

# 河道上的豆腐岩—— 柔性固床工

洪健豪、王豪偉、郭文達、穰順忠

河道中常見以陣列方式橫互排列的一些豆腐塊狀的混凝土塊，它們是為穩固河床所施做的橫向跨河構造物，目的是控制上游河床的縱向沖蝕及防止河床被淘刷，並有保護橋基及抬升水位以供農業灌溉的功能。

## 河道上的豆腐岩

佇立在河邊優閒地觀賞潺潺的小河，耳邊傳來陣陣輕柔的呢喃，眼光往四周查詢了一番，發現聲音來自河水輕撫著岸邊一層層的巨型混凝土塊，那就是傳說中的豆腐岩。這些豆腐塊狀的混凝土塊以陣列方式橫互排列在河道中，是為穩固河床所施做的橫向跨河構造物，目的是控制上游河床的縱向沖蝕及防止河床被淘刷，並有保護橋基及抬升水位以供農業灌溉的功能。

觀察各實務工程現場可知，這混凝土塊陣列是由一塊塊大型混凝土塊依次錯落配置，由上游往下游逐漸降低高度排列，混凝土塊間間隙則以河道中的粗顆粒卵礫石填補。在洪水期間，若洪流高速通過混凝土塊，會因沖刷而導致結構不穩。然而混凝土塊間已施以填縫料，具有調整的

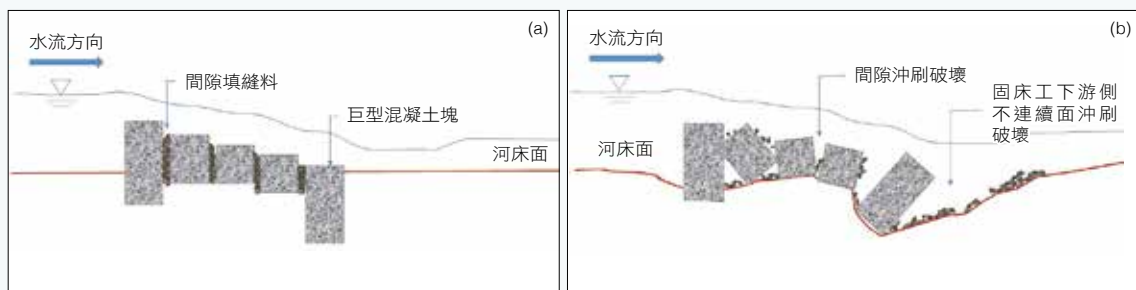


國道 3 號跨烏溪河段下游柔性固床工



苗栗中港溪水頭屋橋下游側橋基保護工

柔性固床工的混凝土塊間隙的填縫料可能因高速水流的壓力差而遭吸出或淘刷流失，導致混凝土塊重心不穩而沉陷或傾倒。



柔性固床工破壞示意圖：(a) 未破壞前、(b) 間隙沖刷與不連續面破壞。

空間，因此仍可發揮穩固河床的功效。因其具有局部調整的功用，所以又稱為柔性固床工。

### 常見的破壞型式

柔性固床工雖有其功用，但因長期遭水流沖刷，所以也可能被破壞。過去的沖刷災害調查資料顯示，台灣柔性固床工最常見的兩大破壞型式是混凝土塊體間隙沖刷（約占 35.5%）及固床工下游側不連續面沖刷（約占 22.6%）。

#### 混凝土塊體間隙沖刷（填縫料流失）

一般而言，柔性固床工混凝土塊間隙的填縫料可能因高速水流的壓力差而遭吸出或淘刷流失。一旦填縫料遭水流淘刷幾近全數流失，且刷深至混凝土塊的底部時，可能也會造成混凝土塊底部周遭的河床泥砂局部流失，導致混凝土塊重心不穩而沉陷或傾倒。

強壯如美國職籃球星俠客歐尼爾者，常人根本無法撼其寒毛，然若令其無立錐之地（如巨型混凝土塊周遭河床沖刷），必也自倒。同理，河川流水雖無法以高速水流正面撞擊去撼動整個巨型混凝土塊，卻可慢工細活逐漸淘刷混凝土塊間的填縫料，進而



新竹頭前溪隆恩堰下游 800 公尺固床工



台中大甲溪國道 1 號下游側固床工

淘刷混凝土塊底部河床，令其失去重心而傾倒。

又因河床有坡度，則縱使混凝土塊重達數噸也可令其移動數百公尺或數公里



濁水溪中沙大橋下游固床工及河道全景

之遙，相當駭人。舉例來說，濁水溪中沙大橋與中油管橋下游側原設有柔性固床工一座，但經年受洪水淘刷而產生局部破壞，其中部分的巨型混凝土塊竟然在中沙大橋下游側約 2 公里的溪洲大橋上游側發現。

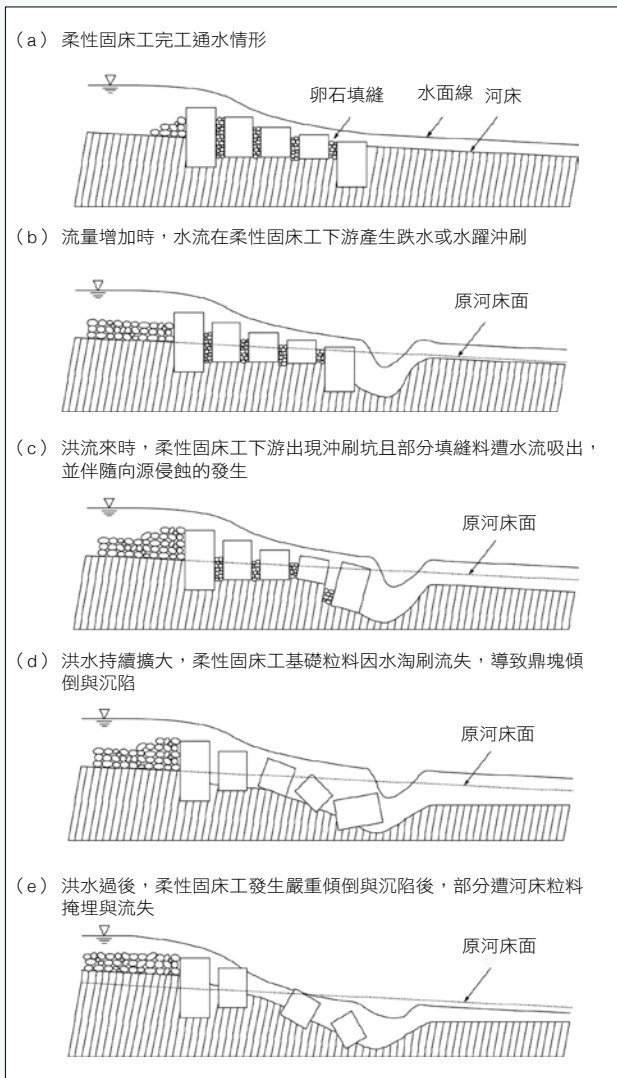
**固床工下游側不連續面沖刷** 洪水期間，固床工下游常發生跌水或水躍的沖刷，進而導致向源沖刷（指河川因地形的變化使得侵蝕作用加強，剛開始在下游發生侵蝕，然後漸漸向上游發展，即所謂向源沖刷），影響固床工自身的穩定性。以牙齒為喻，單顆牙齒因老舊脫落，若不做任何補救（如植牙、固定式假牙），短期內雖無明顯變化，但時間拖久後勢必影響其他牙齒。更嚴重者可能導致大部分牙齒歪斜或臉部變形。

另一方面，固床工破壞除了受混凝土塊體間隙沖刷及固床工下游側不連續面沖刷影響之外，固床工受水流衝擊也會有些許的磨損。或許短時間內不會發現異常，但長期而言，因部分結構遭受破壞形成脆弱點，鄰近塊體會因無依靠而傾斜、倒塌，當遭受高速水流沖刷時引發全體崩毀的風險則大為增高，更嚴重者可能影響鄰近護岸及跨河橋梁的安全。

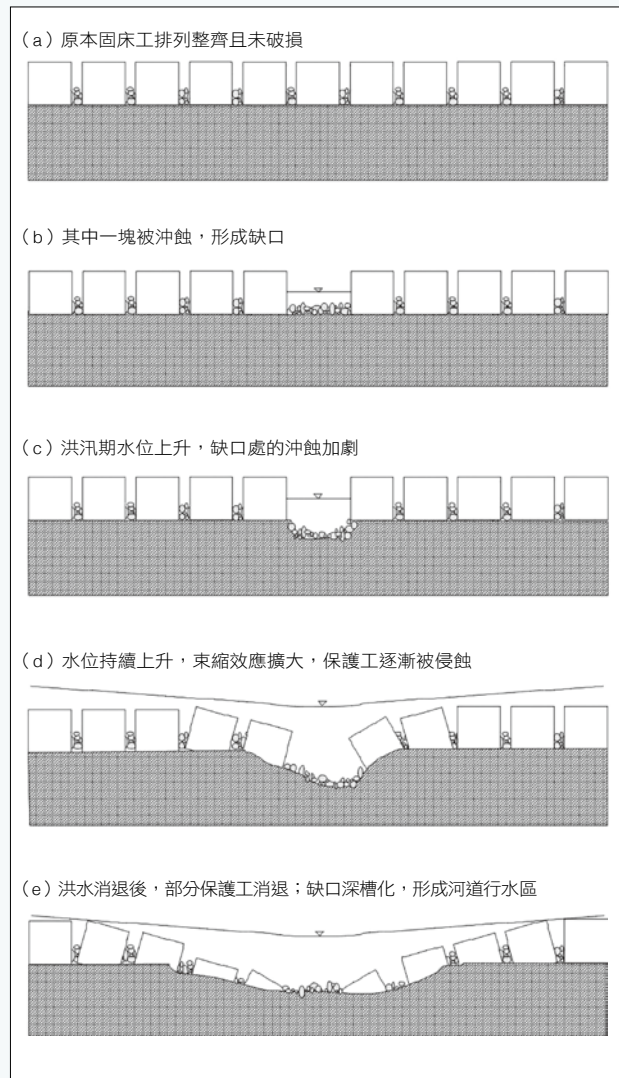
舉例來說，新竹頭前溪隆恩堰下游 800 公尺固床工於 2009 年 8 月檢查時，整體狀況仍屬完整良好；然經一年多的長期水流衝擊，這固床工除在其下游側出現向源沖刷外，部分塊體也因其間的填縫料流失而傾倒，這時固床工已逐漸喪失整體穩定性；再經 2013 年 7 月蘇力颱風過境，挾帶的豐

固床工受水流衝擊也會有些許的磨損，長期會因部分結構遭受破壞形成脆弱點，而影響鄰近護岸及跨河橋梁的安全。





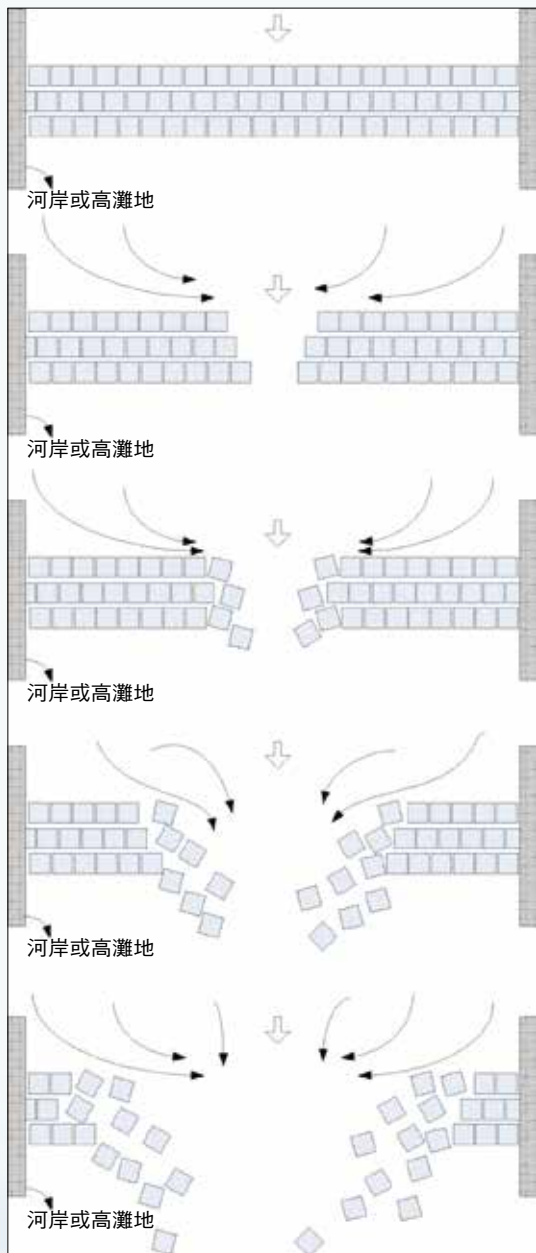
固床工受損過程側視圖（圖片來源：重繪自經濟部水利署水利規劃驗所，河道固床工破壞機制與減沖促淤新工法研擬，2008）



固床工受損過程橫斷面圖（圖片來源：重繪自林呈，《橋梁水力災害學》，2012）



新竹頭前溪隆恩堰下游 800 公尺固床工的歷史沖刷破壞過程



固床工受損過程俯視圖（圖片來源：重繪自林呈，  
《橋梁水力災害學》，2012）

沛水量的摧殘，這固床工因無法承受高速水流衝擊而造成主體中段潰決，喪失穩固河床的功能；經水利署第二河川局修復後，這固床工已回復功能。

由這案例可知，修復固床工就跟修補蛀牙一樣，越早治療傷害就越小。因此若哪天你在河邊發現固床工有任何損壞，務請立即通報相關單位（河川局或農田水利會等）修復，以確保固床工的功能正常，防止河床產生嚴重的沖刷，讓小兵也能立大功！

洪健豪、王豪偉、郭文達、權順忠  
國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心

