

# 野溪橫向構造物預鑄塊石之應用

陳鍵鑫<sup>1</sup> 邱啓芳<sup>1</sup> 顏川舜<sup>1</sup>



## 一、預鑄塊石之緣起

近年來，國內公共工程面臨缺工、降低職災發生、混凝土減量（減碳）、生態環境保護等議題，對水土保持各項工程設施於規劃、設計及施工等為一大挑戰，行政院農業委員會水土保持局臺中分局（簡稱水保局臺中分局）以固床工為對象，通過創新的預鑄技術及工法，研發並實際應用

在野溪工程中，不僅在施工上節省人力、縮短工期、降低混凝土用量、減少臨水作業及天候影響混凝土施作品質等優勢外，同時可減少混凝土灌漿對環境之衝擊。

## 二、預鑄塊石之發想

水保局臺中分局 109 年「大湖鄉富興村芎蕉坑野溪整治工程」運用砌

註 1：行政院農業委員會水土保持局臺中分局。

石鑲嵌現地溪床大石，營造砌石固床工取代傳統混凝土固床工穩定溪床避免向下刷深（圖1），運用塊石工及拋石工掃流應力公式檢核單顆砌石受水掃流力作用而不發生移動最小粒徑D為0.95公尺，故上述工程使用之塊石多數粒徑超過0.95公尺，運用塊石間鑲嵌之結構增加抵抗野溪洪峰水流之衝擊力。經同年5月21～23日豪雨事件（22日單日累積雨量108毫米、21～23日3日累積雨量176.5毫米）實地驗證及模式模擬確有成效（圖2），唯鑑於大粒徑石頭（粒徑超過0.9公尺以上）取得不易，因此發想以人工預鑄塊石及拱型結構體取代巨石自重營力，期能達到同等效果並應用於野溪治理上。

### 三、預鑄塊石運用試區基本資料

應用試區（茄荖寮溪整治六期工程）位於臺中市茄荖寮溪集水區，其下游匯入北坑溪，如圖3所示，集水區面積359.5公頃，依據經



圖1.「大湖鄉富興村芎蕉坑野溪整治工程」砌石固床工。

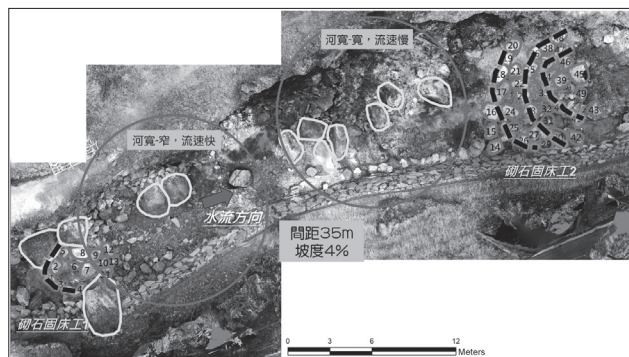


圖2.「大湖鄉富興村芎蕉坑野溪整治工程」運用UAV比對洪水前後巨石移動狀態。

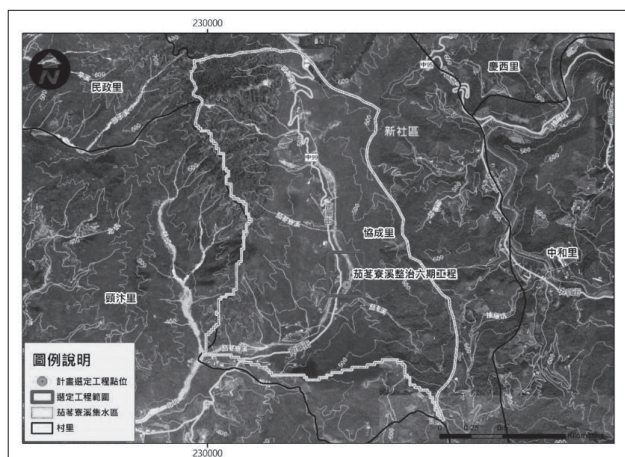


圖3. 茄荖寮溪整治六期工程工程地理位置圖。

濟部水利署資料，雨季約在5～9月，蒐集集水區附近各雨量站所得之資料，推求集水區內之平均年雨量，概略估計集水區年平均雨量約為2,269.5毫米，集水區範圍內包含卓蘭層、階地堆積層、頭嵙山層火炎山段、桂竹林層、福隆園層等，應用試區河道粒徑採樣成果顯示，河道下游平均粒徑68.17公釐，上游平均粒徑84.22公釐，河床平均表面粒徑28.5公分。



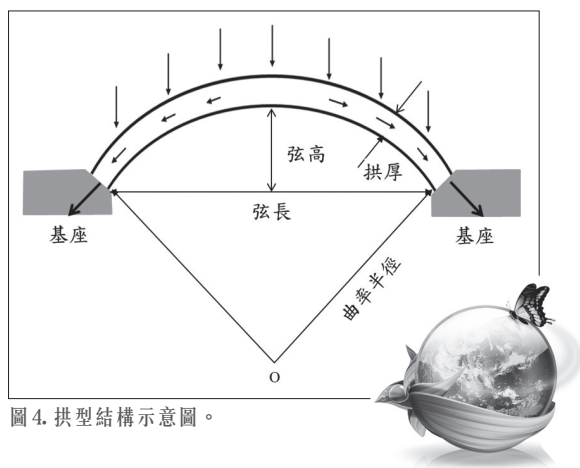


圖 4. 拱型結構示意圖。

#### 四、預鑄塊石之研發

依據「預鑄構件應用於水土保持工程構造物之研究」(水土保持局, 2019), 拱型結構 (Arch Structure) 在力學上可產生較穩定的結構形式, 如圖 4 所示。圖中, 拱型結構係指桿軸為曲線, 且在豎向荷載作用下能產生水平推力之結構。拱型結構是使構件擺脫彎曲變形的一種突破性發展, 為抗壓性能好的材料 (如磚、石、鋼

筋混凝土等) 提供了一種理想的結構形式。

拱型結構也比桁架結構具有更大的力學特點。桁架結構從整體來看是一種受彎構件（弦桿承受彎矩，腹桿承受剪力），而拱型結構的受力則屬於純壓力構件，可以在有大跨度的情形下，將受力轉換為各元件的壓應力，而不會有張應力，有時會稱為拱圈作用（Arch Action）。因此，懸梁常採用鋼材製作，正好可以利用和發揮鋼材受拉的有利性能，而拱型結構常用抗壓性能較好的材料，就是要利用和發揮材料的抗壓有利性能。

不過，當拱型結構的受力帶到地面時，拱型結構會對基地施以一往外的力，稱為「拱推力」(Arch Thrust)。由於拱推力必須有堅固的支撐(或基座)來維繫拱型結構的穩定，使得拱型結構在應用上會受到一些限制；例如，拱壩必須施作於兩岸有著堅固岩壁為基座之場合。

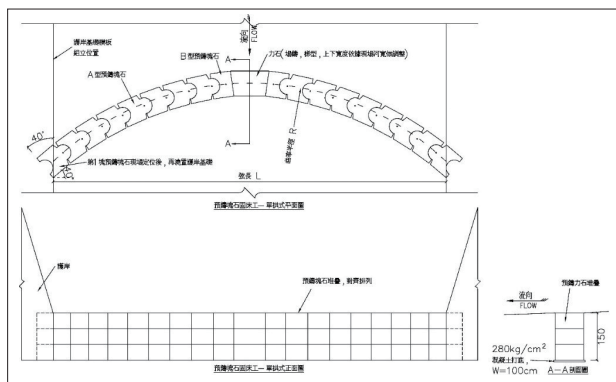


圖5.預鑄塊石固床工的基本型式。

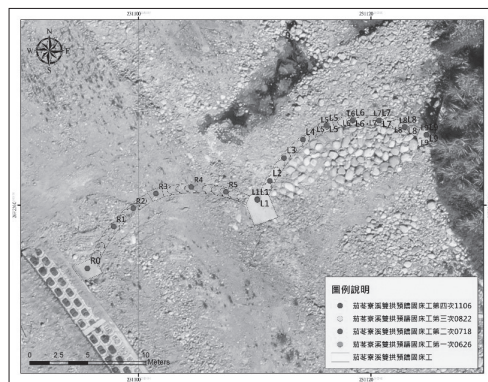


圖6.「茄苳寮溪整治六期工程」——預鑄塊石雙拱形固床工。

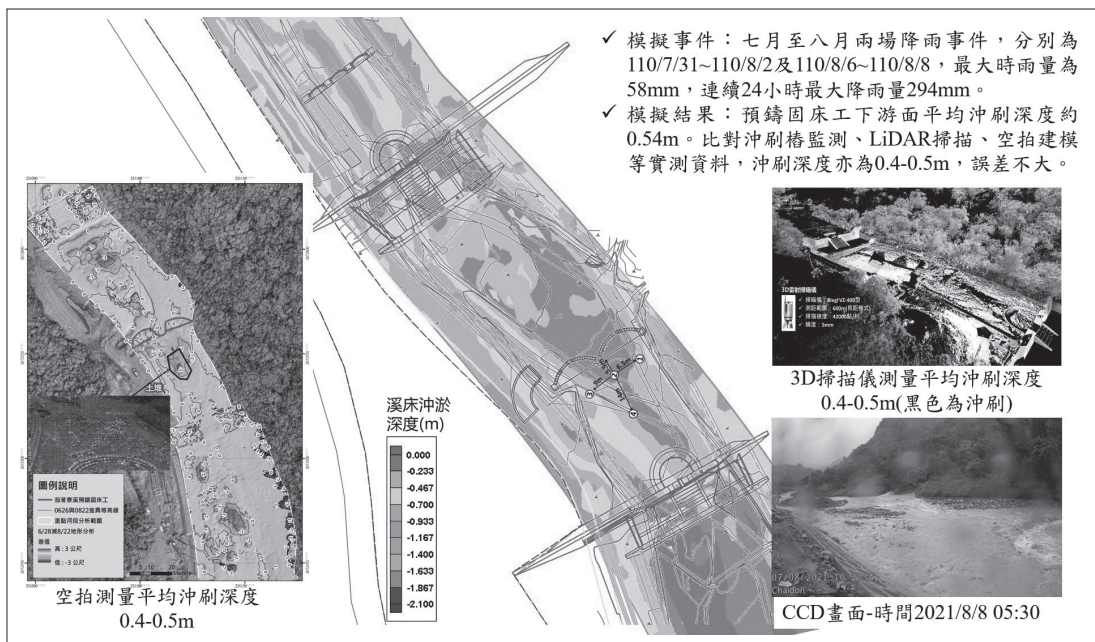


圖7. 本計畫區盧碧颱風(8月6~8日)模擬分析成果。

綜合上述預鑄構件原創構思原則、拱型結構等考量，研擬預鑄塊石(Precast Concrete Block)，如圖5與圖6所示，特點說明如下節。

### 五、預鑄塊石應用於野溪橫向構造物——預鑄塊體拱形固床工

預鑄塊石有A型、B型兩種外觀。A型預鑄塊石前端有凸圓頭(公)、尾端有凹圓頭(母)，預鑄塊石前後互相接觸，可排列成各式構造物。預鑄塊石前、後互相接觸，可轉動並調整成各種曲率半徑的拱型結構。另考量混凝土施作過程的微小誤差，凹圓頭(母)的半徑略大於凸圓頭

(公)，使前、後預鑄塊石能有效接觸。

圖5為預鑄塊石固床工的基本型式，係由A型預鑄塊石、B型預鑄塊石、力石等排列而成的拱型結構。透過這三種構件，可組合成多種固床工外觀，單拱式、雙拱式、多拱式等。

### 六、現地實證及考驗

針對110年度8月盧碧颱風事件降雨事件(該年度最大)，經由數值模式分析，洪峰流量為28.8立方公尺／秒。模擬結果如圖7所示，藉由實際測量數據(LiDAR、沖刷樁等)進行模式檢定作業，平均沖刷深度為0.54公尺，符合實際值沖刷深度約

0.40~0.50 公尺之間，表徵本計畫建構之模式可合理用於預測降雨事件對河床影響，且以這樣的沖淤情形，也符合野溪正常沖淤範疇，也代表預鑄工法在安全性上有一定可靠度。

## 七、預鑄塊石拱形固床工實地運用之效益分析

### （一）避免臨水灌漿

由於水土保持野溪治理工程汛期時常面臨溪水無法預知的狀態，臨水灌漿除有污染水質之虞更甚增加勞工施工危險性，尤其以幾乎全面臨水作業之固床工工程影響甚鉅。「茄苳寮溪整治六期工程」使用預鑄塊石施作拱型固床工避免臨水灌漿，成效良好。

### （二）減少混凝土用量

拱形結構體強度較傳統固床工優，以「茄苳寮溪整治六期工程」為例同一區段固床工工程，預鑄塊石雙拱型固床工混凝土用量比較傳統固床工減少約60%，工期減少約30%。

### （三）簡化維護工序

水土保持工程多屬剛性構造物，且常位於地形極端不利之邊坡和野溪環境，很容易遭受外力作而破壞，其中野溪水土保持工程構造物表面磨蝕（Abrasion）問題，已成為野溪



圖8. 南勢溪上南勢坑段野溪整治三期工程預鑄塊石拱型固床工。

水土保持工程最常見的問題之一。預鑄塊石一旦遭到磨蝕而失去功能時，只要抽換遭磨蝕之部分構件，即可恢復功能，降低工程維護成本之效益。

## 八、未來與展望

誠如文章最初所述，缺工、混凝土減量、生態保育、降低職災風險是近年來國內公共工程所面臨之嚴峻課題，水保局臺中分局發展之預鑄塊體構件可運用於固床工施作上，對於有效解決上述議題又往前推進一步，近期陸續將預鑄塊石拱型固床工之施作投入至工程中（圖8），未來將收集更多現地資料，透過分析、改良、推廣，並將現場反饋資料加以分析、改良、精進，如此正向循環，期能將預鑄構建運用更加寬廣，並為優化國內工程品質及施工環境盡一份心力。

（參考文獻請逕洽作者）