FN-13402-06-2

臺南市政府工務局

113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

第 1 次半年監測成果報告

(113.11.28~114.05.27)

(修正 1 版)

公司印鑑	審核及簽證技師	覆核	承辦工程師
	高振誠	邱昶瀚	章之嘉

青山工程顧問股份有限公司
LAND ENGINEERING CONSULTNATS, CO., LTD.
台北市南港區成功路一段 32 號 8 樓之 6
Tel.(02)27893988 Fax.(02)27822999
www.safe100.com.tw twland@safe100.com.tw

民國 114 年 6 月

「113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作」
第 1 次半年監測成果報告 審查意見及辦理情形

編號	審查意見	辦理情形	參考頁數 及圖表編號
(一) 臺南市政府工務局第二工務大隊			
1	第三章頁碼錯誤修正。	感謝指正，已修正第三章頁碼。	P3-1
2	A工區平面圖(P3-38)更新，現況下邊坡已施作水平集水管。	感謝意見，112 年已於坡中及坡趾施作 2 道坡面集水管，已補繪至 A 工區整治規畫配置圖。	P3-31 (圖 3-39)
3	C工區有位移量(P3-61)，請增加3.3.6節「初步規劃改善工程」。	感謝意見，C 工區長期受地層滑動影響，多處設施損壞，由監測成果顯示滑動深度約在地表下-5~-8m，故新增 3.3.6 節「初步規劃改善工程」，初步規劃於道路下邊坡施作一道抗滑樁+坡面水平集水管，有助提升滑動塊體之穩定性。	P3-55~56
4	部分因地震產生之位移，名詞「滑動量」請修正為「位移量」。	感謝意見，已修正名詞，後續將持續關注掌握其穩定性。	P3-27、42、54、81
5	請滾動式檢討管理基準值，於結論加入管理基準值建議表，以利維管手冊管理管理基準值訂定。	感謝意見，已新增 4.3 節「建議之管理基準值」，於後續成果報告中滾動調整。	P4-4 (表 4-1)

目　錄

目　錄 I

表目錄 II

圖目錄 III

第一章 前言 1-1

1.1 計畫緣起 1-1

1.2 地理位置 1-1

1.3 工作項目及流程 1-2

第二章 基本資料蒐集及調查成果 2-1

2.1 地形及水系 2-1

2.2 區域地質及環境地質 2-4

2.3 災害歷史 2-9

第三章 地表地質調查及監測成果 3-1

3.1 市道 172 線 42K+300 路段(A 工區) 3-4

3.2 市道 172 線 42K+980 路段(B 工區) 3-32

3.3 市道 175 線 18K+800 路段(C 工區) 3-43

3.4 市道 175 線 25K+410 路段(D 工區) 3-57

第四章 結論與建議 4-1

4.1 結論 4-1

4.2 建議 4-3

4.3 建議之管理基準值 4-4

附錄 A 岩芯照片 ..... A

附錄 B 歷次手動監測照片 ..... B

表目錄

表 1-1、主要工作項目及內容 1-2
表 2-1、本計畫路段歷年災害說明 2-9
表 2-2、本計畫路段重要執行專案 2-10
表 3-1、定期/特殊手動監測工作紀錄表.....3-1
表 3-2、172 線 42K+300 路段監測儀器總表及監測頻率 3-9
表 3-3、172 線 42K+300 路段傾斜觀測管孔口合位移速率總表 3-27
表 3-4、172 線 42K+980 路段監測儀器總表及監測頻率 3-36
表 3-5、172 線 42K+980 路段傾斜觀測管孔口合位移速率總表 3-42
表 3-6、175 線 18K+800 路段監測儀器總表及監測頻率 3-47
表 3-7、175 線 18K+800 路段傾斜觀測管孔口位移速率總表 3-54
表 3-8、175 線 25K+410 路段監測儀器總表及監測頻率 3-62
表 3-9、175 線 25K+410 路段傾斜觀測管孔口位移速率總表 3-81
表 3-10、175 線 25K+410 路段邊坡第三期整治工程經費表 3-84
表 4-1、分級管理基準值及因應對策表.....4-4

圖目錄

圖 1-1、地理位置圖 1-1
圖 1-2、工作流程圖 1-3
圖 2-1、市道 172 線立體地形圖 2-3
圖 2-2、市道 172 乙線立體地形圖 2-3
圖 2-3、市道 174 線立體地形圖 2-3
圖 2-4、市道 175 線立體地形圖 2-3
圖 2-5、區域地質圖 2-7
圖 2-6、山崩與地滑地質敏感區及土石流潛勢溪流套繪圖 2-8
圖 3-1、邊坡自動化監測預警系統流程架構.....3-2
圖 3-2、172 線 42K+300 路段自動化預警系統網頁 3-3
圖 3-3、175 線 25K+410 路段自動化預警系統網頁 3-3
圖 3-4、172 線 42K+300 路段區域地質圖 3-4
圖 3-5、172 線 42K+300 路段岩芯局部照片 3-5
圖 3-6、172 線 42K+300 路段地表地質調查現勘成果(1/2) 3-7
圖 3-7、172 線 42K+300 路段地表地質調查現勘成果(2/2) 3-8
圖 3-8、172 線 42K+300 路段手動監測儀器平面位置圖 3-10
圖 3-9、172 線 42K+300 路段半自動及自動化監測儀器平面位置圖 3-10
圖 3-10、172 線 42K+300 路段降雨量監測成果 3-11
圖 3-11、172 線 42K+300 路段手動水位監測成果.....3-12
圖 3-12、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 孔自計式水壓計監測成果.....3-13
圖 3-13、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 孔自計式水壓計監測成果.....3-13
圖 3-14、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 孔自計式水壓計監測成果.....3-13
圖 3-15、172 線 42K+300 路段 A-24-2W 孔自計式水壓計監測成果 3-13
圖 3-16、172 線 42K+300 路段 A-24-2SW 孔電子式水壓計監測成果.....3-14
圖 3-17、172 線 42K+300 路段 A-24-1W 孔電子式水壓計監測成果 3-14
圖 3-18、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向).....3-15
圖 3-19、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向).....3-15

圖 3-20、172 線 42K+300 路段 A-24-ET1 電子式結構物傾斜計監測成果3-15
圖 3-21、172 線 42K+300 路段 A-24-ET2 電子式結構物傾斜計監測成果3-16
圖 3-22、172 線 42K+300 路段 A-24-ET3 電子式結構物傾斜計監測成果3-16
圖 3-23、172 線 42K+300 路段裂縫計監測成果 3-16
圖 3-24、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 傾斜觀測管監測成果 3-18
圖 3-25、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 傾斜觀測管監測成果 3-18
圖 3-26、172 線 42K+300 路段 A-21-3SW 傾斜觀測管監測成果 3-19
圖 3-27、172 線 42K+300 路段 A-21-4SW 傾斜觀測管監測成果 3-19
圖 3-28、172 線 42K+300 路段 A-21-5SW 傾斜觀測管監測成果 3-20
圖 3-29、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 傾斜觀測管監測成果 3-20
圖 3-30、172 線 42K+300 路段 A-21-7SW 傾斜觀測管監測成果 3-21
圖 3-31、172 線 42K+300 路段 A-21-8SW 傾斜觀測管監測成果 3-21
圖 3-32、172 線 42K+300 路段 A-24-1SW 傾斜觀測管監測成果 3-22
圖 3-33、172 線 42K+300 路段 A-24-2SW 傾斜觀測管監測成果 3-22
圖 3-34、172 線 42K+300 路段 A-24-3SW 傾斜觀測管監測成果 3-23
圖 3-35、172 線 42K+300 路段 A-24-4SW 傾斜觀測管監測成果 3-23
圖 3-36、172 線 42K+300 路段 A-24-1BEH 孔內伸縮計監測成果 3-24
圖 3-37、172 線 42K+300 路段 A-24-2BEH 孔內伸縮計監測成果 3-24
圖 3-38、172 線 42K+300 路段孔口合位移量圖 3-26
圖 3-39、172 線 42K+300 地滑邊坡整治規劃配置圖 3-31
圖 3-40、172 線 42K+980 路段區域地質圖 3-32
圖 3-41、172 線 42K+980 路段岩芯局部照片 3-33
圖 3-42、172 線 42K+980 路段地表地質調查現勘成果 3-35
圖 3-43、172 線 42K+980 路段手動監測儀器平面位置圖 3-36
圖 3-44、172 線 42K+980 路段降雨量監測成果 3-37
圖 3-45、172 線 42K+980 路段手動水位監測成果 3-38
圖 3-46、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向) 3-38
圖 3-47、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向) 3-38

圖 3-48、172 線 42K+980 路段裂縫計監測成果 3-39
圖 3-49、172 線 42K+980 路段 B-21-1SW 傾斜觀測管監測成果 3-40
圖 3-50、172 線 42K+980 路段 B-21-2SW 傾斜觀測管監測成果 3-40
圖 3-51、172 線 42K+980 路段孔口合位移量圖 3-42
圖 3-52、175 線 18K+800 路段區域地質圖 3-43
圖 3-53、175 線 18K+800 路段岩芯局部照片 3-44
圖 3-54、175 線 18K+800 路段現勘成果 3-46
圖 3-55、175 線 18K+800 路段手動監測儀器平面位置圖 3-47
圖 3-56、175 線 18K+800 路段降雨量監測成果 3-48
圖 3-57、175 線 18K+800 路段手動水位監測成果 3-49
圖 3-58、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向) 3-49
圖 3-59、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向) 3-49
圖 3-60、175 線 18K+800 路段裂縫計監測成果 3-50
圖 3-61、175 線 18K+800 路段 C-21-1SW 傾斜觀測管監測成果 3-51
圖 3-62、175 線 18K+800 路段 C-21-2SW 傾斜觀測管監測成果 3-51
圖 3-63、175 線 18K+800 路段 C-21-3SW 傾斜觀測管監測成果 3-52
圖 3-64、175 線 18K+800 路段孔口合位移量圖 3-54
圖 3-65、175 線 18K+800 地滑邊坡整治規劃配置圖 3-56
圖 3-66、175 線 25K+410 路段區域地質圖 3-57
圖 3-67、175 線 25K+410 路段地質剖面圖 3-58
圖 3-68、175 線 25K+410 路段滑動塊體分佈圖 3-59
圖 3-69、175 線 25K+410 路段地表地質調查現勘成果 3-61
圖 3-70、175 線 25K+410 路段手動監測儀器平面位置圖 3-64
圖 3-71、175 線 25K+410 路段半自動及自動化監測儀器平面位置圖 3-64
圖 3-72、175 線 25K+410 路段降雨量監測成果 3-65
圖 3-73、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路上邊坡) 3-66
圖 3-74、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路下邊坡) 3-66
圖 3-75、175 線 25K+410 路段 D-17-1 自計式水壓計監測成果 3-67

圖 3-76、175 線 25K+410 路段 D-17-2 自計式水壓計監測成果.....3-67
圖 3-77、175 線 25K+410 路段 D-17W-1 自計式水壓計監測成果 3-68
圖 3-78、175 線 25K+410 路段 D-17W-2 自計式水壓計監測成果 3-68
圖 3-79、175 線 25K+410 路段 D-17W-3 電子式水壓計監測成果 3-68
圖 3-80、175 線 25K+410 路段 D-17W-4 電子式水壓計監測成果 3-69
圖 3-81、175 線 25K+410 路段 D-W2-F 流量計監測成果 3-69
圖 3-82、175 線 25K+410 路段 D-W3-F 流量計監測成果 3-69
圖 3-83、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向).....3-70
圖 3-84、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向).....3-70
圖 3-85、175 線 25K+410 路段 D-19ET-1 電子式結構物傾斜計監測成果3-71
圖 3-86、175 線 25K+410 路段 D-17-1 傾斜觀測管監測成果.....3-72
圖 3-87、175 線 25K+410 路段 D-17-2 傾斜觀測管監測成果.....3-72
圖 3-88、175 線 25K+410 路段 D-17-3 傾斜觀測管監測成果.....3-73
圖 3-89、175 線 25K+410 路段 D-18-1 傾斜觀測管監測成果.....3-73
圖 3-90、175 線 25K+410 路段 D-18-2 傾斜觀測管監測成果.....3-74
圖 3-91、175 線 25K+410 路段 D-18-3 傾斜觀測管監測成果.....3-74
圖 3-92、175 線 25K+410 路段 D-BI-1 傾斜觀測管監測成果 3-75
圖 3-93、175 線 25K+410 路段 D-DI-1 傾斜觀測管監測成果 3-75
圖 3-94、175 線 25K+410 路段 D-19EH-1 孔內伸縮計監測成果 3-76
圖 3-95、175 線 25K+410 路段 D-19EV-1 孔內伸縮計監測成果 3-76
圖 3-96、175 線 25K+410 路段 D-L17-2 地錨荷重計監測成果.....3-77
圖 3-97、175 線 25K+410 路段 D-19L-1 地錨荷重計監測成果.....3-77
圖 3-98、175 線 25K+410 路段 D-19L-2 地錨荷重計監測成果.....3-78
圖 3-99、175 線 25K+410 路段 D-19L-3 地錨荷重計監測成果.....3-78
圖 3-100、175 線 25K+410 路段 D-19L-5 地錨荷重計監測成果.....3-78
圖 3-101、175 線 25K+410 路段 D-19L-6 地錨荷重計監測成果.....3-78
圖 3-102、175 線 25K+410 路段 D-19L-7 地錨荷重計監測成果.....3-79
圖 3-103、175 線 25K+410 路段孔口合位移量圖 3-81

圖 3-104、集水井效能檢視流程圖 3-83
圖 3-105、175 線 25K+410 路段地滑邊坡整治規劃配置 3-85

第一章 前言

1.1 計畫緣起

臺南市政府工務局第二工務大隊轄管溪北山區市道 172 線、172 乙線、174 線及 175 線，每逢颱風豪雨，山區路段易發生山崩、地滑、土石流及落石，可能造成道路土石崩落、邊坡滑動、路基流失等災害，導致交通阻斷。臺南市政府工務局(以下簡稱貴局)，為確保轄管山區道路之邊坡及用路人安全，經盤點具地滑潛勢徵兆之道路邊坡，規劃優先於市道 172 線 42K+300、42K+980 及市道 175 線 18K+800、25K+410 等 4 處地滑潛勢路段，持續進行調查、監測及預警系統建置等評估服務工作。除市道 172 線 42K+980、175 線 18K+800 及 175 線 25K+410 地滑路段持續進行監測外，針對市道 172 線 42K+300 地滑路段，因有聚落重要保全對象，增設自動化監測設備加以調查，期能透過地滑潛勢路段調查與自動化監測系統之建置，提供預警機制等防災應變作為，故辦理「113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作」(以下簡稱本計畫)，經公開評選特委託青山工程顧問股份有限公司(以下簡稱本公司)進行為期 3 年之調查、監測及道路安全評估，以掌握地滑潛勢路段之穩定情形，據以提出改善對策，達到防災減災之管控效能。

本次工作半年期間，113 年 11 月~114 年 5 月完成第 1 次半年之監測工作，茲依契約期程提送本「第 1 次半年監測成果報告」，供後續相關工作參考。

1.2 地理位置

本計畫溪北山區道路計有市道 172、172 乙、174 及 175 線等，分佈於臺南市白河、東山、六甲及楠西區，如圖 1-1 所示。其中 172 線西起嘉義縣布袋，經臺南市白河至嘉義縣中埔接台 3 線約 292.5 公里處，本計畫路段主要位於 38K+980(仙草埔)~43K+960(漯水)。而 172 乙線起點則與 172 線相同，路段長約 7.49 公里(0K+000~7K+490)。市道 174 線則是全段位於臺南市之道路，西起北門，東至東山，全線長約 46.31 公里，其山區路段主要係位於 31K+600(工研路)~46K+310(橫路)。市道 175 線於民國 107 年交通部公告調整公路路線，將原市道 174 線 46K+312~56K+220 路段(橫路-楠西)改編併入，路線調整後路段長約 31.1 公里，新路線名稱為關子嶺-楠西(里程 0K+000~31K+130)，全線為計畫轄區內。

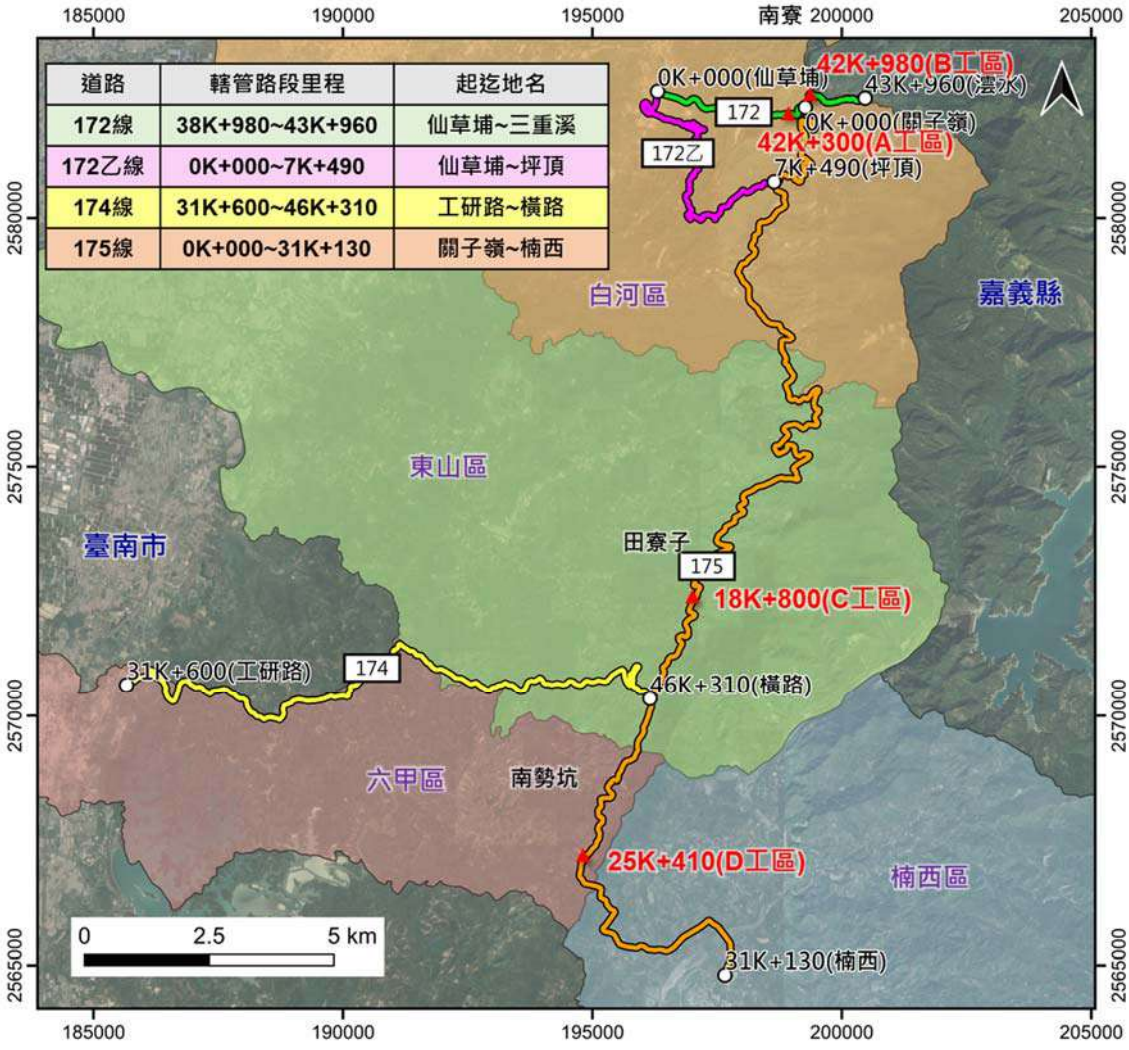


圖 1-1、地理位置圖
(底圖摘自臺灣地理人文全覽圖)

1.3 工作項目及流程

依據契約之需求，本計畫主要工作內容詳表 1-1 所示。

表 1-1、主要工作項目及內容

項次	項目	內容
1	**既有監測儀器功能及後端系統檢測與修復**	(1)市道 172 線 42K+300 既有監測儀器 ➢ 傾斜觀測管(兼水位井)，計 8 孔 ➢ 自記式水壓計，計 3 支 ➢ 結構物傾度盤，計 10 組 ➢ 裂縫計，計 10 組 (2)市道 172 線 42K+980 既有監測儀器 ➢ 傾斜觀測管(兼水位井)，計 2 孔 ➢ 結構物傾度盤，計 4 組 ➢ 裂縫計，計 4 組 (3)市道 175 線 18K+800 既有監測儀器 ➢ 傾斜觀測管(兼水位井)，計 3 孔 ➢ 結構物傾度盤，計 4 組 ➢ 裂縫計，計 4 組 (4)市道 175 線 25K+410 既有監測儀器 ➢ 傾斜觀測管(兼水位井)，計 8 孔 ➢ 水位觀測井，計 6 孔 ➢ 自記式水壓計，計 5 孔 ➢ 電子式水壓計，計 2 支 ➢ 斜孔式孔內伸縮計，計 1 孔 ➢ 垂直式孔內伸縮計，計 1 孔 ➢ 地錨荷重計，計 7 組 ➢ 結構物傾度盤，計 6 組 ➢ 電子式結構物傾斜計，計 1 組 ➢ 雨量計，計 1 組 ➢ 電子式流量計，計 2 組
2	**新設監測儀器及設備(含補充鑽探)**	(1)市道 172 線 42K+300 ➢ 傾斜觀測管，計 4 孔 ➢ 水位觀測井，計 2 孔 ➢ 電子式或自記式水壓計，計 3 支**(加值回饋)** ➢ 孔內伸縮計(斜孔式)，計 2 孔 ➢ 電子式雨量計，計 1 組 ➢ 電子式結構物傾斜計，計 3 組 ➢ 自動化監測站，計 1 組**(契約外承諾)**
3	**地滑調查**	➢ 前期調查及監測蒐集 ➢ 細部調查之研判 ➢ 既有圖資影像之判讀 ➢ 現況及地表地質調查 ➢ 地質鑽探，總深度 330m(市道 172 線 42K+300) ➢ 地電阻探測，計 300m(汛期間降雨後施測) ➢ 地下水檢層試驗，計 4 孔(汛期間降雨後施測) ➢ 滑動規模及滑動機制研判 ➢ UAV 正射影像**(加值回饋)**
4	**自動化監測及管理系統建置**	➢ 邊坡監測儀器連線 ➢ 雲端伺服器受理及維護(監測資料儲存) ➢ 監測資料整合程式(監控軟體、圖形化顯示監測成果及數據報表輸出等) ➢ 自動化防災預警監測網頁展示平台 ➢ 防災應變監看**(加值回饋)**
5	**整治成效評估**	➢ 區域調查地質圖(比例尺大於二萬五千分之一) ➢ 滑動塊體分布圖(滑動範圍及深度) ➢ 地下水分布(地下水升降、特性、可能流徑) ➢ 監測執行成果資料判讀、管理基準評估 ➢ 現有道路路基安全評估、補強評估建議 ➢ 後續治理方案及建議計畫書(滾動式修正)

為瞭解本計畫地滑邊坡路段致災原因、滑動規模及道路路基安全評估等，同時提升預警防災，將自動化及手動監測儀器監測結果，整合各項調查成果，加以分析災害潛勢、規模及機制。其中六甲 175 線 25K+410 地滑邊坡為既有自動化監測系統外，本計畫將白河 172 線 42K+300 地滑邊坡監測系統提升為自動化，有效維持即時提供監測預警防災功能及因應對策，並於白河 172 線 42K+980 及東山 175 線 18K+800 地滑邊坡持續進行監測，以確保用路人之安全，其工作流程詳圖 1-2 所示。

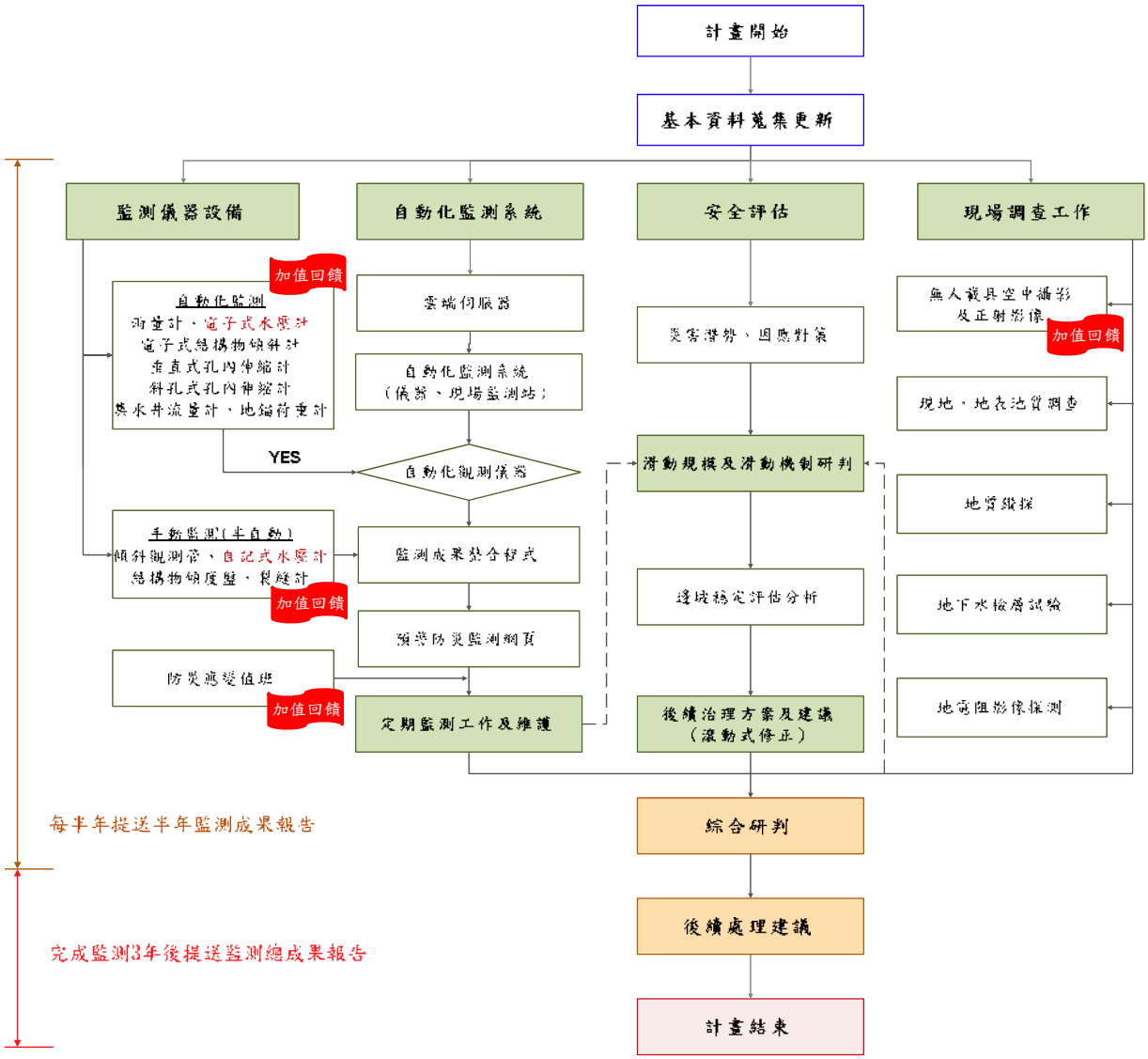


圖 1-2、工作流程圖

第二章 基本資料蒐集及調查成果

本計畫工作流程規劃，首先針對計畫區大範圍進行基本資料蒐集，包含地形、水系、區域地質、環境地質、前期調查成果彙整及工程整治概況等，以供後續現場踏勘及評估分析參考，概要說明如後各節。

2.1 地形及水系

一、南市 172 線(38K+980~43K+960)

本計畫 172 線山區路段主要位於仙草埔-三重溪間,其主要沿白水溪左岸開闢，位屬白河水庫集水區內，為主要通往白河區關子嶺之道路。其中 42K+300 地滑邊坡路段因溪流攻擊岸侵蝕及地質破碎等，邊坡有持續滑動現象，造成道路、房舍及擋土牆出現開裂等不穩定徵兆。路段地形由南向北傾斜，南鄰枕頭山，道路所在邊坡地勢由南側之厝後山、鏡壁山向北漸低至 200m，區域範圍地形平均坡度約 30°~40°，立體地形圖如圖 2-1 所示。

二、南市 172 乙線(0K+000~7K+601)

172 乙線山區路段主要位於仙草埔-坪頂間，為市道 172 線公路支線，以助改善關子嶺風景區交通，路段沿枕頭山環繞而行。區域水系以枕頭山山溝向下流至坑內溪及六重溪，立體地形圖如圖 2-2 所示。

三、南市 174 線(31K+600~46K+310)

174 線山區路段主要位於工研路-橫路，為山區通往臺南市東山區之主要道路，其道路沿山而闢，路段地勢由海拔 40m 爬升至 230m，其路段較為平緩，路段邊坡平均 20°~30°，接近坡頂山嶺地區則坡度陡升為 30°~45°左右。水系方面為依路段兩旁山溝向南、北，流至烏山頭及尖山埤水庫集水區內，立體地形圖如圖 2-3 所示。

四、南市 175 線(0K+000~31K+130)

175 山區路段地形坡向多由東南向西北傾斜，趾部緊鄰南勢坑溪上游，東南鄰烏山嶺，烏山嶺稜線呈東北-西南走向，略與本計畫區道路線形平行。山地勢由北部往南為大凍山、馬山嶺及烏山嶺等，水系方面以地表山溝流向西側六重溪、龜重溪、

鹿寮溪、南勢坑溪為主。25K+410 地滑邊坡路段平均坡度約 20°~25°，接近坡頂烏山嶺則坡度陡升為 40°~50°左右，地滑區兩側存在沖蝕溝，為舊崩塌地形，常發生地層滑動造成路面下陷、附近民宅及產業道路開裂。其立體地形圖如圖 2-4 所示。

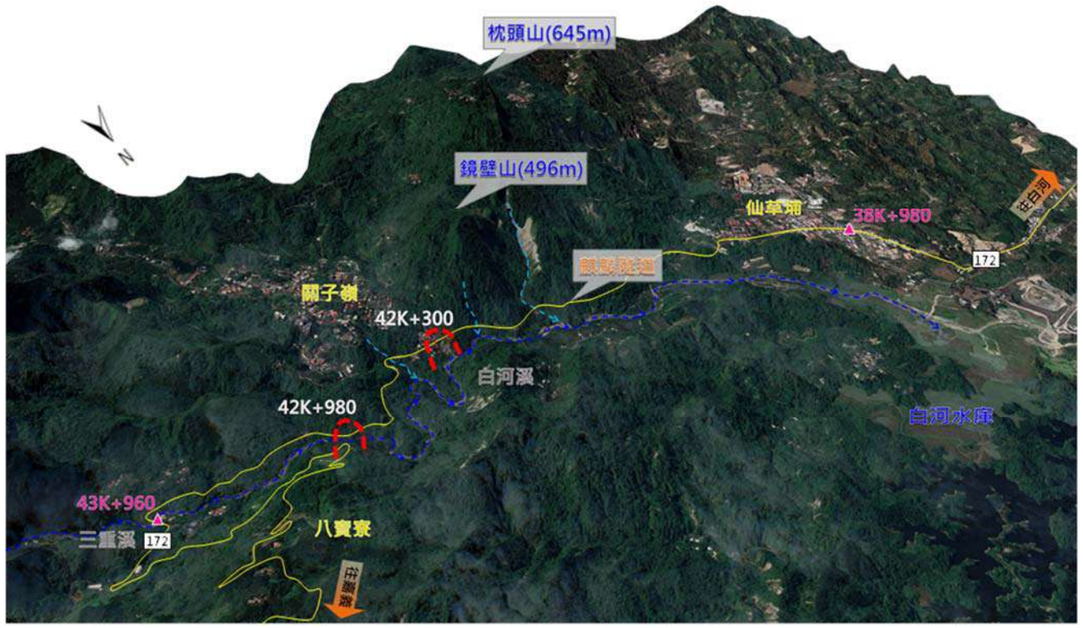


圖 2-1、市道 172 線立體地形圖

圖 2-2、市道 172 乙線立體地形圖

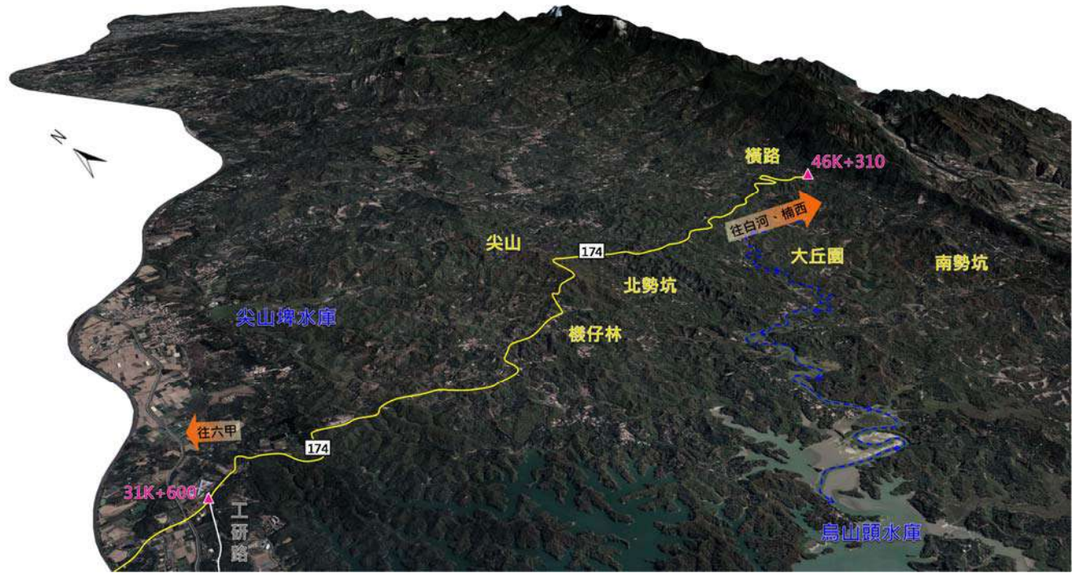


圖 2-3、市道 174 線立體地形圖

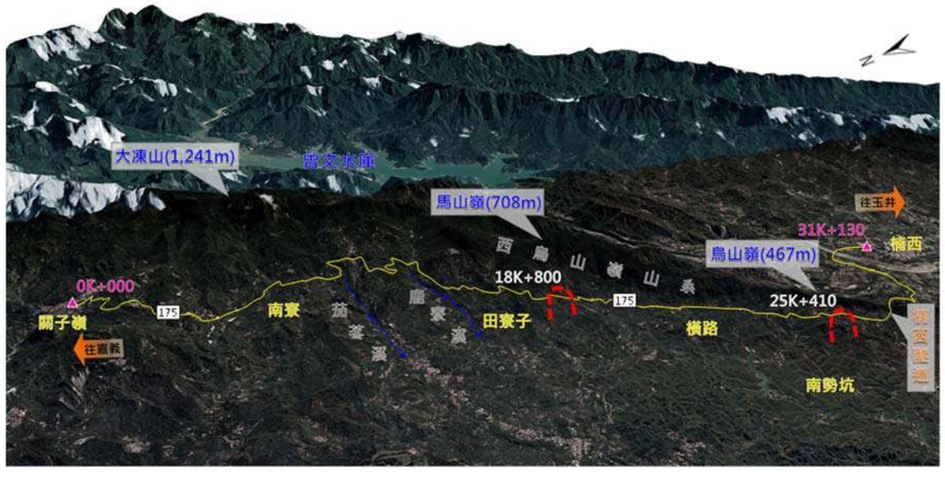


圖 2-4、市道 175 線立體地形圖

2.2 區域地質及環境地質

一、區域地質

參考經濟部地質調查及礦業管理中心地質資料查詢網(如圖 2-5)，本計畫溪北山區市道 172、172 乙、174、175 線，分布廣遠，路線經過不同地層及地質構造，以下茲說明區域路段之區域地質主要特性概述如下。

(一)地層

1. 鳥嘴層(Nt)：岩性以黃、灰至青灰色泥質砂岩為主，夾砂質頁岩及頁岩，偶夾炭物質。
2. 沄水溪層(Yh)：以頁岩及砂質頁岩為主，並夾粉砂岩，部分含有碳質物。
3. 六重溪層(Lu)：岩性上以細粒至粉砂質層狀砂岩為主，顏色淡灰至灰色，風化後常呈黃棕色。砂岩多純淨，局部含泥質。
4. 崁下寮層(Kh)：以頁岩和一些砂岩互層為主，砂岩成份向北增加，本層在許多地方含有豐富的海相貝類化石，甚至成密集層的產狀。
5. 中崙層(Cn)：多由頁岩質沈積物組成，其厚度都在 1,000 公尺以上，沉積盆地向南逐漸加深，同時有泥岩層的快速堆積。
6. 二重溪層(Ec)：由頁岩和細粒到中粒砂岩的互層組成，砂岩內含有豐富的海相貝類化石和漂木碎塊。
7. 六雙層(Lh):由暗灰色至青灰色泥巖和夾有砂岩和粉砂岩互層的頁岩組成，本層的上部和下部也含有少數較厚的砂岩層，此外還含有貝類和有孔蟲化石及漂木碎塊。
8. 鹽水坑頁岩(Ys)：本岩層為深灰色頁岩，偶夾有透鏡狀的粉砂岩和砂岩。本層呈缺乏頁紋面，因此令頁岩看起來很像泥岩。
9. 隘寮腳層(Al)：岩性為薄層的深灰色頁岩為主，和白色砂岩或粉砂岩所造成的條帶狀薄葉層，其下部有很多灰色細粒砂岩，可見到炭質碎片、波痕。
10. 竹頭崎層(Ct)：岩性以厚層砂岩為主，各層間由厚層深灰色頁岩或砂岩和頁岩的互層所分開。

11. 糖恩山砂岩(Tn)：岩性以厚層塊狀砂岩及頁岩互層為主。本層岩性堅硬，多呈塊狀，在地形上常形成峭崖與峽谷。
12. 茅埔頁岩(Mp)：岩性為深灰色頁岩，夾有少許細粒砂岩和泥質砂岩，頁岩稍為具有條狀組織。
13. 沖積層(a)：沖積物在河床上的堆積主要含有卵石、砂粒或粘土。
14. 階地堆積層(t)：分佈河階台地上，大致在最外圍，明顯的河階台地上堆積均屬之。淘選不好，礫石、卵石、粗粒砂等混雜一起，未完全固結和膠結。

(二)構造

1. 觸口斷層：斷層長度約為 28 公里，可依據地質特性分成南北兩段。本計畫路段主要位於南段，其位於嘉義觸口向南延伸至臺南關嶺里，約呈北北東走向，南端位於關子嶺附近，與崙後斷層連接。
2. 崙後斷層：此斷層為臺灣西部麓山帶西緣分隔外麓山帶與內麓山帶之大型逆斷層，本斷層斷面傾向東南而呈北北東-南南西走向，東側為升側，連綿甚長，至北為獺頭斷層所截。
3. 六重溪斷層：此斷層為東北一西南向的逆斷層，斷層面向西南方向，斷層線切過關子嶺村的西北角和枕頭山的東南側。
4. 枕頭山斷層：本斷層呈東北東－西南西走向，其可能為一右移斷層，斷面傾向西北約 70°。斷層北自關子嶺附近向西南方延展，經麒麟尾而至岩腳附近消失於六重溪層中，全長約 4 公里，其兩側露出地層均為鳥嘴層、沄水溪層及六重溪層。
5. 中坑斷層：中坑斷層為觸口斷層之分支斷層，自嘉義崁頭山附近分叉，向南延伸，於市道 174 線公路與引水隧道西出口附近皆有斷層露頭出露。
6. 烏山頭斷層：烏山頭斷層為臺灣南部地區的主要逆斷層之一，屬觸口斷層系統之一支。斷層上盤為關刀山砂岩，下盤出露之沄水溪層至六重溪層，於市道 174 線楠西隧道以東邊坡地區，由斷層兩側岩層岩性之差異研判斷層之位置。

二、環境地質

(一)山崩與地滑地質敏感區：根據經濟部地質調查及礦業管理中心公告之山崩與地滑地質敏感區所圈繪，本計畫各路段共穿越 67 處山崩與地滑地質敏感區，分布於 174 線及 175 線路段較多，如圖 2-6 所示。

(二)土石流潛勢溪流：本計畫路段共有 18 條土石流潛勢溪流，主要分布於 175 線路段，如圖 2-6 所示。

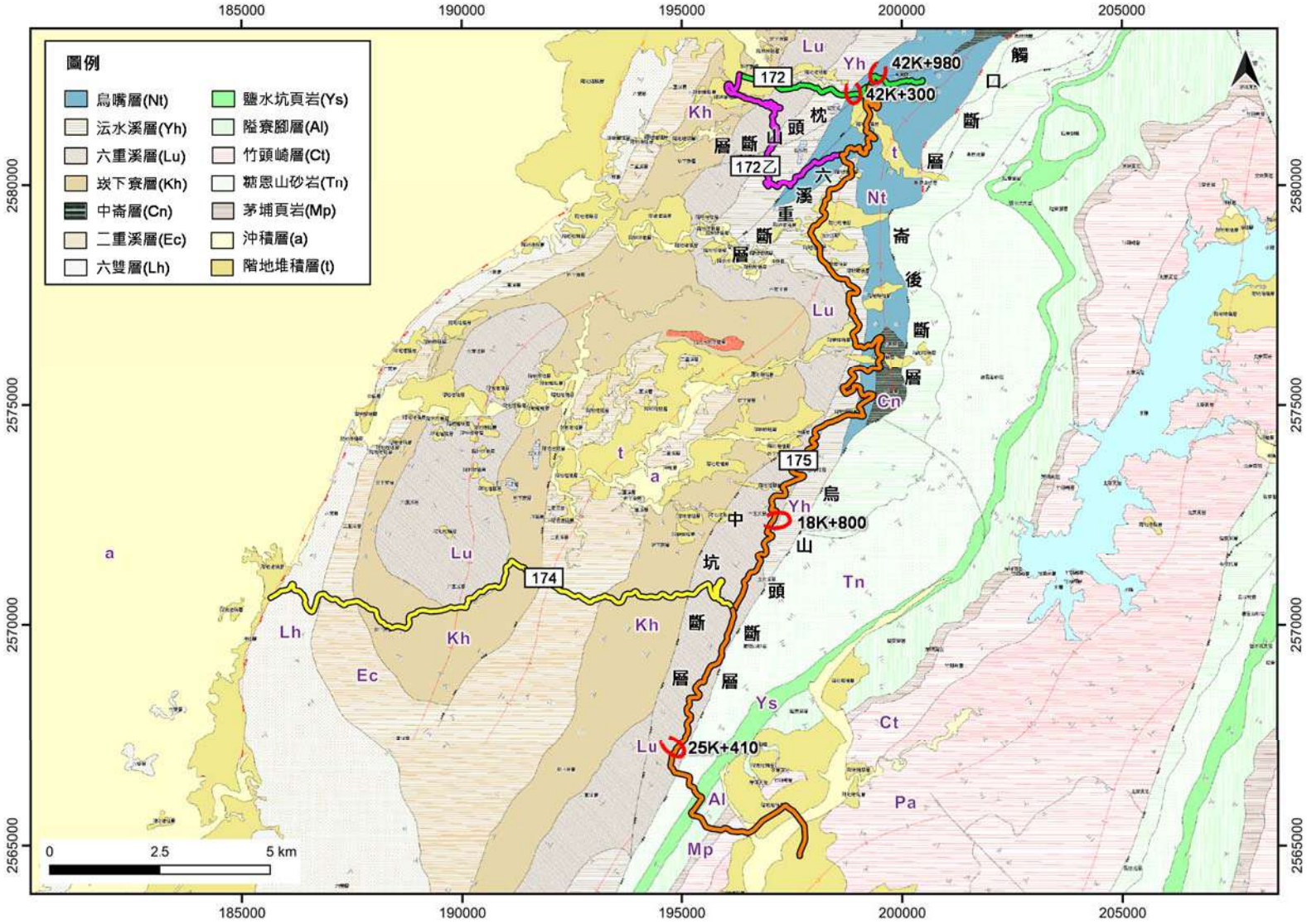
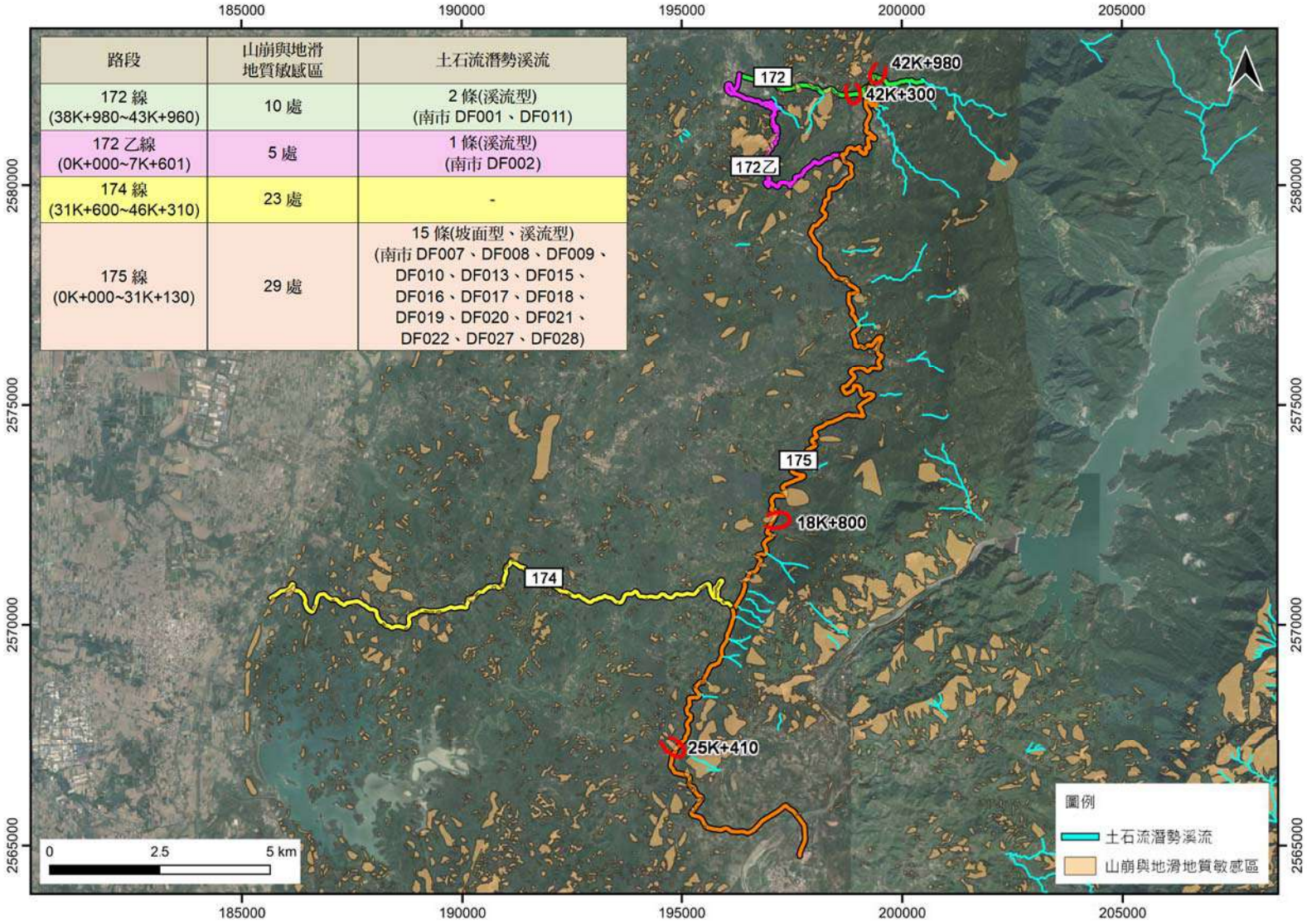


圖 2-5、區域地質圖

(改繪自經濟部地質調查及礦業管理中心-地質資料查詢網)



路段	山崩與地滑地質敏感區	土石流潛勢溪流
172 線 (38K+980~43K+960)	10 處	2 條(溪流型) (南市 DF001、DF011)
172 乙線 (0K+000~7K+601)	5 處	1 條(溪流型) (南市 DF002)
174 線 (31K+600~46K+310)	23 處	-
175 線 (0K+000~31K+130)	29 處	15 條(坡面型、溪流型) (南市 DF007、DF008、DF009、DF010、DF013、DF015、DF016、DF017、DF018、DF019、DF020、DF021、DF022、DF027、DF028)

圖 2-6、山崩與地滑地質敏感區及土石流潛勢溪流套繪圖

(改繪自經濟部地質調查及礦業管理中心-地質敏感區公告之 L0005 臺南市、農業部農村發展及水土保持署-土石流防災資訊網)

2.3 災害歷史

本計畫區道路為主要往來六甲、東山、楠西及關子嶺地區之重要路段。根據臺南市災害應變中心資料顯示，於民國 102 年蘇力、潭美及康芮颱風期間，174 線 38K 處發生土石崩塌，172 線 39K+800~42K+400 路段則有土石流及邊坡坍方災害；103 年 8 月大豪雨事件造成 174 線發生土石流漫流路面；105 年 9 月豪雨事件造成 175 線 18K+500 處因路基掏空致使路段坍塌；108 年 8 月豪雨事件造成 175 線 23K+500 處連續發生土石流災害。本計畫路段經過災修及改善工程，目前皆能維持通行，惟多處邊坡仍有持續滑動之表徵。

本計畫路段經常發生落石、土石流、路基掏空及土石坍塌等災害，為避免用路人傷亡及損失，豪雨期間工務局於易致災路段採預警性封閉。綜整近年較嚴重之災害，說明如表 2-1 所示。另經查詢政府電子採購網，彙整本計畫路段於 88~114 年間執行之專案，整治工程計 80 項、設計監造案計 12 項及調查監測案計 9 項，其中較具代表性之工程彙整如表 2-2 所示，顯示本計畫路段每逢較大降雨事件即有坡地災害。

表 2-1、本計畫路段歷年災害說明

災害事件	事件說明
102 年 7 月 蘇力颱風	六甲往楠西 174 線 38K 處發生土石崩塌、32-33K 竹子倒塌，可以單線通車[1]。
102 年 8 月 潭美颱風	白河區 172 線關子嶺路段因山區大暴雨，持續落石[1]。
102 年 8 月 康芮颱風	因颱風帶來較大降雨量，致使白河區市道 172 線 39K+800~42K+400 路段因土石流及邊坡坍方以致道路中斷[1]。
103 年 8 月 0809 大豪雨事件	大豪雨事件期間降雨量較大，造成臺南市市道 174 線道路發生土石流持續漫流路面等災害，阻斷交通[1]。
105 年 9 月 0906 豪雨事件	臺南市東山區市道 175 線 18K+500 處因路基掏空致使路段坍塌，工務局緊急封路進行搶修[2]。
108 年 8 月 0813 豪雨事件	因連日豪雨，導致臺南市市道 175 線 23K+500(舊 174 線 49K)連續兩天發生土石流，淹沒車道，雖即時派員清除土石搶通，但因山區雨勢間歇，採預防性封閉 175 線楠西段[3]。
110 年 8 月 盧碧颱風	因颱風引來西南氣流，豪大雨造成六甲 174 線 35.4K 處發生邊坡崩塌、白河 175 線 4K 處發生邊坡石塊滑落、175 線 22.7K 處上邊坡野溪土石崩落等災害，阻斷交通[4]。

資料來源：[1]臺南市政府災害應變告示網：https://disaster.tainan.gov.tw/Default.aspx
[2]中時新聞網：https://www.chinatimes.com/newspapers/20160908000514-260107?chdtv
[3]自由時報電子網：https://news.ltn.com.tw/news/Tainan/breakingnews/2886621
[4]臺南市政府工務局：https://publicworks.tainan.gov.tw/News_Content.aspx?n=18224&s=7791567

表 2-2、本計畫路段重要執行專案

類別	項次	計畫名稱	執行單位	決標金額(元)	決標日期(西元)
整治工程	1	(0612 豪雨災害)174 線 43K+830 災害搶修工程	交通部公路局雲嘉南區養護工程分局	5,218,600	2005/07/06
	2	(0612 豪雨災害)174 線 33k+500 等 6 處災害修復工程		6,420,000	2005/10/31
	3	174 線 50K+650 路基保護工程(緊急保護工程)		13,955,690	2006/12/19
	4	174 線 50k+500 第一階段後續整治工程		33,810,000	2012/01/17
	5	174 線 50K+500 處邊坡地錨整治工程	臺南市政府工務局	14,980,000	2018/04/10
	6	107 年 8 月豪雨六甲區市道 174 線 35K+400 等 15 處災害復建工程		16,800,000	2019/01/15
	7	107 年度 6 月豪雨楠西區市道 174 線 53K+400 等 5 處道路災害復建工程		7,300,000	2019/01/29
	8	107 年 8 月豪雨六甲區南勢里市道 174 線 50K+500 道路災害復建工程		18,595,000	2019/02/19
	9	108 年度 8 月利奇馬颱風及 0813 豪雨六甲區南勢坑市道 175 線 25k+410 道路邊坡災害復建工程		36,390,000	2020/04/21
	10	108 年度 8 月利奇馬颱風及 0813 豪雨六甲區 174 線 36K+750 災害復建工程及 108 年度 8 月利奇馬颱風及 0813 豪雨六甲區 174 線 40K+600 等三處災害復建工程等 2 件工程		11,429,000	2019/12/17
	11	109 年度 0826 豪雨東山區市道 174 線 45k+300 等 7 處道路災後復建工程		9,160,000	2021/02/09
	12	110 年度 7 月及 8 月豪雨東山區市道 174 線 42K+400 等 4 處及六甲區市道 175 線 22K+700 等 3 處災後復建工程等 2 件工程		15,700,000	2022/03/17
	13	「110 年度 0605 豪雨白河區關子嶺市道 172 線 42K+200 等 3 處災後復建工程」及「..東山區市道 175 線 10K+500 等 4 處災後復建工程」等 2 件工程		7,680,000	2022/03/17
	14	111 年 8 月豪雨白河區關嶺里市道 172 線 42K+300 道路邊坡災後復建工程		5,500,000	2023/01/10
	15	111 年 8 月豪雨六甲區南勢里市道 175 線 25K+400 道路邊坡災後復建工程(第二期)		21,746,000	2023/06/06
	16	112 年 9 月海葵颱風及 9 月豪雨白河區關嶺里市道 172 線 42k+500 災後復建工程		2,180,000	2024/01/16
	17	112 年 10 月小犬颱風東山區市道 175 線 17K+400 災後復建工程		1,370,000	2024/01/23
	18	六甲區南勢里市道 175 線 25K+400 道路邊坡改善及維護工程(第三期)		37,320,000	2025/05/20
設計監造	1	六甲區南勢坑市道 174 線 50k+500 道路邊坡整治第一期工程委託設計監造	臺南市政府工務局	3,112,772	2019/06/25
	2	六甲區南勢里市道 175 線 25K+400 道路邊坡改善及維護工程(第三期)委託設計監造		4,158,000	2024/12/31
調查監測	1	174 線 50K+650 路基保護工程委託測量、設計及鑽探監測工作	交通部公路局雲嘉南區養護工程分局	5,508,273	2005/08/18
	2	106 年度臺南市政府工務局第二工務大隊委託市道 174 線 50K+500 地滑調查及邊坡監測等評估服務工作	臺南市政府工務局	4,650,000	2017/07/18
	3	108-110 年度六甲區南勢坑市道 175 線 25K+410 地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作		1,920,000	2019/11/19
	4	110-112 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作		2,400,000	2021/10/14

資料來源：政府電子採購網

第三章 地表地質調查及監測成果

本計畫自 113 年 11 月至 114 年 5 月監測期間，進行細部地質調查及地表地質調查，並進行 2 次定期手動監測及 7 次特殊監測，茲將綜整現場勘查及各監測儀器監測成果彙整分述如後各節。由於 114 年 1 月 21 日嘉義大埔強震及後續餘震不斷，為避免手動監測能量耗竭，依據臺南市政府工務局 114 年 2 月 17 日南市工務二字第 1140285359 號函，震度 4 級以上地震若於 5 日曆天內反覆發生，則啟動 1 次手動特殊監測，本計畫 4 處工區定期/特殊手動監測工作紀錄表如表 3-1 所示。

表 3-1、定期/特殊手動監測工作紀錄表

編號	定期/特殊手動監測	執行監測日期	白河 172 線 42K+300 路段(A 工區)	白河 172 線 42K+980 路段(B 工區)	東山 175 線 18K+800 路段(C 工區)	六甲 175 線 25K+410 路段(D 工區)
1	定期手動監測	113/11/28~12/10	V	V	V	V
2	特殊手動監測 (007~011、01~016、018~19 號地震)	114/01/21~01/24	V	V	V	V
3	特殊手動監測 (033~036、039~040、042、045~048 號地震)	114/01/26~27	V	V	V	V
4	特殊手動監測 (051、053 號地震)	114/02/02~03	V	V	V	V
5	特殊手動監測 (060 號地震)	114/02/10~11	V	V	V	V
6	定期手動監測	114/03/03~04	V	V	V	V
7	特殊手動監測 (067 號地震)	114/03/06~07	V	V	V	V
8	特殊手動監測 (078 號地震)	114/04/07	V	V	震度未達 4 級	震度未達 4 級
9	特殊手動監測 (097 號地震)	114/05/16	V	V	震度未達 4 級	震度未達 4 級

本計畫之監測執行期程為期 3 年，部分監測儀器提升為自動化監測，以提升資料蒐集、更新、分析評估及預警防災之目地。本計畫於市道 172 線 42K+300 路段(A 工區)及市道 175 線 25K+410(D 工區)路段建置一套完整且穩定的監測系統，其中孔內伸縮計、電子式結構物傾斜計、電子式水壓計、電子式雨量計、集水井流量計及地錨荷重計等監測儀器，採全自動化即時監測方式；市道 172 線 42K+980 路段(B 工區)及市道 175 線 18K+800(C 工區)以手動及半自動監測方式所獲取之資料，亦透過本系統整合匯入，完整彙整各觀測資料，以利研判。現場監測儀器之資料，經通訊系統傳送至後端之監測資料處理系統(中華電信 hicloud 雲端虛擬主機)，資料處理系統將自動進行「存入資料庫」、「安全研判」、「警告發布」、「成果展示」等工作，而使用者將依其不同權限，以網頁介面方式，可進行不同程度之操作。規劃建置手動及自動化並行之監測系統，監測流程架構如圖 3-1 所示，自動化監測網頁如圖 3-2 及圖 3-3 所示。

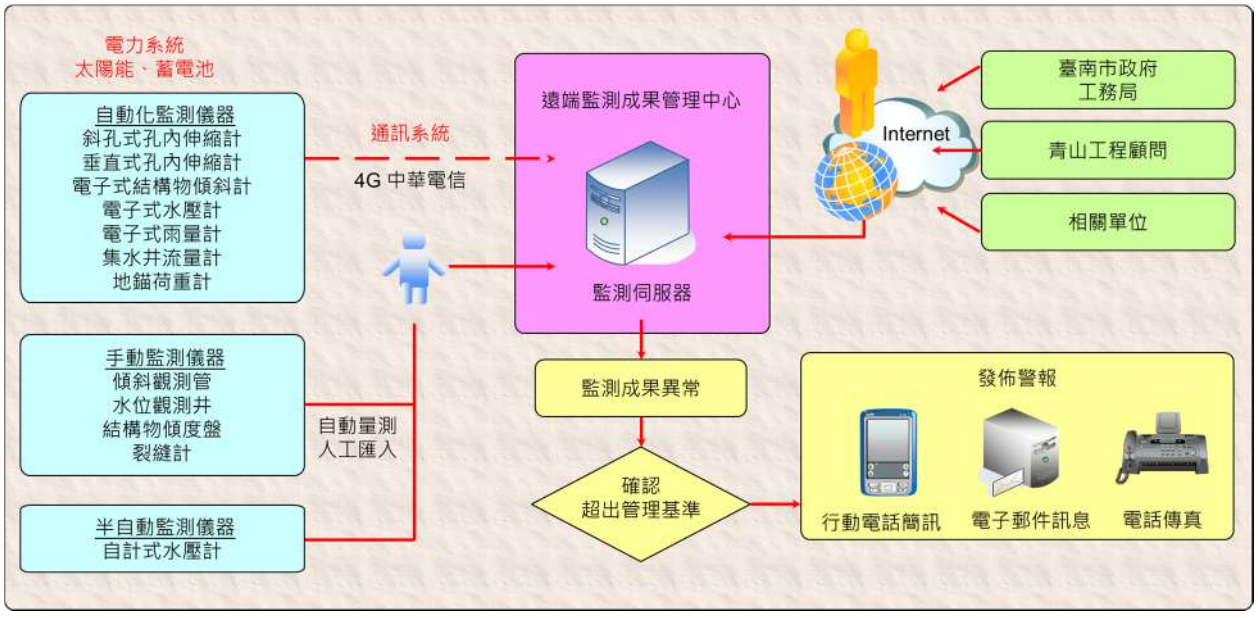


圖 3-1、邊坡自動化監測預警系統流程架構

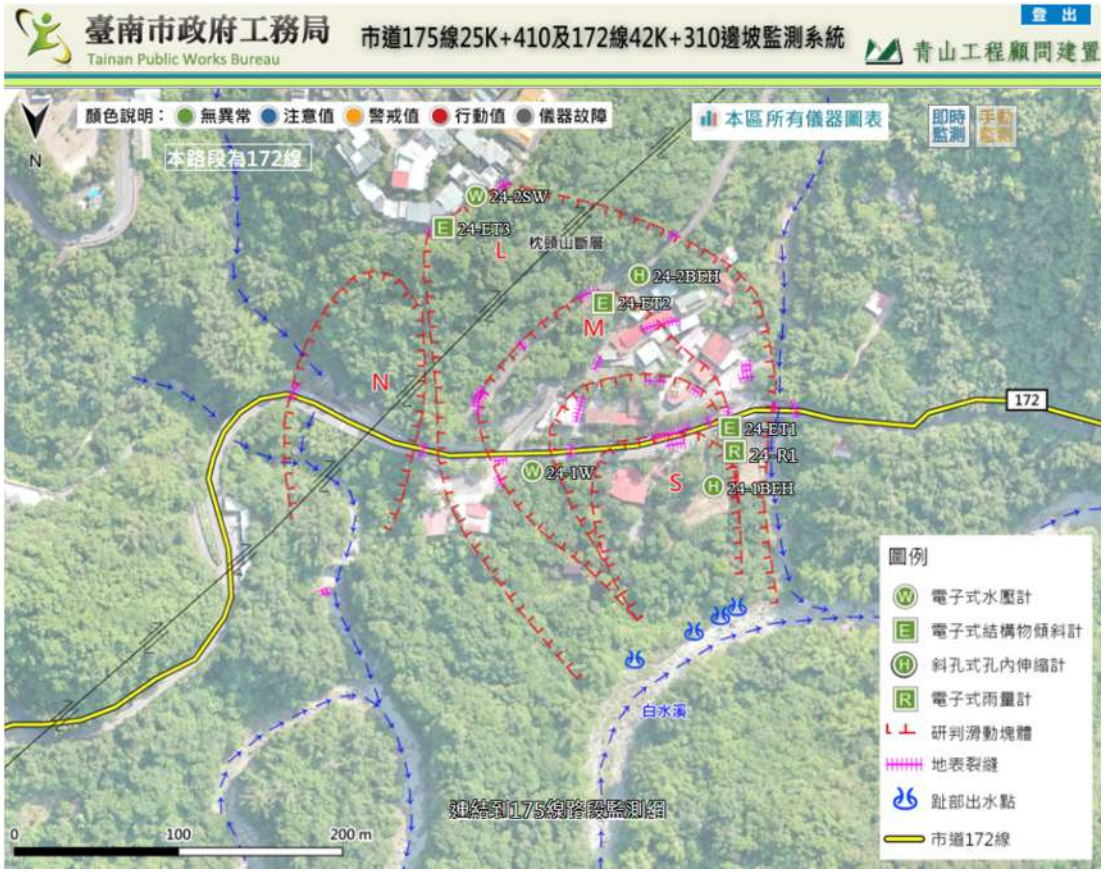


圖 3-2、172 線 42K+300 路段自動化預警系統網頁

圖 3-3、175 線 25K+410 路段自動化預警系統網頁

3.1 市道 172 線 42K+300 路段(A 工區)

3.1.1 區域地質

本計畫區依據資料蒐集及現場調查成果等，繪製區域地質圖，如圖 3-4 所示。由於本路段地層上部多為道路、住宅區及崩積層覆蓋，露頭甚少，故岩層分布、走向及位態除實地量測外，亦參考經濟部地質調查及礦業管理中心公告之五萬分之一區域地質圖及其他資料一併考量。

依基本資料蒐集、地表地質調查及地質鑽探調查成果顯示，本計畫區鄰近枕頭山斷層及六重溪斷層，其中枕頭山斷層為平移斷層，六重溪斷層則為正斷層，由於岩層出露較少，位態及傾角不易量得；區域內鄰近枕頭山斷層，附近岩芯較破碎，岩性主要為厚層泥質砂岩，夾有頁岩互層，推測多有剪裂帶分布。

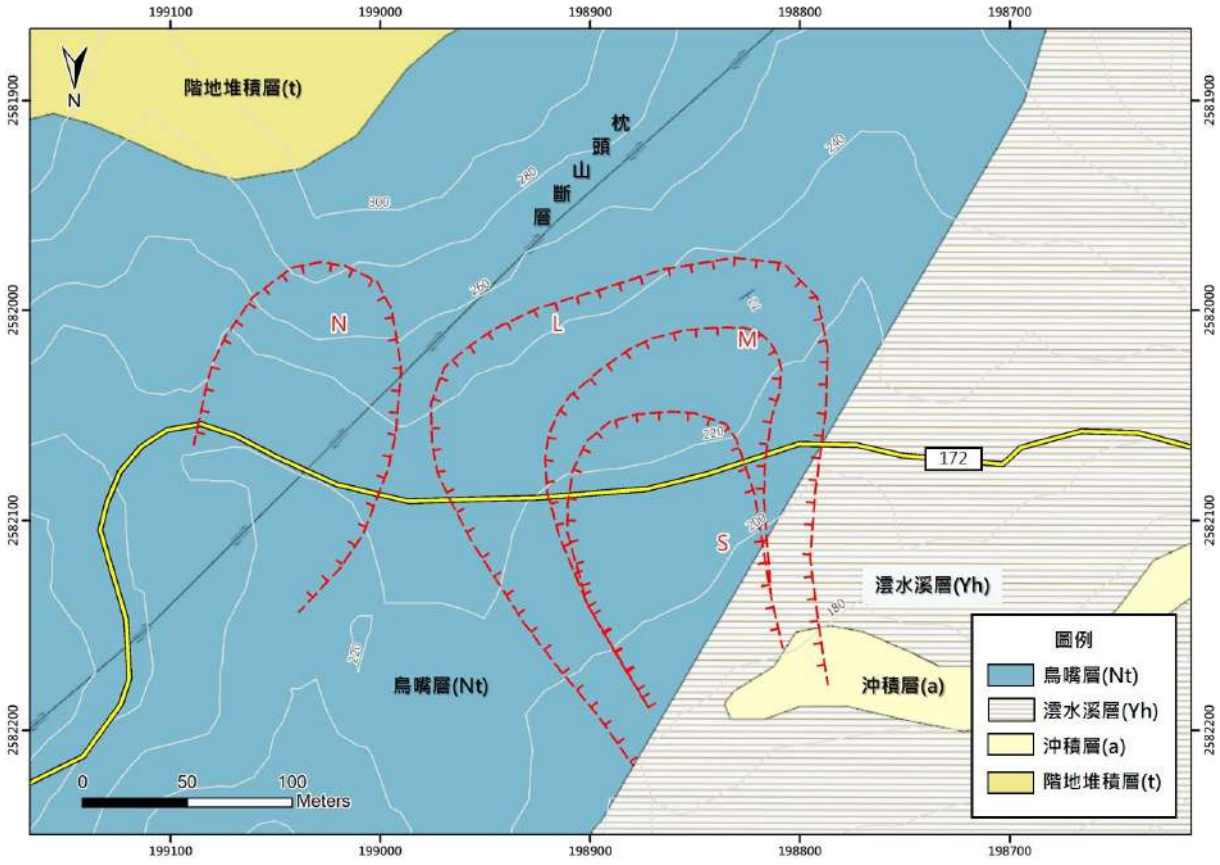


圖 3-4、172 線 42K+300 路段區域地質圖
(底圖：經濟部地質調查及礦業管理中心-五萬分之一全島無接縫地質圖)

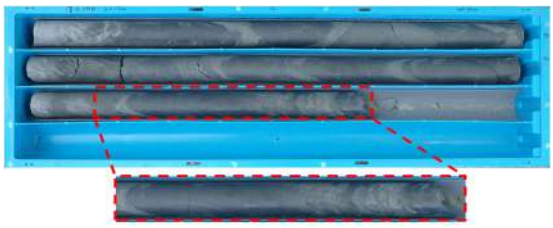
3.1.2 前期地質鑽探調查

依據地表地質調查及現場鑽探調查綜合分析研判，工址之地層由上而下概分為三個層次，分別為崩積層、剪裂帶及岩層，詳圖 3-5 所示。茲將各地層之分布及性質敘述如下：

(一)崩積層：本層主要由岩屑、土壤及大小不一之崩積岩塊所組成，可由顏色區分為黃棕色及灰色崩積層，其為崩積塊體重複運移作用，形成有不同顏色崩積物交錯。

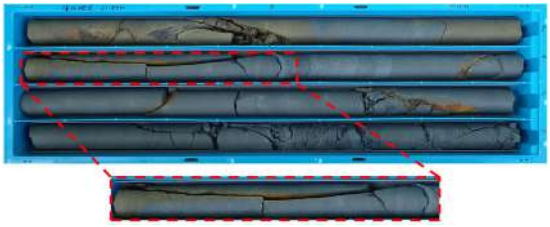
(二)剪裂帶：剪裂帶主要由受構造影響的灰色泥質砂岩、深灰色頁岩或灰色砂質頁岩所組成，剪裂帶廣佈其中，局部形成剪裂泥，整體呈現高度破碎，含泥，局部剪裂帶坡面有明顯滲水情形。

(三)岩層：岩層主要係以灰色泥質砂岩，局部深度夾深灰色頁岩或之灰色砂質頁岩所組成為主，砂岩在部分深度存在剪裂帶及高角度裂隙，角度約 50°~80°，部分裂隙有銹染，其中 A-21-8SW 鑽孔岩芯中可見裂隙明顯銹染情形。



較深處為泥質砂岩與頁岩互層

較深處為泥質砂岩與頁岩互層



岩層破碎且有銹染情形，為可能之地下水流通區域

圖 3-5、172 線 42K+300 路段岩芯局部照片

3.1.3 地表地質調查

地表地質調查工作係透過現場踏勘將地表裂縫分布、下陷位置、滲水位置及蝕溝流徑等詳實勘查。依本路段地形及地表裂縫分布加以圈繪研判，本路段邊坡可能存在 S、M、L 及 N 滑動塊體，滑動塊體分布及現場勘查照片詳圖 3-6 及圖 3-7，相關調查成果如下所述：

一、道路上邊坡及坡頂社區現況

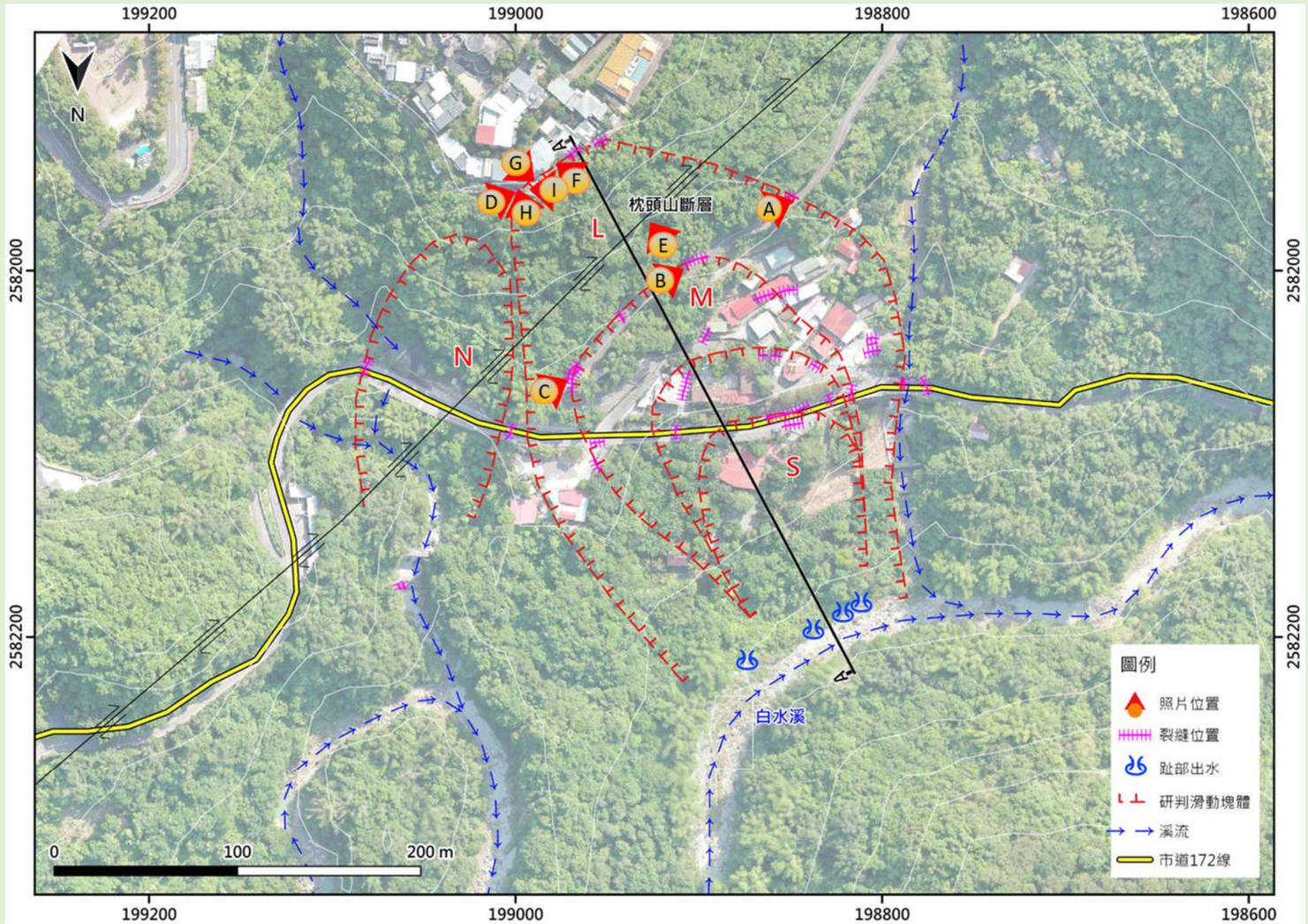
上邊坡道路受 M 及 L 推估滑動塊體邊界影響，多處路面及擋土牆有張力裂縫產生，長可達約 10m，開裂寬度達 8~10cm，其中道路迴彎處經 112 年及 114 年照片比對，裂縫有持續擴大趨勢(圖 3-6 照片 A~C)；位於坡頂社區內之房舍、地坪、圍牆及排水等設施，多處具開裂及沉陷情形，且經多次修補仍持續破壞(圖 3-6 照片 D~I)，顯示邊坡滑動持續發生。

二、道路現況

道路上、下邊坡側部分路段已施作地錨加以補強，現況部份地錨已有錨頭鬆脫損壞失效(圖 3-7 照片 C)，汛期間部分地錨錨頭內部滲水情形較為嚴重；道路路面具多處張力裂縫及陷落情形，經 113 年及 114 年照片比對，裂縫有持續擴大趨勢(圖 3-7 照片 A~B)；雲泉橋附近路面隆起，路側護欄有明顯受推擠錯位變形(圖 3-7 照片 D)，顯示邊坡滑動持續發生。

三、道路路基擋土設施及下邊坡現況

本路段坡趾鄰近白水溪，雲泉橋下方已施作排水設施及野溪治理工程，現況尚屬良好；道路上、下邊坡私人房舍、地坪及設施多處開裂及陷落情形，顯示邊坡滑動影響範圍大，亦導致地表水直接入滲(圖 3-7 照片 F)；112 年 4 月本路段既有擋土牆及坡趾處增設橫向集水管(圖 3-7 照片 K)，乾季期間無較大降雨量，其坡面水平集水管仍有多支出水情況，顯示該地區地下水豐沛，導排地下水成效良好。



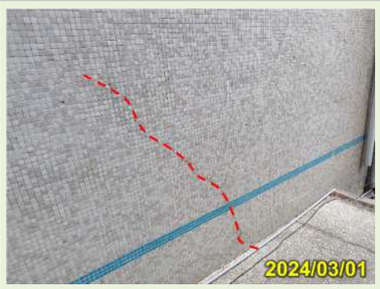
A 上邊坡路面明顯下陷，延續良好

B 上邊坡路面張力裂縫

C 道路位於右邊界，受地滑影響有剪力裂縫產生，開裂寬度約 8~10cm

D 上邊坡社區圍牆，有明顯開裂、變形及陷落情形，可見多處補漿，持續開裂，寬度約 1~4cm

E 上邊坡具明顯崩崖，現況植生茂密



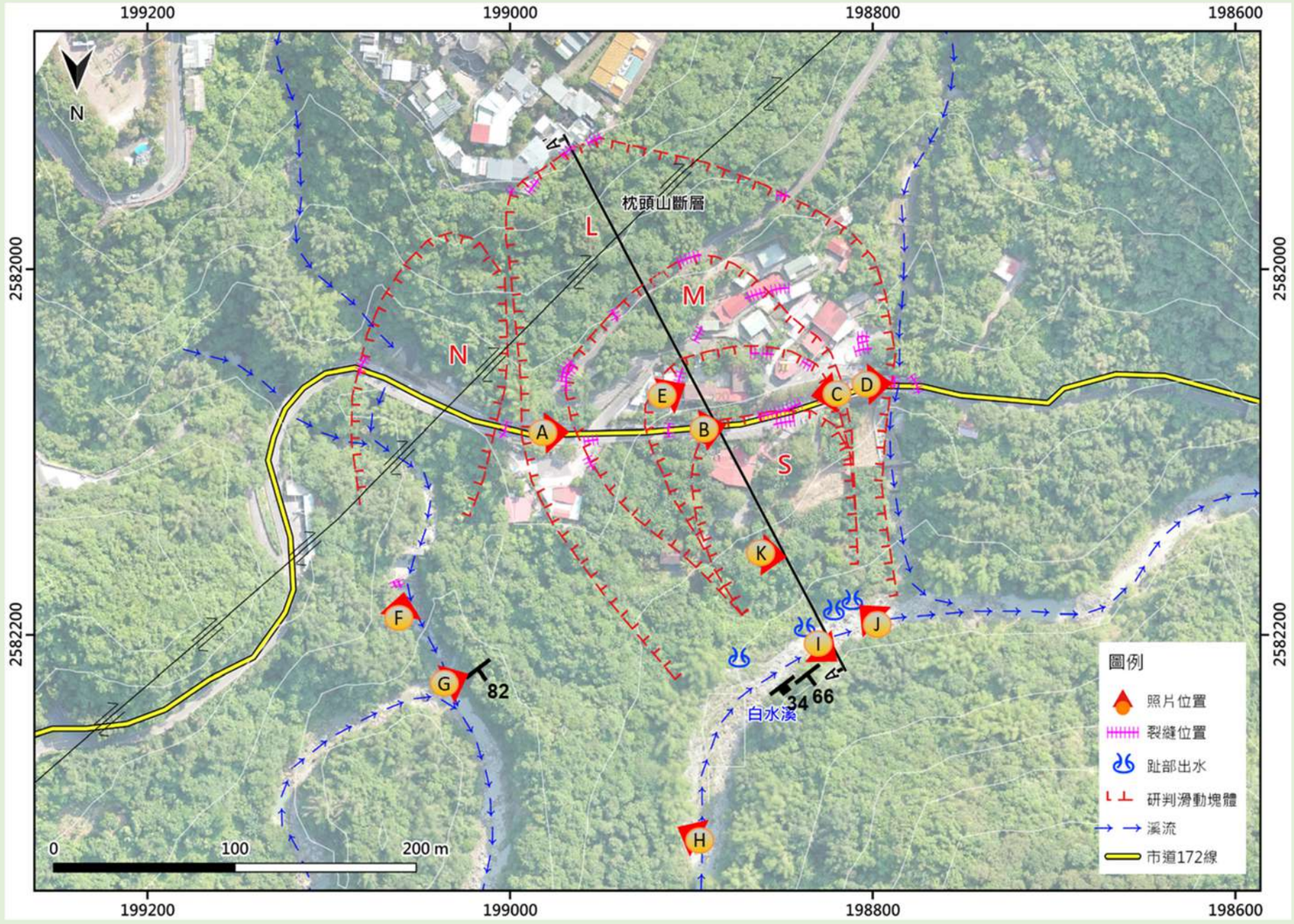
F 上邊坡社區內房舍牆面多有裂縫，裂縫寬度約 0.3~0.5cm

G 上邊坡社區內路面多有裂縫，具延續性，部分有陷落情形，裂縫寬度約 0.5~1cm

H 上邊坡社區內地坪多有裂縫，經修補後持續開裂

I 上邊坡社區內排水設施有開裂及陷落情形，新設排水設施持續產生破壞，裂縫寬度約 0.5~2cm

圖 3-6、172 線 42K+300 路段地表地質調查現勘成果(1/2)



A 位於滑動塊體邊界道路裂縫持續擴大

B 道路及擋牆出現延續張力裂縫，且有下陷情形

C 道路上邊坡地錨損壞情形，部分滲水情形嚴重

D 接近雲泉橋處，路面受地滑影響隆起、護欄錯移，下方部分地錨已斷裂

E 住宅地坪有明顯陷落，裂縫寬度約1cm，易造成地表水直接入滲

F 白水橋下方溪溝既有防砂壩及護岸多有掏空、變形及破裂情形

G 鄰近枕頭山斷層處，量測到角度較大之層面位態約(N54°E,82°NW)

H 邊坡趾部可見岩層出露，多為泥岩及頁岩，層面位態約(N53°E,66°NW)

I 邊坡趾部可見高角度順向節理面出露

J 邊坡趾部多處有地下水出水現象，顯示邊坡地下水豐沛

K 下邊坡新設坡面水平集水管明顯滲水，顯示地下水位豐沛或有受壓水層

圖 3-7、172 線 42K+300 路段地表地質調查現勘成果(2/2)

3.1.4 監測工作及成果分析

172 線 42K+300 路段(A 工區)包含手動、半自動及自動化監測儀器，儀器配置如圖 3-8 及圖 3-9 所示，監測儀器總表及監測頻率如表 3-2 所示。依契約規定可分為手動定期監測及手動特殊監測二部分，說明如後。

表 3-2、172 線 42K+300 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	編號	目的	監測方式及頻率	備註
傾斜觀測管(兼水位井)	12 孔	A-21-1SW(50m) A-21-2SW(45m) A-21-3SW(35m) A-21-4SW(50m) A-21-5SW(40m) A-21-6SW(35m) A-21-7SW(40m) A-21-8SW(25m) A-24-1SW(65m) A-24-2SW(25m) A-24-3SW(20m) A-24-4SW(40m)	• 地層變位量 • 位移速率 • 滑動深度 • 地下水位變化	• 手動監測：每 3 個月 1 次 • 手動特殊監測：單日累積雨量達 400mm 以上或震度 4 級以上，於事發後 5 日曆天內加強監測，或依指示辦理加強監測	• 手動量測 • 傾斜管開孔處理並外包覆不織布，兼作水位觀測井使用
結構物傾度盤	10 組	T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9、T10	• 結構物傾斜變化		• 手動量測
裂縫計	10 組	C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10	• 既有裂縫變化		• 手動量測
自計式水壓計	3 組	A-21-1SW A-21-2SW A-21-6SW A-24-2W(加值回饋)	• 連續地下水位變化資料	• 半自動化監測 • 每 5~30 分鐘記錄一筆資料，於定期監測時由人工回收數據	• 於執行手動監測一併回收數據
電子式水壓計	2 組	A-24-1W(加值回饋) A-24-2SW(加值回饋)	• 連續地下水位變化資料	• 自動化監測 • 每 5 分鐘自動記錄一筆資料 • 資料自動回傳至後端伺服器之資料庫，回傳頻率：平時每 6 小時回傳一次；中央氣象署發布陸上颱風警報，每 2 小時回傳一次(或更高)	• 自動化監測
斜孔式孔內伸縮計	2 組	A-24-1BEH A-24-2BEH	• 地層變位量 • 位移速率 • 滑動深度		
電子式結構物傾斜計	3 組	A-24-ET1 A-24-ET2 A-24-ET3	• 結構物傾斜變化		
電子式雨量計	1 組	A-24-R1	• 掌握計畫區降雨情形		

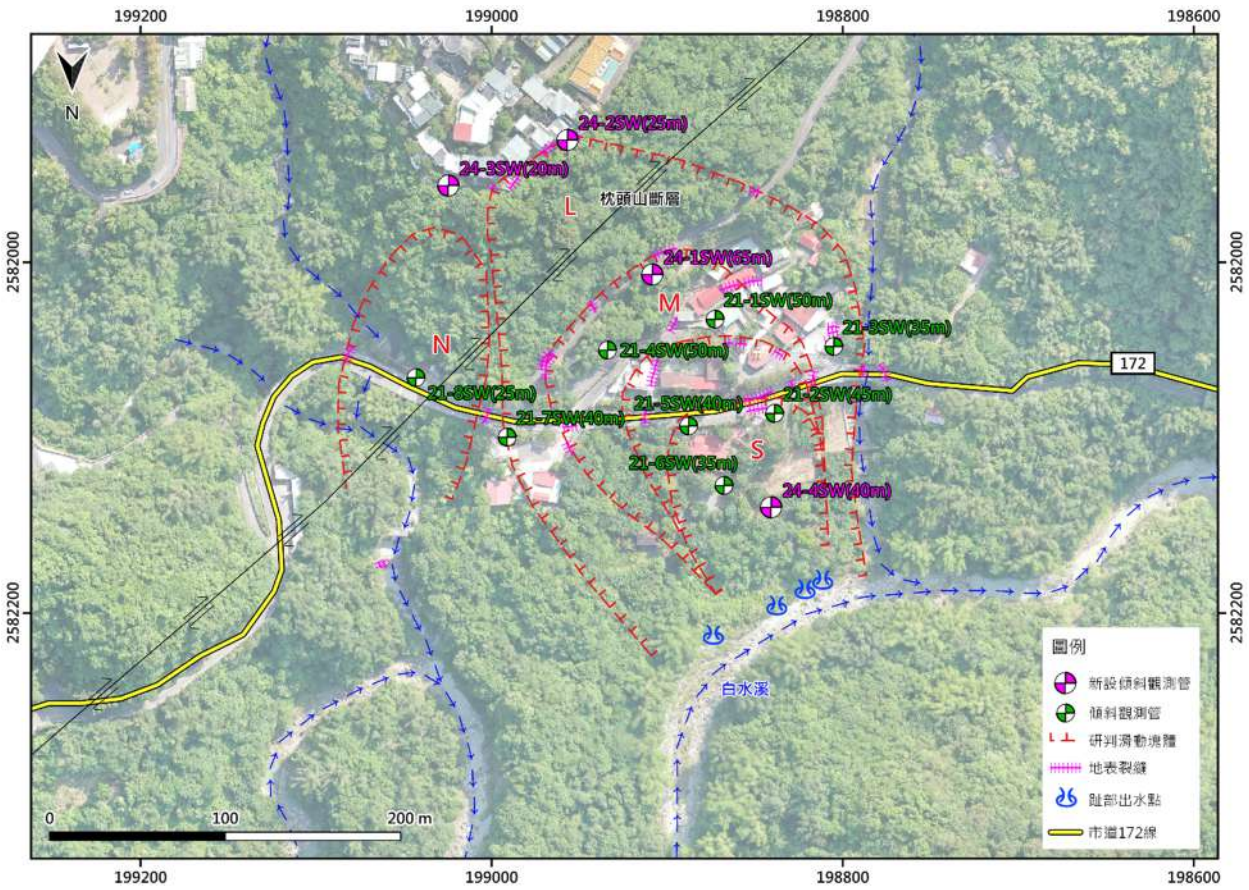


圖 3-8、172 線 42K+300 路段手動監測儀器平面位置圖

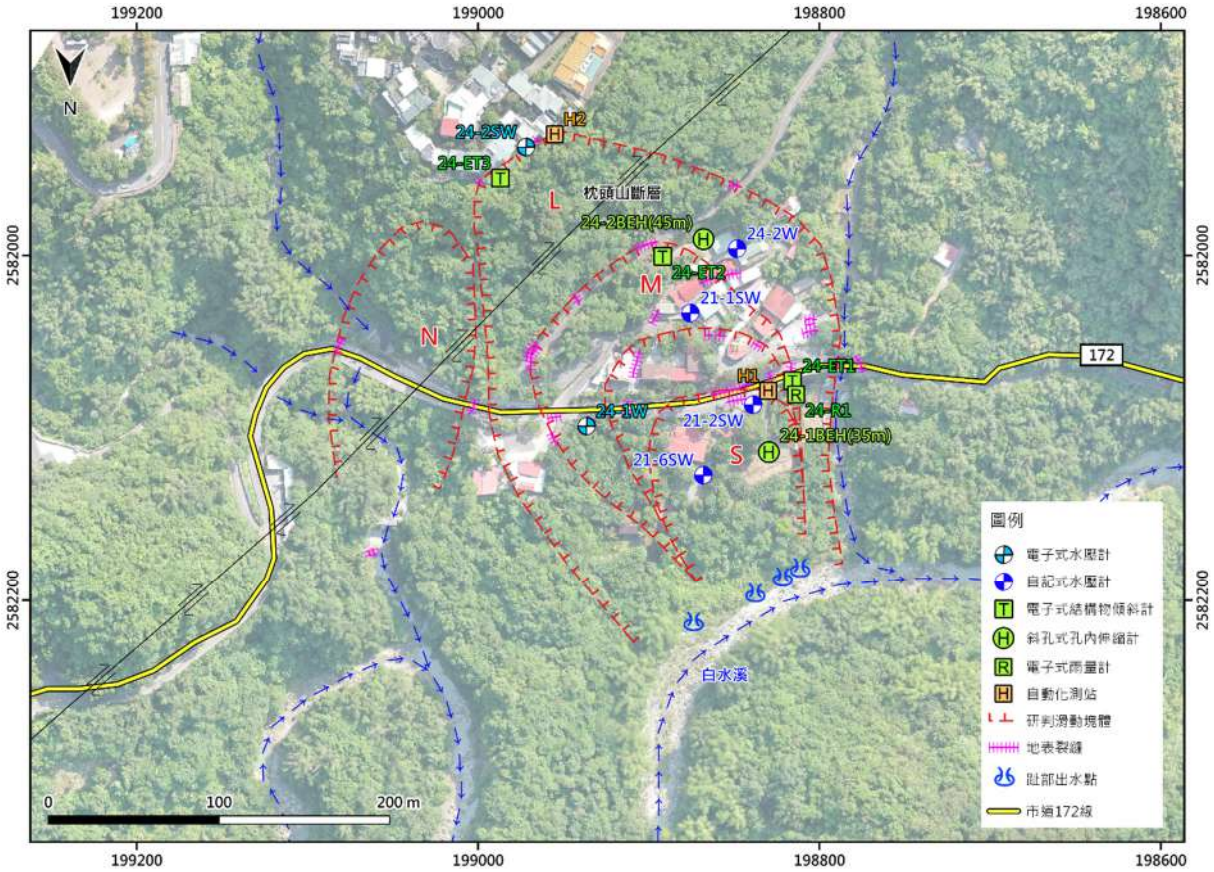


圖 3-9、172 線 42K+300 路段半自動及自動化監測儀器平面位置圖

本計畫自 113 年 11 月至 114 年 5 月監測期間,依契約規定白河市道 172 線 42K+300 路段(A 工區)共進行 2 次手動定期監測及 7 次手動特殊監測(震度 4 級以上地震事件),茲將各項監測儀器監測成果彙整說明如後。

一、降雨量

本路段設置 A-24-R1 電子式雨量計 1 組,降雨量監測成果如圖 3-10 所示,113 年 10 月前之降雨資料參考自交通部中央氣象署關子嶺雨量站。由降雨量監測成果顯示,113 年汛期間發生多次颱風及強降雨事件,113 年 5 月 28 日受鋒面影響,單日降雨量 157.5mm/日;113 年 7 月 24~26 日凱米颱風襲臺,3 日累積降雨量達 1,313.5mm,最大單日降雨量為 777.5mm/日,造成本路段邊坡有位移及土石滑落情形;113 年 9 月份受西南氣流及對流雨影響,降雨量顯著,最大單日降雨量為 123.5mm/日。本次半年監測期間為非汛期,最大單日降雨量於 114 年 4 月 13 日,降雨量為 87mm/日,其後進入汛期,後續持續關注。

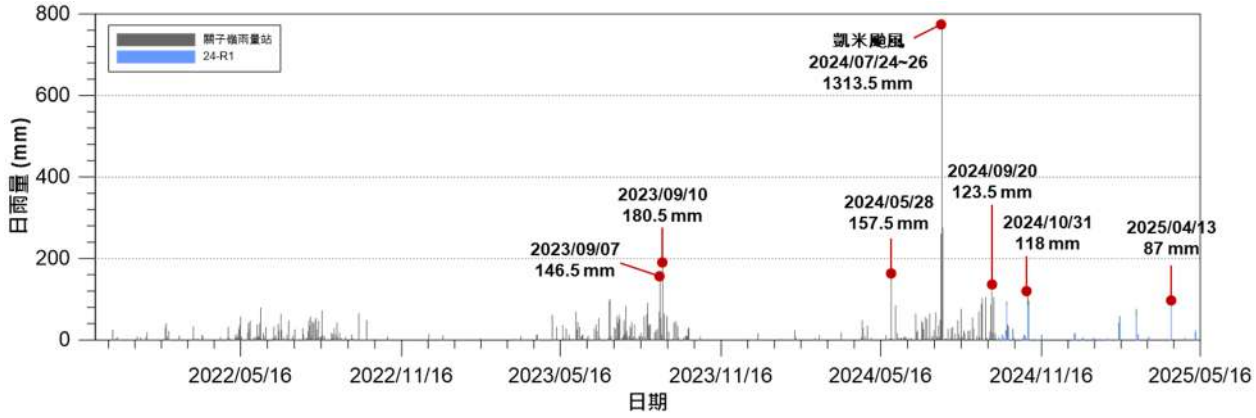


圖 3-10、172 線 42K+300 路段降雨量監測成果

二、地下水位

地下水位監測主要為 12 孔傾斜觀測管兼水位井及 2 孔水位觀測井，進行手動地下水位監測，其中 4 孔內裝設自計式水壓計(半自動化)，2 孔內裝設電子式水壓計(自動化)。

(四)手動水位監測：手動水位監測成果如圖 3-11 所示。由監測成果得知，113 年 10 月~12 月期間，部分鑽孔地下水位逐漸下降，A-21-8SW 地下水位下降約 2m、A-24-1SW 地下水位略下降約 0.5m~1m、A-24-2SW 地下水位明顯下降約 4m，其餘各孔地下水位無明顯變化。整體而言，常時地下水位仍處於較高地下水位狀態。

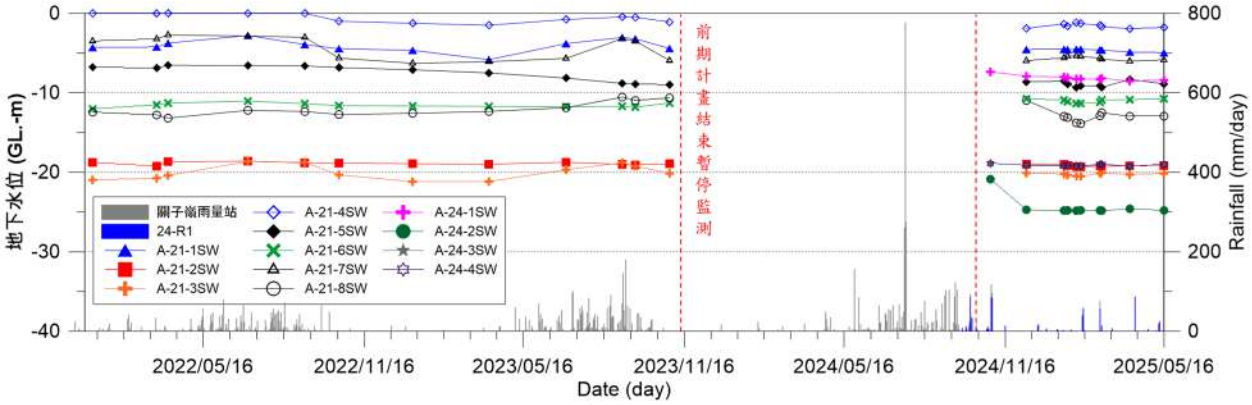


圖 3-11、172 線 42K+300 路段手動水位監測成果

(五)自計式水壓計：裝設於傾斜觀測管兼水位井 A-21-1SW、A-21-2SW、A-21-6SW 及水位觀測井 A-24-2W，計 4 組，監測成果如圖 3-12~圖 3-15 所示。由監測成果得知，位於道路上邊坡之 A-21-1SW 及 A-24-2W 常時水位介於-2~-4m，凱米颱風期間，A-21-1SW 地下水位最高上升至-1.1m，後續汛期地下水位維持於-2.1~-3m，本計畫新設之 A-24-2W 監測孔於 114 年 2 月降雨事件後，地下水位接近地表，約於 20 天後下降至常時水位；而位於道路下邊坡之 A-21-2SW 及 A-21-6SW 常時水位介於-10~-18m，乾季期間略為下降。整體而言，常時地下水位仍處於較高地下水位狀態，後續持續追蹤汛期間地下水位變化情形。

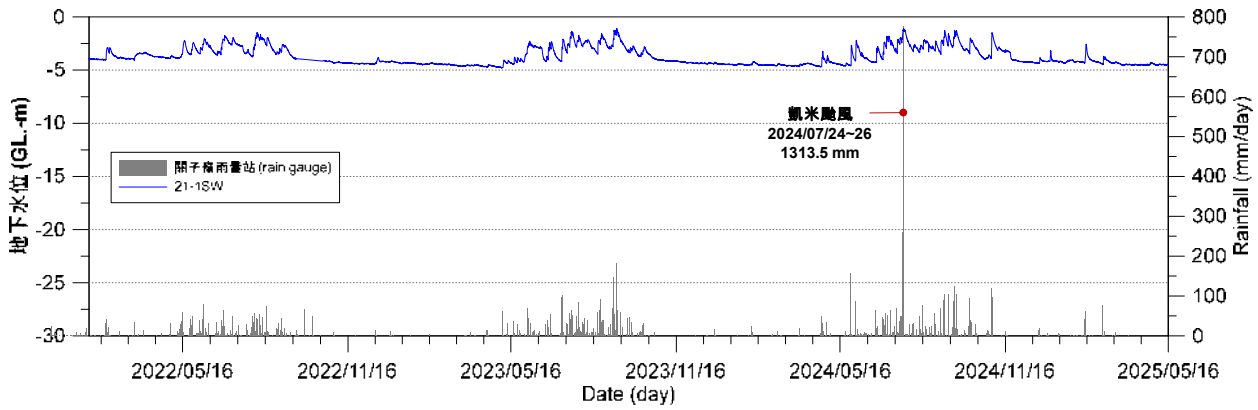


圖 3-12、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 孔自計式水壓計監測成果

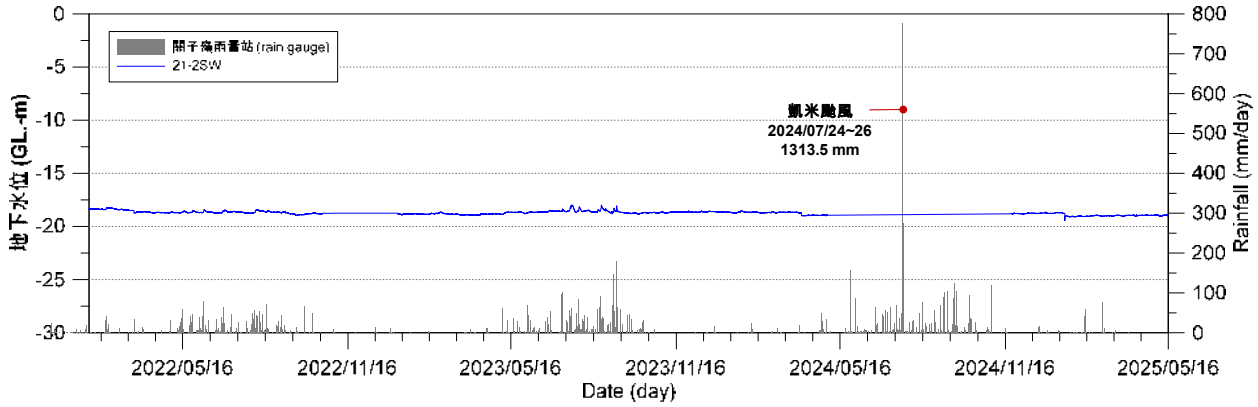


圖 3-13、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 孔自計式水壓計監測成果

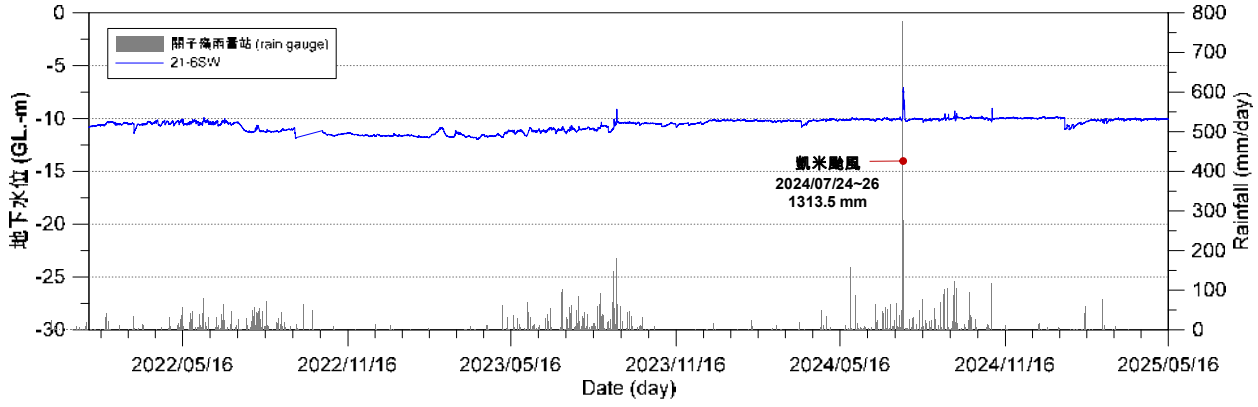


圖 3-14、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 孔自計式水壓計監測成果

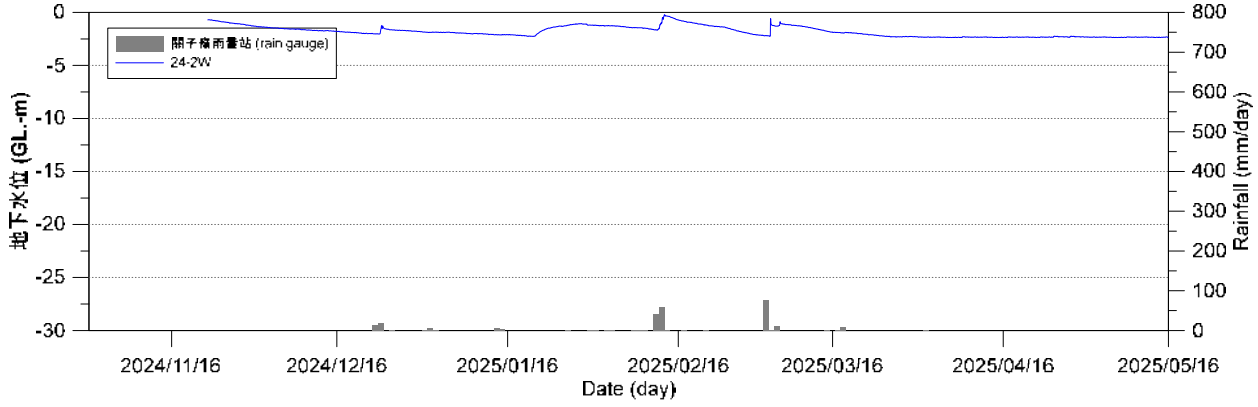


圖 3-15、172 線 42K+300 路段 A-24-2W 孔自計式水壓計監測成果

(六)電子式水壓計：裝設於 A-24-2SW 傾斜觀測管兼水位井及 A-24-1W 水位觀測井，計 2 組，監測成果如圖 3-16~圖 3-17 所示。由監測成果得知，道路上邊坡 A-24-2SW 常時地下水位約-24m，遇降雨事件後略上升約 1~2m；道路下邊坡 A-24-1W 常時地下水位約-4m，無明顯變化量，後續持續追蹤汛期間地下水位變化情形。

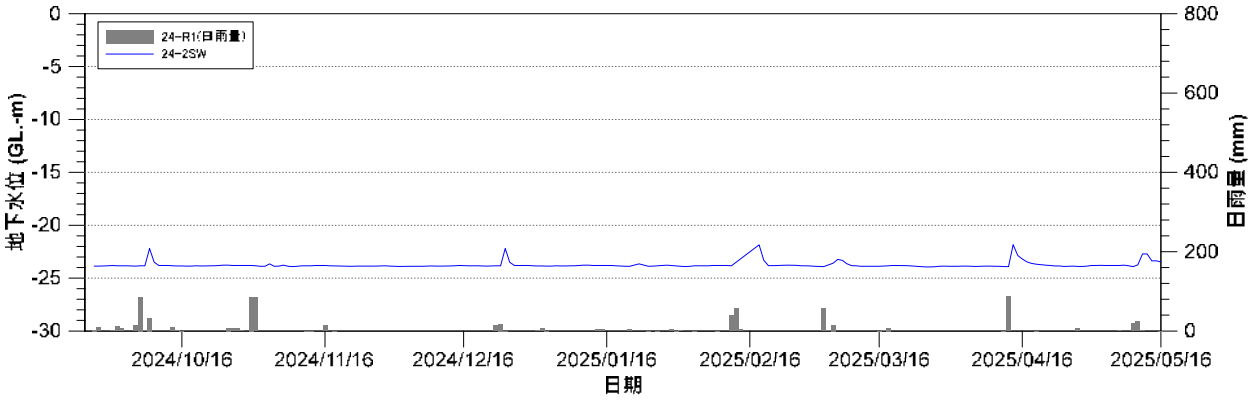


圖 3-16、172 線 42K+300 路段 A-24-2SW 孔電子式水壓計監測成果

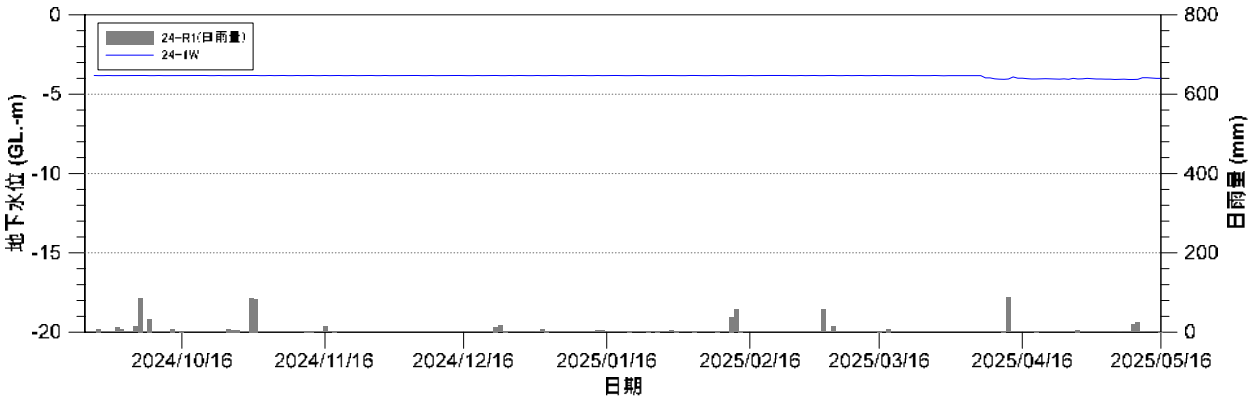


圖 3-17、172 線 42K+300 路段 A-24-1W 孔電子式水壓計監測成果

三、地表變位

(一)結構物傾度盤：本路段設置 T1~T10，計 10 組手動量測之結構物傾度盤，係為瞭解地滑區內結構體傾斜狀況。結構物傾度盤包含 1、2、3、4 四個方向，安裝儀器時將 1 方向盡量朝向下邊坡，因裝設於結構物上，其傾斜方向與邊坡滑動方向未必一致，與邊坡位移量無絕對正比關係，監測成果如圖 3-18~圖 3-19 所示。本次監測期間，T2、T4、T6 和 T9 結構物傾度盤略有產生傾斜變化量，T7 則有較明顯傾斜變化量，後續將持續追蹤傾斜變化趨勢，其餘尚無明顯傾斜量變化。

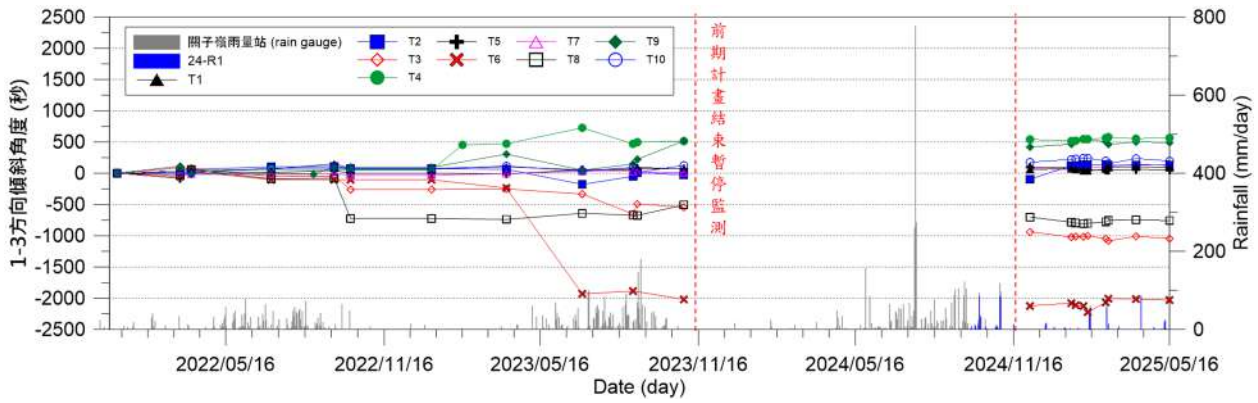


圖 3-18、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

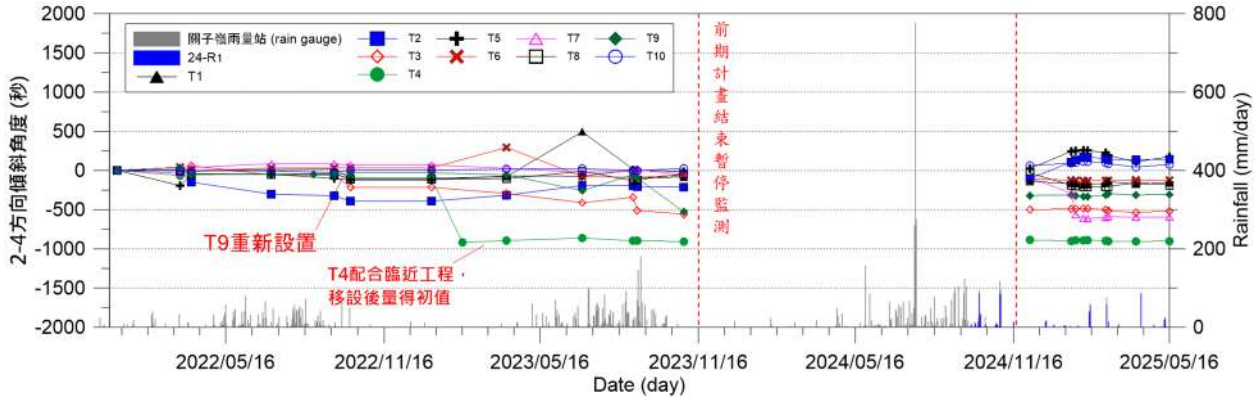


圖 3-19、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(二)電子式結構物傾斜計：本路段設置 24ET-1~24ET-3，計 3 組自動化量測之電子式結構物傾斜計，記錄結構物傾斜變化情形，監測成果如圖 3-20~圖 3-22 所示。由監測成果顯示，114 年 1 月 21 日大埔地震影響，24ET-1 結構物傾斜計產生約 300 秒傾斜變化量，後續連續地震累積約 150 秒傾斜變化量，其餘傾斜計尚無明顯傾斜量變化，後續將持續追蹤傾斜變化趨勢。

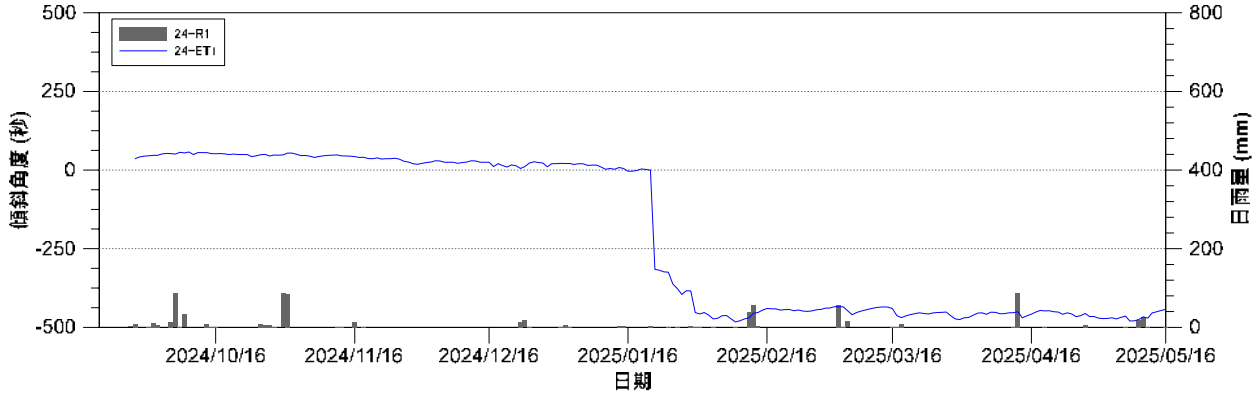


圖 3-20、172 線 42K+300 路段 A-24-ET1 電子式結構物傾斜計監測成果

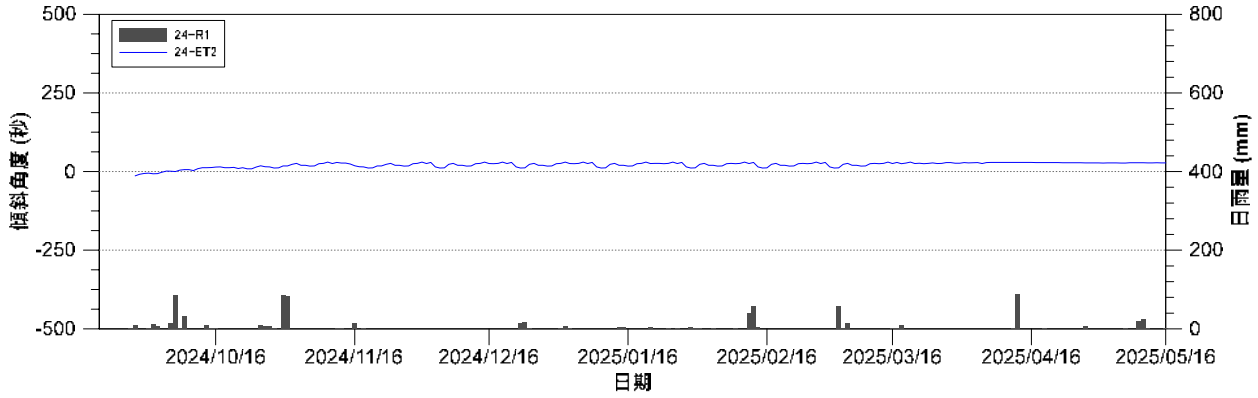


圖 3-21、172 線 42K+300 路段 A-24-ET2 電子式結構物傾斜計監測成果

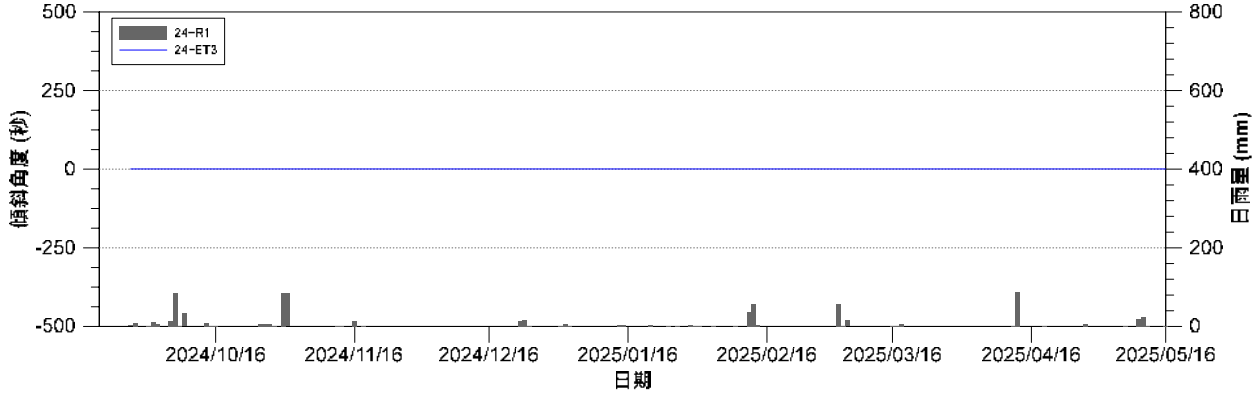


圖 3-22、172 線 42K+300 路段 A-24-ET3 電子式結構物傾斜計監測成果

(三)裂縫計：本路段設置 C1~C10，共計 10 組手動量測之裂縫計，監測成果如圖 3-23 所示。由本次監測成果與前期量測成果比對，C10 裂縫計由 1.4mm 增加為 3.3mm，變位量約 1.9mm。經 114 年 1~2 月連續地震後，C4 裂縫計產生約 1.0mm 變位量；C10 裂縫計產生約 3.0mm 變位量，其餘裂縫計尚無明顯變化，後續將持續追蹤裂縫變位情形。

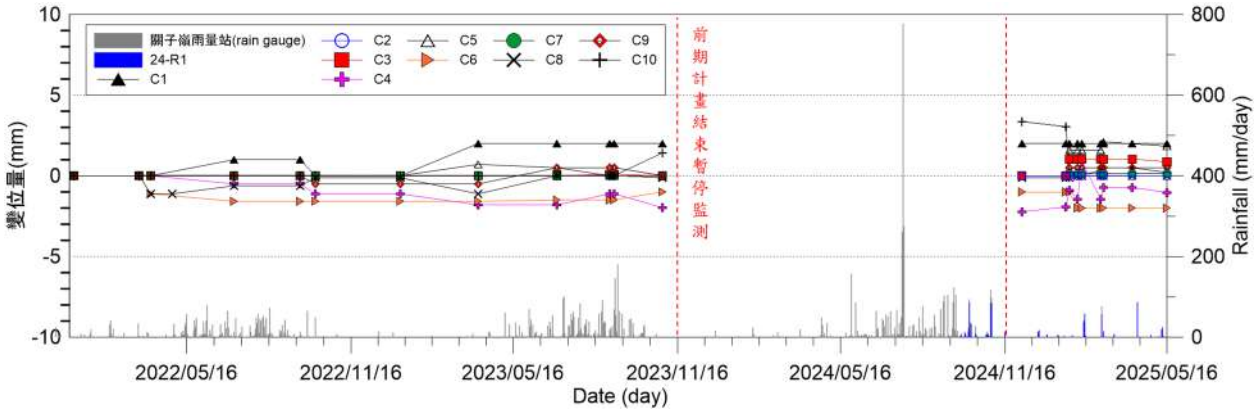


圖 3-23、172 線 42K+300 路段裂縫計監測成果

四、地層變位

(一)傾斜觀測管：本路段設置有既有 A-21-1SW~A-21-8SW 及本計畫新設之 A-24-1SW~A-24-4SW 傾斜觀測管，共 12 孔，監測成果如圖 3-24~圖 3-35 所示。民國 113 年期間發生多次颱風事件，其中於 7 月 24~26 日凱米颱風 3 日累積降雨量達 1,313.5mm，最大單日降雨量為 777.5mm/日，導致本路段有明顯位移情形，由監測成果顯示，位於道路上邊坡之傾斜觀測管，A-21-1SW 於深度-32m 處存在明顯滑動面，A-21-3SW 於深度-20~-22m 略有位移趨勢，A-21-4SW 於深度-20~-22m 存在明顯滑動面，上述 3 孔推估受 M 滑動塊體滑移所致；位於道路下邊坡之傾斜觀測管，A-21-2SW 於深度-42~-45m 有明顯位移趨勢，A-21-5SW 及 A-21-6SW 於深度-35~-40m 有明顯位移趨勢，上述 3 孔推估受 S、M 及 L 滑動塊體滑移所致，且可能存在更深層滑動面；A-21-7SW 於深度-25~-26m 存在明顯滑動面，推估為 L 滑動塊體；A-21-8SW 於深度-10.5~-11m 存在明顯滑動面，推估為 N 滑動塊體。

114 年 1~2 月發生多起地震事件，其中 114 年 1 月 21 日地震白河地區震度達 5 弱級，由監測成果顯示，既有傾斜觀測管 A-21-1SW~A-21-8SW 於推估滑動面深度皆有明顯位移趨勢；本計畫新設置 A-24-1SW~A-24-4SW，共 4 孔傾斜觀測管，其中 A-24-1SW 於深度-34~-36m 略有位移趨勢，推估為 M 及 L 滑動塊體滑移所致，深度-36m 以下呈現 S 形曲線，研判略受地層沉陷壓密所致，惟是否有更深之滑動面，後續將持續關注釐清；位於坡頂社區內 A-24-2SW 及 A-24-3SW 於淺層略有位移增量，惟其趨勢及位移量尚小，是否受到 L 滑動塊體或 N 滑動塊體滑移影響，後續將持續關注釐清；位於道路下邊坡 A-24-4SW 於深度-36~-38m 有明顯滑動面，推估受 S、M 及 L 滑動塊體滑移影響所致。

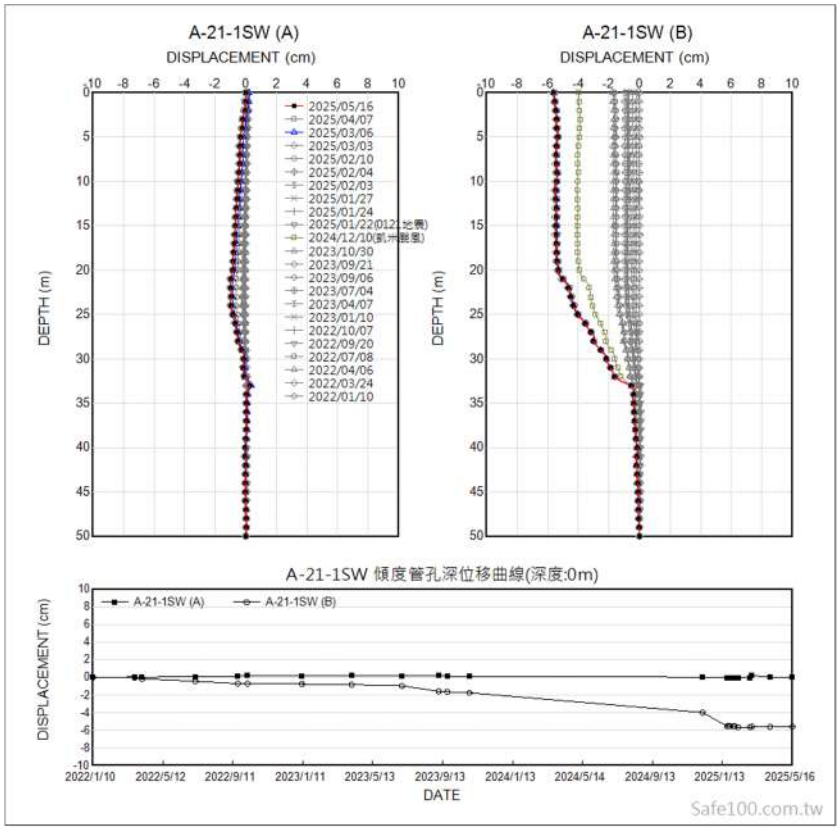


圖 3-24、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 傾斜觀測管監測成果

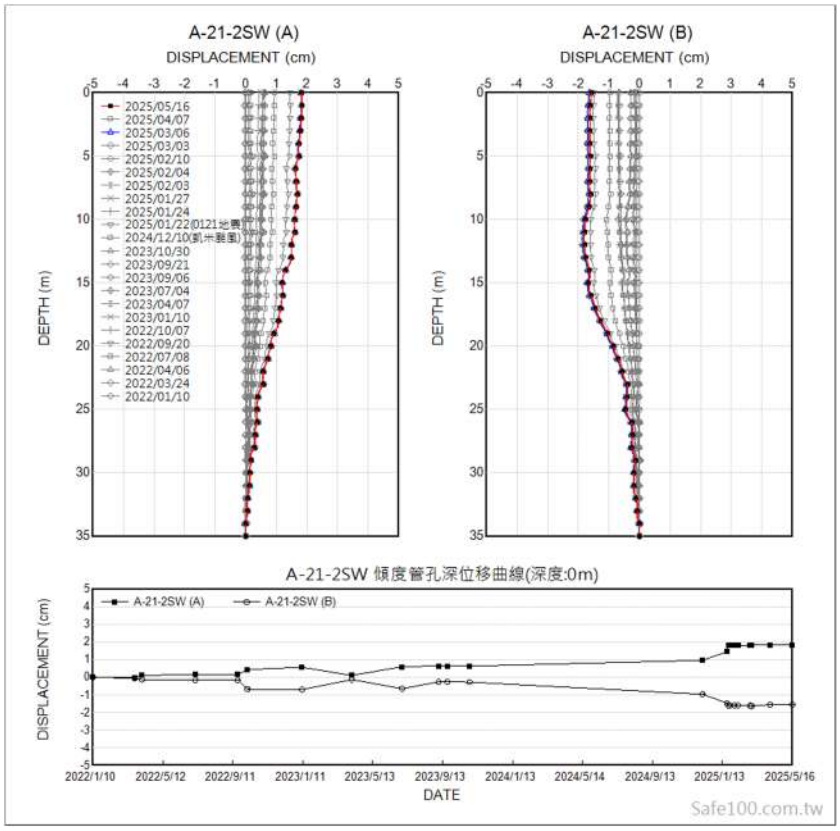


圖 3-25、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 傾斜觀測管監測成果

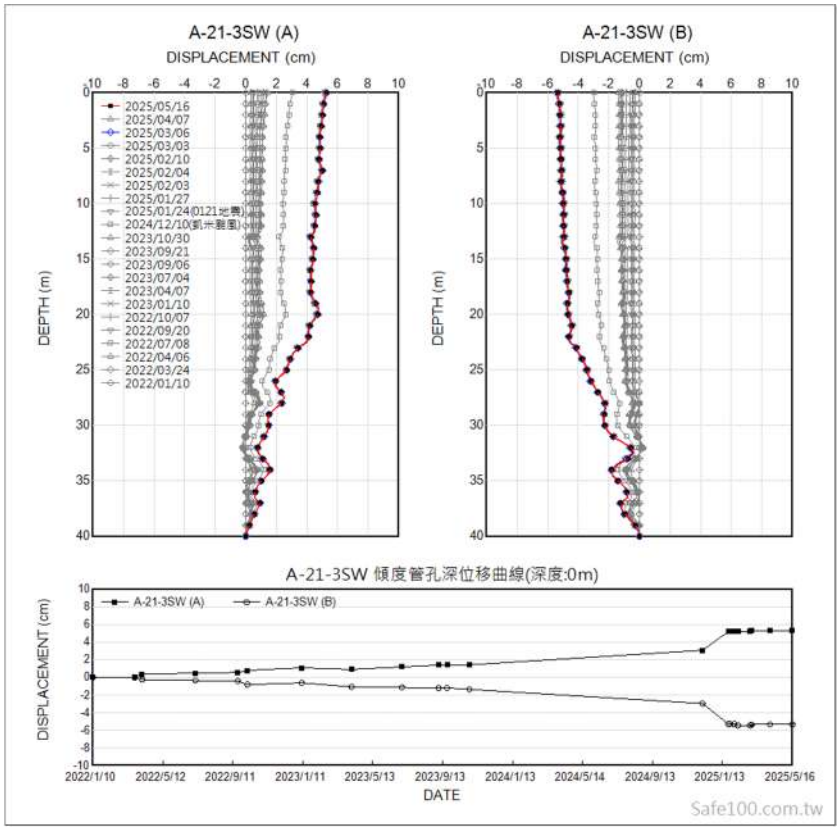


圖 3-26、172 線 42K+300 路段 A-21-3SW 傾斜觀測管監測成果

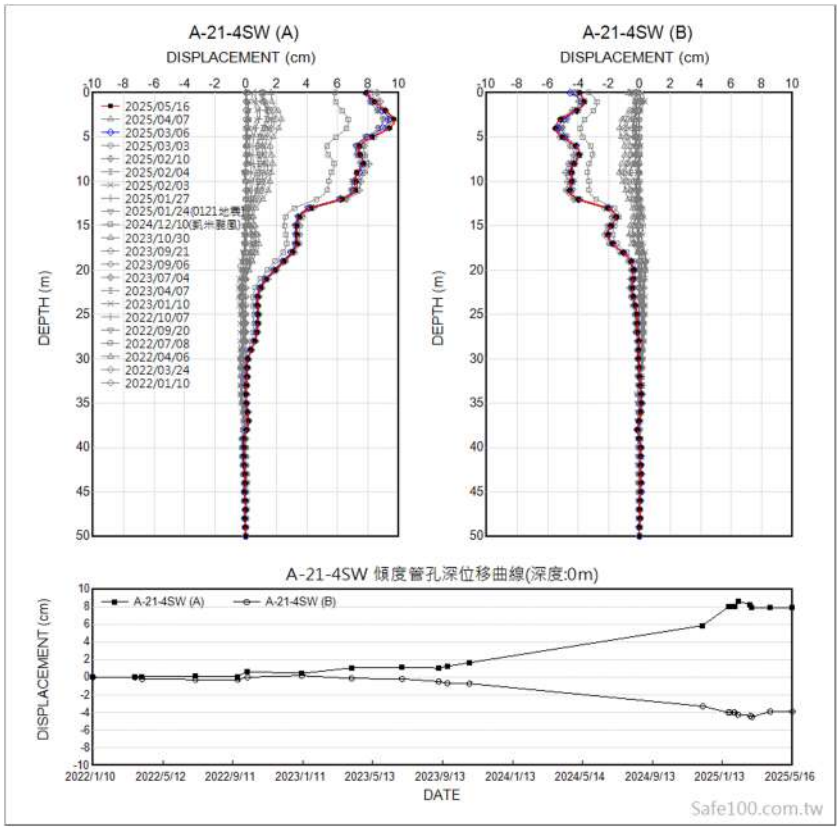


圖 3-27、172 線 42K+300 路段 A-21-4SW 傾斜觀測管監測成果

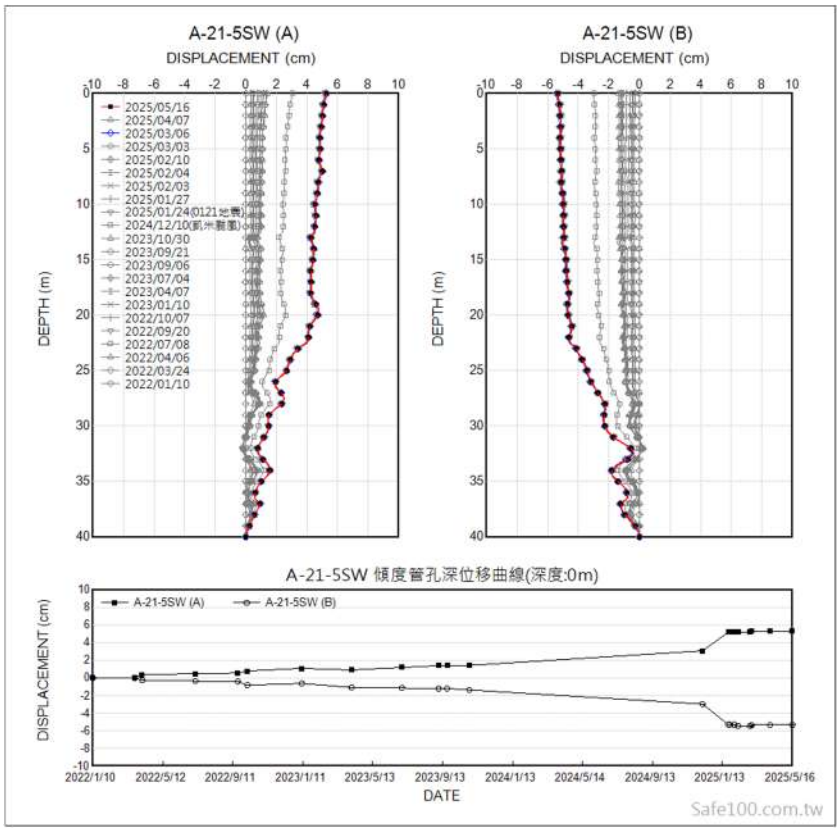


圖 3-28、172 線 42K+300 路段 A-21-5SW 傾斜觀測管監測成果

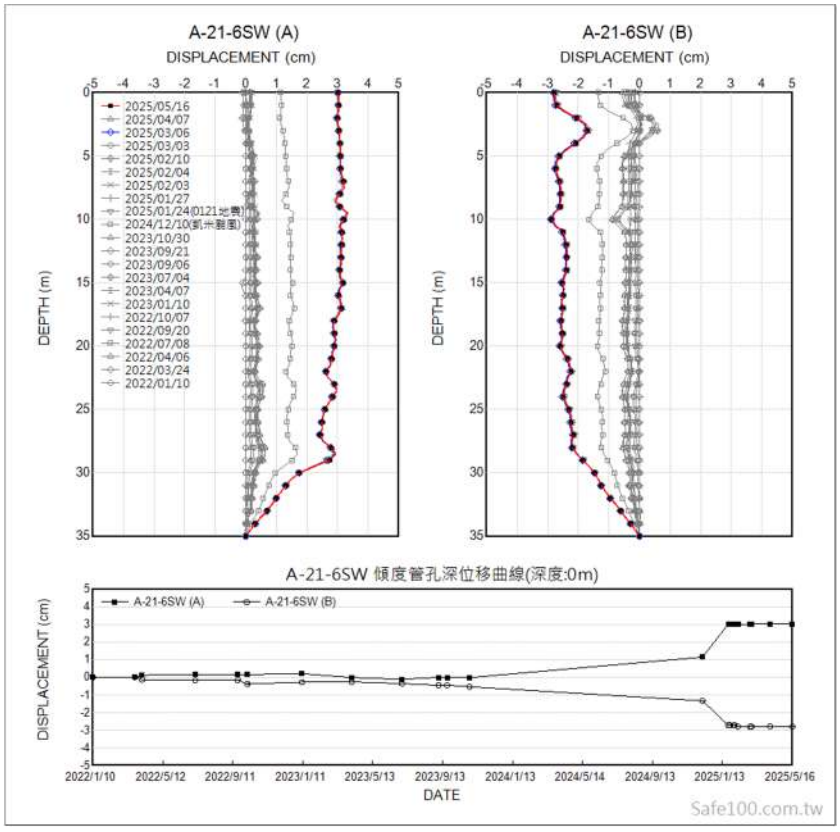


圖 3-29、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 傾斜觀測管監測成果

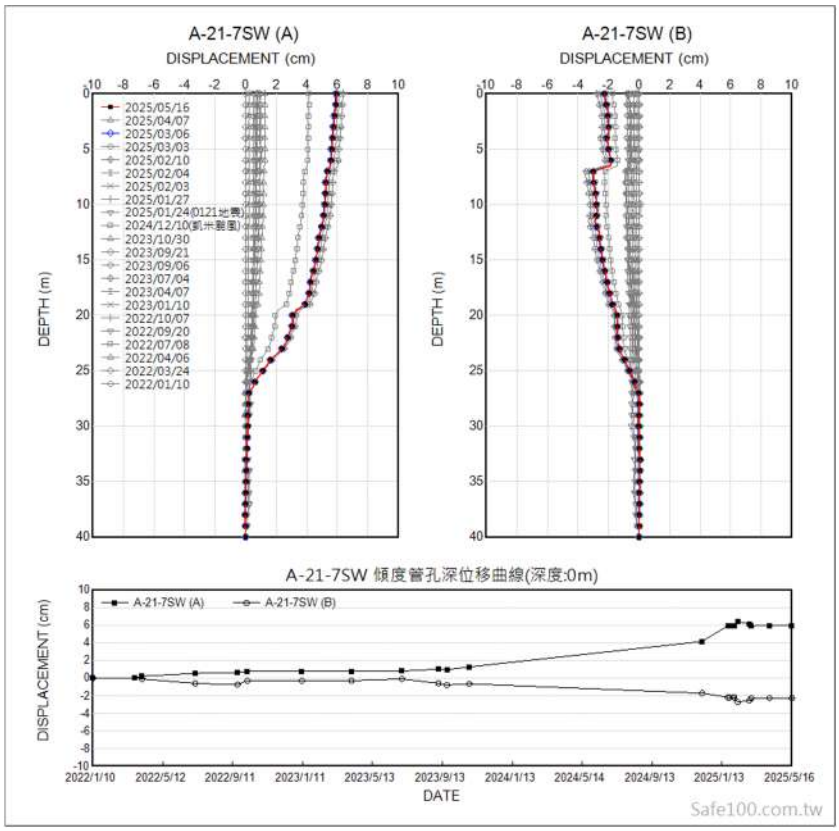


圖 3-30、172 線 42K+300 路段 A-21-7SW 傾斜觀測管監測成果

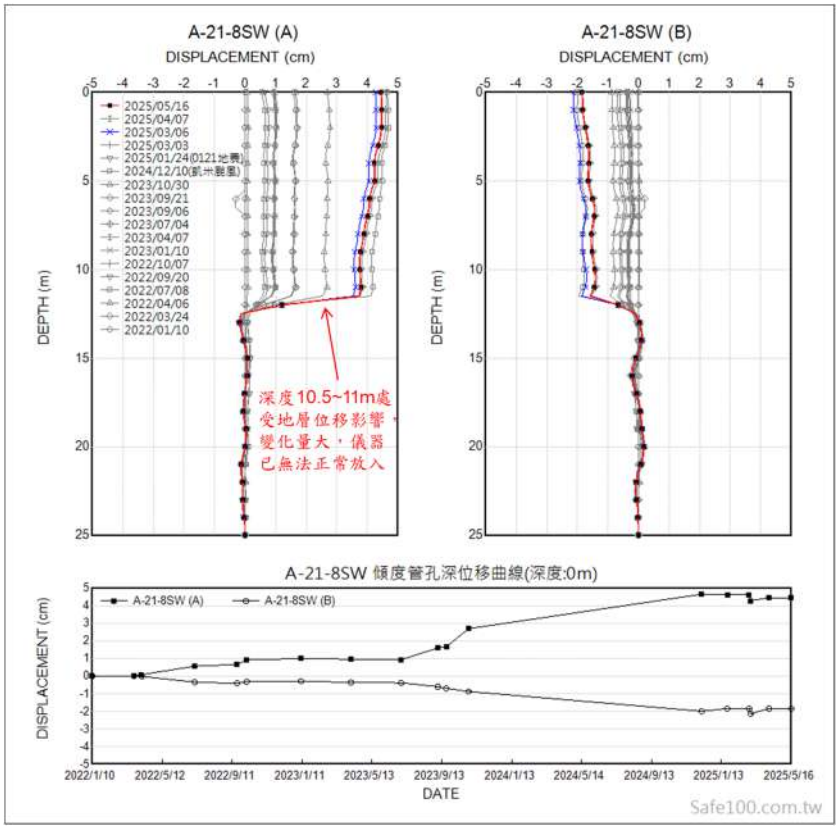


圖 3-31、172 線 42K+300 路段 A-21-8SW 傾斜觀測管監測成果

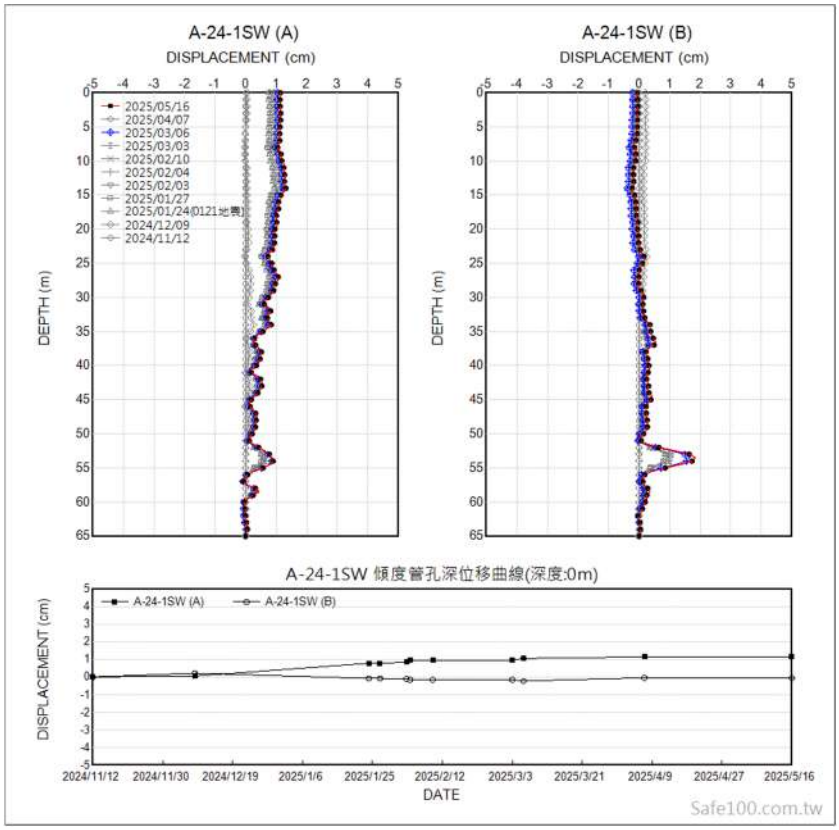


圖 3-32、172 線 42K+300 路段 A-24-1SW 傾斜觀測管監測成果

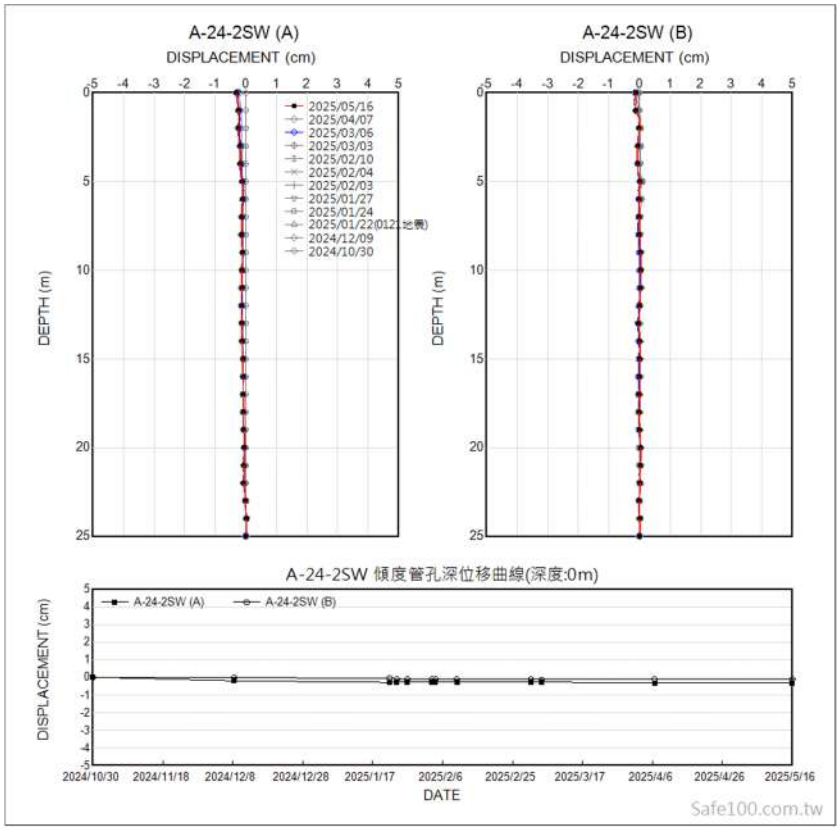


圖 3-33、172 線 42K+300 路段 A-24-2SW 傾斜觀測管監測成果

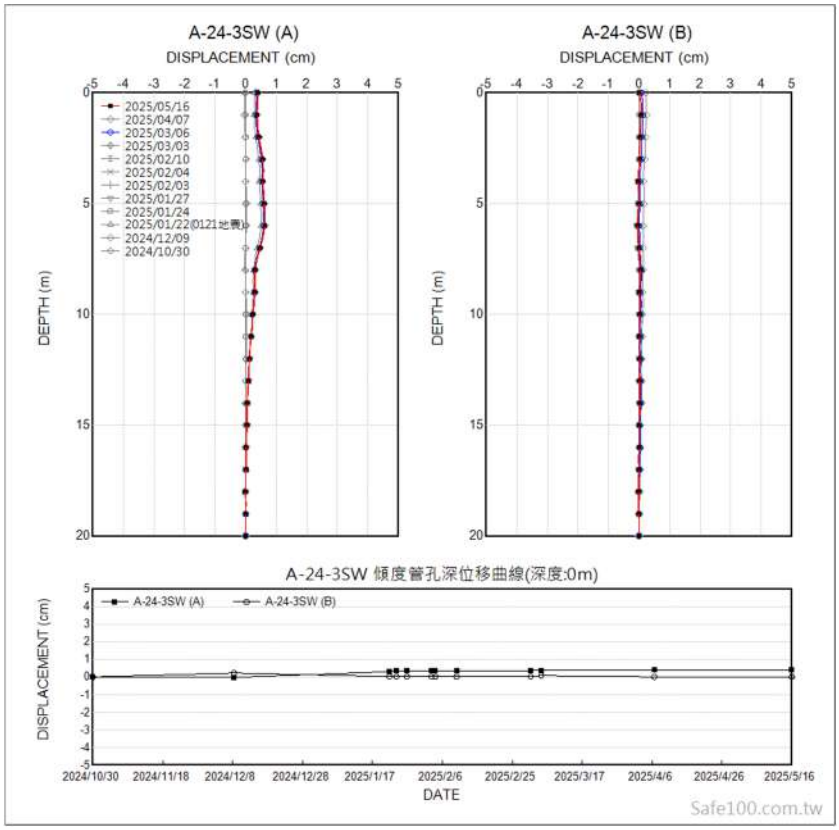


圖 3-34、172 線 42K+300 路段 A-24-3SW 傾斜觀測管監測成果

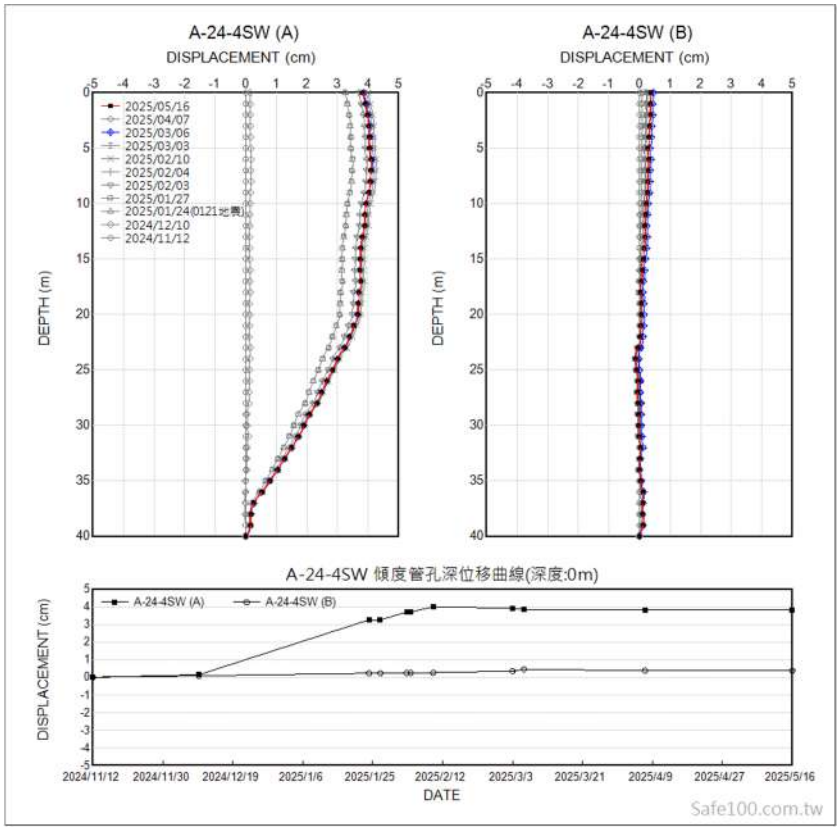


圖 3-35、172 線 42K+300 路段 A-24-4SW 傾斜觀測管監測成果

(二)孔內伸縮計：本路段設置 A-24-1BEH 及 A-24-2BEH，共 2 孔斜孔式孔內伸縮計，監測成果如圖 3-36~圖 3-37 所示。本次監測期間，A-24-1BEH 及 A-24-2BEH 尚無位移產生，後續將持續監測追蹤。

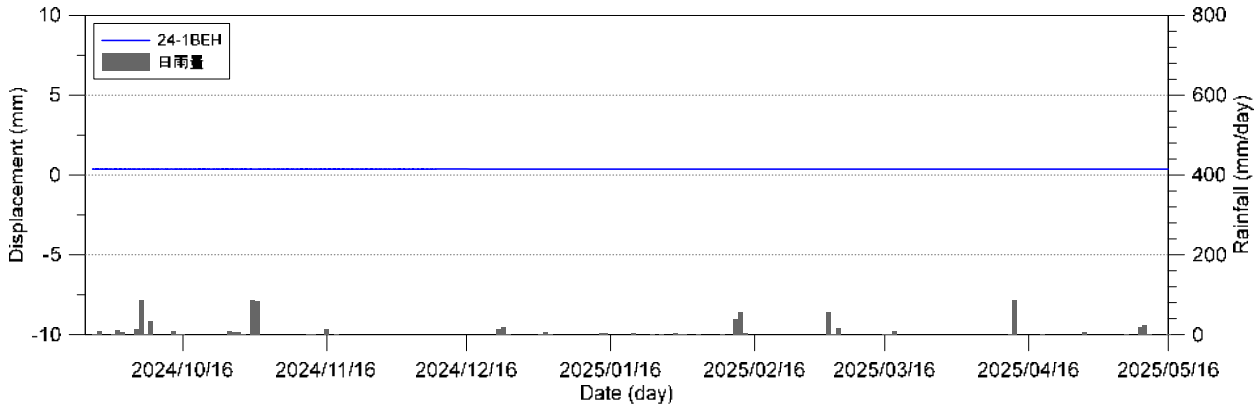


圖 3-36、172 線 42K+300 路段 A-24-1BEH 孔內伸縮計監測成果

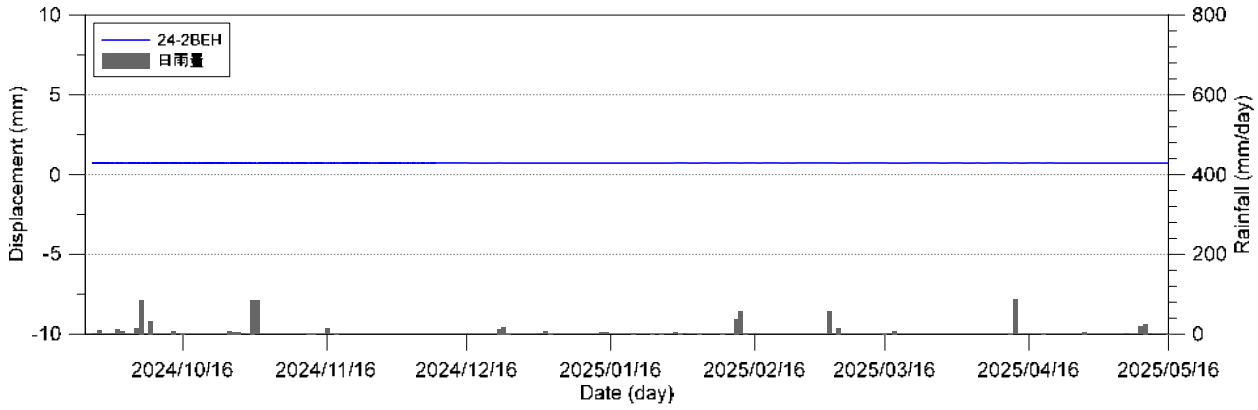


圖 3-37、172 線 42K+300 路段 A-24-2BEH 孔內伸縮計監測成果

3.1.5 監測成果綜合研判

本計畫彙整市道 172 線 42K+300 路段(A 工區)之調查及監測成果，加以綜合分析，分別以「地表地質調查」、「地下水位變化」及「地層變位」三部份說明如下：

一、地表地質調查

本路段受枕頭山斷層通過，地層條件較破碎，邊坡趾部位於白水溪攻擊岸曾發生滑動災害。由地質鑽探成果可知，岩層組成較為破碎，且局部含較軟弱厚層剪裂帶，易形成滑動帶或滑動面，不利於邊坡穩定。道路路基及上邊坡側已進行地錨補強，惟現況部份地錨錨頭鬆脫損壞，研判為邊坡滑動導致鋼腱拉斷，汛期時部份地錨錨頭有大量滲水情形，顯示地下水豐沛或存在受壓水層；道路路面多處有張力裂縫及陷落情形，且裂縫有持續擴大趨勢；位於坡頂社區內多處設施有開裂或沉陷情形，經多次修補仍持續損壞，顯示邊坡滑動持續發生。

二、地下水位變化

本路段常時地下水位處於較高地下水位狀態，乾季時約-1.5~-20.0m，其中 A-21-4SW、A-24-2W 於降雨事件後，地下水位接近地表或湧出孔口。道路上下邊坡坡面水平集水管出水狀況顯著,顯示地下水豐沛或存在受壓水層。後續將持續監測追蹤地下水位變化。

三、地層變位

由現場勘查及監測資料得知，本路段邊坡滑動區域內多處路面及設施有裂縫或沉陷情形，分布範圍甚廣。由監測成果顯示，經過 113 年凱米颱風及汛期降雨事件，S、M、L 及 N 滑動塊體皆有明顯滑動情形，滑動速率較前期多 0.1~0.3cm/月(表 3-3)；本次監測期間雖為乾季，惟頻繁地震事件也導致 S、M、L 及 N 滑動塊體有明顯位移增量(圖 3-38)。其後進入汛期，評估若有長延時或強降雨事件，本路段將產生更大滑動位移量，應加以關注。後續將持續監測追蹤地層變位情形，以確實掌握各滑動塊體影響之範圍及深度。

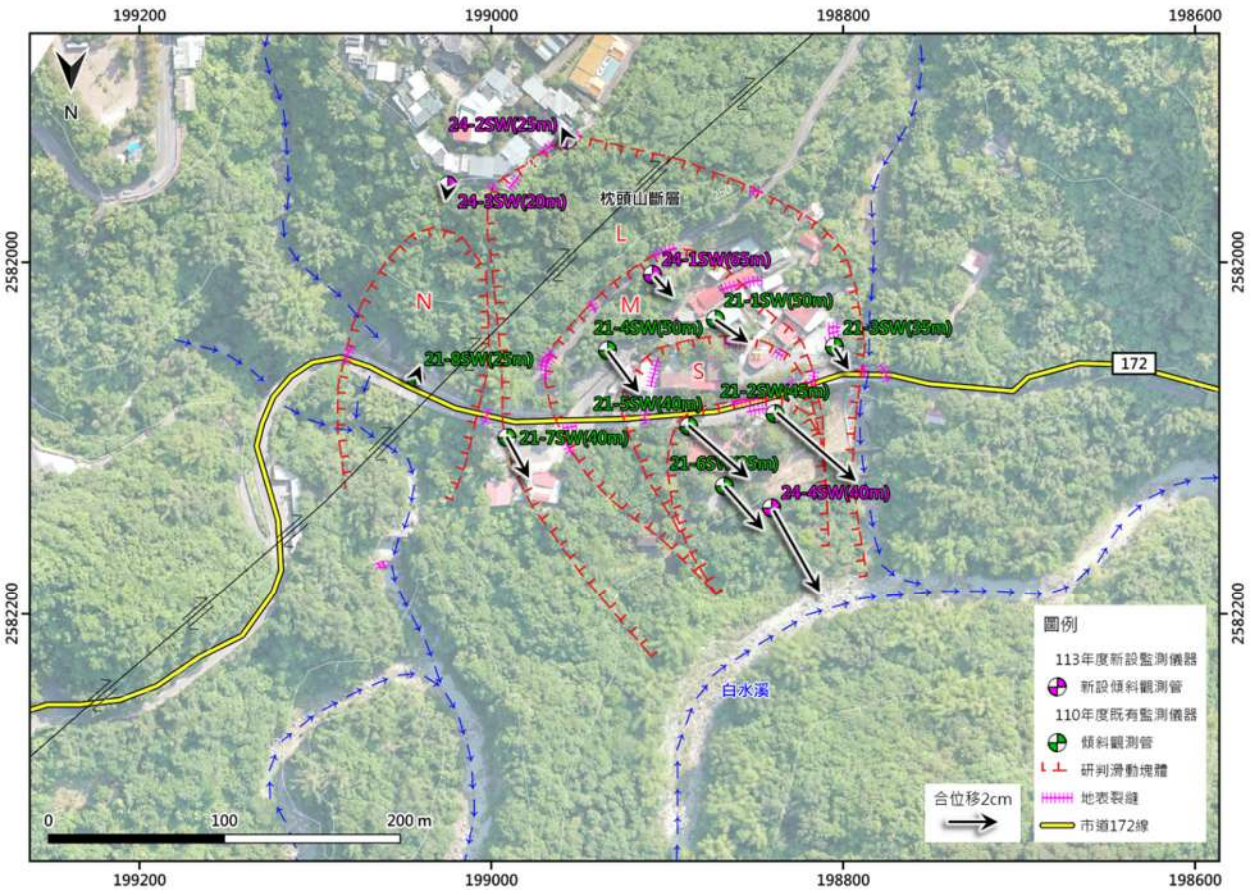


圖 3-38、172 線 42K+300 路段孔口合位移量圖
(本次監測期間 113 年 11 月~114 年 5 月)

表 3-3、172 線 42K+300 路段傾斜觀測管孔口合位移速率總表

編號	位移速率(cm/月)			位移趨勢研判	滑動深度研判
	前期監測 111 年 1 月 ~112 年 10 月	監測停止期間 112 年 11 月 ~113 年 10 月	本期監測 112 年 11 月 ~114 年 5 月		
A-21-1SW (50m)	0.08	0.17	0.23	○	-32m 有明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
A-21-2SW (45m)	0.09	0.18	0.61	○	-42~-45m 有明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
A-21-3SW (35m)	0.03	0.06	0.15	△	-20~-22m 略有位移趨勢，朝下邊坡方向
A-21-4SW (50m)	0.09	0.38	0.30	○	-20~-22m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
A-21-5SW (40m)	0.07	0.18	0.46	○	-35~-40m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
A-21-6SW (35m)	0.02	0.11	0.34	○	-35~-40m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
A-21-7SW (40m)	0.07	0.24	0.27	○	-25~-26m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
A-21-8SW (25m)	0.14	0.17	0.02	○	-10.5~-11m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
A-24-1SW (65m)	-	-	0.16	△	-34~-36m 略有位移趨勢，朝下邊坡方向
A-24-2SW (25m)	-	-	0.05	×	位移趨勢及位移量尚小
A-24-3SW (20m)	-	-	0.06	×	位移趨勢及位移量尚小
A-24-4SW (40m)	-	-	0.55	○	-36~-38m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向

註：「○：已有明確趨勢　△：略有趨勢　×：尚無明顯趨勢」

3.1.6 初步規劃改善工程

42K+300 路段受到長期地層滑動影響，道路、房舍及擋土牆多處產生張力裂縫及陷落，使道路擋土設施及排水設施損壞，加上房舍區域地表排水系統不足，大雨時地表水無法及時排除，將由設施裂縫入滲至邊坡內或沖蝕坡面；道路旁地錨擋土牆有大量地下水滲出，研判邊坡地下水位較高，不利邊坡穩定。故整體改善對策採用「排水為主，擋土為輔」為整治方針，規劃採用三層次排水理念，首先應全面檢討道路及坡面排水系統，以分區排水方式加速導引地表水至下邊坡，減少地表水入滲及沖蝕災害。

經居民洽詢說明，本路段邊坡每逢汛期豪大雨或颱風，地層滑動明顯加速，故研判地下水位較高及上升，應為邊坡滑動主要誘因，加上坡趾處長期受白水溪側向侵蝕，不利整體邊坡穩定。

本路段短期已於民國 112 年 5 月 4 日進行「111 年 8 月豪雨白河區關嶺里市道 172 線 42K+300 道路邊坡災後復建工程」，於坡中及坡趾處施打 2 道坡面水平集水管，降低滑動區域內地下水上升幅度，將於本案持續追成效。後續短期規劃於邊坡頭部之房舍區域，施作截水溝截流，並施作多道縱向排水設施加以分區排水，安全導排至既有道路排水系統，減少地表漫流或地表水入滲至地滑邊坡中；中長期整治規劃上，L 滑動塊體坡頂區域之地下水可能補助來源，初步規劃增設坡面水平集水管，並增加施作 4 座大口徑集水井，以攔截及導排地下水，提升邊坡整體穩定性，整體邊坡穩定改善規劃如圖 3-39 所示，而坡趾則規劃施作擋土牆溪岸保護設施，避免邊坡受溪流長期側向侵蝕，導致邊坡失穩，並於設施基礎打設基樁穩定邊坡；N 滑動塊體則建議於坡趾部分增設 RC 護岸及坡面水平集水管，並於溪床上規劃 3 座防砂壩，用以減少溪床向下掏蝕，導致邊坡失穩。

一、地表排水系統改善：現況道路邊溝及房舍多受地層滑動影響，產生多道張力裂縫，使地表水易快速沿裂縫入滲邊坡內，故規劃截排水溝截除區域外地表水，並可加快區內排水速度，配合道路排水設施加以導排至下游溪溝。

二、坡面排水改善：現況道路及邊坡地表水沿著道路邊溝及蝕溝流下，由道路邊溝加以匯流，較無坡面縱向排水設施加以分流，若豪大雨時逕流集中可能將溢流至路面或沖流下邊坡，易形成蝕溝或沖蝕溝，規劃 2~3 道縱向噴凝土陡槽溝，加以安全導排及消能至坡趾，以提升邊坡穩定性。

三、坡面水平集水管(中淺層地下水導排)：邊坡地下水位較高，於汛期集中降雨時，可能使局部區域地下水位上升接近地表，再經由擋土牆大量滲出。故將參考地下水位升降觀測及地電阻探測成果，規劃於邊坡坡中及坡趾施打坡面水平集水管，加以導排邊坡內之地下水，降低地下水壓，可採均勻分佈或以扇形方式打設，長度約 70 公尺，再由縱向噴凝土陡槽溝安全導排至下方坡趾。

四、大口徑集水井(中深層地下水導排)：經綜合研判本地滑區局部地下水位較高，研判地下水位上升係為誘發邊坡快速滑動之主因之一，故初步規劃分 2 期施作 4 座大口徑集水井工法，加以導排邊坡中深層地下水，期使地下水位低於滑動面以下，提升邊坡長期穩定性並有效降除暴雨時上升之地下水位。W2 集水井(ϕ=4.5m)，深度約 30m，目的為優先攔截地滑區外可能補注之地下水流徑，以減緩滑動速率；於滑動速率明顯減緩後，於地滑區內接續施作 W1、W3 及 W4 集水井(ϕ=4.5m)，深度約 25~30m，目的為降除地滑區內具有地下水快速上升之區域，將地滑區內地下水上升量，控制於滑動面之下，提高整體邊坡穩定性。而大口徑集水井造價高，其規劃需俟將詳細的地質及地下水調查綜合研判，找出地下水位上升區位及可能流徑，並妥為規劃大口徑集水井主要設計要素，包括井位、井深以及集、排水管方位、長度等，據以作為細部設計之參考，並在施

工中加強要求集水管打設效益，其後配合長期監測追蹤滾動式修正治理規劃。

農舍區增設地表排水設施
(175 線 25K+410)地滑區

綜合研判地下水流徑，以坡面集水管成功大量排出地下水
(中間解說站南側地滑區)

研判地下水流徑，大口徑集水井大量排出地下水
(臺北石碇大崙山地滑區)

五、護岸擋土牆+基樁工法：於 42K+300 路段下邊坡坡趾，規劃進行攻擊溪岸保護，將於坡趾進行整坡後，施作直立式面牆擋土牆，基礎則採施作 10m 長之基樁加固，以提高抗滑及沖刷之能力，必要時於護岸擋牆上施拉隱形預力地錨，加以提升其抗滑能力，此部分應可邀集相關單位協力施作。

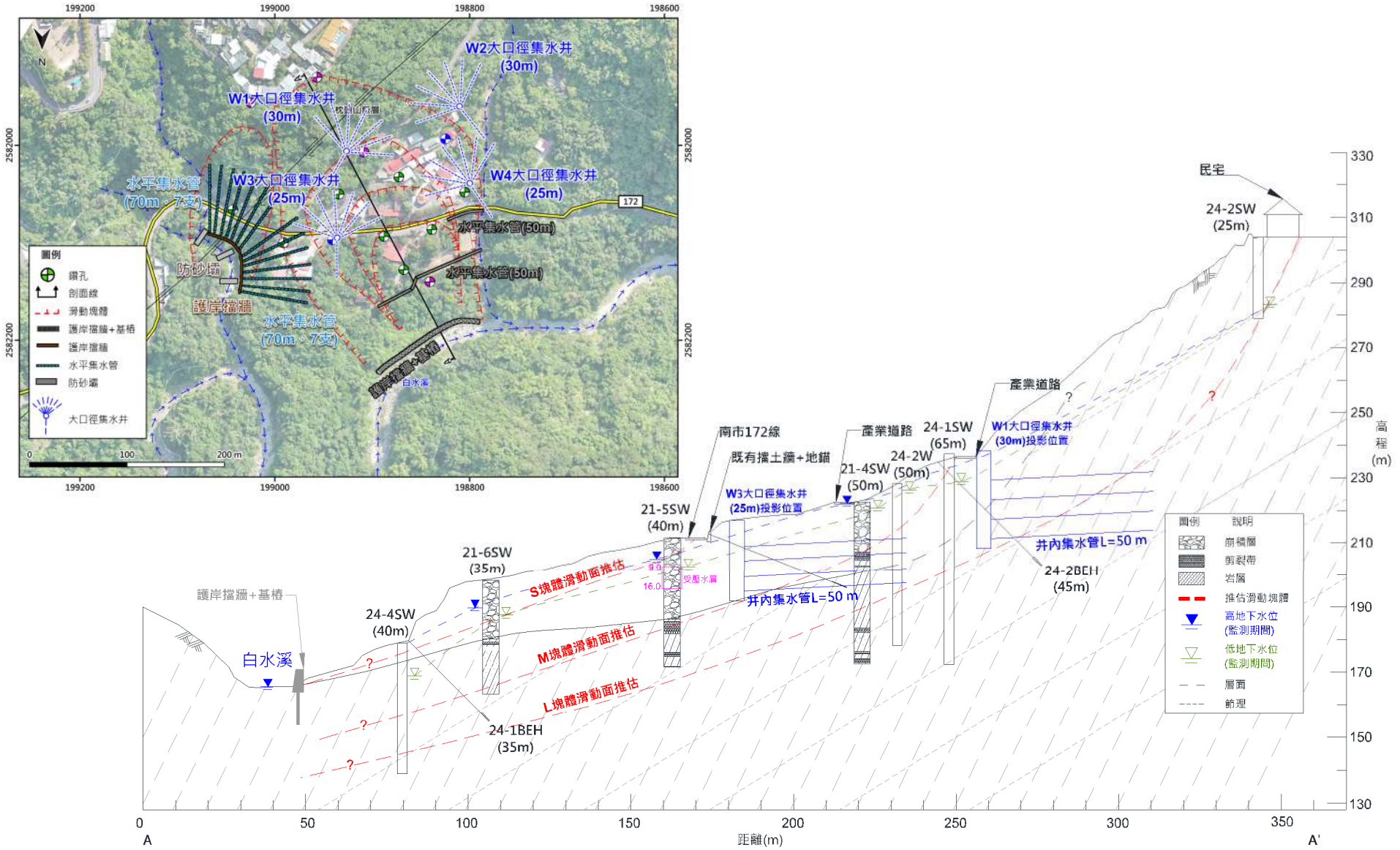


圖 3-39、172 線 42K+300 地滑邊坡整治規劃配置圖

3.2 市道 172 線 42K+980 路段(B 工區)

3.2.1 區域地質

本計畫區依據資料蒐集及現場調查成果等，繪製區域地質圖，如圖 3-40 所示。由於本路段地層上部多為道路、住宅區及崩積層覆蓋，露頭甚少，故岩層分布、走向及位態除實地量測外，亦參考經濟部地質調查及礦業管理中心公告之五萬分之一區域地質圖及其他資料一併考量。

依基本資料蒐集、地表地質調查及地質鑽探調查成果顯示，本計畫區鄰近六重溪斷層及枕頭山斷層，其中六重溪斷層則為正斷層，枕頭山斷層為平移斷層，由於岩層出露較少，位態及傾角不易量得；區域內鄰近枕頭山斷層，附近岩芯較破碎，岩性主要為厚層泥質砂岩，夾有頁岩互層，推測多有剪裂帶分布。

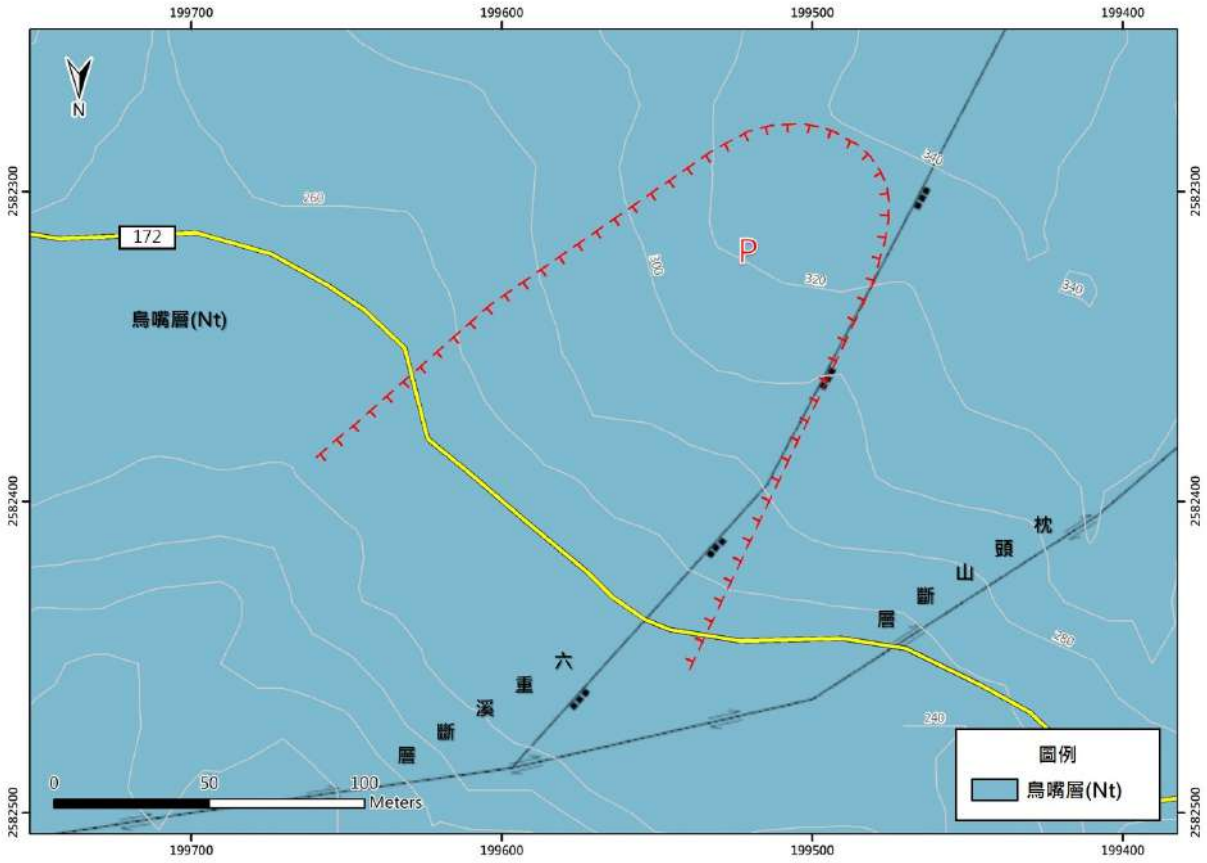


圖 3-40、172 線 42K+980 路段區域地質圖
(底圖：經濟部地質調查及礦業管理中心-五萬分之一全島無接縫地質圖)

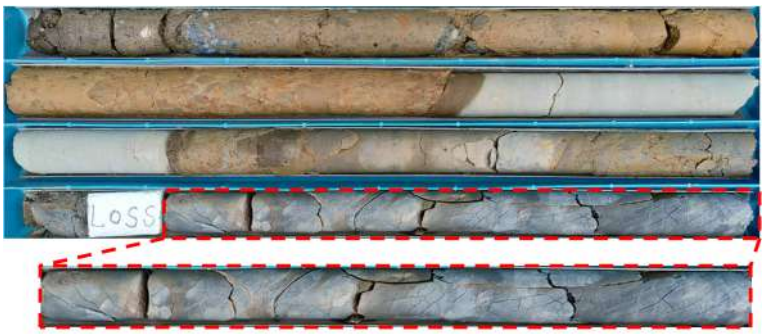
3.2.2 前期地質鑽探調查

依據地表地質調查及現場鑽探調查綜合分析研判，工址之地層由上而下概分為三個層次，分別為崩積層、剪裂帶及岩層，詳圖 3-41 所示。茲將各地層之分布及性質敘述如下：

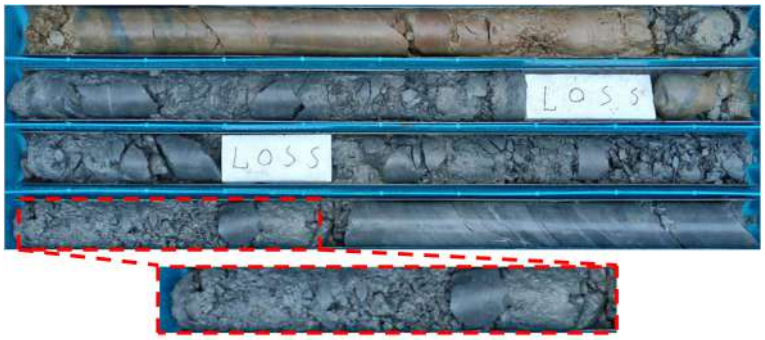
(一)崩積層：本層主要由岩屑、土壤及大小不一之崩積岩塊所組成，可由顏色區分為黃棕色致深棕色風化泥質基質土壤，灰白色砂質頁岩塊及灰色泥質砂岩，其為崩積塊體重複運移作用，形成有不同顏色崩積物交錯，各孔分佈厚度約 3.2~11.5m。

(二)剪裂帶：剪裂帶主要由受構造影響的灰色泥質砂岩、深灰色頁岩或灰色砂質頁岩所組成，剪裂帶分布其中，局部形成剪裂泥，整體呈現高度破碎、含泥。

(三)岩層：岩層主要係以灰色泥質砂岩，局部深度夾淺灰色砂質頁岩所組成為主，砂岩在部分深度存在剪裂帶及高角度裂隙，角度約 55°~70°；部分裂係可見風化，其中 21-1SW 孔於深度 3.2~4m 有風化情形。



淺處泥質砂岩較為破碎，多有風化情形



岩層破碎且局部深度具剪裂帶

圖 3-41、172 線 42K+980 路段岩芯局部照片

3.2.3 地表地質調查

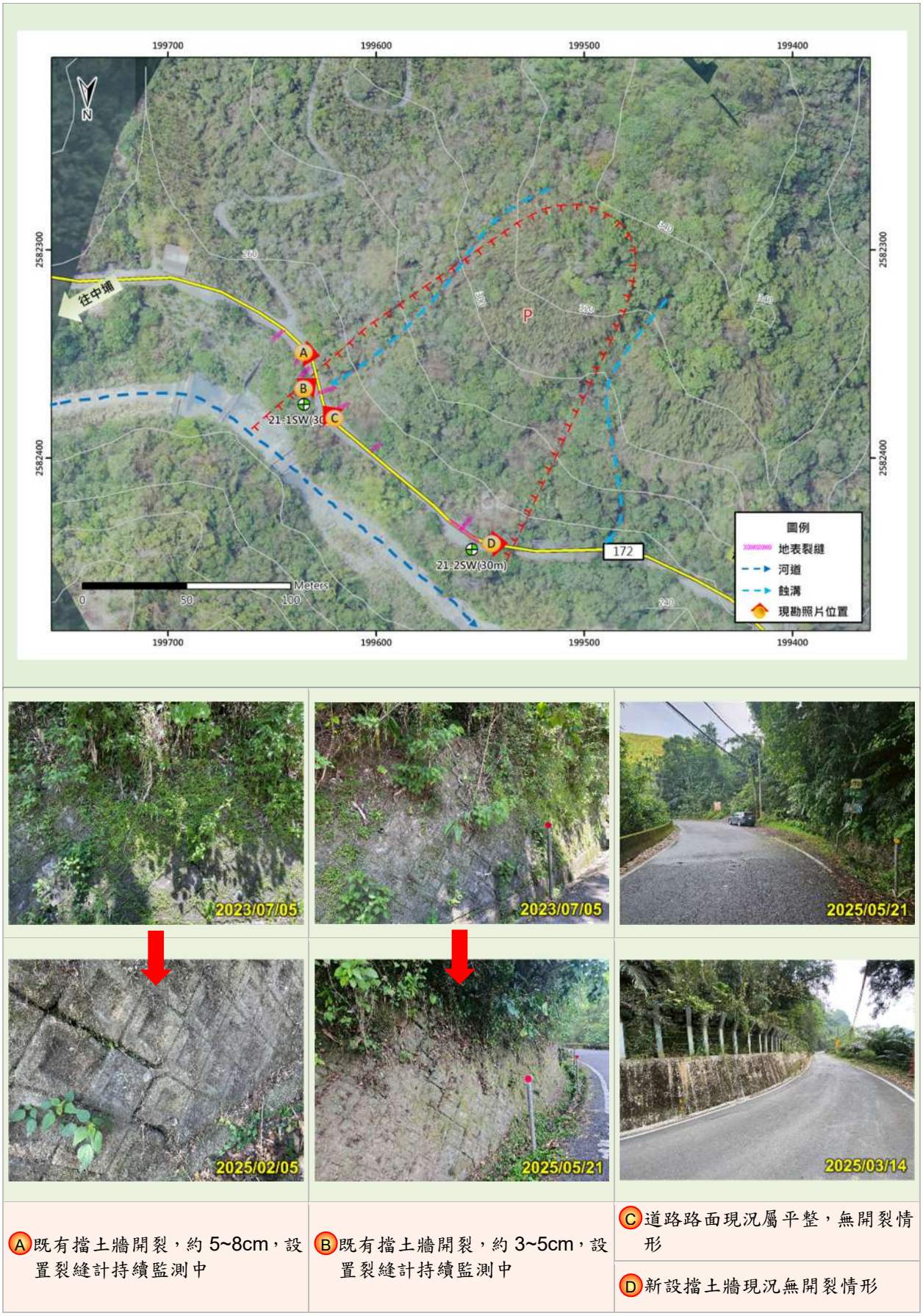
依本路段地形及地表裂縫分布加以圈繪研判，本路段邊坡可能存在 P 滑動塊體，滑動塊體分布及現場勘查照片詳圖 3-42，相關調查成果如下所述：

一、道路現況

道路經前期重新鋪設後，現況尚無明顯張力裂縫及下陷情形，既有護欄及排水溝則多有裂縫，坡趾鄰近白水溪，可能有側向侵蝕坡趾情形，局部溪床已有進行治理工程，現況尚屬良好。

二、擋土設施現況

本路段附近為枕頭山及六重溪斷層通過，地質條件可能較破碎，受地層滑動影響，位於滑動塊體邊界之既有擋土牆上具有多處開裂情形，寬度達 3~8cm，現況裂縫計持續監測中，尚無擴大趨勢。部分區域擋土牆已重新施作，新設擋土牆無明顯裂縫或沉陷等情形，現況尚屬良好。



A既有擋土牆開裂，約 5~8cm，設置裂縫計持續監測中	B既有擋土牆開裂，約 3~5cm，設置裂縫計持續監測中	C道路路面現況屬平整，無開裂情形 D新設擋土牆現況無開裂情形

圖 3-42、172 線 42K+980 路段地表地質調查現勘成果

3.2.4 監測工作及成果分析

172 線 42K+980 路段(B 工區)設有手動監測儀器，儀器配置如圖 3-43 所示，監測儀器總表及監測頻率如表 3-4 所示。依契約規定可分為手動定期監測及手動特殊監測二部分，說明如後。

表 3-4、172 線 42K+980 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	編號	目的	監測方式及頻率	備註
傾斜觀測管(兼水位井)	2 孔	B-21-1SW(30m) B-21-2SW(30m)	• 地層變位量 • 位移速率 • 滑動深度 • 地下水位變化	• 手動監測：每 3 個月 1 次 • 手動特殊監測：單日累積雨量達 400mm 以上或震度 4 級以上，於事發後 5 日曆天內加強監測，或依指示辦理加強監測	• 手動量測 • 傾斜管開孔處理並外包覆不織布，兼作水位觀測井使用
結構物傾度盤	4 組	T1、T2、T3、T4	• 結構物傾斜變化		• 手動量測
裂縫計	4 組	C1、C2、C3、C4	• 既有裂縫變化		• 手動量測

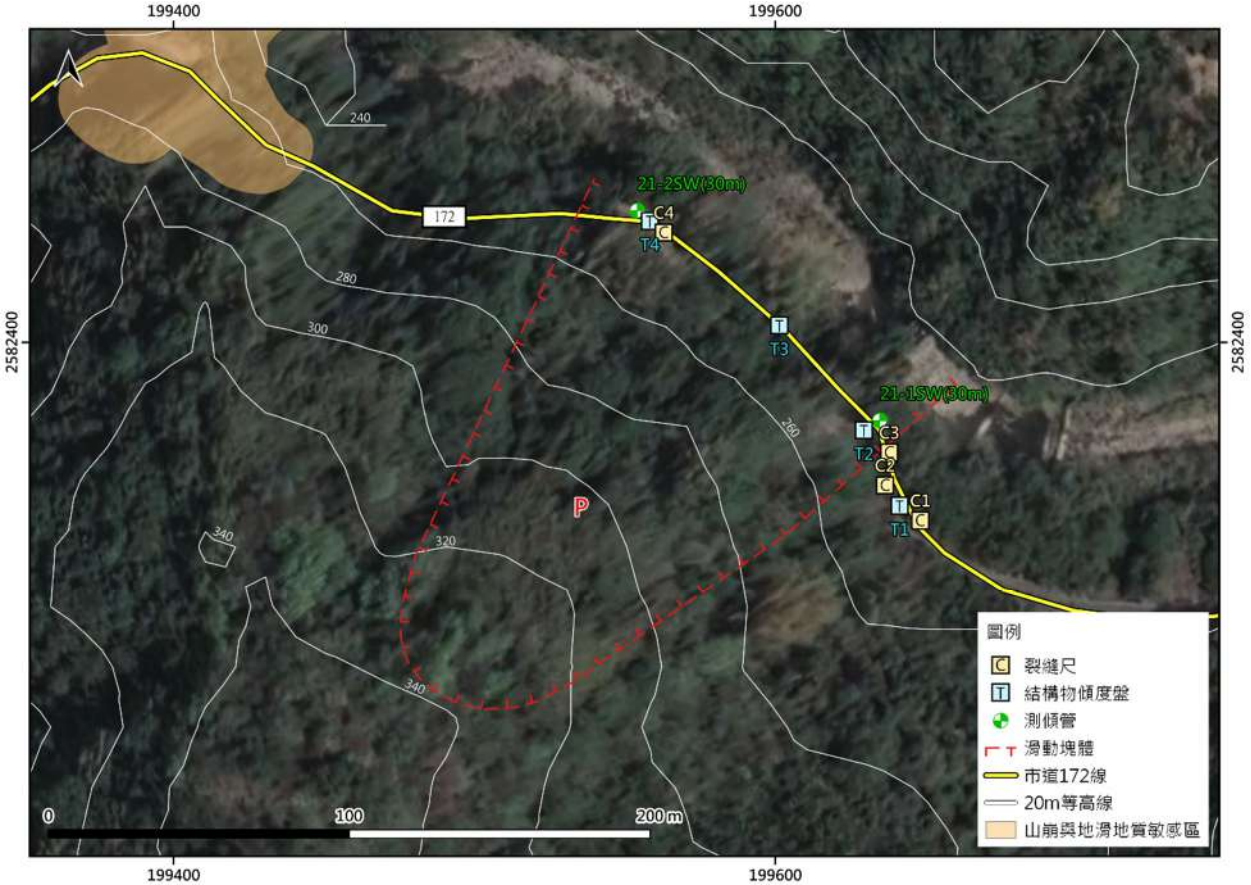


圖 3-43、172 線 42K+980 路段手動監測儀器平面位置圖

本計畫自 113 年 11 月至 114 年 5 月監測期間,依契約規定白河市道 172 線 42K+980 路段(B 工區)共進行 2 次手動定期監測及 7 次手動特殊監測(震度 4 級以上地震事件),茲將各項監測儀器監測成果彙整說明如後。

一、降雨量

本路段鄰近 A 工區設置之 A-24-R1 電子式雨量計,降雨量監測成果如圖 3-44 所示,113 年 10 月前之降雨資料參考自交通部中央氣象署關子嶺雨量站。由降雨量監測成果顯示,113 年汛期間發生多次颱風及強降雨事件,113 年 5 月 28 日受鋒面影響,單日降雨量 157.5mm/日;113 年 7 月 24~26 日凱米颱風襲臺,3 日累積降雨量達 1,313.5mm,最大單日降雨量為 777.5mm/日,造成本路段邊坡有位移及土石滑落情形;113 年 9 月份受西南氣流及對流雨影響,降雨量顯著,最大單日降雨量為 123.5mm/日。本次半年監測期間為非汛期,最大單日降雨量於 114 年 4 月 13 日,降雨量為 87mm/日,其後進入汛期,後續持續關注。

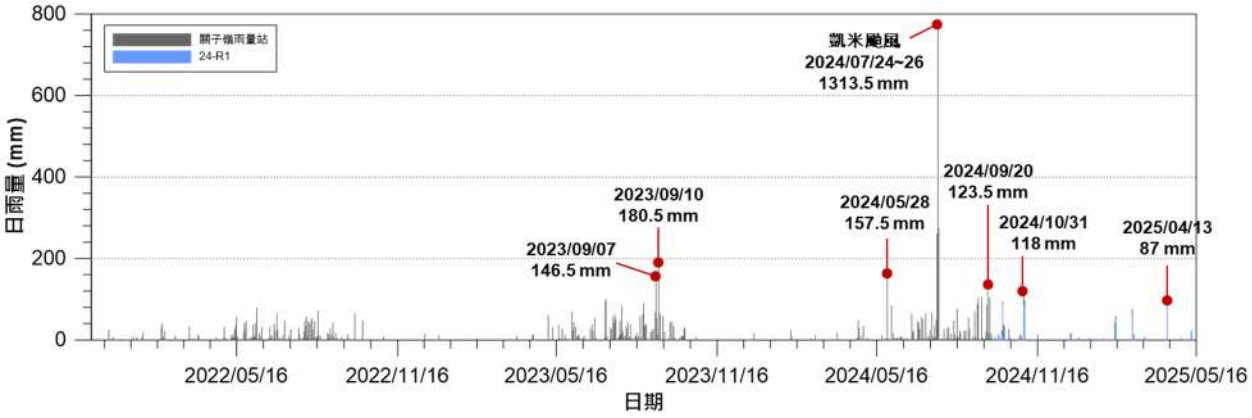


圖 3-44、172 線 42K+980 路段降雨量監測成果

二、地下水位

地下水位監測計有 2 孔傾斜觀測管兼水位井,進行手動地下水位監測,手動水位監測成果如圖 3-45 所示。由監測成果顯示,本次監測期間非汛期,各孔常時水位介於-7~-9m,無明顯升降變化,其後進入汛期,期間將持續追蹤汛期間地下水位變化情形。

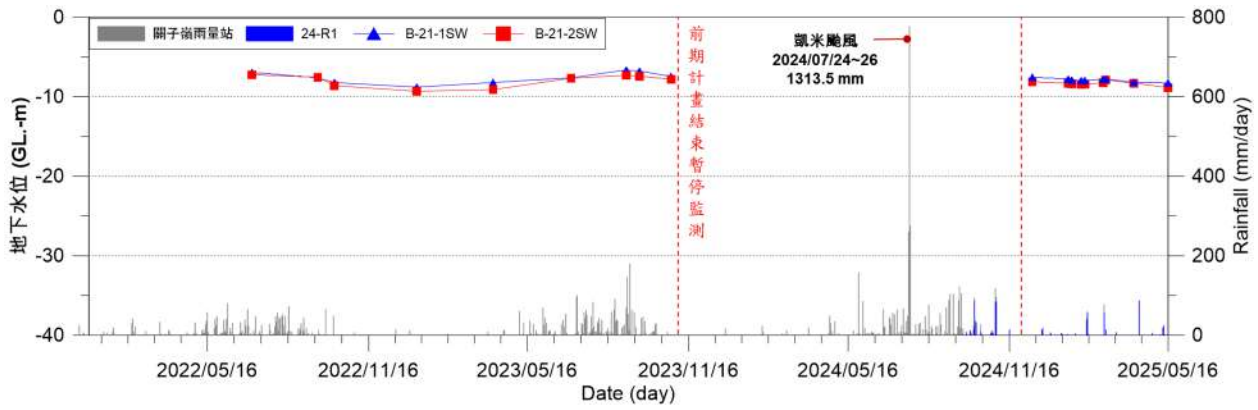


圖 3-45、172 線 42K+980 路段手動水位監測成果

三、地表變位

(一)結構物傾度盤：本路段設置 T1~T4，計 4 組手動量測之結構物傾度盤，監測成果如圖 3-46~圖 3-47 所示，T2 及 T4 結構物傾度盤略有產生傾斜變化量，其中 T4 鄰近傾斜觀測管 B-21-2SW，略有位移趨勢，是否受地層變位影響所致，後續將持續追蹤釐清。

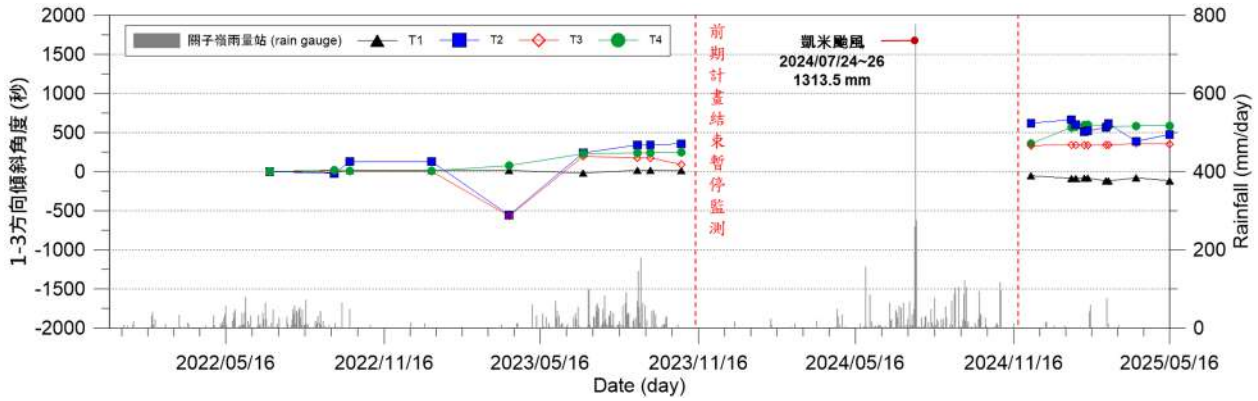


圖 3-46、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

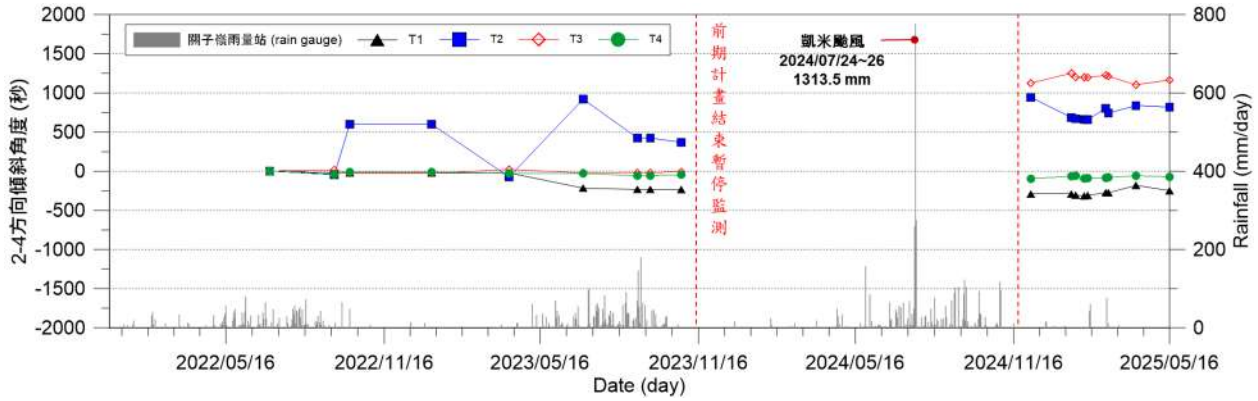


圖 3-47、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(二)裂縫計：本路段共設置 C1~C4，計 4 組手動量測之裂縫計，監測成果如圖 3-48 所示。本次監測期間 C1~C4 裂縫計尚無明顯變化，後續將持續監測追蹤。

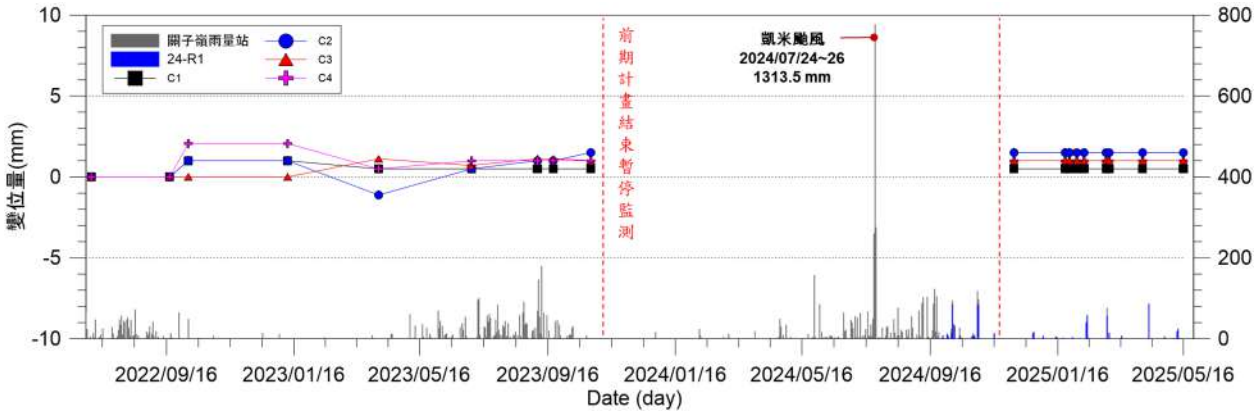


圖 3-48、172 線 42K+980 路段裂縫計監測成果

四、地層變位

(一)傾斜觀測管：本路段設置有 B-21-1SW 及 B-21-2SW 傾斜觀測管，共 2 孔，監測成果如圖 3-49~圖 3-50 所示。民國 113 年期間發生多次颱風事件，其中於 7 月 24~26 日凱米颱風 3 日累積降雨量達 1,313.5mm，最大單日降雨量為 777.5mm/日，期間 B-21-2SW 於深度-10~-11m 朝下邊坡方向位移約 1cm，其後 114 年 1~2 月頻繁地震，持續朝向下邊坡位移約 0.7cm；B-21-1SW 則無明顯位移變化量，後續將持續監測追蹤。

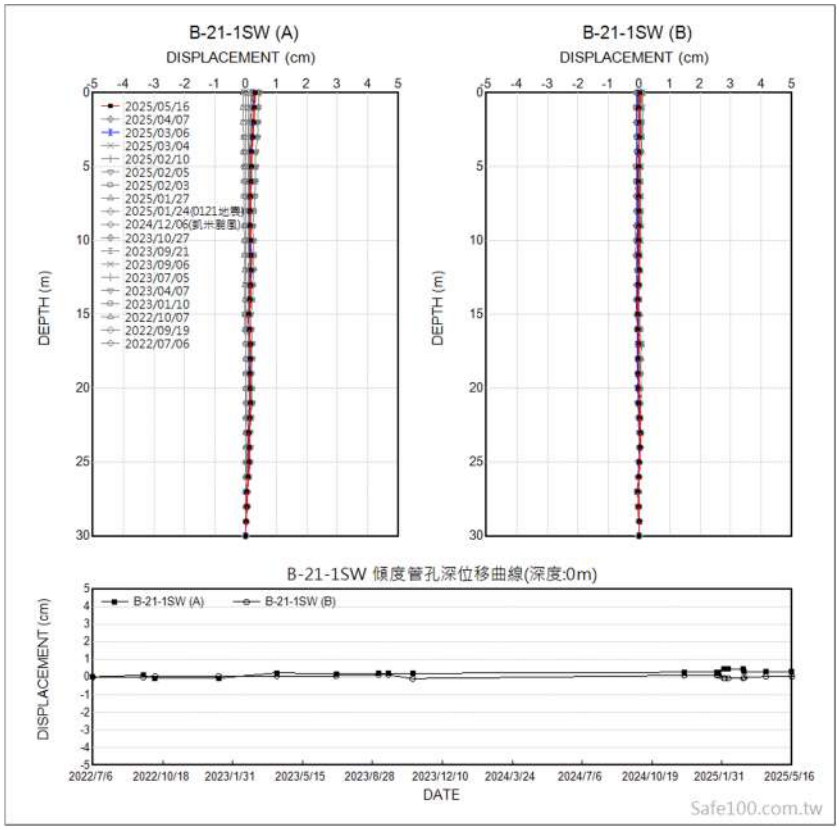


圖 3-49、172 線 42K+980 路段 B-21-1SW 傾斜觀測管監測成果

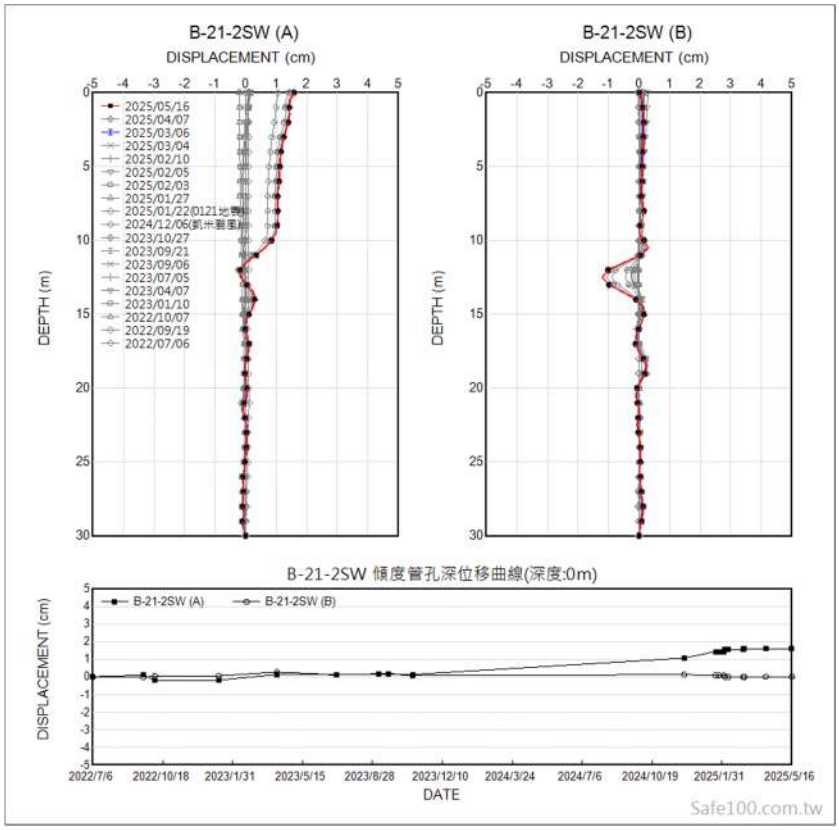


圖 3-50、172 線 42K+980 路段 B-21-2SW 傾斜觀測管監測成果

3.2.5 監測成果綜合研判

本計畫彙整市道 172 線 42K+980 路段(B 工區)之調查及監測成果，加以綜合分析，分別以「地表地質調查」、「地下水位變化」及「地層變位」三部份說明如下：

一、地表地質調查

本路段道路護欄及擋土牆具有多道裂縫，且上方邊坡坡度陡峭，由衛星影像研判存在 2 條蝕溝。下邊坡緊鄰白水溪，可能有溪水側向侵蝕坡趾情形，現況溪床已設置防砂壩工程。由地質鑽探成果可知，地層中存在較多剪裂帶及夾泥，破碎岩層中有地下水流動跡象，研判當有較大降雨量時，地表水入滲及地下水於破碎岩層中流動而升高，將不利於邊坡穩定。部分區域已重新施作重力式擋土牆及落石防護柵，現況路面及擋土設施尚無新增裂縫或沉陷情形，後續將持續追蹤。

二、地下水位變化

本路段常時地下水水位較高，約地表下-7~-9m，後續將持續追蹤汛期前後地下水位變化。

三、地層變位

由本次監測成果顯示，其經民國 113 年凱米颱風及汛期降雨事件，P 滑動塊體略有滑動情形(表 3-5)；114 年 1~2 月雖為乾季，惟受頻繁地震事件影響，P 滑動塊體略有位移增量產生(圖 3-51)。後續將逐漸進入汛期，評估若有長延時或強降雨事件，本路段可能產生滑動位移，後續將持續監測追蹤地層變位情形。

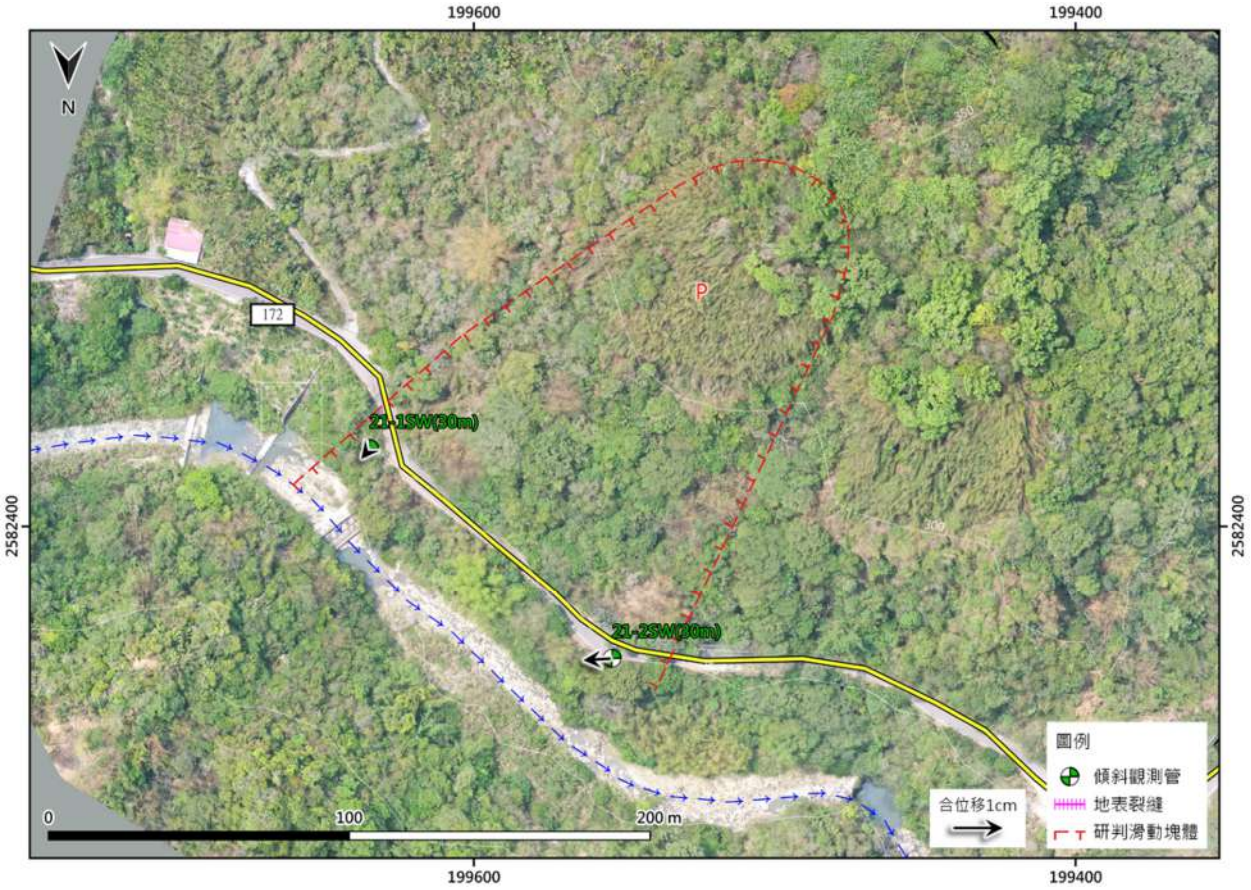


圖 3-51、172 線 42K+980 路段孔口合位移量圖
(本次監測期間 113 年 11 月~114 年 5 月)

表 3-5、172 線 42K+980 路段傾斜觀測管孔口合位移速率總表

編號	位移速率(cm/月)			位移趨勢研判	滑動深度研判
	前期監測 111 年 1 月 ~112 年 10 月	監測停止期間 112 年 11 月 ~113 年 10 月	本期監測 112 年 11 月 ~114 年 5 月		
B-21-1SW (30m)	0.02	0.02	0.01	╳	尚無明顯趨勢
B-21-2SW (30m)	0.01	0.07	0.08	△	-10~-11m 略有位移趨勢，朝下邊坡方向

註：「○：已有明確趨勢　△：略有趨勢　╳：尚無明顯趨勢」

3.3 市道 175 線 18K+800 路段(C 工區)

3.3.1 區域地質

本計畫區依據資料蒐集及現場調查成果等，繪製區域地質圖，如圖 3-52 所示。由於本路段上方多為私人農地，地表多出露為崩積層覆蓋，露頭甚少，故岩層分布、走向及位態，參考經濟部地質調查及礦業管理中心公告之五萬分之一區域地質圖及其他資料一併繪製。

依基本資料蒐集及地表地質調查成果顯示，本路段主要座落於六重溪層，坡頂鄰近濁水溪層岩性以砂質頁岩、泥質砂岩或泥岩為主，岩性以細粒至粉砂質層狀砂岩為主，多有夾泥且節理發達。

圖 3-52、175 線 18K+800 路段區域地質圖
(底圖：經濟部地質調查及礦業管理中心-五萬分之一全島無接縫地質圖)

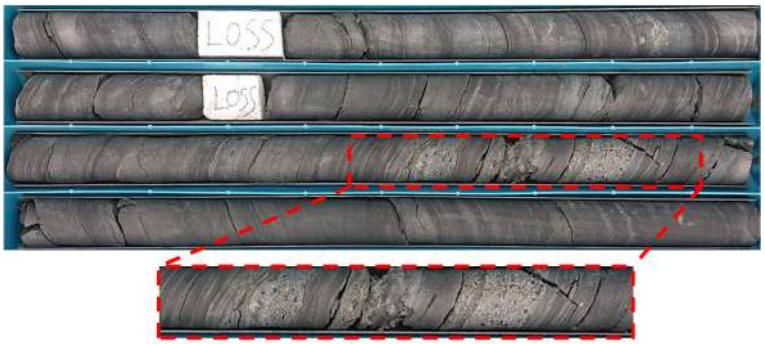
3.3.2 前期地質鑽探調查

依據地表地質調查及現場鑽探調查綜合分析研判，工址之地層由上而下概分為三個層次，分別為崩積層、剪裂帶及岩層，詳圖 3-53 所示。茲將各地層之分布及性質敘述如下：

(一)崩積層：本層主要由岩屑、土壤及大小不一之崩積岩塊所組成，可由顏色區分為深棕色風化泥質基質土壤，灰色泥質砂岩塊及岩屑，其為崩積塊體重複運移作用，形成有不同顏色崩積物交錯，各孔分佈厚度約 4.7~5.75m。

(二)剪裂帶：剪裂帶主要由受構造影響的灰色泥質砂岩所組成，本路段剪裂帶分布較少，整體呈現輕度破碎，多分布於地表下 30~50m 處，不利於邊坡穩定。

(三)岩層：岩層主要係以灰色泥質砂岩，局部深度夾淺灰色砂質頁岩所組成為主，砂岩在部分深度存在剪裂帶及高角度裂隙，角度約 55°~60°。



裂隙發達且多夾泥，部分較破碎

多有夾泥情形

圖 3-53、175 線 18K+800 路段岩芯局部照片

3.3.3 地表地質調查

依本路段地形及地表裂縫分布加以圈繪研判，本路段邊坡可能存在 S 及 M 滑動塊體，滑動塊體分布及現場勘查照片詳圖 3-54，相關調查成果如下所述：

一、道路現況

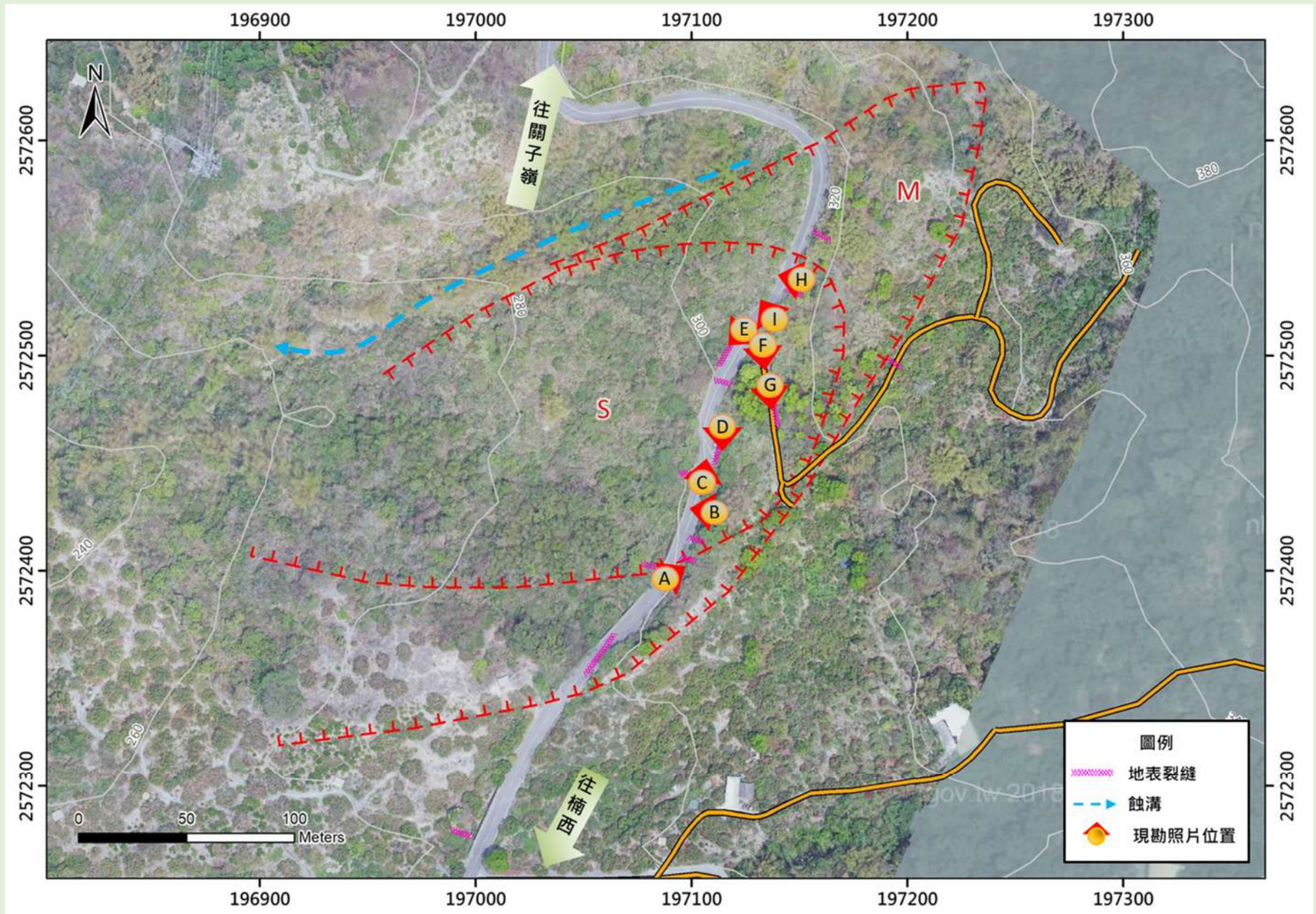
於滑動邊界之路面產生明顯裂縫，道路標線產生位移約 2cm(圖 3-54 照片 B)，道路及護欄具連續裂縫(圖 3-54 照片 H)，且部分道路有明顯嚴重開裂及下陷情形，路面經多次修補，仍持續開裂擴大(圖 3-54 照片 B)，其中道路與既有護欄間裂縫，經 112~114 年前後照片比對，開裂寬度由約 1~2cm 加劇至 10~20cm，有持續擴大趨勢(圖 3-54 照片 E)，顯示滑動塊體較為活潑。

二、擋土設施現況

本路段於滑動邊界之既有擋土牆有多處開裂(圖 3-54 照片 A)，部分有明顯外推及錯位情形，擋土牆下方排水溝亦有多處斷裂(圖 3-54 照片 D)，顯示邊坡滑動發生已有相當時間。

三、上邊坡既有道路現況

既有產業道路擋土牆受邊坡滑動影響倒塌(圖 3-54 照片 G)，且鄰近 PC 道路明顯開裂約 8~10cm(圖 3-54 照片 F)，坡頂仍可見明顯裂隙。



A 逆椿側擋土牆多處開裂，約 2~3cm

B 道路標線產生位移，約 2cm

C 道路路面存在多處不規則裂隙

D 逆椿側排水溝與道路間開裂，水溝也存在明顯裂隙，約 1~3cm

E 順椿側擋土牆與路面開裂，比對前期照片，有明顯擴大趨勢，開裂約 10~20cm

F 既有產業道路 PC 路面明顯開裂，約 8~10cm

G 既有產業道路內擋土牆倒塌

H 道路及護欄具連續裂縫，寬度約 1~2.5cm

I 道路明顯開裂錯位，112~114 年間經多次修補重鋪，皆持續產生破壞

圖 3-54、175 線 18K+800 路段現勘成果

3.3.4 監測工作及成果分析

175 線 18K+800 路段(C 工區)設有手動監測儀器，儀器配置如圖 3-55 所示，監測儀器總表及監測頻率如表 3-6 所示。依契約規定可分為手動定期監測及手動特殊監測二部分，說明如後。

表 3-6、175 線 18K+800 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	編號	目的	監測方式及頻率	備註
傾斜觀測管(兼水位井)	3 孔	C-21-1SW(40m) C-21-2SW(50m) C-21-3SW(50m)	• 地層變位量 • 位移速率 • 滑動深度 • 地下水位變化	• 手動監測：每 3 個月 1 次 • 手動特殊監測：單日累積雨量達 400mm 以上或震度 4 級以上，於事發後 5 日曆天內加強監測，或依指示辦理加強監測	• 手動量測 • 傾斜管開孔處理並外包覆不織布，兼作水位觀測井使用
結構物傾度盤	4 組	T1、T2、T3、T4	• 結構物傾斜變化		• 手動量測
裂縫計	4 組	C1、C2、C3、C4	• 既有裂縫變化		• 手動量測

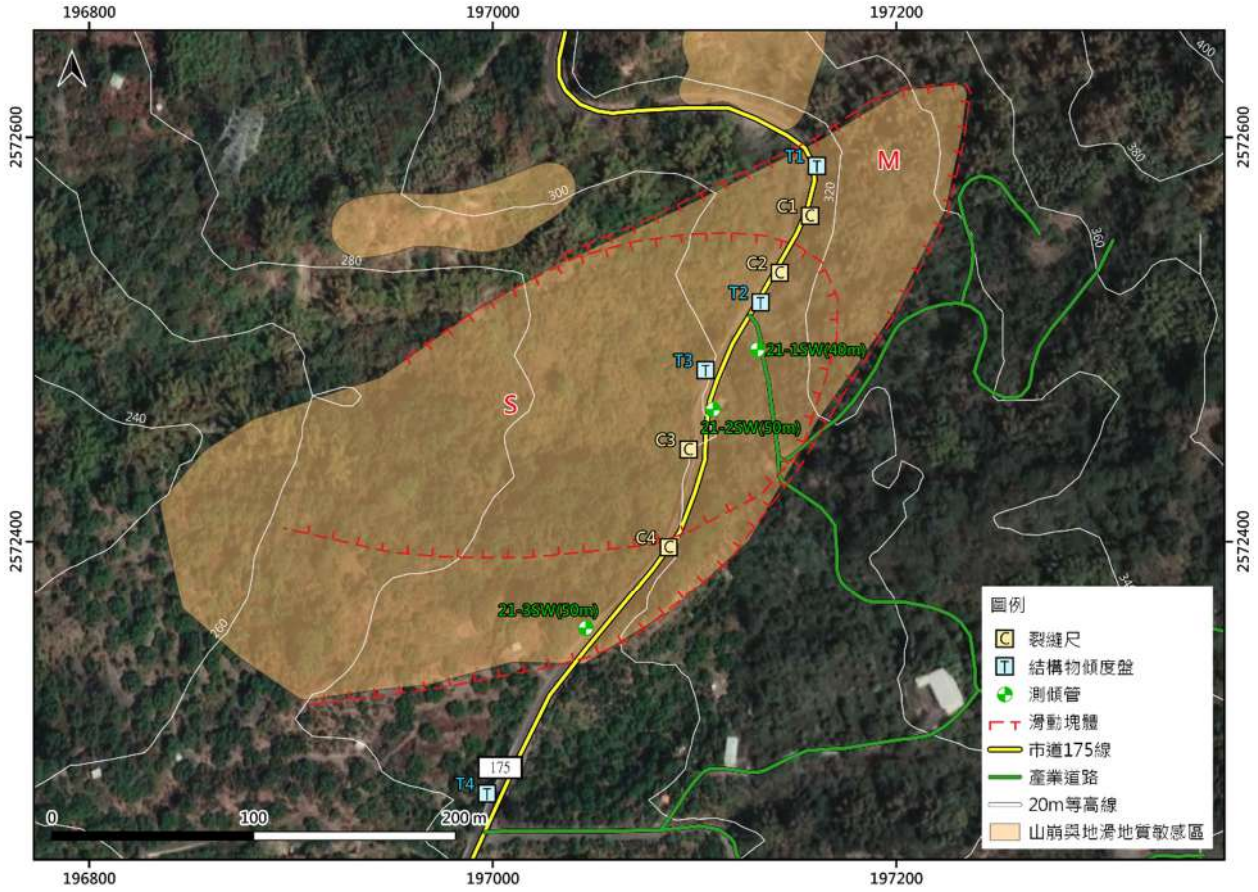


圖 3-55、175 線 18K+800 路段手動監測儀器平面位置圖

本計畫自 113 年 11 月至 114 年 5 月監測期間,依契約規定東山市道 175 線 18K+800 路段(C 工區)共進行 2 次手動定期監測及 5 次手動特殊監測(震度 4 級以上地震事件),茲將各項監測儀器監測成果彙整說明如後。

一、降雨量

本路段鄰近 D 工區設置之 D-19-R1 電子式雨量計,降雨量監測成果如圖 3-56 所示。由降雨量監測成果顯示,1~4 月及 10~12 月為枯水期,月雨量介於 0~58mm 之間,降雨量甚少;而較大降雨量集中於汛期 6~8 月。其中民國 113 年 7 月 24~26 日凱米颱風襲臺,3 日累積降雨量達 1,766.5mm,最大單日降雨量為 1,156.5mm/日,造成本路段邊坡有位移情形;113 年 9 月份受西南氣流及對流雨影響,降雨顯著,最大單日降雨量為 144.5mm/日。本次半年監測期間為非汛期,最大單日降雨量於 114 年 4 月 13 日,降雨量為 7.5mm/日。

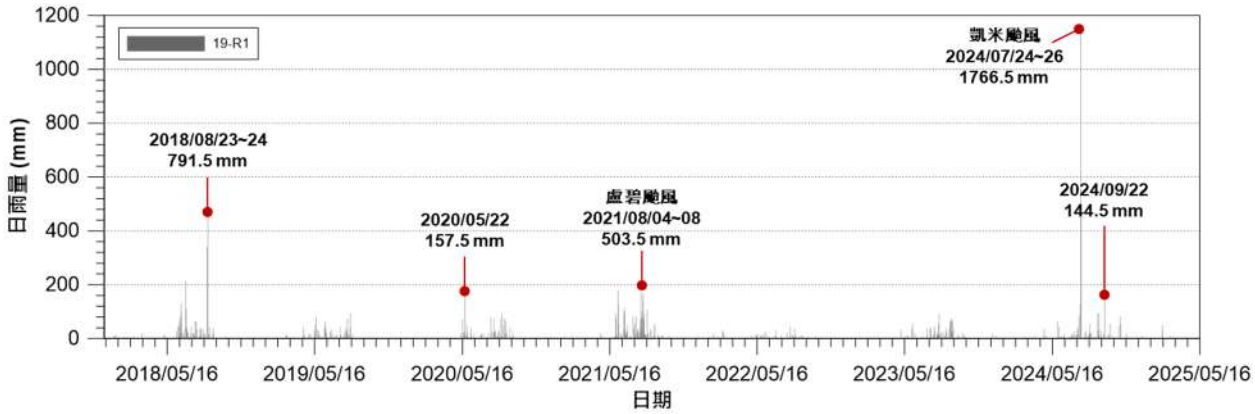


圖 3-56、175 線 18K+800 路段降雨量監測成果

二、地下水位

地下水位監測計有 3 孔傾斜觀測管兼水位井,進行手動地下水位監測,手動水位監測成果如圖 3-57 所示。由監測成果顯示,本次監測期間為乾季,各孔常時水位介於-1.0~-6.2m,無明顯升降變化,由於常時水位接近地表,可能存在受壓水層,其後進入汛期,將持續追蹤地下水位變化情形。

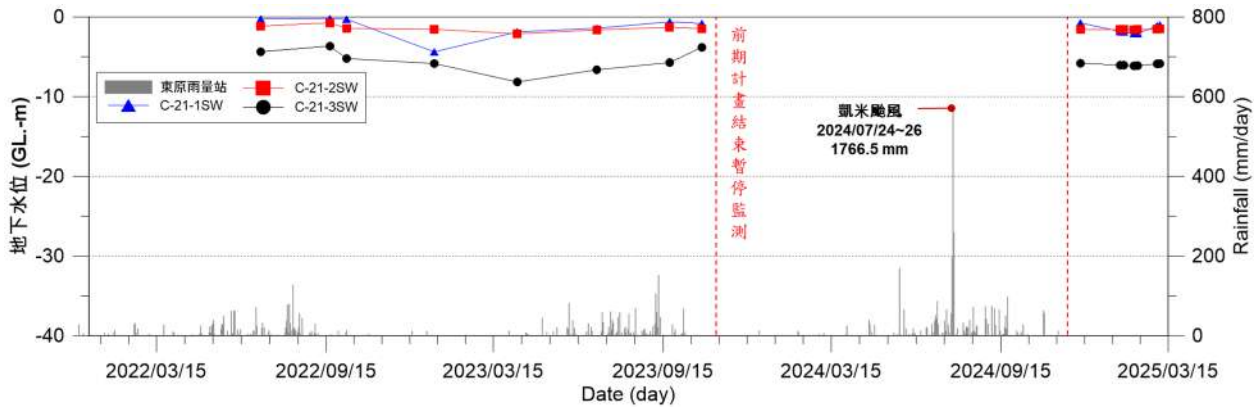


圖 3-57、175 線 18K+800 路段手動水位監測成果

三、地表變位

(一)結構物傾度盤：本路段設置 T1~T4，計 4 組手動量測之結構物傾度盤。監測成果如圖 3-58~圖 3-59 所示，本次監測期間，T2 及 T3 略有產生傾斜變化量，經現勘檢視後，該路段道路具多處裂縫，部分有陷落情形，且其鄰近之傾斜觀測管皆存有明顯滑動面，研判受地層變位影響導致結構物傾斜，後續將持續追蹤。

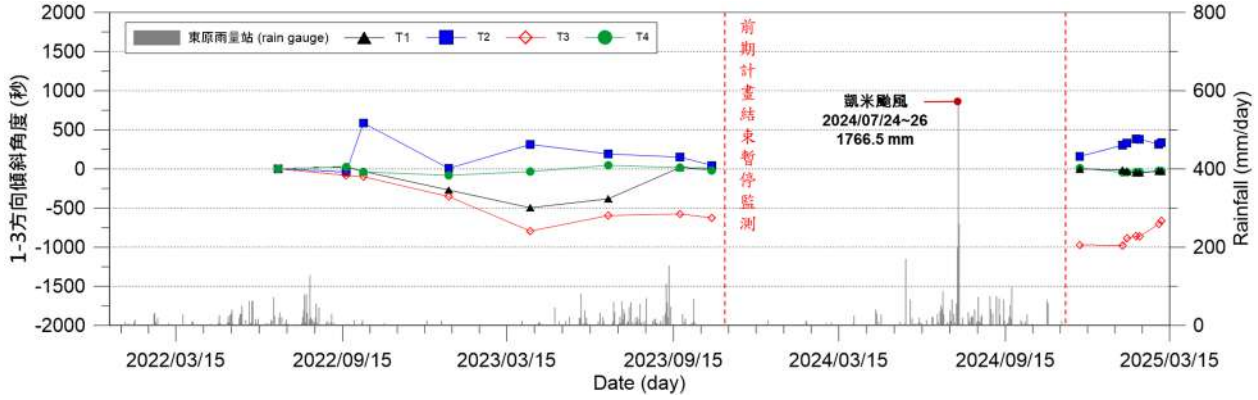


圖 3-58、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

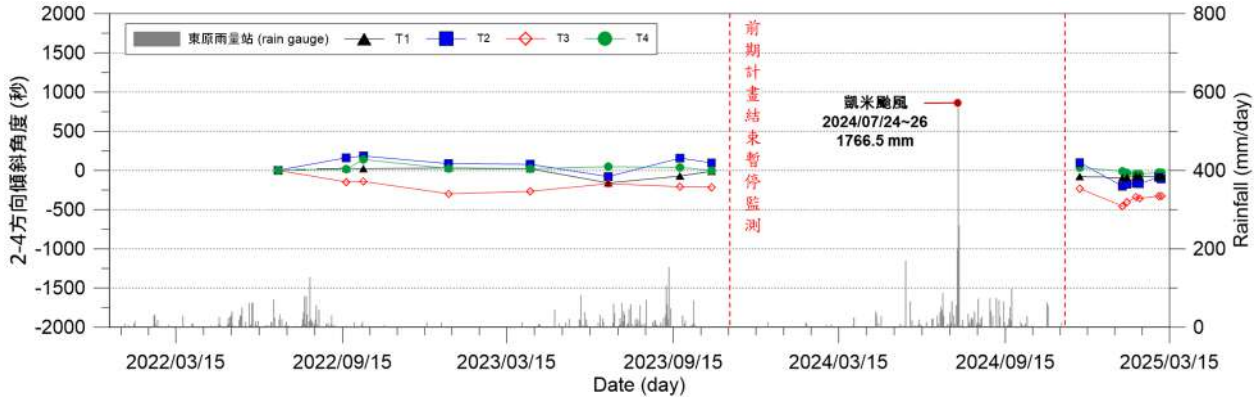


圖 3-59、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(二)裂縫計：本路段共設置 C1~C4，計 4 組手動量測之裂縫計，監測成果如圖 3-60 所示。本次監測期間，C3 裂縫計略有變化情形，累積產生約 2.5mm 位移變化量，經現勘檢視後，該路段道路及結構物具多處裂縫，部分有陷落情形，研判受地層變位影響導致結構物裂縫有增大趨勢，後續將持續監測追蹤。

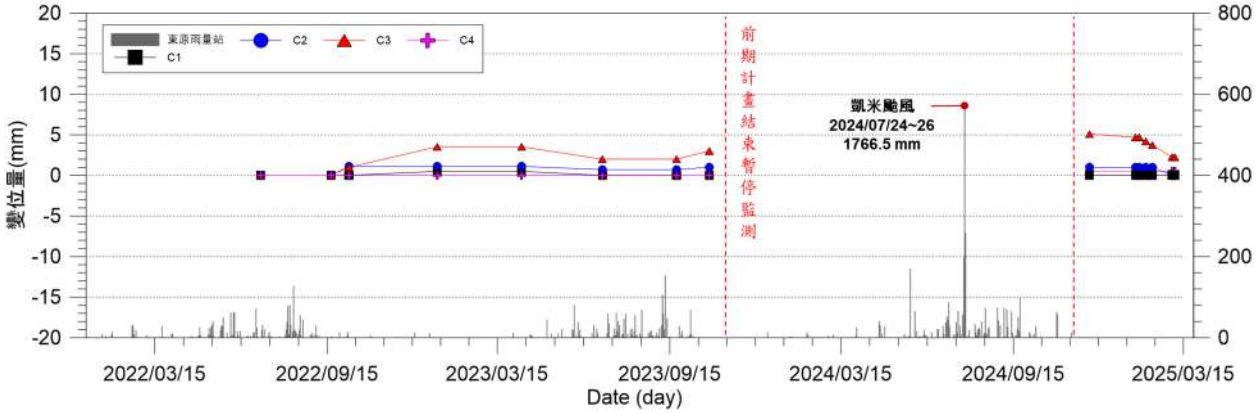


圖 3-60、175 線 18K+800 路段裂縫計監測成果

四、地層變位

(一)傾斜觀測管：本路段設置 C-21-1SW~C-21-3SW，共 3 孔傾斜觀測管，監測成果如圖 3-61~圖 3-63 所示。由 113 年 10 月至 114 年 3 月監測成果顯示，C-21-1SW 於深度-5m 及-7.5m 存在明顯滑動面，累積約 8.5cm 朝下邊坡之位移量，推估為 S 滑動塊體；C-21-2SW 於深度-6.5m 及-8m 存在明顯滑動面，累積約 7.5cm 朝下邊坡之位移量，推估為 S 滑動塊體；C-21-3SW 於深度-15m 累積約 1.6cm 朝下邊坡之位移量，推估可能為 M 滑動塊體。綜上所述，S 滑動塊體較為活潑，惟 M 滑動塊體位移情形不明顯，後續將持續監測追蹤，以掌握本路段潛在滑動塊體。

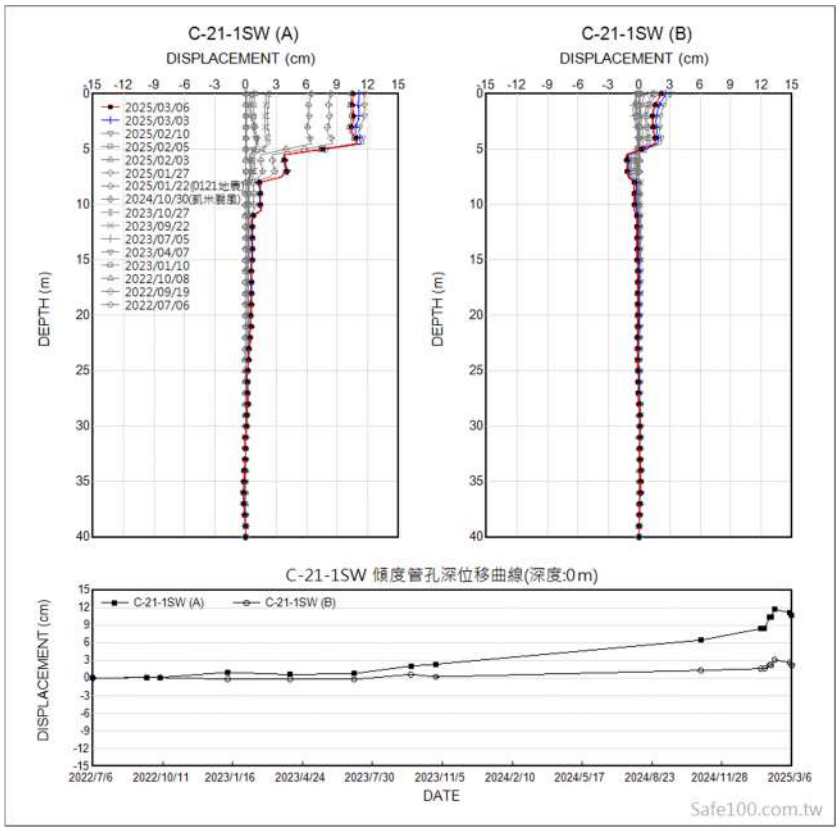


圖 3-61、175 線 18K+800 路段 C-21-1SW 傾斜觀測管監測成果

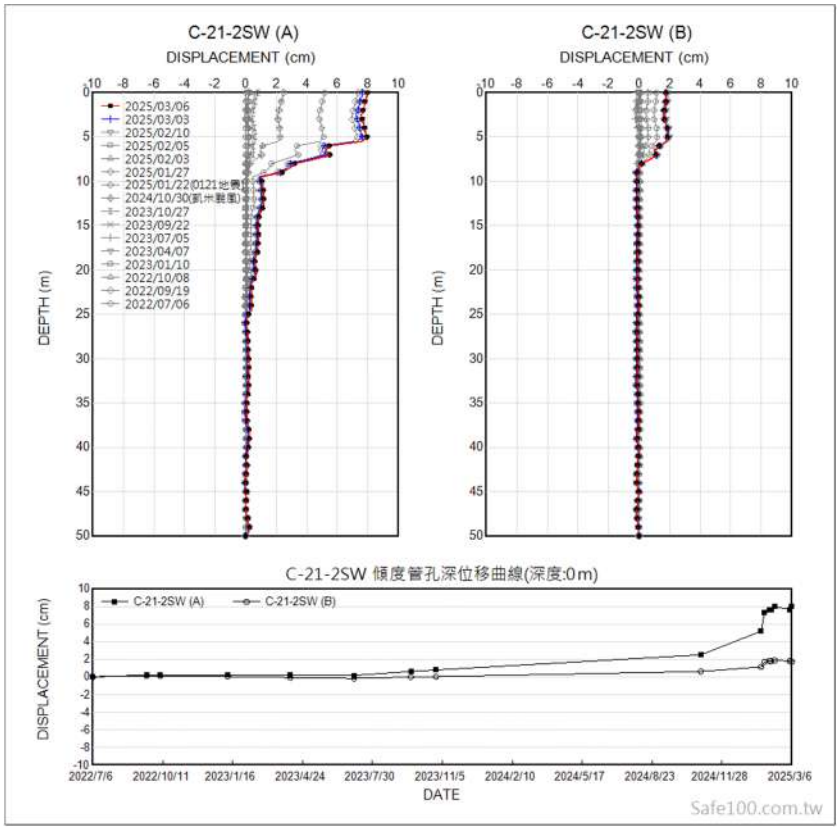


圖 3-62、175 線 18K+800 路段 C-21-2SW 傾斜觀測管監測成果

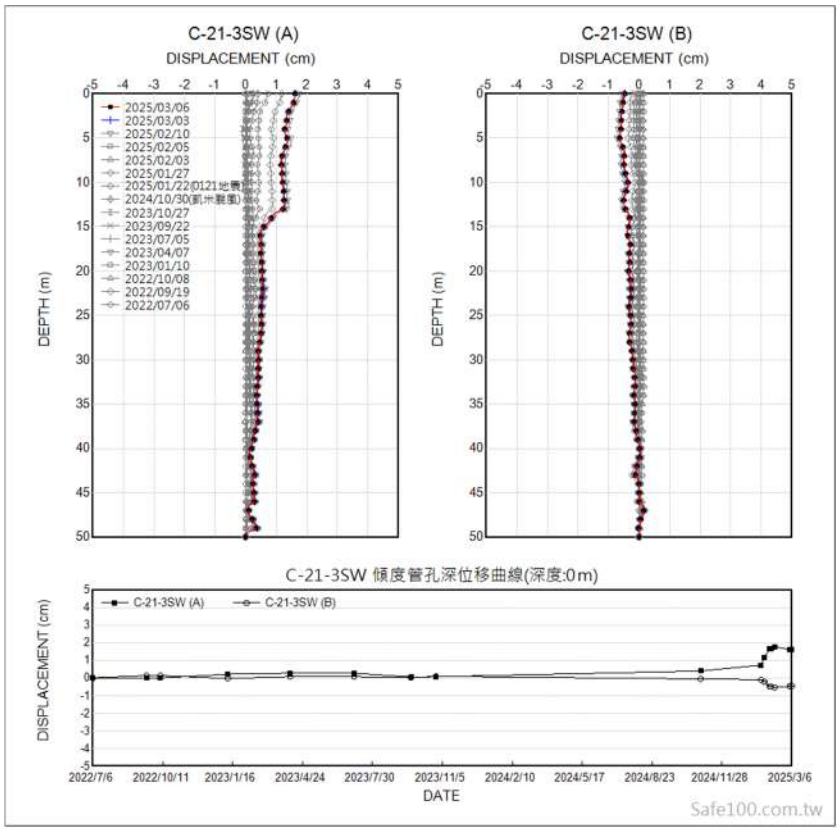


圖 3-63、175 線 18K+800 路段 C-21-3SW 傾斜觀測管監測成果

3.3.5 監測成果綜合研判

本計畫彙整市道 175 線 18K+800 路段(C 工區)之調查及監測成果，加以綜合分析，分別以「地表地質調查」、「地下水位變化」及「地層變位」三部份說明如下：

一、地表地質調查

本路段上邊坡多作為農地開發使用，豪大雨時地表水將直接入滲邊坡，致使地下水上升；道路路面已有明顯地滑下陷徵兆及多道張力裂縫；擋土牆有明顯外推及錯移情形，研判為舊崩塌地。現況道路下方排水設施多處斷裂。

二、地下水位變化

由前期地質鑽探之上下工水位研判，於深度-12~-28m 及-37~-45m 存有水層；本次監測成果顯示，本路段常時地下水水位高且接近地表，後續將持續監測追蹤。

三、地層變位

本路段擋土牆位於 S 滑動塊體邊界處，已有明顯外推及錯移，位於北端 AC 路面亦有明顯開裂及陷落情形。由監測成果顯示，經過 113 年凱米颱風及汛期降雨事件，S 滑動塊體有明顯滑動情形，滑動速率較前期多 0.1~0.2cm/月(表 3-7)；本次監測期間雖為乾季，惟頻繁地震事件也導致 S 滑動塊體有明顯位移增量，C-21-1SW 及 C-21-2SW 位於深度-5~-8m 有明顯向下邊坡位移趨勢，已分別累積約 8.5cm 及 7.5cm 之位移量(圖 3-64)，且鄰近之結構物傾度盤及裂縫計皆顯示結構物不穩定現象，顯示 S 滑動塊體較為活潑，惟 M 滑動塊體位移情形尚不明顯，後續將持續監測追蹤，以掌握本路段潛在滑動塊體。

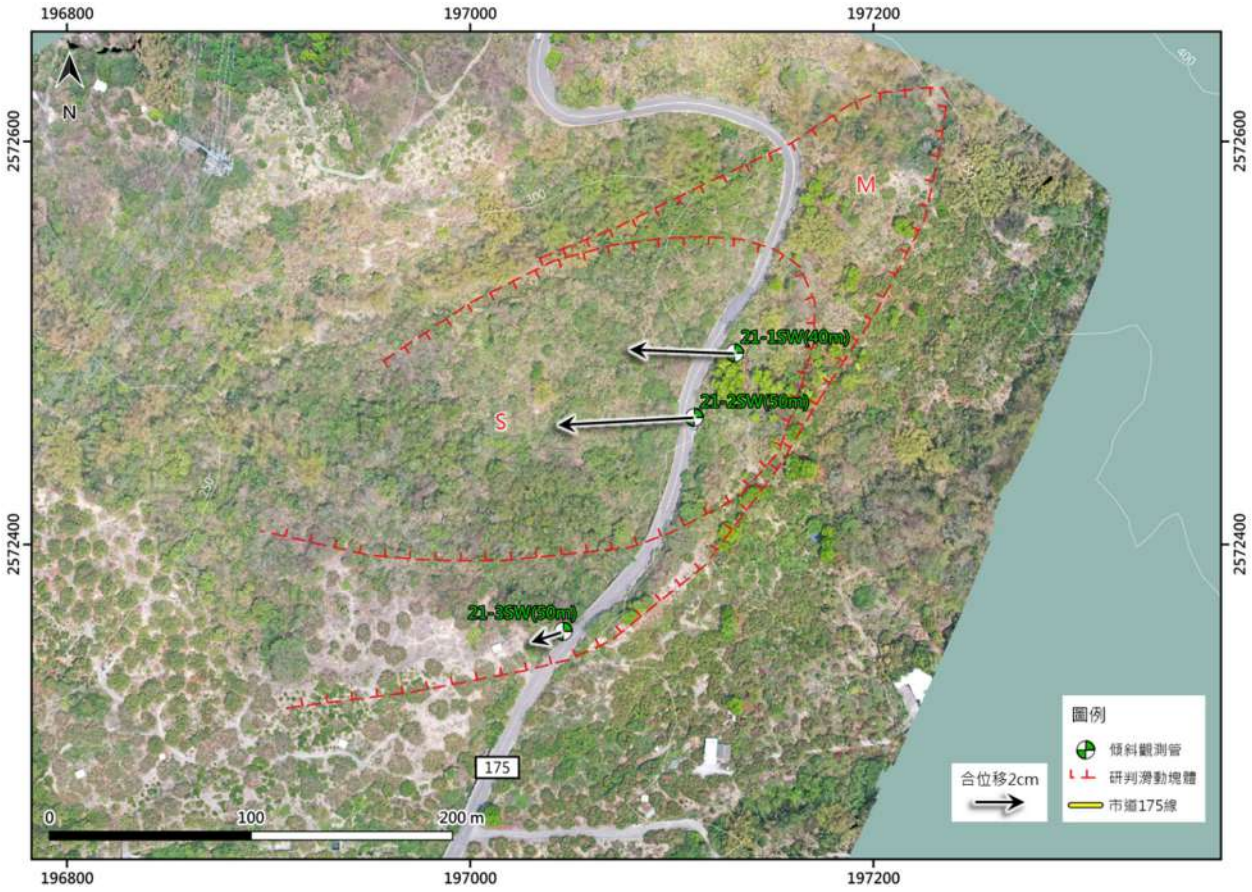


圖 3-64、175 線 18K+800 路段孔口合位移量圖
(本次監測期間 113 年 11 月~114 年 5 月)

表 3-7、175 線 18K+800 路段傾斜觀測管孔口位移速率總表

編號	位移速率(cm/月)			位移趨勢研判	滑動深度研判
	前期監測 111 年 1 月 ~112 年 10 月	監測停止期間 112 年 11 月 ~113 年 10 月	本期監測 112 年 11 月 ~114 年 5 月		
C-21-1SW (40m)	0.16	0.33	0.61	○	-5m 及-7.5m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
C-21-2SW (50m)	0.05	0.14	0.80	○	-6.5m 及-8m 明顯位移趨勢，朝下邊坡方向
C-21-3SW (50m)	0.01	0.03	0.18	△	-15m 略有位移趨勢，朝下邊坡方向

註：「○：已有明確趨勢　△：略有趨勢　╳：尚無明顯趨勢」

3.3.6 初步規劃改善工程

市道 175 線 18K+800 路段受到長期地層滑動影響，道路及擋土牆多處產生張力裂縫及陷落，使道路擋土設施及排水設施損壞，加上區域地表排水設施裂縫入滲至邊坡內或沖蝕坡面，不利邊坡穩定。由傾斜觀測管滑動面監測結果顯示，較活潑滑動深度約在地表下-5~-8m 間，故規劃於道路下邊坡開設便道，順應地形施作一排抗滑樁(φ=1.5m，L≒20m@1.7m)，範圍約 180m，有助提升 S、M 滑動塊體之穩定性，故整體改善對策採用「擋土為主，排水為輔」為整治方針。

一、坡面排水改善：現況道路及邊坡地表水沿著道路邊溝及蝕溝流下，由道路邊溝加以匯流，由於現況排水設施因邊坡長期滑動受損，致使豪大雨時逕流集中可能將滲流或沖流下邊坡，易形成掏空，規劃進行修復改善，加以安全導排及消能至坡趾，以提升邊坡穩定性。

二、坡面水平集水管(中淺層地下水導排)：邊坡地下水位較高，於汛期集中降雨，可能使局部區域地下水位上升接近地表面由擋土牆大量滲出。故將參考地下水位升降觀測及地電阻探測成果，規劃於道路下邊坡施打坡面水平集水管，加以導排邊坡內之地下水，降低地下水壓，可採均勻分佈或以扇形方式打設，長度約 70 公尺，再由縱向溝加以導排至下方坡趾。

三、抗滑樁：為確保道路及上邊坡之穩定性，於掌握滑動塊體深度後，規劃道路下邊坡施作抗滑樁及預力地錨工法等，而局部路段則搭配擋土牆+地錨，以維路基之安全。

於邊坡下段打設抗滑樁+地錨工法

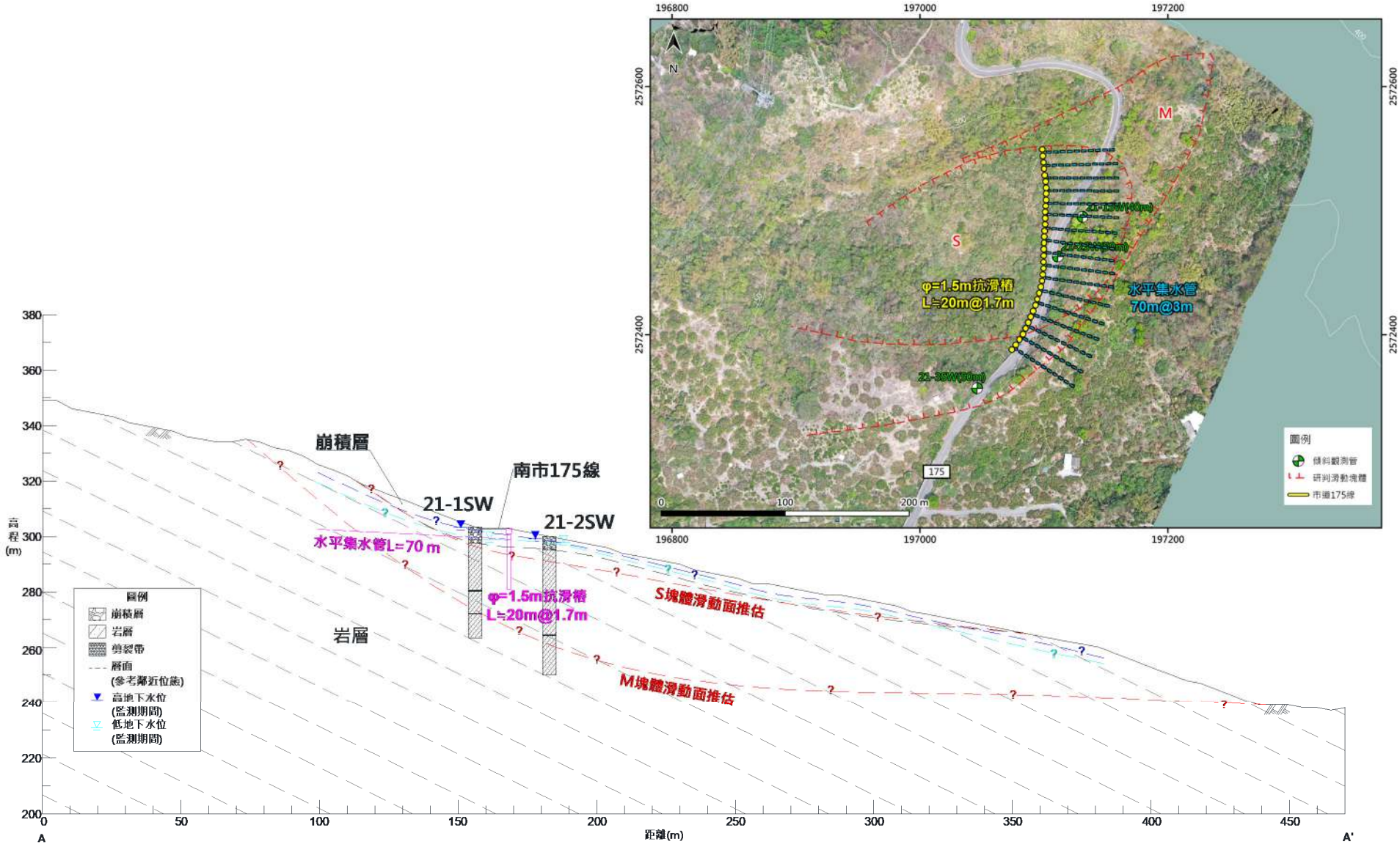


圖 3-65、175 線 18K+800 地滑邊坡整治規劃配置圖

3.4 市道 175 線 25K+410 路段(D 工區)

3.4.1 區域地質

本路段依據資料蒐集、前期調查及監測成果等，繪製區域地質圖，如圖 3-66 所示，地質剖面圖詳圖 3-67。由於本路段地層上、下邊坡多為私人農地及崩積層覆蓋，露頭甚少，故岩層分布、走向及位態除實地量測外，亦參考經濟部地質調查及礦業管理中心公告之五萬分之一區域地質圖及其他資料一併考量。

依基本資料蒐集、地表地質調查及地質鑽探調查成果顯示，本路段主要座落於六重溪層，泥岩砂岩及岩性泥岩為主，受到東側烏山頭斷層通過影響，地層膠結性不佳且上覆崩積層易透水，使土岩界面泥岩泡水軟化易形成滑動面；坡頂鄰近糖恩山砂岩層，主要為厚層細砂岩，其中夾有細砂岩與粉質砂岩互層，層面位態大都呈南北走向，向東傾斜 30°~40°。

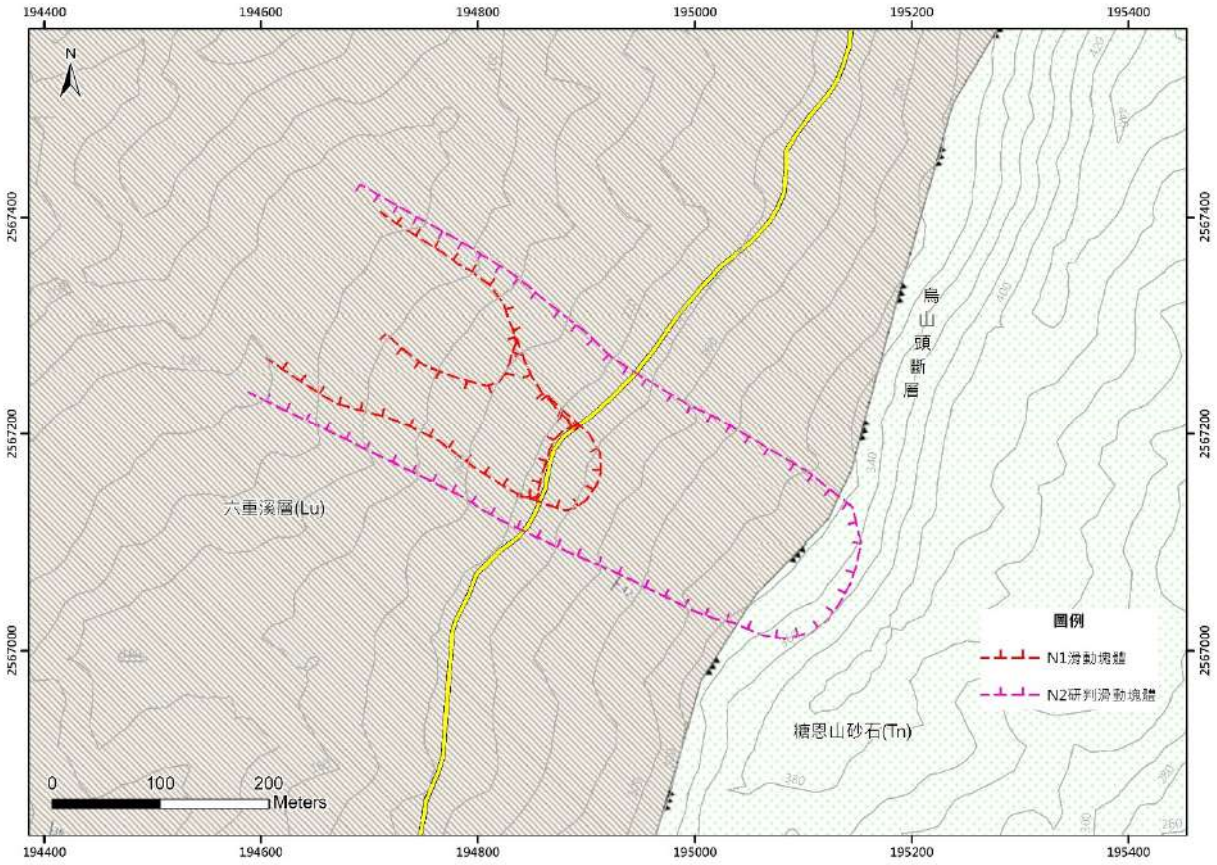


圖 3-66、175 線 25K+410 路段區域地質圖
(底圖：經濟部地質調查及礦業管理中心-五萬分之一全島無接縫地質圖)

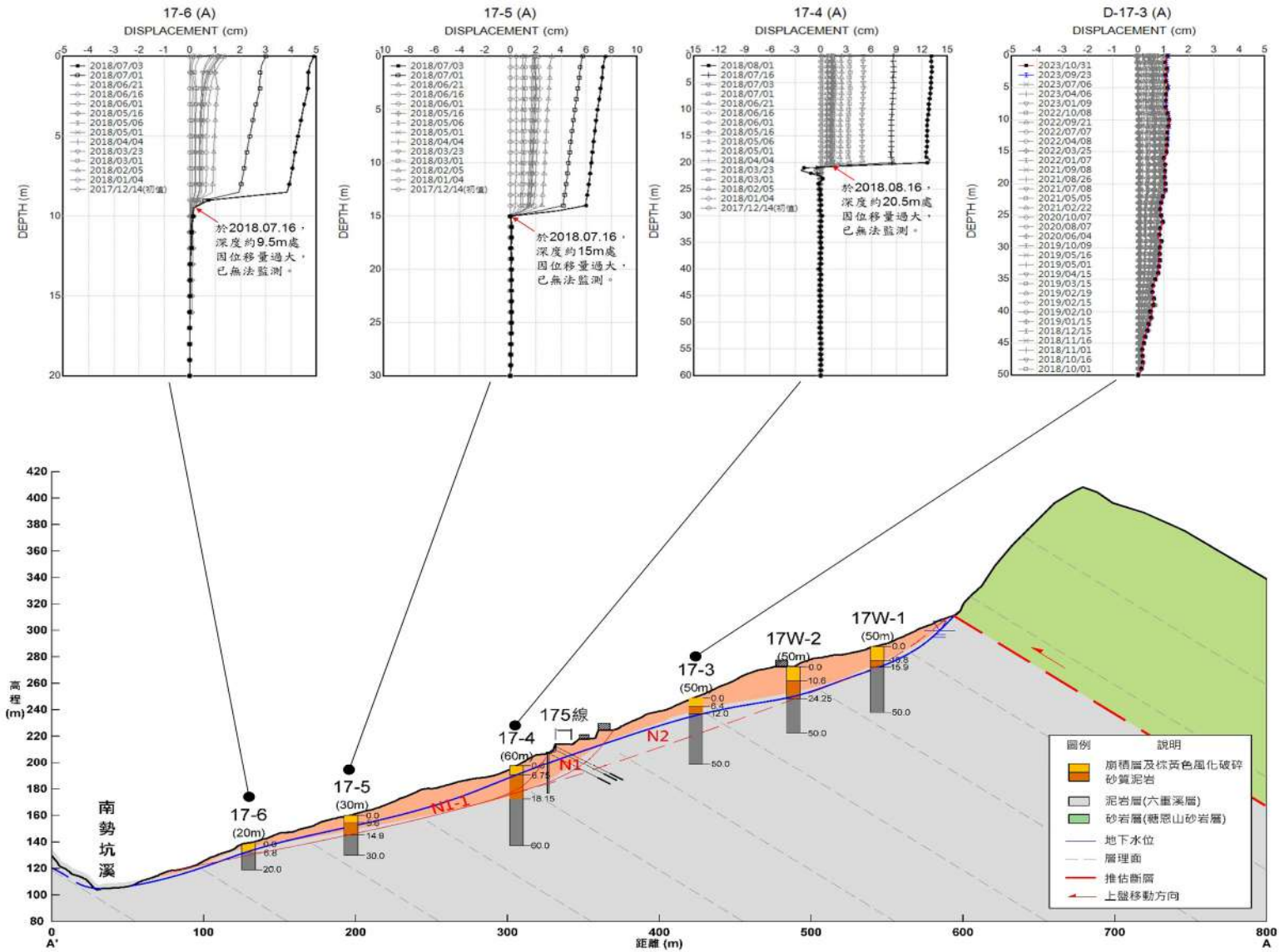


圖 3-67、175 線 25K+410 路段地質剖面圖

3.4.2 地表地質調查

本路段邊坡表層多為崩積層及覆蓋層，無地層露頭，依據地形、崩崖、蝕溝及地表裂縫分布，研判邊坡存在 N1、N1-1 及 N2 滑動塊體，其中 N1 滑動塊體於 108 年既有路基排樁進行地錨補強後，切分為排樁以上之 N1 滑動塊體及排樁以下之 N1-1 滑動塊體，其中 N1 滑動塊體現況尚屬穩定，惟排樁以下 N1-1 塊體仍相當明確且活潑，對本路段安全危害較高；N2 滑動塊體係依古崩崖地形及蝕溝推估之可能滑動塊體，前期監測期間無明顯滑動現象。

前期調查監測期間，N1-1 滑動塊體持續滑動陷落，致使路基排樁樁頭基部露出，以及下邊坡 PC 產業道路新增多處裂縫，進而影響 N1 滑動塊體之穩定性，導致上邊坡部分產業道路亦損壞，惟目前崩塌影響範圍較小，尚未影響本路段整體安全性。滑動塊體分布如圖 3-68 所示，現勘調查成果詳圖 3-69 所示，調查成果說明如下。

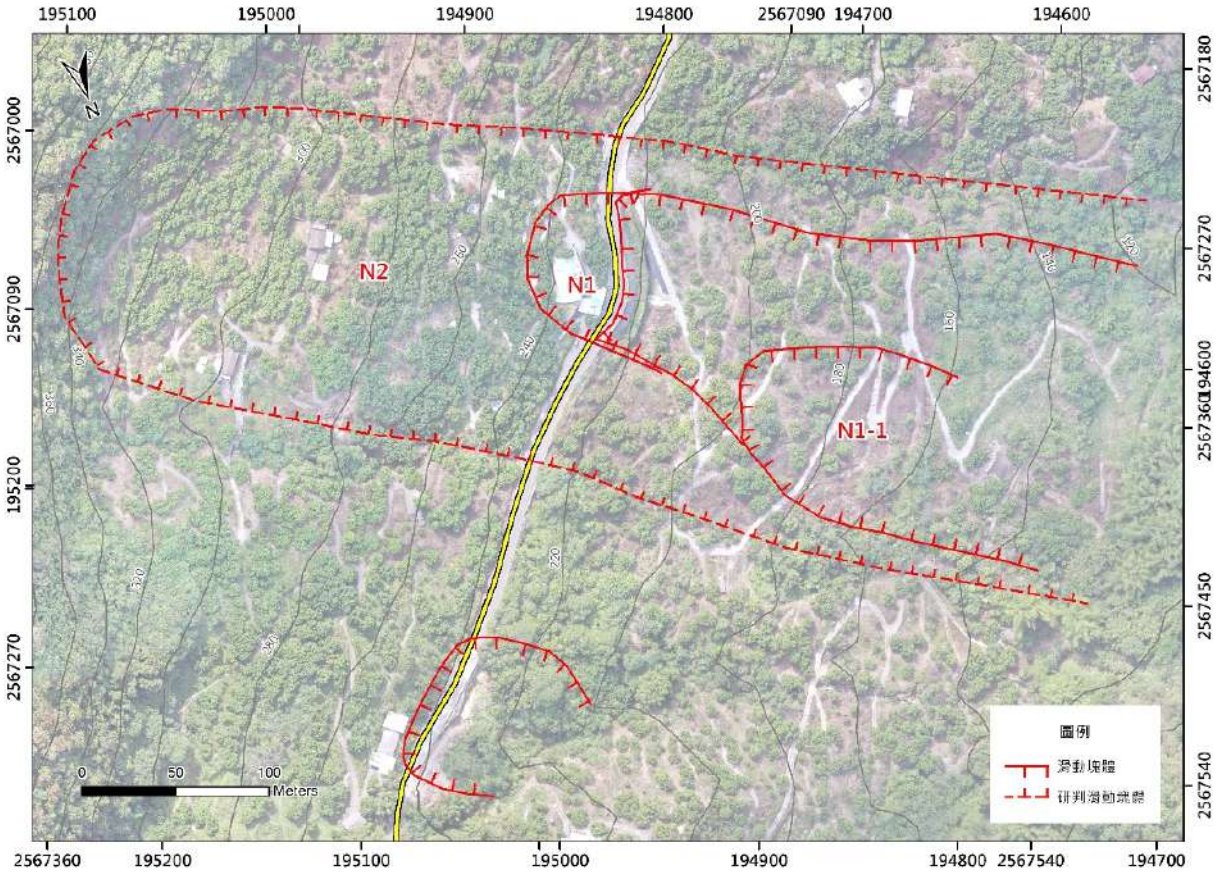


圖 3-68、175 線 25K+410 路段滑動塊體分佈圖

一、道路上邊坡坡頂現況

道路上邊坡鄰近烏山頭斷層，存在一古崩崖地形，下方邊坡兩側各有一條蝕溝，依地形研判無潛在 N2 滑動塊體，既有 PC 產業道路及農舍地坪於前期已有開裂情形，現況尚屬穩定(圖 3-69 照片 A、B)；另上邊坡南側既有 PC 產業道路前期因局部淺層沖蝕斷落，現況無新增災害，尚屬穩定。

二、道路上邊坡農舍

道路上邊坡農舍後方有一高差約 1.5~2m 之崩崖，係為 N1 滑動塊體冠部，其附近產業道路前期已明顯開裂，鄰近擋土牆及既有繫梁亦有開裂情形，現已施拉地錨補強，並增設坡面水平集水管及地表排水溝。

三、道路現況

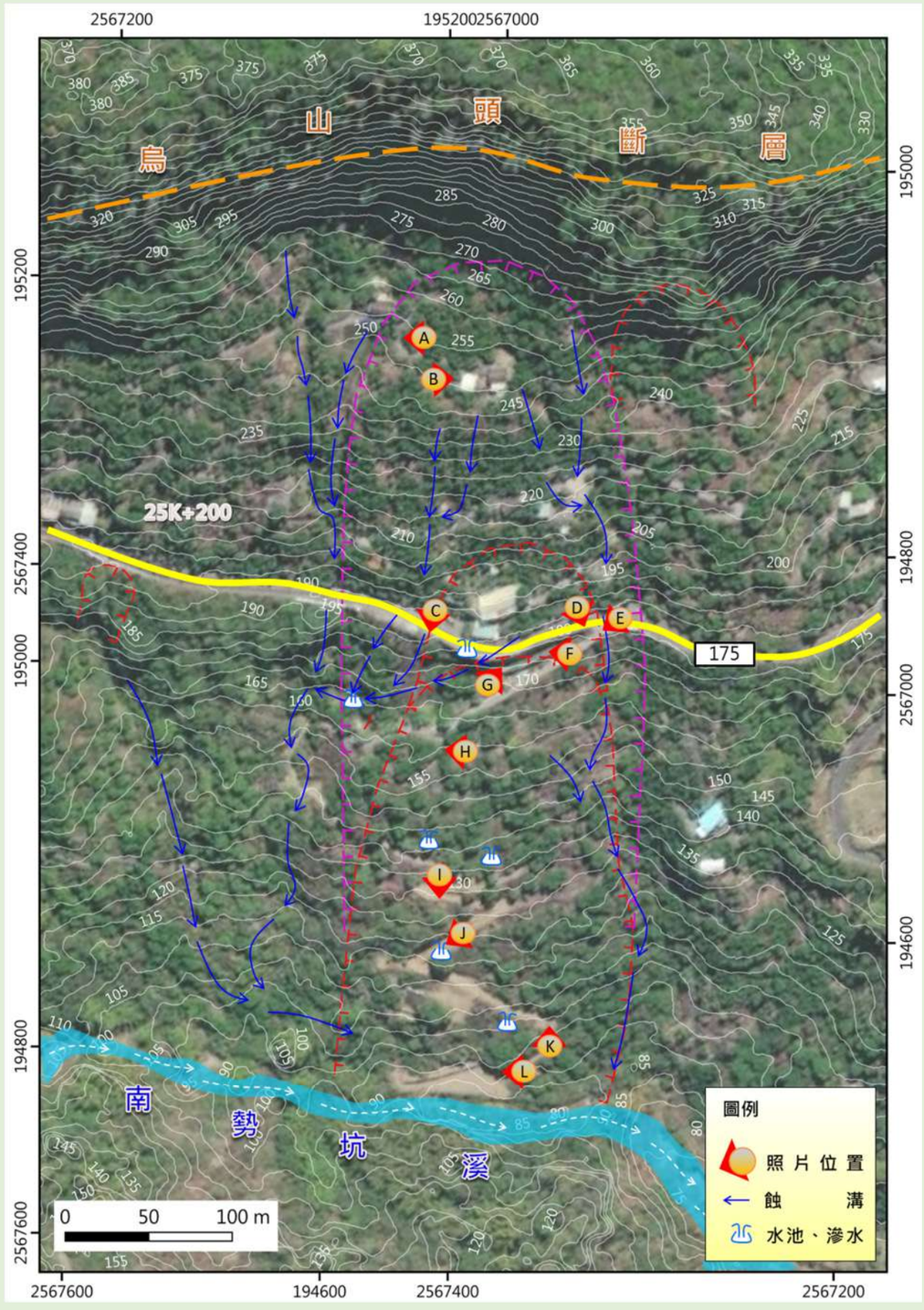
本路段道路及附近構造物前期已有多處開裂及損壞，局部道路及護欄歷經多次修補，於緊急補強工程完成後，現況尚屬穩定，惟路面仍略有下陷及張力裂縫之表徵(圖 3-69 照片 C、D)。由市道 175 線道路通往下邊坡步行，通往下邊坡之產業道路，因 N1-1 塊體滑動，PC 道路有多處明顯陷落及開裂，於豪大雨期間裂縫寬度及錯移增量較為顯著(圖 3-69 照片 E)。

四、道路路基擋土設施現況

因下邊坡 N1-1 塊體持續滑動，既有擋土排樁樁身出露 2~3m，汛期時排樁間隙持續有滲水流出及積水情形，部分擋土牆有滲水現象。排樁帽梁於前期已有多處裂縫，經地錨補強及大口徑集水井完成後，期間排樁擋土牆樁帽裂縫無明顯增量情形(圖 3-69 照片 F)。

五、道路下邊坡現況

現況擋土排樁已進行地錨補強工程，110 年 5 月利用開挖餘土回填至 N1-1 滑動塊體趾部施作石籠擋土設施(圖 3-69 照片 L)，提供坡趾壓重功能。經過 110 年 8 月盧碧颱風後排樁擋土牆下方邊坡於豪大雨後仍有滑動，下邊坡新鋪設之 PC 產業道路有受損開裂情形，於本次監測期間產業道路裂縫持續有擴張及下陷情形(圖 3-69 照片 H、I、J、K)。



A 坡頂路面存在多處裂隙，現況尚屬穩定

B 坡頂現況尚屬穩定，無新裂縫產生

C 市道 175 線北側道路張力裂縫

D 市道 175 線南側道路張力裂縫

E 下邊坡農路起始端裂縫，裂縫顯示排樁下邊坡滑動仍持續發生

F 道路上、下邊坡地錨護坡、路基擋土排樁尚屬穩定，功能狀況良好，惟下邊坡持續滑動，將進行第三期工程

G 下邊坡新設坡面水平集水管功能良好

H 下邊坡產業道路持續開裂、陷落，約 10~15cm

I 下邊坡產業道路持續開裂，約 10~15cm，產生高低落差

J 下邊坡產業道路持續開裂，約 1~2cm，產生高低落差

K 下邊坡產業道路路基掏空情形

L 下邊坡坡趾位置石籠及填土壓重，效果良好

圖 3-69、175 線 25K+410 路段地表地質調查現勘成果

3.4.3 監測工作及成果分析

175 線 25K+410 路段(D 工區)包含手動、半自動及自動化監測儀器，儀器配置如圖 3-70 及圖 3-71 所示，監測儀器總表及監測頻率如表 3-8 所示。依契約規定可分為手動定期監測及手動特殊監測二部分，說明如後。

表 3-8、175 線 25K+410 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	編號	目的	監測方式及頻率	備註
傾斜觀測管(兼水位井)	8 孔	D-17-1(60m) D-17-2(60m) D-17-3(50m) D-18-1(20m) D-18-2(30m) D-18-3(30m) D-BI-1(80m) D-DI-1(30m)	• 地層變位量 • 位移速率 • 滑動深度 • 地下水位變化	• 手動監測：每 3 個月 1 次 • 手動特殊監測：單日累積雨量達 400mm 以上或震度 4 級以上，於事發後 5 日曆天內加強監測，或依指示辦理加強監測	• 手動量測 • 傾斜管開孔處理並外包覆不織布，兼作水位觀測井使用
水位觀測井	6 孔	D-17-W1(50m) D-17-W2(50m) D-17-W3(50m) D-17-W4(40m) D-17-W5(40m) D-BO-1(40m)	• 地下水位變化		• 手動量測
結構物傾度盤	6 組	TI-1、TI-2、TI-3、TI-4、T17-1、T17-2	• 結構物傾斜變化		• 手動量測
自計式水壓計	5 組	D-17-1 D-17-2 D-17W-1 D-17W-2 D-BO-1	• 連續地下水位變化資料	• 每 5~30 分鐘記錄一筆資料，於定期檢測時由人工回收數據	• 於執行手動監測一併回收數據
電子式水壓計	2 組	D-17W-3 D-17W-4	• 連續地下水位變化資料	• 自動化監測 • 每 5 分鐘自動記錄一筆資料 • 資料自動回傳至後端伺服器之資料庫，回傳頻率：平時每 6 小時回傳一次；中央氣象署發布陸上颱風警報，每 2 小時回傳一次(或更高)	• 自動化監測
斜孔式內伸縮計	1 組	D-19EH-1	• 地層變位量 • 位移速率 • 滑動深度		
垂直式內伸縮計	1 組	D-19EV-1	• 地層變位量 • 位移速率 • 滑動深度		

表 3-8、175 線 25K+410 路段監測儀器總表及監測頻率(續)

儀器名稱	數量	編號	目的	監測方式及頻率	備註
電子式結構物傾斜計	1 組	D-19ET-1	• 結構物傾斜變化	• 自動化監測 • 每 5 分鐘自動記錄一筆資料 • 資料自動回傳至後端伺服器之資料庫，回傳頻率：平時每 6 小時回傳一次；中央氣象署發布陸上颱風警報，每 2 小時回傳一次(或更高)	• 自動化監測
電子式雨量計	1 組	D-19R-1	• 掌握計畫區降雨情形		
地錨荷重計	7 組	D-L17-2 D-19L-1 D-19L-2 D-19L-3 D-19L-5 D-19L-6 D-19L-7	• 地錨預力變化		• 自動化監測 • 19L-5、19L-8 數據異常，經會勘後決議由原施工廠商先行檢測

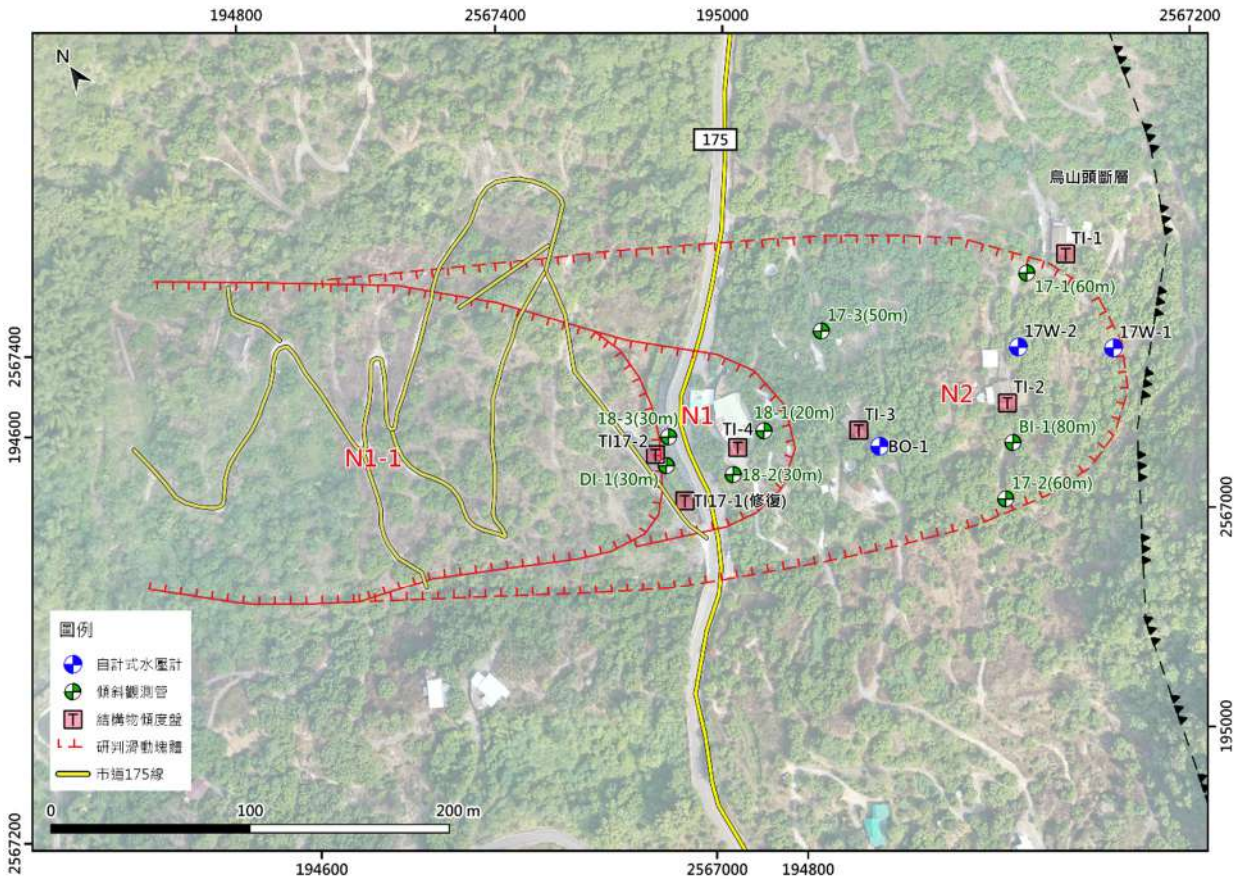


圖 3-70、175 線 25K+410 路段手動監測儀器平面位置圖

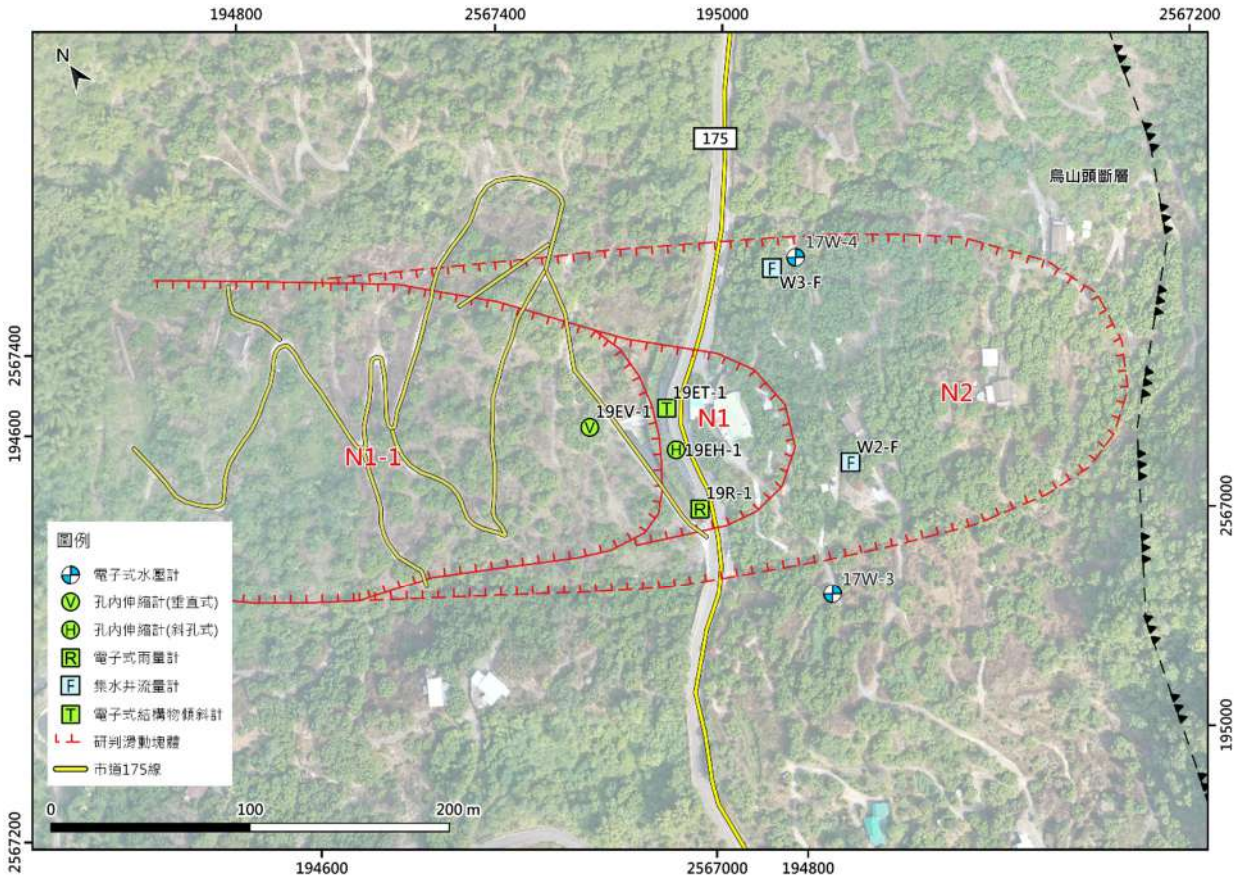


圖 3-71、175 線 25K+410 路段半自動及自動化監測儀器平面位置圖

本計畫自 113 年 11 月至 114 年 5 月監測期間,依契約規定六甲市道 175 線 25K+410 路段(D 工區)共進行 2 次手動定期監測及 5 次手動特殊監測(震度 4 級以上地震事件),茲將各項監測儀器監測成果彙整說明如後。

一、降雨量

本路段既有 D-19-R1 電子式雨量計 1 組,降雨量監測成果如圖 3-72 所示。由降雨量監測成果顯示,1~4 月及 10~12 月為枯水期,月雨量介於 0~58mm 之間,降雨量甚少;而較大降雨量集中於汛期 6~8 月。其中民國 113 年 7 月 24~26 日凱米颱風襲臺,3 日累積降雨量達 1,766.5mm,最大單日降雨量為 1,156.5mm/日,造成本路段邊坡有位移情形;113 年 9 月份受西南氣流及對流雨影響,降雨顯著,最大單日降雨量為 144.5mm/日。本次半年監測期間為非汛期,最大單日降雨量於 114 年 4 月 13 日,降雨量為 7.5mm/日。

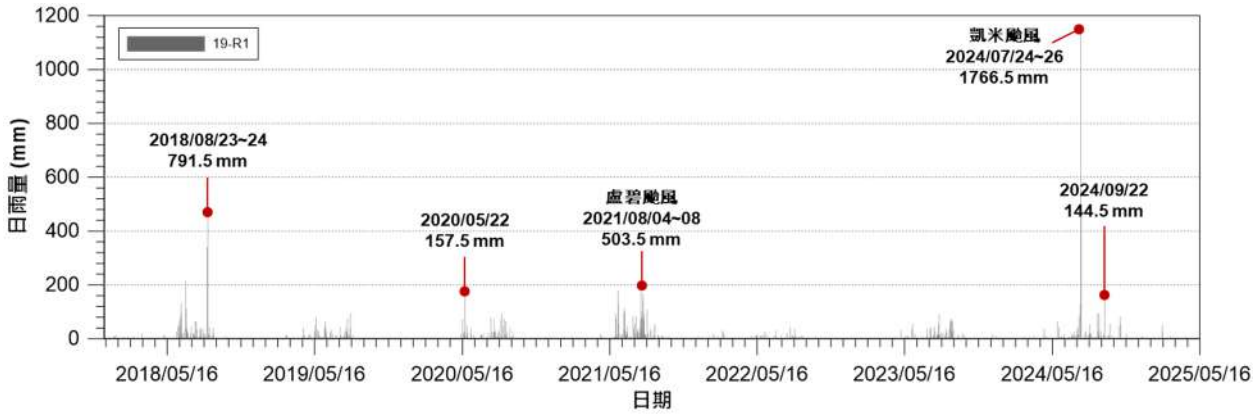


圖 3-72、175 線 25K+410 路段降雨量監測成果

二、地下水位

地下水位監測主要為 8 孔傾斜觀測管兼水位井及 5 孔水位觀測井,進行手動地下水位監測,其中 5 孔裝設自計式水壓計(半自動化),2 孔裝設電子式水壓計(自動化)。

(一)手動水位監測：手動水位監測分為道路上邊坡及下邊坡分別說明。

道路上邊坡包含傾斜觀測管兼水位井 D-17-1~D-17-3、D-18-1~D-18-2 及 D-BI-1；水位觀測井 D-17W-1~D-17W-4 及 D-BO-1，計 11 孔，監測成果如圖 3-73 所示。本次監測期間為乾季，道路上邊坡側地下水介於-3m~-33m，民國 113 年 10~12 月期間，D-17-2 地下水位下降約 8m、D-17W-3 地下水位下降約 5m，其餘監測孔地下水位皆略為下降。

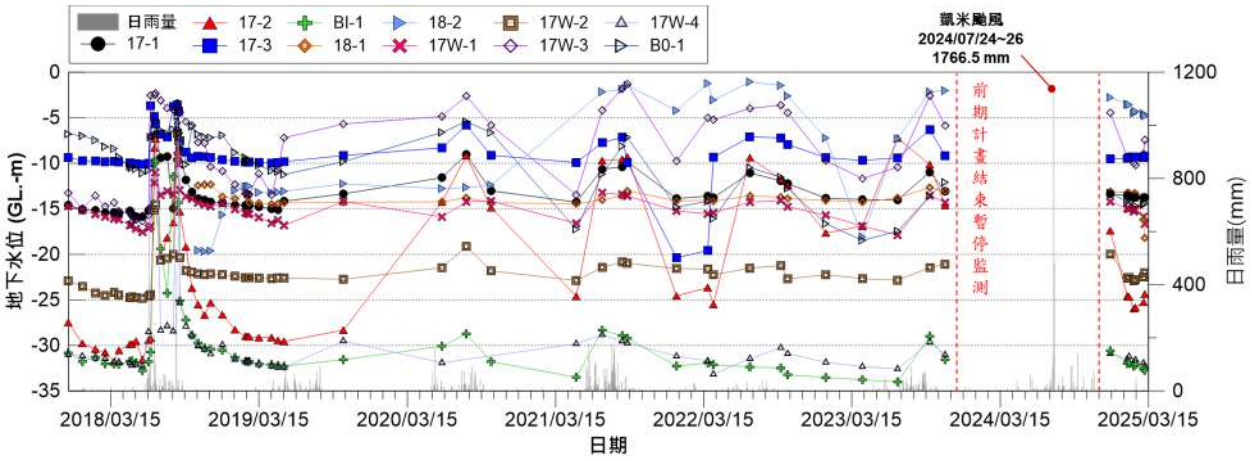


圖 3-73、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路上邊坡)

道路下邊坡包含傾斜觀測管兼水位井 D-DI-1 及 D-18-3；水位觀測井 D-17W-5，計 3 孔，監測成果如圖 3-74 所示。本次監測期間，道路下邊坡地下水介於-1m~-11m，乾季水位並無明顯下降，顯示道路下邊坡於非汛期即維持較高之常時水位。

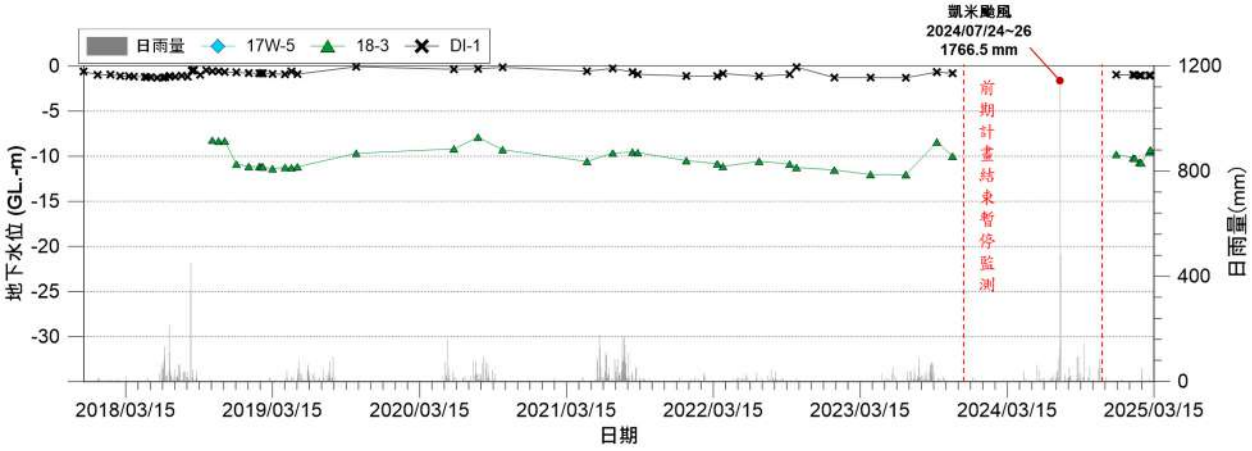


圖 3-74、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路下邊坡)

(二) 自計式水壓計：裝設於傾斜觀測管兼水位井 D-17-1、D-17-2 及水位觀測井 D-17W-1、D-17W-2、D-BO-1，計 5 組，監測成果如圖 3-75~圖 3-78 所示。由監測成果顯示，整體地下水位趨勢變化與手動水位監測成果大致相同，1~5 月乾季水位變化不大，常時水位約介於深度 -13.2~-26m 之間；於 6~8 月汛期期間，地下水位可快速升高至深度約 -3~-9.5m 之間，其中 D-17-2 上升幅度最大，可達約 25m；其後至 10~12 月乾季，各孔觀測井地下水位則下降至常時水位。本次監測期間為乾季，無較大降雨事件，地下水位則無上升變化。整體而言，道路上邊坡於汛期豪雨期間，地下水位有快速上升及下降之特性，研判上邊坡存在地下水補注，其補注地下水應順流徑逐漸洩降至常時水位深度。

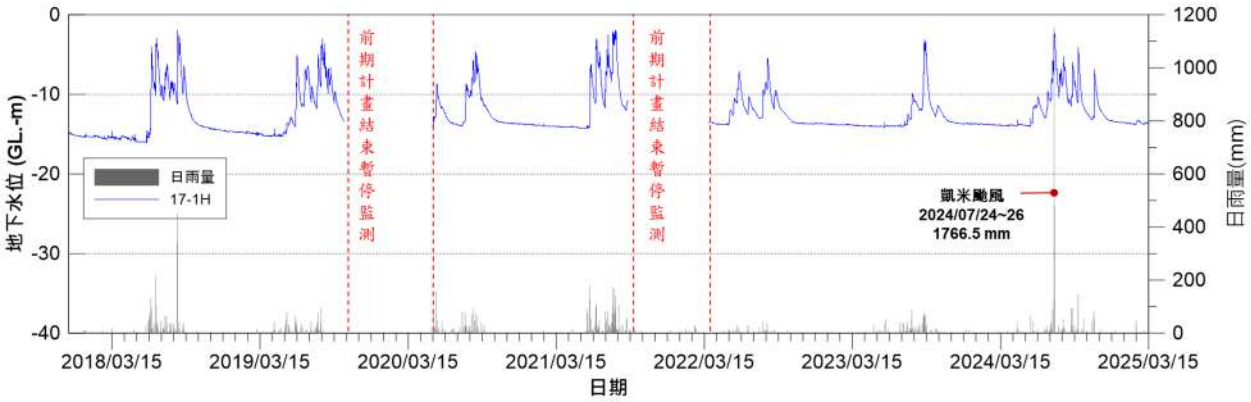


圖 3-75、175 線 25K+410 路段 D-17-1 自計式水壓計監測成果

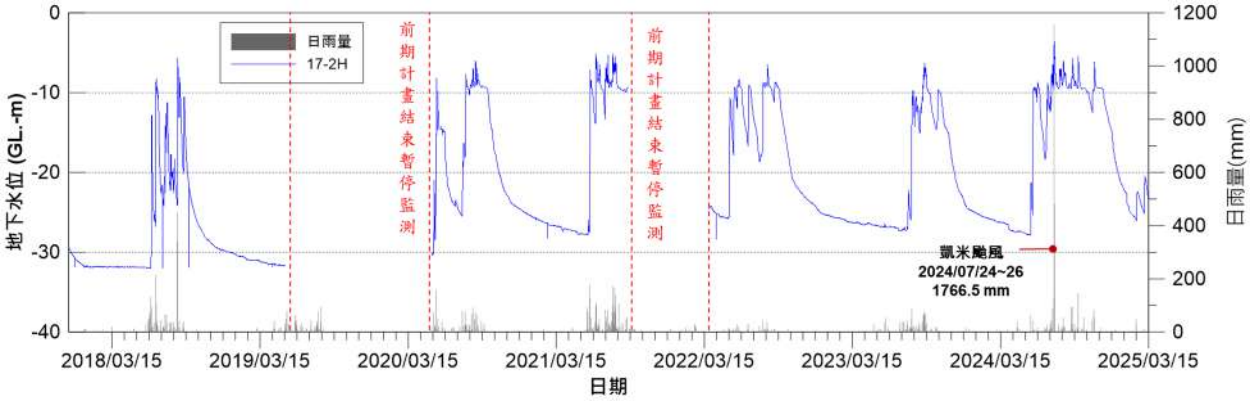


圖 3-76、175 線 25K+410 路段 D-17-2 自計式水壓計監測成果

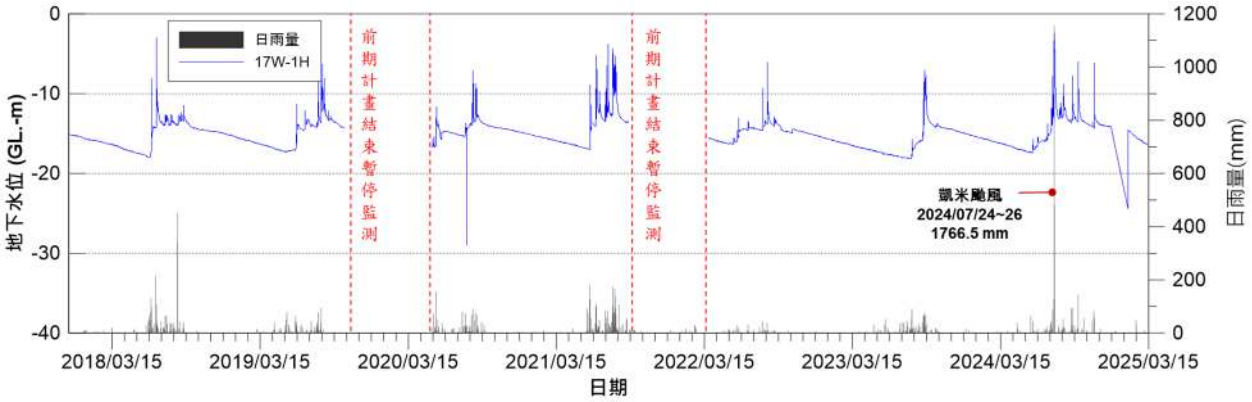


圖 3-77、175 線 25K+410 路段 D-17W-1 自計式水壓計監測成果

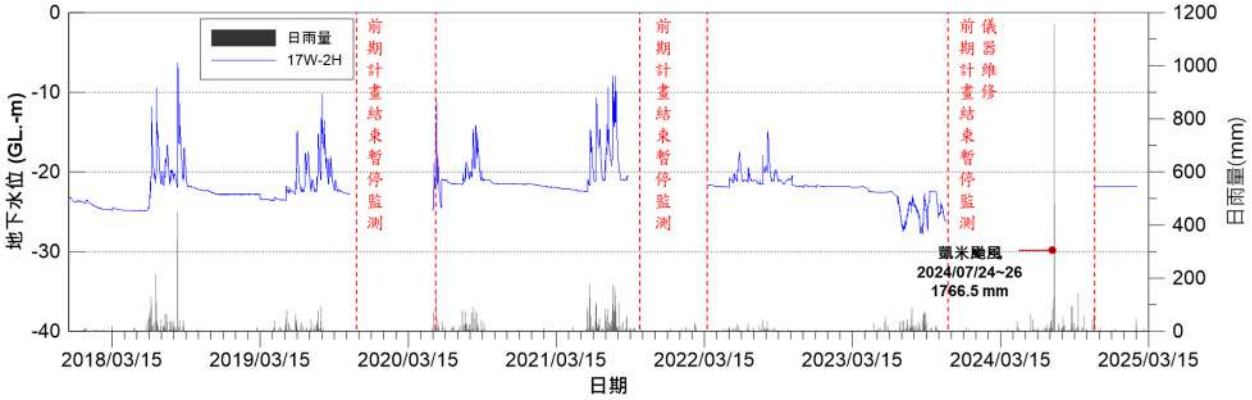


圖 3-78、175 線 25K+410 路段 D-17W-2 自計式水壓計監測成果

(三)電子式水壓計：裝設於水位觀測井 D-17W-3 及 D-17W-4，計 2 組，監測成果如圖 3-79~圖 3-80 所示。由監測成果顯示，電子式水壓計監測成果與手動監測大致相同，道路上邊坡之地下水位於乾季大多維持相對低水位，於降雨後部分觀測孔有水位快速上升情形。本次監測期間為乾季，無較大降雨事件，地下水位則無上升變化。

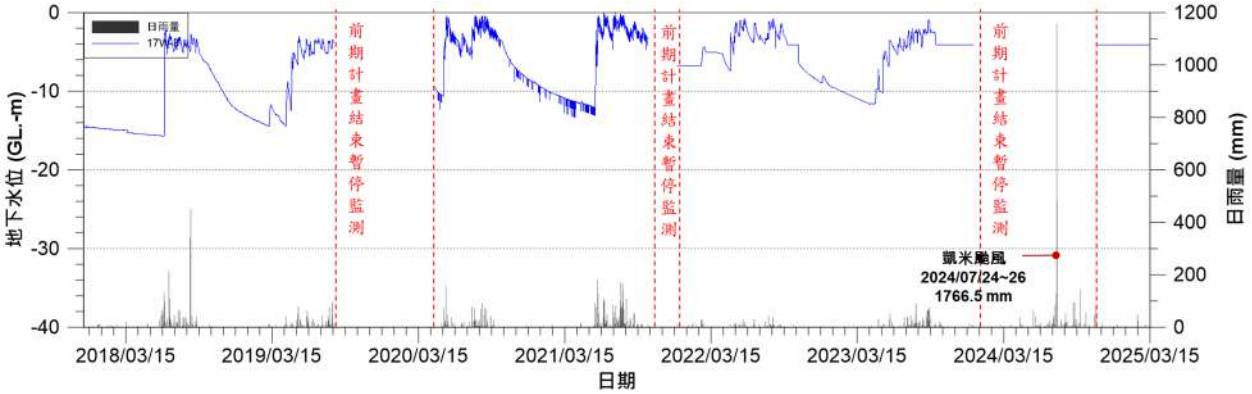


圖 3-79、175 線 25K+410 路段 D-17W-3 電子式水壓計監測成果

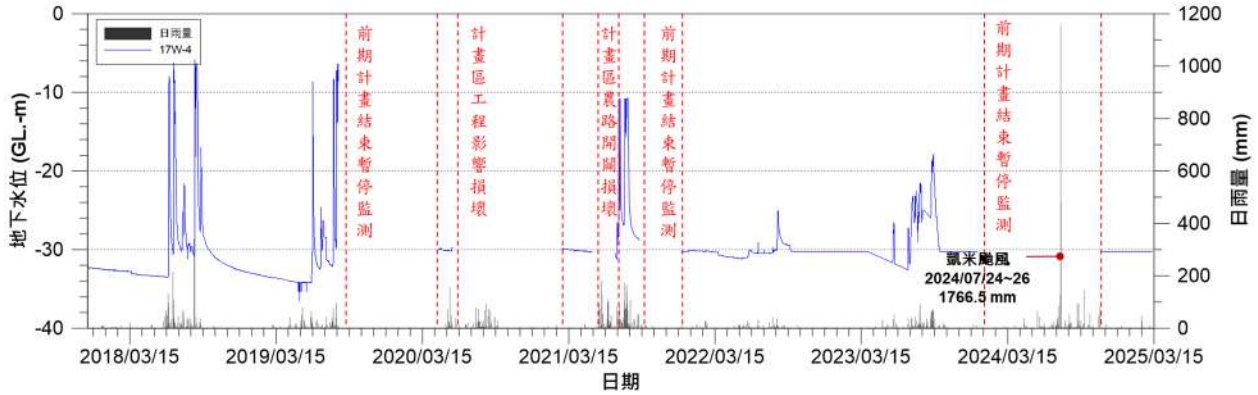


圖 3-80、175 線 25K+410 路段 D-17W-4 電子式水壓計監測成果

(四)電子式流量計：本路段前期 W2 及 W3 大口徑集水井整治工程中，於井內設置 W2-F 及 W3-F 共 2 組流量計，以追蹤集水井內排水管流量變化，監測成果如圖 3-81~圖 3-82 所示。民國 113 年 7 月凱米颱風期間，W2-F 及 W3-F 最高排水量分別達 27.9T/日及 28.2T/日，顯示持續導排地下水。本次監測期間非汛期，惟降雨量較少，尚無明顯流量變化，後續持續監測追蹤排水量變化，以評估整治成效。

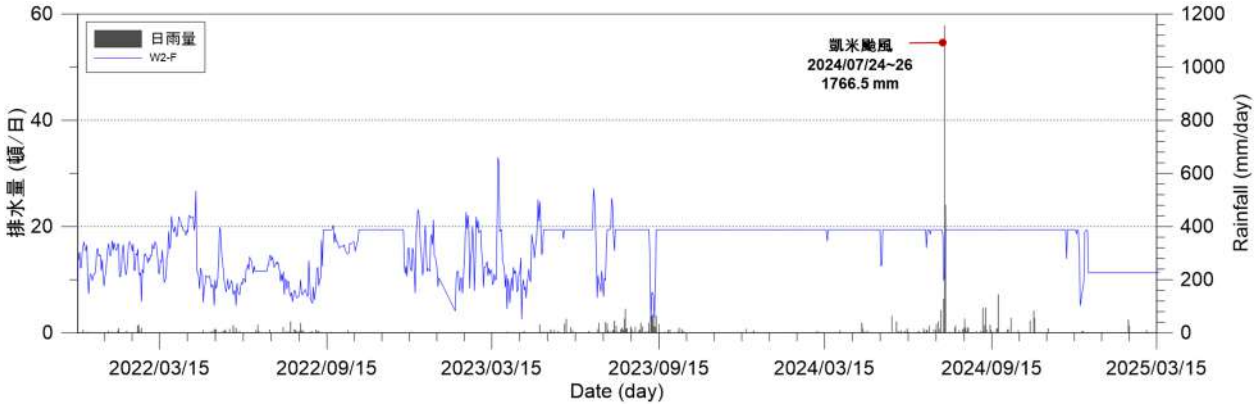


圖 3-81、175 線 25K+410 路段 D-W2-F 流量計監測成果

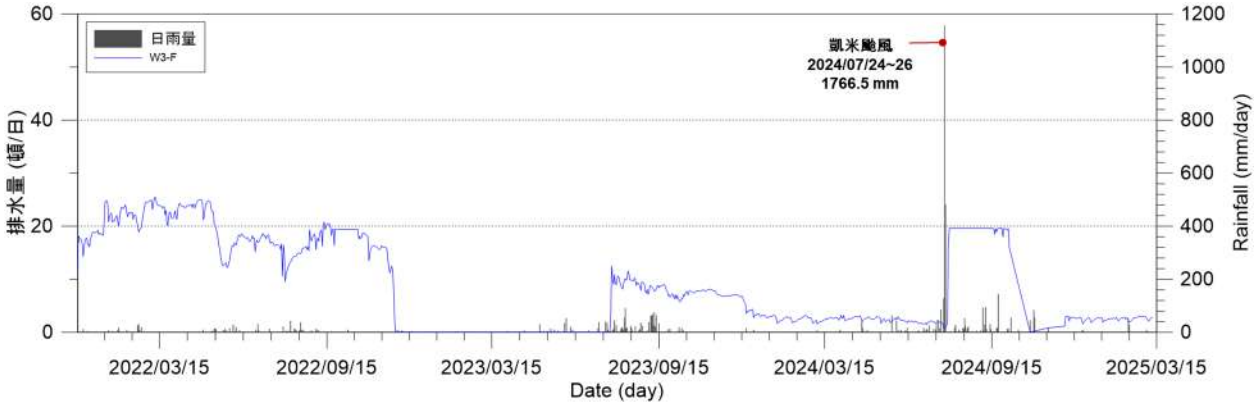


圖 3-82、175 線 25K+410 路段 D-W3-F 流量計監測成果

三、地表變位

(一)結構物傾度盤：本路段設置 TI1~TI4 及 TI17-1~TI17-2，計 6 組手動量測之結構物傾度盤，係為瞭解地滑區內結構體傾斜狀況。結構物傾度盤包含 1、2、3、4 四個方向，安裝儀器時將 1 方向盡量朝向下邊坡，因裝設於結構物上，其傾斜方向與邊坡滑動方向未必一致，與邊坡位移量無絕對正比關係，本路段監測成果如圖 3-83~圖 3-84 所示。位於道路上邊坡農舍 TI-1~TI-4，於本次監測期間皆無明顯傾斜量變化；道路路基排樁上 TI17-1，於本次監測期間亦無明顯傾斜量變化；位於道路下邊坡之 TI17-2，於本次監測期間略有 300 秒傾斜量產生，後續將持續監測。

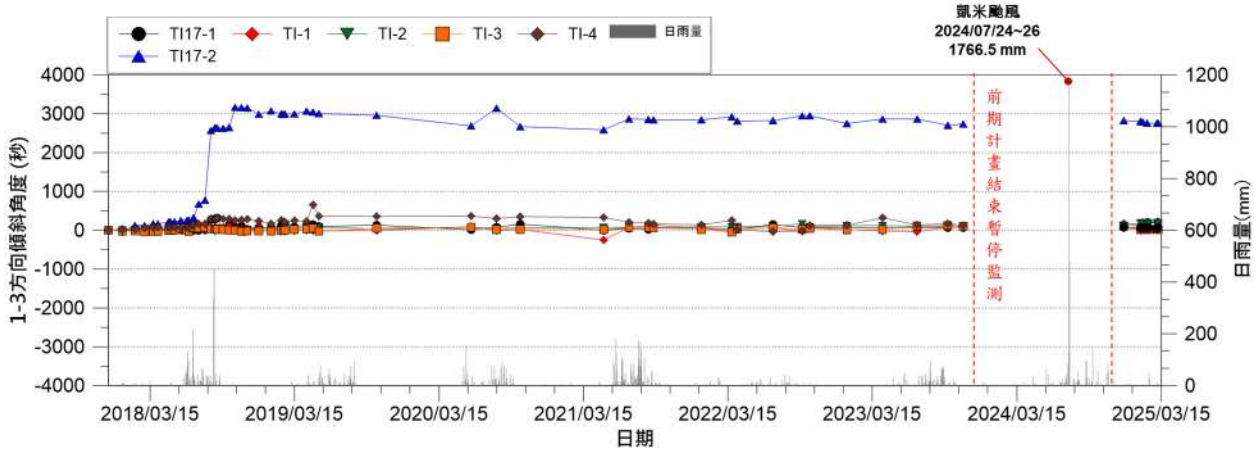


圖 3-83、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

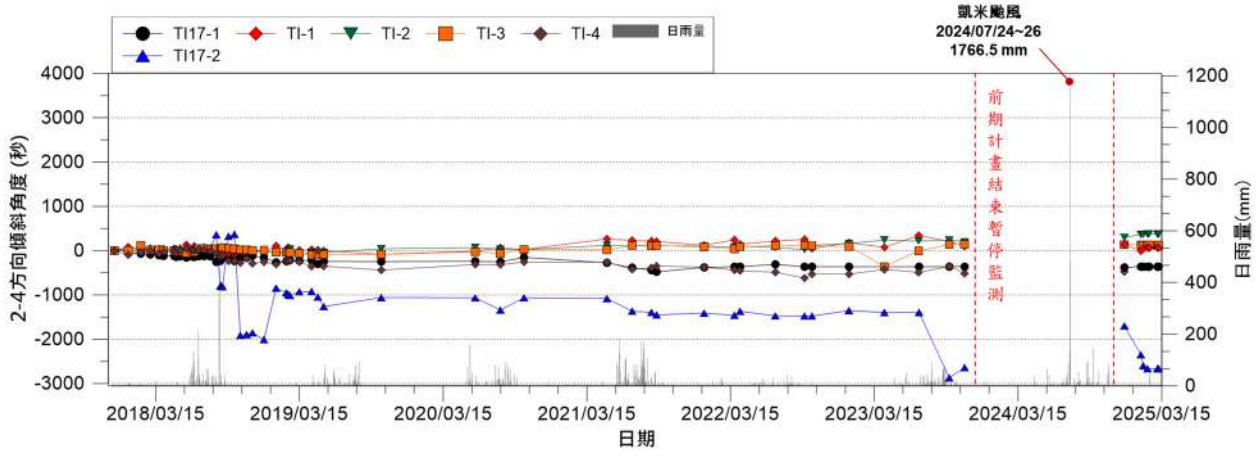


圖 3-84、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(二)電子式結構物傾斜計：道路路基擋土牆上設有 1 組自動化量測之電子式結構物傾斜計(D-19ET-1)，記錄結構物傾斜變化情形，監測成果如圖 3-85 所示。由監測成果顯示，民國 113 年汛期時 D-19ET-1 尚無明顯傾斜變化量，於 114 年 1~2 月連續地震期間，則有向下邊坡方向產生約 150 秒傾斜量，後續將持續追蹤其穩定性。

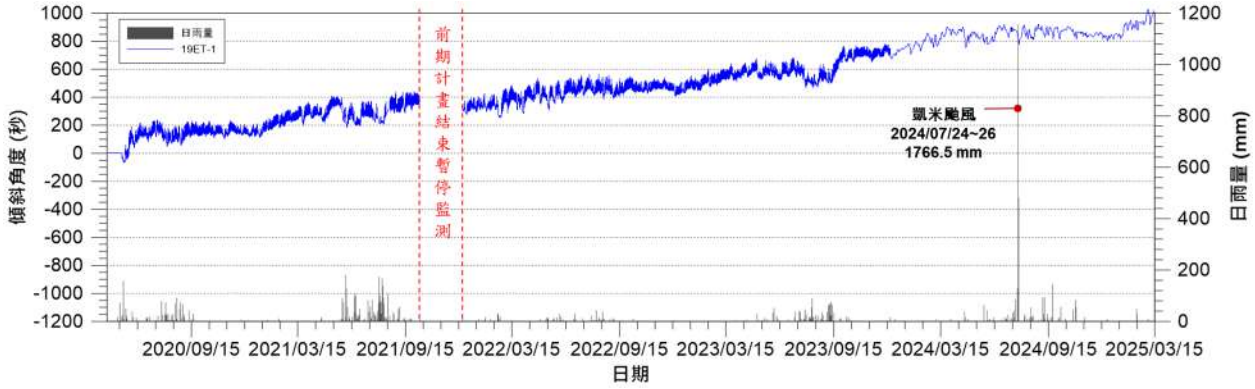


圖 3-85、175 線 25K+410 路段 D-19ET-1 電子式結構物傾斜計監測成果

四、地層變位

(一)傾斜觀測管：本路段設有 D-17-1~D-17-3、D-18-1~D-18-3、D-BI-1 及 D-DI-1，共 8 孔既有傾斜觀測管，監測成果如圖 3-86~圖 3-93 所示。民國 113 年汛期間發生多次颱風事件，由前期監測成果顯示，上、下邊坡各孔皆無明顯位移產生。惟 114 年 1~2 月連續地震期間，於 114 年 1 月 21 日，六甲地區發生 5 弱級地震，由本次監測成果顯示，道路上邊坡 D-17-1、D-17-2、D-17-3、D-BI-1 深層可見明顯向下邊坡傾倒位移，約 1.5~6.5cm 累積位移量，淺層則略有位移，推估為 N2 滑動塊體滑移所致；D-18-1、D-18-2 分別於深度-15m 及-24m 處向下邊坡位移約 1cm，推估為 N1 滑動塊體滑移所致；路基排樁上 18-3 及 DI-1 分別於深度-30m 及-28m 處向下邊坡位移約 1~2.5cm，而排樁擋土牆受下邊坡持續陷落影響，可能略有向前傾情形。綜上所述，整體邊坡受連續地震影響，有明顯位移趨勢，長期是否影響邊坡及排樁擋土牆之穩定性，後續將持續監測掌握其穩定情形。

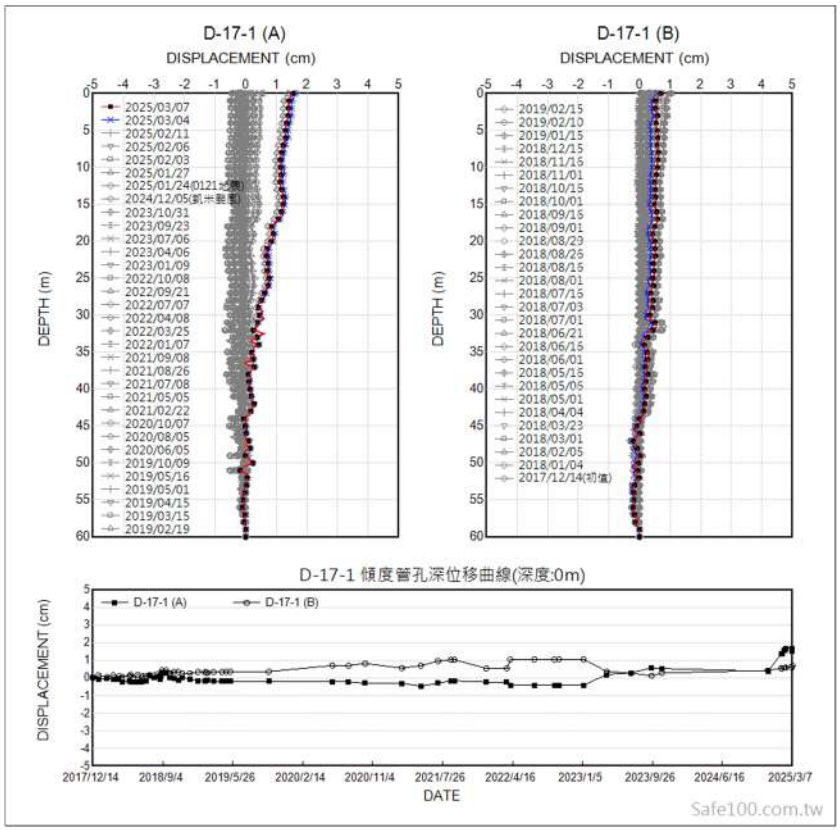


圖 3-86、175 線 25K+410 路段 D-17-1 傾斜觀測管監測成果

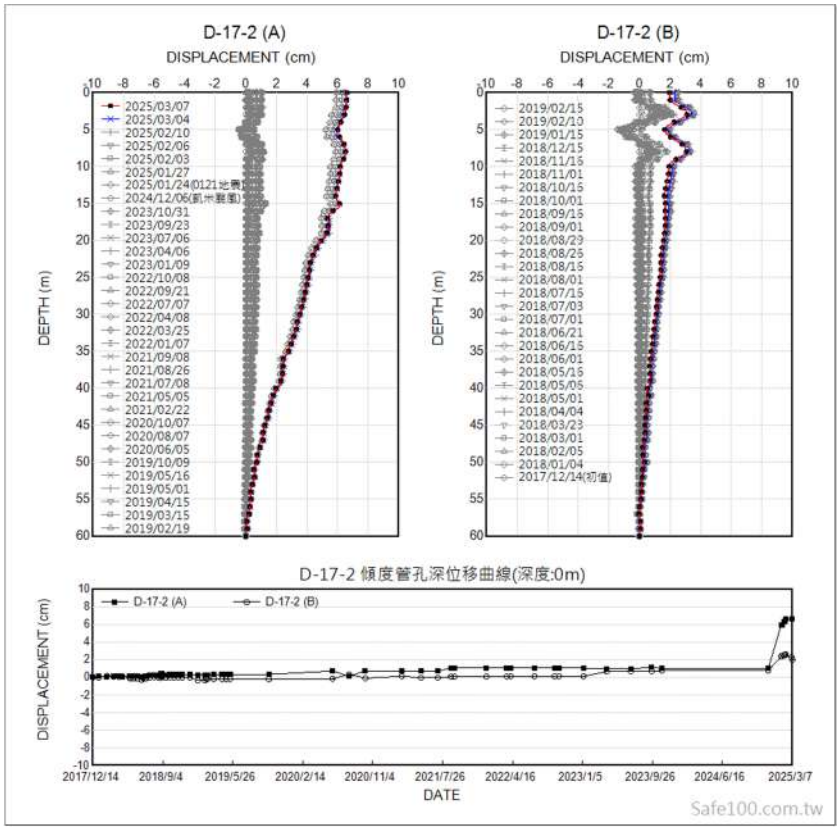


圖 3-87、175 線 25K+410 路段 D-17-2 傾斜觀測管監測成果

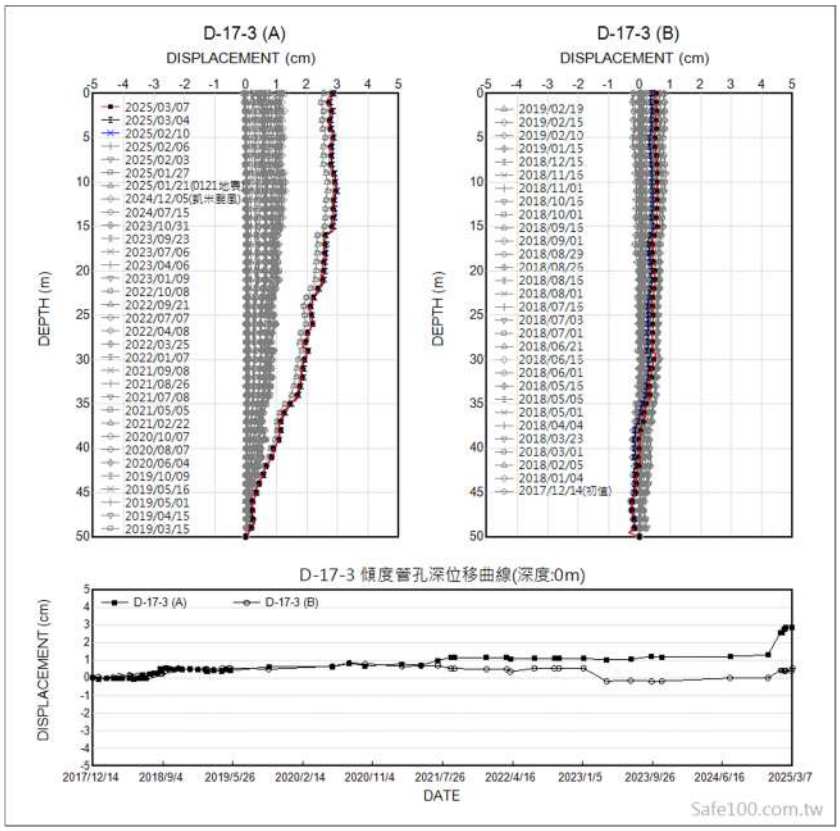


圖 3-88、175 線 25K+410 路段 D-17-3 傾斜觀測管監測成果

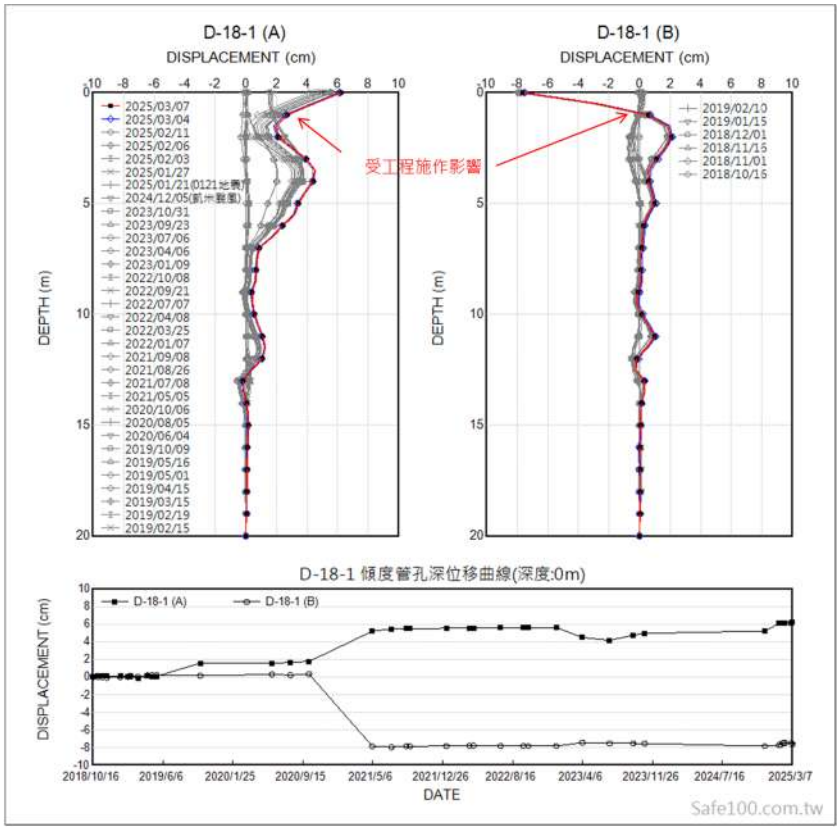


圖 3-89、175 線 25K+410 路段 D-18-1 傾斜觀測管監測成果

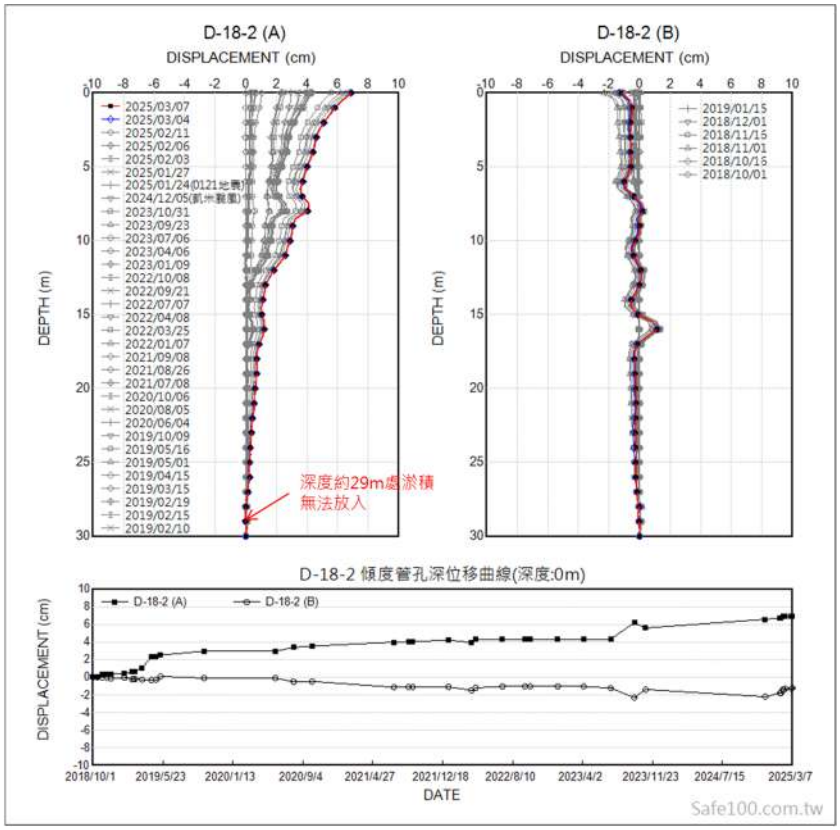


圖 3-90、175 線 25K+410 路段 D-18-2 傾斜觀測管監測成果

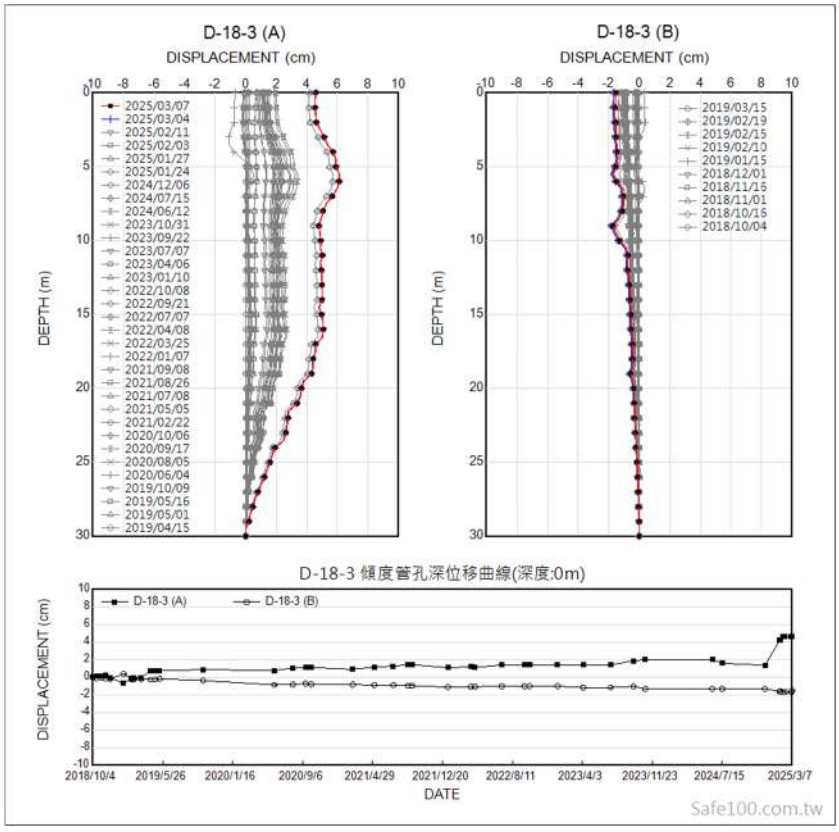


圖 3-91、175 線 25K+410 路段 D-18-3 傾斜觀測管監測成果

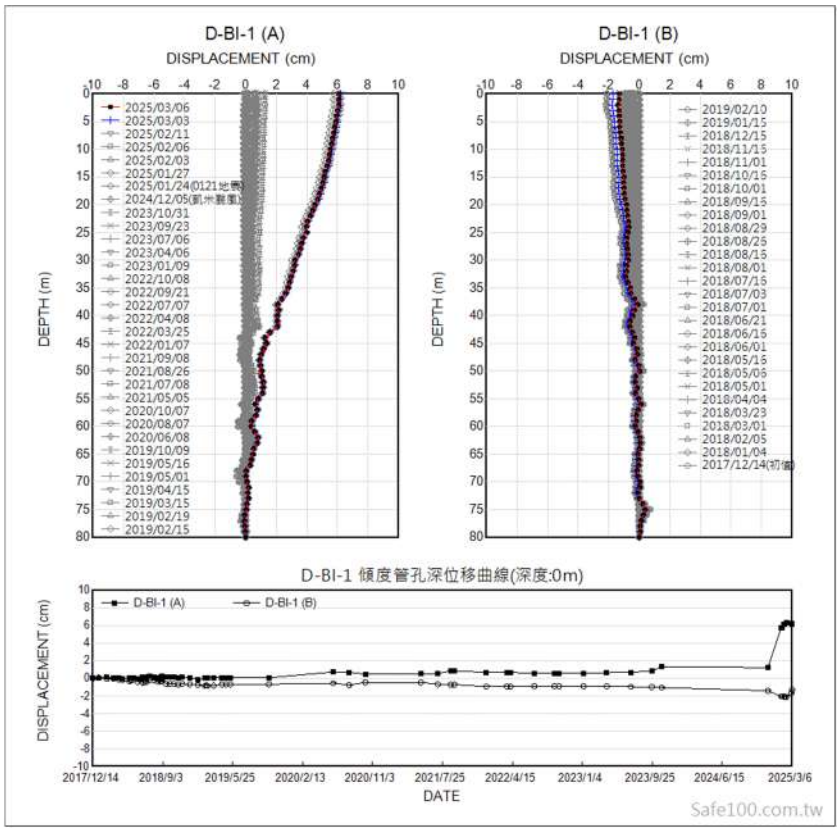


圖 3-92、175 線 25K+410 路段 D-BI-1 傾斜觀測管監測成果

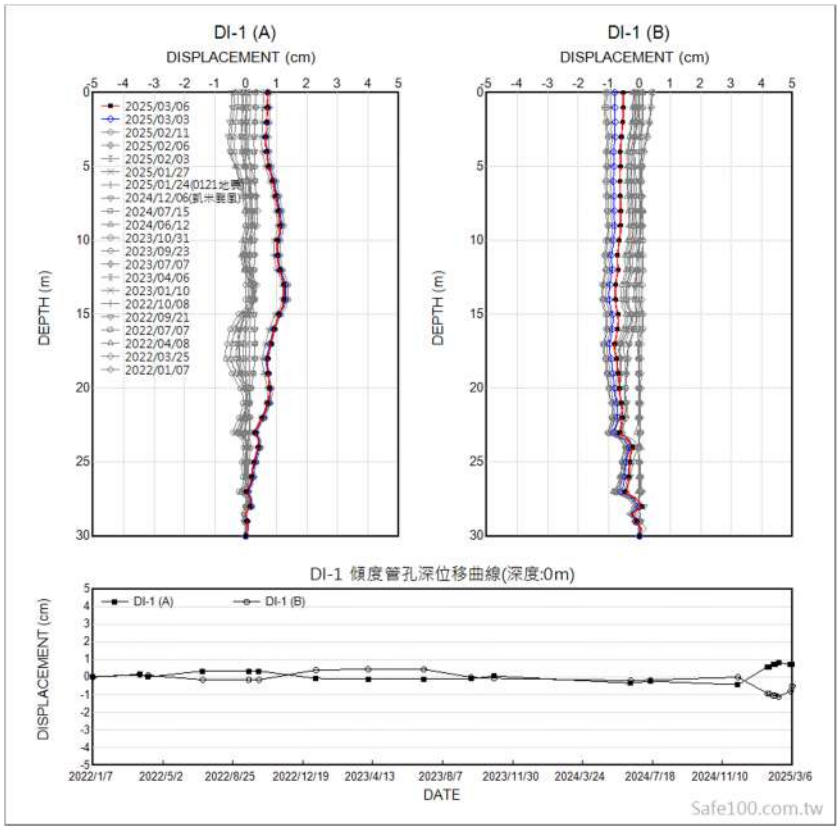


圖 3-93、175 線 25K+410 路段 D-DI-1 傾斜觀測管監測成果

(二)孔內伸縮計：本路段 D-19EH-1 及 D-19EV-1 既有孔內伸縮計，共計 2 組，皆為自動化監測儀器，監測成果如圖 3-94~圖 3-95 所示。其中 19EH-1 為斜孔式孔內伸縮計，裝設於排樁地錨繫梁間；19EV-1 為垂直式孔內伸縮計，裝設於既有路基排樁下邊坡側。本次監測期間，19EH-1 無明顯位移量；19EV-1 於連續地震期間略有伸長情形，顯示排樁以下邊坡持續位移及陷落。

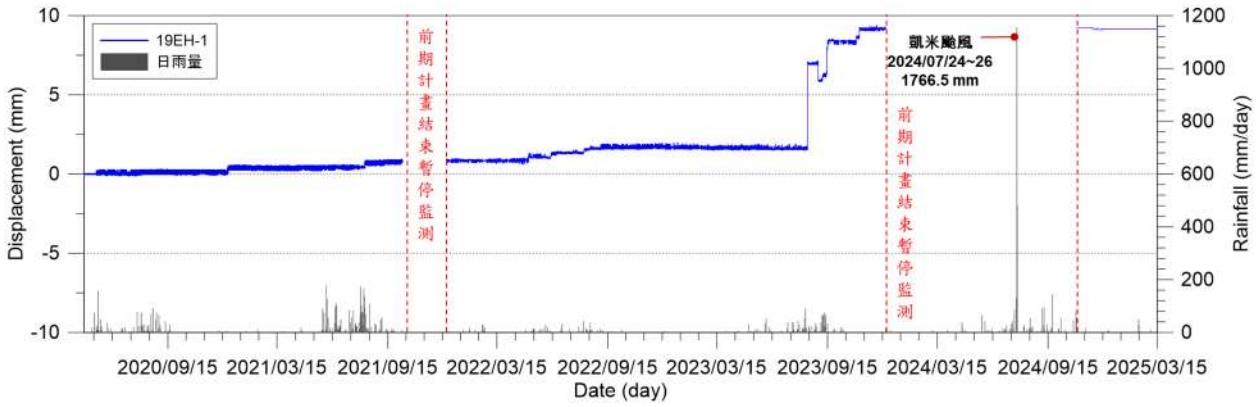


圖 3-94、175 線 25K+410 路段 D-19EH-1 孔內伸縮計監測成果

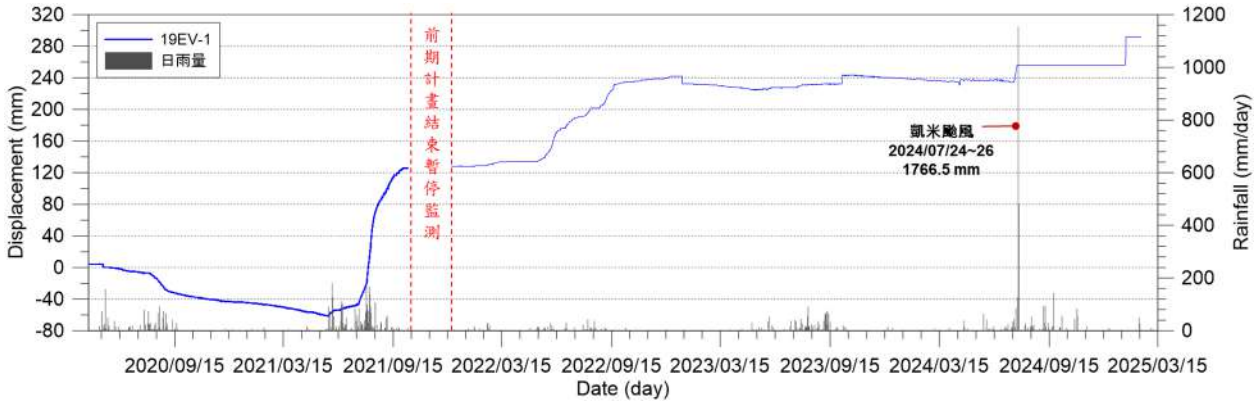


圖 3-95、175 線 25K+410 路段 D-19EV-1 孔內伸縮計監測成果

(三)地錨荷重計：本路段設有 D-L17-2、D-19L-1~D-19L-3、D-19L-5~D-19L-7 既有地錨荷重計，共計 7 組，監測成果如圖 3-96~圖 3-102 所示。前期監測期間，各組地錨荷重計預力介於 9.3~49.6 噸，L17-2 預力有持續降損情形；19L-1 於 113 年 8 月預力降損約 5 噸，經查擋土牆及附近地錨並無異常情形，研判為單一地錨荷重計狀況；19L-3 於 113 年 9 月預力上升約 2 噸，鄰近各組地錨荷重計並無預力上升趨勢，研判為單一地錨荷重計狀況，現況數值穩定，暫無特殊狀況；19L-5 於 112 年 9 月預力逐漸上升，後趨於穩定。其餘地錨荷重計於本次監測期間尚無明顯變化，現況已進行繫梁地錨補強，後續將持續追蹤，以掌握路基之穩定。

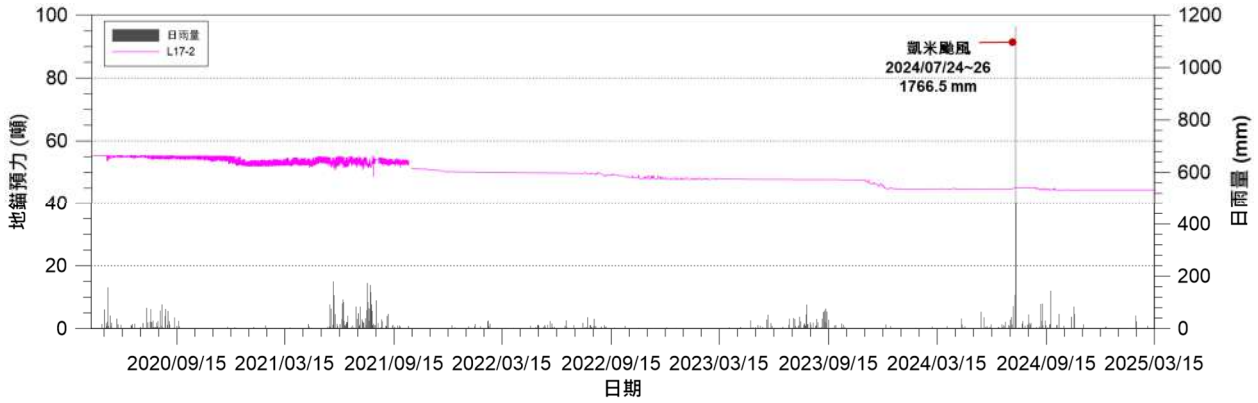


圖 3-96、175 線 25K+410 路段 D-L17-2 地錨荷重計監測成果

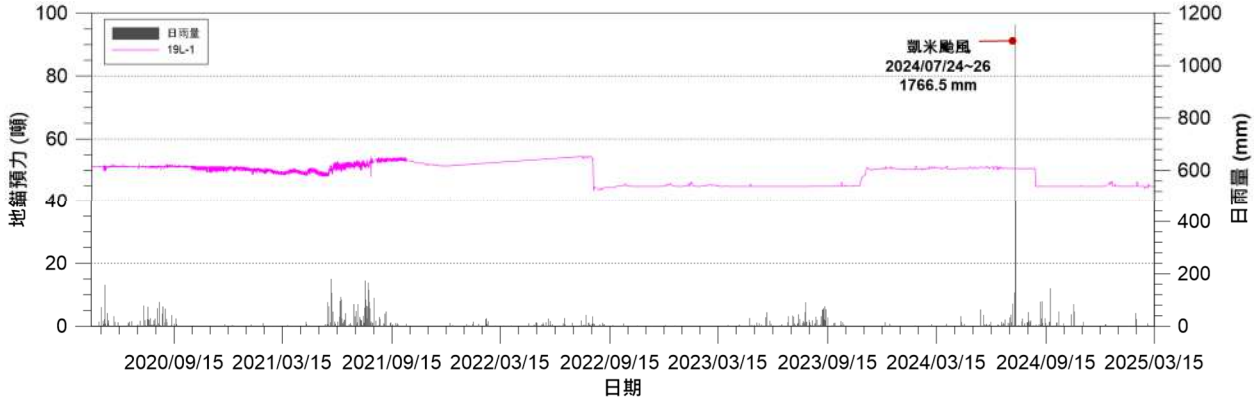


圖 3-97、175 線 25K+410 路段 D-19L-1 地錨荷重計監測成果

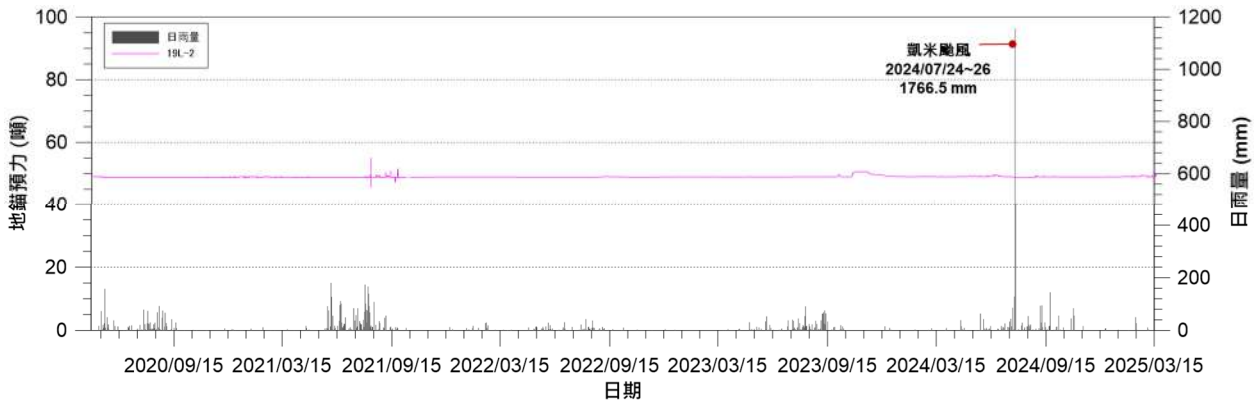


圖 3-98、175 線 25K+410 路段 D-19L-2 地錨荷重計監測成果

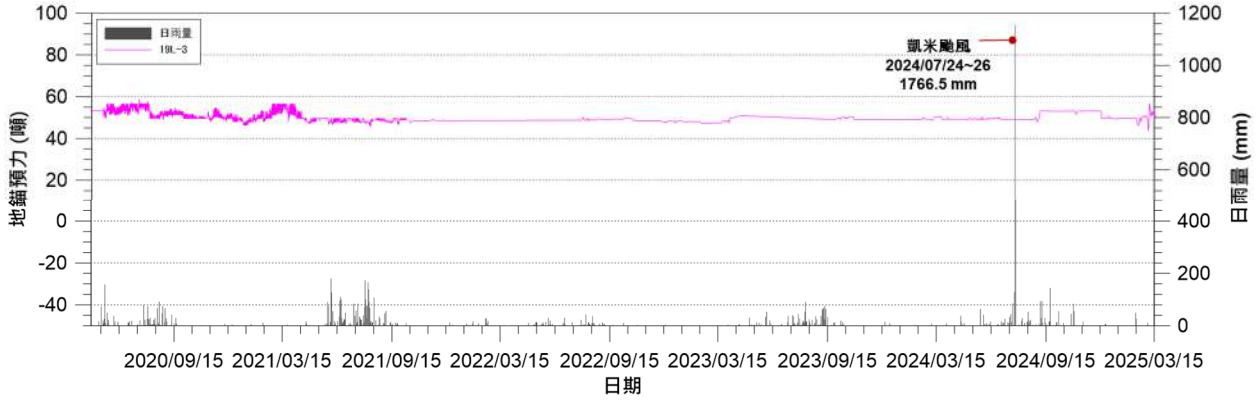


圖 3-99、175 線 25K+410 路段 D-19L-3 地錨荷重計監測成果

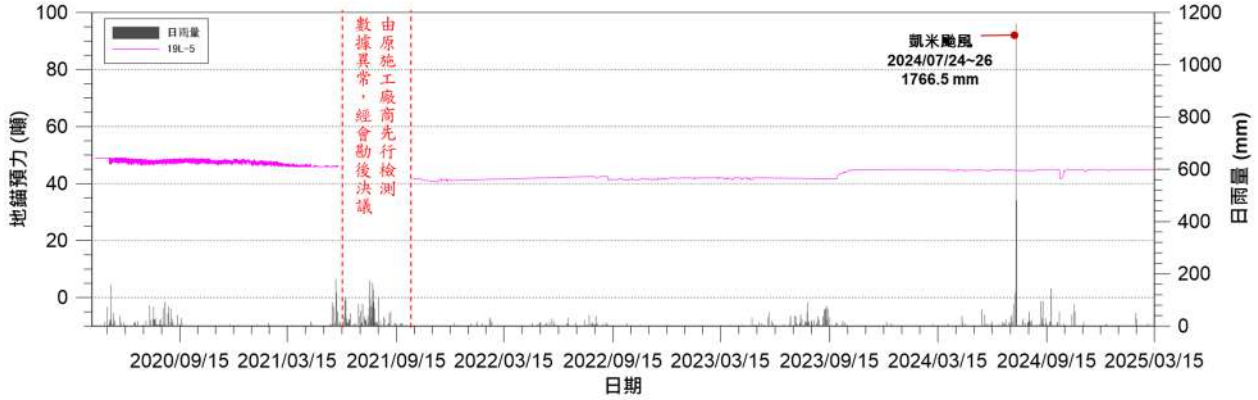


圖 3-100、175 線 25K+410 路段 D-19L-5 地錨荷重計監測成果

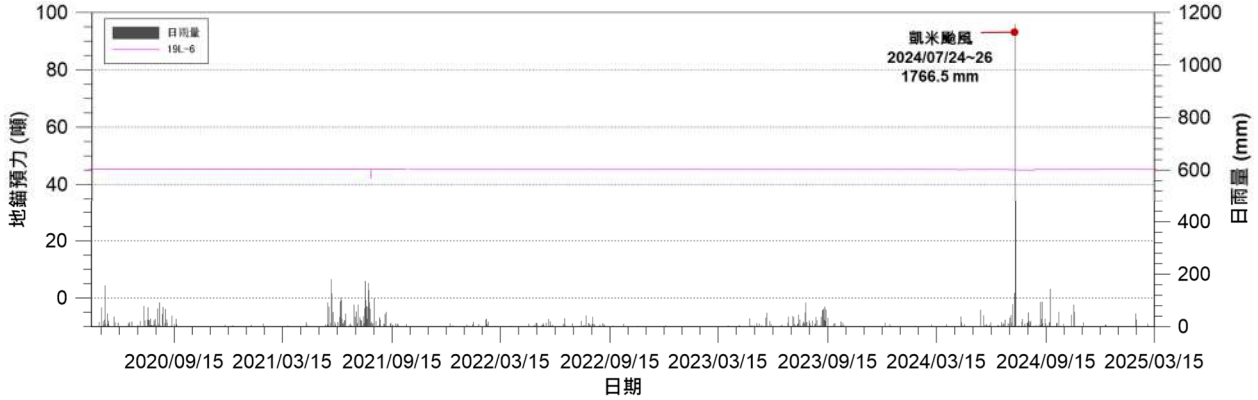


圖 3-101、175 線 25K+410 路段 D-19L-6 地錨荷重計監測成果

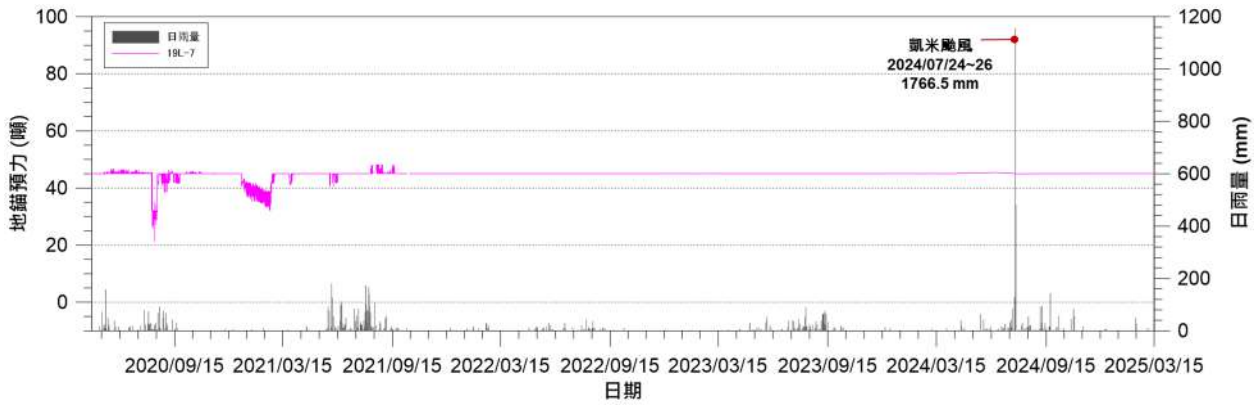


圖 3-102、175 線 25K+410 路段 D-19L-7 地錨荷重計監測成果

3.4.4 監測成果綜合研判

本計畫彙整市道 175 線 25K+410(D 工區)之調查及監測成果，加以綜合分析，分別以「地表地質調查」、「地下水位變化」及「地層變位」三部份說明如下：

一、地表地質調查

本路段依據地形資料及前期相關檢測及監測成果，研判本路段存在 N1、N1-1 及 N2 滑動塊體，其中 N1 及 N1-1 滑動塊體係影響本路段安全之主要滑動塊體，為確保道路安全，近年針對滑動深度約-24m 之 N1 塊體加以補強治理，現況大致上呈穩定，惟下方之 N1-1 塊體仍持續滑動，下邊坡產業道路可見多處開裂及下陷情形，於本次監測期間產業道路裂縫有持續擴張及下陷情形。而 N2 滑動塊體係依地形所推估，為包含 N1、N1-1 滑動塊體規模較大之潛在滑動塊體，監測期間有位移情形。

二、地下水位變化

由本計畫及前期監測資料可知，本路段上邊坡非汛期期間常時水位較低，於汛期間降雨後有快速上升情形；下邊坡則常時處於較高水位，汛期間水位則上升至接近地表。第一期 2 座大口徑集水井完工後，道路上邊坡地下水位於非汛期期間部分孔位能較迅速恢復至常時水位。

三、地層變位

由本計畫及前期監測資料可知，本路段經路基排樁地錨補強、地表排水改善、大口徑集水井工程完工後，上邊坡 N1 滑動塊體尚屬穩定，由監測成果顯示，經過民國 113 年凱米颱風及汛期降雨事件，滑動塊體皆無明顯滑動增量(表 3-7)，惟現況排樁擋土牆下邊坡 N1-1 滑動塊體，於汛期間仍略有持續滑動及陷落；本次監測期間連續地震事件，導致多孔傾斜觀測管有朝下邊坡明顯位移趨勢(圖 3-103)，長期是否影響排樁擋土牆之穩定性，建議後續持續監測掌握其穩定情形。

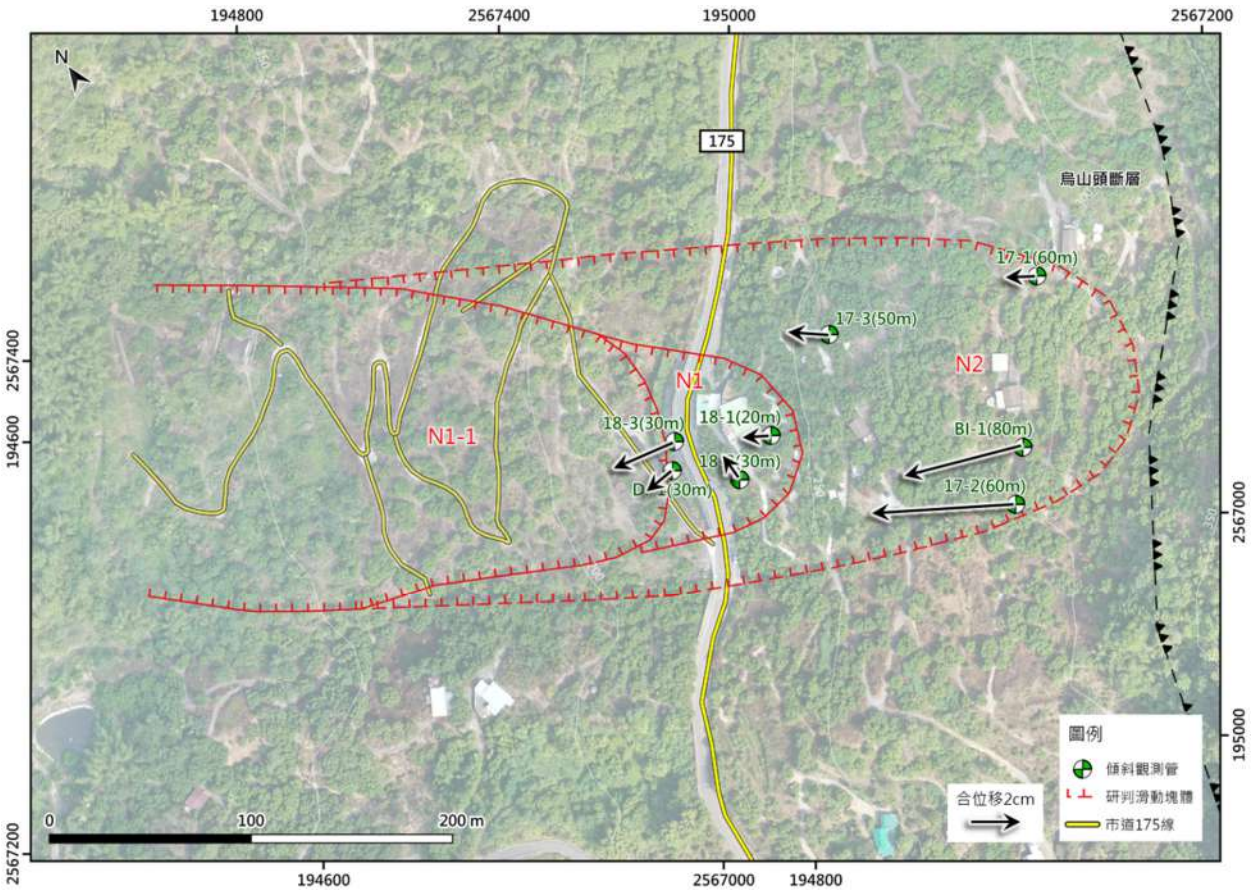


圖 3-103、175 線 25K+410 路段孔口合位移量圖
(本次監測期間 113 年 11 月~114 年 5 月)

表 3-9、175 線 25K+410 路段傾斜觀測管孔口位移速率總表

編號	位移速率(cm/月)			位移趨勢研判	滑動深度研判
	前期監測 111 年 1 月 ~112 年 10 月	監測停止期間 112 年 11 月 ~113 年 10 月	本期監測 112 年 11 月 ~114 年 5 月		
D-17-1 (60m)	0.04	0.06	0.17	△	地震後略有傾倒位移，朝下邊坡方向
D-17-2 (60m)	0.03	0.00	0.83	○	地震後明顯傾倒位移，朝下邊坡方向
D-17-3 (50m)	0.03	0.02	0.23	△	地震後略有傾倒位移，朝下邊坡方向
D-18-1 (20m)	0.03	0.03	0.15	△	地震後-15m 處略有位移，朝下邊坡方向
D-18-2 (30m)	0.07	0.10	0.15	△	地震後-24m 處略有位移，朝下邊坡方向
D-18-3 (30m)	0.04	0.00	0.37	△	地震後-30m 處略有位移，朝下邊坡方向
D-BI-1 (80m)	0.03	0.03	0.70	○	地震後明顯傾倒位移，朝下邊坡方向
D-DI-1 (30m)	0.00	0.04	0.18	△	地震後-28m 處略有位移，朝下邊坡方向

註：「○：已有明確趨勢　△：略有趨勢　╳：尚無明顯趨勢」

3.4.5 改善第三期工程

175 線 25K+410 路段在公路單位及貴局大力接續整治改善，現況道路路基下方主要施作有擋土排樁+面版地錨擋土牆，道路上邊坡 110 年 5 月完成地表排水改善、2 座大口徑集水井及 2 道坡面水平集水管，由 110 年 8 月盧碧颱風後監測成果，路基排樁以上呈現穩定狀態，已有初步不錯的成效。第二期工程規劃改善下邊坡兩側既有蝕溝，並於坡中打設坡面水平集水管，同時於既有排樁新設地錨及繫梁，於 113 年凱米颱風後，市道 175 線道路無明顯受損情形，顯示道路上邊坡逐漸趨於穩定。

為提升邊坡整體穩定，已於 114 年 5 月接續邊坡整體整治工程，以鑽掘式截水牆，加以導排下邊坡地表及地下水，並將工程土石餘方持續運至坡趾壓重，同時針對邊坡工程維護設施進行改善，規劃平面如圖 3-105 所示，其總預算金額約 3,732 萬，工程預算經費表如表 3-10 所示，目前工程已發包施工中，第三期工程概述如下：

一、鑽掘式截水牆

為提升道路下邊坡穩定性，規劃設計於坡中採鑽掘樁後回填排水碎石及回填土石，以密排樁體形成截水牆，加以重力式導排地下水，以達 N1-1 滑動塊體內地下水位降低而提升穩定性。

二、坡趾壓重

為增加邊坡滑動阻抗力，可透過提供邊坡滑動阻抗或提高邊坡抗剪強度，常見的工法前者如坡趾填土、設置擋土構造物、地錨等。規劃將鑽掘式截水牆衍生餘土，於第一期工程坡趾處進行石籠壓重，提高整體邊坡穩定性。

三、沖蝕溝排水改善

本計畫路段下邊坡地下水位長期偏高，上邊坡水源持續排入補注，道路下邊坡兩側蝕溝持續侵蝕、下刷及入滲，為提高地滑區穩定性，規劃既有路基下方及兩側沖蝕溝順應地形施作噴凝土排水溝，並於兩側陡峭坡面施作噴凝土護坡，以達穩固邊坡及減少地表水沖蝕問題。

四、預力地錨功能檢測與維護

為確保路基下方既有地錨穩定擋土功能，將規劃設計由施工廠商先檢視邊坡及檢測地錨，進而評估地錨之現況功能，除進行外觀、組件、內視鏡檢視及錨頭防蝕處理之外，若經評估地錨功能已不符合原設計需求或有其他異常現象，不利於地錨長期使用，後續建議加以補強改善規劃。

五、大口徑集水井維護

大口徑集水井主體可概分為井口設施、井體、集水管、排水管、中間平台、爬梯等，依不同的檢查時機，所應對之檢查項目、檢查方式及檢查頻率。集水井效能檢視調查應定期辦理及持續追蹤，並根據每座集水井設施的狀況、對保全對象之影響程度、自完工後年數、周遭地坪情形以及發生極端氣候事件等，以確定辦理調查之頻率和時間。集水井效能檢視分為(1)集水井基本資料(2)集水井外觀檢視(3)集水井健全度檢視。針對效能檢視流程、方法、項目以及健全度評定方法詳述如下；集水井效能檢視流程詳圖 3-104。

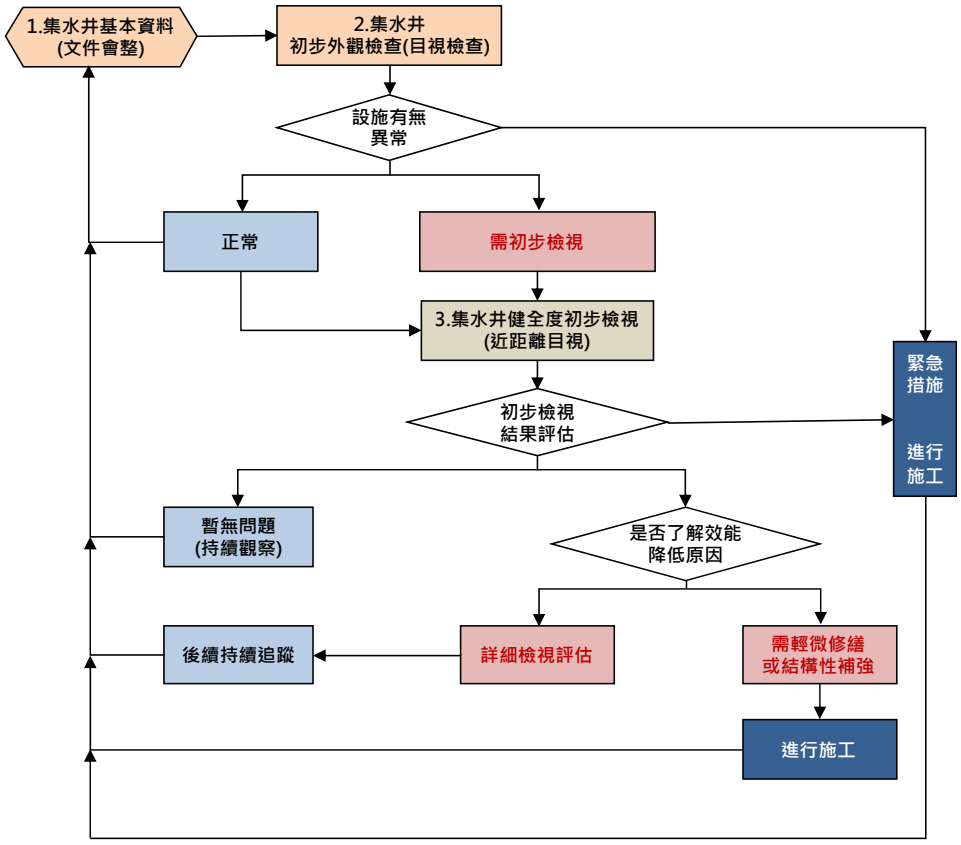


圖 3-104、集水井效能檢視流程圖
(修改自日本農林水產省，2017)

表 3-10、175 線 25K+410 路段邊坡第三期整治工程經費表

工程名稱	六甲區南勢里市道175線25K+400道路邊坡改善及維護工程(第三期)	會計科目	
施工地點	臺南市六甲區	工程編號	
項 次	工 作 項 目		金額(元)
壹	直接工程費		28,883,030
一	土木工程		21,112,690
二	集水井維護工程		1,589,200
三	排水、擋土及附屬設施維護工程		2,235,000
四	地錨檢測及維護工程		1,211,600
五	雜項工程		1,871,300
六	整治成效彙整及呈現		718,000
七	工地及交通維持費用		145,240
貳	職業安全衛生費用		2,562,600
一	職業安全衛生，職安人員		315,000
二	職業安全衛生，監視人員		240,000
三	職業安全衛生，教育訓練，安全衛生教育訓練		25,000
四	職業安全衛生，緊急應變演習(防救災演練)		50,000
五	職業安全衛生設施		1,932,600
參	環境保護費用		382,000
一	環境保護設施		382,000
肆	品質管理費用		315,000
一	品質管理，品質管理人員		315,000
伍	包商利潤、保險及管理費(壹~肆項和*10.5%)		3,374,976
陸	交維人員(每小時單價以250元計，執行時數依實作		20,000
	數量結算，其單價不因決標所做之比例調整)		
柒	委外工程材料試驗費		9,800
捌	包商營業稅(壹~柒項和*5%)		1,777,370
	發包工程費合計		37,324,776

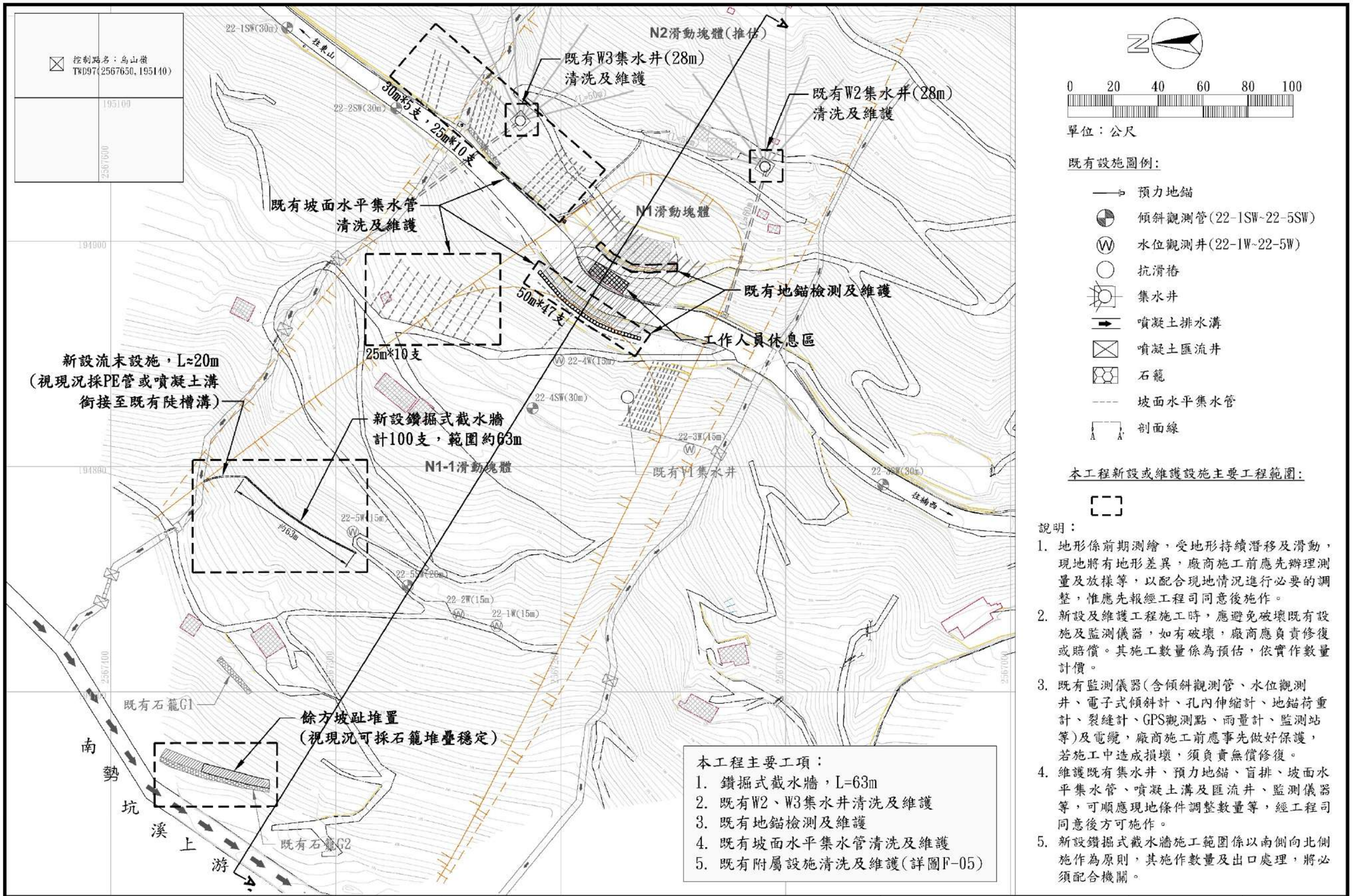


圖 3-105、175 線 25K+410 路段地滑邊坡整治規劃配置

第四章 結論與建議

轄區溪北山區市道 172、172 乙、174 及 175 線範圍內，本計畫優先針對具有邊坡滑動潛勢之 172 線 42K+300(A 工區)、42K+980(B 工區)及 175 線 18K+800(C 工區)、25K+410(D 工區)等四處路段，進行調查及監測等工作，並追蹤分析現階段整治工程成效，滾動調整分期整治對策及規劃。茲就彙整 113 年 11 月 28 日~114 年 5 月 27 日監測期間。相關調查及監測結果，綜合評估提出結論與建議，說明如下。

4.1 結論

一、南市 172 線 42K+300(A 工區)

本路段受枕頭山斷層通過，地層條件較破碎，由地質鑽探成果可知，岩層組成較為破碎，且有較厚層剪裂帶分布，趾部位於白水溪攻擊岸，曾有滑動發生，屬崩塌地。現況道路部分路基及上側已有進行地錨補強，惟現況已有部分地錨錨頭鬆脫損壞失效，初步研判為滑動位移造成鋼腱拉斷，汛期時部份地錨錨頭有大量滲水情形，顯示地下水可能甚高、豐沛或存在受壓水層，且地下水位於非汛期期間常時地下水水位即較高，豪大雨則有明顯上升。

依現場踏勘及監測成果綜合研判，本路段邊坡可能存在 S、M、L 及 N 滑動塊體，由監測成果顯示，經過民國 113 年凱米颱風及汛期降雨事件，S、M、L 及 N 滑動塊體皆有明顯滑動情形；本次監測期間雖為乾季，惟頻繁地震事件也導致滑動塊體有明顯位移增量，評估若有較大集中降雨或長時間降雨，本路段將產生更大滑動位移量，應加以關注。後續將持續監測追蹤地層變位情形，以確實掌握各滑動塊體影響之範圍及深度。

前期於 112 年 4 月現場勘查，本路段坡趾處坡面水平集水管已打設完成，A-21-5SW 及 A-21-6SW 監測孔地下水位有明顯下降，顯示新設坡面水平集水管導排地下水已有初步成效，後續將持續監測追蹤地下水位變化。

二、南市 172 線 42K+980(B 工區)

本路段道路護欄及擋土牆具有多道裂縫，且上方邊坡坡度陡峭，存在 2 條蝕溝侵蝕。下邊坡緊鄰白水溪，可能有溪水側向侵蝕坡趾情形，現況溪床已設置防砂壩工程。本路段常時地下水水位較高，且接近地表，後續將持續追蹤汛期前後地下水位變化。由監測成果顯示，由監測成果顯示，經過民國 113 年凱米颱風及汛期降雨事件，P 滑動塊體略有滑動情形；本次監測期間為乾季，惟受頻繁地震事件影響，P 滑動塊體亦略有位移增量產生，於現勘後並未發現該路段擋土牆或路面產生新裂隙，後續將持續監測追蹤地層變位情形，以確實掌握各滑動塊體影響之範圍及深度。

三、南市 175 線 18K+800(C 工區)

本路段道路於滑動邊界已明顯下陷，擋土牆有嚴重外推及錯移情形，研判為舊崩塌地。常時地下水水位高且接近地表，不利邊坡之穩定性，後續將持續追蹤汛期前後地下水位變化。本路段位於滑動邊界 AC 路面經多次修補，仍持續開裂擴大，顯示滑動塊體較為活潑。由監測成果顯示，經過 113 年凱米颱風及汛期降雨事件，S 滑動塊體有明顯滑動情形；本次監測期間雖為乾季，惟頻繁地震事件也導致 S 滑動塊體有明顯位移增量，且鄰近之結構物傾度盤及裂縫計皆顯示結構物不穩定現象，後續將持續監測追蹤地層變位情形，以確實掌握各滑動塊體影響之範圍及深度。

四、南市 175 線 25K+410(D 工區)

依據地形資料、前期相關檢測及監測成果，研判本路段存在 N1、N1-1 及 N2 滑動塊體，其中 N1 及 N1-1 滑動塊體係影響本路段安全之主要滑動塊體，而 N2 滑動塊體係依地形所推估之潛在滑動塊體。分期整治於路基排樁地錨補強、地表排水改善、大口徑集水井工程完工後，N1 滑動塊體尚屬穩定，惟現況排樁擋土牆下邊坡 N1-1 滑動塊體，於汛期間仍持續滑動及陷落，長期將可能影響排樁擋土牆之穩定性，後續將持續監測追蹤地層變位情形，以確實掌握各滑動塊體影響之範圍及深度。此外，第一期 2 座大口徑集水井完工

後，道路上邊坡地下水位於非汛期期間部分孔位能較迅速恢復至常時水位，已初步達成良好成效。

本路段於公路單位及貴局接續整治改善期間，已完成第一期及第二期工程，第三期工程規劃針對前期既有大口徑集水井、坡面水平集水管、地表排水及地錨等設施進行維護，並規劃於下邊坡施作鑽掘式截水牆，加以導排下邊坡地下水，將工程土石餘方運至坡趾進行石籠壓重，以提升整體邊坡之穩定性，目前第三期工程已發包施工中。

4.2 建議

一、 172 線 42K+300(A 工區)，S、M、L 及 N 滑動塊體已有明顯位移產生，若有較大集中降雨或長時間降雨，本路段將有更大滑動位移量產生，應加以關注。本路段受到長期地層滑動影響，道路、房舍及擋土牆多處產生張力裂縫及陷落，顯示滑動影響範圍較廣，滑動邊界使道路擋土設施及排水設施斷損，加上房舍區域地表排水系統較不足，豪大雨時地表水將直接沿裂縫入滲於邊坡內或沖蝕坡面，道路旁地錨擋土牆有大量地下水滲出，研判邊坡地下水位較高，不利邊坡穩定。考量滑動深度較深，整體改善對策採用「排水為主，擋土為輔」為整治方針，主要包括道路及坡面排水、坡面水平集水管、大口徑集水井、溪岸保護設施等工法，建議適時進行分期整治，並監測滾動調整以逐步提升邊坡穩定性。

二、 172 線 42K+980(B 工區)及 175 線 18K+800(C 工區)路段監測時間尚短，建議持續監測追蹤釐清各路段確切之滑動範圍及深度。

三、 175 線 18K+800(C 工區)，受到長期地層滑動影響，使道路擋土設施及排水設施損壞，由監測結果顯示，較活潑滑動深度約在地表下-5~-8m 間，故規劃於下邊坡順應地形施作一道抗滑樁(φ =1.5m，L ≒ 20m@1.7m)，範圍約 180m，有助提升 S、M 滑動塊體之穩定性。

四、 175 線 25K+410(D 工區)之 N2 滑動塊體係依坡頂古崩崖地形及崩塌區南北兩側蝕溝範圍圈繪之推估滑動塊體，經頻繁地震事件略有位移徵兆，建議後續持續監測及追蹤有無滑動之可能。

4.3 建議之管理基準值

建議之管理基準係參考日本高速道路調查會(1986、1988)針對「維持管理階段」及「施工階段」訂定不同管理值，後續依本路段地滑區監測資料作滾動式檢討，執行過程中持續視監測成果，進行檢討管理基準之合理性及適用性，並納入國內、外相關訂定原則及經驗，加以綜合評估，並經會議討論後進行調整及修正，以作為本管理基準值之依據。執行過程中將再視後續監測成果，持續檢討管理基準之合理性及適用性，管理基準值詳見表 4-1。

表 4-1、分級管理基準值及因應對策表

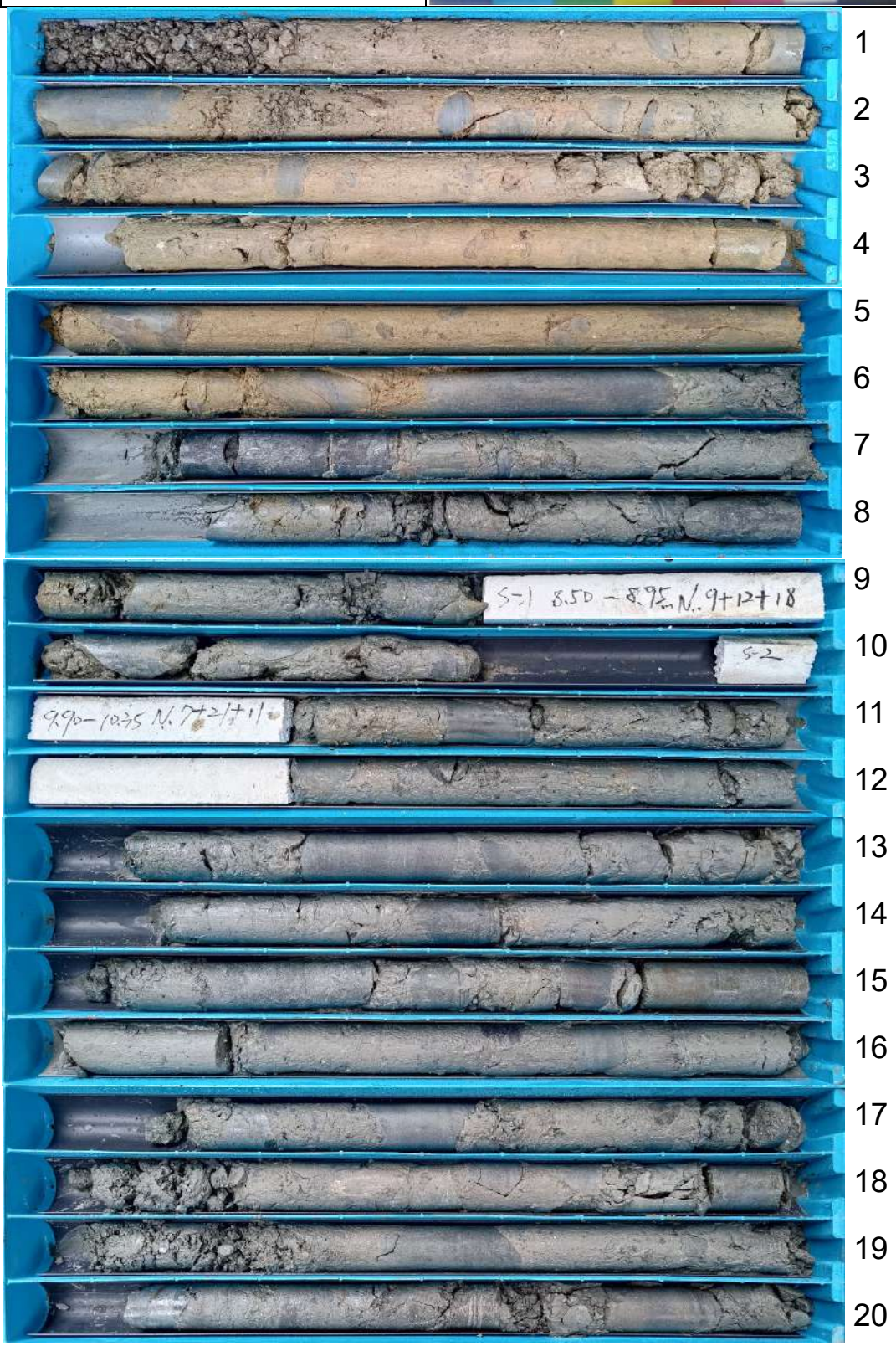
儀器名稱	預警值(注意體制)	警戒值(警戒體制)	行動值(避難體制)
燈號	🔵	🟡	🔴
傾斜觀測管	1mm /月 略有一定位移趨勢	10mm /月 有一定位移趨勢	-
孔內伸縮計	1mm /月 略有一定位移趨勢	10mm /月 有一定位移趨勢	3mm /日 有一定位移趨勢
地錨荷重計	>1.1TW 或<0.9TW	>1.2TW 或<0.8TW	-
結構物傾度盤	100 秒/月 略有一定傾斜傾向	300 秒/月 向固定方向傾斜	-
地下水位	道路下邊坡 較常時水位上升 2m 道路上邊坡 較常時水位上升 5m	道路下邊坡 較常時水位上升 5m 道路上邊坡 較常時水位上升 15m	-
雨量計	24 小時累積雨量 >80mm 或時雨量>30mm	24 小時累積雨量 >200mm	24 小時累積雨量 >450mm 或時雨量>90mm
代表意義	若有儀器達預警值，並經各項監測成果綜合研判，並非監測系統異常，則邊坡局部可能有開始位移變化情形	若有儀器達警戒值，並經各項監測成果綜合研判，確認邊坡應有滑動變化，則邊坡具明確滑動，位移速率已等於或略大於前期	若有儀器達行動值，經各項監測成果綜合研判，確認邊坡有加速滑動之情形，則立即通報各相關單位，必須有進一步準備及工作
因應對策	加強關注監測成果變化趨勢，必要時加快監測資料回傳頻率	加快監測資料回傳頻率，確認現場是否產生滑動徵兆，以及評估滑動影響區域	評估是否增加現場監測及資料回傳頻率。規劃進行封路、撤離範圍或緊急補強整治等相關措施
權責單位	加強機關與顧問公司聯繫，掌握位移變化趨勢	機關召開會議或現場勘查確認滑動徵兆，必要時應請開口施工廠商預先整備或進行交維警示	機關，預先準備封路、交維警示撤離或緊急補強、整治等相關因應措施及期程。必要時請開口施工廠商機具、設備及材料等預為進場

註 1：地層或構造物傾斜、位移等儀器，係以「趨勢」及「速率」作為主要判斷依據，總變化量則為參考之用
註 2：本表管理基準值，將俟後續階段性監測成果，滾動檢討調整及修正
註 3：行動值係以可自動化監測儀器為主

附錄 A、岩芯照片

青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作			
孔號	南 172 線 42K，24-1SW	深度	0~20m
日期	113.10.12~113.10.29		



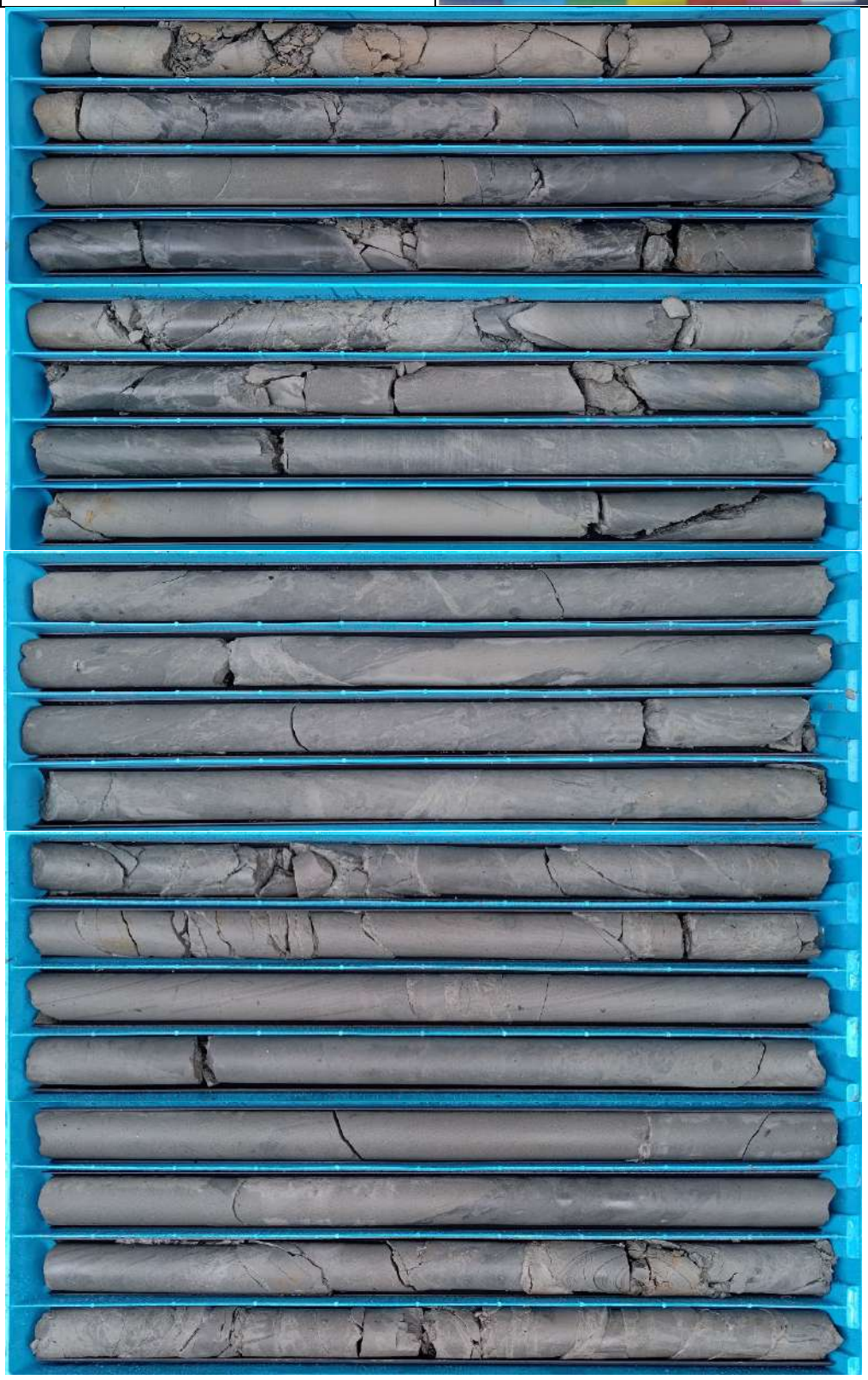
青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作			
孔號	南 172 線 42K，24-1SW	深度	20~40m
日期	113.10.12~113.10.29		

青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

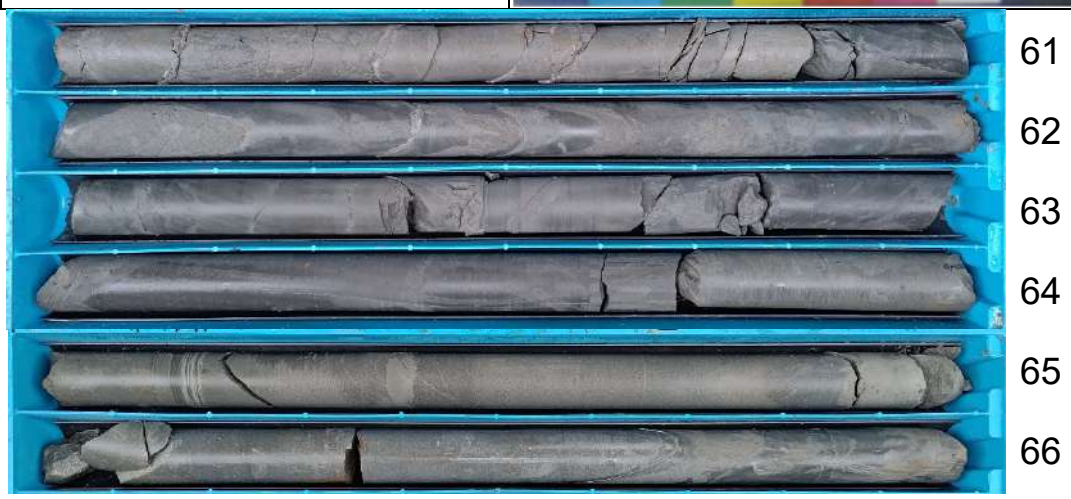
孔號	南 172 線 42K，24-1SW	深度	40~60m
日期	113.10.12~113.10.29		



青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-1SW	深度	60~65m
日期	113.10.12~113.10.29		



青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-1W	深度	0~20m
日期	113.10.29~113.11.6		

青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-1W	深度	20~40m
日期	113.10.29~113.11.6		

青山工程顧問股份有限公司

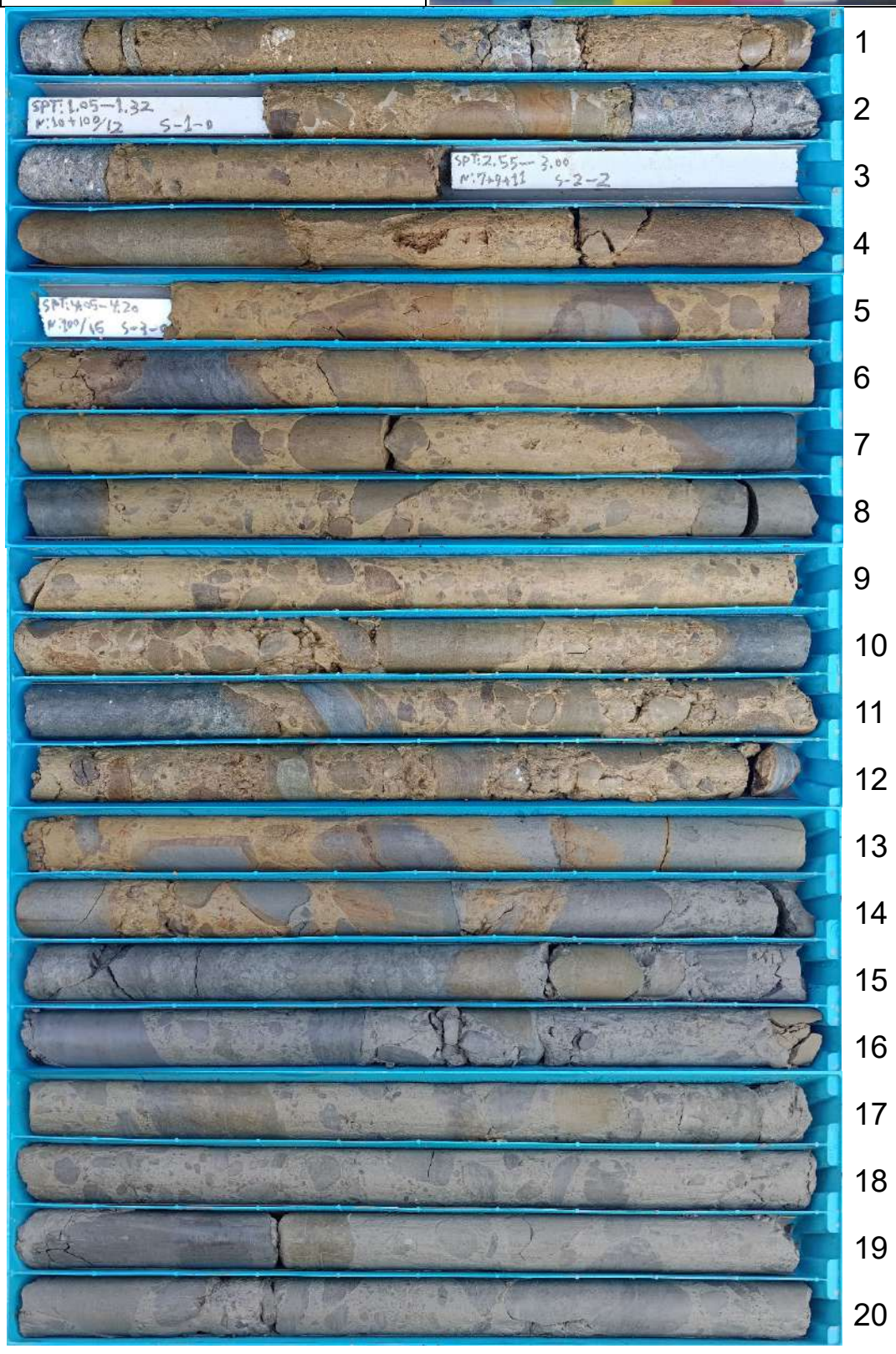
工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-1W	深度	40~50m
日期	113.10.29~113.11.6		

青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-2SW	深度	0~20m
日期	113.10.4~113.10.10		



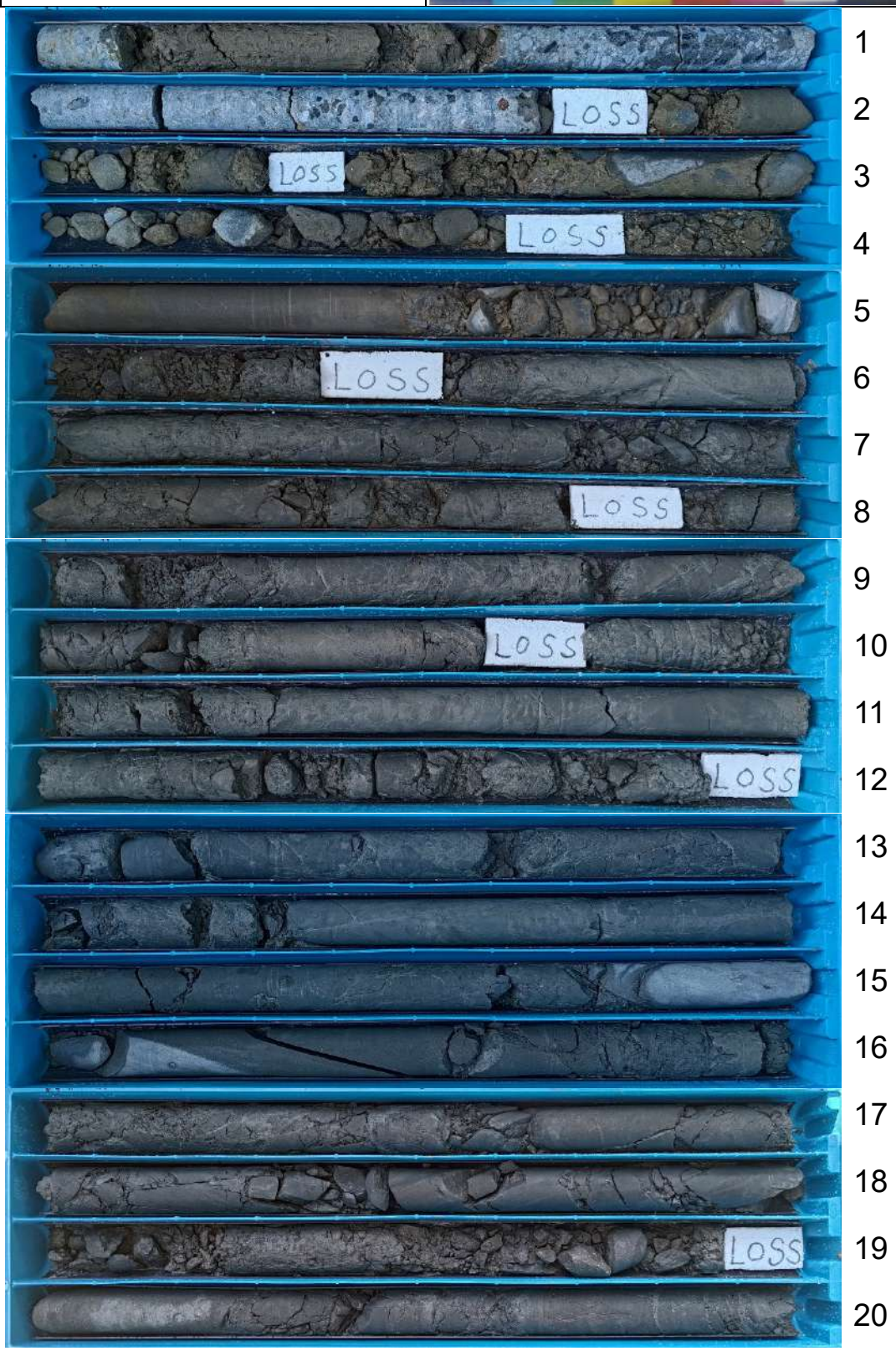
青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-2SW	深度	20~25m
日期	113.10.4~113.10.10		

青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作			
孔號	南 172 線 42K，24-2W	深度	0~20m
日期	113.11.8~113.11.17		



青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-2W	深度	20~40m
日期	113.11.8~113.11.17		

青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-2W	深度	40~50m
日期	113.11.8~113.11.17		

青山工程顧問股份有限公司

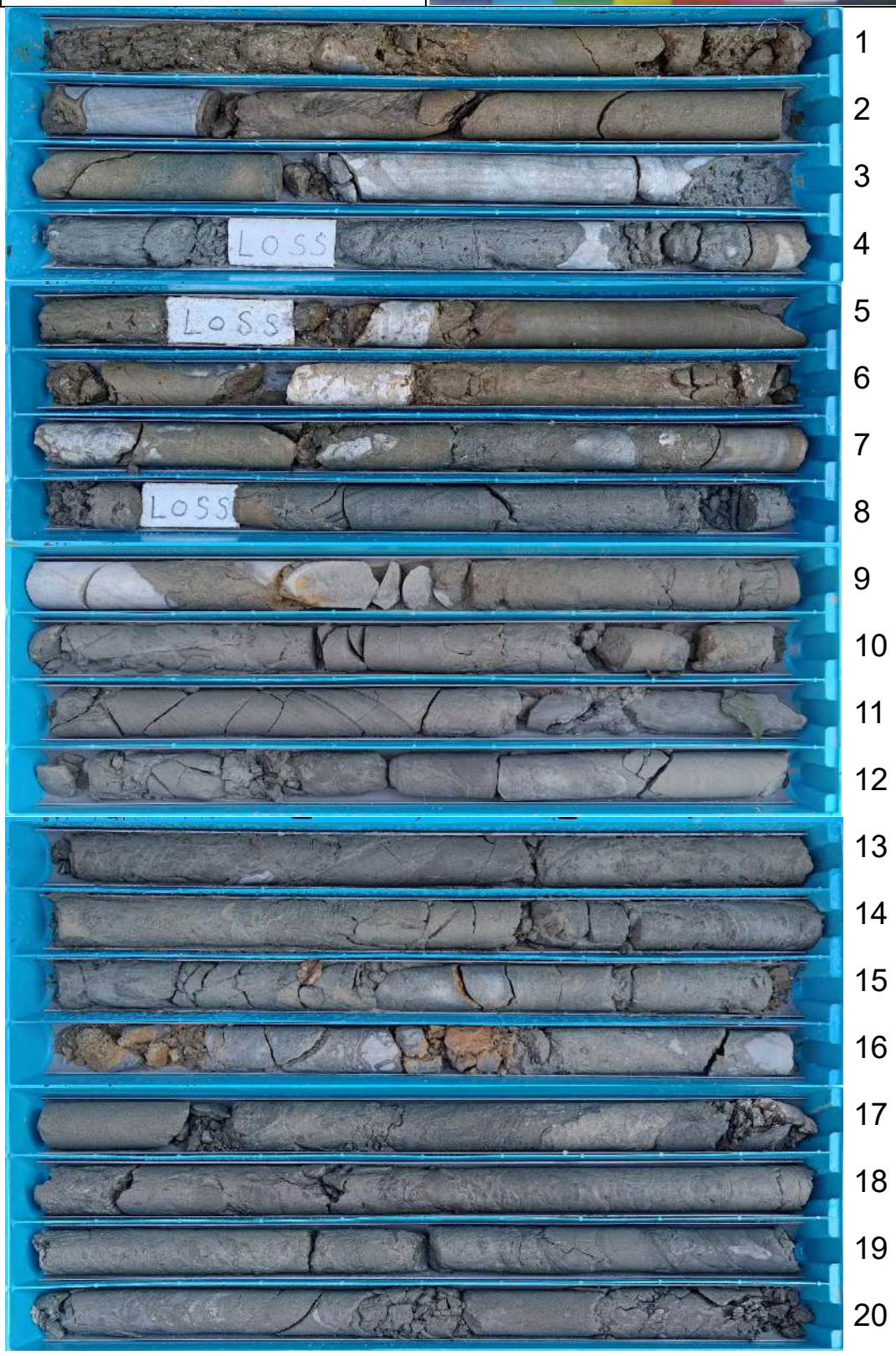
工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-3SW	深度	0~20m
日期	113.9.25~113.9.30		

青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

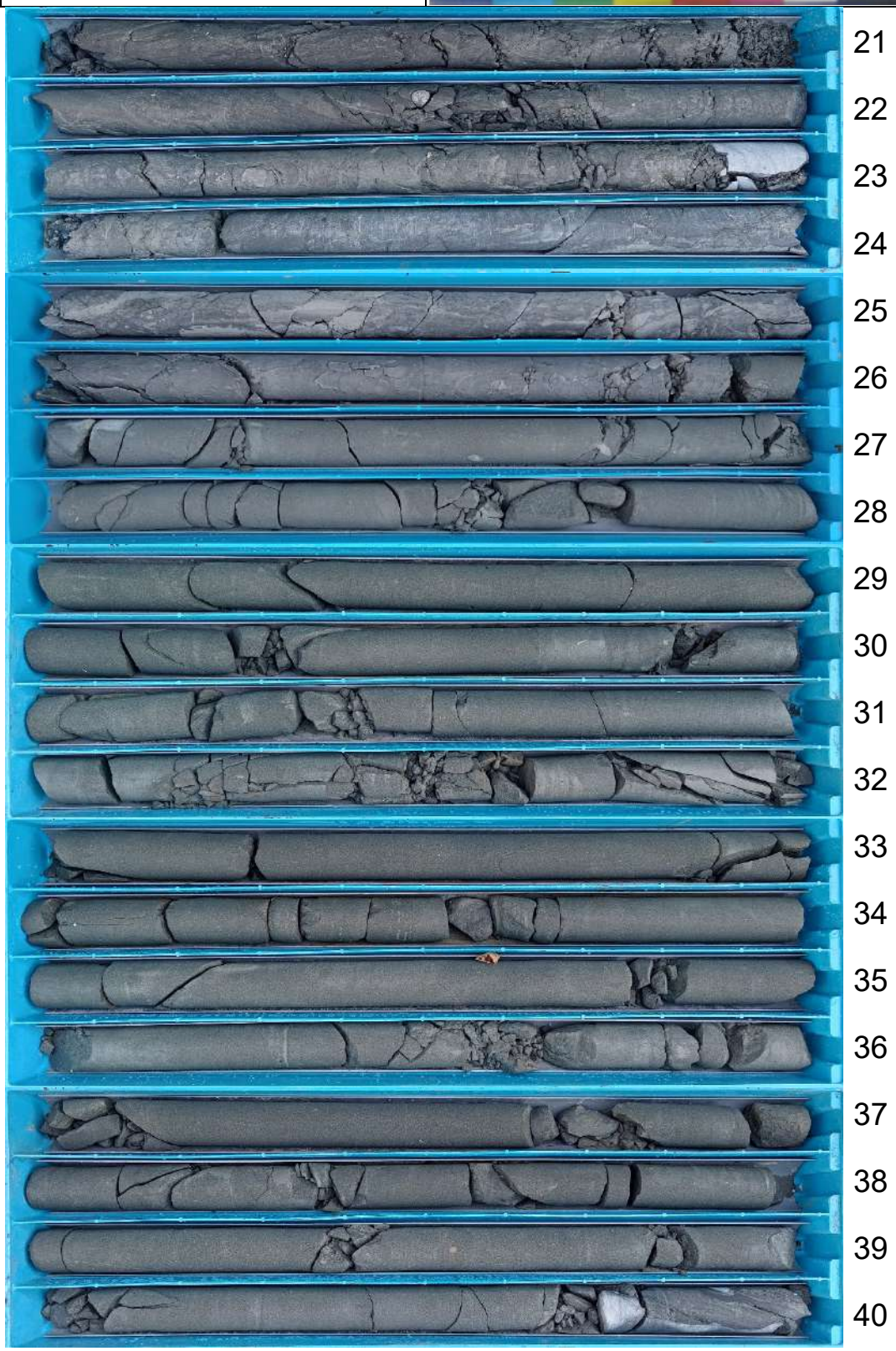
孔號	南 172 線 42K，24-4SW	深度	0~20m
日期	113.10.7~113.10.13		



青山工程顧問股份有限公司

工程名稱：113-115 年度溪北山區市道地滑邊坡監測及預警系統建置服務工作

孔號	南 172 線 42K，24-4SW	深度	20~40m
日期	113.10.7~113.10.13		



附錄 B、歷次手動監測照片

表 B-1、第 1 次手動監測(定期)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410

表 B-2、第 2 次手動監測(4 級以上地震事件)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410

表 B-3、第 3 次手動監測(4 級以上地震事件)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410

表 B-4、第 4 次手動監測(4 級以上地震事件)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410

表 B-5、第 5 次手動監測(4 級以上地震事件)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410

表 B-6、第 6 次手動監測(定期)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410

表 B-7、第 7 次手動監測(4 級以上地震事件)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410

表 B-8、第 8 次手動監測(4 級以上地震事件)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410
		-	-

表 B-9、第 9 次手動監測(4 級以上地震事件)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410
		-	-