗法」Q=0.135A 之公式，其中 Q 為流量(cms)，A 為流域面積($100km^2$)，推估匯流口的基流量為 0.065cms，發現實測流量遠大於此值，因而認定鱉溪不缺乏基流量，僅需注意引水時透過退水路保留 0.039cms 回歸河道即可。然而此經驗法推算之基流量偏低，並不能滿足鱉溪生物的需求。

2、對策

(1) 在鱉溪設固定流量站

對鱉溪復育而言，一座常設的水位／流量站實為不可或缺。除可校準與驗證洪水的水理分析，也可持續紀錄平時流量。平時流量紀錄是觀察棲地復育成效、監測水質、檢討與維持環境流量的基本資料。自民國 109 年 5 月起，富里大橋已設置 CCTV、水位站與流速站，開始累積資料。橋墩也已貼上水位標尺(圖 3-4)。

圖 3-4 富里大橋新設測站 CCTV 影像畫面

(2) 透過既有模式推估天然流量

透過既有模式，可由鄰近實測流量檢定所需的參數，並由流域降雨推估鱉溪的長期天然日流量。本計畫以地形指數模式(TOPMODEL)推估鱉溪天然流量，說明如 4.2.1 節。

(四) 攔河堰取水使河道局部斷流

1、課題說明

鱉溪流域沒有工業用水需求，聚落規模亦不大，民生公共用水來自流域外的淨水場，鱉溪河川水的取用幾乎完全供應農業灌溉所需。過往花蓮農田水利會在鱉溪主流設有 9 座攔河堰，灌溉流域內約 180 公頃及流域外 100 公頃的農田。相對於西部水資源競用的狀況，花東地區地域與產業條件不同，向來採粗放管理的

模式。鱉溪流域沒有聘掌水工操控進水閘門，也沒有控制或監測流量，田區也多採「淹腳目」的湛水管理。灌期到時由農民選出的小組長將堰上游的閘門全開，若供水超過田區所需，農民在田區關閉入水口，多餘之水則由圳路末端的退水閘門流回鱉溪。

若河道水位高於堰頂及取水口，此作法尚不至造成斷流。然而隨著部分河段河床下切，或水流由堰體下方伏流，目前九座混凝土攔河堰都取水困難，常需在灌期前在堰體上堆置臨時土堤或砂包，以抬高水位，並將河道表面水完全攔截，造成枯水期局部河段完全斷流(圖 3-5、圖 3-6)，非常於不利水域生態。

圖 3-5　2-A 攔河堰上方堆置土堤(109 年 3 月)

圖 3-6　2-A 攔河堰取水口閘門全開(109 年 3 月)

2、對策

(1) 掌握灌溉需水量、水權量與取水量

把灌溉需要的水量、能取用的水量及實際取水量盤點清楚，是水量管理的第一步。4.2.2 節分析農業用水需求，並與水權量作比較。4.2.3 節評估不同情境下，河道內應維持的水量。由於鱉溪流域的取水未經量測，取水量無紀錄可循，並可能超出水權量。7.2 節亦將量測取水量納入基本對策。

(2) 健康河相復育

過往水利會攔水斷流的原因未必是水不夠，而是取不到

水。一方面攔河堰等橫向構造物本身阻礙健康河相發育，導致堰體基礎淘空破壞及伏流。另一方面，鱉溪河床長年呈下切趨勢，平時水位也隨之下降，早期興建的取水口、灌圳已無法重力引水。局部斷流課題與河道下切課題緊密扣接，需透過健康河相復育，方有改善機會。

(3) 各式開源節流措施

在充分掌握取水、用水狀況，且河相已復育的情況下，若仍無法滿足現有灌溉需求，可進一步考慮節水策略，如聘請掌水工、採用省水農法、導入智慧水管理等。開源方面，可考慮田地設農塘以儲留雨水(藏水於田)，以及在不干擾河相的前提下，於灘地蓄存豐水期之川流水。相關策略詳 7.2 節。

二、河相課題

至少 1990 年以來，鱉溪流域並沒有經歷大規模的土地利用變化，沒有因開發而導致逕流量大幅增加，或因人口逐漸密集而導致水質嚴重惡化，也沒有大型堰壩攔阻水流與泥砂，徹底改變自然營力。因此近 30 年鱉溪的變化，主要導因於河相的改變，也就是集水區及河道內工程對河川形態的影響。河相復育可謂鱉溪復育的重中之重，其主要課題如下。

(一) 理想河相尚未確立

1、課題說明

河川復育的終極目標不太可能是將河川恢復成無人為干擾的樣貌，但當今歐、美、日各國從事河川復育，都會設定理想河相。歐盟更直接在其水綱領(Water Framework Directive)中，要求會員國應用河相學定義「好狀態(good status)」，指認現況與理想河相之間的差距，以決定物理棲地的復育策略。這裡所指的好狀態，是每一類河川潛在可能達到的自然狀態，作為各類河川的「典範(leitbild)」。

回顧前期規劃與相關文獻，鱉溪的理想情境並不明確，甚至

部分文獻認為攔河堰阻隔所形成的潭區，才能提供理想的棲地。過去社區也一度出現希望鯰溪能行船發展觀光的聲音，近期在平台充分的討論與共學之下，才逐漸趨於一致，希望恢復過往充滿生命力的模樣。但就河相而言，那究竟是什麼模樣？可供參考的典範在哪裡？

2、對策

(1) 從歷史圖資尋求

從歷史圖資尋求理想河相是常見的手法，可從今昔影像對比中，了解河川的變貌，但需留意圖資的年代背景是否受到重大營力的影響。從秀姑巒溪流域 1952 年航照圖(圖 3-7)，可見此時河谷的水田及河階上的梯田已大致開發，但山坡地尚未大量開發。河道寬淺砂洲廣大，水流多呈單股交互砂洲，偶爾呈辮狀。此時堤防、攔河堰等混凝土結構物較少，河相未經大幅改變，可作為復育的參考。

資料來源：花蓮市百年歷史地圖(http://gissrv4.sinica.edu.tw/gis/hualien.aspx)

圖 3-7 1952 年鯰溪中游段航拍

(2) 從鄰近空間尋求

復育對象的附近也可能有水文、地文條件類似的溪流，因種種歷史因素而免於高度人為開發，可作為參考典範。初步盤點鯰溪附近的溪流，縱谷西側發源於中央山脈的溪流地

質條件不同，不予考慮。海岸山脈側，九岸溪與螺仔溪與鱉溪地質條件類似。其中九岸溪地形較為險峻，發育成具規模的沖積扇；螺仔溪與鱉溪較像，同樣發育出蜿蜒河谷，但亦受縱、橫向構造物的限制。鱉溪界點上游亦有河階與沖積河谷地形，且構造物較少，或許能作為復育的參考。河相典範之考察於 5.4 節說明。

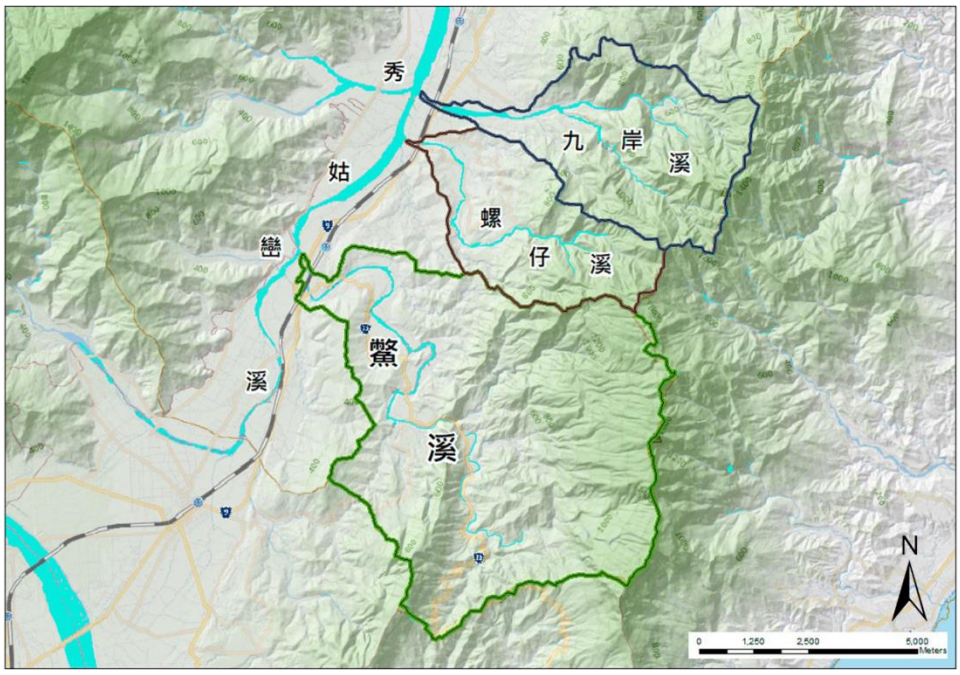


圖 3-8 鱉溪北側的螺仔溪與九岸溪

(二) 河川廊道尚未確立

1、課題說明

「河川廊道」(fluvial corridor)可說是自然河川固有的領域。以河相學觀點而言，就是自然狀態下河川因為沖刷、淤積而變化的空間範圍。界定河川廊道可以引導土地更合理的利用，不僅能減輕災害，亦能減少堤防工程，促進生態環境與地景的保育。21 世紀以來，極端氣候讓各國政府體認到必須儘可能還地於河，因此紛紛劃設河川廊道(水規所，108 年)。

鱉溪歷經一百多年的人為開墾與工程建設，河川空間逐漸被束縮固定，堤防、護岸受災情事也時有所聞。過往經驗已經證明，災害往往重複發生在相同地點，部分河段需要放寬。但整體而言，

鱉溪需要有系統地定出河川廊道，了解其消能所需的空間，以及目前構造物承受的風險，作為流域防災、河川復育的重要參據。

2、對策：界定河川廊道

水規所 108 年「順應河相之河川廊道範圍初步規劃研究」中，提出適用於台灣河溪的河川廊道劃設流程與確切步驟，可應用於鱉溪，詳見第 5.2 節。

(三) 防止河道持續下切

1、課題說明

近期規劃已紛紛指出鱉溪河道嚴重下切的現象。自民國 69 年起，五號橋下游河段即逐漸下切。46-B 攔河堰下游自 69 年至今，已淘刷 12 公尺(九河局，106 年)。105 年鱉溪環境營造規劃認為，鱉溪河床下切乃「向源侵蝕」。然而秀姑巒溪沒有下切，富池橋以下河段也沒有下切。什麼樣的營力讓鱉溪持續下切？目前的下切是必然的嗎？

2、對策

(1) 掌握下切的原因

河道下切可能有多重原因。從能量供給面而言，洪水流量增加為可能因素。雖然氣候變遷可能造成降雨型態改變，但其影響會是區域性的，不會僅有鱉溪下切，且各河段下切幅度不等。就能量消耗面而言，有四種可能因素：上游來砂減少、河床消能機制減弱、河岸消能機制減弱及河幅束縮。

A. 上游來砂減少

早年集水區大規模開墾期間，產砂量大增，河道淤高。其後山坡地逐漸復育，來砂減少，河道也自然下刷。另一方面，鱉溪支流中溝、臭水溝溪、搭不烏拉溪近年都建造系列固床工(圖 3-9)，上游來砂不易運移到鱉溪主流，可能使得河床的卵礫石供給更加受限。針對天然產砂量與工程防砂量的分析詳述於 5.3.2、5.3.3 節。

圖 3-9 臭水溝上游的系列固床工

B. 河床消能機制減弱

健康的溪流河床上，常可見大徑塊石隨機卡合成階梯或石組結構(圖 3-10)。這些結構是河道的天然骨架，可控制河道變動範圍在某限度之內，也是河流以摩擦、紊動等方式將動能轉為熱能耗散的地方。這些骨架結構一旦被河道內工程破壞，河川失去支撐的骨架，便不易抵禦水流能量。

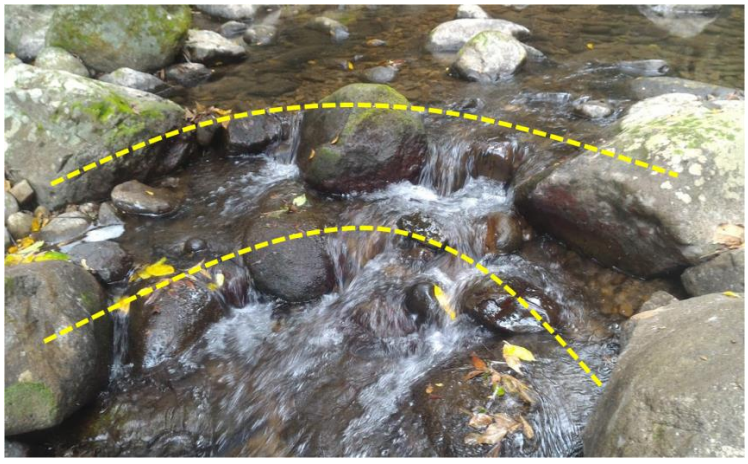


圖 3-10 穩定溪床常見的拱型階梯

此外，過去鑿溪沿岸居民為了增加耕地，常挖掘河床砂石堆積於兩岸，填出階地後闢為農田。其他河道內工程亦常將河道內大型塊石、卵礫石被移除作為建設之用，使得河道內護甲層(armoring)消失。護甲層是由較大徑泥砂組

成，保護河床的盔甲，一旦被移除，河床即快速下切。

C. 河岸消能機制減弱

平滑的混凝土護岸會減少糙度，加速水流，使河床局部下切，也易造成構造物本身的淘刷破壞。此種局部下切是惡性循環，河槽越深，洪水時水流越不易漫淹灘地分散能量，使得河川能量只能集中繼續刷深河槽。5.3.1 節試圖分析混凝土堤岸對河床下切的影響。

D. 河幅束縮

若堤防或護岸束縮河道，使斷面從寬淺形變為深槽，會增加河床剪應力，同時失去原有灘地廣大的消能空間，相當於複合式地減弱河床與河岸的消能效果，進一步製造下切。

(2) 循序漸進、對症下藥

掌握下切原因後，解答也就變得明顯。然而鰲溪的河相問題既是數十年累積而成，就不易短期全面解決，需掌握施做順序，循序漸進地恢復。具體對策包括防砂設施改善、重建護甲層、重建河床骨架、河岸粗糙化、局部放寬河道、削高灘等六項策略，詳述於 7.1 節。

(四) 橫向構造物的改善

1、課題說明

鰲溪主流河床上有 23 座混凝土構造物，包括 9 座攔河堰、10 座固床工、2 座保護工及 2 座過水橋。這些構造物嚴重改變河相，阻礙自然潭瀨的發育，並阻隔水域中魚、蝦、蟹類的移動。隨著河道不斷下切，這些構造物也常發生基礎淘空破壞，經常需要補強修復，亦造成河道水伏流。如何維持所需的灌溉效益、確保生態功能，又能避免河道內頻繁的修建工程，是鰲溪復育至關重要的課題。

2、對策：順應自然，重建健康河相

隨著河道不斷下切，平水位也跟著下降，原本設計的攔河堰、取水口高程取不到水，過往水利會於是在既有堰上加建土堤，進一步阻斷水流，灌溉引水及生物移動都變得困難重重。事實上，若能擺脫深槽化的惡性循環，重建健康河相，鱉溪的自然流量應可滿足兩岸農田的灌溉需求。

因此，本項課題的對策與前項防止河道下切對策密不可分。改善後的橫向構造物，也構成河床骨架，是河相調整方案重要的一環。7.1.3 節說明重建河床骨架的構想，7.2.2 節描述改善攔河堰的構想。

三、水質課題

鱉溪的水質在之前多次規劃中並未被視為重大問題。由於環保署在鱉溪流域沒有水質固定測站，水規所(102 年)及九河局(105 年)都委託辦理水質調查，其結果顯示周邊土地利用並未明顯導致河川污染。然而居民認為上述調查結果並未符合在地經驗與觀察，可能為檢測密度不足所致。居民認為與 20 年前相比，鱉溪優養化嚴重，主要污染源為畜牧廢水、農業排水及生活污水。流域內工廠僅零星存在，事業廢水較不構成問題。

(一) 養豬場議題

中溝橋左岸的養豬場緊臨鱉溪，雖有申請沼渣沼液灌溉回歸農田，但曾發生澆灌之肥水溢流污染河川的情形(圖 3-11)。近期水質水量小平台已針對此一議題採取行動，養豬業者已遭罰，並初步做出不再非法排廢之承諾。

圖 3-11 鄰近養豬場糞尿廢水可能溢流至鱉溪

(二) 一般農業污染

鱉溪兩岸水稻田近期已逐漸轉換成有機耕作，慣用農法有農藥及除草劑毒害問題，即便是有機栽培也可能使用苦茶粕，對水域生物產生傷害。豐南村目前已開始進行綠生農法的試種與推廣，甚至不使用苦茶粕以對環境更加友善。生態復育小平台已建議進行全流域友善農法調查，以釐清化學農藥、肥料等對鱉溪的實際污染貢獻量。

(三) 生活污水

根據「變更富里都市計畫」(第三次通盤檢討)書(富里鄉公所，104年)，富里鄉目前尚未規劃污水處理系統，現有下水道系統主要收集雨水及部分經化糞池處理後之家庭污水排放秀姑巒溪及鱉溪。其中排放至鱉溪部分為富里車站以南地區，由和平街主幹管匯集各次要道路排水管道後，往南流至富池橋頭附近，排入鱉溪；另由鐵路西側沿線主幹管收集排放水，往南流入鱉溪。該計畫陳述「未來將規劃設置自然分解處理之環保設施」。至於具體做法，後續可望由水質小平台與富里鄉公所、花蓮縣農業局研議。

四、生物相課題

「生物相」是特定環境中物種的數量與組成樣貌，因此直接受到物理與化學棲地品質的影響。流域文史工作者張振岳老師曾將鱉溪的生態劣化，歸因於六個因素或階段，本計畫整理如表 3-4。表中第一、四項屬棲地的

物理因子，本計畫擬實施的復育方案有助於物理棲地復育，從而改善生物相。第二、三項屬棲地的化學因子，鱟溪整體水質雖已逐漸改善，但毒魚、電魚情事卻仍時有所聞，需透過水質及農村再生小平台持續宣導。

表中第五、六項屬棲地的生物因子，牽涉到物種間的競合與消長。從系統復育觀點，在棲地原有的化學與物理特性恢復後，鱟溪的原生物種將具備與入侵者競爭之較佳條件，但若生物組成已嚴重單調或劣化，物理與化學棲地復育並無法確保原生物種的勝出。

表 3-4 鱟溪生態改變的六項主要因素(階段)

年代	變化	棲地因子
1950-1975	山坡地密集開發，土石大量被沖刷，溪床普遍淤積埋高	物理
1960-2000	化學農藥的大量使用	化學
1960-1980	民間電、毒魚風氣的興盛	化學
1980-至今	政府推動治山防洪，在中上游區密集建造防砂壩，中下游建造攔河堰等河道內工程，阻斷生物移動	物理
1990-2000	公部門放流吳郭魚魚苗，利用生物防治法清除福壽螺的危害	生物
1960-至今	民間放生導致外來魚種的入侵，強勢魚種有粗首鱲、台灣石鱝、泰國鱧、吳郭魚、明潭吻鰕虎等	生物

(一) 確立指標物種與理想情境

指標物種是生物相復育成功與否的指標。早期的規劃曾以鱟為唯一的復育對象，而後加入菊池氏細鯽。此二種都是緩流物種，形成被堰壩區隔的現有潭區才是理想棲地的誤解。之後指標物種範圍逐漸擴大，日本禿頭鯊、臺東間爬岩鰍等湍瀨物種也被納入。與河相類似，鱟溪的生物相也需找到「理想情境」，而這可從兩方面著手：

1、歷史文獻

相較於近年生態調查紀錄到的 7 種、18 種或 13 種魚類，民國 87 年的《富里鄉誌》共紀錄 9 科 22 種魚類，且於支流石厝溝溪採集到東部特有魚種細斑吻鰕虎、臺東間爬岩鰍以及洄游物種鱸鰻，顯示石厝溝溪可能是鱟溪重要的種源庫。

2、鄰近集水區

與鱉溪條件類似且人為干擾較少的螺仔溪，可作為生物相復育的參考。例如進行中的林務局花蓮生態保育綠色網絡發展計畫在螺仔溪的生態調查中，紀錄到侷限分布於東部溪流的細斑吻鰕虎及雙色澤蟹。

細斑吻鰕虎(張大慶攝)　　雙色澤蟹(邱郁文、黃彥銘提供)

圖 3-12 石厝溝與螺仔溪共同的侷限物種

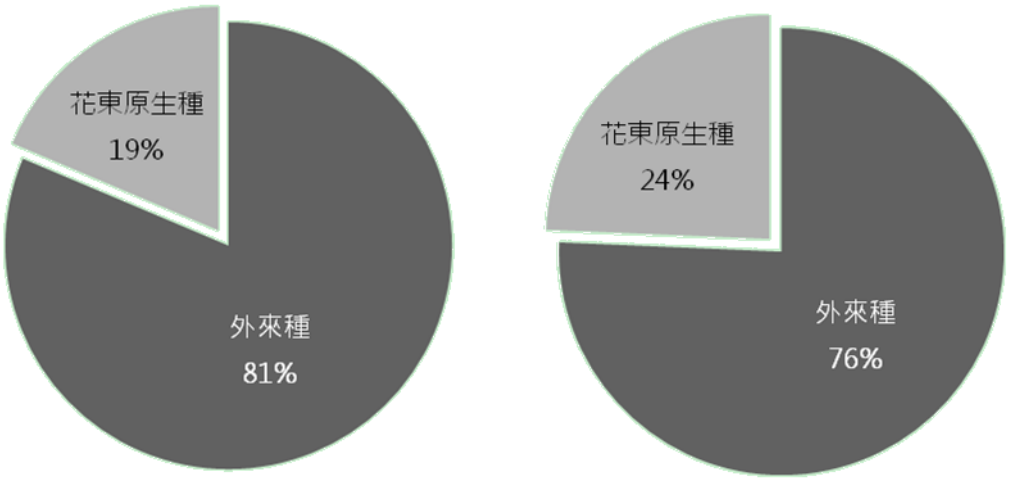
(二) 外來種入侵問題

引進一個外來種來抑制另一個外來種(如用吳郭魚抑制福壽螺)並非理想做法。物理、化學棲地的復育則是較為安全可行的方法，但仍有其限制。鱉溪的物理棲地復育可望抑制部分外來種，例如掠食種的泰國鱧及雜食性的吳郭魚溯溪能力較弱，一般只對潭區生物造成衝擊，橫向構造物的移除與瀨區的復育可望縮減其勢力範圍。

適生於較高流速的入侵種較難透過河相改善來解決。例如台灣西部的鯉科魚種粗首馬口鱲(俗稱溪哥)、台灣石鰟對花東的鯉科原生種造成衝擊，使小型的菊池氏細鯽與羅漢魚幾乎已在鱉溪主流絕跡。鰕虎科的明潭吻鰕虎原本自然分布於台灣東北部、北部及中部的溪流上游水域，現在已遍布花東溪流，嚴重壓縮花東原生種細斑吻鰕虎及兩側洄游之日本禿頭鯊的生存空間。

105-106 年於蚊仔洞橋及池豐橋樣站的魚類調查結果顯示，河道內80%左右的魚為外來種，而外來種中又有九成以上為石鰟、溪哥、明潭吻鰕虎這三大西部入侵種。這些物種的抑制或移除，可以考慮選擇性封溪護魚(即在教育民眾識別物種後，鼓勵釣捕移除西部外來種，並

釋回花東原生種)，或發展針對特定入侵種的淡水魚產業。



蚊仔洞橋樣站　　池豐橋樣站

資料來源：106 年「鱉溪環境營造規劃(2/2)」，本計畫後製

圖 3-13 鱉溪 105-106 年魚類調查顯示之外來種佔比

原生魚的保種是現階段另一個努力方向。鱉溪 Timolan 灘地的生態池即以復育菊池氏細鯽為主要目標。2020 年 4 月池中導入公母種魚，至 8 月已繁衍至 500 隻以上。未來配合物理棲地復育，希望能建立穩定族群，以改善魚類生物相。

第四章　鱉溪水量剖析

本章探討鱉溪物理棲地之水量因子，使用二維水理模式模擬不同流量情境下的流況。為因應前期研究採用雨量站未能反映實際降雨及洪峰流量分析成果差異大之課題，先校準鱉溪流域的降雨量與尖峰流量，以檢驗前期水文分析。其次使用地形指數模式推估天然流量，計算不同情境下的農業用水量，並設定各天然流量下應維持的生態基流量。

一、水文分析校準與檢驗

(一) 雨量分析成果校準

1、雨量站選擇

鱉溪流域位於海岸山脈，降雨深受地形影響，故雨量站之選取除了地理位置，亦須考量高程。由於本計畫不分析長年期降雨紀錄，僅以近年事件校準 105 年「秀姑巒溪水系治理規劃檢討」之鱉溪流域降雨分析，故紀錄年期並非首要考量。流域內及鄰近雨量站列於表 4-1，各雨量站位置如圖 4-1。由於氣象局富里站設站日期不到一年，能檢核的事件有限，故選擇其餘四站。

表 4-1 鱉溪流域及鄰近雨量站

管理者	站號	站名	海拔高度 (m)	經度	緯度	資料起始日期
水利署	01T720	明里	210	121.2517	23.20222	1981/1/1
水利署	01T9J	六十石山	730	121.3231	23.2175	2005/12/15
氣象局	C0Z020	明里	211	121.2623	23.2087	2010/7/1
氣象局	C1S850	豐南	489	121.2624	23.1221	2012/1/1
氣象局	C0T9N0	富里	261	121.2494	23.1716	2019/7/5

常用合成雨量的方法包括徐昇氏多邊形法及等雨量線法，二者皆基本假設流域附近有足夠雨量站，並以距離為權重計算依據。考量鱉溪流域降雨受高程影響大，且一半面積在高程 500m 以上，

本計畫參考徐昇氏法的成果，並予以調整，以決定鱉溪流域及各子集水區之雨量站權重(表 4-2、圖 4-2)。

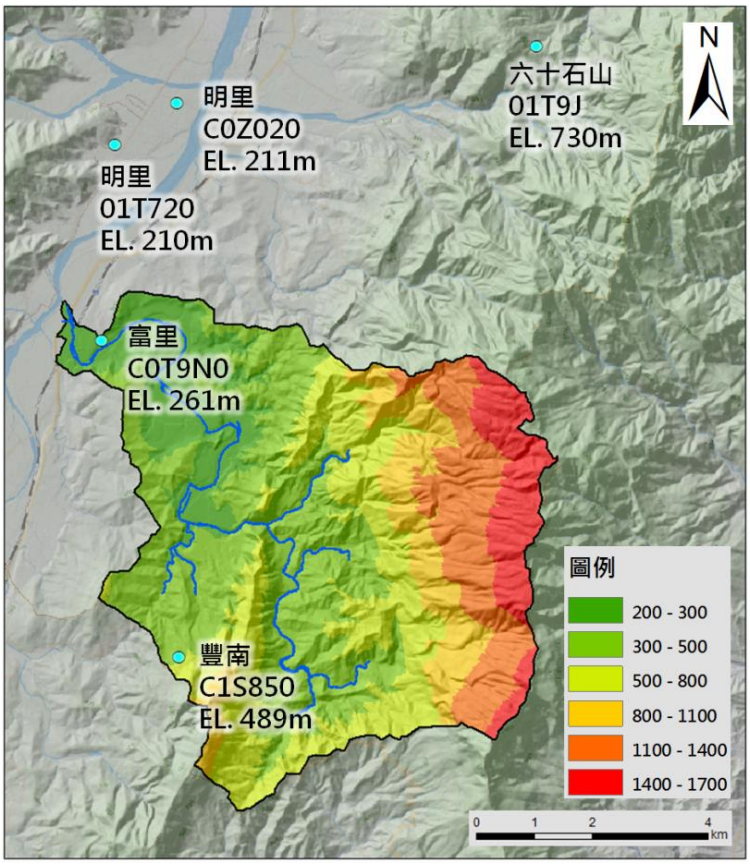


圖 4-1 鱉溪流域及鄰近之氣象局雨量站

表 4-2 鱉溪各控制點子集水區雨量站權重分配

控制點	面積 (km2)	雨量站權重
鱉溪出口	48.63	豐南 50%，六十石山 30%，明里(01T720)10%，明里(C0Z020)10%
搭不烏拉溪匯流前(斷 19)	43.03	豐南 50%，六十石山 40%，明里(01T720)5%，明里(C0Z020)5%
臭水溝匯流前(斷 42)	31.84	豐南 50%，六十石山 50%
石厝溝匯流前(斷 50)	20.80	豐南 50%，六十石山 50%
搭不烏拉溪出口	2.85	豐南 18.8%，明里 (01T720)64.65%，明里 (C0Z020)16.55% (徐昇氏法)
臭水溝出口	4.57	豐南 100%(徐昇氏法)
石厝溝出口	9.96	豐南 50%，六十石山 50%

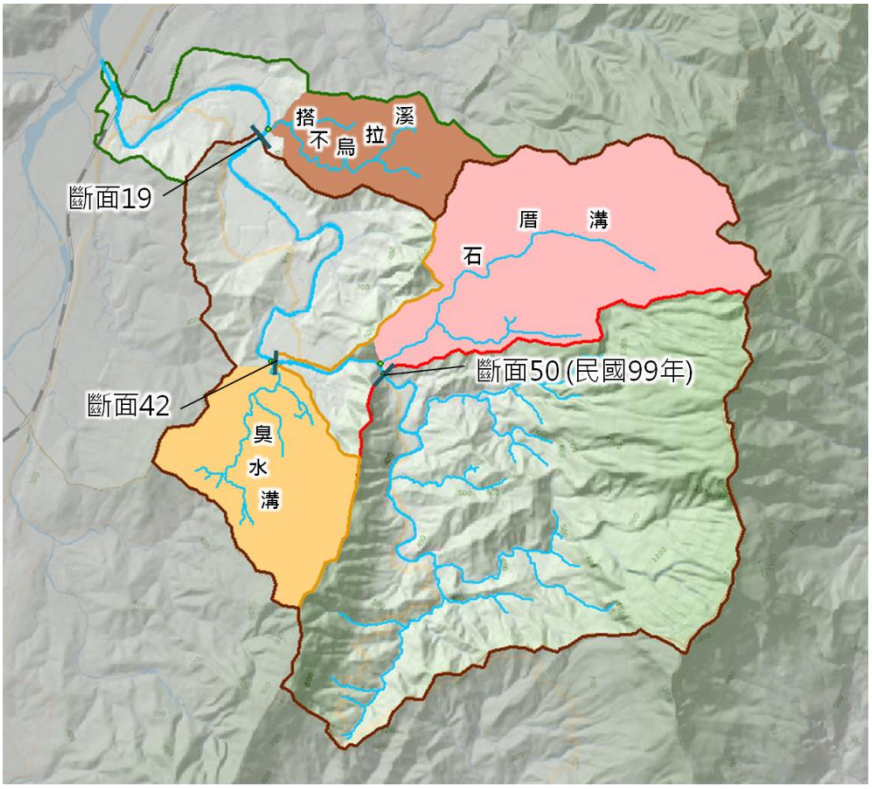


圖 4-2 鱉溪控制點與子集水區

2、近年降雨事件比較

選取 2012 年後九場大型降雨事件，比較民國 105 年治理規劃檢討所得之原合成雨量，與上述四雨量站於鱉溪流域所得之新合成雨量，結果如表 4-3。無論 24 小時降雨或 48 小時降雨，各降雨事件的新合成雨量皆較高，平均為原合成雨量之 1.3 倍以上。

表 4-3 近年降雨事件合成雨量比較

日期	事件	24 小時降雨(mm)			48 小時降雨(mm)		
		原合成	新合成	比值	原合成	新合成	比值
2012/8/23-28	天秤	371.42	507.40	1.37	465.48	617.45	1.33
2013/9/20-22	天兔	414.96	530.75	1.28	493.85	633.30	1.28
2014/7/22-23	麥德姆	319.06	448.45	1.41	351.59	464.70	1.32
2014/9/20-21	鳳凰	244.34	360.85	1.48	271.22	394.90	1.46
2016/7/7-8	尼伯特	438.47	514.25	1.17	449.74	519.65	1.16
2016/9/13-15	莫蘭蒂	388.78	503.85	1.30	622.50	761.80	1.22
2016/10/7-8	梅姬後豪雨	217.16	314.00	1.45	324.37	448.70	1.38
2017/10/13-15	十月暴雨	382.19	418.25	1.09	604.38	739.75	1.22
2019/8/23-25	白鹿	415.69	543.30	1.31	481.45	639.30	1.33
		平均比值		1.3160	平均比值		1.300

3、最大紀錄暴雨

鱉溪流域鄰近各雨量站中，以水利署明里站紀錄年期最長，達三十九年。三十九年中最大日雨量紀錄發生於 2000 年 10 月 31 日(象神颱風)，故以此場事件估算鱉溪流域之合成雨量，以實際降雨紀錄之設計暴雨檢核先期計畫之降雨頻率分析成果。

本計畫統計 2012 年後之大型降雨事件中，各雨量站與水利署明里站的降雨紀錄比值如表 4-4。由表可知，六十石山的降雨紀錄遠高於水利署明里站，氣象局明里與豐南站之雨量與水利署明里站相近，池上與成功站的雨量則遠低於水利署明里站。各站加權後，新合成雨量平均為水利署明里站的 1.12 倍。統計 2006 年之後各站年雨量,合成年雨量與水利署明里站年雨量的平均比值為 1.11，與前述比值甚為接近，故以水利署明里站紀錄之 1.12 倍，作為校準係數。

表 4-4 近年大型事件各站紀錄與九河局明里站之比值

日期	事件	豐南	六十石山	氣象局明里	池上	成功	新合成雨量
2012/8/23-28	天秤	0.89	1.42	0.99	0.76	0.64	1.07
2013/9/20-22	天兔	1.14	0.96	0.92	0.95	0.43	1.05
2014/7/22-23	麥德姆	1.13	1.47	0.94	0.81	1.02	1.20
2014/9/20-21	鳳凰	1.47	1.80	1.05	1.09	0.85	1.48
2016/7/7-8	尼伯特	0.92	1.39	0.92	0.98	0.81	1.07
2016/9/13-15	莫蘭蒂	0.95	1.06	0.93	0.88	0.40	0.99
2017/10/13-15	十月暴雨	0.98	1.21	*	0.88	0.64	1.05
2019/8/23-25	白鹿	1.02	1.13	0.95	0.77	0.54	1.05
平均比值		1.06	1.31	0.96	0.89	0.67	1.12

*缺少資料，以該站平均值取代

2000 年象神颱風期間，水利署明里站紀錄之 24 小時降雨達 745mm，起始於 10 月 31 日 5 時，經校準後推估全鱉溪流域之合成雨量為 834mm。與表 3-1 之先期計畫成果比較，此值大於 105 年、100 年計畫推估之 200 年暴雨量，也大於 104 年計畫之 100 年暴雨量。由此推測先期計畫有低估鱉溪流域雨量之趨勢。

選擇發生最大暴雨量之排列，求得 24 小時降雨延時分配型態如圖 4-3。

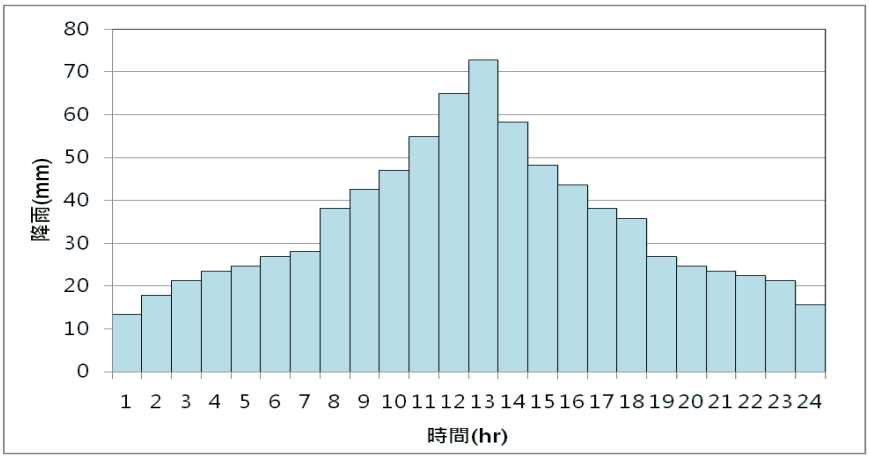


圖 4-3 根據象神颱風合成雨量調整之 24 小時暴雨雨型

(二) 洪峰流量推估

1、運動波－地貌瞬時單位歷線模式

基於河川級序定律，當雨滴降落於漫地流區域後，將循序由低級序河川流往高級序河川，而後逐漸流至集水區出口(圖 4-4)。集水區之瞬時單位歷線，可表示為雨滴於不同階段運行時間分布之褶合積分，乘上雨滴選取不同逕流路徑之機率，可完全以機率密度函數之形式表示(Rodriguez-Iturbe and Valdes, 1979)。

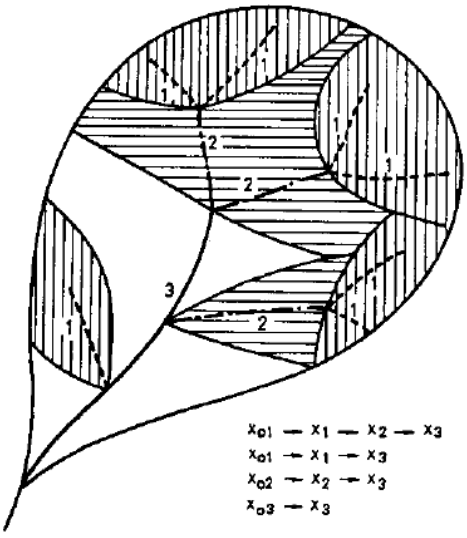
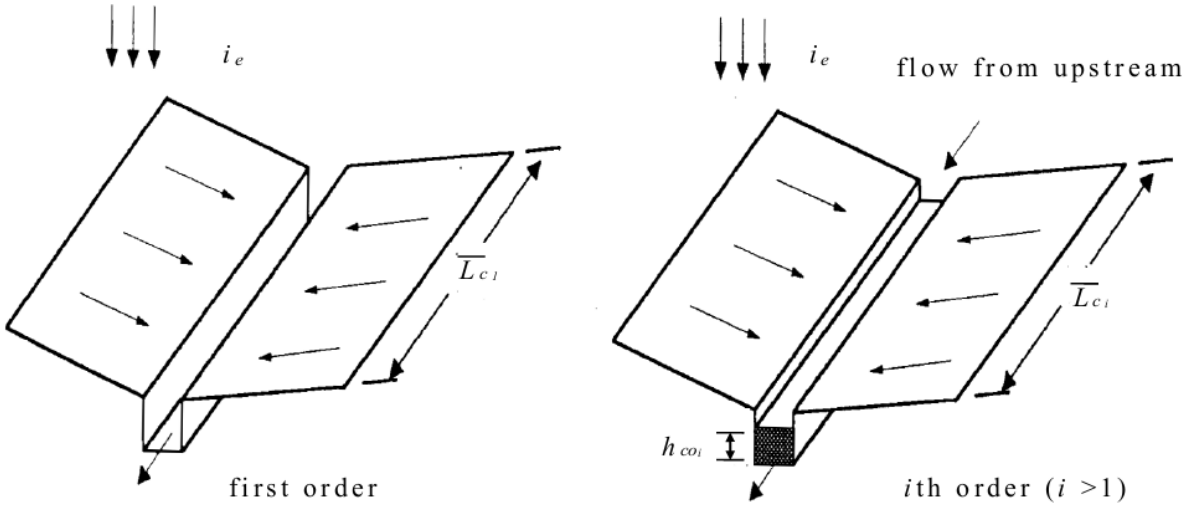


圖 4-4 集水區逕流路徑示意圖(Lee and Yen, 1997)

Lee and Yen (1997)依集水區河川網路特性，將每一級序之次

集水區視為一個 V 形漫地流模型(圖 4-5)，建立運動波-地貌瞬時單位歷線理論(kinematic-wave-based geomorphic instantaneous unit hydrograph, 簡稱 KW-GIUH)。在此模型中，由降雨產生之逕流，在流經兩側漫地流平面後匯入中央渠道，且水流由低級序 V 形漫地流模型依序流至高級序 V 形漫地流模型。KW-GIUH 可藉運動波理論中降雨強度之增減，反應降雨強度對集水區逕流歷線之影響，適用於集水區面積小於 500 平方公里，且上游無水庫或大型蓄水設施之地區。其詳細計算過程可參考「規劃作業平台建置—集水區水源應用結合空間環域分析研究」(水規所，106 年)。



資料來源：規劃作業平台建置—集水區水源應用結合空間環域分析研究(水規所，106 年)

圖 4-5 考慮河川網路之集水區 V 形漫地流模型

2、參數檢定

運動波－地貌瞬時單位歷線模式主要參數為漫地流有效糙度係數 N_o 與渠流糙度係數 n_c；其它如河寬、坡降、流路長度等各項地文因子可應用數值高程模型求得。漫地流有效糙度係數 N_o 主要考慮漫地流之地表覆蓋及地形變化，因此較一般漫地流糙度係數大。漫地流有效糙度係數 N_o 於降雨逕流歷線主要反應於尖峰量上，當 N_o 愈大，其模擬尖峰量愈小；反之，N_o 愈小，尖峰量愈大。渠流糙度係數 n_c 於降雨逕流歷線主要反應於尖峰到達時刻，當 n_c 愈大，尖峰到達時刻愈晚；反之，n_c 愈小，尖峰到達時刻愈早。

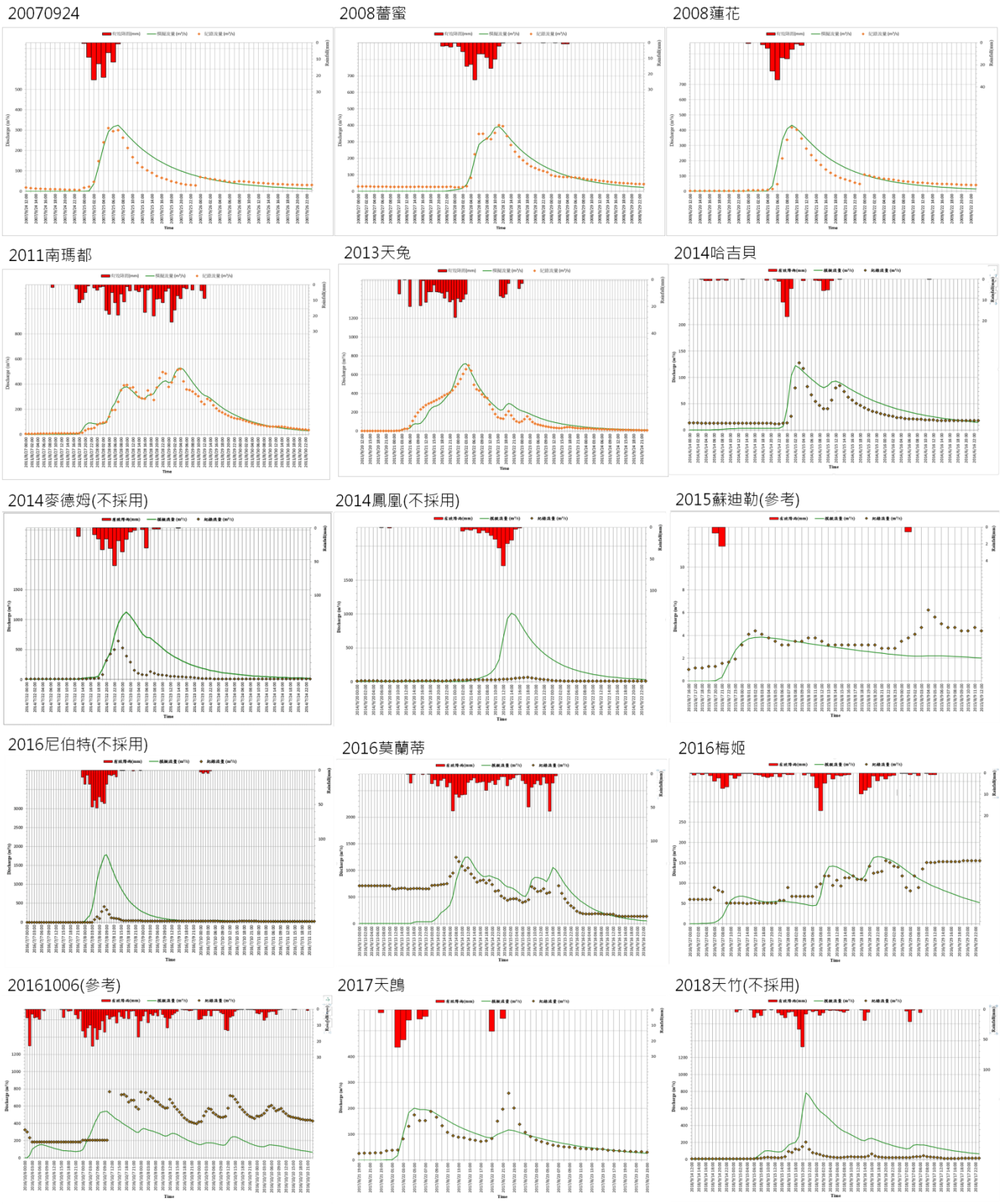


圖 4-6 崙天大橋站 KW-GIUH 參數檢定(N_o=11，n_c=0.02，河道寬 B=360)

水規所曾於 104 年為鱉溪建置運動波－地貌瞬時單位歷線，採用 N_o=8，n_c=0.05。本計畫以最靠近鱉溪流域的秀姑巒溪崙天大橋流量站紀錄，比對 2007-2018 年 15 場颱洪事件之實測值及模擬

值，以檢定 N_o 與 n_c。崙天大橋流量站紀錄始自 2001 年，集水區面積約為鯰溪的四倍，包含中央山脈、花東縱谷與海岸山脈等地形、地質條件不同的地區。一般而言，降雨事件中逕流體積與降雨體積比值約為 0.7~0.9，但崙天大橋站的逕流降雨體積比值變化大，有時流量趨勢與降雨趨勢甚至不一致，除儀器測量誤差外，亦可能受農業取水的影響。崙天大橋右岸橋下是秋林圳的取水口，而秋林圳是花蓮第二大圳，灌溉面積上千公頃，水源從崙天大橋下河床湧出。

本計畫僅選取降雨與流量趨勢一致，且逕流體積與降雨體積比值較合理的事件，調整參數設定。有效降雨之入滲指數採 ϕ =1mm，與水規所 104 年相同。當採用 N_o=11，n_c=0.02，此時模擬之洪峰流量與洪峰時間與實測值在多場事件中能達到較佳之結果(圖 4-6)。以 2011 年南瑪都颱風與 2013 年天兔颱風為例，原參數與新參數之比較如圖 4-7、圖 4-8。

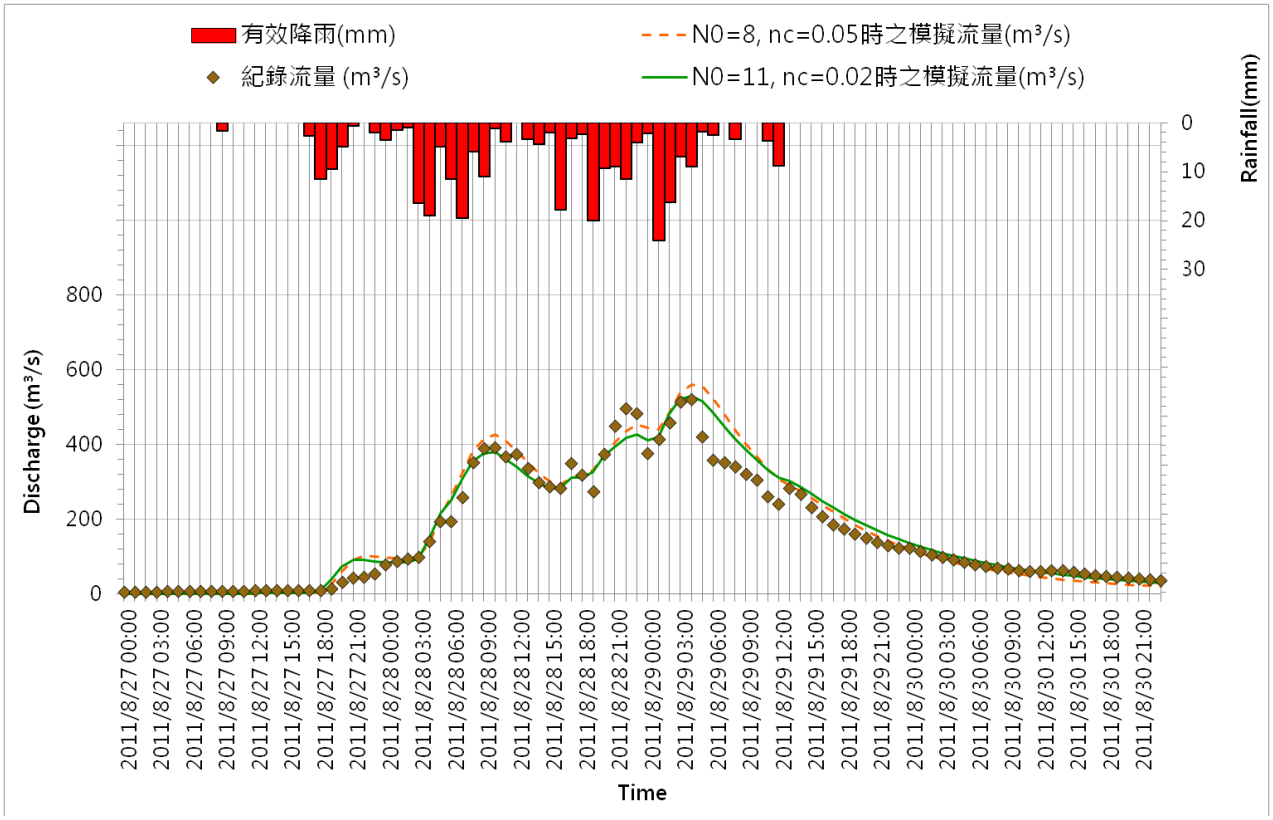


圖 4-7 崙天大橋站 2011 年南瑪都颱風 KW-GIUH 參數檢定

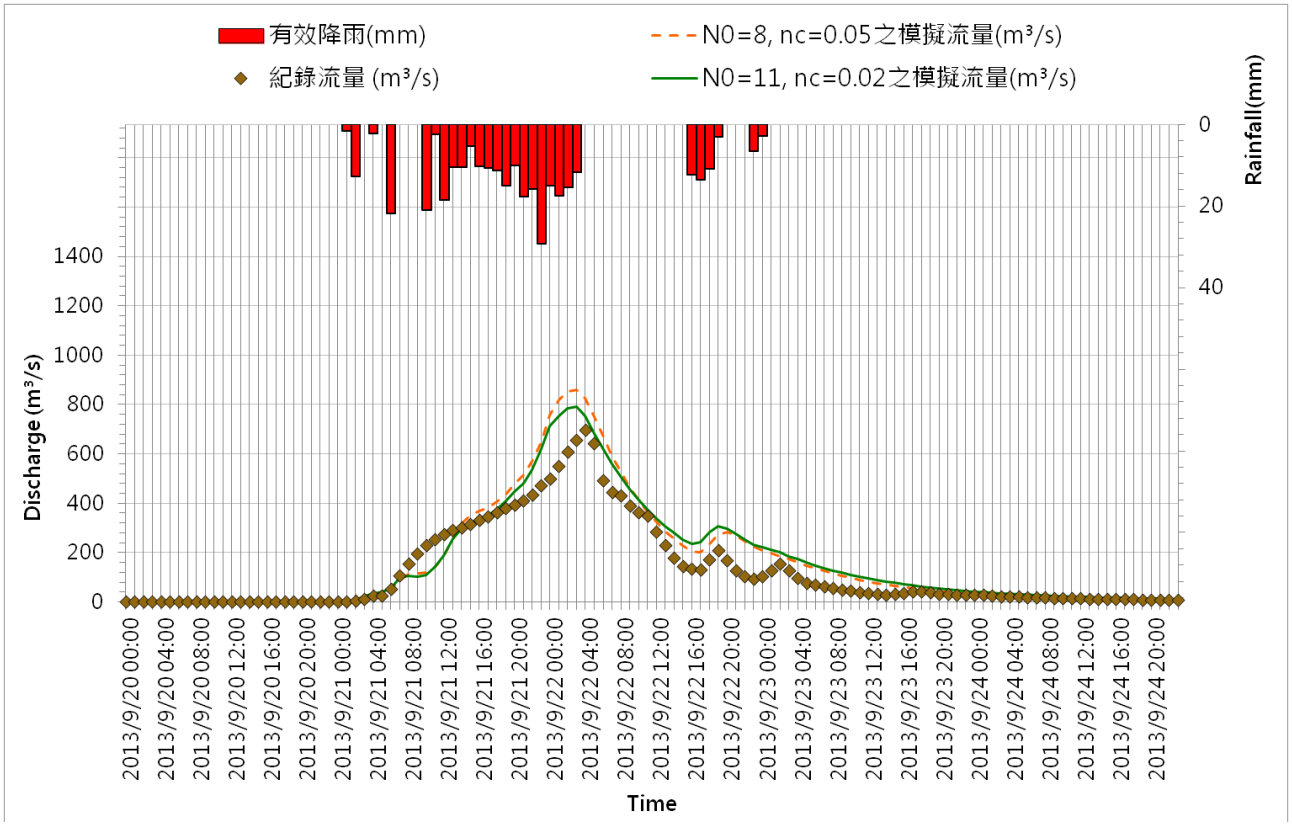


圖 4-8 崙天大橋站 2013 年天兔颱風 KW-GIUH 參數檢定

3、與過往流量歷線之比較

使用崙天大橋站之 KW-GIUH 參數於鱉溪流域，可得到不同降雨事件之流量歷線。本計畫選擇降雨後有實測流量的 2016 年 7 月尼伯特颱風及 2016 年 10 月梅姬颱風後豪雨，並將 KW-GIUH 模擬成果與 2016 年治理規劃檢討使用之無因次單位歷線(2016 DUH)、2015 年水規所使用之運動波地貌瞬時單位歷線(2015 KW-GIUH)與無因次單位歷線(2015 DUH)相比較，結果如圖 4-9 與圖 4-10。

尼伯特颱風為短延時強降雨，梅姬後豪雨則為中等強度之連續降雨。由圖可知，KW-GIUH 之流量歷線在二場事件都比過去 DUH 所得之流量歷線平緩，尖峰降雨時間較後者延遲，且尖峰流量較低。本計畫之 KW-GIUH 經過重新參數檢定，峰值比 2015 年之 KW-GIUH 略低。

四種流量歷線與實測值之比較如表 4-5。尼伯特颱風後的 7 月

10 日上午 9 時左右於富池橋(近鱉溪出口)測得 11.14cms，明顯高於基流量。此時本計畫 KW-GIUH 模擬值較接近實測值，DUH 模擬值則於 7 月 8 日結束後皆為 0。梅姬颱風後豪雨期間的 10 月 10 日上午 9 時左右，於富池橋測得 48.83cms。此時 KW-GIUH 模擬值偏低，DUH 模擬值較接近實測值。

表 4-5 KW-GIUH 及 DUH 模擬流量與實測值之比較(cms)

時間	本計畫 KW-GIUH	2016 DUH	2015 KW-GIUH	2015 DUH	實測流量
2016/7/10, 9am	1.90	0	1.16	0	11.14
2016/10/10, 9am	28.26	41.22	27.96	36.22	48.83

此結果顯示，KW-GIUH 之歷線雖然較緩和，但其與 DUH 同樣，用意在於掌握尖峰流量，因此都無法反映鱉溪流域暴雨後中間流之實際情況。中間流之模擬將於 4.2 節與天然基流量一同討論。KW-GIUH 對於尖峰流量之掌握，將透過二維水理模擬，於 4.1.3 節進一步驗證。

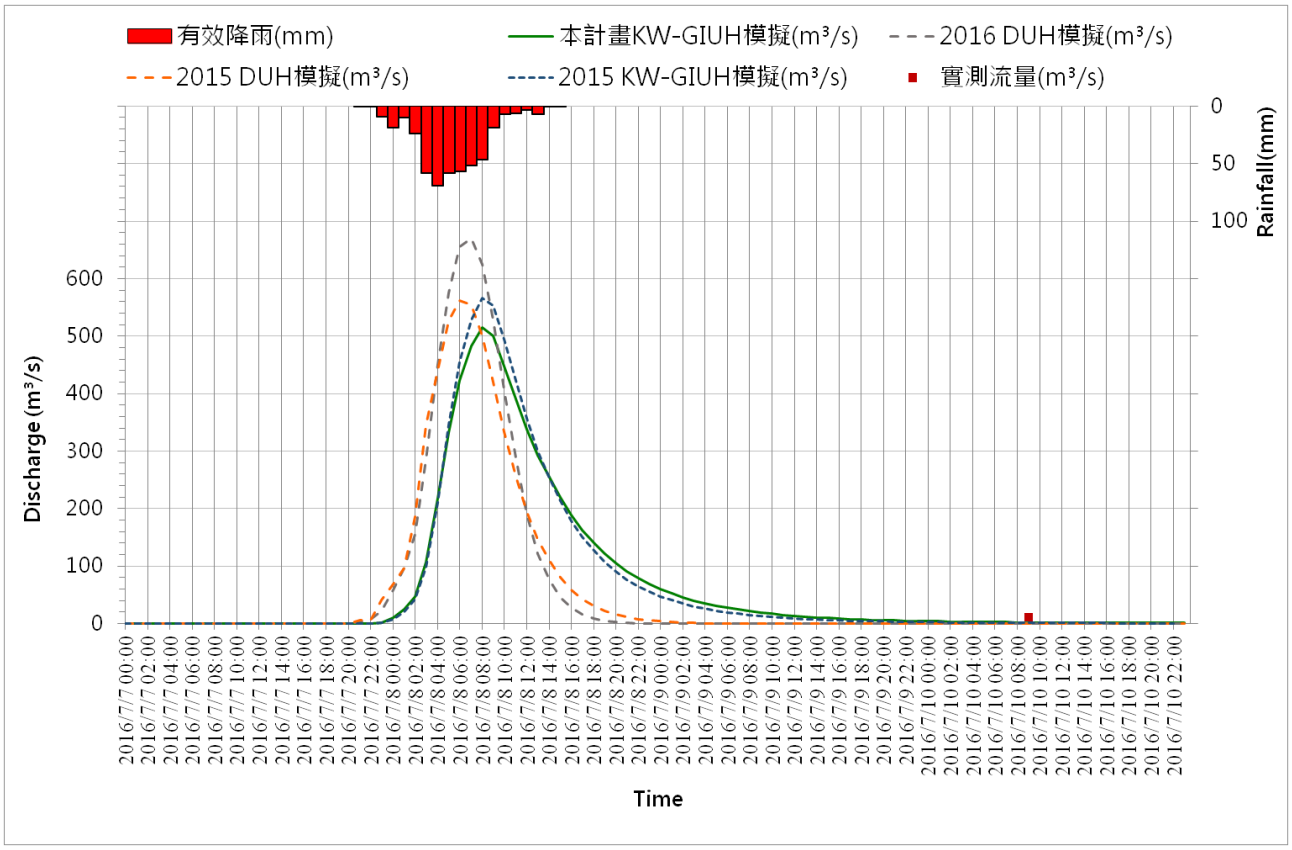


圖 4-9 尼伯特颱風鱉溪出口 KW-GIUH 流量歷線成果

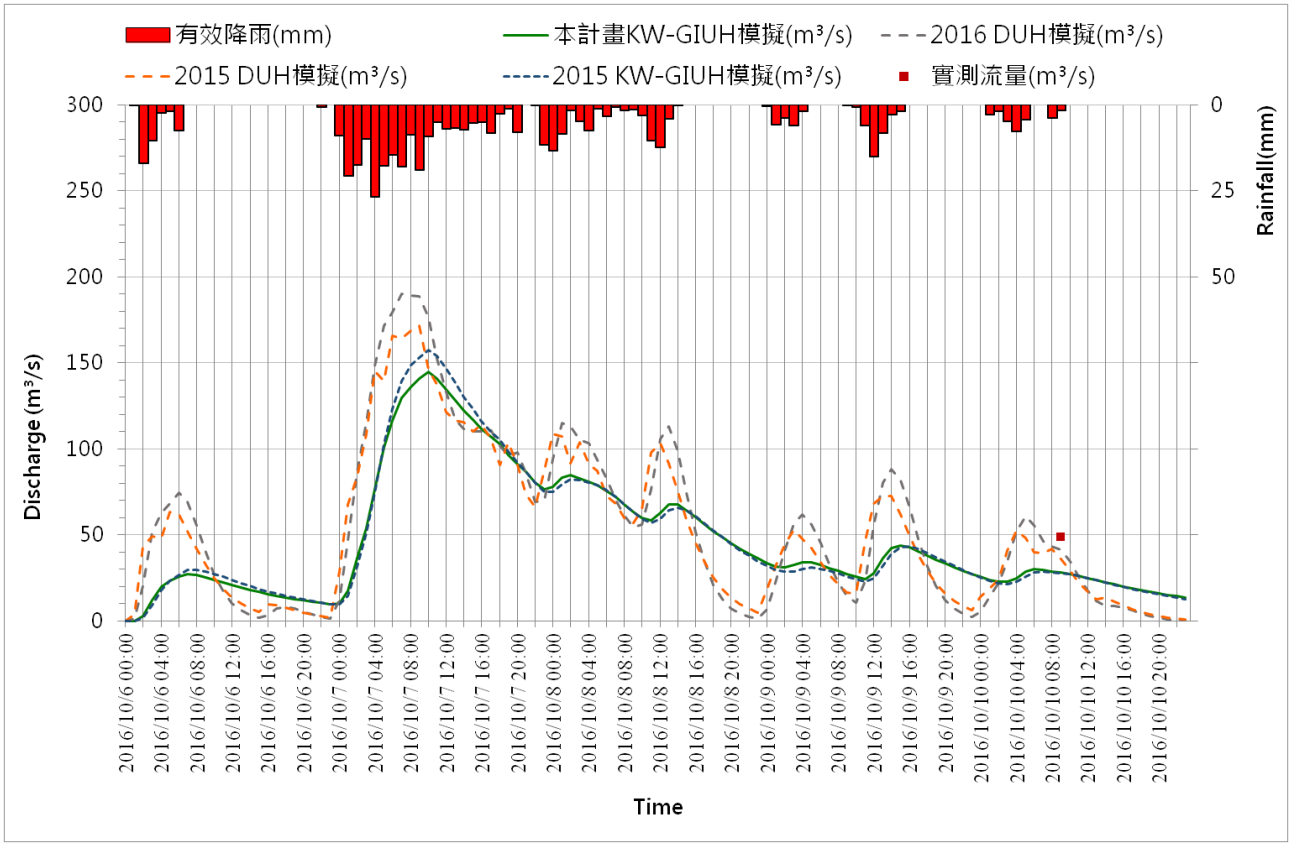


圖 4-10 梅姬後豪雨鱉溪出口 KW-GIUH 流量歷線成果

4、最大紀錄暴雨洪峰流量

使用參數檢定後的 KW-GIUH，將圖 4-3 所示之象神颱風 24 小時暴雨轉化為流量歷線，結果如圖 4-11。洪峰發生於第 16 小時，其尖峰流量為 600cms。與先期計畫之洪峰流量分析成果(表 3-2)相比，此值高於 105 年治理規劃檢討之 Q200，低於 100 年水保局計畫的 Q25，界於 104 年水規所分析成果的 Q25(533cms)與 Q50(628cms)之間。

經象神颱風設計暴雨量及尖峰流量檢證，104 年水規所計畫使用之雨量略低於本計畫合成雨量，採用之 KW-GIUH 峰值則略高於本計畫，最後得到之各重現期洪峰流量分析成果應屬合理。建議後續鱉溪復育方案執行可參採該成果，如表 4-6。

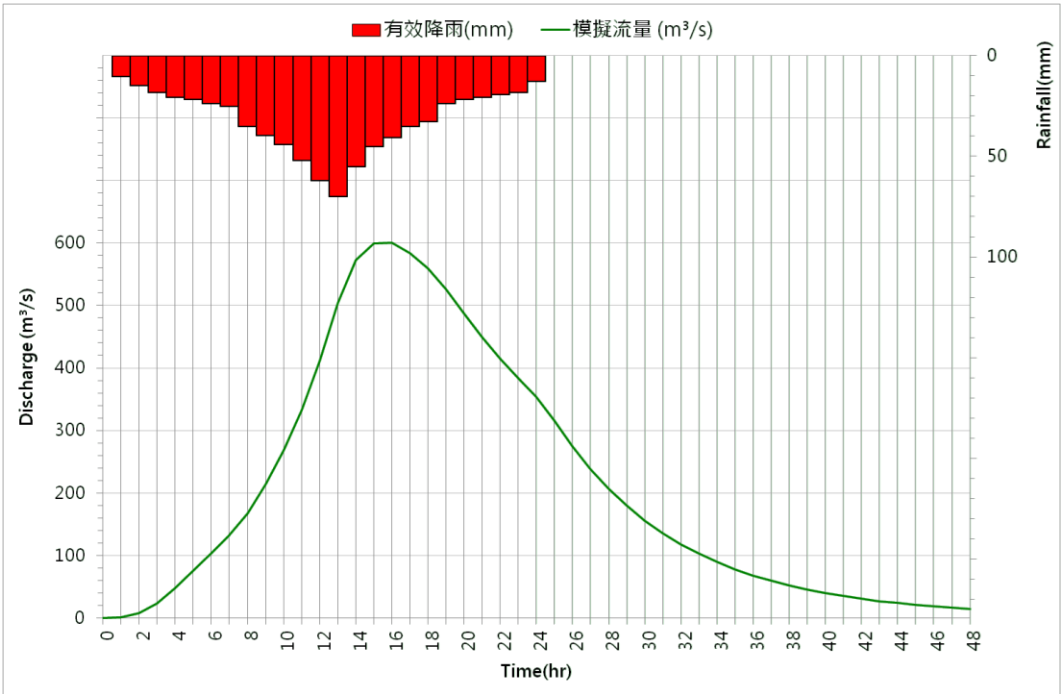


圖 4-11 鱉溪出口象神颱風設計降雨及流量歷線

表 4-6 民國 104 年水規所計畫洪峰流量分析成果表

控制點	各重現期之洪峰流量(cms)								
	1.11	2	5	10	20	25	50	100	200
鱉溪河口	56	180	312	408	503	533	628	723	819
搭不烏拉溪匯流前	51	162	281	364	446	472	555	641	728
臭水溝匯流前	39	123	211	273	336	356	419	482	546
石厝溝匯流前	26	82	141	184	225	239	281	324	367

資料來源：鱉溪棲地復育檢討規劃(104 年，水規所)

(三) 暴雨水理模擬

1、HEC-RAS 二維水理模式

HEC-RAS 二維水理模式由美國陸軍兵工團水文工程中心(HEC)在 105 年發表，為免費之公開軟體，可模擬洪氾區域，對 GIS 的處理能力佳。本計畫使用 HEC-RAS 5.0.7 版，搭配 ArcGIS 之地文因子處理功能與視覺化呈現，其基本步驟如下。

(1) 建構地形模型：

流域地形使用 108 年內政部國土測繪中心製作之花蓮 5

公尺網格 DEM。河道附近地形使用第九河川局於 109 年製作之 1 公尺網格 DEM。由於 DEM 無法正確反應水下地形，故將 1 公尺 DEM 與 106 年測量之河道大斷面接合，水下部分使用斷面內插地形。但若斷面相隔較遠，則保留 DEM 之灘地地貌。以富池橋附近為例，右岸側使用斷面內插，左岸側則保留 1 公尺 DEM(圖 4-12)。

圖 4-12 富池橋附近地形處理

(2) 設定二維模擬區域：

二維模擬區域上游自五號橋附近之斷面 50，下游至鱉溪出口(斷面 1)，兩岸則包含低位河階等可能溢淹之區域。網格大小於全河段模擬時使用 5m，局部河段模擬時可使用 2m。

(3) 輸入堤防、攔河堰、橋梁等構造物：

1 公尺 DEM 已可呈現堤防，另使用 102 年補充測量之構造物附近斷面，並視需要再增加斷面來完整呈現橫向構造物。堤防與橫向構造物之邊緣或高度變化處加特徵線(break lines)，強迫網格沿著特徵線生成。此外，構造物處局部使用較細的網格，以呈現構造物的形狀，如圖 4-13。

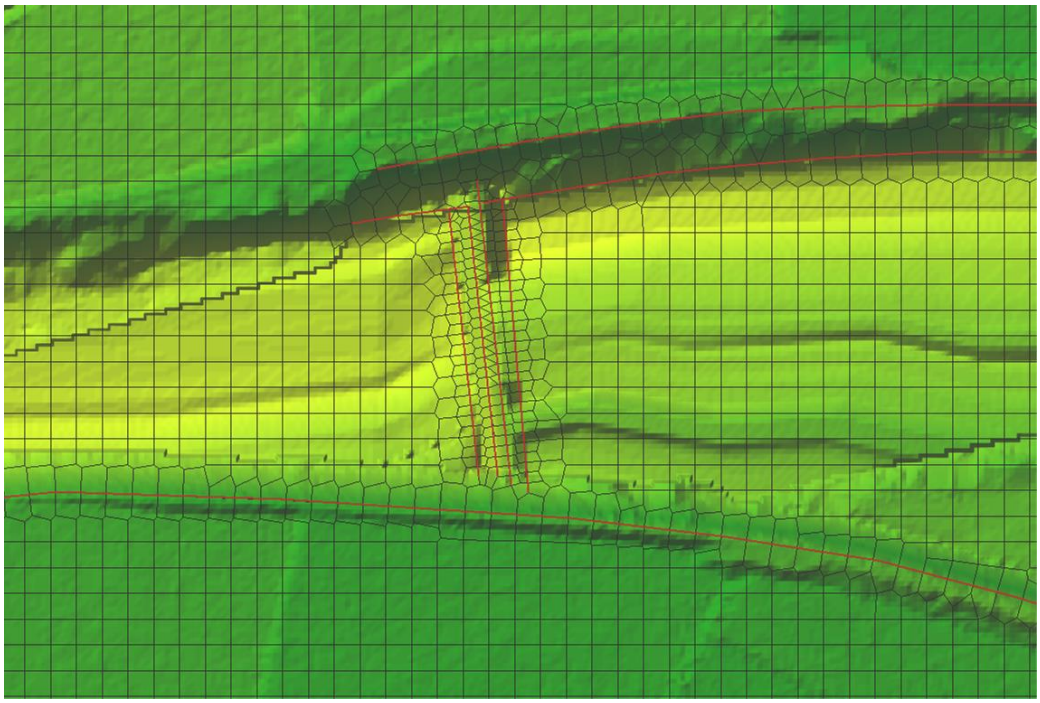
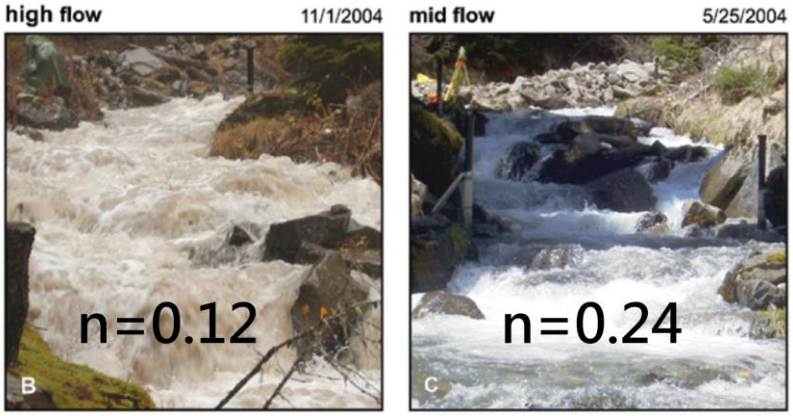


圖 4-13 14-A 攔河堰附近之網格與特徵線(紅線)設定

(4) 輸入曼寧 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。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，以及支流匯入處附近約五十公尺範圍，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 0.06~0.08。



資料來源：Yochem et al. 2014

圖 4-14 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)。鱉溪落差工的流況與山區河道的階潭構造類似，而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 4-14)。考量每座構造物的高度、形狀，分別設定 Q5 以上洪水、Q5 以下洪水、平時之 n 值如表 4-7。

表 4-7 鱉溪河床橫向構造物之 n 值設定

位置	型式	Q5 以上洪水	Q5 以下洪水	平時
02-A	攔河堰	0.12	0.15	0.18
06-A	保護工	0.06	0.075	0.09
14-A	攔河堰	0.08	0.1	0.12
15-A	過水橋	0.08	0.1	0.12
18-A	抬水堰	0.04	0.05	0.06
20-A	攔河堰	0.14	0.175	0.21
23-A	過水橋	0.06	0.075	0.09
24-A	攔河堰	0.08	0.1	0.12
25-A	固床工	0.06	0.075	0.09
25-B	固床工	0.06	0.075	0.09
25-C	固床工	0.06	0.075	0.09
26-A	固床工	0.06	0.075	0.09
29-A	攔河堰	0.1	0.125	0.15
30-A	攔河堰	0.08	0.1	0.12
37-A	固床工	0.06	0.075	0.09
37-B	保護工	0.08	0.1	0.12
42-A	固床工	0.08	0.1	0.12
42-B	固床工	0.1	0.125	0.15
42-C	攔河堰	0.1	0.125	0.15
46-A	固床工	0.08	0.1	0.12
46-B	攔河堰	0.14	0.175	0.21
四維上	攔河堰	0.08	0.1	0.12

(5) 設定邊界與初始條件：

洪水事件採變量流，上下游邊界設定正常水深，斷面 50 及石厝溝、臭水溝、搭不烏拉溪等三條支流匯入處為控制點。輸入 KW-GIUH 流量歷線，再將側流量平均分布於小型支流。計算時步(time step)在 5m 網格時採 5 秒。

鱉溪集水區不大，主流與各支流洪峰發生時間落在二小

時內，故若僅需了解洪峰流量下的水位與溢淹範圍，經測試可僅使用洪峰前後的 3 小時歷線，並縮小運算時步，得到令人滿意的結果。

2、2019 年白鹿颱風驗證

模擬白鹿颱風的目的是要使用現場觀測影像水位，檢驗流量歷線，並決定洪水時水位突變處的曼寧 n 值。白鹿颱風的規模尚未造成溢淹，二維與一維模擬結果接近。由於 HEC-RAS 一維才保有大斷面測量資料，便於與觀測影像比對，故在此以一維呈現。以前述 KW-GIUH 參數求得 2019 年 8 月白鹿颱風於鱉溪流域七個控制點之流量歷線(表 4-8)，輸入 HEC-RAS 一維模式，主流控制點之間設定均勻側流以模擬支流以外的逕流。

表 4-8 KW-GIUH 模擬白鹿颱風鱉溪洪峰流量與到達時間

控制點	面積 (km2)	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間
鱉溪出口	48.63	437.859	8/24 4:00PM
搭不烏拉溪匯流前(斷 19)	43.03	400.792	8/24 4:00PM
臭水溝匯流前(斷 42)	31.84	312.705	8/24 4:00PM
石厝溝匯流前(斷 50)	20.80	200.215	8/24 4:00PM
搭不烏拉溪出口	2.85	21.435	8/24 3:00PM
臭水溝出口	4.57	39.767	8/24 4:00PM
石厝溝出口	9.96	100.43	8/24 3:00PM

與 8 月 24 日現場觀測影像紀錄相比較，以斷面 20 處為例，模擬水位與觀測水位一致(圖 4-15、圖 4-16)。由觀測影像可知此處之 20-A 攔河堰下游流況紊亂，因跌水之局部消能使水位抬高，淹沒左岸之混凝土平台。其餘於斷面 44、42、5 之現地觀測影像，亦與模擬結果大致符合，如圖 4-17 至圖 4-22 所示。由此推測本計畫設定之 KW-GIUH 參數及粗糙係數應屬合適。白鹿颱風於鱉溪河口的洪峰流量為 438cms，參考表 4-6，可估計其略高於 10 年重現期距流量。

上方影像：張振岳(108 年 8 月 24 日 16:50pm)。紅色虛線標示斷面 20 位置

圖 4-15 復興橋下游白鹿颱風近洪峰期間與平時影像

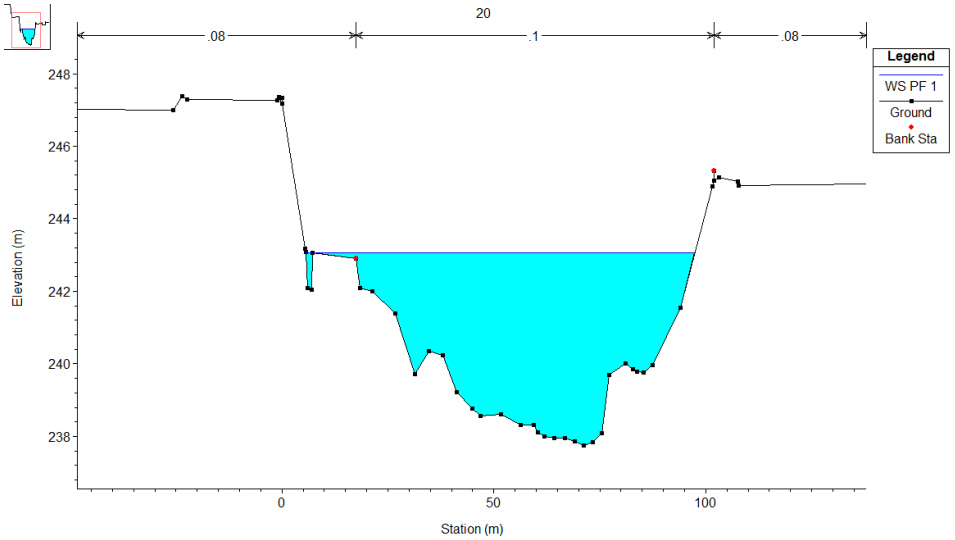


圖 4-16 白鹿颱風尖峰流量斷面 20 模擬成果

上方影像：張振岳(108 年 8 月 24 日 16:00pm)。紅色虛線標示斷面 44 位置

圖 4-17 池豐橋上游白鹿颱風近洪峰期間

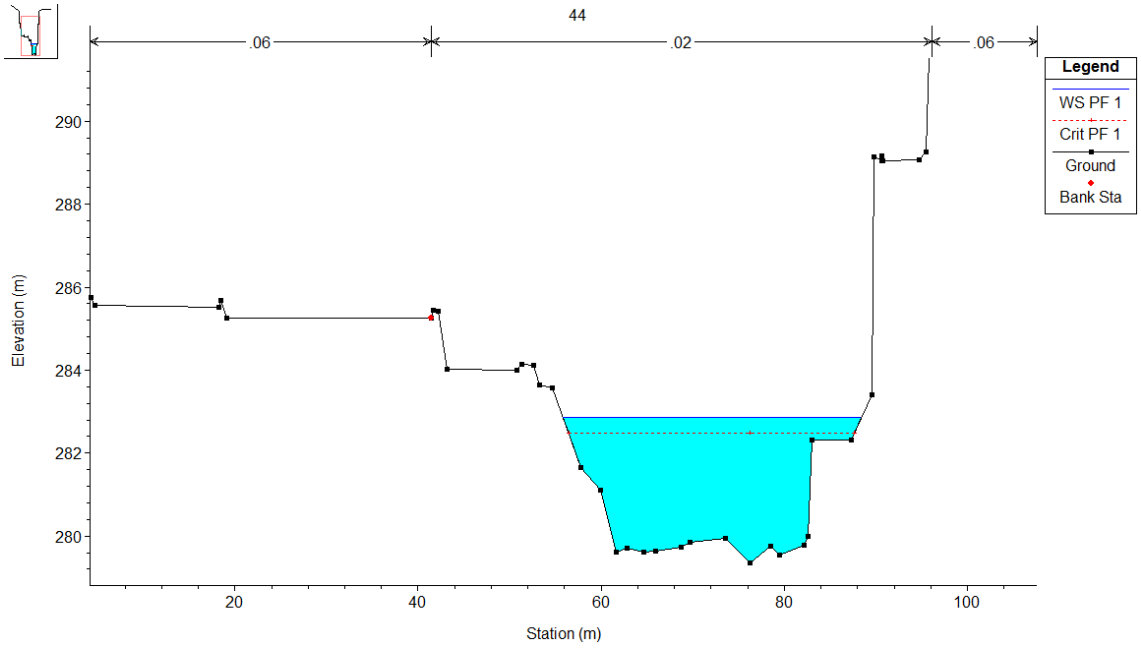


圖 4-18 白鹿颱風尖峰流量模擬(斷面 44)

上方影像來源：張振岳(108 年 8 月 24 日 16:05pm)。紅色虛線標示斷面 42 位置

圖 4-19 池豐橋下游白鹿颱風近洪峰期間與平時影像

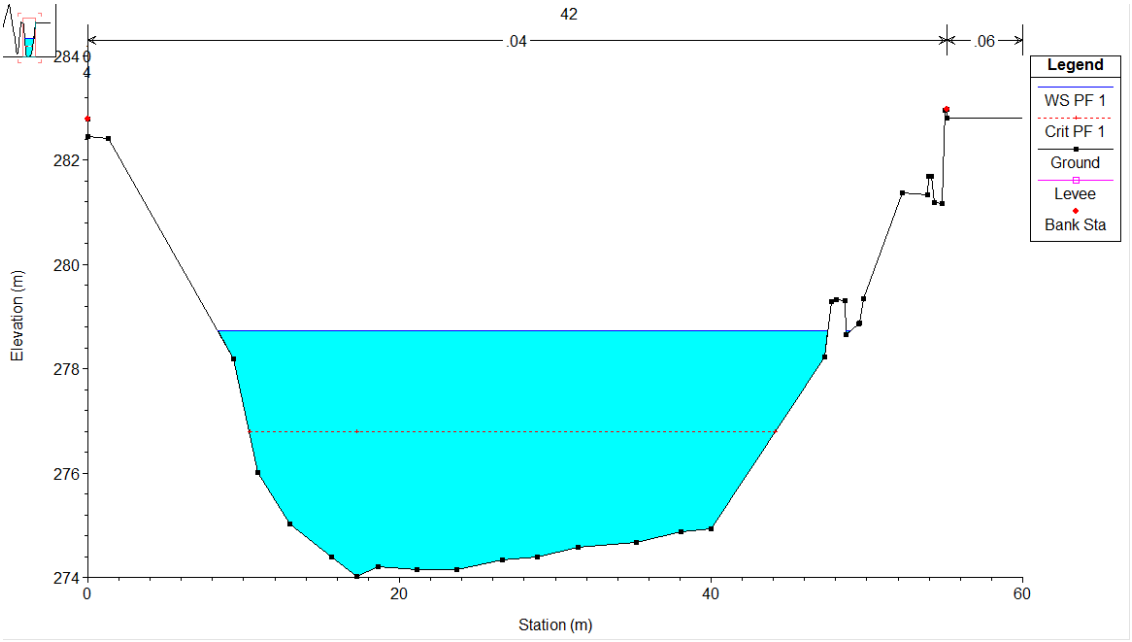


圖 4-20 白鹿颱風尖峰流量模擬(斷面 42)

上方影像來源：張振岳(108 年 8 月 24 日 17:10pm)。紅色虛線標示斷面 5 位置

圖 4-21 池豐橋下游白鹿颱風近洪峰期間與平時影像

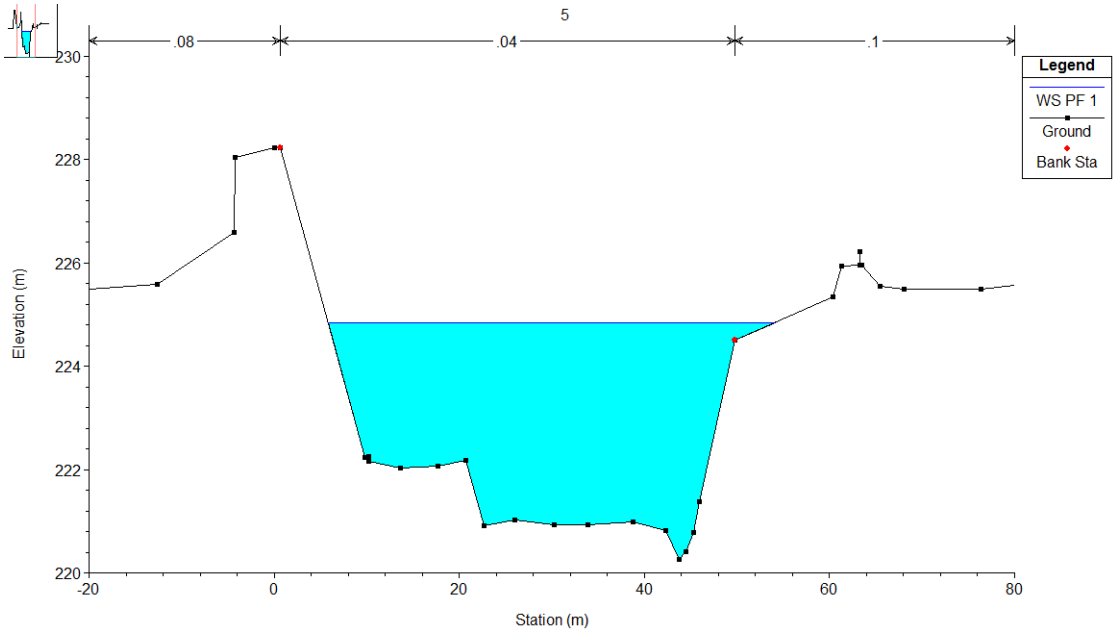


圖 4-22 白鹿颱風尖峰流量模擬(斷面 5)

3、五十年洪水

鱉溪以 50 年重現期洪峰流量、1 公尺出水高為保護標準。使用象神颱風設計雨型之各子集水區流量歷線，放大至洪峰流量達 50 年重現期(即鱉溪河口洪峰 628cms)，並以 HEC-RAS 一維及二維模式模擬，二維使用之曼寧 n 值設定如圖 4-23。

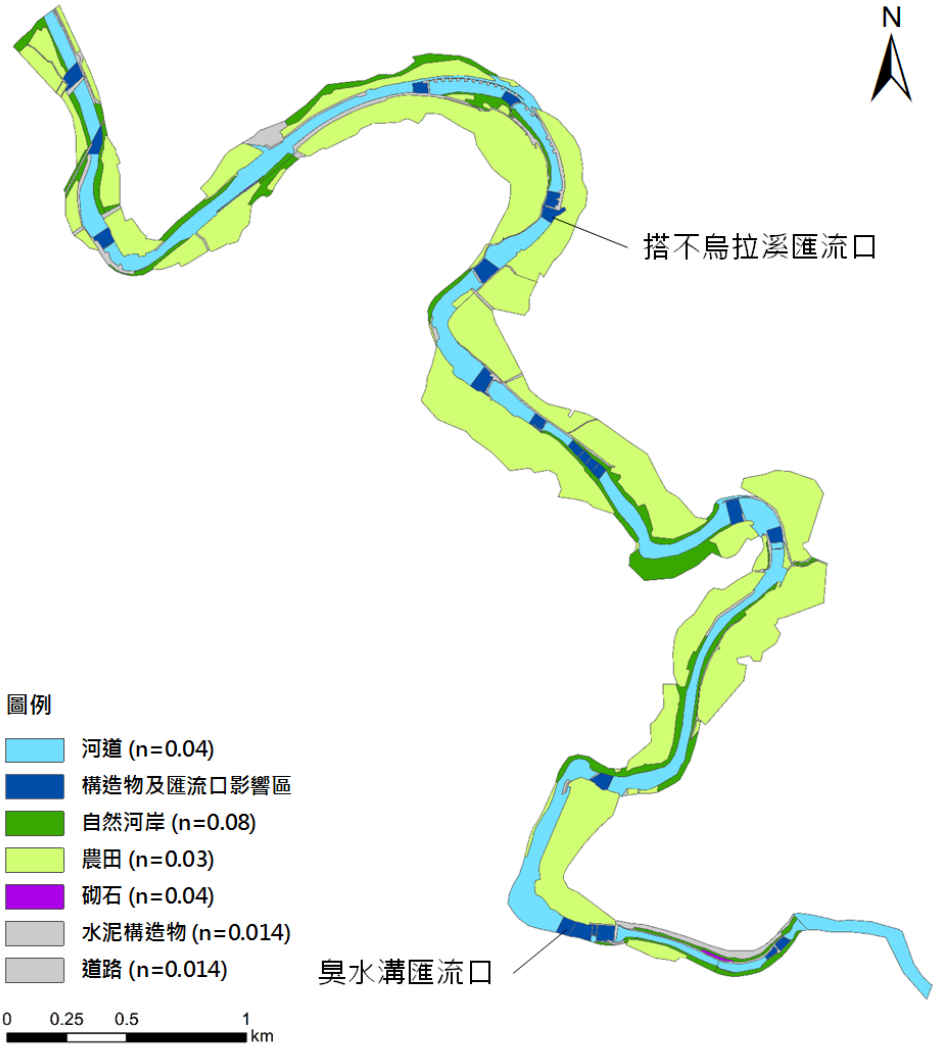


圖 4-23 鱉溪大型洪水曼寧 n 值設定

(1) 溢淹範圍

現況 Q50 溢淹範圍大多在用地範圍線之內，但於接近出口的斷面 2 鱉溪橋下游，左右岸都淹出用地範圍線，且右岸有大面積溢淹(圖 4-25)，溢淹範圍內主要資產為銀川農場。

此溢淹可能導因於鱉溪出口處坡降過低。2-A 攔河堰落差導致下游局部刷深，使鱉溪橋在的斷面 2(谿線高程 217.1)至斷

面 1(谿線高程 218.3)之間坡降為負值，水流能量難以宣洩。

(2) 橋梁出水高

於 HEC-RAS 一維模型中建置各橋梁結構，模擬結果顯示僅蚊仔洞橋梁底出水高度不足，Q50 水面已逼近梁底(圖 4-24)，建議協調花蓮縣政府盡快改建。

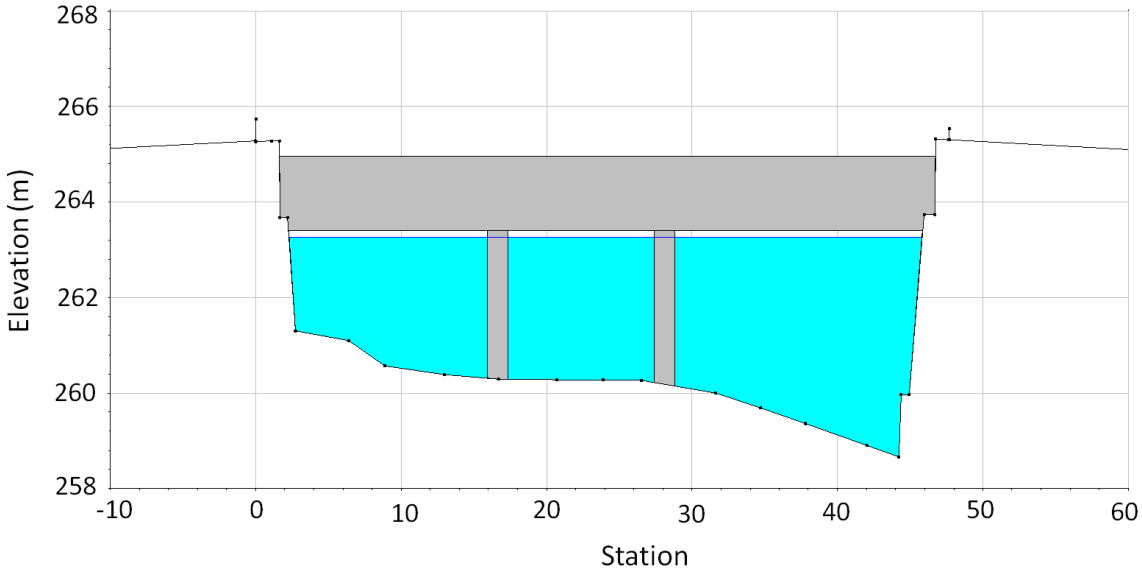


圖 4-24 蚊仔洞橋上游側(斷面 31)Q50 水位

(3) 河川能量分布

HEC-RAS 二維模擬結果顯示，現況 Q50 溢淹範圍大多侷限於低水河槽，僅淹上小部分灘地，顯示河道深槽化嚴重。河川能量常以「單位河流功率」表示：

$$\omega = (\gamma \times Q \times S)/b \qquad \text{式 4-1}$$

其中ω為單位河流功率；γ 為水之比重量；Q 為流量；S 為河道坡降；b 為河道寬度。現況 Q_{50} 之河道內單位河流功率分布如圖 4-25。一般而言，$\omega < 35\text{W/m}^2$時河床質以沉積為主。台灣沖積河谷河槽內的單位河流功率，約在 100~600W/m^2，當單位河流功率大於 1000W/m^2，結構物有沖刷風險。鯊溪部分攔河堰、護岸附近能量集中，可達$\omega > 1000\text{W/m}^2$，其中又以小天祥出山口及池豐橋下游能量最高，可達$\omega > 2000\text{W/m}^2$。而這些地點也是構造物最常破損之處，與模擬結果相符。

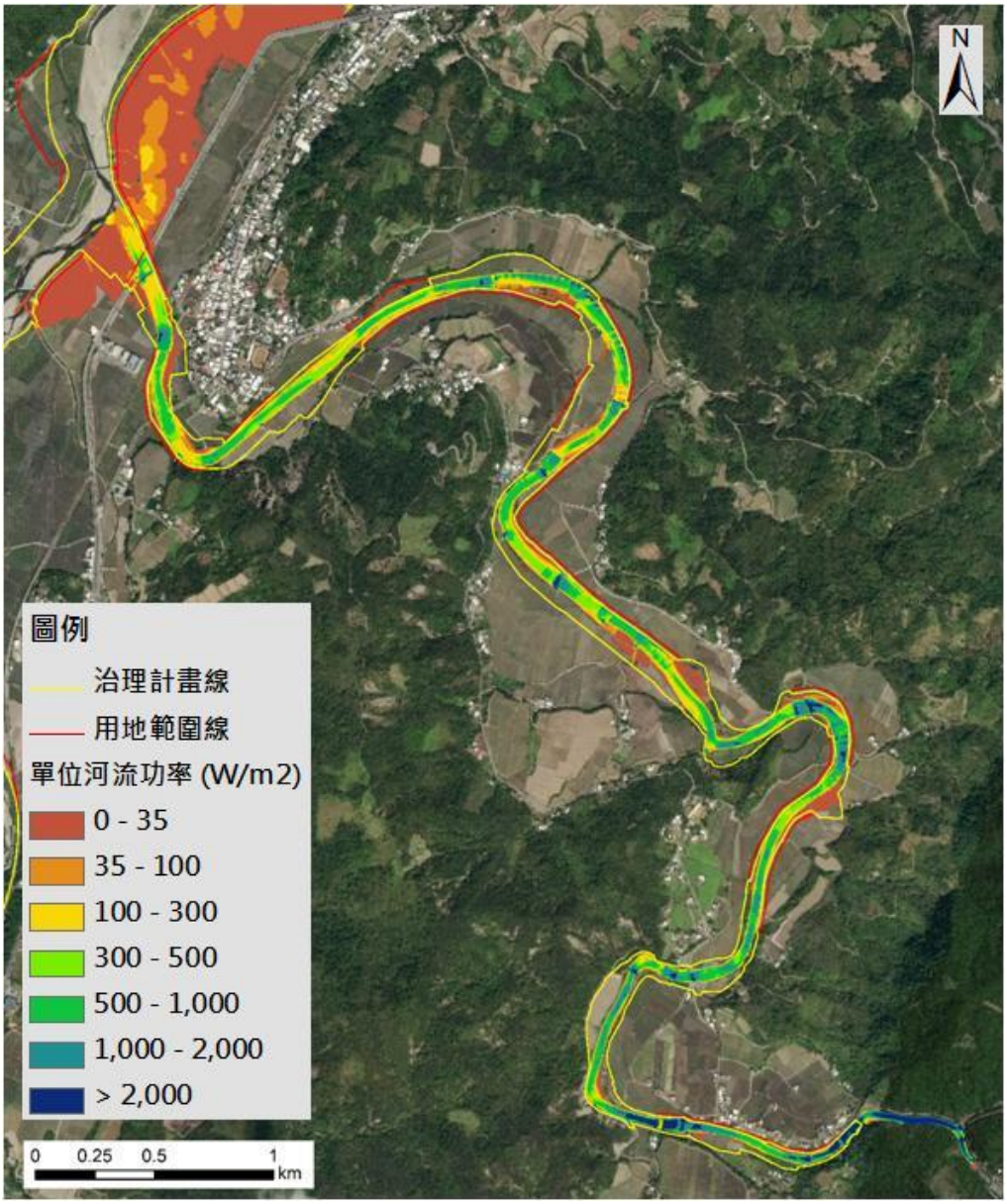


圖 4-25 現況 Q50 河道內單位河流功率分布

4、二百年洪水

使用象神颱風設計雨型之各子集水區流量歷線，放大至洪峰流量達 200 年重現期(即鱉溪河口洪峰 819cms)，並以 HEC-RAS 二維模式模擬，使用之曼寧 n 值設定如 Q50。

模擬結果顯示，在現況河床地形條件下，Q_{200} 時僅秀姑巒溪匯流口附近溢淹範圍較大，在斷面 1 處水位略高於右岸堤防，水位近 223.5m，與秀姑巒溪主流 Q_{200} 之水位相當(圖 4-26)。斷面 20 下游有少數區域局部溢淹至低位河階(圖 4-27)，但仍多侷限於河川區域線附近。上游河段則完全侷限於深槽內(圖 4-28)。

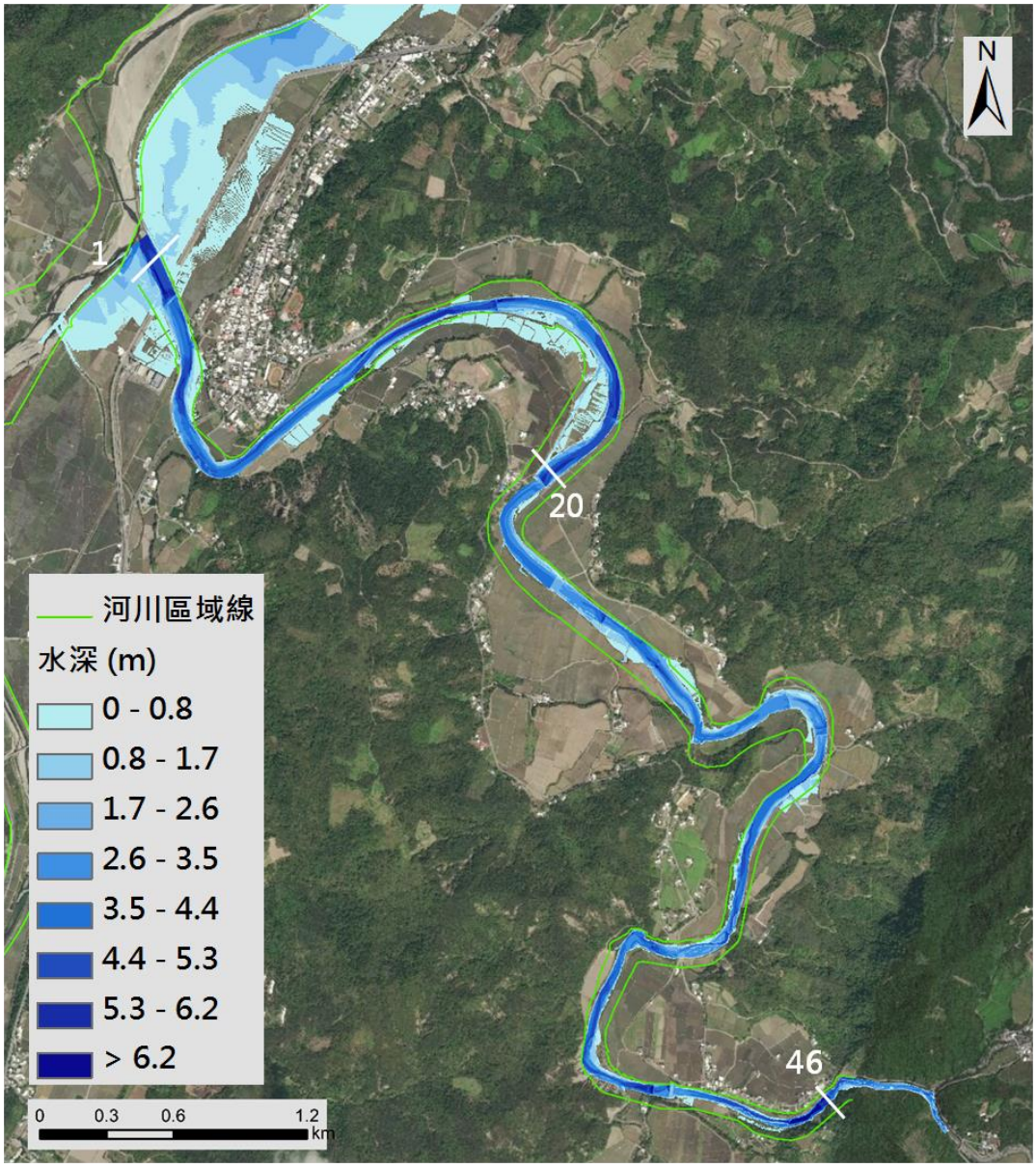


圖 4-26 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量二維模擬

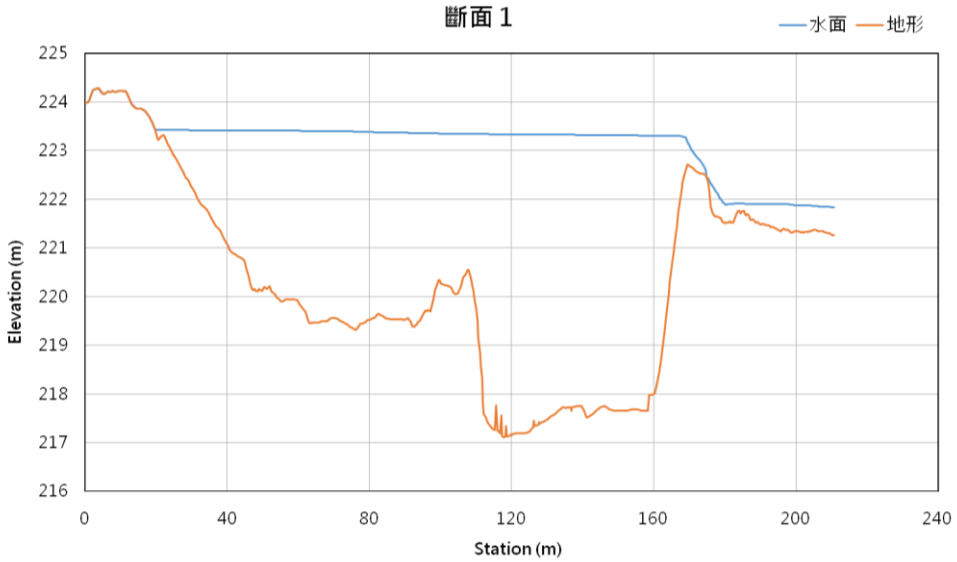


圖 4-27 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量下斷面 1

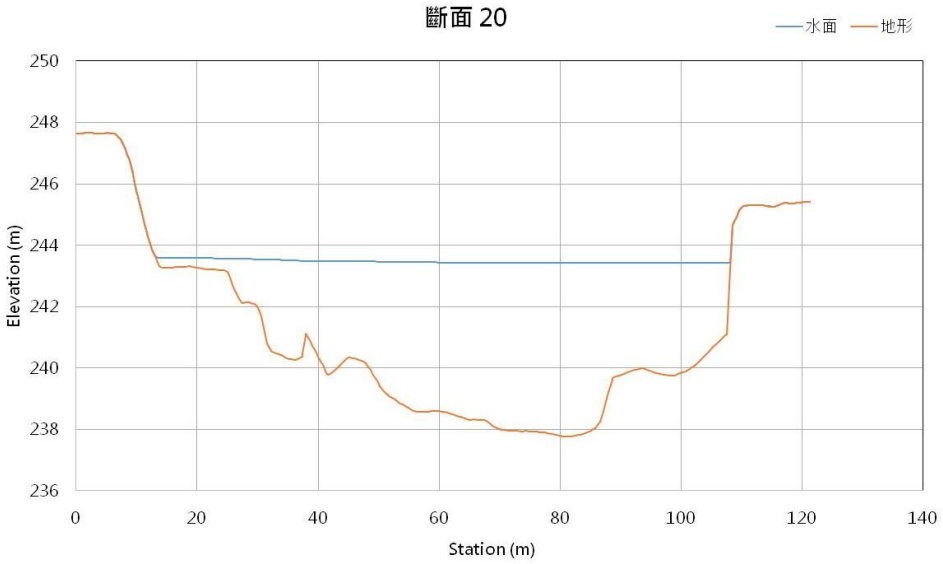


圖 4-28 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量下斷面 20

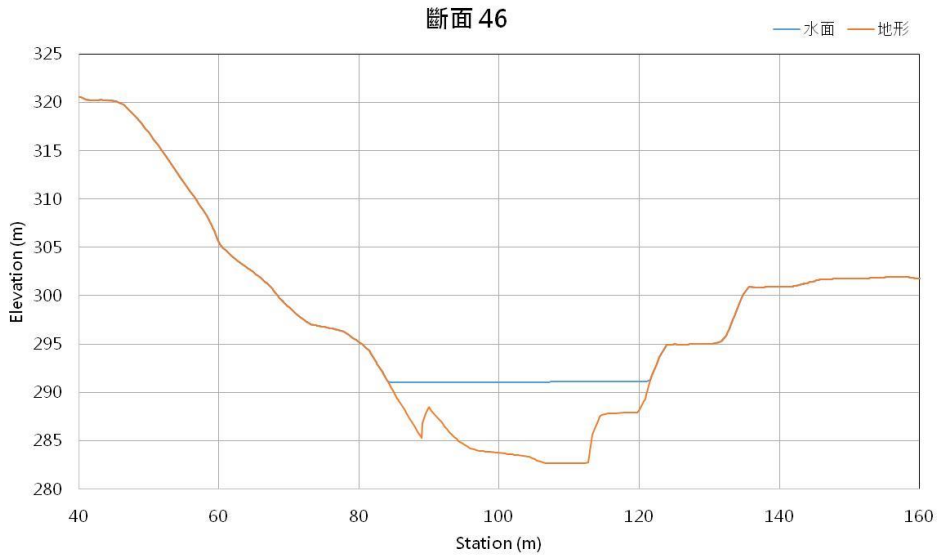


圖 4-29 鱉溪現況地形 Q_{200} 尖峰流量下斷面 46

二、天然流量與用水量考察

(一) 天然日流量推估

1、地形指數模式

早期 Horton 入滲指數將土壤入滲能力視為定值，當降雨強度超出此值即產生地表逕流。其後學者認為漫地流係因土壤上層之水份達飽和而產生，其產生範圍會隨降雨歷程而改變。Beven and Kirkby (1979)基於此理論基礎，建立地形指數模式(topographic

index model，簡稱 TOPMODEL)，由集水區內地形與土壤的特性，推算地表與飽和含水層間之距離，從而定義降雨歷程中地表逕流的起點。此地表逕流產生之位置僅分布於河川周圍之局部飽和區域，而未飽和區域則無地表逕流漫流的現象(圖 4-30)。

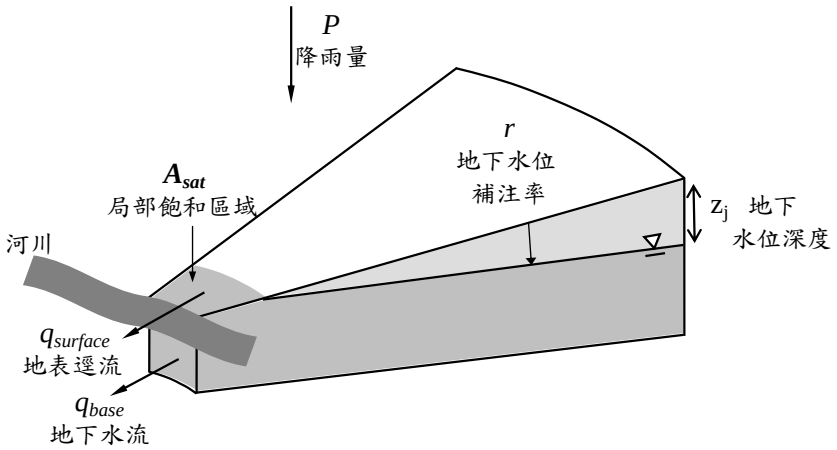


圖 4-30 地形指數模式示意圖(水規所，106 年)

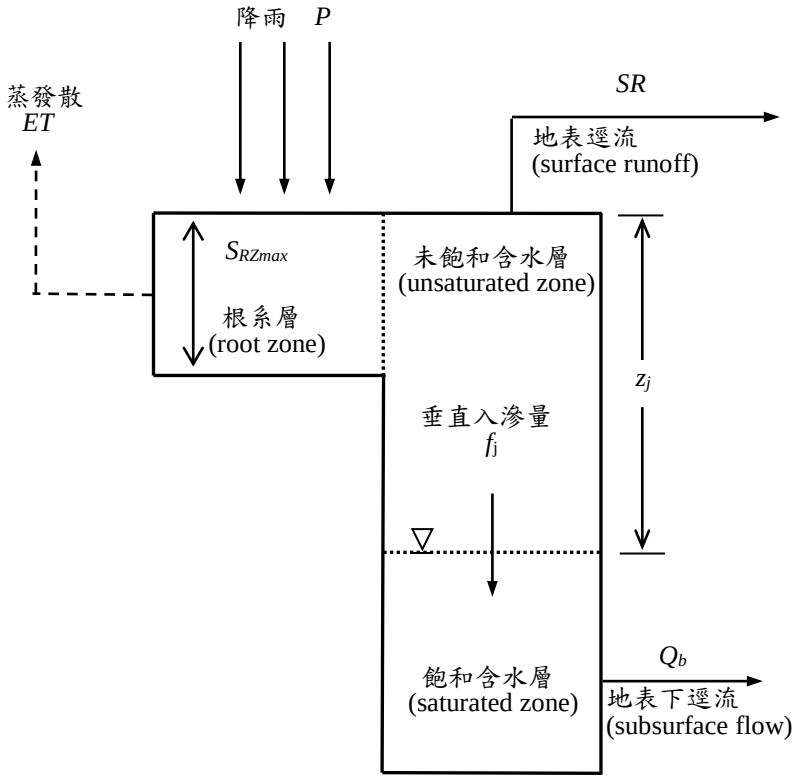


圖 4-31 地形指數模式架構(水規所，106 年)

如圖 4-31 所示，地形指數模式劃分逕流貯蓄機制為根系層(root zone)、未飽和含水層(unsaturated zone)與飽和含水層(saturated zone)。應用地形指數模式模擬天然日流量時，須給定一起始的平

均地下水位深度$\overline{z}$，透過調整起始地下水位深度，可使流量減少不連續性現象，待模式運算機制趨於穩定時，即以最後時刻所求得的地下水位深度作為後續模擬起始值，再代入下一時刻進行欲分析時段之天然日流量模擬。

地形指數模式有三個基本假設：(1)飽和含水層的動力現象可近似為連續穩定的狀態(successive steady state)；(2)飽和含水層的水力梯度可近似為局部區域的地表坡度；(3)地表下含水層之側向流通度(transmissivity)的空間分布與地下水位深度 z 成指數函數關係。隨著數值高程模型的發展，地形指數模式的應用逐漸廣泛。水規所 104 年計畫「集水區水源應用規劃作業系統作業平台」收錄地形指數模式對西部主要河川的應用成果，但該平台並未包含東部河川。本計畫之地形指數模式由海洋大學地理資訊系統研究中心協助建置，其詳細計算過程可參考「規劃作業平台建置—集水區水源應用結合空間環域分析研究」(水規所，106 年)。

2、參數檢定

在地形指數模式中，有三個參數需藉由集水區之水文紀錄資料加以檢定。地表飽和土壤之水力傳導度 K_0 反應於逕流量，K_0 愈小，水在飽和土壤傳輸速度慢，因此反應於地表逕流上，故地表逕流量大；反之，K_0 愈大，水在飽和土壤傳輸速度快，故地表逕流量小。模式中根系層之作用為提供蒸發散機制所需之水量，根系層最大容許貯蓄量 S_{RZmax} 愈小，根系層無法貯存水量即反應於地表逕流，因此地表逕流量大；反之，S_{RZmax} 愈大，根系層貯存部分水量，因此較慢反應於地表逕流，因此地表逕流量較小。中間流敏感度參數 m 主控土壤流通度沿地下深度之變化趨勢，反應於逕流歷線之緩陡，參數 m 愈大，退水段之逕流歷線愈緩；反之，參數 m 愈小，退水段之逕流歷線愈陡。

本計畫以崙天大橋流量站紀錄進行 K_0、S_{RZmax} 及 m 值之參數

檢定，並假設其參數可適用於鱉溪流域。如前所述，崙天大橋站的流量紀錄與降雨常有不吻合情況，但其長期趨勢仍可透過參數設定來掌握。比較 2010 年至 2019 年崙天大橋站之日流量紀錄及模擬流量，當設定參數如表 4-9 時，可產生較佳之模擬結果。其中 S_{RZmax} 及 m 可針對豐水期與枯水期分開設定，然而崙天大橋站之模擬結果顯示，豐、枯水期之間並沒有太大差異，說明其流域基流量特性相對穩定，故僅採用一組參數。以 2019 年為例，日流量紀錄與模擬流量之比較如圖 4-32。

表 4-9 崙天大橋流量站地形指數模式採用參數

參數名稱	參數
地表飽和土壤之水力傳導度 K0 (m/s)	0.005
11 月至 4 月 模式參數 (m)	0.1
5 月至 10 月 模式參數 (m)	0.1
11 月至 4 月根系層之最大容許貯蓄量 Srzmax (m)	0.01
5 月至 10 月根系層之最大容許貯蓄量 Srzmax (m)	0.01

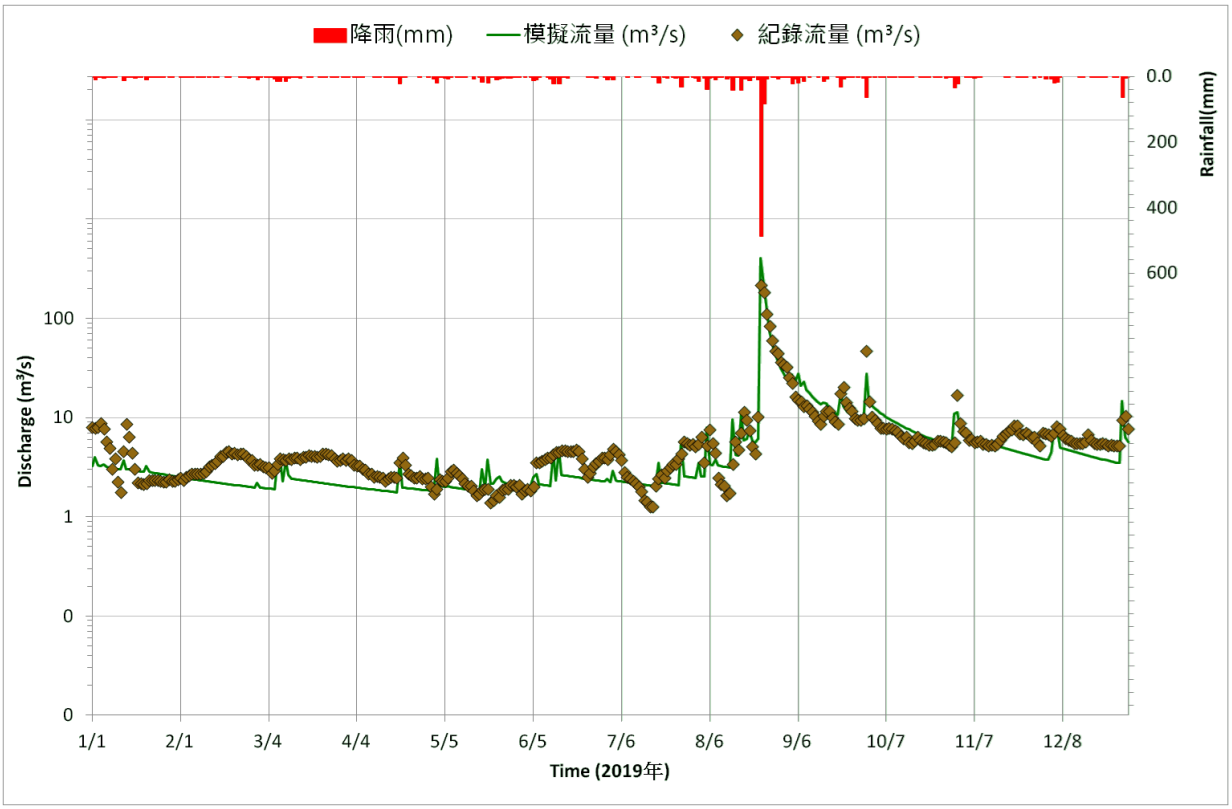


圖 4-32 崙天大橋站 2019 年日流量紀錄與 TOPMODEL 模擬流量

3、參數驗證

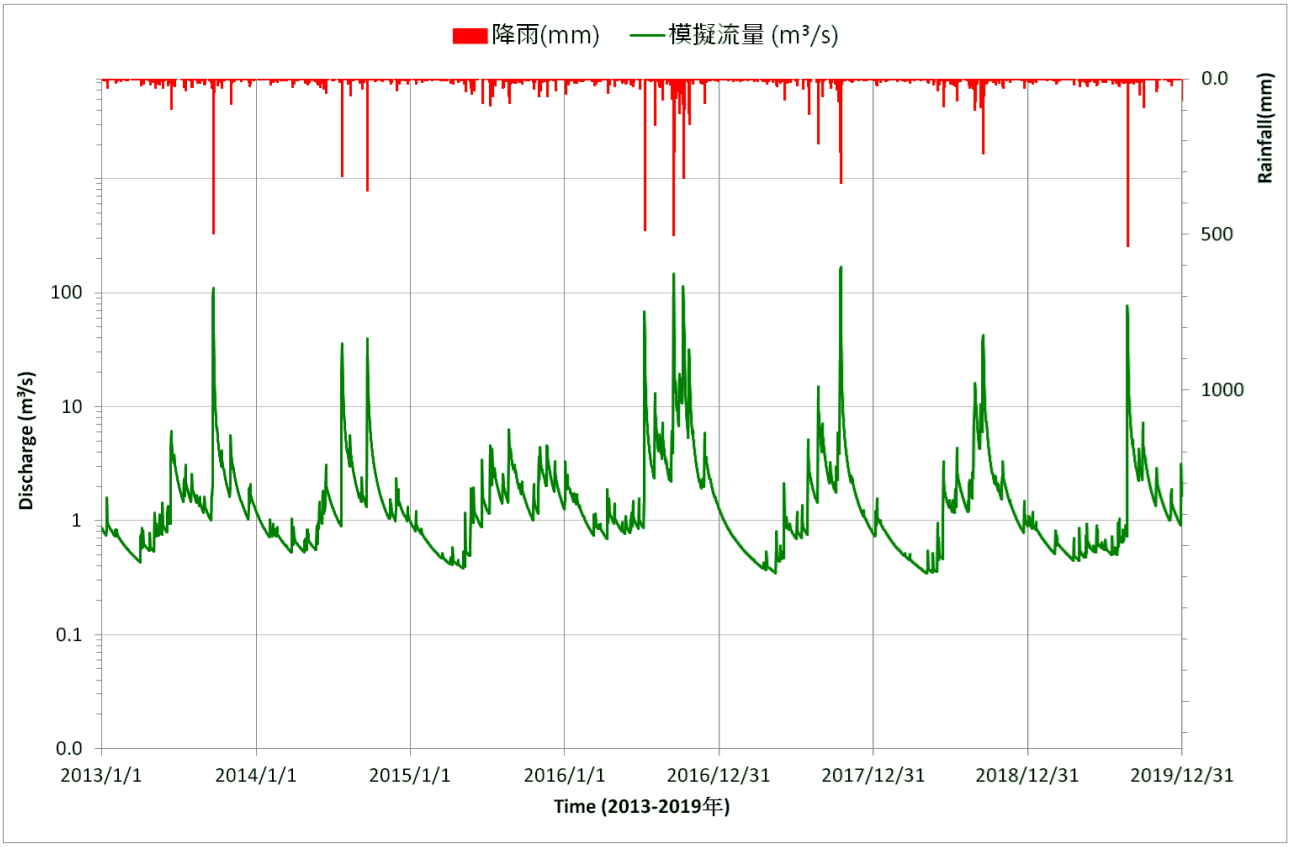


圖 4-33 TOPMODEL 鱉溪 2013-2019 年日流量模擬

使用崙天大橋站之地形指數模式參數於鱉溪流域，再輸入鱉溪合成雨量(表 4-2)，可得到鱉溪流域之長期日流量歷線。氣象局豐南雨量站始自 2012 年，但第 1 年需用來讓模式穩定，故僅採用 2013-2019 年之模擬成果，如圖 4-33。

「鱉溪環境營造規劃」計畫(九河局，106 年)曾於 2016-2017 年間，取得 12 筆富池橋下的鱉溪實測流量。比較實測值與該期間地形指數模式之平均日流量模擬，結果如圖 4-34 及表 4-10。其中模擬流量為日平均值，而實測流量為單一時間點之觀測值。實測流量包含 2016 年 7 月 10 日尼伯特颱風及 10 月 10 日梅姬颱風後豪雨之尖峰流量後觀測值，皆與模擬流量大致吻合，顯示 TOPMODEL 可適切掌握降雨事件後之流量衰減過程，強化 KW-GIUH 及 DUH 未考量之中間流。其餘 10 個觀測值發生於平時，可能受農業取水與回歸水較大的影響。由整體趨勢推測，模擬結

果可相當程度反映鱉溪之長期日流量。

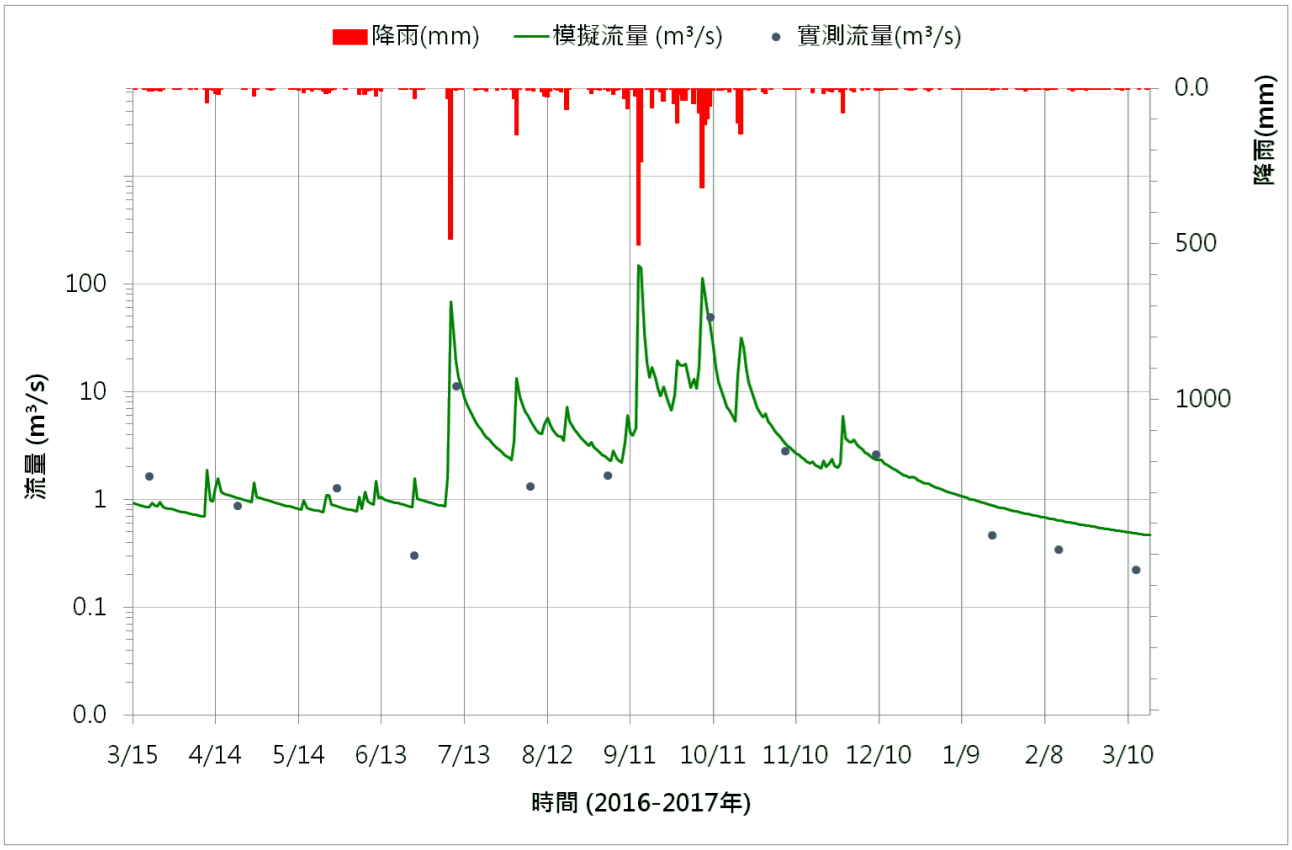


圖 4-34 TOPMODEL 2016-2017 模擬鱉溪日流量與實測值

表 4-10 TOPMODEL 模擬流量與實測值之比較

日期	模擬流量(cms)	實測流量(cms)	備註
2016/3/21	0.85	1.64	
2016/4/22	1.03	0.87	
2016/5/28	0.86	1.27	
2016/6/25	1.55	0.30	
2016/7/10	19.22	11.14	尼伯特颱風
2016/8/6	5.31	1.32	
2016/9/3	2.38	1.66	
2016/10/10	42.08	48.83	梅姬後豪雨
2016/11/6	3.35	2.82	
2016/12/9	2.31	2.60	
2017/1/20	0.88	0.46	
2017/2/13	0.64	0.34	

4、天然流量情境設定

本計畫以 TOPMODEL 完成鱉溪流域 2013 年至 2019 年的長

期日流量模擬。以各年 6 月至 10 月為豐季，1 月至 5 月為枯季，各年雨量及日流量統計如表 4-11。

模擬期間 2015 年總雨量最少，平均日流量也最低，主要因為該年度豐季沒有大型降雨事件。但以枯季天然基流量而言，則以 2018 年最低，其 95%超越機率流量(Q95%)及 1-5 月枯季平均值，均為各年中最低。模擬期間之最小日流量發生在 2018 年 5 月 7 日，為 0.343cms，且各年之最小日流量差距不大，由此推測鱉溪之天然基流量於最枯旱期也不易發生斷流。

表 4-11 鱉溪 2013-2019 年日流量統計

年份 / 統計項目	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	平均
年合成雨量(mm)	2193	1939	1577	4130	2330	2046	1837	2293
最小日流量(cms)	0.43	0.53	0.38	0.69	0.35	0.34	0.45	0.45
95%超越機率(cms)	0.50	0.56	0.41	0.78	0.38	0.36	0.48	0.50
1-5 月枯季平均(cms)	0.69	0.72	0.62	1.12	0.58	0.57	0.63	0.70
平均日流量(cms)	2.31	2.04	1.43	5.21	2.70	2.09	1.76	2.51
6-10 月豐季平均(cms)	4.11	3.68	1.86	10.34	5.28	3.89	3.02	4.60

根據上述模擬結果，本計畫設定四種天然流量情境，以供後續用水方案分析：

(1) 情境 A：2013-2019 年枯季平均流量(0.702cms)

(2) 情境 B：2018 年(枯水年)枯季平均流量(0.57cms)

(3) 情境 C：2018 年(枯水年) 95%超越機率流量(0.363cms)

(4) 情境 D：2015 年(枯水年)豐季平均流量(1.86cms)

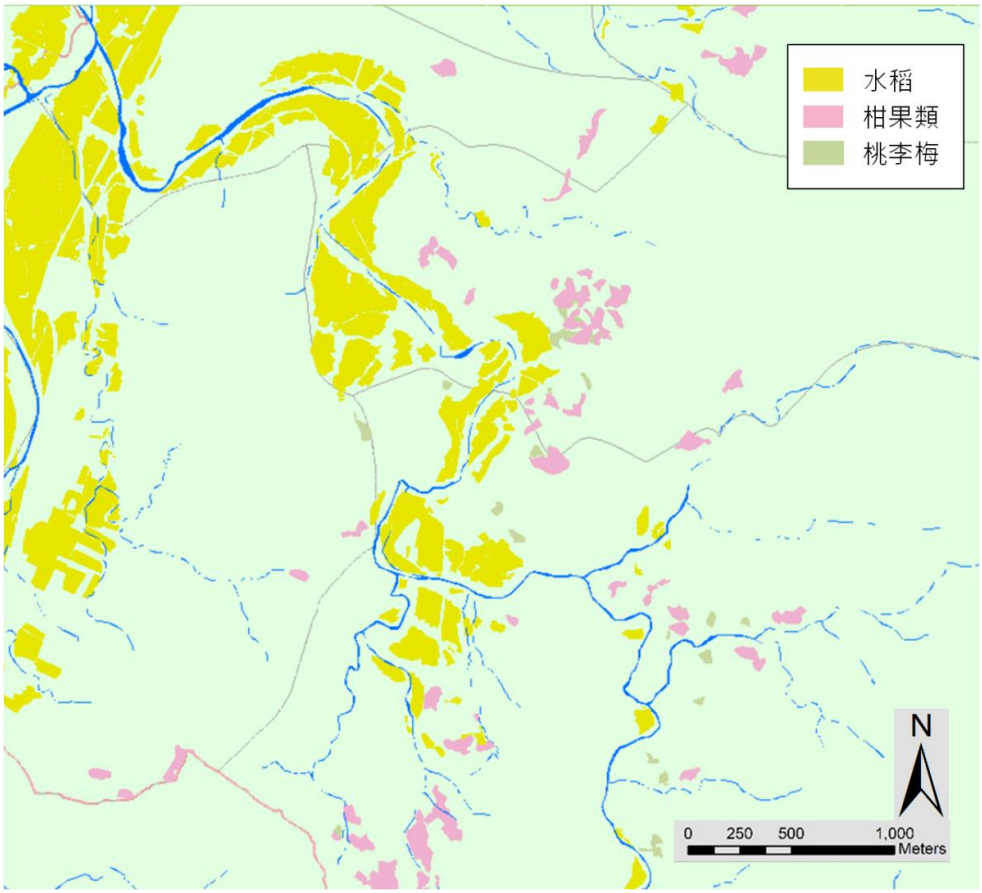
尋找近年鱉溪出口最接近這些流量的日期，再輸入各子集水區之合成降雨，可透過 TOPMODEL 得到上述日期鱉溪各控制點之天然基流量，其成果如表 4-12。

表 4-12 四種天然流量情境下各控制點之流量(cms)

控制點	情境 A	情境 B	情境 C	情境 D
鱉溪出口	0.698	0.57	0.363	1.86
搭不烏拉溪匯流前(斷 19)	0.665	0.537	0.339	1.721
臭水溝匯流前(斷 42)	0.533	0.434	0.269	1.337
石厝溝匯流前(斷 50)	0.348	0.284	0.176	0.873
搭不烏拉溪出口	0.037	0.031	0.02	0.098
臭水溝出口	0.058	0.049	0.035	0.156
石厝溝出口	0.166	0.136	0.084	0.419

(二) 農業用水需求分析

鱉溪流域農作種類以水稻為大宗，分布於沿岸河階，部分山坡地開闢為水梯田，並有零星桃李梅樹及柑果等果樹種植。由於果樹、梯田多引用山溝水源後再排回水系，對鱉溪主流影響較小，本計畫僅估算河谷內水稻之用水需求。



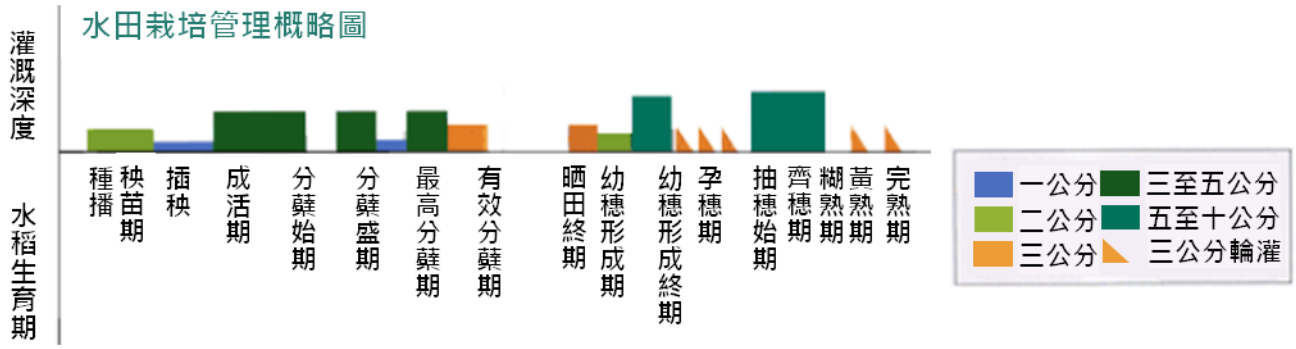
資料來源：農委會農業試驗所(https://farmcloud.tari.gov.tw/SOA/index.aspx)

圖 4-35 鱉溪流域作物分布圖

1、慣行農法需水量

台灣慣行之水稻栽培，於不同生育階段有不同的灌溉需求，

如圖 4-36。一般一期稻作為 12 旬 120 天，對灌溉需求最高的時間約為第 9 旬的齊穗期。



資料來源：農委會農田水利處，本計畫製圖

圖 4-36 水田栽培管理概略圖

陳清田、甘俊二(1997)應用國際灌溉排水協會於 1994 年公佈之 Penman-Monteith 估算法，考量水稻各生育階段之作物需水係數，以 40 年的氣象資料，建立台灣各地水稻於不同期作下之旬別需水量，以花蓮地區而言，建議之平均值如表 4-13。此「作物需水量」係指慣行農法灌溉管理下，作物葉面蒸散與地面及水面蒸發量之和。

表 4-13 花蓮地區水稻旬別作物需水量

旬別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第一期	2/21	3/2	3/12	3/22	4/1	4/11	4/21	5/1	5/11	5/21	5/31	6/10
需水量(mm)	10	17	22	42	41	46	49	50	52	51	41	36
第二期	7/21	7/31	8/10	8/20	8/30	9/9	9/19	9/29	10/9	10/19	10/29	11/8
需水量(mm)	50	65	73	97	84	80	69	56	47	35	24	16

資料來源：陳清田、甘俊二(1997)

「田間需水量」為作物需水量加上土壤的滲透損失。鰲溪沿岸的土壤種類頗多，主要為利吉層區域內的重黏土、東里系黃壤，以及黑色風化土(臺灣省政府農林廳山地農牧局，1984)。根據在地經驗，土壤漏水與田地的經營時間有直接關係。鰲溪沿岸大都是老田區，民國八十年代以前又大量使用化學肥，田底 20~30 公分處為鐵錳聚積層，形成一層不透水的紅土層，因此保水良好，滲

透損失量較少，估計每日 4mm。

「需取用水量」則為田間需水量加上灌渠的輸水損失。根據過往花蓮水利會統計，鷺溪流域的輸水損失率約為 30%。鷺溪流域之水稻第一期種植期間約為二月初至六月初，第二期種植期間約為八月初至十一月初，每期各 12 旬。經計算鷺溪流域水稻各旬每日每公頃用水量如圖 4-37。

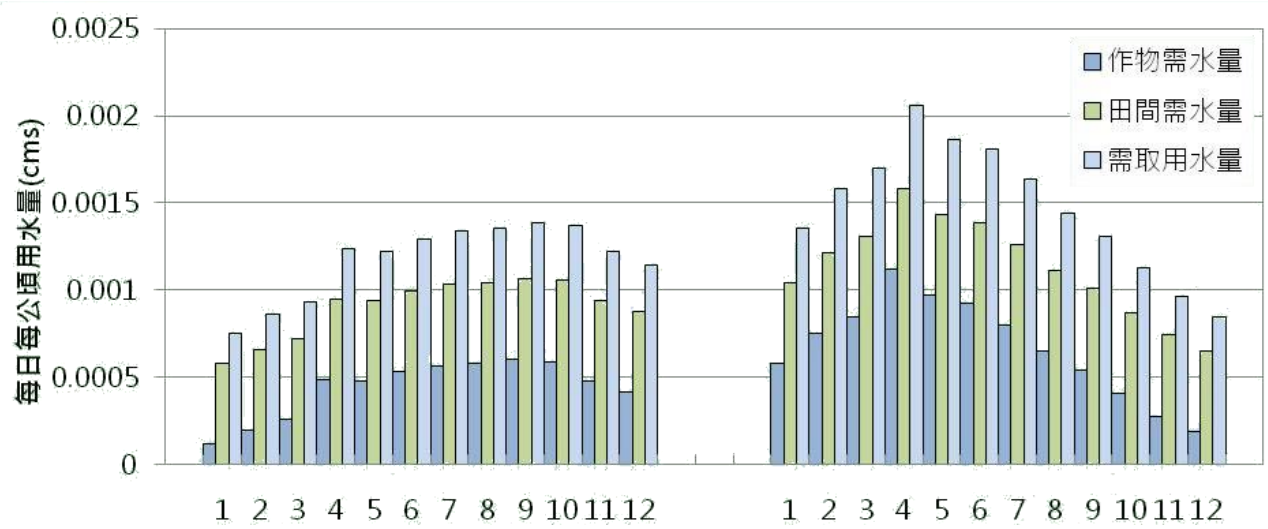


圖 4-37 鷺溪流域水稻各旬每日每公頃用水量

2、需水量與水權量之比較

根據《水利法》第 17 條，水權量以事業所必需者為限。然而氣候水情、土壤狀況、作物種類、休耕或耕作行為改變等等因素，都會影響實際用水量，因此一般執行上，水權為取用水量的上限，與實際用水量有 1.5~2 倍的差距(農委會，104 年)。灌溉水權量的估算方法，依《水權登記審查作業要點》附件「各用水標的事業所必需用水量參考資料」，如下式：

$$\text{每日引用水量 } Q=\frac{\text{灌溉面積(公頃)}}{\text{灌溉率(公頃/秒立方公尺)}}\times\frac{24\text{（小時）}}{\text{每日用水時間（小時）}}\times\frac{100}{100-\text{輸水損失率（\%）}}$$

式 4-2

其中灌溉率可視為簡化後田間需水量的倒數，受土質及作物種類影響，如表 4-14。前花蓮農田水利會富里工作站以壤土申請，

使其水權與實際需水量之間尚有一段距離。

以圖 4-37 為基準估算鱉溪主流各取水點之需取用水量，並與各取水點之水權量相比較，結果如圖 4-38。其中五座抽水站之水權量低但灌溉面積大，因為水權申請時需配合抽水機的馬力設定，而與抽水機搭配的攔河堰往往水權量高而灌溉面積小。實際操作時，往往視需要調整水權配置，故五座抽水機與其支援的攔河堰合併計算，以符合實際操作現況。

表 4-14 不同土壤分類之灌溉率

土　質	粒徑<0.005mm 百分比(%)	滲透損失量 (mm/day)	灌溉率(ha/cms)		
			稻作	甘蔗	雜作
砂質礫土	0-3.3	150.00	55	165	220
礫質砂土	3.3-6.6	43.70	175	525	700
砂　　土	6.6-9.9	25.00	280	840	1,120
壤質砂土	9.9-13.2	15.90	400	1,200	1,600
砂質壤土	13.2-16.5	11.50	470	1,410	1,880
壤　　土	16.5-19.8	8.80	580	1,740	2,320
黏質壤土	19.8-24	6.85	680	2,040	2,720
壤質黏土	24-30	5.24	780	2,340	3,120
黏　　土	30-36	4.04	860	2,580	3,440
中 黏 土	36-44	3.16	940	2,820	3,760
重 黏 土	44-54	2.45	1,080	3,240	4,320

資料來源：各用水標的事業所需合理用水量檢討及其計算系統改善計畫(2/2) (水利署，103 年)

其中永豐圳 6 支 6 分、6 支 2 分、6 支 3 分及 8 支 3 分的水權正在核定中，其申請之水權量皆高於需取用水量。已核定水權中，富里圳 2 支(2-A 攔河堰)、永豐圳 8 支 1 分(30-A 攔河堰)、永豐圳 2 支(石厝溝)及永豐圳 1 支 7 分(四維橋上游攔河堰)之水權與需取用水量之間尚有一段差距。其餘取水點之核定水權總量皆略高於需取用水量。

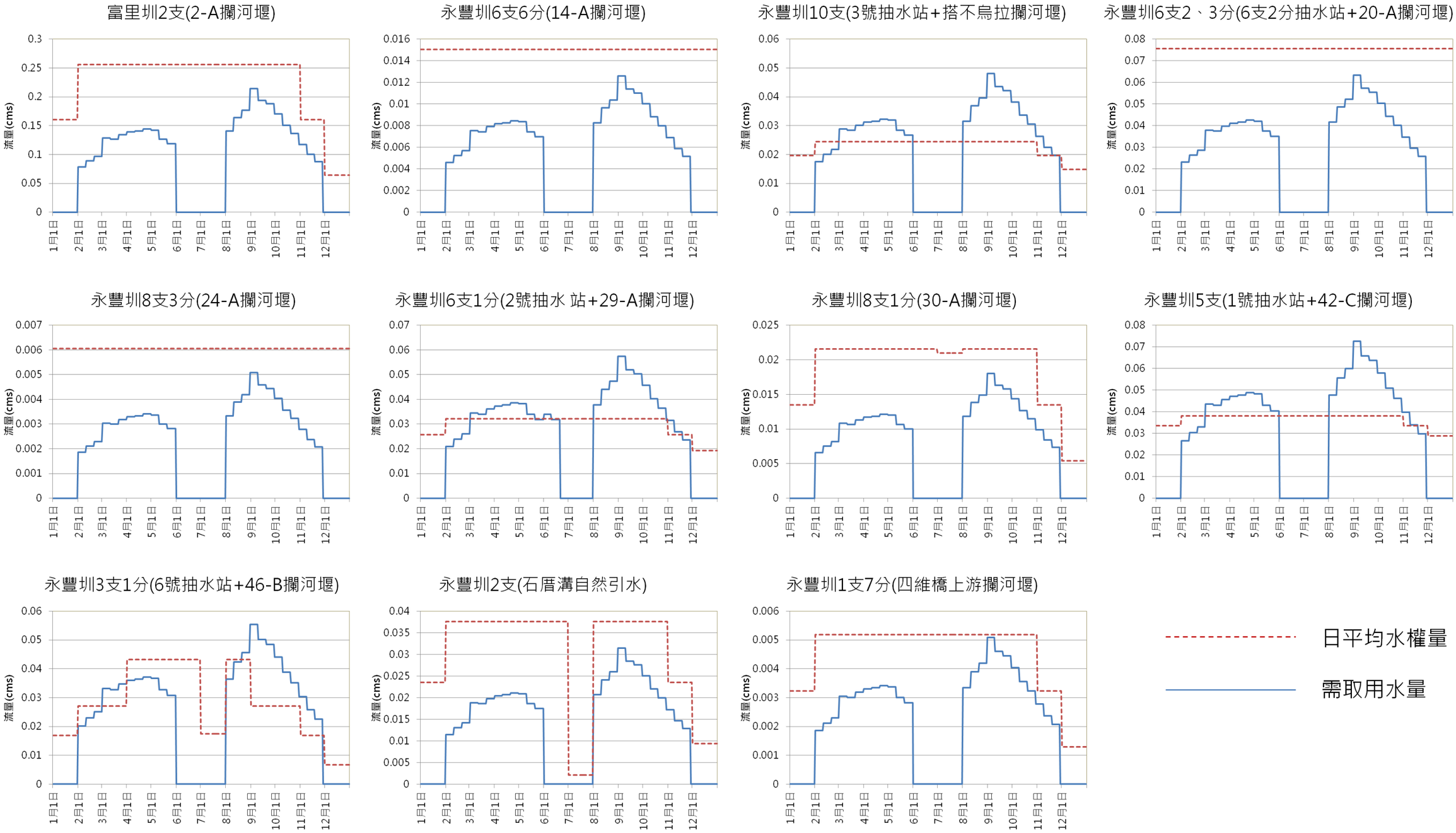


圖 4-38 鱉溪主流各取水設施日平均水權量與需水量

3、省水稻作需水量

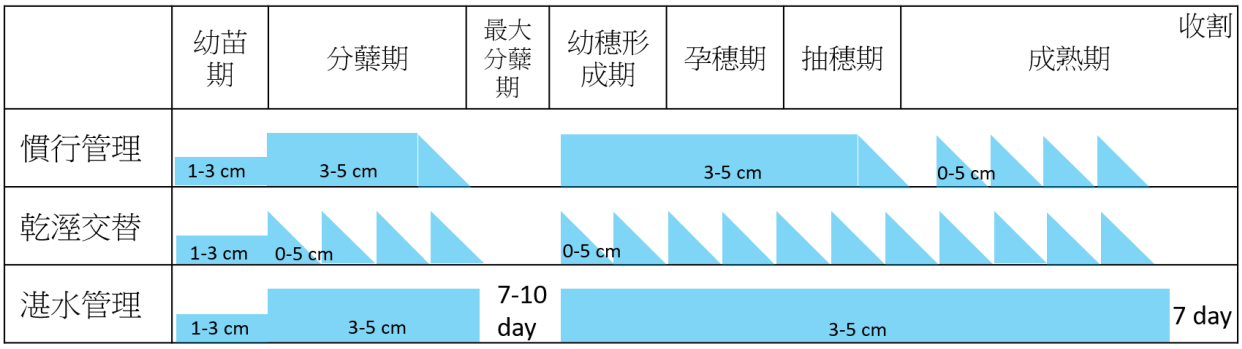
(1) 台灣其他地區成果

農委會農田水利處於 98~101 年辦理「強化水稻用水栽培體系可行性評估及其對水資源之影響」計畫，蒐集國外作法，將慣行農法、深水密植(Deep water management practice, DMP)及水稻強化體系(System of Rice Intensification, SRI)三者進行田間試驗及推廣比較。一般慣行農法在抽穗前讓秧苗泡在 5 公分水裡，最大分蘗期排乾田面，孕穗期再維持 5-10 公分的湛水，孕穗期後採用間斷灌溉。SRI 農法則主張插秧後多晒田，乾濕交替之間斷灌溉以 2 公分水深為限，讓水稻根系發展強壯；孕穗期採續灌，維持約 5 公分水深，孕穗後再乾濕交替。該研究建議一期作以 SRI 乾濕交替管理，可節省 25%以上的田間灌溉用水量；二期作則配合雨季執行深水密植高水深管理，可增加 16%~28%有效雨量，同時藏水於田。

除田間水管理外，SRI 農法主張人工插秧及除草，種植密度及施肥方式也與慣行農法有所不同，因此尚可提高產量，故在台灣也陸續獲得改良推廣。例如屏東科技大學研發益生菌 SRI 農法，在台南、台東關山進行二期稻作實驗，結果發現水稻產量增加 25%以上，且透過精準給水，約可省下 3 到 5.5 成用水量(屏東科技大學，2017)。

(2) 花蓮農改場實驗

花蓮區農業改良場推廣較簡易的乾濕交替灌溉，自分蘗期曬田後開始進行，將水灌至地面上 5 公分後停水，待水面降至地表下 15 公分處再行灌水，如此操作直至收割前曬田為止。該實驗灌溉方法與慣行管理比較如圖 4-39 所示。105 年二個期作的試驗結果顯示，乾濕交替與慣行管理在產量及米質上沒有顯著差異，在用水量方面，於枯水期的一期作可節省 33%的用水，豐水期的二期作可節省 15%的用水。此方法僅改變灌溉水量，對農民來說較易接受。



資料來源：花蓮區農業改良場

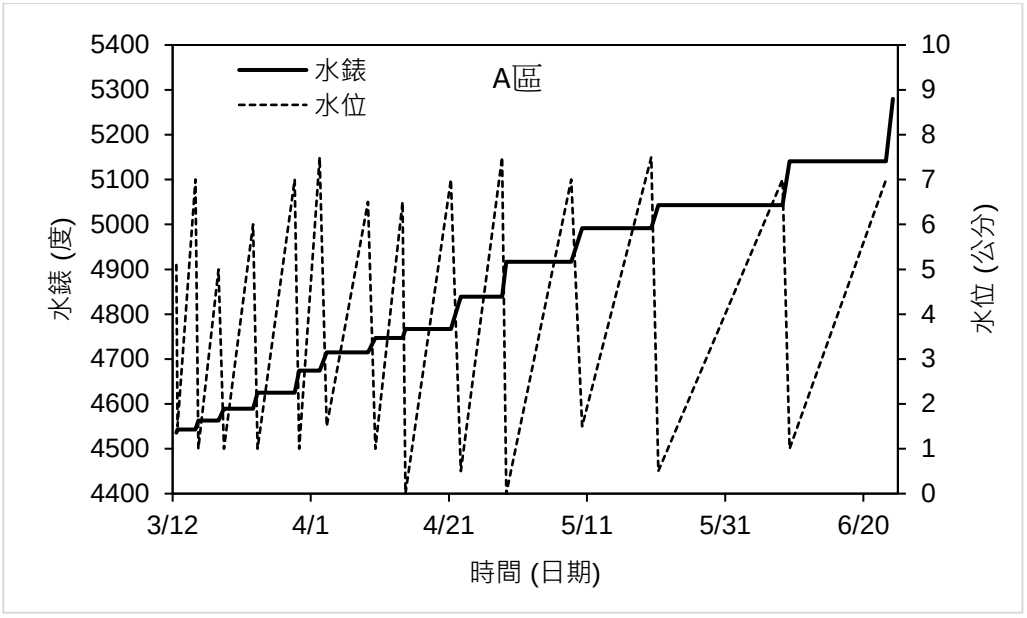
圖 4-39 花蓮區農改場於鱉溪河川地試行之乾濕交替灌溉法

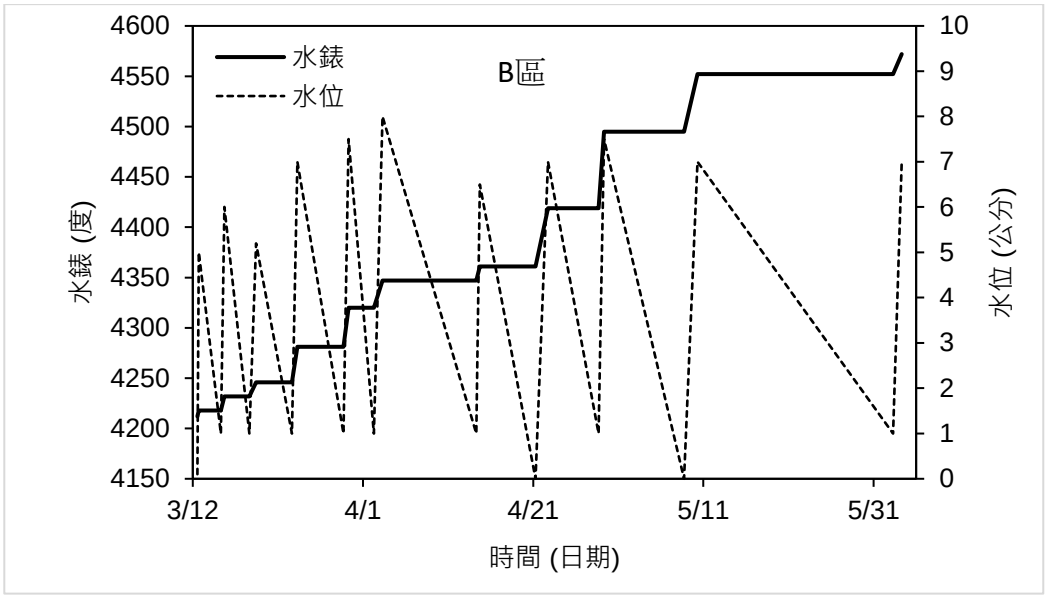
(3) 鱉溪節水農作試驗

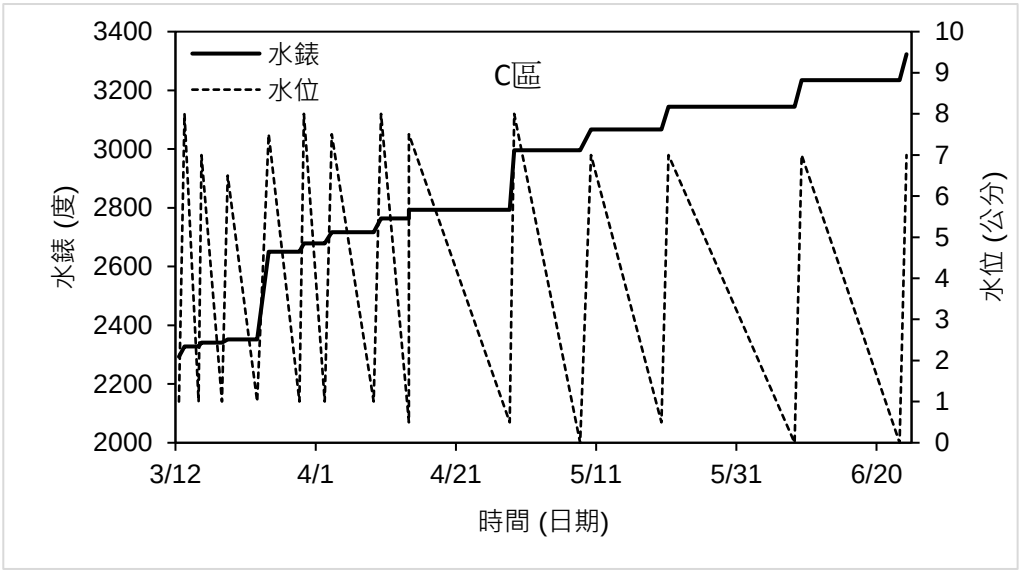
109 年第九河川局與花蓮農業改良場合作，於復興橋上游右岸河川公地，實施一期稻作節水農法的實驗。該實驗分成三個田區，面積各 0.51 分，A 區與 B 區為節水田，採乾濕交替灌溉，C 區為一般灌水田(圖 4-40)。三個田區都裝設水錶量水，並已於 109 年 6 月順利收成。各田區之用水量與水位紀錄如圖 4-41。由紀錄可知，A、B 田區在水稻成長階段比 C 區湛水水位略低，由於是請在地農友照料，並沒有真正依水位 0-5cm 的原則實施乾濕交替管理，但即便如此，也已有顯著成效。

資料來源：洄瀾風生態有限公司

圖 4-40 鱉溪省水栽培實驗田區配置圖







資料來源：洄瀾風生態有限公司

圖 4-41 節水農法實驗各田區用水量與水位紀錄

表 4-15 各田區用水量比較

	A 區(節水田)	B 區(節水田)	C 區(灌水田)
用水量(噸)	456	360	1030
節水率	1.70%	22.40%	-122.20%

本計畫以每日 4mm 入滲率及陳清田、甘俊二(1997)建議之作物需水量，估算鱉溪河谷田間需水量為每公頃 9370m^3，即 0.51 分需要 464m^3。與此值相比，A 區節省 1.6%，B 區節省 22.4%，C 區則用了 2.22 倍的水量(表 4-15)。在收成方面，各田區沒有顯著差異。

此結果顯示，鱉溪目前慣行的灌溉方法相較於台灣一般作法，仍有許多節水空間，若落實乾濕交替管理，對於節水將有實質的效益。

4、智慧水管理需水量

水利署近年亦積極推動水利與農業跨域合作，更在前瞻基礎建設之數位建設中，規劃優先於水資源競用核心區推動水資源物聯網應用，以精進灌溉節水管理效能。例如「精進灌溉節水管理技術——以嘉南灌區為例」(南水局，106 年)利用物聯網技術蒐集田間水文、氣候資料，做為大數據統計決策分析資料庫，以建構中央智慧管理平台,利用即時觀測與傳輸之資料分析灌區需水量，回饋指揮輸水渠道控制設備，達成精準掌握灌溉用水與配水量之目標。

該計畫應用於 106、107 年二期稻作之成果指出，智慧水管理試驗區之灌溉用水量較對照組可節餘 13.8%~19.3%，且對產量未有顯著影響；在水路配水管理上可再節餘 5%~ 13%之水量。107 年一期稻作期間水情嚴峻，前嘉南水利會積極動員掌水工與工作站人員加強巡邏，依據輪灌配水計畫嚴格管控坵塊取水，期間供灌 77 日，停灌 49 日。在此情況下，田間實驗組仍較對照組再節餘 2.9%~7.2%之水量，於水路配水管理上可再節餘 2%~5%。

三、生態基流量考察

(一) 基流量條件設定

從上述天然日流量考察與農業用水需求分析可知，第一期稻作的第九旬為用水高峰，而此時亦值四、五月之枯季。考量鱉溪本來並非旱季會伏流或斷流之河川，需維持水體及營養鹽流動，以避免水溫增高、優養化等負面影響。近年氣候暖化，高溫可能於五、六月即到來，水深過淺亦使魚類不易移動至潭區躲避高溫，而導致熱衰竭。

此外，指標物種日本禿頭鯊之仔魚每年四、五月起自秀姑巒溪河口往上游移動，至鱉溪流域通常已是七、八月的雨季，但若遇到無大型降雨事件的枯水年，又遭逢第二期稻作之第四旬用水高峰，需確保其上溯路徑有足夠的水深，若水深不足則上溯期間易受天敵捕食。一般而言，水深應達魚類身高的三倍。

本計畫設定前述四種天然流量情境下，河道內剩餘流量(生態基流量)需滿足之條件，如表 4-16。考量日本禿頭鯊身高可達 5 公分，上溯季節的連續水深需達 15 公分。

表 4-16 鱉溪生態基流量條件設定

情境	河口天然流量(cms)	全河段連續水深(m)	關鍵時期
A	0.702	0.10	一期稻作第九旬
B	0.57	0.08	一期稻作第九旬
C	0.363	0.05	一期稻作第九旬
D	1.86	0.15	二期稻作第四旬

(二) 用水情境設定

由圖 4-38 需水量與水權量之比較可知，目前有些取水點之各旬水權量均高於需水量，亦有部分取水點旬別水權量可能低於需水量，但全年水權量可供應灌溉所需。考量實際操作時調配需求，本計畫設定以下五種用水情境。

1、用水情境 1：以各旬需水量或水權量較高者為上限。此情境能滿足灌溉所需，且有多餘水量可實施「藏水於田」(多餘之水不回

歸鱉溪)。

2、用水情境 2：以各旬需水量為上限。此情境在慣行農法下，可完全滿足灌溉所需。

3、用水情境 3：以省水稻作需水量為上限。省水稻作節省的是作物需水量，連帶使得田間需水量與需取用水量都可降低。回顧前節省水稻作相關研究，設定其節水效益對於一期作為 30%，對於二期作為 15%。

4、用水情境 4：以智慧水管理需水量為上限。智慧水管理的效益一部分發揮在作物需水量，一部分發揮在圳路的配水管理。回顧前節智慧水管理相關研究，設定其節水效益為減少作物需水量 17%，減少輸水損失 9%。

5、用水情境 5：以省水稻作加智慧水管理下的需水量為上限。此時一期作的作物需水量可節省 41.9%，二期作的作物需水量可節省 29.45%，輸水損失可減少 9%。

(三) 河道內剩餘流量

根據上述四種天然流量情境與五種用水情境，可計算不同組合情境下，各取水點上游與下游之河道內流量。例如表 4-17 為「A2 情境」，即鱉溪出口天然流量為 0.7cms(天然流量情境 A)之下，於一期稻作第九旬以需水量為上限(用水情境 2)之河道內流量。其中「回歸量」為「需取用水量」減去「作物需水量」，即假設土壤滲透損失或管線輸水損失之水量，皆於下個取水點之前回歸下游河道。然而 2-A 攔河堰引水灌溉的是下游秀姑巒溪畔的農田，故取用後不會再回歸鱉溪。此時鱉溪出口流量為 0.454cms，天然流量為 0.702cms，剩餘流量比為 64.7%。

本計畫整理各種組合情境下，鱉溪出口的剩餘流量比，結果如表 4-18。智慧水管理有一部分的效益發生在減少輸水損失，在計算中這也使得下游回歸水量減少，因此對於枯季的河道基流量而言，其省水效果略低於省水稻。在 C1 情境下，天然流量最低而用水量最大，鱉溪出口流量為負值。在 C5 情境下，即便極度枯旱，若同時使用省水稻與智

慧水管理，則河道內尚可餘留一半以上的流量。

表 4-17 A2 情境下河道內剩餘流量

編號	控制點	上游流量	取用量	回歸量	側流量	下游流量
1	四維橋上游攔河堰	0.3510	0.003415	0	0	0.3476
2	石厝溝取水口	0.1680	0.021128	0.01194	0	0.1588
3	46-B 攔河堰	0.5064	0.037186	0.00193	0.009	0.4801
4	42-C 攔河堰	0.4801	0.048781	0.02102	0.009	0.4614
5	臭水溝出口	0.0590	0	0	0	0.0590
6	30-A 攔河堰	0.5204	0.012115	0.02757	0.036	0.5718
7	29-A 攔河堰	0.5718	0.038575	0.00685	0	0.5401
8	24-A 攔河堰	0.5401	0.003406	0.02180	0.022	0.5805
9	20-A 攔河堰	0.5805	0.042531	0.00193	0.015	0.5549
10	搭不烏拉溪攔河堰	0.0370	0.032276	0.02404	0	0.0288
11	14-A 攔河堰	0.5837	0.008451	0.01824	0	0.5935
12	2-A 攔河堰	0.5935	0.143948	0.00478	0	0.4543

表 4-18 不同情境組合下鱉溪出口之剩餘流量比

天然流量情境 / 用水情境	A (0.702cms)	B (0.57cms)	C (0.363cms)	D (1.86cms)
1(需水量或水權量)	37.90%	22.47%	-22.30%	74.05%
2(需水量)	64.71%	55.49%	29.56%	77.67%
3(省水稻)	72.80%	65.44%	45.19%	80.51%
4(智慧管理)	70.58%	62.71%	40.89%	81.59%
5(省水稻+智慧管理)	77.08%	70.73%	53.48%	83.88%

(四) 現況二維水理模擬

為了解這些情境是否能滿足生態基流量的需求，先以最寬裕的 D5 情境(河口天然流量進行二維水理模擬，各取水點位置設定如圖 4-42。

模擬結果顯示，在現有的河道條件下，橫向構造物仍然多處阻斷水流，構造物處水深為零，無法達成基流量條件設定。以蚊仔洞橋下游河段為例，其結果如圖 4-43。

這說明以目前構造物的形態，調整用水量雖增加河道內水量，但仍無法形成生物需要的連續水深。用水量需配合河相一同調整，才能滿足基流量條件設定，其水理模擬將於第七章探討。

圖 4-42 鱉溪取水點位

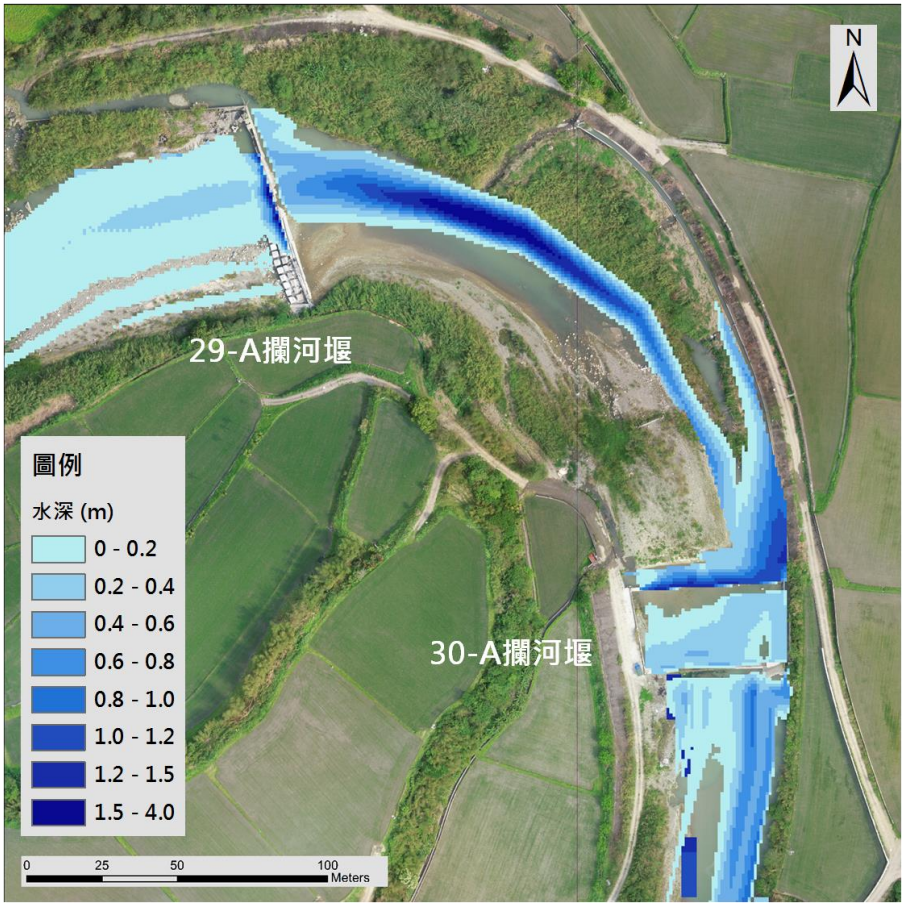
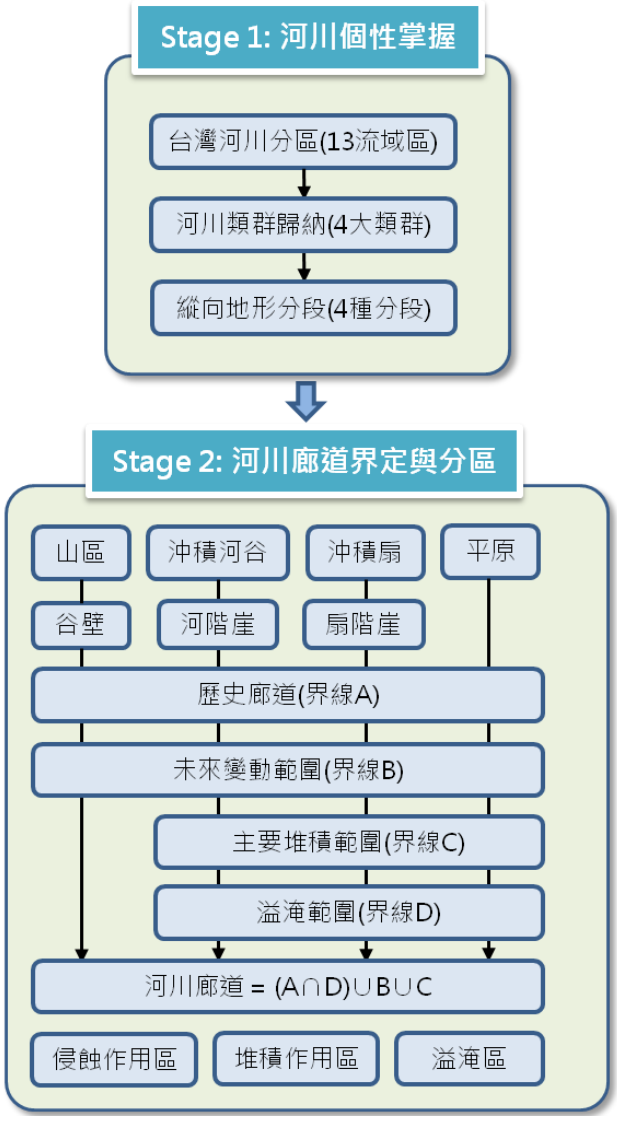


圖 4-43 蚊仔洞橋下游 D5 情境現況水深模擬

第五章 鰲溪河相剖析

本章深入探討鰲溪的物理棲地因子中，河相的量化分析。108 年水規所「河相學應用於河川治理規劃參考手冊」(簡稱河相手冊)第一、二階段之流程可完整適用於鰲溪(圖 5-1)。本章第一節從集水區與河段尺度掌握鰲溪的個性，第二節系統化地推求鰲溪的河川廊道。河川廊道的分析結果顯示現況之鰲溪距離健康河道尚有一段距離。第三節探討鰲溪河床沖淤變化，針對河床持續下切現象分析成因。第四節探討鰲溪的理想河相，以提供復育的願景與目標。



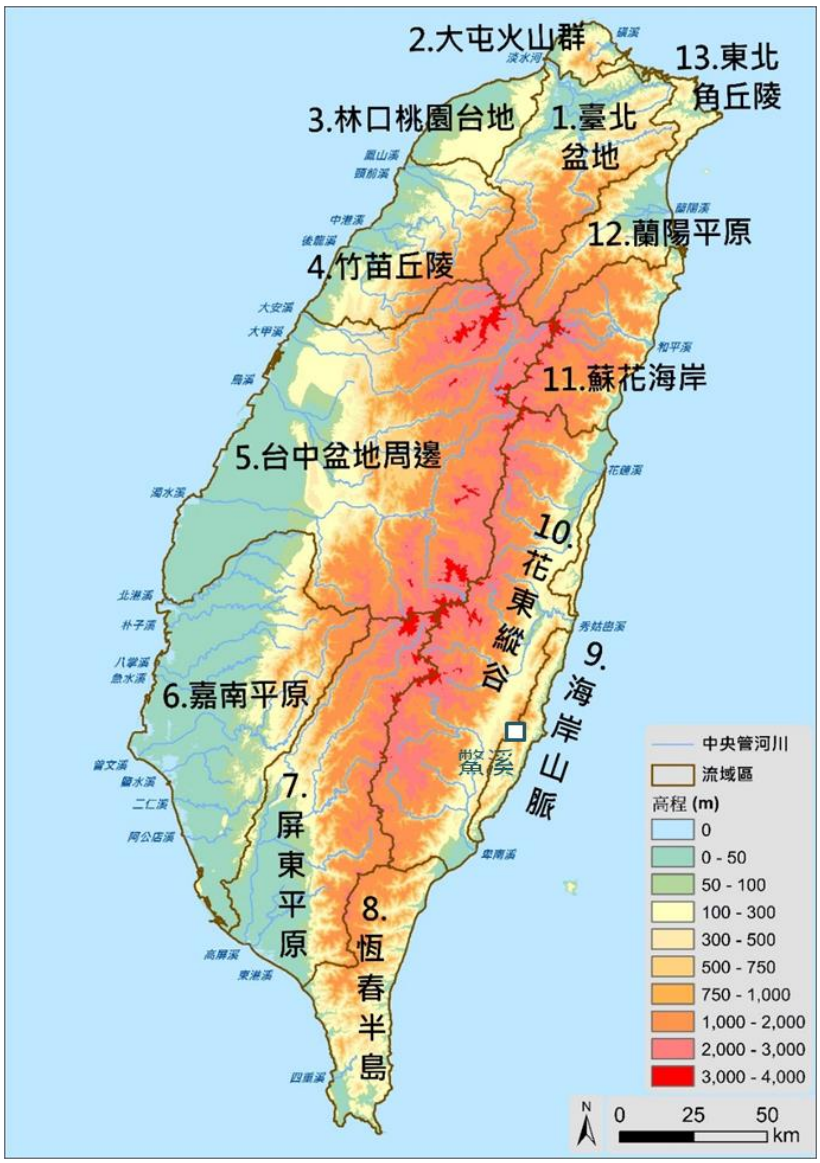
資料來源：河相學應用於河川治理規劃參考手冊(水規所，108 年)，本計畫修正

圖 5-1 順應河相之河川治理規劃流程圖

一、掌握鱟溪的河川個性

(一) 鱟溪的流域區

河相手冊整併地形、地質、水文條件類似的相鄰河川流域，將台灣島劃分成 13 個「流域區」(river basin district)，如圖 5-2。鱟溪發源並流經海岸山脈，雖匯入花東縱谷的秀姑巒溪，但在 13 流域區中，歸屬於「海岸山脈流域區」較為恰當。



資料來源：河相學應用於河川治理規劃參考手冊(水規所，108 年)

圖 5-2 台灣河川之流域區及鱟溪流域位置

(二) 鱟溪的河川類群

河相手冊依據河道平面型態、沖積扇發達程度、土砂量大小等特性，將台灣河川歸納為四個河川類群：平原曲流、獨立溪流、辮狀河

與失能河(圖 5-3)。在四大類群中，鱟溪屬於「獨立溪流」，其特點為小型河川、無平原河段、沖積扇不發達、土砂量較小。

類群	流域區	特色
一、 平原曲流	2：台北盆地 4：竹苗丘陵(小) 6：嘉南平原	地勢平緩，沖積河谷至平原皆為蜿蜒曲流，沖積扇不發達。
二、 獨立溪流	1：大屯火山群 8：恆春半島(小) 10：海岸山脈 13：東北角丘陵	小型河川，獨流入海／河，沖積扇不發達，土砂量較小。
三、 辮狀河	4：竹苗丘陵(大) 5：台中盆地周邊(大) 7：屏東平原 8：恆春半島(大) 9：花東縱谷 11：蘇花海岸 12：蘭陽平原	土砂生產量大，沖積扇發達，氾濫平原狹小，至平原仍為辮狀。
四、 失能河	3：林口桃園台地 5：台中盆地周邊(小)	因襲奪、改道而失去山區源頭的河川，為古沖積扇地形，土砂量較小。

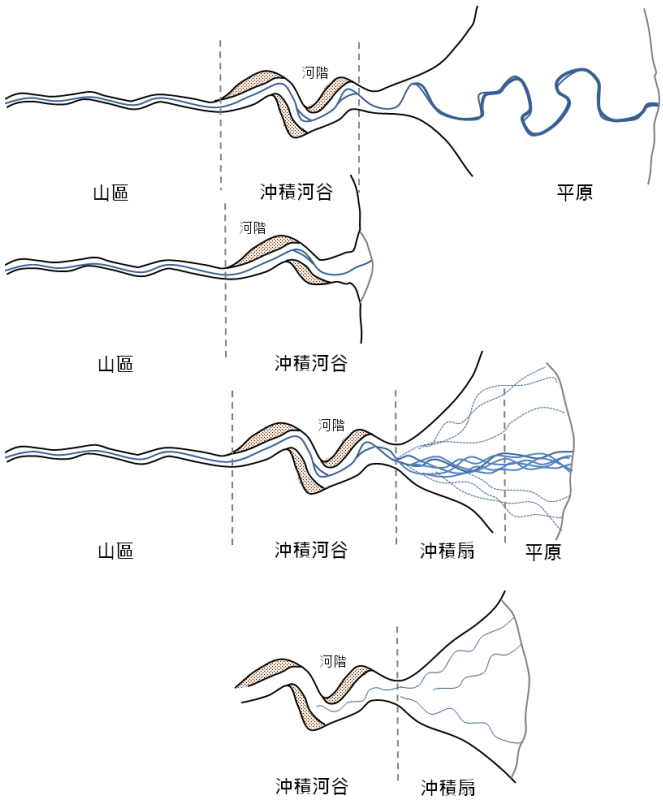


圖 5-3 台灣四大河川類群與河流地形模式圖

(三) 鱟溪流域的自然營力

以下依據河相手冊提出的岩性組成、構造運動、地形坡降、降雨特性等四項自然營力因子，描述鱟溪的能量與土砂生產特性。

1、岩性組成

鱟溪流域地質如圖 5-4，主要地層有都巒山層、蕃薯寮層／八里灣層及利吉層三種。Kao & Milliman (2008)將台灣地表主要之岩性組成簡化，並給予 2~6 之岩性強度分級，數值越大代表岩性越軟弱，可直接反映流域地層的抗蝕力。

都巒山層為安山岩質火山岩與火山碎屑岩或集塊岩所構成，堆積年代為 800-400 萬年前。小天祥峽谷和石厝溝一帶的都巒山層是鱟溪再積性火山碎屑岩，由受侵蝕風化的火山表面物質經搬運再堆積而成。流域東側上游近新港山頂的都鑾山層則由石門火山角礫岩構成，是海底火山噴發的產物。都巒山層岩質堅硬，岩性

強度為 3。石厝溝、中溝即發源於都巒山層，主要提供自山壁崩落的大型塊石(圖 5-5)。

蕃薯寮層與八里灣層沉積於都鑾山層之上，為源自碰撞造山帶的堆積物。蕃薯寮層為砂泥質的海底濁流岩，常見泥岩與砂頁岩互層，約沉積於 400-250 萬年前；八里灣層位於蕃薯寮層上部，為砂頁岩互層，約沉積於 250-100 萬年前。此二者岩質較弱，岩性強度為 5。臭水溝、瘋娘溝發源於此類地層，是鱟溪主要的卵礫石供應者(圖 5-5)。

利吉層分布於上述整套地層的西側，是泥岩混雜外來岩塊的混同岩，是板塊碰撞邊界的代表性產物。其生成年代與原因尚無明確共識,但學者多視此為近百萬年海岸山脈擠壓形成的過程中，海中底泥及岩塊被推擠上陸地的結果。鱟溪流域的利吉層岩性強度亦為 5。鱟溪下游及支流搭不烏拉溪流經利吉層，為下游提供較多泥砂細料(圖 5-5)。

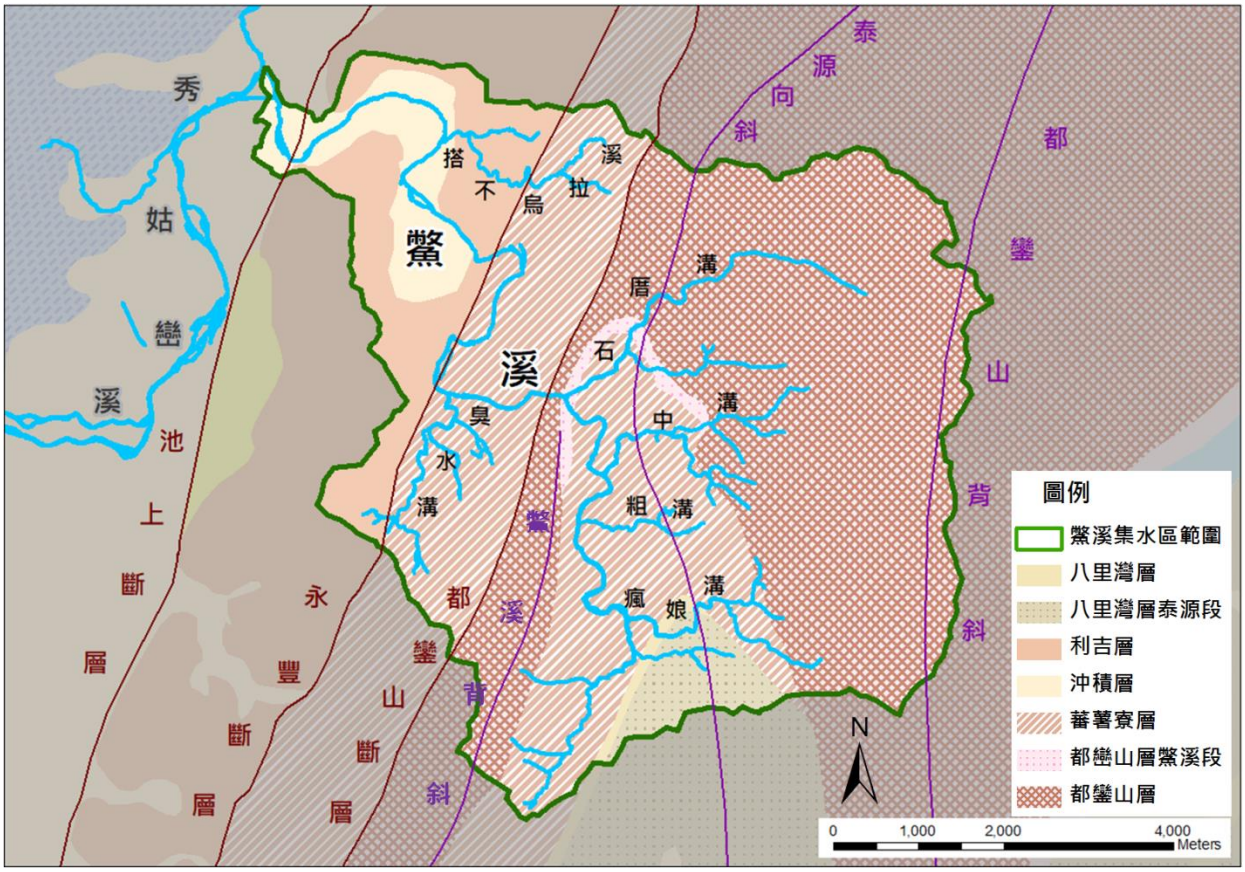


圖 5-4 鱟溪流域地質圖

石門橋上游之鱉溪(都巒山層)　　芎嶺橋上游之瘋娘溝(八里灣層)　　搭不烏拉溪上游(蕃薯寮層)

圖 5-5 鱉溪流域生產之代圖性河床質樣貌

2、構造運動

鱉溪流域有池上、永豐、都巒山三條斷層經過，皆為北北東走向。整體而言，鱉溪流域的斷層對土砂生產貢獻有限。

池上斷層是具左移性質之逆移斷層，屬第一類活動斷層，1951、2003 年都有地表錯動紀錄。池上斷層切過流域下游端的縱谷地區，對鱉溪的土砂生產影響不大。根據地質調查研究所的調查(經濟部，103 年)，池上斷層有持續的潛變現象，長期以每年 2 公分的速度抬升，以每年 3 公分的速度向西北方移動，是海岸山脈最活躍的斷層。未來若此斷層在鱉溪流域發生地表錯動，可能使河道出現遷急點。

永豐斷層是利吉層與蕃薯寮層的接觸面，在鱉溪有二個露頭，分別為永豐大橋與池豐大橋間的彎道(圖 5-6)，以及蚊仔洞橋下游彎道。永豐斷層並無活動紀錄。

都巒山斷層是都巒山層與蕃薯寮層的接觸面，在小天祥有露

頭。其可能是海岸山脈最古老的斷層，目前已不再活動。

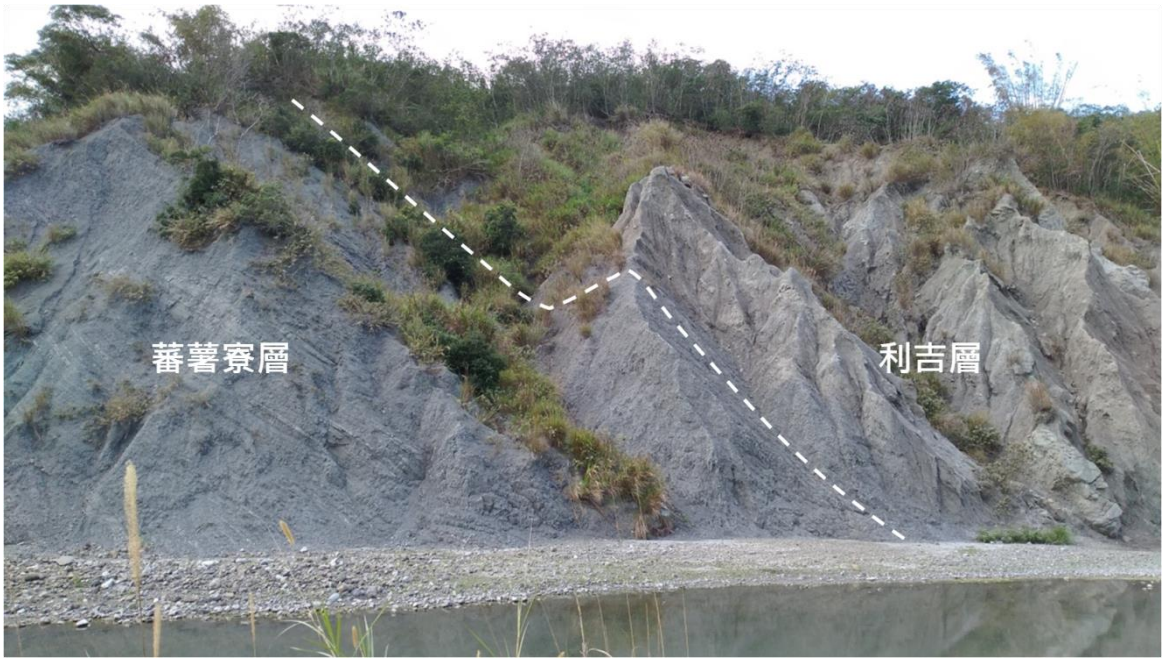


圖 5-6 臭水溝匯口附近之永豐斷層露頭

3、地形坡降

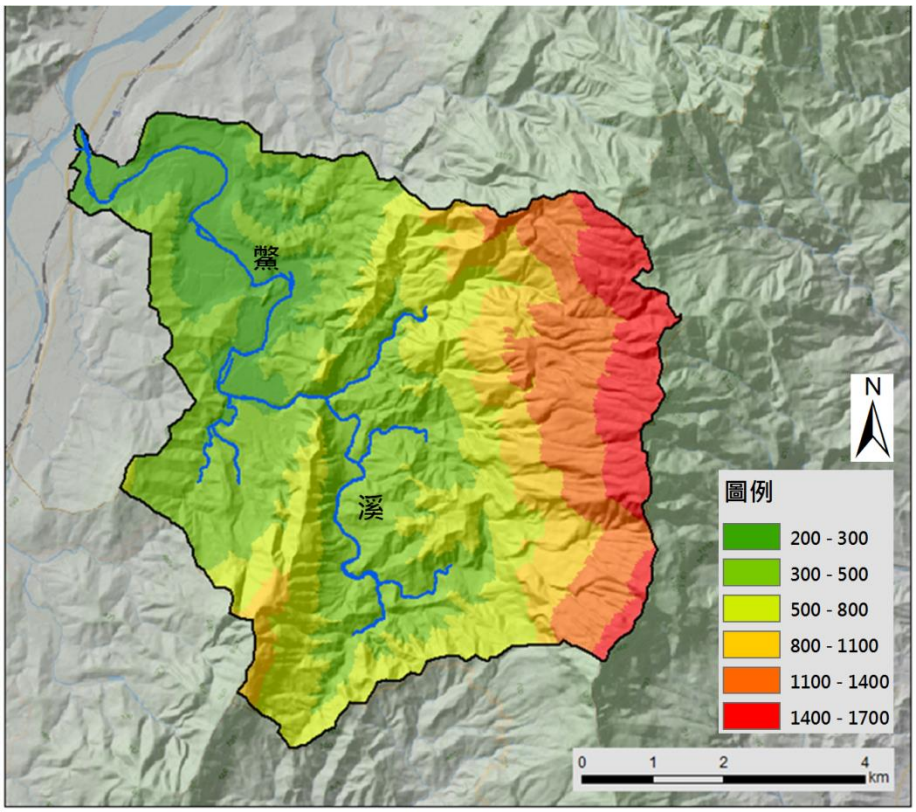


圖 5-7 鱉溪流域地形圖

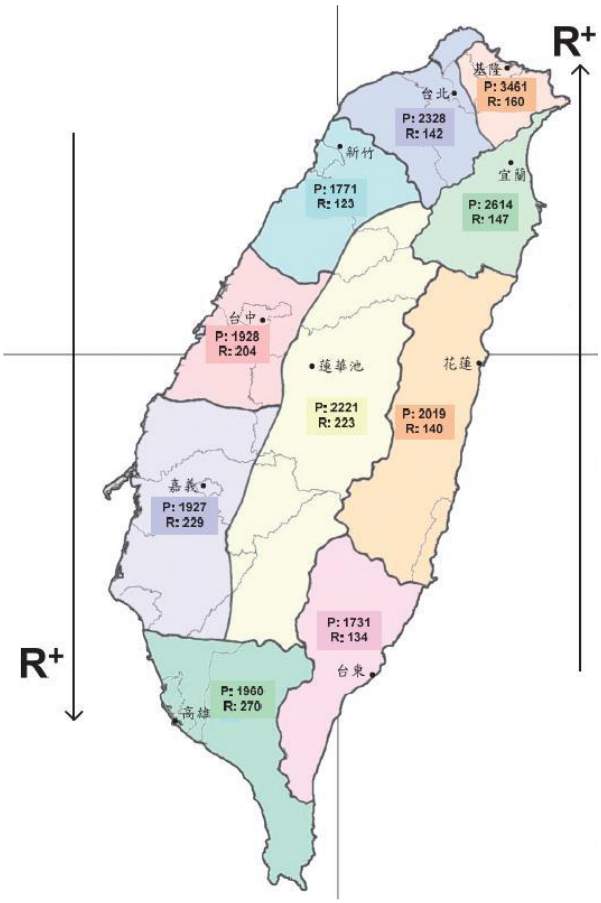
鱉溪流域地勢高程由東向西遞減，高程在 500m 以上地區佔流域的 50%(圖 5-7)。流域最高點為海岸山脈的最高峰麻荖漏山，海

拔 1682m，最低點為鱉溪出口，海拔 217m。流域的地形坡降，可用流域險峻值(Melton ratio)來表達(Melton, 1965)：

$$MR = H_b/\sqrt{A} \qquad \text{式 5-1}$$

其中 H_b 為流域最高點與最低點的高程差，A 為流域面積。流域險峻值可視為流域的平均坡降。鱉溪的流域險峻值為 0.21，在海岸山脈的溪流中屬中等險峻。北側的九岸溪流域險峻值達 0.3，雖然地質及降雨條件與鱉溪類似，卻因地形險峻而發展出小形沖積扇。南側的馬武窟溪則伴隨著海岸山脈的抬升，發育出極為發達的掘鑿曲流，流域形態大致平行海岸山脈，流域險峻值僅 0.08。

4、降雨特性



資料來源：台灣降雨特性變化及降雨沖蝕指數圖修訂 (蘇志強等，2016)

圖 5-8 台灣各地年平均降雨量及降雨沖蝕指數

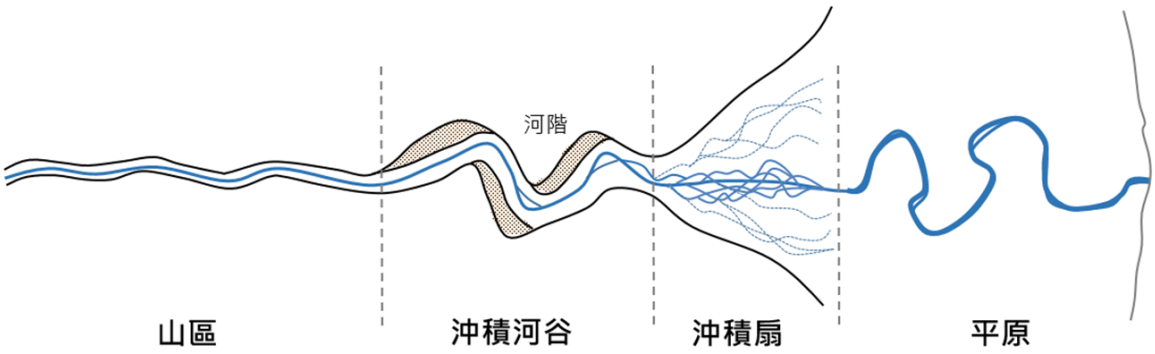
降雨沖蝕指數(Rainfall Erosivity, R)可反映出地區降雨的能量特性，與總降雨量及降雨豐枯變化這兩種因素有關。蘇志強等(2016)

分析台灣降雨特性變化，並修訂各氣候分區之降雨沖蝕指數如圖5-8。鱉溪流域接近花蓮縣與台東縣的邊界，與台灣其他地區相比年雨量為中等，且豐枯分布相對均勻，因此降雨沖蝕指數偏低。

綜合各項自然營力因子，可以了解鱉溪流域有多種土砂來源，但土砂生產量並不算高。

(四) 鱉溪的縱向地形分段

依河相手冊，縱向地形分段需綜合考量河床坡降、谷壁限制、河階分布、河道平面形態、河道穩定性、等高線形態等因素。沖積河川依上述特性可分成山區、沖積河谷、沖積扇、平原四種地形分段，其判別的基本原則如圖 5-9。



	山區	沖積河谷	沖積扇	平原
河床坡降	> 1.66 % (1/60)	1.66 % ~ 0.25 %		< 0.25 % (1/400)
河道谷壁限制	明顯受谷壁限制	受谷壁或河階崖局部限制	河谷開展 受谷壁或扇階局部限制	無谷壁限制
河道地形特性	流路相對穩定	有河階發育 僅局部改道	等高線呈圓弧狀分布 河道易改道	河道蜿蜒易改道

圖 5-9 河川地形分段類別與基本原則

鱉溪流域位於抬升快速的海岸山脈南段，因此河階發達。地殼隆起促使河流下切作用，在河流兩岸殘留舊河道而形成為河階，尤其河流轉彎處的沉積岸容易形成不同高度的河階(圖 5-10)。經由 GIS 軟體之地形上色處理，可以清楚看出鱉溪河階的分布狀況。河階的特色是沿岸等高線分散且大致平行於河道，這與沖積扇等高線大致垂直於河道且呈緊密圓弧排列，有很大的差異。圖 5-11 顯示的每種顏色代表一公尺高程，可知從芎嶺橋至七號橋已有小規模河階，其下各彎道段都有

2-5 階的河階發育。

圖 5-10 鱉溪出小天祥峽谷後河階發達

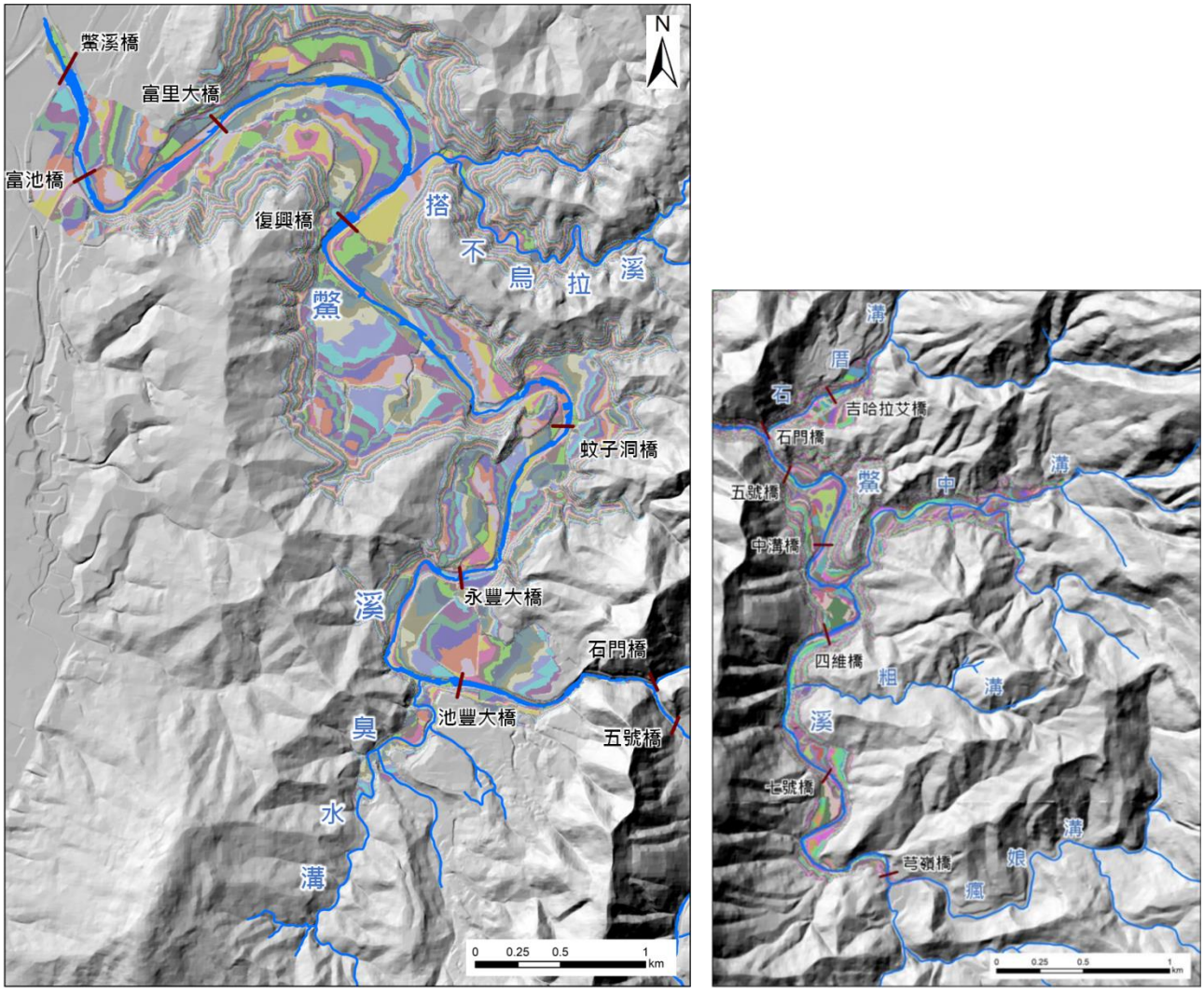


圖 5-11 鱉溪沖積河谷上色地形圖

經本計畫分析，鱉溪主流可分為山區與沖積河谷，共四個河段，如圖 5-12 所示。

1、山區：芎嶺橋上游，坡降約 1/30。

2、沖積河谷：芎嶺橋至石厝溝匯流口，坡降約 1/83。

3、山區：石厝溝匯流口至 46-B 攔河堰(都巒山層小天祥峽谷段)，坡降約 1/42。

4、沖積河谷：46-B 攔河堰下游，坡降約 1/147。

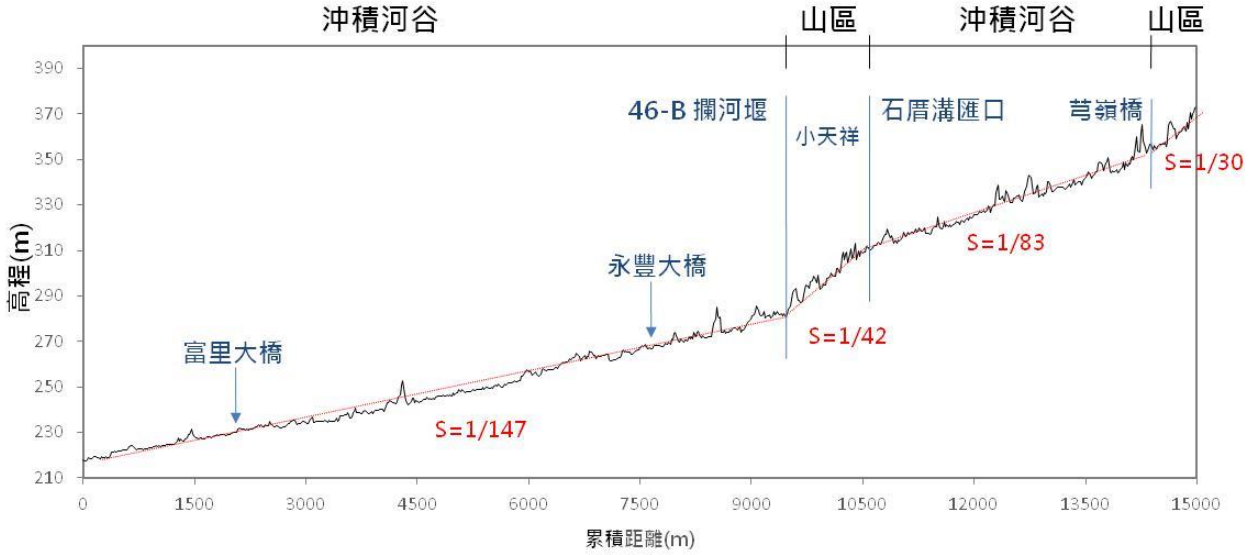


圖 5-12 鱉溪縱向地形分段點

二、鱉溪的河川廊道

河川廊道(fluvial corridor)定義為「自然河川基於河相學原理，受洪水、泥砂營力作用，產生河流地形變化之範圍」。此範圍包含了過去變動範圍以及未來可能變動範圍。以下依圖 5-1 第二階段流程，簡述鱉溪河川廊道的判定步驟。

(一) 歷史廊道(界線 A)

歷史廊道需先判識不同年期多張圖資之流路及最低階河階崖範圍，再經套疊後圈繪而成。本計畫蒐集可清楚辨識流路之高解析度圖資(表 2-8)，並選擇 1924 年日治五萬分之一地形圖、1948 年航照影像、1952 年航照影像、1974 年航照影像、1980 年正射影像、1985 年經建版地形

圖、1992 年經建版地形圖、2003 年經建版地形圖、2019 年彩色正射影像作為歷史廊道套疊圖資。

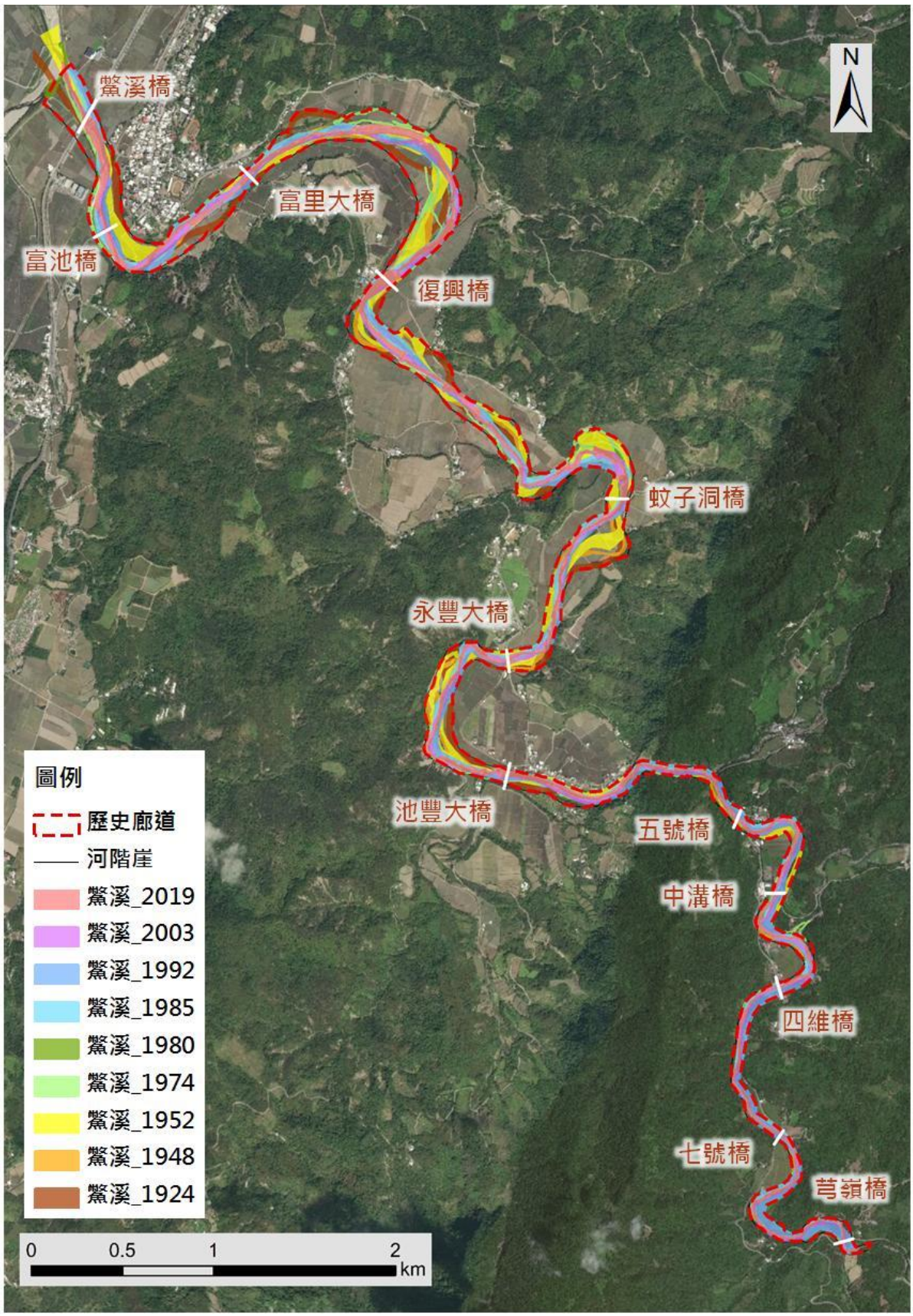


圖 5-13 近百年之鱉溪歷史流路

其中航照影像未經座標定位並且有角度偏差，需經人為校正後方能使用。更早期的歷史圖資如 1895 年日治時期台灣堡圖，在本區的精度不足，故捨棄不用。歷史流路套疊成果如圖 5-13。

46-B 攔河堰上游河道大抵侷限於山壁及河階崖內，變動範圍不大。46-B 攔河堰下游，歷史廊道範圍逐漸展寬，近百年來蚊子洞橋上游、復興橋下游等處流路有小幅擺蕩，但大體上流路仍侷限在低位河階崖中，並沒有大規模改道過。即便河道內尚無堤防、護岸的 1924 至 1952 年，流路位置也與現今差異不大。由此可知，鱉溪是一條相對安定的河川。這也與在地長者的印象相符。豐南村及永豐村的長者都表示，在他們的記憶中，以及從他們長輩的口述中，鱉溪從來沒有發生大型溢淹災害或土砂災害。

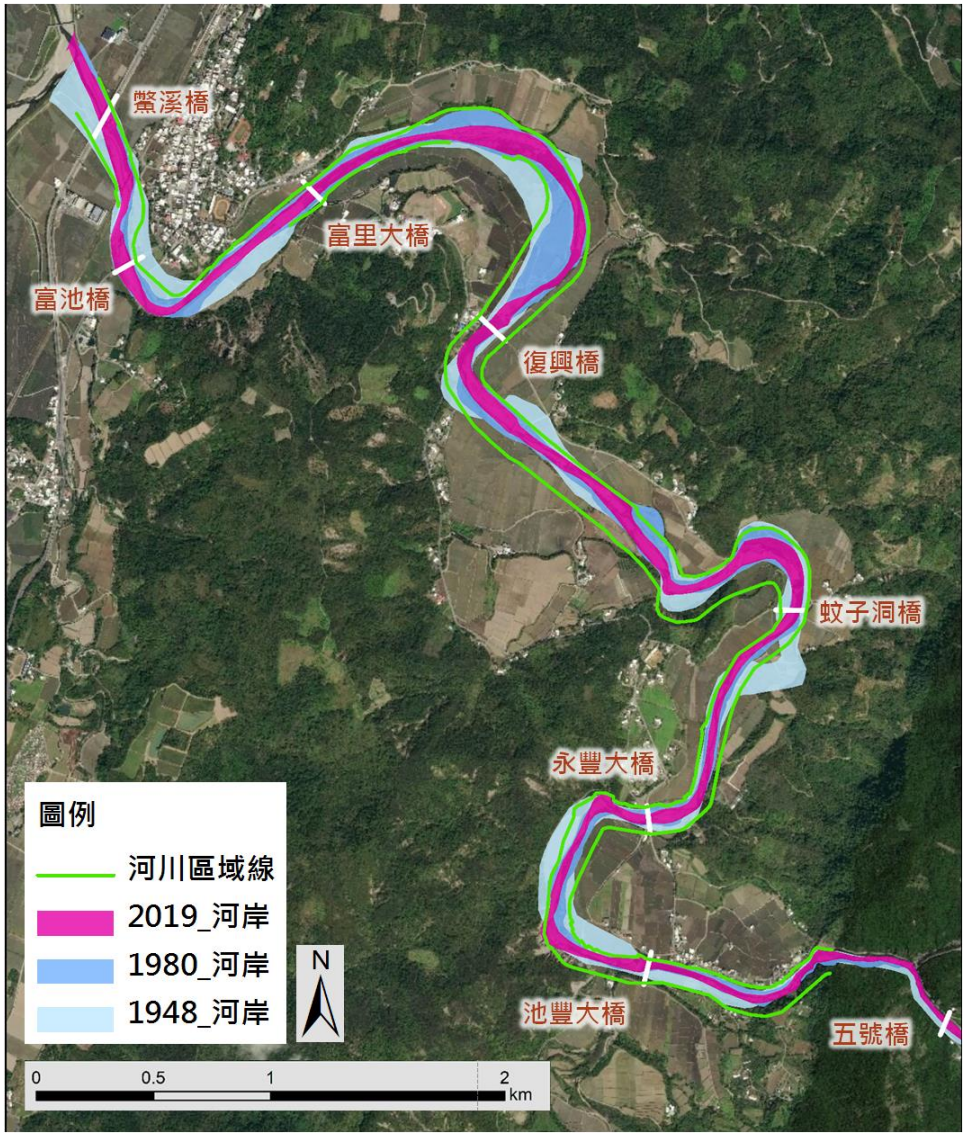


圖 5-14 近七十年鱉溪河道寬度變化

進一步比對 1948 年、1980 年、2019 年的河岸位置可知，現今鱉溪河道寬度較過往狹窄很多，深槽化趨勢明顯(圖 5-14)。池豐大橋至永豐大橋段及復興橋至富里大橋段這二個大彎道，河幅束縮程度大，現有河川區域線窄於過往河道，易導致河川能量無法宣洩。

(二) 未來變動範圍(界線 B)

若現今河道已迫近歷史廊道的邊界，可依沖淤趨勢推估於未來五十年內，河道可能的變遷範圍。鱉溪界點以下屬於獨立溪流的沖積河谷段，依河相手冊不需考量改道風險區，但需考量以下二種未來變動範圍。

1、崩塌緩衝區

河道受限於谷壁之處，常沖刷岸壁，導致崩塌而增加振幅。岸壁崩塌可能包含坡趾沖刷以外的諸多因素(地層走向、岩石節理等)，其崩塌範圍不易預測，但可參考歷史圖資，了解河岸崩塌之可能退縮深度，設定「崩塌緩衝區」。崩塌緩衝區之意義除為崩塌可能區間，亦為植被充分生長保護河岸所需之範圍。

鱉溪剛出小天祥山區之斷面 45-46 左岸、永豐斷層露頭之斷 38 與 41 附近左岸，都曾發生崩塌，故依過往崩塌規模設定崩塌緩衝區。以斷面 45-46 為例，崩塌緩衝區如圖 5-15。

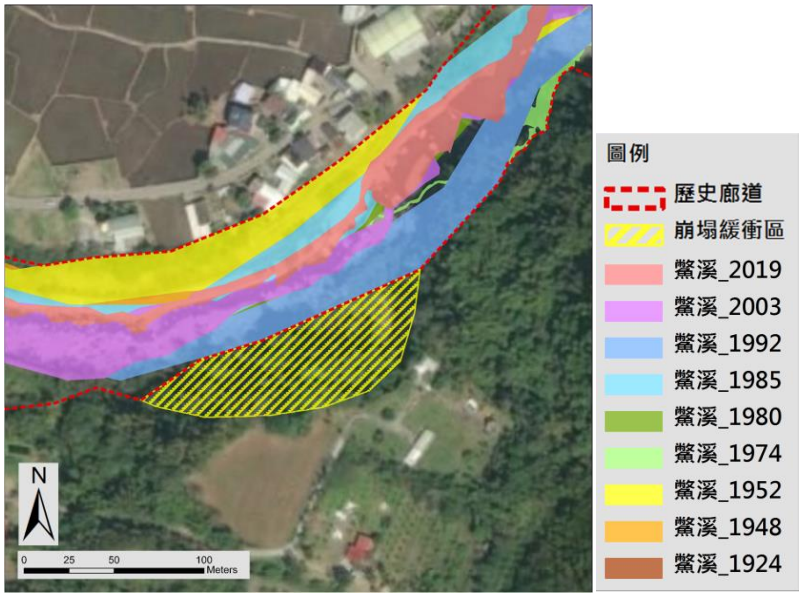


圖 5-15 鱉溪斷面 45-46 左岸之崩塌緩衝區

2、侵蝕風險區

沖積河谷若夠寬廣，除增加振幅外，尚可蜿蜒前進。這些以特定規律侵蝕河岸沖積物質的情況，需界定的是「侵蝕風險區」鱉溪部分河段有伴隨蜿蜒前進的側向遷移現象，如鱉溪橋上游斷面 7、復興橋上游斷面 22、永豐大橋上游斷面 38 及 41 附近，需設侵蝕風險區。本計畫已搜集近百年來多期歷史圖資，故採歷史圖資法推測，其結果如表 5-1 及圖 5-16。

表 5-1 鱉溪河道特定斷面之側向遷移

起始	終止	年數	斷面 7			斷面 21			斷面 38			斷面 41		
			距離	方向	速率 (m/yr)	距離	方向	速率 (m/yr)	距離	方向	速率 (m/yr)	距離	方向	速率 (m/yr)
1924	1948	24	24.51	左	1.02	52.84	左	2.20	12.15	右	0.51	70.93	左	2.96
1948	1952	4	0	--	0.00	6.19	右	1.55	12.69	左	3.17	13.91	右	3.48
1952	1974	22	90.22	左	4.10	25.09	左	1.14	52.36	左	2.38	80.53	左	3.66
1974	1980	6	6.58	左	1.10	9.53	左	1.59	9.63	左	1.61	23.91	右	3.99
1980	1985	5	18.19	右	3.64	6.39	右	1.28	14.57	右	2.91	0	--	0.00
1985	1992	7	7.32	左	1.05	7.5	右	1.07	14.35	右	2.05	8.66	右	1.24
1992	2003	11	10.39	左	0.94	2.01	左	0.18	18.25	左	1.66	25.99	左	2.36
2003	2019	16	4.02	左	0.25	0	左	0.00	11.01	左	0.69	17.56	左	1.10
總計		95	124.85	左	1.16	69.39	左	0.73	62.87	左	0.66	148.53	左	1.56
未來 50 年移動量			65.71	左		36.52	左		33.09	左		78.17	左	

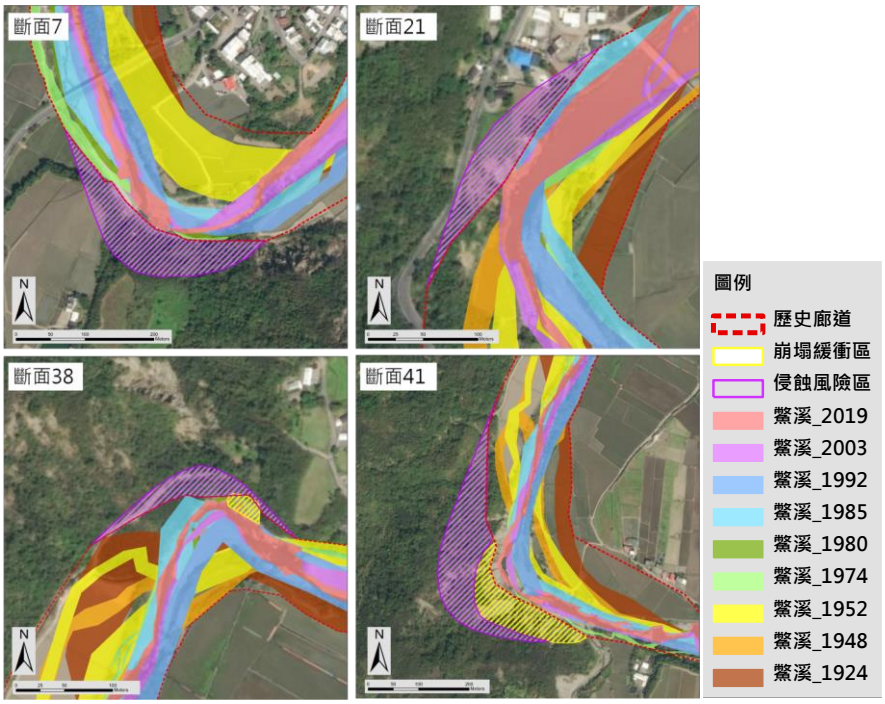


圖 5-16 鱉溪河道特定斷面之侵蝕風險區

(三) 主要堆積範圍(界線 C)

依河相手冊，主要堆積範圍為無堤防情境下，河段遭遇極端事件(約 200 年重現期洪水)時，河床質 D_{10} 粒徑可淤積之範圍。判斷河床質沉積與否可使用摩擦速度 u_* 及沉降速度 w_0。當 $u_*/w_0=1$ 時，土砂由懸浮轉為推移，可視為土砂沉積的臨界條件(山本晃一，1994)。摩擦速度是水流作用於河床之阻力(剪應力)所減少的流速，定義如下式，其中 g 為重力加速度，R 為水力半徑，S 為河床坡降，τ_0 為河床剪應力，ρ 為水的密度。

$$u_* = \sqrt{gRS} = \sqrt{\tau_0/\rho} \qquad \text{式 5-2}$$

參考日本國土交通省河川砂防技術基準(2018)，沉降速度 w_0 可利用下式計算，其中 d 為河床質粒徑。

$$\begin{cases} d < 0.015\text{cm} & w_0 = 11940d^2\ (\text{cm/s}) \\ 0.015\text{cm} < d < 0.11\text{cm} & w_0 = 171.5d \\ 0.11\text{cm} < d < 0.58\text{cm} & w_0 = 81.5d^{0.667} \\ 0.58\text{cm} < d & w_0 = 73.2d^{0.5} \end{cases} \qquad \text{式 5-3}$$

1、產製無堤防地形

HEC-RAS 5.0.3 以後的版本可於 RAS Mapper 視窗中直接編輯地形及構造物。高解析度的 DEM 一般可呈現出堤防的突起特徵，可透過以下的步驟將將 DEM 中的堤防削平(圖 5-17)：

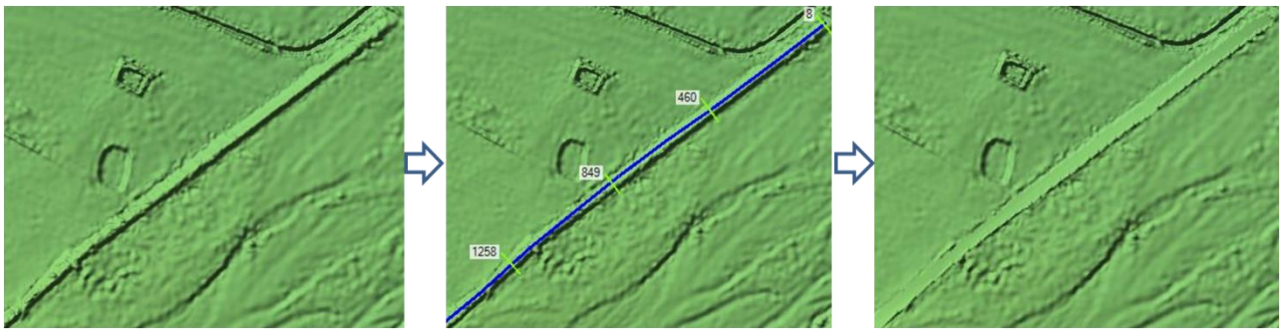


圖 5-17 在 RAS Mapper 中削除堤防

(1) 沿堤防劃河段線(reach line)，並沿線加設斷面橫跨堤防，使用每個斷面萃取既有之 DEM 地形剖面。

(2) 參考堤防兩側之地形高程，將高於兩側地形之斷面點位消除，即可得堤防消除後各斷面之地形剖線。

(3) 將修改斷面後之 DEM 與原 DEM 疊合，形成新的無堤防之 DEM。

2、產生界線 C

Q_{200} 流量採用 4.3 節之 KW-GIUH 歷線。D_{10} 粒徑採用 102 年水規所「鱉溪棲地復育生態調查」之河床質調查成果中，位於界點下游五個測站的平均值，為 2.54mm。由式 5-3 得知此粒徑的沉降速度為 0.327m/s。使用 HEC-RAS 內建之河床剪應力計算成果，再透過 ArcGIS 計算各網格之摩擦速度，得到 Q_{200} 時河道內 u_*/w_0 的分布，並圈繪 $u_*/w_0=1$ 之範圍，其結果如圖 5-18。

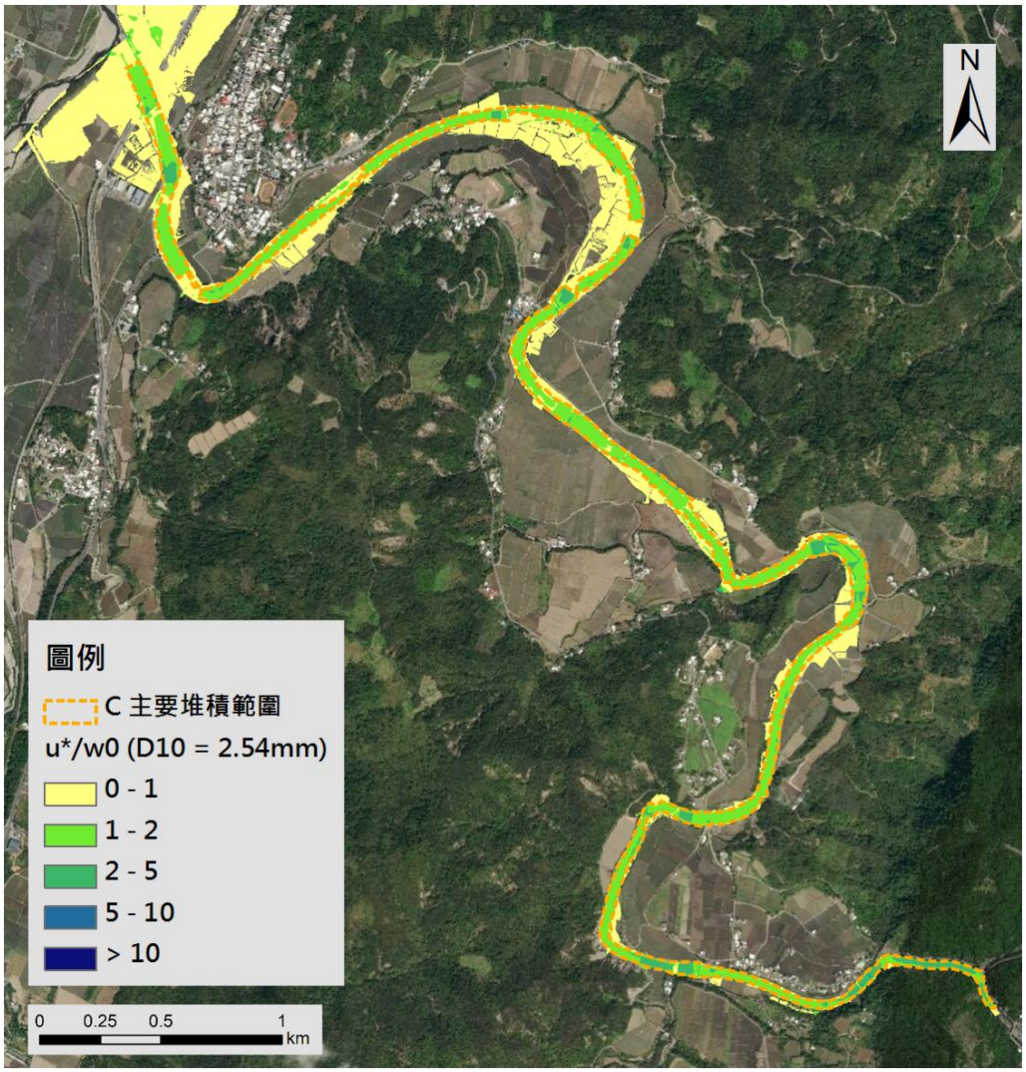


圖 5-18 鱉溪無堤情境下主要堆積範圍(界線 C)

現況鱉溪的界線 C 大約剛好構成低水河道的邊界，這表示河床內的 D_{10} 粒徑，在大洪水期間僅會在河道內懸浮，但無法上至灘地，於退水時又沉降於河道內。這並非健康河道的表現。一方面，鱉溪河床在長期沖刷下，較細粒的土砂多已流失，使得河床質有粗化傾向，部分河段甚至底岩露出，護甲層完全流失。另一方面，河床下切使得河道嚴重深槽化，由於河岸大多受構造物固定成陡直的形態，十分缺乏漸變的緩坡空間。洪水不易溢淹灘地，細料也不易被帶至灘地淤積。

(四) 可能溢淹範圍(界線 D)

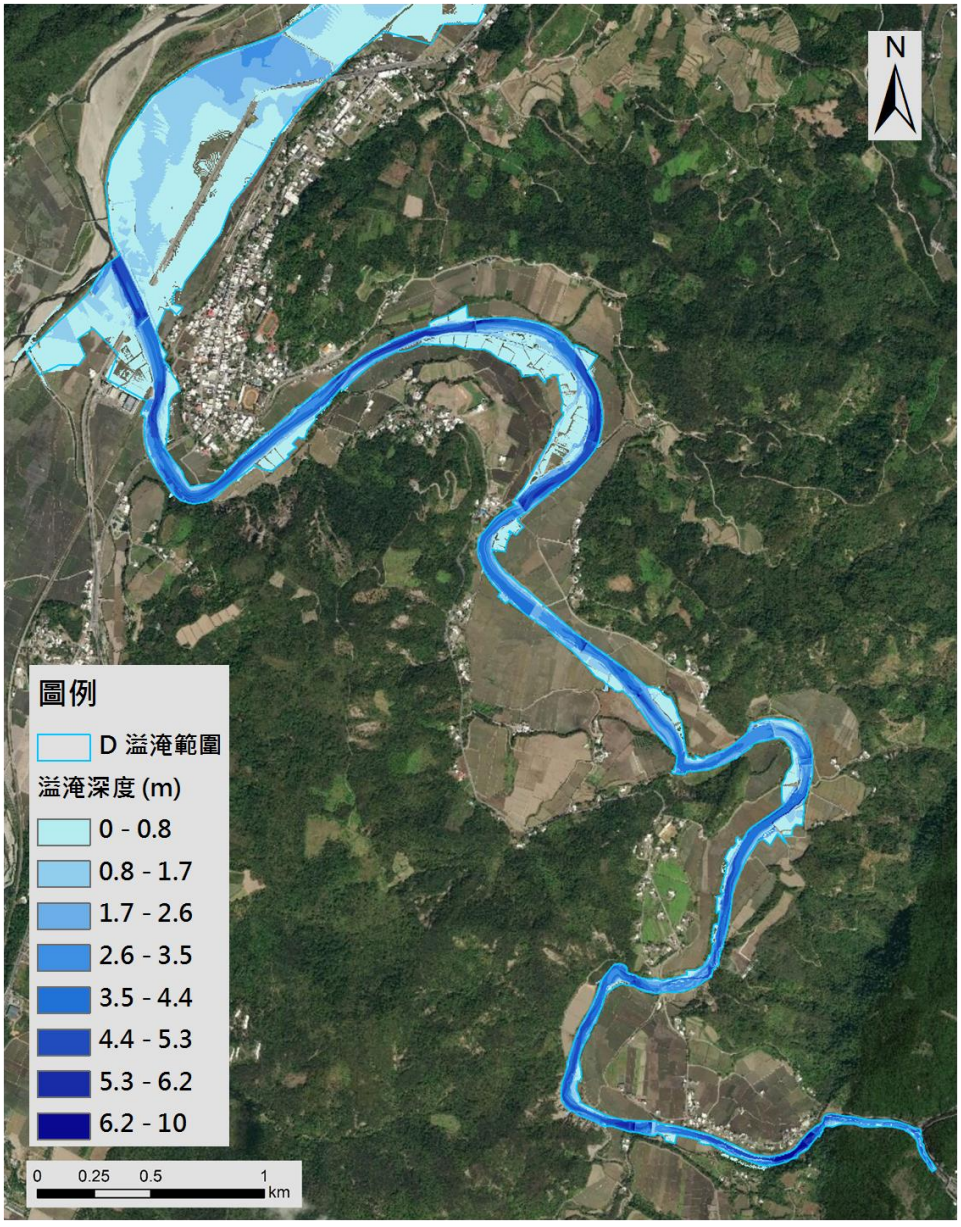


圖 5-19 鱉溪無堤情境下可能溢淹範圍(界線 D)

可能溢淹範圍為無堤防情境下，河段遭遇極端事件(200 年重現期

洪水)時，現況地形的溢淹範圍。界線 D 的意義在於將河川廊道作一合理調整，以排除歷史廊道內，河川營力已不再能影響到的範圍。

現況鱉溪之界線 D 如圖 5-19，其溢淹範圍與現況有堤防情境下 Q_{200} 的溢淹範圍幾乎一致(圖 4-26)，僅鐵路橋下游縱谷內有較大面積溢淹，且積水被秀姑巒溪堤防約束而較難排除。Q_{200} 尚且由於河床下切，水流侷限於河道內而難以溢淹，中小型洪水就更難漫灘了。這表示現況鱉溪無法形成對河川生態而言十分重要的濱水帶。

(五) 河川廊道範圍界定

完成界線 D 後，可依下式決定河川廊道範圍：

$$\text{河川廊道} = (A \cap D) \cup B \cup C \qquad \text{式 5-4}$$

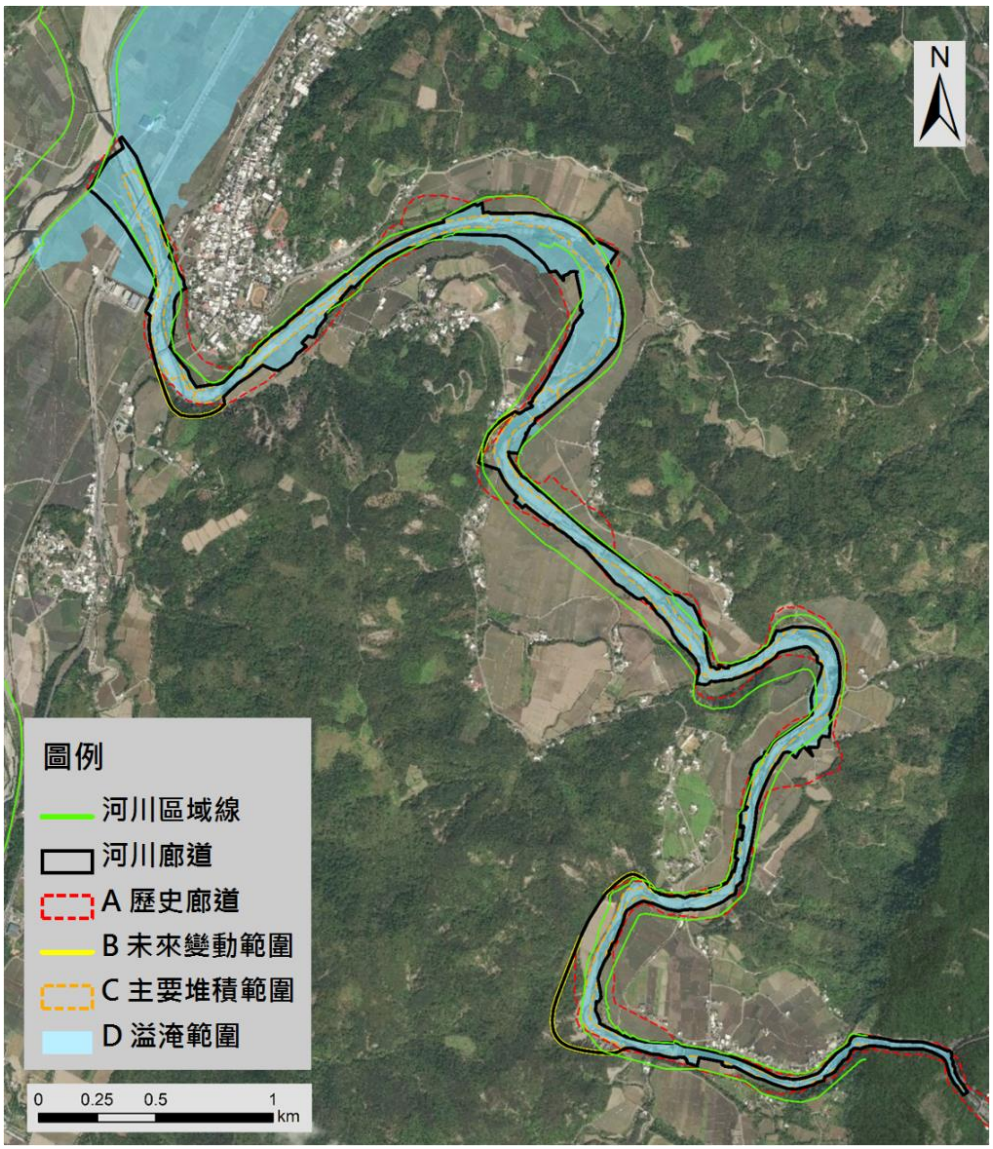


圖 5-20 鱉溪現況之河川廊道

綜合界線 A、B、C、D，鱟溪下切現況下的河川廊道範圍如圖 5-20，在許多河段，其廊道範圍都窄於歷史廊道。

(六) 河川廊道的分區

決定河川廊道範圍後，可進一步將其區分成以主河床質侵蝕作用為主的「侵蝕作用區」、主河床質堆積作用為主的「堆積作用區」，及以溢淹為主而沒有沖淤變化的「溢淹區」。這些分區可作為廊道分區管理的參據。

1、侵蝕作用區

侵蝕作用區定義為極端事件時，對於河段中值粒徑 D_{50} 的河床質而言，作用於河床之無因次剪應力 τ^*達啟動值之範圍。簡單來說，侵蝕作用區即是在極端事件中，主要河床質全面移動的河床範圍。無因次剪應力 τ^*的計算式如下。其中 ρ_s-ρ_w 為土砂於水中之密度(kg/m^3)，g 為重力加速度(m/s^2)，D 為河床質粒徑(m)。

$$\tau^* = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho_w)gD} \qquad \text{式 5-5}$$

使用 HEC-RAS 內建之河床剪應力計算成果，再透過 ArcGIS 計算，即可得到 τ^*之分布範圍。

鱟溪 D_{50} 粒徑參採 102 年水規所「鱟溪棲地復育生態調查」之河床質調查界點以下的平均值，為 43.72mm。對卵、礫石而言，其無因次臨界剪應力為 0.05。侵蝕作用區之分析結果如圖 5-21。現況下 Q_{200} 鱟溪之侵蝕作用區涵蓋整個河道，其 τ^*幾乎皆大於 0.1，局部於構造物附近可達 0.5 甚至 1 以上。河道內目前僅有的灘地可能在較大洪水時被沖刷殆盡，缺乏生物避難空間。這對於鱟等需要灘地的物種十分不利。

2、堆積作用區

堆積作用區定義為在侵蝕作用區外側，極端事件時，對於河段中粒徑 D_{10} 的河床質而言，摩擦速度大於或等於沉降速度之範圍。簡單來說，即是在極端事件中，大部分懸浮至灘地上的河床材料

可以沉積的範圍。然而如前所述，界線 C 落於低水河道內，表示目前鱉溪沒有堆積作用區。

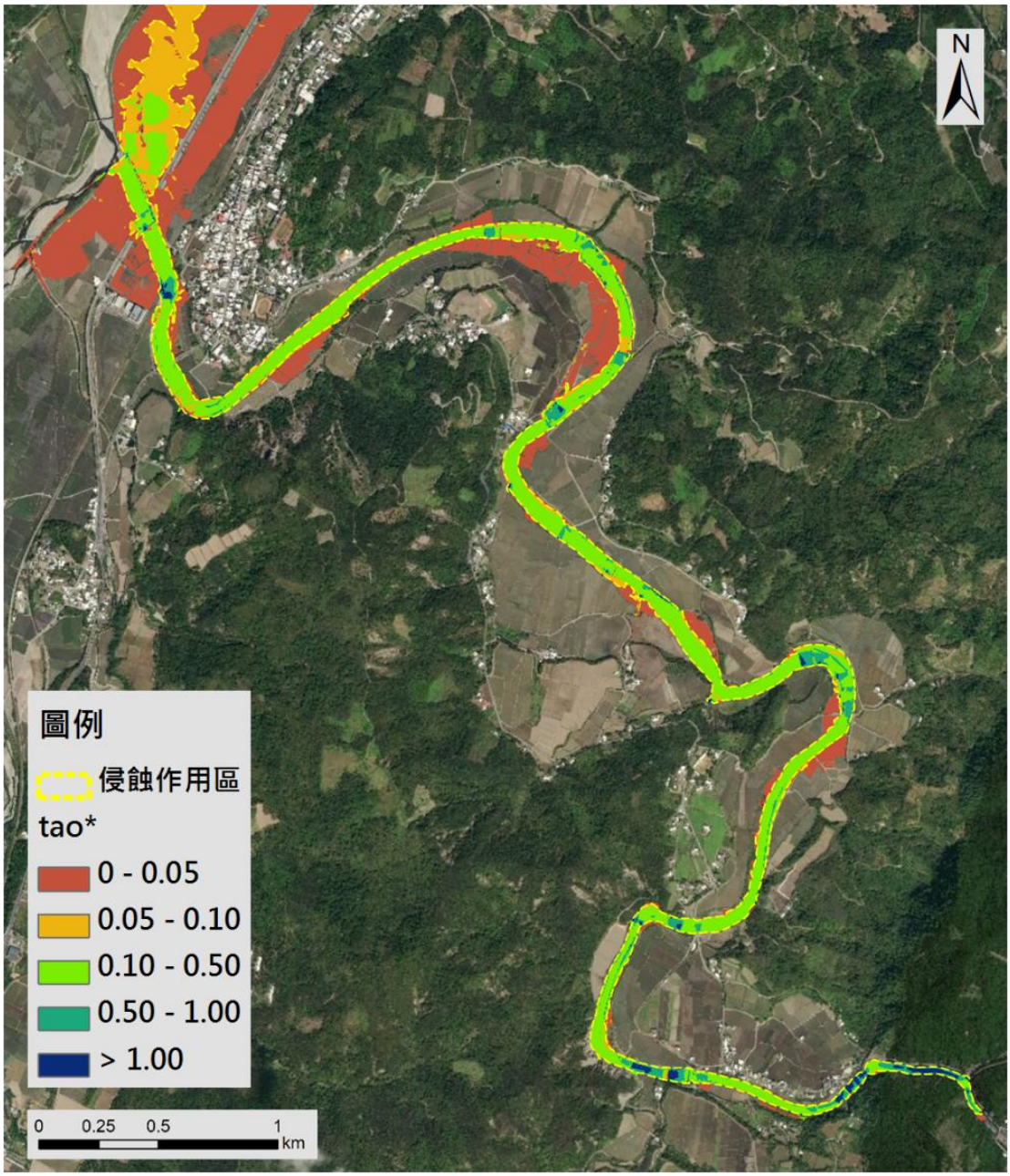


圖 5-21 鱉溪 Q_{200} 時河床剪應力分布與侵蝕作用區

3、溢淹區

溢淹區為依前述定義分區後，河川廊道中侵蝕作用區與堆積作用區以外的部分。此區較無涉於土砂沖淤變化。現況下鱉溪河川廊道之分區如圖 5-22，河川廊道內絕大部分皆為侵蝕作用區，邊緣田區有部分的溢淹區。這意謂著目前鱉溪物理棲地單調，深

槽越切越深，而灘地卻不易溢淹也無法讓細料堆積，失去河畔應有的水域植生空間。

圖 5-22 現況鱟溪河川廊道分區

三、鱟溪河床沖淤變化

(一) 河床縱剖面歷年變化

目前地質學者多相信，海岸山脈地形已接近穩定狀態，在千年至十萬年時間尺度下，地表侵蝕速率與抬升速率達平衡(陳文山，2006)。鱟溪中下游總共有超過五階不同時期的河階，形成年代自距今約五百年前，至最老約七千四百年前。依據這些河階的年代與高程，可推算

最近一千四百年來的河流下切速率大約每年 8-13mm，與本區地層抬升速率相近(花蓮林管處，108 年)。也就是說，就大尺度造山運動的營力而言，鱉溪的河床高程應大致維持不變。

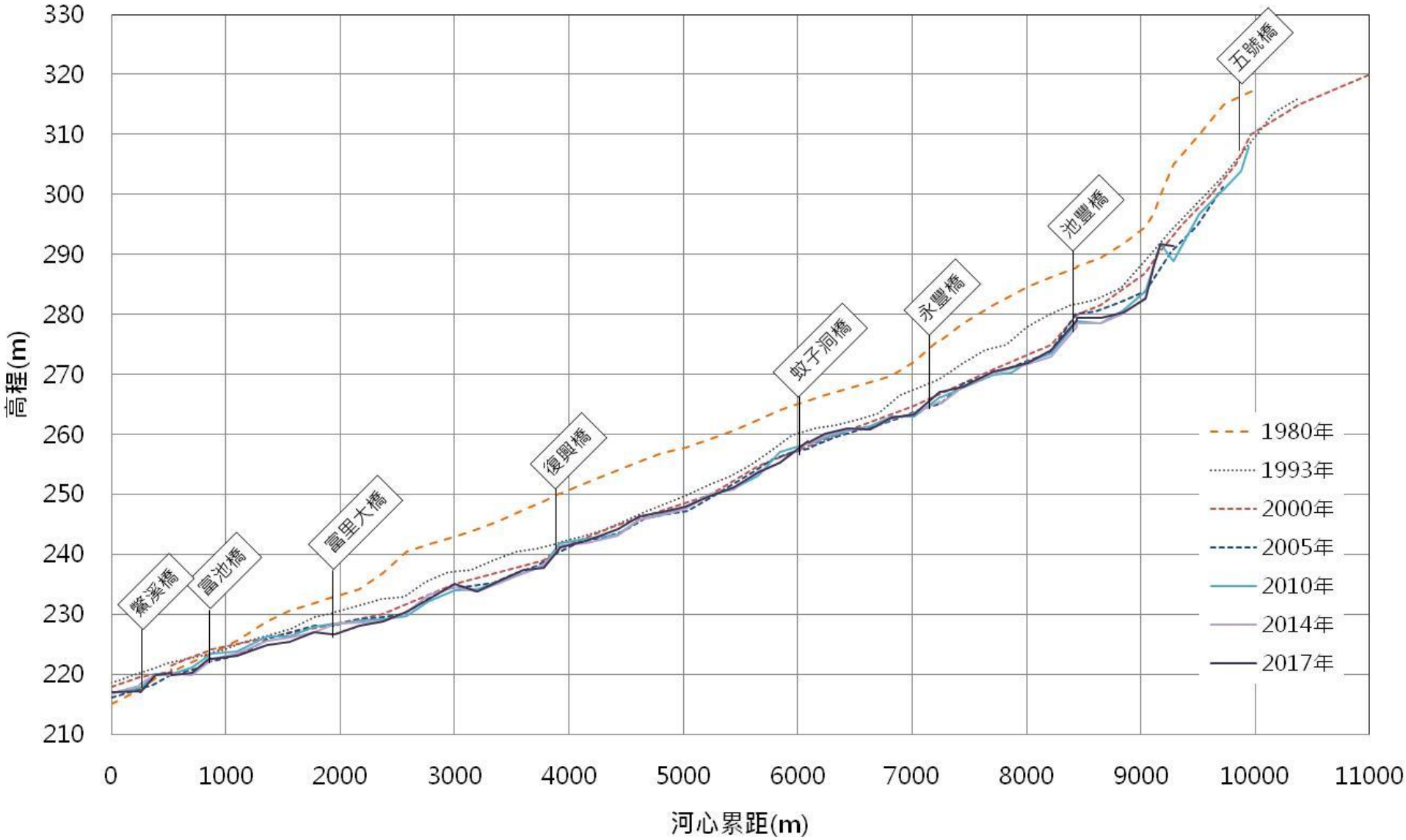
圖 5-23 匯整歷年鱉溪河道測量資料，其中 1980 年、2000 年河床高程係從 1:5000 第一版與第二版像片基本圖之等高線推求。經農林航空測量所現地檢核，1:5000 像片基本圖的高度誤差小於 0.6 公尺(沈淑敏、張瑞津，2003)，故其河床高程資料應足採信。1993 年係採鱉溪治理規劃之計畫河床高，其餘 2006、2010、2014、2017 年為大斷面測量資料。以下分析鱉溪河床歷年變化與可能原因。

1、1980~1993 年大幅下切

全河段之河床自 1980 年至 1993 年間有明顯大幅下切現象，部分河段下切達 8 公尺，僅鱉溪與秀姑巒溪匯流前之數百公尺呈現淤積。在地文史工作者張振岳老師說明，鱉溪流域自 1950 年代進入山坡地大開墾時期，各方移住者在坡地種植香茅、甘蔗、玉米等作物，導致大量土砂流失。約在 1976 年，開墾達到最高峰，其次隨著青壯人力逐漸移居城市，山坡地才逐漸獲得復育。

本計畫使用 1948、1980、2019 三個年期的正射影像，圈繪人為開墾形成的裸露區域，結果如圖 5-24。1948 年流域中下游河谷區及鄰近山坡已被開墾。1980 年開墾範圍擴及小天祥以下的整個流域範圍，以及支流石厝溝、中溝沿岸的坡地，推測如此大規模的開發造成河床大幅埋積。2019 年開墾範圍明顯縮小，僅剩河谷較平緩地區的水田，以及山坡地零星的果樹與梯田。

由此推測，1980 年至 1993 年之河床大幅下切，為山坡地自然復育及水土保持措施之成果，使原本集水區開發導致之不當產砂快速減少。出口之淤積則為土砂減少後，整體縱坡降依 Lane 平衡調整的結果(見圖 6-8)。



資料來源：鱉溪環境營造規劃(九河局，106 年)、鱉溪棲地復育檢討規劃(水規所，104 年)。本計畫修訂

圖 5-23 鱉溪歷年河床縱線縱剖面變遷

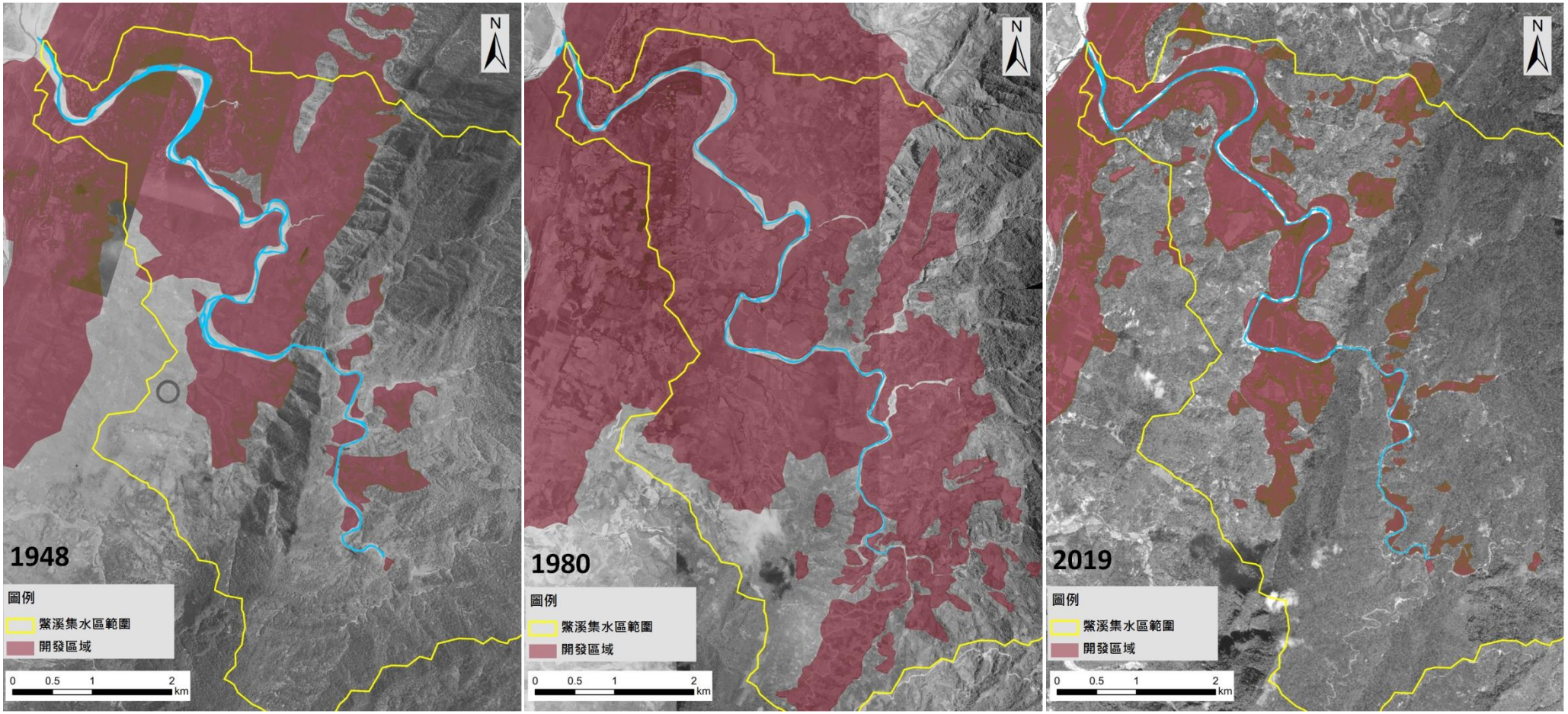


圖 5-24 三個年期之鱉溪流域開發範圍比較

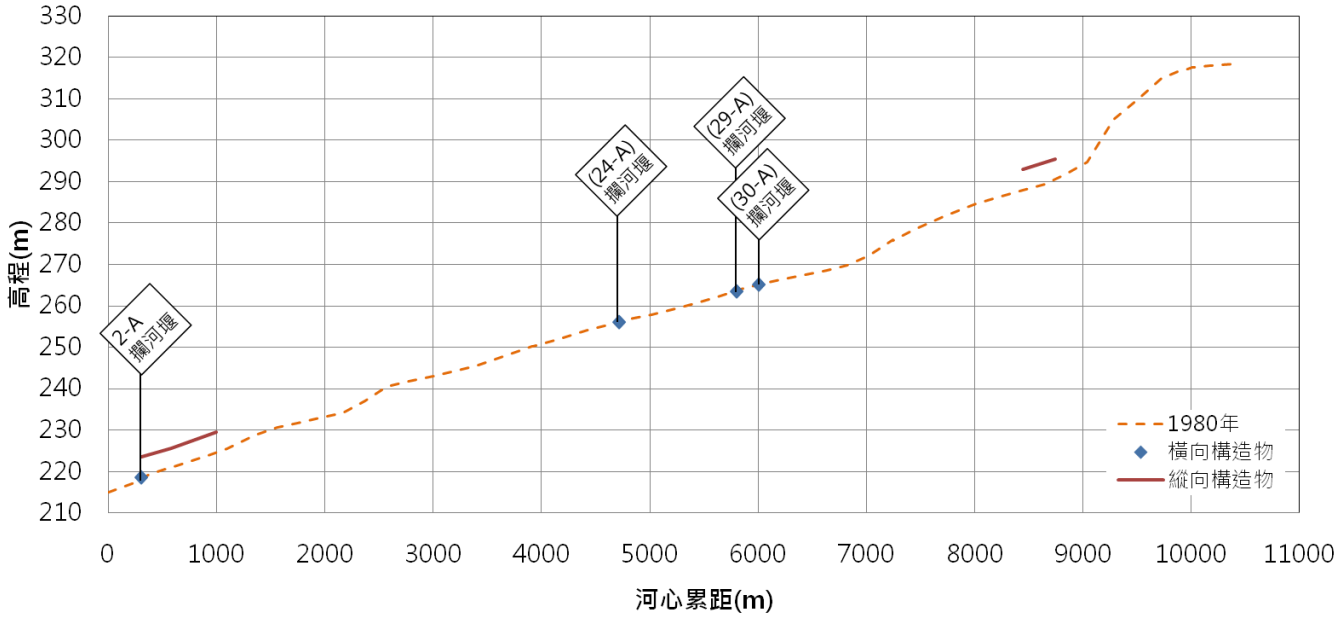


圖 5-25 河床縱剖面與縱、橫向構造物(1980 年)

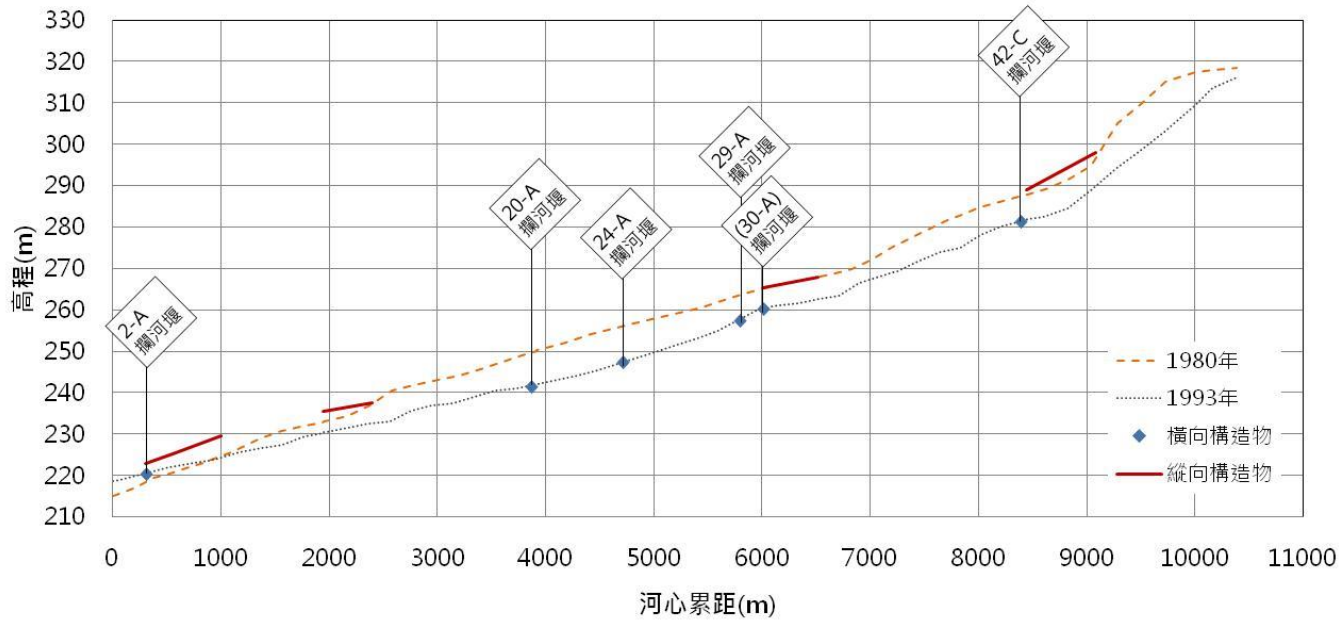


圖 5-26 河床縱剖面與縱、橫向構造物(1993 年)

從相對應平面歷史圖資，可以讀取河道內縱、橫向構造物之大約建設年代。在 1980 年正射影像中，河道內縱構造物尚少，僅富池橋下游左岸及豐南聚落旁有堤岸；橫向構造物僅有 4 座攔河堰，但大多因河床快速下切而需重建(圖 5-25)。在 1991-1993 年之航照影像中，則可發現縱、橫向構造物都已增加，但對河床縱坡的影響尚不顯著(圖 5-26)。

2、2000 年後之持續下切

1993 年之後河床下切趨緩，至 2000 年，集水區開墾區域已大致與現況相當，但部分河段仍持續下切。根據 2002 年之正射影像，此時橫向構造物已增加至 12 座。這些橫向構造物中有些建設不久即有破損，如 29-A 攔河堰及其下游之固床工群，但大體而言橫向構造物抑制了局部河床的下切。有連續混凝土堤岸之河段延伸，除鱉溪出口外，這些河段都有持續下切的傾向(圖 5-27)。

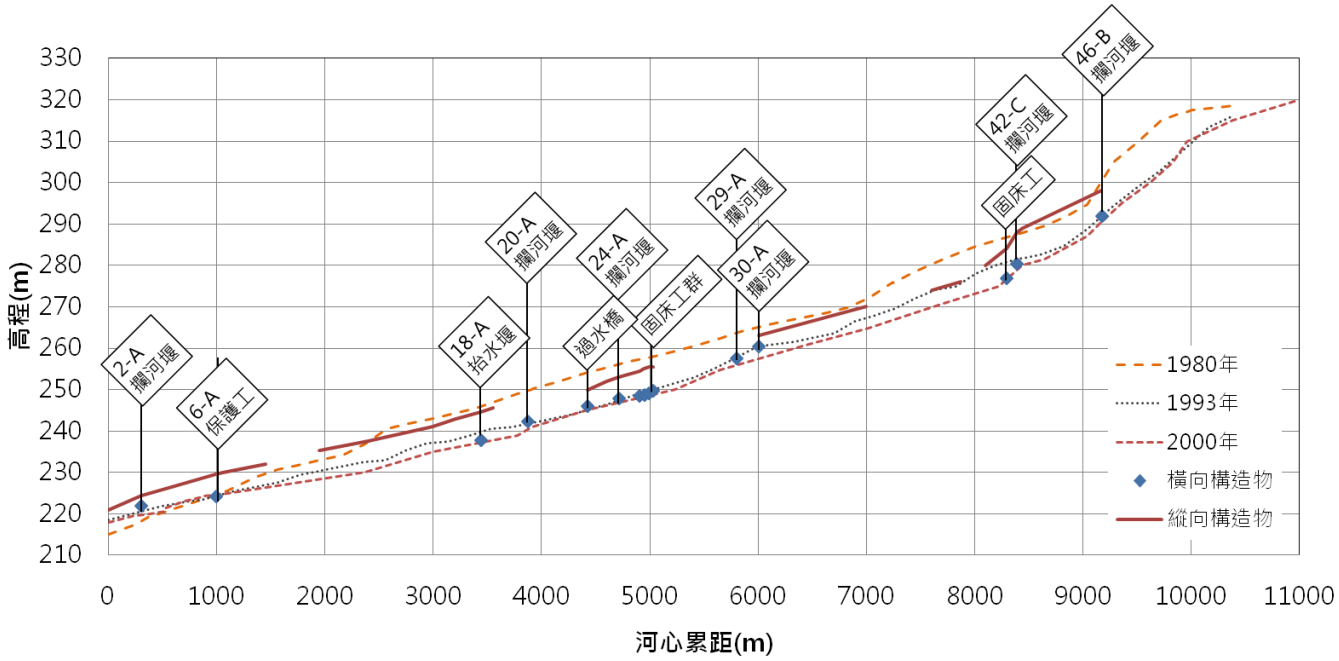


圖 5-27 河床縱剖面與縱、橫向構造物(2002 年)

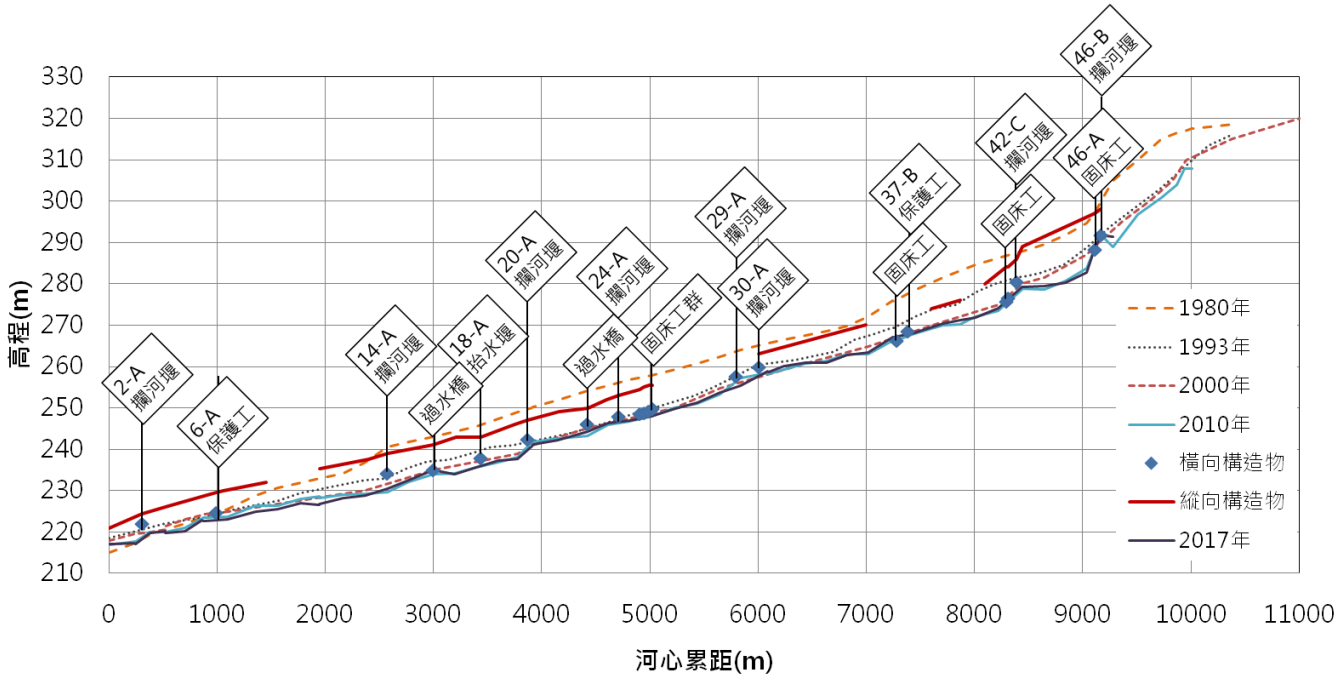


圖 5-28 河床縱剖面與縱、橫向構造物(2010 年)

在 2010 年的衛星影像中，鱉溪河床的縱、橫向構造物已與現況相近。整體而言河床下切趨勢依然明顯。最顯著的是 46-B 攔河堰至池豐橋河段，近 20 年來下切達 4 公尺。14-A 攔河堰興建後不久即破損，未能阻擋河床下切。18-A 抬水堰、20-A 攔河堰及 29-A 攔河堰亦遭淘刷，下游護甲層已完全消失，底岩裸露(圖 5-28)。

3、混凝土堤岸的影響

斷面 46 附近自 1980 年代起即不斷下切，是全河段下切最嚴重之處。本計畫透過各年期地形圖與工程資訊，試圖還原斷面 46 之河床下切過程，如圖 5-29 及圖 5-30。

(1) 民國 69 年河道淤高，由像片基本圖推估床底高程約 294.7m。

(2) 至民國 80 年，河道逐漸自然下切，恢復至大約 291m。

(3) 民國 79 年歐菲莉颱風造成花蓮縣多處災情，民國 80 年花蓮縣政府獲得台灣省政府「危險部落防災工程」補助，豐南社區亦獲補助。當時本河段並無致災紀錄，但村民希望藉由護岸來固定灌渠並防止河岸沖刷，於是在鄰近社區的鱉溪右岸興建了 640 公尺長、8 公尺高之豐南護岸。由於混凝土材質光滑，有加速水流的效果，故豐南護岸興建後，水流能量集中淘刷，使右岸河床快速下切，民國 89 年時已達 287m。

(4) 民國 93 年，根據第九河川局工程紀錄，豐南護岸因河道刷深危及構造物，且部分防洪牆已斷裂，故施做高 4m，寬 5m 之混凝土戧台。根據施工圖，斷面 46 處戧台頂高程為 289m，河道平均高程為 287m。然而混凝土戧台表面亦平滑，河床繼續快速下切，民國 99 年達到 283.8m。

(5) 民國 101 年，豐南護岸因前一年颱風受損，施做戧台加寬工程，原戧台上方及前方均再加一層混凝土，並植筋固定。

(6) 然而 102 年 9 月，戧台加寬部分不敵颱風洪水而被沖毀。

之後雖緊急修復，但再度於 103 年 9 月及 105 年 7 月受損。

(7) 民國 106 年，河床已下切至 282.6m，較 69 年下切了 12 公尺。護岸前以拋置鼎塊方式暫時保護基腳，但鼎塊亦有流失情事。

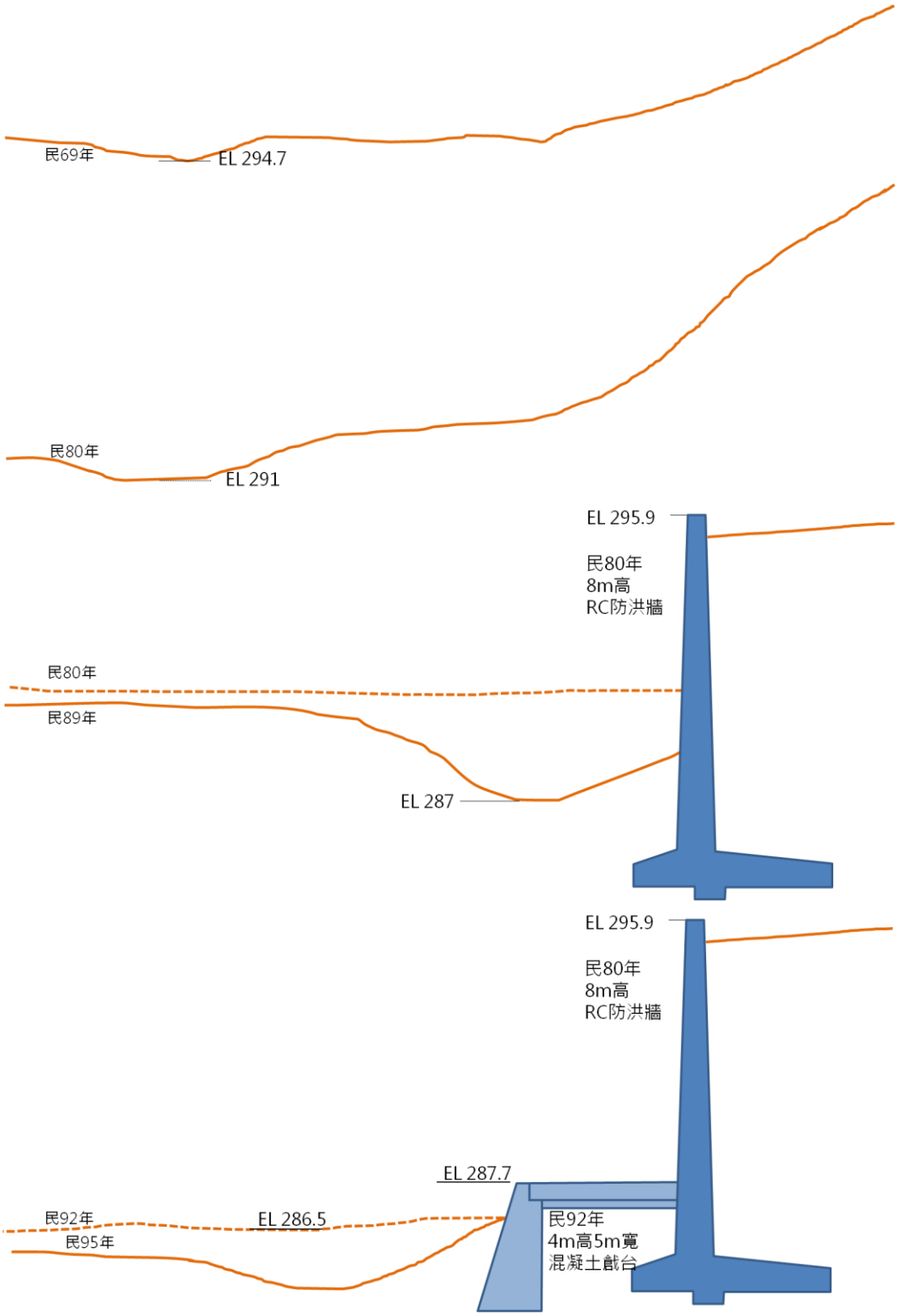


圖 5-29 斷面 46 河床演變過程(1/2)

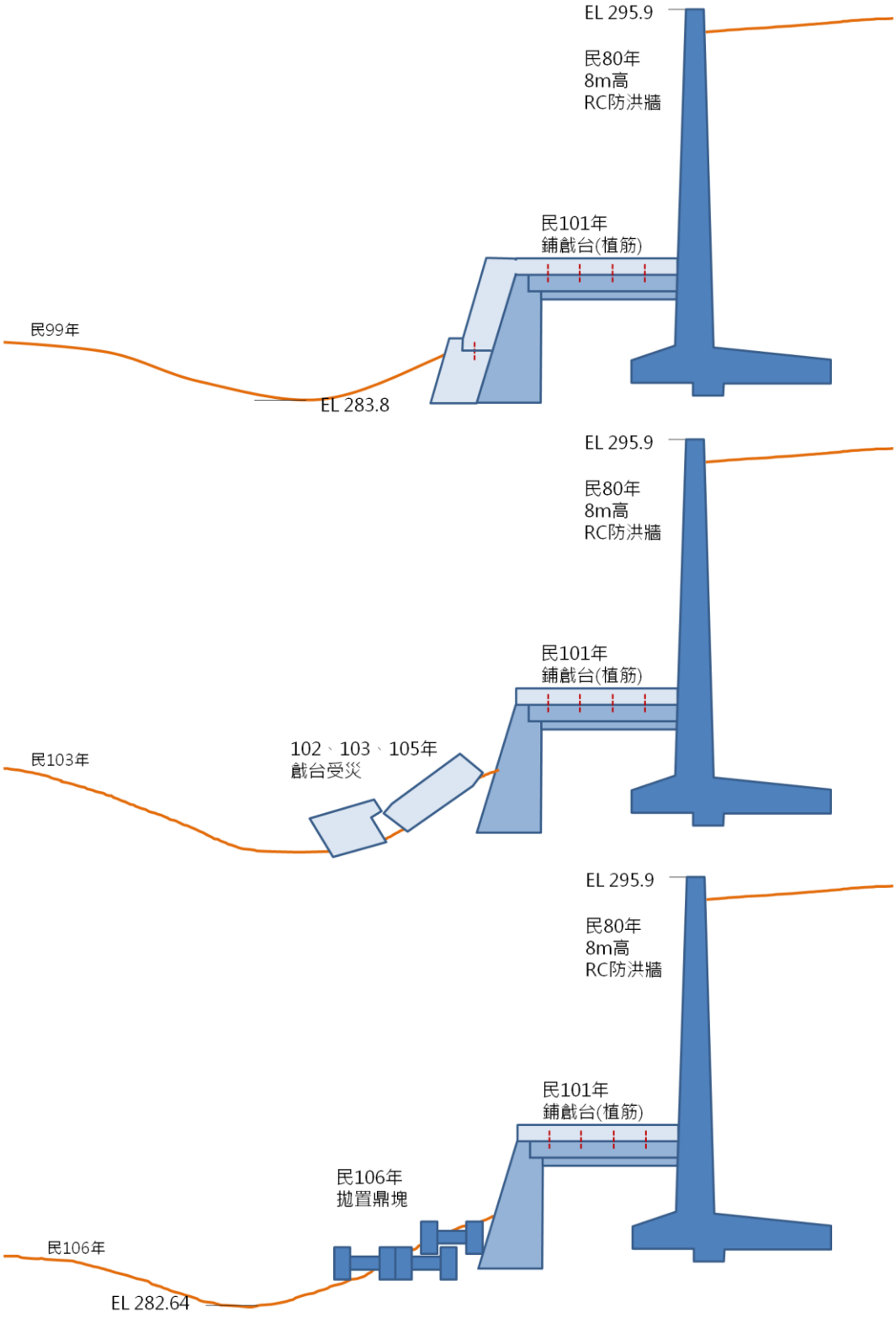


圖 5-30 斷面 46 河床演變過程(2/2)

民國 109 年第九河川局於該河段施做之「鱉溪豐南堤段設施維修改善工程」已不再補強既有混凝土結構，改採「還石於河」及「增加河岸粗糙度」之創新做法 (圖 7-3)。

(二) 流域天然產砂量

鱉溪流域的天然土砂生產，受岩性組成、構造運動、地形坡降、降雨特性影響，如 5.1 節所述。從歷史圖資初步判斷，集水區崩塌裸露的程度 80 年來並沒有顯著差異。為推估此天然產砂量，本計畫使用以下步驟。

1、流域「山崩與地滑地質敏感區」內縮 5 公尺

經濟部於民國 105 年 8 月公告花蓮縣山崩與地滑地質敏感區。其劃定範圍係參考民國 79 年至 104 年之山崩與地滑資料或紀錄，包含民國 90 年以前，地調所利用航空照片判釋數化之全臺山崩目錄，及 91 年以後利用航遙測影像所判釋、圈繪及野外查證之山崩資料庫。這些資料均已經過複核，移除河道、人為墾殖等可能誤判之區域，但包括受河流侵蝕之坡面。各期劃定範圍聯集後，以環域外擴 5 公尺，作為「其周圍受山崩或地滑影響範圍」，始為公告之敏感區範圍。故使用 GIS 軟體，將鱉溪流域之山崩與地滑地質敏感區內縮環域 5 公尺，便可還原 26 年來之山崩地滑範圍，共 109.5 公頃。

2、區分「近岸崩塌」與「離岸崩塌」

「近岸崩塌」係指崩塌地與水系支流間有連續坡面，其土石經過一段時間推移可能進入河道的區域。「離岸崩塌」則為崩塌地與水系支流間地形不連續，土砂僅能填埋局部坑窪而無法移至河道的區域，故不予計入河道潛在土砂來源。經篩選後，流域 26 年來之近岸崩塌面積共 90.3 公頃，如圖 5-31。

3、崩塌體積計算

為推估坡地產砂量，常使用崩塌體積－面積經驗公式。本計畫採用林務局民國 92 年「國有林莫拉克風災二次災害潛勢影響評估」中，由海岸山脈地質分區 46 個崩塌地樣本現地測量後所推導之關係式(式 5-6)；其中 V_L 為可能崩塌體積(m^3)，A_L 為崩塌面積(m^2)。

另由於莫拉克風災三年後，東部地區土砂殘留量已趨近於零(林務局，92 年)，故不再計算殘留比例。

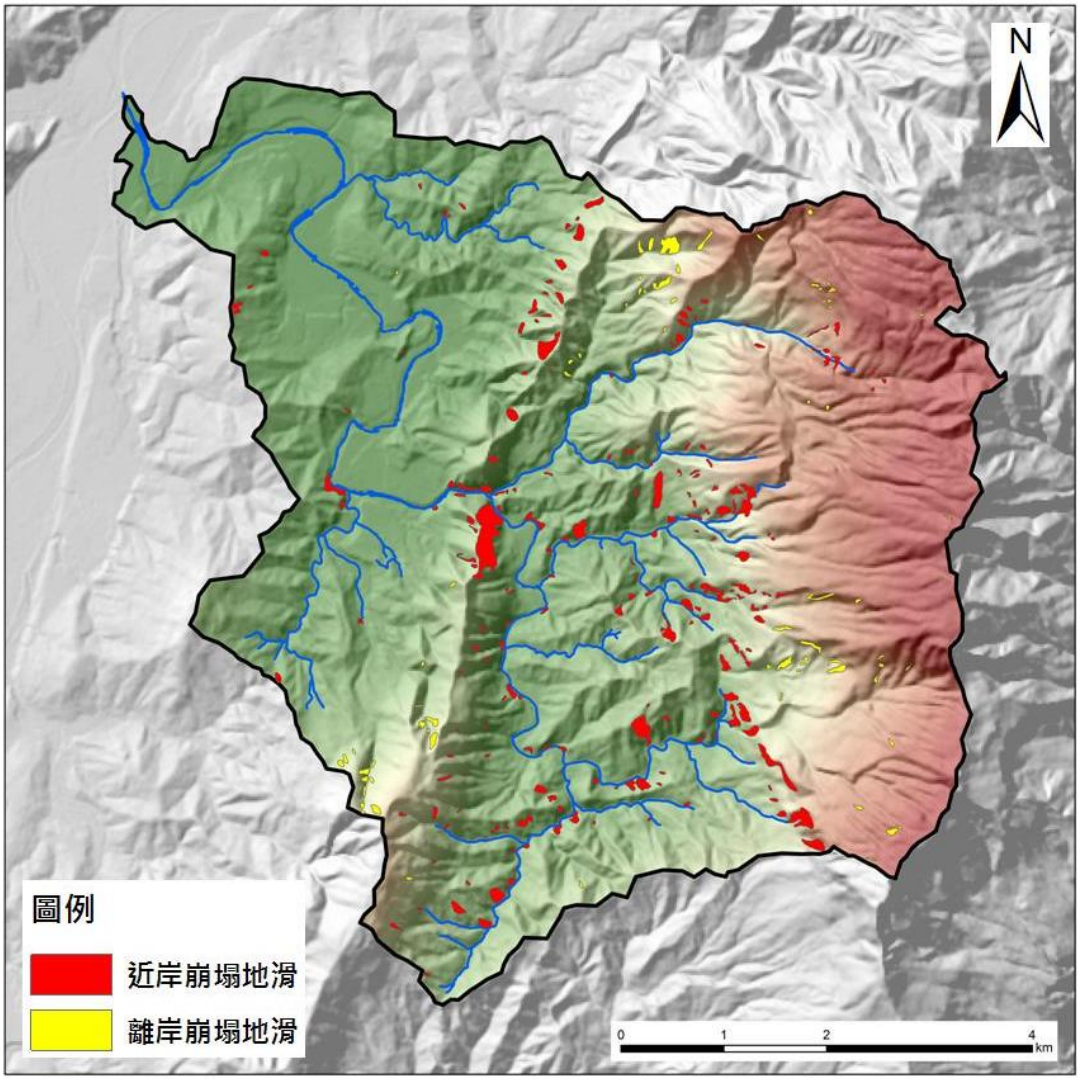


圖 5-31 鱉溪流域民國 79-104 年之山崩地滑範圍

$$V_L = 0.337 \times {A_L}^{1.147} \qquad \text{式 5-6}$$

經計算，鱉溪流域 26 年內可能貢獻於河道土砂之總崩塌體積為 228.5 萬 m^3，平均每年約 8.79 萬 m^3 之天然產砂量。

(三) 流域工程防砂量

目前林務局及水土保持局使用的工程防砂量計算，是假設施做之工程量體在其生命週期可完全發揮蓄存土砂的功效，即防砂壩及固床工淤滿土砂，護岸施做處原本也都是可崩落的土砂，因此防砂量完全由工程量體推估，與流域產砂量或自然邊坡河岸之植被保護無關。

本計畫根據所蒐集之流域內土砂治理工程資訊(表 2-5~表 2-7)，依

照「加強水庫集水區保育治理計畫(第 1 期)—國有林班地治理執行成效評估」(林務局，107 年)所採用之經驗公式，推估工程防砂量。其計算依據係參考連惠邦、蔡易達(2013)。

1、防砂壩防砂量

$$S_{SD} = 559.77 \times {h_S}^{2.79} \times B^{0.34} \quad \text{式 5-7}$$

式中 S_{SD}=防砂壩防砂量(m^3)；h_s=有效壩高(m)；B=有效壩長(m)。依連惠邦、蔡易達(2013)，高度 2 公尺以上即視為防砂壩。近 20 年工程資料中，109 年花蓮分局核定之永豐村野溪改善工程，有高達 4m 之固床工，視為防砂壩計算，其防砂量為 89,181m^3，其餘若未註明高度，皆視為低於 2 公尺之固床工。

2、護岸防砂量

$$S_R = L_R \times 60.423 \times e^{0.504 H_R} \quad \text{式 5-8}$$

式中 S_R=護岸防砂量(m^3)；L_R =護岸總長度(m)；H_R =護岸有效高度(m)。工程資料中的護岸若無註明高度，皆假設為 2.5m。經統計近 20 年鱉溪流域共施做(含 109 年核定施做)超過 10 公里之護岸，工程防砂量達 2,610,846 m^3。

3、固床工防砂量

$$S_S = 1.74 \times {d_{50}}^{-0.11} \times L_S \overline{B} \quad \text{式 5-9}$$

式中 S_S=固床工防砂量(m^3)；d_{50} =渠道底質 50%過篩粒徑(m)；L_S =固床工縱向影響範圍(m)；$\overline{B}$=溪流平均寬度。本計畫使用 d_{50} =0.06m，並以護岸長度概估固床工縱向影響範圍。工程資料若未註明溪流平均寬度，則從衛星影像量取。經統計近 20 年鱉溪流域固床工之工程防砂量為 65,246 m^3。

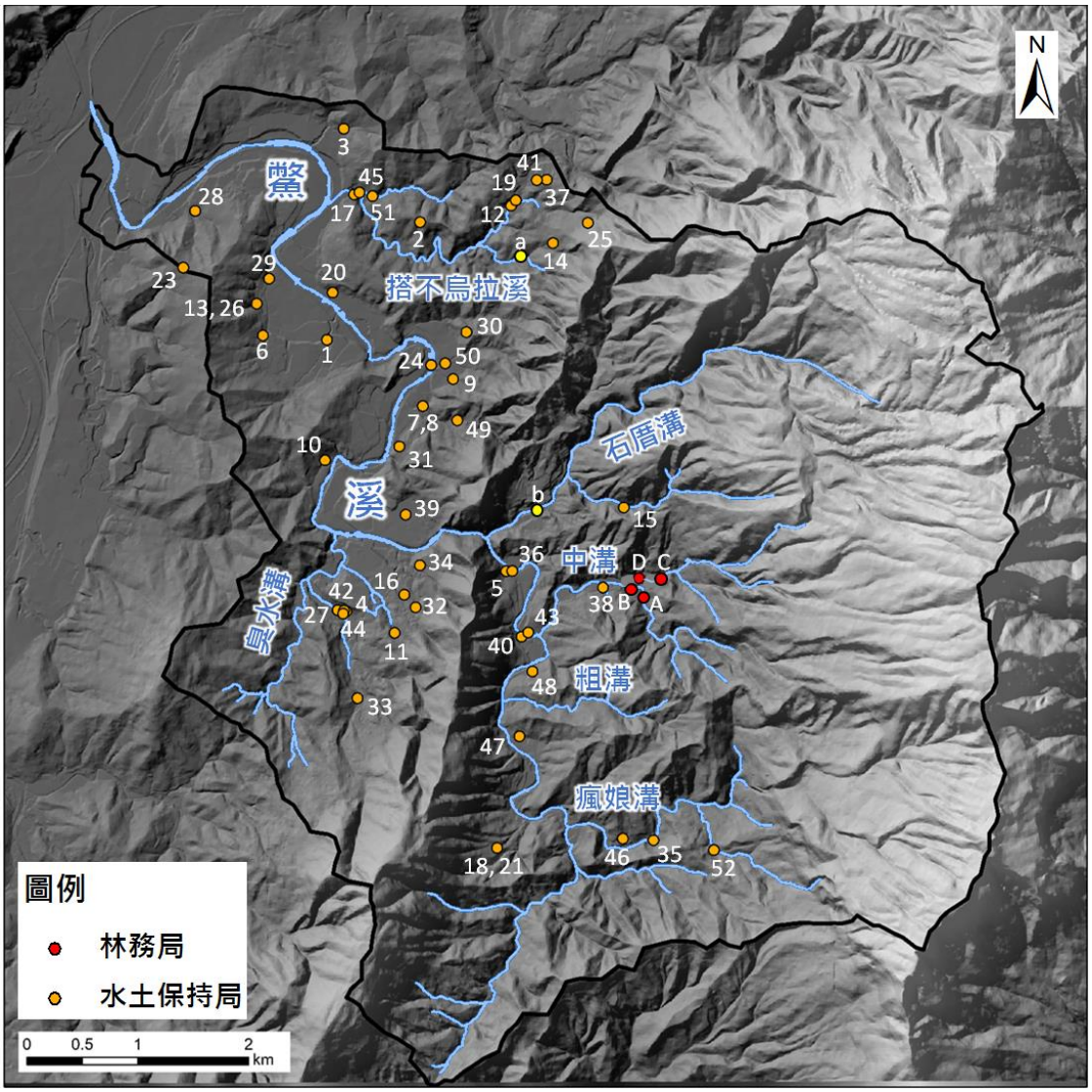
4、清疏量

經統計近 20 年鱉溪流域之野溪共清疏 39,204 m^3。

加總上述 1-4 項，鱉溪流域近 20 年之水土保持工程防砂量共 2,804,477 m^3，平均每年之工程防砂量超過 14 萬立方公尺。此值約為前節流域天然產砂量(8.79 萬立方公尺)的 1.6 倍。

(四) 流域土砂屯積區位

由上述分析可知目前工程防砂量已超過流域產砂量甚多，易導致鱉溪主流土砂不足，河道下切，間接使得主流之縱、橫向構造物易受損。根據座標點位資訊，這些工程之地理位置如圖 5-32，界點上游主流沿岸及各支流坑溝都有分布。圖中工程編號對應表 2-5~表 2-7 中之項次。編號 a、b 於水土保持工程管考系統中無紀錄，但分別為圖 5-33、圖 5-35 所示之固床工。



註：工程編號對應表 2-5~表 2-7 中之項次

圖 5-32 鱉溪流域水土保持防砂工程點位

1、搭不烏拉溪(潭埔堀)

搭不烏拉溪下游地質為利吉層，治理工程阻擋的是較細的砂泥質；上游山區地質為蕃薯寮層，野溪與坑溝的自然邊坡原有許

多塊石及卵礫石，施做工程後石頭屯積於溪床，無法向下輸送(圖5-33)。

攝影：張振岳

圖 5-33 搭不烏拉溪山區自然溪床(左)與整治後的溪床(右)

2、臭水溝

臭水溝流域地質為蕃薯寮層，可供應卵礫石河床質。2018 年臭水溝施做護岸與系列固床工(圖 3-9)，工程防砂量達 39 萬 4 千立方公尺。2020 年 4 月現勘時發現固床工間填埋不少卵礫石，水流停滯，植生入侵，有陸化趨勢。

圖 5-34 臭水溝固床工段淤積情形(2020 年 4 月)

3、石厝溝

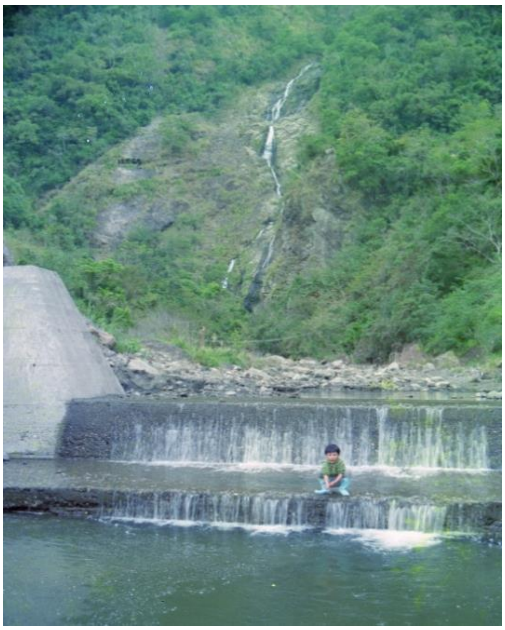
1990 年代的石厝溝大小河床質混雜，潭瀨分布其間。2012 年吉哈拉愛橋上游施做護岸及固床工，雖然保留了大徑塊石，但仍改變了河道坡降，使該段淤積細料，外來的象草入侵，溪流中潭瀨已不復見。

1991 年 8 月(張振岳攝)　　2020 年 2 月

圖 5-35 石厝溝上游溪段陸化淤積

4、中溝

中溝上游近中溝瀑布及女鬼瀑布的溪段，於 2000 年即施做潛壩、系列固床工及護岸。由 2001 年照片可見塊石集中於瀑布下游，潛壩之間也淤滿大型塊石。從 2012 年及 2017 年照片可知，瀑布下方潛壩上游的溪段已經陸化長滿植生，工程攔阻塊石的效應相當顯著(圖 5-36)。



2001 年 1 月(張振岳攝)

2012 年 7 月(張振岳攝)

2017 年 2 月潛壩上游(張振岳攝)

圖 5-36 中溝女鬼瀑布下方潛壩

5、瘋娘溝

瘋娘溝是流域最上游的支流，土砂治理工程不多，僅有零星護岸，尚未建系列固床工，因此溪床中塊石與卵礫石遍布，潭瀨分布其間(圖 5-5)。或許因為如此，鱉溪四維橋上游河段沒有顯著下切，仍維持寬淺的河道形態。

6、主流

主流 46-B 攔河堰位於小天祥出山口，高度達 4.74 公尺，相當於一座中型防砂壩。1990 年代，46-B 攔河堰仍為低矮砌石堰，上

游的小天祥峽谷右岸露岩，是民眾游泳戲水的據點。2020 年現場勘察發現，其上游河道內土石淤積，水流停滯，明顯陸化(圖 5-37)。

1991 年 8 月(張振岳攝)　　2020 年 4 月(吳宓思攝)

圖 5-37 從小天祥望向下游的 46-B 攔河堰

四、尋求河相典範

本節從歷史圖資或流域鄰近區域，找出理想、健康的河相典範(leitbild)，作為鱟溪的理想河相。

(一) 歷史影像考察

歷史影像紀錄可觀察河相變貌過程，作為復育目標的參考。此外上游或鄰近集水區較少受工程干擾的河段，也可提供復育的線索。

1、秀姑巒溪匯流口

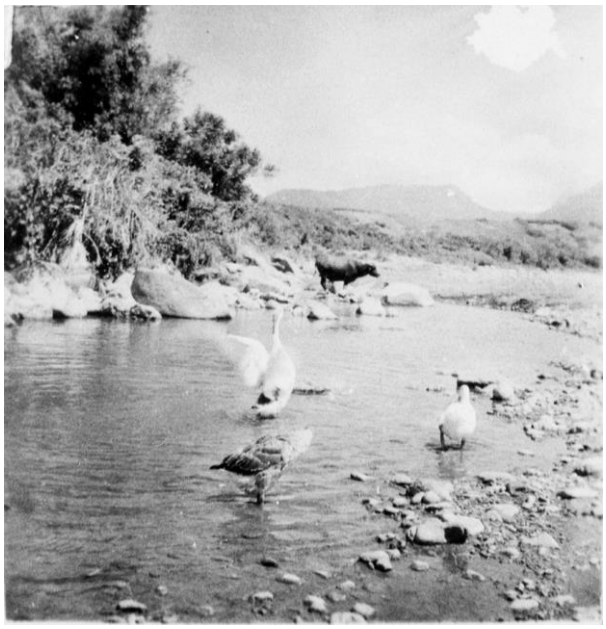
圖 5-38 為從石平橋向上游眺望鱟溪自左側匯入右側的秀姑巒溪主流。1992 年 7 月影像中，鱟溪水量較秀姑巒溪主流豐沛，匯流處有民眾持網捉魚戲水。2020 年 2 月影像中鱟溪水量稀少，灘地有陸化傾向，水流皆被引作灌溉之用。

上：1992 年 7 月(張振岳攝)；下：2020 年 2 月

圖 5-38 石平橋眺望鱉溪與秀姑巒溪匯流口

2、富里大橋上游

圖 5-39 顯示富里大橋上游四個年份的影像。1960 年代影像中，河中有家禽與水牛，河岸為自然砂岩與砌石護岸，植生茂盛。該地至 1990 年代都呈現較自然的護岸與大片卵石灘，生物與人易於親水的樣貌。近年富里大橋上游兩岸才開墾為農田，施做混凝土護岸，移除河岸自然植被並覆蓋砂岩。護岸引發深槽化，如今底床裸露，卵礫石灘已消失，親水困難。



1960 年代 (莊政覺攝)

1994 年 2 月(張振岳攝)

1999 年 2 月(張振岳攝)

2020 年 2 月

圖 5-39 富里大橋上游

3、復興橋下游

圖 5-40 顯示 1999 年及 2020 年從近似角度拍攝復興橋下的巨石。20 年前此處已有攔河堰，但巨石裸露程度較低，且下游有廣大卵礫石灘。隨著河道逐漸下切，巨石出露程度增加，灘地也有陸化的傾向。

4、蚊子洞橋下游

富里鄉誌的 1957 年老照片(圖 5-41)呈現蚊子洞橋下游的景像。當時此處無攔河堰，鄉民靠修築「吊規」(水道橋)將山泉水引至兩岸農田；河道內有大片卵礫石灘，背景之山坡地開發方興未艾，幾乎光禿一片。如今原吊規位置已建 30-A 攔

河堰，使蚊子洞橋下游成為不流動的靜水面，卵礫石灘已消失。

1999 年 1 月(張振岳攝)

2020 年 2 月(吳昌鴻攝)

圖 5-40 復興橋下游

1957 年 8 月(富里鄉誌)

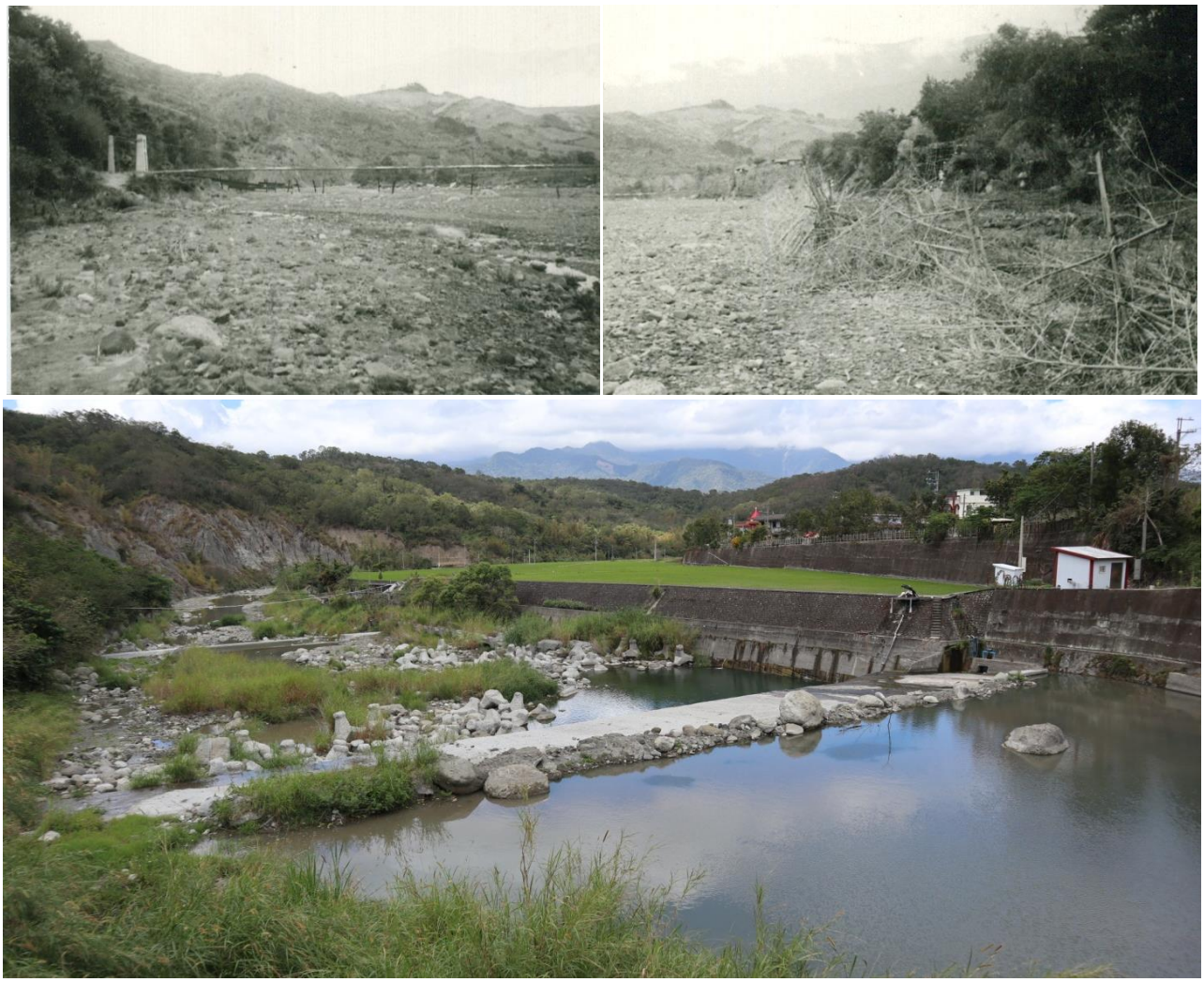
2020 年 2 月

圖 5-41 蚊子洞橋下游

5、池豐橋下游

1980 年，池豐橋下游臭水溝匯流處附近，亦曾以吊棍輸水(圖 5-42)。當時此處尚無攔河堰及混凝土護岸，右岸有低矮的砌石護岸，且正搭建鷹架準備興建較高之漿砌卵石護岸。低水時期流路呈辮狀，卵礫石灘遍布且不乏大型塊石。

如今此處的攔河堰及固床工將水流分隔成數個池塘，右岸為連續混凝土圳道及高聳的護岸，灘地大幅縮減，河道內僅剩下大徑塊石與拋置的鼎塊。



上：1980 年(王晉英提供)；下：2020 年 2 月

圖 5-42 池豐橋下游

6、池豐橋上游

圖 5-43、圖 5-44 顯示池豐橋上游及豐南社區旁護岸的轉變。在 1980 年的影像中，右岸呈現廣大砂洲，流心偏左側，符合此處出山口的自然地勢。當時右岸正興建護岸，河岸被挖掘成陡直的形態，植生多已移除，河床有車輛痕跡。但遠處較上游之右岸則可見到自然河岸坡度較緩，約呈 1:3，且高灘處有喬木形成的河畔林。

近年照片中，本河段已經一連串改造，流心沿右岸混凝土戧台嚴重下切。據居民表示，1980 年代施工時右岸的土石被移至左岸，將左岸填高成農田。河道受下游攔河堰影響而成為靜水域，僅零星塊石散布其間(圖 5-43)。

上：1980 年(王晉英提供)；下：2020 年 2 月

圖 5-43 池豐橋上游

1980 年(王晉英提供)　　2015 年 2 月

圖 5-44 豐南社區旁護岸

(二) 鄰近空間考察

1、鱉溪界點上游

鱉溪中溝橋至四維橋附近亦發展出河階,為沖積河谷段。此段護岸近年才興建，且上游僅有一座攔河堰，河床下切較不顯著，從 2017 年航拍可見到流路較寬淺，河道內有大面積的卵礫石，比較接近土砂未受攔阻時應有的河相(圖 5-45)。經量測，此河段低水河道的河寬水深比約 19~29，坡降為 1/86。由此推測界點下游沖積河谷若減少構造物的束縛，應可發展出更寬淺之河形。

然而中溝橋至四維橋的河相也尚不理想，河階側護岸使河岸失去自然植被與漸變的坡度，水量也可能受上游取水影響而無法發展出應有的潭瀨形貌。

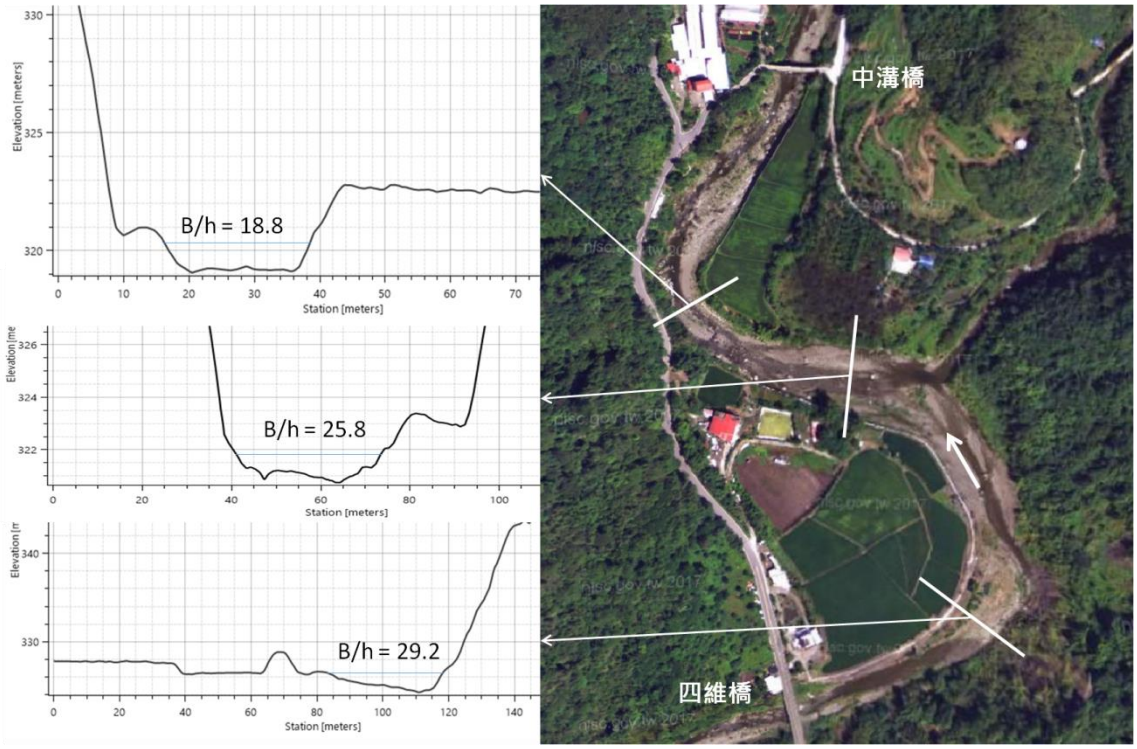


圖 5-45 鱉溪中溝橋至四維橋低水河道寬深比

2、螺仔溪

螺仔溪在鱉溪流域北側，水文、地形、地質條件皆相似，其上游河道雖然也有列系防砂壩、固床工，但下游攔河堰較少，也沒有連續混凝土護岸，故部分河段並未嚴重深槽化。

斷面 3-5 附近坡降為 1/152，與鱉溪界點下游相似，河道內可見交互砂洲與裸露的灘地。其低水河道的河寬水深比在 18 到 34 之間(圖 5-45)。然而河道內沒有大徑河床質構成的骨架，故瀨區並不發達，可能受上游堰壩所攔阻。

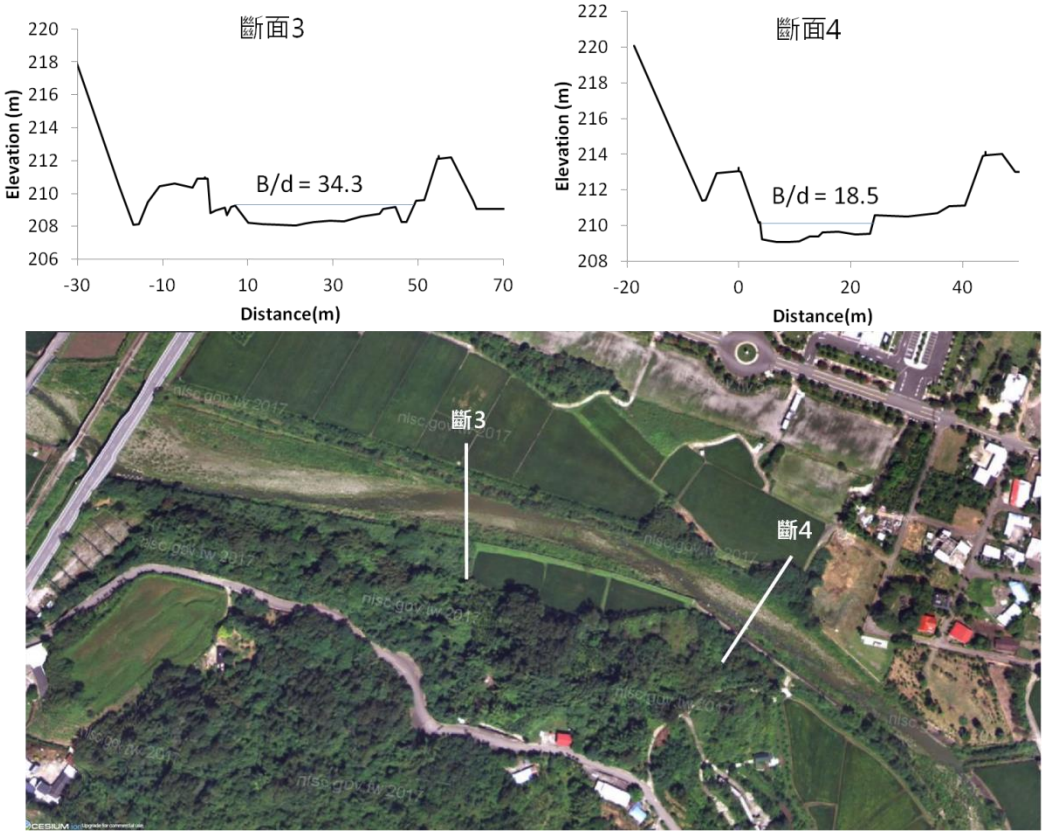


圖 5-46 螺仔溪斷面 3-4 低水河道寬深比

(三) 河道骨架與潭瀨分布

河道骨架是河道中不易變動的點，包括河岸骨架及河床骨架。自然的河岸骨架包括裸露的岩壁、崩積塊石及植被良好的河岸。自然的河床骨架為河床內塊石在洪水期間隨機卡合而成的階梯或石組。河道骨架左右了潭、瀨的生成位置，尤其是相對安定的潭與瀨。

鱉溪界點以下皆為沖積河谷，河道較不受谷壁限制，但百年來側向移動範圍不大，不太需要堤防、護岸等人為的河岸骨架，故此處主要探討河床骨架的影響。

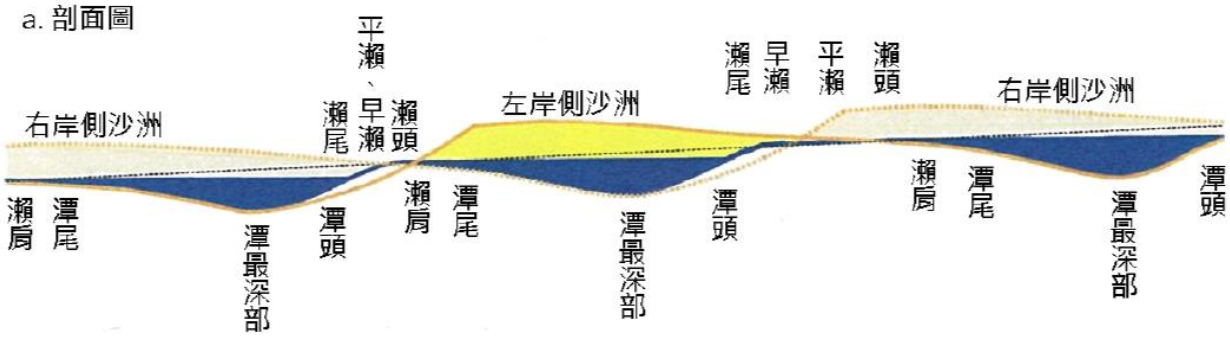
1、理想的河床高程

從前述河床下切過程分析可知，若上游土砂來源可確保，1993~2000 年之間的河床高程，應為自然營力作用可維持的高程。

在此高程下，河床尚保有足夠的護甲層，可於洪水期間自然形成河道骨架。另一方面，現存多數攔河堰都是在 1990-2000 年間所興建，恢復至此河床高程便於取水，既有灌溉圳路可持續使用。

2、理想的潭、瀨分布

潭、瀨自然生成的位置可依河相學方法判定(圖 5-47)。河床波之至高點，即圖中「瀨肩」至「瀨頭」的位置，為較大河床質組成的骨架。



資料來源：福留脩文(2012)

圖 5-47 蜿蜒河道之河床波與潭、瀨、砂洲分布

如前所述，鱉溪 1950 年代及之前的航照圖較不受人為開發或構造物的干擾，可用以判釋自然潭、瀨的生成位置。本計畫使用 1948 年的航照圖，依河相學方法判斷潭、瀨自然分布位置。

安定的潭區發生於突出岩體的周邊、固定蜿蜒河道的外彎側，以及大型落階的下游，在航照圖上通常顯示為顏色較深的流路。其中外彎道的安定潭區可依「大水走直線」的原則，以流路切線方向概估。安定的瀨區位於安定潭區之間，常由連續石組所構成，因伴隨水花與表面波，在航照圖上有局部白色或淡色流紋。

以斷面 12-18 河段為例，1948 年航照圖之潭瀨判釋結果如圖 5-48。經研判本河段在目前的斷面 15 下游及斷面 17 有安定瀨區，另斷面 13 及 16 附近為安定潭區。

若以安定瀨為可維持之安定骨架，1948 年鱉溪之安定骨架間距界於 417~870 公尺，平均間距為 625 公尺。1948 年鱉溪之瀨區

間距界於 136~541 公尺，平均間距為 270 公尺。然而，瀨相隔 541 公尺之河段位於鐵路橋上游的斷面 5-7 之間，由航照圖可知當時斷面 5-7 外彎道已興建混凝土護岸，這也是 1948 年航照圖中全河段唯一清晰可辨的混凝土堤岸(圖 5-49)。

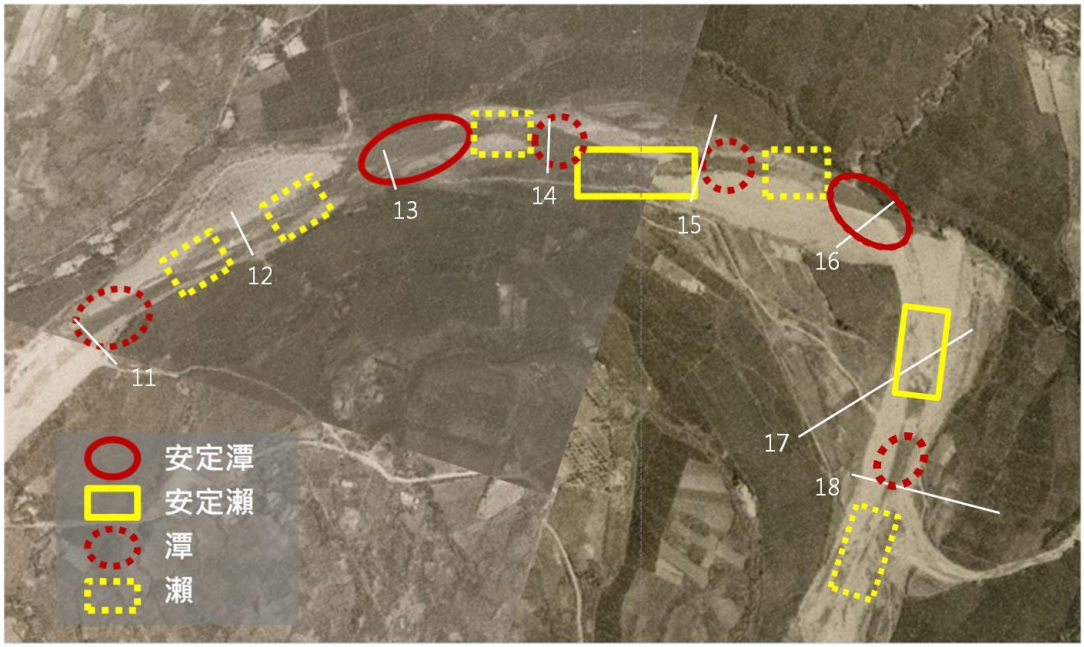


圖 5-48 斷面 12-17 河段 1948 年航照圖之潭瀨判釋

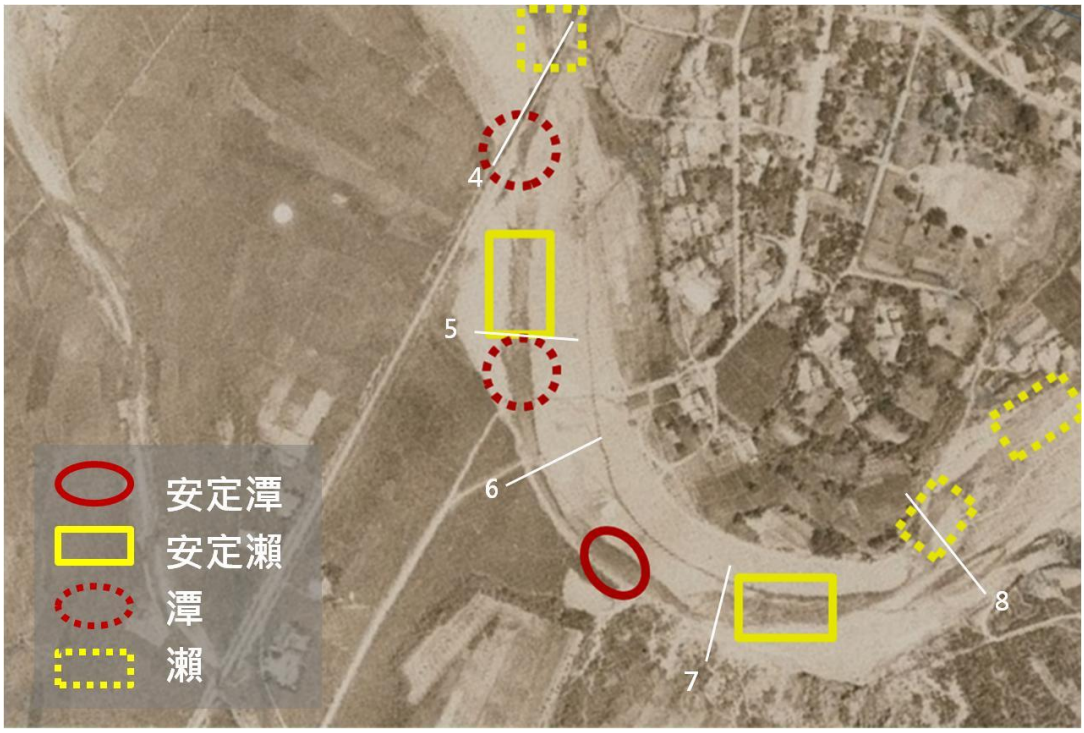


圖 5-49 斷面 4-8 河段 1948 年航照圖之潭瀨判釋

第六章 鱉溪復育願景與目標建構

願景、目標、計畫是河川復育邏輯思考的優先順序。

「願景」可定義為「參與者心目中共有的理想情境」。復育或環境管理的願景是這條河川在生態系服務、防災、水資源供應、地區產業等諸面相應擔負之「機能」。

「目標」較願景更為具體，可定義為「為實現願景而須達成的量化標的」。鱉溪復育應對水質、水量、河相、生物相等看得見、量得到的「形態」，擬定具體的量化目標。

「計畫」是行動前的安排，包含各種常態管理作為及調整改善項目，通常以短、中、長程的行動措施或方案呈現。

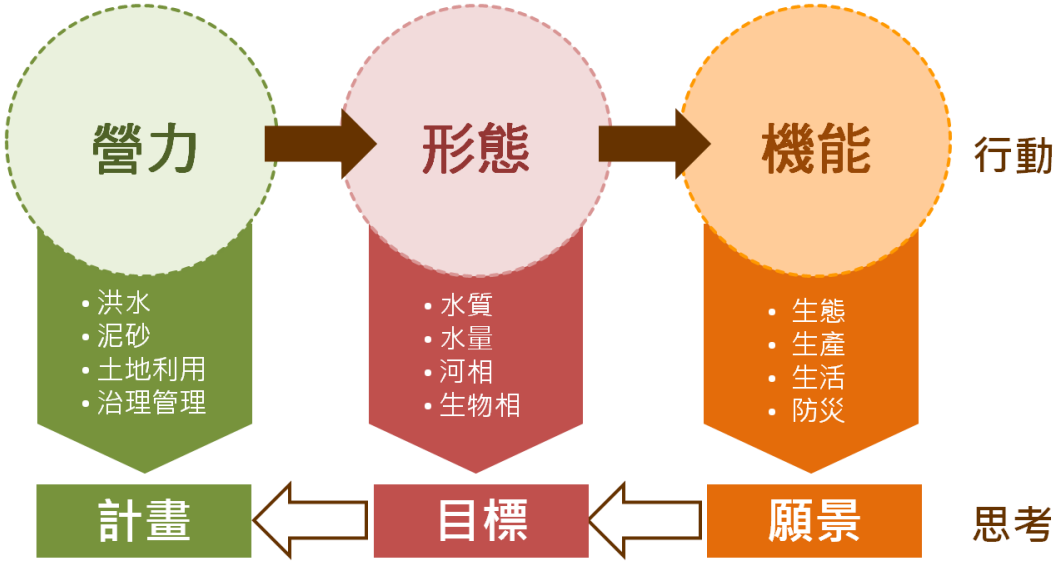


圖 6-1 河川復育之思考與行動優先順序

就河川復育的行動而言，則有營力、形態、機能三個層次，其關係如圖 6-1。復育行動必須先關注洪水、泥砂等自然營力；如果自然營力尚未受限，改變形態可輕易改善機能。人為營力(治理管理、土地利用)的調整往往是復育的關鍵，有了適宜的營力，河川會演替成應有的形態、發揮應有的機能。

本章設定鱉溪願景，包括復育成效評估方法，並根據第三~五章之分析，研擬復育方針與量化目標。

一、鰲溪復育願景

(一) 鰲溪之「三生有幸」

早年鰲溪主要投注經費與人力於工程硬體建設，興築堤防護岸及防砂壩以增加土地利用並預防災害，建造攔河堰以取用水資源。透過近期鰲溪流域管理平台，各方參與者對鰲溪的未來願景已凝聚相當共識，即著力於生態復育，恢復鰲溪的生命力，同時兼顧社區產業與生活的需求。鰲溪應能在生態、生產、生活三方面帶來住民的幸福，本計畫稱此願景為鰲溪之「三生有幸」。

(二) 復育成效評估

復育成效評估需從機能面著手。鰲溪復育關注的機能除生態、生產、生活外，尚有基本的防災機能。這四項機能可進一步對應至生態系服務的支持(supporting)、供給(provisioning)、文化(cultural)、調節(regulating)服務(圖 6-2)。其中支持服務又是其他三者的基礎。這四種機能或服務含蓋甚廣，以下僅針對鰲溪提出易於操作、可量化的復育成效評估指標。

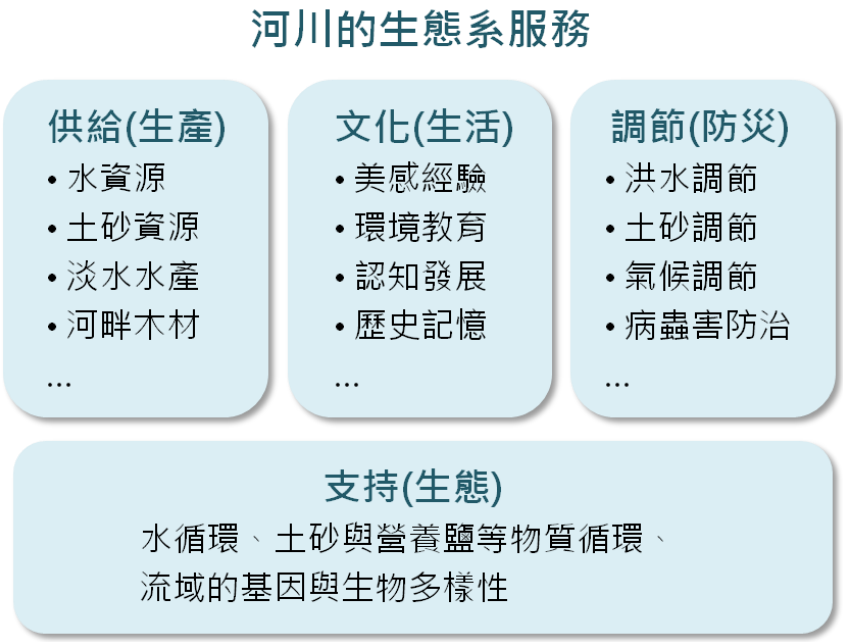


圖 6-2 河川生態系服務的四個層面

1、生態：支持服務

健康河川的支持服務包括水循環、土砂與營養鹽等物質循環，以及流域的基因與生物多樣性，即構成健全生態系的基本項目。欲達成這些支持服務，河川的水質、水量、河相、生物相都需達到健康的水準。現階段建議之評估方法如下：

(1) 水質

最基本者可使用環保署河川污染指標(RPI)，包含溶氧、生化需氧量、懸浮固體、氨氮。建議由水質小平台針對鰲溪情況提出進一步的評估指標。

(2) 水量

鰲溪的流量首先需要有持續的紀錄方式，這可由兩方面著手。一方面由農田水利署花蓮管理處依法量測取水量，可於各取水閘門設置水位、閘門開度與流量的率定曲線。另一方面，第九河川局已於鰲溪富里大橋建置固定流量站，可取得連續之流量紀錄。

(3) 河相

由第九河川局定期辦理大斷面測量，取得河床沖淤變化之紀錄。有了流量及測量資料，可採用 6.3 節之物理棲地指標，即在 Q200、Q50、Q2 及平時流量下之八項指標，以追蹤物理棲地的復育成效。

(4) 生物相

採用生態小平台已建議之原生指標物種，包括中華鰲、菊池氏細鯽、日本禿頭鯊、細斑吻鰕虎、台東間爬岩鰍、鱸鰻、雙色澤蟹等。外來種指標物種則包括明潭吻鰕虎、粗首鱲、台灣石鰟、泰國鱧、吳郭魚。可使用過往調查樣站，定期持續監測生物相之改變。

2、生產：供給服務

健康河川的供給服務包括水資源、土砂資源、食物、木材等

可供人類生活直接利用的物資。鱉溪的土砂生產、淡水水產、河畔林資源並不豐富，目前也沒有取用需求，現階段僅評估灌溉水資源即可。長遠的鱉溪復育應把其他供給服務納入評估，例如菊池氏細鯽是早期池上便當的主菜之一，也是本地居民很重要的溪魚食源。未來若生物相復育情況良好，可考慮發展鱉溪的淡水水產業與相關指標。建議現階段指標與評估方式如下：

(1) 灌圳供水不足量

在灌溉面積不增加的前提下，由農水署花蓮處持續追蹤灌圳流量，紀錄在水門正常操作下，取水口無法取到需取用水量，或需仰賴備援抽水站的流量。

(2) 臨時性土堤工程數量

伴隨河床回淤與攔河堰改善，鱉溪應可恢復重力引水，不需要像現行以臨時性土堤方式加高堰體以確保取水。此指標僅在河相與構造物改善完成前使用，其值越低表示鱉溪之供水機能越佳。

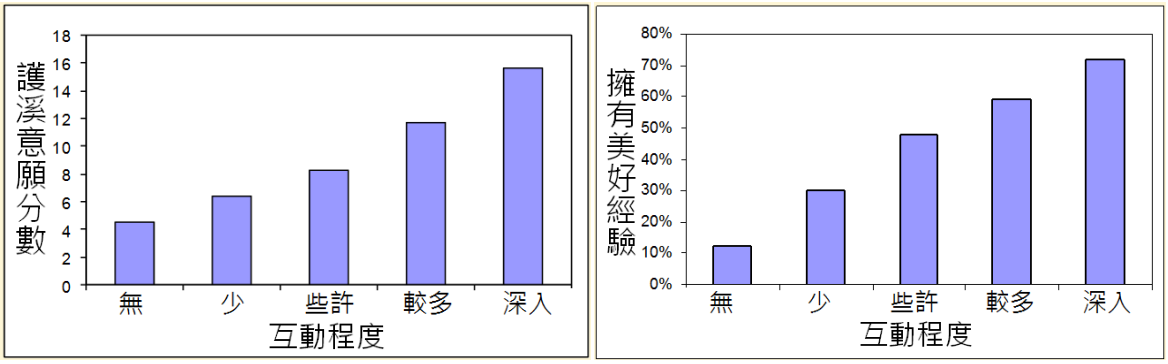
3、生活：文化服務

健康河川的文化服務包括親近自然的遊憩而產生的美感經驗、環境教育、認知發展、歷史記憶傳承等人類精神層面的服務。鱉溪生命力恢復的終極指標,除了生態多樣性代表活的生態系之外，還有活的人與河的關係，這反映在鱉溪的文化服務上。鱉溪是否自然而然地成為在地民眾想親近的對象？它是否自然而然地進入文學、畫作、電影、歌曲、戲劇、節慶活動，成為地方文化歷久不衰的養份？對沿岸社區與聚落居民而言，鱉溪顯然曾經具有高度的文化服務機能，這反映在訪談、歷史照片、文獻及祭典等文化活動中。建議指標與評估方式如下：

(1) 社區問卷調查

不定期辦理社區問卷調查。調查項目可包括對鱉溪的價值感、認知，以及使用鱉溪的方式。在鱉溪擁有美好經驗的

受調者比例、願意投入護溪活動的受調者比例、對鱟溪現況感到滿意的受調者比例等，都可以作為鱟溪文化服務的評估指標。過往研究指出，與溪流的自然要素互動越深的人，越能在溪流擁有美好經驗，也越願意投身於照顧溪流的行動(Yang，2010)。因此復育越成功，就越能促成居民與溪流的互動，從而提升這些指標的表現。



資料來源：Yang, 2010

圖 6-3 使用者溪流互動程度與價值感的關係

(2) 鱟溪活動與作品紀錄

紀錄與鱟溪有關的文化活動與作品。例如豐年祭的捕魚儀式，以鱟溪為創作背景或舞台的文學、畫作、電影、歌曲、戲劇作品等等。每年鱟溪相關文化活動的參加人數、主題藝術作品的數目等可作為評估指標。

亦可透過不定期田野訪視，了解鱟溪「日常型親水」的發展情形。日常型親水意指未經特意安排，鄰近居民自發性、創造性的親水活動，其概念相對於設施或渡假導向的親水。使用者與鱟溪的互動程度、使用樣態的多樣性等可作為評估指標(表 6-1)。

表 6-1 溪流互動等級作為文化服務指標

使用方法	溪流互動等級
使用溪旁設施、開車經過	0
騎自行車、聊天、野餐	1
賞景、散步、慢跑、閱讀、沉思	2
賞鳥、爬樹、採集、種植	3
釣魚、捉生物、玩水、玩石頭、趴溪觀察	4

4、防災：調節服務

健康河川的調節服務包括洪水調節、土砂調節、氣候調節、病蟲害防治等使人類生活免於受突發狀況威脅的服務。鱉溪百年來並無大型洪水與土砂災害的紀錄，且工程多以修復既有工程為目的。本計畫以保留歷史廊道、土砂無害下移、工程最小化為兼顧防災與生態復育的方針，期能讓鱉溪在河川廊道內發揮洪水與土砂調節機能。若鱉溪物理棲地復育成功，則河道可達動態平衡，不需大量投入防減災工程，亦可將流域的災害損失降至最低。建議指標與評估方式如下：

(1) 工程經費

包括每年度用於流域堤防、護岸、固床工、防砂壩等防減災工程之新建與修復經費，經費越低代表復育成效越佳。

(2) 災損金額

除防減災工程本身受損之外，其他項目的災害損失。這包括攔河堰、橋梁、重要道路、農田、房舍等因洪水或土砂災害而損失的金額。此金額若高，反映設施或財產的地點或形態與河川能量分布狀況有所衝突，需加以調整。金額越低代表復育成效越佳。

二、物理棲地復育方針

本計畫針對鱉溪物理棲地，提出四大復育方針。

(一) 還地於河

參考歷史廊道與河寬，重建寬淺河槽與濱水帶。優先收回河川區域內公有地，配合「削高灘、造低灘」之實施，讓河川有沖淤變化的空間。並視需要在不徵收用地的情況下，與私有地主協商，減少或退縮河川區域內之縱向構造物。

(二) 還石於河

為修正河床下切現象，重建護甲層，優先以自然方式還石於河，即減少或移除上游防砂構造物，確保土砂來源。其次考慮從鄰近多砂河道之疏濬土砂補充，恢復河道高程至理想情境。

(三) 還水於河

透過精緻的灌溉管理，只取用需要的水量，並視需要改變現行農法，維持鰲溪不同條件下河道內需要的水量。

(四) 近自然工法

以環境友善之近自然工法，改善既有縱、橫向構造物。在縱向構造物方面，盡可能增加鰲溪的自然河岸，並在需要保護之處，營造漸變、通透、粗糙之植生護岸。在橫向構造物方面，移除已破損或功能不佳的構造物，改以近自然工法重建河道骨架，營造瀨區，並使其兼具攔河堰功能。

本計畫導入德國、瑞士與日本等地發展的近自然工法，作為鰲溪縱、橫向構造物之改善工法。日本福留脩文氏於 1980 年代將瑞士、德國逐漸成熟的近自然工法(naturnaher wasserbau)導入日本，並透過觀察自然河川與研究日本傳統砌石結構，發展出獨自的乾砌石工法，其力學形態與工序模仿自然溪流中,歷經大洪水考驗而產生的河道內結構，因此可在短時間內，重現自然河川長時間演育而成的安定河道骨架，除可相當程度抵禦自然營力，亦可為河溪生態復育提供理想的基盤。

三、物理棲地量化目標

推動河川復育之際，為能定量描述物理棲地復育的目標或成效，有兩個要件：一是為復育河段定出理想情境，二是可行的物理棲地評估指標。本節從各項水文、河相因子中，找出可量化，容易監測的指標，並參考 5.4 節河相典範,提出各指標之理想範圍,作為鰲溪物理棲地復育的量化目標。此外，河相經驗公式則可作為復育與維持健康河相的參考工具。

(一) 物理棲地指標建立

物理棲地評估一般以數公里同性質的河段為單位。本計畫參考日

本近自然工法之河川復育規劃(楊佳寧、王永珍，2006)、德國聯邦政府之理想河相評估法(Dahm et al, 2014)及美國佛蒙特州的水文河相評估系統(VANR, 2009)等基於河相學原理之方法論，以四種規模的洪水流量為基礎，提出適合鱉溪的物理棲地指標，如表 6-2 及圖 6-4。

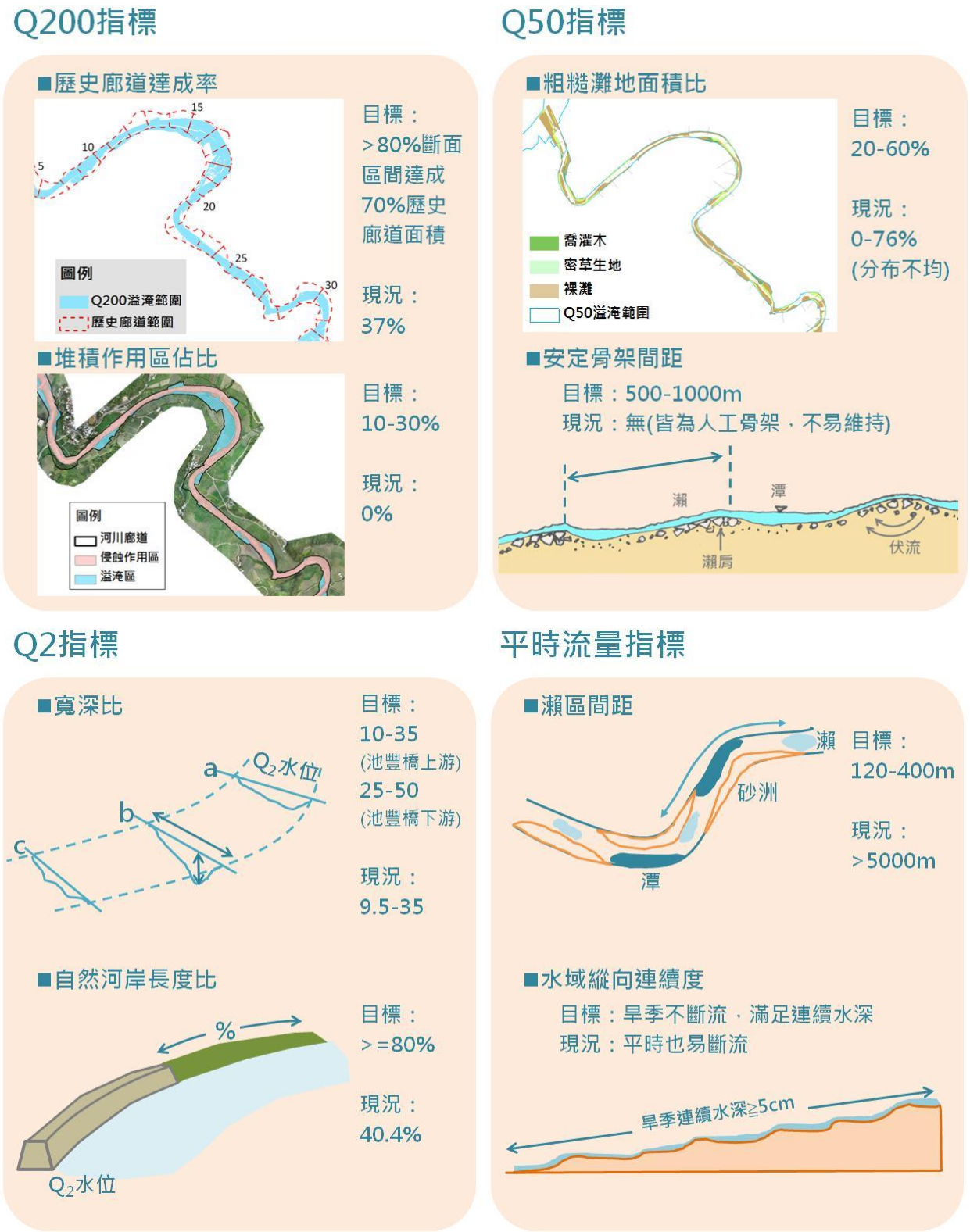


圖 6-4 鱉溪物理棲地指標示意圖

這些指標可透過二維水理模式及 GIS 軟體評估。各指標的理想範圍則由河相基本理論，及前述對鱉溪水量與河相的考察推求而得。

表 6-2 鱉溪物理棲地指標

類型	指標	理想範圍
Q200 指標	歷史廊道達成率	>80%斷面區間達成70%歷史廊道面積
	堆積作用區佔比	溢淹面積的 10-30%
Q50 指標	粗糙灘地面積比	20-60%
	安定骨架間距	500-1000m
Q2 指標	寬深比	10-35(池豐橋上游) 25-50(池豐橋下游)
	自然河岸長度比	>=80%
平時流量指標	瀨區間距	120-400m
	水域縱向連續度	100%*

*指全河段不斷流，並達成表 4-16 四種情境下之連續水深

1、Q200 指標

Q200 指標主要涉及極端事件發生時，留給河川的空間範圍，即河川廊道。現況鱉溪河川廊道多小於百年歷史廊道範圍，且沒有可供細料淤積的灘地。極端事件來到時，河道內原有的棲地大都會改變，此時灘地成為主要的避難空間。這些灘地應足以讓細料淤積，以促成灘地植被的演替。

(1) 歷史廊道達成率

200 年重現期洪水時，某河段各斷面間溢淹範圍，達成 70%歷史廊道面積的斷面區間百分比。

對於不易改道的沖積河谷河段而言，Q200 溢淹範圍應接近歷史廊道範圍，越接近表示地形受人為改變的幅度越小，河道附近有緩衝空間,在極端事件時可供作滯洪與囚砂空間。考量部分河段有局部改道，鱉溪界點以下河段，歷史廊道達成率至少應達 70%。然而現況由於河槽下切，界線 D 多比界線 A 窄，46 個斷面區間中，僅 17 個達成 70%歷史廊道面積，故歷史廊道達成率僅 37%，如圖 6-5。

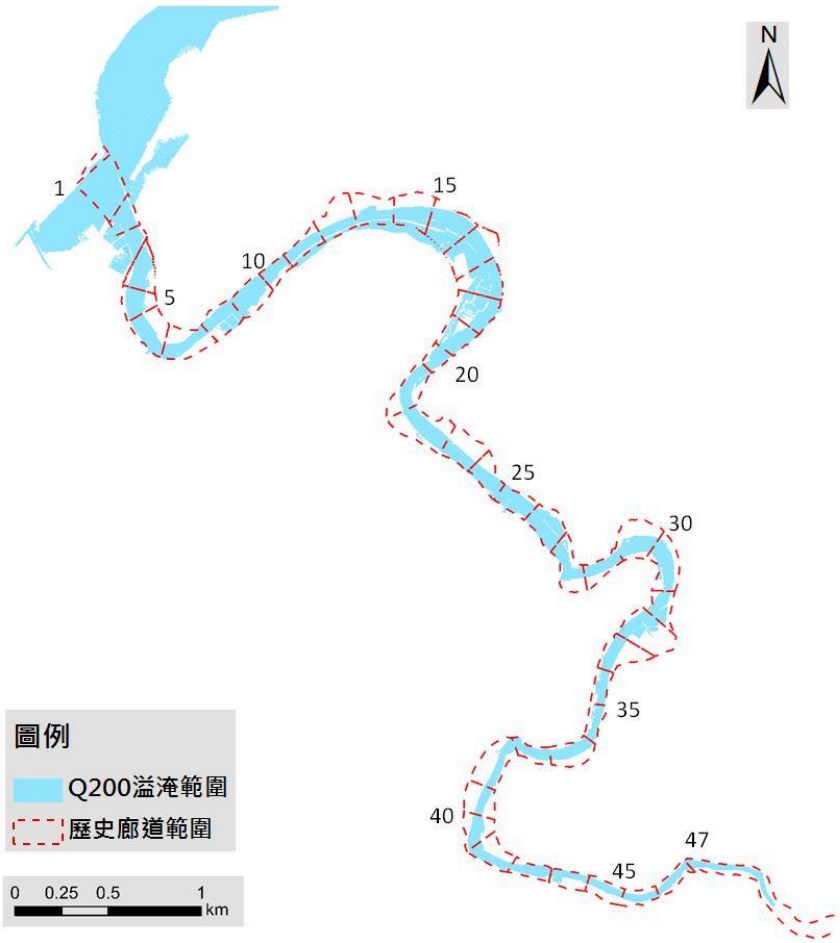


圖 6-5 現況 Q200 溢淹範圍與歷史廊道比較

(2) 堆積作用區佔比

河川廊道中，堆積作用區所佔之面積百分比。一般而言，越是下游的河段此值越大。對鱉溪沖積河谷段而言，此值應達 10%~30%，才能復育一些河畔林，作為河邊鳥類、兩爬類、哺乳類等陸域生物需要的棲地。目前鱉溪河川廊道內完全沒有堆積作用區。

2、Q50 指標

Q50 規模的洪水時，河道內需有一部分的灘地是粗糙的(即有高莖草本、灌木、喬木覆蓋)，以便提供水生生物避難空間。此規模的洪水雖可能破壞河道內棲地，但河道中應有一些可維持的骨架，保護河道免於大規模的沖刷。

(1) 粗糙灘地面積比

某河段 Q50 洪水時，各斷面區間溢淹的灘地中，粗糙灘

地的面積百分比。粗糙灘地係指灌木、喬木、高莖草生地等所覆蓋之灘地，而「灘地」定義為平水位至 50 年重現期水位之間的溢淹範圍。

鱉溪沖積河谷河段，各斷面區間理想的粗糙灘地面積比為 20%~60%，其餘灘地為裸灘或由一年生草本所覆蓋。粗糙灘地佔比過高或過低都不理想。過高表示灘地陸化，缺乏洪水擾動；過低表示缺少漸變的灘地，或灘地都被農作占據，棲地功能不佳。一場 Q50 洪水過後，至少有一半的灘地應被更新，成為裸灘。

鱉溪界點以下，目前僅斷面 2-8、25-31 及一些零星斷面能達成理想範圍，而這些河段也是混凝土護岸較少之處，使河段有機會發展成較為健康的灘地(圖 6-6)。

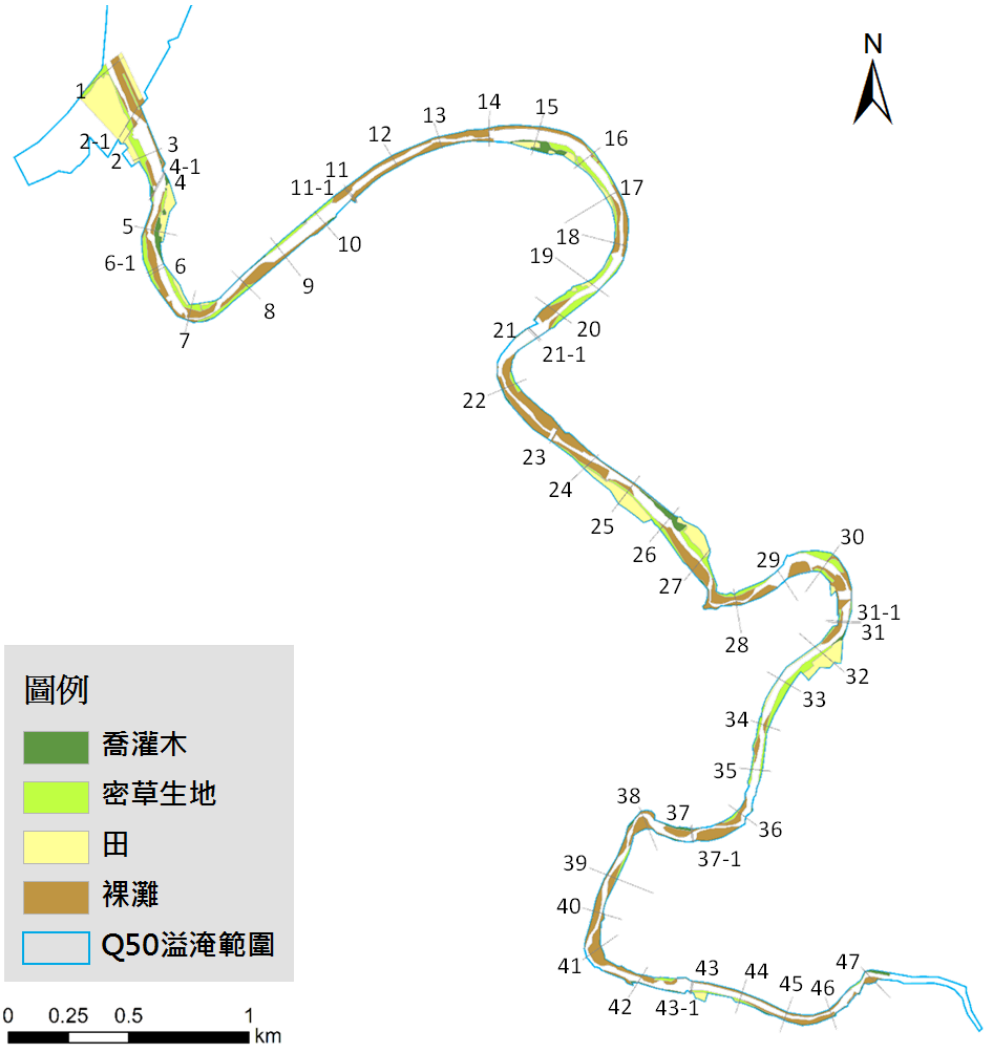


圖 6-6 鱉溪 Q50 溢淹範圍內灘地植被現況

此項指標除河相調整外，亦需配合人為管理，其結果可直接從近期航照影像概估。若使用二維水理模式，可假設 Q2 水位及 Q50 水位間的溢淹範圍有機會發展為粗糙灘地，並將其曼寧 n 值設為 0.06~0.1。

(2) 安定骨架間距

某河段 Q50 洪水期間，不致流失或破損，且可自然維持的河道骨架間距。河道骨架是河道內不易變動的點，對於維持護甲層及避免河道下切有重要功能。

目前鱉溪固床工、攔河堰等構造物雖暫時發揮河道骨架功能，但多有受損情事。基於 1948 年潭瀨分布的考察，設定鱉溪每 500-1000 公尺應有一座安定骨架，且理想的河道骨架應可自然維持。

「自然維持」是不使用水泥、鋼筋等固定，使全體呈現可微調的韌性結構，儘管局部變動也能發揮整體機能。在近自然工法中，即便部分材料被洪水沖走，只要上游有自然土砂來源，石材可再度卡合成骨架，因此可自然維持。

日本近自然工法將使用材料中最大徑的塊石稱為「力石」(keystone)，在 Q50 時，力石必須能單獨保持穩定，其形狀與大小可由抵抗滑動及滾動的穩定條件來決定(見圖 6-9)。

3、Q2 指標

在台灣的沖積河谷河段，Q2 可視為建槽流量，代表較為頻繁發生的小型洪水，也左右平時河道內的棲地形態。

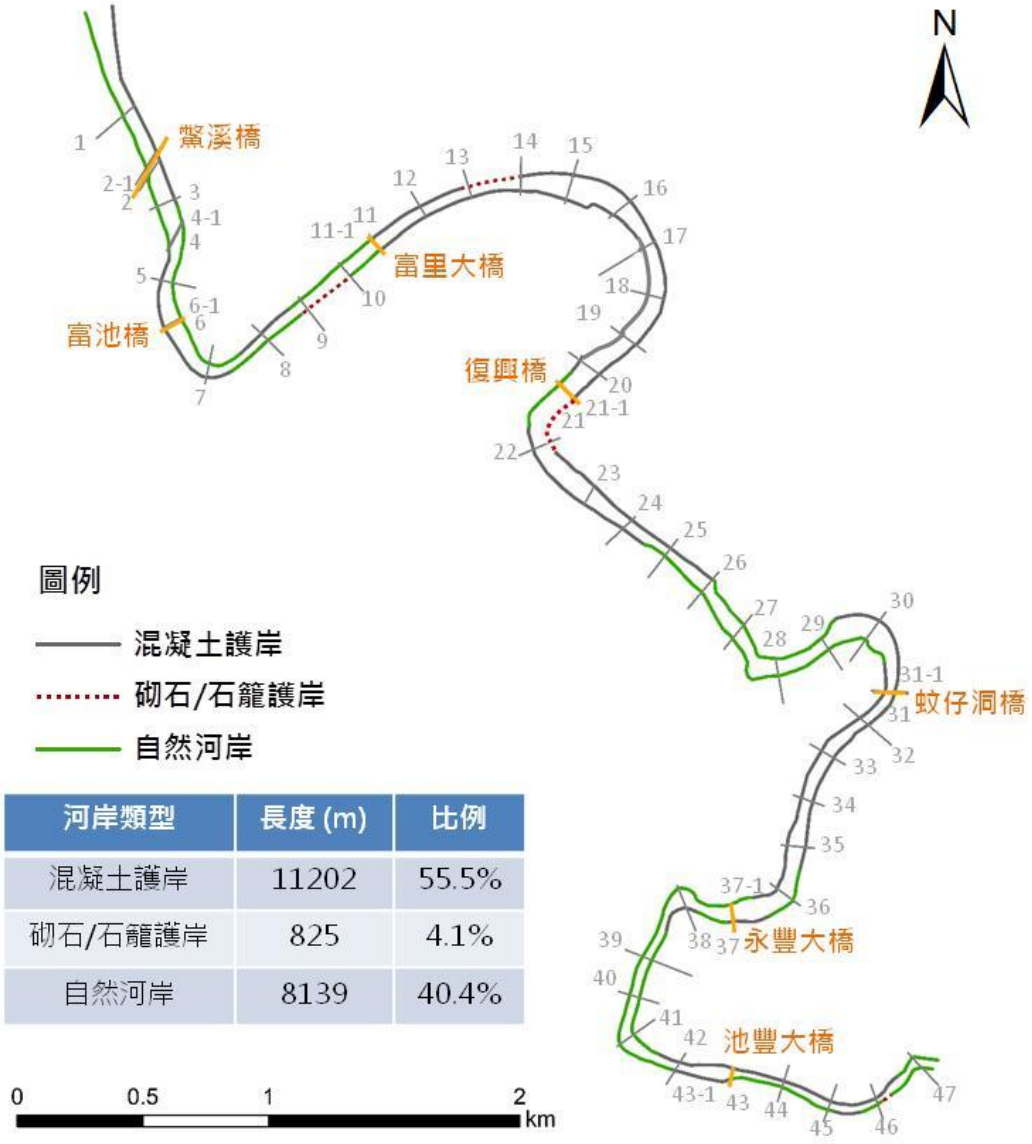
(1) 寬深比

Q2 洪水時，某河段各斷面河寬與最大水深的比值。根據上游及鄰近集水區河相較健康的河段推測，界點至池豐橋的河段剛出山區，河谷尚未完全開展，理想的寬深比設定為 10~35。池豐橋以下之沖積河谷河道不受侷限，理想的寬深比設定為 25~50。當寬深比超過 60，即易產生辮狀河道。現況鱉溪河道深槽化嚴重，Q2 時各斷面寬深比如圖 7-4。剛出山

的斷面 45 寬深比僅 9.0，下游的斷面 13 僅 8.9。

(2) 自然河岸長度比

Q2 時，某河段未受人為構造物固定的自然河岸長度，佔河岸全長的百分比。在鱉溪界點下游，至少應達到 80%。此值越高越有機會發展出濱溪植被、受蝕河岸等多樣棲地，反映「最少工程介入」的原則。



河岸類型	長度 (m)	比例
混凝土護岸	11202	55.5%
砌石/石籠護岸	825	4.1%
自然河岸	8139	40.4%

圖 6-7 鱉溪現況河岸類型

沖積河谷的自然河岸具有「漸變」與「通透」的特性。除了少數岩壁裸露之處，非攻擊岸的自然水岸坡度通常小於 30 度，此種漸變水際對於鳥類覓食、哺乳類等生物進出水域十分必要。有植被生長的通透水際對兩爬類、水生昆蟲的生

活史更有重要意義。這些生物多產卵於河川淺水處，孵化後幼年生活於水中，蛻變後至陸地生活，由水域至陸域的轉換是生物極為脆弱的階段，水際的濕度、溫度不宜變化太大，通透水際提供了這樣的環境。

另一方面，攻擊岸的坡度可能達 45 度或更陡，若不以構造物保護，不但可補充河道內砂源，也可提升棲地多樣性，如翠鳥、棕沙燕都需在受蝕河岸挖洞築巢。

本計畫配合近年製作之高解析度空拍圖與現地勘查，整理鰲溪主流全河段河岸狀況，如圖 6-7。現況混凝土構造物佔 56.9%，石籠或砌石護岸佔 2.7%，自然河岸約佔 40.4%。

4、平時流量指標

(1) 瀨區間距

某河段內瀨區出現的平均間距。瀨是由塊石、卵礫石的階梯或石組所構成的水淺流急的區域，可由近期衛星或航拍影像讀取。瀨區溶氧高，陽光充足，易生長藻類，是山區以下河道內重要的基礎生產空間，供應整個食物鏈，也是鰲溪急需復育的棲地。鰲溪沖積河谷河段理想的瀨區間距，約為低水河道寬度的 5-10 倍，且坡度越緩間距越大。

現況鰲溪為一連串的橫向構造物阻斷，全河段除蚊仔洞橋至永豐大橋之間因沒有橫向構造物而保留一點瀨區之外，界點以下河段已沒有瀨區。

(2) 水域縱向連續度

某河段在特定天然流量情境下，流心能維持特定水深之連續水域，佔全河段總長度之百分比。此值描述整體河道受人工結構阻斷而斷流的狀況。以鰲溪而言，表 4-16 列出四種天然流量情境下，界點以下河段需維持的連續水深。該表可進一步轉化為易於觀察的指標如下：

A. 1-6 月：全河段維持 5 公分以上連續水深。

B. 7-12 月：全河段維持 10 公分以上連續水深。

目前鱉溪在寬裕的 D5 情境下(河口天然流量 1.86cms、省水稻作與智慧水管理之用水)，仍有多數斷流(圖 4-43)。在河相改善及用水量調整後，鱉溪水域縱向連續度應達 100%，即在枯旱期亦不斷流。

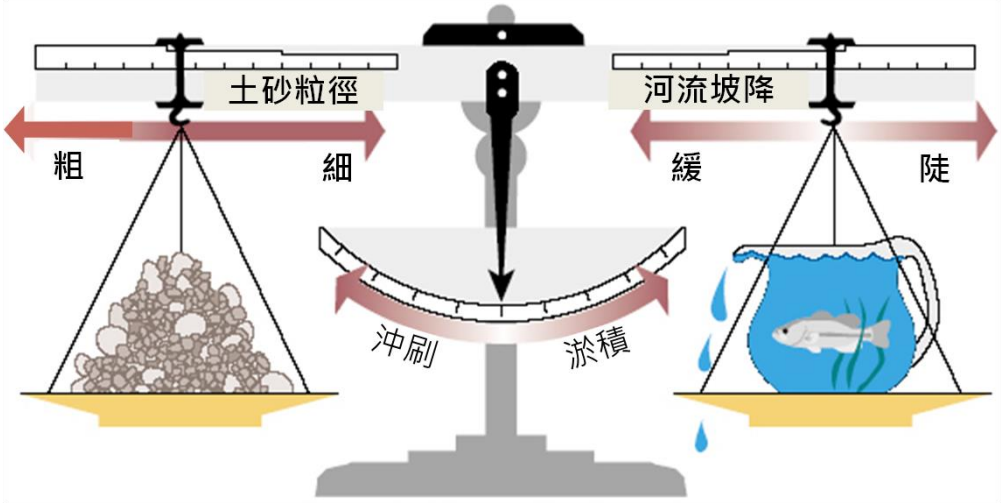
(二) 河相經驗公式

1、Lane 平衡

1955 年 E. W. Lane 提出著名的 Lane 平衡，描述河川水砂平衡的基本原則，即下式(圖 6-8)：

$$Q_s \times D \propto Q_w \times S \qquad \text{式 6-1}$$

右側的 Q_w 為流量，S 為河流坡降；左側的 Q_s 為河流中土砂量，D 為土砂粒徑。當式中任一因子改變時，Lane 平衡揭示了河流可能的因應方式。若把 Lane 平衡右側的 Q_w 及 S 視為河流能量因子，左側的 Q_s 及 D 則可視為消能機制。



出處：Rosgen(1996)，根據 Lane (1955)所繪製。

圖 6-8 Lane 平衡圖解

由於鱉溪尚缺乏流量、輸砂量等基礎觀測資料，建立河相經驗公式不能一次到位，此時 Lane 平衡提供了可靠的預測方向。例如在鱉溪大開墾時期(1950-1980)，河道來砂量大增，上游河床大幅淤高，且整體河床的坡降是增加的。後來當河道土砂不足，鱉溪向側岸及底床補充泥砂，使得河床下切，蜿蜒度增加，河床粒

徑粗化，而整體坡降也減小了。

2、基於經驗與物理模型的河相公式

Lane 之後，河相學家對於上游的階梯深潭(step-pool)河道、中游的蜿蜒與辮狀河道，都曾提出眾多河相經驗公式，其目的往往是求得沖積河道在「動態平衡」時，特定幾何要素之間的關係。例如 Odgaard & Jorge(2008)提出平原蜿蜒河道之波長、河寬、水深間的關係；Chin & Phillips (2007)提出山區河道坡降、代表粒徑、階高與階梯間距的關係。這些公式往往基於對特定地域河道的觀察，需要大量實地觀測資料，方能取得較為可靠的參數校準。

從物理模式出發的河相公式，則提供了另一選擇。陳緒堅、胡春宏(2004)從熱力學觀點提出「河流最小可用能耗率原理」：在一定來水來砂條件下，河流總是在一定約束條件下努力調整所有可以調整的變數，使挾砂水流的可用機械能損耗率減小，且當河道穩定時為最小，此最小值取決於來水來砂和河床邊界條件。換句話說，河流傾向於攜帶河道內的土砂等物質前進(作功)，盡可能不以熱能耗散自身能量。該原理可以寫成：

(可用能耗率) = (總能耗率) – (懸浮懸移質功率) – (搬運推移質功率) = 最小值，或

$$P = \gamma_m QUJ_e - \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s} gQS\omega - \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s} gGU_g(tan\phi - J_0) = \text{最小值}$$

式 6-2

其中 P 為可用能的能耗率(單位 W/s)，γ_m 為渾水的比重量，U 為斷面平均流速，J_e 為能坡，γ_s 為泥砂比重量，g 為重力加速度，S 為懸移質含砂量，ω 為懸移質平均沉速，G 為推移質輸砂率，U_g 為推移質運動速度，ϕ 為推移質水下休止角，J_0 為河床坡降。

換句話說，河流傾向於攜帶河道內的土砂等物質前進(作功)，使懸移質、推移質朝向飽和，盡可能不以熱能的方式耗散自身能

量。當輸砂未飽和時，挾砂河流會試圖沖刷河床或河岸，增大懸移質和推移質的輸砂率，但輸砂率最大不會超過挾砂力。

當輸砂飽和時，式 6-2 可變為

$$\gamma_m QUJ_e \approx \gamma_m BhU^2 J_d/\eta \ = \ \gamma_m Q^2 J_d/Bh\eta \ = \text{最小值} \qquad \text{式 6-3}$$

此時河流還可透過調整河寬 B、水深 h 和增大蜿蜒度 η 來降低可用能耗率，由地貌坡降 J_d 和河床河岸相對抗蝕性不同，而形成不同的河型。當輸砂超飽和時，式 6-3 表現為減小 γ_m，河床淤積。

陳緒堅、胡春宏(2004)亦將能量均配定理(同能級的各種阻力產生之能耗會均勻分配)，應用於河相，從而進一步導出多種廣義的河相關係。例如河岸與河床的阻力為同能級，可假設河寬變化與水深變化會均等分配。利用曼寧公式，式 6-3 可改寫為

$$\gamma_m QUJ_e \approx \gamma_m QUJ \ = \ \frac{n^2 \gamma_m Q^4}{B^3 h^{13/3}} \qquad \text{式 6-4}$$

對上式取微分得

$$\mathrm{d}(\gamma_m QUJ) = -\frac{3n^2 \gamma_m Q^4}{B^4 h^{13/3}}\mathrm{d}B - \frac{13n^2 \gamma_m Q^4}{3B^3 h^{16/3}}\mathrm{d}h \qquad \text{式 6-5}$$

如果河寬和水深都能自由調整，由能量均配定理，則上式右邊兩項相等，化約後得$\mathrm{d}B/B = 13\mathrm{d}h/9h$。對其積分後，得到

$$\frac{B^{9/13}}{h} = C \qquad \text{式 6-6}$$

此即河寬與水深的指數關係。式 6-6 預測，當河岸、河床之抗蝕性一致，使河寬、水深能自由調整時，河寬變化為水深變化之 1.44 次方。假設鱉溪沖積河谷段符合此條件，在上游河谷段建槽流量的寬深比 B/h=25，到了下游水深變成 2 倍時，寬深比 B/h 將變成 34。由此所得之寬深比可與前述物理棲地指標相映證。

3、河道骨架之石材粒徑

河道骨架通常由河道中 D84 以上的大徑塊石卡合而成，其中最大級的塊石，在日本近自然工法中稱為「力石」。在實務上，

假設這些力石需能以單體的形態抵抗設計規模的洪水，其粒徑及形狀可依以下方式檢討(福留脩文，2012)。

水流中靜止物體所受的外力可簡化如圖 6-9。

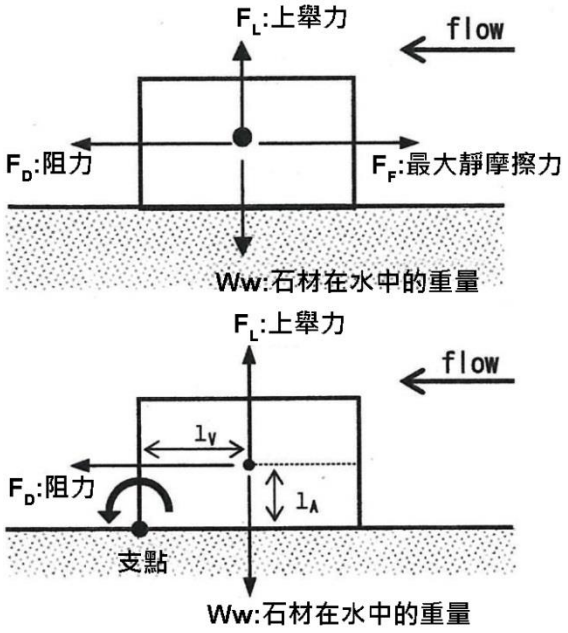


圖 6-9　石材滑動及滾動之力平衡

$$F_D=C_D\cdot\frac{V^2}{2}\cdot A\cdot\rho_0 \qquad \text{式 6-7}$$

$$F_L=C_L\cdot\frac{V^2}{2}\cdot A_L\cdot\rho_0 \qquad \text{式 6-8}$$

$$F_F=\mu(W_W-F_L) \qquad \text{式 6-9}$$

$$W_W=\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)W \qquad \text{式 6-10}$$

式中，μ：靜摩擦係數；ρ_0：流體密度(kg/m^3)；ρ：石材密度(kg/m^3)；W：石材空氣中重量(kN)；V：流速(m/s)；A：水流方向石材的投影面積(m^2)；A_L：垂直水流方向的石材上方投影面積(m^2)；C_D：阻力係數；C_L：上舉力係數。

石材不滑動也不滾動之穩定條件如下：

$$S_F<\frac{F_F}{F_D} \qquad \text{式 6-11}$$

$$S_F<\frac{(W_W-F_L)\cdot l_V}{F_D\cdot l_A} \qquad \text{式 6-12}$$

式中，S_F：安全係數；l_A：F_D之作用重心與滾動支點間的距離(m)；l_V：F_L之作用重心與滾動支點間的距離(m)。

將式 6-7~式 6-10 的F_D、F_L、F_F、W_W消去，在流速V的情況下，使力石保持穩定的W可由式 6-13、式 6-14 求出。

$$W > \frac{V^2 \cdot \rho_0}{2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)} \left(\frac{S_F \cdot C_D \cdot A}{\mu} + C_L \cdot A_L \right) \quad \text{式 6-13}$$

$$W > \frac{V^2 \cdot \rho_0}{2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)} \left(S_F \cdot C_D \cdot A \cdot \frac{l_A}{l_V} + C_L \cdot A_L \right) \quad \text{式 6-14}$$

鱉溪部分河道中散布著大徑塊石，這些塊石是早年大型洪水搬運而下，或由鄰近山坡崩落至河道，後來河床護甲層流失、河道骨架也受到破壞，這些塊石卻仍以單體存在於河床。復育之際可善用這些塊石所在之處，重建河床骨架。

第七章 復育策略與行動方案

本章依前章鱟溪物理棲地復育的方針與量化目標，提出河相調整方案及水量調整方案，包括具體的復育策略與量化分析，並研擬各項策略的期程與分工。各項復育策略與相對應的方針與棲地評估指標列於表 7-1。

表 7-1 鱟溪物理棲地評估指標與復育策略

評估指標(assessment indicators)		方針(policies)	策略(strategic plans)	
Q200 指標	歷史廊道達成率	還地於河、 還石於河	局部放寬河道、削高灘 防砂設施改善、重建護甲層	河相
	堆積作用區佔比			
Q50 指標	粗糙灘地面積比			
	安定骨架間距	近自然工法	重建河床骨架	
Q2 指標	寬深比	還石於河、 還地於河	防砂設施改善、重建護甲層 削高灘	
	自然河岸長度比	近自然工法	河岸粗糙化	
平時流量指標	瀨區間距	還石於河	重建河床骨架	
	水域縱向連續度	還水於河	用水管理精緻化、智慧水管理、推廣節水農作	水量

一、河相調整方案

本計畫為鱟溪河相調整提出六項策略，各項互相配合後，應可達成評估指標所界定的理想狀態。以下各項復育策略中，(一)防砂設施改善為還石於河的關鍵，由於涉及他機關辦理範疇，由流域管理平台協商。其餘(二)至(五)皆先描述行動方案，再檢視相關評估指標。

(一) 防砂設施改善

健康的流域有其自然產砂量(造山運動等導致的崩塌)，水土保持的目標是確保土砂無害地下移，而非抑制土砂生產或運移。對下游河道而言，上游的形態發揮了營力的作用，需要優先調整。目前鱟溪界點下游河道因缺砂石而呈現「餓水」(hungry water)狀態，即水流能量過高，易侵蝕側岸與河床。

依 5.3.4 節的考察，以下支流野溪與坑溝可考慮調整既有防砂工程。

建議實施構造物現況調查後，優先改善興建年代較久，或結構已有破損的構造物。近年施做但對輸砂及生態影響較大的構造物，可透過維護管理階段之生態檢核來減輕影響。

1、搭不烏拉溪(潭埔堀)

優先改善圖 5-32 中編號 a、2、12、14、19、45，以補充復興橋下游砂與卵礫石。

2、臭水溝

優先改善圖 5-32 中編號 4、11、33、44，補充池豐橋下游砂與卵礫石。

3、石厝溝

優先改善圖 5-32 中編號 b,補充界點下游缺乏之護甲層塊石。

4、中溝

圖 7-1 中溝瀑布下游之野溪治理工程

優先改善圖 5-32 中編號 A~D，補充主流缺乏之護甲層塊石，對待改建之中溝橋及界點下游河相復育將有甚大幫助。此外，中溝既有工程位於中溝瀑布及女鬼瀑布下游，二瀑布位於都巒山層與蕃薯寮層交會處，地質景觀特殊，可與鱉溪地質公園之規劃一

同考量(林務局花蓮林管處，108 年)。改善此處防砂工程，同時具有增進地景與遊憩價值之綜效(圖 7-1)。

5、主流附近坑溝

對於 109 年於主流上游附近坑溝預定施做的防砂工程(編號 46~50 及 52)，建議透過鱉溪工程小平台進一步討論，讓地方居民與民意代表有機會了解鱉溪目前的困難，共商解決之道。

(二) 重建護甲層

塊石、卵礫石堆積而成的護甲層，是構成一般所知水域棲地(潭、瀨、砂洲)的材料。重建護甲層是鱉溪復育的基本工作。

1、填高河床

依第五章的考察，河床高程大致以恢復 1993 至 2000 年間之高程為目標，初步決定目標床面高程如圖 7-2。由歷年來下切狀況，可推測蚊仔洞橋附近為大規模河床波局部高點，可能受地質因素影響而不易持續下刷。

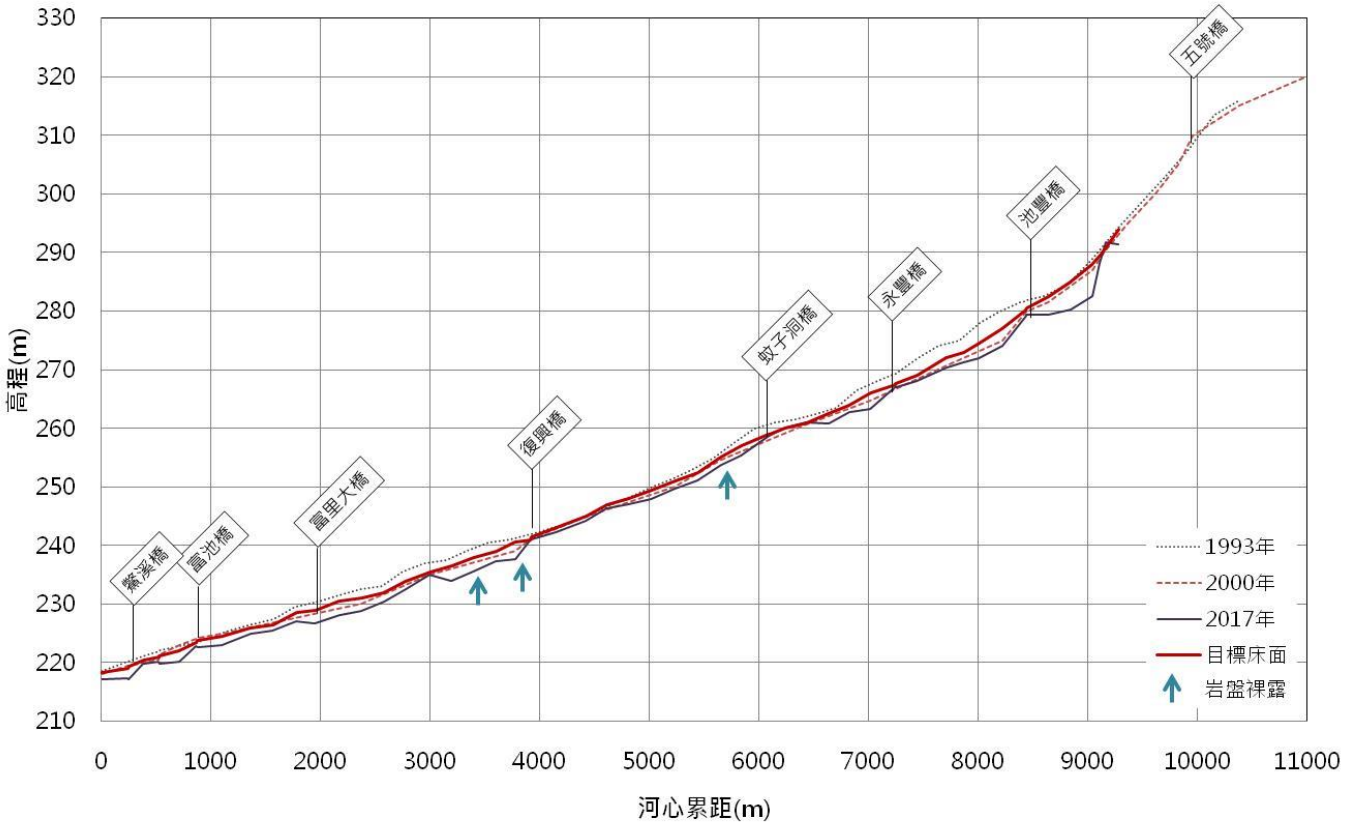


圖 7-2 鱉溪目標床面高程

2020 年第九河川局「鱉溪豐南堤段設施維修改善工程」已於該河段試行重建護甲層，投入約 7281m^3 之塊石，有效抬高了 46-A 固床工至斷面 45 之間的河床，也抑制了戡台沿岸的沖刷(圖 7-3)。

圖片來源：第九河川局工務課

圖 7-3 豐南護岸斷面 46 附近的還石於河(2020 年 6 月)

2、土方來源

(1) 上游自然來砂

還石於河最自然也最經濟的做法，是移除攔阻粗料來源的支流固床工與防砂壩，讓洪水搬運粗徑河床質，使其自然卡合成階梯或石組，以抑制下切，加速河床回淤。

(2) 鄰近疏浚土砂

流經縱谷的秀姑巒溪及其於中央山脈側的支流產砂旺盛，不時有疏浚需求，可作為本計畫還石於河的料源。例如「鱉溪豐南堤段設施維修改善工程」使用秀姑巒溪中央山脈側的龍泉溪疏浚土砂作為料源。

(3) 削高灘之土砂

還地於河之「削高灘」策略將擇地削除低水河道旁的高灘。這些高灘多為早年居民為擴大農墾區，用原河道內土砂填築而成，因此削除高灘所得的粗料(卵礫石與砂)可直接回歸

河道，增加土方來源。

(4) 既有混凝土構造物擊碎

重建河床骨架、河岸粗糙化都需移除部分混凝土構造物，這些構造物擊碎至小塊石尺寸 (約 30-50 公分)後，可作為最底層河床質，適用於現況床面低於目標床面 2 公尺以上的區域(但需避開自然潭區)。回填時需配合細料充填縫隙，維持基本的水密性。填埋混凝土塊之上，需有至少一公尺厚的護甲層，由自然河床質構成，以營造表面棲地。

3、評估指標

(1) 寬深比

河床填高後，在 Q2 洪水下，透過 HEC-RAS 計算各斷面之寬深比，結果如圖 7-4。河床填高後的 Q2 寬深比普遍比現況高，上游區間原本寬深比小於 10 的斷面已消失，但仍有部分河段河寬不足。

池豐橋以下游，其較理想之寬深比應超過 25，但斷面 5、7-9、12-14、18-19、31-40 等處寬深比仍低。這些地方大多對應現況河道束縮之處，顯示僅填高河道尚不足以形成健康的低水河道，需配合還地於河的策略。

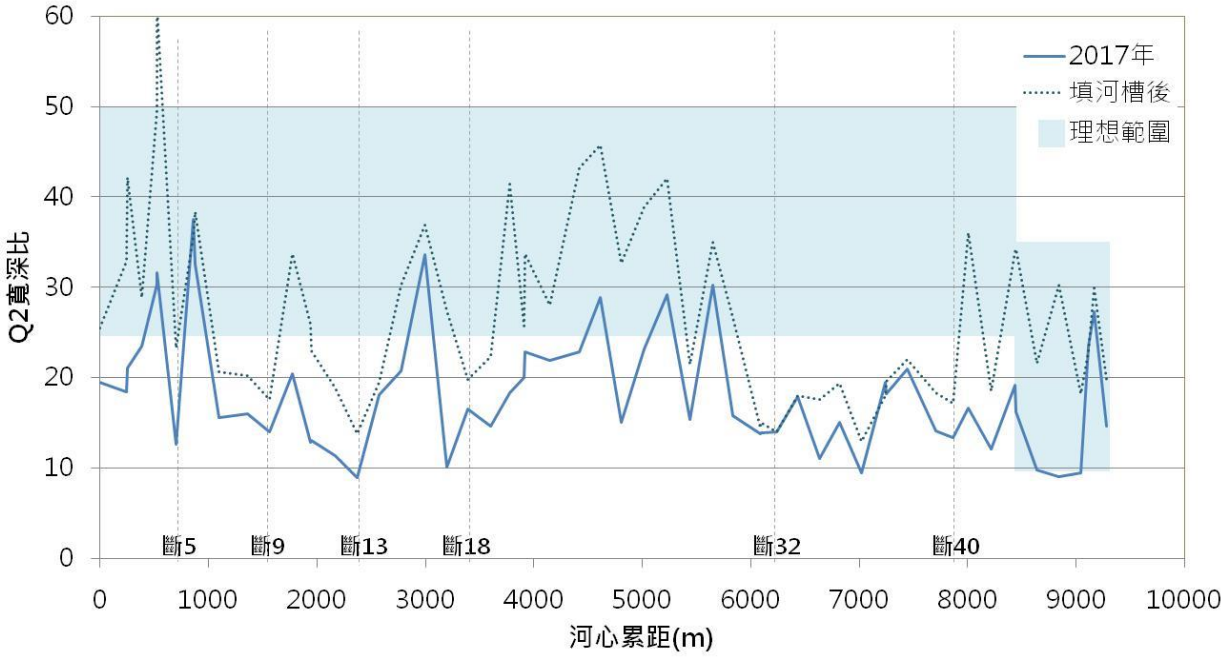


圖 7-4 現況與填高河床後 Q2 寬深比

(2) 歷史廊道達成率

填高河道後，Q200 無堤情境下之溢淹範圍(界線 D)在局部河段擴大，使得歷史廊道達成率提高，但仍不足 50%。此結果亦顯示僅填高河道並不足以克服深槽化問題。

(三) 重建河床骨架

重建河床骨架是復育潭、瀨棲地的關鍵。近自然工法的復育手法，並非直接造出理想形態，而是以最少量的工程界入，藉自然之力達到最終成效，故僅建構出安定的河床骨架。這些河床骨架在通水後即形成瀨區，其後來自上游的洪水與土砂，自然可營造出潭區與一般的瀨區。重建河床骨架與橫向構造物的改善併同進行，可消除水域生物的移動阻礙，同時讓攔河堰更容易取水。

1、河床骨架配置

表 7-2 以填高河床後的目標床面為基礎，設定各橫向構造物之目標高程，並對既有橫向構造物提出移除或改造方案。圖 7-5 顯示整體河道骨架配置。現有橫向構造物移除或改善後，部分河段需增加安定骨架，建議於斷面 10、17、28、34、40 新設安定瀨區。

表 7-2 橫向構造物移除或改造方案

構造物	現況高程(m)*	目標高程(m)	移除或改造方案
02-A 攔河堰	220.27(220.27)	220.3	改造為曲線斜堰
06-A 保護工	223.93	224.2	改造為安定瀨區
14-A 攔河堰	231.48(233.55)	233.0	改造為曲線斜堰
15-A 過水橋	235.27	235.3 (橋面 237)	配合還地於河，改造為沉下橋
18-A 抬水堰	237.81	237.8	移除，下游營造安定瀨區
20-A 攔河堰	240.87(240.37)	241.1	改造為曲線斜堰
23-A 過水橋	246.09	244.5 (橋面 246.2)	配合還地於河，改造為沉下橋
24-A 攔河堰	247.47(247.47)	247.7	改造為曲線斜堰
25-A 固床工	248.52	248.5	移除
25-B 固床工	248.76	248.7	移除
25-C 固床工	247.35	248.9	移除
26-A 固床工	246.09	249.2	移除，上游營造安定瀨區
29-A 攔河堰	256.67(256.67)	255.9	移除(斷 28 下游潭區無堰引水)
30-A 攔河堰	259.44(259.44)	258.8	曲線斜堰或潭區無堰引水
37-A 固床工	267.5	267.7	移除

構造物	現況高程(m)*	目標高程(m)	移除或改造方案
37-B 保護工	268.53	268.7	改造為安定瀨區
42-A 固床工	275.54	278.1	移除
42-B 固床工	276.6	278.4	移除
42-C 攔河堰	279.28	279.5	改造為曲線斜堰
46-A 固床工	288.27	289.5	改造為全斷面魚道
46-B 攔河堰	291.53	290.0	移除，自然潭區取水
46-C 固床工	291.30	290.0	移除，恢復自然潭區

*取 102 年測量之構造物斷面「最低點高程」；括弧內數值為攔河堰之「取水口渠底高程」

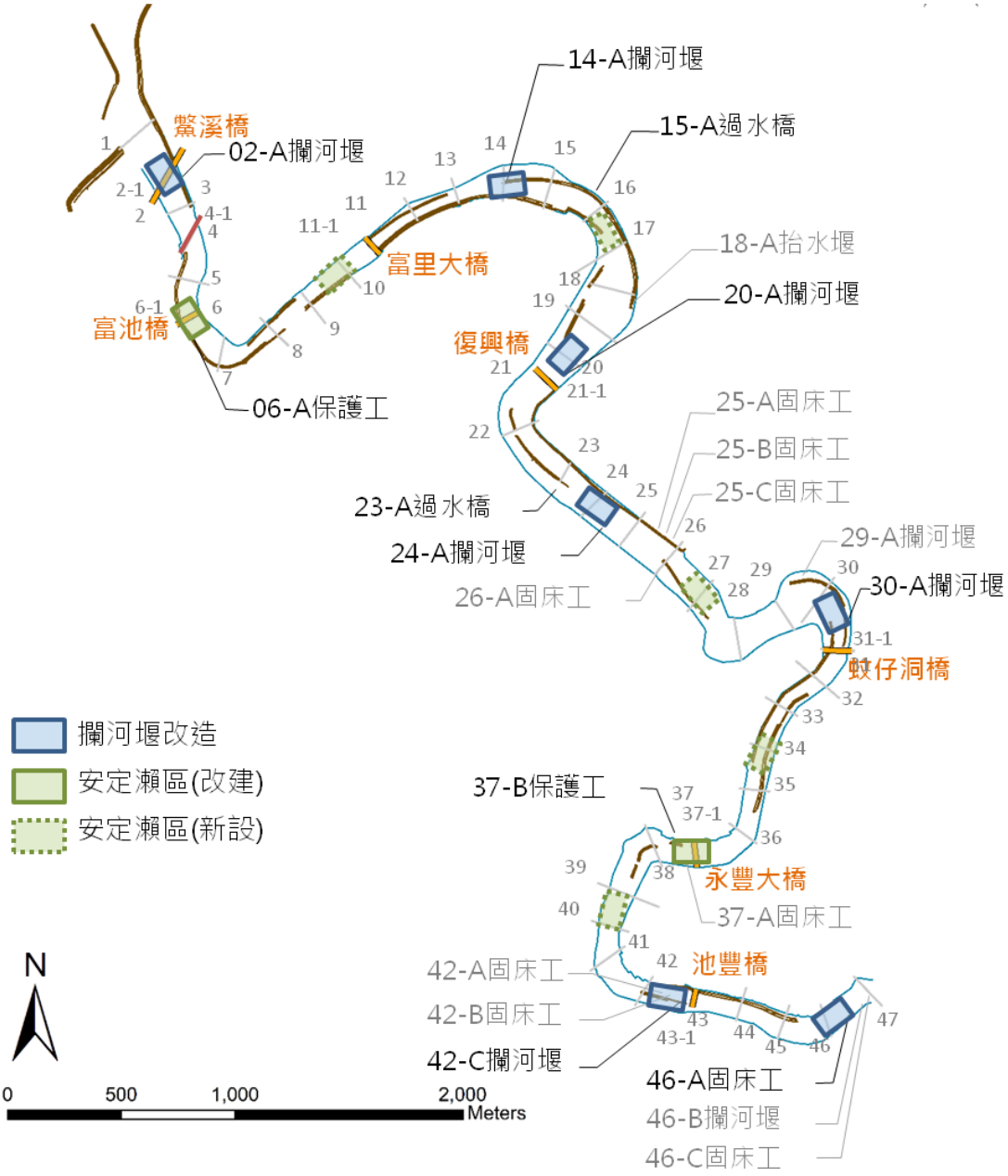


圖 7-5 鱉溪河道骨架配置圖

負擔灌溉功能的攔河堰皆規劃維持取水功能，但部分堰體(29-A、30-A、46-B)在河相調整後可移除，改採自然潭區無堰引水。其餘堰體建議改造為不阻礙生物移動的曲線斜堰。輸水管保護工改造為安定瀨區，而固床工、抬水堰則可移除，同時依理想之潭、瀨分布，選擇適合地點新設安定瀨區。過水橋則配合還地於河，改造為不阻擋水流的沉下橋。(各項改善工法分述如後。)

2、目標床面設定

重建護甲層時已初步將目標床面設定為 1993-2000 年高程。決定了河床骨架位置後，需再順應潭瀨生成的原理調整床面，使河床骨架的起點位於河床波的至高點，如圖 7-6。

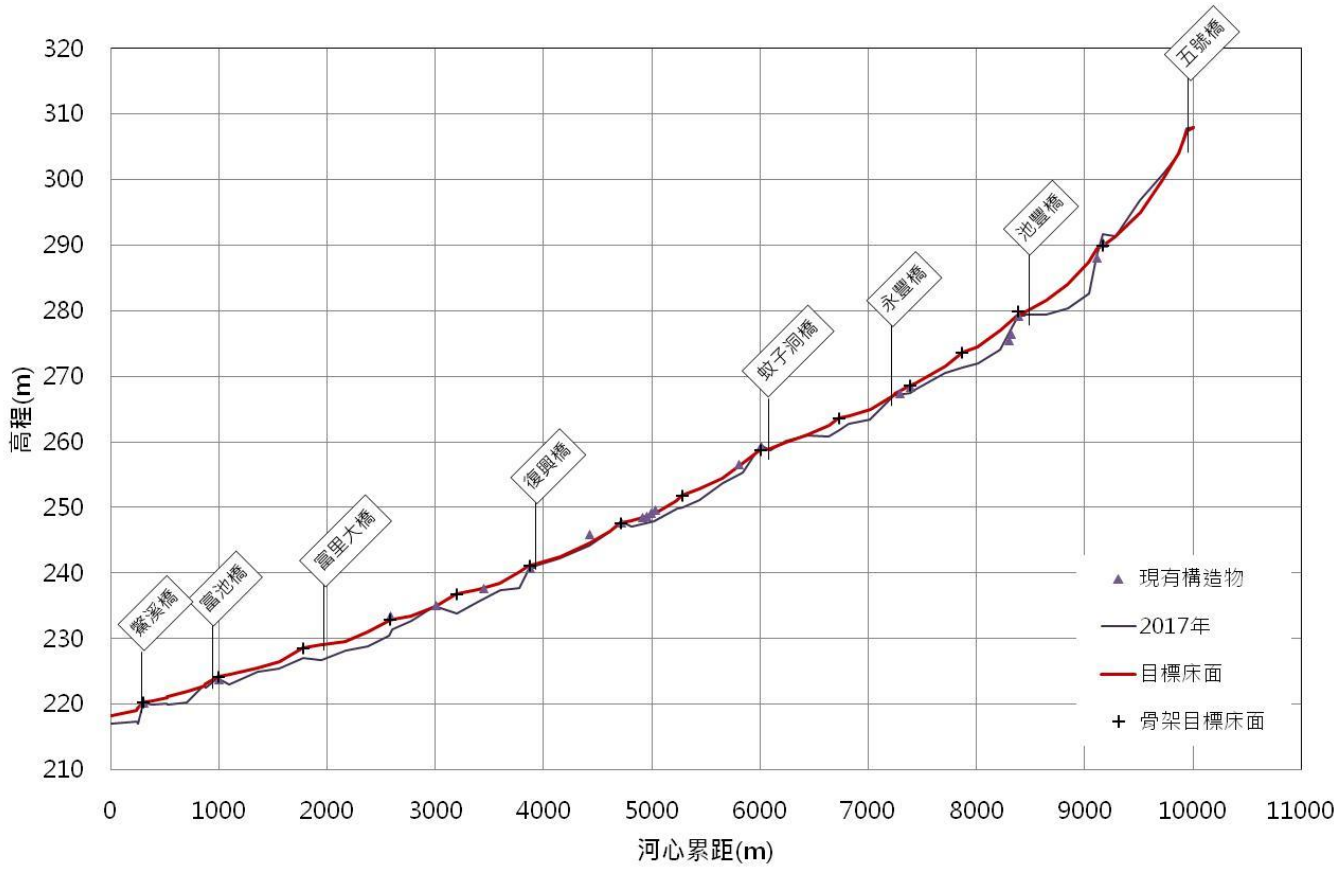


圖 7-6 重建河床骨架後之目標床面

與 2017 年大斷面測量結果相比，各河段河床平均調整量如表 7-3，總填方量約 46.6 萬立方公尺。其中調整最多處是斷面 45-46，需要填高 4 公尺以上。

表 7-3 河段河床平均調整量

河段	谿線平均填高(m)	填方量(m3)
鱉溪出口至富里大橋	1.22	68,721
富里大橋至復興橋	1.52	137,130
復興橋至蚊仔洞橋	0.86	80,498
蚊仔洞橋至永豐橋	0.86	27,532
永豐橋至池豐橋	1.40	82,426
池豐橋至界點	2.51	69,441
全河段		465,748

3、改善攔河堰

在近世混凝土普遍使用於河川之前，日本攔河堰的規劃與設計有諸多河相考量，多使用木、石等自然材料，並順應河性發展出多種造堰的傳統工法。這些工法在 21 世紀因符合節能減碳、照顧河川生態的需求，再度被發掘與重視。造堰傳統工法的傳承，已成日本偏鄉地方創生的一環，也甚符合鱉溪復育的需求。本計畫擬導入三種形式的引水方法。

(1) 無堰引水

河床骨架重建後，若引水量不大，在潭區水深可維持之處，可採無堰引水。此為最經濟之引水方法，石厝溝的百年水圳取水口即採用此法，且因取水口附近剛好有塊石堆積挑流，而能保持穩定水深。可考慮使用於 46-B、30-A 等處。

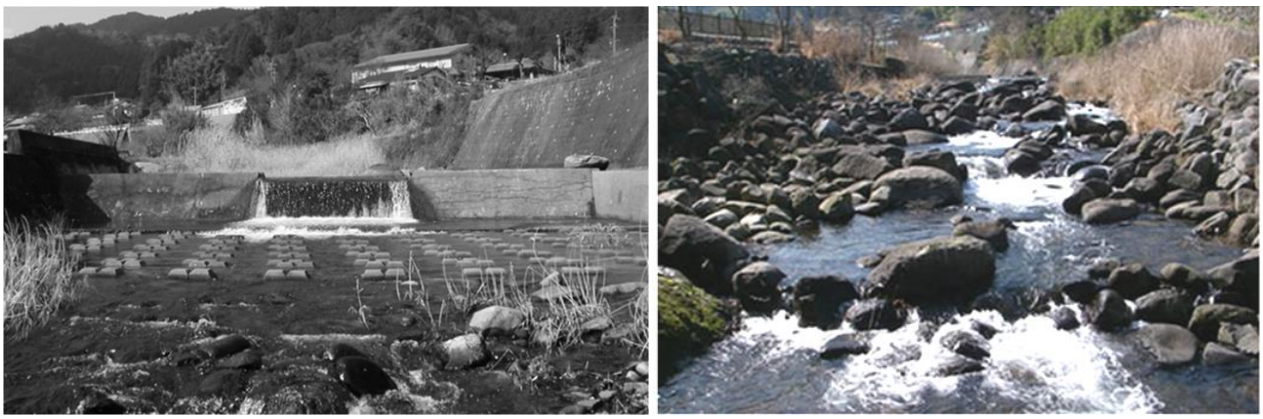
(2) 全斷面魚道

指由一連串小型落差與窪池構成的堰體，通常為砌石結構，適用於坡度大於 1:50 的河道。日本愛媛縣內子町的麓川，長 10 公里，有 22 座堰，其中 17 座仍維持傳統砌石工法。有些堰已有近 200 百歷史，被指定為國家有形文化財(內子町，2019)。這些堰大多不阻礙魚類移動，也具有很高的親水功能。此類砌石構造造價低、材料易取得，在偏遠地區易使用雇工購料的方式施做，但工班需要一定的技術水準。

資料來源：內子町(2019)

圖 7-7 日本內子町麓川流域的砌石堰

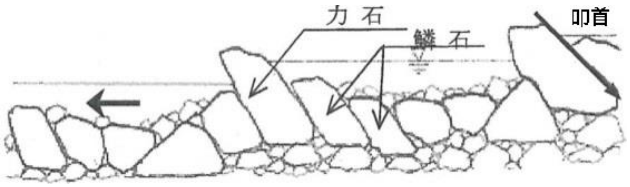
福留氏研發的全斷面魚道，或連續石梁工，是在抬高河床的同時，以乾砌石營造一連串的階梯深潭單元，以克服堰體的高差。原堰體可能保留，也可能完全移除，由石梁工取代其功能。以前述岩岳川為例，福留氏保留混凝土堰體，在3.5m 的攔河堰下游 50m 河段，設計平均坡降 7%的連續石梁工(圖 7-8~圖 7-9)。完工後調查發現，該河段魚類棲息密度為上下游的 2-3 倍，使此「魚道」本身成了優於其他河段的棲地。



原堰體(2004 年)　　魚道完工後(2010 年)

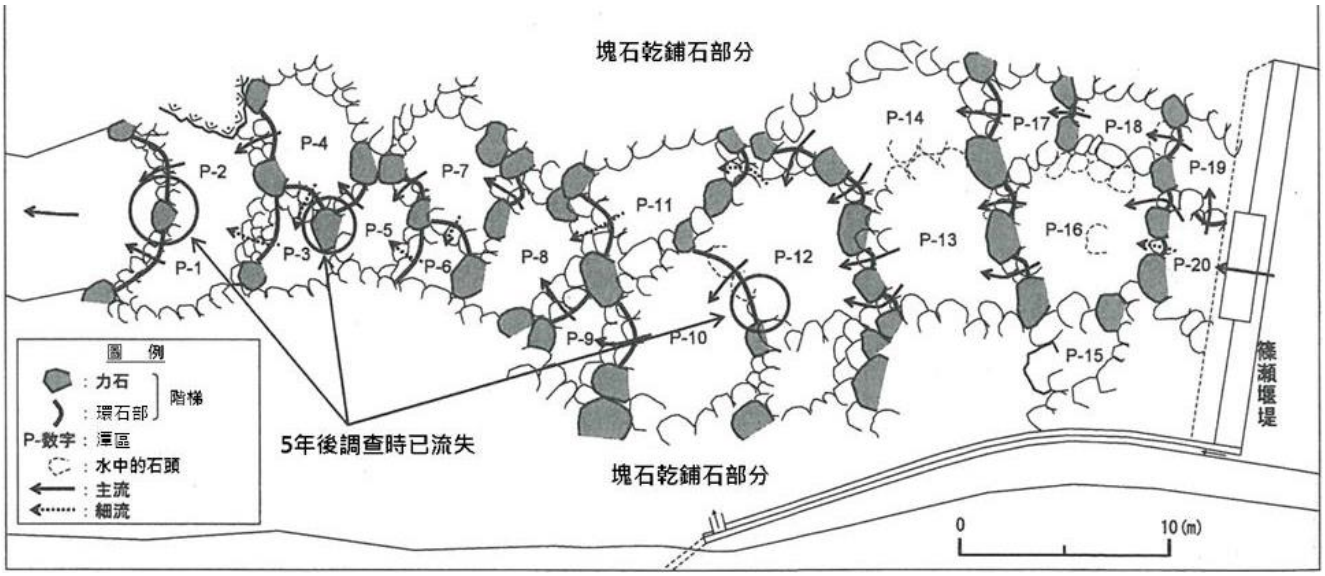
資料來源：福留脩文等(2010)

圖 7-8 日本岩岳川篠瀨堰之全斷面魚道



資料來源：福留脩文等(2012)

圖 7-9 岩岳川階梯深潭單元縱斷面



資料來源：福留脩文等(2012)

圖 7-10 岩岳川全斷面魚道平面圖

(3) 曲線斜堰

日本前混凝土時代的傳統堰，其堰身多與流向呈斜角，有時以不同斜率相連成曲線，稱為「曲線斜堰」。例如 17 世紀日本工程師野中兼山，就曾順應河道內砂洲與潭瀨位置，設計多座傳世名堰。本計畫整理日本曲線斜堰傳統工法的相關文獻(崎谷浩一郎等，2002；遠藤光一，1997；大年邦雄等，1998)，歸納出其規劃、設計的原理。曲線斜堰大約適用於沖積河谷與沖積扇的坡降範圍(1/60~1/400)，若應用於鱉溪，應符合以下原則。

A. 堰體位於瀨區，以堰頂為瀨肩

堰體建於瀨區，其高程較高，堰體在此施做可省工省材料，也易於維護。「瀨肩」是河床波的至高點(圖 5-47)，堰體的頂端即構成瀨肩，形成河床骨架。

B. 取水口位於潭尾

取水口宜位於較穩定的潭區，但不宜設於潭的最深處，因為最深處在洪水時受力也最大，容易破損。透過堰體結構的設置，潭尾可形成水位穩定的取水口。

C. 堰體向取水口傾斜

堰體向取水口傾斜，可引導平時水流流入圳路，確保安定取水。但應有排砂機制使洪水時大量土砂不進入取水口。可利用構造物的高低差及流心的引導達成此效果。

D. 堰表面呈矮階或緩坡

堰體表面應粗糙不平整，若是連續緩坡，其坡度應小於 1/5；若為低矮階梯，每階應小於 30 公分，以方便生物利用。不僅下游端，上游端亦應採緩坡，以避免攔阻土砂，讓堰體仍能發運土砂「輸送帶」的功能。

E. 壓力構造拱頂朝上

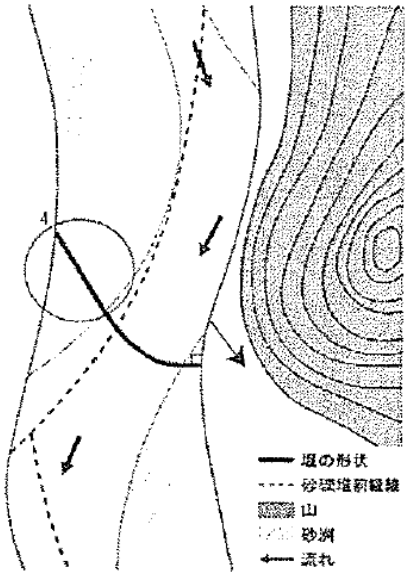
堰身呈曲線，有助於均勻分配應力。若採用石材，曲線的拱頂應朝上游，使洪水時結構受壓而緊密。日本福岡縣朝倉市筑後川的山田堰，1790 年建造，2014 年登錄為「世界灌溉設施遺產」。山田堰是完全的鋪石堰，僅以塊石為材料，其斜拱之拱頂朝上游(圖 7-11)。

資料來源：福岡縣朝倉市

圖 7-11 日本朝倉市筑後川的山田堰

F. 張力構造拱頂朝下

若使用木材連結而成的張力結構，曲線的拱頂應朝下游，使洪水時結構受力均勻。日本 17 世紀工程師野中兼山相傳以「流繩法」決定堰的線形，即將繩繫於兩岸，觀察其受力後形成的曲線(圖 7-12、圖 7-13)。他以松材木格框內填石料，互相連結成堰體，堰體上游側用草蓆阻水。



資料來源：崎谷等(2002)

圖 7-12　野中兼山對取水堰的規劃

圖 7-13　日本高知市仁淀川的八田堰

G. 堰頂不阻斷水流

堰頂應略低於平水位，且應粗糙不齊平，使枯水期堰體仍部分保有水流。較長的堰應設至少二道低矮缺口，讓水流相沖消能，並容易確保基流量及縱向廊道。以圖 7-11 的山田堰為例，堰體設置二道舟行口，一道排砂口，大洪水時水流可由這些缺口在堰體下游相沖消能。

4、營造安定瀨區

日本福留脩文氏以近自然工法營造瀨區的做法可分為以下二種。一種是砌石的「分散型落差工」，通常運用在坡度大於 1/60 的河段；另一種是鋪石的「填排法」，通常運用在坡度 1/60~1/400 的河段。

(1) 分散型落差工

此種工法導入台灣後亦稱為石梁工法，其施做者需經相當程度訓練，依照既定的工序嚴謹施做，才能發揮最佳效果。其原理與施做要點可參考福留脩文(2012)。石梁工法適合鱉溪山區及支流；沖積河谷段僅在池豐橋上游或局部落差大的地方需要使用。

2002 年改善前　　2003 年施工中

2006 年洪水後

資料來源：西日本科學技術研究所

圖 7-14 日本福岡縣岩岳川之分散型落差工

圖 7-14 為日本福岡縣岩岳川之案例，1990 年代因混凝土護岸建設而引發深槽下切、灘地淤高的「河床兩極化」現象。透過重建護甲層、河岸粗糙化、重建河道骨架等策略，成功恢復健康穩定的河相。

(2) 填排法

填排法較適合如果上游來砂充分且縱向構造物可配合改善，大部分的瀨區不用營造，可等待洪水自然形成。人工營造的瀨區也需要與自然協作。

在福留氏指導的日本九州合志川案例中，河川主管機關於規劃階段先設定「健康河相」的願景(圖 7-15)，並在瀨可能生成的河段以塊石營造瀨區，於完工後發揮穩定河道功能，並形成良好生態棲地，值得本計畫參考。

圖片來源：田脇康信(2015)

圖 7-15 日本合志川的造川願景(左)及瀨區營造(右)

5、改建過水橋

15-A 及 23-A 兩座過水橋，現有結構阻擋平時大部分水流，阻礙健康河相發育。建議改為類似日本四國「沉下橋」的型式，通水斷面大，橋面無欄杆，橋面與橋墩側面為圓弧狀，不易阻水(圖 7-16)。日本高知縣四萬十川的沉下橋不但滿足跨河與防洪需求，並已成為當地甚具特色之文化景觀，值得鰲溪參考。過水橋的改建應配合河道局部放寬實施。

圖片來源：http://bridge.michikusa.jp/

圖 7-16 日本四萬十川之過水橋（沉下橋）

上游支流也常有過水路面阻礙土砂及生物移動的情形。以中溝支流為例，過水路面鋪設於溪床造成落差，或橋下開孔過小導致土砂不連續(圖 7-17)。

圖 7-17 鱉溪上游支流的過水路面(左)及過水橋(右)

過水橋可以有多種型式，除了簡易的梁橋，也可使用預鑄塊、箱涵或管涵(圖 7-18)。小型溪流的過水橋設計應依循以下原則：

(1) 跨越溪床：不論其型式是預鑄塊、箱涵或管涵，跨距應寬於 2 年洪水的水面寬。

(2) 預留充分高程：考量中大型洪水期間，塊石通過之需求，橋下淨空至少應高於 10 年洪水之水位。

(3) 保持溪床坡降：橋下之溪床坡降應與上、下游一致，以維持土砂輸送帶的功能。

(4) 深埋基礎：若橋體是箱涵或管涵，底部應埋設於溪床面下

1m。若是開放式拱結構，基礎亦應深埋至少 1m，避免表層沖刷後即出露。

(5) 維持自然床質：施工後橋下溪床應鋪設原有溪床的混合粒徑，厚度約 1m。

圖片來源：Ben Matthews

圖 7-18 設計恰當的小型過水橋

6、評估指標

(1) 安定骨架間距

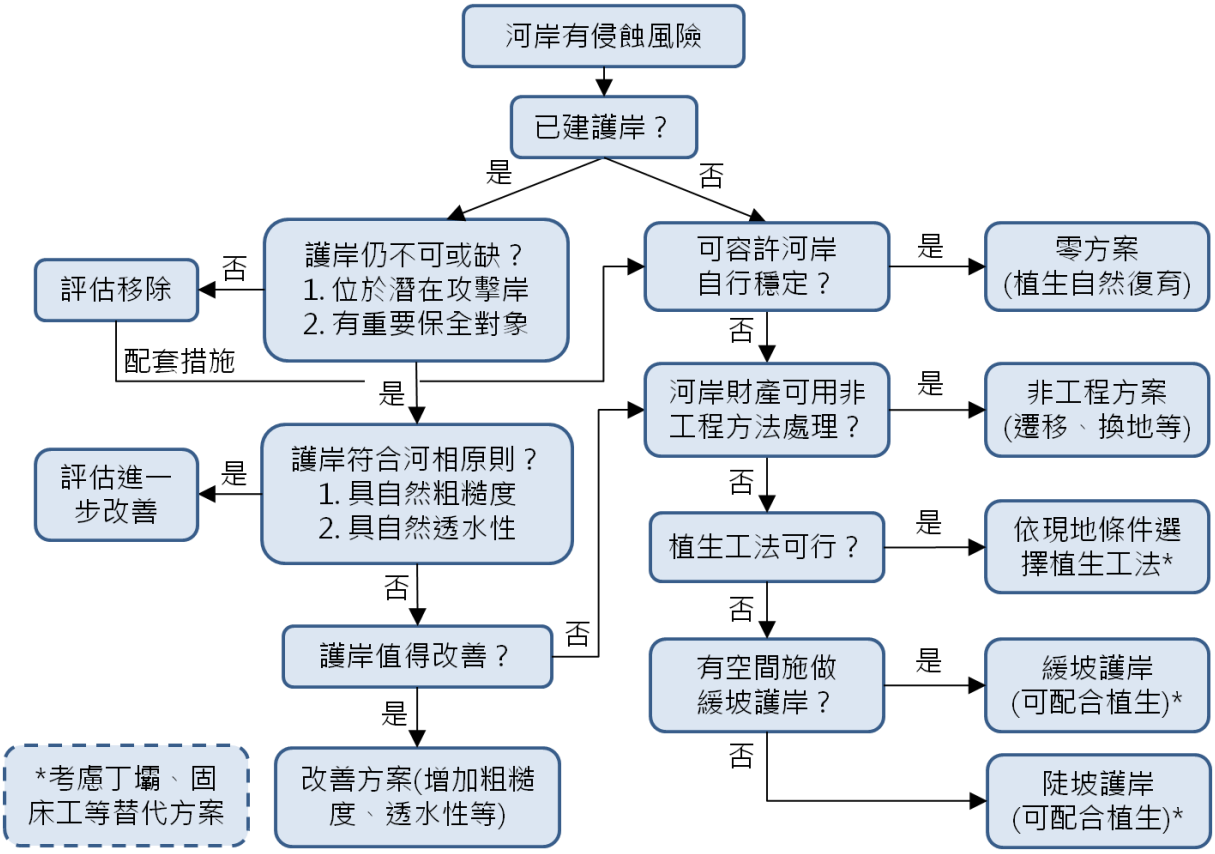
依圖 7-5 之配置，安定骨架間距介於 547-924 公尺間，可滿足理想範圍 500-1000 公尺。

(2) 瀨區間距

河床骨架建立後，若流域土砂輸送功能正常，瀨區可自然生成，建議持續監測瀨區的形成狀況，視需要移除上游輸砂阻礙。

(四) 河岸粗糙化

一般而言，河川縱向構造物可分為高於沿岸土地的「堤防」及保護低水河岸的「護岸」。本計畫依據河相手冊(水規所，108 年)，評估現有護岸的移除或改善，其決策流程如圖 7-19。



資料來源：「河相學應用於河川治理規劃參考手冊(草案)」(水規所，108 年)，本計畫修改

圖 7-19 順應河相之護岸新建或改善決策流程

1、既有護岸評估

依河相手冊，現有護岸「不可或缺」係指護岸滿足二個要件：「位於潛在攻擊岸」和「護岸旁有重要保全對象」(指道路等公共建設、或住宅等重要建物)。「符合河相原則評估」包含二項原則：「具自然河岸粗糙度」及「具自然河岸透水性」。依此四項原則，從風險與河相觀點評估界點下游既有護岸，結果如表 7-4。

經評估有二處護岸為不可或缺，皆為混凝土護岸，故皆不滿足河相原則。其中斷面 1~3 右岸為直線河段，具有潛在侵蝕風險；該護岸緊鄰鱉溪橋下方引道，故判斷為不可或缺。護岸與路堤共構，結構尚完好，建議以覆土植栽方式增加粗糙度。

斷面 43-47 右岸之護岸緊鄰豐南社區，且此段鱉溪剛出小天祥，河川能量大，故護岸為不可或缺。現有構造物興建已 30 年，常有受損情事，故建議在重建護甲層與河床骨架後整體改建。

表 7-4 現有護岸評估與復育方案

位置	潛在攻擊岸	重要保全對象	自然粗糙度	自然透水性	建議方案	沿岸土地權屬	建議工法	備註
1-3 右	V	V(道路)	X	X	改善	私有地	覆土植栽	水圳保留
4-5 左	X	X	X	X	移除	公有地	零方案	
5-7 左	V	X	X	X	移除	公有地、私有地	植生工法	
8 右	X	X	X	X	移除	私有地、未登錄	植生工法	
9-10 左	V	X	X	V	移除	公有地	零方案	配合削灘回收石籠
11-20 左	X	X	X	X	移除	公有地(13-16)	零方案(14-18)	
						私有地	植生工法	
11-13 右	V	X	X	X	移除	公有地、未登錄	植生工法	
13-14 右	V	X	V	V	移除	私有地	砌石+植生工法	配合削灘退縮
14-16 右	V	X	X	X	移除	私有地	丁壩	
16-17 右	V	X	X	X	移除	公有地、未登錄	零方案	
17-19 右	V	X	X	X	移除	私有地	丁壩+植生工法	
19-21 右	X	X	X	X	移除	私有地	植生工法	水圳配合攔河堰改善
21-22 右	X	X	V	V	移除	私有地	植生工法	
22-26 右	X	X	X	X	移除	公有地(22-24)、 私有地(24-26)	零方案、 植生工法	
22-23 左	V	X	X	X	移除	公有地(22)、私有地(23)	零方案、植生工法	
24-25 左	X	X	X	X	移除	私有地	植生工法	
29-32 右	V	X	X	X	移除	公有地(29-30)	零方案	水圳配合攔河堰改善
						私有地(30-32)	丁壩	
32-35 右	X	X	X	X	移除	公有地、私有地	零方案	
30-32 左	X	X	X	X	移除	私有地	零方案	
32-34 左	V	X	X	X	移除	私有地	植生工法	
34-37 左	X	X	X	X	移除	私有地	零方案	
37 右	V	X	X	X	移除	公有地	零方案	
38 右	X	X	X	X	移除	公有地、未登錄	零方案	
42-43 左	X	X	X	X	移除	未登錄、公有地	零方案	
42-43 右	X	X	X	X	移除	公有地、私有地	植生工法	水圳配合攔河堰改善
43-47 右	V	V(聚落)	X	X	改建	私有地、公有地	重力式+植生工法	箱籠護岸保留
45-46 左	V	X	X	X	移除	未登錄、公有地	零方案	
46-47 左	V	X	V	V	保留	公有地(林班地)	-	填埋基腳

2、新設護岸評估

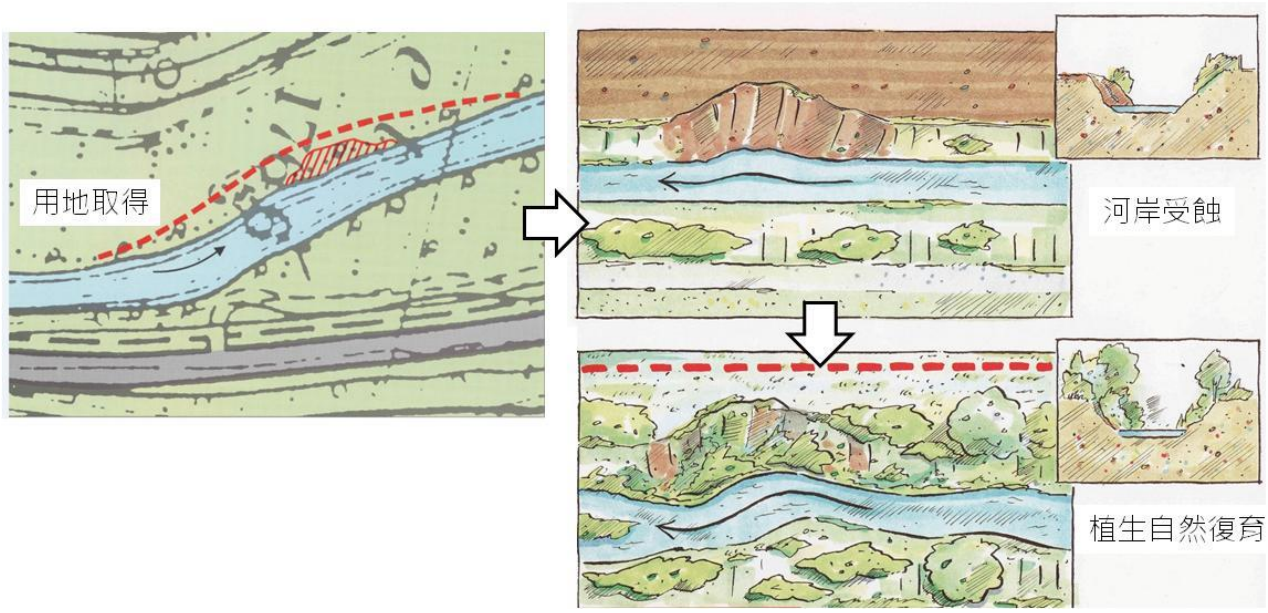
5.1.2 節考察河川廊道的未來變動範圍，建議在斷面 38、41、45-46 左岸設崩塌緩衝區，在斷面 7、21、38、41 左岸附近設侵蝕風險區。考量侵蝕風險區及崩塌緩衝區多位於公有地，沒有重要保全對象，且在重建護甲層、河岸粗糙化等復育方案下，應可達到一定的消能效果，對局部的侵蝕沖刷狀況也會有所改善。依圖 7-19 之流程，建議採零方案，不需設置護岸。

3、護岸移除方案

由表 7-4 可知，大部分護岸從風險評估觀點皆可移除，但並非所有河岸都可容許自然復育。在植生自然恢復、重新成為河岸骨架之前，裸露的河岸易受沖刷流失，可能需視情況施以不同程度的保護，以促進自然復育，因此移除後可考量以下配套措施。

(1) 零方案

若河岸旁並非私有地，且與重要建物、基礎建設尚有一段距離，建議移除後採取零方案，不做其他處理。可於豐季結束後移除護岸，在下一場洪水來到前，河岸植生將有機會自然復育。



資料來源：德國河川工程手冊(Holger & Dohmann 1993)

圖 7-20 河岸零方案概念

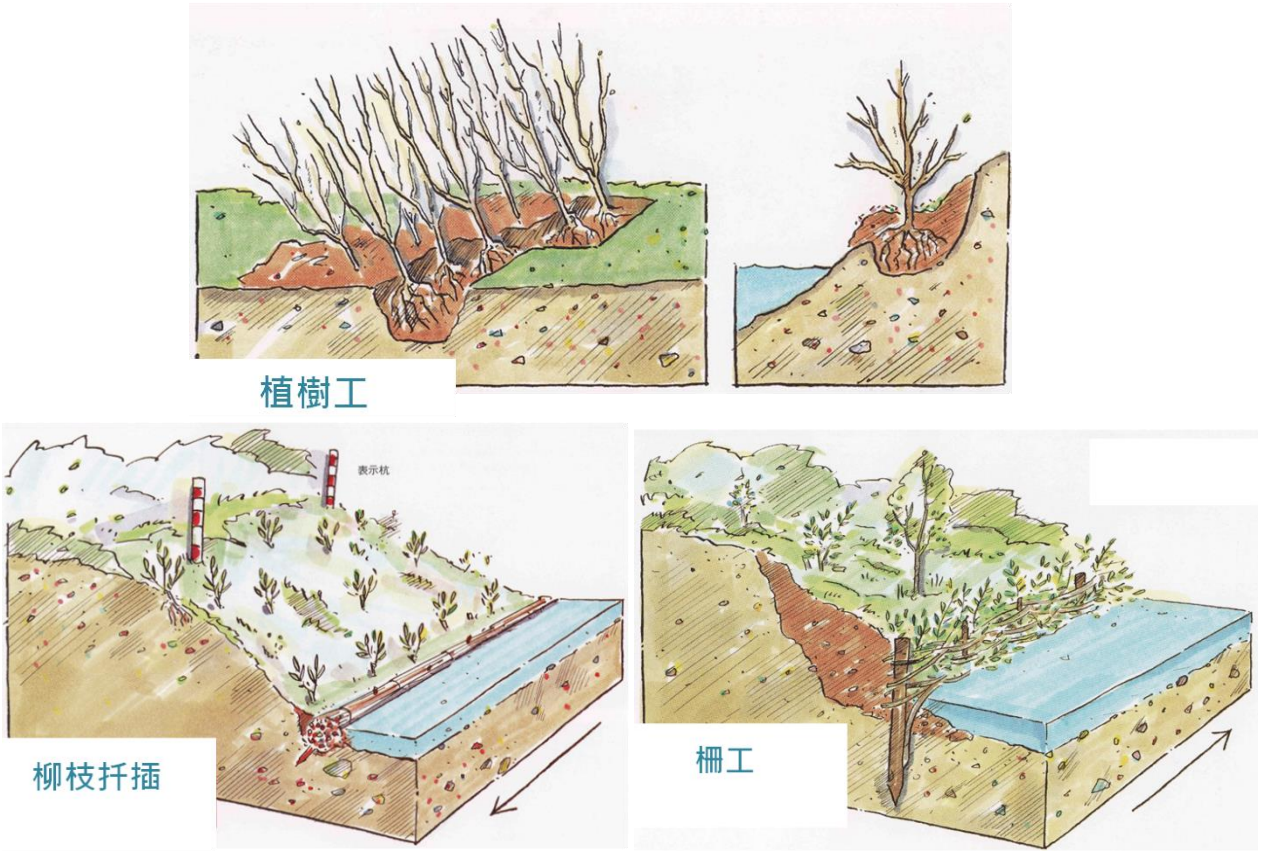
(2) 非工程方案

若移除護岸後，保全對象(農地等)仍受河岸侵蝕威脅，例如位於河川廊道的侵蝕風險區甚至侵蝕作用區，可評估以遷移、換地等非工程方法處理河岸財產。

也可預先研擬獎勵措施，鼓勵私有地採取零方案，或預先協商河岸自然復育前，土地流失的補償辦法。無論獎勵或補償，都可將工程經費最小化。斷面 14-16 右岸、17-19 右岸、30-32 右岸為鄰接私有地之攻擊岸，可考慮非工程方案之配套措施。

(3) 植生工法

植生工法可加速自然河岸復育，達到一定的抗沖刷能力，適用於非攻擊岸的土地保護(圖 7-21)。



資料來源：德國河川工程手冊(Holger & Dohmann 1993)

圖 7-21 德國巴登符騰堡州常用的植生護岸

植生工法以植物體及自然河岸物質為主，有時亦配合木樁、麻網、綑枝、稻草卷等可分解之柔性材料，容許小規模

的變形。構成自然河岸的卵礫石或砂土缺乏膠結，抗壓力不抗張力或剪力，但若有植物根系裹握河岸物質，則可發展成能抵抗一定水流剪力的結構體。以常見的柳枝扦插為例，1、2 年後可抵抗的單位流功為 100-150W/m^2，3、4 年後可達 250-350W/m^2。若能在河岸形成這樣的環境，植生工法可行 (Begemann & Schiechtl, 1994)。

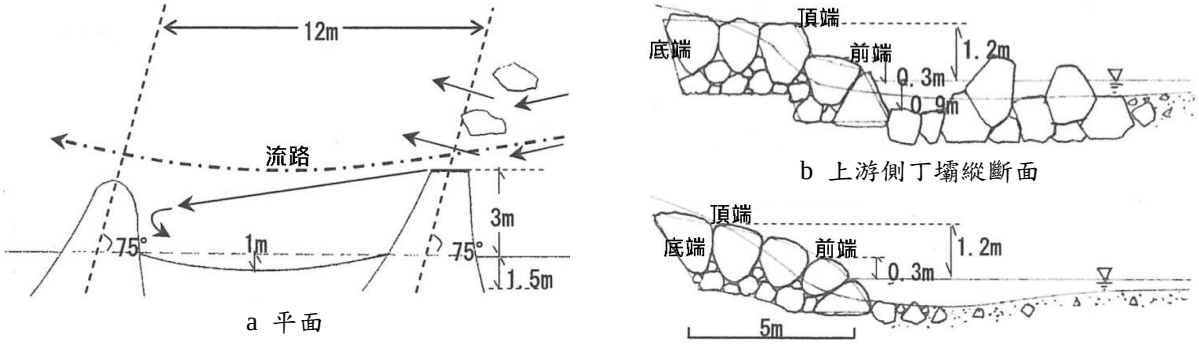
(4) 以丁壩取代護岸

丁壩是多功能的河岸工程，若設計得當，能四兩撥千金地調整水流、保護河岸，故丁壩之間可維持自然河岸不加保護。若以丁壩取代護岸，對河岸植被的擾動少，且可以避免連續護岸加速水流、導致局部下切與結構破壞的問題。丁壩最適用於彎道的攻擊岸，以挑流及促淤為常見的消能機制。

A. 挑流

作為河岸骨架的丁壩，靠水流沖擊丁壩本身而消能，壩體前端有侵蝕傾向，下游側有淤積傾向。常選用高度較高的不透水丁壩。

丁壩也可用來製造潭區。日本福留脩文氏改良傳統丁壩設計，容許前端刷深形成潭區，增加棲地多樣性。以日本高知縣安田川為例，二座丁壩在保護河岸的同時，營造出該河段迫切需要的潭區，完工後的生物調查顯示，丁壩域的魚類棲息密度成為周邊的四倍(圖 7-22、圖 7-23)。



a 平面

b 上游側丁壩縱斷面

c 下游側丁壩縱斷面

資料來源：福留脩文(2012)

圖 7-22 安田川丁砌石壩的配置與縱斷面構造

資料來源：西日本科學技術研究所

圖 7-23 日本安田川丁壩(左)與丁壩區的魚群(右)

B. 促淤

靠丁壩表面的摩擦減速而消能，使土砂淤積，壩體及下游側都有淤積傾向。常選用表面粗糙的矮丁壩，或木樁等透水式丁壩。丁壩之間淤積形成的灘地，可保護河岸，也形成容易親水的空間(圖 7-24)。

圖 7-24 日本豐田市矢作川利用砌石矮丁壩促淤造灘

4、評估指標

(1) 自然河岸長度比

若依表 7-4 各河段建議方案，除保留、改善及改建的四處護岸之外，其餘混凝土護岸移除，而零方案、非工程方案、植生工法、丁壩等配套措施，皆可視為自然河岸。完成後自然河岸長度比可從現況的 40.4%，提升到 92.6%。

(五) 局部放寬河道

鱉溪所屬「秀姑巒溪水系治理計畫(第一次修正)」已於 109 年 9 月

8 日由經濟部核定公告，調整後的用地範圍線與治理計畫線，已比舊線放寬許多，有利於還地於河的復育方案。以下從復育與治理的需求，探討「還地於河線」的可能位置，再思考達成還地於河線的方法。

1、放寬原則

根據 108 年水規所「河相學應用於河川治理規劃參考手冊(草案)」：「若未給予河川適當的作用與消能空間，工程可能受損，民眾亦可能因為受到堤防保護而產生安全感，增加土地利用強度……而河川空間若受壓縮，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。」故還地於河的首要目標仍為維護河防安全。對防災與治理而言，還地於河的目的在於調整河段水勢，避免能量過度集中，減少不必要的防洪構造物，減輕構造物維管的負擔，容許河道沖淤變化而不致災，讓鰲溪真正達到長治久安。

另一方面，對鰲溪的復育而言，還地於河的目的在於容許河道依自然水砂條件調整，而恢復成原有寬淺的樣貌，同時有空間發展濱水帶、河畔林等健康河川生態系所需的棲地。

如 5.2 節所述，鰲溪需要的空間並不大，百年來在有限空間內擺蕩，若給予適當空間，可兼顧防災與復育。本計畫依以下原則劃設「還地於河線」，作為鰲溪與復育結合之新型態治理的依據。

(1) 若歷史廊道與紅線間無私有地，沿歷史廊道劃設。

(2) 若歷史廊道與紅線間有私有地，但歷史廊道因改道而局部展寬，以河道寬度能與上下游順接、不形成隘口為原則劃設(或省略不劃)。

(3) 參考地籍圖邊界局部微調。

2、放寬位置

本計畫套疊公私有地籍圖、治理計畫線、用地範圍線及歷史廊道，建議「還地於河線」如圖 7-25 中的黑色虛線。各段土地權

屬及建議還地於河線位置整理如表 7-5。

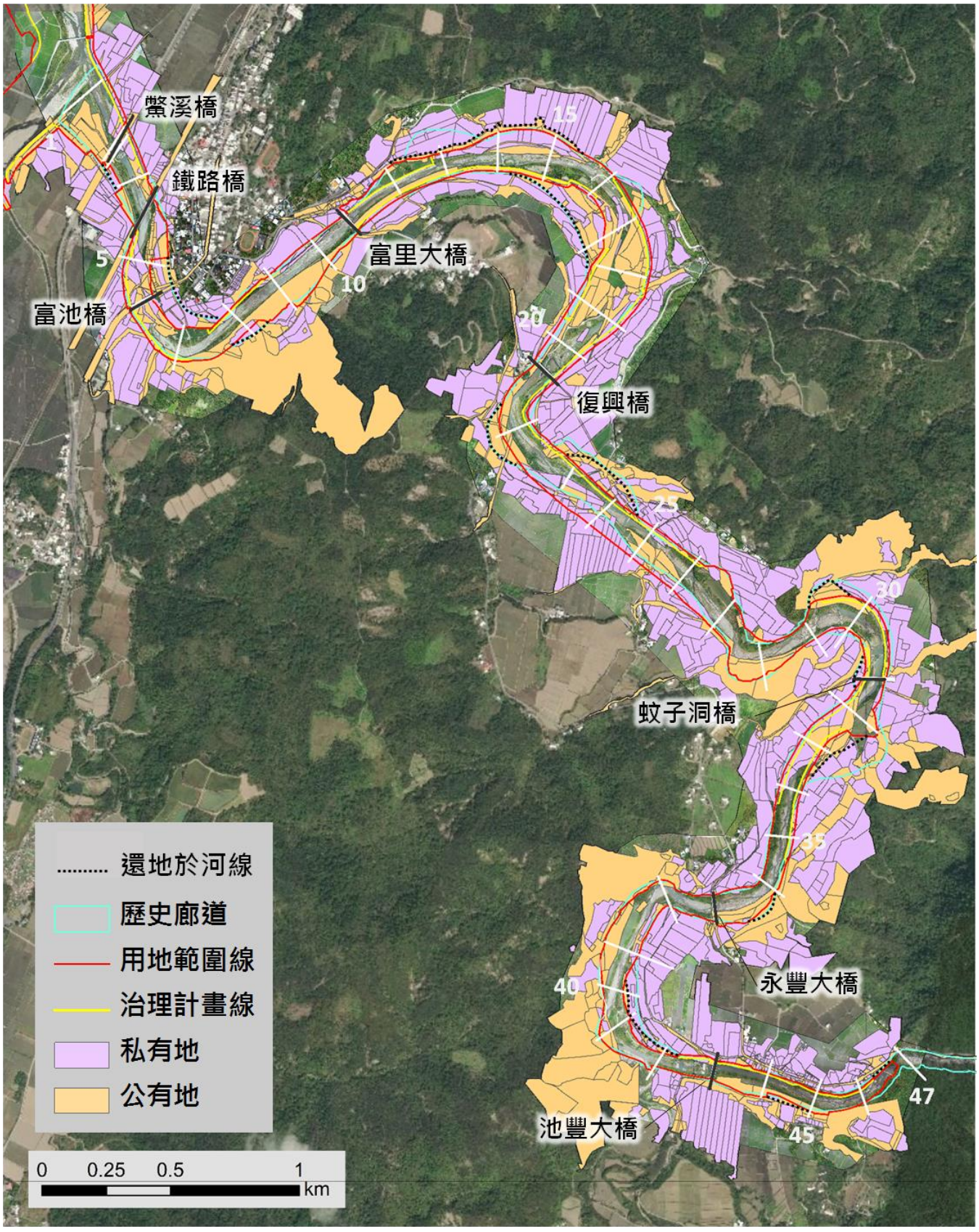


圖 7-25 鱉溪河道附近公私有地分布

表 7-5 還地於河線建議位置與放寬策略

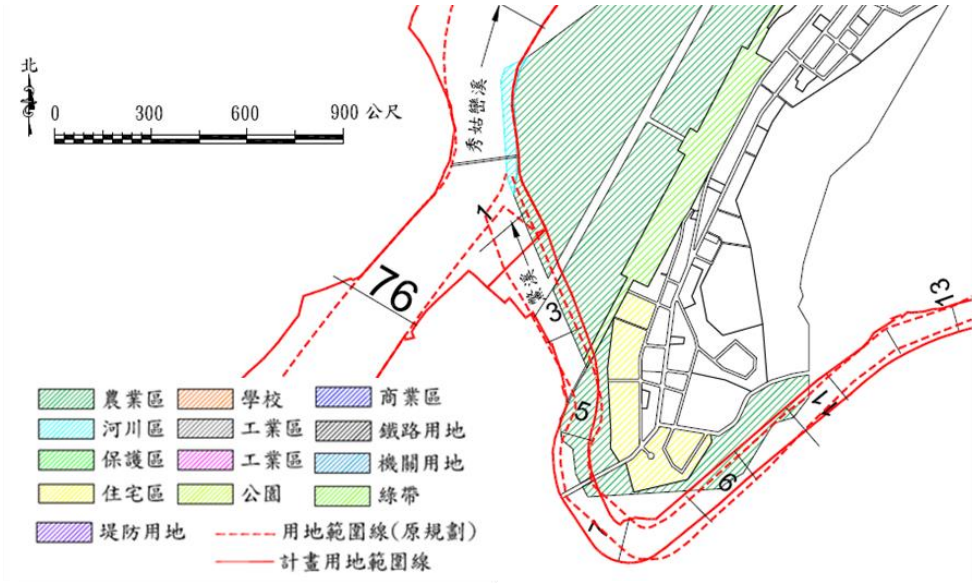
河段範圍	用地範圍線與歷史廊道間土地權屬	還地於河線建議位置	私有地種植	建議方案	備註
2-3 左	70%私有	歷史廊道	有	用益物權	
5-8 右	80%私有	歷史廊道	有	換地、用益物權	都市計畫區
8 左	80%私有	歷史廊道	有	換地	周圍多公有地
12-16 右	公有	公有地外緣	-	調整河川區域	
14-18 左	60%公有	歷史廊道	有	用益物權	
22 左	公有	歷史廊道	-	調整河川區域	
22-25 右	50%公有	接近歷史廊道	有	換地、用益物權	恢復蜿蜒
29-30 右	80%公有	公有地外緣	有	調整河川區域	
31 左	私有	歷史廊道	有	用益物權或徵收	蚊仔洞橋改建
32-34 右	60%私有	公有地外緣	有	調整河川區域	
36-37 右	公有	歷史廊道	-	調整河川區域	
39-41 右	公有	公有地外緣	-	調整河川區域	
41-43 右	80%私有	避免瓶頸	有	用益物權	
44-45 左	90%公有	公有地外緣順接	無	換地、調整河川區域	短期示範區
46-47 左	未登錄	歷史廊道	-	調整河川區域	短期示範區

(1) 斷面 2-3 左岸

本段用地範圍線與歷史廊道之間公私有地夾雜，私有地上有種植行為。建議還地於河線沿歷史廊道設置，與下游拓寬之用地範圍線順接。

(2) 斷面 5-8 右岸

本段用地範圍線外側至歷史廊道之間為富里都市計畫區之「農業區」(圖 7-26)，其中包含部分公有地及未登錄地。建議還地於河線盡可能接近歷史廊道線，使河川能量可朝右岸分攤，緩解左岸的持續淘刷。



資料來源：秀姑巒溪水系治理規劃檢討(九河局，105 年)

圖 7-26 富里都市計畫鄰近鱉溪區域

(3) 斷面 8 附近左岸

本段用地範圍線外為私有地及少量公有地，建議沿歷史廊道設還地於河線，避免河道在此束縮。

(4) 斷面 12-16 右岸

本段用地範圍線外側尚有狹長公有地，建議沿公有地外緣設還地於河線。

(5) 斷面 14-18 左岸

本段用地範圍線與歷史廊道之間公私有地夾雜，且皆有種植行為，但亦為河道嚴重束縮河段，建議沿歷史廊道設還地於河線。

(6) 斷面 22 附近左岸

本段用地範圍線與歷史廊道之間皆為公有地，建議沿歷史廊道設還地於河線。

(7) 斷面 22-25 右岸

本段用地範圍線與歷史廊道之間公私有地夾雜，且皆有種植行為。新治理計畫已向左岸拓寬，但考量歷史流路蜿蜒狀態，建議接近歷史廊道設還地於河線。

(8) 斷面 29-30 右岸

本段用地範圍線與歷史廊道之間尚有公有地及未登錄地，可納入還地於河範圍，增加沖淤變動空間。

(9) 斷面 31 左岸

蚊仔洞橋附近河道束縮嚴重，該橋梁底高程及橋長皆不足，其左岸原為舊河道。建議配合蚊仔洞橋的改建，將本區納入還地於河範圍。

(10) 斷面 32-34 右岸

本段是鱉溪曾經小規模改道的地點，用地範圍線與歷史道之間尚有公有地及未登錄地，建議沿公有地外緣設還地於河線。

(11) 斷面 36-37 右岸

本段用地範圍線與歷史廊道間尚有公有地，建議沿歷史廊道設還地於河線。

(12) 斷面 39-41 右岸

本段較歷史廊道束縮，用地範圍線與歷史廊道間尚有少量公有地，建議沿公有地外緣設還地於河線。

(13) 斷面 41-43 右岸

本段河道較歷史廊道束縮，雖然用地範圍線與歷史廊道間僅有少量公有地，但仍建議設置與上、下游用地範圍線順接的還地於河線，盡可能爭取河川沖淤變化的空間。

(14) 斷面 44-45 左岸

本段用地範圍線外側尚有公有地，建議沿公有地外緣順接設還地於河線。

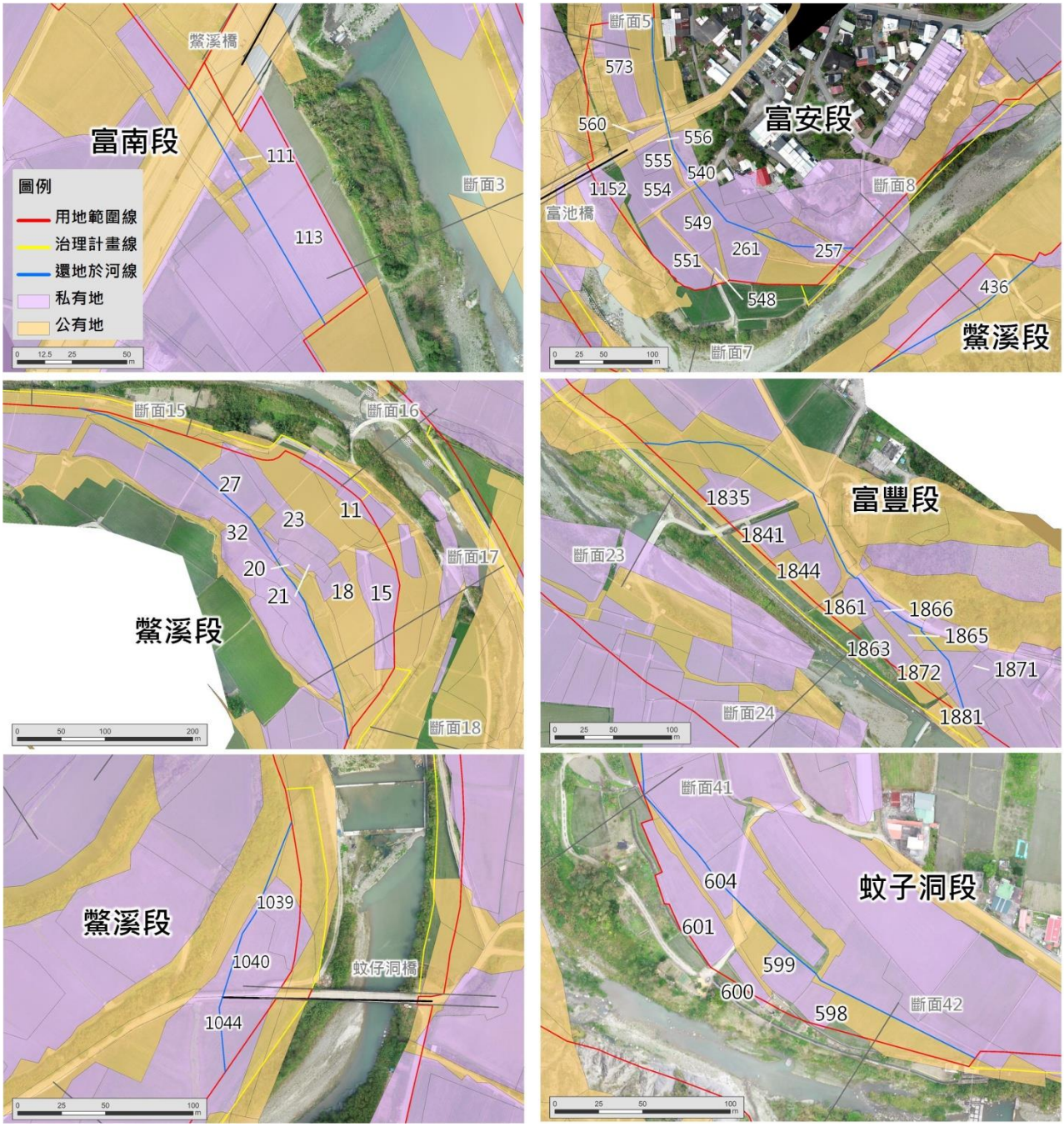
(15) 斷面 46-47 右岸

本段用地範圍線局部束縮，且用地範圍線與歷史廊道間為未登錄地，建議沿歷史廊道設還地於河線。

3、河道放寬方案

還地於河線範圍內的公有地，可考慮河川公地收回或調整河

川區域線。還地於河線範圍內的私有地，建議協商換地或取得民法用益物權。用地範圍線內之私有地，以管制而不徵收為原則。還地於河線與用地範圍線之間的私有地地主為後續協商對象，茲進一步將地號整理如圖 7-27。



註：吉拉米代段屬短期示範區，參見圖 8-31

圖 7-27 還地於河線與用地範圍線之間的私有地

(1) 河川公地收回

目前用地範圍線內的河川公地，尚有佔耕及經過申請的

農業使用行為。這些公地可配合河相改善逐步收回，不需要管理界線調整或用地協商(圖 7-28)。若河相調整涉及用地範圍線內尚未徵收的私有地(如斷面 13-16 右岸)，若無法徵收，仍建議視需要協商換地，或取得民法用益物權。

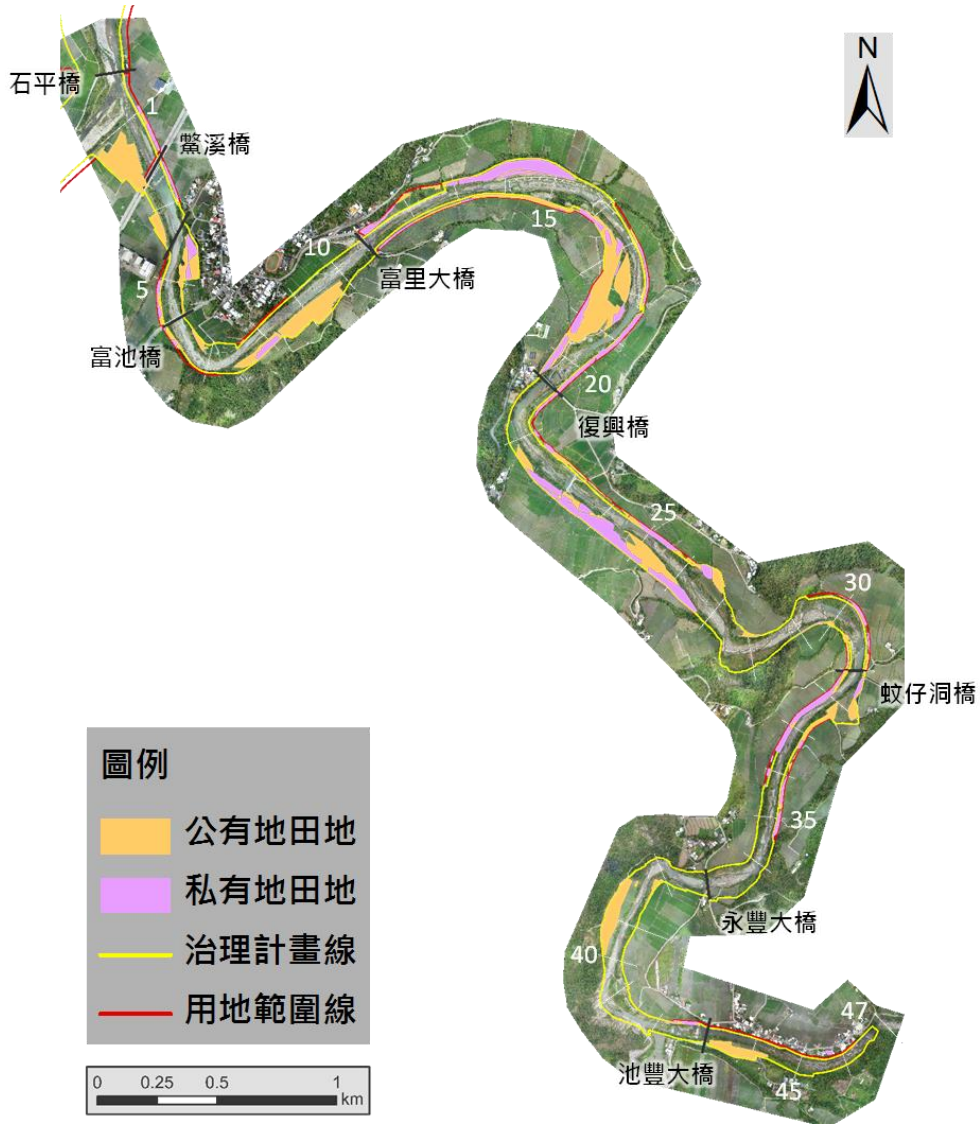


圖 7-28 用地範圍線內現為田地的公私有地分布

(2) 調整河川區域線

依現行「河川區域劃定及變更原則與審查要點」第十二條規定，鱉溪界點以下之河川區域線，以水道治理計畫線、用地範圍線或尋常洪水位行水區之範圍較寬者劃設。同要點第十三條規定，若緊鄰土地屬未登錄地或公有地，可斟酌加列河防工程設施所需保留預備使用之土地範圍劃設。故上述建議還地於河區間，若有公有地或未登錄地，可增列為河川

區域，作為河防所需的消能空間。

(3) 協商換地

部分河段還地於河範圍外側，尚有公有地可供種植，如斷面 5 附近右岸、8-9 右岸、8-10 左岸、22-25 右岸等。建議透過協商，與還地於河線內之私有地地主締結行政契約換地(如斷面 5 右岸、8 左岸、22-25 右岸)，使沿河有更完整的公有地。

(4) 取得民法用益物權

本計畫調整河川區域線後，還地於河範圍內仍有部分私有地。依《行政程序法》第 137 條，河川局可在不徵收土地的前提下，與人民締結行政契約，互負給付義務，以管理河川廊道內現況為農業使用之私有地。

又由於行政契約準用民法相關之規定，河川局可透過民法用益物權之設定，達到河川廊道保育的目的。河川管理者可直接成為需役人，或設立／輔導非營利組織成為需役人，使其代為管理河川廊道內之土地。

此外，現況用地範圍線內仍有部分私有地，集中於斷面 13-16 右岸、23-27 左岸及 31-35 左岸。河川局對這些行水區內土地已無保護義務，若後續削灘後撤除保護工程，亦可締結行政契約，取得用益物權。以下二種用益物權可納入考量。

A. 農育權

「農育權」是在他人土地上為農作、森林、養殖、畜牧、種植竹木或保育的權利，就算地主轉讓土地，農育權人仍然擁有權利，不因土地買賣而有所影響。對於負有特殊生態功能之土地，可以透過農育權設定，從事適宜之保育行為。農育權可彈性約定是否需支付地租。民法第 850 條之 1 第 2 項規定，以造林、保育為目的之農育權與一般農育權不同，期限得超過 20 年。此種長期的權利存續期間，更可確保環境保育之長遠目標得以充分達成。

對於還地於河範圍內及現況用地範圍線內之私有地，可考慮與土地所有人協商，取得保育用途之農育權，以便實施削灘、河畔林重建等復育作為。

B. 不動產役權

不動產役權係以他人之不動產承受一定負擔以提高自己不動產利用價值之物權。鄰地彼此間可基於互為提供效益的供需關係，而互相設定不動產役權，以確保特定範圍內土地可長期維持生態價值，並符合共同的保育期待。

對於還地於河範圍內之私有農地，可考慮與土地所有人達成協議，設定不動產役權，確保平時管理以容許溢淹及河道自由沖淤變動為前提。這些土地平時仍可供農作生產，一旦受災，可享有一定額度之補償。

4、評估指標

局部放寬河道僅為河川管理界線或方法的調整，相關評估指標需配合削高灘後才有實質效果。

(六) 削高灘

削高灘是河相調整的重要步驟,若適當實施可同時滿足多項指標，達到畢其功於一役的效果。在現況深槽嚴重下切，且用地尚有餘裕的河段,削灘所得之粗料(卵礫石與砂)可投回深槽,作為填高河床的料源，表土細料可回收供河畔林復育之用。削灘後可形成濱水帶(定義為平水面以上,Q2 水面以下,頻繁溢淹的植被帶)及河畔林(定義為受 Q2 水面以上,Q50 以下,受中大型洪水擾動,允許自然演替的灌木、喬木林)，促進水陸域之間的生態連結。

1、削灘位置

削灘位置的判斷依據為不同規模洪水的溢淹程度。

(1) Q2 寬深比應達理想值，故圖 7-4 現況未達標的斷面皆可考慮削灘，其大部分土方(細砂以上之粗料)可用於填高河床。

(2) 填高河床至目標高程後，Q50 洪水溢淹範圍應接近用地範

圍線，使灘地高處有機會演育為河畔林。故未達用地範圍線的河段，可考慮進一步削灘，或移除防止溢淹的構造物。

(3) 填高河床後至目標高程後，Q200 洪水溢淹範圍應包含歷史廊道或還地於河範圍的邊界，才能具體提高歷史廊道達成率及堆積作用區佔比。故未達還地於河線的河段，可考慮進一步削灘，或移除防止溢淹的構造物。

(4) 近歷史廊道邊緣處不宜削灘。

(5) 近橋台處及底岩裸露區域無法削灘。

依上述條件，整理削灘位置與策略如表 7-6。

表 7-6 削灘位置與策略

斷面	岸側	寬深比(現況)	Q50 溢淹範圍(填高河床)	Q200 溢淹範圍(填高河床)	削灘策略	備註
1	左	V	V	V	不用削	
2	左	X	V	V	濱水帶	
3	左	X	X	V	濱水帶+河畔林	
4		V	V	V	不用削	
5	左及右	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除左側堤防
6	右	V	V	X		橋台不削
7	右	X	X	V	濱水帶+河畔林	
8	左	X	X	X	河畔林	
9	左	X	X	V	濱水帶+河畔林	
10	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	
11	左	X	X	V	濱水帶	橋台不削
12	左及右	X	X	V	濱水帶+河畔林	移除左側堤防
13	左及右	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除左側堤防
14	右	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除右側堤防
15	右	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除右側堤防
16	左	V	X	V	河畔林	
17	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除左側護岸
18	左	X	V	V	濱水帶	
19	左	X	X	V	濱水帶+河畔林	
20	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	
21	右	X	V	X	濱水帶	橋台不削
22	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除左側護岸
23	左及右	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除右側堤防
24	左及右	V	X	X	濱水帶+河畔林	移除右側堤防

斷面	岸側	寬深比(現況)	Q50 溢淹範圍(填高河床)	Q200 溢淹範圍(填高河床)	削灘策略	備註
25	左及右	X	V	V	濱水帶	移除右側堤防
26	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除左側堤防
27		V	V	V	不用削	
28	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	
29	左	V	V	X	河畔林	
30	右	X	V	X	濱水帶+河畔林	
31	左及右	X	X	X	濱水帶+河畔林	配合橋梁改建
32	右	X	V	X	濱水帶+河畔林	
33	右	X	X	X	濱水帶+河畔林	移除右側護岸
34	右	X	V	X	濱水帶+河畔林	移除右側護岸
35	左	X	V	X	濱水帶+河畔林	
36	右	X	V	X	濱水帶+河畔林	
37	右	X	X	X		橋台不削
38	右	X	X	V	濱水帶+河畔林	移除右側護岸
39	左及右	X	X	X	濱水帶+河畔林	
40	左及右	X	X	X	濱水帶+河畔林	
41	右	X	X	X	河畔林	
42	右	X	X	X	河畔林	
43	左	X	V	X	濱水帶	橋台不削
44	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	
45	左	X	X	X	濱水帶+河畔林	
46	右	X	X	X	濱水帶+河畔林	配合護岸改建

2、削灘方案

本計畫為削高灘設定的目標，是各斷面轉化成 DEM，經水理模擬後，能盡量滿足寬深比、粗糙灘地面積比、堆積作用區佔比、歷史廊道達成率等各項評估指標，且總挖方、填方量接近平衡。故各斷面的削灘難一次到位，需反複運算嚐試。以斷面 17 為例，削灘前後示意如圖 7-29。其大致策略說明如下。

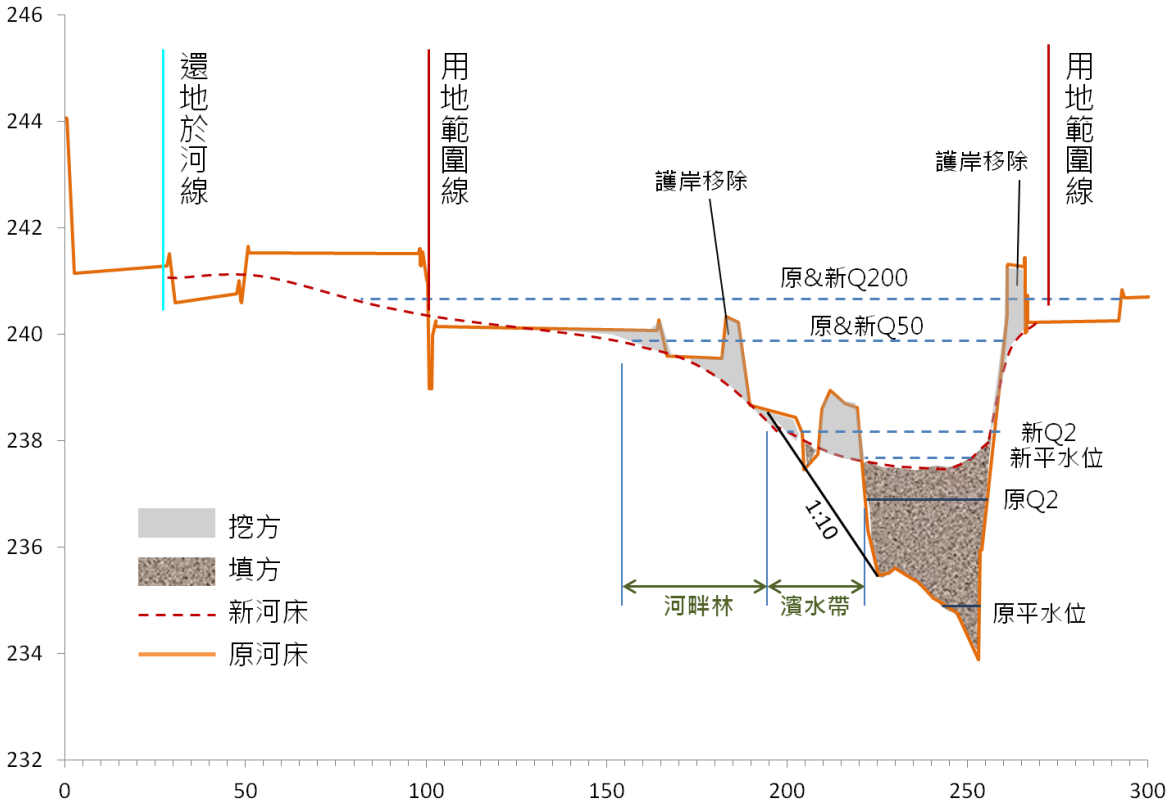


圖 7-29 削高灘示意圖(以斷面 17 為例)

(1) 營造濱水帶

現況 Q2 寬深比仍不足之處，從原平水位之上，以 1:10 緩坡削至原地面，但不得超出用地範圍線。此方案有助於進一步提升寬深比，並可確保平水位至 Q2 水位之間有機會被小型洪水溢淹，促進濱水帶的形成。

以斷面 17 為例，河床縱線填高 2.92m，故原平水位起 1:10 坡面線削到的灘地範圍，有一部分因河床填高而抵消，與新的床面線以緩坡相連。削灘前 Q2 鎖在河槽內，沒有濱水帶。削灘後新的平水位與 Q2 間產生近 30m 之濱水帶。

此方案僅影響用地範圍線以內灘地，但可能需收回佔耕土地。

(2) 營造河畔林

河床填高至目標高程後，在 Q50 溢淹範圍不足之處，自 Q2 水位之上，以 1:10 以下的緩變曲線，整地至用地範圍線。

削灘範圍不宜過大，以免產生過剩土方，或造成斷面積過大，洪水溢淹範圍反而縮減。

削灘後 Q50 應有機會溢淹灘地高處，淤積細料，帶來種子與養分，促進河畔林的形成，並提供水生生物避難所需的空間，但不應溢淹至用地範圍線之外。以斷面 17 為例，削灘後小洪水水位雖然增加，在填高河床與削灘後，Q50 與現況接近，多仍在用地範圍線內。

此方案亦僅影響用地範圍線以內灘地，可能需收回佔耕土地，並需留意灘地上既有棲地。部分河段用地範圍線內尚有未徵收的私有地，可考量透過協商取得用益物權。

(3) 調整堤岸構造物

在 Q50 或 Q200 溢淹範圍不足之處，可能有土堤、田間道路等構造物阻隔，使大型洪水減少滯洪、消能與囚砂的空間。可檢視是否有堤岸構造物，並微調其高程與形態，以提高歷史廊道達成率及堆積作用區佔比。

以斷面 17 為例，左右岸的混凝土護岸皆移除，使 Q50 或 Q200 溢淹範圍都得以增加。此時可順便改善河道周邊田區與河道內的生物移動路徑。此方案之改善對象若位於私有地內，可配合河道放寬策略，透過用益物權的設定，與地主協調土地使用與管理方式。

3、評估指標

(1) 歷史廊道達成率

經重建護甲層及削高灘後，Q200 溢淹範圍仍然侷限在沖積河谷中，但歷史廊道達成率顯著提升。46 個斷面區間中，有 38 個能達到歷史廊道面積 70%的標準，歷史廊道達成率為 83%，如圖 7-30 及圖 7-31。

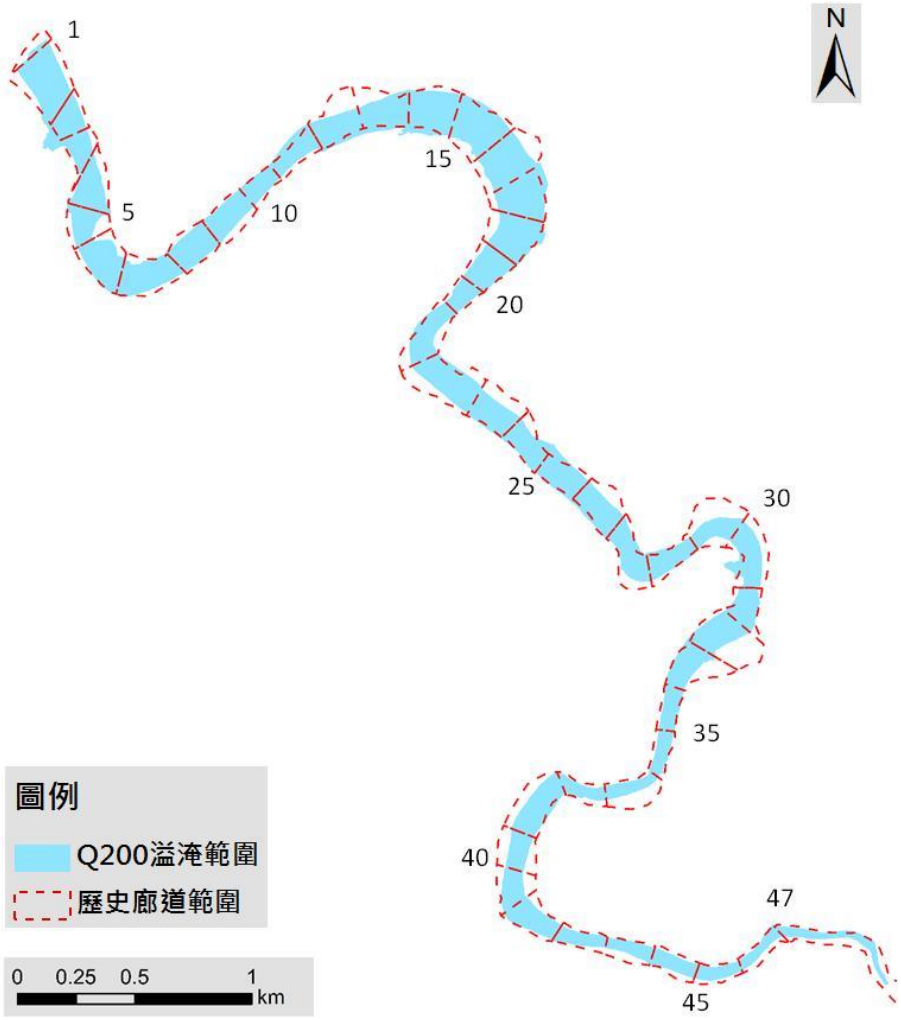


圖 7-30 改善後 Q200 溢淹範圍與歷史廊道之比較

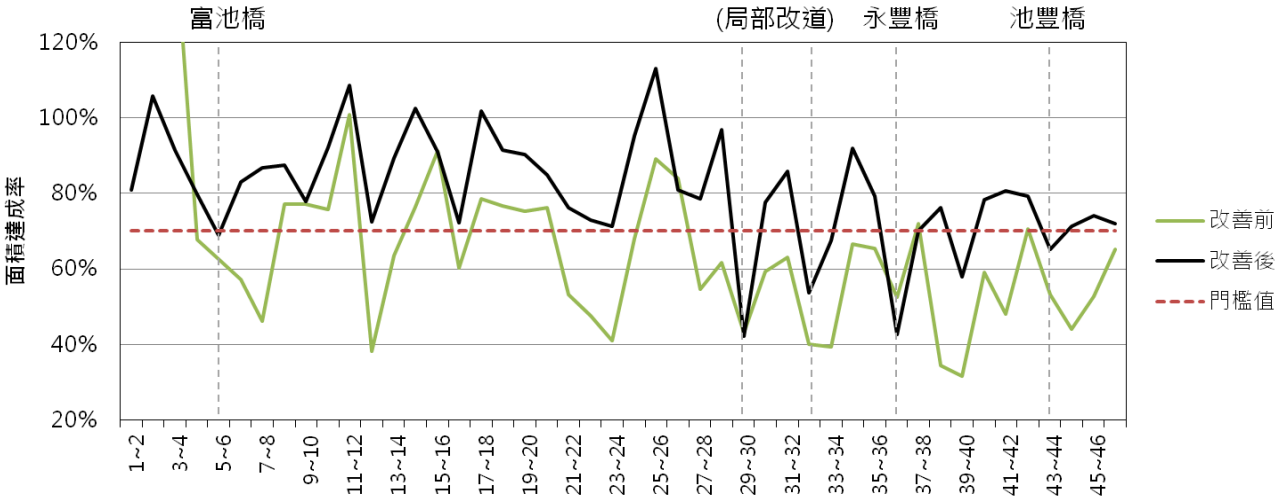


圖 7-31 改善前、後各斷面區間歷史廊道面積達成率

其中富池橋(斷 6)、永豐橋(斷 37)、池豐橋(斷 43)，因為橋台束縮河道，使斷面 5-6、36-37、43-44 區間未達門檻，未來橋梁改建時，建議再增加橋長。

斷 29-30、32-34 則因為流路曾局部改道，使歷史廊道較寬，無法達成 70%門檻值為合理的結果。斷 39-40 未能達標，推測是 1924 年圖資數化局部誤差所致。

(2) 堆積作用區佔比

重建護甲層及削高灘後，河床質的組成會改變。相較於目前，砂與礫石料源應增加，卵石、塊石等骨架材料也應增加。取 D10 為 1mm，現況的 D65(96mm)為改善後的 D50。依 5.2.6 節所述方法，重新界定河相調整後之河川廊道，計算侵蝕作用區、堆積作用區及溢淹區範圍，結果如圖 7-32。

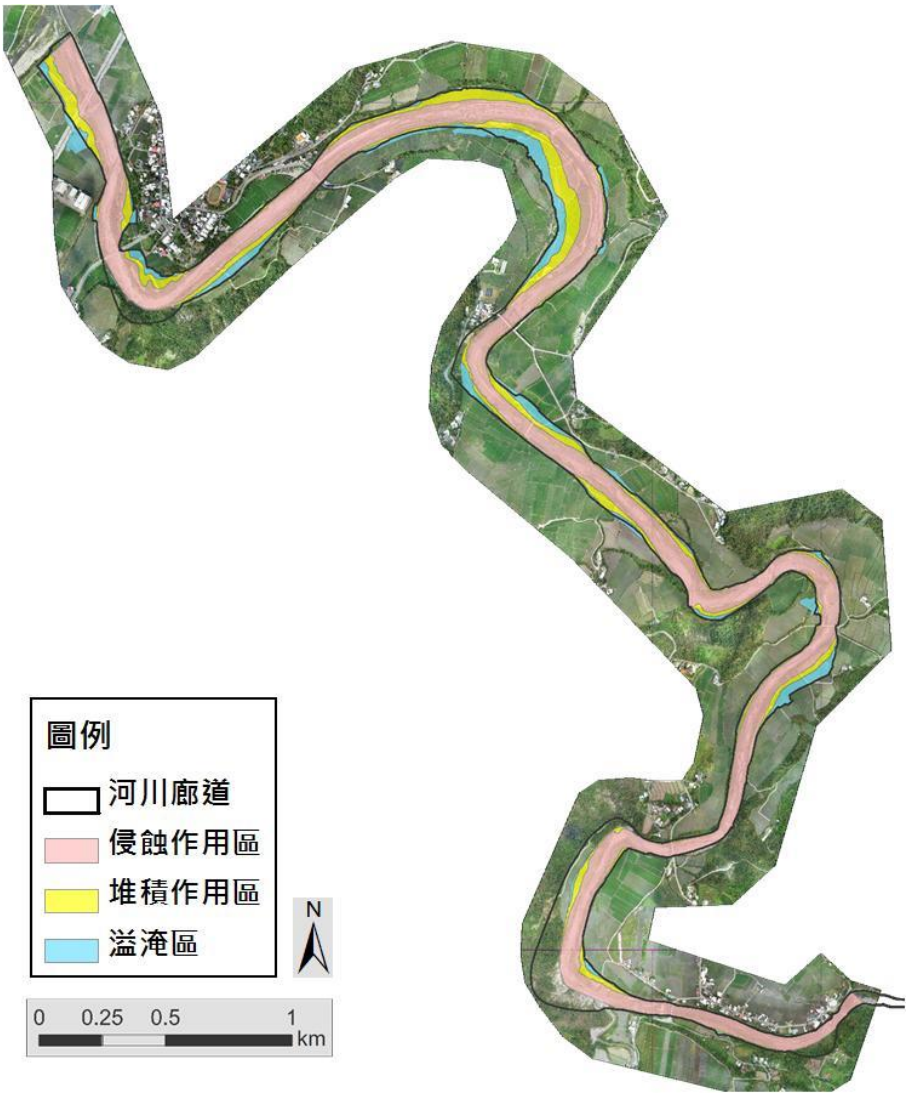


圖 7-32 河相改善後之河川廊道與分區圖

改善後，大部分橫斷面上有漸變緩坡出現，使得河槽中的細粒泥砂懸浮後，有機會在灘地高處淤積，因此河川廊道

在大部分河段都擴大，堆積作用區出現，佔河川廊道範圍的19.74%，符合本計畫設定的理想範圍。

(3) 粗糙灘地面積比

重建護甲層及削高灘後，重新計算粗糙灘地面積比。使用二維 HEC-RAS，假設 Q50 溢淹範圍減去 Q2 溢淹範圍為粗糙灘地，Q2 溢淹範圍減去平水位流路(D1 情境)為裸灘，結果如圖 7-33 及圖 7-34。改善前，僅一半斷面區間達成 20~60%之理想範圍。改善後，有 43 斷面區間(93%)可達成理想範圍。

實際上此值需視削灘後植被復育情況而定。對河川管理者而言，對於潛在粗糙灘地面積比達 50%的區間，可考慮容許灘地高處耕作，如斷面 13-20。

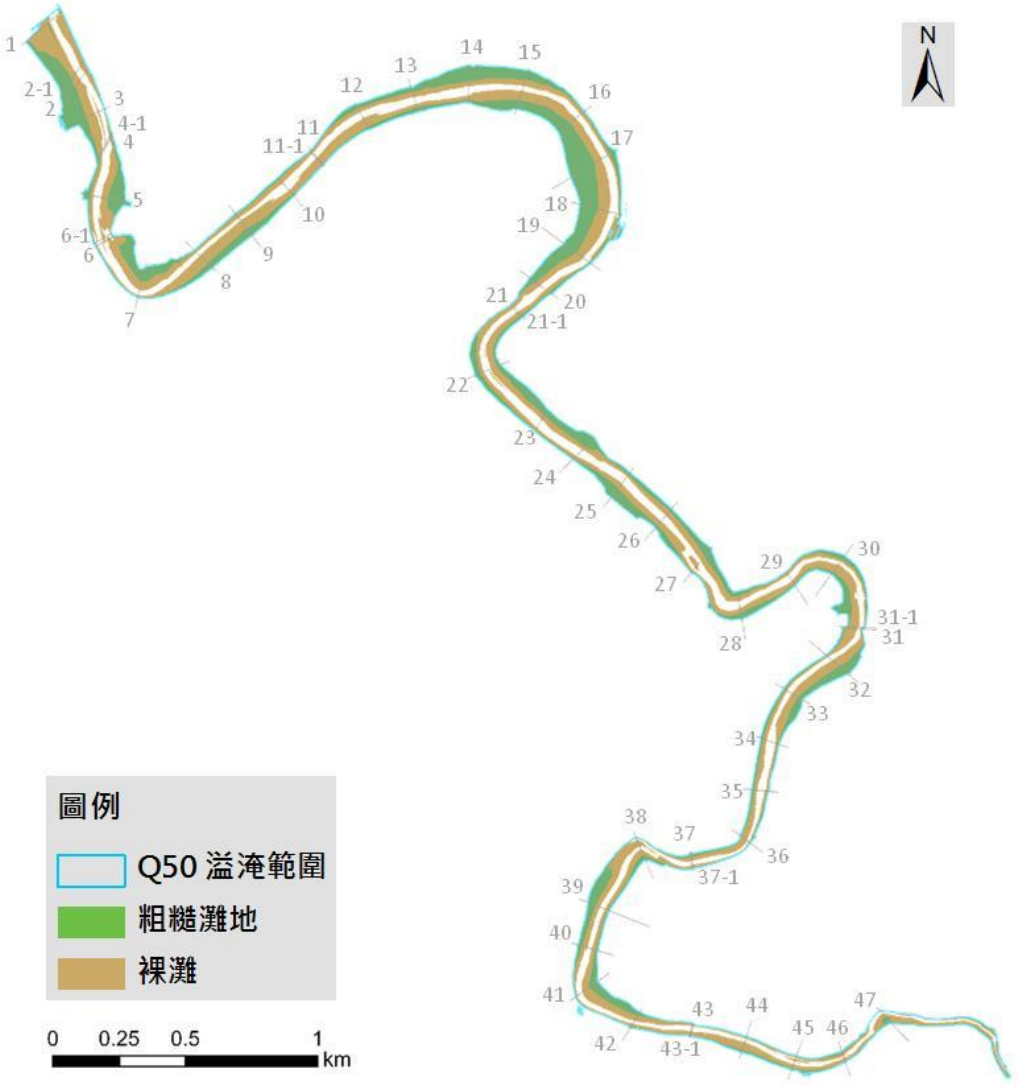


圖 7-33 改善後粗糙灘地範圍

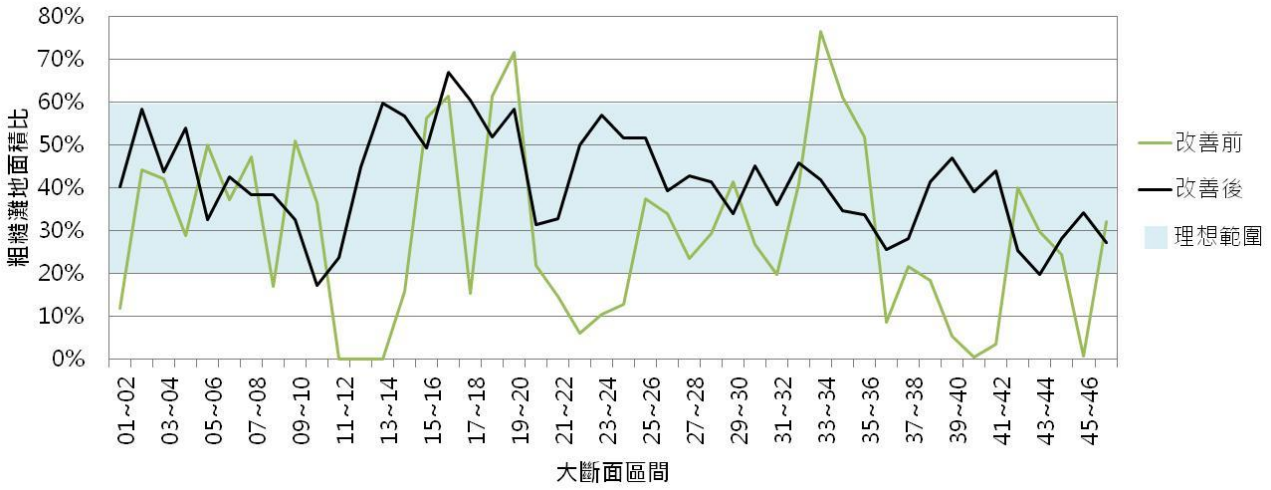


圖 7-34 改善後各斷面區間粗糙灘地面積比

(4) 寬深比

使用一維 HEC-RAS，將填河槽後的斷面，再經重建河床骨架及削高灘等調整後，模擬得到的 Q2 寬深比如圖 7-35。由圖可知，幾乎全河段皆已達理想範圍，僅斷面 36-37 未達標。

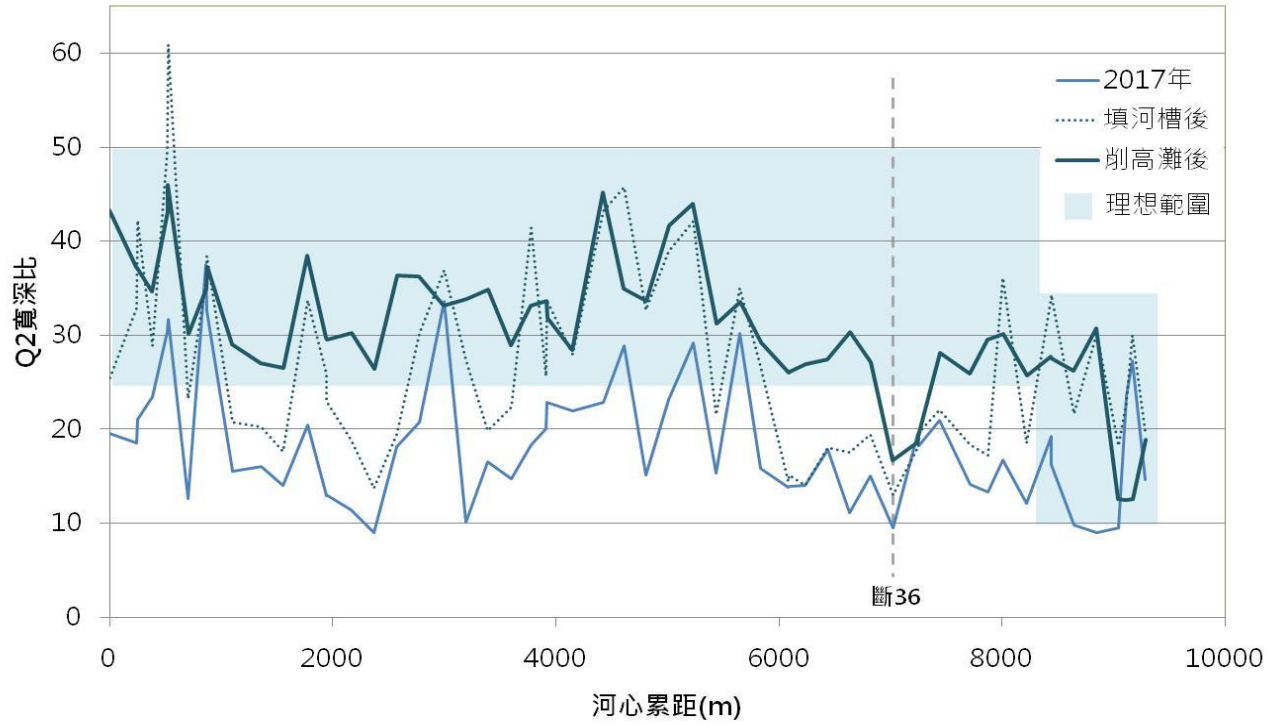


圖 7-35 削高灘後 Q2 寬深比多達理想範圍

斷面 36 及 37 所在處，歷史廊道並未比現況紅線寬。進一步比對現地資料發現，斷面 36 接近永豐斷層露頭，斷面剛好切過左岸突出的天然岩壁，形成天然潭區，故此斷面 Q2 寬

深比較低為自然狀態，不需再調整。另一方面，斷 37 為永豐大橋，其右岸雖然距紅線尚有 30 公尺，但橋台附近亦有岩壁出露，除非橋梁改建，否則亦不再調整。

(七) 河相調整綜效

本計畫河相調整方案之平面挖填位置與高程變化如圖 7-36。斷面調整最終成果之圖與表，參見附錄一。各斷面均套疊 107 年大斷面測量之原床面、調整後最終床面、用地範圍線及還地於河線。圖中 D1(指 D1 組合情境，設定為平水位)、Q2、Q50、Q200 水位，係使用改善後斷面製作新的河床 DEM，並重新調整河岸與河床粗糙度，以二維 HEC-RAS 模擬之成果。以 Q50 為例，改善後之曼寧 n 值設定如圖 7-37。

圖 7-36 河相調整方案之平面挖填位置與高程變化

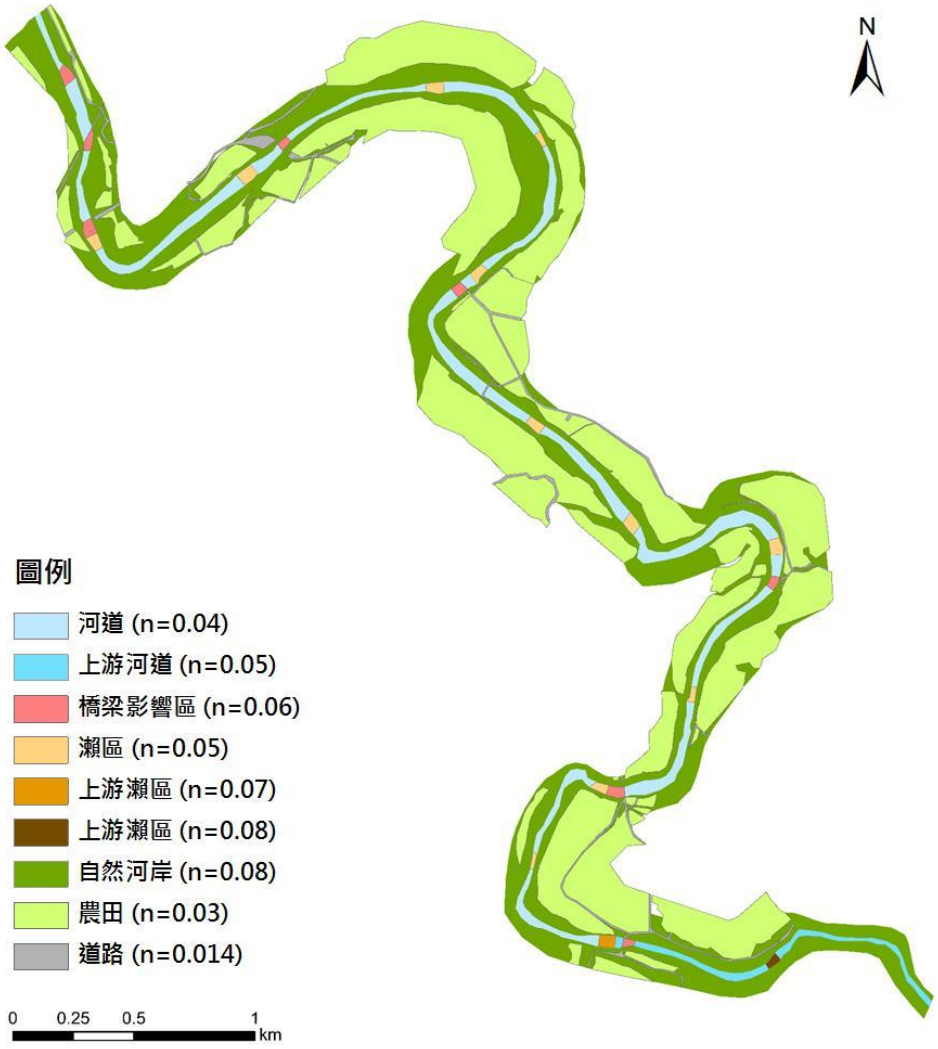


圖 7-37 河相改善後之曼寧 n 值設定(Q50)

透過進一步分析，可確認本計畫之河相調整方案除能達到健康河相之物理棲地指標，亦具有以下效益。

1、消減大範圍溢淹

如 4.1.3 節所述，改善前 Q50 及 Q200 洪水皆於鱉溪出口之斷面 1-3 造成大範圍溢淹(圖 4-25、圖 4-26)，主因是 2-A 攔河堰下游坡降過低。

本計畫河相調整方案透過重建護甲層，增加近匯流口河段的坡降(由原本的 0.0003 增為 0.004)，亦移除多處束縮河道的構造物，使得鱉溪出口在改善後排洪效率提升，除非受秀姑巒溪大規模洪水頂托，否則已不易淹出堤防。改善後之 Q50 溢淹範圍皆在用地範圍線之內，Q200 溢淹範圍可達較寬廣的灘地，且幾乎皆在歷史

廊道範圍內，如圖 7-38。

2、沿程平均消能

改善前 Q50 洪水時局部單位河流功率$\omega > 1000 W/m^2$，甚至可達 20000W/m^2，是造成堤岸、攔河堰等構造物受損的主要原因。

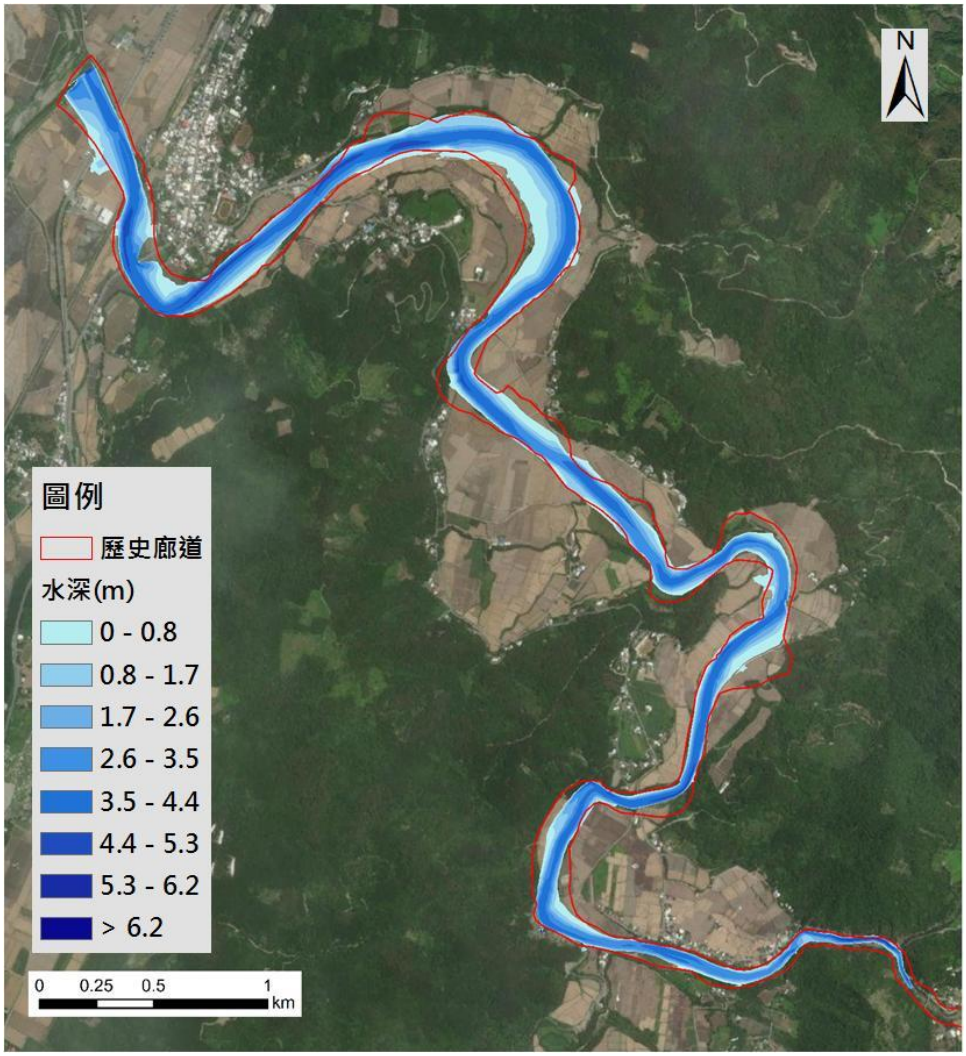


圖 7-38 河相調整後 Q200 溢淹範圍

本計畫河相調整方案透過河岸粗糙化，增加河岸消能效果，並重建河床骨架，移除易造成能量集中的高落差橫向構造物，使得整體河段能沿程平均消能。改善後 Q50 洪水之單位河流功率分布如圖 7-39，各斷面區間之平均值如圖 7-40。河川能量最高之斷面區間為 46~47，平均值約 1600W/m^2，與改善前近 4000W/m^2 相比，已大幅消減。整體而言，調整後單位河流功率界於 200 至 600 W/m^2 之間，對構造物的威脅大幅減輕，也使得近自然工法的維護

管理變得可行(見 8.4.3 節)。

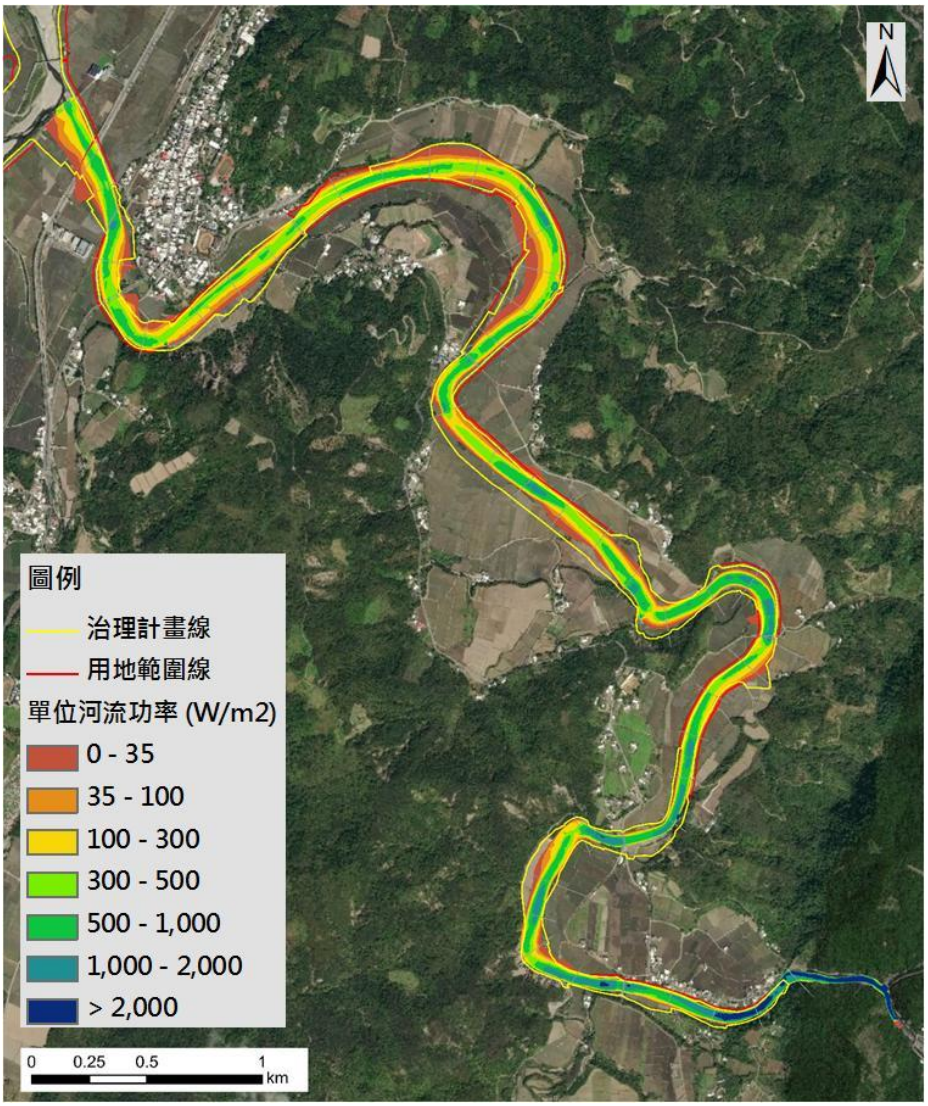


圖 7-39 河相調整後單位河流功率分布

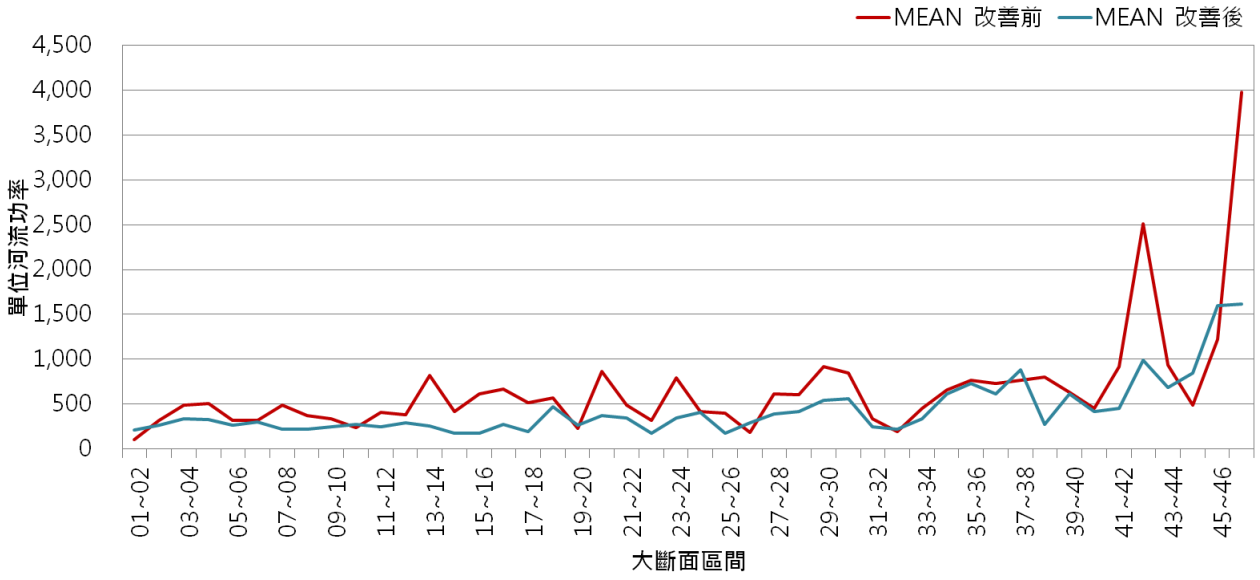


圖 7-40 河相調整前後各斷面區間單位河流功率比較

3、挖填方平衡考量

河相調整方案包含重建護甲層(填方為主)及削高灘(挖方為主)。使用調整前、後的內插河床 DEM，概估各河段挖方量與填方量，結果如表 7-7。其中永豐大橋上游所需填方較多，蚊仔洞橋至永豐大橋挖方量較多，全河段可接近挖填平衡。

表 7-7 河相調整方案各河段挖填方概估

河段	挖填總和(m3)	挖方(m3)	填方(m3)
出口 -- 富里大橋	-2,769	-81,598	78,829
富里大橋 -- 復興橋	3,519	-128,610	132,129
復興橋 -- 蚊仔洞橋	-4,847	-92,755	87,909
蚊仔洞橋 -- 永豐大橋	-28,278	-49,714	21,436
永豐大橋 -- 池豐大橋	14,439	-68,678	83,117
池豐大橋 -- 界點	23,117	-33,710	56,828
全河段	5,181	-455,066	460,247

二、水量調整方案

如第 3.3.4 節所述，在討論各種用水情境之前，必須一併調整河相，才能讓攔河堰取得到水。故本節先以二維水理模擬探討前節河相調整方案是否能達成基流量目標，再進一步研擬水量改善策略。

(一) 水域縱向連續度檢核

1、用水情境 1

使用重建護甲層、重建河床骨架、削高灘等河相調整後之河道地形，模擬用水情境 1 下之 A1、B1、C1、D1 情境，結果顯示僅少數斷面無法達成連續水深之目標，如圖 7-41~圖 7-44。其中僅 2-A 攔河堰在 A、B、C 三種天然流量情境下，均未達連續水深門檻(分別為 0.1m、0.08m、0.05m)，且在極枯旱的 C 情境下，下游各斷面 1、2、2-1 處於斷流狀態(水深為 0 或 0.01m)。這是因為 2-A

攔河堰取水量大，符合表 4-18 不同情境組合下鱟溪出口之剩餘流量比鱟溪河口剩餘流量在 C1 情境為負值之結果。

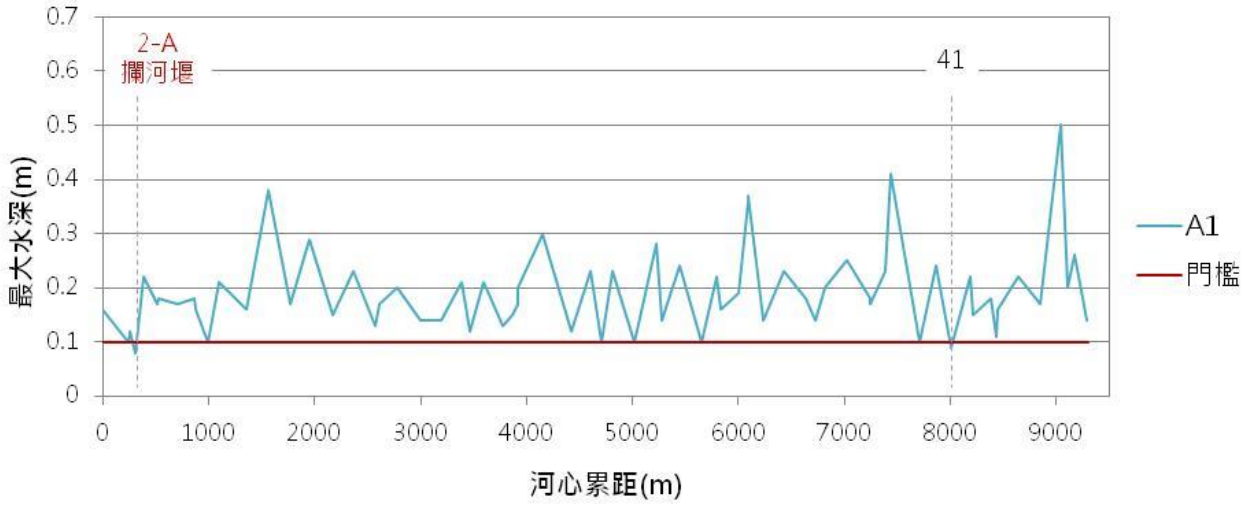


圖 7-41 河相調整後情境 A1 之水深

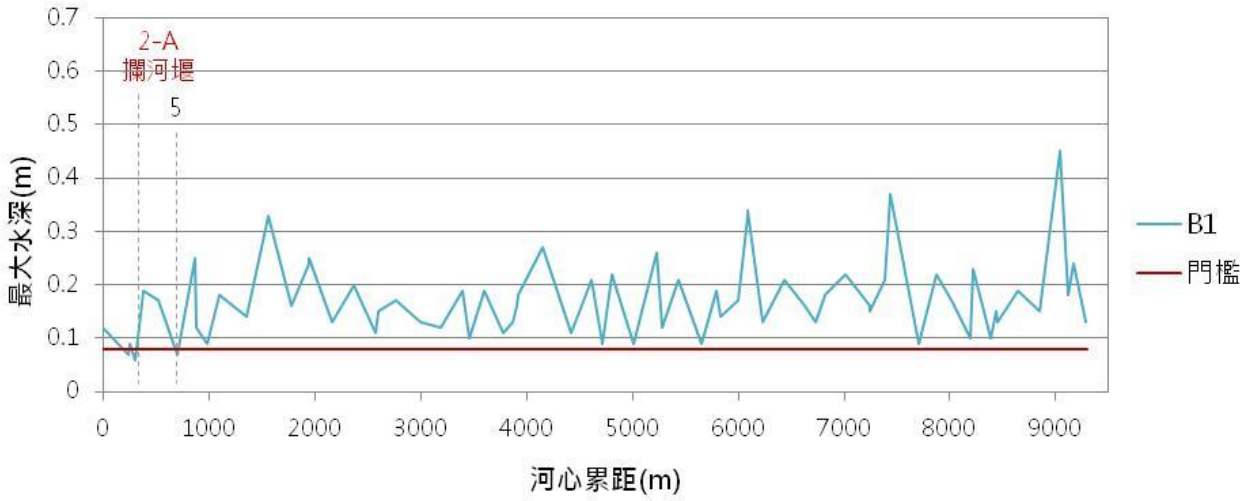


圖 7-42 河相調整後情境 B1 之水深

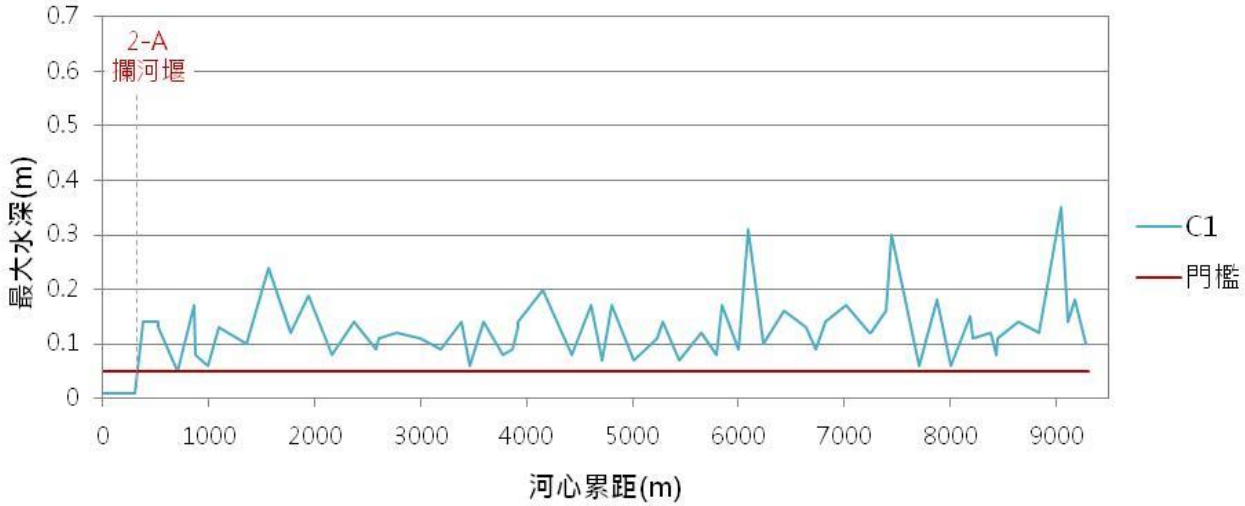


圖 7-43 河相調整後情境 C1 之水深

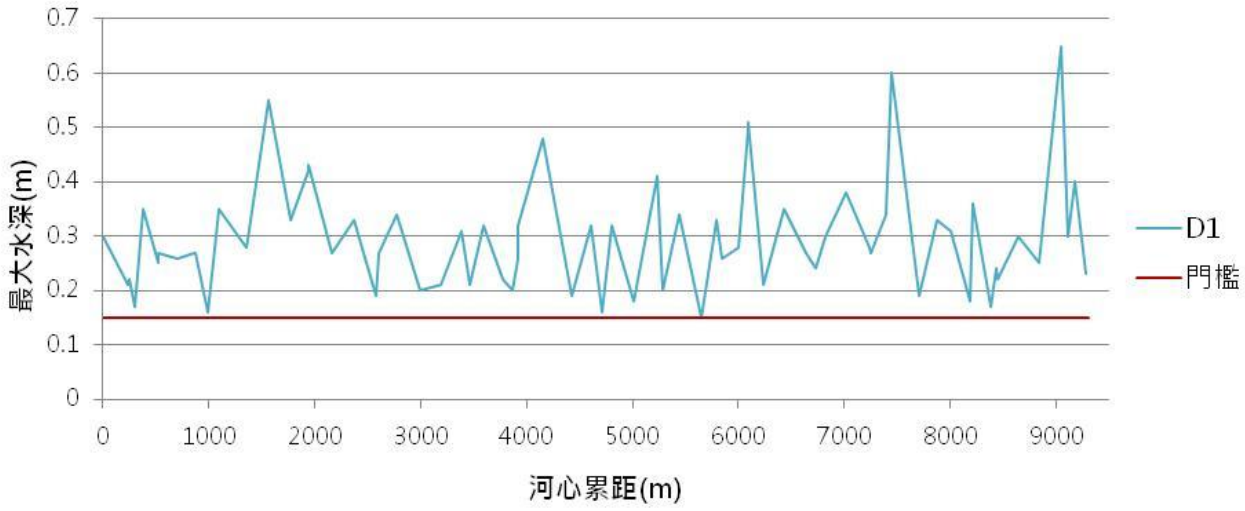


圖 7-44 河相調整後情境 D1 之水深

斷面 5、41 雖在部分情境未達標，但差距甚微，其餘也有一些斷面水深剛好位於門檻值。這些斷面福祿數均接近 1，表示水流近臨界狀態，判斷僅為流況轉換造成的水深局部不穩定。此模擬結果顯示，若以水權量為取水上限，絕大部分的斷面已可滿足水域生物所需的連續水深。

2、不同省水情境下的連續水深

本計畫模擬各種情境組合下，2-A 攔河堰斷面之剩餘水深，結果如表 7-8。由表可知，當用水調整成以需水量為上限的情境 2 時，2-A 攔河堰在各種天然流量下均已能滿足連續水深門檻，尤其在極枯旱的情境 C，可增加 5 公分的水深，避免斷流。檢視其他各斷面，在用水情境 2 亦無低於門檻之處，表示河相調整後，若以需水量為取水上限，可兼顧現況農業灌溉與水域生物的需求。

表 7-8 各種情境下 2-A 攔河堰斷面之剩餘水深(公尺)

天然流量情境 / 用水情境	A (門檻 0.1m)	B (門檻 0.08m)	C (門檻 0.05m)	D (門檻 0.15m)
1(需水量或水權量)	**0.08**	**0.06**	**0.01**	0.17
2(需水量)	0.1	0.09	0.06	0.18
3(省水稻)	0.11	0.1	0.07	0.18
4(智慧管理)	0.11	0.09	0.07	0.18
5(省水稻+智慧管理)	0.11	0.1	0.07	0.18

若進一步採用省水稻作的情境3,在旱季對連續水深仍有幫助。情境 5 在省水稻之外導入智慧水管理，雖然剩餘流量較情境 3 增加了 5~8%，但成果未反映於連續水深，可能與瀨肩處流況接近臨界水深有關。

需特別強調的是，低流量的水深對河相的改變十分敏感，斷面形態的局部調整數公分,可能就造成水深門檻過與不過的差異。因此一旦河相恢復健康，平時的河道管理應盡可能避免改變低水河道的形態。

(二) 用水管理精緻化

全台十七個農田水利會已於民國 109 年 10 月起改制為公務單位，受農委會農田水利署管轄，成為十七個農田水利管理處。水利會改制的主要目的，是擴大供灌面積、優化水資源使用、加強灌溉水質管理，故灌溉用水管理的精緻化已是必然趨勢。對鱉溪流域而言，建議作為如下。

1、紀錄用水量

根據水利法第 39 條：「水權人應在取水地點裝置量水設備，並將全年之逐月用水情形、實用水量，填具用水紀錄表報查。前項設備及用水情形，主管機關得隨時派員檢查。」精緻化管理的第一步，是為各攔河堰的取水口，製作流量率定曲線，即在不同水位、不同閘門開度下的灌圳流量。製作完成的率定曲線，可置於各閘門，一方面便於填報紀錄，另一方面也是環境教育的良好教材，讓居民也能了解取水量與河道內流況的關係。

2、聘請掌水工

由 4.2.2 節分析可知，現況鱉溪水稻慣行取水量為台灣一般基準的 2 倍以上。掌水工是台灣西部水利會行之有年的制度。掌水工負責開關水門、紀錄用水量、清理圳路等工作，缺水時協助工作站調度用水，通常由久居地方的農民擔任。如果鱉溪請二名專

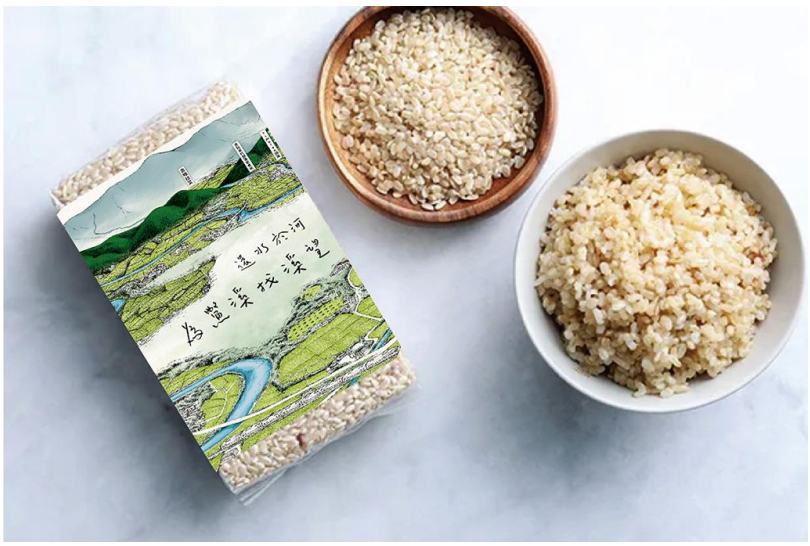
職掌水工(或數名兼職)，每天可充分管理主流九座攔河堰取水口。若以日薪 1000 元計，僅在旱季管理，每年花費四十萬元以內，可完成基本的田區用水管理，確保取水量在本計畫用水情境 1 或 2。

(三) 智慧水管理

如 4.2.2 節所述，在已使用掌水工精緻管理的嘉南灌區，運用物聯網與大數據管理，尚可節餘約 13%以上用水，減少輸水損失 5%以上。若將此系統應用於鱉溪，其成效應更為可觀，達成用水情境 4。110 年度河川局已媒合農業試驗所，於鱉溪永豐社區試辦智慧水管理之水稻栽培試驗。

(四) 推廣節水農作

鱉溪節水農作實驗已初步證明，若落實乾濕交替管理，對於節水將有實質效益，若確實執行，其節水率可達 3 成以上。順應水利會改制後灌區擴大政策，及極端氣候旱季雨量可能減少的趨勢，並考量省水稻作可能帶來的品牌行銷效益(圖 7-45)，鱉溪流域內的灌區應有充分需求及誘因繼續推廣節水農作。



資料來源：洄瀾風生態有限公司

圖 7-45 第九河川局協助社區推廣省節水農作實驗收成的稻米

三、方案期程與分工

(一) 優先順序排定原則

第六章一開始曾說明，營力、形態、機能是河川復育行動的優先順序。因此本計畫物理棲地復育之各項策略，亦有大致的先後順序，如圖 7-46。依四大方針說明如下。

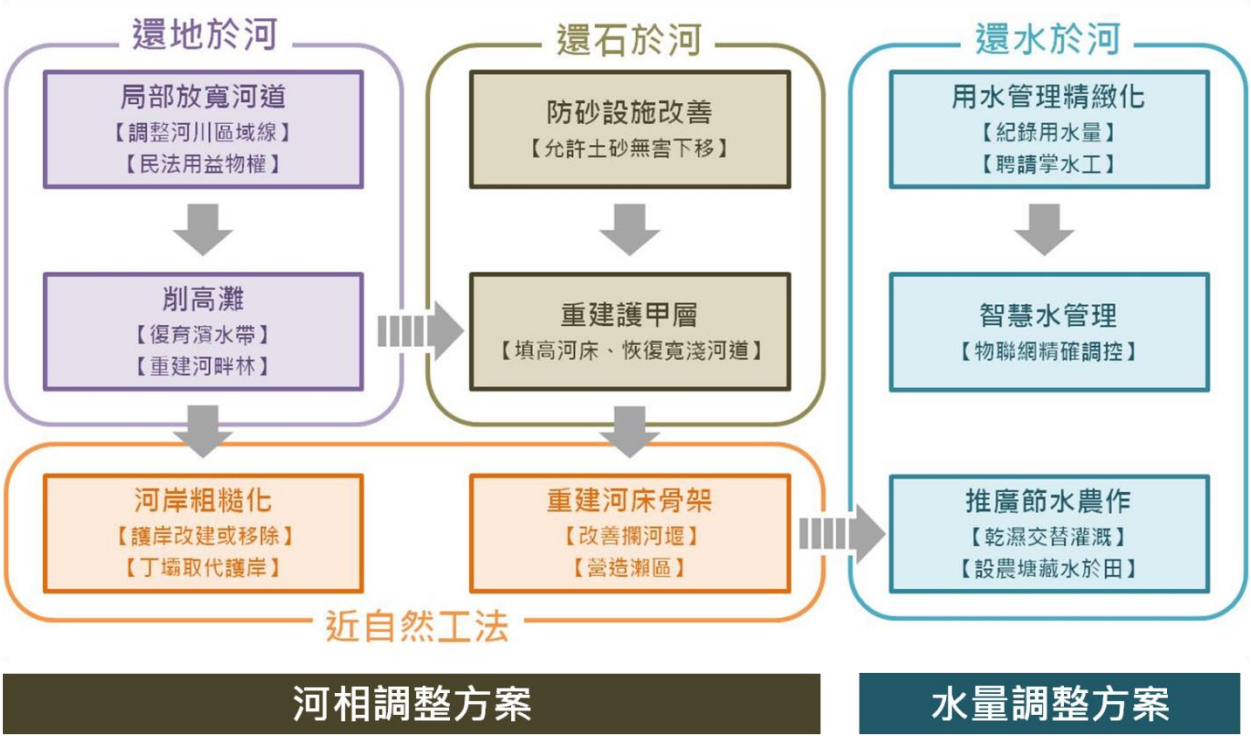


圖 7-46 物理棲地復育方案展開之優先順序

1、還地於河

以還地於河而言，河川管理界線及管理作為的調整屬於營力等級策略。可沖淤的河川廊道確保之後，才能調整形態，即削高灘。削高灘所得的土砂，可作為重建護甲層的料源。在用地有餘裕，且河床形態經過調整、能量不過於集中的地方，才有機會改建或移除護岸，恢復較自然的河岸骨架。

2、還石於河

對於界點以下河段，上游防砂設施的改善可提供下游所需的土砂，屬營力等級策略。上游有適當的土砂流入，才能調整河床形態，重建護甲層。若僅以削高灘、疏濬所得之料源還石於河，而缺少上游砂源補充，一次性工程的改善成果仍可能逐漸流失。河道內有充分的護甲層之後，才可能移除目前仍有固床功能的攔河堰、固床工等橫向構造物，重建河床骨架。

還石於河應由上游至下游循序推進，上游補充的河床質若流失，也仍補充了下游的護甲層。

3、近自然工法

近自然工法的作用是以人為方式加速河道骨架的形成，使河相能在較短時間內恢復健康樣貌，但仍需與自然營力協作。土砂沖淤變化、水際植被生長都需要時間，大約三至五年之後棲地才會真正形成，達成機能的復育。

4、還水於河

還水於河主要著重於人為營力的調整。用水管理精緻化屬基本事項，與其他策略無關，建議優先實施。隨著物聯網相關技術的成熟，智慧水管理也可能於近期導入。使用近自然工法改善攔河堰、重整河相之後，才能避免斷流，對水域生態產生明顯的效果。在這個階段推廣節水農作，要求農友改善慣行作法，因應氣候變遷，更能引起農友共鳴。

(二) 方案期程

就流域尺度而言，推動的基本原則是：上游先還石於河，下游先還地於河，預計以七年為期逐步實施界點下游之物理棲地復育，如圖7-47。針對河川局管轄範圍，研擬方案期程如下。

1、短期(一至二年)

(1) 河川公地收回

河川公地原則上在削灘前收回即可，本計畫列為短期方案，實際可依各河段工程期程調整。

(2) 河川區域線變更

依據表 7-5，可直接調整河川區域線的河段為：斷面 12-16 右、22 左、29-30 右、32-34 右、36-37 右、40-41 右。經協商換地後可調整河川區域線的河段有：斷面 5 右、8 左、22-25 右、44-45 左。

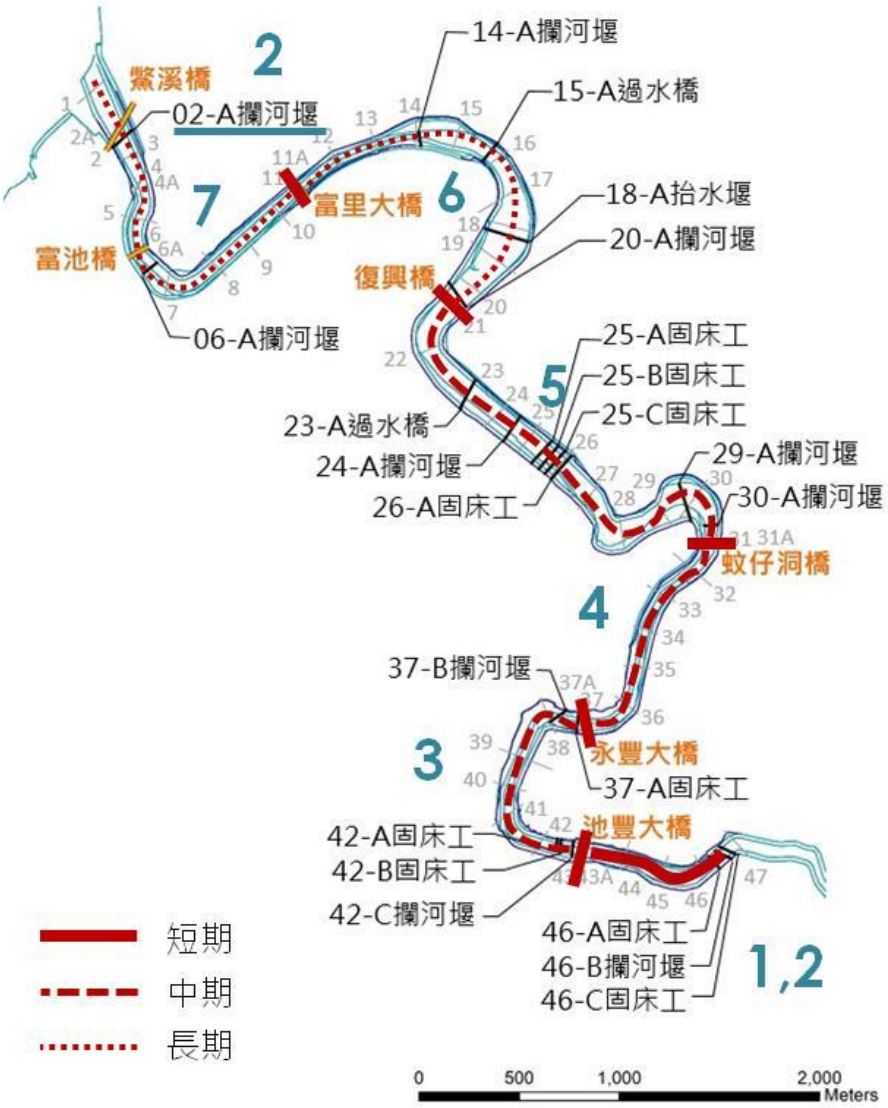


圖 7-47 各河段物理棲地復育期程安排

(3) 近自然工法教育訓練

近自然工法在國內尚不普及，也缺乏合適的規範。慣行之攔河堰、固床工、丁壩、護岸工法皆仰賴混凝土，因而對河相與生態造成傷害。為使近自然工法實施後達到預期效果，建議分 2 年度對設計及施工人員辦理全斷面魚道、曲線斜堰、分散型落差工、瀨區營造、砌石丁壩、植生護岸等項目的教育訓練，並導入近自然工法相關設計與施工規範等參考文獻，以便循序漸進地推動各河段復育工程。

(4) 池豐橋上游復育工程

池豐橋至界點之間部分河段已於 109 年展開護甲層重建，但尚未達到目標床面。建議優先推進，透過削高灘、重建河

床骨架、河岸粗糙化復育本河段。大部分構造物移除及河床填高工作應可於第一年度完成，重建河床骨架與豐南護岸的改建可於第二年度完成。詳細規劃見第八章。

2、中期(三至五年)

(1) 取得用益物權

表 7-9 整理用地範圍線與還地於河線之間私有地之地段及地號，以及調整後可能影響。所列之地號，建議與私有地主協調，在該河段河相調整工程實施前取得用益物權。若周邊有公有地，亦可考慮換地。本項基本上亦配合各河段工程期程，可視需要提前或延後。

表 7-9 建議取得用益物權的地號與可能影響

段名	地號	位置	可能影響
富南段	111、113	斷 2-4 左	Q50 局部溢淹
富安段	573、560、556、555、540、554、1152、548、549、551、261、257	斷 5-8 右	局部削灘、Q50 局部溢淹(573 以外在富池橋拓寬後才有影響)
鱉溪段	436、27、23、21、32、20、11、15、18	斷 14-18 左	局部削灘，Q50 水位以上少量溢淹
富豐段	1835、1841、1844、1861、1863、1865、1866、1871、1872、1881	斷 22-25 右	局部削灘，Q50 水位以上少量溢淹
蚊子洞段	598、599、600、601、604	斷 41-42 右	削灘，Q50 水位以上少量溢淹
吉拉米代段	183	斷 44-45 左	可能溢淹及沖淤變化

(2) 池豐橋至永豐橋段復育(第三年)

本河段在河川公地回收及調整河川區域線後，可展開濱水帶削灘復育。既有護岸皆可移除，未與私有地相鄰者可任其自然復育。42-A、42-B、37-A 固床工亦可直接移除。削灘及移除構造物之回收材料可填高河床。接著重建河床骨架，37-B 保護工改造為安定瀨區，斷面 39-40 間新設安定瀨區。41-43 右岸有私有地，在取得用益物權後，可進一步削灘營造河畔林，並改建既有護岸為植生護岸。

(3) 永豐橋至蚊仔洞橋段復育(第四年)

本河段在回收河川公地及調整河川區域線後，可展開濱水帶與河畔林的削灘復育，其材料可用於填高河床。然而斷面 31 附近需配合蚊仔洞橋拆除改建，才能進行削灘。本段現況較無橫向構造物干擾，重建護甲層後僅需於斷面 34-35 間新設安定瀨區。既有護岸皆可移除，32-34 左岸鄰私有地採植生工法，31-32 右岸為攻擊岸設丁壩。

(4) 蚊仔洞橋至復興橋段復育(第五年)

本河段在回收河川公地、換地及調整河川區域線後，可展開濱水帶與河畔林的削灘復育。既有護岸皆移除，鄰私有地改採植生護岸，斷 30-31 右岸以丁壩保護攻擊岸。25-A~C 及 26-A 固床工移除。削灘及移除構造物回收材料可用於填高河床。斷面 27-28 之間新設安定瀨區。建議於第五年改善。

(5) 智慧水管理

智慧水管理為經濟部與農委會合作的全國性政策，本計畫暫列於中期方案。

3、長期(五年以上)

(1) 復興橋至富里大橋段復育(第六年)

本河段在回收河川公地及調整河川區域線後，可展開濱水帶與河畔林的削灘復育。14-18 左岸若取得用益物權，亦可進行削灘與河畔林復育。護岸皆移除，鄰私有地之處改採植生護岸，14-16 及 17-19 右岸鄰私有地，改以丁壩取代護岸。18-A 抬水堰移除。削灘及移除構造物回收材料可用於填高河床。斷面 16-17 之間新設安定瀨區。

(2) 富里大橋至鱉溪出口段復育(第七年)

本河段在換地及調整河川區域線後，可展開濱水帶及部分河畔林的削灘復育。若取得斷面 5-8 右岸及 2-4 左岸私有地的用益物權，可進一步實施河畔林復育。斷面 1-3 右側護岸保留，覆土植栽，其餘護岸皆移除，鄰私有地之處改採植生護岸。削灘及移除構造物回收材料可用於填高河床。6-A 保護工

改建為安定瀨區，並於斷面 9-10 之間新設安定瀨區。建議於第七年施做，完成物理棲地復育相關工程。

(三) 配合措施

為營造共好的流域環境，達成物理棲地復育目標，建請鱉溪流域管理平台之各參與機關實施以下配合措施。

1、林務局花蓮林管處

(1) 中溝上游防砂設施改善(短期)

如 7.1.1 節所述，改善中溝瀑布及女鬼瀑布下游既有防砂工程，以補充主流中溝橋至池豐橋段缺乏之護甲層塊石，同時配合地質公園之規劃，增進地景與遊憩價值。

(2) 疏伐材及苗木提供(各年期)

配合河川局工程，提供疏伐材供植生護坡所需的切枝、活樁，並提供原生種苗木供社區種植。

2、農田水利署花蓮管理處

(1) 用水管理精緻化(短期)

如 7.2.2 節所述，短期配合措施為「紀錄用水量」及「聘請掌水工」。針對鱉溪流域，需確保取水量在用水情境 1(以水權量為上限)。針對 2-A 攔河堰灌區，需達到以需水量為上限(用水情境 2)，以達成河道內連續水深。

(2) 灌溉設施整體規劃 (短期)

各攔河堰改建規劃，及各取、輸水設施之配合調整規劃，包括配合 46-B 攔河堰移除及豐南護岸改善，新設取水口及輸水路等相關設施(見 8.2.2 節)。

(3) 攔河堰及輸水保護工改造(各年期)

2-A 攔河堰為鱉溪最下游的攔河堰，也是兩側洄游的哈拉魚日本禿頭鯊進入鱉溪的第一道關卡，建議於第二年優先改造成曲線斜堰，對後續復育推動具有象徵意義。

配合河川局工程，第三年改建 42-C 攔河堰為曲線斜堰，改造 37-B 保護工為安定瀨區；第五年移除 29-A 攔河堰，改

建 30-A 攔河堰為兩側取水的上下堰結構，改建 24-A 攔河堰為曲線斜堰；第六年改造 20-A 及 14-A 攔河堰為曲線斜堰，第七年改善 6-A 保護工為安定瀨區。

3、水土保持局花蓮分局

(1) 上游防砂設施改善(各年期)

如 7.1.1 節所述，建議配合河川局工程，於第二年改善石厝溝吉哈拉愛橋上游固床工，補充界點下游缺乏之護甲層塊石。第三、四年改善臭水溝防砂設施，第四、五年改善搭不烏拉溪防砂設施，以配合主流河段改善期程。

4、花蓮縣政府農業處、富里鄉公所

(1) 蚊仔洞橋改建(第四年)

蚊仔洞橋為農路橋，由花蓮縣政府農業處補助富里鄉公所興建。目前梁底高程及橋長不足，阻礙通洪斷面及局部河相復育。建請參考本計畫調整後之斷面 31、31-1，設定所需橋長及梁底高程。斷面 31 左岸還地於河線內之鱉溪段私有地(地號 1039、1040、1044)，建議與河川局協調，配合蚊仔洞橋改建辦理徵收。

(2) 15-A 及 23-A 過水橋改建(第四、五年)

二座皆為農路橋，通水孔小，阻礙平時流路與棲地發展。建請於第四年之前改建 23-A 過水橋，於第五年之前改建 15-A 過水橋。如 7.1.3 節所述，宜採沉下橋形式。

(3) 支流過水橋、過水路面改善(各年期)

依 7.1.3 節之原則，配合林務局花蓮林管處及水保局花蓮分局支流防砂改善工程，改善支流農路過水路面及過水橋，以暢通土砂及生物的移動通道。

5、農委會農業試驗所、花蓮農業改良場

(1) 節水農作推廣

本項已有試驗成果(參考 7.2.3 節)，包括農法的調整與智慧水管理的導入，可隨時展開，以因應氣候變遷及鱉溪流域

灌區擴大而增加之供灌需求。

6、各級學校、社區大學

(1) 流域學校推廣

規劃過程中，發現鱟溪主、支流許多既有工程當初興建，都源於居民向民代陳情，但未必有過實際災害，也未必符合公益原則，可能是少數居民希望拓展用地，或僅是因為不了解鱟溪的變動特性而產生憂慮。目前流域管理平台已開始討論推廣流域學校，研擬教材與學程。建議後續由社區協同富里國中、富里國小、永豐國小及花蓮社區大學富里分班共同推動，並將以下復育相關事項納入課程：

A. 鱟溪的河相：了解怎樣才是鱟溪健康的樣貌，了解鱟溪的個性和需求。

B. 鱟溪的物理棲地觀察：以公民科學的方式，測量與紀錄物理棲地,如河道寬深比、潭瀨砂洲的河床質粒徑分布、流速、縱向連續水深、洪水位、取水量等。

C. 鱟溪的生態系服務：紀錄鱟溪的支持服務與文化服務(見 6.1.2 節)，追蹤鱟溪復育的成效。

第八章 特定河段復育方案規劃

本計畫需選擇一處河段作為短期示範區，考量該河段之各項課題，提出方案規劃與初步設計。經評估以豐南社區鄰近河段，即上游河川界點至池豐橋為對象(圖 8-1)。

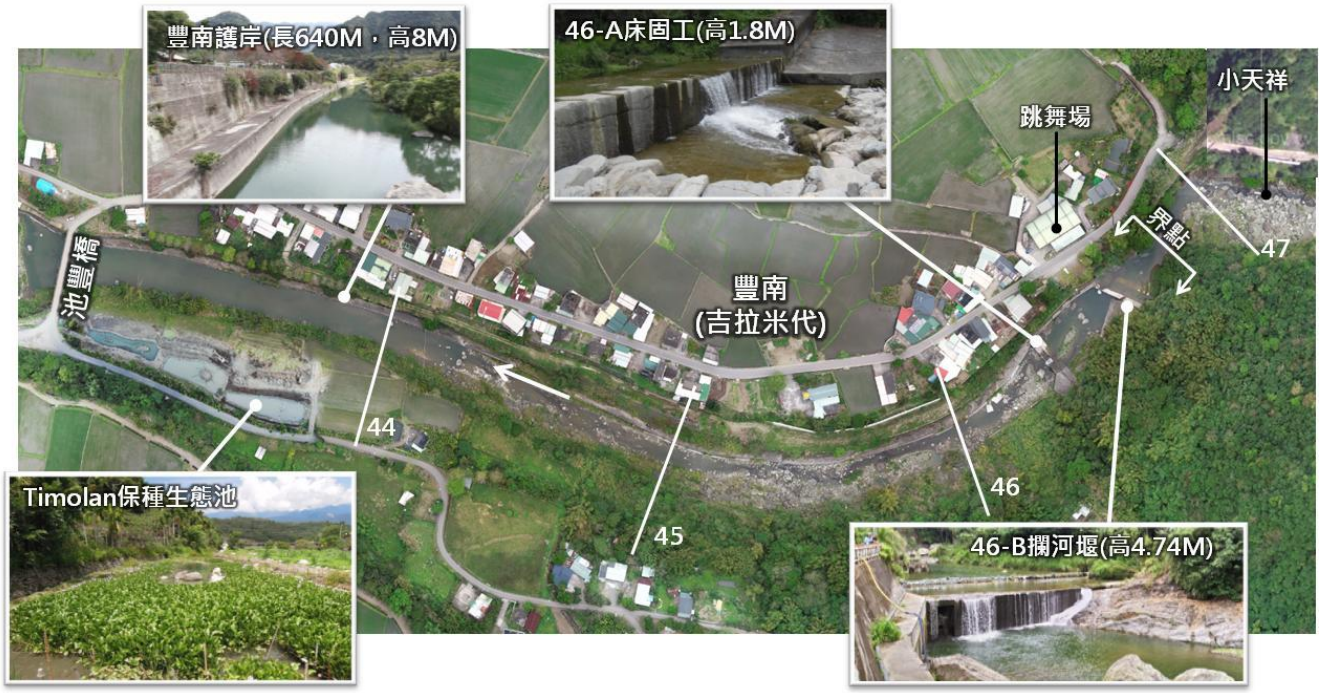


圖 8-1 短期示範區河段現況

一、環境概況與復育課題

豐南社區為阿美族部落，阿美族語稱此地為吉拉米代(Cilamitay)，意為「大樹根」。據說當初部落遷移此地，印象最深刻的就是河岸邊樹根盤繞的景象，可以推知本河段原有茂盛的河畔林。

本河段為河川局管理之最上游河段，就物理棲地而言，面臨與其下游河段共通之諸多課題，由於緊臨部落，亦有親水使用需求。主要課題分述如下。

(一) 縱向構造物

右岸於 1991 年建長 640m、高 8m 的混凝土擋土牆。根據豐南社區發展協會王晉英理事，該工程雖是使用花蓮縣政府申請 1990 年歐菲莉

颱風後省政府危險部落防災工程之款項,但地方欲興建擋土牆的原因，是增加沿河土地使用，以及便於固定灌圳。吉拉米代部落陳金福頭目描述也表示，擋土牆並不是為了確保安全才興建，因為之前部落所在的階地從沒有淹過水，也沒有河岸崩塌的問題。

1993 年以來河道嚴重下切，至 2017 年最大下切達 6.36 公尺。保護擋土牆之戲台於 2013-2016 於斷面 46 附近災損頻繁，由於歷經多次修補，戲台面層內部可能掏空。上游側擋土牆本身已傾斜，結構安全堪憂(圖 8-2)。擋土牆助長沿岸河床下切，植被亦無法生長。

圖 8-2 擋土牆傾斜(左：2020 年 4 月)及戲台受損情形(右：2014 年 9 月)

(二) 橫向構造物

46-B 攔河堰(包含緊鄰之 46-C 固床工)為規劃河段最上游的堰壩，高度也最高，達 4.74m，對水域生物造成嚴重阻隔。過去水利會曾於堰體左側岩石上建設魚梯，但遭洪水沖毀。此堰也阻礙上游河床質運移，堰上游小天祥峽谷淤積不少塊石與卵礫石，灘地有陸化趨勢(圖 8-3)。由於河床下切，目前無法重力引水，改以水管及抽水機抽取，再接至岸上的水圳。

46-B 下游 60 公尺有 46-A 固床工，為上下二階結構，下階基礎易裸露，沖刷嚴重。下階之落差已多次以拋石或鼎塊處理，均不敵強大水勢而流失。109 年初採較大規模之排填塊石處理後，上階還有約 1.8m

的落差待克服。

圖 8-3 界點上游小天祥峽谷內淤積現況

圖 8-4 46-A 固床工下游淘刷狀況(2014 年 1 月)

(三) 親水需求

河段緊鄰吉拉米代聚落，界點附近有部落的豐年祭跳舞場，界點上游為小天祥及吉哈拉艾文化景觀區，賦予鱉溪本河段特殊的文化意義與親水需求。過往吉拉米代部落的豐年祭有 Paklang 儀式，部落青年會下鱉溪捕魚，獻給部落耆老，是象徵豐收的重要儀式。跳舞場對面雖有觀景平台，並有階梯下至混凝土戲台，但由於河道下切，現有混凝土戲台沒有下溪的路徑，部落青年只好到鱉溪其他河段捕魚。尤其獻給耆老的哈拉魚游不上豐南段，只能到池豐橋下游抓日本鯽代替。

二、復育方案規劃

(一) 方案配置

示範段整體平面配置概念如圖 8-5，詳細配置如圖 8-7，斷面意象如圖 8-8 至圖 8-15。107 年、109 年還石於河工程及本規劃完工後之縱斷面比較如圖 8-6。

本河段是鱉溪全域下切最嚴重之處，需要疏浚及削高灘以盡可能於近處取得料源，大量填高河床以重建護甲層。為消解構造物的不當影響，需移除部分構造物，並以近自然工法達到河岸粗糙化及重建河床骨架，使河床恢復土砂輸送帶的功能。詳細規劃內容從上游至下游說明如後。

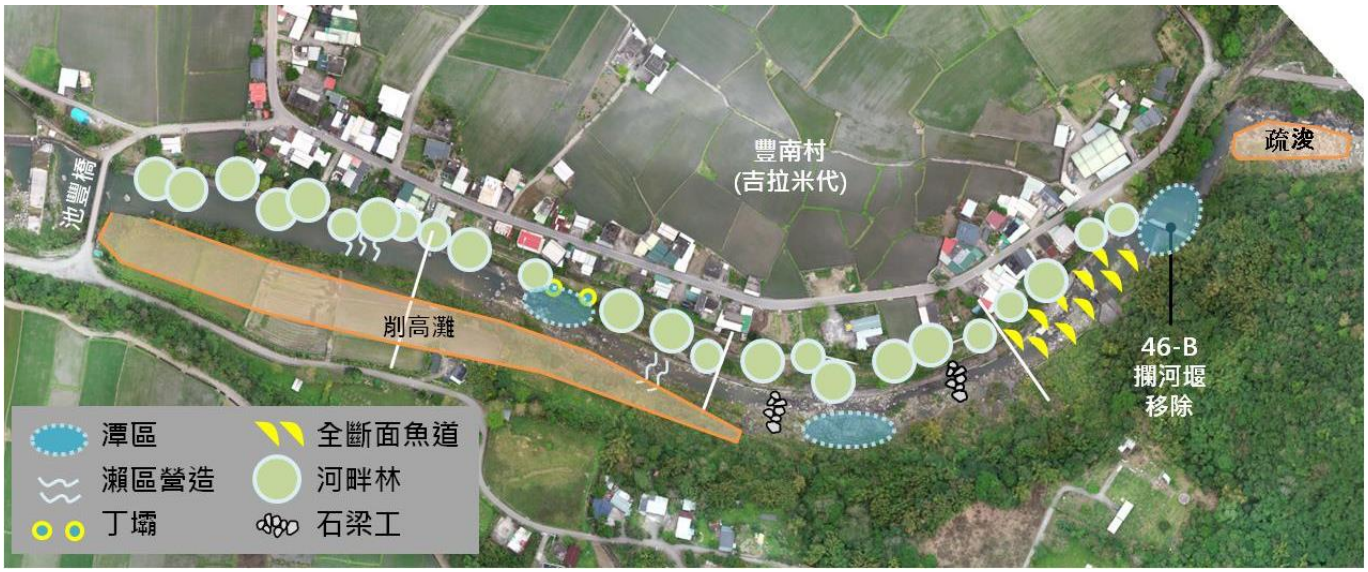


圖 8-5 示範區平面配置概念圖

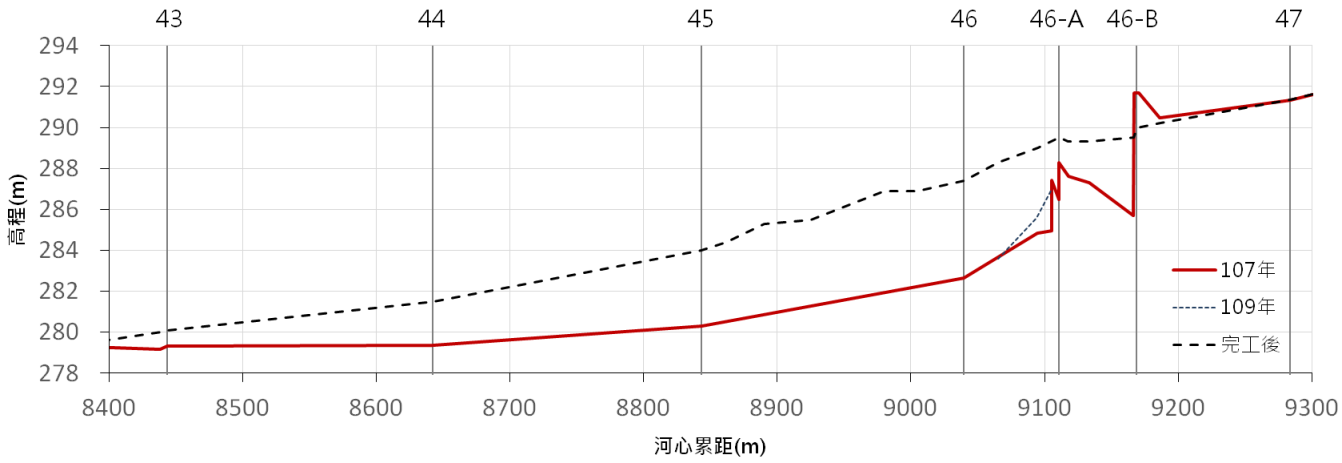


圖 8-6 示範區施工前後谿線縱斷面比較

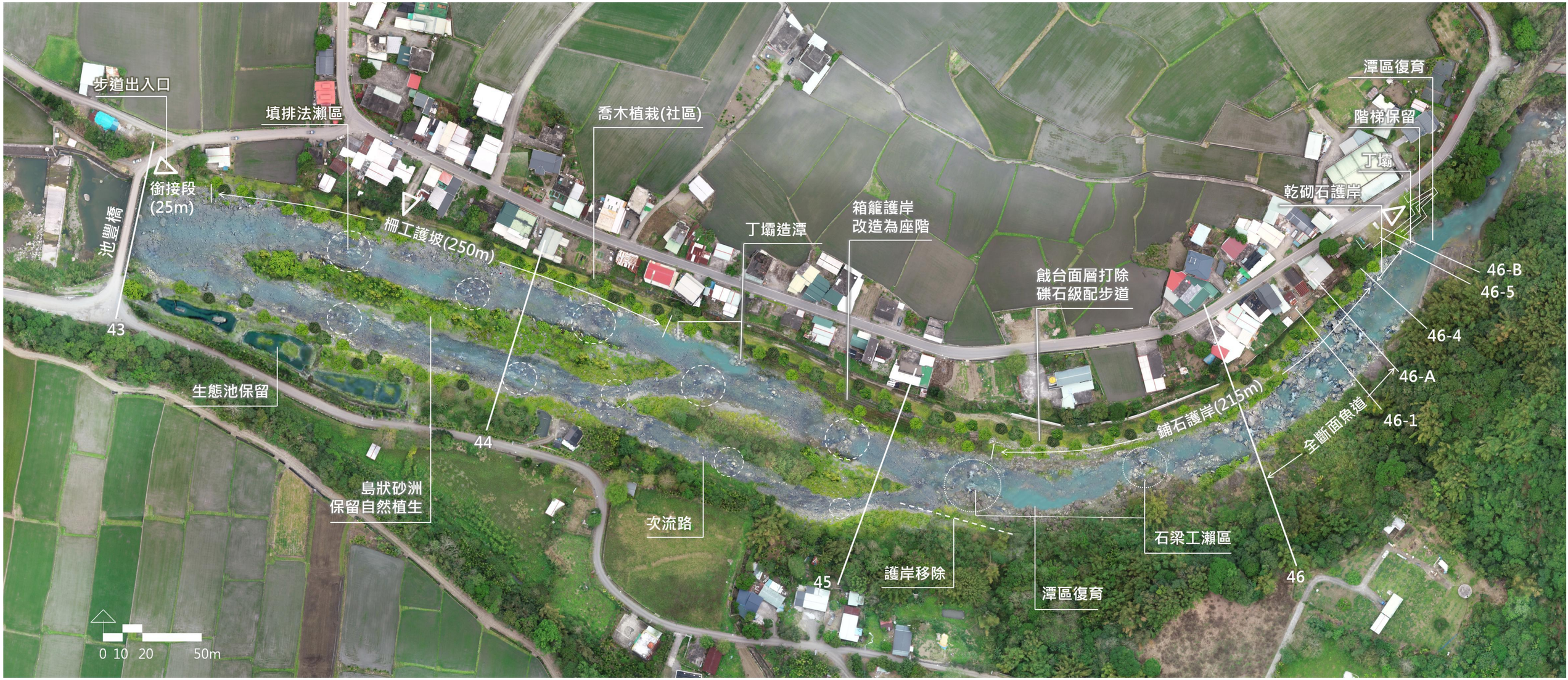


圖 8-7 示範區平面配置及完工後意象圖

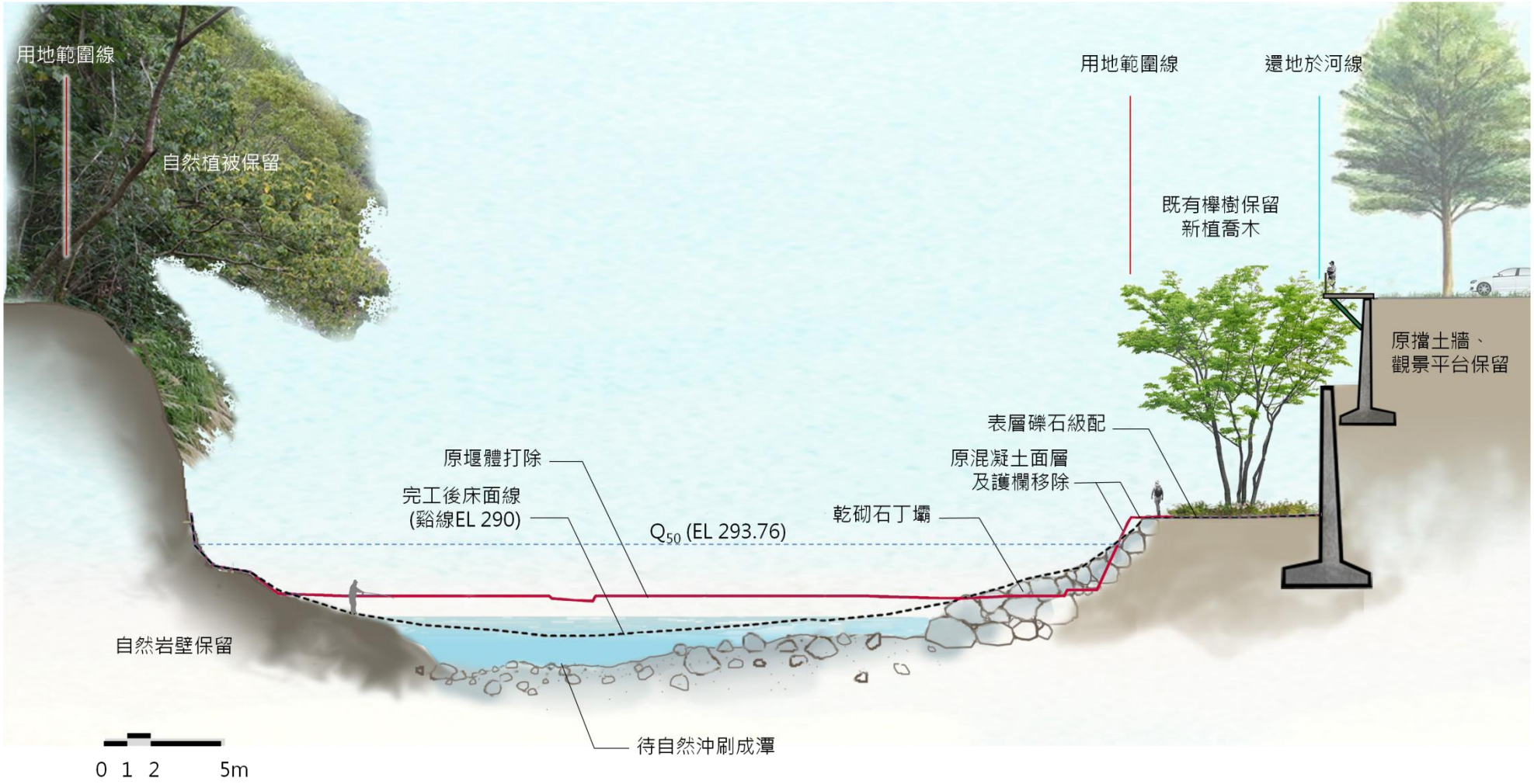


圖 8-8 斷面 46-B 完工意象

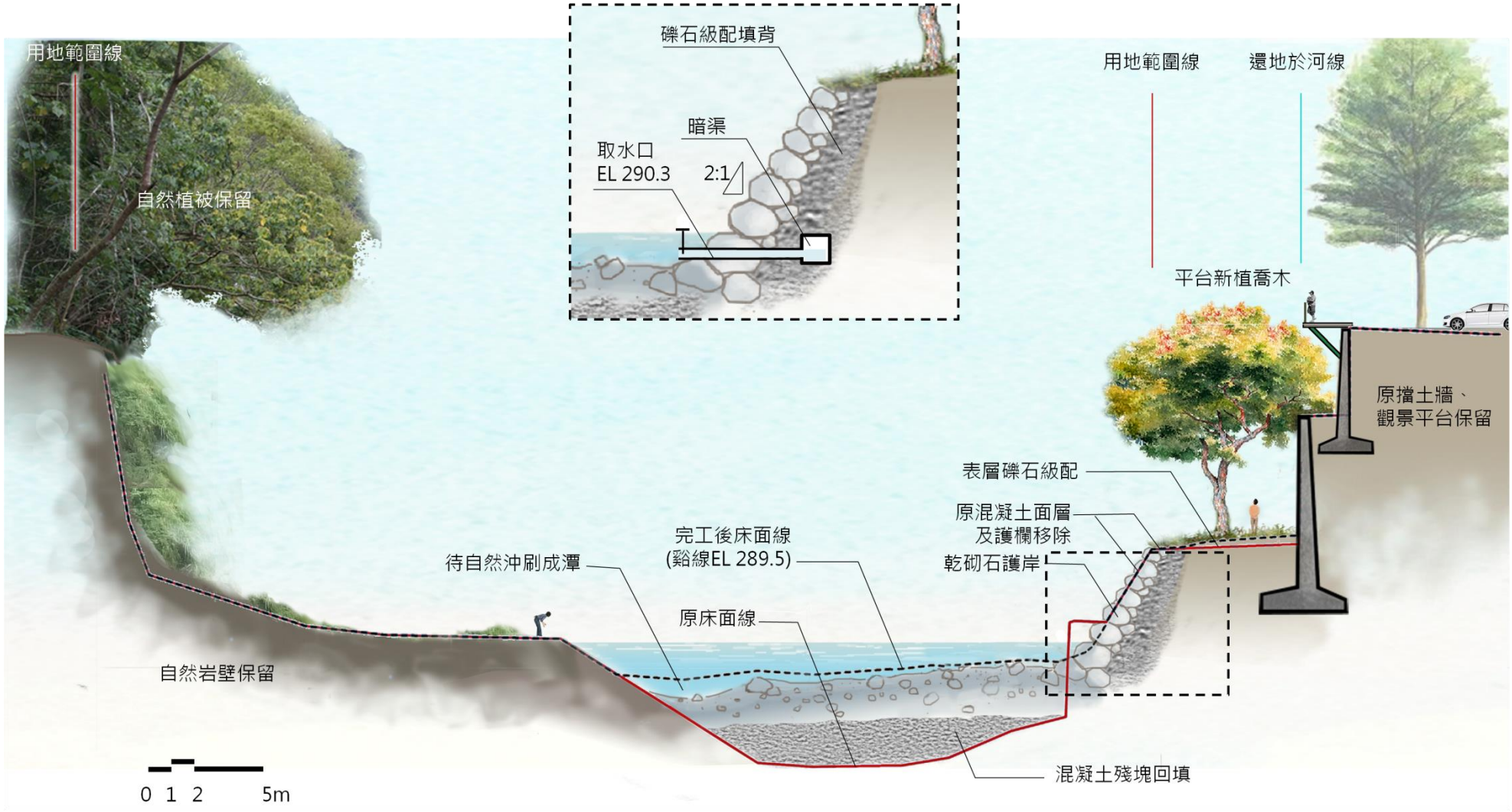


圖 8-9 斷面 46-5 完工意象

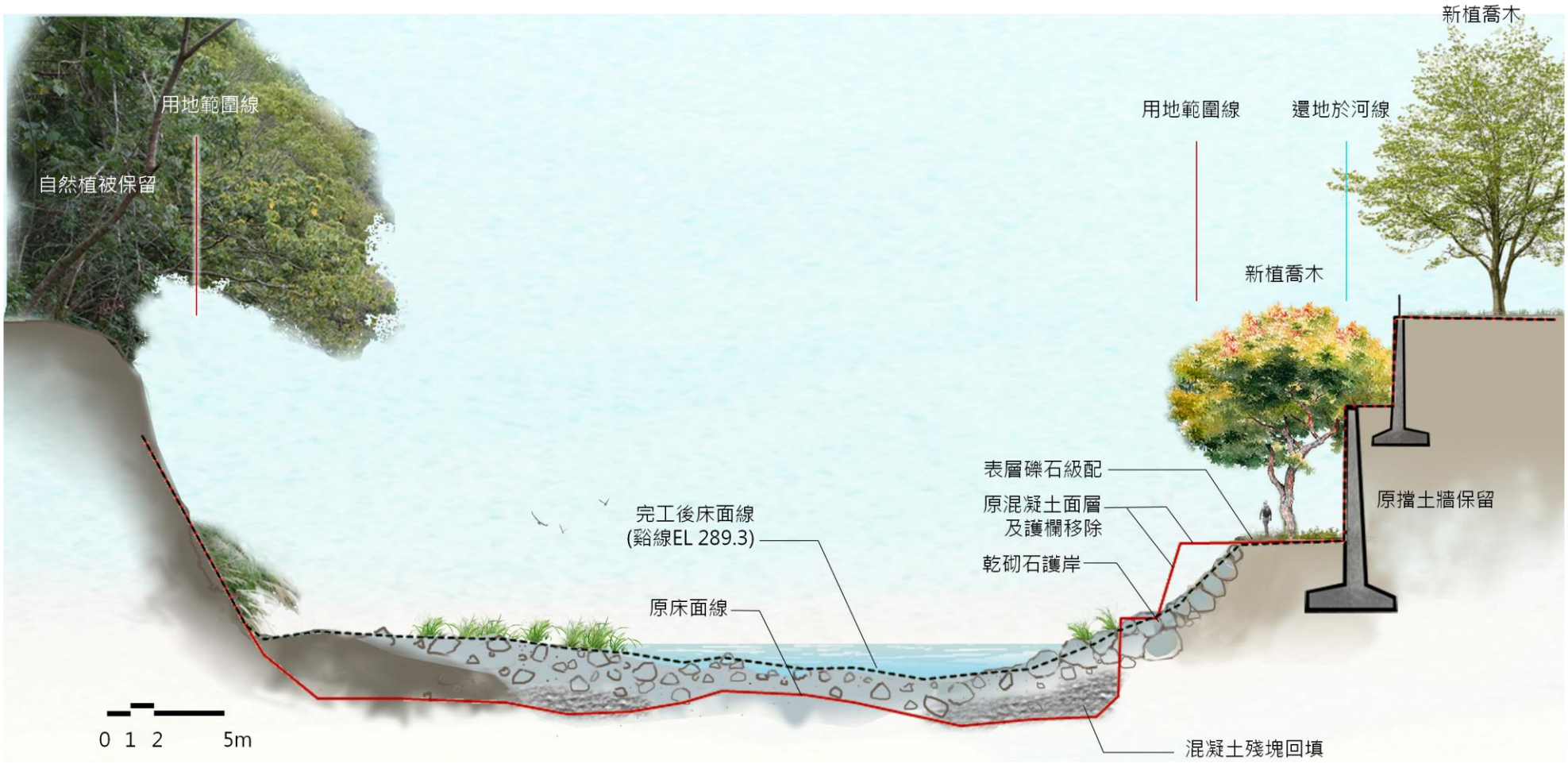


圖 8-10 斷面 46-4 完工意象

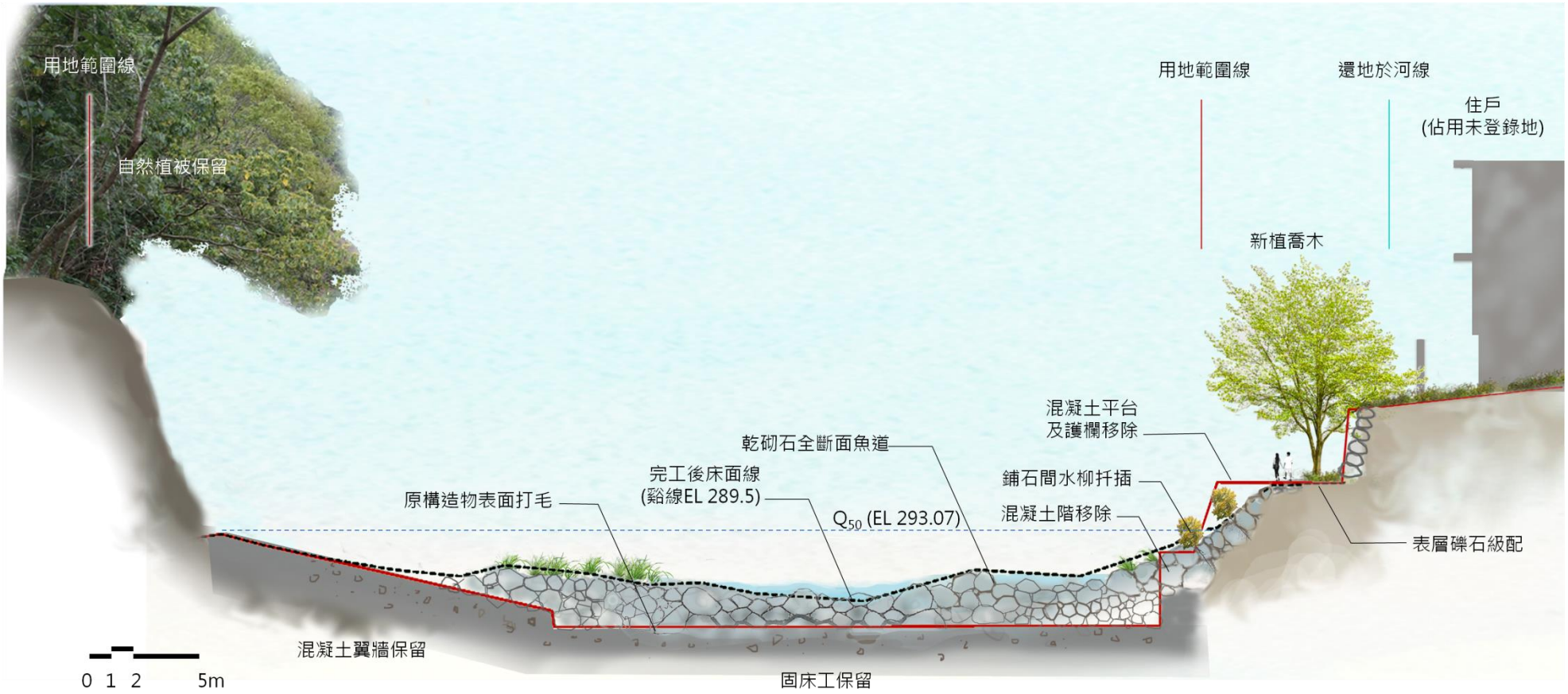


圖 8-11 斷面 46-A 完工意象

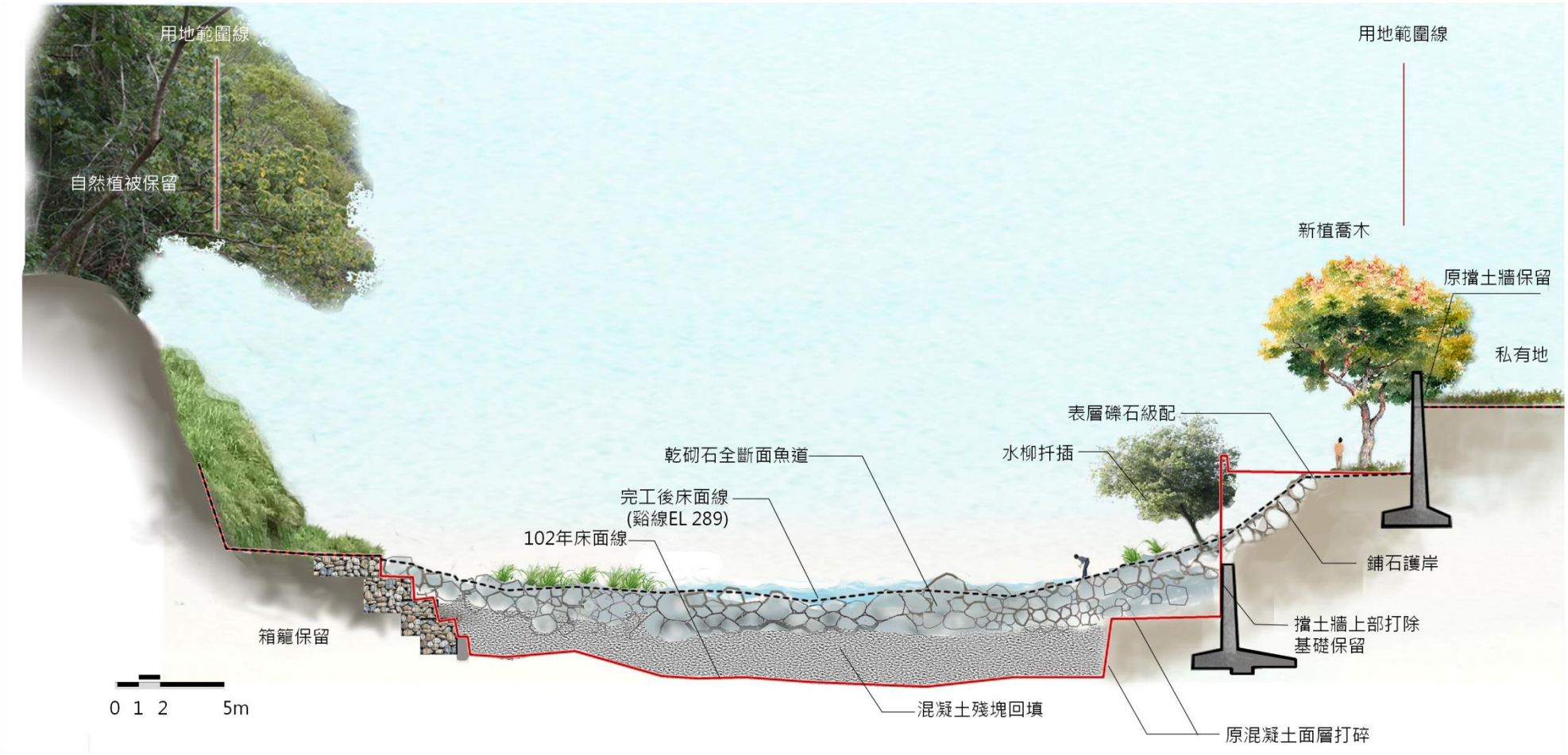


圖 8-12 斷面 46-1 完工意象

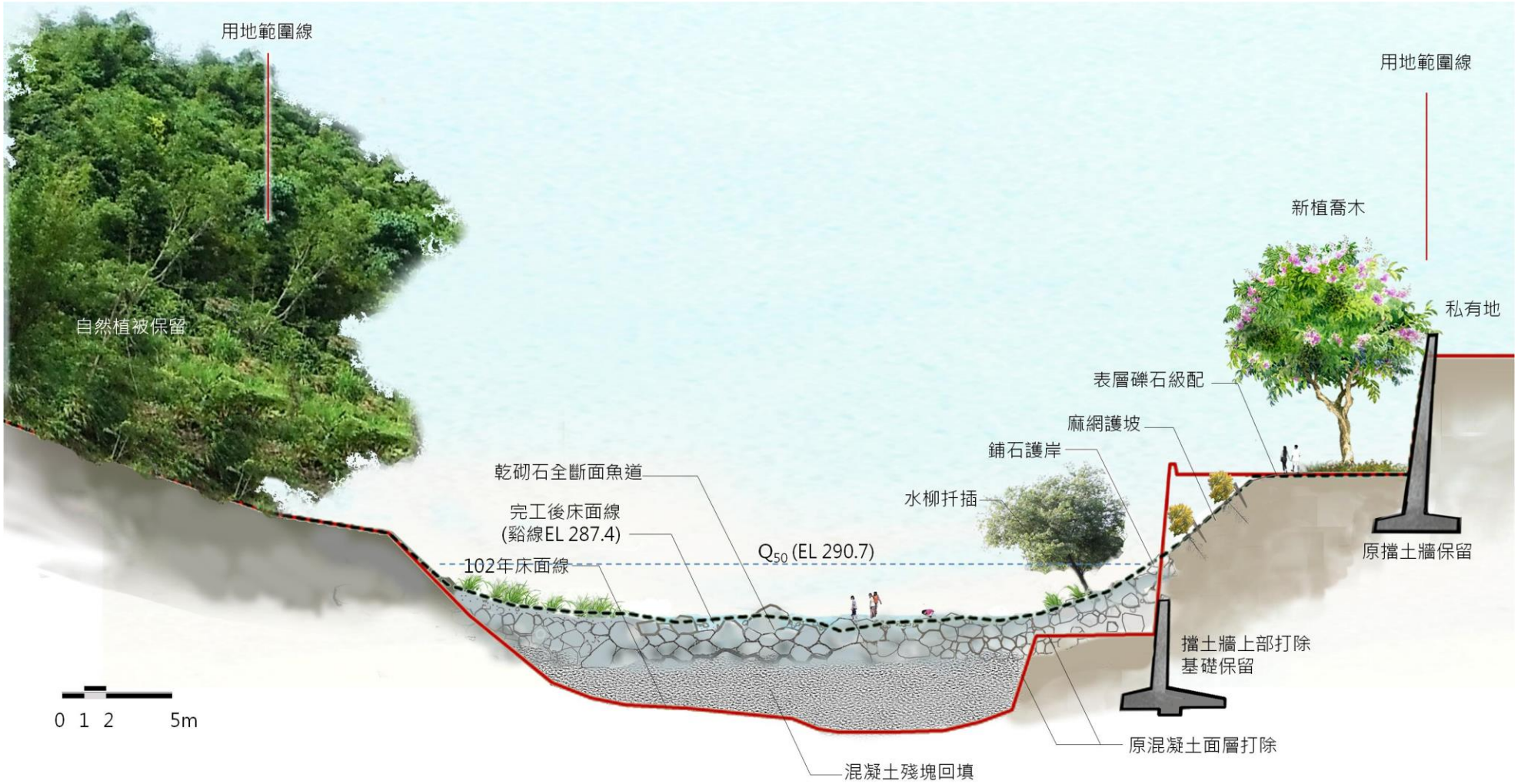


圖 8-13 斷面 46 完工意象

圖 8-14 斷面 45 完工意象

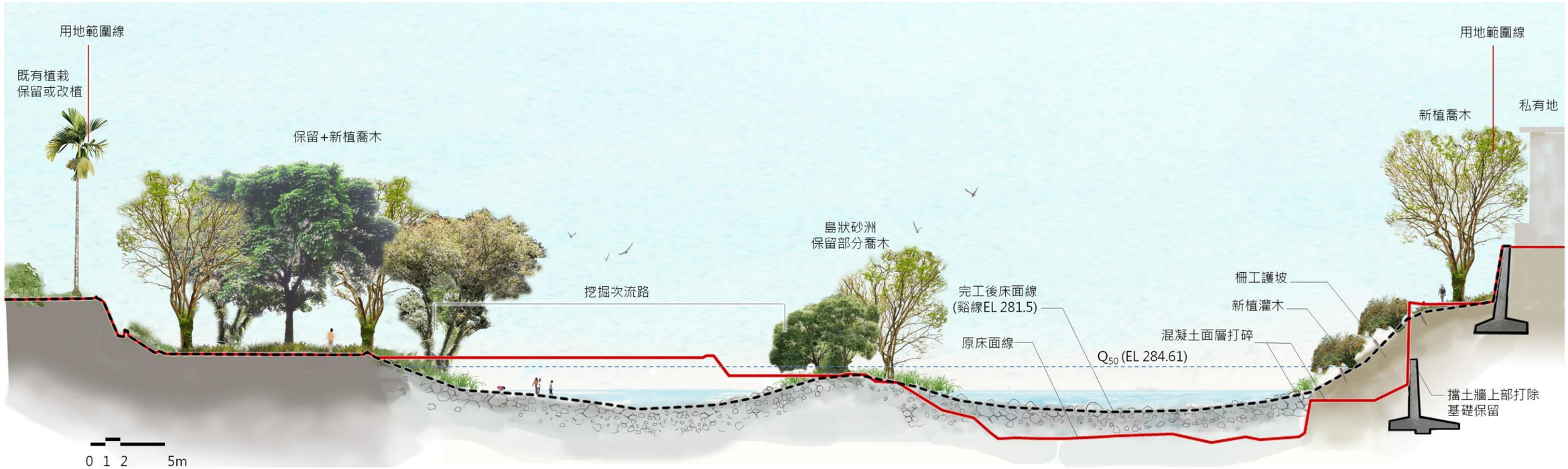


圖 8-15 斷面 44 完工意象

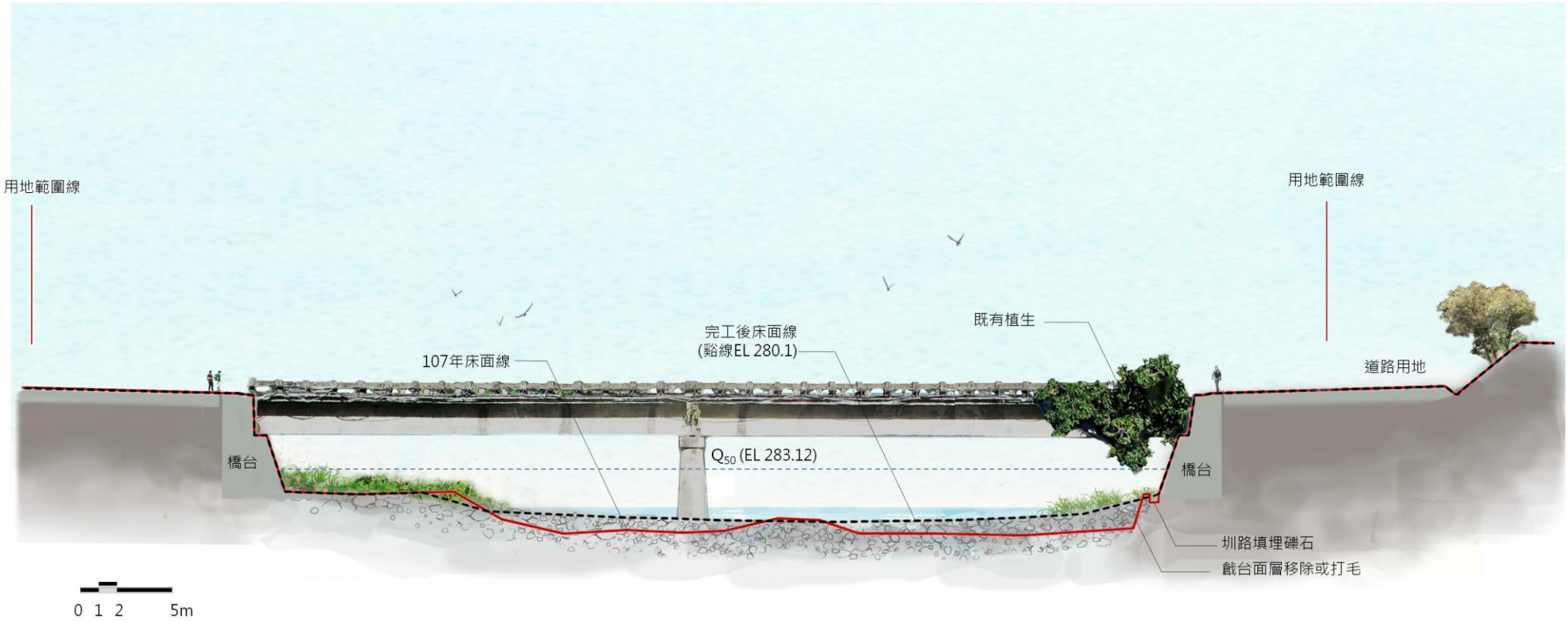


圖 8-16 斷面 43 完工意象

1、46-B 攔河堰附近(圖 8-8)

堰體左岸岩床裸露，判斷此處原本為天然潭區，是鱉溪出山口的重要棲地。移除混凝土堰體，除可打通水域生物通道，亦可獲得約 500m^3 的混凝土殘塊，作為下游填方。堰體移除後，界點上游淤積土砂可自然下移，成為護甲層料源。

圖 8-17 斷面 46-B 附近現況及堰體移除規劃

(1) 混凝土堰體(46-C 固床工、46-B 攔河堰)沿著岩床打除。右側之混凝土護岸，因上游有天然岩丁壩保護，且岸際植被良好，亦一併移除。需注意盡可能不傷及天然岩，維護小天祥及吉哈拉艾文化景觀區的天然景觀(圖 8-17)。

(2) 在不擾動深槽階梯石組的前提下，可疏濬斷面 47 附近左岸灘地，取得約 5000~8000m^3 的料源。

(3) 右岸原有之平台，移除上部平面與側面之混凝土面層，作為填方。配合平台外側施做緩坡砌石丁壩與護岸，現有護欄可移除。平台表面改以礫石級配鋪面，內部視需要填土，表面可新植櫸木、台灣欒樹或太魯閣櫟。觀景台下方的原生樹木及既有至平台的階梯均保留。

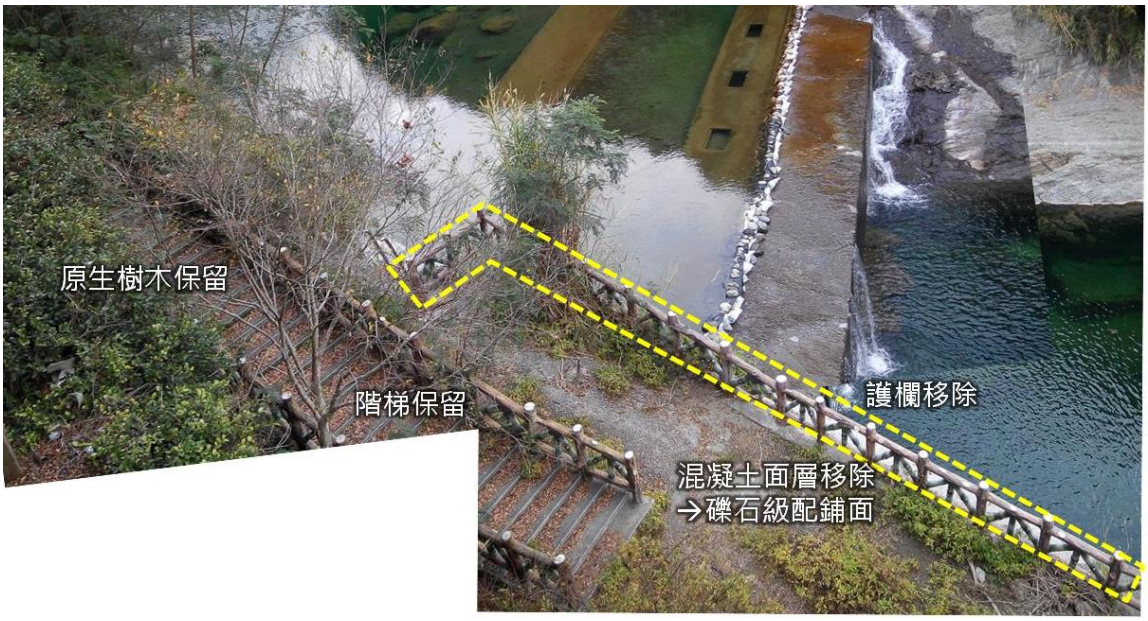


圖 8-18 斷面 46-B 右岸階梯與平台

(4) 右岸設一座乾砌石丁壩，以保護平台，同時確保丁壩頭部與下游形成穩定水深，易於取水。工法說明參考 8.3.2 節。

(5) 完工後床面谿線高程 EL 290，待洪水沖刷後可望下刷 1~2m，復育成自然潭區。

2、斷面 46-5(圖 8-9)

此斷面為位於 46-B 攔河堰下方，102 年所測大斷面顯示河床下刷嚴重，谿線 EL 285.7，與堰體表面落差達 6 公尺(圖 8-19)。堰體移除後需填高河床。此斷面左岸有岩床，仍為天然潭區，施工後可望達成新的平衡床面。

圖 8-19 斷面 46-5 附近現況

(1) 移除右側混凝土基腳、平台上部平面與側面之混凝土面層，作為填方。平台護欄移除，外側設坡度約 2:1 之乾砌石護岸，內側需以礫石級配填背。

(2) 河床以混凝土殘塊(30-50cm)回填約 2 公尺，表層再以混合粒徑之卵礫石(10%砂、40%礫石、50%卵石)，回填至目標床面(谿線 EL 290，流心偏左)。

(3) 現有大型塊石原地保留。待洪水沖刷後可望下刷約 1m，復育成自然潭區。

(4) 護岸下方設取水口(EL 290.3)，埋設輸水暗渠。取水口位於丁壩下游，局部淘刷可維持穩定床面，有利於取水。

3、斷面 46-4(圖 8-10)

此斷面為位於 46-B 攔河堰與 46-A 固床工之間，102 年測得谿線 EL 287.3。填高河床後，為潭至瀨的過渡區間。

(1) 移除右側混凝土基腳、平台上面與側面之混凝土面層，作為填方。平台護欄移除，保留約 4.5m 寬作為步道與植栽空間。

(2) 平台外側為 1:1 之乾砌石護岸，往上游漸變銜接斷面 46-5 之 2:1 陡坡護岸，往下游則轉換為緩坡鋪石護岸。

(3) 移除平台上佔耕之香蕉作物(圖 8-20)，新植櫸木、台灣欒樹等原生喬木。

圖 8-20 斷面 46-4 右岸平台佔耕現況

圖 8-21 斷面 46-4 附近現況

(4) 河床以混合粒徑之級配材(10%砂、30%礫石、50%卵石、10%塊石)，填高至目標床面，谿線 EL 289.3，流心偏右。既有大塊石現地保留。

(5) 右岸擋土牆上方至道路皆為公有地或未登錄地，現況雜亂，建議由社區整理後新植喬木。

4、46-A 固床工附近(圖 8-11)

現況 46-A 固床工頂部高程 288.3，低於目標床面(谿線 EL 289.5)，構造物可以保留。然而落差造成生物移動阻隔及局部沖刷，故從 46-A 至斷面 46(谿線 EL 287.4)約 70 公尺區間，施做全斷面魚道，坡度約 1:33。

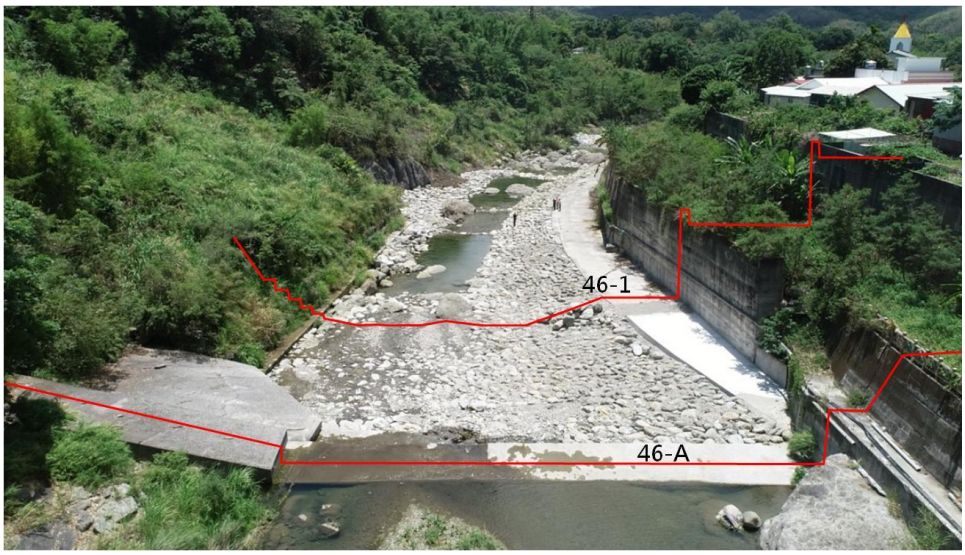


圖 8-22 斷面 46-A 附近現況

2020 年河川局於本斷面以下試行重建護甲層，投入大量塊石，現況如圖 8-22。這些塊石有部分可移做全斷面魚道之骨架材料。

(1) 46-A 固床工大部分保留，但 EL 291 以下之構造物表面打毛，增加糙度(粗糙深度 10cm 以上)，以利砌石。

(2) 移除右岸 EL 289 以上之混凝土階，及平台之護欄及混凝土面層，作為深槽填方。平台退縮，保留約 5m 之步行及種植空間，表層以礫石級配作為鋪面。

(3) 臨水面施做 1:1 以下緩坡之鋪石護岸，護岸下部鋪石間可零星扦插水柳，增加水域遮蔽及提供營養源。

(4) 右側平台上方為未登錄地，目前有建物佔用(圖 8-23)。未來用地若能收回，可增設下溪之通道或公共空間。

圖 8-23 斷面 46-A 右岸建物佔用情形

5、斷面 46-1(圖 8-12)

本斷面位於 46-A 下游 20 公尺，原因固床工下水流沖刷而下切，102 年測得谿線 EL 284.8，2020 年施工後，已回填部分河道，如圖 8-22。以全斷面魚道重建河床骨架後，谿線目標高程 EL 289。右岸是 8m 高擋土牆，基部有 5m 寬的戧台；左岸坡地曾局部崩塌，設有箱籠護岸。

(1) 有鑑於 8m 高擋土牆及戧台現有的結構安全疑慮及可能造

成河床持續沖刷，規劃階段性移除擋土牆之上部，示意如圖 8-24 及圖 8-25(圖以斷面 46 為例)。

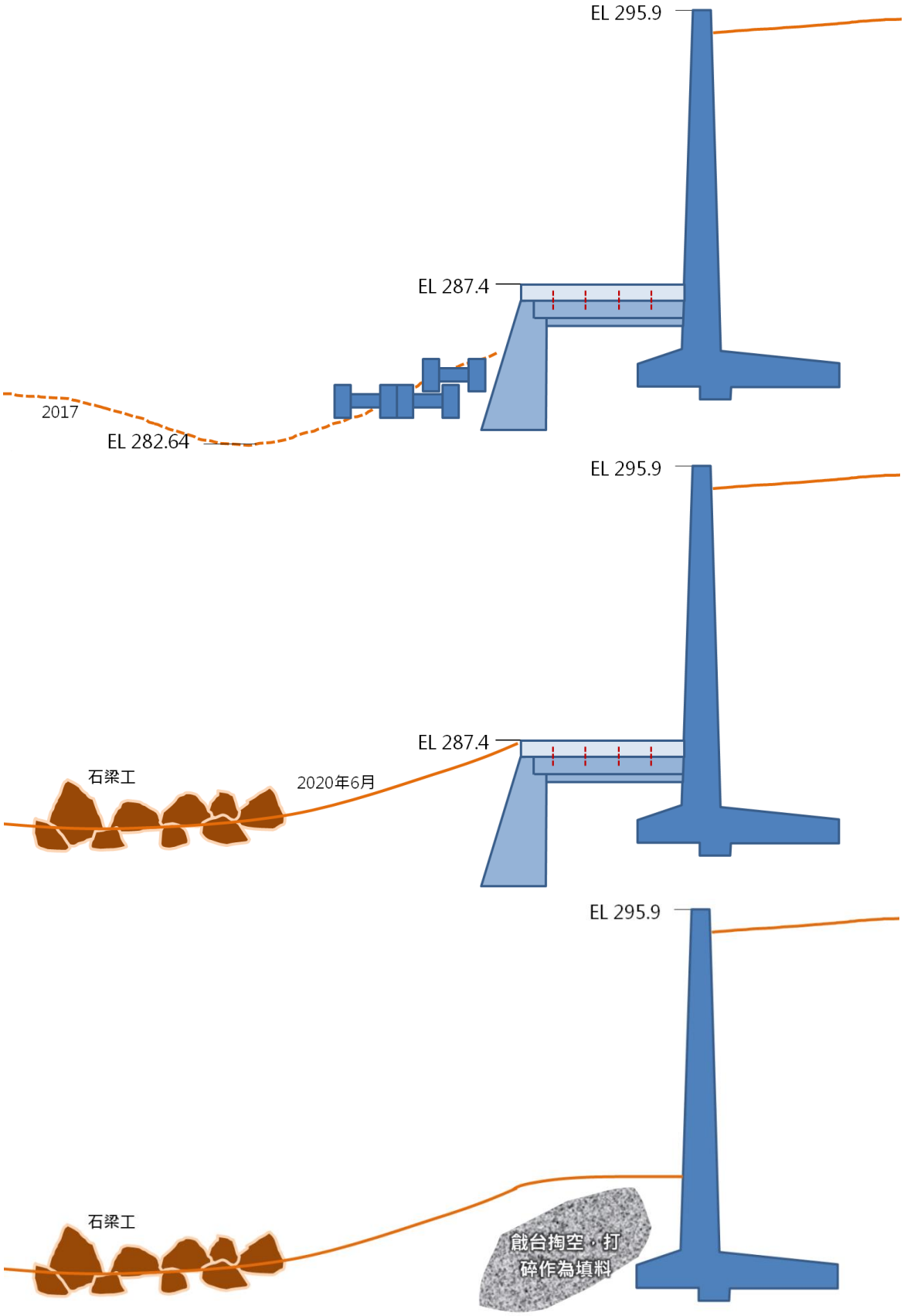


圖 8-24 斷面 46 重建護甲層、河岸粗糙化過程示意(1/2)

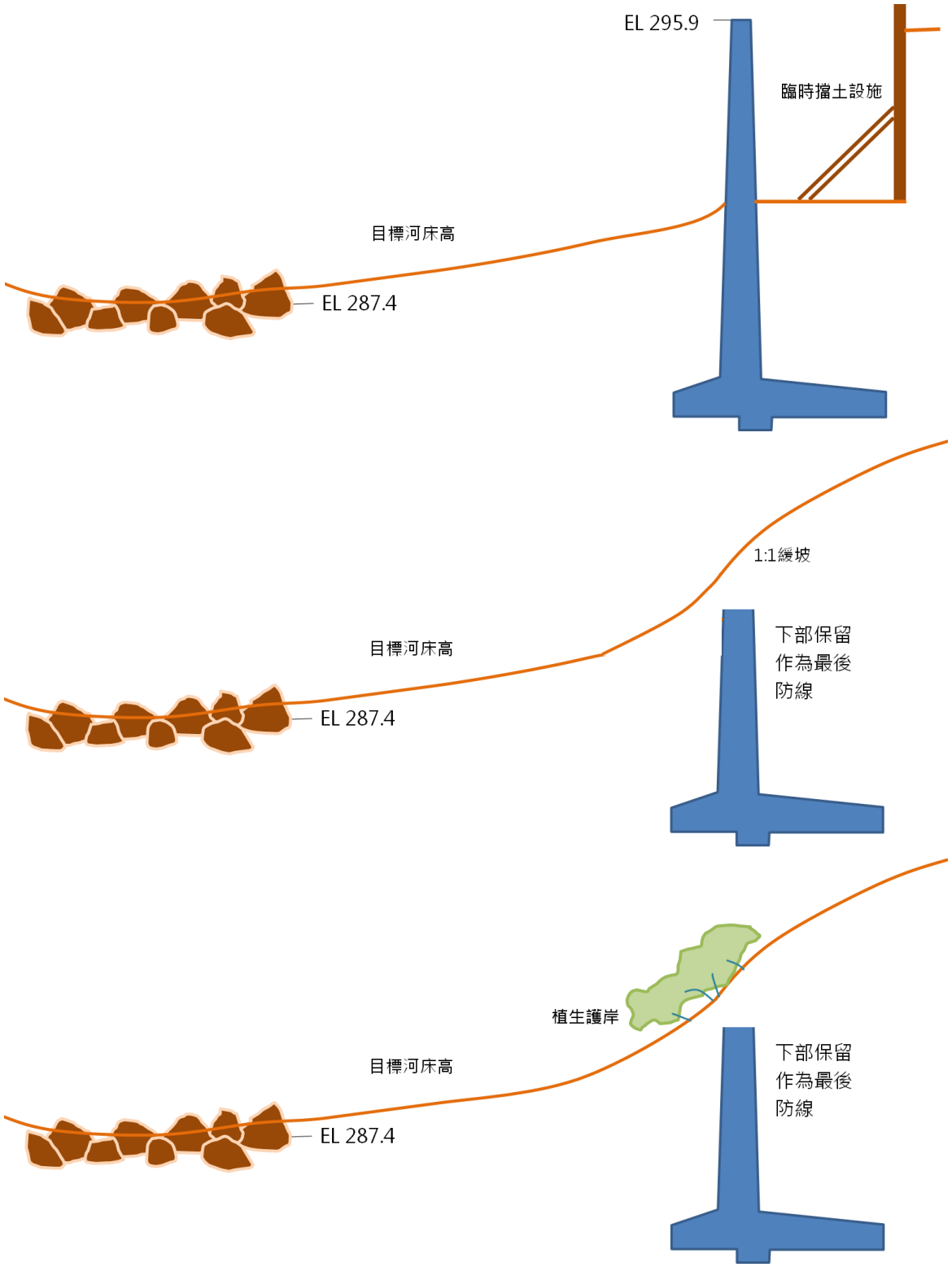


圖 8-25 斷面 46 重建護甲層、河岸粗糙化過程示意(2/2)

(2) 相對於 2017 年河槽下切，僅在戡台側拋置鼎塊保護的做法，2020 年初步的還石於河已用塊石將戡台側填成緩坡。若戡台內部有掏空現象，建議打碎後就地夯實填埋，施工過程中不減少趾部壓重，維持擋土牆之安定。若戡台內無掏空，應將面層打

毛，避免形成光滑的弱面。

(3) 當河床填高至戲台高程以上，施做臨時擋土設施，移除擋土牆上部結構，並將河岸修整成 1:1 以下之緩坡，以利復育河岸植被及便於親水使用。

(4) 斷 46-1 建議將擋土牆 EL 291 以上部分打除(約 4m)，以下基礎保留，作為極端情況下的最後防線。打除之混凝土殘塊用於回填河槽深處(約 2m 厚)。

(5) 臨水面施做緩坡鋪石護岸，鋪石間可零星扦插水柳。

(6) 距目標床面 2m 以內範圍，以現場塊石(30%)及卵石(30%)、礫石(30%)、砂(10%)混合級配施做全斷面魚道。完成後左岸箱籠及右岸擋土牆被填埋。

(7) 平台步道及植栽延續斷面 46-A 做法。

6、斷面 46 附近(圖 8-13)

本斷面是鱉溪近年河床下切最嚴重的斷面，107 年測得谿線高程 EL 282.64，而目標床面谿線 EL 287.4，需回填近 5 公尺。2020 年工程以塊石回填河槽，現況如圖 8-26。本斷面亦為全斷面魚道的終點，填高河槽後斷面 46~45 之間平均坡度約 1:60，其間避開轉彎處之潭區，設二座石梁工營造瀨區。

圖 8-26 斷面 46 附近現況

(1) 右岸戡台及 8m 擋土牆處理方式同斷面 46-1。擋土牆 EL 289 以上打除。

(2) 現場塊石部分移做全斷面魚道骨架材料。斷面 46 下游以塊石(20%)、卵石(40%)、礫石(30%)、砂(10%)混合級配回填至目標床面。

(3) Q50 水位(EL 290.7)以下採鋪石護岸(延續上游)，坡度緩於 1:1，Q50 水位以上幾乎不受水流影響，採麻網護坡。緩坡護岸使居民可從平台隨處下至溪床。

(4) 斷面 46~45 中間處左岸預定為潭區，此處填方以卵石以下材料為主，以便洪水沖刷自然復育為潭區。

(5) 斷面 46~45 之間二座石梁工之工法參考 8.3.2 節。

7、斷面 45 附近(圖 8-14)

本斷面以下河床坡降漸緩，左岸也發展出河階，鱉溪歷史廊道在此逐漸展寬。填高河床後斷面 44~45 之間平均坡降約 1:80。2020 年工程在本斷面上游中止，僅以塊石強化上游左側 75m 長護岸基腳，現況如圖 8-27。右岸原混凝土高牆曾受災，約 100 公尺區間改為坡度較緩的箱籠護岸，本規劃予以保留並改造。

圖 8-27 斷面 45 附近現況

依據歷史照片，早年鱉溪在此流路偏左，後來部落居民挖掘右側砂石，將左岸填為灘地耕種，使河道變窄。故規劃於斷 45 附近挖除高灘，營造左側次流路至池豐橋，臨現河道的喬木植生部分保留，形成島狀砂洲增加棲地多樣性。挖方中的粗料可作為填高河床料源，表土細料則回收以復育河畔林。次流路不需刻意維持，可留待水砂營力自然演育。

(1) 圖 8-27 左側護岸背後皆公有地，故配合次流路營造予以移除，混凝土殘塊回填深槽。

(2) 於左側原護岸末位置端挖掘次流路(谿線 EL 284.3)，並以緩坡接回左側坡地。

(3) 現況河槽谿線由原 EL 280.3 填高至 EL 284，表層 2 公尺需為混合級配(塊石 10%、卵石 40%、礫石 40%、砂 10%)。

(4) 主、次流路以填排法營造瀨區，瀨區間距為流路寬的 5~7 倍，工法參考 8.3.2 節。

(5) 右岸戲台面層打碎回收，避免平滑面形成局部弱面，表層以自然礫石級配，與灘地相連。

(6) 右岸箱籠一、二階可零星扦插水柳等灌木，其上各階可加附板材形成座階，未來島狀砂洲及此箱籠座階區，於部落節慶時可形成藝術表演與觀賞空間(圖 8-28)。

圖 8-28 斷 45 右岸箱籠護岸(左)；2020 年冉而山行為藝術於鱉溪畔演出(右)

(7) 箱籠上方與私有地之間尚有 10m 以上空間，現有佔耕情形，清理後可種植九芎、茄苳、苦楝、雀榕、台灣櫸等喬木，形成河畔林。

8、斷面 44 附近(圖 8-15)

本斷面下游坡降更緩，河床填高至目標床面後，與池豐橋間平均坡降為 1:142，河床需要的填方也逐漸減少，河床及河岸骨架的強度可比上游略為降低。池豐橋右岸及上游 100m 巷道都可通往戲台，未來河床填高後可成為下鱉溪的通道。左岸 Timolan 灘地現有三座社區自行營造的生態池，菊池氏細鯽的保種復育已有初步成效，規劃保留作為復育與社區環境教育的據點。

(1) 斷面 44~45 中間處的右岸為主流攻擊岸，設二座丁壩保護河岸，同時營造潭區。

(2) 自上游側丁壩處挑流處，營造岔流分隔島狀砂洲，增加水域棲地多樣性。瀨區營造手法同斷面 45 附近。

(3) 右岸戲台面層打碎回收，8m 擋土牆 EL 285 以上打除，基礎保留。打除之混凝土殘塊用於回填河槽深處。

(4) 右岸自箱籠護岸下游，設柵工護坡(1:1 以下緩坡)，坡面零星植栽河畔原生灌木、喬木，如台東火刺木。柵工二至三層交錯排列，便於親水。工法參考 8.3.2 節。

(5) 左岸灘地挖掘次流路(谿線 EL 281.7)，並以緩坡接回左側灘地。保留灘地外側部分原生喬木。

(6) 現況河槽谿線由原 EL 279.36 填高至 EL 281.5，表層 2 公尺需為混合級配(塊石 10%、卵石 40%、礫石 40%、砂 10%)。

(7) 左岸灘地、右岸護坡上方、島狀砂洲移除部分植生，新植河畔適生種喬木。左岸原有檳榔樹視需要改植河畔林物種。

9、斷面 43(圖 8-16)

本斷面為示範區終點，位於池豐橋上游側，河道受兩岸橋台

限制而局部窄縮。

(1) 河床谿線以卵礫石填高 0.76m，在橋面下銜接至現河床。

(2) 右岸往上游 25m 為銜接段，其戧台寬度由 6m 漸變為不到 1m，覆土深度隨戧台寬度漸減，維持 1:1 之緩坡，設柵工護坡。

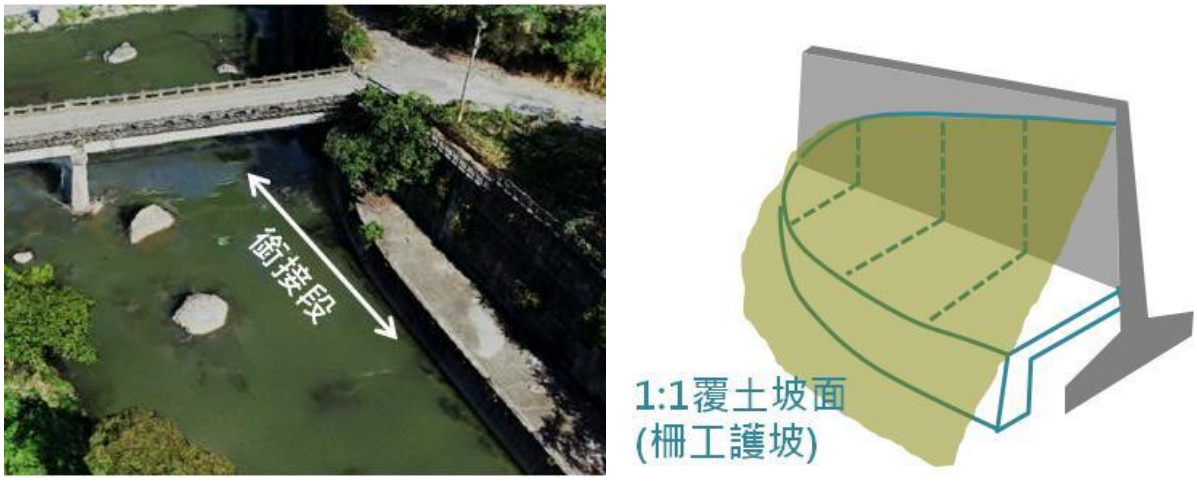


圖 8-29 銜接段擋土牆保留及覆土坡面示意圖

(3) 銜接段之擋土牆完整保留，戧台面層移除或打毛。

(4) 戧台內側原圳路填埋，新設圳路於 Q_{50} 水位以上(見次節「取水與輸水設施」)。

(二) 配合事項

1、土地權屬

示範段公私有地現況如圖 8-30。本計畫河相調整規劃都在用地範圍線內，皆為公有地，但以下二處若能還地於河，應有助於整體河川復育與社區發展。

(1) 斷面 46-A 上游至界點之間用地範圍線較窄。該線至道路之間皆為未登錄地，是連接觀景台下至溪畔的階梯平台。目前平台上有香蕉等作物佔用。此平台在本規劃中可一路連通至池豐橋畔，形成可供社區利用的水岸步道。此外，現況用地範圍線所在高程低於 Q50 水位(表 8-1)。建議沿圖 8-31 之還地於河線(高崁位置)劃設河川區域線，未來有機會可調整用地範圍線。

圖 8-30 示範河段公私有地地籍

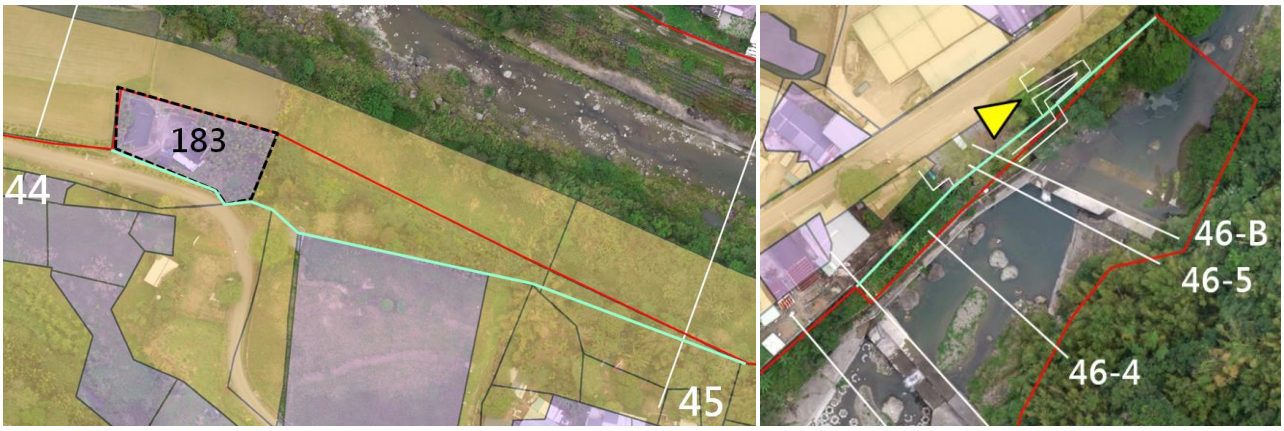


圖 8-31 示範區建議還地於河範圍

(2) 地號 183 為左岸歷史廊道內唯一的私有地，使用地範圍線局部窄縮，改善後將緊臨次流路。目前該地用途為魚塭及臨時建物。建議在不設置堤防的前提下，納入流域調適計畫，以便後續修正與調整治理計畫。由於還地於河線外鄰近尚有公有地，亦可考慮與地主協商換地。

2、取水與輸水設施

46-B 攔河堰最高水權量為 0.0271cms，目前以抽水機及水管抽取後，藉由附掛於擋土牆或與擋土牆共構的輸水路(永豐圳 3 支線 1 分線)，灌溉池豐橋至永豐橋間右岸農田(圖 8-32)。配合示範河段復育方案，圳路需重建，以下提供初步規劃建議。

資料來源：農田水利署花蓮管理處

圖 8-32 永豐圳 3 支線 1 分線灌區圖

(1) 於斷面 46-5 右岸丁壩下游設取水口，透過丁壩維持局部水深，以利無堰取水，取水口高程 290.3，並以暗渠形式通過砌石護岸段。

(2) 若坡降為 1%，則至斷面 43 之渠底高程為 EL 283.1，高於現有戲台內側渠底(EL 281.2)，可銜接既有圳路輸水至下游灌區。

(3) 暗渠至斷面 45 上游 40m(箱籠起點處)出露，至斷面 45 渠底為 EL 287.2，位於 Q50 水位之上，不易受洪水侵擾。圳路可以圓管或明渠形式安置於箱籠上，亦可與箱籠座階結合設計(圖 8-33)。

(4) 箱籠護岸下游，圳路可以圓管或明渠形式，固定於柵工護坡上，以斷面 44 為例，渠底高程約 EL 285.2。

(5) 考量豐水期藏水於農的需求，以 0.08cms 為設計容量。

(6) 暗渠段若採 PVC 圓管，所需管徑為 30cm。

(7) 考量圳路生態功能，同時重建文化景觀，明渠段建議使用側坡 1:1 之粗面木梘。若斷面為 V 形，僅需要寬約 60cm，高約 40cm 之空間。木梘具撓屈性，易與生態護坡結合。每 20m 設蓋板 1m，作為動物通道兼座椅。

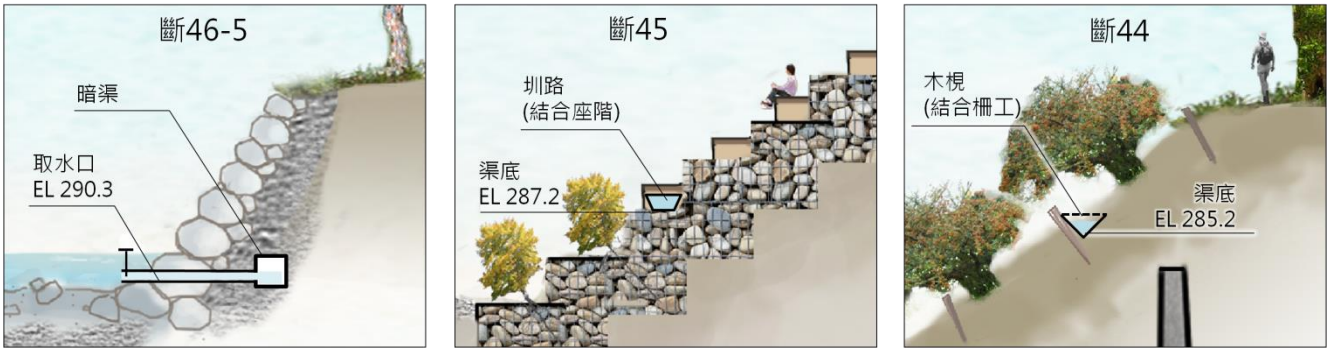


圖 8-33 圳路形式與高程規劃

3、植栽與維護管理

植栽在本規劃中扮演重要角色，右側擋土牆移除形成平台與緩坡，平台可作為步道，緩坡則可種植原生種喬木、灌木，營造河畔林。左側削灘挖掘流路後也仍有種植空間。然而目前平台雜草叢生，箱籠段並有銀合歡入侵，需要機具清理。清理後平台表層可鋪設挖掘次流路所得之健康表土，步道處鋪礫石級配抑制植物生長。

規劃中除柵工護坡的植栽具結構功能，應與柵工同時施做外，其餘植栽建議採雇工購料方式，交由社區處理。後續之維護管理亦由社區負主要責任，以強化社區與鰲溪的關係。

(1) 平台喬木：斷面 46 以上仍近山區，建議種植台灣欒樹、太魯閣櫟及台灣欒樹。斷面 46 以下建議混植台灣欒樹、九芎、雀榕、茄苳、苦楝等。部分物種花色鮮豔，能使溪岸四季色彩繽紛。

(2) 緩坡灌木：以水柳、台東火刺木、羅氏鹽膚木、山黃麻為主。此類植物可以扦插或播種方式種植，尤其水柳根系發育快，常用於植生護岸。

(3) 草本：大部分水生植物在河相改善後可自然重現於溪畔。

社區對部分物種有較深情感，例如茵陳蒿是天然除蟲材，亦可製成中藥。社區可自行撒草種復育這些原有的在地植生。

4、生活污水排放改善

本河段右岸緊臨住戶，部分家庭生活污水直接排放(圖 8-34)，經擋土牆流至作為步道的平台，再經雨水沖刷流入鱉溪。建議後續由水質小平台協調，申請社區營造相關補助，設置社區型簡易處理設施，以改善鱉溪水質及維護環境景觀。

圖 8-34 右岸住戶生活污水沿擋土牆排放情形

三、工序與工法說明

(一) 第一年：挖填方

1、臨時取水設施

從工區上游以抽水機及水管取水。

2、構造物移除

(1) 右岸戲台若內部有掏空現象，建議混凝土打碎後就地夯實填埋，施工過程中不減少趾部壓重，維持擋土牆之安定。若戲台內無掏空，應將面層(約 30cm)打毛，避免形成光滑的弱面。

(2) 戲台表面鋪設礫石級配，作為施工便道。

(3) 46-B 攔河堰(含 46-C 固床工)打碎成 30-50cm 之殘塊，回填斷面 46-5 至 46-A 深槽，但不得高於目標床面以下 2 公尺。

3、界點上游疏浚

取得混合級配，將斷面 46-A 以上回填至目標床面，全斷面魚道區間回填至目標床面以下約 1 公尺。

4、挖掘次流路(營造島狀砂洲)

土砂盡可能就地分選，礫石、卵石、塊石等粗料分堆備用，表土細料及部分原生種成樹應保存，移至合適地點營造河畔林。

5、填高河床

(1) 109 年工程留下的現場塊石視需求數量移至高灘，作為近自然工法塊石備材。

(2) 斷面 45-46 河床依混合級配需求回填至目標床面。不足的砂石需由鱉溪下游高灘或流域外取得。以塊石堆置右岸基腳作為臨時保護工。

6、斷面 45~46-A 右岸擋土牆上部打除

在斷面 45 上游河床回填至原戧台高程後，右岸擋土牆上部打除約 4m，設臨時擋土設施。混凝土殘塊回填斷面 45 下游深槽(避開預定的潭區)。

7、斷面 45~46-A 右岸覆土形成緩坡

原戧台與擋土牆上方平台之間，填土形成約 1:1 之緩坡。

8、填高河床

斷面 43~45 河床依混合級配需求回填至目標床面。不足的砂石需由鱉溪下游高灘或流域外取得。塊石堆置右岸基腳作為臨時保護工。

9、斷面 43~45 擋土牆上部打除

在池豐橋上游河床回填至原戧台高程後，右岸自箱籠護岸末端至銜接段範圍內之擋土牆(約 290m)上部打除 2-3m，設臨時擋土

設施。混凝土殘塊回填 42-C 攔河堰下游深槽。

10、斷面 43~45 右岸覆土形成緩坡

右岸原戲台與擋土牆上方平台之間，填土形成約 1:1 之緩坡。銜接段覆土高度隨戲台寬度漸減。以塊石堆置右岸基腳作為臨時保護工。

(二) 第二年：近自然工法

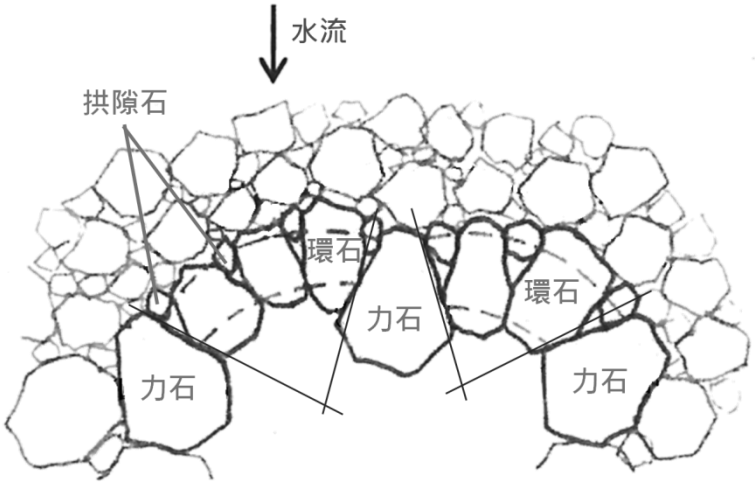
1、石梁工瀨區

(1) 石梁工二座，設於斷 46 下游 50m 及斷 45 上游 40m。

(2) 工法特色：不使用水泥，保有天然固床工的水密性及生態機能；個別塊石可變動，就算部分塊石流失，只要上游料源未被阻絕，可自然形成新的結構，保有系統功能。

(3) 塊石間以接合點傳力，接合點之間連成拱形，每一拱單元弧度約 60-90 度。經計算，力石(作為支點的石頭)中軸粒徑需大於 1m。環石(作為拱身的石頭)中徑需大於 0.5m。

(4) 平面形態如圖 8-35。力石窄面向上游，寬面向下游。每單元之接合點連成前後二拱。配合河道寬度與石材尺寸，約 2 至 3 拱相連。

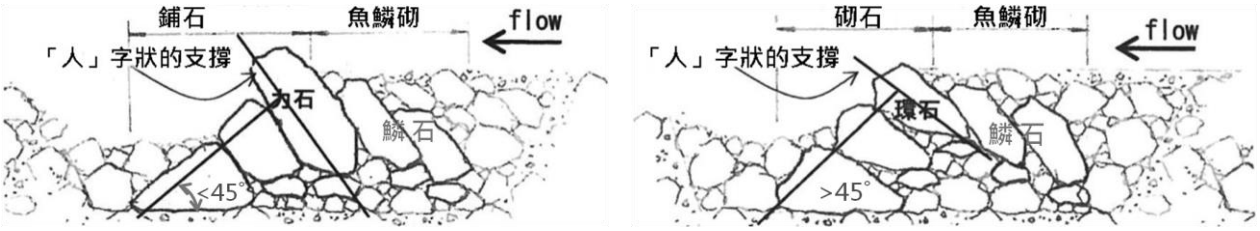


資料來源：福留脩文(2012)

圖 8-35 石梁工平面示意圖

(5) 斷面形態如圖 8-36。力石及環石窄面朝上游「叩首」至少

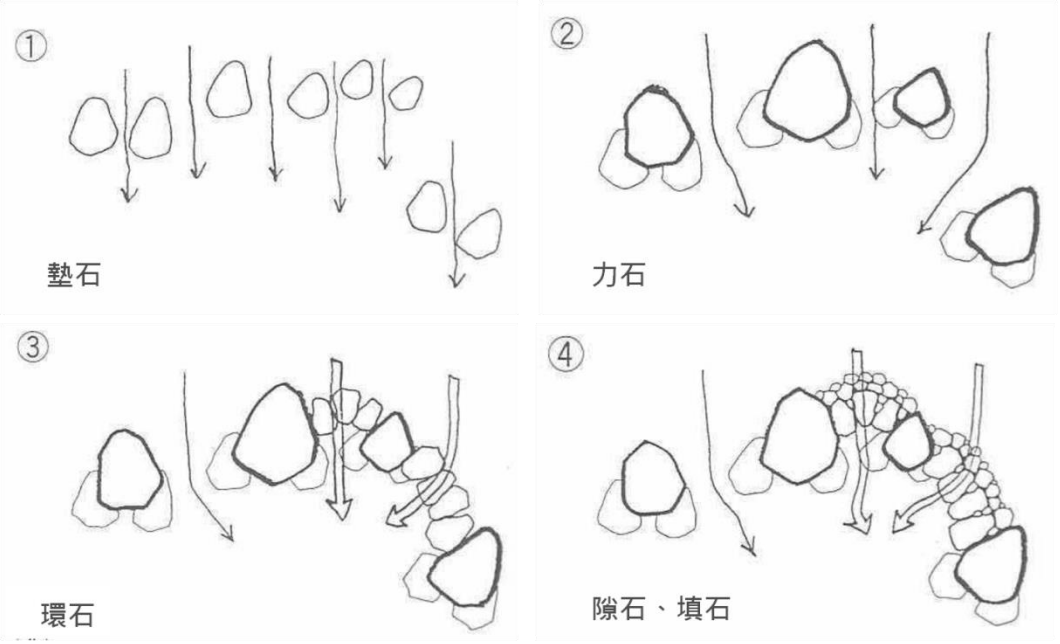
15 度。上游側以鱗石保護。砌 2-3 層，完工時各階上下游床面落差不大於 0.5m。完工後下游經洪水沖刷，形成小於 1m 之潭區。下游側可採砌石法(>45˚)或鋪石法(<45˚)。



資料來源：福留脩文(2012)

圖 8-36 石梁工平面示意圖

(6) 施做工序如圖 8-37。每放置一塊石，皆需填隙。最後需以卵礫石、砂混合級配填隙，達成水密。



資料來源：多自然型川づくり施工ハンドブック【石積み・基本編】，九州地方建設局

圖 8-37 石梁工施做工序示意圖

2、全斷面魚道

(1) 斷面 46-A 與 46 之間，長 70m，寬 20m，總落差 2.1m，坡降約 3%。每階落差約 0.3m，潭長約 6m，潭深約 0.5m，共約 12 個潭。其平面、斷面形態如圖 7-8、圖 7-10。

(2) 各階力石中徑需大於 1m，以連拱形式施做，其工法及工序類似石梁工。

(3) 以現場塊石(30%)及卵石(30%)、礫石(30%)、砂(10%)混合級配施做全斷面魚道，上游側以約 1:10 緩坡順接床面。

3、填排法瀨區

填排法瀨區約十處，配置如圖 8-7。

(1) 在所定瀨區位置，以怪手挖掘 6-10 個交錯配置的拱形溝，每單元寬約為低水河道寬度的 1/2~1/3，深 30-50 公分，拱頂朝上游。以 D60~D90 的大徑塊石填入溝內，周邊再填入 D60 以下混合粒徑之卵礫石(見圖 7-15)。

(2) 待洪水沖走床面較小石材，將較大塊石推擠卡合成瀨區。

4、乾砌石丁壩

乾砌石丁壩共三座，一座位於 46-B 右岸，另二座位於斷面 44~45 之間，位置如圖 8-7。

(1) 46-B 丁壩長 6m，頭部寬 3m，尾部寬 6m，丁壩頭部基礎應預留淘刷深度 1.5m 以上。完工時頂端與目標床面一致，待自然沖刷成潭。隅角力石中徑應大於 1.2m。

(2) 斷 44~45 間丁壩尺寸類同，頭部基礎預留淘刷深度 1m 以上。頭部高程略低於 Q2 水位。隅角力石中徑應大於 0.8m。

(3) 乾砌石丁壩平面(基礎層)及斷面形態如圖 8-38。

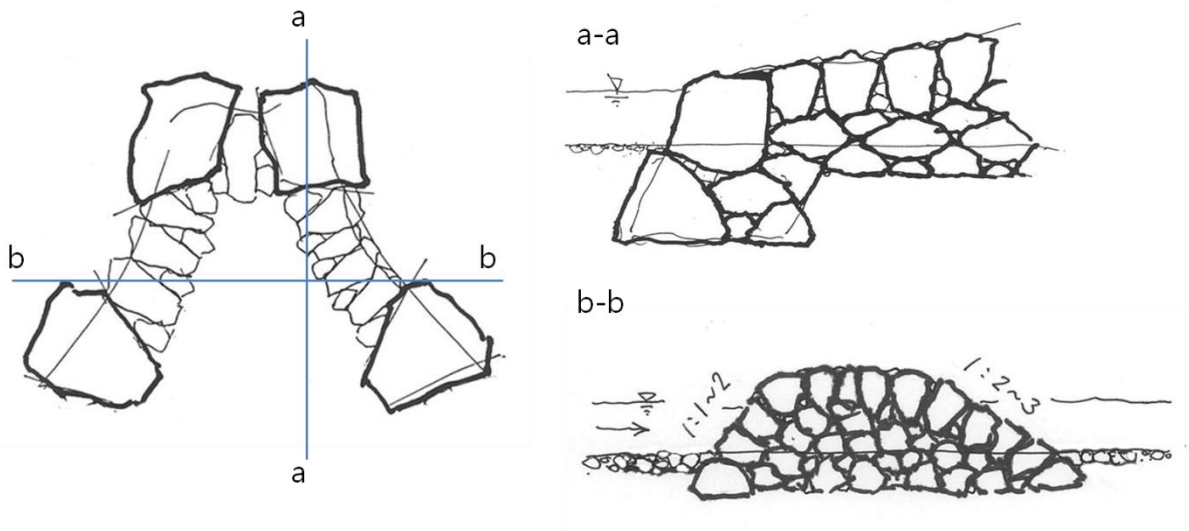


圖 8-38 丁壩平面(基礎層)及斷面示意圖

5、乾砌石護岸

位於斷面 46-B~46-4 右岸，長約 25m。選擇 0.3~1m 塊石，基腳使用大徑塊石。平水位以下為基腳，塊石需埋入河床至少 1m，其坡度 1:1，平水位以上坡度約 2:1。46-4 附近，坡度由 2:1 漸變為 1:1。

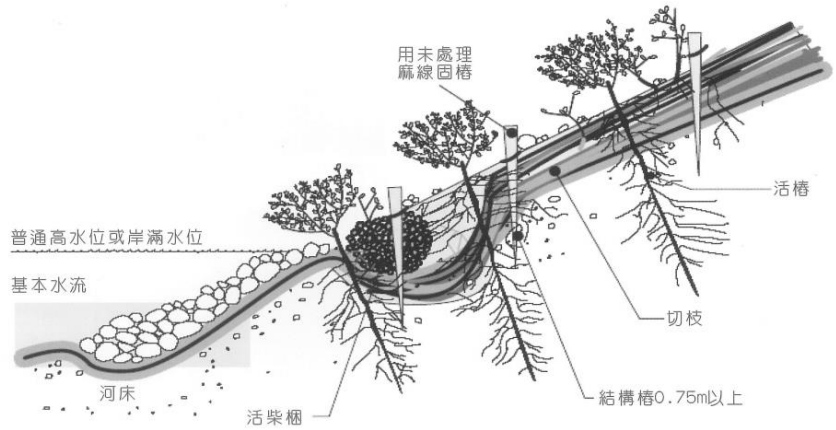
6、鋪石護岸

位於斷面 46-4 下游右岸，長約 215m。選擇 0.3~1m 塊石不規則卡合，整體坡度緩於 1:1。考量塊石料源缺乏，應盡量留置於河道內，Q50 水位之上以麻網護坡取代。

7、柵工護坡

(1) 池豐橋銜接段上游右岸約 250m，坡度約 1:1~1:2。利用疏伐材料打樁編柵，或以切枝鋪排於坡面打樁固定，並扦插灌木活樁，如圖 8-39。

(2) 結構樁第一排設於平水位以上 1m 高度，其上每 1.5m 高程設一排。樁長 1m 以上，入土深度約 50cm，編柵或排柴高度約 50cm，水平間距 1.5m。



資料來源：歐風烈、郭瓊瑩(2006)

圖 8-39 柵工護坡示意圖

(3) 打樁編柵宜交錯配置，尤其活樁不可過密，避免植物長成後水岸過為密實，失去親水空間(圖 8-40)。

(4) 臨水坡面可撒草種，復育水岸草本植物。

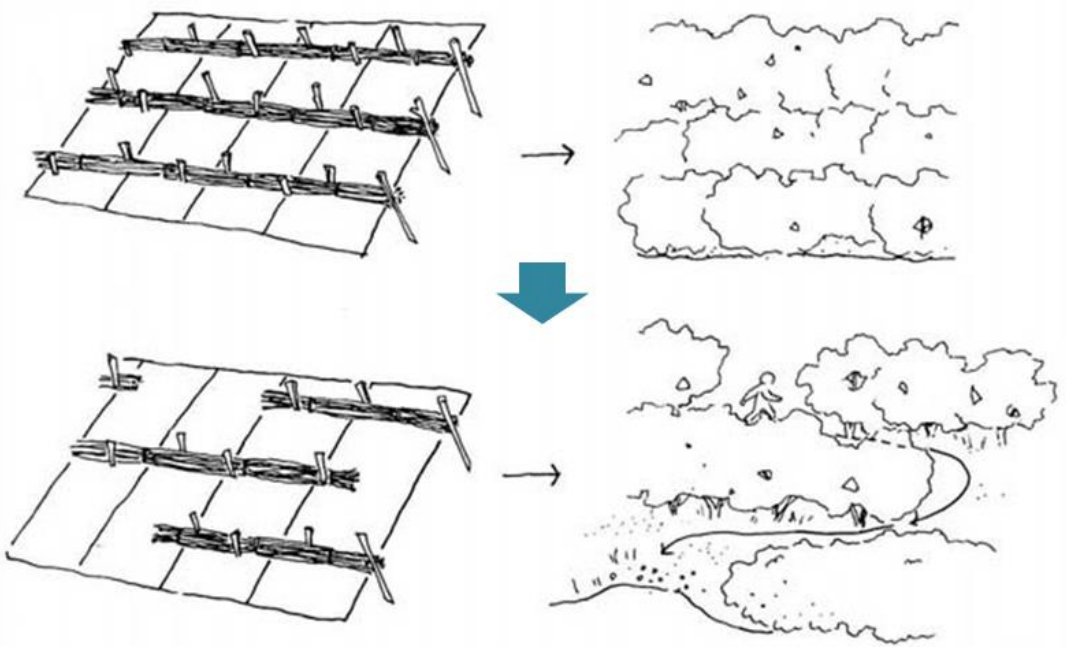


圖 8-40 柵工交錯配置示意圖

8、麻網護坡

此類護坡使用於不受水流威脅的上部護岸，使用麻網或椰樹等植生纖維等編成的網，每 1m 左右菱形間距以結構樁固定。護坡材料需未經化學處理，久置可自然分解。網目約 5~10cm，其上可噴撒草種，或扦插枝條以形成植被。

9、箱籠護岸改造

箱籠護岸 160m，部分改造為座階，可以雇工購料方式，交由社區辦理。以上右岸乾砌石護岸、鋪石護岸、柵護坡及箱籠護岸改造，建議與農水署花蓮處協調，連同取水口、圳路一併施做。

10、植栽工程

包含右岸既有作物移除、喬木灌木植栽，及左岸高灘地植栽，可以雇工購料方式，交由社區辦理。

四、安全性檢核

(一) 河段水勢

1、單位河流功率

本河段於改善前，Q50 洪水之單位河流功率分布如圖 8-41，河川能量集中於 46-B 攔河堰下游、46-A 固床工下游及近右岸戲台側，單位流功最大可達 20,000W/m^2，使得戲台頻繁受災。斷面 45 下游水淹上戲台，水勢明顯緩和，但近池豐橋則又產生戲台側高能量區。

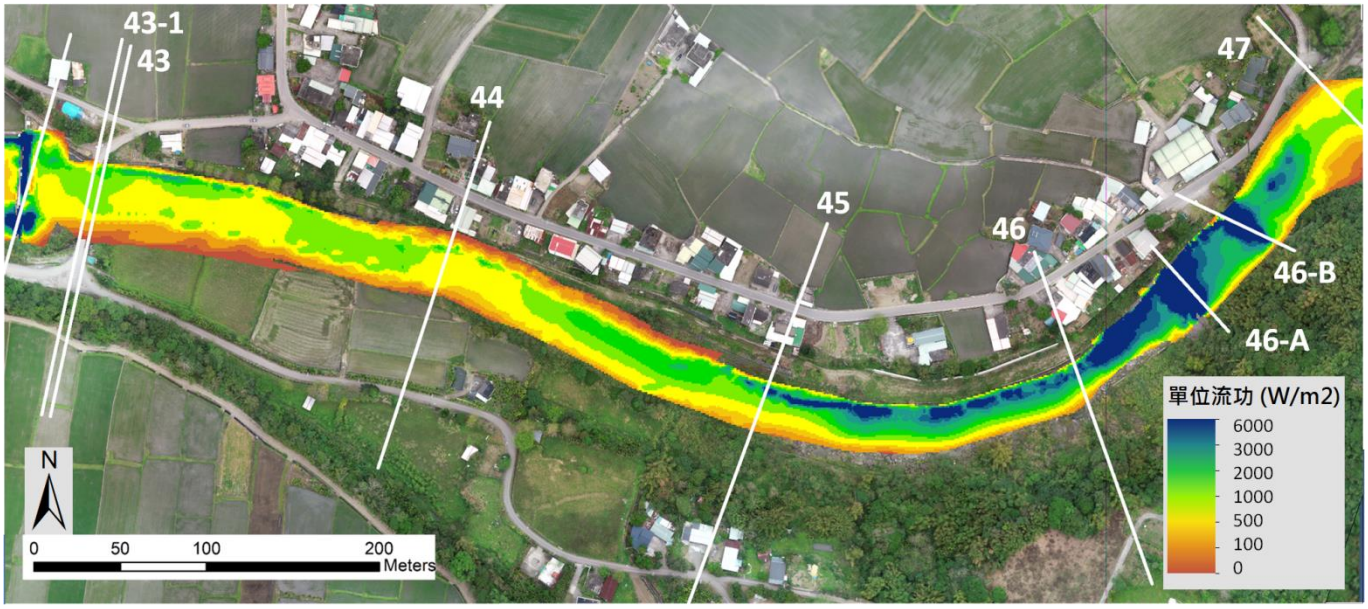


圖 8-41 改善前示範段 Q50 單位河流功率分布

使用改善後河床形態，依材料粗糙條件輸入曼寧 n 值，得出依本計畫改善後之單位河流功率分布，如圖 8-42。

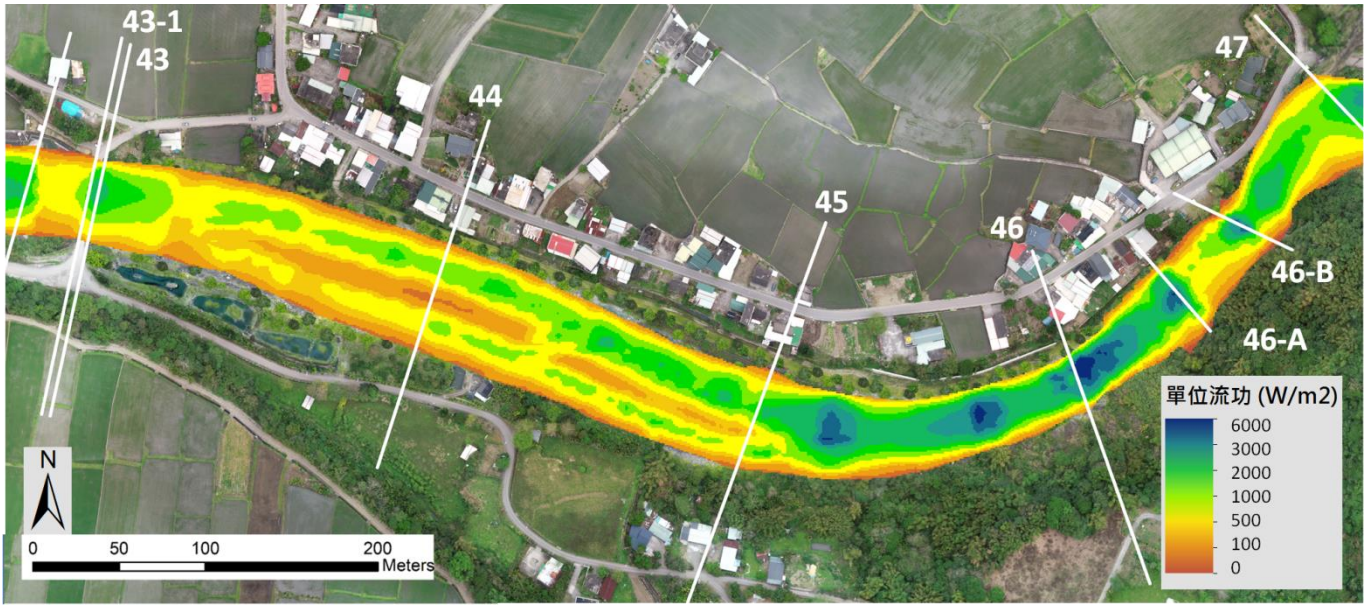


圖 8-42 改善後示範段 Q50 單位河流功率分布

改善後斷面 45 下游水勢較緩，能量多在 2000 W/m^2 以下。右

岸垂直壁面造成的能量集中因子消失，左岸次流路及岔流亦分散能量，使右岸坡面之單位流功降至 300 W/m^2 以下，符合德國柵工植生護岸的設置條件(Begemann & Schiechtl, 1994)。

斷面 45 以上為高能量河段，單位流功最大值由 20,000W/m^2 降至 6000W/m^2 左右，且不再集中於構造物下方及戲台旁，而分散於全斷面魚道及石梁工下游側的潭區。

2、流速

109 年初斷面 46 附近率先實施還石於河，於 46-A 固床工下游及戲台側面鋪排塊石以消減落差，在消能方面已有顯著成果。以 HEC-RAS 二維比較還石前後，流速分布如圖 8-43。戲台側流速由 15m/s 以上降為 10m/s 左右。

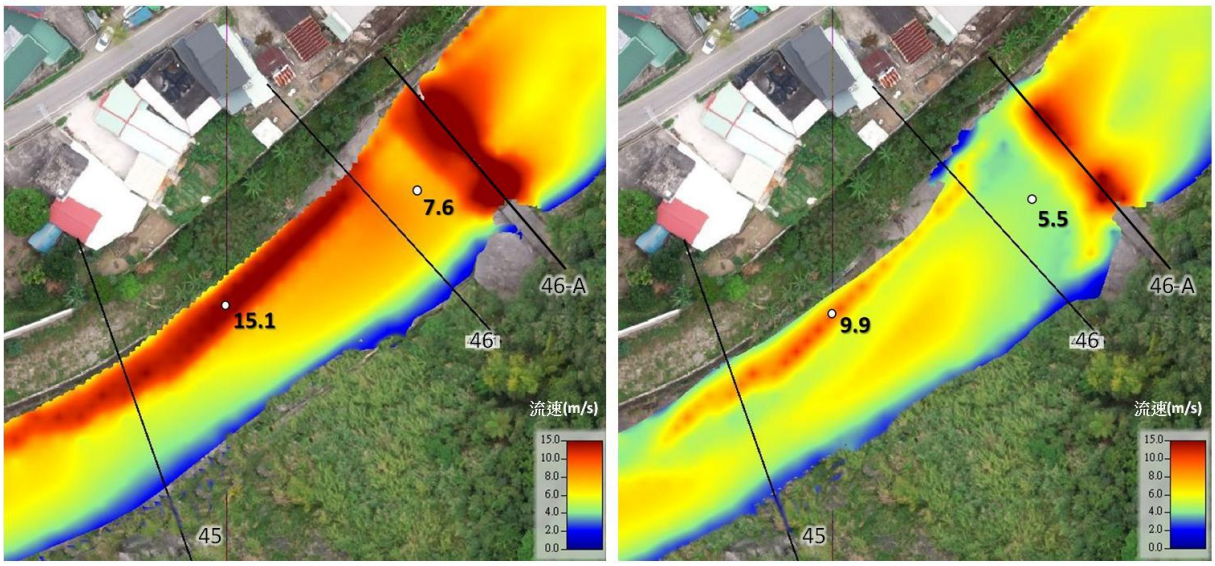


圖 8-43 民國 109 年施工前(左)與施工後(右)Q50 流速分布比較

依本計畫改善後，流速更為下降，示範段全區 Q50 洪水流速分布如圖 8-44。與 107 年相比，斷面 46 以上高能量河段之流速比較如圖 8-45。改善後 46-B、46-A、戲台附近高流速區消失。46-B 右岸附近在 3m/s 以下，46-1 戲台側流速降至 5m/s 以下。根據日本「美麗山河守護防災復舊基本方針」(國土交通省，2018)中的護岸工法設計流速關係表，無論陡坡(1:1.5 以上)或緩坡，流速 5m/s 以下可使用自然塊石之砌石或鋪石護岸，故完工後右岸在 Q50 洪

水作用下應可維持。同文獻說明柵工(杭柵或板柵)適用的流速在4m/s 以下，而河相改善後，柵工施做段的沿岸流速在 3~4m/s，在Q50 洪水作用下應可維持。

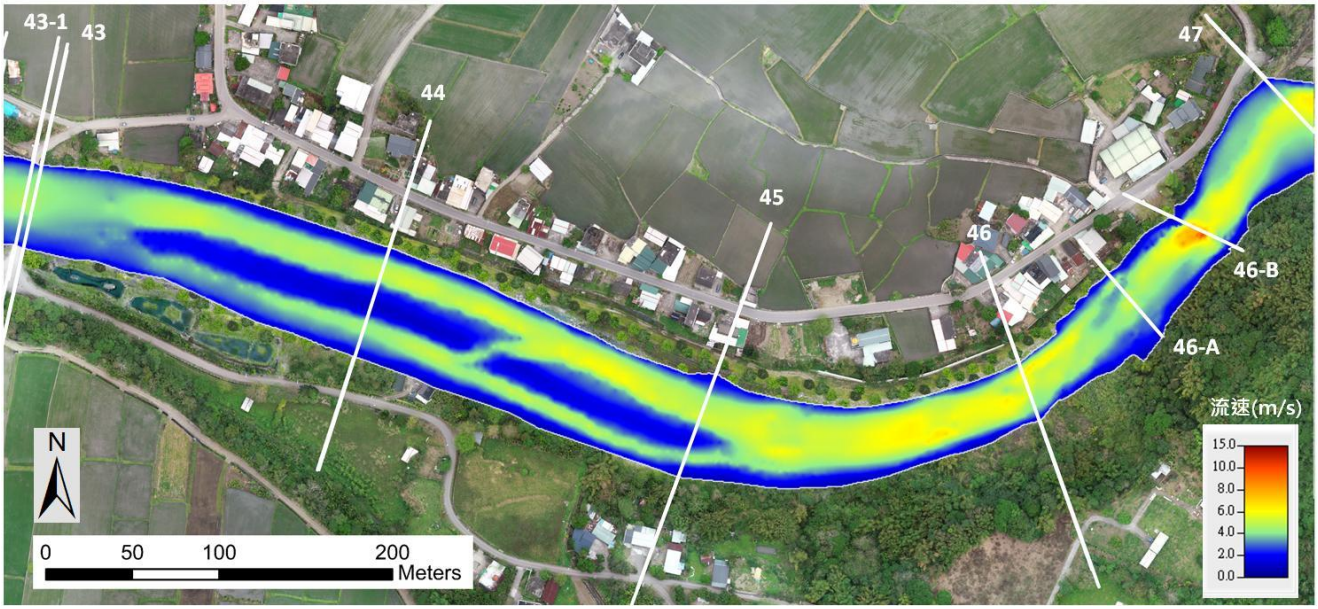


圖 8-44 改善後示範段 Q50 流速分布圖

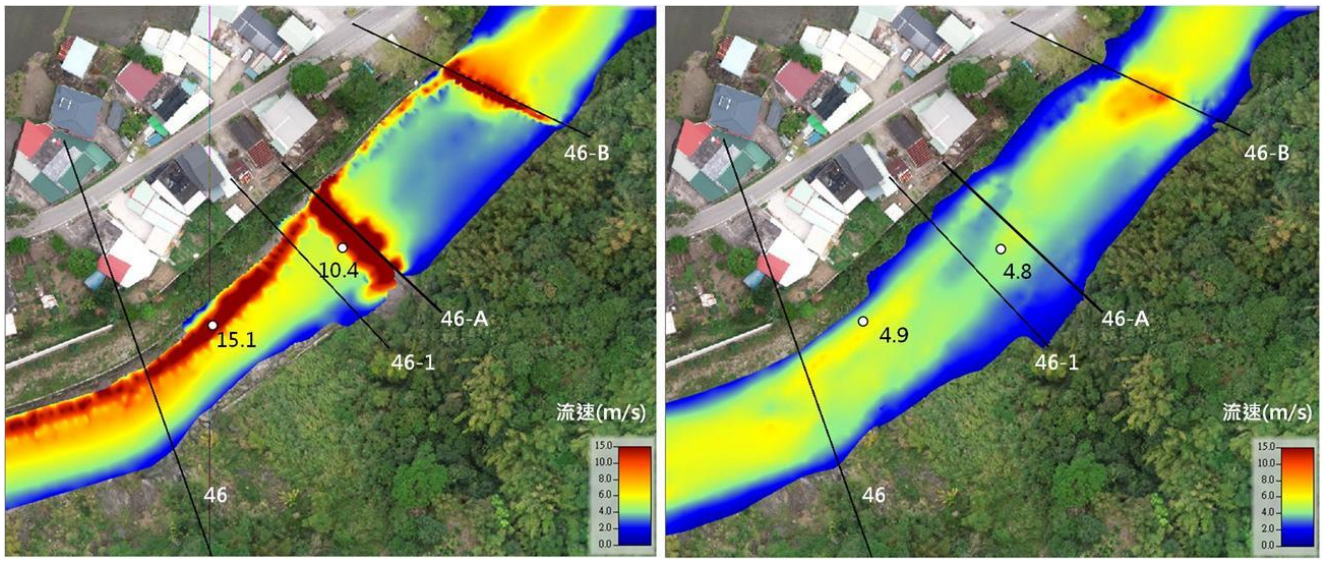


圖 8-45 斷 46 以上河段 107 年(左)及本計畫改善後(右)流速分布比較

(二) 河段水位

示範段經過河床填高及削灘、種植等河相調整，各重現期洪水之水位如表 8-1。其中保護標準 Q50 洪水的水位及用地範圍線亦標示於圖 8-8 至圖 8-15。各斷面之 Q200 水位皆低於高崁保全對象 5m 以上，顯示在河相改善後，仍然不會有溢淹災害。然而就目前用地範圍線(紅線)而言，斷面 46-A 及 46-4 因紅線局部窄縮，落在平台側坡上，因此局部

受到 Q50 溢淹，建議局部調整河川區域線至高崁(圖 8-31)。

表 8-1 示範區各斷面水位與河岸高程

斷面	平水位 (D1 情境)	Q2	Q50	Q200	左岸紅線	右岸紅線	左岸紅線-Q50	右岸紅線-Q50	左岸高崁	右岸高崁
44	281.81	283.35	284.61	285.18	289.44	289.22	4.83	4.61	293.29	293.08
45	284.29	285.8	286.97	287.44	289.81	290.91	2.84	3.94	298.28	296.67
46	287.97	289.57	290.98	291.37	293.63	300.20	2.65	9.22	302.58	300.52
46-1	289.48	293.25	292.83	291.25	293.66	295.13	0.83	2.30	298.38	298.38
46-A	289.93	291.54	293.07	293.49	298.58	292.86	5.51	-0.21	298.58	298.60
46-4	290.03	291.95	293.47	293.88	295.02	293.29	1.55	-0.18	299.61	304.60
46-5	290.09	292.14	293.69	294.12	304.94	295.19	11.25	1.50	304.94	304.53
46-B	290.48	292.25	293.76	294.19	304.59	295.19	10.83	1.43	304.59	304.63

(三) 力石安定性

全斷面魚道、石梁工、砌石丁壩等近自然工法中使用的力石，可經力學分析，確保力石以單體存在時，可承受設計流量而不致滑動或滾動。依 6.3.2 節之方法檢核，設計流量(Q_{50})為 419cms，假設使用塊石為長徑與中徑比值為 2 的長方體，決定本規劃選擇力石之粒徑。

1、全斷面魚道

斷面 46-A~46 之間的平均河寬 25m，河床坡降 0.03，曼寧 n 值 0.08，此時河段平均流速約 4.98m/s。當力石中徑為 0.9m 時，可達安定。考量塊石形態差異，以中徑 1m 為原則。

2、石梁工

斷面 46~45 之間的平均河寬 32m，河床坡降 0.017，曼寧 n 值 0.05，此時河段平均流速約 4.92m/s。當力石中徑為 0.9m 時，可達安定。考量塊石形態差異，以中徑 1m 為原則。

3、砌石丁壩

斷面 46-B 處丁壩的平均河寬 27m，河床坡降 0.02，曼寧 n 值 0.05，此時河段平均流速約 6m/s。當力石中徑為 1.1m 時，可達安定。考量塊石形態差異，以中徑 1.2m 為原則。

斷面 44~45 間丁壩的平均河寬 50m，河床坡降 0.0125，曼寧 n 值 0.04，此時河段平均流速約 4.3m/s。當力石中徑為 0.7m 時，可達安定。考量塊石形態差異，以中徑 0.8m 為原則。

參考文獻

1. Begemann, W., & Schiechtl, H. M. (1994). Ingenieurbiologie: Handbuch zum ökologischen Wasser-und Erdbau. Bauverlag
2. Chin, A., & Phillips, J. D. (2007). The self-organization of step-pools in mountain streams. Geomorphology, 83(3–4), 346–358.
3. Dahm, V., Kupilas, B., Rolauffs, P., Hering, D., Haase, P., Kappes, H., Leps, M., Sundermann, A., Döbbelt-Grüne, S., Hartmann, C., Koenzen, U., Reuvers, C., Zellmer, U., Zins, C., and Wagner, F. (2014) Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen, Anhang 1 von “Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle”, Umwelt Bundesamt, Deutschland.
4. Holger B., & Dohmann, M. (1993). Handbuch Wasserbau - Naturgemäße Bauweisen, Heft 5: Ufer- und Böschungssicherung. Ministerium fur Unwelt Baden-Wurttemberg
5. Lane, E. W. (1955). Importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proceedings (American Society of Civil Engineers); v. 81, paper no. 745.
6. Lee, K. T., & Yen, B. C. (1997). Geomorphology and Kinematic-Wave–Based Hydrograph Derivation. Journal of Hydraulic Engineering, 123(1), 73-80.
7. Odgaard, A.J. and Jorge D. A. (2008). “River meandering and channel stability.” American Society of Civil Engineers, 439-459.
8. Vermont Agency of Natural Resources (2009a) Vermont Stream Geomorphic Assessment Phase 2 Handbook. Rapid Stream Assessment.
9. Vermont Agency of Natural Resources (2009b) Vermont Stream Geomorphic Assessment Phase 3 Handbook. Survey Assessment.
10. Yang, C.N. (2010). “Exploring spontaneous uses in urban streams” in Landscape Imprints, CELA 2003 Select Papers, 2nd Edition, edited by Robert R. Hewitt, Council of Educators in Landscape Architecture, pp. 98-103, 2010.
11. 九州地方建設局，2001，多自然型川づくり施工ハンドブック【石積み・基本編】
12. 内子町，2019，「内子町歷史的風致維持向上計画」，愛媛県喜多郡内子町
13. 国土交通省，2018，「美しい山河を守る災害復旧基本方針」

14. 屏東科技大學，2017，「SRI 益生菌友善農法讓土壤呼吸　善待土地慶豐收」(https://wp.npust.edu.tw/2017/12/01/focus-1254/)
15. 山本晃一，1994，「沖積河川學」，山海堂
16. 崎谷浩一郎、中井祐、篠原修，2002，「曲線斜め堰の設計原理」，土木史研究： 22: 225-234
17. 張振岳，2002，「富里鄉誌」，花蓮縣富里鄉公所
18. 楊佳寧、王永珍，2006，「從沖積河川學談生態工法在河道棲地復育之應用」，中華水土保持學報 37(1): 77-90
19. 田脇康信，2015，「菊池川水系合志川における九州北部豪雨対応について～ 多自然川づくりによる課題解決 ～九州技報第 57 號」，九州地方計画協会
20. 福留脩文，2012，「治水と環境の両立を目指した川づくりの技術的考え方とその適用性に関する研究 (Doctoral dissertation, 中央大学) 」。[中文譯本：楊佳寧、張琬郁、陳思穎，2016，「兼顧防洪與生態的河川營造技術」，水利署水利規劃試驗所翻譯專書]
21. 經濟部，103 年，「活動斷層地質敏感區劃定計畫書，F0002 池上斷層」
22. 經濟部，105 年，「花蓮縣山崩與地滑地質敏感區」
23. 經濟部，109 年，「秀姑巒溪水系治理計畫(第一次修正)」
24. 經濟部水利署南區水資源局，106 年，「精進灌溉節水管理技術——以嘉南灌區為例」
25. 經濟部水利署水利規劃試驗所，100 年，「河川棲地復育規劃及推動」
26. 經濟部水利署水利規劃試驗所，102 年，「鱟溪棲地復育生態調查」
27. 經濟部水利署水利規劃試驗所，103 年，「各用水標的事業所需合理用水量檢討及其計算系統改善計畫(2/2) 」
28. 經濟部水利署水利規劃試驗所，104 年，「台灣地區可能壩堰址勘查規劃作業平台建置」
29. 經濟部水利署水利規劃試驗所，104 年，「鱟溪棲地復育檢討規劃」
30. 經濟部水利署水利規劃試驗所，104 年，「鱟溪生態廊道受河道橫向構造物影響評估及改善研擬」
31. 經濟部水利署水利規劃試驗所，106 年，「鱟溪生態復育試驗」
32. 經濟部水利署水利規劃試驗所，108 年，「河相學應用於河川治理規

劃參考手冊」

33. 經濟部水利署水利規劃試驗所，108 年，「順應河相之河川廊道範圍初步規劃研究」
34. 經濟部水利署第九河川局，105 年，「秀姑巒溪水系治理規劃檢討」
35. 經濟部水利署第九河川局，106 年，「鱉溪環境營造規劃」
36. 經濟部水利署第九河川局，109 年，「鱉溪豐南堤段設施維修改善工程」
37. 經濟部水利署第九河川局，95 年及 96 年，「鱉溪河川生態調查及復育規劃」
38. 花蓮縣政府文化局，102 年，「花蓮縣文化景觀富里鄉豐南村吉哈拉艾保存維護計畫」
39. 農業委員會，104 年，「2015 農業灌溉白皮書」
40. 農業委員會林務局，107 年，「加強水庫集水區保育治理計畫(第 1 期)—國有林班地治理執行成效評估」
41. 農業委員會林務局，92 年，「國有林莫拉克風災二次災害潛勢影響評估」
42. 農業委員會林務局花蓮林區管理處，108 年，「中央及海岸山脈保育廊道對下游社區之生態系統服務功能與效益(3/3)」
43. 農業委員會水土保持局花蓮分局，100 年，「鱉溪子集水區調查規劃」
44. 農業工程研究中心，106 年，「花蓮縣富里鄉豐南村吉哈拉艾文化景觀水路系統調查研究計畫」
45. 連惠邦、蔡易達，2013，「水土保持防砂工程防砂量計量模式之建立與應用」，中華水土保持學報, 44(4): 351-362
46. 陳文山，2006，「海岸山脈地質解說—花東縱谷深度旅遊」，阿山的地科研究室(http://ashan.gl.ntu.edu.tw/)
47. 陳緒堅、胡春宏，2004，「基於最小可用能耗率原理的河流水沙數學模型」，水利學報，8: 38-45

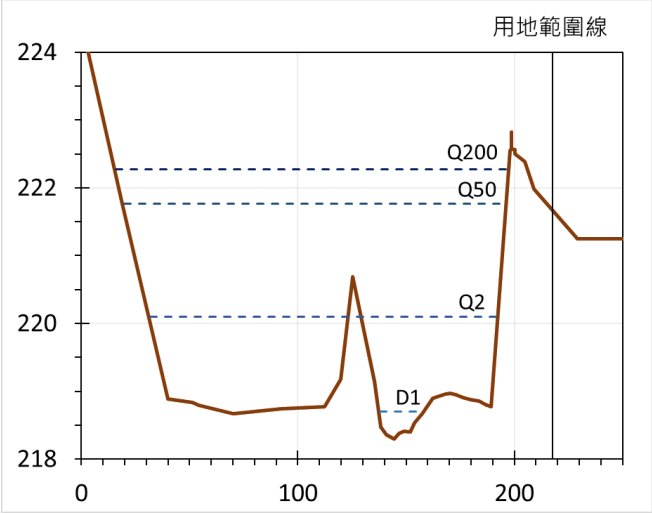
附錄一

調整前後各斷面比較

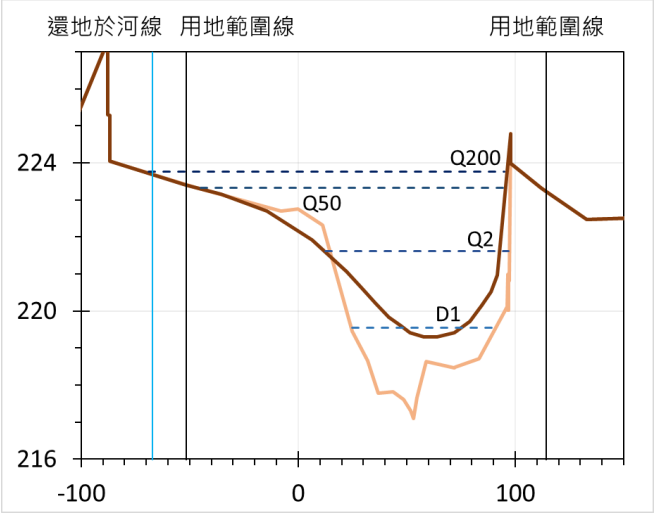
註：D1情境水位可代表平水位。所示Q200、Q50、Q2、D1皆為調整後斷面之水位。

原斷面
調整後斷面

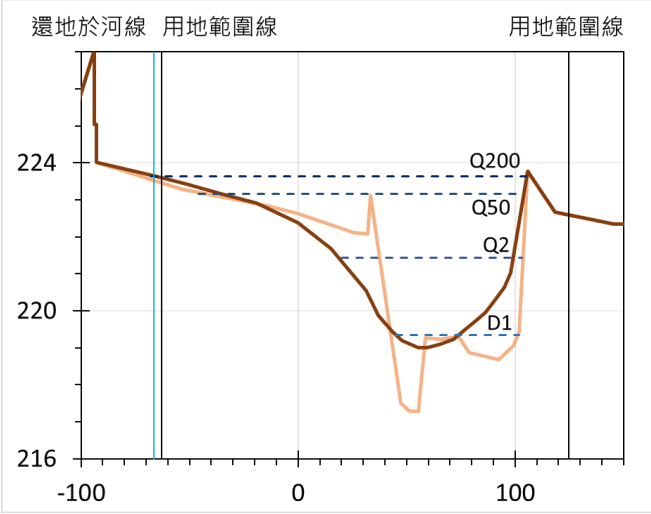
斷面 1



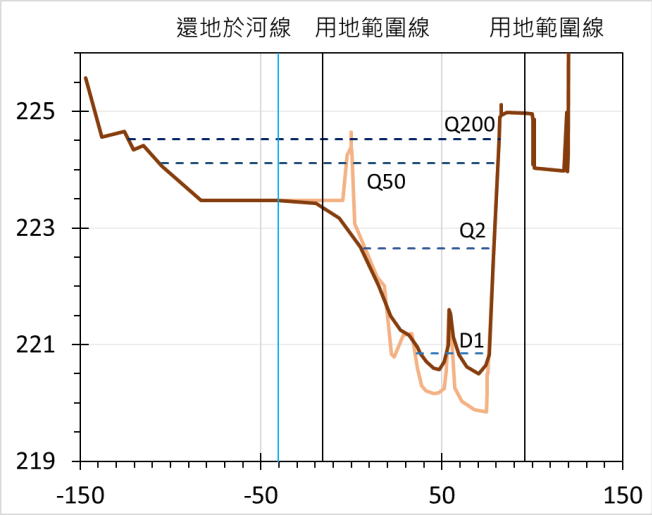
斷面 2



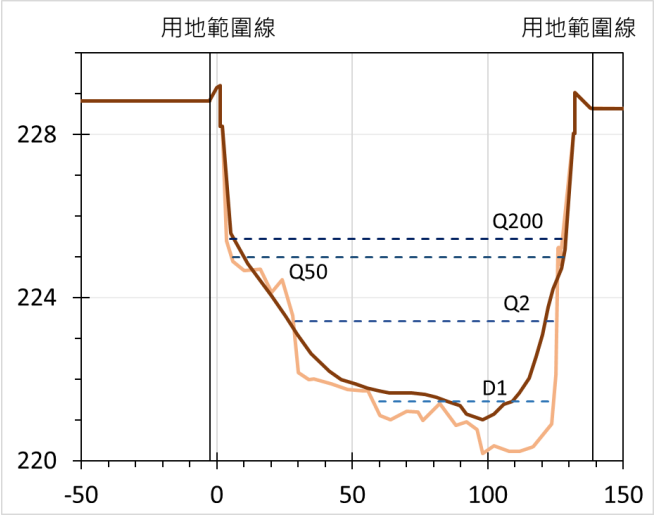
斷面 2-1



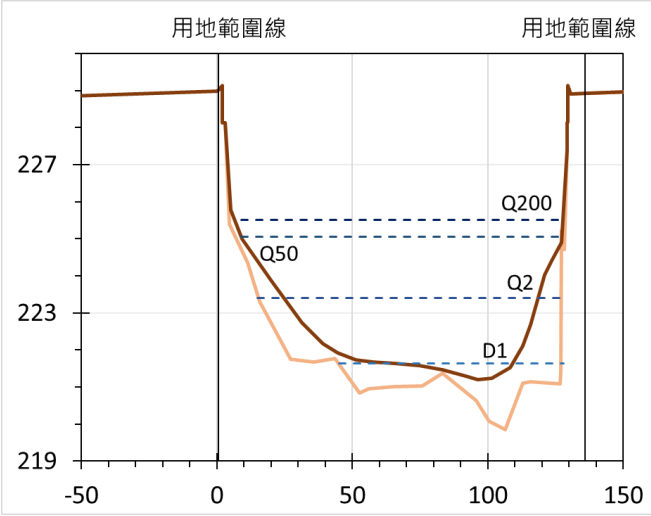
斷面 3



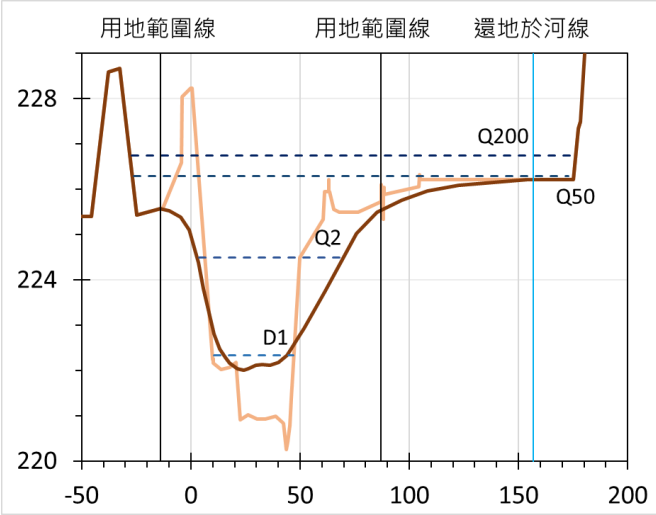
斷面 4-1



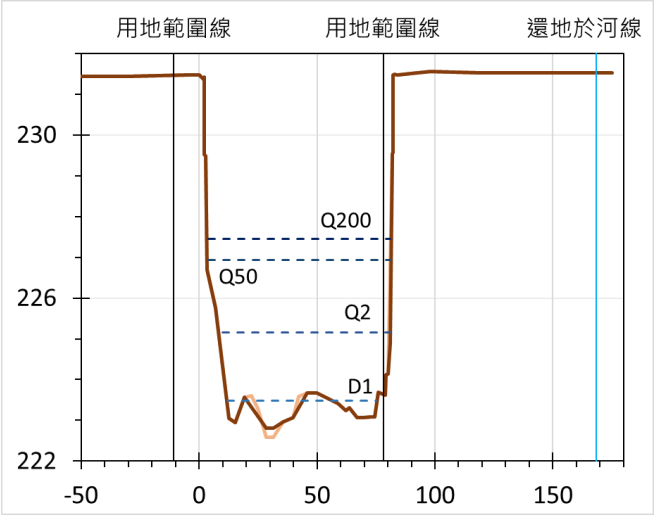
斷面 4



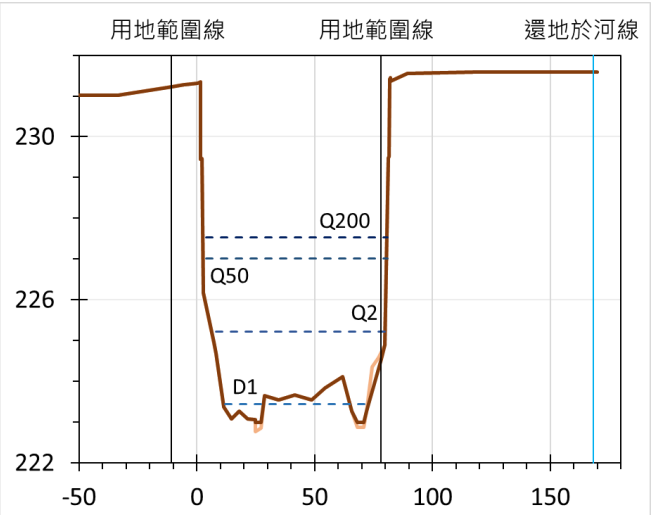
斷面 5



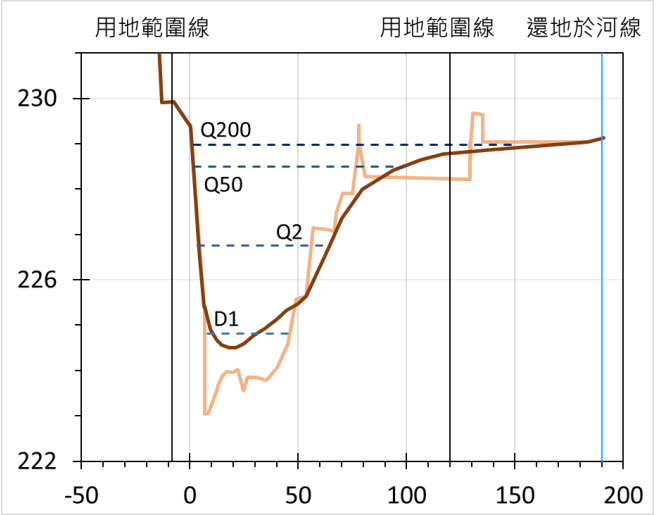
斷面 6-1



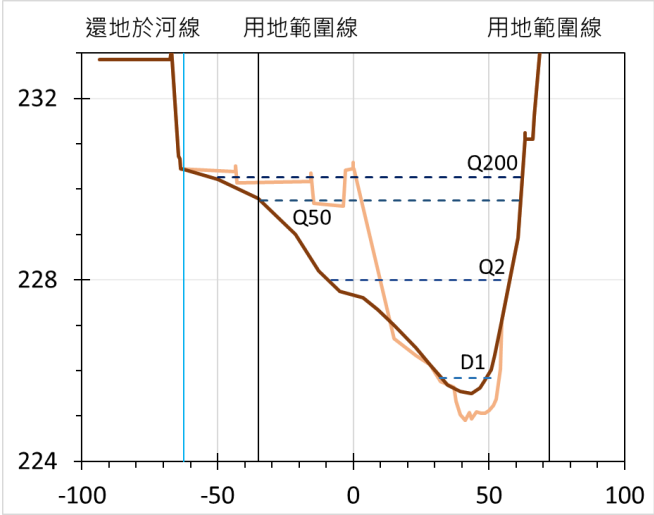
斷面 6



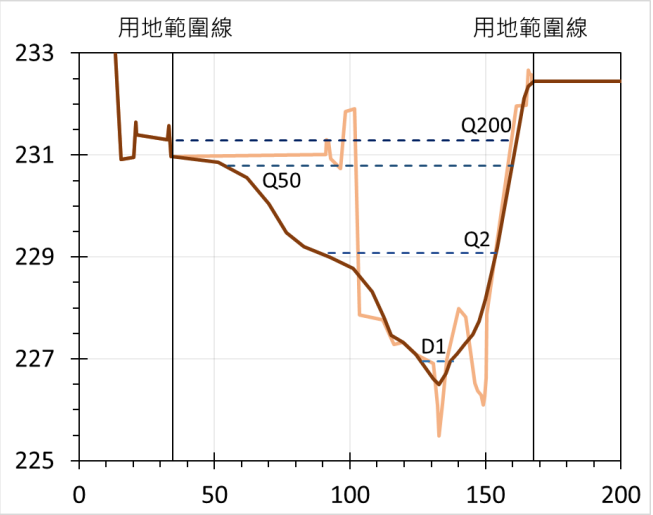
斷面 7



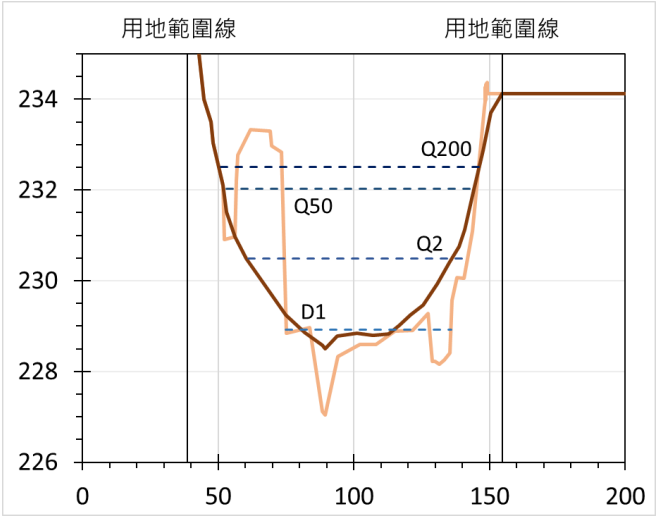
斷面 8



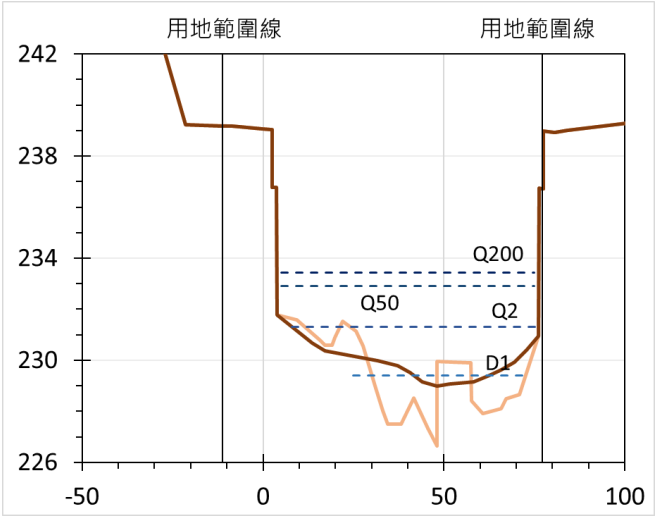
斷面 9



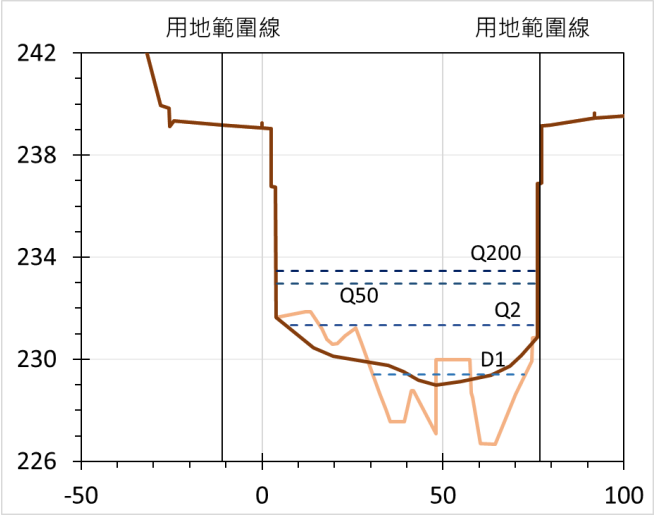
斷面 10



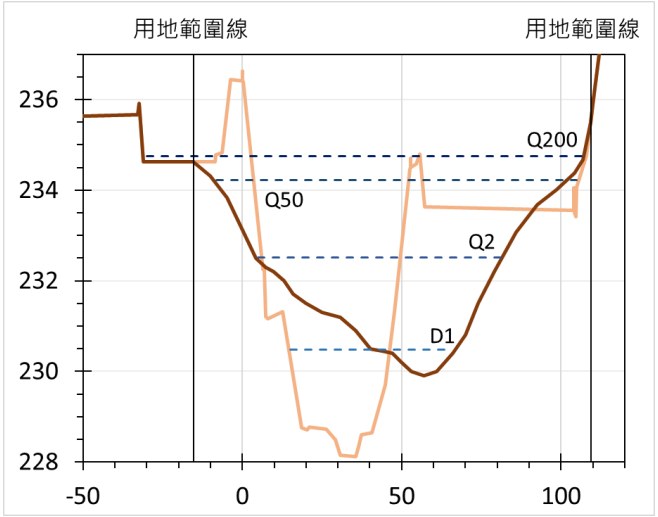
斷面 11-1



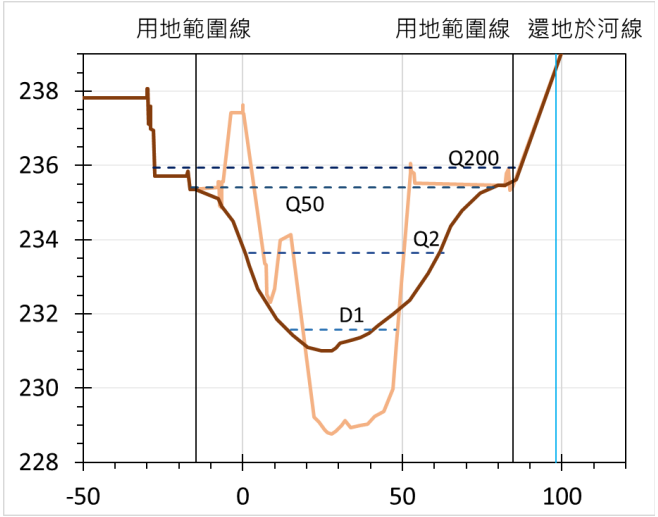
斷面 11



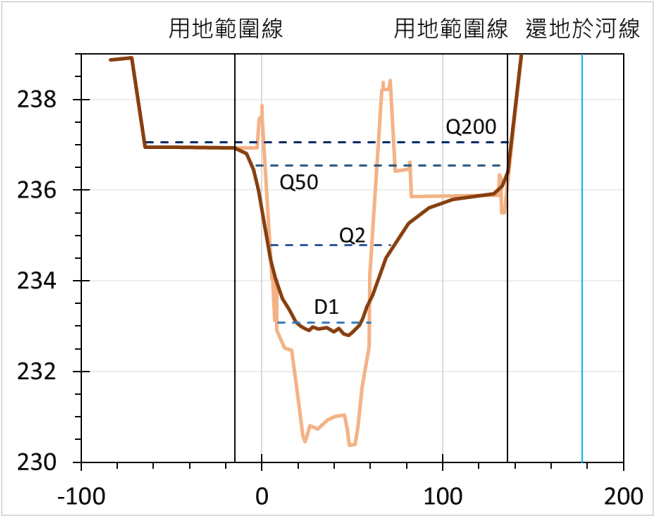
斷面 12



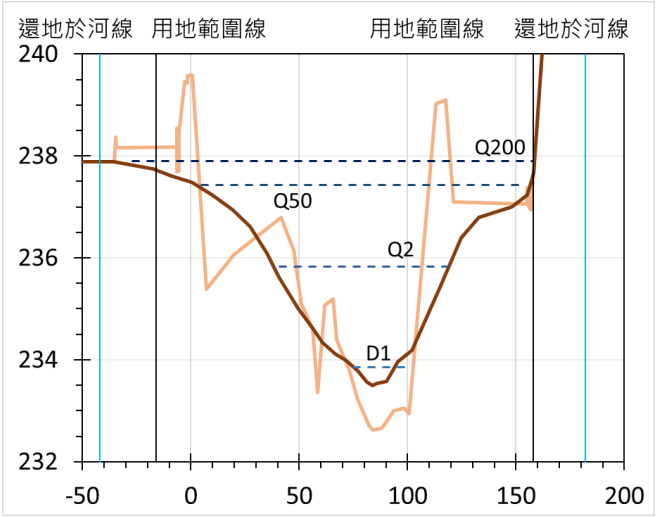
斷面 13



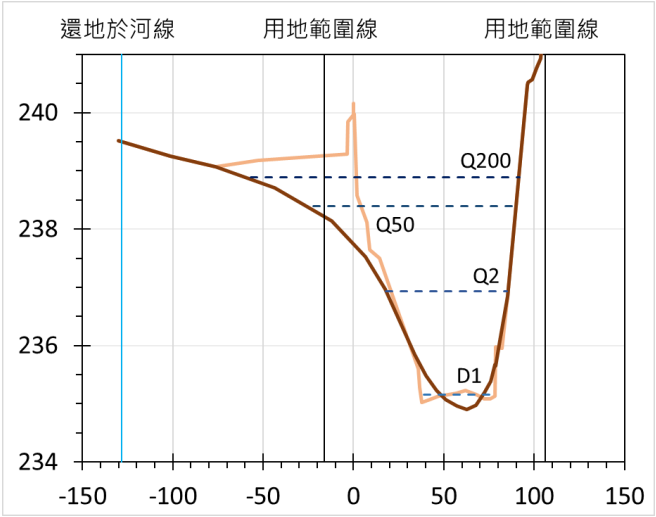
斷面 14



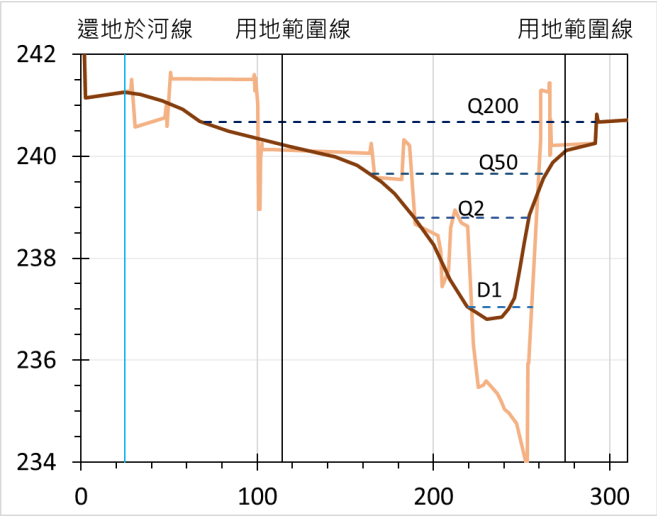
斷面 15



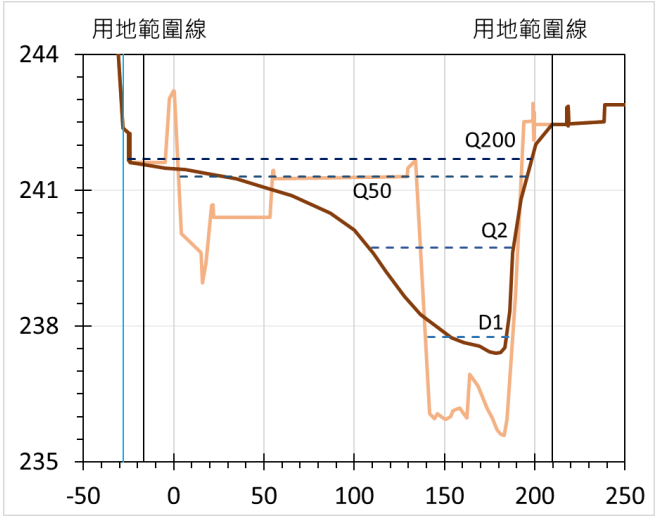
斷面 16



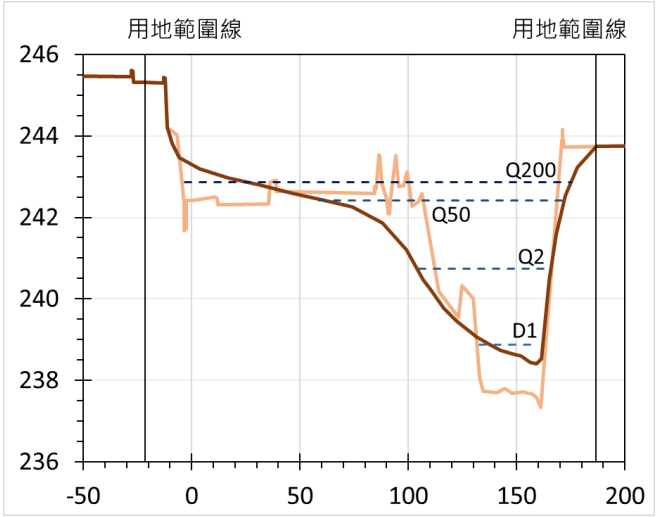
斷面 17



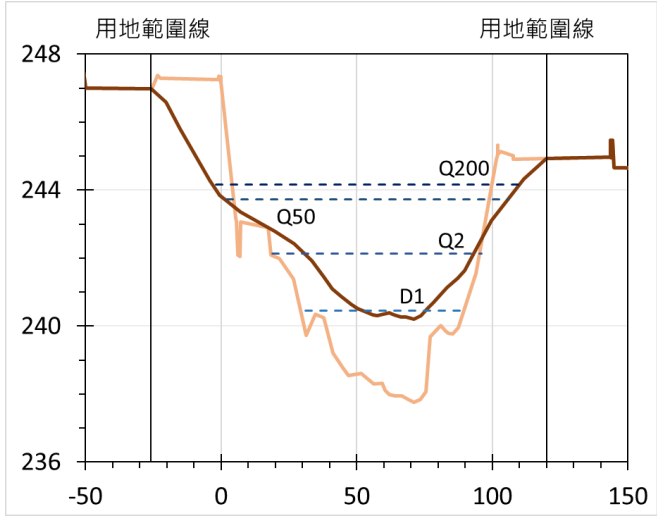
斷面 18



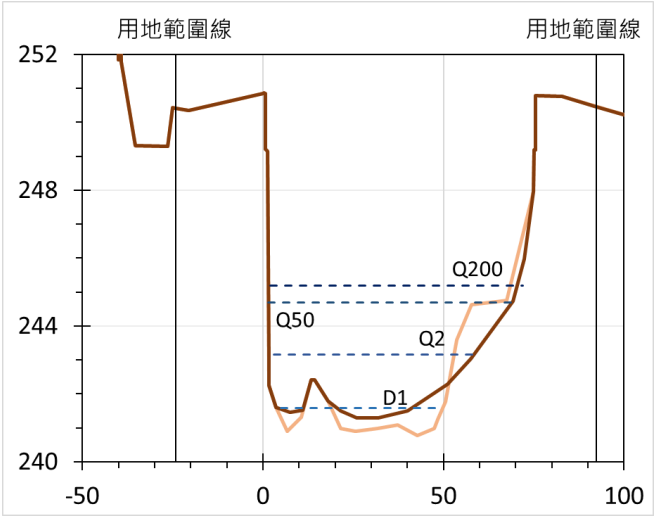
斷面 19



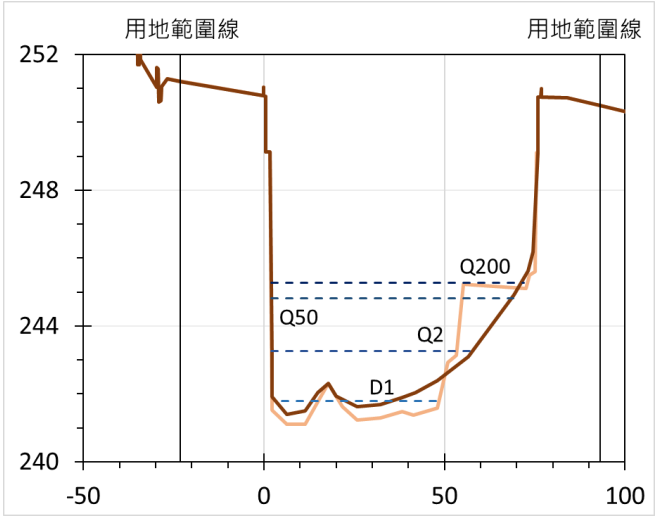
斷面 20



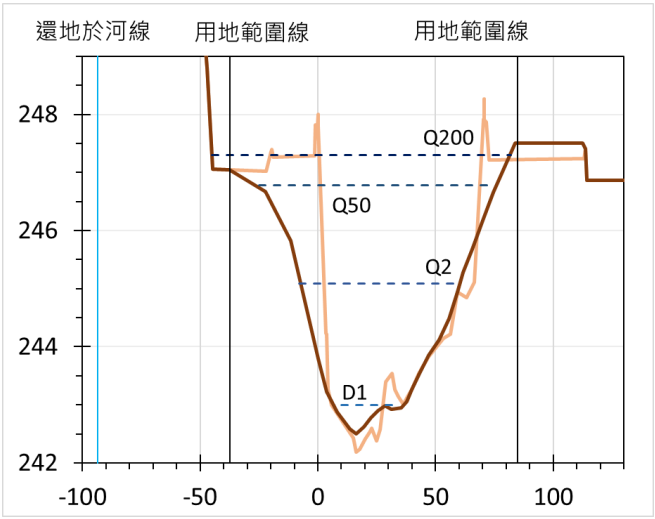
斷面 21-1



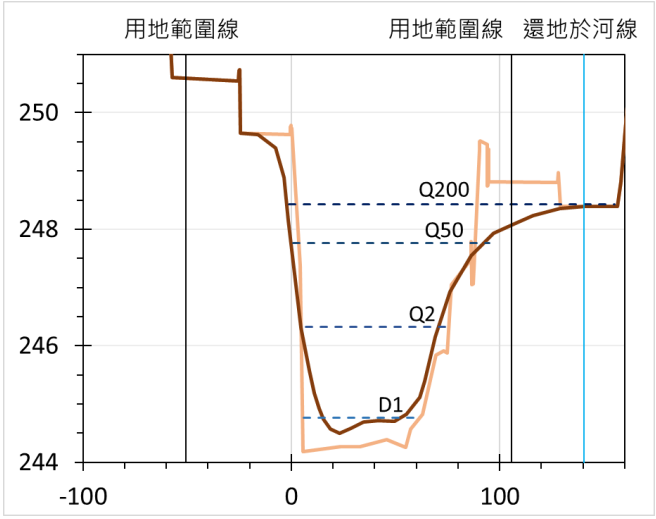
斷面 21



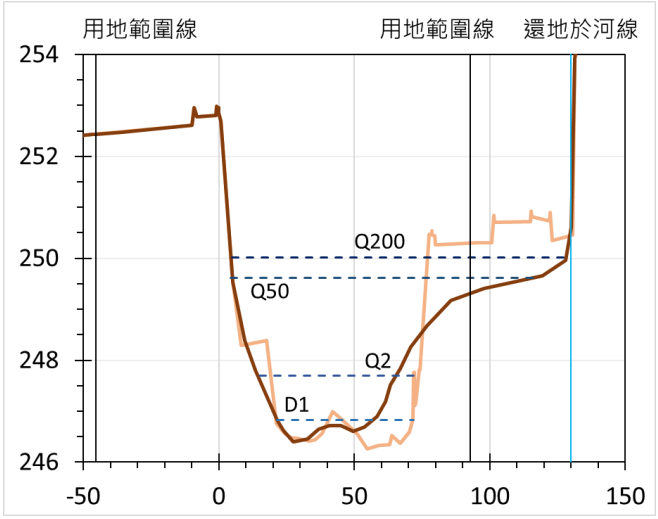
斷面 22



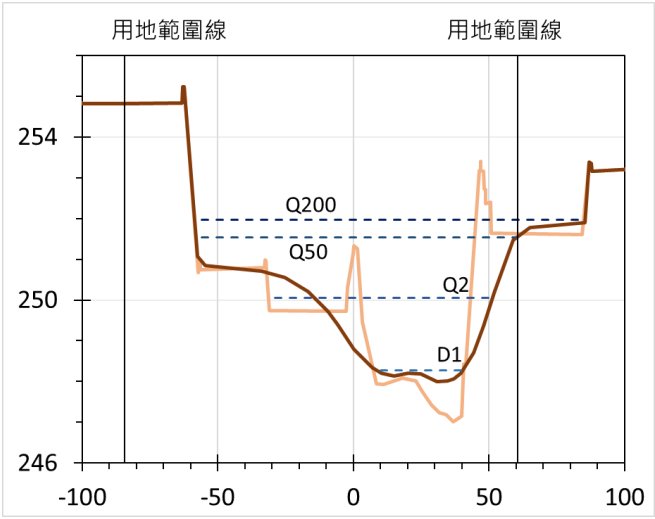
斷面 23



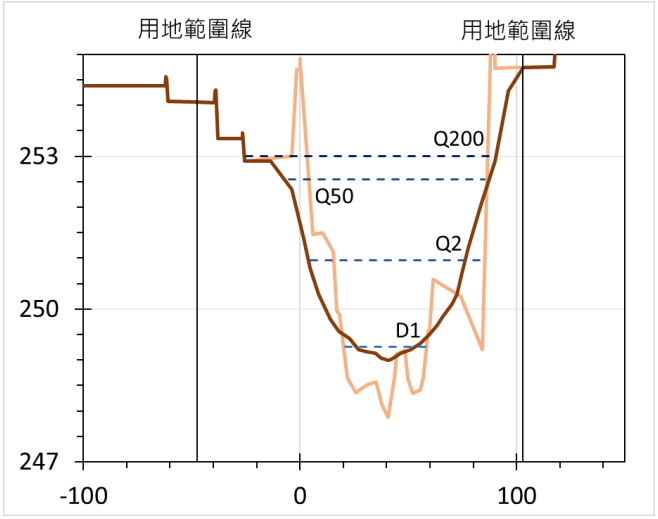
斷面 24



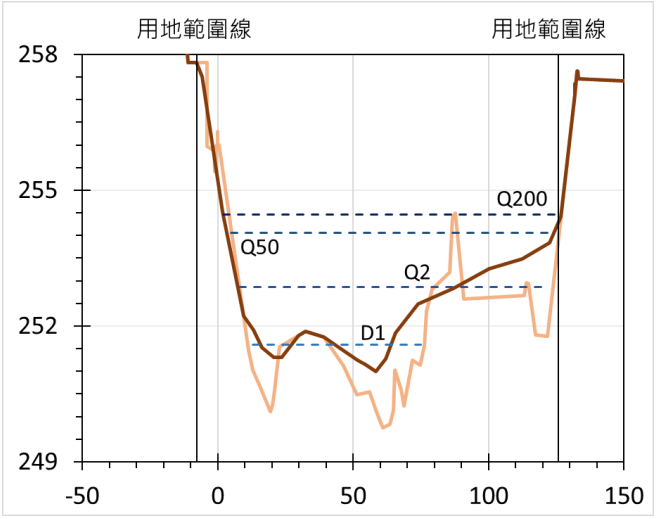
斷面 25



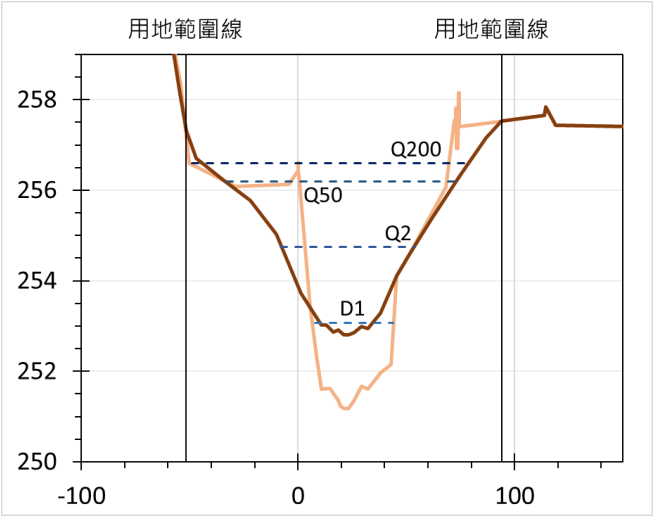
斷面 26



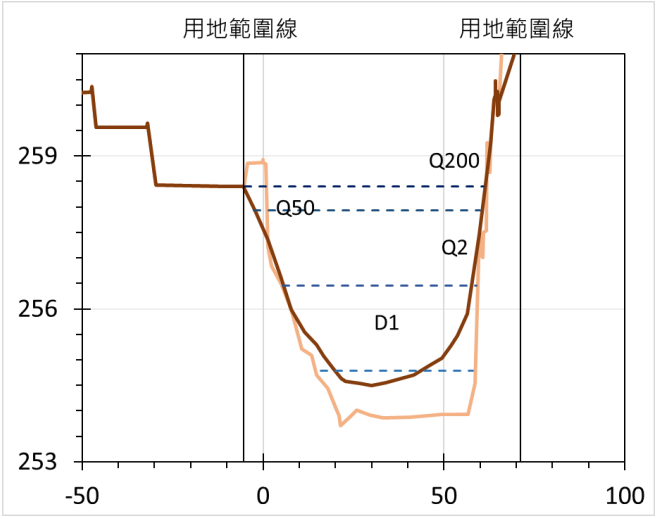
斷面 27



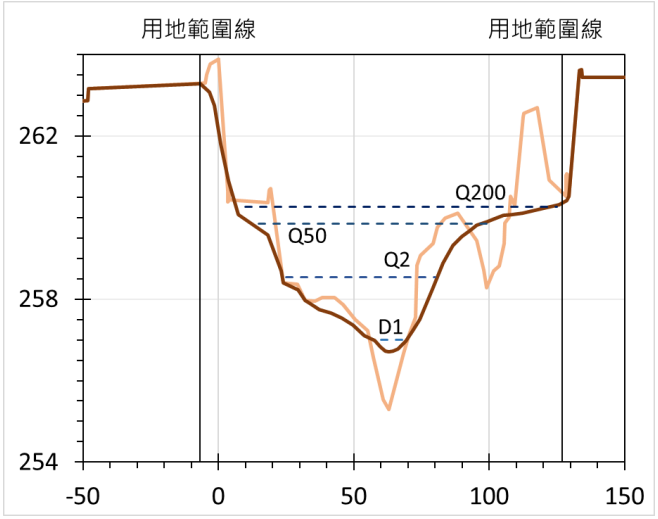
斷面 28



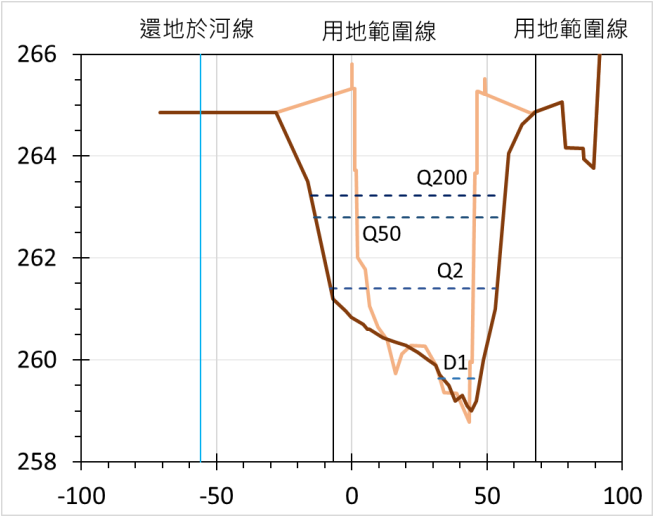
斷面 29



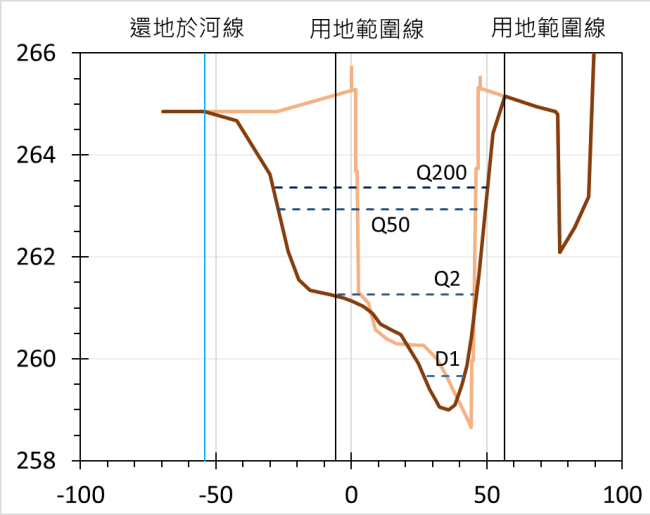
斷面 30



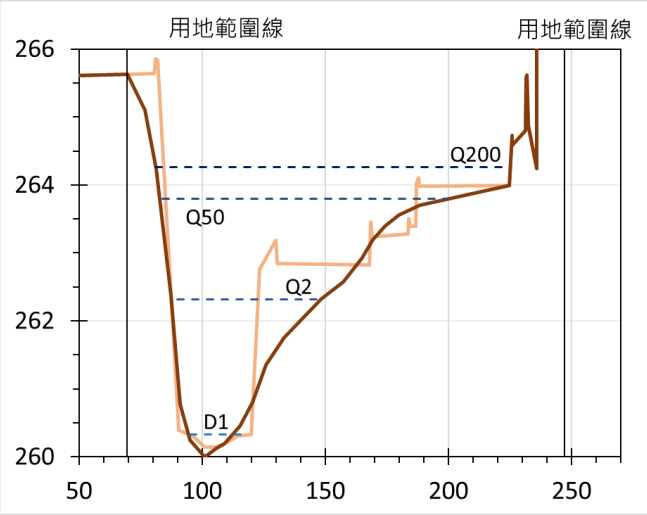
斷面 31-1



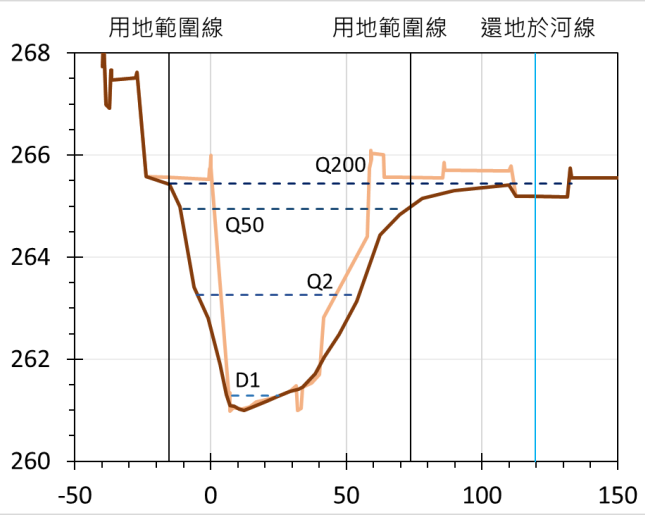
斷面 31



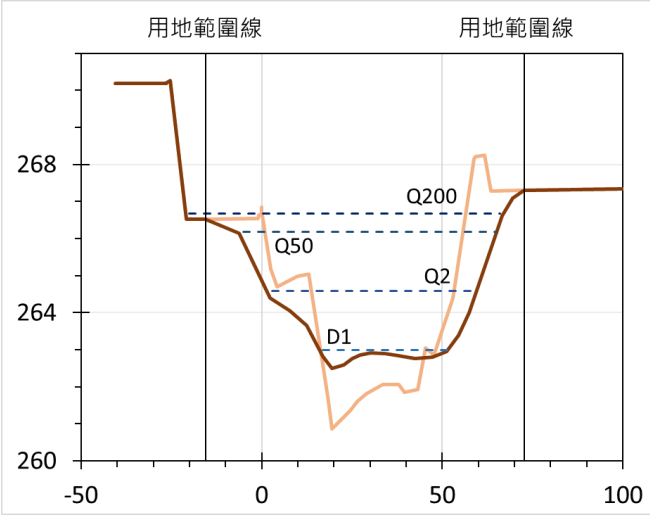
斷面 32



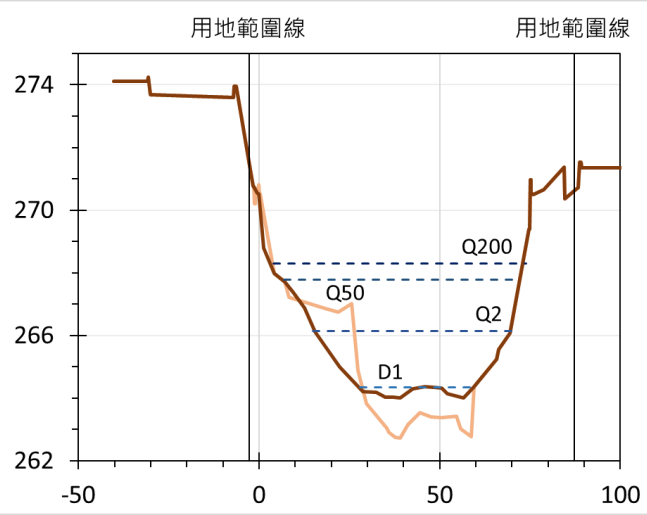
斷面 33



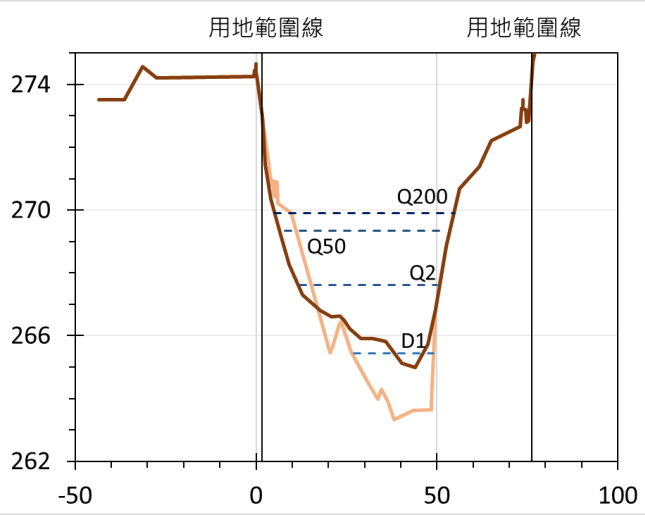
斷面 34



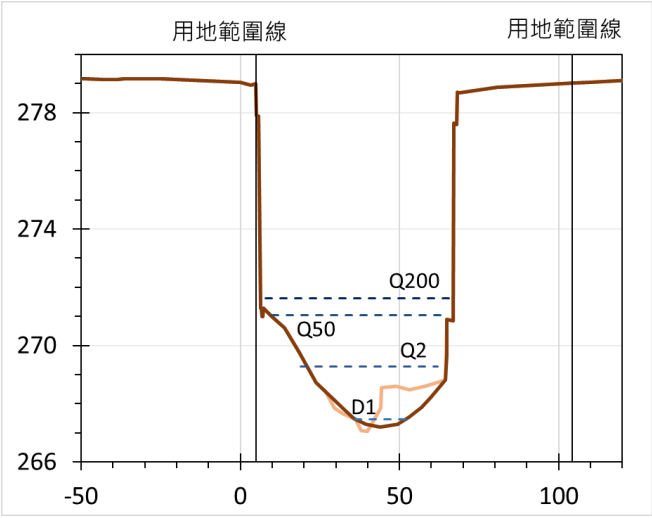
斷面 35



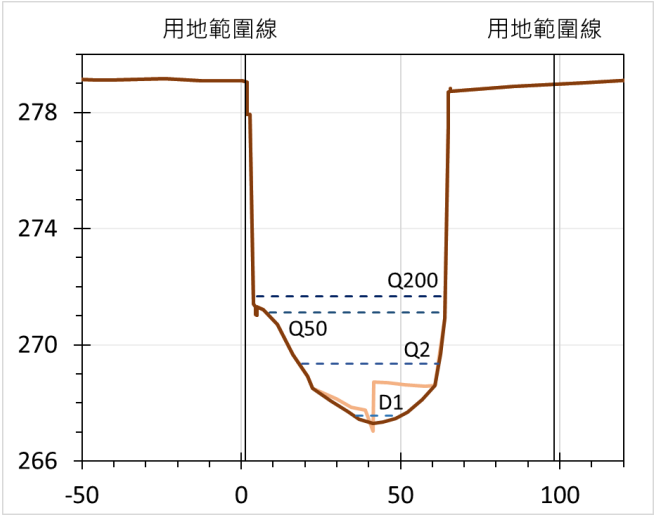
斷面 36



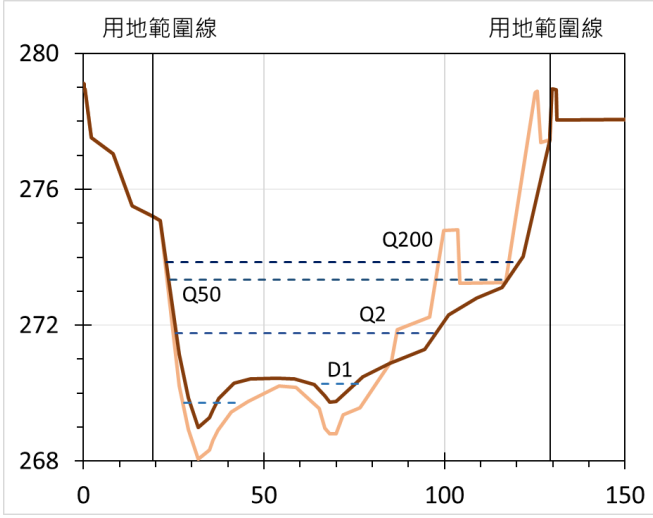
斷面 37-1



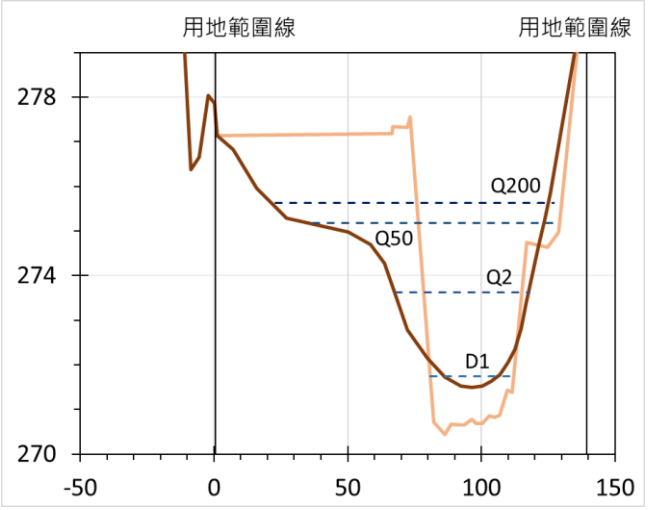
斷面 37



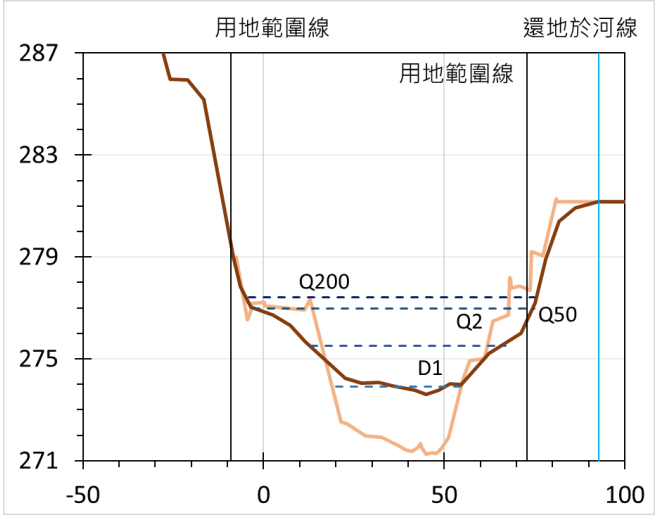
斷面 38



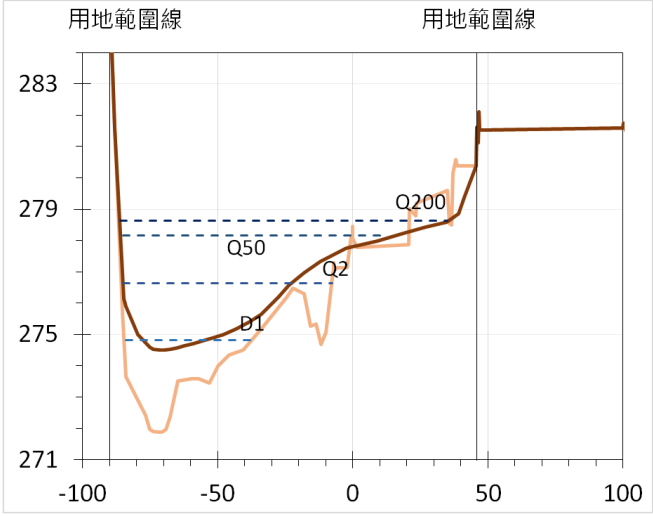
斷面 39



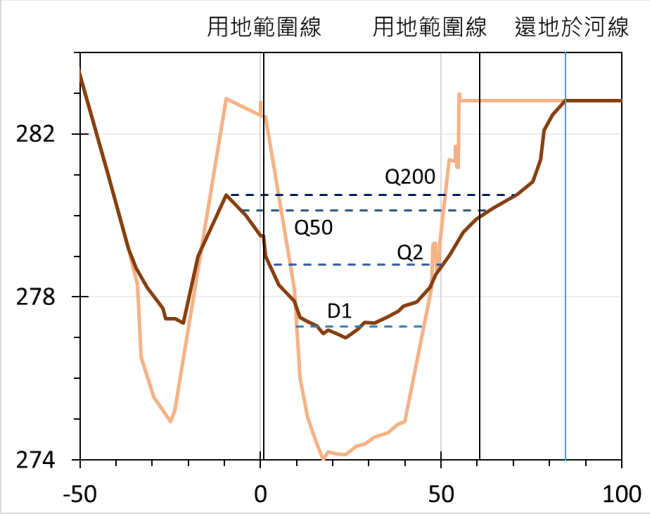
斷面 40



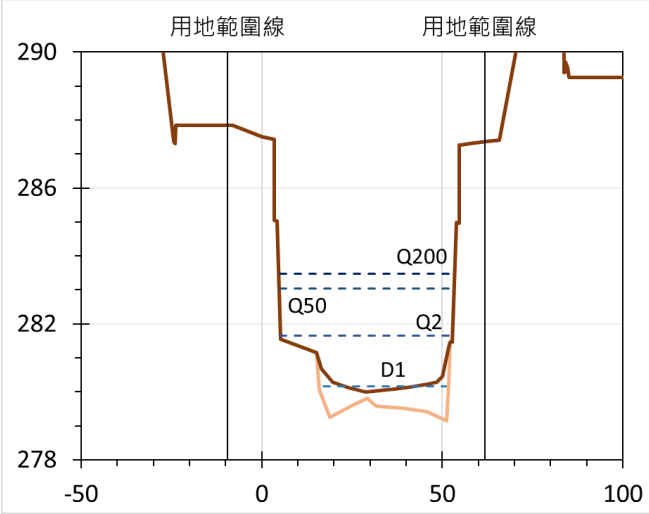
斷面 41



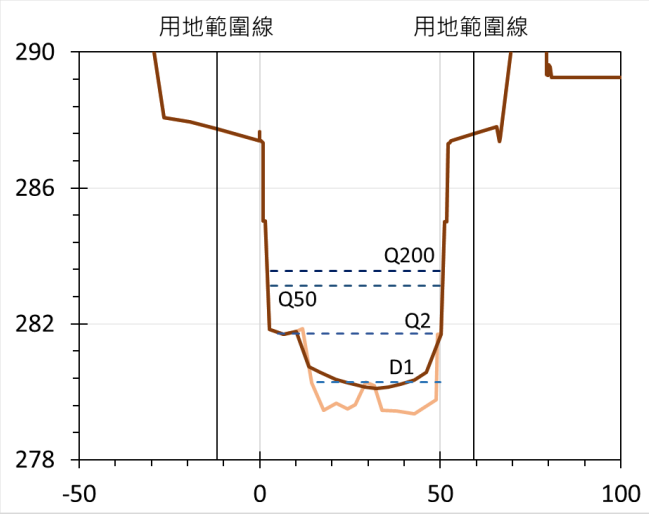
斷面 42



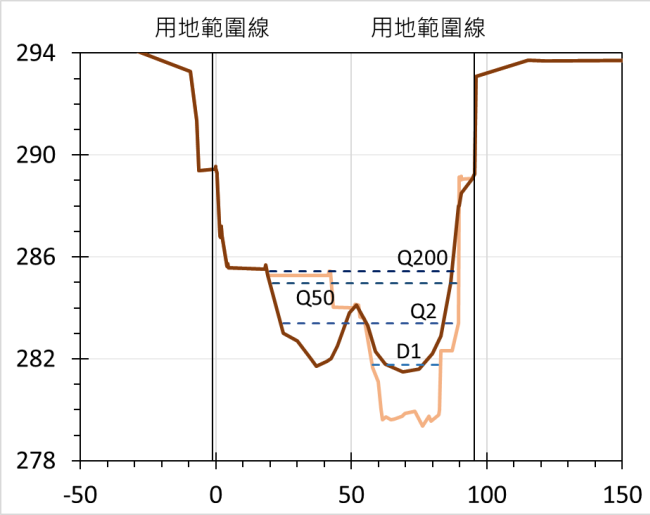
斷面 43-1



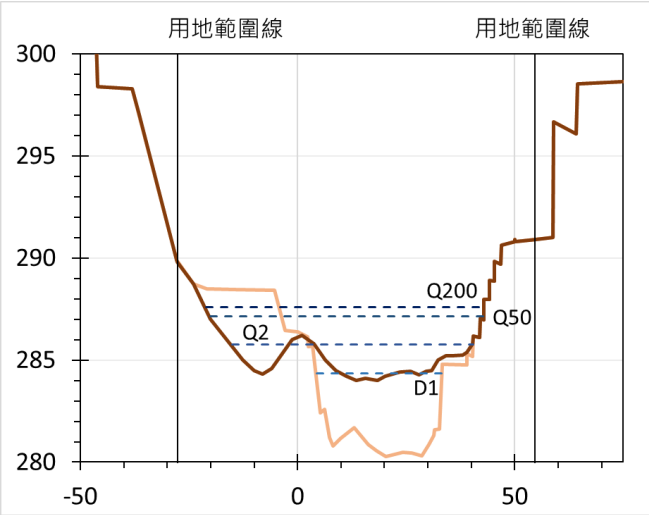
斷面 43



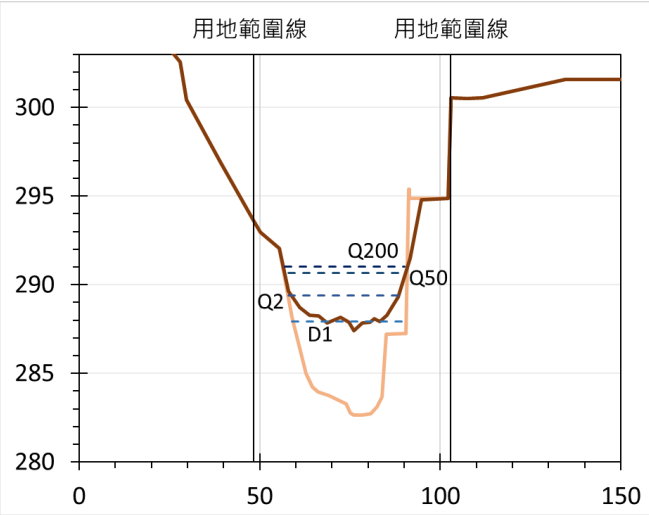
斷面 44



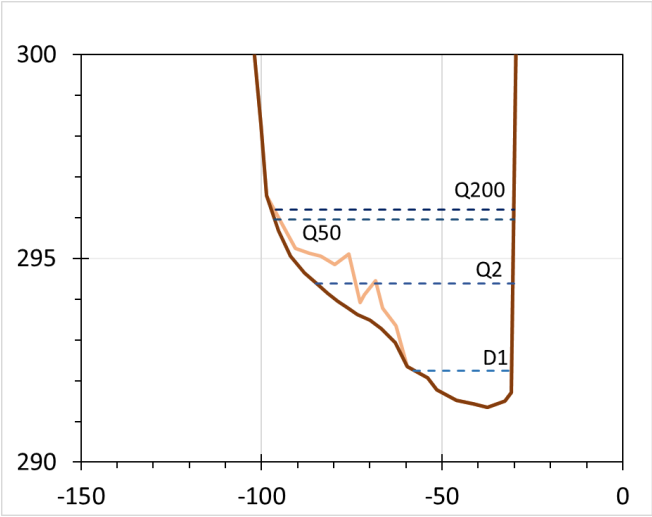
斷面 45



斷面 46



断面 47



附表 1 調整前後各斷面河床最低點及水位比較表

	河床最低點		D1		Q2		Q50		Q200	
斷面	原斷面	調整後	原斷面	調整後	原斷面	調整後	原斷面	調整後	原斷面	調整後
1	217.09	218.3	217.80	218.70	221.31	220.10	223.14	221.77	223.28	222.27
2-1	217.28	219.5	218.03	219.35	221.61	221.43	223.50	223.16	223.70	223.64
2	217.1	219.9	218.06	219.54	221.72	221.61	223.68	223.33	223.93	223.77
3	219.85	220.5	221.40	220.85	222.61	222.64	224.08	224.11	224.41	224.52
4-1	220.17	221	221.40	221.45	223.05	223.43	224.58	224.99	225.01	225.45
4	219.85	221.2	221.41	221.64	223.13	223.41	224.69	225.05	225.12	225.51
5	220.26	222	221.59	222.33	224.21	224.49	226.10	226.28	226.63	226.74
6-1	222.77	222.8	223.31	223.49	225.12	225.15	226.75	226.94	227.30	227.45
6	222.58	223	223.31	223.44	225.23	225.21	226.82	227.01	227.36	227.52
7	223.05	224.5	224.11	224.81	226.23	226.75	227.74	228.49	228.27	228.98
8	224.9	225.5	225.32	225.84	227.66	228.00	229.28	229.75	229.86	230.26
9	225.49	226.5	226.66	226.96	228.88	229.07	230.35	230.79	230.90	231.29
10	227.05	228.5	227.94	228.92	230.06	230.49	231.47	232.02	232.00	232.51
11-1	226.64	229	228.19	229.39	260.61	231.30	232.09	232.91	232.64	233.43
11	226.68	229	228.19	229.40	230.63	231.34	232.12	232.98	232.66	233.47
12	228.11	229.6	228.62	230.47	231.57	232.52	233.25	234.23	233.80	234.75
13	228.76	231	229.26	231.58	232.09	233.63	233.97	235.41	234.58	235.94
14	230.38	232.8	230.95	233.07	233.47	234.78	235.30	236.54	235.92	237.05
15	232.63	233.5	232.90	233.85	234.75	235.83	236.25	237.43	236.78	237.90
16	235.03	234.9	235.56	235.16	237.00	236.94	238.36	238.39	238.80	238.89
17	233.88	236.8	235.64	237.04	238.29	238.80	239.93	239.66	240.42	240.67
18	235.58	237.4	236.09	237.76	239.02	239.73	241.02	241.30	241.55	241.69
19	237.33	238.4	237.91	238.87	240.10	240.74	242.18	242.41	242.74	242.87
20	237.76	240.2	238.27	240.46	240.94	242.13	242.87	243.72	243.45	244.17
21-1	240.77	241.3	241.83	241.58	243.15	243.16	244.34	244.70	244.83	245.19
21	241.1	241.4	241.83	241.80	243.17	243.26	244.37	244.81	244.89	245.27
22	242.18	242.5	242.63	242.99	244.67	245.09	246.04	246.78	246.55	247.30
23	244.18	244.5	244.32	244.77	246.14	246.32	247.49	247.76	248.00	248.42
24	246.27	246.4	246.69	246.82	248.40	247.70	249.55	249.61	249.96	250.01
25	247.02	248	247.74	248.28	249.61	250.05	250.90	251.53	251.31	251.96
26	247.88	249	248.80	249.26	250.97	250.96	252.42	252.54	252.90	253.00
27	249.76	251	250.16	251.58	252.16	252.86	253.39	254.06	253.87	254.46
28	251.17	252.8	251.63	253.07	253.83	254.74	255.20	256.20	255.68	256.60
29	253.71	254.5	254.00	254.78	255.58	256.45	256.84	257.94	257.31	258.40
30	255.29	256.7	257.40	257.00	258.71	258.54	259.67	259.85	260.04	260.27
31-1	258.78	259	259.88	259.63	261.68	261.41	262.90	262.80	263.33	263.22
31	258.66	259	259.88	259.66	261.74	261.27	262.96	262.94	263.41	263.36
32	260.14	260	260.40	260.33	252.53	262.32	263.95	263.80	264.43	264.26

	河床最低點		D1		Q2		Q50		Q200	
斷面	原斷面	調整後	原斷面	調整後	原斷面	調整後	原斷面	調整後	原斷面	調整後
33	260.98	261	261.31	261.28	263.22	263.26	264.72	264.95	265.23	265.44
34	260.86	262.5	261.69	263.00	264.19	264.58	285.81	266.19	266.38	266.67
35	262.72	264	263.03	264.35	265.28	266.14	266.89	267.79	267.49	268.30
36	263.33	265	264.60	265.44	266.69	267.62	268.19	269.35	268.77	269.90
37-1	267.05	267.2	267.51	267.46	269.38	269.29	270.38	271.05	270.80	271.61
37	267.04	267.3	267.84	267.56	269.51	269.36	270.49	271.11	270.89	271.66
38	268.06	269	269.35	269.71	271.01	271.76	272.49	273.35	273.02	273.86
39	270.44	271.5	270.81	271.74	273.00	273.62	274.69	275.18	275.29	275.63
40	271.25	273.6	271.63	273.92	273.90	275.51	275.61	276.98	276.24	277.41
41	271.89	274.5	272.47	274.81	274.83	276.64	276.45	278.17	277.07	278.62
42	274.02	277	274.39	277.27	276.81	278.79	278.70	280.13	279.31	280.50
43-1	279.15	280	280.50	280.17	281.60	281.65	282.40	283.04	282.59	283.47
43	279.34	280.1	280.50	280.29	281.62	281.71	282.48	283.12	282.69	283.55
44	279.36	281.5	280.50	281.77	282.53	283.40	284.38	284.97	284.44	285.45
45	280.29	284	280.68	284.36	283.26	285.75	285.36	287.16	285.70	287.58
46	282.64	287.4	282.89	287.92	285.29	289.38	287.41	290.68	289.21	291.02
47	291.34	291.34	291.92	292.24	293.63	294.38	295.73	295.95	296.11	296.20

附錄二

期末報告
審查意見及答覆說明

「鱉溪河川復育方案」

期末報告審查意見及答覆說明

時間：民國 109 年 12 月 10 日（星期四）上午 10 時 0 分
地點：第九河川局第三會議室
主持人：謝局長明昌　　記錄：李副工程司恩彤
報告人：楊佳寧博士

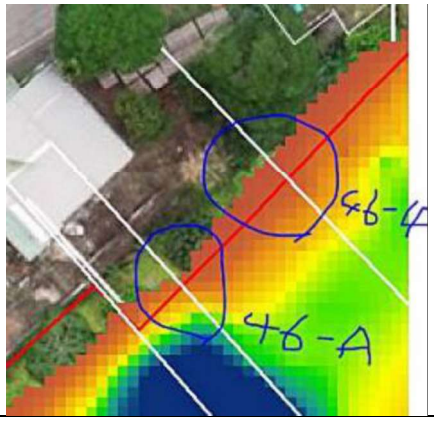
審查意見	答覆說明	章節/頁碼
一、葉委員淑綾		
1.整本報告內容豐富，規劃完善。	1. 感謝委員肯定。	
2.報告章節 1-5 提及之工作項目，包括聘請國外專家到台灣給予建議，如果最後是改為視訊會議，是否也提供會議過程記錄。	2. 感謝委員提醒。三位日本專家視訊會議紀錄補充於附錄一，並於工作項目補充說明本計畫應變之道。	1-5
3.報告 2.3 節提到平台重要工作成果，建議可將計畫名稱也整理到圖 2-1 中。	3. 圖 2-1 為說明復育脈絡，已列入鱉溪流域管理平台的成立，平台成立後的工作成果於內文中提及，就不再納入圖中。	-
4.報告第七章提到近自然工法的教育訓練及流域學校宣導與推廣，有無進一步的說明或教材內容，建議新增至報告中。	4.已於 7.3.3 節增加流域學校相關內容。近自然工法之教育訓練已納入河川局短期辦理事項，相關工法簡述於 8.3.2 節。	7-39
5.報告第八章說明特定河段的復育方案，是否也將地方社區可以參與的部分納入規劃，讓居民成為重要的參與者，如先前提到的近自然工法，有無在地實做的可能性。	5.目前豐南、永豐社區都已自發地展開社區營造工作。本計畫短期示範區工程中，將「植栽與維護管理」及「生活污水排放改善」列為社區營造事項。也可訓練在地工班施做近自然工法，傳承環境友善技術。	8-23、8-24
二、陳委員明仁		
1.短期方案有河川公地收回、河川區域變更，中期有取得用益物權。是否涉及民眾權益，需要足夠經費徵收，或是法令程序較繁瑣，會需要協調籌措經費等，讓短期二年期程不足。	1.感謝委員提醒。河川公地收回及河川區域變更尚不涉及徵收，部分用地範圍線內雖有私有地，已非保全對象。河川區域變更可能需時不只兩年，但在削灘前辦理即可。	-
2.有提到 Q50 與 Q200 溢淹範圍線遠小於還地於河線，因此若以河防安全變更河川區域是否法令可行？而若不變更現有河川區	2. 鱉溪雖然無溢淹之虞，但卻有能量集中、河相失衡及構造物受損的問題，即若水勢無法控	-

域下，區域範圍外之公私有地能否在怎樣的處理(土地使用、地形整理)下達到同樣目的？	制，仍影響河防安全。但河川區域變更僅在鄰河公有地或未登錄地時適用，私有地建議另以行政契約方式達到還地於河的目的。	
3.建議方案下，是否均注意新的水理對於固床工穩定河道能維持其作用？或整理河道維持穩定。	3.方案改造或移除現有橫向構造物，設置安定瀨區，以恢復自然瀨區的固床功能。若上游來砂不被阻擋，河床可望維持動態平衡。	-
4.文內部分「農田水利會」或「水利會」一併改為新單位名稱。摘-6「力石安全性」是否為誤植？	4. 感謝委員提醒，涉及過往作為處加「前」，不涉及處已統一改新單位名。「力石」來自日文，已加註英文 keystone 說明。	摘-6
三、廖委員桂賢		
1.本期末報告內容豐富深入，學習到許多！	1. 感謝委員的肯定。	-
2.目前既然豐南社區河段已經進行相關復育工程，可否稍為討論相關工程進行所碰到的挑戰（技術上的以及居民的反應）以及解決/應對方式，作為未來推動其它溪流復育相關工作的參考？	2. 2020 年豐南段工程係由河川局參考本計畫提倡之還石於河原則設計，但並非本計畫的成果。該工程之生態檢核過程包含居民參與，可參考公私協力計畫之相關成果。本計畫亦提供相關工法與工序說明，供後續設計與施工參考。	8.3 節
3.我理解「伏流」一詞為日文，形容地面水暫時在地下流動的現象。但為了避免誤解，建議在台灣避免以「伏流」來描述因工程因素導致地面水暫時在河床內流動的現象。原因如下：因為在台灣「伏流水」是水資源領域常用的詞，把日文的「伏流」當成中文的動詞，很容易會引起誤解，因為伏流水在台灣普遍的理解是位於伏流層（hyporheic zone）的水，伏流水是正常現象，在沒有斷流的河段之河床內也會有伏流水。所以，若在沒有交代脈絡已經過程的情況下就說「工程造成伏流」，會讓一般人（較不具備河川相關知識的人）以為「伏流」本身是一個負面問題，甚至以為伏流就是「斷流」一。 與其用一個會產生誤會的名詞，或許可用其它新名詞（例如「潛流」）來作為動詞，以描述工程因為改變河床造成的水流改變。無論如何，在描述工	3. 感謝委員建議。伏流一詞在中文(及日文)的使用上的確有二種不同的定義。一為「地表水有一段區間僅在地下流動」(地表局部斷流)，二為「地表水滲透至地下流動」(地表未必斷流)。二者皆為中性詞，並不帶價值判斷。若二者併用確實可能造成誤解。但「潛流」亦已有特定用法，有些尚且將 underflow 翻成潛流，也就是所謂的「伏流水」。本計畫使用的是定義一，並在文敘中與斷流並論，應能避免誤解。	-

程造成的斷流問題時，但即便用不同的名詞，仍建議需要把整個造成斷流的改變的過程脈絡交代清楚，就能避免誤解。		
四、楊委員昇學		
1.P4-7－P4-12 之分析結果用於本計畫在水文分析上之何處應用，其成效為何，建議補充說明。另外分析結果僅有一點低水位實測資料（已退水至基流量），是否具有代表性。該圖上之有效降雨定義為何？	1. 應用方式已說明於 p3-1~3-4，即使用於後續所有水理模擬。成果呈現於 4.1、Ch7-8。呈現低水位實測資料是為說明 KW-GIUH 尚不足以模擬洪峰以外的流量。有效降雨使用 phi=1mm，已補充於 p4-8。	4-8
2.P4-10GIUH 與 DUH 之第二段敘述：無法反應流量歷線分析結果，其理由？另報告內無 5.3 節內容，建議修正或補充。	2. KW-GIUH 與 DUH 模式本身的設計並未考慮中間流，因此「無法反映鱉溪流域暴雨後中間流之實際情況」。已修正為 4.2 及 4.1.3 節。	4-10
3.P4-14　n 值的設定敘述，與流力之紊流或渦流能量損失之關連性。建議補充參考資料之說明，或概述說明其原理。	3. 曼寧 n 值包含一切能量損失，其定義來自曼寧公式。可參考曼寧公式相關資料。已補充說明於 p4-14。	4-14
4.P4-14 攔水結構物下游方，一般為水躍，在 HEC-RAS 二維分析結果是否可呈現其現象。另外輸入至邊界條件資料為何？建議補充，是定量流或是變量流建議補充說明。	4. 如 p4-14 所述，水躍是三維現象，在 HEC-RAS 二維分析中需設定 n 值才能呈現其消能狀態。邊界條件已說明於 P4-15(變量流，正常水深)。	4-14、4-15
5.一維與二維水理分析結果，應有邊界條件，糙度係數等說明，如圖 4-15 與圖 4-22 之設定參數與表 4-7 是否吻合，若不吻合時，建議以驗證結果為主。	5. P4-16 已說明白鹿颱風驗證結果，符合模擬結果。	4-16
6.n 值設定到 0.2 可能於學理上不吻合，建議加以探討原因。	6. 學理依據請參考美國農業部「高坡降河道水流阻力係數選擇照片指南」(Yochem et al. 2014)。	-
7.建議水理分析上應有檢定驗證案例、頻率分析之模擬結果，改善前，改善中之第一、二、三期結果之比較，反應不同階段之成效。避免若缺一局部規劃設計時，所帶給全面計畫之成效降低。	7. P4-16 已說明白鹿颱風驗證結果，符合模擬結果。由於過往沒有流量站資料可供檢定，故使用現場影像驗證。	4-16
8.P8-31 斷面 44-46-B 間流速從 15m/s 降至 10 m/s，在降至 5 m/s 各階段的設計改變與邊界條件為何？從超臨界流到亞臨界流，要付出之河道底床坡降整理會有很大搬	8. 階段改變參考 P8-17。新增調整前後坡降改變如圖 8-6。全河段的坡降、河床、河岸及斷面皆有調整，見 7.1 節及附錄一。	8-17

運，是否，另外，也把河段水流問題帶到下游，是否需要全河段檢視與檢討。		
9.人為次流路構想，河川局在管理上是否會造成困擾，如養護、抬高水位水流、洪水期間河道可分流增加通水斷面，但小流量次流路淤積最後導致無水流經過，是否也為本計畫景觀規劃時所允許，或是大小平台建議之方案，建議也補充說明。	9. 感謝委員提醒，補充說明於內文。本河段在過去土砂量大時曾發展為複列砂洲。岔流處設有丁壩協助維持次流路。規劃目的為復育，故以不養護，任其自然演化為原則。日後若自然淤積，也沒有問題。	8-18
10.在斷面 46-5 至 46-B 有岩盤露頭，在右岸設置丁壩工，不是合適工法，建議河川局要謹慎。	10.斷面 46-B 上游已有天然岩塊丁壩，本規劃加設一座砌石丁壩以保護右岸階梯下方的平台。近自然砌石丁壩之工法見 8.3.2 節。	8.3.2 節
11.上游林務局或水保局設置攔砂壩後對上游河道基腳有穩定作用，一旦拆除後，砂量往下游輸砂，大量來砂後，可能也會造成基腳穩定問題。因此，計畫成效建議亦可將情境優缺點提出說明。	11.如 Ch3 及 Ch5 所述，鱉溪現在的問題是下游嚴重缺砂導致河床下切，因此設定「防砂設施改善」策略，讓土砂無害下移。	-
五、陳委員明杰		
1.3-15~3-17 頁詳細說明鱉溪流域的原生種及外來種魚類。然而，似乎尚缺水生昆蟲及水生植物等地說明，建議蒐集區域內的水生生物資料，及探討其與鱉溪水生生態復育的關聯。	1. 本計畫指標物種係配合生態復育小平台之決議，並採系統復育思維。為復育原生種魚類，需改善整體物理棲地，包括重建卵礫石護甲層、瀨區及岸邊緩流，這些皆有助於水生昆蟲及植物的復育。	-
2.5-32 頁，由流域崩塌面積推估天然產砂量平均每年約 8.79 萬 m3。5-21~5-26 頁說明歷年來河床縱剖面高程變化。由歷年河床縱剖面及橫斷面的變化，河岸及河道的沖刷量可能有多少？建議補充說明。	2. 感謝委員建議。由於開發過程尚包含人為挖掘深槽、填高灘地，及前水利會挖河道土砂堆置土堤後流失等等因素，較難估計沖刷量。表 7-3 粗略估算從現況回填至目標床面所需的總填方量(>46 萬方)，可視為過去 20 年之沖刷量。	7-9
3.表 7-3 與表 7-7 的填方量似乎不一致？請再檢核。鱉溪河道分成六個河段，棲地復育施工期程，短期內界點至池豐大橋先實施，該河段尚需填方 2.3 萬 m3，請補充說明填方來源。其次，中期方案包括三個河段，分別於第三年至第五年實施河段棲地復育，請補充說明三個河段三年內填方量	3. 表 7-3 為填高至目標床面之填方量，表 7-7 為經削灘調整後之結果，削灘過程中會整理地形，故略有差異。短期示範段需較多填方，來源說明於 7.1.2 節及 8.2 節(上游來砂、混凝土殘塊、挖掘次流路、流域外疏浚)。	7.1.2 節 8.2 節

的調度安排。	中期三個河段亦同。秀姑巒溪主流多個河段尚有疏浚需求，目前評估填方來源應不成問題。	
4.本計畫擬建議使用全斷面魚道、曲線斜堰、石梁工等等工法，於鱉溪河道物理棲地復育。依據鱉溪的河道及流況特性，請補充說明其可行性，以及國內相關的成功案例。	4. 根據 8.4 節評估，河相調整後河道內能量均布，方可實施砌石近自然工法。該工法在台灣尚在發展階段，故安排施做前之教育訓練。	8.4 節
六、曾委員國柱		
1.河道放寬方案提到《河川區域劃定及變更原則與審查要點》第十三條，該條目原意是用作河防安全設施，而非留給河川行走空間，立法意義不完全相同。	1. 感謝委員提醒。由於建議還地於河的用地是河川沖淤變化需要的空間，可考慮比照囚砂區的概念，視為必要設施。	-
2.造林和保育有其前提條件，鱉溪全河段是否符合造林條件，再請林務單位表達意見。另水利署過往推行的在地滯洪，在地役權部分也遇到許多障礙。	2.經查民法中的農育權並未限定保育或造林的前提條件，僅為供役人與需役人之間的協議。	
3.根據報告結果有部分寬深比達 30、40 甚至 100，但就河川工程或應用河川形態學等學理角度而言，很少會大於 40，但以鱉溪情況不應有這麼大的寬深比。	3. 經查報告中 Q2 寬深比並無達到 100，所設理想範圍 25~50 屬沖積河谷段交互砂洲正常之生成範圍，還請委員諒查。	7-40
4.護岸評估表格多是採取移除方式，建議可以把各情境洪水的水位高程展示出來，有利於了解影響範圍及評估困難度。	4. 感謝委員建議，各斷面各情境洪水的水位高度已列於附錄一。	附錄一
5.關於曲線斜堰的設置有無使用原則，可作為後續配置參考。	5. 感謝委員建議，相關原則可參考 5.1.3 節。	5.1.3 節
6.報告中舉例鳶山堰的率定曲線，但鳶山堰規模相當大，目的為公共取水而非農業取水，建議可採用其他案例或移除該圖。	6. 遵照辦理，已移除該圖。	7-48
7.鱉溪地區的灌溉取水與平原地區不同，是屬於階梯形河道的取水方式，故在變更取水堰時，也會對農業取水造成影響。	7. 本計畫僅改變取水堰的形式，並未減少取水口，河相調整後更有利於重力引水。	-
8.可於報告中，加強論述與農試所合作的省水稻栽培。	8. 遵照辦理，已強調河川局已媒合農業試驗所，於鱉溪永豐社區試辦智慧水管理之水稻栽培試驗，並將農試所納入配合機關。	7-49
9.46-B 斷面要設置人工構造物可能會有困難，而該處的河川區域規劃些微放寬，可能導致太接近 23 線公路，是否真有其必要應再做考量。	9. 示範區的丁壩採近自然工法，工班需經過訓練方能達到預期效果。河川區域放寬範圍仍位於公路下方平台，屬未登錄地，主要考量平台在 Q50 時可溢	圖 8-8~圖 8-11 表 8-1

	淹，建議依變更審查要點沿高崁劃設河川區域線。  	
10.構造物在短期示範或中長期規劃都會有上下游的連動影響，整體河防安全及溢淹情形應有整體評估	10.相關評估見 7.1.7 節及 8.4 節。	7.1.7 節 8.4 節
七、黃委員郅達		
1.「河川廊道」名詞定義於 p.5-10 已有論述，為後續使用「歷史廊道」之名詞，惟恐與生態廊道混淆，是否有必要更改為「歷史河川廊道」？	1.河川廊道及歷史廊道係均沿用 108 年水規所河相手冊的用法，並於報告中說明歷史廊道的意義(5.2.1 節)。	5.2.1 節
2.鱉溪所屬「秀姑巒溪水系治理計畫(第一次修正)」109 年 9 月 8 日經濟部核定公告，故 p.7-25(五) 內文請配合修正。	2. 感謝委員指正，已修正。	7-23
3.本次放寬河段，因已有法源依據，建議優先列為復育方案用地。	3. 感謝委員建議。目前新紅線範圍內已視為河川可沖淤變動的空間，作為復育用地。	-
4.所謂「還地於河線」如再次放寬河道(河川區域線外)，雖引用民法「用益物權」，惟水利單位需以何種行政法依據方得以執行？	4. 建議河川區域外的私有地，使用行政程序法 137 條，與人民締結行政契約。	7-31
5.又河川區域內之私有地，水利法已有管制開發，仍負給付義務？	5.考量除公有地或未登錄地之外，綠線會依紅線劃設，故針對還地於河線與紅線之間的私有地，建議締結行政契約。河川局對紅線內的私有地已不負保護義務，但若因削灘或撤除保護而損及其權益，仍建議透過行政契約達成補償之協議。	7-30、 7-31、7-36
6.「換地」方案尚無先例。	6. 敬悉。是否可嘗試透過平台協商換地的機制創造先例。	
7.建議再加強論述需再次放寬「還地於河線」之必要性及迫切性，檢討改列為長期方案，短中期則仍以紅綠線內土地為考量。	7. 遵照辦理。已增加說明對鱉溪復育及防災治理而言，還地於河線的目的與意義。新增表說明建議取得用益物權的地號與可	7-24 7-56

	能影響。內文新增還地於河所需的行政作為，可視需要提前或延後辦理。	
八、黃委員承燧		
1.第八章安全性檢核請補述施工中(是否設鋼軌樁及深度)、完工後之既有構造物(例如池豐橋上游既有擋土牆、46-A、46-B 右岸既有構造物)，及乾砌石護岸(46-B 丁壩)之安全性檢核成果及檢核時的條件。	1. 由於 46-A、46-B 右岸尚有一5~8m 寬平台，其後方才是既有擋土牆，而規劃施做範圍僅涉及平台外側及植栽的調整，因此不會動到後方擋土牆，建議不需設鋼軌樁。池豐橋上游既有擋土牆之處理參考圖 8-24、8-25。46-B 丁壩在完工時與河床面順接，經自然沖刷可形成潭區(圖 8-8)，力石安全性檢核參考 8.4.3 節。	圖 8-8~圖 8-11 圖 8-24、8-25 8.4.3 節
2.前述河段之既有水利構造物非本局施作，本局亦無相關圖資，請補述報告內擋土牆的形式、入土深度等等是如何推估或取得資訊。	2. 池豐橋上游擋土牆是依河川局提供之設計圖繪製。46-A、46-B 右岸擋土牆並無取得圖資，唯工程也不會動到。	-
3.建議應於河床填高至目標高程，重建河床骨架且穩定之後，再考量既有構造物的處理，所以建議報告內的兩年內計畫應再細分，且河床高程及骨架的改善不宜只考慮池豐橋上游段至 46-B，這段抬升河床高程並在大水之後很可能就往下游平衡，所以應在全河段刷深情形有改善且經大水自然營力的平衡後，方為穩定的現況條件，可去執行後續既有構造物處理。	3.感謝委員建議。8.3 節建議的工序僅供參考，主要目的是避免既有構造物形成弱面而影響新骨架的安定。全河段的河床高程與骨架之重建，敘述於 7.1.1、7.1.2 節。骨架正確重建後不會那麼容易流失(見 8.4.3 節安全檢核)，但若在未以砌石工法形成骨架前，是可能因跨越汛期而流失部分填河床的料源，雖然下游也缺砂，但畢竟是一種耗損。故實際施工期間建議不超過 2 年，以減少對河道的擾動及跨越汛期的風險。	7.1.1、7.1.2 節 8.4.3 節
4.土方坡面 1:1 太陡恐無法穩定，建議至少 1:2 或更緩並納入第八章的安全性檢核。	4. 感謝委員建議。規劃土方坡面配合鋪石或柵工護岸施做，坡度以 1:1 為上限，可能的話可更緩。於 8.4 節說明流速 5m/s 以下可使用自然塊石之砌石及鋪石護岸，流速 4m/s 以下可使用柵工護坡。	8-29 8-33
九、工務課 洪正工程司武雄		
1.建議下游側護甲層優先填高，從 46B 到池豐橋提升兩岸穩定度。	1. 感謝委員建議。考量安全與穩定，規劃工序如 8.3.1 節。	8.3.1 節

2.施工期若發生洪水事件需事先擬定對應策略，如鬆散填方需夯實。	2. 感謝委員建議。另已建議將塊石拋置坡腳作為保護工。	8.3.1 節
3.拆除擋土牆應分次做支撐，增加安全性。	3. 可視需要分次施做。	-
十、水土保持局花蓮分局陳兆鈿		
1.涉及本分局主管業務，本分局將考量納入相關計畫內研議辦理。	1. 感謝貴分局協助。	-
十一、農田水利署花蓮管理處		
1.農用水之需求導致鱉溪設置了許多取水口，希望不會影響到取水。	1. 敬悉，規劃並未減少取水口，河相調整後應更有利取水。	-
2.針對用水管理精緻化，處長已交代進行試辦，紀錄用水量。	2. 感謝貴處配合。	-
3.攔河堰及固床工打除將請富里站進行審慎評估，若有需要如報告中所說的設置曲線斜堰，也會再向局裡爭取。	3. 感謝貴處配合。	-
十二、花蓮縣政府農業處		
1.有關蚊仔洞橋改建涉及土地權屬問題，將再與九河局配合，並將意見帶回與長官研議。	1. 感謝貴處協助。	-
2.過水橋路面改善煩請團隊提供座標，我們會再查看。	2. 感謝貴處。報告中所示處： TWD97:279676,2559696 (過水路面) TWD97:279867,2559328 (橋孔受阻)	-
十三、謝委員明昌		
1.期中時有提到復育方案的效益評估，並提出是否能用生態系統服務功能進行探討，但目前看起來著墨較少，是否再請團隊說明。	1. 遵照辦理。已補充於 6.1.2 節，其中文化服務增加鱉溪活動與作品紀錄，包含以鱉溪為創作背景或舞台的文學、畫作、電影、歌曲、戲劇作品等。	6-4、6-5
十四、李恩彤副工程司		
1.請團隊提供本案所模擬各頻率年原始檔，包含成果報告書照片、簡報及圖層 shp 檔。	1. 遵照辦理，將納入成果光碟。	-
2.建請補正 23 座橫向構造物權屬單位，作為後續執行依據。	2. 遵照辦理，已補充於表 2-2。	2-16~2-18
十五、結論		
1.非常感謝各委員提供寶貴意見，請中興團隊針對委員意見回覆或修改。	遵照辦理。	-
2.本案期末報告書原則認可，請依結案日期提送成果報告。	遵照辦理。	-
3.為使鱉溪流域管理平台後續推動復育有所依循，請另提供摘要本，類似鱉溪復育的綱要計畫(本項非結案要件)。	遵照辦理。	-

附錄三

第三次工作會議 會議記錄

「鱟溪河川復育方案」

工作會議會議紀錄

一、時間：民國 109 年 11 月 17 日（星期四）上午 10 時 0 分

二、地點：第九河川局

三、主持人：謝局長明昌　　記錄：李副工程司恩彤

四、出列席人員：

五、主席致詞：(略)

六、受委託單位簡報：(略)

七、意見：

(一) **林管處**

1. 有關本處要配合的地方就是女鬼瀑布及中溝地區的野溪，本處歷年來收到許多地方居民的陳情，所以在那邊執行了幾次工程，這次希望本處配合處理過往施作的抑制土石工程或護岸工程。
2. 報告中提到鱟溪流域中下游土砂流失，而經過上週空拍所知，上游多是岩盤地形，因此推測在中溝流域地區土砂料源本來就不多。
3. 本處願意在明年防汛期前進行降壩。
4. 另外，請問是否需要本處啟動一個整體的配套規劃評估，同時也委託專業團隊與地方進行溝通。希望規劃團隊再給我們一些建議。

(二) **農水署花蓮管理處**

1. 以前都用大石頭作為攔水壩，但現在大石頭越來越少只能用砂石去做，大水來就容易被沖掉，因此也沒辦法做溢流口，否則水一沖就沖掉了。
2. 在第二年的規劃中把攔河堰改成曲線斜堰，若以取水灌溉的角度來看，會希望做比較強固的、一勞永逸的構造物。牽涉到轄管單位的權責，現在多以臨時性土堤取水工代替。

(三) **水保局**

1. 很漂亮的整套規劃，沒有什麼意見，就是一點提醒，希望在報告出來前可以先跟地方民眾說明，每個區段要說明的對象都不一樣，像是花蓮管理處在規劃改建時也會影響農民用水。

2. 報告寫的武斷一點無妨，後續才有執行的依據。
3. 要在整個規劃時就讓民眾知道，而不是在要去做的時候才跟居民說明。

(四) **花蓮縣政府建設處**

1. 蚊仔洞橋、過水橋是71年竣工的，屬於農業處管轄，每年會進行檢測，目前都是堪用狀況，這些都是農民的必經路橋，改建時需要跟農民做溝通。
2. 目前這種埋設管涵的方式，都是屬於比較老舊的，若改建的話主要還是面臨經費問題。
3. 兩座過水橋和蚊仔洞橋改建時的權責也都是農業處。

(五) **富里鄉公所**

1. 報告第38頁提到要將擋土牆打掉，是不是要跟民眾多加說明，因為民眾可能會有很大的安全疑慮。
2. 過水橋的改建我們樂觀其成，如能改善成像四萬十川的沉下橋當然很好，但主要還是經費的問題。
3. 關於橋梁興建，當時我們是申請河川公地，詳細興建的資料查不到了。過水橋是銜接農路的，可能是鄉公所興建，由上級農業處補助。

(六) **工務課**

1. 示範區有無更詳細的縱斷面圖可以參考？
2. 護岸移除和戲台打除，如果要打除的話需有安全評估，才能跟民眾說明。
3. 池豐大橋右岸的部分會做緩坡處理，可能會碰到橋台。
4. 建議視現在的改善工程成效，再評估後續的施作。

(七) **管理課**

1. 會把劃設綠線的建議帶回去管理課，相關業務配合辦理

(八) **規劃課李副工程司恩彤**

1. 建議呈現規劃前後坡度對比。
2. 丁壩在本案採用非水泥的方式建造，工法建議列出，另外如曲線斜堰或塊石在超過使用年限或被洪水沖掉後，可以做為河床或護甲層，這樣的想法與規劃可納入報告。

3. 構造物經檢查若未到需拆除的地步，建議可以打毛或使用其他方式，達到增加粗糙度與消能的效果。

4. 希望能評估丁壩該以什麼樣的方式施作。

(九) **規劃課黃課長郅達**

1. 最上游第一支和第二支構造物要拆，需釐清誰要去執行，要請教水利會是否認定為水利會的財產，若不是則河川局會一併處理進行拆除，若仍認為有取水功能則要適時提出想法，否則就會列入行動方案執行。

2. 工務課提及安全評估的問題，在進行構造物拆除時都會有所疑慮，建議規劃階段性的作為，如在河床填淤到多少高程後才移除擋土牆，並需有相對應的安全評估。

3. 地號183在紅線範圍之外，也可以建議納入綠線內，但綠線內只能現況控管不能徵收，因此無法達到換地條件。建議要有步驟策略，先進行次流路的改建，主流會迫近183地號產生風險，在不設置堤防的前提下，納入調適計畫內，後續修正與調整治理計畫，可以列入後續建議方案。

4. 池豐橋以下中長期要如何處理，比如說有提到要削灘，但不知道是在哪個河段進行削灘，有無可能給予明確建議。

5. 42-C攔河堰目前納入農田水利會第三年的處理方案，這部分也要跟池豐橋上游工程互相搭配。

(十) **謝局長明昌**

1. 非常謝謝各單位願意配合河川復育方案，各單位的建議與補充，再麻煩團隊調整修正，並放入報告。

2. 民眾有時候會以為我們的規劃很快就可以實現，但實際上其實是需要一些時間的，這部分需要向民眾說明清楚。

3. 現在復興橋上游的高灘，針對大面積高灘地的處理需要原則性的建議。

附錄四

第二次工作會議 會議記錄

「鱉溪河川復育方案」工作會議會議記錄

一、時間：109 年 09 月 17 日（星期四）上午 10 時 30 分

二、地點：第九河川局第三會議室

三、主持人：謝局長明昌　　記錄：李副工程司恩彤

四、出列席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、受委託單位簡報：(略)

七、討論意見：

(一) 規劃課 黃郅達課長

1. 針對社區之期待，我個人認為能先有一處的削灘，並取得該河段土砂平衡，取之於河用之於河。
2. 針對斷流問題，是否考量營造深潭作為庇護所，或是以滯洪池方式實現。
3. 關於減法工程提出以下幾項討論

(1). P10：非工程方案中提及遷移、換地，在國內較無實際案例，目前都市計畫區內通常是用容積移轉的方式辦理，另外若已被劃在河川區域內就應有風險承擔的概念，可限制低度農業使用，但可能難達到換地的目標。

(2). P 16：還地於河線超出紅線範圍，需要有更明確的依據。

(3). P 23：農友對省水稻最大的疑慮在於乾濕交替時可能會長草，以及耕作成本增加，需再透過訪談等方式掌握實際狀況。

(4). P 27：針對建議收回之公地是否給予明確地號，收回之後要自然演替或進行削灘也可以一併說明，並提出學理科學依據佐證削灘之必要性。目前正在進行河川區域線勘測，若放寬須提出相關依據。

(5). P 32：戲台拆除對民眾與機關可能會有疑慮，一是未達使用年限即拆除，二是若未來致災則必須承擔部分究責，是否考量使用掩埋等方式增加表面粗糙度，取代直接拆除。

(6). P 29：46-B全斷面拆除是否太快，是否考慮分階段開口處理，並可將堰口開在母岩處。

(7). P 36：藉由取得用物益權所取得的土地，使用的目的是什麼，是否先利用紅線範圍內的土地進行削高灘或設置農塘等作為。第一道攔河堰攸關哈拉魚是否上溯，可與水利會協調，或是運用河川環境管理

手段進行堰體改善。

(8). P 37：針對「護岸上部移除，下部填埋」造成之安全疑慮，需要再審慎考量。

(二) **工務課 黃承焌課長**

1. 河川復育前提是河防安全無疑慮，應評估橫向構造物拆除是否影響既有構造物安全。
2. 簡報提及6個短期方案是否可以再細講。
3. 目前只提出蚊子洞橋有改建需求，但過往計畫曾提出池豐大橋為老舊橋梁，該橋樑是否也有安全疑慮？

(三) **工務課 林政瑜副工程司**

1. 第31頁短期方案中46-A固床工，目前已進行拋石，確認是否再做70公尺的全斷面魚道？
2. 詢問46-B處理方式，該如何與46-A界接
3. 第32頁豐南護岸改建，預期削減右岸護岸，鄰房土地是否也要還地於河？連接到擋土牆時是否將形成陡坡？

(四) **管理課 林馳源工程員**

1. 針對過度時期水利會的臨時橫向構造物有什麼建議。
2. 分享過往水規所上課經驗，可用租約方式將私人土地劃入，農民仍可以利用，但洪水來臨時則作為滯洪池使用。
3. 宜蘭水利會已建立水門智慧管理，可遠端遙控啟閉，提供參考。

八、綜合決議:

1. 本計畫提出許多執行方案，很多事項需要相關單位要一起配合，應界定涉及之相關單位權責。
2. 目前短中長期方案已界定，同一項目中的各項工作期程需再做細分。
3. 目前紅黃線已公告,綠線仍有機會調整,需要放寬的部分可以明確建議出來。
4. 關於借鏡日方學者近自然工法,就目前台灣而言,較缺乏相關規範作為依據。
5. 安全方面問題需要特別注意。
6. 釐清橋梁改建之權責。

附錄五

台日交流工作坊 會議記錄

「鱉溪河川復育方案」中日交流工作坊紀錄

一、時間：民國 109 年 09 月 17 日（星期四）下午 1 時 10 分

二、地點：第九河川局第三會議室

三、主持人：謝局長明昌　　記錄：李副工程司恩彤

四、出列席人員：

五、主席致詞：(略)

六、受委託單位簡報：(略)

七、交流意見：

(一) 日方專家針對堰的改善、護岸改善、瀨區形成進行經驗分享

1. 前言：近自然河川工法理念

(1)瑞士蘇黎世州：近自然工法指各種工程施作時，盡可能避開會影響動植物棲息空間的地方，並且應該為動植物增加棲地。

(2)德國巴達利亞州：應該保持並繼續發展河川生態系統的各種連結。

(3)主要方針：A.不要太整齊，保持樣貌多樣 B.正視既有的問題 C.避免不透水區域擴大 D.生物棲地應從據點擴大形成網絡 E.維持自然的機制或動態機能 F.環境交界處要保存 G.盡量採用適合當地的原生植物 H.如果損傷到自然環境要進行補償。

2. 堰的改善

近自然工法共同理念：回復原本河川自然的狀態。

以攔河堰來說，應做到不干擾土砂與生物移動，又可以滿足農業取水需求，應盡量依照自然地形並使用有孔隙的材料進行設計。

仁淀川的例子是直接在深潭處設置取水隧道進行取水，不造構造物而是直接利用天然地形。日本學者有針對曲線斜堰進行水理實驗，水流可以透過堰體的弧度而分散，對構造物而言較安全。

物部川山田堰屬於木工沉床的構造，利用木頭做成格框，一層一層填入粒料，變成一個張力結構作為堰體。木格框等柔軟材料的好處是能隨著河床升降有所調整，土砂也較易向下運移。木工沉床的技術不限用於堰體，也可以使用於護岸，在國土交通省多自然造川手冊中，規範了一些細項包括木頭粗細端擺放的位置，固定格柵時如何才能依循河床升降而彎曲。

遙拜堰的改建在河道中營造出瀨區，並利用砌石古法進行修復。岩岳川篠瀨堰堤保留原構造物，而在下游砌石做成緩坡。俱登山川例子則是在

堰體中間切一個口，往上游做緩坡，以利魚類上溯。

3. 護岸改善

針對自然河岸復育進行相關說明。

第一個遠賀川的案例是運用覆土進行河岸復育，會在覆土上插柳枝，並施作柴枝柵工，利用綑綁的柴枝製作成柵，保護基腳。案例中的右岸去除混凝土，左岸則是保留，比對植生生長情形。

圓木組工的案例是用於上游急流河川的護岸，護岸基礎用綑綁乾枯柴枝保護避免局部掏刷。

卵石柴枝工是日本的傳統工法，用卵石結合柴枝工，分成三層由下而上分別是細土、柴枝、卵礫石。

日本傳統工法的竹蛇籠，拿來做魚道或是護岸都可以，即便被沖壞也不會形成廢棄物。

接下來瑞士特斯河的例子是用丁壩保護河岸，丁壩的結構物一直延伸至河岸背後十多公尺，再覆土回河岸位置，為避免基礎受損，也會利用柳枝進行保護。大水來襲時，會有天然的崖狀地形出現，對傳統工程人員而言可能會覺得很危險，但對部分鳥類(如翠鳥)而言卻是很好的棲地。

四万十川的位置因為靠近河口而有波浪，一開始希望全部用混凝土，但仍希望保有一些棲地的功能，後來決定使用較低矮的丁壩。施作後出現淤灘，整體形態變得不一樣了。

接著是流速較快的區域，需要較高強度的保護，但為了顧及植生生長，在護岸頂端做出缺口並覆土，使植生能夠在此生長。

最後一個例子，因為右岸原本是混凝土護岸，造成河床大幅下切，因此在護岸前利用混凝土的殘塊做出了丁壩，並利用麻袋裝土並插枝，10 年後可以看出植生生長狀態良好。

4. 瀨區形成

初期利用比較大的石頭形成骨架，河川會用自己的力量做出真正的瀨區，也期待能發揮天然固床工的功能以防止下切。

在河川上中下游會有不同形態，在上游時，一個蜿蜒區間可能會出現好幾個潭瀨，到了中游後，一個蜿蜒區間的潭瀨是交替出現的，而到了下游，瀨區並不會出現水波。在鱉溪是屬於中上游的瀨區型態，同時也會有混合存在的型態。

越往上游河床質越大，常用的分段型落差工或石梁工並不是唯一一種瀨的形式，通常用近自然工法營造瀨區時，會先觀察這個地方會形成哪一

種瀨，才進行營造。營造瀨區時應注意石塊大小、水流樣貌是否符合河道需求。

接下來將介紹兩種案例。首先關於河床材料粒徑，若觀察自然的瀨區會發現，瀨區主要是較大石頭聚集的地方，會由不動的大塊石與會動的卵石共同組成，有些瀨區會橫跨整個河道，而到了中游大塊石的數量將減少，則會形成沒有跨越整個河道的石組。依照這樣的原則可以製作出瀨區，先安置較大的石塊，再在周邊放置小粒徑的石頭，放置方法與分散型落差工相似，最後再經過洪水力量就會形成自然瀨區。

河道中若建護岸，水流會沿著護岸而形成較大流速，並造成嚴重下切，直線段的護岸很常看到這樣的情形，整體流路都會靠向護岸，從剖面圖也可以看出，增加護岸後，使得護岸本身及上下游地區河床都被刷深，一整個河段的潭瀨都會受到影響。為解決這樣的問題，一是避免水流直接碰到護岸，二是設置一些構造物避免水流直線流動，例如設置丁壩。

丁壩的前端會形成潭區，潭區形成後，下游會跟著形成瀨區，所以不論是直接利用分散型落差工營造瀨區，或是先營造潭區，都可以達到營造潭瀨的效果。

(二) 日方學者意見與想法

1. 福永先生

日本在 35 年前受到瑞士的啟發後，也開始做了許多丁壩，雖然日本傳統工法也有，但瑞士所使用的大多是較低矮的越流型丁壩。一開始會先用水工模型並到現場試做，丁壩的形狀、高度有一點更動都會對水流造成影響，因此施作前需要有謹慎的評估設計。

2. 西山先生

鱉溪計畫以流域為尺度整體規劃，這即便在日本也是很難看見的，很期待後續的結果，也會在日本幫忙宣傳。

3. 有川先生

相當贊同為了讓河川能自由沖淤，而願意減少人工構造物。在日本也會談還地於河，但很多時候因為遇到私有地的問題或是有保護對象，導致最後真正能成功的案例其實並不多。

日後在鱉溪復育方面，要相當注意用來填河床的級配，可以使用的材料來源包括上下游天然土砂、削灘後的構造物殘塊等，一般而言使用的石

塊越大，越容易保持河床河岸的安定，但過大的石塊河川帶不動，便無法藉由自然營力完成塑形，因此級配的選定將會影響後續維持的程度，過大或過小都不適當。

(三) 台日交流提問

1. 規劃課 黃郅達課長

問：關於級配回填河床，有沒有可能因為回填而造成伏流水？

答：回填之後如果沒有用比較細緻的土砂回填形成水密層，一開始可能有些許伏流的現象，但大水沖幾次後就沒有這個問題了，通常不會特別做不透水層，如果施工時期是在旱季，就要特別留意表層的水密。在瑞士的案例，他們會先做一個黏土層，上面再回填土砂。

2. 規劃課 李恩彤副工程司

問：今天分享使用自然材料的案例，是否都有經過洪水演算？

答：今天分享的案例，如果是用於河防安全的構造都有經過流速的檢核，若是純粹用於瀨區營造的就較不一定，因為瀨區營造本來就是希望有各種不同的情況，通常只針對不動的大塊石進行檢驗。

問：竹蛇籠是否適用於鱉溪？

答：竹蛇籠是非常傳統的工法，混凝土拿掉後，必須在根系長好前保護邊坡安全，在竹蛇籠的使用年限期間就可以讓植生生長，而且竹子應該到處都有，如果鱉溪也有的話或許已也可以拿來使用。

問：短期方案使用削灘的方式，有無相對應的建議？

答：削灘時也需要考量到潭瀨位置，避免削到瀨區形成的位置。(基本上每個斷面在規削灘前，都會詳細檢視，判斷削灘位置與量體)

3. 工務課 林政瑜副工程司

問：簡報 15 頁案例中將構造物移除的優缺點？

答：簡報 15 頁案例中，左岸因為有停車場較難移除混凝土，所以使用覆土植栽的方式，右岸則有移除混凝土。左右岸植被樣貌有差，但在案例中面對洪水效果差不多。此處流速也較低，不會造成太嚴重的沖蝕。為保護基礎也會放柴枝工。

問：水面下的丁壩有什麼優缺點？

答：關於簡報 23 頁的丁壩工，隱藏式指的是高度做的比較低，且上面有覆土不會直接看到丁壩本身。丁壩之間坡度比較平緩，促進淤

積，挑流效果較不顯著，整體而言水際線起伏不會太大，若提高丁壩高度會有不同效果。簡報 24 頁的礫石灘，對生物而言是相當必要的環境，在四万十川的例子中，當初是為了復育一種生長於灘地的禾本科植被而營造裸灘。裸灘在小洪水時會被淹沒，裸灘的石頭便隨著洪水不斷更新，對生物而言也是其中一種棲地的型態。

4. 謝局長明昌

問：關於第一座攔河堰拆除與第二座攔河堰營造全斷面魚道，使否能給予建議？

答：當有一連串壩體時，該從上面拆起還是從下面開始，是相當值得思考的問題。下游的溝造物影響魚類上溯，上游的則影響土砂運輸。贊同計畫拆除第一座攔河堰與營造全斷面魚道，但許多考量是在細部設計及施工時才會發生的重要事項。

(四) **日本學者心得與總結**

福永先生、西山先生、有川先生都是受到福留脩文老師的啟發，也希望能把這樣的工法與精神在鱉溪實現。引用一句福留脩文老師的話：「要好好的觀察河川，不只看河川，也要看森林看河谷看大海，因為河川把這些都串聯在一起。」希望今天提出的建議與事例能對鱉溪河川復育有所幫助，未來有機會也希望能夠來到台灣，到鱉溪現地一同思考未來該怎麼做。

八、綜合決議：

(一)各與會單位倘有建議，可另提供書面意見。

(二)請團隊依研討交流意見，進行彙整分析，評估本案後續可精進面向。

附錄六

期中報告
審查意見及答覆說明

「鰲溪河川復育方案」

期中報告審查意見及答覆說明

時間：民國 109 年 08 月 06 日（星期四）下午 01 時 00 分
地點：花蓮縣富里鄉豐南社區活動中心
主持人：謝局長明昌　　記錄：李副工程司恩彤
報告人：楊佳寧博士

審察意見	答覆說明	章節
一、陳委員樹群 1.1980 因為上游大開發造成新的剖面，可是新的剖面與原本的剖面平行，一般崩塌造成的剖面應該較為平緩，因為淤積的河道粒徑會變小，坡度一定是變緩的，研判可能是因為當時河幅遠比現在寬才造成坡度沒有增加，可呈現河幅變化共同討論，有可能 1980 年代河幅非常大所以單寬流量變小。河幅變窄的當中，會有大粒料落淤，應留下大石頭，因此還石於河有其道理在，保留石頭以維持其坡度。	1. 感謝委員提醒。可能由於 1980 之前為集水區全面開發而非一般局部崩塌，故縱坡沒有局部變緩，整體坡降比現在略陡，符合 Lane 平衡的預期。1980 河寬確實較寬，致剪應力低。目前河床仍有早期大石，但缺乏中間粒徑河床質，是未來還石於河的努力方向。規劃床面也會確保維持平均縱坡。	
2.最上游攔河堰是一個不動點，池豐橋也是一個不動點，一個做法是把它降下來回到自然狀態，不然就要改變想法，調整潭瀨結構，一般來說河寬六倍處有產生一個自然潭，短期內若人工構造物無法改變，可能要想辦法利用人工構造物創造出一個自然潭。	2. 感謝委員建議。最上游 46-B 攔河堰原為天然潭區，故規劃移除使其回到自然狀態，並於下游營造河床骨架(瀨區)。目前構想為重建骨架，以利潭區自然形成。瀨區(潭區)間距設定為河寬之 6-10 倍。	
二、葉委員淑綾 期中報告規畫完善，說明清楚，以下幾點建議提供參考。	感謝委員肯定	
1.第二章回顧與本計畫有關之前期鰲溪規畫與計畫，除了條列和摘要整理計畫內容之外，建議可進一步論述分析，進行觀點評述，可以根據目前鰲溪復育願景與目標建構來說明前期計畫著重的面向與忽略的面向，不同單位在治理願景上的異同，以更突顯目前鰲溪治理典範的轉移，以及目前所設定之願景的重要性與意涵。	1. 感謝委員建議。已於 2.4 節補充介紹前期計畫之觀點差異，作為流域管理平台成立的背景，並說明平台的分工目的即為納入前期計畫著重與忽略的各種面向，以突顯鰲溪代表的治理典範轉移。	2.4
2.報告書中從歷史圖資和鄰近空間尋求理想河相的可能樣貌，建議也可進一步從平台討論的內容記錄、或透過訪談居民，或	2. 感謝委員建議。本計畫雖未包含訪談、舉辦座談會等工作項目，但有定期參與平台會議，報告計畫	

舉辦座談會等方式，來進一步了解在地居民希望恢復的過往鱉溪充滿生命力的模樣究竟是什麼樣的模樣？探問在地居民可以如何作為來一起恢復鱉溪的生命力？讓公民參與也在鱉溪復育願景和目標建構上有所貢獻。目前鱉溪河川復育過程中在地居民或地方公民如何參與，建議可以進一步整理和論述，未來鱉溪復育方案規畫如何進一步引導和帶領公民參與，以及未來鱉溪復育相關的量測方法與作為是否可邀請地方居民協力，也可以進一步規畫。	進展並了解居民的看法。例如上次工程小平台會議，有居民提議若有土地流失疑慮，應善用平台解決，不要隨便找民代要求做工程。也有NGO 代表提議應調查鱉溪河岸原生植被，作為後續護岸改善的種植對象。這些都是居民可以參與鱉溪復育的具體作為，未來將由公私協力計畫繼續推動，本計畫也將與該計畫密切配合，將相關成果納入復育規劃。	
3.p.8-1 特定河段復育方案規劃中，提到鄰近吉拉米代聚落與吉哈拉艾文化景觀區，周邊有豐年祭舞場、小天祥等特殊文化景觀，賦予鱉溪特殊且重要的意義。有無可能進一步說明這些特殊且重要的意義是什麼，或是更具體說明這個特定河段生態、生產和生活三生有幸的可能內涵？例如描述阿美族人在日常生活或傳統祭儀脈絡，與鱉溪的緊密相關性，像是阿美族人百年水圳、年度 ilisin 豐年祭儀、頻繁實踐的 Paklang 儀式，可以呈現族人社會文化和周遭溪流環境的密切關聯性。也可以描述在當代的現實環境中鄰近居民與鱉溪的關係，期望透過復育過程帶來哪些好的轉變？建議對這個特定河段的生態及文化課題再多加描述，目前「鱉溪河川復育方案」相關的河相專業建議，協力洄瀾風進行一些公私協力活動，或許洄瀾風透過會議、活動或工作坊和地方人士互動的經驗，和對地方文化生態議題的討論與反思，也可以多少整合到這個計畫對特定河段復育方案的規劃中。	3. 感謝委員建議。過往吉拉米代部落的豐年祭有 Paklang 儀式，不同年齡的青年會下鱉溪捕魚，獻給部落耆老，是象徵豐收的重要儀式。目前由於鱉溪河道下切，且現有混凝土堤岸沒有直接下溪的路徑，部落青年只好換到鱉溪其他河段捕魚，尤其是獻給耆老的哈拉（日本禿頭鯊）已經幾乎消失，只好買其他的魚來取代。第一階段的豐南護岸改善工程透過還石於河及重建河床骨架，河段魚類數量已明顯增加。未來若繼續執行，填高河床，並以近自然工法改建護岸，可望恢復河道可及性，讓祭典期間及日常生活中，部落和鱉溪的關係逐漸恢復。但哈拉的回歸需要整條溪橫向構造物都改善，才有機會。鱉溪對於在地居民的其他內涵，會透過公私協力計畫的活動進一步發掘，本計畫也將與該計畫密切配合，將相關成果納入復育規劃。	
三、廖委員桂賢 1.報告內容豐富十分用心，期待成果，相信可作為未來台灣類似河川復育之參考指引。	1. 感謝委員肯定	
2.建議報告進一步說明以下 (1) 健康河相(鱉溪之河相)恢復後對生物相恢復之幫助。	2.感謝委員建議。 (1)已補充說明於 3.4 節。基本上有幫助，但面對本島西部外來種入侵，會需要其他措施的配合。	3.4
(2) 相關行動策略落實後，健康河相恢復之	(2)低水河道內在近自然工法施做	

預期速度與可能導致無法達到預期目標之原因。	後 1~2 年可見明顯成效，目前豐南段工程雖尚未經過洪水，也已有一定成效。若要矯正下切，恢復至目標河床，需要土砂來源。若要進一步放寬河道以恢復寬淺河相、復育濱水帶等，則需要與土地使用者協調及研擬相關配套措施。除了洪水營力，平台的運作協調能否順利，可能是影響恢復速度的主要原因。	
(3) 生活污水對水質之影響如何處理(3-16)。	(3)目前富里村南端有生活污水排入鱉溪，根據「變更富里都市計畫」(第三次通盤檢討)書，未來將規劃設置自然分解處理之環保設施。	3.3
(4) 指標選擇理由(物理棲地指標)。	(4) 指標係參考日本近自然工法之河川復育規劃(楊佳寧、王永珍，2006)、德國聯邦政府之理想河相評估法(Dahm et al, 2014)及美國佛蒙特州的水文河相評估系統(VANR, 2009)等基於河相學原理之方法論，以四種規模的洪水流量為基礎，提出適合鱉溪的物理棲地指標。	6.3.1
(5) p.5-46(表 5-2)定量指標係如何決定好？是否有社區可以自行監測的指標。	(5)定量指標的理想範圍係由河相基本理論，及本計畫對鱉溪水量與河相的考察推求而得，已補充相關說明。其中「平時流量指標」較適合民眾參與監測。公私協力計畫可透過相關活動，讓居民參與監測水位與流量，本計畫也會與之配合。	6.3.1
3.建議提出鱉溪復育之「藍圖指引」，整理個表/圖，明確將復育目標(ex. 水質水量河相生物相)與復育方案/行動策略(短中長期)連結，此圖有助了解整體復育所需進行之工作與時程，並可清楚指出本計畫之重點(著手之處)，據此建議把第六章(包括圖 7-1)加上上述藍圖，作為第二章開宗明義。	3. 感謝委員建議。水質及生物相課題在第 3 章有初步羅列，並指出可能策略方向。台灣法規還沒罰到農業非點源污染，所以目前需由農政單位鼓勵社區實施 BMPs 自主改善。生活污水可透過小型處理設施改善，主責單位為縣環保局(尚未加入平台)。生物相在西部外來種入侵部分，可透過環境教育由居民選擇性捕撈。這些作為與本計畫著重的物理棲地改善並無衝突，可隨時展開。具體方案、策略、期程皆需進一步研究，實非本計畫所能	

	涵蓋，還請委員諒察。	
4.參考文獻有缺漏。	4. 感謝委員提醒，已補正	
四、陳委員明杰(書面審查意見) 1.期中報告書建議增加摘要內容，說明目前本計畫執行情形，俾方便瞭解本計畫的執行成果。	1.感謝委員意見，將於期末報告中補上摘要。	
2.鱉溪生態復育，除了棲地的物理環境、河相、水量、水質等條件之外，水生生物（動物、植物）的條件亦有密切關係，建議補充研究區域內水生生物的特徵，及其與生態復育的關連性。	2.感謝委員意見，已於第二章綜整過往生態復育相關計畫，並統整生物相課題於第三章，作為生態復育之參考。	
3.3-11 頁，哪些河段可能發生不同下切的原因？其是屬於單一或是複合型的原因而造成河道下切，其關係到後續的建議處理方案，建議再補充說明。	3.感謝委員意見，於 5.3 節說明河道下切多肇因於河道施工及居民需求，破壞河床骨架並挖取河道內大型塊石，導致河床出露。工程構造物的施作除造成局部下切，也因束縮河道使河川失去消能空間，再加上上游來砂受阻，導致河床下切愈趨嚴重。針對上述情形分別擬定因應對策，初步於第七章擬定建議處理對策，以恢復健康河相。	
4.4-25 頁，通常濕季期間逕流歷線退水段較陡，乾季期間逕流歷線退水段較緩，其與集水區的土壤濕潤條件有關，影響土壤水流通量。因此，濕季與乾季宜使用不同的中間流敏感度參數 m。	4.感謝委員意見。由崙天大橋站之流量顯示，豐枯水期之間並沒有太大差異，可能因流域基流量特性相對穩定所造成，故僅採用一組數據。	
5.4-25 頁之參數檢定，單使用崙天大橋站 2019 年日流量紀錄供評估 TOPMODEL 的適合度是否足夠？4-27 頁之參數驗證，模擬流量與實測流量的相對誤差是多少，宜補充說明。	5.感謝委員意見。由於鱉溪流域附近僅有崙天大橋流量站，其他站可能因地文環境差異過大而誤導結果，故僅以單一流量站進行參數檢定。12 個水量觀測值會受到農業取水與回歸水之影響，而這些水量並無紀錄，因此僅由整體趨勢研判模擬成果為合理。	
6.5-31 頁，流域天然產砂量，河岸及河道的沖刷量可能有多少？	6.經計算，鱉溪由河岸至集水區範圍 26 年內可能產生之土砂崩塌總體積約為 228.5 萬 m^3，每年平均 8.79 萬 m^3。河道內的土砂沖淤變化於 5.3 節探討，並以不同年期河床高程之變化，表示河床受沖刷情形。	5.3.2
7.6-6 頁，河相復育之水量達到目標似乎缺	7.感謝委員提醒，已修正文敘，量	6.3.2

少 11 月、12 月份的說明。另外，乾濕季河川流量的變化與降雨時間分佈有密切關係，建議以乾季、濕季當作劃分的條件，評估鱉溪水量的達到目標。	化目標簡化為「1-6 月：全河段維持 5 公分以上連續水深；7-12 月：全河段維持 10 公分以上連續水深。」鱉溪 11-12 月雨量通常接近全年平均值，故未納入豐枯流量分析，但仍應給予量化目標。	
8.7-1 頁，河床填高似乎是重建護甲層的方案？由於河道沖淤是經年累月產生的結果，利用疏浚的泥砂來填高河床，如何在短時間得到成效，並且能夠維持相當長的河相穩定，建議詳細說明具體的方案。另外，疏浚的泥砂的最佳粒徑分佈如何，才能達到河相穩定的功能？	8.感謝委員意見。河相穩定需仰賴安定的骨架，故填高河床後，亦以近自然工法重建河床骨架。接近表層的護甲層，需要的是接近自然河床的配比，其中粗料可構成骨架，細料可確保水密不伏流。故疏浚泥砂應包含各種粒徑分布。	
9.7-6 頁，中期之水量策略，鱉溪兩岸的土地使用情形如何？是否有足夠的土地、良好的區位供設置農塘提供灌溉用水需求？長期之水量策略建議導入智慧水管理，然而，本區域的農地面積有多少，屬於分散或是集中型態，是否有良好的灌溉排水系統等條件，可能影響導入智慧水管理的成效。	9.感謝委員意見。兩岸土地使用於第 7.5 節探討。主要方案為改善構造物及回復自然河相，讓水利會在核准的水權量之下引水。初步評估鱉溪橋下左岸可設農塘(面積近 2 公頃)。智慧水管理的導入需有配套，目前列為長期方案。	7.5
五、楊委員昇學(書面審查意見) 1.補充摘要，可瞭解計畫成果之與階段成果。	1.感謝委員意見，摘要將於期末報告時補上。	
2.各期程重要工作與進度為何？是否有達到期中報告之目標。	2.感謝委員意見，期中主要進度為完成水量及河相剖析，目前已達成期中報告之預期目標。	
3.P4-3 利用『2012 年後之 9 場水文事件，與 105 年治理規劃檢討所得之原合成雨量....』,其用意為何？是與治理規劃所使用之雨型分析比較？或控制面積調整？或是其他，請表列數據，或原始資料為何？於 p4-4 至 p4-5 之敘述亦有同樣情況。若要做水文分析檢討或檢核，應補充分析流程與目的。	3.目的已於第 3 章水量課題說明。首先利用 2012 年後的九場大型降雨事件，比較本次使用之合成雨量與先前 105 年治理規劃報告中，所使用之合成雨量之差異，可知新合成雨量較原合成雨量高。有鑑於僅明里站之記錄年限較長，其餘雨量站皆於 2000 年後才設立，因此若想計算象神颱風時之合成雨量，無法直接依照各雨量之權重計算進行計算，因此同樣運用 2012 年後的九場大型降雨事件，求得由各站加權後之新合成雨量與明里站雨量之比值，藉以推求 2000 年象神颱風時之雨量。	4.1.1

4.以 2000 年象神颱風為分析之用意?，若其分析結果正確超過 100 年重現期雨量，該區域是否有災害？於表 2-5 無此案例災害發生，建議資料使用目的與敘述。	4.象神颱風為鰲溪流域鄰近雨量站中，39 年來測得最大的日雨量紀錄。而經過象神颱風之洪峰流量分析，比較先期計畫所使用之洪峰流量，可得知 104 年水規所計畫之分析結果較為合理，並可供本計畫參採使用。	4.1.1 4.1.2
5.P4-5 至 P4-12 使用 KW-GIUH 分析流量之參數選用，建議利用效率係數比較其合適程度，而不是參數比較與差異。讓分析結果能夠量化與確定該區域之物理參數。	5.感謝委員意見，本計畫 KW-GIUH 模式參數檢定係根據：(1)模擬洪峰流量與實際觀測流量紀錄之誤差百分比需介於±15 %內；(2)模擬洪峰流量到達時間與實測峰流紀錄時間點，誤差需介於±1~2 小時內；(3)模擬流量歷線與實際觀測流量歷線，整體趨勢需一致，以相關係數(Correlation coefficient)進行量化(高於 0.8)。	
6.P4-14 表 4-7 糙度係數之選用曼寧 n 值大於 0.1 以上為何？分析結果水位應會高估很多，請確認其合理性。另糙度係數為河床表面之阻力係數，不同洪水下會變化之原因為何？平時為最大，合理嗎？	6.本計畫曼寧 n 值之設定參考美國農業部近年出版之「高坡降河道水流阻力係數選擇照片指南」，其中照片含蓋各大洲溪流，且 n 皆為實測值，較具可靠性，可補一般查表或經驗公式之不足。糙度是相對於水深的概念，因此會隨水深而改變，且在平時為最大。	
7.表 4-9 內之水力傳導係數，0.005 是否太大？另圖 4-29 與圖 4-30 之橫軸單位是否有誤，若有請更正。或是日雨量亦請正確表達。	7. TOPMODEL 模式在臺灣之參數範圍如下所示: 地表飽和土壤之水力傳導度 K0(m/s)：0.01~0.0008 模式參數 m：0.01~0.15 根系層之最大容許貯蓄量 SRZmax (m)：0.001~0.3 圖中的點圖徵為日流量紀錄，而綠線為模擬流量。	
8.P5-20 本計畫使用 HEC-RAS 模式，可利用其輸砂模式推估河道沖淤情況與二維模式探討整體面的問題，而非用水流剪應力或泥沙啟動剪應力概估得知相關物理量。並判定對生物有不利之影響。	8.感謝委員意見，目前 HEC-RAS 尚未釋出二維輸砂模擬之功能，且鰲溪屬於較上游的河川，輸砂模式之模擬效果有限，故使用相關物理量進行分析。	
9.P5-50 至 p5-54 之理論如何用於鰲溪所遇到之問題與提出可行方法與執行步驟。	9.這些理論說明河相變化的判斷方法。目前鰲溪正面臨來砂不足、河床骨架被破壞及深槽化等問	

	題，並於第七章初步提出改善河相之可行方案。	
10.P8-1 河床填高 5 公尺，可能會對河道沖淤會產生影響，需要多少體積之砂石量為何？	10.感謝委員提問，相對於 2017 年河床，池豐橋至上游界點約需 43781m^3 之砂石量。	7.1.2
11.缺乏期中階段初步成果之論述與後續工作內容。	11.期中報告已完成水量及河相剖析，並已著手針對復育願景研擬策略，將於期末報告時，提出完整具體之河川復育方案。	
六、陳委員明仁(書面審查意見)		
1.報告內容均有針對工作項目，蒐集資料予以分析。希在期末報告時對於復育方案與行動策略能提具體可行方案，並注意在水量、河相、水質與生物性之營造目標均為一致。	1.遵照辦理。	
2.其他 (1) 圖 2-2 以經後製，但仍不夠清晰，可以稍放大，配合內文所提到的地標交通等予以適當補清晰(如台 23 等)	(1)遵照辦理。	
(2) p.3-7，水利會未來轉公務機關，取水量可建議未來盡量採自動化量測方向。	(2)感謝委員建議，納入方案探討。	
(3) 相關表格宜加註資料來源(如 p.2-23、表 2-5 等等)	(3)感謝委員提醒，缺漏之資料來源已補充。	
七、花蓮農田水利會富里站站長		
1.日本禿頭鯊的迴游，會經過秀姑巒溪的許多支流，如果只有鱉溪有水，魚還是游不上來。我從民國 100 到 109 年管了 9 年，秀姑巒溪從鱉溪上游的秋林圳到下游玉里大橋全部都被攔起來，一整年裡有九個月都沒有水，魚怎麼有辦法上來？除了鱉溪，秀姑巒溪其他的支流也應該兼顧。並且應該要在乎實際面，地下水都抽不到水了農民怎麼灌溉，而且現在灌溉面積增加，但人力經費卻沒有增加，執行上有困難。	1.感謝委員意見。關於農用取水量的問題，將於小平台會議，協同貴會及北水局一同討論。	
八、鍾寶珠環保聯盟花蓮分會會長 1.希望水土林互相搭配，配合工程讓鱉溪回復原本的狀態。也希望所有工程都可以回到平台上進行討論，可能有一些小工程我們不知道，因此需要更積極的作為。	1.感謝委員意見。	
2.很可惜沒有列席也沒有事先拿到資料，若沒有參與這一次的會議，在平台討論時可	2.未來相關會議將事先邀請共同參與。	

能會有一些落差。		
九、李副工程司恩彤 1.請團隊依本案委託計畫工項進行分析與撰寫，以利符合各項方案期程的明確性與修正可行性。	1. 遵照辦理。	
2.河道坡降、流量及橫向侵蝕等因素，會影響魚類生活圈，請團隊協助初步評估物種群聚指標，搭配復育規劃併行評估其可行性。	2. 感謝委員建議。本計畫著重於物理棲地之復育，復育後不同棲地環境可望自然群聚適當的生物。若要進一步評估生物相，建議以外來種佔比作為指標。已新增文敘於 3.4.2 節。	3.4.2
3.請團隊評估採用自然工法(聖牛)方式，於本計畫中施作，並協助評估點位及後續可能變化。	3. 感謝委員建議。聖牛為日本傳統丁壩的一種工法，具挑流效果，故可設於需要丁壩之處。傳統工法使用木材、竹籠，對環境衝擊小，但維管需求高。若以鋼線籠取代，對生態衝擊較大。若鱉溪過往有此種傳統工法，則可考慮恢復。	
4.本局已於今(109)年於富里大橋裝設水位站、流速站及雨量站，請團隊收錄數據納入分析。	4. 感謝新增鱉溪測站，使後續水量資料有監測依據。相關敘述補充於 3.1.3 節。	3.1.3
十、曾委員國柱 1.納入新設雨量站資料校核，可得較符合實際之結果，新採用之雨量較大，但歷線洪峰值較低，洪峰時刻較遲，應再檢視說明。	1.感謝委員意見，歷線是比對 2007-2018 年 15 場颱洪事件之實測值及模擬後，參數檢定的結果，	4.1.1
2.文中提到(p.5-31)流域產砂量參採林務局 92 年「國有林莫拉克風災二次災害潛勢影響評估」，惟參考文獻未提及。	2.遵照辦理，缺漏之參考文獻已補充。	
3.農業用水需求分析(p.4-30)資料來源(圖 4-33、表 4-13、表 4-14 等)於參考文獻未見。	3.遵照辦理，缺漏之參考文獻已補充。	
4.因為鱉溪尚無日流量測站，天然日流量係採用模式推估模擬，模擬結果之可靠度如何，建議說明。	4.感謝委員意見，比較 2016~2017 年間 12 筆鱉溪富池橋下的鱉溪實測流量，與應用地形指數模式之平均日流量模擬結果大致吻合。未來期望能設流量站，累積實測資料。	4.2.1
5.進行河川復育水量為重要因子之一，計畫工作項目(二)地表水權與生態基流量分配合理性之評估，請提出更具體化之數值及評估建議。	5.感謝委員意見，已於第四章分析水權量、農業需水量、基流量情境。由於流量本身並無法確保滿足生態需求，故以更具體的連續水深為量化目標。在河相健康的前提下，若河道內剩餘流量滿足水深需	4.2.2

	求，即具合理性。	
6.期中報告目前章節第三章復育課題與對策，建議課題可納入第二章，而對策則與後續章節研析之後才提出。	6.感謝委員意見，目前章節編排是希望在介紹背景後，先於第三章提出復育課題與簡要對策，讓讀者先有整體概念，再進入分析。但部分內容與後面策略重複，已調整使第三章更為精簡。	第三章
十一、黃委員郅達 1.本計畫最後會回歸到委託計畫內容第(四)項之行動策略擬定，包含短、中、長期方案，故短期方案除本局已完成之 L44 削灘外，其池豐橋下游取水堰，有無需要列入優先石樑工法之試驗區，協助水利會在不影響取水功能狀態下，維持縱向廊道。	1. 遵照辦理。後續可將 42-A 固床工、42-B 固床工、42-C 攔河堰納入特定河段規劃範圍，提出堰體改善方案。	
2.有關復興橋下游潭浦堀固床工下游 L18 處，因歷史流路擺盪故在治理計畫檢討時已放寬河寬，惟其河段深槽已見母岩，且河內高灘地部分係屬占用，建議優先納入中程方案改善。	2. 遵照辦理。擬優先列為削灘改造區間，以利還石於河及河畔林復育。	
3.另有關治理計畫檢討已放寬之河段，包含 01、25、28、39 等斷面，建議可參採納入行動策略之場域。	3. 遵照辦理。擬評估削灘改造，以利還石於河及河畔林復育。	
十二、謝委員明昌 1.河川廊道界定提及風險區與緩衝區，在現在土砂量不足的狀況下，是否需要處理崩塌。	1.感謝委員意見，經評估建議暫時不需處理。考量侵蝕風險區及崩塌緩衝區多位於公有地，沒有重要保全對象，且在重建護甲層、河岸粗糙化等復育方案下，應可達到一定的消能效果，對局部的侵蝕沖刷狀況也會有所改善。	7.1.4
2.洪水雖不會造成溢淹災害，但仍有橋底高度不足的狀況。	2.遵照辦理，已補充檢討橋梁底高度，Q50 僅蚊仔洞橋出水高不足。	4.1.3
3.根據河川廊道分析有部分河川區域仍不夠，現在還有檢討空間，可以給予河川區域線劃設的建議。	3.遵照辦理，已於「局部放寬河道」一節研擬劃設建議。	7.1.5
4.文化復育評估目前仍較不明確，例如保種基地對於生活及文化有連結，可考慮納入評估。	4.感謝委員意見。經請教在地顧問，菊池氏細鯽的生活連結有二方面，一是本地居民很重要的溪魚食源(傳統池上便當主菜)，二是有機稻作的指標生物。雖然皆與生活、文化連結，但就四項生態系服務而言，較歸屬於供給與支持服務。已再補充文化服務敘述，使更明確。	6.1.2

5.針對方案期程，一年內要做的如豐南段已經在做了，這個部分到底應該算短期或中期。設施改善在短期內不容易做到。	5. 感謝委員意見。已調整短、中、長期的表現方式，目前呈現的比較是優先順序，而非特定時間點要完成的工作。	7.3.1、7.3.2
6.國外專家的視訊會議，該怎麼開以及議程等需要再詳細規劃。	6.遵照辦理，將另提議程。	
結論： 1.非常感謝各委員提供寶貴意見，請中興團隊針對委員意見進行修改。	1.遵照辦理。	
2.本案期中報告書原則認可，參酌委員意見請中興團隊在期末時，依照工作項目提出具體可行方案，包括短中長期工作計畫。	2.遵照辦理。	

附錄七

第一次工作會議 會議記錄

「鱉溪河川復育方案」工作會議會議紀錄

一、**時間**：民國 109 年 06 月 15 日（星期一）上午 9 時 0 分

二、**地點**：第二會議室(視訊會議)

三、**主持人**：謝局長明昌　　記錄：李副工程司恩彤

四、**出列席人員**：詳簽到簿

五、**主席致詞**：(略)

六、**受委託單位簡報**：(略)

七、討論建議：

(一) **謝局長明昌**

1. 本次使用海洋大學李光敦老師研究室之模式，應於報告說明為何不採用治理規劃報告原因。
2. 本局可提供白鹿颱風時拍攝之影像資料，作為驗證參考。
3. 本案分析結果的大流量應考量樑底情形，或許不會造成溢堤，但應檢視水面與梁底之安全距離。
4. 針對Timolan高灘地，當不同流量時，水位將會到哪?需有詳細的使用規劃。
5. 本案之歷史廊道圖應套疊治理計畫線、用地範圍線及河川區域線。
6. 針對各項工程歷史致災原因，擬定因應策略。
7. 請團隊產製土砂沖淤空間分布資料。

(二) **曾副局長國柱**

1. 本案所模擬單位歷線洪峰較低，是否對模擬結過造成影響。
2. 請團隊確認象神颱風是否致災及影響範圍。
3. 簡報中提及將參考美國相片圖冊擬定曼寧n值，然而通常國內在進行水工模擬時，是否常以此為參考?目前使用的HEC-RAS是否有建議的曼寧n值?
4. Q200是相當大的洪水量，就目前的模擬成果僅鱉溪出口處有溢淹情形，是否合理？
5. 未來在模擬消灘情境時，應注意避免更動河床地形，而在消除堤防後，也應將河川斷面拉長，以因應可能的溢淹情形。

6. 可參考農委會SRI，目前在彰雲一帶因高鐵通過，採最嚴格之用水規範，一期最低6mm，二期最低7.2mm，我們理論上不會比這個更嚴格。
7. 應先了解目前的用水現況，以評估節水效益。例如若現在是相當粗放的用水，為來才有機會達到30%的節水效益。
8. 檢視目前河道內的固床工是否仍有其功能，若是攔河堰擇其灌溉面積為多少。
9. 有關國外學者來台考察，請中興提出之替代方案1、2可併行，包括視訊及書面建議。

(三) **黃課長郅達**

1. 請團隊詳細規劃短中長期目標。
2. 在規劃還地於河過程中，其中佔用地應優先處理，清查公私有地，擬定放淤執行對策。
3. 為農用取水之需求，不能立即拆壩，或許可於灘地規畫農塘解決農用取水問題。
4. 目前河道內的23之固床工該如何處置，土砂回淤後可採行石梁工法。

(四) **李副工程司恩彤**

1.本局並無全年實測流量資料，簡報提及之實測流量如何取得，建議敘明資料來源，加以佐證。

2.考量流量情境與用水情境，共有20種組合，建議提出相對應策略。

3.P22.用水情境設定，後續是否會有建議施行方式，如用什麼方式給，建議規劃水源分配之初步構想，以利後續相關單位據以參考執行。

4. 簡報提及近20年天然產砂量，是否建議疏濬或是採土砂平衡方式，本案是否有地點符合土砂平衡示範區?。

(五) **李工程員宇弘**

1. 應掌握省水稻與智慧水管理數據，請提供資料來源。

(六) **林副工程司政瑜**

1. 進行還地於河後，用地線將退縮，屆時是否還需要建堤防
2. 現有的23之固床工該如何拆除。

3. 簡報中，第30頁顯示在民國69年後大幅下刷，以下疑問：

(1) 固床工拆除後，對沖淤之變化是否影響通洪斷面。

(2) 縱向坡度之改變是否影響魚類上溯。

4. 針對這些問題是否能擬定對應的短中長期策略。

八、決議事項

1. 本案最終的問題及對策須加緊趕辦。
2. 板案所分析之大、小流量情境，請敘明相對應關係及應作為。
3. 生態基流量情境分析，應列出空間區位，以因應未來的對策。
4. 請團隊加強歷史廊道的律定，增加歷史致災原因，以利擬定策略使用，並納入新治理思維及系統性的對策。
5. 本案所分析工程防砂量，需要空間及位置資訊，並以整體流域的思維加以分析及擬定策略。
6. 有關國外學者來台考察，請團隊增加同質性工項，如文本及專業文件翻譯(日文、英文)，在不增加經費之原則下，或可邀請日本學者匯集更多專家共同參與給予指導，獲致更大效益。
7. 本案示範區請團隊改至短期方案研析，並針對鱉溪流域以河川復育為主軸，其成效評估作為本局後續工程參考依據。

附錄八

期初工作執行計畫書
審查意見及答覆說明

「鱟溪河川復育方案」
期初工作執行計畫書審查意見及答覆說明

時間：民國 109 年 4 月 14 日（星期二）上午 10 時 0 分

地點：因應新冠肺炎疫情採取網路視訊會議

主持人：謝局長明昌　　記錄：李副工程司恩彤

報告人：楊佳寧博士

審查意見	答覆說明	章節
一、葉委員淑綾		
1.本報告書規畫清楚周全，對於水質、水量、河相、和生物相的課題有所描述，且提出因應的對策。	1. 感謝委員肯定	
2.在今年度的主要工作項目中，其中需要對於鱟溪河川復育資料盤點和補充，但報告書中對於這個區域的人文和社經相關資料的描述相對不足，對於河川區域與周圍土地利用所提供的訊息也相對有限。但這些資料的彙整可能有助於我們進一步掌握這個區域居民與鱟溪的關係，對未來進行系統性復育能有所幫助。	2. 感謝委員提醒，人文社經、土地使用相關資料前期計畫已充分掌握，將於後續報告中補充執行復育所需的資料。	
3.這個區域是多族群共居之地，這本報告書運用了「讓哈拉回家」這個阿美族的語言和意象，或許未來也可加入其他族群的語言和故事，讓這個復育計畫可以引發各族群的共鳴。像是最近張振岳老師提到客家人稱呼菊池氏細鯽為「禾花仔」。建議未來計畫發展也可調查此區域更多族群與鱟溪關聯的故事與經驗。	3. 感謝委員提醒，已於第一章補充客家人對菊池氏細鯽的稱呼。之後也將留意有關族群的語言和意象。	1-1 頁
4. 在河川復育與行動策略擬定這部分，提到要考慮鱟溪的生態及文化的課題，但報告書中對於此流域的文化課題為何尚未	4.感謝委員建議，後續將視需要補充執行復育所需探討的文化課題。	

審查意見	答覆說明	章節
加以論述，建議計畫團隊盤點相關資料之後，提出關於此區域之文化課題的論述。 5.在人力分工的部分，也請補充說明在地顧問協力的工作為何？以及在地民眾參與組的工作規畫為何？計畫團隊帶動在地居民參與的機制有哪些？ 6.顧問張振岳老師對這個區域文史知識的累積相當豐富，或許可多借用他的幫忙，讓計畫團隊對於此區域的文化課題或在地的政經脈絡如何影響河川的治理和復育有更深刻的掌握。	5. 二位在地顧問與團隊共同現勘，使團隊了解地方民眾的需求與期望，提供歷史照片等重要資訊，並作為本計畫與平台的溝通窗口。本計畫的民眾參與工作包含參與平台會議，了解管轄機關、意見領袖與在地居民看法，並於平台說明計畫方向並獲得反饋。九河局另有公私協力平台營運計畫，本計畫與之密切配合。 6. 感謝建議，本計畫會繼續與張老師密切合作。	
二、陳委員明仁 1.有關河道下切 (1)應列出各斷面與河段間的逐年河床變化，以瞭解河床之變遷是從何界點開始至何處。 (2)確定一下河段中是否有人為採砂？若無，上游砂礫減少應為原因之一，可蒐集上游或支流何時有建砂壩設施，及其上下游河床變化與所攔砂量(亦可洽大漢技術學院土木系蒐集)。 (3)主深槽窄化集中，亦為下切可能原因之一，可分析歷年橫斷面、衛星影像圖，以及計劃期間洪水過後觀察主深槽變遷。 2.固床工移除改近自然者，宜配合模式模擬，以及足夠把握之經驗判斷，在合適時間進行。 3.河床填高：請再具體敘述規劃取土來源位置，施作期間(汛期、非汛期)，以及搭配河道整理將主深槽拓寬以降低	1 (1) 遵照辦理，將於期中報告進一步說明。 (2) 根據目前蒐集資料，鱉溪無大規模採砂，但上游土砂生產確實有變化，主因民國 40-65 年代為鱉溪山坡地大開墾時期，其後隨著山坡地自然復育，土砂量也逐漸減少。後續將持維蒐集上游工程相關資料，估計上游所攔砂量。 (3) 遵照辦理，將進一步分析歷年斷面變化。 2 擬採用的近自然工法以砌石技術為主，尚無法以模式模擬，但可用計算式推估所需石材尺寸。本計畫將建議適合尺寸與分階段施做的流程。 3 建議取土來源為秀姑巒溪主流及鄰近支流需清淤河段，於非汛期施做。後續將模擬河床填高後之流量與水	

審查意見	答覆說明	章節
單寬流量，並配合模擬確定。 4.應蒐集列出歷年颱風洪水紀錄(可引秀姑巒溪紀錄參考)，引水點位置在哪個斷面，其最大引水量以及水位引水量關係。 5.模式 HEC-RAS 新版是否具模擬輸沙動床與彎道水理之功能，應檢視。 6.復育指標物種，其對應之水深、流速等棲地環境，在河道哪些河段營造。	位。 4 擬蒐集崙天大橋站歷年較大洪水，供二維水理分析之用。本計畫已洽詢水利會富里工作站，並確認無引水流量紀錄。 5. HEC-RAS 新版具二維彎道水理功能，其動床輸砂則為一維。 6. 日本禿頭鯊、台東間爬岩鰍、細斑吻鰕虎為湍流指標，菊池氏細鯽、鱾為緩流指標。本計畫以回復界點以下全河段之健康河相為目標。	
三、廖委員桂賢 1.除了基流量以外，對生態系統維護及對河相系統維護很重要的洪水是否也可進行探討，對民眾而言洪水是較易理解的，將洪水納入河川復育的探討是相當重要的。希望團隊能讓洪水的扮演的角色更加明確，洪水對於生態系統的維護相當重要，而不僅僅被視為災害，某種程度上是清理外來種的機制。 2.還地於河的難度較高，因此往往被放在中長期目標，但是否可能有短期即可執行的方案，或是小範圍還地於河的可能性。還地於河的策略中，看起來像是防止河道下切的對策，是重建河川流態重要的一環。 3.在未來應讓民眾知道為什麼需要還地於河，為什麼有一些地方需要氾濫。 4.建議團隊考量以生態系服務為架構來描述河川復育願景，包括河流的供給、調節、文化、支持等四個面向。供給包括農田需水，當重建河川復育時能否維持供給功能，調節層面考量理想河相建立後，對於侵蝕控制、土地流失、甚至微氣候調節是否有正向的幫助，是否對防災有助益。文化方面部落跟河川有相當深刻的關係，當我們把人工構造物拆掉之後，在文化	三 1. 感謝委員建議。由於鱾溪上游無大型堰壩，尚保有自然的洪水流態，故這部分不需特別復育。如委員所建議，未來與民眾溝通場合將強調洪水對維護生態系與河相的機能。 2. 本計畫預期界定河川廊道，並視需要建議還地於河的河段。若評估可於短期執行，將納入短期方案。 3. 遵照辦理，後續可透過平台協調還地於河的需求。 4. 感謝委員建議，後續於平台溝通本計畫方案時可參考生態系服務的架構來說明。	

審查意見	答覆說明	章節
上是否達到更好的支援功能 5.一般民眾會認為生產與生態是互斥的，是否能更具體描述河川復育後對生產生活的強化，或許民眾無法直接理解有關河川型態的專業知識，但若透過生態系統服務來連結河川型態與機能，可以讓整體論述更加具體。	5. 感謝委員建議，後續於平台溝通本計畫方案時可參考生態系服務的架構來說明。	
四、陳委員樹群 1.目前已收集完整九河局歷年來的報告，但對於林務局或是水土保持局在上游集水區的歷年整治狀況也建議完整收集，以評估整體水系治理影響及土砂量來源分析等。 2.此處談及「天然基流量」，但自然界應該有天然基流量，台灣大部分的野溪（山區一二級河川），經常在旱季是零流量，我們反而應該思考鱉溪零流量時有多少的潭足以支應無水季節。 3.取水堰的取水量是否可以估算，未來可以提供估計枯水期減少取水比例的依據。 4.鱉溪普遍處於下切階段，但各河段的坡度不同，是否可以探討差異的原因，特別是遷急點及溯源沖刷等現象。 5.本計畫提出五個面對河道下切的對策，但請先找出河道下切的幾個原因，再擬定各對策之比重及先後順序等。 6.生物相調查可再考慮蝦蟹等 ，另是否有兩棲類物種？或是陸域生物使用河川的型態？	1.感謝委員建議，擬持續蒐集上游整治工程資料及土砂來源。 2 從二、三月旱季現勘了解鱉溪上游並未斷流，然而中下游常因攔河堰阻隔而斷流。 3 需水量可概略估算，將納入後續報告中。 4. 感謝委員建議，後續將進一步探討各河段下切原因。 5. 河道下切原因已初步盤點於 p. 3-13、3-14，後續將進一步探討。 6. 前期調查紀錄多種特有種蝦蟹類與兩棲類，亦有食蟹獴、山羌等使用河川。後續將考慮選擇兩棲類及哺乳類作為橫向廊道指標。	3-13、3-14 頁
五、詹委員明勇 1.第 1-1 頁，倒數第三行標註圖 1-1 為全流域範圍，亦請用另一張圖接續標記第九河川局管轄範圍，藉以明確本案的工作區位。一般而言，河川復育涉及全河段的整治(上游泥沙控制、橫向構造物檢討、土地利用盤點、河道橫	1. 遵照辦理。復育措施若涉及九局管轄範圍外，將透過流域管理平台溝通協調。	圖 1-2

審查意見	答覆說明	章節
向束縮構造物檢討等)，若僅針對第九河川局的管轄範圍，是否可以達到「讓哈拉回家」的終極目標？		
2. 第 1-2/3 頁，本節述及許多要做的工作，請顧問公司和主辦單位先釐清「理想」在哪裡？過去進行許多的水工構造物、取水工等，都是有其歷史淵源和背景。驟然由一些意見領袖與菁英檢討，就要把既有的河川系統(其實現在也是一種生態平衡)重整，可能是某一物種的復育機會，但也可能是許多現有共生物種滅絕的威脅。	2. 本計畫依循平台公私協力共識，以恢復鰲溪生命力為主軸，期以循序漸進方式改善河相及既有構造物，以恢復原生物種(復育標的)適宜之物理棲地環境。目前鰲溪多為強勢外來魚種，對原生魚種構成嚴重威脅。這些外來種為林務局相關鰲溪復育計畫的移除對象。	
3. 第 1-3 頁(第三行)，有關鰲溪演替的歷史紀錄涉及整個人文(人口密度)、經濟(土地利用)、自然條件(氣候變遷)的相互影響，若要檢視河川地歷史脈絡，建議先自我界定原始點(zero point of planning)然後才會有系統的繪出時序圖(time line)。	3. 感謝委員建議。已蒐集歷史相片、圖資、文史紀載以釐清歷史脈絡，目前初步以 1950 年為原始點，即山坡地大規模開墾前的狀態。	
4. 第 1-3 頁(第十三行)，「河相經驗公式」很抽象，建議要有更精準的定義。	4. 感謝委員提醒，待進一步釐清需求後，將於期中補充說明。	
5. 第 2-1~2-8 頁，將近 20 年的時間，有許多的復育檢討計畫、規劃甚至於停辦的計畫都未能將復育與河防兩者拉近一點點距離。1936 年 John Curtis 就在 Wisconsin 推動植物復育的計畫，復育不是新的學門而是有沒有可行的做法，能不能周延的考量目前的情境。本案有什麼樣的能耐可以期待十年復育鰲溪計畫？請先檢討過去碰到的障礙、盲點，也許可以找到較為可行的機會。	5. 鰲溪流域的水文、地文、土地利用條件，使其過去 100 多年無大型洪水土砂災害。近 20 年來，台灣的復育思維逐漸進展，也反映在鰲溪復育的論述上，但過往各計畫因轄管範圍限制而偏於保留現況，難以得到綜效。去年成立的河川流域管理平台，為重要的體制變革，期能突破過去流域內不同機關難以分工合作的情況。	
6. 第 2-1~2-8 頁，河川基流量是最有意思的課題，透過不同的基礎計算就會有不同的基流量。請研究團隊先檢討是「河川天然基流量」還是「生態基流量」？若為後者，則要先知道物種與其速度分布曲線、深度分布曲線等物理棲地條件，才有其意義存在。若目	6. 感謝委員提醒。在此「天然基流量」是指旱季不受人為取水影響的自然流量，「生態基流量」是考量用水需求而需保留在河道內的流量。生態基流量的決定需考量多重因素，且與河相復育情境密不可分。特定物種的適合度曲線可作為不同生態基流量情	

審查意見	答覆說明	章節
前的天然基流量無法支撐指定物種的棲地條件，就會衍生出另外的新課題。	境的參考。一般而言原生物種是順應天然流況、底質條件演化而成。	
7. 第 3-3 頁，從 100 年迄今多個治理計畫均有計算鱉溪的雨量分布，如今卻提出雨量分析欠缺準確性，而期待用新的雨量站進行校準。生態監測的氣候系統需要長期的資料才有意義，新的雨量站也要等到數年後才勉強有其代表性存在。若目前雨量網站分析的代表性沒有爭議，建議先由目前已有的資料進行相關分析。至於新的雨量站有沒有校準的能力，請顧問公司審慎為之。	7. 感謝委員提醒。治理計畫的目標是透過頻率分析得到洪水流量與水位，故需長年期的雨量站紀錄。本計畫不包含頻率分析，僅以近年事件作為檢核對象，擬採用氣象局豐南雨量站及水利署六十石山雨量站作近年的校準。	
8. 第 3-5/6 頁，選定一個適用的降雨逕流模式不容易，要斷定何者較為適用更是困難。憑藉著簡單的敘述就要認定運動波法優於合理化公式也許會太武斷，建議審慎為之。	8. 降雨逕流模式可經過實測流量檢核，各模式有其發展背景與原理，亦有文獻檢驗其成效。過往三角、無因次單位歷線皆假設單位歷線不隨時間改變，可隨有效降雨疊加，不符合實際觀察結果。運動波地貌模式假設逕流深度的增加會影響流速，故單位歷線在降雨過程中為可變值。已補充文獻與相關論述。	3-5 頁
9. 第 3-9 頁，先問一個問題：『民國 68 年前後為何要興建河中水工構造物？』那些興建構造物的理由消滅了沒有？1950 年前甚至更久以前水工構造物當然更少，我們要回到時間軸的哪一點才是復育計畫(規劃)的起點？	9. 感謝委員提醒，經詢問在地居民，民國 68 年的豐南護岸主要是想固定河岸減少部落土地沖刷。目前部落仍在，興建的理由未消滅，但可考慮以近自然工法改善護岸。後續會依構造物不同條件提出移除或改善方案。	
10. 第 3-14 頁，編號 A/B/C，請改為 C/D/E。A/B 已在第 3-13 頁用過。	10. 遵照辦理。	3-14 頁
11. 第 3-15 頁，研究團隊建議以鄰近疏濬的土砂搬來墊高河床，看來有些唐突。河川坡度是縱向能量平衡的結果，對某一河段縱坡的調整，一定會對其上下游河床產生很大的影響，也會影響整個河段湍、瀨的移動，進而對既有生物的棲地產生很大的衝擊。	11 目前鱉溪河道內缺少潭瀨交替結構，變成一連串由橫向構造物阻隔而成的緩流區，尤其缺少構成河道骨架的瀨區，而許多復育標的物種需要瀨區，故現況並非理想的棲地，生物組成也以外來種為主。深槽化的矯正需要填高河床改變洪水時的寬深比，以免剪應力繼續集中於深槽。	
12. 第 3-16~19 頁，看來每個橫向構造物	12 遵照辦理。本計畫預計優先除役不	3-20、21

審查意見	答覆說明	章節
都是影響縱向棲地連續性的重要因子，建議先盤點可除役的橫向構造物(已老化、沒有功能、不被需要…)，再重新檢視去除某些橫向構造物之後的縱向連續性，並思考如何改善保留下來的構造物，對棲地的友善性。	負擔取水功能的固床工、抬水堰，以近自然工法取代原有的固床功能。再改善具交通功能的過水橋與具取水功能的攔河堰。	頁
13. 第四章建議採用生態物理棲地模式(PHABSIM, physical habitat simulation model)演算既有流量條件下的加權可使用棲地範圍(WUA)，藉之推估鱉溪現有流量條件下可用棲地與改善方式。	14 感謝委員建議，前期水規所計畫已使用 PHABSIM 估算 WUA，可視需要參考使用。	
14. 簡報中的福留脩文其實僅是一個宣示的意義，建議不必特別強調仿效福留脩文的作法，而是要找到鱉溪自我的脈絡。	15 福留工法的意義在於有具體的原理、工序與案例，可供鱉溪參考。本計畫後續可視需要導入其他作法。	
15. 建議此計畫應該延伸到行政院「創生計畫」的結合，創造「生態、生活、生命、生產」的契機。	16 感謝委員建議，後續可朝此方向努力。	
六、陳委員明杰	六	
1. 4-2 頁，請補充說明擬實測流量及現場觀察的控制點位置，以及具體的實施方法。	1 本計畫擬使用過往既有實測流量檢驗既有洪峰流量，已修正文敘。	4-2 頁
2.4-2 頁，二維 HEC-RAS 模式的粗糙度等參數如何訂定？	2. HEC-RAS 5.0 之後的版本一維分析可輸入斷面 x,y 方向多個粗糙度；二維分析則每個網格都可輸入粗糙度。	
3.4-19 頁，請補充本計畫基於物理模式的河相公式的具體內容，以及須配合已知的資料包含哪些？	3. 遵照辦理，將進一步釐清河相公式的需求，並於期中報告補充。	
4.5-4 頁，水量剖析項目的水文分析校準與檢驗，以及基流量考察等，建議宜考慮在不同月份的降雨量及河川流量情況下實施。	4 感謝委員建議。	
七、楊委員昇學		
1.河川復育意味著經過人為影響與深思檢討後，期望能夠使河川保有過去的生態環境，再進行二次或更不同角度的人為河川治理，如近自然工法，是否也意味著再次對河川生態擾動。	1.近自然工法的概念，是以人為方式重建河川經洪水長期考驗生成的穩定骨架與棲地環境，施做時也會造成擾動，因此也需生態檢核減少干擾，但若施做得當棲地品質會得到提升。	

審查意見	答覆說明	章節
2.本計畫讓『哈拉回家』，現況河道上有『哈拉』存在嗎？。若有目前『哈拉』是用何種方式回家？方案規劃時，應該保有現在的環境一條水路，不應阻斷。	2. 有但數量已大幅減少，可能在洪水後流量豐沛時攀越堰體上溯。未來方案包含堰體改善，期能確保縱向生物通道。	
3.流域內無雨量站與水位站等資訊，除了報告所述外，建議可以藉由水利規劃試驗所建置之平台或水利署資訊室水資源物聯網之 API 資訊取得該流域歷年 QPESUMS 降雨網格資訊（時序性、二維資料庫）作為水文補強或修正之參考使用。	3. 感謝委員建議。水規所建置之水文與水理設計分析系統平台經查已無法使用，但流域內有新設氣象局雨量站，或可作為水文修正參考。	
4.P3-9 河相的改變來自於集水區內之河道內工程對河川型態之影響。若歷年沒有河道內之工程影響，現況河道是否比現在更為嚴峻，更難復育，有辦法評估嗎？或透過水理輸砂模式分析評估。	4. 依歷年河床縱坡變化與現勘結果，雖然現況已多處底床裸露，現有橫向構造物仍具有局部固床功能，防止河道進一步下切。後續會嚐試以水理輸砂模式評估堰體改善與復育方案的消能效果。	
5.工作執行構想在二維水理模式上，要如何使用於河川復育方案或解釋那些現象，與方案搭配，期於期中報告時能夠提出初步分析構想與初步成果展示與後續河相方案設計使用之參考。	5. 目前的構想是在模式內設定不同粗糙度的構造物，以模擬消能效果並了解沖淤趨勢。	
6.P4-19 河相公式之表達不易理解，能否詳述描述其每項物理量之推估與作用，或是用輸砂平衡方式表達其沖淤情況。相關決定之物理量為何？	6. 遵照辦理，將進一步釐清河相公式的需求，並於期中報告補充。	
7.河相公式或物理模型要用何種方式評估？與河川復育之相關連為何？	7. 鱉溪若欲由物理模式得到河相經驗公式，需有基礎資料的觀測(流量、輸砂量)，然而目前流域不具備此條件，僅能就既有研究，從學理提出可能適合鱉溪流域的公式。未來若累積觀測值，可依公式掌握河道回應洪水／土砂事件的方式，及平衡河道的特性，有助於河川復育與管理。	
8.P4-21 最後一段，河相參數是否有底床（S0）與能量坡降（SF）之物理量，與及河道有超亞臨界流之 FR 之評估，是否亦納入考量。	8. p.4-21 係引用德國河相評估程序，該程序並不包含坡降、Fr，但這些物理量的影響已自然反映在其他項目中。	

審查意見	答覆說明	章節
9.P4-22 至 P4-23，短期策略，過於空泛，不易達成，建議提出更具體內容，可與當地民眾完成之短期策略、中期策略以精進灌溉、工程策略改善與配合項目等內容。	9. 感謝委員建議，將於期中報告中補充短、中、長期策略。	
10.物聯網監測技術應屬於短期策略可達成，放置在長期項目，是否合適？	10 智慧水管理就技術而言確實已成熟可行，但要導入仍有經費、管理系統的門檻。鱉溪水資源的使用狀況與西部不同，並非已竭盡已知的基本管理策略，故短中期擬先作基本管理，不足再投入智慧水管理。	
11.P4-23 河相：還石於河、還地於河，與 P4-24 河相:縱橫向構造物改善方案之差異為何。	11 還石於河、還地於河原則上可讓河川具備較好體質(消能機制與沖淤變化的空間)，但既有縱橫向構造物仍會阻礙河相恢復，需視情況改善或移除。	
12.縱橫向構造物改善方案之柔性工法介入後，因僅提到小流量下之優點，中高流量下是否會造成人為介入後之災害產生，若在經費允許下協助九河局評估。	12 後續擬透過經驗公式(如近自然固床工塊石安定分析)或二維水理模擬(能量分布)，評估改善方案的可行性。	
八、謝委員明昌 1.本次鱉溪復育方案目標是做出未來要執行的方案，期待在計畫結束時會有明確的短中長期方案。 2.計畫範圍應是鱉溪全流域而不僅限於九河局之治理界點，且鱉溪目前已成立大平台，可藉此與各單位溝通協調。 3.從去年開始與地方居民公私協力處理高灘地問題，第一期還石於河與還地於河工程，進行適度的削灘，希望仍保留一部份面積提供動植物生長，以及在地文化的保留，希望本計畫也能提出相關建議。	八 1 遵照辦理。 2. 遵照辦理。後續建議之方案將區分為行動措施(由九河局執行)及配合措施(透過平台協調各單位辦理事項)。 3. 遵照辦理，將納入短中長期改善方案及特定河段復育方案規劃。	
九、曾委員國柱 1.關於歷年洪水土砂災害請團隊加強蒐集，建議後續列表整理，蒐集內容應包括人為構造物(攔河堰、護岸、固床	九 1 遵照辦理，將持續蒐集歷年洪水土砂災害並列表整理。	

審查意見	答覆說明	章節
工、取水工等)及自然河道(岸壁、河道沖刷等)之損害，以掌握相關問題。		
2.希望團隊針對各斷面河床下切的原因進行探討。	2 遵照辦理，將持續探討各河段下切原因。	
3.從現在所蒐集的資料可見，40 多年來河床都是下切，土砂來源善個重要課題，是否河川仍在發育尚未穩定，如果如此，我們現在做的改善可能只是短期性的效果，請針對上游土砂來源進行近一步調查。	3. 遵照辦理，將進一步蒐集資料，了解集水區土砂來源變化狀況。	
4.流量的二維模擬請團隊加速辦理，模擬時請考量現有構造物，未來若欲移除的構造物也應進行移除後的模擬。	4. 遵照辦理。	
5.鱉溪沖淤演算、動床分析目前在期初較少提及	5. 過往水規所計畫曾辦理動床分析，但由於鱉溪無土砂觀測值，使用動床分析效益不大。	
6.進行柔性河床石梁工時，應探討其保護標準。	6. 遵照辦理，將提出對應流量的計算公式。	
十、黃委員郅達	十	
1.本計畫係屬「方案」而非屬「規劃」，故結案時應提供本局確實可行之分年分期執行方案，供本局逐年跨機關或跨領域來編列預算執行。	1. (1) 遵照辦理，將納入後續方案。	
(1)既有堤防、護岸如有災損時，其復建方式可以做一些什麼調整。		
(2)建議先針對 23 座橫向構造物列為指標，重新評估存廢之必要性，又「存」的配合改善措施為何？「廢」的配合改善措施為何，應有明確論述。又如以石樑為配合措施，應提供施設位置之空間規劃及所需粒徑，必要時輔以水文水理分析評估石樑之穩定性。	(2)遵照辦理，已初步區分 23 座橫向構造物功能及優先改善順序。具體改善措施(含石梁工所需石材粒徑)將在期中說明。	
(3)針對還地於河部分，秀姑巒溪治理計畫已重新檢討審定，鱉溪用地範圍線已考量生態需求適度放寬，故建議清查鱉溪河川內公私有及佔用土地情形，如有擴大適度空間或復育需求，則可明確建議本局收回該土地控除，或提供護甲層所需料源。	(3) 遵照辦理。	

審查意見	答覆說明	章節
(4)基流量如與取水量競合，有無分流堰或掌水工操作建議方案？ 2.有關鰲溪面臨困境及競合問題，建議可訪談各機關及意見領袖列入探討。 3.各項工作執行內容及進度，請每月陳報俾召開工作會議討論。 4. 針對鰲溪河川復育提出短、中、長期的行動規畫建議及可執行方案，仍請於本局河川界點內規劃，以利本局後續執行。	(4) 待掌握基流量後，後續可與水利會研議堰體改善與掌水工的閘門操作。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。 4. 遵照辦理，後續建議之方案將區分為行動措施(由九河局執行)及配合措施(透過平台協調各單位辦理事項)。	
十一、黃委員承煖 1.石樑固床工安定分析公式的相關「參數」(如 Q50 計畫流量、平均流速等)，不採用本局 105 年秀姑巒溪治理規劃檢討報告之數值，而採用 104 年「運動波—地貌瞬時單位歷線法」請補充理由及佐證。另可否於今年汛期如實際發生颱洪大雨時以實測流量、流速與現況作驗證，並提出數據供參。 2.本局今年執行的工程及本計畫皆建議「河床填高」及「拋石」，通洪斷面是否足夠亦請檢核並請提出數據說明。另外，對現有生態系統的影響？ 3.石樑固床工上游側、下游側之塊石施作接建議為叩首(順鱗)的原因即依據是什麼？目的是什麼？	十一 1. 理由描述於 p.3-2~3-7，主因 105 年報告採用雨量站與實際流域降雨差異大，以及流量並未隨流域面積調整(即各斷面皆用河口同一流量)。後續預計以 105 年實測流量檢證。 2. 遵照辦理，待校正流量後將依通洪斷面建議河床填高程度。於施工期間應控制濁度範圍以減少對生態可能影響。 3. 順鱗為塊石對水流方向阻力較小之覆蓋排列，目的是維持塊石安定。	p.3-2~3-7
十二、李副工程司恩彤 1. 本案需於鰲溪選擇一處示範區進行評估並提出初步構想據以提供短期執行，請盡早提出，並於工作會議中討論執行方向。 2. 所提出河相課題，改建過水橋之方案，建請再行評估其可行性及完整性，因本局非橋管單位。 3. P41簡報所提出進自然固床工之擺放方式僅有圖面，建請補充力學依據佐證。	1. 已選擇上游界點至池豐橋為復育方案示範河段，並提出初步構想。 2. 將提出完整改善構想，透過平台協調主管機關實施。 3. 遵照辦理，將在期中報告進一步說明。	4-28~4-29 頁

審查意見	答覆說明	章節
4. 本案契約項目有邀集國外專家學者來台指導，請納入報告書撰寫說明，因疫情影響，請提出因應對策。 5. 本案短、中、長期規劃，不僅是提出規劃構想，均須提出確切方案，並有學理佐證為佳。 6. 本案契約須納入委託服務計畫書，作為履約要項。 7. 請團隊將回應處理情形列對照表，並於內文中以黃底標註修改項目。	4. 遵照辦理，補充於第四章末段。 5. 遵照辦理，將在期中報告進一步說明。 6. 遵照辦理。 7. 遵照辦理。	4-29 頁
結論： 1.本案期初報告書原則認可，參酌委員意見請中興團隊在期中審查時提出鱉溪河川復育方案草案。 2.期中審查時將視疫情情況，可能安排委員至鱉溪現場了解現況。	1. 遵照辦理 2. 遵照辦理	

經濟部水利署第九河川局出版品版權頁資料

鱉溪河川復育方案

出版機關： 經濟部水利署第九河川局

地址： 花蓮市仁愛街 19 號

電話： (03) 832-5103～5

傳真： (03) 833-5026

網址： https://www.wra09.gov.tw

編著者： 中興工程顧問股份有限公司

出版年月： 109 年 12 月

版次： 初版

定價： 新台幣 800 元

EBN： 10109J0004

著作權利管理資訊： 經濟部水利署第九河川局保有所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求經濟部水利署第九河川局同意或書面授權。

電子出版： 本書製有光碟片

聯絡資訊： 經濟部水利署第九河川局

電　　話： (03) 832-5103～5

廉潔、效能、便民

經濟部水利署第九河川局

地址：花蓮市仁愛街 19 號

網址：https://www.wra09.gov.tw

總機：(03) 832-5103

傳真：(03) 832-7638

EBN：10109J0004

定價：新臺幣 800 元