



# 水保技術



水  
保  
技  
術

Journal of Water and Soil Conservation Technology

Vol.15

No.1

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1期

2021.03

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：	劉衍志	Chief of Editor:	Yen-Chih Liu
編輯委員：	吳烘森、吳正義、鍾東宏	Board of Editor:	Hong-Sen Wu, Cheng-Yi 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：獅潭鄉大東勢溪大東勢尾野溪整治工程之特色：一、雙潭雙魚道設計，兼顧延壽、防災、生態。二、整流工程穩定流心調整坡度，保全兩岸重要保全對象。三、過水路面修復，防洪警戒用路安全。四、生態保育環境永續，迴避、縮小、減輕、補償四大生態措施。

封面照片提供：研邦科技有限公司

# 目錄

## 人物專訪

- 4 緬懷陳信雄教授

## 學術論文

- 8 臺灣東部地區降雨沖蝕指數之研究  
- 李明熹 郭庭佑 莊純宛

## 技術論文

- 24 工程 3D 點雲資料建置暨預鑄護岸應用推廣計畫  
- 陳俊宗 吳漢揚 連惠邦 蔡易達
- 36 山坡地農路篩分與複核之研究  
- 林書豪 陳彥婷 林曉萱
- 48 坡地防災及維生通道路網建置及致災潛勢劃定之研究  
- 林書豪 林曉萱 陳冠瑋 廖經樺 劉冠承

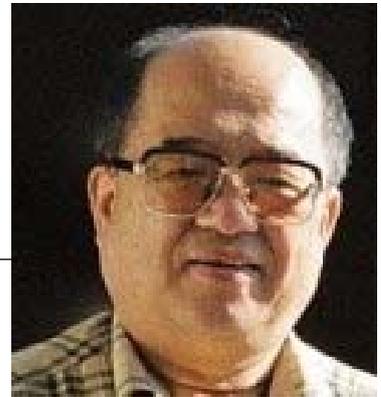
## 技術短文

- 58 崩塌地之雷達迴波訊號與影像紋理特性之分析研究  
- 姜壽浩
- 60 專利「護岸植生塊」發想歷程與應用  
- 林志賢

## 活動花絮

## 人物專訪

### 緬懷陳信雄教授



照片來源：國立臺灣大學 森林環境暨資源學系

採訪／李錦育教授、陳本康技師

文字整理／曾文萱

畢業於國立臺灣大學森林學系，前往日本取得東京大學林學科博士學位後，回臺任教於臺灣大學森林環境暨資源學系的陳信雄教授，於2020年12月與世長辭。陳教授在大學開授課程，包含：1.森林水文學(Forest Hydrology)、2.水土保持學及實習(Soil and Water Conservation and Practice)、3.防砂工程學及實習(Erosion Control Engineering and Practices)；在研究所開授課程有：1.崩塌地調查與分析(Investigation and Analysis of Landslide)、2.森林水文研究法(Research Method in Forest Hydrology)、3.集水區經營學特論(Special Lecture on Watershed Management)、4.水土保持研究法(Research Method of Soil and Water Conservation)、5.集水區地下水文學(Watershed Geohydrology)、6.日文文獻選讀 (Special Topics on Japanese Literature -Soil and Water Conservation)、7.森林水文學特論(Special Topics on Forest Hydrology)、8.防砂工程學特論(Special Topics on Forest Hydrology)。從所開設的課程可以看出，陳教授涉及在水土保持相關領域的學術範疇相當廣，著作甚豐且桃李滿天下。

在社會服務方面，陳信雄教授亦涉足甚深，曾擔任行政院農業委員會林業試驗所林業評議委員、行政院農業委員會林業處林業技審小組委員、行政院國家科學委員會生物處諮議委員、各地方縣市之環境評估委員、以及第十五屆中華水土保持學會理事長等職位。在研究部分，陸續於68年獲中華水土保持學會學術獎、69年獲明德基金會農業最佳績效獎、74至88年獲得國科會傑出獎及國科會優等獎、82年獲中華林學會學術獎等獎項，76年更因著作「森林水文學」獲得教育部優等獎。此外，陳信雄教授長期關注地球暖化、氣候變遷、颶風，永續經營，溫室效應等議題列舉如下：

#### 一、防止地球溫暖化

防止地球溫暖化可以說是人類百年之大計，而候變遷的國際公約，是必要的先決條件，如何約束工業先進國，排放二氧化碳等地球溫暖化氣體，是為抑制地球溫暖化的必要措施，京都議定書即是此措施的第一步。(摘錄中華水土保持學報, 37(1): 1-7 (2006)Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 37 (1):1-7 (2006))。



## 二、造林減碳真相

有關森林與碳素的關係，在一般的觀念上與專門的認知之間，向來有不少的差異，為了確定造林的減碳功能，今後更必須確立定量上的評估，並有賴於研發高精密度的測計方法，或者在物理與植物生理學上的模式化，是為今後繼續研究的重要課題。(摘錄2008.04.09自由時報)。

## 三、森林與水土保持

自1999年九二一地震以來，接連有桃芝、那莉颱風重創台灣。而2004年7月2日的敏督莉，8月23日的艾莉颱風，以及9月11日的集中豪雨，造成台灣中南部嚴重的災害；尤其是大甲溪沿岸，以及原本是風光明媚的新竹縣尖石、五峰鄉，在一夕之間面目全非；桃園地區的淹水與缺水，相互煎熬，成了當地史無前例的夢魘。超大的雨量固然是此次災害的始作俑者，但人為的疏失更是令人無法釋懷。這也是五十年來，我們沒有善待我們山坡地所造成的惡果。對上游集水區森林，始終無制度化的經營。於是乎濫墾與亂伐，土地的超限利用，促成大自然的反撲，國民與政府皆難辭其咎。

接二連三的洪水與土石流災害，是應喚醒大家的思維，重新認知森林對台灣水土保持所扮演之角色。要知上游不保，下游難以安居的顛撲不破的真理。訂定正確完善的林業政策，妥善的經營台灣的森林，才能免除於澇旱之災的頻仍。水土保持的成敗，繫於政府與國民一念之間。如何免除災害的重演，森林與水土保持，實有密切的關係。

森林可以防止洪水與涵養水資源。此外對土壤的流失而言，台灣的土砂災害發生的原因，大致可分為自然因素與人為因素兩大類。在諸自然因素中，除自然力外，另有構成土砂災害潛勢的地文條件及水文因素；而人為因素則屬改變潛勢的影響力量。而台灣的土砂災害主要有崩塌，地滑，土石流與沖蝕等四種，此皆與森林的經營管理有密切的關係。因此台灣的水土保持，必先由保護上游森林的完整，才能避免其崩塌與生產土砂，遠離土石流的災害。

台灣的水土保持工作受到空前的挑戰，昔日的水土保持觀念亦遭受莫大的衝擊。災後的重建工程，從社會面，心靈面到工程面，亦趨多樣化。但如何受到普羅大眾的全面認知，才能真正的完成全面的重建工作。因此水土保持知識的普及化與通俗化，將是執司水土保持機構的重要工作。水土保持人才與義工的培育，是為妥善之策略。期望此工作之正常化與永續化，才能使台灣青山常在，綠水長流。(摘錄環保資訊月刊 第80期 2004年12月出刊)

陳信雄教授探究問題的角度以基礎解說，深入淺出的闡述，期盼能喚起大眾對水土保持議題的重視。著作包含森林水文學、水土保持學實手冊防砂工程學、崩落地調查與分析、水土保持工程學、應用土壤環境科學等，另外有研究報告發表260餘篇，可謂著作等身！



除了發表眾多重要學術著作，持續提升學界研究的深度與廣度外，也作育無數英才。此篇專訪也很榮幸能邀請到國立屏東科技大學水土保持系李錦育教授，分享親炙於陳信雄教授的春風下，回顧陳教授的風範，以及此段珍貴無比的師生緣。



## 在陌生的學術領域，是陳信雄老師指引、帶領我入門，從基礎開始學習...

記得當時剛考上研究所，周遭大家都急著找指導教授，因大學在學時期所學以林產加工為主，那時只能硬著頭皮去找研究水文、滑坡等相關領域的陳老師。由於是全新的學術領域，眼看只剩三個禮拜就開學的暑假尾聲，老師請陳明杰學長到他的辦公室拿三本書給我，分別是王源的《普通地質學》、鄒豹君的《小地形學》、以及徐世大的《實用水文學》。雖然花了三個多禮拜努力研讀，但因為從未接觸過，所以讀得相當吃力。陳信雄老師發現問題所在，指引我必須從地質、水文等.....基本專業科目重新學習，因此我開始修王鑫老師的地形學、易任老師的水文課程。在陌生的學術領域，是陳信雄老師指引、帶領我入門，從基礎開始學習。

之後擔任山地農牧局（水土保持局前身）在花蓮安通地層滑動的計畫研究助理時，日本京都大學防災研究所的竹內篤雄先生，帶了一套60萬元的全新儀器來臺。因為我日文不是很好，陳信雄老師除了幫忙翻譯之外，也全程於現場示範指導。遇到任何問題，老師也都即時協助幫忙。順利完成碩士論文後，民國73年就讀博一時，當時周恆老師退休，於文化大學森林系兼課，陳信雄老師認為未來就是要走教職這條路的我，剛好可以趁這個機會好好磨練，因此去文化大學兼了兩年的課，為未來打下深厚基礎。

## 回憶往昔與陳信雄老師相處的時光，在腦海裡依然歷歷在目...

回首過去，一幕幕往事猶仍歷歷在目，由於當時上課沒有電腦，老師都會提早到校，親自將前一天傍晚，用稿紙寫成的講義，拿到二樓影印，每次上課時，我們拿在手上的講義都還是溫熱的，老師凡事本著親力親為的態度，現在回想起來還是十分感動。

老師除了學問淵博外，也培養了相當多的興趣。讓我記憶猶新的是，老師用的是黃金唱頭和真空管的音響，撥放音樂時還要邊用小電風扇散熱，其喇叭聲效之好，曾經讓左鄰右舍誤以為是下雨，紛紛跑出來收衣服。除了喜歡用音響聽歌劇之外，老師也相當喜歡攝影。此外，幽默風趣的陳信雄老師，也很喜歡說笑話給我們聽，總是能適時紓解我們繁重的課業壓力。由於老師親和力十足，學生都很喜歡親近他，這也是我從事教職30幾年，一直努力向陳信雄老師學習的地方。老師即使退休後，也不忘關心時下水保議題，這也是我們十分值得向



他學習的地方。

此外，陳信雄教授也早在83年提出「檳榔亡國論」，指出檳榔園是「水資源殺手」，是破壞水土的重要殺手，大量栽植檳榔會導致水土流失、土石崩塌，呼籲政府和國人應正視山坡地的亂伐與濫墾，加強取締山坡地違規種植檳榔，強調山坡地保育治理，避免災害發生。

高高的樹上結檳榔，從台灣最南端的墾丁，一直到整個屏東縣的平地、嘉義縣的山區，來到中部南投的深山地帶，再翻過中央山脈，點綴了花東的溪谷和山巒，台灣檳榔已不分緯度和高度，不斷的擴張版圖，成為成長最迅速、也是最強勢的農作物（摘錄：1997/12/03 23:05 華視新聞-變色的檳榔）

陳信雄教授提出，檳榔造成嚴重的風化以及地下水位的持續下降，再者檳榔與森林林相完全不同，一般森林林相分有低高的灌木、喬木，不同高度的樹種，能維護溫度、地表水分，但是檳榔是一個單層林相，除了容易產生病蟲害之外，地力快速衰退，也使得其他草類無法生長。

一般認為，檳榔種植在平地上影響較小，反而是種在山坡地上危害最大。為了確認檳榔是否為摧毀台灣山林的罪魁禍首，屏東科技大學七年前開始在一般山坡地上模擬種植檳榔的過程，測量檳榔與其他作物對土壤的沖蝕。水土保持系教授吳嘉俊根據七年觀測說明，一公頃的土地完全裸露一年，所沖下來的土壤將是294噸，約是三公分的表土，得再經過三十年的風化作用才能累積回來。但是人類為了生活是不會停止開墾的，政府若能協助農民轉作其他高價值經濟作物，慢慢地檳榔也將自然淘汰。（摘錄：2000-12-18 00:00我們的島-綠色黃金的昨天與明日）

陳信雄教授指出，由五個定點長期觀測結果發現，在短短九年中，地下水位持續下降五至二十公尺，安全出水量僅能保持原出水量四分之一，地層的風化也有三十至六十公尺深。研究結果認為檳榔園對環境所造成的環境衝擊共有：1.地下水位持續下降，安全出水量劇降，造成水資源匱乏。2.檳榔樹冠形成大量之孔隙，日射量增多，造成地力衰退，林相恢復困難。3.土層風化，造成土壤沖蝕量增加，引發坡面大面積之滑動。4.大面積之栽植檳榔單純作物，引發病蟲之危機。5.因大面積栽植檳榔，將造成微氣候之變化。（摘錄：檳榔園年耗水60億噸 中國時報 第9版 2000.6.8(四)）

一生致力於學術研究與培育英才的陳信雄教授，生前即便退休仍持續關注水保相關時事議題，如同南宋文天祥正氣歌所言：哲人日已遠，典型在夙昔。這股熱情、理想與堅持，是我們學習的最佳典範。



## 臺灣東部地區降雨沖蝕指數之研究

### Study on Rainfall Erosivity Index in Eastern Taiwan

李明熹<sup>1</sup>、郭庭佑<sup>2</sup>、莊純宛<sup>3</sup>

Ming-Hsi Lee<sup>1</sup> Ting Yu Kuo<sup>2</sup> Chun-Wan Chuang<sup>3</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. Research Assistant, Department of Soil and Water Conservation,  
National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

#### 摘 要

近年來臺灣地區極端降雨事件逐漸增加，使得降雨型態與降雨沖蝕指數隨之變化，因此重新修訂降雨沖蝕指數以符合現今氣候狀況為相當重要的議題。本研究蒐集東部地區17年(2002年至2018年)共60個中央氣象局雨量站之10分鐘降雨資料，分析各雨量站之年平均降雨沖蝕指數，建立各雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式，估算不同重現期距之降雨沖蝕指數，並繪製降雨沖蝕指數空間分布等值圖，以提供水土保持相關從業人員之參考。

**關鍵字：**降雨沖蝕指數、回歸關係式、空間分布等值圖、氣候變遷

#### Abstract

In recent years, the rainfall characteristics and rainfall erosivity index have changed due to the increase of extreme rainfall events in Taiwan. Therefore, it is an important issue to revise the rainfall erosivity index to conform to the current climate. This study collected 10-minute rainfall data from 60 stations of the Central Weather Bureau in the eastern region for 17 years (2002 to 2018) and analyzed the annual average rainfall erosivity index of each rainfall station. The regression equations between the average rainfall erosivity index and rainfall were established for four seasons (spring,



summer, autumn and winter), dry and wet seasons, and each year. The rainfall erosivity index of different return periods was also established. The contour map of the spatial distribution of rainfall erosivity index was drawn. The results of this study can be provided to practitioners related to soil and water conservation as an important reference.

**Key Word: rainfall erosivity index, regression equation, spatial distribution contour map, climate change**

## 一、前言

目前臺灣所使用的降雨沖蝕指數係依據黃俊德(1979)利用8處測候所20年(1957年至1976年)的日卷自記雨量記錄及全臺灣200個雨量站的月雨量資料，透過 Laws 及 Parsons(1943)的降雨動能公式及 Wischmeier and Smith(1958)的降雨沖蝕指數公式，所訂定之年平均降雨沖蝕指數，但由於氣候變遷的影響，使得近年來臺灣地區破紀錄之極端降雨事件逐漸增加(吳宜昭等人,2016)，造成降雨沖蝕指數亦有所改變。Takahiro et al. (2013)、Mondal et al. (2016)等研究均指出隨著降雨特性的改變，雨滴分離和攜帶土壤顆粒之能力亦會增加，降雨沖蝕指數會因而改變。盧昭堯等人(2005)、范正成等人(2009)、楊斯堯等人(2010)及蘇志強等人(2016)等研究亦發現臺灣年平均降雨沖蝕指數隨著極端降雨事件的增加有增大之趨勢。李明熹等人(2017)將年平均降雨沖蝕指數之空間變化分析結果與黃俊德(1979)、盧光輝(1999)、盧昭堯(2005)及蘇志強(2016)進行探討，結果顯示最大年平均降雨沖蝕指數有逐漸增大之趨勢，且在最大值發生位置有逐漸往北移之趨勢。綜合上述學者的研究成果顯示，降雨沖蝕指數在空間變化具有區域特性，且該指數會受到地勢高差、山脈走向、緯度高低、距海遠

近以及氣候因素影響，因此重新分析降雨沖蝕指數以符合現今氣候狀況為目前不可忽視之課題。

本研究蒐集東部地區17年(2002年至2018年)共60個中央氣象局雨量站之10分鐘降雨資料，分析各雨量站之年平均降雨沖蝕指數，建立各雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式，利用水文分析方法建立不同重現期距之降雨沖蝕指數，並繪製降雨沖蝕指數空間分布等值圖，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

本研究區域包括東部3個縣市(宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣)，60個中央氣象局雨量站位置分布及基本資料如圖1及表1所示。

### 2.1 研究區域

#### 2.2.1 單場有效雨場事件之判定

本研究依據土壤流失量估算手冊(吳嘉俊等, 1996)以 Wischmeier and Smith (1958)提出之有效單場降雨之定義進行有效雨場判定，將各雨量站17年之10分鐘等間隔降雨資料進行雨場分析，其定義如下：



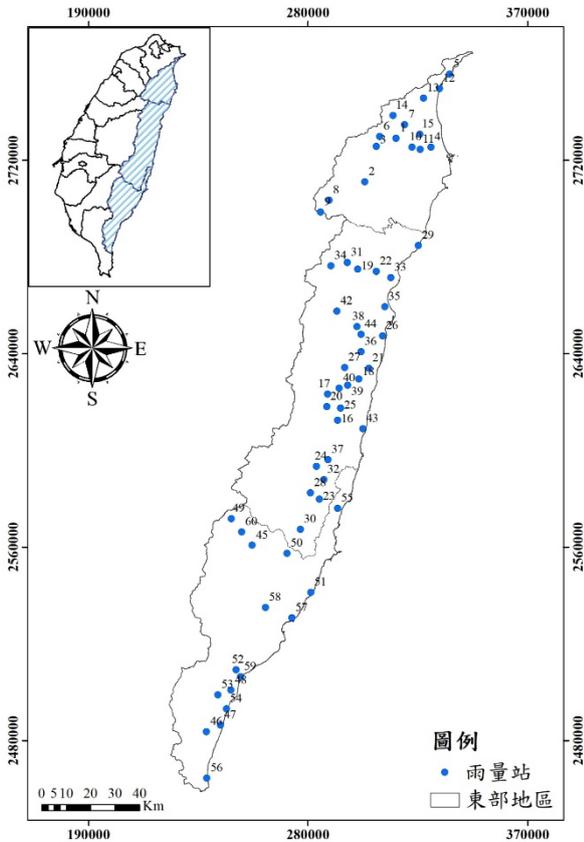


圖1 東部地區雨量站位置分佈圖

- 1.單場降雨之累積降雨量須超過12.7 mm，且該場降雨與前場降雨需間隔超過6小時以上，視為一場有效降雨事件。
- 2.降雨若低於12.7mm，但於15分鐘內降下6.35 mm以上之雨量，仍具備有沖蝕之潛在能力，則該場降雨應視為有效降雨事件，其降雨總動能須列入降雨總動能之計算。

表1 東部地區60個中央氣象局雨量站基本資料表

縣市	鄉鎮區	編號	站名	站碼	X (TWD97)	Y (TWD97)	海拔 (m)	有效降雨 事件(場)	本研究之年平均 降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)	黃俊德(1979)年 平均降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)
宜蘭縣	三星鄉	1	三星	C0U890	316091	2729183	116	731	20,267	-
	大同鄉	2	太平山	C0U710	257168	2560926	1,942	707	35,492	19,884
	大同鄉	3	牛鬥	C1U501	238432	2483738	280	860	26,590	-
	冬山鄉	4	冬山	C0U910	244165	2486547	17	776	29,035	11,191

## 2.2.2 降雨沖蝕指數之計算

經由上述有效降雨事件判定後，計算出每場有效降雨事件之降雨強度，並使用 Wischmeier and Smith(1958) 依據 Laws 及 Parsons(1943)對自然降雨實測資料推導而成之降雨動能公式，如(1)及(2)式，得出每公頃單位降雨量之降雨動能。

$$e_i = 0.119 + 0.0873 \log_{10} I;$$

$$I < 76 \text{ mm/hr} \dots\dots\dots(1)$$

$$e_i = 0.283; I > 76 \text{ mm/hr} \dots\dots\dots(2)$$

其中， $e_i$ 為每公頃單位降雨量之降雨動能 (MJ/ha-mm)； $I$ 為降雨強度(mm/hr)。

單場降雨沖蝕指數為該場降雨的降雨總動能與該場降雨最大30分鐘降雨強度之乘積，如式(3)所示。

$$R_j = E_j \times I_{j30} = \sum_{i=1}^{T_j} (e_{ji} P_{ji}) \times I_{j30} \dots\dots\dots(3)$$

其中， $R_j$ =第j場降雨的降雨沖蝕指數； $E_j$ = $(=e_i P_{ji})$ 第j場降雨中第i時刻的降雨動能； $I_{j30}$ =第j場降雨的最大30分鐘降雨強度； $e_{ji}$ =第j場降雨中的第i時刻的每公頃單位降雨量之降雨動能； $P_{ji}$ =第j場降雨中第i時刻的降雨量； $T_j$ =第j場降雨的降雨延時。



表1 東部地區60個中央氣象局雨量站基本資料表(續)

縣市	鄉鎮區	編號	站名	站碼	X (TWD97)	Y (TWD97)	海拔 (m)	有效降雨 事件(場)	本研究之年平均 降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)	黃俊德(1979)年 平均降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)	
宜蘭縣	頭城鎮	5	北關	C1U880	292174	2612479	8	670	14,157	-	
	大同鄉	6	玉蘭	C0U650	288043	2623431	442	683	22,458	-	
	員山鄉	7	內城	C0U900	300829	2629594	63	923	15,674	-	
	大同鄉	8	南山	C0U720	319575	2734738	1,260	530	8,710	9,410	
	大同鄉	9	思源	C1U920	300354	2675012	2,085	608	47,616	-	
	冬山鄉	10	寒溪	C1U670	303275	2711118	105	809	29,232	-	
	冬山鄉	11	新寮	C1U690	287751	2618170	101	791	30,493	-	
	頭城鎮	12	頭城	C0U860	248489	2500996	5	706	15,002	-	
	礁溪鄉	13	礁溪	C0U600	305001	2634084	10	691	29,232	-	
	員山鄉	14	雙連埤	C0U520	308079	2725791	517	880	20,102	-	
	羅東鎮	15	羅東	C0U940	330354	2725448	25	587	18,578	-	
	花蓮縣	光復鄉	16	大農	C1T970	338079	2755713	183	594	19,362	-
		萬榮鄉	17	大觀	C1T940	308048	2674177	539	603	21,775	34,882
		壽豐鄉	18	中興	C1T920	284741	2579934	68	492	17,738	-
		秀林鄉	19	天祥	C0T820	309418	2729950	550	362	23,694	-
萬榮鄉		20	太安	C1T950	283452	2593430	1,050	1,151	28,684	-	
壽豐鄉		21	月眉山	C0T9A0	293353	2617521	498	518	16,953	-	
秀林鄉		22	布洛灣	C1T830	310590	2647507	675	400	29,859	-	
玉里鎮		23	玉里	C0Z061	248578	2571798	174	412	17,725	9,906	
卓溪鄉		24	立山	C1Z040	271457	2557551	434	458	15,555	10,011	
光復鄉		25	光復	C0T960	294984	2634271	120	552	16,702	-	
吉安鄉		26	吉安 光華	C0Z150	281013	2582451	27	429	14,463	-	
萬榮鄉		27	西林	C0T900	325236	2684780	160	540	21,606	11,189	
卓溪鄉		28	卓溪	C0Z170	276848	2567426	199	396	13,313	-	
秀林鄉		29	和中	C0T9D0	281170	2541301	8	520	28,157	-	
富里鄉		30	明里	C0Z020	250575	2509400	211	462	22,109	-	
秀林鄉		31	洛韶	C1T800	243132	2499005	1,260	433	14,223	-	
玉里鎮		32	高寮	C1T990	246595	2493146	128	444	16,811	-	
秀林鄉		33	富世	C0Z190	292146	2576111	62	427	23,512	-	
秀林鄉		34	慈恩	C1T810	288703	2703528	2,049	588	14,738	-	



表1 東部地區60個中央氣象局雨量站基本資料表(續)

縣市	鄉鎮區	編號	站名	站碼	X (TWD97)	Y (TWD97)	海拔 (m)	有效降雨 事件(場)	本研究之年平均 降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)	黃俊德(1979)年 平均降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)
花蓮縣	新城鄉	35	新城	C0Z180	238582	2464538	34	478	19,746	-
	壽豐鄉	36	壽豐	C1Z120	285217	2698612	62	501	16,159	7,365
	瑞穗鄉	37	舞鶴	C0Z070	296118	2677766	247	391	10,699	-
	秀林鄉	38	銅門	C1Z130	286470	2587989	187	449	17,654	-
	鳳林鎮	39	鳳林	C0Z160	273394	2530845	124	535	18,464	11,284
	鳳林鎮	40	鳳林山	C0T9G0	262617	2535184	605	664	18,585	-
	豐濱鄉	41	靜浦	C0T9M0	313995	2671500	92	561	12,612	-
	秀林鄉	42	龍澗	C1T980	322578	2725438	1,306	637	20,575	-
	豐濱鄉	43	豐濱	C0T9I0	252395	2506411	152	569	23,044	-
臺東縣	壽豐鄉	44	鯉魚潭	C0T870	289458	2676351	135	536	21,904	-
	海端鄉	45	下馬	C1S660	311485	2659539	794	379	10,636	-
	達仁鄉	46	土阪	C1S620	326066	2724526	122	480	33,000	-
	太麻里鄉	47	大溪山	C0S770	301747	2640828	375	505	20,567	-
	太麻里鄉	48	太麻里	C0S690	288217	2596177	522	437	12,482	13,378
	海端鄉	49	向陽	C0S750	300152	2651321	2,280	730	18,177	-
	池上鄉	50	池上	C0S740	296220	2626987	289	355	13,090	11,659
	東河鄉	51	東河	C0S810	292829	2625781	65	440	23,329	-
	卑南鄉	52	知本	C0S700	252764	2566384	507	465	27,016	-
	金峰鄉	53	金峰	C1S820	300572	2594777	177	335	17,845	-
	太麻里鄉	54	金崙	C0S790	333963	2749783	236	376	16,711	-
	長濱鄉	55	長濱	C0S830	291839	2657674	288	393	11,710	-
	達仁鄉	56	南田	C0S840	327385	2745790	22	446	23,888	-
	東河鄉	57	都蘭	C1S630	302544	2609046	23	364	16,905	-
	鹿野鄉	58	鹿野	C0S710	314863	2738581	382	377	15,008	11,471
	太麻里鄉	59	華源	C1S800	301803	2647993	80	399	19,692	-
海端鄉	60	摩天	C1S670	325830	2730750	1,580	436	7,676	-	

資料來源：中央氣象局及本研究彙整

表2 季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式

站名	春	R <sup>2</sup>	夏	R <sup>2</sup>	秋	R <sup>2</sup>	冬	R <sup>2</sup>
三星	$R_s=5.35P_s^{0.79}$	0.79	$R_s=0.73P_s^{1.37}$	0.74	$R_s=1.43P_s^{1.27}$	0.77	$R_s=0.04P_s^{1.69}$	0.64
太平山	$R_s=5.28P_s^{0.79}$	0.74	$R_s=0.13P_s^{1.62}$	0.96	$R_s=0.05P_s^{1.73}$	0.92	$R_s=0.001P_s^{2.20}$	0.83



表2 季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式(續)

站名	春	R <sup>2</sup>	夏	R <sup>2</sup>	秋	R <sup>2</sup>	冬	R <sup>2</sup>
牛門	$R_s=1.12P_s^{1.89}$	0.82	$R_s=1.20P_s^{1.28}$	0.78	$R_s=0.08P_s^{1.67}$	0.85	$R_s=0.002P_s^{2.15}$	0.78
冬山	$R_s=0.54P_s^{1.24}$	0.90	$R_s=0.50P_s^{1.45}$	0.84	$R_s=3.63P_s^{1.18}$	0.79	$R_s=0.22P_s^{1.42}$	0.87
北關	$R_s=0.10P_s^{1.58}$	0.77	$R_s=0.61P_s^{1.40}$	0.85	$R_s=0.79P_s^{1.35}$	0.98	$R_s=0.39P_s^{1.37}$	0.77
玉蘭	$R_s=1.74P_s^{1.03}$	0.78	$R_s=2.28P_s^{1.18}$	0.72	$R_s=0.78P_s^{1.35}$	0.76	$R_s=0.05P_s^{1.56}$	0.72
內城	$R_s=1.24P_s^{1.08}$	0.85	$R_s=0.76P_s^{1.36}$	0.76	$R_s=0.49P_s^{1.42}$	0.75	$R_s=0.02P_s^{1.84}$	0.88
南山	$R_s=0.13P_s^{1.42}$	0.89	$R_s=0.09P_s^{1.65}$	0.84	$R_s=0.16P_s^{1.54}$	0.91	$R_s=0.16P_s^{1.38}$	0.80
思源	$R_s=0.08P_s^{1.66}$	0.94	$R_s=0.08P_s^{1.66}$	0.94	$R_s=0.05P_s^{1.70}$	0.93	$R_s=0.003P_s^{2.08}$	0.72
寒溪	$R_s=0.91P_s^{1.14}$	0.71	$R_s=6.62P_s^{1.06}$	0.76	$R_s=3.48P_s^{1.16}$	0.70	$R_s=0.03P_s^{1.71}$	0.76
新寮	$R_s=1.91P_s^{1.03}$	0.72	$R_s=3.15P_s^{1.17}$	0.79	$R_s=2.00P_s^{1.25}$	0.73	$R_s=0.04P_s^{1.68}$	0.87
頭城	$R_s=0.01P_s^{2.01}$	0.88	$R_s=0.87P_s^{1.34}$	0.88	$R_s=1.72P_s^{1.24}$	0.94	$R_s=0.04P_s^{1.75}$	0.63
礁溪	$R_s=0.40P_s^{1.43}$	0.83	$R_s=0.61P_s^{1.45}$	0.78	$R_s=0.22P_s^{1.51}$	0.83	$R_s=0.21P_s^{1.46}$	0.80
雙連埤	$R_s=6.87P_s^{0.78}$	0.78	$R_s=0.39P_s^{1.45}$	0.70	$R_s=0.12P_s^{1.60}$	0.88	$R_s=0.01P_s^{1.83}$	0.64
羅東	$R_s=6.27P_s^{0.83}$	0.78	$R_s=0.44P_s^{1.46}$	0.83	$R_s=4.08P_s^{1.14}$	0.72	$R_s=0.32P_s^{1.37}$	0.65
大農	$R_s=1.79P_s^{1.00}$	0.62	$R_s=0.23P_s^{1.56}$	0.84	$R_s=0.86P_s^{1.37}$	0.86	$R_s=0.03P_s^{1.81}$	0.91
大觀	$R_s=0.08P_s^{1.62}$	0.66	$R_s=1.79P_s^{1.25}$	0.63	$R_s=0.52P_s^{1.42}$	0.91	$R_s=0.03P_s^{1.85}$	0.89
中興	$R_s=0.07P_s^{1.71}$	0.78	$R_s=0.65P_s^{1.41}$	0.75	$R_s=0.31P_s^{1.52}$	0.88	$R_s=0.06P_s^{1.75}$	0.90
天祥	$R_s=0.14P_s^{1.45}$	0.85	$R_s=0.08P_s^{1.76}$	0.91	$R_s=0.16P_s^{1.63}$	0.95	$R_s=0.05P_s^{1.71}$	0.88
太安	$R_s=14.54P_s^{0.69}$	0.64	$R_s=0.67P_s^{1.37}$	0.70	$R_s=0.37P_s^{1.44}$	0.85	$R_s=0.09P_s^{1.49}$	0.72
月眉山	$R_s=0.04P_s^{1.77}$	0.71	$R_s=1.93P_s^{1.23}$	0.74	$R_s=4.84P_s^{1.13}$	0.79	$R_s=0.09P_s^{1.68}$	0.85
布洛灣	$R_s=0.61P_s^{1.16}$	0.72	$R_s=0.04P_s^{1.88}$	0.86	$R_s=0.86P_s^{1.39}$	0.94	$R_s=0.06P_s^{1.74}$	0.91
玉里	$R_s=0.91P_s^{1.25}$	0.63	$R_s=0.79P_s^{1.39}$	0.71	$R_s=2.18P_s^{1.24}$	0.79	$R_s=0.19P_s^{1.54}$	0.89
立山	$R_s=0.93P_s^{1.12}$	0.65	$R_s=0.36P_s^{1.50}$	0.60	$R_s=0.39P_s^{1.48}$	0.85	$R_s=0.05P_s^{1.74}$	0.93
光復	$R_s=1.39P_s^{1.07}$	0.74	$R_s=1.84P_s^{1.23}$	0.75	$R_s=0.36P_s^{1.48}$	0.84	$R_s=0.05P_s^{1.75}$	0.81
吉安光華	$R_s=1.50P_s^{1.07}$	0.60	$R_s=0.33P_s^{1.52}$	0.88	$R_s=1.11P_s^{1.34}$	0.92	$R_s=0.07P_s^{1.73}$	0.93
西林	$R_s=0.43P_s^{1.31}$	0.63	$R_s=0.19P_s^{1.60}$	0.72	$R_s=0.56P_s^{1.43}$	0.91	$R_s=0.03P_s^{1.88}$	0.89
卓溪	$R_s=0.13P_s^{1.67}$	0.64	$R_s=0.60P_s^{1.41}$	0.66	$R_s=2.02P_s^{1.23}$	0.78	$R_s=0.06P_s^{1.75}$	0.92
和中	$R_s=0.22P_s^{1.56}$	0.74	$R_s=0.03P_s^{1.92}$	0.89	$R_s=0.18P_s^{1.59}$	0.93	$R_s=0.03P_s^{1.90}$	0.80
明里	$R_s=0.33P_s^{1.19}$	0.60	$R_s=0.03P_s^{1.90}$	0.74	$R_s=0.26P_s^{1.54}$	0.79	$R_s=0.59P_s^{1.39}$	0.76
洛韶	$R_s=0.01P_s^{1.89}$	0.86	$R_s=0.11P_s^{1.65}$	0.85	$R_s=0.24P_s^{1.54}$	0.89	$R_s=0.05P_s^{1.64}$	0.77
高寮	$R_s=0.80P_s^{1.21}$	0.74	$R_s=0.81P_s^{1.36}$	0.72	$R_s=0.96P_s^{1.35}$	0.87	$R_s=0.06P_s^{1.75}$	0.92
富世	$R_s=1.10P_s^{1.17}$	0.71	$R_s=0.20P_s^{1.62}$	0.88	$R_s=0.92P_s^{0.37}$	0.93	$R_s=0.15P_s^{1.62}$	0.81
慈恩	$R_s=0.03P_s^{1.66}$	0.92	$R_s=0.06P_s^{1.71}$	0.83	$R_s=0.71P_s^{1.36}$	0.91	$R_s=0.11P_s^{1.46}$	0.77
新城	$R_s=0.14P_s^{1.56}$	0.91	$R_s=0.47P_s^{1.51}$	0.84	$R_s=0.46P_s^{1.48}$	0.91	$R_s=0.06P_s^{1.77}$	0.91



表2 季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式(續)

站名	春	R <sup>2</sup>	夏	R <sup>2</sup>	秋	R <sup>2</sup>	冬	R <sup>2</sup>
壽豐	$R_s=1.18P_s^{1.11}$	0.66	$R_s=0.08P_s^{11.73}$	0.77	$R_s=1.91P_s^{1.26}$	0.77	$R_s=0.09P_s^{1.69}$	0.88
舞鶴	$R_s=1.48P_s^{1.11}$	0.67	$R_s=0.69P_s^{1.37}$	0.77	$R_s=0.82P_s^{1.34}$	0.81	$R_s=1.48P_s^{1.11}$	0.67
銅門	$R_s=0.76P_s^{1.08}$	0.79	$R_s=0.04P_s^{1.86}$	0.83	$R_s=1.13P_s^{1.34}$	0.83	$R_s=0.02P_s^{1.92}$	0.88
鳳林	$R_s=0.04P_s^{1.81}$	0.76	$R_s=0.32P_s^{1.54}$	0.82	$R_s=0.58P_s^{1.43}$	0.88	$R_s=0.11P_s^{1.65}$	0.83
鳳林山	$R_s=0.04P_s^{1.71}$	0.75	$R_s=0.56P_s^{1.39}$	0.80	$R_s=1.03P_s^{1.31}$	0.87	$R_s=0.39P_s^{1.31}$	0.86
靜浦	$R_s=0.91P_s^{1.27}$	0.75	$R_s=1.37P_s^{1.26}$	0.76	$R_s=0.64P_s^{1.40}$	0.80	$R_s=0.01P_s^{2.06}$	0.75
龍澗	$R_s=0.89P_s^{1.10}$	0.87	$R_s=0.16P_s^{1.58}$	0.82	$R_s=0.14P_s^{1.63}$	0.91	$R_s=0.003P_s^{2.01}$	0.68
豐濱	$R_s=7.76P_s^{0.80}$	0.67	$R_s=0.17P_s^{1.63}$	0.84	$R_s=1.78P_s^{1.25}$	0.72	$R_s=1.07P_s^{1.20}$	0.70
鯉魚潭	$R_s=0.34P_s^{1.32}$	0.70	$R_s=0.03P_s^{1.89}$	0.84	$R_s=1.23P_s^{1.33}$	0.85	$R_s=0.05P_s^{1.76}$	0.91
下馬	$R_s=1.50P_s^{1.00}$	0.71	$R_s=0.58P_s^{1.34}$	0.78	$R_s=0.13P_s^{1.64}$	0.88	$R_s=0.36P_s^{1.31}$	0.88
土阪	$R_s=2.57P_s^{1.10}$	0.77	$R_s=0.40P_s^{1.48}$	0.82	$R_s=1.08P_s^{1.35}$	0.87	$R_s=0.14P_s^{1.69}$	0.88
大溪山	$R_s=1.96P_s^{1.18}$	0.85	$R_s=1.31P_s^{1.29}$	0.74	$R_s=3.41P_s^{1.17}$	0.80	$R_s=1.50P_s^{1.21}$	0.77
太麻里	$R_s=1.41P_s^{1.20}$	0.68	$R_s=3.94P_s^{1.08}$	0.75	$R_s=3.22P_s^{1.49}$	0.81	$R_s=0.43P_s^{1.45}$	0.78
向陽	$R_s=0.74P_s^{1.23}$	0.88	$R_s=0.53P_s^{1.35}$	0.87	$R_s=0.21P_s^{1.50}$	0.83	$R_s=0.37P_s^{1.23}$	0.96
池上	$R_s=0.34P_s^{1.50}$	0.71	$R_s=2.47P_s^{1.16}$	0.63	$R_s=0.12P_s^{1.66}$	0.88	$R_s=0.24P_s^{1.55}$	0.80
東河	$R_s=0.20P_s^{1.69}$	0.82	$R_s=0.16P_s^{1.66}$	0.88	$R_s=0.85P_s^{1.39}$	0.89	$R_s=0.93P_s^{1.26}$	0.72
知本	$R_s=0.57P_s^{1.34}$	0.80	$R_s=0.25P_s^{1.52}$	0.90	$R_s=3.88P_s^{1.18}$	0.65	$R_s=0.31P_s^{1.54}$	0.70
金峰	$R_s=1.45P_s^{1.22}$	0.65	$R_s=0.42P_s^{1.45}$	0.94	$R_s=0.26P_s^{1.55}$	0.87	$R_s=0.07P_s^{1.74}$	0.94
金崙	$R_s=2.17P_s^{1.16}$	0.80	$R_s=0.20P_s^{1.56}$	0.93	$R_s=0.53P_s^{1.44}$	0.87	$R_s=1.41P_s^{1.18}$	0.80
長濱	$R_s=2.44P_s^{1.04}$	0.75	$R_s=0.56P_s^{1.40}$	0.84	$R_s=2.75P_s^{1.20}$	0.71	$R_s=0.32P_s^{1.53}$	0.87
南田	$R_s=3.95P_s^{1.05}$	0.62	$R_s=0.33P_s^{1.52}$	0.81	$R_s=2.79P_s^{1.18}$	0.91	$R_s=0.68P_s^{1.37}$	0.85
都蘭	$R_s=0.10P_s^{1.89}$	0.73	$R_s=2.69P_s^{1.16}$	0.87	$R_s=0.77P_s^{1.40}$	0.82	$R_s=0.58P_s^{1.42}$	0.88
鹿野	$R_s=0.20P_s^{1.49}$	0.98	$R_s=0.24P_s^{1.54}$	0.86	$R_s=0.22P_s^{1.58}$	0.78	$R_s=0.14P_s^{1.63}$	0.89
華源	$R_s=0.50P_s^{1.50}$	0.81	$R_s=2.06P_s^{1.20}$	0.84	$R_s=0.53P_s^{1.47}$	0.87	$R_s=2.51P_s^{1.10}$	0.82
摩天	$R_s=0.25P_s^{1.38}$	0.89	$R_s=1.90P_s^{1.13}$	0.81	$R_s=0.35P_s^{1.43}$	0.82	$R_s=0.05P_s^{1.80}$	0.85

吳嘉俊等人(1996)指出降雨沖蝕指數是可以累加的，因此四季、乾濕季及年之降雨沖蝕指數，可寫為(4)~(7)式。

$$R_s = \sum_{j=1}^s R_j \dots\dots\dots (4)$$

$$R_y = \sum_{j=1}^y R_j \dots\dots\dots (5)$$

$$R_{sd} = \sum_{j=1}^{sd} R_j \dots\dots\dots (6)$$

$$R_{sw} = \sum_{j=1}^{sw} R_j \dots\dots\dots (7)$$

$R_j$  為第j場降雨之單場降雨沖蝕指數；  
 $R_s$  為每季的單場降雨沖蝕指數累加； $R_y$  為整年的單場降雨沖蝕指數累加； $R_{sd}$  為乾季單場降雨沖蝕指數累加； $R_{sw}$  為濕季單場降雨沖蝕指數累加。

### 2.2.3 降雨沖蝕指數與降雨量推估關係式之建立



本研究利用乘冪回歸式建立降雨沖蝕指數與降雨量之推估關係式，四季、乾季、濕季及年之平均降雨沖蝕指數推估關係式，如(8)~(11)式所示。

$$R_{sm} = aP_{sm}^b \dots\dots\dots (8)$$

$$R_{sdm} = aP_{sdm}^b \dots\dots\dots (9)$$

$$R_{swm} = aP_{swm}^b \dots\dots\dots (10)$$

$$R_{ym} = aP_{ym}^b \dots\dots\dots (11)$$

其中，a和b為待定係數； $R_{sm}$ 為季平均降雨沖蝕指數； $P_{sm}$ 為季平均降雨量； $R_{sdm}$ 為乾季平均降雨沖蝕指數； $P_{sdm}$ 為乾季平均降雨量； $R_{swm}$ 為濕季平均降雨沖蝕指數； $P_{swm}$ 為濕季平均降雨量； $R_{ym}$ 為年平均降雨沖蝕指數； $P_{ym}$ 為年平均降雨量。

### 2.2.4不同重現期距之降雨沖蝕指數推估

本研究透過水文統計方法(包含常態分佈、對數常態II分佈、對數常態III分佈、皮爾遜III分佈及對數皮爾遜III分佈)進行各雨量站降雨沖蝕指數分析，列出各雨量站最佳水文統計方法在不同重現期距之降雨沖蝕指數。

### 2.2.5降雨沖蝕指數空間分布等值圖之繪製

本研究使用ESRI公司開發之地理資訊系統軟體ArcMAP 10.2，利用IDW(距離反比加權法)模組繪製降雨沖蝕指數之空間分布等值圖。IDW為空間內插估計最常用的方法，利用鄰近已知點的數值加權，推估目前位置的變數值，其計算公式如(12)式所示。

$$z(x, y) = [\sum_{i=1}^N W(d_i) Z_i] / [\sum_{i=1}^N W(d_i)] \dots\dots\dots (12)$$

式中， $W(d_i)$ 為權重方程； $Z_i$ 為第i個已知點的數值； $d_i$ 為i點到未知點之間的距離。

## 三、結果與討論

### 3.1 年平均降雨沖蝕指數

本研究依據東部地區17年(2002年至2018年)共60個中央氣象局雨量站之10分鐘降雨資料，進行單場有效降雨事件之雨場分割，共計有32,972場有效降雨事件，平均每個雨量站約有550場(即每個雨量站每年平均約32場)，最多為花蓮縣太安雨量站(共1,151場)，最少為臺東縣金峰雨量站(共335場)，利用上述有效降雨事件分析各雨量站之年平均降雨沖蝕指數，分析結果如表1所示。整體來說，東部地區年平均降雨沖蝕指數為20,113 MJ-mm/ha-hr-yr，最大值出現在宜蘭縣思源雨量站(47,616 MJ-mm/ha-hr-yr)，最小值為臺東縣摩天雨量站(7,676 MJ-mm/ha-hr-yr)。另以黃俊德學者(1979)與本研究區域內相同之12個雨量站估算之年平均降雨沖蝕指數( $R_y^*$ )進行探討，由表1顯示，整體而言年平均降雨沖蝕指數有增加之趨勢。

### 3.2 降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式

本研究利用乘冪回歸關係式進行降雨沖蝕指數與降雨量之分析，分別建立60個雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均之降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式。根據中央氣象局二十四節氣四季之定義：2月至4月為春季、5月至7月為夏季、8月至10月為秋季、11月至隔年1月為冬季；5月至10月為濕季、11月至隔年4月為乾季。四季分析結果顯示，春、夏、秋及冬季分別有45(75%)、56(93%)、59(98%)及54(90%)個雨量站其回歸關係式之



判定係數( $R^2$ )高於0.7以上,如表2所示,換句話說,至少有七成五以上的雨量站若利用表2中之回歸關係式來推估季平均降雨沖蝕指數,其結果之可靠性良好。乾濕季分析結果顯示,乾及濕季分別有50(83%)及52(87%)個雨量站其回歸關係式之判定係數( $R^2$ )高於0.7以上,如表3所示,代表有八成三以上的雨量

站若利用表3中之回歸關係式來推估乾濕季平均降雨沖蝕指數,其結果具有良好的可靠性。年分析結果顯示,有43(72%)個雨量站其回歸關係式之判定係數( $R^2$ )高於0.7以上,如表4所示,代表有七成二的雨量站若利用表4中之回歸關係式來推估年平均降雨沖蝕指數,其結果具有良好的可靠性。

表3 乾濕季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式

站名	乾季	$R^2$	濕季	$R^2$	站名	乾季	$R^2$	濕季	$R^2$
三星	$R_{sd}=0.06P_{sd}^{1.56}$	0.76	$R_{sw}=0.24P_{sw}^{1.49}$	0.76	西林	$R_{sd}=0.04P_{sd}^{1.75}$	0.82	$R_{sw}=0.08P_{sw}^{1.67}$	0.79
太平山	$R_{sd}=0.01P_{sd}^{1.76}$	0.82	$R_{sw}=0.02P_{sw}^{1.79}$	0.92	卓溪	$R_{sd}=0.17P_{sd}^{1.57}$	0.77	$R_{sw}=0.52P_{sw}^{1.40}$	0.81
牛鬥	$R_{sd}=0.004P_{sd}^{1.97}$	0.80	$R_{sw}=0.01P_{sw}^{1.91}$	0.80	和中	$R_{sd}=0.01P_{sd}^{2.05}$	0.68	$R_{sw}=0.32P_{sw}^{1.49}$	0.84
冬山	$R_{sd}=0.35P_{sd}^{1.33}$	0.86	$R_{sw}=2.77P_{sw}^{1.20}$	0.80	明里	$R_{sd}=0.47P_{sd}^{1.38}$	0.85	$R_{sw}=0.05P_{sw}^{1.73}$	0.67
北關	$R_{sd}=0.19P_{sd}^{1.45}$	0.65	$R_{sw}=0.81P_{sw}^{1.32}$	0.99	洛韶	$R_{sd}=0.15P_{sd}^{1.41}$	0.76	$R_{sw}=0.11P_{sw}^{1.61}$	0.88
玉蘭	$R_{sd}=0.24P_{sd}^{1.31}$	0.84	$R_{sw}=0.67P_{sw}^{1.35}$	0.79	高寮	$R_{sd}=0.09P_{sd}^{1.65}$	0.78	$R_{sw}=0.42P_{sw}^{1.43}$	0.84
內城	$R_{sd}=0.03P_{sd}^{1.69}$	0.86	$R_{sw}=0.21P_{sw}^{1.50}$	0.67	富世	$R_{sd}=0.06P_{sd}^{1.74}$	0.67	$R_{sw}=0.16P_{sw}^{1.60}$	0.84
南山	$R_{sd}=0.23P_{sd}^{1.31}$	0.83	$R_{sw}=0.21P_{sw}^{1.48}$	0.66	慈恩	$R_{sd}=0.37P_{sd}^{1.25}$	0.80	$R_{sw}=0.75P_{sw}^{1.32}$	0.71
思源	$R_{sd}=0.02P_{sd}^{1.72}$	0.74	$R_{sw}=0.05P_{sw}^{1.66}$	0.86	新城	$R_{sd}=0.01P_{sd}^{1.97}$	0.84	$R_{sw}=0.20P_{sw}^{1.57}$	0.82
寒溪	$R_{sd}=0.02P_{sd}^{1.70}$	0.75	$R_{sw}=5.00P_{sw}^{1.11}$	0.62	壽豐	$R_{sd}=0.09P_{sd}^{1.60}$	0.78	$R_{sw}=0.21P_{sw}^{1.54}$	0.74
新寮	$R_{sd}=0.02P_{sd}^{1.74}$	0.85	$R_{sw}=0.94P_{sw}^{1.33}$	0.65	舞鶴	$R_{sd}=0.08P_{sd}^{1.67}$	0.73	$R_{sw}=0.86P_{sw}^{1.31}$	0.73
頭城	$R_{sd}=0.41P_{sd}^{1.36}$	0.67	$R_{sw}=0.30P_{sw}^{1.46}$	0.91	銅門	$R_{sd}=0.11P_{sd}^{1.54}$	0.68	$R_{sw}=0.35P_{sw}^{1.49}$	0.76
礁溪	$R_{sd}=0.72P_{sd}^{1.24}$	0.74	$R_{sw}=1.34P_{sw}^{1.27}$	0.68	鳳林	$R_{sd}=0.05P_{sd}^{1.74}$	0.85	$R_{sw}=0.60P_{sw}^{1.40}$	0.79
雙連埤	$R_{sd}=0.04P_{sd}^{1.61}$	0.70	$R_{sw}=1.14P_{sw}^{1.27}$	0.83	鳳林山	$R_{sd}=1.11P_{sd}^{1.12}$	0.81	$R_{sw}=0.56P_{sw}^{1.37}$	0.88
羅東	$R_{sd}=0.18P_{sd}^{1.44}$	0.76	$R_{sw}=1.64P_{sw}^{1.24}$	0.73	靜浦	$R_{sd}=0.02P_{sd}^{1.91}$	0.71	$R_{sw}=0.19P_{sw}^{1.53}$	0.76
大農	$R_{sd}=0.02P_{sd}^{1.88}$	0.75	$R_{sw}=0.10P_{sw}^{1.63}$	0.86	龍澗	$R_{sd}=0.04P_{sd}^{1.54}$	0.73	$R_{sw}=0.19P_{sw}^{1.55}$	0.81
大觀	$R_{sd}=0.04P_{sd}^{1.74}$	0.63	$R_{sw}=0.65P_{sw}^{1.37}$	0.85	豐濱	$R_{sd}=1.84P_{sd}^{1.11}$	0.64	$R_{sw}=0.74P_{sw}^{1.36}$	0.76
中興	$R_{sd}=0.05P_{sd}^{1.75}$	0.86	$R_{sw}=0.10P_{sw}^{1.65}$	0.81	鯉魚潭	$R_{sd}=0.07P_{sd}^{1.61}$	0.85	$R_{sw}=0.08P_{sw}^{1.69}$	0.78
天祥	$R_{sd}=0.11P_{sd}^{1.51}$	0.84	$R_{sw}=0.35P_{sw}^{1.50}$	0.82	下馬	$R_{sd}=0.13P_{sd}^{1.54}$	0.83	$R_{sw}=0.08P_{sw}^{1.64}$	0.84
太安	$R_{sd}=0.31P_{sd}^{1.28}$	0.72	$R_{sw}=0.17P_{sw}^{1.51}$	0.78	土阪	$R_{sd}=0.09P_{sd}^{1.74}$	0.87	$R_{sw}=0.10P_{sw}^{1.63}$	0.76
月眉山	$R_{sd}=0.12P_{sd}^{1.55}$	0.78	$R_{sw}=0.97P_{sw}^{1.33}$	0.74	大溪山	$R_{sd}=0.97P_{sd}^{1.29}$	0.76	$R_{sw}=8.11P_{sw}^{1.04}$	0.77
布洛灣	$R_{sd}=0.06P_{sd}^{1.65}$	0.87	$R_{sw}=0.23P_{sw}^{1.56}$	0.87	太麻里	$R_{sd}=0.11P_{sd}^{1.67}$	0.84	$R_{sw}=7.13P_{sw}^{1.02}$	0.72
玉里	$R_{sd}=0.08P_{sd}^{1.69}$	0.86	$R_{sw}=0.47P_{sw}^{1.42}$	0.83	向陽	$R_{sd}=0.29P_{sd}^{1.35}$	0.70	$R_{sw}=0.14P_{sw}^{1.50}$	0.80
立山	$R_{sd}=0.07P_{sd}^{1.66}$	0.76	$R_{sw}=0.08P_{sw}^{1.66}$	0.82	池上	$R_{sd}=0.31P_{sd}^{1.48}$	0.83	$R_{sw}=0.13P_{sw}^{1.60}$	0.77
光復	$R_{sd}=0.02P_{sd}^{1.83}$	0.72	$R_{sw}=0.18P_{sw}^{1.55}$	0.86	東河	$R_{sd}=0.11P_{sd}^{1.71}$	0.83	$R_{sw}=0.38P_{sw}^{1.48}$	0.84
吉安光華	$R_{sd}=1.13P_{sd}^{1.16}$	0.64	$R_{sw}=0.56P_{sw}^{1.41}$	0.88	知本	$R_{sd}=0.24P_{sd}^{1.54}$	0.66	$R_{sw}=0.27P_{sw}^{1.50}$	0.94



**表3 乾濕季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式 (續)**

站名	乾季	R <sup>2</sup>	濕季	R <sup>2</sup>	站名	乾季	R <sup>2</sup>	濕季	R <sup>2</sup>
金峰	$R_{sd}=0.35P_{sd}^{1.44}$	0.82	$R_{sw}=0.63P_{sw}^{1.38}$	0.98	都蘭	$R_{sd}=0.15P_{sd}^{1.67}$	0.65	$R_{sw}=0.003P_{sw}^{2.16}$	0.70
金崙	$R_{sd}=1.07P_{sd}^{1.25}$	0.79	$R_{sw}=4.78P_{sw}^{1.10}$	0.73	鹿野	$R_{sd}=0.09P_{sd}^{1.69}$	0.85	$R_{sw}=0.28P_{sw}^{1.49}$	0.75
長濱	$R_{sd}=0.10P_{sd}^{1.68}$	0.88	$R_{sw}=0.19P_{sw}^{1.55}$	0.68	華源	$R_{sd}=0.34P_{sd}^{1.50}$	0.70	$R_{sw}=0.12P_{sw}^{1.62}$	0.89
南田	$R_{sd}=6.14P_{sd}^{0.96}$	0.71	$R_{sw}=13.04P_{sw}^{0.98}$	0.60	摩天	$R_{sd}=1.63P_{sd}^{0.98}$	0.78	$R_{sw}=0.32P_{sw}^{1.40}$	0.77

**表4 年平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式**

站名	年迴歸關係式	R <sup>2</sup>	站名	年迴歸關係式	R <sup>2</sup>	站名	年迴歸關係式	R <sup>2</sup>
三星	$R_y=0.39P_y^{1.38}$	0.66	月眉山	$R_y=1.81P_y^{1.22}$	0.67	鳳林	$R_y=0.79P_y^{1.34}$	0.76
太平山	$R_y=0.01P_y^{1.84}$	0.89	布洛灣	$R_y=0.18P_y^{1.57}$	0.85	鳳林山	$R_y=0.79P_y^{1.30}$	0.85
牛鬥	$R_y=0.01P_y^{1.89}$	0.81	玉里	$R_y=1.62P_y^{1.24}$	0.68	靜浦	$R_y=0.12P_y^{1.57}$	0.69
冬山	$R_y=3.29P_y^{1.13}$	0.91	立山	$R_y=0.09P_y^{1.62}$	0.79	龍澗	$R_y=0.22P_y^{1.46}$	0.67
北關	$R_y=0.01P_y^{1.92}$	0.94	光復	$R_y=0.18P_y^{1.52}$	0.83	豐濱	$R_y=2.44P_y^{1.17}$	0.72
玉蘭	$R_y=0.25P_y^{1.42}$	0.80	吉安光華	$R_y=0.23P_y^{1.51}$	0.92	鯉魚潭	$R_y=0.04P_y^{1.75}$	0.73
內城	$R_y=0.09P_y^{1.55}$	0.68	西林	$R_y=0.15P_y^{1.56}$	0.75	下馬	$R_y=0.23P_y^{1.48}$	0.72
南山	$R_y=0.39P_y^{1.35}$	0.67	卓溪	$R_y=51.47P_y^{0.76}$	0.66	土阪	$R_y=1.34P_y^{1.58}$	0.76
思源	$R_y=0.02P_y^{1.73}$	0.87	和中	$R_y=0.14P_y^{1.57}$	0.79	大溪山	$R_y=6.27P_y^{1.06}$	0.79
寒溪	$R_y=1.86P_y^{1.19}$	0.64	明里	$R_y=0.06P_y^{1.69}$	0.64	太麻里	$R_y=14.72P_y^{0.91}$	0.63
新寮	$R_y=1.33P_y^{1.24}$	0.63	月眉山	$R_y=1.81P_y^{1.22}$	0.67	向陽	$R_y=0.48P_y^{1.33}$	0.76
頭城	$R_y=0.92P_y^{1.27}$	0.85	布洛灣	$R_y=0.18P_y^{1.57}$	0.85	池上	$R_y=0.14P_y^{1.58}$	0.76
礁溪	$R_y=0.75P_y^{1.31}$	0.96	洛韶	$R_y=0.11P_y^{1.56}$	0.87	東河	$R_y=0.42P_y^{1.46}$	0.81
雙連埤	$R_y=0.31P_y^{1.38}$	0.87	高寮	$R_y=0.37P_y^{1.44}$	0.81	知本	$R_y=2.18P_y^{1.22}$	0.88
羅東	$R_y=0.25P_y^{1.44}$	0.83	富世	$R_y=0.13P_y^{1.59}$	0.78	金峰	$R_y=0.22P_y^{1.51}$	0.98
大農	$R_y=0.13P_y^{1.56}$	0.79	慈恩	$R_y=1.23P_y^{1.21}$	0.72	金崙	$R_y=9.07P_y^{1.00}$	0.71
大觀	$R_y=0.71P_y^{1.34}$	0.76	新城	$R_y=0.09P_y^{1.64}$	0.81	長濱	$R_y=0.04P_y^{1.72}$	0.78
中興	$R_y=0.37P_y^{1.44}$	0.74	壽豐	$R_y=0.45P_y^{1.41}$	0.63	南田	$R_y=8.58P_y^{1.03}$	0.66
天祥	$R_y=0.39P_y^{1.46}$	0.83	舞鶴	$R_y=0.26P_y^{1.47}$	0.68	都蘭	$R_y=0.0004P_y^{2.40}$	0.76
太安	$R_y=2.37P_y^{1.14}$	0.66	銅門	$R_y=0.75P_y^{1.35}$	0.75	鹿野	$R_y=0.27P_y^{1.48}$	0.71

### 3.3 不同重現期距之降雨沖蝕指數

本研究利用水文分析方法建立各個雨量站在不同重現期距之降雨沖蝕指數，如表5所示，由表5中可看出，60個雨量站2年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為16,637MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為29,879MJ-mm/ha-hr-yr(太平山雨量站)及

6,343MJ-mm/ha-hr-yr(摩天雨量站)；5年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為26,352MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為51,538MJ-mm/ha-hr-yr(太平山雨量站)及9,922MJ-mm/ha-hr-yr(摩天雨量站)；10年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為33,725MJ-



mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為66,654MJ-mm/ha-hr-yr(太平山雨量站)及12,927MJ-mm/ha-hr-yr(摩天雨量站)；25年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為44,320MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為92,896MJ-mm/ha-hr-yr(知本雨量站)及17,451MJ-mm/ha-hr-yr(摩天雨量站)；50年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為53,361MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為124,336MJ-mm/ha-hr-yr(知本雨量站)及21,352MJ-mm/ha-hr-yr(摩天雨量站)；100年

重現期距之降雨沖蝕指數平均值為63,641MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為171,058MJ-mm/ha-hr-yr(明里雨量站)及22,889MJ-mm/ha-hr-yr(下馬雨量站)。最佳水文統計分佈方法中，皮爾遜III共12站(20%)，對數皮爾遜III共27站(45%)，對數常態III共10站(17%)，常態分佈共3站(5%)，對數常態II共8站(13%)。由上述結果得知，各重現期距之降雨沖蝕指數，其最大值大部分在高海拔的雨量站，當重現期距小於25年之最大值均位於太平山雨量站。

表5 不同重現期距之降雨沖蝕指數(單位：MJ-mm/ha-hr-yr)

縣市	雨量站	不同重現期距之年降雨沖蝕指數(MJ-mm/ha-hr-yr)						統計分析方法
		2年	5年	10年	25年	50年	100年	
宜蘭縣	三星	16,057	24,484	33,119	49,037	65,897	88,588	對數皮爾遜III
	太平山	29,879	51,538	66,654	86,012	100,438	114,784	皮爾遜III
	牛鬥	22,549	36,557	47,073	61,633	73,351	85,781	對數常態II
	冬山	26,130	38,454	47,070	58,391	67,111	76,060	對數常態II
	北關	14,144	19,727	22,649	25,763	27,774	29,583	常態分佈
	玉蘭	22,335	29,540	33,081	36,509	38,482	40,075	對數皮爾遜III
	內城	15,031	19,926	22,923	26,471	28,963	31,343	對數皮爾遜III
	南山	7,656	12,349	15,852	20,509	24,072	27,678	皮爾遜III
	思源	10,274	17,931	23,592	31,080	36,789	42,553	皮爾遜III
	寒溪	25,277	36,300	45,670	60,302	73,556	89,138	對數皮爾遜III
	新寮	28,262	39,235	46,746	56,495	63,941	71,544	對數皮爾遜III
	頭城	14,916	19,455	21,918	24,542	26,211	27,680	對數皮爾遜III
	礁溪	16,612	23,029	27,673	33,744	38,334	42,944	皮爾遜III
	雙連埤	20,311	27,070	30,637	34,464	36,948	39,190	對數常態III
羅東	16,607	24,739	30,474	38,061	43,936	49,991	對數常態II	
花蓮縣	大農	17,700	28,329	34,574	41,404	45,763	49,567	對數皮爾遜III
	大觀	20,324	29,744	35,576	42,530	47,445	52,161	皮爾遜III
	中興	13,134	23,301	32,487	45,953	56,951	68,547	皮爾遜III
	天祥	18,203	33,989	46,820	65,668	81,601	99,142	對數常態III
	太安	26,689	36,736	43,421	51,892	58,222	64,572	對數常態II
	月眉山	16,546	22,506	25,713	29,073	31,164	32,967	對數皮爾遜III
	布洛灣	22,433	44,749	63,198	90,231	112,834	137,372	對數皮爾遜III
	玉里	16,104	24,690	30,296	37,163	42,094	46,860	對數皮爾遜III
	立山	14,025	22,467	27,791	34,038	38,320	42,289	對數皮爾遜III



表 5 不同重現期距之降雨沖蝕指數(單位：MJ-mm/ha-hr-yr)(續)

縣市	雨量站	不同重現期距之年降雨沖蝕指數(MJ-mm/ha-hr-yr)						統計分析方法
		2年	5年	10年	25年	50年	100年	
花蓮縣	光復	15,489	23,664	28,543	34,031	37,655	40,919	對數皮爾遜Ⅲ
	吉安光華	11,806	21,192	28,186	37,818	45,535	53,692	對數常態Ⅲ
	西林	19,083	29,934	37,644	47,834	55,693	63,748	對數皮爾遜Ⅲ
	卓溪	11,480	18,813	24,143	31,288	36,856	42,602	對數皮爾遜Ⅲ
	和中	25,180	38,706	47,728	58,983	67,212	75,293	皮爾遜Ⅲ
	明里	13,098	28,077	44,966	78,776	117,035	171,058	對數皮爾遜Ⅲ
	洛韶	10,694	19,274	26,847	38,681	49,209	61,259	對數常態Ⅲ
	高寮	14,626	22,803	28,767	36,852	43,245	49,936	對數常態Ⅱ
	富世	21,216	34,516	42,548	51,540	57,406	62,616	對數皮爾遜Ⅲ
	慈恩	11,531	19,287	26,502	38,695	50,550	65,314	對數皮爾遜Ⅲ
	新城	13,905	26,448	39,348	63,150	88,195	121,492	對數皮爾遜Ⅲ
	壽豐	14,055	21,932	27,875	36,186	42,956	50,219	對數皮爾遜Ⅲ
	舞鶴	9,693	15,148	18,643	22,898	25,954	28,919	皮爾遜Ⅲ
	銅門	15,239	24,053	30,541	39,395	46,434	53,833	對數常態Ⅱ
	鳳林	15,995	24,640	30,864	38,978	45,102	51,242	皮爾遜Ⅲ
	鳳林山	12,691	22,612	34,181	58,458	87,551	131,181	對數皮爾遜Ⅲ
	靜浦	10,252	16,559	22,196	31,384	40,028	50,501	對數皮爾遜Ⅲ
	龍澗	17,066	29,491	38,742	51,473	61,666	72,436	對數常態Ⅲ
	豐濱	16,947	32,721	46,999	70,104	91,462	116,784	對數皮爾遜Ⅲ
鯉魚潭	18,881	29,867	37,967	49,034	57,842	67,106	對數常態Ⅱ	
臺東縣	下馬	10,636	15,068	17,386	19,858	21,454	22,889	常態分佈
	土阪	27,780	44,939	58,591	78,563	95,507	114,299	對數皮爾遜Ⅲ
	大溪山	19,707	27,420	32,012	37,378	41,125	44,697	對數常態Ⅲ
	太麻里	11,283	16,244	19,636	23,931	27,104	30,242	皮爾遜Ⅲ
	向陽	16,682	24,292	29,342	35,728	40,492	45,264	對數常態Ⅲ
	池上	10,867	17,111	22,242	29,841	36,308	43,465	對數常態Ⅲ
	東河	17,572	33,804	47,720	69,045	87,737	108,908	對數皮爾遜Ⅲ
	知本	16,855	38,542	59,070	92,896	124,336	161,536	對數常態Ⅲ
	金峰	17,913	27,334	32,224	37,409	40,741	43,728	皮爾遜Ⅲ
	金崙	15,748	22,029	25,983	30,742	34,127	37,386	對數皮爾遜Ⅲ
	長濱	9,550	15,535	20,787	29,205	36,992	46,290	對數皮爾遜Ⅲ
	南田	22,081	30,829	36,711	44,222	49,871	55,565	對數常態Ⅱ
	都蘭	12,871	23,127	31,597	43,478	52,903	62,665	皮爾遜Ⅲ
	鹿野	12,530	20,796	27,357	36,905	44,951	53,818	對數皮爾遜Ⅲ
	華源	19,692	27,548	31,659	36,041	38,870	41,415	常態分佈
	摩天	6,343	9,922	12,927	17,451	21,352	25,713	對數常態Ⅲ



### 3.4 降雨沖蝕指數空間分布等值圖

本研究依據60個雨量站共32,972場有效降雨事件，分別計算各雨量站四季、乾濕季及年平均降雨沖蝕指數，並利用IDW(距離反比加權法)模組繪製降雨沖蝕指數之空間分布等值圖。圖2至圖5為春、夏、秋及冬季平均降雨沖蝕指數( $R_{sm}$ )空間分布等值圖，由圖得知，夏季及秋季由於受到梅雨和颱風的影響，降雨沖蝕指數均有比春冬兩季明顯上升，其中春季之( $R_{sm}$ )大致上均小於4,000MJ-mm/ha-hr。夏季之( $R_{sm}$ )大致上均小於35,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在臺東縣金峰鄉、卑南鄉及達仁鄉山區附近。秋季之( $R_{sm}$ )大致上均小於16,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在宜蘭縣蘇澳鎮、冬山鄉、大同鄉、南澳鄉、三星鄉及五結鄉附近。冬季之( $R_{sm}$ )大致上均小於4,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在宜蘭縣頭城鎮附近。圖6及圖7為乾、濕季平均降雨沖蝕指數( $R_{sdm}$ 、 $R_{swm}$ )空間分布等值圖，由圖得知，乾季之 $R_{sdm}$ 大致上均小於7,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在宜蘭縣頭城鎮、冬山鄉、蘇澳鄉及大同鄉附近，其最大值為新寮雨量站的5,000MJ-mm/ha-hr。濕季之 $R_{swm}$ 大致上均小於40,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在臺東縣金峰鄉、卑南鄉及延平鄉山區附近，宜蘭縣大同鄉及南澳鄉附近，大致上由東部平原向西部山區遞增，其中最大值位於臺東縣的土阪雨量站，其 $R_{swm}$ 為31,085MJ-mm/ha-hr。圖8為年平均降雨沖蝕指數( $R_{ym}$ )空間分布等值圖， $R_{ym}$ 大致上均小於40,000MJ-mm/ha-hr-yr，較大值集中在臺東縣金峰鄉、卑南鄉及延平鄉山區附近，宜蘭縣大同鄉及南澳鄉附近，大致上由東部平原向西部山區遞增，其中思源雨量站之 $R_{ym}$ 值高達47,616MJ-mm/ha-hr-yr。

### 四、結論與建議

本研究蒐集東部地區17年(2002年至2018年)共58個中央氣象局雨量站之10分鐘降雨資料，分析各雨量站之年平均降雨沖蝕指數，建立各雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式，建立不同重現期距之降雨沖蝕指數，並繪製降雨沖蝕指數空間分布等值圖。研究結果說明如下：

1. 雨場分割結果顯示共有32,972場有效降雨事件，平均每個雨量站約有550場，整體而言，東部地區年平均降雨沖蝕指數為19,247MJ-mm/ha-hr-yr，最大值為出現在宜蘭縣思源雨量站(47,616MJ-mm/ha-hr-yr)，最小值為臺東縣摩天雨量站(7,676MJ-mm/ha-hr-yr)。
2. 本研究以黃俊德學者(1979)與研究區域內相同之12個雨量站估算之年平均降雨沖蝕指數( $R_{y^*}$ )進行探討，整體而言年平均降雨沖蝕指數有增加之趨勢。
3. 降雨沖蝕指數與降雨量回歸分析結果顯示，各雨量站回歸關係式之判定係數( $R^2$ )有七成五以上高於0.7，此結果說明利用本研究所建立之回歸關係式來推估各種降雨沖蝕指數有良好的可靠性。
4. 不同重現期距之降雨沖蝕指數其最大值大部分在高海拔的雨量站，當重現期距小於25年之重現期距最大值均位於太平山雨量站。各雨量站之最佳水文統計分佈方法中，對數皮爾遜III佔45%，皮爾遜III佔20%。
5. 夏、秋之季平均降雨沖蝕指數( $R_{sm}$ )比春、冬季明顯提升，其中夏季之 $R_{sm}$ 較大值集中在臺東縣金峰鄉、卑南鄉及達仁鄉山區附近。



秋季之 $R_{sm}$ 較大值集中在宜蘭縣蘇澳鎮、冬山鄉、大同鄉、南澳鄉、三星鄉及五結鄉附近。冬季之 $R_{sm}$ 較大值集中在宜蘭縣頭城鎮附近。乾季之平均降雨沖蝕指數( $R_{sdm}$ )較大值集中在宜蘭縣頭城鎮、冬山鄉、蘇澳鄉及大同鄉附近，其最大值为新寮雨量站的5,000MJ-mm/ha-hr。濕季之平均降雨沖蝕指數( $R_{swm}$ )較大值集中在臺東縣金峰鄉、卑南鄉及延平鄉山區附近，宜蘭縣大同鄉及南澳鄉附近，大致上由東部平原向西部山區遞增，其中最大值位於臺東縣的土阪雨量站，其 $R_{swm}$ 為31,085MJ-mm/ha-hr。年平均降雨沖蝕指數( $R_{ym}$ )大致上均小於40,000MJ-mm/ha-hr-yr，較大值集中在臺東縣金峰鄉、卑南鄉及延平鄉山區附近，宜蘭縣大同鄉及南澳鄉附近，大致上由東部平原向西部山區遞增，其中思源雨量站之 $R_{ym}$ 值高達47,616MJ-mm/ha-hr-yr。

6. 近年來台灣東部地區受到極端降雨事件影響，部分地區之降雨沖蝕指數已與過去不同，建議水土保持相關從業人員估算土壤流失量時，可參考本研究成果。
7. 臺灣山坡地降雨沖蝕指數(R值)於水土保持局行動水保服務網(<https://serv.swcb.gov.tw/>)提供線上查詢服務。

## 五、致謝

本研究承蒙行政院農業委員會水土保持局計畫：「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」(案號1071220093A)之經費補助，致使本研究得以順利完成。

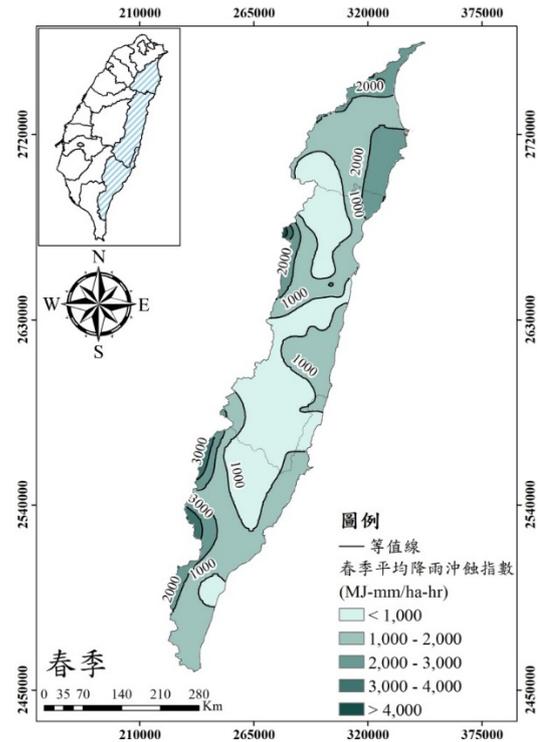


圖2 東部地區春季平均降雨沖蝕指數空間分布等值圖

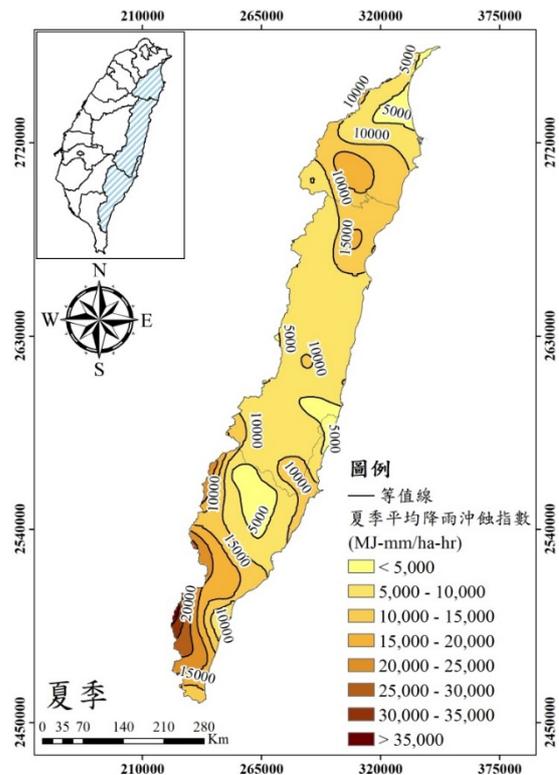


圖3 東部地區夏季平均降雨沖蝕指數空間分布等值圖



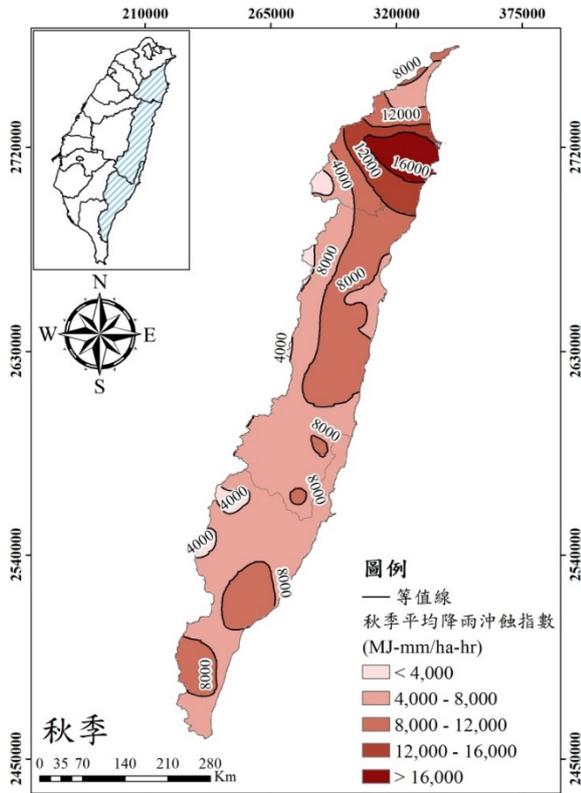


圖 4 東部地區秋季平均降雨沖蝕指數

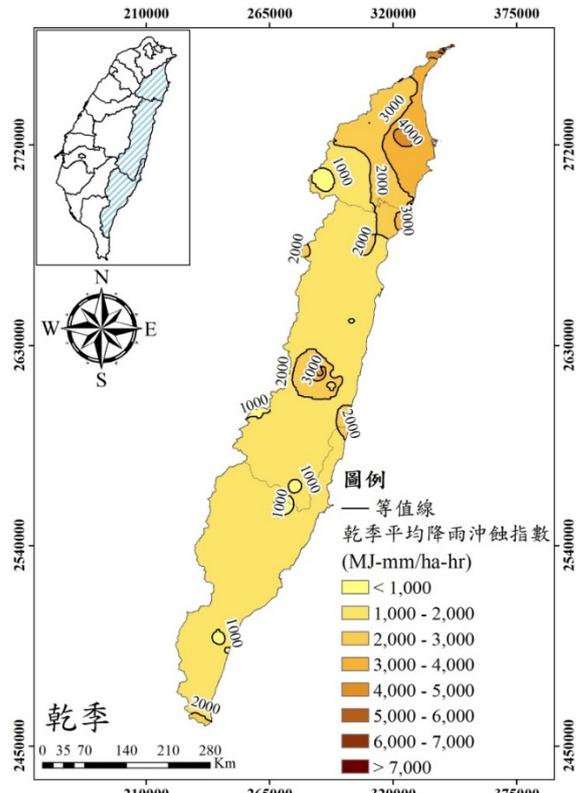


圖 6 東部地區乾季平均降雨沖蝕指數  
空間分布等值圖

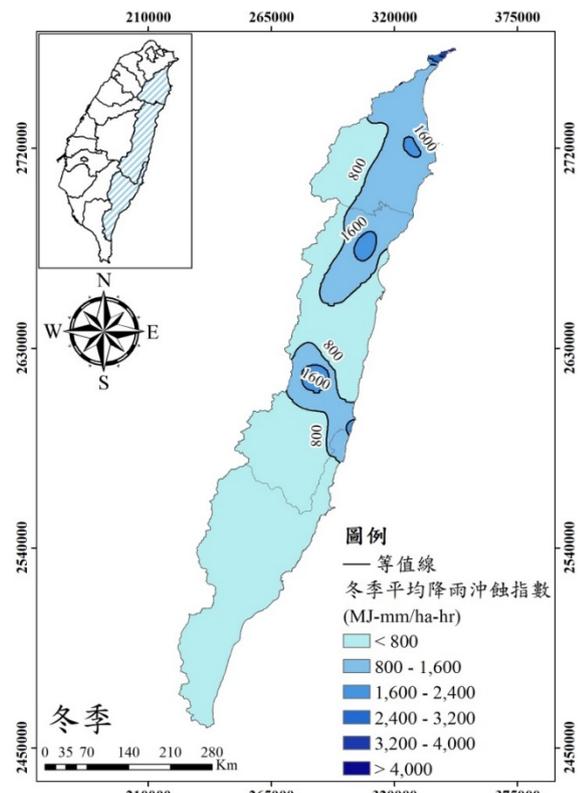


圖 5 東部地區冬季平均降雨沖蝕指數  
空間分布等值圖

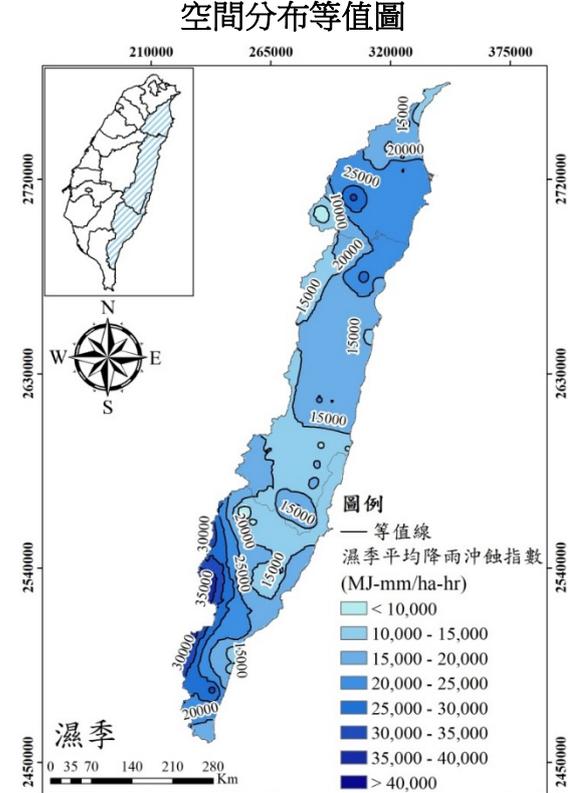


圖 7 東部地區濕季平均降雨沖蝕指數  
空間分布等值圖

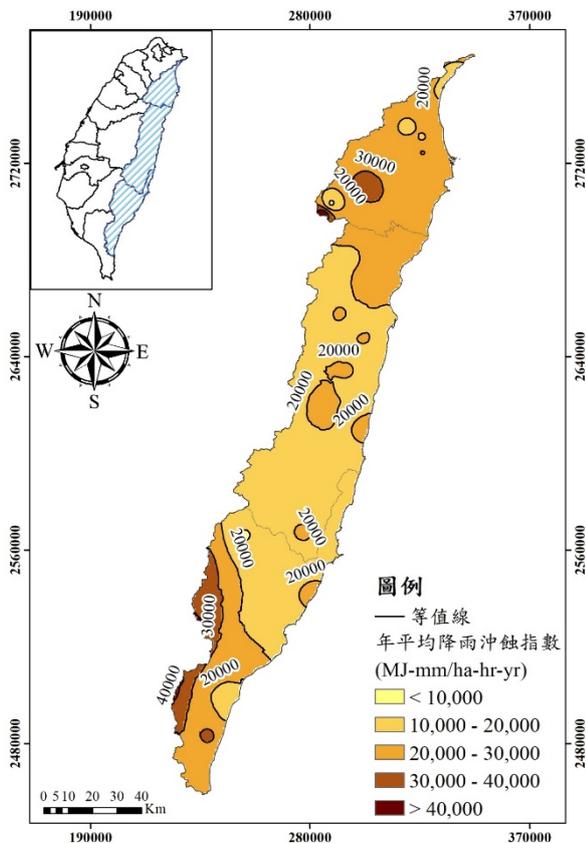


圖 8 東部地區年平均降雨沖蝕指數空間分布等值圖

## 六、參考文獻

1. 李明熹、廖怡雯、徐千筑(2018),「台灣南部降雨量與降雨沖蝕指數之時空變化」,農業工程學報,第64卷,第1期,第41-59頁。
2. 吳宜昭、龔楚嫻、王安翔、于宜強(2016),「臺灣地區短延時強降雨事件氣候特性分析」,災害防救電子報,第132期。
3. 吳嘉俊、盧光輝、林俐玲(1996),「土壤流失量估算手冊」,行政院農業委員會,第5-39頁。
4. 范正成、楊智翔、劉哲欣(2009),「臺北地區降雨沖蝕指數推估公式之建立及歷年變化趨勢分析」,中華水土保持學報,第40卷,第2期,第1-9頁。
5. 黃俊德(1979),「臺灣降雨沖蝕指數之研究」,中華水土保持學報,第10卷,第1期,第127-142頁。
6. 楊斯堯、詹錢登、黃文舜、曾國訓(2010),「運用時雨量資料推估降雨沖蝕指數」,中華水土保持學報,第41卷,第3期,第189-199頁。
7. 盧昭堯、蘇志強、吳藝昀(2005),「臺灣地區年等降雨沖蝕指數圖之修訂」,中華水土保持學報,第36卷,第2期,第159-172頁。
8. 蘇志強、吳佩儒、盧昭堯(2016),「臺灣降雨特性變化及降雨沖蝕指數圖修訂」,第47卷,第1期,第1-12頁。
9. Laws, J. O., and Parsons, D. A (1943)., “The relation of rain drop size to intensiNtp”, American Geophysical, Union Transactions, Vol. 24, pp. 452-460.
10. Mondal, A., Khare, D., and Kundu, S.(2016), “Change in rainfall erosivity in the past and future due to climate change in the central part of India”, International Soil and Water Conservation Research, Vol.4, pp.186-194.
11. Takahiro Shiono, Shigeo Ogawa1, Teruhito Miyamoto, and Koji Kameyama (2013), “Expected impacts of climate change on rainfall erosivity of farmlands in Japan”, Ecological Engineering, Vol.61, pp.678-689.
12. Wischmeier, W. H., Smith, D. D., and Uhland, R. E. (1958), “Evaluation of factors in the soil loss equation, Agricultural Engineering”, Vol. 39, No. 1, pp. 458-462.

## 工程 3D 點雲資料建置暨預鑄護岸應用推廣計畫

### 3D point clouds construction for engineering and precast concrete block revetment application promotion

陳俊宗<sup>1</sup>、吳漢揚<sup>2</sup>、連惠邦<sup>3</sup>、蔡易達<sup>4</sup>

Chun-Chung Chen<sup>1</sup> Han-Yang Wu<sup>2</sup> Hui-Pain Lien<sup>3</sup> I-Ta Tsai<sup>4</sup>

1.遠程科技顧問有限公司 總經理

2.行政院農業委員會水土保持局 工程員

3.逢甲大學 教授

4.研邦科技有限公司 博士

1.General Manager, YUANCHENG TEC CONSULTANT CO., LTD.

2.Junior Engineer, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture,  
Executive Yuan Conservation

3.Professor, Feng Chia University

4.Ph.D., YENPANG TEC CO., LTD.

#### 摘 要

光達技術已被應用於各種測量，尤其輕巧型手持式光達之發展最為快速，其中以地形掃描的應用可以達到高效率之目標。手持式光達應用在各工程領域尚屬起步階段，本研究屬超前研究，顯示手持式光達可應用於工程設計、緊急搶救災、現地調查、工程構造物體檢、挖填土方估算等。本研究另探討野溪預鑄護岸推廣應用，協助進行抗水流作用檢算、穩定分析等，並蒐集預鑄塊的施作方法，以及預鑄護岸施工問題整理與建議。

**關鍵字：**手持式光達、3D 點雲、預鑄護岸

#### Abstract

LiDAR technology has been applied to various measurements, especially the lightweight handheld LiDAR has the fastest development, and the application of terrain scanning can achieve the goal of high efficiency. The application of handheld LiDAR in various fields is still in its infancy. This project is an advanced study. The project results show that handheld LiDAR can be used in engineering design, emergency rescue, site survey, engineering structure inspection, estimation of excavation and filling, etc. This research also discusses the promotion and application of the precast concrete block revetment, including calculation of anti-current effects, stability analysis, etc., and collection of construction methods for the precast concrete block, as well as construction problems and suggestions.

**Key Word :** handheld LiDAR ,3D point clouds, precast concrete block revetment

## 一、前言

目前地面光達技術已被應用於各種測量，尤其輕巧型手持式光達之發展最為快速，其中以地形掃描應用及製圖，都可以達到高效率之目標。手持式光達應用在各工程領域尚屬起步階段，本研究屬超前研究，探討手持式光達3D點雲應用在水土保持相關工程的可行性。

此外，並針對108年度水土保持局已編撰之「野溪預鑄護岸」單元叢書，進一步落實野溪預鑄護岸之設計與施工輔導工作。

## 二、工程 3D 點雲資料建置研究與規劃應用

### 2.1 手持式光達之研選

手持式光達廠牌示如表1，包含GeoSLAM、Leica、Apple等，顯示GeoSLAM Horizon適用於工程營造與野外調查，Leica則適用於地下空間與古蹟，另iPad Pro 2020

為第一臺搭載光達的平板電腦，惟掃描距離只有5公尺，目前仍不足以應用於地形建模。

另一方面，臺灣只有引進GeoSLAM Horizon手持式光達，國內目前無Leica廠的手持式光達。故GeoSLAM Horizon較適用於本研究之水土保持相關工程應用，設備及相關配件示如圖1。



圖1 GeoSLAM ZEB Horizon設備及相關配件

表1 手持式光達廠牌比較表

廠牌		GeoSLAM		Leica	Apple
型號		Revo-RT	Horizon	Backpack	iPad Pro
規格	掃描距離(m)	30	100	50	5
	掃描速度	43000pts/s	300000pts/s	600000pts/s	奈秒等級
	測距精度(mm)	10-30	10-30	20-30	廠商未公布
	重量(kg)	0.85	1.3	11.9	0.5
	防護等級	IP51	IP54	IP52	需另購防水殼
全景影像		v	x	x	v
拼接方式		SLAM 即時演算	SLAM 後處理	SLAM 後處理	App 拼接
掃描技術		雷射單一回波	雷射單一回波	雷射單一回波	廠商未公布
搭配軟體		GeoSLAM Hub	GeoSLAM Hub	AutoP	目前約 3 種 App
價格		155~240 萬		900 萬以上	2.5~3.5 萬
臺灣銷售數量		共 6 台		0	廠商未公布
應用領域		建築營造、古蹟建築、BIM	工程營造、古蹟建築、BIM、電力野外調查	地下空間、古蹟建築、BIM	擴增實境

## 2.2 作業流程

GeoSLAM HORIZON係方便的手持式掃描儀，儀器現場掃描到建模展示的作業流程(圖2)，說明如下：

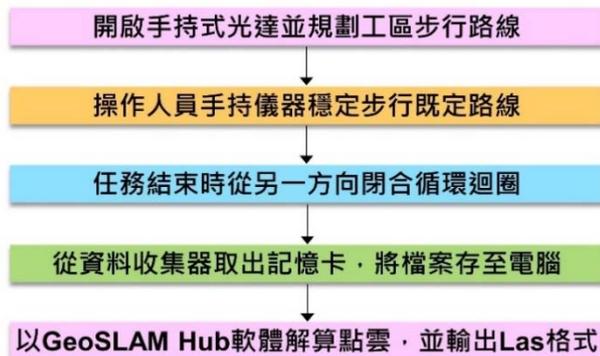


圖2 作業流程圖

1. 開啟手持式光達 GeoSLAM Horizon 並規劃工區步行路線，路線範圍需包含工區範圍。
2. 儀器操作人員手持儀器(雷射頭)，並背負資料收集器，穩定步行既定路線，速度約 30~100 公尺/分鐘。
3. 按照規劃步行路線前進，並在任務結束時從另一方向閉合循環迴圈。閉合環繞可以使同一區域進行重複測量，以減少誤差產生。
4. 在掃描過程中應避免出現移動物體，如非手持掃描儀的陪同人員、移動的行人或車輛等。
5. 任務結束時，從資料收集器取出記憶卡，將測量檔案存至電腦。
6. 以 GeoSLAM Hub 軟體解算點雲資料，並輸出為 Las 格式。

## 2.3 3D點雲掃描結果與比對

以獅潭鄉大東勢溪大東勢尾野溪整治工程為例，掃描結果示如圖3，本工程的預鑄護岸、防砂壩、固床工、過水路面等，均在掃描範圍內。掃描步行路徑從地點①開始，分別行走於兩側護岸上邊坡、過水路面等，最後回到地點①，掃描時間約15分鐘。

本項工程之既有防砂壩壩翼、左岸建物等為既有構造物(圖4)，其高程在完工後並沒有變動，且有明確的轉折外觀可作為比對點。手持式光達3D點雲量測距離、圖說上的距離、差距等，示如表2。

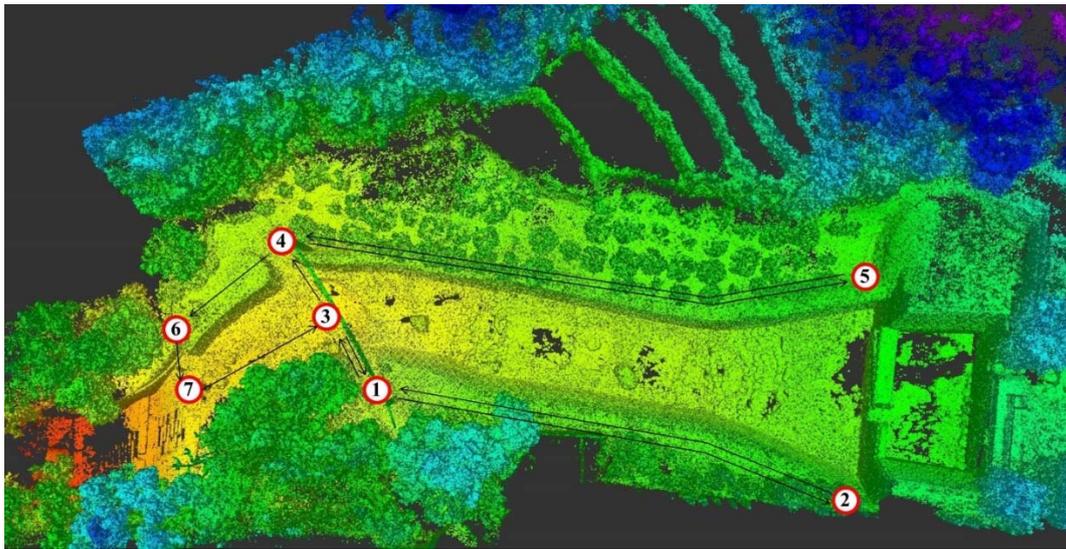
表2 比對點之間的空間距離

項目	手持式光達 3D 點雲量測 距離(m)	圖說距離 (m)	差距(m)
AB	71.744	71.818	0.074
BC	80.114	80.099	-0.015
AC	148.388	148.463	0.075

無論是手持式光達、圖說測點(全測站)、捲尺丈量等都存在誤差，所以本研究係分析手持式光達與其它方法之差距。另3D點雲的產製結果目前並無規範，本研究建議從實用角度來探討。

圖說測點(全測站)與捲尺丈量，係常用於工程設計的量測方法，故3D點雲的產製結果不宜與兩者差距太大。經前述各項比對，顯示長距離的3D點雲與圖說測點之差距最大約0.07m。由於3D點雲在本研究範疇的各項應用並非精密工程，故就一般土木工程的實用角度，其差距屬可接受。

此外，3D點雲掃描資料可轉換為等高線地形圖，示如圖5。



步行路徑①→②→①→③→④→⑤→④→⑥→⑦→③→①

圖3 3D點雲資料建置成果與掃描步行路徑

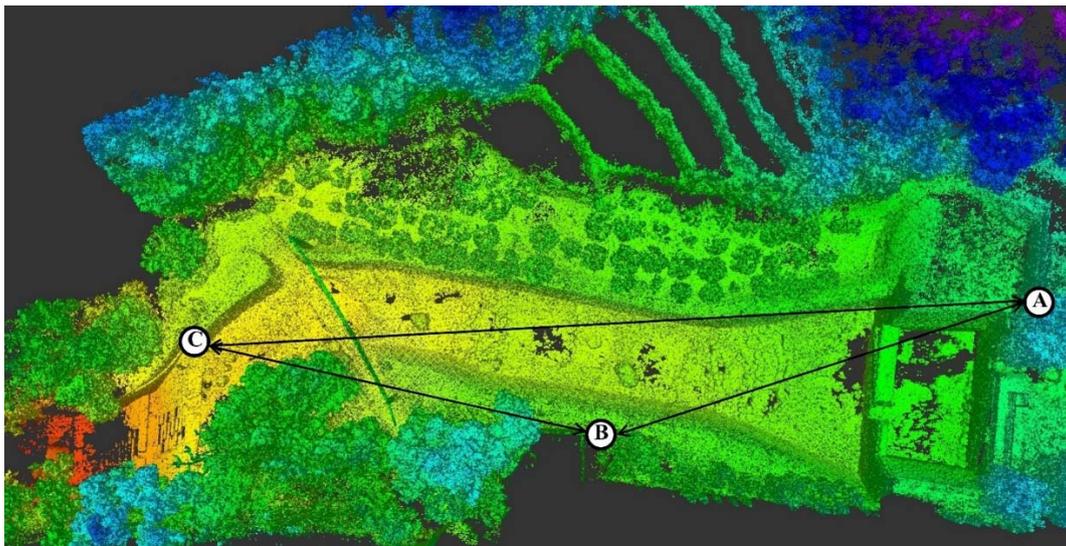


圖4 手持式光達3D點雲的比對點

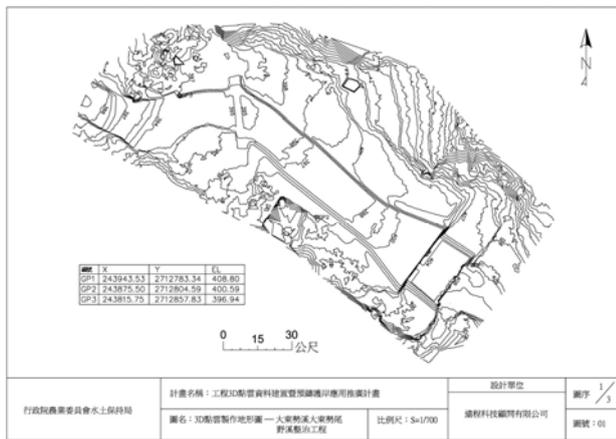


圖5 地形圖建立結果

## 2.4 工程設計之應用

3D點雲製作地形圖後，便可回歸到工程設計的步驟。與過去採用傳統測量設計的差異在於，手持式光達的3D點雲為三維地形資料，在工程設計過程，可先將設計之構造物以三維尺寸繪圖，並套繪於3D點雲中，檢視尺寸設計、數量配置、施工可行性等是否合理。且設計完成後亦可將構造物以三維尺寸於3D點雲中呈現，成為工程設計之模擬圖，示如圖6。

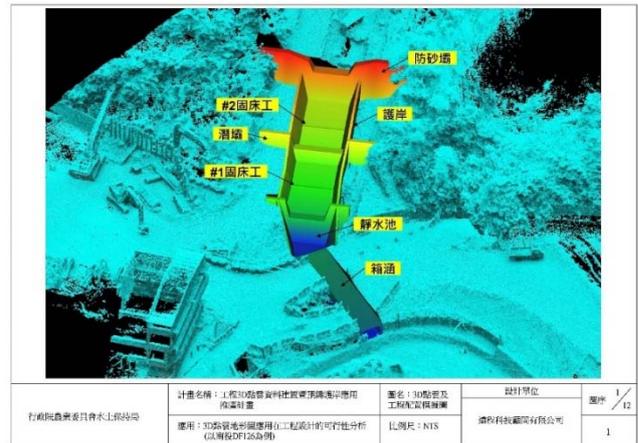
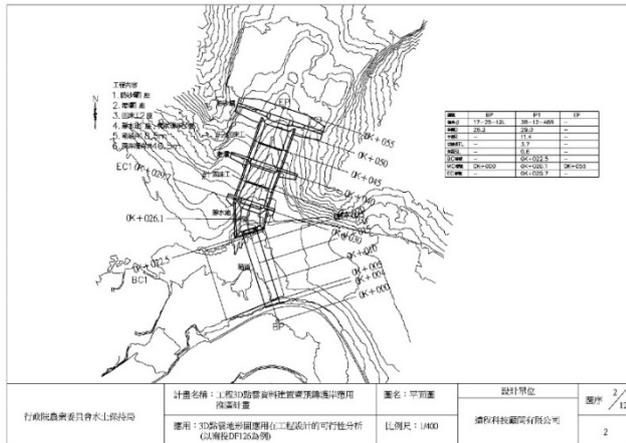


圖6 工程設計之應用(以投縣DF126土石流潛勢溪流為例)

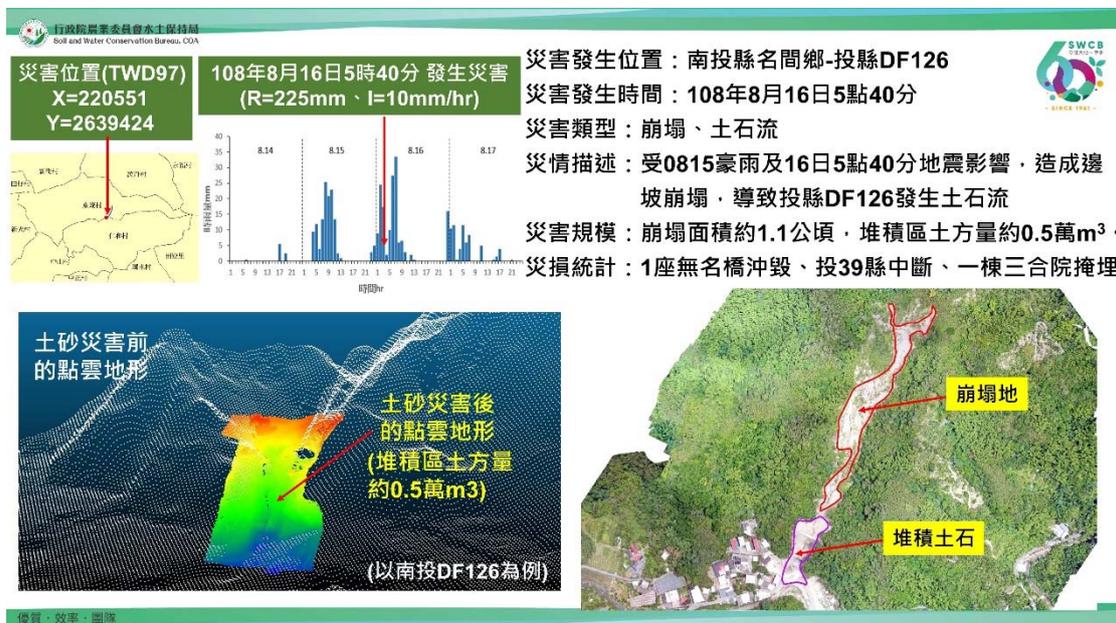


圖7 緊急搶救災之應用(以投縣DF126土石流潛勢溪流為例)

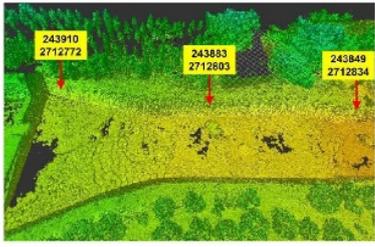
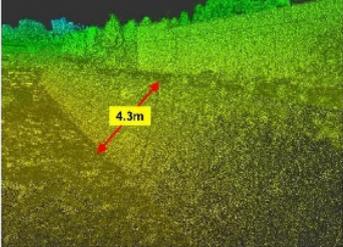
## 2.5 工程構造物體檢之應用

表3為水土保持局既有之構造物調查表，並加入手持式光達3D點雲資訊。過去構造物尺寸主要係作業人員靠近構造物，並拿箱尺或捲尺，逐一測量相關尺寸。若採用手持式光達，掃描工區的3D點雲資料，則各項構造物尺寸便可從3D點雲中獲得。

## 2.6 緊急搶救災之應用

過去發生土砂災害時，現勘人員大多只能拍照紀錄，定性描述災害原因與規模等。若未來現勘人員配合手持式光達，除了拍照紀錄以外，可採用手持式光達將土砂災害堆積區加以掃描，取得量化數據。現場掃描的3D點雲與過去地形資料比對，可估算土砂堆積量體，並蒐集雨量資料、空拍影像、相關圖層、災情描述等，製作土砂災害簡報，示如圖7。

表3 構造物調查表加入3D點雲資訊

構造物調查表						
調查人員	唐偉倫		調查日期	1090506	所屬分局	臺中分局
集水區(含編號)	新店(1350006)		縣(市)及鄉(鎮、區)	苗栗縣獅潭鄉	工程編號	107-ADE-16-2-001
構造物型式	預鑄槽框式護岸(B13)		附屬設施	無	構造物序號	01
構造物坐標(TWD97)	X: 243849 Y: 2712834	X: 243883 Y: 2712803	X: 243910 Y: 2712772	構造物尺寸	高度: 4.3(m) 總長度: 90(m)	
基本資料	起點	中點	末點	 		
	定位說明					
環境現況	構造物周遭堆積材料粒徑概況	<input type="checkbox"/> 多砂質 <input type="checkbox"/> 多礫石 <input checked="" type="checkbox"/> 多塊石 粒徑約: <u>200</u> mm		河岸邊坡	<input checked="" type="checkbox"/> 穩定 <input type="checkbox"/> 河岸淘刷崩塌(面積約: <u>    </u> m <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> 山腹崩塌 (面積約: <u>    </u> m <sup>2</sup> )	
	構造物周遭溪床坡度	<input checked="" type="checkbox"/> 構造物上游約: <u>7</u> % <input checked="" type="checkbox"/> 構造物下游(含護岸處)約: <u>7</u> %				
功能評估	外觀檢視劣化型態(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 裂縫; <input type="checkbox"/> 磨蝕; <input type="checkbox"/> 傾倒; <input type="checkbox"/> 沉陷; <input type="checkbox"/> 錯動斷裂; <input type="checkbox"/> 錯動變形; <input type="checkbox"/> 位移; <input type="checkbox"/> 砌石鬆脫; <input type="checkbox"/> 外框損毀; <input type="checkbox"/> 基礎淘空; <input type="checkbox"/> 沖毀; <input type="checkbox"/> 其他( ) 補充說明(劣化區位與量化資訊):				
	構造物周遭(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 床面淤升(影響通洪断面); <input type="checkbox"/> 床面沖降(基礎裸露); <input type="checkbox"/> 回填土(石)流失; <input type="checkbox"/> 其他( ) 補充說明(劣化區位與量化資訊): 河道左岸壩鼻附近有土石淤積。				
	劣化營力(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 無(無劣化型態者) <input type="checkbox"/> 溪床沖蝕 <input type="checkbox"/> 凹岸淘刷 <input type="checkbox"/> 溪岸溢流沖刷 <input type="checkbox"/> 兩岸邊坡崩塌土石撞擊 <input type="checkbox"/> 土石(或洪流)撞擊 <input type="checkbox"/> 其他( )				
	狀況說明	初步處理建議				
功能評估	<input checked="" type="checkbox"/> A 級: 構造物狀況良好, 功能健全		<input checked="" type="checkbox"/> A1 級: 無需修復, 持續觀察			
	<input type="checkbox"/> B 級: 些微磨損, 仍可維持原功能		<input type="checkbox"/> B1 級: 無需修復, 持續觀察			
	<input type="checkbox"/> C 級: 部分受損, 可能影響功能性		<input type="checkbox"/> C1 級: 經評估, 已明顯影響安全者, 建議優先處理修復或重建。 <input type="checkbox"/> C2 級: 經評估, 需修復但無急迫性。 <input type="checkbox"/> C3 級: 無明顯需要立即修復者(保全對象消除或工程已有替代者), 建議暫緩修復, 持續觀察。			
	<input type="checkbox"/> D 級: 全部損毀或功能喪失		<input type="checkbox"/> D1 級: 具有保全對象或工程無替代者, 建議優先修復或打除重建。 <input type="checkbox"/> D2 級: 保全對象消除或工程之原有施作目的已有替代者, 建議暫緩修復, 持續觀察。			

## 2.7手持式光達的優點與缺點

手持式光達屬於新的地形掃描設備, 但應用上仍有一些缺點, 以下彙整手持式光達3D點雲對於產製地形圖的優點與缺點, 示如表4。

## 2.8地形測量、無人載具UAV與手持式光達之比較

水土保持相關工程建立地形圖目前主要是委託測量公司作地形測量、無人載具UAV等。其中, 委託測量公司作地形測量係於工區中採用全站儀, 紀錄測點XYZ數據。無人載具UAV透過空拍正射影像亦可建構工區地形, 惟操作過程需符合國內無人載具UAV的相關規範。比較地形測量、無人載具UAV與手持式光達等方法, 示如表5。

表4 手持式光達的優點與缺點

1.測量速度快	1.儀器價格昂貴，使用者壓力大
2.節省外業人力	2.雜草底下地形無法建構
3.測點多、密度高、地形解析度高	3.水面下地形無法建構
4.內業產製等高線便利	4.測點多反而紀錄太多不必要的非地形資訊
5.可建構林木群底下的實際地形	5.點雲的地表顏色不明顯
6.地形圖的等高線間距可加密	

表5 地形測量、無人載具UAV與手持式光達之比較

項目	地形測量	無人載具 UAV	手持式光達 3D 點雲	
建模方法	測量員以全站儀在工區中測量測點，並以測點繪製地形圖。	拍攝工區正射影像，利用相關軟體建構 3D 點雲，並以 3D 點雲自動建立地形圖。	人員持手持式光達徒步繞行工區蒐集掃描資料，並以 3D 點雲自動建立地形圖。	
外業測量	儀器	全站儀	無人載具 UAV	
	測量時間	一個工區約 1~1.5 工作天	一個工區約 15 分鐘	
	人力	約 3 人	1 人	
	人員經驗	測量員需具備一定程度的經驗，為了能符合地表起伏，在選取測點的時候會都先依據經驗做選擇。	需具備專業操作證。	人員只要走完工區範圍完成掃描即可。
	測點數目	視工區範圍與地形起伏，一個工區大約 500 個測點。	UAV 係拍攝正射影像建模，一個工區大約會拍攝 100 張照片，產製點雲數約十萬個點雲。	一個工區通常會上千萬個點雲。
	價格	委託測量公司一個工區約 1 萬~2 萬伍仟元之間。	用於地形建模等級 UAV 價格一台約 5~8 萬元。	目前國內無租用儀器的廠商，儀器僅能購買，價格約 200 萬元(另保固費 8 萬/年)。
使用地區限制	無	1.需符合遙控無人機管理規則。 2.工區在禁飛區域(紅區)內，需申請飛航活動。	目前國內對手持式光達尚無管理規則。	

## 三、野溪預鑄護岸推廣應用

### 3.1 預鑄護岸安定分析

傳統RC護岸屬於連體構造物，而預鑄護岸非連體，在力學分析上之差異，說明如下：

- 1.RC 護岸：護岸視為連體，探討滑動、傾倒、基礎承载力等。
- 2.預鑄護岸：預鑄塊之間只有堆疊接觸行為，無法視為一整體性的構造物做計算。故需視預鑄塊型式、堆疊方式等，先研判可能的破壞型態，再進行力學分析。

表6 三處工程採用的預鑄護岸型式

項目		舊社野溪整治 三期工程	雙草湖段500-172號野溪 整治工程	茄苳寮溪整治 六期工程
河道 特性	集水區面積 ha	94.6	11.4	196.2
	河寬 m	6	2.5	25
	坡度	0.0246	0.06	0.035
	洪峰流量 cms	36.8	4.6	76.8
預鑄 護岸 型式	型式			
	預鑄塊	臺東分局預鑄塊 	同左	同左
	堆疊方式	平面鋪蓆型	分層疊砌型	平面鋪蓆型
	堆疊層數	3	4	3
	高度 cm	220	297	200
	斜率	1 : 0.7	約 1 : 0.5	1 : 1.5
	有否設計螺桿	有	無	有

本研究進行三件工程的預鑄護岸安定分析，其採用的預鑄護岸型式示如表6，安定分析計算結果示如表7。

### 3.2 預鑄護岸施工問題整理與建議

#### 3.2.1 填充料改良建議

若填充料採用土包袋，其遇水會溶掉一些內部的土壤，造成土包袋萎縮，導致完成

面不平整。建議填充料採用卵塊石，直徑約10~30公分，或採用碎石包做為填充料，示如圖8。

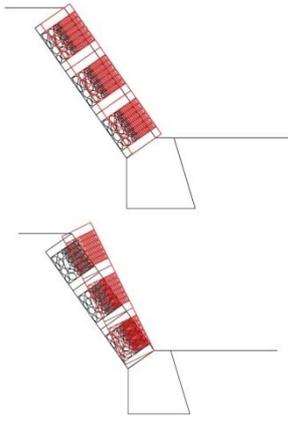
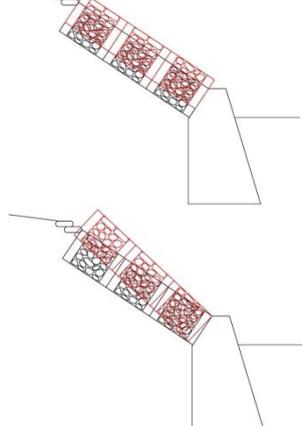
#### 3.2.2 預鑄塊鋼筋籠以鋼絲網製作

預鑄塊鋼筋籠係由D10鋼筋(SD280W可焊鋼筋)組立而成，包含箍筋、縱向筋、斜向鋼筋等。建議鋼筋籠可直接在工廠加工為一體成型的鋼筋籠。



圖8 碎石包可做為填充料

表7 三處工程的安定分析計算結果比較

項目	舊社野溪整治 三期工程	雙草湖段 500-172 號野溪 整治工程	茄苳寮溪整治 六期工程
可能的破壞類型	第 1 層、第 1~2 層、第 1~3 層預鑄塊滑動或傾倒	因基座有卡樁，故第 1 層、第 1~2 層、第 1~3 層預鑄塊滑動或傾倒	第 1 層、第 1~2 層、第 1~3 層預鑄塊滑動或傾倒
			
抗水流作用檢算 (掃流力)	OK	OK	OK
基礎深度檢算	OK	OK	OK
安定 分析 (常時)	抗滑動	FS=1.6 OK	FS=3 OK
	抗傾倒	FS=2 OK	FS=3.7 OK
安定 分析 (地震)	抗滑動	FS=1.4 OK	FS=2.9 OK
	抗傾倒	FS=1.5 OK	FS=3.3 OK

### 3.2.3 預鑄塊與構造物的銜接面處理方法建議

預鑄塊排列過程會遇到固床工、既有RC護岸等，且預鑄塊各層之間需錯位排列，造成銜接面有縫隙產生。建議銜接面的處理方法如下：

1. 以混凝土、卵塊石、碎石包等填補縫隙，示如圖 9。
2. 手提式混凝土切割機將預鑄塊切割後填補，示如圖 10。

道處的預鑄塊排列過程，對於凸岸容易產生外側縫隙，示如圖11，亦即外側為縫隙端，內側為緊密端。凹岸容易產生內側縫隙，示如圖12。

建議在彎道處，螺桿對鎖的開孔位置以緊密端為主：

- 1.直線段：螺桿對鎖於中間2個開孔。
- 2.凸岸段：螺桿對鎖於內側2個開孔。
- 3.凹岸段：螺桿對鎖於外側2個開孔。



圖9 採用混凝土、碎石包等進行縫隙填補



資料提供：允薪營造有限公司

圖10 切割預鑄塊填補縫隙

### 3.2.4 彎道排列之建議

預鑄塊側邊共設有6個或4個開孔，並以螺桿、螺帽與鋼片等互相對鎖。對於直線型護岸，螺桿可在中間2個開孔加以對鎖。惟彎

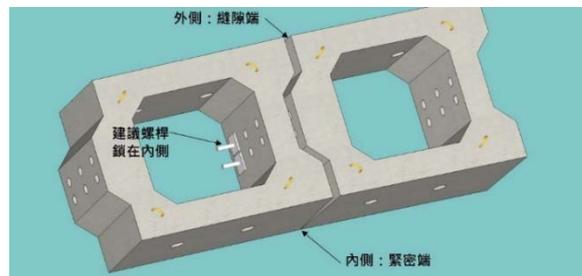


圖11 平面鋪蓆型-凸岸：  
外側為縫隙端，內側為緊密端



圖12 平面鋪蓆型-凹岸：  
外側為緊密端，內側為縫隙端

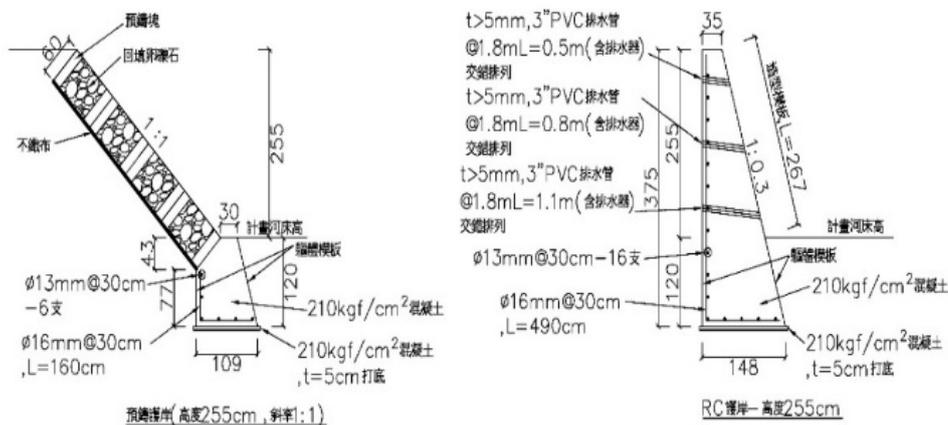


圖13 預鑄護岸與RC護岸-護岸高度255cm

表8 預鑄護岸與RC護岸之比較

項目	預鑄護岸	RC 護岸	差距
價格(元/公尺)	20,234	13,599	+6,635
混凝土用量(m <sup>3</sup> /公尺)	2.33	3.59	-1.26
鋼筋用量(T/公尺)	0.08	0.04	+0.04
可植生面積(m <sup>2</sup> /公尺)	1.45	0	+1.45
碳排放量(T-CO <sub>2</sub> e/公尺)	0.56	0.81	-0.25
工地現場人力配置	吊裝工 2 人 指揮人員 1 人 螺桿組裝 2 人	模板工 3 人 鋼筋工 3 人 混凝土澆置 3 人	—
施工性	預鑄塊有委託水泥製品廠製作、或包商找空地製作。水泥製品廠有一定的製程，通常品質較統一。	1.施作過程包含現場鋼筋綁紮、模板組立、混凝土澆置等。 2.施作過程需請多名工人進行鋼筋綁紮、模板組立、混凝土澆置等工作，人力需求高。	—
安全性	河岸邊坡開挖與整坡常有主動土壓力的風險，施工人員僅有吊放預鑄塊、螺栓安裝時才需要靠近河岸。故相對於 RC 護岸，施工人員在河岸的施工時間較短，可減少施工風險。	施工人員在緊鄰河岸處做鋼筋綁紮、模板組立、混凝土澆置等，施工人員在河岸作業的時間較長，施工風險相對較高。	—

### 3.3預鑄護岸與RC護岸之比較

預鑄護岸與RC護岸的比較示如圖13與表8，顯示預鑄護岸比RC護岸每公尺價格高約5~7千元。預鑄護岸雖然造價高於傳統RC護岸，但會帶來的生態環境、降低工程碳排放量、節省工地人力等優點。

## 四、結論與建議

### 4.1結論

1.手持式光達應用在各領域的工程設計正在起步，本研究屬先期研究，成果已顯示手持式光達 3D 點雲可產出地形圖，並可應用

於工程設計、緊急搶救災、現地調查、工程構造物體檢、挖填土方估算等。

2.手持式光達掃描水土保持工區有測量速度快、節省外業人力、測點多與密度高、內業產製等高線便利、可建構林木群底下的實際地形、可加密地形圖等高線間距等優點。

3.手持式光達雖然快速便利，但使用上仍有缺點，如儀器價格昂貴使用者壓力大、雜草底下地形無法建構、水面下地形無法建構、測點多反而紀錄太多不必要的非地形資訊、點雲的地表顏色不明顯造成無法判釋工程外觀等。



4.預鑄護岸比 RC 護岸每公尺價格高約 5~7 千元。預鑄護岸雖然造價高於傳統 RC 護岸，但會帶來有益生態環境、降低工程碳排放量、節省工地人力等優點，故建議持續推廣。

## 4.2 建議

- 1.目前手持式光達價格尚高，若工程顧問公司只做水土保持工程的設計案件，仍以委外測量的成本較低。惟未來工程設計會逐漸邁向 3D 化的趨勢，對於水土保持工程地形變化大之特性，手持式光達掃描地形後，以 3D 點雲用於工程設計實為未來趨勢。故建議於預算許可下，可先購置儀器，或與有儀器的廠商合作。
- 2.預鑄塊可能會設計螺栓、鋼索等連接，故預鑄塊含鋼筋混凝土、螺栓、螺帽等複合材料。而螺栓、鋼索吊筋等裝設位置或採用型號，可能造成不同的應力集中問題，進而影響結構強度。惟此類工程問題已屬複合材料應力分析範疇，相關規範或手冊目前無提供計算方法，一般需透過工業用的有限元素結構設計軟體進行模擬。建議可持續分析探討預鑄塊的結構強度，並依據結構分析模擬結果、施工性、經濟性等，提出預鑄塊的改良建議。

## 參考文獻

- 1.水土保持局，民國 108 年，水土保持單元叢書 04 野溪預鑄護岸。
- 2.水土保持局臺中分局、亞際工程技術顧問有限公司，民國 108 年，「獅潭鄉大東勢溪大東勢尾野溪整治工程」設計圖。
- 3.水土保持局南投分局、源隆技術顧問有限公司，民國 109 年，「舊社野溪整治三期工程」設計圖。
- 4.水土保持局臺中分局、聯達工程技術顧問有限公司提供，民國 109 年，「雙草湖段 500-172 號野溪整治工程」設計圖。



## 山坡地農路篩分與複核之研究

### Research on Establish Disaster Prevention and Life-Saving Passageway and Delineation of Disaster Potential

林書豪<sup>1</sup>、陳彥婷<sup>2</sup>、林曉萱<sup>3</sup>

Shu-Hao Lin<sup>1</sup> Yen-Ting Chen<sup>2</sup> Shiau-Shiuan Lin<sup>3</sup>

1.逢甲大學土木水利工程與建設規劃博士學位學程

2.逢甲大學營建及防災研究中心(通訊作者：E-mail：chenlilian024@gamil.com)

3.行政院農業委員會水土保持局保育治理組水庫保育科

1.Ph.D. Program for Civil Engineering, Water Resources Engineering, and Infrastructure Planning, Feng Chia University, Taichung 407, Taiwan

2.Construction and Disaster-Prevention Research Center, Feng Chia University, Taichung 407, Taiwan

3 Water and Soil Conservation Bureau, Conservation Management Team, Reservoir Conservation Division, Nantou 540, Taiwan

#### 摘 要

農路為農村生產資材與產物運輸之交通要道，維護山坡地住民行動安全之命脈。已錄案編號農路計有8,678條，位於山坡地者為4,711條；但仍然存在為數不詳的且符合農路定義之道路，雖非屬編號農路，惟其功能與編號農路同樣重要。因此本研究以臺灣通用電子地圖為底圖，篩分山坡地上可能為農路者計273,199條。再選出6區土石流自主防災內1,129條可能農路進行現地複核，顯示有1,006條與圖資相符，吻合度達89.1%。其中符合農路定義者為607條，故本研究可能農路圖資篩分正判率可達53.8%。最後提出該圖資整併方法，可由273,199條減少至76,503條，減幅達72.0%，此一成果可供相關單位參酌，以期能提升山區防災與生活發展。

**關鍵字：**未編號農路、臺灣通用電子地圖、山坡地防災

#### Abstract

Agricultural roads are the main traffic arteries for the transportation of production materials and products in rural areas. There are 8,678 recorded agricultural roads and 4,711 on hillsides; but there are still an unknown number of roads that meet the definition of agricultural roads, which are equally important. In this study, Taiwan's general electronic map was used as the base map, and 273,199 roads on the slopes were screened. A review of the 1,129 possible agricultural roads on the spot showed that 1,006 were in line with the map, and the agreement reached 89.1%. Among them, there are 607 that meet the definition of rural roads, so the positive judgment rate of the map data screening in this study can reach 53.8%. Finally, a consolidation method is proposed, which can be

reduced from 273,199 to 76,503, a reduction of 78.0%. This result can be considered by relevant units in order to improve mountain disaster prevention and life development.

**Key Word : Unnumbered Agricultural roads, Taiwan e-Map, disaster prevention**

## 一、前言

農路為農村生產資材與產物運輸之交通要道，是農村經濟和農業發展的重要基層設施，亦兼具坡地防災等緊急救援協助需求之功能，是維護山坡地住民行動安全之命脈。鑑此，水土保持局歷年持續協助地方政府辦理農路之改善與維護，並自民國88年起陸續建立全臺農路圖資，直到98年全臺已篩分並完成錄案之編號農路8,678條，全長約達12,857公里。

但是，除了編號農路外，位於山坡地範圍內仍然存在為數不詳之未編號農路(註：屬於農路，但非屬編號農路者)，且一直未獲完善及定期之養護管理，使得路況相對不佳。惟現階段對於山坡地未編號農路的數量、長度、分布等尚無法完全掌握，雖然非屬編號農路，卻與編號農路一樣，肩負了山坡地農產及資材之輸運任務，對山坡地經濟和維生具有舉足輕重之影響。

因而本研究認為有必要篩選出山坡地之可能屬於未編號農路者(後稱可能農路)，再通過現地複核方式予以確定未編號農路之數量、長度、分布等相關數據和圖資。

## 二、研究方法

### 2.1 研究流程

依據預定目標擬定研究流程如圖1所示，如下說明：

1. 蒐集與彙整一般公路及特定道路圖資，前者包含國道、省道、縣(市)道、鄉(鎮)道及區道等圖資，而後者則以原住民部落聯絡道、林道及既有編號農路等圖資為主。
2. 購置內政部國土測繪中心 2019 年版 1/25,000 之「全臺通用電子地圖」。
3. 以「全臺通用電子地圖」為基礎，套疊一般道路及特定道路圖資，篩分萃取出一般道路及特定道路以外之道路分布和圖層，初步完成「全臺山坡地範圍可能農路」之整合及建置。
4. 篩選相對重要之土石流自主防災社區內道路進行抽樣現地複核作業。
5. 依縣市別統計山坡度農路分布狀況與既有編號農路及本研究萃取出未編號農路成果之差異性分析，提出相關整併方法。

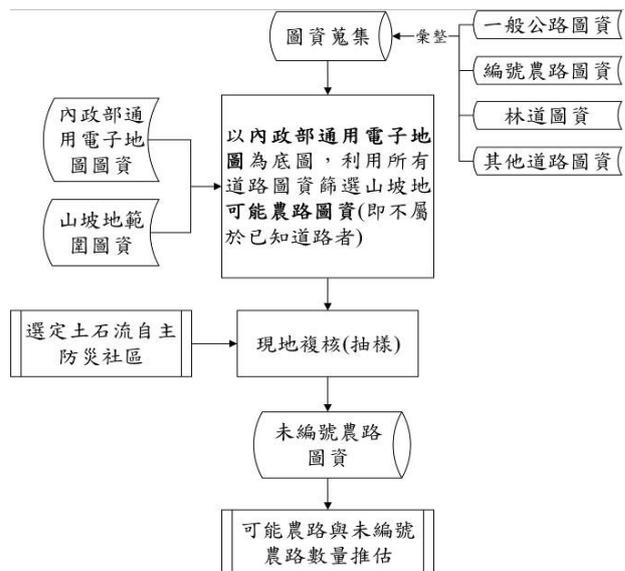


圖 1 研究流程圖

Fig 1 Research flow chart

## 2.2 山坡地道路分類與定義

依據山坡地道路屬性區分，大致有國道(山坡地範圍內之國道)、省道、市道、縣道、區道、鄉道、林道、農路、既成道路、私設道路、園內道(作業道)及未歸類道路等，茲簡述如下：

- 1.國道：依據公路法第 2 條第二款，國道係指聯絡二直轄市(省)以上、重要港口、機場及重要政治、經濟、文化中心之高速公路或快速公路。被破壞程度做等級區分。
- 2.省道：依據公路法第 2 條第三款，省道係指聯絡二縣(市)以上、直轄市(省)間交通及重要政治、經濟、文化中心之主要道路。
- 3.市道：依據公路法第 2 條第四款，指聯絡直轄市(縣)間交通及直轄市內重要行政區間之道路。
- 4.縣道：依據公路法第 2 條第五款，指聯絡縣(市)間交通及縣與重要鄉(鎮、市)間之道路。
- 5.區道：依據公路法第 2 條第六款，指聯絡直轄市內各行政區及行政區與各里、原住民部落間之道路。
- 6.鄉道：依據公路法第 2 條第七款，指聯絡鄉(鎮、市)間交通及鄉(鎮、市)與村、里、原住民部落間之道路。
- 7.林道：為林業經營長期使用之道路，依據公路法第 2 條第八款所稱之「專用公路」，指各公私事業機構興建，專供其本身運輸之路。
- 8.農路：依據行政院農業委員會農路養護管理要點，係指農產及生產資材運輸，路寬在 6.0 公尺以下，3.0 公尺以上(山坡地得視需要降低至 2.5 公尺)未依公路法管理且由本會輔建或改善之農用道路。
- 9.既成道路：屬既有巷道，為私有土地存有公用地役關係，或因政府未經徵收即先行開闢為道路者；或因人民自行闢設為道路

者；或依都市計畫寬度開闢為道路而未辦理徵收者。其構成要件有三：A.不特定之公眾通行所必要，而非僅為通行之便利或省時。B.於公眾通行之初，土地所有權人並無阻止之事實。C.經歷之年代久遠而未曾中斷。通常既成道路在都市計畫圖上會標示出來，但在地籍圖上則不會標示，寬度多為 6 公尺，亦有 2 公尺或 3 公尺的寬度。既成道路的要件是必需此道路已通行 10-20 年之久，有兩戶以上的人在通行此道路。

- 10.原住民部落聯絡道(原住民特色道路)：係指原住民部落聯外道路銜接特色人文、產業具交通連結及醫療救護功能之道路或橋梁。
- 11.私設道路：供公眾通行或供公眾通行未達 20 年或供特定人士(如社區居民)通行之自行留設的私人道路，無論在都市計畫圖或地籍圖上都沒有標示，可能只有在建築執照中會有標示。
- 12.園內道(或作業道)：依據水土保持計畫審核監督辦法第 4 條之二，為經營農場或其他農業經營需要修築之道路，路基寬度在 2.5 公尺以下且長度在 100 公尺以下者，稱之。
- 13.未歸類道路：非屬以上道路者，稱之。
- 14.可能農路：扣除所有已知道路圖層後之線型圖資，仍需透過現地複核作業確認是否為未編號農路。
- 15.未編號農路：經現地複核作業後符合農路標準，但無實施農路改善工程者，稱之。

## 三、可能農路篩分

### 3.1 蒐集或萃取全臺道路系統圖資

依據本研究之目的，首要工作在於篩分萃取出全臺山坡地範圍內之未編號農路數量(含長度)及其分布。為此，必須先行蒐集山坡地範圍內之各類型道路圖資，以利後續判釋和複核工作之推動。

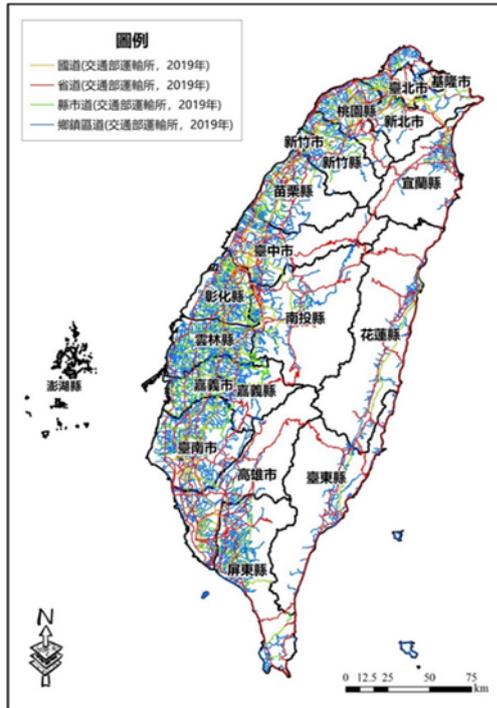
1.一般公路：依據公路總局之公路分類，包括國道、省道、市道、縣道、區道、鄉道等六類，統稱一般公路。位於山坡地內一般公路計有 1,106 條，總長 8,932 公里，如圖 2 所示。

2.林道：為林業經營長期使用之道路，係專用公路管理規則第二條所稱之「專用公路」，亦為公路法第二條第六款所指各公私事業機構興建，專供其本身運輸之路。位於山坡地保育利用條例定義之山坡地內計有 9 條，總長為 262 公里；位於林班地內之林道計有 72 條，總長達 1,315 公里，合計 81 條 1,577 公里，如圖 3。

3.編號農路：係指農產及生產資材運輸，路寬在 6 公尺以下，3 公尺以上(山坡地得視需要降低至 2.5 公尺)，未依公路法管理且由農委會輔建或改善之農用道路，稱之。其中，位於山坡地保育利用條例定義之山坡地內計有 4,711 條，總長為 7,176 公里；位於林班地內之編號農路計有 538 條，總長為 1,181 公里，合計 5,249 條，總長度為 8,357 公里，如圖 4 所示。

4.原住民部落聯絡道(原住民特色道路)：係指原住民部落聯外或銜接特色人文、產業，具交通連結及醫療救護功能之道路或橋梁。位於山坡地保育利用定義之山坡地內計有 91 條，總長為 384 公里；位於林班地內計有 39 條，總長為 41 公里，合計 130 條 425 公里，如圖 5。

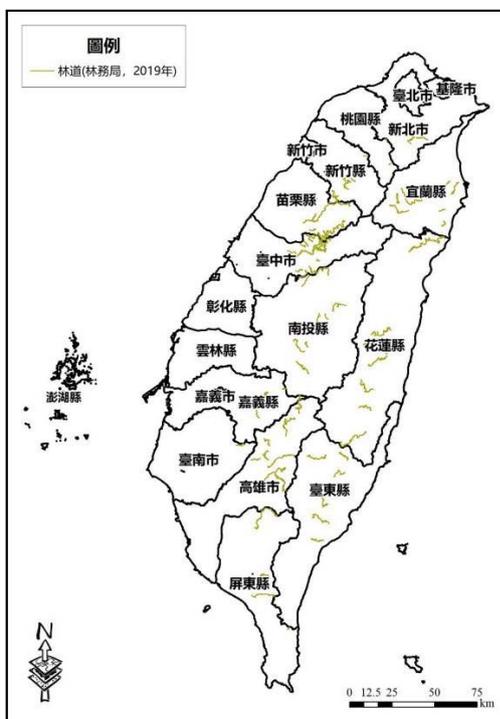
5.既有未編號農路(已實施農路改善工程)：係指於編號農路以外的道路實施各種水土保持工程者，稱之。本研究蒐集自「109 年坡地防災及維生通道智慧路網精進，水土保持局，2020」成果，該計畫利用 98 年至 109 年間 2,773 件農路改善之竣工書圖進行未編號農路數化作業，併完成 2,409 條未編號農路圖資，該圖資本研究後稱為既有未編號農路，分布如圖 6 所示



資料來源：交通部道路運輸研究所

圖 2 全臺一般公路分布圖

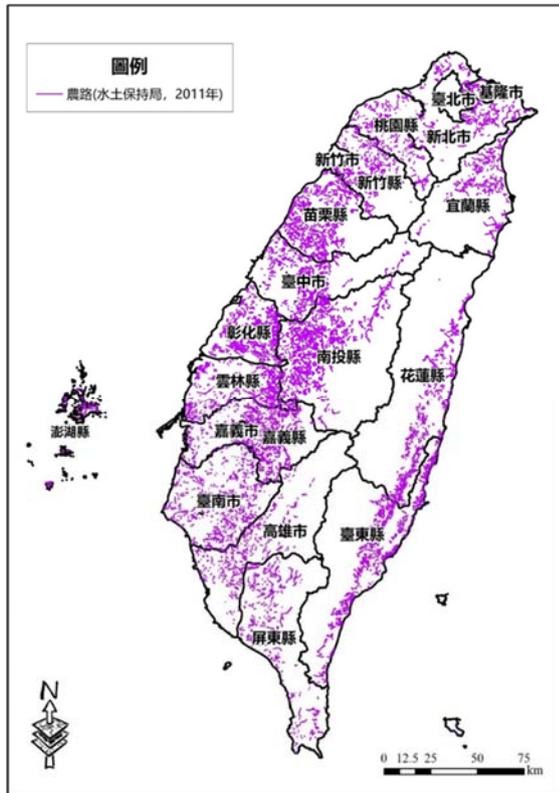
Fig 2 Distribution map of general highways



資料來源：行政院農業委員會林務局

圖 3 全臺林道分布圖

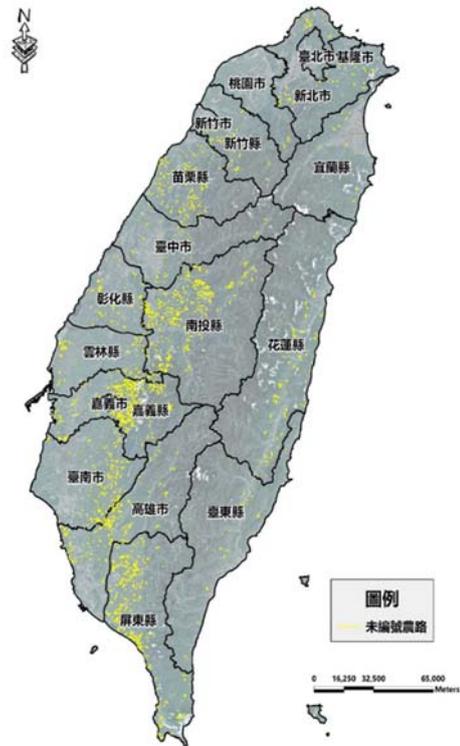
Fig 3 Distribution map of forest roads



資料來源：行政院農業委員會水土保持局

圖 4 編號農路分布圖

Fig 4 Distribution map of numbered agricultural roads



資料來源：行政院農業委員會水土保持局

圖 6 既有未編號農路分布圖

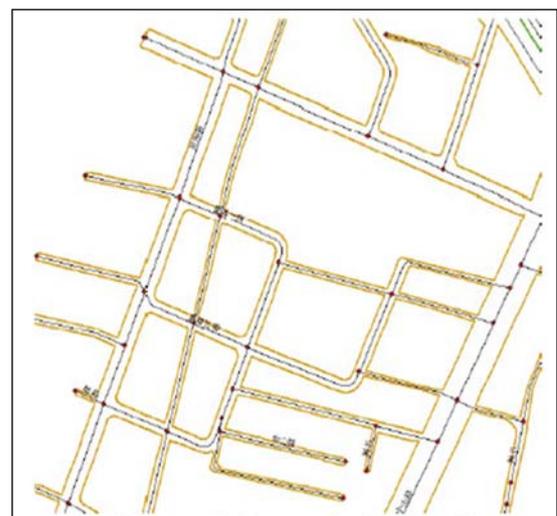
Fig 6 Distribution map of existing unnumbered rural roads



資料來源：行政院農業委員會水土保持局

圖 5 原住民聯絡道分布圖

Fig 5 Distribution of Aboriginal Contact Road

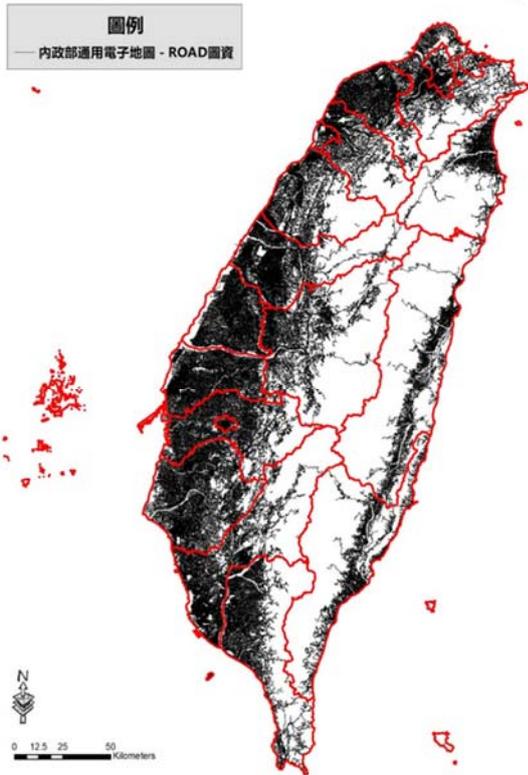


資料來源：國土測繪中心臺灣通用電子地圖測製更新作業說明

(109 年度版)

圖 7 道路交叉口產生端點圖

Fig 7 Endpoint map generated at road intersection



資料來源：國土測繪中心臺灣通用電子地圖

圖 8 內政部臺灣通用電子地圖道路圖資分布圖

Fig 8 Distribution of Taiwan E-map of Road

6. 統合型道路圖資：臺灣通用電子地圖於民國 96 年至 104 年辦理建置作業，共計完成 5,712 圖幅建置，並於建置期間持續辦理圖資更新作業。本研究山坡地可能農路萃取，主要係以道路中線(ROAD)、道路節點(RDNODE)等兩項圖資作為底圖進行分析萃取，其中，道路中線(ROAD)圖層係以線圖元方式記錄，路段以道路等級、道路結構及路段名稱進行分割，依據臺灣通用電子地圖測製說明，各平面道路交叉口均需要有節點，並以道路節點(RDNODE)作為道路線段之起訖點依據，即平面交叉路口之道路中線需斷線，如圖 7 所示。該圖資分布如圖 8 所示。

## 3.2 可能農路篩分作業

根據1999年發布『行政院農業委員會農路養護管理要點』第二條規定：「本要點所稱農路，係指農產及生產資材運輸，路寬在6.0公尺以下，3.0公尺以上(山坡地得視需要降低至2.5公尺) 未依公路法管理且由本會輔建或改善之農用道路。」，另依據2019年修正發布「農路設計規範」第12條規定，「既有農路之改善及維護」係指路基寬度2.5公尺以上6.0公尺以下未依公路法管理之既成農用道路改善及維護。

綜上所述得知，農路係指路基寬度2.5公尺以上6.0公尺以下未依公路法管理之既成農用道路，至於是否由農委會輔建或改善者，因年代久遠，中央政府及各地方政府人事更迭或退休，已經很難有效區分。因此，本研究從廣義的角度提出農路定義，即位於山坡地非屬一般公路、原住民部落聯絡道、部分林道、私有(設)道路、園內道及作業道，且路基寬度介於2.5公尺至6.0公尺者，即稱之為農路。其中，已登錄於水土保持局農路圖資者稱為「編號農路」，而符合前述定義但尚未編號且無實施農路改善工程者，即稱為「未編號農路」，為本研究首要確認之目標。據此本研究採用臺灣通用電子地圖萃取位於山坡地內之可能農路，其萃取作業原則如下：

1. 以「臺灣通用電子地圖」套疊山坡地範圍，初步建置「山坡地各級道路圖資」。
2. 以「山坡地各級道路圖資」作為底圖，逐步排除一般公路、林道、原住民部落聯絡道、編號農路、既有未編號農路、其他道路(臺灣通用電子地圖中 RE、BR、OE)等已知道路，剩下未歸屬者，即為「全臺山坡地可能農路」圖資。

**表 1 全臺各縣市別可能農路數量統計表**  
Table 1 Statistics of possible agricultural roads on hillsides in Taiwan

縣市別	水保法 山坡地 面積 (萬 ha)	可能農路			
		山保條例山坡地內		林班地內	
		條數	長度 (km)	條數	長度 (km)
臺北市	1.5	4,443	568	140	25
新北市	18.5	26,246	3,562	430	112
桃園市	5.6	10,330	1,323	131	41
臺中市	15.9	24,453	2,986	1,146	328
臺南市	8.4	21,269	2,682	4,022	743
高雄市	22.5	21,681	2,895	2,638	705
基隆市	1.3	4,476	420	80	11
新竹市	0.4	2,166	216	0	0
嘉義市	0.1	762	75	6	3
新竹縣	12.4	13,710	2,128	80	43
苗栗縣	15.8	24,485	3,102	450	96
彰化縣	1.3	5,795	568	167	20
南投縣	39.8	32,441	5,184	3,579	995
雲林縣	1.5	2,170	364	323	76
嘉義縣	11.8	21,264	2,610	2,949	792
屏東縣	18.5	11,234	2,209	430	181
宜蘭縣	18.6	3,976	882	318	149
花蓮縣	41.7	12,015	2,041	828	280
臺東縣	33.2	12,149	2,350	417	173
澎湖縣	0.0	0	0	0	0
合計	268.8	255,065	36,165	18,134	4,773

### 3.2 可能農路篩分結果

結果顯示，位於山坡地保育利用條例定義之山坡地內之可能農路計有255,065條，總長為36,165公里；位於林班地內之可能農路計有18,134條，總長為4,773公里。兩者合計高達273,199條，總長度為40,938公里，各縣市統計如表1。茲以新北市(如圖9)、苗栗縣(如圖10)為例，其道路型態各有不一，本研究集中於山坡地範圍為主。特別說明，條數統計方面，採臺灣通用電子地圖之道路(ROAD)圖資分段方式，不做裁斷或合併，其圖資一致可對照。此外，若有跨區情形產生，以其所占長度大者為主，即道路形心位置所在處劃分。長度統計則以該條道路在區域內之長度計算。

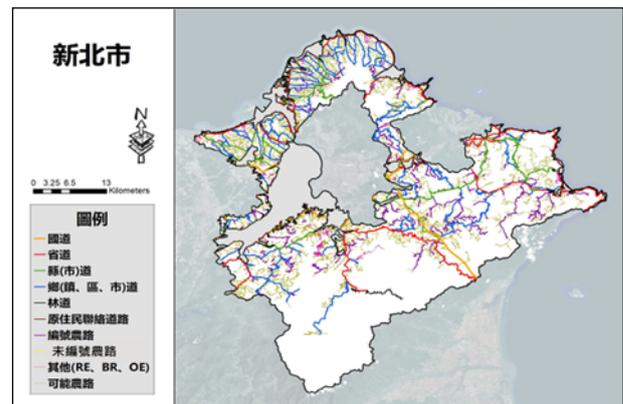


圖 9 新北市各類型道路分布圖

Fig 9 Distribution map of various types of roads in New Taipei City

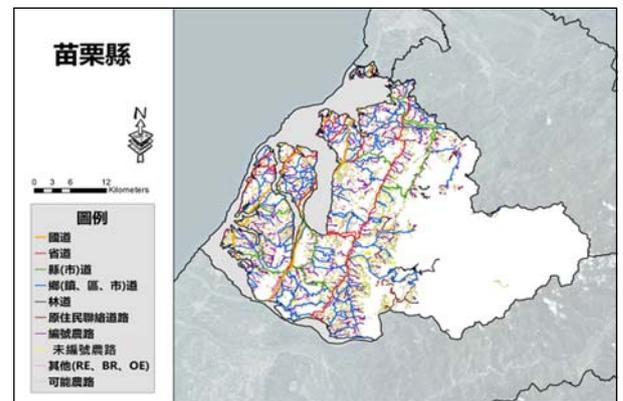


圖 10 苗栗縣各類型道路分布圖

Fig 10 Distribution map of various types of roads in Miaoli County

## 四、現地複核

### 4.1 複核區域

選取適當土石流自主防災社區進行可能農路現地複核工作外。篩選依據『109年坡地防災及維生通道智慧路網精進，水土保持局(2020)』之自主防災社區風險分析成果，選取其中水土保持局各分局風險最高者，其山坡地道路調查成果相對有代表性，結果如表2所示。

表 2 現地複核區域一覽表

Table 2 On-site verification of regional screening results

項次	分局名稱	土石流自主防災社區	面積(公頃)	可能農路(條)	符合未編號農路(條)
1	臺北分局	宜蘭縣南澳鄉澳花村	7,688	48	33
2	臺中分局	臺中市太平區黃竹里	2,389	289	199
3	南投分局	嘉義縣中埔鄉東興村	1,398	485	205
4	臺南分局	高雄市桃源區桃源里	9,561	88	39
5	臺東分局	臺東縣大武鄉大竹村	1,952	90	46
6	花蓮分局	花蓮縣壽豐鄉池南村	1,349	129	85
合計			24,337	1,129	607

## 4.2 現地複核方法

### 4.2.1 現地複核目的

可能農路現地複核之主要重點，在於排除非屬農路者，現地複核流程如圖11所示，包括：

1. 平均路基寬度：平均路基寬度小於 2.5 公尺或大於 6.0 公尺者。現地複核時，選取三處斷面量測路基寬度，再行平均之。其中，三處斷面量測位置係以道路起、訖點及道路中間點進行量測，其道路起訖點係依據通用電子地圖道路節點作為可能農路之起訖點位置。
2. 私設道路：主要是道路設有路障者。現地複核時，如為私設道路則不予以量測記錄路基寬度。
3. 園內道或作業道：起訖點無銜接道路或訖點無銜接其他道路者。於現地複核時，如該路段為訖點無銜接其他道路者，或該路段明顯位於耕作果園內，將其歸屬為園內

道或作業道，其路基寬度也不予以量測記錄。

### 4. 圖資有標示道路，惟實際現地無道路者。

由於前述各種狀況無法完全於圖層中直接判釋，故必須通過現地複核方式予以確定，藉以完整山坡地未編號農路之分布圖層。有關上述提及之道路型態如圖12所示。

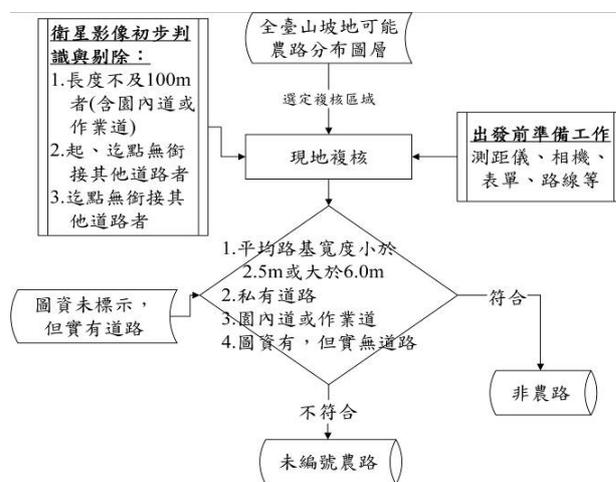


圖 11 現地複核流程圖

Fig 11 Flow chart for on-site review



圖 12 現地複核案例示意

Fig 12 On-site review indication case

表 3 宜蘭縣現地複核實作案例

Table 3 A case study of on-site review in Yilan County

現勘 流水號	圖資 道路 寬度 (m)	圖資 道路 長度 (m)	起點 路基 寬度 (m)	中點 路基 寬度 (m)	終點 路基 寬度 (m)	平均 路基 寬度 (m)	非農路判釋條件				複 核 結 果	道路 類型
							平均路 基寬度 不符	園內道 或作業 道	私設 道路	圖資有標示 道路,現地卻 不屬道路者		
澳花001	6	24.98	4.5	3.7	4.5	4.2					●	未編號農路
澳花002	3	49.81	4.2	4	4.1	4.1					●	未編號農路
澳花003	3	1691.19	4.4	3.9	2	3.4					●	未編號農路
澳花004	4	100.12	6.7	3.7	3.4	4.6					●	未編號農路
澳花005	5	122.45	3.7	4.8	4.7	4.4					●	未編號農路
澳花006	3	8.53	4.1	4.4	5.6	4.7					●	未編號農路
澳花007	5	153.24	2.5	3.3	6.5	4.1					●	未編號農路
澳花008	3	104.25	現地無道路			-				V	X	圖資有標示 道路,現地卻 不屬道路者
澳花009	3	176.60	2.5	2.9	2.7	2.7					●	未編號農路

### 4.3 現地複核結果

以宜蘭縣南澳鄉澳花村為例，茲舉部分可能農路為例，如表3所示，原則每條路選取三處量測平均路寬並依現場判釋是否為農路，如表4所示，宜蘭縣南澳鄉澳花村共計48條可能農路，33條屬於未編號農路，分布案例以臺中市太平區黃竹里為例，如圖13所示。

總計6區可能農路共計有1,129條，透過現地複核作業確認是否為未編號農路，如表5所示，道路型態屬非農路，共計有399條，其中包含平均路基寬度不符，共計有192條；私設道路，共計有161條；園內道或作業道，共計有46條；屬未編號農路，共計有607條(607條/1,129條=53.8%)。

## 五、山坡地編號農路與可能農路

### 5.1 平均長度差異

依篩分結果，位於山坡地(山坡地保育條例所定義)可能農路條數計255,065條，總長

度36,165公里；林班地內之可能農路條數計18,134條，總長度4,773公里。目前編號農路合計8,678條，總長度達12,857公里，平均每條農路長度1.48公里。而本研究所分析之山坡地可能農路，平均長度僅為0.14公里，位於林班地內之可能農路，平均長度僅為0.26公里，與1.48公里有不小的差距。原因在於，所採用分析之通用版電子地圖道路圖資，只要於交叉口或轉折段等，均視為單一段道路，因此產生條數偏高而平均長度即偏低之狀況。

表4 宜蘭縣南澳鄉澳花村可能農路  
現地複核結果統計

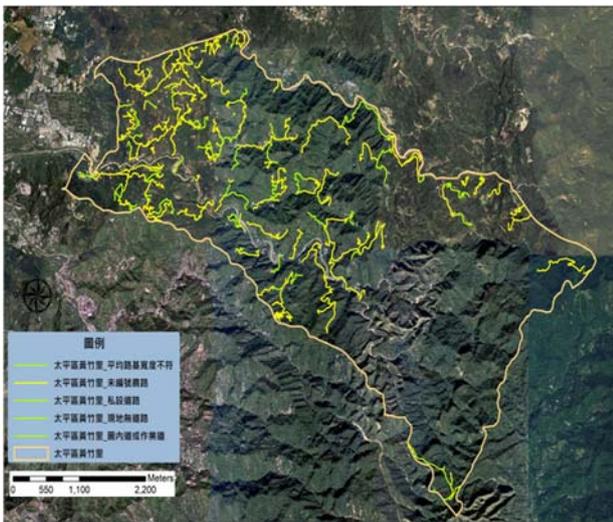
Table 4 A case study of on-site review in Yilan County

可能農路現地複核狀況		條數	百分比(%)
與圖資 符合	未編號農路	33	68.74
	平均路基寬度不符	5	10.42
	私設道路 (道路設有路障)	5	10.42
與圖資 不符	圖資有標示道路， 現地卻不屬道路	5	10.42
總計		48	100.00

**表 5 本研究可能農路現地複核執行結果**

Table 5 The results of this study may be carried out on-site review of agricultural roads

項次	自主防災社區	可能農路(條)	與圖資符合				與圖資不符
			未編號農路(條)	平均路基寬度不符(條)	私設道路(條)	園內道或作業道(條)	圖資有標示道路，現地卻不屬道路(條)
1	南澳鄉澳花村	48	33	5	5	0	5
2	太平區黃竹里	289	199	8	39	26	17
3	中埔鄉東興村	485	205	134	72	3	71
4	桃源區桃源里	88	39	21	10	4	14
5	大武鄉大竹村	90	46	13	5	10	16
6	壽豐鄉池南村	129	85	11	30	3	0/0
合計		1,129	607	192	161	46	123



**圖 13 臺中市太平區黃竹里可能農路  
現地複核結果道路屬性分布圖**

Fig 13 Road attribute distribution map of the on-site review results of Huangzhuli May Farm Road in Taiping District, Taichung City

## 5.2 新增數量

水土保持局既有之山坡地編號農路合計 8,678 條，總長度 12,857 公里。其中，位於山坡地者計 4,711 條，總長度 7,176 公里。山坡地農路篩分成果，萃取全臺山坡地可能農路結果進行縣市別統計，並將其與已編號農路進行新增條數之差異性分析，其統計結果如表 6 及表 7 所示。由上表可知，於山坡地內可能農路共計有 273,199 條，總長度為 40,938 公里，而既有山坡地農路長度為 12,857 公里，新增率達 318.41% (約 3 倍)。這結果顯示，山坡地內確實存在一定量未編號之可能農路。

**表 6 山保條例山坡地編號農路與  
可能農路統計表**

Table 6 Mountain Protection Regulations Hillside Numbering Agricultural Roads and Possible Agricultural Roads Statistics Table

縣市別	水保法 山坡地面積 (萬公頃)	山保條例山坡地內 編號農路		可能農路		可能農 路新增 率%
		條數	長度 (公里)	條數	長度 (公里)	
臺北市	1.5	0	0	4,443	568	∞
新北市	18.5	255	565	26,246	3,562	630.44
桃園市	5.6	91	161	10,330	1,323	821.74
臺中市	15.9	323	533	24,453	2,986	560.23
臺南市	8.4	253	274	21,269	2,682	978.83
高雄市	22.5	231	268	21,681	2,895	1080.22
基隆市	1.3	35	89	4,476	420	471.91
新竹市	0.4	10	11	2,166	216	1963.64
嘉義市	0.1	4	4	762	75	1875.00
新竹縣	12.4	325	385	13,710	2,128	552.73
苗栗縣	15.8	559	826	24,485	3,102	375.54
彰化縣	1.3	128	151	5,795	568	376.16
南投縣	39.8	636	1,247	32,441	5,184	415.72
雲林縣	1.5	109	160	2,170	364	227.50
嘉義縣	11.8	390	498	21,264	2,610	524.10
屏東縣	18.5	115	208	11,234	2,209	1062.02
宜蘭縣	18.6	99	184	3,976	882	479.35
花蓮縣	41.7	518	617	12,015	2,041	330.79
臺東縣	33.2	630	995	12,149	2,350	236.18
澎湖縣	0	0	0	0	0	0.00
合計	268.8	4,711	7,176	255,065	36,165	503.97

**表 7 林班地編號農路與可能農路統計表**  
Table 7 Statistics of Numbered Agricultural Roads and Possible Agricultural Roads in compartment boundary

縣市別	水保法 山坡地面積 (萬公頃)	林班地				可能農 路新增 率%
		編號農路		可能農路		
		條數	長度 (公里)	條數	長度 (公里)	
臺北市	1.5	0	0	140	25	∞
新北市	18.5	13	50	430	112	19.82
桃園市	5.6	8	24	131	41	25.47
臺中市	15.9	23	56	1,146	328	61.54
臺南市	8.4	35	43	4,022	743	271.17
高雄市	22.5	45	58	2,638	705	263.06
基隆市	1.3	2	4	80	11	12.36
新竹市	0.4	0	0	0	0	0.00
嘉義市	0.1	0	0	6	3	∞
新竹縣	12.4	3	33	80	43	11.17
苗栗縣	15.8	20	48	450	96	11.62
彰化縣	1.3	20	20	167	20	13.25
南投縣	39.8	137	362	3,579	995	79.79
雲林縣	1.5	25	43	323	76	47.50
嘉義縣	11.8	163	322	2,949	792	159.04
屏東縣	18.5	7	29	430	181	87.02
宜蘭縣	18.6	16	33	318	149	80.98
花蓮縣	41.7	14	39	828	280	45.38
臺東縣	33.2	7	17	417	173	17.39
澎湖縣	0	0	0	0	0	0.00
合計	268.8	538	1,181	18,134	4,773	66.51

## 六、可能農路與未編號農路數量推估

本研究通過通用電子地圖篩分萃取結果顯示，全臺山坡地可能農路高達273,199條，總長度為40,938公里，惟每條可能農路平均長度僅為149.8公尺。分析其原因，主要是通用電子地圖在道路的分段方式，係以道路交叉路口作為起、迄節點，凡遇有路口者，即為該路段的迄點，並為下一路段的起點，如上圖6所示。

由於這種分段方式可能會將完整的一條道路切割成若干條道路，從而導致可能農路數量暴增，徒增管理與治理上之困難。因此，本研究從道路長度、路段整併及現地複核結果等三個面向，推估未編號農路之可能數量，包括：

### 1. 路段整併

考量山坡地可能農路之平均長度太短而影響管理與治理效率，實有必要加以整併。因此，本研究運用ArcGIS Dissolve技術，將

未編號農路中相鄰屬性(4W、4U、RD、AL、OT、OR等)相同路段予以整併。本研究將273,199條可能農路採以上述方式進行整併，經整併後，可能農路自273,199降為221,026條，其條數減少率為19.1%。

### 2. 排除較短道路

根據既有編號農路長度分布，於8,678條編號農路中，長度小於150公尺者，僅占2.1%，顯示多數編號農路長度大於150公尺，如表8所示。因此，本研究建議將整併後之可能農路中，其道路長度仍小於150公尺者，暫時排

除納入可能農路統計。據此，統計整併後之可能農路且長度小於150公尺者，數量達76,503條，其降幅達65.4%；換言之，221,026條整併後之可能農路，經刪除長度小於150公尺之道路，則可能農路可降為76,503條，此部分之可能農路稱之為「合理可能農路」，如表9所示。

**表 8 既有編號農路長度統計分析表**

Table 8 Statistical Analysis Table of Length of Agricultural Roads with Existing Numbers

路段長度	條數	比例(%)
$L \leq 150 m$	183	2.1
$150 m < L \leq 300 m$	598	6.9
$300 m < L \leq 500 m$	1,054	12.1
$500 m < L \leq 1000 m$	2,659	30.7
$> 1000 m$	4,184	48.2
合計	8,678	100

**表 9 山坡地可能農路路段整併與路段整併分析成果**

Table 9 Analysis results of consolidation of possible agricultural road sections on hillsides and road sections

整併前			
條數	總長(公里)	平均長度(公尺/條)	
<b>273,199</b>	40,937	150	
整併後			
條數	總長(公里)	平均長度 (公尺/條)	條數減少率(%)
<b>221,026</b>	40,937	185	19.1%
再刪除小於 150 公尺者			
條數	總長(公里)	平均長度 (公尺/條)	條數減少率(%)
<b>76,503</b>	31,339	410	65.4%

**表 10 可能農路及未編號農路數量推估表**  
Table 10 Estimated number of possible agricultural roads and unnumbered agricultural roads

推估考量因素	道路屬性	條數	比例 (%)
1.內政部臺灣通用電子地圖篩分萃取	可能農路	273,199	100.0
2.路段同屬性整併	可能農路	221,026	80.9
3.排除道路長度	合理可能農路	76,503	28.0
4.依據現地複核比例	未編號農路	41,541	15.2

## 七、結論與建議

### 7.1 結論

- 1.未編號農路與既有已編號農路其功能相同，是農村經濟和農業發展的重要基層設施，也同等重要，因此本研究結果可供相關單位後續執行之參考，得提升及維護山坡地住民行動安全。
- 2.篩分成果：經內政部臺灣通用電子地圖篩分山坡地可能農路，合計高達 273,199 條，總長度為 40,938 公里。其中，位於山坡地(山坡地保育條例所定義)可能農路條數計 255,065 條，總長度 36,165 公里；位於林班地內之可能農路條數計 18,134 條，總長度 4,773 公里。
- 3.現地複核：本研究已完成 6 區可能農路現地複核作業。結果顯示：6 區可能農路合計有 1,129 條，而與圖資相符者共計有 1,006 條，吻合度達 89.1%。其中，符合農路定義之未編號農路者計有 607 條；不符合定義者，即寬度不合、作業道或園內道或私設道路計有 399 條，因此篩分率為 53.8%(607 條/1,129 條)。
- 4.相較於山坡地編號農路(數量 5,249 條，總長度為 8,357 公里)，本研究篩分萃取出可

能農路數量相當龐大，其數量較編號農路高出 52 倍。

### 7.2 建議

全臺山坡地可能農路高達 273,199 條，數量極其龐大，恐影響後續實施現地複核工作之人力及財力成本支出，因而必須發展更有效率且快速的複核方法，以利後續執行。因此，本研究建議採用路段整併及刪除路段長度小於 150 公尺之兩種措施，有效降低可能農路數量。據初步推估結果顯示，實施路段整併及刪除路段長度小於 150 公尺後之可能農路，其數量可以自 273,199 條減少至 76,503 條，減少幅度達 72%，效果極為顯著。

## 八、誌謝

本研究為『109年山坡地農路篩分與複核』研究計畫之部分成果，前揭計畫承蒙行政院農業委員會水土保持局經費支持，研究過程蒙水土保持局保育治理組高組長伯宗、水庫保育科蔡科長明發及多位委員先進等不吝提供諸多指正與協助，謹致謝忱。

## 九、參考文獻

- 1.「行政院農業委員會農路養護管理要點」，行政院農業委員會水土保持局(2000)。
- 2.「土石流潛勢溪流劃設作業手冊」，行政院農業委員會水土保持局(2016)。
- 3.「農路設計規範」，行政院農業委員會水土保持局(2019)。
- 4.「109年坡地防災及維生通道智慧路網精進」(執行中)，行政院農業委員會水土保持局(2020)。
- 5.「公路法」，交通部公路總局(2015)。

## 坡地防災及維生通道路網建置及致災潛勢劃定之研究

### Research on Establish Disaster Prevention and Life-saving Passageway and Delineation of Disaster Potential

林書豪<sup>1</sup>、林曉萱<sup>2</sup>、陳冠璋<sup>3</sup>、廖經樞<sup>3</sup>、劉冠承<sup>3</sup>

Shu-Hao Lin<sup>1</sup> Shiau-Shiuan Lin<sup>2</sup> Guan-Wei Chen<sup>3</sup> Jing-Hua Liao<sup>3</sup> Guan-Cheng Liu<sup>3</sup>

1.逢甲大學土木水利工程與建設規劃博士學位學程(通訊作者：E-mail: linsh@mail.fcu.edu.tw)

2.行政院農業委員會水土保持局保育治理組水庫保育科

3.逢甲大學水利工程與資源保育學系

1.Ph.D. Program for Civil Engineering, Water Resources Engineering, and Infrastructure Planning, Feng Chia University, Taichung 407, Taiwan

2.Water and Soil Conservation Bureau, Conservation Management Team, Reservoir Conservation Division, Nantou 540, Taiwan

3.Department of Water Resources Engineering and Conservation, Feng Chia University, Taichung 407, Taiwan

#### 摘要

全球氣候變遷所導致的極端氣候，各種災害的發生強度及頻率愈來愈大、導致多處山區聚落及坡地社區因道路中斷而失去對外聯繫，搶救災相關資源易受其影響而難以第一時間投入。因此，災前預防性疏散避難及維持災害發生之搶救維生通道，顯得格外重要。鑒此，本研究依水土保持局所輔導550區土石流自主防災社區為基礎，建立可涵蓋全台範圍之坡地防災及維生通道區域路網計202個。後各道路以每200公尺為原則，劃分197,551段分析其致災潛勢，共劃定高潛勢982段、中潛勢19,461段、低潛勢177,108段。此資訊可供相關單位及民眾參酌，了解串接山區聚落或坡地社區至疏散避難處所之路線、災時較高潛勢之路段；當交通要道中斷時，以防災及維生通道作為替代道路，以利爭取防、救災及相關資源投入之時效性。

關鍵字：防災路網、山坡地防災、土石流自主防災社區

#### Abstract

The extreme climate caused by global climate change, the increasing intensity and frequency of various disasters, has caused many settlements to lose external contact due to road interruption, and disaster-related resources are vulnerable to its impact and difficult to invest in the first time. Therefore, pre-disaster preventive evacuation and maintenance of rescue and life-saving channels are particularly important. In view of this, this study is based on 550 autonomous disaster prevention communities under the guidance of the Bureau of Water and Soil Conservation, and established a total of 202 regional road networks covering slope disaster prevention and



life-sustaining channels throughout Taiwan. The subsequent roads are divided into 197,551 sections to analyze their hazard potential based on the principle of every 200 meters. A total of 982 sections with high potential, 19,461 sections with medium potential and 177,108 sections with low potential are delineated. This information can be used by relevant units and the public to learn about the routes connecting mountainous settlements or sloping communities to evacuation shelters, and road sections with higher potential during disasters; when traffic arteries are interrupted, disaster prevention and survival channels are used as alternative roads, In order to strive for the timeliness of prevention, disaster relief and related resource input.

**Key Word : Disaster Prevention Road Network, Disaster Prevention, Debris Autonomous Disaster Prevention Community**

## 一、前言

行政院農業委員會（以下簡稱農委會）水土保持局（以下簡稱水保局）為達和諧山林、智慧防災願景，分別於2018年3、4月舉辦第一屆「土砂論壇」，廣邀各界先進與專家學者討論後獲致共識，並研擬修正提出「8+1大策略」，分別為「坡地管理專責與協作」、「國家級地圈資訊建置與整合」、「全方位地圈監測物聯網建置」、「整合型地圈警戒技術研發」、「地圈決策智慧雲建置」、「創新型保育治理技術開發」、「國土永續利用與管理」、「提升基層防災力量」及「坡地防災及維生通道管理」，爰此水保局遂研提「坡地防災及維生通道改善計畫」以建構完善坡地防災及維生通道。依據災害防救法，農委會為土石流災害防救業務之中央主管機關，且掌管全國農業改良、生產與運銷工作，執掌範圍囊括農、林、漁、牧等四大類，攸關全民福祉。然各級道路分布於廣大的山坡地，以往坡地土石流易致災重點區或坡地聚落並未有完整且明確的防災及維生通道規劃與跨域整合之概念，為因應全球氣候變遷環境情勢，依據農委會2018年第六次全國農業會議四大主軸中「永續」議題結論方針及水保局土砂論壇「坡地防災及維生通道管理」策略，需由農委會水

保局協調縣市政府等相關單位，共同辦理坡地防災及維生通道之改善，以建構完善坡地防災及維生通道。

## 二、相關文獻

本研究蒐集國外防災道路之相關文獻，擬定適用於臺灣之坡地防災及維生通道，由於全球地理環境各異，而臺灣與日本之地理環境類似：山區道路狹窄、地勢陡峻，故以日本研究與文獻為主。

### 2.1 防災道路的分類與寬度

防災道路可根據其寬度規劃不同機能：

1. 中華民國都市計畫學會(1997)依據日本防災經驗，針對避難路線系統以層級劃分的方式，視現有道路的地理位置、實質空間條件等，分別賦予不同的機能：**A. 緊急道路**：20公尺以上聯外及主要道路。**B. 救援輸送道路**：11至20公尺次要道路。**C. 避難輔助通道**：5至10公尺道路為主要劃設對象。此一道路層級的劃設，主要作為在各個指定避難場所、防救災據點之設施無法連接前兩種層級的道路網時，必須劃設一輔助性的路徑來連絡其他避難空間、據點或前兩種層級的道路，即防災維生通道。



2.三船康道(1998)認為避難道路寬度原則上應以 15 米以上為準，但無 15 米以上道路時，則以 7.5 米以上為之。

3.Odani 等人(1998)調查日本阪神大地震後之道路行為時，發現如果道路寬度大於 12 公尺以上，其於在震災後仍可維持基本道路功能，但如果道路寬度在 8 公尺以下，就可能會發生不同程度的阻斷情形。

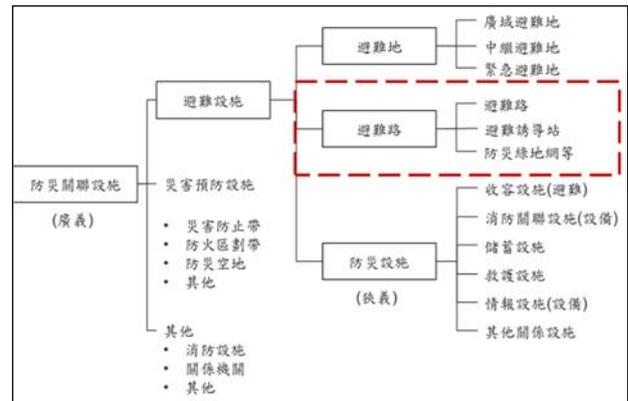
## 2.2 防災道路的功能

防災道路構築暢通穩定的交通是一重要課題。此外通往各防災設施之規劃亦為關鍵點：

1.如何在災時保持順暢聯外交通是一項極為重要的課題，日本在防災道路規劃最早也最完整，摘錄如下：**A.日本道路協會(2002)：**「道路震災對策」中，針對道路在震災前、震中、震後之整備、應變、復原時等擬出相關對策，包含道路如何搶通、補強、緊急調查、交通管制、二次災害防止。**B.Tsukaguchi(1999)**針對阪神地震之住宅地區街道的破壞進行分類工作，該研究依道路被破壞程度做等級區分。

2.日本國土廳大都市整備局(1999)以廣義角度將都市防災設施以下圖 1 方式加以歸納其不同設施的定位及關連性。

3.«日本國土廳大都市整備局(1999)»指出，「防災設施」指的是消防和救助的相關設施，但是以防災都市計畫的領域來看時，則泛指一切防災上必要的相關設施及設備，所涵蓋的意義範圍較廣，因此某些設施雖不具消防和救助機能，但在都市防災計畫中，仍然被定義為防災設施。下表 1 則為一些常用之都市防災設施用語，其所具備的都市防災機能及對應之空間。



原始資料來源：日本國土廳大都市整備局(1999)

圖 1 都市防災設施關係圖

Fig 1 Map of Urban Disaster Prevention Facilities

表 1 日本都市防災設施、機能與空間  
Table 1 Urban disaster prevention facilities, functions and spaces in Japan

都市防災設施	都市防災機能	都市空間
防災空地	防止起火、火源延燒	(防災活動據點)公園
防火區劃帶	阻隔火災的延燒擴大	寬廣道路、河川、鐵路、面積一定規模以上之集合住宅
災害防止帶	確保避難道路 確保完結避難	避難道路沿線之不燃空間 避難場所周邊之不燃空間
避難道路	確保避難道路	寬 15m 以上之計畫道路
避難場所	確保完結避難	公園、大規模集合住宅、大規模機關用地、大學、下水處理場、河川岸邊
自然水利	滅火	河川

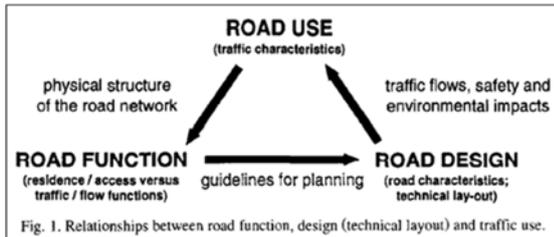
原始資料來源：日本國土廳大都市整備局(1999)

## 2.3 防災路網的概念

串聯防災路網，可大幅提升防災效能及其交互能力：

1.«基於可持續土地利用之農村公路網規劃，景觀與城市規劃期刊(美)，1997»：防災路網之建立有助於地方交通之平衡與穩定，其穩定性與各項因子(如道路成本、居民安全、生態)間交互作用，如圖 2 所示。

- 2.室崎益輝(1995)於「阪神大震災後的復興計劃」,指出應將都市交通路網對應都市空間,做為構成廣域防災交通之基礎,指出都市交通路網和防災路網之間,有著相當密切之關係。
- 3.持續規劃及完善易致災地區(即自主防災社區),對於社區管理及自救能力的提升顯得相對重要,在「以規劃之力創建抗災社區,美國規劃協會期刊(美),2007」中提到以下三點:
  - A.對於暴露於自然災害的區域鼓勵適當的地方規劃方案。
  - B.幫助地方政府制定承諾和改變他們管理危險區域的能力。
  - C.持續建立完善路網及共享道路資訊,可使公眾對自然災害相關的背景知識及基礎認知增加。



原始資料來源: Approaches for the planning of rural road networks according to sustainable land use planning, 1997

圖 2 地方交通之平衡與穩定關係圖

Fig 2 Diagram of the relationship between balance and stability of local transportation

### 三、坡地防災及維生通道之定義

「坡地防災及維生通道係指位於山坡地土砂災害潛勢區周遭之各級道路(包含省線、縣市道、鄉鎮區市道、農路、林道等),且具備疏散避難、災害搶救、救援物資運送、幼老傷患後送等相關緊急救援協助等功能者。」上揭土砂災害潛勢區包含土石流自主防災社區、山坡地易致災地區、土砂災害重點聚落、土石流災害高潛勢區及道路易中斷區等。

### 3.1 通道類別

民眾生活習慣上採用省道,縣(市)道,鄉(鎮、區、市)道作為主要幹道,惟本研究將農路、林道或其他道路(產業道路、市區道路)避難道路納入,建構各級道路與鄰近自主防災社區、避難處所或聚落間所構成之防災路網。

### 3.2 通道寬度

因坡地防災及維生通道無相關規範,可參考農路設計規範,考量寬度、坡度及曲率半徑做為依據。根據上述國外相關文獻,若以緊急防災通道概念而言,寬度三公尺較能使一般車輛通行。

### 3.3 管轄與養護

防災路網內屬地方政府權責者由地方政府管理維護,若為非編號道路者尚涉及林道、防汛道路及歷史久遠不可考的道路,其權責仍須個別審視之。

## 四、坡地防災及維生通道路網

### 4.1 道路圖層

本研究蒐集各級道路圖層,包含道路總圖層採用109年內政部通用電子地圖之道路圖資(ROAD)、省道、縣(市)道、鄉(鎮、區)道使用交通部運輸研究所108年圖資,農路使用水土保持局100年編號農路圖資(與104年圖資資料相同),林道使用林務局108年圖資,如圖3所示。

### 4.2 防救災資源與人口密集點

本研究蒐集易成孤島地區、原住民部落、聚落、疏散避難處所及收容所等圖資,如下說明:

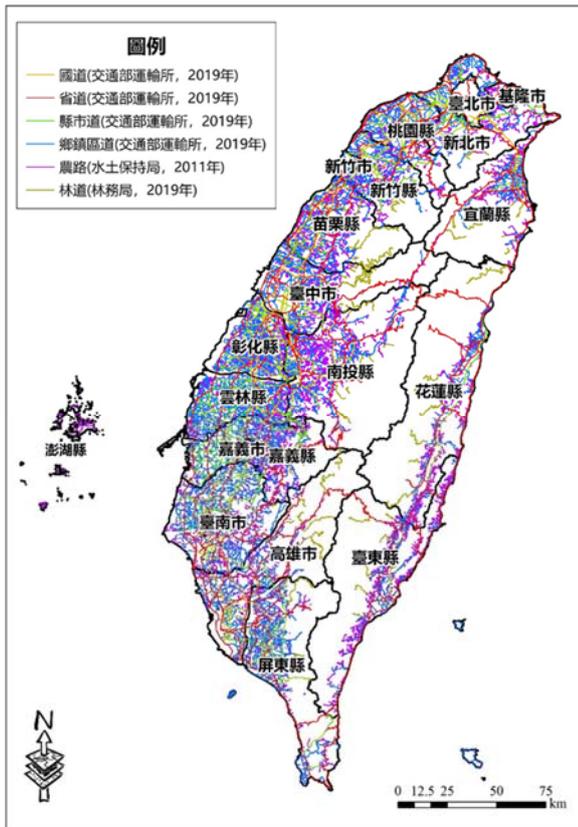


圖 3 地方交通之平衡與穩定關係圖

Fig 3 Road distribution map at all levels

1. 易成孤島地區：採「109 年內政部易成孤島地區圖資(109/6/5)」，計 185 處」。
2. 原住民部落：採「108 年原住民委員會之原住民部落圖資(109/7/3)」，共計 745 處。
3. 聚落：採「107 年國家災害防救科技中心之聚落圖資」，共計處 1,194 處。
4. 疏散避難處所、收容所：採「107 年國家災害防救科技中心圖資」。

### 4.3 防災路網串聯

1. 路網總量：本研究將 550 區土石流自主防災社區中，各級道路、人口密集點、避難處所及收容所等進行串聯與路網之劃設，完成共計 202 個路網，如圖 4；總長度為 31351km，如表 2 所示，並劃分水土保持局六個分局個別統計。

2. 路網類型：路網類型：根據坡地及防災維生通道路網之型態，大致有三種樣態，單一路線型、主替代道路型、穩定路網型：

- (1) 單一路線型：原住民部落、聚落或易成孤島地區行至避難處所或相對安全區域間，僅有單一聯外道路，惟該道路仍可能有部分道路與其他細小道路交錯共線，但仍以主要道路為主，此道路相對重要，且現況無其他可行之替代道路，此一情形則需加強維持該道路(坡地防災及維生通道)之穩定，如圖 5。
- (2) 主替代道路型：同上述情形，但替代道路與主要道路提供相同功能，大多數當地民眾仍會以主要道路為主，如圖 6。
- (3) 穩定路網型：道路網絡之結構相對穩定，多條主替道路相互交織，道路中斷風險也隨之下降，如圖 7。

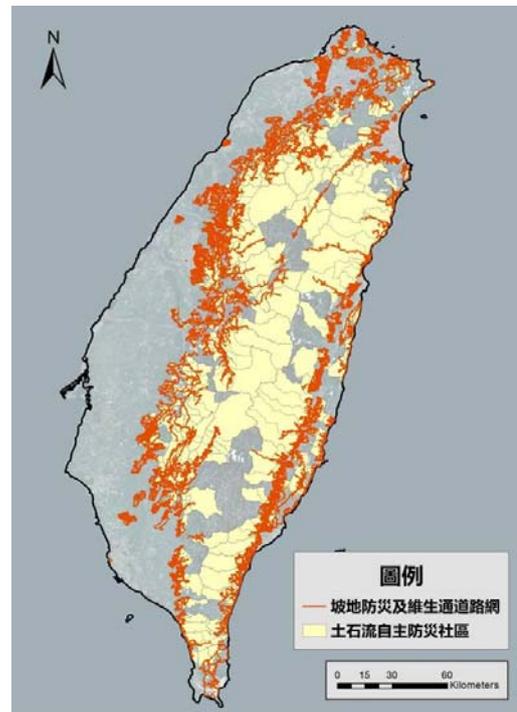


圖 4 全台防災路網分布圖

Fig 4 Taiwan Road Network Distribution Map

表 2 水土保持局各分局路網統計表

Table 2 Road network statistics table of each branch of the Water and Soil Conservation Bureau

項目	臺北分局	臺中分局	南投分局	臺南分局	臺東分局	花蓮分局	總計
路網數量	50	33	36	32	29	22	202 (個)
自主防災社區	187	68	120	92	26	57	550 (區)
鄉(鎮、區、市)道	531	332	477	287	205	106	1,938 (km)
編號農路	1,059	966	1,847	427	1,338	543	6,180 (km)
林道	33	135	96	98	63	88	513 (km)
其他道路	4,980	6,769	994	3,858	3,566	2,553	22,720 (km)
總計	6,603	8,202	3,414	4,670	5,172	3,290	31,351 (km)

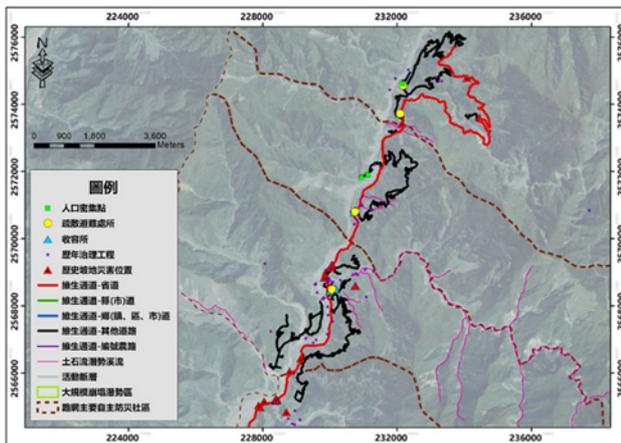


圖 5 防災路網—單一路線型(EDP002 高雄)  
Fig 5 Disaster Prevention Road Network-Single Route Type (EDP002 Kaohsiung)

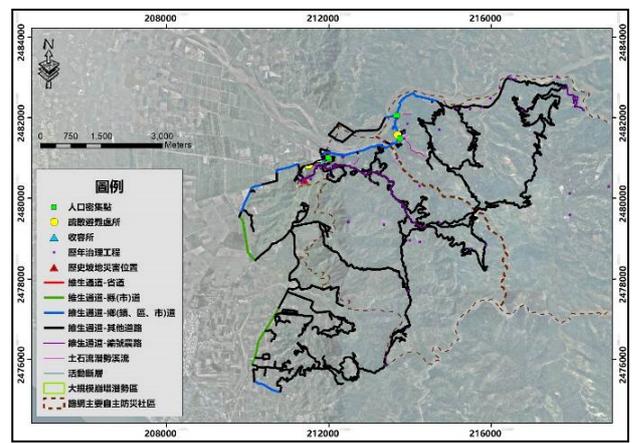


圖 7 防災路網—穩定路網型(TDP007 屏東)  
Fig 7 Disaster prevention road network-stable road network type (TDP007 Pingtung)

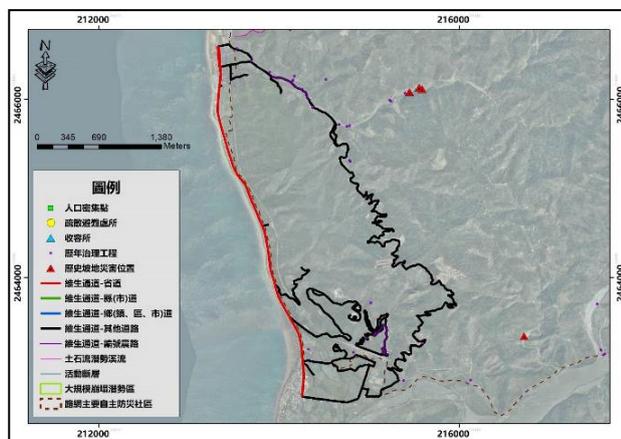


圖 6 防災路網—主替代道路型(TDP009 屏東)  
Fig 6 Disaster Prevention Road Network-Main Alternative Road Type (TDP009 Pingtung)

## 五、坡地防災及維生通道致災潛勢

本研究進一步劃分路網之致災潛勢，亦作為相關單位之參考，本研究考量保全對象位置、避難處所及相關災害資訊等相關因子，將防災路網適度分段及分級：

### 5.1 致災潛勢分析方法

#### 1.分段方式

分段方式取決於所分析每種道路的總長度或平均長度，若分析標的長度較長，則分析尺度宜取較長，避免同一路段被切分過

細，反之分析目標的長度較短，則分段長度不宜取過長，否則無法有效區分同一道路之風險。

故統計分析本研究防災路網長度，如表3所示，由於主要目的係使各防災路網道路盡可能須區分高、中、低風險潛勢，提高分析段的代表性，因此取用中間值(中位數)－176公尺相對合理，表示此值可將數值集合劃分為數量相等的上下兩部分，惟分段長度值仍須考量數值之理想化(以利里程規劃或查找方便等)，故採長度200公尺作為一分段單元。

## 2.分級方式：

主要分為保全對象、避難處所、歷史災害紀錄及土石流潛勢溪流等四大指標，如表4所示，乃參考自「坡地防災及維生通道調查規劃及智慧路網建置，2019」調整，該研究計畫參考相關文獻及現地採樣調查作業等，擬定分析權重及分數。

- (1)保全對象：坡地防災及維生通道路段距離保全對象越近，表示該路段中斷時，保全對象受到之衝擊相對越大，因此將增加孤島發生之機會，反之則較小。圖層採用該路段1公里內範圍之易成孤島地區(內政部，108年)、原住民部落(水土保持局，108年)、聚落(NCDR，107年)數量作為保全對象。
- (2)避難處所：路段距離疏散避難處所越近，表示該路段發生災害時，用路人可有效獲得支援協助，受困機會便會降低；反之則提高。圖層採用該路段2公里內範圍之全臺疏散避難處(NCDR，107年)數量，如圖8所示。
- (3)歷史災害紀錄：雖災害發生原因眾多(地質、坡度、植生…等)，但以結果論，歷年災害發生紀錄亦可作為最有效之參考。而路段之歷年災害越頻仍，表示該

路段環境條件越易發生災害，反之則相對穩定。圖層採用該路段上、下邊坡50m範圍內之歷史道路坡地災害(NCDR 歷史災害圖資，107年)及歷史崩塌(崩塌圖層93年至106年，林務局)數量。

- (4)土石流潛勢溪流：參考水土保持局公告109年1,726條土石流潛勢溪流，考量單一路段若有土石流潛勢溪流穿過，已屬相對高風險，相對少數，因此不特別區分高、中、低潛勢，評分採用100分；若該路段無穿過之情形，則計為0分。

表3 防災路網長度之敘述統計分析表

Table 3 Descriptive statistical analysis table of the length of the disaster prevention road network

項目	數值
平均數(m)	425.3
標準誤差(m)	3.6
中間值(m)	176.0
標準差(m)	976.3
變異數	953,257.2
峰度	594.0
偏態	14.8
總和(m)	31,333,047
個數(個)	73,673
信賴度(95.0%)	7.1

## 5.2 致災潛勢分析結果

依據前述分段方式採取固定長度200公尺作為一分段單元，路網總長度為31,351公里，共分為197,551段，水土保持局各分局分段統計詳表5，分布如圖9所示。

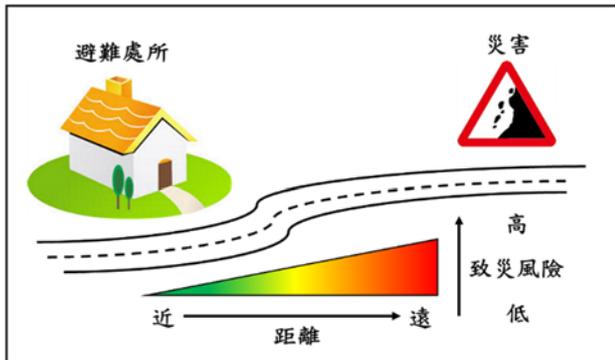
特別說明，並非將所有道路串聯直接分析，原則上同一條路網道路需一起分析才有其合理性。此外，若頭尾不滿200公尺亦會直接計為一段，因此會略大於總長度直接除以200公尺的156,755段。

**表 4 防災路段評估指標**

**Table 4 Assessment indicators for disaster prevention sections**

項目	說明	權重 (%)	評分方式	分數
保全對象	該路段1公里內範圍之易成孤島地區(內政部, 108年)、原住民部落(水土保持局, 109年)、聚落(NCDR, 107年)數量	30	2處以上	100
			1處	50
			無	0
避難處所	該路段2公里內範圍之全臺疏散避難處(NCDR, 107年)數量	30	無	100
			1處	50
			2處以上	0
歷史災害紀錄	該路段上、下邊坡50m範圍內之歷史道路坡地災害(NCDR 歷史災害圖資, 107年)及歷史崩塌(崩塌圖層93年至106年, 林務局)數量	20	2次以上	100
			1次	50
			0次	0
土石流潛勢溪流	該路段內土石流潛勢溪流(水土保持局, 109年1726條)之通過數量	20	1條以上	100
			0條	0

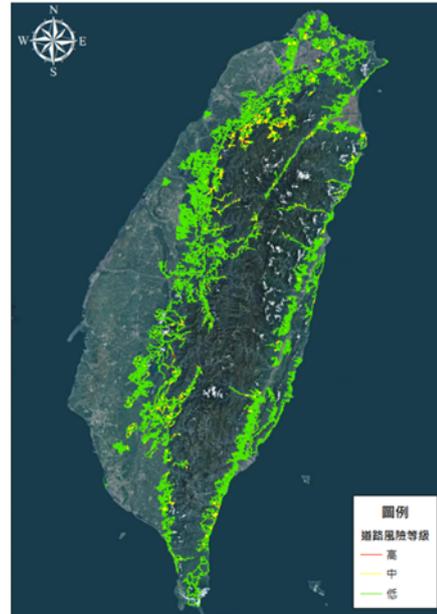
資料來源：參考「坡地防災及維生通道調查規劃及智慧路網建置，2019」



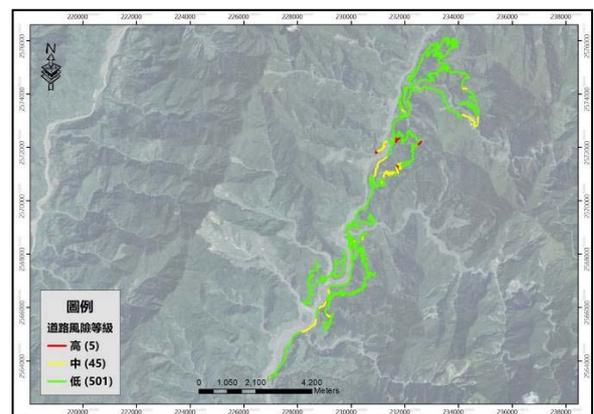
**圖 8 疏散避難處所之致災風險評估示意圖**  
Fig 8 Schematic diagram of disaster risk assessment for evacuation shelters

各分局防災路段保全對象災害評估指標彙整如表6。其中全台統計結果顯示高風險路段共計982段，中風險路段共計14,461段，低風險路段共計177,108段，個別防災路網之致災潛勢分析案例，如圖10及圖11所示。

主要以臺北分局高風險路段為最多，多集中於山坡地區。高風險路段其主要原因為鄰近具有較多保全對象且無避難處所，且有土石流潛勢溪流經過，故建議可於此路段實施保育治理工程，以降低路段風險。



**圖 9 全台防災路段保全對象災害評估成果圖**  
Fig 9 A map of the disaster assessment results for the preservation targets of the disaster prevention sections in Taiwan



**圖 10 坡地防災及維生通道路網風險分析圖 (EDP002)**  
Fig 10 Risk Analysis Chart of Road Network for Sloping Land Disaster Prevention and Sustaining Channel (EDP002)

表 5 各分局道路單元成果統計表

Table 5 Statistical Table of Road Unit Achievements of Each Branch

分局別	臺北分局	臺中分局	南投分局	臺南分局	花蓮分局	臺東分局	總計(段)
路段數(段)	52,385	43,179	21,921	35,538	15,695	28,833	197,551

表 6 防災路段保全對象災害評估成果統計表

Table 6 Statistical Table of Disaster Assessment Results for Preservation Objects of Disaster Prevention Sections

分局名稱	防災路段保全對象災害評估指標							
	高		中		低		合計	
	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比
臺北分局	397	0.76%	6,558	12.52%	45,430	86.72%	52,385	100%
臺中分局	132	0.31%	1,705	3.95%	41,342	95.75%	43,179	100%
南投分局	82	0.37%	1,043	4.76%	20,796	94.87%	21,921	100%
臺南分局	223	0.63%	2,956	8.32%	32,359	91.05%	35,538	100%
花蓮分局	48	0.31%	5686	36.23%	9,961	63.48%	15,695	100%
臺東分局	100	0.35%	1,513	5.25%	27,220	94.41%	28,833	100%
合計	982	0.50%	19,461	9.85%	177,108	89.65%	197,551	-

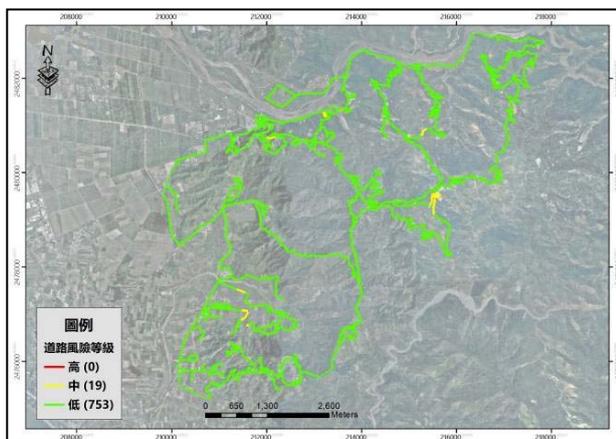


圖 11 坡地防災及維生通道路網風險分析圖 (TDP007)

Fig 11 Risk Analysis Chart of Road Network for Slope Land Disaster Prevention and Sustaining Channels (TDP007)

## 六、結論與建議

1.本研究完成涵蓋全台 550 區自主防災社區範圍之 202 個坡地及防災維生通道路網，總長共計為 31,351km。

- 2.本研究所劃設之 202 個防災路網，以每 200 公尺為單位，劃分為 197,551 段並進行分級分析，其中低風險路段佔 89.65%、中風險佔 9.85%、高風險佔 0.50%。特別說明，路段風險僅以地理資訊系統進行分析，且高風險路段尤為坡地安全之關鍵，因此未來仍可由現地複核方式調整相關因子、精進潛勢預估之準確性。
- 3.本研究所分析之防災路網高風險段，若分布於民眾常時使用之主要道路外，可能仍有相關單位養護。但其他防災路網中替代道路多數已不敷使用，但一發生極端降雨，可能無法維持防災路網暢通，保障周邊聚落之安全，若須作為防災及維生道路使用，後續勢必要針對高風險段進行調查、補強以及工程治理作為。
- 4.本研究所建立之 202 個防災路網分布圖及圖資，可供相關單位及民眾使用；為避免災害發生時形成孤島而影響防救災，應增加坡地防災及維生通道之推廣，可透過其銜接坡地各種公路系統、村里道路及產業道路至田間之末端交通設施，使更多民眾

認識、了解串接山區聚落或坡地社區至疏散避難處所之路線，當交通要道中斷時，以防災及維生通道作為替代道路，以利爭取防、救災及相關資源投入之時效性。

## 七、誌謝

本研究為『109年坡地防災及維生通道智慧路網精進』研究計畫之部分成果，前揭計畫承蒙行政院農業委員會水土保持局經費支持，研究過程蒙水土保持局保育治理組高組長伯宗、水庫保育科蔡科長明發及多位委員先進等不吝提供諸多指正與協助，謹致謝忱。

## 八、參考文獻

- 1.三船康道，地域、地區防災成市之結構化，台灣省政府消防處編譯，1998
- 2.土石流潛勢溪流劃設作業手冊，行政院農業委員會水土保持局，2016
- 3.山區道路坡地災害防治技術整合研究，交通部運輸研究所，2008
- 4.坡地防災及維生通道調查規劃及智慧路網建置，行政院農業委員會水土保持局，2019
- 5.109年坡地防災及維生通道智慧路網精進，行政院農業委員會水土保持局，2020
- 6.內政部消防署全球資訊網，<https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php>，2019
- 7.日本國土廳大都市整備局，平成10年大都市圈的整備(首都圈、近畿圈、中部圈，日本東京都)，首都圈整備協會，1999
- 8.日本道路協會，道路震災對策(震前對策篇)，九善株式會社，2002
- 9.王瑞民、周家蓓，電子收費系統應用於匝道及結合動態地磅之研究，中華電信研究所，2000
- 10.以規劃之力創建抗災社區，美國規劃協會期刊(美)，2007
- 11.吳淵洵，山區道路處理工法，臺灣公路工程，2006
- 12.李威儀，日本都市防救災系統之規劃，基隆市共同管道系統整體規劃案－防災道路研討會論文集，2003
- 13.李威儀、錢學陶、李咸亨，「台北市都市計畫防災系統之規劃」，中華民國都市計畫學會，1997
- 14.阪神大震災後的復興計畫，第十六屆中日工程技術研討會，第3-1~3-11，1995
- 15.林孝俞，大規模地震災害緊急運送之規劃－以大臺北地區為例，國立臺北科技大學，2014
- 16.高詩禮，防災道路之規劃研究，國立臺北科技大學，2008
- 17.國家發展委員會，<https://www.ndc.gov.tw/>，2019
- 18.基於可持續土地利用之農村公路網規劃，景觀與城市規劃期刊(美)，1997
- 19.許聖富，基隆市防災道路與避難據點之規劃，基隆市共同管道系統整體規劃案－防災道路研討會論文集，2003
- 20.陳明賢、周天穎、洪本善、王貞文、許少甫，坡地崩塌災害避難路線之研究，台灣地理資訊學會年會暨學術研討會，2012
- 21.陳亮全、詹士樑、洪鴻智，都市地區震災緊急路網評估方法之研究，都市與計劃，2004
- 22.陳建忠，山坡地社區周緣環境地質災害防災主題圖製作，台灣建築學會臺灣建築學會「建築學報80期增刊(技術專刊)」，2012
- 23.陳建忠，山坡地社區周緣環境地質災害防災主題圖製作，台灣建築學會臺灣建築學會「建築學報80期增刊(技術專刊)」，2012
- 24.Odani M., "Analysis of Actual Situation of Use of Private Car and by Residents after the Great Hanshin-Awaji Earthquake", IATTS Review, Vol.23, No.3, pp.155-165, 1998
- 25.Tsukaguchi H., Vandebona U. and Li Y., "Planning of Residential Street Network for Disaster Prone Urban Area", Proceeding of WCTR, 1999

## 水土保持局線上技術短講分享

### 崩塌地之雷達迴波訊號與影像紋理特性之分析研究

#### Analyzing the Characteristics of Back-scattering and Image Texture of Landslides in Synthetic Aperture Radar Imagery

國立中央大學太空及遙測研究中心 姜壽浩 副教授

#### 摘要

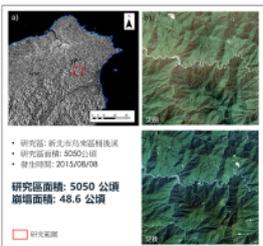
隨著衛星技術的發展與進步，合成孔徑雷達的應用逐漸普及，由於其波長較長，較不易受雲霧影響，在天候不佳的狀況下仍可觀察到地表的狀況。雷達影像技術發展至今仍存在地形效應的疑慮，為精進雷達影像判釋技術，本研究以崩塌地判釋為例，融合升軌與降軌影像進行地形校正，減少雷達影像迴波在亮面與暗面差異，並將崩塌地以面積大小作為分類，觀察不同大小之崩塌地迴波特性，分析多時序雷達資料結合監督式分類對崩塌地進行判釋。利用上述的分析結果進一步以VH、VV以及VH+VV極化三種多時序影像種類搭配 SVM 監督式分類器對研究區地物進行分類，並設計四種模型以分析多時序資料在不同時間組合之適用性。研究結果顯示，C-band適用於偵測0.5公頃以上之崩塌地，正確率可達七成以上(VV+VH組合)，而小面積崩塌地漏判狀況較嚴重。在多時序雷達資料分析模式中，以第三種及第四種模型，結合VH及VV極化影像可以有相當好的判釋正確率。未來可利用雷達影像建立影像指標，進行深層崩塌之判釋以及崩塌復原與再發生的監測，有助於我國山區崩塌監測發展，對崩塌災害管理與防減災對策有具體助益。

**關鍵字：**崩塌災害、合成孔徑雷達、極化模式、Sentinel-1、災害監測

**精選內容：**

**3 研究區與災害事件**

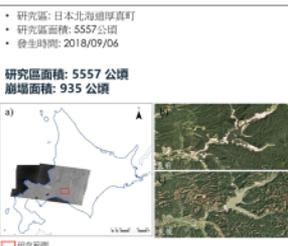
**2016 蘇迪勒颱風**



- 研究區：新北市烏來區轉機溪
- 研究區面積：3050公頃
- 發生時間：2015/08/08

研究區面積：5050公頃  
崩塌面積：48.6公頃

**2018 北海道地震**



- 研究區：日本北海道厚真町
- 研究區面積：5557公頃
- 發生時間：2018/09/06

研究區面積：5557公頃  
崩塌面積：935公頃

**4 研究方法 雷達影像除影區去除**

由數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)去模擬衛星在軌道上往地表照射之情形

本研究將升軌模式與降軌模式之影像做結合，挑選日期相近之升軌與降軌影像進行整合，並設計一套算法，對雷達影像進行幾何校正，透過考慮衛星到地表之方位角、最近入射角與最近入射角等因素，調整高度位移、傾斜位移等地形起伏偏移，可消除因山區地形而造成背向衛星之坡面的迴波訊號不均問題。

$$\sigma_{(\phi_s, \theta_s)} = \Omega \times \sigma_{(\phi_s, \theta_s)}$$

$$I = k \cdot \{ \cos(\theta) \cdot \cos(\phi) + \sin(\theta) \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta - \omega) \}$$

$$\Omega = \frac{I_{(\phi_s, \theta_s)}}{I_{(\phi_s, \theta_s)}}$$

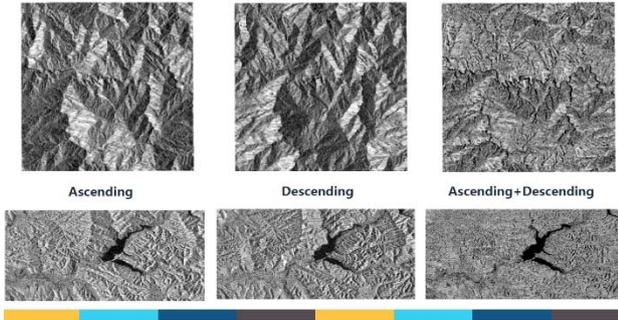
$$\sigma_{ij}^{fusion} = \min_{\omega} \{ \sigma_{ij}^{ds}(\phi_s, \theta_s), \sigma_{ij}^{as}(\phi_s, \theta_s) \}$$

$\sigma$  = 後向散射係數  
 $\phi_s$  = 衛星軌道方位角  
 $\theta_s$  = 天頂角  
 $\Omega$  = 兩者之比例關係  
 $\theta_s$  = 衛星軌道的最近入射角與最近入射角的平均  
 $I$  = Illumination  
 $slope_{rad}$  = 坡度  
 $Aspect_{rad}$  = 坡向  
 $\sigma_{ij}^{fusion}$  = 表示兩格位置融合之後向散射係數

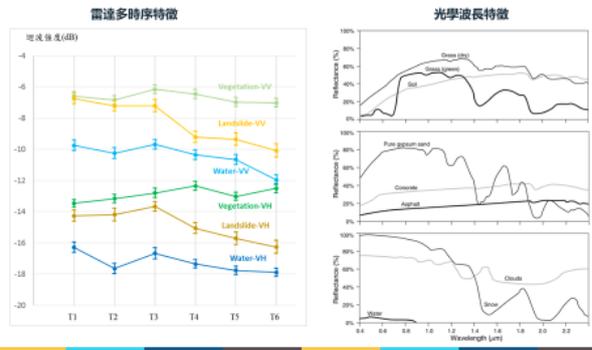
## 4 研究方法 升軌降軌模式合併

升軌和降軌模式之角度互補(約140~150度)

因Sentinel-1雷達影像具有升軌和降軌兩種模式，因此本研究將升軌模式與降軌模式之影像做結合，挑選日期相近之升軌與降軌影像進行整合，以減少因山區地形產生的迴波強度不均問題。



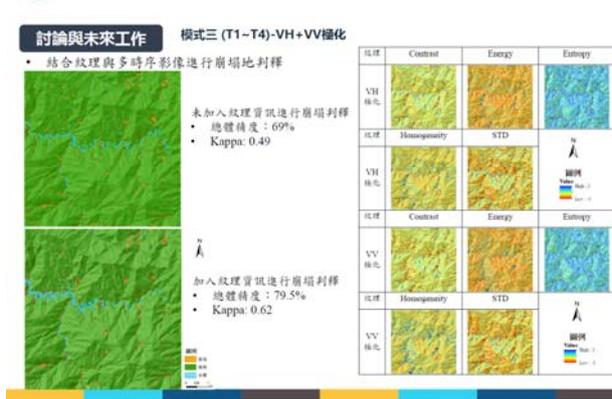
## 5 實驗結果與討論 雷達訊號多時序特徵->光學波長特徵



## 5 實驗結果與討論 北海道地震事件



## 1 結論與未來工作



研究計畫科目：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>

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

### 專利「護岸植生塊」發想歷程與應用

#### The Ideas and Application of “Planting Revetment Block”

水土保持局台東分局 林志賢 秘書

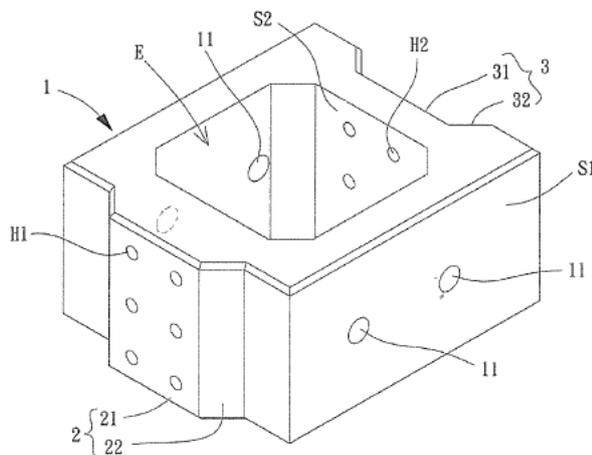
#### 摘要

傳統護岸塊往往完全覆蓋整個邊坡面，導致排水困難，同時妨礙原生植物生長，對生態環境及水土保持都將造成負面影響。為解決上述問題，本研究以混凝土減量、土石方回填再利用，以及減少開挖斷面作為設計構想，並加強護岸結構強度、提升護岸綠覆率，同時將自動化生產及節能減廢、施工安全與縮短工期納入設計考量。其設計理念可分為六大面向，分別為溪岸坡面綠覆化、固床自然穩定化、護岸複式緩坡化、材質自然永續化、施工節能減碳化以及鄰水作業安全化。本研究設計之護岸植生塊全長 120cm，全寬 90cm，全高 60cm，卡榫 10cm，各錯開 55cm，總重 840kg。其內表面圈圍成一植生空間，除了提供植物生長，同時也減少混凝土原料使用量，降低工程成本，並具有數個排水孔，提升排水效能。護岸塊之間由凹部與凸部相互連接，以2~6隻鋼螺栓或鋼索鎖定以加強結構之穩定性，同時為提升預鑄品質及效率，採用自動化預鑄方式施作。本研究之設計除了提升預鑄工法及勞工鄰水施工安全，亦達到縮小工程治理範圍及加大溪床寬度，更落實生態工程和永續環境的理念。

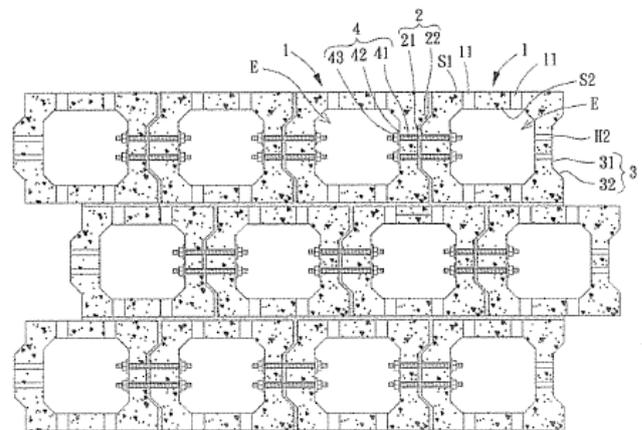
**關鍵字：**護岸植生塊、預鑄組合式工法、植生綠化、友善環境

**精選內容：**

#### (一)專利設計圖



圖一 植生護岸塊立體工程詳圖



圖二 護岸塊鑲嵌上視剖面



## (二)植生護岸塊成果展示



圖三 植生護岸塊實體圖



圖四 實施覆蓋防沖蝕網之案例

## (三)實際案例應用



圖五 柑仔林野溪治理前(2003年)



圖六 柑仔林野溪整治完工(2017年)

水土保持局專利介紹：<https://tech.swcb.gov.tw/Results/PatentList>

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



★109年11月3日(二)全國性社會團體公益貢獻及績優職業團體表揚大會頒獎照片



省公會陳智誠理事長受獎合照



全聯會郭玉麟理事長受獎合照

★109年11月26日(四)臺北市工商暨自由職業團體評鑑績優團體頒獎照片



市公會鄧鳳儀理事長受獎合照

# Activity Highlights



★109年11月28日舉辦臺灣省及臺北市公會第九屆第二次會員大會、高雄市公會第八屆第二次會員大會暨專題演講



行政院公共工程委員會/顏久榮副主任委員  
出席致詞與各公會理事長合照 1



行政院公共工程委員會/顏久榮副主任委員  
出席致詞與各公會理事長合照 2



專題演講：經濟部水利署署長/賴建信署長



專題演講：屏科大學水土保持系/江介倫主任



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



# 活動花絮

★109年11月28日舉辦臺灣省及臺北市公會第九屆第二次會員大會、高雄市公會第八屆第二次會員大會暨專題演講-晚宴活動照片



行政院南部聯合服務中心陳政聞執行長致詞



高雄市議會陳致中議員致詞



高雄市政府楊明州秘書長致詞



行政院農業委員會水土保持局李鎮洋局長致詞



晚宴活動合照 1



晚宴活動合照 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。