

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 3 次半年監測成果報告

公司印鑑	審核及簽證技師	覆核	承辦工程師
	高振誠	邱昶瀚	張軒瑄



青山工程顧問股份有限公司
LAND ENGINEERING CONSULTANTS, 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 115 年 5 月

目錄

目錄	I
表目錄	III
圖目錄	IV
1. 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
1.4 工作預期進度	1-4
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	2-3
3. 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)	3-5
3.1.1 區域地質	3-5
3.1.2 前期地質鑽探調查	3-6
3.1.3 地表地質調查	3-7
3.1.4 監測工作及成果分析	3-10
3.1.5 監測成果綜合研判	3-34
3.1.6 滑動規模及機制研判	3-36
3.1.7 整治規劃改善工程	3-40
3.2 市道 172 線 42K+980 路段(B 工區)	3-44
3.2.1 區域地質	3-44
3.2.2 前期地質鑽探調查	3-45
3.2.3 地表地質調查	3-46

3.2.4	監測工作及成果分析	3-48
3.2.5	監測成果綜合研判	3-55
3.3	市道 175 線 18K+800 路段(C 工區)	3-57
3.3.1	區域地質	3-57
3.3.2	前期地質鑽探調查	3-58
3.3.3	地表地質調查	3-59
3.3.4	地電阻探測	3-61
3.3.5	監測工作及成果分析	3-65
3.3.6	監測成果綜合研判	3-73
3.3.7	初步規劃改善工程	3-75
3.4	市道 175 線 25K+410 路段(D 工區)	3-78
3.4.1	區域地質	3-78
3.4.2	地表地質調查	3-80
3.4.3	監測工作及成果分析	3-84
3.4.4	監測成果綜合研判	3-109
3.4.5	滑動規模及機制研判	3-111
3.4.6	整治規劃改善工程	3-113
4.	第四章 結論與建議	4-1
4.1	結論與建議	4-1
4.2	建議之管理基準值	4-5
附錄 A 岩心照片		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 1-2、工作內容成果檢核表	1-5
表 3-1、第 1 次半年監測期間定期/特殊手動監測工作紀錄表	3-1
表 3-2、第 2 次半年監測期間定期/特殊手動監測工作紀錄表	3-2
表 3-3、第 3 次半年監測期間定期/特殊手動監測工作紀錄表	3-2
表 3-4、172 線 42K+300 路段監測儀器總表及監測頻率	3-10
表 3-5、172 線 42K+300 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表	3-20
表 3-6、172 線 42K+300 各滑動塊體表徵及活動性初步研判	3-39
表 3-7、172 線 42K+300 路段整治規劃經費概估	3-42
表 3-8、172 線 42K+980 路段監測儀器總表及監測頻率	3-48
表 3-9、172 線 42K+980 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表	3-52
表 3-10、地電阻測線施測參數表	3-62
表 3-11、175 線 18K+800 路段監測儀器總表及監測頻率	3-65
表 3-12、175 線 18K+800 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表	3-69
表 3-13、175 線 18K+800 路段整治規劃經費概估	3-76
表 3-14、175 線 25K+410 路段監測儀器總表及監測頻率	3-84
表 3-15、175 線 25K+410 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表	3-95
表 3-16、175 線 25K+410 各滑動塊體表徵及活動性初步研判	3-112
表 3-17、175 線 25K+410 路段整治規劃經費概估	3-114
表 4-1、172 線 42K+300(A 工區)分級管理基準值及因應對策表	4-5
表 4-2、175 線 25K+410(D 工區)分級管理基準值及因應對策表	4-6

圖目錄

圖 1-1、地理位置圖(底圖摘自臺灣地理人文全覽圖).....	1-1
圖 1-2、工作流程圖	1-3
圖 2-1、市道 172 線立體地形圖	2-2
圖 2-2、市道 175 線立體地形圖	2-2
圖 2-3、區域地質圖	2-6
圖 2-4、山崩與地滑地質敏感區及土石流潛勢溪流套繪圖	2-7
圖 3-1、邊坡自動化監測預警系統流程架構	3-3
圖 3-2、175 線 25K+410 路段自動化預警系統網頁	3-4
圖 3-3、172 線 42K+300 路段區域地質圖	3-5
圖 3-7、172 線 42K+300 路段手動監測儀器平面位置圖(1).....	3-11
圖 3-8、172 線 42K+300 路段手動監測儀器平面位置圖(2).....	3-11
圖 3-9、172 線 42K+300 半自動及自動化監測儀器平面位置圖	3-12
圖 3-10、172 線 42K+300 路段降雨量監測成果.....	3-13
圖 3-11、172 線 42K+300 路段手動水位監測成果	3-14
圖 3-12、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 孔自記式水壓計監測成果	3-15
圖 3-13、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 孔自記式水壓計監測成果	3-15
圖 3-14、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 孔自記式水壓計監測成果	3-15
圖 3-15、172 線 42K+300 之 A-24-2W 孔自記式水壓計監測成果 ...	3-16
圖 3-16、172 線 42K+300 之 A-24-2SW 孔電子式水壓計監測成果 .	3-16
圖 3-17、172 線 42K+300 之 A-24-1W 孔電子式水壓計監測成果 ...	3-16

圖 3-18、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)	3-17
圖 3-19、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)	3-17
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	3-18
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	3-18
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	3-19
圖 3-23、172 線 42K+300 路段裂縫計監測成果	3-19
圖 3-24、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 傾斜觀測管監測成果	3-21
圖 3-25、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 傾斜觀測管監測成果	3-22
圖 3-26、172 線 42K+300 路段 A-21-3SW 傾斜觀測管監測成果	3-23
圖 3-27、172 線 42K+300 路段 A-21-4SW 傾斜觀測管監測成果	3-24
圖 3-28、172 線 42K+300 路段 A-21-5SW 傾斜觀測管監測成果	3-25
圖 3-29、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 傾斜觀測管監測成果	3-26
圖 3-30、172 線 42K+300 路段 A-21-7SW 傾斜觀測管監測成果	3-27
圖 3-31、172 線 42K+300 路段 A-21-8SW 傾斜觀測管監測成果	3-28
圖 3-32、172 線 42K+300 路段 A-24-1SW 傾斜觀測管監測成果	3-29
圖 3-33、172 線 42K+300 路段 A-24-2SW 傾斜觀測管監測成果	3-30
圖 3-34、172 線 42K+300 路段 A-24-3SW 傾斜觀測管監測成果	3-31
圖 3-35、172 線 42K+300 路段 A-24-4SW 傾斜觀測管監測成果	3-32
圖 3-36、172 線 42K+300 路段 A-24-1BEH 孔內伸縮計監測成果 ...	3-33
圖 3-37、172 線 42K+300 路段 A-24-2BEH 孔內伸縮計監測成果 ...	3-33
圖 3-38、172 線 42K+300 路段地下水檢層試驗成果(前期 111 年 12 月)	

.....	3-35
圖 3-39、172 線 42K+300 路段地下水檢層試驗成果(前期 112 年 9 月)	3-35
.....	3-35
圖 3-42、172 線 42K+300 地滑邊坡整治規劃配置圖	3-43
圖 3-43、172 線 42K+980 路段區域地質圖	3-44
圖 3-44、172 線 42K+980 路段岩芯局部照片	3-45
圖 3-45、172 線 42K+980 路段地表地質調查現勘成果	3-47
圖 3-46、172 線 42K+980 路段手動監測儀器平面位置圖	3-48
圖 3-47、172 線 42K+980 路段降雨量監測成果	3-49
圖 3-48、172 線 42K+980 路段手動水位監測成果	3-50
圖 3-49、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)	3-50
圖 3-50、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)	3-51
圖 3-51、172 線 42K+980 路段裂縫計監測成果	3-51
圖 3-52、172 線 42K+980 路段 B-21-1SW 傾斜觀測管監測成果	3-53
圖 3-53、172 線 42K+980 路段 B-21-2SW 傾斜觀測管監測成果	3-54
圖 3-54、172 線 42K+980 路段孔口合位移量圖	3-56
圖 3-55、175 線 18K+800 路段區域地質圖	3-57
圖 3-56、175 線 18K+800 路段岩芯局部照片	3-58
圖 3-57、175 線 18K+800 路段現勘成果	3-60
圖 3-58、地電阻測線位置圖	3-62
圖 3-59、L1 地電阻探測成果	3-63
圖 3-60、L2 地電阻探測成果	3-64
圖 3-61、地電阻探測成果柵狀圖(西南視角)	3-64

圖 3-62、175 線 18K+800 路段手動監測儀器平面位置圖	3-65
圖 3-63、175 線 18K+800 路段降雨量監測成果	3-66
圖 3-64、175 線 18K+800 路段手動水位監測成果	3-67
圖 3-65、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)	3-67
圖 3-66、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)	3-68
圖 3-67、175 線 18K+800 路段裂縫計監測成果	3-68
圖 3-68、175 線 18K+800 路段 C-21-1SW 傾斜觀測管監測成果	3-70
圖 3-69、175 線 18K+800 路段 C-21-2SW 傾斜觀測管監測成果	3-71
圖 3-70、175 線 18K+800 路段 C-21-3SW 傾斜觀測管監測成果	3-72
圖 3-71、175 線 18K+800 路段孔口合位移量圖(監測期間 111 年 7 月 ~115 年 3 月)	3-74
圖 3-72、下邊坡打設抗滑樁+地錨工法示意圖	3-75
圖 3-73、175 線 18K+800 地滑邊坡整治規劃配置圖	3-77
圖 3-74、175 線 25K+410 路段區域地質圖	3-78
圖 3-75、175 線 25K+410 路段地質剖面圖	3-79
圖 3-76、175 線 25K+410 路段滑動塊體分佈圖	3-80
圖 3-77、175 線 25K+410 路段地表地質調查現勘成果	3-83
圖 3-78、175 線 25K+410 路段手動監測儀器平面位置圖	3-86
圖 3-79、175 線 25K+410 半自動及自動化監測儀器平面位置圖	3-86
圖 3-80、175 線 25K+410 路段降雨量監測成果	3-87
圖 3-81、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路上邊坡)	3-88
圖 3-82、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路下邊坡)	3-89
圖 3-83、175 線 25K+410 路段 D-17-1 自記式水壓計監測成果	3-89

圖 3-84、175 線 25K+410 路段 D-17-2 自記式水壓計監測成果	3-90
圖 3-85、175 線 25K+410 路段 D-17W-1 自記式水壓計監測成果 ...	3-90
圖 3-86、175 線 25K+410 路段 D-17W-2 自記式水壓計監測成果 ...	3-90
圖 3-87、175 線 25K+410 路段 D-17W-3 電子式水壓計監測成果 ...	3-91
圖 3-88、175 線 25K+410 路段 D-17W-4 電子式水壓計監測成果 ...	3-91
圖 3-89、175 線 25K+410 路段 D-W2-F 流量計監測成果	3-92
圖 3-90、175 線 25K+410 路段 D-W3-F 流量計監測成果	3-92
圖 3-91、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)	3-93
圖 3-92、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)	3-93
圖 3-93、175 線 25K+410 路段 D-19ET-1 電子式結構物傾斜計監測成果	3-94
圖 3-94、175 線 25K+410 路段 D-17-1 傾斜觀測管監測成果	3-96
圖 3-95、175 線 25K+410 路段 D-17-2 傾斜觀測管監測成果	3-97
圖 3-96、175 線 25K+410 路段 D-17-3 傾斜觀測管監測成果	3-98
圖 3-97、175 線 25K+410 路段 D-18-1 傾斜觀測管監測成果	3-100
圖 3-98、175 線 25K+410 路段 D-18-2 傾斜觀測管監測成果	3-101
圖 3-99、175 線 25K+410 路段 D-18-3 傾斜觀測管監測成果	3-102
圖 3-100、175 線 25K+410 路段 D-BI-1 傾斜觀測管監測成果	3-103
圖 3-101、175 線 25K+410 路段 D-DI-1 傾斜觀測管監測成果	3-104
圖 3-102、175 線 25K+410 路段 D-19EH-1 孔內伸縮計監測成果 .	3-105
圖 3-103、175 線 25K+410 路段 D-19EV-1 孔內伸縮計監測成果 .	3-105
圖 3-104、175 線 25K+410 路段 D-L17-2 地錨荷重計監測成果	3-106
圖 3-105、175 線 25K+410 路段 D-19L-1 地錨荷重計監測成果	3-106

圖 3-106、175 線 25K+410 路段 D-19L-2 地錨荷重計監測成果....3-107

圖 3-107、175 線 25K+410 路段 D-19L-3 地錨荷重計監測成果....3-107

圖 3-108、175 線 25K+410 路段 D-19L-5 地錨荷重計監測成果....3-107

圖 3-109、175 線 25K+410 路段 D-19L-6 地錨荷重計監測成果....3-108

圖 3-110、175 線 25K+410 路段 D-19L-7 地錨荷重計監測成果....3-108

**圖 3-111、175 線 25K+410 路段孔口合位移量圖(監測期間自 111 年 1 月
~115 年 3 月).....3-110**

圖 3-112、175 線 25K+410 路段地滑邊坡工程規劃配置圖.....3-115

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邊坡及用路人安全，經盤點具地滑潛勢徵兆之道路邊坡，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)，規劃優先於市道 172 線 42K+300(A 工區)、42K+980(B 工區)及市道 175 線 18K+800(C 工區)、25K+410(D 工區)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。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。

本工作於 113 年 11 月 28 日開始監測，114 年 11 月~115 年 3 月期間完成之監測成果，茲依契約期程提送本「第 3 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(澧水)。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 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 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	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 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	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 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，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。

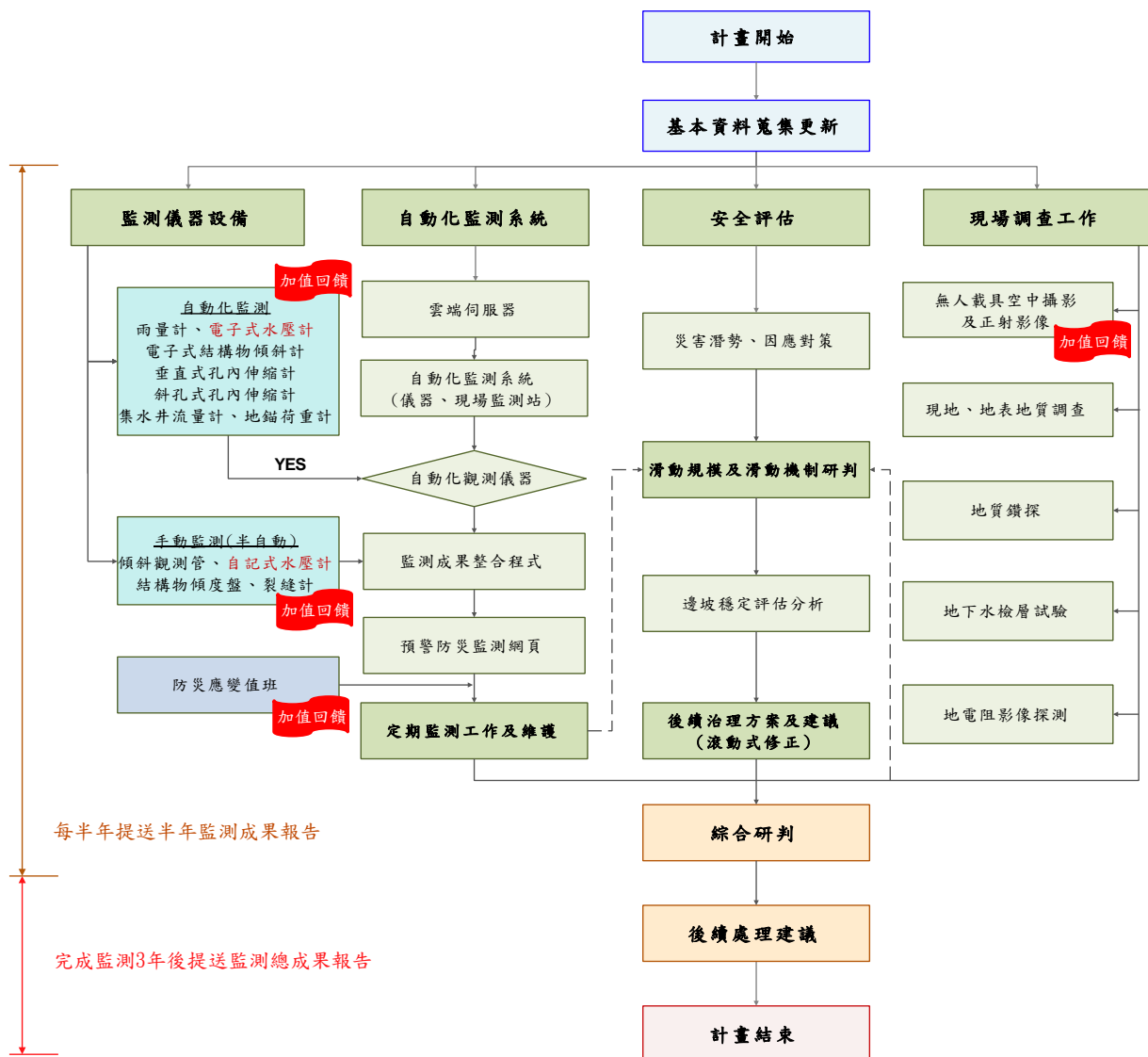


圖 1-2、工作流程圖

1.4 工作預期進度

本期計畫工作期程為訂約日起，將依據契約規定，至各階段期間內需完成履約標的項目，茲將主要工作進度說明如下，工作之預定進度詳表 1-2 所示。

- (1) 第一階段：於決標日起 20 日曆天內提送地滑監測及預警系統建置工作計畫書(含工作預定進度表)。
- (2) 第二階段：核備工作計畫書日起 40 日曆天內完成 113 年度監測儀器、設備設置及後端預警系統網頁新增。
- (2) 監測頻率：
 - (a) 應於每月份的 1~10 日之間進行手動觀測，以每 3 個月進行 1 次為原則；
 - (b) 單日累積雨量達 400mm 以上或震度 4 級以上事件，應於事發後 5 日曆天內觀測，或依指示辦理加強觀測，預估每年 2 次；
 - (c) 觀測當月份的 20 日前提送書面監測紀錄。
- (3) 第三階段：自監測設備及預警系統網頁查驗完成日起監測，提出第 1 次半年監測資料整理及報告。
- (4) 第四階段：自監測設備及預警系統網頁查驗完成日起監測，提出第 2 次半年監測資料整理及報告。
- (5) 第五階段：自監測設備及預警系統網頁查驗完成日起監測，提出第 3 次半年監測資料整理及報告。
- (6) 第六階段：自監測設備及預警系統網頁查驗完成日起監測，提出第 4 次半年監測資料整理及報告。
- (7) 第七階段：自監測設備及預警系統網頁查驗完成日起監測，提出第 5 次半年監測資料整理及報告。
- (8) 第八階段：完成為期 3 年監測日起 30 日曆天內，提送監測總成果報告書 10 份，辦理審查作業。

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 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 2-2 所示。



圖 2-1、市道 172 線立體地形圖

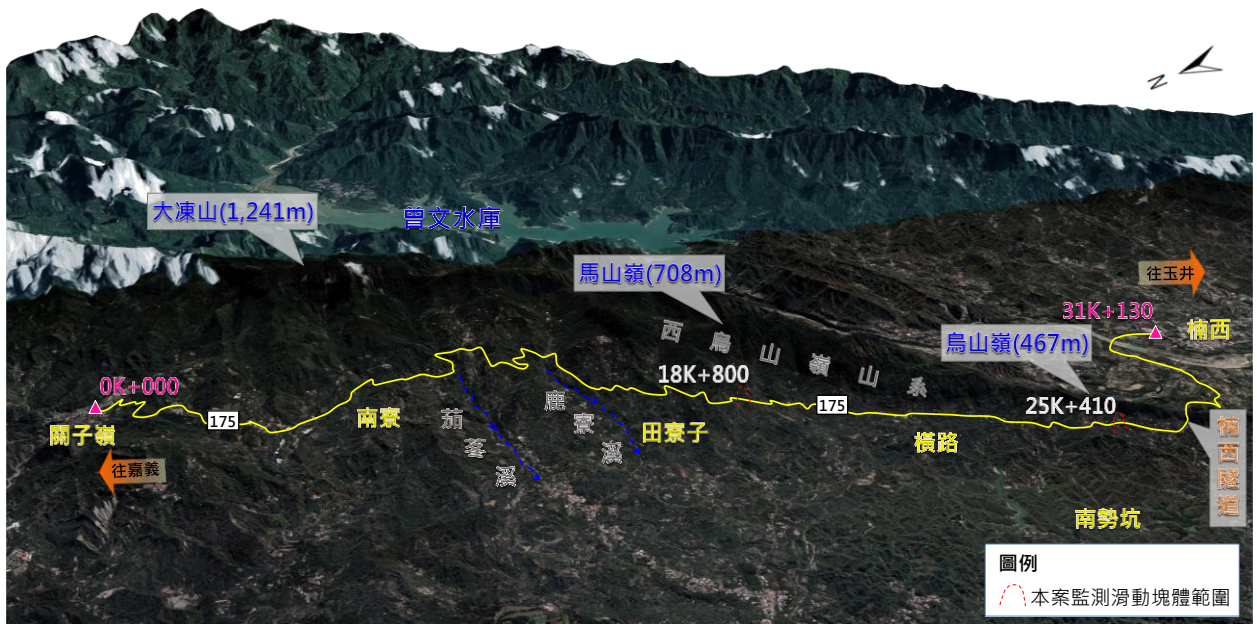


圖 2-2、市道 175 線立體地形圖

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 2-3)，本計畫溪北山區市道 172、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. 烏嘴層(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(AI)：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-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烏嘴層、沱水溪層及六重溪層。
5. 中坑斷層：中坑斷層為觸口斷層之分支斷層，自嘉義崙頭山附近分叉，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，下盤出露之沱水溪層至六重溪層，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 2-4 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 2-4 所示。

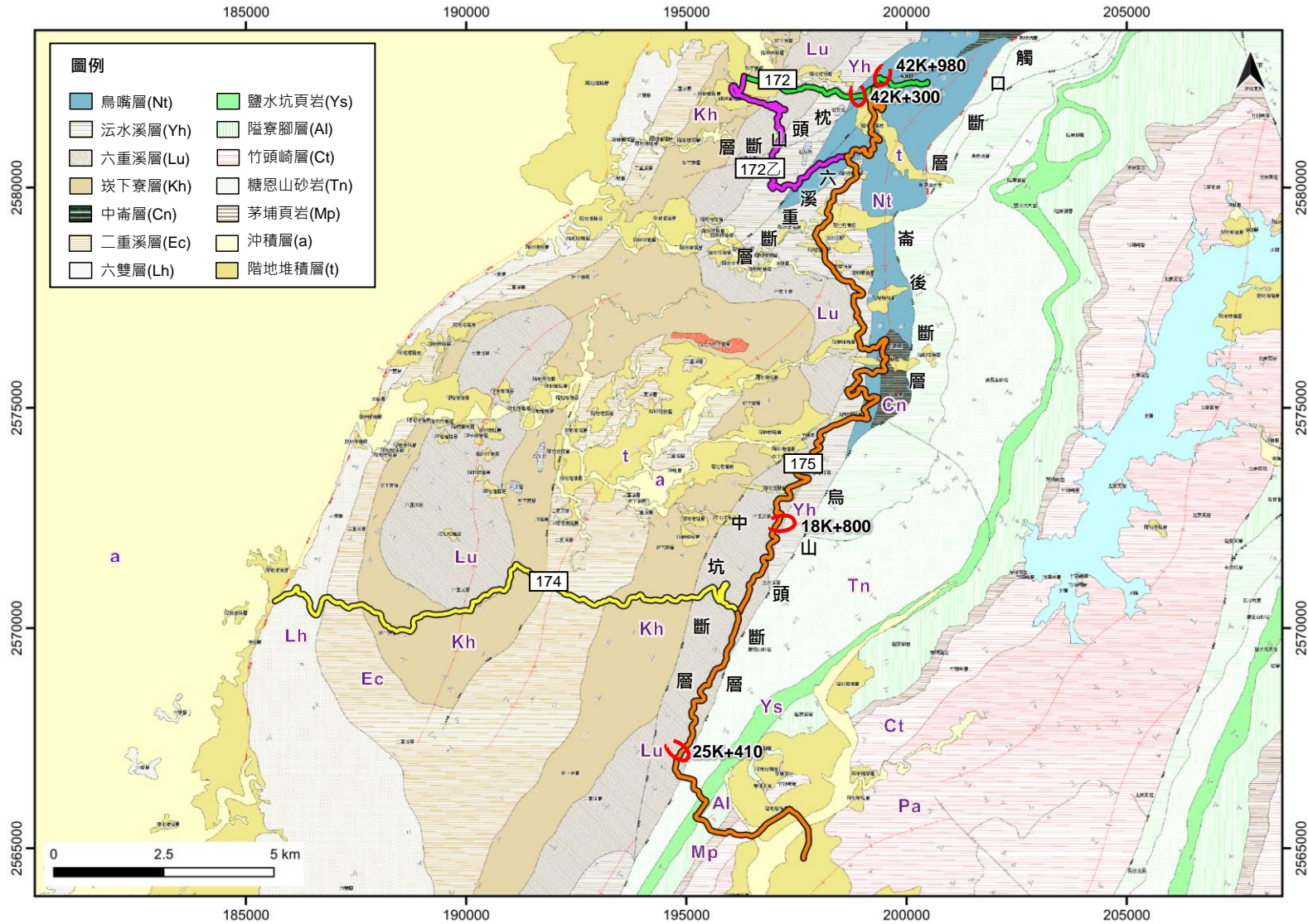


圖 2-3、區域地質圖

(改繪自經濟部地質調查及礦業管理中心-地質資料查詢網)

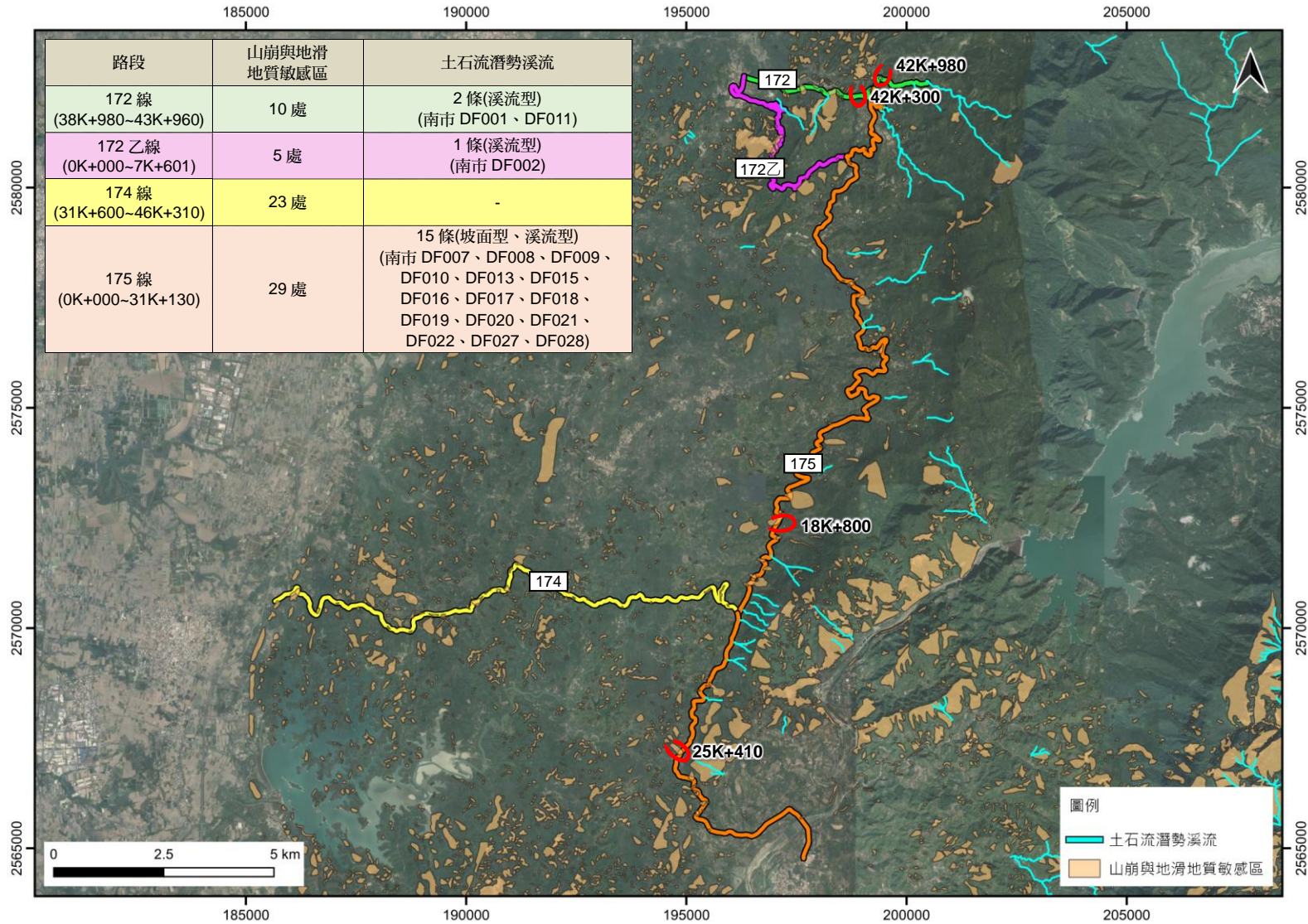


圖 2-4、山崩與地滑地質敏感區及土石流潛勢溪流套繪圖

(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)

第三章 地表地質調查及監測成果

本工作於 113 年 11 月 28 日開始監測，114 年 11 月~115 年 3 月期間完成之監測成果，茲依契約期程提送本「第 3 次半年監測成果報告」，期間共計執行 2 次定期手動監測及 4 次特殊手動監測，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 處工區定期及特殊手動監測工作紀錄表如表 3-1~表 3-3 所示。

表 3-1、第 1 次半年監測期間定期/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	√	√	√	√
2	特殊手動監測 (007~011、01~016、 018~19 號地震)	114/01/21~24	√	√	√	√
3	特殊手動監測 (033~036、039~040、 042、045~048 號地震)	114/01/26~27	√	√	√	√
4	特殊手動監測 (051、053 號地震)	114/02/02~03	√	√	√	√
5	特殊手動監測 (060 號地震)	114/02/10~11	√	√	√	√
6	定期手動監測	114/03/03~04	√	√	√	√
7	特殊手動監測 (067 號地震)	114/03/06~07	√	√	√	√
8	特殊手動監測 (078 號地震)	114/04/07	√	√	震度未達 4 級	震度未達 4 級

表 3-2、第 2 次半年監測期間定期/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)
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
10	定期手動監測	114/06/09~10	V	V	V	V
11	特殊手動監測 (103、104 號地震)	114/07/03~04	V	V	V	V
12	特殊手動監測 (115、116 號地震)	114/08/25~26	V	V	V	V
13	定期手動監測	114/09/05~09	V	V	V	V
14	特殊手動監測 (135 號地震)	114/11/13	V	V	V	V

表 3-3、第 3 次半年監測期間定期/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)
15	<u>定期手動監測</u>	<u>114/12/08~09</u>	V	V	V	V
16	<u>特殊手動監測</u> (147 號地震)	<u>114/12/12</u>	震度未達 4 級	震度未達 4 級	V	V
17	<u>特殊手動監測</u> (156 號地震)	<u>114/12/31</u>	V	V	震度未達 4 級	震度未達 4 級
18	<u>定期手動監測</u>	<u>115/03/02~03</u>	V	V	V	V
19	<u>特殊手動監測</u> (018 號地震)	<u>115/03/05~06</u>	V	V	V	V
20	<u>特殊手動監測</u> (024 號地震)	<u>115/03/17~18</u>	震度未達 4 級	震度未達 4 級	V	V

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)路段各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 hcloud 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 所示。

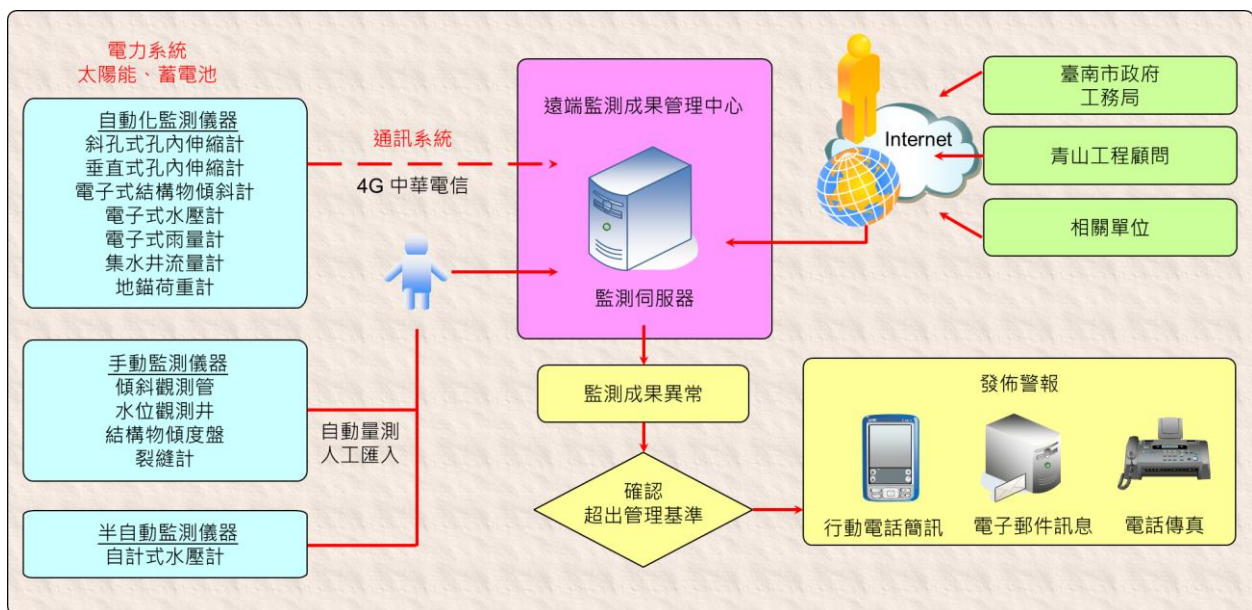


圖 3-1、邊坡自動化監測預警系統流程架構



圖 3-2、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 3-3 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流域地質圖及其他資料一併考量。

依據基本資料蒐集、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，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。

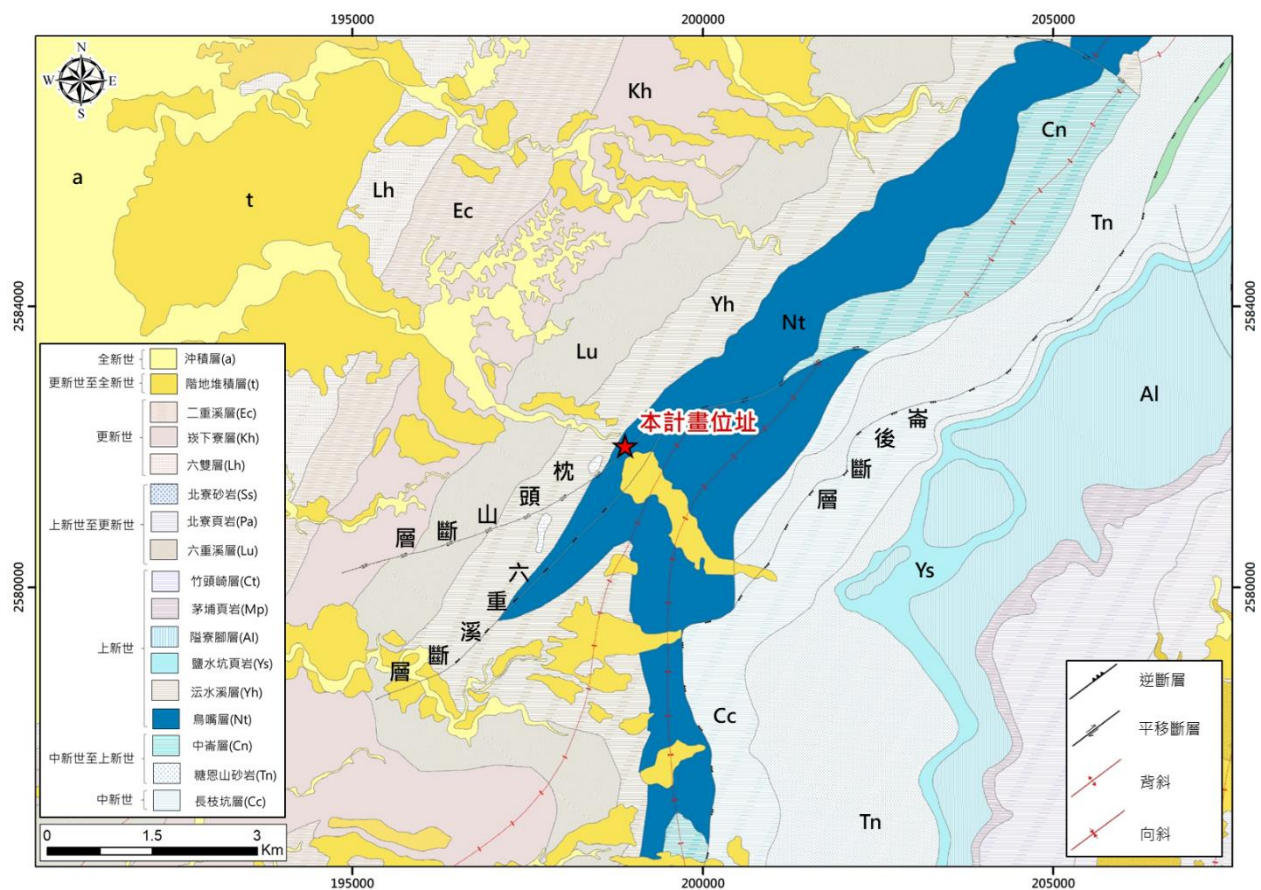


圖 3-3、172 線 42K+300 路段區域地質圖

(底圖：經濟部地質調查及礦業管理中心-流域地質圖)

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 3-4 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 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，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。

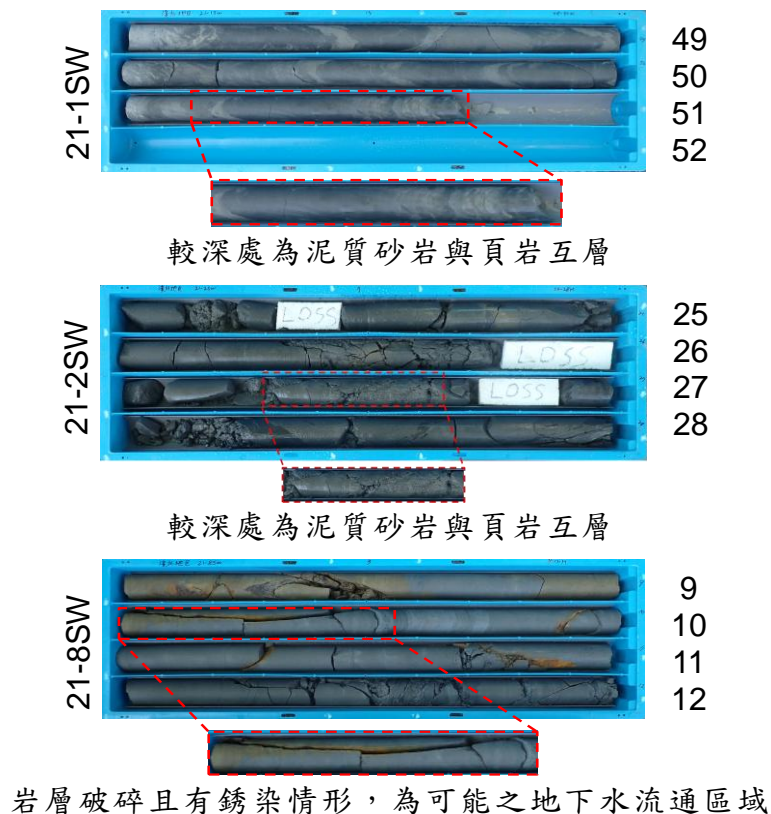


圖 3-4、172 線 42K+300 路段岩芯局部照片

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、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 3-5 及圖 3-6，相關調查成果如下所述：

一、道路上邊坡及坡頂社區現況

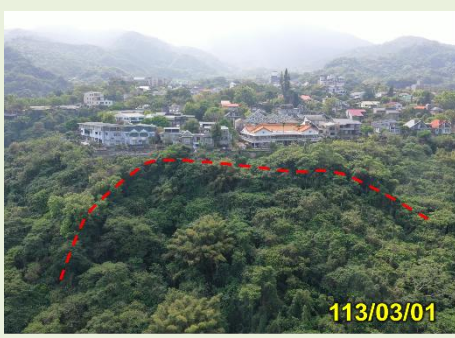
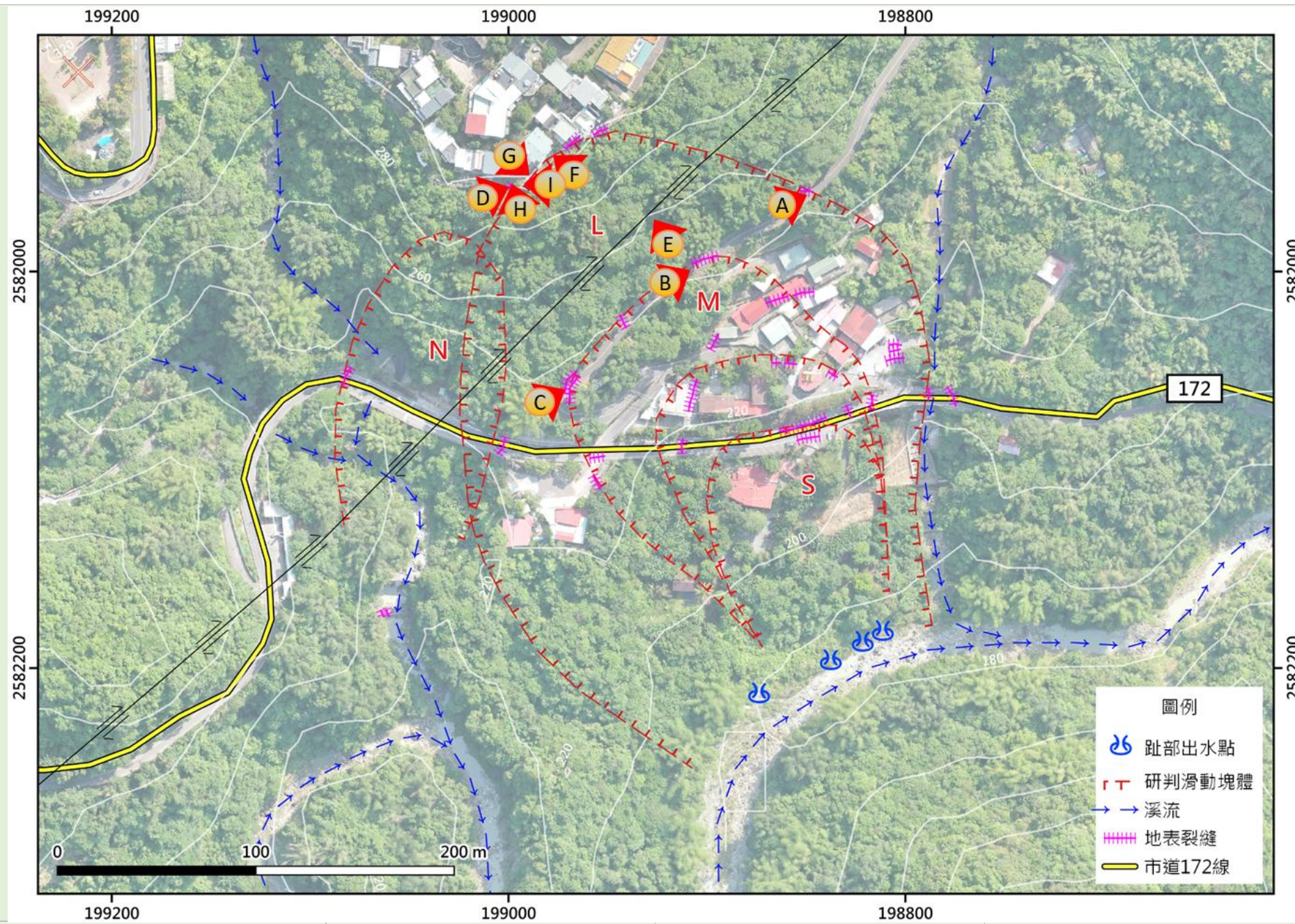
上邊坡道路受 M 及 L 推估滑動塊體邊界影響，多處路面及擋土牆有張力裂縫產生，長可達約 10m，開裂寬度達 8~10cm，其中道路迴彎處經民國 112 年及 114 年照片比對，裂縫有持續擴大趨勢；位於坡頂社區內之房舍、地坪、圍牆及排水等設施，多處具開裂及下陷情形，且經多次修補仍持續開裂，顯示邊坡持續發生下滑。

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，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，經民國 113 年及 114 年照片比對，裂縫有持續擴大趨勢；由 110 年 8 月豪大雨後，雲泉橋及白水橋鄰近道路護欄仍有新增錯移及隆起情形，研判 2 座橋橋台皆有受地滑推擠，雲泉橋及白水橋受地滑影響，橋面版兩側已有多處裂縫產生，橋台護欄亦有明顯位移錯位情形。

三、道路路基擋土設施及下邊坡現況

本路段坡趾緊鄰白水溪，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，亦導致地表水直接由裂縫入滲；民國 112 年 4 月本路段既有擋土牆及坡趾處增設橫向集水管，乾季期間無較大降雨量，其坡面水平集水管仍多有出水，趾部溪岸坡面則有多處滲水情形，顯示該地區地下水豐沛，導排地下水成效良好；經趾部岩層露頭調查，量測 3 組層面位態(約 N53°E,65°NW)，量測 1 組節理(約 N45°E,32°NW)，大致與坡面傾向相近，推估邊坡滑動可能受層面及該組節理影響。



E 上邊坡具明顯崩崖，現況植生茂密



F 社區下邊坡補強工程，經噴漿面修補後持續有開裂情形



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 上邊坡社區地坪多處裂縫，且長期有下陷 1~2m 情形

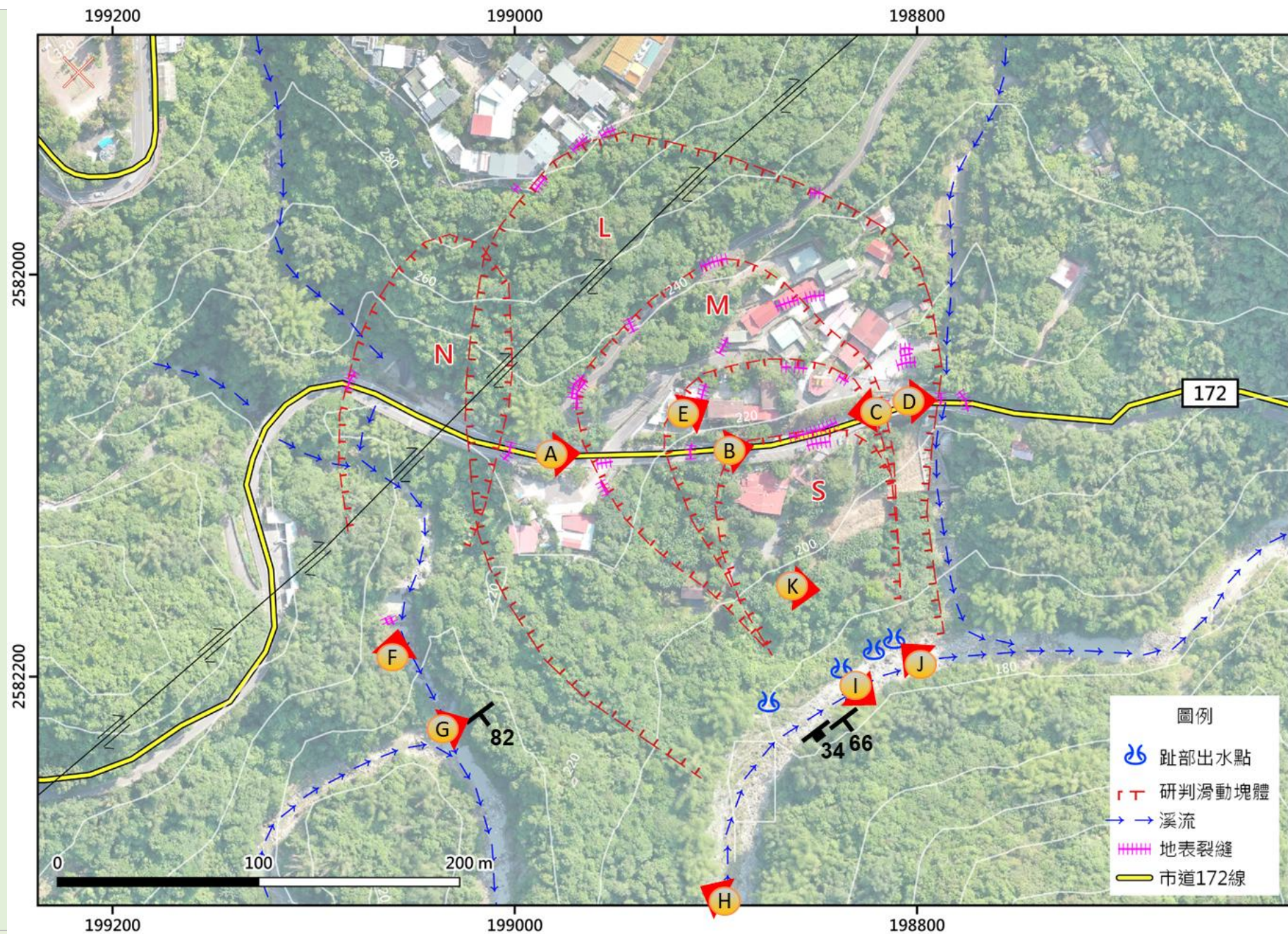


I 上邊坡社區內排水設施有開裂及陷落情形，新設排水設施持續產生破壞，現況裂縫寬度約 0.5~2cm



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，現況裂縫寬度約 0.5~2cm

圖 3-5、172 線 42K+300 路段地表地質調查現勘成果(1/2)



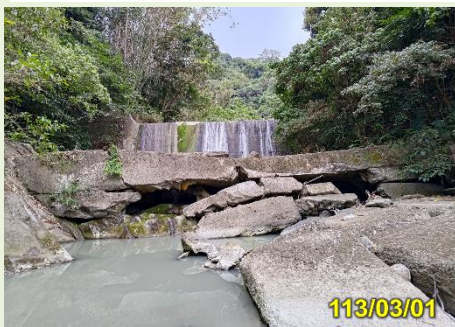
A 白水橋伸縮縫及護欄錯移，上游處邊坡崩塌
B 位於滑動塊體邊界道路裂縫持續擴大



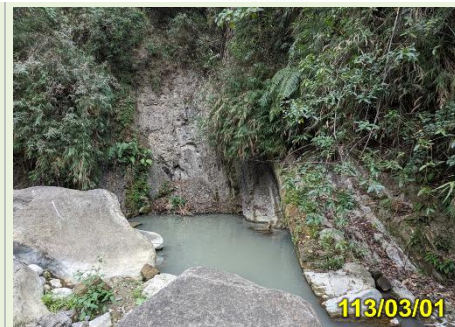
C 道路上邊坡地錨損壞情形，部分滲水情形嚴重
D 接近雲泉橋處，路面受地滑影響隆起、護欄錯移，下方部分地錨已斷裂



E 多處房舍圍牆及地坪開裂毀損，經修補持續破壞
F 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



G 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



H 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)



I 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)



J 邊坡趾部可見高角度順向節理面出露



K 邊坡趾部多處有地下水出水現象，顯示邊坡地下水豐沛



L 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 3-6、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 3-7~圖 3-9 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+300 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	新設 / 既有	編號	目的	監測方式及頻率	備註
傾斜觀測管(兼水位井)	12 孔	既有	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)	<ul style="list-style-type: none"> 地層變位量 位移速率 滑動深度 地下水水位變化 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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
傾斜結構物	10 組	既有	T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9、T10	<ul style="list-style-type: none"> 結構物傾斜變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測
裂縫計	10 組	既有	C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10	<ul style="list-style-type: none"> 既有裂縫變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測
水壓自記式	3 組	既有	A-21-1SW A-21-2SW A-21-6SW	<ul style="list-style-type: none"> 連續地下水水位變化資料 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 於執行手動監測一併回收數據
		新設	A-24-2W(加值回饋)			
水壓電子式	2 組	本案新設	A-24-1W(加值回饋) A-24-2SW(加值回饋)	<ul style="list-style-type: none"> 連續地下水水位變化資料 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 自動化監測
內斜式伸縮計	2 組		A-24-1BEH A-24-2BEH	<ul style="list-style-type: none"> 地層變位量 位移速率 滑動深度 		
物傾斜式結構	3 組		A-24-ET1 A-24-ET2 A-24-ET3	<ul style="list-style-type: none"> 結構物傾斜變化 		
雨量電子式	1 組		A-24-R1	<ul style="list-style-type: none"> 掌握計畫區降雨情形 		

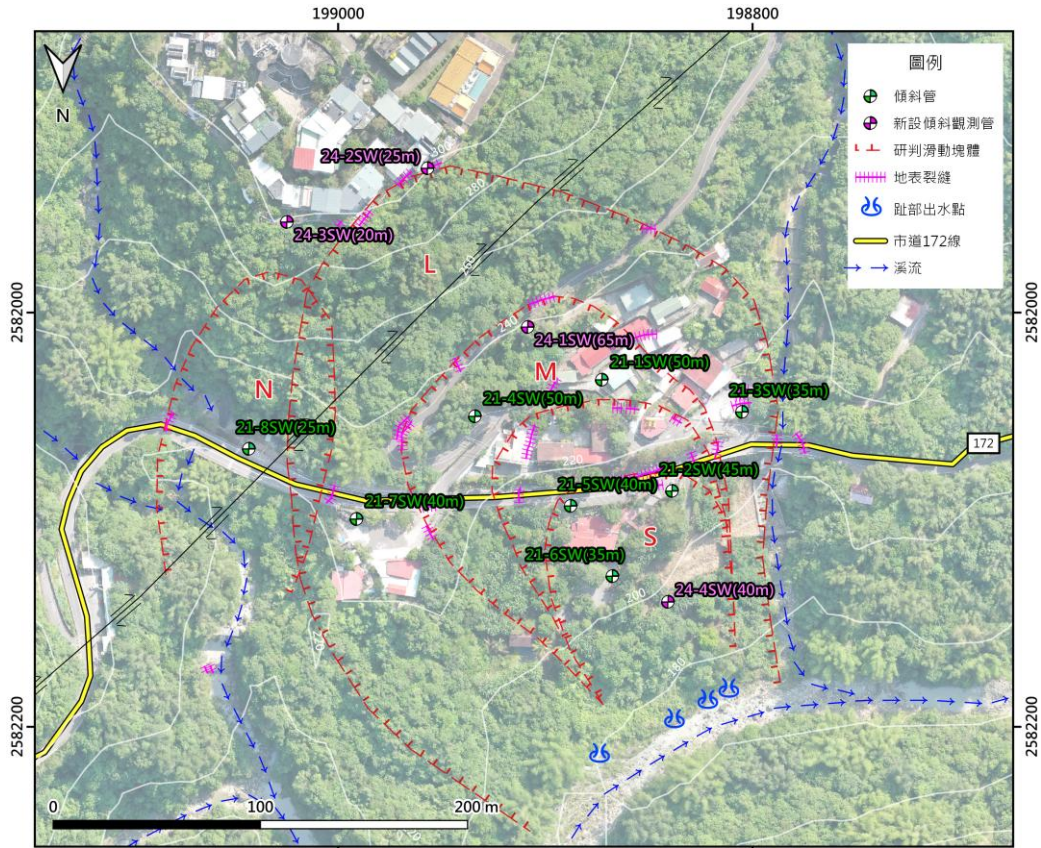


圖 3-7、172 線 42K+300 路段手動監測儀器平面位置圖(1)

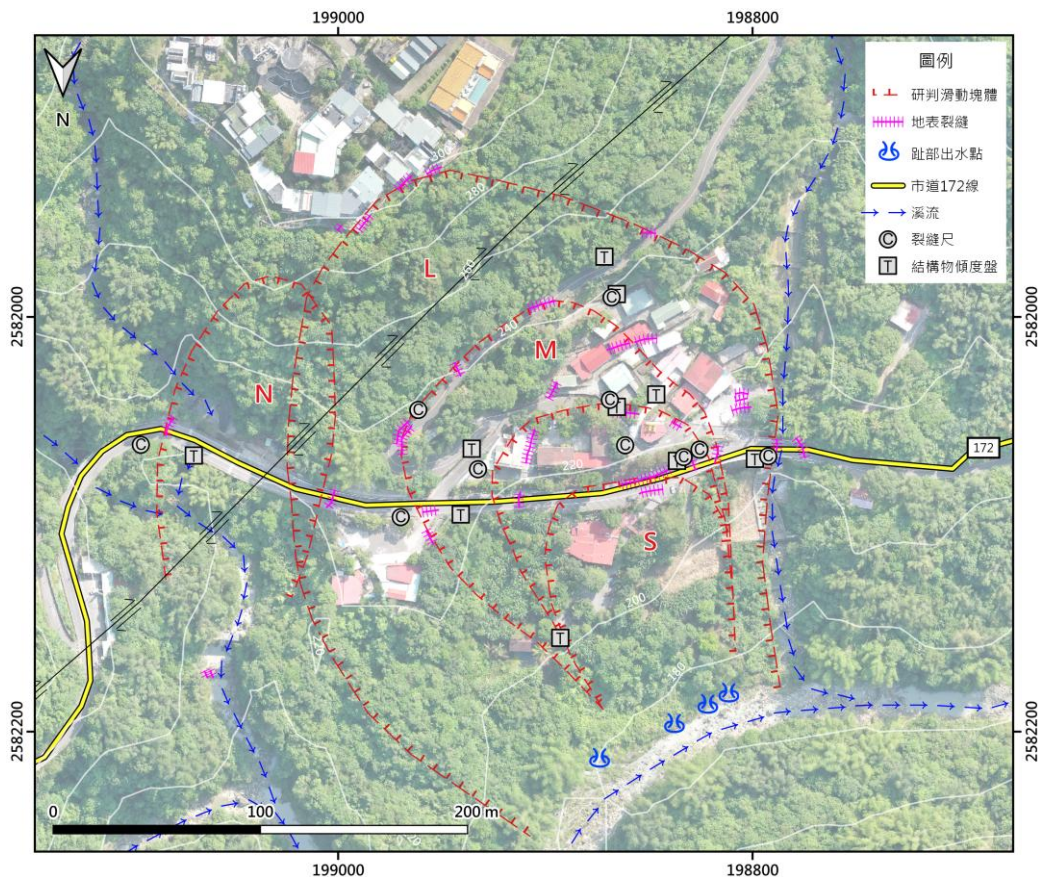


圖 3-8、172 線 42K+300 路段手動監測儀器平面位置圖(2)

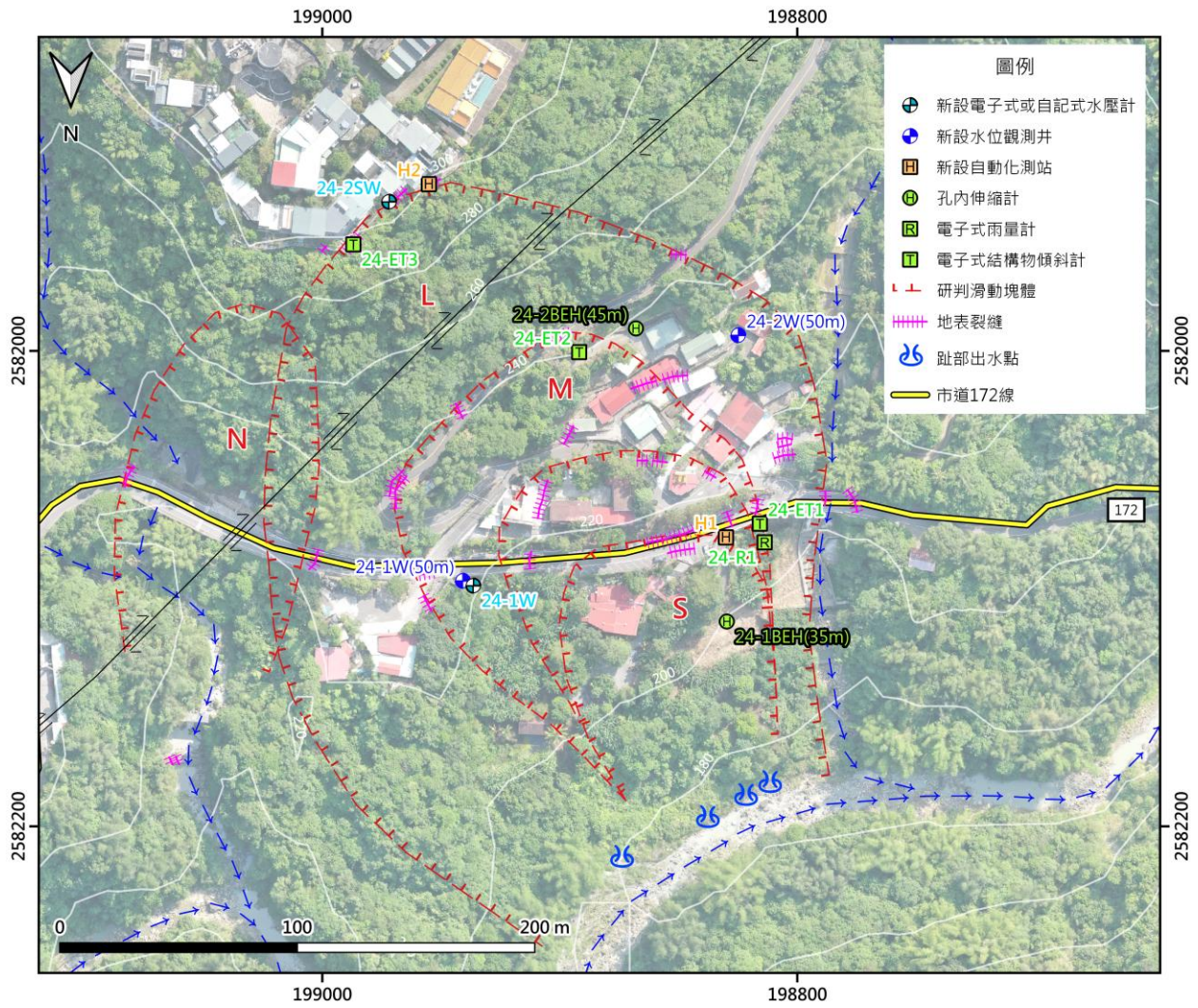


圖 3-9、172 線 42K+300 半自動及自動化監測儀器平面位置圖

本計畫自民國 113 年 11 月至 115 年 3 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 6 次手動定期監測及 14 次手動特殊監測(0121 大埔地震及後續餘震，震度 4 級以上之地震事件)，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 3 月 3 日，降雨量為 23mm/日，其後進入汛期，後續持續關注。

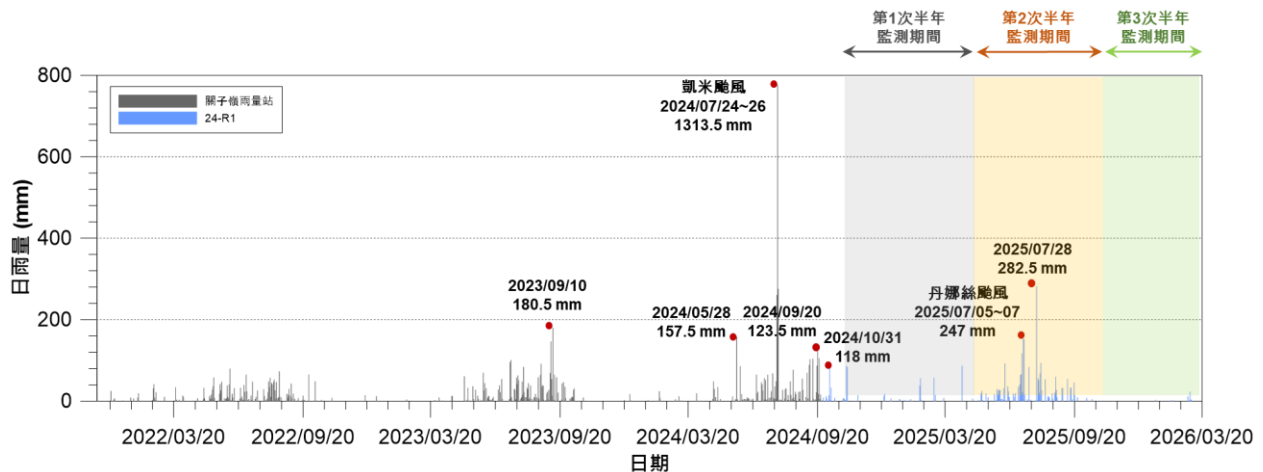


圖 3-10、172 線 42K+300 路段降雨量監測成果

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 孔內裝設自記式水壓計(半自動化)，2 孔內裝設電子式水壓計(自動化)。

- (一)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，114 年 6~12 月期間部分鑽孔的地下水位呈現上升趨勢，其中 A-21-8SW 上升約 1.5~7.0m，A-21-1SW 與 A-24-1SW 略微上升約 2m，A-24-2SW 則有明顯上升，幅度約 7m。其餘鑽孔地下水位則無明顯變化。此外，11 月份起地下水位有逐漸下降的趨勢。整體而言，常時地下水位仍維持在較高水位狀態。

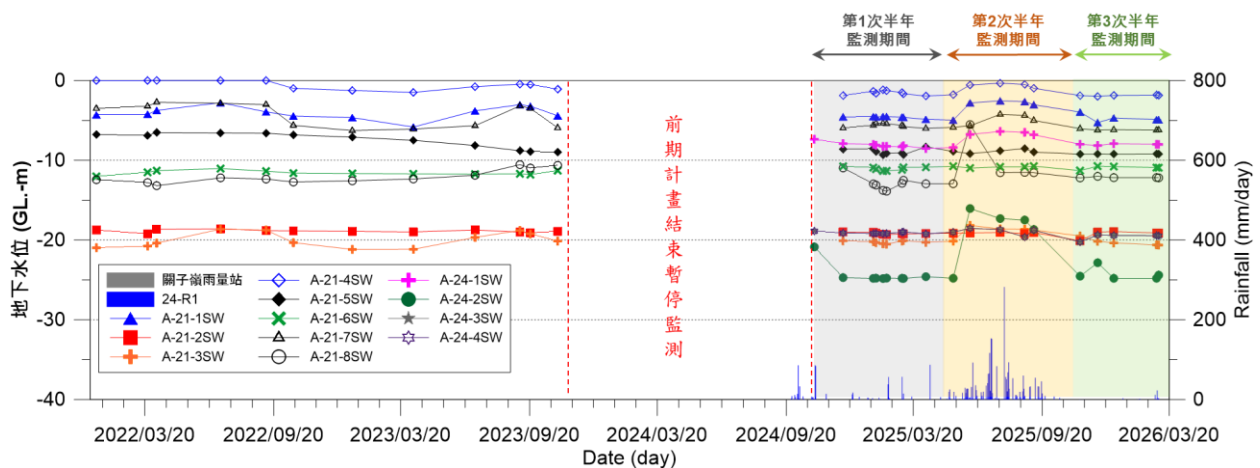


圖 3-11、172 線 42K+300 路段手動水位監測成果

- (二)自記式水壓計：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，丹娜絲颱風後，A-21-1SW 地下水位最高上升至-0.9m，後續汛期地下水位維持於-1~-3m 間，A-24-2W 監測孔於 114 年 6 月進入汛期後後，地下水位維持於-0.2~-2.5m 間，接近於地表；而位於道路下邊坡之 A-21-2SW 及 A-21-6SW 常時水位介於-10~-18m，經降雨事件略為上升 1~3m。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。

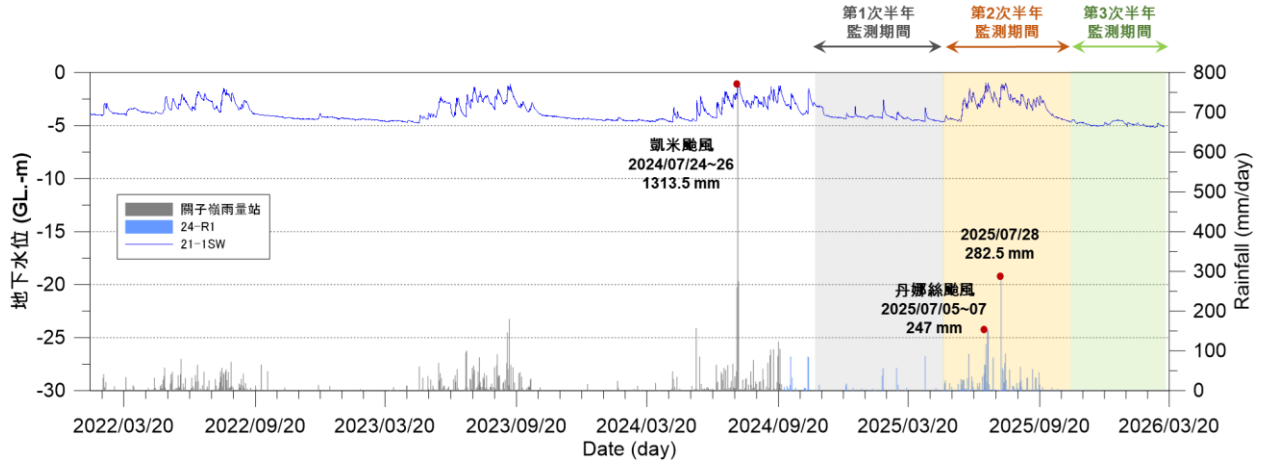


圖 3-12、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 孔自記式水壓計監測成果

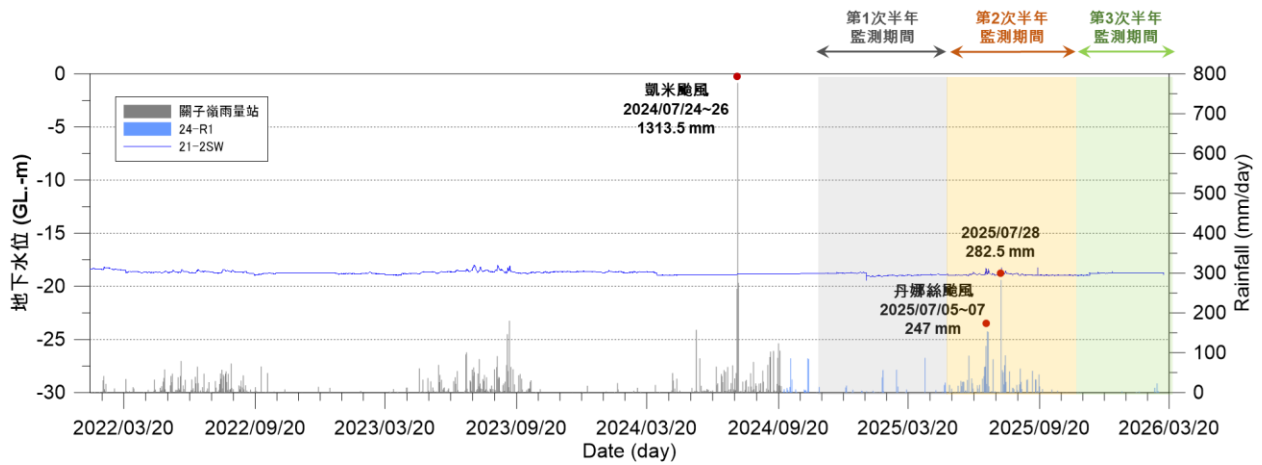


圖 3-13、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 孔自記式水壓計監測成果

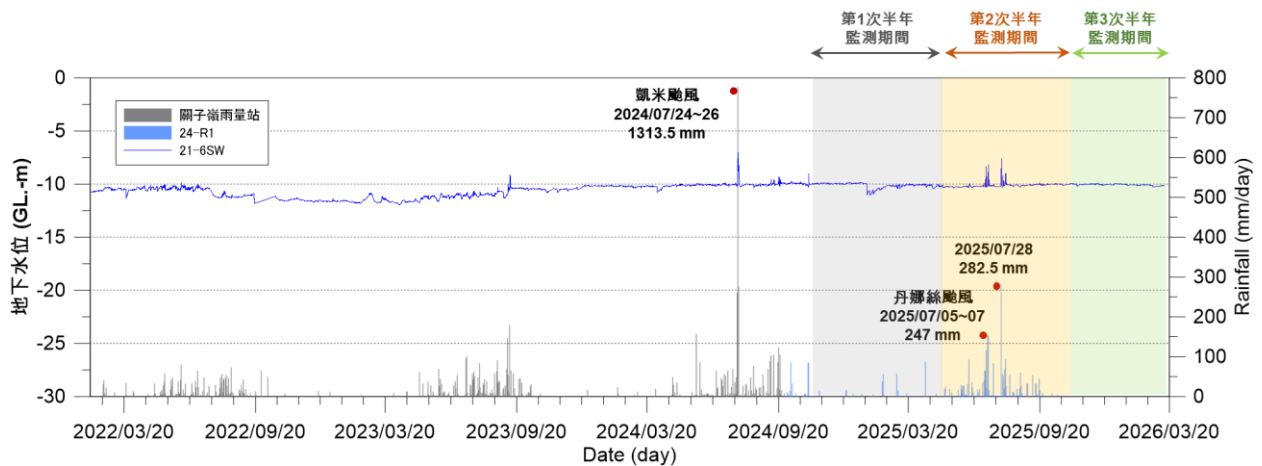


圖 3-14、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 孔自記式水壓計監測成果

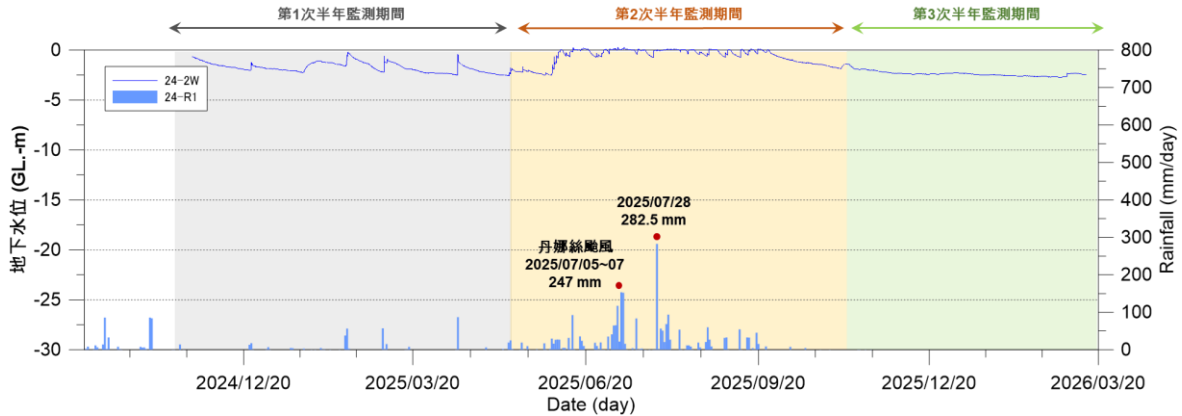


圖 3-15、172 線 42K+300 之 A-24-2W 孔自記式水壓計監測成果

(三)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 乾季常時地下水位約-24m，進入汛期後上升約 2~13m，於 10 月逐漸消散至-24m；道路下邊坡 A-24-1W 常時地下水位約-3.5~-4m，無明顯變化量，後續持續追蹤地下水位變化情形。

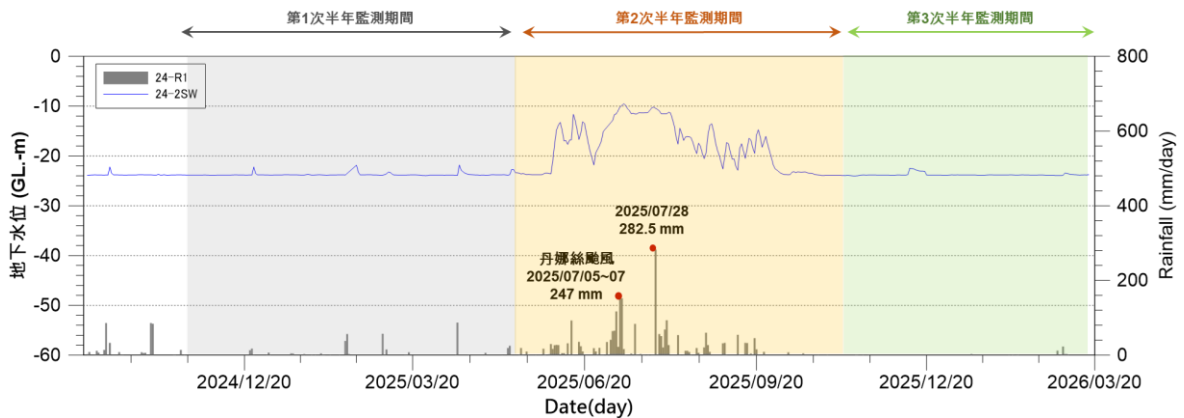


圖 3-16、172 線 42K+300 之 A-24-2SW 孔電子式水壓計監測成果

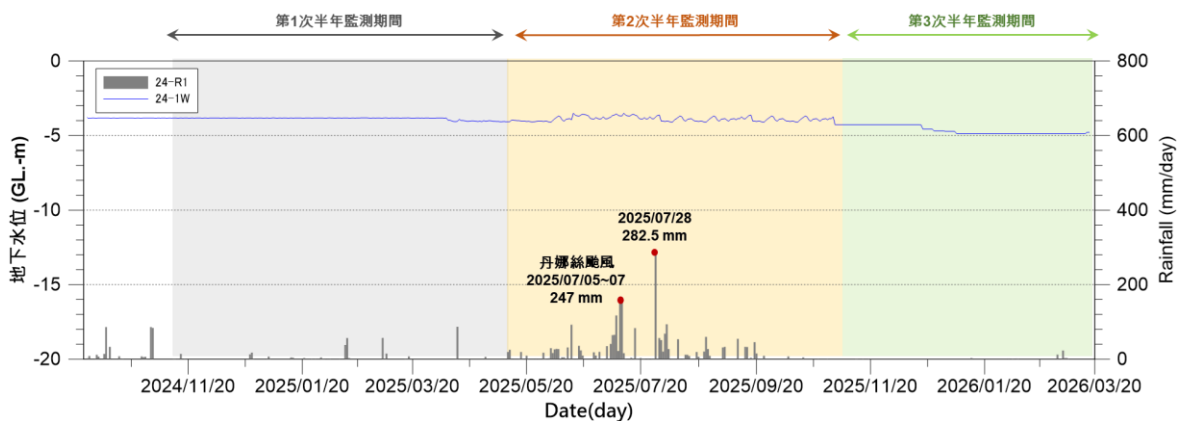


圖 3-17、172 線 42K+300 之 A-24-1W 孔電子式水壓計監測成果

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，T1、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。

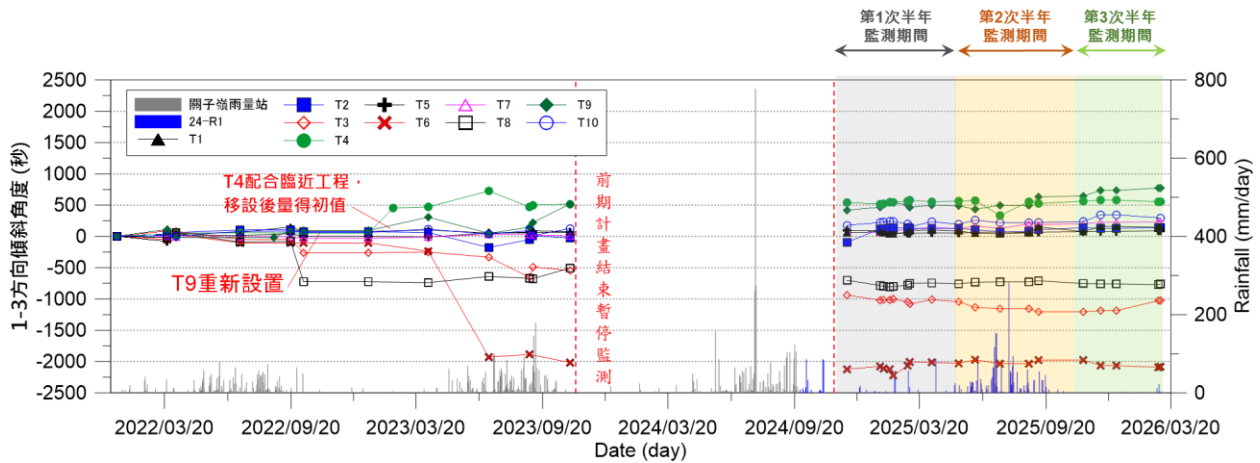


圖 3-18、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

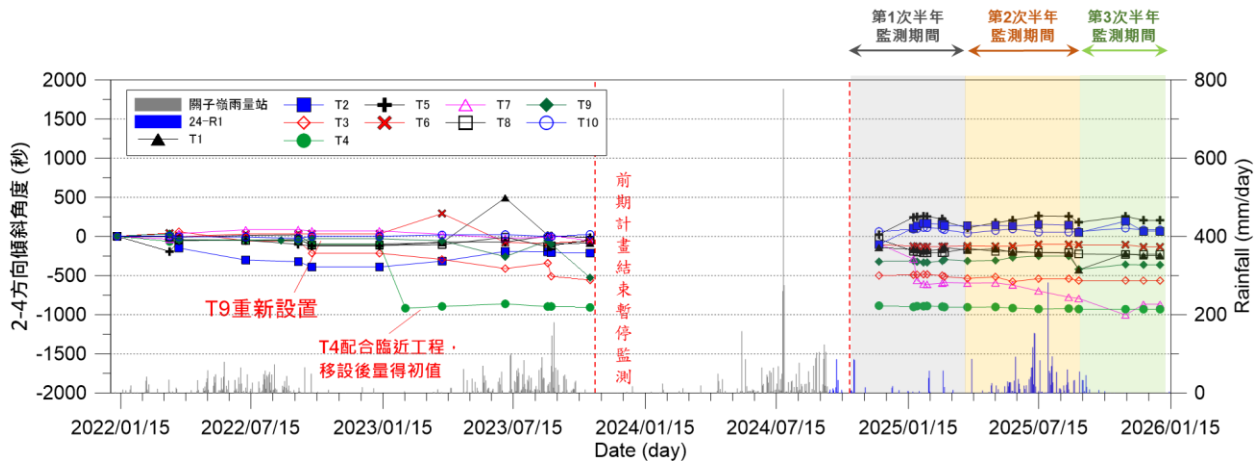


圖 3-19、172 線 42K+300 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(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，受 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。

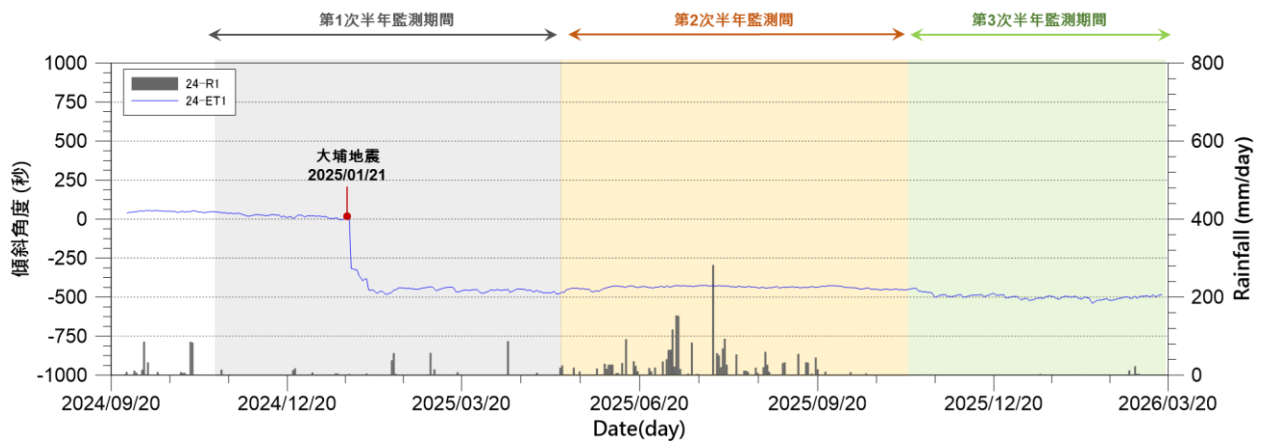


圖 3-20、172 線 42K+300 路段 A-24-ET1 電子式結構物傾斜計監測成果

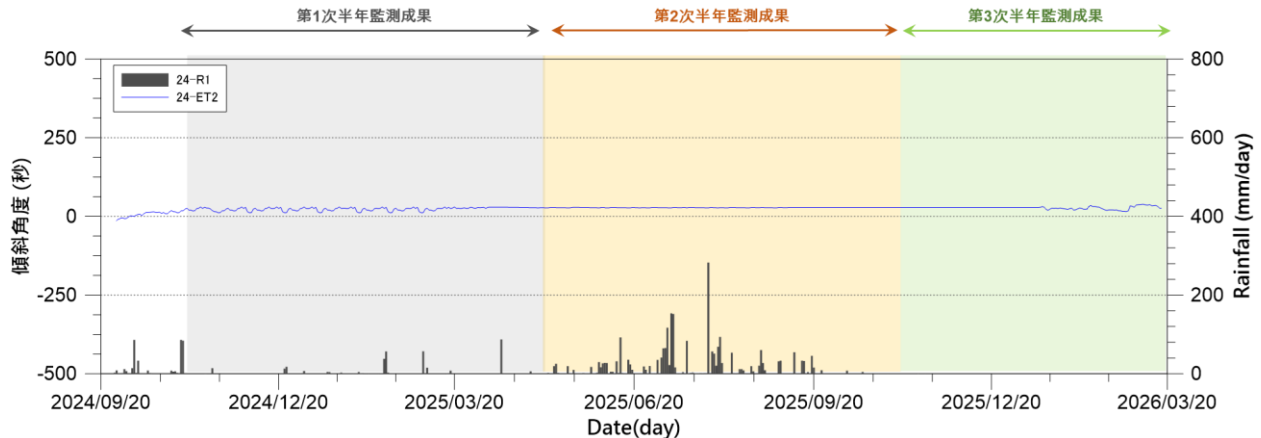


圖 3-21、172 線 42K+300 路段 A-24-ET2 電子式結構物傾斜計監測成果

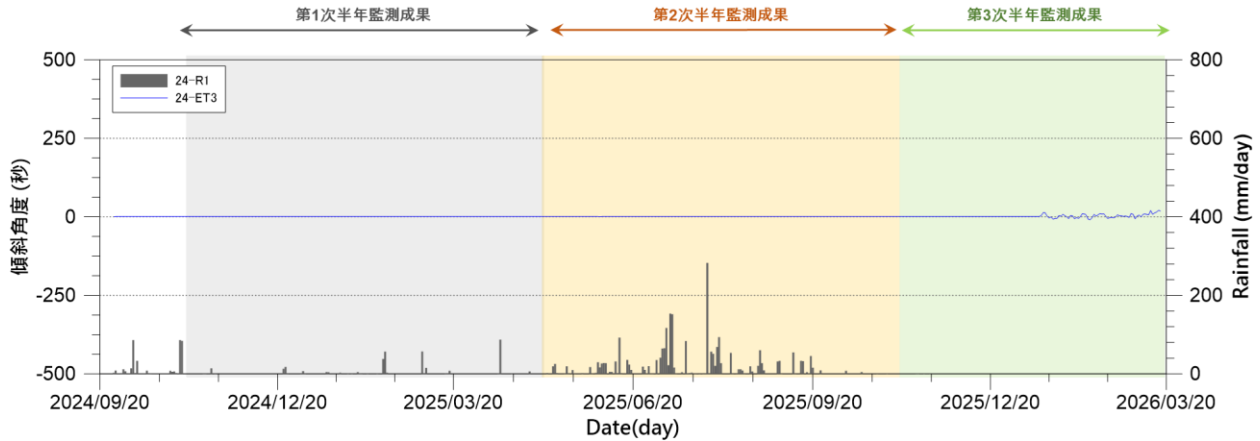


圖 3-22、172 線 42K+300 路段 A-24-ET3 電子式結構物傾斜計監測成果

(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。

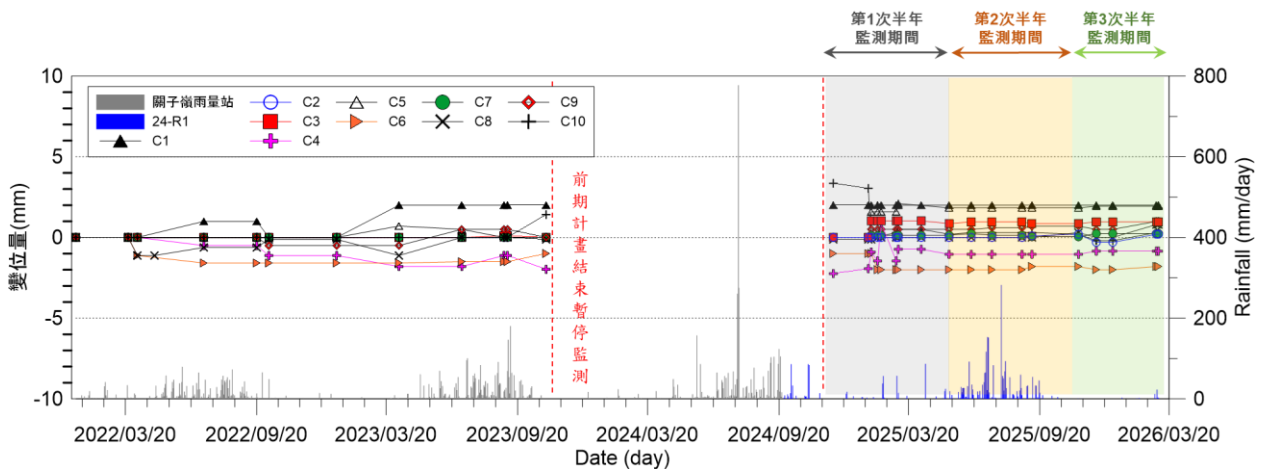


圖 3-23、172 線 42K+300 路段裂縫計監測成果

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 (監測日期自 2022/01/04~至今) 及本計畫新設之 A-24-1SW~A-24-4SW (監測日期自 2024/10 或 2024/11~至今) 傾斜觀測管，共 12 孔，監測成果如表 3-5、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。

表 3-5、172 線 42K+300 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表

編號	地表總累積位移量 註：+A 方向朝向下邊坡				位移速率 (cm/月)		位移 趨勢 研判
	A 方向 (cm)	B 方向 (cm)	合位移量 (cm)	位移 方位角(°)	本次監測期間 114/12~115/3	總監測 期間	
A-21-1SW (50m)	0.17	-7.01	7.01	320	0.07	0.14	○
A-21-2SW (45m)	7.24	-6.01	9.41	309	0.06	0.19	○
A-21-3SW (35m)	2.01	-1.81	2.71	317	0.00	0.05	△
A-21-4SW (50m)	9.79	-5.73	11.34	326	0.17	0.22	○
A-21-5SW (40m)	5.85	-6.33	8.62	310	0.04	0.17	○
A-21-6SW (35m)	3.47	-3.14	4.68	301	0.02	0.09	○
A-21-7SW (40m)	7.79	-3.01	8.35	332	0.07	0.17	○
A-21-8SW (25m)	4.44	-1.85	4.82	4	2025/05 於深度 -10.5m~- 11m 斷管		○
A-24-1SW (65m)	2.93	-0.72	3.02	335	0.04	0.14	△
A-24-2SW (25m)	-0.40	-0.18	0.44	195	0.10	0.19	×
A-24-3SW (20m)	0.43	0.21	0.48	16	0.09	0.05	×
A-24-4SW (40m)	5.23	0.42	5.25	309	0.02	0.22	○

註：「○：已有明確趨勢 △：略有趨勢 ×：尚無明顯趨勢」

傾斜觀測管 A-21-1SW (50m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-24 所示。該孔於 112 年 9 月以後，在深度約 33~34m 位置，其監測數據顯示有位移發生，尤其是 113 年凱米颱風及 114 年 0121 地震事件，其位移量有明顯增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 0.17cm (A+) 以及 7.01cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 320°)，研判主要受 L 及 M 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

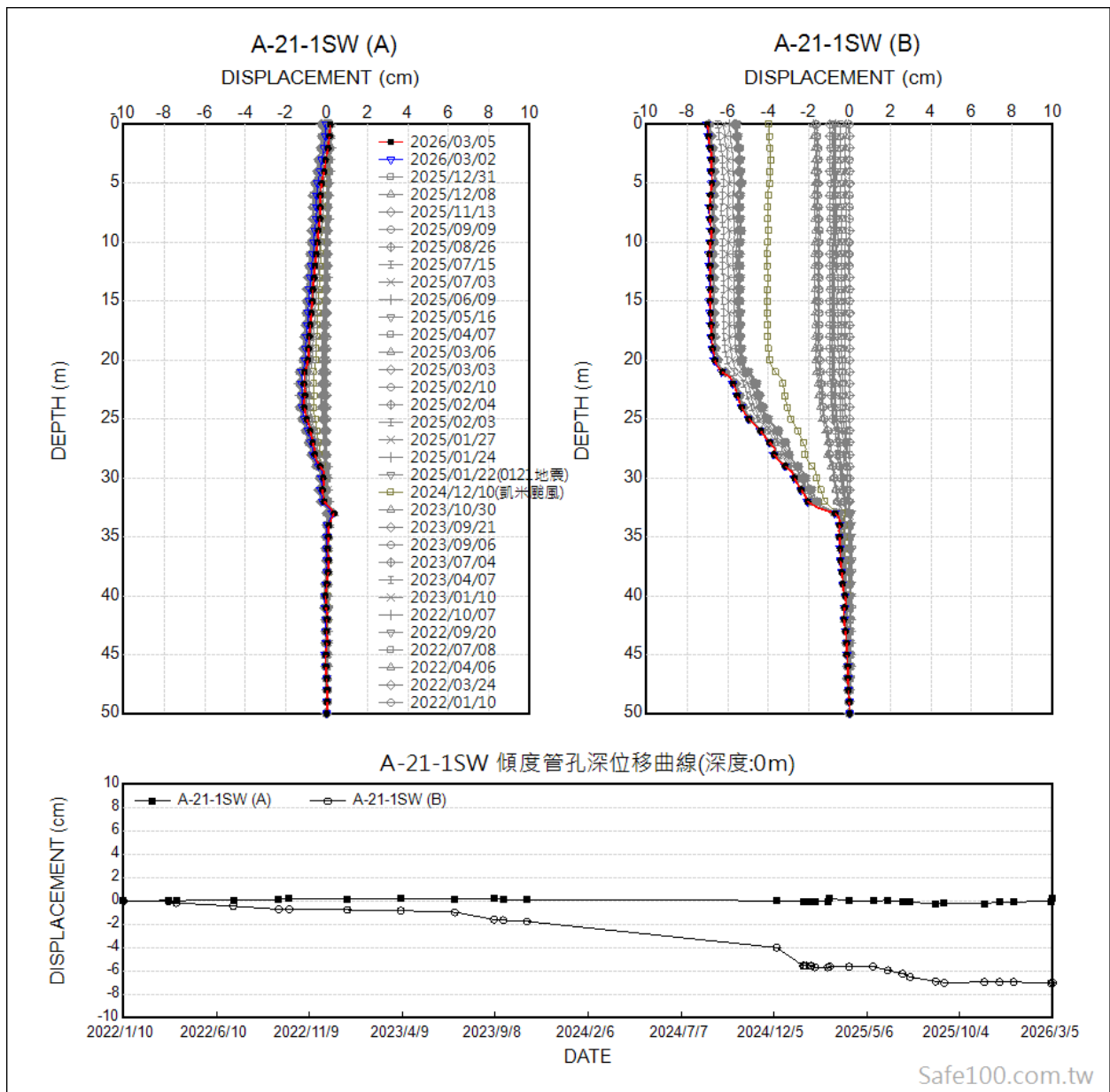


圖 3-24、172 線 42K+300 路段 A-21-1SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-21-2SW (45m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-25 所示。該孔於 112 年 9 月以後，在深度約 4~7m、23~27m 以及 43m 位置，其傾斜管監測數據顯示有位移產生，尤其是 113 年凱米颱風及 114 年 0121 地震事件後，其位移量有明顯增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 7.24cm (A+) 以及 6.01cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 309°)，研判主要受 L、M 及 S 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

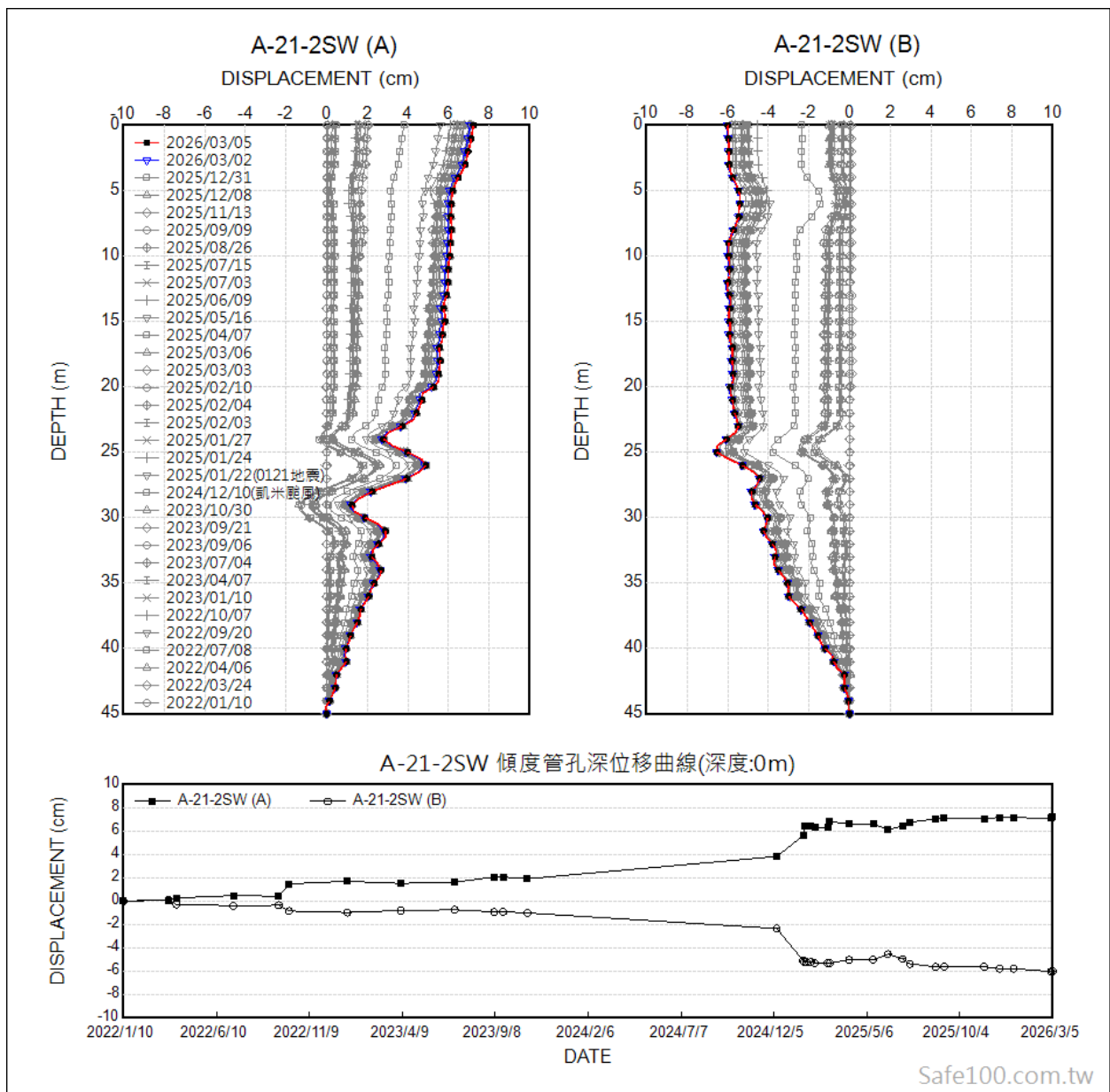


圖 3-25、172 線 42K+300 路段 A-21-2SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-21-3SW (35m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-26 所示。該孔於 112 年 9 月以後，在深度約 20~22m 位置，其監測數據顯示有位移發生，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 2.01cm (A+) 以及 1.81cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 317°)。此孔口位移量較 A-21-1SW、A-21-2SW 小但滑動方向相近，研判原因為本孔較接近 L 滑動塊體下陷區邊緣，因此位移量較小，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

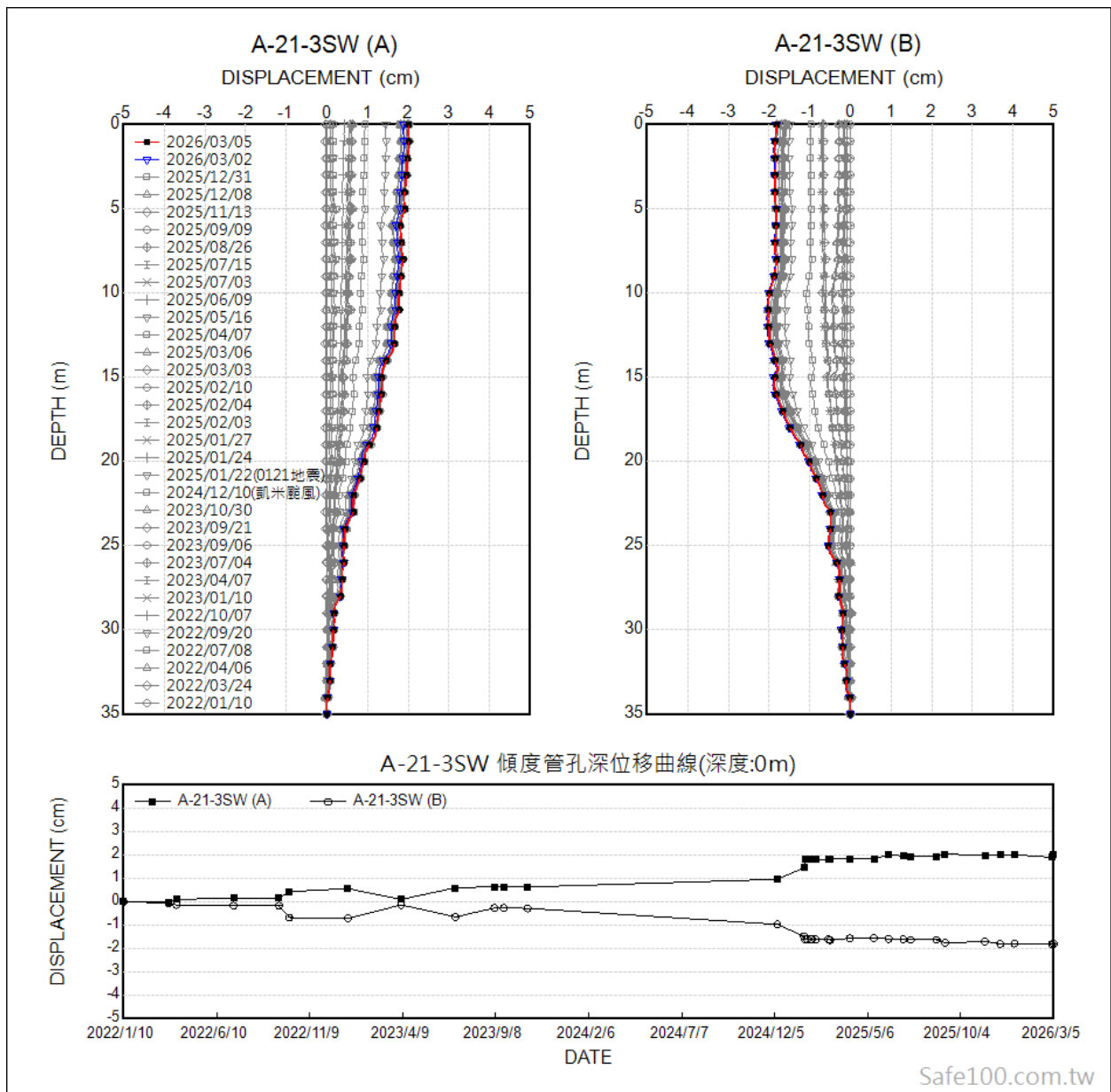


圖 3-26、172 線 42K+300 路段 A-21-3SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-21-4SW (50m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-27 所示。該孔於 112 年 9 月以後，在深度約 4-6m、13~14m 以及 22m 位置，其監測數據顯示有位移發生，尤其是 113 年凱米颱風，其位移量有明顯增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 9.79cm (A+) 以及 5.73cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 326°)，研判主要受 L、M 及 S 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

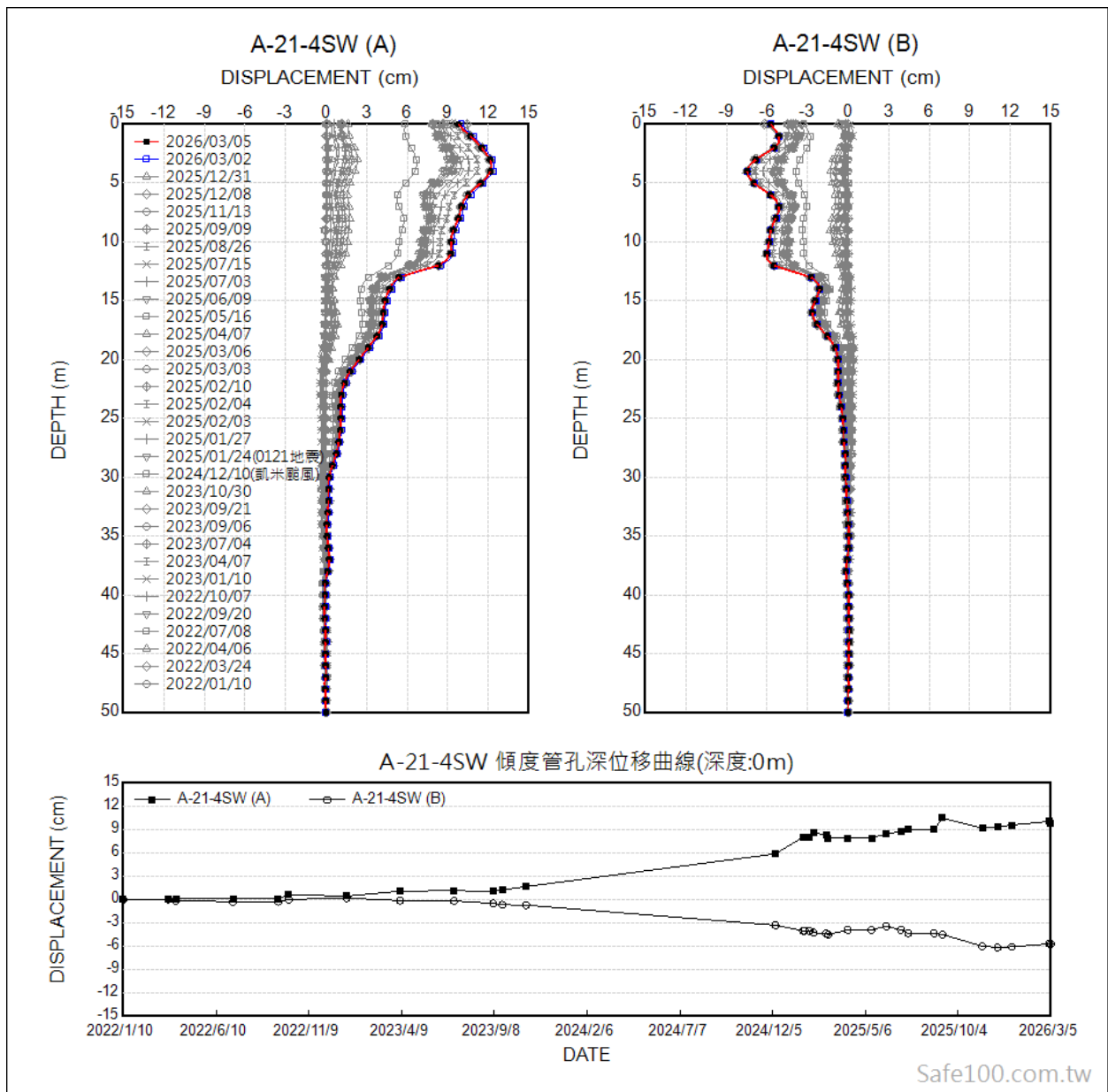


圖 3-27、172 線 42K+300 路段 A-21-4SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-21-5SW (40m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-28 所示。該孔在深度約 18~22m 以及 32~36m 兩處監測數據顯示有位移發生，尤其是 113 年凱米颱風及 114 年 0121 地震事件，其位移量有明顯增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 5.85cm (A+) 以及 6.33cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡（方位角 310°），研判主要受 L、M 及 S 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

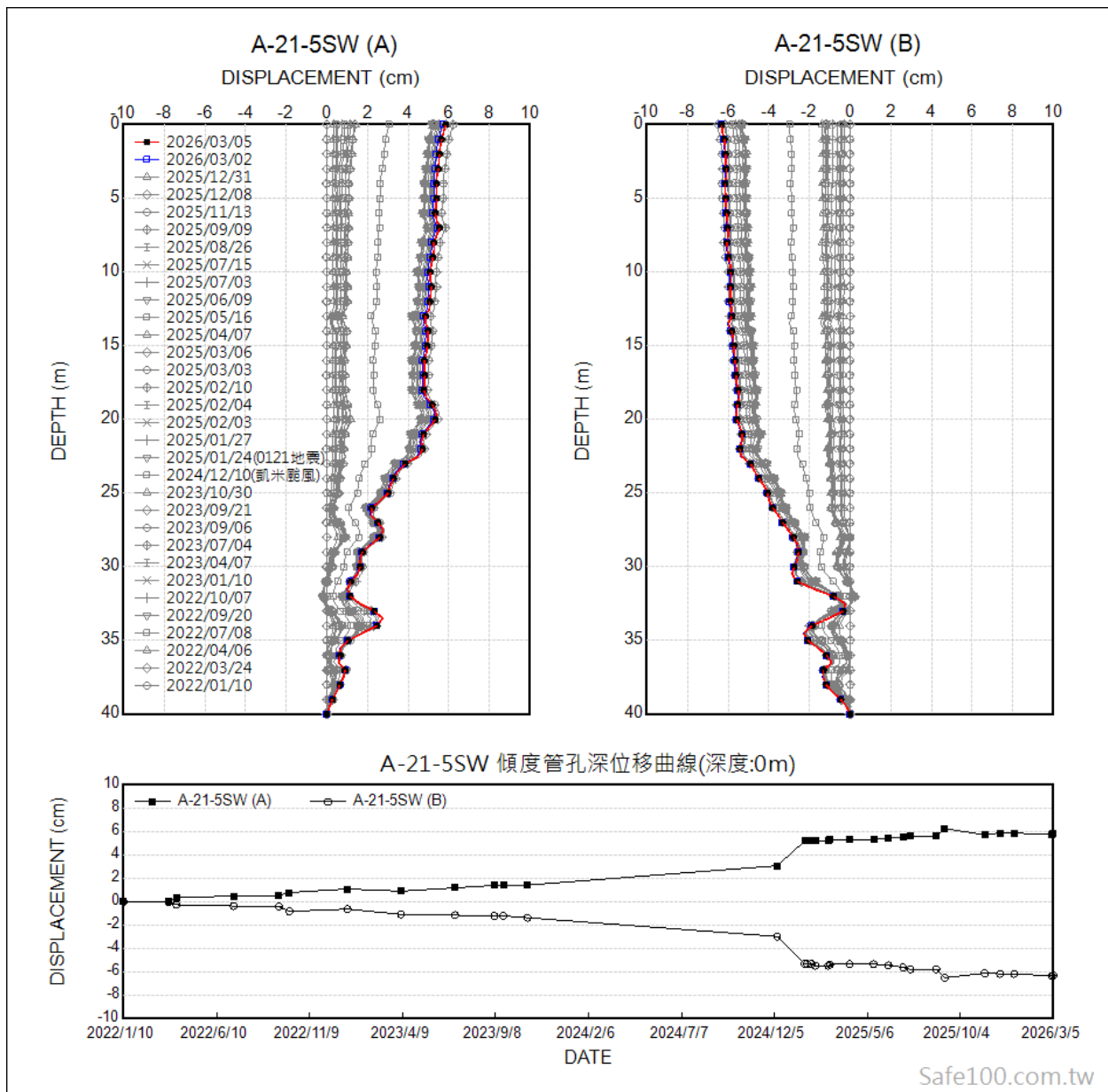


圖 3-28、172 線 42K+300 路段 A-21-5SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-21-6SW (35m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-29 所示。該孔在深度約 18~35m 位置，其監測數據顯示有位移發生，尤其是 113 年凱米颱風及 114 年 0121 地震事件，其位移量有明顯增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 3.47cm (A+) 以及 3.14cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 301°)，研判主要受 L、M 及 S 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

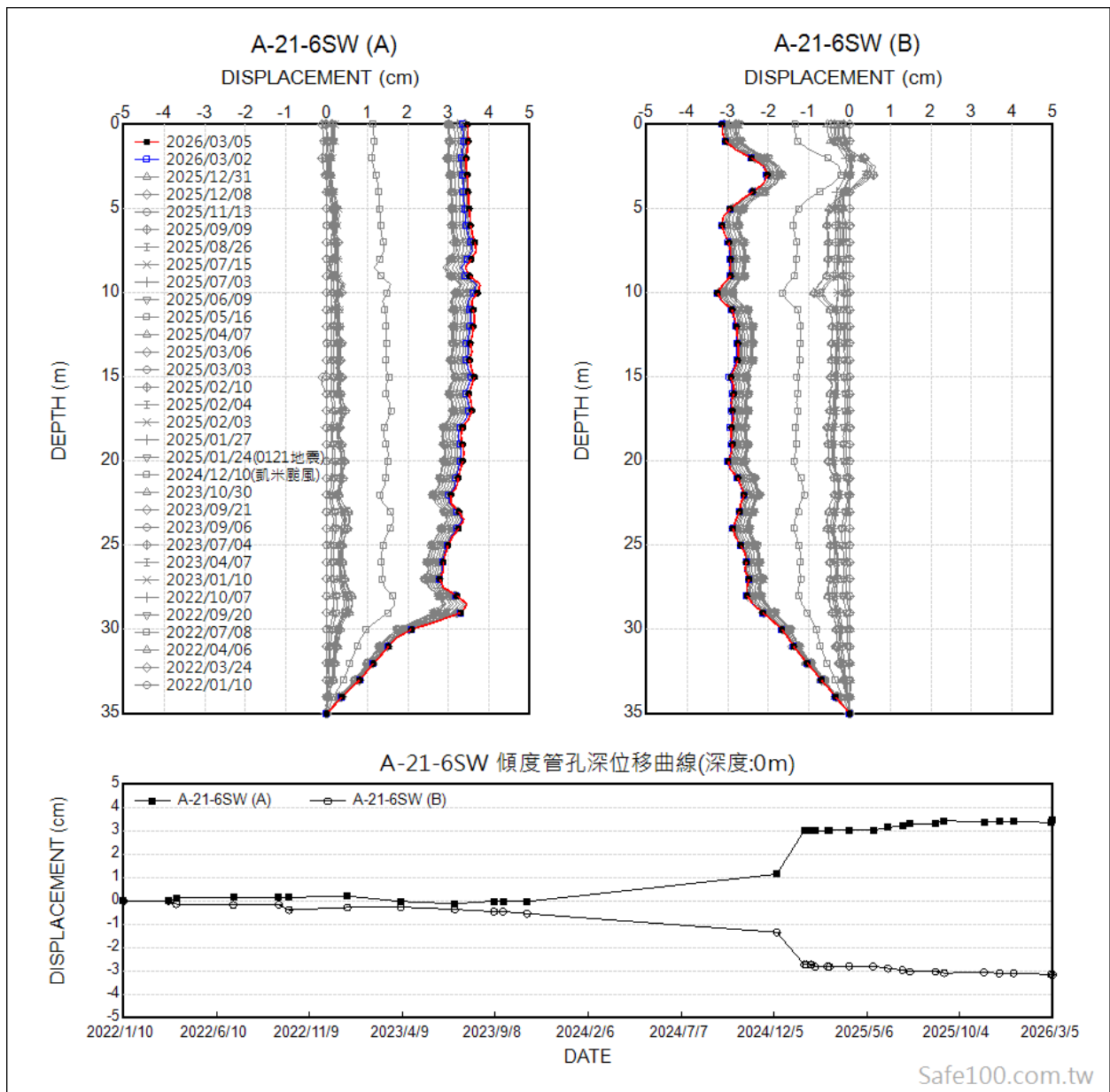


圖 3-29、172 線 42K+300 路段 A-21-6SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-21-7SW (40m) 主要為掌握 L、N 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-30 所示。該孔在 113 年凱米颱風及 114 年 0121 地震事件中，於深度約 19~20m 以及 27m 兩處有明顯位移發生，後續持續緩慢滑動，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 7.79cm (A+) 以及 3.01cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 332°)，研判主要受 L 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

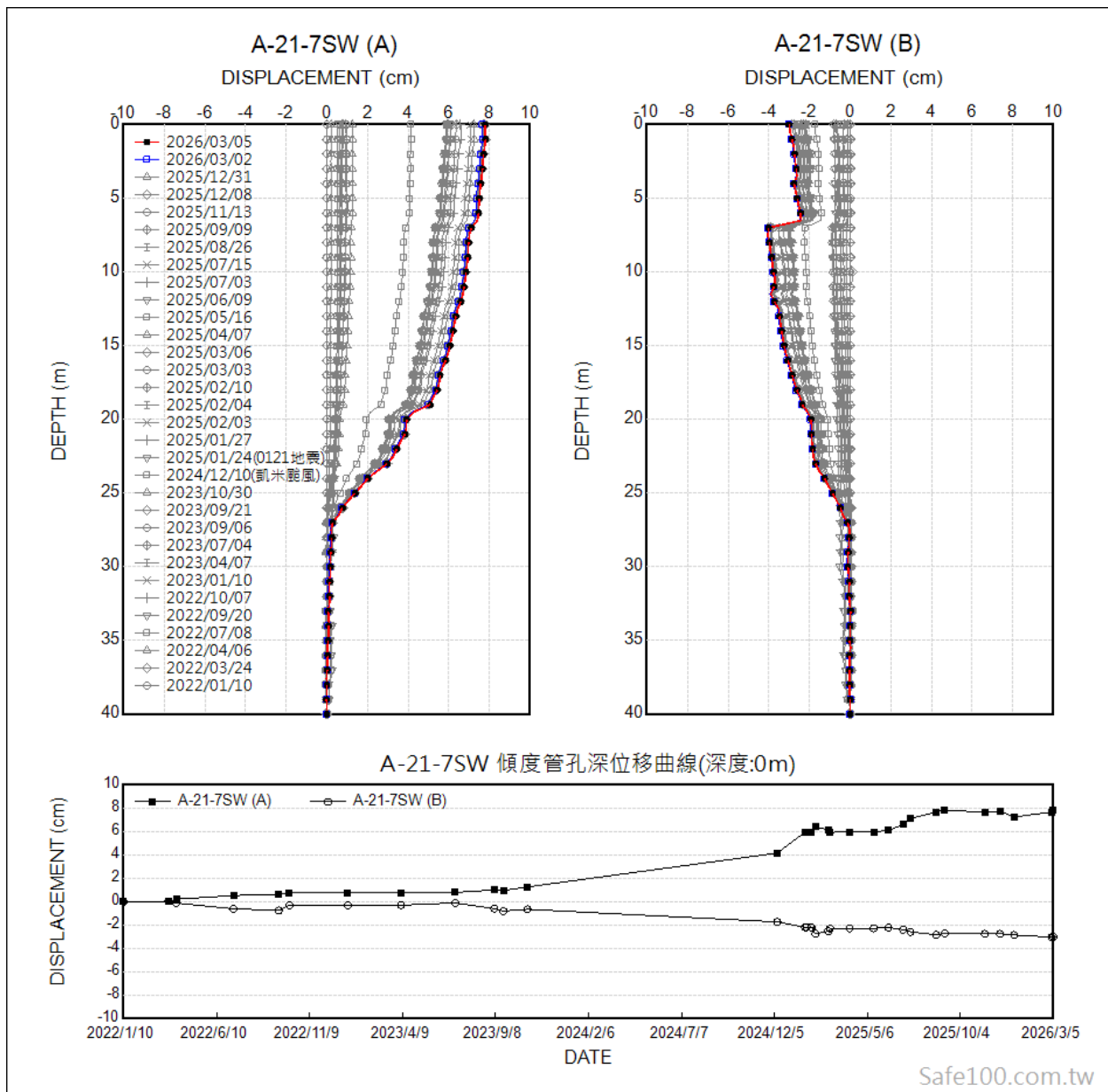


圖 3-30、172 線 42K+300 路段 A-21-7SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-21-8SW (25m) 主要為掌握 L、N 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-31 所示。該孔於 114 年 0121、0306 群震後，在深度約 10.5~11m 兩位置有明顯位移發生，並於 114 年 5 月傾斜管於該深度斷裂，土體在地震期間滑動速率甚快，且合位移方向與該工區其他孔位不同，最後一筆監測成果，其孔口位移量已累積 4.44cm (A+) 以及 1.85cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 4°)，因此，研判主要受 N 塊體及部分 L 塊體影響所致。

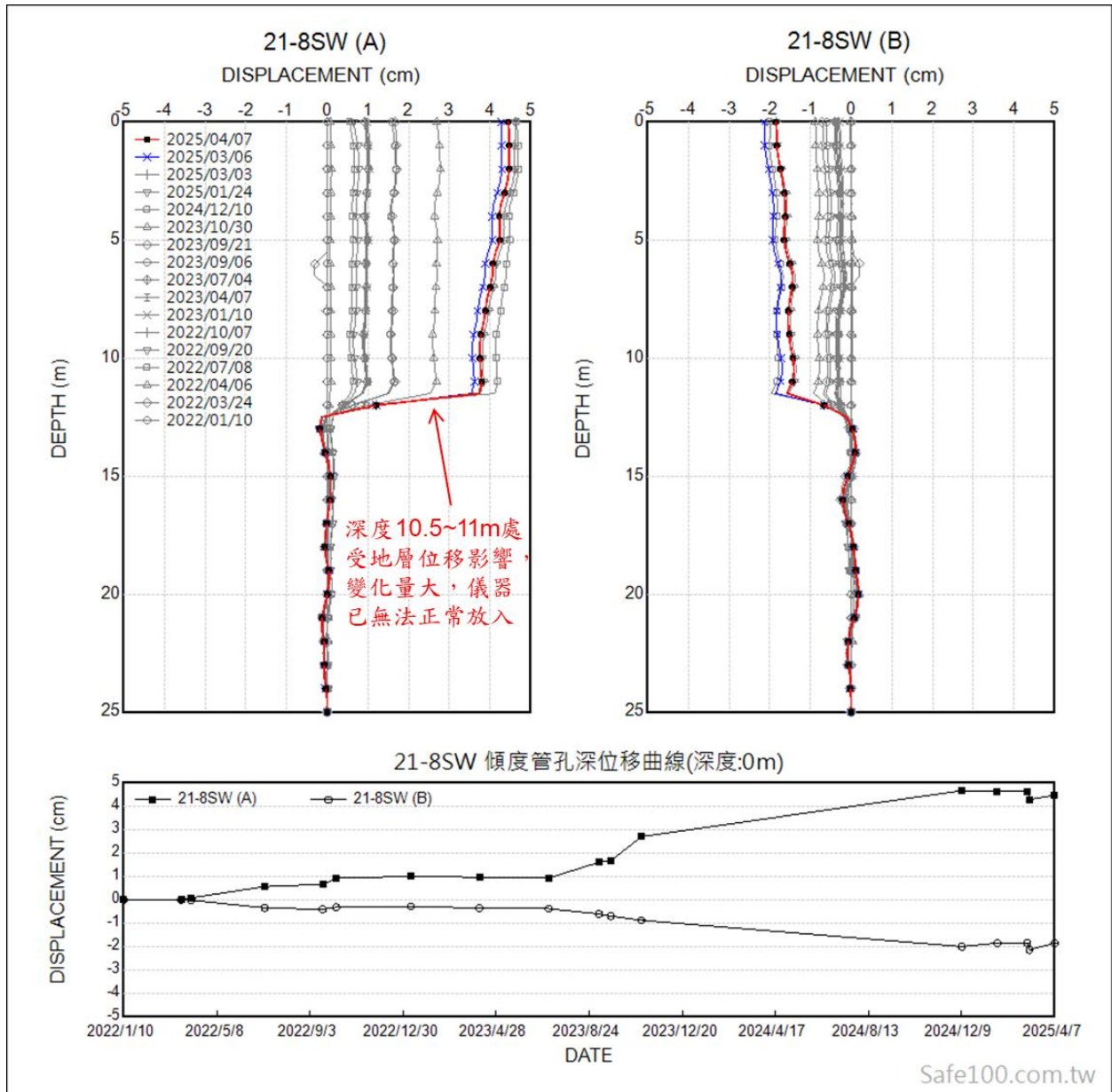


圖 3-31、172 線 42K+300 路段 A-21-8SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-24-1SW (65m) 主要為掌握 L 及 M 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-32 所示。該孔在深度約 35m 位置監測數據顯示有位移發生，尤其是 114 年 0121 地震事件，其位移量有明顯增幅，後續持續緩慢滑動，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 2.93cm (A+) 以及 0.72cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 335°)，研判主要受 L 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

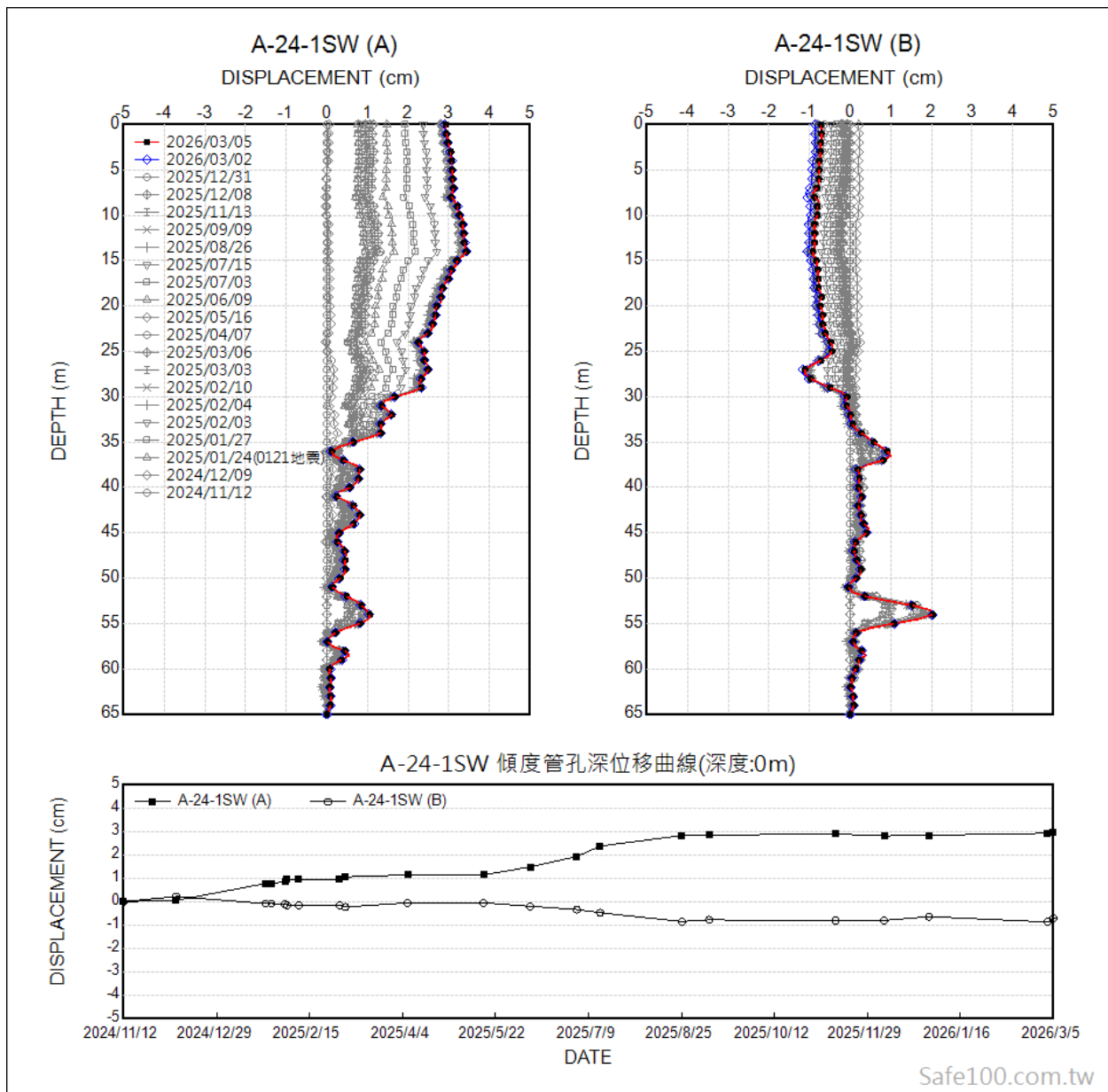


圖 3-32、172 線 42K+300 路段 A-24-1SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-24-2SW (25m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-33 所示。該孔位移量歷年位移量皆小於 0.60cm，至本次監測最新成果，其孔口位移量僅累積 0.4cm (A-) 以及 0.18cm (B-)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 195°)，後續將持續監測追蹤。

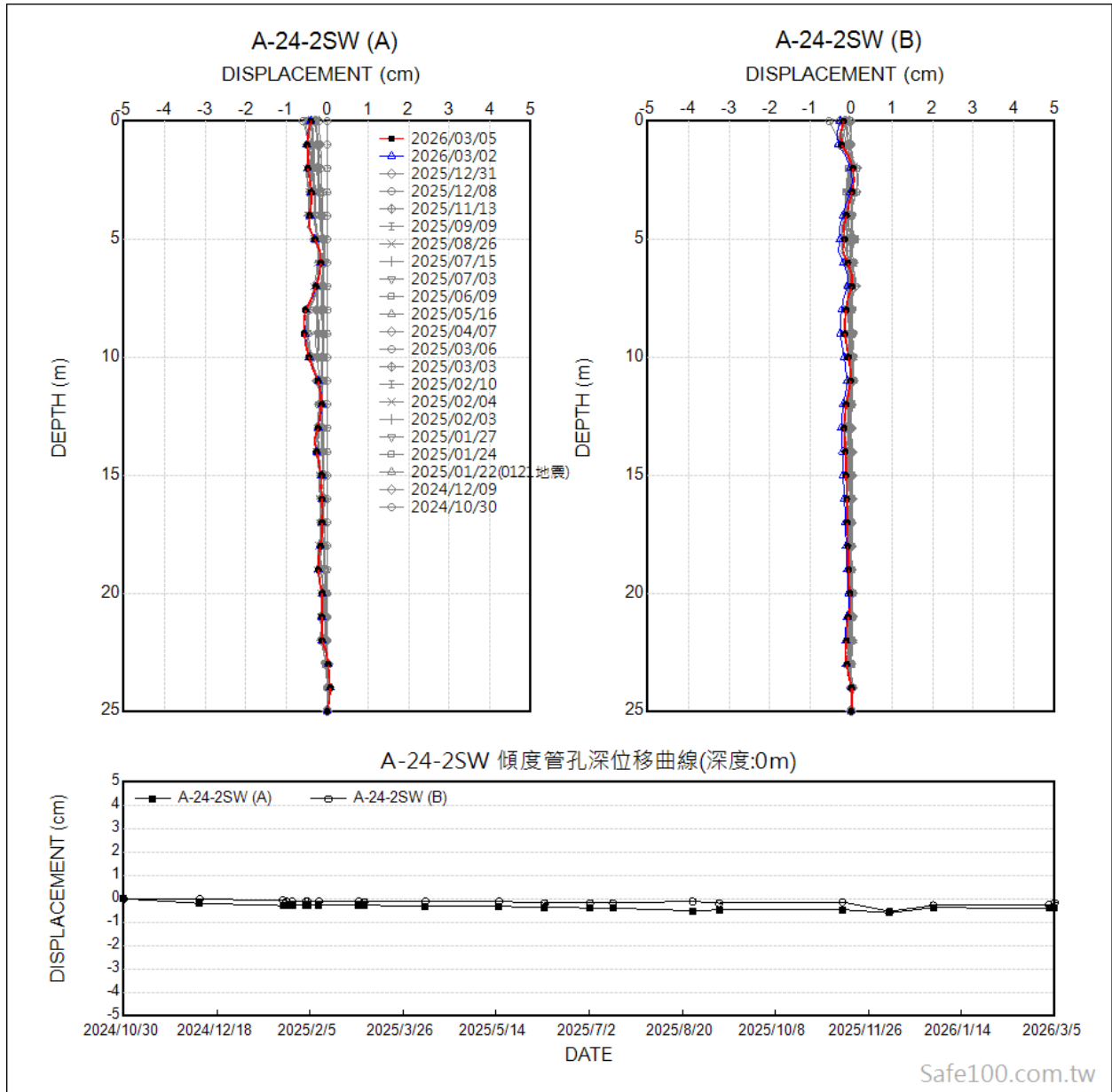


圖 3-33、172 線 42K+300 路段 A-24-2SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-24-3SW (20m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-34 所示。該孔位移量歷年位移量皆小於 0.52cm，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 0.43cm (A+) 以及 0.21cm (B+)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 16°)，後續將持續監測追蹤。

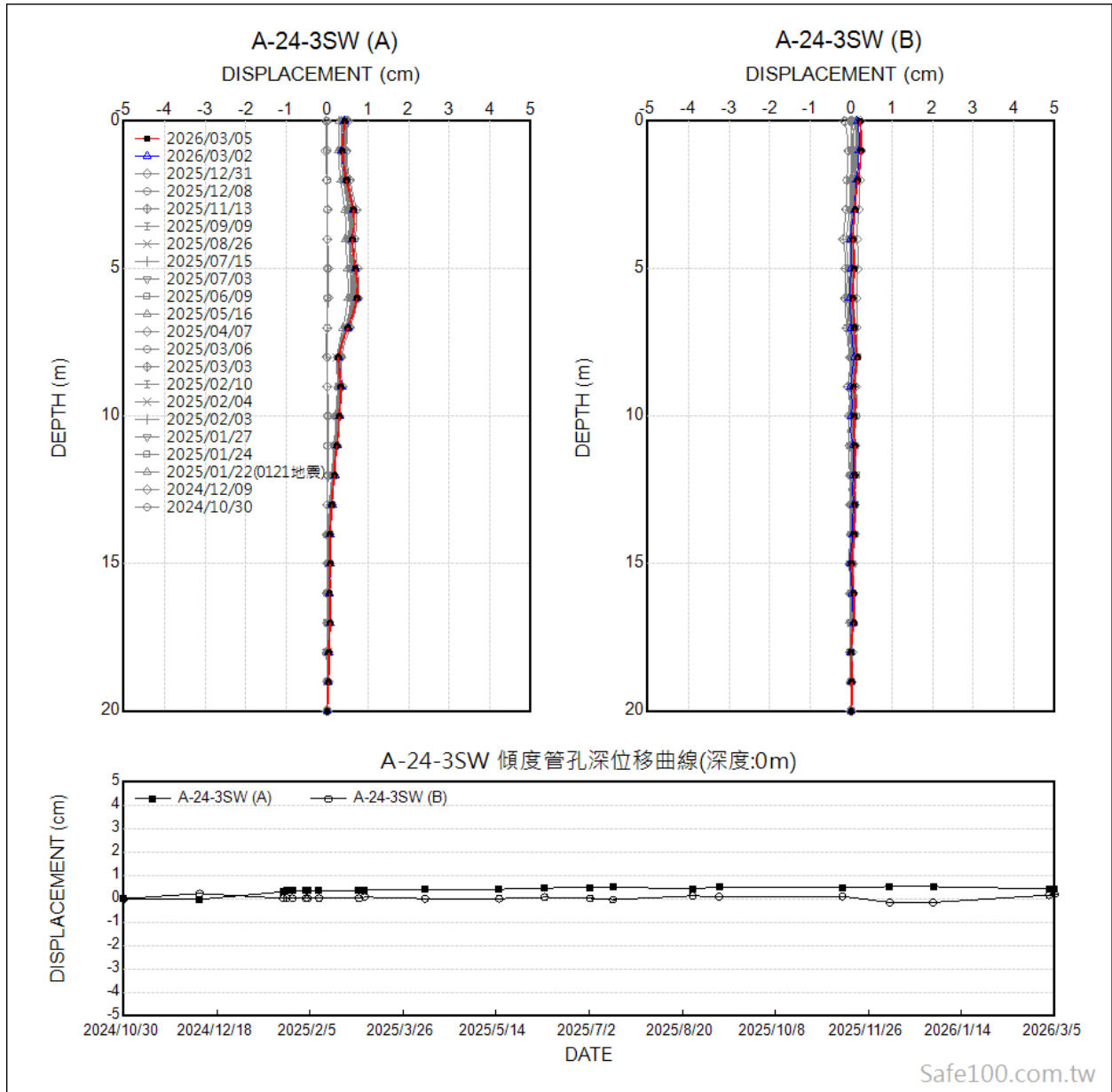


圖 3-34、172 線 42K+300 路段 A-24-3SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 A-24-4SW (40m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-35 所示。該孔在深度約 35~37m 位置監測數據顯示有位移發生，尤其是 114 年 0121 地震事件，其位移量有明顯增幅，後續持續緩慢滑動，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 5.23cm(A+) 以及 0.42cm (B+)，並且合位移角度朝道路下邊坡（方位角 309°），研判主要受 L、M 及 S 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

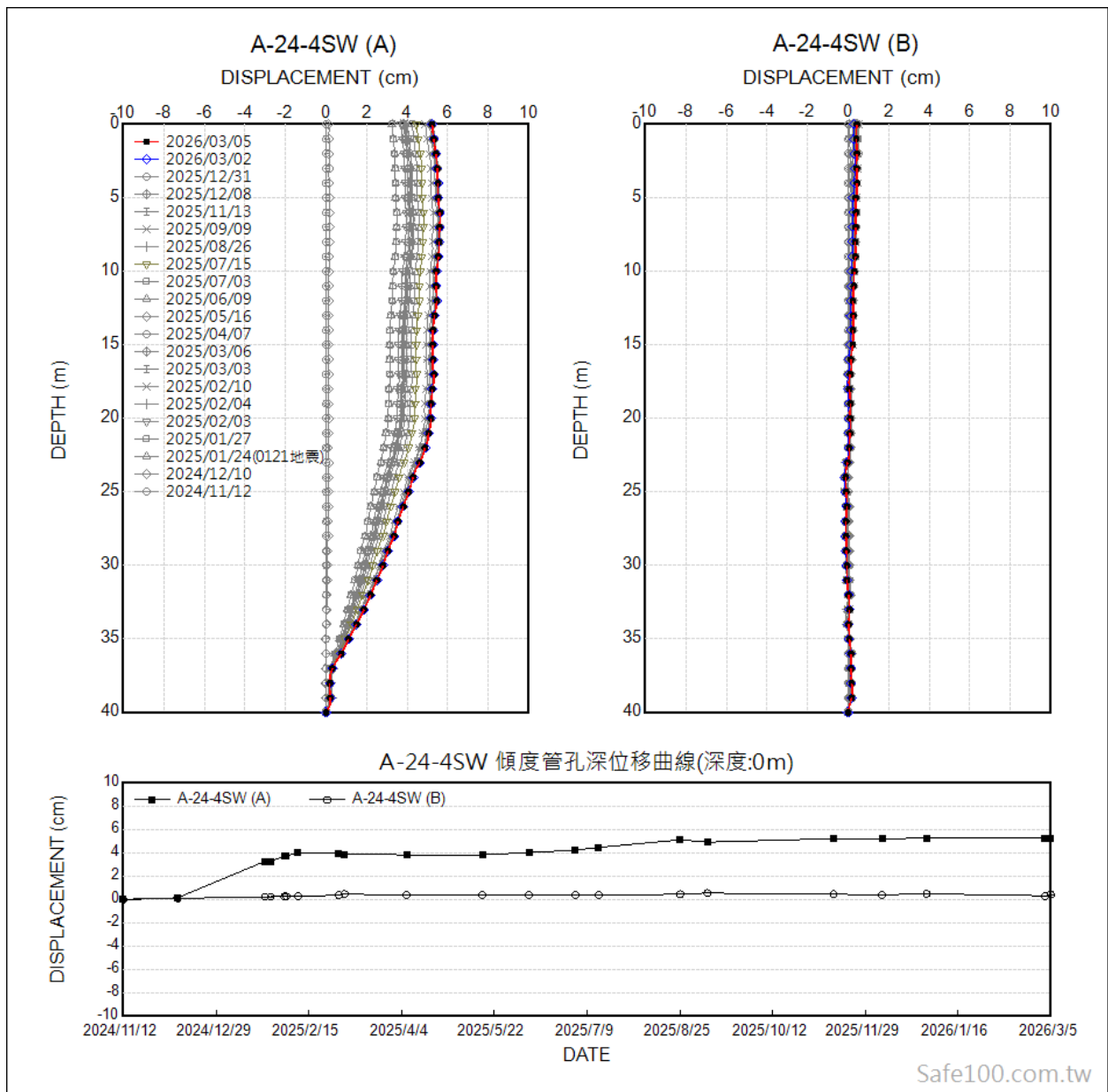


圖 3-35、172 線 42K+300 路段 A-24-4SW 傾斜觀測管監測成果

(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。

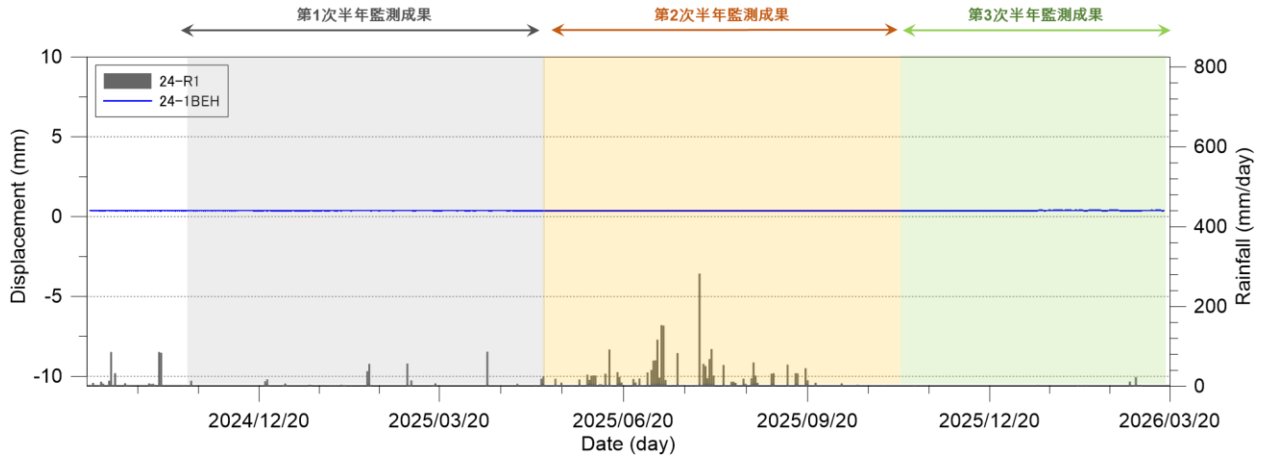


圖 3-36、172 線 42K+300 路段 A-24-1BEH 孔內伸縮計監測成果

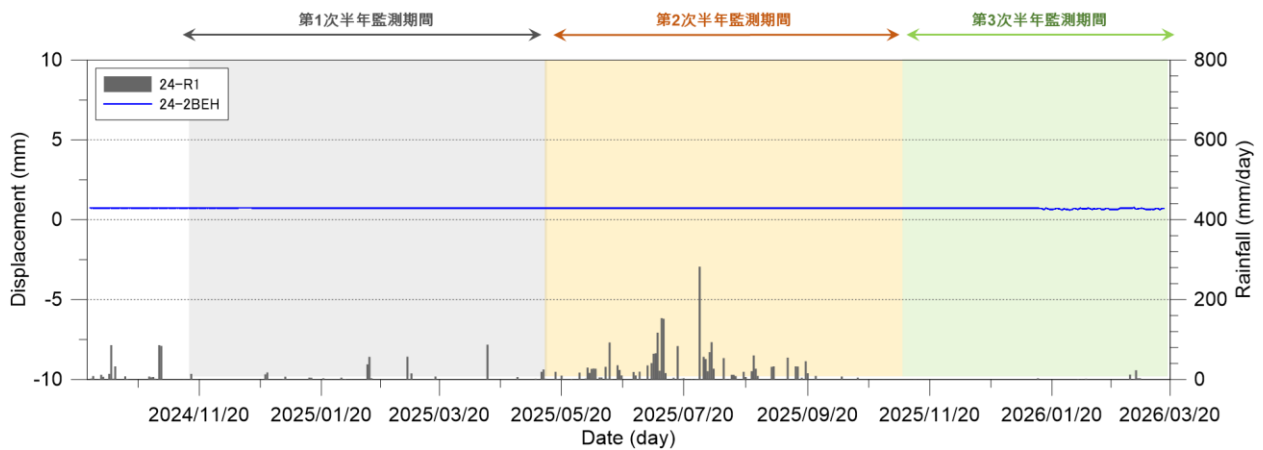


圖 3-37、172 線 42K+300 路段 A-24-2BEH 孔內伸縮計監測成果

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。就前期地下水檢層調查結果(圖 3-38~圖 3-39)，局部區域地下水有明顯流動現象，故研判上邊坡有大量地下水補注，可能主要來自地表水入滲或大環境地下水壓補注流經所造成，研判其地下水應會沿著似不透水之含泥之剪裂帶往下邊坡流動，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；114 年 1~2 月連續地震事件也導致 S、M、L 及 N 滑動塊體有明顯位移增量(圖 3-40)；前次監

測期間進入汛期，部分監測孔略有位移增量，評估後續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，並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。

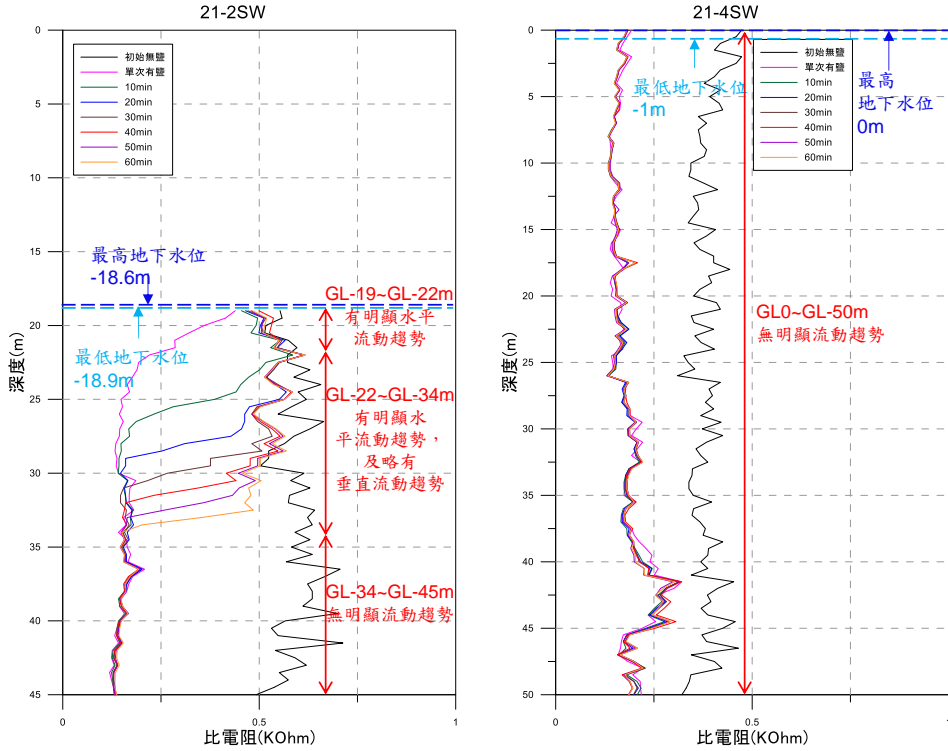


圖 3-38、172 線 42K+300 路段地下水檢層試驗成果(前期 111 年 12 月)

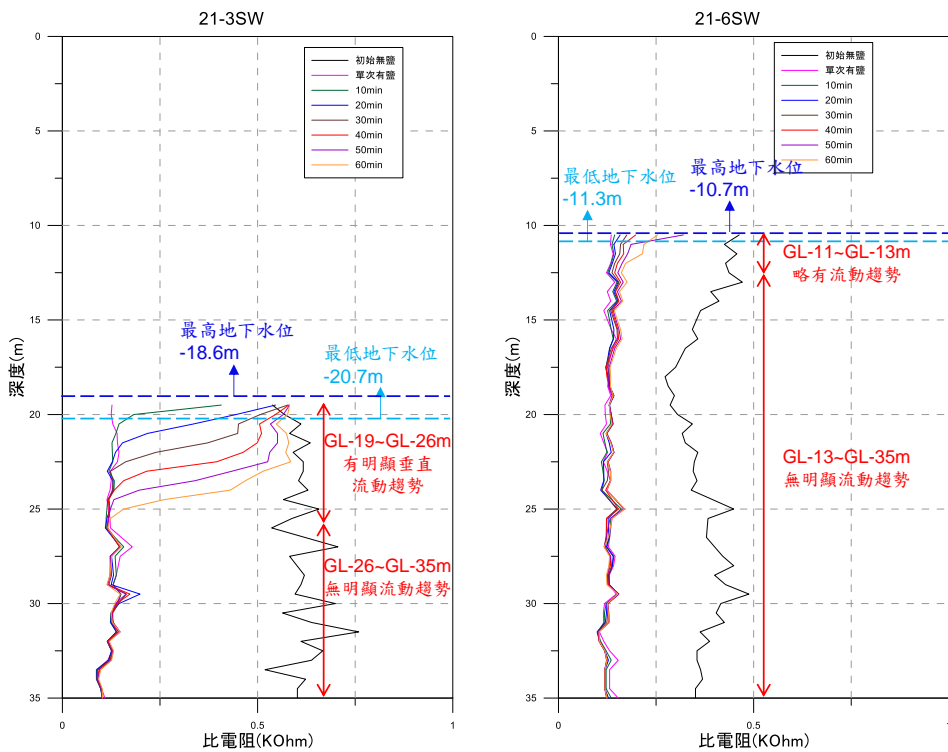


圖 3-39、172 線 42K+300 路段地下水檢層試驗成果(前期 112 年 9 月)

3.1.6 滑動規模及機制研判

由現場勘查及監測資料可知，本路段邊坡區域內房舍外牆及地坪多有裂縫，分布範圍甚廣，監測成果顯示，汛期間 S、M、L 及 N 塊體皆有變位產生，其中 A-21-7SW 於深度-27m 以及 A-21-1SW 於深度-33m 存明顯滑動面，推估為 L 滑動塊體，而 A-21-3SW 因靠近此塊體邊界上，合位移量較小；A-21-5SW 於深度-27m 以及 A-24-4SW 於深度-19m 存滑動面，推估為 M 滑動塊體；A-21-4SW 於深度-5m 存滑動面，推估為 S 滑動塊體；A-21-8SW(2025/05 於深度-10.5m~-11m 斷管)之傾斜管合位移量為 4.82cm，朝道路下方，N 滑動塊體與其他塊體滑動方向不同，因此獨立推估為 N 滑動塊體。由孔口合位移量圖可知(如圖 3-40 所示)，各孔持續朝下邊坡滑動趨勢，本次非汛期期間滑動速率暫緩，後續汛期將持續追蹤。

依據現場勘查(張力裂縫及地形研判調查等)、衛星影像判釋及相關資料成果綜合研判，研判 172 線 42K+300 路段現況主要包含 S、M、L 及 N 等 4 個大小不等的滑動塊體，其中研判 L 塊體範圍最大，影響路段長約 180m；S 塊體最活潑，且危害相對最大，現況道路、房舍及擋土牆多處有不穩定表徵之現象。N 塊體則為另一側方向之滑動塊體，推估其影響道路約 90m 左右。各滑動塊體活動性及初步研判資料整理如圖 3-41 及表 3-6 所示。

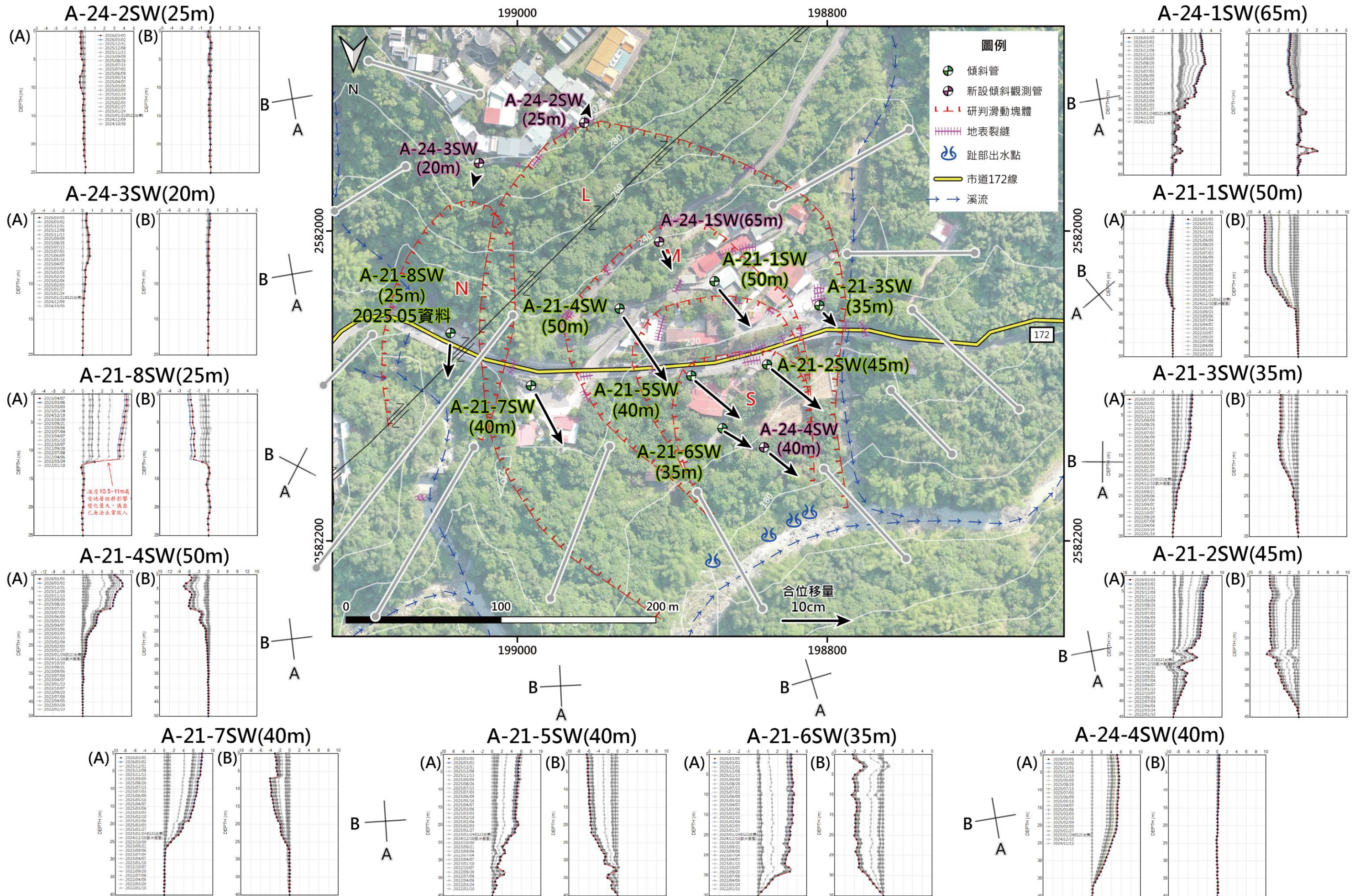
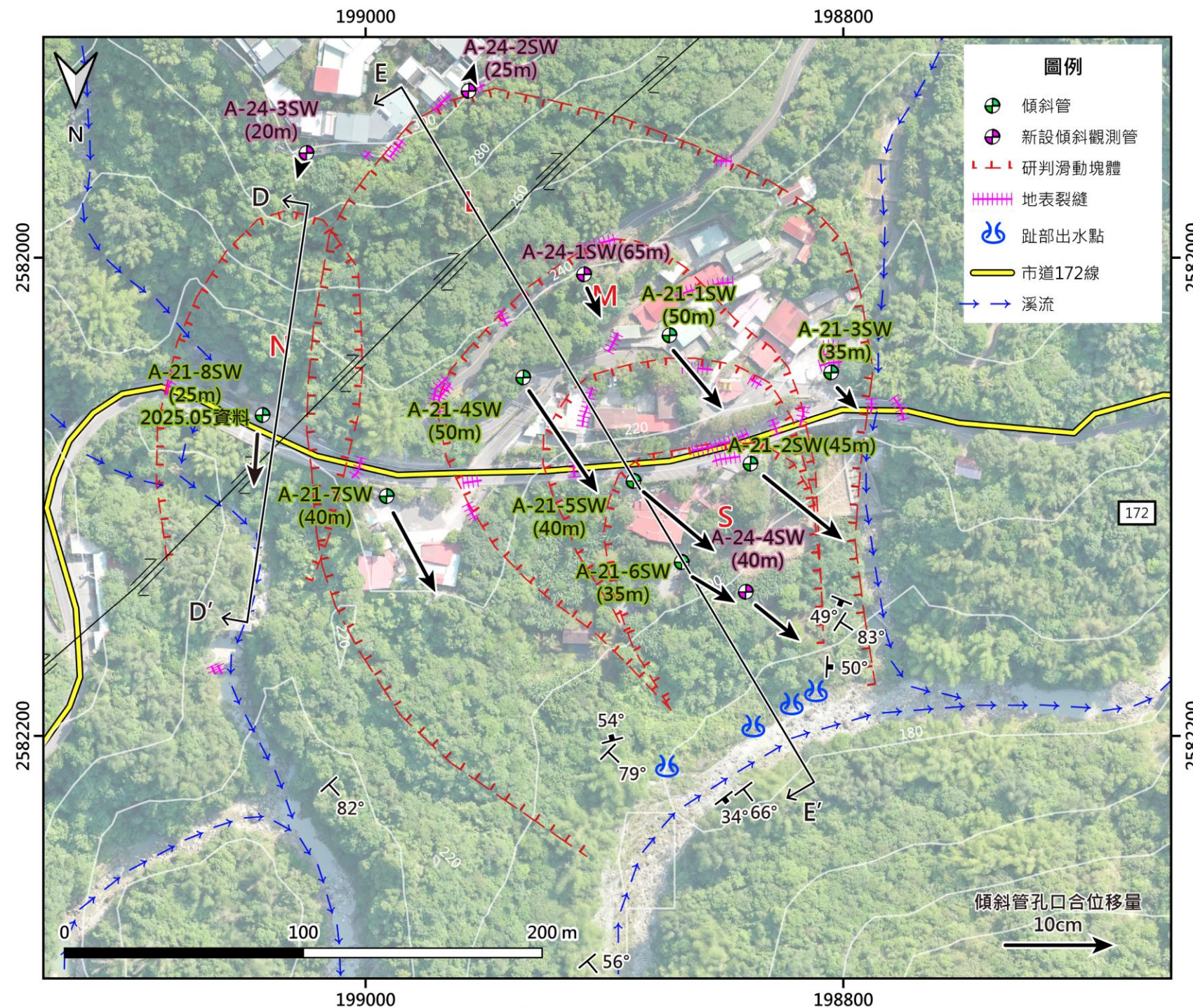


圖 3-40、172 線 42K+300 路段孔口合位移量圖(監測期間自 111 年 1 月~115 年 3 月)

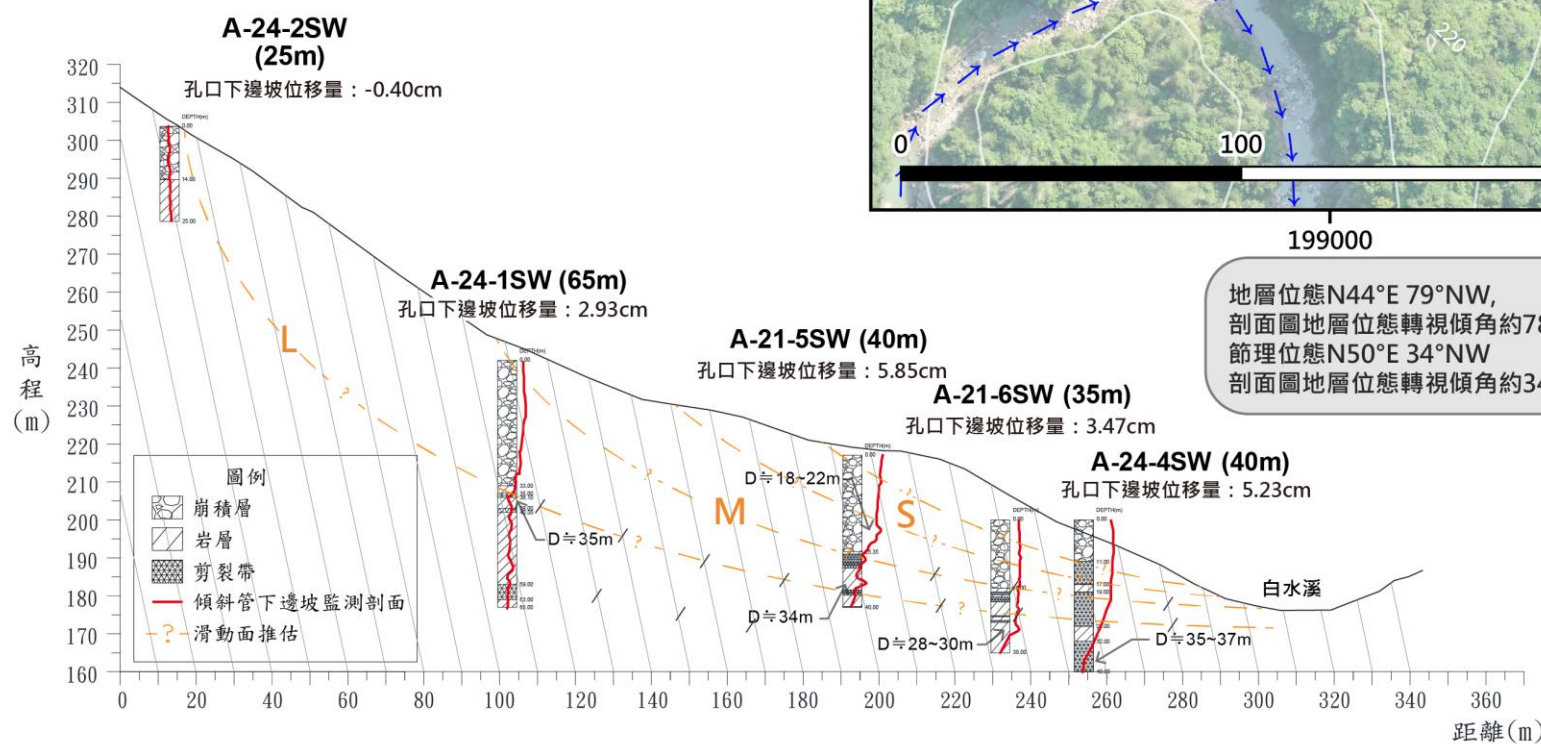
新增調查位態(2026/03/24)

NO	N	E	Strike	dip Direction	dip
1680	23°20'28.90"	120°29'56.70"	N2°E	W	50°
1697	23°20'29.92"	120°29'59.73"	N75°E	S	54°
1706	23°20'30.08"	120°29'59.89"	N44°E	W	79°
1724	23°20'33.08"	120°30'0.27"	N50°E	N	56°
1738	23°20'28.22"	120°29'56.57"	N34°E	W	83°
1745	23°20'28"	120°29'56.54"	N68°W	N	49°

孔口	高程E.L
A-21-1SW	228
A-21-2SW	210
A-21-3SW	215
A-21-4SW	227
A-21-5SW	217
A-21-6SW	201.5
A-21-7SW	225
A-21-8SW	229
A-24-1SW	242
A-24-2SW	300
A-24-3SW	300
A-24-4SW	200



E-E' 剖面圖



D-D' 剖面圖

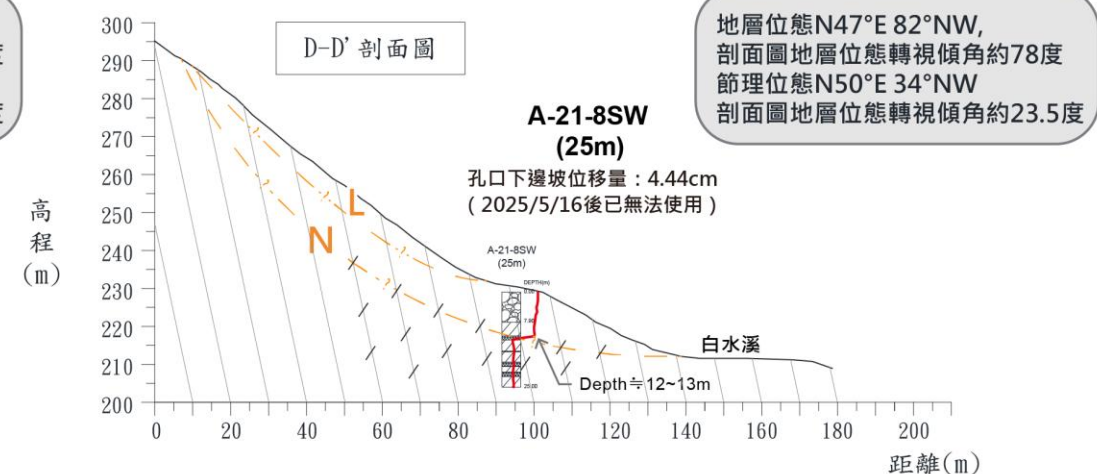


圖 3-41、172 線 42K+300 路段各滑動塊體判釋圖

表 3-6、172 線 42K+300 各滑動塊體表徵及活動性初步研判

滑動塊體	邊坡不穩定表徵				推估較活潑滑動深度 (m)	危害度	近期邊坡活動性	保全對象
	崩崖地形	道路下陷	排水溝或擋土牆開裂	滲水或蝕溝				
S (確定)	V	V	V	V	5~15	高	◎	172 線、房舍
M (確定)	V	V	V	V	15~25	高	◎	172 線、房舍
L (確定)	V	-	V	V	30~60	中	○	172 線、房舍
N (確定)	V	V	V	-	10~20	高	◎	172 線、白水橋

◎：近期活動性極為活躍，邊坡已發生崩塌

○：近期活動性不明確，但部分有滑動徵兆

△：近期活動性不明確

172 線 42K+300 路段經調查、監測成果加以綜合分析，常時略有滑動，汛期期間則加快滑動速率，綜合研判可能滑動機制說明如下：

- 一、**地質條件差**：172 線 42K+300 路段由於枕頭山斷層通過，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，持續有滑動發生。坡頂有崖部較陡之地形，兩側有山溝溪流，屬崩塌地地形。
- 二、**地下水位豐沛**：坡面多處可見地下水滲出，在部分鑽探調查過程中，存在受壓水層，由地下水檢層可知地下水存在明顯水平流動，顯示地下水較為豐沛；然而監測結果顯示，局部區域常時地下水水位較高，遇汛期水位則有上升變化。
- 三、**坡趾溪岸侵蝕**：坡趾位於白水溪曲流攻擊岸，且溪流持續下刷，不利坡趾穩定性。

3.1.7 整治規劃改善工程

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 3-42 所示，第一期先施作 W1、W2 大口徑集水井及社區道路排水，整治規劃經費概估詳表 3-7 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，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)**：本路段邊坡地下水位較高，且地下水位上升係為誘發邊坡快速滑動之主因之一，整體整治採排水為主為方針，前期規劃成果如圖 3-42 所示。初步規劃分期施作 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。本計畫規劃優先於上邊坡施作 W1、W2 集水井($\psi=4.5\text{m}$)，深度約 25m，以不貫穿 L 塊體深度為原則，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，再於地滑區內接續施作 W3 及 W4 集水井($\psi=4.5\text{m}$)，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。

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，此部分擬請相關單位協助。

表 3-7、172 線 42K+300 路段整治規劃經費概估

114年7月丹娜絲颱風白河172線42K+300邊坡整治及維護工程(第一期)						
項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	發包工程費(工期概估270天)					
一	大口徑集水井工程				19,145,000	
1	人工挖掘及運棄處理	M	25	65,000	1,625,000	25m×1座=25m
2	鍍鋅鋼襯板及支撐組立	M	25	200,000	5,000,000	25m×1座=25m
3	其他設備安裝與製作	式	1	2,300,000	2,300,000	
4	井內橫向排水管·D=125mm	M	300	5,000	1,500,000	2支×1座×150m=300m
5	井內橫向集水管·D=100mm	M	1,400	4,000	5,600,000	(7支×4層)×1座×50m
6	爬梯、平台及井口柵欄保護	座	1	220,000	220,000	
7	排水管流末設施處理	式	1	500,000	500,000	
8	施工中抽排水及通風(含電費)	式	1	900,000	900,000	
9	施工中防災措施與監測	式	1	500,000	500,000	
10	其他(護欄、排水器等)	式	1	1,000,000	1,000,000	
二	排水改善工程				7,558,725	
1	道路邊溝	M	350	3,800	1,330,000	
2	石籠·1.0m×1.0m×1.0m(箱型)·石塊現採	M3	420	4,200	1,764,000	
3	噴凝土排水管及匯流井	式	1	300,000	300,000	
4	灌漿土釘·D=25mm	M	153	1,300	198,900	
5	微型樁(ψ=30cm·L≤6m)·鑽掘	M	457	2,050	935,825	
6	地表排水改善	式	1	230,000	230,000	
7	坡面水平集水管·D=90mm	M	750	2,200	1,650,000	L=30m·預估15支
8	其他(護欄、排水器等)	式	1	1,150,000	1,150,000	
三	假設及雜項工程	式	1	3,000,000	3,000,000	門式吊架、搭乘設備
四	交通與環境工程(約5%)	%	5	29,703,725	1,485,186	(壹.一~三項和)×5%
五	職安工程(約10%)	%	10	31,188,911	3,118,891	(壹.一~四項和)×10%
六	包商利潤、保險及管理(約10.5%)	%	10.5	34,307,802	3,602,319	(壹.一~五項和)×10.5%
七	營業稅(約5%)	%	5	37,910,122	1,895,506	(壹.一~六項和)×5%
	壹.發包工程費 共計				39,805,628	(壹項和)

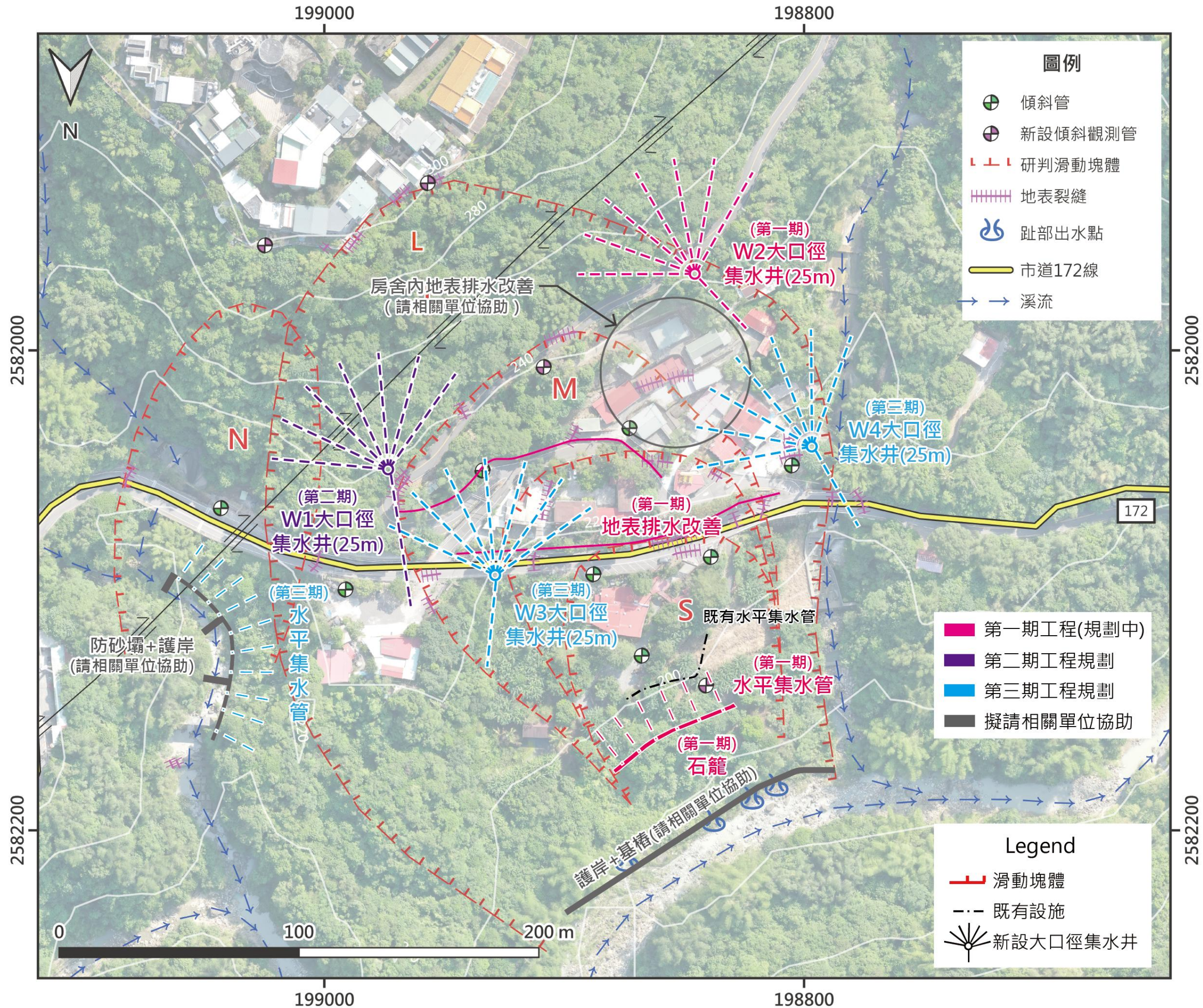


圖 3-42、172 線 42K+300 地滑邊坡整治規劃配置圖

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 3-43 所示。由於本路段地層上部多為道路及崩積層覆蓋，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。

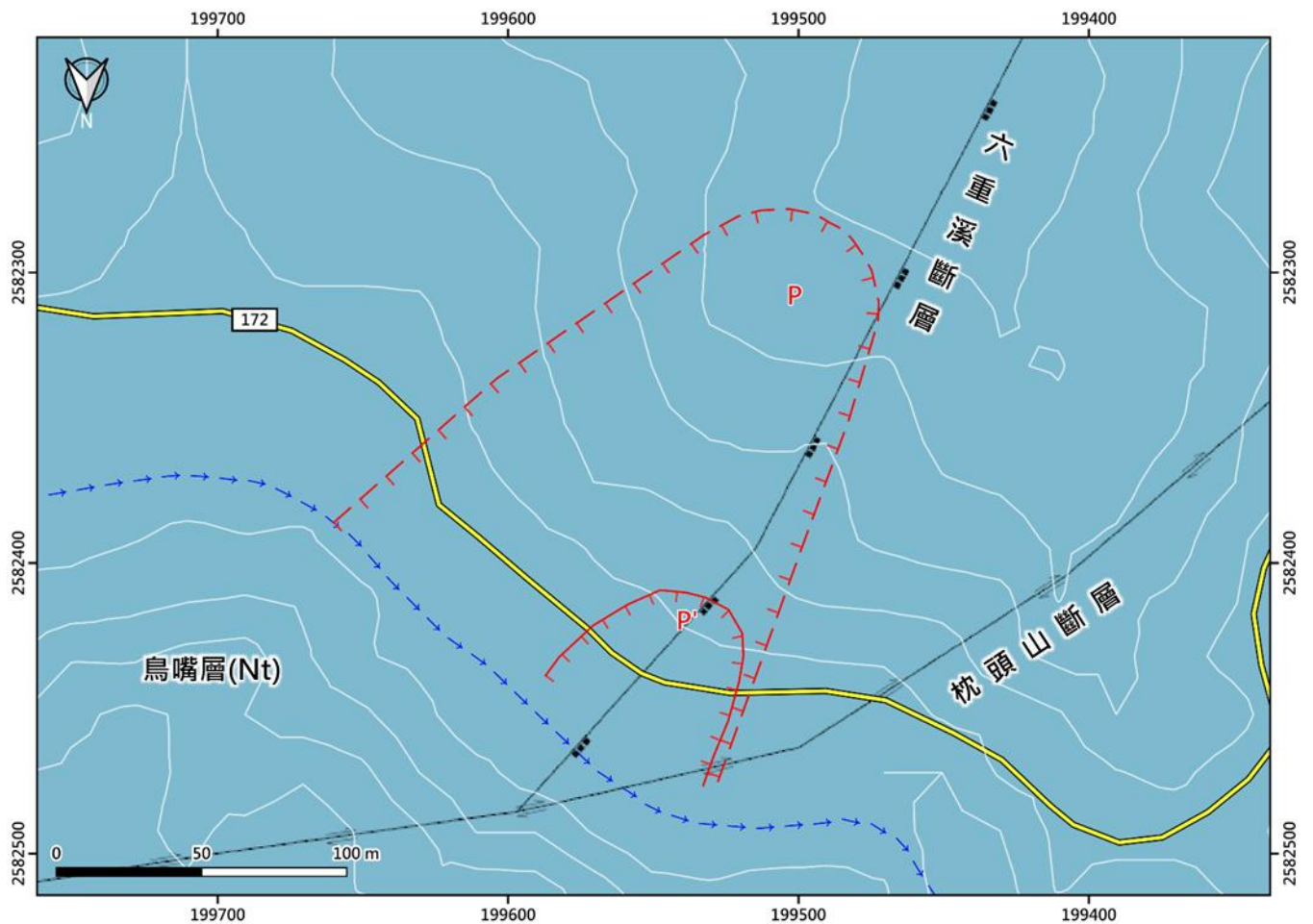


圖 3-43、172 線 42K+980 路段區域地質圖

(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 3-44 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 $55^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ；部分裂係可見風化，其中 21-1SW 孔於深度 3.2~4m 有風化情形。

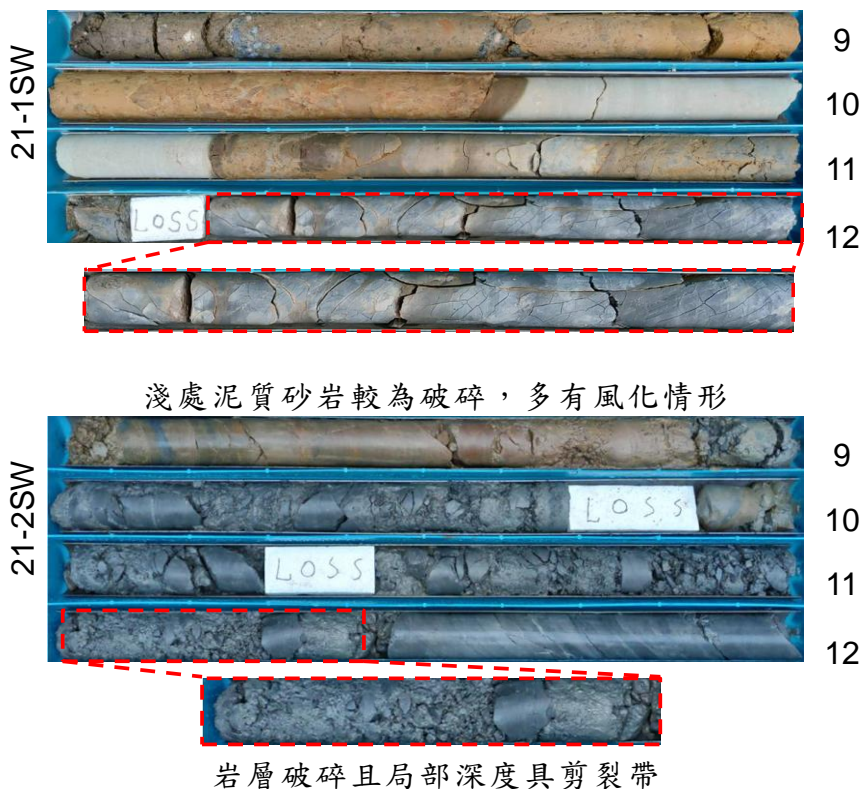


圖 3-44、172 線 42K+980 路段岩芯局部照片

3.2.3 地表地質調查

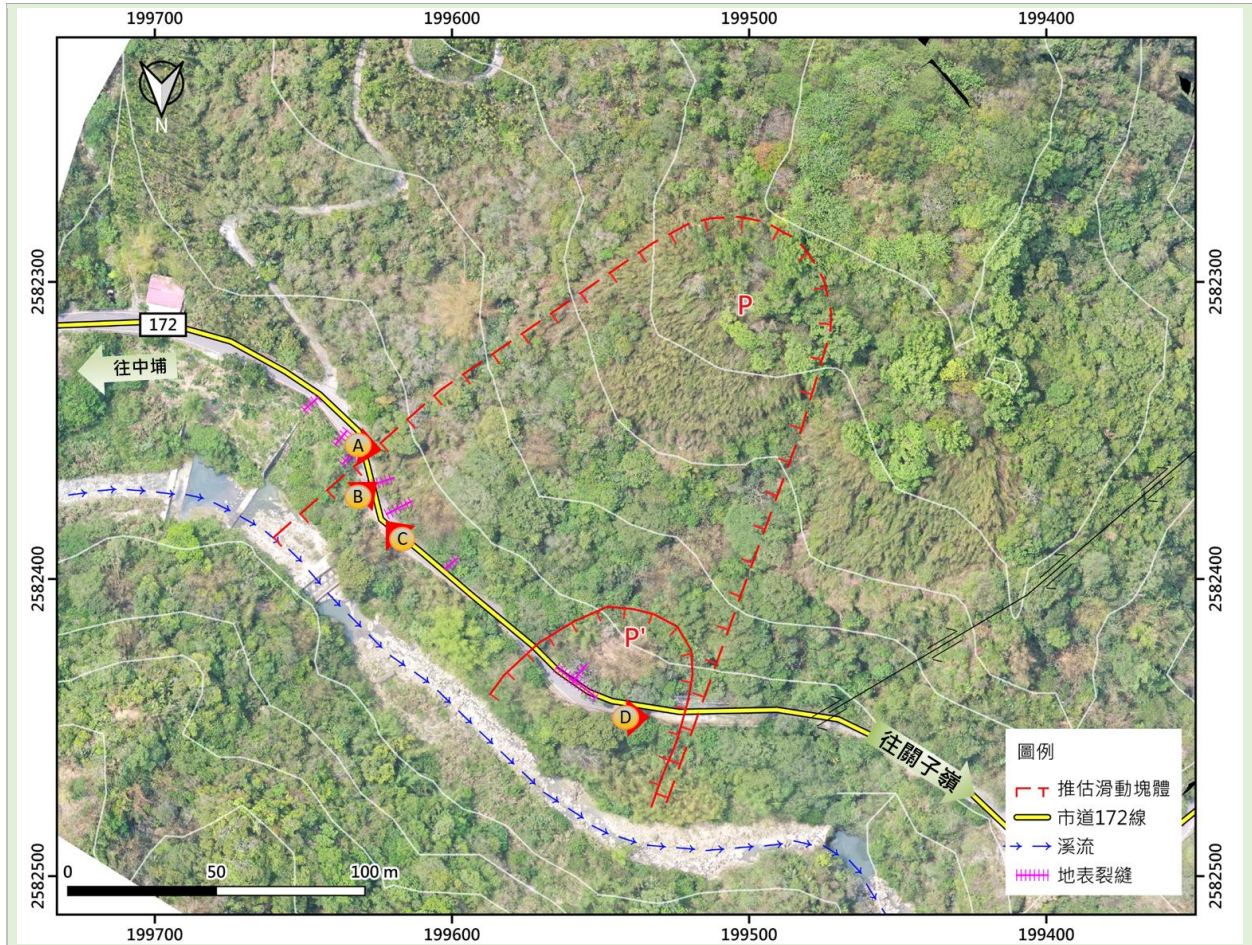
依本路段地形及地表裂縫分布加以圈繪研判，本路段邊坡可能存在 P 及 P' 滑動塊體，滑動塊體分布及現場勘查照片詳圖 3-45，相關調查成果如下所述：

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 3-45、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 3-46 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、172 線 42K+980 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	新設 / 既有	編號	目的	監測方式及頻率	備註
(兼斜觀測管) 傾斜觀測管	2 孔	既有	B-21-1SW(30m) B-21-2SW(30m)	<ul style="list-style-type: none"> 地層變位量 位移速率 滑動深度 地下水位變化 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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
傾度結構物	4 組		T1、T2、T3、T4	<ul style="list-style-type: none"> 結構物傾斜變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測
裂縫計	4 組		C1、C2、C3、C4	<ul style="list-style-type: none"> 既有裂縫變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測

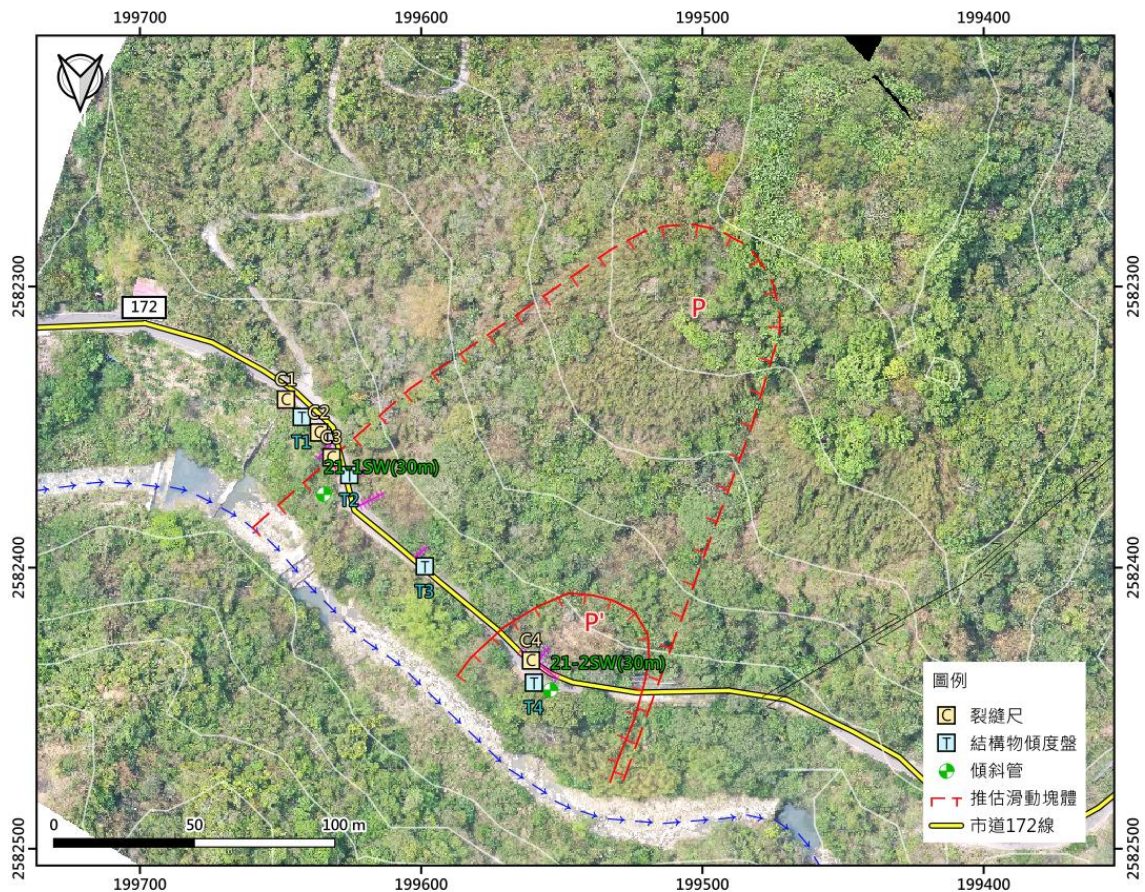


圖 3-46、172 線 42K+980 路段手動監測儀器平面位置圖

本計畫自 113 年 11 月至 114 年 3 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 6 次手動定期監測及 14 次手動特殊監測(0121 大埔地震及後續餘震，震度 4 級以上之地震事件)，茲將各項監測儀器監測成果彙整說明如後。

一、降雨量

本路段參考鄰近 A 工區設置之 A-24-R1 電子式雨量計，降雨量監測成果如圖 3-47 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；114 年 6~9 月期間經丹娜絲、楊柳、樺加沙、鳳凰颱風襲臺，帶來集中雨量，累積降雨量達 2,239.5mm。丹娜絲颱風 3 日累積降雨量達 247mm；114 年 7 月 28 日至 8 月 3 日受西南氣流影響，降雨量顯著，連續 7 日累積降雨量高達 574mm，其中最大單日降雨量為 282.5mm/日。

本次半年監測期間為非汛期，最大單日降雨量於 114 年 3 月 3 日，降雨量為 23mm/日，其後進入汛期，後續持續關注。

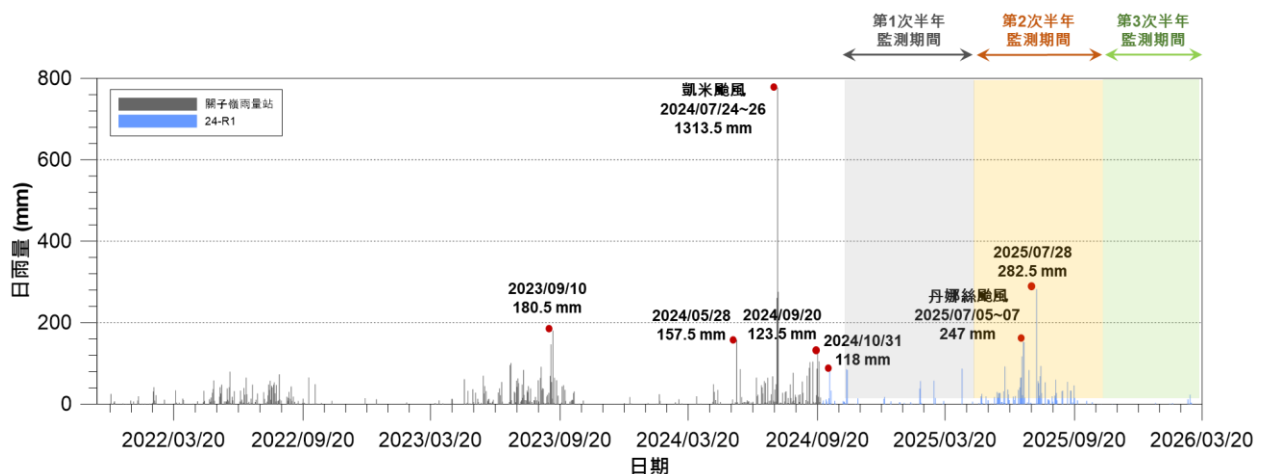


圖 3-47、172 線 42K+980 路段降雨量監測成果

二、地下水水位

地下水水位監測計有 2 孔傾斜觀測管兼水位井，進行手動地下水水位監測，手動水位監測成果如圖 3-48 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期間地下水水位變化情形。

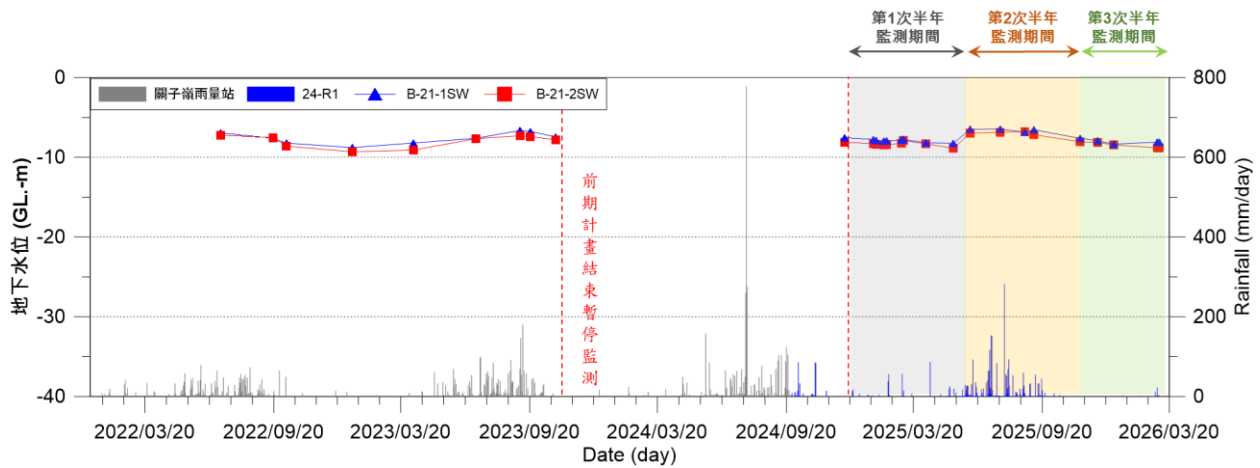


圖 3-48、172 線 42K+980 路段手動水位監測成果

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 3-49~圖 3-50 所示，T2 及 T3 結構物傾度盤略有產生傾斜變化量，是否受地層變位影響所致，後續將持續追蹤釐清。

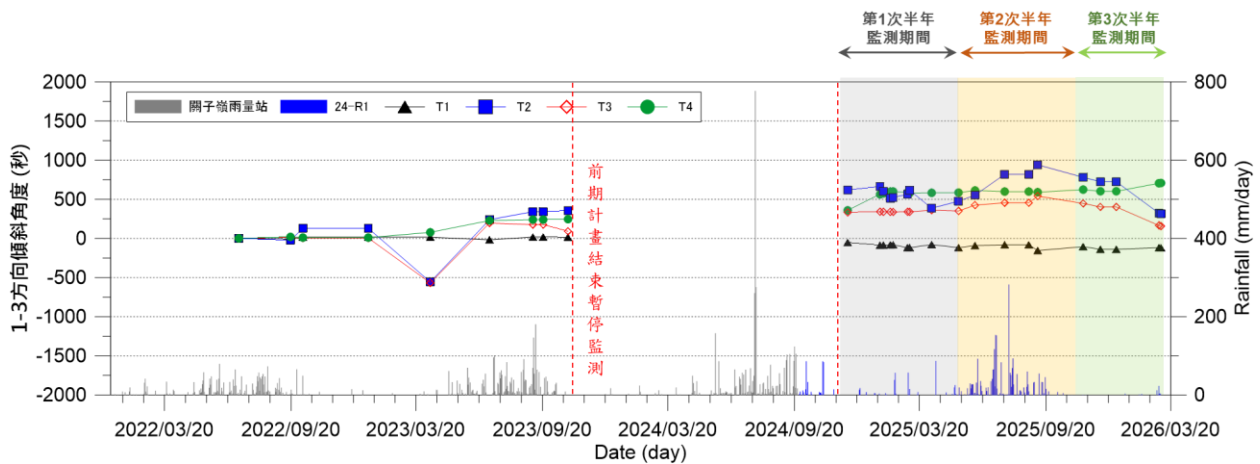


圖 3-49、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

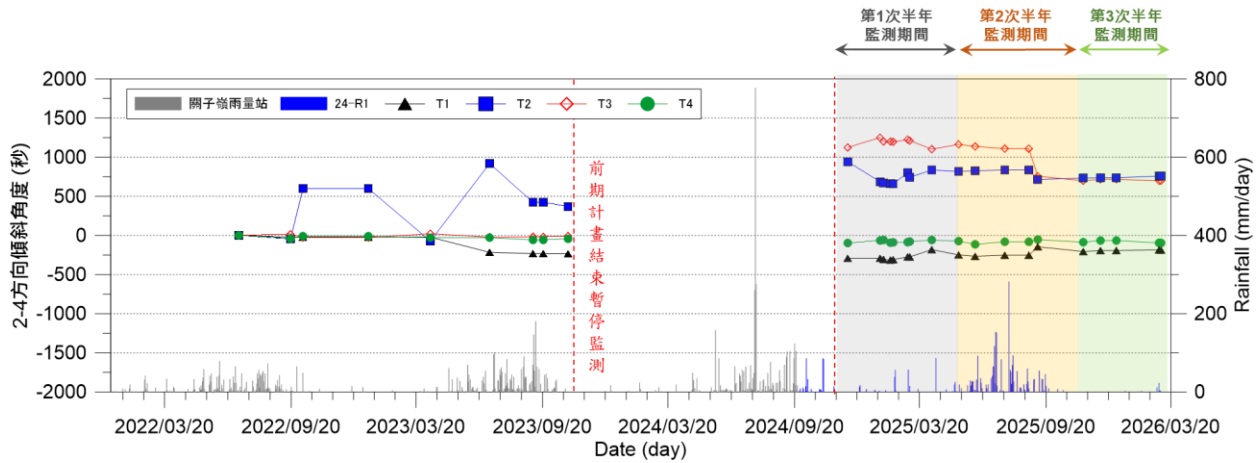


圖 3-50、172 線 42K+980 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(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 3-51 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。

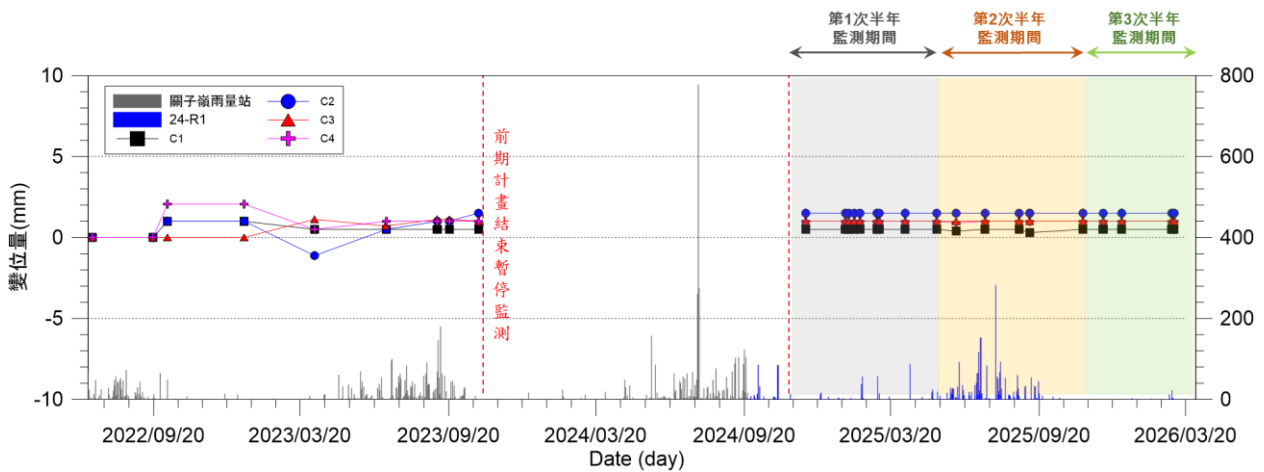


圖 3-51、172 線 42K+980 路段裂縫計監測成果

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，監測成果如表 3-9、圖 3-52~圖 3-53 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，此工區塊體滑動程度較不明顯，後續將持續觀察監測。其傾斜管個別論述如下：

表 3-9、172 線 42K+980 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表

編號	孔口總累積位移量 註：+A 方向朝向下邊坡				位移速率 (cm/月)		位移趨勢研判
	A 方向 (cm)	B 方向 (cm)	合位 移量 (cm)	位移 方位角 (°)	本次 監測期間 114/11~115/3	總監測 期間	
B-21-1SW (30m)	0.31	-0.01	0.31	76.4	0.01	0.01	×
B-21-2SW (30m)	2.02	0.12	2.02	86.4	0.08	0.05	△

註：「○：已有明確趨勢 △：略有趨勢 ×：尚無明顯趨勢」

傾斜觀測管 B-21-1SW (30m) 主要為掌握 P 及 P' 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-52 所示。該孔位移量歷年位移量皆小於 0.45cm，至本次監測最新成果，其孔口位移量累積 0.31cm (A+) 以及，0.01cm (B-)，並且合位移沿道路方向 (方位角 76.4°)，整體來說位移變化不顯著，後續將持續監測追蹤。

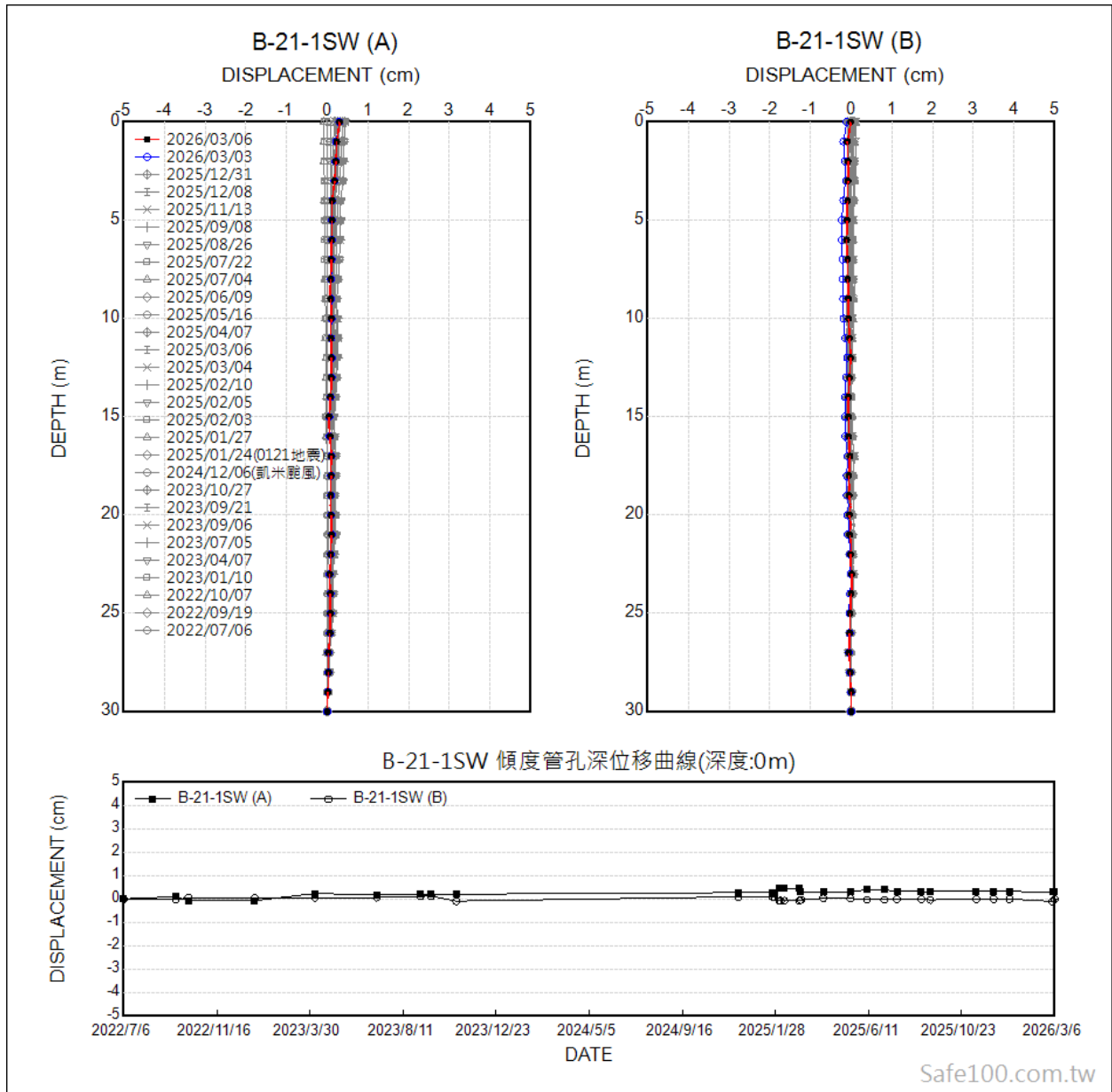


圖 3-52、172 線 42K+980 路段 B-21-1SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 B-21-2SW (30m) 主要為掌握 P 及 P' 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-53 所示。該孔於 113 年年底後，在深度約 10~14m 處監測數據顯示有位移發生，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 2.02cm (A+) 以及 0.12cm (B+)，並且合位移沿下邊坡道路方向 (方位角 86.4°)，研判主要受 P' 塊體影響所致，但滑動速率較緩，後續將持續監測追蹤。

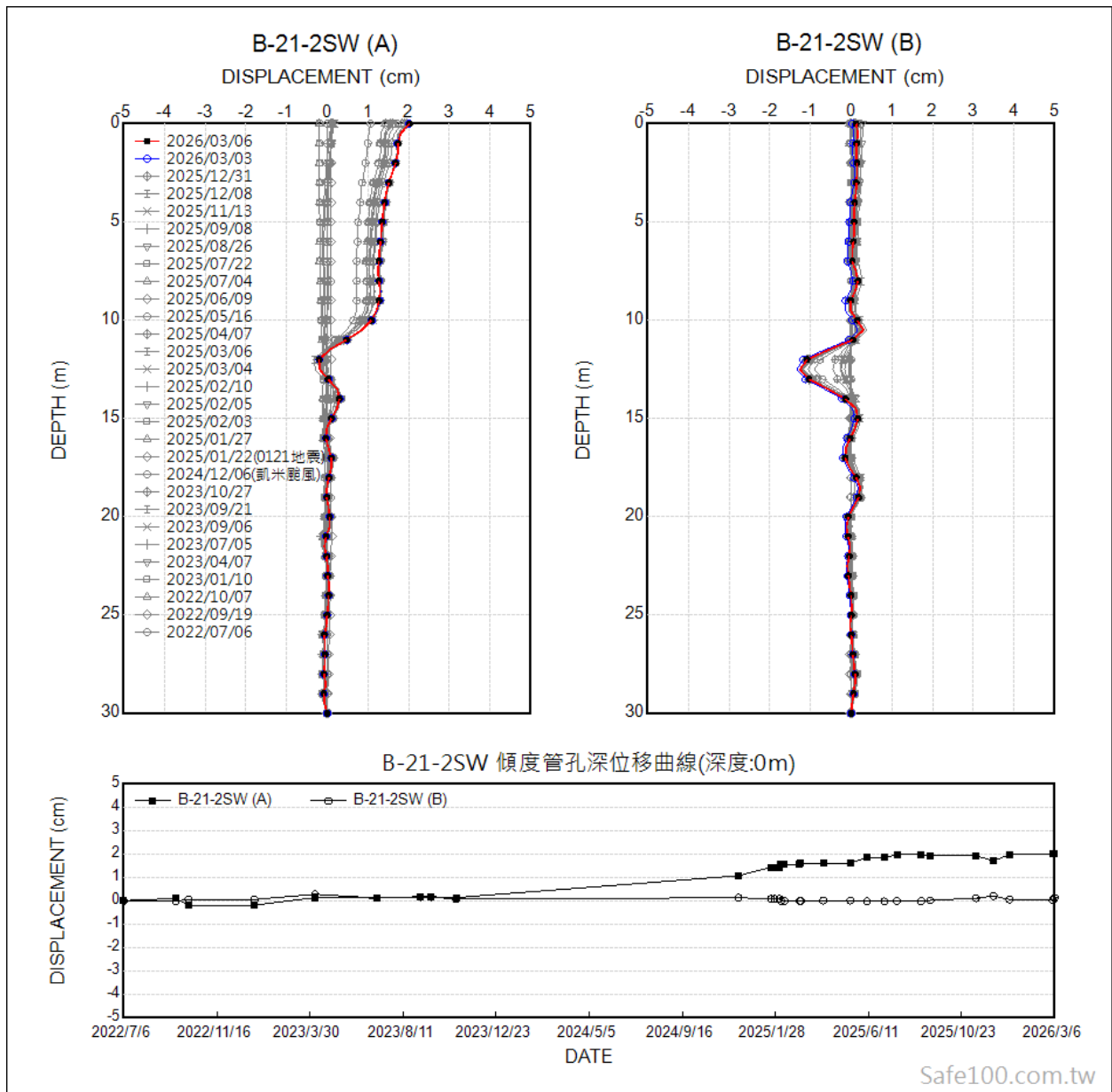


圖 3-53、172 線 42K+980 路段 B-21-2SW 傾斜觀測管監測成果

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

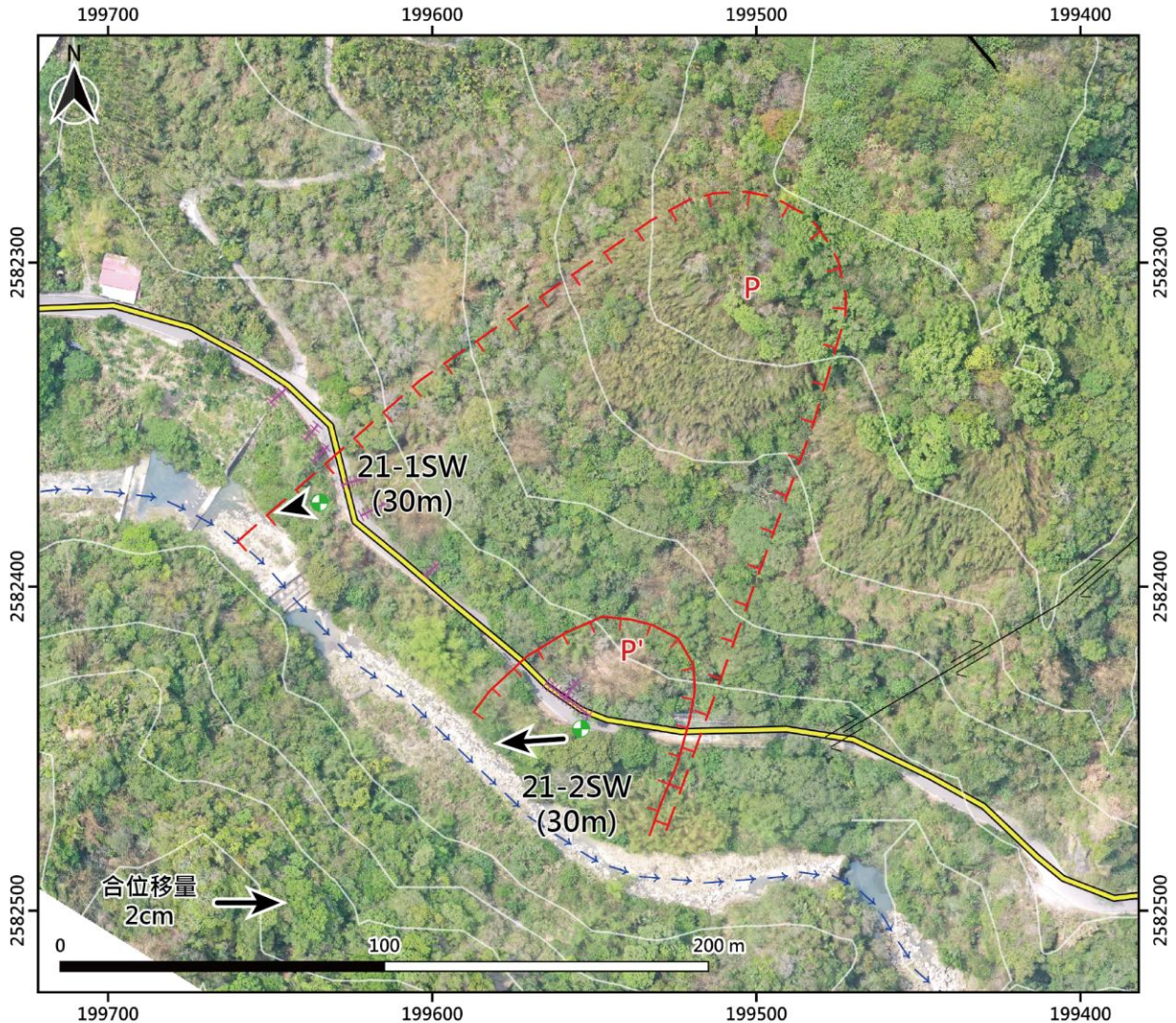
本路段道路護欄及擋土牆具有多道裂縫，且上方邊坡坡度陡峭，由衛星影像研判存在 2 條蝕溝。下邊坡緊鄰白水溪，現況溪床已設置防砂壩工程，無護岸設施，可能有溪水側向侵蝕坡趾情形。由地質鑽探成果可知，地層中存在較多剪裂帶及夾泥，破碎岩層中有地下水流動跡象，研判當有較大降雨量時，地表水入滲及地下水於破碎岩層中流動而升高，將不利於邊坡穩定。部分區域已重新施作重力式擋土牆及落石防護柵，現況路面及擋土設施尚無新增裂縫或沉陷情形，後續將持續追蹤。

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，前次汛期期間，地下水位上升約 1.5m；本次監測成果為非汛期期間，地下水位無明顯升降變化，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；114 年 0121 大埔地震 1~2 月地震頻繁及汛期降雨影響，P'滑動塊體之 B-21-2SW 孔位，其孔口累積合位移量為 2.02cm（本次監測及間合位移量 0.32cm）（如圖 3-54 所示），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。



(A) 21-1SW(30m) (B) (A) 21-2SW(30m) (B)

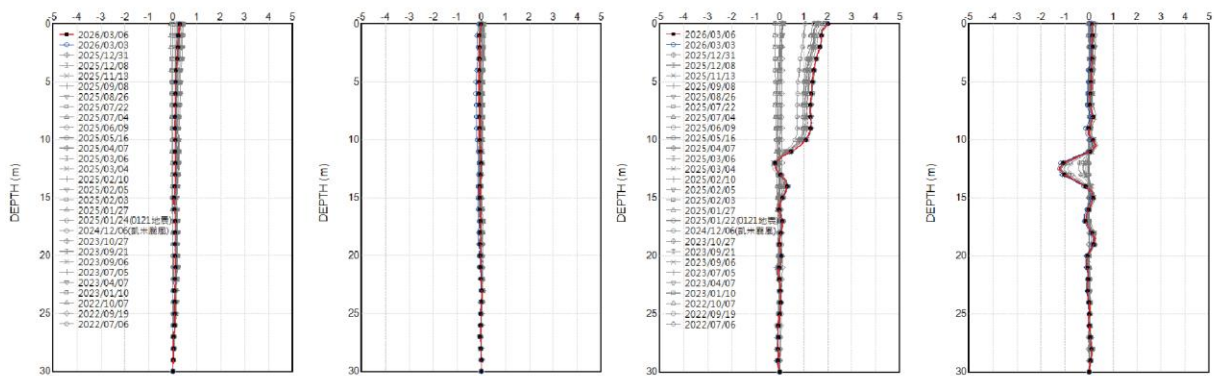


圖 3-54、172 線 42K+980 路段孔口合位移量圖

(監測期間 111 年 7 月~115 年 3 月)

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 3-55 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，坡頂鄰近漂水溪層。六重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。

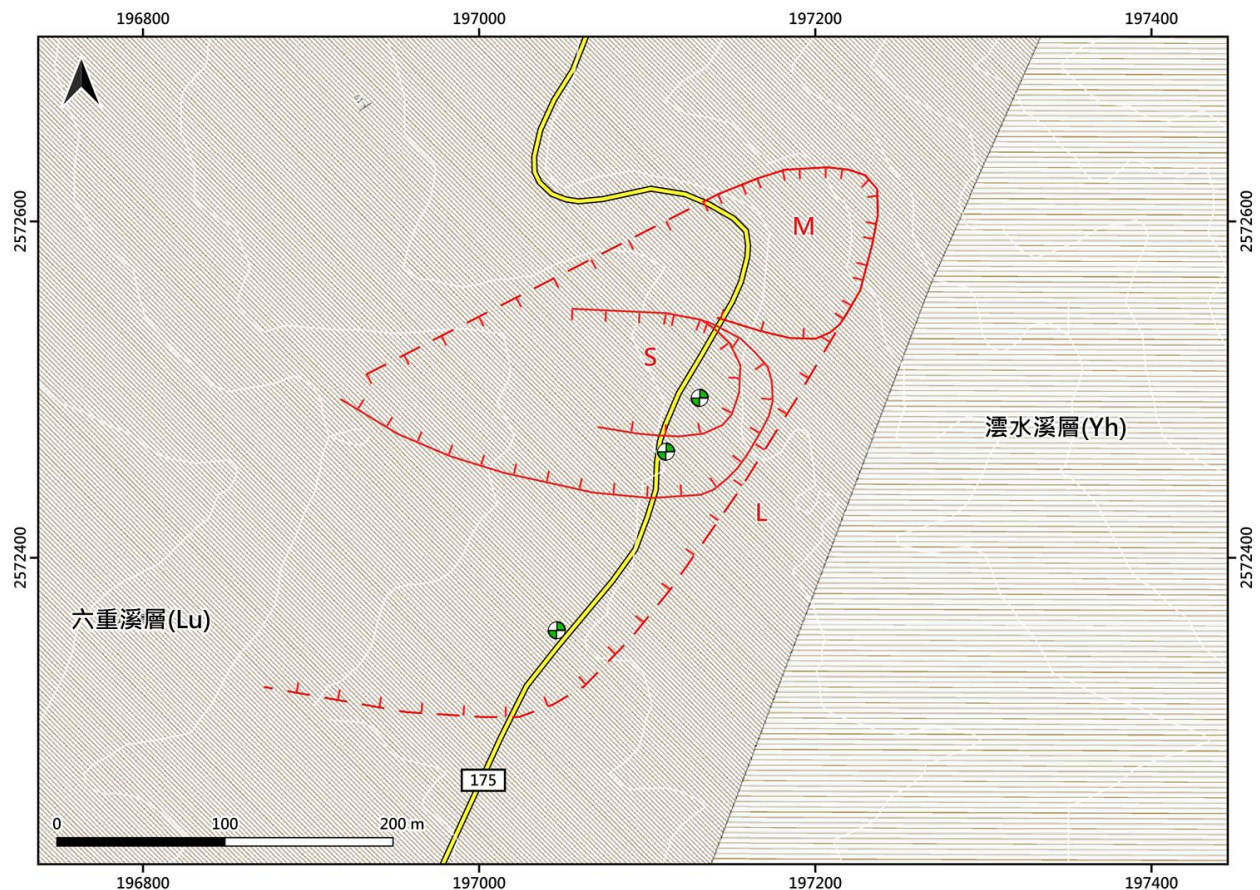


圖 3-55、175 線 18K+800 路段區域地質圖

(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 3-56 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° 。

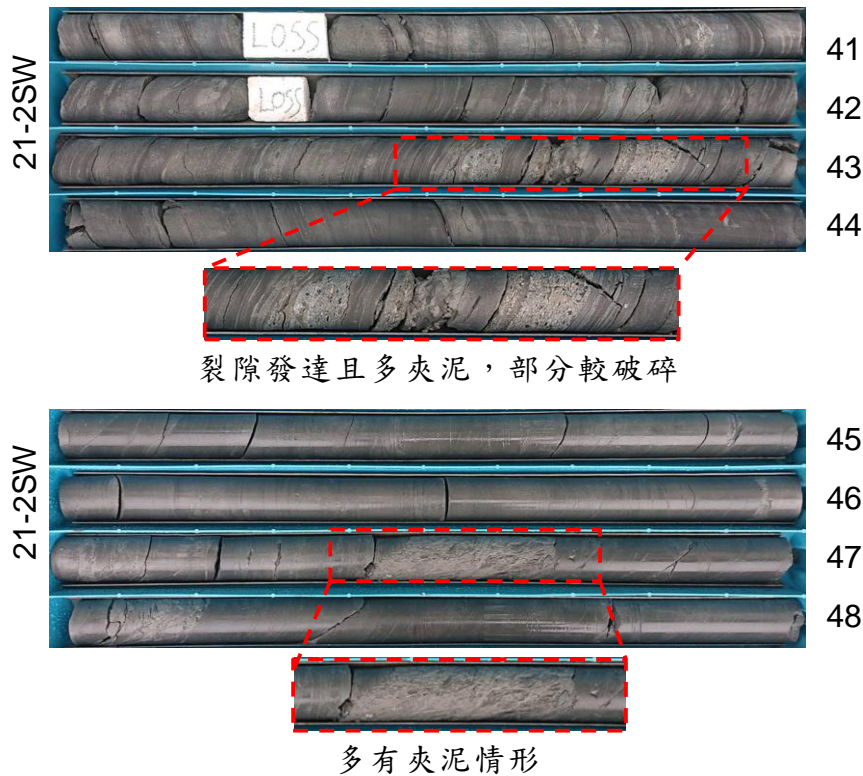


圖 3-56、175 線 18K+800 路段岩芯局部照片

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 L、S 及 M 滑動塊體，滑動塊體分布及現場勘查照片詳圖 3-57，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 3-57 照片 B)，道路及護欄具連續裂縫(圖 3-57 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 3-57 照片 B)，其中道路與既有護欄間裂縫，經民國 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 3-57 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 3-57 照片 A、D)，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 3-57 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 3-57 照片 G)，且鄰近 PC 道路明顯開裂約 8~10cm(圖 3-57 照片 F)，坡頂仍可見明顯裂隙。

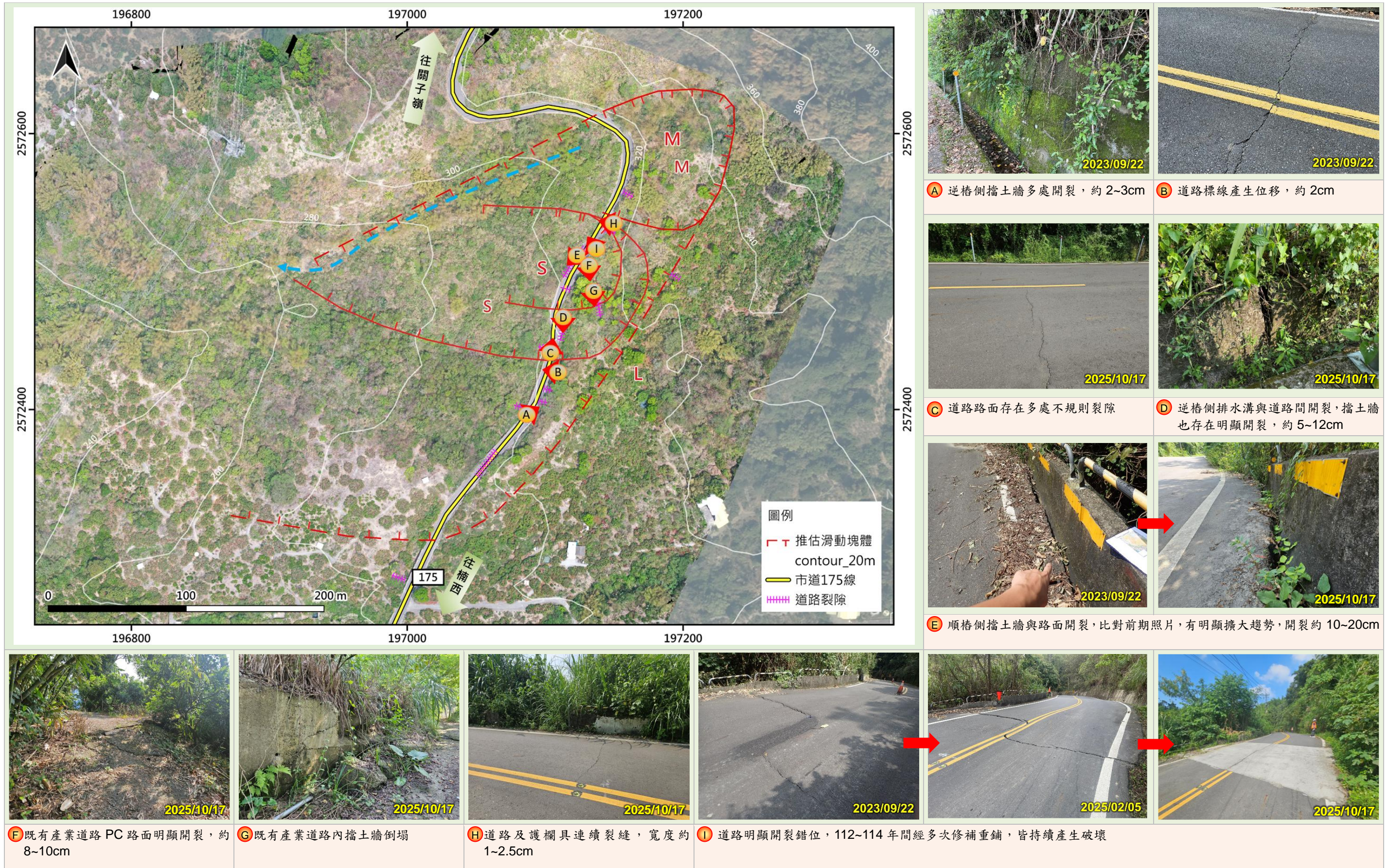


圖 3-57、175 線 18K+800 路段現勘成果

3.3.4 地電阻探測

當進行區域性地質調查時，常需仰賴地表露頭、挖溝及鑽井等方式進行，但礙於露頭之數量及土地取得不易等因素，常使之無法取得較多的控制點，地電阻方法近年來由於其調查技術的進步，使其有效提高近地表範圍內調查的精確度及解析度，故本計畫於市道 175 線 18K 路段(簡稱 175 線調查區)，進行地電阻調查作業，以初步瞭解區域內地層電阻率變化，掌握調查區地層構造、岩性分佈及地層中可能含水層分佈，並提供後續執行工程規劃之參考。

本調查於 175 線調查區共規劃 2 條地電阻測線，契約測線總長度至少 250 m，現場實際施作長度共 375m，如圖 3-58。地電阻調查工作已於民國 114 年 8 月 22 日執行完成，以下就地電阻探測成果，綜合彙整後提出成果報告，供後續相關評估參考。

一、測線設計

本計畫共規劃 2 條地電阻測線，實際探測長度共 375m。以下就各預計施設參數進行說明，各項測線參數如表 3-10。

(一)電極陣列排列方法：本計畫施測之電極陣列排法預計採用溫奈排列法(wenner Array)，此種陣列排列方式具有較大的探測深度，適用於大規模地層分布調查、斷層位置、與環境水資源調查等。

(二)電極間距：地電阻剖面之解析度可藉由電極間距來進行控制，一般而言，剖面的解析度為選用電極間距的一半，並隨著剖面深度逐漸增加，而本公司為獲得較高解析度之電性剖面，採用 5m 間距之精密地電阻探測。

(三)測線位置：本公司規劃測線位置如圖 3-58，將有助於釐清該處地下材料分佈、地下水來源及掌握可能之地下水流徑。測線施測時為獲得良好的資料品質，應避免過於接近易產生雜訊干擾之區域，如人工構造物(金屬管線、建物鋼筋)及高壓電設備、接地線等，本測線位置多佈設於未開墾之林地中。

表 3-10、地電阻測線施測參數表

測線名稱	長度 (m)	起點(TWD97)		訖點(TWD97)		施測陣列	電極間距 (m)
		Y	X	Y	X		
L1	135	2,572,449	197,152	2,572,576	197,172	Wenner	5
L2	240	2,572,359	197,030	2,572,573	197,094	Wenner	5

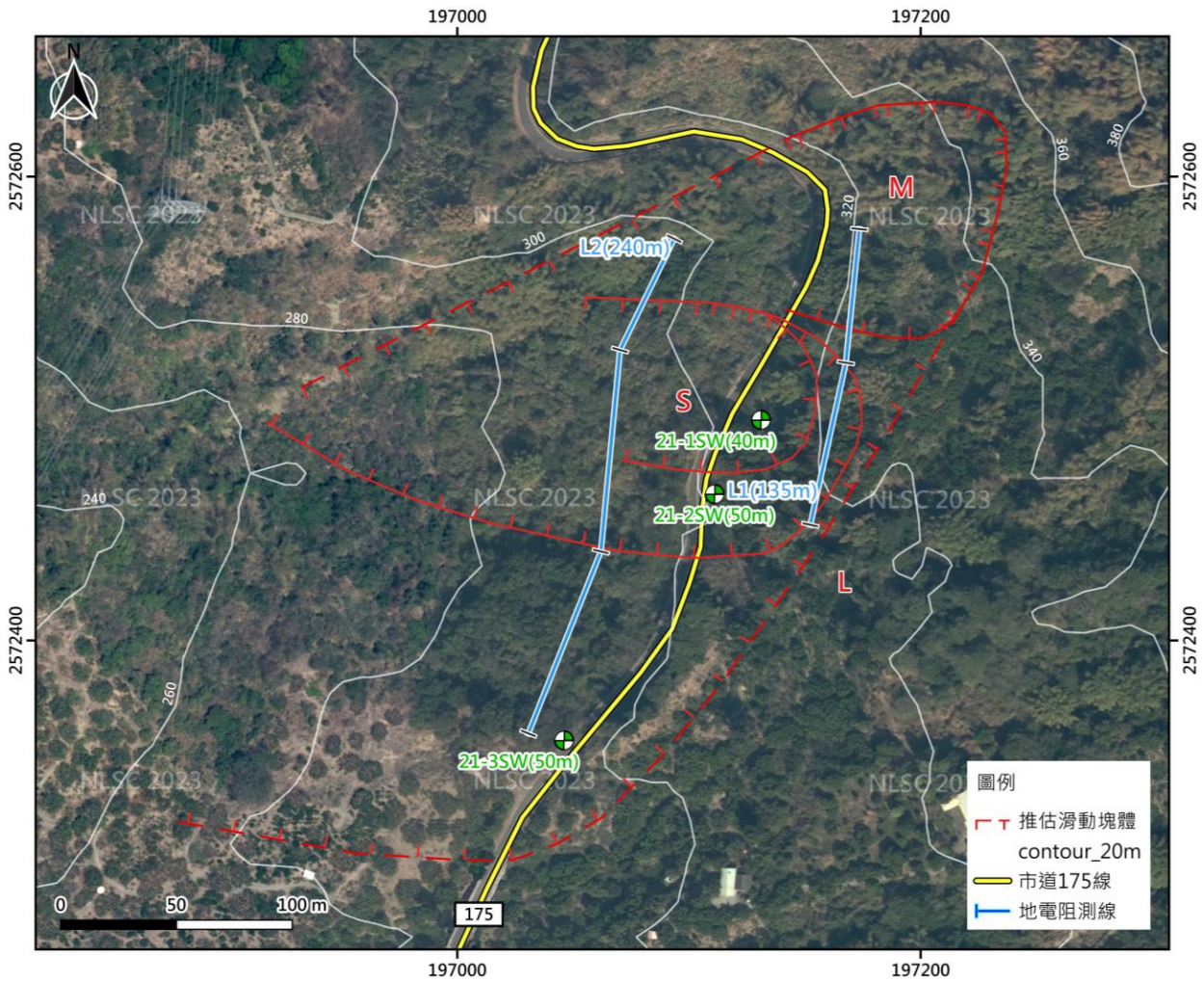


圖 3-58、地電阻測線位置圖

二、地電阻探測成果說明

(一) **L1 測線**：本測線總長 135m，為橫向坡面佈設之西北-東南向測線，由地電阻成果顯示(圖 3-59)地層電性上反應大至可概分為兩層之電性分層，以下就判釋結果進行說明。

1. 分層 1：地表下約 5m 範圍內，地層電阻率介於 5-100 Ohm-m 以上，且電性分佈測向連續性不佳、差異甚大，研判為岩屑材料。
2. 分層 2：深度約 5m 以下範圍，地層電阻率普遍介於 5-30 Ohm-m 之間，於測樁里程 70-135m，局部區域呈相對低電阻電性反應，推測為岩層且局部區域地層材料可能含泥量或含水量較高。

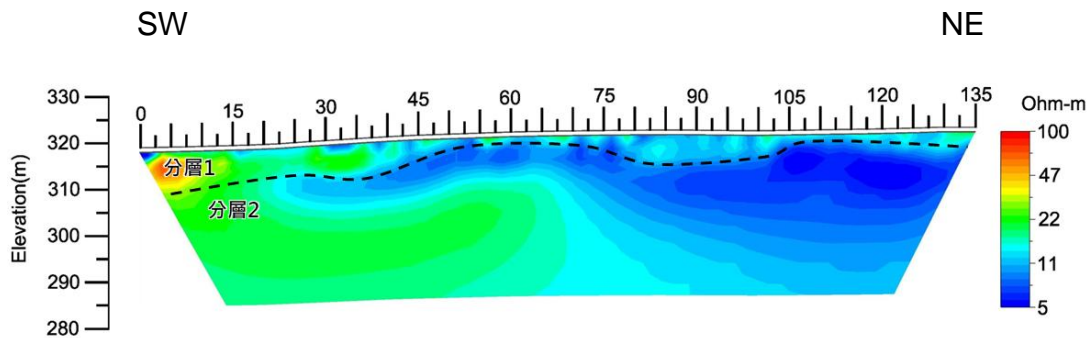


圖 3-59、L1 地電阻探測成果

(二) **L2 測線**：本測線總長 240m，為縱向坡面佈設之西南-東北向測線，由地電阻成果顯示(圖 3-60)地層電性上反應大至可概分為兩層之電性分層，以下就判釋結果進行說明。

1. 分層 1：地表下約 5m 範圍內，地層電阻率介於 5-100 Ohm-m 以上，且電性分佈測向連續性不佳、差異甚大，研判為岩屑材料。
2. 分層 2：深度約 5m 以下範圍，地層電阻率普遍介於 5-30 Ohm-m 之間，於測樁里程 50-80m 及 100-240m，局部區域呈相對低電阻電性反應，推測為岩層且局部區域地層材料可能含泥量或含水量較高。

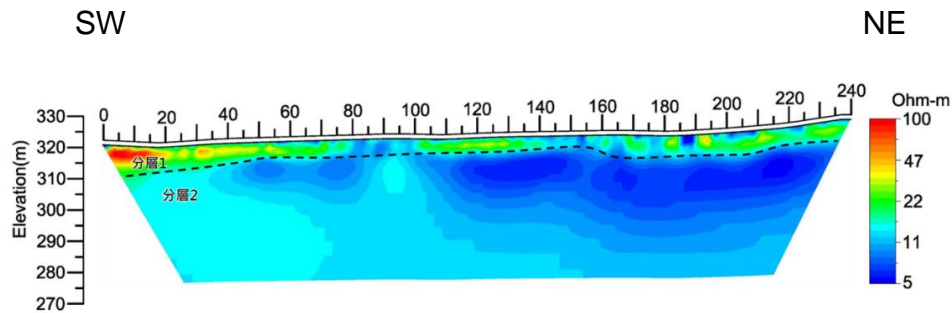


圖 3-60、L2 地電阻探測成果

三、地電阻探測成果綜合研判

根據地礦中心五萬分之一地質圖嘉義圖幅，本計畫區之地層為六重溪層，其岩性主要為頁岩、泥質粉砂岩及泥質砂岩，而由地電阻探測成果顯示，各剖面之整體電阻率普遍低於 50 Ohm-m 以下，研判應與該區域之地層材料特性有關。以下就本計畫地電阻探測成果綜合研判如下。

(一)地層電性與材料分層：藉由本計畫之地電阻調查成果，我們可利用電阻率分佈之差異判釋出兩層電性地層，根據地電阻成果柵狀圖顯示(圖 3-61)，各電性分層於剖面內之電性反應相當，地表下約 5 m 範圍內為岩屑層，而深度 5 m 以下則為岩層，各剖面之整體電阻率普遍低，研判與區域地層岩性主要為細顆粒材料有關。

(二)可能含水範圍研判：由於本計畫區之地層材料其低電阻普遍較低，故難以由低阻區域判釋出可能含水範圍，依鑽探時之上下工水位記錄及水位觀測成果做後續研判。

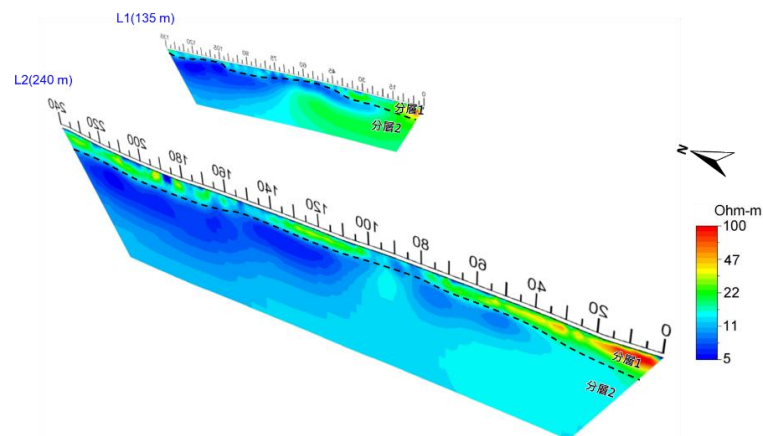


圖 3-61、地電阻探測成果柵狀圖(西南視角)

3.3.5 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 3-62 所示，監測儀器總表及監測頻率如表 3-11 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 3-11、175 線 18K+800 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	新設/既有	編號	目的	監測方式及頻率	備註
(兼斜觀測管) 傾斜觀測管	3 孔	既有	C-21-1SW(40m) C-21-2SW(50m) C-21-3SW(50m)	<ul style="list-style-type: none"> 地層變位量 位移速率 滑動深度 地下水位變化 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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
傾斜結構盤	4 組		T1、T2、T3、T4	<ul style="list-style-type: none"> 結構物傾斜變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測
裂縫計	4 組		C1、C2、C3、C4	<ul style="list-style-type: none"> 既有裂縫變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測

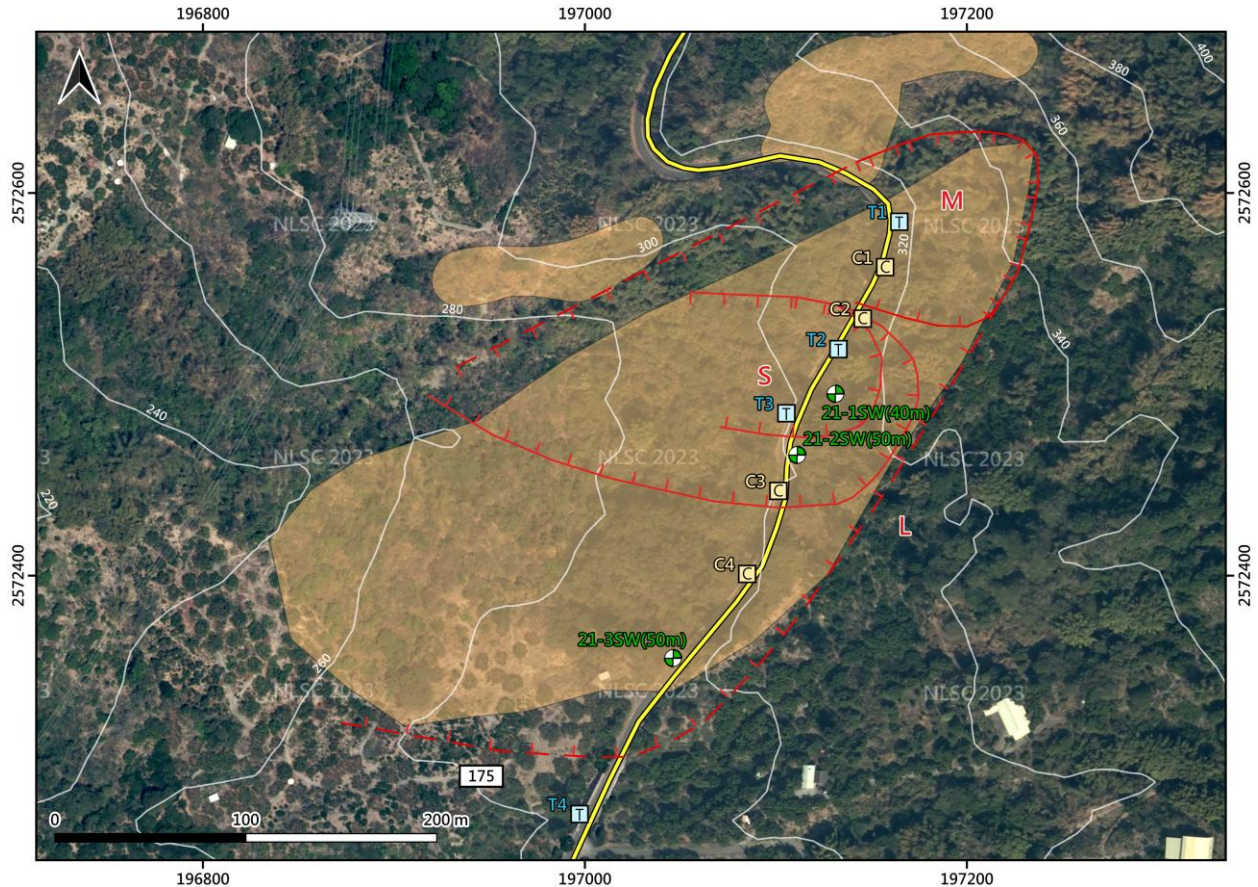


圖 3-62、175 線 18K+800 路段手動監測儀器平面位置圖

本計畫自 113 年 11 月至 115 年 3 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 6 次手動定期監測及 14 次手動特殊監測(0121 大埔地震及後續餘震，震度 4 級以上之地震事件)，茲將各項監測儀器監測成果彙整說明如後。

一、降雨量

本路段參考鄰近工區之東原雨量站資料，降雨量監測成果如圖 3-63 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 1,027mm，最大單日降雨量為 569.5mm/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 98.5mm/日；114 年 6~9 月期間經丹娜絲、楊柳、樺加沙、鳳凰颱風襲臺，帶來集中雨量，累積降雨量達 2,635mm。丹娜絲颱風 7 日累積降雨量達 611.5mm；114 年 7 月 28 日至 8 月 3 日受西南氣流影響，7 日累積降雨量高達 828mm，最大單日降雨量為 363mm/日。

本次半年監測期間為非汛期，最大單日降雨量於 114 年 3 月 3 日，降雨量為 22mm/日，其後進入汛期，後續持續關注。

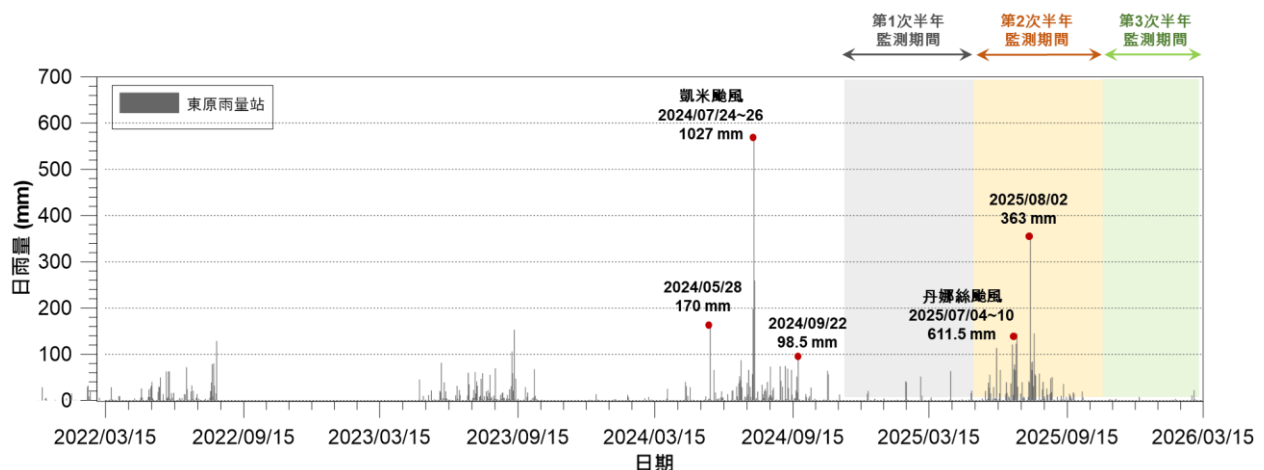


圖 3-63、175 線 18K+800 路段降雨量監測成果

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 3-64 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-2.0~-6.9m，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。

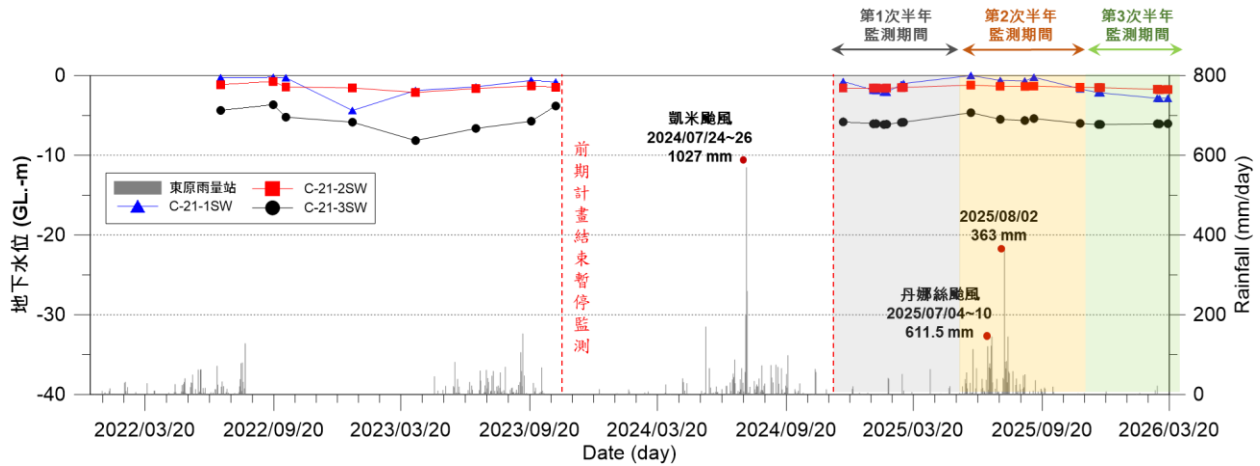


圖 3-64、175 線 18K+800 路段手動水位監測成果

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 3-65~圖 3-66 所示，本次監測期間，T1 及 T2 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。

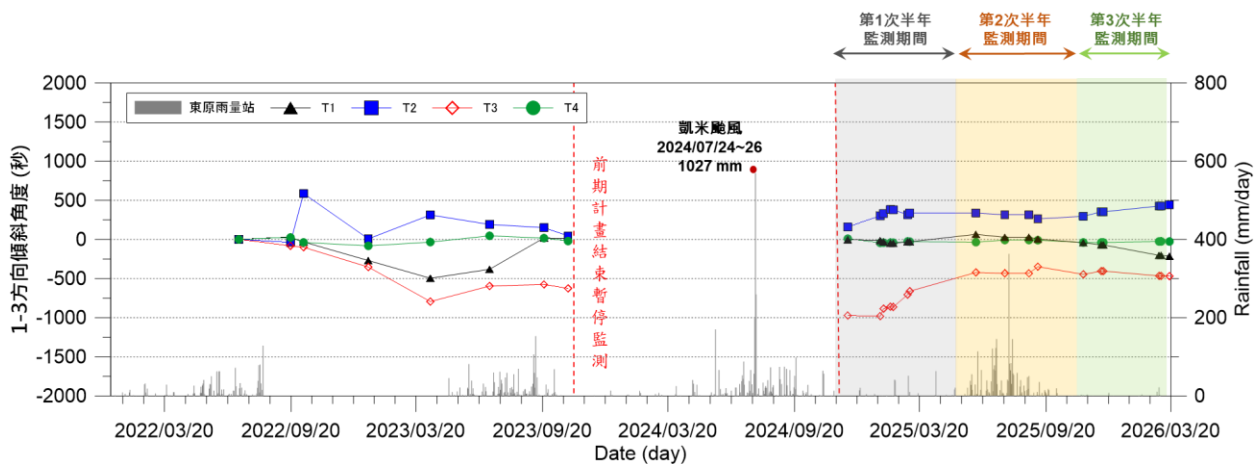


圖 3-65、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

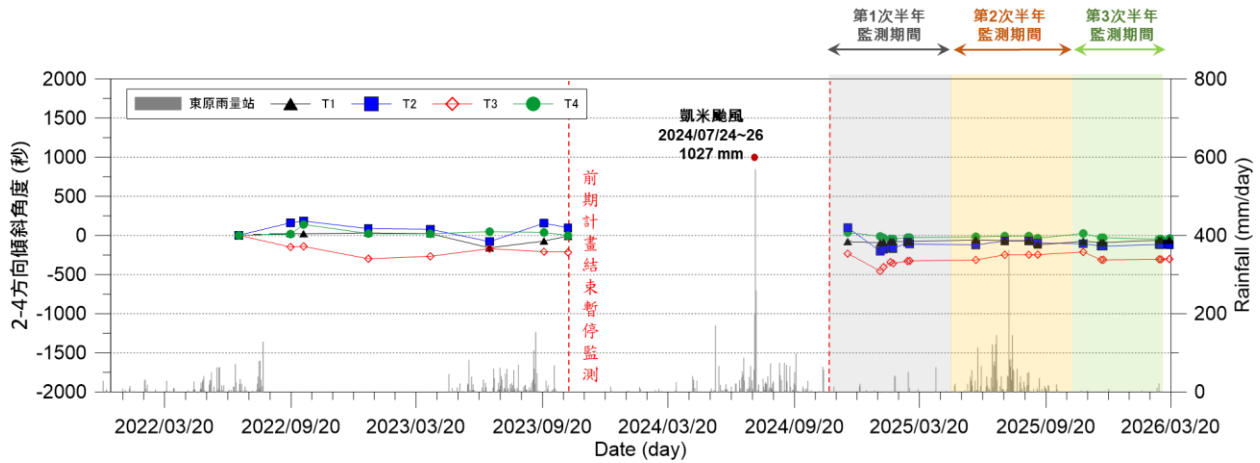


圖 3-66、175 線 18K+800 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(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 3-67 所示。經 114 年 1~2 月連續地震事件，C3 裂縫計略有變化情形，產生約 2.5mm 位移變化量，後續無明顯變化，後續將持續監測追蹤。

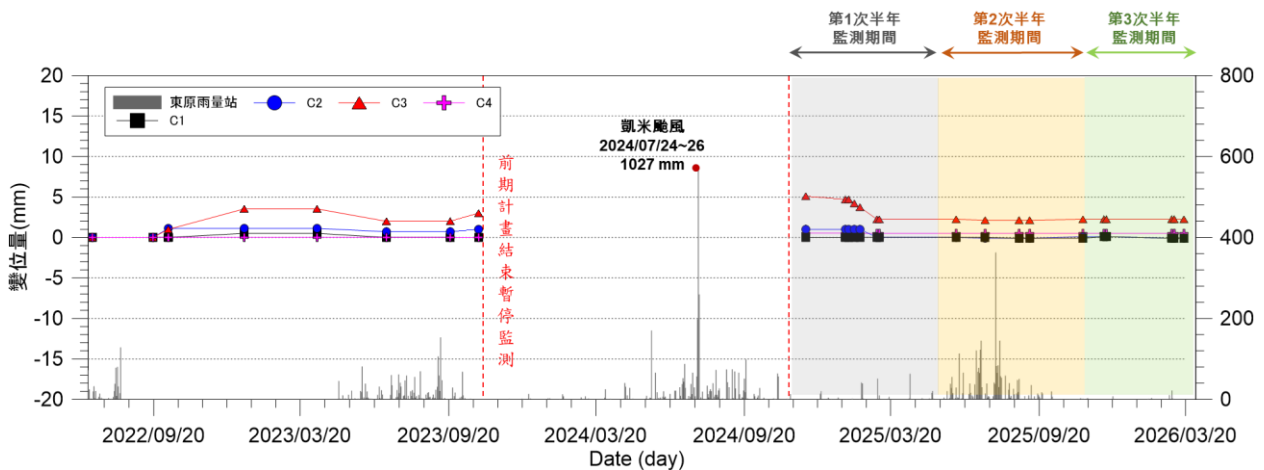


圖 3-67、175 線 18K+800 路段裂縫計監測成果

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，
監測成果如表 3-12、圖 3-68~圖 3-70 所示。

表 3-12、175 線 18K+800 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表

編號	地表總累積位移量 註：+A 方向朝向下邊坡				位移速率 (cm/月)		位移趨勢 研判
	A 方向 (cm)	B 方向 (cm)	合位移量 (cm)	位移 方位角(°)	本次 監測期間 114/11~115/3	總監測 期間	
C-21-1SW (40m)	11.35	2.31	11.58	245	0.11	0.26	○
C-21-2SW (50m)	7.64	1.82	7.85	277	0.03	0.17	○
C-21-3SW (50m)	1.75	-0.25	1.77	220	0.03	0.04	△

註：「○：已有明確趨勢 △：略有趨勢 ×：尚無明顯趨勢」

傾斜觀測管 C-21-1SW(40m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-70 所示。該孔於 112 年 9 月以後，在深度約 5~6m 以及 7~8m 兩處監測數據顯示有位移發生，尤其是 113 年凱米颱風及 114 年 0121 地震事件，其位移量有明顯增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 11.35cm (A+) 以及 2.31cm (B+)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 245°)，研判主要受 L 及 S 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

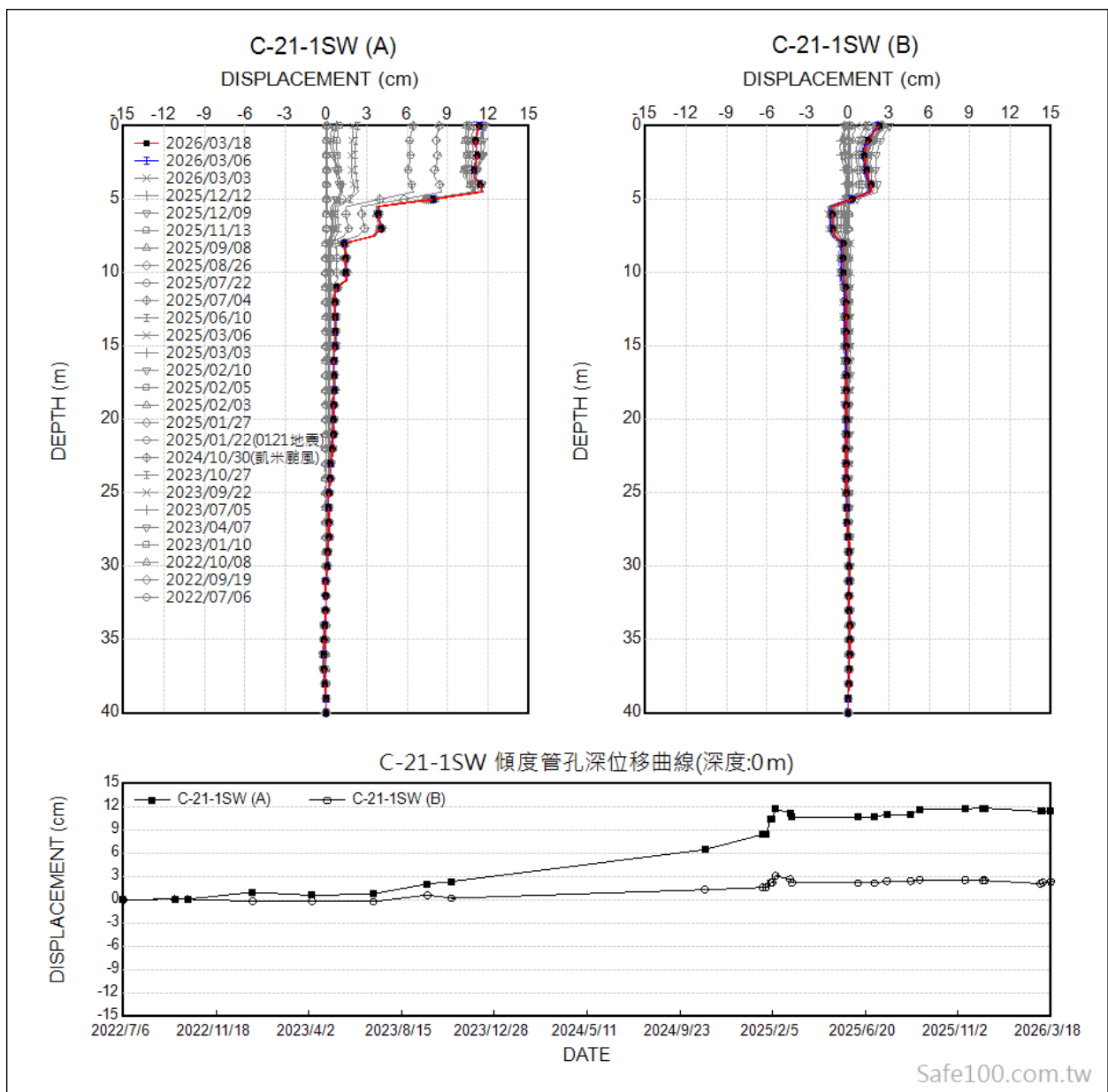


圖 3-68、175 線 18K+800 路段 C-21-1SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 C-21-2SW(50m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-71 所示。該孔於 113 年凱米颱風以及 114 年 0121 地震以後，在深度約 5~6m 以及 7~9m 兩處監測數據顯示位移量有明顯增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 7.64cm (A+) 以及 1.82cm (B+)，並且合位移角度朝道路下邊坡 (方位角 277°)，研判主要受 L 及 S 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

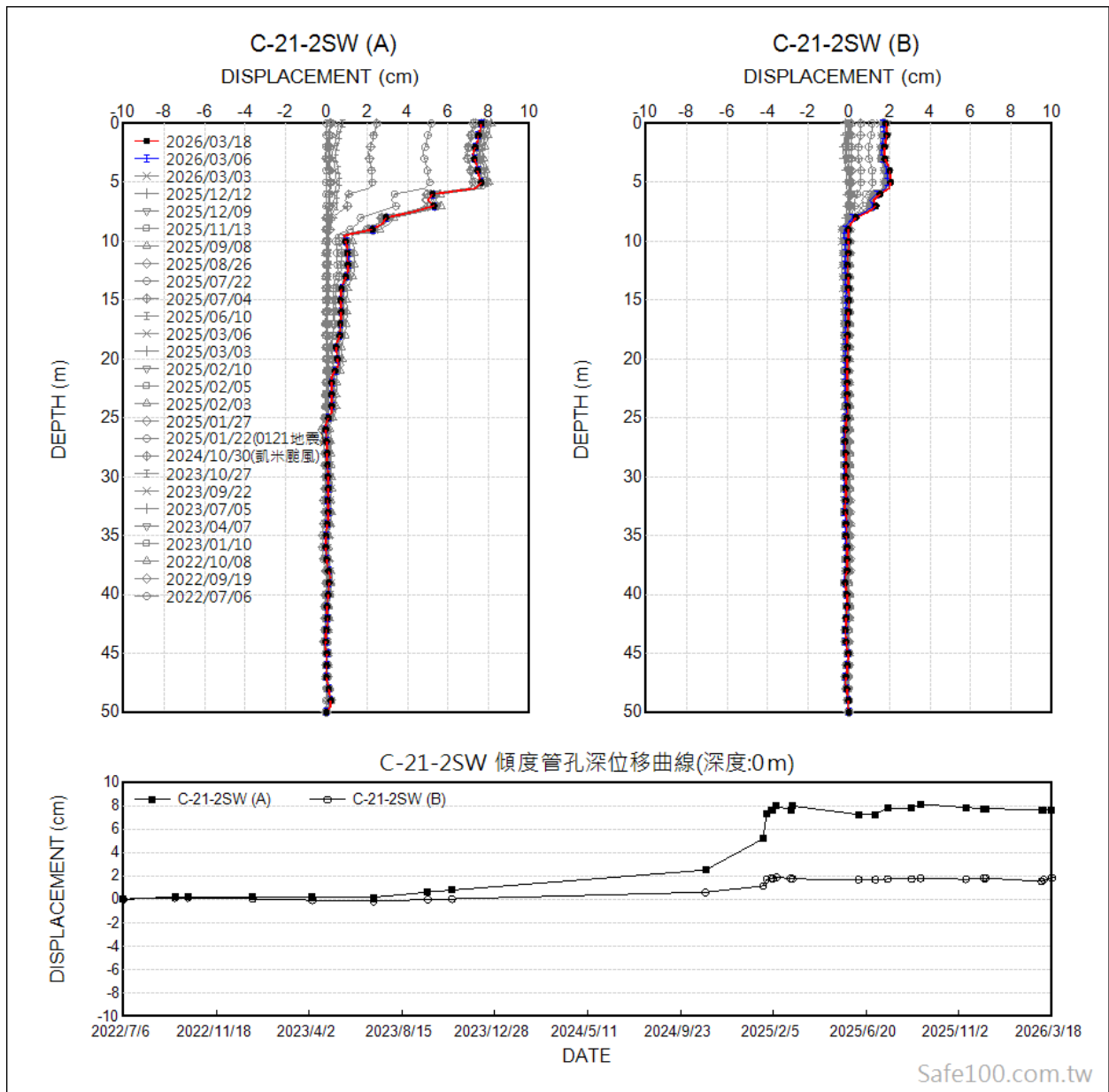


圖 3-69、175 線 18K+800 路段 C-21-2SW 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 C-21-3SW(50m) 主要為掌握 L、M 及 S 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-72 所示。該孔位移量逐年緩慢增加，但仍有滑動趨勢，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 1.75cm (A+) 以及 0.25cm (B-)，並且合位移沿道路方向 (方位角 220°)，研判主要受 L 塊體影響所致且位於塊體滑動邊界，後續將持續監測追蹤。

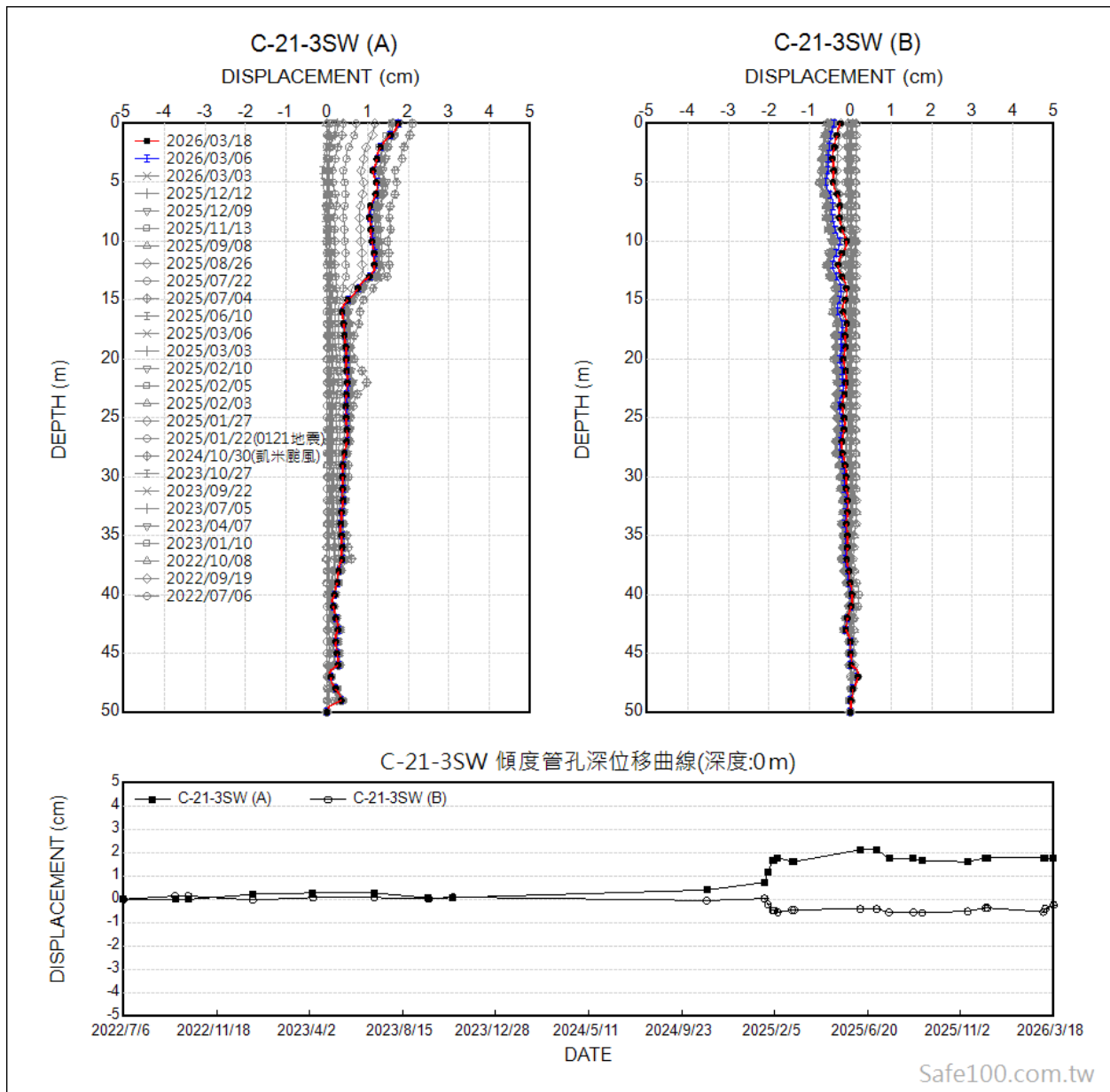


圖 3-70、175 線 18K+800 路段 C-21-3SW 傾斜觀測管監測成果

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。

3.3.6 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；114 年 1~2 月受頻繁地震事件及汛期降雨影響，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~-9m 有明顯向下邊坡位移趨勢，其個別累積合位移量約 11cm 和 7cm (圖 3-71)，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 L 及 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。

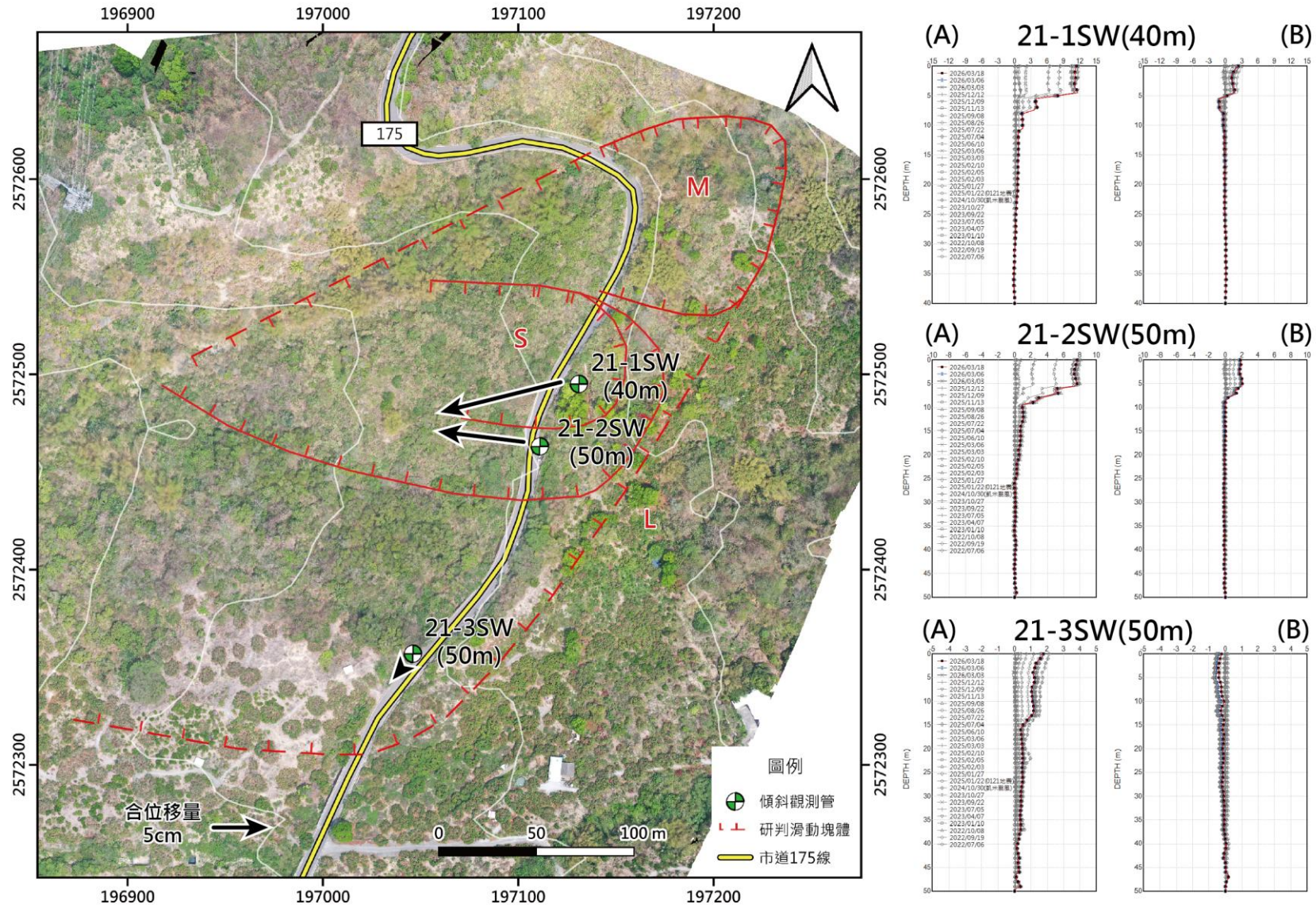


圖 3-71、175 線 18K+800 路段孔口合位移量圖(監測期間 111 年 7 月~115 年 3 月)

3.3.7 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~-9m 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($\phi=1.5\text{m}$ ， $L=20\text{m}@1.7\text{m}$)，範圍約 180m，有助提升 L、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，整治規劃配置圖如圖 3-73 所示，經費概估詳表 3-13。

- 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 70m，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（示意圖如圖 3-72 所示）。



圖 3-72、下邊坡打設抗滑樁+地錨工法示意圖

表 3-13、175 線 18K+800 路段整治規劃經費概估

175線18K+800邊坡整治工程						
項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	發包工程費 (工期概估270天)					
一	抗滑樁工程				60,520,000	
1	$\phi = 1.5\text{m}$ 抗滑樁 $L=20\text{m}$ (全套管)	M	2,120	26,000	55,120,000	(180範圍/1.7間距) $\times 20\text{m}$ 深=2,120m
2	繫梁($W=2\text{m} \cdot T=2\text{m}$)	M	180	30,000	5,400,000	
二	排水改善工程				8,400,000	
1	道路邊溝	M	300	4,500	1,350,000	
2	坡面水平集水管 · $D=90\text{mm}$	M	1,750	3,000	5,250,000	$L=70\text{m}$ · 預估25支
3	噴凝土溝	M	300	6,000	1,800,000	
三	假設及雜項工程	式	1	800,000	800,000	
四	交通與環境工程(約5%)	%	5	69,720,000	3,486,000	(壹.一~三項和) $\times 5\%$
五	職安工程(約10%)	%	10	73,206,000	7,320,600	(壹.一~四項和) $\times 10\%$
六	包商利潤、保險及管理(約10.5%)	%	10.5	80,526,600	8,455,293	(壹.一~五項和) $\times 10.5\%$
七	營業稅(約5%)	%	5	88,981,893	4,449,095	(壹.一~六項和) $\times 5\%$
	發包工程費 共計				93,430,988	(壹項和)

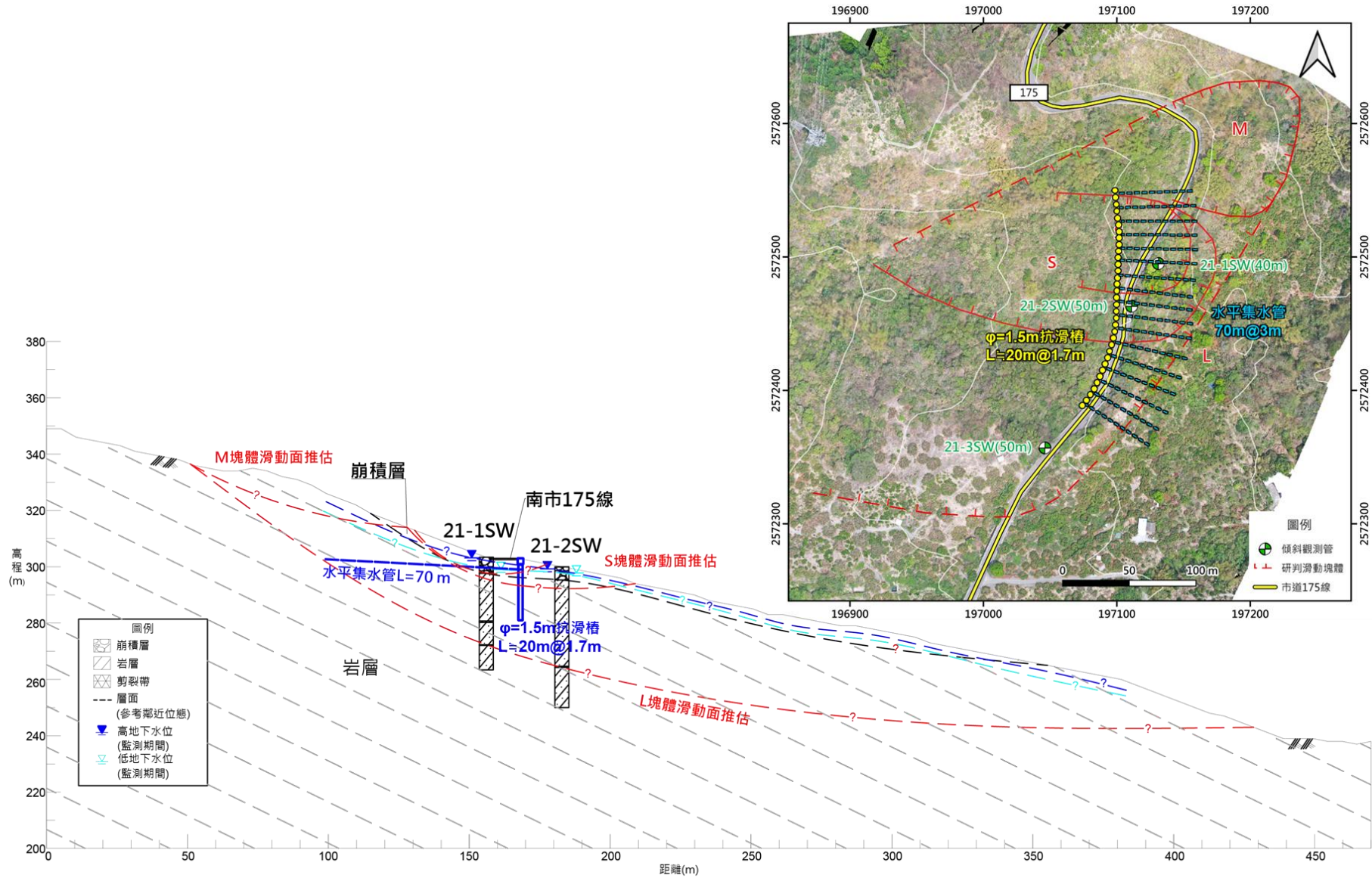


圖 3-73、175 線 18K+800 地滑邊坡整治規劃配置圖

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 3-74 所示，地質剖面圖詳圖 3-75。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 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。

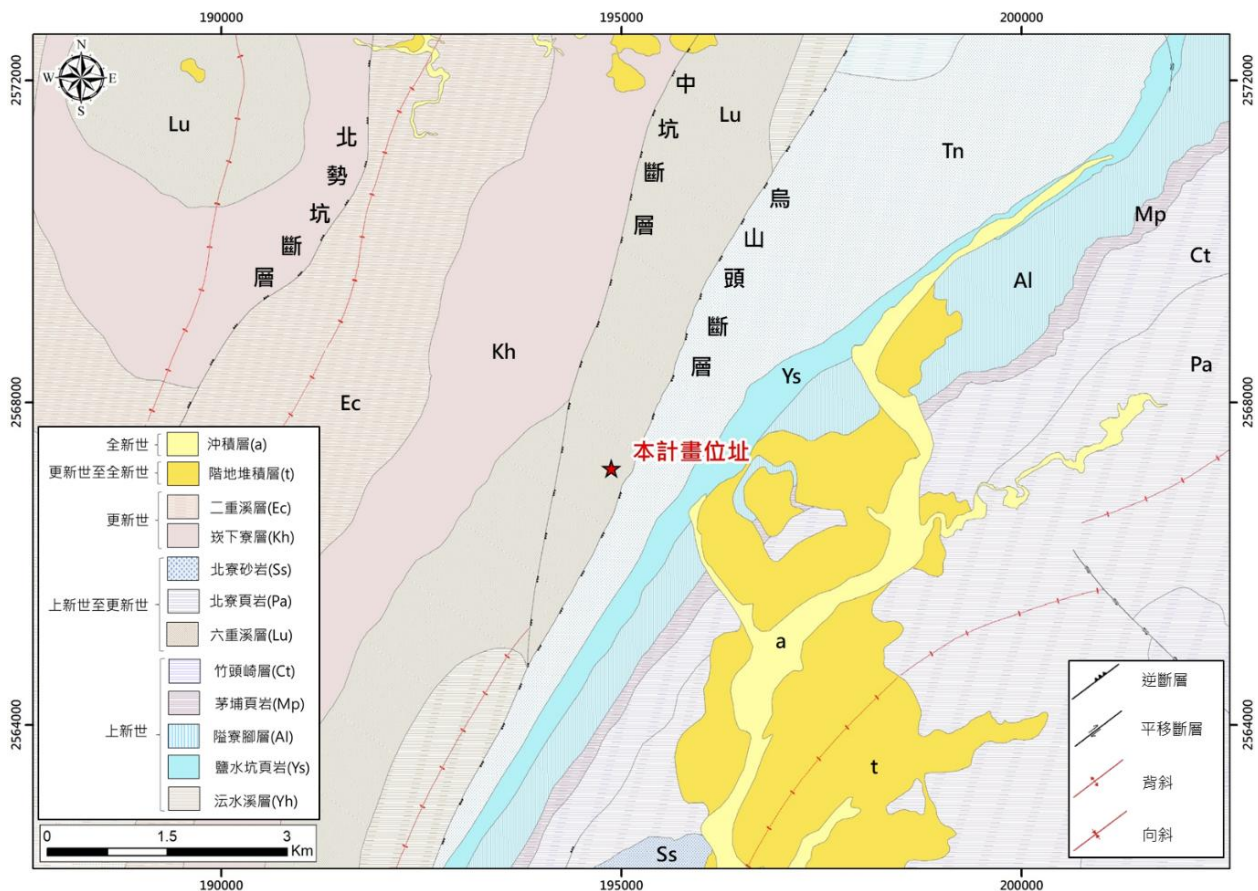


圖 3-74、175 線 25K+410 路段區域地質圖

(底圖：經濟部地質調查及礦業管理中心-流域地質圖)

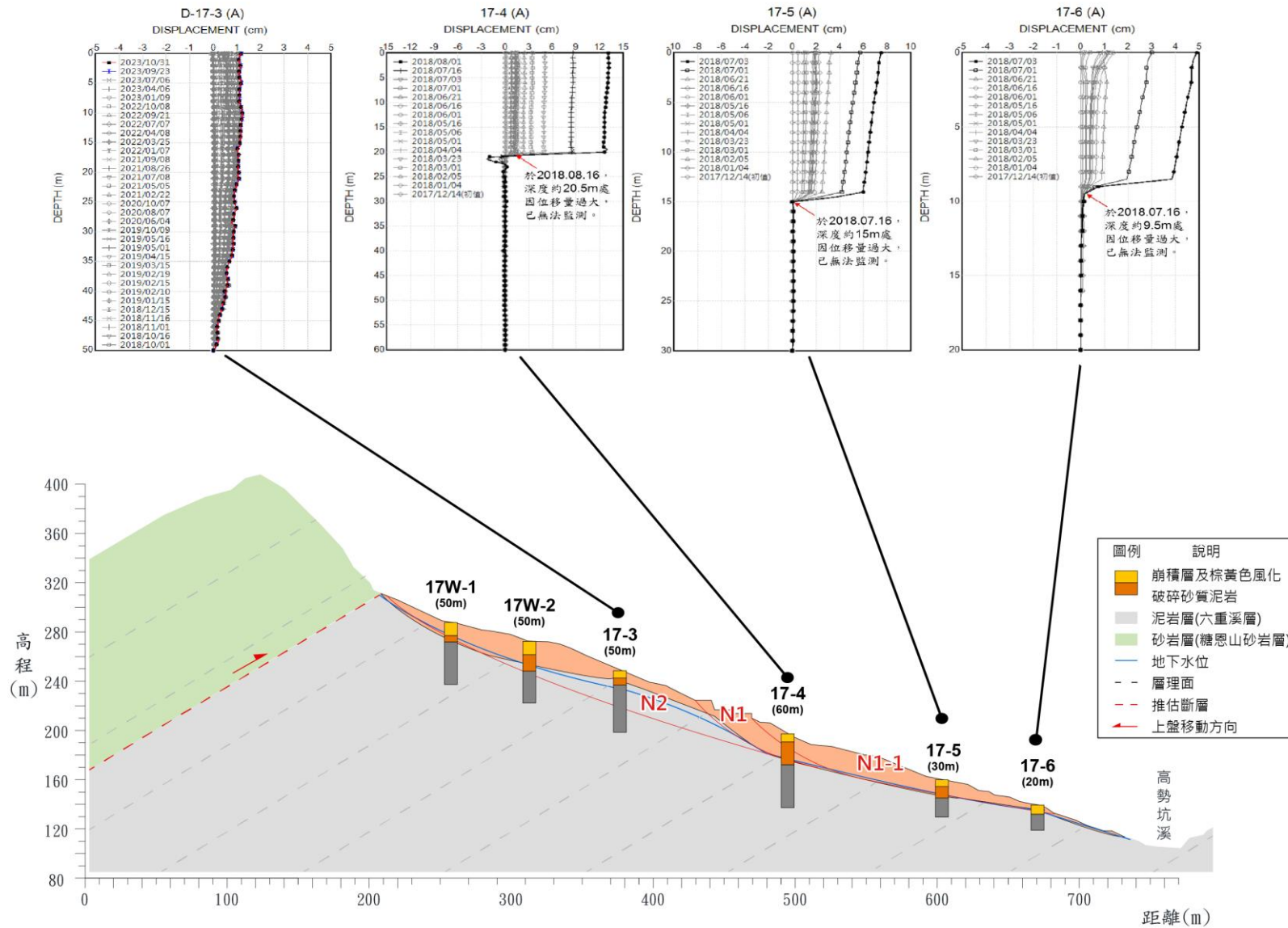


圖 3-75、175 線 25K+410 路段地質剖面圖

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 3-76 所示，現勘調查成果詳圖 3-77 所示，調查成果說明如下：

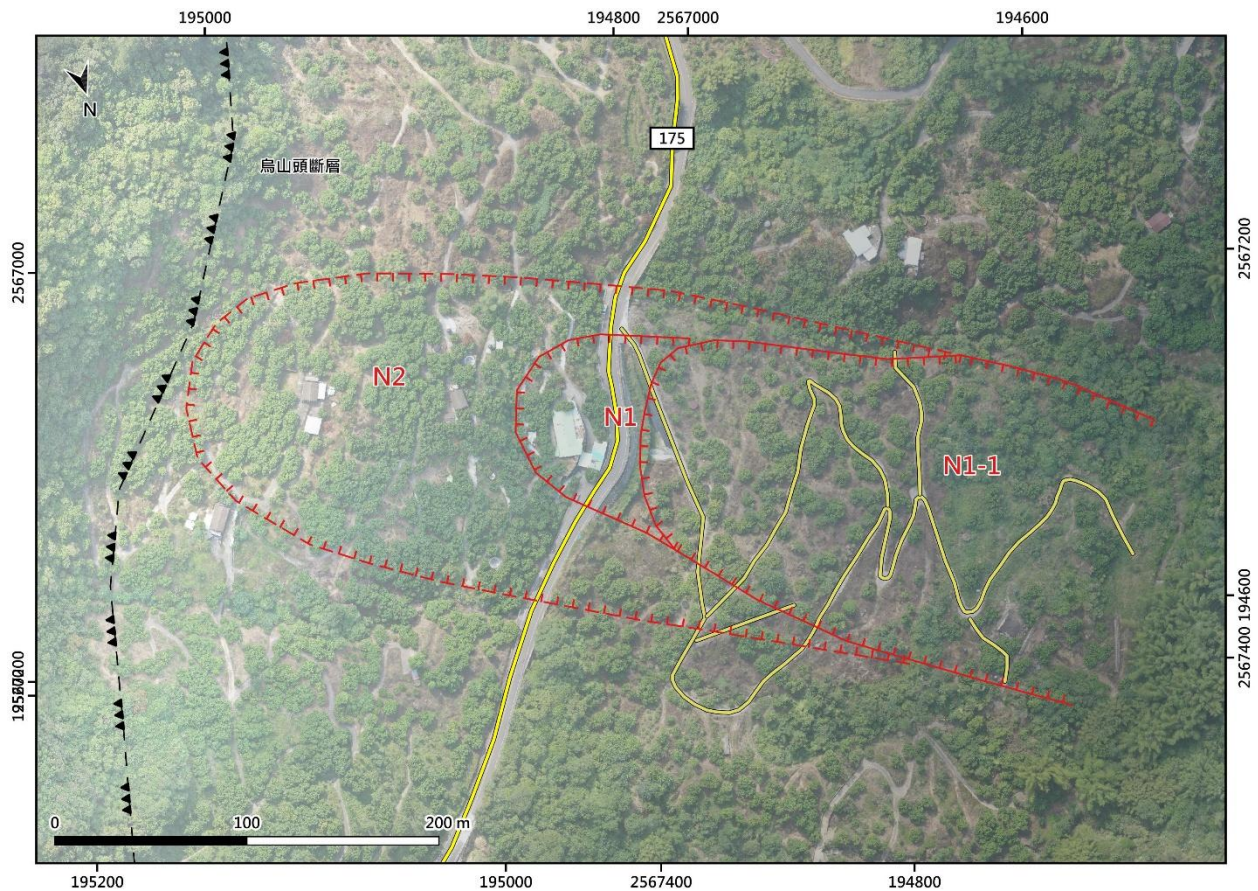


圖 3-76、175 線 25K+410 路段滑動塊體分佈圖

一、道路上邊坡坡頂現況

現場勘查內容包含(1)崩塌地現況、(2)路面及擋土構造開裂、(3)前期工程維護現況、(4)地表排水系統及(5)趾部隆起等，透過現場踏勘將地表裂縫分布、下陷位置、前期工程設施維護現況等詳實勘查。依本路段地形及地表裂縫分布加以圈繪研判，相關調查成果如下所述，期間現場調查成果詳圖 3-77 所示。

二、崩塌地現況

本路段道路通過 N1 塊體頭部上段，為最重要之保全對象，道路上方農舍後方，可見明顯早期 N1 崩崖，道路下邊坡則為高差 6~8m 擋土設施，RC 面版上有 2 階地錨，於民國 107~108 年兩期地錨補強工程中，於排樁上方擋牆及道路上方擋牆進行補強。其後 110 年於上邊坡完成 2 座大口徑集水井；113 年完成路基排樁繫梁地錨補強，針對下邊坡部分地表及地下排水進行改善。並於 114 年三期工程施作鑽掘式截水牆及既有設施維護以改善下邊坡地下排水，近期監測成果，現況路基排樁以上之擋土設施尚屬穩定，路基排樁以下之 N1-1 滑動塊體仍有滑動現象。

三、路面及擋土構造開裂

本路段上、下邊坡路面及擋土構造物，於民國 107 年 8 月降雨有持續有開裂情形，於 107~113 年接續相關工程改善後，排樁及繫梁上方尚無明顯新生裂縫，且坡頂路面亦無新增裂縫，上邊坡尚屬穩定。而下邊坡產業道路有一明顯裂縫、坡趾部分隆起，顯示下邊坡仍不穩定，為延續前期工程，下邊坡整體排水系統改善的周全性即為本路段之目標。

四、前期工程維護現況

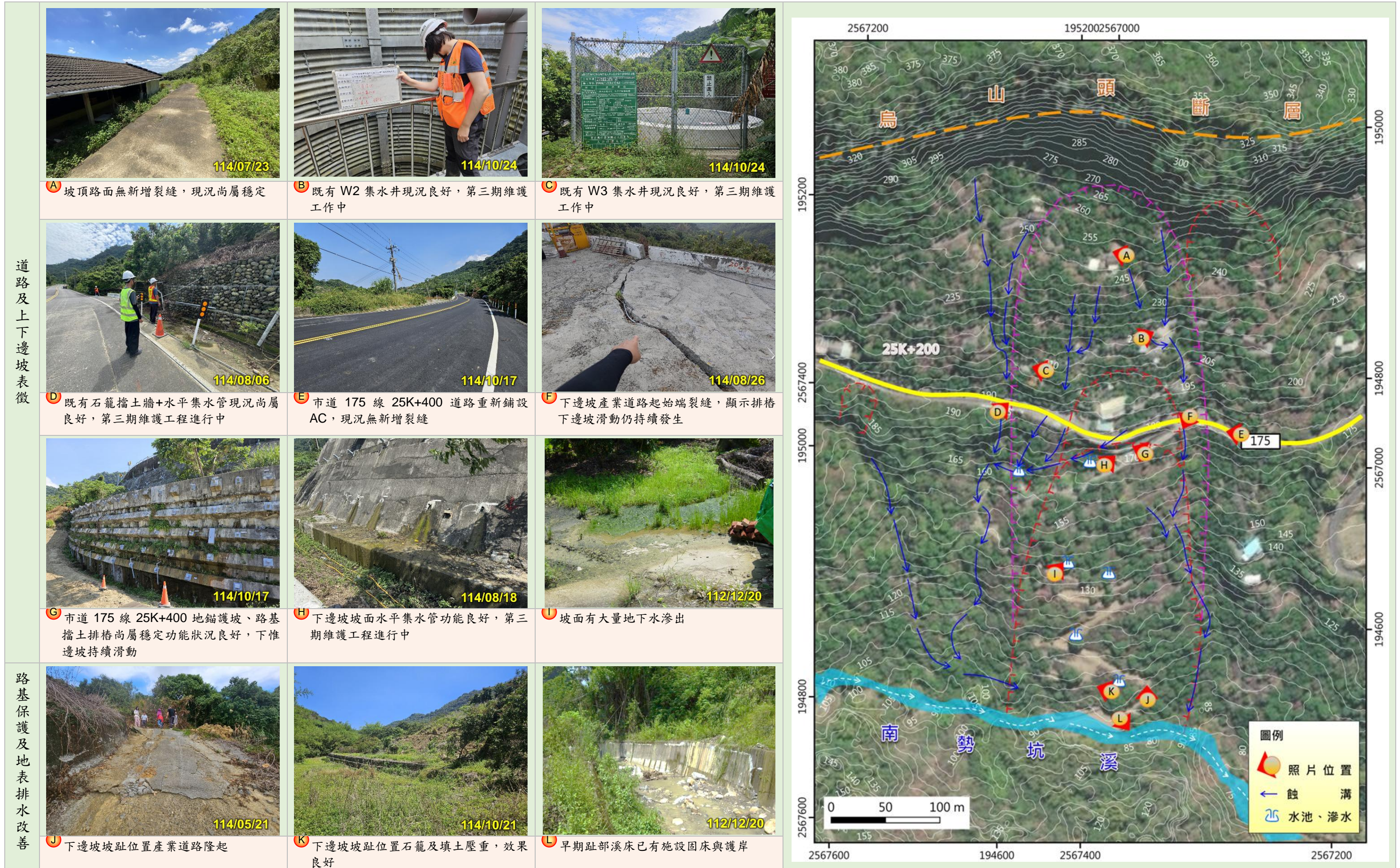
本路段為維持坡面水平集水管發揮其效用，規劃每 3-5 年應清洗一次，114 年三期工程於上、下邊坡進行既有設施維護工作針對水平集水管進行高壓清洗作業，維護排水量，經 114 年汛期檢視，清洗完成之坡面水平集水管，出水情形良好，顯示清洗成效良好。

五、地表排水系統

民國 110 年 5 月以前，主要針對道路上邊坡進行坡面縱橫向排水及道路排水溝改善，豪大雨時觀察道路上邊坡縱向排水溝，其排水量甚大，顯示上邊坡之地表水導排，應有發揮其功效。而道路下邊坡 N1-1 滑動甚為活潑，因歷次颱風豪雨後，將持續有滑動現象，第三期工程將既有蝕溝以噴凝土溝工法施作，建立完整排水系統，有效導排地表水至流末，防止入滲。

六、趾部隆起

道路路基排樁下邊坡，因 N1-1 塊體持續滑動，坡面上有多處小崩塌及裸露坡面，多為崩坍之暫積材，基質材料中岩石顆粒多為土壤與大型砂岩塊所組成，現況有地下水直接滲出。趾部可見產業道路多處受地滑推擠，而形成隆起現象，前期工程利用工程餘土，於坡趾進行石籠擋土牆及回填土石，達成營建廢棄土石再利用，以坡趾壓重提高邊坡趾部穩定，現況石籠植被生成良好。



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 3-78 及圖 3-79 所示，監測儀器總表及監測頻率如表 3-14 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 3-14、175 線 25K+410 路段監測儀器總表及監測頻率

儀器名稱	數量	新設/ 既有	編號	目的	監測方式及頻率	備註
(兼斜觀測管) 傾斜觀測管	8 孔	既有	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)	<ul style="list-style-type: none"> 地層變位量 位移速率 滑動深度 地下水位變化 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測
傾度結構物	6 組		TI-1、TI-2、TI-3、 TI-4、T17-1、 T17-2	<ul style="list-style-type: none"> 結構物傾斜變化 		<ul style="list-style-type: none"> 手動量測
水壓自記式	5 組		D-17-1 D-17-2 D-17W-1 D-17W-2 D-BO-1	<ul style="list-style-type: none"> 連續地下水位變化資料 	<ul style="list-style-type: none"> 每 5~30 分鐘記錄一筆資料，於定期檢測時由人工回收數據 	<ul style="list-style-type: none"> 於執行手動監測一併回收數據
水壓電子式	2 組		D-17W-3 D-17W-4	<ul style="list-style-type: none"> 連續地下水位變化資料 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 自動化監測
內斜伸縮式孔	1 組		D-19EH-1	<ul style="list-style-type: none"> 地層變位量 位移速率 滑動深度 		
內垂直伸縮式孔	1 組		D-19EV-1	<ul style="list-style-type: none"> 地層變位量 位移速率 滑動深度 		

表 3-13、175 線 25K+410 路段監測儀器總表及監測頻率(續)

儀器名稱	數量	新設/ 既有	編號	目的	監測方式及頻率	備註
電子式結構物傾斜計	1 組	既有	D-19ET-1	<ul style="list-style-type: none"> • 結構物傾斜變化 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 地錨預力變化 		<ul style="list-style-type: none"> • 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

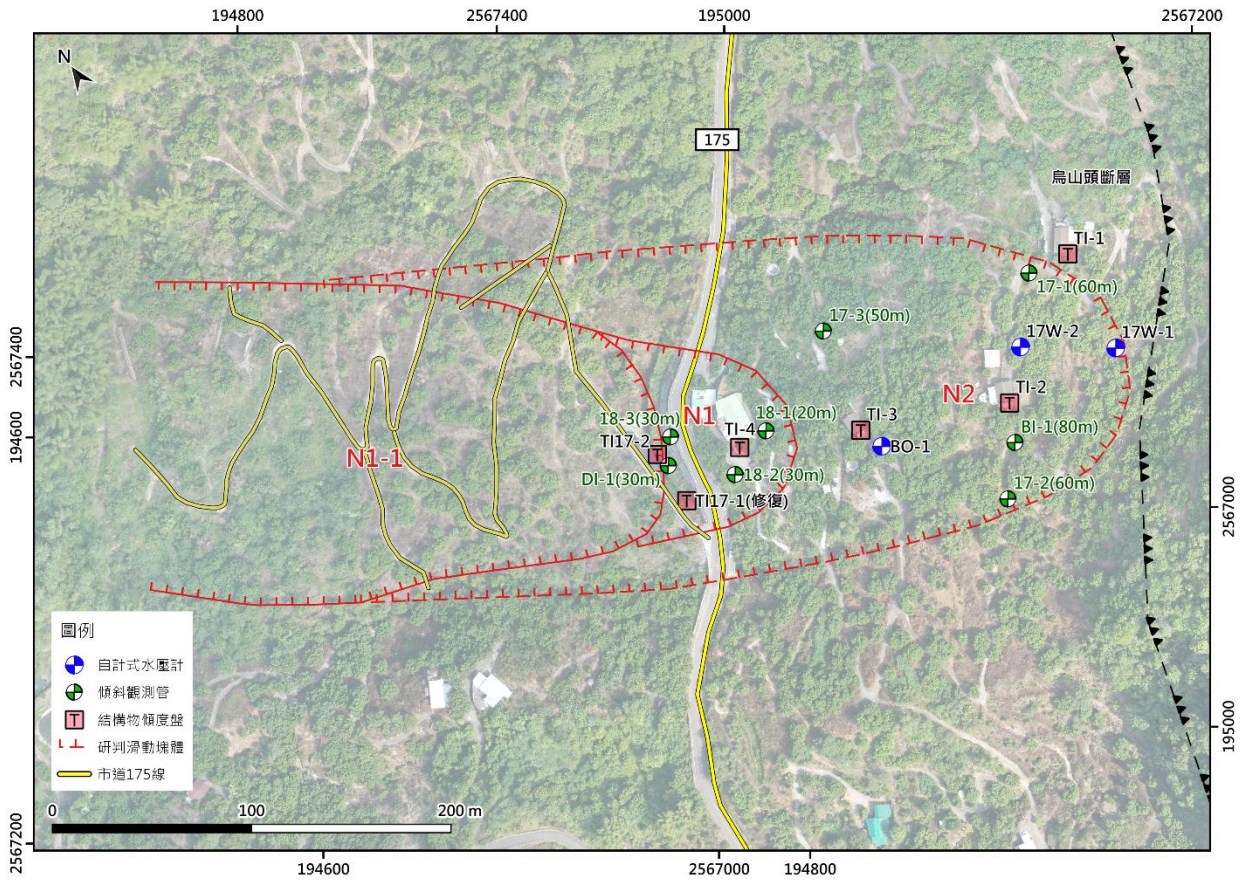


圖 3-78、175 線 25K+410 路段手動監測儀器平面位置圖

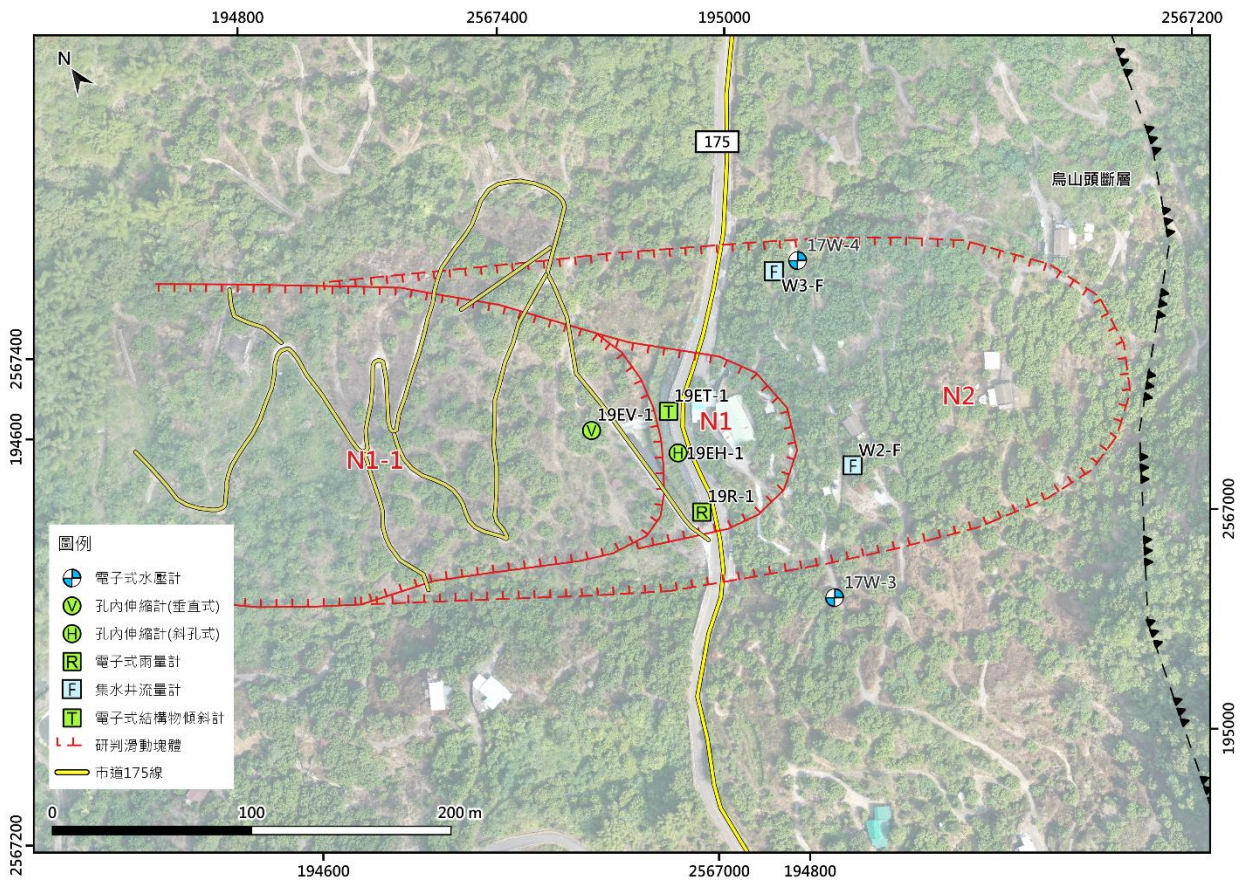


圖 3-79、175 線 25K+410 半自動及自動化監測儀器平面位置圖

本計畫自 113 年 11 月至 114 年 3 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 6 次手動定期監測及 14 次手動特殊監測(0121 大埔地震及後續餘震，震度 4 級以上之地震事件)，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 3-80 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；114 年 6~9 月經丹娜絲、楊柳、樺加沙、鳳凰颱風襲臺，帶來集中雨量，累積降雨量達 2,410mm。丹娜絲颱風 3 日累積降雨量達 208mm；114 年 7 月 28 日至 8 月 3 日受西南氣流影響，降雨量顯著，7 日累積降雨量高達 985.5mm（最大單日降雨量為 239mm/日）。

本次半年監測期間為非汛期，最大單日降雨量於 115 年 3 月 3 日，降雨量為 39mm/日。

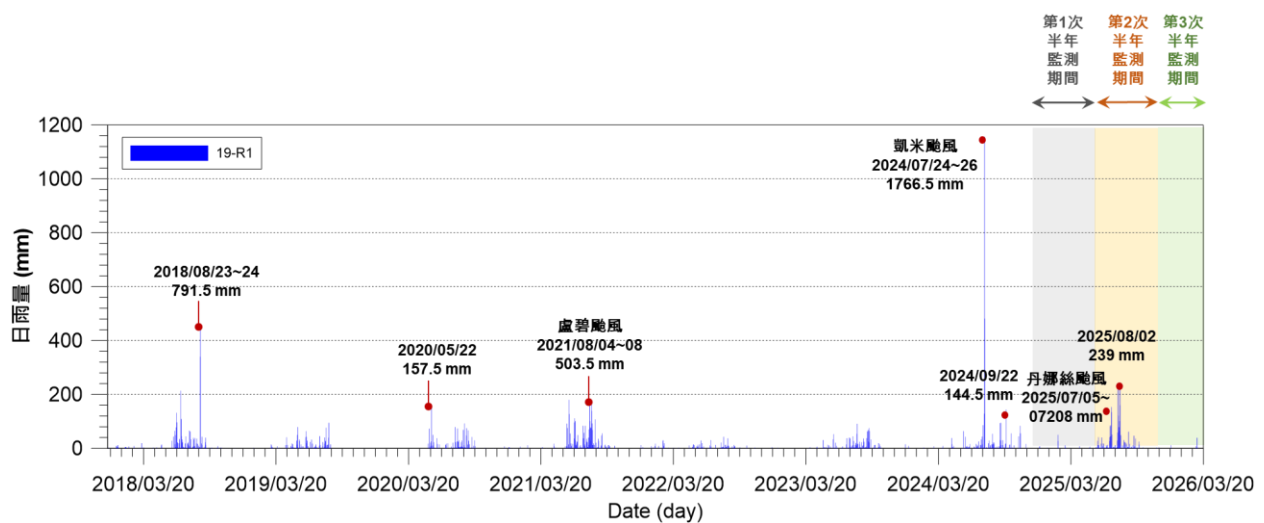


圖 3-80、175 線 25K+410 路段降雨量監測成果

二、地下水水位

地下水水位監測主要為 8 孔傾斜觀測管兼水位井及 5 孔水位觀測井，進行手動地下水水位監測，其中 5 孔裝設自記式水壓計(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 3-81 所示。本次監測期間為非汛期，道路上邊坡側地下水介於-3m~-32m，監測孔地下水水位與去年同期相近。

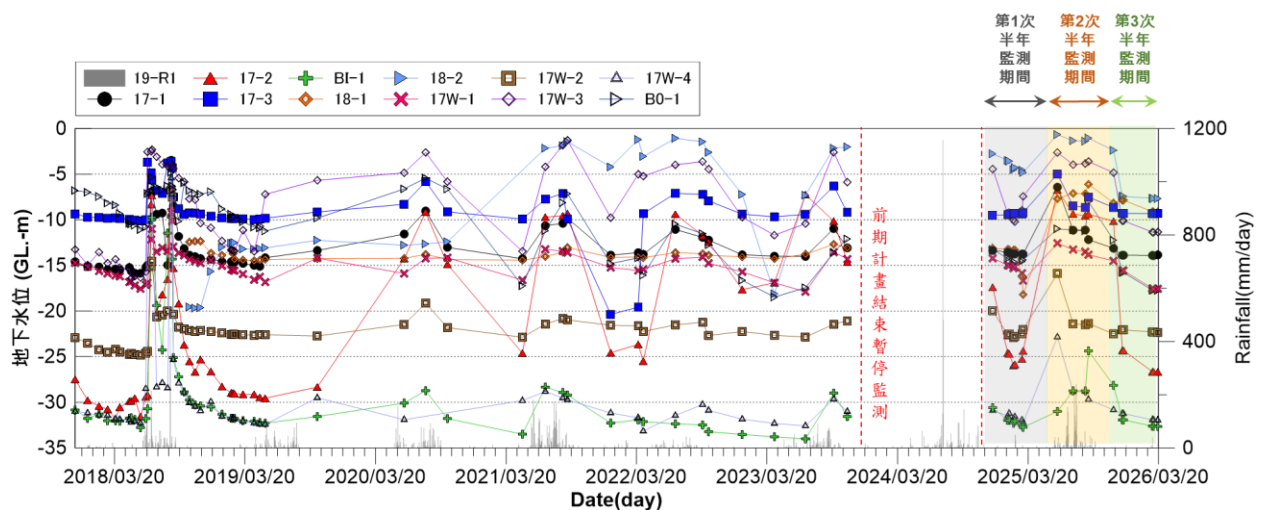


圖 3-81、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路上邊坡)

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 3-82 所示。本次監測期間，道路下邊坡地下水介於-1m~-12m，乾季水位並無明顯上升，顯示道路下邊坡於非汛期即維持較高之常時水位。

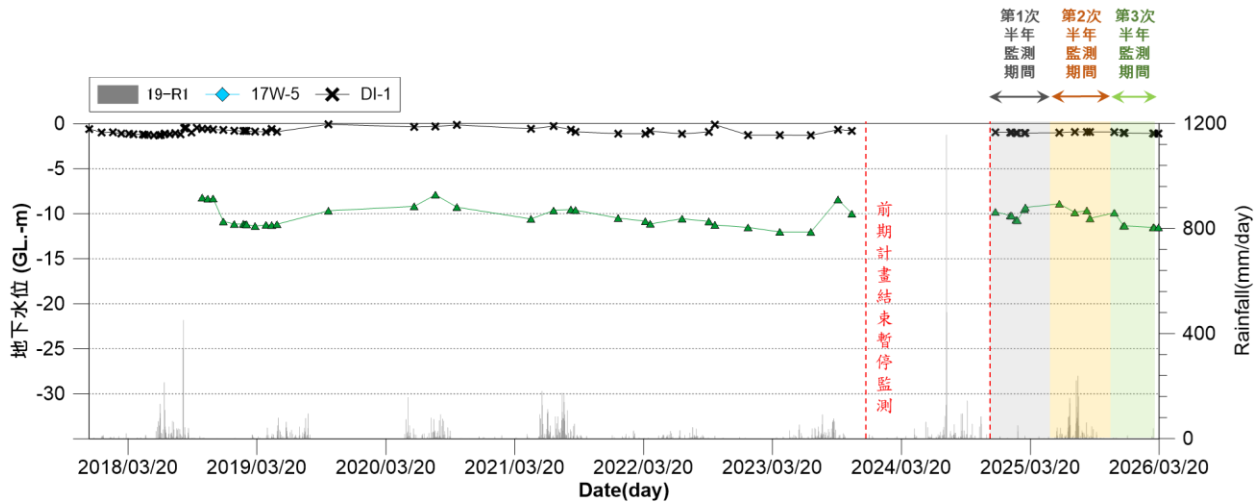


圖 3-82、175 線 25K+410 路段手動水位監測成果(道路下邊坡)

(二) 自記式水壓計：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 3-83~圖 3-86 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 6~9 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。本次監測期間為非汛期，無較大降雨事件，地下水位則無大幅度變化。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。

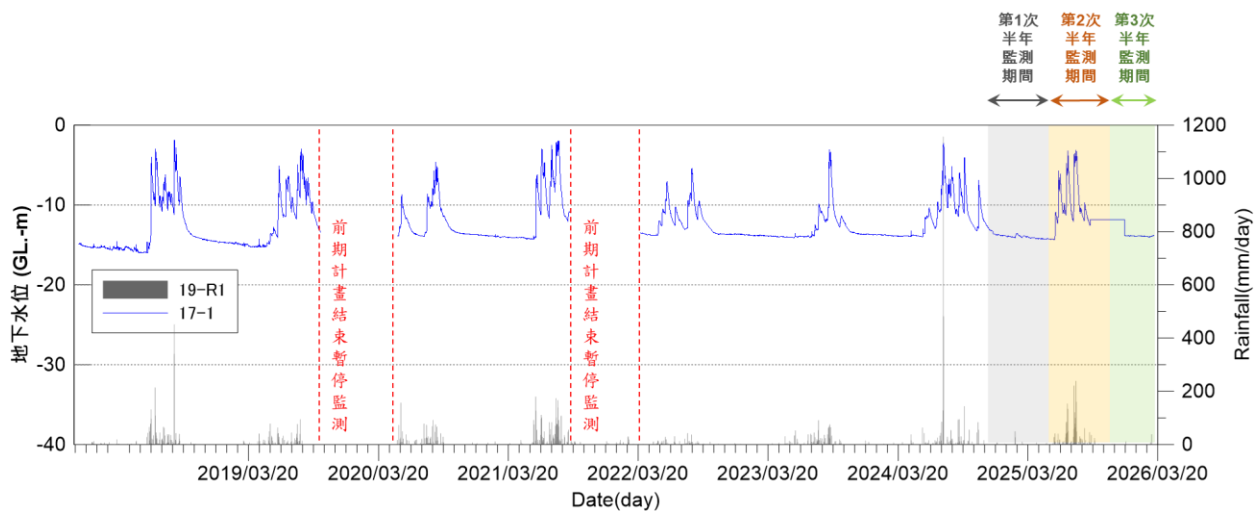


圖 3-83、175 線 25K+410 路段 D-17-1 自記式水壓計監測成果

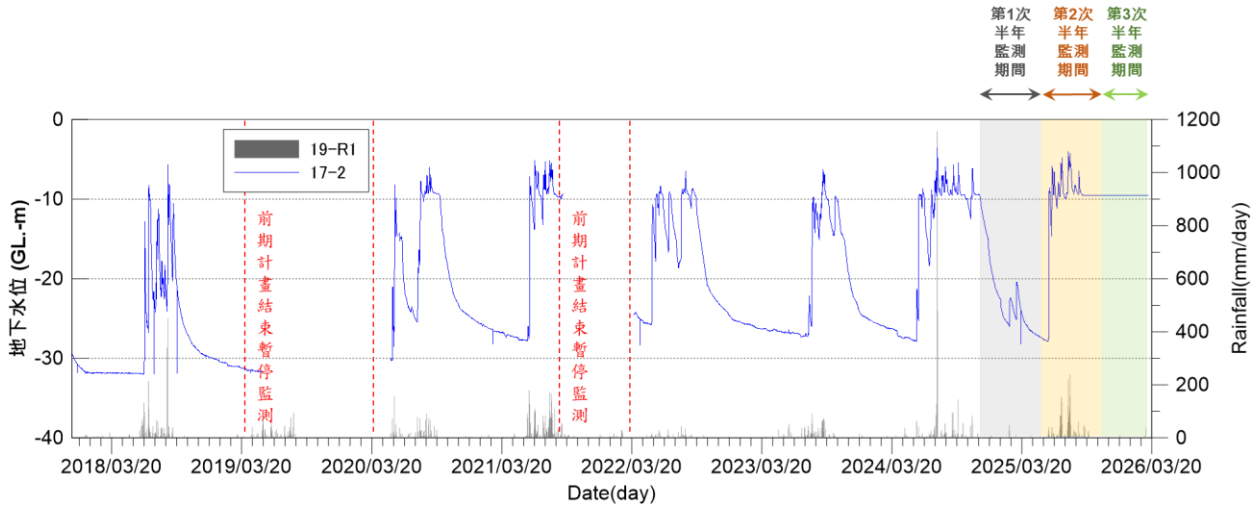


圖 3-84、175 線 25K+410 路段 D-17-2 自記式水壓計監測成果

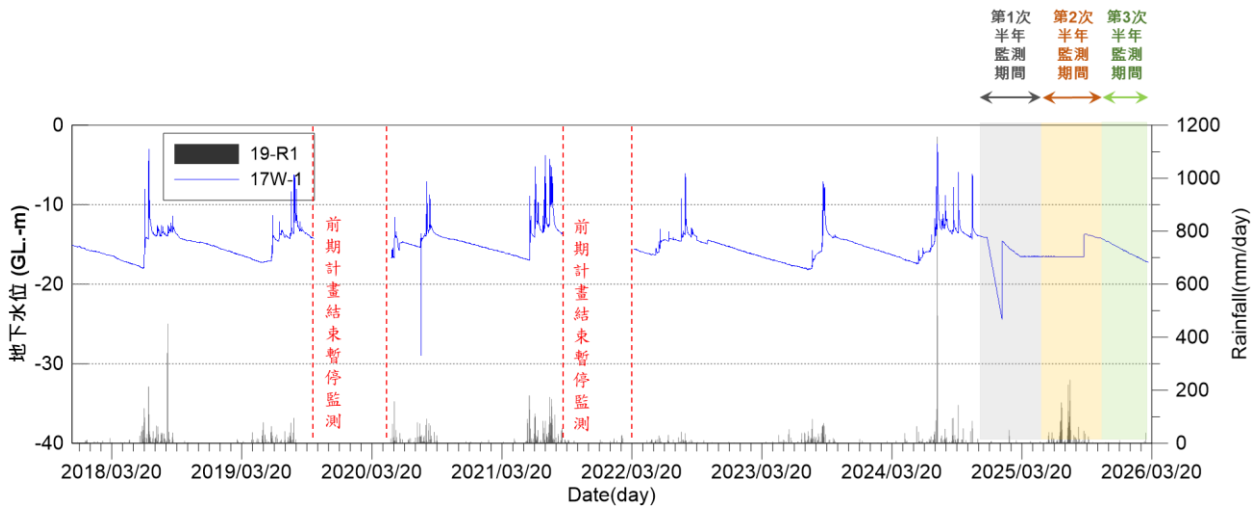


圖 3-85、175 線 25K+410 路段 D-17W-1 自記式水壓計監測成果

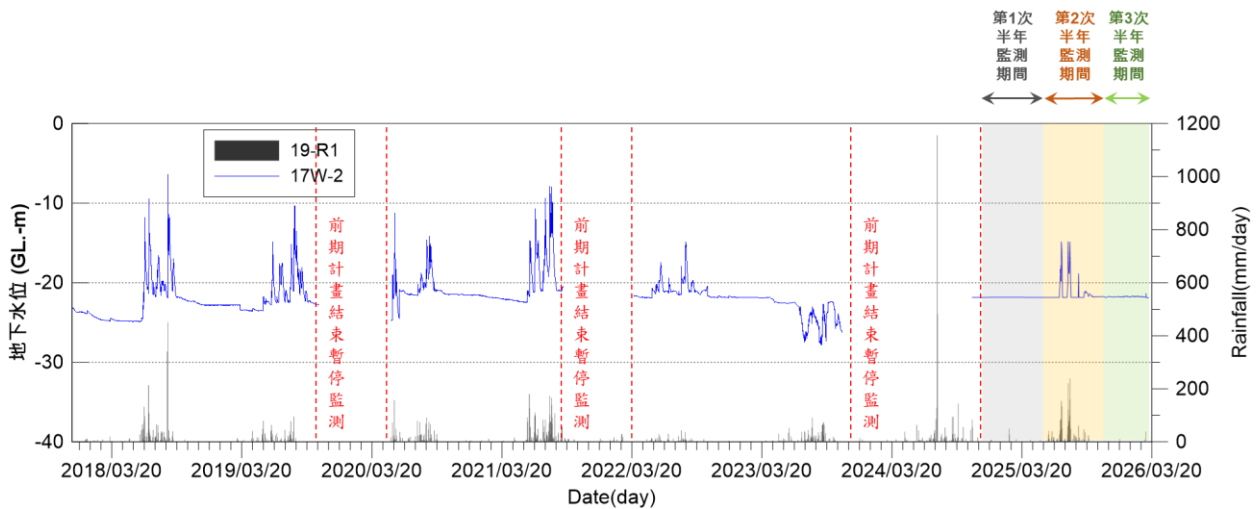


圖 3-86、175 線 25K+410 路段 D-17W-2 自記式水壓計監測成果

(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 3-87~圖 3-88 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，無明顯變化。

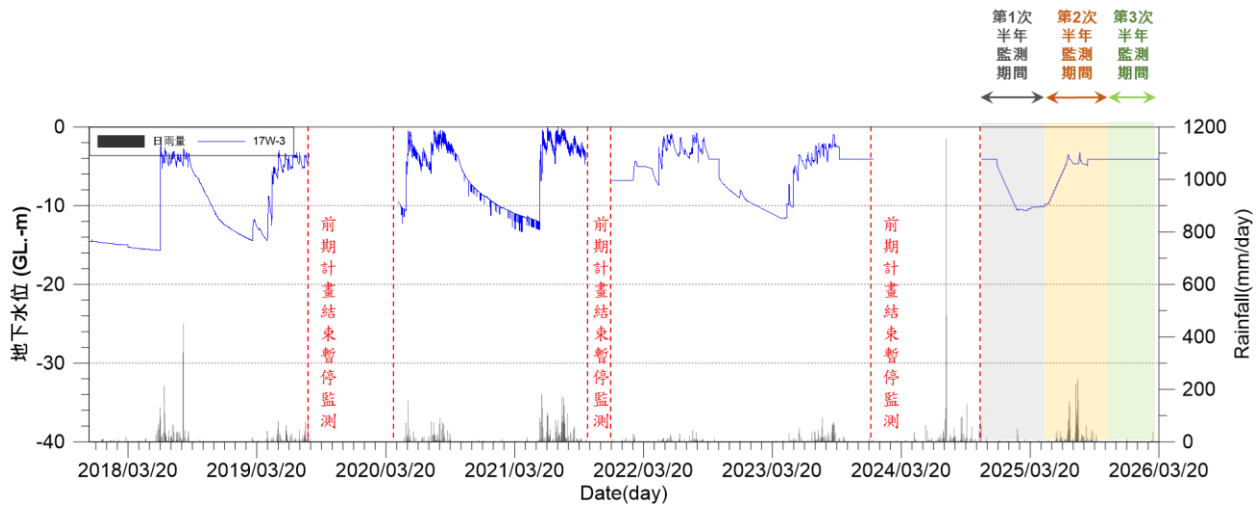


圖 3-87、175 線 25K+410 路段 D-17W-3 電子式水壓計監測成果

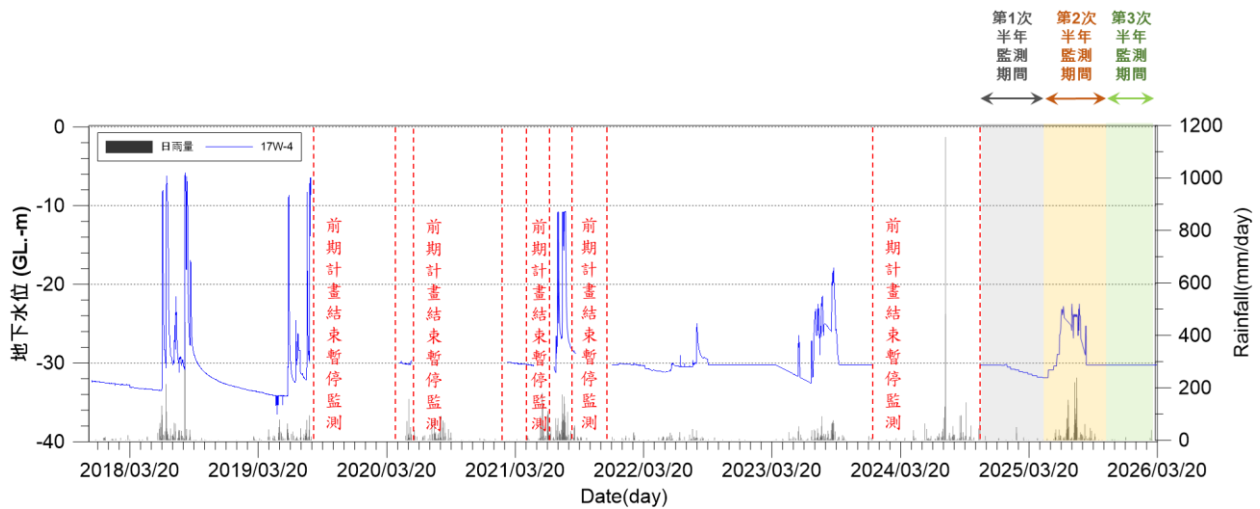


圖 3-88、175 線 25K+410 路段 D-17W-4 電子式水壓計監測成果

(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 3-89~圖 3-90 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，降雨量較少，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。

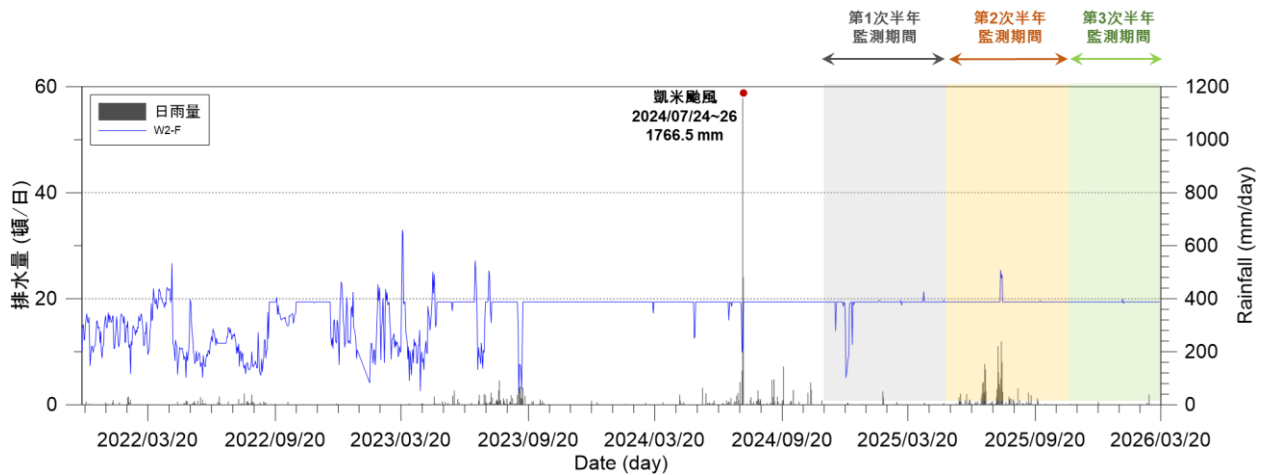


圖 3-89、175 線 25K+410 路段 D-W2-F 流量計監測成果

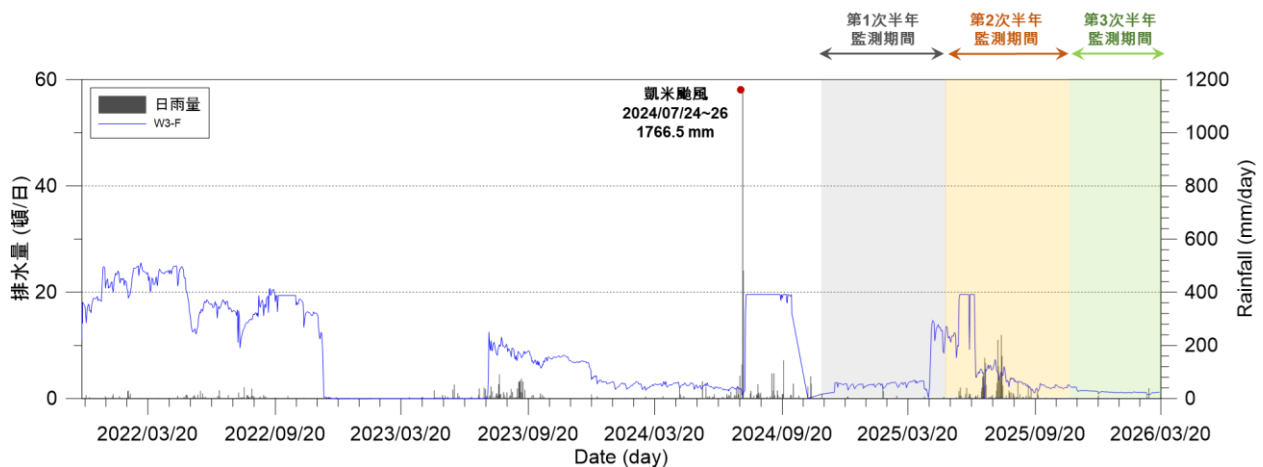


圖 3-90、175 線 25K+410 路段 D-W3-F 流量計監測成果

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 3-91~圖 3-92 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；TI-2，於本次監測期間略有 200 秒傾斜量產生；位於道路下邊坡之 TI17-2，於本次監測期間略有 224 秒傾斜量產生，後續將持續監測。

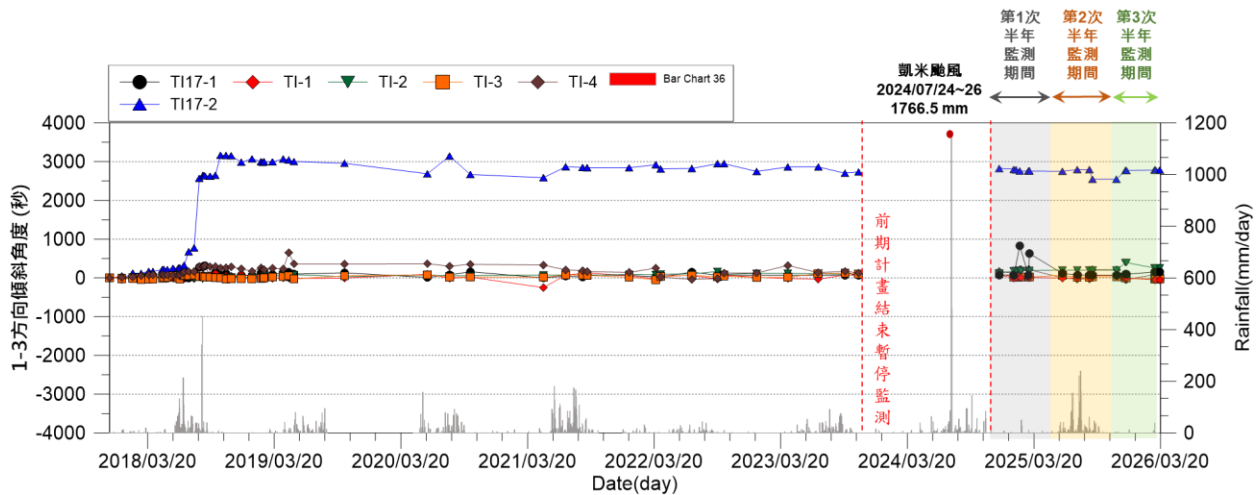


圖 3-91、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(1-3 向)

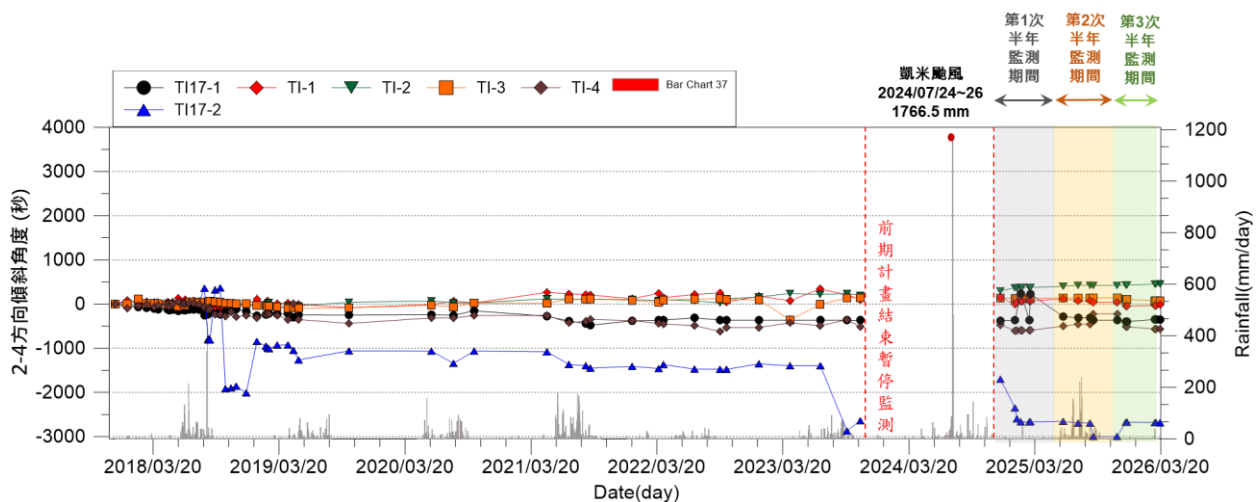


圖 3-92、175 線 25K+410 路段結構物傾度盤監測成果(2-4 向)

(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 3-93 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 130 秒傾斜量，後續將持續追蹤其穩定性。

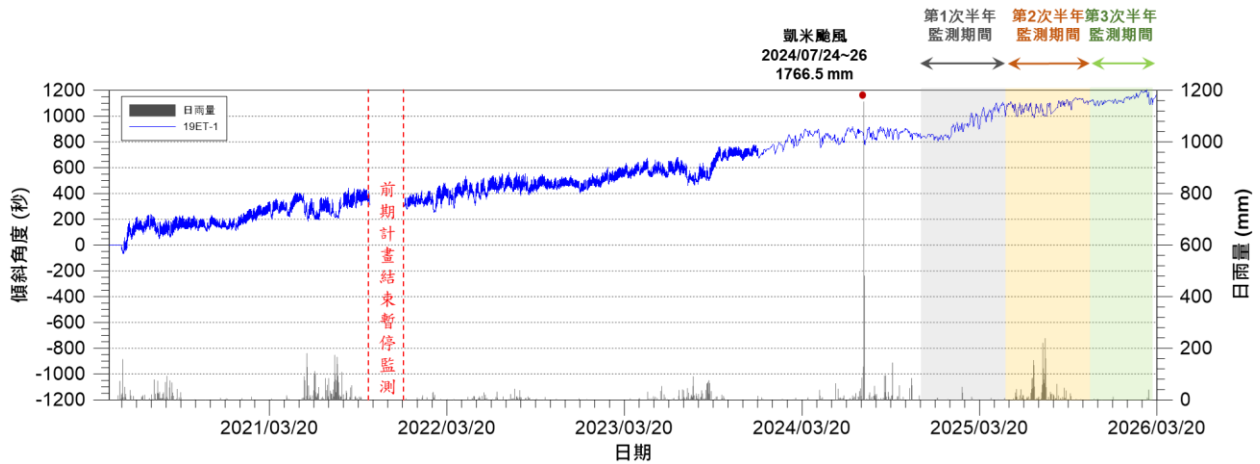


圖 3-93、175 線 25K+410 路段 D-19ET-1 電子式結構物傾斜計監測成果

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。由於民國 110 年間，有孔位 (D-18-1) 受到工程擾動影響 (如圖 3-97(a))，為了能夠更好的觀測工區內各塊體位移量以及數據的統一性，將此 8 孔位數據起始時間設定在 2022 年 1 月 7 日，以比較相同期間的位移量以及位移速率。監測成果請詳表 3-15 以及圖 3-94~圖 3-101 所示。

表 3-15、175 線 25K+410 路段傾斜觀測管孔口累積位移量總表

編號	地表總累積位移量 註：+A 方向朝向下邊坡				位移速率 (cm/月)		位移趨勢 研判
	A 方向 (cm)	B 方向 (cm)	合位移量 (cm)	位移 方位角 (°)	本次 監測期間 114/11~115/3	總監測 期間	
D-17-1 (60m)	1.99	0.51	2.06	307	0.05	0.04	△
D-17-2 (60m)	6.18	2.11	6.53	325	0.06	0.13	△
D-17-3 (50m)	2.01	0.28	2.02	306	0.03	0.04	△
D-18-1 (20m)	0.72	0.08	0.72	338	0.05	0.01	×
D-18-2 (30m)	3.19	-0.32	3.20	293	0.02	0.06	△
D-18-3 (30m)	3.43	-0.62	3.49	299	0.03	0.07	△
D-BI-1 (80m)	5.85	-0.70	5.89	310	0.06	0.12	△
D-DI-1 (30m)	0.75	-0.89	1.16	256	0.08	0.02	△

註：「○：已有明確趨勢 △：略有趨勢 ×：尚無明顯趨勢」。

傾斜觀測管 D-17-1(60m) 主要為掌握 N2 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-94 所示。該孔於 113 年年底以後，在深度約 0~40m 位置監測數據，其位移量緩慢增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 1.99cm (A+) 以及 0.51cm (B+)，並且合位移角度朝下邊坡方向 (方位角 307°)，研判主要受 N2 塊體影響所致且接近塊體冠部位置，相較於本工區其他點位位移量較小，後續將持續監測追蹤。

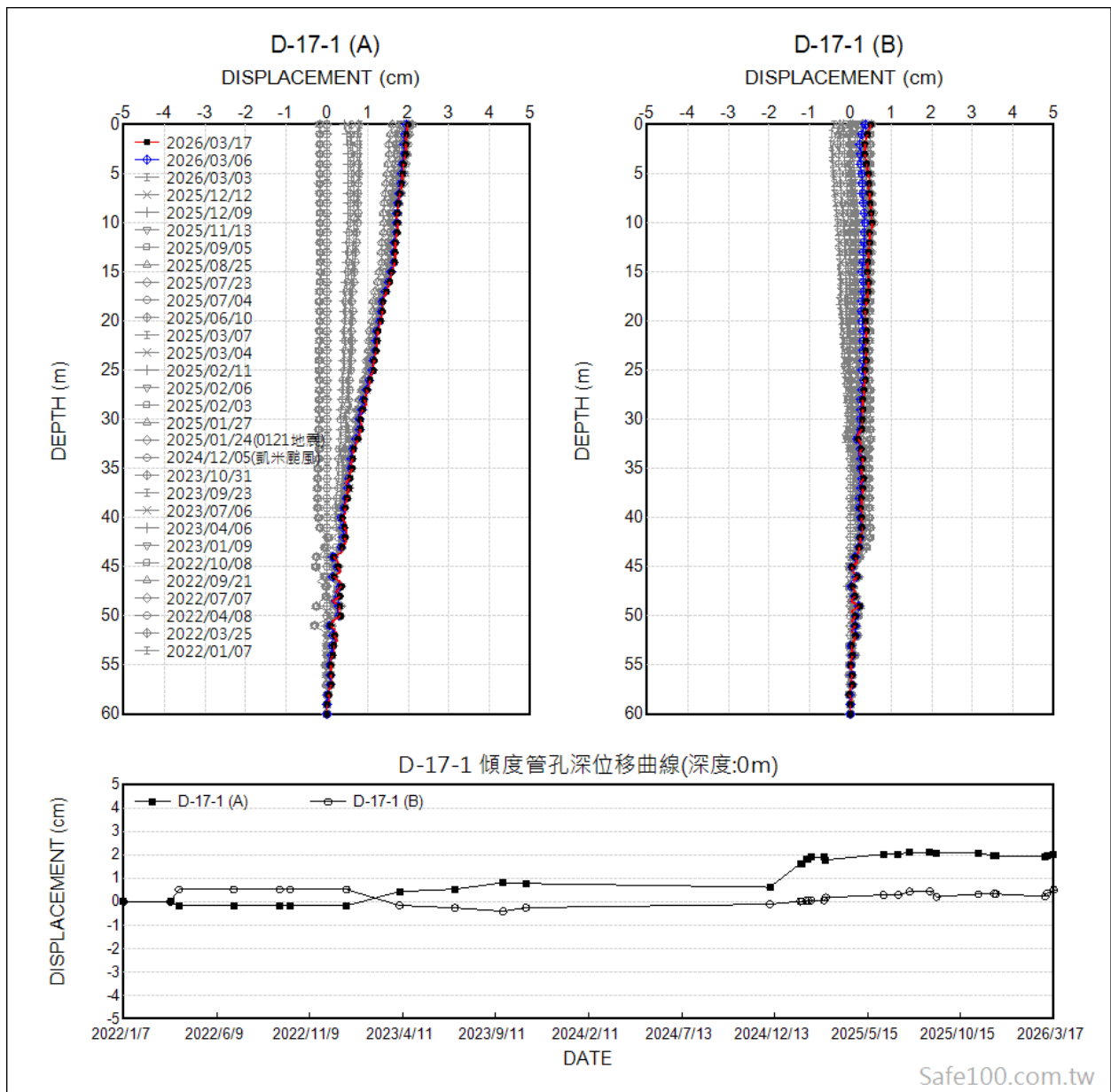


圖 3-94、175 線 25K+410 路段 D-17-1 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 D-17-2(60m) 主要為掌握 N2 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-95 所示。該孔於 113 年年底左右，在深度約 0~55m 位置，其位移量大為增加，往下邊坡滑動，後續仍持續滑動但速度明顯趨緩，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 6.18cm (A+) 以及 2.11cm (B+)，並且合位移角度朝下邊坡方向（方位角 325°），研判主要受連續地震影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

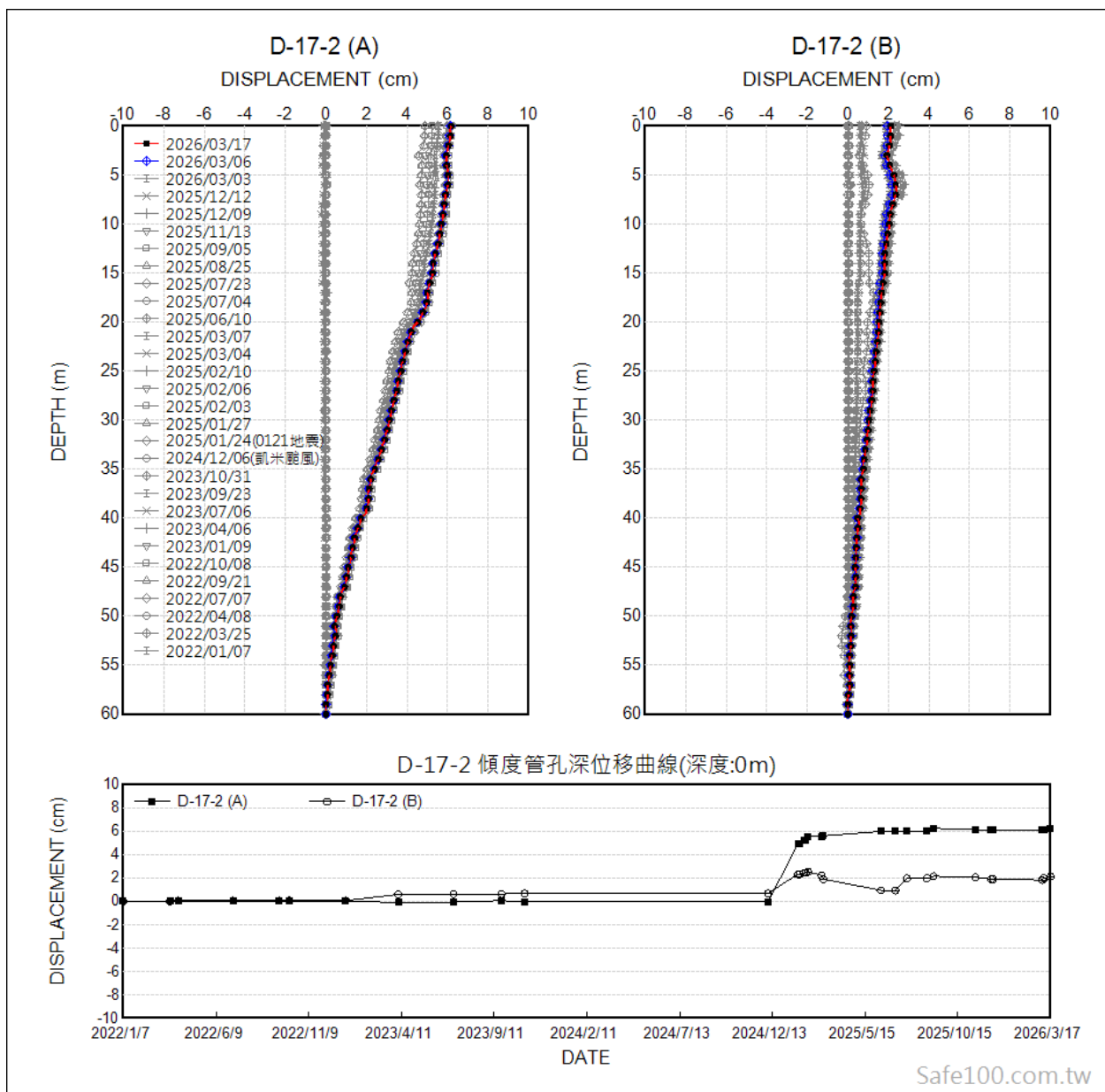


圖 3-95、175 線 25K+410 路段 D-17-2 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 D-17-3(50m) 主要為掌握 N2 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-96 所示。該孔於 113 年年底以後，在深度約 0~45m 位置監測數據，其位移量逐漸增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 2.01cm (A+) 以及 0.28cm (B+)，並且合位移角度朝下邊坡方向 (方位角 306°)，研判主要受當時連續地震影響所致，後續滑動速率趨緩，後續將持續監測追蹤。

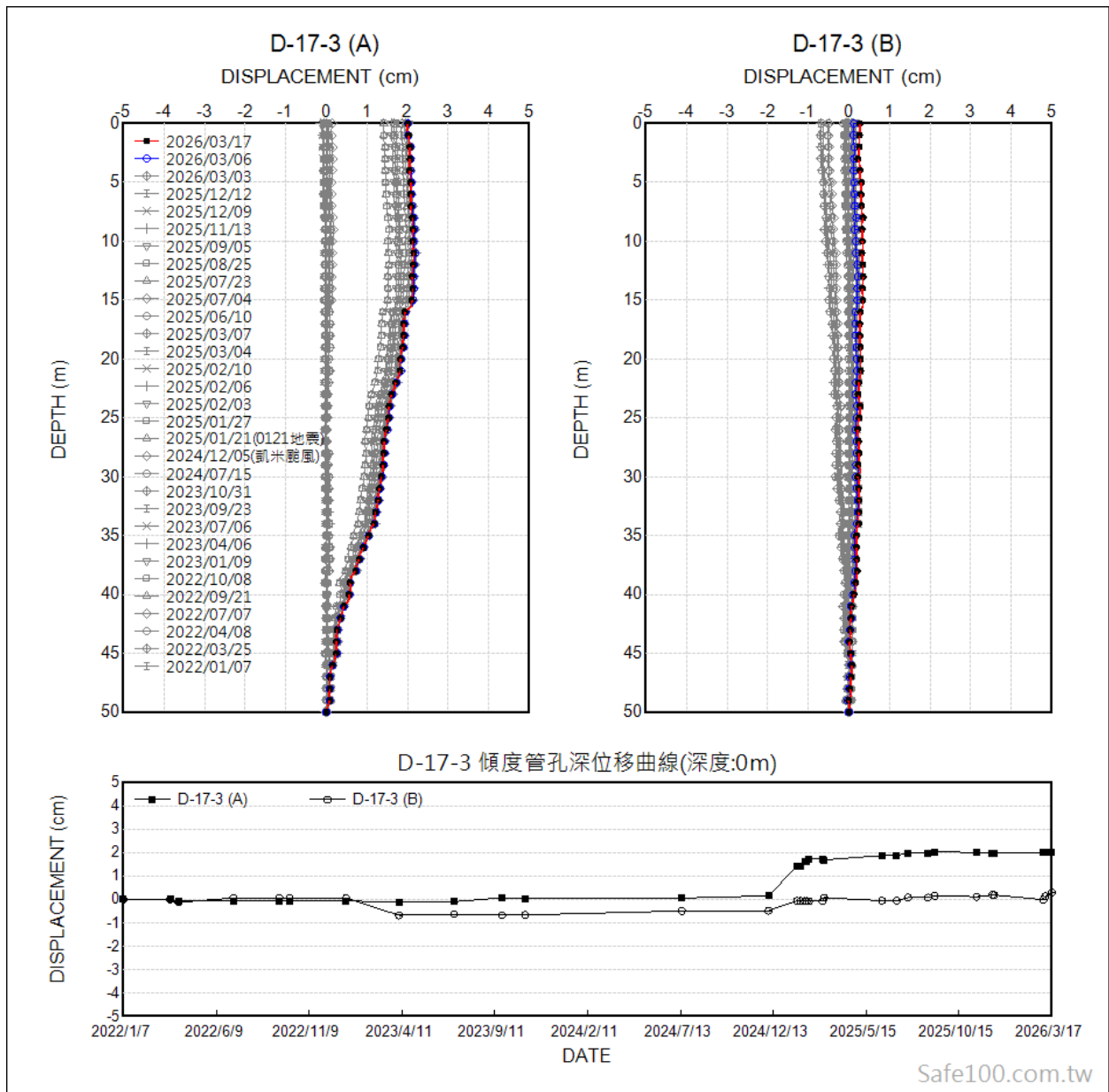
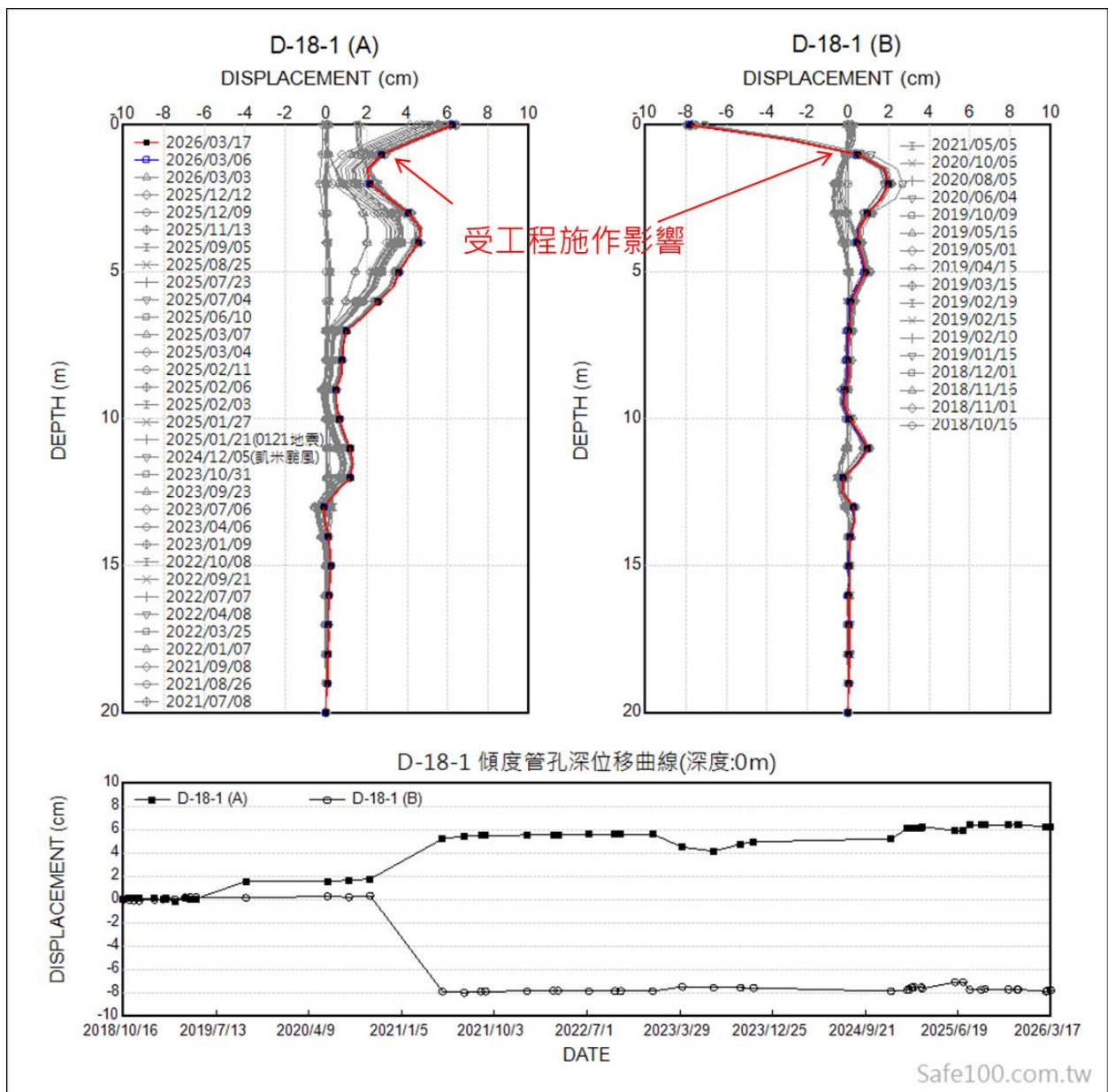


圖 3-96、175 線 25K+410 路段 D-17-3 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 D-18-1(20m) 主要為掌握 N1 以及 N1-1 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-97 所示。該孔於 110 年年底因工程擾動導致傾斜管受影響，孔口位置大幅度位移（如圖 3-99(a) 所示）。工程擾動後的傾斜管數據詳圖 3-99(b)，至本次監測最新成果，其孔口位移量累積 0.72cm (A+) 以及 0.08cm (B+)，並且合位移角度朝下邊坡方向（方位角 338°），至 110 年後無明顯位移情形，後續將持續監測追蹤。

(a) 數據自 2018/10/15~至今



(b) 數據自 2022/01/07~至今 (工程擾動後)

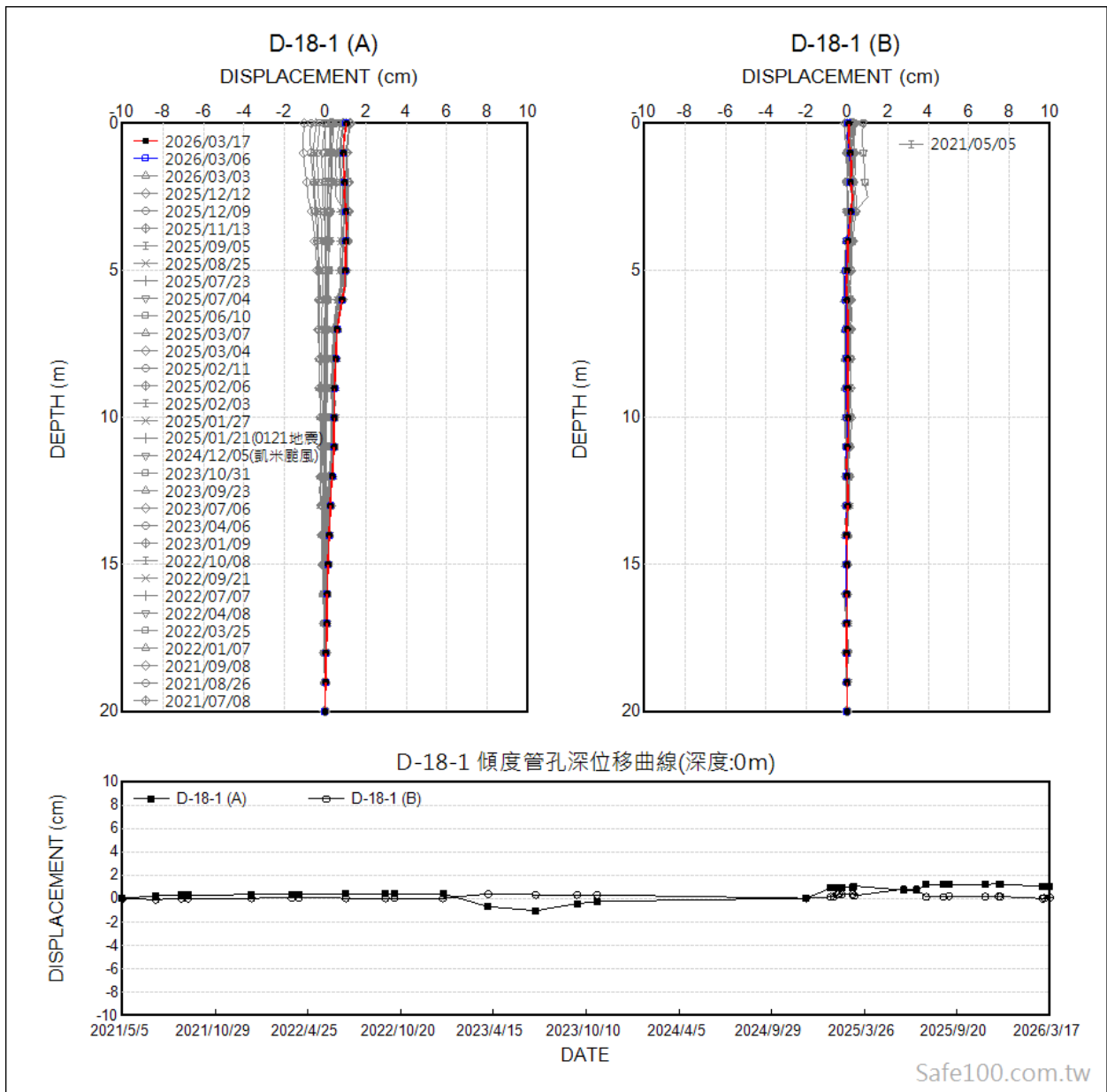


圖 3-97、175 線 25K+410 路段 D-18-1 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 D-18-2(30m) 主要為掌握 N1 以及 N1-1 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-98 所示。在監測期間，位於深度 7~8m 以及 15~17m 兩處監測數據有明顯向下邊坡位移情形，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 3.19cm (A+) 以及 0.32cm (B-)，並且合位移角度朝下邊坡方向（方位角 293°），研判主要受 N1 以及 N1-1 塊體影響所致，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

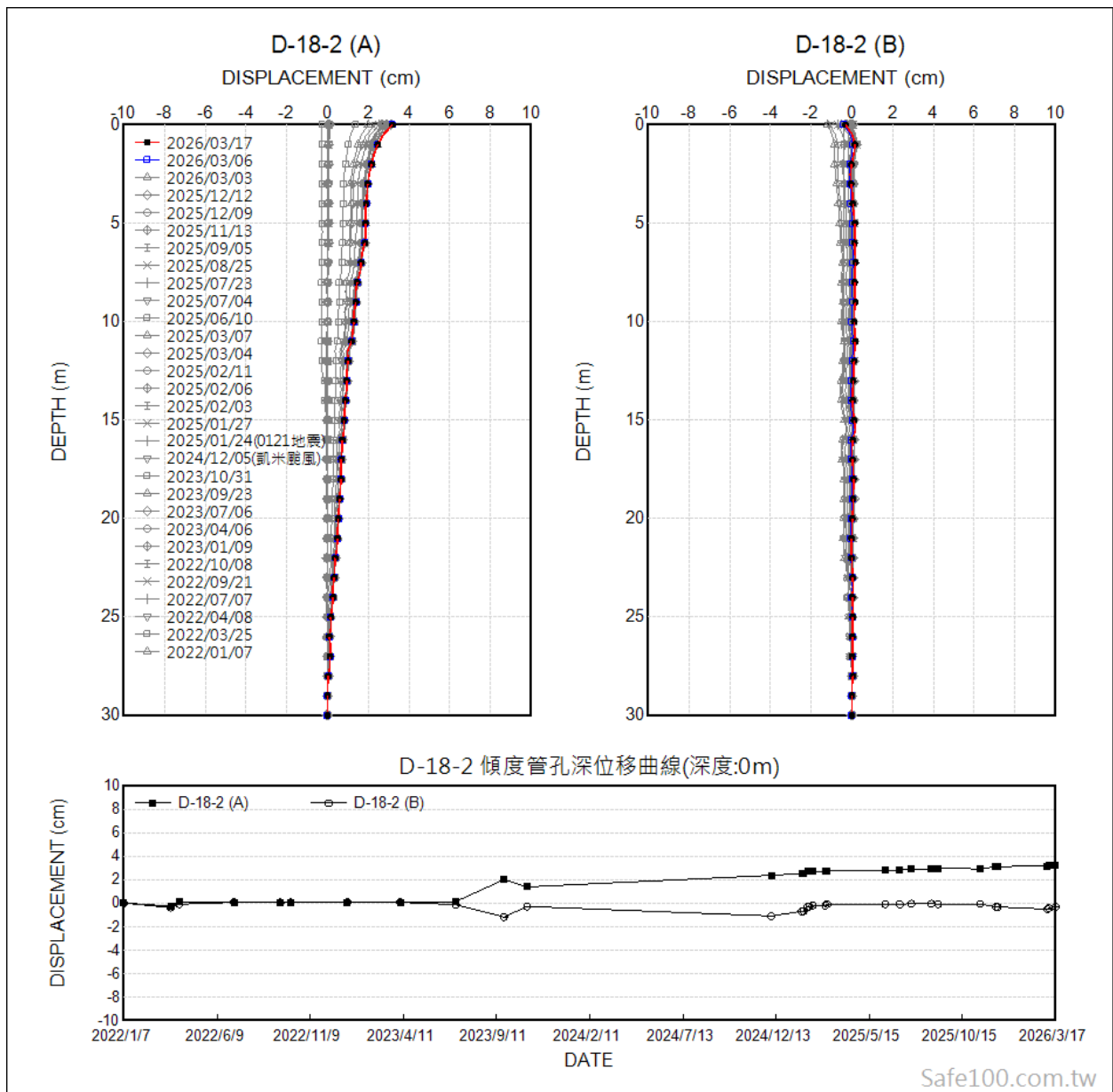


圖 3-98、175 線 25K+410 路段 D-18-2 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 D-18-3(30m) 主要為掌握 N1 以及 N1-1 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-99 所示。該孔於 113 年年底以後，各深度位置監測數據，其位移量皆緩慢增幅，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 3.43cm (A+) 以及 0.62cm (B-)，並且合位移角度朝下邊坡方向 (方位角 299°)，研判主要受當時連續地震影響所致，另外，在深度約 2~8m 處有明顯向下邊坡位移產生，推估可能受 N1 塊體影響，此外，因本次監測期間為非汛期，位移速率相較於總監測期間較緩，後續將持續監測追蹤。

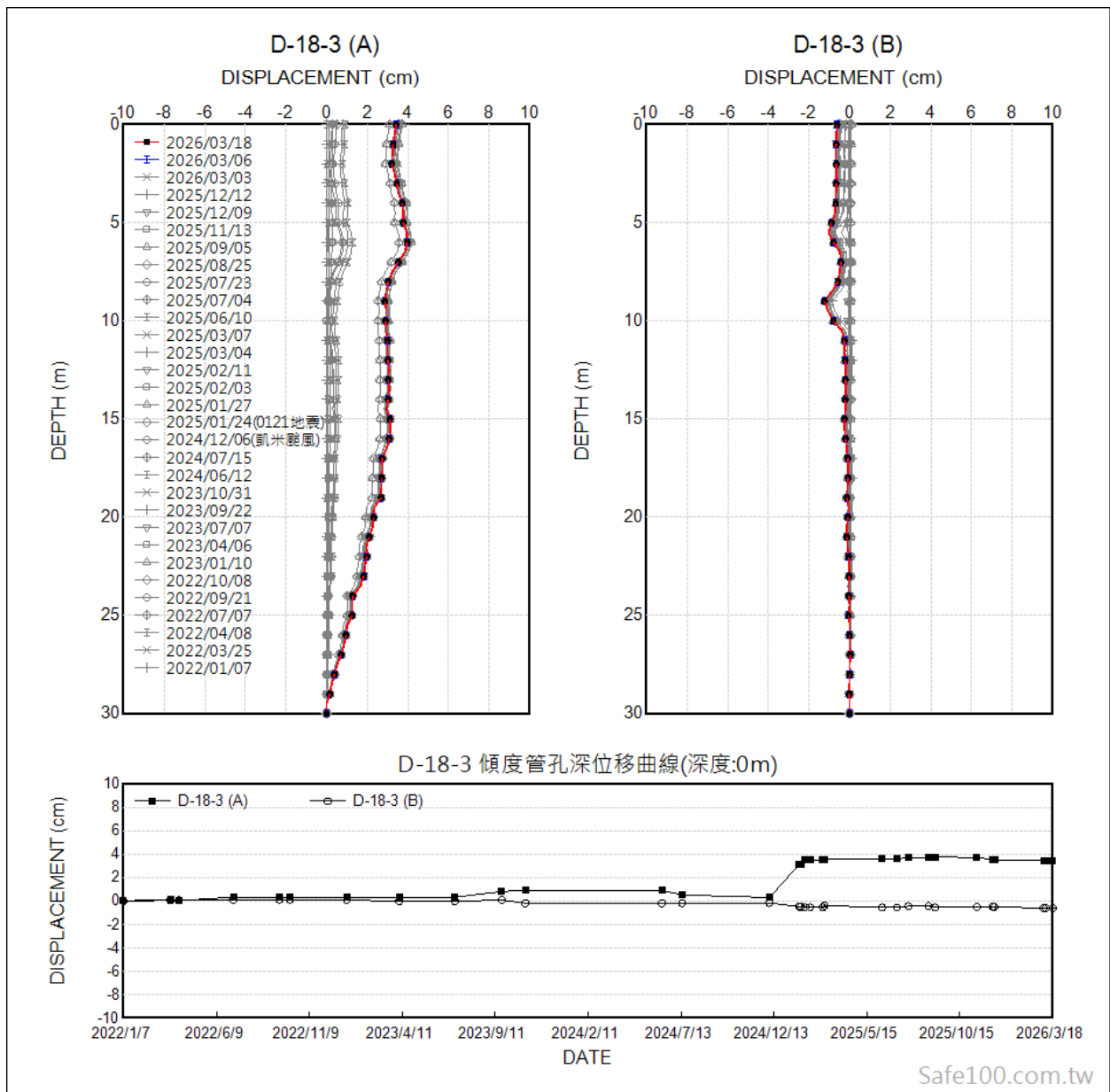


圖 3-99、175 線 25K+410 路段 D-18-3 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 D-BI-1(80m)主要為掌握 N2 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-100 所示。該孔於 114 年年初，在深度約 0~60m 位置監測數據，受當時連續地震影響，其各深度位移量大幅度增加，地震後至今位移量增幅速率減緩，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 5.85cm(A+)以及 0.70cm (B-)，並且合位移角度朝下邊坡方向（方位角 310°），後續將持續監測追蹤。

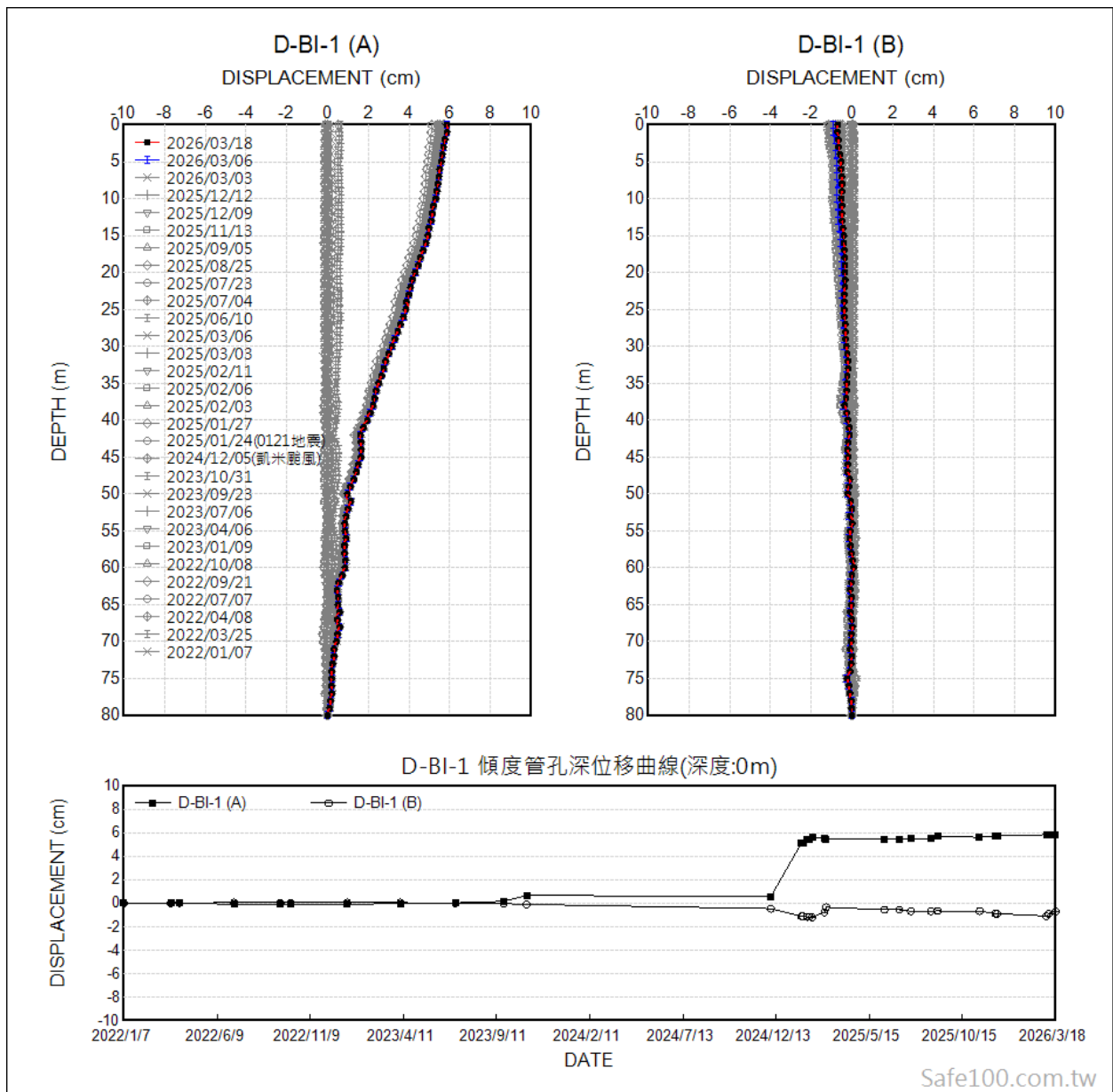


圖 3-100、175 線 25K+410 路段 D-BI-1 傾斜觀測管監測成果

傾斜觀測管 D-DI-1(30m) 主要為掌握 N1 以及 N1-1 滑動塊體方向以及穩定性，監測成果如圖 3-101 所示。該本次監測期間，在各深度位移量變動不大，至本次監測最新成果，其孔口位移量已累積 0.75cm (A+) 以及 0.89cm (B-)，並且合位移角度朝下邊坡方向（方位角 256°），研判主要受 N2 塊體影響所致，後續將持續監測追蹤。

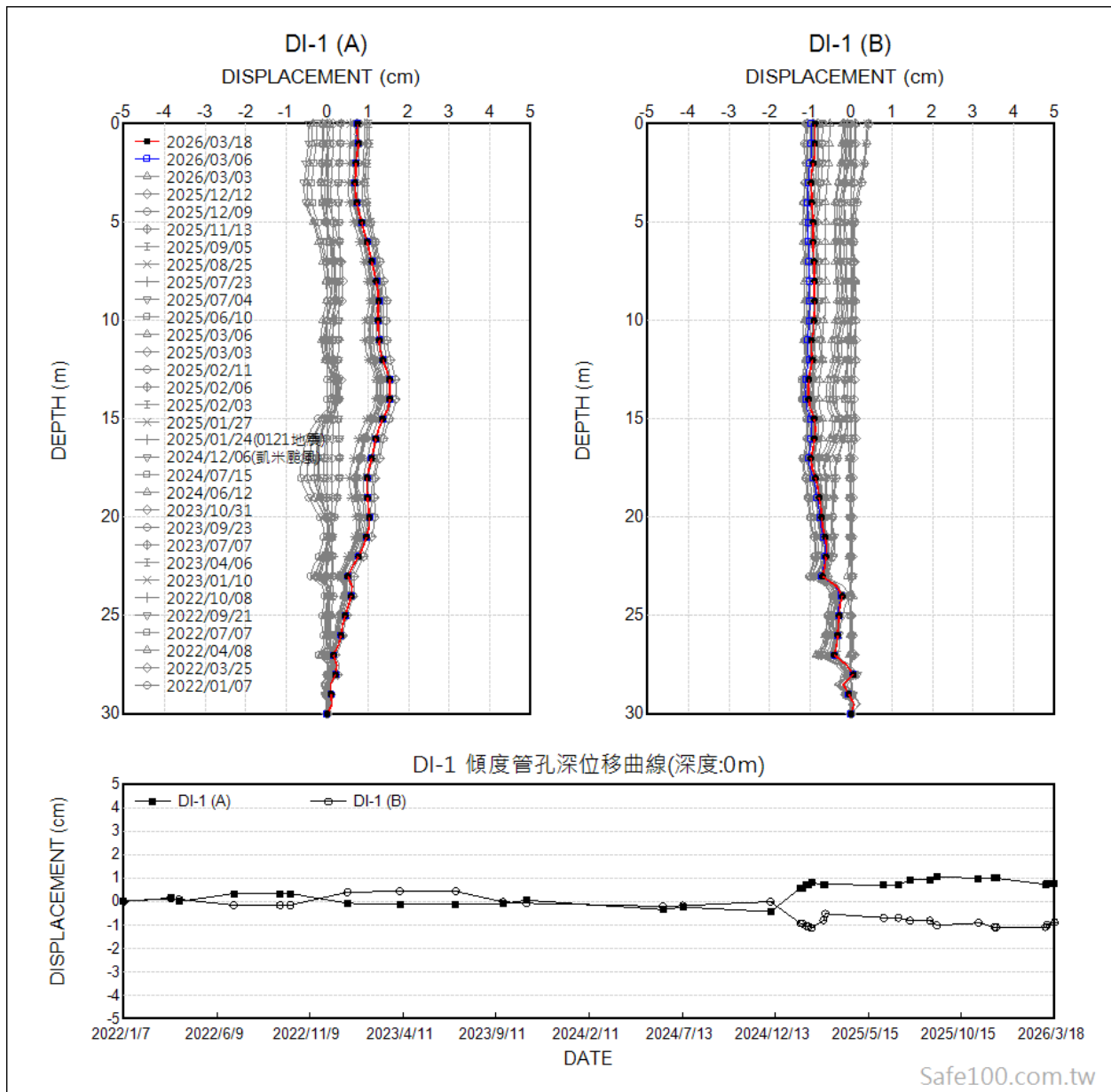


圖 3-101、175 線 25K+410 路段 D-DI-1 傾斜觀測管監測成果

綜上所述，本工區傾斜管整體邊坡受 113 年 1 月連續地震影響最大，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。

(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 3-102~圖 3-103 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 位移量些微降低；19EV-1 於 114 年 6-7 月汛期期間略有伸長情形，而本次非汛期期間無明顯變化。

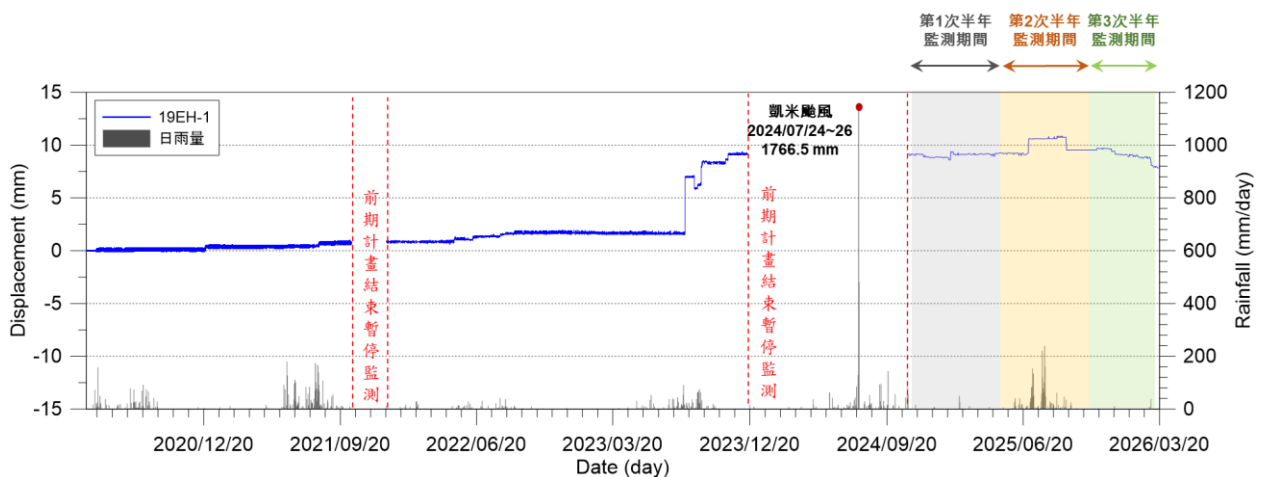


圖 3-102、175 線 25K+410 路段 D-19EH-1 孔內伸縮計監測成果

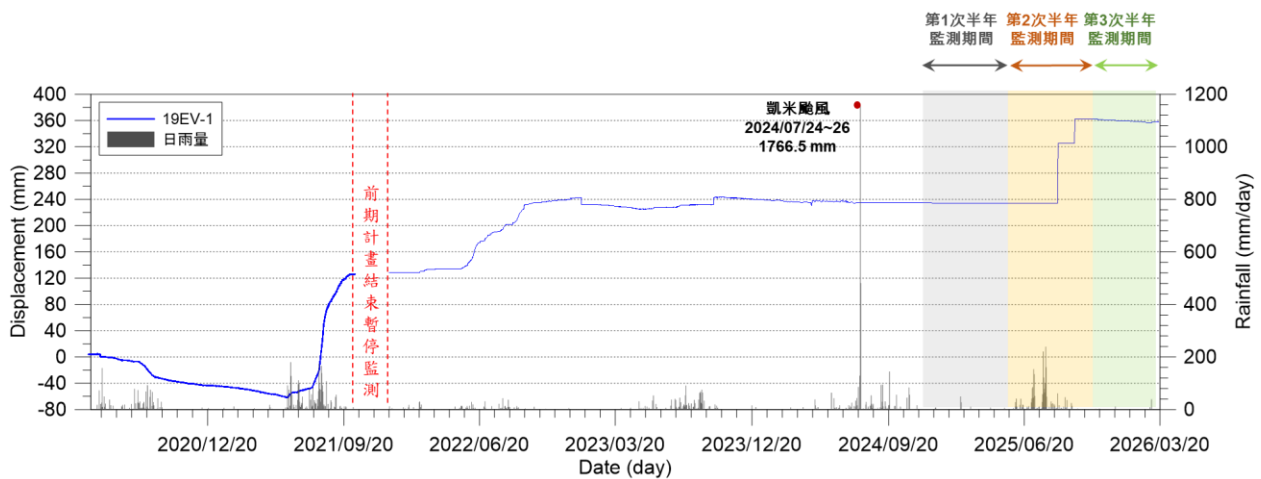


圖 3-103、175 線 25K+410 路段 D-19EV-1 孔內伸縮計監測成果

(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 3-104~圖 3-110 所示。前期監測期間，各組地錨荷重計預力介於 45~50 噸，L17-2 預力有持續降損情形，本次監測期間數值趨於穩定，無明顯變化；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，本次監測期間略為降低；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；D-19L-7 於本次監測期間初始數據有些微浮動，後續又趨於穩定。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。

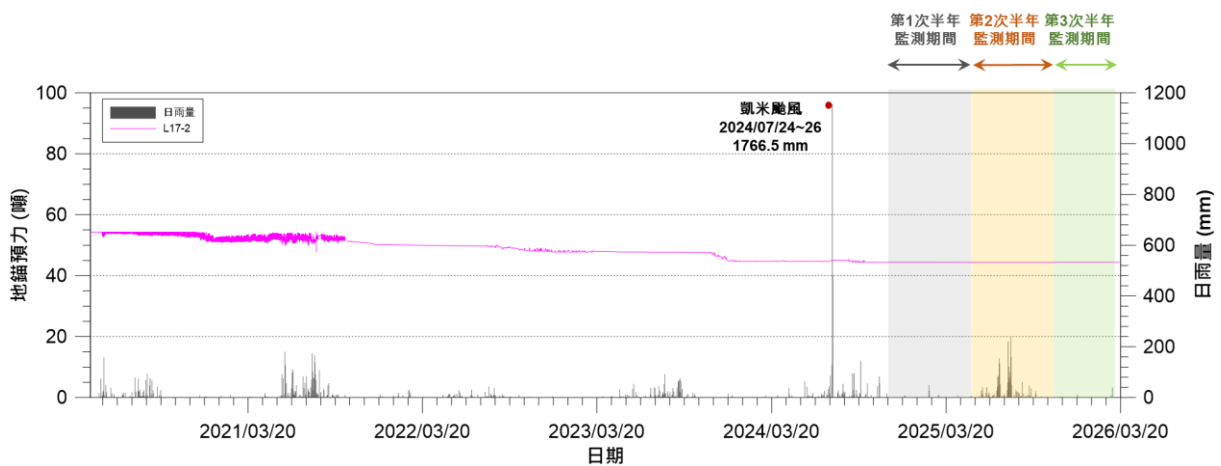


圖 3-104、175 線 25K+410 路段 D-L17-2 地錨荷重計監測成果

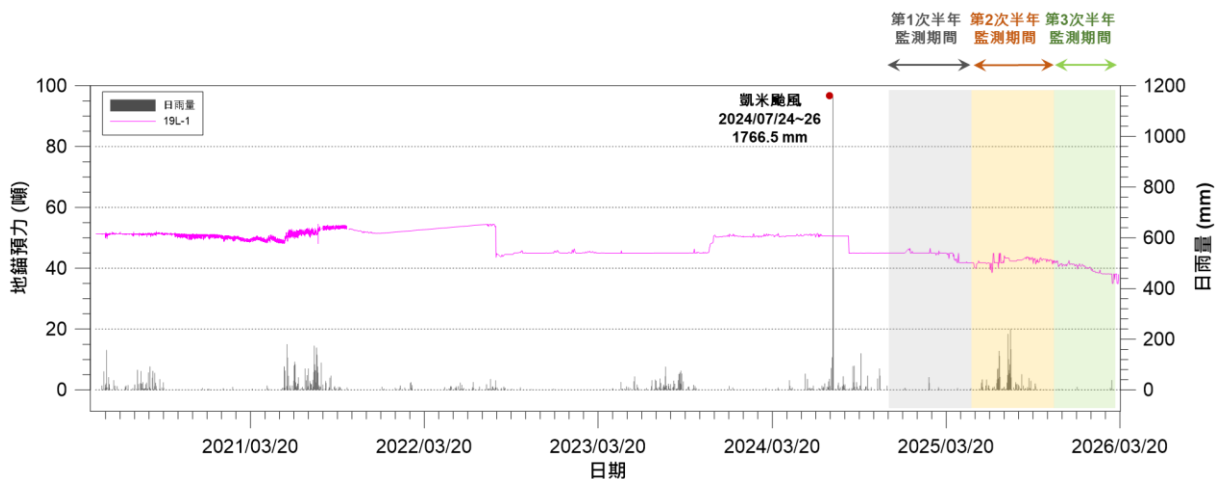


圖 3-105、175 線 25K+410 路段 D-19L-1 地錨荷重計監測成果

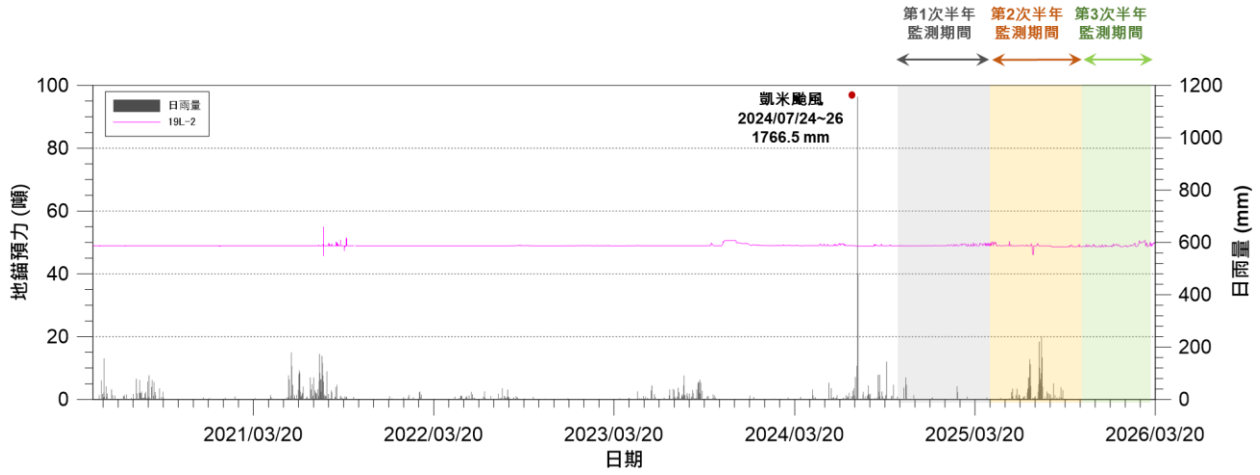


圖 3-106、175 線 25K+410 路段 D-19L-2 地錨荷重計監測成果

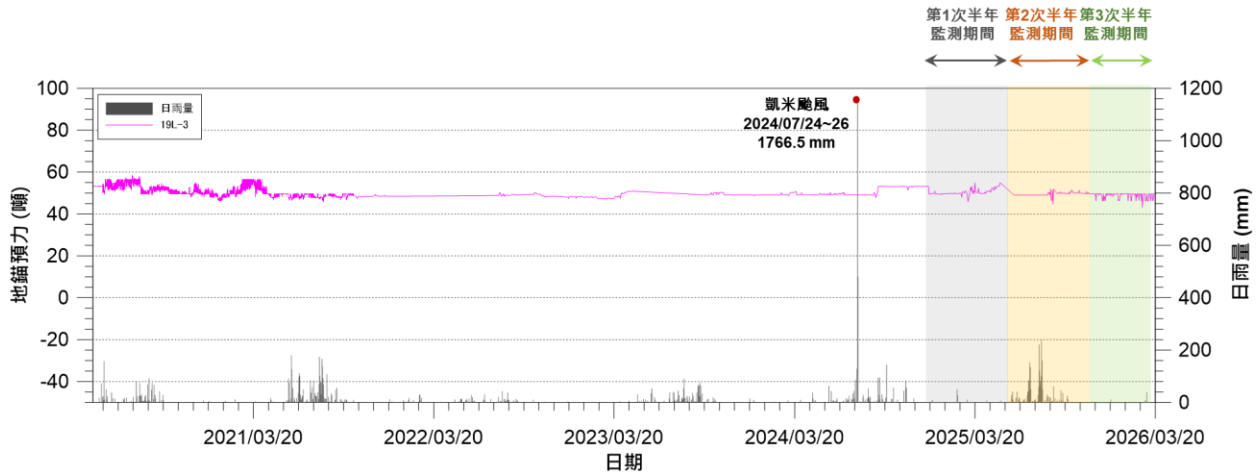


圖 3-107、175 線 25K+410 路段 D-19L-3 地錨荷重計監測成果

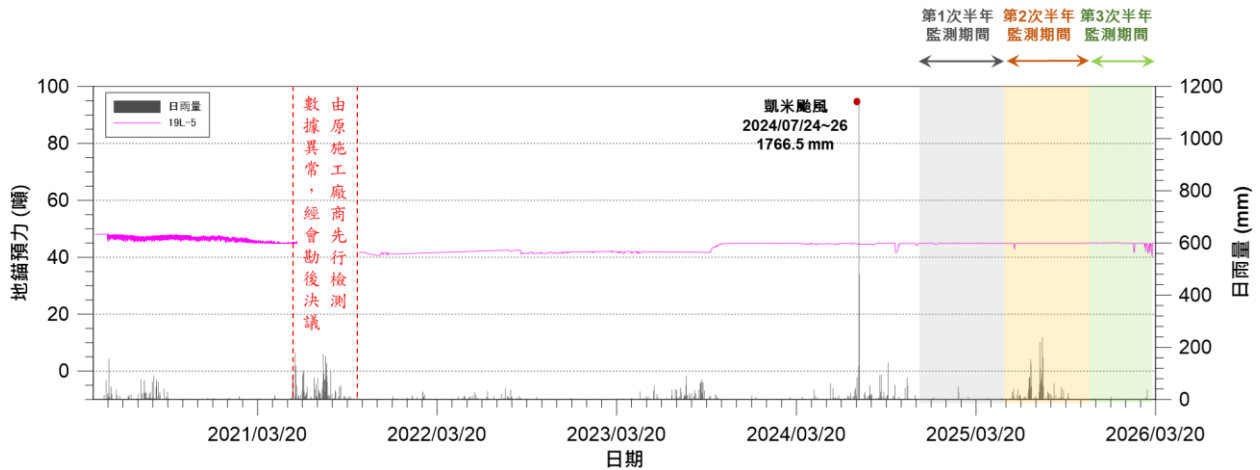


圖 3-108、175 線 25K+410 路段 D-19L-5 地錨荷重計監測成果

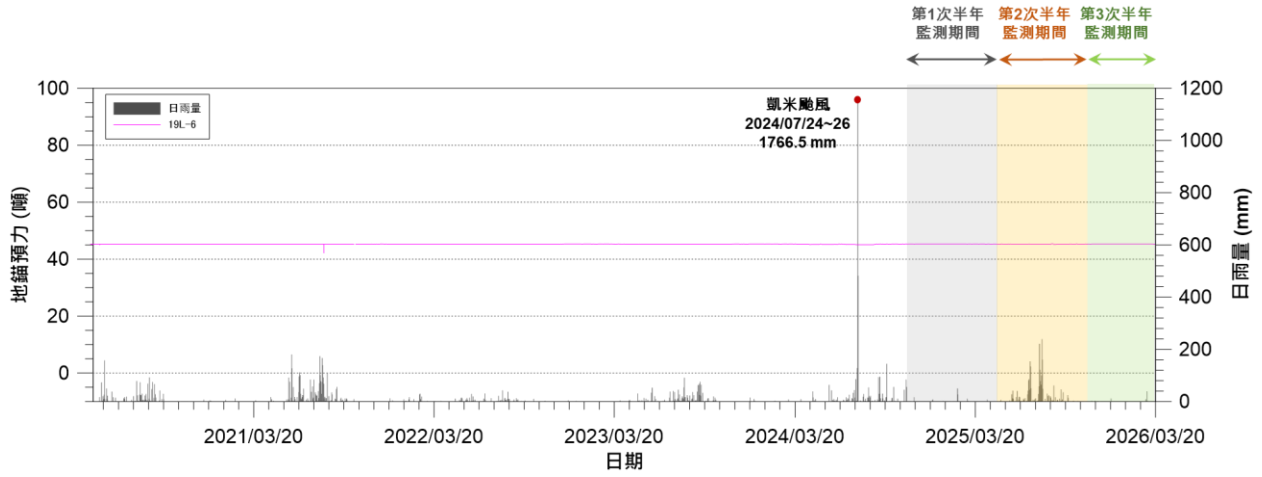


圖 3-109、175 線 25K+410 路段 D-19L-6 地錨荷重計監測成果

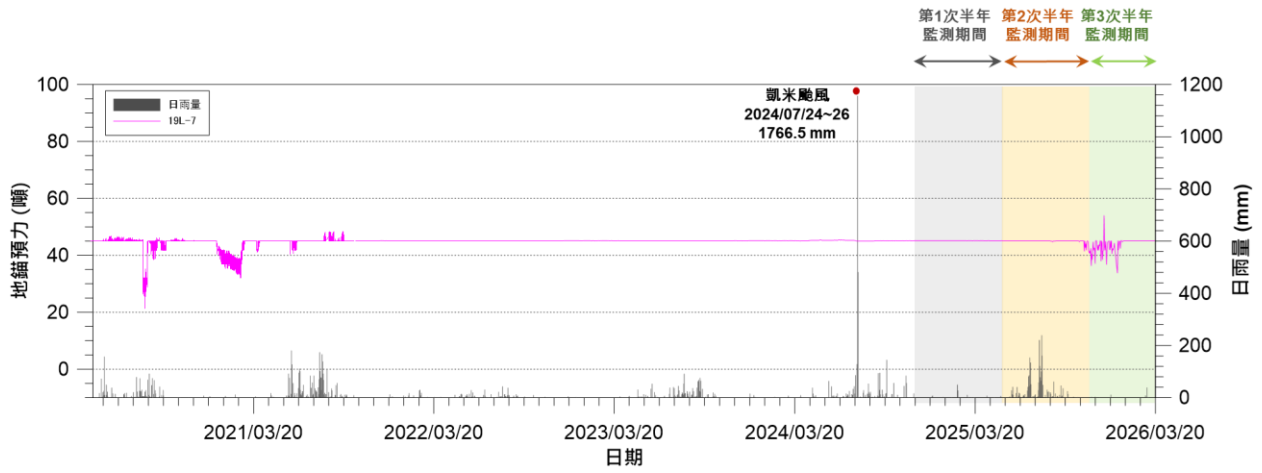


圖 3-110、175 線 25K+410 路段 D-19L-7 地錨荷重計監測成果

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、114 年丹娜絲颱風及汛期降雨事件，滑動塊體皆無明顯滑動增量，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；114 年 1~2 月連續地震事件，導致多孔傾斜觀測管有朝下邊坡明顯位移趨勢(圖 3-111)，長期是否影響排樁擋土牆之穩定性，後續持續監測掌握其穩定情形。

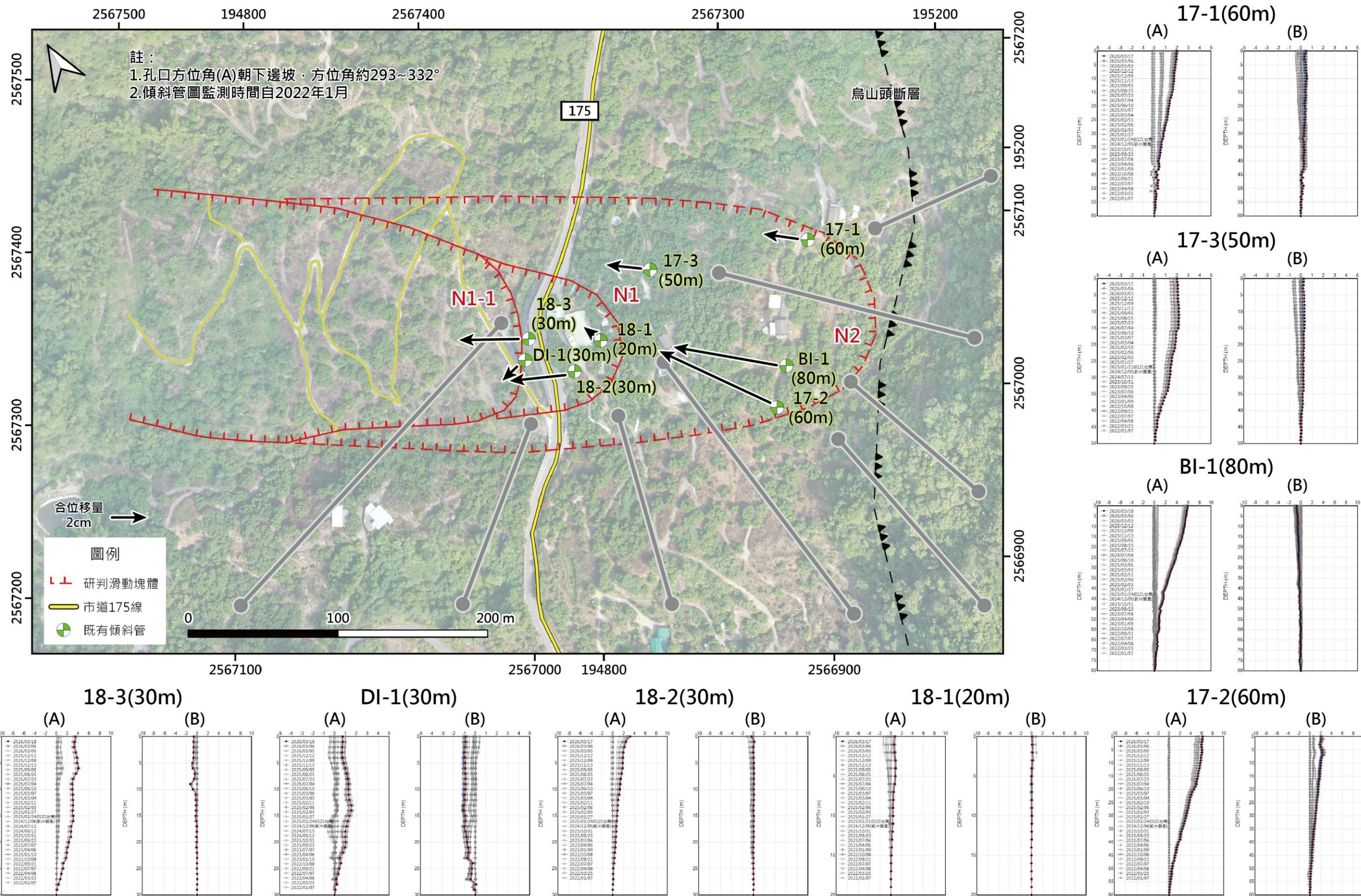


圖 3-111、175 線 25K+410 路段孔口合位移量圖(監測期間自 111 年 1 月~115 年 3 月)

3.4.5 滑動規模及機制研判

本公司於民國 106 年~迄今進行相關調查及監測工作，以地形與地表徵兆、地質探查及長期監測成果，綜合研判本路段之潛在滑動塊體，如表 3-16 所示。本路段可劃分為 N1、N1-1 及 N2 三個潛在滑動塊體，其中 N2 滑動塊體係為地形所推估之滑動塊體，現況監測尚無明顯位移變化，而相對較活潑之 N1 及 N1-1 滑動塊體，係為主要影響本路段安全之關鍵。為確保道路安全，近年已針對掌握滑動深度之 N1 塊體，進行補強整治工程，惟下方之 N1-1 塊體仍持續滑動中。其針對各滑動塊體研判說明如下：

一、N2 滑動塊體

為依地形推估之潛在滑動塊體，其兩側侵蝕溝已有完整發育，由傾斜觀測管成果顯示，除 114 年 0121 大埔地震略有位移，其餘時間未有明顯滑動現象。

二、N1、N1-1 滑動塊體

前期監測期間滑動塊體甚為活潑，本路段道路位於 N1 塊體頭部，其為主要影響道路安全之滑動塊體，為確保道路安全，公路單位於路基下方施作擋土排樁，而 N1-1 係為受道路路基排樁所切割之塊體，排樁以下之滑動區域內之傾斜管皆有明顯滑動，滑動面趾部則出露在溪岸上方邊坡。民國 113 年 7 月凱米颱風降雨事件，於本路段上邊坡 110 年完成之 2 座大口徑集水井，已發揮降除導排源頭上邊坡地下水成效，加上 113 年完成路基排樁補強，與改善下邊坡地表排水情形下，現階段排樁以上之道路及上邊坡大致呈現穩定情形。惟排樁下邊坡 N1-1 持續有向下邊坡滑動。

表 3-16、175 線 25K+410 各滑動塊體表徵及活動性初步研判

滑動塊體	邊坡不穩定表徵				滑動深度 (m)	近期邊坡活動性
	崩崖地形	暫置材堆積	道路或構造物開裂	滲水及蝕溝		
N1 (潛在)	V	-	-	V	整治後無明顯滑動	△
N1-1 (確定)	V	V	V	V	20	◎
N2 (潛在)	-	V	-	-	無明顯滑動	X

◎：近期活動性極為活躍，邊坡已發生崩塌

△：近期活動性不明確

X：近期活動性無

由監測結果顯示，乾季期間道路下方擋土排樁為穩定狀態，而汛期 6~9 月則有明顯降雨，其上邊坡地下水位上升快速，升降幅度約 10~25m，期間亦使擋土排樁向下邊坡持續位移，顯示上邊坡地下水位升高，產生對擋土排樁之額外水壓力，致使擋土排樁不穩定。經第 1~2 期改善工程後，上邊坡及路基排樁已有效降除地下水及提升路基穩定性，而排樁下邊坡則持續有滑動現象，主要為 N1-1 塊體於泥岩面產生滑動。綜合研判可能滑動機制說明如下：

- (一)地質條件差：**本路段為典型古崩塌地之地形，上邊坡有烏山頭斷層及中坑斷層通過本計畫區附近，地質構造較為複雜，部分泥岩層中有明顯破碎帶，可能為地下水異常快速上昇因素之一。而道路下邊坡地質岩性為泥岩，岩層中可能存在多處剪裂帶(泥)易因泡水致強度持續弱化，而產生滑動。
- (二)地下水豐沛：**本路段下邊坡多處可見地下水自坡面滲出或積水情形，經監測結果顯示，下邊坡地下水位常時即甚高，上邊坡地下水位具有上升快速及上升量大之特性。
- (三)蝕溝侵蝕：**下邊坡仍略有滑動，崩塌區內地下水位高，降雨地表逕流使坡面有多處蝕溝，可能影響局部邊坡之穩定。

3.4.6 整治規劃改善工程

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 月接續第三期整治改善工程，施作第一道北側鑽掘式截水牆，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維護及改善，第四期整治規劃改善工程概述如下，規劃平面如圖 3-112 所示，經費概估詳表 3-17。

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。第三期工程施工過程發現部分鑽掘樁有大量地下水流動情形。第四期將接續於第一道南側施作鑽掘式截水牆，形成截水後分別向南北分流。

二、坡趾壓重

為增加邊坡滑動抵抗力，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、坡面沖蝕溝改善

本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，規劃既有產業道路順應地形施作 L 型截水溝+矮牆，以達局部邊坡穩固及減少地表水沖蝕問題。

表 3-17、175 線 25K+410 路段整治規劃經費概估

114年7月丹娜絲颱風六甲175線25.4K邊坡整治及維護工程(第四期)						
項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	發包工程費(工期概估210天)					
一	道路邊坡改善工程				20,815,800	
1	鑽掘樁·鑽掘式截水牆·D=0.8m·鑽掘費	M	1,068	11,000	11,748,000	(80範圍/0.9間距)X12m深=1,068m
2	鑽掘樁·開孔或網孔HDPE管·D=0.6m·材料及安裝	M	1,068	6,500	6,942,000	(80範圍/0.9間距)X12m深=1,068m
3	土方工作·近運填方·鑽掘式截水牆·D=0.8m·利用現地土方回填	M	534	500	267,000	單支鑽掘樁回填約6m
4	土方工作·填方·鑽掘式截水牆·D=0.8m·回填碎石級配料	M	356	3,000	1,068,000	單支鑽掘樁回填約4m
5	土方工作·鑽掘式截水牆·D=0.8m·回填六分石	M	178	3,600	640,800	單支鑽掘樁回填約2m
6	鑽掘樁·鑽掘式截水牆出口處理及銜接費	座	1	150,000	150,000	銜接至既有陡槽溝
二	排水改善工程				2,025,000	
1	道路邊溝	M	150	4,500	675,000	
2	坡面水平集水管·D=90mm	M	450	3,000	1,350,000	L=30m·預估15支
三	假設及雜項工程	式	1	600,000	600,000	
四	交通與環境工程(約5%)	%	5	23,440,800	1,172,040	(壹.一~三項和)×5%
五	職安工程(約10%)	%	10	24,612,840	2,461,284	(壹.一~四項和)×10%
六	包商利潤、保險及管理(約10.5%)	%	11	27,074,124	2,842,783	(壹.一~五項和)×10.5%
七	營業稅(約5%)	%	5	29,916,907	1,495,845	(壹.一~六項和)×5%
	發包工程費 共計				31,412,752	(壹項和)

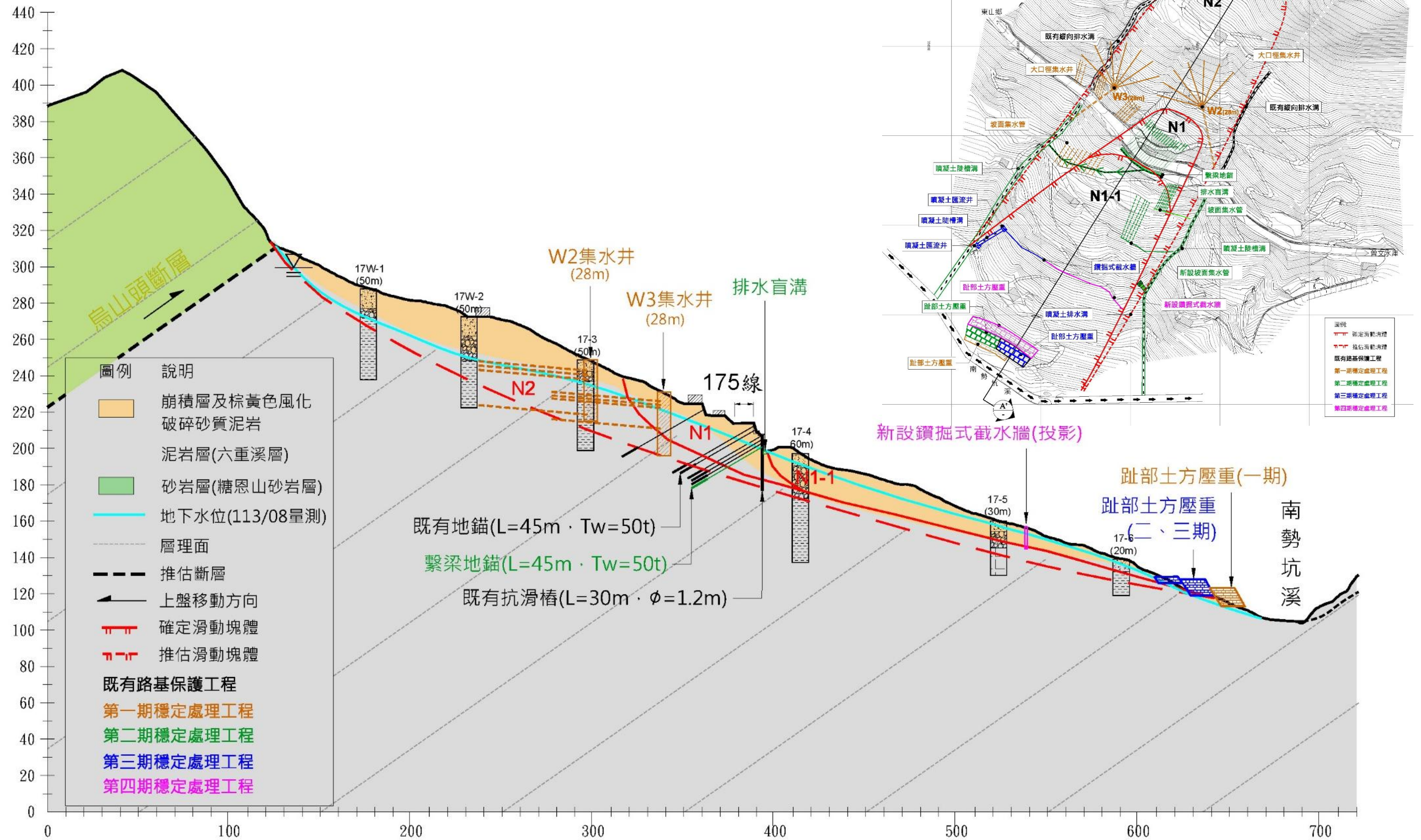


圖 3-112、175 線 25K+410 路段地滑邊坡工程規劃配置圖

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。本計畫於 113 年 11 月 28 日開始監測工作，茲新增及彙整 114 年 11 月~115 年 3 月第 3 次半年監測期間，共計 6 筆數據(2 筆定期手動監測、4 筆特殊手動監測)，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 結論與建議

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，地下水較複雜，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，曾有滑動災害發生，屬舊崩塌地。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，為滑動主要誘因。

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；114 年 0121 大埔地震後 1~2 月連續地震事件也導致滑動塊體有位移增量；本次監測為非汛期期間，大部分的孔位於本次監測期間監測速率明顯小於總監測期間，下半年度接續汛期應加以關注。

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。依據表 4-1 分級管理基準值，本次半年監測期間 A 工區多數傾斜觀測管滑動速率已達預警值，局部邊坡有位移情形，建議規劃增加監測孔位或 GNSS 點位，或加強監測資料回傳頻率。

本路段受到長期地層滑動影響，既有道路、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，滑動邊界亦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不足，豪大雨時地表水將沿裂縫入滲或沖蝕坡面，道路旁地錨擋土牆可見大量地下水滲出，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，規劃採用三層次排水理念，短期規劃於邊坡房舍區域，施作截水溝及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；第一期工程規劃於較活潑之 S、M 滑動塊體上方先施作 2 座大口徑集水井及局部打設坡面水平集水管，以期達到地下水源頭截除之功效。

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，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；受 114 年 0121 大埔地震後 1~2 月連續地震事件影響，P' 滑動塊體亦略有位移增量產生。

參考表 4-1 分級管理基準值，本次半年監測期間 B 工區傾斜觀測管滑動速率皆未達預警值。本路段監測時間尚短，建議持續監測追蹤釐清各路段確切之滑動範圍及深度。

三、南市 175 線 18K+800(C 工區)

本路段位於滑動邊界處之道路已明顯下陷，既有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，將持續追蹤汛期前後地下水水位變化。本路段位於滑動邊界之 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；114 年 1~2 月連續地震事件也導致 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。參考表 4-2 分級管理基準值，本次半年監測期間 C 工區多數傾斜觀測管滑動速率已達預警值，局部邊坡有位移情形，建議規劃增加監測孔位或 GNSS 點位，或加強監測資料回傳頻率，以掌握邊坡位移變化趨勢。

受到長期地層滑動影響，使道路擋土設施及排水設施損壞，整治規劃主要於路基下方施作抗滑樁工法及排水設施，提升路基穩定性。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($\phi=1.5\text{m}$ ， $L=20\text{m}@1.7\text{m}$)，範圍約 180m，有助提升 L、S、M 滑動塊體之穩定性。

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，於本次非汛期期間滑動速率較汛期期間緩，但仍持續滑動及陷落，長期將可能影響排樁擋土牆之穩定性，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，經連續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。依據表 4-2 分級管理基準值，本次半年監測期間 D 工區部分傾斜觀測管滑動速率已達預警值，局部邊坡有位移情形，建議規劃增加監測孔位或 GNSS 點位，或加強監測資料回傳頻率，以掌握邊坡位移變化趨勢。

現況排樁擋土牆下邊坡 N1-1 滑動塊體，於本次非汛期期間滑動速率較汛期期間緩，但仍略有持續滑動及陷落情形，為提升邊坡整體穩定，整治改善工程採用鑽掘式截水牆，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，目前已於 114 年 5 月進行第三期整治改善工程。並為提升邊坡整體穩定，後續第四期工程將延續 114 年 5 月施工之第三期邊坡整治工程，施作第一道南側鑽掘式截水牆，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，同時針對坡面沖蝕進行地表排水等設施維護及改善，以提升整體邊坡之穩定性。

4.2 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，後續依各工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 及表 4-2。

表 4-1、172 線 42K+300(A 工區)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	0.1cm / 月 略有一定位移趨勢	1cm / 月 有一定位移趨勢	-
孔內伸縮計	0.1cm / 月 略有一定位移趨勢	1cm / 月 有一定位移趨勢	0.3cm / 日 有一定位移趨勢
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 >100mm 或時雨量>40mm	24 小時累積雨量 >300mm	24 小時累積雨量 >600mm
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	機關及相關單位，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

表 4-2、175 線 25K+410(D 工區)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	0.1cm / 月 略有一定位移趨勢	1cm / 月 有一定位移趨勢	-
孔內伸縮計	0.1cm / 月 略有一定位移趨勢	1cm / 月 有一定位移趨勢	0.3cm / 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
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	機關及相關單位，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

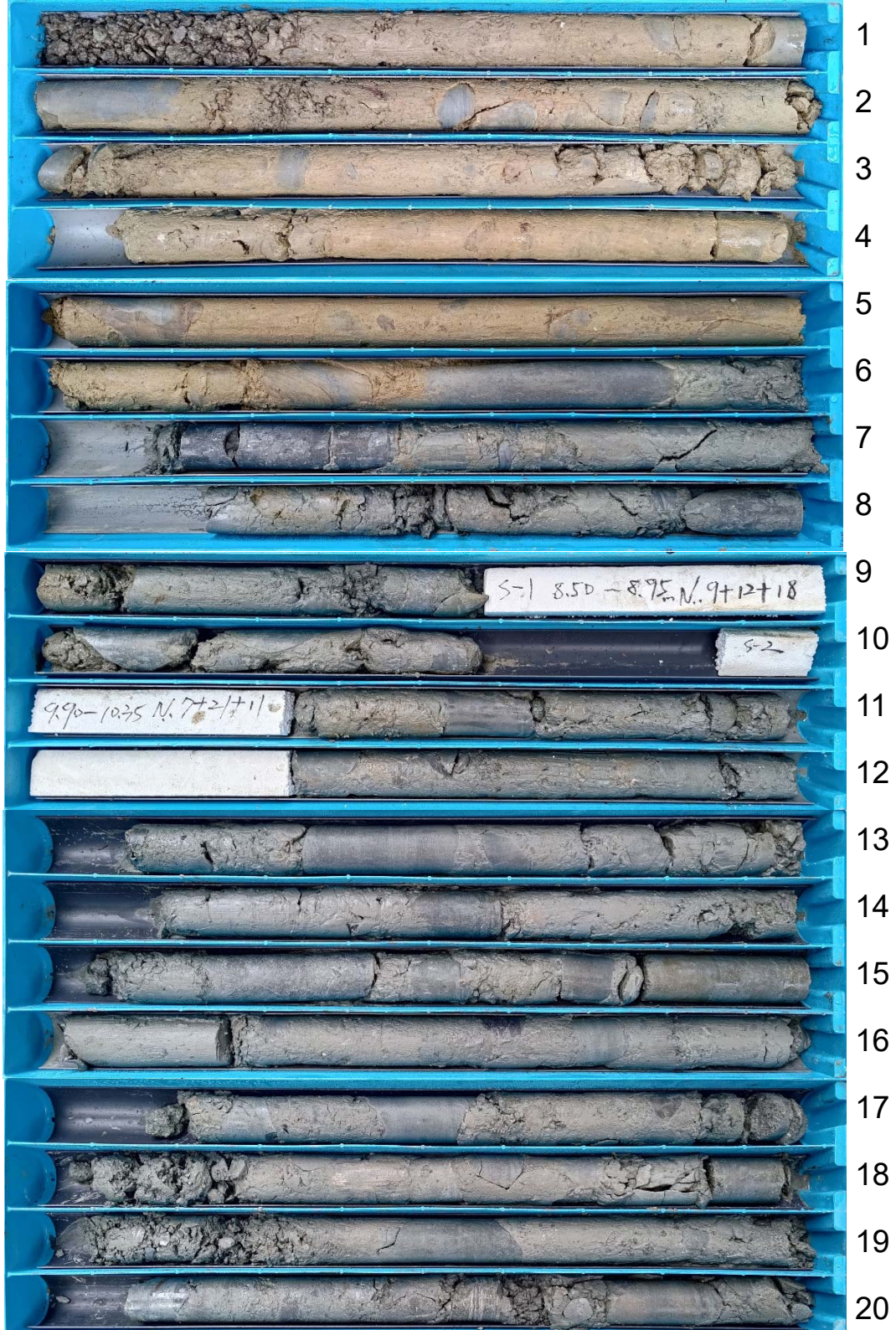


附錄 B、歷次手動監測照片

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

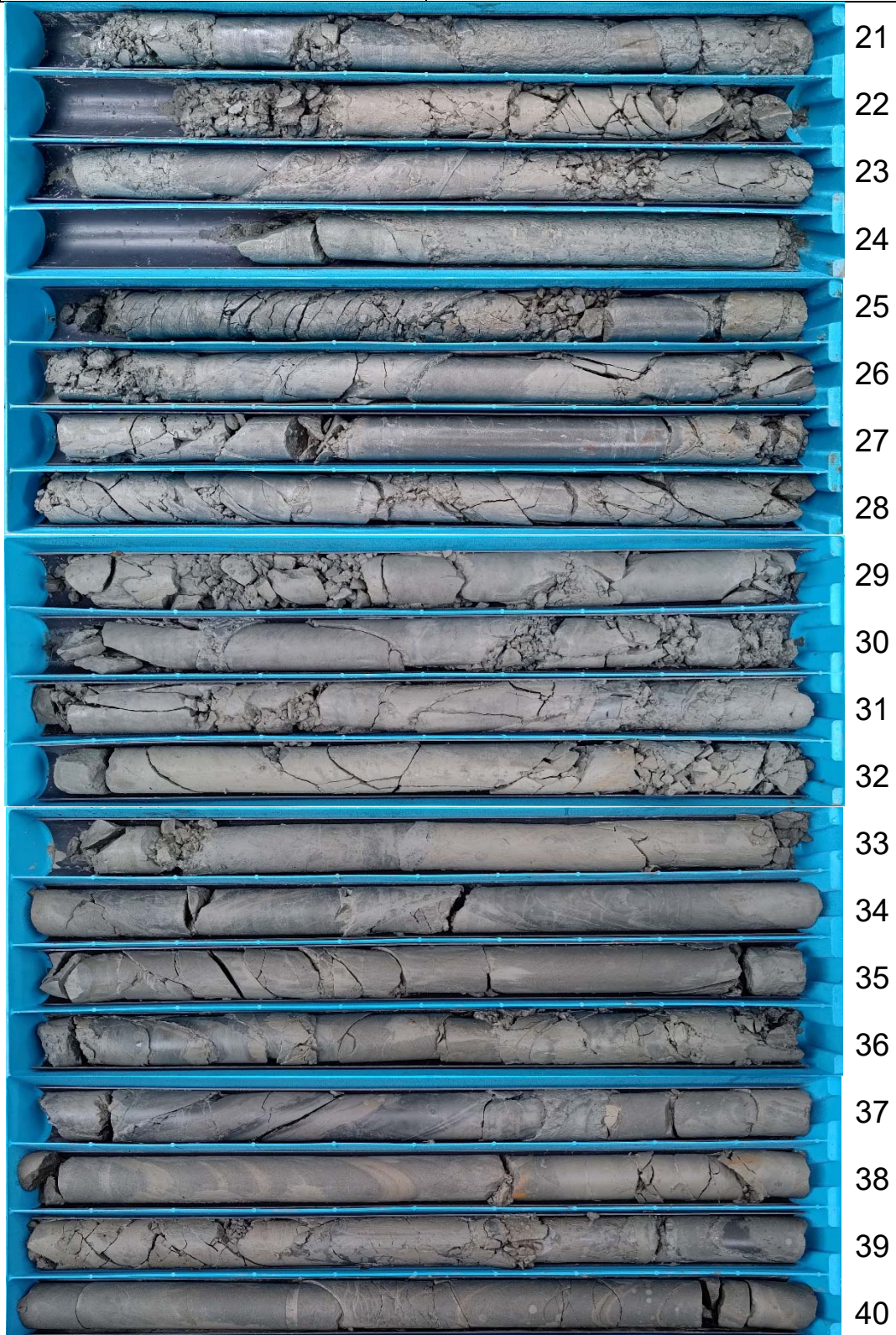
孔號	南 172 線 42K · 24-1SW	深度	0~20m
日期	113.10.12~113.10.29		



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

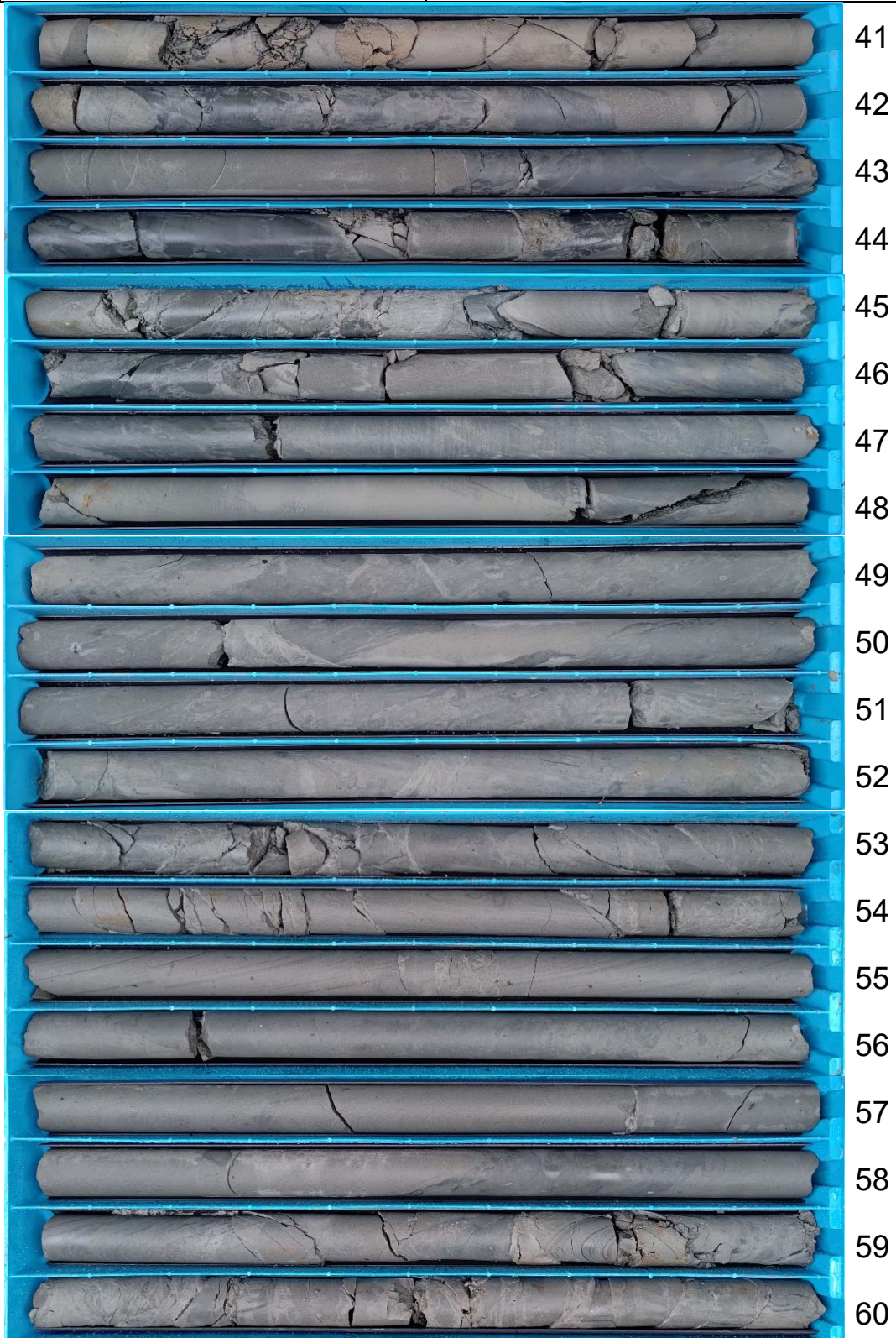
孔號	南 172 線 42K · 24-1SW	深度	20~40m
日期	113.10.12~113.10.29		



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

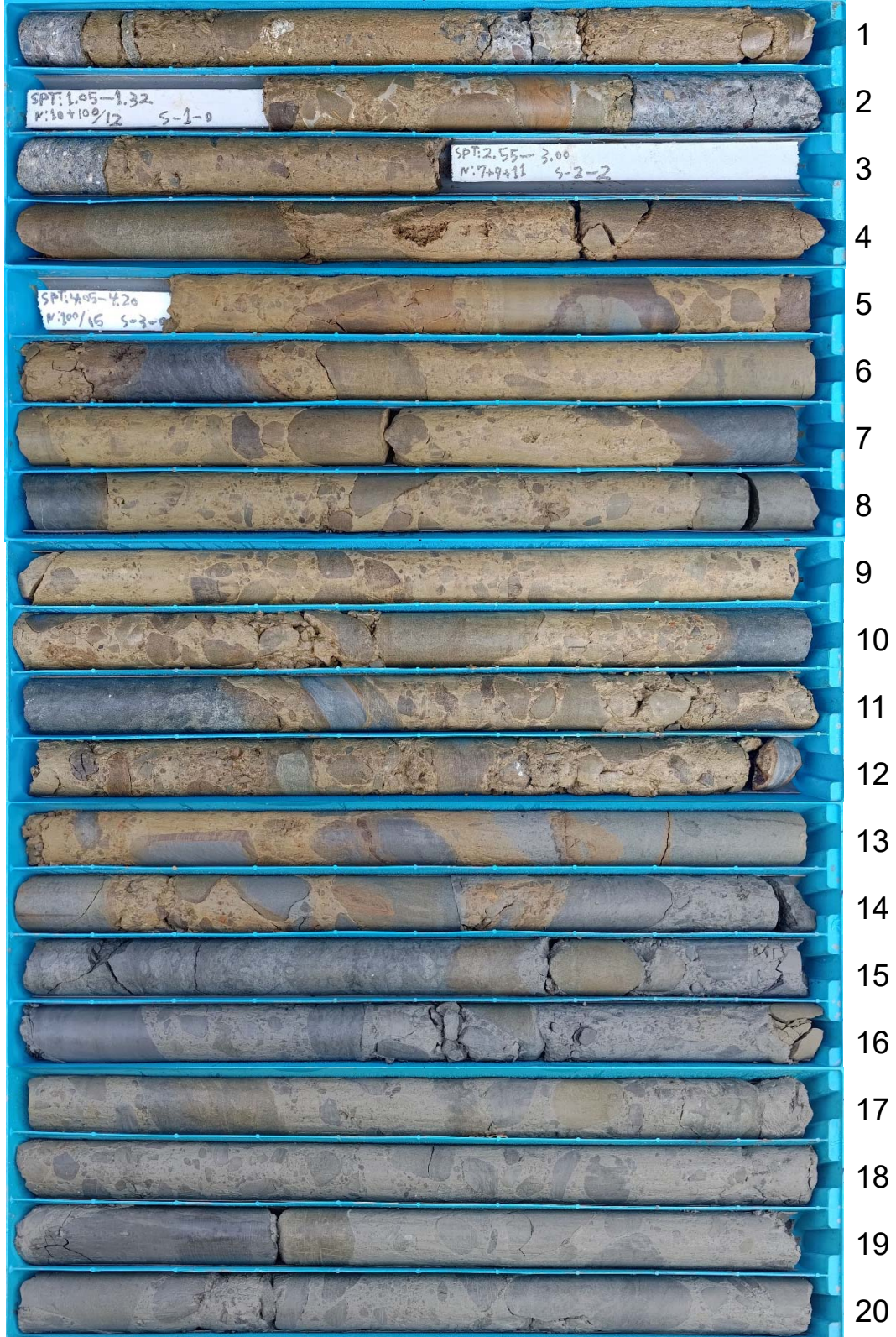
孔號	南 172 線 42K · 24-1W	深度	40~50m
日期	113.10.29~113.11.6		



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

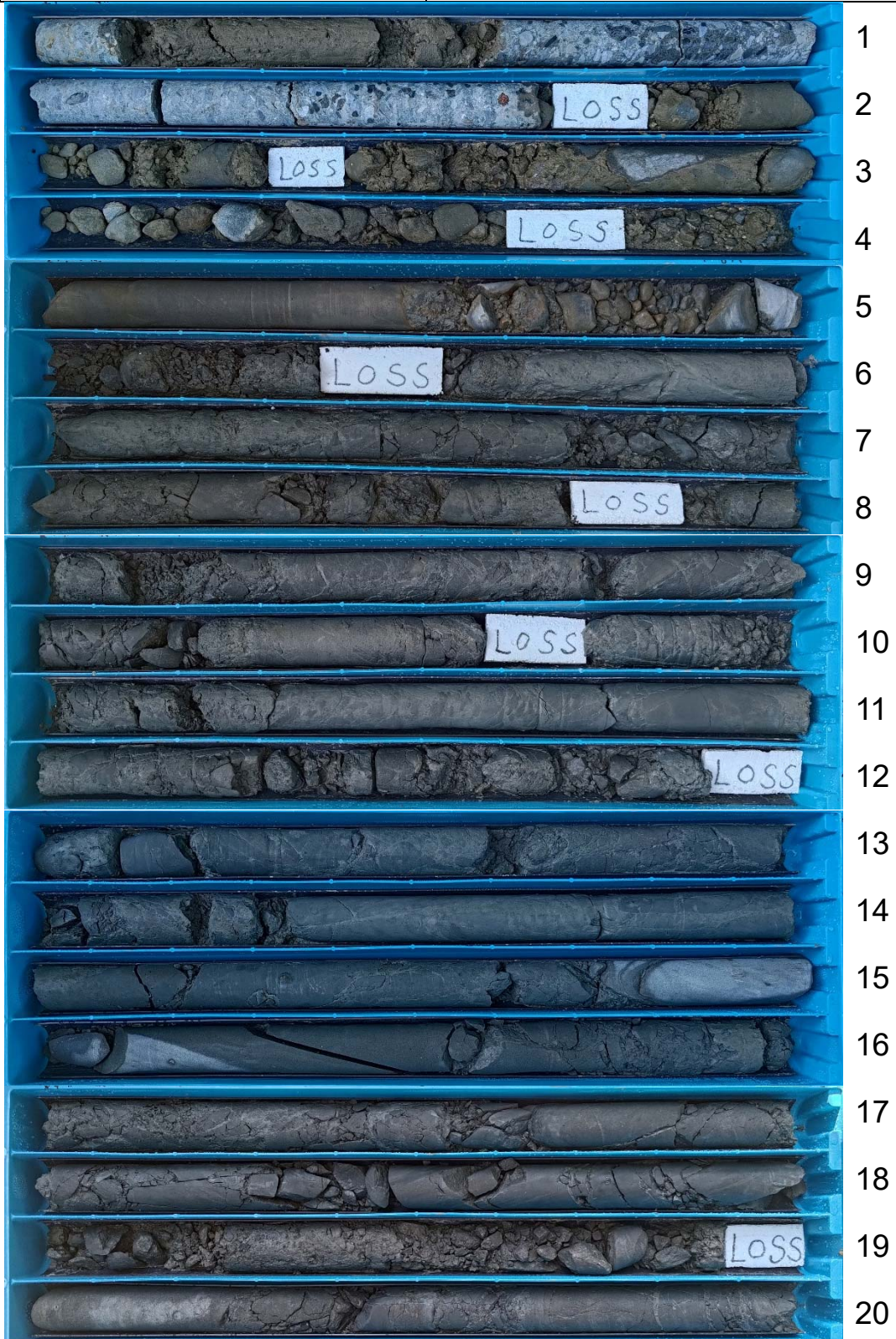
孔號	南 172 線 42K · 24-2SW	深度	20~25m
日期	113.10.4~113.10.10		



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

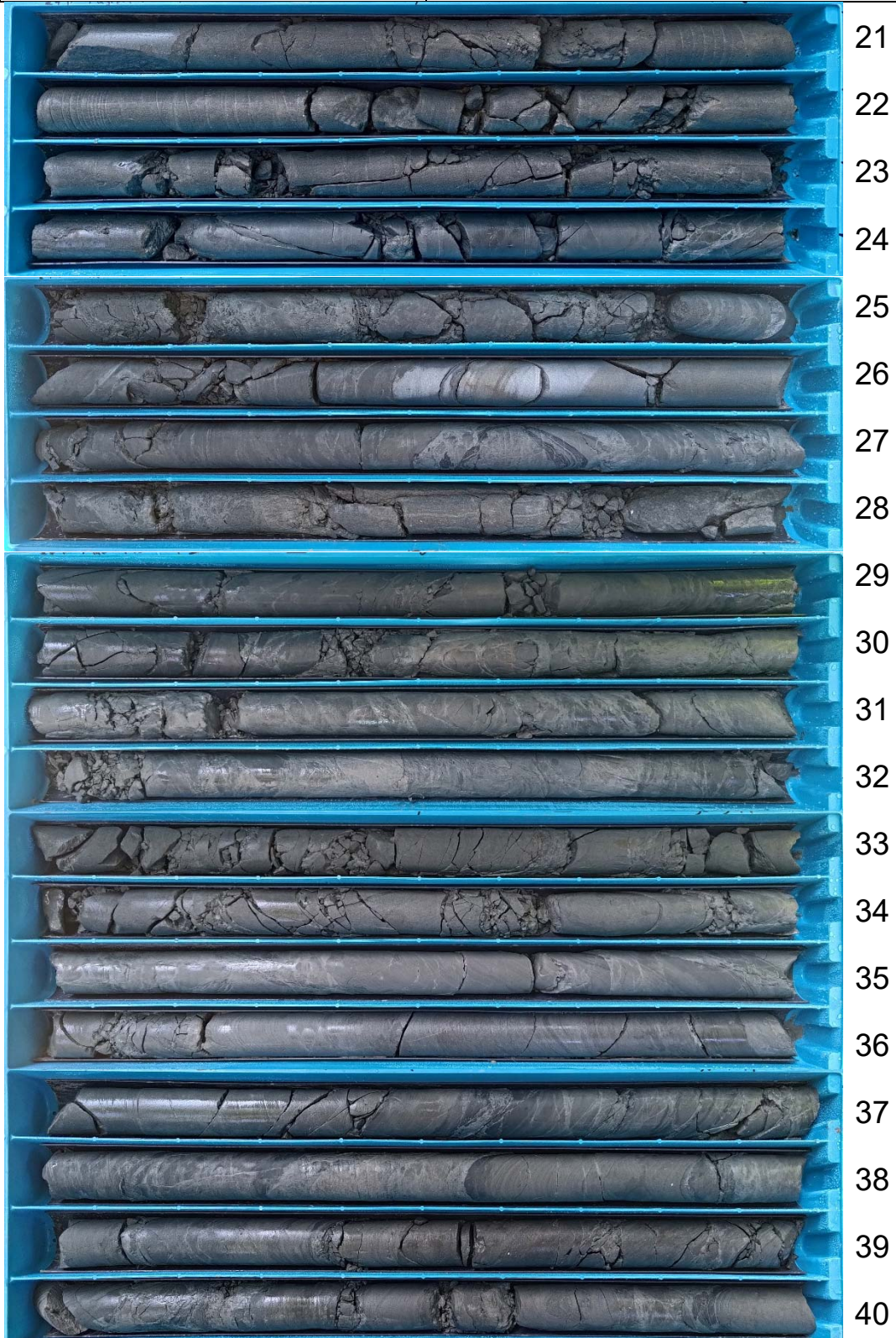
孔號	南 172 線 42K · 24-2W	深度	0~20m
日期	113.11.8~113.11.17		



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

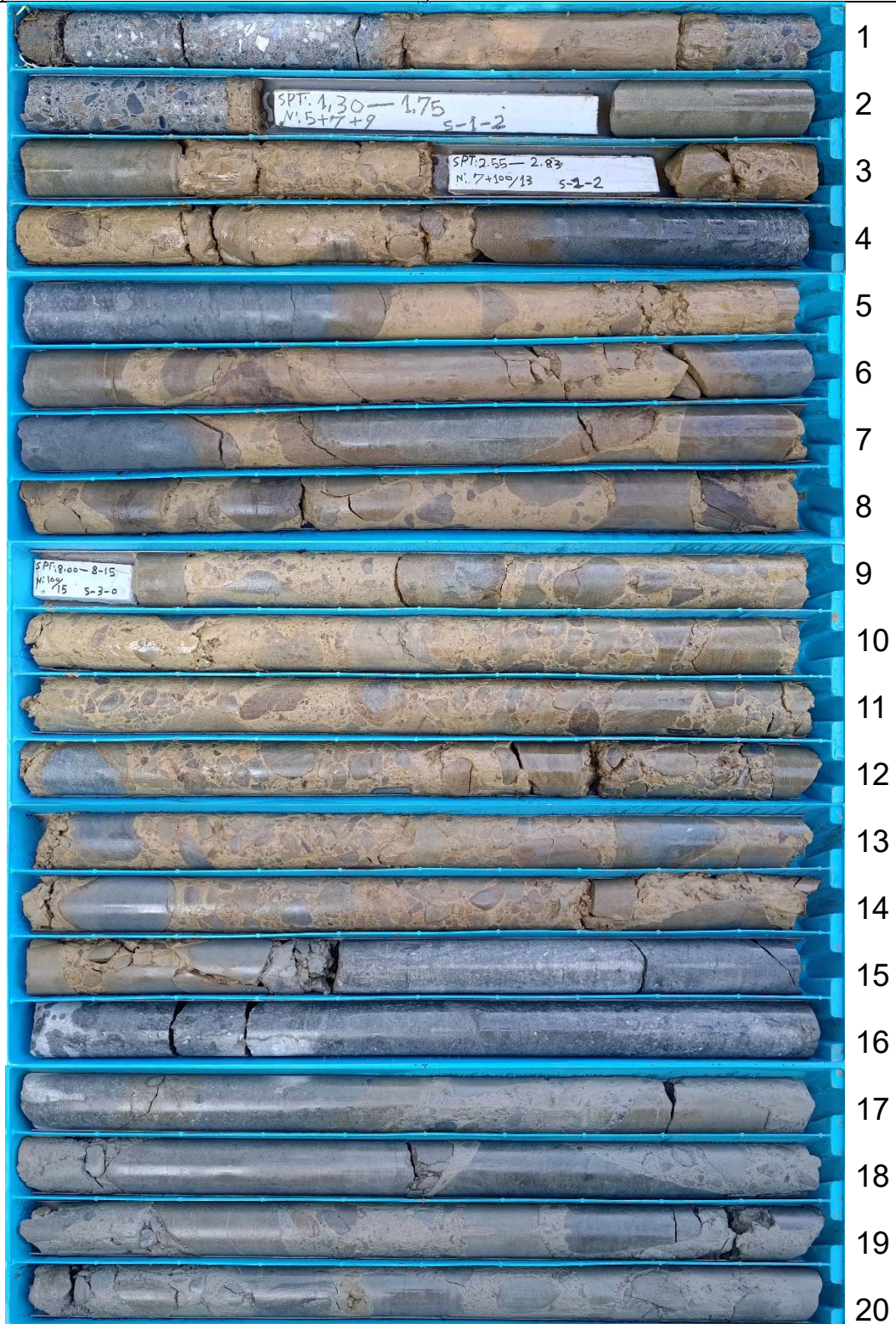
孔號	南 172 線 42K · 24-2W	深度	40~50m
日期	113.11.8~113.11.17		



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

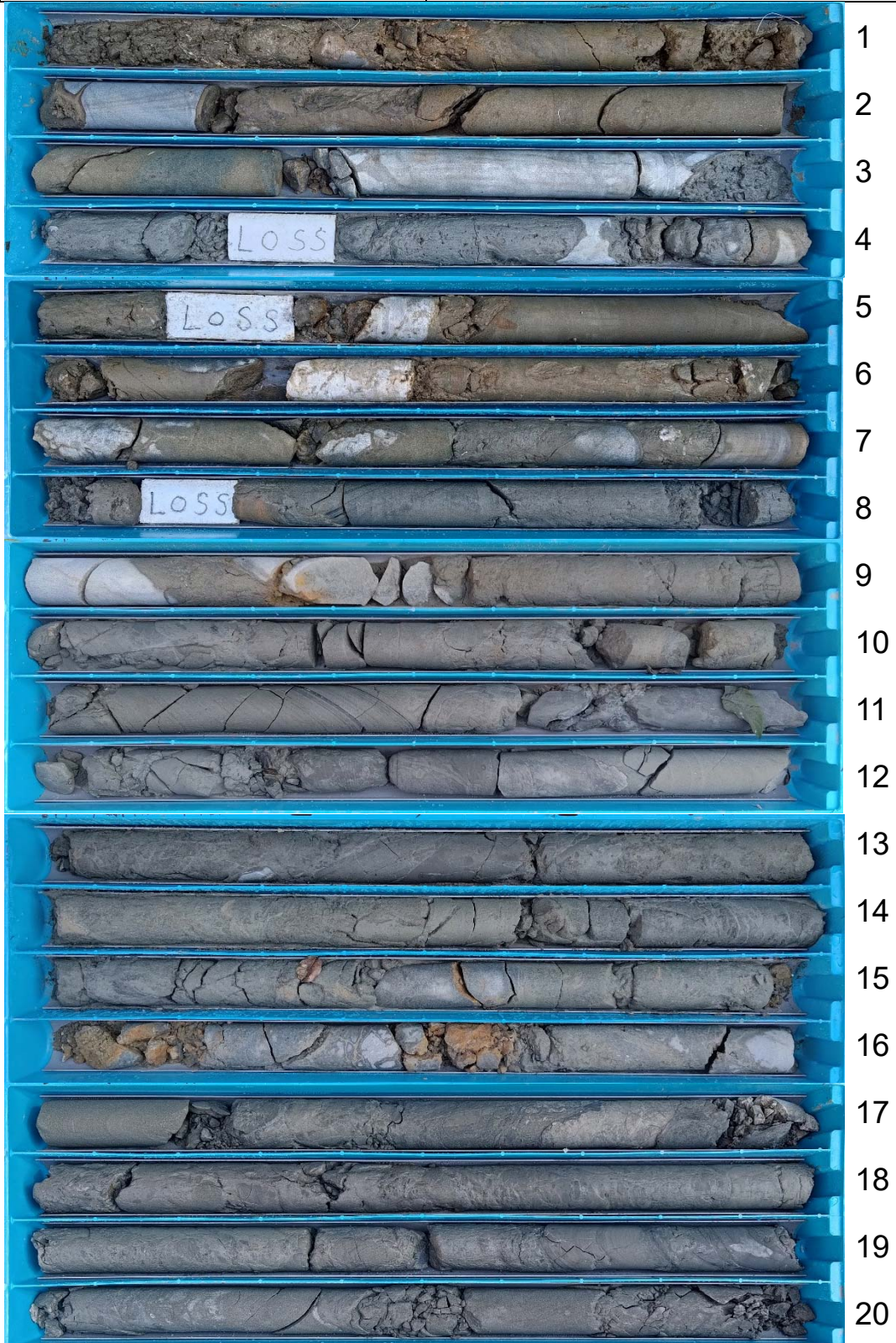
孔號	南 172 線 42K · 24-3SW	深度	0~20m
日期	113.9.25~113.9.30		



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		

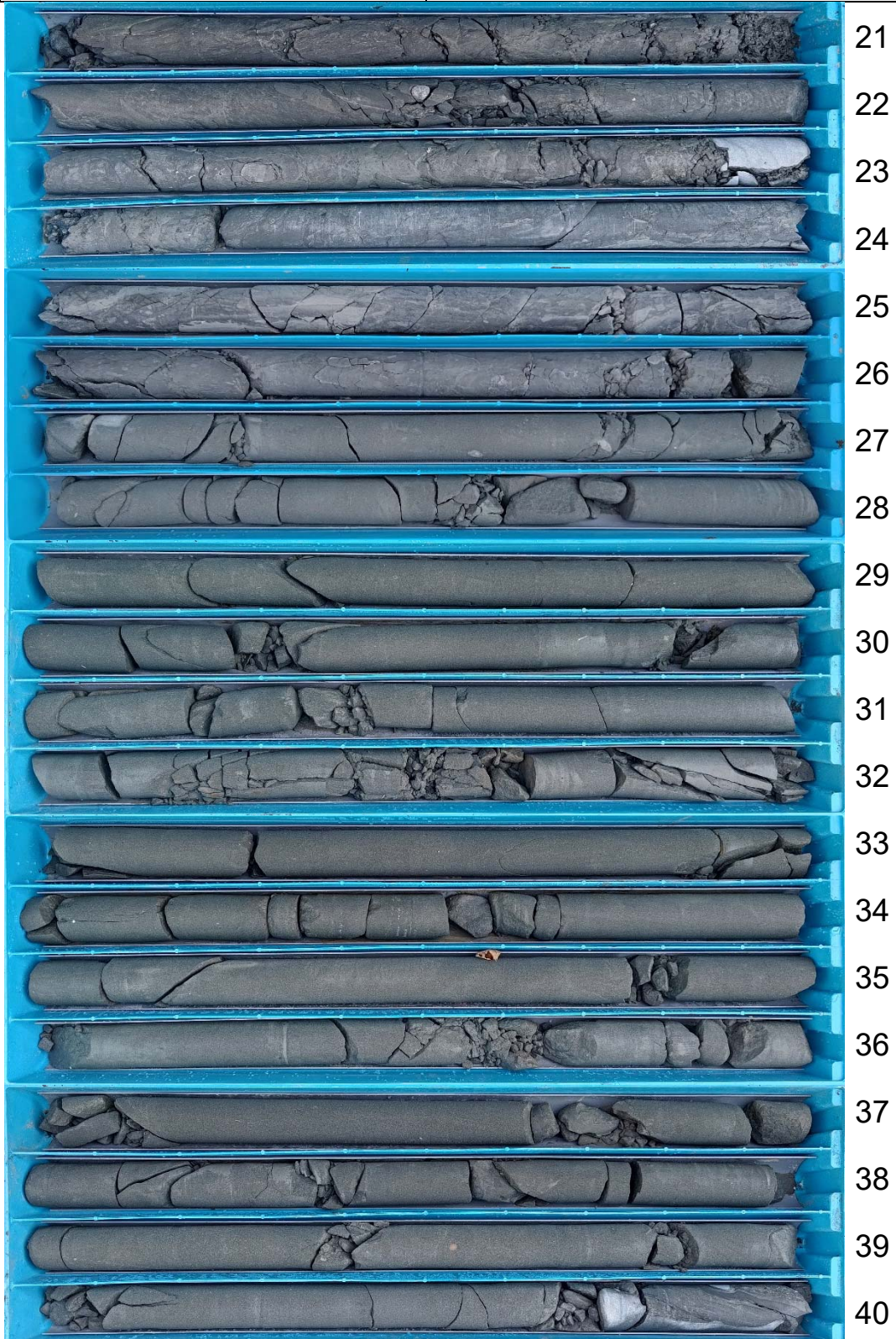


表 B-1、第 1 次手動監測(定期)





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(007~011、01~016、018~19 號地震)

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(033~036、039~040、042、045~048 號地震)

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(051、053 號地震)

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(060 號地震)

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(067 號地震)

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(078 號地震)

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(097 號地震)



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 10 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-10、第 11 次手動監測(103、104 號地震)





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-11、第 12 次手動監測(115、116 號地震)

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-12、第 13 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-13、第 14 次手動監測(135 號地震)

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-14、第 15 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-15、第 16 次手動監測(147 號地震)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410
震度未達 4 級	震度未達 4 級		

表 B-16、第 17 次手動監測(156 號地震)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410
		震度未達 4 級	震度未達 4 級

表 B-17、第 18 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-18、第 19 次手動監測(018 號地震)

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-19、第 20 次手動監測(024 號地震)

市道 172 線 42K+300	市道 172 線 42K+980	市道 175 線 18K+800	市道 175 線 25K+410
震度未達 4 級	震度未達 4 級		