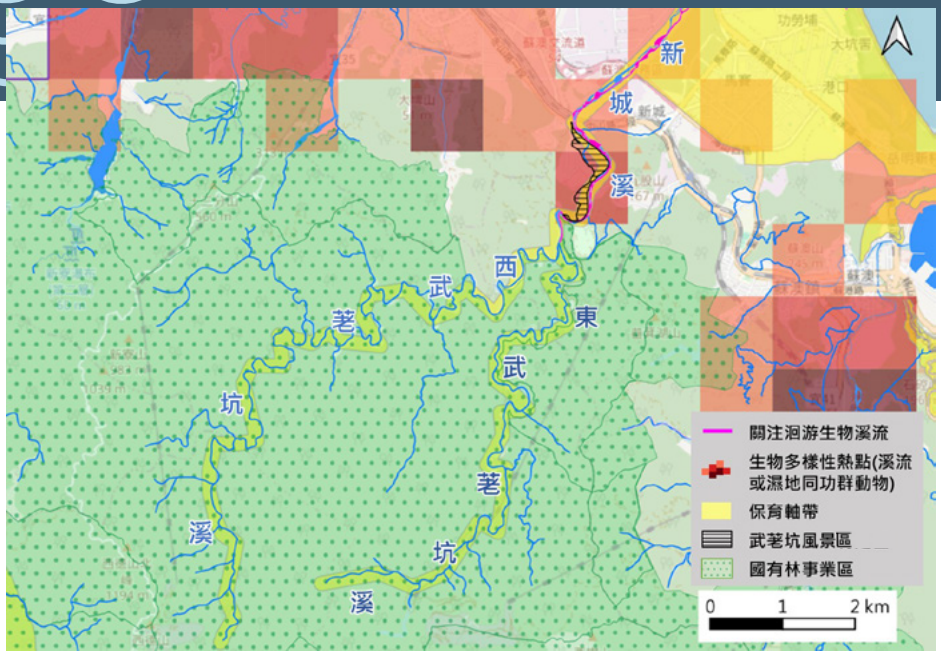
以東武荖坑溪NbS實踐溪流復育與治理的雙贏解方

文、圖＝ 楊佳寧（中興工程顧問股份有限公司水利部流域環境中心主任）
林孟穎（中興工程顧問股份有限公司水利部規劃師 / 通訊作者）
藍瑞銘（林業及自然保育署集水區治理組科長）
彭麗文（林業及自然保育署集水區治理組技正）

過去溪流治理多以防災為優先，廣設防砂壩、固床工及混凝土護岸，雖在短期內穩定河床，卻往往造成棲地破碎與生物移動受阻。近年國內推動國土生態綠網，強調透過「森—川—里—海」的生態廊道串聯，提升棲地連通性與生物多樣性，因而重新審視這些構造物的必要性。

「114－115 年度國有林生態復育治理藍圖規劃與案例工程設計」一案，以宜蘭的東武荖坑溪為例，嘗試導入自然解方（NbS），在確保防災安全前提下，檢視既有構造物對河相與生態系統的影響，並提出兼顧治理與復育的策略，期能作為未來國有林溪流治理轉型的典範，讓溪流找回自己原有的樣子。





圖❶ 東武茗坑溪套疊國土生態綠網圖資

為東武茗坑溪把脈

● 地理環境

東武茗坑溪位於宜蘭縣蘇澳鎮，流域面積 13.66 平方公里，源頭海拔 1,370 公尺，與西武茗坑溪匯流後，稱為新城溪。國土生態綠網不僅將新城溪水系納入「蘭陽平原濕地暨溪流保育軸帶」，更指認新城溪為「關注洄游生物溪流」（圖❶）。東武茗坑溪水質清澈，雖不是遊憩區，卻成了在地民眾夏日的戲水祕境。下游的武茗坑風景區每年春季舉辦綠色博覽會，吸引大批遊客駐足，更顯示這條溪流擁有的生態與社會價值。

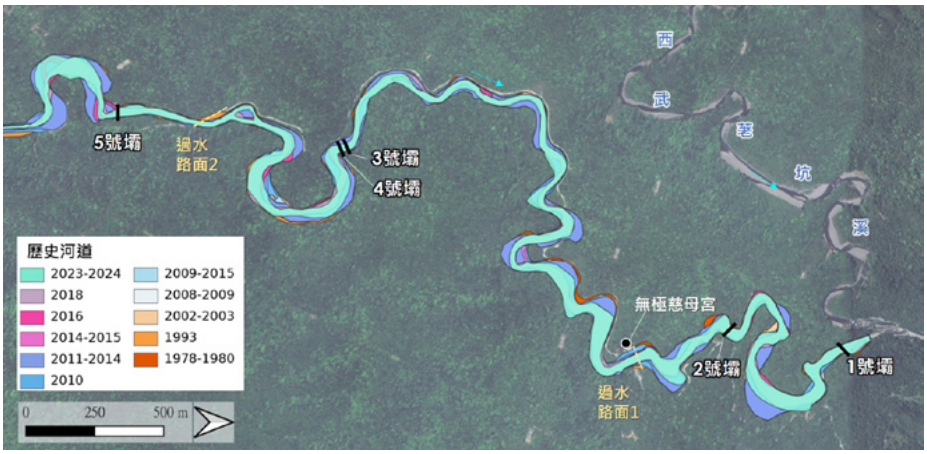
● 掌握溪流的「個性」：河相分析

要治理或復育一條溪流，需要先瞭解它的個性。在工程上，會以「河相學」（Fluvial Geomorphology，又稱河流地形學）來描述溪流的長相與行為，研究這條溪平常長什麼樣子？大水來了會如何？土砂多不多？

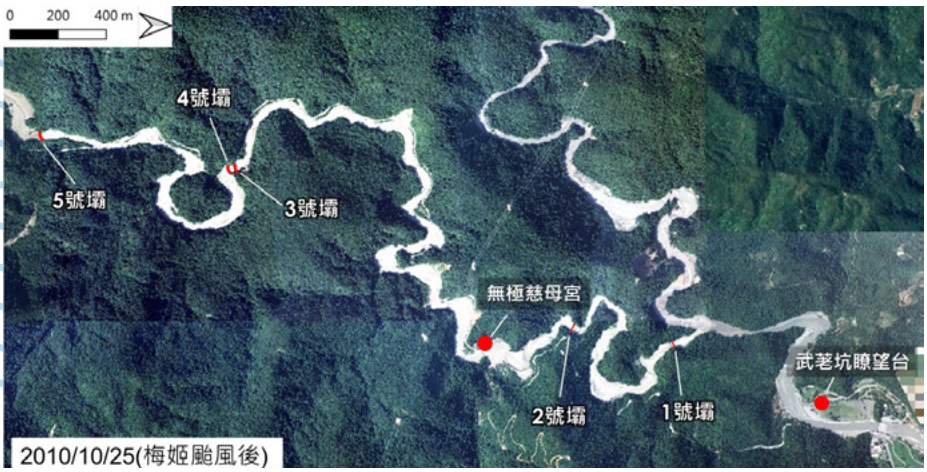
在 2025 年 6 月的《台灣林業》中，我們曾介紹山區溪流的河相分類法，用「逕流功率指標」代表集水區的水流能量，用「坡地崩塌指標」代表產砂量，再用「塊石生產指標」及「細料生產指標」分別代表粗料與細料的產量。東武茗坑溪的分析結果顯示，這是一條「粗細變換型」溪流（表❶）。在 0 ～

表❶ 東武茗坑溪流域的水砂能量指標與河相分類

逕流功率指標 (ω_n)	坡地崩塌指標 (L_n)	沖淤趨勢	塊石生產指標 (B_n)	細料生產指標 (F_n)	河床質	河相分類
3.52	4.15	變換	2.33	3.61	粗細兼具	粗細變換



圖❷ 東武老坑溪歷年河道變化



圖❸ 梅姬颱風後的東武老坑溪

10 的數值中，它的 4 項指標都在 2 ～ 4 附近，表示水砂能量在全臺灣來說不算高，土砂時多時少，有時沖刷、有時淤積，整體變化不算特別劇烈。實際上它未被列為土石流潛勢溪流，歷史上也沒有發生過大型土砂災害。

分析東武老坑溪 1978 至 2024 年共 11 期航拍影像，河道範圍變化如圖❷。在 2010 年 10 月 25 日的影像中，河道埋積顯著，局部河道寬逾 90 公尺，那正是梅姬颱風離去 3 天後的情景（圖❸）。當年梅姬颱風憑藉單日千毫米的降雨，造成下游蘇澳鎮嚴重淹水。東武老坑溪集水區雖然多處崩塌，卻未造成下游的土砂災害，因為絕大部分的土砂，都裝在蜿蜒的曲流中了。這大大小小的彎道，是這條溪長期演化的結果，水流淘刷攻擊岸的坡腳，增加蜿蜒度，形成一系列的囚砂口袋，確保事件後土砂能漸次下移。換言之，這條溪流有自己的天然砂庫調節系統，它知道自己何時該裝多少砂，只是在人工構造物介入之後，沖淤變化稍微亂了套。

● 構造物盤點

目前東武老坑溪有 5 座防砂壩及數座固床工與護岸（圖❹）。除 1、2 號壩有記載於 1970 ～ 1976 年間興建以外（山地農牧局，1982），其餘建設年代不可考，但從歷年航照可知，3、4 號壩建於 1993 年之前，5 號壩建於 2002 年之前。如今 1、2、5 號壩已淤滿，3 號壩已折斷橫亙溪床，4 號壩（拱壩）

蘇澳新站

N

本案保全對象

武荖坑風景區

1 號壩



2 號壩及所屬構造物



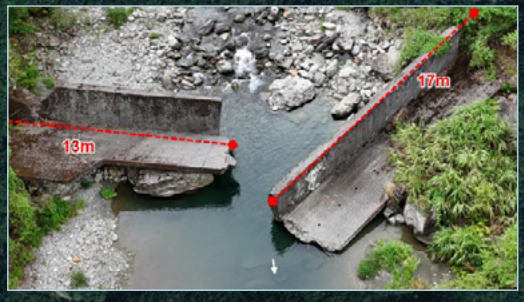
3、4 號壩



5 號壩



3 號壩



4 號壩左翼基礎淘空，上方林道有坍塌風險



圖❹東武荖坑溪構造物盤點圖

底圖圖資 Google Earth

底部淘空，失去貯砂功能，5 號壩附設的魚道亦被淤埋而失去功能。它們當年可能曾被賦予特定的任務，但如今成為水砂傳輸和生物的障礙，甚至可能危及林道的安全。例如 4 號壩左翼基礎已嚴重淘空，若任其持續發展，上方林道恐有坍塌的危險。

打通生物移動的屏障

東武茗坑溪匯入的新城溪，在過往生態調查中記錄到日本鰻鱺（國家瀕危，NEN）、臺灣吻鰕虎（國家接近受脅，NNT）等紅皮書物種 (林業保育署宜蘭分署，2023)。但匯流口上游 250 公尺範圍內，即有兩座落差超過 3 公尺的 1、2 號防砂壩，對洄游魚類形成難以跨越的障礙。

2025 年針對東武茗坑溪的生態調查，除確認上述魚種外，亦調查到花鰻鱺、日本瓢鰭鰕虎、大吻鰕虎等多種洄游魚類 (圖❺)。調查結果清楚顯示：洄游物種集中在中下游，愈往上游數量愈少，眼斑阿胡鰕虎與黑鰭枝牙鰕虎更僅見於一號壩下游 (表❷)，壩體的阻隔效應明顯。值得一提的是，不善攀爬的大口湯鯉過去未曾在一號壩上游出現過，但就在林業保育署宜蘭分署於 2025 年初步調降 1 號壩之後，我們首次在上游記錄到牠們的蹤跡。這個發現說明了廊道一旦打通，生物就會自己找路回來。

表❷ 東武茗坑溪2025年水域調查成果

物種	洄游類型	5號壩上游	5號壩下游	3–4號壩下游	1號壩上游	1號壩下游	各物種合計
臺灣吻鰕虎	兩側洄游（溯河型）	31	75	46	193	236	581
大吻鰕虎	兩側洄游（溯河型）	12	21	20	61	24	138
黑頭阿胡鰕虎	兩側洄游（溯河型）	—	1	—	6	5	12
眼斑阿胡鰕虎	兩側洄游（溯河型）	—	—	—	—	2	2
黑鰭枝牙鰕虎	兩側洄游（溯河型）	—	—	—	—	1	1
黑紫枝牙鰕虎	兩側洄游（溯河型）	4	11	7	16	3	41
明仁枝牙鰕虎	兩側洄游（溯河型）	8	15	10	21	8	62
多鱗枝牙鰕虎	兩側洄游（溯河型）	—	1	—	8	—	9
日本瓢鰭鰕虎	兩側洄游（溯河型）	530	599	506	909	564	3,108
兔首瓢鰭鰕虎	兩側洄游（溯河型）	24	32	18	31	21	126
溪鱧	兩側洄游（降海型）	—	—	—	21	24	45
大口湯鯉	兩側洄游	—	3	—	4	6	13
花鰻鱺	兩側洄游（降海型）	—	1	—	1	1	3
貪食沼蝦	兩側洄游	—	2	—	—	1	3
臺灣扁絨螯蟹	兩側洄游	—	3	—	4	6	13
各樣點合計		609	764	607	1,275	902	4,157

因地制宜的工法策略

綜合前述的河相分析與生態調查，本案以「恢復自然河相」為目標，在安全無虞條件下，把失去功能的構造物移除，靠溪流的自然營力找回它原有的模樣。主要設計工作包含降低或移除 5 座壩體及周邊固床工、尾檻等構造物，並於擋土牆與保留的壩翼新設緩坡，以恢復生物通行功能。

● 拆壩後能否確保安全？

「拆壩」一詞看似令人不安？原有防砂壩體一旦打除，土砂會跑到哪裡去？水量大時，下游的道路、設施會不會受到衝擊？我們使用 HEC-RAS 二維輸砂，模擬 Q2、Q50 兩種流量情境下，拆壩所造成的改變：



圖❺ 東武老坑溪的洄游魚類。由上至下分別為臺灣吻鰕虎、日本瓢鰭鰕虎、黑鰭枝牙鰕虎。（洄瀾風生態有限公司提供）

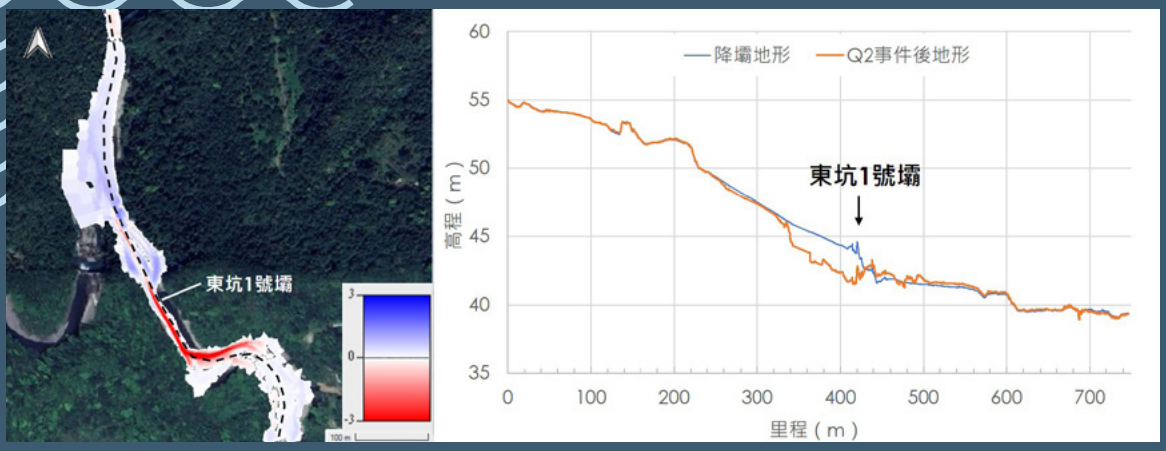
▶ 2 年重現期流量 (Q2) 為常見的中小型洪水，設為清水流 (上游邊界不放砂只放水) 時可產生最大沖刷量，用以檢驗拆壩造成的鬆土方，可多快向下游運移。

▶ 50 年重現期流量 (Q50) 是極端事件，通常伴隨集水區崩塌的大量來砂，因此設為飽和輸砂 (上游邊界為沖淤平衡，代表來砂充沛)。其實對拆壩來說，模擬 Q50 動床的意義不大，因為在此規模之下，相較於拆壩形成的鬆土方，上游來砂量才是決定溪床沖淤的關鍵因素，其變動程度未必隨流量增加。但由於國內野溪治理習慣看 Q50，因此一併納入分析以便溝通，並使用梅姬颱風降雨推求之峰值流量作為 Q50。

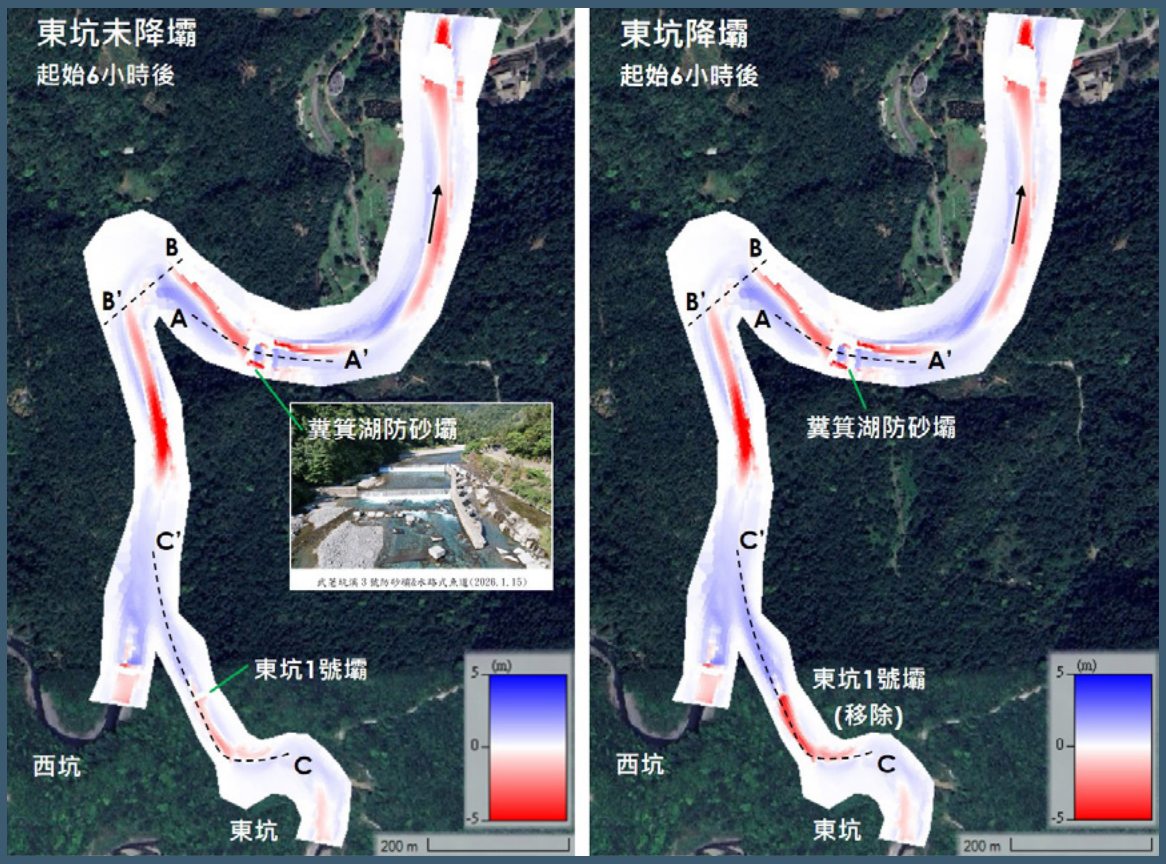
▪ 對下游的影響？

本案的保全對象主要為下游的武荖坑風景區，在東西坑匯流口以下 700 公尺處，有宜蘭縣政府管理的糞箕湖防砂壩。該壩近期因壩體與魚道破損而預計整修，是否受本案降壩影響成為討論焦點。

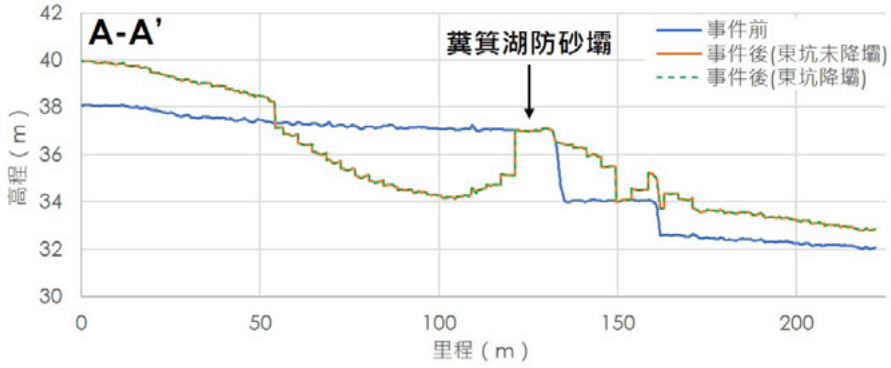
Q2 清水流模擬結果顯示 (圖❻)，1 號壩拆除後，上游溯源沖刷約 100 公尺，下游淤積影響範圍約 200 公尺。由現況與改善後 (圖❼) 之 Q50 飽和輸砂模擬比較亦可知，儘管事件後糞箕湖壩呈現上游淘刷，下游淤積傾向，但那是 Q50 事件本身所驅動，而無論東坑 1 號



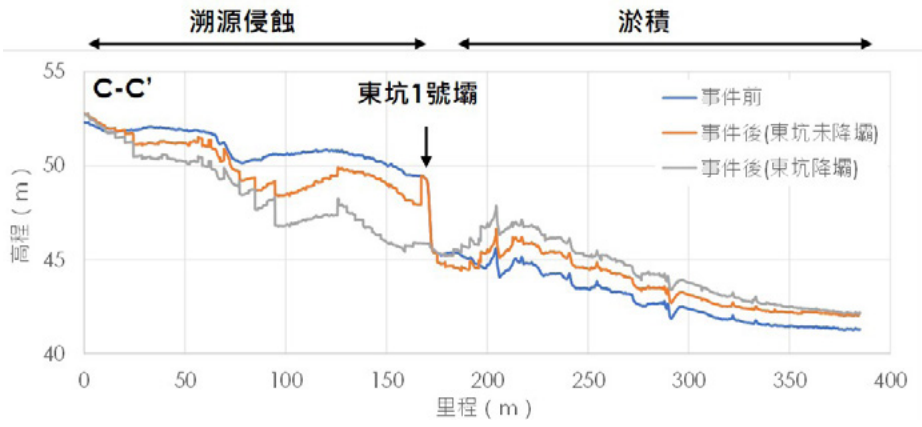
圖❻ Q2 改善後清水流模擬



圖❼ Q50 改善前、後飽和輸砂模擬－下游段



圖❽ Q50 事件前、後飽和輸砂模擬：糞箕湖防砂壩縱斷面



圖❾ Q50 事件前、後飽和輸砂模擬：1 號壩縱斷面

壩是否降壩，其沖淤影響範圍都未達糞箕湖壩 (圖❽)。東坑降壩後，上游溯源沖刷範圍約 150 公尺，下游淤高影響範圍約 200 公尺，與 Q2 相近 (如圖❻及圖❾)。這說明無論是 Q2 還是 Q50，沖淤變化都被彎道牽制，驗證東武荖坑溪的連續彎道可以調節土砂的輸送量，防止土砂一口氣大量往下衝。

長期而言，移除縱向阻隔必然有助於河相平衡與土砂輸送。近年來下游新城溪河床下切，呈缺砂傾向，適度調降其上游的壩體，應可緩解此一現象。

▪ 對林道的影響？

在 Q50 飽和輸砂模擬中，3 ～ 5 號壩附近的沖淤情形如圖❿。顯示砌石過水路面下游沖刷較嚴重，但在 Q50 事件本身的能量下，期望現有的過水路面完全無損也是強求。3、4 號壩附近的左岸，現地護岸已淘刷破損，與上方林道平面距離僅約 20 公尺，故設計保護措施 (基腳填殘塊) 有其必要。整體來說，構造物移除後的土砂運動為漸次發生，對周邊林道等保全對象的影響應在可控範圍。

▪ 真的會沖刷那麼多？

HEC-RAS 二維動床模擬的整體沖淤趨勢值得參考，例如在東西坑溪匯流處形成較大量堆積，下游糞箕湖防砂壩魚道受沖刷等，皆與現況符合。但在同一斷面中，深槽明確沖刷，且局部達 5 公尺以上，這就不可信了，使用者需要瞭解目前 HEC-RAS 無法模擬側向侵蝕，只能原地刷深的演算限制，並明白

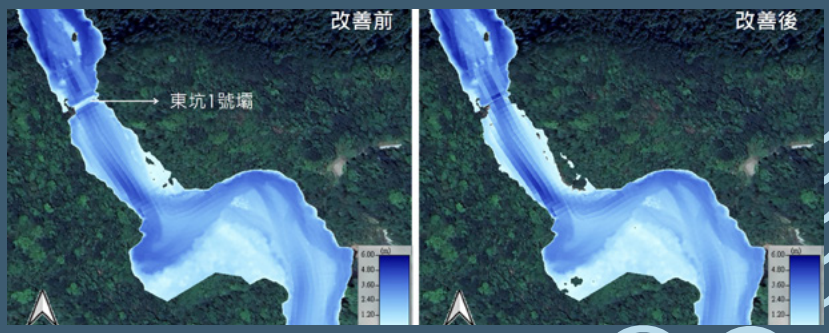
在真實世界裡的辮狀溪，流路容易因淤積而側向改道，實際上的局部沖刷不會那麼劇烈。

▪ 拆壩後，水深流速差多少？

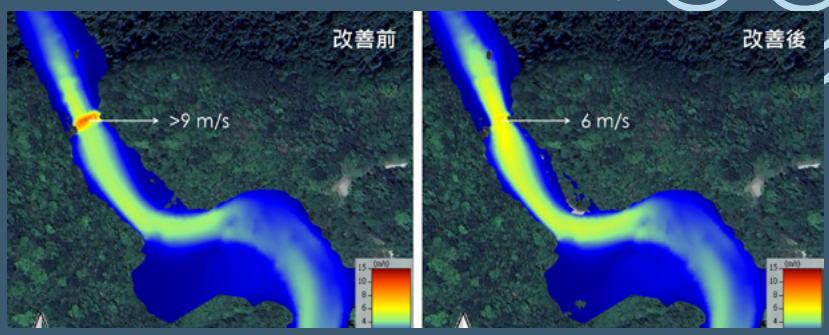
圖⓫顯示東坑 1 號壩移除後，水深分布與淹水範圍都差異不大，但壩體附近的水深變得較連續。圖⓬說明改善前後整體流速變化也不大，但原本集中在構造物附近的「流速異常高值」明顯降低，整條溪的能量分配更均勻，這代表改善後，不會有壩下集中消能淘刷的情形。流速、水深、能量的分布都能漸進轉換，這才是健康溪流的自然狀態。



圖⓾ Q50 拆壩後飽和輸砂模擬—上游區間



圖⓫ Q50 改善前後東坑 1 號壩附近水深分布



圖⓬ Q50 改善前後東坑 1 號壩附近流速分布

● 近自然工法：讓溪流自己復原

透過模擬確認設計安全性之後，即可對症下藥。除調整構造物外，本案採用的工法 (圖 ⓭)，皆盡量使用自然材料，以便讓營力接手，使溪流恢復成原本的模樣：

構造物調整：打除 5 座壩體、固床工、尾檻、護岸上部，打碎設計河床完成面下的構造物。

新設壩翼緩坡：2 號壩右岸保留壩翼以保護河岸，利用混凝土殘塊新設緩坡，作為動物通道。

生態護坡：依據歷史廊道流路，於 5 號壩右岸設置緩坡，以殘塊作底層，降低護岸造成的隔閡，打通橫向生態廊道。

- 打樁編柵：設於臨水側，採天然材料，可分解融合於自然。
- 挑流工：於緩坡水際線設置，需配合流向分析，減少植生復育前的岸際沖刷。
- 砌石丁壩：將 5 號壩右岸局部保留，改造為砌石丁壩，減緩彎道轉直線段的水流沖擊，並可局部形成潭區，增加棲地多樣性。
- 椰籠基腳保護工：設置於砌石丁壩上下游，保護緩坡基腳。
- 植生復育：新植適地原生樹種，強化濱溪帶結構與生態功能。

結語

拆除防砂壩、固床工、護岸等構造物，單純由字面來看很簡單，僅需機具進場打除即可。但為了確保拆除後的水砂變化，不致於對保全對象造成不良影響，需要進行一連串的分析與模擬工作。當年建設構造物的前輩並沒有河相指標可參考，也沒有數值模擬工具，在防災優先的考量下，構造物一座座地出現了。如今的設計者可以用河相指標掌握溪流個性，也可以透過水理模擬檢核流速、水深、能量與沖淤趨勢，不用憑空摸索想像，確實幸運多了。

即便如此，減法工程的規劃設計要順利通過審查、順利發包，可能需要比一般加法工程多付出更多的心力與時間。在執行過程中會遇見很多聲音，如擔心林道失去保護、是否影響親水活動安全、管理機關顧慮責任……等，不同單位各有立場，但每種聲音都需要被聽見、被回應。

近年相關治理機關於辦理降壩時，多已納入土砂運移及風險評估，但倘若施工後剛好遇到大型洪水或土砂事件致災，即便成因與降壩無關，也會讓設計執行單位倍感壓力，甚至為了消弭疑慮而裹足不前。溪流復育除了需要紮實的學理分析來建立信心，也需要各方願意接受一定程度的不確定性，理解水砂有其漲落脈動，溪流的河相與生物相需要時間恢復健康。唯有如此，才能真正走向溪流治理與復育的雙贏。

本案保全對象
武荖坑風景區

1

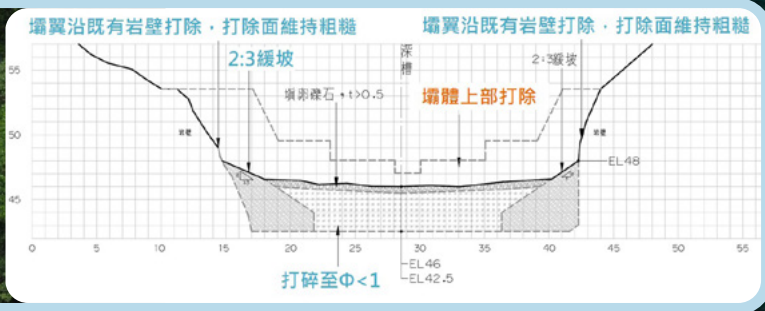
2

圖⓭

東武荖坑溪設計構想工區平面圖及說明

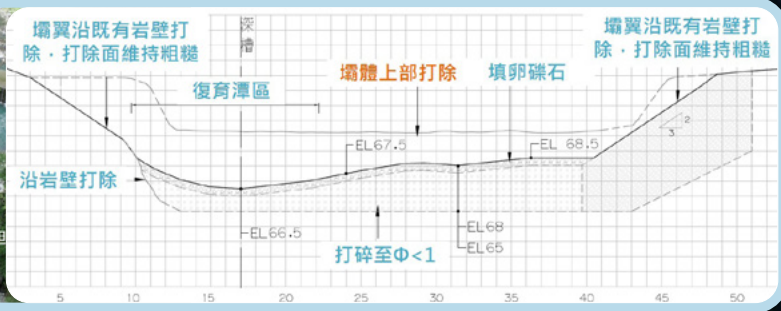
❶號壩工區



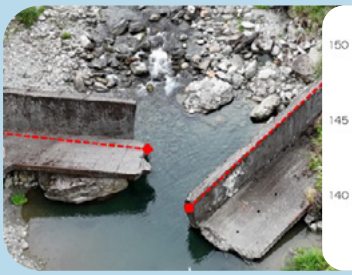


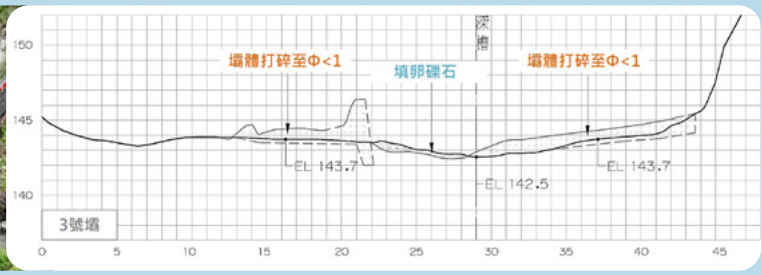
❷號壩工區



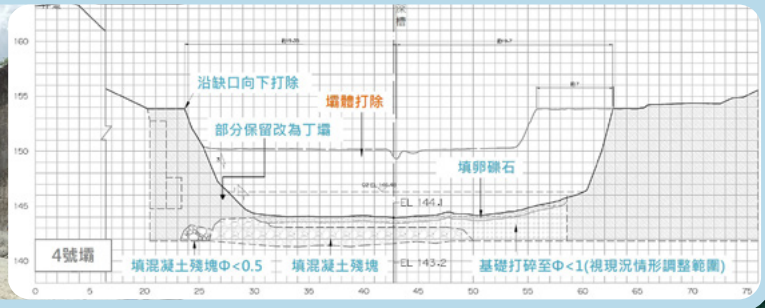


❸&❹號壩工區







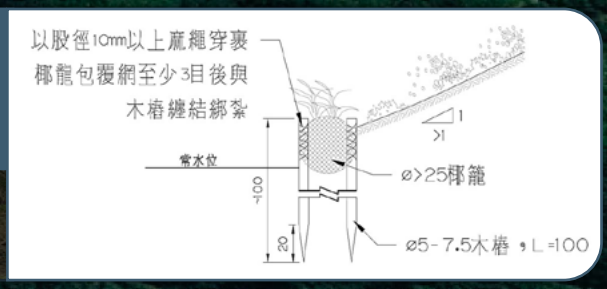


③ ④ ⑤

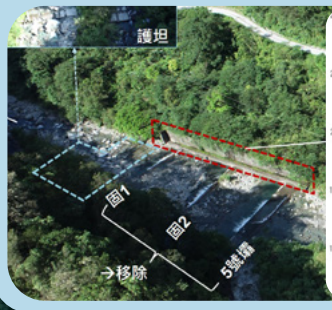
政大指南溪打樁編柵

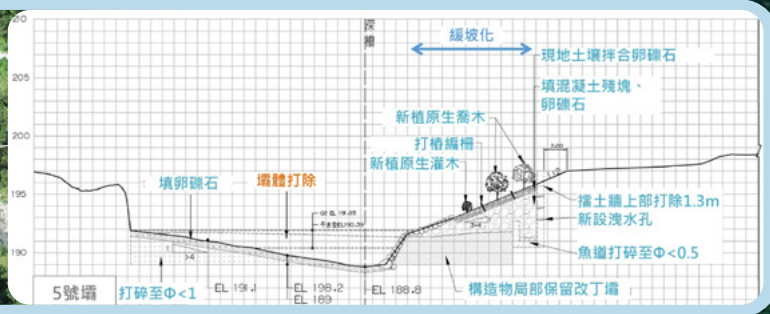


椰籠基腳保護工

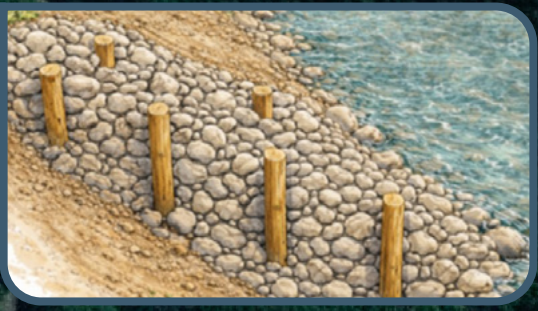


⑤號壩工區





挑流工



此工法配合流向設置在緩坡水際線，以改變水流方向，減少強勁水流在沿岸植生復育前對岸際的淘刷。

擋土牆及魚道改善

