

專利護岸塊體 「適用性研究與運用實證分享」

農業部農村發展及水土保持署臺東分署
黃勝頂 副工程司
2024.04.23



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)

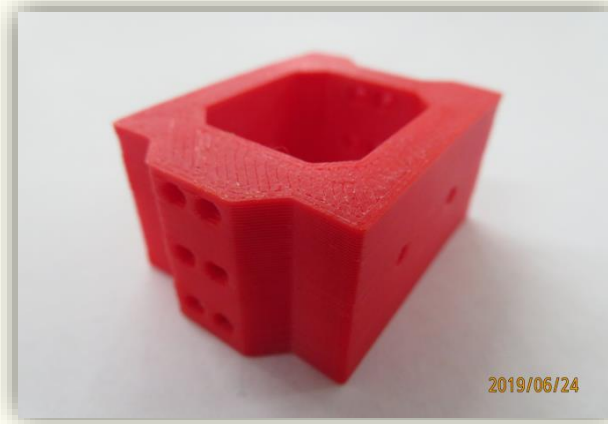
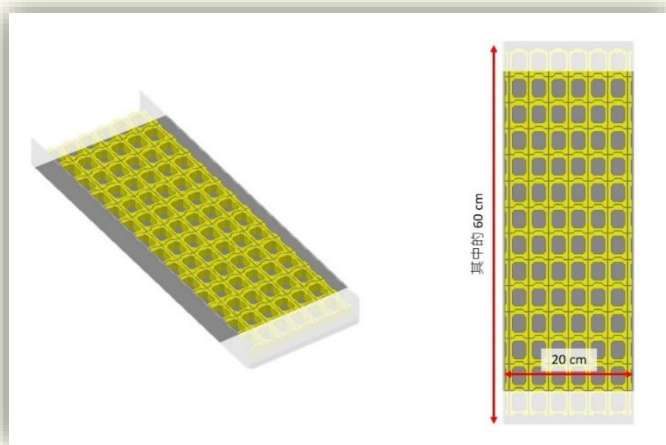
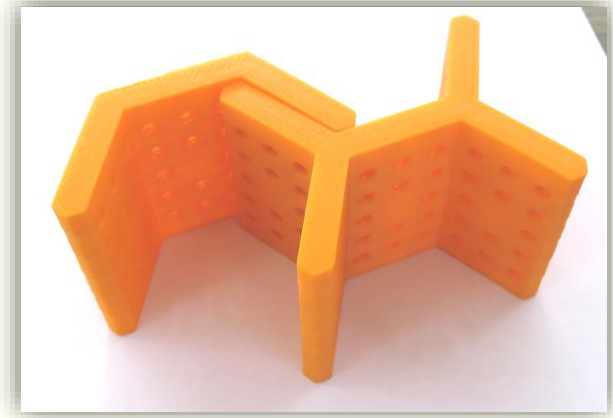
證照

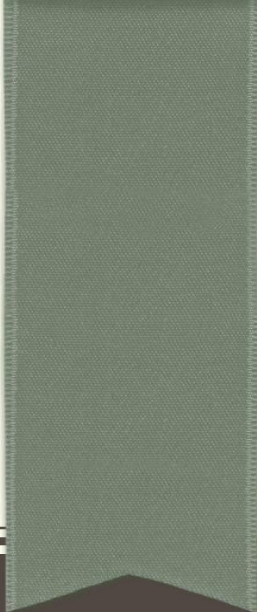
水利工程技師
(2021)



Outline

- 一、台東分署專利「護岸植生塊」介紹
- 二、專利塊體之適用性研究發表
- 三、預鑄工法之運用及實證

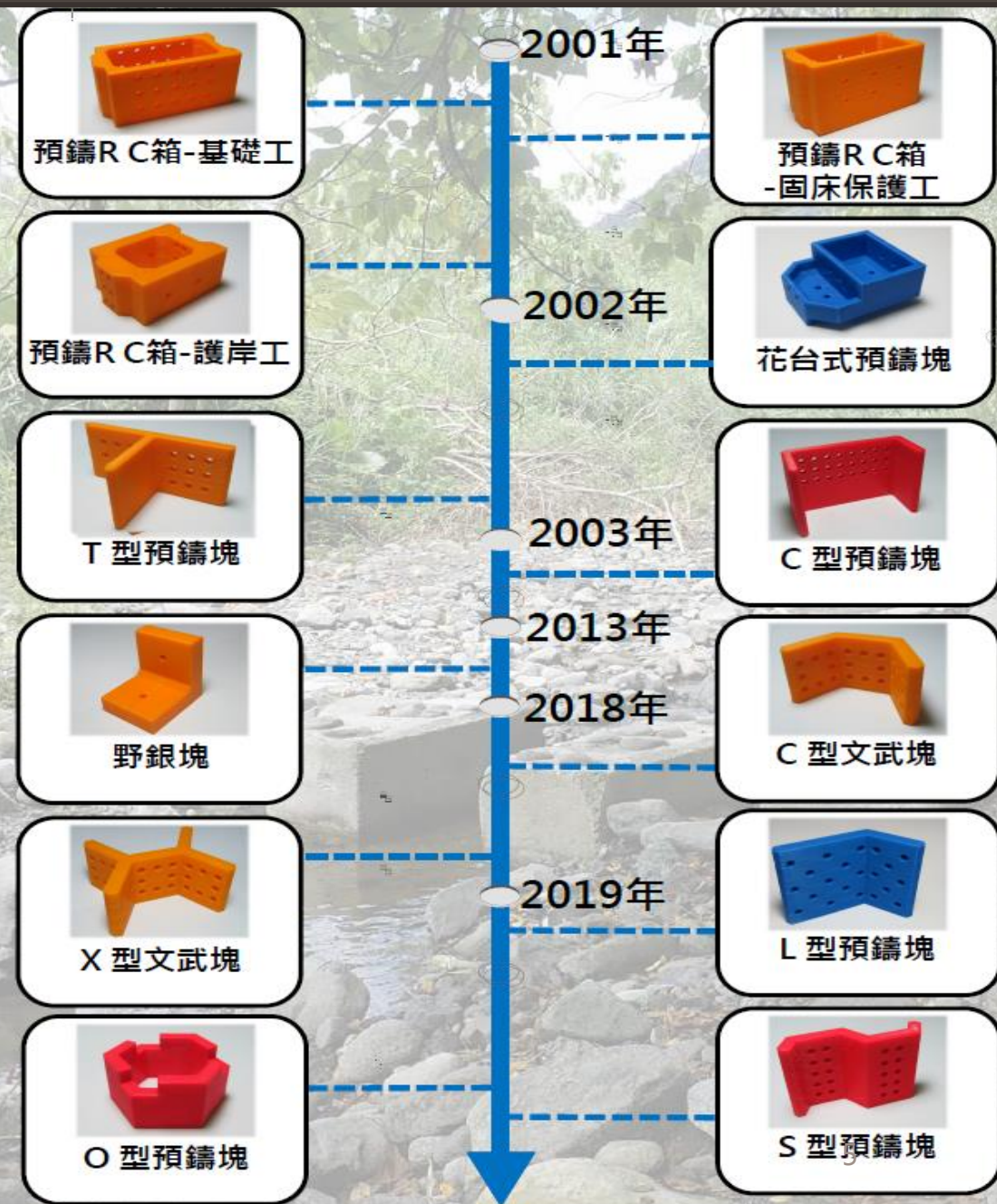




一、台東分署專利「護岸植生塊」介紹

台東分署預鑄塊發展歷程

1. 2001年開始，分署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. 分署護岸塊由三位設計者發展，分別為前秘書林志賢、科長張清晏及正工程司莊裕斌等三人
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

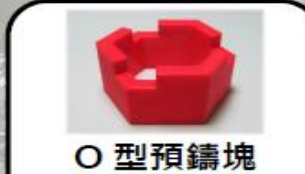
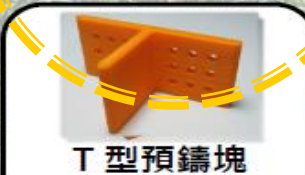
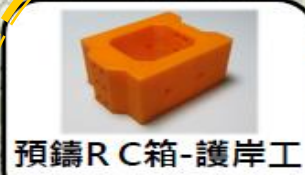


台東分署預鑄塊發展歷程

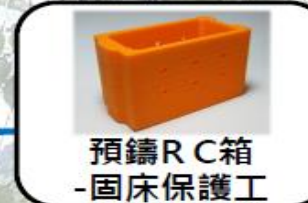
本次運用實證分享之專利
「**護岸植生塊**(俗稱:RC箱)」

感謝!

109年度 南投分署
舊社野溪整治三期工程
參採使用 並獲金安獎殊榮



2001年



2002年



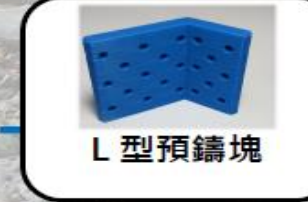
2003年



2013年



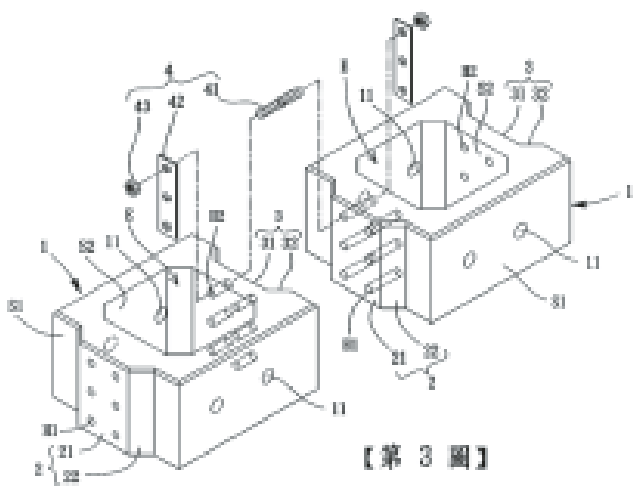
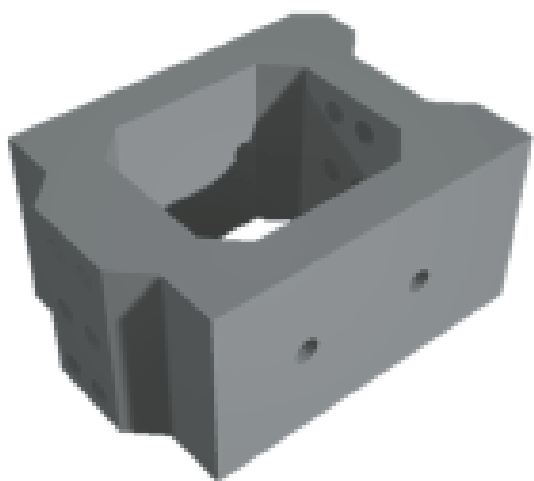
2018年



2019年

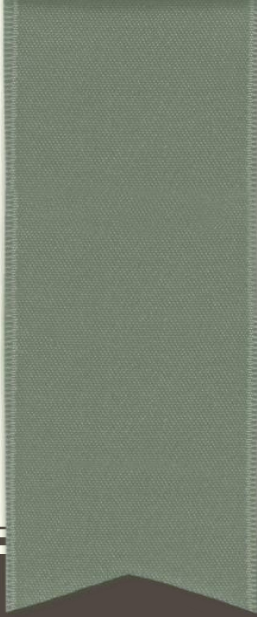


RC箱預鑄塊設計構想(發明人-前秘書 林志賢)



1.設計構想：考量傳統重力式護岸做為邊坡滑落防護時，完全覆蓋邊坡面導致邊坡土壤中的水壓力較不易滲出，同時妨害原生植物的生長，對生態環境及水土保持造成負面影響。而中空環狀設計具有植生空間，其排水孔設計除可維持原有生態及綠化環境，可引導水流提升排水性，進一步減少邊坡地的水土流失。而在引導水流的過程中，利用要排出的水補助灌溉該植生空間中的植物，可算是一舉兩得的設計功效。

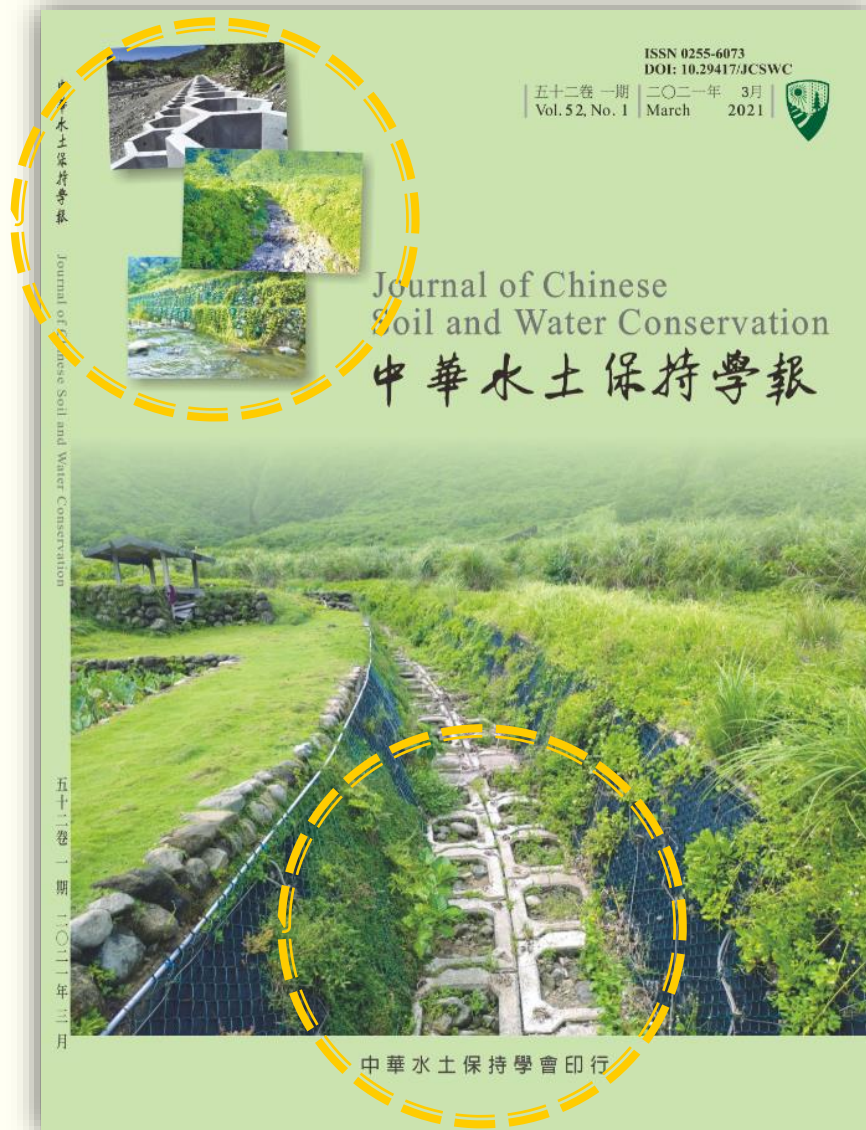
2.組裝概念：本預鑄單元特色為前後端具有凸部及凹部的端部設計，而於連接鄰近的二座預鑄單元時該凸面及凹面可互相貼合連接，係具有簡單相嵌合的功效；在塊體側向均設有連接孔且兼排水功能，可搭配利用螺桿或鋼索使鄰近的本體能更緊密的結合來提升結構強度。



二、專利塊體之適用性研究發表

「新型多孔隙預鑄工法於台東野溪治理適用性之研究」

刊登於中華水土保持學報 (第52卷第1期, 2021年)



34

中華水土保持學報, 52(1):34-48(2021)
Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 52(1): 34-48(2021)
DOI: 10.29417/JCSWC.202103_52(1).0004

新型多孔隙預鑄工法於台東野溪治理適用性之研究

林志賢^[1] 莊裕斌^[1] 黃勝頂^{[1]*} 許中立^[2]

摘 要 水保局臺東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。而本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溝岸施作情況，並協助開發塊體於固床工運用，藉由分析其淘刷作用，建立工法之基礎研究。水工試驗研究結果顯示，RC 箱固床工表現絕大多數優於傳統式固床工；而 C 型固床工無法改善傳統式固床工趾部渠床淘刷的問題，反而讓問題更加惡化；X 型固床工就絕對平均最大淘刷深度及淘刷的絕對平均最大長度大多小於傳統式固床工，表示 X 型固床工可以減緩固床工趾部渠床淘刷的問題；X+C 型固床工會產生比傳統式固床工更大規模的渠床淘刷，在更高流量的條件下，X 型固床工的表現更為惡劣。

關鍵詞：新型多孔隙預鑄工法、野溪治理、水工模型試驗

Applicability of New Porous Precast Concrete Blocks for Torrent Management

Chih-Hsien Lin^[1] Yu-Pin Chuang^[1] Shen-Ting Huang^{[1]*} Chung-Li Hsu^[2]

ABSTRACT The Taitung Branch of the Soil and Water Conservation Bureau considers precast concrete blocks to be the optimal solution for addressing the deleterious effects of torrent management on occupational safety and the environment. This study investigated the effectiveness of the precast concrete block construction process and examined hydraulic experiments on newly patented concrete blocks in the application of groundfills. The results showed that groundfills encased in reinforced concrete prevented erosion more effectively than did traditional groundfills. Type-C concrete groundfill enclosures cannot be improved to alleviate erosion problems and are more likely to fail than traditional groundfills. Type-X concrete groundfill enclosures were more effective than traditional groundfills in terms of the absolute mean maximum erosion depth and the absolute mean maximum erosion length. Finally, the Type-X and Type-C combination concrete groundfill enclosures are effective for preventing large-scale erosion in high-flow environments.

Key Words: porous precast concrete blocks, torrent management, hydraulic model test

一、前 言

台東地區位於板塊擠壓的接觸帶上（花東縱谷），亦是地質作用最頻繁又複雜的區域（火成岩、沉積岩與變質岩交錯），所呈現的坡地與地質岩性不佳外，所有的溪流均為湍急水急，而野溪亦是如此，沖刷能力強保護不易。加上近年來地質頻發與氣候變遷導致野溪及邊坡土砂災害劇增，危及下游公共設施與居住安全，因此早在五十年前東部地區治山防災工作首先啟動，惟針對當時巨量下移土砂所興建之防砂壩、護岸、攔土設施等，於坡面穩定後土砂量減緩，卻又顯出對長期野溪生態與水流河床連續性的危害，而加強野溪治理的生態考量當前成為重要課題。另一方面，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，造成難遇後無人繼任問題，如何透過工程設計將施工模組化以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。

行政院農業委員會水土保持局臺東分局（以下簡稱局臺東分局、台東分局或分局）於台東地區扮演水土保持守門角色，而地區內因地質複雜且位處面臨颱風侵襲首當其衝的位置，要能完全避免土砂災害實屬不易。近來面對氣候暖化及海平面上升所造成對環境的衝擊，已非人定勝天所能將土砂災害解決的思維，而應該回歸到人類對於環境如何共存共榮，如何友善環境以及治理對策是否符合土地正義等新思維，才能在保障人民生命財產安全的同時又能透過土砂治理使環境永續發展。

[1] 行政院農業委員會水土保持局臺東分局

Taitung Branch, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taitung 950, Taiwan, R.O.C.

[2] 國立屏東科技大學水土保持系
Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung 912, Taiwan, R.O.C.

* Corresponding Author. E-mail: shenting77@mail.swcb.gov.tw

前言

文獻 回顧

研究 方法

結果 討論

結論 建議

- 台東地區位於板塊擠壓的接觸帶上，亦是地質作用最頻繁的區域，所呈現的坡陡與地質岩性不佳外，所有的野溪冲刷能力強保護不易。
- 五十年前東部地區治山防災工作首先啟動，惟針對當時巨量下移土砂所興建之防砂壩、護岸、擋土設施等，於坡面穩定後土砂量減緩，卻又顯出對長期野溪生態與水流河床連續性的危害，而加強野溪治理的生態考量當前成為重要課題。



前言

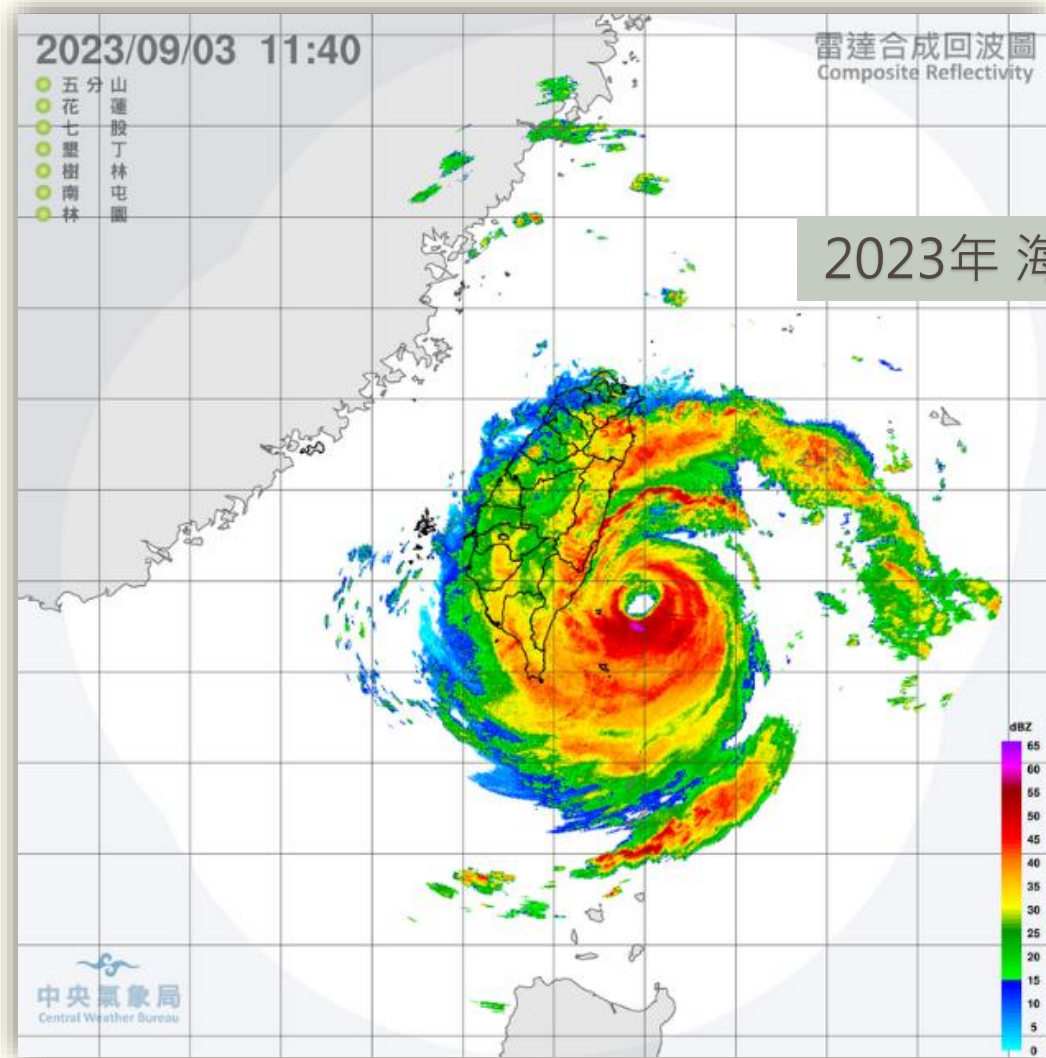
文獻 回顧

研究 方法

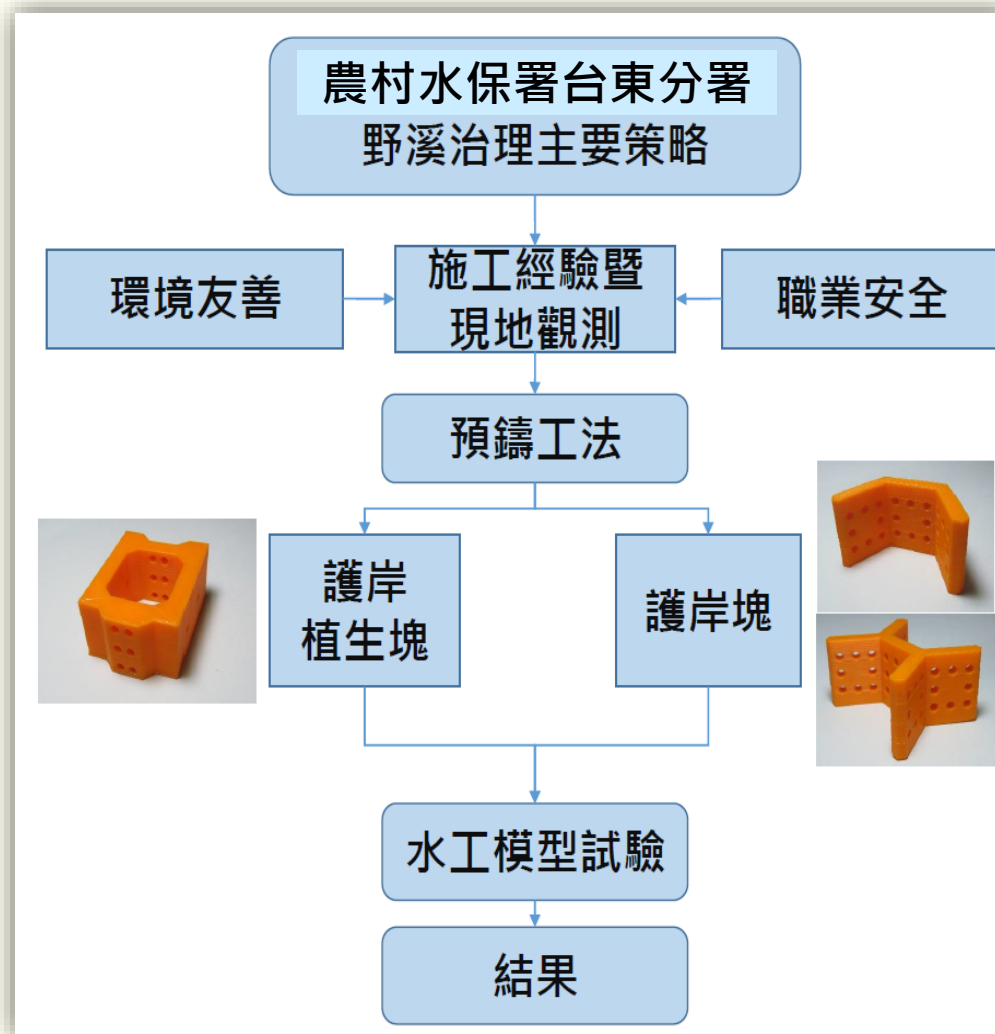
結果 討論

結論 建議

- 台東分署於台東地區扮演水土保持守護角色，而地區內因地質複雜且位處面臨**颱風侵襲首當其衝**的位置，要能完全避免土砂災害實屬不易。近來面對氣候暖化已非人定勝天所能將土砂災害解決的思維。而應該回歸到**人類對於環境如何共存共榮**以及**治理對策是否符合土地正義**等新思維。



- 分署為有效解決生態議題及職業安全的困境，冀希藉由發展**創新工法**，同時能對環境生態的尊重以及對施工人員的安全重視，使機關成為台東地區「**營造溪流環境永續及施工場域友善**」的領導品牌。故在多年的護岸工程執行中，認為目前具有多孔隙、高品質及穩定結構的「**組合式預鑄單元**」係較能去達到環境友善及職業安全兩大策略的方向。



前言

文獻
回顧

研究
方法

結果
討論

結論
建議



- 1957 生態工程的**概念** (美國生態學者，H.T. Odum)
- 1989 **定義**生態工程及範疇 (瑞典學者，W.J. Mitsch and S.E. Jørgensen)
- 1992 生態工程**期刊**發行 (The Scientific Journal of Ecological Engineering)
- 1998 **生態工法**概念自日本(近自然工法)及歐洲(Ecological Engineering Methods)引進台灣
- 2002 工程會 成立「生態工法**諮詢小組**」
- 2006 工程會 正式將「生態工法」更名為「**生態工程**」
- 2006 水保局(農村水保署前身) 研發出**生態檢核**的機制納入集水區整治
- 2015 工程會 正式公告「公共工程生態檢核**注意事項**」
- 2018 水保局(農村水保署前身) 建立「集水區友善環境生態**資料庫**」
- 2019 水保局(農村水保署前身) 修訂「生態檢核**標準作業書**」

美國生態學者**H.T. Odum(1957)**提出生態系統自我設計的概念，認知到生態工程成為人類跟環境間相當重要的介面，開啟生態工程的概念

前言

文獻
回顧

研究
方法

結果
討論

結論
建議



■台灣野溪治理預鑄工法之回顧：

近年有關預鑄單元方面，台灣在研究預鑄混凝土領域多半是以橋樑或廠房等建物為最大宗。

- (1) 莊裕斌(2004) 針對其所設計之預鑄組合式單元應用在野溪整治工程效果之探討，研究得知預鑄塊在野溪整治之運用上，透過運用預鑄單元進行排列組合設計，取代傳統工法並可同時符合就地取材、善用土石資源、混凝土減量、縮減施工時間及維護生態環境等積極理念，認為值得進一步加以推廣及進行其細部之研發工作。
- (2) 李銘哲(2009) 採用農委會所研發之預鑄塊進行水理分析、生態性測試及高空墜落試驗；而該預鑄塊係採用特殊生物膜(免拆模板)設計，於現地生態性試驗中，發現有不同型態的微生物與藻類寄生於預鑄塊中。

前言

文獻
回顧

研究
方法

結果
討論

結論
建議



■台灣野溪治理預鑄工法之回顧：

- (3) 林志賢(2009) 針對台東分署調查竣工達2年以上之工程案例，比較傳統工法與預鑄工法之成效，研究顯示採用預鑄工法做為低水固床基腳之護岸工程，較能達到營造植被綠化之穩定護岸，且其廢土砂礫石再利用率較高，並可縮短溪床施工作業期程，達成營建模組化的量產效果。
- (4) 柯典佑(2019) 研究認為預鑄工法應用於水保工程中對於傳統工法會花費相對高的費用，但若經過大量生產，並考慮鋼模重複利用的情況能減少較多的成本，搭配施工風險評估可以瞭解預鑄工法較傳統工法能降低施工危害發生，此結果可做為推廣應用參考。

前言

文獻
回顧

研究
方法

結果
討論

結論
建議

初步構思

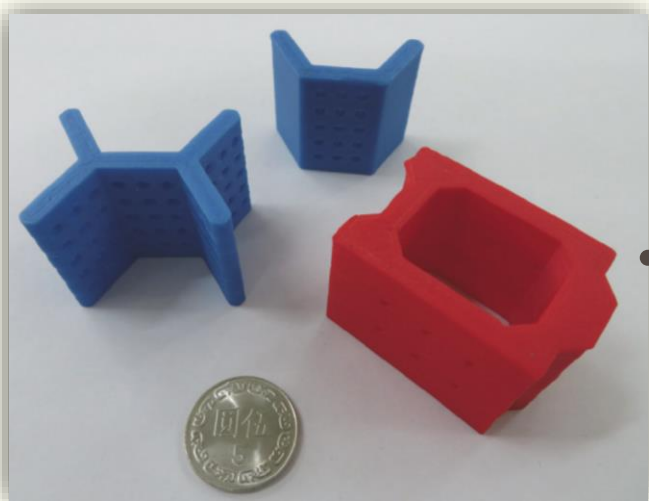
主要針對分署專利預鑄單元提出介紹，並對其水理特性進行檢核計算及固床工模擬試驗之研究方法提出說明，而**研究方法之設計**主要係為確保預鑄工法得以在現地中運用，以利後續專利預鑄單元之拓展。

預計執行

而本研究目的期望能夠由**現地觀測結果**，確立預鑄工法於護岸工使用之可行性，進一步利用水工模型試驗瞭解未來預鑄工法使用在固床上的**淘刷行為**。本試驗選取之固床工型式，以考量於災害發生時，如需講求復建速度，可採取之組合式預鑄工法為修復單元。

實際執行-1

- 針對分署專利預鑄單元作為試驗的主體
- 透由實際運用及搭配抗掃流力分析，確認其安全性
- 水工模型試驗



考量有別於過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

②對應掃流力之塊體重量

在獲得本設計案之流速水深後，以掃流力公式推估對應掃流力之最小粒徑後再轉換為重量，讓不規則的塊體以重量做為設計檢核校正之依據，相關公式及結果如下：

$$D_m = \frac{1}{1^2 \times 2g \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right)} \times V_0^2 \times K$$

D_m ：推求以石頭作為護岸材料之最小粒徑 (m)

I ：亂流影響係數=1.2~0.86 (本案採 0.86)

g ：重力加速度(m/s^2)

γ_s ：石材之單位重 (混凝土採 2.5)

γ_w ：水之單位重 (採 1.0)

V_0 ：平均流速 (m/s)

K ：岸背填土坡度修正係數

表 1 對應掃流力之塊體重量之試算表

Table 1 Calculation of unit weight corresponding to shear stress

設計流速 (m/s)	設計水深 (m)	最小粒徑 (m)	$k_s=D_m(m)$	重量轉換 (T)
5	護岸坡度較緩的條件下(護坡斜率小於1:1.5)			
	1	0.38	0.40	0.0837
	2	0.19	0.20	0.0104
	3	0.14	0.15	0.0044
	護岸坡度較陡的條件下(護坡斜率大於1:1.5)			
	1	1.00	1.10	1.7413
	2	0.33	0.35	0.0560
	3	0.24	0.25	0.0204

* k_s ：與堤岸凹凸粗糙程度有關，與工程種類、材料、植生、粗密變化有關

* D_m ：推求以石頭作為護岸材料之最小粒徑

前言

文獻
回顧

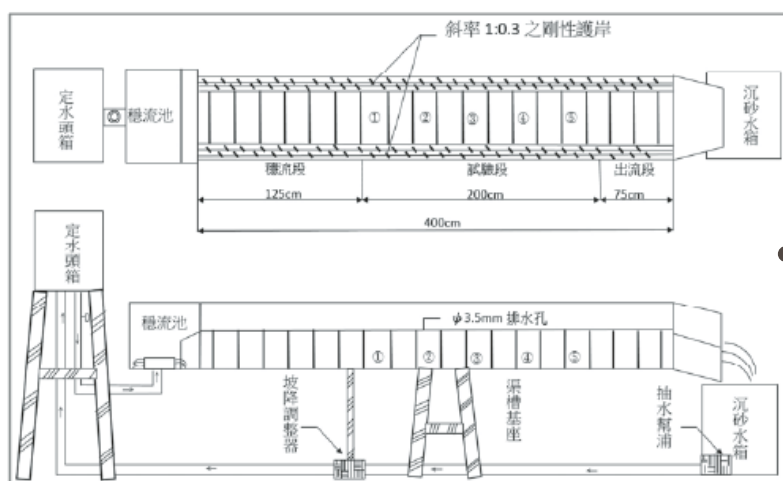
研究
方法

結果
討論

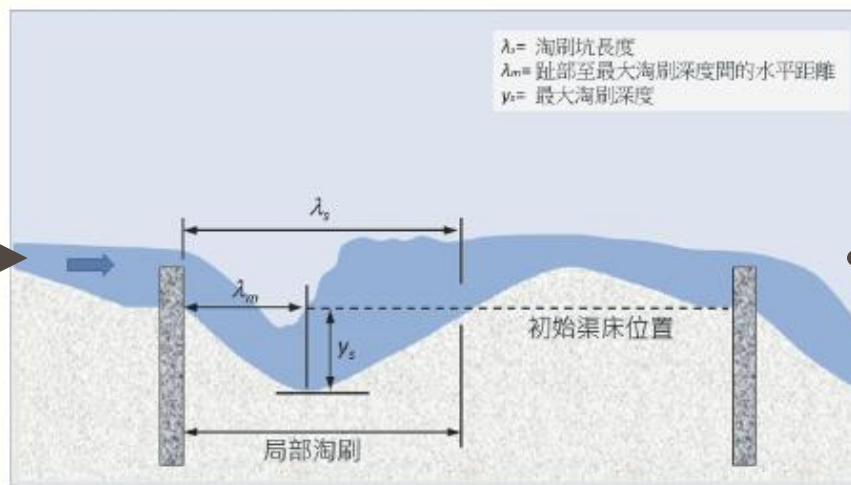
結論
建議

實際執行-2

- 針對分署專利預鑄單元作為試驗的主體
- 透由實際運用及搭配抗掃流力分析，確認其安全性
- 水工模型試驗



屏科大試驗渠槽
配置圖



局部淘刷特徵
參數圖

為瞭解固床工趾部渠床局部淘刷情形，本試驗將試驗後所量測各固床工區間內數個橫斷面的高程數據，利用屏東科技大學水土保持系土壤沖蝕研究室自行開發的Sill-0810-Ch02-v2 程式進行過濾，以去除儀器或人為操作所造成的異常訊號。

前言

文獻
回顧

研究
方法

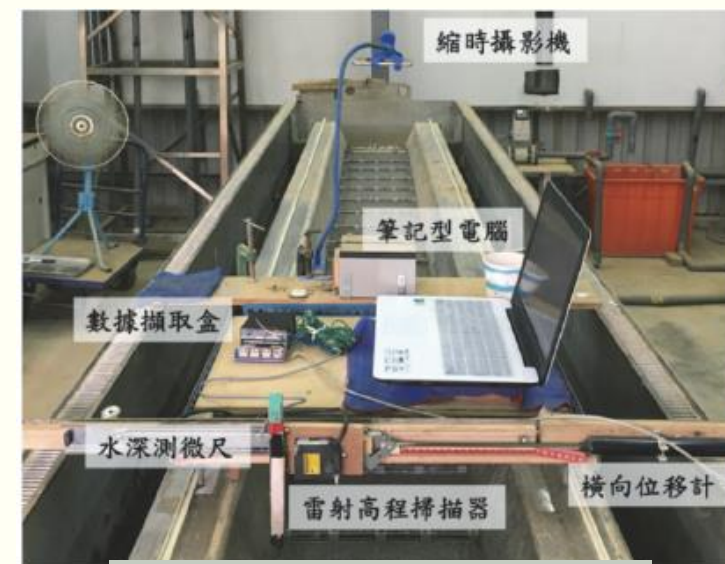
結果
討論

結論
建議

實際執行-3

- 針對分署專利預鑄單元作為試驗的主體
- 透過實際運用及搭配抗掃流力分析，確認其安全性
- 水工模型試驗

將處理後的斷面高程資料，按照沿程位置順序進行資料縫合，再匯入Surfer®軟體，以克利金法(Kriging method)內插計算各固床工區間的渠床高程。內插運算的結果除可用於等高線圖、剖面線圖、3D立體圖的繪製外，也可用於淘刷規模的計算。



渠床3D掃描
設備圖

前言

文獻
回顧

研究
方法

結果
討論

結論
建議

對照組



傳統式固床工
趾部淘刷側視

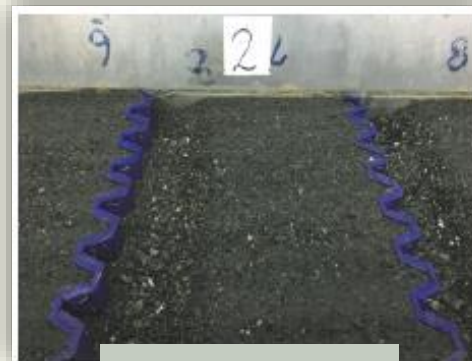
實驗組



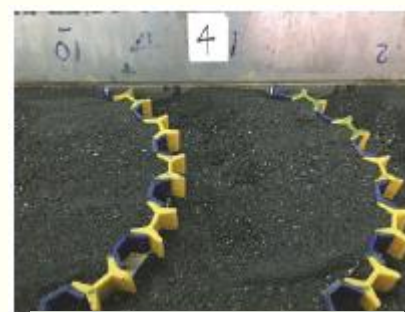
RC箱型



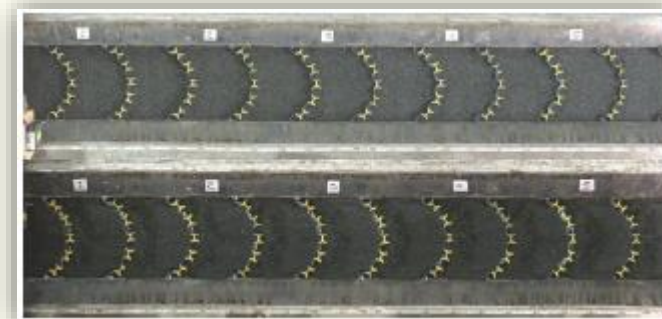
X型預鑄塊



C型預鑄塊



C型+X型
組合式固床工



組合式弧型固床工水
工試驗前後渠床全景

前言

文獻
回顧

研究
方法

結果
討論

結論
建議



■ 綜合資料剖析

- ✓ 將試驗前後各固床工量測區間的雷射掃描地形高程進行比對。
- ✓ 先找到各量測區間的最大淘刷深度 y_s 、最大淘刷深度發生位置至固床工趾部的水平距離 λ_m ，以及最大淘刷坑長度 λ_s ，之後取五個量測區間(屏除渠槽頭尾受進水及出水的干擾，取渠槽中段之五區間量測)的平均值，稱之為「絕對平均最大值」。
- ✓ 而各項特徵參數因均有代表之意義，用以判斷不同狀況下之淘刷參考。

前言

文獻
回顧

研究
方法

結果
討論

結論
建議

- 三種不同流量
- 五種不同塊體或組合
- 15組試驗數據
- 探討絕對平均最大值

表 3 固床工趾部渠床淘刷特徵參數最大值比較(換算成原型)

Table 3 Maximum comparison around erosion characteristic factors at toe area of groundsill

流量 (cms)	型式	絕對平均最大值*						淘刷 體積 減量 (%)***
		y_s (m)	λ_m (m)	λ_s (m)	y_s 減量 (%)**	λ_m 減量 (%)	λ_s 減量 (%)	
7.95	傳統	1.11	1.38	3.22				
	RC 箱	0.78	0.54	0.57	29.55	60.92	82.26	22.49
	C 型	11.02	3.82	4.48	-890.69	-176.32	-39.41	-29.46
	X 型	8.54	2.48	3.61	-667.88	-79.09	-12.42	-36.37
	X+C 弧	7.69	9.08	9.58	-591.71	-556.47	-198.1	-70.04
11.84	傳統	6.66	2.17	4.24				
	RC 箱	0.93	1.86	4.64	86.01	14.21	-9.59	56.01
	C 型	11.20	4.45	5.66	-68.13	-104.98	-33.55	18.47
	X 型	3.24	2.29	1.93	51.34	-5.42	54.49	15.06
	X+C 弧	9.49	2.20	6.81	-42.42	-1.59	-60.58	-146.57
15.38	傳統	3.16	2.51	5.14				
	RC 箱	0.58	0.66	0.66	81.53	73.68	87.18	30.47
	C 型	11.09	4.61	7.43	-251.34	-83.82	-44.35	-1.67
	X 型	2.85	2.44	3.82	9.83	2.49	25.73	21.44
	X+C 弧	9.27	1.92	7.91	-193.65	23.48	-53.72	-172.29

備註：

*.= 篩選各固床工量測區間內出現的絕對最大值，再取平均值

**.= 淘刷坑特徵值之減量乃是以傳統式固床工為基準，負值代表比傳統式更為增加

***.= 淘刷體積減量乃是以傳統固床工為基準，負值代表比傳統式更為增加

前言

文獻
回顧

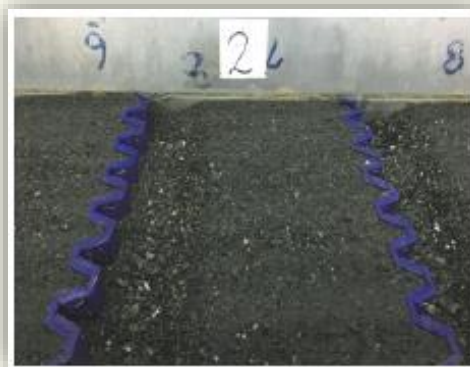
研究
方法

結果
討論

結論
建議

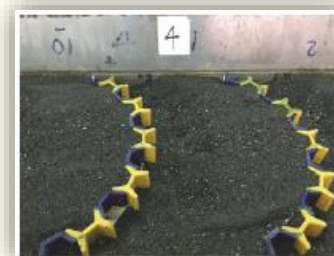


- C 型預鑄塊固床工，無法改善傳統式固床工趾部渠床淘刷的問題，反而讓問題更加惡化，建議未來實務應用上要特別注意。
- X 型預鑄塊固床工，就絕對平均最大淘刷深度及淘刷坑的絕對平均最大長度大多小於傳統式固床工，表示X 型文武塊固床工可以減緩固床工趾部渠床淘刷的問題。





- 下拱弧型固床工，對於淘刷體積的減量百分比為所有受試固床工之最大，且為負值，代表該弧型固床工會產生比傳統式固床工更大規模的渠床淘刷，在更高流量的條件下，本試驗之弧型固床工的表現更為惡劣。
- RC 箱固床工的表現，絕大多數優於傳統式固床工，表示RC箱固床工不但控制了固床工趾部渠床的絕對平均最大淘刷深度，也控制了絕對平均最大淘刷長度，但是要注意的是，RC 箱固床工的絕對平均最大淘刷坑深度至固床工的水平距離均小於對照組的傳統式固床工。



前言

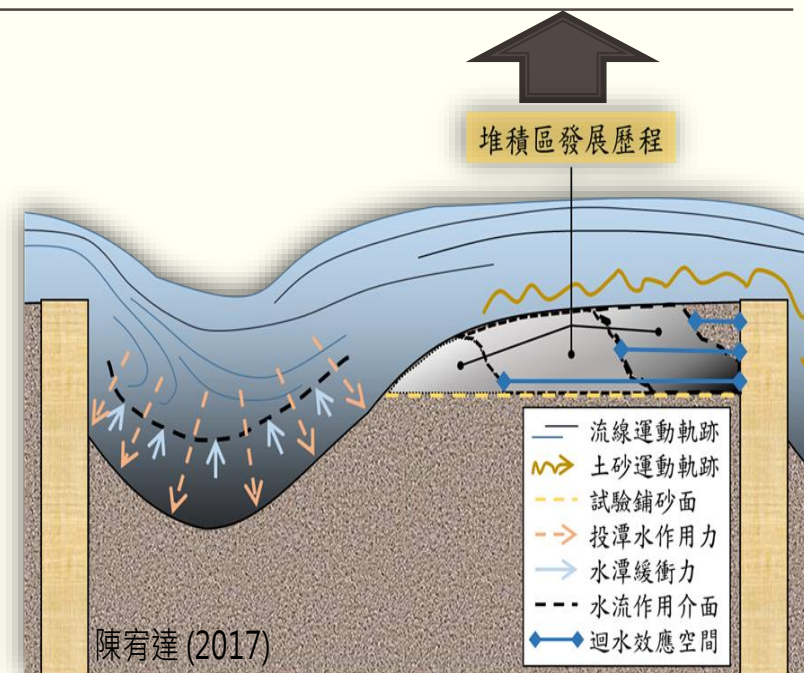
文獻
回顧

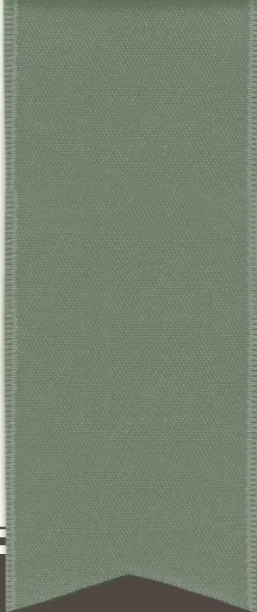
研究
方法

結果
討論

結論
建議

- 本分署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
- 未來持續就野溪治理工區進行調查，瞭解分署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
- 持續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

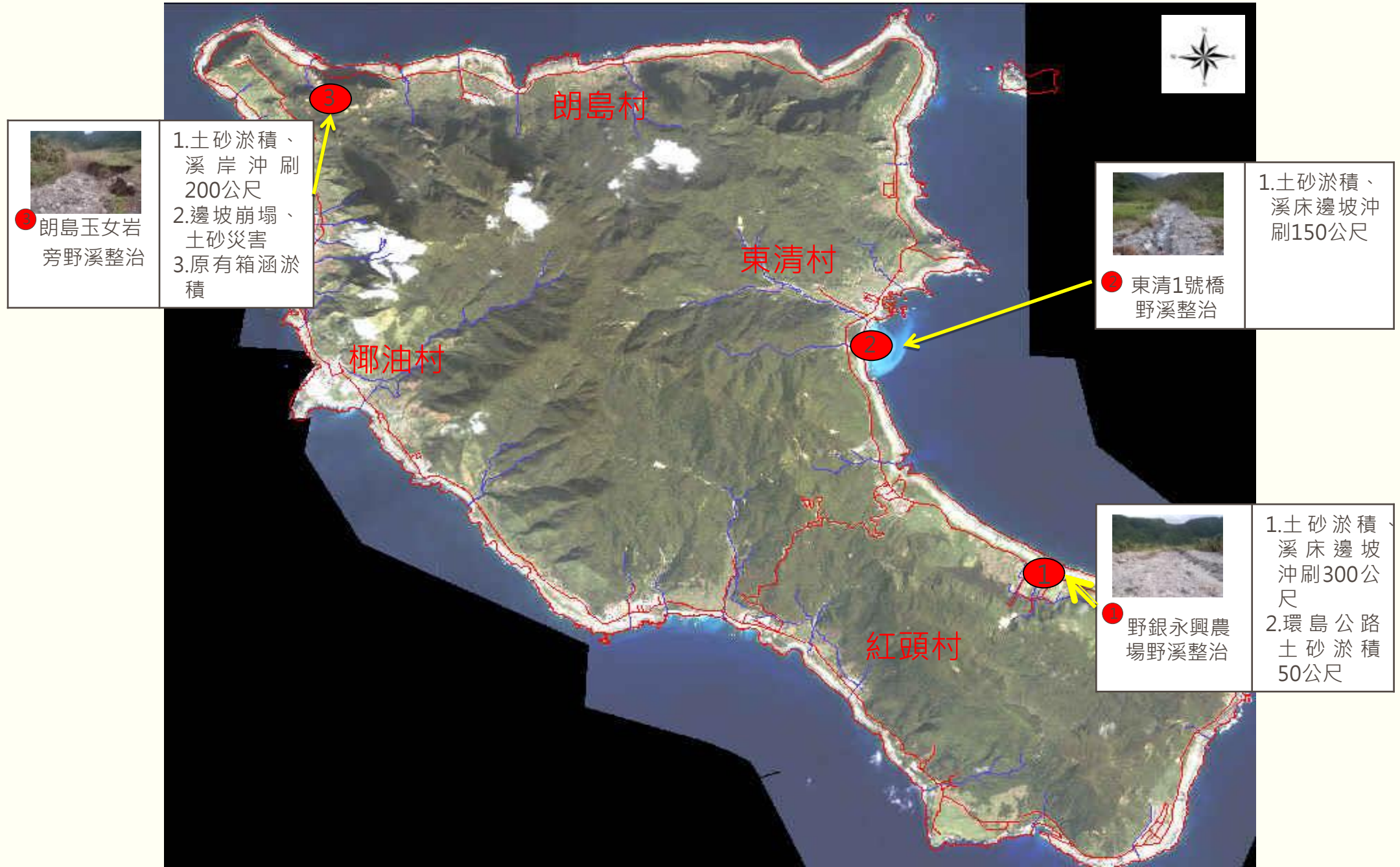




三、預鑄工法之運用及實證

「台東地區野溪治理預鑄工法之運用及實證」

2012年 天秤颱風蘭嶼鄉土砂災害工程位置圖(分署執行)



RC箱預鑄塊-蘭嶼案例

2013年



野銀-階梯式

2019年



野銀-階梯式



東清-蓆式



東清-蓆式



朗島-全斷面



朗島-全斷面



船運



蘭嶼地區

RC箱預鑄塊-2013年蘭嶼案例及現地勘查

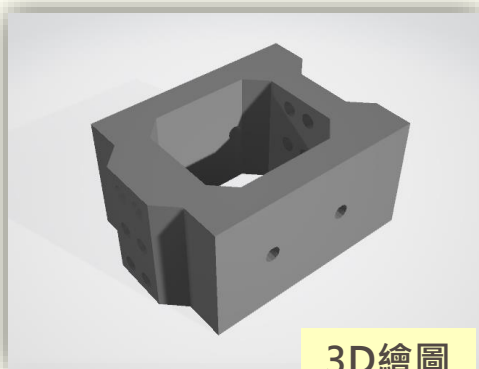
海上作業



陸上作業



RC箱預鑄塊-製作流程



3D繪圖



3D列印



開模



多組鋼模



大量製作



脫模



灌漿



鋼筋綁紮



整坡



鋪布、吊掛及排列



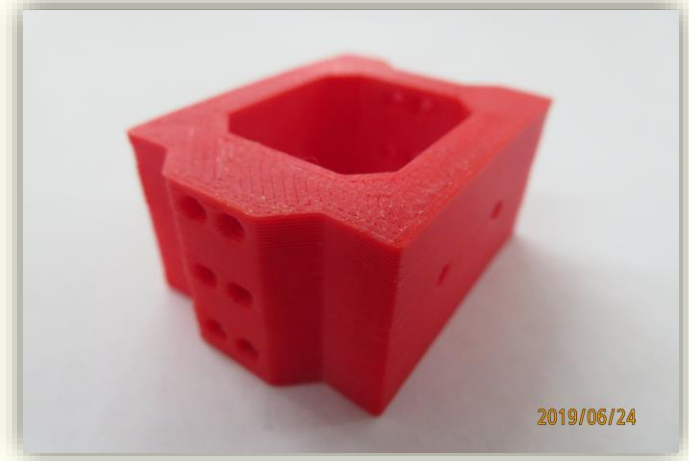
鋼棒對鎖



填土及鋪網

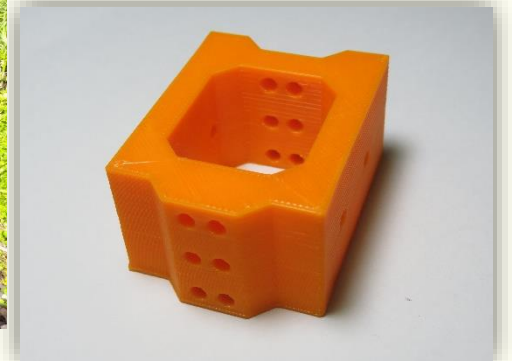
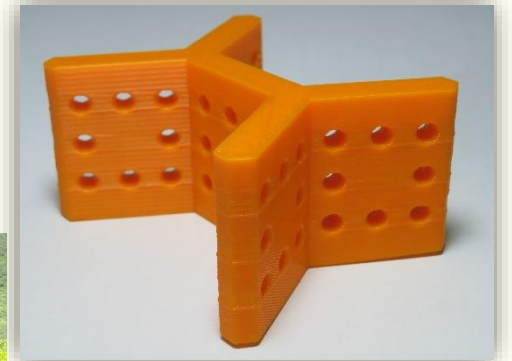
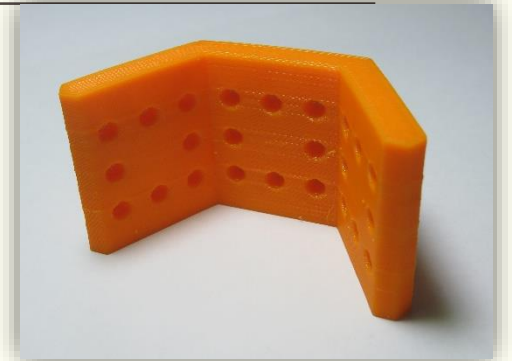
未來研究發展主軸-RC預鑄塊粗糙度水理分析

- 將針對分署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
- 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



未來運用發展主軸-強化專利預鑄塊體多元使用

- 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



朗島-全斷面



東清-蓆式



野銀-階梯式

未來精進發展主軸-專利預鑄塊體再開發

■ 師法自然~蜂巢塊



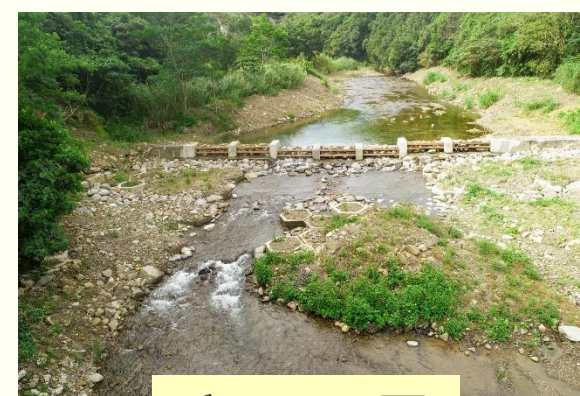
蜂巢結構



3D列印

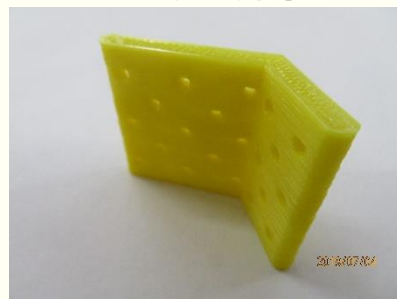


現場實作



完工一景

■ 一塊搞定~L型預鑄塊 (運用在基礎、護岸及保護工)



基礎



護岸

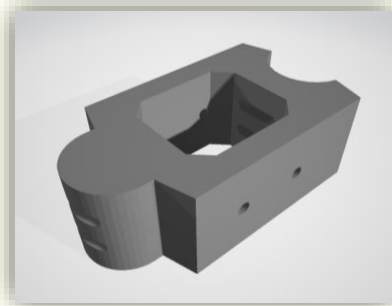
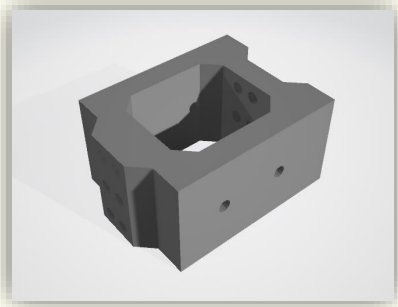


保護工

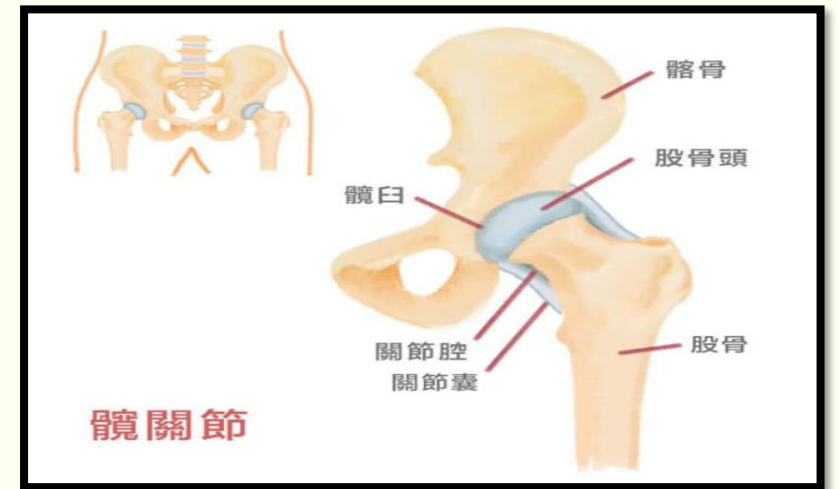
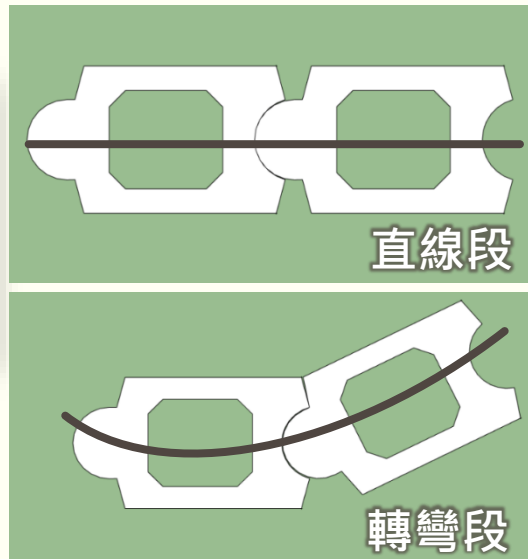
未來精進發展主軸-專利預鑄塊體再進化

■ RC箱2.0版~預鑄關節塊

專利塊體再進化

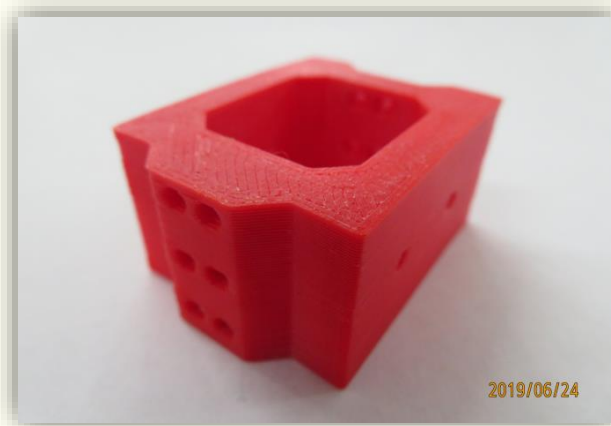
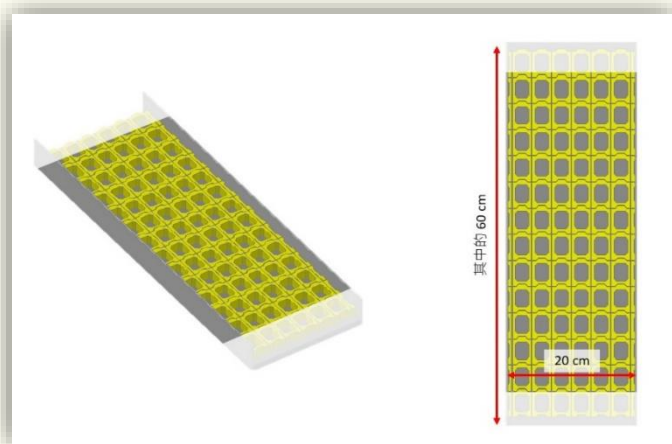


預鑄關節塊



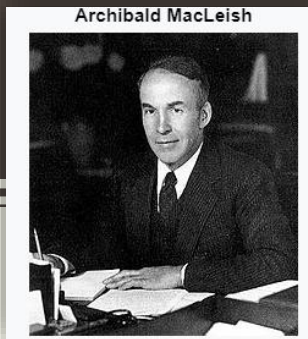
Summary

- 一、台東分署專利「護岸植生塊」介紹
- 二、專利塊體之適用性研究發表
- 三、預鑄工法之運用及實證





「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*)



美國普立茲文學獎詩人