



水保技術



水
保
技
術

Journal of Water and Soil Conservation Technology

Vol.15

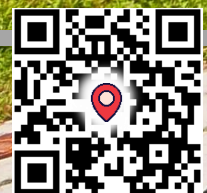
No.4



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



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4期

2021.12

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

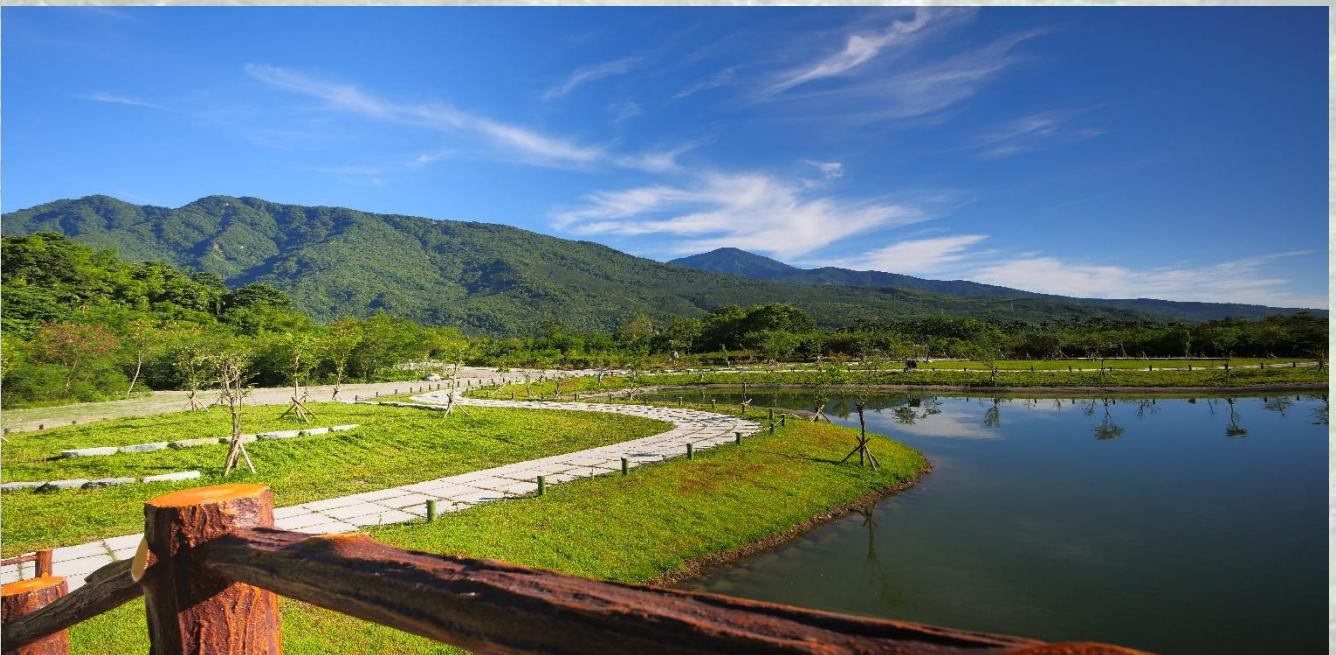
發行人：	郭玉麟	Publisher:	Yu-Lin Kuo
出版者：	中華民國水保技師公會 全國聯合會	Publication Office:	The Union of Soil and Water Conservation Professional Engineer Associations
會址：	新北市板橋區雙十路2段 143號4樓	Address:	4F., No.143, Sec. 2, Shuangshi Rd., Banqiao Dist., New Taipei City 220, Taiwan (R.O.C.)
網址：	http://www.swcpea.org.tw/	Web 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：	鍾東宏	Chief of Editor:	Dung-Hung Chung
編輯委員：	劉衍志、吳烘森、吳正義	Board of Editor:	Yen-Chih Liu, Hong-Sen Wu, Cheng-Yi Wu
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：光復馬太鞍吉利潭周邊環境改善工程/2021 全球卓越建設獎環境類金獎
工程主辦單位：水土保持局花蓮分局

工程特色：

吉利潭護岸破損年久失修，工程設計因地制宜，配合現地地形設計環潭動線，融合周邊地形自然景觀，保留原有植物生長環境避免大規模開挖，減少生態環境之破壞。工程利用塊石、石板及預鑄環保素材，降低混凝土使用用量，達到節能減碳之功效，約可減少 540 噸碳排放量，另外吉利潭水面積較大內含水生植物甚多，施作護岸及拱橋時將潭中挖深使生物有躲避之空間，對區內生態環境影響降至最低，生物調查結果，改善前調查約 66 種物種，利用不同潭幅寬度營造生物多樣性，改善環境後，生物多樣性回復達 135 種物種，成效顯著，形塑大自然綠色療癒環境。

目錄

人物專訪

- 4 行政院農業委員會水土保持局花蓮分局 陳淑媛分局長

學術論文

- 8 2021 年臺東大南溪堰塞湖快速評估暨潰壩後洪水模擬分析
- 施佩昱 陳振宇 林家興 詹婉妤

技術論文

- 16 應用 H.O.S.T 地圖判釋土石流潛勢溪流影響範圍地形特徵
—以南投縣神木村 DF199 潛勢溪流為例
- 陳昭岑 陳振宇 黃奉琦 高百毅 白佩鑫 林宥伯
- 28 臺北市大型順向坡地質調查～以南港軍人公墓為例
- 王存欵 池蘭生 陳建帆 邱亭瑋
- 38 白石湖吊橋撓度監測在時間序列模式之預測
- 陳智誠 杜敏誠 施邦築 鄭清江
- 54 應用 Python 的 sklearn 機器學習預測臺北市老舊聚落防災策略
- 陳智誠 杜敏誠 施邦築

技術短文

- 70 以 NB-IoT 與免控制點位移量測技術進行水土保持設施之安全
檢測與評估 - 廖國偉
- 72 以創意實作融入防砂壩下游保護及貯砂功能評估之教學模組
研發 - 賴悅仁

活動花絮

人物專訪

行政院農業委員會水土保持局花蓮分局 陳淑媛分局長

採訪／郭玉麟理事長、鍾東宏技師、劉衍志技師、陳本康技師

文字整理／曾文萱

日期／2021年11月18日



陳淑媛分局長於民國七十一年通過公務人員普考，分發至臺灣省政府農林廳山地農牧局第六工作處(即花蓮分局前身)服務，並於七十三年通過公務人員高考，一路從基層開始做起，歷經行政院農業委員會水土保持局第六工程所技佐、技士、室主任課長、課長、技正及秘書等職務。習慣在第一線面對人群的她，具備豐富之實務經驗；深耕花蓮農村多年，除了推廣農村再生計畫不遺餘力之外，長期致力於山坡地水土資源保育，也在今年榮獲中華水土保持學會事業獎，優秀之表現極受各界推崇。

本期人物專訪很高興能夠邀請到，將於明年三月三十一日屆齡退休的陳分局長。專訪當天由全聯會郭玉麟理事長、鍾東宏技師、劉衍志技師、陳本康技師等人，一同前往水土保持局花蓮分局進行訪談。陳淑媛分局長回顧其公職生涯，除了承蒙長官之教誨指導，讓她受益良多之外，也感謝這一路上始終全力支持、一起努力打拚的辦公室同仁們。訪談間，隨著陳分局長的腳步，沿途細數這些日子所遇見的挑戰與收穫的同時，也不斷感受到她始終以謙遜、不畏艱辛的態度面對分內工作。此外，她平易近人的親切形象在訪談中更是展露無遺，令人留下深刻印象。以下為當日專訪記要：

想請陳分局長與我們分享近四十年的公職生涯，有哪些讓您印象深刻的地方？

「公務人員晚上沒事可以多讀書，除了能增加知識外，也能參加考試。」

被分發至第六工程所時，當時的主管吳久雄主任，所說的一番話至今仍讓她記憶深刻。此外，於第六工程所服務 21 年的主管趙國昭副局長，也讓她看見，身為一個管理者，必須多關心同仁、替同仁多著想，盡心盡力幫助同仁解決工作、生活困難。

「趙國昭副局長在花蓮服務將近二十一年的時間，帶給花蓮很多建設。在工作上，他帶人也帶心；成為主管後，當我遇到無法解決的事情時，就會先想想若今天換作是趙副，他會怎麼做。」

然而，身為水土保持局花蓮分局第一位女性主管，當初接任分局長一職時，在職場上需面臨在工作和家庭間尋求平衡的困境，也是讓她歷歷在目……

「在民國九十九年的六月，我接任代理分局長一職，因為是代理一職，心想應該是過渡時期，等局長找到適當人選時，我便能功成身退。結果七月份接到黃明耀局長來電，請我協助擔任花蓮分局的分局長；當時的我愣了一下，除了擔心自己是否有足夠能力勝任之外，也因那時我婆婆剛過世，家裡就剩下先生和公公。很感謝當時先生給我相當大的支持，覺得我有這份機會，應該去試試看，不用擔心家裡的事情。」

水土保持局於民國七十六年起，為改善農村環境、促進農村規劃建設發展，由各縣市政府提報工作計畫至水土保持局辦理評選的農村綜合發展規劃及建設計劃，位於台九線上之舞鶴，即是具發展潛力地區之一。

「在八零年代，舞鶴是很有名的農村之一，位於台九線上交通便捷，以茶聞名全省，也感謝農會總幹事對農民輔導非常用心，加上當時國民旅遊興盛，我們就協助各個有提供品茶的茶藝館，政府無條件幫忙設計庭院，那遊客來這除了買茶外，停車、上廁所都不可以收費。舞鶴居民也因此經濟收益隨著提高。」

水保局在舞鶴推動一系列的茶園保育工作，但在推行上卻遇到極高難度……

「為了讓在坡地上經營的茶農方便搬運、運送，我們在茶園設置田間作業道及施作山邊溝，但因會影響茶的採收量，使得不少人卻步。幸好當時有位從逢甲大學經濟系畢業的茶農：張正義先生，經過說明理解後，首先接受政府政策，明白水土保持的好處，也帶動其他茶農跟進，水土保持的工作就因此推展開來。」



從事水土保持工作，在颱風侵襲前，我們需提高警戒做好防災、整備的工作。颱風警報期間，也可能需要進駐、以辦公室為家，風災後也需復健，想請分局長與我們分享這四十年來，有哪幾個颱風讓您印象深刻？



民國七十九年六月二十三日歐菲莉颱風為花蓮帶來豪雨，重創銅門村 12、13 鄰，造成多人遭土石流掩埋的慘劇。也因為此次災情，開始正視土石流問題.....

「因為這個災害讓大家意識到預警系統非常重要，所以在八月份辦理土石流疏散示範演練。剛從日本歸國的成功大學謝正倫老師建置了第一套預警系統，段錦浩老師也首創台灣現有的工程設計梳子壩。」

災後基於安全考量，花蓮縣政府也在南華監獄附近的公用地蓋房子安置災民，成為全臺第一件遷村成功個案。此外，民國九十年的桃芝颱風過境，也讓陳分局長印象深刻，災難當前也再次看見水保界的團結精神。

「桃芝颱風在花蓮的大興村、鳳義里、見晴村等地造成嚴重災情，當時在台灣大學任教的黃宏斌老師、成功大學的謝正倫老師以及中興大學的陳文福老師也一同協助負責災後重建工作，在大家分工合作的狀況下，只花了一年多的時間，就讓這些受災地區復健，讓人感受到水保界的大家真的都很團結。」



陳分局長在水保界的奉獻良多，令人十分感佩，最後想請分局長給我們後輩技師還有將來想從事水土保持工作的學子們一些勉勵？

「人家說做水土保持是鋪橋做路、陰功積德。施比受更有福，我也常跟辦公室裡面年輕的小朋友說：第一、不要怕辛苦，協助他人解決問題，得到的快樂是用錢買不到的。第二、不要太會計較，就像我們以前主管陳哲夫秘書所說：在能力內能承擔的就盡量去做。過程中除了能得到很多收穫外，付出的努力與用心是會被看見的，等到適當的時機出現，人家就會提拔你。最後記得要謙虛，不要認為幫助別人，好像是給人家恩惠一樣。我們是領薪水的公僕，我們應該要幫民眾將這些工作做好。」

身為女性領導者，陳分局長善於傾聽、溝通、心思細膩等特質，在普遍以男性為主的工程界表露無遺。對她而言，公務人員存在的價值，即是協助民眾解決困難。態度柔軟、立場堅定的她，總是站在第一線與農民用心交陪，協助花蓮農村社區永續經營發展的努力功不可沒。當日於訪談結束後，收到贈禮《守護花蓮壠-水土保持心情記事》、飾品以及飾品袋上的天空之城都具有特殊意義，也讓人再次看見陳分局長細膩、圓融的貼心。





2021 年臺東大南溪堰塞湖快速評估暨潰壩後洪水模擬分析

2021 Da-Nan Landslide Dam Evaluation and Subsequent Dam Failure Flood Simulation Using BigGIS and HEC-RAS 2D model in Taitung, Taiwan

施佩昱^{1、2*}、陳振宇²、林家興³、詹婉妤²
Pei-Yu Shih^{1、2*}、Chen-Yu Chen²、Chia-Hsing Lin³、Wan-Yu Chan²

- 1.財團法人臺灣營建研究院
- 2.行政院農業委員會水土保持局技術研究發展小組
(通訊作者 E-mail:pyshih@mail.swcb.gov.tw)
- 3.長榮大學土地管理與開發學系

- 1.Taiwan Construction Research Institute, New Taipei City 231,Taiwan
- 2.Research and Technology Development Team, Soil & Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Nantou 540, Taiwan
- 3.Department of Land Management and Development, Chang Jung Christian University, Tainan City 711,Taiwan

摘 要

根據Schuster & Costa (1986) 研究顯示，不論是地震或豪雨崩塌形成的堰塞湖，50%會於形成後10日內潰決，但多數堰塞湖形成於集水區上游人煙稀少區域，現地調查與資料取得不易，亟需快速完成調查評估與防災作業。為在堰塞湖形成初期即能快速取得現場壩體幾何資訊，以評估壩體穩定性及後續潰壩情境等風險，本研究使用BigGIS平台提供之衛星影像以及數值地形線上分析工具，提出快速估算堰塞湖之迴水面積及蓄水量的方法，並以HEC-RAS二維洪水演算模組模擬不同情境下堰塞湖潰決時對下游保全對象造成的衝擊與影響。以2021年2月發生於台東卑南鄉東興村大南溪堰塞湖為例，不論是堰塞湖規模評估及其潰決後對下游的安全影響，本研究建立之堰塞湖快速評估作業方式，其結果均與現行調查結果相近，並可供後續防災決策參考。

關鍵字：堰塞湖、潰壩、HEC-RAS、BigGIS

Abstract

According to Schuster & Costa (1986) statistical results, 50% of landslide dam would breach within 10 days, no matter earthquakes or torrential rains trigger the landslide to form the landslide dam. However, of the numerous kinds of dams form in upstream, basin or the desolated position where inaccessible to investigating. In order to evaluate and simulate the in-situ failure risk



assessment, the aim of the current study was to 1. Operating the satellite images and function tools in BigGIS to assess the length and volume of backwater 2. Running different modules of two-dimensional flood routing model of HEC-RAS to evaluate the impact of downstream communities. In conclusions, the results of standard operating procedure method of evaluation and operation dam failure models were similarly with the in-situ investigation, whether occurred lake ranges or assessed the effect of the Da-Nan River downstream in Taitung, Taiwan.

Key Word: Landslide Dam, Dam failure, HEC-RAS, BigGIS

一、前言

台灣除了每年5-11月防汛期間帶來的豐沛雨量可能致災外，也面臨地震導致山區土石崩塌等災害。其中，崩塌土體如堵塞河道形成天然壩，當壩體無法承受後方蓄水量時，其潰決時之大量洪水夾帶土砂沖向下游，不僅造成自然環境與生態的劇變，更可能嚴重危及下游沿岸居民的生命財產安全。根據 Schuster & Costa (1986) 的研究顯示不論是地震或豪雨崩塌形成的堰塞湖，50%會於形成後10日內潰決，亟需快速完成調查評估與防災作業。但多數堰塞湖形成於集水區上游人煙稀少區域，現地交通不便，調查與資料取得均相當不易。

為快速取得堰塞湖之現地資料，並確保現勘人員與下游居民安全，本研究透過水土保持局建置之巨量空間資訊系統 (Big Geospatial Information System, 簡稱 BigGIS)，利用其內建之多元航遙測圖資 (例如每日拍攝的Planet光學衛星及每5日拍攝的Sentinel 2光學衛星) 以及數值地形線上分析工具，提出快速估算堰塞湖之迴水面積及蓄水量的方法，同時以美國陸軍工兵團開發之HEC-RAS二維潰壩洪水演算 (Dam-Break Flood Routing) 模組，模擬不同情境下堰塞湖潰決時對下游保全對象造成的衝擊與影響，並以

2021年2月發生於台東卑南鄉東興村大南溪堰塞湖為例，進行方法與模式之驗證。研究流程如圖1。

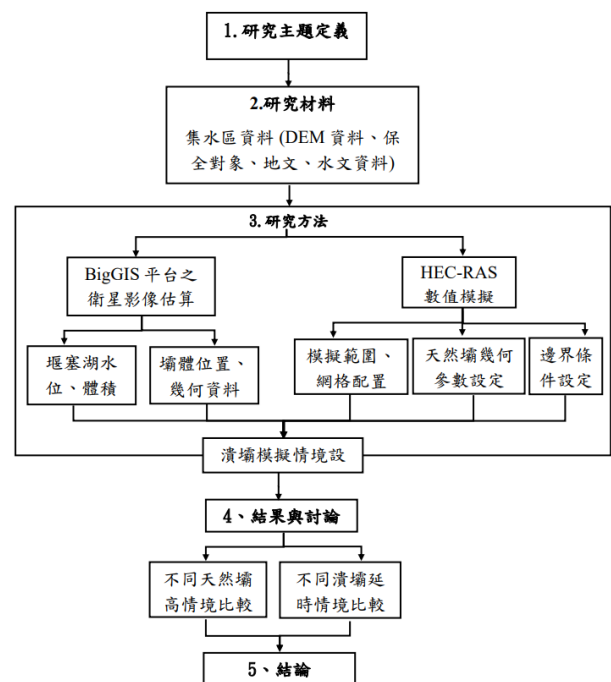


圖1 研究流程圖

二、方法

2.1 研究區域與案例

2021年2月5日民眾通報臺東卑南鄉東興村大南溪水量突然明顯降低，林務局臺東林管處初判上游區域有崩塌造成溪流阻塞 (坐標：E 120.952702, N 22.725553)，並於2月8日以直升機空勘時發現大南溪上游12公里處



右側邊坡土石崩塌阻塞河道，形成寬約25公尺、高20公尺、長50公尺之天然壩及蓄水量約2.5萬立方公尺之堰塞湖(如圖2)。

期間該處天然壩曾短暫潰決，後又於2月21日之衛星影像發現該處復發崩塌導致天然壩堰塞湖規模持續變大。由4月7日衛星影像判釋結果，堰塞湖迴水面積約8.5公頃，蓄水量約170萬立方公尺，且壩體已有溢流現象。8月上旬盧碧颱風引進西南氣流造成臺東山區連日降雨，大南溪8月7日上午下游水位驟升，臺東林管處透過即時河川監測影像、集水區降雨分析及水位計紀錄資訊研判應為上游堰塞湖壩體潰決所致，大南溪水水位雖然升高，但並未造成溢流或致災。臺東林管處近期透過衛星影像觀測顯示蓄水體已明顯縮小，8月14日蓄水面積僅剩約1.5公頃，最大蓄水深度約18公尺，蓄水量僅剩原蓄水量的11% (臺東林管處，2021/8/18)。

2.2 堰塞湖量體快速評估方式

一般估算堰塞湖水深、蓄水面積及蓄水量時，多仰賴空勘或現地調查，並配合地形圖粗略估算。例如利用現地調查迴水末端與鄰近地形特徵點之相對位置，藉以比對前期地形，可概估為現況水位；再以現況水位與天然壩體之前期河道高程之差為估算之堰塞湖水深。或是利用蓄水寬乘以迴水長進行蓄水面積之簡易估算 (如圖3)，或利用蓄水體積約等於蓄水面積乘以1/2~1/3水深的簡易體積估算方式評估堰塞湖之水體量 (如式1) (林務局，2017)。

$$Volume \cong A * \frac{h_w}{2} \sim A * \frac{h_w}{3} \quad (式 1)$$

Volume: 蓄水體積(m³)

A: 蓄水面積(Ha)

h_w: 水深(m)



圖2 臺東卑南鄉東興村大南溪空拍影像 (拍攝時間：2021/2/9，臺東林管處)

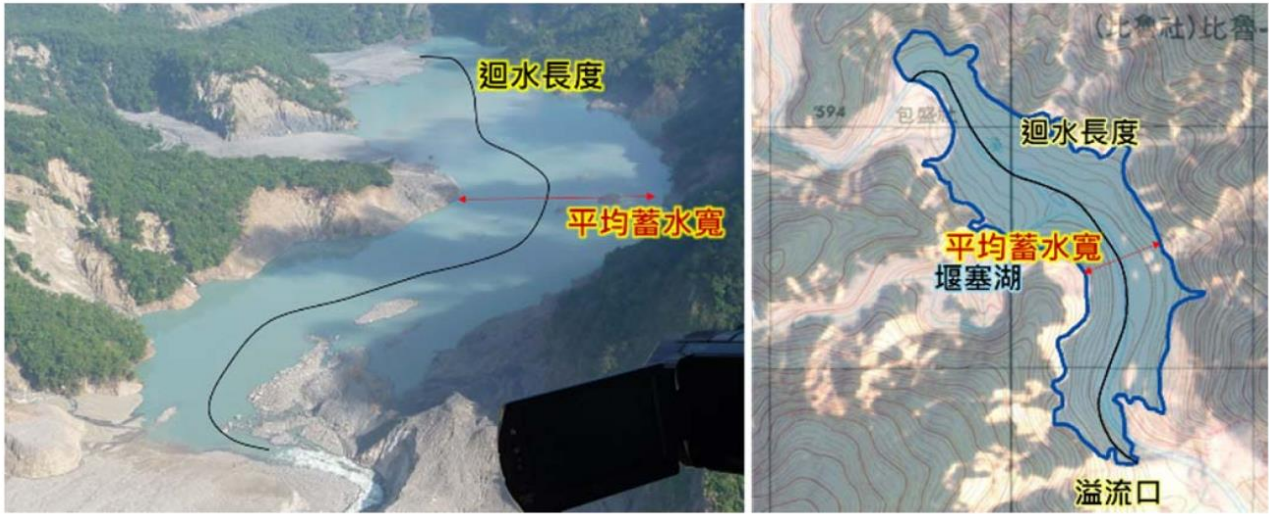


圖3 蓄水面積估算示意圖(林務局，2017)

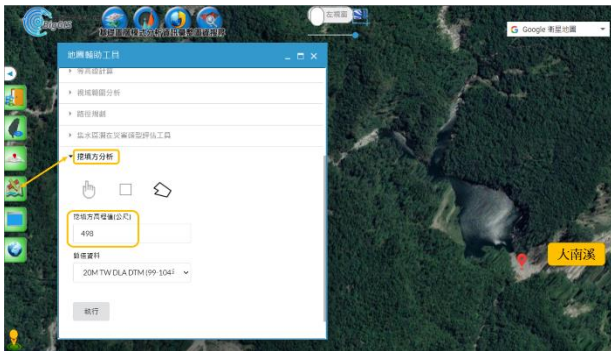


圖4 BigGIS內建內政部20m DEM資料及挖填方分析工具

由水土保持局建置之巨量空間資訊平台(簡稱BigGIS)係為一款WebGIS平台，提供巨量衛星影像、航空照片與UAV空拍影像等歷年珍貴圖資，並整合多個單位提供之底圖或服務。為使這些圖資能更有效加值應用，BigGIS更開發與加值整合多項加值分析工具，提供多維度、多視窗的展示介面，讓使用者可用不同角度檢視豐富與多樣的歷史圖資(陳振宇等，2020)，且使調查人員於現地勘查前，即可在室內使用BigGIS提供之多時期航遙測影像圖資，及多樣加值分析工具，進行初步災害分析以及影響範圍劃設(陳振宇等，2020)。本研究使用BigGIS提供之挖填方分析功能，以內建之全台2015年20m DEM為

基礎，於地圖上圈繪分析範圍並指定一高程基準後，即可自動完成該範圍內之挖(填)方面積與體積之計算(如圖4)。其中，本研究假設該處崩塌發生前，研究區之河道斷面與高程與2015年之DEM資料一致，此時如將形成堰塞湖後之水位高程指定為挖填方計算之高程基準時，其填方面積與填方體積之計算結果，即等同於該堰塞湖之迴水面積與蓄水量。

2.3 潰壩情境模擬方式

由於天然堰塞湖存在時間的不確定性及組成強度的不穩定性，無法準確預估潰壩延時與洪水波衝擊範圍，本研究藉由HEC-RAS二維水理模式分析不同情境潰決與後續水理特性資料，得以快速評估下游保全對象受影響程度與範圍(吳振佑等，2019)。本研究堰塞湖二維潰壩模擬專案，以1米DEM為基礎建置模擬地型資料，其網格大小(Grid Size)設定20mx20m進行計算範圍建置(2D Flow Area)，計算總網格數為73,460個，模擬總面積約為29.3平方公里。於天然壩上游邊界設置2處入流起點距離壩址約1.2公里，出流終點為大南溪出口，並以流量歷線(Flow



Hydrograph) 作為上游邊界條件，出流終點為大南溪出口，其邊界條件設定為開放邊界(Open Boundary)，曼寧n值依HEC-RAS潰壩模式使用手冊自然型河川(乾淨但有些許石頭及淺灘的一般值)之Manning's n建議值0.04設定，模擬河道總長度自天然壩上游入流邊界至下游出流邊界約為13.2公里。

由於案例周圍無設置雨量站及流量站等設施，故以下游鄰近之射馬干雨量站搭配合理化公式，假設徑流係數為0.75(山嶺區建議值為0.70~0.80)，採5年重現期距74(mm/hr)和集水區面積1891公頃計算，以上游入流量293(cms)作為模擬輸入值。在天然壩體高度參數設定部分，由於2021/2/7及2021/4/3之衛星影像之堰塞湖均已有溢流情形，配合BigGIS之堰塞湖量體評估方式，可將當時之水位高程視為天然壩之壩頂高程，進而估算其壩體高度分別為22公尺與51公尺。為考慮各種極端狀況下之防災風險情境，本研究分別設定二種天然壩高程為30公尺和60公尺，潰壩延時則分別設定為0.5小時及1小時。在堰塞湖潰決型式則假設為一般最常見的溢流破壞(Overtopping failure)，而天然壩潰壩過程之時間與潰壞比例，採用手冊建議之正弦波(Sine wave)方式設定。

三、結果與討論

3.1 堰塞湖迴水面積及量體估算結果

透過設定不同高程基準之BigGIS挖填方分析結果平面圖，對照各期衛星影像之堰塞湖迴水範圍，即可以試誤法快速評估出不同時期之堰塞湖量體。例如參照2021/2/7 Planet衛星影像，當挖填方高程值設為468m時，BigGIS分析所得之填方範圍幾與衛星影像迴

水區完全相同，故可推估當日堰塞湖水位高程為468m，迴水面積約3公頃，蓄水量約36萬立方公尺(如圖5左圖)。同理，參照2021/4/3 Planet衛星影像，即可推估當日堰塞湖水位高程為497m，迴水面積8.4公頃，蓄水量178萬立方公尺(如圖5右圖)，此結果與林務局臺東林管理調查之結果十分接近(臺東林管處，2021/4/13)。

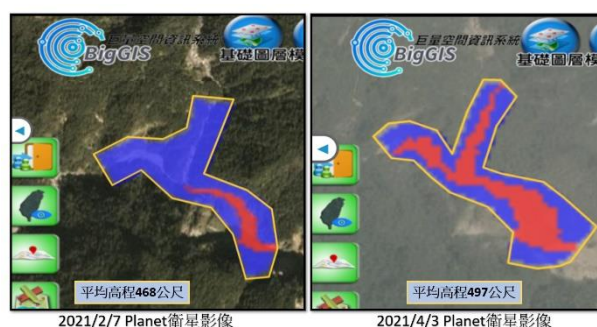


圖5 BigGIS挖填方分析工具估算堰塞湖迴水面積及蓄水量(紅色填方；藍色挖方)

3.2 堰塞湖潰決模擬結果

3.2.1 堰塞湖潰決沿程洪峰流量估算

本案例以HEC-RAS二維潰壩模式演算，分別以壩體高度60公尺與30公尺、潰壩延時0.5小時及1小時進行初步潰決洪峰流量、洪水波水位等資料估算，其中洪峰流量模擬結果如圖6。以壩體高度60公尺之案例為例，如其潰壩延時分別為0.5小時及1小時，其距天然壩1.3km處之潰壩洪峰流量分別為3843.41(cms)及1902.67(cms)，於下游5公里處其洪峰流量分別為3678.22(cms)及1879.08(cms)，於下游12公里(大南溪出水口處)洪峰流量分別為3549.97(cms)及1862.31(cms)。由此可知潰壩延時0.5小時之洪峰流量約為潰壩延時1小時之2.02~1.91倍，其洪峰衝擊影響為最大。

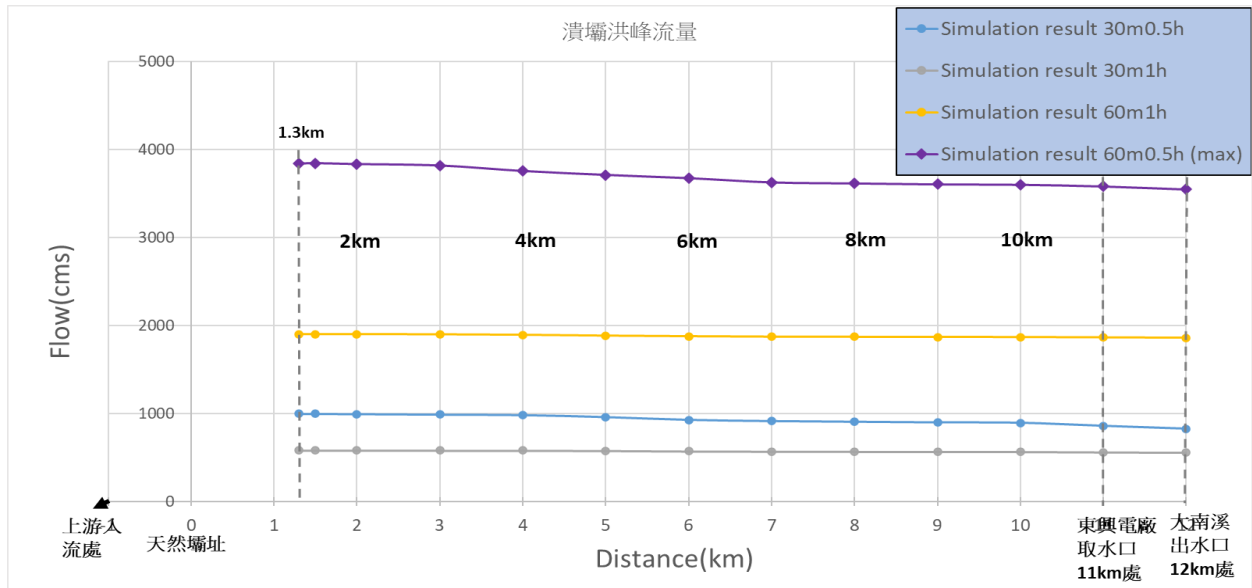


圖6 潰壩洪峰流量沿程示意圖

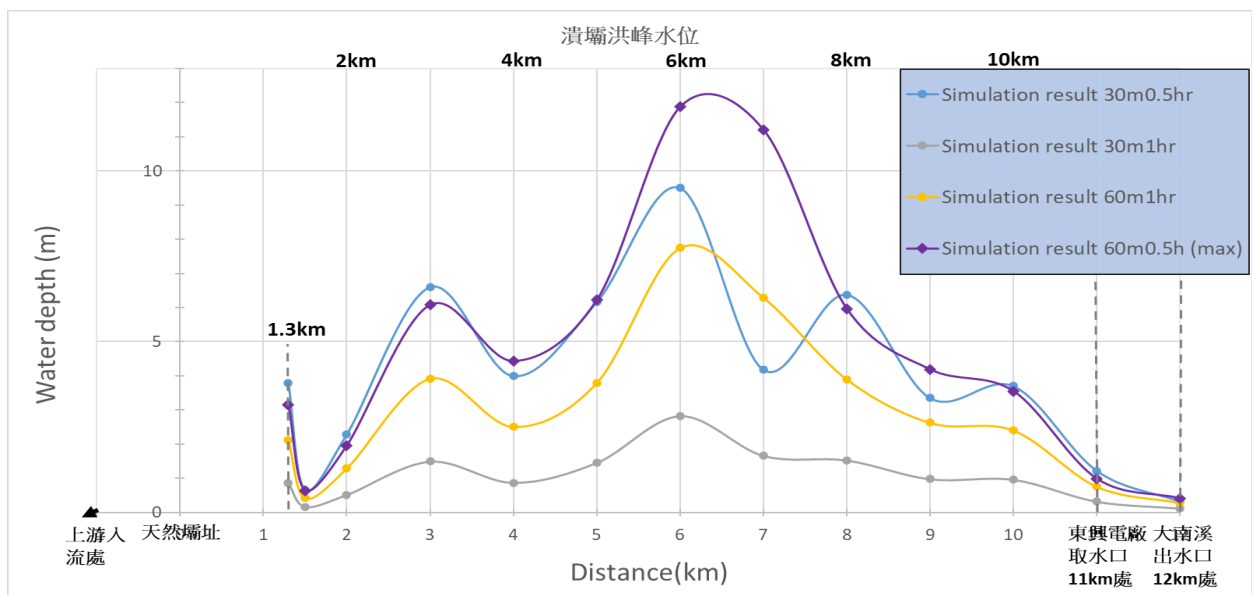


圖7 潰壩洪峰水位沿程示意圖

3.2.2 堰塞湖潰決沿程水位及流速估算

為評估堰塞湖潰決後，下游沿岸設施是否會因水位抬升或洪水流速過大而造成毀損，壩體高度60公尺與30公尺、潰壩延時0.5小時及1小時之洪峰水位及最大流速之模擬結果如圖7及圖8。其中以壩高60公尺潰壩延時0.5小時之模擬結果為例，由天然壩潰壩處往下游傳遞之洪水波沿程變化，在下游約3公里處

洪峰水位約為6公尺(流速約9.9(m/s))，在6公里處水位上升最大約為11.9公尺(流速約11.2(m/s))，而再往下游因河寬變寬，洪峰水位已逐漸下降，惟流速仍偏高。以下游11km東興取水口處為例，其洪峰水位上升僅約1m，惟其流速仍高達16m/s，故需注意加強其水工結構物之防護。



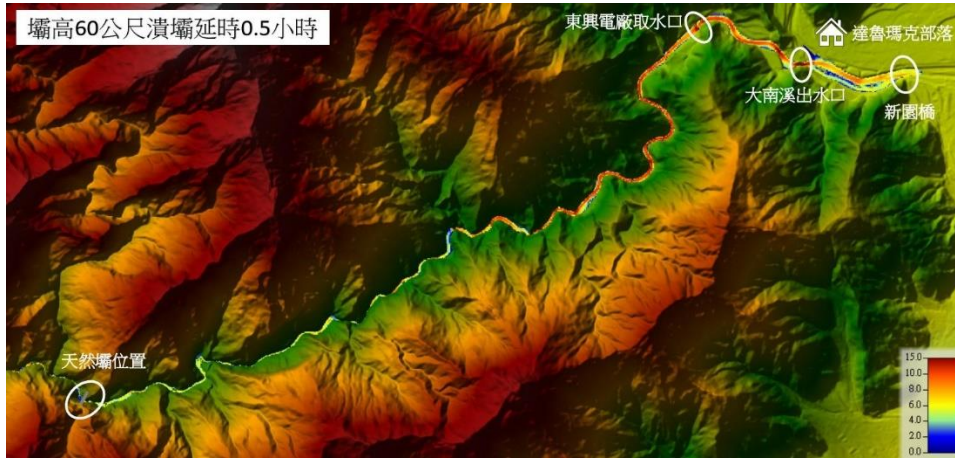


圖8 壩高60公尺潰壩延時0.5小時之洪峰流速模擬結果

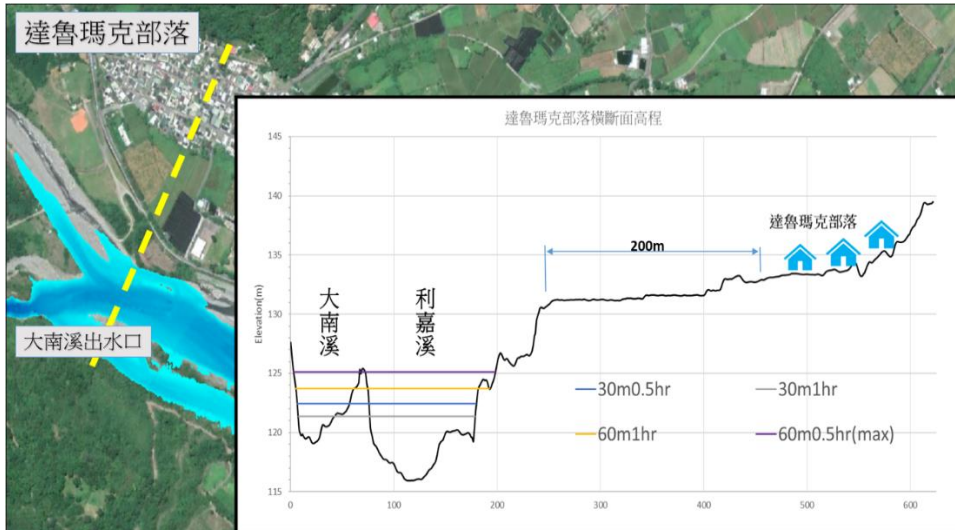


圖9 達魯瑪克部落洪水波水位演算橫斷面圖

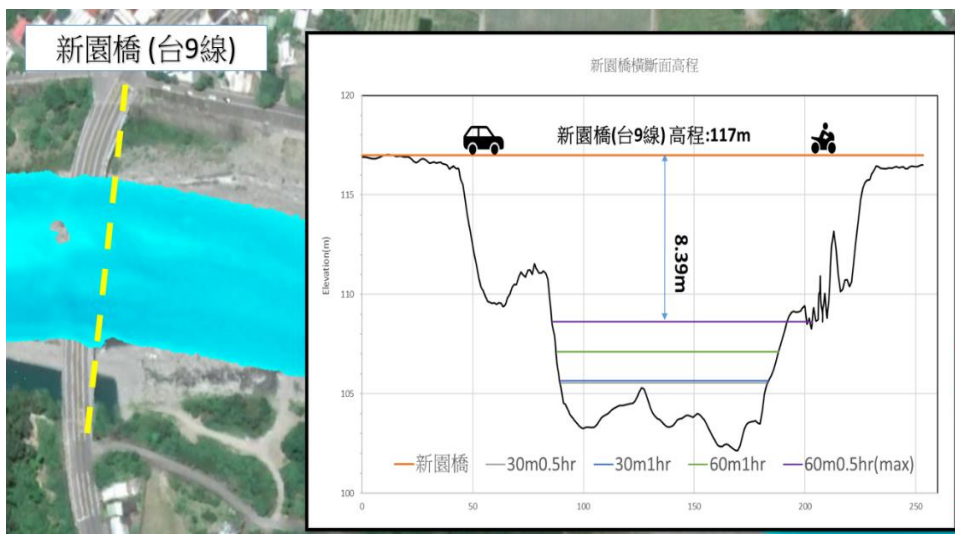


圖10 新園橋(台9線)洪水波水位演算橫斷面



3.2.3 保全對象衝擊影響評估

本研究以天然壩下游12公里處之達魯瑪克部落及13.25公里處之新園橋(台9乙線)為保全對象探討洪水波衝擊影響，運用HEC-RAS水理模式計算各情境條件之潰壩洪峰水位。由不同天然壩高情境成果顯示，以壩體高度為60公尺之模擬結果，潰壩延時0.5小時及1小時之洪峰水位分別約為125公尺及124公尺，其水位距離達魯瑪克部落周邊之最低的河岸高程仍有5公尺，堤岸距離達魯瑪克部落約有200公尺(圖9)。在13.25公里處新園橋以壩體高度為60公尺情境模擬結果，其潰壩洪峰水位則分別為108.61公尺(潰壩延時0.5小時)及107公尺(潰壩延時1小時)，距離橋面則有8.34公尺之落差，對於新園橋並無造成溢淹狀況(圖10)。

四、結論

由於堰塞湖多發生於深山且通常於形成後數日即潰決，因此如何快速完成調查及評估其可能造成之災害衝擊係為防災應變期間的首要工作。本研究應用水土保持局BigGIS平台所提供多元航遙測影像及挖填方線上分析工具，搭配HEC-RAS二維水理模組，已建立一套完整的堰塞湖快速評估及風險情境模擬機制，經實際案例操作結果，與林務局現行評估作業結論相當一致，且本研究所提出之方式更快速、便捷並降低調查人員於現場作業時的風險。此外，未來BigGIS平台如能將HEC-RAS二維水理模組之模擬結果，以視覺化方式呈現於BigGIS之底圖上，除將更有利於各級政府防災決策外，亦能成為第一線防災人員對民眾進行防災疏散避難宣導時的利器。

參考文獻

1. 巨量空間資訊系統(BigGIS)，水土保持局。
(<https://gis.swcb.gov.tw/>)
2. 行政院農業委員會林務局(2017)，國有林地堰塞湖應變標準作業程序。
3. 行政院農業委員會林務局臺東林管處(2021a)，「臺東大南溪上游形成堰塞湖，評估暫無立即危險」。Retrieved from <https://taitung.forest.gov.tw/all-news/0067113>
4. 行政院農業委員會林務局臺東林管處(2021b)，「臺東林管處說明大南溪堰塞湖現況，與部落協力維護河防安全」。Retrieved from <https://taitung.forest.gov.tw/all-news/0067473>
5. 行政院農業委員會林務局臺東林管處(2021c)，「大南溪堰塞湖潰壩蓄水量驟減下游社區、河道安全無虞」。Retrieved from <https://taitung.forest.gov.tw/all-news/0068080?fbclid=IwAR2bU1yseRKO3EwpXOG1zIlf5T9IWCSAChOicBORwb3GnHB9Y7CxJO-7U>
6. 陳振宇、吳振佑(2020)，BigGIS-巨量空間資訊系統增值與開放服務，國土及公共治理季刊8(3):94-99。
7. 吳振佑、林家興、陳國威、陳振宇(2019)，2018年北海道胆振東部地震引起的厚真町堰塞湖之形成與潰決潛勢分析，中華水土保持學報，50(4):154-165(2019)。
8. Brunner, G.W. (2016), "HEC-RAS River Analysis System User's Manual Versions 5.0", US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center.
9. Brunner, G.W. (2016), "HEC-RAS River Analysis System, 2D Modeling User's Manual Versions 5.0", US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center.
10. Brunner, G.W. (2016), "HEC-RAS River Analysis System Reference Manual", US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center.



應用 H.O.S.T 地圖判釋土石流潛勢溪流影響範圍地形特徵

—以南投縣神木村 DF199 潛勢溪流為例

Interpretation Terrain Features of Potential Debris Flow Torrent Influence Zone Using H.O.S.T Map—A Case of Potential Debris Flow DF199 in Shennue Village, Nantou.

陳昭岑^{1,2*}、陳振宇²、黃奉琦³、高百毅²、白佩鑫²、林宥伯^{2,3}

Chao-Tsen Chen^{1,2*}、Chen-Yu Chen²、Feng-Chi Huang³、Bai-Yi Kao²、
Pei-Hsin Pai²、Yu-Po Lin^{2,3}

1.財團法人農業科技研究院

2.行政院農業委員會水土保持局技術研究發展小組
(通訊作者 Email:wji4xo6@mail.swcb.gov.tw)

3.財團法人臺灣營建研究院

1. Agricultural Technology Research Institute

2. Research and Technology Development Team, Soil & Water Conservation Bureau,
Council of Agriculture

3. Taiwan Construction Research Institute, New Taipei City 231, Taiwan

摘要

因受極端氣候影響，如崩塌、地滑及土石流等土砂災害發生頻率與規模增加，且多具有重複性，若能掌握土石流潛勢溪流地形特徵，準確劃定其影響範圍及其保全對象，將能提升後續防減災工作之效能。近年來，國內外許多學者應用高精度、高解析度的數值地形模型產製的圖資於判釋及分析地形地貌，已能掌握各種地形特徵。然而傳統地形圖資受限於判讀者主觀視覺影響，致使各地圖使用者判讀地形特徵時，容易產生落差，且對於一般未經訓練的人而言，不容易直接判讀出地形地貌，並於腦海中無法自動轉換成三維地形。

本研究運用具有極佳立體感及可呈現微地形特徵之H.O.S.T地圖進行地形地貌特徵判釋，相較於傳統地形圖資，H.O.S.T地圖更能凸顯豐富的微地形特徵，且讓地圖使用者在室內透過圖資，即可掌握該地區的地形、土石流潛勢溪流之溢流點、影響範圍以及災害型態等資訊，大幅縮減野外調查所耗費的時間。

關鍵字：H.O.S.T地圖、投縣DF199、地形特徵判釋

Abstract

Due to the influence of extreme weather, the occurrence frequency and scale of the sediment disasters such as slope failure, landslides, debris flows have increased, and are mostly repetitive. If the topographic characteristics of the potential debris flow torrent can be grasped, the scope of their



influence can be accurately delimited and determined. It will enhance the effectiveness of subsequent disaster prevention and mitigation work. In recent years, many researchers have used the maps produced by high-precision, high-resolution digital terrain models to interpret and analyze the topography and geomorphology, and they had been able to grasp various topographic features. However, traditional topographic maps are limited by the subjective visual influence of the readers. It is easy to produce a disparity when the map user interprets the topographical features. For the general untrained person, it is not easy to directly command the topographical features and also can't be automatically converted to 3D terrain.

H.O.S.T maps with excellent terrain rendering effects are used to interpret topographic characteristics. The results show that compared with traditional topographic maps, H.O.S.T maps can highlight rich micro-topographic features and allow map users to use maps indoors to grasp the topography of the area, the overflow point of the potential debris flow torrent, the influence zone, and the type of disaster, etc., which greatly reduces the time spent on the field.

Key Word : H.O.S.T Maps 、 Nantou DF199 、 Interpretation of Terrain Features

一、緒言與研究目的

土石流災害的發生對於區域環境造成的危害極為嚴重，依據「土石流潛勢溪流劃設作業要點」(水土保持局，2019a)及「土石流潛勢溪流劃設作業手冊」(水土保持局，2019b)，利用地形圖等圖資判釋土石流潛勢溪流，並劃設其影響範圍及至溪流現場調查確認，可事前有效評估災害潛勢，預先規劃防減災工作，並作為防災整備與疏散避難規劃之參據。

隨著航遙測技術之提升與地理圖資系統科技的輔助，國內外已發展多種圖資可應用於判讀地形、地貌，如等高線圖、分層設色圖及日照陰影圖等，然各式圖資表現方法上仍有其不足之處，亦可能因主觀判釋因素，而遺漏重要的地形地貌資訊，因此，本研究運用具有極佳立體感及可呈現微地形特徵之H.O.S.T地圖，進行土石流潛勢溪流影響範圍之地形特徵判釋，並進行野外現地查核，以驗證數值地形圖所判讀之地形特徵是否吻合。

二、研究區域概述

2.1 土石流潛勢溪流基本資料

本研究區域位於南投縣信義鄉神木村境內，編號為投縣DF199。於2000年，由水土保持局劃設為土石流潛勢溪流(編號：南投076)，後於2009年，整合全臺土石流潛勢溪流編碼及相關資訊，如表1所述。

2.2 水文概況

投縣DF199土石流潛勢溪流，位處鹿林子集水區內，鄰接神木子集水區，屬濁水溪水系支流陳有蘭溪上游。溪流長度為5.856公里，集水區總面積約866公頃，災害類型屬於溪流型土石流，災害潛勢為高風險等級。

2.3 地質概況

研究區域為中新世晚期之南莊層、深坑砂岩及現代沖積層(圖1)。南莊層之岩性為砂岩、頁岩與砂頁岩薄互層為主。深坑砂岩以塊狀砂岩夾薄層砂岩為主。在地質構造方面，鄰近沙里仙溪斷層、神木斷層及霍薩溪斷層，



亦有東北－西南走向之向斜及背斜軸通過，致使該地區地層多為破碎的岩層，易受風化與侵蝕作用影響而發生崩塌，為土石流潛勢溪流帶來大量的土砂料源。

2.4 災害紀錄敘述

自1996年起歷年災害事件影像紀錄及災害發生情況，相關彙整如表2、圖2所述。

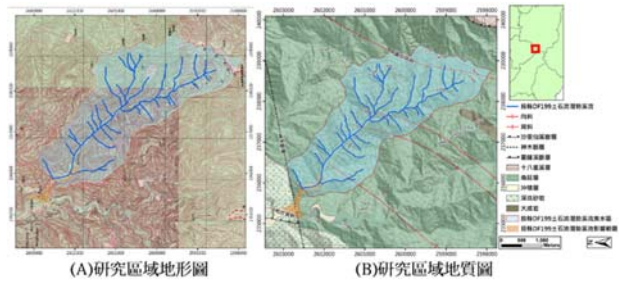


圖1 研究區域地形與地質圖

表1 投縣DF199土石流潛勢溪流基本資料表

溪流編號	溪流長度(公里)	溪流平均坡度(度) ^註	集水區面積(公頃)	溪流名稱	溪流所屬子集水區	重要地標	鄰近道路
投縣DF199	5.856	11.8	866	出水溪	南平坑	神木國小	神木巷

註：溪流平均坡度係由前期調查資料及本次調查套疊內政部5公尺等高線求得。

表2 投縣DF199土石流潛勢溪流歷年災害彙整表(水土保持局，2009及2017)

時間	災害事件	災害描述紀錄
1996年	賀伯颱風	大量土砂沿出水溪流出，匯集至和社溪匯流口，將神木橋拱起並隨土石流下移，造成道路中斷，神木國小、入山檢查哨及神和橋等均遭土石流沖毀、掩埋。
1998年	0509 豪雨	出水溪發生土石流，神木國小前之霍薩溪橋遭土石破壞，致交通中斷及39戶居民受困。
1999年	0528 梅雨季豪雨	霍薩溪橋再度遭土石流沖毀，神木村百餘人受困。
2001年	桃芝颱風	出水溪發生土石流溢流災害
2006年	0608 豪大雨	豪雨引發出水溪上游崩塌，大量土石崩落，將設置於該溪沿岸多項觀測儀器掩埋，並危及下游地區。
2007年	0809 豪雨	土石流致使出水溪上游觀測點鋼索斷裂，並對下游保全對象造成嚴重威脅。
2008年	0716 至 0723 降雨	出水溪上游坡地受沖蝕，造成約2公頃的崩塌，鄰近保全戶受到威脅，那瑪嘎班橋亦遭崩塌滑落之土石掩埋。
2009年	莫拉克颱風	土石流導致神木樟樹公及鄰近設施、觀測儀器皆遭土石損壞、掩埋，對外連絡道－神木巷遭土石沖毀而中斷。
2012年	0610 豪雨	靠近溪流之道路受土石沖刷，造成毀損。
2014年	0521 豪雨	神木巷遭土石沖毀，導致交通中斷。
2017年	0601 豪雨	土石流造成多處民宅沖毀，連外道路全數中斷。



賀伯颱風後災況(提供者:謝金德)

桃芝颱風後災況(提供者:柯金源)

莫拉克颱風後，出水溪災情
(提供者:朱家賢)

2017年0601豪雨後，出水溪匯流口災情
(提供者:陳國威)

圖2 投縣DF199土石流災害影像(摘錄自水保局歷史影像平台)

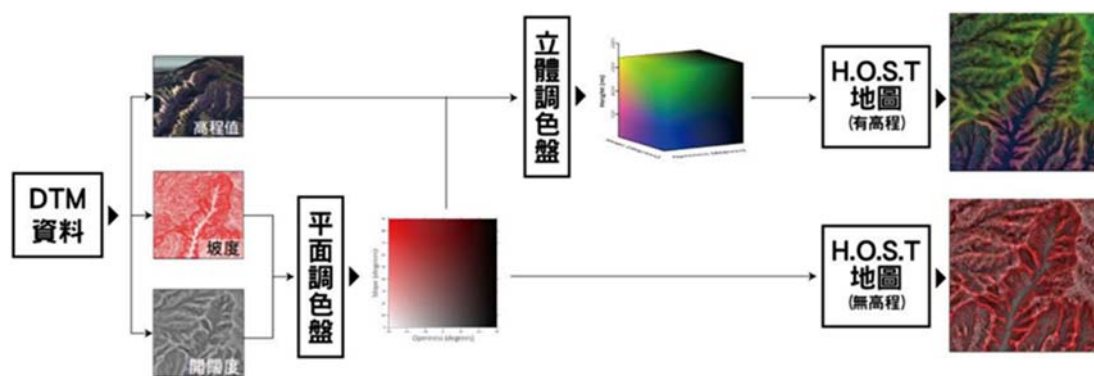


圖3 H.O.S.T地圖製作原理

三、研究方法

3.1 H.O.S.T 地圖

H.O.S.T地圖為水土保持局於2017年創新研究計畫補助，結合地形高程(Height)、地形開闊度(Openness)及地形坡度(Slope)所開

發之三維視覺化地形圖(Terrain Map)，其製作原理如圖3所述(郭耀駿，2016；蕭宇伸，2017)。

H.O.S.T地圖能有較好的地形呈現效果，主要係藉由不同的地形開闊度與地形坡度計算方法，調整合適的彩度色階來表現地形的

傾斜程度，提供視覺上更佳的立體呈現效果，讓地圖使用者能輕易的判讀出豐富且詳細的地表資訊。

本研究利用內政部於2011年8月以空載光達所產製之1m數值高程模型(DEM)及2021年5月透過無人機空拍影像所製成的0.5m數值地表模型(DSM)，製作研究樣區之H.O.S.T地圖，並以此圖資判讀「投縣DF199」土石流潛勢溪流之影響範圍與微地形特徵。

3.2 野外查核

本研究針對室內判釋之影響範圍與微地形特徵，進行野外查核作業，查核方式為沿投縣DF199溢流點2(OFP02)至下游匯流口，查核點位置圖如圖4所示，同時，填寫「土石流潛勢溪流基本資料現地調查表」(水土保持局, 2019b)，將調查表單內要求之查核位置，蒐錄現地影像、進行GPS定位與查核河道土砂沖淤情形，且依現地地形及歷史災害紀錄檢核潛勢溪流現況與溢流點位置。

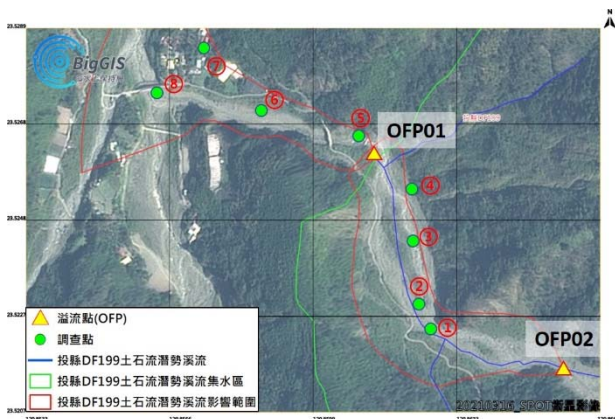


圖4 現地查核點位圖
(拍攝時間2021/03/16 SPOT衛星)

四、綜合結果與討論

4.1 H.O.S.T 地圖微地形特徵判釋

本研究以2011年內政部1m DEM所製成

之H.O.S.T地圖，如圖5所示，同時，為瞭解投縣DF199潛勢溪流土砂淤積現況，亦以2021年5月UAV空拍產製之0.5m DSM製作成H.O.S.T地圖，如圖5至圖8所示。

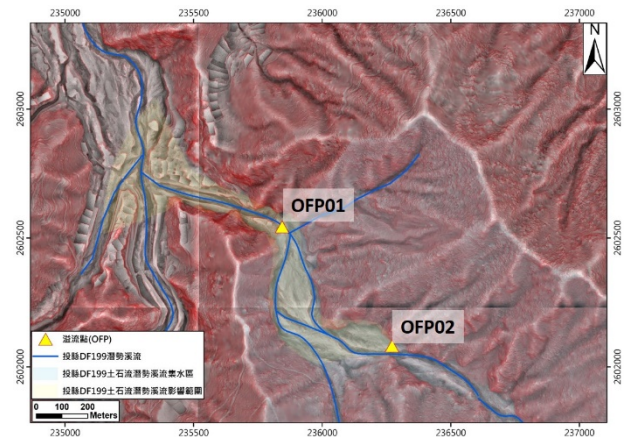


圖5 投縣DF199影響範圍全景H.O.S.T圖
(2011年DEM產製)

在地形特徵方面，H.O.S.T地圖可清楚看出河道上明顯土砂堆積地形，且由沖積扇地形邊界可見不只一期的土砂堆積，若同一集水區在谷口處多次堆積不同時期沖淤者，稱為複成沖積扇(周憲德, 2020)。判讀H.O.S.T地圖發現，投縣DF199影響範圍內有2處複成沖積扇地形特徵。其一，位於溢流點1及溢流點2間，支流所構築的沖積扇(圖6)，該支流可觀察到完整的發生段、流動段及淤積段，且具有明顯溪谷地形，但因集水區範圍較小，所產生之沖積扇範圍不大，而此沖積扇因受出水溪主河道沖刷，沖積扇以狹長型分布於主河道攻擊坡。

另一複成沖積扇位於出水溪與那瑪嘎班溪匯流口(圖7)，受地形限制，土砂多堆積於匯流口右岸，且此沖積扇正好位處出水溪、和社溪及那瑪嘎班溪三溪匯流口，沖積扇地形同時受三條溪流塑形，並由河階數量及歷史災例可知沖積扇不只一期的土砂堆積。

判讀土石流潛勢溪流河道特徵，發現仍有大量土砂淤積於河道(圖8)，且明顯可見多道側積堤與多條河水流路，顯示溪水會因應水流大小而在不同時期有不同路徑。

然而舊有河階旁的河道，清楚判讀出因水流冲刷河道兩側，所形成之下切河道地形，且發現出水溪與那瑪嘎班溪匯流口有明顯冲刷與堆積的交叉點(圖9)。

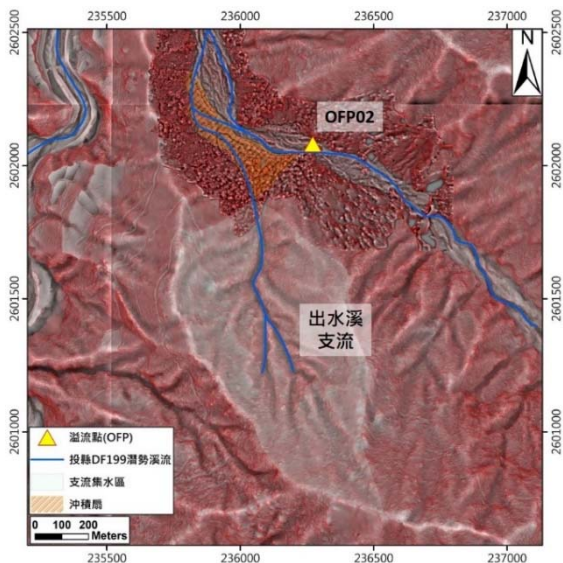


圖6 投縣DF199土石流支流之沖積扇

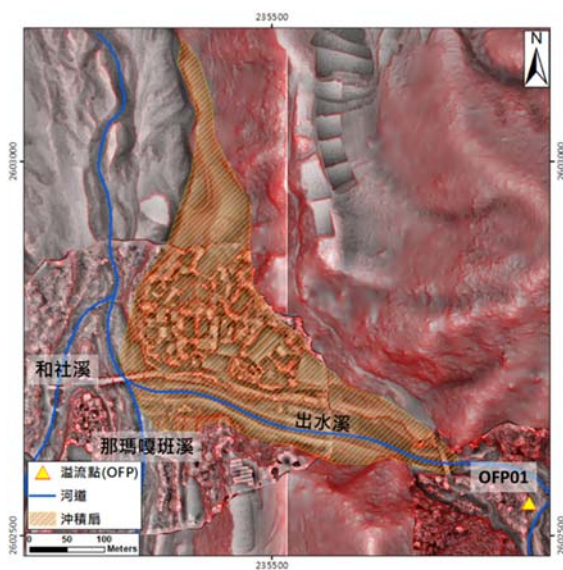


圖7 投縣DF199匯流口之複成沖積扇

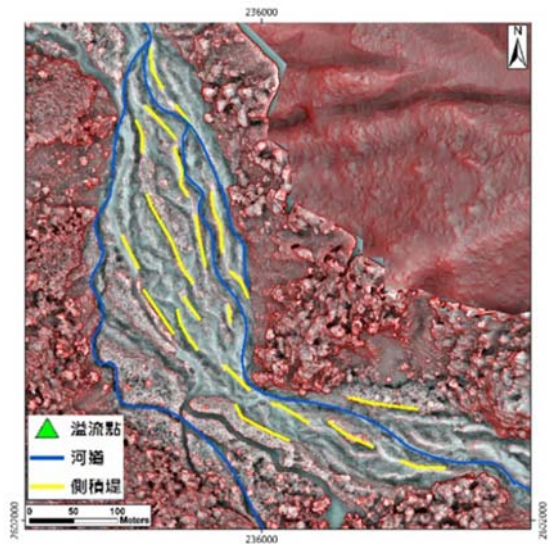


圖8 河道土砂堆積情形與側積堤分布

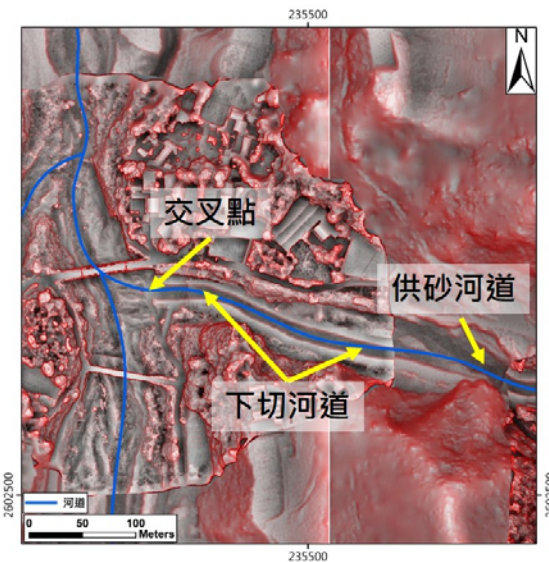


圖9 沖積扇微地形特徵

4.2 野外查核成果

土石流潛勢溪流之野外查核目的，藉由實地走訪土石流潛勢溪流瞭解現地狀況，同時，針對室內作業之圖資判釋結果進行驗證。檢核工作有(1)確認溢流點位置；(2)影響範圍地形特徵檢核；(3)保全對象的分布調查；(4)填寫土石流潛勢溪流基本資料現地調查表。

如圖4所示自溢流點2 (OFP02) 至下游匯流口，共計8項查核點位置將其地貌特徵分述如下：

- 1.查核點1為溢流點1與2間支流之沖積扇地形，經現場量測土砂堆積高差約1-2公尺，並明顯看出至少2階之土石堤(圖10)。
- 2.查核點2為進一步觀察土石堤，發現其縱剖面顆粒無大小規則分布及無明顯粒徑分層(圖11)，此與一般河川沖淤所形成之自然堤特徵(水流粒徑大小分層淤積)不同，因此推測為土石流堆積所形成之沖積扇。



圖10 查核點①支流之沖積扇土石堤



圖11 查核點②土石堤縱剖面



圖12 查核點③河道淤積大量土砂石塊



圖13 查核點④河道旁邊坡現況

- 3.查核點3位於溢流點1與2間的河道，河道內有大量土石材料堆積，多為粒徑大小不等之砂、頁岩塊(圖12)，且表面未見青苔，亦可發現不同期土石流事件所堆積之側積堤。
- 4.查核點4為河道右側邊坡(圖13)，坡面多為崩積土石，雖可見禾本科植被生長，然仍有侵蝕溝地形發育，且坡面可提供下移之土方材料，整體植生屬中等稀疏。
- 5.查核點5為位於溢流點1處，所設之兩座長約30公尺、高度約2公尺潛壩，前方的潛壩壩體已遭土石掩埋，只能看出壩翼位置；後方之潛壩有部分壩體遭磨蝕的痕跡(圖14)。
- 6.查核點6為溪流下游沿岸，發現已有大量土砂堆積，且河道已形成下切河道的地形特徵(圖15)，目前土砂雖未溢出河道對道路造成影響，然未來若再有土石下移可能溢出河道，對保全對象及道路將造成危險。
- 7.查核點7為出水溪與那瑪嘎班溪匯流口，河道中有大量大小不一的巨礫、礫石及土砂堆積，且溪床有堆高的現象(圖16)。
- 8.查核點8為匯流口之沖積扇(圖17)，投縣DF199影響範圍之保全對象，主要集中於沖

積扇上(河道右岸)，其與溪流高差小於10公尺，目前仍有民眾實際居住的情形。

進行現地勘查時，可依據在室內圖資判讀作業及整理的相關資料，綜整出現地勘查所需的路線圖或關注區域相關應用之圖資，並於現地勘查時，填寫各項土石流潛勢溪流基本資料現地調查表單，本次現地勘查填寫表單如附表所示。



圖14 查核點⑤潛壩現狀



圖15 查核點⑥河道明顯下切河道地形



圖16 查核點⑦匯流口河道有巨礫堆積



圖17 查核點⑧保全對象多集中於河岸右側之沖積扇

五、結論與建議

由於土石流的發生常具有重複性，且利用現地的地形與災害遺址，有助於推估未來該地區可能面臨的災害規模，並據以擬定相關軟硬體防災計畫或減災工程，因此土石流潛勢溪流影響範圍判釋及保全對象調查，係防減災規劃時之重要基礎工作。以往許多研究或調查雖已能應用各式圖資判釋土石流潛勢溪流地形特徵，但這些圖資常受限於地形呈現效果或受植生遮蔽影響，難以有效判讀出準確的土石流潛勢溪流微地形特徵。

H.O.S.T地圖的優勢，因其提供視覺上更佳且易讀的立體效果，就連一般未受過訓練的地圖使用者，亦能輕易的判別豐富且詳細的地表資訊，使用者在室內即可有效掌握土石流潛勢溪流地形特徵，並提升辨識土石流潛勢溪流影響範圍微地形特徵之效，後續再結合現地勘查，便可大幅降低外業所需耗費之時間，也能確認影響範圍是否正確，以免發生誤判的情形。

土石流潛勢溪流基本資料現地調查表

填表人： 陳昭岑 填表日期： 2021/5/5 天氣： 晴

一、基本資料

土石流潛勢溪流基本資料現地調查表-基本資料

行政區域	南投縣	縣(市)	信義鄉	鄉(鎮市區)	神木村	村(里)
溪流編號	投縣 DF199	溪流名稱		出水溪		
溪流定位*1	坐標系統：TWD97 X： 235939.357 Y： 2602344.759		原評定風險等級*2		<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低 <input type="checkbox"/> 持續觀察	
災害類型*3	<input checked="" type="checkbox"/> 土石流 <input type="checkbox"/> 侵蝕溝 <input type="checkbox"/> 溪溝堵塞 <input type="checkbox"/> 洪水溢淹 <input type="checkbox"/> 河岸侵蝕 <input type="checkbox"/> 岩屑崩滑 <input type="checkbox"/> 淺層滑動 <input type="checkbox"/> 道路上邊坡崩塌 <input type="checkbox"/> 道路下邊坡崩塌 <input type="checkbox"/> 其他【請加描述】					
土石流災害歷史 (致災原因與時間)	1.有無歷史災害發生：		<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無			
	2.發生原因		<input type="checkbox"/> 颱風 <input checked="" type="checkbox"/> 豪雨 <input type="checkbox"/> 其它【請加描述】			
	3.發生時間		● 106年6月1日 時 分 事件名稱：0601豪雨			
	4.災害敘述		土石流造成多處民宅沖毀，連外道路全數中斷			
保全對象所在 行政區域說明	同行政區域： <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否(_____縣(市)_____鄉(鎮市區)_____村(里))					

註1：溪流定位採用TWD97坐標系統，選擇溪流與道路交會處，如橋梁等。

註2：如現勘溪流不屬於既有公開溪流編號，則毋須勾選。

註3：災害類型為單選，勾選主要之災害類型，如為土石流災害或有明確溪谷地形者，則續填以下表單；如為其他災害類型，則免填以下表單。

二、溪流現況描述

土石流潛勢溪流基本資料現地調查表-溪流現況描述

集水區面積(公頃)*4	是否達3公頃以上(計算至整數)： <input checked="" type="checkbox"/> 是(866公頃) <input type="checkbox"/> 否(公頃)					
發生區坡度	<input type="checkbox"/> ≥50度 <input checked="" type="checkbox"/> 30度~50度間 <input type="checkbox"/> ≤30度					
集水區內崩塌率*5	<input checked="" type="checkbox"/> 有(%) <input type="checkbox"/> 無					
流動區土石粒徑*6	<input checked="" type="checkbox"/> 土石材料平均粒徑≥30公分 <input type="checkbox"/> 土石材料平均粒徑8~30公分 <input type="checkbox"/> 土石材料平均粒徑≤8公分 <input type="checkbox"/> 無明顯堆積材料					
集水區內主要植生 種類(可複選)	<input type="checkbox"/> 裸露地 <input type="checkbox"/> 草地 <input type="checkbox"/> 人造林【請加說明】 <input checked="" type="checkbox"/> 自然林					
集水區內 主要植生生長狀況	<input type="checkbox"/> 植被密集：植被面積≥80% <input checked="" type="checkbox"/> 植被中等稀疏：30%≤植被面積<80% <input type="checkbox"/> 植被稀疏：10%≤植被面積<30% <input type="checkbox"/> 裸岩 <input type="checkbox"/> 落石堆積(無植被，或植被面積<10%)					
保全對象可能受危 害方式(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 淤埋 <input checked="" type="checkbox"/> 撞擊 <input type="checkbox"/> 漫流改道 <input type="checkbox"/> 擠壓主河道 <input type="checkbox"/> 其它【請加描述】					
現場初估 發生潛勢等級	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	現場初估 保全對象等級	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	現場初估 風險等級	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	<input type="checkbox"/> 持續觀察



溪流照片	位置	照片編碼	位置	照片編碼	位置	照片編碼
	1.發生區	崩塌_上邊坡 IMG_1087.JPG	2.流動區	河道 IMG_1176.JPG	3.堆積區	河道 IMG_1208.JPG

現場初估發生潛勢等級說明：
 岩性以白色砂岩、暗灰色頁岩及薄互層為主，發生區坡度介於 30~50 度、集水區內崩塌規模屬明顯大面積崩塌、流動區土石材料平均粒徑大於 30 公分、集水區植生生長狀況屬植被中等稀疏。

現場初估保全對象等級說明：
 建物至少 5 戶以上，交通因子有道路及橋梁，現地整治之工程設施成效屬待改進。

現場初估風險等級說明：現場初估發生潛勢等級高、保全對象等級高，風險等級高。

註 4：採用現地判定之流路終點進行繪製集水區圖層，並經面積計算後填寫至整數(公頃)。

註 5：採用現地勘查與遙測影像判釋之集水區崩塌地，經計算總崩塌面積與集水區面積之比值。

註 6：以現地勘查流動區主要土石粒徑加以記錄。

三、影響範圍修正

土石流潛勢溪流基本資料現地調查表-影響範圍修正

鄰近溢流點之保全對象：無，可免填「影響範圍修正」與「保全對象及防治設施」表單
有，須填寫「影響範圍修正」與「保全對象及防治設施」表單

溢流點位數量	<input type="checkbox"/> 1 點 <input checked="" type="checkbox"/> 多於 1 點*7	含保全對象之溢流點總數	共 1 處
溢流點位置	<input type="checkbox"/> 發生區 <input type="checkbox"/> 流動區 <input checked="" type="checkbox"/> 堆積區	溢流點編號	OFP01
溢流點定位坐標系統： TWD97	X：235830.018 Y：2602580.189	溢流點之照片編號	UAV DJI_0106.JPG
溢流點之地形位置(可複選) <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 坡度陡變處 <input type="checkbox"/> 地形開闊處起點 <input type="checkbox"/> 谷口 <input checked="" type="checkbox"/> 障礙物處 <input checked="" type="checkbox"/> 河道轉彎處 <input type="checkbox"/> 其他位置【請加描述_____】		
堆積位置坐標*8	坐標系統： X： Y：	堆積高度推估*9	(公尺)
堆積面積推估*8	(平方公尺)	堆積量體推估*9	(立方公尺)
鄰近保全對象之修正影響範圍簡圖*9	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 見附圖(以具坐標之彩色航照圖或黑白相片基本圖為底圖之附圖)		

註 7：須重覆填寫「影響範圍修正」以及「保全對象及防治設施」，每處溢流點位填寫一份。

註 8：如現勘時有土石流堆積情形，須填列此部分資料；若無，則不須填寫。

註 9：如現勘之溪流均不屬於既有公開之土石流潛勢溪流，毋須附圖並且請勾選「無」。



土石流潛勢溪流基本資料現地調查表--保全對象及防治設施

保全對象說明	1.建物	1.住戶	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 1~4戶 <input checked="" type="checkbox"/> 5戶以上		
		2.與防災相關之公共建築	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 學校 <input type="checkbox"/> 醫院 <input type="checkbox"/> 活動中心		
	2.交通設施	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 橋梁【 】 <input checked="" type="checkbox"/> 道路(含鐵路)【 】			
保全對象照片編號	<input type="checkbox"/> 無 UAV_DJI_0139.JPG				
保全對象住戶地址	<input type="checkbox"/> 無 信義鄉神木村9鄰神木巷52、54號、10鄰神木巷59、62、64、65、68-4、76-1、80號，共9戶				
鄰近保全對象之工程設施(可複選)	<input type="checkbox"/> 上游 <input type="checkbox"/> 中游 <input checked="" type="checkbox"/> 下游	GPS定位坐標系統： <input type="checkbox"/> 67 <input checked="" type="checkbox"/> 97	<input type="checkbox"/> 無 X：235817 Y：2602580	工程設施照片編號	<input type="checkbox"/> 無 潛霸構造物 IMG_1189.JPG
		<input type="checkbox"/> 無整治設施 <input type="checkbox"/> 防砂壩 <input checked="" type="checkbox"/> 潛壩 <input type="checkbox"/> 固床工 <input type="checkbox"/> 護坡工程 <input type="checkbox"/> 擋土牆 <input type="checkbox"/> 沉砂池 <input checked="" type="checkbox"/> 整流工 <input type="checkbox"/> 其他()			
其他位置之工程設施(可複選)	<input type="checkbox"/> 上游 <input type="checkbox"/> 中游 <input type="checkbox"/> 下游	GPS定位坐標系統： <input type="checkbox"/> 67 <input type="checkbox"/> 97	<input checked="" type="checkbox"/> 無 X： Y：	工程設施照片編號	<input checked="" type="checkbox"/> 無
		<input checked="" type="checkbox"/> 無整治設施 <input type="checkbox"/> 防砂壩 <input type="checkbox"/> 潛壩 <input type="checkbox"/> 固床工 <input type="checkbox"/> 護坡工程 <input type="checkbox"/> 擋土牆 <input type="checkbox"/> 沉砂池 <input type="checkbox"/> 整流工 <input type="checkbox"/> 其他()			
現地整治成效評估	<input type="checkbox"/> 暫不須整治 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 尚可 <input checked="" type="checkbox"/> 待改進				
警告標誌設置位置評估	GPS定位坐標系統： <input type="checkbox"/> 67 <input checked="" type="checkbox"/> 97	<input type="checkbox"/> 無 X：235370 Y：2602726	設置照片位置	<input checked="" type="checkbox"/> 無	
警告標誌設置位置簡述	<input checked="" type="checkbox"/> 合適 <input type="checkbox"/> 不合適 <input type="checkbox"/> 暫不須設置 <input type="checkbox"/> 編號錯誤、牌面毀損【待改進情形說明： 】				
危險聚落評估(住戶≥5戶)	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有	建議處置設施(可複選)	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遷住 <input type="checkbox"/> 加強治理 <input checked="" type="checkbox"/> 臨時避難 <input type="checkbox"/> 暫不須處理		
危險聚落照片編號(說明)	<input type="checkbox"/> 無	GPS定位坐標系統： <input type="checkbox"/> 67 <input checked="" type="checkbox"/> 97 (建置GIS圖)	<input type="checkbox"/> 無 X：235387 Y：2602768		
建議處置設施說明欄	<input checked="" type="checkbox"/> 無				

六、參考文獻

- 1.鄭錦桐與林柏勛(2009)，南投縣信義鄉神木地區土砂災害機制歷程調查及潛勢評估分析，行政院農業委員會水土保持局。
- 2.曹鼎志、張玉舜、鄭錦桐、李璟芳與許志豪(2017)，106年土石流潛勢溪流調查評估與資料更新，行政院農業委員會水土保持局。
- 3.水土保持局(2017)，水土保持手冊-土石流篇。
- 4.水土保持局(2019a)，土石流潛勢溪流劃設作業要點。
- 5.水土保持局(2019b)，土石流潛勢溪流劃設作業手冊。
- 6.水土保持局(2020)，立體地形圖HOST MAP及CS MAP判釋參考指引。
- 7.周憲德、曹鼎志與李璟芳(2020)，堆積扇地貌特性與土砂災害類型之探討，行政院農業委員會水土保持局。
- 8.郭耀駿(2016)，以自製紅色地圖輔助地形判識。國立中興大學水土保持學系所碩士論文。
- 9.蕭宇伸(2017)，以嶄新 3D 地形表現技術(H.O.S.T.地圖)輔助地形判釋。行政院農業委員會水土保持局。
- 10.水土保持局，2017，歷史影像平台，<https://photo.swcb.gov.tw/Repository/Database>，(2021/5/5)。

臺北市大型順向坡地質調查～以南港軍人公墓為例

Geological Survey of Large Dip Slope in Taipei City-Case Study for Nangang Military Cemetery

王存欸^{1*}、池蘭生²、陳建帆²、邱亭瑋²

C. Wang^{1*}、L. S. Chih²、C. F. Chen²、T. W Chiu²

1.開巨技術顧問有限公司

2.臺北市政府工務局大地工程處

1.Cash Technical Consultant Inc

2.Geotechnical Engineering Office, Public Works Department, Taipei City Government

摘 要

近年來由於都市發展擴張所需，開發區域逐漸向山坡地發展，而開發時未做妥當保護措施造成臺北市鄰近地區先後發生數起山坡地災害案例，其中尤以順向坡岩層滑動之災害規模較大且經常造成嚴重生命財產損失。有鑑於此，針對順向坡地形之調查及安全管理成為一重要課題。本研究以南港軍人公墓為案例，並根據現地及鑽探調查結果以及監測結果進行探討。調查結果顯示，基地內無岩層自由端出露形成可能滑動之情形，基地西側之格樑護坡地下水入滲及流動性良好，建議可加強坡面及地下水之洩水，確保邊坡穩定；另監測結果顯示砂頁岩互層因地表水不易入滲而形成阻水層，未來須注意此層上部覆蓋層之地下水位上升影響邊坡穩定及安全性。

關鍵字：順向坡、岩層自由端、砂頁岩互層、阻水層

Abstract

In recent years, due to the expansion of urban development, the developing area has gradually expanded into hillside area. Because of improper protection measures, several disasters happened near the Taipei city during development, especially the landslide of dip slope, and thus caused severe loss of life and property. In view of this, the survey and safety management of the dip slope has become an important issue. This study takes Nangang Military Cemetery as a case and discusses it based on investigation, on-site drilling and monitoring results. The results show that there is no possible sliding disaster due to the rock formation in the study area, and it's good with the infiltration and fluidity of the groundwater in the westside of the study area. To ensure the stability of the slope, it is recommended to strengthen the slope and groundwater discharge. On the other hand, the monitoring results show that the top of the sandstone-shale interface forms aquitard because it is not easy for surface water to infiltrate. It must pay attention whether the groundwater pressure may affect the stability and safety of the slope.

Key Word : dip slope, the free end of rock formation, the sandstone-shale interface, aquitard



一、前言

臺灣地區因造山運動活躍致先天地質條件複雜，而臺北地區為一盆地地形，周邊山區環繞，順向坡廣泛分佈於周邊山坡地，而早期隨都市發展擴張所需漸往山坡地發展，開發利用時未做妥當保護措施或因設施生命週期已至而未查，致使臺北市鄰近地區先後發生了數件順向坡災害案例，包括：1997年溫妮颱風時汐止林肯大郡後方順向坡坍塌、2010年國道三號3.1公里崩塌事件等，均為大型順向坡岩層滑動造成之災害。而在此之前其實也不乏前例，如草嶺崩塌地、921大地震引發之九份二山崩塌等。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，因此在臺北市臨近山區邊緣之人口密集區，順向坡的調查與安全管理實為一重要課題。

本文首先彙整臺灣北部順向坡的一般地質特性及滑動致災機制，再舉調查分析實例加以說明，以供工程先進參考指教。

二、順向坡定義及發生滑動的條件

1. 根據水土保持技術規範之順向坡定義：凡坡面與層面、坡面與劈理面之走向交角不超過 20° ，且傾向一致者，此坡面即稱為順向坡。
2. 發生順向坡滑動的充分條件是岩層層理面或不連續弱面出露，稱為見光(daylight)或滑動自由端出露。當邊坡坡面之傾角 α 大於層理或其他不連續弱面的傾角 δ ，此時倘若邊坡下滑之分力大於潛在滑動面之摩擦(抗剪)阻力時，即可能發生滑動(坡角 $\alpha >$ 傾角 $\delta >$ 弱面摩擦角 Φ ，如圖一所示)。

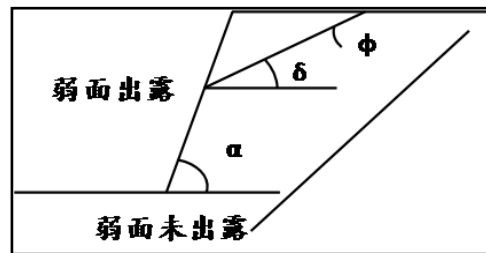


圖1 產生平面滑動示意圖

3. 臺灣北部順向坡之岩性多以砂頁岩互層或厚砂岩夾薄層頁岩為主，其中頁岩為潛在不穩定面，易受地下水浸潤風化，使其抗剪強度降低並引致滑動；另一方面，若砂岩層之層理面發達且岩盤被切成有限岩塊也容易成為主要弱面。
4. 順向坡滑動面的傾角一般介於 $10^\circ \sim 50^\circ$ 之間，其中傾角 50° 以上之順向坡已屬極陡坡，其破壞形式即與順向坡之平面型滑動不同，存在危險順向坡之條件較少。而傾角 10° 以下之順向坡屬緩坡，岩層或岩體往下邊坡方向滑動之分力較小，發生滑動之機率較低。
5. 岩層層理或不連續面等弱面出露之順向坡即為危險順向坡，其原因可分為數項，包括天然溪流或海岸波浪、潮汐的侵蝕(如草嶺崩塌)；趾部地質構造如斷層破碎帶崩解(921地震引發九份二山崩塌)；重力變形引發岩層挫屈(buckling)或破碎等；人為的因素如公路或鐵路的開拓(北二高與中山高內湖、南港至基隆段等)，建築基地的開挖(如林肯大郡)
6. 順向坡為天然的地質環境，若無見光時，代表地球內營力(地質構造、大地應力及傾斜岩層)與外營力(各種風化侵蝕、崩塌或堆積等)經長期互相作用平衡，故在一般情況下，不會產生順向坡滑動災害。而短時間

內的人為開挖破壞，或自然侵蝕力破壞坡腳而見光時，才会有順向坡滑動災害風險。故可說沒有見光的順向坡可稱為一般順向坡(較安全，惟仍需瞭解邊坡地質情況)，但有見光的順向坡則屬危險順向坡。

7.目前符合順向坡定義的邊坡均被繪入地質敏感區範圍內公告列管為地質敏感區之大宗。不過大部分順向坡只要妥善規劃，避免破壞順向坡的坡腳及導致見光，尚可確保安全無虞。反之，若順向坡坡腳局部遭開挖破壞，則需經詳細的地質調查分析評估、予以關注保護，以下以南港軍人公墓之調查案例來作說明。

三、順向坡地質調查分析案例～南港軍人公墓

3.1 案例背景及地質概述

本案例位於南港軍人公墓，為茅草埔山的南南東側邊坡，該邊坡高程介於30至153公尺，地質結構上屬一南或南南東傾斜的順向坡，坡面傾角與岩層傾角約 20° ~ 24° 之間，為典型順向坡構造。本基地已被中央地質調查所公告為山崩與地滑地質敏感區，並且是臺北市政府工務局大地工程處每月進行巡勘觀測作業的列管順向坡之一，工址區域地質圖如圖二所示。

本基地岩盤由南港層構成，主要為厚層塊狀砂岩及砂頁岩互層構成，岩盤砂岩(SS)及砂頁岩互層(SS/SH)，風化等級大致為新鮮，砂岩層即砂頁岩薄互層偶有泥縫發育，寬度不超過2mm，發育頻率與規模並不明顯，砂岩層有節理發育，但並不發達。調查區內未

發現見光，岩石品質指標(RQD)大致良好，少部分RQD較差之破碎處同時具有銹染現象。基地地質調查結果如圖三，地質剖面如圖四所示：

3.2 順向坡機制分析

經比對基地現場地質調查與鑽探調查成果，基地岩層主要為厚層砂岩及砂頁岩互層所組成，其層面位態主要為 $N44^{\circ}E/24^{\circ}ES$ 。將本順向坡之岩層露頭位態調查統計於大圓投影面，其成果如圖五所示：

本基地範圍內之厚層砂岩依水文地質特性可歸類為半含水層，由上覆土壤層或地表部分出露岩盤可以入滲入此層，又由於滲透係數(k值)不是很大，入滲的地表水可以緩慢儲存及流通於本岩層之內，於基地西側之格柵護坡終年均可見到有充沛地下水滲出或自排水孔排出(如圖六、七)。

本順向坡以往因人為開發，少數範圍有部分厚層至塊狀砂岩岩層出露，或部分經由道路、建築基礎之開挖而出露，但其底部尚未見光，故目前應不致有滑動面於此厚層至塊狀砂岩之內產生。實務上厚層塊狀砂岩的底部與下層砂頁岩互層的頂部接觸面才是最可能也最危險的潛在滑動面，在本順向坡此層目前沒有見光，故此項災害發生之機率甚小，而未來若有開挖情形，則可能導致此層見光—這會是本順向坡未來需特別注意之處。另臺北市政府工務局大地工程處於本順向坡之監測成果顯示，於砂頁岩互層(SS/SH)因地表水不易入滲形成一阻水層(如圖八所示)，未來需注意此層上部覆蓋層之地下水位上升影響邊坡穩定與安全性。

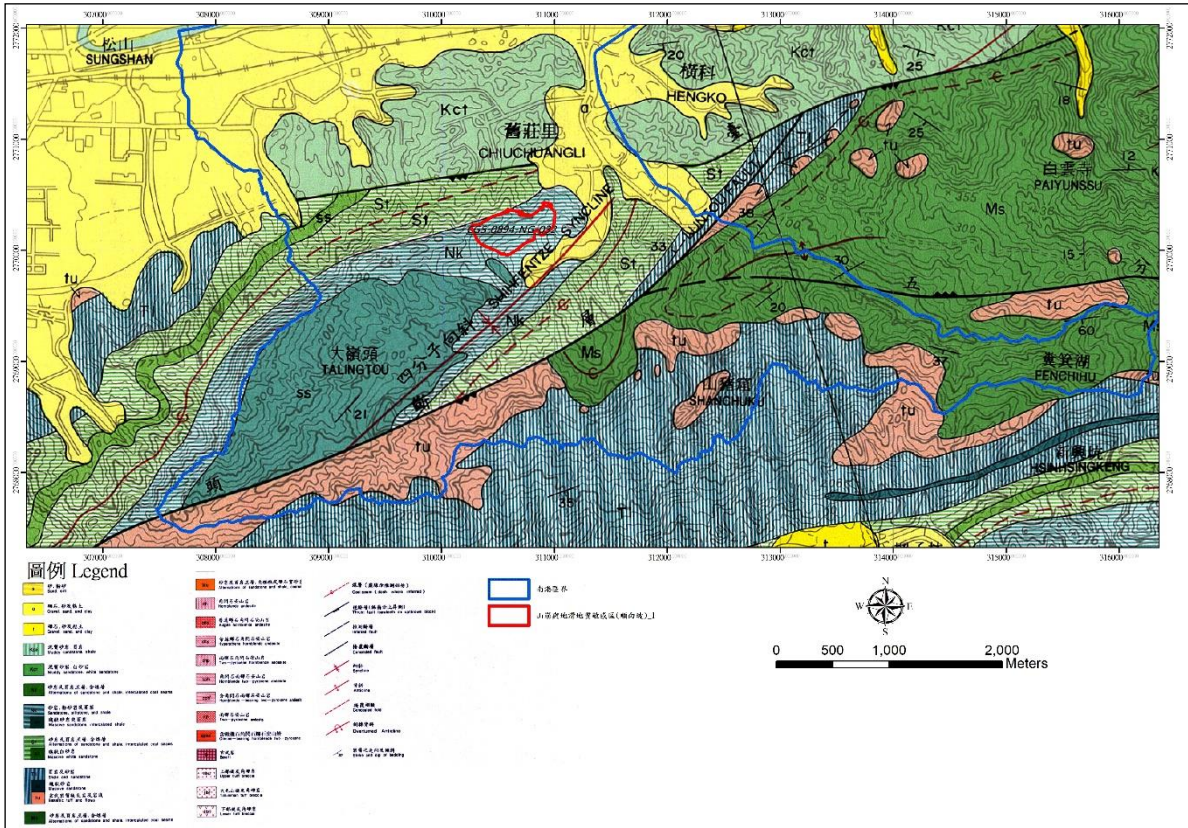


圖2 工址區域地質圖(資料來源：亞柏技術顧問份有限公司,2019b)

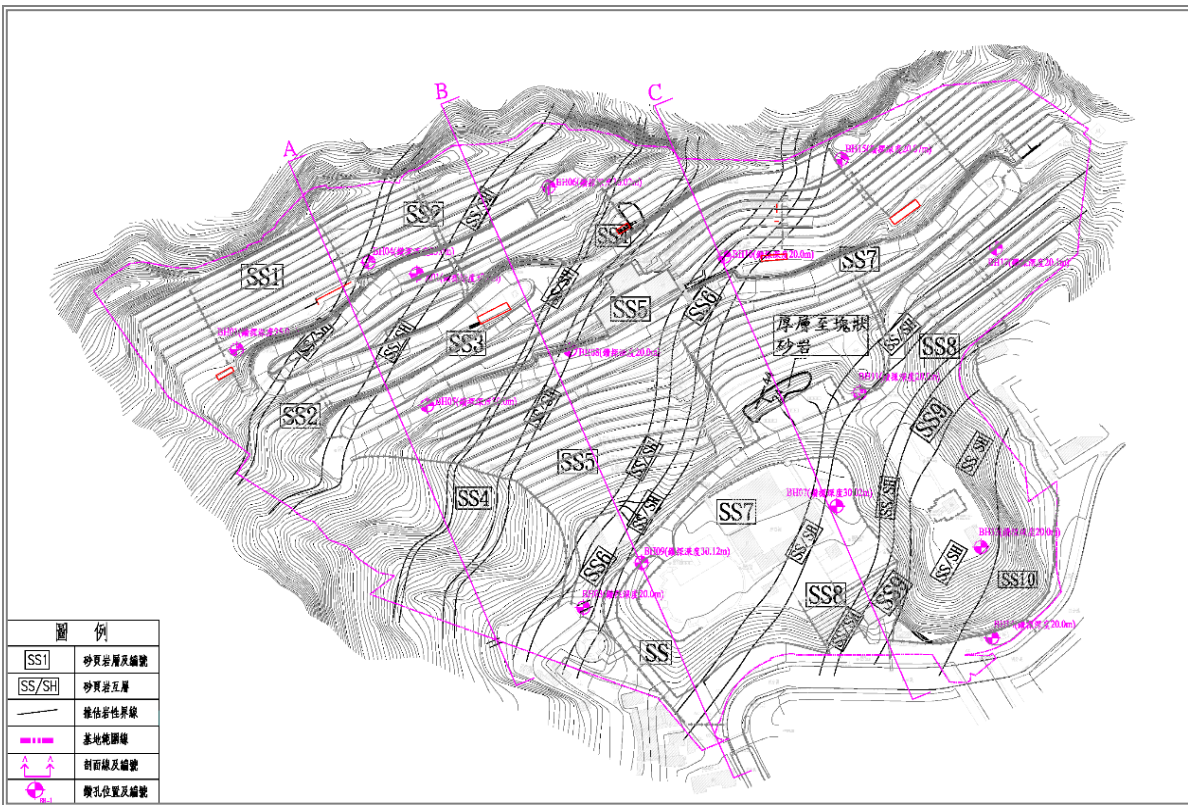


圖3 基地地質圖(資料來源：亞柏技術顧問份有限公司,2019b)



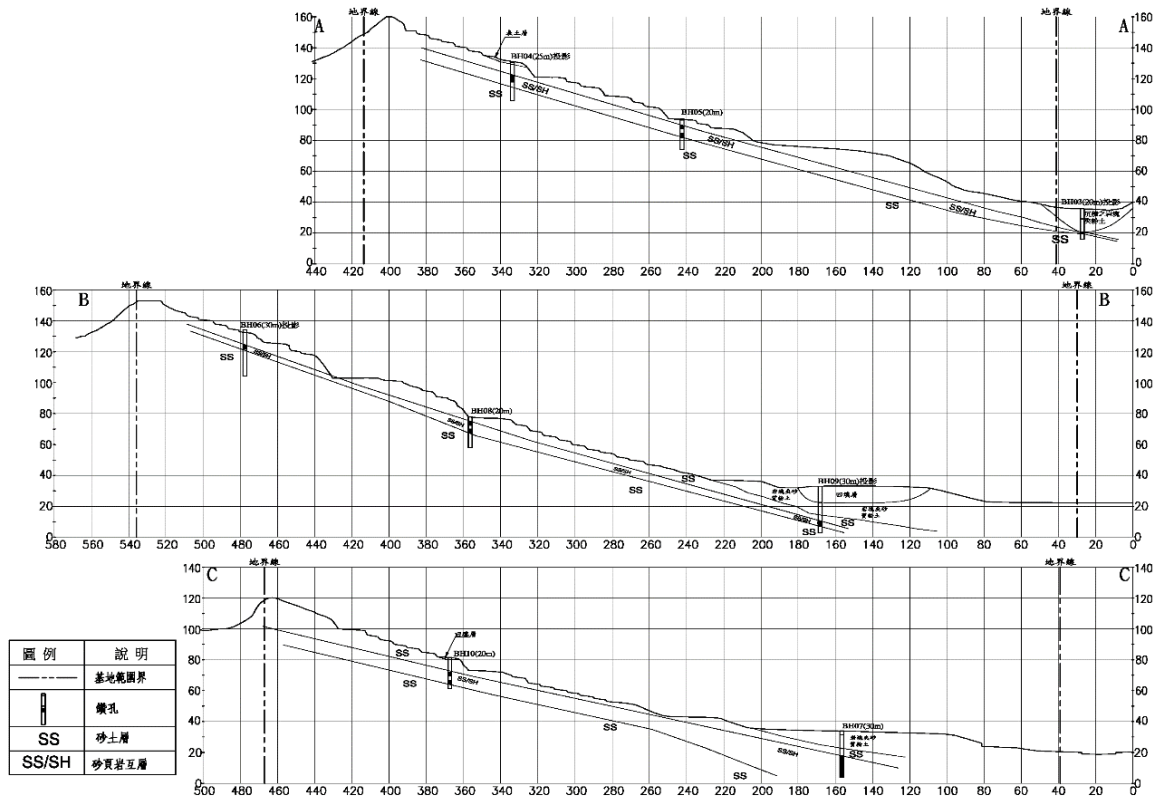


圖4 基地地質剖面圖(資料來源：亞柏技術顧問股份有限公司,2019b)

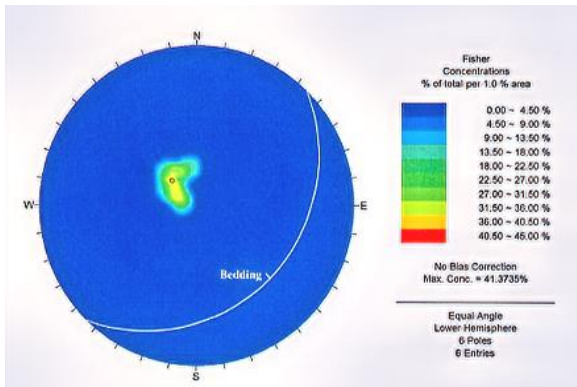


圖5 岩層露頭層面位態統計圖



圖6 基地西側格柵護坡現況照片(近)



圖7 基地西側格柵護坡現況照片(遠)

由調查之成果顯示基地內並無岩層自由端出露而形成可能滑動之情形。不過在保守考量下，仍採用大圓投影分析方法，分析基地平面滑動之潛勢。首先，由地質剖面顯示坡面坡度平均約 15° (分析時保守採用 20°)，現地層面位態為 $N44^\circ E/24^\circ ES$ ，鑽探之岩心層面傾角約以 $20^\circ \sim 24^\circ$ 為主(分析時保守採用最可能產生出露之 20° 進行分析)。分析結果顯示，如不考量基地地表覆蓋層的情形下，地下岩層將有產生見光的情形(如圖九所示)，建議未來若有開挖情形，需特別注意相關安全設計與保護。

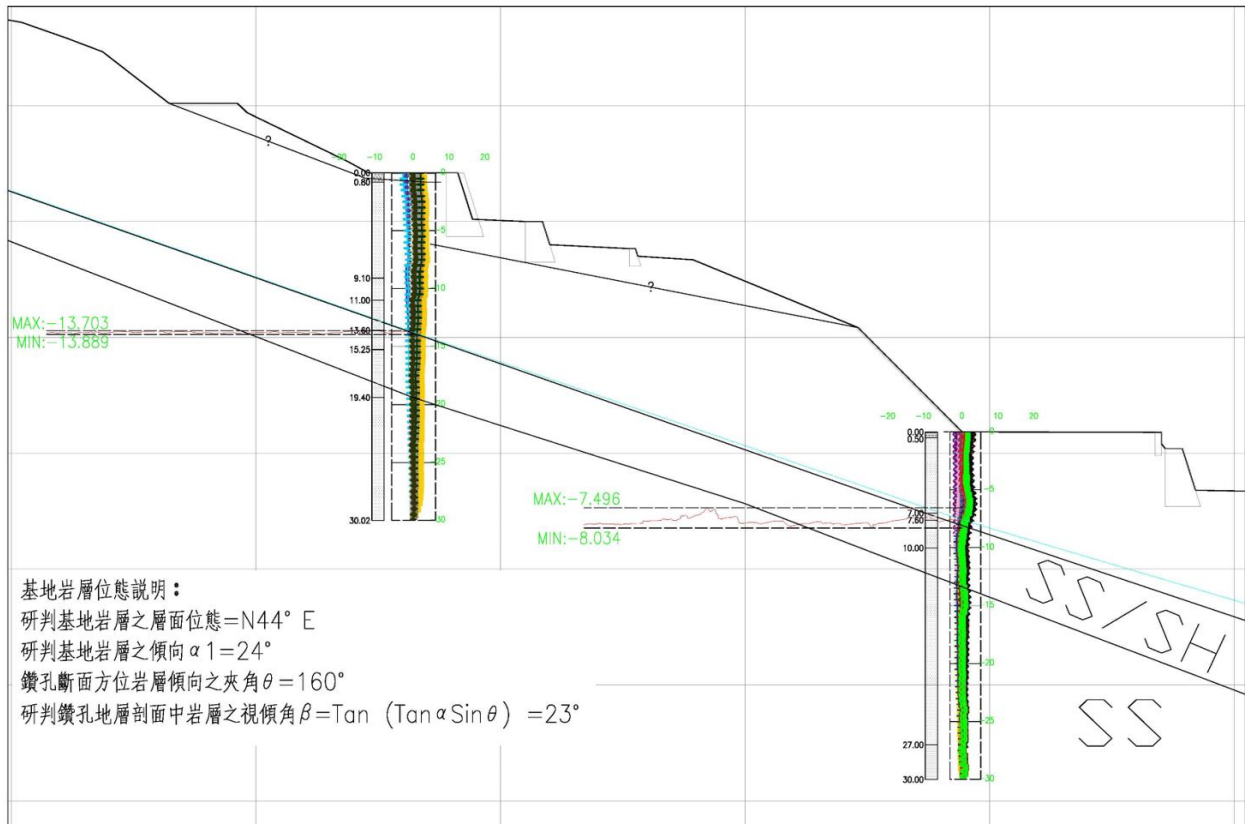


圖8 砂頁岩互層形成之阻水層。

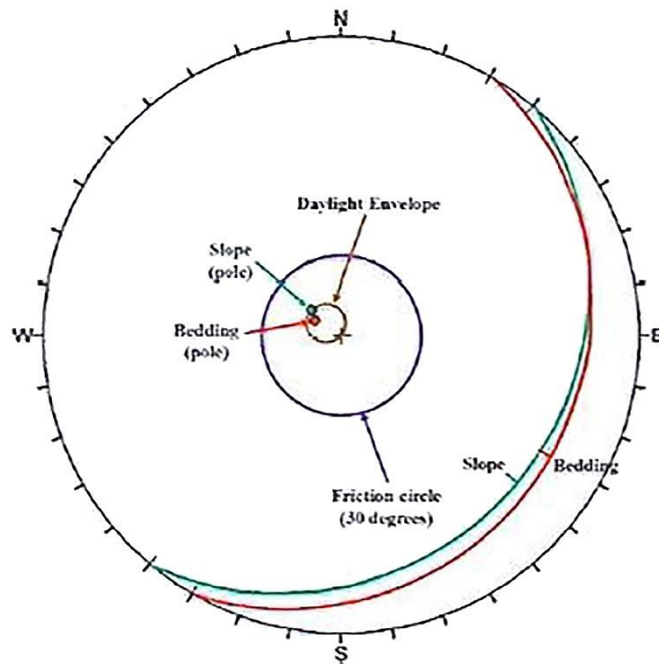


圖9 邊坡平面滑動破壞型式大圓分析成果圖



在邊坡穩定分析部分，依據基地鑽探與取樣試驗資料及地質調查分析結果，綜合研判其材料之力學強度參數及順向坡平面型滑動機制，採用Slide軟體進行邊坡穩定分析，分析之狀況包括平時、地震及暴雨時，分述如下：

1. 平時狀況：考量長期地下水位條件，不考慮地震及暴雨之影響，地層產生滑動破壞之情況。參考監測地下水位量測記錄及地形做合理研判，作為邊坡穩定分析之水位分佈。
2. 地震狀況：臺灣位處地震帶，地震頻繁，地震所引致的動態土壓力變化，對邊坡穩定性之影響亦需加以考量。本基地位於臺北市南港區，經查屬臺北三區，基地震區水平地震係數 K_v 經計算採0.132g，垂直向地震係數 K_h 取水平向地震係數 K_v 之1/2，採0.066g。
3. 暴雨狀況：台灣位處亞熱帶地區，夏季常有急驟之午後雷雨及颱風帶來之豪大雨；冬季受東北季風影響，亦常陰雨綿綿降雨不斷。故此，降雨導致地下水位升高或排水不良之條件需加以考慮。暴雨狀況係考慮地層因大量降雨排水不及，導致地表水入滲使地下水位上升之情況，分析時邊坡坡面及平台處假設其地下水位抬升至地表下1~3公尺。

分析結果(如表二及圖十~圖十八)，三種條件狀況下，B-B'剖面於暴雨時安全係數略低於規範值，而在基地西側(軍人公墓紀念碑以西)之格樑護坡，終年可見地下水滲出或自排水孔排出，雨後邊坡之穩定與安全性需特別注意。

表1 邊坡穩定分析引用參數一覽表

地層說明	γ_t (t/m ³)	C' (t/m ²)	ϕ' (°)	備註
回填覆土層	1.89	0	28	
灰色砂岩及頁岩互層	2.20	1	29	
灰色砂岩層	2.44	1	33	

表2 邊坡穩定分析結果

剖面	常時	地震	暴雨
A-A'剖面	F.S.=1.595	F.S.=1.282	F.S.=1.227
B-B'剖面	F.S.=1.548	F.S.=1.205	F.S.=1.164
C-C'剖面	F.S.=1.880	F.S.=1.268	F.S.=1.361
規範值	≥ 1.5	≥ 1.1	≥ 1.2

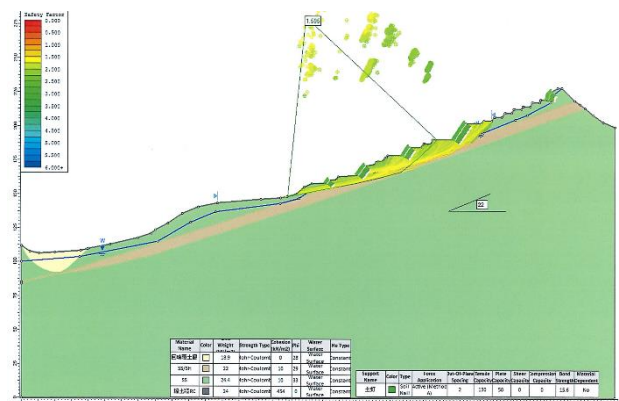


圖10 A-A' 剖面邊坡穩定分析(常時)

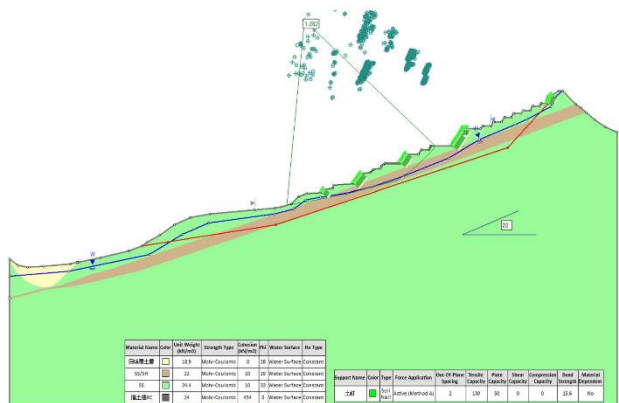


圖11 A-A' 剖面邊坡穩定分析(地震)

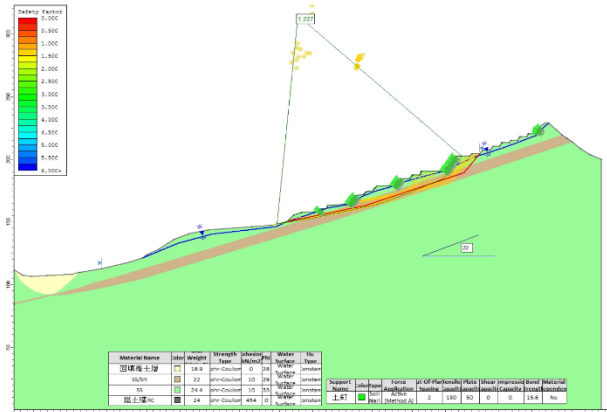


圖12 A-A' 剖面邊坡穩地分析(暴雨)

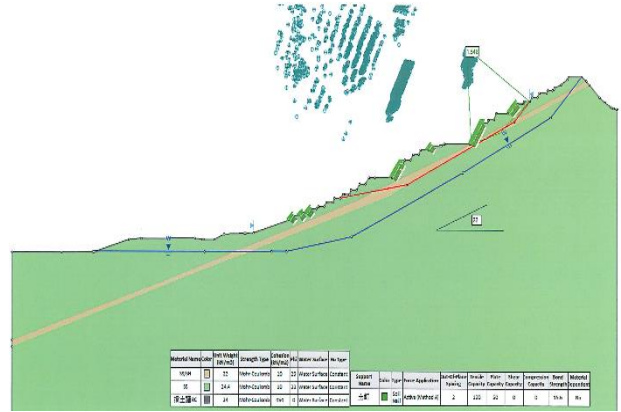


圖13 B-B' 剖面邊坡穩定分析(常時)

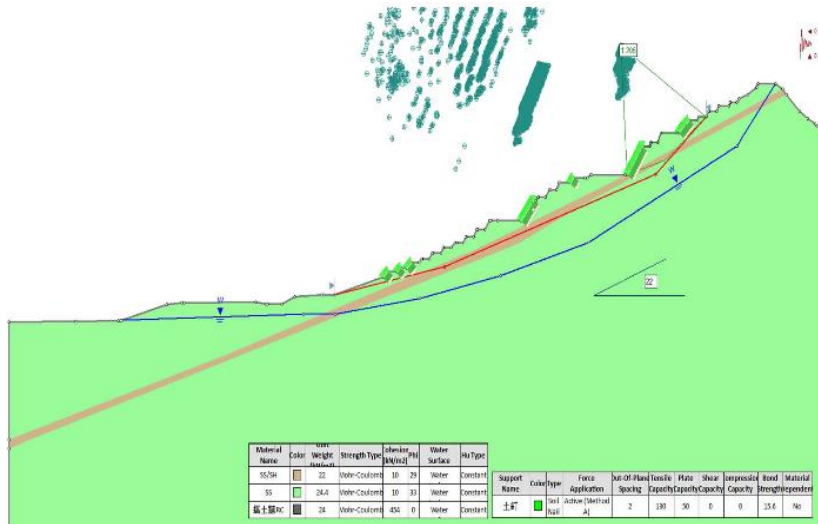


圖14 B-B' 剖面邊坡穩定分析(地震)

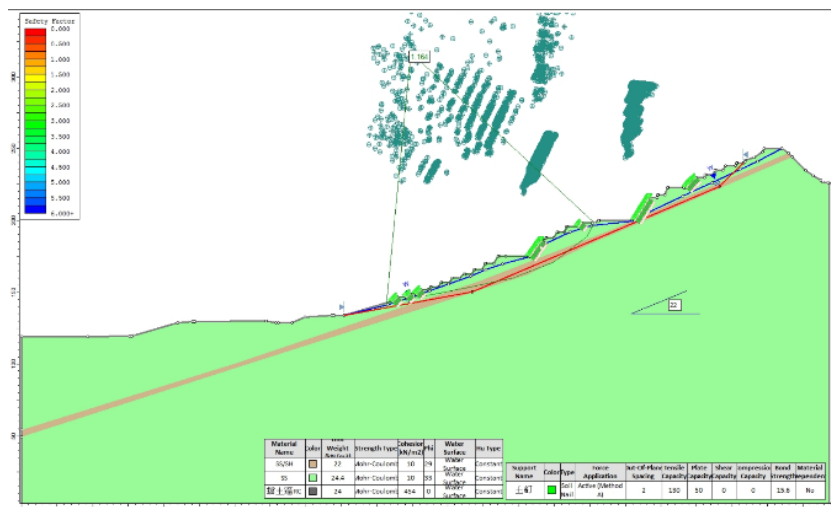


圖15 B-B' 剖面邊坡穩定分析(暴雨)



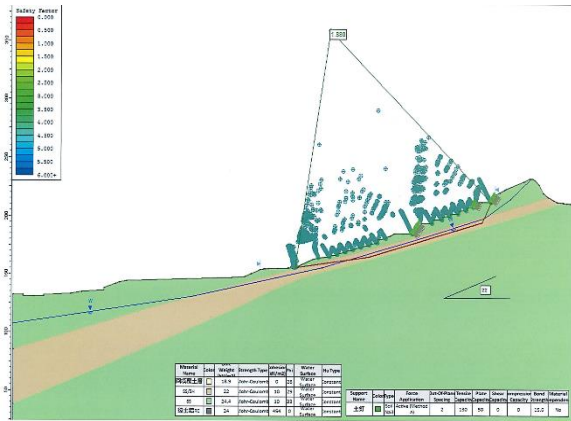


圖16 C-C' 剖面邊坡穩定分析(常時)

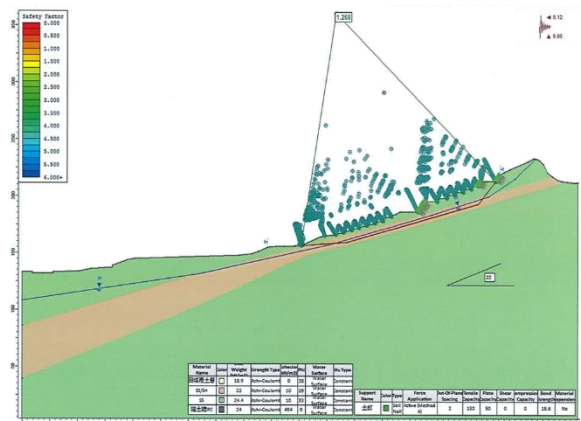


圖17 C-C' 剖面邊坡穩定分析(地震)

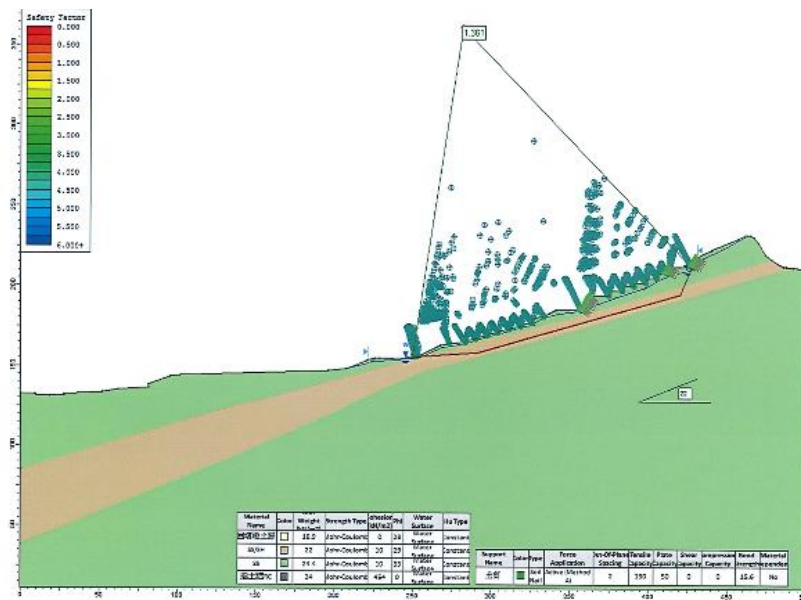


圖18 C-C' 剖面邊坡穩定分析(暴雨)

四、結論

- 1.由南港軍人公墓現地調查及鑽探調查結果顯示，基地內並無岩層自由端出露而形成可能滑動之情形，惟不考慮覆蓋層之情形下，下岩層將有產生見光(Day Light)之情形(如圖七所示)。建議未來若有開挖情形，需特別注意相關安全設計與保護。
- 2.基地西側(軍人公墓紀念碑以西)之格樑護坡，終年可見地下水滲出或自排水孔排出，顯示地下水入滲及流動性良好，而於邊坡穩定分析時，B-B' 剖面略低於規範值，於雨後需特別注意邊坡之穩定與安全性。建

議可加強坡面及地下水之洩水，確保邊坡穩定。

- 3.臺北市政府工務局大地工程處於本順向坡之監測成果顯示：於砂頁岩互層因地表水不易入滲形成一阻水層，未來需注意此層上部覆蓋層之地下水位上升影響邊坡穩定與安全性。

參考文獻

- 1.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，第17期，第37~49頁。

2. 費立沅(2019),「莫忘小林村事件-莫拉克風災對地質調查的震撼與省思」,地質,第38卷,第2期,第6~8頁。
3. 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/地工技術交流研討會。
4. 黃鑑水、李民(2017)「國道三號3.1K上邊坡崩塌事件之回顧與省思」,地質,第36卷,第1期,第54~61頁。
5. 黃鑑水、陳仁達(2020),「順向坡地質調查的一些相關問題」,大地技師,第20期,第36-43頁。
6. 黃鑑水、陳勉銘、許銘義(2003),「九份二山大山崩」,地工技術,第96期,第79~86頁。
7. 亞柏技術顧問股份有限公司(2019a),臺北市南港區中南段五小段464-2共1筆河道用地及中南段三小段252等2筆地號、五小段461-2等36筆地號及麗山段一小段1等2筆地號共41筆軍人公墓用地壁葬設施新建工程水土保持計畫。
8. 亞柏技術顧問股份有限公司(2019b),臺北市南港區中南段五小段464-2共1筆河道用地及中南段三小段252等2筆地號、五小段461-2等36筆地號及麗山段一小段1等2筆地號共41筆軍人公墓用地壁葬設施新建工程基地地質調查與地質安全評估報告。

白石湖吊橋撓度監測在時間序列模式之預測

Research on Time Series Model Prediction for Deflection Monitoring of Baishihu Suspension Bridge

陳智誠¹、杜敏誠²、施邦築³、鄭清江⁴

Chih-cheng Chen¹、Min-cheng Tu²、Ban-Jwu Shih³、Ching-Jiang Jeng⁴

1.國立台北科技大學土木與防災研究所博士班

2.國立台北科技大學土木與防災研究所助理教授

3. 國立台北科技大學土木與防災研究所副教授退休

4.華梵大學教授退休

1. PhD student, Department of Civil and Disaster Prevention Engineering at the National Taipei University of Technology, ROC

2. Assistant Professor Department of Civil Disaster Prevention Engineering at the National Taipei University of Technology, ROC

3. Professor, Department of Civil and Disaster Prevention Engineering at the National Taipei University of Technology, ROC

4. Retired Professor, Dept. of Landscape and Environmental Design, Huafan Univ., ROC

摘要

本研究以臺北市內湖區白石湖吊橋中央撓度監測為研究對象，依據過去近10年的每月監測109筆數據，利用其中104筆採用Python的statsmodels時間序列分析與預測，再利用5筆資料驗證，時間序列分解方法包含經典分解(加法與乘法模型) CLASSICAL DECOMPOSITION及STL DECOMPOSITION分解模型作分析，再利用簡單移動平均線 (SMA)、加權移動平均線 (WMA)、指數移動平均線 (EMA)、STL進行預測(EMA)作預測，將分析與預測結果作討論與建議。

關鍵字：撓度、時間序列

Abstract

In this study, the central deflection monitoring of the Baishihu Suspension Bridge in Neihu District, Taipei City was used as the research object. Based on 109 monthly monitoring data in the past, 104 of them were analyzed and predicted using statsmodels using Python for time series analysis and prediction. The five data was used for verification and time series decomposition. The methods include CLASSICAL DECOMPOSITION classic decomposition (addition and multiplication model) and STL DECOMPOSITION decomposition for analysis, and then use simple moving average (SMA) prediction, weighted moving average (WMA), exponential moving

average (EMA), STL for prediction (EMA) makes predictions, and discusses and recommends the results of analysis and prediction.

Key Word : Deflection 、 time series

一、前言

白石湖吊橋位於臺北市內湖區碧山路旁，臨近碧山巖停車場，民國97年開始興建，99年1月開始通行後，為了吊橋安全進行長期監測，包含傾斜管傾度盤地下水位與橋體巡勘檢查及中央撓度量測與橋台測量等。本研究針對長期中央撓度監測結果，截至目前每月監測數據共109筆，將其中104筆資料作分析及預測，5筆資料作驗證，應用時間序列模式COMPONENTS OF THE TIME SERIES作分析與預測，時間序列分解方法包含CLASSICAL DECOMPOSITION經典分解(加法與乘法模型)及STL DECOMPOSITION分解作分析，預測採用簡單移動平均線(SMA)、加權移動平均線(WMA)、指數移動平均線(EMA)、STL進行預測(EMA)等方法預測，針對分析與預測結果作討論與分析。

二、白石湖吊橋基本資料說明

2.1吊橋主要構件

茲將白石湖吊橋需檢查及維護之構件區分為下列項目：(1)鋼索、(2)抗風鋼棒、(3)錨座、(4)上部結構、(5)木平台結構，其構件組成示意圖如圖2-1吊橋組成構件。

2.1.1鋼索

鋼索部分包含(1)主鋼索及(2)抗風索：(1)3條主鋼索分別由19股直徑12.7mm之鋼索組成，外層具PE披覆；(2)2條抗風索分別由

12股直徑12.7mm之鋼索組成，外層具PE披覆，鋼索基本資料如表2-1鋼索基本資料。主鋼索受限於地形起伏影響，於吊橋現場調查，僅能針對吊橋南北兩側之主鋼索進行較詳細檢視，上部結構及木平台等由橋面版上作檢查；抗風索視角無任何遮蔽，可完整觀察其使用情況皆為良好。

白石湖吊橋主鋼索所採取的極限抗拉應力 P_u 值為355.3T、 F_y 值為302T。而結構計算依極限應力法LSD設計，計算出各種情況下單支最大鋼索拉力(P_d)為141.3噸，而取拉力折減係數(ϕ)為0.9；故最大鋼索拉力 $P_d/\phi F_y=141.3/(302 \times 0.9)=0.52$ ，小於1，故屬安全範圍(圖2-2)。

2.1.2抗風鋼棒

白石湖吊橋44根抗風鋼棒皆為直徑32mm之實心鋼棒，以銲接及螺栓方式與末端固定組成接合，連結主鋼索及抗風索，鋼棒基本資料如表2-2鋼棒基本資料。由現況照片(圖2-3)可觀察到：抗風鋼棒外層表面已有鏽蝕、接合器亦塗裝劣化、鏽蝕及兩處有挫屈情形。

抗風鋼棒所採取的降伏應力度 f_y 為 $2.4T/cm^2$ 、容許應力度 f_t 為 $2.16T/cm^2$ 。而結構計算書依極限應力法LSD來設計，計算出各種情況下單支最大鋼棒拉力(P_d)為15.4噸，鋼棒斷面積 A 為 $8.04cm^2$ ，故 $P_d/A f_t=15.4/(8.04 \times 2.16)=0.89$ ，小於1，屬安全範圍。

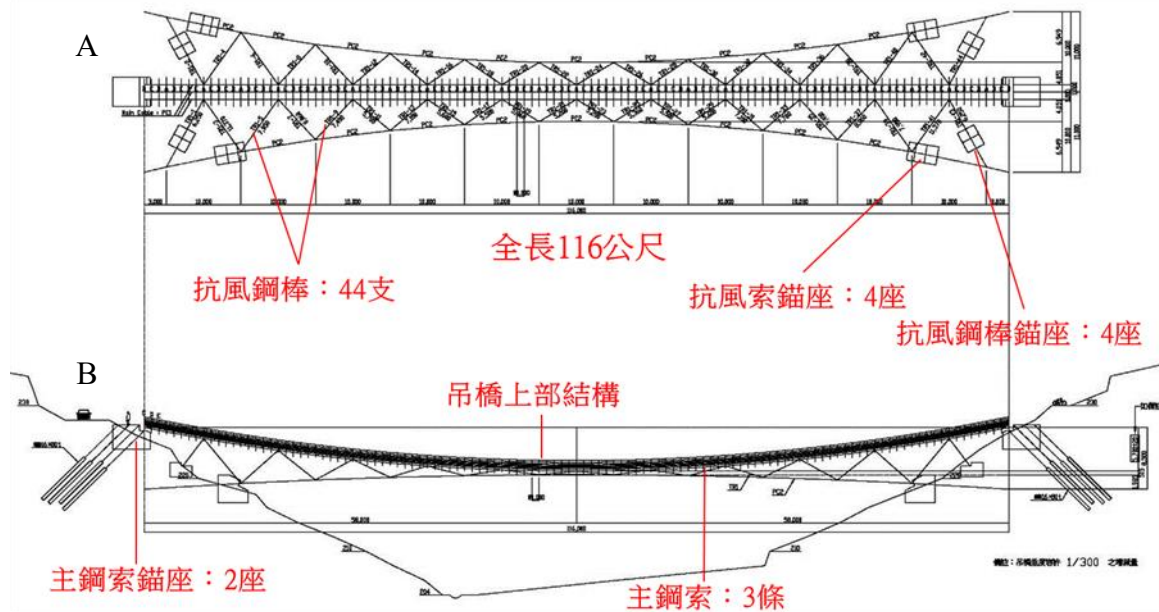


圖2-1 吊橋組成構件

表2-1 鋼索基本資料

種類	直徑	延長率	破斷張力	有效張力
單位	mm	%	t	t
SWPR7B	12.7	3	18.7	10.8

表2-2 鋼棒基本資料

種類	直徑	延長率	破斷張力	有效張力
	mm	%	t	t
SBPR95/120	32	5	27.2	14.7

2.1.3 錨座基礎

錨座部分包含(1)主鋼索錨座、(2)抗風索錨座及(3)抗風鋼棒錨座(圖2-4)：(1)2個主鋼索錨座各連結16支預力80 tf之地錨，以油壓壓縮接合方式與主鋼索連結，設計詳圖如圖2-5主鋼索錨座詳圖所示；(2)2個抗風索錨座各連結4支預力80 tf之地錨，以油壓壓縮接合方式與抗風索連結，設計圖詳見圖2-6抗風索

錨座詳圖；(3)2個抗風鋼棒錨座並無連結地錨，以套管固定方式與抗風鋼棒連結。由現場檢視及照片顯示：各錨座基礎現況尚為完妥良好；另地錨由於施工時，已將地錨埋設於基礎內部，故無法由目視檢視得知現況。

2.1.4 上部結構

上部結構包含(1)扶手、橫樑(2)橋面木甲板及(3)橋身龍骨(圖2-7)：(1)扶手由直徑9 mm之鋼索及鋼板組成，鋼索外層具PE披覆，橫樑為 $H-150 \times 150 \times 7 \times 10$ 之H型鋼，上部結構設計詳圖如圖2-8上部結構設計詳圖；(2)橋面木甲板為南方松材質；(3)橋身龍骨為唐松木梁。由現場檢視(如照片)：上部結構情況良好，僅少部分損壞。

2.1.5 木結構平台

吊橋南北兩端皆設置木結構平台設施，木結構平台包含：(1)護欄、(2)木甲板、(3)座椅及(4)立柱。由現場檢視(圖2-9)：現況皆為良好。



圖2-2 主鋼索(上兩圖)及抗風索(下兩圖)



圖2-3 抗風鋼棒挫屈鏽蝕與接合情況





圖2-4 錨座基礎(左上為抗風鋼棒；右上為抗風索；下圖為主鋼索)

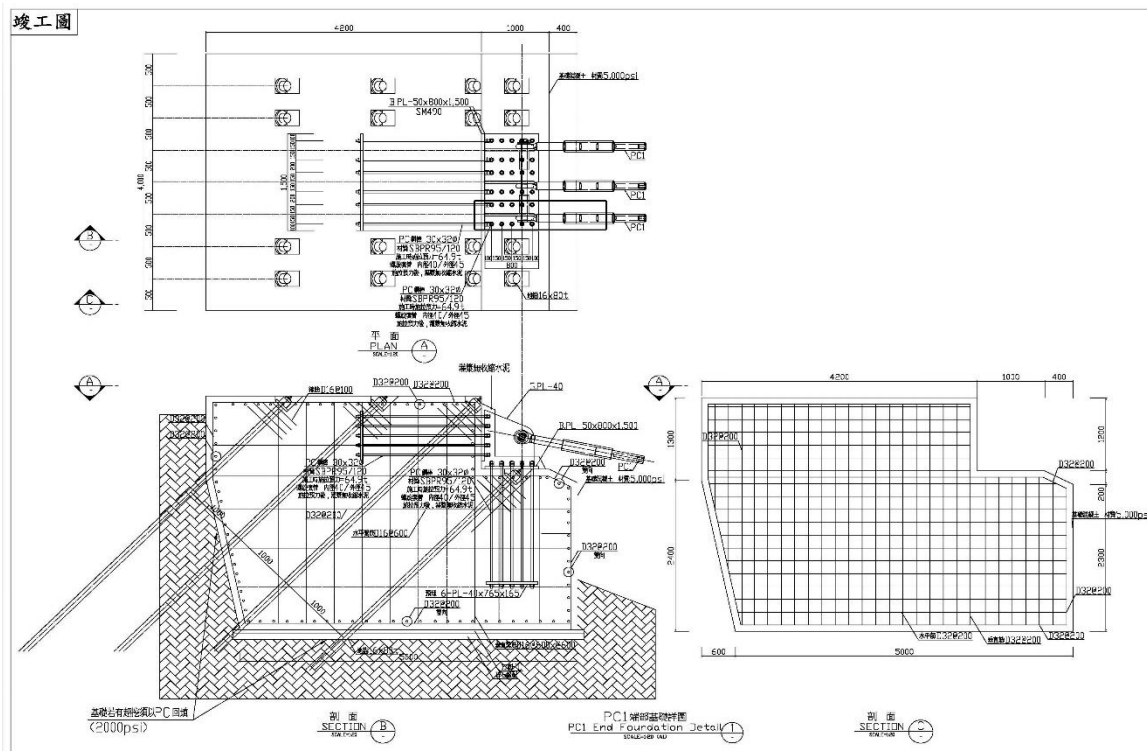


圖2-5 主鋼索錨座詳圖

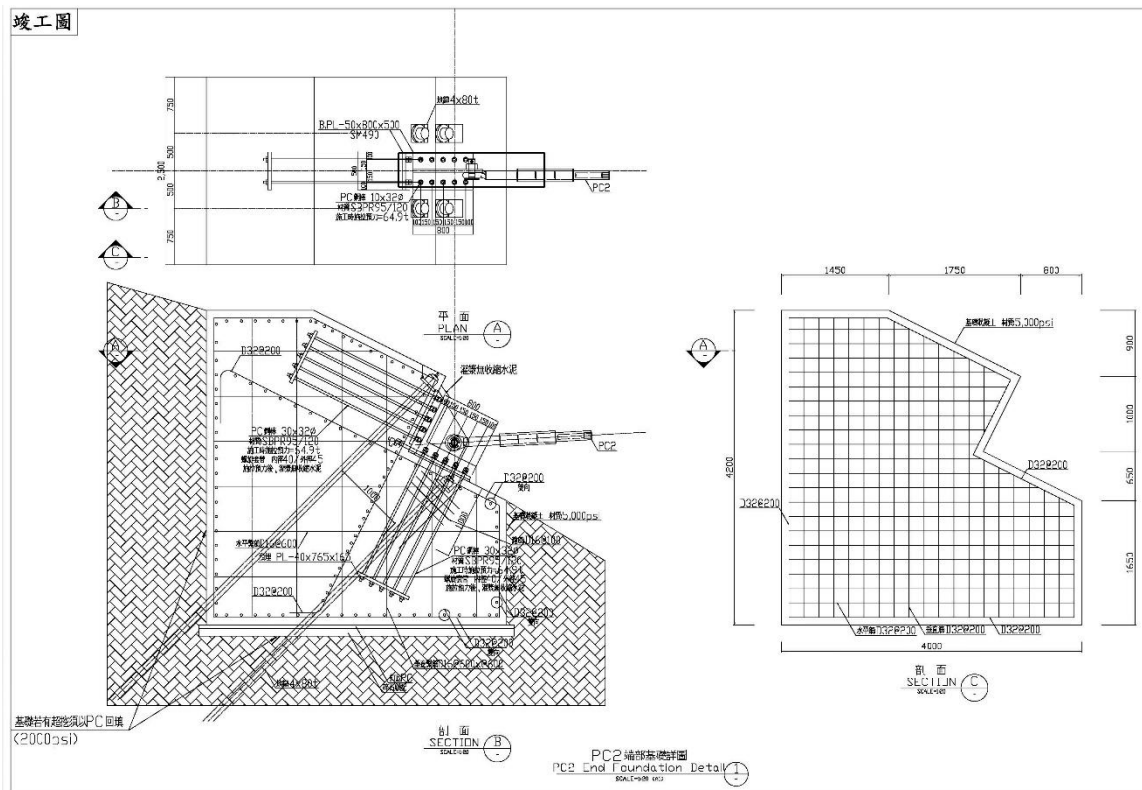


圖2-6 抗風索錨座詳圖



圖2-7 上部結構現場照片

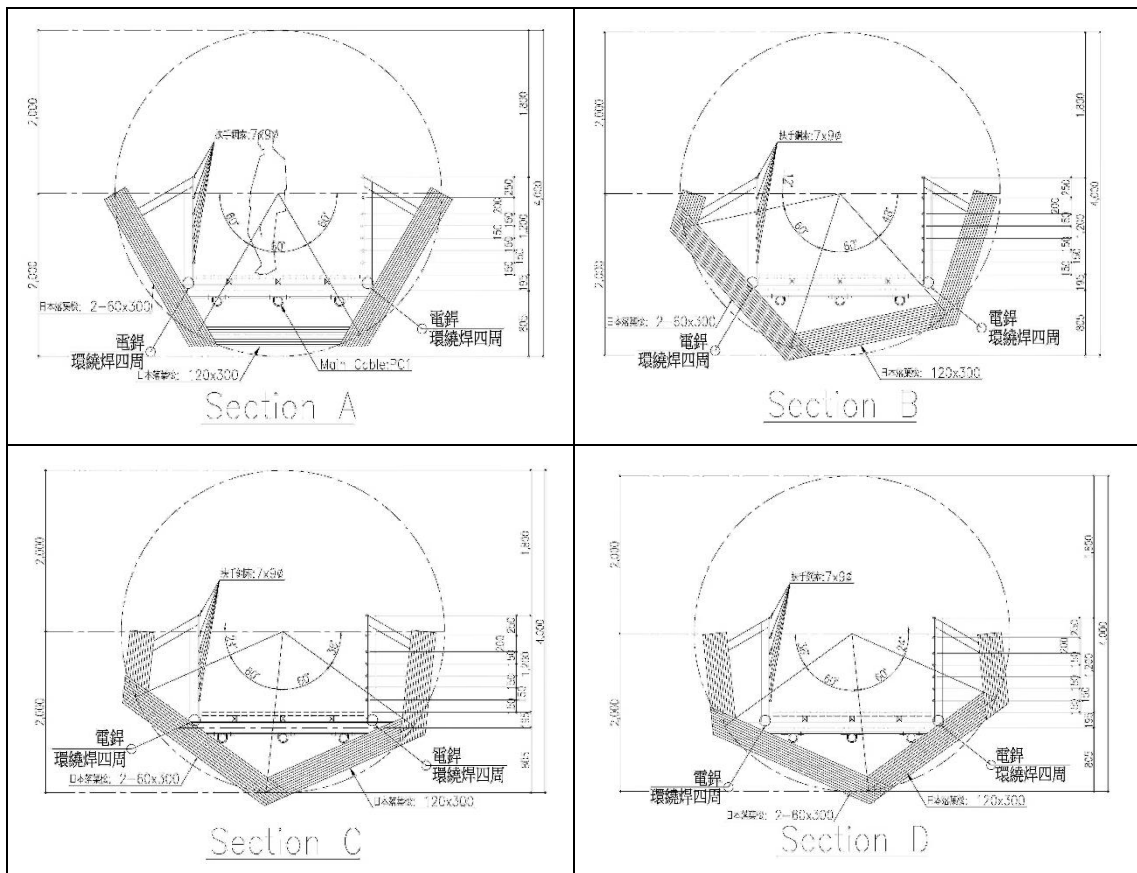


圖2-8 上部結構設計詳圖



圖2-9 木結構平台

始垂度(587.5cm)與行動值差值(12.5cm)取一半後(6.25cm)，自行動值扣減數值(等於593.75cm)取其整數而訂；警戒值則為取行動值與預警值的中間值而訂。

2.2 吊橋監測

白石湖吊橋監測包含橋台測量、橋台及錨座傾度盤、橋台邊坡傾斜管與水位觀測井、中央撓度測量、CCTV及巡勘與檢查等，本文討論僅針對中央撓度監測結果作分析與預測。

三、白石湖吊橋中央撓度監測成果與時間序列分析模式說明

3.1 白石湖吊橋中央撓度監測說明

3.1.1 吊橋鋼索設計與施工數據

原設計鋼索主索長度116.721公尺，吊橋完成後鋼索及外掛構件自重，產生曲線下垂狀態，針對中央撓度(垂度)作為吊橋變化的監測項目之一。

3.1.2 現況監測中央撓度變化與管理值說明

圖3-3為吊橋主索現況監測中央撓度(垂度)變化與管理值情況，根據歷年監測曲線結果，僅有初期一次跳動數值較高約接近595cm，其餘均在590cm至582cm之間隨著溫度高低而變化。目前行動值訂為600cm，警戒值為596.5cm，預警值為593.0cm。其中行動值係依據原設計圖(圖2-1詳圖B)預估初始垂度而訂；預警值係依據吊橋竣工後實測初

3.1.3 吊橋鋼索詳細組合長度說明

圖3-1為吊橋鋼索詳細組合長度示意圖，由於吊橋鋼索兩端與橋台支承點接合方式有經過變更設計，故主索長度與原設計長度有變更，根據吊橋主鋼索原設計長度與變形量計算書，原設計主鋼索長度為11682.6cm，預估施工階段預力42.4t下鋼索伸長量為13.55cm，則變形後總長為11696.15cm，依此計算原設計長度情況下中間垂度應為600cm，而施工預估伸長變形後垂度則為647.5cm，即預估垂度可增加47.5cm，而未施加預力前估計長度為11669.1cm，相對於垂度為548.67cm。另根據圖3-1竣工後鋼索組合兩端調節器後總長為116.721m，即為11672.1cm，換算垂度值為549.22cm，經竣工實際組裝後垂度值為587.5cm，即與組裝前垂度增加38.28cm，此值小於原設計預估垂度可增加47.5cm，故組裝後應在原設計預估可容許變形範圍內，由於現場組裝時將視情況調整兩端調節器，實際長度可能與圖3-1標示之結果不同，根據竣工實測垂度反推總長約為11680.11cm，此較圖3-1總長11672.1cm，伸長約8.01cm，而較



圖3-1 吊橋鋼索詳細組合長度示意圖

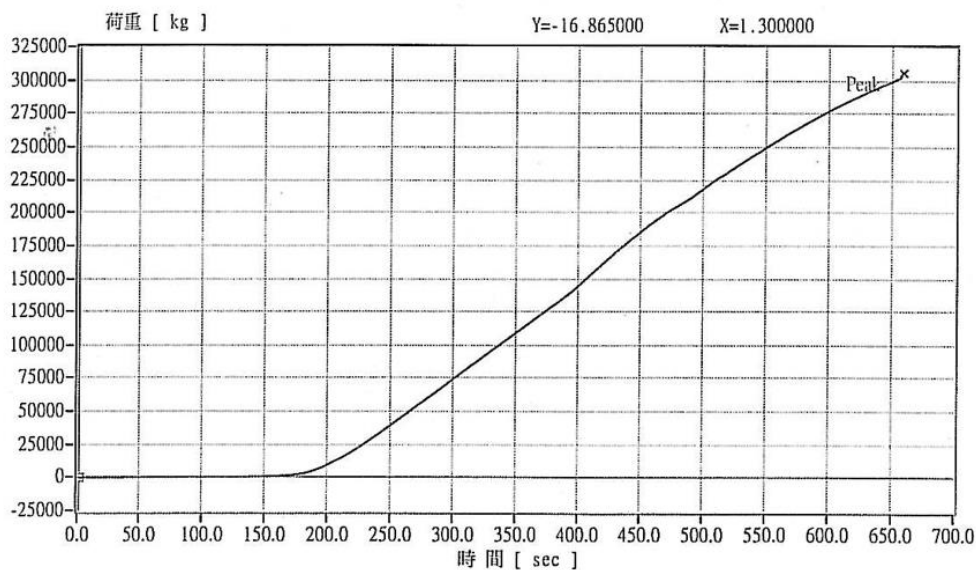


圖3-2 鋼索抗拉試驗結果

原設計長度11682.6cm短少約2.49cm。根據圖3-1兩端調節器可調整最多增加25cm或縮短45cm，前述組裝時鋼索之變位與垂度值均在原設計容許範圍內，故前節中垂度監測與管理值亦均在合理範圍。另依據鋼索廠商九春公司之鋼索出場證明書，以及圖3-2鋼索抗拉試驗結果及鋼索材料單根絞線抗拉試驗結果，可得知荷重變化皆在材料彈性範圍，故應屬安全。

3.2 中央撓度監測結果

白石湖吊橋中央撓度監測結果，吊橋完成後之初測值為587.5cm，正式監測後以初測值為基礎，亦同時量測檢測時的溫度，如圖3-3。根據歷年監測資料顯示變位量約在580~591cm區間內，將歷年監測資料與現場溫度觀測值套疊顯示變化趨勢一致，且現場量測皆於早上8點，可排除遊客之活載重所造成影響，因此吊橋撓度變位主要來自於溫度，如圖3-3所示。吊橋撓度及張力隨著季節變化，經研判目前吊橋主鋼索尚無鬆脫或拉伸永久變形等異常狀況發生，且垂度皆小於預警值。

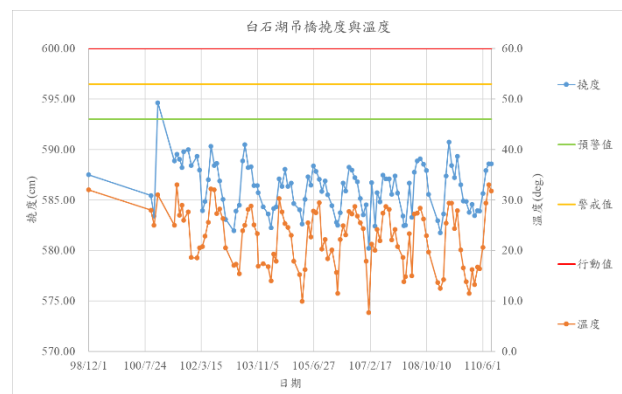


圖3-3 監測成果圖

3.3 時間序列分析

時間序列分解技術將時間序列解構為單獨的“組成部分”，由4個不同的組件組成：

- 1.趨勢分量(T)：趨勢代表數據隨時間增加或減少的總體趨勢。
- 2.季節性分量(S)：與季節一樣，數據模式出現在固定間隔之後，代表時間序列的季節性成分。它們會在特定的時間間隔後重複，如日、週、月、年等。可以繪製圖形並直觀地檢查季節性元素的存在。
- 3.週期性分量(C)：可以被認為是季節，有時周期不一定會定期出現，這種特性有時候很難識別。

4. 噪聲分量(N)：不屬於上述三類並且也難以解釋的時間序列數據的突然變化稱為隨機波動或噪聲。

3.4 時間序列分解方法

3.4.1 CLASSICAL DECOMPOSITION 經典分解

分解模型類型參數可以是加法或乘法，這取決於數據的季節性幅度是否與水平（均值）相關。如果季節性幅度與水平無關，則應使用加法模型，如果季節性幅度取決於水平，則應使用乘法模型。

分解時間序列方法本文採用Python函數來提取，因為時間序列不需要具有所有組件。

1. 加法模型 additive model：

$$y(t) = \text{季節} + \text{趨勢} + \text{週期} + \text{噪聲}$$

2. 乘法模型 multiplicative model：

$$y(t) = \text{季節} * \text{趨勢} * \text{週期} * \text{噪聲}$$

加法模型是線性的，其中隨時間的變化始終保持相同的數量，而乘法模型是非線性的，例如二次或指數，變化隨時間增加或減少。

3. 線性趨勢是一條直線，而非線性趨勢是一條曲線。

4. 線性季節性具有相同的頻率（週期寬度）和幅度（週期高度），而非線性季節性具有隨時間增加或減少的頻率和/或幅度。

additive model 加法模型，它的季節性變化的幅度是獨立於時間軸的，在上面四個因素，彼此不互相作用，而是互相區別，直接相加影響y值。

3.4.2 STL DECOMPOSITION 分解

STL代表使用Loess的季節性和趨勢分解。此方法對異常值具有強化性，並且可以

處理任何類型的季節性。這種特殊性質也使其成為一種通用的分解方法。

在使用STL時，可以設定分析：

1. 趨勢週期平滑度及季節性成分的變化率。
2. 可設定異常值或異常值的強韌性robustness，將允許設定異常值對季節性和趨勢分量的影響。
3. STL缺點它不能自動處理日曆變化，而且它只為加法模型提供分解，如果要作乘法模型分解，需先獲取數據的日誌然後返迴轉換組件來獲取它。

3.5 預測方法

預測利用簡單移動平均線(SMA)、加權移動平均線(WMA)、指數移動平均線(EMA)、STL進行預測(EMA)等方法預測，利用其中104筆採用Python的statsmodels作時間序列分析與預測，5筆數據作驗證，依照過去監測數據成果作分析，預測成果與實際監測成果做比較。

四、分析結果

4.1 CLASSICAL DECOMPOSITION 經典分解

4.1.1 加法模型 additive model

第一圖為監測實際成果、第二圖為趨勢分量轉換成果圖、第三圖為季節分量納入分析、第四圖為噪聲分量分解圖(圖4-1)。

4.1.2 乘法模型 multiplicative model

第一圖為監測實際成果、第二圖為趨勢分量轉換成果圖、第三圖為季節分量納入分析、第四圖為噪聲分量分解圖(圖4-2)。

4.2 STL DECOMPOSITION 分解

第一圖為監測實際成果、第二圖為趨勢分量轉換成果圖、第三圖為季節分量納入分析、第四圖為噪聲分量分解圖(圖4-3)。

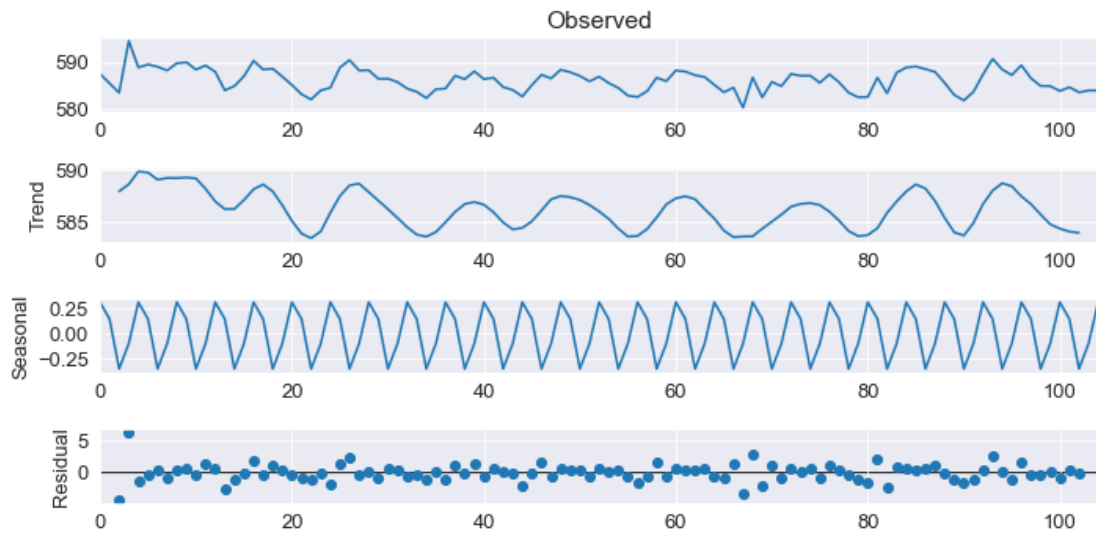


圖4-1 加法模型additive model

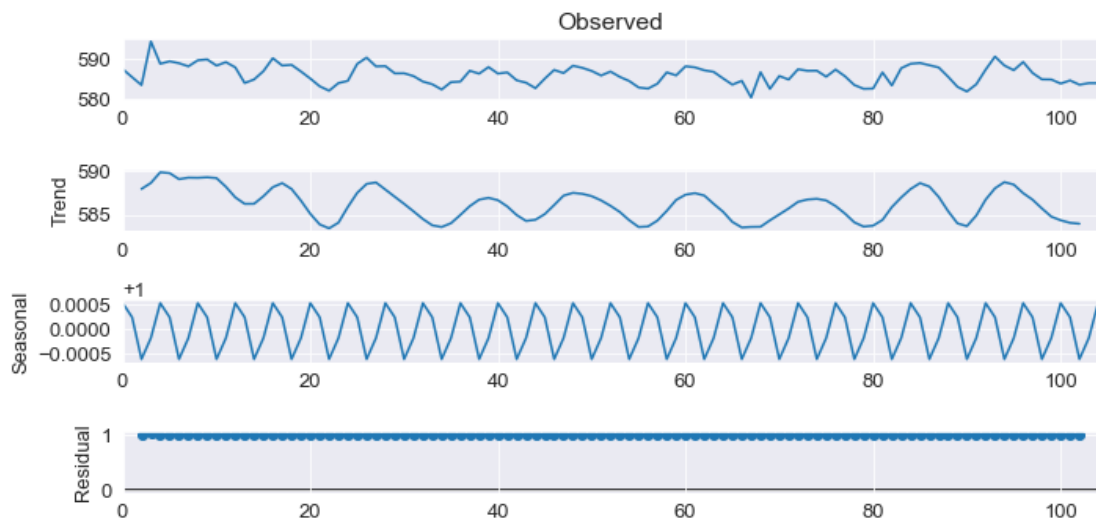


圖4-2 乘法模型multiplicative model

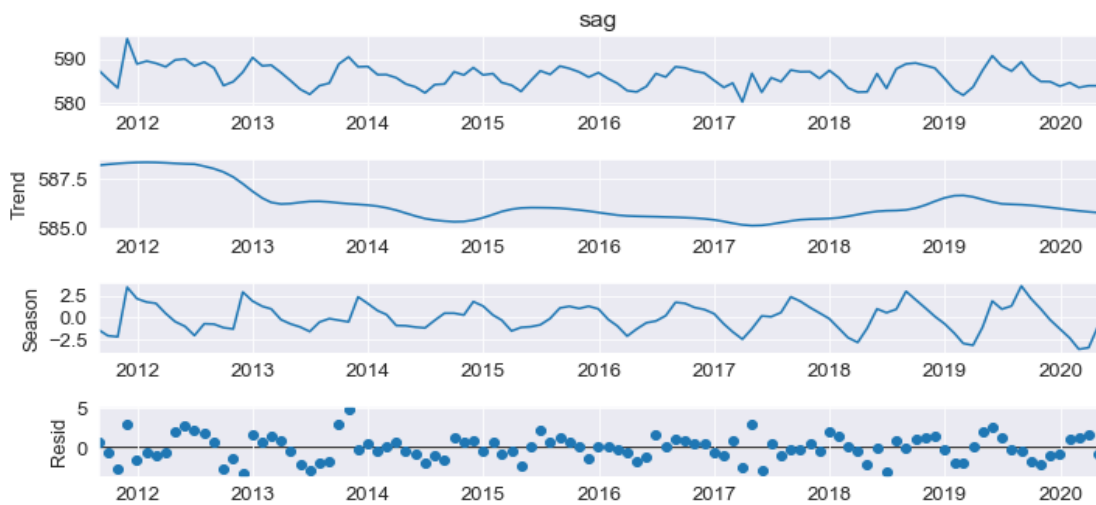


圖4-3 STL DECOMPOSITION分解

分解方式使用信賴的數據作加權函數，在估計使用LOESS方法時重新加權數據（使用LOWESS方法也是如此）。使用穩健估計允許模型容忍底部圖中可見的較大誤差。

第一圖為監測實際成果、第二圖為趨勢分量加權轉換成果圖、第三圖為季節分量加權分解圖、第四圖為噪聲分量分解圖(橘(點)線為加入異常值設定後之結果)。

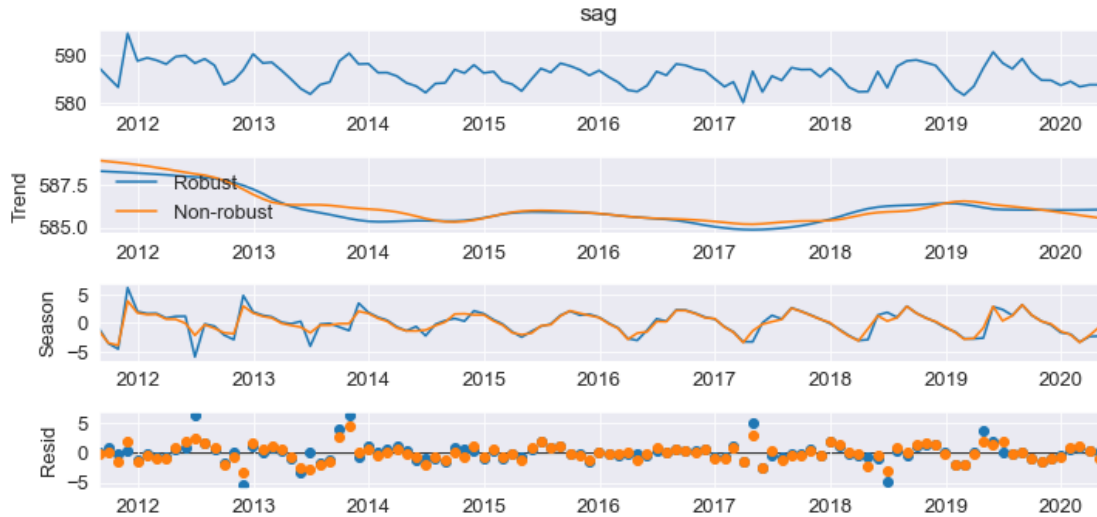
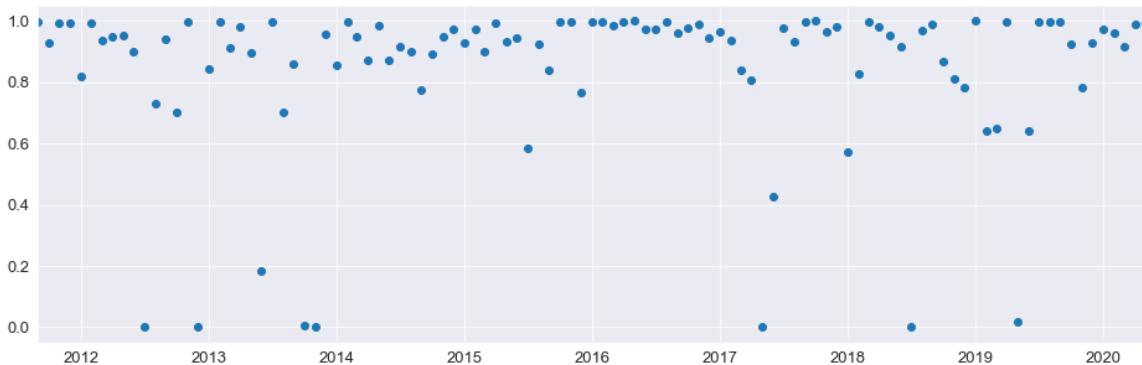


圖4-4 LOESS加權數據



註：橫軸為時間軸，縱軸為誤差值單位:公分

圖4-5 平均產生較小的誤差(權重在0和1之間變化。)

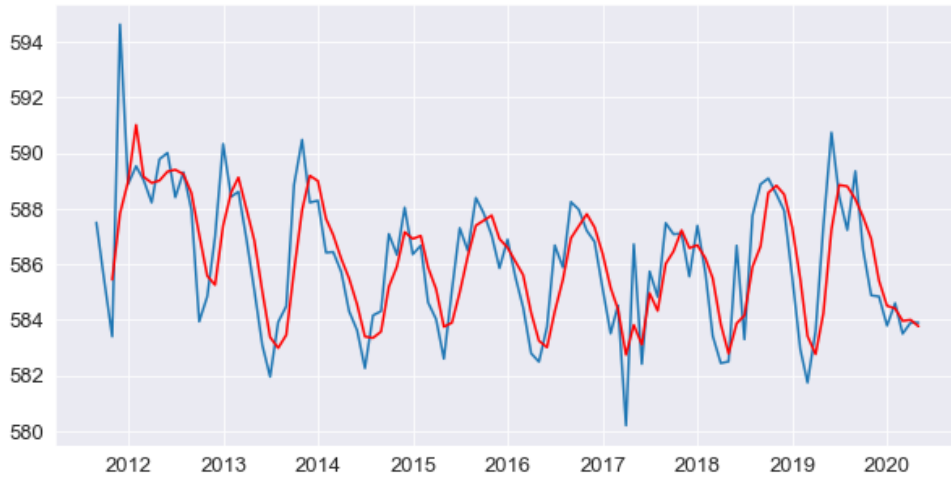
4.3簡單移動平均線(SMA)預測

移動平均線可快速識別數據中的趨勢，使用移動平均線來確定數據是遵循上升趨勢還是下降趨勢。它可以平滑波峰和波谷等不規則性。這種計算移動平均線的方法稱為追蹤移動平均線(圖4-6)。計算是如下，我們使用rollback()函數來獲取中央撓度的移動平均線(表4-1)。

$$Y_t = \alpha + \varepsilon_t + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \phi_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \phi_q \varepsilon_{t-q}$$

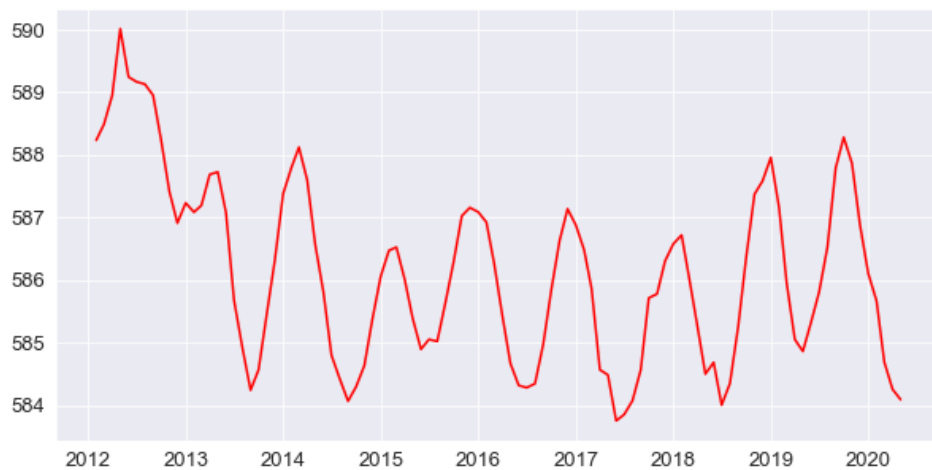
4.4加權移動平均線(WMA)

簡單的移動平均線非常單純，對過去的所有值賦予相同的權重。然而，加權移動平均線會假設最近的數據與實際值密切相關，WMA觀察結果乘以權重作加權後移動平均線分析(圖4-7、圖4-8及表4-2)。



註：橫軸為時間軸，縱軸為中央撓度，單位:公分

圖4-6 簡單移動平均線(SMA)成果圖



註：橫軸為時間軸，縱軸為中央撓度，單位:公分

圖4-7 加權移動平均線(WMA)成果圖



註：橫軸為時間軸，縱軸為中央撓度預測值，單位:公分

圖4-8 加權移動平均線(WMA)預測成果圖

**表4-1 移動平均線預測值
與監測值成果比較表**

日期	預測值	實測值	差異
2021/5/31	586.122876	587.38	1.26
2021/6/30	586.105019	590.74	4.63
2021/7/31	586.128686	588.44	2.31
2021/8/31	586.17821	587.23	1.05
2021/9/30	586.120781	589.35	3.23

**表4-2 加權移動平均線(WMA)預測值
與監測值成果比較表**

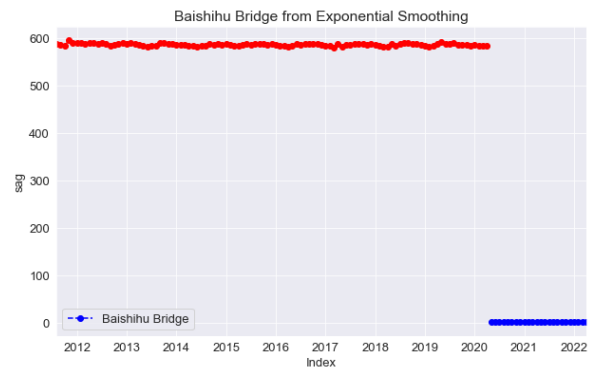
日期	預測值	實測值	差異
2021/5/31	582.5013	583.91	1.41
2021/6/30	585.7633	585.63	-0.14
2021/7/31	584.8737	587.93	3.05
2021/8/31	587.4727	588.60	1.13
2021/9/30	587.0948	588.60	1.51
2021/10/31	586.9905		
2021/11/30	585.636		
2021/12/31	586.8694		
2022/1/31	585.1664		
2022/2/28	583.4705		
2022/3/31	581.9228		
2022/4/30	585.8303		
2022/5/31	582.469		

4.5 指數移動平均線(EMA)

在指數移動平均線中，隨著時間的增長，將指數遞減的權重分配給觀察。該方法通常是一種出色的平滑技術，通過從數據中去除大部分噪聲來工作，從而產生更好的預測(圖4-9及表4-3)。

- 1.簡單指數平滑：如果時間序列數據是方差恆定且無季節性的可加模型，則可以使用簡單指數平滑進行短期預測。
- 2.Holt指數平滑：如果時間序列是具有增加或

減少趨勢且沒有季節性的可加模型，您可以使用Holt指數平滑進行短期預測。



註：橫軸為時間軸，縱軸為中央撓度實測值，紅色為監測值、藍線為預測分解值，單位:公分

圖4-9 指數移動平均線(EMA)預測成果圖

**表4-3 指數移動平均線(EMA)預測值
與監測值成果比較表**

日期	預測值	實測值	差異
2021/5/31	583.8814	583.91	0.03
2021/6/30	583.8799	585.63	1.75
2021/7/31	583.8785	587.93	4.05
2021/8/31	583.8771	588.60	4.72
2021/9/30	583.8757	588.60	4.72
2021/10/31	583.8744		
2021/11/30	583.873		
2021/12/31	583.8716		
2022/1/31	583.8703		
2022/2/28	583.869		
2022/3/31	583.8677		
2022/4/30	583.8664		

4.6 STL進行預測(EMA)

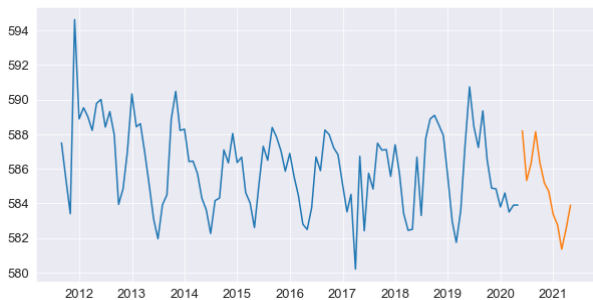
STL Forecast 簡化了使用STL去除季節性，然後使用標準時間序列模型來預測趨勢和周期性成分的過程。

使用STL來處理季節性，然後使用ARIMA(1,1,0)對去季節性數據進行建模。季



節性成分是從查找完整週期中預測的，其中 $E[ST+h|FT]=S^{\wedge}T-k \quad k=m-h+m[h-1m]$. 預測會自動將季節性成分預測添加到ARIMA預測(圖4-10及表4-4)。

$$Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \phi_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \phi_q \varepsilon_{t-q}$$



註：橫軸為時間軸，縱軸為中央撓度實測值，橘線為預測值，單位:公分

圖4-10 STL(EMA)預測成果圖

表4-4 指數移動平均線(EMA)預測值與監測值成果比較表

日期	預測值	實測值	差異
2021/5/31	587.54867	583.91	-3.64
2021/6/30	584.98294	585.63	0.64
2021/7/31	585.84889	587.93	2.08
2021/8/31	587.72121	588.60	0.88
2021/9/30	585.89177	588.60	2.71
2021/10/31	584.73818		
2021/11/30	584.2624		
2021/12/31	582.92492		
2022/1/31	582.29461		
2022/2/28	580.91001		
2022/3/31	582.09891		
2022/4/30	583.45969		

五、結論與建議

本研究以臺北市內湖區白石湖吊橋中央撓度監測為研究案例，依據過去近10年每月監測共109筆數據，利用其中104筆採用Python的statsmodels作時間序列分析與預測，

再利用5筆資料驗證，初步研究結果，獲致以下結論與建議：

5.1結論

1. 本研究利用Python的statsmodels時間序列分解方法，將現有109筆按月監測數據，其中104筆作分析與預測，5筆資料作驗證，移動趨勢大致相吻合，各種模式預測數據與實際監測數據略有出入，簡單移動平均線(SMA)預測差異值+4.63~-1.05，加權移動平均線(WMA)預測差異值+3.05~-0.14，指數移動平均線(EMA)預測差異值+4.72~-0.03，STL進行預測(EMA)預測差異值+2.71~-3.64，其中以加權移動平均線(WMA)預測差異範圍值最小，主要原因是監測結果都在變化區間值範圍內，加權後預測值會越接近實測值。

2. 時間序列所使用的分解方法會影響最終的預測結果，STL等模型之平滑處理影響差值。

5.2建議

1. 後續研究將持續監測資料與持續預測資料修正比較，採用加權移動平均線預測時，將加權比值作調整使預測結果更接近實測結果，平滑處理之差值亦可納入分析比較。

2. 後續可將吊橋其他監測數據納入如溫度、傾斜管、水位觀測井、人流、基座測量等數據作分析，並採用不同模型作預測與驗證。

誌謝

本文得以順利完成，作者等人要感謝臺北市政府工務局大地工程處提供的計畫經費，長期監測數據得以分析與預測。

參考文獻

1. <https://www.statsmodels.org/stable/index.htm>
1
2. <https://datasciencebeginners.com/2020/11/25/time-series-forecast-and-decomposition-101-guide-python/>
3. <https://ithelp.ithome.com.tw/articles/10195400>
4. <https://ithelp.ithome.com.tw/articles/10195635>
5. <https://www.statsmodels.org/stable/tsa.html>
6. <https://pythonforfinance.net/2019/07/22/time-series-decomposition-prediction-in-python/>
7. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/157960700>
8. <https://www.cnblogs.com/cgmcoding/p/14155569.html>
9. <https://predictivehacks.com/time-series-decomposition/>
10. <https://towardsdatascience.com/time-series-decomposition-and-statsmodels-parameters-69e54d035453>
11. <https://otexts.com/fppcn/MA.html>
12. 陳智誠、鄭清江、陳世凱、王仲宇(2020)，白石湖吊橋與坡地安全監測及穩定分析案例探討，第18屆大地工程學術研究討論會論文集
13. 智全工程技術顧問有限公司(2020)，臺北市政府工務局大地工程處108年度白石湖吊橋整體結構安全評估暨保養改善工程設計委託技術服務案成果報告書。



應用 Python 的 sklearn 機器學習預測臺北市老舊聚落防災策略

Using Python's sklearn machine learning to predict disaster prevention strategies for old settlements in Taipei City

陳智誠¹、杜敏誠²、施邦築³

Chih-cheng Chen¹、Min-cheng Tu²、Ban-Jwu Shih³

1. 國立台北科技大學土木與防災研究所博士班

2. 國立台北科技大學土木與防災研究所助理教授

3. 國立台北科技大學土木與防災研究所副教授退休

1. PhD student, Department of Civil and Disaster Prevention Engineering at the National Taipei University of Technology, ROC

2. Assistant Professor Department of Civil Disaster Prevention Engineering at the National Taipei University of Technology, ROC

3. Professor, Department of Civil and Disaster Prevention Engineering at the National Taipei University of Technology, ROC

摘要

本研究以臺北市32處老舊聚落為研究對象，針對32處過去巡勘監測持續列管、拆遷安置與解除列管三種決策結果作分析，利用包含決策樹等七種預測模式及分析變數因子選用5、8、9等3種方式納入預測分析，並將預測與實際決策作比較，將其正確率作分析，選擇最佳模型提供後續大數據分析，包含老舊聚落更細區域及列管139處坡地社區及所有坡地社區納入分析，作為後續坡地防災決策之參考。

關鍵字：決策樹、隨機森林、類神經網路

Abstract

This study takes the 32 old settlements in Taipei City as the research object, and analyzes the three decision-making results of continuous pipeline, demolition, and de-manipulation of 32 past patrols and monitoring, using seven prediction models including decision trees and analysis variable factors Choose 5, 8, 9 and other 3 methods to be included in the forecast analysis, compare the forecast with the actual decision, analyze the correct rate, select the best model to provide follow-up big data analysis, including older settlements and more detailed areas and management 139 sloping communities and all sloping communities are included in the analysis as a reference for subsequent slope disaster prevention decisions.

Key Word : DecisionTreeClassifier、RandomForestClassifie、Perceptron

sklearn作包含邏輯式回歸LogisticRegression、決策樹 DecisionTreeClassifier、隨機森林 RandomForestClassifier、類神經網路 Perceptron、k近鄰算法KNeighborsClassifier、支持向量機SVC、類神經網路及mlp分類器MLPClassifier等回歸預測模式針對32處聚落作預測，並將各種預測結果與實際決策作驗證，選擇較佳預測模式提供臺北市坡地聚落與坡地住宅更多數據分析預測之模型。

一、前言

臺北市屬於盆地地形，三面環山，地勢陡峻，總行政面積約27,180公頃，其中山坡地範圍面積約15,004公頃，佔總行政面積55.20%，其中涵蓋山坡地範圍之行政區共有北投區、士林區、內湖區、中山區、中正區、南港區、信義區、大安區、文山區九個行政區。

臺北市政府自89年9月訂定「臺北市加強山坡地安全管理方案」後，即積極推動各項山坡地安全管理之具體措施，於軍事管制區周邊山坡地範圍體檢了32處山坡地老舊聚落，針對老舊聚落進行安全評估與風險管理，並依據調查結果針對危險性明確且致災風險高之聚落依序辦理拆遷、風險較低且大部分為私有地者解除列管、仍具潛在風險者辦理巡勘監測等防災管理策略。目前4處高風險之聚落已於90至94年間完成拆遷；另4處無明顯危險且私有地比例高者，且經多年巡勘觀測結果環境無明顯變化，故已解除列管。根據106年4月調查結果，老舊聚落目前24處採用巡勘監測方式持續列管。

近年來由於天候之異常變遷，颱風豪雨挾帶大量雨水，時而造成臺北市山坡地之坡面崩塌及溪溝沖蝕等災害發生。臺北市政府工務局大地工程處針對24處老舊聚落除例行性巡勘監測外，更積極評估無安全之虞解除列管及拆除無人居住的個別房舍、持續加強巡勘與列管、老舊聚落及拆遷整治區巡勘檢視作業、進行觀測工作之外、聚落逐戶拜訪宣導，以建立個別社區、聚落之基本圖資，期能健全危機預防及安全管理機制等等，期能降低災害發生之風險。

本研究係利用python程式的機器學習

二、研究區域概述

臺北市地狹人稠、都市發展快速，市區可利用土地大幅減少，加上昂貴的地價，致使多年來山坡地社區開發的趨勢逐年增加。由於山坡地地質條件及環境因素均較平地複雜，其土地利用及開發緊臨坡地，若稍有開發不當或過度使用時，所釀災害造成的生命與財產損失，亦數倍於平地。因此，開發後的山坡地住宅社區以及老舊聚落安全管理問題，益顯重要。

2.1環境基本資料

2.1.1地理環境與地形

台北市位居台灣之北部，處台北盆地之中央偏東，距台灣島上端最突出之北海岸大約25公里。介於東經121度27分，至東經121度40分，北緯24度57分至25度13分之間，四周均鄰接新北市，為新北市所環繞。

就地形而言，台北盆地由大屯山火山群、觀音山以及中央山脈北端之丘陵地包圍而成；在地質上屬陷落盆地，三面為斷層線，呈東西寬18公里，南北長27公里的等腰三角形盆地，內部平坦，地勢自東南向西北緩傾，東南部平均高程大約10公尺，西北部則平均只有5公尺。

2.1.2 山系

大屯山脈貫穿台北市北端，構成本市北郊主要之山巒，並以其嶺線為台北市與新北市之市界。大屯山脈包括有西峰、南峰、大屯山等山岳，七星山乃其最高峰，海拔1120公尺，雄偉魏峨，位於市中心區之正北方，係本市近郊最有名的登山勝地。大屯山是大屯山脈的第三峰，海拔1081公尺，是本市的第三高山，也是大屯火山群之代表山，二者綿延西北。中正山是大屯山南峰支稜上最高峰，高646公尺，有古剎名寺，環境幽靜。面天山與向天山位於大屯山火山群中西邊的高山，與向天湖聚集一起，乃淡水河東方的高山地帶。面天山，嶺坪寬闊，海拔977公尺，山光水色，景緻宜人。向天山與面天山隔鞍對峙，海拔980公尺，稜下有一沼池，乃死火山。小觀音山(1072公尺)、大屯山、面天山，彼此相接，形成與淡水鎮、三芝鄉之分界。大屯山主峰北伸支稜上有菜公坑山(883公尺)，其西南有枕頭山(890公尺)。本市東北方之山系則以五指山脈為主，五指山乃大屯火山群與基隆火山群銜接地方，係金山與萬里鄉之分界，山勢渾圓平廣，有牧場、高爾夫球場。

五指山脈之支稜為大崙頭山(478公尺)，位於內湖與內外雙溪之稜線上。大崙尼山(451公尺)則在外雙溪與北勢湖之界稜上。南方山系則以松山區三張犁稜頂之南港山(375公尺)與姆指山(320公尺)為代表，山之北麓為四獸山、仙跡巖，也是有名的登山遊憩地方。

2.1.3 水系

台北盆地屬淡水河流域，主要河川有淡水河、新店溪、基隆河等所組成。淡水河是台灣第三大河流，使次於濁水溪、高屏溪，

全長160公里。發源於大霸尖山(3490公尺)，從巴稜附近和三光溪會合成大漢溪，由南向北繞經大溪、三峽附近而進入台北盆地，在萬華、江子翠一帶與新店溪匯合而成淡水河，由南往北流，再集合另一條支流基隆河而流入台灣海峽。新店溪上游源自於台北盆地南方之山區，由南勢溪與北勢溪在龜山附近交匯而成，清朝乾隆時代即係利用新店溪水流入瑠公圳以灌溉台北市農田。新店溪先向北流，然後在中和區秀朗橋附近與景美溪結合，成東西向而向西北流入台北盆地，以其為台北市及新北市界之界線。基隆河發源於台北盆地東北方之山地，亦即新北市平溪區附近之火燒寮山，上游河谷中有頗負盛名的十分寮瀑布。上游河水原係向東流，流至瑞芳後轉彎迂迴而折向西流，經汐止後由南港區而流入台北市。溪流呈「S」形，流速降緩。在北投頂八仙接納了雙溪，在關渡又融合了關渡溪，最後才與淡水河在關渡隘口融會貫穿，經淡水而出海。

2.1.4 氣象

依據中央氣象局竹子湖測候站資料顯示(如表 2-1 所示)，年平均降雨量 263.6mm(1981~2019)，年平均降雨日數 13.7 天，平均氣溫約 21.8 度。降雨主要集中於 5 月至 10 月，降雨量於各月份分配極不均；最低為 1 月份 115.1mm，最高為 9 月份 442.3mm，月平均降雨日 10~17 天。

近年來較大之豪雨以納莉颱風所帶來雨量最為驚人，中央氣象局竹子湖氣象站資料顯示，納莉颱風累積三日最大降雨量達 1,125mm，依據經濟部水利署之納莉颱風淡水河洪水報告中指出，以基隆河流域五堵雨量站進行降雨強度之頻率分析，發現 1 小時之

最大紀錄降雨強度重現期已超過200年。而近年降雨量變異極大，除乾旱之2002、2003年外，年降雨量均高達5,000mm，亦超過往年平均。

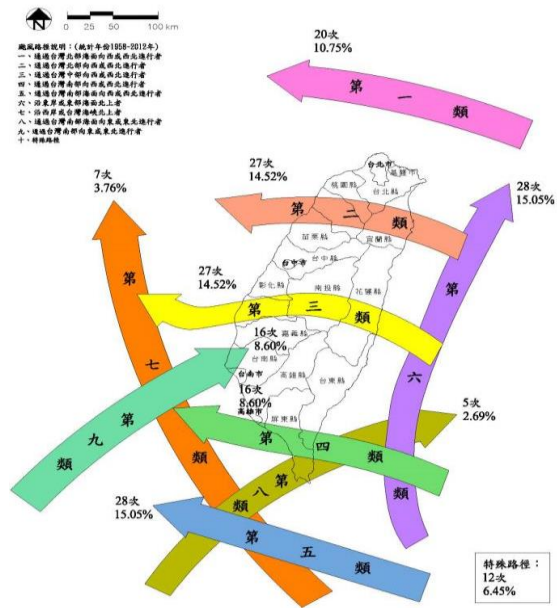
本區域主要之暴雨成因為颱風、熱帶低氣壓及鋒面。依據中央氣象局民國47年(1958)至民國108年(2019)資料(圖2-1)，一共有201次颱風侵襲臺灣，若把颱風侵襲臺灣的路徑分成十類，可以看出其中：依第二類路徑直接侵襲臺北市之颱風次數為第四高，再加上其他向北移動之侵台路徑，往往為臺北市帶來強風豪雨，造成嚴重之災害。又每年梅雨季節來臨時，低氣壓及鋒面常帶來大量雨水，亦為造成災害之主要原因。

2.1.5地質

台北市出露地層以第三紀中新世沈積岩為主，北部之大屯火山群則為第四紀更新世初期所噴發之安山岩流及凝灰角礫岩。另外第四紀階地堆積層零星分佈於基隆河及景美溪兩側。全新世沖積層分佈於台北盆地及各河道邊緣地區。

地層由老到新，依沈積年代不同而有漸新世五指山層，中新世之木山層、大寮層、石底層、南港層、南莊層與桂竹林層，更新世火山岩流與凝灰角礫岩(構成大屯火山群)及全新世之階地堆積層與沖積層等。其中五指山層、木山層、石底層、南莊層屬於陸相地層，此類地層共同之特徵均為含煤層，缺少化石，而大寮層、南港層與桂竹林層屬於海相地層，含多量化石。台北市主要摺皺及斷層略呈北東或北北東走向，主要斷層包括金山斷層、山腳斷層、小油坑斷層、崁腳斷層、基隆斷層、台北斷層、崙頭斷層、五分山斷層、碧潭斷層與新店斷層，主要摺皺

包括四分子向斜。其中除山腳斷層與小油坑斷層為正斷層之外，其餘均為逆斷層，其成因主要受來自東南方應力推擠，岩層先摺皺，其後應力不斷增強，超過岩層可塑性限度即發生自東南向西北逆斷層，斷面傾向東南(圖2-2)。



資料來源：本計畫製作

圖2-1 侵台颱風路徑分類統計(1958~2019)

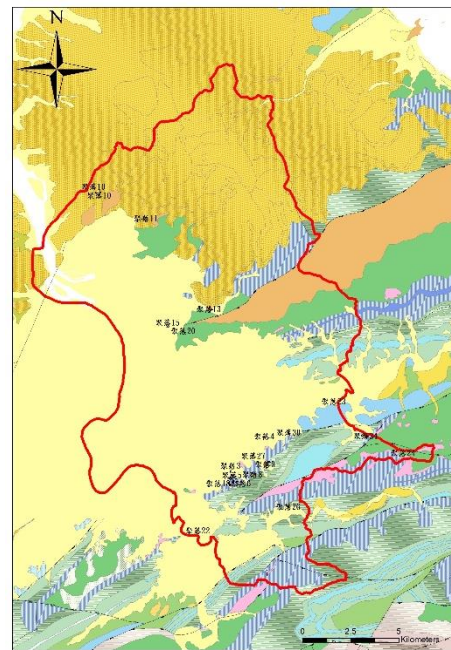


圖2-2 聚落套繪地質

表2-1 竹子湖測候站氣候資料統計表

項目	降雨量	降雨日數	平均氣溫	相對濕度	最高氣溫	最低氣溫
單位	毫米	天	攝氏度	百分比	攝氏度	攝氏度
1月	115.1	11.5	14.8	74.1	22.4	9.1
2月	191.2	14.3	15.1	78.4	24.1	8.5
3月	184.9	14.9	17.2	80.5	27.5	10.9
4月	132.6	12.3	20.9	80	30	14.4
5月	383.8	17.5	23.8	81.6	32.2	16.8
6月	331.7	14.5	26.7	79	33.3	22.3
7月	258.5	10.7	30.3	75.1	34.6	23.1
8月	396.4	15.2	27.4	76.6	34.1	23.2
9月	442.3	12.8	26.2	77.5	33.4	23.4
10月	326	12.7	22.6	79.4	30.3	18
11月	214.3	13	20.5	81.4	28.2	14.5
12月	186.9	15.3	16	79.7	24.2	10.6
平均	263.6	13.7	21.8	78.6	29.5	16.2
統計期間	1981-2019	1981-2019	1981-2019	1981-2019	1981-2019	1981-2019

資料來源：中央氣象局

2.2 環境地質類型分布

依據臺北市政府工務局大地工程處山坡地環境地質資訊系統，32處老舊聚落之基本資料統計如表2-2所示。

表2-2 臺北市32處老舊聚落基本資料

序號	行政區	位置	決策	門牌數	戶數	人數	座標	災害歷史	災害情況	是否監測	是否異常	是否為順向坡	是否為地質敏感區
1	信義	松山路底福德街51巷山坡聚落	0	46	65	170	25.03609668126509, 121.5810781427746	1	局部崩塌	1	1	0	1
2	信義	松山路650巷15弄南側山坡聚落	0	119	209	597	25.031817344534005, 121.57937424004398	1	土石流潛勢溪流谷口地帶	1	1	0	1
3	信義	和平東路三段435巷29弄山坡聚落	1	59	1	4	25.020975499642187, 121.56063729066821	1	局部崩塌	1	0	0	0

表2-2 臺北市32處老舊聚落基本資料(續)

序號	行政區	位置	決策	門牌數	戶數	人數	座標	災害歷史	災害情況	是否監測	監測是否異常	是否為順向坡	是否為地質敏感區
4	信義	虎林街 272 巷山坡聚落	1	55	12	29	25.034635668103316, 121.57847009052146	1	1.106 年虎林街 272 巷 2-46 號前下陷 2.105 年虎林街 272 巷 2-18 號地質掏空 3.102 年虎林街 272 巷 2-32 號崩塌下陷 "	1	0	0	0
5	信義	臥龍街 427 巷及 395 巷 23 弄附近山坡聚落	1	77	5	16	25.016623886721, 121.56179106018914	1	無	1	0	1	1
6	信義	臥龍街 427 巷及 395 巷 23 弄附近山坡聚落	1	61	3	6	25.012950344387896, 121.56562655764826	1	1.109 年和平東路三段 627 巷 65 號後方樓梯下掏空 2.106 年和平東路三段 627 巷 21 號邊坡土石崩塌 3.106 年和平東路三段 627 巷 51 弄 29 號通道掏空	1	0	1	1
7	信義	臥龍街 427 巷 5 弄南側至 427 巷 6,7 弄間山坡聚落	1	72	72	194	25.01225331292925, 121.56454555998302	0		1	0	1	1
8	信義	吳興街底靠山腳及坑溝之山坡聚落	1	23	7	24	25.016733235216986, 121.57161776252829	1	1.102 年吳興街 600 巷 98 弄 20-1 號邊坡崩塌	0	0	0	0
32	信義	吳興街 583 巷 117 弄山坡聚落	0	33	38	114		0		1	1	1	1
9	信義	聯勤技術訓練中心左側兩系谷溝沿線舊山坡聚落	1	29	20	69	25.021978697620295, 121.57858621443063	1	1.106 年信義路五段 150 巷 485-3 號旁掏空處理	1	0	0	0

表2-2 臺北市32處老舊聚落基本資料(續)

序號	行政區	位置	決策	門牌數	戶數	人數	座標	災害歷史	災害情況	是否監測	監測是否異常	是否為順向坡	是否為地質敏感區
10	北投	貴子坑溪水磨坑溪匯流口上游山坡聚落	1	83	44	151	25.14933972649104, 121.49376075861636	0		1	0	0	1
11	北投	幽雅路杏林巷曹洞寺附近山坡聚落	1	26	19	51	25.153345362633168, 121.49029958358798	0		1	0	0	0
12	士林	中社路1段9巷翠山莊	2	16	33	33		0		0	0	0	0
13	士林	臨溪路74巷及100巷山坡聚落	1	30	26	74	25.0948594799836, 121.54945554947682	0		1	0	0	0
14	士林	仰德大道復興橋山坡聚落	2	107	277	277		0		0	0	0	0
15	士林	中山北路5段復興電台後方山坡聚落	1	43	21	71	25.153345362633168, 121.49029958358798	0		1	0	0	0
16	大安	臥龍街426巷及臥龍街380至418號山坡聚落	1	40	17	55	25.014207804181172, 121.56211206274585	1	1.109年和平東路三段576號民宅後方土石崩落 2.108年和平東路三段606巷5號下邊坡崩塌	1	0	1	1
17	大安	臥龍街436巷捷運線東側山坡聚落	1	52	57	145	25.011734855364086, 121.5610626244035	0		1	0	0	0
18	大安	臥龍街436巷捷運線西側山坡聚落	1	30	4	14	25.013119504883623, 121.56006477310991	0		1	0	0	0
19	中山	北安路501巷·689巷及自強隧道南洞口東側雞南山沿山腳一帶山坡聚落	0	216	277	908	25.086466787516127, 121.55128539362478	1	1.局部崩塌/土石流潛勢溪流谷口地帶 2.82年05月30日瑞伯颱風土石流	1	1	0	1

表2-2 臺北市32處老舊聚落基本資料(續)

序號	行政區	位置	決策	門牌數	戶數	人數	座標	災害歷史	災害情況	是否監測	監測是否異常	是否為順向坡	是否為地質敏感區
20	中山	通北街 118 巷及 146 巷山坡聚落	1	114	18	39	25.084939946055922, 121.53619955146205	1	1.109 年通北街 118 巷 42 弄 22 號後方土方崩落 2.106 年通北街 118 巷 68 弄 28-1 號後方土石崩落 3.106 年通北街 118 巷山坡聚落巷道破洞	1	0	0	0
21	內湖	內湖路一段 47 巷西側及內湖路一段 39 巷東側(靠劍南路下方)山坡聚落	1	49	16	29	25.08742593957845, 121.55832221721033	0		1	0	1	1
22	文山	景興路仙跡岩下方紫範宮一帶山坡聚落	1	64	19	56	24.99031931127121, 121.54336464150221	1	1.107 年景興路 275 巷 16 號住宅後方落石	1	0	0	0
23	南港	中南街 134 巷及 168 巷一帶山坡聚落	1	56	47	47	25.051977449090458, 121.61336417938861	1	1.109 年中南街 168 巷 1 號後側邊坡土石滑落	1	0	0	0
24	南港	舊莊街 2 段 156 號後側、160 號附近及 306 巷 1 號山坡聚落	1	53	29	109	25.034864242598374, 121.62883193930624	0		1	0	0	0
25	大安	臥龍街 379 巷對面山坡聚落	1	54	17	37	25.014964946431885, 121.56005927705192	0		1	0	1	1
26	文山	木柵路 5 段象頭埔山坡聚落	1	21	47	59	25.0019002891185, 121.58995532716162	0		1	0	1	1
27	信義	信義路 5 段 150 巷 342 弄東側(慈惠堂)附近山坡聚落	1	75	14	42	25.02573281716433, 121.57251946139283	1	1.109 年信義路五段 150 巷 50 號後方山坡地土石滑落	1	0	0	0

表2-2 臺北市32處老舊聚落基本資料(續)

序號	行政區	位置	決策	門牌數	戶數	人數	座標	災害歷史	災害情況	是否監測	監測是否異常	是否為順向坡	是否為地質敏感區
28	信義	吳興街 600 巷 55 弄對面山坡聚落	2	11	47	47	25.01993731531472, 121.57104312690147	0		0	0	0	0
29	南港	研究院路 4 段下寮橋北側山坡聚落	2	21	47	47	25.01950913188209, 121.59439344672515	0		0	0	0	0
30	南港	成福路底北興宮附近山坡聚落	1	17	33	33	25.03666035870078, 121.59061430049454	0		1	0	0	0
31	大安	基隆路 3 段 155 巷 176 弄東側山坡聚落	1	137	57	130	25.012961100282865, 121.54855758180983	0		1	0	0	0
		總計		1889	1598	3677							

說明：1.決策：0專案拆遷1巡勘監測2解除列管

2.災害歷史：0無災害歷史1有災害歷史

3.是否監測：0無1有

4.監測是否異常：0正常1有異常持續追蹤

5.是否為順向坡：0否1是

6.是否為地質敏感區：0否1是

三、研究方法與分析

利用python程式的機器學習sklearn作包含線性迴歸LinearRegression、邏輯式迴歸LogisticRegression、決策樹DecisionTreeClassifier、隨機森林RandomForestClassifier、類神經網路Perceptron、k近鄰算法KNeighborsClassifier、支持向量機SVC、類神經網路及mlp分類器MLPClassifier等回歸預測模式針對32處聚落作預測,32處聚落基本資料包含編號、位置、保全戶數、設籍人口數、是否有災害發生歷史、是否位於順向坡、是否有監測、監測結果是否異常、是否位於地質敏感區、是否已拆除、解除列管或巡勘等資料,先將資料整理後透過機器學習,分別分析前述回歸方法,

並將分析方法結果整理成表,分析方法分別概要說明如下:

3.1 邏輯式迴歸LogisticRegression

Logistic迴歸一般用於判斷事件成功/失敗的概率,如果因變數是一個二分類(0/1,真/假,是/否),這時我們就應該用Logistic迴歸。它的Y是一個值域為[0,1]的值,可以用下方等式表示:

$$\text{odds} = p/(1-p) = \frac{\text{事件發生概率}}{\text{事件未發生概率}}$$

$$\ln(\text{odds}) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \dots + b_kx_k$$

在上式中, p是目標特徵的概率。

Logistic 迴歸被廣泛用於分類問題, Logistic迴歸無需依賴自變數和因變數之間

的線性關係，而是用非線性對數計算用於預測的比值比，因此可以處理各種類型的問題，本研究適合用此分類方法。

為了避免過擬合和欠擬合，Logistic回歸需要包含所有重要變數，然後用逐步回歸方法去估計邏輯回歸。

各自變數間不存在多重共線性。

如果因變數的值是序數，那麼它就該被稱為序數Logistic回歸。

如果因變數是多個類別，那麼它就該被稱為多項Logistic回歸。

3.2 決策樹(Decision trees)

Decision trees(決策樹)是一種過程直覺單純、執行效率也相當高的監督式機器學習模型，適用於分類 classification 及回歸 regression 資料類型的預測，與其他的機器學習ML模型比較起來，執行速度較快速。

而且決策樹Decision trees的特點是每個決策階段都相當的明確清楚(不是YES就是NO)，相較之下，邏輯式回歸 Logistic Regression 與支援向量機 Support Vector Machines比較不明確，有像是黑盒作業，難以預測或理解內部複雜的運作細節。決策樹模型提供指令讓我們實際的模擬並繪出從根部、各枝葉到最終節點的決策過程。

3.3 隨機森林(Random Forest)

單獨一個決策樹可能會容易有「過擬合」(overfit)的問題，隨機森林可以產生多個決策樹，綜合它們的結果來得到更準確的分類

3.4 支援向量機(SVM-Support Vector Machine)

支援向量機 (Support Vector Machine, SVM)是一種基於統計學習理論基礎的機器學習模型，針對小樣本、非線性、高維度與局部最小點等問題具有相對的優勢。這個概念其實早在1960-1990年代就由數學家Vapnic及Chervonenkis等人所提出，並建立了這套統計學習理論。除了在文字分類、圖像分類及醫學中分類蛋白質等領域有不錯的成效外，因具有計算速度快且空間成本低等優勢，在工業界也有廣泛的應用。SVM是一種線性分類器，同時卻也可以推展到解決非線性的分割問題

3.5 k 近鄰算法 (KNN-k nearest neighbor)

一群分類好的類別，用一個未知的類別取「距離」最近的k個點，看附近的點最多是哪一類就分到那類，簡單來說，就是物以類聚的概念。適用於離散型資料，也適用於連續型資料。

KNN的運作模式：找到距離最近的K個鄰居→進行投票→決定類別主要運作模式分為3步驟：

步驟1.計算每個點之間的距離

步驟2.用K值決定鄰居數目，並進行投票(在連續型資料中，則是計算平均數)

步驟3.以投票結果決定類別

3.6 類神經網路Perceptron

Perceptron演算法只有在資料是線性可分的情況下才能正確分類，以2D的情況簡單來說就是可以在平面上找一條線去完全切出這兩群，3D的話就是可以在空間中找一個平面去切出兩群。

Perception優點：最簡單的線性分類演算法，Perception演算法的原理可推廣至其他複雜的演算法，因此許多課程或是書籍皆會以此當作最初的教材。

Perception缺點：一定要線性可分Perception演算法才會停下來(實務上我們沒辦法事先知道資料是否線性可分)

3.7類神經網路分類器MLPClassifier

多層感知器(MLP)是一種受監督的學習演算法，通過對數據集進行培訓來學習函數 $f(\mathbf{w}^T \mathbf{x} + b)$ ，其中 m 是輸入的維度數， n 是輸出的維度數。鑒於一組功能 $\mathbf{X} = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ 和目標 y ，它可以學習分類或回歸的非線性函數近似。

多層感知器的優勢是：學習非線性模型的能力。partial_fit

多層感知器(MLP)的缺點包括：

- 1.具有隱藏層的MLP具有非凸損失功能，其中存在多個局部最小值。因此，不同的隨機重量初始化可能導致不同的驗證精度。
- 2.MLP需要調整多個超參數，如隱藏神經元、層和反覆運算的數量。
- 3.MLP對功能縮放很敏感。

四、分析結果

用python sklearn分析，包含5個變數(是否有災害歷史、是否監測、是否異常、是否為順向坡、是否位於地質敏感區)、8個變數(是否有災害歷史、是否監測、是否異常、是否為順向坡、是否位於地質敏感區、設籍數、戶數、人口數)、9個變數(是否有災害歷史、是否監測、是否異常、是否為順向坡、是否

位於地質敏感區、設籍數、戶數、人口數、分布區域)作分析，分析方法包含邏輯式迴歸 LogisticRegression、決策樹 DecisionTreeClassifier、隨機森林 RandomForestClassifier、類神經網路 Perceptron、k近鄰算法 KNeighborsClassifier、支持向量機 SVC、類神經網路 mlp 分類器 MLPClassifier 等回歸預測模式，將各種預測結構與實際決策結果作說明。

4.1五個變數分析結果

根據前述7種分析預測方法取五種變數因子(是否有災害歷史、是否監測、是否異常、是否為順向坡、是否位於地質敏感區)作預測，將分析數據80%作訓練、20%作測試，結果如下：

4.1.1決策樹(Decision trees)

分析結果如下圖(圖4-1)所示：

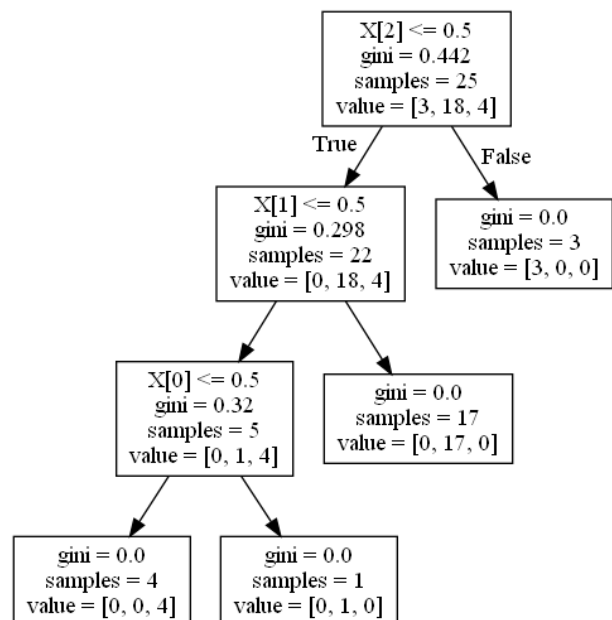


圖4-1 五個變數決策樹分析結果圖

4.1.2 隨機森林 Random Forest Classifier

分析結果如數量所示與實際決策吻合，訓練值如下(圖4-2)：

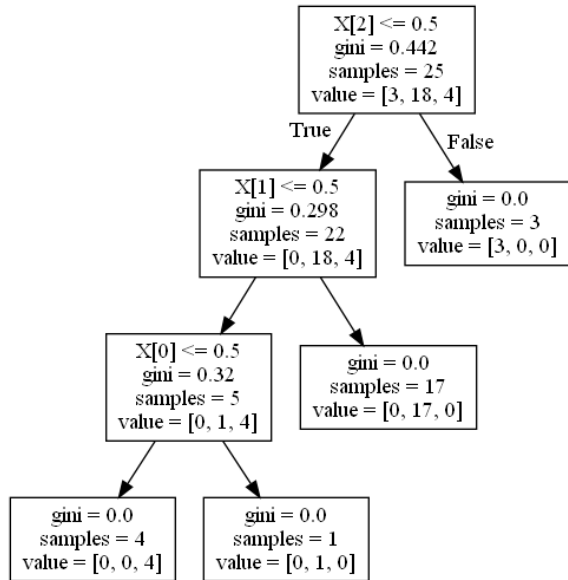


圖4-2 五個變數決策森林分析結果圖

4.1.3 邏輯式迴歸 Logistic Regression、決策樹 Decision Tree Classifier、隨機森林 Random Forest Classifier、類神經網路 Perceptron、k 近鄰算法 KNeighborsClassifier、支持向量機 SVC 及類神經網路 mlp 分類器 MLPClassifier 預測結果彙整

4.1.4 分析結果說明

選用這五種變數是影響聚落拆遷安置或持續巡勘監測或是解除列管主要因素，變數之間具有相對關係，故八個模式分析結果都常接近決策值(表4-1)。

表4-1 五個變數八種模式分析結果表

聚落編號	1	2	3	4	5	6	7	8	8-1	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	總計
現況(0 拆除/1 持續巡勘/2 解除)	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%	
五個變數																																	
LogisticRegression# 邏輯式迴歸	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%
Perceptron#類神經網路	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%
KNeighborsClassifier # k 近鄰算法	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	91%
SVC #支持向量機	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%
MLPClassifier# 類神經網路 mlp 分類器	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%
決策樹	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%
RandomForestClassifier #隨機森林	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%

※紅框表示預測錯誤



4.2 八個變數分析結果

根據前述7種分析預測方法取八個變數因子(是否有災害歷史、是否監測、是否異常、是否為順向坡、是否位於地質敏感區、設籍數、戶數、人口數)作預測，將分析數據80%作訓練、20%作測試，結果如下：

4.2.1 決策樹(Decision trees)

分析結果如下圖(圖4-3)所示：

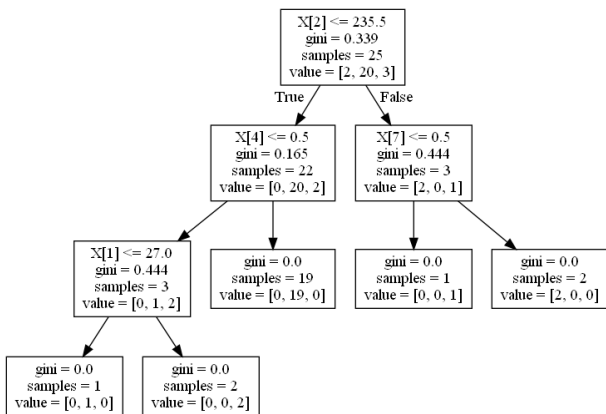


圖4-3 八個變數決策樹分析結果圖

4.2.2 隨機森林RandomForestClassifier

分析結果如下圖(圖4-4)所示：

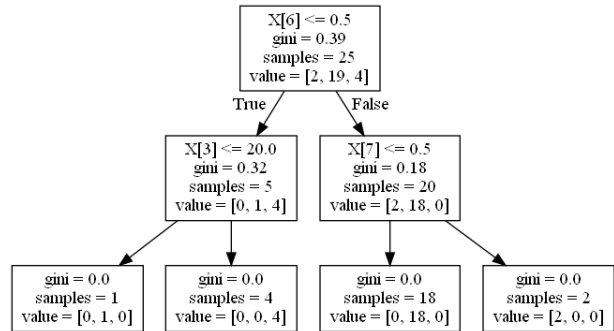


圖4-4 八個變數決策森林分析結果圖

4.2.3 邏輯式迴歸LogisticRegression、決策樹DecisionTreeClassifier、隨機森林RandomForestClassifier、類神經網路 Perceptron、k 近鄰算法 KNeighborsClassifier、支持向量機 SVC、類神經網路 mlp 分類器 MLPClassifier 預測結果彙整(表4-2)

表4-2 八個變數八種模式分析結果表

聚落編號	1	2	3	4	5	6	7	8	8-1	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	總計
現況(0 拆除/1 持續巡勘/2 解除)	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%
八個變數																																	
LogisticRegression	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	94%
Perceptron#類神經網路	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	91%
KNeighborsClassifier # k 近鄰算法	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	81%
SVC #支持向量機	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	91%
MLPClassifier# 類神經網路 mlp 分類器	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	91%
決策樹	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%
RandomForestClassifier #隨機森林	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%

※紅框表示預測錯誤

4.3 九個變數分析結果

根據前述7種分析預測方法取九個變數因子(是否有災害歷史、是否監測、是否異常、是否為順向坡、是否位於地質敏感區、設籍數、戶數、人口數、分布區域)作預測，將分析數據80%作訓練、20%作測試，結果如下：

4.3.1 決策樹(Decision trees)

分析結果如下圖(圖4-5)所示：

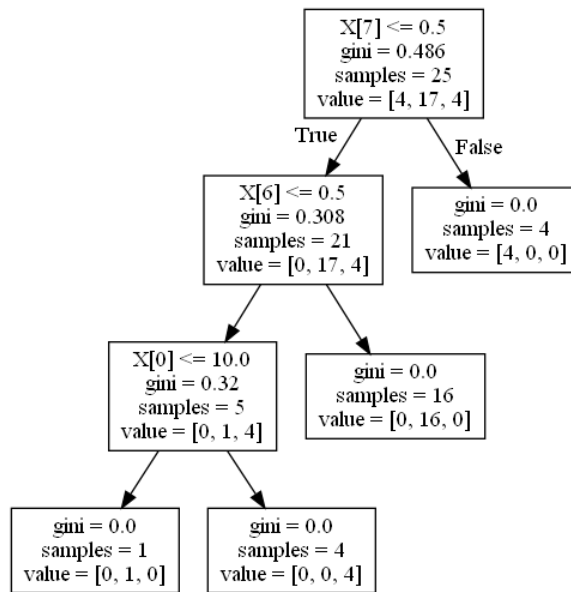


圖4-5 九個變數決策樹分析結果圖

4.3.2 隨機森林RandomForestClassifier

分析結果如數量所示與實際決策吻合，訓練值如下(圖4-6)：

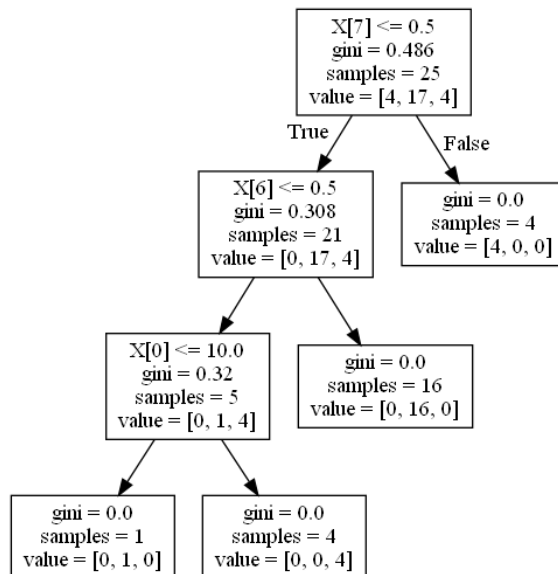


圖 4-6 九個變數決策森林分析結果圖

4.3.3 邏輯式迴歸 LogisticRegression、決策樹 DecisionTreeClassifier、隨機森林 RandomForestClassifier、類神經網路 Perceptron、k近鄰算法 KNeighborsClassifier、支持向量機 SVC、類神經網路 mlp 分類器 MLPClassifier 預測結果(表4-3)

表4-3 九個變數八種模式分析結果表

聚落編號	1	2	3	4	5	6	7	8	8-1	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	總計
現況(0 拆除/1 持續巡勘/2 解除)	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%	
九個變數																																	
LogisticRegression# 邏輯式迴歸	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	91%
Perceptron#類神經網路	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	2	1	2	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	88%
KNeighborsClassifier # k 近鄰算法	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	88%	
SVC #支持向量機	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	84%	
MLPClassifier# 類神經網路 mlp 分類器	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	97%
決策樹	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%	
RandomForestClassifier #隨機森林	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	100%	

※紅框表示預測錯誤

4.3.4 分析結果說明

選用這九種變數大約可以分成三群，包含居住人數與保全對象一群、影響聚落拆遷安置或持續巡勘監測或是解除列管因素一群及區位再細分一群，增加區位與前面兩群無相對關係，故九個模式分析結果產生差異更大，除決策樹與隨機森林等於決策值外，其餘分析預測模式尚有不足。

五、結論與建議

1. 臺北市老舊聚落過去防災決策包含專案拆遷、解除列管及巡勘監測，本研究應用 Python 的 sklearn 機器學習分析將決策結果

與相關決策因素利用七種預測模式作分析，分析結果以決策樹與決策森林模式最佳，變數選擇以五種與決策較直接關係之因子對七種預測模式結果較趨近，線性迴歸、k 近鄰算法及支持向量機 SVC 模型結果差異較大。

2. 本研究採用較小規模之數據及較小數量之變數模式作各種不同模式分析，選擇最佳模式及變數因果連結，未來可增加 32 處聚落各個門牌更細資料匯入分析，同時可增加坡地列管社區及坡地社區納入分析，變數可增加影響坡地居住安全更詳細因子與嚴重程度分級也納入評估，作為決策模式之參考。

誌謝

本文得以順利完成，作者等人要感謝臺北市政府工務局大地工程處提供的計畫經費，及智全工程技術顧問有限公司巡勘監測成果報告。

參考文獻

- 1.智全工程技術顧問有限公司(2020)，109年度臺北市山坡地住宅老舊聚落巡勘觀測及水土保持宣導委託專業服務案成果報告。
- 2.臺北市政府建設局(2005),邊緣聚落的春天
- 3.<https://scikit-learn.org/stable/index.html>
- 4.<https://ithelp.ithome.com.tw/articles/10232586?sc=pt>
- 5.<https://pyecontech.com/2020/04/19/knn/>
- 6.<https://pyecontech.com/2020/03/24/svm/>
- 7.<https://buzzorange.com/techorange/2018/01/24/neural-networks-compare/>
- 8.<https://machine-learning-python.kspax.io/>
- 9.https://machine-learning-python.kspax.io/neural_network_models_supervised
- 10.<https://www.finereport.com/tw/data-analysis/7-huigui-ff.html>
- 11.<https://iter01.com/613202.html>
- 12.<https://iter01.com/612480.html>
- 13.<https://otexts.com/fppcn/what-can-be-forecast.html>

水土保持局線上技術短講分享

以 NB-IoT 與免控制點位移量測技術進行

水土保持設施之安全檢測與評估

Safety Evaluation of Soil and Water Infrastructures using NB-IoT and Reference-Free Displacement Technology

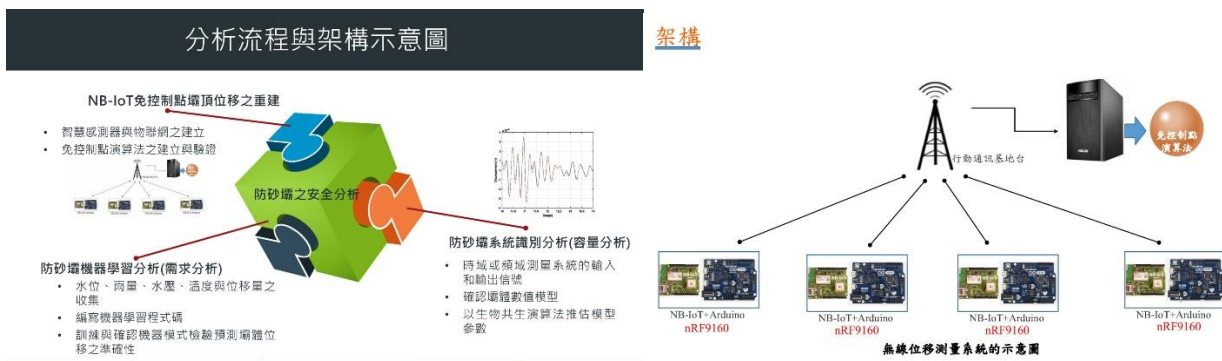
國立臺灣大學 廖國偉 教授

摘要

為減少災害發生或降低災害規模，水土保持工程設施完成後，應確實執行維護管理，以確保設施的安全性與功能性，例如水土保持局於 96 年度「治山防災工程維護機制計畫」案已針對治山防洪構造物提出巡查表單，目的即在於平時掌握水保設施的安全性與功能性。為減少巡查人力，本研究嘗試以NB-IoT結合所開發的位移重建技術，探討基於監測資料進行維護管理的可行性。2015年蘇迪勒颱風重創烏來與新店部分山區，尤其忠治里發生嚴重的岩屑崩滑，造成台北市水源濁度達到歷史新高，新店溪水濁度最高曾至 3 萬 9300 度，家戶用水濁黃。本研究因此選定烏來忠治里的防砂壩為分析目標，根據觀察與監測資料顯示，其地滑現象(尤其是右岸忠治二號橋下游處)於蘇迪勒颱風之後仍有微量發生的跡象，目前除了持續監測外，工程上的解決方案為設置水平向排水設施與防砂壩，尤其是裂縫發生下游隘口處設置一高度超過20 公尺的高壩，期望可以減緩或避免進一步崩塌之發生。本研究於上述設施設相關儀器(如加速度)，並取得忠治地區相關監測儀器(如傾斜管)的資料，進行進一步的分析與研究。

關鍵字：位移重建、大型防砂設施、NB-IoT

精選內容：





重建位移之驗證-室內縮尺度

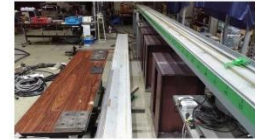
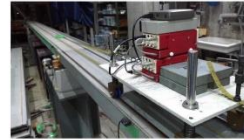


大樓模型



振動臺

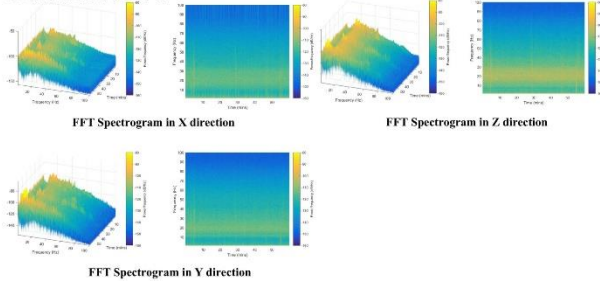
15



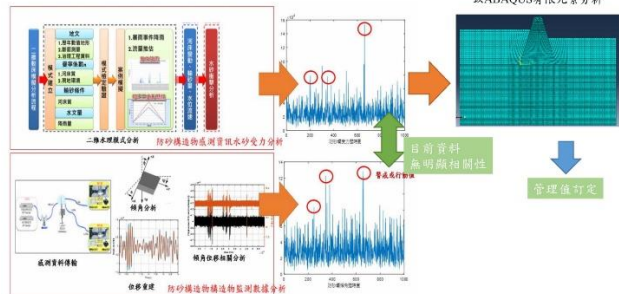
京都大學縮尺橋梁模型

22

現地量測資料數據分析 - 以高精度速度計資料為輸入 設施基本振動頻率之計算



防砂壩安全分析



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

以創意實作融入防砂壩下游保護及貯砂功能評估之教學模組研發

Development of a teaching module for integrating the downstream protection and sand storage evaluation of a check dam with creative implementation

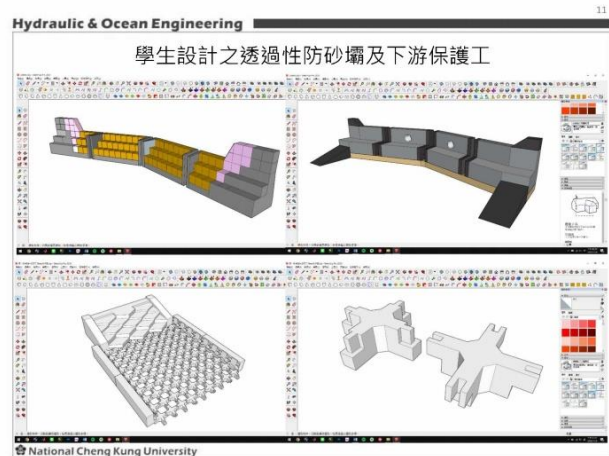
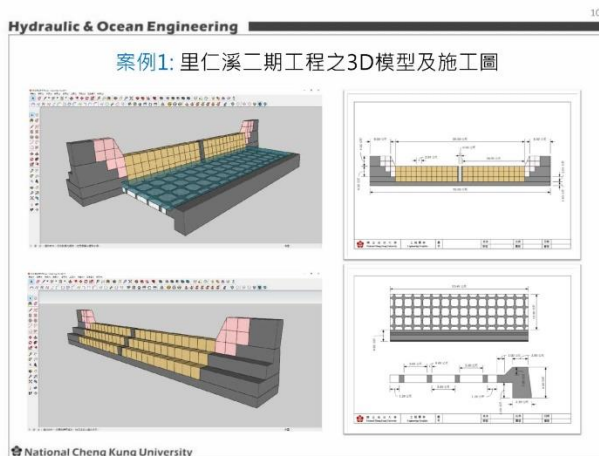
國立成功大學 賴悅仁 教授

摘要

本計畫之主要目的是針對「防砂壩下游沖刷保護之研究」及「透過性防砂壩貯砂功能之評估」研發創新之教學模組，讓學生從模型實作中，體會水流、土砂及水工結構物三者之間的互動關係。課程以「雙軸雙核」之概念結合理論與實作，分成兩群六組的方式進行。修課學生可以透過課程中的實作活動，發揮創意、測試點子、修正模型，進而產出新型態之防砂壩下游保護工法之原型，並引導學生開創實用又美觀之透過性防砂壩，強化學生對防砂壩及保護工的理解。本計畫成果能創造出新型態之防砂壩及保護工，探討各種保護工法之適宜性及防砂壩之貯砂功能及抑制縱向沖刷功能之差異，以作為實務設計考量、強化應用價值。研發成果及實作經驗可提供水保局相關單位進行教育訓練。

關鍵字：創意實作、透過性防砂壩、防砂壩下游保護工、教學模組

精選內容：





Hydraulic & Ocean Engineering 12

透過雷射切機製作3D厚紙板模型

National Cheng Kung University

Hydraulic & Ocean Engineering 17

學生以台南安平古堡為意象設計之透過性防砂壩

National Cheng Kung University

Hydraulic & Ocean Engineering 20

5.4 下放高精度DEM建置技術 (1 mm x 1 mm 解析度)

Lai et al. (2016), GRL
Lai et al. (2017), GRL

National Cheng Kung University

Hydraulic & Ocean Engineering 21

5.5 研發大學部入門之DEM建置技術

雷射筆，斷面單點測量

研發數位影像處理技術:

- 斷面自動化擷取高程資料
- 有效進行地形變化測量，可達1 cm x 1 cm網格
- 無須寫大量Matlab程式，大學生可執行

National Cheng Kung University

計畫科目：109年水土保持局創新研究計畫

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

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

觀看本文簡報影音及 PDF 檔下載

加入 Facebook 社團，即時獲得技術短講公告



★110年12月1日(三)全國性社會團體公益貢獻獎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 1



省公會陳智誠理事長受獎合照 2



全聯會林彥志常務理事受獎合照 1



全聯會林彥志常務理事受獎合照 2

Activity Highlights



★110年12月11日(六)舉辦臺灣省及臺北市水土保持技師公會第九屆第三次會員大會、高雄市水土保持技師公會第八屆第三次會員大會、臺中市水土保持技師公會第四屆第二次會員大會暨專題演講



蔡英文總統致詞照片 1



蔡英文總統致詞照片 2



大合照



活動花絮

★110年12月11日(六)舉辦臺灣省及臺北市水土保持技師公會第九屆第三次會員大會、高雄市水土保持技師公會第八屆第三次會員大會、臺中市水土保持技師公會第四屆第二次會員大會暨專題演講



行政院公共工程委員會/林傑主任秘書致詞



經濟部水利署/賴建信署長致詞



專題演講：工研技術研究院/尹承遠先生



專題演講：中興大學水保系/林德貴系主任



專題演講活動照片



專題演講活動照片 2

Activity Highlights



★110年12月13日(一)高雄市水土保持技師公會-承辦高雄市政府水利局「110年度高雄市山坡地管理與安全維護相關法令座談會」



學員簽到



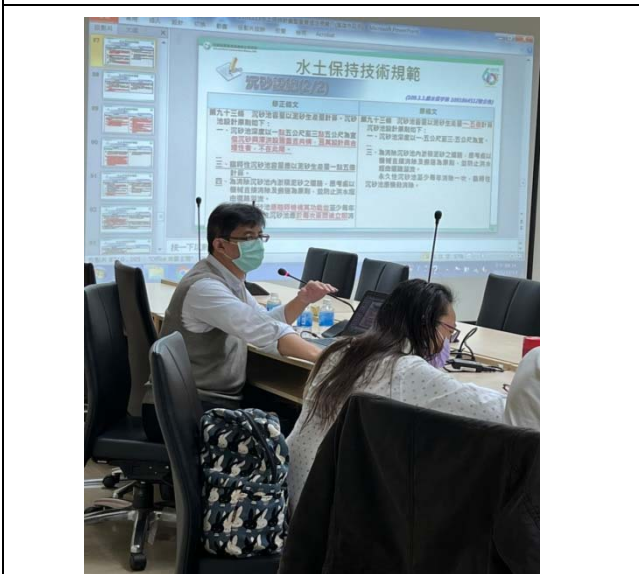
座談會講題



主持人-高雄市政府水利局蔡副總工程司育龍



講師-水保局周科長玉奇照片 1



講師-水保局周科長玉奇照片 2



座談會一覽



「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，聯絡電話：02-82581918洽曾文萱小姐。