



河川砌石固床工之技術推廣 與應用案例介紹

莊明德¹ 周文杰² 廖光正³ 李德旺⁴ 陳伊昱⁵

前言

2006年秋，當我們帶領中華大學土木系研究生在杉林溪溪床工作時，在旁邊觀看的民眾突然跑來問我，在溪底用石頭堆的像麥

×勞“M”廣告標幟的東西是什麼？乍時我愣了一下回頭看看，還真有點像是幫麥×勞宣傳的廣告呢？其實堆的像麥×勞“M”標幟的東西是「砌石固床工」，是為了改善河川棲地而特別施作的；如果魚兒有情，應該會喜歡我們為牠所設計的「麥×勞」。

¹特有生物研究保育中心副研究員、³研究員、
⁴助理研究員

²中華大學土木工程研究所副教授、⁵研究生

一、砌石固床工的構造

「砌石固床工」是以河溪中石塊組合而

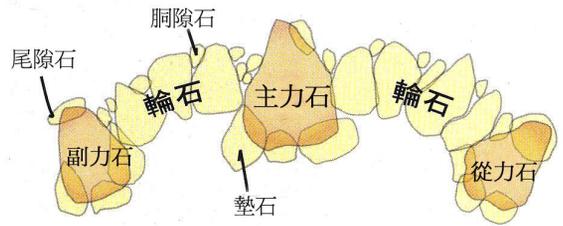


圖1 砌石固床工之組成構造。(資料來源:近自然工法之石組技術)

成，除保有固床工防止河床淘刷及穩定河床坡度的優點外，還能創造出魚、蝦蟹類等的棲地和多樣性的流水形態。砌石固床工為拱形構造，其主要構成可分為：

(一)力石：不動的石頭，做為支點的石頭，以石面要大、石尾要小的石頭為宜；依其功能及位置可分為「主力石」、「副力石」及「從力石」3種（圖1）。

(二)輪石：連結力石的石頭，做為力石支點的組合石塊。

(三)墊石：使石組的荷重均勻傳至地盤，以保持安定的石頭。

(四)洞隙石、尾隙石：補助力石和輪石的接合端縫隙接觸，使砌石能緊密接合像「楔子」的石頭。

砌石固床工主構造物的完成，始為引導河川律動的開始，砌石固床工藉由河川的自然力，可以營造多樣化的水域環境。

二、砌石固床工之技術推廣

2001年因辦理生態工程研討會需要，筆

左上圖：日本四國地區吉野川砌石固床工之拱形構造。(莊明德 攝)

左中圖：砌石固床工剛完工情形。(莊明德 攝)

左下圖：砌石固床工完工1年後情形。(莊明德 攝)



者向農業工程研究中心借閱一些國外生態工程的專書，其中由西日本科學技術研究所福留脩文所長翻譯之「水制之理論與計算」（日文版原文為德文），讓我印象十分深刻；因此去函西日本科學技術研究所，邀請福留脩文所長來台作專題演講，或許由於日本人的嚴謹個性與對台灣現況的不了解，花了許多時間溝通後終於獲得福留所長首肯訪台（據福留所長表示距離上次訪台已經是20幾年前），從此再進行3次訪台技術交流：

（一）2001年「近自然工法研討會」

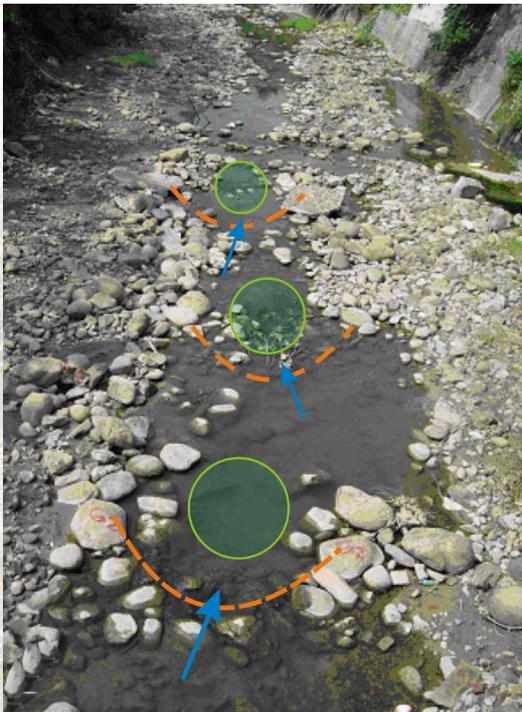
特有生物研究保育中心受經濟部水利署水利規劃試驗所委託辦理「近自然工法研討會」，邀請福留所長專題演講「日本河川近自然工法之思想與技術」。福留所長在這次

福留所長及小松總一先生於台北縣牡丹溪指導砌石固床工施工。 (莊明德 攝)

短暫訪台參觀期間，每見到有砌石構造物，總是不停的拍照與記錄。在台北市政府的安排下，參訪虎山溪整治工程，原本1小時的行程根本不夠，福留所長甚至挽起衣袖，在溪畔開始講解砌石固床工，讓大家都留下深刻印象。

（二）2002年「河川近自然工法技術訓練課程」

特有生物中心受921地震重建委員會委託辦理「河川近自然工法技術訓練課程」，福留所長於南投縣竹坑溪帶領學員及當地民眾施作砌石固床工；原本安排福留所長指導



工程人員施作，沒想到福留所長到達現場，隨即換上自備工作鞋與大家共同完成台灣第1座依生態工法理念施作的砌石固床工。福留所長表示：砌石固床工於施作時，最要緊的是要決定『力石』的配置與基礎的深度，因為『力石』為砌石固床工的骨架(圖1)，擔負著抵抗水流(甚至砂石)的主要衝擊並將受力傳達至兩側基礎；而基礎的深度不足會因河川縱向沖刷而導致砌石固床工的毀壞。

(三)2003年「生態工法砌石技術研討會」

特有生物研究保育中心受水土保持局委託辦理「生態工法砌石技術研討會」，邀請福留所長及日本砌石專家小松總一先生來台講授生態工法砌石技術。此次研討會強調現場操作及講解，因此特別商請水土保持局同意以台北縣牡丹溪河段(牡丹國小旁)作為教學河段。參加人員除水土保持及水利工程人員外，還有學術單位研究人員參加，記得在最後檢討會時，水土保持局主管還表示：「還是頭一回看見這麼多博士在溪底搬石頭，反而是大多數同仁只在岸邊觀看沒有實際參與，甚為可惜。」兩天現場操作課程，先將原本損壞的混凝土固床工予以拆除，再以河床原本石材構築完成一座砌石固床工。

三、砌石固床工應用案例

為了解砌石固床工對河川棲地生態的影

左上圖：牡丹溪砌石固床工。(施工前)(莊明德 攝)
 左中圖：牡丹溪砌石固床工。(施工後)(莊明德 攝)
 左下圖：平林溪砌石固床工。(莊明德 攝)(註：褐色虛線表砌石固床工位置；藍色箭線表水流方向；綠色圈表潭區位置)

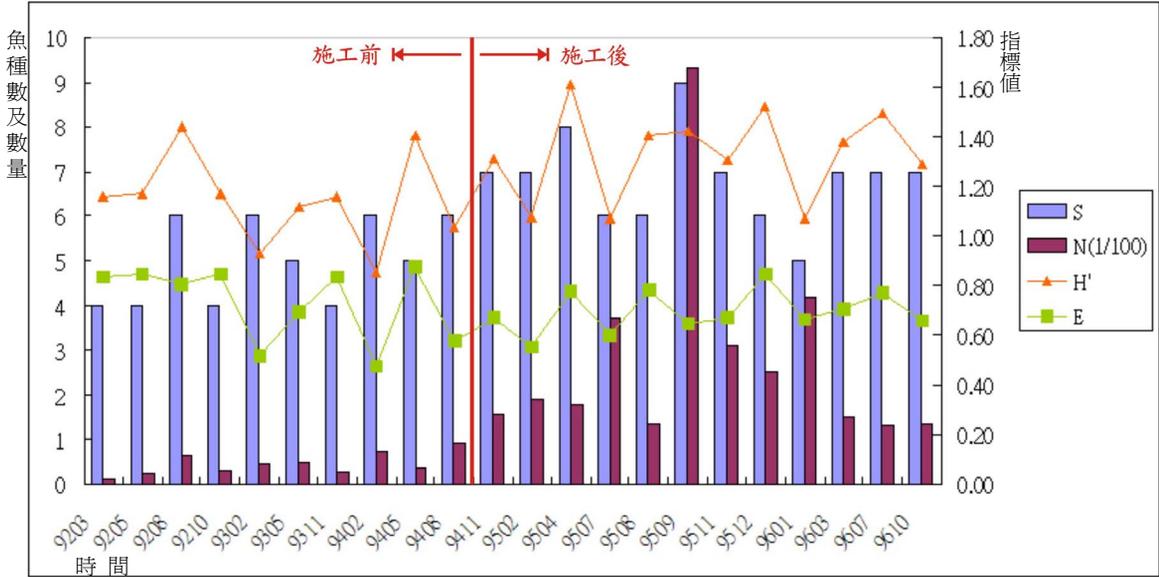


圖2：平林溪研究河段砌石固床工施工前、後魚種數、魚類族群與魚類多樣性指數變化。(2005年10月完工)
 S: 魚種數 N: 魚類族群數(尾數/100) H' : 歧異度指數(Shannon index) E: 均勻度指數(Shannon-Wiener's evenness index)

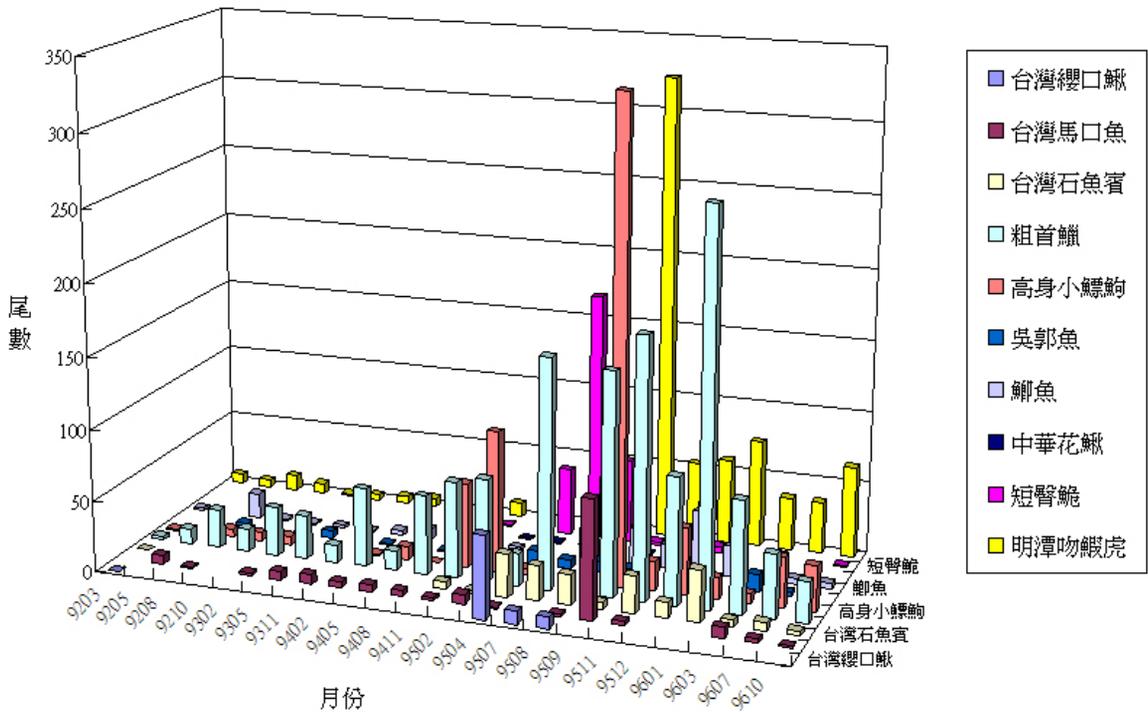


圖3：平林溪研究河段砌石固床工施工前、後各種魚類族群變化。(2005年10月完工)

響，特有生物研究保育中心與中華大學土木工程研究所進行合作研究，於2003年2月至2007年10月以南投縣中寮鄉之平林溪作為研究河段(永康國小附近仙峰橋起至下游100m河段)。

於2003年3月至2005年8月進行砌石固床工施工前河川棲地生態調查，共發現鯉科、慈鯛科及鰕虎科3科6種魚類，其中以粗首鱨(*Zacco pachycephalus*)及明潭吻鰕虎(*Rhinogobius candidianus*)的數量較多。

由於研究河段前因整治後流況較為單調(多為淺流)。因此本研究希望藉由砌石固床工的施作能增加研究河段流況的多樣性，以改善現有之棲地環境。於2005年9月在仙峰橋下游20m、30m及40m處連續施作3座砌石固床工，完工後發現研究河段交互形成「潭」、「瀨」、「淺流」等不同流況，使得研究河段魚類棲地多樣性明顯增加。

於2005年11月至2007年10月進行砌石固床工施工後河川棲地生態調查，共發現鯉科、慈鯛科、鰕虎科、鰍科、平鰭鰍科及鮭科等6科10種魚類。其中台灣石魚賓(*Acrossocheilus paradoxus*)、台灣纓口鰍(*Crossostoma lacustre*)、中華花鰍(*Cobitis sinensis*)及短臀鰍(*Pseudobagrus brevianalis brevianalis*)4種魚種於施工前調查(2003年3月至2005年8月)並未發現，而施工後之優勢種(粗首鱨及明潭吻鰕虎)的數量明顯較施工前為多。比較砌石固床工施工後魚類之種類與數量明顯較施工前為多(圖2、圖3)，施工後魚類之歧異度指數(Shannon index, H')較施工前為高；魚類之均勻度指數(Shannon-Wiener's evenness

index, E)於施工後逐漸趨於穩定(圖2)。

研究河段於砌石固床工施工後魚類棲地多樣性明顯增加，魚類種類、族群量及歧異度指數均較施工前明顯增加，應用砌石固床工確可改善魚類棲地，在魚類復育上深具意義。

四、結語

(一)由砌石固床工研究案例發現：砌石固床工施工後魚類種數及數量均較施工前多，這是因為砌石固床工施作後研究河段之流況顯然較施工前多樣化所致；砌石固床工對河川棲地環境之改善有明顯的助益。

(二)特有生物中心雖然自2001年起連續3年邀請福留修文所長來台指導砌石固床工施工技術，但因受委辦經費限制下，實難於有限時間完全傳授施工技術。

(三)參與砌石固床工施工技術之學員(特別是第一線之工程人員)，大多只願於河岸邊觀看學習，願意實地操作的學員並不多。因此在一知半解的情形下，有許多失敗的工程案例發生(如后番子坑溪砌石固床工)。

(四)近年來國外發展之河川棲地模式(如Habsim及River 2D等)，將指標生物參數納入棲地模式中，將可作為近自然工法(如砌石固床工及丁壩工等)之規劃設計之用。