

臺中市和平區「橫流溪野溪下游整治工程」-粗石斜曲面魚道治理成果

文／圖 ■ 李炎壽 ■ 林務局南投林區管理處處長
 邵龍雨 ■ 林務局東勢林區管理處治山課課長
 梁家柱 ■ 林務局東勢林區管理處治山課技正
 張哲銘 ■ 黎明工程顧問股份有限公司水土保持技師

一、前言

本計畫區位於臺中市和平區橫流溪，屬大甲河流域之八仙山事業區（如圖 1），因 2012 年颱風豪雨影響，導致橫流溪河岸沖刷，令上方大量土方崩坍河床，改變原有河床路線，林務局東勢林區管理處（以下簡稱東勢處）爰於 2013 年與 2014 年度分期針對本河段上游進行治理（如圖 2），並將河道擴寬至 38 公尺，經過治理後，上游土砂已獲控制，惟下游河段，河寬由 38 公尺束縮至 20 公尺，加上河床坡度較陡，雖已施設整流工程治理，但在縱向沖刷嚴重情形下，部分河床已有岩盤出露，而既有潛壩、固床工及混凝土護岸皆基礎淘空嚴重，另因本河段有常流水且兩岸植生鬱閉度良好，加上地方政府封溪護魚政策，使水陸域生態豐富，故本工程除修復護岸外，亦

於多座潛壩增設施設魚道提供魚類上溯，而回復水域縱向廊道。本工程參照林務局魚道研究成果，對應本計畫區以往水域魚類調查資料，評估以粗石斜曲面魚道作為本工程主要魚道，由於該魚道國內未曾施作，本文將以其設計考量及施作過程與效益及後續追蹤作一探討經驗分享。



▲圖 1、橫流溪地理位置圖



▲圖2、橫流溪上游整治前後比對圖

二、環境生態

本工程於設計前，為能瞭解本區域復育目標，需先將前期魚類相關資料收集及彙整，以作為魚道設計之依據，調查資料如下：

（一）相關委託調查成果

參考東勢處辦理「橫流溪生物相委託調查工作」（2003）及「東勢林區森林經營計畫」（2005），於橫流溪集水區總共調查鳥類 22 科 65 種，蝶類 11 科 102 種，其他昆蟲 12 目 113 種，水棲昆蟲 9 目 34 科 74 種，植物 110 科 342 種，魚類 5 種，兩棲類 7 種，爬蟲類 9 種與哺乳類 4 種。

另因當地社區居民發起封溪護魚活動，而臺中市政府亦協助公告封溪護魚範圍，現主要

由大雪山社區發展協會及南勢里社區發展協會共同管理；此外，平時白冷派出所員警及東勢林管處麗陽工作站巡山員亦會進行巡視，以維護溪流生態並減少違規情事發生，保護區內豐富生態。

（二）東勢處溪流魚類資源監測調查成果

彙整 2004 ~ 2015 年度橫流溪溪流魚類資源監測調查結果如表 1，由調查結果得知橫流溪曾調查所得之魚類包括臺灣石鱚、臺灣鬚鱚、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鰍、纓口臺鰍、粗首馬口鱚、明潭吻鰕虎及短吻紅斑吻鰕虎等。

表 1、東勢處橫流溪魚類資源監測調查成果表（2004～2015 年度）

年度		魚種		
2004	上半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、明潭吻蝦虎、縷口臺鯽、臺灣白甲魚	下半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、明潭吻蝦虎、縷口臺鯽、臺灣白甲魚
2005	上半年	臺灣石鱸、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎、臺灣白甲魚、短吻紅斑吻蝦虎(赤斑吻蝦虎)	下半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎、臺灣白甲魚、短吻紅斑吻蝦虎
2006	上半年	臺灣石鱸、明潭吻蝦虎、縷口臺鯽、臺灣白甲魚	下半年	臺灣石鱸、明潭吻蝦虎、縷口臺鯽、臺灣白甲魚
2007	上半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、明潭吻蝦虎、縷口臺鯽、臺灣白甲魚	下半年	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、明潭吻蝦虎、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽
2008	上半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎、臺灣白甲魚、短吻紅斑吻蝦虎	下半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎、短吻紅斑吻蝦虎
2009	上半年	臺灣石鱸、明潭吻蝦虎、縷口臺鯽、臺灣白甲魚	下半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎
2010	上半年	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、明潭吻蝦虎、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽	下半年	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、短臂瘋鰱(臺灣鮪)、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎
2011	上半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎、短吻紅斑吻蝦虎	下半年	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽
2012	上半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎	下半年	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽
2013	上半年	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、短臂瘋鰱(臺灣鮪)、縷口臺鯽、明潭吻蝦虎	下半年	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽
2014	第一季	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽	第三季	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、縷口臺鯽、臺灣間爬岩鯽
	第二季	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽	第四季	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽
2015	第一季	臺灣石鱸、臺灣鬚鱨、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽	第三季	臺灣石鱸、臺灣白甲魚、臺灣間爬岩鯽、縷口臺鯽
	第二季	臺灣石鱸、臺灣白甲魚	第四季	臺灣石鱸、臺灣白甲魚

鯉科			蝦虎科	爬鰻科
臺灣石鱸	臺灣鬚鱨	臺灣白甲魚	明潭吻蝦虎	縷口臺鯽
				
特有種	特有種	特有種	特有種	特有種

三、規劃構想

參考林務局「國有林生態工法之研究(1/2)(2006)」得知魚道種類繁多，包括階段式、鋪設粗石斜曲面式及改良型舟通式等。上述魚道中，改良型舟通式魚道適用於多種魚類且排砂能力佳，所需用地範圍較小，適用於小區域之魚道改善，而粗石斜曲面(全斷面型態)與階段式(全斷面型態)魚道，雖所需用地範圍較大且成本較高，但可達到全斷面之改善，增加魚類上溯空間，且現地成效甚佳，故大範圍改善時，仍建議採用粗石斜曲面(全斷面型態)或階段式(全斷面型態)之魚道型式。鑑於計畫區治理不僅希望以各種工程的手法來進行，並且希望藉此計畫，提昇整個河川之價值，針對計畫區內之溪流進行生態環境營造，以人為手法恢復或營造自然生態環境，創造富自然性的溪流。本工程所擬定的規劃原則如下：

(一) 生態環境復育原則

1. 多樣化之棲地環境：

溪流應盡量保有多樣棲地環境，如深潭、淺灘交互變化等，人工渠道使生物棲地環境單一化，物種及數量無法發展，因此建議可於適當河段(無溢堤之虞者)，營造適宜之棲地環境，可配合護岸施設魚槽等工程加以改善。

2. 維護生態系：

除水域生態，應兼顧陸域生態環境等周邊設施，使生態系臻於完備。

3. 施工現場因地制宜：

棲地改善或復育設施，應與現地狀況配合，施工前應深入瞭解現地環境，適時修正。建議施作生態棲地改善設施前，應做生態調查計畫或參考計畫區內相關生態計畫，以符合所需。

(二) 生態棲地改善原則

計畫區歷年來整治工程多以防砂、整流為目的，治理已頗具成效，但施設之高壩常阻礙魚群之洄游行為及棲地環境品質之降低，為此有必要針對橫向構造物如既設潛壩(或跌水工)加以改善。參考經濟部水利署水利規劃試驗所2006年「河川廊道棲地改善復育技術及對策之研擬」及行政院公共工程委員會「河溪生態工法參考手冊(2005)」，河溪生態工法的成效是多元的，包含安全、生物多樣性、棲地完整及景觀調和等要件，生態棲地改善原則主要分為安全及生態考量。茲針對計畫區改善需要性及改善方案評估及改善方案說明如下：

1. 評估改善原因：

包括(1)要復育河川棲地、(2)改善水質、(3)要重建魚類洄游路徑、(4)對於瀕臨絕種物種棲地進行改善、(5)消除壩的安全疑慮、(6)增加休閒遊憩機會、(7)增進社會認同度。

2. 改善方案評估：

(1) 安全考量：

包括 a. 洪水時安定的檢核、b. 沖刷的保

護、c. 嵌入河岸的保護、d. 流心的控制、e. 河道的穩定、f. 滿槽時通水面積的維持、g. 保護長度之考量及 h. 避免影響防洪安全。

(2) 生態考量：

包括 a. 廊道的確保、b. 枯水時水深的確保、c. 營造多樣性棲地的考量、d. 避免封底的設計、e. 多孔隙的考量、f. 產卵、覓食、避敵空間營造、g. 洪水時避難空間營造、h. 植生本土種的選擇、i. 河岸植生及 j. 河岸植生罩蓋度。

(三) 採用粗石斜曲面魚道

由於橫流溪野溪洪枯變化大，魚道需可因應水量變化劇烈之溪流，另外考量上游將河寬由 38 公尺束縮至 20 公尺，將使流速及流心呈急速變化，並需考量後續維護，參照林務局魚道研究成果，對應本計畫區以往水域魚類調查資料，評估結果以「粗石斜曲面魚道」為最佳，本工程以此工法做為「主魚道」，提供魚類、蝦蟹類等溯游使用。

由於該魚道可漸次坡降使水流面從岸側往河心逐漸傾斜而匯集，亦能順應河道地形蜿蜒特性，有效調整流心，以減少側岸水流衝擊。透過坡降變化，產生不同的水位高度變化，形成由河道中心往側岸的遞減流場，可創造流態多樣化。

於低流量時，由於流心處可維持足夠流速與水深，亦利細顆粒泥砂通過，適時補充下游砂源。故在枯水季節及常流水狀況下，水流因魚道曲面而致集中，水域生物廊道仍可維持。

另魚道表面上埋植有阻流用的粗石，減低水流的速度，同時在阻流石的後方，提供魚類短暫停留歇息的空間，在渠床粗糙度增加同時，水流內溶氧增加，亦有利水生物生存。由於本魚道屬全斷面式規劃，可防止淤砂產生，亦不需經常性維護，後續可以減少未來維護管理的成本。

四、設計及施工原則

(一) 設計原則

評估施設地點為既設高度 5.2 公尺潛壩，考量以全斷面、緩坡等，及魚類調查資料，評估結果以「粗石斜曲面魚道」為最佳，本工程以此工法做為「主魚道」，相關設計詳圖 3～5，提供魚類、蝦蟹類等溯游使用，但國內並無相關施做實例，因此本工法「粗石斜曲面魚道」切實暢通生態廊道為「全國第一座」。

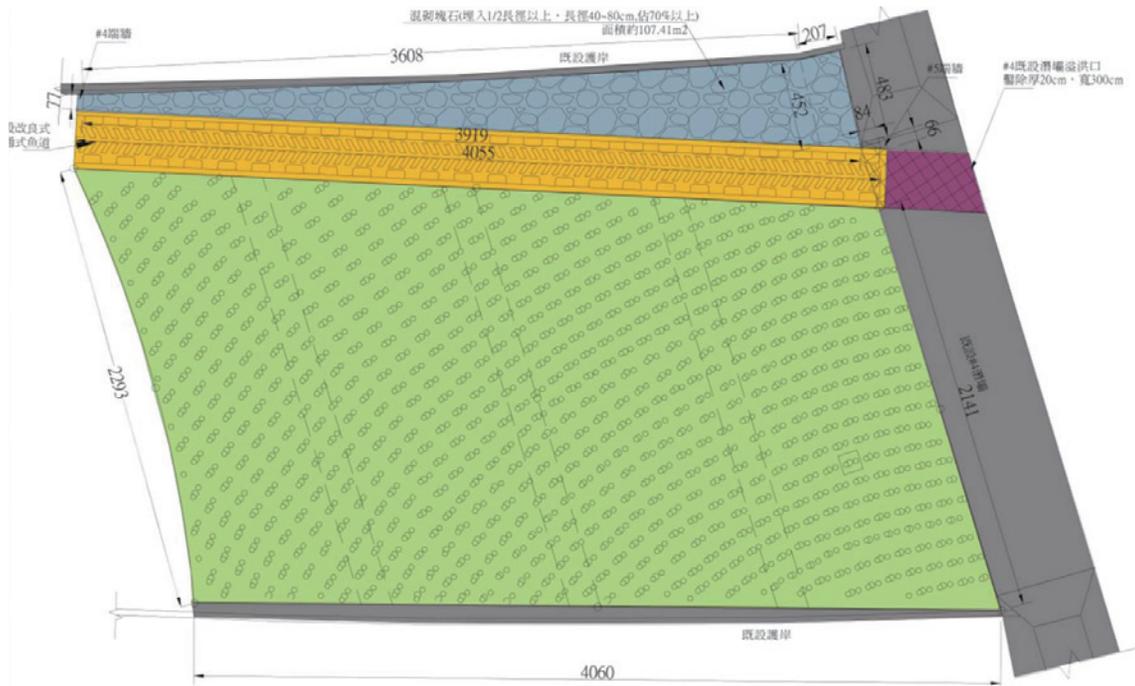
本工法參考（2007）日本魚道塊委員會「魚道塊的施工方法指導」、鹿兒島縣大島支廳河川港灣課「奄美島仲畑井堰魚道」、林務局國有林地魚道圖冊（2008）等文獻資料整理結果，除塊石平均粒徑與坡度曲面外，無明確規範，故考量安全、現地塊石狀況、施工控制等訂定如下：

1. 水流衝擊壓力可將塊石壓緊為佳：塊石粒徑 40～80 公分，形狀底大頂小。
2. 曲面變化：設計坡度 1/8～1/20。
3. 控制曲面：標定 21 個控制點。
4. 洩除地下水壓：佈設 $\phi 3$ “PVC 透水管”。
5. 以設置伸縮縫（20 公尺、1 處）、地梁 3 處。

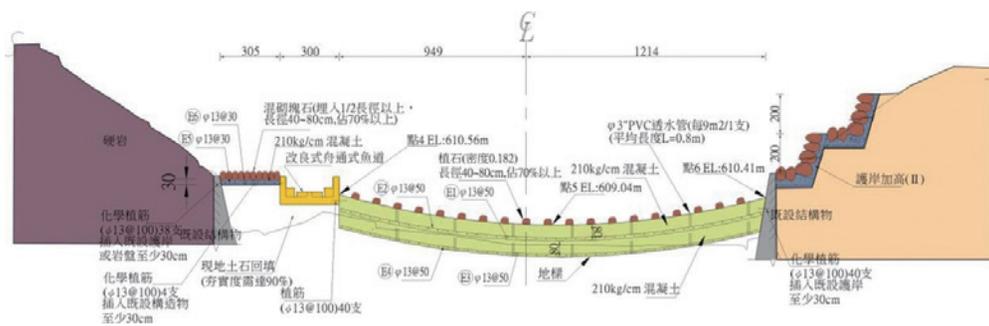
6. 既有護岸功能與水理檢討，不足處加高加固。
7. 曲面採弧形鋪排塊石除消能降低流速及營造水花以增加水中含氧量外，亦導正流心、集中逕流，使枯水季仍可盡量維持溯

游水深。

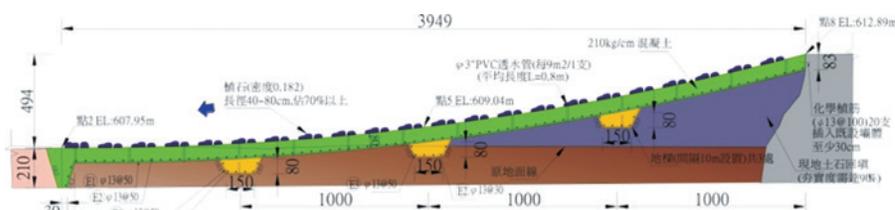
8. 下游鋪排塊石保護出水口，增加魚類溯游成功率，將整治與生態共同納入規劃、設計考量。



▲圖3、粗石斜曲面魚道平面圖



▲圖4、粗石斜曲面魚道縱斷面圖



▲圖5、粗石斜曲面魚道橫斷面圖

（二） 施工原則

由於國內無任何實際施作經驗，參考國內與日本相關研究，除林務局國有林地魚道圖冊（2008年）針對塊石粒徑坡度曲面外，無明確規定，但因曲面高程由三方向隨里程往下游變化，故施工前訂定 21 個控制點，分四區塊由上游往下游依序施作，塊石排列以 3 個一組，擺放以水流壓力能將塊石按壓緊，並於每階段施作時由控制點進行校正。施工方式無前例，因此由設計單位與施工廠商討論，經施工廠商提出施工計畫（修改 3 次），並由東勢處與設計單位開會審查，通過後，據以施作。其施工過程如下（詳圖 6）：

1. 底層夯實後（並經夯實度試驗合格後），與設計控制點高程比對，並於鋼筋上以紅色防水膠帶標示。
2. 塊石排列曲線以 1” 塑膠軟管標定；列寬與間距，以箱尺確定位置後，噴漆標示於底層混凝土面上。
3. 塊石放置後由高處檢視，不符處標示立刻更換。
4. 塊石排列後，於每顆石頭與透水管均標示完成高度（詳圖 7），做為表面最終施作高度之控管，確保符合規定與要求。



▲圖6、粗石斜曲面魚道施工過程示意圖



▲圖7、粗石斜曲面魚道澆置放樣示意圖

五、魚類調查及溯游效能調查

為能掌握本工程完工後對橫流溪魚類影響，爰亦持續進行魚類調查追蹤，並對生活狀況、習性、魚種分佈作一分析。另外為瞭解粗石斜曲面魚道效用，亦進行溯游效能調查。

(一) 魚類調查

本案調查水域棲地類型主要為溪流環境中的淺灘，故採用電魚法並搭配籠具（蝦籠）進行調查。魚類鑑定主要參考「臺灣淡水及河口魚類誌」（陳與方，1999年）、「魚類圖鑑」（邵與陳，2003年）、「臺灣魚類誌」（沈，1993年）等著作與臺灣魚類資料庫網路電子版（中研院生物多樣性中心），保育類物種名稱參考「保育類野生動物名錄」（行政院農業委員會，2014年）。

本計畫已於2016年4月21日～2016

年4月22日完成第一季次之調查工作，茲將調查結果說明如下：

1. 棲地描述：調查樣站位於海拔600公尺之野溪，棲地多以淺灘為主，河道中及兩側護岸多有人工構造物，其中亦有因人工構造物造成之深潭，排石式魚道及階梯式魚道。調查時水色透澈，清可見底，河道中尚可見工程後所殘留之裸露砂石。
2. 種屬組成調查結果共記錄魚類2目3科5種81尾（表2），分別為縷口臺鯪、臺灣白甲魚、臺灣石鱸、臺灣鬚鱨及明潭吻鰕虎。
3. 特化性：所記錄魚類之中縷口臺鯪、臺灣石鱸、臺灣鬚鱨及明潭吻鰕虎等4種為臺灣特有種，占所有記錄魚類種類的80%。
4. 保育等級：調查結果未發現保育物種，均為一般種類。

表2、橫流溪第一季調查魚類名錄與數量

目名	科名	中文名	學名	特化性	保育等級	2015年4月				
						點1	點2	點3	總和	
						豐度 (尾)	豐度 (尾)	豐度 (尾)	平均體長 (公分)	平均體重 (克)
鯉形目	爬鯪科	縷口臺鯪	<i>Formosania lacustris</i>	特有		1	1	8	7.09	10.70
		臺灣白甲魚	<i>Onychostoma barbatulum</i>			6	3	3	11.40	19.50
	鯉科	臺灣石鱸	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	特有		2	2	7	11.09	21.00
		臺灣鬚鱨	<i>Candidia barbata</i>	特有		11	4	15	10.14	20.97
鱸形目	鰕虎科	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	特有			4	14	5.77	6.11
總計(尾)						20	14	47		
歧異度指數(H')						1.07	1.51	1.49	-	
均勻度指數(J')						0.77	0.94	0.92		

註：特化性："特有"表臺灣特有種。

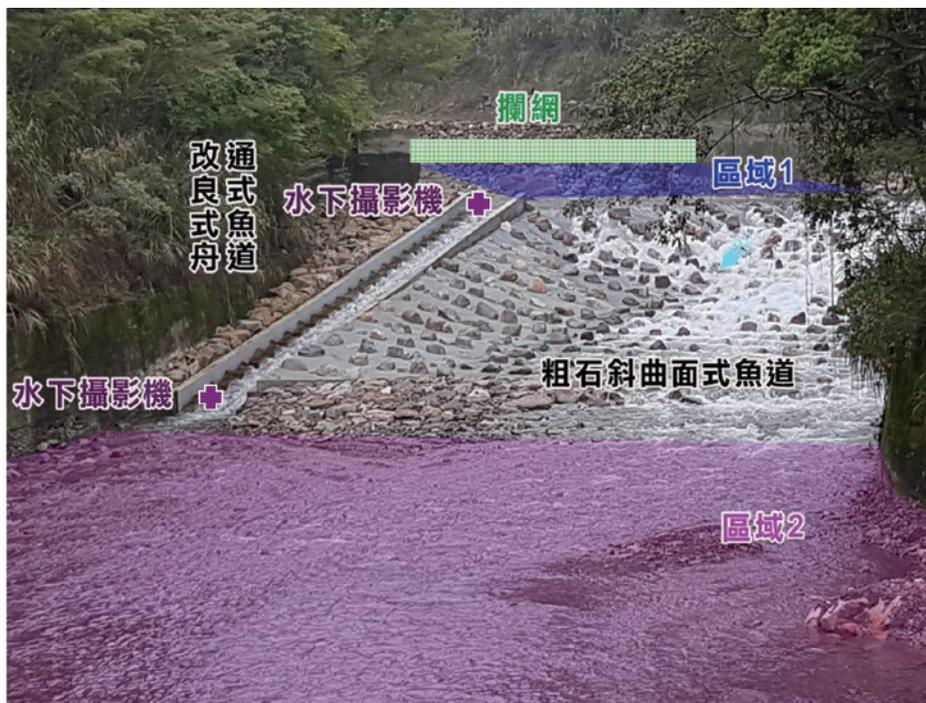
5. 多樣性指數：本次調查結果發現，各樣站之歧異度指數介於 1.07 ~ 1.51，均勻度指數介於 0.77 ~ 0.94。結果顯示，調查範圍內魚類歧異度屬中等，並無明顯優勢種。

（二）魚類溯游效能調查

為瞭解橫流溪魚道效能，本計畫後續於粗石斜曲面式及改良式舟通式魚道處施設陷阱以調查溯游魚類之種類、大小及數量等。調查方法主要為電魚法及網捕法，調查時間及次數評估魚類之溯游能力以豐水季時為佳，故調查時間擬配合 7 月 27 ~ 29 日之魚類調查時進行 1 次魚道溯游魚類調查。

魚類相關調查設施配置說明如下（詳圖 8）：

1. 於粗石斜曲面式及改良式舟通式魚道上游處（區域 1）施設攔網，攔阻溯游之魚類。
2. 於粗石斜曲面式及改良式舟通式魚道上游（區域 1）之魚類驅離至魚道下游處（區域 2）。
3. 架設水下攝影機於隔日上午及下午，各進行 1 小時之水中攝影，觀察魚類利用魚道溯游之狀況。
4. 隔日以電魚法及網捕法進行魚道上、下游之魚類調查，包括魚類種類、大小及數量之分布情形，據以瞭解魚類溯游狀況。



▲圖8、橫流溪魚道溯游魚類調查配置示意圖（照片經加工套色，非原水體顏色。）

溯游魚類調查結果第一日已將魚道上游河段（區域 1）之魚類往下游驅趕，使其呈現無魚類的水域環境，第二日於調查前，於檢查攔網時，即發現 2 尾臺灣白甲魚中網（體長 13.3 公分及 16.2 公分），並於 1 處蝦籠捕獲 1 尾臺灣鬚鱨（體長 9.0 公分），顯示第一日之驅趕，對魚類之溯游能力並未造成太大影響，魚類仍可藉由魚道順利上溯及進食，發揮暢通廊道之功效，相關調查可詳圖 9。



▲圖9、魚類調查作業示意

於電魚的過程中，除於魚道之上、下游均可發現魚群聚集外，並於粗石斜曲面式魚道下游約 1/3 處捕獲 1 尾臺灣鬚鱨（體長約 5.5 公分）及 1 尾臺灣白甲魚（體長約 7.9 公分），顯示調查時仍有魚類持續利用魚道溯游，確有其功效，所調查魚類種類詳圖 10。



▲圖10、魚類調查種類

六、工程效益

為能瞭解粗石斜曲面魚道是否發揮作用，除以溯游效能調查，本工程更採用快速評估指標（RHEEP）定性質化評估系統，進行環境評估與分析，並採用河川棲地二維模式（River 2D）模擬環境棲地之權重可使用棲地面積，量化評估河段之棲地環境，以評估魚道等結構物施做前後對溪流生態改善之效益。

（一）快速棲地生態評估方法（RHEEP）評估成果

參照汪靜明教授所建立之「快速棲地生態評估方法（Rapid Habitat Ecological Evaluation Protocol, RHEEP）」可反應調查當時河川棲地生態系統狀況，其具有實務操作性原則、符合

生態學原則，具備豐富的經驗累積性，亦可於短時間獲得結果，為提供非生態專業背景人士簡易迅速使用的生態評估方法。本工程採用該評估方式針對開發場址周遭河段進行調查與評估，評析河川環境品質。

RHEEP 評估法涵括 10 項評估因子，包含水域型態多樣性、水域廊道連續性、水質、河床穩定度、底質多樣性、河岸穩定度、溪濱廊道連續性、溪濱護坡植被、水生動物豐多度以及人為影響程度等，而其分數系統係參考美國環境保護署之快速生物評估方法（RBP），將各因子的狀況由好到差分為 4 個等級，且各等級皆有清楚量化的評分依據。另外並考量一般對分數系統都以 100 分作為滿分較為直覺，因此，針對目標河段的現況，各項評估因子之分數為 1 到 10 分（優：7 ~ 10 分、良：4 ~ 6 分、差：2 ~ 3 分、劣：0 ~ 1 分），而 10 項評估因子分數的總和，即為該河段棲地生態系統的整體狀況評估分數，其滿分為 100 分。

於民國 2016 年 5 月 24 日，針對粗石斜曲面式魚道河段（含括上、下游）進行快速棲地生態評估，由評估結果，粗石斜曲面式魚道之河段生態品質屬「優」等級（詳表 4），棲地品質為大致維持自然狀態，茲將評估項目及內容、品質評分及品質分級分述如下：

本河段河床穩定且底質多樣化，水域生態包含淺流、淺瀨、深流及岸邊緩流等多樣化型態，河道具曝氣作用粗石斜坡及拋石，溪中原有之橫向構造物均已設置魚道改善，未阻斷水域廊道之連續性，兩岸多為砌石護岸及混凝土護岸，河岸大致穩定，溪濱廊道雖設有護岸，

但僅低於 30% 廊道連接性遭阻斷，溪濱植被覆蓋率約 80 ~ 50%，但植被為人工次生林，有些許人為活動，但不影響植物生長，水生動物豐多度高，無外來種，整體根據快速棲地生態評估方法，本樣站評分為 83，品質分級推估為「優」，棲地品質為河川棲地生態大致維持自然狀態，其環境架構及生態功能皆保持完整。

表 4、快速棲地生態評估方法（RHEEP）分析成果

評估系統	類別	評估因子	粗石斜曲面式魚道河段
快速棲地生態評估方法 (RHEEP)	水	水域生態多樣性	10
		水域廊道連續性	6
		水質	10
	土	河床穩定度	6
		底質多樣性	10
		河岸穩定度	6
	林	溪濱廊道連續性	6
		溪濱護坡植被	6
	動	水生動物豐多度	6
	人	人為影響程度	10
	林	底質多樣性	10
	棲地品質評分（合計）		83
			優
棲地品質		大致自然狀態	

（二）河川棲地二維模式（River 2D）分析

河川棲地二維模式（River 2D）為加拿大亞伯他大學土木與環境（工程）學系所發展之二維水理模組，其採用有限元素法計算並可用於棲地評估之研究。棲地根據不同流量，配合本計畫現地量測之流速、水深，計算不同流量

各斷面流速及水深分布，再透過棲地模式中對象物種之棲地適合度曲線（Habitat Suitability Curve, HSC）找出橫斷面各分區之流速及水深所對應之棲地適合度指數，便可求得研究河段之權重可使用棲地面積（Weighted Usable Area, WUA）。

茲以「橫流溪野溪下游整治工程」之防砂壩設施粗石斜曲面式魚道改善工程河段進行模擬，模擬長度約 200 公尺，流量水位採常流量（2～5 年頻率年），以瞭解改善前後對溪流生態棲地之改善效益，模擬結果說明如下：

1. 現況問題與改善措施

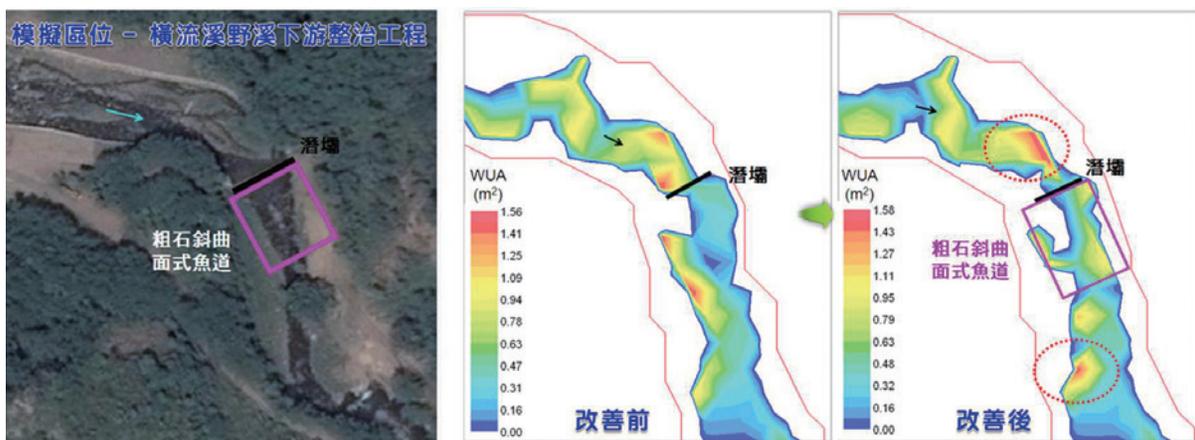
工區河段潛壩因設計壩高（約 4 公尺）及溪流淘刷而基礎淘空（落差約 0.5 公尺）造成高落差，造成水域縱向生態廊道阻斷，故針對淘刷而造成之壩體破損及基礎淘空造成高差情形採基礎補強改善，壩體落差改善則以施設鋪設粗石斜曲面式及改良型舟通式魚道，暢通其生態廊道及棲地。

2. 評估結果

以臺灣石鱸進行模擬評估，依評估結果（圖 11），本案例藉採用壩體緩坡化及施設魚道手段有效降低原落差處之流速並改善棲地可使用面積。

經分析，改善前臺灣石鱸之棲地可使用面積（WUA）為 36.64 平方公尺，占常流水區域約 0.71%，經改善後，臺灣石鱸 WUA 增為 870.21 平方公尺，占常流水區域約 16.94%，較改善前增加 16.23%，顯見結構物施做對溪流生態改善有其正面效益。

分別採用質化系統之快速棲地生態評估方法（RHEEP）及量化系統之河川棲地二維模式（River 2D）進行結構物效益與生態環境整合性分析，於粗石斜曲面式魚道，由快速棲地生態評估方法（RHEEP）分析結果為優（83）；由河川棲地二維模式（River 2D）（常流量，2～5 年頻率年）模擬所得改善前臺灣石鱸之棲地可使用面積（WUA）為 36.64 平方公尺（0.50%），經改善後，臺灣石鱸 WUA 增



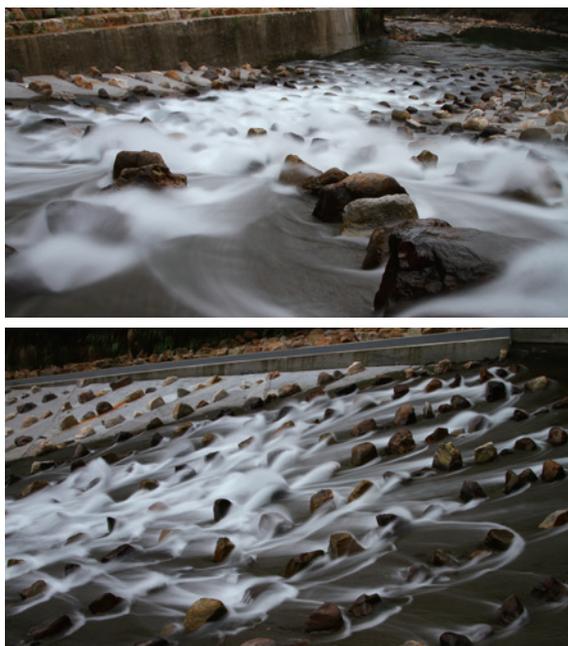
▲圖 11、橫流溪粗石斜曲面魚道 WUA 分布（改善前、後）

為 870.21 平方公尺 (11.85%)，其棲地增加 11.35%。

由評估結果可知，質化系統之快速棲地生態評估方法 (RHEEP) 與量化系統之河川棲地二維模式評估結果大致相同，皆顯示粗石斜曲面式魚道棲地狀況佳，顯見結構物施做對溪流生態改善有其正面效益。

七、結語

本工程首次使用粗石斜曲面魚道，其目的不僅希望以各種工程的方法來進行防災，並且更希望藉此機會，提昇整個溪流之價值，除針對河溪治理注重安全、亦能與生態、景觀兼具並重下，本工程多採行近自然型態之工法治理及並且規劃自然形態之河岸、溪畔、深潭、淺灘及高灘地綠美化 (圖 12)，以利魚蝦及水中動物之洄游、維護生態環境，以達到環境諧和及河溪水土資源之永續利用之目標。



▲圖12、粗石斜曲面魚道流況

本工程亦受行政院公共工程委員會肯定，榮獲第 16 屆公共工程金質獎水利工程類「佳作」(圖 13)，東勢處後續仍會謙卑面對大自然，並且結合在地各種資源，讓台灣的森林不止更安全，亦會再努力創造更多樣性生態環境。♻️



▲圖13、榮獲第16屆公共工程金質獎

參考文獻 (請逕洽作者)



(圖片／高遠文化)