

Monitoring Potential Land Collapses in Cinsbu

# 鎮西堡地區大規模崩塌 潛勢區監測與調查

李明彥<sup>1</sup> 朱世文<sup>1</sup> 蔡金龍<sup>1</sup>



## 摘要

近年大規模崩塌防、減災意識抬頭，然而大規模崩塌其地質條件不確定性更高，也更難完全掌握邊坡行為。因此需透過事前調查以掌握邊坡活動特性並加以監測，同時研擬周延的應變措施以達到防災、減災、避災之目標。本文為執行新竹縣尖石鄉秀巒村鎮西堡地區大規模崩塌潛勢區之防、減災之歷程，透過持續調查與監測，掌握邊坡活動特性及訂定管理基準值，以達預警防災目標。

In recent years popular awareness has noticeably emerged about large-scale land collapses. It is difficult to monitor geological conditions in potential collapses on slopeland. It is therefore imperative that prior investigations be made and preparedness measures be made ready to minimize damage. The potential collapses in Cinsbu of Hsinchu County have been closely studied and monitored with continued surveys. Preparedness measures have also been worked out to ensure early warnings and minimize disasters.

| 註1：行政院農業委員會水土保持局臺北分局。

## 一、前言

行政院農業委員會水土保持局（簡稱水保局）於2021年起開始辦理大規模崩塌警戒發布工作。然而崩塌地規模越大，其地質條件不確定性往往越高，也更難完全掌握邊坡行為及治理。透過事前調查以掌握邊坡活動特性，並加以監測避免崩塌災害無預警發生，同時研擬周延的應變對策以進行妥善應變，達到防災、減災、避災目標。新竹縣尖石鄉鎮西堡地區大規模崩塌潛勢區之防、減災工作，透過持續調查監測有效掌握邊坡活動特

性，並在顯著崩塌前能預先掌握坡體變化，以達預警防災目標。

## 二、鎮西堡地區大規模潛勢區防減災工作

### （一）災情概述

鎮西堡地區位於新竹縣尖石鄉秀巒村（圖1），2015年經濟部中央地質調查所「非莫拉克颱風受災地區潛在大規模崩塌地區分析報告」中指出，鎮西堡地區屬潛在大規模崩塌區，編號新竹縣-尖石鄉-D097（圖2），

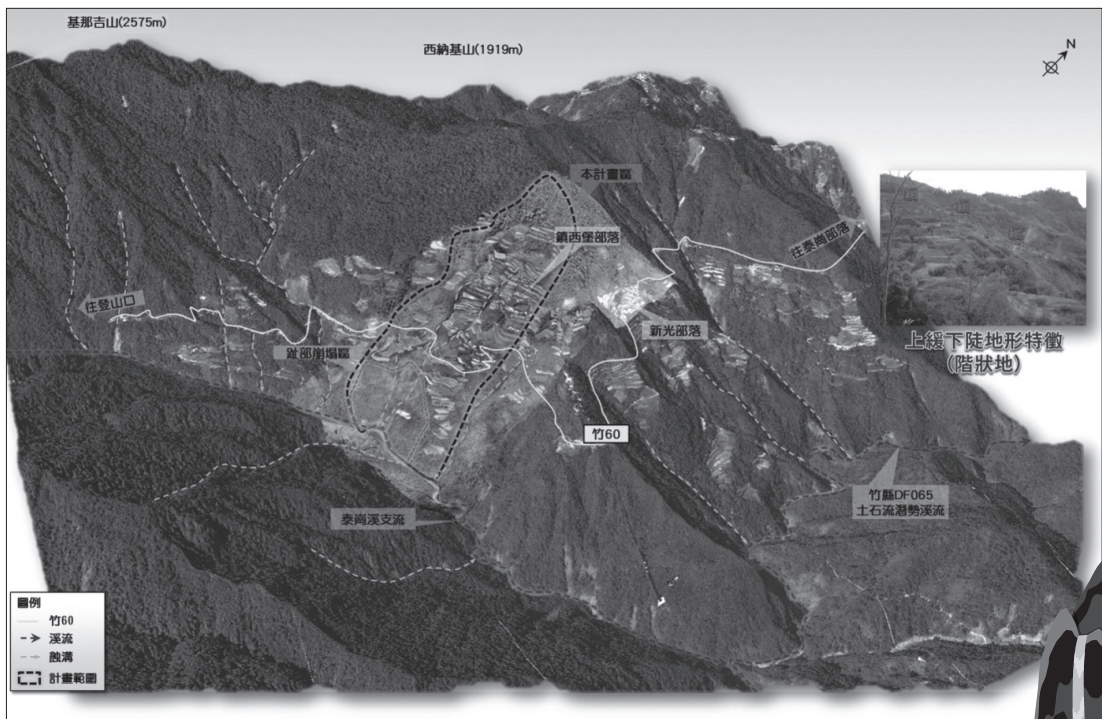


圖1. 鎮西堡地區位置地形圖。

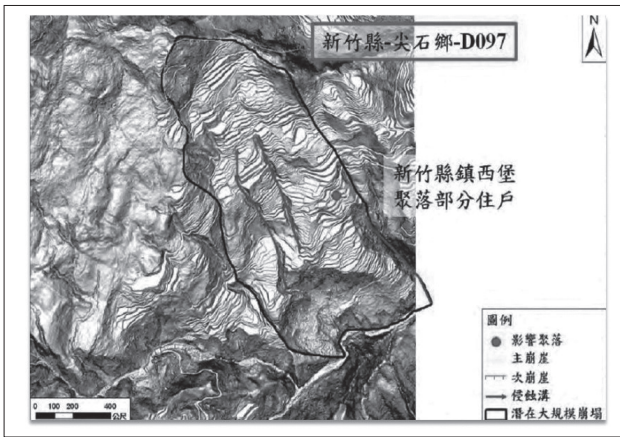


圖2. 鎮西堡地區潛在大规模崩塌區地形特徵判釋成果。  
資料來源：經濟部中央地質調查所（2015）。

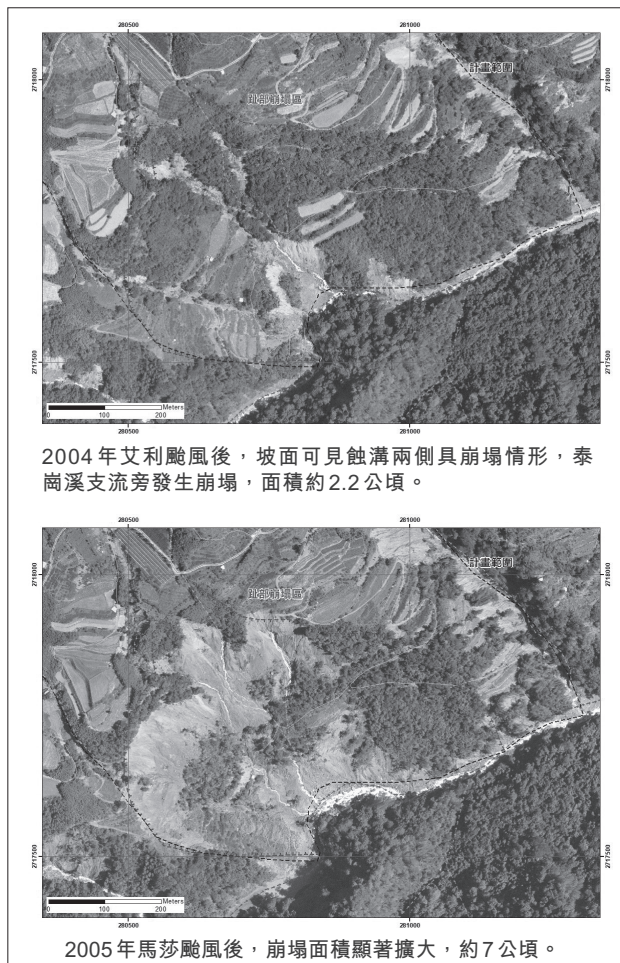


圖3. 鎮西堡地區歷史災害及崩塌範圍演變圖。

邊坡存在主崖崩、次崖崩、坡面侵蝕，聚落下方的坡面亦因侵蝕溝的影響而有現生崩塌發生，且坡趾之地形呈現舊崩塌地之圓弧形貌，顯示過去曾有大面積約9公頃之滑移現象，另坡趾緊鄰泰崗溪，有河岸侵蝕之虞，崩塌潛勢甚高。依據歷年遙測影像判釋，於2004年艾利颱風發生後，趾部坡面開始有崩塌破壞情形產生，隨著後續2005年馬莎颱風事件，破壞有明顯擴大情況（圖3）。

## （二）崩塌機制及活動性

由調查及監測結果顯示鎮西堡地區可能崩塌機制包含：

1. 岩屑材料滑動：區域邊坡坡面有層厚20~50公尺或可能更厚之結構鬆散岩屑材料暫積，另外，根據現勘成果顯示，邊坡坡面上具層厚不等之崩塌作用及河階作用產生之岩屑材料暫積於坡面上，故研判於區內具厚層岩屑材料之邊坡，在受到外在營力作用下，如蝕溝侵蝕或人為開發等，有可能產生岩屑材料間之滑動（圖4）。依據監測成果，曾發生崩塌災害之趾部區域，以岩屑材料滑動為主，滑動深度約43公尺。
2. 破碎岩體滑動：本調查區有無名向斜及無名背斜通過，岩體材料相對較破碎。而現場露頭

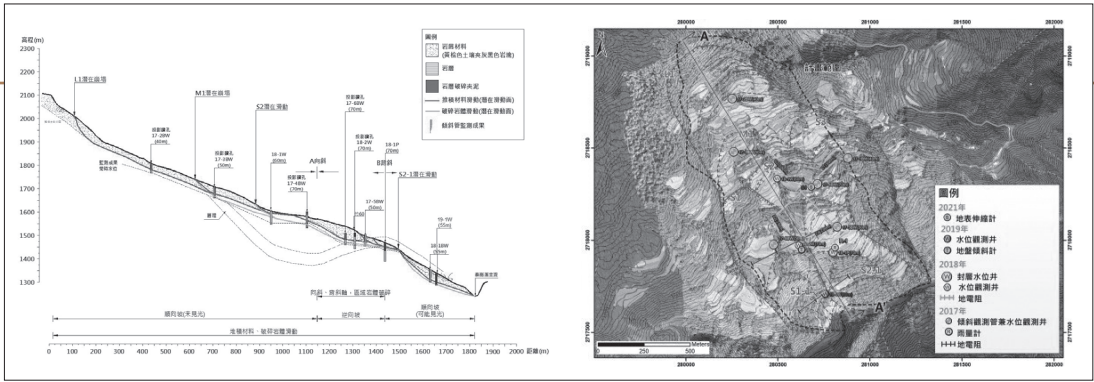


圖4. 鎮西堡地區崩塌機制剖面示意圖。

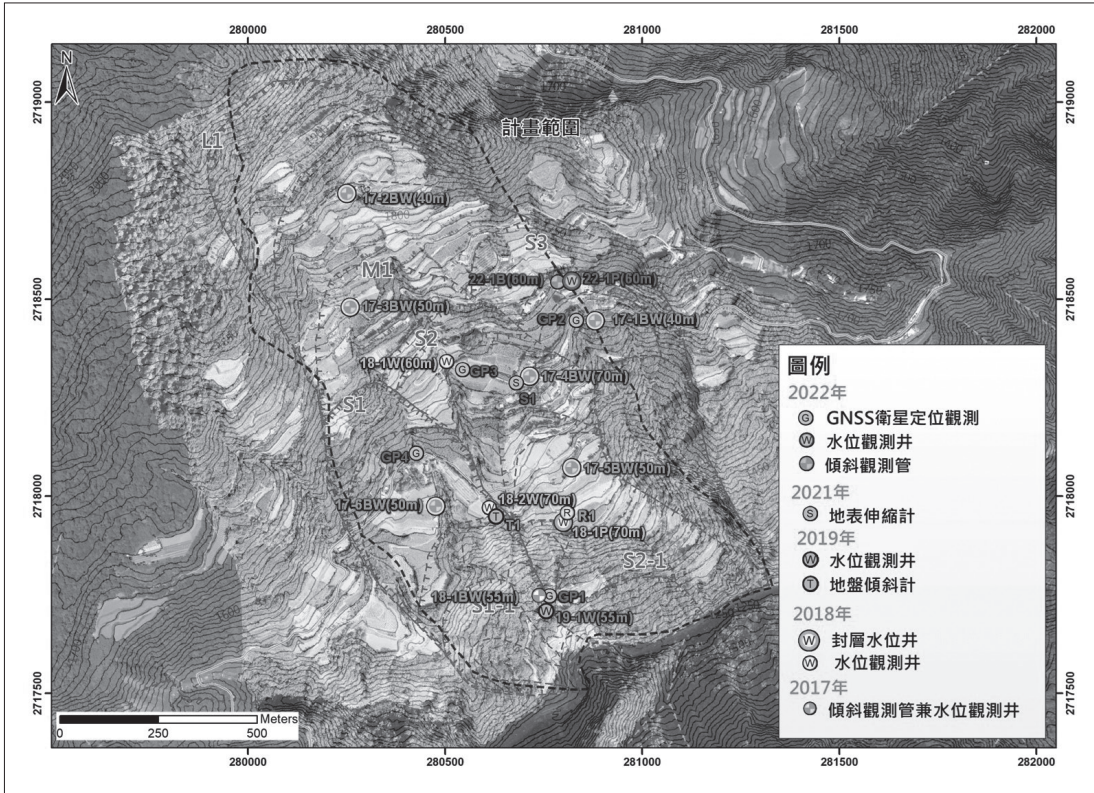


圖5. 鎮西堡地區監測儀器平面位置圖。

調查成果顯示，區域趾部具大範圍剪裂帶出露。邊坡可能產生沿著岩層弱面之岩體滑動，其滑動深度推估約30~60公尺（圖4）。

(三) 應變作為

採軟、硬體作為併行，包括「建立大規模崩塌監測」、

「管理基準值訂定」及「分階段治理工程」。

軟體作為：

1. 建立大規模崩塌監測：自2017年起持續進行觀測迄今，監測儀器內容包含GNSS、地表伸縮計、雙軸傾斜儀、傾斜觀測管及水位觀測井等，掌握地表、地中及地下

水變化情形，除作為崩塌潛勢、整體安全評估及整治規劃重要依據，並提供警戒應變參考，儀器平面配置圖如圖5所示，其中：

- (1) 降雨量監測：2022年整體降雨量相對小，未達前期致災事件雨量，艾利颱風最大日雨量（464毫米）（圖6）。
- (2) 地下水位監測：區域內建置7孔水位井，1孔封層水位井。監測結果顯示，大部分鑽孔皆具地下水變化，其中以位於趾部18-

1BW及19-1W常時水位較高，顯示趾部區域地下水含量相對其他區域更為豐沛（圖7）。

- (3) 地表變形監測：區域內建置1套地表伸縮計、1套地盤傾斜計及4套GNSS。監測結果顯示，地表無顯著位移情形，現況亦無不穩定表徵產生，整體邊坡尚屬穩定（圖8）。
- (4) 地中變形監測：區域內建置7孔傾斜觀測管。監測結果顯示，趾部鑽孔18-1BW，具有較顯著滑

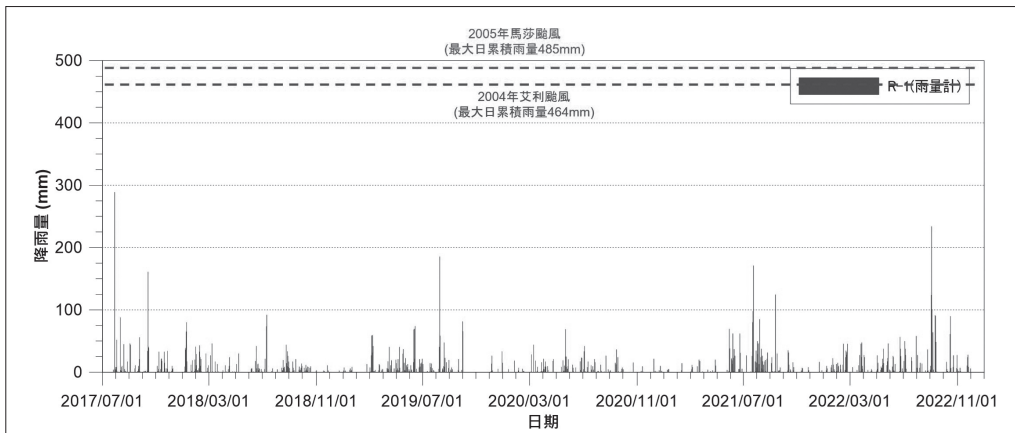


圖6. 鎮西堡地區降雨量(R1)觀測成果。

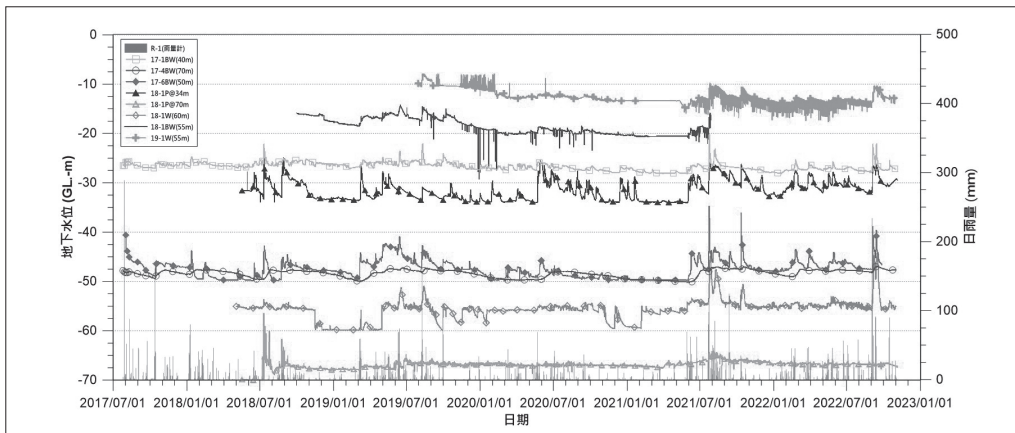


圖7. 鎮西堡地區地下水觀測成果。

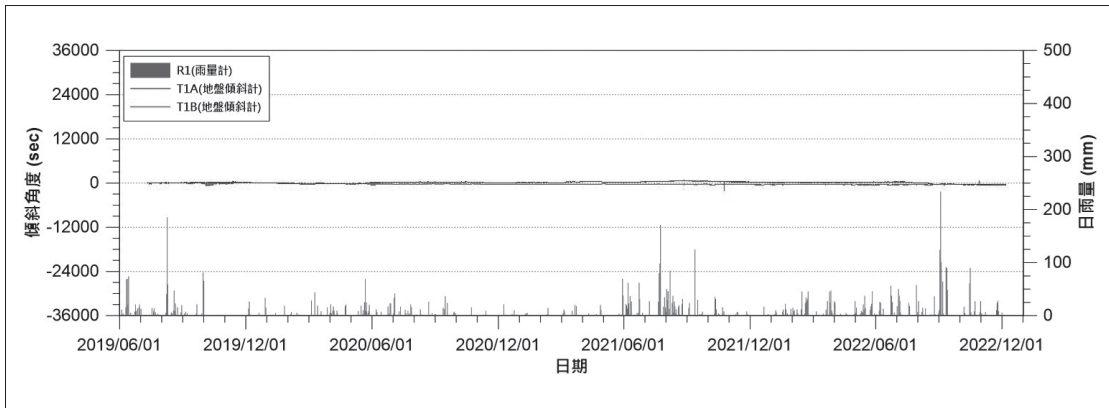


圖8. 鎮西堡地區地表觀測成果。

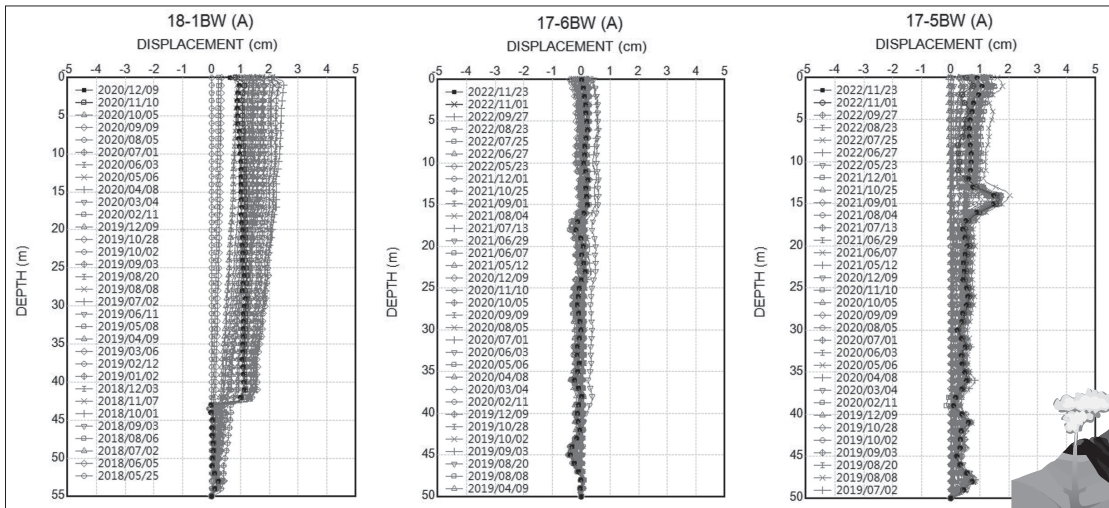


圖9. 鎮西堡地區傾斜管觀測成果。

動面剪出情形，其餘區域則無顯著變化趨勢（圖9）。

2. 管理基準值訂定：自2022年起，鎮西堡地區已被水保局納入預定辦理「大規模崩塌警戒發布」區，故針對已建置之自動化監測儀器訂定初步管理值準值，如圖10所示，供後續防災作為參考。目前持續監測中，並滾動式檢討相關管理值。

硬體作為——分階段治理規劃：依據調查成果顯示，趾部區域致災可能性較高，若再次崩塌，將會連帶影響上邊坡之穩定，故應優先針對趾部崩塌區進行相關整治保護，趾部保持穩定，亦將提升上方區域穩定性。水保局臺北分局自2018年起，分年分期陸續進行治理，已完工之工程配置圖如圖11所示，並發揮一定之整治成效，相關說明如下：

1. 鎮西堡部落崩場地處理工程：趾部具大範圍剪裂帶出露，地質條件相對較差，另有泰崗溪支流通過形成攻擊岸，持續對趾部側向侵蝕作用，影響邊坡之穩定性。為避免趾部持續受掏刷，造成坡腳失穩，故針對本區域進行防砂壩及護岸之建置。
2. 鎮西堡潛在大規模崩場地（D097）排水改善：趾部坡面地下水持續滲出，影響區域邊坡穩定性，故針對目前地下水較豐沛之趾部區域，進行橫向集水管打設之地下水導排工程，加速排除影響邊坡穩定的地下水位，並針對既有蝕溝進行噴漿溝保護作業。
3. 鎮西堡部落崩場地處理二期工程：由於趾部具大範圍剪裂帶出露情形，溪床坡度陡且流速快，造成溪流侵蝕能力強，前期施作之防砂壩及護岸工程已發揮功效，為強化區域弱帶之保護，提升邊坡穩定性，進行固床工及護岸之建置。
4. 鎮西堡部落崩場地處理三期工程：由於前期橫向集水管排水成效顯著，常時即有相當大之出水情形，惟地下水監測成果尚無顯著下降，研判地下水導排仍有不

監測區域	監測項目	監測儀器	儀器編號	管理基準值	
				注意值(黃色警戒)	警戒值(紅色警戒)
潛勢區 (全區)	降雨量	雨量計	*R1	有效累積雨量+預測雨量>650mm	650 mm
	地下水	封層水位井	18-1P@34m	地表下 25 m	地表下 22 m
18-1P@70m			地表下 58 m	地表下 55 m	
區域邊坡 趾部崩塌區 S3塊體 鎮西堡部落	邊坡活動性(地表)	水位觀測井	19-1W	地表下 9m	地表下 7m
			GNSS	T1	1日累積傾斜量：300 sec 7日累積傾斜量：1,500 sec
		GP1		1日累積變位置量：150 mm 7日累積變位置量：750 mm	1日累積變位置量：200 mm 7日累積變位置量：1,000 mm
		GP2		1日累積變位置量：150 mm 7日累積變位置量：750 mm	1日累積變位置量：200 mm 7日累積變位置量：1,000 mm
		GP3		1日累積變位置量：150 mm 7日累積變位置量：750 mm	1日累積變位置量：200 mm 7日累積變位置量：1,000 mm
		GP4	1日累積變位置量：150 mm 7日累積變位置量：750 mm	1日累積變位置量：200 mm 7日累積變位置量：1,000 mm	
地表伸縮計	S1	1日累積伸縮量：10 mm 7日累積伸縮量：50 mm	1日累積伸縮量：50 mm 7日累積伸縮量：250 mm		
意義			變位略顯著，緩慢運動中。		變位顯著，活潑運動中。

備註：依「大規模崩塌警戒發布機制及管理基準值分級原則」訂定  
 \*依據「110年度土石流及大規模崩塌災害防救業務講習」會議內容修訂，滾動式檢討

圖10. 鎮西堡地區管理基準值訂定成果。

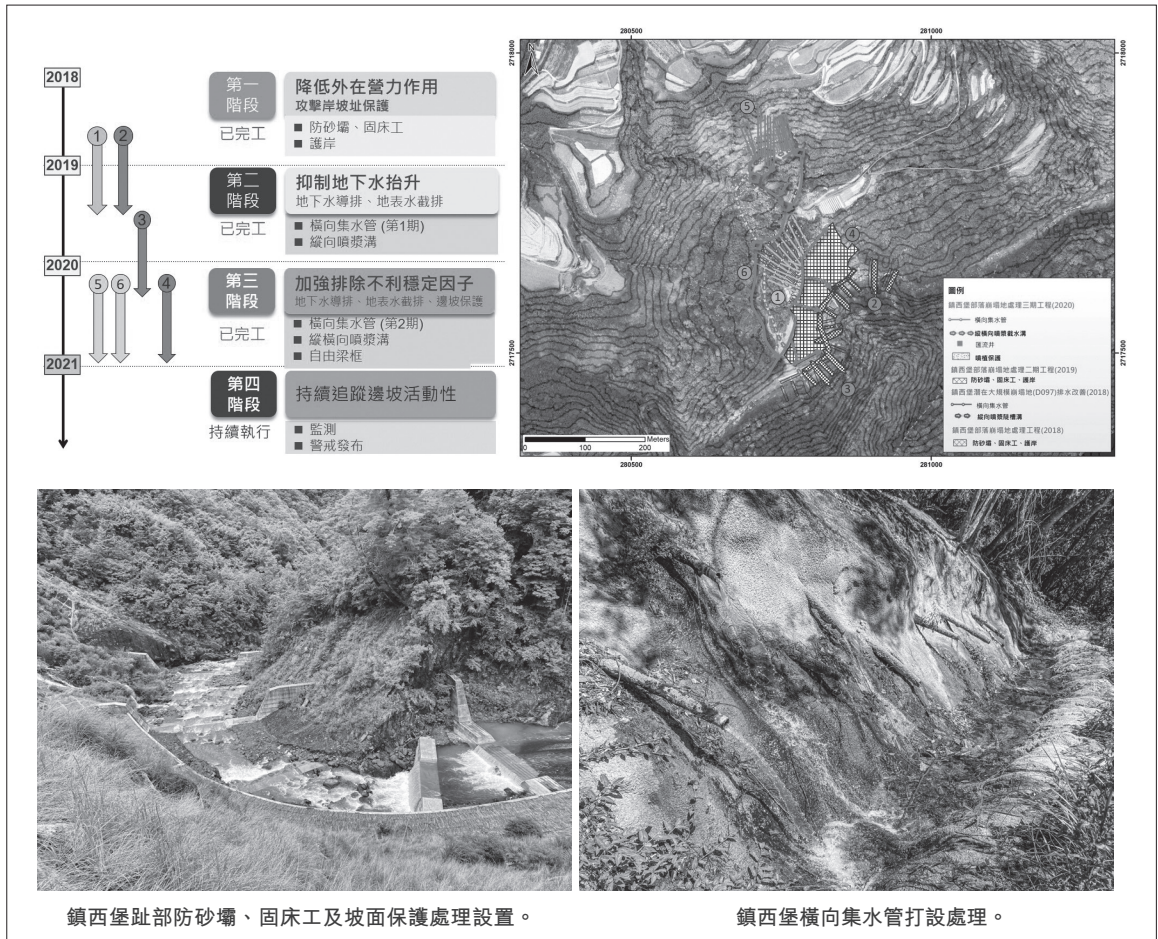


圖 11. 鎮西堡地區趾部治理工程配置圖。

足之情形，故針對地下水較豐沛之趾部區域，加強進行橫向集水管打設，加速排除影響邊坡穩定的地下水條件，並針對地表逕流進行縱橫向截排水處理。

#### (四) 治理工程成效評估

目前鎮西堡地區已進行相關整治處理，為能釐清目前整治成效，針對工程施作前後，區域地

下水變化、地電阻探測結果及地中位移情形，進行討論：

1. 地下水變化，整治後水位下降，暴雨時抬升幅度小：依據監測成果可發現（圖12），自地下水導排工程完工後，趾部崩塌區內地下水已有明顯下降趨勢，下降幅度約3~4公尺。其中2022年軒嵐諾颱風為近年來最大之降雨事件（累積雨量459毫米），監測成果顯示位於位於趾

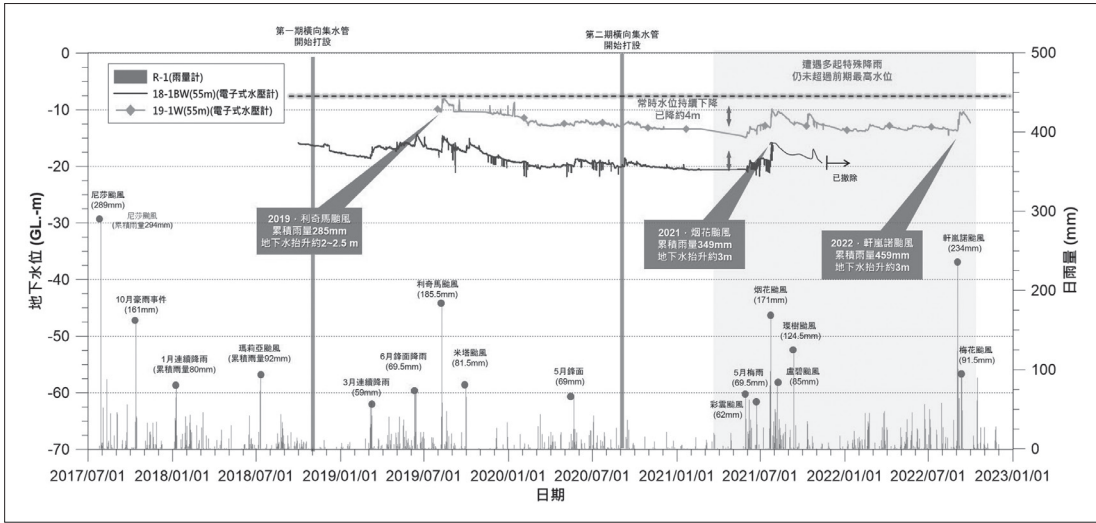


圖 12. 鎮西堡地區橫向集水管施作後地下水位監測成果比較圖。

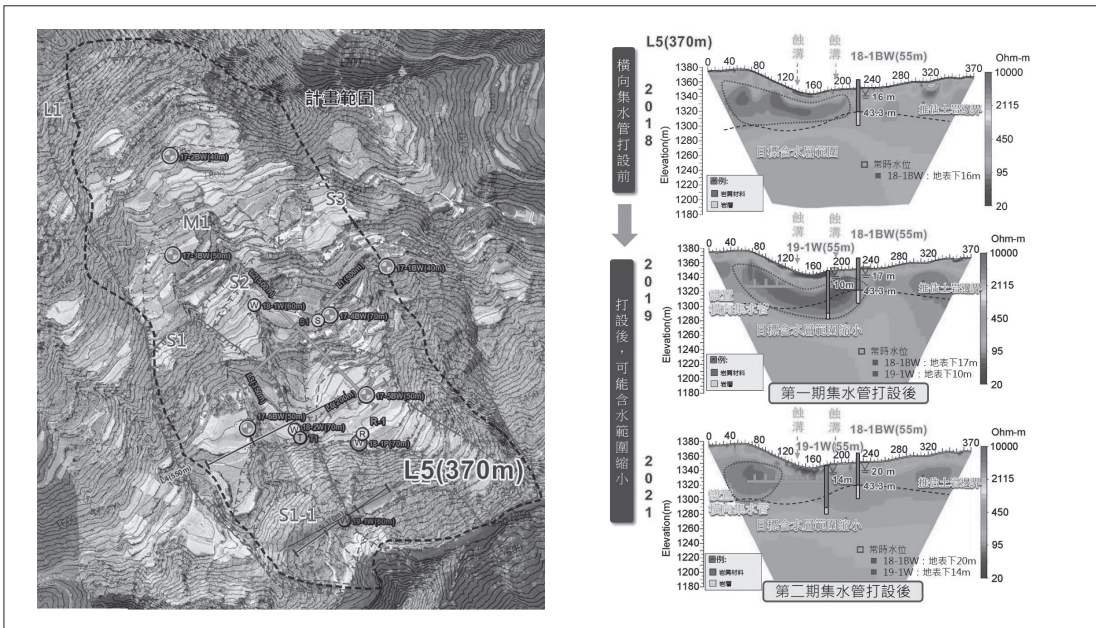


圖 13. 橫向集水管施作前後鎮西堡地區地電阻 L5 測線探測成果比較圖。

部崩塌區之 19-1W (55 公尺)，地下水水位隨降雨事件上升，地下水抬升約 2.9~3 公尺。比對前期降雨量相似之利奇馬颱風（累積雨量 285 毫米），地下水抬升約 2~2.5 公尺，表示在更大降雨事件，地下水水位卻無顯著升幅。

而經歷多起颱風事件後，地下水水位雖有抬升，但仍未超過兩期集水管施作前之水位，皆顯示工程發揮成效。

2. 橫向集水管施作區域電阻值上升：於趾部崩塌區施作之地電阻

測線（L5測線，長370公尺），於相似降雨條件下二次施作，如圖13所示。由試驗結果比對可發現，於測樁0~200公尺間，高程1,300~1,360公尺範圍內，低電阻（20~100 Ohm-m，可能含水層），亦為橫向集水管打設區域。於集水管打設後，目標含水層範圍

有縮小之情形，顯示出此高程範圍內之地下水入滲量，因橫向集水管施作後有明顯減少。

3. 趾部泰崗溪支流流心獲得控制，減少攻擊岸影響：針對趾部區域所進行之防砂壩及固床工建置，有效控制泰崗溪支流流心，改善攻擊岸掏刷之情形，如圖14所示。



圖 14. 治理工程施作後，泰崗溪支流流心有效控制。

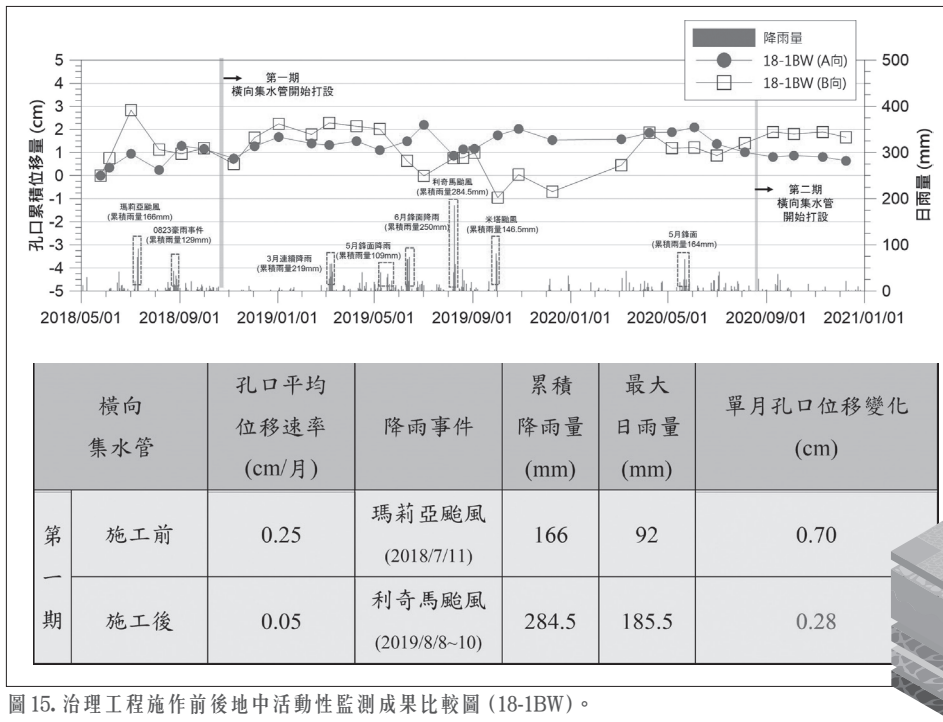


圖 15. 治理工程施作前後地中活動性監測成果比較圖 (18-1BW)。

4. 橫向集水管施作後，區域地中活動性趨緩：依據地中監測成果顯示，區域活動潛勢最高之18-1BW（55公尺）孔，於橫向集水管施作後活動性有趨緩之情形。比較施作前後孔口之位移情形（A方向一向下邊坡）可發現，於相似之特殊降雨事件下，施作前經歷瑪莉亞颱風（最大日雨量92毫米，累積雨量166毫米），孔口位移約0.70公分；而施作後經歷利奇馬颱風（最大日雨量185.5毫米，累積雨量284.5毫米），降雨強度明顯提升，但孔口位移僅約0.28公分。此外，亦比較施作前後孔口平均位移速率，也從原本0.25公分／月下降至0.05公分／月，皆顯示出整治工程發揮穩定邊坡之成效，如圖15所示。

此外，鎮西堡部落崩場地處理三期工程，於2022年榮獲「110年

度優良農業建設工程獎特優工程」，給予各參與單位十分肯定（圖16）。

### 三、願景

面對多變、具高度不確定性的大規模崩塌潛勢區，唯有先透過各項詳細調查及整合，瞭解地質條件及可能崩塌規模與機制後，配合監測持續掌握其動態行為才能有效預警，據以防範潛在大規模崩塌帶來之衝擊。因每個潛勢區的崩塌規模、機制及環境特性與所涵蓋的保全對象等，各有其獨特性，實務執行上難有一體適用之對策，如監測儀器部署方式、管理基準值訂定等，執行過程中需要配合現況彈性調整逐步精進以符合現地需求，未來也將積極持續大規模崩塌防、減災工作。

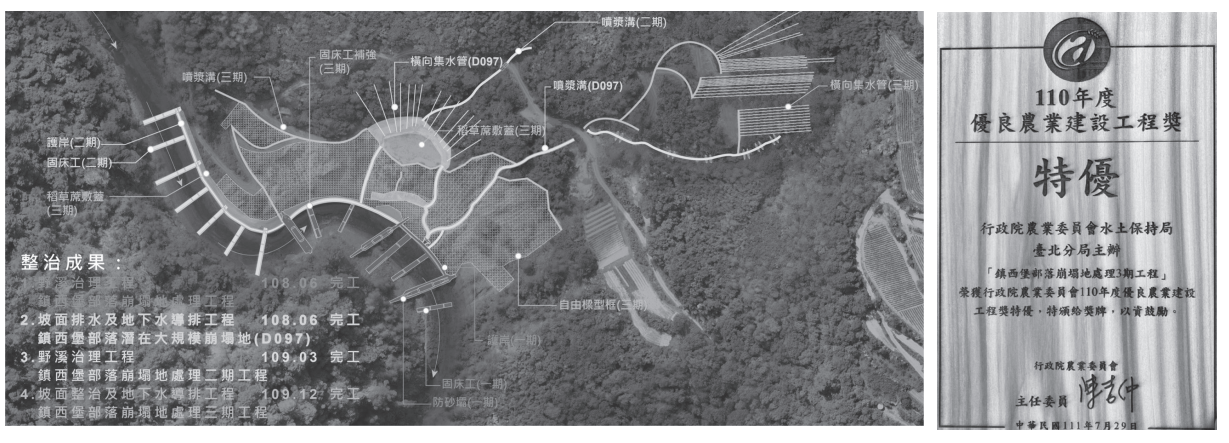


圖16. 榮獲110年度優良農業建設工程獎特優工程。