

專利護岸塊 歷程與應用分享

行政院農業委員會水土保持局臺東分局
黃勝頂 工程員
2020.12.15



講者簡介

學歷

中原大學
土木工程學系
學士 (1996-2000)

中原大學
土木工程學系
碩士 (2000-2002)

中原大學
土木工程學系
博士 (2004-2011)

經歷

美商AECOM
專案工程師
(2011)

新竹縣
五峰鄉公所
技佐 (2012-2014)

新竹縣政府
技士 (2014-2018)

特殊 活動

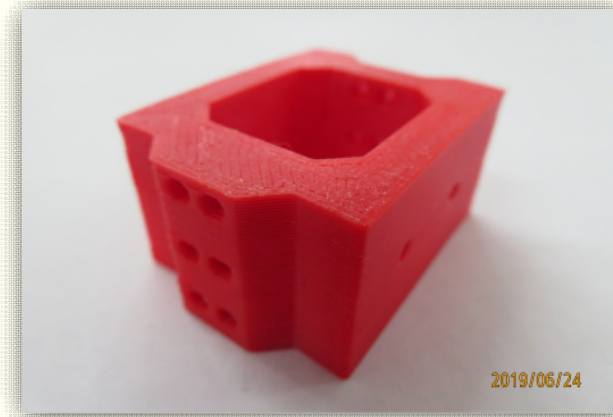
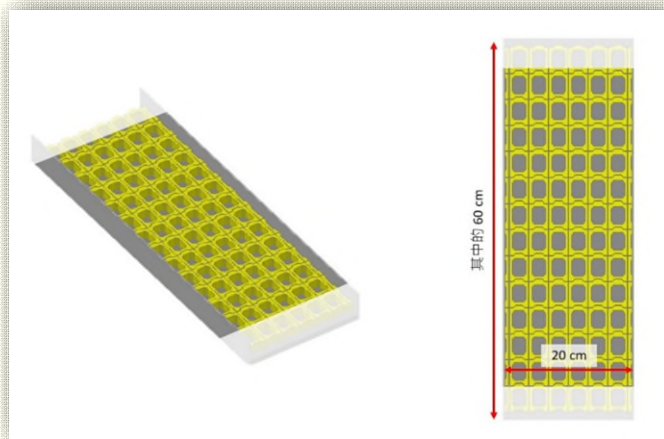
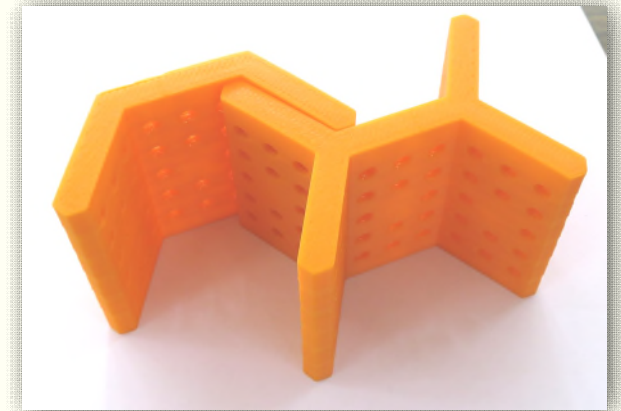
參與 ICYE(International Cultural Youth Exchange) 於瑞士舉辦之青年交流活動，為期二個月 (2006)

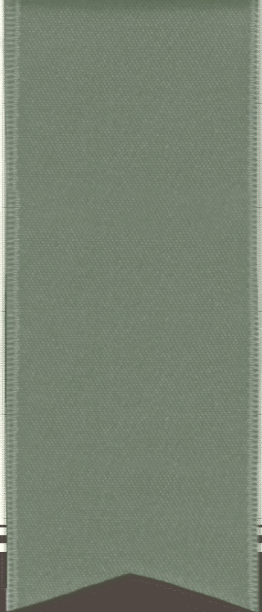
參與 CWM(Council for World Mission)於南非及印度舉辦之Training in Mission志工活動,為期一年 (2008)

參與 IAHR(國際水利環境工程學會)於加拿大舉辦之Congress Water Engineering for a Sustainable Environment, 發表論文 (2009)

Outline

- 一、台東分局專利「護岸塊」介紹
- 二、專利塊體之延伸研究發表
- 三、未來研究發展主軸



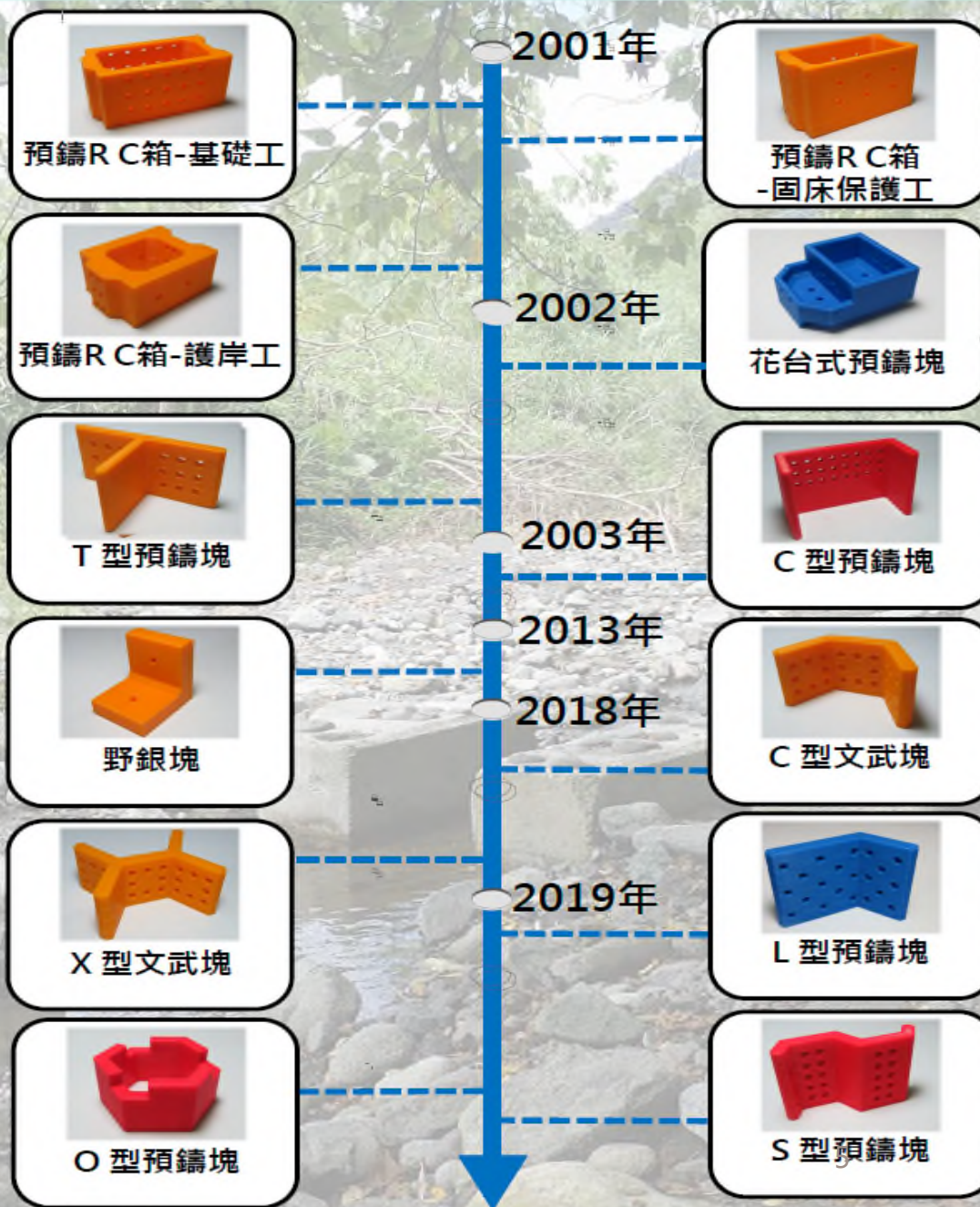


一、台東分局專利「護岸塊」介紹

台東分局預鑄塊發展歷程

1. 民國90年代分局順應生態工法的風潮，考量預鑄工法可先在工廠大量生產達到品質保證與成本降低特色，開啟了一連串預鑄工法開發設計及應用
2. 分局護岸塊由三位設計者發展，分別為林志賢秘書、張清晏課長及莊裕斌課長
3. 在一系列相關塊體中挑選最具代表性的塊體辦理專利申請並通過

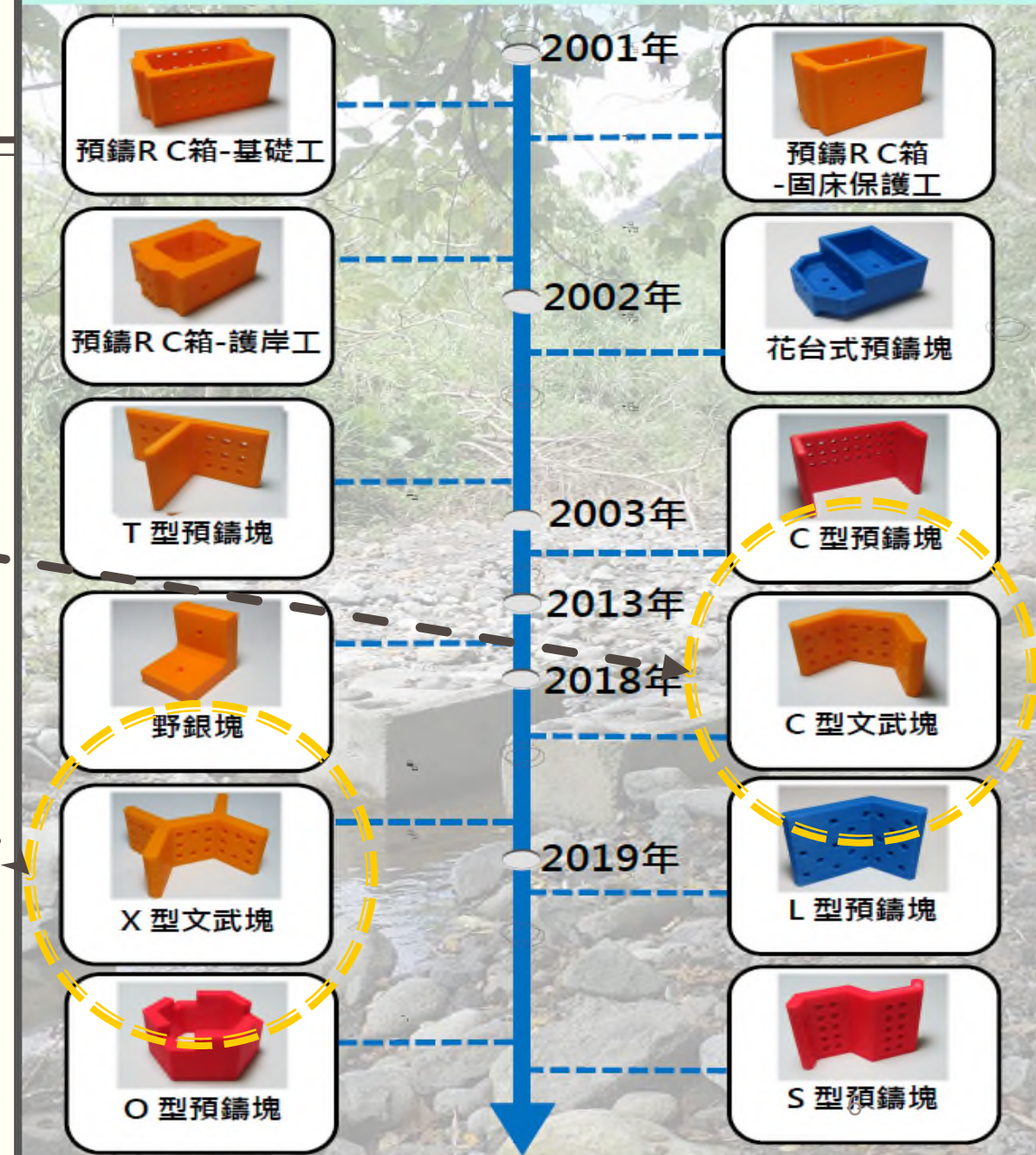
水土保持局臺東分局歷年預鑄塊設計成果



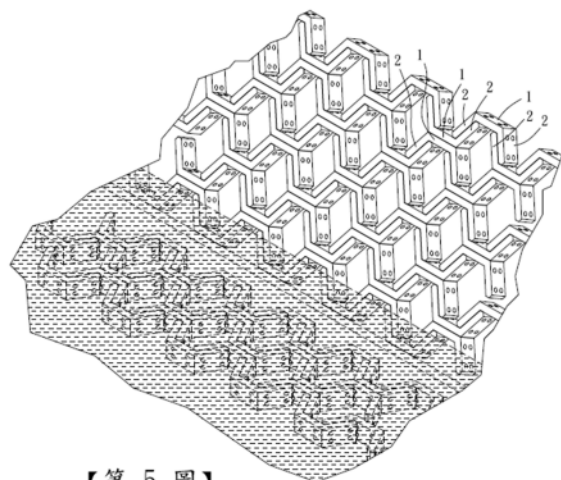
台東分局預鑄塊發展歷程

本次分享之專利
「護岸塊(俗稱:文武塊)」

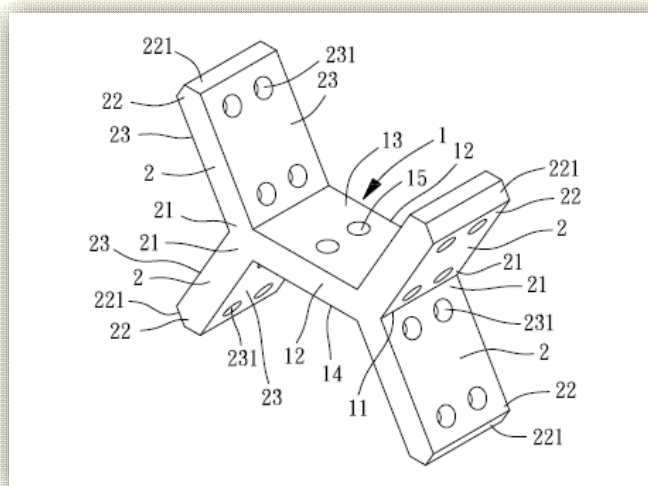
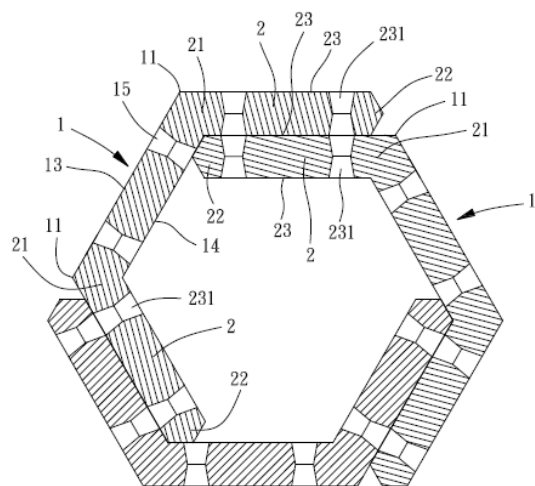
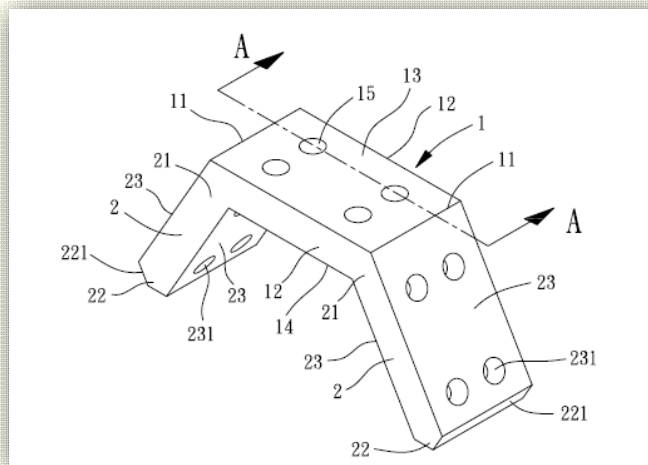
水土保持局臺東分局歷年預鑄塊設計成果



文武塊設計構想 (發明人:莊裕斌 課長)



【第 5 圖】



■河岸為避免河水沖刷被掏空，鋪設護岸塊，水流衝擊時可**分散**並**吸收**衝擊力

■護岸以X型預鑄塊堆疊方式施作，為改善護岸塊彼此的咬合力不足之疑慮，以夾角 $115\sim 125^{\circ}$ 方式設計，可以使彼此所承受之衝擊力道朝**斜方向**散出，藉此提升**分散衝擊力**的效率

■在X型往上方堆疊延伸時，二延伸體分別具有一C型預鑄塊**底接端**形成抵接面夾角則設計為 120° ，可以藉由抵接端之抵接面穩固貼抵於護岸塊之延伸體，具有提升護岸塊堆疊之**穩定作用**

森永

五福谷溪

下游護岸整治二期工程

南迴公路(新)

工地位置

五福谷橋

首重職業安全-安全之福
保護農地居民-人民之福
力求節能減碳-大地之福
緩坡多孔環境-環境之福
減輕施工擾動-生態之福

森永五福谷溪

下游護岸整治二期工程

地點：台東縣達仁鄉

災害說明：106年海棠颱風，造成五福谷溪溪岸道路基礎流失，影響當地民房及道路安全，為避免沖刷情形持續擴大，影響五福谷橋安全，特此辦理本工程。

森永五福谷溪下游
護岸整治一期工程
(已完工)

森永五福谷溪下游
護岸整治二期工程

往森永

五福谷橋

五福谷溪

預期效益：

- 1.保全民宅2棟
- 2.道路1000公尺
- 3.農地5公頃
- 4.五福谷橋1座



工程配置說明

緣起

1. 水流凹岸沖刷作用劇烈
2. 護岸基礎淘刷危及道路通行

對策

1. 設置護岸保全道路及農地
2. 控制河床縱向刷深程度

工法

1. 護岸工程-加強坡面抗沖能力
2. 基礎保護-設計護岸基礎保護工
3. 施工簡化-採預鑄塊工法組合，簡化施工程序及人力經費

工程資料

1. 新設護欄275m
2. 新設預鑄塊護岸265m
3. 新設保護工7處

南迴公路(新)

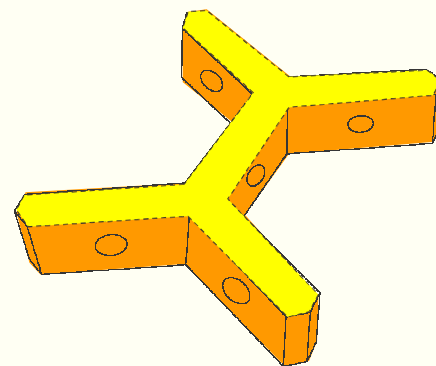
五福谷橋

基礎保護工
新設護岸
新設隔牆

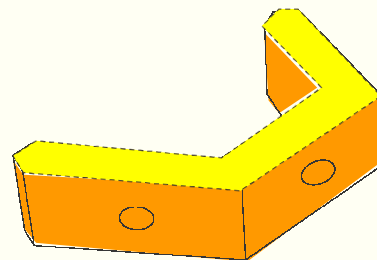


預鑄塊護岸及基礎保護工

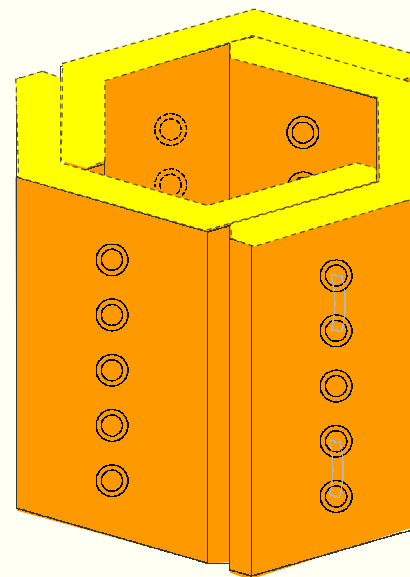
- 考量預鑄塊個體間固定及咬合穩定性，選定採用之預鑄塊個體
- 並透過3D列印(比例：1/50) 進行塊體排列及安裝，討論相關施工性



X型預鑄塊
護岸用 H=50cm



C型預鑄塊
護岸用 H=50cm



C型預鑄塊
基礎保護工
H=150cm

文武塊製作動畫說明

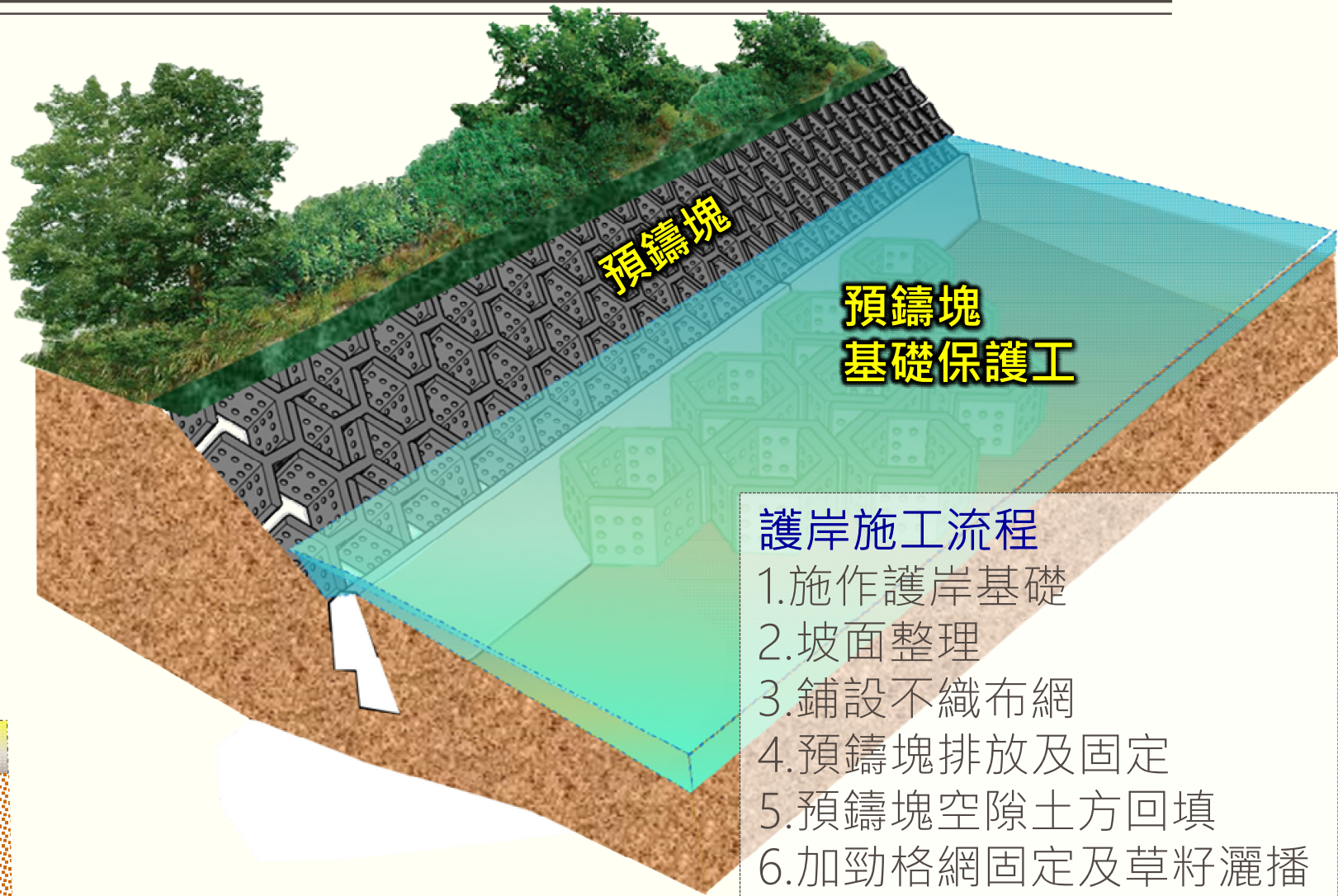
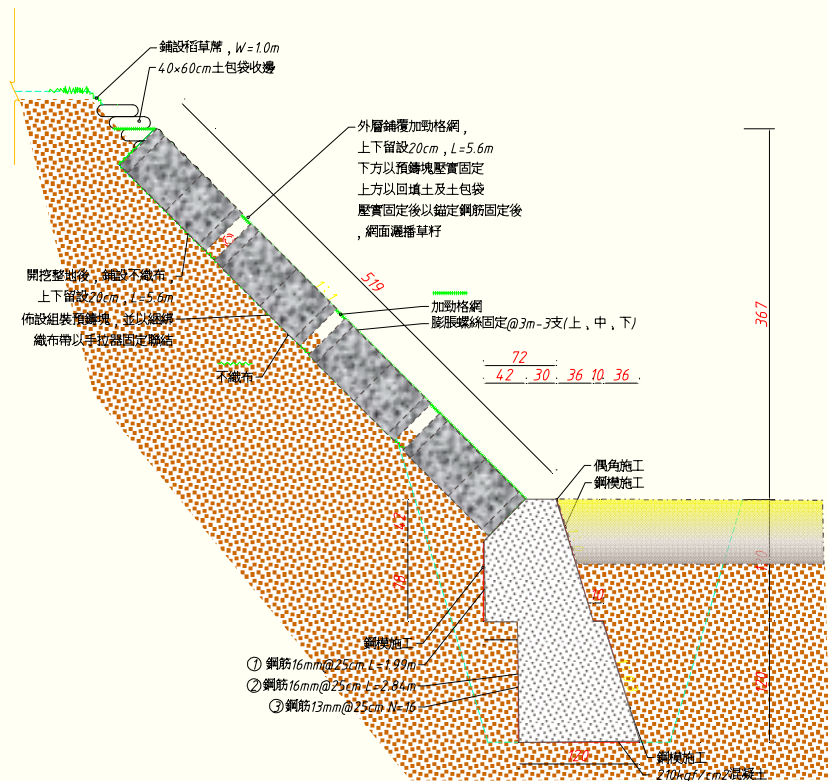
預鑄場工作：



3. 混凝土灌漿

預鑄塊護岸及基礎保護工

- 考量擋土安全，混凝土基礎採二階方式施作
- 坡面保護考量現場無塊石且考量節能減碳，採預鑄塊組立施工



護岸施工流程

- 1.施作護岸基礎
- 2.坡面整理
- 3.鋪設不織布網
- 4.預鑄塊排放及固定
- 5.預鑄塊空隙土方回填
- 6.加勁格網固定及草籽灑播

1



工程全周期觀察有七大面向

(安全防護+結構穩定+節能減碳+品質效率+降低成本+職業安全+友善環境)

3

使用機械調夾具
減少人員接近工
區提升職安防護



2

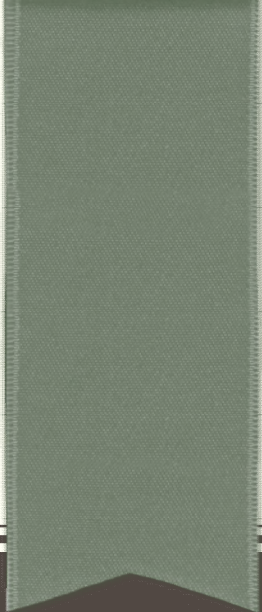


預鑄塊大量生產
提高施工效率且為
混凝土品質把關

4



護岸混凝土減量
緩坡化提供植生空間
及減少動物橫向阻隔



二、專利塊體之延伸研究發表

結合新技術導入預鑄組合式工法設計之風險評估研究-以
台東森永五福谷溪護岸工程為例

刊登於勞動及職業安全衛生研究季刊 (第28卷第1期, 2020年)



Research Articles 研究論文

結合新技術導入預鑄組合式工法設計之風險評估研究-以台東森永五福谷溪護岸工程為例

王志輝 莊裕斌 鍾庫比亞 黃勝頂
行政院農業委員會水土保持局臺東分局

摘要

本研究為強化水土保持工程施工安全衛生管理功能，提升安全衛生管理績效，保障工作者安全與健康，尤其是現場工人短缺與技術水平控管不易問題，受以具生態及透水考量之多孔性預鑄單元模組施工建造，降低施工危害、加速災修工程執行速度的可能性。預鑄工法透過嚴格的品質環保製程和縮短工期，可以克服各種形狀的預鑄單元及天候影響；單元構件於室內進行預鑄作業，可快速精準有效率地大量生產，並運送至工地現場進行快速吊裝、組立，使用較少人力配合機械施工，使工期至少縮短一半，倘若現場腹地大之條件亦可於現場預鑄以減少搬運受損情形，符合水土保持局推動營造業四化之進程。其中，本研究係以台東森永五福谷溪護岸工程為例，瞭解適用預鑄組合式單元的條件與工法選配原則，為降低辦理運用預鑄組合式單元工程之施工風險，針對所使用之預鑄單元發包工程，輔以新技術方式（包含 3D 列印技術、無人飛行載具 -Unmanned Aerial Vehicle, UAV 及建築資訊模型 -Building Information Modeling, BIM）導入護岸工程施工流程之工序探討，產出其對應之施工安全風險評估，以提供廠商安全施作。結果顯示，由 UAV 建模後初步獲得本案之職安風險主要來源如下：臨水作業、開挖邊坡基礎、製作及吊裝預鑄塊以及人員機具共存等四個主要施工風險來源；另外在工項中，以護岸工程的施工是較道路工程有較高的風險考量。故細部針對護岸工程進行 BIM 軟體 4D 模擬，得知以預鑄方式護岸施作最主要的危害有五項，分別為物體倒塌（崩落）、墜落、滾落、被撞及感電；其中，被撞的危害是所有工項都需面臨到的危害，主要係工程在施作進行中均需採用動力機械以達到施工的效率，因此，要隨時提防施工機具作業及行徑，以避免人員的傷害是在模擬中能事前獲得的重大風險危害因子。而五福谷溪的護岸工程風險評估案例可以提供未來工程人員，在面臨有臨水作業辦理預鑄塊護岸施作時的參考，這樣的案例亦可做為河溪護岸施作的典範；但如屬大規模崩塌、大型防砂壩興建或者是集水井施作等工事，則可再深入研究，使水保單位建立完整各樣職安施工樣板，提供相關從業人員參用。

關鍵字：UAV、3D 列印技術、BIM、預鑄組合式工法、風險評估

民國 108 年 07 月 30 日投稿，民國 108 年 10 月 24 日修改，民國 108 年 11 月 08 日接受。
通訊作者：黃勝頂，行政院農業委員會水土保持局台東分局，台東市中華路一段 665 號，電子郵件信箱：shenting77@mail.swcb.gov.tw

前言

文獻 回顧

研究 方法

風險 評估

結論 建議



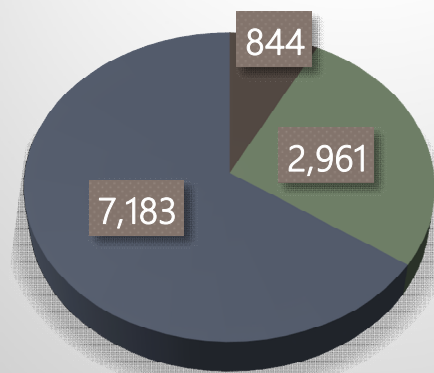
- 1777年，瓦特發明了第一部實用價值的蒸汽機，正式揭開**工業革命**的序幕
- 工廠的安全問題層出不窮，疾病流行成為嚴重的**社會問題**
- 1802年，英國國會通過世界第一部**工業安全衛生法規**「學徒健康與道德法」(Health and Morals of Apprentices Act)
- 工作時間不得超過**12小時**，**不得於夜間工作**等規定





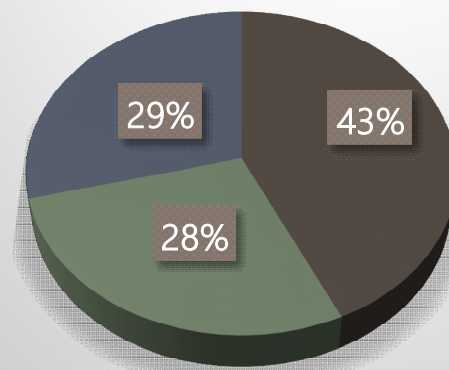
- 因台灣產業結構改變，勞工面臨新興疾病危害，且隨新材料、新物質及新科技的發展，勞工暴露於**新風險**
- 2006-2013，勞動部積極修訂原有之「勞工安全衛生法」，除更名為「**職業安全衛生法**」
- 適用對象擴及各業工作外，並進行**危害源頭管制**，消弭危害源，杜絕職業災害發生
- 依據2018年「勞動檢查統計年報」顯示，**營造業**死亡比例最高

從業人數(千人)



■ 營造業
■ 製造業
■ 其他行業

年死亡率



■ 營造業
■ 製造業
■ 其他行業

前言

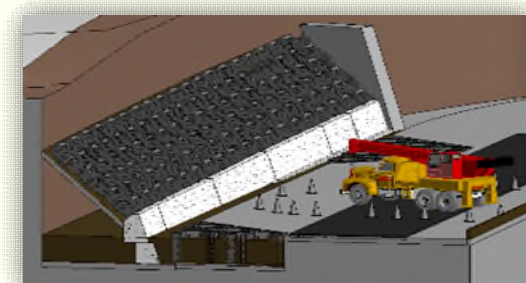
文獻
回顧

研究
方法

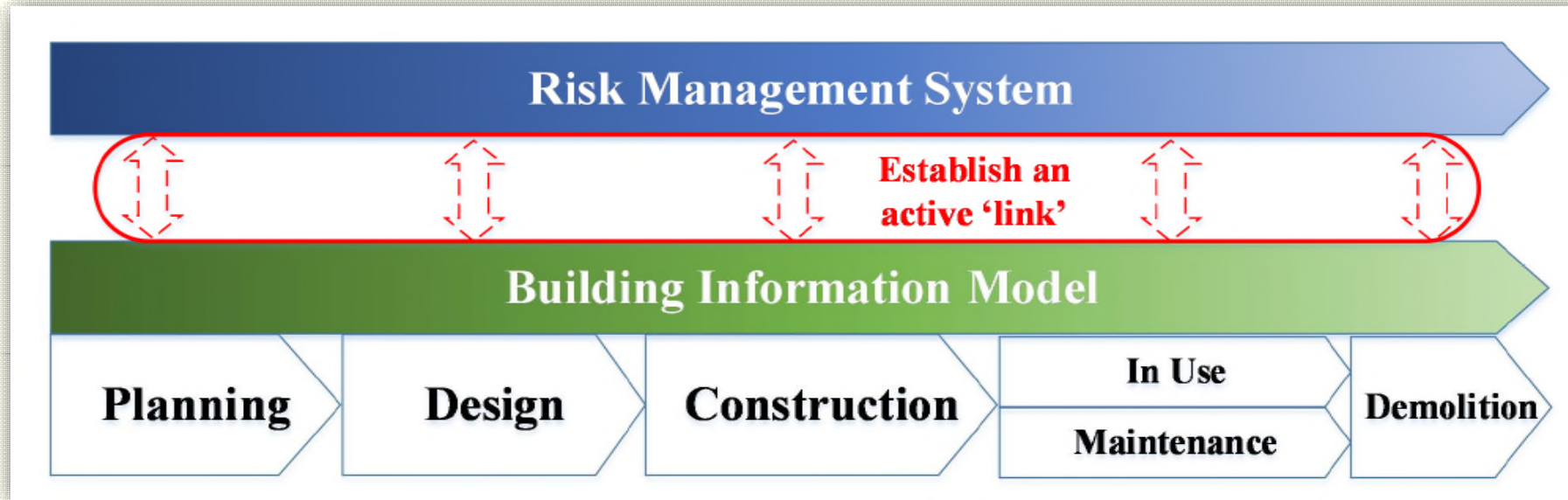
風險
評估

結論
建議

- BIM技術於營造業之相關應用
- UAV影像在工程領域上之相關應用
- 風險評估之相關研究
(英國利物浦大學Zou等人，2015)



研究團隊在2015年荷蘭的一場研討會上，大膽預測BIM將是營造行業(Architecture, Engineering and Construction Industry, AEC Industry)下一個世代的重要工具；透過BIM的管理，將使風險評估更強大且更有效率，故特別向與會者提出一個挑戰，也就是如何將有效且積極的方式連結風險管理與BIM之間的距離



- 如何透過未來的研究拉近風險管理與BIM之間的距離，主要方法有：
 1. 需要導入有多重面向思考的系統
 2. 投資能夠確實執行的方法與流程
 3. 結合新技術整合傳統風險管理方法

前言

文獻
回顧

研究
方法

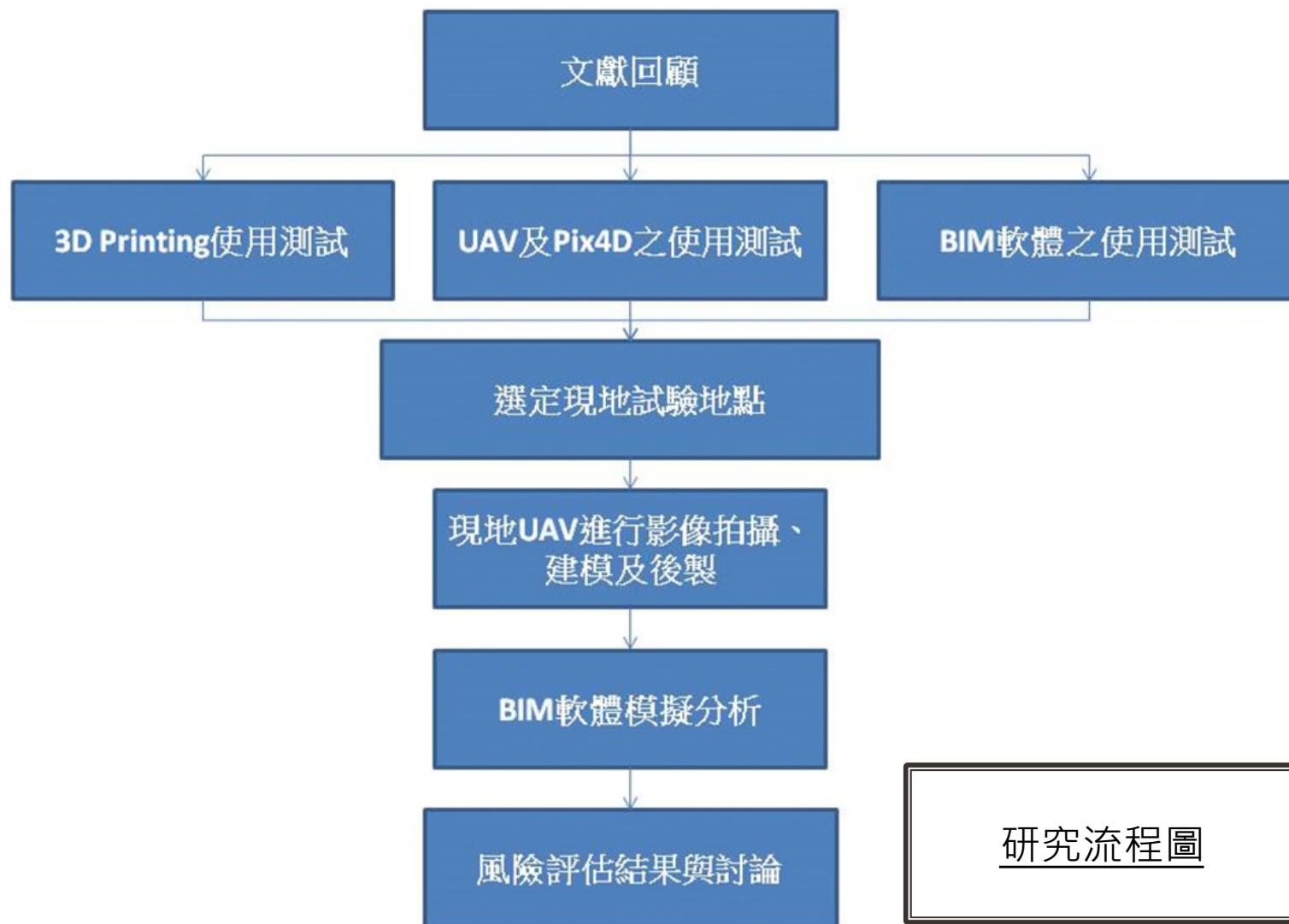
風險
評估

結論
建議



- 3D列印技術(3D Printing)
- 無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)
- 建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)
- 風險評估(Risk Assessment)

透過相關**新技術**導入工程施工前之**風險評估**當中，並以使用具有職安、生態及混凝土減量等組合式**預鑄工法護岸單元**設計理念考量之**森永五福谷溪護岸整治工程**為例



前言

文獻
回顧

研究
方法

風險
評估

結論
建議

1. 案例背景說明

- (1) 五福谷溪護岸工程預鑄組合式工法
- (2) 3D列印技術成果
- (3) 預鑄塊重量檢算說明

考量有別於以往以混凝土護岸方式之設計，採用之預鑄塊類似以砌石方式堆疊鋪排，而護岸設計最主要的破壞來源即為**水流的衝擊**，故以日本國土開發科技研究中心所提出之「護岸の力學設計法」**掃流破壞型態**(一體性強模式)推估所對應掃流力之塊體重量



設計標準化



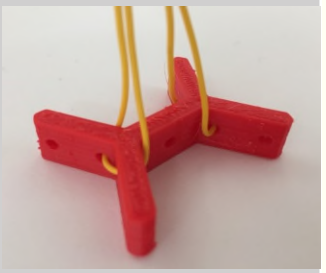
構件預鑄化



施工機械化



人員專業化

種類	X型	C型 (H=50cm)	C型 (H=150cm)
每塊重(kg)	937	584	1,711
GW-A1375型吊 卡車 最大容許 臂展(水平)	11.0m	14.0m	7.0m
吊掛法 沙盤推演			

說明：吊具織布帶繩索單條耐重5,000kg，每塊吊放使用兩條布繩，耐重可達10,000kg

前言

文獻
回顧

研究
方法

風險
評估

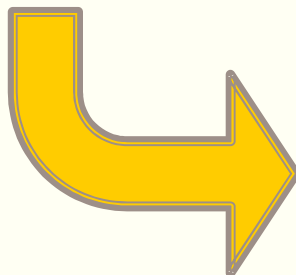
結論
建議



2. 利用UAV及BIM軟體建立工程施作流程4D模型



UAV建模後模擬施工順序初步獲得職安風險來源如下：臨水作業、**開挖邊坡基礎**、製作及吊裝預鑄塊以及人員機具共存等四個主要施工風險來源



施工工項主要可分為兩項護岸工程及道路工程，以**護岸工程**的施工風險程度較道路工程高，故本案例係以20公尺護岸施作為例選擇導入Autodesk Revit(BIM軟體)進行檢討及繪製施工圖的流程模擬²⁴

3. 施工安全風險評估

■經由上述利用UAV及BIM軟體作初步危害辨識及工序拆解後，確立**預鑄塊護岸坡面**構築是本案風險最主要來源；

■預鑄塊護岸構築工程之風險評估表
(以**臨時導水土堤工程**為例)

■在這樣操作的過程，能夠更精確地掌握到野溪護岸施工中主要的風險來源，並直接針對**最棘手的風險辦理評估**及提出相關對策，以利進一步降低風險等級

作業拆解		危害辨識/風險分析		風險評量		風險對策	再評量	
第一階 作業	第二階 作業	作業 內容	潛在 危害	可能的災害 狀況	可 能 性	嚴 重 度	可 能 性	嚴 重 度
預鑄塊 護岸	1.共通性前置準備作業							
			被撞	1.挖土機作業不慎撞及人員 2.開挖搬運機械作業行進倒退撞及人員	2	3	6(R1) 高	1 2 2(R1) 低
		2.1 坡面 土方 整理	崩塌	開挖面不穩定，發生崩塌	2	3	6(R1) 高	1 3 3(R2) 中
	2.臨時 導水土 堤工程	物體 飛落		1.挖斗掉落傷及人員 2.傾卸卡車進出行駛撞及人員或土石方自車斗掉落，撞及人員	2	3	6(R1) 高	1 2 2(R1) 低
	2.2 臨時 擋土 設施	崩塌		材料規格強度不足，致支撐力不足，發生崩塌	2	3	6(R1) 高	1 2 2(R1) 低

前言

文獻
回顧

研究
方法

風險
評估

結論
建議



- **新技術之導入**，如：UAV、Pix4D、3D Printing及BIM等科技應用軟體，導入風險評估的流程中，可說是東台灣地區首創案例；除了嘗試將新技術運用外，更重要的仍是職業安全的重視
- **建立職安施工樣板**，本案例可做為河溪護岸施作的典範，如在面臨有臨水作業辦理預鑄塊護岸施作時之參考；另其他水保工事則可再深入研究，建立完整各樣職安施工樣板，提供相關從業人員參用

前言

文獻
回顧

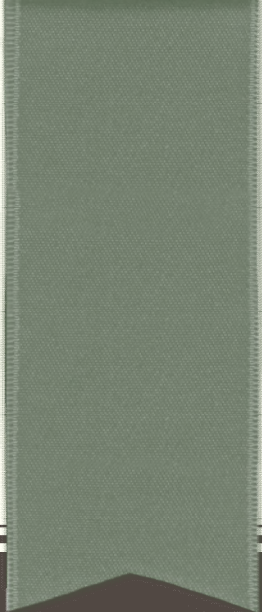
研究
方法

風險
評估

結論
建議



- **少子化問題**，東部位處台灣偏鄉地帶相關問題更加險峻，預鑄塊的發展也許可能為營造業下一階段的解答，透過專業機械化的操作，除了解決減少人力問題外，亦可使職業風險降低
- **UAV建模與BIM結合**，本研究係導入Autodesk Revit進行施作流程模擬，建議未來可嘗試利用UAV數值模型為背景進行BIM模擬；主要的差異在於利用UAV建模與現場環境比例近乎相同，對於未來工區從事人員在利用BIM軟體做後續作業應用時，能快速進入工區環境狀況

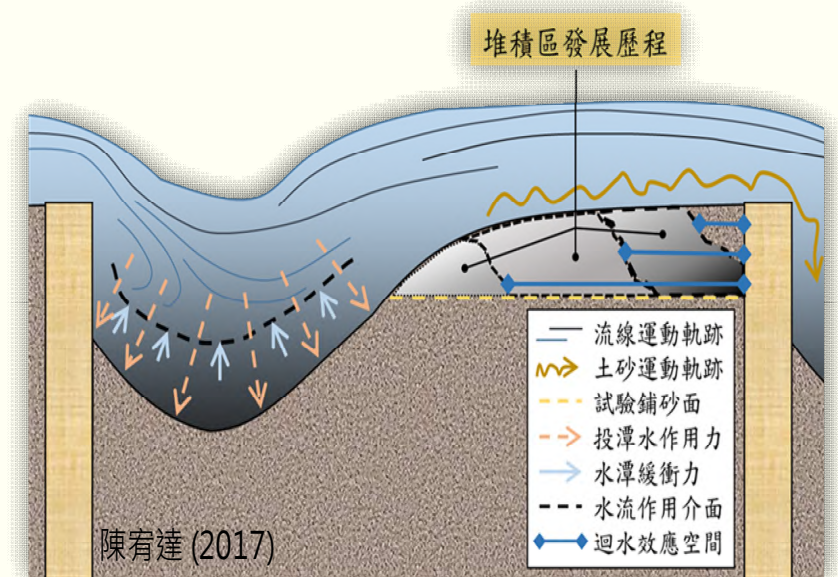


三、未來研究發展主軸

「新型多孔隙預鑄工法於台東野溪治理適用性之研究」

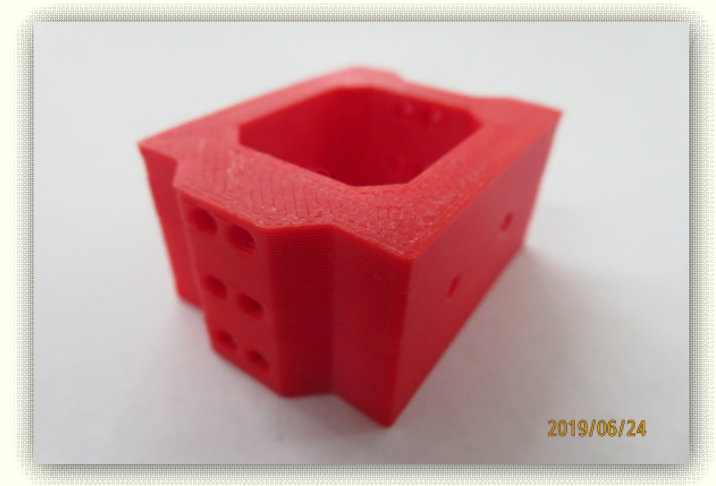
未來研究發展主軸-使用在固床工之可行性分析

- 本分局為考量同時能符合**環境友善及職業安全**的施工方法，認為現階段預鑄工法是能達成目標的發展方向
- 未來研究就野溪治理工區進行調查，瞭解分局研發之專利預鑄塊於**護岸施作情況**，並協助開發塊體於固床工運用
- 透由分析其與傳統固床工**淘刷作用比較**，建立工法之基礎研究



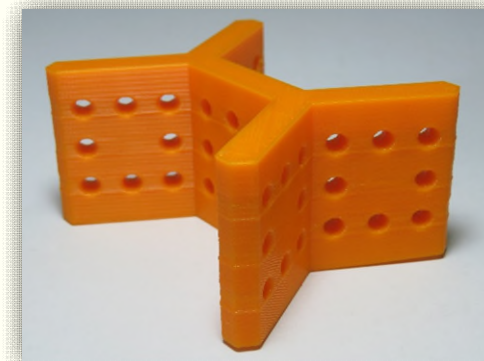
未來研究發展主軸-RC預鑄塊粗糙度水理分析

- 將針對分局自有專利預鑄塊透過室內水工模型試驗進行粗糙度水理分析試驗工作，釐清預鑄單元之水理特性
- 前述預鑄單元之抗淘刷能力進行水工模型試驗，發現RC預鑄塊對於趾部的溪床掏刷相較於其他預鑄單元及傳統固床工，有效降低固床工趾部的溪床掏刷
- 將針對RC預鑄塊進行水工試驗獲取Manning's n 值，以利未來設計之應用



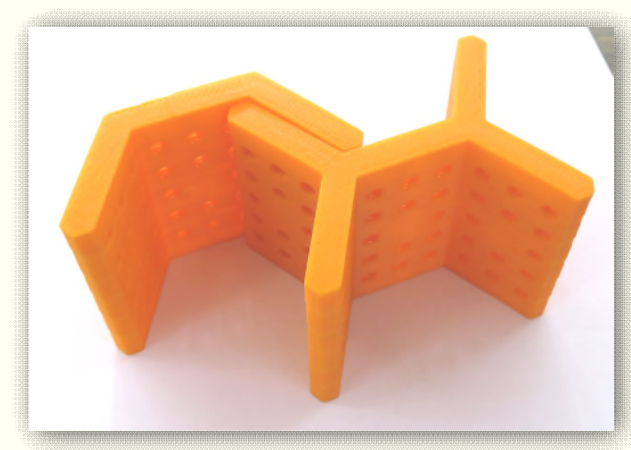
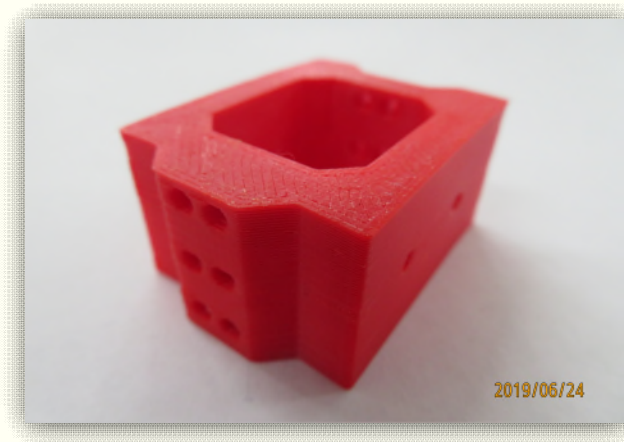
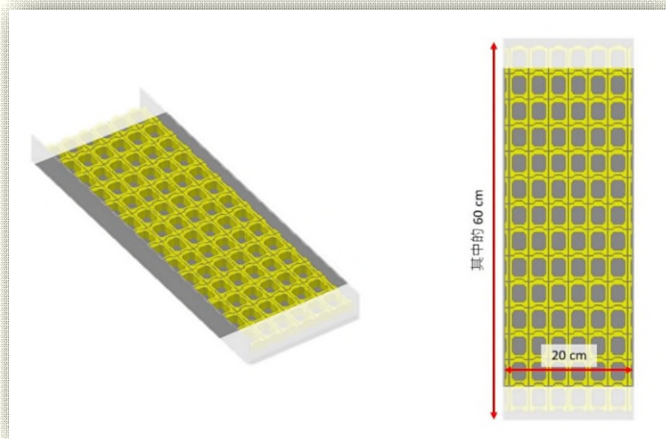
未來研究發展主軸-強化專利預鑄塊體運用

- 平時應用之可行性推展
- 災時拋放機制建立
- 災後復建之應用推展
- 預鑄塊體堆置之短中長期規劃



Summary

- 一、台東分局專利「護岸塊」介紹
- 二、專利塊體之延伸研究發表
- 三、未來研究發展主軸





「我們現在眼睛所見的地球是一顆漂浮在永恆的靜謐中，
小巧、湛藍而美麗的星球，如果我們能以這個角度出發，
那麼，所有的人類都是一同居住在這地球上的過客...
是一群還不明白他們彼此真的是情同手足、唇齒相依的
兄弟姊妹。」 *(Archibald MacLeish)*