



# 水土保持技術



水  
保  
技  
術

Journal of Water and Soil Conservation Technology

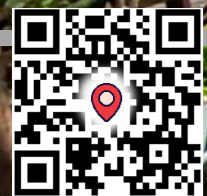
Vol.15

No.2

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2期

2021.06

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  
出版者：中華民國水保技師公會  
全國聯合會  
會址：新北市板橋區雙十路2段  
143號4樓

網址：<http://www.swcpea.org.tw/>  
電話：(02)8258-1918  
(02)2254-4483  
(02)2253-8151  
(02)8258-5680  
傳真：(02)8257-1900  
(02)2250-0061

主編委員：吳烘森  
編輯委員：劉衍志、吳正義、鍾東宏

編輯助理：曾文萱

本刊為季刊，每年出版四次  
本刊版權為水保技師公會所有  
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  
地址：台南市育樂街 55 號 1 樓

電話：(06)2368-880  
傳真：(06)2345-085

Publisher: Yu-Lin Kuo  
Publication Office: The Union of Soil and Water  
Conservation Professional  
Engineer Associations  
Address: 4F., No.143, Sec. 2, Shuangshi  
Rd., Banqiao Dist., New  
Taipei City 220, Taiwan  
(R.O.C.)

Web Site: <http://www.swcpea.org.tw/>  
Tel: +886 2 8258-1918  
+886 2 2254-4483  
+886 2 2253-8151  
+886 2 8258-5680  
Fax: +886 2 8257-1900  
+886 2 2250-0061

Chief of Editor: Hong-Sen Wu  
Board of Editor: Yen-Chih Liu, Cheng-Yi Wu,  
Dung-Hung Chung

Assistant Editor: Wen-Hsuan Tseng

This journal is published quarterly.

Institutional subscription fee: NT\$100

Print: Ji Xiang Publishing Inc.  
Address: 1F., No.55, Yule St., East  
Dist., Tainan City  
70145, Taiwan (R.O.C.)

Tel: +886 6 2368-880  
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：浦來溪頭社戰道沿著寶來後山美瓏山稜線修築，在日治時期動用苦力於其上修建砲台，目前由茂林國家風景區管理處修建步道，居高可俯看荖濃溪與寶來溪合流景緻，往上游則可欣賞重重山巒美景，往西北可見為高雄市觀光局輔導之寶來花賞溫泉公園以及寶來街區，往東南則穿過小關山林道可遠望藤枝與二集團。照片拍攝於2021年5月，其中崩塌裸露陡坡隔著荖濃溪正對寶來街區，在2009年莫拉克颱風引致大量土砂崩落，使得該區至今仍無法恢復至原植生狀態，也足見自然力量之強大，以及水土保持與防災工作的重要。

封面照片提供：劉衍志技師



# 目錄

## 人物專訪

- 4 作曲魔術師-鍾弘遠技師

## 學術論文

- 8 臺灣東部山坡地土壤沖蝕性指數之建立與分布  
- 陳俊元 簡士濠
- 18 崩塌地於不同坡度下施用植生粒劑之覆蓋率比較  
- 陳昶甫 傅竝穎 唐琦

## 技術論文

- 24 施工安全監測與智能風險管理之優化-以出火及七坑為例  
- 林秉賢 陳偉強 傅桂霖 洪志祥 張峻璋

## 技術短文

- 34 智慧式合理估算坡面崩塌量及其運移行為之精進研究  
- 戴義欽
- 36 高精度數值地形應用於整合型崩塌發生與流出數值模擬  
技術開發之研究  
- 蔡元融 李威霖

## 評析專欄

- 38 水土保持技術規範滯洪設施總量管制之探討  
- 郭玉麟 王杰俊 許中立

## 活動花絮



## 人物專訪

作曲魔術師 鍾弘遠技師



採訪／郭玉麟理事長、劉衍志技師

文字整理／曾文萱

日期／2021年6月11日

在全球疫情肆虐，全國第三級警戒政策持續延長影響下，為克服無法面對面訪談的難題，本期期刊首次透過 LINE 通訊軟體進行線上採訪，很榮幸能邀請到鍾弘遠技師受訪。鍾技師畢業於屏東農業專科學校森林科，於民國五十九年通過水土保持科高考，歷任省府前山地農牧局技術員，台北市政府建設局技士、股長、技正、科長、專門委員、主任秘書、副局長等職。

鍾技師在職涯過程中積極投入水土保持工作，著重人文素養的他，在音樂創作方面亦不遺餘力。從 1965 年開始，逾五十多年的作詞作曲生涯，累積近 2000 部作品。具有濃厚人文關懷特質的他，以樂章寫日記，紀錄眼前生活風景與臺灣風土民情；愛鄉愛土的他，也不忘關注臺灣重大歷史事件，以音樂紀錄史實。





此次訪談將請鍾弘遠技師分享他的水土保持職業生涯、水土保持與音樂如何在生活中產生關聯、以及對後進的期許與勉勵。以下為當日訪談記要：

## 那些「迎著太陽上山，背著月亮下山」的日子……

鍾技師在民國五十七年於屏東農業專科學校森林科水土保持組（屏東科技大學水土保持系前身）畢業後入伍服兵役，當時分派到聯勤製圖場參與圖說繪製工作，並於退伍前考取臺灣省政府農林廳山地農牧局（即行政院農業委員會水土保持局前身），期間服務兩年八個月，過著月初出差至山區進行山坡地農牧土地規劃調查測量的工作，直到月底才下山的日子。鍾弘遠技師笑說：



「雖然當時辛苦，但在那時獲得非常多的見識，因為對臺灣山川之美與部落環境的喜愛，讓我忘了工作上的苦，當時的苦是迎著太陽上山，背著月亮下山。一早整隊坐吉普車上山，到黃昏日落很晚時才慢慢下山。」

但也正因為發現就學期間所學理論與實務環境有所落差，因此測量、製圖、設計等實務工作經驗增長了見識、拓展了視野，對初出社會者是極為珍貴的磨練。

「身為水土保持組第一屆學生畢業，能參加臺灣實質上這麼有意義的工作，真的感到十分慶幸，也感謝有許多前輩夥伴不辭辛勞的教導我們。」

回憶起過去時光，鍾弘遠技師心中充滿感激與感恩之情。

在山地農牧局其間，鍾技師仍不忘持續充電，除準備高考外，亦受父親的影響同時準備電信特考。考取高考後，於民國六十一年三月轉任至臺北市政府建設局農林科，從技士、股長、技正、科長、專門委員、主任秘書升任到副局長。服務其間從事農業推廣輔導工作外，鑑於當時臺北市山區普遍缺乏產業道路，因此與當地土地所有權人協調，以無償取得道路用地模式，逐步發展出產業道路網，奠定臺北市山區發展的基礎，也衍生出區域次要通路連通網。此外，召集相關單位的派駐代表，成立山坡地範圍劃定小組，依中央法規水土保持法劃定山坡地範圍。在擔任副局長兼大地工程處籌備處處長期間，由於眼睛發現癌細胞，不得不開始思考健康與工作間的平衡，擔心身體健康影響工作的考量下決定請辭，申請提前退休。鍾弘遠技師回顧：

「四十年又八個月公職生涯，所獲得的成就都歸功於夥伴與團隊同心協力的合作。」





以樂曲紀錄臺灣的風土民情之餘，也不忘以樂曲傳遞愛與關懷……

家住屏東縣東港鎮的鍾技師，從小在喜愛拉小提琴的父親與基督徒母親吟唱聖詩的薰陶下，培養了極高的音樂天賦。高中即自修學習張錦宏教授著述的樂理書籍，也跟著哥哥一起聽黑膠唱片，欣賞古典音樂、歌劇。喜歡寫作的他，就讀國小時曾投稿至國語日報，從小即展現對藝術創作的執著與熱情。家裏的氛圍、樂理的學習、文字的掌握，造就日後參加中視第二屆金曲獎作曲選拔獲得冠軍的堅實基礎。對鍾技師而言，創作即是將抽象的、印象的感受，轉換為具象形式的輸出，對生活中的觀察加以藝術的體現。

以音樂寫日記，回顧逾五十多年的作曲生涯之作品無數，至今仍維持每個月至少 3 部作品的創作速度，源源不斷的靈感來自於對環境、對周遭、對工作、對人文關懷的關注。其中《討海》以故鄉屏東東港捕魚的情境為背景，以人文關懷角度出發，描述漁民用生命與大海搏鬥的生活，從而引發讀者。而《噶瑪蘭的星星》則是融入地方的人文、自然元素，與蘭陽舞蹈團合作，以舞蹈與交響詩詮釋詠唱宜蘭之美。作品由十個樂章組合而成，音樂饗宴由第一樂章的戀戀蘭陽溪揭開序幕：

「天神造山，海神造大地，在宜蘭盆地，千載億萬年。山川峻秀，天險嶺脊連峰，曲曲彎彎蜿蜒如仙女腰，山有天護地，地有溪流，流先民在此地……」

除了道出宜蘭得天獨厚的地理環境資源，在最終樂章也道出龜山島是阮的寶，以樂曲體驗宜蘭之美。

紀錄臺灣的風土民情之餘，也不忘以樂曲傳遞愛與關懷。例如：在六張犁「戒嚴時期政治受難者紀念公園」舉辦的「墓仔埔音樂會」，即是為了安慰白色恐怖受難者與家屬的創傷，鍾弘遠技師接受訪談時表示：

「當時舉辦墓仔埔音樂會的動機與政治立場無關，藉由音樂紀錄這段歷史，是身為臺灣音樂人的他所該盡的責任。」

此外，曾在國父紀念館演出的《921 之慟》則是在 921 地震時進入災區，看見殘破碎落的屋瓦下所冒出的鮮嫩綠芽，有感而發寫下之作品。而《莎瑪娜》則是以莫拉克颱風引發的八八水災，以那瑪夏受創的背景所創作之作品，呼籲國土保育之重要性。作品除對自然的崇敬，也展現對臺灣這塊土地的深厚感情與依戀。又如《雪山隧道頌》，結合工程人與音樂人的角色，為這塊土地上的重大工程留下音樂記錄。鍾技師分享道：

「會寫就要寫，為社會過往、人生百態的記錄盡一分觀察者的心力！」





做！做！做！

訪談至尾聲，理事長請鍾弘遠技師為年輕後進提出勉勵：

「各位年輕的夥伴，成功或許並非偶然，但可能是偶然！」

「技師本身是一種頭軟手硬的工作，勤走、多學、創新！」

鍾弘遠技師更用簡單的三字訣，完整表達長輩對後進最實在的期許：

「做！做！做！ 學！學！學！」

當訪問最後，不禁好奇詢問，若一般人沒有音樂基礎，如何在生活中感受及體會藝術涵養。鍾技師當下藉由「製造按快門的衝動」做譬喻：

「若設計很冰冷，沒有營造視覺美感，不會讓人有想拍照的衝動，照片像是一個舞台，而不僅僅只是一張平面的相片。」

「到一個地方，多駐足五分鐘十分鐘，感受該處的上下四方、古往今來、遠近高低，自然有所收穫」

豐富美感體驗，在日常徹底落實生活美學。

如同此次訪談贈言

「豎籬笆不為界，等倦鳥停羽歇；  
渠高歌非找伴，盼杏桃討我歡；  
豔花紅竹編黃，晨窗喜蝶不慌；  
茉莉香一場妙，雨讚我汗迎笑；  
豎籬笆…不為界!!」

面帶微笑即是善的開始，溫暖為人文價值最大動力。透過散文、詩詞、樂曲創作，這些過程與累積，是長期生命體悟所孕育的深厚底蘊及美感素養。鍾弘遠技師透過關心這片土地，將生活化為藝術，也將藝術化為生活，用心體驗及感受眼前日常，再將之具體表現。人文素養的培育養成永遠不嫌遲！

豎籬

豎籬笆不為界，  
等倦鳥停羽歇；  
渠高歌非找伴，  
盼杏桃討我歡；  
豔花紅竹編黃，  
晨窗喜蝶不慌；  
茉莉香一場妙，  
雨讚我汗迎笑；

2021.06.10 鍾弘遠

豎籬笆…不為界!!



## 臺灣東部山坡地土壤沖蝕性指數之建立與分布

### Establishment of soil erodibility index and its spatial distribution in eastern Taiwan

陳俊元<sup>1</sup>、簡士濠<sup>2\*</sup>

Jyun-Yuan Chen<sup>1</sup> Shih-Hao Jien<sup>2\*</sup>

1. 國立屏東科技大學水土保持系 研究助理

2. 國立屏東科技大學水土保持系 教授 (通訊作者 E-mail: shjien@g4e.npust.edu.tw)

1. Research Assistant, Department of Soil and Water Conservation,

National Pingtung University of Science and Technology, Neipu 91201, Pingtung, Taiwan.

2. Professor, Department of Soil and Water Conservation,

National Pingtung University of Science and Technology, Neipu 91201, Pingtung, Taiwan.

#### 摘要

鑒於臺灣目前所參考之土壤沖蝕指數(soil erodibility, K factor)乃於30餘年前建立，距今已久遠，加上近年來，氣候變遷引起諸多嚴重坡地災害，同時，近年山坡地過度開發且土地利用變化差異甚大，顯示土壤沖蝕指數極具有重新建立與評估之必要性。本研究主要於宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣山坡地範圍內(海拔高程為100 m至1000 m)，於各縣市選取最具代表性之30個基標土系(benchmark soil series)，建立該地區K值之數值與繪製空間等值分佈圖。本研究採Wischmeier et al. (1978)公式計算各縣市山坡地基標土系之K值，並以克利金推估模式(Kriging interpolation model)繪製空間分布等值圖，以提供水土保持相關從業人員之參考。本研究結果顯示，宜蘭縣山坡地K值為0.0108-0.0671 t·ha·yr·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup>，花蓮縣山坡地K值為0.0268-0.0829 t·ha·yr·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup>，而臺東縣山坡地K值為0.0172 - 0.0533 t·ha·yr·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup>，結果指出以花蓮縣山坡地土壤沖蝕潛勢較高。本研究調查之K值分佈與萬鑫森與黃俊義(1989)之K值分佈具有顯著差異，以宜蘭縣東邊、花蓮縣南邊及臺東縣北邊山坡地提升最顯著，K值由1989年的0.013增加至2016年的大於0.039，推測坡地受災害嚴重擾動與土地開發之影響所致。

**關鍵字：**土壤沖蝕性指數、基標土系、空間分布、土壤沖蝕潛勢。

#### Abstract

Soil erodibility factor (the K factor) should be re-established due to soil properties have been obviously influenced by climate change and over developed of slopelands in recent years in Taiwan. The old K factor developed by Wann and Huang (1989) used in Taiwan might not be suitable longer





because it has already established thirty years at least. This study selected 30 benchmark soil series in sloplands (100 m- 1000 m) for each county (Yilan, Hualien and Taitung) in eastern Taiwan to analyze surface soil properties and calculated the K factors (based on Wischmeier et al. (1978)) and its spatial distribution. The results revealed that the K factors were  $0.010-0.073 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{yr}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  in Yilan,  $0.021-0.082 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{yr}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  in Hualien and  $0.0076-0.050 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{yr}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  in Taitung. Higher soil erodibility was found in the sloplands in Hualien. Comparing with the results from Wann and Huang (1989), new K factors obviously larger at eastern Yilan, and at southern Hualien, and northern Taitung, which might be attributed to serious disturbance of soils by climate change or long-term change processes of land uses.

**Key Word: soil erodibility, benchmark soil, spatial distribution, soil erosion potential.**

## 一、前言

目前推估臺灣山坡地土壤沖蝕量，仍以通用土壤流失公式 (Universal soil loss equation, USLE) 為主要估算土砂流失之方式。估算過程中，需參考Wischmeier and Smith (1978)所提出之線性圖解法(Nomograph)，推估土壤沖蝕性指數 (Soil erodibility, K factor)。土壤沖蝕性指數係指土壤本身對沖蝕分離 (Detachment)及搬運(Transportation) 的容受能力，而該值可充分反映出土壤對沖蝕破壞之抵抗能力。當K值愈低顯示土壤愈抗沖蝕，而值越高即代表土壤愈不耐受沖蝕。Parysow et al. (2003), Wischmeier and Mannering (1969) 及林俐玲等人 (2001)指出，K值顯著受到土壤粒徑、有機碳含量、土壤構造與土壤導水度等性質影響。Zuazo et al. (2006)指出土壤團粒穩定度與土壤中的次生礦物(鋁英石)為影響火山灰土壤K值的主要因子。

自1980年開始，國內已有許多學者針對K值進行相關的探討。臺灣現行使用之土壤沖蝕性指數(K)資料為萬鑫森及黃俊義(1989)

依據Wischmeier and Smith之列線圖推算得臺灣280處土壤之沖蝕性指數。此外，萬鑫森與黃俊義(1981; 1983; 1989; 1993)，黃俊義與萬鑫森(1994)和黃俊義(1986)以特定土壤性質對照線解圖並求得K值，且設定K值低於0.20(英制單位)以下者為低沖蝕性土壤，在0.20-0.40間者為中沖蝕性土壤，高於0.40以上者為高沖蝕性土壤，並於1989年繪製臺灣地區之K值概略分佈圖。然而，建立臺灣土壤沖蝕性指數 (K) 距今已超過三十年，近幾十年來土地利用及開發程度已差異甚大。Roose (2003)指出K值為一動態變化 (Dynamic)之數值，並非長期維持定值，該值將隨時間變化或土地管理上而有所變動。同時，目前水土保持技術規範中已建立的臺灣各地區土壤沖蝕性指數參考地點之資料仍少，顯示臺灣坡地之K值有重新調查建立之必要性。

本研究期望以具代表性之基標土系 (Benchmark soil series)概念，於臺灣東部三縣市的山坡地系統性採集表土土樣。採樣點將均勻分布於海拔100-1000公尺間之山坡地範圍，分析各採樣點之土壤沖蝕性指數，重新



評估並繪製臺灣土壤沖蝕性指數空間分布等值圖，期望可提供水土保持相關從業人員作為參考。

## 二、材料與方法

### 2.1 研究區域與基標土系選定

本研究區域包括宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣等3個東部縣市山坡地。本研究依據山地農牧局於1980-1988年間建立之山坡地土壤調查報告書，選取各縣市山坡地之前30大土系作為基標土系，宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣之30大基標土系面積比例如表1~表5所示。所選定之30土系為該縣市山坡地分佈面積最廣之土系，其面積總和皆超過山坡地面積85%以上。

**表1 宜蘭縣山坡地之前25大土系及其所佔面積比例**

順序	土系名稱	面積(m <sup>2</sup> )	面積比例(%)
1	Stm 三地門系	180,754,260.40	18.5
2	Hcy 初英山系	135,290,521.98	13.8
3	Ycl 油車坑系	109,664,703.09	11.2
4	Hwj 萬榮系	87,857,735.84	8.98
5	- 未調查	69,901,843.37	7.14
6	Nsh 南山系	38,624,164.15	3.95
7	Ths 大湖桶系	24,897,446.82	2.54
8	Tys 大元社系	24,350,727.98	2.49
9	Ylk 苑裡坑系	23,901,495.23	2.44
10	Hcw 杵望山系	19,858,751.56	2.03
11	Tcg 土場系	17,114,097.71	1.75
12	Cls 棲蘭山系	15,400,827.14	1.57
13	Nsa 南蘇澳山系	13,952,873.16	1.43
14	Nfa 南方澳系	11,525,213.59	1.18
15	Pta 百韜系	10,314,960.03	1.05
16	Hoc 偶屈山系	10,038,103.18	1.03
17	Tns -	9,815,841.55	1.00
18	Nys 內員山系	9,692,343.50	0.99
19	Smh 司馬限系	9,623,042.31	0.98
20	Hll 香蘭里系	8,035,530.48	0.82
21	Ct 枕頭山系	7,579,073.68	0.77
22	Nac 南庄系	6,821,709.54	0.70
23	Net 內大溪系	6,752,158.21	0.69

24	Snp 雙連坡系	5,810,943.35	0.59
25	Hus 虎山系	5,383,071.43	0.55
26	Fst 奉山村系	5,203,811.12	0.53
27	Lc 六結系	3,779,940.66	0.39
28	Hta 小大白山系	3,648,334.76	0.37
29	Wlk 武荖坑系	3,580,143.35	0.37
30	Lsk 冷水坑系	3,418,728.86	0.35
總計	30	882,592,398.04	90.2

**表2 花蓮縣山坡地之前25大土系及其所佔面積比例**

順序	土系名稱	面積(m <sup>2</sup> )	面積比例(%)
1	Hcy 初英山系	212,179,451.08	12.3
2	Hcw 杵望山系	199,174,803.72	11.5
3	- 未調查	183,476,845.15	10.6
4	Hpy 和平系	130,240,824.63	7.54
5	Hns 南三棧系	89,689,093.31	5.19
6	Js 瑞穗系	86,950,632.53	5.03
7	Ky 觀音系	8,136,029.13	2.78
8	Mky 貓公越系	36,753,366.80	2.13
9	Hcp 鎮平系	32,471,426.64	1.88
10	Tta 東臺系	29,248,900.66	1.69
11	Cdc 崇德村系	27,857,891.25	1.61
12	Hll 香蘭里系	25,196,067.61	1.46
13	Stm 三地門系	22,509,642.26	1.30
14	St 四座屋系	21,502,794.23	1.24
15	Sp 下水埔系	21,381,477.34	1.24
16	Hct 鶴岡村系	21,141,540.49	1.22
17	Hcf 清富系	20,792,685.04	1.20
18	Wnt 萬寧村系	19,639,092.38	1.14
19	Kp 溝貝系	19,217,100.83	1.11
20	Lch 六畜山系	18,357,630.16	1.06
21	Lst 鸞山村系	16,406,102.53	0.95
22	Was 霧台村系	12,928,180.15	0.75
23	Cl 初鹿系	12,614,194.89	0.73
24	Psw 士文村系	11,440,279.19	0.66
25	Hwj 萬榮系	11,368,501.70	0.66
26	Tl 東里系	11,323,938.76	0.66
27	Hlk 壠坵系	11,091,820.80	0.64
28	Tlt 大農村系	10,902,654.52	0.63
29	Scs 水墜村系	9,733,503.60	0.56
30	Fgs 豐吉山系	9,256,644.79	0.54
總計	30	1,382,983,116.17	80.0

**表3 臺東縣山坡地之前26大土系及其所佔面積比例**

順序	土系名稱	面積(m <sup>2</sup> )	面積比例(%)
1	- 未調查	274,517,629.65	15.1





2	Stm	三地門系	199,390,759.17	11.0
3	Hcw	杵望山系	168,246,224.30	9.26
4	Mky	貓公越系	95,141,926.17	5.24
5	Js	瑞穗系	89,714,784.15	4.94
6	Lch	利吉系	88,474,558.01	4.87
7	Was	霧台村系	88,245,879.24	4.86
8	Ycl	油車坑系	86,248,725.98	4.75
9	Hlk	壠坵系	66,932,961.05	3.68
10	Hwj	萬榮系	55,911,424.32	3.08
11	Cfs	中福系	43,908,585.48	2.42
12	Hkt	花固村系	43,351,383.33	2.39
13	Hct	鶴岡村系	30,988,061.26	1.71
14	Pci	佳義村系	24,531,990.28	1.35
15	Cl	初鹿系	21,620,247.15	1.19
16	Hcy	初英山系	21,127,063.60	1.16
17	Yf	永豐系	18,776,733.80	1.03
18	Wnt	萬寧村系	15,062,020.52	0.83
19	Fws	筏灣村系	14,879,127.05	0.82
20	Ths	大湖桶系	13,966,655.68	0.77
21	Mhs	麻香系	12,787,804.06	0.70
22	Phs	平和村系	12,736,915.31	0.70
23	Ly	鹿野系	12,711,648.93	0.70
24	St	三台系	12,553,028.69	0.69
25	Psw	士文村系	12,272,787.44	0.68
26	Ssh	三仙溪系	10,779,827.45	0.59
27	Ky	觀音系	9,814,781.34	0.54
28	Pch	北溪系	8,607,291.91	0.47
29	Lkp	雷公埔系	8,327,637.25	0.46
30	Llt	鹿寮東系	8,327,637.25	0.46
總計		30	93,260,770.6	86.4

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 基標土系調查

採樣人員進行調查及採樣前，需評估現場土壤是否受整地嚴重或填埋客土，如無特殊整地行為，即以土鑽採集表土。對照土壤調查報書之敘述（宜蘭縣山坡地土壤調查報告書，1986；花蓮縣、臺東縣山坡地土壤調查報告書，1984），評估現地土壤是否相符土壤調查報書之敘述，供判斷該採樣點之合適性，若不合適者則棄之，另尋其它代表性點位。確認採樣點的合適性後，將其地表植株去除後，再進行基標土系調查，記錄採樣點之座標、海拔、坡度、坡向及土地利用並採集供後續分析，東部採樣點分布圖如圖1所示。

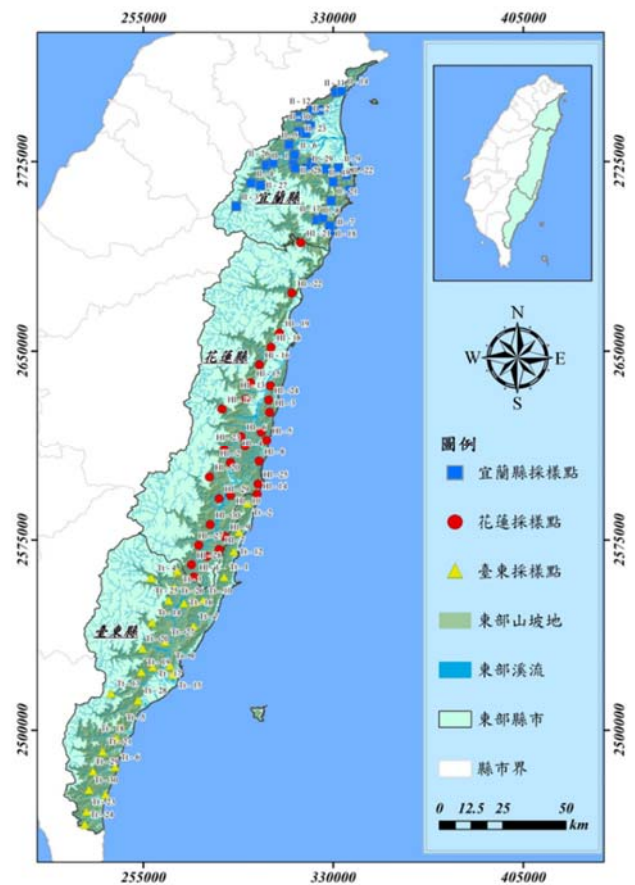


圖1 東部地區採樣點位分佈圖  
(TWD97二度分帶座標)

### 2.2.2 土壤性質分析

於採樣現地進行土壤結構鑑定及土色判別，以現地張力入滲計測定土壤導水度，與打入土罐(soil core)供測定土壤總體密度，並採集0-30公分之表土作為分析樣本，攜回實驗室後分析以下土壤性質：

1. 土壤質地分析：比重計法(Gee and Bauder, 1986)與乾篩法

利用比重計法測定土壤砂粒(2-0.05 mm)、粉粒(0.05-0.002 mm)及黏粒(< 2 $\mu$ m)之組成比例。利用乾篩機分離粗砂(2-0.5 mm)、中砂(0.5-0.25 mm)、細砂(0.25-0.1 mm)、極細砂(0.1-0.05 mm)。

2. 土壤構造鑑定：現地鑑定土壤構造與大小  
依美國農部(USDA)國家土壤調查中心



(National Soil Survey Center)出版之土壤調查描述手冊(Field Book for Describing and Sampling Soils, 2014)中之規範，現地鑑定土壤構造與大小。

3.土壤團粒穩定度：平均重量直徑法(weight-mean diameter, MWD) (Le Bissonnais, 1996)

以多重溼篩法計算出土壤團粒之平均重量粒徑，亦即分別記錄2 mm、1 mm、0.5 mm、0.25 mm、0.104 mm篩網上剩餘土重，在與各篩網之中值粒徑區間乘積之總合。

4.土壤水力傳導度測定：張力入滲計(Campbell et al., 1986)

以張力入滲計測定現地土壤導水度。如遇無法利用張力入滲計之地形位置，則利用既定體積之不銹鋼土罐(soil core)，貫入土壤，攜回實驗室，以定水頭法測定土壤飽和導水度。

5.土壤有機質含量：濕式氧化法 (Nelson and Sommers, 1982)

取0.5g風乾土壤置於500 ml三角錐瓶中，於抽氣櫃中依序加入20ml 1 N重鉻酸鉀(K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)及20 ml 95 %濃硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)，充分震盪使土壤與溶液混合後，靜置約30分鐘。加入100 ml去離子水、5 ml 98%濃磷酸(H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>)及4滴菲羅琳指示劑(o-phenanthroline indicator)，以0.5N 硫酸亞鐵銨溶液(Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O)滴定至終點。

6.土壤總體密度：土罐法

利用體積固定為100cm<sup>3</sup>之不銹鋼土罐，貫入土壤中，以不擾動土樣的方式將土罐及土樣帶回實驗室，將土樣以105±5°C烘乾後並秤重，得到的乾土重與土壤體積之比即為土壤總體密度。

7.土壤含石量：重量法

秤取一定重量之土樣後，將土樣通過#10篩網，停留於篩網上的土敲碎，並再過一次

#10篩網，而停留於篩網上的則為石頭，將石頭秤後，與過篩前的重量相比，即為土壤含石量。

### 2.2.3土壤沖蝕性指數推估

本研究依據Wischmeier (Wischmeier and Smith, 1984)公式(如式(1)所示)，將土壤分析結果代入進行推算得到各採樣點之土壤沖蝕性指數(K)。

$$K(\text{公制}) = 0.1317 \times K(\text{英制})$$

$$= 0.1317 \times [2.1M^{1.14} (10^{-4}) (12-a) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)] / 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中：M = 粉粒與極細砂 (0.002~0.1mm) × (100%-黏粒%)；  
a = 有機質含量(%)；  
b = 土壤結構參數；  
c = 土壤滲透性參數。

※當土壤之有機質含量超過4%時仍以4%計算。

表4 土壤結構參數

結構參數值	土壤結構	粒徑大小 (mm)
1	極細顆粒	<1.0
2	細顆粒	1.0~2.0
3	中或粗顆粒	2.0~10.0
4	塊狀、片狀或粗顆粒	>10.0

表5 土壤滲透性參數

滲透性參數值	滲透性	滲透速率 (mm/hr)
1	極快	>125.0
2	快	62.5~125.0
3	中等	20~62.5
4	中等慢	5.0~20.0
5	慢	1.25~5.0
6	極慢	<1.25





## 2.2.4 土壤沖蝕性指數空間分布圖之繪製

本研究使用美國環境系統研究所公司 (Environmental Systems Research Institute, Inc., ESRI) 開發之地理資訊系統軟體 ArcMap 10.2，將利用 90 個樣點之土壤沖蝕性指數(K)以一般克利金 (ordinary Kriging) 法的內插方式推估東部山坡地範圍內之土壤沖蝕性指數，並將其繪製成各縣市山坡地 (100 m -1000 m) 之土壤沖蝕性指數(K factor) 之空間分布圖。其中一般克利金法為平均值未知但為一常數，因此採用一般克利金法以已知點(Z<sub>0</sub>)數值推估未知區域內之推估未知點(Z<sub>0</sub>')，其推估值具有最佳線性及不偏估之特性。

1. 最佳：推估值與已知值之差的變異數最小

$$Var [ Z_0' - Z_0 ] = \min \dots\dots\dots (2)$$

※ Var [] = 對中括號內的值取變異數。

2. 線性：推估值為已知值的線性組合

$$Z_0' = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i \dots\dots\dots (3)$$

其中  $\lambda_i$  為一常數。

## 三、結果與討論

### 3.1 土壤沖蝕性指數(soil erodibility, K)

本研究於臺灣東部山坡地採集 90 個土樣，並攜回實驗室進行土壤分析，將獲得之土壤性質參數計算各點之土壤沖蝕性指數。表 6 顯示，宜蘭縣山坡地基標土系之土壤沖蝕性指數最小值約為 0.0108 t·ha·yr·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup>，最大值約為 0.0671 t·ha·yr·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup>，花蓮縣則約介於 0.0268 - 0.0829 t·ha·yr·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup>，而臺東縣約介於 0.0172 - 0.0533 t·ha·yr·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup>。

### 3.2 土壤沖蝕性指數空間分布圖

本研究利用 Wischmeier (Wischmeier and Smith, 1984) 公式所推算得到採樣點之土壤沖蝕性指數(K)，並以地理統計的概念，分別將萬鑫森及本研究採樣點之 K 值，以一般克利金(ordinary Kriging)法繪製各縣市山坡地 (100 m -1000 m) 之土壤沖蝕性指數(K)空間分佈圖如圖 2 所示，其中本研究依據萬鑫森及黃俊義(1989)所設定之土壤沖蝕性指數 K 值 (英制)等級進一步劃分，其新等級如表 6 所示：

表 6 土壤沖蝕性指數等級表

土壤沖蝕性等級	土壤沖蝕性指數 K (英制)	土壤沖蝕性指數 Km (公制)
極低蝕性土壤	K ≤ 0.10	Km ≤ 0.013
低蝕性土壤	0.10 < K ≤ 0.20	0.013 < Km ≤ 0.026
中下蝕性土壤	0.20 < K ≤ 0.30	0.026 < Km ≤ 0.039
中上蝕性土壤	0.30 < K ≤ 0.40	0.039 < Km ≤ 0.052
高蝕性土壤	0.40 < K ≤ 0.50	0.052 < Km ≤ 0.065
極高蝕性土壤	0.50 < K	0.065 < Km

本研究將臺灣東部山坡地基標土系之 K 值，以縣市做區分後，可發現宜蘭縣山坡地之土壤沖蝕性指數(如表 7 及圖 2(b)所示)呈往南遞增，臺東縣則呈遞減，而花蓮縣山坡地之 K 值較為均勻，其中宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣山坡地皆屬中蝕性土壤。宜蘭縣北邊及臺東縣中部山坡地之土壤沖蝕性指數趨勢與萬鑫森與黃俊義(1989)的結果(圖 2(a)所示)相符，而其餘區域之 K 值則在 30 餘年間有所增加，尤其以宜蘭縣東邊、花蓮縣南邊及臺東縣北邊山坡地提升趨勢較為顯著，顯示這些區域土壤可能遭受擾動、開發情形或土





地利用改變，而使土壤抵抗侵蝕的能力顯著降低。

### 3.3 土壤沖蝕性指數與土壤性質之關係

本研究將臺灣東部採樣點位之土壤性質進行整理並彙整成表 8 及表 9，可發現臺灣東部地區超過八成屬於中質地土壤，其中以粉質壤土及壤土為主；以沖蝕性指數等級區

分時，可發現細質地土壤多為中蝕性土壤，中質地土壤多為中、高蝕性土壤，而粗質地土壤則多屬於低、中蝕性土壤。由表 9 可看出，宜蘭縣山坡地之土壤有機質含量頗高，能促進土壤團粒絮聚，因此宜蘭縣之土壤團粒穩定度亦較高，增加土壤安定性，故抗蝕力大，土壤沖蝕性指數相對較低。

表7 宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣山坡地基標土系之土壤沖蝕性指數

宜蘭縣採樣點 編號	土壤沖蝕性指數 K (t·ha·yr·ha <sup>-1</sup> ·MJ <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	花蓮縣採樣點 編號	土壤沖蝕性指數 K (t·ha·yr·ha <sup>-1</sup> ·MJ <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	臺東縣採樣點 編號	土壤沖蝕性指數 K (t·ha·yr·ha <sup>-1</sup> ·MJ <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> )
II - 1	0.0477	HI - 1	0.0474	Tt - 1	0.0186
II - 2	0.0467	HI - 2	0.0589	Tt - 2	0.0172
II - 3	0.0299	HI - 3	0.0364	Tt - 3	0.0487
II - 4	0.0270	HI - 4	0.0345	Tt - 4	0.0486
II - 5	0.0354	HI - 5	0.0359	Tt - 5	0.0353
II - 6	0.0399	HI - 6	0.0493	Tt - 6	0.0350
II - 7	0.0438	HI - 7	0.0434	Tt - 7	0.0440
II - 8	0.0461	HI - 8	0.0595	Tt - 8	0.0460
II - 9	0.0289	HI - 9	0.0332	Tt - 9	0.0290
II - 10	0.0175	HI - 10	0.0399	Tt - 10	0.0301
II - 11	0.0466	HI - 11	0.0396	Tt - 11	0.0351
II - 12	0.0422	HI - 12	0.0405	Tt - 12	0.0498
II - 13	0.0363	HI - 13	0.0402	Tt - 13	0.0295
II - 14	0.0452	HI - 14	0.0507	Tt - 14	0.0347
II - 15	0.0267	HI - 15	0.0494	Tt - 15	0.0277
II - 16	0.0276	HI - 16	0.0369	Tt - 16	0.0273
II - 17	0.0420	HI - 17	0.0438	Tt - 17	0.0321
II - 18	0.0419	HI - 18	0.0471	Tt - 18	0.0425
II - 19	0.0528	HI - 19	0.0474	Tt - 19	0.0337
II - 20	0.0671	HI - 20	0.0540	Tt - 20	0.0375
II - 21	0.0337	HI - 21	0.0268	Tt - 21	0.0533
II - 22	0.0384	HI - 22	0.0294	Tt - 22	0.0325
II - 23	0.0177	HI - 23	0.0367	Tt - 23	0.0370





宜蘭縣採樣點 編號	土壤沖蝕性指數 K (t·ha·yr·ha <sup>-1</sup> ·MJ <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	花蓮縣採樣點 編號	土壤沖蝕性指數 K (t·ha·yr·ha <sup>-1</sup> ·MJ <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	臺東縣採樣點 編號	土壤沖蝕性指數 K (t·ha·yr·ha <sup>-1</sup> ·MJ <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> )
II - 24	0.0108	HI - 24	0.0496	Tt - 24	0.0339
II - 25	0.0463	HI - 25	0.0655	Tt - 25	0.0444
II - 26	0.0482	HI - 26	0.0829	Tt - 26	0.0400
II - 27	0.0369	HI - 27	0.0471	Tt - 27	0.0218
II - 28	0.0462	HI - 28	0.0446	Tt - 28	0.0241
II - 29	0.0418	HI - 29	0.0396	Tt - 29	0.0353
II - 30	0.0349	HI - 30	0.0514	Tt - 30	0.0469

表8 不同質地下之土壤沖蝕性指數比例

土壤質地	極低蝕性 土壤		低蝕性 土壤		中下蝕性 土壤		中上蝕性 土壤		高蝕性 土壤		極高蝕性 土壤		總合	
	土樣 數量	比例 (%)	土樣 數量	比例 (%)	土樣 數量	比例 (%)	土樣 數量	比例 (%)	土樣 數量	比例 (%)	土樣 數量	比例 (%)	土樣 數量	比例 (%)
黏土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
黏質壤土	-	-	-	-	4	4.4	-	-	-	-	-	-	4	4.4
粉質黏土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
粉土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
粉質壤土	-	-	-	-	5	5.6	20	22.2	5	5.6	3	3.3	33	36.7
粉質黏壤土	-	-	-	-	2	2.2	-	-	-	-	-	-	2	2.2
壤土	-	-	1	1.1	24	26.7	17	18.9	-	-	-	-	42	46.7
砂質黏壤土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
砂質壤土	-	-	4	4.4	-	-	3	3.3	-	-	-	-	7	7.8
壤質砂土	1	1.1	1	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.2
總和	1	1.1	6	6.7	35	38.9	40	44.4	5	5.6	3	3.3	90	100.0

表9 宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣山坡地表土(0-30 cm)土壤性質

縣市	砂粒	粉粒	黏粒	有機質	導水度	總體密度	含石量	團粒穩定度
	----- % -----				mm/hr	g/cm <sup>3</sup>	%	mm
宜蘭縣	48.1 ± 13.1	40.4 ± 12.5	11.5 ± 4.35	4.86 ± 2.90	28.7 ± 17.1	1.16 ± 0.13	53.2 ± 23.5	0.72 ± 0.24
花蓮縣	40.4 ± 7.50	48.7 ± 8.94	10.9 ± 3.38	3.51 ± 1.39	50.7 ± 44.4	1.20 ± 0.13	34.0 ± 22.0	0.66 ± 0.23
臺東縣	38.5 ± 15.7	43.1 ± 15.4	18.4 ± 8.45	3.23 ± 1.83	39.3 ± 25.3	1.29 ± 0.16	49.7 ± 19.9	0.64 ± 0.35





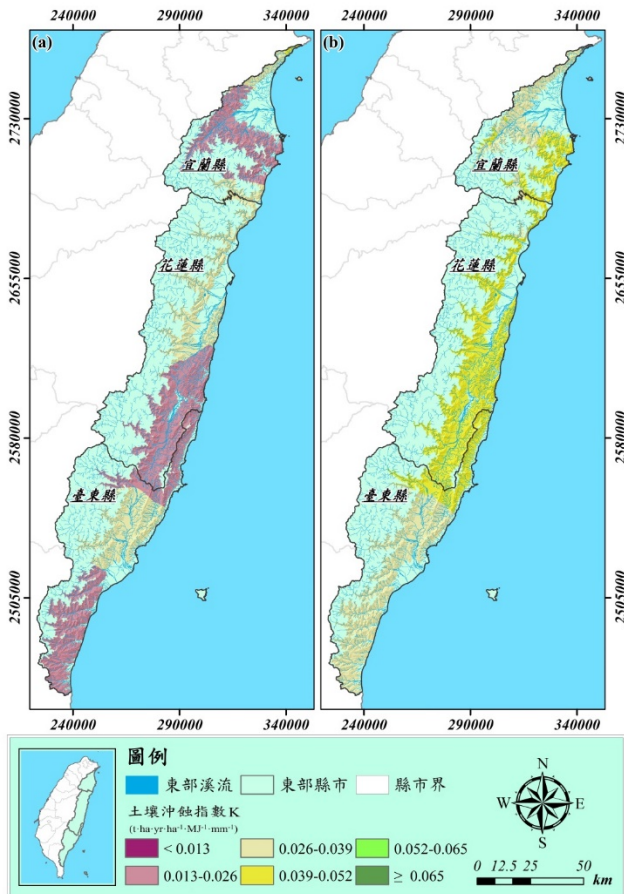


圖2 臺灣東部山坡地土壤沖蝕性指數分布圖：(a)萬鑫森與黃俊義(1989)重新數化結果(反距加權法)；(b)本研究結果(反距加權法)。(TWD97二度分帶座標)

## 四、結論與建議

- 1.臺灣東部山坡地皆屬中蝕性土壤，其中宜蘭縣山坡地之土壤沖蝕性指數有往南部遞增趨勢，至臺東則再次呈遞減趨勢。
- 2.本研究結果與1989年建立之土壤沖蝕分布相較，顯示除了宜蘭縣北邊及臺東縣中部分山坡地外，其餘區域土壤沖蝕性指數皆明顯提升，K值由低蝕性增加為中蝕性，推測原因可能為近年東部山坡地因土地開發頻繁，土壤遭受擾動或土地利用改變所致，外來可以土地利用變化圖層相互驗證。

3.臺灣東部地區主要以中質地土壤為主，其中以粉質壤土及壤土佔多數。其中細質地土壤多屬中蝕性，中質地土壤則多為中、高蝕性，而粗質地則多為低、中蝕性。

4.宜蘭縣山坡地之砂粒含量(48.1%)、土壤有機質含量(4.86%)及土壤團穩定度(0.76 mm)相對於東部三縣市中較高，顯示土壤抗沖蝕潛勢較高。

## 五、致謝

本研究承蒙行政院農業委員會水土保持局(氣候變遷下臺灣東部山坡地開發行為土砂沖蝕估算模式之探討，計畫編號：SWCB-108-150)經費支持，以利本研究順利進行，謹此致謝。

## 參考文獻

- 1.林俐玲、杜怡德、王仲豪(2001)，「土壤質地與K值相關性及空間變異性之探討-以東勢、國姓區塊為例」，中華水土保持學報，第33卷，第2期，第105-122頁。
- 2.林俐玲、陳品岡(2010)，「修正版通用土壤流失公式(RUSLE)之簡介」，水保技術，第5卷，第4期，第251-257頁。
- 3.黃俊義(1986)，「臺灣坡地土壤沖蝕性及流失量之推估」，中華水土保持學報，第17卷，第139-154頁。
- 4.黃俊義、萬鑫森(1994)，「臺灣坡地土壤沖蝕」，海峽兩岸農地水土保持學術研討會論文集，第186-213頁。
- 5.萬鑫森、黃俊義(1993)，「雲林、澎湖地區土壤沖蝕性及流失量之推估」，水土保持學報，第25卷，第1-12頁。





6. 萬鑫森、黃俊義(1981),「臺灣西北部土壤沖蝕及流失量之估算」,中華水土保持學報,第12卷,第57-67頁。
7. 萬鑫森、黃俊義(1989),「臺灣坡地土壤沖蝕」,中華水土保持學報,第20卷,第2期,第17-45頁。
8. 萬鑫森、黃俊義(1983),「臺灣南部土壤沖蝕性及流失量之估算」,中華水土保持學報,第14卷,第3期,第21-28頁。
9. 宜蘭縣山坡地土壤調查報告書。1986。臺灣省政府農林廳山地農牧局,南投。臺灣。
10. 花蓮臺東縣山坡地土壤調查報告書。1979。臺灣省政府農林廳山地農牧局,南投。臺灣。
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.
12. Nelson, D. W., and Sommer, L. E. (1982), "Total carbon. Organic carbon, and organic matter, In Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D.R. (ed.) *Methods of soil and analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties*," *Agronomy monograph No. 2. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.*, pp. 539-577.
13. Parysow, P., Wang, G., Gertner, G., and Anderson, A. B. (2003), "Spatial uncertainty analysis for mapping soil erodibility based on joint sequential simulation", *Catena*, Vol. 53, No. 1, pp. 65-78.
14. Roose, E. (2003), "Soil erosion research in Africa: A review". In: Gebriels, D., Corneils, W. (eds) *25 years of assessment of erosion, Proceedings of International Symposium. Ghent, Belgium, ICE and Universiteit Gent*, pp. 29-43. *Dep. Agric. Handb., No. 537.*
15. Wischmeier, W. H., and Mannering, J. V. (1969), "Soil and water management and conservation. relation of soil properties to its erodibility", *Soil Science Society of America, Proceedings*, Vol. 33, pp. 131-137.
16. Wischmeier, W. H., and Smith, D. D. (1978), "Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning", *U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook*, No. 282.
17. Wischmeier, W. H., and Smith, D. D. (1978), "Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning", *U.S.*
18. Zuazo, V. H. D., Martínez, J. R. F., Pleguezuelo, C. R. R., Raya, A. M., and Rodríguez, B. C. (2006), "Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (SE Spain): implications for sustainable agriculture", *Environmentalist*, Vol. 26, No. 4, pp. 309-319.





## 崩塌地於不同坡度下施用植生粒劑之覆蓋率比較

### Comparison of Coverage Rate of Planting Vegetation Pellet on Landslide with Different Slopes

陳昶甫<sup>1</sup>、傅竝穎<sup>2</sup>、唐琦<sup>3\*</sup>

Chang-Fu Chen<sup>1</sup>、Hong-Ying Fu<sup>2</sup>、Chi Tang<sup>3\*</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 學生

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

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

#### 摘要

本研究於2019年7月2日利用無人飛行載具(UAV)承載行政院農業委員會水土保持局於2018年研發之植生粒劑至嘉義縣阿里山鄉樂野村境內一處崩塌裸露地(E120°41'37" ; N23°28'12")進行投擲試驗，於崩塌地選定裸露坡面坡度分別為3°、4.5°及41°之區位為樣區(面積5×5 m<sup>2</sup>)，每樣區擲植生粒劑2 Kg(約670顆)，於投擲後對樣區坡面採第1個月每週1次及第2個月1次進行定焦正射攝影，再經影像辨識軟體Image J對樣區內有植物生長覆蓋面積進行色譜分析，並扣除樣區內無法植生覆蓋之裸地面積，可求得二者面積之比例以作為覆蓋率。初步研究成果顯示：植生粒劑可適用於崩塌地中游及下游坡面，且投擲於崩塌地後之覆蓋率與時間二者具有顯著相關之曲線遞增趨勢。植生粒劑投擲於崩塌地下游較緩坡面，應注意局部地表逕流集中下之流失；植生粒劑投擲於崩塌地中游較陡坡面，若遇有緩降坡面之平台處，會因岩屑、塊石及崩積土混雜，而有利於其被阻擋或嵌入縫隙而停置坡面。

**關鍵字：**植生粒劑、崩塌地、覆蓋率

#### Abstract

The study was focused on the assessment of coverage rate variation after that unmanned aerial vehicle (UAV) airdrop operation on July 2, 2019 with vegetation pellet promoted by Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan. The experiment site(E120°41'37" ;





N23°28'12") was located at Leye Village, Alishan Township, Chiayi County, and four airdrop plots (enclose area 5×5 m<sup>2</sup>) had selected midstream and downstream of landside gradient with 3°, 4.5° and 41°. Each airdrop plot weight of vegetation pellets were near to 2 Kg (about 670 pellets). To take pictures of fixed focus orthophoto had performed once a week in the first month and once in the second month. All the pictures had applied by image recognition software Image J to identified coverage and deducted exposed area, and coverage rate of planting could be calculated. The primary results had shown as follow: the vegetation pellet was applicable to midstream and downstream of landslide, the relationship between coverage rate and period after UAV airdrop operation were non-linear with an increasing tendency for these areas. Airdrop vegetation pellet in landside which downstream area had to notice pellet could be washed away by factional runoff accumulation, and midstream area should notice downhill of small terrace since there were cuttings, rocks and colluvial soil were suitable for pellet remain on the slopeland.

**Key Word:Vegetation Pellet, Landslide, Coverage Rate**

## 一、前言

臺灣山坡地面積約佔總土地面73%，當豪雨、颱風入侵山坡地時，常因地表逕流集中而導致部分陡峭邊坡區域發生崩塌，此等崩塌後邊坡常有基岩、心土出露等情形出現，造成地表植生多無法自然復舊。依據崩塌裸露地植生工法手冊(2002)，崩塌裸露地之植生工程分成基礎工程與植生方法兩部分，其中植生方法包括人工撒播、種子噴植、鋪網噴植、鋪肥束網袋配合噴植、打樁編柵配合植生、緩衝帶植栽、袋苗穴植及航空植生等方法，主要目的在應用人為方法將植物導入，快速造成植物覆蓋坡面，收減少沖蝕、涵養水源之效。崩塌地復育造林手冊(2011)針對崩塌地坡面穩定及植生復育之工作，並依現場地形地貌及環境因素，結合造林、治山工程規劃實施，配合種子撒播、栽植、覆稻草蓆、打樁編柵，截導排水等方式穩定坡面，加速生態演替，儘速恢復林地生機。

現今崩塌地整治常以植生導入與工程並行，植生覆蓋來減少降水時雨水直接打擊地表所造成土壤流失(吳建宏，2013)，而水庫集水區、高山上裸露地常因地形變化或交通不利於到達該處造成諸多限制，不易進行噴植及種植及難以進入崩塌地調查、施工工程設施或植生工程時，應視其環境區域進行多方之考量，擇其能快速達成效益與目的之材料與方法，同時藉由植生演替來達成地表植被覆蓋，然其演替需時甚久，若能適時導入植生工法，應能有利於崩塌地加速完成植生復舊。

臺灣受地質破碎與地震頻繁等複雜因素的相互作用，造成各集水區上游有數量多達2,535處崩塌地，由於這些崩塌地大多位處無道路可達之深山地區，傳統工程技術無法進行整治(林俊男，2008)，近年來無人飛行載具(UAV)之相關研究與技術漸趨純熟，臺灣、中國大陸及日本等地區皆有許多利用UAV進

行作物的農藥噴灑、澆水或施肥等農業作業的紀錄，也有藉由UAV在崩塌地播撒植生粒劑復育的案例，植生粒劑是將種子包覆各種養分和劑料，除了能加速萌芽生長，也能減少野生動物誤食之情形，其特性在於體積小、種子可隨場地事前調整、預估重量，以利於施工與材料計算(許愷岐等，2021)。本研究初步應用UAV承載植生粒劑至崩塌地進行投擲作業，調查植生粒劑在不同坡度下之崩塌地相關覆蓋率變化，藉以評估植生復育成效。

## 二、材料與方法

### 2.1 研究試區概況

本研究於嘉義縣阿里山鄉樂野村境內臨曾文溪畔之日野賀橋旁的一處崩塌裸露地(如圖1)，係於八八風災後發生崩塌迄今之崩塌地，其延伸方向為由南向北延伸，經測量縱長385 m，最大最小寬度分別為170m、30m，全區面積約5.77 ha。

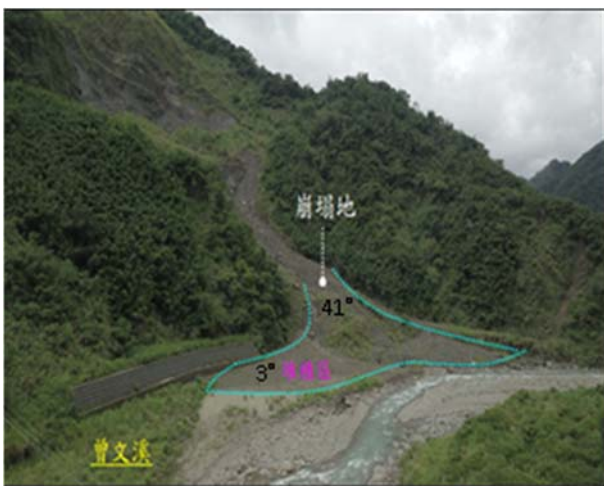


圖1 崩塌裸露地試區

### 2.2 研究材料

植生粒劑採用行政院農委會，以水土保持局於2018年研發植生粒劑引為本研究所採

用之研究材料。植生粒劑粒徑為2~3cm，分別由包覆材料、生長材料及基底材料三層組成，重量約為4.1~5.2g

### 2.3 研究方法

本研究依據崩塌裸露地坡面包括：(1)植物入侵坡度、(2)土層圍積、(3)地形凹窪等微立地條件，初步決定植生粒劑投擲於崩塌地中游及下游較無粗礫石或大塊石且能符合人員可到達之區位計3處，再經現地測量各區位之坡面坡度分別為3°、4.5°及41°，其中本研究於坡度達40°之坡面堆積段面，嘗試擇一設置1個樣區以作為初步探討覆蓋率變化。各區位沿坡向劃設面積5×5 m<sup>2</sup>樣區，每樣區再配合紅色尼龍繩共劃分1×1 m<sup>2</sup>方格計25個。於2019年7月2日利用UAV承載植生粒劑於各選定樣區上空約50 m處進行投擲作業，每樣區投擲植生粒劑2 Kg(約670顆)，而本次植生粒劑投擲於各樣區內方格，可見植生粒劑受地表微立地條件影響有部份粒劑因著地出現破碎而集中或彈跳至樣區外之情形，惟樣區內各方格中仍可見有近10顆植生粒劑定著。

就各樣區內方格採逢機取樣方式選擇5個方格，利用數位相機採定焦正射對其坡面進行攝相，再將相片攜回室內經影像辨識軟體Image J進行色譜分析，針對方格內有植物生長覆蓋面積，將其辨識顏色設定為綠色，同時方格內無法植生覆蓋之岩塊或粗礫石分布視為裸地面積扣除，再將前後二者面積相除之比例作為覆蓋率。觀測期間採第1個月每週觀測1次及第2個月觀測1次之覆蓋率，相關過程示如圖2、圖3。

## 三、結果與討論

本研究為了解植生粒劑於崩塌地之適用性，於崩塌地中游及下游段坡面及考量人員





可到達調查之原則，分別選定中游一處坡面坡度41°樣區及下游三處坡面坡度分別3°及4.5°樣區，於2019年7月2日投擲植生粒劑至各樣區，隨即定期至現地觀測植生粒劑內草類植物萌芽後之生長情形，並以其植被覆蓋樣區坡面範圍及扣除礫塊石面積後之坡面範圍進行比值，進而求得覆蓋率，再將各樣區內小區之連續觀測覆蓋率變化繪如圖4。

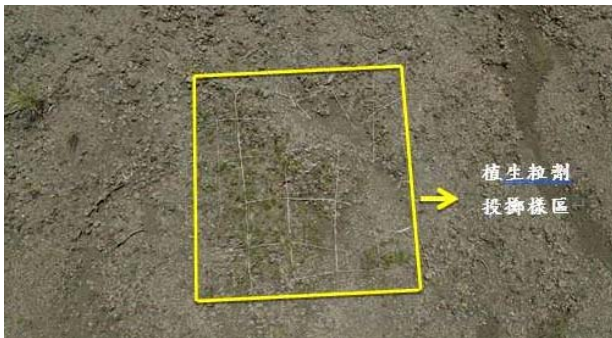


圖2 植生粒劑投擲樣區



圖3 定焦正射攝相之Image J分析

由圖4(a)可見，崩塌地坡面坡度為3°之樣區，植生粒劑於投擲後7日內均見萌芽，其覆蓋率約達4%，於投擲後2個月已達近40%之覆蓋率，而覆蓋率與觀測時間二者呈現曲線遞增趨勢，其中有部分樣區之覆蓋率出現明顯偏低情形，此係樣區內坡面因局部地表逕流集中使植生粒劑發生流失所致，故不將該數據列入迴歸分析，而植生粒劑投擲於崩塌地坡度為3°下之覆蓋率與時間二者關聯性可由式(1)表示。

$$y=0.004x^2 + 0.30x - 0.28, r = 0.96^{**} \quad (1)$$

其中，y為覆蓋率(%)，x為時間(天)；該式相關係數(r)為0.92，已達1%顯著水準，顯示二者間具有顯著相關性。

由圖4(b)可見，崩塌地坡面坡度為4.5°之樣區，植生粒劑於投擲7日見亦見萌芽，其覆蓋率約達6%，而於投擲一個月達到20%當一個月後有遇利奇馬颱風環流，所引發豪雨造成本樣區受地表逕流集中而幾近流失，故無法進行第2個月之覆蓋率調查。覆蓋率與時間二者呈現曲線遞增趨勢，其關係式由式(2)表示。

$$y=0.001x^2 + 0.45x - 0.37, r = 0.95^{**} \quad (2)$$

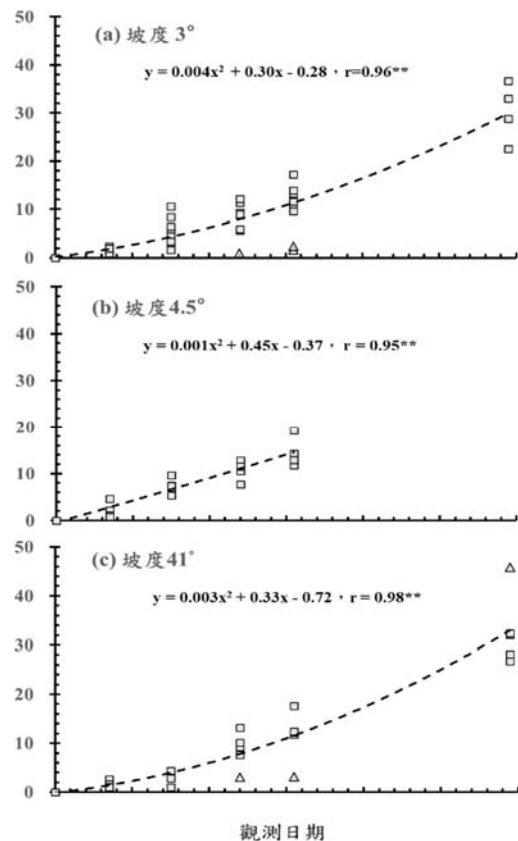


圖4 植生粒劑投擲於崩塌地樣區坡面坡度為(a) 3°、(b) 4.5°、(c) 41°下之覆蓋率變化 (7/2 ~ 8/30/2019)



(2)式相關係數為0.95，已達1%顯著水準，顯示覆蓋率與投擲時間二者間具有顯著性。而由以上相關植生粒劑投擲於崩塌地坡面坡度3°~4.5°樣區之覆蓋率變化，可得知於崩塌地下游段坡面須注意豪雨發生地表逕流集中而造成植生粒劑出現流失情形。

由圖 4(c)可見，崩塌地坡面坡度為 41°之樣區，植生粒劑投擲後 7 日覆蓋率則與緩坡相近，經對照則有明顯增加趨勢，當延續至 2 個月後之較低於緩坡者，然約於 2 週後之覆蓋率內亦有萌芽，使覆蓋率達到 3%，而該處樣區坡面多見岩屑、塊石及崩積土混雜，植生粒劑投擲後有被阻擋或嵌入縫隙者始能停置坡面，加以該樣區上接坡面有出現一緩降坡面之平台，故植生粒劑投擲於此區位之覆蓋率應能近似緩坡者，將各調查小區之植生粒劑生長後之覆蓋率變化繪於圖 4(c)。由坡度 41°可見，顯示該植生粒劑可適用於崩塌地；而植生粒劑投擲於坡面後之覆蓋率與時間呈現曲線遞增趨勢，然於調查小區有出現覆蓋率偏低情形，經對照調查可見小區內分布塊石粒徑較大，使得粒劑停置坡面之數量明顯偏低於其他各小區；另於粒劑投擲後近 2 個月有一區覆蓋率明顯高於各小區約 14% 左右，此係樣區坡面有現地原存植物生長之植被覆蓋增加所致。故不將這些數據列入迴歸分析，而植生粒劑投擲於崩塌地坡度為 41°下之覆蓋率與時間二者間之關聯性，可由式(3)表示。

$$y=0.003x^2+0.33x-0.72, r=0.98^{**} \quad (3)$$

式(3)相關係數為 0.98，該式達 1%顯著水準，顯示植生粒劑投擲於陡坡崩塌地之覆蓋率與時間二者間具有顯著性。

## 四、結論

由以上結果與討論可獲致以下結論：

1. 行政院農委會水土保持局於2018年研發完成之植生粒劑初步可適用於崩塌地中游及下游坡面，該植生粒劑投擲於崩塌地後之覆蓋率與時間二者關聯性呈現曲線遞增趨勢。相關係數(r)皆高於0.9，達1%顯著水準，顯示覆蓋率與時間二者間皆具有顯著性。
2. 植生粒劑投擲於崩塌地下游緩坡坡面，會受暴雨後有局部地表逕流集中而使發生流失所致；當植生粒劑投擲於崩塌地中游較陡坡坡面，若遇有緩降坡面之平台處，常多見岩屑、塊石及崩積土混雜，此有利於植生粒劑投擲後有被阻擋或嵌入縫隙者始能停置坡面，使此等區位之覆蓋率應能近似緩坡者。
3. 植生粒劑投擲於崩塌地坡面坡度為3°、4.5°及41°之覆蓋率(y)與時間(x)之關係式分別為：  
 $y_1 = 0.004 x^2 + 0.30 x - 0.28, r=0.96^{**}$   
 $y_2 = 0.001 x^2 + 0.45 x - 0.37, r=0.95^{**}$   
 $y_3 = 0.003 x^2 + 0.33x - 0.72, r=0.98^{**}$
4. 經本研究試驗與初步評估，投擲植生粒劑工法雖處於起步階段，但經過不同坡面試驗及覆蓋率變化探討皆有其可行性，可用於人力難以到達之崩塌區域進行治理。

## 五、致謝

本文之研究計畫成果為行政院農委會水土保持局，相關計畫編號為SWCB-108-018，謹此致謝。





## 參考文獻

- 1.行政院農業委員會水土保持局(2017), 水土保持手冊-總論篇。
- 2.行政院農業委員會水土保持局(2017), 水土保持手冊-植生篇。
- 3.行政院農業委員會水土保持局(2006), 植生資材應用手冊。
- 4.行政院農業委員會水土保持局(2008), 集水區植生群落調查應用手冊。
- 5.行政院農業委員會林務局(2011), 崩塌地復育造林手冊。
- 6.行政院農業委員會水土保持局(2002), 崩塌裸露地植生工法手冊。
- 7.林俊男(2008), 「我國航空植生資源及經營策略探索性研究」, 開南大學空運管理學系, 碩士論文。
- 8.陳志豪、鄭旭涵、彭心燕、林信輝, (2010), 「崩塌地植生復育適用評估因子之分析研究」, 中華水土保持學報, 第41卷, 第4期, 第296-307頁。
- 9.蔡尚憲、陳朝圳、林昭遠、陳韋志(2015), 「高屏河流域崩塌地之植生復育分析」, 林業研究季刊, 第37卷, 第4期, 第229-248頁。
- 10.胡元璋、何郁庭、馬復京、游漢明(2018), 「台灣崩塌地植生復育方法之研究」, 林業研究季刊, 第40卷, 第4期, 第289-298頁。
- 11.簡慶德(2013), 「種子直播的育苗作業」, 林業研究專訊, 第20卷, 第4期, 第2-7頁。
- 12.簡慶德、陳舜英、游漢明(2014), 「臺灣山區崩塌地林木種子直播造林作業的新思維」, 林業研究專訊, 第21卷, 第4期, 第15-19頁。
- 13.賴睽翔(2009), 「崩塌地噴植地區植物初期生長對入侵演替機制影響之研究」, 國立中興大學水土保持學系, 碩士論文。
- 14.吳建宏(2013), 「崩塌治理地區植生演替之調查研究-以南投縣埔里鎮卓社林道崩塌地為例」, 國立中興大學水土保持學系, 碩士論文。
- 15.許愷岐(2019), 「崩塌地應用無人飛行載具(UAV)播種植生粒劑之可行性評估」, 國立中興大學水土保持學系, 碩士論文。
- 16.許愷岐(2021), 「UAVs於崩塌地植生撥種作業與實施應用」, 中華水土保持學報, 第52卷, 第1期, 第16-26頁。



## 施工安全監測與智能風險管理之優化-以出火及七坑為例

### Construction Safety Monitoring and Optimization of Intelligent Risk Management - with a case study for Chuhuo and Qikeng

林秉賢<sup>1</sup>、陳偉強<sup>2</sup>、傅桂霖<sup>3</sup>、洪志祥<sup>4</sup>、張峻瑋<sup>5</sup>

Bing-Shyan Lin<sup>1</sup>、Wei-Chiang Chen<sup>2</sup>、Guei-Lin Fu<sup>3</sup>、Chin-Hsiang Hung<sup>4</sup>、Chun-Wei Chang<sup>5</sup>

1.逢甲大學營建及防災研究中心 研究助理教授

2.逢甲大學營建及防災研究中心 助理研究員（通訊作者：reach690@hotmail.com）

3.行政院農業委員會水土保持局臺南分局 分局長

4.行政院農業委員會水土保持局臺南分局 正工程司兼課長

5.行政院農業委員會水土保持局臺南分局 工程員

1. Research Assistant Professor, Construction and Disaster-Prevention Research Center,  
Feng Chia University

2. Research Assistant, Construction and Disaster-Prevention Research Center,  
Feng Chia University

3. Director, Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau Council of Agriculture,  
Executive Yuan

4. Section Chief, Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau Council of Agriculture,  
Executive Yuan

5. Assistant Engineer, Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau Council of  
Agriculture, Executive Yuan

### 摘 要

為提升臺南分局轄區水土保持工程之工地安全與施工品質，而建置系統化監控管理，其內容包含重要表單製作、影像紀錄模組建置、環境安全監控模組建置、工地安全監控模組建置以及工地安全告警模組建置，模組建置後，邀集臺南分局及包商人員教育訓練及實做教學，並對模組系統進行優化調整。為使系統能實際應用於現地，於臺南分局轄區內之工地，選定兩處做為示範工地，實地架設影像紀錄器、環境安全監控設施、工地安全監控設施及工地安全告警設施，透過監測儀器與模組系統，達到工地安全與智能管理。

**關鍵字：**施工智能管理、環境安全監測

### Abstract

This plan is to improve the site safety and construction quality of the water and soil conservation project in the area under the jurisdiction of the Tainan Branch Bureau, and to build a systematic monitoring management, which includes the creation of important forms, the



construction of image recording modules, the construction of environmental safety monitoring modules, and the safety of construction sites. Monitoring module construction and construction site safety alarm module construction, module construction, and later invited the Tainan branch bureau and contractor personnel for education, training and practical teaching, and optimized adjustment of the module system. In order to make the system practically applicable on site, two sites will be selected as demonstration sites in the construction area of the Tainan Branch Bureau. Image recorders, environmental safety monitoring facilities, construction site safety monitoring facilities and construction site safety alarm facilities will be erected on the ground through monitoring instruments. And module system to achieve site safety and intelligent management.

**Key Word : Intelligent construction management, environmental safety monitoring**

## 一、前言

山坡地水土保持工程因位處偏遠山區，加上交通不便，在工程施工品質上必須有高效率的創新管理方式，始能有效地達成國土保安之目的。因此，本計畫擬以臺南分局工程全生命週期管理系統為基礎，針對施工期間之工地管理，包括監造單位、營造單位及主管單位工地表單等進行E化，透過在線及離線上傳功能，做到即時管理之弘效；此外，應用影像化管控施工品質及工地人員車輛進出，並以長效型藍芽設備管理工地物料之進出和堆放，減少營造單位人員配置。同時，針對降雨量、溪流水位、坡面穩定及滲水等山坡地環境危險因子進行即時監控及上傳，以提高對工地的安全管理效率。

## 二、工地安全與施工品質系統化監控管理流程建置

### 2.1 重要工程相關表單製作

本計畫於施工安全自主檢查表單採E化「水土保持局工程高風險安衛項目檢查表」及「水土保持工程特有施工作業環境-安全作業程序檢查表」兩種表單，並已完成並實際應用於出火橋下游野溪整治工程，透過系統填寫及統計結果可得知工地所位處之高風險項目，其規劃流程如圖1所示。



圖1 重要表單流程圖

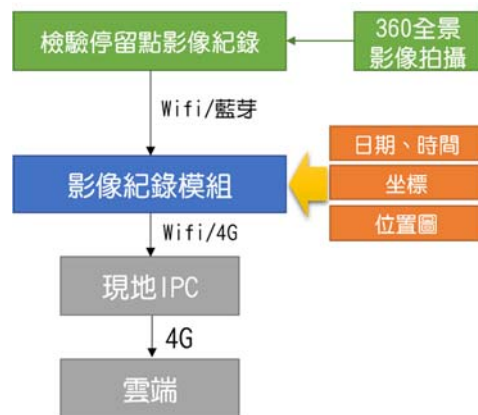


圖2 施工影像紀錄流程圖

### 2.2 影像紀錄模組建置

#### 2.2.1 施工品質

在施工品質影像紀錄模組部分，本計畫透過臺南分局轄內所選定之護岸、防砂壩(潛壩)及擋土牆等構造物各二處，採360度環景拍攝檢驗施工停留點區位，除尺寸的量測外，可從影像各視角中看到周邊環境之安全疏漏地方，該模組在應用上成效良好，施工影像

紀錄建議流程詳圖2所示，施工品質360度環景影像成果詳如圖3所示。

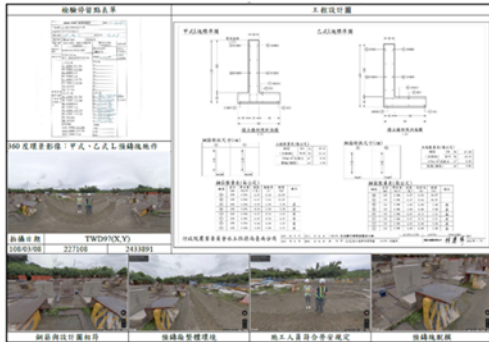


圖3 施工品質360度環景影像成果

## 2.2.2 勞工安全

為落實工地勞工危害告知宣導，本計畫將以低功耗藍芽無線傳輸裝置於危害告知看板，自動化偵測與紀錄閱讀之人員，並可做為勞工進入工地上工依據，透過此裝置可於後台統計每日上工人數。另於室內設置空間影像感應攝影機，自動紀錄勞工上工前之危害告知宣導影像於影像紀錄模組中，以落實工地勞工安全宣導依據，勞工安全影像紀錄建議流程詳圖4所示，低功耗藍芽無線傳輸裝置上工打卡紀錄如圖5所示。

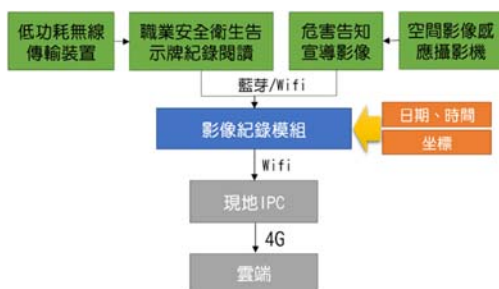


圖4 勞工安全影像紀錄流程圖

## 2.3 環境安全監控模組建置

考量天然災害影響工地施工安全，結合氣象局雨量資訊及工地設置之自動化雨量、水位、坡面傾斜計及土壤含水量計等監測設備，建置出一套系統環境安全模組，該模組

接收上述監測資訊後，自動化滾動管理警戒值，當達到管理基準值時，現場除了發出蜂鳴告警外，系統亦自動發送簡訊與email給工地管理人員，其環境安全監控流程詳圖6所示，監測展示平台如圖7所示。



圖5 低工耗藍芽無線傳輸裝置上工打卡紀錄

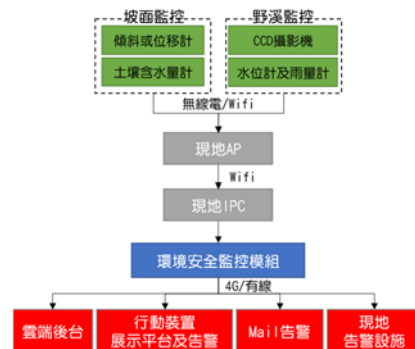


圖6 環境安全監控流程圖

## 2.4 工地施工及非施工期間之安全監控模組建置

### 2.4.1 施工期間

為避免施工期間，施工人員及車輛進入工地後，造成工安事故。本計畫透過低功耗無線傳輸定位裝置BoBee(設備型錄如附錄五所示)，裝置於施工人員反光背心上方，透過內建之GPS讀取裝置追蹤人員是否進入所劃設之電子圍籬(GEO-FENCE)範圍活動，若人員誤闖設定之危險區域，安全監控模組將立即顯示訊息於展示平台，通知管理人員(如工



地主任等)前往瞭解狀況，並透過美日施工前說明做宣導，工地施工期間安全監控建議流程詳圖8，施工人員安全監控展示平台如圖9所示。



圖7 環境安全監測展示平台

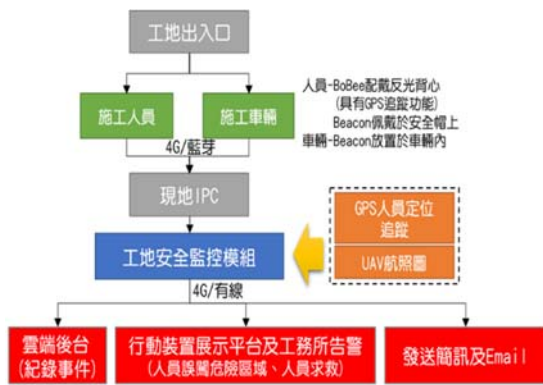


圖8 施工期間安全監控流程圖

## 2.4.2非施工期間

工地非施工期間主要針對材料與機具之管理，以及人員與車輛進入工地管制，本計畫利用攝影機內建之物體異動偵測系統(MOTION DETECT)裝置，針對欲管理的區位，劃設範圍，若人員及車輛進入，安全監控模組將立即顯示訊息於展示平台，並email

通知臺南分局及監造人員，現場結合告警系統，蜂鳴器與電子郵件發出告警，工地非施工期間安全監控建議流程詳圖10。



圖9 施工人員安全監控展示平台



圖10 非施工期間安全監控流程圖

## 2.5工地安全告警模組建置

工地安全告警包含環境安全與施工安全管控項目，主要透過行動化手持裝置介面進行告警及Email或簡訊通知相關管理人員異常變化，本計畫為避免4G網路通訊問題，透

過工地內建置之AP，以Wifi傳輸方式，將資訊傳遞至工地內相關管理人員手持裝置介面展示與告警，另由現地所架設之IPC(電腦)將資訊銜接至臺南分局工程生命週期管理系統，工地安全告警流程詳圖11所示。

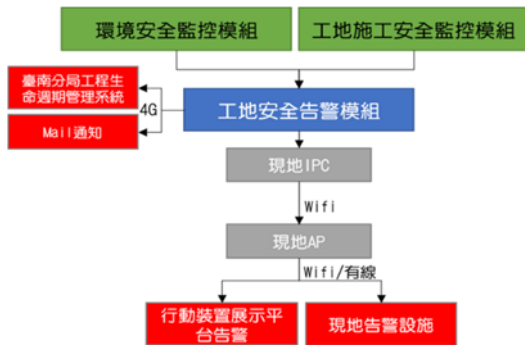


圖11 工地安全告警流程圖

在得知高風險之區域進行缺失改善追蹤，降低工安事故發生；於環境安全及施工與非施工期間之安全，兩處示範工地施工期間，皆有適時的發出告警資訊，提醒現場施工人員，達到環境安全監測之目的，示範工地位置圖詳圖12所示，示範工地實際應用成果詳圖13所示。



圖12 示範工地位置圖

### 三、示範工地選定與設備設置

經由以上管理機制，落實實際應用於臺南分局轄內「出火橋下游野溪整治工程」及「七坑災害防治工程」示範工地，其中表單E化在出火橋下游野溪整治工程中發揮效能，

依據上述兩處示範工地在各項環境應用分析比較探討，包含工地大小、工地經費、設備配置密度、設備費用以及設備放置環境之危害度做整體比較，詳表1。

<p><b>智慧工地安全衛生制度實施與落實</b></p> <p>04. 危險場所安全評估機制</p> <p>河道需求防護</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 崩塌</li> <li>◆ 物體(土石)掉落</li> <li>◆ 中壩</li> <li>◆ 熱身田</li> <li>◆ 被推</li> <li>◆ 墜落</li> <li>◆ 汛期洪流</li> </ul> <p>巡邏巡檢作業表</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 機具翻覆</li> <li>◆ 物體翻倒、飛落</li> <li>◆ 人員墜落(滾落)</li> </ul> <p>危險場所評估表</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 高處跌落</li> <li>◆ 滾落</li> </ul> <p>施工作業表</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 高處跌落</li> <li>◆ 滾落</li> </ul>	<p><b>智慧工地安全衛生制度實施與落實</b></p> <p>05. 安全衛生設備設施及防災監測</p> <p>風速計及傾斜感測器</p> <p>雨量及水位感測器</p> <p>CCTV 監視設備</p> <p>環境安全監測系統畫面</p>
<p>滿州出火橋工地</p>	<p>滿州出火橋工地</p>
<p>滿州出火橋工地</p>	<p><b>智慧工地安全衛生制度實施與落實</b></p> <p>06. 安全衛生設備設施及</p> <p>智慧化設備設施</p> <p>智慧化設備設施</p> <p>智慧化設備設施</p>
<p>滿州出火橋工地</p>	<p>滿州出火橋工地</p>

圖13 工地實際應用成果(1)





圖13 工地實際應用成果(2)

表1 示範工地評析比對表

評估項目	滿州出火	六龜七坑
工地面積	200*400m	250*500
工地經費	5,400 萬	6,678 萬
施工時間	13 個月	15 月(施工中)
監測時間	5 個月	8 個月
配置人員	10(常態)+35人(流動)	6人(常態)+15人(流動)
電力環境	市電+發電機+太陽能	太陽能+蓄電池(可維持系統運作 72 小時)
活動空間	寬廣	細長、坡陡
監測數量	水位*2+雨量*傾斜*2+土壤含水+風速+室外動態偵測 CCD*3+人員安全設施*10+低功耗無線傳輸定位裝置*35+室內監控主機+室內動態偵測 CCD	水位+雨量*傾斜*3+土壤含水+室外動態偵測 CCD*3+人員安全設施*6+低功耗無線傳輸定位裝置*35

評估項目	滿州出火	六龜七坑
重要工程相關表單優缺點	優點： 1. 提供主辦、監造及營造人員現場快速填寫表單，並定期分析工地弱點及自動化缺失追蹤。 2. 自動上傳儲存雲端，避免資料遺失。 3. 系統可先儲存於手持裝置，於有網路時自動上傳。 缺點： 需隨身攜帶 PAD 或手機，且僅能以 IOS 系統操作。	該示範工地無使用重要工程相關表單系統
影像紀錄模組建置優缺點	一、施工品質 優點： 透過 360 度環景攝影機，可從單張照片檢視到檢驗工程項目、環境衛生及工地安全等，並定期定點拍攝工程演進。 缺點：	一、施工品質 360 度環景攝影機未應用在該工地。 二、勞工安全 優點： 1. 透過 Beacon 自動紀錄人員上工及車輛進出紀錄。 2. 單價低。



評估項目	滿州出火	六龜七坑
	<p>容易看到工地缺失情形。</p> <p>二、勞工安全</p> <p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 透過影像感應攝影機，自動化紀錄會議影像。</li> <li>2. 透過 Beacon 自動紀錄人員上工及車輛進出紀錄。</li> <li>3. Beacon設備小，容易攜帶，且耗電量小。</li> <li>4. 單價低。</li> </ol> <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beacon設備小，離開工地容易遺失或忘記歸還。</li> <li>2. Beacon 需由工地主任每日上下工發放及收回。</li> </ol>	<p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因工地無工務所，Beacon設備被工人帶走後，容易遺失。</li> <li>2. 因缺乏市電，Beacon接收器需搭配太陽能充電器，容易有電力上問題。</li> <li>3. 容易因通訊品質不佳，訊號無法傳至雲端系統，無法準確紀錄人車。</li> </ol>
環境安全監控模組建置優缺點	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 自動化監測與告警，提供臺南分局、監造及營造人員，環境安全示警。</li> <li>2. 每日上工前透過環境監測及影像，先評估工地安全。</li> <li>3. 透過監控模組展示於手持裝置及工務所螢幕，並自動跳出告警示窗，提供相關管理人員資訊。</li> <li>4. 監測設備佔總工程經費不高，可保護施工人員安全。</li> </ol>	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 自動化監測與告警，提供工地營造人員安全施工環境。</li> <li>2. 每日上工前透過環境監測及影像，先評估工地安全。</li> <li>3. 監測設備佔總工程經費不高，可保護施工人員安全。</li> </ol> <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因缺乏市電，監測設備需搭配太陽能充電器，容易有電力穩定度問題。</li> <li>2. 容易因通訊品質不佳，訊號無法即時傳至雲端系統，提供工地以外人員即時資訊。</li> </ol>
工地施工及非施工期間之安全監控模組建置優缺點	<p>一、施工期間</p> <p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工地出入口處，透過 CCD 攝影機影像辨識技術，管理施工人員進入到車道，並即時發出告警，提升工地安全。</li> <li>2. 透過 Beacon 自動紀錄人員上工及</li> </ol>	<p>一、施工期間</p> <p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工地出入口處，透過 CCD 攝影機影像辨識技術，人車進入工地，即時發出告警。</li> <li>2. 透過 Beacon 自動紀錄人員上工及車輛進出紀錄。</li> </ol> <p>缺點：</p>

評估項目	滿州出火	六龜七坑
	<p>車輛進出紀錄。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. 施工人員配戴 BoBee 後，可有效追蹤工人是否進入危險區域。</li> </ol> <p>缺點：</p> <p>BoBee 受 4G 網路不穩定影響，造成人員定位資訊不穩定。</p> <p>二、非施工期間</p> <p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工地出入口處，除透過圍籬阻擋人與車輛在工區外，也透過 CCD 攝影機影像辨識技術，管理人車，除現場告警，也紀錄影像於雲端系統。</li> <li>2. 透過 BoBee 定位裝置於非施工期間，確保施工機具安全。</li> <li>3. 經 CCD 攝影機監控，確保工地材料安全。</li> </ol> <p>缺點：</p> <p>仍需透過圍籬阻止人車進入工地。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 施工人員配戴 BoBee 後，受 4G 網路不穩定影響，造成人員定位資訊不穩定。</li> <li>2. 因缺乏市電，CCD 攝影機需搭配太陽能充電器，容易有電力上問題。</li> </ol> <p>二、非施工期間</p> <p>優點：</p> <p>工地出入口處，除透過圍籬阻擋人與車輛在工區外，也透過 CCD 攝影機影像辨識技術，針對人車發出告警，並紀錄影像於雲端系統。</p> <p>缺點：</p> <p>因該工區位於七坑溫泉附近，雖有影像紀錄及告警，仍有遊客步行經過工地內，無法有效阻擋遊客進入。</p>
營造人員接受度及看法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 雖一開始營造人員不太能接受設備配戴及蜂鳴器告警，但進入到工程中後期，營造人員陸續習慣，不再排斥。</li> <li>2. 該工程營造人員上工前均依規地配戴 BoBee 與 Beacon 裝置，下工則將裝置充電。</li> <li>3. 由於裝置小，不影響營造人員施工；且施工人員也因現場蜂鳴器告警，逐漸依規定行走行人區域，整套監測設備與系統均有發揮效能。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因該工程坡面不穩定，施工期間，降雨後經常發生小規模崩塌，營造單位非常樂意本計畫裝置坡面監測設備，確保施工人員作業環境安全。</li> <li>2. 工地主任也可透過現地影像，確認工地安全。</li> <li>3. 該工程因受限於傳輸訊號不穩定，營造人員所配戴 BoBee 與 Beacon 裝置，經常發生定位資訊不穩定情形。</li> <li>4. 現場上邊坡幾次因刷坡影響到傾斜計超過警戒值，而發出告警，且營造人員均有聽到，並電話確認</li> </ol>



評估項目	滿州出火	六龜七坑
		無災害事件後，設備重新歸零，持續監測。 5. 整體而言，營造人員對於現場監測設備及告警，帶給施工人員更安全環境，均予以認同。
監測費用(設備+人員)	45 萬	35 萬
傳輸品質	4G+ADSL 佳	3G 弱
告警頻率	高 人員出入頻繁	中 出入人員少、路過遊客多且坡面危害多，易崩落地質
監測成效	高 反應迅速 有整合廣播	低 工地過大 配置數量不足 危險程度高
困難與解決之道	施工人員配帶低功耗無線傳輸定位裝置(BoBee)受 4G 網路不穩定影響，造成人員定位資訊不穩定。建議日後可以現場密集佈設 WIFI 接收器，人員可配戴卡式或手錶追蹤器，以提高定位精準度。	坡面偵測設備易受落實以及施工導致碰撞與誤觸，建議在 SOP 的教育訓練以及設備的活動化安製作提高，以增加安全監測的空間。
建議	本區所設置之邊坡監測設備屬活動式，建議日後先行說明設備放置方法進行教育訓練，可使營造方邊做邊移動，以達到工地安全監測。	本區危險度高，應搭配落石告警廣播與防落石網之配置，整體安全監測配置數量不足，加上對外傳輸差，應該加強內部避難疏散與防災之管理。

## 四、結論與建議

### 4.1 結論

- 1.重要工程相關表單製作-本計畫所建立之「水土保持局工程高風險安衛項目檢查表」及「水土保持工程特有施工作業環境-安全作業程序檢查表」兩種表單E化，透過表單

E化統計結果可得知該工地應加強之項目，在經由系統依不合格項目追蹤施工廠商辦理缺失改善情形表單E化分析成果詳圖14所示。



圖14 表單E化分析成果

- 2.影像紀錄模組建置(施工品質)-透過360度環景攝影機拍攝後，經由影像紀錄模組(施工品質)展示，可增加監造人員工作效率，一張環景影像可提供檢驗停留點檢查、勞工安全、工地安全及環境衛生等資訊，使監造人員更能落實工程施工品質查驗。

3.影像紀錄模組建置(勞工安全)-經由室內影像自動感測攝影機，紀錄勞工安全講習過程，改變過去以拍照紀錄於紙本方式，落實勞工安全講習紀錄；另透過每日上工前勞安宣導過程中，以低功耗藍芽無線傳輸裝置紀錄每日進入工地之人員，主要增加勞工注意當日之安全事項，經由影像紀錄模組(勞工安全)實際應用於出火橋下游野溪整治工程示範工地中，確實落實勞工安全講習及上工前危害告知，降低工安意外事件發生。

4.環境安全監控模組-本計畫透過現地監測設備，如雨量、水位、傾斜、土壤含水量計及CCD攝影機進行工地安全監測，並即時將數據及影像回傳至系統平台，提供監造人員及臺南分局人員即時追蹤；現地則達到警戒值時，以設置於工地內蜂鳴器告警。計畫執行期間，臺南分局轄區兩處示範工地現地蜂鳴器均有發出告警，現場施工人員也有接收到資訊，確實達到環境安全監測之功效。

5.工地施工及非施工期間之安全監控模組建置-本計畫以兩處示範工地之施工人員配戴低功耗無線傳輸定位裝置(BoBee)及低功耗無線傳輸裝置(Beacon)裝置後，透過施工及非施工期間之安全監控模組，進而落實施工人員進入工地之安全追蹤及確認進入工地之人與車，降低工安意外事件。於非施工期間，出火橋下游野溪整治工程及七坑災害防治工程出入管制口設置之攝影機，經物體異動偵測系統(MOTION DETECT)偵測後，現場蜂鳴器確實有立即發出告警聲，並拍照記錄；於施工期間，出火橋下游野溪整治工程施工人員誤闖到

電子圍籬(GEO-FENCE)所劃定之危險範圍，現場蜂鳴器確實有立即發出告警聲，並經工務所值班人員廣播勸離。

本計畫透過系統平臺整合工地環境安全監控、工地施工及非施工期間之安全監控模及工地安全告警，有效提升臺南分局在工地安全與施工品質管理。

## 4.2 建議

考量工程可能位於深山，無法接收到一般電信公司4G、5G訊號，導致資訊無法傳遞出，建議未來工區內、外可考慮採用無線電傳輸方式傳輸，雖相對建置成本較高，但傳輸品質及穩定度高。

## 五、參考文獻

- 1.公共工程品管管理制度(民82年10月7日)。
- 2.水土保持工程職業安全衛生機制建置，行政院農業委員會水土保持局，2015。
- 3.水土保持工程職業安全衛生機制建置職業安全衛生設施預算編製參考手冊，行政院農業委員會水土保持局，2015。
- 4.鍾鴻寬(2017)，iBeacon應用在營造工地安全管理之可行性研究，健行科技大學土木工程系空間資訊與防災科技碩士班碩士論文。
- 5.和南巷野溪(高市DF071)災害復建四期工程，行政院農業委員會水土保持局臺南分局，2017。
- 6.水土保持工區勞工安全科技化管理之建置先期研究，行政院農業委員會水土保持局，2018。



- 7.出火橋下游野溪整治工程，行政院農業委員會水土保持局臺南分局，2019。
- 8.七坑災害防治工程，行政院農業委員會水土保持局臺南分局，2019。
- 9.水保局推行參與勞動部職業安全衛生優良公共工程選拔作業指南 ([https://taipei.swcb.gov.tw/Safety/show\\_detail?id=d1eda9d90df44cd2a3f18e774e6c89ca](https://taipei.swcb.gov.tw/Safety/show_detail?id=d1eda9d90df44cd2a3f18e774e6c89ca))
- 10.水土保持局頒定營造施工高風險安衛項目檢查表 ([https://taipei.swcb.gov.tw/Safety/show\\_detail?id=d1eda9d90df44cd2a3f18e774e6c89ca](https://taipei.swcb.gov.tw/Safety/show_detail?id=d1eda9d90df44cd2a3f18e774e6c89ca))

## 水土保持局線上技術短講分享

### 智慧式合理估算坡面崩塌量及其運移行為之精進研究

#### Advanced study on the algorithm for plausibly estimating the amount of landslide mass and its traveling paths

國立成功大學 水利及海洋工程學系 戴義欽 教授

#### 摘要

數值情境模擬雖可作為災害風險評估的有效參考工具，但對於邊坡崩塌破壞卻往往苦無明確的破壞曲面來進行穩定性分析或是數值模擬情境探討。由於現地鑽探調查或是後續的監控昂貴費時且多為局部的資料，充滿許多不確定因素，本研究以一理想曲面來近似滑動型(type of sliding)崩塌的邊坡破壞(slope failure)曲面，使得在資訊不齊全的條件下依舊能夠進行可能的情境模擬與探討。此理想曲面在down-slope方向與cross-slope方向分別有不同的曲率值，是SLBL以及Scoops3D的進階方法。將此理想曲面應用於2009小林村崩塌案例，可發現使用理想崩塌破壞曲面與實際災後崩塌破壞曲面所計算之土石運移路徑以及最終之堆積土體相差不大。值得應用將所得的理想破壞曲面與地形座標系統數值模型結合進行情境探討，掌握崩塌後土石的可能路徑運移行為，對於大型深層崩塌潛勢區域的風險評估將能提供有效的參考資訊。

#### 分享主軸：

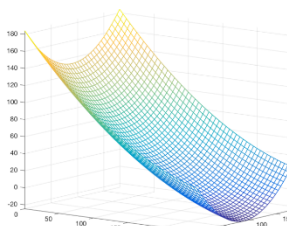
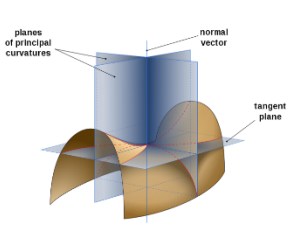
1. 精進快速初步評估崩塌破壞曲面之技術
2. 理想崩塌破壞曲面幾何特性之精進探討
3. 三維可視化圖形多視角立體呈現成果

關鍵字：崩塌破壞曲面、土砂運移行為、情境模擬、三維圖形展示

#### 精選內容：

#### 動機想法

- 擬解決問題
  - 以有限的資訊快速評估坡面崩塌破壞曲面，解決崩塌潛勢區域現地資料對於崩塌量及後續土砂運移行為不易即時估算之侷限
  - 三維曲面上主軸及側向軸方向上之曲率為定值

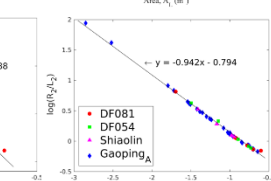
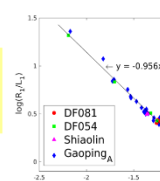
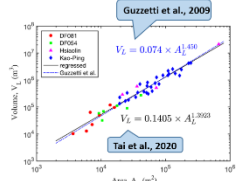
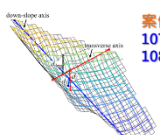


Prof. Dr.-Ing. Y.C. Tai, Dept. Hydraulic and Ocean Engineering, NCKU, TAIWAN

#### 幾何特性

- 坡面崩塌破壞曲面幾何特性探討

案例探討  
107年：16處崩塌案例  
108年：17處 + 高屏溪流域28處崩塌案例  
(破壞深度 > 0.5 m之範圍)



幾何特性：  
• 軸向曲率、長度  
• 側向曲率、寬度  
• 崩塌面積、體積

Guzzetti et al., 2009  
 $V_L = 0.074 \times A_1^{1.506}$

Tai et al., 2020  
 $V_L = 0.1405 \times A_1^{1.2623}$

$y = -0.956x - 0.7688$

$y = -0.942x - 0.794$

Prof. Dr.-Ing. Y.C. Tai, Dept. Hydraulic and Ocean Engineering, NCKU, TAIWAN





### 執行與成果

➢ 三維理想曲面

$$\frac{1}{R_1} = K_{1c} = \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right)^3 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}, \quad \frac{1}{R_2} = K_{2c} = \left( \frac{\partial z}{\partial y} \right)^3 \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$$

$L = 2R \sin \theta_{bg}$   
 $R - d_{\max} \cos \theta = R \cos \theta_{bg}$

↓  
 $(L, R, \theta, d_{\max}) \rightarrow \theta_{bg}$

**有唯一解**

Identify the potential area  $(L_1, L_2, A_1)$  → Plausible volume  $V_i$  → Guess the failure depth  $d \Rightarrow d_{1c}, d_{2c}$  → Ideal surface  $R_{1c}, R_{2c} \Rightarrow V_{1c}$

$V_{1c} = V_i$  (OK)  
 $V_{2c} \neq V_i$

幾何特性

Guzzetti et al. (2009)  
Tai et al. (2020)

Prof. Dr.-Ing. Y.C. Tai, Dept. Hydraulic and Ocean Engineering, NCKU, TAIWAN

### 執行與成果

➢ 量體誤差主要來源：

➢ 高雄市-那瑪夏區-A022為例

崩塌深度大於 0 m → 90.25%

崩塌深度大於 10 m → 0.1%

崩塌深度大於 0.5 m → 15.41%

Prof. Dr.-Ing. Y.C. Tai, Dept. Hydraulic and Ocean Engineering, NCKU, TAIWAN

### 研究成果與討論 (小林村崩塌案例應用)

Prof. Dr.-Ing. Y.C. Tai, Dept. Hydraulic and Ocean Engineering, NCKU, TAIWAN

### 研究成果與討論

➢ 數值實境擬真平台 (ANSI Platform)

Prof. Dr.-Ing. Y.C. Tai, Dept. Hydraulic and Ocean Engineering, NCKU, TAIWAN

計畫科目：108 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>

相關期刊發表：Y.C. Tai, C.J. Ko, K.D. Li, Y.C. Wu, C.Y. Kuo, R.F. Chen and C.W. Lin (2020). An idealized landslide failure surface and its impacts on the traveling paths. *Frontiers in Earth Sciences*, 8:313, doi:10.3389/feart.2020.00313.

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

### 高精度數值地形應用於整合型崩塌發生與 流出數值模擬技術開發之研究

#### Application of the high-resolution digital elevation model in an integrated numerical method for the occurrence mechanism and post-failure behavior of the landslide

國立成功大學防災研究中心 蔡元融 組長

國立成功大學防災研究中心 李威霖 博士後研究員

#### 摘要

大規模崩塌因範圍大、深度深，在調查時往往缺乏大規模崩塌潛勢區之細部資料，如規模、地質構造等，在分析上僅能利用潛勢區範圍進行分析，而此範圍通常偏大，因此各類分析成果多有高估之現象，為目前相關計畫推動之瓶頸。為改善分析成果之高估現象，將潛在大規模崩塌區進行分區分塊為首要工作，本研究希望透過邊坡穩定分析，配合UAV光達產製之多期高精度地形，對潛勢區進行分區分塊之分析。再針對分區分塊分析之塊體，利用本計畫開發之整合型數值模擬方法，評估崩塌之發生與流出過程，提供未來防減災工作推動所需之發生門檻與影響範圍之參考。

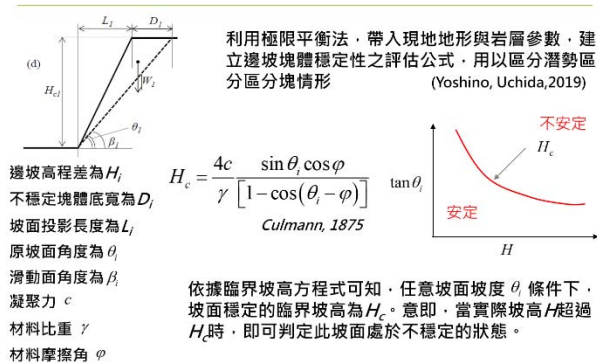
#### 分享主軸：

1. 建立潛在大規模崩塌分區分塊的快速評估方法，做為細部調查工作執行前的初步評估資料。
2. 發展整合型崩塌發生與流出模式，精進大規模崩塌機制的相關研究。

關鍵字：大規模崩塌、崩塌發生、崩塌流出

#### 精選內容：

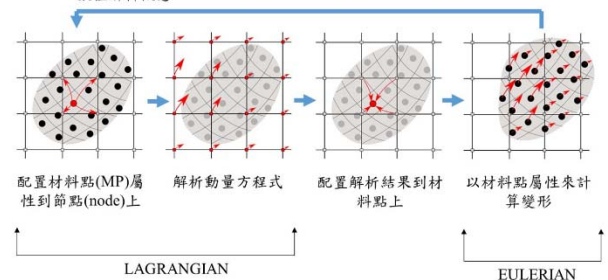
#### 2.1. 潛在大規模崩塌分區分塊方法建立



#### 2.2. 崩塌發生與流出整合型模式

台灣成功大學防災研究中心與荷蘭三角洲研究機構合作

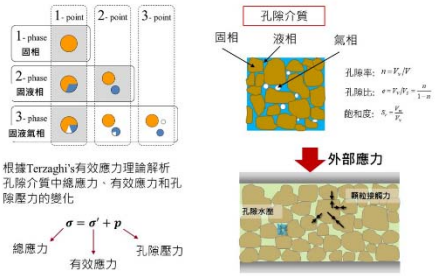
材料質點法(MPM)  
數值解析概念





## 2.2. 崩塌發生與流出整合型模式

- Anura3D為模式基礎，發展適用於降雨促崩之整合型模式
- 成大團隊發展未飽和入滲模組和降雨入滲邊界條件處理方法



## 2.4. 研究區域-分區分塊分析

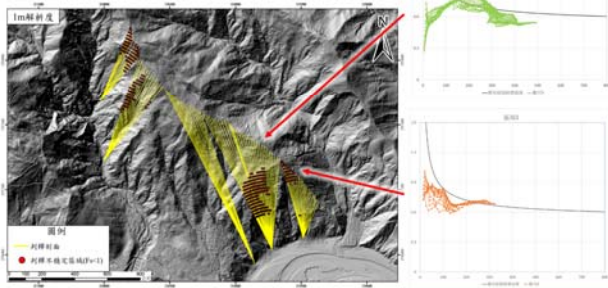
將區域I和II中分析結果為不穩定之位置和2017年影像比對可以發現，崩塌之實際發生位置和本研究推估之位置有趨勢上的一致。



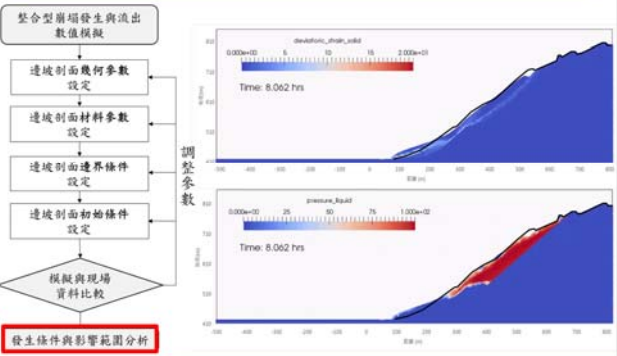
經查區域I和II的不穩定位置後，本研究進一步探討2011年後此區域之地形變動。

## 2.4. 研究區域-分區分塊分析

### 剖面分析結果



## 2.6. 研究區域-整合型崩塌發生與流出模式



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



## 水土保持技術規範滯洪設施總量管制之探討

### The Discussion on Total Amount Control of Flood Detention Facilities about Technical Specifications for Soil and Water Conservation

郭玉麟<sup>1</sup>、王杰俊<sup>2</sup>、許中立<sup>3</sup>

Yu-Lin Guo<sup>1</sup>、Chieh-Chun Wang<sup>2</sup>、Chung-Li Hsu<sup>3</sup>

1. 中華民國水土保持技師公會全國聯合會 理事長

2. 水土保持技師

3. 國立屏東科技大學水土保持系 教授

1. President, The Union of the Soil and Water Conservation Professional Engineer Associations, Associations, R.O.C (Taiwan)

2. Soil and Water Conservation Engineer

3. Professor, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology

#### 摘 要

本文為檢討水土保持技術規範第 95 條中有關總量管制的規定，並以假設案不同流入滯洪設施之集水分區面積比例的流出量與滯洪量進行檢算，得知不論流入或未流入滯洪設施的集水分區而其是否有開發利用情形，其總流出量與滯洪總量均相同，且可有效的調控在總量管制的概念中。惟未流入滯洪設施之集水面積接近 70% 時，可能會使得滯洪設施幾乎達到零排放情形，此部份可提供開發案件規劃設計者參考。

**關鍵字：**水土保持技術規範、總量管制、滯洪設施、集水分區

#### Abstract

This study is to review the provisions of total amount control in Article 95 of the Technical Code for Soil and Water Conservation, and check the outflow and detention based on the proportion of the catchment area that flows into the flood detention facility in different hypothetical cases, and it is known that regardless of the inflow or non-inflow of detention The catchment area of the facility and whether it is under development and utilization, its total outflow is the same as the total amount of flood detention, and can be effectively controlled in the concept of total amount control. However, when the catchment area that has not flowed into the flood detention facility is close to 70%, the outflow is rarely almost zero discharge. This part can be used as a reference for development plan designers.

**Key Word:** Technical Code for Soil and Water Conservation, Total amount control, Flood detention facility, Catchment area





## 一、前言

水土保持法於民國83年立法後至民國86年才完成「水土保持技術規範」的發布，而從民國86年至109年「水土保持技術規範」歷經8度修正，當然這其中有鑒於開發型態的轉變、調查技術的提升、學術研究科技成果、全球氣候變遷的影響以及大規模崩塌等水土保持相關議題的新挑戰，使得水土保持技術規範逐步的修正調整，將法令規範、學理研究與實務技術等能相互配合。同時每隔一段時間的執行後而再綜整各界意見，對山坡地開發防災設計標準、應變措施及相關水土保持技術法規等再重新檢討，並參考相關研究資料及各界意見，研擬作為後續的法令規範修正的參考。

依據「水土保持技術規範」第95條（行政院農業委員會，2020），山坡地開發利用應設置滯洪設施，並得將土地利用、建蔽率、鋪面情形等納入檢算，調整酌減滯洪量。在滯洪設施之規劃設計上，水理計算以三角單位歷線圖計算滯洪量，基地開發後之出流洪峰流量應小於入流洪峰流量百分之八十，並不得大於開發前之洪峰流量，且不應超過下游排水系統之容許排洪量。即基地整體之出流洪峰流量為上述三者之最小值。

「水土保持技術規範」第95條同時規定，基地內未開發區域，受集水分區或構造物阻隔等影響，得採總量管制概念將該區域之滯洪量併入基地內鄰近滯洪設施之滯洪量計算，該區域得不設置滯洪設施。雖然總量管制概念提出是對山坡地開發案件規劃的一大突破，但在實際運用上並未有更詳細說明，因此也造成工程師們的困擾，因此本文擬就實例演

算方式來探討總量管制的意義，以為相關人員後續應用時的參考。

## 二、研究方法

### 2.1 分析基準假設

為瞭解永久性滯洪設施實施總量管制的意義，乃假設有一開發基地其集水區面積為 $A'=1.0$ 公頃，開發後流係數 $C=0.95$ ，開發前逕流係數 $C=0.75$ ，年平均降雨量 $P=2,500\text{mm}$ ，集流時間 $t=5$ 分鐘，設計出流洪峰流量為開發前25年之洪峰流量，洪峰流量可依據「水土保持技術規範」第16條的無因次降雨強度公式計算，並再依第17條之合理化公式計算不同重現期距之洪峰流量。

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t + B)^C}$$

$$I_{60}^{25} = \left( \frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2$$

$$A = \left( \frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2$$

$$B = 55$$

$$C = \left( \frac{P}{-381.71 + 1.45P} \right)^2$$

$$G = \left( \frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2$$

$$H = \left( \frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2$$

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA'$$

式中， $T$ ：重現期距（年）， $t$ ：降雨延時或集流時間（分）， $I_t^T$ ：重現期距 $T$ 年，降雨延時 $t$ 分鐘之降雨強度（公釐/小時）， $I_{60}^{25}$ ：重現期距二十五年，降雨延時六十分鐘之降雨強度（公釐/小時）， $P$ ：年平均降雨量（公釐），



A、B、C、G、H：係數， $Q_p$ ：洪峰流量（立方公尺／秒），C：逕流係數（無單位），I：降雨強度（公釐／小時）， $A'$ ：集水區面積（公頃）

## 2.2 案例分析

### (一) 案例說明

為了探討無法流入滯洪設施的基地逕流部份應如何規劃，本文分別假設比例分別為0.00、0.30、0.50、0.70、0.72等公頃是無法流入滯洪設施的集水面積，再依「水土保持技術規範」第95條及96條試算設計滯洪量及總量管制之關係，並加以檢討分析。

### (二) 水文條件

將 $P=2,500\text{mm}$ 代入可得 $A=18.2603$ 、 $B=55$ 、 $C=0.5942$ 、 $G=0.5510$ 、 $H=0.3053$ ，再以 $T=25$ 、50的重現期距為基準分別代入無因次降雨強度公式計算可得，

$$I_t^{25} = \frac{1645.4}{(t+55)^{0.59}}$$

$$I_t^{50} = \frac{1800.2}{(t+55)^{0.59}}$$

採用 $t=5$ 分鐘，則

$$I_5^{25} = \frac{1645.4}{(5+55)^{0.59}} = 144.6\text{mm/hr}$$

$$I_5^{50} = \frac{1800.2}{(5+55)^{0.59}} = 158.2\text{mm/hr}$$

洪峰流量公式為

$$Q = \frac{1}{360} \times C \times I \times A'$$

當集水區全部流入滯洪設施時，開發前採用 $C=0.75$ ， $I=144.6\text{mm/hr}$ ， $A'=1.0\text{ha}$ ；開發後採用 $C=0.95$ ， $I=158.2\text{mm/hr}$ ， $A'=1.0\text{ha}$ ，則

$$Q_{25\text{開發前}} = \frac{1}{360} \times 0.75 \times 144.6 \times 1 = 0.3010\text{cms}$$

$$Q_{50\text{開發後}} = \frac{1}{360} \times 0.95 \times 158.2 \times 1 = 0.4170\text{cms}$$

滯洪量計算公式為

$$V_{s2} = \frac{t_b(Q_3 - Q_1)}{2} \times 3600$$

式中 $V_{s2}$ 為滯洪量體， $t_b$ 為基期（以1小時計）， $Q_3$ 為入流量、 $Q_1$ 為出流量，則開發基地全區所需之滯洪量為

$$V_{s2} = \frac{1 \times (0.4170 - 0.3010)}{2} \times 3600 = 208.8\text{m}^3$$

$$V_{sd} = 1.1V_{s2} = 1.1 \times 208.8 = 229.7\text{m}^3$$

檢算結果即開發基地集水區流入滯洪設施之入流量為開發後50年重現期距的0.417cms，經滯洪後之出流量為開發前25年重現期距的0.301cms，設計滯洪量為229.7 $\text{m}^3$ ，經滯洪設施出流後，設計對外出流量為0.301cms。

當基地內部份區域之逕流無法流入滯洪設施，開發前採用 $C=0.75$ ， $I=144.6\text{mm/hr}$ ，流入滯洪設施之集水面積 $A'=0.7\text{ha}$ ；開發後採用 $C=0.95$ ， $I=158.2\text{mm/hr}$ ，流入滯洪設施之集水面積 $A'=0.7\text{ha}$ ，則





$$Q_{25\text{開發前}} = \frac{1}{360} \times 0.75 \times 144.6 \times 0.7 = 0.2107\text{cms}$$

$$Q_{50\text{開發後}} = \frac{1}{360} \times 0.95 \times 158.2 \times 0.7 = 0.2919\text{cms}$$

無法流入滯洪設施之集水面積=1-0.7=0.3ha，  
則無法流入滯洪設施直接出流量

$$Q_{25\text{開發前}} = \frac{1}{360} \times 0.75 \times 144.6 \times 0.3 = 0.0903\text{cms}$$

$$Q_{50\text{開發後}} = \frac{1}{360} \times 0.95 \times 158.2 \times 0.3 = 0.1251\text{cms}$$

應管制量體為無法流入滯洪設施直接出流量  
(50年重現期距-25年重現期距)

$$0.1251 - 0.0903 = 0.0348\text{cms}$$

實際滯洪設施設計出流量 $Q_i$ =原滯洪設施出  
流量-應管制量體

$$Q_i = 0.2107 - 0.0348 = 0.1759\text{cms}$$

則開發基地全區所需之滯洪量為

$$V_{s2} = \frac{1 \times (0.2919 - 0.1759)}{2} \times 3600 = 208.8\text{m}^3$$

$$V_{sd} = 1.1V_{s2} = 1.1 \times 208.8 = 229.7\text{m}^3$$

檢算結果即開發基地集水區流入滯洪設  
施之入流量為開發後50年重現期距的  
0.2919cms，經滯洪後之設計出流量為原滯洪  
設施出流量-應管制量體=0.1759cms，設計滯  
洪量為229.7 m<sup>3</sup>，經滯洪設施出流後，設計對  
外出流量為0.1759cms，無法流入滯洪設施直  
接出流量為開發後50年重現期距的  
0.1251cms，基地全區出流量為  
0.1759+0.1251=0.3010cms。

### 三、結論與建議

總量管制概念主要係管制基地總出流量，  
對聯外排水而言，基地開發後之出流量應管  
控小於開發前之出流量，需將因基地開發產  
生之洪峰增量留滯於滯洪設施內，本文以總  
量管制概念，將不同比例之集水面積（流入  
滯洪設施及無法流入滯洪設施之集水面積）  
計算應管制量體如表1所示，計算滯洪量及總  
量管制出流量如表2所示。

表 1 不同比例集水面積應管制量體

流入滯洪 設施之集 水面積 (ha)	無法流入 滯洪設施 之集水面 積(ha)	(1)滯洪設 施入流量 Q3(cms)	(2)無法流入 滯洪設施直 接出流量 (50年重現 期距)(cms)	(3)無法流入 滯洪設施直 接出流量 (25年重現 期距)(cms)	(4)應管制 量體=(2)- (3)(cms)
1.0	0.0	0.4170	0.0000	0.0000	0.0000
0.7	0.3	0.2919	0.1251	0.0903	0.0348
0.5	0.5	0.2085	0.2085	0.1505	0.0580
0.3	0.7	0.1251	0.2919	0.2107	0.0812
0.28	0.72	0.1168	0.3002	0.2167	0.0835

表 2 不同比例集水面積滯洪量及總量管制  
出流量

流入滯洪 設施之集 水面積 (ha)	無法流入 滯洪設施 之集水面 積(ha)	(5)原滯洪 設施出流 量(cms)	(6)實際滯洪 設施設計出 流量 Q1=(5)- (4)(cms)	設計滯洪量 (m <sup>3</sup> ) =1.1*((1)- (6))*3600/2	總量管制 出流量 =(2)+(6) (cms)
1.0	0.0	0.3010	0.3010	229.7	0.3010
0.7	0.3	0.2107	0.1759	229.7	0.3010
0.5	0.5	0.1505	0.0925	229.7	0.3010
0.3	0.7	0.0903	0.0091	229.7	0.3010
0.28	0.72	0.0843	0.0008	229.7	0.3010

由上表可得知，基地以總量管制的概念  
調控下，流入滯洪設施及無法流入滯洪設施  
之集水面積（或排水分區）在不同比例下，  
滯洪設施設計量體是相同的，而總出流量也  
是相同。此次檢算的結果顯示以總量管制概



念進行規劃設計時，似不必特別區分基地內是否為未開發區域、亦或是否受到集水分區或構造物阻隔等的影響，才能規劃以總量管制的概念來進行之，上述檢算的結果得知皆會相同。而「水土保持技術規範」第95條內容針對基地內未開發區域，受集水分區或構造物阻隔等影響，致其逕流無法流入滯洪設施者得採總量管制概念將該區域之滯洪量併入基地內鄰近滯洪設施之滯洪量計算，該區

域得不設滯洪設施。此規定的設置條件或許可以據本文分析而再放寬，讓滯洪設施的規劃設計更具彈性。

惟檢算分析時發現當開發基地或指總量管制流入滯洪設施之集水面積達28%時，滯洪設施之設計幾乎達到零排放情形，無法出流，另繪製之總量管制流入滯洪設施之集水面積（比例）與出流量關係如圖1所示，此現象在30%時就可發現。

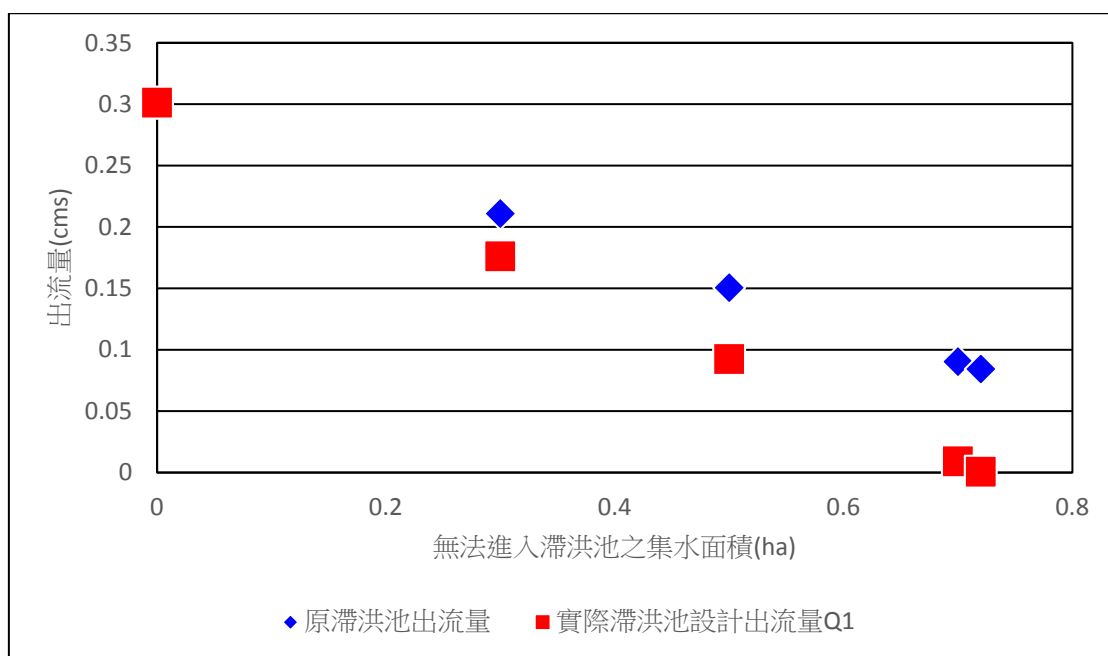


圖 1 總量管制無法流入滯洪設施之集水面積（比例）與出流量關係

### 3.1 結論

1. 「水土保持技術規範」中對總量管制概念的規定為基地內未開發區域，受集水分區或構造物阻隔等影響，但總量管制概念應為對下游之總出流量不得大於開發洪峰流量之精神，如果設計可達到此原則，應無需規定是否為開發區域，或是否受到集（排）水分區或構造物阻隔等影響。因此建議此項設置條件或許可以據本文分析而再放寬（刪除），讓滯洪設施的規劃設計更具彈性。

2. 許多水土保持計畫之設計為了要將滯洪設施設計在開發基地最下游處，而必需採用機械抽排方式排放，然機械抽排之維護管理及操作皆有相當大的變數，如可將滯洪設施以總量管制概念設置在基地較高位置而採用重力排放方式設計，對滯洪設施之管理維護效果會更佳。

3. 總量管制流入滯洪設施之集水面積（比例）與出流量關係發現不可以太低，未流入滯洪設施之集水面積超過70%可能會使得滯





洪設施幾乎達到零排放情形，而無法達成總量管制之設計，另未流入滯洪設施之集水面積接近70%時，出流口之設計尺寸會過小而造成可能之淤塞，故未流入滯洪設施之集水面積建議不要超過50%。

## 3.2建議

水土保持技術規範第九十五條修正建議如下：

條文	現行條文內容	建議修訂條文內容	說明
條文第九十五條	八、基地內未開發區域，受集水分區或構造物阻隔等影響，致其逕流無法流入滯洪設施者，得採總量管制概念將該區域之滯洪量併入基地內鄰近滯洪設施之滯洪量計算，該區域得不設滯洪設施。	八、基地內部份區域之逕流無法流入滯洪設施者，得採總量管制概念將該區域之滯洪量併入基地內鄰近滯洪設施之滯洪量計算，該區域得不設滯洪設施，惟不設滯洪設施之區域不得超過基地面積百分之五十。	由於滯洪量計算之總量管制概念，係在有效控制基地內部份區域之逕流無法流入滯洪設施者之地表逕流量，若直接流出基地而造成下游既有設施及保全對象之影響，因此建議將原條文有關「基地內未開發區域，受集水分區或構造物阻隔等影響，致其逕流無法流入滯洪設施者」之文字修正為「基地內之逕流無法流入滯洪設施者」。

## 參考文獻

- 1.行政院農委會水土保持局(2017)，「水土保持手冊」。
- 2.行政院農委會水土保持局(2020)，「水土保持技術規範」。
- 3.余濬(2014)，「山坡地排水與滯洪設計」，科技圖書有限公司。
- 4.張忠俊(2019)，「山坡地開發實務」，高立圖書有限公司。



★110年4月17日舉辦中華民國水土保持技師公會全國聯合會第八屆第一次會員代表大會及  
新北市水土保持技師公會第五屆第一次會員大會暨專題演講



專題演講：工程和工程師國際化：介紹亞太工程師和國際工程師互認機制/王祥驩執行長



專題演講：工程和工程師國際化：介紹亞太工程師和國際工程師互認機制 Q&A



專題演講暨會員大會活動照片 1



專題演講暨會員大會活動照片 2



理、監事選舉計票活動照片 1



理、監事選舉計票活動照片 2



## 「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。