
臺東分局強化創新工法應用
之可行性研究計畫

**The study on the strengthens feasibility
application of innovative construction
methods for SWCB Taitung Branch**

執行單位：台灣坡地防災學會

執行期間：110 年 05 月 28 日至 111 年 05 月 31 日

計畫主持人：陳慶雄 理事

協同主持人：許中立 理事

行政院農業委員會水土保持局臺東分局 編印

中華民國 111 年 5 月



臺東分局強化創新工法應用之可行性研究計畫

摘要

本計畫配合水土保持局氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫及營造業四化（設計標準化、構件預鑄化、施工機械化、人員專業化）的政策推動，爰以具生態考量之多孔性預鑄單元模組施工建造以達到降低施工危害、加速災修工程執行速度的可能性，亦將針對相關預鑄單元議題做深入探討。本計畫嘗試使用水土保持局臺東分局之專利預鑄塊進行替代作為主要消能塊體，進行相關的可行性研究，主要依據平常非汛期時用於一般整（復）建工程，災害發生時作為緊急搶救之消能塊體使用，災害發生後可用於快速修復，利用預塊體施工快速且安全之特性進行災後搶修作業。本計畫利用電腦二維分析模擬方式進行預鑄塊體最佳拋放機制探討，建立分局緊急拋放方式，並規劃堆置及製作場地，以強化分局自有防災能力。此外更針對分局研發的兩種預鑄塊體提出專利申請，並提出創新工法設計使其加值推廣。

關鍵字：預鑄工法、消能塊、塊體拋放、材料堆置、模擬

The study on the strengthens feasibility application of innovative construction methods for SWCB Taitung branch

Abstract

This plan cooperates with the Soil and Water Conservation Bureau's large-scale collapse disaster prevention and construction and mitigation plan under climate change and the policy promotion of the four modernizations of the construction industry (design standardization, component construction, construction mechanization, and personnel specialization). It is possible to construct and based on ecological considerations, and in order to achieve the goal of construction damage and speeding up the disaster repair projects, the module construction will also conduct in-depth discussions on the theme of related units. As the main energy dissipating block, carry out the feasibility study of related ablation. The main dietary non-nutritive time is used for general use. The energy dissipating block is used during disasters, and it is used for repair after disasters. The use of pre-blocks to repair quickly and the feature of safety is to carry out emergency repair operations after the disaster. Therefore, the computer two-dimensional analysis and simulation method is used to carry out the best placement mechanism of the block, establish the emergency placement method of the branch, and plan the stacking and production site to strengthen Taitung Branch's own disaster prevention capabilities, and additionally target the Taitung Branch of the Water and Soil Conservation Bureau. The patent application for two kinds of block bodies, and promotion of the added value of innovative construction methods.

Keywords: Disaster, Energy dissipating block, Block throwing, Material stacking, Simulation

目錄

目錄	I
圖目錄	III
表目錄	VII
第一章 前言	1-1
第一節 緣起	1-1
第二節 計畫目標	1-1
第三節 工作項目	1-2
第四節 計畫成果	1-5
第五節 工作執行進度	1-8
第二章 基本資料蒐集與課題分析	2-1
第一節 消能塊體基本資料蒐集及與課題相關分析檢討	2-1
第二節 消能塊體拋放機制及數值模式資料蒐集	2-9
第三章 消能塊體數值模擬分析	3-1
第四章 預鑄塊體聯合運用規劃之可行性研究	4-1
第一節 平時應用之可行性推展	4-2
第二節 災害拋排放機制	4-17
第三節 災後復建之應用發展	4-22
第四節 預鑄塊體堆置之短期及中期規劃事項研擬	4-26
第五節 新型預鑄塊體研發說明	4-41
第五章 分局創新工法專利申請及推廣課程	5-1
第一節 專利申請資料彙整	5-1
第二節 推廣加值計畫	5-5
第三節 辦理「運用新技術及新工法提升工程品質」課程 ...	5-7
第六章 結論與建議	6-1

第一節 結論	6-1
第二節 建議	6-3
參考文獻.....	參-1
附錄	附 1-1
附錄一 歷次報告委員審查意見	附 1-1
附錄二 國內常見混凝土異型塊	附 2-1
附錄三 護岸植生塊構件及應用案例	附 3-1
附錄三 東河鄉泰源村重大歷史災害及復建工程	附 4-1
附錄四 預鑄塊體工程圖	附 5-1
附錄五 歷次往返公文	附 6-1



圖目錄

圖 2-1 ArmorFlex 系統相關塊體.....	2-2
圖 2-2 ArmorFlex 系統應用示意圖.....	2-3
圖 2-3 Type I-2 型詳圖	2-5
圖 2-4 Type-III 型詳圖.....	2-6
圖 2-5 預鑄塊規格圖	2-7
圖 2-6 標準斷面圖	2-7
圖 2-7 預鑄塊施工情形	2-8
圖 2-8 新輝橋上游野溪整治二期工程完工成果.....	2-8
圖 2-9 搶險時機具施作演練	2-9
圖 2-10 數值模擬出的土砂變化圖.....	2-10
圖 2-11 塊體穩定性分析示意圖	2-11
圖 3-1 地形建製流程圖	3-1
圖 3-2 泰源村馬武溪平面圖	3-2
圖 3-3 泰源村馬武溪地形圖	3-2
圖 3-4 護岸植生塊工程圖	3-3
圖 3-5 異型混凝土塊體堆放方式	3-4
圖 3-6 護岸植生塊堆放方式	3-4
圖 3-7 三角單位歷線法	3-7
圖 3-8 三角單位歷線	3-8
圖 3-9 連續 24 小時之同序位法之雨型	3-9
圖 3-10 $U(1,t)$ 流量歷線.....	3-10
圖 3-11 24 小時降雨重現期距流量歷線	3-10

圖 3-12	50 年重現期距輸砂歷線圖	3-12
圖 3-13	粒徑分析圖	3-13
圖 3-14	馬武溪邊界條件圖	3-18
圖 3-15	消能塊模擬拋排放地點	3-19
圖 3-16	消能塊拋排放位置圖	3-19
圖 3-17	Run1 流速分析圖	3-20
圖 3-18	Run1 土砂變化分析圖	3-21
圖 3-19	Run2 流速分析圖	3-21
圖 3-20	Run2 土砂變化分析圖	3-22
圖 3-21	Run3 流速分析圖	3-22
圖 3-22	Run3 土砂變化分析圖	3-23
圖 3-23	Run4 流速分析圖	3-23
圖 3-24	Run4 土砂變化分析圖	3-24
圖 3-25	Run1 流速分析圖(細部)	3-24
圖 3-26	Run2 流速分析圖(細部)	3-25
圖 3-27	Run1 土砂變化分析圖(細部)	3-26
圖 3-28	Run1 土砂變化分析圖(細部)	3-26
圖 4-1	預鑄式護岸示意圖	4-13
圖 4-2	預鑄塊尺寸單元圖	4-15
圖 4-3	塊體用於拋排放機制流程圖	4-18
圖 4-4	災害發生位置圖	4-19
圖 4-5	災害發生情形	4-19
圖 4-6	災害地點歷年水文概況圖	4-20

圖 4-7 災害發生時雨量圖	4-21
圖 4-8 蘭嶼野銀及朗島野溪治理工程案後續恢復情形	4-22
圖 4-9 蘭嶼野銀溪及朗島施工前情形	4-23
圖 4-10 災後常見損毀構造物	4-24
圖 4-11 災後復建作業流程圖	4-25
圖 4-12 防汛塊體堆置場地	4-26
圖 4-13 消能塊拋放模擬地點	4-27
圖 4-14 泰源村消能塊體堆置場地	4-27
圖 4-15 五福谷消能塊堆置模擬地點	4-28
圖 4-16 預鑄塊體堆置地點分布圖	4-30
圖 4-17 護岸植生塊三視圖	4-31
圖 4-18 X 型預鑄塊三視圖	4-32
圖 4-19 C 型預鑄塊三視圖	4-33
圖 4-20 L 型預鑄塊三視圖	4-34
圖 4-21 蜂巢箱預鑄塊三視圖	4-35
圖 4-22 中期計畫之二流程圖	4-38
圖 4-23 專家進行吊掛作業安全講座	4-40
圖 4-24 護岸植生塊修改示意圖	4-41
圖 4-25 修改後 RC 預鑄箱排列示意圖	4-42
圖 4-26 護岸植生塊Ⅲ型	4-42
圖 5-1 專利申請流程圖	5-3
圖 5-2 專利申請預鑄塊體	5-4
圖 5-3 預鑄單元專利證書	5-4

圖 5-4 塊體多元性運用動畫(一)	5-5
圖 5-5 塊體多元性運用動畫(二)	5-6
圖 5-6 塊體多元性運用動畫(三)	5-6
圖 5-7 運用新技術及新工法提升工程品質課程	5-7
圖 5-8 預鑄塊體的多功能運用經驗分享(1)講師解說	5-7
圖 5-9 預鑄塊體的多功能運用經驗分享(2)講師解說	5-8
圖 5-10 預鑄工法施工優劣及危害因子介紹講師解說	5-8
圖 5-11 綜合討論	5-8
圖 5-12 運用新技術及新工法提升工程品質課程(2)	5-10
圖 5-13 新型水土保持材料與工法介紹(1)講師解說	5-10
圖 5-14 新型水土保持材料與工法介紹(2)講師解說	5-11
圖 5-15 推動職業安全衛生優良工程金安獎經驗分享講師解說 ..	5-11
圖 5-16 綜合討論	5-11



表目錄

表 1-1 工作執行檢核	1-9
表 2-1 混凝土異型塊依各條件選用重量表	2-1
表 2-2 各消波塊於亂拋下之安定程度比較表	2-4
表 3-1 暴雨頻率分析	3-6
表 3-2 三角型單位歷線法採用之相關參數	3-8
表 3-3 各學者計算曼寧粗糙係數 N 值之結果	3-13
表 3-4 水理相關參數設定	3-14
表 3-5 土砂相關參數設定值	3-17
表 3-6 模擬情形方案	3-20
表 4-1 防汛塊與預鑄塊用	4-1
表 4-2 平時運用可行性研究塊體列表	4-2
表 4-3 護岸植生塊現地勘查表	4-3
表 4-4 X 型文武塊現地勘查表	4-4
表 4-5 C 型文武塊現地勘查表	4-5
表 4-6 L 型預鑄塊現地勘查表	4-7
表 4-7 蜂巢箱預鑄塊現地勘查表	4-8
表 4-8 各類工程運用塊體合適性分析表	4-11
表 4-9 預鑄塊堆置場所位置資料	4-29
表 4-10 護岸植生塊材料數量表	4-31
表 4-11 X 型預鑄塊材料數量表	4-32
表 4-12 C 型預鑄塊材料數量表	4-33
表 4-13 L 型預鑄塊材料數量表	4-34

表 4-14	蜂巢箱預鑄塊材料數量表	4-35
表 4-15	五種預鑄塊材料數量比較	4-36
表 4-16	五種預鑄塊碳排放量比較	4-37
表 5-1	專利申請各階段注意事項	5-1
表 5-2	水土保持創新工法座談會議程表(一)	5-9
表 5-3	水土保持創新工法座談會議程表(二)	5-12
表 5-4	座談會問卷結果表	5-13



第一章 前言

第一節 緣起

臺灣地區因近年來營造工程界經常反應少子化與人口老化問題，傳統工程人力與技術的需求高且多樣，造成離退後無人繼任問題，如何讓工程設計與施工能模組化，加速新建與災修工程的便利性與一致化是必然發展的趨勢。故配合行政院農業委員會水土保持局(以下簡稱水土保持局)氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫及營造業四化(設計標準化、構件預鑄化、施工機械化、人員專業化)的政策推動，強化水土保持工程職業安全衛生管理功能，提升安全衛生管理績效，以保障工作者安全與健康。尤其是臺東地區現場工人短缺更為明顯與技術水平控管不易問題，爰以具生態考量之多孔性預鑄單元模組施工建造以達到降低施工危害、加速災修工程執行速度的可能性，亦將針對相關預鑄單元議題做深入探討。

第二節 計畫目標

本計畫為提升行政院農業委員會水土保持局臺東分局(以下簡稱臺東分局)防汛整備效率方面，避免大型災害時無防汛塊體可調用之問題，嘗試使用臺東分局之專利預鑄塊進行替代作為主要消能塊體，進行相關的可行性研究。主要依據平常時、災害發生時與災害發生後等三個時間軸進行專利預鑄塊體之運用，平常非汛期時以大量製造用於一般工程使用達到預防災害目的；災害發生時將預鑄塊體拋放置野溪作為消能塊體使用，以避免大型災害發生時而無消能塊體可使用的窘境；在災害發生後用於臺東地區快速修復使用，利用預塊體施工快

速且安全之特性進行災後搶修作業。

本計畫因考量拋放臺東分局專利預鑄塊，為降低在拋放過程中所發生危險故須利用電腦二維分析模擬方式進行預鑄塊體最佳拋放機制，建立臺東分局緊急拋放方式，並規劃堆置及製作場地，以強化臺東分局自有防災能力，確保有大量塊體可堆置空間及能快速用於緊急防救災作業。本計畫計畫將蒐集相關文獻，瞭解國內外有關於消能塊體種類及拋放機制，並針對平時新型預鑄塊體之適用條件及塊體組合方式進行研究分析。

第三節 工作項目

一、國內外緊急搶災復建之消能塊體資料調查及文獻蒐集

(一)消能塊體基本資料蒐集及與課題相關分析檢討

消能塊體之國內外文獻及案例蒐集與分析，進一步針對臺東地區的工區條件資料，擇定消能塊類型分析探討，瞭解那些塊體條件是中型河川或野溪緊急消能塊體使用之主要需求及限制。

(二)消能塊體拋放機制及數值模式資料蒐集

針對國內外最新所辦理的消能塊體災時拋放機制及數值模擬發展進行案例蒐集，瞭解最新研究情形並加以探討與分析說明。

二、建立消能塊數值模型以二維模擬方式提出最佳拋放機制

於緊急防災時期，該如何有效利用專利預鑄塊體(或臺東分局自創新型預鑄塊)辦理拋放為主軸，並搭配利用無人載具飛機(UAV)實地

拍攝產製之數值資料，並透過專業影像製圖軟體 Pix4D Mapper 進行數值表面模型(DSM)製作及鑲嵌正射影像，產生數值地形模型。在完成整體建模後，利用所建立之數值模型地形方式套入電腦二維水理模式模擬檢討，並將結果做為設計緊急防災時拋放機制之理論基礎。

三、分局專利預鑄塊體聯合運用規劃之可行性研究

有關塊體聯合運用規劃，係事先透過分局專利塊體的挑選適合的用途，並且將相關大量產製之佈設地點規劃，後續塊體運用的流程預擬並結合相關配套措施，以達成預鑄塊在一般工程、緊急防救災及復建工程上的聯合運用與規劃。

(一)平時應用之可行性推展

盤點出目前本分局最主要之五種預鑄塊體，將塊體之組合使用方式做詳細解說並提出各自塊體之使用限制條件(包含不同地質條件狀況下)。另外，針對已通過專利之預鑄塊體估算出一年可儲備之數量，以利本分局後續相關工程案加以利用。

(二)災時拋排放機制建立

近年臺東分局開口契約均編列有消能塊製作、吊掛及運費，可於借用河川局防汛塊後立即製作歸還。然為提升臺東分局消能塊體自有率，且能有效開發利用臺東分局之專利預鑄塊體，依據數值模型所建議之拋排放型式及方式，將專利預鑄塊體之拋排放機制建立標準作業流程，以便於災害來臨時能夠活用所預先堆置的專利預鑄塊體。

(三)災後復建之應用推展

以臺東分局 102 年完工之蘭嶼野銀及朗島野溪治理工程案辦理模式為雛形，提出有關災害復建利用專利預鑄塊體之標準作業流程，將使塊體多元利用發揮其價值。

(四)預鑄塊體堆置之短中期規劃事項研擬

為使所規劃使用之預鑄塊體能於各種形況下靈活使用，將就塊體未來各期程執行堆置方式進行研擬，包含：短期及中期規劃如何進行提出研擬分析，主要期望能大量生產並降低製作成本，並全方面推廣專利塊體。

(五)新型預鑄塊體研發說明

精進臺東分局專利塊並研發新型塊體，除可符合河川防護安全使用外，亦可於生態敏感及關注區之保護設施使用；由於預鑄單元構築之縱橫向構造物，可提供多孔隙環境、友善溪濱生物棲息及植物生長，進而符合生態環境需求，並節省現場人力、縮短工期等優點，持續優化精進，以超前佈署作法，預鑄可供多功能之預鑄單元，以備分局不時之需。

四、分局創新工法專利申請及推廣課程

(一)專利申請資料彙整

了解專利申請流程，彙整臺東分局自創新型工法的專利申請文書附圖資料，協助臺東分局辦理相關專利共 2 件申請案送件工作，且至少應 1 件通過申請。

(二)推廣加值計畫

製作臺東分局相關預鑄單元執行之動畫影片，以為業務簡介及計畫推動成果之展現(依分局實際需求，包含：專利預鑄之動畫影片製作 1 部)。

(三)辦理「運用新技術及新工法提升工程品質」課程

以臺東分局所屬人員、施工廠商、設計監造單位為主要對象，辦理(2 場次、每場至少 3 小時，共 40 人次)以提升工程品質及安全為主軸之課程或座談會，可針對近年縣外金質(安)獎得獎、參賽工程案或以新工法、預鑄工法、優良農建之工程案介紹為課程內容。

第四節 計畫成果

一、本國內外緊急搶災復建之消能塊體資料調查及文獻蒐集

(一)消能塊體基本資料蒐集及與課題相關分析檢討

蒐集國內外相關消能塊體相關文獻，獲得國內外不同的消能塊體形式以提供分局專利預鑄塊運用於消能塊體之可行性分析。

(二)消能塊體拋放機制及數值模式資料蒐集

蒐集國內外消能塊體拋放機制以及相關數值模擬參數，以提供分局專利預鑄塊課題分析之基準。

二、建立消能塊數值模型以二維模擬方式提出最佳拋放機制

利用國外公司所開發的 Pix4Dmapper 軟體產製野溪地形模

型，並建立數值模型以二維模擬方式，研擬出分局專利預鑄塊體最佳拋放機制，以提供災害發生時的塊體拋放機制。

三、分局專利預鑄塊體聯合運用規劃之可行性研究

(一)平時應用之可行性推展

盤點出目前臺東分局最主要之五種預鑄塊體，將塊體之組合使用方式做詳細解說並提出各自塊體之使用限制條件(包含不同地質條件狀況下)，增加預鑄構件之類型工程之施工安全。

(二)災時拋排放機制建立

依據本計畫數值模型模擬出專利預鑄塊體之最佳拋放機制進行災時預鑄塊體於防汛行為時之拋放作業流程，達到災時能活用拋放之效果，提昇臺東地區自主防汛能力。

(三)災後復建之應用推展

於災害發生後利用專利預鑄塊體快速恢復相關工程為目標建立標準流程，以臺東分局 102 年完工之蘭嶼野銀及朗島野溪治理工程案辦理模式為例，以提升臺東地區整體工程效率及工程安全。

(四)預鑄塊體堆置之短中期規劃事項研擬

推估專利預鑄塊體之製作並研擬堆置短及中期堆放計畫，以達到降低成本及大量產製之目的，並可推廣預鑄構件於臺東各地區使用。

(五)新型預鑄塊體研發說明

精進臺東分局專利塊並研發新型塊體，除可符合河川防護安全使用外，亦可於生態敏感及關注區之保護設施使用；由於預鑄單元構築之縱橫向構造物，可提供多孔隙環境、友善溪濱生物棲息及植物生長，進而降低生態團隊之阻力，並節省現場人力、縮短工期等優點，持續優化精進，以超前佈署作法，預鑄可供多功能之預鑄單元，以備分局不時之需。

四、分局創新工法專利申請及推廣課程

(一) 專利申請資料彙整

了解專利申請流程，彙整臺東分局自創新型工法的專利申請文書附圖資料，協助臺東分局辦理相關專利共 2 件申請案送件工作，且至少應 1 件通過申請。

(二) 推廣加值計畫

製作分局相關預鑄單元執行之動畫影片，以為業務簡介及計畫推動成果之展現，以加強預鑄塊體推廣。

(三) 辦理「運用新技術及新工法提升工程品質」課程

以臺東分局所屬人員、施工廠商、設計監造單位為主要對象，辦理(2 場次、每場至少 3 小時，共 40 人次)以提升工程品質及安全為主軸之課程或座談會。

第五節 工作執行進度

工作項目			月份		110 年								111 年				
					5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
1	委託服務契約簽訂				▲												
2	國內外緊急搶災復建之消能塊體資料調查及文獻蒐集																
3	消能塊數值模擬&相關拋放機制流程																
4	預鑄塊體於平時、災時及災後之可行性評估																
5	預鑄塊體堆置計畫及新型預鑄塊體研發																
6	預鑄單元專利申請																
7	辦理運用新技術及新工法提升工程品質課程及教育宣導品製作																
8	查核點	期初報告書及簡報							▲								
9		期中報告書及簡報										▲					
10		期末報告書及簡報														▲	
11	成果報告書																▲

實際進度 

表1-1 工作執行檢核

工作項目		期初階段		期中階段		期末階段	
		預計執行進度	實際執行進度	預計執行進度	實際執行進度	預計執行進度	實際執行進度
國內外緊急搶災復建之消能塊體資料調查及文獻蒐集	1. 消能塊體基本資料蒐集及與課題相關分析檢討 2. 消能塊體拋放機制及數值模式資料蒐集 3. 數值模式資料蒐集	1. 蒐集國內外消能塊體運用相關文件 2. 蒐集消能塊體拋放機制及數值模擬資料	1. 針對消能塊體進行資料蒐集 2. 蒐集國內外數值模型模擬方法	1. 加強文獻蒐集增加本計畫消能塊運用之可行性	1. 新增相關文獻	無	
建立消能塊數值模型以二維模擬方式提出最佳拋放機制		1. 擬定溪流地形模型建置流程 2. 初步規劃數值模型模擬方式	1. 選定合適野溪並研擬地形建置流程及數值模擬方向	1. 完成野溪地形建置 2. 研擬數值模擬、塊體拋放機制	1. 完成地形建置 2. 研擬塊體拋放方式	1. 完成預鑄塊體野溪拋放機制，並加以說明	1. 完成拋放機制製作，且說明堆放方式。
分局專利預鑄塊體聯合運用規劃之可行性研究	1. 平時應用之可行性推展 2. 災時拋排放機制建立 3. 災後復建之應用推展 4. 預鑄塊體堆置之短中長期規劃事項研擬 5. 新型預鑄塊體研發說明	1. 挑選5種預鑄塊體進行評估分析 2. 構想災後復建應用之推展方法 3. 規劃塊體堆置初期事項 4. 構想新型塊體研發方法	1. 完成5種塊體挑選並收集相關資料 2. 提出災後復建參考工程並構想分析方式 3. 提出塊體堆置初期構想並分析其可行性 4. 分析現有塊體優缺點且提出改善方針	1. 完成5種塊體平時工程行為運用分析 2. 完成災後復建分析，並評估可行性 3. 完成塊體堆置之中期計畫，並研擬長期計畫進行評估	1. 完成5種塊體平時運用分析 2. 完成災後復建流程 3. 完成中期計畫規劃	1. 完成預鑄塊體野溪拋放機制 2. 完成塊體堆置長期計畫並說明後續推展方向 3. 針對新型預鑄塊體進行優缺點分析	1. 完成預鑄塊體野溪拋放機制 2. 完成塊體堆置長期計畫並說明後續推展方向 3. 針對新型預鑄塊體進行優缺點分析
分局創新工法專利申請及推廣課程	1. 專利申請資料彙整 2. 推廣加值計畫 3. 辦理「運用新技術及新工法提升工程品質」課程	1. 建立專利申請流程 2. 擬定「運用新技術及新工法提升工程品質」之課程方向	1. 完成專利申請說明並執行前置作業 2. 初步擬定課程課	1. 構想推廣加值計畫進行方向 2. 完成塊體專利申請	1. 進行計畫構想 2. 完成專利申請	1. 完成推廣加值計畫內容 2. 完成「運用新技術及新工法提升工程品質」課程	1. 完成動畫內容，並說明推動方向 2. 完成兩堂座談課程



第二章 基本資料蒐集與課題分析

第一節 消能塊體基本資料蒐集及與課題相關分析檢討

本計畫蒐集了國內外相關預鑄塊體運用於防汛用之相關文獻，發現多為經濟部水利署所使用之大型消波塊(或異型塊)，對於水土保持局負責維護區域地形與河道特性而言則多無法直接使用。因此本計畫同時蒐集一些預鑄塊體之相關運用案例外，仍配合提出河川防汛消波(能)塊之相關文獻作為未來相關工作執行參考。

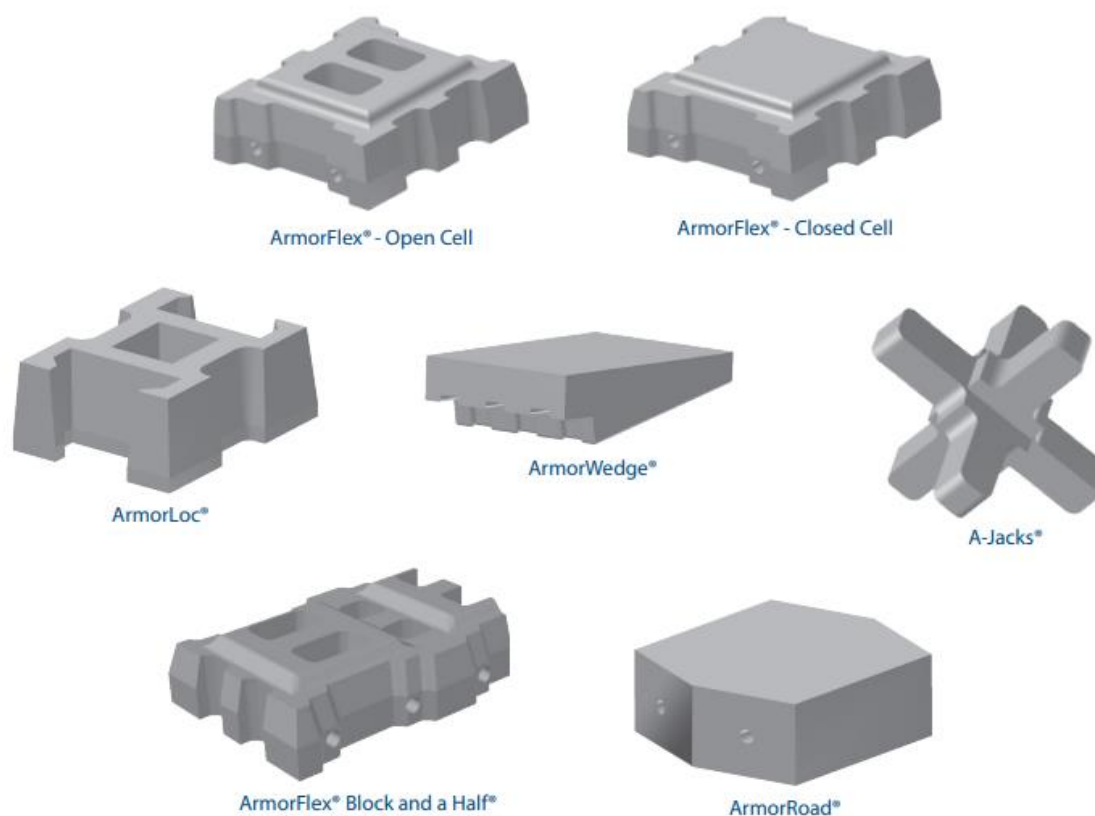
一、國內依據河川流速、坡度及河床質地訂定消波(能)塊體(或稱異型塊)所需選用重量，避免塊體太大引發副流或漩渦發生淘刷河床，且過大的塊體也不利於運輸及運用於水土保持工程上。一般而言，水土保持所關注的場域是流速超過 2m/sec，重量 2-5 噸的塊體，較方便山區野溪坑溝的進出搬吊運輸。

表2-1 混凝土異型塊依各條件選用重量表

流速 (m/sec)	1	2	3	4	5	6
坡度(S)	1/1500 以下	1/1500~1/1000	1/1000/1/500	1/500~1/100		1/100 以上
河床質	小石	卵石(φ20cm 以下)	卵石(φ30cm 以下)	卵石(φ50cm 以下)		卵石(φ50cm 以上)
異型塊(公 噸/塊)	1	2	2-5	5-7	7-10	10 以上

資料來源：水利工程技術規範-河川治理篇，經濟部水利署

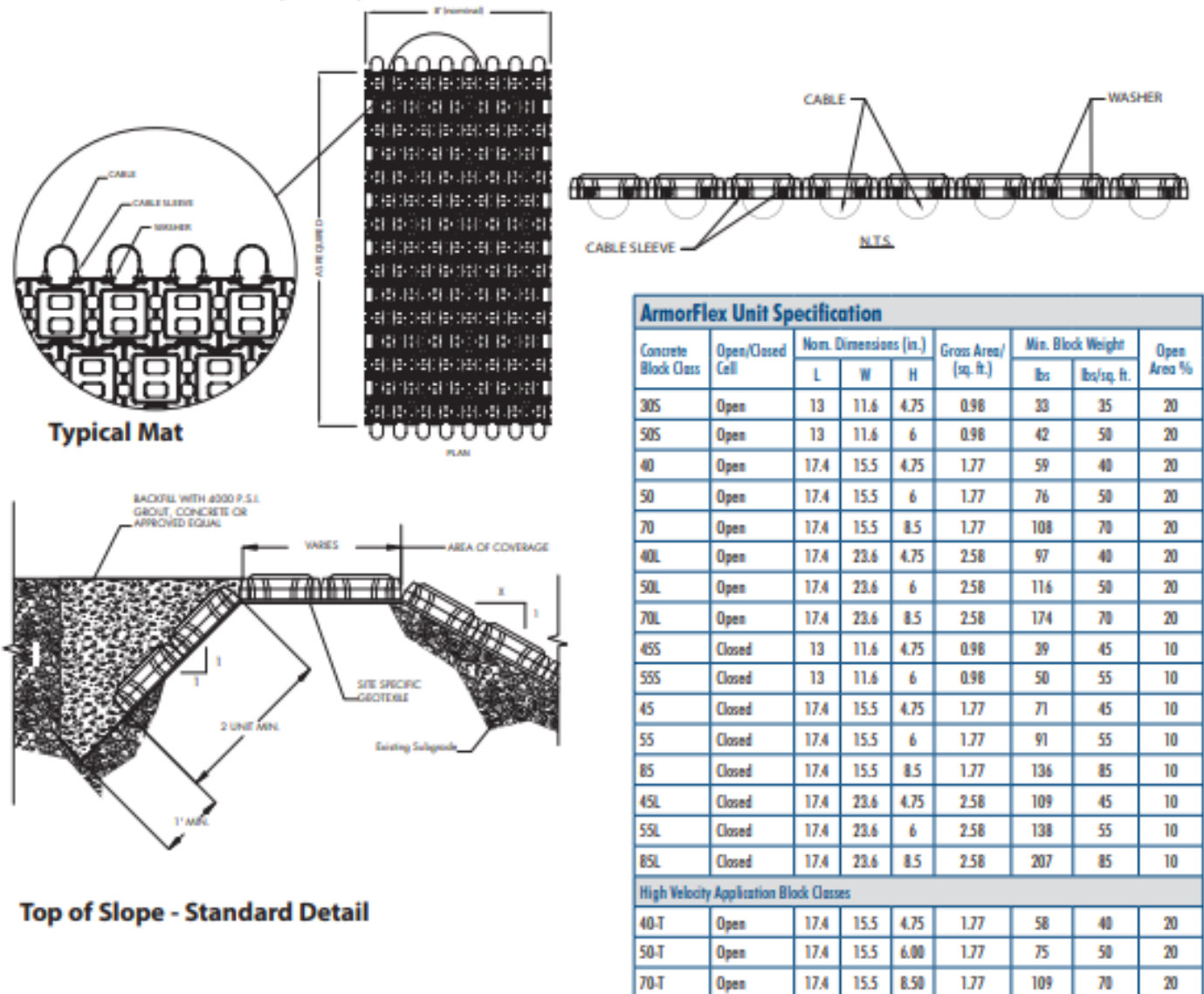
二、於國外網站搜尋多種不同形式預鑄塊，下圖中其中 ArmorFlex 系統有各種形狀塊體，主要仍是提供海岸、河川等地進行防護使用為主。



資料來源：<https://www.conteches.com/erosion-control/hard-armor/armorflex>

圖2-1 ArmorFlex 系統相關塊體

ArmorFlex® cont. (not to scale)



資料來源：<https://www.conteches.com/erosion-control/hard-armor/armorflex>

圖2-2 ArmorFlex 系統應用示意圖

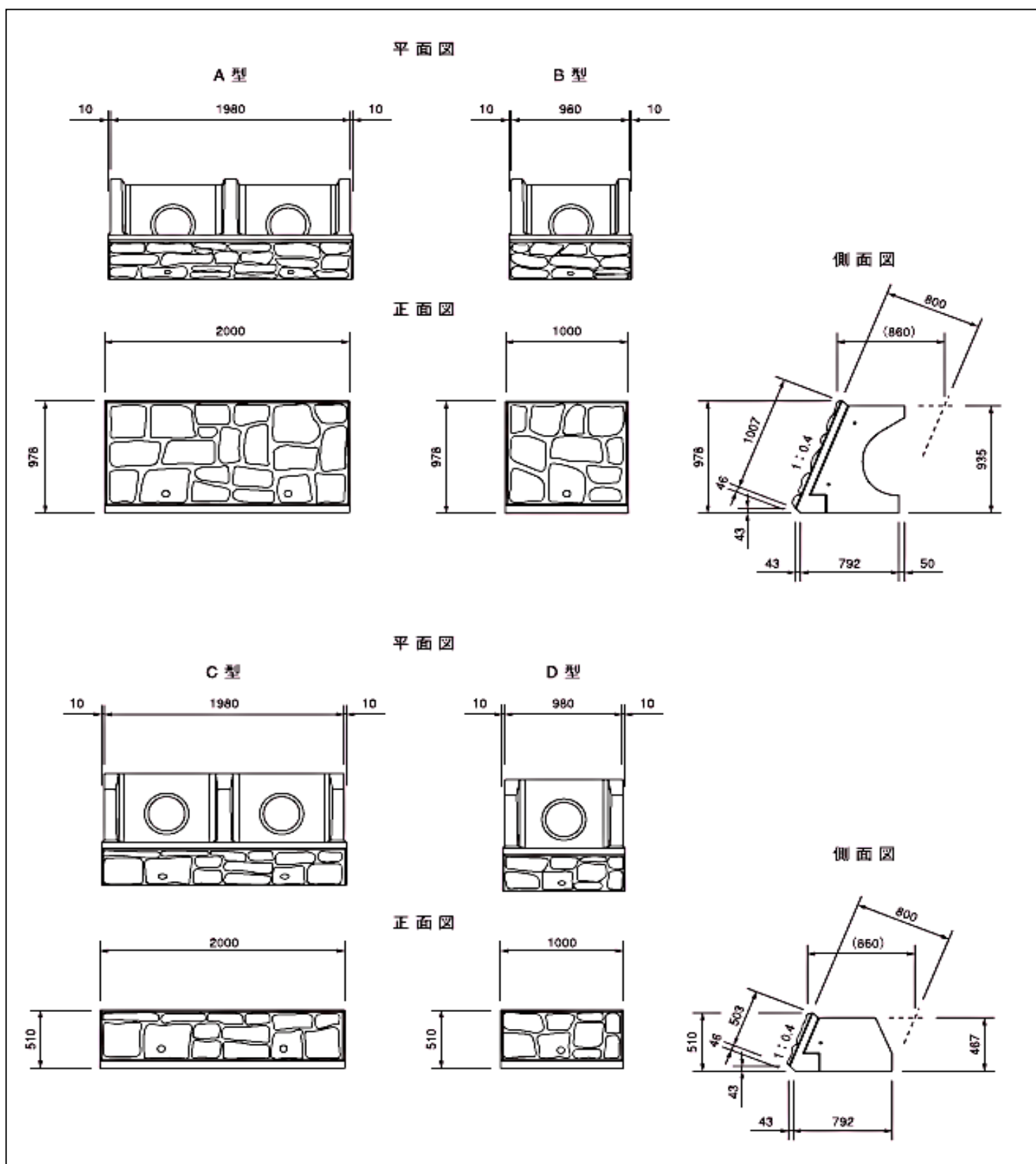
三、國內學者針對臺灣常見消波塊體進行安定性分析，得出沒有腳的塊體安定性較不佳，而有多個腳柱的塊體雖然安定性大，但不利於塊體與塊體之糾纏固定，表 2-2 為各塊體安定程度分類及說明，各塊體圖例說明於附錄二所示。

表2-2 各消波塊於亂拋下之安定程度比較表

安定程度	塊體種類
1. 二種坡度下之坡面維持良好，僅有少數塊體掉落，且試驗過程中塊體之動作量較低。	雙 U 塊 三 柱 塊
2. 坡面大致仍不變，但塊體掉落數稍多，晃動性高於前者，又滾落之距離較短。	雙 Y 塊 協 克 塊 雙 T 塊
3. 塊體掉落較多，坡面稍變，滾落之距離較長，堤下方之塊體數增多。	六 腳 塊 林 克 塊
4. 巨量塊體移動，坡面全變，可認為是完全之破壞。	菱 形 塊 天 允 塊 安 卡 塊 中空三角塊

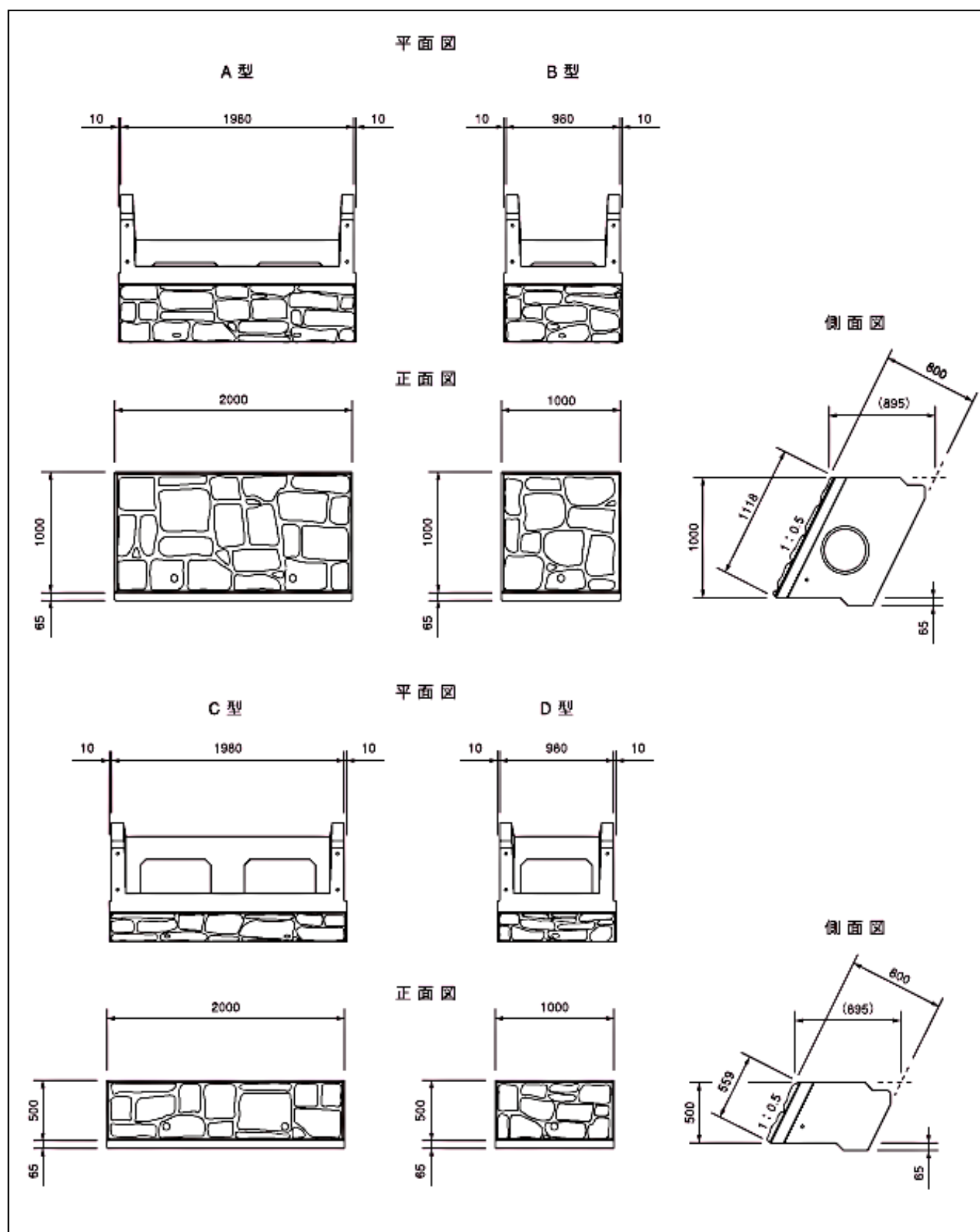
資料來源：消波塊模型試驗之研究比較

四、日本富士工業株式會社於2015年設計一預鑄擋土牆，符合“道路土石方－擋牆構件指南”的大型預鑄塊，通過穩定計算，以100mm間距（基礎）穩定計算，根據現場確定儲備數量，從而構建最佳的橫截面。由於前壁具有坡度（Type I－2型斜率1：0.4/Type III型斜率1：0.5），只需簡單地水平安裝預鑄塊，就可以輕鬆地建立預定的坡度，如圖2-3所示。



資料來源：富士工業株式會社

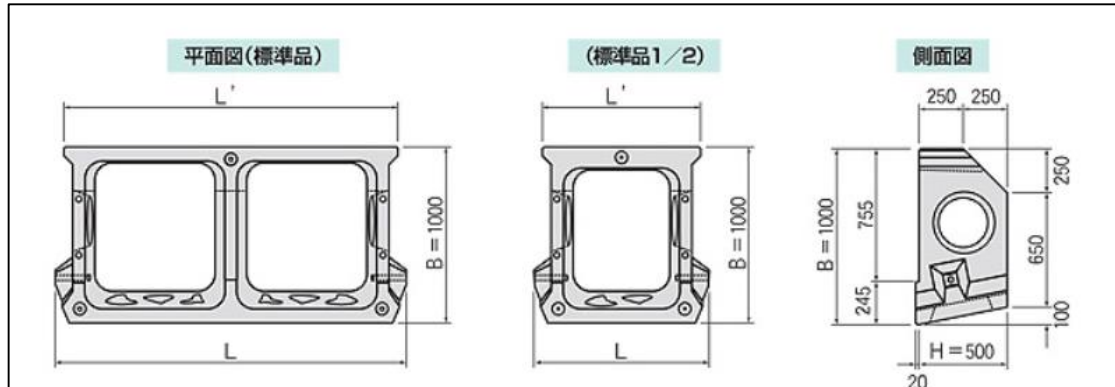
圖2-3 Type I-2 型詳圖



資料來源：富士工業株式會社

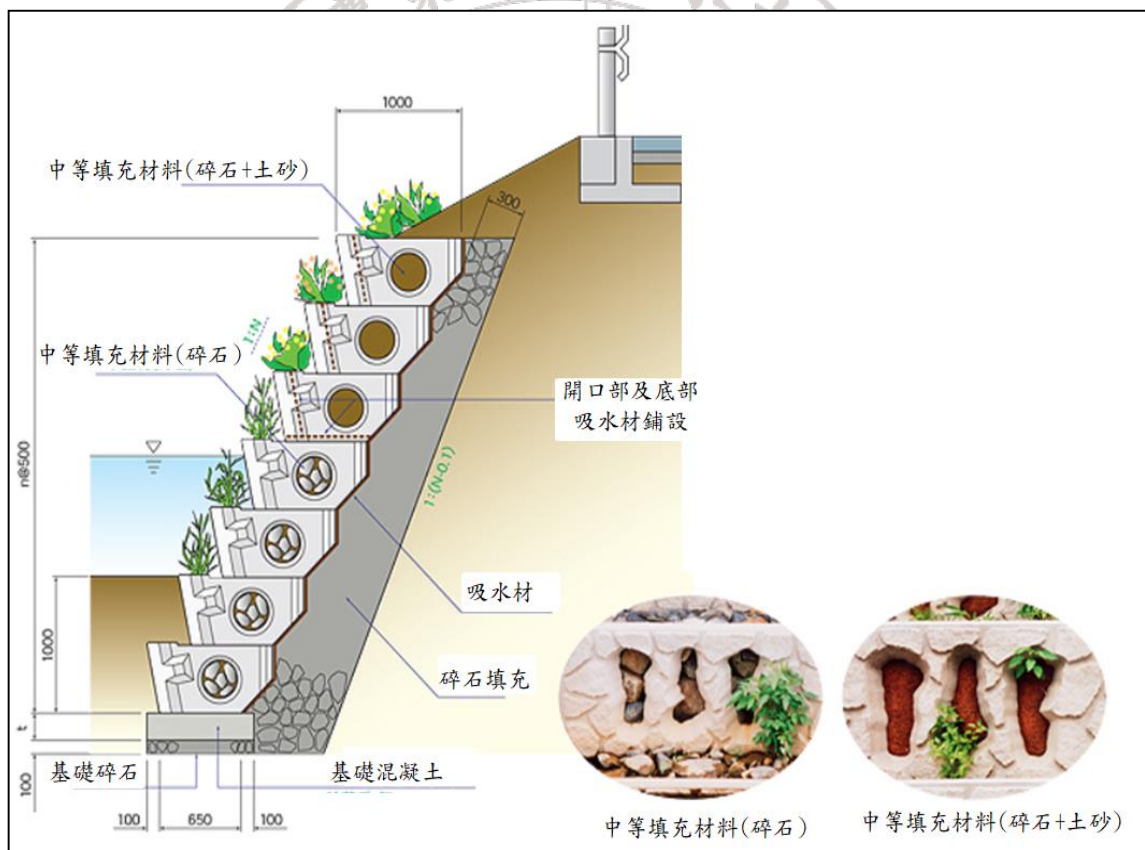
圖2-4 Type-III 型詳圖

五、日本 Randes 株式會社設計一籠式多級打樁式預鑄塊，其作於河道預鑄護岸使用，塊體內部多孔隙，通過使用碎石和砂袋，可應付魚類築巢綠化，且耐用性較高，不會被腐蝕和磨損等長期變化所破壞，如圖 2-5~圖 2-6 所示。



資料來源：Randes 株式會社

圖2-5 預鑄塊規格圖



資料來源：Randes 株式會社

圖2-6 標準斷面圖

六、國內的立成工程顧問有限公司於 2008 年在臺南市大內區進行「新輝橋上游野溪整治二期工程」，其工程護岸工採緩坡化設計(1:1 以上)，採用中空預鑄式混凝土塊並使用部份現地卵塊石施作格框護岸，如圖 2-7 所示。距今 10 年過去預鑄護岸植生復育的十分良好，並無破損或遭受沖毀之情形，如所圖 2-8 示。



資料來源：立成工程顧問有限公司

圖2-7 預鑄塊施工情形



資料來源：立成工程顧問有限公司

圖2-8 新輝橋上游野溪整治二期工程完工成果

第二節 消能塊體拋放機制及數值模式資料蒐集

- 一、在防災運用上，位於臺東的經濟部水利署第八河川局常年會就轄區內可能積(淹)水熱點、防汛備塊及防汛物資預佈情形進行盤點，尤其針對轄內受洪水或長浪影響之卑南溪水系堤防及臺東海岸加強檢視，並確認堤防及海岸消波塊之功能正常。同時持續與地方政府密切配合注意轄區氣象水情預報資訊，並提供颱風資訊給防汛志工及在建工程廠商等相關人員，依據防汛熱點預警資訊加強外水及內水巡防、積(淹)水查證工作，以掌握災情及後續應變。

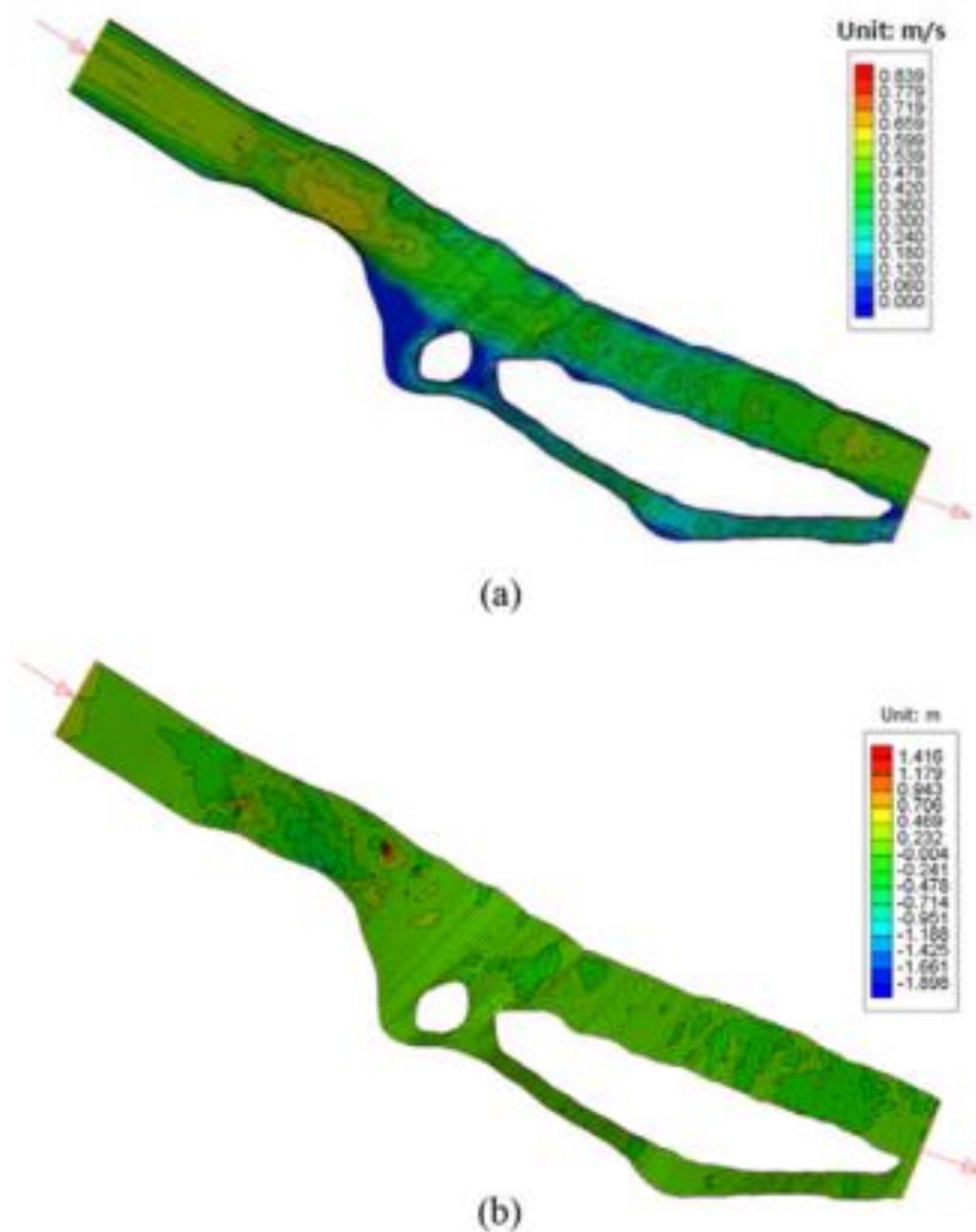


資料來源：經濟部水利署

圖2-9 搶險時機具施作演練

- 二、國外學者 Yongsung Kwon, Un Ji and Eun-kyung Jang 於 2019 年在 Hydraulic Engineering 期刊發表 Numerical Analysis on Channel Width Variation for River Bed Stabilization Upstream of the Weir 的文章係利用 CCHE-2D 二維數值模式對河床變化和河岸侵蝕進行數值模擬，分析了 Changnyeong-Haman Weir in the Nakdong River of South Korea 上游 4.2 公里段河道寬度變化對河床變化的影響，成果與實際吻合，之後國內學者也有不少是以此方式進行沖淤模

擬者。



資料來源：Yongsung Kwon, Un Ji and Eun-kyung Jang, 2019

圖2-10 數值模擬出的土砂變化圖

三、在國內水土保持局也針對預鑄塊體安全進行穩定性分析探討，區分為平面鋪設之蓆型及分層階段之疊砌型等兩種方法，並考慮土壤壓力、水流剪力、塊體摩擦力及水中上揚力等參數進行分析。

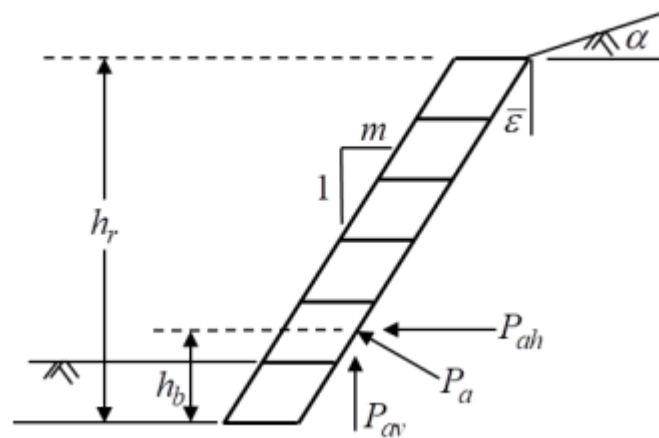


圖2-11 塊體穩定性分析示意圖





第三章 消能塊體數值模擬分析

一、消能塊體數值模擬實施研擬

為增加臺東分局內自有防汛能力，須擬定一套完整的自有專利預鑄塊體作為消能塊的拋放機制，以減少塊體拋放時所造成的危害與損失。

本計畫採用無人空拍機進行現場拍攝，並於拍攝結束後使用Pix4Dmapper 繪圖軟體完成現場地形建模，待地形建模完畢後，再採用近年來國內外許多學者採用於河道沖淤分析的水理分析軟體CCHE-2D，分析消能塊體拋放於野溪中之數值模擬成果，研擬相關預鑄塊體拋放機制。其作業流程圖如圖 3-1 所示，軟體介紹於下方進行說明。

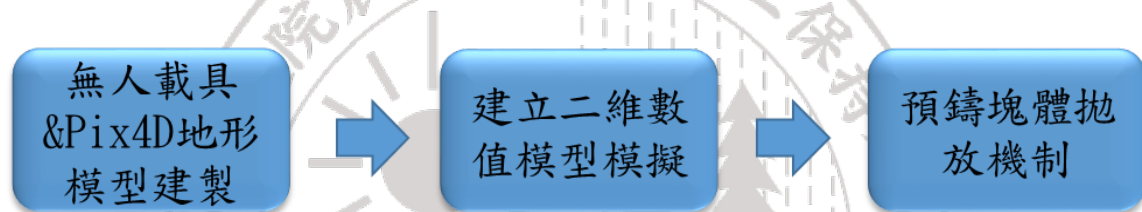


圖3-1 地形建製流程圖

二、消能塊體數值模擬實施方法

(一) 地形建置

為進行消能塊體二維數值模擬前，須選取該河段之地形進行輸入分析(此部份為以空拍建模方式完成)，經過協調及意願乃選定位於東河鄉泰源村旁馬武溪旁的公有土地進行地形模型建置。

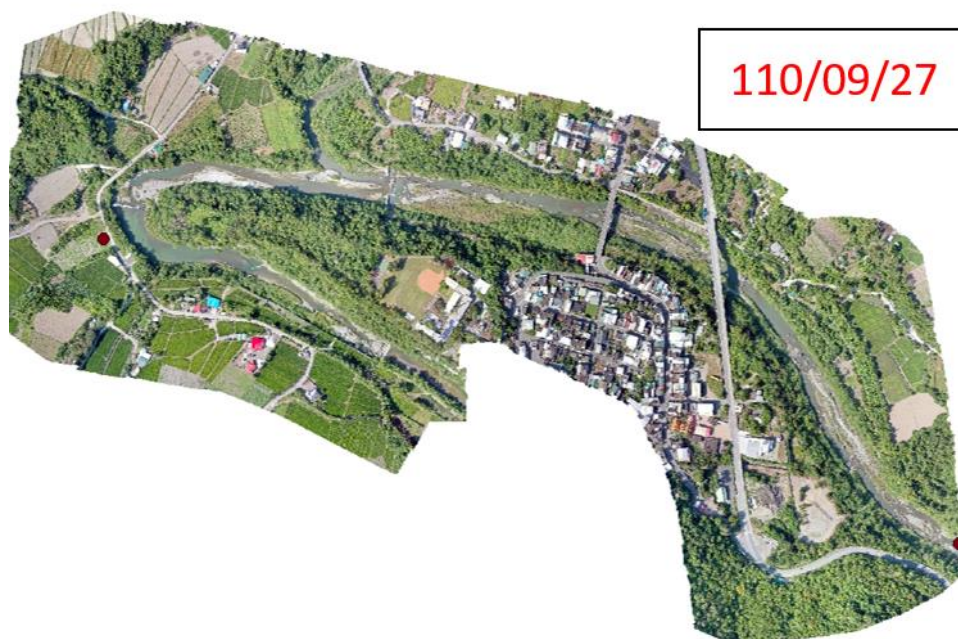


圖3-2 泰源村馬武溪平面圖

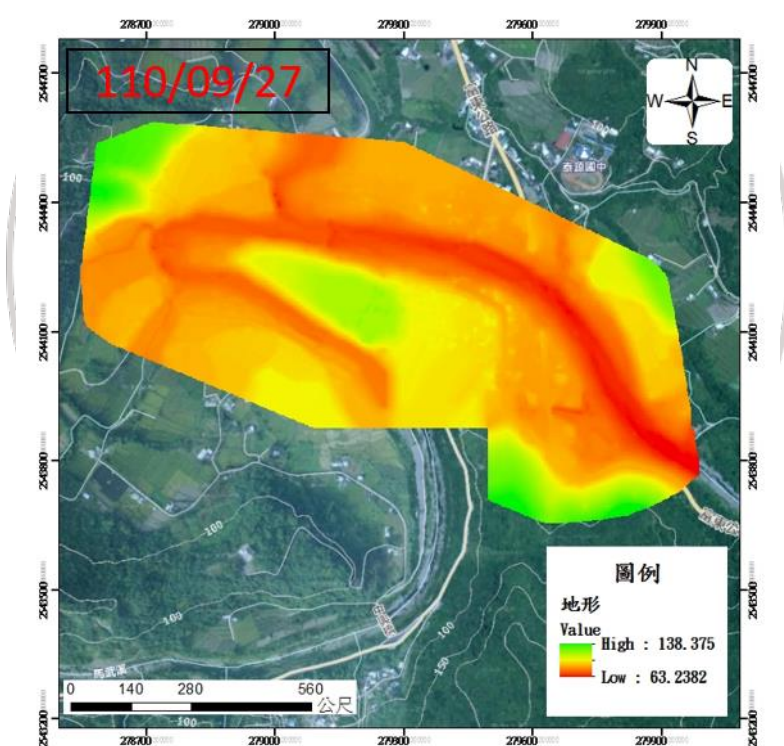


圖3-3 泰源村馬武溪地形圖

此段流域上游為馬武溪之南溪，河道中有一處較蜿蜒之河段，若

溪水增大時有冲刷河岸道路基腳之情形發生，目前現地已有拋放消波塊等消能塊體以減少水流衝擊邊坡，亦顯見其需求性頗高。本計畫係研擬替換該消波塊及位置後，進行防汛的評估分析。

(二) 塊體拋放型式

本計畫考慮氣候變遷及汛期洪水量增加，塊體受水的衝擊與上揚力影響大，選擇較重且穩固塊體進行堆置模擬，而臺東分局的五種使用過的塊體中，雖然護岸植生塊耗材較多，但重量相較其他塊體重且穩定性高，因此本次拋排放塊體將會選用護岸植生塊作為拋排放模擬，護岸植生塊如圖 3-4 所示。

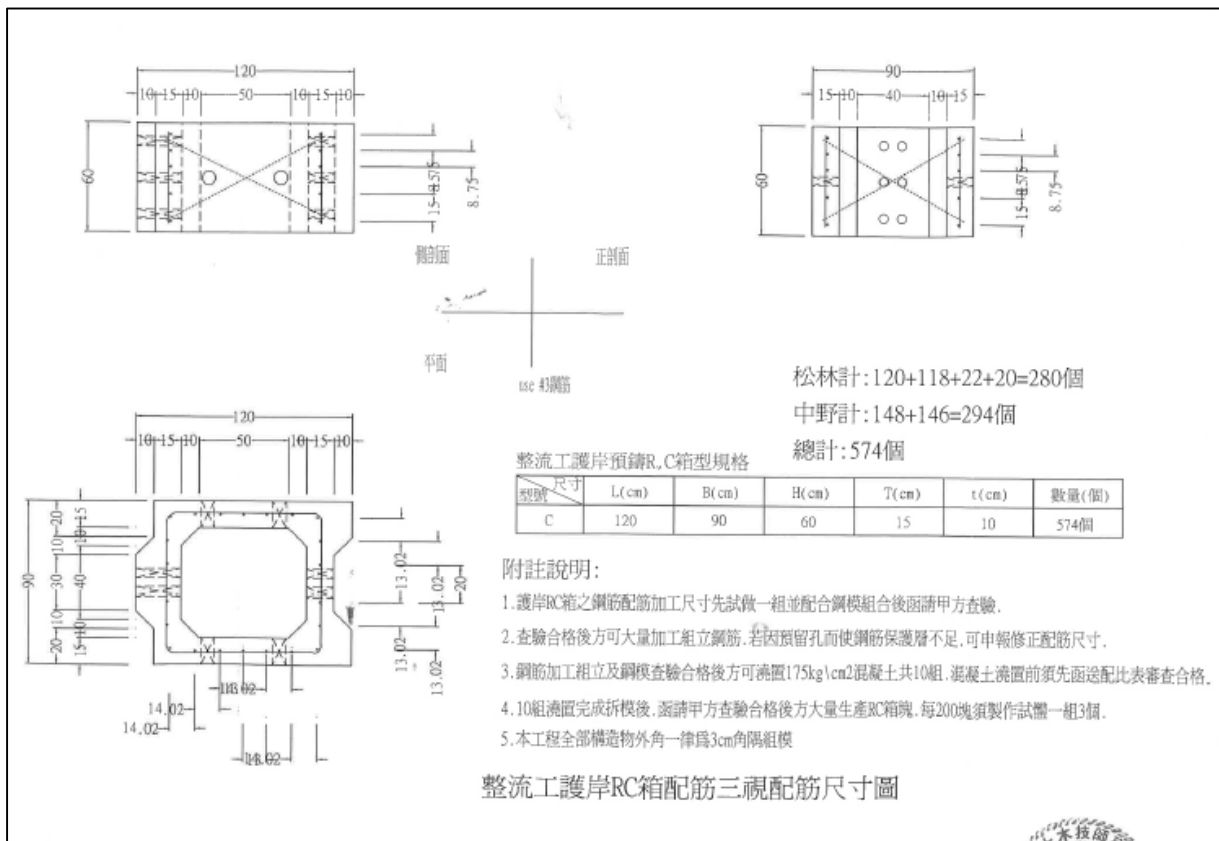


圖3-4 護岸植生塊工程圖

依據前人研究成果發現塊體拋放可分為整拋及亂拋（如圖 3-5 所示）兩種方式，依據臺東分局之專利預鑄塊作為防汛塊或消能塊體都

有重量不足的疑慮，除非透過連接網綁固定或本計畫提出新之觀念將數個塊體裝入加勁格網袋中使用外，否則可能無法有效的抵禦洪水(流速達 4.5m/sec)衝擊所導致的本身坍塌或沖(流)失問題，故將建議採用整拋或新提出建議的方式進行探討。



異型塊以整拋方式拋放



異型塊以亂拋方式拋放

資料來源：<https://jp.depositphotos.com/102296938/stock-photo-breakwater-concrete-dam.html>

圖3-5異型混凝土塊體堆放方式

本次所模擬之拋排放預鑄塊與常規水利單位使用消波塊有重量之差異，所以將採用較穩固的拋排放方式進行，先於坡底基腳進行簡易的整理以確保塊體擺放穩固進行塊體堆置，且需要時可搭配鋼索固定或以加勁材料包覆預鑄塊體增加塊體整體重量(約需 5 塊左右)，降低塊體被沖走流失的風險，拋排放模擬如圖 3-6 所示。堆放方式採用疊砌式方式進行，且堆疊之重疊率不低於 50%以上，並於塊體內回填土砂，或以多排方式堆疊增加重量提升穩定度。

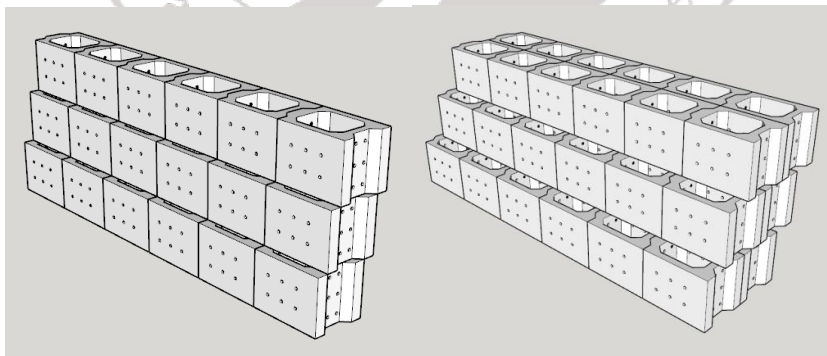


圖3-6護岸植生塊堆放方式

(三) 數值模擬參數

本計畫採用近年來國內外許多學者採用於河道沖淤分析的水理分析軟體 CCHE-2D 做為模擬，該軟體美國密西西比大學之國家水科學及工程中心所研發的 CCHE-2D 模式是一自由的二維平面的流體動力學模型。有三種紊流閉合模式，可估計流體的紊流強度。CCHE-2D 模式是以泥砂在河流輸移的過程為基礎而開發和集成的模式。該模式可表示河床沉積物在時間 (Td) 和厚度為基礎上的垂直三維關係。河床沉積物成分可作為在模擬過程中經驗公式計算的初始條件。紊流對絮凝和沉澱物絮凝的影響以及泥砂鞏固後對侵蝕的影響都需要考慮。

CCHE-2D 模式可用來模擬沖積河槽遷移過程、預測三維之流場及河床剪應力分佈情況。通過瞭解邊岸表面和堤址的侵蝕過程及近岸輸砂平衡過程來計算邊岸的進退情況。由此模擬河岸侵蝕、砂洲及深潭的形成轉移、邊岸的進退、河道的拓寬遷移以及曲流的演變過程，且能與物理實驗之數據吻合 (Jennifer G. Duan et al. 2001)。

本計畫所採用 CCHE-2D 在學術單位中已被廣泛運用，可用來模擬許多河道急遽沖淤變化等功能，且也被許多學者討論運用並修改相關設定參數，已大幅提高數據吻合性，故本計畫採用此軟體進行模擬亦可得到較精準之數據。

CCHE-2D 模擬需要多個參數進行演算如：水文歷線、泥砂歷線及河道邊界等相關參數，下方將介紹各參數數值：

1. 水文歷線資料

(1) 暴雨頻率分析

本計畫採取中央氣象局-東河測站之一日最大降雨量歷

年資料，以對數皮爾森 III 型分布分析，推估研究區內重現期距之 2、5、10、25、50、100、200 年之一日最大降雨量。其計算結果及相關係數如下。

表3-1 暴雨頻率分析

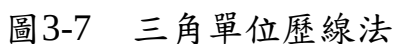
重現期距 (yr)	重現最大暴雨 (cms)
2	240.17
5	292.7
10	312.97
25	328.74
50	336.03
100	340.92
200	344.27

(2) 洪峰流量計算

本計畫溪流集水區面積為 5242.7ha，三角單位歷線搭配具代表性的 24 小時莫拉克颱風降雨雨型求得各重現期距流量歷線與各颱風豪雨事件流量歷線。

A. 三角型單位歷線法概述

三角型單位歷線法假定單位時間暴雨所產生的流量過程線為三角型形如下圖，其底長固定，尖峰流量隨降雨量之大小而改變，依時間分別暴雨量之大小，疊合成一次暴雨之總洪水流量過程線。分析時，需要扣除基流量及降雨損失量，以純超滲雨量分析。


$$T_p = D/2 + T_{lag}$$
$$T_{\text{lag}} = 0.6 t_c$$
$$Q_p = (0.208 \cdot A \cdot R_e) / T_p$$

$$T_p = D/2 + 0.6t_c$$

集流時間 T_c :

3-7

$$W=72(H/L)0.6$$

$$T_c=L/W$$

表3-2 三角型單位歷線法採用之相關參數

面積 (km ²)	溪流長度 (km)	高程差 (m)	集流時間 T _c (hr)	超滲降雨 D(hr)	T _p (hr)	T _b (hr)	單位降雨 洪峰流量 Q _p (cms)
5242.7	19.7	690	2.23	0.33	1.50	4.01	72.55

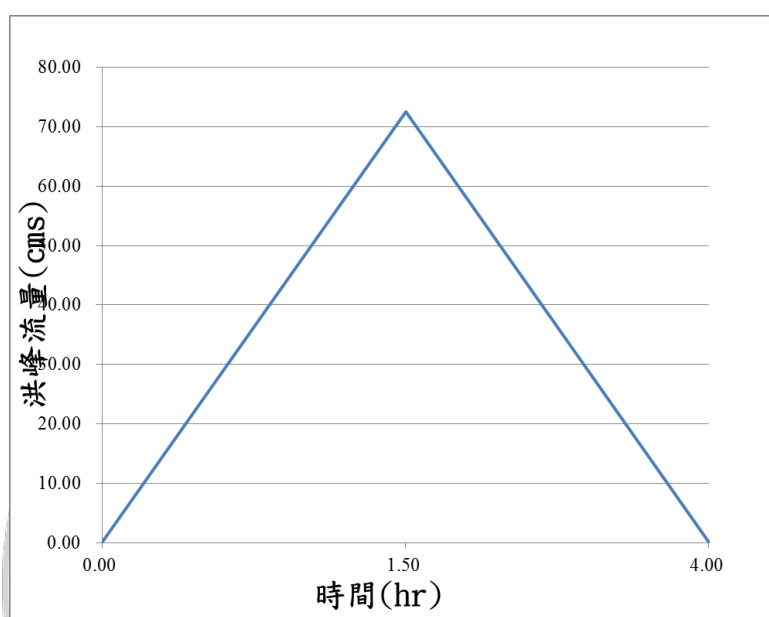


圖3-8 三角單位歷線

(3) 設計雨型

本計畫挑選過往較具代表性之暴雨雨場作為設計雨場，故採用 24 小時莫拉克颱風降雨事件，其設計雨型如下：

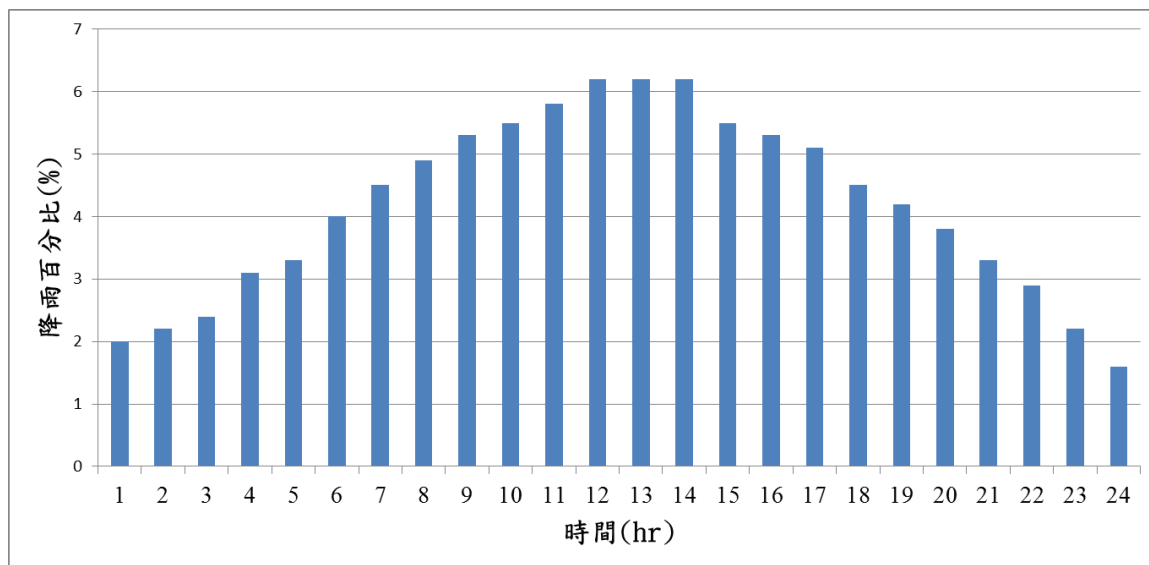


圖3-9 連續 24 小時之同序位法之雨型

(4) 流量歷線

依上述之三角型單位歷線、設計雨型、各重現期距之一日最大暴雨量以及莫拉克颱風降雨雨型進行計算，其步驟如下：

- A. 利用 S 歷線將三角單位歷線轉換為有效降雨延時 1 小時之單位歷線 $U(1,t)$ ，如圖 3-10 所示。
- B. 將各重現期距暴雨量於設計雨型之分配百分比中，計算每單位時間的降雨量。
- C. 考慮入滲量(降雨損失)，將每單位時間的降雨量扣除 3mm/hr，以獲得超滲降雨量。
- D. 將各延時之超滲降雨量乘以單位歷線 $U(1,t)$ 除以單位有效降雨深度再進行疊加，即可求出各重現期距洪峰流量，如圖 3-11 所示。

E. 將各重現期距之流量歷線以及颱風事件流量歷線加上 20cms 的基流量，防止程式運算中出現斷流現象，而造成運算崩潰。

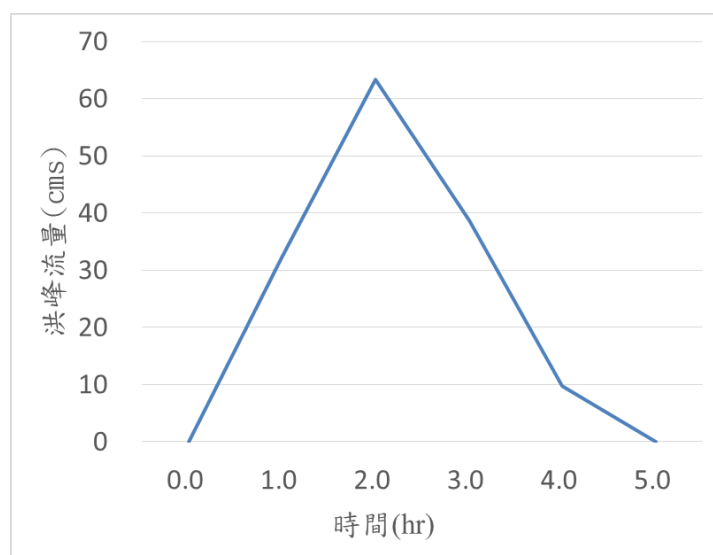


圖3-10 U(1,t)流量歷線

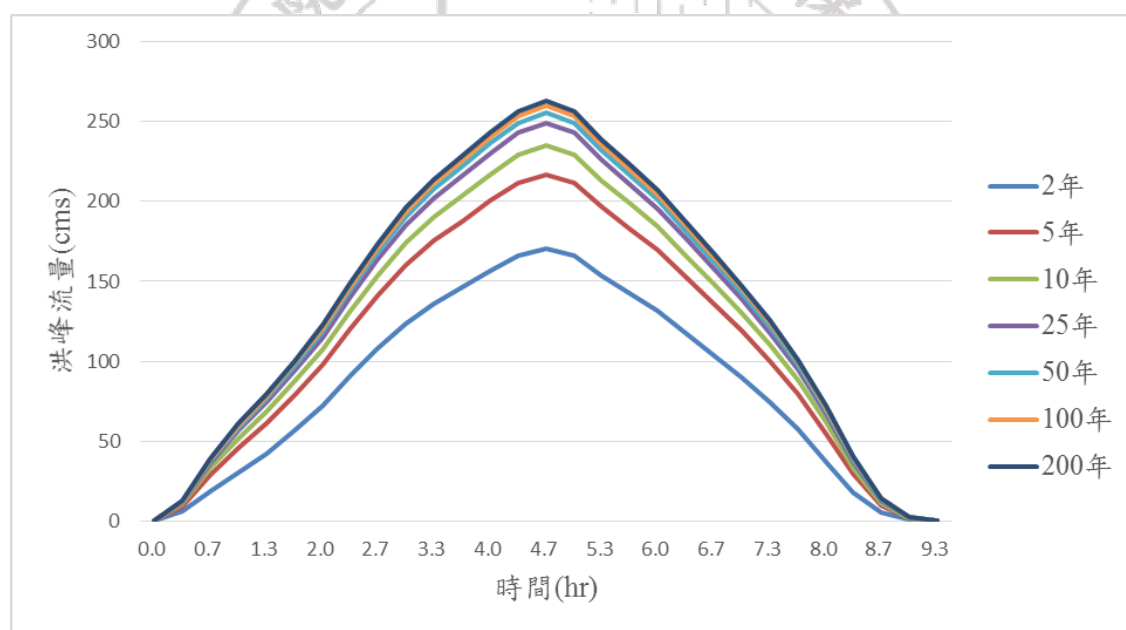


圖3-11 24 小時降雨重現期距流量歷線

(5) 泥砂入流歷線

本計畫為計算上游邊界條件所需之泥砂入歷線，根據水土保持手冊建議以 Bathurst(2007)公式推估推移載運移量，推估方式乃將前節之流量歷線除以入流邊界處之河寬，轉換為平均單寬流量歷線後代入(2007)公式中，可順利推得單位河寬所對應之之泥砂入流量，後續方可彙整推移載輸砂歷線匯入 CCHE-2D 模式中使用，如圖 3-12 所示。Bathurst(2007)推移載公式表示方式如下：

$$q_s = 229.2 S_0^{1.5} \left(\frac{d_{20}}{d_{50s}} \right)^{-3.3} \rho (q - q_c)$$

$$q_c = 0.0513 g^{0.5} d_{50}^{1.5} S_0^{-1.2}$$

式中 q_s =單位河寬底床載運移量(kg/sec/m)； q_c =單位河寬之底床載啟動流量(cms/m)； q =單位河寬流量(cms/m)； S_0 =河床坡降(%)； ρ =水密度(kg/m³)，水溫 20℃時，約為 1000kg/m³； d_{20} =底床表面通過百分比 20%之泥砂粒徑(m)； d_{50} =底床表面通過百分比 50%之泥砂粒徑(m)； d_{50s} =底床表面下方通過百分比 50%之泥砂粒徑(m)； g =重力加速度(sec/m³)。

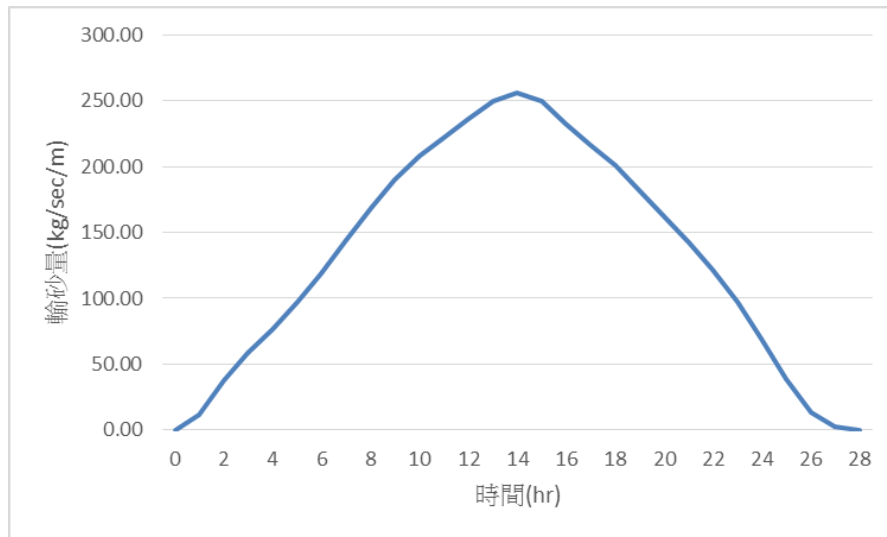


圖3-12 50年重現期距輸砂歷線圖

2. 水理相關參數設定

大部分的水理參數係依據現有資料或考慮的模擬現象進行設定，例如重力加速度固定為 9.8 m/s^2 、運動黏滯係數固定 0.000001 、Von Karman constant 固定 0.41 ，以上部分為建議值，不需要有更動；而需要設定如曼寧糙度 N 值、水流模式分別有

(1) 曼寧 N 值

本計畫對現地進行表面粒徑 D_{50} 為 170mm 而河床粒徑分析調查如圖 3-13 所示，中值粒徑 D_{50} 為 49.8mm 、 D_{90} 為 278mm 、 D_{75} 為 141.83mm 、 D_{65} 為 81.96mm ，各代表粒徑帶入經驗公式後，方可得到河道曼寧粗糙係數 N 值，詳表 3-3。計算之結果發現，Lane 及 Mayer&Peter 學者得到結果較為相近，因此本計畫選擇 0.03 為本次二維模式 CCHE-2D 模式之數值模擬 N 值參數。

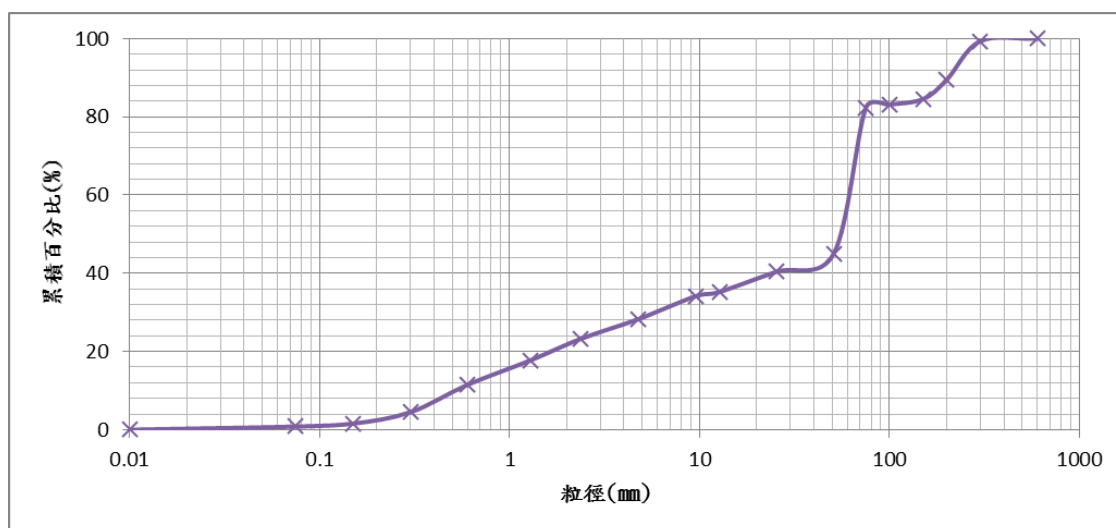


圖3-13 粒徑分析圖

表3-3 各學者計算曼寧粗糙係數 N 值之結果

學者	Lane	SankuisRiver	Einstenin	Mayer&Peter
公式	$0.015 * D_{75}^{1/6}$	$0.0142 * D_{75}^{1/6}$	$0.0132 * D_{65}^{1/6}$	$0.01216 * D_{90}^{1/6}$
N 值	0.0339	0.028	0.0274	0.0308

(2) 紊流模式

CCHE-2D 模式提供三種紊流模式可供選擇，分別為 Mixing length、Parabolic eddy viscosity model 與 K- ϵ model，但對於大部分問題來說，前兩者已足夠描述一般較大尺度之紊流流場問題且參數的設定上較為簡便，因此在模擬上較有效率，本計畫採用 Mixing length model 進行水理模擬。

(3) 時間間距(time step)

參考「美國國家計算水科學及工程中心河道變遷模式之引進及應用研究」報告書之建議採用 $U * dt / dx < 10$ 之限制條件可讓模式計算較為穩定，其中 U 為流速、dt 為時間間距、dx 為網格大小。以本計畫之案例採用 10 秒為演算間距。

水理相關參數設定彙整於表 3-4，依此參數數據為本計畫之水理演算模擬參數。

表3-4 水理相關參數設定

項目	設定值	說明
河床糙度	0.03	依據 Lane 公式計算 $n = 0.015 d_{75}^{1/6}$
紊流模式	Mixing length model	
紊流粘性係數	1	設定 5 就代表由前項紊流模式算出來結果，會再乘上 5 倍，放大紊流效應。通常此參數可設為 1。
乾濕點分界 (m)	0.04	此為乾點與濕點的水深分界，當網點水深高於 0.04(m)，則以濕點的方式進行計算。
時間迭代法	Method 1	Method 1、Method 2、Method 3，分別代表低、中、高的疊代數目。當第二項的 Δt 越大，則此值也隨之加大。
重力加速度	9.8 m/sec^2	建議值
運動黏滯係數	$0.000001 \text{ m}^2/\text{sec}$	建議值

3. 輸砂動床參數設置

CCHE-2D 模式中，輸砂參數主要檢定輸砂公式、調適長度及混合層厚度，以下根據「美國國家水科學中心河道二維動床數值模式之引進及應用研究(1/3)」針對 CCHE-2D 模式中之相關參數進行其物理特性說明，了解其物理意義，以利模式參數檢定。

(1) 輸砂方式

CCHE-2D 模式提供三種輸砂方式可供選擇，分別為推移載加懸浮載(Total Load as Bed Load Plus Suspended Load Model)、推移載(Total Load as Bed Load Model)、懸浮載(Total Load as Suspended Load Model)，因一般野溪輸砂大多以推移載為主，因此本計畫僅考慮推移載。

(2) 輸砂公式

CCHE-2D 模式提供四種輸砂公式:Wu et al.formula、Modified Ackers and White formula、Modified Engelund and Hansen formula、SEDTRA module，本計畫經測試結果得知 SEDTRA module 輸砂公式較符合現地土砂變動之行情。

(3) 推移載調適長度 L_b (adaptation length for bedload)

調適長度為河床上平衡至非平衡輸砂過程之特徵長度， L_b 通常與案例之推移載輸砂過程相關，由推移載過程至形成床形(bedforms)之距離通常即為調適長度大小。若河床多由砂漣(sandripples)所構成， L_b 可為泥砂平均跳躍長度或砂漣長度；若河床多由砂丘(sand dunes)所構成， L_b 可為 5~10 倍之水深；若河床多由交替砂洲(alternate bars)所構成， L_b 可為交替砂洲長度或 6.3 倍之河道寬度；若研究河段為蜿蜒變遷型河道， L_b 可為蜿蜒波長或 12 倍河道寬度；若調適長度小於格網大小，則可能產生極大計算誤差。在天然河川之工程應用上，平均河寬為調適長度檢定之建議初始值，使用者可慢慢增加調適長度至模擬結果達到最佳。

本計畫模擬之河道寬為 48.34m，河道屬於蜿蜒變遷型

河道，因此本計畫之 L_b 為 12 倍之河道寬，為 580.08m，做為推移載調適長度 L_b 之參數。

(4) 混和層厚度(mixing later thickness)

為考慮河床質粒徑垂向分層之變化關係，在不可沖刷層上方之河床質通常會區分數層土層進行計算，最上層為懸浮載、推移載及河床質之交換區域，該層稱為混合層。混合層厚度與輸砂變化時間尺度有關，對於較小時間尺度問題，如泥砂顆粒於沖刷坑之淘起沖刷過程，混合層厚度與泥砂粒徑大小有關，且相對較為敏感；對於較大時間尺度床形波長之形成過程，混合層厚度可為床形高度之尺度。Wu and Vieira 建議混合層厚度為砂丘高度一半或兩倍河床質之 d_{50} 。因此本計畫之混和層厚度為 d_{50} 之兩倍，為 0.122m。

(5) 施密特係數(schmidt number)

施密特係數為一無因次係數，為動黏滯係數與擴散係數之比值，用來描述同時有動量擴散與質量擴散之流體，可校正懸浮載泥砂之擴散程度。根據一般實驗數據，模式中施密特數預設值為 0.5，對於複雜流況或高含砂水流問題，施密特數建議範圍約在 0.5~0.01 間。

表3-5 土砂相關參數設定值

項目	設定值	備註
輸砂公式	SEDTRA module	設定值
混合層厚度	0.122	D50 之兩倍
調適長度	580.08m	河道寬之 12 倍
施密特數	0.5	預設值
時間步常	10	建議值
沖蝕/淤積限制	0.01	為避免土砂沖淤過於劇烈的設定值
可沖蝕性	YES	可模擬河床沖淤變化
最大沖蝕厚度(m)	-90	建議值
最大淤積厚度(m)	+90	建議值

4. 水力分析邊界輸入

流量、泥砂與水位資料亦為模式模擬之上、下游邊界條件，CCHE-2D 模式中上游邊界條件需要輸入流量與泥砂資料、下游邊界條件需要輸入水位高程資料，上游流量資料採用中央氣象局-東河站之時雨量，並配合三角單位歷線轉換為流量歷線(cms)，而泥砂歷線則將入流歷線除以入流口寬轉換為單位溪寬流量(cms/m)，並藉由 Bathurst 輸砂公式計算單位溪寬推移載運移量(kg/s/m)



圖3-14 馬武溪邊界條件圖

5. 水理分析說明

本計畫以上述狀況進行水理模擬分析，因現地河床型態較為蜿蜒可能會在溪水暴漲時造成水流衝擊護岸如標示處，故本計畫設計於蜿蜒處模擬出消能塊體拋排放情形進行水理計算分析，以了解拋排放成效，拋排放情形將分為三種包含(上游拋排放、下游拋排放及上下游拋排放)，拋放消能塊體係穩定連結或以加勁格網袋於以網綁的條件下，拋排放位置如圖 3-16 所示。



圖3-15 消能塊模擬拋排放地點

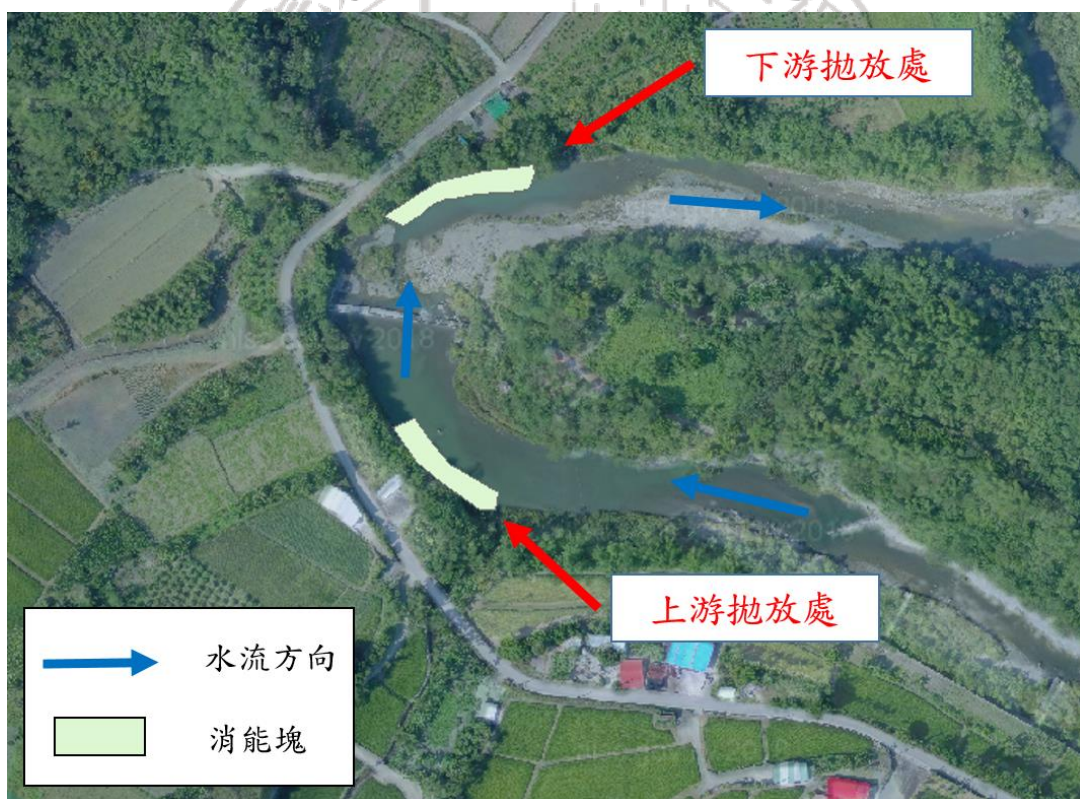


圖3-16 消能塊拋排放位置圖

6. 水理分析結果

在確定拋排放位置後本計畫繼續以水理模擬進行流速分析，
表 3-6 為各項方案模擬方案編號。

表3-6 模擬情形方案

項次	模擬情形	重現期距 (年)	模擬雨型	輸砂歷線
Run1	無進行拋排放	50	莫拉克颱風	Bathurst 歷線
Run2	上游進行拋排放	50	莫拉克颱風	Bathurst 歷線
Run3	下游進行拋排放	50	莫拉克颱風	Bathurst 歷線
Run4	上游與下游同時 進行拋排放	50	莫拉克颱風	Bathurst 歷線

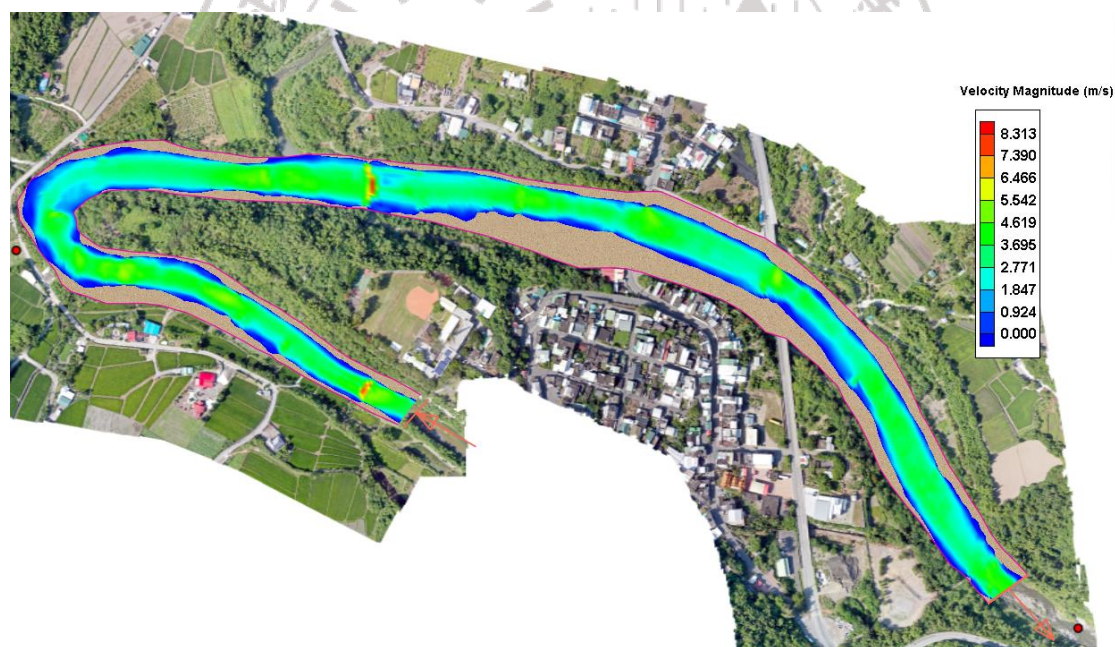


圖3-17 Run1 流速分析圖

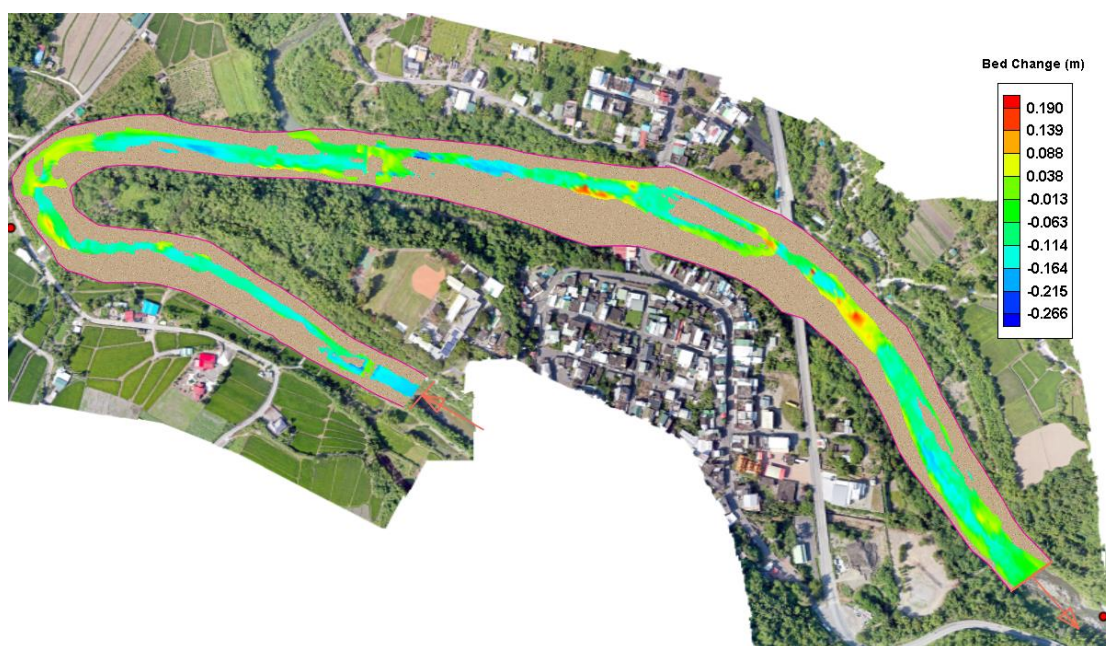


圖3-18 Run1 土砂變化分析圖

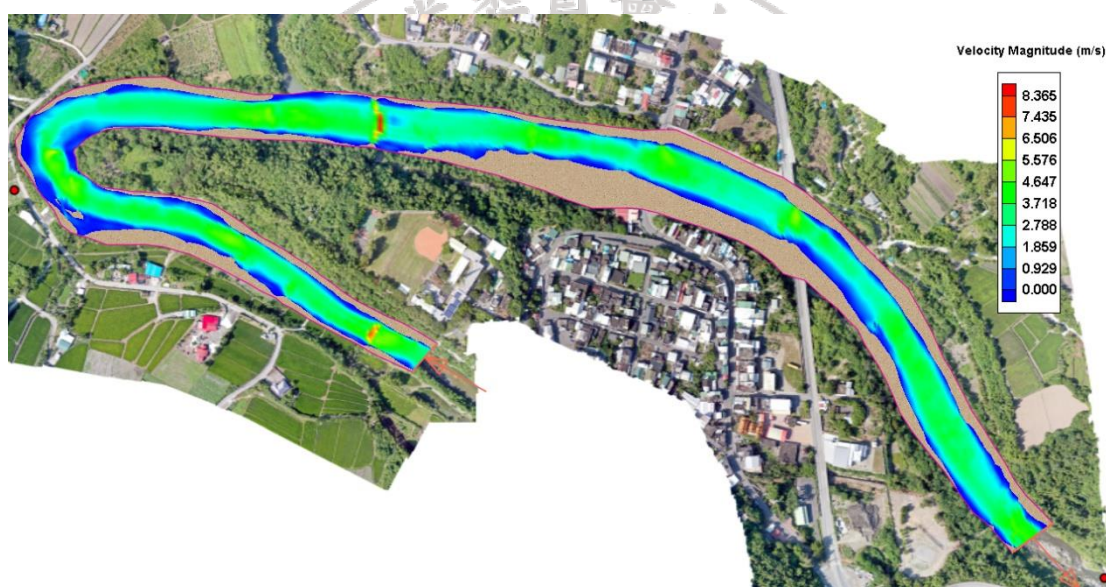


圖3-19 Run2 流速分析圖



圖3-20 Run2 土砂變化分析圖

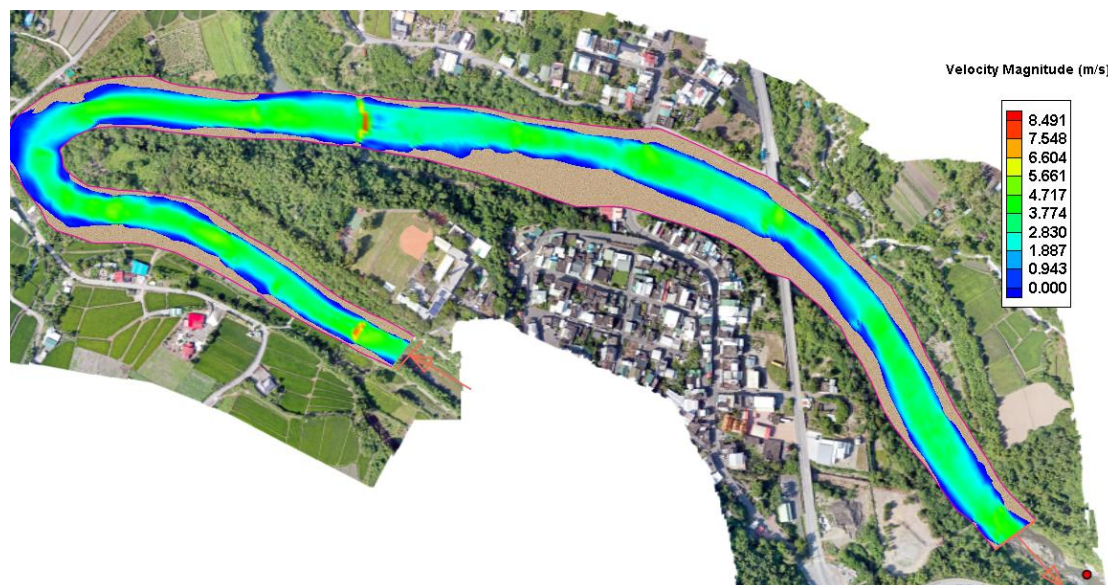


圖3-21 Run3 流速分析圖

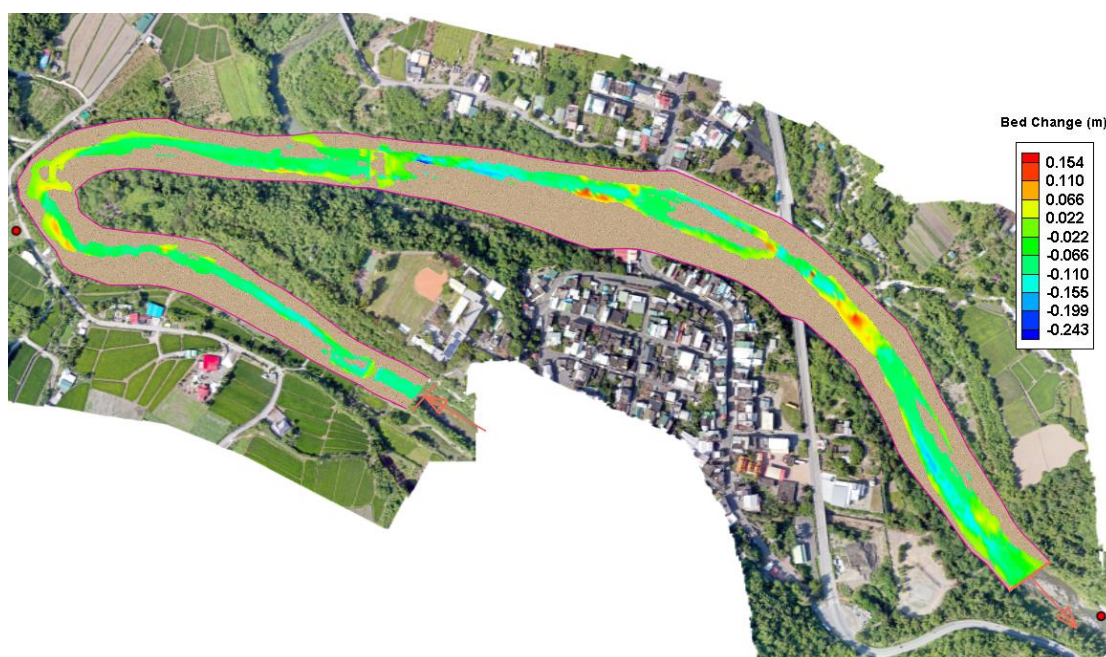


圖3-22 Run3 土砂變化分析圖



圖3-23 Run4 流速分析圖



圖3-24 Run4 土砂變化分析圖

(1) 流速細部分析

在整段水理分析完成後本計畫就消能塊拋排放處進行細部調查分析如。

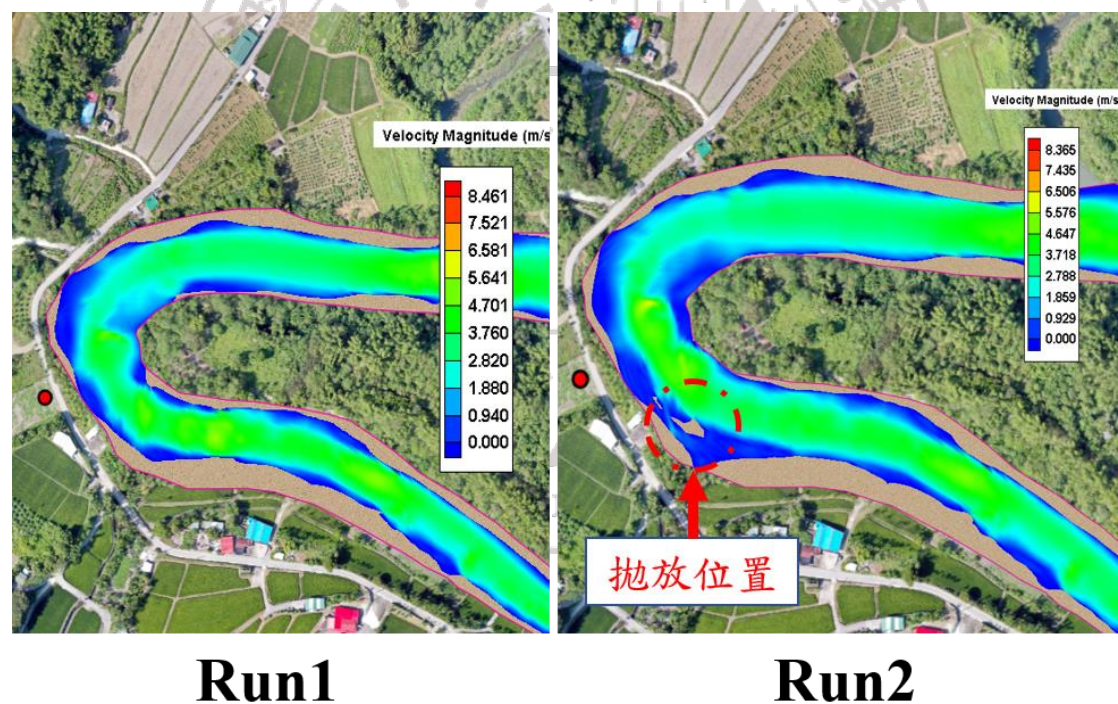


圖3-25 Run1 流速分析圖(細部)

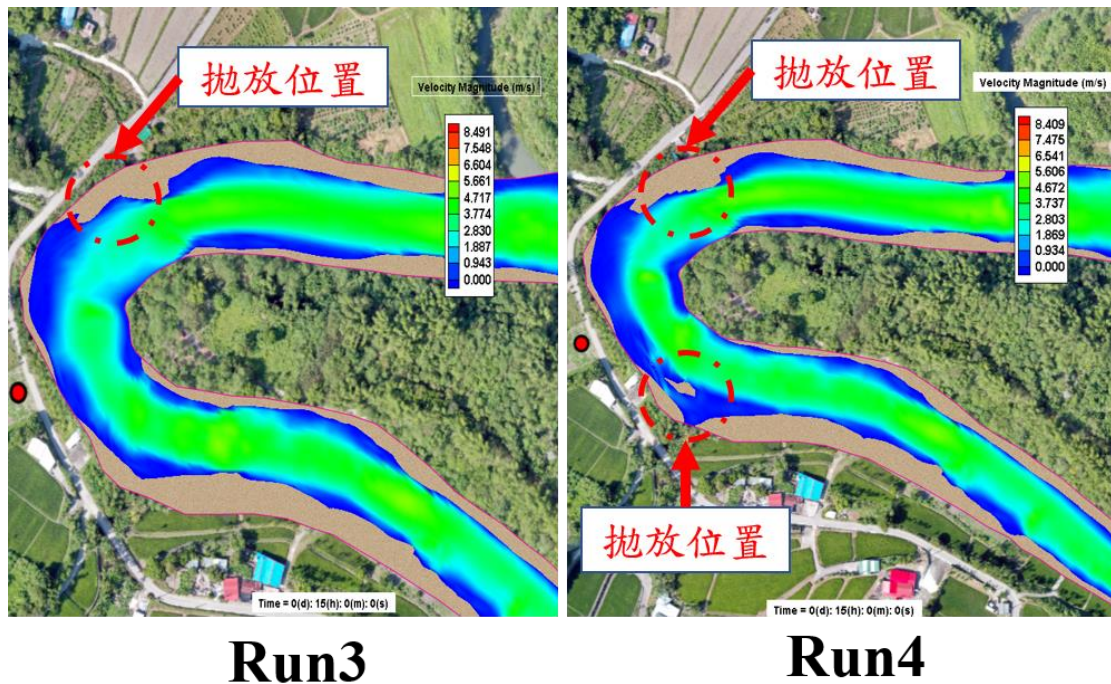


圖3-26 Run2 流速分析圖(細部)

在流速模擬部分，可從 Run1 與其他模擬結果來看，在原本未拋放塊體的地區靠近岸邊均有高流速的產生，衝擊速度大約在 3~5m/s，若無進行護岸整治工程或護岸工程破損可能會造成護坡因水流衝擊而崩塌阻塞河道。而在上游拋排放消能塊後流速較大區域仍靠近凹岸與下游岸邊，但下游拋排放消能塊後可以達到上、下游的挑流護岸效果，且水流會偏向凸岸處，因此未來在選擇拋排放位置時，根據水理分析模擬可以先期評估，增加拋排的效果減少阻絕水流情形。

(2) 土砂細部分析

除進行細部流速分析外，本計畫也探討土砂沖淤變化以防過度使用消能塊造成土砂淤積嚴重或護岸基礎因沖刷而掏空。

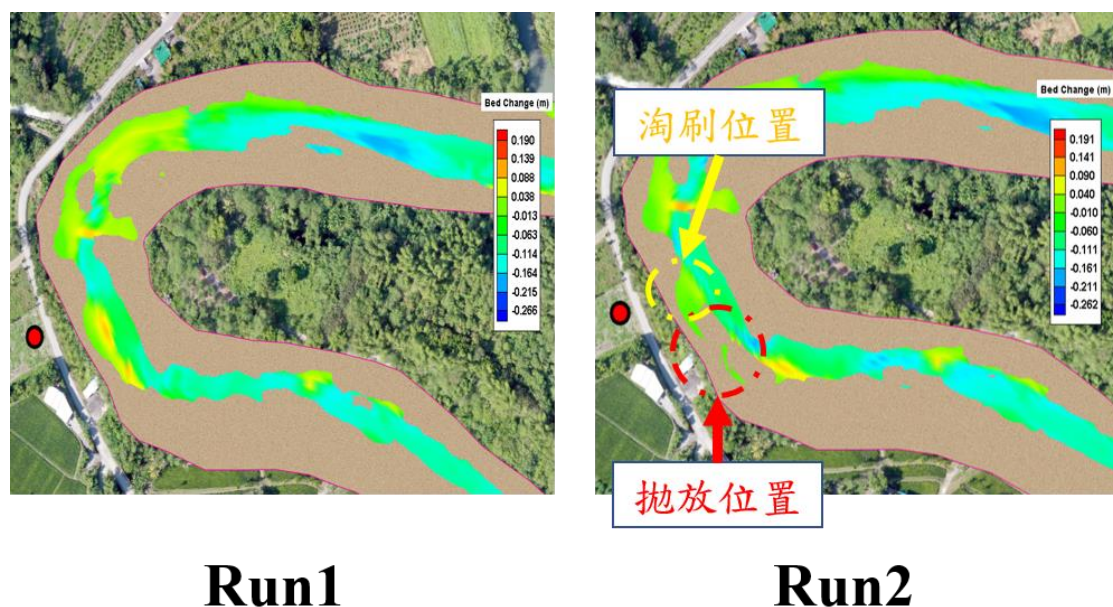


圖3-27 Run1 土砂變化分析圖(細部)

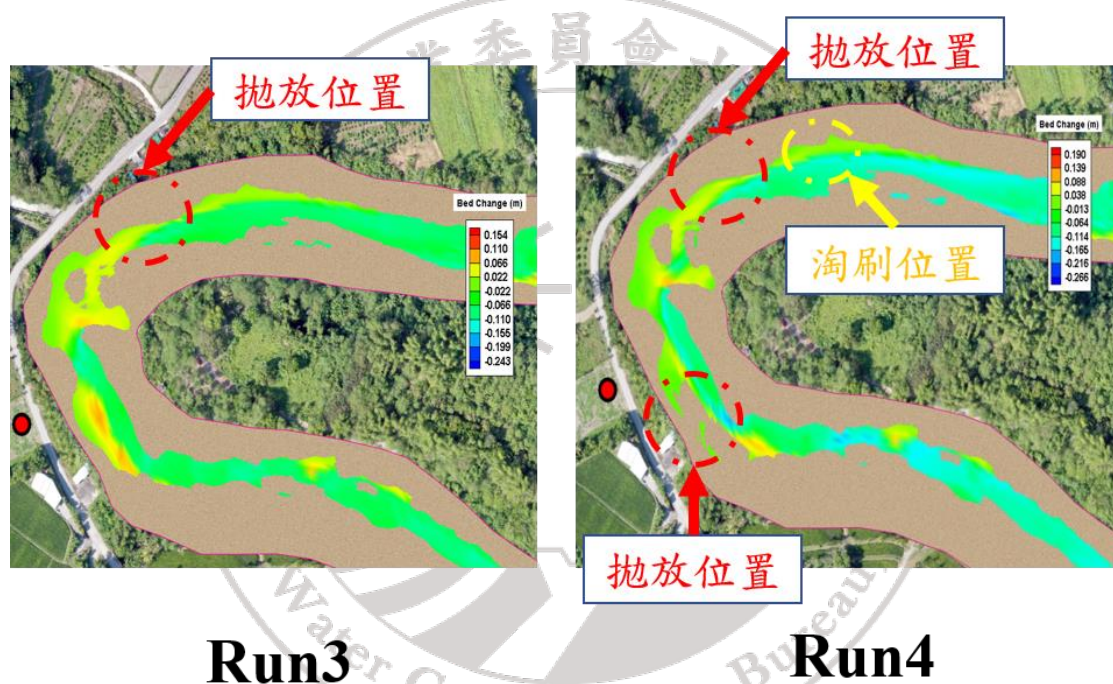


圖3-28 Run1 土砂變化分析圖(細部)

在土砂模擬的部分也可看到在塊體拋放位置有土砂有減少甚至於無變化的情況發生，而在 Run2 及 Run4(黃色圈號)塊體拋排放的後方都有輕微的淘刷跡象，淘刷位置也較靠近護岸可能會有淘空護岸基

礎的可能，推測為拋排放塊體後因將水流集中束縮導致流速加快造成土砂淘刷導致。惟下流拋排放的分析時可發現上游的淤積略為增加，這或許也可說明拋排放位置的不同所造成的差距。

(3) 分析結論

根據模擬成果拋排放塊體有明確引導水流的成效，可減少水流直接衝擊護岸造成護岸破損，而拋排放消能塊也會因水流集中而降低拋排放位置後方的土砂量，未來若要進行塊體拋排放預警(測)，可以水理分析軟體進行預先評估，分析各溪流沖刷位置及水流流速及土砂變化，做為塊體拋排放位置及數量的訂定依據。

另拋排放消能塊體的目的是希望在災中應變搶救的時候緊急臨時使用，或許在應變搶救的時候沒有足夠的時間進行相關分析或地形產製，但這套分析機制應可供緊急臨時處置後的適切性檢討或修正參考。此外若有必要對於所轄區域的潛勢區或高風險區，亦可先進行建模與評估，讓之後執行有所依循。





第四章 預鑄塊體聯合運用規劃之可行性研究

本計畫進行預鑄塊體聯合運用規劃，將推廣臺東分局之專利預鑄塊體，擬定與臺東各地區公所配合，以公所意願提供場地與維管，臺東分局提供預鑄塊體及控管之方式進行，以各地公所提出災害風險高之溪流旁空地堆置預鑄塊體，而提升臺東各區災害發生之防洪能力，期能第一時間進行搶救修整，降低周遭居民人身與財產安全威脅，本章以五部分加以說明。

另為區分本計畫所規劃之消能塊體與臺東分局預鑄塊體之定義及用途已擬定表 4-1 作為說明，該兩種塊體雖為相同形狀及材質，而在使用上有一定的區別，可視當時需求進行調度已展現臺東分局之塊體多元性。

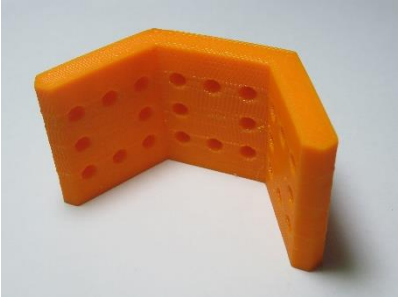
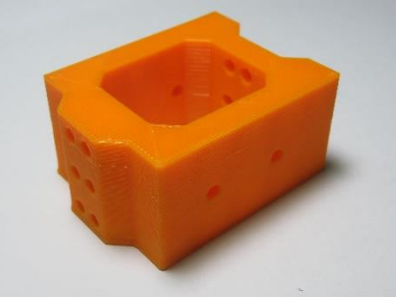
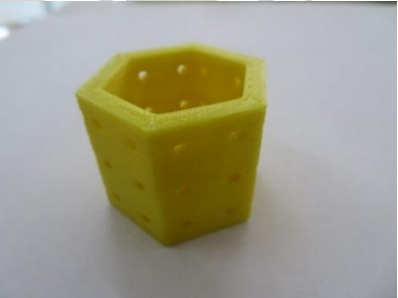
表4-1 防汛塊與預鑄塊用

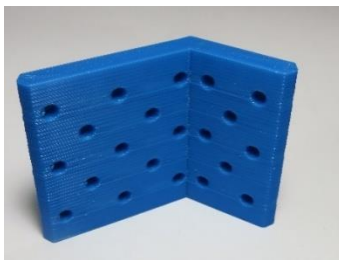
	消能塊	預鑄塊
圖例		
定義	於野溪及河川溪水暴漲時避免水流衝擊護岸緊急情形時使用。	區別於一般傳統工法先於廠內鑄造完成後，在運送至工地之工程構件。
用途	河川、野溪等鄰水地區	如：護岸、固床工等。

第一節 平時應用之可行性推展

本計畫將挑選臺東分局之專利預鑄塊體分別為 C 型文武塊、護岸植生塊(又稱 RC 箱預鑄塊)、預鑄塊(又稱 X 型文武塊)、多邊形預鑄塊(又稱蜂巢箱預鑄塊)、護岸塊(又稱 L 型預鑄塊)等五種塊體進行，如表 4-2 所示，並分析其適合用及相關限制，將採用於水土保持局或其他相關單位之預鑄塊體穩定分析經驗進行如圖 4-1 所示，研擬出各個塊體適用的工程及使用條件，且配合臺東各地區堆放之預鑄塊用於平時工程，可大幅減少工程運輸成本。其中護岸植生塊在臺東分局中最常被利用，故本計畫將該塊體使用方法放置於附錄三加以說明。

表4-2 平時運用可行性研究塊體列表

	
C 型文武塊	護岸植生塊
	
X 型文武塊	蜂巢箱預鑄塊



L 型預鑄塊

一、預鑄塊體應用合適性分析

1. 平時運用調查

本計畫將調查先前臺東分局所執行工程現場，了解臺東分局常用預鑄塊體於實務執行中的優缺點及聯合運用情形，本計畫調查將選取各塊體中各一件工程案件進行調查，並對工程配置與現況予以檢討。

表4-3 護岸植生塊現地勘查表

柑仔林野溪整治工程、柑仔林防砂二期工程



河道經歷 14 年，不見原本裸露樣貌，兩側植生生長茂密，呈現鬱閉林相。



河道兩側預鑄 RC 箱護岸經調查發現，經過多年連接尚完整，並且結構無損壞，內填土石尚存，匍匐性草本植物於坡面生長，惟未使用格網覆蓋於預鑄單元上，因此部份預鑄單元內部土石受水流淘刷流失。

表4-4 X 型文武塊現地勘查表

森永五福谷溪下游護岸整治二期工程



預鑄塊護岸，目前結構物良好，無損壞情形，且植生發育良好。

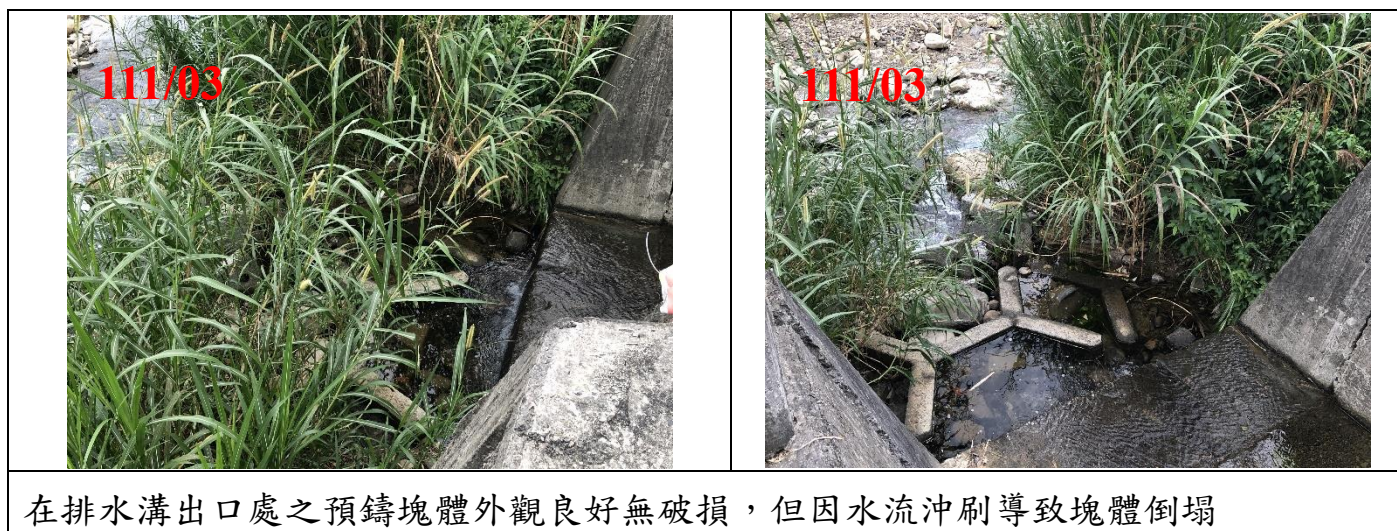


表4-5 C型文武塊現地勘查表

長濱鄉寧埔野溪整治工程	
	
上游預鑄保護工目前結構物良好，無損壞情形，因露出深度 30 公分左右，產生水流湍瀨之型態。	



前期設置石籠與預鑄保護工，經歷一年，植生已披覆於石籠，並且保護工於溪底發揮保護石籠之效果。



底層保護工前期施工保留外伸空間，目前已有濱溪植物自然生長於框內，但有部分塊體內土流失無植物生長。

表4-6 L 型預鑄塊現地勘查表

大俱來安全排水改善工程	
	
箱涵下方設置之預鑄保護工雖已裸露出但已有發揮水墊功能減少淘刷情形發生。	
	
兩側預鑄保護工前期覆土於地表下方並呈現表土裸露狀況，經歷三年後兩側植生已生長茂密，並且逐漸出現上游卵石堆積河道，兩側邊坡狀況因護岸保護，十分穩定。	

表4-7 蜂巢箱預鑄塊現地勘查表

森永五福谷溪防砂壩加強工程	
	
目前該工程用於防砂壩下游河床穩定功能，後續將持續觀察了解塊體運作功能。	
	
在經過數月回到現場觀察後發現預鑄塊已有良好的植被覆蓋且並無位移，且有效保護水流掏刷形成深潭。	

本計畫依據上述五件工程案件擬定各塊體合適使用情形於表 4-8 所示，在表中 L 型塊體與蜂巢塊體皆屬於大型塊體，較適合用於河溪整治的基礎設施，如固床工或護岸之基礎等，而其他塊體如 X 型、C 型可以據現場工程需求調整塊體高度（或是採用兩個塊體堆疊加上連接綑綁固定方式），可較活用於不同工程類型。

2. 塊體適用性分析

在完成塊體平時運用狀況分析後，本研究針對於各塊體提出相關適用性分析結果如下：

(1) 護岸植生塊

A 適用條件：

RC 預鑄箱為五種塊體中功能性最齊全之塊體，因本身自立性高能用於擋土牆、護岸及固床工等大部分的水土保持工程上，而在排放時可能會因為塊體兩側的光滑面導致塊體滑動，故需要利用鋼索或束帶進行連結。

B 注意事項：

在塊體連結的材料中要注意該材料的強度及特性要因應施工環境進行挑選，且坡面不平整或坡型蜿蜒時會因為塊體自身限制導致無法擺放。

(2) L 型預鑄塊

A 適用條件：

L 型預鑄塊該塊體有很好的水流導向性，以單一塊體使用可做為水流挑流或引流等運用，若配合多塊組裝可作為運用基礎使用。

B 注意事項：

因本身塊體自立性不佳，故在運用時應注意塊體固定及連結問題，若發生基礎淘刷時可能較容易有倒塌風險。

(3) C 型文武塊

A 適用條件：

C 型文武塊若以結合方式進行使用有良好的實用性，可作為基礎塊體固床工等塊體使用，而搭配 X 型文武塊能有較好的發揮可作為工程收尾使用。

B 注意事項：

雖然 C 型文武塊有一定的自立性，但在大水衝擊或基礎不穩的情形下也容易倒塌，建議在運用上需注意塊體固定的問題。

(4)X 型文武塊

A 適用條件

X 型塊在塊體連結上有較好的優勢可多塊連接且穩固可用於坡面排放，在材料的數量上相對節約，且穩定性也較高而不容易傾倒。

B 注意事項：

因該塊體型狀多為突出較無平順面，因此建議配合 C 型文武塊運用較能有較好的發揮。

(5)蜂巢箱預鑄塊

A 通用條件

蜂巢箱預鑄塊重量最重且最為穩固的，可有效保護河床底部攔阻土砂，適合做為基礎工及固床工等工程施作。

B 注意事項：

因塊體體積較大可能在搬運及施工擺放時較難執行，所以需要有較大的施做空間為佳。

表4-8 各類工程運用塊體合適性分析表

工程 類型	工程類型圖	塊體型式	備註
基礎工 & 保護工		護岸植生塊	基礎工與保護工用途 多為保護或加強原有 構造物，此工程所選 擇的塊體多埋設於土 壤中，故需要有一定的 強度不容易被土壤 推出僅需有光滑面可 引導水流即可。
		C 型預鑄塊	
		蜂巢箱預鑄 塊	
		L 型預鑄塊	
固床工		護岸植生塊	固床工多半埋設於溪 流中做為橫向構造物 使用，使用塊體需要 有一定的自立性為佳 減少塊體翻落風險。
		X 型預鑄塊	
		蜂巢箱預鑄 塊	
護岸		護岸植生塊	護岸工程應需要設立 於邊坡上方需要有一 定的斜率，此類工程 較適合自立性高且可 順應坡型擺放的塊體 為佳。
		X 型預鑄塊	

擋土牆		護岸植生塊	擋土牆所需設立條件與護岸相同，但可以忽略水流衝擊，但需較注意排水問題。
		X 型預鑄塊	
		蜂巢箱預鑄塊	

二、預鑄塊體邊坡穩定分析

依據新編水土保持手冊之工程篇護岸設計原則中，其安定分析除考慮水壓力外，其餘則與擋土牆相同，可參照擋土牆之安定分析進行檢算。另考慮到護岸對水流的抵抗力，因此會進行預鑄式護岸整體性及塊體單元式的側向滑動檢算。

以下的預鑄式護岸範例採用護岸植生塊進行模擬，且參照重力式擋土牆的塊體穩定分析算法，並依據水土保持手冊基礎與混凝土之摩擦係數表取 $\mu=0.66$ ，算式如下：

(一)基本數據

1. 土壤之摩擦角 $\theta=30^\circ$
2. 土壤單位重 $\gamma_s=1.8 \text{ t/m}^3$
3. 混凝土單位重 $\gamma_c=2.3 \text{ t/m}^3$
4. 每個預鑄塊體積 $=0.59\text{m}^3$
5. 預鑄塊混凝土抗壓強度 $f_c=210\text{kg/cm}^2$

6. 混凝土與土壤摩擦係數 $\mu=0.66$
7. 擋土牆背面與土之摩擦角 $\delta=23.3^{\circ}$
8. 擋土牆之背面與垂線之夾角 $\theta=45^{\circ}$
9. 上邊坡與水平面之夾角 $\alpha=0^{\circ}$
10. 穩定條件：(已減輕重量故不考慮基礎承載問題)
 - (1) 傾覆安全係數：1.5。
 - (2) 滑動安全係數：1.2。

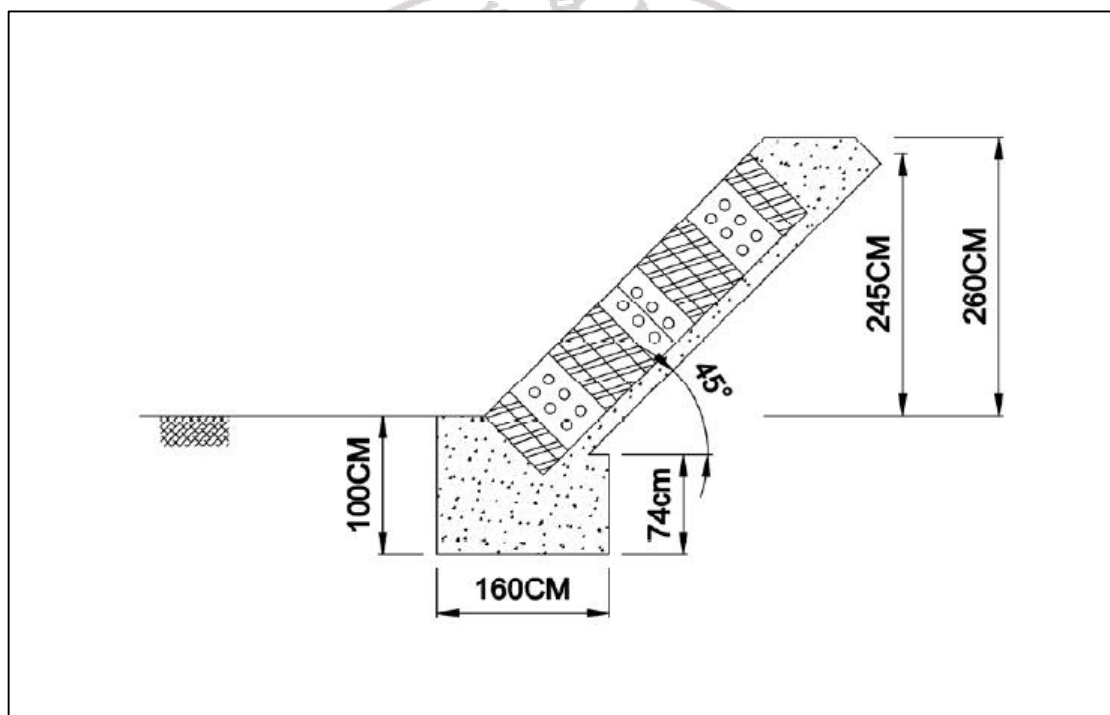


圖4-1 預鑄式護岸示意圖

(二) 整體穩定性分析

1. 主動土壓力

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta \cos(\delta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$= 0.96$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times r_s \times H^2 = \frac{1}{2} \times 0.96 \times 1.8 \times 7.29 = 6.29$$

2. 抵抗力分析

力	計算式	垂直力 (t)	水平 力(t)	力臂 (m)	力矩(t-m)
預鑄塊	$0.59 \times 3 \times 2.3$	4.07		1.06	4.32
背填混凝土	$0.2 \times 2.6 \times 2.3$	1.19		1.41	1.69
混凝土基礎	$0.74 \times 1.6 \times 2.3$	2.69		0.80	2.15
被動土壓	$3.33(0.5 \times 1.8 \times 1.0)^2$		3.00	0.33	0.99
合計	N=	7.95	3.00		9.15

$$B = 1.6 \quad \text{m}$$

$$M_a = M_r - M_d = 3.76$$

(a) 合力作用點位置

$$X = M_a / N = 0.47 \quad \text{m}$$

$$e = B/2 - x = 0.33 \quad \text{m}$$

(b) 地盤反力

$$P_a = N/B \times (1 + 6e/B) = 12.27 < 40^t/m^2 \quad (\text{O.K.})$$

(c) 穩定分析

$$\text{傾倒: } FS = M_r/M_d = 1.69 > 1.5 \quad (\text{O.K.})$$

$$\text{滑動: } FS = 0.5 \times N + P_p/P_a = 1.21 > 1.2 \quad (\text{O.K.})$$

(三) 單元側向滑動分析

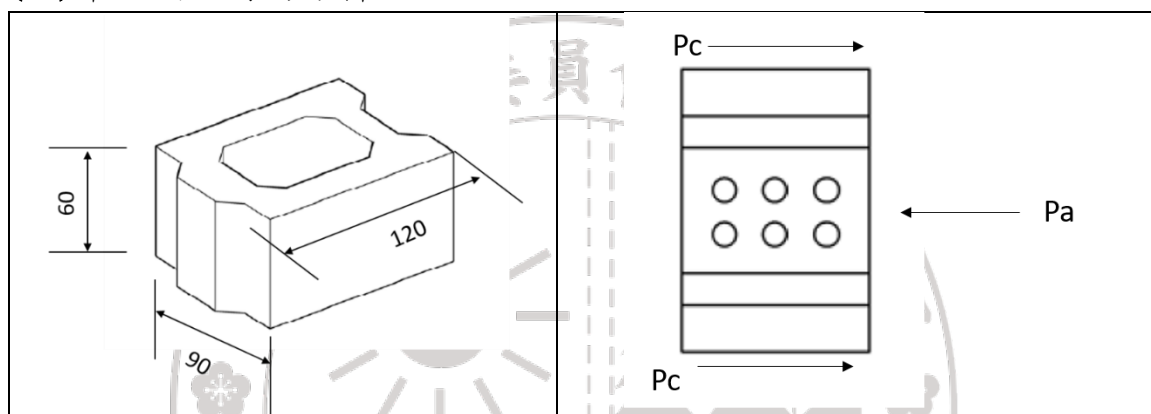


圖4-2 預鑄塊尺寸單元圖

1. 抵抗力分析

混凝土抗剪強度

$$V_c = 0.374 \times \sqrt{f_c'} = 0.374 \times \sqrt{210} = 5.42 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗剪面積} = (60 \times 110) \times 2 = 13200.0 \text{ cm}^2$$

$$\text{抗剪力} = 5.42 \times 13200 = 71544.0 \text{ kg} = 71.544 \text{ t}$$

2. 驅動力分析

$$\begin{aligned}\text{主動土壓力} &= P_a = \frac{1}{2} \times k_a \times r_s \times H^2 \\ &= 0.5 \times 0.96 \times 1.8 \times 7.29 = 6.29 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{驅動力} = 4.07 \times 0.5 \times 1 = 2 \text{ t}$$

3. 安全檢核

$$\text{FS} = 71.54 / (5.4 + 2) = 9.66 \quad (\text{O.K.})$$

亦即所檢算整體穩定及單一塊體抽出穩定均能通過，顯示設計上是可行的。



第二節 災害拋排放機制

臺灣於每年五月到十一月為汛期期間多有強降雨發生，會造成溪水暴漲、流速加快導致野溪護岸淘刷損壞或溪水溢淹的災害發生。為避免災害發生因而需要進行簡單地緊急處理（臨時性）搶災搶險時，拋排放消能塊體則成為最好的選擇。

為降低於災難發生時各單位需求性高而苦無足夠塊體可用之窘境，規劃利用臺東分局所研發且常用之預鑄塊作為消能塊之備料及使用，本項目則進行此消能塊體拋排放機制研擬。

本計畫利用原先用於護岸工程之預鑄塊體做為消能塊體之運用，對於與傳統的消能塊體重量(特別是與水利單位的異型塊比較)上有明顯的差異，故不能直接作為防汛塊體拋排運用。為達爭取在汛期來臨前之施作與堆放時間，建議應先進行臺東各地區野溪評估調查，以歷年發生重大災害地點或易淹水地區進行篩選與評估，甚至於可以先行模擬討論。目前針對水土保持局拋排放消能塊並無長期評估與啟動機制的研究，本計畫則提出利用水土保持局土石流防災資訊網中的歷史災害調查與雨量警戒值作為依據，並配合氣象局推估之降雨災害等級(如為豪大雨或颱風等級)進行預防性的預警及災前(或防汛)整備，確保有足夠量體及進行拋排放工程時間與確保施工安全性等，在完成拋排放後仍要定時檢視拋排放的情形，以評估塊體拋排放成效，並滾動式調整之。

惟原則上臺東分局的專利預鑄塊體最重也不超過 2.5 噸，且有自立穩定性的問題，因此若不能以串連接或維束裝袋增加連結性與重量的情況下，並不建議直接拋放入急流洪水中使用。因此建議消能塊體

的選擇與使用，仍應根據實用性而不特別排除原有水利普遍使用的異型塊體。

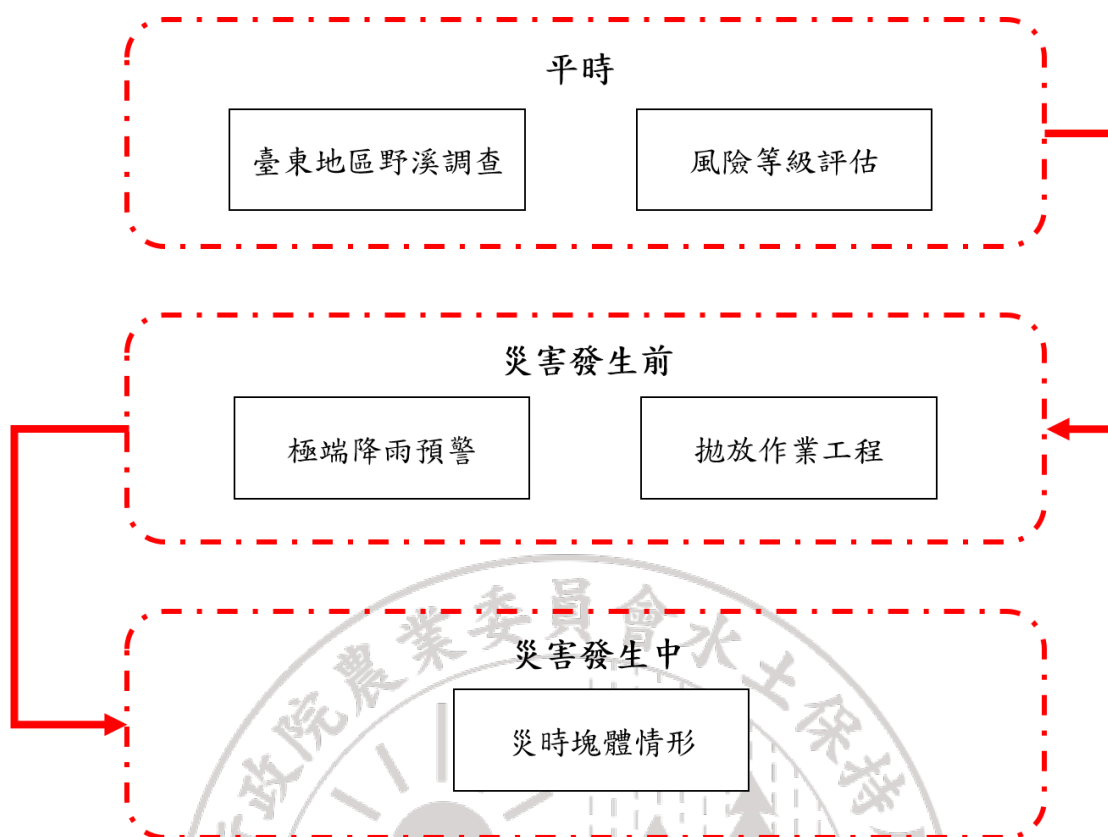
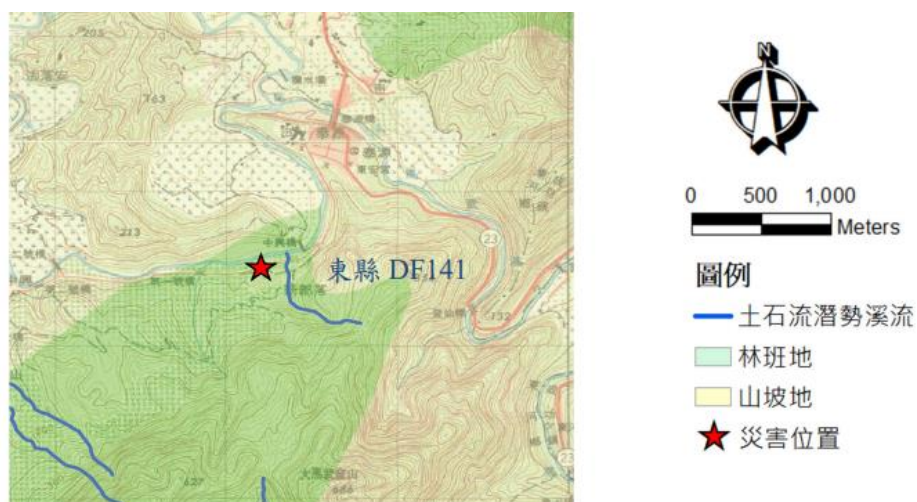


圖4-3 塊體用於拋排放機制流程圖

本計畫將以水土保持局設立「246 土石流防災資訊網」中挑選近期重大災害事件做為範例解說，其完整之歷史災害資料將檢附於附件三，此案例選擇臺東縣東河鄉泰源村，本地點於民國 106 年 1011 豪雨事件受到洪水及崩塌災害，在洪水災害中，因連日降雨造成洪水冲刷坡面導致土砂崩落阻塞道路，下方為部分歷史災害資料：



資料來源：水土保持局 246 土石流防災資訊網

圖4-4 災害發生位置圖



資料來源：水土保持局 246 土石流防災資訊網

圖4-5 災害發生情形

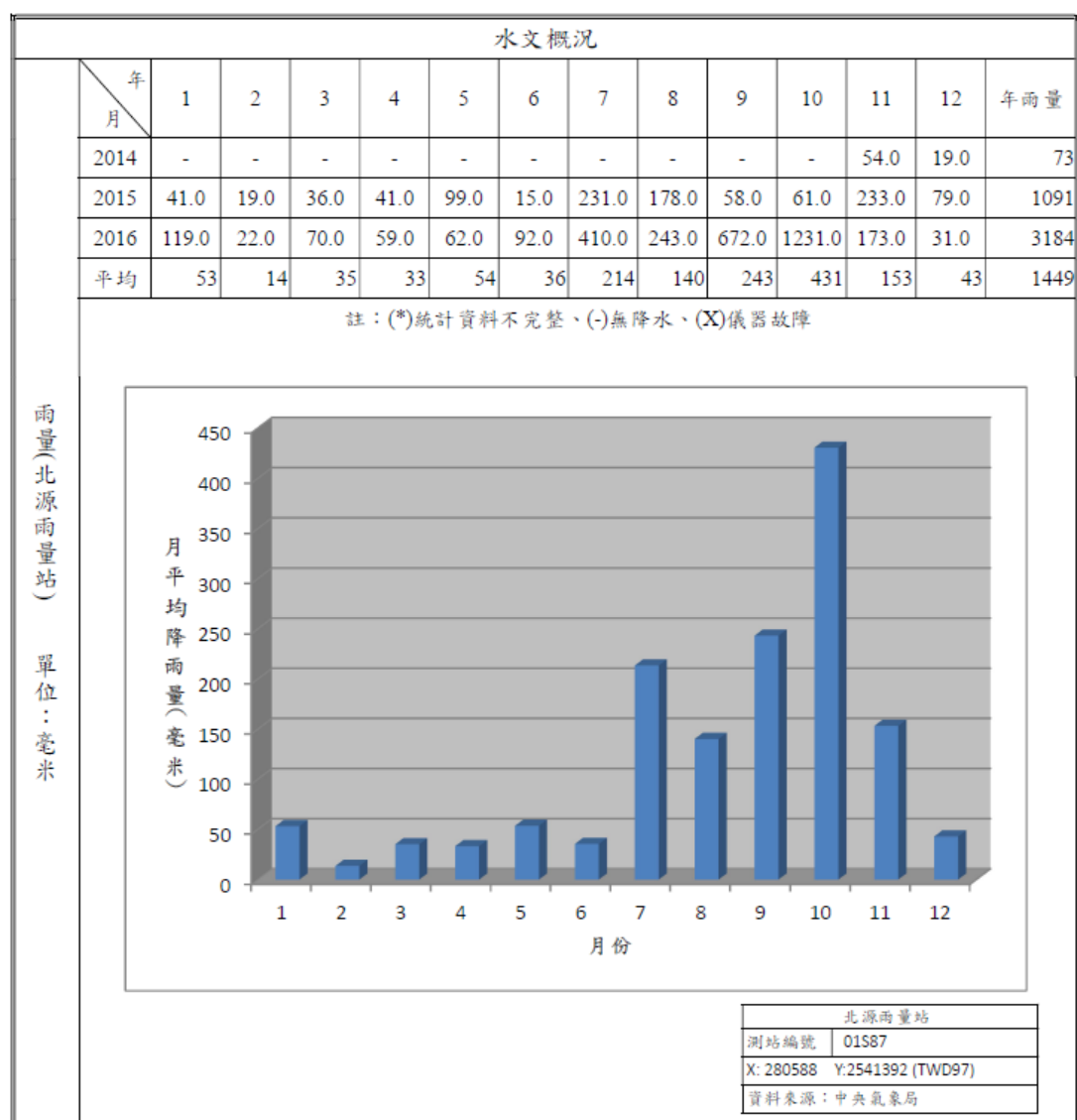


圖4-6 災害地點歷年水文概況圖

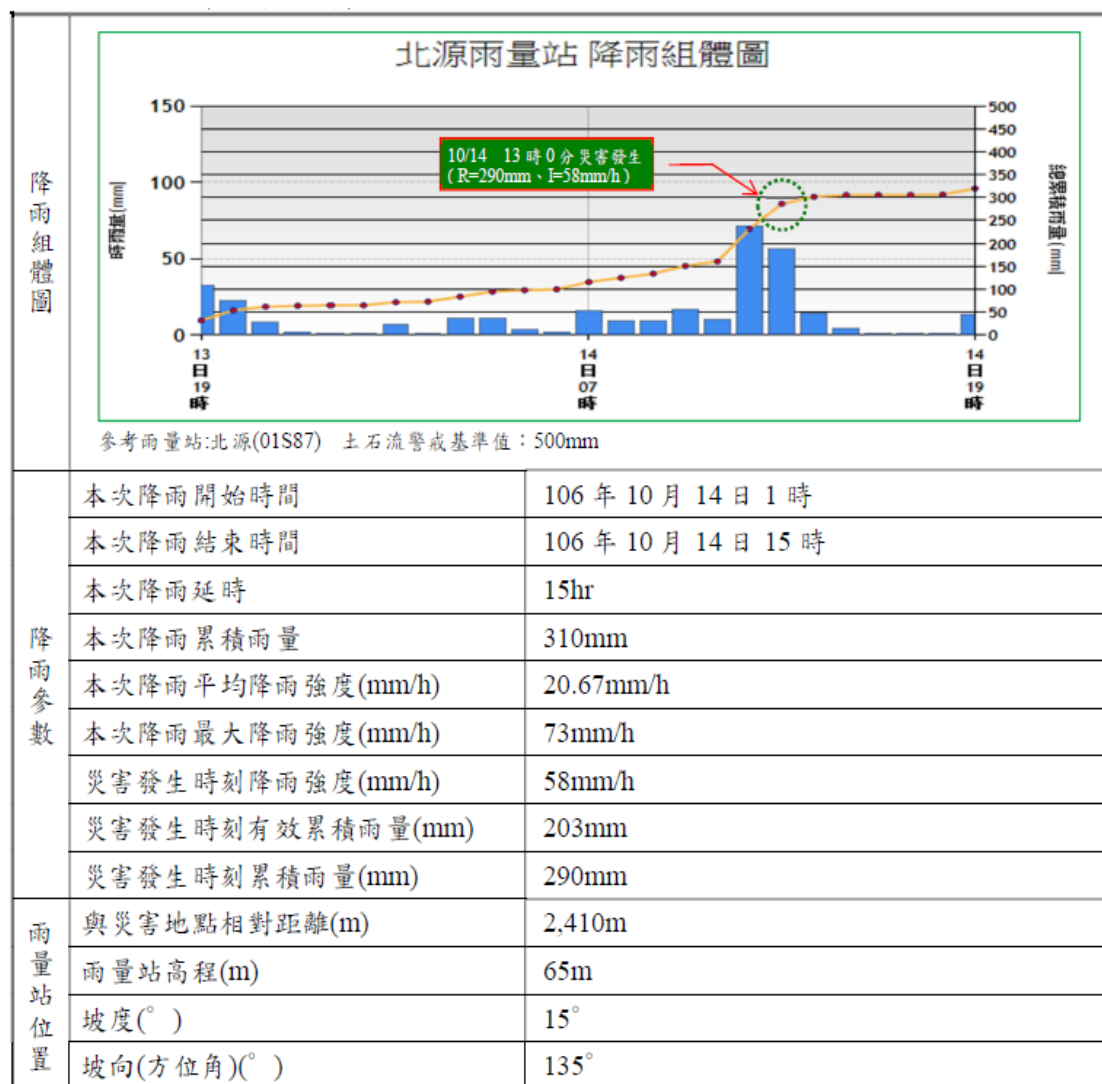


圖4-7 災害發生時雨量圖

藉由歷史相關資料可發現在雨量累積到達 203mm 時，因洪水冲刷溪岸邊坡導致坡面崩塌阻塞道路，而此案例相對鄰近本計畫所選定預鑄塊堆放地點，依據本計畫所規劃方向可從堆置場緊急調配預鑄塊體進行簡易防護，以減少災害範圍擴大。

在塊體選用部分因本次災害影響範圍較小，故尚可利用臺東分局較穩固的預鑄塊體(如護岸植生塊，蜂巢箱預鑄塊及 X 型文武塊)，以箱籠施工的形式作為臨時擋土措施，減少土砂崩塌阻塞道路的可能性，並在災害期間觀察塊體情形。惟若直接拋排這些預鑄塊體時，初

步評估仍要數塊的預鑄塊體連結(建議要 5 塊左右)，才能抵抗高達 4.5m/sec 的流速衝擊。

第三節 災後復建之應用發展

為了發揮預鑄塊體有快速施工且安全的特性，為災後工程復建的最佳工法之一，本案將採用臺東分局 102 年完工之蘭嶼野銀及朗島野溪治理工程案作為基準進行災後復建發展，將採用該工程案例由施工規劃到施工完成等步驟，加以檢視及探討作為臺東各地區災害後復建之可行性研究。



圖4-8 蘭嶼野銀及朗島野溪治理工程案後續恢復情形

本計畫參考臺東分局所分享蘭嶼應用植生工程技術友善環境簡報發現於蘭嶼地區所興建工程為規模小、數量多等情形如圖 4-9 所示，若以傳統工法進行可能會消耗許多人力且工期長，而採用預鑄工法進行將可以大幅縮短期程。



圖4-9 蘭嶼野銀溪及朗島施工前情形

於災害發生後各地災後復建成為水土保持中的一項重大關注課題，為加速各項破損工程設施能發揮原有功能，能有較短工期之預鑄塊體工程就有相應的優勢能發揮，另外預鑄塊體可在平時進行塊體堆置，能避免災後物料短缺之影響或可應付急需性。

目前在災害發生後常見的工程結構物大多為野溪構造物、坡面整治與排水等類型，野溪溝造物包含：防砂壩、護岸及固床工等，而邊坡多為坡面整治及擋土牆修復等工程，至於排水則因量體較小且已有 RCP、HDPE、土袋或抗沖蝕資材等可使用而暫不納入儲備。而本章第一節有列舉相關預鑄塊合適使用工程，作為各工程修復之合適預鑄塊體，惟未來推動供緊急搶修及後續災修工程，大量訂製同一種或幾種型式的預鑄塊體，讓預算編列、運用操作與數量管理等能有更明確及便利的作法及成效。



資料來源：網路資源

圖4-10 災後常見損毀構造物

本計畫擬定災害發生後之標準作業流程圖，因臺東分局的專利預鑄塊體擬用於搶救、修復之用，由於區域條件的限制及避免誤用或無效投放，因此建議於災害發生後能先進行現場勘查，並聘請專家診斷後，再執行塊體拋排放或利用規劃工程進行施作，其流程圖如下所示：



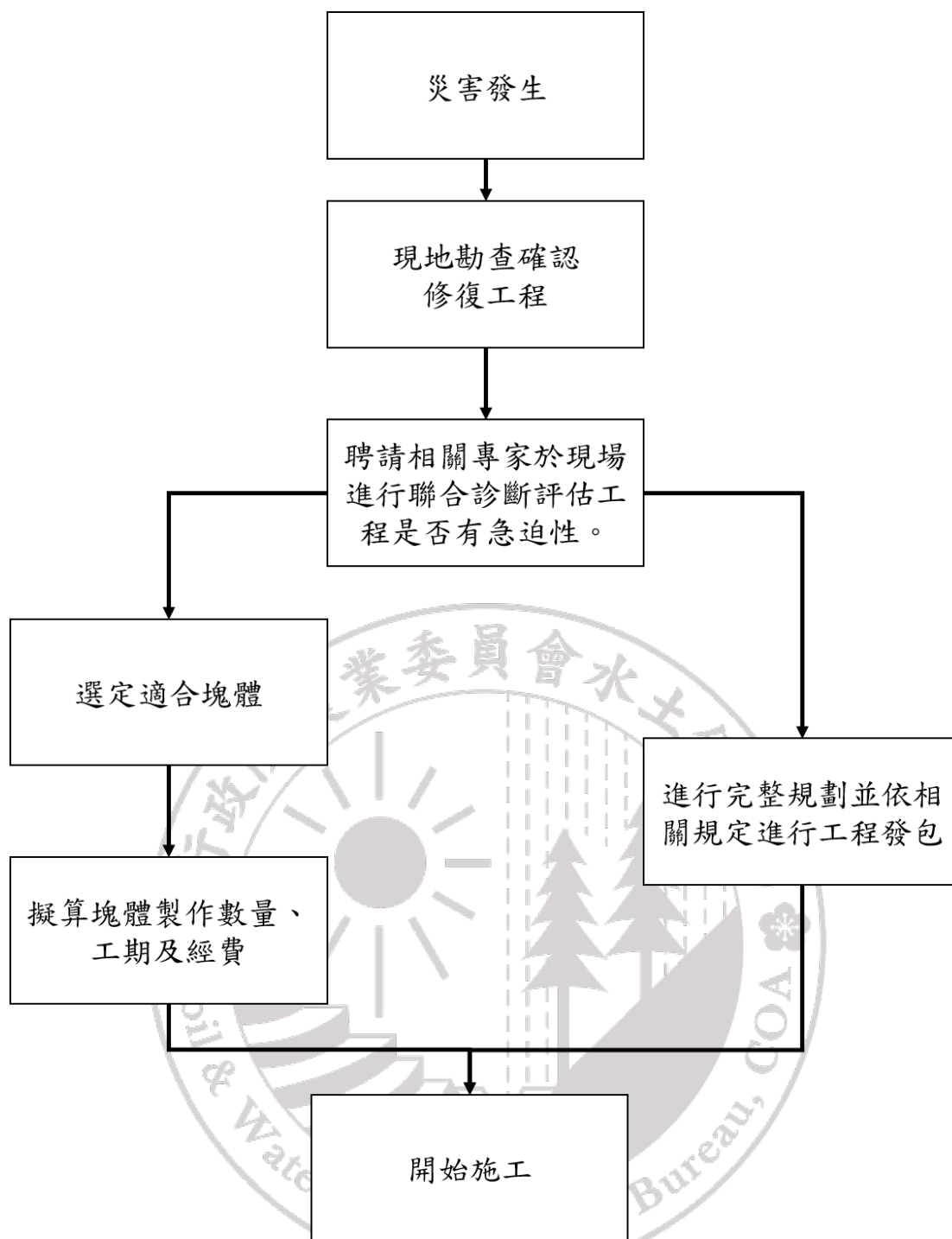


圖4-11 災後復建作業流程圖

第四節 預鑄塊體堆置之短期及中期規劃事項研擬

為提升臺東分局內自有防汛能力，能在災害時進行快速應對與搬運塊體使用（規劃在地公所使用），本案將規劃塊體堆置的短、中（含長期）計畫，在短期計畫中向臺東各公所提出相關計畫以篩選合適地點進行塊體堆置。而中期與長期則以塊體的成本、環保性及實用性作為塊體建置的規劃計畫塊體堆置數量並訂定後續養護工程，並擬訂人員進行塊體堆置方法的課程訓練，且觀察本計畫之可行性。

本計畫為進行預鑄塊體堆置規劃事項研擬，乃以經濟部水利署之防汛塊體堆置流程進行參考執行，並採用上述所提之與臺東地區各公所建立聯絡通道，短期目標以公所提供之高潛勢土石流潛勢溪流(或易致災區)旁之塊體堆置場所進行預鑄塊體防洪堆置之現場勘查（或公有地），中期（含長期）目標為計算出塊體堆置數量進行，並研擬後續養護措施，並對公所人員進行塊體堆置方法的課程訓練，以利地方公所能第一時間進行申領與自主防洪搶險作業。



圖4-12 防汛塊體堆置場地

一、短期計畫(可行性研究與範例初步規劃)

本計畫已與臺東地區東河鄉公所篩選出合適塊體堆置場所，且有高潛勢溪流(或易致災區)之地點進行此次研究對象，選用地點為東河

鄉泰源村旁之馬武溪，該溪流因有較蜿蜒之河道極有淘刷道路坡腳之危險性，而溪流旁有開闢的國有土地可進行預鑄塊體澆製及消能塊體存放之用。

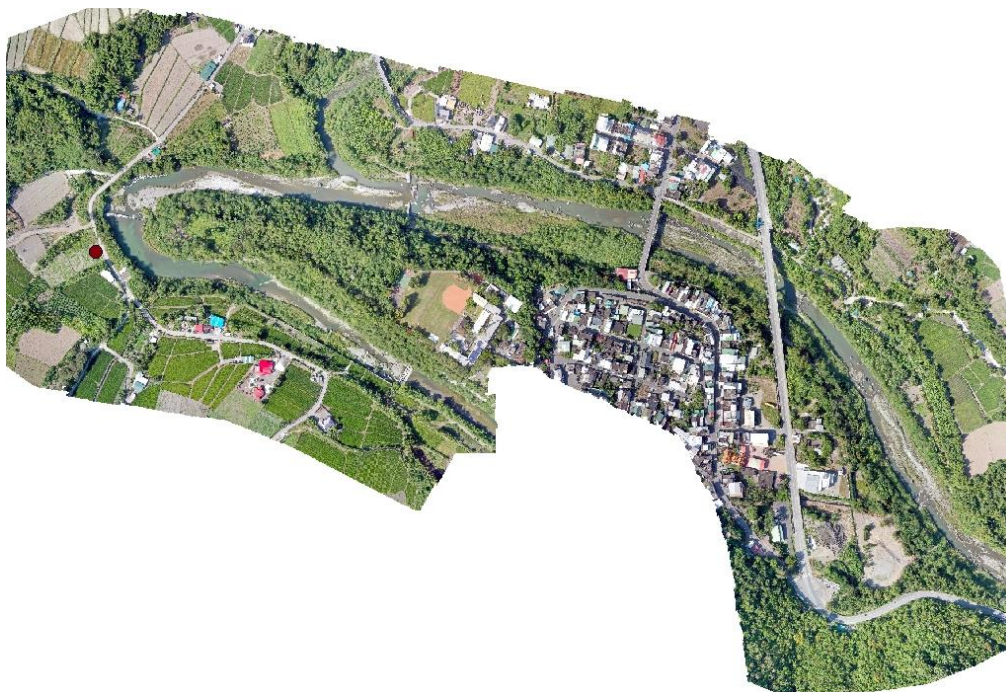


圖4-13 消能塊拋排放模擬地點

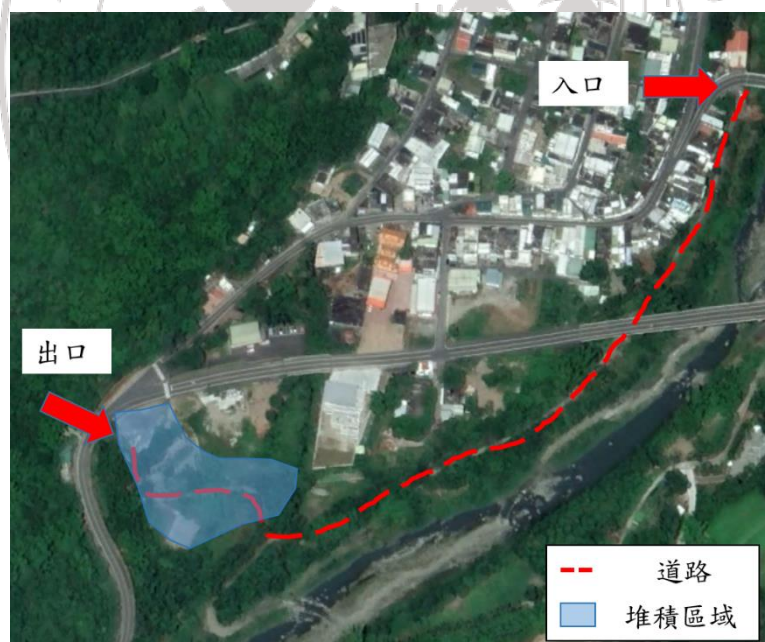


圖4-14 泰源村消能塊體堆置場地

上述選定消能塊堆置區域為國有地，且面積寬大有現地製作預鑄塊之能力，該區域之聯外道路寬度約為 3 米寬可設置單一出入口，以達到方便管理之用，未來再與臺東各公所合作時將盡量選用此類地形為佳，一來降低堆置塊體遭破壞之風險亦加強臺東地區臨時調度塊體之用途。

本計畫進行塊體運用現地調查時，另發現適合塊體堆置之場所，該地點位於台 9 線新南迴公路高架下方(交通部公路總局第三區養護工程處)，該土地有合適空間進行塊體澆製及擺放，且設有簡易圍欄進行材料管制。



圖4-15 五福谷消能塊堆置模擬地點

本計畫以所選定的兩處地點進行初步的堆置評估，塊體以五種臺東分局專利塊體中體積最大的蜂巢箱預鑄塊做為計算基礎(在其他塊體堆放時能有較保守的數量計算)，該塊體俯視面積約為 3.5m^2 ，本計畫以現場範圍可容納的 50%做為堆置空間，50%為塊體澆置場所及機具活動空間，表 4-9 為兩處對置場位置座標及可容納塊體數量表。

表4-9 預鑄塊堆置場所位置資料

座標 點位	X 座標	Y 座標	面積(m ²)	預計容納 面積(m ²)	可擺放塊體 量(塊)
泰源村堆 置場	279746.569	2543856.885	9500	4750	1360
五福谷堆 置場	236374.795	2465864.746	1500	750	210

除在預估場地可容納塊體預估量外，本計畫也評估了塊體製造成本於本節第二項提供參考，未來塊體製作生產量仍以臺東分局依據每年核發經費、可生產量能及各地區域工程數量及規模等因素進行塊體製造數量計算。

在預鑄塊體的堆置地點的選擇上建議除了以本計畫尋找的兩處地點外，在長濱、關山、卑南、太麻里等地點設置，如圖 4-16 所示，這樣在災後搶修或復建時全臺東地區均有可支援之預鑄塊體使用。



圖4-16 預鑄塊體堆置地點分布圖

二、中期計畫之一(實際拋排放執行範例檢討與改進分析)

本計畫已整合臺東分局目前專利預鑄塊體將列出各塊體之圖說並分析各塊體所需材料數量估算塊體製作成本以利後續估算塊體製作數量，因本計畫蒐集之工程圖說時間不同，而各工程也因應各現地需求進行高度改動(原始工程圖說將檢附於附錄四)，故本計畫將澆製材料統一為 210kg/m^2 之混凝土及 4 號鋼筋，並將塊體高度均提升 1.5m，方便各塊體之間的比較。

(一)護岸植生塊

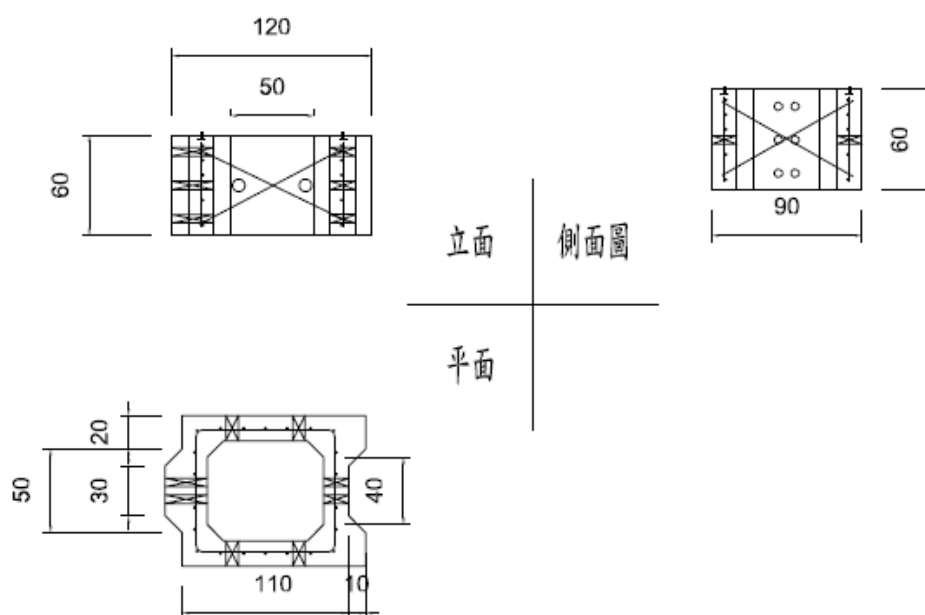


圖4-17 護岸植生塊三視圖

表4-10 護岸植生塊材料數量表

項目	計算表	數量
混凝土	0.583×0.6 (預鑄塊面積*塊體高)	0.349m^3
鋼筋	31.8×0.559 (總鋼筋長度*#4 單位重)	17.77 kg
鋼模	6.52×0.6 (預鑄塊周長*塊體高)	3.91m^2

(二) X 型文武塊

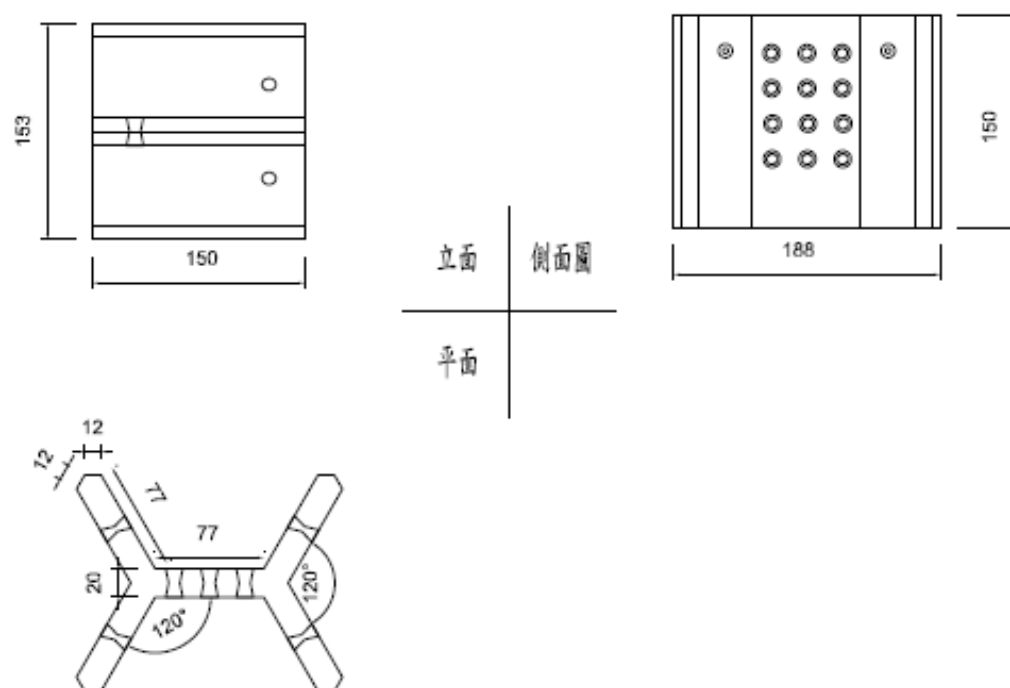


圖4-18 X 型預鑄塊三視圖

表4-11 X 型預鑄塊材料數量表

項目	計算表	數量
混凝土	$0.83 \times 1.5 (\text{預鑄塊面積} \times \text{塊體高})$	1.23m^3
鋼筋	$54.08 \times 0.994 (\text{總鋼筋長度} \times \#4 \text{ 單位重})$	53.76kg
鋼模	$8.61 \times 1.5 (\text{預鑄塊周長} \times \text{塊體高})$	12.9 m^2

(三) C 型文武塊

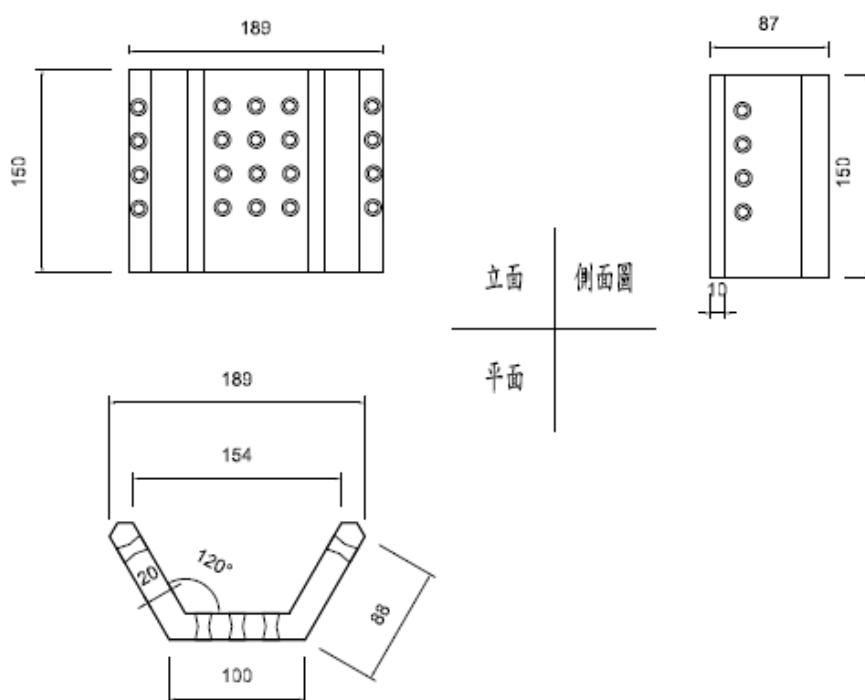


圖4-19 C 型預鑄塊三視圖

表4-12 C 型預鑄塊材料數量表

項目	計算表	數量
混凝土	0.51×1.5 (預鑄塊面積*塊體高)	0.765m^3
鋼筋	31.07×0.994 (總鋼筋長度*#4 單位重)	30.89kg
鋼模	5.66×1.5 (預鑄塊周長*塊體高)	8.5 m^2

(四) L 型預鑄塊

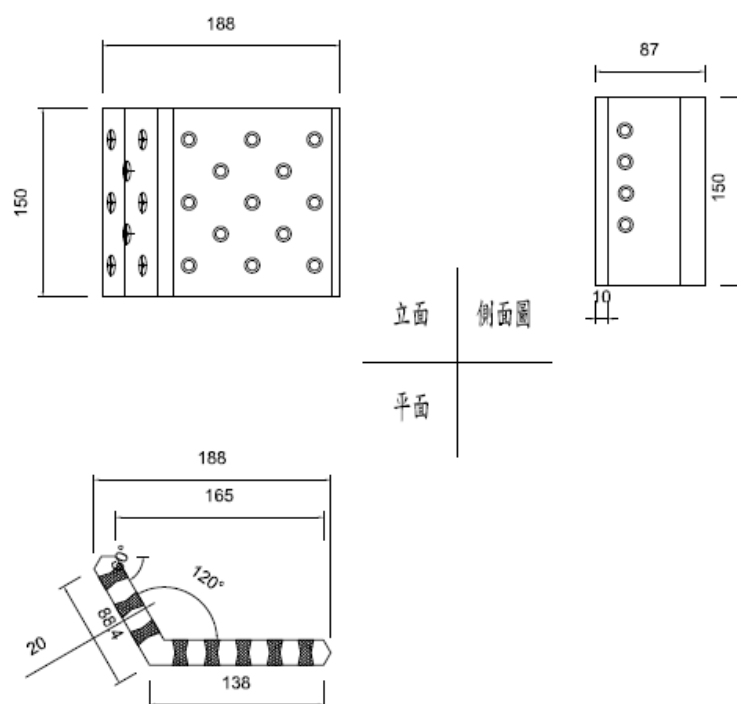


圖4-20 L 型預鑄塊三視圖

表4-13 L 型預鑄塊材料數量表

項目	計算表	數量
混凝土	0.43×1.5 (預鑄塊面積*塊體高)	0.65 m^3
鋼筋	26.1×0.994 (總鋼筋長度*#4 單位重)	25.94 kg
鋼模	4.96×1.5 (預鑄塊周長*塊體高)	7.45 m^2

(五) 蜂巢箱預鑄塊

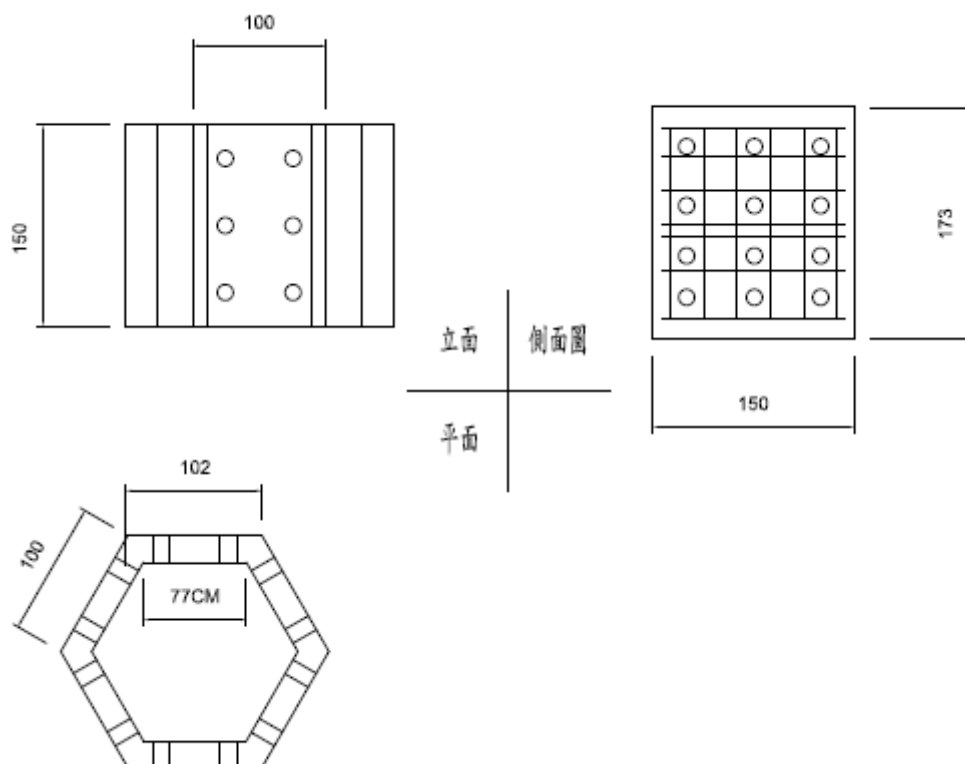


圖4-21 蜂巢箱預鑄塊三視圖

表4-14 蜂巢箱預鑄塊材料數量表

項目	計算表	數量
混凝土	$1.006 \times 1.5 (\text{預鑄塊面積} \times \text{塊體高})$	1.51m^3
鋼筋	$67.47 \times 0.994 (\text{總鋼筋長度} \times \#4 \text{ 單位重})$	67.07 kg
鋼模	$10.6 \times 1.5 (\text{預鑄塊周長} \times \text{塊體高})$	15.93 m^2

表4-15 五種預鑄塊材料數量比較

使用塊體	護岸植生塊	X 型文武塊	C 型文武塊	L 型預鑄塊	蜂巢箱 預鑄塊
混凝土(m ³)	0.349	1.23	0.765	0.66	1.59
混凝土單價 (m ³ /元)	1900				
#4 鋼筋(kg)	17.77	52.96	42.23	25.94	62.03
鋼筋單價 (kg/元)	23.23				
塊體單價 (塊/元)	1076	3574	2440	1860☆	4470★
傳統工法 價格	833	6303	3430	3430	7263
成本節約率 (%)	0.77	1.76	1.41	1.84	1.62
鋼模(m ²)	3.91	12.9	8.2	7.14	15.9
鋼模單價 (m ² /元)	508				
鋼模價格 (元)	1986	6553	4166	3627☆	8077★

備註：傳統工法價格以各預鑄塊體填滿後之矩形面積*1.5m 厚度之體積計算，
包含鋼筋、混凝土(不包含模板)等材料。

成本率：= 傳統工法/預鑄工法

★：為數值最高 ☆：為數值最低

經本計畫統整後發現目前臺東分局所常用五種預鑄塊中發現 L 型預鑄塊在混凝土及鋼模使用用料上為所有塊體中為最少，C 型文武塊為其次，這兩種預鑄塊體雖然用料最少但在塊體使用上較不穩定容易有翻覆的情形，而護岸植生塊及蜂巢箱預鑄塊消耗材料為最多，但實務運用上這些塊體穩定度頗高，而在金額的計算中成本節約率大於 1 則節省經費越高，反之小於 1 成本花費越高。

表4-16 五種預鑄塊碳排放量比較

碳排放量 (噸-CO ₂ e)	0.076	0.26	0.16	0.14	0.33
傳統工法 碳排放量 (噸-CO ₂ e)	0.136	0.91	0.51	0.51	1.09
節碳比	1.78☆	3.50	3.18	3.64★	3.30

注：CO₂e：為二氧化碳當量，是將不同氣體暖化程度換算為二氧化碳相當量

★：為數值最高 ☆：為數值最低

現今碳排放量為世界關注的議題之一，表 4-16 中另就與傳統實心混凝土用量比較(回填土砂礫石等均視為原工程施作內容相同而不予以納入比較)碳排放量，並以傳統工法碳排放量與預鑄塊體碳排放量計算出節碳比(傳統工法碳排放量/預鑄塊體碳排放量)。結果顯示，護岸植生塊的節炭比最低僅節省 1.73 倍，而採用 L 型預鑄塊所計算之節碳比最高，單一塊體能節省 0.37 T-CO₂e 少於傳統工法 3.64 倍之碳排放量，而其餘塊體也相較於傳統工法能節約 3 倍以上之碳排放量，故在未來注重環保與減碳的議題中，預鑄塊體工程可成為未來發展之趨勢。

三、中期計畫之二(推廣訓練與成效檢討)

本計畫將研擬與公所及承接公所之開口契約廠商進行預鑄塊體於溪流作為消能塊使用之注意事項，於本計畫成果完成後研擬舉辦相關課程，以塊體吊掛安全、塊體拋排放模式及塊體製作與養護等課題為主軸，以利提升臺東地區施工安全及品質。

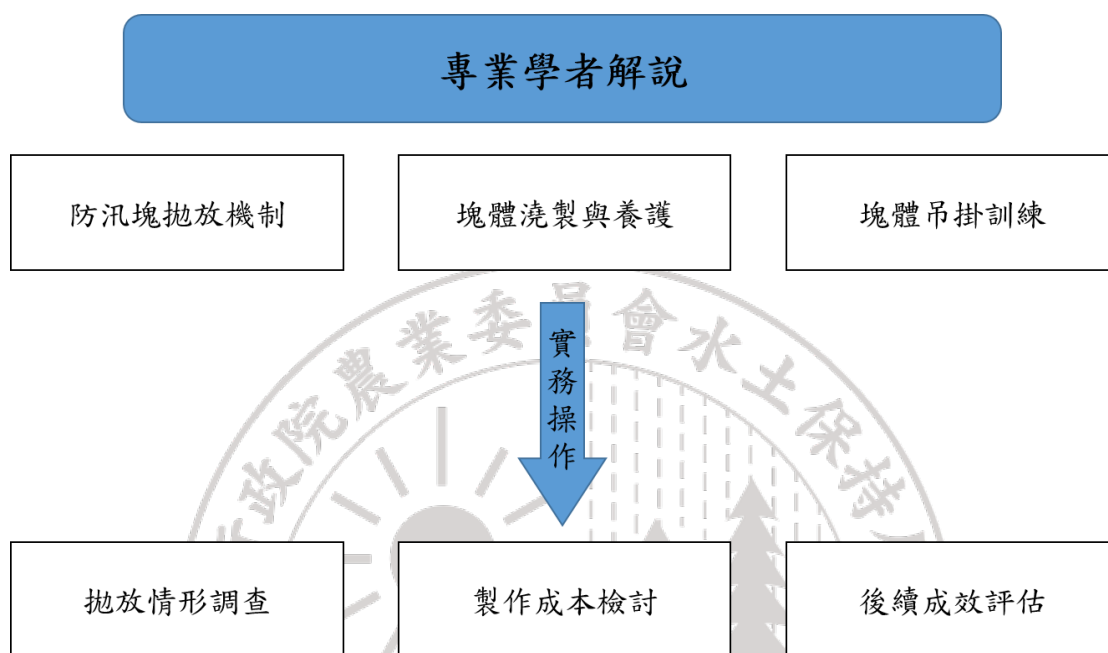


圖4-22 中期計畫之二流程圖

下方將說明圖中各項作業：

(一)防汛塊拋排放機制：參照於本章第二節災害拋排放機制進行。

(二)塊體澆制與養護：將採用行政院公共工程委員會「港灣用預鑄混凝土塊」及「混凝土養護」做為初步的澆製及養護流程

下方為各項流程說明：

1. 澆製：

- (1) 除特別指明可用木模外，概以鋼模製造。
- (2) 鋼模之工程容積與實際容積是否有差，應先組合鋼模防漏後灌水以水之重量求實際容積。
- (3) 鋼模須以螺絲、銷子、夾子等另件組合，組合後接縫須完全密接。如混凝土由空隙漏出時，須以布條、黃油黏土或橡皮等物緊密填塞以防漏漿。
- (4) 為防止混凝土塊底模變形，宜放於砂床，砂袋或適當之模台上。
- (5) 鋼模強度應足夠，施工期間不產生變形漏漿。
- (6) 拆模時間除業主之圖說另有規定外，邊模須 1 天以上，底模 2 天以上。
- (7) 每一混凝土塊須一次澆置完成，不准有接縫。
- (8) 須嚴密振實，並須以外模振動機配合振實，各接縫、轉角及腳端處須充份搗實，拆模後須能獲得光滑之水泥砂漿表面。
- (9) 混凝土塊須於混凝土之裹握強度大於吊放所產生之應力時，約為澆置後第 10~15 天方准移置，工程司認為必要時，得予以延長日期。

2. 養護：

- (1) 混凝土養護應在澆置完成混凝土於表面浮水消失後即速進行養護。
- (2) 混凝土養護，可以在其表面滯水或以麻布、防水膠布、油毛紙及細砂等適當材料完全覆蓋。覆蓋材料應直接鋪蓋於混凝土表面上，並隨時保持濕潤。
- (3) 養護期間不得損害覆蓋材料、防水養護布或混凝土表面。

(三)塊體吊掛訓練：可以聘請相關專家舉行定時的吊掛作業進行中的安全作業講習。



圖4-23 專家進行吊掛作業安全講座

(四)在拋排放作業結束後：須進行作業工程查調查拋排放情形及施作的成本評估彙整相關整治效應。

中期計畫之二為滾動式管理與策略制定，整個計畫的構思及執行到回饋檢討改善，讓預鑄塊體的應用能更為廣泛，同時不只是適用於災後復建，災害應變搶險也可以投入，使預鑄塊的價值提升。

四、長期計畫(建置管控與持續推廣訓練)

延續短、中期計畫，臺東地區的配置需求、地點、調管控機制與吊放訓練均已成熟，未來搶災與復建甚至於興建將可直接透過年度預估及災情想定而預先籌備，且對於環境與人口衝擊影響可以找到適應的方法，且符合國家 2025 零碳牌的目標。

第五節 新型預鑄塊體研發說明

為精進臺東分局內自有專利預鑄塊體運用，本計畫蒐集過往預鑄塊型式及使用情形提供給臺東分局內作為新型預鑄塊體研發之意見，讓塊體能更符合施工便利化、經濟化及生態化等多元化方向發展。

一、護岸植生塊Ⅱ型

本計畫目前探討臺東分局之專利預鑄塊護岸植生塊(Ⅰ型)進行探討發現，該塊體用於野溪護岸基礎及邊坡護岸上有良好績效有快速施工及品質穩定等優點，但在曲率較大的河道上容易有無法貼服於坡面的缺點可能會發生倒塌的風險或是較難的施工地型，因此與臺東分局討論後對於該塊體有修改的想法，將採用人體關節做為基礎修改將卡榫部分修改為圓形(圖 4-24 所示)能在改變塊體方向的同時增加塊體間的接觸面積，減少倒塌風險。

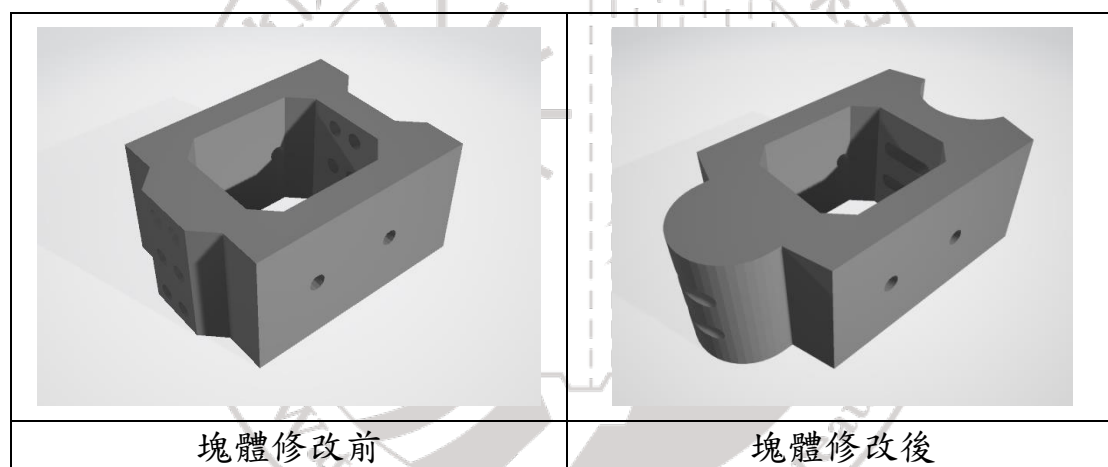


圖4-24 護岸植生塊修改示意圖

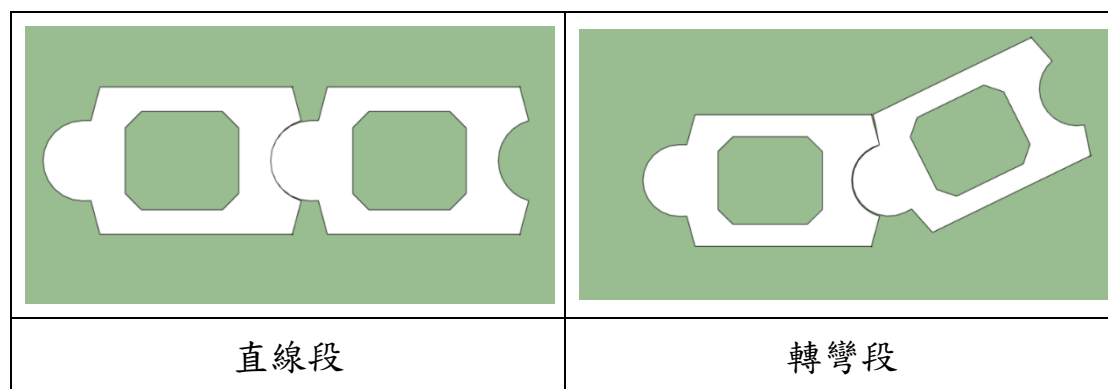


圖4-25 修改後 RC 預鑄箱排列示意圖

二、護岸植生塊Ⅲ型

此預鑄塊體根據上述關節預鑄塊體加以改造，在關節塊後方加入半截卡榫以加大塊體與塊體之間的連接，除了有關節塊之能應付彎曲地形等優點還可以減少塊體連結中的縫隙，且前方半圓卡榫中也有小孔可以因應強度需求利用鋼索或插銷等物品連接，大幅降低塊體分離機率，結構物如圖 4-26 所示。

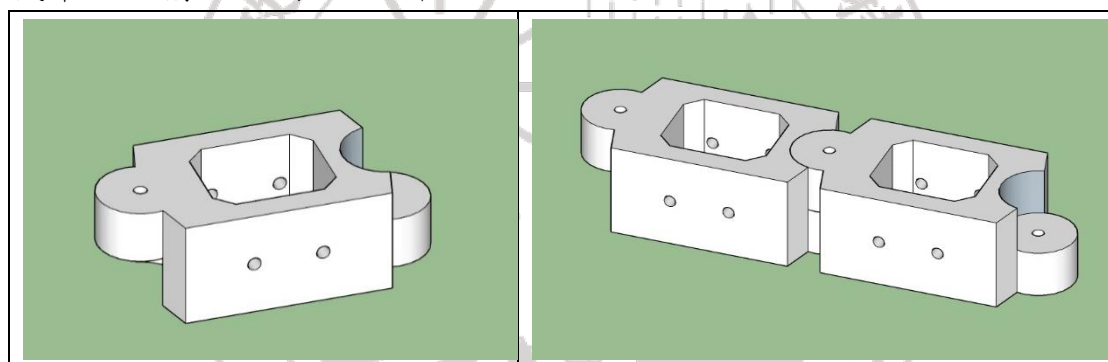


圖4-26 護岸植生塊Ⅲ型

第五章 分局創新工法專利申請及推廣課程

第一節 專利申請資料彙整

本計畫根據臺東分局以往辦理過兩項預鑄單元專利申請的過程，分別為 RC 箱預鑄箱及文武塊將採用先前辦理方式進行專利申請，下方為專利申請流程圖。

表5-1 專利申請各階段注意事項

申請	● 申請新型專利，原則上須備具申請書、說明書等必備文件及證明文件兩種類。前者為申請書、說明書、申請專利範圍、摘要及圖式，後者如身份證明文件、委任狀、優先權等。 ● 申請新型專利，以申請書、說明書、申請專利範圍及圖式齊備之日為申請日。
程序審查	● 各式申請書類是否為智慧財產局所規定的格式。 ● 各式申請書、說明書類及圖式是否符合專利法規定。 ● 證明文件是否完整、是否符合法律效力。 ● 申請日之認定。 ● 創作人及申請人是否合乎規定。 ● 代理人之資格與權限。 ● 是否繳納規費。

	● 相關文件之補正期間可延展，期限最長為 6 個月。
形式審查	● 是否屬物品形狀、構造或組合者。 ● 是否有妨害公共秩序或善良風俗者。 ● 是否非單一性。 ● 說明書、申請專利範圍或圖式是否未揭露必要事項，或其揭露明顯不清楚者。 ● 修正是否明顯超出申請時說明書、申請專利範圍或圖式所揭露之範圍者。 ● 等要點之審查
公告	● 核准審定書送達起三個月內繳納證書費及第一年專利年費後，始予公告。 ● 自公告日起給予新型專利權。
新型專利技術報告	● 申請專利之新型經公告後，任何人得向專利專責機關申請新型專利技術報告。 ● 有非專利權人為商業上之實施，並檢附有關證明文件者，專利專責機關應於六個月內完成新型專利技術報告。 ● 審查內容為新穎性、進步性、先申請主義。 ● 新型專利權人之專利權遭撤銷時，就其於撤銷前，因行使專利權所致他人之損害，應負賠償責任。但其係基於新型專利技術

報告之內容，且已盡相當之注意者，不在此限。

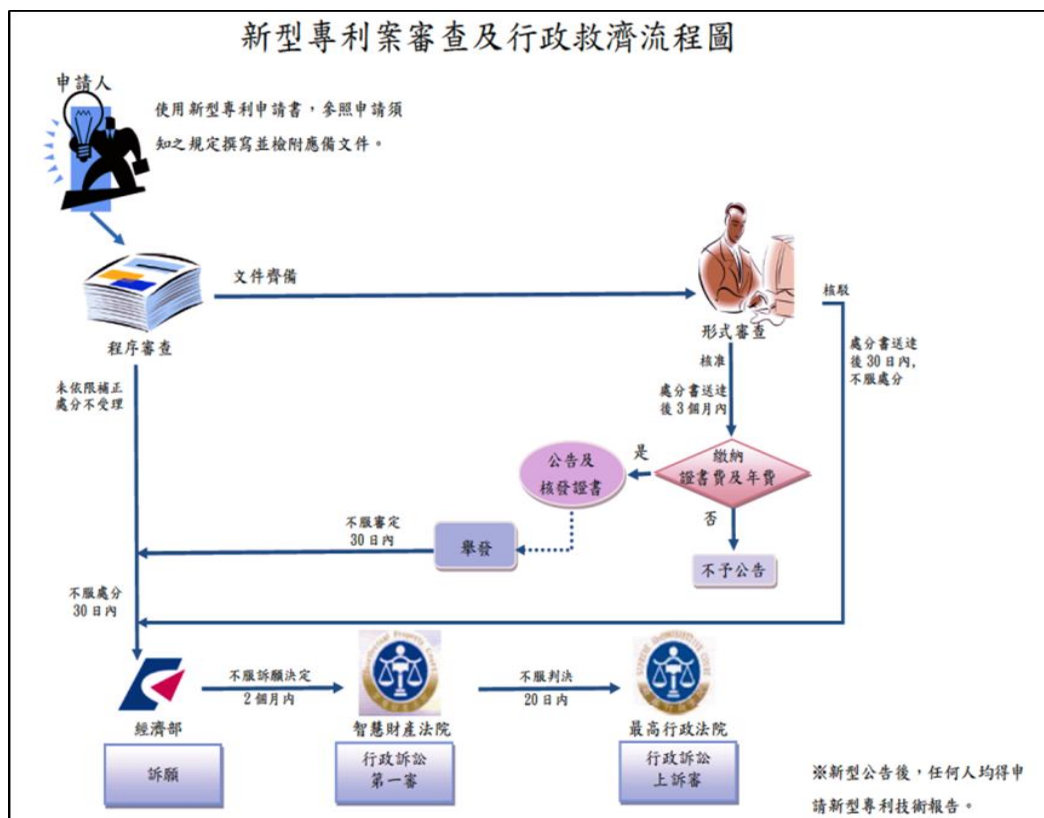


圖5-1 專利申請流程圖

本計畫已委託五洲商標事務所進行專利申請評估，將採用臺東分局所擁有預鑄塊體「蜂巢箱預鑄塊及L型塊」(如圖 5-2 所示)進行，目前已完成專利認證其專利證書如圖 5-3 所示。

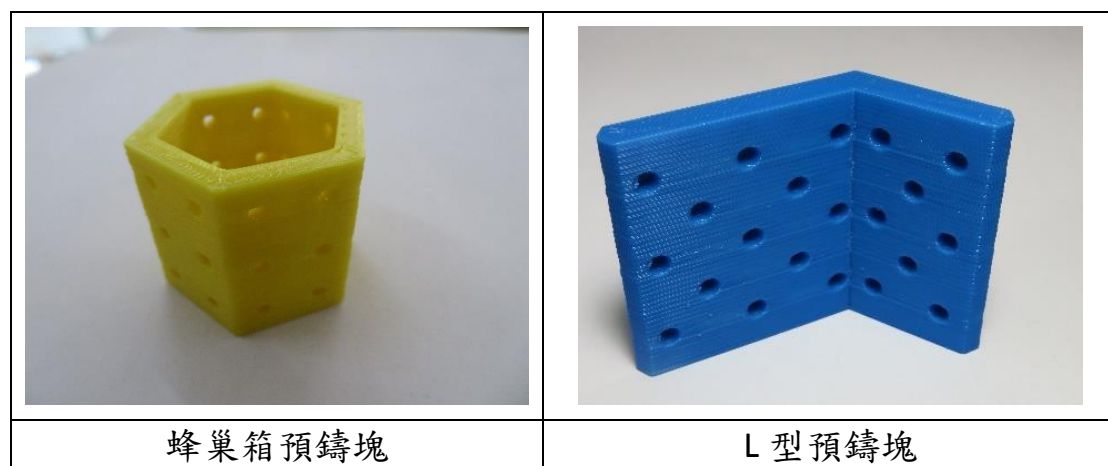


圖5-2 專利申請預鑄塊體



圖5-3 預鑄單元專利證書

第二節 推廣加值計畫

本計畫將使用動畫模擬預鑄塊及預鑄塊運用宣導文件，因此將會針對執行動畫模擬及預鑄塊運用宣導文件內容進行需求訪談、初步規劃、腳本研擬及成果整合與編修等流程，以達到臺東分局對此項工作期待能運用在教育、推廣與成果展示的用途。

本計畫採用單一塊體可從事多元工程為本次計畫推廣主題，如以一般預鑄塊用於消能塊體使用情形，本動畫分為三個部分進行說明，第一部分主要講述塊體於平時整備情形如塊體製作及堆疊，第二部分講述豪雨事件或輕度颱風來臨時，可將塊體拋排放保護護岸並作簡易更換維修，第三部分講述於大型豪雨事件或強烈颱風來臨時利用塊體進行緊急拋排放減少護岸破損情形，並於災後利用塊體進行簡易檢修。



圖5-4 塊體多元性運用動畫(一)

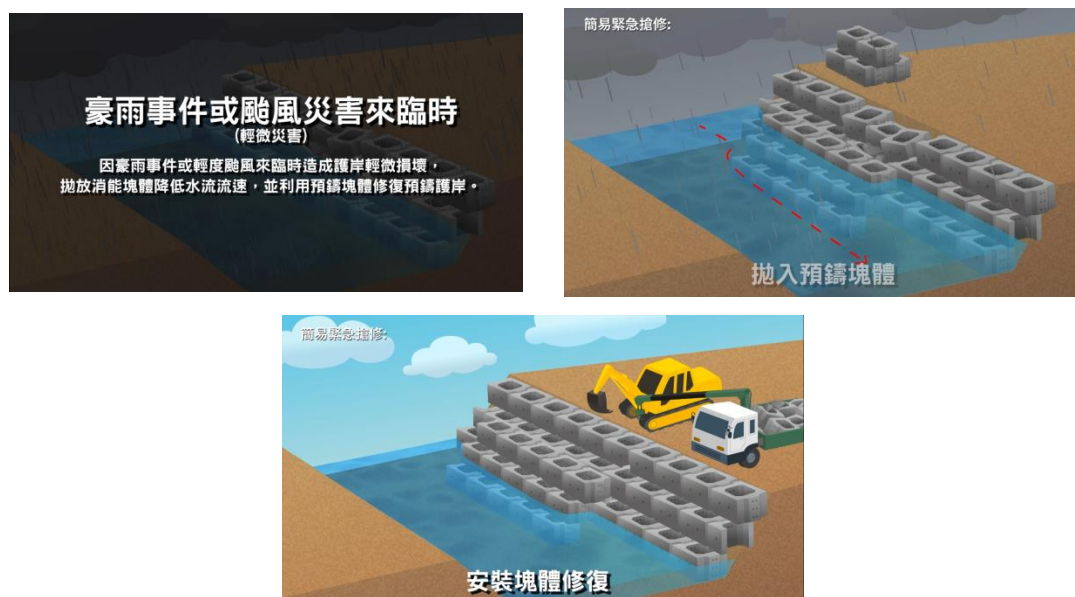


圖5-5 塊體多元性運用動畫(二)



圖5-6 塊體多元性運用動畫(三)

第三節 辦理「運用新技術及新工法提升工程品質」課程

為達到提升臺東地區之施工品質及加強新技術的運用觀念，將邀請相關專業學者進行課堂講習與分享，邀請參加課程對象為臺東分局之所屬人員、施工廠商、設計監造單位為主要對象。

本計畫已於 110 年 10 月 14 日辦理第一場次專家學者座談會，本次會議邀請高雄剏盛工程顧問有限公司吳俊昇技師及雲林源隆技術顧問有限公司李岳勳技師等業界專家進行預鑄塊體施工方面的介紹，而施工案例都有參加金質及金安工程，可以做為臺東分局未來參與相關競賽時之參考，其課程照片如圖 5-7 至圖 5-11 所示，議程表如表 5-2 所示。



圖5-7 運用新技術及新工法提升工程品質課程



圖5-8 預鑄塊體的多功能運用經驗分享(1)講師解說



圖5-9 預鑄塊體的多功能運用經驗分享(2)講師解說



圖5-10 預鑄工法施工優劣及危害因子介紹講師解說



圖5-11 綜合討論

表5-2 水土保持創新工法座談會議程表(一)

辦理地點	行政院農業委員會 水土保持局台東分局		辦理時間	110/10/14
時間	內容			主持人
08:30~09:00	報到			屏東科技大學 陳淑慈講師
09:00~09:30	來賓致詞			
09:30~10:15	主題	預鑄塊體的多功能運用經驗分享(1)		水土保持局臺東分局 張清晏課長
	報告人	源隆技術顧問有限公司 & 水土保持局臺東分局 李岳勳技師 林志賢祕書		
10:15~10:35	茶敘			
10:35~11:15	主題	預鑄塊體的多功能運用經驗分享(2)		屏東科技大學 許中立教授
	報告人	剴盛工程顧問有限公司 吳俊昇技師		
11:15~12:00	主題	預鑄工法施工優劣及危害因子介紹		屏東科技大學 陳淑慈講師
	報告人	屏東科技大學 許中立教授		
12:00~12:30	綜合討論			屏東科技大學 陳淑慈講師
12:30~	午餐時間、賦歸			

本計畫已在 110 年 12 月 15 日號辦理第二場運用新技術及新工法提升工程品質課程，這次邀請相關廠商進行新型材料分享，且說明相關實務案例及施作方式，以提升臺東地區工程多元化，而本座談會也同時邀請先前有獲得金安獎之設計公司分享相關案例，藉以提升臺東地區工程品質及工程安全，其課程照片如圖 5-12 至圖 5-16 所示，議程表如表 5-3 所示。



圖5-12 運用新技術及新工法提升工程品質課程(2)



圖5-13 新型水土保持材料與工法介紹(1)講師解說



圖5-14 新型水土保持材料與工法介紹(2)講師解說



圖5-15 推動職業安全衛生優良工程金安獎經驗分享講師解說



圖5-16 綜合討論

表5-3 水土保持創新工法座談會議程表(二)

辦理地點	行政院農業委員會 水土保持局台東分局		辦理時間	110/10/14
時間	內容			主持人
08:30~09:00	報到			屏東科技大學 陳淑慈講師
09:00~09:30	來賓致詞			
09:30~10:15	主題	新型水土保持材料 與工法介紹(1)		水土保持局臺東分局 張清晏課長
	報告人	中構日建股份有限公司 陳良愷專員		
10:15~10:35	茶敘			
10:35~11:15	主題	新型水土保持材料 與工法介紹(2)		屏東科技大學 陳慶雄教授
	報告人	盟鑫工業股份有限公司 鄭恆志副總經理		
11:15~12:00	主題	推動職業安全衛生優良工程 金安獎經驗分享		屏東科技大學 陳淑慈講師
	報告人	立成工程顧問有限公司 賴宗成董事長		
12:00~12:30	綜合討論			屏東科技大學 陳淑慈講師
12:30~	午餐時間、賦歸			

本計畫分別於兩場座談會中收集相關問卷調查，並將結果合併為表 5-4 問卷結果提供臺東分局參考，該評分表將非常同意 5 分、同意

4 分、普通 3 分、不同意 2 分、非常不同意 1 分並平均分數為 4.03 分(同意)，表示本計畫所舉辦座談會回饋良好。

表5-4 座談會問卷結果表

數量 占比(%) 項目	非常 同意 (5)	同意 (4)	普通 (3)	不同意 (2)	非常不同 意 (1)
本次座談會議對您是否有幫助	42.2	32.4	17.6	4.9	2.9
認同本次會議辦理目的	32.4	41.2	19.6	5.9	1.0
主講者有很好的整體表現	32.4	41.2	20.6	3.9	2.0
有增加您對於水土保持技術的認知	42.2	36.3	17.6	2.0	2.0
了解水土保持新型材料的運用方式	36.3	34.3	21.6	3.9	3.9
了解職業安全的重要性	40.2	35.3	19.6	2.9	2.0
滿意本次活動的整體安排	35.3	35.3	23.5	2.0	3.9
滿意會議的時間掌握	38.2	34.3	22.5	2.9	2.0
下次將繼續參加相關會議	40.2	38.2	18.6	2.0	1.0
各滿意度得票平均比例(%)	37.71	36.50	20.13	3.38	2.30
總評分	4.03(同意)				



第六章 結論與建議

第一節 結論

(一)消能塊體數值模擬分析

本計畫為將臺東分局自有專利預鑄塊體做為消能塊使用，進行水理軟體計算分析，以模擬結果可看出拋排放塊體降低水流衝擊護岸的方式是可行的，同時也進行土砂變化量的模擬可以因塊體拋排放而預防基礎淘空的情形發生。

(二)預鑄塊體聯合運用規劃之可行性研究

1.平時應用之可行性推展

本計畫就臺東分局內自有五種專利預鑄塊進行平時運用分析，以現地勘查方式觀察先前預鑄塊體使用情形，以各類工程挑選較合適的塊體推薦運用，同時也進行預鑄塊體於邊坡上運用之穩定度計算。

2.災害拋放機制

為了解預鑄塊體作為消能塊的使用時機，本計畫以水土保持局內建設之土石流防災資訊網內的歷史災害作為拋放流程範例，以蒐集相關降雨警戒值(已有實際降雨且恐有受災情形，且預估雨量超過警戒值)作為拋放執行時機之依據。

3.災後復建之應用發展

在重大災害發生後可能會因為多處基礎設施破損造成居民生命財產危害，此時快速的緊急搶修與災後復建工程就極為重要，而預鑄工程就有著短施工時間且操作方便等優點，符合緊急搶修與災後復建工程的要求。但本計畫為防止預鑄工程有誤用的

疑慮，故研擬相關流程圖並於災後聘請專家學者勘察方式進行工程監督為原則辦理之。

4. 預鑄塊體堆置之短期及中期及長期規劃事項研擬

本計畫對於預鑄塊體堆置之短期計畫為尋找合適堆置地點，配合臺東縣各市、鄉、鎮公所需要，以公所能提供堆置場地、分局提供塊體及技術的運用的方式進行，而中期規劃之一為針對不同塊體進行材料成本計算，未來節能減碳發展趨勢進行研究評估，而中期之二以各市、鄉、鎮公所及臺東縣在地營造公司進行預鑄工程施作及預鑄塊體澆置等相關技術輔導。

5. 新型預鑄塊體研發說明

臺東分局運用預鑄工法已經行之有年，但仍有塊體因地形因素而較無良好的整治效應，而本計畫則利用分局常用之護岸植生塊為研發基礎，與分局相關經驗進行改良並推出護岸植生塊Ⅱ型、護岸植生塊Ⅲ型等兩種改良塊體，更能因應地形(彎曲變化)使用。

(三) 分局創新工法專利申請及推廣課程

1. 專利申請資料彙整

本計畫目前已完成兩件專利申請，以臺東分局自有塊體蜂巢箱預鑄塊及 L 型預鑄塊進行，申請名稱為「預鑄塊」、「多邊形預鑄塊」。

2. 推廣加值計畫

本計畫為推廣預鑄工法的多元性以動畫方式進行解說，分別為塊體製作流程、預鑄塊體做為防汛塊使用情形及預鑄塊快速復

建方法。

3.辦理「運用新技術及新工法提升工程品質」課程

本計畫已完成辦理兩場運用新技術及新工法提升工程品質座談課程聘請各地區專家學者進行新技術及新材料的案例分享。

第二節 建議

(一)消能塊體數值模擬分析

未來進行塊體拋放前建議應先以相關水理軟體進行分析，以評估塊體擺放位置及水流及土砂變化以免造成不可逆的環境危害，這些或許在進行實際示範計畫可以展開潛勢災害地區的地形建模與檢討工作。而在使用本計畫消能塊時，需考慮塊體組裝及施工時間，若為情況緊急有迫切需求性時，本計畫所提出消能塊也因各別重量原因，要事先串接或裝入加勁格網袋中投放，恐較為不便，因此仍應考慮水利單位常為運用之消波塊體較為合適。

(二)預鑄塊體聯合運用規劃之可行性研究

1.平時應用之可行性推展

在平時運用中除本計畫所提之使用方式外，未來建議可將多種塊體組合進行實際利用的效益評估。

2.災害拋排機制

災害拋放機制的警戒值訂定本計畫所採方式僅為初步訂定的建議，未來應需要了解各地所發生災害情形，建議以各市、鄉、鎮公所之相關災害經驗作為警戒值依據為宜。

3.災後復建之應用發展

為減少未來預鑄工程誤用，本計畫建議於災後聘請專家學者

進行現地勘查，但可能會有災害地點多而勘查人員不足導致無法及時調查的情形，建議未來臺東分局可以以規模或影響範圍等因素建立初步的作業流程，讓處理的速度與效率加快。

4. 預鑄塊體堆置之短期及中期規劃事項研擬

本計畫所訂定預鑄塊體堆置地點初步以臺東分局自有專利塊體中體型較大(可保守估計其他塊體堆置數量)之蜂巢箱預鑄塊作為堆置塊體，未來建議以各地點所在較常發生災害類型及各地區所偏好的塊體作為堆置類型而選定之，惟種類也不可過於複雜，畢竟同類型的量大其成本會較低。

5. 新型預鑄塊體研發說明

為了在未來有更適合臺東各地區地形的預鑄塊體，建議將未來將各項預鑄工程施工完成後進行逐件設計資料蒐集，且在災害後調查各工程有毀損情形時，以做為新塊體的研發的基礎。



參考文獻

1. 水利工程技術規範-河川治理篇(下冊)，經濟部水利署，2018，P515-516
2. 經濟部水利署，2017，防汛混凝土異型塊類型，水利署電子報第 254 期。
3. 經濟部水利署，2017，有關防汛備塊場之我見，水利署電子報第 2307 期。
4. 高忠人，2018，常用混凝土異型塊類型及應用，水利技師公會會訊。
5. 日本富士工業株式會社(2015)，「擋土牆構建指南」，https://www.fuji-con.com/wp-content/uploads/images/youheki/2015_P99_102.pdf。
6. Randes 株式會社，2016，<https://www.landes.co.jp/product>
7. 立成顧問有限公司(2008)，新輝橋上游野溪整治二期工程，行政院水土保持局臺南分局，未出版。
8. 李勇榮等，1991，消波塊模型試驗之比較研究，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。
9. 程嘉彥等，2000，新型消波塊模型試驗，第 22 屆海洋工程研討會論文集。
10. 行政院農委會水土保持局，2021，水土保持手冊，調 3-1~3-24
11. 行政院農委會水土保持局，2020，水土保持單元叢書 04—野溪預鑄護岸。
12. 行政院農委會水土保持局，2021，水土保持手冊工程篇，工 3-9~3-11。

13. 行政院公共工程委員會，2022，各類別施工綱要規範工具書，03439章。
14. 經濟部技術處輔導中華地工材料協會，2022，工程碳足跡計算，
http://www.gesm.com.tw/CarbonCalc/CBCL_Material_Input.aspx。
15. Contech Engineered Solutions 公司，2021，
<https://www.conteches.com/erosion-control/hard-armor/armorflex>。
16. Yongsung Kwon, Un Ji, Eun-kyung Jang，2019，Numerical Analysis on Channel Width Variation for River Bed Stabilization Upstream of the Weir, KSCE Journal of Civil Engineering volume 23, pages 2524–2531.
17. Jennifer Duan, Sam S.Y. Wang, Yafei Jia(2001), The applications of the enhanced CCHE2D model to study the alluvial channel migration process, Journal of Hydraulic Research, P 469-480

