



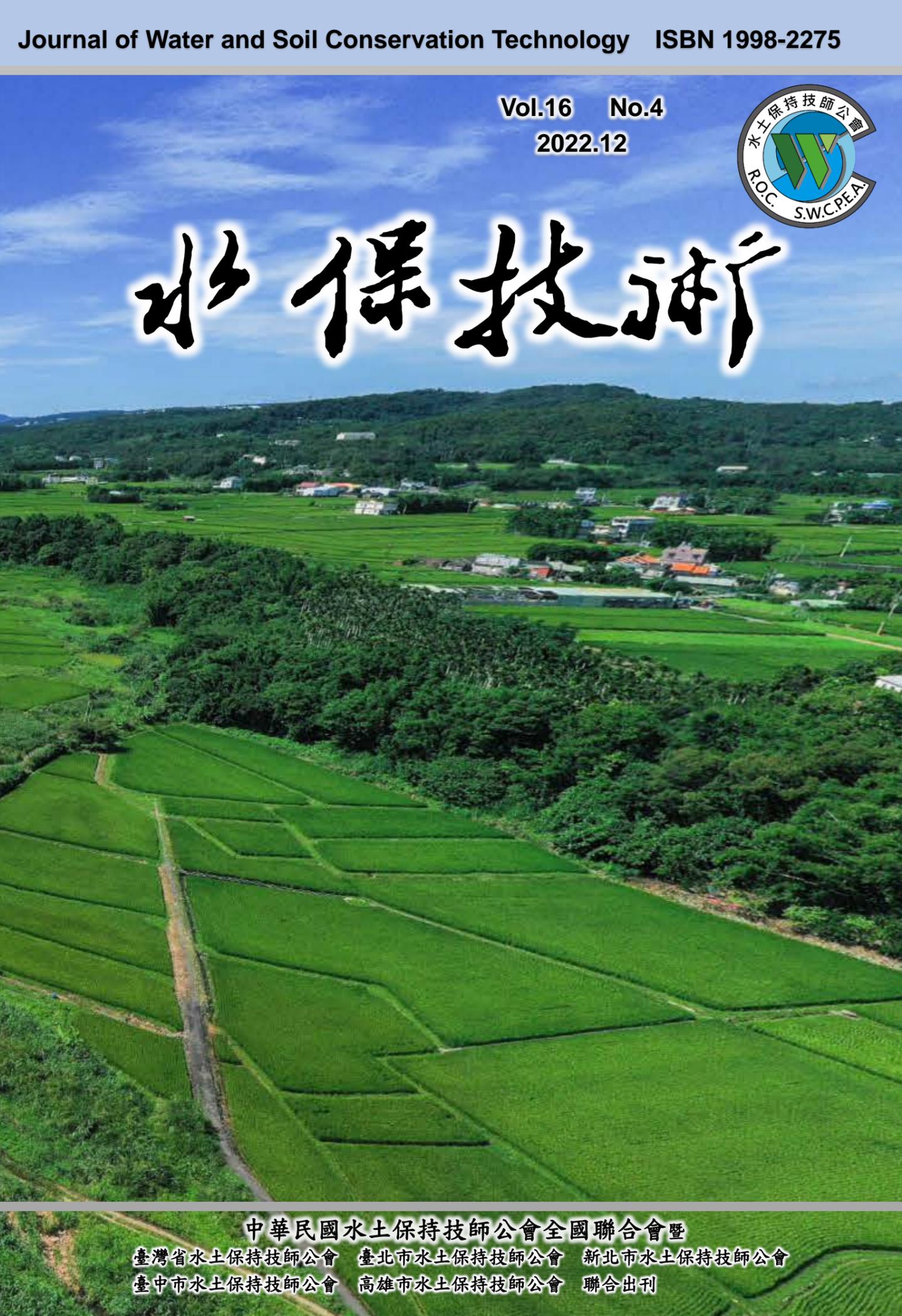
水保技術

水保技術

Journal of Water and Soil Conservation Technology

Vol.16

No.4



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



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16卷 第4期

2022.12

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：	http://www.swcpea.org.tw/	Web Site:	http://www.swcpea.org.tw/
電話：	(02)8258-1918 (02)2254-4483 (02)2253-8151 (02)8258-5680	Tel:	+886 2 8258-1918 +886 2 2254-4483 +886 2 2253-8151 +886 2 8258-5680
傳真：	(02)8257-1900 (02)2250-0061	Fax :	+886 2 8257-1900 +886 2 2250-0061
主編委員：	吳正義	Chief of Editor:	Yen-Chih Liu
編輯委員：	劉衍志、鍾東宏、吳烘森	Board of Editor:	Hong-Sen Wu, Cheng-Yi Wu, Dung-Hung Chung
編輯助理：	許婷瑄	Assistant Editor:	Ting-Hsuan Hsu
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：西湖溪，位於苗栗中西部的縣管河川，幹線長 32.5 公里，流域面積 110.53 平方公里，流經銅鑼鄉、西湖鄉，於後龍鎮北流入臺灣海峽，其出海口同為西湖溪重要濕地(國家級)，孕育多樣淡水魚、蝦蟹、無脊椎動物及鳥類等。早期採自然工法整治，有助於生態棲地保存，最難得的是，西湖溪未受到工廠廢水汙染，溪中有九冰、苦花、蝦子、螃蟹等生態，推動封溪護魚，不僅讓溪流生態能獲完善保護，魚蝦資源也更豐富，而相較鄰近的後龍溪而言，西湖溪水質汙染度甚低，生態物種也較多樣化，而對於如何維持生態永續發展，及維護河防排洪安全，你我一起努力。

照片提供：王豫煌博士；張坤源技師

目錄

人物專訪

- 4 中華水土保持學會 許中立 理事長 / 國立屏東科技大學

學術論文

- 8 臺北市順向坡案例地下水位監測警戒值研究案例
- 高秋振 洪耀明 童文麟 林士淵 謝旻希
- 22 坡地農場開發復育後之滯洪沉砂設施監測探討
- 許中立 机靈維 吳周瑜 蘇千誕

技術短文

- 32 滯洪設施各式出水口流量公式之試驗研究 - 蔡易達
- 34 坡面崩塌量體引致坡面型土石流事件之量化評估方法-以高屏
溪為例 - 陳天健

評析專欄

- 36 簡介苗栗縣河川區排清淤疏濬因應生態衝擊之保育措施
- 張坤源

活動花絮

人物專訪

中華水土保持學會 許中立 理事長

國立屏東科技大學水土保持系 教授



採訪／郭玉麟理事長、劉衍志技師、吳正義技師

文字整理／許婷瑄

日期／2022年12月16日

中華水土保持學會為我國水土保持學術領域最具權威，會員人數最多且會員遍佈產、官、學各界，最具影響力之學會組織，本期人物專訪特邀請學會 許中立理事長進行人物專訪。許理事長現職為國立屏東科技大學水土保持系專任教授，來談談有關學會對於水土保持學術領域發展、學校教育與人才養成、產業界趨勢與發展等議題。以下為當日訪談記要：



學會目前或未來水土保持學術領域發展(創新或展望)或水土保持工作推動重點為何？

中華水土保持學會成立於1967年12月(農復會時期)，歷史悠久，學會主要宗旨在於發展水土保持學術及促進水土資源之保育利用，早期工作主要有協助政府編寫水土保持工作手冊、研訂水土保持技術規範及相關山地農牧事業之推動，隨時代變遷，我國水土保持工作重心由促進山坡地農業利用漸漸變為非農業利用之管制、山坡地災害防治(土石流)到近期生態友善環境、NBS(Nature-based Solutions, 自然解方)等永續山坡地，學會也一直與時俱進地從事各項水土保持事業之研究與推動。近期學會也關注完工後水土保持設施檢查機制，以敦促水土保持義務人加強管理與維護及確保水土保持設施確實發揮功能；又開發完工後之山坡地基地，經過一段修養生息之時間，漸漸也會恢復環境和諧狀態，此時各項水土保持設施(特別是沉砂滯洪池)需求之功能性似乎也漸漸降低，當然也有可能增加，是否可有調整之機制!?又如與影響洪峰流量計算甚鉅之逕流係數C值，其影響因素眾多，甚至考量時間因素，逕流係數將有動態變化特性，目前依規範以土地利用或覆蓋情形擇定，略顯簡易，仍有進一步研究修訂以符合現場實際特性及需求。此外，近期學會也與農委會水土保持局、中興大學共同籌辦國際天然災害研討會，邀請臺、日、奧地利等多國專家，共同交流相關成果與實務經驗。其實，學會可以做的很多，又如推動水土保持工程創新或創意比賽、優良工程觀摩等，也都需要學會會員大力協助參與。

如何縮短學校教育與業界人才需求之差距？又或如何加強實務教學與產業接軌?以培養優秀水土保持人才

目前學校課程的安排，其實已廣泛地包含水土保持基礎及一般專業知識，有些學校也會安排暑期到業界技師事務所、工程顧問公司進行短期的實習，有時也會邀請業界的技師、公務長官來學校參與授課或讓學生諮詢，盡可能使在學學生了解業界需求及未來就業發展，或許未來還可以增加些實作課程或是實務專題競賽，適時的獎勵學生，過程還可以邀請業界的技師來講評，藉以加強實務教學與產業接軌？但學校教育畢竟是有限的，縱使學生擁有了相當的知識，但沒有足夠的實作經歷，仍是無法解決實際問題，學生在正式進入職場後也多半會感受



到相當衝擊，開始學用合一的調適過程。目前我觀察學生較缺乏正確的學習態度，大學四年過的相對自由，或許是世代改變，也或許是老師少給了些衝擊，學校應適度著重培養學生擁有積極的學習意願，惟有態度與心性的正確調整，畢業後才可快速融入社會或專業工作領域，自然成為優秀人才。

水土保持從業人員除應具備之水土保持專業技術外，還有哪些應加強之專業能力、跨領域知識？以保持競爭力。

我國水土保持相關工作推動已相對成熟，以水土保持計畫製作來說，相關調查分析方式、書圖格式、法規範均已相當完備，惟有個案上的不同差異之水土保持處理方式，如地形、地質及整地配置等，可由工程師、技師之實務經驗養成解決個案問題。以我所知，目前及未來水土保持主管機關將投入大量資源於大規模崩塌地之治理、坡地土砂災害防治等工作，水土保持從業人員或可加強相關所需專業技術及知識領域，又或加強跨域整合專業合作模式，包括水文氣象、地質、大地工程、坡地監測技術等，均將有助於提升競爭力。此外，水土保持從業人員除水土保持相關專業技術外，也應該培養災害處理與應急作為能力，有時涉及搶災時效性、地方需求、生態環境維護等多重因素，如何思考及擬定最佳之處理對策，也是重要的課題。



最後請 許理事長給水土保持技師及水土保持相關從業人員一些期許

近年水土保持技師考試人數及錄取人數有大幅增加趨勢，也意謂著有越來越多非水土保持本科畢業學生或其他工程領域人士，投入水土保持相關行業，顯示水土保持專業領域的興



盛，是相當正向的發展，這也是長期以來水土保持技師及水土保持相關從業人員表現優秀所致，這是我想先予以鼓勵的!!未來學會或許可以多頒發相關獎項，獎勵有表現的水土保持從業人員；另外，水土保持工作是極需要累積經驗及實作能力的，所以我期許前一輩的水土保持技師及水土保持相關從業人員也應該重視經驗傳承，讓後輩汲取良好經驗，減少摸索及降低失誤發生，在前輩的基礎上把水土保持工作做得更好，讓水土保持這個大家庭共榮共好。



從左至右為：吳正義技師、劉衍志技師、許中立教授、郭玉麟理事長、机霆維技師





臺北市順向坡案例地下水位監測警戒值研究案例

A case study on the monitoring alert value of groundwater level in the case of a dip slope in Taipei City

高秋振^{1*}、洪耀明²、童文麟³、林士淵⁴、謝旻希⁵
Chew-Chin Koh^{1*}、Yao-Ming Hong²、Wen-Lin Tung³、Shih-Yuan Lin⁴、Min-Hsi Hsieh⁵

1. 富國技術工程股份有限公司
 2. 南華大學永續綠色科技碩士學位學程
(通訊作者 E-mail: l hongyaoming@nhu.edu.tw)
 3. 麒昌工程顧問股份有限公司
 4. 臺北市政府工務局大地工程處
1. Sino Geotechnology, Inc.
 2. Master Program of Green Technology for Sustainability, Nanhua University.
 3. Qichang Engineering Consulting Co., Ltd.
 4. Geotechnical Engineering Office, Public Works Department, Taipei City Government

摘 要

由於順向坡災害有規模大及發生快速之特性，經常造成嚴重生命財產損失，加上近年來極端氣候下引致高頻率強降雨，順向坡滑動之災害風險亦隨之提高。臺北市政府積極對山坡地邊坡進行安全預警及管理，以達降低坡地災害發生之目的。由於地下水常是大規模崩塌地的主要致災因子，對於邊坡穩定性影響甚大，本文彙整大地處近年來增設自動化與自記式水位計觀測資料，選擇一處順向坡以無限邊坡理論、有限元素法、線性水庫等模式，進行地下水位監測警戒值研究。

關鍵字：關鍵字：順向坡、地下水位、監測警戒值

Abstract

Due to the large scale and rapid occurrence of dip slope disasters, it often causes serious loss of life and property. Addition, in recent years, extreme weather has caused high frequency and heavy rainfall, and the disaster risk of dip slope sliding has also increased. The Taipei City Government actively conducts safety warnings and management of slopes to reduce the occurrence of sloping disasters. Since groundwater is often the main hazard factor for large-scale collapses, it has a great impact on the slope stability. This paper collects the monitoring data of automatic and self-recording water level gauges added in recent years in the large land, and selects a case slope to use the infinite slope theory, Finite element method, linear reservoir and other models are used to study the monitoring alert value of groundwater level monitoring.

Key Word: dip slope, groundwater level, monitoring alert value



一、前言

臺北市為一盆地地形，全市山坡地面積計150平方公里，占全市總面積55%，主要分布在臺北盆地北、東及南側。由於順向坡災害有規模大及發生快速之特性，若發出災害將造成嚴重生命或財產損失，加上近年來極端氣候下引致高頻率強降雨，順向坡滑動之災害風險亦隨之提高。

臺北市政府工務局大地工程處（以下簡稱大地處）自國道三號3.1公里崩塌事件後，委託專業廠商於2010年11月初步完成觀測儀器設置作業，自此開始全面管理臺北市涉順向坡之山坡地(黃立遠等, 2016)[1]。2016年因應經濟部中央地質調查所(以下簡稱地調所)於2015年8月公告臺北市「山崩與地滑地質敏感區」資料，大地處重新套疊山崩與地滑地質敏感區內之順向坡共396處，並執行山崩與地滑地質敏感區(順向坡)之巡勘觀測工作且持續至今，積極對山坡地邊坡進行安全預警及管理機制，以達臺北市降低坡地災害發生之目的(池蘭生等, 2018)[2]。

由於地下水常是大規模崩塌地的主要致災因子，對於邊坡穩定性影響甚大，因此地下水水位調查及觀測為不可忽略的重要項目。

本文簡介臺北市順向坡安全管理與監測作為，並彙整大地處近年來增設自動化與自記式水位計觀測資料，選擇一處順向坡研擬地下水水位監測警戒值，以供工程先進參考指教。

二、臺北市順向坡安全管理

臺北市坡地之地質災害分類為淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動、土石流及沖蝕，共六大類，其他包括擋土結構損壞、淹

水及告示牌傾倒等非屬地質之災害(池蘭生等, 2018)[2]。依據臺北市 2020 年坡地災害類型統計結果(圖 2.1)顯示，淺層崩塌(80.8%)為所占比例最高之主要類型，其次依序為落石(6.3%)、土石流(3.2%)、弧形滑動(2.9%)等災害類型，平面型滑動僅占 2% 且其規模均較小，未有大規模順向坡災害發生案例，惟近年來在極端氣候影響下仍有發生大規模順向坡災害之風險，且因大型平面型滑動(順向坡滑動)災害發生快速且難以預測，經常造成嚴重生命財產損失，因而大地處特加以防災管理。



圖 2.1 臺北市坡地災害次數統計

2.1 臺北市邊坡之安全管理

臺北市政府於1999年起便擬定「臺北市加強山坡地安全管理方案」，展開長期山坡地安全管理計畫，建置全市防災資訊系統，2003年起分別開發了「山坡地環境地質資訊系統」、「山坡地防災資訊系統」、「山坡地災害資訊系統」，並於2016年將此三項資訊平台整合設置為「臺北市山坡地資訊整合系統」，提供民眾即時公開資訊查詢及訊息服務，且強化業務管控效率。

自國道三號3.1公里崩塌事件後，2010年大地處將「山坡地環境地質資訊系統」內201處順向坡列為坡地災害防治及強化山坡地邊坡安全管理的重要關注區域，並針對其中131處有鄰近重要保全對象之順向坡坡地辦理「監測儀器設置之評估、監造及監測工作」；2011至2015年持續辦理「順向坡區域巡勘及監測工作」。2016年大地處因應地調所於2015年8月26日公告之臺北市「山崩與地滑地質敏感區」資料，執行396處山崩與地滑地質敏感區(順向坡)之巡勘觀測工作且持續至今，對山坡地邊坡之安全預警及管理機制行積極作為，以達臺北市降低坡地災害發生之目的。

臺北市順向坡區域之安全管理採用目視檢查巡勘及儀器觀測方式，目視檢查巡勘類別再分為定期巡勘與機動巡勘。定期巡勘係依照分級管理分級進行例行性巡查工作；機動巡勘則於臺北市最大震度3級以上地震、降雨量達豪雨標準、海上颱風警報於臺北市開設二級防災應變中心及前述各項警報解除後等狀況啟動機動巡勘。

2.2 順向坡觀測工作

為了確實掌握順向坡範圍內之地質及水文狀況，以利更準確判斷其穩定性，定期人力觀測是必要之工作項目。觀測工作中，於

順向坡範圍內規劃設置觀測儀器，依人力觀測結果評估順向坡區域是否有滑動徵兆，判斷順向坡之穩定性。由於順向坡數量眾多，因此針對可能有潛在滑動趨勢及鄰近人民活動者規劃設置觀測儀器。

為掌握順向坡狀況，訂定順向坡之人力觀測儀器管理值及因應對策，觀測期間當觀測值達注意值時須注意後續之變化，達警戒值時提高觀測頻率、現場勘查評估災害可能影響範圍及研擬補強措施，達行動值時須進行補強措施，詳表2.1。

2.3 順向坡分級管理

以國內外邊坡安全評估分級方法相關案例為借鏡，訂定出臺北市山崩與地滑地質敏感區(順向坡)分級管理之系統。依據巡勘及觀測結果，進行順向坡之安全評估分級，再針對不同分級之順向坡，對應適當之處置方式，如此可更有效率地管理順向坡區域之災害風險。在完成巡勘及觀測作業後，搭配環境重要性，依順向坡綜合分級表(表2.2)，將各順向坡分為A、B、C、D四個等級。有了安全評估分級，每處順向坡即可依其等級訂定合宜之巡勘及觀測頻率，並採取對應之維護管理處置(表2.3)(高秋振等，2020)[3]。

表 2.1 順向坡人力觀測管理值及因應對策

項目		管理值	注意值	警戒值	行動值
監測儀器	傾斜管		2 公釐/月 且有一定位移傾向	2~10 公釐/月 且有一定位移傾向	>10 公釐/月 且有一定位移傾向
	傾度盤(建物型)		角變量 1/500 (413")	角變量 1/360 (572")	角變量 1/250 (825")
意義			可接受之變化量， 應該是安全之範圍。	可接受之變化量， 但可能接近臨界值。	有發生邊坡滑動 或危及結構物之可能性。



表 2.2 順向坡綜合分級表

巡勘觀測分類	緊鄰民眾活動環境重要性		
	高 (公有建物、集合住宅或民宅)	中 (道路或溪流)	低 (步道或不影響人民頻繁活動)
巡勘屬第一類 或觀測屬i類	A級	A級	B級
巡勘屬第二類 或觀測屬ii類	B級	B級	C級
巡勘屬第三類 或觀測屬iii類	C級	C級	D級

表 2.3 順向坡分級管理處置方式表

順向坡綜合分級	定義	巡勘觀測頻率	處置
A 級	明顯缺失、高危害	密集巡勘觀測	邀集專業技術及水保義務人進行現場會勘，並進行緊急處理後續工程整治需求評估
B 級	輕微缺失、中危害	每月巡勘觀測一次	函知水保義務人及工程整治需求評估
C 級	無明顯缺失、低危害	每季巡勘觀測一次	持續注意異常現象之變化
D 級	無危害	每年汛期前巡勘觀測一次	回歸一般坡地管理維護機制

三、研究資料與方法

3.1 坡地地下水位/水壓監測

針對有較高潛在危險性及有緊臨人類活動之順向坡配合增設自記式或自動觀測儀器即時觀測，綜合並歸納探討各種地下水位/水壓變化型態及可能原因。首先必須先瞭解及排除一些非地下水因素可能影響水位量測之真實性，例如儀器設備和記錄系統誤差、鑽探埋設影響、地表逕流影響、毛細管作用、地震反應等等。

降雨因素包括雨量計位置、降雨週期、降雨型態、地質與地形影響等等，皆影響降

雨量與地下水位之關聯性，因而必須加以歸納及檢核，才能作為邊坡穩定分析或預警之參考。

除了降雨因素外，人工措施往往影響地下水分布及變化，例如地下管線滲漏、人工排水影響、鄰近施工影響等，邊坡穩定分析或雨量預警值擬訂時應加以考量。另一方面，由地下水之監測變化亦可評估人工措施之排水效果（高秋振等，2021）[4]。

以上坡地地下水位/水壓監測之影響原因及解決方式整理於表3.1。



3.2 無限邊坡理論模式

本計畫採用無限邊坡理論推估臨界地下水水位，依圖3.1顯示重力效應、地下水及滲流對於無限邊坡假設條件下，造成滑動之影響因子，推導控制方程式。

假設土壤及水之重力為影響邊坡穩定之主要因子，當下滑力(t)等於抵抗力(τ_r)時，稱為臨界條件。抵抗力採用Mohr-Coulomb 條件，可歸納高地下水水位將增加 P_w ，降低 τ_r ，因而導致地滑，根據水及及固體比重、抵抗力、土壤內聚力、破壞面角度及內摩擦角之函數便可以推算邊坡臨界地下水水位。

$$\sigma = \frac{W \cos \alpha}{b / \cos \alpha} = \frac{\gamma b H \cos \alpha}{b / \cos \alpha} = \gamma H \cos^2 \alpha$$

$$P_w = \frac{\gamma_w H_w \cos \alpha}{b / \cos \alpha} = \gamma_w H_w \cos^2 \alpha$$

$$\tau = \frac{s}{b / \cos \alpha} = \frac{\gamma b H \sin \alpha}{b / \cos \alpha} = \gamma H \sin \alpha \cos \alpha$$

抵抗力採用 Mohr-Coulomb 條件，可以歸納如下(Corominas et al. 2005)[5]：

$$\tau_r = c + (\sigma - p_w) \tan \phi = c + (\gamma H - \gamma_w H_w) \cos^2 \alpha \tan \phi$$

式中

- α 為滑動面角度；
- γ 為單位重；
- H 為滑動面至地表面高度；
- H_w 為滑動面至水面高度
- c 為土壤內聚力；
- ϕ 為內摩擦角

高地下水水位將增加 P_w ，降低 τ_r ，因而導致地滑，上式則可改寫為如下：

$$P_{wc} = \sigma - (\tau - c) / \tan \phi$$

$$H_{wc} = (\gamma / \gamma_w) H - (\gamma H \sin \alpha \cos \alpha - c) / (\gamma_w \cos^2 \alpha \tan \phi)$$

根據上式，便可以推算邊坡臨界地下水水位。

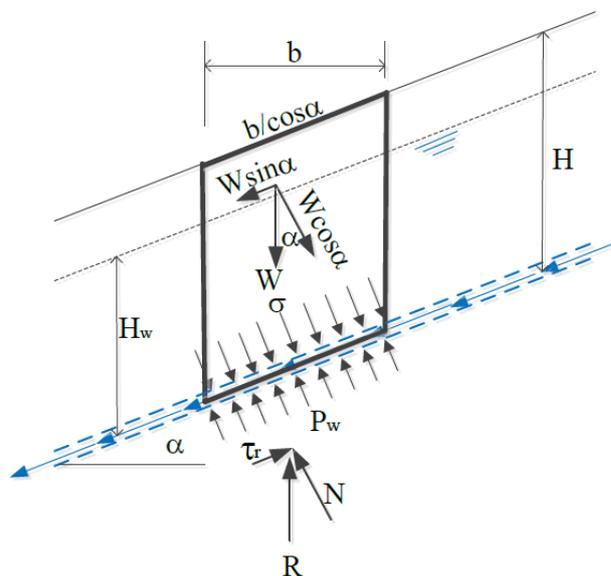


圖3.1 影響無限邊坡滑動之因子

3.3 有限元素法二維模式

本計畫另採用 COMSOL Multiphysics 模式以有限元素法進行二維模式分析，本方法係以達西定律代表地下水之流動，採用無限邊坡理論，應用 Mohr-Coulomb 模式及安全係數(Factor of safety, FOS)，使用剪力折減法 (Shear Strength Reduction Method, SSRM) 如下公式：

$$c' = \frac{c}{FOS}$$

$$\phi' = \text{atan} \left(\frac{\tan \phi_u}{FOS} \right) (p < 0) + \text{atan} \left(\frac{\tan \phi_s}{FOS} \right) (p \geq 0)$$

式中：

- C 為內聚力(cohesion)，
- C' 為折減內聚力(reduced cohesion)，
- ψ' 為折減內摩擦角(angle of friction)，
- ψ_u 為非飽和土壤內摩擦角，
- ψ_s 為飽和土壤內摩擦角，
- p 為孔隙水壓(pore water pressure)，非飽和土壤時，孔隙水壓小於 0。



表 3.1 坡地地下水位/水壓監測之影響原因及解決方式

影響因素	影響原因	解決方式
非地下水因素	儀器設備和記錄系統誤差	● 儀器設備和記錄系統之誤差，影響地下水位之判釋 ● 應瞭解儀器設備和記錄系統精度、解析度、容許量測範圍，並定期校驗
	鑽探埋設影響	● 孔內殘留之皂土漿或超泥漿影響透水性 ● 開孔段結晶、細料堵塞影響透水性 ● 封井位置不當、回填封層不確實 ● 初始量測先灌水測試 ● 若有堵塞可進行洗井 ● 施工中落實專業監督
	地表逕流影響	● 井管未能伸出地面，地表水流入管內 ● 孔口地面無混凝土或水泥砂漿保護座，豪雨時地表逕流流入管外回填孔再流入管內 ● 皂土填封層位置不當，地表逕流可能繞過填封層而流入水壓計或觀測井開口段內 ● 依規定孔口應施作混凝土保護座、井管伸出地面並加蓋；辨別地下水位實際變化，下降曲線呈現二段式變化
	毛細管作用	● 毛細管作用所引起的地下水位上升量可高過水井內量測的水位 ● 孔隙很小的土壤(粘性土壤)毛細管作用所引起的淺層地下水位上升量可高過水井內的水位，達數十公分~數公尺，可透過野外淺層實測修正誤差 ● 砂性土壤所引起毛細管水頭甚小，故可忽略
	地震反應	● 瞬間水壓力升高，震度愈高水壓力越高 ● 地層永久位移或液化而出現較長期殘留超額水壓 ● 地震影響岩層裂隙發展、土壤孔隙排列，改變地下水滲透性 ● 一般上自動觀測系統之量測頻率未能記錄到極短暫之水壓變化 ● 地震後檢視是否有較長期的異常水壓變化
降雨因素	雨量計位置	● 地下水位變化受降雨影響 ● 山坡地區域降雨差異較明顯 ● 比對地下水位變化與降雨量 ● 雨量計應裝設於空曠位置、含水層入滲區域
	降雨週期	● 一場強降雨就會促使地下水位明顯上升變化，連續幾場強降雨則有地下水位上升疊加之效應 ● 短期觀測可針對一場雨或降雨強度進行比對 ● 長期觀測則至少應涵蓋數個水文年
	降雨型態	● 降雨量愈大，以及相同降雨量下降雨延時愈長，愈易發生崩塌 ● 前峰型的降雨型態對崩塌地穩定性之影響速率較為顯著；後峰型的降雨型態對崩塌地穩定性之影響速率雖較為緩慢，但其安全係數下降之幅度最多 ● 蒐集整理降雨型態，比對地下水位之變化，進行崩塌穩定性分析 ● 依降雨型態對穩定性影響程度，進行優先關注區域之管理
	地質與地形影響	● 地下水因地層材料透水性不同，入滲來源與排放洩出的條件不同，往往存在不同的地下水位或水壓，受降雨反應的變化亦明顯不同 ● 上邊坡因降雨入滲，地下水位受降雨影響而明顯升降變化；近下邊坡因接近排放洩出位置，地下水位變化幅度不明顯 ● 水位觀測井與水壓計應針對自由含水層、受壓含水層設置 ● 由地質地形模型與地下水位變化，進行穩定性分析與必要時施作降排水措施
人工措施因素	地下管線滲漏	● 邊坡潛移造成水管破裂滲漏，使地下水位上升，影響邊坡穩定性 ● 水管滲漏與天候條件無關，初期滲漏於地面上無任何徵兆 ● 由水位水壓觀測與雨量比對，辨別異常之地下水位變化 ● 確認地下管線有滲漏後，應加以地下管線修繕
	人工排水影響	● 人工排水措施分為洩水孔、盲溝、水平排水管、大型豎井(集水井)等，可加速邊坡地下水排洩並降低邊坡水位 ● 除了排水措施種類，受施工品質、細料堵塞、材料生命週期等因素，邊坡的地下水分布及降雨反應會有不同程度的影響 ● 依地下水位/水壓觀測，可以進一步檢視、評估人工排水的有效程度
	鄰近施工影響	● 鄰近區域有開挖或工程施工，地下水分布可能有突然且長期性的變化 ● 水位水壓觀測若出現異常地下水位變化，應調查鄰近區域有無影響地下水位之工程



3.4 線性水庫模式

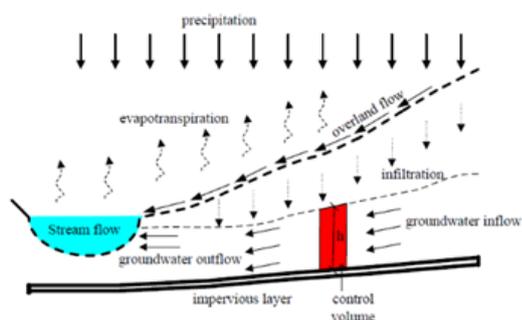
採用洪耀明博士(Hong & Wan, 2011)[6]所發展之線性水庫模式，收集現場降雨及地下水位，發展地下水位預測模式。

1. 降雨入滲率

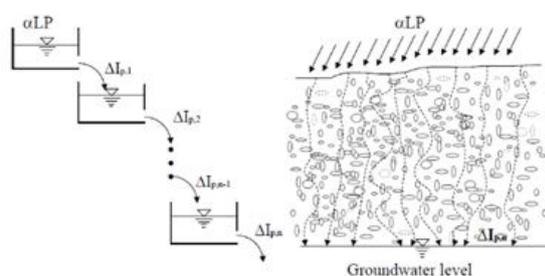
採用線性水庫模擬降雨入滲至地下水位過程。

2. 地下水流率

圖3.3(a)說明地下水控制體積，入滲率、地下水入流及出流率之相互關係，圖3.3(b)-(e)，則說明交互作用導致地下水位上升及下降之其過程。採4階Runge-Kutta數值模式求解。



(a) Water travel process from precipitation to stream



(b) Conceptualization of infiltration process using a series of n identical linear reservoirs

圖3.2 地下水流動概念圖

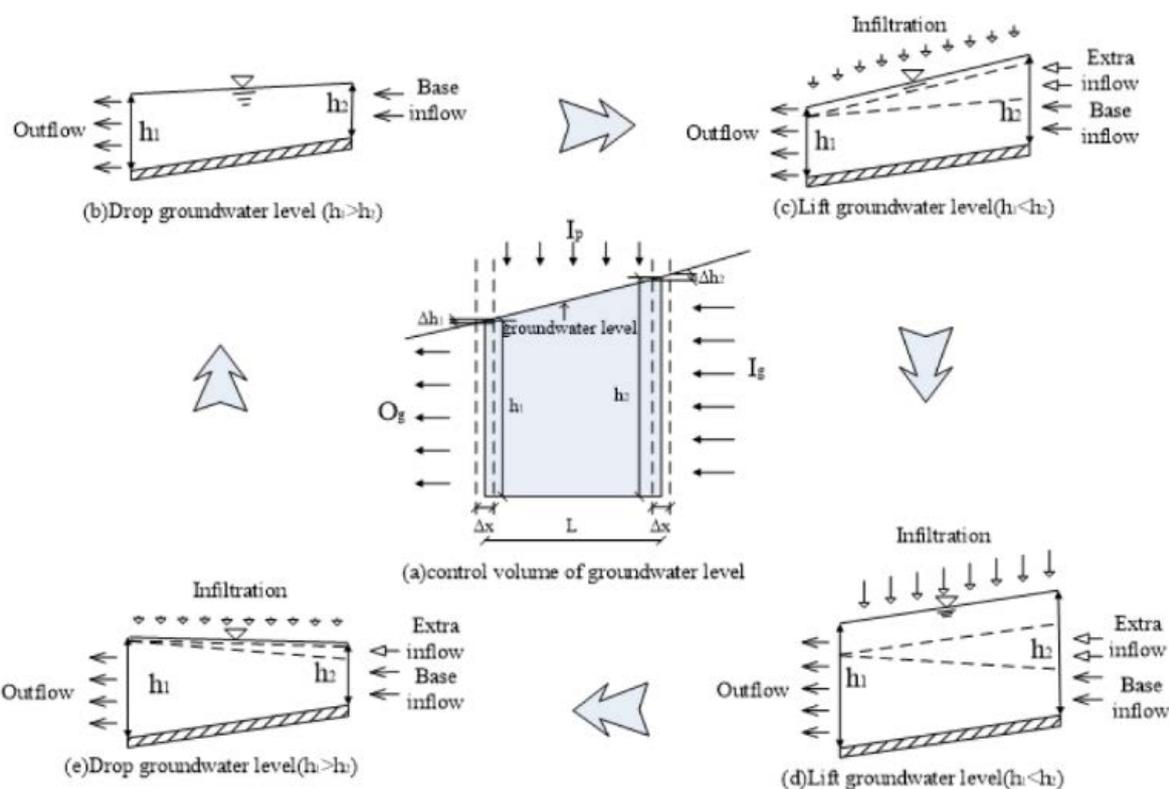


圖3.3 暴雨期間地下水位擾動變化



四、地下水位管理值研究

為研擬邊坡地下水位警戒值，計畫經由前述臺北市管理之順向坡選定一處，並針對可能之滑動區塊設定研究分析範圍，蒐集相關之水文資料、地文資料，分析地形、地質及位態資料，並配合鑽探取得相關地層土壤參數，以無限邊坡理論推導邊坡崩塌之臨界地下水位，並以線性水庫模式推導降雨量與地下水位之關係，藉此研擬地下水位之警戒值(麒昌公司，2021)^[7]。本計畫主要工作內容流程如圖4.1。

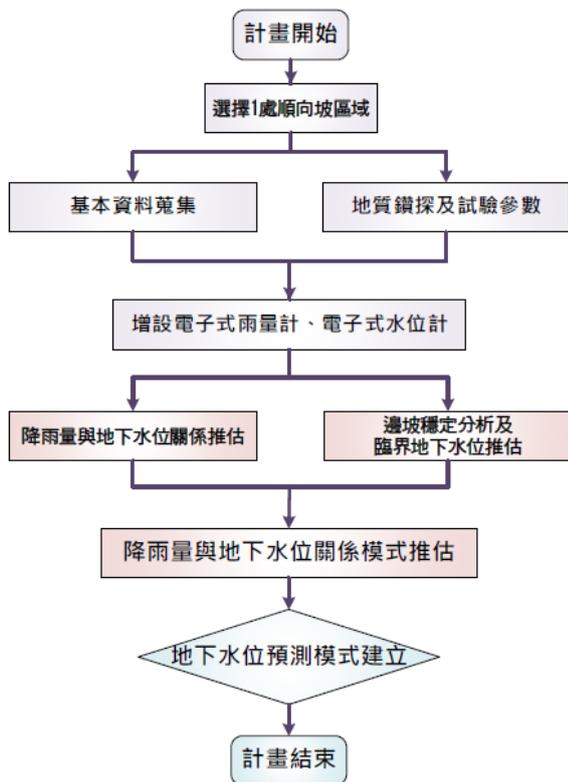


圖4.1 計畫工作流程圖

4.1 地形地質與水文

依據109年巡勘觀測成果評估，針對(1)曾發生淺層崩塌；(2)地下水位變動較明顯；(3)曾發生歷史災害及觀測異常；(4)岩屑崩積

土層厚度足夠之邊坡，選擇地質敏感區(順向坡)CGS-0624-NH-082內湖路一段91巷作為本次計畫邊坡。

經套繪不同年份地形圖顯示CGS-0624-NH-082邊坡並未有大规模地形變化(圖4.2)。另套疊經濟部中央地質調查所二萬五千分之一臺北市岩性組合圖(2002年)，本計畫邊坡位處於漸新世五指山層，如圖4.3所示。

為取得地層資料進行後續工作，蒐集及彙整此區歷年鑽探資料，並進行2孔鑽探調查，裝設2支電子式水位計NH-082-EOW1及NH-082-EOW2，觀測儀器平面配置圖如圖4.4，地質剖面圖如圖4.5。

參考鄰近內湖路一段91巷之內湖金面山雨量站及電子式雨量計NH-082-RAIN之降雨紀錄(110年7月~110年10月)，比對NH-082-EOW1及EOW2兩支電子式水位計地下水位變化，進行彙整如圖4.6所示，圖中顯示NH-082-EOW1較EOW2更易受豪雨或颱風時之降雨影響，地下水位上升速度快，洩降速度也快。

4.2 歷史災害紀錄

CGS-0624-NH-082邊坡於96年發現內湖路一段91巷路面開裂、下陷及坡趾土層外凸等情形，邊坡分級屬B級坡。市府於99年前內湖路一段91巷上段施作排樁工程，106年底於中段施作擋土排樁改善工程，107年底於坡趾鼓出處施作擋土牆改善(如圖4.7)，改善後至今巡勘並未再發現有明顯張力裂縫或土層外推潛移情況發生。

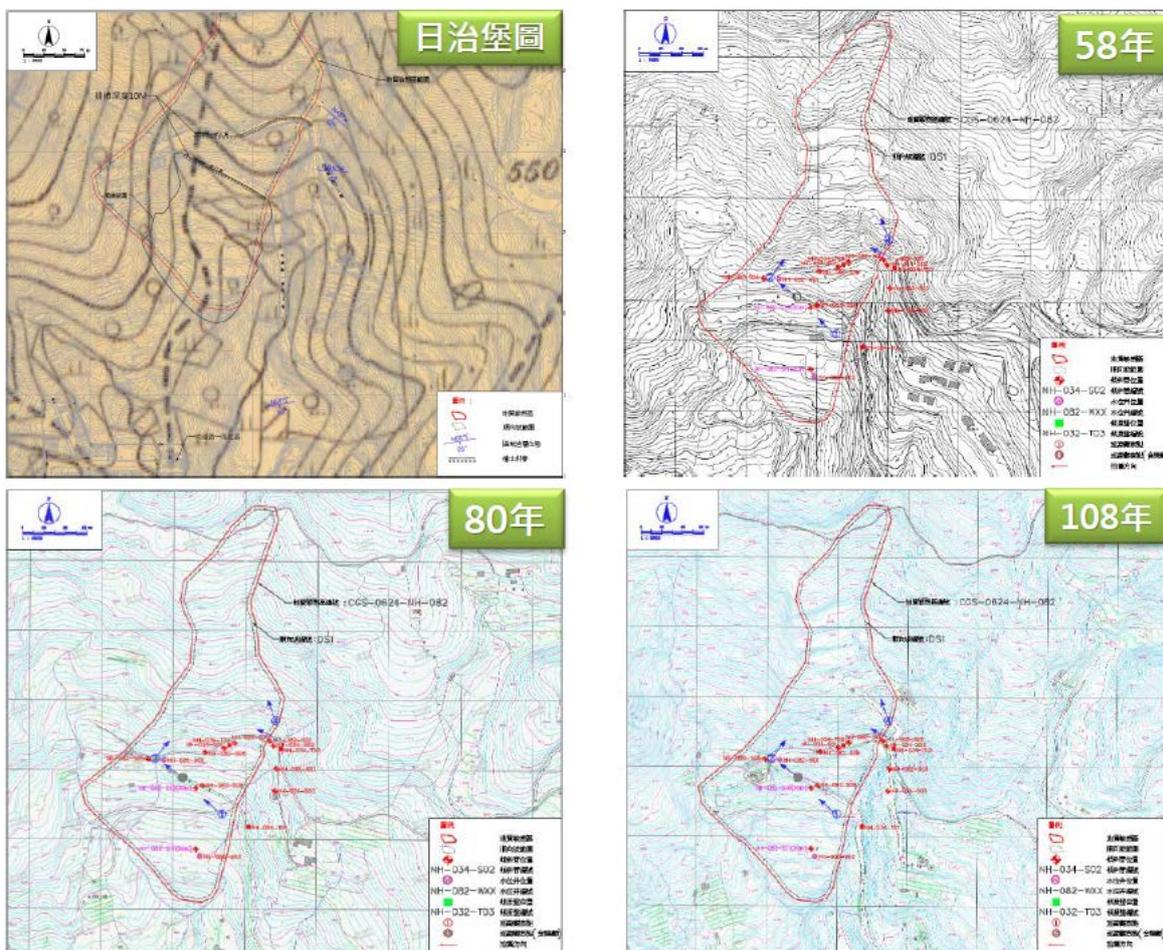
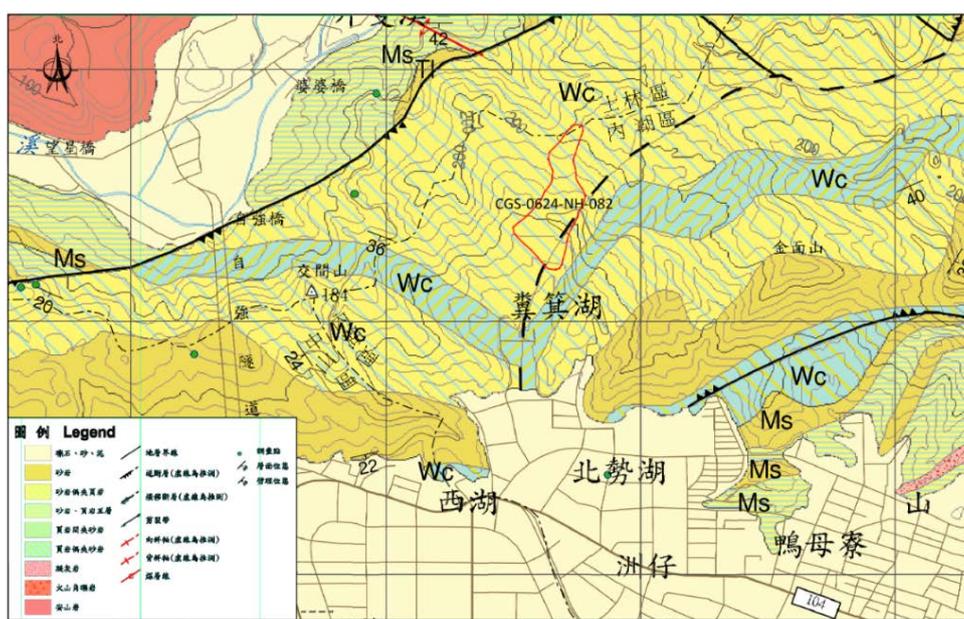


圖4.2 CGS-0624-NH-082歷年地形圖



資料來源：經濟部中央地質調查所二萬五千分之一臺北府岩性組合圖(民國91年)

圖4.3 CGS-0624-NH-082岩性組合圖

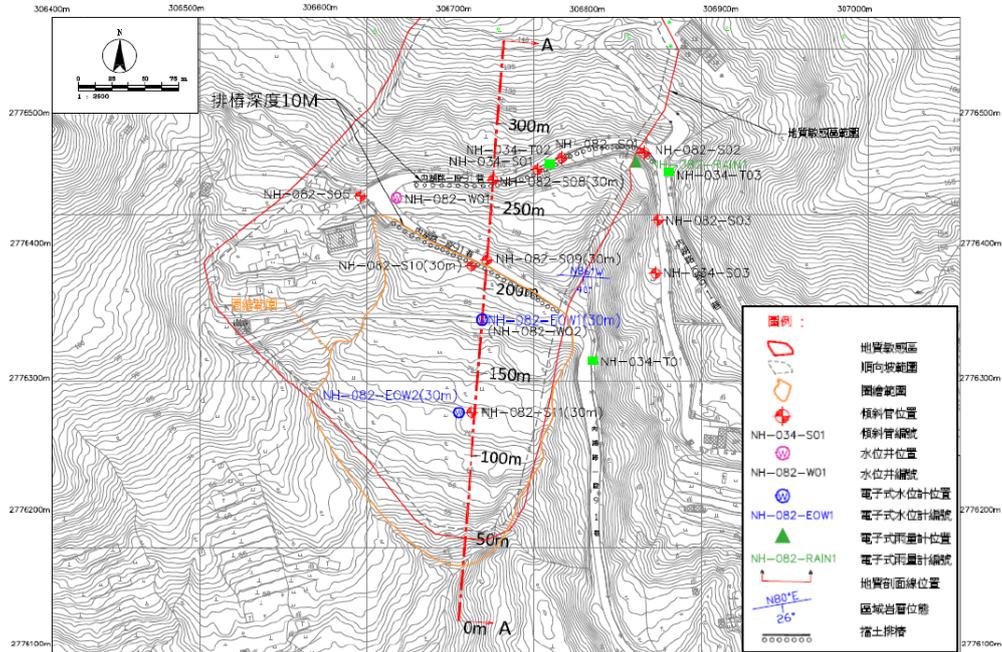


圖4.4 CGS-0624-NH-082平面配置圖

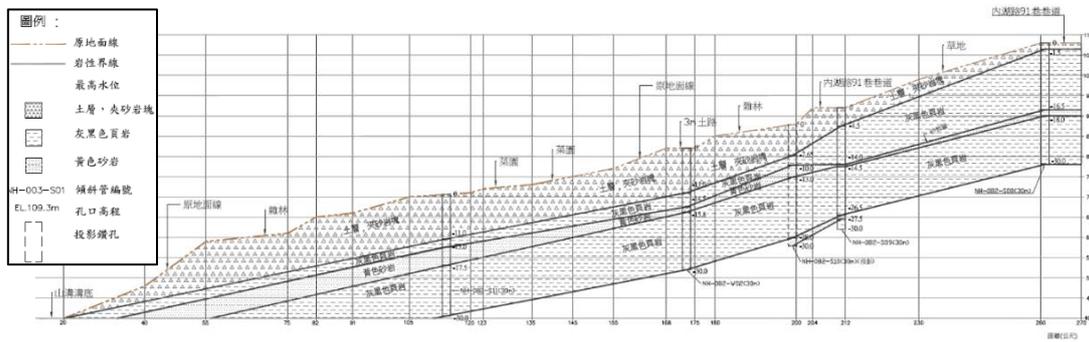


圖4.5 CGS-0624-NH-082地質剖面圖

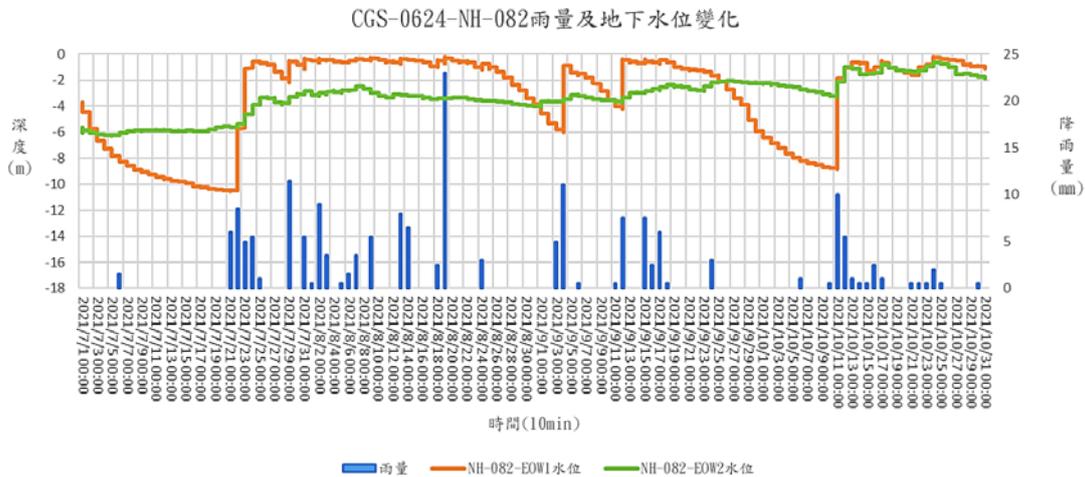


圖4.6 CGS-0624-NH-082雨量與地下水位變化關係圖





圖4.7 CGS-0624-NH-082歷年異常情形改善方式

4.3 臨界地下水水位推估及邊坡穩定分析

4.3.1 理論模式法模擬成果

以理論模式法模擬計算CGS-0624-NH-082邊坡內4處位置之臨界地下水水位，成果如下：

1. 傾斜管 NH-082-S09 及 NH-082-S10 位於樁號 0K+210 及 0K+222 位置，即內湖路一段 91 巷巷道上下邊坡，此處邊坡較陡，經模擬計算結果，顯示此位置之臨界地下水水位分別位於地表下約 2.41m 及 2.45m，依理論公式若豪雨或颱風等降雨事件造成地下水水位上升而高於此高程，將產生邊坡滑動現象。
2. 水位井 NH-082-W02 及傾斜管 NH-082-S11 位於平坦之菜園，地主種植蔬菜等作物，經

模擬計算結果，臨界地下水水位均高於邊坡地表高程，即地下水水位需升高至地表以上才會造成本段邊坡之滑動。

4.3.2 有限元素法模擬成果

1. 臨界地下水水位(Pressure head)：計算臨界地下水水位高程 82.03m(如圖 4.8)，對應至坡面上游為母岩區，模式設定為固定邊界，因此不會滑動，若對應至下游，則水位需高過地面，方可能滑動。
2. 滑動面(slip surface)：由分析結果可得知，當水位高程為 82.03m，滑動範圍如圖 4.9 邊坡下方黃色區域。



4.4 SLIDE 邊坡穩定分析模擬

採SLIDE程式進行邊坡穩定分析模擬，以研判最可能發生滑動之土岩界面作為平面型滑動模式之破壞面進行模擬，模擬條件則以臨界地下水位進行分析，邊坡穩定分析模擬如圖4.10所示，由模擬結果圖顯示，邊坡最可能發生滑動之區域(FSmin)為下邊坡處，與上節模擬成果相符。

4.5 降雨與地下水位關聯度分析

4.5.1 線性水庫參數

經降雨與地下水位模擬結果，達西定律入滲係數K，兩孔之K值均很小，但電子式水

位計EOW1地下水位高於EOW2，顯示EOW1入滲率較高，而 β 為儲蓄常數，越大表示儲蓄率越高， $EOW1 > EOW2$ ，顯示EOW1孔位儲蓄率較高， n 為線性水庫數目，越多表示流出越慢，模擬結果顯示，兩者均等於5，其值相當大。降雨量之入滲比率 $EOW1 > EOW2$ ，EOW2之 α 為0.5，降雨量之入滲比率 α 不高。

4.5.2 模擬誤差

模擬結果，均方根誤差(RMSE)排序為 $EOW1 > EOW2$ ，顯示EOW2降雨與地下水關係明顯，10分鐘模擬誤差小於1cm。

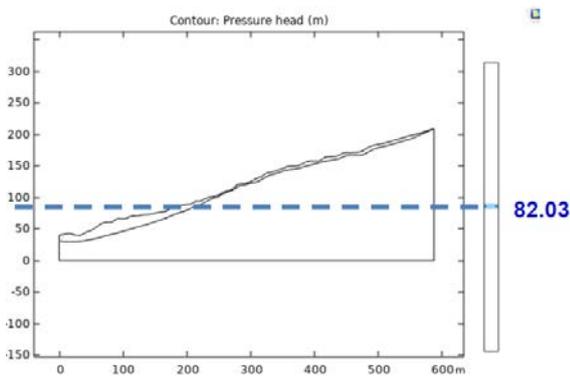


圖4.8 有限元素法臨界地下水位成果圖

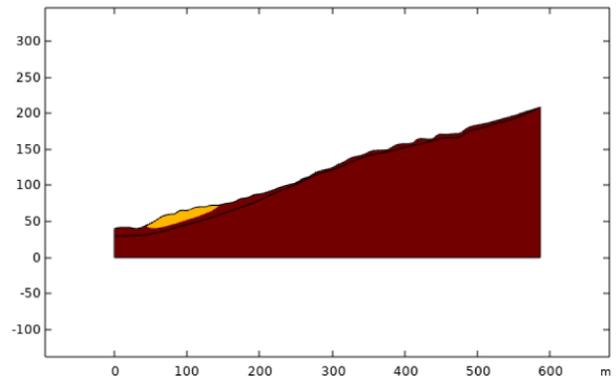


圖4.9 有限元素法邊坡滑動範圍模擬成果

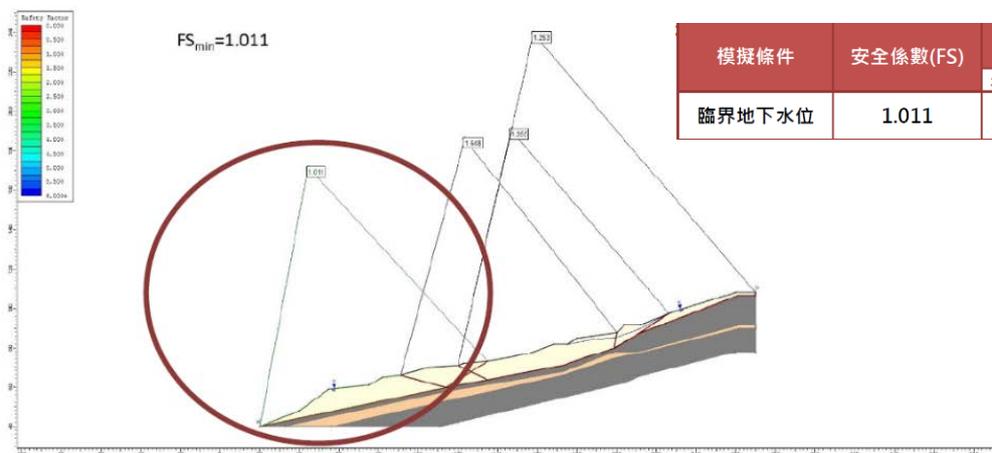


圖 4.10 SLIDE 邊坡穩定分析模擬成果



表 4-1 CGS-0624-NH-082 降雨與地下水位模擬誤差

站名	K	β	n	α	類別	降雨日期 (日/月/年)	24 小時累積 暴雨 (mm)	RMSE
NH-082-EOW1	-0.0015	4	5	1	訓練	07-08-2021	88.0	0.00672
					模擬一	12-09-2021	85.0	0.06387
					模擬二	11-10-2021	78.5	0.05498
NH-082-EOW2	-0.00075	2	5	0.5	訓練	07-08-2021	88.0	0.00568
					模擬一	12-09-2021	85.0	0.00592
					模擬二	11-10-2021	78.5	0.00989

4.5.3 降雨預測地下水位模擬結果

降雨與地下水位訓練成果及模擬成果圖如圖4.11及圖4.12，分析結果說明如下：

1. 地下水位特性：降雨後經過一天，其地下水位仍然很高，尤其是 EOW2，於 2021/9/11~9/13 及 2021/10/10~10/12 模擬暴雨仍有繼續上升趨勢，顯示因為高線性水庫 n 及較小之入滲速度 K，使得流出較慢。而 EOW1 入滲率及入滲速度 K 較高，因此地下水位上升快，下降也快。地下水位上升

幅度 EOW1>EOW2，與儲蓄常數 β 分析結果 EOW1>EOW2，以及入滲率分析結果 EOW1>EOW2 之特性相符。

2. 三次暴雨之 24 小時累積降雨均未超過 90mm，但地下水位最高離地面不到 1m，顯示高地下水位仍未造成崩塌，與臨界地下水位分析結果比對，認為高地下水位不至於造成崩塌之結果相符。

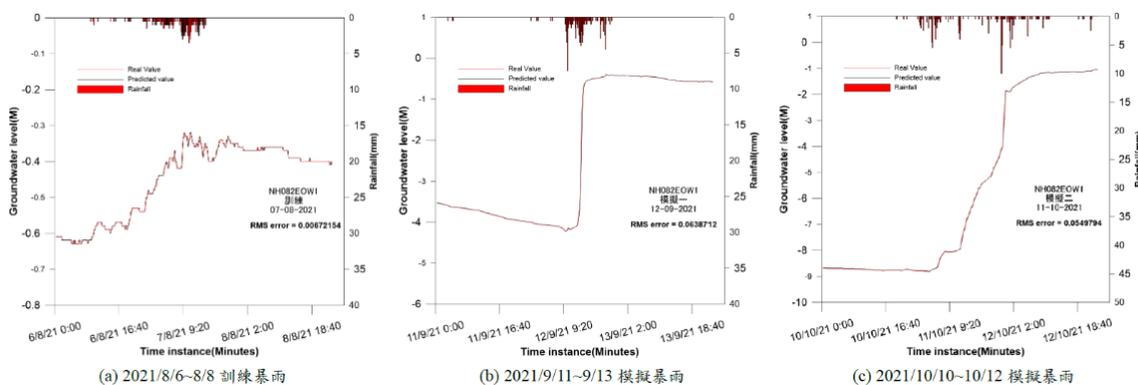


圖 4.11 NH-082-EOW1 降雨與地下水位模擬

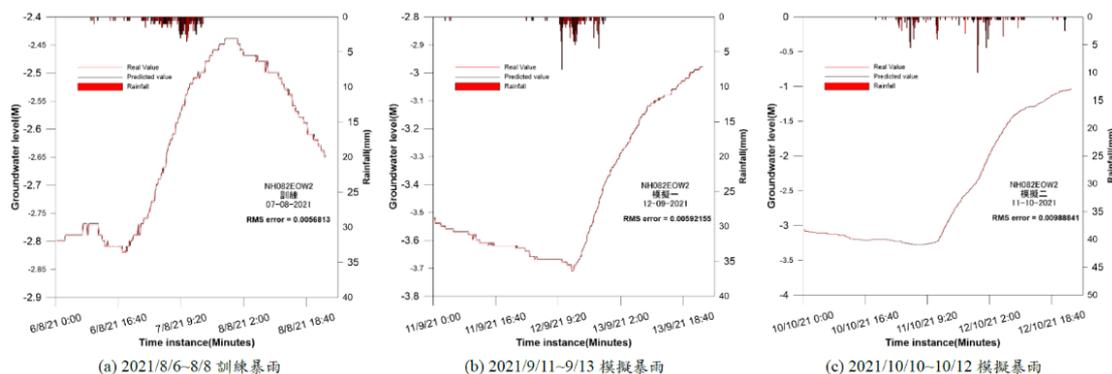


圖 4.12 NH-082-EOW2 降雨與地下水位模擬



五、結論

1. 建立臨界地下水位警戒值：經由無限邊坡理論與數值模式分析，推估出本邊坡之臨界地下水位及可能崩塌範圍，後續可配合降雨與地下水位模式建立地下水位警戒值。無限邊坡理論公式之用途為快速判定，因為適用於單點推算，故需配合有限元素法分析，以考量整體坡面變化行為。
2. 臨界地下水位警戒值與現地資料比較：三次暴雨之 24 小時累積降雨均未超過 90mm，但地下水位最高離地面不到 1m，顯示高地下水位仍未造成崩塌，與臨界地下水位分析結果，確認高地下水位不至於造成崩塌之結果相符。
3. 雨量與地下水位關係建立：由現地觀測紀錄之地下水位資料及雨量資料，代入本計畫所發展之模式，確認降雨與地下水位關係顯著，並計算出線性水庫各項參數，得知地下水層之地層上昇與下降特性。
4. 地下水位即時預測：本次預測 10 分鐘結果，EOW2 小於 1cm，未來可依據模式所需參數，輸入即時地下水位、雨量，推得較長時間後之地下水位。
5. 逐步建置資料庫：將所選定之現場，蒐集現場地下水位及雨量即時及歷史資料，未來可建立二階正規劃即時資料庫，提供即時地下水位演算，建立預測模式。

六、致謝

本文撰寫期間承蒙工作團隊：臺北市政府工務局大地工程處、麒昌工程顧問股份有限公司、開巨技術顧問有限公司、富國技術工程股份有限公司同仁提供許多寶貴資料與意見，在此特表誌謝。

七、參考文獻

1. 黃立遠、陳建帆、高秋振、張綺俐 (2016)，「山坡地順向坡分級管理~以臺北市為例」，2016 海峽兩岸岩土工程 / 土工技術交流研討會。
2. 池蘭生、陳建帆、邱亭瑋、陸偉翔、高秋振 (2018)，「臺北市山崩與地滑地質敏感區 (順向坡) 安全管理」，大地技師期刊第 17 期，36-49 頁。
3. 高秋振、林庚鈴、陸偉翔、陳建帆、邱亭瑋、廖陳侃(2020)，「大規模順向坡安全監測及效用評估案例」，技師期刊第 91 期，56-65 頁。
4. 高秋振、林庚鈴、陸偉翔、林士淵、謝旻希、廖陳侃(2021)，「臺北市順向坡案例地下水監測」，大地技師期刊第 23 期，22-35 頁。
5. Corominas J, Moya J, Ledesma A, Lloret A, Gili JA (2005) Prediction of ground displacements and velocities from groundwater level changes at the Vallcebre landslide (eastern Pyrenees, Spain). Landslides 2(2): 83-96.
6. Yao-Ming Hong , Shiuan Wan (2011), Information-based system identification for predicting the groundwater-level fluctuations of hillslopes, Hydrogeology Journal 19: 1135-1149.
7. 麒昌工程顧問股份有限公司，(2021)，「邊坡地下水位警戒值研擬期末報告書」，臺北市政府工務局大地工程處。





坡地農場開發復育後之滯洪沉砂設施監測探討

The Discussion on Monitoring of Flood Detention and Sand Settling Facilities after Development and Restoration of Slope Farms

許中立¹、机霆維²、吳周瑜³、蘇千誕⁴

Chung-Li Hsu¹ Ting-Wei Chi² Zou-Yu Wu³ Chan-Dn Su⁴

1. 國立屏東科技大學水土保持系 教授

2. 水土保持技師

3. 國立屏東科技大學水土保持系 研究生

4. 國立屏東科技大學水土保持系 研究助理

1. Professor, Department of Soil and Water Conservation,

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

2. Soil and Water Conservation Professional Engineer.

3. Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,

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

4. Research assistant, Department of Soil and Water Conservation,

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

摘 要

本研究係以台灣農林股份有限公司屏東分公司位於屏東縣內埔鄉老埤農場已完工的第一期與第二期滯洪沉砂設施進行觀測試驗，觀察試區內茶園與鳳梨田完成設置後的復育情況，並收集試區內雨量站與滯洪池之自記式水位計數據計算雨量及逕流體積後，推估逕流率及出流啟動值，且以空拍DEM資料進行相減得到沉積泥砂變化量，探討對滯洪沉砂設施的效益與影響，作為後續規劃設計參考之用。研究結果顯示，鳳梨田的泥砂淤積量會高過茶園，但經過復育後的農地其沉砂量均低於水土保持計畫中永久沉砂量設計規範，此結果若能再經長時間觀察分析或可為水保計畫後續調整設施規模的參據。

關鍵字：水土保持技術規範、滯洪設施、逕流率、土壤沖蝕

Abstract

This research is based on the observation experiment of the completed Phase I and Phase II flood detention and sedimentation facilities of Taiwan Agriculture and Forestry Co., Ltd. Pingtung Branch located in Laopi Farm, Neipu Township, Pingtung County. Observe the restoration of the tea gardens and pineapple fields in the test area, and collect the data from the self-recording water level gauges of the rainfall stations and flood detention ponds in the test area. After calculating the rainfall and runoff volume, estimate the runoff rate and the start-up value of outflow. In addition, the amount of sedimentation and soil erosion change is obtained by subtracting the aerial shot DEM data, and the benefits and impacts on the flood detention and sedimentation facilities are discussed, which will be



of sediment deposited in the pineapple field is higher than that in the tea garden, but the amount of soil erosion deposited in the restored agricultural land is lower than the design specification for the permanent sediment amount in the soil and water conservation plan. If this result can be observed and analyzed for a long time, it may be a reference for the subsequent adjustment of the facility scale of the soil and water conservation plan.

Key Word: Technical Code for Soil and Water Conservation, Flood detention facility, Runoff rate, Soil erosion

一、前言

依據水土保持技術規範第91至97條規定(行政院農業委員會, 2020), 山坡地開發利用宜設置滯洪沉砂設施, 以攔截或沉積土石, 減少土石下移, 防止下游災害發生。而滯洪沉砂池之量體設計宜就集水面積、洪峰流量、植生覆蓋等集水區特性, 進行規劃設計與後續審核, 避免滯洪沉砂設施設計過大或不足之虞。然而近年氣候變遷對環境影響加劇, 極端降雨事件頻繁, 造成山坡地利用及管理方式改變, 在其他法令規範將設計標準分別提高到百年重現期距之時, 水土保持主管機關則對設計量體檢討後, 認為因案件多位於集水區的中上游地區, 故採用的五十年與二十五年重現期距所估算的洪水逕流已相當保守無需再予以提高。但同時也在幾次的技術規範修訂研討過程中, 都有對於所設置的永久水土保持設施量體過大的意見, 惟主管機關剛解釋過水土保持規劃設計量體已相當保守之時, 且都一直也沒有相關的試驗研究來分析檢討開發後的防災設施情形, 因此開發經過一段時間復育的永久水土保持設施量體問題就被暫時擱置。

然而坡地開發的型態複雜, 確實無法一概而論或簡單的論述, 因此本文為探究坡地農場長期農地開發利用對水土保持設施的影

響, 乃以台灣農林股份有限公司屏東分公司位於屏東縣內埔鄉老埤農場的9處已完工滯洪沉砂設施進行試驗, 觀察試區內茶園與鳳梨田復育情況, 選定2021年7月至2022年2月雨季期間, 收集試區內雨量站與自記式水位計數據計算雨量及逕流體積, 推估逕流率及出流啟動值, 再利用空拍機拍攝區域內沉砂池影像後組合成的DEM, 比較集水區經過一段時間的農業利用(不再過度擾動)後, 對滯洪沉砂設施的影響, 作為後續探討滯洪沉砂池的設計量體之研究參考。

二、材料與方法

2.1 試區位置

研究的試區為台灣農林股份有限公司屏東分公司位於屏東縣內埔鄉的老埤農場(座標 TWD97 E: 210036, N: 2507566), 東臨東港溪支流牛角灣溪與瑪家鄉相鄰, 南與國立屏東科技大學相連接, 區域集水面積共計620.24公頃, 基地周邊多為農地, 農場內經濟作物以茶葉、鳳梨為主, 過去因採租地供種植鳳梨、香蕉、辣木...等, 造成區域性翻耕表土擾動, 逕流挾帶泥水流下在沒有良好的水土保持防災措施情況下, 經常可見下游地區的泥水漫溢排水渠道, 及大面積淹水影響交通的災情, 甚至於每逢颱風豪雨許多媒體均會到此守候即



時轉播，更是中央與地方之易淹水地區水患治理計畫的關注重點。在農場經營易手及策略改變後，就開始以國內進口量頗大宗的飲料茶為種植生產目標，逐漸將定期翻耕的放租地收回，並分區提送水土保持計畫施設防災措施，加上地方政府的截排整治，因此近年來以很少再看到泥水溢淹影響交通的情況。

本研究為以台灣農林股份有限公司屏東分公司所申請完成的水土保持計畫設施為主，水土保持計畫分為兩期，第一期面積149.12公頃，共規劃6個集水分區，其中4區架設水位計；第二期面積471.12公頃，共規劃11個集水分區，其中5區架設水位計，各分區皆依水土保持技術規範之規定設置滯洪沉砂池。



圖 1 研究區域位置

表1 一期滯洪沉砂池說明

編號	集水分區	面積 (ha)	放流口型式	沉砂池體積 (m ³)	滯洪池體積 (m ³)	類型
一期一	W1	18.43	矩形	1,392	6,755	先沉砂後滯洪
一期三	W3	20.44		1,521	4,603	
一期四	W4	38.80		7,610	7,345	
一期五	W5	28.29		6,475		沉砂滯洪共構

表2 二期滯洪沉砂池說明

編號	集水分區	面積 (ha)	放流口型式	沉砂池體積 (m ³)	滯洪池體積 (m ³)	類型
二期一	W1	13.95	矩形	18507		沉砂滯洪共構
二期二	W2	36.31		4,466	4,956	先沉砂後滯洪
二期三	W4	23.79		4,558	9,179	
二期四	W7	55.62		17,206	6,200	
二期五	W10	90.14		32,695	27,470	



2.2 前究期間雨量資料

本研究係根據台灣農林股份有限公司屏東分公司所架設的雨量站資料，自2021年7月到2022年3月底共計9個月時間，利用月降雨量所繪製及計算出之降雨體積如圖2所示。根據圖示顯示降雨量最大的是8月（盧碧颱風及

西南氣流帶來豪雨），基本上10月以後降雨很少，且根據經驗主要的降雨是從5月才開始增加，因此是屬於半年雨多、半年雨少的地區。因此可以瞭解到本區的農場經營需要大量的仰賴灌溉系統，當然平時的儲水也屬必要的。

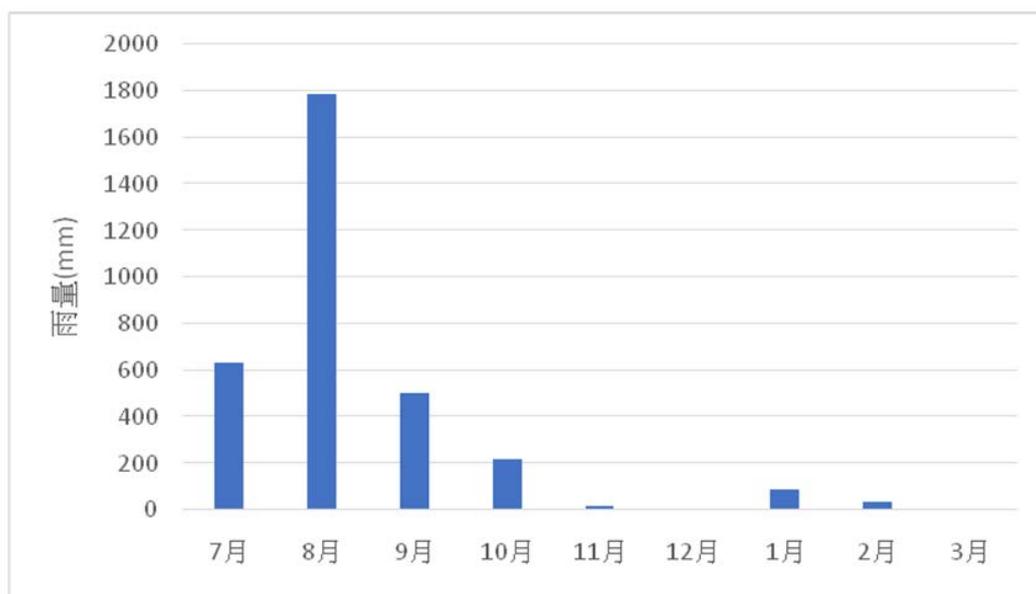


圖 2 研究期間月降雨量(2021年7月-2022年3月)

2.3 試區儀器架設與觀測方法

本研究試區內已完工之永久水土保持設施分為兩期(分別為2019年與2020年亦即完工後2年左右)，施工同時就已開始種植茶樹，其中一期種植時間比二期多了1年，一期各區全部種植茶樹，二期五主要種植鳳梨與茶樹，其餘各區則全部種植茶樹。在9區分別放置自記式水位計求得出流水位高並換算為流量，沉砂淤積量係利用無人機進行空拍及搭配GPS與RTK技術進行地形測量解算求得，必要之遮蔽處則輔以地面測量補足，由兩次觀測的數據差值探討坡地農場農地開發復育後沉砂量與降雨逕流量的變化。相關觀測儀器與方

法說明如下：

1. 自記式水位計

- (1)量測儀器：TE100-25B自記水位水溫計。
- (2)儀器概述：TE100-25B為使用內部電池供電的自記式壓力水位與水溫計，可長期持續記錄水位及水溫的變化，具無人值守連續記錄的優點，可廣泛使用於淡水、海水、淡海水等環境的長期資料蒐集，連接手提電腦或平板電腦即可下載並顯示由資料記錄器儲存之資料，本試區分別設置9個相同型號的自記水位計，進行數據分析。



2.空拍測量

(1)量測儀器：Mavic 2 Pro及TRIMBLE R8 GNSS接收儀

(2)儀器概述：

(a)Mavic 2 Pro空拍機：該機續航時間約30分鐘，支援2000萬像素靜態照片拍攝，利用光學變焦自動拍攝並合成九張長焦照片，變成一張4800萬像素的照片。無人機可依當前高度沿指定的路線飛行，也具有指北及慣性裝置。

(b)TRIMBLE R8 GNSS接收儀：儀器在RTK基地站、RTK移動站，NRTK移動站或靜態定位等作業模式皆可使用，並可同時接收雙星(GPS/GLONASS)及雙頻(L1/L2)之導航衛星訊號。在傳接差分資料部分，內建三種無線傳輸技術，包括數位無線電模組(接收器/發射器)可作為RTK基站和移動站使用、

GSM/UHF模組可與NRTK資料處理中心鏈結使用、藍芽模組可連接控制器或電腦使用。

3.地形測量

(1)量測儀器：HTS-221L6S全站儀

(2)儀器概述：擁有光機電一體化的精密系統，穩定性的機械構造。除了免稜鏡雷射測距功能，可以快速準確地照準目標，更採用了高精度的光學系統，絕對編碼測角精準穩定。內建雷射求心與標配雙面面板。

2.4逕流出流量檢算

1.出口流量

流入滯洪池之水量會經由排放口控制出流量，使得最大出流量不超過允許排放量(即滯洪池之調節功能)，而排放口之流量求算，係將排放口為孔口時則分為堰流及潛流兩種狀況並分為三段的計算公式如下：

表3 流量計算公式

水深 y(m)	公式	說明
$y \leq 1.2L$	$Q=C_1 \times B \times y^{1.5}$	C_1 =流量係數=1.767 B=孔口寬度 y=滯洪池水深 L=孔口高度
$y \geq 1.8L$	$Q=C_2 \times B \times L \times \sqrt{2g(y-0.5L)}$	C_2 =流量係數=0.6 g=重力加速度=9.81
$1.2L < y < 1.8L$	$q=q_1 + \frac{(q_2-q_1)}{0.6L} \times (y-1.2L)$ $-q_1 + \frac{(q_2-q_1)}{0.6} \times (y-1.2)$	$q_1=C_1 \times B \times 1.2L^{1.5}$ $q_2=C_2 \times B \times (2.6gL)^{1.5}$ C_2 =流量係數=0.6

註：實際計算時亦有簡化成依孔口高度區分二段計算者。



2. 逕流率計算

可利用表3之堰流公式算出流量後，再乘以時間得知逕流體積，而降雨量乘以集水面積得知降雨體積，將逕流體積除以降雨體積就會得知逕流率(runoff rate)，如表4所示。惟逕流率受到降雨、地文、生物的干擾，數值變動範圍頗大，只能以長期的觀測加以平均表示。

表4 逕流率公式

	公式	說明
逕流率	$\frac{\text{流量} \times \text{時間}}{\text{降雨量} \times \text{集水面積}}$	流量(cms) 時間(s) 降雨量(mm) 集水面積(ha)

3. 沉砂量計算

沉砂量計算方法，係將試區內2021年8月（第1次）與2022年3月（第4次）收集的

DEM圖檔匯入GIS軟體中，畫出集水區內沉砂池之範圍，圖3呈現的是第4次空拍成果圖減第1次空拍成果示意圖，即可得知此期間的沉砂量。

4. 逕流啟動值

每一試驗區的啟動值都不相同，除了受坡度、植被、坡面土壤滲透及截蓄水條件影響外，更有滯洪池大小與降雨雨場間隔的問題，分析起來頗為複雜。本研究僅依收到自記式水位計數據跟降雨資料等找到啟動值的規律性方式進行，啟動值分為兩種情況：第一種情況為前期雨量影響較小，土壤較乾燥的狀態；第二種情況為前期雨量影響較大，土壤飽和既使下更小的雨量而水位計就會有反應。

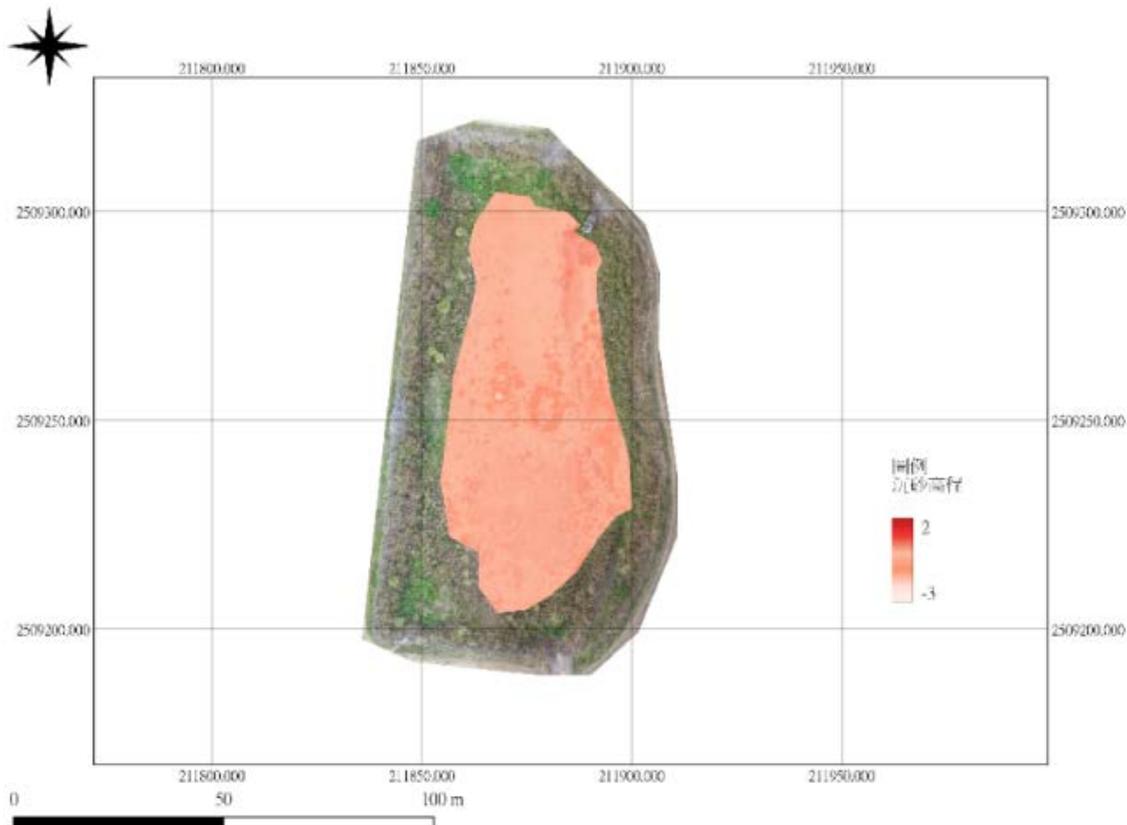


圖3 淤積泥砂變化量成果示意



三、結果與討論

3.1 年平均降雨沖蝕指數

1. 逕流率分析

逕流率之計算方法為單場降雨延時內總逕流體積除以總降雨體積，降雨體積大小隨集水區面積而增加。

(1)由表5至7可得知，第2場降雨量為130.8mm，比第1場降雨量減少2,000.1mm，各期的逕流率也比第一場逕流率少，表示在不同降雨量的情況下，逕流率會隨著雨量而有不同的變化（這當然也包括降雨延時亦即持續時間的影響在內）。

(2)第4場降雨量與第2場相似，但各期第4場逕流率比第2場高，推測原因為第1、2場雨相隔時間為19天，地面乾燥時間較長，第2、3、4場雨相隔時間分別為5天與4天，地面乾燥時間較短，因此不能完全排除前期降雨與間隔時間的影響。

(3)從一期、二期比較各區的逕流率，發現二期普遍比一期的逕流率高，其中一期五與二期一為沉砂滯洪為共構型式，逕流率比較結果仍顯示二期一比一期五高，推測這可能就是種植作物較久、保育利用的效果發揮的結果，且降雨產生逕流的啟動要高的情形，水土保持永久設施設置的目的就是希望開發基地在逐漸恢復過程中能達到防災的功效。

(4)二期五主要作物增加了鳳梨，其中各個雨場的逕流率皆在0.5以上，這或許與栽種翻耕及鳳梨田維持淨耕有關。因此對於坡地農場經營若持一段時間

會進行翻耕整理者，或許就要特別留意永久水土保持設施的維護。

2. 啟動值分析

每一試驗區啟動值並不會相同，本研究依所收到自記水位計數據與降雨資料找到啟動值的規律性，啟動值分為兩種情況：第一種情況為前期雨量影響較小，集水區與滯洪池屬乾燥，從雨場開始降雨到自記式計水位計有反應，這期間的雨量為第一種情況啟動值；第二種情況為前期雨量影響較大，集水區與滯洪池剛積過水，當水位下降後到下次自記式水位計上升期間的雨量且之前面降雨有使自記式水位計產生連續性反應，這期間的雨量為第二種情況的啟動值。

(1)一期五與二期一啟動值皆明顯小於其他各區，顯示滯洪沉砂共構會較快滿足啟動條件。

(2)二期五非沉砂滯洪共構，但啟動值與各區相比，較接近共構時的條件，顯示增加鳳梨田的種植會使啟動值降低。

(3)就啟動值而言一期啟動值比二期略高，因為一期是較早完成的地區，復育的時間較長之故，尤其是一期四啟動值明顯比其他種茶樹還要高出很多，研判是該區保育利用與農業營作為有關。

3. 年降雨逕流沖蝕量之分析

由於本研究的时间較短數據只有收集2021年8月到2022年2月之間的空拍影像，因此在未收集到的月份乃採推估值，推估方式使用實際測得的沉砂量與過去的降雨量做為對比值，而與3月到7月間各個月份的雨量相乘，推估年沉砂量值。



- (1)從表10中的推估沉砂量得知，二期各區的沉砂量皆大於一期，除了農業經營作為的因素外，也可能有坡地保育利用作為完成時間的影響，完成雖相差一年但已有差距存在。
- (2)實際的沉砂量較以土壤沖蝕萬用公式(USLE)及水土保持技術規範設計值為小，約為土壤沖蝕萬用公式(USLE)計算值的四分之一至二分之一(弱)，而與水土保持技術規範設計值比僅為

其六分之一至四分之一，顯示目前沉砂池有設計可能有較大之疑慮。然永久水土保持設施是在完工當時的條件下為了防災所設置的，經過一段時間的復育後自然會下降。

- (3)由推估沉砂量發現，二期五數值比其他各區大，表示種植鳳梨田所產生土壤流失量大於茶樹園，這可能與耕作方式有關，未來可以再研究討論如何改善的策略。

表5 研究試區降雨體積

分析雨場	降雨量(mm)	降雨體積(m ³)								
		一期一	一期三	一期四	一期五	二期一	二期二	二期三	二期四	二期五
第一場	2,130.9	418,785	435,556	826,789	602,831	297,260	773,729	506,941	1,185,207	1,926,546
第二場	130.8	24,106	26,736	50,750	37,003	18,246	47,493	31,117	72,750	118,256
第三場	200.9	37,026	41,064	77,949	56,834	28,025	72,946	47,794	111,740	181,633
第四場	125.8	23,038	25,550	48,500	35,362	17,549	45,387	29,737	69,525	113,012

表6 研究試區地表逕流體積

分析雨場	逕流體積(m ³)								
	一期一	一期三	一期四	一期五	二期一	二期二	二期三	二期四	二期五
第一場	274,595	66,236	61,277	136,654	130,154	281,284	333,684	361,918	1,227,822
第二場	0	624	0	6,599	4,493	0	343	10,381	58,740
第三場	0	1,249	0	10,917	10,674	1,067	21,841	23,259	93,652
第四場	13,410	7,363	4,800	15,997	12,956	19,670	17,654	36,797	86,046



表7 研究試區地表逕流率估算

分析 雨場	降雨量 (mm)	逕流率								
		一期一	一期三	一期四	一期五	二期一	二期二	二期三	二期四	二期五
第一場	2,130.9	0.66	0.15	0.07	0.23	0.44	0.36	0.66	0.31	0.64
第二場	130.8	0.00	0.02	0.00	0.18	0.25	0.00	0.01	0.14	0.50
第三場	200.9	0.00	0.03	0.00	0.19	0.38	0.01	0.46	0.21	0.52
第四場	125.8	0.58	0.29	0.10	0.45	0.74	0.43	0.59	0.53	0.75
主要作物		茶	茶	茶	茶	茶	茶	茶	茶	茶、鳳梨
集水區面積(ha)		18.43	20.44	38.80	28.29	13.95	36.31	23.79	55.62	90.41

表8 一期啟動值

類型	各集水區之啟動值(mm)			
	二期一	二期二	二期三	二期四
雨量影響較小	340.0	184.4	864.8	64.0
雨量影響較大	20.8	64.3	166.0	15.7

表9 二期啟動值

類型	各集水區之啟動值(mm)				
	二期一	二期二	二期三	二期四	二期五
雨量影響較小	127.2	454.2	446.2	180.1	65.0
雨量影響較大	16.1	31.4	34.5	32.8	16.0

表10 年降雨逕流沉砂量

月份	各集水區沉砂量(m ³)								
	一期一	一期三	一期四	一期五	二期一	二期二	二期三	二期四	二期五
8月~2月	177	190	330	330	303	424	410	747	2,427
3月~7月	271	286	505	429	395	688	627	1,951	3,986
推估沉砂量 (m ³ /ha·yr)	14.7	14.0	13.0	15.2	28.3	18.8	26.4	35.0	42.0
USLE 估算沉砂量 (m ³ /ha·yr)	35.0	33.8	36.5	35.6	74.3	79.8	70.7	107.2	108.9
設計規範沉砂量 (m ³ /ha·yr)	52.5	50.7	54.8	53.4	111.5	119.7	106.1	160.8	163.4
實際/USLE(%)	42.0	41.4	35.6	42.7	38.1	23.6	37.3	32.6	38.6
實際/設計(%)	28.0	27.6	23.7	28.5	25.4	15.7	24.9	21.8	25.7



四、結論與建議

- 1.水土保持計畫完成後進行長期的復育是否對環境的影響帶來正面的效果，在本研究中也得到了正面的肯定，尤其是坡地農場的農地開發利用行為雖然完成僅幾年的時間，但效果可能會更為明顯。
- 2.本研究的一期計畫區之逕流率較二期計畫區為低，推估原因為一期茶樹比二期早種值一年，加上植生復育時間會比二期計畫區更早更多（採草生栽培），枝葉成長與根系更為茂密所致。
- 3.鳳梨田因種植方式會要維持地表裸露的淨耕，且需定期翻耕，因此沖蝕量（本研究以沉砂量反推）和逕流率都比茶樹園為高。
- 4.從沉砂量數據得知，推估實際沉砂量遠比土壤沖蝕萬用公式(USLE)及水土保持技術規範設計沉砂池的量體小很多（數值來自水土保持計畫書件），且二期的推估沉砂量大於一期，可見植生復育與栽種管理方式對沉砂量是有影響的，未來待復育一段時間後或許可以再提出對這些永久設施的檢討調整。
- 5.探討植生復育影響滯洪設計需要多年的研究為宜，因此本研究實施第一年的觀測仍無法確切佐證以上的論點，需搭配後續研究來加強之。
- 6.推估年沉砂量因未滿一年，因此只能利用過去的雨量統計作為推估，如果要更精確計算沉砂量，把研究延長至一年或多年較佳。

五、參考文獻

- 1.行政院農委會水土保持局(2017)，「水土保持手冊」。
- 2.行政院農委會水土保持局(2020)，「水土保持技術規範」。
- 3.余濬(2014)，「山坡地排水與滯洪設計」，科技圖書有限公司。
- 4.林俐玲、胡自健(1998)，「茶園不同水土保持處理下土壤流失量之評估」，中華水土保持學報29(3):249-260。
- 5.林永鴻、羅瑞生、林景和、林順台(2015)，「泰武鄉宜農坡地自然農法技術之研究」，坡地房災學報14(1):17-28。
- 6.高銘俊(1968)，「茶園水土保持觀測試驗。臺灣水土保持試驗研究報告彙刊第一輯:171-177。
- 7.許中立、吳宜珍、王瑞賓、黃祥華、鄭貴騰(2016)，「水土保持植生覆蓋之土壤物理性質變化」，坡地房災學報15(2):1-15。
- 8.游繁結、蔡志隆(2002)，「果園更新後水土保持效果變遷之觀測」，農林學報51(4):19-30。
- 9.張忠俊(2019)，「山坡地開發實務」，高立圖書有限公司。
- 10.鄭慶生(1988)，「坡地鳳梨園長期鳳梨殘株敷蓋之水土保持效益」，中華農業研究37(1):47-57。
- 11.盧惠生、林壯沛、陸象豫(1987)，「集水區不同土地利用逕流與沖蝕之研究」，中華水土保持學報18(2):112-121。
- 12.盧惠生、林壯沛、林介龍、王秋嫻(2014)，「緩衝林帶對林地栽植檳榔之水土保育效益」，坡地房災學報13(1):1-13。



水土保持局線上技術短講分享

滯洪設施各式出水口流量公式之試驗研究

Experimental Research of Flow Formulas for Various Outlets of Flood Detention Facilities

臺中市水土保持技師公會 蔡易達 技師

摘要

基於直接量測法測定流量之基礎上，本研究已完成各種出水口之所有試驗和分析工作，並取得相當可靠之成果，足可提供水土保持滯洪設施出水口設計之參採。

根據孔口流(含圓形及方形)、重力式滯洪壩、懸臂式滯洪壩及複合堰(包含重力式滯洪壩與矩形緊急溢洪，以及懸臂式滯洪壩與矩形緊急溢洪)等相關試驗及數據分析，建立了各種出水口之流量公式。

關鍵字：高密度崩塌區、極端降雨、河川型態變遷

精選內容：

伍 現地調查與室內試驗

一、調查辦法 1. 調查方法

■ 選擇數座既有滯洪設施之**出水口調查**，其類型及尺寸以及緊急溢洪口與出水口**共構情形**，作為室內試驗設計之參採依據。



內業完成調查項目事先統整，攜帶相機、全球定位系統GPS、UAV、尺、測距儀等設備進行調查，以利室內試驗設計之參採依據。

調查資料填寫 現況拍攝 中科滯洪出水口

伍 現地調查與室內試驗

一、調查辦法 2. 滯洪設施出水口形式

■ 本研究實際調查既有**10處滯洪設施**，出水口分別有**矩形、圓形及懸臂式滯洪壩**等型式



矩形孔口 圓形孔口 懸臂式矩形滯洪壩

伍 現地調查與室內試驗

二、室內試驗 1. 試驗方法與步驟

■ 根據計畫目標，室內試驗可以概分為三大類型，包括：

- 滯洪壩流量試驗**
 - 重力式滯洪壩：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)
 - 懸臂式滯洪壩
- 攔汙設施下之各式出水口流量試驗**
 - 懸臂式攔汙設施：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)
 - 重力式攔汙設施：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)
 - 重力式攔汙設施：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)
- 滯洪壩與矩形緊急溢洪口共構條件下之流量試驗**
 - 懸臂式滯洪壩：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)
 - 重力式滯洪壩：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)

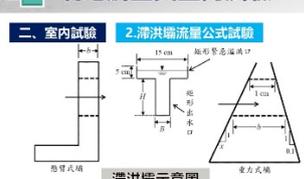
改變開口寬度及側向厚度，通過各種水流條件形成不同過流水深及其相應流量，以建立滯洪壩**初流量公式**。

採用三種不同**透過面積比**之攔汙設施，探討其對出水口排放量之影響，建立攔汙設施設置條件下之**出水口流量公式**。

不同的設施尺度下滯洪壩與矩形緊急溢洪口同時運作之**總排放量變化規律**，並檢討其與滯洪壩與矩形緊急溢洪口排放量簡單疊加之差異。

伍 現地調查與室內試驗

二、室內試驗 2. 滯洪壩流量公式試驗



滯洪壩示意圖

	B(cm)	b(cm)	x	H(cm)
懸臂式	2、4、6	1、2、3		15
重力式	2、4、6	6.25、8.5、10	0.25、0.4、0.5	15
矩形緊急溢洪口	15	5		

註：採用**3 D列印**方式製作試驗模型



滯洪壩與矩形緊急溢洪口共構條件下之流量試驗

- 懸臂式滯洪壩：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)
- 重力式滯洪壩：開口寬度(3種)、側向厚度(3種)

滯洪壩流量試驗



伍 現地調查與室內試驗

3. 攔汙設施出水口流量公式

■ 攔汙設施

- 滯洪壩
 - 採用半圓柱式攔汙設施
 - 透過面積比=1-格梁面積/半圓柱體表面積
- 圓形
 - 直徑=2、3、4 cm
- 方形
 - 高(或寬)=2、3、4 cm

註：圓形及方形孔口可與滯洪壩一起試驗

攔汙設施下水之各式出水口流量試驗

攔汙設施示意圖

伍 現地調查與室內試驗

3. 攔汙設施出水口流量公式

■ 量測值

- 水深：各種條件下至少 5 種不同水深
- 流量：以直接量測法量測過堰流量

圓形與方形孔口布置圖

伍 現地調查與室內試驗

4. 流量及水深量測

■ 採用塑膠桶置於出口正下方，直接承接由壩井溢流出的水體，流量 Q 即

$$Q = \frac{V}{T}$$

V 為蓄滿塑膠桶之水體積，T 為蓄滿塑膠桶所需時間

流量量測裝置

■ 溢流水深係採用探針式水深計進行量測，游標尺精度為 0.05 mm，水深即

$$H = H_0 - H_1$$

H₀ 為測定指針與出水口底面(即基準面)之高差，H₁ 為量測指針與水表面間之距離。

探針式水位量測裝置

伍 現地調查與室內試驗

5. 實驗狀況

懸臂式滯洪壩實驗中影像

懸臂式滯洪壩

圓形孔口+滯洪設施

重力式滯洪壩

重力式滯洪壩+圓形孔口

研究計畫科目：110 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

坡面崩塌量體引致坡面型土石流事件之量化評估方法-以高屏溪為例

Prediction Model on Hillslope Debris Flows Induced by Shallow Landslide – Kaoping River in south Taiwan

國立屏東科技大學 陳天健 教授

摘要

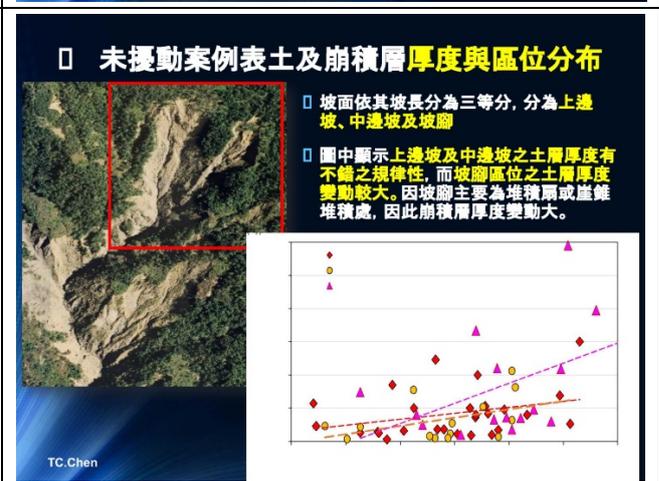
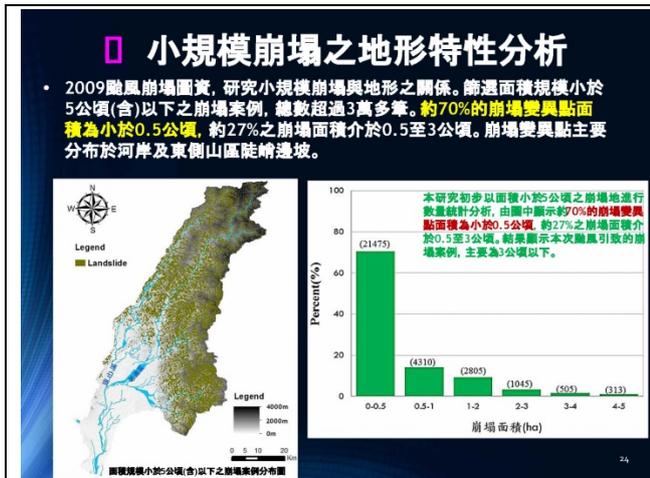
本年度建立高屏河流域坡面型土石流(啟動之崩塌地形及量體評估模式，以提供提升坡面型土石流預測能力，以因應極端氣候之防災預警，保障居民安全。研究團隊收集高屏 200 處之坡面型土石流(HDF)案例及崩塌(NDF)案例，配合微地形、地文及侵蝕特性等分析工作。

就 HDF 之發生面積方面，研究成果顯示可二門檻，初步判釋 HDF 之發生可能性，第一門檻條件：流動長度大於 70 m，集水區面積發生門檻約大於 1.7 公頃。第二發生門檻條件，採以發生區內崩塌面積 $4,000\text{m}^2$ ，正判率約 83%。此門檻反推求之發生區面積門檻約 1.5 公頃。前述門檻值符合實務應用需求。

本研究進一步評估坡面型土石流發生之土方量體門檻。為獲得表土及崩積層厚度評估模式，本研究收集全台地區 177 處鑽孔，逐一篩選表土及崩積層厚度，同時研究該厚度與地形關係研究。最後綜整土層厚度及 HDF 崩塌面積門檻資料，本研究採發生區崩塌體積 $15,000\text{m}^3$ 做為發生坡面型土石流門檻值，此一模式可獲得 HDF 與 NDF 正判率達 8 成以上，符合實務應用需求。

關鍵字：坡面型土石流、發生門檻崩塌面積、發生門檻崩塌體積

精選內容：



研究計畫科目：110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



簡介苗栗縣河川區排清淤疏濬因應生態衝擊之保育措施推動

作者：張坤源 技師

生態檢核自行政院公共工程委員會(下稱工程會)106年4月函頒「公共工程生態檢核機制」起始，期間歷經108年修正擴大實施、109年增列成效追蹤，至110年現行版本規範補強專業人力參與及資訊公開即時性，目前工程會「公共工程生態檢核專區」可查得相關彙整完成的生態檢核資訊，包括各中央部會建置的生態檢核專區平台，且歷經近年發展，機制越趨於完善。本文主軸在苗栗縣河川區域排水路進行清淤疏濬作業時，如何因應伴隨而來的生態衝擊。河川區域排水路(下稱區排)進行清淤疏濬及河道整理時，按公共工程生態檢核注意事項第二條規定，受中央政府補助比率逾工程建造經費百分之五十之新建公共工程時，須辦理生態檢核作業，但目前多數縣市政府以「維護管理相關工程或其他免辦事由」為據，因而未辦理生態檢核。

苗栗縣政府水利處鑒於河川區排清淤將涉及河道幾乎全面整理，可預見將衝擊生態環境棲地，故於108年訂有「苗栗縣縣管河川及區域排水清淤疏濬作業因應生態保育等工作注意事項」以降低河溪生態之影響，當時因考量推動效率，爰委託各地方公所代辦清淤工程，但發現地方公所辦理方式不一，導致生態保育原則執行不佳，爰於今(111)年回歸苗栗縣政府統籌辦理，惟因河川區排範圍面積廣大，單以通霄溪為例，流域面積即廣達80平方公里，以苗栗縣轄管四條縣管河

川，七十三條區域排水，若採工程會標準生態檢核方式，實務上確有窒礙難行，爰考量可行性、必要性及現實資源後，本(111)年度首次建立「縣管河川及區域排水設施範圍清淤疏濬作業生態保育措施」並據以辦理，此措施執行精細度雖不及標準生態檢核，但尚屬有效迴避高敏感區保育物種，減輕擾動其他生態敏感區位，仍具有降低生態衝擊之效益，亦希望藉由未來各年度執行所累積的經驗與相關資料，持續進行作業流程改善，並回溯檢驗各項保育措施之有效性，落實縣管河川及區域排水設施範圍清淤疏濬作業的生態保育作為。

整體工作概述：

為使今年疏濬作業盡可能在颱風季節來臨前完成，礙於時間與資源不足，在此過渡時期，僅能先以林務局大尺度的國土生態綠網關注區域圖(林務局2020)和保育類生物潛在分布圖(特有生物研究保育中心2020)，及最近時期的Google Earth衛星影像來判別各溪流或區域排水疏濬清淤範圍的生態敏感性或議題，提出各區段原則性的生態保育措施，並訂定異常狀況即時通報處理流程。保育措施及異常狀況處理流程經由主辦機關及規劃監造、施工和生態諮詢服務廠商討論確認後，即對現場施工人員進行溝通和說明操作及紀錄流程，並建立即時通訊群組，以即時處理異常狀況。



工作方法與步驟：

主要關注棲地類型和物種與施工範圍之套疊，本文以「苗栗縣中區(造橋鄉、公館鄉及苗栗市)」為例說明，進行疏濬清淤作業的區域排水幾乎均位於林務局國土生態綠網關注區域的西北六區，僅有造橋鄉一小段位於西北二區(圖 1)。西北二和西北六區的主要關注動物和植物如表，疏濬作業範圍與石虎、麝香貓、食蟹獾、彩鷓、柴棺龜、草花蛇等保育類生物潛在分布的重疊狀況如圖，顯示苗栗淺山及溪流環境是許多原生生物的重要棲息地。

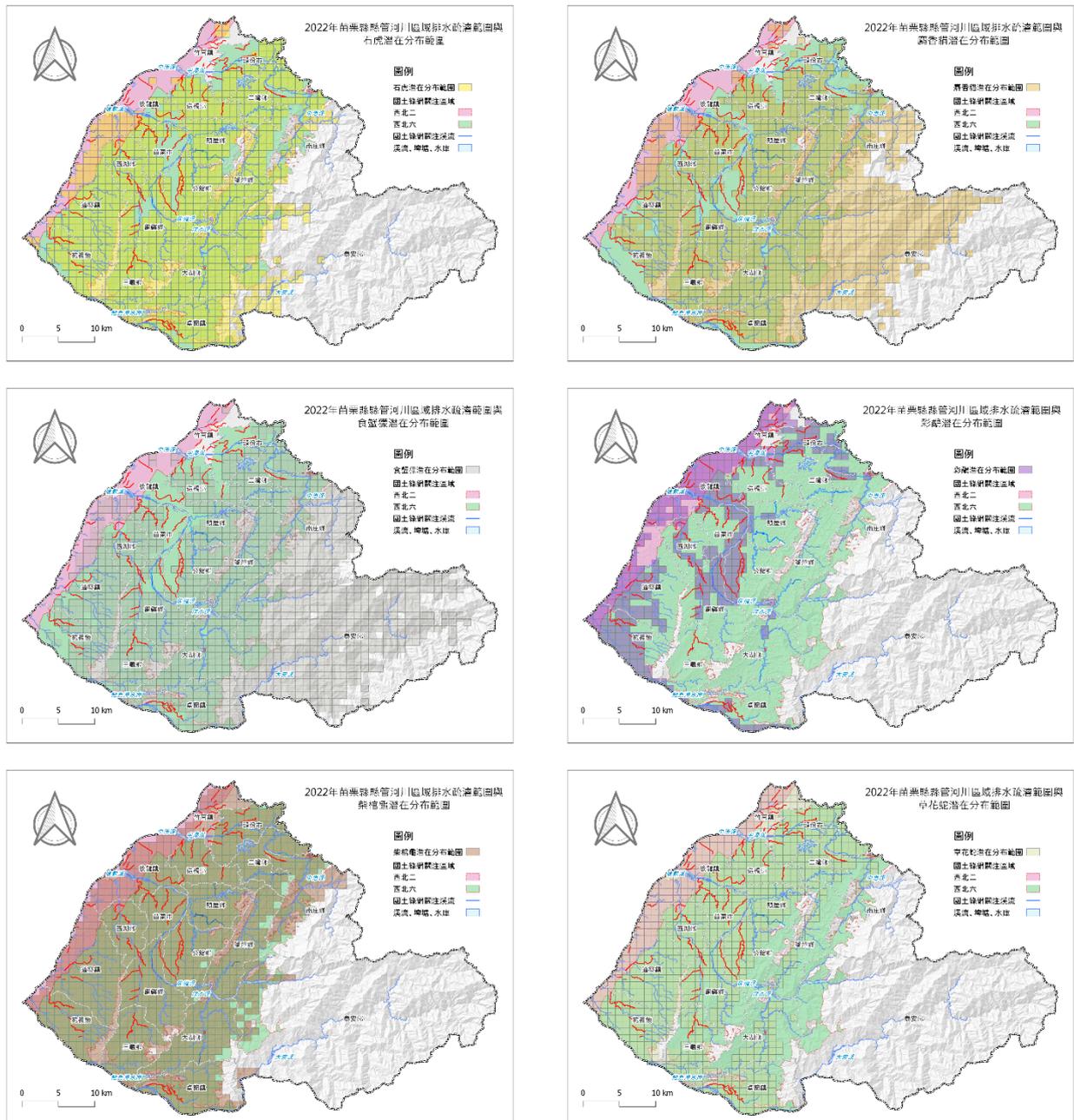


圖 1 2022 年苗栗縣河川及區域排水疏濬範圍與石虎、麝香貓、食蟹獾、彩鷓、柴棺龜、草花蛇潛在分布範圍關係圖 (觀自然生態環境顧問有限公司 製圖)



表 1 國土生態綠網關注區域西北二和西北六區主要關注棲地類型和物種 (財團法人台灣生態工法發展基金會 2020)

關注區域	主要關注棲地類型	重點關注動物	重點關注植物
西北二	藻礁生態系、海岸濕地、河口、海岸林	石虎、草花蛇、日本鰻鱺、大田鯊、台灣招潮蟹	臺灣破傘菊、漏蘆、樹檫、大胡枝子、石蠟鯨、高氏柴胡、新竹油菊、臺灣紺菊、臺灣蒲公英
西北六	森林、溪流、水田	石虎、穿山甲、食蟹猴、麝香貓、八色鳥、灰面鵲鷹、食蛇龜、柴棺龜、鉛色水蛇、白腹遊蛇、草花蛇、臺北樹蛙、金線蛙、高體蜻蜓、飯島氏銀鮪、日本鰻鱺、史尼氏小鯢、七星鱧、大田鯊	六角草、刺花楸、庭梅、毛柱郁李、臺灣野茉莉

建議施工順序：

為避免在缺乏環境生態現況基本資訊的情況下繼續進行疏濬作業，又必需使工程如期完成，因此調整作業優先順序。從接近市鎮人口密集、生態議題可能較少的區域排水開始進行疏濬作業，再逐步往接近淺山區域推進，以便有較充裕時間對生態敏感性較高的區域進行快速勘查，確認關注區域和擬訂相應的保育措施。建議施工順序範例如表 2。

疏濬清淤工程生態保育措施：

「苗栗縣縣管河川及區域排水清淤疏濬作業因應生態保育等工作注意事項」雖已規範疏濬清淤作業的生態保育原則，以下再針對疏濬清淤作業的生態保育重點補充說明：

1. 疏浚清淤作業以清除水道中的人工雜物、垃圾、漂流枝幹、強勢外來植物 (布袋蓮、大萍、輪傘莎草、粉綠狐尾藻、象草、銀合歡、印度田菁...等) 為主。若單一種強勢外

來植物已佔據區域排水渠道寬度一半以上，應全面移除。

表 2 建議施工順序 (節錄)

建議順序	行政區	溪流/排水	疏濬範圍
已完成	苗栗市	南勢溪	龍坑支線金龍橋 0K+000 - 新民生橋 2K+000
已完成	苗栗市	南勢坑溪	金龍橋 4K+285 - 伯公坑橋 8K+300
1	苗栗市	田寮圳 (嘉盛排水)	經國路 0K+000 (後龍溪匯流口) - 橡皮壩 3K+146
2	苗栗市	田寮排水	玉清橋 0K+000 - 地方法院 2K+430
3	苗栗市	西山排水	經國路 (台 6) 0K+000 - 至公路 4K+700
4	公館鄉	東河圳排水	中平橋 3K+390 (苗 24) - 6K+835 (苗 25)
5	公館鄉	公館排水	0K+000 - 景福橋 0K+752
6	公館鄉	公館排水	景福橋 0K+752 - 公德橋 3K+406
7	公館鄉	公館排水北幹線支線	仁愛一橋 0K+000 - 公德橋 6K+351
8	公館鄉	公館排水山下圳支線	公德橋 0K+000 - 大安橋 4K+086
9	造橋鄉	北勢溪排水	獅頭橋 K+000 - 豐湖橋 2K+000 (台 13 甲)
10	造橋鄉	大潭排水支線	0K+000 - 0K+750
11	造橋鄉	大潭排水支線	1K+000 - 1K+968
12	造橋鄉	九車龍排水支線	九車龍排水匯流口 0K+000 - 2K+900

2. 沉水性水植物 (馬藻、馬來眼子菜、龍鬚草等) 必須保留，以維護其淨化水質、穩定溪流床底質及棲地生態功能，提供溪中原生生物的棲息與繁殖環境。
3. 濱溪水岸的植被具有穩定溪岸邊坡、淨化地表逕流水質、調節周邊環境微氣候 (氣溫、水溫、風力...) 等重要功能，並提供野生動物食物來源及棲息環境，不應移除。若有竹叢、樹幹傾倒於水道中，則可以委請樹木修剪專業人員移除阻斷水流的枝幹，但不可完全移除存活的植株。若水道中有大型倒木，應先評估其對水道上、下游可能的影響，再決定適當的處理方式：例如調整、穩固倒木位置做為緩衝溪岸坡腳沖刷的天然結構，或者半埋於溪床中，以營造多樣化的微棲地；若對水道有嚴重的不良影響，才直接移除；以上評估過程必需保留影像及文字紀錄，做為後續的經驗參考與修正基礎。



4.除非水道已嚴重淤塞，否則應盡量避免整理溪床、浚挖溪床底質，以免造成溪床結構不穩定，或擾動污染底泥造成水質惡化。

執行方法：

1.關注區域界定與保育措施擬訂

使用地理資訊系統數化預定疏濬清淤的溪流或區域排水範圍，以便套疊最近時期的 Google Earth 衛星影像，並查看 Google 街景，以瞭解疏濬範圍的生態環境及潛在議題，及劃定關注區域和擬訂保育措施自主檢查表。針對接近淺山森林生物多樣性較高的區域，將以現地勘查輔助確認。

2.施工前後環境影像紀錄

現場施工人員需使用具備 GPS 和相機功能的行動電話，配合施工現場作業狀況，在各區段（原則上以累進距離標示每 100 公尺）定位和標記拍攝施工前、後的現地環境影像，上傳雲端共用相簿做為保育措施執行的查核依據。

3.保育措施自主檢查

現場施工人員必須依照每一區段的保育措施執行疏濬作業，填寫自主檢查表；監造廠商查核將另行查核保育措施執行狀況。

4.異常狀況通報機制與處理流程

主辦機關及規劃監造、施工和生態諮詢服務廠商建立即時通訊群組，以便於現場施工人員即時通報和處理異常狀況。若遇到保育措施無法執行的異常狀況，現場施工人員使用行動電話 GPS 定位和相機拍攝現場照片，上傳群組，並可利用視訊即時討論處理方法。



圖 2 地理資訊系統產生的疏濬清淤範圍及累進距離圖層可轉換為 kmz 檔，提供現場施工人員使用行動電話安裝 Google Earth 應用程式，以便於瀏覽查閱衛星影像地圖。

表 3 生態保育措施自主檢查表

區段範圍	保育措施	執行狀況
公館鄉公館排水 OK+000 - 景福 橋 OK+752	<ol style="list-style-type: none"> 1) 疏濬清淤作業以清除水道中的人工雜物、垃圾、強勢外來植物(布袋蓮、大萍、粉綠狐尾藻、輪傘莎草、象草、銀合歡、印度田菁...等)為主。 2) 保留沉水性水植物(馬藻、馬來眼子菜、鱉藻、龍鬚草等)。 3) 不可移除濱溪水岸的植被。 4) 除非水道已嚴重淤塞，否則應盡量避免浚挖溪床底質。 5) 不修剪、移除岸邊樹木。 	<input type="checkbox"/> 符合保育措施 <input type="checkbox"/> 不符合保育措施 (若有不符合狀況，請填寫異常狀況通報處理表)
備註：		
施工人員：_____ 日期：_____		



5. 溝通與說明

以上施工前後現地環境影像紀錄、保育措施自主檢查、異常狀況通報處理等作業流程經由主辦機關及規劃監造、施工和生態諮詢服務廠商討論確認後，即對現場施工人員進行溝通和說明操作及紀錄流程。

表 4 異常狀況通報處理表

日期時間	累積距離	異常狀況描述	處理過程及結果
yyyy-mm-dd hh:mm 範例： 2022-05-30 14:30	公館排水 OK - 景福橋 xxxx-xxxx 範例： 1250-1350	通報人員： 狀況描述： 紀錄影像：	參與人員： 處理過程： 處理結果： 紀錄影像：
備註：			
施工人員：_____ 日期：_____ 參與人員：_____ 日期：_____			

6. 資訊公開

為妥善保存作業過程所產生的資料，本計畫將利用中央研究院研究資料寄存所建立專案資料集以彙整相關的空間圖資、環境影像及保育措施自主檢查表，做為落實資訊公開與未來資料再利用的基礎。

結語：

近年公共工程與生態保育之間產生摩擦的事件，舉凡金門金沙溪護岸工程阻斷水獺

棲息廊道、苗栗大安溪水岸公園破壞石虎棲地、臺中沙鹿南勢溪影響南海溪蟹、屏東獅子鄉內文野溪整治毀壞黃尾弓蜓棲地等案件，回顧 106 年公布生態檢核機制起至今日，幾乎年年修訂，可見待梳理事項尚多，也導致公共工程與生態保育衝突事件的發生。

如回到生態保育的起始點思考，生態檢核建置了許多書表文件與機制，但請大家思考，為何現今公共工程影響生態保育案件為何仍是時有所聞，究竟工程規劃與生態保育之間摩擦問題原因為何，值得大家剖析癥結之處。

「方向對了，就不怕路長；有了目標，終點就不遠」，苗栗縣早於其他縣市制訂「苗栗縣縣管河川及區域排水清淤疏濬作業因應生態保育等工作注意事項」，現今試行「縣管河川及區域排水設施範圍清淤疏濬作業生態保育措施」，後續也將執行成果予以檢討，提出改進建議，檢討方向概分為主管機關、設計單位及施工單位等三方所衍生的介面處理事項，主要涉有政府採購法(契約規定、設計圖說、驗收方式等)，次為設計單位對於工程技術設計與生態保育認知之落差及施工單位對於執行作業之資訊化、現代化、與對物種的認識等，以及現場人員配合執行程度高低等課題，然於今(111)年度執行過程，三方執行團隊已大幅提升對生態保育的認知，並瞭解到環境資訊紀錄的重要性，也更能理解與正視生態保育的重要。文末，冀望工程技術界與生態保育界的先進們，為持續促進生態保育與工程技術共好與永續發展，你我一起努力。



致謝：

本文為『111 年度苗栗縣縣管河川及區域排水疏濬清淤工程—中區 1(公館鄉、造橋鄉、苗栗市) 生態保育措施建議服務工作計畫書』之部分成果整理，前揭保育措施計畫為苗栗縣政府(水利處)預算支應，該計畫執行蒙 觀自然生態環境顧問有限公司(王豫煌博士)、天乙營造有限公司及麗鄰工程顧問有限公司，共同協力完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 林務局 (2020) 國土生態綠網圖資下載：
<https://conservation.forest.gov.tw/0002178> ,
Accessed 18 Oct 2022
2. 特有生物研究保育中心 (2020) 49 種陸域脊椎保育類動物潛在分布範圍。
<https://drive.google.com/file/d/1TZywQ42tXeC672K1FCCjXwG-uw-9Hj3b/view>.
Accessed 18 Oct 2022
3. 苗栗縣政府水利處, 天乙營造有限公司, 觀自然生態環境顧問有限公司 (2022) 2022 苗栗縣河川區域排水疏濬清淤工程(中區 1) 生態保育措施建議服務工作
4. 財團法人台灣生態工法發展基金會 (2020) 國土生態綠網藍圖規劃及發展計畫成果報告. 行政院農業委員會林務局



★111年9月15日(四) 臺北市水土保持公會—參訪「金門縣水土保持服務團組訓活動」



參訪活動合照



金門大橋接續工程說明會



金門大橋遠景



金門大橋施工現場

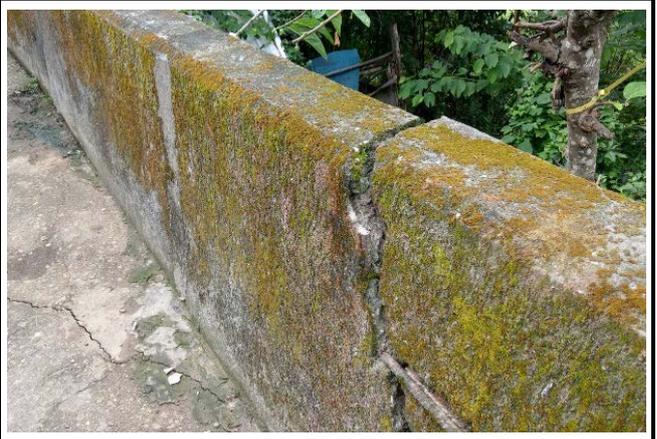


金門大橋參訪活動合照

Activity Highlights



★111年9月20日(二) 花蓮縣政府—特邀「花蓮縣水土保持服務團-水土保持技師協助勘災」



活動花絮

★111年11月16日(三)臺灣省水土保持技師公會 & 全國聯合會 -出席「111年度全國性社會團體公益貢獻獎及績優職業團表揚大會暨數位時代下的公益現況研討會」



★111年10月14日(五)新北市水保服務團-參加「111年度新北市水保服務團組訓暨傑出貢獻團員表揚活動」



新北市水保服務團受獎



新北市水保服務團受獎

Activity Highlights



新北市水保服務團受獎



新北市水保服務團受獎

★11年12月10日(六)台灣省和台北市水土保持技師公會第十屆第一次會員大會暨專題演講-



候選人於門口合影



候選人政見



前理事長鄧麗瓊致詞



台灣省水土保持技師公會-陳智誠理事長會務報告





陳智誠理事長特寫



台北市水土保持技師公會-鄧鳳儀理事長會務報告



選舉投票



選舉投票



選舉投票



選舉開票

Activity Highlights



選舉開票



貴賓致詞



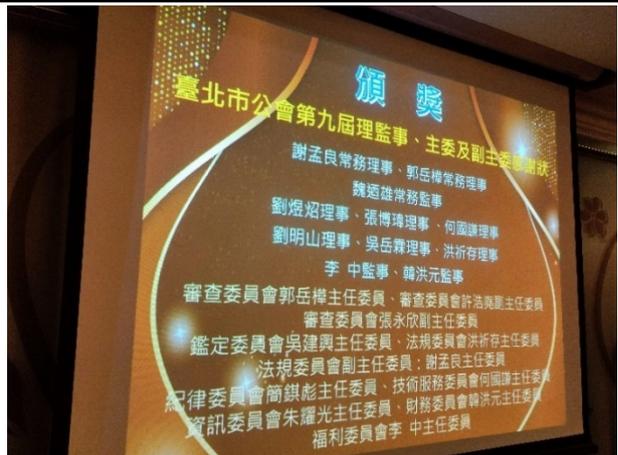
晚宴側拍



頒獎典禮



晚宴側拍



頒獎典禮



活動花絮



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動

Activity Highlights



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動



摸彩活動



活動花絮



場地特寫



典禮主持人合照

★111年12月20日(二)省公會會長交接典禮



合影照片



合影照片



合影照片



合影照片

Activity Highlights



合影照片



合影照片

★111年12月28日(三)新北市公會榮獲新北市政府社會局領航公益獎



合影照片



合影照片



「水土保持技術」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成果。
- 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、商業機密或與事實不符者，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，聯絡電話：02-82581918洽許婷瑄小姐。