



# 水保技術

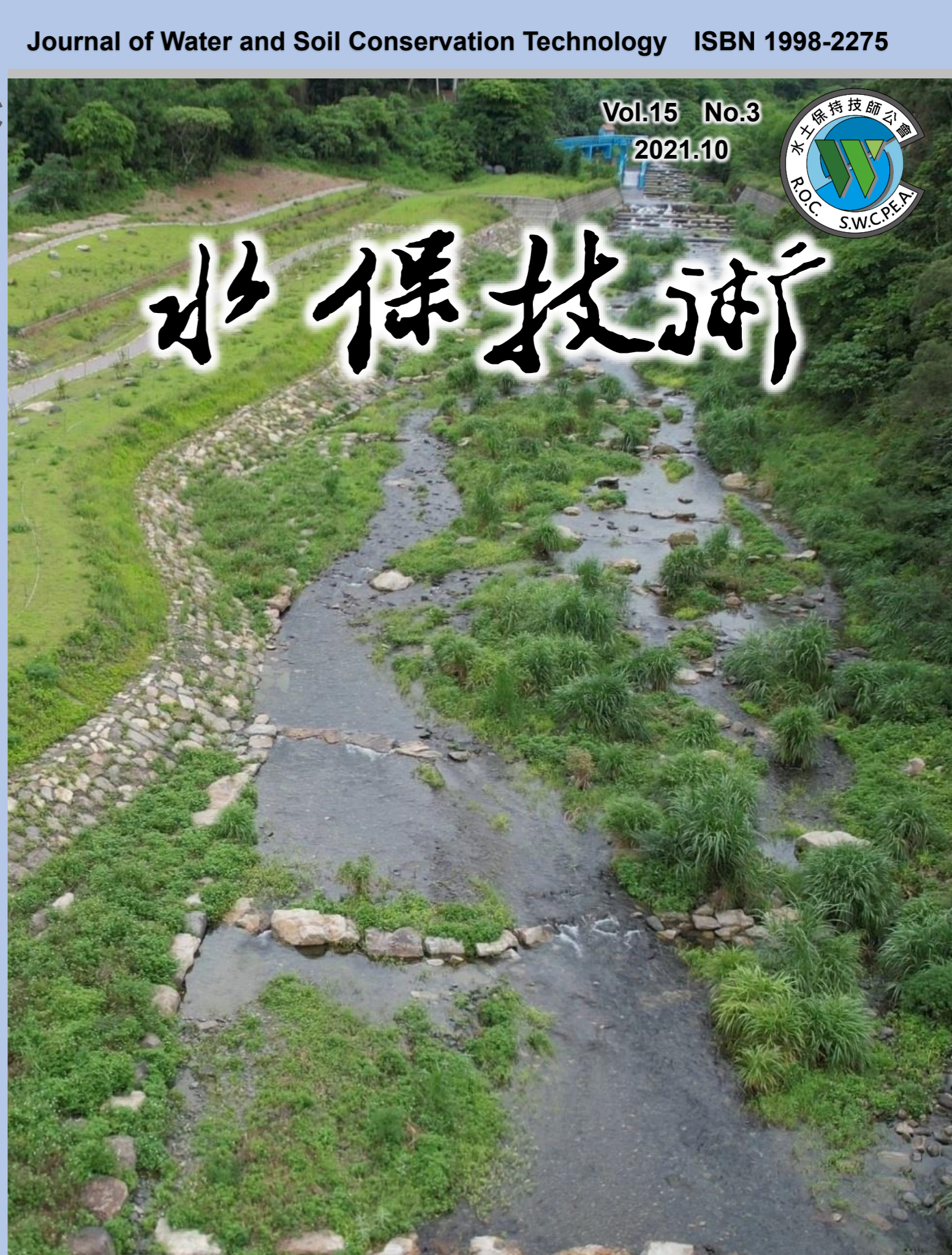


水保技術

Journal of Water and Soil Conservation Technology

Vol.15

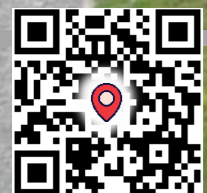
No.3



中華民國水土保持技師公會全國聯合會

地址：220 新北市板橋區雙十路 2 段 143 號 4 樓

TEL：02-82581918 FAX:02-82571900 <http://www.swcpea.org.tw/> e-mail:swcpea@seed.net.tw



9 771998 227007

中華民國水土保持技師公會全國聯合會暨

臺灣省水土保持技師公會 臺北市水土保持技師公會 新北市水土保持技師公會  
臺中市水土保持技師公會 高雄市水土保持技師公會 聯合出刊

# 水保技術



ISSN 1998-2275

第15卷 第3期

2021.10

水土保持技師從事水土保持相關之調查、規劃、設計、  
監造、研究、分析、試驗、評價、鑑定、施工及養護等業務

發行人：	郭玉麟	Publisher:	Yu-Lin Kuo
出版者：	中華民國水保技師公會 全國聯合會	Publication Office:	The Union of Soil and Water Conservation Professional Engineer Associations
會址：	新北市板橋區雙十路2段 143號4樓	Address:	4F., No.143, Sec. 2, Shuangshi Rd., Banqiao Dist., New Taipei City 220, Taiwan (R.O.C.)
網址：	<a href="http://www.swcpea.org.tw/">http://www.swcpea.org.tw/</a>	Web Site:	<a href="http://www.swcpea.org.tw/">http://www.swcpea.org.tw/</a>
電話：	(02)8258-1918 (02)2254-4483 (02)2253-8151 (02)8258-5680	Tel:	+886 2 8258-1918 +886 2 2254-4483 +886 2 2253-8151 +886 2 8258-5680
傳真：	(02)8257-1900 (02)2250-0061	Fax :	+886 2 8257-1900 +886 2 2250-0061
主編委員：	吳正義	Chief of Editor:	Cheng-Yi Wu
編輯委員：	劉衍志、吳烘森、鍾東宏	Board of Editor:	Yen-Chih Liu, Hong-Sen Wu, Dung-Hung Chung
編輯助理：	曾文萱	Assistant Editor:	Wen-Hsuan Tseng
本刊為季刊，每年出版四次		This journal is published quarterly.	
本刊版權為水保技師公會所有		Institutional subscription fee: NT\$100	
訂閱費：每期新台幣 100 元 (國外郵資另加)			
印刷者：	吉祥數位印刷社	Print:	Ji Xiang Publishing Inc.
地址：	台南市育樂街 55 號 1 樓	Address:	1F., No.55, Yule St., East Dist., Tainan City 70145, Taiwan (R.O.C.)
電話：	(06)2368-880	Tel:	+886 6 2368-880
傳真：	(06)2345-085	Fax:	+886 6 2345-085

本刊文責由作者自負，版權概屬本會所有。未經本會同意，禁止翻印或轉載。

# 水保技術

「水保技術」四字為鄭燮墨跡。鄭燮，字克柔，號板橋，清朝官員、學者、書畫家，擅長畫竹。鄭燮為官清廉，後因老病罷官客居揚州，身無長物，僅寥寥幾捲圖書隨身，賣畫為生。鄭燮為「揚州八怪」之一，其詩、書、畫被世人稱為「三絕」，以篆、隸、草、行、楷等各種書體的字形，並以蘭草畫法入書，形成有行無列、疏密錯落的書法風格，創造了「六分半書」的書體，後人亦稱之為「板橋」體。

鄭燮注重對自然和周圍事物的觀察，師承自然，與水土保持著重於自然變化、演替、行為相同。借板橋體書本刊刊名，實有見微知著、體察民需、難得糊塗之寄情，亦是對水土保持從業人員與學者之期許。



封面介紹：福德坑溪上游野溪災害防治二期工程/109 年度優良農業建設工程獎 優等  
工程主辦單位：水土保持局台北分局 照片提供：山立工程顧問有限公司

工程特色：

- 一、二階複式鋪石及植生之護坡，並選用現地高硬度之四稜砂岩作為抗沖蝕材料，兼顧防災、生態及景觀通行等多面向需求。
- 二、強化農田取水工保護，穩固流心、控制流速、保護邊坡。
- 三、縱橫向全斷面緩坡化，增加陸域及水域生物活動空間。
- 四、高灘地整體營造，增加當地社區休憩及緩衝空間，符合公眾利益。
- 五、活化農田取水於餘水導入高灘地，增加當地兩棲類存續。

# 目錄

## 人物專訪

- 4 國立中興大學水土保持學系系主任 林德貴教授

## 學術論文

- 8 利用遊戲教學法進行土石流防災教育成效之評估  
- 李明燾 江坤豐 陳昆廷 莊純宛
- 20 添加牡蠣殼粉改善紅壤抗壓強度之探討  
- 張育維 董凱文 唐琦

## 技術論文

- 26 應用 HEC-RAS 模擬高屏溪流量對於萬大大橋之影響  
- 董凱文 邱馨標

## 技術短文

- 34 功能化植生粒劑對邊坡植生復育之效益評估  
- 簡士濠
- 36 應用地基合成孔徑雷達干涉技術於邊坡崩塌預警系統建置  
- 余騰鐸

## 評析專欄

- 38 水土保持施工期間「開發期間之防災措施」常見違規樣態、原因探討及改進芻議  
- 吳正義
- 42 工程師跨境活動的趨勢—介紹亞太暨國際工程師互認機制  
- 王祥騮

## 活動花絮

## 人物專訪

### 國立中興大學水土保持學系系主任 林德貴教授

採訪／李國正技師、吳正義技師、劉衍志技師、陳本康技師

文字整理／曾文萱

日期／2021年10月1日



資料照片：林德貴教授於 2018 年南京工業大學土木工程學系  
受邀訪問演講。

林德貴教授於國立成功大學土木工程系大地工程組碩士班畢業，並在泰國亞洲理工學院土木工程系大地工程組完成博士學位。於民國 75 年通過國家土木工程技師考試、76 年通過教育部博士公費留學考試、85 年通過國家大地工程技師考試之外，陸續於 99 年獲國立中興大學資深優良教師表揚、100 年台灣大地工程學會年度傑出研究論文獎、103 年榮獲中華水土保持學會年度學術獎。研究專長為坡地工程電腦輔助設計、坡地災害分析與整治、植生根系力學、水/土/結構互制行為數值分析、生態工程分析與設計、揚塵行為數值模擬及抑制工法研究。無論是在教學理念或是學術研究方面，都獲得高度肯定。

此次訪談過程中，林德貴教授除了在近年水土保持研究領域及產業趨勢變化等主題分享自身觀點外，致力於學術拓展與技術交流不遺餘力的他，也分享未來對水土保持技師之期許，以下為當日專訪記要：



中興大學水土保持學系是我國歷史最悠久之水土保持專門學系，培育無數水土保持領域高級人才，畢業系友遍佈產、官、學各界，請林主任談談今時今日貴學系之「教學目標」及對在學生規劃之「核心課程」有哪些？

我想「教學目標」與「核心課程」之關係密不可分，首要的教學目標即是教導學生水土保持基本理論知識，以及技術與實務上的應用。再則，水土保持本身即是跨領域的學科，未來需要跟很多不同專業領域的人合作，譬如：建築師、土木技師、水利技師...等，因此也需要培養學生團隊合作的精神與溝通協調整合能力，也因為水土災害是無分國際的，所以我們也希望學生建立水土資源保育之多元價值及國際觀，培訓學生具有國際交流的能力。另針對攻讀碩、博士學位的學生，本系則希望能培養建立其獨立研究思考的能力及分析管理能力。

然而，當專業與學術領域到達一個階段後，本系培養學生也能善盡水土保持之社會責任，從事或宣導水土資源保育重要性及減免水土災害等相關工作，期許學生從系上畢業後，都能具備以上特質與能力。



請林主任談談目前及將來「水土保持領域研究發展重點」為何？

因為水土保持本身就是一項跨領域知識與技術的學科，水土保持領域研究發展也需要產、官、學三方面互相交流合作，針對目前公部門水土保持局在水土保持領域研究發展之重點再加上自身觀點陳述，發展重點內容大致可分為以下三點：

### 一、資料整合加值與共享

水保局目前將新、舊資料做整合，建置網路查詢系統，開放搜尋在業務執行過程上會運用到之各類圖資，如：土石流潛勢溪流、山坡地範圍、特定水土保持區、降雨土壤沖蝕指數、衛星影像...等，接下來將更著重於各類圖資之加值與應用，提升各領域使用者的便利性及實用性，是未來發展的重點之一。

### 二、新、舊圖資整合應用

整合以往累積的珍貴影像圖資如：遙測影像、衛星影像DSM、雷達影像，UAV及SAR，未來我們在做研究或實務工作時，可以運用這些資料建立3D模型，應用於基本資料調查、原因分析及整治工法的規劃設計使用，像是崩塌地變化、土砂運移沖淤等，可藉由圖資應用獲得良好判釋。

### 三、數值模式與模擬技術

大規模崩塌地致災機制分析大致可分為兩種，第一種屬降雨、逕流、淺層崩塌的數值模型，第二種屬降雨、入滲、地下水、深層崩塌的數值模型，許多大規模崩塌地進行規劃設計及現地調查工作，事實上都跟降雨、入滲水、地下水變化有關，我們都知道「降雨」為誘發崩塌的主要原因之一，也有許多

探討降雨資訊之研究資料，但是「入滲」及「地下水水流」對崩塌機制之影響程度?這主題目前較少研究，因此，隨數值模式與模擬技術之進步，可針對崩塌地入滲水及地下水水流之處理，進而降低誘發崩塌作相關調查研究。

**以林主任長年於國、內外大學教經歷及觀察，國內、外水土保持相關研究及產業界是否有哪些質變?以及後續之發展方向?**

針對國內外水土保持研究，在產業界有哪些質變，以及後續的發展是什麼，我就以我從 2000 年進入水土保持系到現在，這 20 年來所觀察到的變化，大致分為以下四點，跟大家分享：

一、網路科技應用的常態化：

現在做任何的水保工作，幾乎跟網路科技有關聯，跟20年前相比，差異之一就是網路科技應用已成為工作的常態。

二、精密的硬體機械之應用：

過去測量地形，總是要翻山越嶺。但現在可以使用無人機、光達Lidar執行地形測繪，在調查設備不斷精進下，讓現地調查測量不只省力、省時更能增加精準度。

三、多功能分析設計軟體之運用：

記得剛到這系上時，加上我做的計算比較複雜，那時電腦計算速度大概要花三天至一周的時間，還要用電扇幫忙散熱。然而現在電腦計算速度已經不是問題了，加上現在處理地表水、地下水、崩塌、地滑、土砂運移、土石流等調查分析工作有許多相關高階軟體可以運用。

四、水土保持治理工法之創新與多元應用：

過去或許因專利關係，許多新整治工法應用有限，隨著專利之開放使用，如水土保持局的預鑄護岸植生工法；本系陳樹群特聘教授的可調柵欄式防砂壩工法等，加上生態工程、環境友善治理等多元價值觀念導入，工程師可依實務面觀點探討，進而充份地運用各種兼具安全及景觀生態之治理工法。

**請林主任談水土保持從業人員除應具備之專業技術外，還有哪些應加強之專業能力?**

針對產業上之從業人員我分為兩個部分，即管理者與工程師。首先，以管理者而言，跨領域的工程研討會種類眾多，雖然不一定需要實際學會操作技術，但需要長年定期吸收新知，可以多留意並出席參與，以開放的心態不斷追求成長，避免與相關領域發展脫節。其次，對工程師而言，因水土保持屬於跨領域學科，「水」即水利，「土」即土木、大地，「工程」即結構，應讓工程師加強學習相關領域專業知識、技術及應用軟體，而不單單只是做好眼前水土保持的工作，持續強化相關專業能力，工程師就能持續進步，建議大致如上。





## 最後，請林主任給我們我輩水土保持相關從業人員及技師一些期許？

若有機會的話，可以繼續升學進修，像是來本系攻讀碩博士學程就是很好的選擇!! 又或是考取其他的專業證照，多取得一項證照，也較有機會擴充其工作範圍，譬如說已經有水土保持技師證照，再多取得大地工程技師或水利工程技師證照，擁有這些相關專業領域的知識與技能，可延伸工作觸角、擴大業務範圍，再則，多報考不同類科之技師證照，在社會上除了多一點能力的肯定，在專業工作領域發展上也能多一個選擇。





## 利用遊戲教學法進行土石流防災教育成效之評估

### Effectiveness Evaluation for Education of Debris Flow Disaster Prevention Using the Game-based Learning Method

李明熹<sup>1</sup>、江坤豐<sup>2</sup>、陳昆廷<sup>3</sup>、莊純宛<sup>4</sup>

Ming-Hsi Lee<sup>1</sup>、Kun-Feng Chiang<sup>2</sup>、Kun-Ting Chen<sup>3</sup>、Chun-Wan Chuang<sup>4</sup>

1.國立屏東科技大學水土保持系 副教授

2.國立屏東科技大學水土保持系 碩士生

3.國立屏東科技大學研究總中心 助理教授級研究員

國立屏東科技大學水土保持系 兼任助理教授

4.國立屏東科技大學水土保持系 研究助理

1. Associate professor, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

2. Graduate student, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

3. Assistant Professor Rank Research Fellow, General Research Service Center, NPUST  
Adjunct Assistant Professor, Department of Soil and Water Conservation, NPUST

4. Research Assistant, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

### 摘 要

台灣近年因氣候變遷影響，降雨量及強度有增加之趨勢，造成坡地災害與日俱增，為減緩坡地災害造成之威脅，增進全民坡地防災之意識，深耕山坡地小學學童坡地防災觀念，本研究選定土石流防災教育進行遊戲教學，於2020年以屏東縣六所山坡地小學為研究對象，透過遊戲教學法，進行題目與教具設計，搭配前後測，探討學生對於土石流防災教育學習成效。結果顯示，藉由遊戲教學法，學童對土石流防災認知有顯著效果，表示遊戲教學適用於小學學童。

**關鍵字：**氣候變遷、坡地防災、土石流、遊戲教學法。

### Abstract

Due to the impact of climate change, precipitation and rainfall intensity are increasing yearly in Taiwan. Therefore, slope disasters are also more and more serious. In order to reduce the damage of the slope disaster and increase the disaster prevention awareness for the whole people, the education of debris flow disaster prevention has been selected for game teaching in this study, hope to strengthen the disaster prevention awareness for the elementary school. At present, the learning methods of



debris flow disaster pre-vention are mostly using the outdoor teaching and multimedia learning. In order to sprout the concept of debris flow disaster prevention for elementary school students of mountainous area, this study selected 349 student samples from six elementary school of mountainous area in Pingtung County to evaluate the education effectiveness of debris flow disaster prevention using game-based learning methods during 2020. Game-based learning methods used to teach debris flow disaster prevention for students by the pre-test and post-test. The results show that students have a significant effect for the knowledge of debris flow disaster prevention. It means game teaching are suitable for elementary school students of mountainous area in Pingtung County.

**Key Word:** Climate change, Slope disaster prevention, Debris flow, Game teaching

## 一、前言

臺灣位處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之交界面上，由於板塊碰撞擠壓而產生造山運動，遂造成臺灣的特殊地理環境，如山高坡陡、溪短流急及地質破碎，加上颱風豪雨以及地震頻繁，極易引發崩塌與土石流等土砂複合災害。自從1999年九二一大地震引發嚴重的山崩與地滑後，臺灣本島山河地貌巨變，土石流災害之頻率與規模亦隨之大幅提高，加上近來因颱風豪雨造成大規模土砂災害亦大多集中發生於臺灣南部地區，使得南臺灣山區的保全對象與環境受到極大威脅，亦造成經濟上社會成本的重大損失(蔡光榮，2019)。因此如何藉由推動防災教育來提升人民自主防災及耐災力，乃刻不容緩的課題。

土石流防治對策上有兩種基本思維，分為硬體減災措施與軟體防災措施，硬體減災措施是排除全部的外力因素，以消弭災害的發生；當無法達成時，控制調節其傳遞過程，或使用堅固而有效的構造物保護生活場所，如抑制工法、抑止工法；軟體防災措施是應用災害發生前的一些前兆，對生活及生產場所進行調整或組織性的疏散迴避，以防止傷亡損失，如結合地區防災計畫，辦理疏散避難規劃、演練及防災教育宣導，以達到土石流災害損失降到最低的目標，由於硬體減災措施興建成本高，也容易造成環境破壞以致許多稀有動、植物瀕臨絕種，因此，軟體防

災措施已是趨向所在(陳振宇，2008；水土保持手冊，2017)。

「防災教育」乃災害防救工作得以有效強化與落實的重要基礎(陳雅姮、劉淑惠，2016)，主要概念是減少災害發生時或是災害發生後對人類造成的損害，並非企圖控制災害發生，而是透過教育的方式，幫助學生及社會大眾養成積極的防災行為以提升民眾對災害的認識、瞭解和應變能力的重要性，在下回災害發生時，能將災害降至最低(林秀梅，2001；教育部，2003)。

聯合國教科文組織(UNESCO)和國際減災戰略秘書處(ISDR)於2006年共同發起名為「防災從學校開始」的全球防災教育活動，共同呼籲世界各國推廣學校防災教育，顯示學校防災教育的重要性及必要性；小學是國民教育的初始階段，防災的基礎知識適合從此階段開始建立，以培養學童日後健全的防災觀念，將對於未來的成長歷程有決定性的影響(李美瑩，2017；莊慶旺、張嘉麟，2005)；學童多接觸防災教育不僅可以奠定防災教育的基礎，也提升師生防災素養以自救救人並減低災害損失(陳廷甄，2011；林美瑩，2017)。由上述研究得知，防災教育及素養的提升，應該要從小學學童開始落實。

許民陽、吳惠雯等(2010)研究發現，經由自編教材教學後，學生在防災教育後測得分皆高於前測，且達到顯著差異，顯示以學童





為學習主體的土石流防災課程編制良好；陳文福、林志彥(2009)研究發現，將Google Maps應用於國中防災教育宣導中之學生，除了學會繪製土石流防災避難圖外，其對周遭的環境也更加以瞭解；鄭清江、賴彥宏(2017)研究發現，使用結合災害案例之防災教育教材，在教學成效上會有明顯的提升；李美瑩(2017)經研究發現學童高度認同兼具聽覺、視覺、讀寫及動覺的教學方式。由上述可知，多元教學方式能提高學童的專注力而樂於學習，內容需要多元而富有變化性，透過多元教學活動，能夠提升學童防災知識。

有鑑於此，本研究為了探討學童對土石流防災之瞭解，以自編防災教材，透過遊戲教學法進行土石流防災教育並且利用前、後測分析，瞭解土石流防災教育成效。讓防災觀念從小扎根，提高防災意識，使防災觀念帶入每個人生活當中，提升緊急應變能力，減少災害來臨時帶來的傷害及影響，期望學童能瞭解災害防治的重要性。

## 二、研究材料與方法

### 2.1 研究對象之選取

屏東縣屬山坡地公立國民小學之77所一至五年級學童作為研究母群體，依據「歷年違規開發情形」、「風險潛勢等級」、「歷史災害」及「辦理經驗」之四項指標採用李克特氏五點量表進行評分，各項指標說明如下：

#### 2.1.1 歷年違規開發情形

由於臺灣平地人口稠密，土地利用已達到飽和，人口不斷向山地遷移，以致山坡地大規模的開發及違規的超限利用與濫墾濫伐，忽略水土保持，導致加速災害的發生，故統計各鄉鎮近兩年(108~109)違規開發之次數，以違規開發次數來計算此項目之分數。

依據屏東縣政府水土保持科提供民國108~109年，違規「山坡地保育利用條款」之

鄉鎮進行評估，分數最高者則表示該鄉鎮在兩年內有嚴重違規開發。將違規20次以上定為5分；16至20次為4分；11至15次為3分；6至10次為2分；1至5次為1分；無違規開發情形為0分。

#### 2.1.2 土石流風險潛勢等級

土石流風險潛勢等級是依據某地區的「土石流發生潛勢等級」及「保全危害度等級」判定，表示該區所在地具有發生災害的可能性，故調查各山坡地鄉鎮的土石流潛勢溪流風險等級，以風險潛勢等級來計算此項目之分數。

依據「土石流防災資訊網」之風險潛勢等級為指標，針對屏東縣山坡地之鄉鎮為單位進行評估並將高風險評為5分；中風險為4分；低風險為3分；持續觀察為1分；無土石流潛勢溪流為0分。

#### 2.1.3 歷史災害

某地區若曾發生重大土砂災害，表示該區所在的大環境具有再次發生災害的可能性，故統計各鄉鎮近五年(104年至108年)曾發生災害之年度，以最近的災害發生年度來計算此項目之分數。

依據水土保持局重大災害事件進行評估，分數最高則表示該鄉鎮曾發生過重大土砂災害在最近五年內又再次發生災害；如將108年有災害發生之鄉鎮評為5分；107年有災害發生者為4分；106年有災害發生者為3分；105年有災害發生者為2分；104年有災害發生者為1分；五年內皆無災害發生者為0分。

#### 2.1.4 辦理經驗

某小學若在短期間內辦理水土保持校園宣導，表示該鄉鎮之學童自主防災意識較高，故調查各山坡地鄉鎮於近五年(104年至108



年)，以統計結果中最新的辦理年度來計算此項目之分數。

依據水土保持局辦理校園宣導進行評估，分數最高則表示該鄉鎮小學無辦理過水土保持校園防災宣導；將108年有辦理經驗之小學評為0分；107年有辦理經驗者為1分；106年有辦理經驗者為2分；105年有辦理經驗者為3分；104年有辦理經驗者為4分；五年內皆無辦理經驗者為5分。

最後依據各項指標得分加總後，以總分最高之前六所公立國民小學之學童作為研究對象，分析結果為第一名的草埔國小、第二名的車城國小(溫泉分校)及第三名的四所國小分別為地磨兒國小、加祿國小、牡丹國小及高樹國小，有效樣本數為349人。研究對象四項指標評分表如表1所示。本研究之研究對象分布位置圖如圖1所示。

## 2.2 教育測驗題目之設計

防災素養指標為我國防災工作與教育最高指導原則，因此各年段之教師培訓、防災教育課程、防災素養檢測題庫之編撰、調查，防災教育成效評估，皆可做為防災教育推行時的依據參考，以確保防災教育推行時，實際執行的品質與方向(林明瑞等, 2012)。本研究依據101年度校園師生防災素養檢測計畫(林明瑞等, 2012)所修訂之防災素養指標：「防災知識」對於災害認知、防災知識及應變知識；「防災態度」對於災害的警覺性、價值觀及責任感；「防災技能」對於準備活動及應變能力，依上述之三大層面來作為撰寫問卷的依據，評量卷方式採用單項選擇題方式，題型採三選一的型式，每題僅有一個正確答案，題目分別為第一題「哪些不是造成臺灣自然災害頻繁的原因」、第二題「以下哪一個

是土石流發生三要素」、第三題「請問海拔多少高度以上為山坡地」、第四題「以下哪種植物對水土保持有幫助」、第五題「以下哪些是農塘的功能」、第六題「種植哪種植物對山坡地不好」、第七題「請問這張圖片的水保設施是什麼」、第八題「預測雨量大於土石流警戒值是黃色土石流警戒值或是紅色土石流警戒值」、第九題「以下哪些是土石流災害的保全對象」及第十題「請問哪些物品會出現在防災背包裡」，防災知識題為第一題、第二題、第三題、第四題、第五題、第六題、第七題及第九題；防災態度為第八題；防災技能為第十題，教學設計遊戲名稱與前後測題目與答案如表2所示。

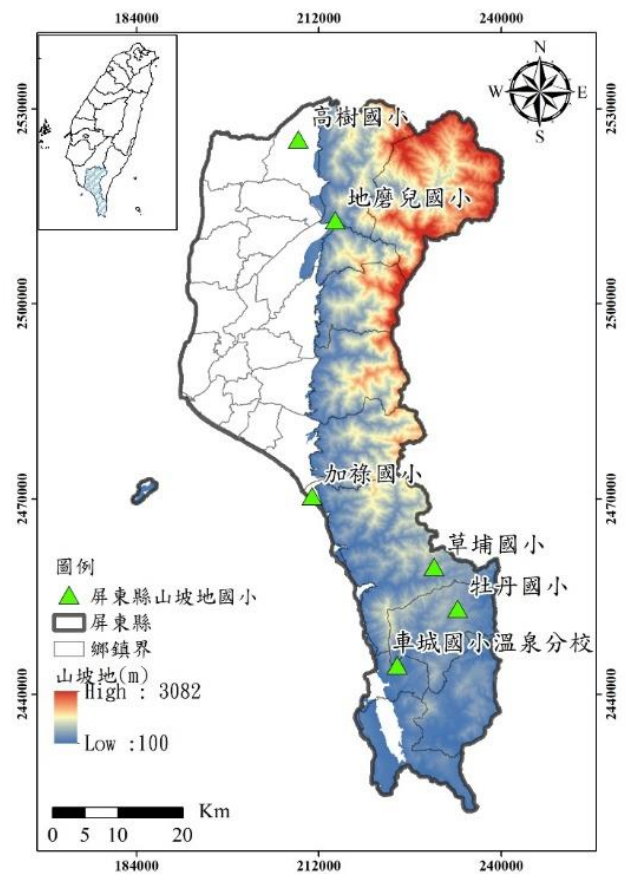


圖1 屏東縣6所山坡地國小分布位置圖

表 1 研究對象四項指標評分表

項次	鄉鎮	學校	歷年違規開發分數	風險潛勢等級分數	歷史災害分數	辦理經驗分數	總分	參加年級	學童人數(人)
1	三地門鄉	地磨兒國小	1	5	0	5	11	1-5	106
2	獅子鄉	草埔國小	5	5	3	5	18	1-5	24
3	牡丹鄉	牡丹國小	1	5	0	5	11	1-5	62
4	高樹鄉	高樹國小	1	5	0	5	11	1-5	55
5	枋山鄉	加祿國小	2	5	2	2	11	1-5	72
6	車城鄉	車城國小 (溫泉分校)	2	5	2	5	14	1-5	30

表 2 遊戲教學名稱與前後測題目

名稱	題目	答案
水保翻翻樂	哪些不是造成臺灣自然災害頻繁的原因	(1)河川短促湍急 (2)颱風侵襲 (3)雪崩*
土石流三疊杯	以下哪一個是土石流發生三要素	(1)土砂、坡度、雨量* (2)果樹、檳榔、高麗菜 (3)樹木、石頭、水
水保翻翻樂	請問海拔多少高度以上為山坡地	(1)3000公尺 (2)500公尺 (3)100公尺*
彈跳水保	以下哪種植物對水土保持有幫助	(1)在山坡地種植蔬菜 (2)多種深根植物* (3)種植檳榔
水保翻翻樂	以下哪些是農塘的功能	(1)養魚 (2)調節氣候 (3)滯洪、農業用水*
彈跳水保	種植哪種植物對山坡地不好	(1)樟樹 (2)高麗菜* (3)百喜草
水保翻翻樂	請問這張圖片的水保設施是什麼(如附圖一)	(1)防砂壩* (2)固床工 (3)攔水壩
土石流警戒基準值	預測雨量大於土石流警戒值是黃色土石流警戒值或是紅色土石流警戒值	(1)紅色警戒值 (2)黃色警戒值* (3)橘色警戒值
保全對象我最罩	以下哪些是土石流災害的保全對象	(1)媽媽、爺爺、手機 (2)玩偶、媽媽、爸爸 (3)爸爸、媽媽、奶奶*
防災小釣手	請問哪些物品會出現在防災背包裡	(1)保暖衣物* (2)故事書 (3)文具

註:\*為正確答案



圖片來源:本研究拍攝

(附圖一)



## 2.3.教學遊戲設計

本研究參考Garris et al.(2002)所提出之教學遊戲式學習模型(Input-Process-Outcome Game Model)，此遊戲模型分為三個部分，即Input、Process、Outcome。教學內容部分(Input)，各關主會以口頭的方式進行遊戲介紹及講解遊戲規則與玩法；遊戲過程部分(Process)，由學童們主導遊戲，若學童在遊戲途中遇到問題，由該關卡的關主協助學童解答遊戲問題；遊戲最後部分(Outcome)，使學童能從教學遊戲中學習到防災的知識、技能及態度。

### 2.3.1水保翻翻樂

係利用16張內容為土石流防災相關主題之詞彙作成圖卡，搭配第一題「哪些不是造成臺灣自然災害頻繁的原因」、第三題「請問海拔多少高度以上為山坡地」、第五題「以下哪些是農塘的功能」及第七題「請問這張圖片的水保設施是什麼」，本關卡旨在運用圖像遊戲讓學童翻閱的過程中認識到土石流防災的概念，加深學童對土石流名詞的印象(表3)。

### 2.3.2土石流三疊杯

係利用三要素板子以及競速疊杯，搭配第二題「以下哪一個是土石流發生三要素」，本關卡旨以簡單易懂的方式傳達土石流發生的三大要素(土多、水多及坡度陡)，解釋台灣的地質及氣候條件完全滿足，加深學童們與災害共處的意識(表3)。

### 2.3.3彈跳水保

係利用10顆乒乓及10個杯子並將深根植物、淺根植物、違法開發、暴雨及生態保育的圖片貼在杯子上，搭配第四題「以下哪種植物對水土保持有幫助」、第六題「種植哪種

植物對山坡地不好」，本關卡旨在藉由彈乒乓球遊戲教導學童水土流失的主要因素與如何作好水土保持(表3)。

### 2.3.4土石流警戒基準值

係利用雨量筒以及轉盤，搭配第八題「預測雨量大於土石流警戒值是黃色土石流警戒值或是紅色土石流警戒值」，本關卡旨教導學童認識土石流警戒基準值的發布與作為，在必要時能夠自主疏散避難，以達到最低的災害與傷亡(表3)。

### 2.3.5保全對象我最單

係利用七組組裝套圈圈並且把保全對象貼在柱子上，本關卡旨在引導學童瞭解到土石流災害發生時影響範圍內的哪些人是保全對象(表3)搭配第九題「以下哪些是土石流災害的保全對象」。

### 2.3.6防災小釣手

係利用拼圖軟墊、保麗龍及魚竿，並將醫療用品、貴重物品、隨身衣物等裝備與設備貼在保麗龍上，搭配第十題「請問哪些物品會出現在防災背包裡」，本關卡旨在學童能說出防災物品的功用並且在避難時能夠分辨攜帶哪些物品(表3)。

## 2.4.教學遊戲設計評量分析方法

本研究利用Cronbach  $\alpha$  係數作為內部一致性之信度考驗，一般而言，全體量表之總信度應在0.7以上；若是信度低於0.35便須加以拒絕，經統計分析所得  $\alpha$  係數為0.774，成效評估問卷有不錯的信度。土石流防災評量卷回收後，即進行整理工作，刪除填答不完整之廢卷，並將資料輸入電腦，再以SPSS軟體進行變異數分析及成對樣本t檢定。公式如下：



$$\alpha = \left[ \frac{k}{k-1} \right] \left[ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2} \right] \quad \text{式(1)}$$

其中， $\alpha$  為估計的信度； $k$  為題數； $s_i^2$  為每一題目分數的變異數； $s^2$  為測驗總分的變異數。

$$s^2 = \frac{s}{\bar{x}} \quad \text{式(2)}$$

其中， $S^2$  為變異數； $s$  為標準差； $\bar{x}$  為平均值。

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d/\sqrt{n}} \quad \text{式(3)}$$

其中， $t$  為相依樣本  $t$  檢定； $\bar{d}$  為成對或相關觀測資料間差異的平均值； $S_d$  為成對或相關觀測資料間差異的標準差； $n$  為成對觀測資料的數量。

表 3 遊戲教學設計與教學教具

名稱	照片	玩法
水保翻翻樂(Memory game of soil and water conservation)		將學童分成兩組進行競賽，使兩張相同卡片配對即可完成，最快配對成功的組別獲勝
土石流三疊杯(Sport stacking game of three cups for debris flow formation)		將學童分成兩組進行競賽，使兩個杯子呈現重疊即可完成，最快完成的組別獲勝。
彈跳水保(Bounce game of soil and water conservation)		將學童分成兩組進行競賽，採一對一競賽，每人給於 5~10 球(依學童人數而定)，以球進到最多正確答案的組別獲勝。



表 3 遊戲教學設計與教學教具(續)

名稱	照片	玩法
<p>土石流警戒基準值 (Rainfall threshold value for debris flow warning)</p>		<p>將學童分成兩組進行競賽，請學童轉動輪盤到停止的山坡地鄉鎮後，查土石流警戒基準值表，再將該警戒值雨量加入至雨量筒內即可過關，最快完成的組別獲勝。</p>
<p>保全對象我最罩 (Ringtoss game of protected objects for debris flow)</p>		<p>將學童分成兩組進行競賽，採一對一競賽，每一個小朋友各有7個圈圈(按顏色分組)，兩人同時進行套圈圈，以套入最多正確答案的組別獲勝。</p>
<p>防災小釣手(Fishing game of disaster prevention for debris flow)</p>		<p>將學童分成兩組進行競賽，在時間內利用魚竿釣起軟墊裡的物品，需釣起10個不一樣的物品，最快完成的組別獲勝。</p>

## 三、結果與討論

### 3.1 遊戲教學法成效之評估

從表4各所小學對於土石流防災認知前後測平均答對率之t檢定分析結果得知，學童

在經過教育宣導前的測驗平均答對率約為60%左右，顯示六所小學學童皆具備基本的土石流防災相關知識，透過遊戲教學設計宣導之後，平均答對率皆提升至九成以上。依據上述分析結果得知，藉由遊戲教學設計確實





能有效增進土石流防災教育之成效。成對樣本t檢定分析結果顯示，六所國小之 $\rho$ 值(顯著水準)均小於0.05，換句話說，前後測成績具有顯著之差異。六所小學在進行遊戲教學前，平均答對率的表現以高樹國小之66%最高，車城國小56%最低，經過遊戲教學後，六所小學平均答對率皆顯著提升，高樹國小由66%提升至99%，草埔國小與牡丹國小分別由65%提升至96%及99%，地磨兒國小由63%提升至97%，加祿國小由60%提升至97%，車城國小由56%提升至97%，經過遊戲教學後，進步幅度以車城國小提升之41%最高，牡丹國小及地磨兒國小提升34%次之。由上述分析結果發現，遊戲教學法能有效提升小學學童對土石流防災知識的學習動機。

### 3.2 題目設計之檢討

變異數描述的是離散程度，也就表示學童對題目的理解程度。變異數較低代表學童對此題目有相當程度的理解，變異數較高則表示學童對題目較不熟悉。針對小學學童前後測答題結果進行變異數百分比計算，由題目變異數百分比可知，離散程度較大的題目

為第三題、第七題及第八題；其餘題目之變異數百分比離散程度較低(如表5所示)。接著利用變異數百分比離散程度較大之題目進行分析，探討學童對於題目的理解程度，第三題「請問海拔多少高度以上為山坡地」，答案為「100公尺以上」，此題推測小學學童可能因為不明白山坡地的定義，在既有的印象是海拔高度越高越接近山坡地，變異數百分比為125%。第八題「預測雨量大於土石流警戒值是黃色土石流警戒值或是紅色土石流警戒值」，答案為「黃色警戒值」，推測可能原因在於小學學童沒接觸過此類型防災資訊，學校教導的土石流防災是以最基本之常識為準，所以對於土石流紅黃警戒發布及疏散避難較不清楚，變異數百分比為109%。第七題「請問這張圖片的水保設施是什麼」，答案為「防砂壩」，推測可能原因在於學童不瞭解圖片中的構造物，也不清楚構造物的實際功能情況，題目選項中又有攔水壩之項目已進行混淆，變異數百分比為51%。由上述檢討題目結果發現，學童雖已具備粗淺的土石流防災知識，但對於較進階的土石流防災知識，仍需有待加強。

表 4 土石流防災認知評量之統計分析

學校名稱	人數		平均 答對率(%)	標準差	T值	顯著性
草埔國小	24	前測	65	0.34	-2.89	*
		後測	96	0.04		
高樹國小	55	前測	66	0.36	-2.87	*
		後測	99	0.01		
車城國小 (溫泉分校)	30	前測	56	0.38	-2.87	*
		後測	97	0.04		
牡丹國小	62	前測	65	0.40	-2.61	*
		後測	99	0.01		
加祿國小	72	前測	60	0.42	-2.72	*
		後測	97	0.04		
地磨兒國小	106	前測	63	0.33	-3.11	*
		後測	97	0.03		

註:\*代表  $\rho < 0.01$



表 5 土石流防災認知評量變異數分析

題目		答對率(%)	前後測 標準差(a)	前後測 平均(%) (b)	變異數(%) [(a/b)*100%]
第一題	前測	84	0.08	90	9
	後測	96			
第二題	前測	60	0.28	80	34
	後測	99			
第三題	前測	6	0.65	52	125
	後測	99			
第四題	前測	97	0.01	98	1
	後測	99			
第五題	前測	81	0.12	89	13
	後測	97			
第六題	前測	64	0.22	80	28
	後測	95			
第七題	前測	46	0.36	71	51
	後測	97			
第八題	前測	13	0.62	56	109
	後測	100			
第九題	前測	88	0.08	94	9
	後測	100			
第十題	前測	95	0.03	98	3
	後測	100			

## 四、結論與建議

本研究以屏東縣六所山坡地的小學學童為研究對象，透過教學，結論與建議，說明如下：

1. 透過遊戲教學設計，六所小學學童對土石流防災認知均有顯著效果，學童在「防災認知」平均得分率由前測的60%提升至九成以上，表示遊戲教學能適用於小學學童，教具可有效協助學童進行土石流防災知識教學，達到學習成效。
2. 本研究依據行政院農業委員會水土保持局出版之水土保持環境教育教學活動手冊

(一)(2015)中所提之二大主題分別為「保育水土資源涵養水源」及「避免災害」研發出六款土石流防災遊戲與教具；根據101年度校園師生防災素養檢測計畫(林明瑞等，2012)所修訂之防災素養指標：「防災知識」、「防災態度」及「防災技能」作為撰寫問卷之依據研發出10題土石流防災題目。

3. 建議可以增加「防災態度」及「防災技能」題目數量，方能看出學童對於哪個面向較為不熟悉，才能瞭解學童後續需加強哪個面向。
4. 建議後續可以擴大研究規模與範圍，增加研究樣本人數，已得到更佳且更具代表性的研究效度。





## 參考文獻

- 1.行政院農業委員會水土保持局 (2015),「水土保持環境教育教學活動手冊(一)」,行政院農業委員會水土保持局,臺灣,17-169。(Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan. (2015) SOIL and WATER Conservation Environmental Education Activity Book I, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan.,Taiwan,17-169.
- 2.李美瑩(2017),「多元輔助教學對提升土石流防災教育學習成效之研究」,國立中興大學水土保持學系碩士學位論文。(Lee, M.Y. (2017). Multi discipline aided teaching to promote the learning efficiency in disaster prevention of debris flow education, Master Thesis, National Chung Hsing University, Taiwan, ROC. (in Chinese))
- 3.陳廷甄 (2011),「土石流防災教育活動成效之研究-以921地震教育園區為例」,國立臺中教育大學環境教育及管理研究所碩士論文。(Chen, T.C.(2011).A performance research og disater activities for mudslide disaster mitigation education----a case study of 921 Earthquake Museum of Taiwan, Master Thesis, Master Program of Environment Education and Management, Taiwan, ROC. (in Chinese))
- 4.林秀梅 (2001),「國民中學防震教育課程概念分析」,國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。(Hsiu, M.L.(2001).A Study of Seismic Hazard Mitigation Teaching in Junior High Schools, Master Thesis, National Taiwan University, Taiwan, ROC. (in Chinese))
- 5.林明瑞、孔崇旭、楊鈞嵐 (2012),「101年度校園師生防災素養檢測計畫」,教育部資訊及科技教育司,臺北市,教育部。(Lin, M.R., Koong, C.S., and Yang,C.L. (2012). “The 2012 plan for testing of disaster prevention literacy of teachers and students at all levels” Department of Information and Technology Education, Ministry of Educa-tion,Taipei City,Ministry of Education.
- 6.蔡光榮、謝正倫、陳怡睿、江介倫、李明熹、楊翰宗 (2019),「全球氣候變遷對南台灣偏遠山區聚落環境安全之衝擊影響與防減災策略之調適」,108年科技部自然科學及永續研究發展司防災學門計畫成果研討會論文集,11月28日,臺北,臺灣,61-63。(Cai, G.R.,Xie,Z.L.,Chen,Y.R.,Jiang,J.L.,Lee,M.H., and Yang, Z.H. (2019). “ Study on the Characteristic Variation of River Erosion and Deposition and the Safety Refuge Strategy of Riverbank Terrace Caused by Secondary Sediment Disasters under the Extreme Rainfall Events ” Proceedings of the Symposium on Disaster Prevention Program Achievements of the Department of Natural Science and Sustainable Research and Development, November 28,Taipei,Taiwan,61-63.
- 7.莊慶旺、張嘉麟 (2005),「國小學生對土石流的認知之調查研究」,台中教育大學學報:數理科技類,19(2),35-51。(Chuang, C.W., and Chang, J.L. (2005). “ A Survey for Elementary Students’ Cognition of Debris Flow. ” Journal of National Taichung University: Mathematical Technology,19(2),35-51. (in Chinese))



8. 陳文福、林志彥 (2009), 「Google Maps 應用於國中坡地防災教學之研究-以台中縣外埔國中為例」, 坡地防災學報, 8(1), 51-66。  
(Chen, W.F., and Lin, Y.L. (2009). "Study of Applying Google Maps on Slope Disaster Prevention Teaching in Junior High School-Waipu Junior High School of Taichung County as an Example." Journal of Slope and Hazard Prevention, 8(1), 51-66. (in Chinese))
9. 教育部 (2003)。國民中小學九年一貫防災課程綱要。臺北:教育部。(Ministry of Education (2003). Grade 1-9 Curriculum Guidelines., Taipei: Ministry of Education.
10. 陳雅紋、劉淑惠 (2016), 「日本幼兒防災教育初探」, 地理研究, 64, 69-89。(Chen, Y.W., and Liu, S.H. (2016). "Disaster Prevention Education for Young Children of Japan." Journal of Geographical Research, 64, 69-89. (in Chinese))
11. Le Bissonnais, Y. (1996), "Aggregate stability and assessment of crustability and erodibility: 1. Theory and methodology", European Journal of Soil Science, Vol. 47, No. 4, pp. 425-437.
11. 許民陽、吳惠雯、王郁軒 (2010), 「以學生為學習主體的國小高年級土石流防災課程教學研究」, 課程與教學季刊, 13(1), 233-260。(Hsu, M.Y., Wu, H.W. and Wang, Y.H. (2010) "A Study on a Learner-centered Teaching Program of Debris Flow Disaster Prevention for High Graders in a Primary School" Association for Curriculum and Instruction, Taiwan, R.O.C, 13(1), 233-260. (in Chinese))
12. 鄭清江、賴彥宏 (2017), 「結合災害案例之國小颱風防災教育教材及成效調查研究」, 華梵藝術與設計學報, 12, 32-47。(Jeng, C.J. and Lai, Y.H. (2017) "A study on the effectiveness of typhoon disaster prevention teaching material with calamity cases research in primary school" Journal of Art and Design of Huaan University, 12, 32-47. (in Chinese))
13. 陳振宇 (2008), 「土石流防災疏散避難演練」, 農政與農情, 191(5), 6。  
(Chen, C.Y. (2008) "Debris flow disaster prevention evacuation and evacuation drill" Agricultural Policy and Agricultural Conditions, 191(5), 6.
14. 行政院農業委員會水土保持局 (2017), 「水土保持手冊」, 行政院農業委員會水土保持局, 臺灣, 17-169。(Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan (2017) Soil and Water Conservation Hand-book, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, 17-169.
15. Rosemary Garris, Robert Ahlers, and James E. Driskell (2002). "Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model" Simulation & Gaming, 33(4): 441-467.





## 添加牡蠣殼粉改善紅壤抗壓強度之探討

### Discussion on adding oyster shell powder to improve the compressive strength of Laterite

張育維<sup>1</sup>、董凱文<sup>1</sup>、唐琦<sup>2\*</sup>  
Yu-wei Chang<sup>1</sup>、Kai-wen Tung<sup>1</sup>、Chi Tang<sup>2\*</sup>

1.國立屏東科技大學水土保持系 碩士

2.國立屏東科技大學水土保持系 副教授（通訊作者 E-mail: tangchi@npust.mail.edu.tw）

1. Graduate student, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

2. Associate professor, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

#### 摘要

本研究針對屏東縣內埔鄉老埤系紅壤，以不同重量百分率之牡蠣殼粉，進行紅壤抗壓強度改善，經本研究初步試驗結果顯示：牡蠣殼粉添加重量百分率為0、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5、0.6%配合拌合紅壤，在連續7天澆灌之自然沉陷處理後，經28天後之抗壓強度測定其抗壓強度分別為3.9、4.3、4.8、5.2、5.8、5.9、25.3、4.8 kgf/cm<sup>2</sup>，顯示添加0.5%之牡蠣殼粉於紅壤可顯著提升其抗壓強度，此有利提供牡蠣殼粉使用於農路鋪面。

**關鍵字：**牡蠣殼粉、抗壓強度、紅壤

#### Abstract

This study is aimed at the Laterite of Neipu Township, Pingtung County Laopei Series, using different weight percentages of oyster shell powder to improve the compressive strength of the Laterite. The primarily results had shown as the compressive strength of oyster shell powder added into Laterite after 28 days, and is changed as follows: under natural settlement with once a day for a week in spraying water, the added weight ratio of oyster shell powder was 0, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5 and 0.6%. The results had shown as follow: The compressive strength beyond 28 days was 3.9, 4.3, 4.8, 5.2, 5.8, 5.9, 25.3 and 4.8 kgf/cm<sup>2</sup>. To added 0.5% oyster shell powder in the Laterite could achieve the significant improvement of compressive strength, and then it could be applied for farm road pavement.

**Key Word:** Oyster shell powder、Compressive strength、Laterite



## 一、前言

近年來因環保意識及永續發展意識抬頭，使得更多人對於綠色化學議題更加地重視。臺灣介於熱帶與亞熱帶，因此氣候高溫多雨，土壤淋洗強烈，再加上耕作面積小，農民普遍實施集約耕作及長期大量的施用產酸肥料，使得土壤中的鹼性(鹽基)離子(如鉀、鈣及鎂等)被大量淋洗，造成土壤酸化情形當以土壤改良劑(Soil conditioner)除可以改善土壤理化性質，亦能防止土壤沖蝕、降低土壤水分流失、提高土壤肥力，並促使植物生長等效能。其中，石灰即常用於土壤改良，能改善土壤的pH值，同時能有效增加其土壤力學性質，比對於偏強酸之紅壤，多有採用。

臺灣西南沿海的養殖業以牡蠣為主要水產養殖物，每年產生廢棄牡蠣殼重量高達20萬公噸以上，牡蠣經獲取後之殼身多未再進行利用，當成為農業廢棄物，除了造成環境髒亂，且易有蚊蟲孳生，在現今環保意識抬頭，注重環境永續利用，若將富含石灰(碳酸鈣)且費用價廉之牡蠣殼做為土壤改良劑使用於酸性土壤之區域，則藉助石灰具鹼性條件可有利酸性土壤維持在弱酸或中性。此外，牡蠣殼粉另具有改良鋪面級配使土壤乾密度增加以達到穩定土壤，適用一般土建工程；又添加牡蠣殼粉至黏質壤土如紅壤，已有改善穩定土壤質地之效；故牡蠣粉應可作為優良的土壤穩定材料。如陳慧姍(1999)研究將不同粒徑之牡蠣殼與紅土混合成9種配比，其中牡蠣殼含量為0~40%，從微觀離子交換土壤穩定的原理與電子顯微攝影結果證實牡蠣殼不具有類似石灰般穩固土壤之效果。李哲榮(2004)每年產生廢棄牡蠣殼，因其附加價值並不高，大都任意丟棄，造成嚴重的環保問題；牡蠣殼經過適當處理後，期能有效地

做為水泥膠結材料使用，以達到廢棄牡蠣殼資源化效用。褚炳麟(2014)臺灣地區紅土之塑性指數大致介於0~40之間，自北而南分佈範圍相當廣闊，且近年來逐漸普遍地應用於各項重大工程建設中。

吳宗興(1980)研究以牡蠣殼粉分別與粘土、坩土、砂土依0%、2%、4%、6%、8%、10%重量比混合製成試體，此等土壤經牡蠣殼粉穩定處理後，其抗壓強度都提高，尤以粘土為甚。故當從事農業生產時，長需闢設作業道及農路等，若於具酸性之紅壤地區施作農路，應可以採用與石灰相近之牡蠣殼來增加作業道及農路等鋪面之抗壓強度。而江宇祥(2014)在不飽和夯實紅土之視凝聚力與剪力強度特性研究中結果顯示，不飽和夯實紅土之無圍壓縮強度與基質吸力呈正向關係，但乾化路徑的強度變化斜率大於濕化路徑的變化。

故本研究嘗試添加不同重量百分率之牡蠣殼粉於臺灣南部坡地常見紅壤，藉測定及探討其土體抗壓強度之提昇，以提供農業經營之作業道及農路鋪面改良等研究參考。

## 二、研究區域及材料、方法

### 2.1 研究區域與地形概況

本研究土壤採集位置於屏東縣內埔鄉老埤村(120°36'36"~38" E; 22°38'38"~40" N)，高程約100 m，區域內紅壤為第四紀洪積母質紅壤，土壤酸鹼度(pH)介於3.5至4.5，呈現強酸狀態。紅壤大都發育於礫石層的頂部，且有向上逐漸變成紅壤的傾向，故礫石層上方之土壤大都呈現紅色，土壤剖面質地以砂質粘壤土及壤土為主，土壤顏色呈棕色至紅棕色，表面有機質含量約在3%左右。

## 2.2 研究材料

試驗期間2019年3月至2020年4月，針對屏東老埤系紅壤添加0、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5、0.6%等8種不同重量百分率之牡蠣殼粉，藉以改善紅壤抗壓強度，測試期距採用7、14及28天，以山中式硬度計進行測定，並將測定值經轉換以得知其抗壓強度變化。

## 2.3 研究區紅壤基本性質

本研究於紅壤樣區擇取未耕作田間採集地表土層深度15cm內之表土，先篩除土樣中礫石及植物根系等雜物後，再將土樣經過自然風乾，並過網目2 mm篩網，以取得供試土壤。同時，針對供試土樣進行酸鹼度、電導度、有機質含量、總體密度、顆粒密度、水力傳導度、土壤質地等理化特性分析，相關測定過程敘述如後：

1. 土壤酸鹼值(pH)：採取定量土壤溶液以玻璃電極法直接測定(McLean, 1982)。
2. 土壤有機質(Organic matter)：採用Walkley-Black濕式氧化法測定有機碳(Soil organic carbon)含量。
3. 總體密度(Bulk density)：依據Blake and Hartge(1986)所提土環法，採用直徑及長度均為5cm之不銹鋼管，至現地貫入地表土層，取回供測定。
4. 顆粒密度(Particle density)：比重瓶法(Blake and Hartge, 1986)
5. 土壤質地分析(Soil texture analysis)：採取比重計法，分別測定土樣之砂質土、粉質土及粘質土之比例，再依據美國農部(USDA)之分類系統判別土壤質地。

6. 土壤電導度(Soil Electrical Conductivity)：採取定量土壤溶液以飽和土糊萃取法進行測定(Rhoades, 1982)。

紅壤供試土樣理化特性整理如表1。

表1 研究區實驗用土樣之理化特性

特性	數值	質地
顆粒密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.68	
總體密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.31	
砂粒(%)	36.1	
粉粒(%)	37.6	
粘粒(%)	26.3	粘質壤土 (Clay loam)
pH 值	4.4	
電導度(mS/cm)	0.45	
有機質含量(%)	0.98	
土壤水力傳導度(cm/hr)	0.005141	

## 2.4 實驗方法

本研究至臺灣彰化沿海牡蠣養殖漁場，收集廢棄牡蠣殼，攜回研究室後，先經清洗水洗滌共3次，藉以去除鹽分對紅壤之力學性質影響，經風乾後再行研磨成粉末狀，並通過#100篩網，始為供試添加牡蠣殼粉。牡蠣殼粉施用量係依農地土壤施用石灰建議量進行估算，其過程整理如下：

供試牡蠣殼粉經鍛燒以去除二氧化碳而成為氧化鈣，再就粉末添加逆滲透(RO)水，分別以pH儀直接測定其酸鹼度結果為8.89。參考類似以飽和土糊萃取法將鍛燒後牡蠣殼粉末加入RO水後，以電導度計進行測定結果為10.54 mS/cm。再依據一般植物適合生長之土壤pH值為5.5-7.5(本研究採用6.5)；Hardy及Lewis測定法就牡蠣殼粉中之Ca(OH)<sub>2</sub>成份進行石灰建議量估算，得知2.5 kg供試土樣可添加10.3 g牡蠣殼粉，意即石灰重量百分率為0.4%。接著以此重量百分率為基準進行調整，共選定：0、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5及0.6%共8種不同重量百分率，其中0%為未添加牡蠣殼粉之對照組。



供試牡蠣殼粉以前述不同重量百分率添加於土樣，經充份混合後，即充填至內徑8"及高度20 cm之封底PVC管，採3重複，管底有鑽孔以利水分滲漏。第1週於每天均噴水於管內土樣至出現重力水為止，第8天起即停止噴水，藉以使土樣達到水分飽和狀態，並達到自然沉降密實，期能模擬自然狀態下之農場田間表土層。並分別於第7天、14天及28天以山中式硬度計對管內土樣表面進行硬度測試，再將各硬度測值進行抗壓強度轉換，藉以後續分析。

### 三、結果與討論

#### 3.1 供試紅壤添加牡蠣殼粉後之pH值變化

本研究為了解不同重量百分率之牡蠣殼粉添加於供試紅壤後之pH值變化，採用8種不同重量百分率之牡蠣殼粉進行添加，相關結果經整理並繪如圖1。

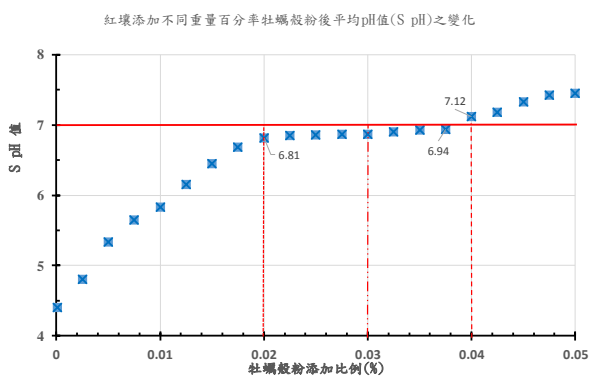


圖1 供試紅壤添加牡蠣殼粉(Pos)後之pH值變化

由圖 1 可知，以牡蠣殼粉不同重量添加比例於紅壤後，將使得土壤 pH 值 5.5- 7.5 間有呈現正相關對數遞增之趨勢，圖中可見當添加少量牡蠣殼粉後之土壤 pH 值，即有增

加，並在添加 0.35%牡蠣殼粉後之土壤 pH 值可達到 7。而土壤 pH 值與添加牡蠣殼粉重量百分率二者間之關係式(如式 1)，式中可見二者間之相關係數為 0.93，已達到 1%之顯著水準，顯示添加牡蠣殼粉改變紅壤之 pH 值間具有密切相關性，意即其有助於改善紅壤偏酸特性；式中，可知當供試土樣添加牡蠣殼粉，可改善紅壤偏酸特性，當添加量遞增至 0.28~0.38%時之土壤 pH 值接近 7，隨後當再增加牡蠣殼粉重量百分率至 0.5%，可見土壤 pH 值僅增加至 7.5，據此可知，就牡蠣殼粉改善紅壤酸鹼度至中性，其最適之添加比例應為 0.3~0.4%。

$$pH=0.56\ln(Pos)+8.83, R^2=0.86, d.f.=20. \quad (1)$$

#### 3.2 供試紅壤添加牡蠣殼粉之抗壓強度分析

將各不同重量百分率之牡蠣殼粉添加於供試紅壤後，第 7 天、14 天及 28 天之抗壓強度變化繪如圖 2~4。

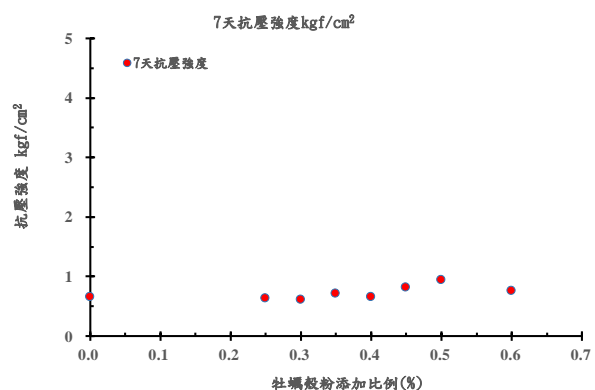


圖2 供試紅壤添加牡蠣殼粉於第7天後之抗壓強度變化

由圖 2 所示，以各不同重量百分率之牡蠣殼粉添加於紅壤在 7 天後之抗壓強度均低於 1 kgf/cm<sup>2</sup>，此顯受土體水分含量偏高而造





成土體呈現膨脹狀態，但是供試紅壤在添加不同重量百分率的牡蠣殼粉後，於各土樣抗壓強度間仍有隨牡蠣殼粉添加而呈現略為遞增趨勢。其中，未添加牡蠣殼粉之土樣，其抗壓強度為  $0.65 \text{ kgf/cm}^2$ ，表示紅壤經擾動及經過連續 7 天充分溼潤後之土體抗壓狀態。而添加量在  $0.45\%$  以上時之抗壓強度則已達  $0.93 \text{ kgf/cm}^2$ ，有略增之趨勢。

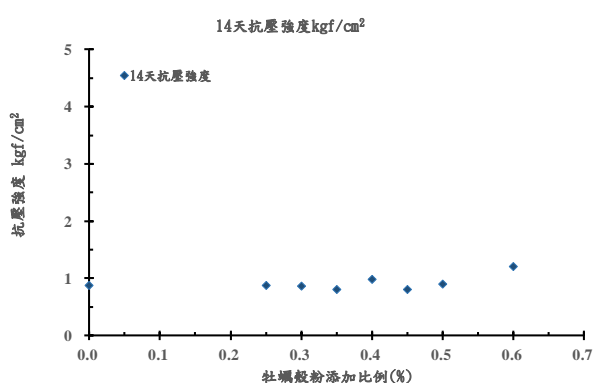


圖3 供試紅壤添加牡蠣殼粉於第14天後之抗壓強度變化

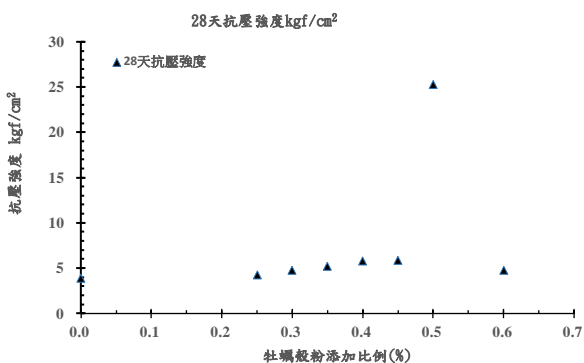


圖4 供試紅壤添加牡蠣殼粉於第28天後之抗壓強度變化

由圖 3 所示，以牡蠣殼粉添加於紅壤在 14 天後之抗壓強度相較前者 7 天後之抗壓強度稍增趨勢，除土樣添加  $0.6\%$  牡蠣殼粉之抗壓強度超過  $1 \text{ kgf/cm}^2$ ，餘者各不同添加百分率接近  $1 \text{ kgf/cm}^2$ ，而各土樣抗壓強度間仍有隨牡蠣殼粉添加而呈現略為遞增趨勢。另由

圖中可知，當擾動紅壤後以不同百分率牡蠣殼粉進行添加，於 2 週後之抗壓強度約為  $0.8-1.20 \text{ kgf/cm}^2$ ，顯示土體表層受水分含量偏高下，仍屬鬆散狀態，此不利輾壓。

由圖 4 所示，紅壤添加不同百分率牡蠣殼粉於第 28 天後之抗壓強度已明顯增加，均能大於  $4 \text{ kgf/cm}^2$ ，且各土樣抗壓強度間仍有隨牡蠣殼粉添加而呈現略為遞增趨勢。然對照未添加牡蠣殼粉之土樣，其抗壓強度為  $3.9 \text{ kgf/cm}^2$ ，則本研究針對紅壤所擇定添加百分率之牡蠣殼粉並未明顯增加其土體抗壓強度；又在添加  $0.5\%$  牡蠣殼粉之抗壓強度則明顯增加至  $25.3 \text{ kgf/cm}^2$ ，此應係該土樣表層內牡蠣殼粉受土體毛細作用影響，使土樣表面呈現絮聚現象而有促進密實狀態所致。另再對照添加  $0.6\%$  牡蠣殼粉之抗壓強度又驟降至  $4.8 \text{ kgf/cm}^2$ ，僅較未添加牡蠣殼粉之土樣者多  $0.9 \text{ kgf/cm}^2$ ，由此初步推知，紅壤添加牡蠣殼粉增加其抗壓強度，應有一較佳百分率。

綜觀上述，依據水土保持手冊就植物根系生長一般的土壤硬度所對應抗壓強度約為  $1.4$  至  $13.97 \text{ kgf/cm}^2$ ，則本研究所擇定牡蠣殼粉添加百分率，應未影響紅壤擾動後之地表植被恢復；而在土體抗壓強度達到  $25 \text{ kgf/cm}^2$  時，應可使小型農機具於輾壓土體表面後而不出現車轍情形。

#### 四、結論

根據以上結果討論，獲致結論如下：

1. 老埤系紅壤添加不同重量百分率之牡蠣殼粉，在土壤 pH 值在 7.5 以下，二者間具有正相關遞增趨勢，其關係式如下：

$$\text{pH} = 0.56 \ln(\text{Pos}) + 6.25, \quad r=0.93, \quad \text{d.f.}=20.$$



- 2.紅壤擾動後有添加0、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5及0.6%共8種不同重量百分率之牡蠣殼粉，其土樣抗壓強度間仍有隨牡蠣殼粉添加而呈現略為遞增趨勢。
- 3.紅壤擾動後有添加牡蠣殼粉，在經1週於每天以水分噴灑達到完全溼潤下，分別於7天及14天之平均抗壓強度達到1 kgf/cm<sup>2</sup>，顯示土體呈現鬆散狀態，此不利輾壓。
- 4.紅壤擾動後有添加牡蠣殼粉於28天後之土樣抗壓強度僅相較未添加牡蠣殼粉之土樣者多0.4~2 kgf/cm<sup>2</sup>，則本研究擇定之牡蠣殼粉添加百分率，初步未明顯增加其土體抗壓強度，然在添加0.5%牡蠣殼粉之抗壓強度有達到25.3 kgf/cm<sup>2</sup>。據此可知，紅壤添加牡蠣殼粉增加其抗壓強度，應有一較佳百分率。

## 五、致謝

本文得以順利完成，感謝全弘土木包工業協助製作試體模及土壤採樣，立勝實驗室協助提供實驗環境及設備操作，以及本研究室研究助理張文齊、張連財協助實驗準備及記錄，在此謹申謝忱。

## 六、參考文獻

- 1.陳慧珊，利用廢棄牡蠣殼改良林口紅土之工程性質研究，國立海洋大學碩士論文，台北，(1999)。
- 2.李哲榮，牡蠣殼粉資源化做為水泥膠結材料之研究，國立臺灣海洋大學碩士論文，台北，(2005)
- 3.褚炳麟，未飽和紅土之濕陷特性研究(II)，(2013)，部份飽和紅土之抗剪強度特性研究(III)，國立中興大學，(2014)。
- 4.吳宗興，牡蠣殼粉對各種路基土壤的穩定處理研究，國立成功大學碩士論文，台南，(1980)
- 5.江宇祥，在不飽和夯實紅土之視凝聚力與剪力強度特性，國立臺灣科技大學碩士論文，臺北。(2014)
- 6.Wang, C. C., J. H. S. Kung, C. Y. Liao, and H. D. Lin. 2010. Experimental Study on Matric Suction of Unsaturated Soil upon Drying and Wetting."Proceedings of 3rd International Conference on Problem Soils: 345-352.,
- 7.Lin, H. D., C. C. Wang, and J. H. S. Kung. 2015."Wetting and Drying on Matric Suction of Compacted Cohesive Soil."In Proceedings of the 25th International Offshore and Polar Engineering Conference (with CD-ROM) 2: 1069-1075.
- 8.Blake,G. R., and Hartge, K.H.,(1986a) Bulk density, In A. Klut et al.(ed.) Methods of soil analysis, Part 1. Physical and Mineralogical methods-Agronomy monograph No. 9. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 363-375.
- 9.Blake,G. R., and Hartge, K.H.,(1986b) Particle density, In A. Klut et al.(ed.) Methods of soil analysis, Part 1. Physical and Mineralogical methods - Agronomy monograph No. 9. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 377-381.
- 10.Kwon, H. B., Lee, C. W., Jun, B. S., Yun, J. D.,Weon, S. Y., and Koopman, B., (2004) " Recycling waste oyster shells for eutrophication control," Resources, Conservation & Recycling , 41: 75-82.



## 應用 HEC-RAS 模擬高屏溪流量對於萬大大橋之影響

### Applying HEC-RAS to simulate the impact of Gaoping Stream flow on the Wanda Bridge

董凱文<sup>1</sup>、邱馨標<sup>2\*</sup>

Kai-wen Tung<sup>1</sup>、Hsin-Piao Chiu<sup>2\*</sup>

1.國立屏東科技大學水土保持系 碩士生

2.國立屏東科技大學 土木工程系 博士生 (通訊作者: vincent17935@gmail.com)

1. Graduate student, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

2. PhD student, Department of Civil Engineering National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

#### 摘要

高屏河流域上重要河川橋之橋基及其保護工的災害分析，國內橋樑常遭遇受損原因可大致分為：砂石開採、一般沖刷、局部沖刷、束縮沖刷或保護工分離、固床工跌水沖刷、大尺度二次流侵蝕、通洪斷面或寬度不足、泥石流或漂流木之撞擊與磨損、位於河川彎道處或滙流挑水效應、軟岩之風化與沖蝕、橋樑基樁貫入深度恐有相對不足或裸露等因素。

本文針對河川流量通過橋樑時，在橋樑斷面上游所造成之水面線壅高情形，應用 HEC-RAS 作一維之數值模擬分析，提供橋樑設計之相關工程師作為參考。並以 HEC-RAS 來模擬水位變化情形並評估對橋樑、堤防安全等影響。

**關鍵字：**沖刷、模擬分析、HEC-RAS

#### Abstract

The disaster analysis of the bridge foundations of important rivers and bridges in the Gaoping River Basin and their protection works shows that the causes of damage to domestic bridges can be roughly divided into: sand and gravel mining, general scouring, local scouring, shrinkage scouring or separation of protection workers, and solidification. Bed work falling water erosion, large-scale secondary flow erosion, insufficient flood section or width, impact and abrasion of mud-rock flow or driftwood, water-carrying effect at river bends or confluence, weathering and erosion of soft rock, bridge foundation piles The depth of penetration may be relatively insufficient or exposed.

This article applies HEC-RAS as a one-dimensional numerical simulation analysis for the high water surface line caused by the upstream of the bridge section when the river flows through the bridge, and provides the relevant engineers of the bridge design as a reference. And use HEC-RAS to simulate water level changes and evaluate the impact on the safety of bridges and dikes.

**Key Word :** Scour、Simulation analysis、Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System

理模擬分析，將以萬大大橋現有基礎下(如圖3所示)，模擬可否增加其通洪斷面及解決橋梁耐洪、沖刷能力等問題供研究參考。

## 一、前言

中央氣象局110年8月4日20時30分發布盧碧(LUPIT)颱風，其實更早時氣象局8/3日已廣播低壓帶及西南風影響，易有短暫延時強降雨，南部地區有局部大雨發生的機率，並請注意雷擊及強陣風；然而高雄市桃源區「明霸克露橋」仍遭溪水沖斷，造成桃源區復興、拉芙蘭、梅山3部落成孤島，景象駭人土石泥流。連日降雨，山區請慎防坍方、落石及溪水暴漲，低窪地區請慎防淹水。因豪雨發生仍偶有強降雨因溪水上漲溢滿路面及明霸克露橋被沖毀，又是經不起耐洪能力而斷橋。

萬大大橋是為台88線及188縣道跨越高屏溪重要路段之一，其總長2.4公里，為往來屏東縣與高雄市主要橋梁之一，也是台88東西向快速公路東邊竹田鄉南二高交流道與西行至位於高雄市鳳山區銜接中山高速公路相連，全長約20.5公里。由於莫拉克颱風造成台88線萬大大橋土石流激烈沖刷下橋墩基礎裸露，經交通部評估極需補強墩柱基礎自P4至P25墩共22座橋墩。(如圖1所示)[1]

本研究嘗試以新建萬大大橋，應用HEC-RAS 6.0進行各高屏溪斷面及橋樑等水

## 二、研究區域及軟體、方向

### 2.1 研究區域與地形概況

本研究位置於屏東縣萬丹鄉與高雄縣大寮區間萬大大橋，(120.443348°E；22.592460°N)，高程約100 m。針對高屏溪流域上重要河川橋之橋基及其保護工的災害分析，莫拉克颱風造成當時國內受損的60座橋樑的原因可大致分為：一般沖刷、局部沖刷、束縮沖刷或保護工未合攏、跌水沖刷、大尺度二次流侵蝕、通洪斷面或寬度不足、泥石流或漂流木之撞擊與磨損、位於河川彎道處或挑水效應、軟岩之風化與沖蝕、河道匯流、橋樑基樁貫入深度恐有裸露等因素，本研究敘述整理如表1。

又根據經濟部水利署調查，針對高屏溪流域除荖濃溪於高美大橋上游河段及隘寮溪上游河段呈淤積現象，其餘各河段均呈下降趨勢，尤以旗山溪與口隘溪出口附近與高屏溪於萬大大橋至高屏溪攔河堰之間最為嚴重，本文針對水流通過橋樑時在橋樑斷面上游所造成之水面線壅高情形(如圖2所示)。

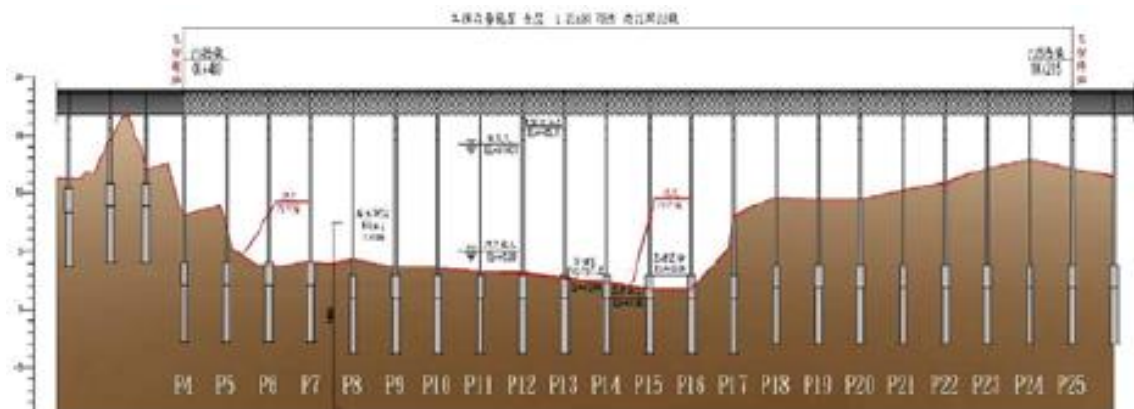


圖1 莫拉克風災時萬大大橋經交通部評估極需補強墩柱基礎自P4至P25橋墩



圖2 莫拉克風災時萬大大橋與洪流量與漂流木沖擊壅水情形

## 2.2 研究軟體模擬

使用HEC-RAS6.0來模擬水位變化情形均已危及橋樑、堤防安全，並影響取水功能，情況十分嚴重。台88線萬大大橋經歷莫拉克風災，大量洪水夾帶土石沖刷萬大大橋，其洪水量超過200年重現期距(如表2)，造成部份橋墩基礎因沖刷而裸露達3公尺，經評估後，顯示萬大大橋深槽區之橋墩耐震及耐洪能力不足，包含：橋柱耐震能力不足、基樁強度不足、基樁承载力不足及通洪斷面不足等等。

## 2.3 研究方向與原理

### 2.3.1 探討橋樑底部底床之沖刷

經歷過莫拉克風災後，發現橋墩底下的土壤被掏空後，專家認為透過HEC-RAS這套系統能清楚算出每次河川沖刷之深度，也能了解橋墩底下的變化，可以模擬達到預警之作用。而且這套RAS軟體是免費的，未來應該能普及到各地使用，替橋梁及河堤安全把關。

現代橋梁面臨威脅，學者們不停找尋方法，讓橋梁更加安全，也呼籲在橋梁設計上該朝向新思維，像是長跨距或是無跨距的橋梁設計，都能讓橋墩減少被沖刷的風險，雖

然初期造價成本會高出一倍以上，但是和日後需要付出的社會成本和重建的費用相比，還是比較划算。原萬大大橋是屬於4支獨立之單柱橋柱，莫拉克風災後之改建是於原萬大大橋兩旁及中間設立新基礎及橋柱後，施作擴大式帽梁連結舊帽梁，成為7柱式門並於新帽梁內施拉預力之後依序切除舊橋柱並打除，即完成下部結構改建。如其上述施工順序最後如圖3所示。[2]

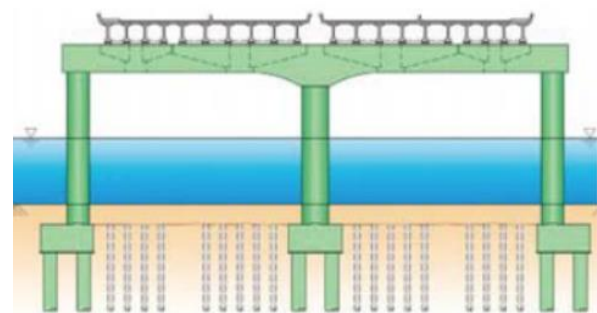


圖3 萬大大橋最後改建完成的下部結構示意

### 2.3.2 探討橋樑對於上游水位之影響

新萬大大橋之橋墩非過往的舊橋墩排列密集易卡住漂流木及各類雜物等。

有關漂流木形成之推阻力(Drag force)常用公式如下：

$$P = k \times w \times A \frac{v^2}{2g}$$

表1 莫拉克風災造成高屏溪流域內重要橋樑受損相關資料[4][5][6]

橋梁名稱	跨越河川	橋梁總長	橋梁淨寬	結構形式	損毀狀況	破壞現象及原因
雙園大橋	高屏溪 (近河口)	2900m (含引道)	9.5m	預力I型梁橋 60@31m 6@30m 1@25m 1@18m T=2083m	北上線舊橋P1-P14間及南下線P1-P16間橋跨，沖毀橋長約460公尺。	洪峰流量遠超出雙園大橋原設計之防洪頻率標準、且為洪峰延時甚長(即為長時間之高流量情形下)，已屬天然災害之洪水範圍。損壞的原因主要有兩項即(1)漂流木影響及(2)長時間高流量對河床沖刷破壞。許多尺寸巨大之漂流木，在68個跨距(span)，每跨距約30.6M，橋墩受水沖刷，致水流受阻，因斷面束縮流速增加。
萬大大橋	高屏溪	2400m	24m	預力I型梁橋 60@40m	橋墩基礎裸露	洪峰流量遠超出原設計之防洪頻率標準、且為洪峰延時甚長，已屬天然災害之洪水範圍。經評估極需補強墩柱基礎自P4至P25墩。
杉林大橋	旗山溪 (楠梓仙溪)	118.5m	9.3m	預力I型梁橋 3@39.5m	A2橋台受損，A2橋台引道下方箱涵遭洪水沖毀	左岸引道路基沖毀流失，此橋梁破壞主因為原有河道通水斷面不足無法通過此次超大洪流，而溢流至左岸引道部份(原為河道)致沖毀全部路基，其中可發現橋梁主體結構仍完好。
新發大橋	荖濃溪	228m	9m	預力I型梁橋 6@38m	橋台嚴重淘空、橋梁全數沖毀、橋梁北側道路淘空	破壞主要原因係因橋墩型式為單柱橋基礎直接座落岩盤，可能長期浸泡水中其上部覆蓋遭受沖刷而流失，加上超大洪流帶來巨木及雜木等沖擊而阻礙橋梁通水空間，致使向兩岸溢流側向侵蝕、淘空路基與橋墩以致沖毀橋梁，右岸橋台全毀淘空右岸路基受洪流沖刷淘空。
大洲大橋	旗山溪 (楠梓仙溪)	160m	9m	I型梁橋 4@40m	橋台流失、橋墩流失、橋面版流失	左岸橋台引道建於堤防外(河道內)，此次遭受超大洪流、漂流木直接沖擊橋台，並溢流過橋台而沖毀了引道，其左岸橋墩受洪流沖刷淘深基座加上漂流木沖擊等因素而沖毀，未流失橋墩受洪流沖刷淘深基礎裸露。
新旗尾橋	旗山溪 (楠梓仙溪)	720m	24.3m	I型梁橋 18@40m	左岸橋台、引道、堤防全毀	左岸橋台、引道、堤防因超大洪流、漂流木等破堤而過，致使引道遭受洪水沖毀路基、淘空橋台、橋面版位移跌落。
六龜大橋	荖濃溪	308m	9m	I型梁橋 8@38.5m	S6-S8橋面板流失	洪峰流量遠超出原設計之防洪頻率標準、且為洪峰延時甚長，已屬天然災害之洪水範圍。
大津橋	濁口溪(荖濃溪支流)	250m	9m	I型梁橋 10@25m	S5-S9均流失125公尺	洪峰流量遠超出原設計之防洪頻率標準、且為洪峰延時甚長，已屬天然災害之洪水範圍。

表2 高屏溪流域內各流量站之規劃洪峰流量重現期距與莫拉克風災時之洪峰流量相較資料

流域主支流別		控制點	重現期距 (年)					莫拉克颱風		
			10	20	25	50	100	200	流量	相當重現期(年)
高屏溪	主流	九曲堂站	17,900	20,800		24,300	26,800	29,100	35,064	>200
	荖濃溪 幹流	里港大橋	14,000	16,300		19,100	21,100	23,000	25,320	>200
		荖濃溪與隘寮溪合流前	9,370	10,900		12,800	14,200	15,500	19,241	>200
		新發大橋 (原荖濃站)	6,400	7,350		8,470	9,240	9,960	12,106	>200
	旗山溪 支流	旗山溪出口	5,380	6,190		7,130	7,780	8,380	9,308	>200
		月眉站	4,160	4,780		5,500	5,990	6,440	6,840	>200
	隘寮溪 支流	隘寮溪出口	5,180	6,230		7,590	8,600	9,610	8,657	約 100
		三地門站	3,780	4,530		5,470	6,150	6,810	5,857	約 75
美濃溪	美濃溪出口	750	850		980	1,060	1,145	1,045	約 100	

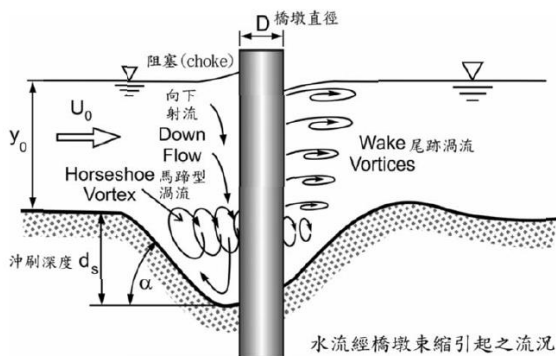


圖4 水流經河川橋墩因通水斷面束縮引起之沖刷機制

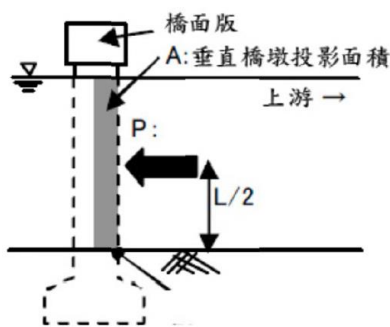


圖5 橋墩剖面示意圖[5]

當橋墩受水沖刷，致水流受阻，因斷面束縮流速增加，若此橋為新舊兩排橋墩尚並列時，則水流方向改變，其入射角(Angle of attack)易使漂流木卡帶於橋墩上，形成漂流

木堆積團(debris accumulates)，阻礙水流，更使橋墩水位上。故新改建之橋必須切除舊橋柱並打除。

## 2.4 研究區橫斷面截錄

本研究區高屏溪流域內各流量站之規劃洪峰流量重現期距與莫拉克風災時之洪峰流量相較資料採最接近研究區的觀測流量站高屏溪主流九曲堂流量站各別試以100、200、及莫拉克>200的洪峰流量期距(由表2得知)，分別為26,800、29,100及35,064CMS輸入HEC-RAS 6.0，來分析對萬大大橋高屏溪相關斷面及橋樑橋墩等水理模擬分析，本文所使用之河斷為萬大大橋上游3350公尺至下游4179公尺處，依河道基本資料調查分析結果，全段坡降平直、變化不大，河床平均坡降約為0.000807。綜觀之高屏溪全段河床平坦，河幅寬闊，河道坡降平順，水流緩慢，就河性而言，基本上屬於沖積平原河道。[7][8]

位於東西向快速公路高雄－潮州線10K+400~13K+000，距離河口19.37公里，主要跨越高屏溪，連接著高雄縣大寮鄉與屏東

縣萬丹鄉。橋樑型式：橋長2.4公里，橋寬40公尺，橋墩距離為50公尺。



圖6 高屏溪與萬大大橋斷面圖號關係圖

## 2.5 HEC-RAS 6.0輸入

HEC-RAS 6.0、將河床各幾何斷面資料及橋樑斷面依序輸入各對話框內。

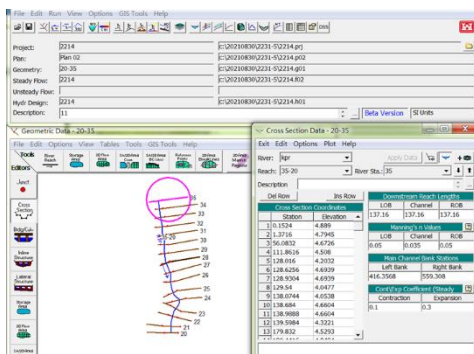


圖7 河床各幾何斷面資料的輸入

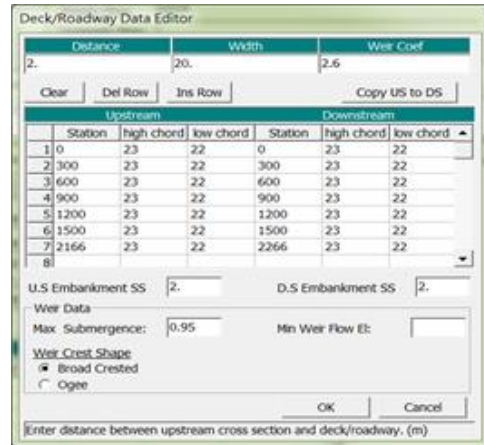


圖8 橋的各項基本資料輸入



圖9 橋墩的各項基本資料輸入

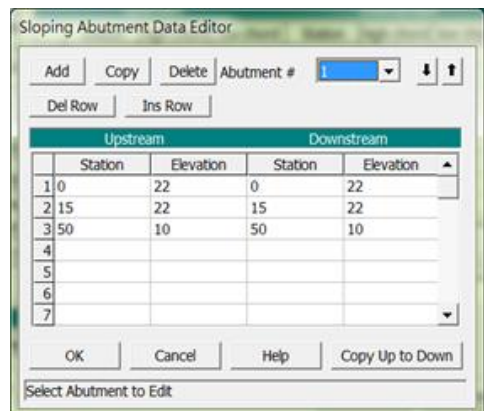


圖10 斜坡橋台的各項基本資料輸入



## 三、結果與討論

### 3.1 Input Steady Flow Data

依高屏溪主流的不同重現期距洪峰流量輸入。

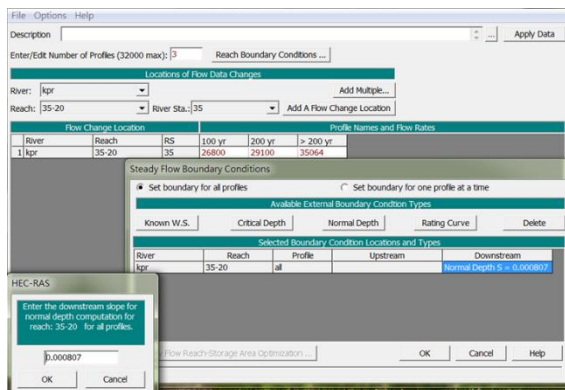


圖11 穩定流資料之輸入

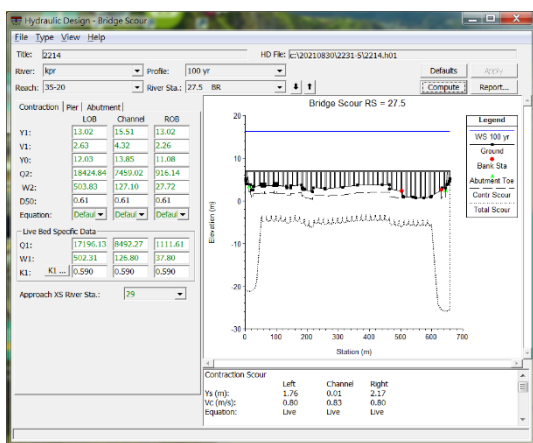


圖12 100年洪峰流量重現期距橋樑冲刷模擬

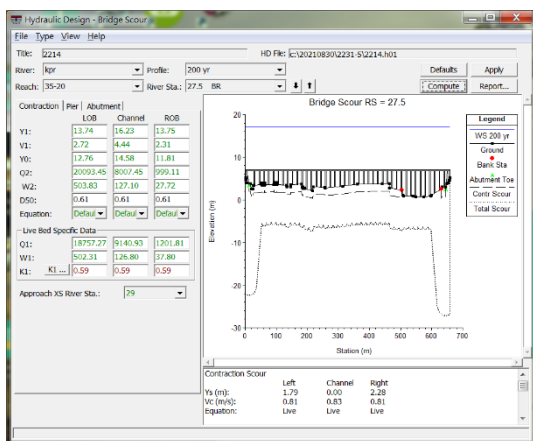


圖13 200年洪峰流量重現期距橋樑冲刷模擬

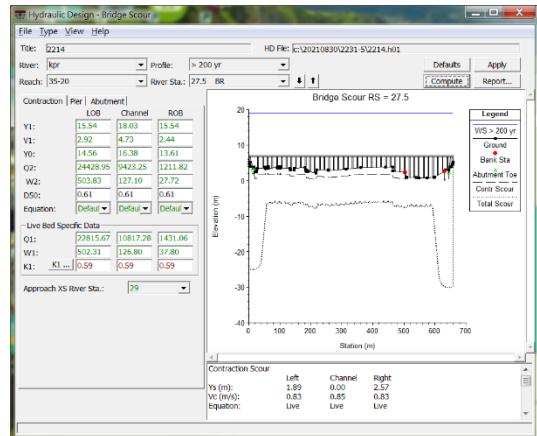


圖14 >200年洪峰流量重現期距橋樑冲刷模擬

表3 HEC-RAS在断面編號的橋樑壅水高程

圖面上之断面編號	流量Q (cms)	有橋樑時之水面高程 (m)	沒有橋樑時之流量 (cms)	沒有橋樑時之水面高程 (m)	橋樑壅水高 (m)
35	26,800	15.22	26,800	15.06	0.16
34	26,800	14.89	26,800	14.68	0.21
33	26,800	14.7	26,800	14.48	0.22
32	26,800	14.51	26,800	14.26	0.25
31	26,800	14.24	26,800	14.01	0.23
30	26,800	14.07	26,800	13.8	0.27
29	26,800	13.74	26,800	13.42	0.32
28	26,800	13.44	26,800	13.05	0.39
27.5		萬大橋			
27.1	26,800	13.04	26,800	13.04	0
27	26,800	12.35	26,800	12.35	0
26	26,800	11.89	26,800	11.89	0
25	26,800	11.36	26,800	11.36	0
24	26,800	10.95	26,800	10.95	0
23	26,800	10.57	26,800	10.57	0
22	26,800	10.07	26,800	10.07	0
21	26,800	9.75	26,800	9.75	0
20	26,800	9.4	26,800	9.4	0

## 四、結論

根據以上結果討論，獲致結論如下：

1. 利用HEC-RAS來模擬高屏溪冲刷深度之影響，我們可以發現曼寧係數越大不管是基樁或者是橋墩，冲刷深度反而減少，由曼寧公式得知曼寧係數與流速成反比，曼寧係數越大流速反而越小，流速越小冲刷深度也應該會比較小而由HEC-RAS模擬出之數據剛好符合這個公式。至於流速變化不大之原因，可能是由於高屏溪流域面積相當廣大，或者小數點下幾位，導致影響變化沒那麼明顯。

## 五、誌謝

本文得以順利完成，感謝國立屏東科技大學災害防救科技研究中心提供資料及協助HEC-RAS6.0資料整理、輸入模擬、操作分析指導等，在此謹申謝忱。

## 六、參考文獻

2. 模擬曼寧係數不同，對沖刷深度之影響，也有模擬河床被挖深之後，沖刷之影響程度，發現挖深越大沖刷深度明顯反而增加，也就是因為下游砂石疏濬工程，使得河道變窄，水流加快、加速河道中央的沖刷，所以政府必須擬定一套治本之方法，來遏止斷橋事件再發生。

3. 至於改變能量坡降相對的沖刷深度也會隨著能量坡降增加而沖刷深度減少。由曼寧公式得知流速與能量坡降成正比，所以可以印證之。

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

4. 在壅水的部分，由模式得知橋樑確實會造成上游水位的抬升，比較值得注意的是當水位被抬升後是否會使的水位接觸到橋台的問題，模式中可知道萬大橋目前還不會有此問題的產生。
5. 跨河建造物安全檢測往往只重視土木與結構之特性，因此其按裝之檢測系統也只有在應力與應變方面著手，事實上水流中構造物其破壞之機制，均來自水動力與水土交互反應，因此針對水流特性方面之監測，如流速、泥沙變化量均應予以考量，必須建立"特定橋孔之允許通洪流量"、"流速－泥沙－通水變化"之預測等項工作。
6. 建議未來橋梁興建或改建時，應考量當地河道及周圍環境之特性，於規劃、設計及施工階段除考量橋梁結構安全外，亦應整合各領域如土木、水利、結構、大地等之專業人員共同參與，始能避免或減少類似損壞之情形發生。

1. 交通部運輸研究所，「橋基保護工設計規範（草案）」，交通部運輸研究所，(2010)。

2. 張荻薇等，「換底工法於沖刷水害橋梁之應用—以台一線溪州大橋橋基加固工程為例」，中華技術，No. 71，p110-p121，財團法人中華顧問工程司，(2006)。

3. 林呈，跨河橋梁河床沖刷變化歷史資料冊建置及其相關維護管理研究—附冊(11)高屏溪本流篇，交通部公路總局。

4. 周郁芳、陳志明、賴桂文、林永敏，八八水災橋梁受損實例探討，(2010)。

5. 陳賜賢，河川橋梁破壞原因探討-以莫拉克颱風雙園大橋為例，學術天地，(2011)。

6. 台灣世曦雙園大橋工作團隊，交通部公路總局東西向快速公路高南區工程處-莫拉克颱風災害台17線248K+100~251K+000雙園大橋緊急改建工程，(2009)。

7. 美國陸軍工程師團水文工程中心 (Hydrologic Engineering Center，簡稱HEC) 開發之河川分析系統(HEC-RAS)軟體。

8. HEC-RAS River Analysis System 6.0入門版，上課講義，國立屏東科技大學土木工程系，葉一隆、邱登保。

## 水土保持局線上技術短講分享

### 功能化植生粒劑對邊坡植生復育之效益評估

#### Assessment of Effects of Functional Seedling Materials on Vegetation Restoration at Slope Lands

國立屏東科技大學 簡士濤 教授

#### 摘要

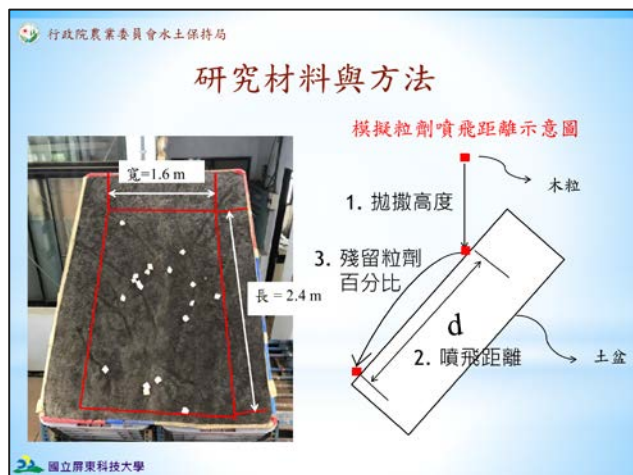
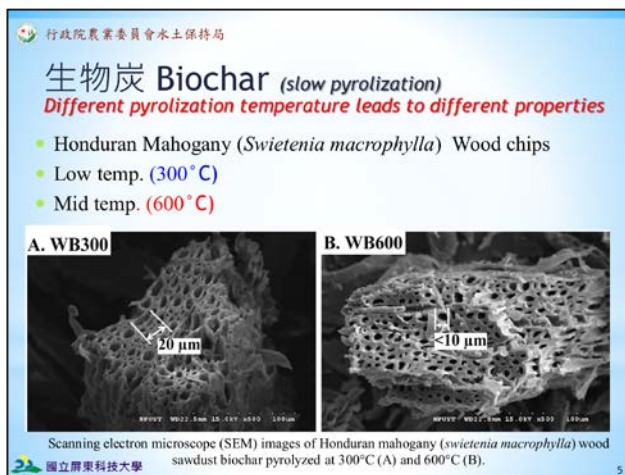
傳統自然植生復育通常需長時間且尚能發揮效益；而人工邊坡噴植雖能加速邊坡植生，但成本效益上仍為重要考量因子。本計畫主要為研製功能化植生粒劑，以促進種子發芽速率、減少邊坡施工成本，促進植生復育效益。本計畫複合生物炭及堆肥，置入草籽製為植生粒劑。模擬不同形狀之粒劑撒播於不同土壤種類邊坡、坡度、撒播高度及土表粗糙度的條件下進行撒播試驗。計畫先模擬四種形狀(圓柱體、長方體、半圓柱體及三角柱體)之粒劑撒播於不同土壤種類(砂質土及黏質土)邊坡、不同坡度(20°、25°及30°)、不同撒播高度(3及7公尺)及表土粗糙度(n=1.01及1.03)的條件下進行撒播試驗。結果得知，「半圓柱體」坡面殘留率最佳，而撒播最佳條件為坡度<30°、撒播高度約3公尺，地表糙度高者為佳。現地無人載具撒播試驗得知，坡面殘留率約為60%，經56天後之植被覆蓋率可達約30%以上。

#### 分享主軸：

1. 功能化植生粒劑資材介紹，分析不同材料組成的粒劑施用後之變化情形。
2. 以不同變因進行無人機撒播試驗，評估最合適的粒劑形狀與撒播條件。

關鍵字：功能化植生粒劑、無人載具、生物炭、邊坡植生





#### 精選內容：



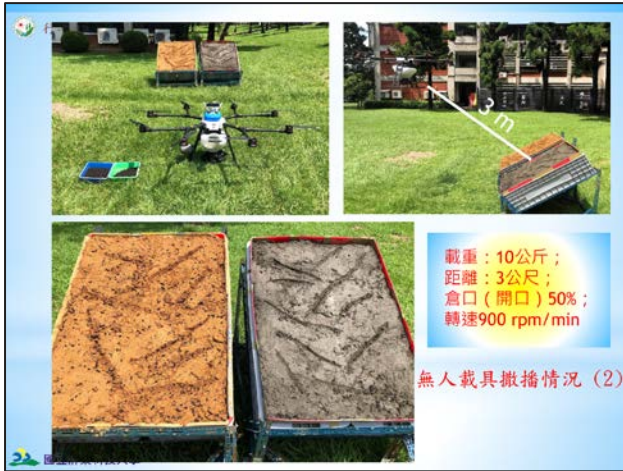
行政院農業委員會水土保持局

## 研究材料與方法

木粒切割後模擬植生粒劑之形狀

圓柱體	三角柱
	
長方體	半圓柱
	

國立屏東科技大學

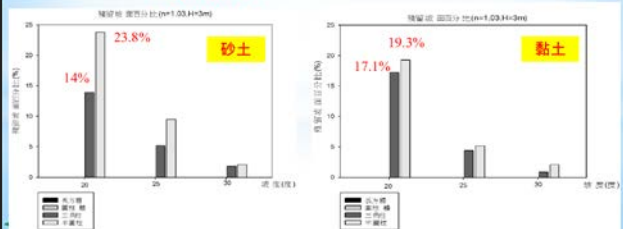


行政院農業委員會水土保持局

## 結果與討論-形狀因子影響

經試驗過後得知拋撒的四種形狀中，能夠集中在坡面及坡下的形狀依百分比多寡依序為半圓柱>三角柱>圓柱體>長方體

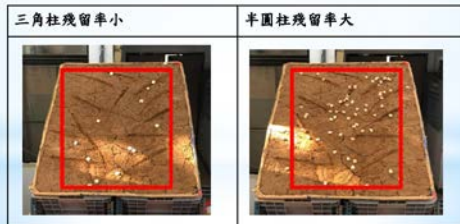
- 砂質土時之殘留率約為2%-16%。將粗糙度提高後則殘留率可達24%，其中以半圓柱在高度為3公尺拋撒至20°坡(n=1.03)時最好，坡面殘留率為23.8%；相同條件下，三角柱殘留率為14%。
- 黏質土(紅壤)時，殘留於坡面百分比約為1.8%-14%，而粗糙度提高後可至20%，其中半圓柱在高度為3公尺時拋撒至20°坡(n=1.03)時最好，坡面殘留率為19.3%，在相同情況下三角柱為17.1%。



行政院農業委員會水土保持局

## 結果與討論-不同形狀植生粒劑落於坡面後之散佈範圍

本研究結果顯示，植生粒劑撒播過程散佈面積可能無顯著差異，但殘留於坡面百分比卻具顯著差異。如坡度25度、拋撒高度為7公尺及n=1.01時，三角柱的面積為10,200 cm<sup>2</sup>，但殘留坡面百分比卻僅有2.62%；而半圓柱散佈面積與三角柱體無統計上差異，但殘留坡面百分比卻為較高之9.12%。



國立屏東科技大學

計畫科目：109年水土保持局創新研究計畫

研究報告全文下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Results/ResultsInnovation>

歷次技術短講影音及簡報 PDF 下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Seminar/Seminardiscussion>

觀看本文簡報影音及 PDF 檔下載

加入 Facebook 社團，即時獲得技術短講公告



## 水土保持局線上技術短講分享

### 應用地基合成孔徑雷達干涉技術於邊坡崩塌預警系統建置

#### Slope Early Warning System with GB-InSAR

成功大學資源工程學系 余騰鐸 副教授

### 摘要

地基合成孔徑雷達 (GB-SAR) 配合干涉技術 (Interferometry)，以同調性 (Coherence) 為門檻，保留良好PS點，對相位與位移關係進行處理，可作為地表變形監測工具。此地基合成孔徑雷達干涉技術 (GB-InSAR) 為近十年發展起來相對較新的變形監測技術，能夠於現場得到即時高精度變形量，實現即時預警之防救災應用，其優勢在於其可日夜24小時持續進行監測，且為非接觸式大範圍面狀掃描，監測間隔週期小於一分鐘等。與星載雷達相比，數據蒐集有較高靈活性、再訪週期較短並有較佳解析度。因此在監測應用上非常廣泛，例如：水庫大壩監測、邊坡安全監測、橋樑監測、堰塞湖之天然壩監測、火山活動地表變形監測與大規模裸露崩塌地監測等。本計畫即引進GB-InSAR量測技術，以基隆新山水庫和寶來崩塌地為試驗區，分析以此技術觀測自然邊坡之特色與限制。未來可配合山區降雨預測模式，建構出以GB-InSAR為監測工具之崩塌警戒模式，以增進坡地防災效能。

#### 分享主軸：

1. 介紹 GB-InSAR 的測量原理與觀測方法，並分析此技術法展潛力和限制。
2. 分別於基隆新山水庫和寶來崩塌地利用 GB-InSAR 現地施測，以佈設帆布增加同調性。

關鍵字：地基合成孔徑雷達、邊坡穩定、即時預警、微變形

#### 精選內容：

### GB SAR System

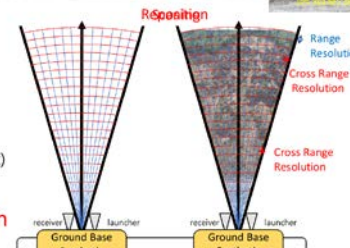
• Ground-Base SAR 地基合成孔徑雷達系統



儀器參數	
Operating Frequency	17000-18000MHz (17.0 GHz-18.0 GHz)
Bandwidth (Bw)	0 ~ 1000 (MHz)
Pulse width (Pw)	1 ~ 1000 (ms)
Waveform	FMCW
Radar Rotation Angle	360°
Polarization	None
Transmit Power	2 mW ~ 1 W
Antenna Gain	0 ~ 30 dB
Antenna Scanning Angle	18° (azimuth), 40° (elevation)
	28° (azimuth), 18° (elevation)
Radar Scanning Angle	-30° ~ 30°
Synthetic Length	1.6 m
Scanning Distance	70 m ~ 4000 m
Range Resolution	0.75 m ~ 0.15 m
Cross Range Resolution	5.36 mrad

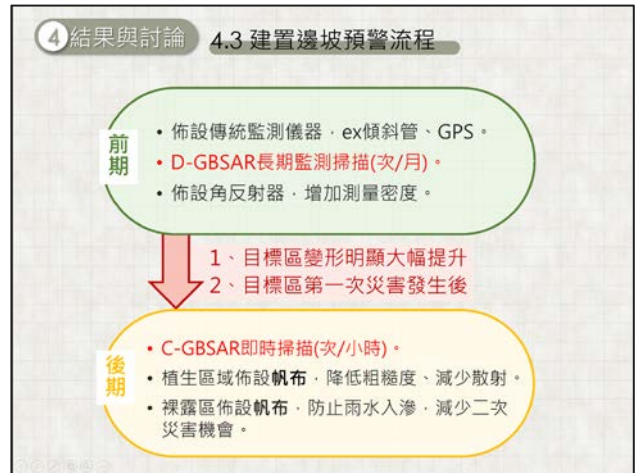
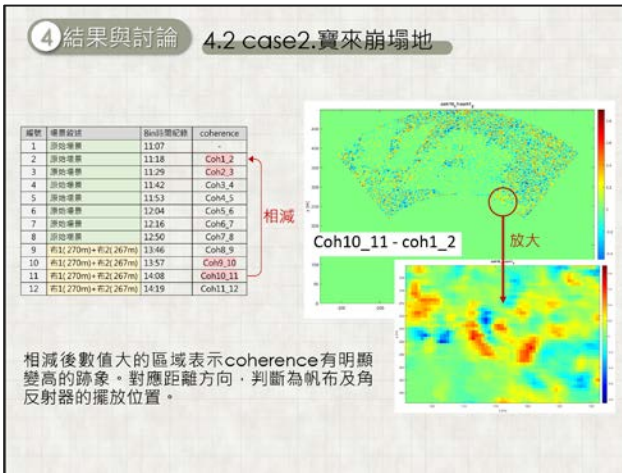
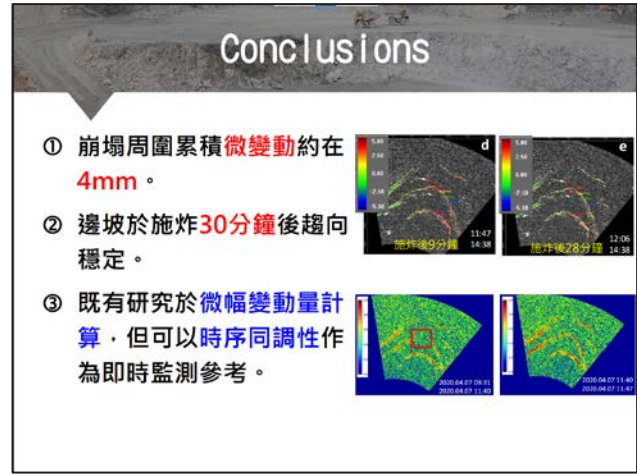
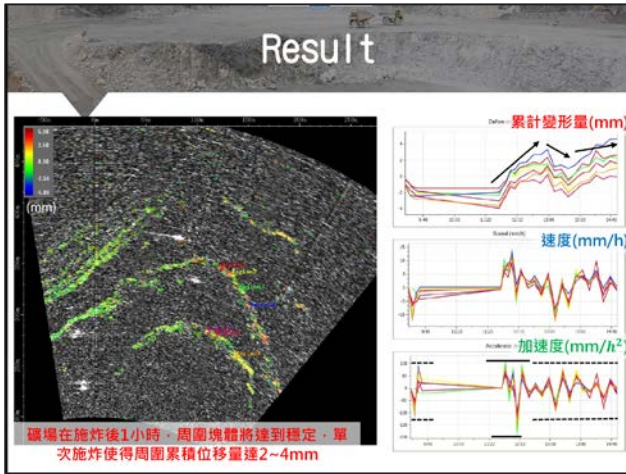
波長	Ku-band(約1.7cm)
掃描距離	70m ~ 4,000m
掃描週期	<1 min
掃描角度	360度
水平解析度	距離 70m 0.37m 距離2000m 10.72m

### GB SAR



- Range Resolution 視距方向解析度  
 $\Delta R = c/2Bw$   
C=光速 (299,792,458 m/s)  
Bw=帶寬 (400 MHz ~ 1000 MHz) (調幅寬度)
- Cross Range Resolution 水平方向解析度  
 $\Delta CR = R\lambda/2L$   
R=目標物距離  
 $\lambda$ =雷達波長 (0.017m)  
L=基線軌道長度 (1.6m)

視距解析度	0.37m (帶寬400MHz)
水平解析度	0.37m (目標距離 70m) 10.72m (目標距離2000m)



計畫科目：109 年水土保持局創新研究計畫

研究報告全文下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Results/ResultsInnovation>

歷次技術短講影音及簡報 PDF 下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Seminar/Seminardiscussion>

觀看本文簡報影音及 PDF 檔下載

加入 Facebook 社團，即時獲得技術短講公告



## 水土保持施工期間「開發期間之防災措施」常見違規樣態、原因探討及改進芻議

作者：吳正義 技師

水土保持施工期間有關「開發期間之防災措施」之實施，於主管機關實施施工檢查時，常可見臨時性防災設施設置不確實，或逕自調整臨時性防災設施尺寸、型式及位置，或未設置相關臨時性防災設施等違規情事，本文彙整常見樣態、原因探討及制度改進之初步建議方向。

### 一、現行水土保持施工監督制度有關「開發期間之防災措施」規定：

山坡地開發案件依水土保持法第12條規定，水土保持義務人應擬具水土保持計畫，且為避免山坡地開發工程於施工期間產生水土災害，計畫內容應包含「開發期間之防災措施」，後續於水土保持施工期間應依核定之水土保持計畫內容實施各項臨時性水土保持處理與維護及防災措施，彙整現行水土保持施工監督制度有關「開發期間之防災措施」規定如下：

- (一)依水土保持審核監督辦法第25條規定(略以)「水土保持施工期間，承辦監造技師應依核定內容監造…」。
- (二)依水土保持審核監督辦法第36條所訂之水土保持書件格式，擬具水土保持計畫應包含「開發期間之防災措施」及「預定施工方式」，供施工期間臨時性防災設施設置之依據，其內容應包括：

#### 1. 「開發期間之防災措施」

- (1)分區施工前之臨時排水及攔砂設施：包括臨時截水設施、聯外排水臨時性之沉砂池、滯洪池及其他控制土砂流動之設施。



- (2)施工便道：施工便道應納入申請範圍，完工後，施工便道應予封閉或恢復原狀，並植生綠化。
- (3)賸餘土石方處理方法及地點：預定堆置賸餘土石方處理方法[註1]、堆置地點、水土保持處理與維護及安全設施等。
- (4)防災設施：構造物設計圖。

註1：此處賸餘土石方係指施工期間臨時性產生之挖填土石方，非指最終賸餘土石方之處理。

#### 2. 「預定施工方式」

- (1)預定施工作業流程：各項工程分區施工之範圍、施工作業項目、施工方式、施工程序及預定進度、配合之防災措施等。
- (2)預定施工期限

爰前規定，是以山坡地開發案件之水土保持計畫經核定並報准開工後，於水土保持施工期間，水土保持義務人應依核定計畫據以辦理各項臨時性防災措施、設施之設置，承辦監造技師則應依核定計畫監造並依工程進度，製作監造紀錄及監造月報表，留供備查。



## 二、常見違規樣態與原因分析：

水土保持施工期間有關「開發期間之防災措施」之實施，實務上常因水土保持義務人所委託之水土保持工程施工廠商所規劃施工順序或因現場實際施工機具、動線之安排，而有未能盡依原核定計畫內容施作；或有施工廠商隨意變動配置，以配合主體工程進行；或存有僥倖心理未遇有施工檢查則不設置相關臨時性防災設施等種種違規情形。常見違規樣態如下：

- (一)臨時排水路設置位置不符。
- (二)臨時排水路斷面、型式不符。(照片 1、2)
- (三)臨時性沉砂、滯洪設施設置位置不符。
- (四)臨時性沉砂、滯洪設施設置尺寸、型式不符。
- (五)增設施工便道或設置位置不符。(照片 3)
- (六)臨時土方暫置區設置位置不符。
- (七)部分臨時性防災設施未依核定計畫設置。(照片 4)



照片1 臨時排水路斷面、型式不符擅自將後段拍漿溝變更為RCP管涵



照片2 施工動線與臨時排水路衝突、擅自將局部梯形拍漿溝增設RC蓋版



照片3 擅自增設施工便道



照片4 擅自將部份臨時性擋土措施鋼軌樁變更明挖斜坡及噴漿坡面



又可能原因彙整如下：

- (一)水土保持義務人為其山坡地使用開發行為所擬定之水土保持計畫，因內涵涉及整地、排水等工程細部設計細節，但因各目的事業法令規定之不同、或因多階段土地使用許可制度之設計(如非都市土地用地變更申請、休閒農場申設、農業容許申請、建築許可申請等)，使得水土保持計畫送核時機、內容有時未能與後續細部工程設計進度相配合，致使原核定水土保持計畫之「開發期間之防災措施」執行與主體工程未能相契合。
- (二)山坡地各類型利用開發工程，常因工地挖填整地進度及高程之變動，致使原水土保持計畫相關「開發期間之防災措施」核定內容，尚無法全然適用於各個整地階段，以致有增減或調整各項臨時性防災措施、設施。
- (三)水土保持義務人所委託之施工廠商，將因應自身現有工料、機具等工程資源調度及契約工程進度要求…等，規劃個案之施工方式，擬訂整體施工計畫，則原核定水土保持計畫所訂「開發期間之防災措施」及「預定施工方式」，未能真實切合工地、施工商之施工階段規劃，以致產生執行上的困難。

是以水土保持施工期間之「開發期間之防災措施」如未符施工廠商及工地實際防災措施規劃需求，雖可於水土保持施工期間依水土保持審核監督辦法第19條第一項、第二項相關規定，辦理原核定水土保持計畫變更設計或報主管機關備查，但因可能影響工程進度之問題，致使水土保持義務人及施工廠商不願主動辦理，造成水土保持施工監理之

困難，且未能落實防災措施，嚴重時將違反水土保持法相關規定，承辦監造技師亦有監督疏失之虞，而受到相關處罰[註2]。

註2：

水土保持義務人如未依核定計畫施作相關處罰規定：

- 1.水土保持法第 33 條未依核定計畫實施水土保持之處理與維護者處新台幣六萬元以上三十萬元以下罰鍰…。
2. 水土保持法第 23 條：未依核定之水土保持計畫實施水土保持之處理與維護者，除依第三十三條規定按次分別處罰外，由主管機關會同目的事業主管機關通知水土保持義務人限期改正；屆期不改正或實施仍不合水土保持技術規範者，應令其停工、強制拆除或撤銷其許可，已完工部分並得停止使用

承辦監造技師如涉及監造不實相關處罰：

- 1.水土保持計畫審核監督辦法第 27 條：主管機關得函請技師法主管機關依技師法規定處理…。
- 2.水土保持計畫審核監督辦法第 29 條：主管機關得令其停工…。

### 三、改進芻議：

山坡地開發案件之水土保持處理與維護係由水土保持義務人所委託之施工廠商依雙方訂定之工程契約，負承攬責任完成契約委託工作，其工程行為係由施工廠商執行，施工期間各項防災措施及工地災防應變處置亦均由施工廠商為主體執行，是以「開發期間之防災措施」規劃、配置及執行方式，如得由施工廠商一同參與，將更能落實個案防災作為與權責歸屬，並提升施工廠商對個案工地在施工期間潛在水土災害之瞭解程度，以及給予施工廠商擬定防災措施之主動性及工地管理之彈性，使得臨時防災措施之配置可與個案施工規劃實務相契合，亦得減少施工檢查臨時性防災設施發生違規情事。爰上，初步建議改進方式，可於施工廠商得標或承



攬水土保持工程後，依原核定水土保持計畫之「開發期間之防災措施」相關規劃設計內容為原則，擬定「水土保持防災措施分項施工計畫」或「水土保持防災措施執行計畫」，並經監造技師審認可行後，隨請領水土保持施工許可證及開工申報程序，報主管機關備查，作為施工期間臨時性防災設施設置之依據。初步建議符合下兩情形之一者，施工廠商得於提出開工前提出上述防災措施施工或執行計畫。

- (一)工程規模較大(如水土保持計畫總工程造價超過一定規模者)或核定施工期限較長者(如目的事業主管機關核准工期超過12月以上者)。
- (二)施工廠商於報准開工前，經詳閱原核定水土保持計畫之「開發期間之防災措施」相關內容，認有必要者。(如需增設、調整施工便道；調整、增設分區分階段臨時性防災設施配置等)。

## 四、小結：

水土保持施工期間常可發見有工地防災措施未能落實，或有未依核定之水土保持計畫實施臨時性防災設施之違規情事，其原因甚多(相關樣態及原因分析詳前節二)，是以水土保持計畫中「開發期間之防災措施」之規劃、配置及執行方式，如可有水土保持義務人所委託之施工廠商一同參與，將更能落實工地防災作為與權責歸屬。

本文初步建議，於水土保持計畫申報開工前，得由施工廠商依原核定水土保持計畫之「開發期間之防災措施」相關規劃設計內容為原則，可視個案工程特性及施工需求，於開工前擬定「水土保持防災措施分項施工計畫」或「水土保持防災措施執行計畫」，隨開工申報程序經承辦監造技師審核後報主管機關備查後實施。

此芻議可提高施工廠商對原核定計畫之「開發期間之防災措施」內容之瞭解，並配合個案施工規劃實務，自主妥適擬定可行之防災措施，並據以執行，落實山坡地安全開發，應避免發生各類水土災害，達防災、減災之水土保持目標。

## 工程師跨境活動的趨勢 ——介紹亞太暨國際工程師互認機制

### The Trend in Cross-Border Activities of Engineers Introduction to the Mechanism for Mutual Recognition of APEC Engineer & IntPE

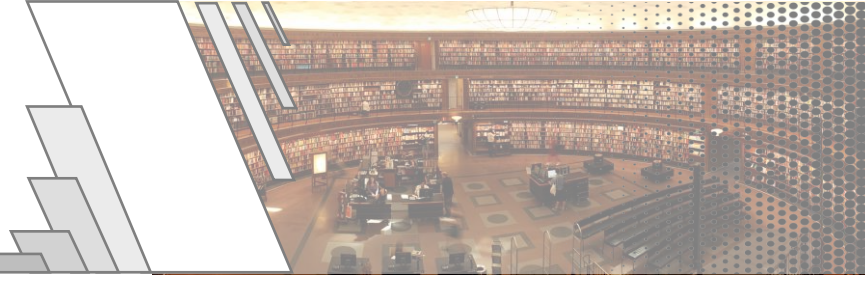
中國工程師學會 中華台北亞太暨國際工程師監督委員會 王祥驩執行長  
H. L. Wang CEO, Chinese Taipei APEC Engineer/IPEA Monitoring Committee, CIE

#### 一、工程師流通的市場需求

國際化和全球化最具體的現象就是貨物的大量流通，不過貨物流通的背後需要業務、金融、物流和技術的支援，所以服務必須隨著貨物跨出國境。服務需要透過人員來提供，人員就要具備流通性，其中高技術性的服務工作少不了工程師，以致工程師也進入流通的行列。但是工程師需要一定的學術背景和實務經驗才能勝任專業工作，並且受到專業證照制度的規範，因此其流通性相較於其他行業會遇到更多的障礙。不過工程師跨境活動的市場需求無論是技術驅動或資源驅動已經形成，因此就像 WTO 消除「貿易壁壘」一樣，一些國際性機構逐漸形成，希望在服務貿易總協定 GATS 的架構下消除工程師的「流通壁壘」。

工程師的流通並不是晚近才發生的事，我國在 1970 年代全面推動基礎建設的時期就已經出現這種流通，當時因為技術的需要，國內工程專案對外國顧問公司和營造廠商開放，使得本地的工程團隊和政府部門有機會嘗試新的工作模式。這個過程除了引進技術之外，也讓我們體驗到國際化作業的管理特性，憑藉著這些業績和經驗，國內的工程業者也曾經跨出國境，活躍於東南亞和中東市場。隨後我國開始從基礎建設轉向城市發展，公共建築和私人開發案出現了外國建築師的身影，這個回合輪到本地的建築師和工程師接觸國際間新的規劃理念和設計方法，造就了許多年輕有創意並能夠迎接世界潮流的人才。不過早期的流通模式侷限於實體的跨境活動，在今天網路和數位科技高度發展的環境下，流通模式必須加入其他如虛擬的跨境活動等，事實上 GATS 界定了跨境提供服務、國外消費、商業據點呈現和自然人呈現等四種模式，因此工程師的職場環境日趨複雜，所需要的能力也開始面對挑戰。

工程師的「流通壁壘」主要來自專業證照制度，因為涉及國家主權的行使，例如必須本



國國民通過國家考試才能取得證照，唯有透過國家之間的協議才可能降低壁壘，降低的方式包括簡化考評程序或開放部分執業等，完全消除壁壘的可能性更低，而且都需要修法，不是短期內可以突破的。因此 1997 年成立的工程師流通論壇（Engineers Mobility Forum, EMF）先從專業工程師的教育資格和專業職能著手，經由各國工程組織之間的對話建立共同的認證標準，然後依據這個標準相互認許彼此工程師的資質，以促進工程師的流通。不過由於各國的教育體制、執業管理和產業環境不盡相同，因此只能基於實質對等（Substantial Equivalence）的原則，採用成果導向（Outcome-Based）的評估方法來達到相互認許的目的。工程師流通論壇後來演化為國際專業工程師協議（International Professional Engineers Agreement, IPEA），然後陸續與其他相同性質的協議和協定結盟形成今天的國際工程聯盟（International Engineering Alliance, IEA），亞太暨國際工程師就是在 IEA 的架構下產生。

## 二、IEA 平台與 GAPC 架構

相較於其他全球性的工程聯盟如世界工程組織聯盟（World Federation of Engineering Organizations, WFEO）、國際顧問工程師聯合會（International Federation of Consulting Engineers, FIDIC）等，IEA 屬於平台的性質，由四個有關專業職能的協議（Agreement）和三個有關教育資格的協定（Accord）整合構成，這些協議（定）的名稱、創立年份和會員數如表 1 所列。各協議（定）的參與者在四個協議中稱為會員（Member），在三個協定中稱為簽署者（Signatory），本文統稱為會員。

表 1 IEA 平台上的協議（定）

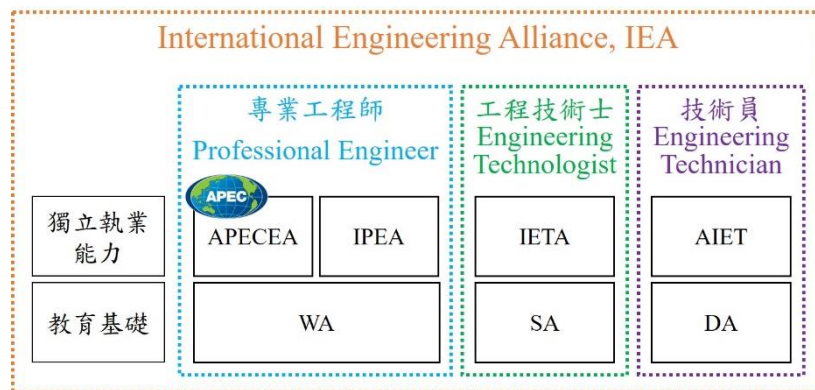
創立年	協議（定）	正式會員數
1997	International Professional Engineers Agreement, IPEA <sup>(1)</sup>	16+3 <sup>(4)</sup>
2000	APEC Engineer Agreement, APECEA <sup>(2)</sup>	14+1 <sup>(4)</sup> +1 <sup>(5)</sup>
2001	International Engineering Technologist Agreement, IETA <sup>(3)</sup>	7
2016	Agreement for International Engineering Technicians, AIET	6
1989	Washington Accord, WA	21+7 <sup>(4)</sup>
2001	Sydney Accord, SA	11+2 <sup>(4)</sup>
2002	Dublin Accord, DA	9

- (1) 前身是 Engineers Mobility Forum
- (2) 前身是 APEC Engineer agreement
- (3) 前身是 Engineering Technologists Mobility Forum
- (4) +號之後為臨時會員（Provisional Member）數
- (5) +號之後為暫定會員（Conditional Member）數



IEA 平台的基礎工作是建立《學歷資格與專業職能 (Graduate Attributes & Professional Competencies, GAPC)》架構，然後依據這個架構推動認證和互認。GAPC 架構所認證的對象包括專業工程師 (Professional Engineer)、工程技術士 (Engineering Technologist) 和工程技術員 (Engineering Technician) 三類工程人員，其構成的協議 (定) 如圖 1 所示。

圖 1 IEA 協議 (定) 所認證的三類工程人員



我國目前主要推動的是專業工程師這個類別，所以參與 APECEA、IPEA 和 WA 三個協議 (定)，APECEA 和 IPEA 有關教育基礎的規定部分或全部依照 WA，詳後節的說明。依據 APECEA 和 IPEA，各會員應在本國設立監督委員會 (Monitoring Committee)，負責亞太工程師 (APEC Engineer) 和國際工程師 (International Professional Engineer, IntPE) 的認證、註冊和登錄。我國以中華台北的名稱在 2005 年和 2009 年分別參加 APECEA 和 IPEA，由中國工程師學會 (Chinese Institute of Engineers, CIE) 為代表，因此在中國工程師學會之下設立中華台北監督委員會。監督委員會依據 GAPC 架構所設定的原則編制認證標準和程序，包括每年一次自行稽察和每六年一次接受其他會員稽察的品質保證系統。

目前 IPEA 有 16 個正式會員，APECEA 有 14 個正式會員，代表這些國家的工程組織如表 2 所列。APECEA 是亞太經濟合作組織 (Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC) 架構下的協議，APEC 有 21 個經濟體，所以 APECEA 的參與率約為 70%。IPEA 面對全球近 200 個國家，前面提到的 WFEO 也至少有 90 餘個國家參與，因此要建構全球化的認證體系，還有很長的路要走。不過鑒於 IEA 已經在資質標準和國際認證方面建立系統並累積了操作經驗，WFEO 與 IEA 在 2019 年簽訂合作備忘錄，結合 WFEO 在職能培育 (Capacity Building) 方面的資源與 IEA 在資質認證方面的技術，以加大工程師認證體系的影響力。2021 年新版的 GAPC 架構由聯合國教科文組織 (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO)、WFEO 與 IEA 共同發表，顯示環繞著工程師的議題已經開始受到全球關注。



表 2 參加 IPEA 和 APECEA 的工程組織

APECEA (1)	IPEA (2)
Engineers Australia (EA)	
Engineers Canada (EC)	
Chinese Institute of Engineers (CIE)	
The Hong Kong Institution of Engineers (HKIE)	
Institution of Professional Engineers Japan (IPEJ)	
Korean Professional Engineers Association (KPEA)	
Institution of Engineers Malaysia (IEM)	
Engineering New Zealand (EngNZ)	
Institution of Engineers Singapore (IES)	
National Council of Examiners for Engineering and Surveying (NCEES)	
Persatuan Insinyur Indonesia (PII)	Engineers Ireland (EI)
Philippine Technological Council (PTC)	Institution of Engineers India (IEI)
Association for Engineering Education of Russia (AEER)	Engineering Council South Africa (ECSA)
Peruvian Engineers Association (PEA)	Institution of Engineers Sri Lanka (IESL)
	Engineering Council United Kingdom (ECUK)
	Pakistan Engineering Council (PEC)

(1) APECEA 另有巴布亞新幾內亞一個臨時會員和泰國一個暫定會員

(2) IPEA 另有孟加拉、俄羅斯、荷蘭等三個臨時會員

目前 WA 有 21 個正式會員（另有 7 個臨時會員），IPEA 的 16 個正式會員因為有關教育基礎的規定必須依照 WA，所以全數參加了 WA。但 APECEA 的 14 個正式會員只有 12 個參加了 WA。我國以中華台北的名稱在 2007 年參與 WA，由中華工程教育學會（Institute of Engineering Education Taiwan, IEET）為代表。

### 三、資質認證促成相互認許

中華台北亞太暨國際工程師監督委員會事實上是一個委員會辦理兩種專業工程師的認證，認證所採用的標準和程序是參照 GAPC 架構並依據 APECEA 和 IPEA 個別的規定，再結合本國的情況編製而成。GAPC 最新的 2021 年版剛剛通過表決，因為還有三年導入期，因此監督委員會現行的標準和程序是依據 2013 年版所編制，其內容說明如下：



## 3.1 專業分科

目前開放申請的亞太暨國際工程師，依技師分科共有下列十個科別：

1. 土木工程
2. 結構工程
3. 大地工程
4. 電機工程
5. 環境工程
6. 水利工程
7. 機械工程
8. 水土保持
9. 測量
10. 應用地質

## 3.2 資質條件

認證所需要具備的資質條件共有下列五項，除學歷之外，亞太暨國際兩種專業工程師的其他資質條件已經統一：

### 3.2.1 學歷

在學歷部分，IPEA 對國際工程師的要求比較嚴格，只接受畢業於依據 WA 所認證學程的大學科系。APECEA 對亞太工程師則容許較多的選擇，只要符合下列四種條件之一即可：

1. 畢業於經 IEET 所認證學程的國內大學科系；
2. 國內大學畢業，且比照國內專業技師應考資格的規定，修畢各項基礎科學及所申請科別的相關工程學程；
3. 國外大學畢業，必須符合下列條件之一：
  - (1) 畢業於依據 WA 所認證學程的科系；
  - (2) 畢業於依據 FEIAP《導則》\*所認證學程的科系；
  - (3) 通過日本 IPEJ 第一階段考試；
  - (4) 通過美國 NCEES 考試。
4. 國內專科學校畢業，並獲得符合上述三種條件的碩士或更高學位。

\* 係指由亞洲和太平洋工程組織聯盟（Federation of Engineering Institutions of Asia and the Pacific, FEIAP）發布的《工程教育和認證導則（Engineering Education and Accreditation Guidelines for Engineer）》，該導則的首版係我國資助由中國工程師學會與中華工程教育學會合作編撰。

### 3.2.2 專業資格

專業資格是指在相應專業領域中持有的證照或資格，必須符合下列三項條件之一



## 1. 技師

- (1) 相應科別的技師考試及格，領有技師證書，具有該科別 2 年以上工作經驗，並已加入相應技師公會。
  - (2) 持有公共工程委員會發給的執業執照，執行業務或受聘於營造業的技師。
  - (3) 未違反技師法、營造業法或各該技師公會章程情節重大，遭受停止執行相關業務處分之執業技師或營造業專任工程人員。
2. 中國工程師學會正會員，於工程技術顧問公司或營造業工作 10 年以上，並曾擔任計畫經理等管理工作 5 年以上。
  3. 中國工程師學會正會員，並列名於公共工程委員會專家學者建議名單。

### 3.2.3 工作經歷

工作經歷的要求是大學畢業後必須具備 7 年以上工作經驗，且其中 2 年以上須為工程業務的主要負責者。就年資而言，這項要求並不困難，但在提供的申請文件中，除一般年資的說明如工作機構、起訖年月、職稱和工作性質之外，還需要依據這些年資中所承擔的功能，如規劃設計、研究發展或參與公共事務等，提供下列具體經歷的描述：

- ◇ 曾面對的問題 (Problems Faced)
- ◇ 所採用的解決方法 (Solutions Found)
- ◇ 所作的專業判斷 (Engineering Judgments Made)
- ◇ 所造成的衝擊 (Impact Generated)

這些具體經驗的描述，將是申請人是否具備獨立執業能力的重要依據。

### 3.2.4 持續專業發展積分

持續專業發展 (Continuing Professional Development, CPD) 的活動包括三類，第 I 類是由公共工程委員會主辦、委託、授權或許可的活動；第 II 類是中國工程師學會 (包括監督委員會)、與中國工程師學會簽有合作協議的專門學會或相應科別技師公會所舉辦的活動；第 III 類是 I、II 兩類以外的專業發展活動。首次申請亞太暨國際工程師認證，在申請之前兩年期間內的 CPD 積分須達到 50 分，其後每四年申報一次 CPD，在申報之前四年期間內的 CPD 積分須達到 180 分。

上述的積分規定相較於我國技師的持續專業發展看似不高，但計分基礎不同，以參加研討會為例，技師是每小時 10 分，亞太暨國際工程師每小時只有 1 分，因此除發表論文和教學等分數較高的活動外，需要多參與第 III 類活動。第 III 類活動多數發生在工程實際業務中，例如在個案中經由檢討或研究所獲致的心得等，依據事實舉證即可得分，其目的與工作經歷中具體經驗的描述相同。





## 3.2.5 倫理規範

亞太暨國際工程師的倫理規範涵蓋下述四個面向：

1. 對社會的責任
2. 對專業的責任
3. 對業主的責任
4. 對同儕的責任

申請人只要簽署承諾信守倫理規範，即滿足這項條件，當然更重要的是在工作中實際遵守這個規範。

## 3.3 審查認證程序

亞太暨國際工程師認證的審查程序包括書面審查、初審面試和複審三個階段，申請文件不完整或不正確可以補件，面試所採用的簡報資料必須採用英文，簡報和回答審查委員提問可以使用中文，但鼓勵使用英文。複審屬於內部作業，申請人無須參與，複審結果送請監督委員會核定。核定通過審查的申請人將註冊發證，並登錄在 IEA 的資料庫中。申請人對於審查結果如有異議，監督委員會也有既定機制受理申訴。

## 四、人才流通與國際業務

國際性活動無論是外交、科技或商務領域，政府或團體之間從認識、交流到簽訂協議、進行合作乃至形成同盟，都是透過「人」來建立關係，關係得以持續所需要的互信，也是建立在人際之間的相互了解以及長期的行為表現。人際之間相互了解的開端通常需要藉助一些共通性，同為工程人員當然已具有共通性，但如果又是同學、同專業或擁有相同的證照，則可以進一步強化這個共通性。另外國際關係中的「人」代表的是一個公司或一個機構，能被對方接受的行為表現，顯示這個「人」具有充分的溝通整合能力，也顯示這個「人」的背後存在著一個運作良好的組織。要達到這樣的效果，工程師必須具備知識、專業、語文和溝通的能力，一個可以在國際間獲得認許的資質證照就是這些能力的綜合表述，取得亞太工程師或國際工程師認證等同取得一本跨境活動的通行證。

相互認許以利跨境活動的原意是為了人力資源的有效運用，背後的認證制度則為了驅動職能培育，以提升人力素質。但是人才在具備一定能力之後就會尋求更有發揮潛力的職場環境，如果本國不能提供一個國際化的產業環境，持有國際證照的工程師就會另謀出路，形成「楚材晉用」，因此在推動工程師國際化的同時要更積極的推動工程產業國際化，使得人才和



產業相輔相成支持國家的發展。但是如果提高一個層次觀察可以發現，IEA 所以致力於提升工程人員的流通性是因為一個更大的市場正在浮現，等著工程師去投入。2015 年聯合國在會員大會通過的決議案 Agenda 2030 中提出 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，然後 2021 年 UNESCO 提出《實現永續發展的工程專業 (Engineering for Sustainable Development)》報告，針對每一項永續發展目標指出工程師能夠和應該承擔的責任，將工程師的重要性提升到全球議題的層次，因此 IEA 在 2021 年將永續發展目標所涵蓋的多元性、包容性、韌性乃至數位技術的運用等納入最新版的 GAPC 架構中，成為專業工程師認證的新要求。至於前面提到的市場到底有多大呢，依據經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 的研究，全世界每年必須投資 6.9 兆美元興建基礎設施才有可能達到聯合國 Agenda 2030 的境界，其中主要需求來自低收入國家和新興經濟體，這些未來的基礎設施應該不再只是傳統的鋼材和混凝土的組合，環境保護、系統韌性、社會公平並且透過數位技術將人類緊密的連結起來應對氣候變遷和傳染病毒，都是工程師能夠和應該努力的，而跨出國境無論是實體或虛擬都可以讓工程師貼近現場解決這個地球的許多難題。

# 活動花絮

★110年9月10日、9月12日臺中市水土保持技師公會協同辦理「連江縣水土保持酷學校-校園水保宣導活動及水土保持知識擂台競賽」



活動照片



活動照片



活動照片



活動照片



活動照片



活動照片

# Activity Highlights



★110年9月18日臺中市水土保持技師公會協同辦理「南投縣110年度水土保持闖關擂台賽暨園遊會」



活動照片



活動照片



活動照片



活動照片



活動照片



活動照片



★110年9月29日臺北市水土保持技師公會辦理「110年金門縣水土保持服務團組訓大會暨山坡地管理法令座談會」



金門縣政府建設處 陳祥麟處長致詞



臺北市水土保持技師公會 鄧鳳儀理事長  
金門縣水土保持審查等行政程序及流程 SOP 建置簡介



宜蘭縣政府水利資源處水土保持科 陳俊宏科長  
宜蘭縣山坡地管理實務分享



臺北市政府工務局大地工程處 梁成兆專委  
水土保持法規導讀



活動照片



活動照片

## 「水土保持」文稿稿約

本期刊為社團法人中華民國水土保持技師公會全國聯合會發行之季刊，為行政院公共工程委員會95年2月20日工程企字第09500060870號函公告為「國內外專業期刊」。本刊成立之宗旨以提升國內水土保持技術水準，並提供國內外水土保持及相關領域在學術研究及技術應用上具有公信力之發表及交流園地。為貫徹本刊可讀性與風格，並確保刊出文稿內容之嚴謹與完整，謹訂定以下稿約：

- 一、本刊接受之文稿，包含有關於水土保持技術之學術論文與技術論文，需未經發表之論文、工程案例分析、報導文字或新型之工法、材料、分析模式等之介紹，或曾於研討會發表，但經增補或改寫內容之論文。或者其他符合本刊宗旨之文字。
- 二、每篇論文或報導之長度，以不超過10印刷頁（約15000字）為原則。
- 三、稿件以中文或英文撰寫均可，書寫範圍統一使用A4稿紙(21×29.5 cm)橫寫。
- 四、文稿之技術性名詞應使用通行之譯名。非經常性使用之技術名詞須加註該名詞之原文，以免誤解。
- 五、任何一篇文稿應包括以下幾個部份：
  1. 標題（中、英文），以簡明為原則。
  2. 作者真實姓名及服務機關或單位（中、英文並列）。
  3. 關鍵詞（2至4個）及不超過250字之單一段中英文摘要。
  4. 文稿之主體，其第一段必須是「前言」、「引言」、「緣起」、「簡介」等等，最後一段必須是「結論」或「結論與建議」。內容應具條理分明之段落，並冠以適當之子標題，其編號階層以3級為原則，如：
    - 一、章節
      - 1.1 小節
        - 1.1.1 小小節
  5. 後記或致謝（無則免）。
  6. 參考文獻。
- 六、文稿如有列舉事項，請依層次使用1、2、...；(1)、(2)、...；(a)、(b)、...；(i)、(ii)、...等編號。公式請以方程式編輯器編輯，其符號應於第一次出現時予以定義。公式應以(1)、(2)、(3)、...等統一編號，引用時以公式(1)、公式(2)...繕寫之。
- 七、文稿之圖片及表格需提供 Microsoft Office Word 可編輯之檔案，可為向量檔或高解析度點陣檔，若過於模糊請自行數化。圖片及表格應予編號命名，編號方式為表1、圖1等，其所述內容應全篇一致。圖表下方需標註資料來源，可對應參考文獻或本研究結果。
- 八、參考文獻依文稿引用次序予以編號，如[1]、[2]...，未引用之文獻則不可列入。參考文獻內容應依序為：作者姓名、年代、文獻標題、期刊或書名，刊載卷號期數、發行地點等，舉例如下：
  - [1]陳昶憲、雷祖強、許汎穎、郭怡君(2004)，「未設測站日流量預測」，中華水土保持學報，第35卷，第2期，第119-129頁。
  - [2]種田行男(1955)，「農地保全」，理工圖書，東京。
  - [3]Delhomme, J. P. (1979), "Kriging in the Design of Streamflow Sampling Networks", WRR, Vol.15, No.6, pp.1833-1840.
  - [4]Goovaerts, P. (1997), "Geostatistics for natural resources evaluation", Oxford University Press, pp.181-182.
- 九、文稿若有侵害他人之著作權、專利權、智慧財產權或商業機密者，概由作者自行負責，與本刊無涉。
- 十、投稿本刊之文稿，均由學者專家依主旨從嚴審核以決定是否採用。未盡之處將於審查過程補充。

來稿請以電子郵件方式寄至 [swcpea@seed.net.tw](mailto:swcpea@seed.net.tw)，聯絡電話：02-82581918洽曾文萱小姐。