

第三章 調查成果

3.1 基本資料蒐集

本計畫相關基本資料蒐集可分為地理位置與交通、地形地貌、區域地質與構造、氣象、水文、災害歷史與前期治理工程等，現階段蒐集之基本圖幅與其他工程資料列於表 3-1，本計畫針對彙集後之相關資料進行充分研判，以供後續分析使用。

表 3-1 基本資料調查項目及方法

項次	資料蒐集項目	用途	資料來源
1	降雨、氣溫、濕度資料	調查區域氣象資料	中央氣象局
2	台灣地質圖	五十萬分之一	經濟部中央地質調查所
3	像片基本圖(1/5000)	調查區域地形、水系與交通	林務局農林航空測量所
4	航空照片	航照判釋、潛在崩坍區判定	林務局農林航空測量所
5	地形圖(1/5000)	調查區域地形、水系	內政部地政司
6	彩色正射影像圖	航照判釋、潛在崩坍區判定	林務局農林航空測量所
7	正射衛星影像	航照判釋、潛在崩坍區判定	Google earth
8	適於嘉義縣阿里山祝山平台下方崩塌地植生治理方案之可行性評估	調查祝山停機坪附近坍滑概況	行政院農業委員會林務局(104.4)
9	二萬坪地區整理調查規劃及安全監測委託技術服務工作	阿里山森林遊樂區及二萬坪地區前期監測及治理情況	行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處(104.12)
10	嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統工程	奮起湖地區前期監測及治理情況	行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處(100.12)
11	嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統評估建置	奮起湖地區前期監測及治理情況	行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處(102.12)
12	國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析	二萬坪地區地形地貌判釋	行政院農業委員會林務局(104.10)

3.2 航照判釋

本項工作依林務局農林航空測量所現有航空照片、相片基本圖、彩色正射影像及 Google earth 正射衛星影像資料，進行祝山停機坪及奮起湖工作站兩處之判釋，以瞭解調查區大範圍之地質特性，觀察重點包含判釋地質構造、特殊地質現象、崩塌、潛在坍塌區及災害區域。

(一)本計畫航照判釋程序與方法

圖 3.1 為本計畫航照判釋執程序與方法，航空照片判釋方法中，可分為二維及三維兩種方式，在三維判釋部分，可將航空照片立體對直接透過立體鏡或將照片經影像數位化處理成三維紅藍立體後，直接放大觀察並比對多期航空照片，以了解調查區域整體地質環境與歷史變動狀況，檢視是否有無邊坡破壞狀況及演變。而二維判釋部分，為將航空照片正射化處理後之影像資料，以及衛星影像資料進行判釋，若將影像結合調查區數值地形資料，則可進行三維航照判釋。

本計畫共購置三時期航空照片立體對，並配合其他航照判釋材料包含 Google Earth 提供之衛星影像、彩色正射影像等，詳細圖資列表如表 3-2 所示。

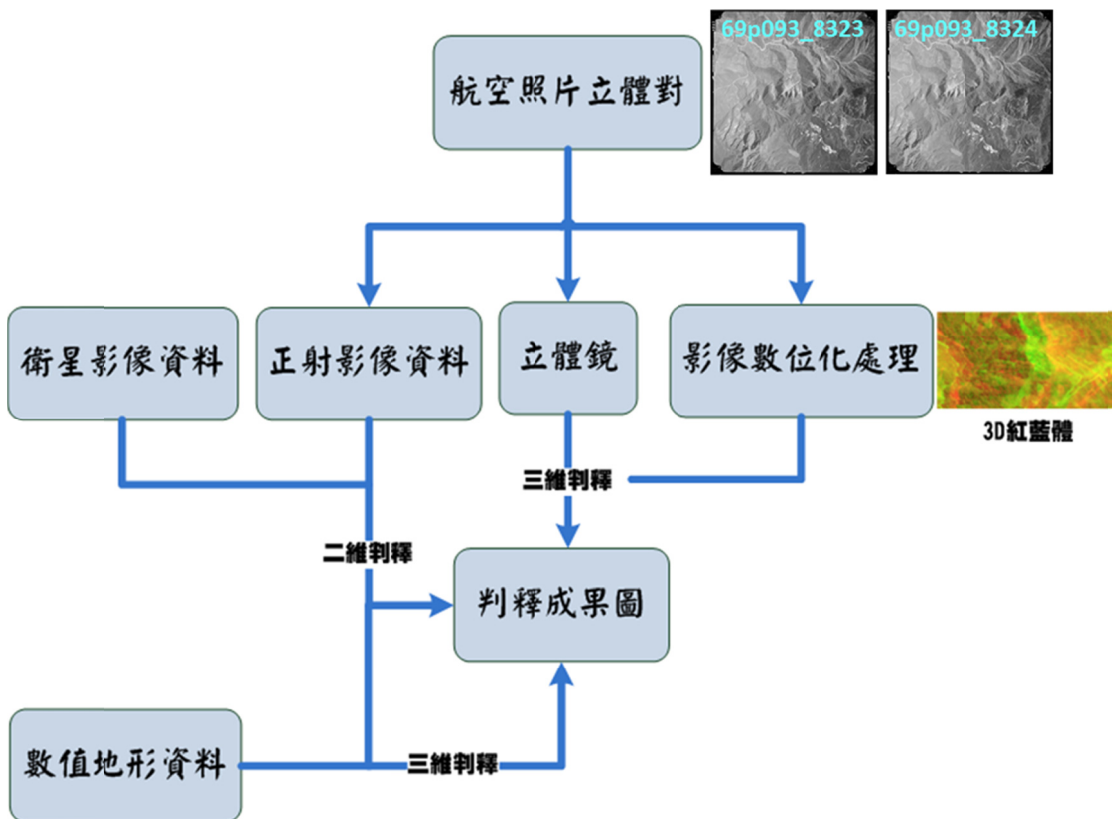


圖 3.1 調查區航照判釋程序與方法

表 3-2 航照地質判釋圖資列表

工區	資料種類	圖幅編號	拍攝日期	資料來源
祝山 停機坪	航空照片	63-004-062	1974/1/19	工研院能資所
	航空照片 立體對	69p093_8323 & 69p093_8324	1980/11/11	林務局農林航測所
		091121g_33~0075_hr4	2009/11/21	
		091121g_33~0076_hr4		
		140217g_33~0063_hr4c 140217g_33~0064_hr4c	2014/2/17	
	彩色正射 影像	95202093_95R002_196	2006/1/4	林務局農林航測所
		95202093_090901_0233_rgnb_83	2009/9/1	
		95202093_091121g_33~0076_rgb	2009/11/21	
	正射衛星 影像	20091203; 20131027; 20131205; 20131231; 20141009; 20151001; 20151202	2009/12/3; 2013/10/27; 2013/12/5; 2013/12/31; 2014/10/9; 2015/10/1; 2015/12/2	Google Earth
	工區	資料種類	圖幅編號	拍攝日期
奮起湖 工作站	航空照片	87r072_012 & 87r072_013	1998/8/11	林務局農林航測所
		90r099_158 & 90r099_159	2001/11/17	
	立體對	151213f_28~0005_hr4	2015/12/13	
		151213f_28~0006_hr4		
	彩色正射 影像	95194008_90r099_159	2001/11/17	林務局農林航測所
		95194008_090828_0107_rgnb	2009/8/28	
		95194008_130603f_28~0530_hr4_83	2013/6/3	
	正射衛星 影像	2011023; 20131231; 20141009; 20150222; 20151128	2011/2/3; 2013/12/31; 2014/10/09; 2015/2/22; 2015/11/28	Google Earth

(二)航照判釋成果說明

(1) 祝山停機坪

在祝山停機坪工區周圍(圖號:9202093 範圍之地質圖)共有兩條斷層與四條褶皺，其中神木斷層經過停機坪北側，另一條未命名斷層經過停機坪西側，兩條斷層及四條褶皺航照上均不明顯，對停機坪基礎無明顯影響。

圖 3.2 為祝山停機坪工區航照判釋成果，由圖 3.2-(a)(b)63 年及 69 年航照圖中可見停機坪(和社溪側)東側下方邊坡植生仍茂密未見裸露地，但停機坪位置東南側已有一處崩塌存在，比對多期航照後可知因和社溪側邊坡向源侵蝕及坡面淘刷劇烈，且於 98 年莫拉克颱風後導致大面積淺層崩塌，102 年後淺層山崩面積持續擴大，使停機坪東側下邊坡和社溪一側呈現大片裸地。圖 3.2-(c) 104 年 12 月衛星影像中可見[區塊一]崩塌面(和社溪側)表面侵蝕依舊劇烈，靠近溪谷之下邊坡加速侵蝕嚴重；[區塊三]中下緣崩塌面已淘刷至岩盤，且由正射影像可見裸露層面，而停機坪下方邊坡([區塊三])上緣及[區塊二]崩塌面雖然有部分鬆軟表土層及植生，仍建議以護坡或植生復育等手段以防向源侵蝕造成其他區塊之崩塌。

經航照立體判釋發現停機坪工區周邊有大面積淺層山崩 13 處及三條線型構造。線型是航照立體上呈現的軟弱下切成線狀排列，基本上為裂縫或其他帶狀不連續面，其中線型 1(淺藍色實線)位於停機坪東側呈西北東南向，略與地層斜交，可能為局部地區張力破裂；線型 2(深藍色實線)位於停機坪北側呈東西向，略與地層垂直交叉，可能為局部地區張力破裂；線型 3(黃色實線)位於停機坪西側略呈南北向，略與地層邊界平行，航照立體上看似岩性軟弱下切，可能為較弱岩層呈線型。另外航照上可見三條河道所侵蝕而成的蝕溝，編號(1)蝕溝為停機坪東北側大規模淺層山崩下方的河道，編號(2)蝕溝亦為此區另一條支流河道；編號(3)蝕溝則位於停機坪東側另一擴大發展中的淺層崩塌盛行區。編號(1)蝕溝的沖刷會引發上邊坡物質下滑，若無實施有效護坡措施，長期對停機坪有不良影響，短期內應無影響。

航照判釋結果顯示影響祝山停機坪安全最劇者為其東側下邊坡和社溪側大面積裸地之淺層山崩，其崩落地型態為後退式崩塌，唯於判釋過程中並未觀察到崩塌區域出現冠部高低差裂縫以及坡趾突出隆起等圓弧形破壞之特徵，故停機坪平台應該非屬圓弧形破壞。

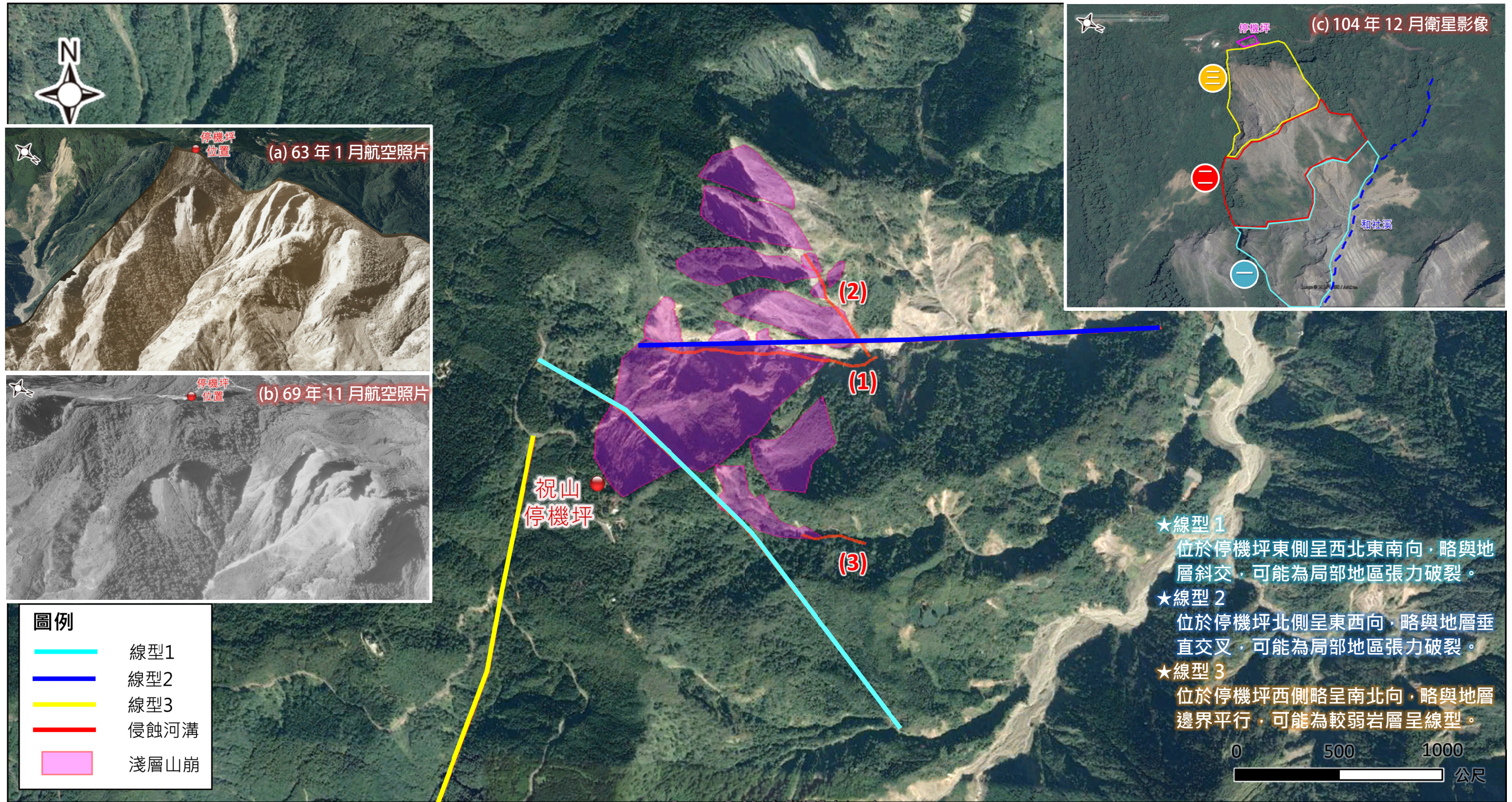


圖 3.2 祝山停機坪航照判釋結果

(2) 奮起湖工作站

環境地質圖顯示在奮起湖工作站工區周邊有兩條斷層與四條褶皺，其中水社寮斷層經過奮起湖工作站北側，柑子宅斷層經過奮起湖工作站西側，四條褶皺(奮起湖背斜、隙頂向斜、龍頭背斜及樂野向斜)於航照圖上較不明顯。

圖 3.3 為奮起湖工作站工區航照判釋成果，經航照立體判釋發現奮起湖工作站工區周邊有淺層崩塌 18 處及三條線型構造，線型是航照立體上呈現的軟弱下切成線狀排列，基本上為裂縫或其他帶狀不連續面，其中線型 1(淺藍色實線)與柑子宅逆衝斷層位置一致；線型 2(深藍色實線)位於環境地質圖所標示之水社寮橫移斷層北側，線型 3(黃色實線)位於柑子宅逆衝斷層之東側；航照弱帶顯示水社寮橫移斷層應向北移動 200m~300m。

另外於航照圖上可見三條坑溝受河川侵蝕，編號(1)蝕溝沿著八掌溪主河道，編號(2)(3)蝕溝為其支流河道，三條蝕溝均位於淺層崩塌盛行區。奮起湖工作站坐落於老崩坍地趾部較平坦處，但因奮起湖工作站及中興苗圃之位置距溪谷較遠(圖 3.3 奮起湖工作站 104 年 11 月衛星影像)，尚不至於受到八掌溪溪谷向源侵蝕作用及淺層崩塌之威脅，下邊坡安全無虞。由多期航空照片觀察結果判定奮起湖工作站與中興苗圃直接危險來源應為坡頂張力裂縫區域。

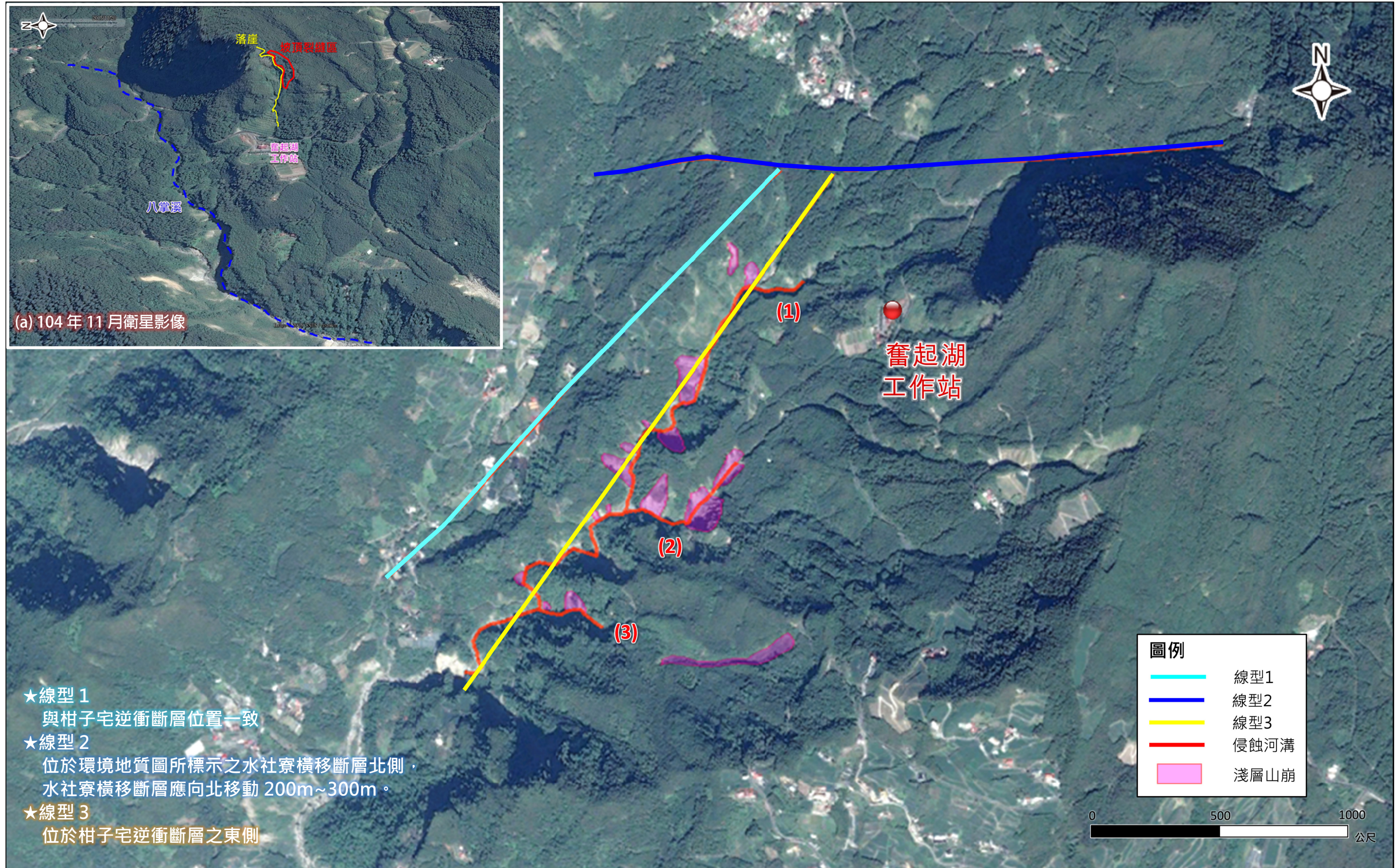


圖 3.3 奮起湖工作站航照判釋結果

3.3 現況調查與地質探查

為調查各工區內覆土層厚度、岩盤風化破碎情形及新鮮岩盤位置，並製作地質剖面供分析使用，本計畫於各工區新設地質鑽孔並施作現場試驗，新設鑽孔之座標、高程與深度如表 3-3 所示、現場試驗項目如表 3-4，各工區現況調查與地質探查結果請見 3.3.1~3.3.5 小節。

表 3-3 各工區新設鑽孔數量一覽表

工區位置	孔號	鑽孔座標 (TWD97)			鑽探深度 (m)	監測儀器項目
		N	E	孔口高程		
祝山 停機坪	BH-1	2600977.626	231886.191	2478.72m	35	測傾管
	BH-2	2600992.058	231900.299	2478.81m	35	測傾管
	BH-3	2601013.520	231874.308	2478.74m	35	TDR 地滑計
阿里山 中山村	BH-1	2600748.853	229720.291	2171.22m	55	測傾管
	BH-2	2600742.971	229760.225	2176.55m	59	測傾管
	BH-3	2600741.982	229837.886	2187.28 m	56	測傾管
	BH-4	2600804.483	229798.06	2179.74 m	50	地下水位觀測井
	BH-5	2600707.141	229748.279	2176.25 m	40	地下水位觀測井
奮起湖 工作站	BA-1	2598914.225	219359.637	1354.62m	115	TDR 地滑計
	BA-2	2598956.027	219281.953	1335.74m	105	TDR 地滑計
光崙山	BA-3	2600498.474	218854.074	1452.77m	60	測傾管
	BA-4	2600479.026	218890.068	1446.95m	60	測傾管
二萬坪	TDR-1	2600263.819	228414.815	2027.93m	60	TDR 地滑計
總計					765	

表 3-4 各工區現場試驗一覽表

工區位置	現場試驗項目	單位	試驗數量
祝山停機坪	地表折射震測試驗	m	204
	BH-3 Televiewer 孔內造影	孔	1
阿里山中山村	BH-1 Televiewer 孔內造影	孔	1

3.3.1 祝山停機坪工區

(一) 現況調查結果

祝山停機坪位於阿里山森林遊樂區內山頂稜線的平台上，停機坪西南側屬於曾文水庫集水區，林木植生覆蓋良好，邊坡坡度較緩，傾角約 20° ；東北側屬於陳有蘭溪集水區，向源侵蝕侵發達，因莫拉克颱風影響，造成陳有蘭溪側下方大面積崩塌，邊坡坡度較陡，坡面傾角約 $33^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ，停機坪及觀日樓平台目前因安全考量為封閉狀態。停機坪空拍照片如圖 3.4(空拍日期:105 年 4 月 6 日)。105 年現地踏勘時發現停機坪瀝青鋪面上存有十字形裂隙，其方向分別平行與垂直邊坡傾斜方向，並延伸至瀝青鋪面邊緣；為了解該既有裂隙是否有隨時間擴大，已於 105 年 9 月 20 日於平台瀝青鋪面裂隙安裝簡易裂縫觀察裝置，並做持續的紀錄至 105 年 12 月(平行與垂直坡面各一組)，裂隙於 105 年 9~12 月並無擴大情形發生。停機坪鋪面之十字形裂縫推測其發生原因可能為底部 PC 施工時之伸縮縫，受回填土不均勻沉陷所造成，目前該鋪面裂縫依照前期報告之規畫，已於 106 年 1 月重新創鋪完成，待後續觀察，現場照片如圖 3.5。

(二) 地表地質調查

祝山停機坪東北側山頭可觀察地層層面傾斜方向係往西北方向傾斜，傾角約 $30^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 。停機坪西側祝山林道旁可見砂岩與砂頁岩互層的岩盤露頭，工區周邊露頭調位置及結果如圖 3.6 所示，層面露頭照片如圖 3.7，以地質羅盤量測層面位態為 $N(21\sim 56)^{\circ}E/(12\sim 38)^{\circ}NW$ ，圖 3.8 為工區周邊露頭層面統計立體投影圖，其平均層面位態約為 $N35^{\circ}E/23^{\circ}NW$ ，與該工區 TGP105-A-TDR 孔內造影試驗結果相近($N44^{\circ}E/14^{\circ}NW$)。



圖 3.4 祝山停機坪 UAV 空拍照片

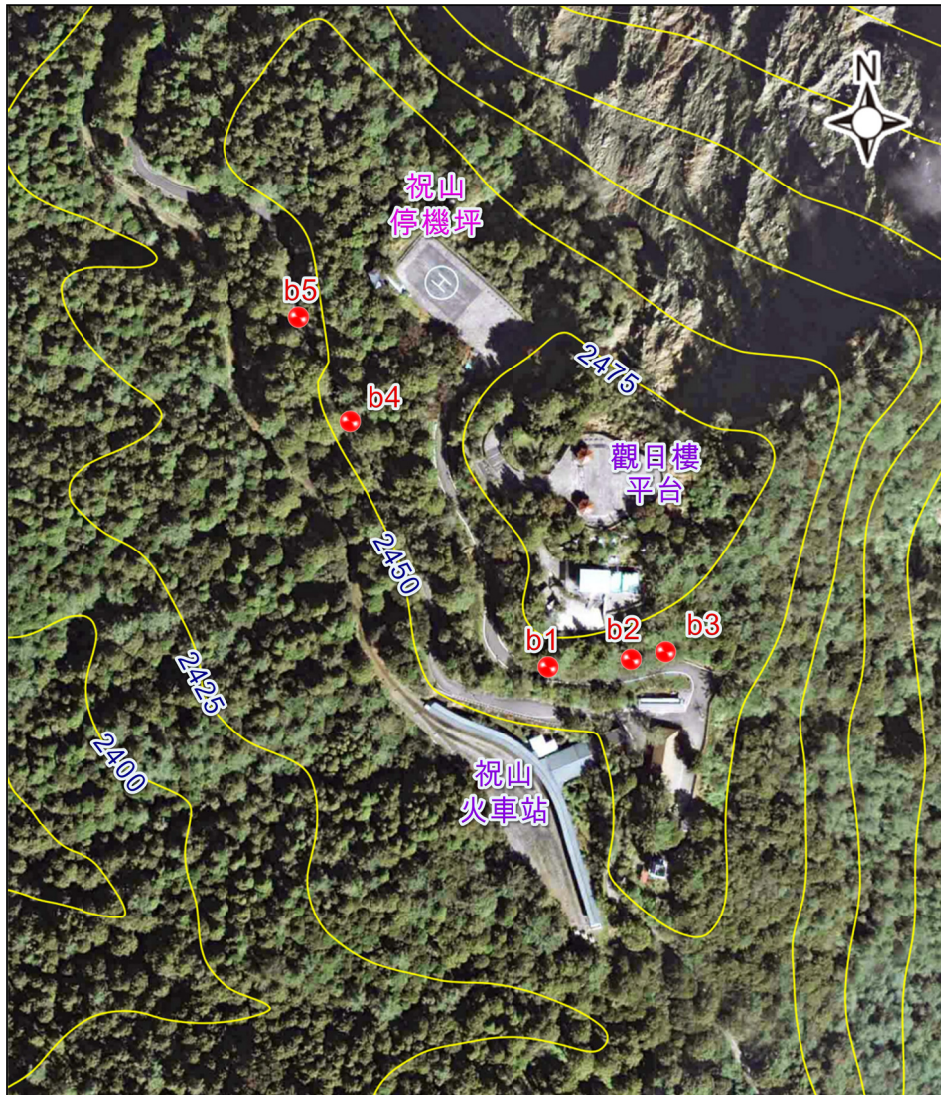


填補前



填補後

圖 3.5 祝山停機坪瀝青鋪面之十字形裂隙照片(現況已填補)



編號	層面位態
b1	N46° E/26° NW
b2	N35° E/19° NW
b3	N29° E/15° NW
b4	N24° E/28° NW
b5	N56° E/38° NW

圖 3.6 祝山停機坪露頭調查位置與結果



圖 3.7 祝山停機坪砂岩與砂頁岩互層岩盤露頭

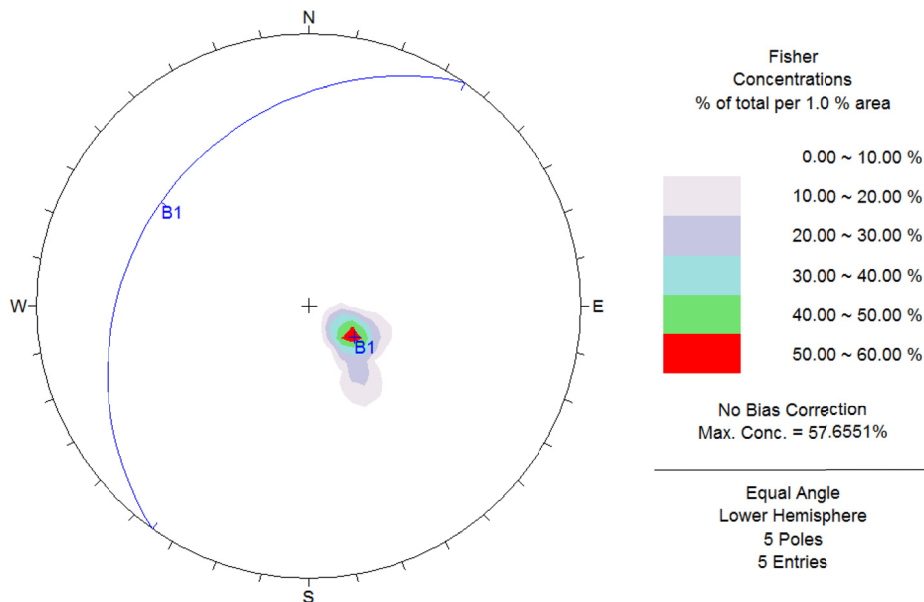


圖 3.8 祝山停機坪岩盤露頭-層面統計立體投影圖

(三) 地質探查結果

本計畫於祝山停機坪工區新增三孔鑽孔(35m)·並於平台上施作地表折射震測試驗及 Televiewer 孔內造影試驗·鑽探完成後安裝測傾管及 TDR 地滑計以監測平台地層滑動情形·其鑽孔位置及折射震測測線配置如圖 3.9·鑽深設置理由詳見表 3-5·各鑽探孔位之岩心紀錄及照片請見附錄 E 及附錄 F。



圖 3.9 祝山停機坪新設地質鑽孔與折射震測測線配置圖

表 3-5 祝山停機坪新設地質鑽孔原因與試驗列表

孔號	鑽深	孔內造影	鑽孔設置原因
TGP105-A-SI1	35 m	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查回填層厚度及岩盤位置 ◆ 安裝測傾管監測平台地滑情形
TGP105-A-SI2	35 m	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查回填層厚度及岩盤位置 ◆ 安裝測傾管監測平台地滑情形
TGP105-A-TDR1	35 m	1 孔	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查回填層厚度及岩盤位置 ◆ 安裝 TDR 地滑計監測平台地滑情形 ◆ 施做 Televiewer 孔內造影確認岩層弱面位態

(1) 鑽探結果

TGP105-A-SI1 鑽孔，孔深 35 公尺，取出之岩心顯示：深度在 0m~0.4m 為鋼筋混凝土、柏油鋪面；0.4m~14.6m 為回填層或風化層，含棕灰色岩塊夾岩屑與粉土質細砂；14.6m~14.9m 為頁岩；14.6m~17.4m 為砂岩，其中 15.1m~15.2m 夾泥；17.4m~18.5m 為砂岩偶夾頁岩；18.5m~30.5m 為砂岩其中 26.2~28.7m 岩層破碎；30.5m~35.0m 為深灰色砂頁岩互層偶夾頁岩。BH-1 鑽孔在深度 15.25m~16m、17m~21m、22m~23m 及 26m~35m 之岩心指數 (RQD) 皆小於 50 以內，其中 15.25m~16m 及 26m~28m 之岩心指數為 0。

TGP105-A-SI2 鑽孔，孔深 35 公尺，取出之岩心顯示：深度在 0m~0.45m 為鋼筋混凝土、柏油鋪面；0.45m~13.6m 為回填層或風化層，含棕黃色岩塊夾岩屑與粉土質細砂，其中 3.2m~3.7m 為灰色岩塊夾粉土質黏土；13.6m~14.6m 為棕黃色砂岩；14.6m~16.0m 灰色砂岩；16.0m~17.7m 為砂岩偶夾薄層頁岩，17.7m~23.5m 為灰色與黃棕色砂岩，23.5m~35m 為灰色砂岩偶夾薄層頁岩，其中 26.1m~26.9m 和 28.1~28.5m 岩層破碎。TGP105-A-SI2 鑽孔在深度 14m~15m、20m~21m、26m~27m、28m~30m 及 34m~35m 之岩心指數 (RQD) 皆小於 50 以內，其中 26m~27m 及 28m~29m 之岩心指數為 0。

TGP105-A-TDR1 鑽孔，孔深 35 公尺，取出之岩心顯示：深度在 0m~18.7m 為回填層或風化層，含棕黃色岩塊夾岩屑與粉土質細砂，其中 0m~0.8m 夾薄層混凝土；18.7m~20.0m 為黃棕色砂岩偶夾頁岩；20.0m~21.5m 為頁岩夾黃棕色砂岩；21.5m~26.5m 為黃棕色及灰色砂岩，其中 25.0~25.95m 岩層破碎，為岩塊夾岩屑夾粉土質細砂；26.5m~32.0m 為灰色與深灰色砂頁岩互層；32.0m~35.0m 灰色砂岩夾薄層砂頁岩互層。TGP105-A-TDR1 鑽孔在深度 18m~28m、30m~31m 及 32m~33m 之岩心指數 (RQD) 皆小於 50 以內，其中 18m~22m、25m~26m 及 27m~28m 之岩心指數為 0。

(2) 地表折射震測試驗結果

本工區共施作三條震測線，測線 SL1 長 67m 位於平台東側，

測線 SL2 長 67m 位於平台西側，測線 SL3 長 70m 佈設於平台南北向與平台邊緣夾一接近直角之角度，並延伸至祝山林道，測線位置標示於圖 3.9。現場施作時採用 4.5Hz 之速度規接收器進行震動訊號接收，接收器間距 3 公尺，SL1 以及 SL2 採用 23 個接收器，SL3 採用 24 個接收器，震源採用 13 磅之重槌敲擊鐵板進行擊發。各測線採用的炸點均勻分布整條測線，分別採用 9 點、10 點以及 9 點進行施測。

SL1 之折射震測分析成果如圖 3.10 所示，圖中顏色表示其壓縮波波速之值，暖色系之波速較高，冷色系之波速較低。由圖中可見，在地表下 15 公尺內為較低速之土層，其波速約在 200-1000m/s 之間，波速之變異較大，主要在測線 30-50 公尺以及測線 65 公尺後有極低速(深藍色，約 200m/s)之土層存在地表下約 10 公尺內。

SL2 之折射震測分析成果如圖 3.11 所示，由圖中可見，SL2 測線與 SL1 之結果十分相似，在地表下 15 公尺內為較低速之土層，其波速約在 200-1000m/s 之間，波速之變異較大，主要在測線 40-50 公尺以及測線 60 公尺後有極低速(深藍色，約 200m/s)之土層存在地表下約 10 公尺內。SL1 與 SL2 位於平台東西兩側且兩者約略平行，並與下邊坡邊緣平行，由此兩者之一致性可推估土層在兩者之連接方向上具有連續性。

SL3 測線起點位於祝山林道連接坪機坪入口處，其高程較平台低約 3m，經高程修正後折射震測分析成果如圖 3.12 所示。由圖中可見，在探測深度內之土層，波速約在 200-1000m/s 之間，波速之變異較大，僅在測線 20-30 公尺以及測線 70 公尺地表下 10 公尺以後有略高之波速存在，而整個測線有極低速(深藍色，約 200m/s)之土層存在地表下約 10 公尺內。

SL3 測線之 50 公尺處與 SL2 測線之 20 公尺相交，SL3 測線之 65 公尺處與 SL1 測線之 25 公尺相交，比較此相交處之結果，可發現其一致性良好，顯示本成果具有良好的可靠度。

將地表折射震測試驗結果比對新設鑽孔 BH-1~BH-3 之鑽探結果可發現，鑽探所得之風化土層與岩盤交界面和折射震測試驗中波速 1500m/s 的界線吻合，因此，祝山停機坪工區於後續分析規劃時可以波速 1500m/s 作為此工區岩土交界面之代表。

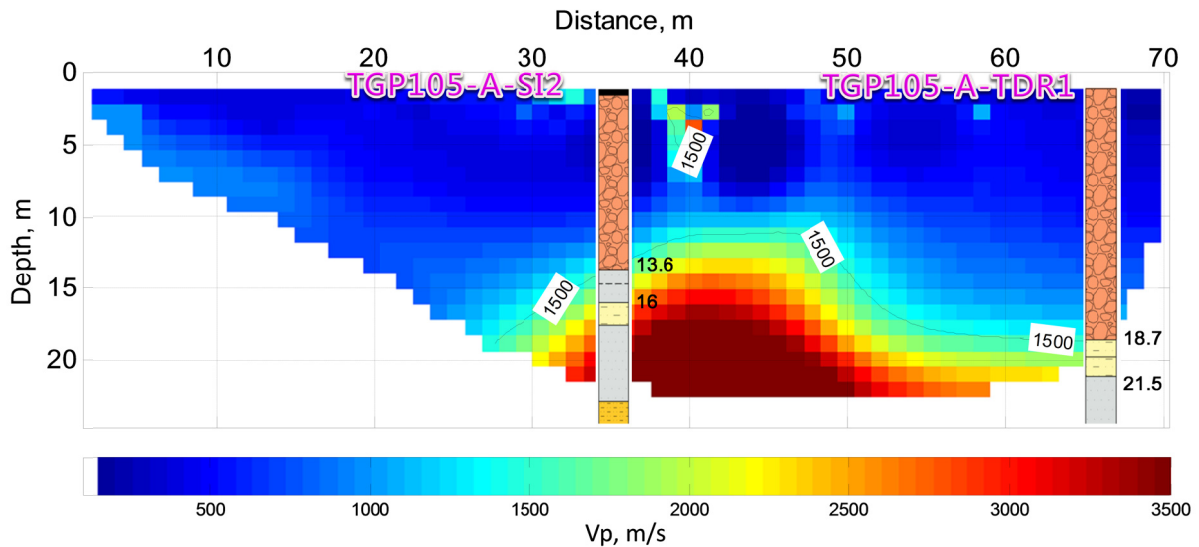


圖 3.10 測線 SL1 壓縮波速影像剖面圖

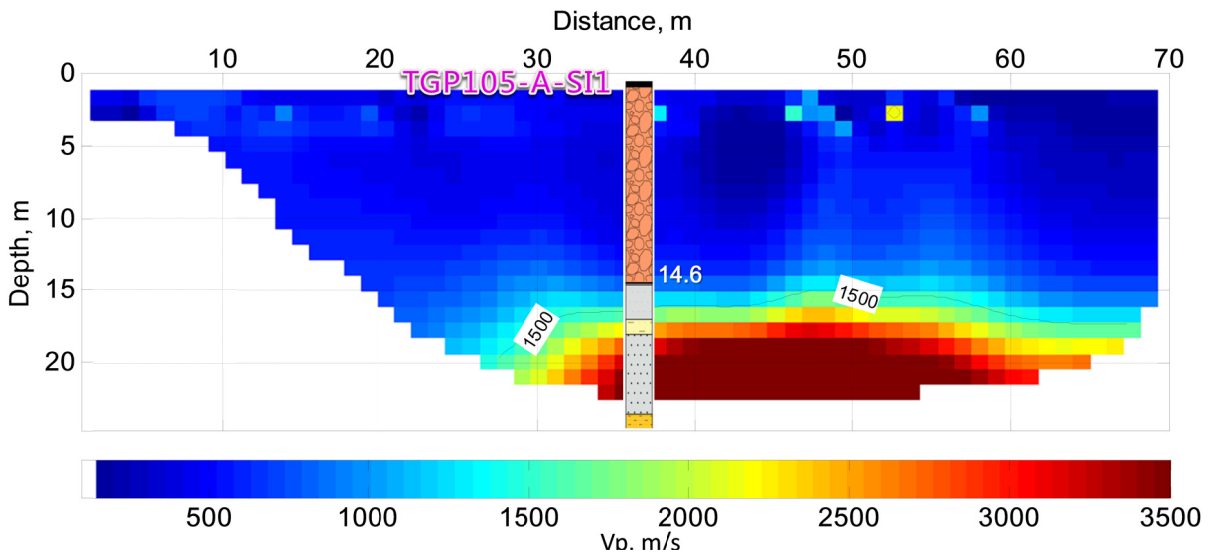


圖 3.11 測線 SL2 壓縮波速影像剖面圖

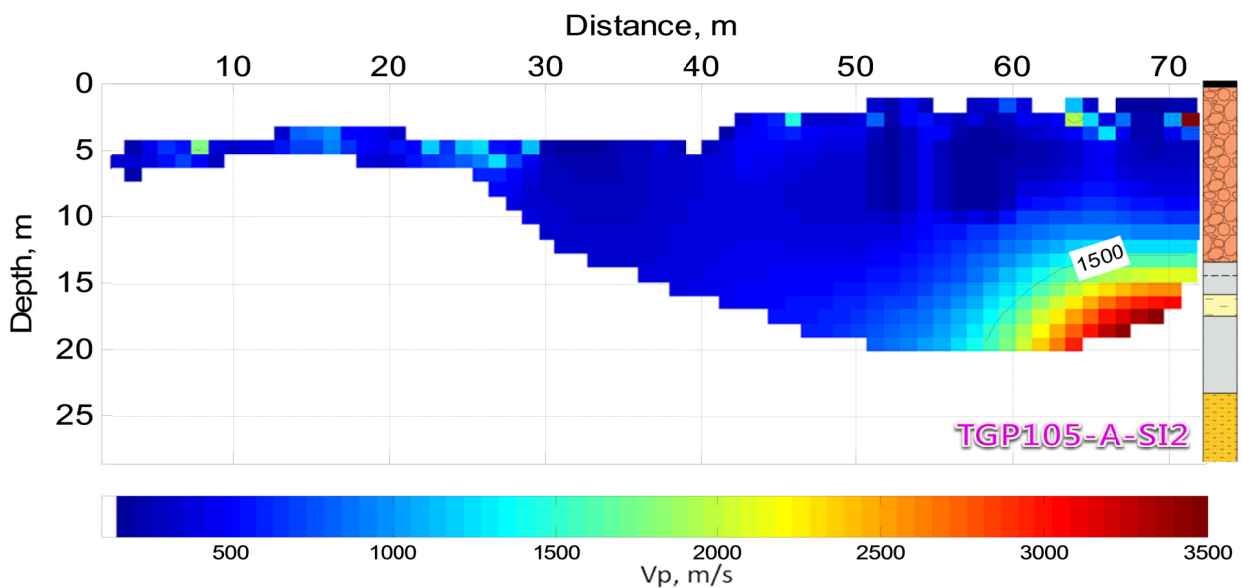


圖 3.12 測線 SL3 壓縮波速影像剖面圖

(3) Televiewer 孔內造影試驗結果

孔內造影儀量測原理是利用一聲波式或光學式感測器於鑽孔內由下而上地取得孔壁 360 度影像，無論聲波式或光學式感測器其內建數位測傾儀及羅盤儀，可用來判別影像掃瞄時探測器傾角與方位，記錄各探測深度傾角與方位並接收孔壁反射訊號，藉由傳輸裝置回傳放置於地表面的資料接收器，由影像與探測器傾角與方位，可進一步分析得地層不連續面走向與傾角等資訊。

祝山停機坪 TGP105-A-TDR1 鑽孔總鑽深 35m，試驗進行時鑽孔內地下水位為 31.5m，光學攝影儀之調查深度為 27.3-32.3 公尺，聲波造影儀之調查深度範圍為 31.33-35.5 公尺。施作過程中聲波造影儀以及光學攝影儀均由底部向上施測，拉升速率小皆於 2m/min，垂直解析度為 2mm。各標計之位態與相應之深度請見表 3-6。

將試驗分析結果以立體投影圖進行不連續面統計分析如圖 3.13，在探測範圍中共標計 9 處不連續面位置，統計後區分其主要弱面統計有二組，第一組傾向 (Dip direction) 為 N24.83，傾角 (Dip angle) 為 63.65 度(N65.17°W/63.65°NE); 第二組傾向 (Dip direction) 為 N313.90，傾角 (Dip angle) 為 14.31 度(N43.9°E/14.31°NW)第二組弱面位態與地表地質調查中所測得之層面位態接近，第一組弱面位態應為大角度之節理。

表 3-6 祝山停機坪 TGP105-A-TDR1 孔內造影試驗資料

27.3-32.3 公尺段光學攝影結果標計位態與深度					
no.	Depth	Dip Azimuth	Dip	Remark	
1	30	N021	54	Fracture	Discontinuous
2	30.05	N336	73	Fracture	Discontinuous
3	30.18	N027	67	Fracture	Discontinuous
4	30.2	N026	70	Fracture	Open-Fracture
5	30.81	N288	31	Fracture	Discontinuous
31.33-35.5 公尺段聲波造影結果標計位態與深度					
no.	Depth	Dip Azimuth	Dip	Remark	
1	33.74	N193	1	Fracture	Discontinuous
2	34.33	N311	14	Fracture	Discontinuous
3	34.72	N336	40	Fracture	Discontinuous
4	34.79	N129	7	Fracture	Discontinuous

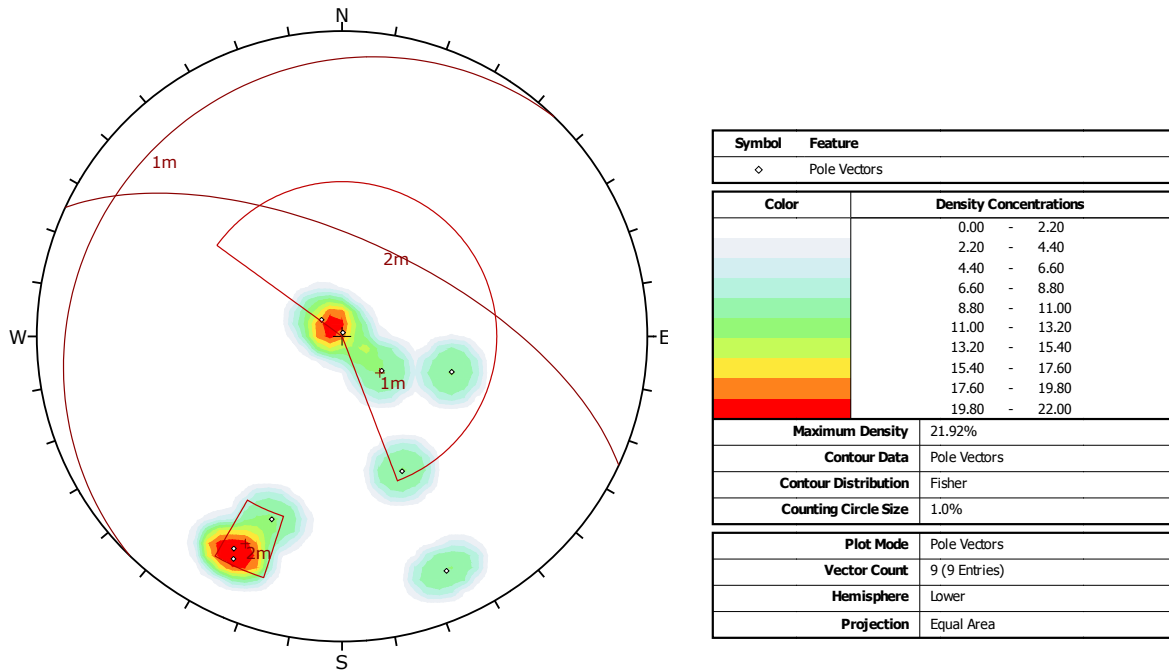


圖 3.13 祝山停機坪 TGP105-A-TDR1 節理統計立體投影圖

(4) 岩石室內試驗結果

停機坪工區之岩石單壓強度平均介於 113~404 kg/cm² 間，依照國際岩石力學學會單壓強度分級度分級為弱岩至中強岩。弱面(岩心可見之節理面)直接剪力平均值為: $C_p=1.0 \text{ kg/cm}^2$ ， $\varphi_p=33.3^\circ$ ； $C_r=0.6 \text{ kg/cm}^2$ ， $\varphi_r=31.1^\circ$ 。停機坪工區室內試驗結果一覽表請見表 3-7~表 3-8。其詳細室內試驗紀錄請見附錄 G。

表 3-7 祝山停機坪岩石單軸壓縮試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	q_u (kg/cm ²)	γ_t (t/m ³)	含水量 (%)	Gs	e	岩心描述
TGP105-A-SI1	16.2-16.4	113.68	2.36	4.33	2.72	0.201	棕色砂岩，岩質弱
	21.3-21.5	64.49	2.37	7.41	2.69	0.219	棕色砂岩，岩質弱
	33.7-33.9	163.47	2.38	2.01	2.71	0.159	棕色砂岩，岩質弱
TGP105-A-SI2	15.0-15.3	415.62	2.56	0.79	2.74	0.079	灰色砂岩，岩質中強
	23.0-23.3	238.49	2.46	3.37	2.73	0.146	灰偶夾棕色砂岩，岩質弱
	32.6-32.9	105.03	2.49	2.36	2.72	0.12	灰色砂岩，岩質弱
TGP105-A-TDR1	22.5-22.7	378.34	2.51	2.62	2.73	0.115	棕色砂岩，岩質中強
	26.2-26.5	376.12	2.47	3.42	2.73	0.141	棕色砂岩，岩質中強
	29.7-30.0	295.35	2.37	2.67	2.72	0.18	棕色砂岩，岩質中強
	34.0-34.35	404.05	2.51	2.24	2.74	0.114	棕色砂岩，岩質中強

表 3-8 祝山停機坪岩石弱面(岩心節理面)直剪試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	含水量 (%)	γ_d (t/m^3)	C_p (kg/cm^2)	ϕ_p (度)	C_r (kg/cm^2)	ϕ_r (度)	岩心描述
TGP105- A-SI1	25.1-25.5	4.3	2.3	0.74	32.1	0.72	28.9	棕灰色砂岩
	30.6-31.0	2.73	2.38	0.79	31.2	0.33	34.6	灰色砂岩
	34.6-34.85	4.69	2.21	0.65	31.5	0.13	30.4	棕灰色砂岩
TGP105- A-SI2	15.7-16.0	0.79	2.53	1.48	39.4	0.79	36.8	灰色砂岩
	30.7-31.0	2.77	2.41	1.42	36.2	0.92	30.9	灰色砂岩
	32.0-32.25	3.49	2.28	0.67	32.5	0.43	30.2	灰色砂岩
	34.1-34.4	2.19	2.26	1.47	31.8	0.98	29	灰色砂岩
TGP105- A-TDR1	31.0-32.0	1.94	2.32	1.41	31.3	1.06	25.7	灰色砂岩
	31.0-32.0	1.92	2.22	1.02	32.8	0.84	31	灰色砂岩
	33-33.3	3.19	2.37	0.47	34	0.27	33.6	灰色砂岩

(5) 地質剖面

依據地表地質調查結果、現場試驗、鑽孔岩心記錄及室內試驗結果，並參照過往相關調查成果，取祝山停機坪工區層面平均位態 N40°E/19°NW，繪製地質剖面如圖 3.14~圖 3.16。因前期監測孔位並未進行取樣，故鑽探資料僅使用本計畫新增之地質鑽孔(3 孔)，各剖面地質特性說明如下：

A. 剖面 A-A' (見圖 3.15)：

剖面 A-A' 垂直和社溪側坡面，層面視傾角為 4°。鑽孔 TGP105-A-SI1 位於停機坪西側，約在地下 14.6m 處入岩，TGP105-A-SI2 位於停機坪東側，在地下 13.6m 處入岩，岩性主要為砂頁岩互層，局部破碎；覆土為平台整地時之回填層以及風化層，主要組成粉土質細砂夾岩塊。停機坪平台東側坡頂處尚有約 10m 厚之鬆軟覆土層(0+100m)，但自坡頂中下緣處開始因崩塌及淘刷等因素，覆土層厚度逐漸減少至無覆土(0+125m)，地表面即為岩盤面，此處由正射影像可直接看見裸露層面。

B. 剖面 B-B' (見圖 3.16)：

剖面 B-B' 垂直層面走向方向，層面真傾角為 19°。TGP105-A-TDR1 位於停機坪東北側，在地下 18.7m 處入岩，岩性主要為砂頁岩互層，局部破碎；覆土為平台整地時之回填層以及風化層，主要組成粉土質細砂夾岩塊。

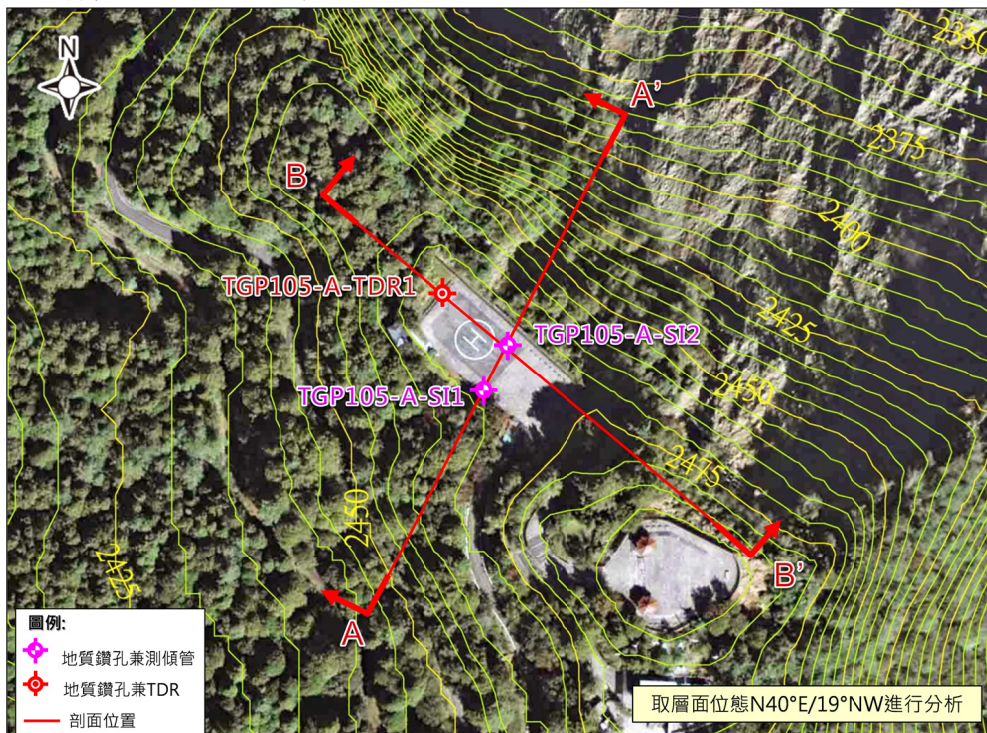


圖 3.14 祝山停機坪地質鑽孔及剖面圖位置

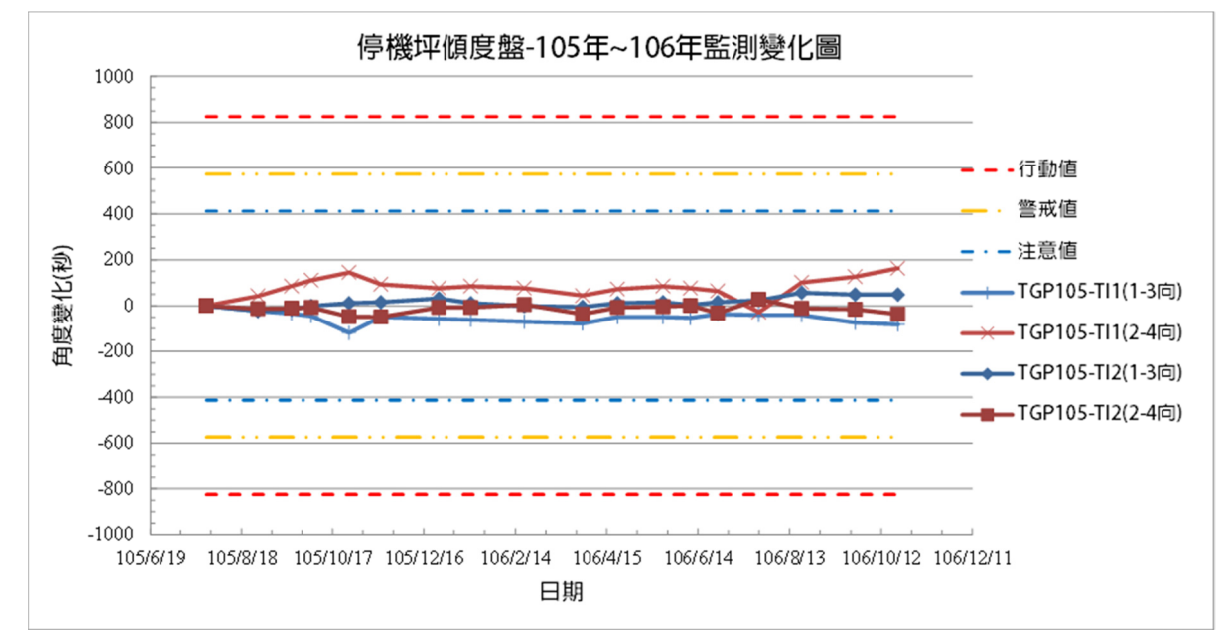
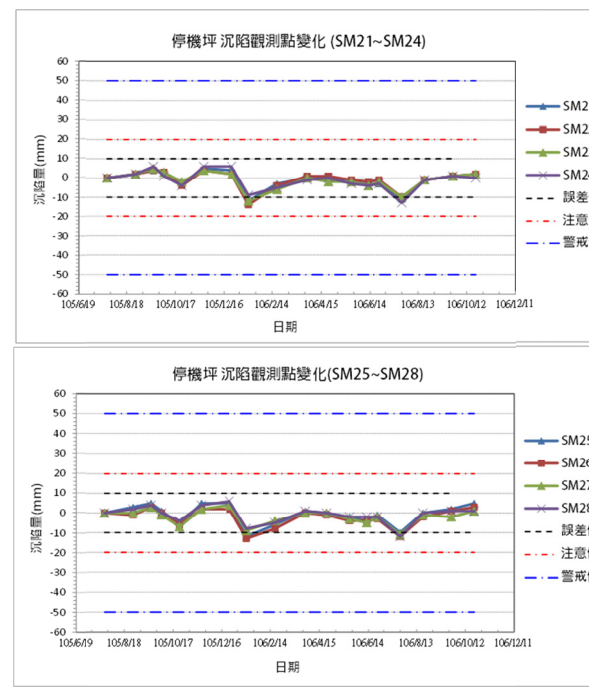
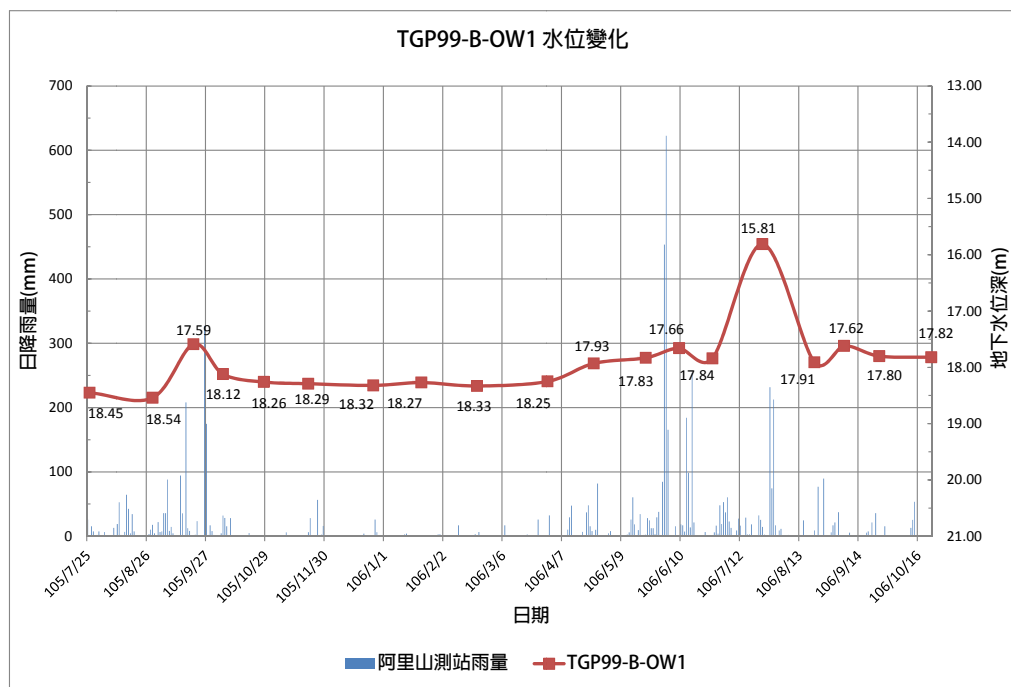
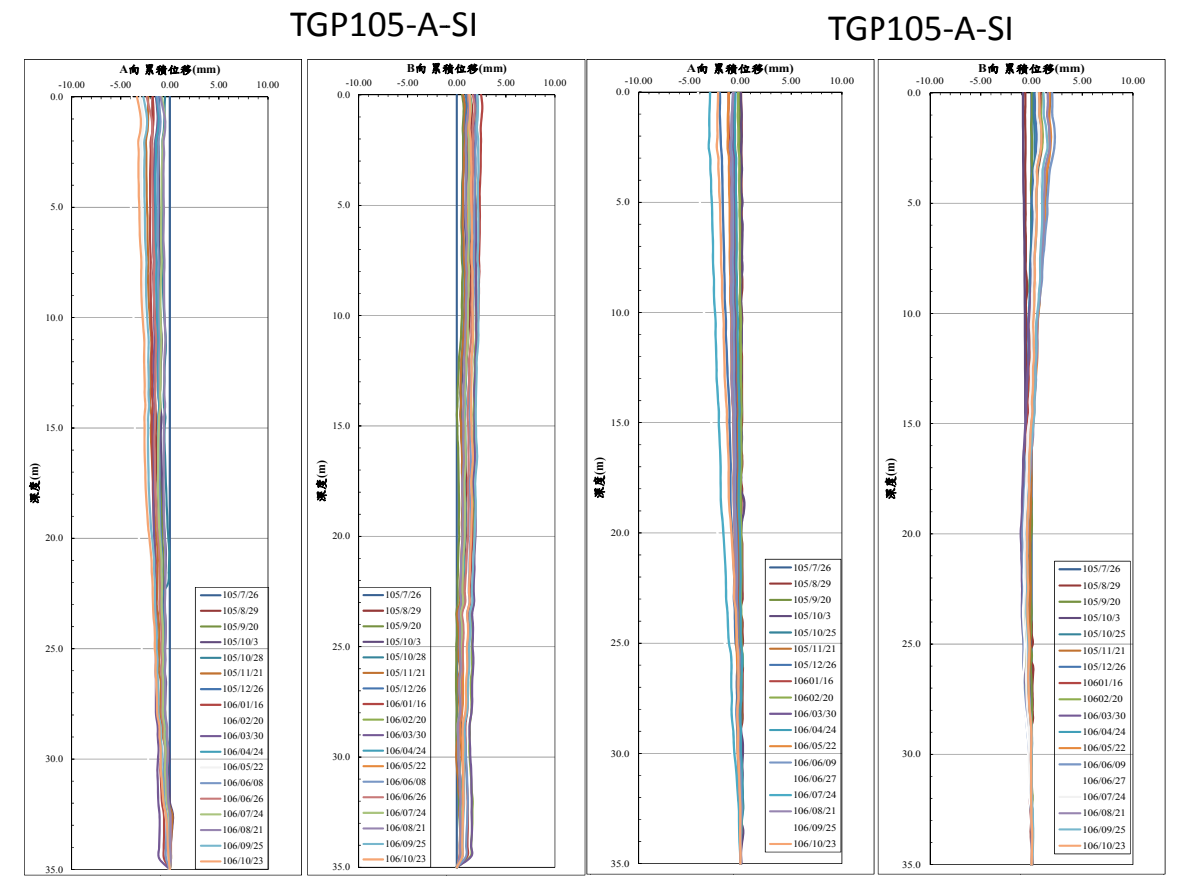
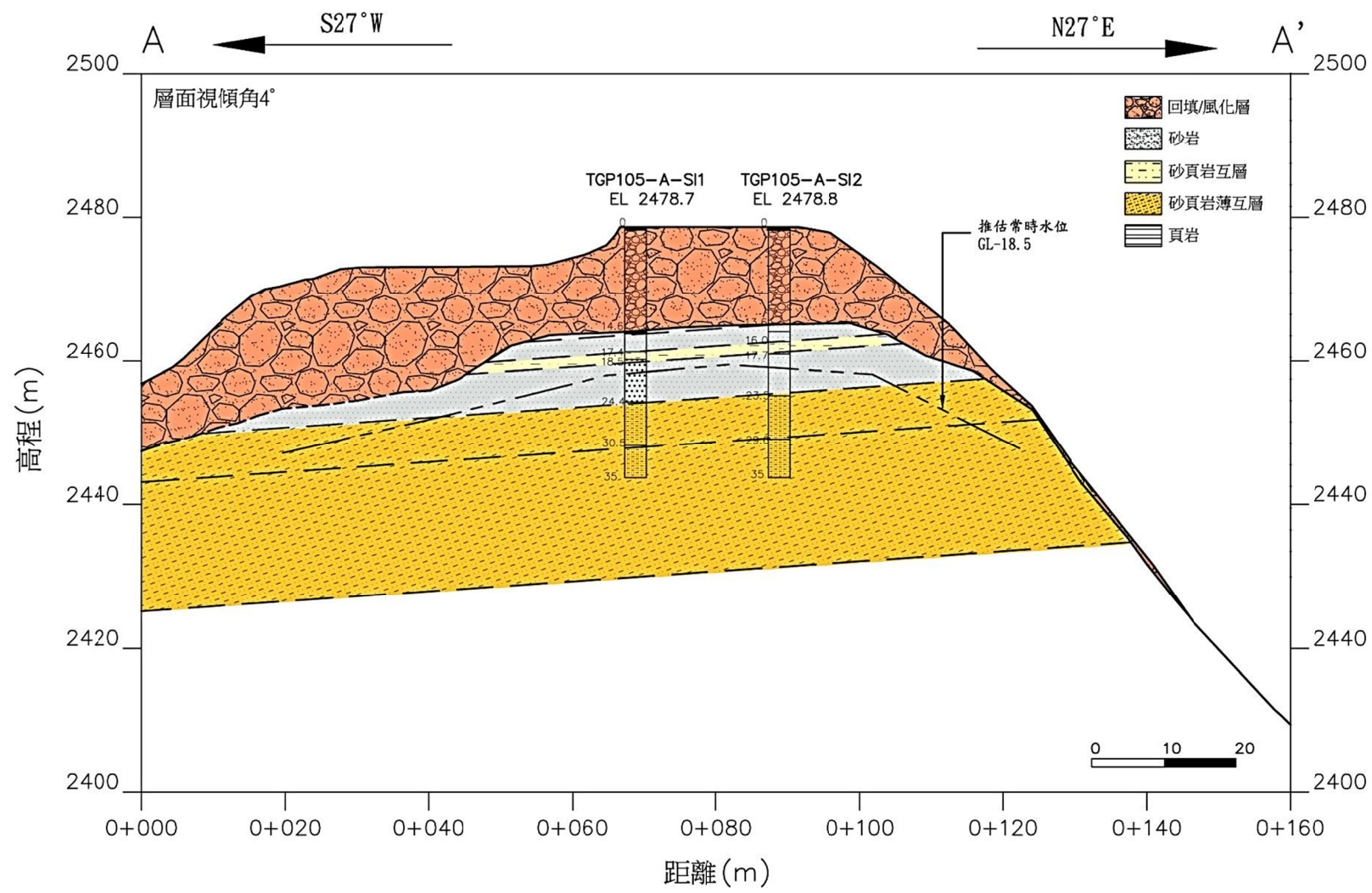


圖 3.15 祝山停機坪地質剖面 AA'

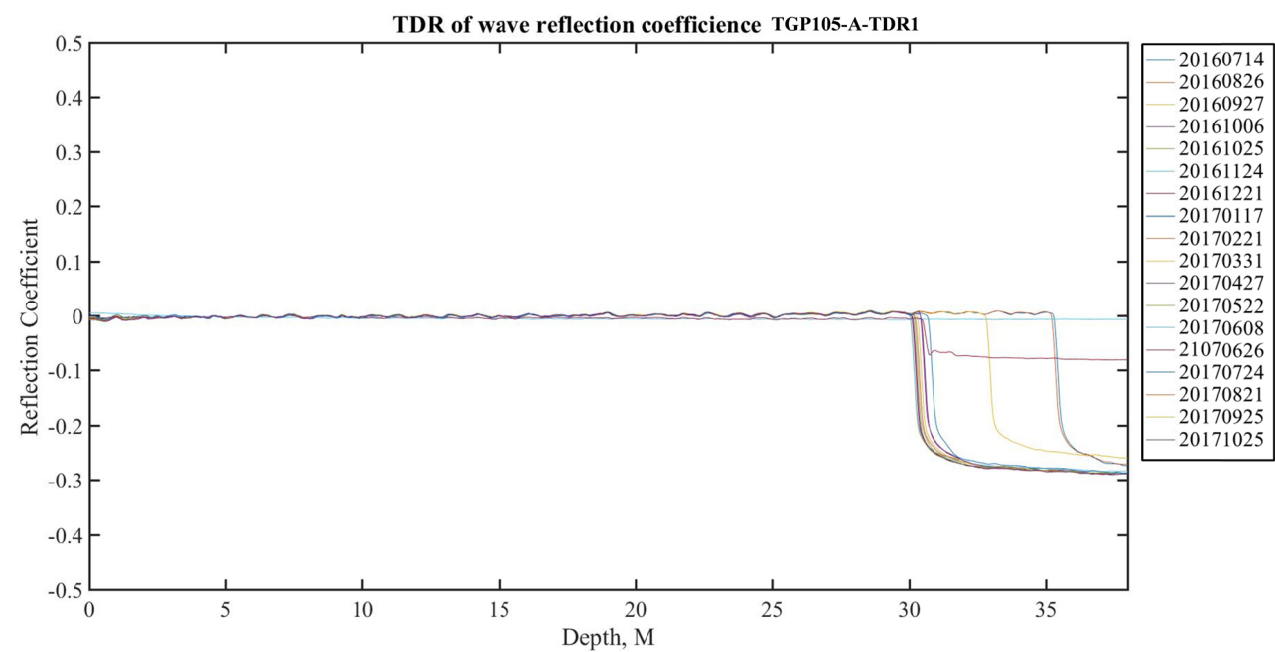
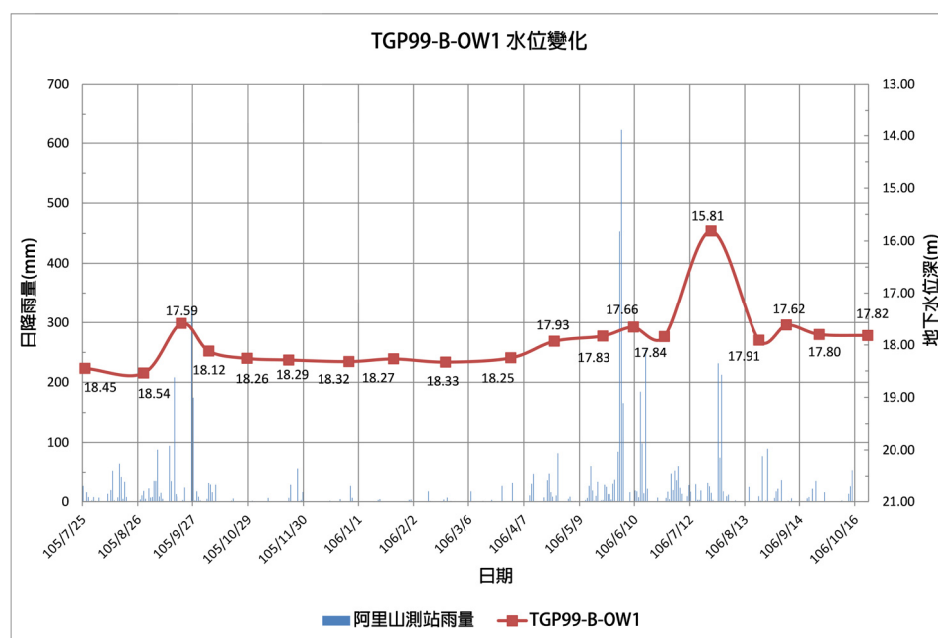
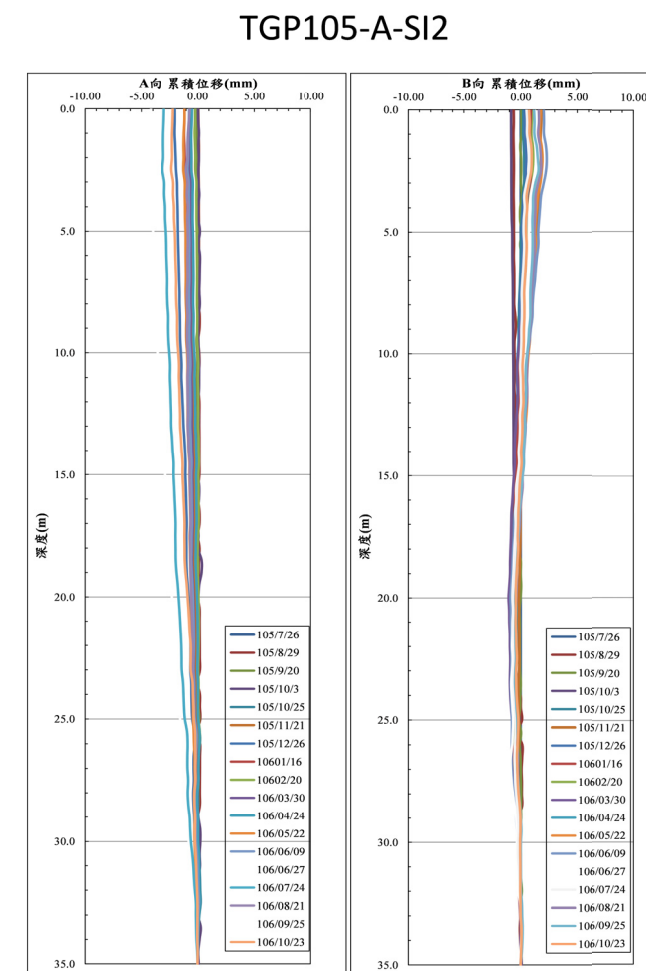
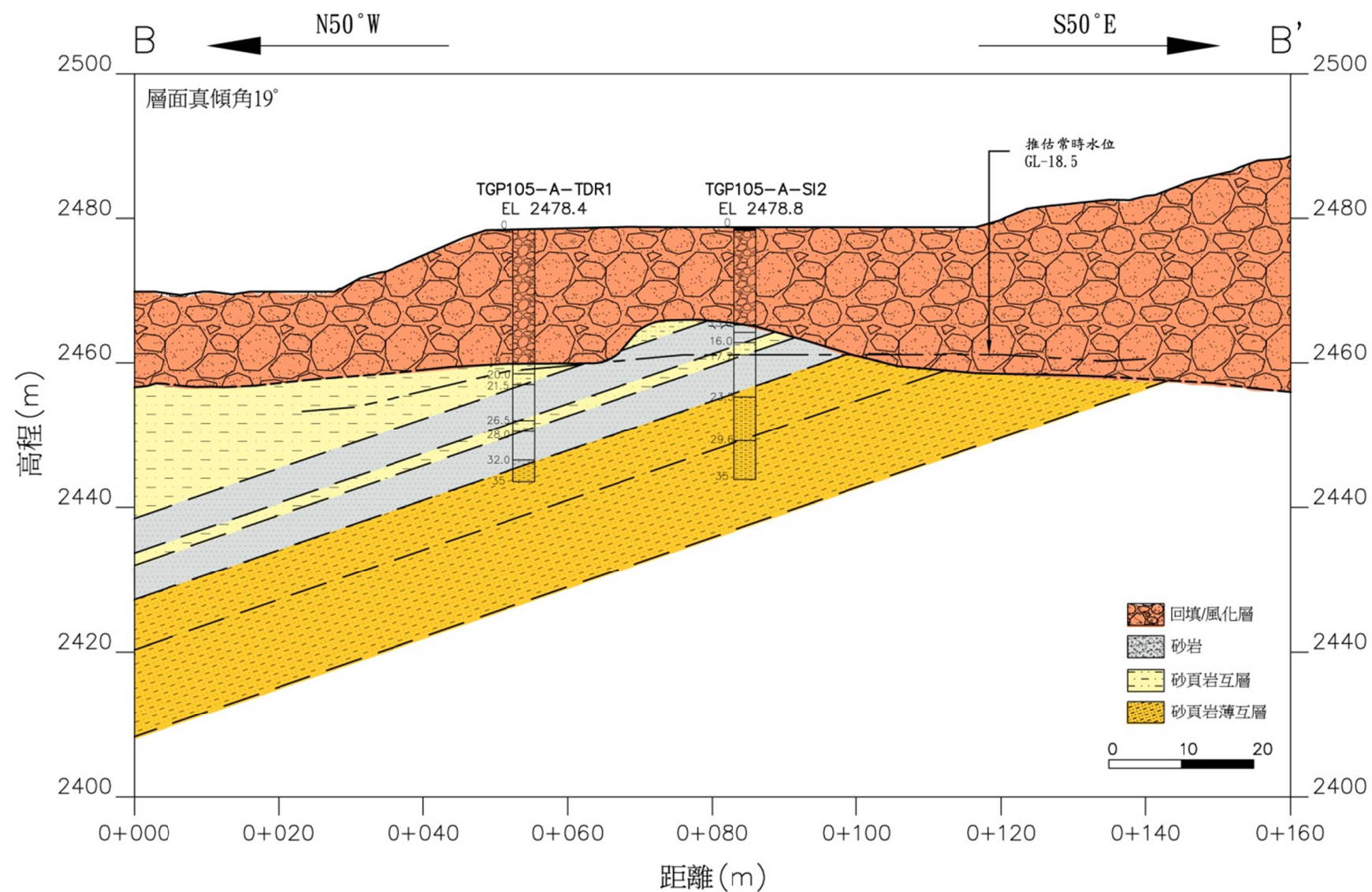


圖 3.16 祝山停機坪地質剖面 BB'

3.3.2 阿里山中山村工區

(一) 現況調查結果

阿里山中山村工區位於一面西北之單向坡，本區域開發利用型態為沿山腹採多階平台逐層興建，因而造成邊坡與擋土構造物數量較多，工區周圍未見明顯露頭。工區內建物密度高，房舍緊臨擋土牆，且各階擋土牆安全欄杆已被鐵皮包覆並加蓋作為村民生活空間，不易佈置傾度盤架，其下邊坡林木茂密，二側坑溝將地表逕流導引至阿里山溪中。

工區因曾歷經 921 震災及歷次風災等，有地層潛移疑慮，居民亦反映房屋有傾斜及開裂的狀況，目前經排水溝及擋土設施的設置之後已有成效，由 101 年至 104 年中山村沉陷點監測成果來看，中山村區域沉陷及潛移情況應已獲得改善，未來宜配合測傾管及沉陷觀測點的持續監測做長期的觀察，中山村現勘照片如圖 3.17(拍攝日期:105 年 4 月 7 日)。

阿里山中山村工區周邊因有既有構造物及植生覆蓋，無適用露頭，因此以孔內造影試驗結果作為後續地質剖面繪製及穩定分析用。

(二) 排水系統調查

中山村區內排水路徑如圖 3.18-(a)所示，全區集水面積約 1.75 公頃，區外排水部分則由森林遊樂區內路側溝及截水溝收集排出，經查並無外水排入中山村區內。106 年 5 月~6 月進行中山村住宅區連鎖磚修補工程時於住宅後方發現地層掏空及裂縫的情形，恐危及住宅安全，已使用砂漿於該處進行填補。中山村排水系統現況照片及說明圖 3.18 -(b)~(f)。



(a) 中山村側視圖



(b) 現勘照片拍攝方向



中山村建築物沿原地形分階段開挖回填而成小台階狀



各階小平台間擋土牆安全欄杆已包覆鐵皮並加蓋作為村民生活空間，不易佈置傾度盤架

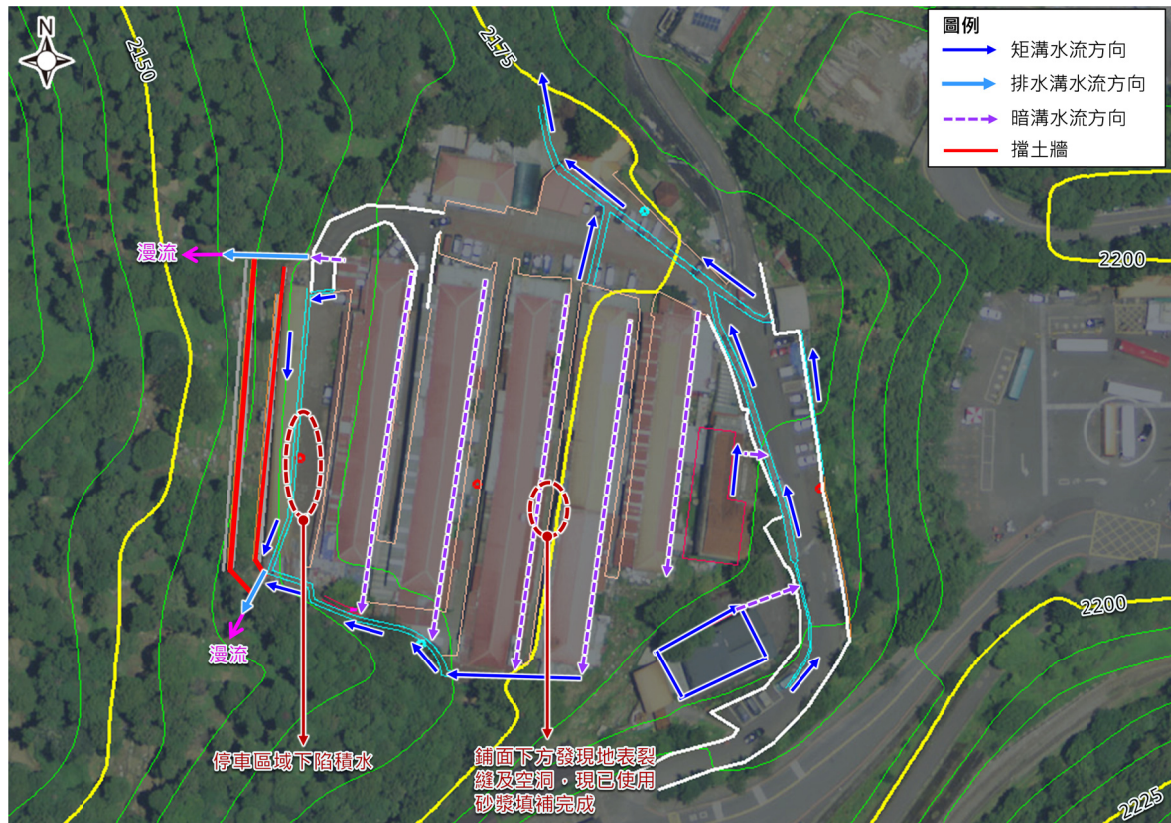


中山村南側房舍緊臨邊坡



中山村建築物密度高且空間均已充份利用

圖 3.17 阿里山中山村現地踏勘照片



(a) 中山村排水流向圖



(b) 中山村上邊坡區外排水由路側溝排除



(c) 兩側排水溝終點漫流處



(d) 住宅後方水溝被鐵皮及雜物覆蓋



(e) 排水溝出水口與擋牆連接處(南側)



(f) 擋牆下方出水口及齒墩現況(北側)

圖 3. 18 中山村排水調查及現況照片圖

(三) 地質探查結果

本計畫於阿里山中山村工區新增五孔鑽孔，其鑽孔配置如圖 3.19，鑽深數量及設置理由詳見表 3-9。地質鑽孔完成後 CSV105-A-SI1~CSV105-A-SI3 安裝測傾管以監測中山村邊坡地層滑移之趨勢，CSV105-A-OW1 及 CSV105-A-OW2 則安裝水位觀測井以監測地下水位的變化量。現地試驗部分，於 CSV105-A-SI1 孔位施做 Televiewer 孔內造影試驗以了解此工區岩盤弱面位態。各鑽探孔位之岩心紀錄及照片請見附錄 E 及附錄 F。

(1) 鑽探結果

CSV105-A-SI1 鑽孔，孔深 55 公尺，取出之岩心顯示：深度在 0m~3m 為混凝土、礫石、岩塊、木頭夾棕色粉土；3m~43.5m 為崩積層，組成為棕色、灰色崩積岩塊夾棕黃色粉土及砂質粉土，其中 35.65m~36.6m 為空洞，43.5m~55.0m 為灰色砂岩，其中 51.1m~52m 岩層破碎。BH-1 鑽孔在深度 44m~46m、49m~50 及 51m~53m 之岩心指數 (RQD) 皆小於 50 以內。

CSV105-A-SI2 鑽孔，孔深 60 公尺，取出之岩心顯示：深度在 0m~0.7m 為磚瓦、混凝土夾黃棕色粉土；0.7m~51.85m 為崩積層，組成為灰色崩積岩塊夾棕黃色砂質粘土；51.85m~60m 為灰色砂岩夾剪裂泥。BH-2 鑽孔在深度 53m~59m 之岩心指數 (RQD) 皆小於 50 以內。

CSV105-A-SI3 鑽孔，孔深 56 公尺，取出之岩心顯示：深度在 0m~0.45m 為 AC 及混凝土；0.45m~49.45m 為崩積層，組成為棕色、灰色崩積岩塊夾棕黃色粉土及粉土質細砂；49.45m~56.0m 為棕灰色砂岩。CSV105-A-SI3 鑽孔入岩後在深度 51m~56m 之岩心指數 (RQD) 皆大於 50。

CSV105-A-OW1 鑽孔，孔深 50 公尺，取出之岩心顯示：0m~0.4m 為混凝土；0.4m~1.1m 為棕色砂質粉土回填，1.1m~50m 為崩積層，組成為棕色、灰色崩積岩塊夾棕色粉土及棕黃色砂質粉土，其中 30m~44m 為厚岩層崩落。

CSV105-A-OW2 鑽孔，孔深 40 公尺，取出之岩心顯示：深度在 0m~0.8m 為混凝土；0.8m~40m 為崩積層，組成為棕色、

灰色崩積岩塊夾棕色粉土及棕黃色砂質粉土。

表 3-9 阿里山中山村新設地質鑽孔與試驗列表

孔號	鑽深	孔內造影	鑽孔設置原因
CSV105-A-SI1	55 m	1 孔	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查崩積層厚度及岩盤位置 ◆ 安裝測傾管監測地滑情形 ◆ 施做 Televiewer 孔內造影確認岩層弱面位態
CSV105-A-SI2	60 m	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查崩積層厚度及岩盤位置 ◆ 安裝測傾管監測地滑情形
CSV105-A-SI3	56 m	-	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查崩積層厚度及岩盤位置 ◆ 安裝側傾管監測地滑情形
CSV105-A-OW1	50 m	-	◆ 安裝地下水位觀測井+自計式水位計
CSV105-A-OW2	40 m	-	◆ 安裝地下水位觀測井+自計式水位計

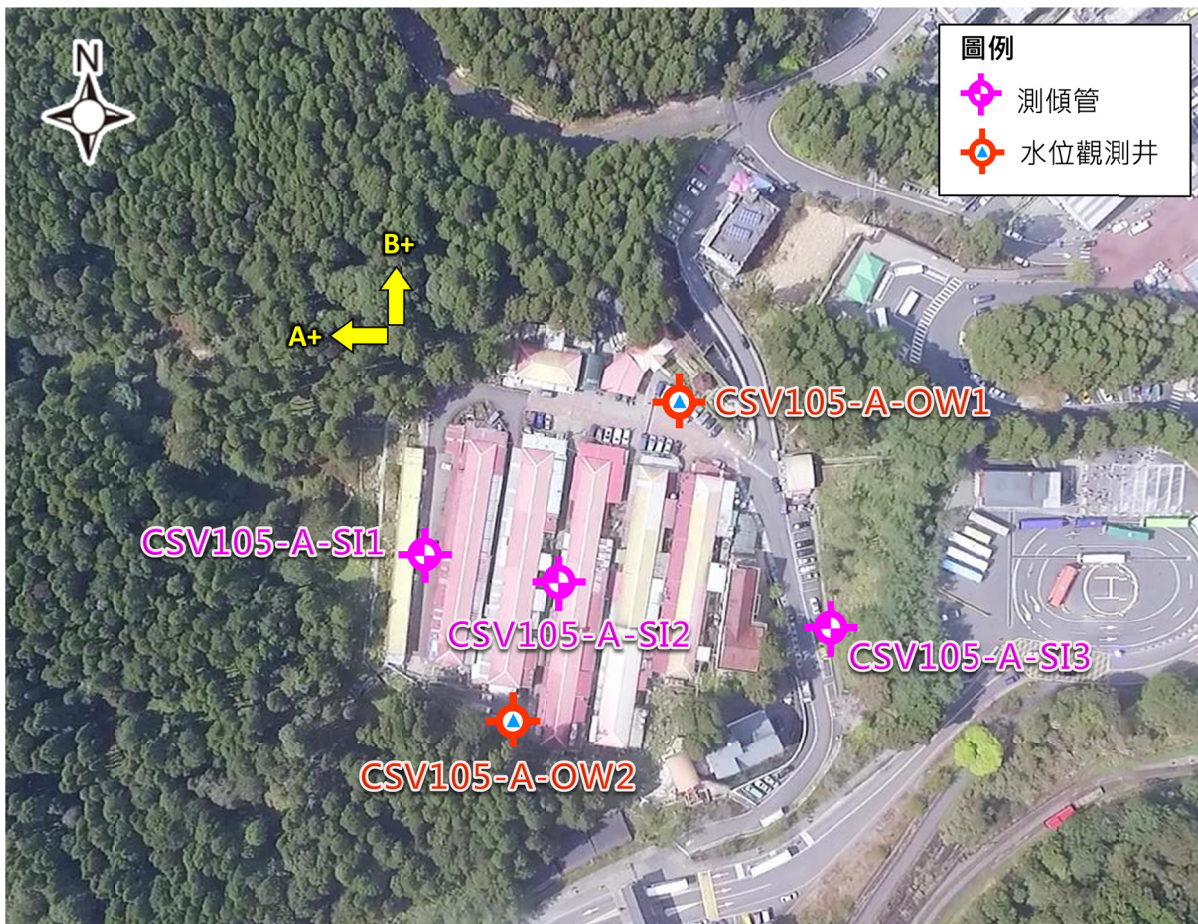


圖 3.19 阿里山中山村新設地質鑽孔配置圖

(2) Televiewer 孔內造影試驗結果

中山村 CSV105-A-SI1 鑽孔總鑽深 55m，試驗進行時鑽孔內無測得地下水位，光學攝影儀之調查深度為 46.2-51.2 公尺。施作過程中聲波造影儀以及光學攝影儀均由底部向上施測，拉升速率小皆於 2m/min，垂直解析度為 2mm。各標計之位態與相應之深度請見表 3-10。

將試驗分析結果以立體投影圖進行不連續面統計分析如圖 3.20，在探測範圍中共標計 18 處不連續面位置，統計後區分其主要弱面統計有二組，第一組傾向 (Dip direction) 為 N3.48，傾角 (Dip angle) 為 22.45 度(N86.5°W/22.5°NE)；第二組傾向為 N0.34，傾角為 81.08 度(N89.7°W/81.1°NE)，其光學攝影判釋結果此二組弱面應為節理面。

表 3-10 中山村 CSV105-A-SI1 孔內造影試驗資料

46.2-51.2 公尺段光學攝影結果標計位態與深度					
	Depth	Dip Azimuth	Dip	Remark	
1	47.27	N219	51	Fracture	Discontinuous
2	47.27	N294	41	Fracture	Discontinuous
3	47.32	N061	50	Fracture	Discontinuous
4	47.5	N003	20	Fracture	Discontinuous
5	48.03	N094	88	Fracture	Discontinuous
6	48.79	N348	84	Fracture	Discontinuous
7	49.36	N011	25	Fracture	Discontinuous
8	49.46	N020	24	Fracture	Open-Fracture
9	49.5	N273	53	Fracture	Discontinuous
10	49.97	N000	85	Fracture	Discontinuous
11	50.37	N307	23	Fracture	Discontinuous
12	50.48	N352	81	Fracture	Discontinuous
13	50.51	N036	34	Fracture	Open-Fracture
14	50.53	N328	25	Fracture	Discontinuous
15	50.83	N014	80	Fracture	Discontinuous
16	50.96	N008	76	Fracture	Discontinuous
17	50.98	N249	28	Fracture	Open-Fracture
18	51.13	N017	26	Fracture	Discontinuous

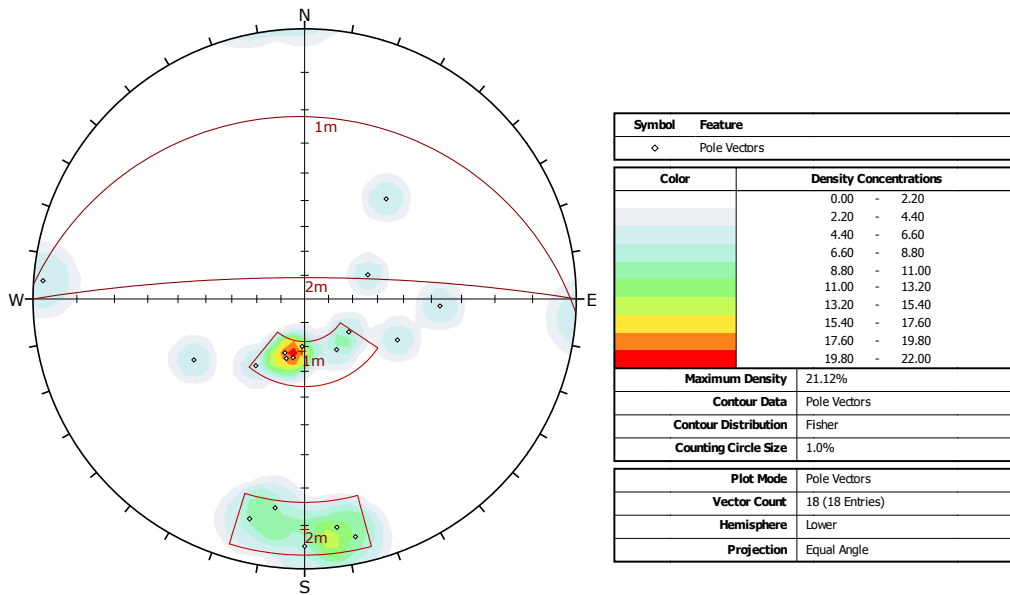


圖 3.20 中山村 CSV105-A-SI1 節理統計立體投影圖

(2) 岩石室內試驗結果

中山村工區之岩石單壓強度介於 115~339 kg/cm² 間，依照強國際岩石力學學會單壓強度分級為弱岩至中強岩。弱面(岩心可見之節理面)直接剪力平均值為: C_p=0.8 kg/cm²，φ_p=32.0°；C_r=0.5 kg/cm²，φ_r=29.5°。其詳細室內試驗紀錄請見附錄 G。

中山村工區室內試驗結果一覽表請見表 3-11~表 3-12。

表 3-11 中山村岩石單軸壓縮試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	q _u (kg/cm ²)	γ _t (t/m ³)	含水量(%)	G _s	e	岩心描述
CSV105-A-SI1	46.5-47.0	286.45	2.6	1.49	2.7	0.054	灰色砂岩，岩質弱
	47.2-47.5	286.45	2.57	1.64	2.71	0.071	灰色砂岩，岩質中強
	54.7-55.0	339.83	2.38	4.61	2.71	0.192	棕色砂岩，岩質中強
CSV105-A-SI2	55.4-55.8	155.18	2.42	5.26	2.7	0.176	灰色砂岩，岩質弱
	59.10-59.65	275.14	2.46	4.27	2.71	0.147	灰色砂岩，岩質中強
	59.7-60.0	232.74	2.44	3.46	2.72	0.154	灰色砂岩，岩質弱
CSV105-A-SI3	50.1-50.4	240.63	2.36	4.76	2.72	0.205	棕褐色砂岩，岩質弱
	54.15-55.0	288.32	2.4	4.38	2.72	0.182	灰褐色砂岩，岩質中強
	54.15-55.0	350.19	2.51	3.38	2.73	0.124	棕褐色砂岩，岩質中強
	55.5-56.0	131.98	2.38	3.57	2.7	0.174	棕褐色砂岩，岩質弱

表 3-12 中山村岩石弱面(節理面)直剪試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	含水量 (%)	γ_d (t/m^3)	C_p (kg/cm^2)	ϕ_p (度)	C_r (kg/cm^2)	ϕ_r (度)	岩心描述
CSV105-A -SI1	44.0-44.6	4.61	2.4	1.28	34.6	0.34	33.8	灰色砂質頁岩
	50.55-51.0	2	2.4	0.68	33.3	0.48	29.6	灰色砂岩
	50.55-51.0	2.31	2.35	1.38	35.2	0.67	28.6	灰色砂岩
	53.0-54.0	5.41	2.15	0.87	31.8	0.75	29.5	灰色砂岩
CSV105-A -SI2	52.0-53.0	2.11	2.39	0.75	30.3	0.56	29.7	灰色砂岩
	52.0-53.0	1.95	2.33	0.89	29.4	0.45	28.3	灰色砂岩
	58.0-58.35	1.53	2.46	0.54	29	0.41	27.7	灰偶夾棕色砂岩
CSV105-A -SI3	51.3-51.6	0.96	2.5	0.56	29.7	0.42	26.2	灰夾棕色砂岩
	53.6-54	4.92	2.12	0.58	34.7	0.29	33.5	褐棕色砂岩
	55.0-55.5	4.93	2.16	0.81	31.6	0.56	28.4	褐棕色砂岩

(3) 地質剖面

依據地表地質調查結果、現場試驗、鑽孔岩心記錄及室內試驗結果，並參照過往相關調查成果，取中山村工區層面平均位態 $N47^\circ E/22^\circ NW$ (二萬坪及阿里山公路周邊露頭平均)，繪製地質剖面如圖 3.21 ~ 圖 3.23。因本工區前期監測並無岩心取樣資料，故地質剖面鑽探資料僅使用本計畫新增之地質鑽孔(5 孔)，各剖面地質特性說明如下：

A. 剖面 A-A' (見圖 3.22)：

剖面 A-A' 垂直中山村坡面，層面視傾角為 16° 。鑽孔 CSV105-A-SI1 位於最下階平台，在地表下約 43.5m 處入岩，CSV105-A-SI2 位於第三階平台，在地表下約 51.85m 處入岩，CSV105-A-SI3 位於中山村入口聯外道路旁，在地下 49.45m 處入岩，岩性主要為灰色砂岩，CSV105-A-SI1 及 CSV105-A-SI2 偶有破碎帶出現，CSV105-A-SI3 入岩部分岩心較完整；CSV105-A-OW1 及 CSV105-A-OW2 為安裝水位井用，鑽深依據為可測得常時地下水位為標準，因此並未入岩，鑽深分別為 50m 及 40m，全孔為崩積層。中山村工區覆蓋層以崩積層為主，其主要組成為粉土、砂質粉土與大小不一之崩積岩塊。

B. 剖面 B-B' (見圖 3.23) :

剖面 B-B' 垂直層面走向方向，層面真傾角為 22°。中山村工區覆蓋層由厚崩積層組成，厚度約在 45m~55m 左右，由鑽孔位置及高程推斷中山村位置之岩盤面較平緩，故舊崩積層可於此區域堆積。

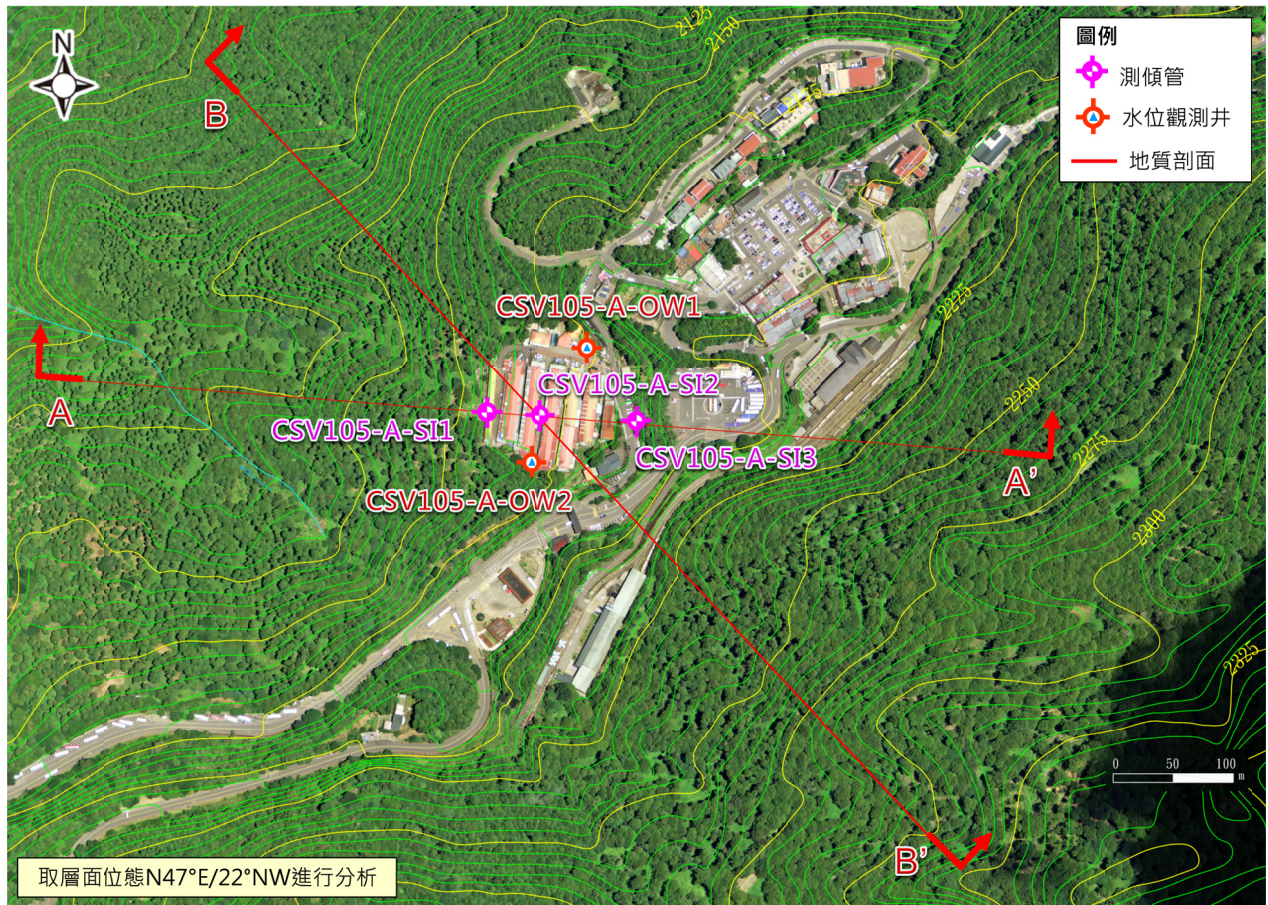


圖 3.21 中山村鑽孔及剖面圖位置

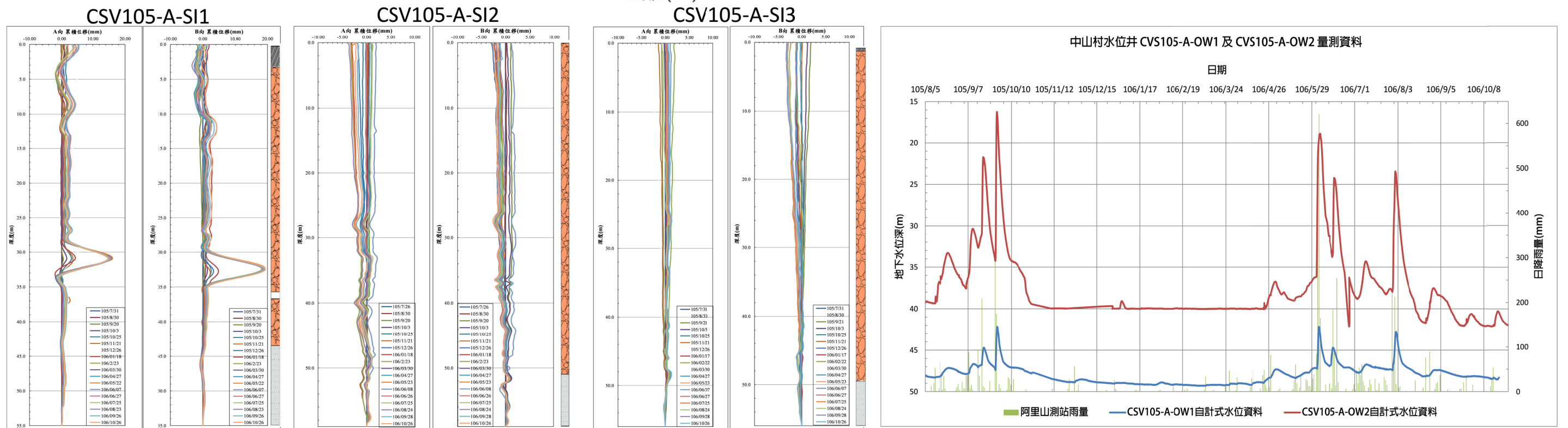
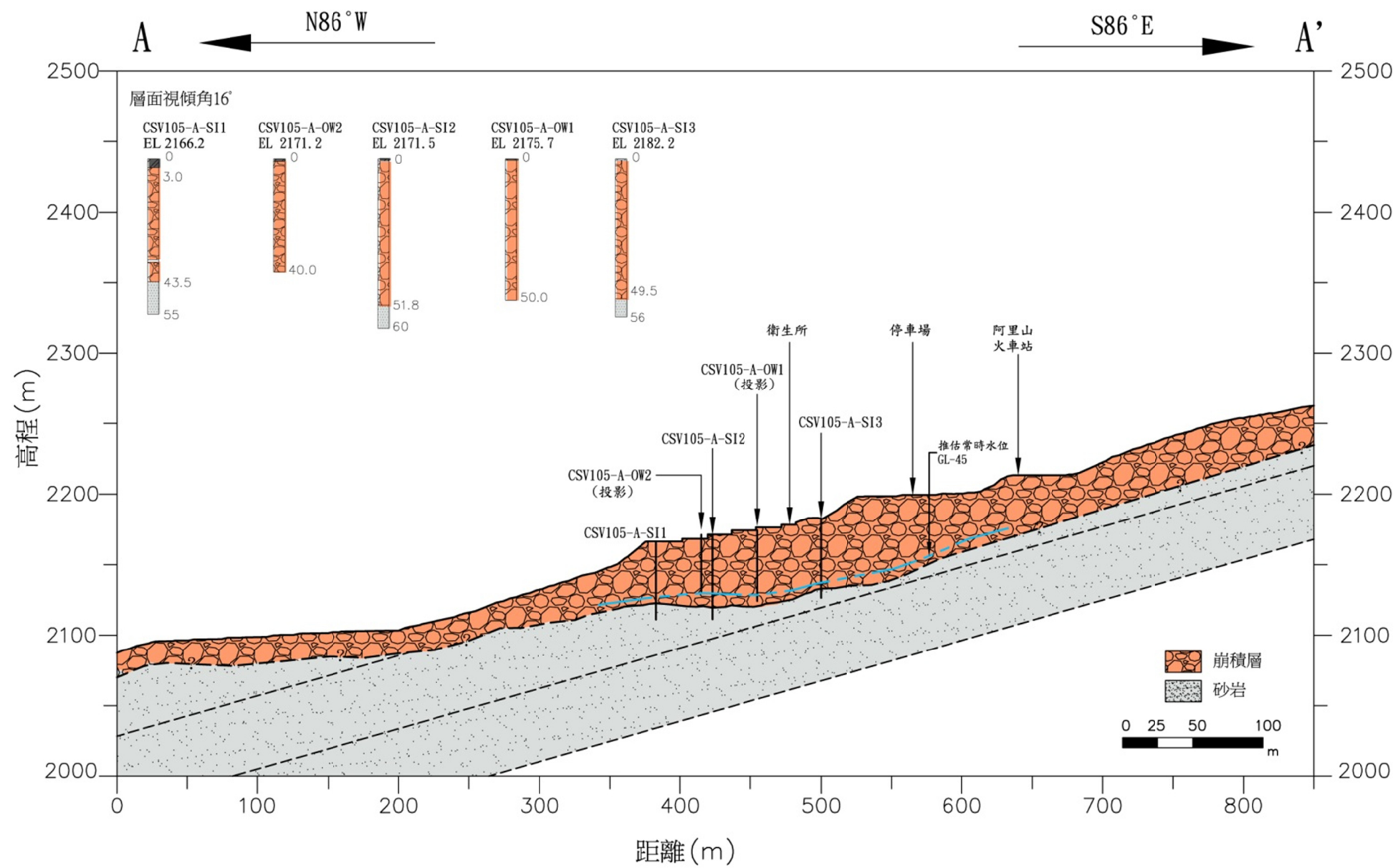


圖 3.22 中山村地質剖面 AA'

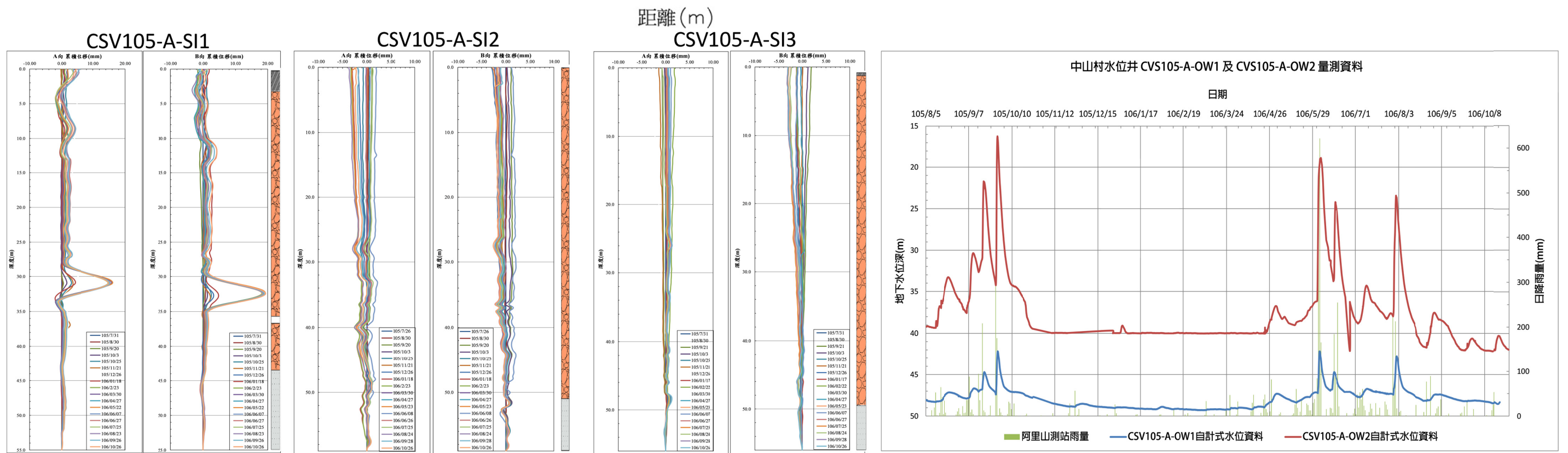
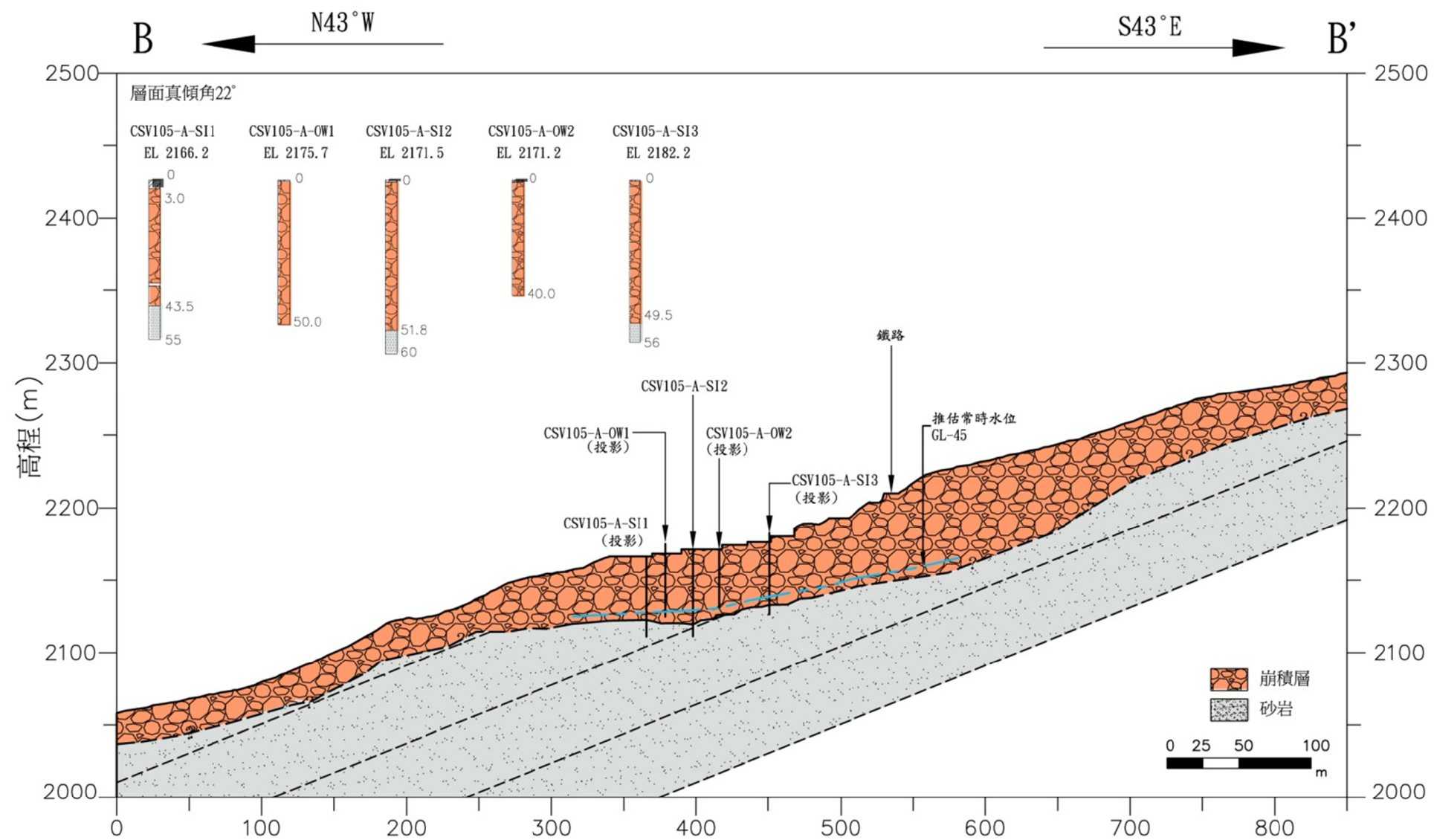


圖 3.23 中山村地質剖面 BB'

3.3.3 奮起湖工作站工區

(一) 現況調查結果

奮起湖工區上邊坡崩坍區坡頂有厚砂岩夾薄頁岩互層出現，應屬長枝坑層地層，由空拍照片比對地形、區域地質等文獻資料可知地層層面走向為西北-東南方向，往西南方向傾斜，因此奮起湖工作站與 169 縣道上邊坡二處大型崩塌地面西邊坡屬斜交坡，此區邊坡坡頂岩盤受層面與節理面切割為塊狀墜落堆積於坡面，且厚砂岩層因側向解壓產生多組張力節理，復受本身重力牽引與豪雨趨動影響，大量土石往下方移動致災，現勘照片如圖 3.24。

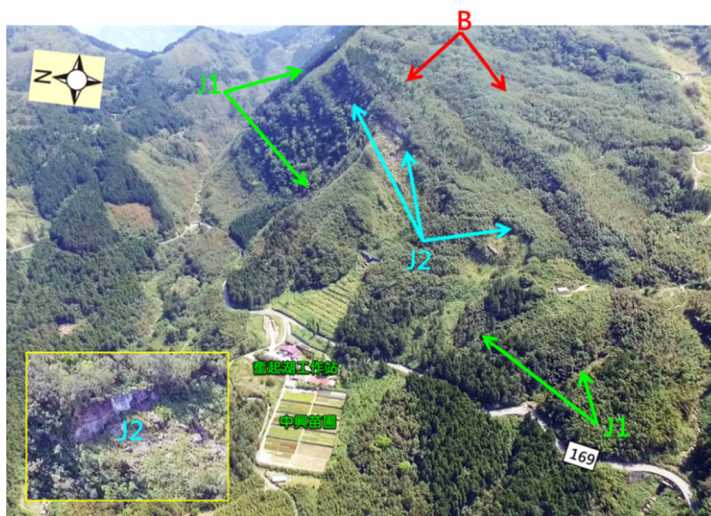
奮起湖工作站東北側邊坡為景點十八羅漢洞，十八羅漢洞為新生代造山運動、地殼變動所留下的遺跡，該區域形成多處天然地塹及洞窟，在靠近坡頂之厚砂岩層因側向解壓產生多處平行於落崖方向的張力裂縫，在莫拉克風災帶來超大雨量水壓作用下，造成側邊岩塊崩落。經現地調查發現，該區裂縫兩側皆為岩盤出露且裂縫尺寸不一，依照「嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統評估建置」(民國 102 年 12 月)的調查，其裂縫長度自 1.73 公尺至 34.65 公尺，寬度自 11 公分至 20.5 公分，深度自 0.2 公尺至 4.9 公尺深，長短不一。將奮起湖工作站坡頂張力裂縫位置疊套至正射影像後如圖 3.25。針對此一裂縫區奮起湖工作站已於較具規模之裂縫位置，安裝 6 處簡易裂縫計(其位置如圖 3.26)進行監測，監測頻率目前為每月一次。由 101 年 1 月至 106 年 10 月的觀測結果可發現，坡頂張力裂縫並無明顯擴張情形，僅裂縫計-編號 1 於 105 年 3 月 1 日量測時有 0.3 公分的變異，其歷次量測資料及裂縫尺寸變位量請見圖 3.10。

奮起湖工作站周邊集水面積範圍可分為兩區域，如圖 3.27 所示，其中集水區 1 之面積約為 8 公頃，集水區之 2 面積約為 21 公頃，奮起湖工作站上邊坡集水區面積共約 29 公頃。

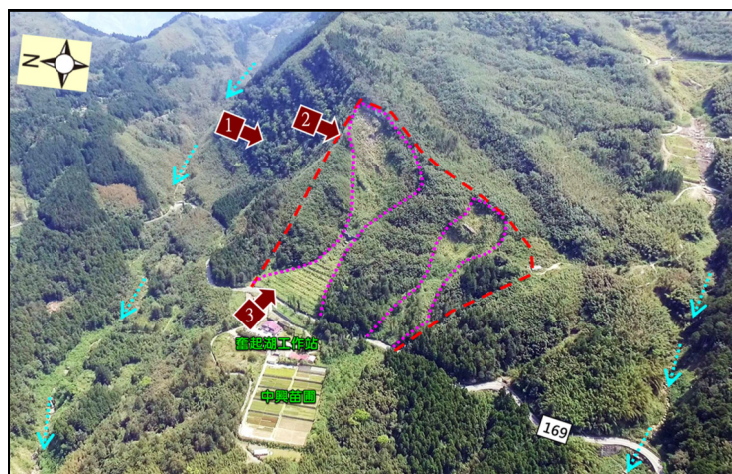
(二) 地表地質調查

奮起湖工作站東側 169 縣道旁可見砂岩及厚砂岩夾薄頁岩互層岩盤露頭，工區周邊露頭調位置及結果如圖 3.28 所示，層面露頭照片如圖 3.29，以地質羅盤量測層面位態，並統計層面平均位態約為 N27°W/20°SW，圖 3.30 為周邊露頭層面統計立體投影

圖；此調查結果與前期報告(「嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統評估建置」，民國 102 年 12 月)於奮起湖工作站坡頂位置所做之地表地質調查結果 $N35^{\circ}W/(35\sim45)^{\circ}SW$ 相近。



↑ 節理 J1、J2 及層理 B 位置示意



↑ 現勘照片拍照方向

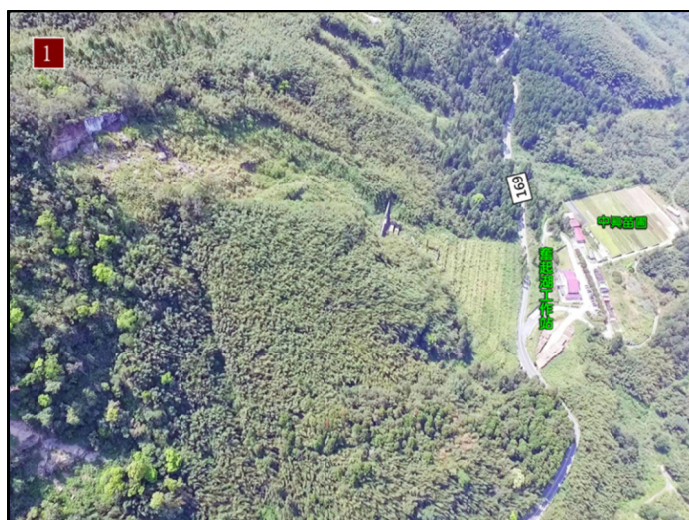


圖 3.24 奮起湖工作站現地勘查照片及後方崩塌整治區近照

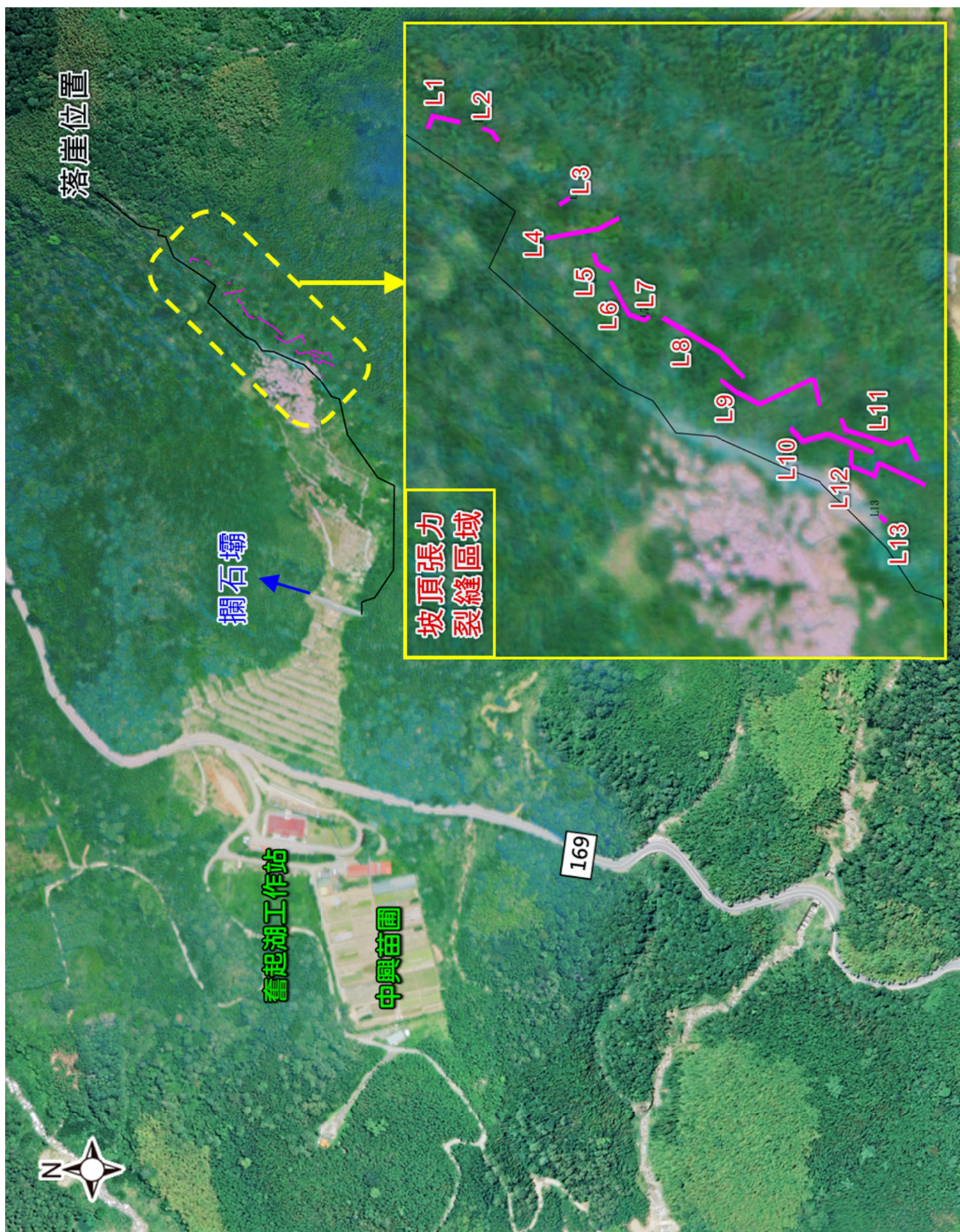
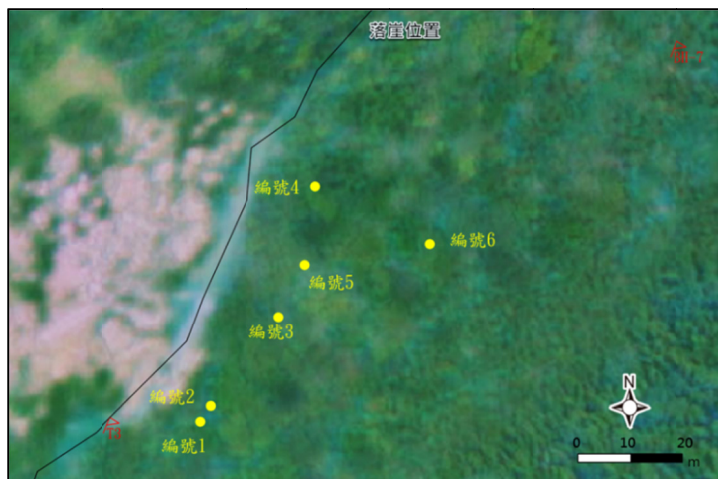
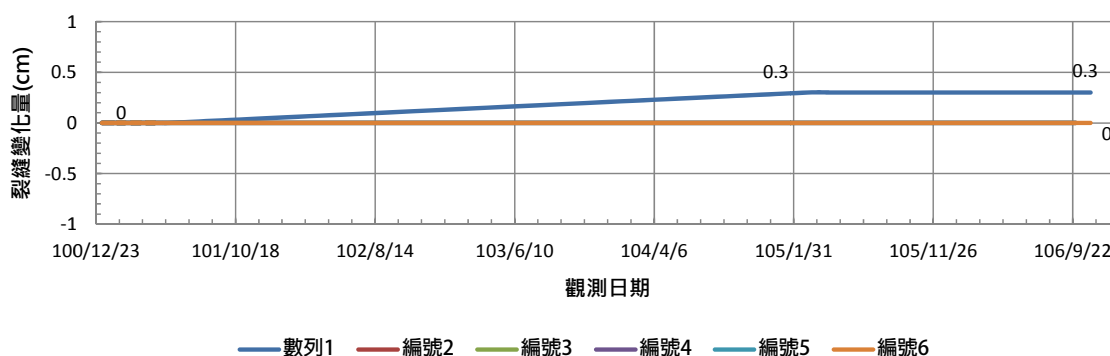


圖 3.25 奮起湖工作站坡頂裂縫位置圖



裂縫計	N	E
編號1	2598976	219739
編號2	2598979	219741
編號3	2598996	219754
編號4	2599021	219761
編號5	2599006	219759
編號6	2599010	219783

奮起湖工作站坡頂裂縫監測資料



106年10月 十八羅漢洞崩塌裂縫監測紀錄照片

<p>地點：阿區 148 林班 十八羅漢洞 座標：X219739 Y2598976 日期：106.10.30 裂縫寬度：68.3±0.5 公分</p> <p>編號：1</p>		<p>地點：阿區 148 林班 十八羅漢洞 座標：X219761 Y2599021 日期：106.10.30 裂縫寬度：66±0.5 公分</p> <p>編號：4</p>	
<p>地點：阿區 148 林班 十八羅漢洞 座標：X219741 Y2598979 日期：106.10.30 裂縫寬度：43.5±0.5 公分</p> <p>編號：2</p>		<p>地點：阿區 148 林班 十八羅漢洞 座標：X219759 Y2599006 日期：106.10.30 裂縫寬度：48±0.5 公分</p> <p>編號：5</p>	
<p>地點：阿區 148 林班 十八羅漢洞 座標：X219754 Y2598996 日期：106.10.30 裂縫寬度：60±0.5 公分</p> <p>編號：3</p>		<p>地點：阿區 148 林班 十八羅漢洞 座標：X219783 Y2599010 日期：106.10.30 裂縫寬度：138.5±0.5 公分</p> <p>編號：6</p>	

監測結果：尚未發現異狀。
巡視員：[張術士劉啓同](#)

資料來源：奮起湖工作站，民國 106 年 10 月 30 日

圖 3.26 奮起湖工作站坡頂裂縫觀測資料



圖 3.27 奮起湖工作站集水區範圍



編號	層面位態
b1	N80° W/36° SW
b2	N18° W/23° SW
	N32° W/22° SW
	N17° W/22° SW
b3	N32° W/16° SW
	N30° W/24° SW
b3	N3° W/21° SW
b4	N45° W/16° SW
	N70° W/22° NE
	N14° W/36° NE
	N2° W/41° NE
b5	N35° W/35° SW
	N45° W/21° SW

圖 3.28 奮起湖工作站露頭調查位置與結果



圖 3.29 奮起湖工作站工區周邊砂岩露頭

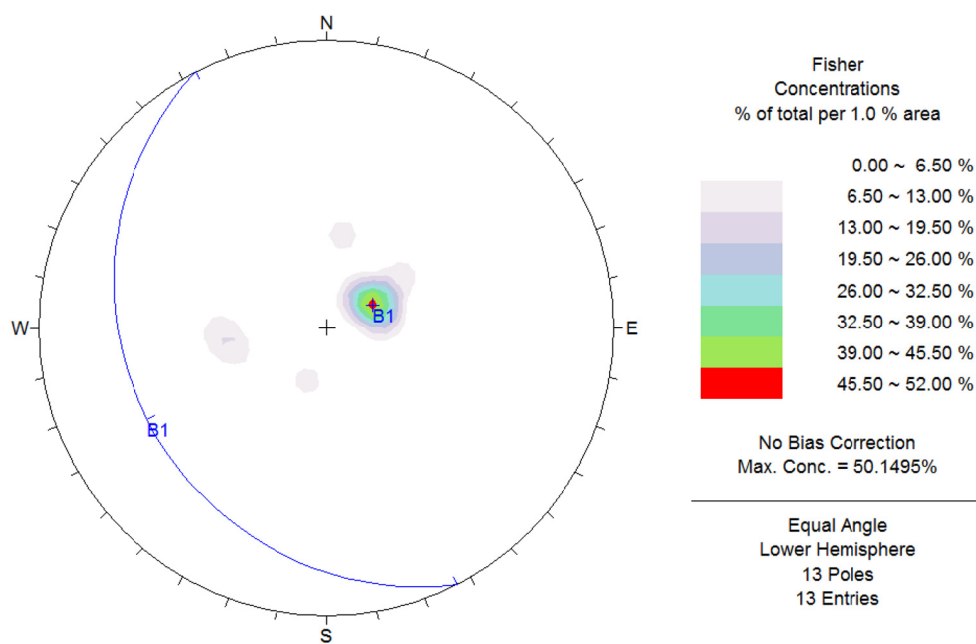


圖 3.30 奮起湖工作站岩盤露頭-層面統計立體投影圖

(三) 地質探查結果

本工區選定於 169 縣道上、下邊坡處各新設一孔鑽孔，藉此新設鑽孔調查工作站附近之地層分布與崩積層厚度，並建立地質剖面，以供後續邊坡穩定分析使用，新設鑽孔 FCH105-A-TDR1、FCH105-A-TDR2 與前期鑽孔之配置圖如圖 3.31。新設鑽孔之數量及設置理由詳見表 3-13。新設鑽孔 FCH105-A-TDR1 與 FCH105-A-TDR2 於鑽探完成後隨即安裝 TDR 地滑計以監測奮起湖工作站基地之地層滑移趨勢，TDR 地滑計為新型滑動監測儀器，其原理、滑動面判斷方式於本報告 4.1 節中進行說明。各鑽探孔位之岩心紀錄及照片請見附錄 E 及附錄 F。

表 3-13 奮起湖工作站新設地質鑽孔列表

孔號	鑽深	鑽孔設置原因
FCH105-A-TDR1	115 m	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查 169 縣道上邊坡處崩積層厚度及岩盤位置 ◆ 取樣建立地質剖面 ◆ 安裝 TDR 地滑計以監測工作站附近地滑情形
FCH105-A-TDR2	105 m	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查 169 縣道下邊坡處崩積層厚度及岩盤位置 ◆ 取樣建立地質剖面 ◆ 安裝 TDR 地滑計以監測工作站附近地滑情形

(1) 鑽探結果

FCH105-A-TDR1 鑽孔，孔深 115 公尺，取出之岩心顯示：深度 0m~102.2m 為崩積層，組成為棕黃色及灰色崩積岩塊夾粉土質粘土；102.2m~115m 為灰色砂岩，其中 102.2m~110m 岩層破碎。FCH105-A-TDR1 鑽孔入岩部分僅於 111m~112m 間岩心指數 (RQD) 大於 50，其中 104m~107m、109m~110m 及 112m~113m 之岩心指數為 0。

FCH105-A-TDR2 鑽孔，孔深 105 公尺，取出之岩心顯示：深度 0m~87.5m 為崩積層，組成為棕黃色及灰色崩積岩塊夾粉土質粘土；87.5m~105m 為灰色砂岩，其中 87.5m~100m 岩層破碎。FCH105-A-TDR2 鑽孔入岩部分岩心指數 (RQD) 皆小於 50，其中 88m~99m 及 103m~104m 之岩心指數為 0。

(2) 岩石室內試驗結果

奮起湖工作站工區之岩石單壓強度介於介於 429.6~717.7 kg/cm² 間，依照強國際岩石力學學會單壓強度分級為中強岩至強岩。弱面(岩心可見之節理面)直接剪力平均值為： $C_p=1.02 \text{ kg/cm}^2$ ， $\varphi_p=34.58^\circ$ ； $C_r=0.69 \text{ kg/cm}^2$ ， $\varphi_r=30.08^\circ$ 。

奮起湖工作站工區室內試驗結果一覽表請見表 3-14~表 3-15。其詳細室內試驗紀錄請見附錄 G。

表 3-14 奮起湖工作站岩石單軸壓縮試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	q_u (kg/cm ²)	γ_t (t/m ³)	含水量 (%)	G _s	e	岩心描述
FCH105-A-TDR1	110.2-110.5	471.14	2.48	1.82	2.73	0.123	灰色砂岩，岩質中強
	111.0-111.5	425.53	2.48	2.46	2.74	0.134	灰色砂岩，岩質中強
	114.15-114.3	429.61	2.62	0.8	2.73	0.051	灰色砂岩，岩質中強
FCH105-A-TDR2	101.65-101.85	717.78	2.64	0.62	2.74	0.044	灰色砂岩，岩質強
	102.3-102.6	644.58	2.69	0.29	2.75	0.026	灰色砂岩，岩質強
	104.2-104.4	203.72	2.59	1.22	2.72	0.063	灰色砂岩，岩質弱

表 3-15 奮起湖工作站岩石弱面(節理面)直接剪力試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	含水量 (%)	γ_d (t/m ³)	C_p (kg/cm ²)	φ_p (度)	C_r (kg/cm ²)	φ_r (度)	岩心描述
FCH105-A-TDR1	107.5-108.0	1.09	2.32	1.1	34.6	0.81	29.4	灰色砂岩
	108.0-108.45	1.38	2.34	1.36	34.5	0.87	32.8	灰色砂岩
	113.6-114.0	1.32	2.46	0.63	33.5	0.3	32.5	灰色砂岩
FCH105-A-TDR2	101-101.65	0.75	2.56	0.97	35.7	0.78	25.6	灰色砂岩

(3) 地質剖面

依據地表地質調查結果、現場試驗、鑽孔岩心記錄及室內試驗結果，並參照過往相關調查成果，取奮起湖工作站工區層面平均位態 N27°W/20°SW，繪製地質剖面如圖 3.31~圖 3.32。本工區於 101 年進行 8 孔地質鑽探調查，完成後分別安裝測傾管及水位井持續監測，詳細請見報告第四章；FCH105-A-TDR1~ FCH105-A-TDR2 則為本期計畫之鑽孔資料，剖面 AA' 之地質特性說明如下：

剖面 A-A' (見圖 3.32)：

剖面 A-A' 大約垂直於奮起湖工作站與中興苗圃所座落之坡面，層面視傾角為 12°。鑽孔 FCH105-A-TDR1 位於奮起湖工作站上邊坡，於深度 102.2m 處入岩，鑽孔 FCH105-A-TDR2 位於奮起湖工作站下邊坡，於深度 87.5m 處入岩，岩性主要為灰色砂岩，兩鑽孔入岩後皆有約有 7m~10m 之破碎帶，RQD 值極低。奮起湖工作站工區之覆蓋層為崩積層，其主要組成粉土質粘土與大小不一之崩積岩塊。

前期鑽孔 FCH101-A-OW2 位於中興苗圃下邊坡，於深度 72.6m 處入岩，岩性亦為灰色砂岩，局部破碎；將 FCH101-A-OW2 投影至剖面 A-A' 後可推斷奮起湖工作站位置岩盤面較平緩，故舊崩積層於此處堆積，造成此一區域崩積層達百米，可能為舊崩積層趾部，而剖面越往上邊坡方向，崩積層厚度越小，前期鑽孔 FCH101-A-OW3 位於坡頂處，於深度 0.5m 處即入岩。

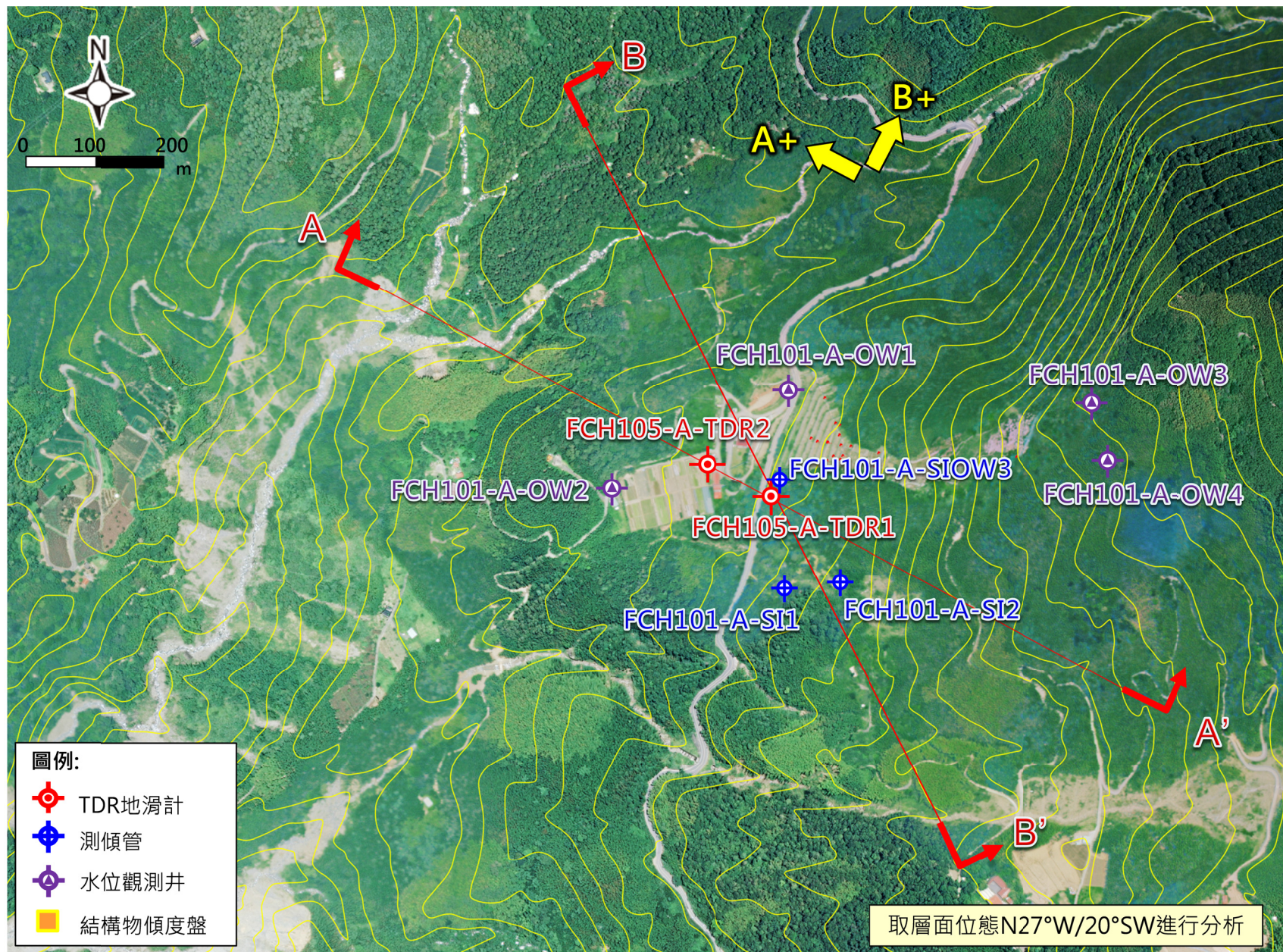


圖 3.31 奮起湖工作站工區鑽孔及剖面圖位置

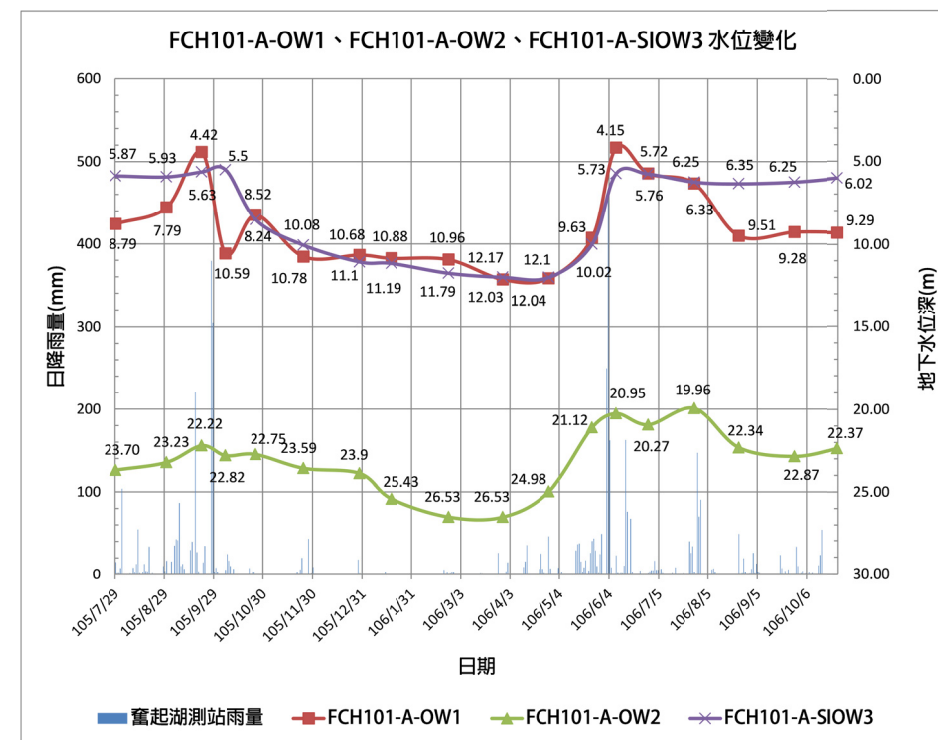
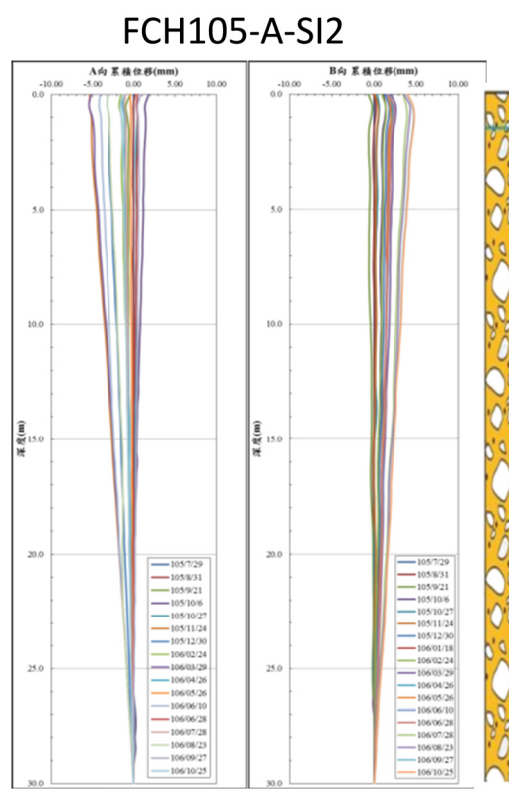
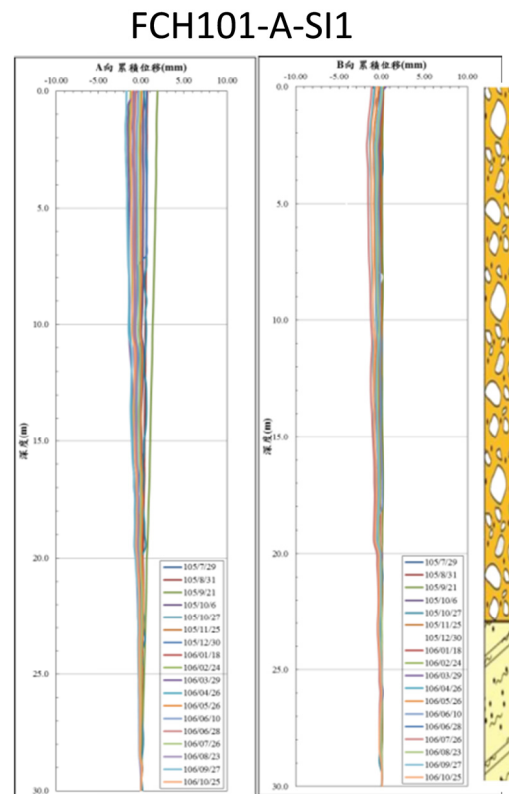
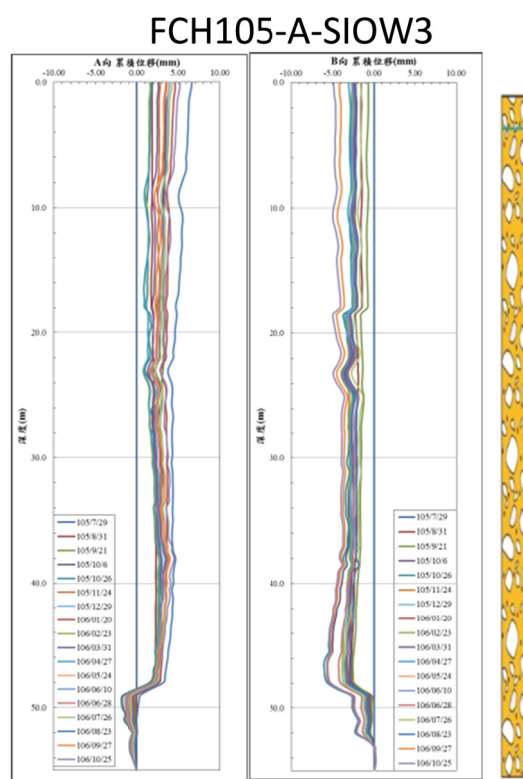
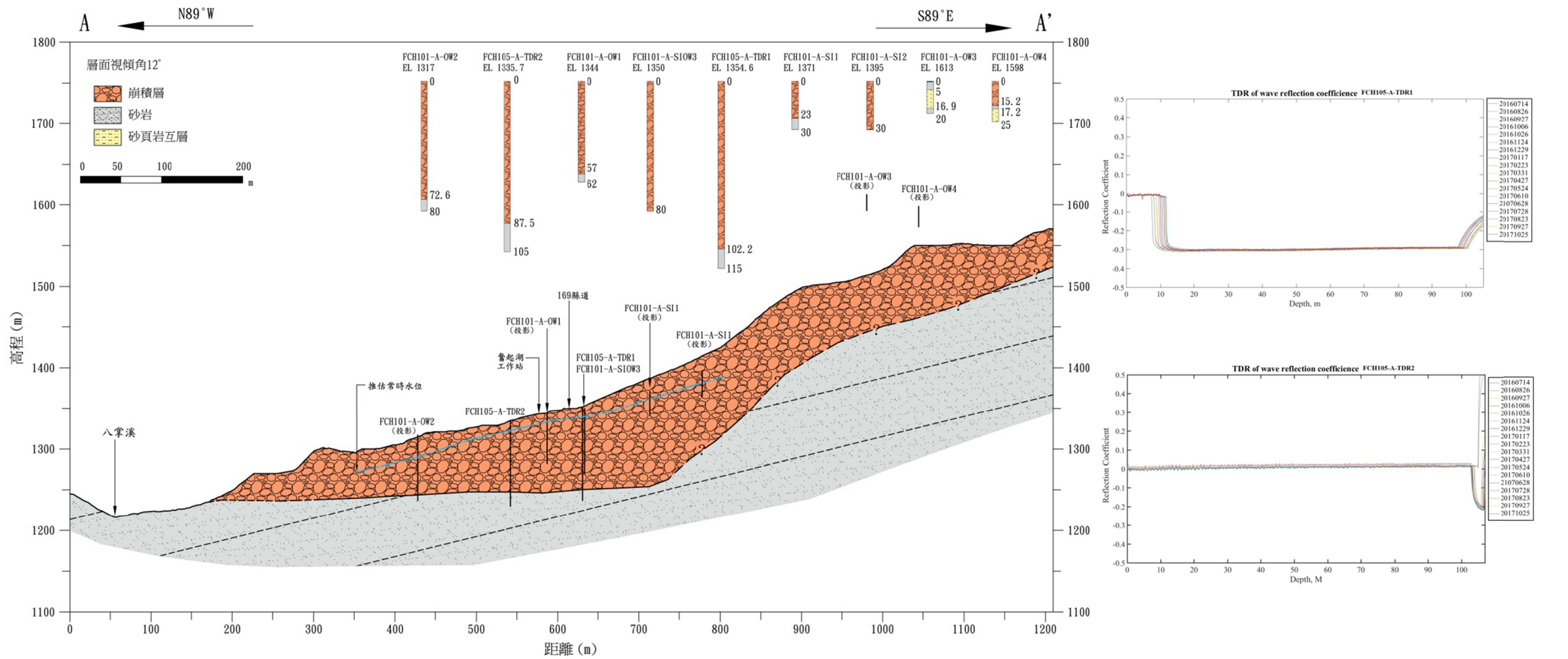


圖 3.32 奮起湖工作站地質剖面 AA'

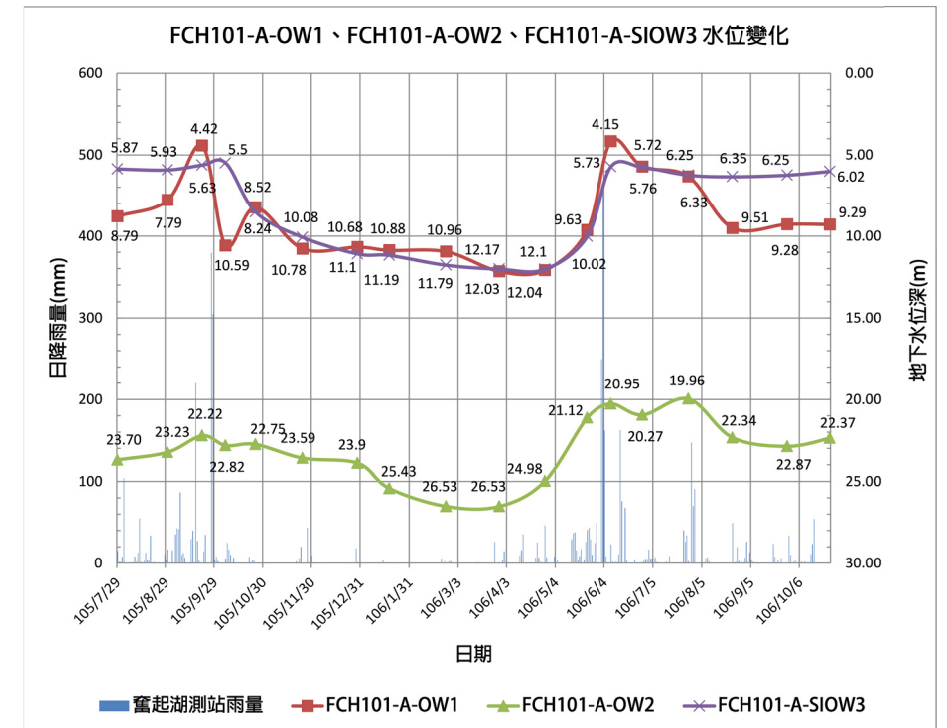
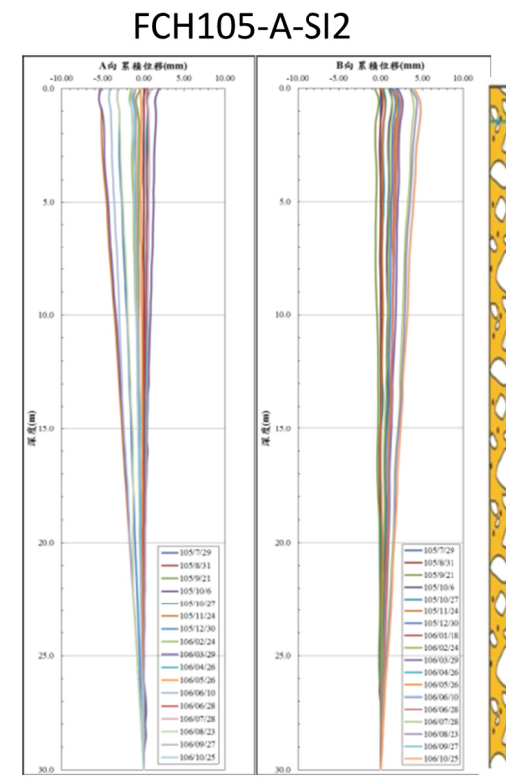
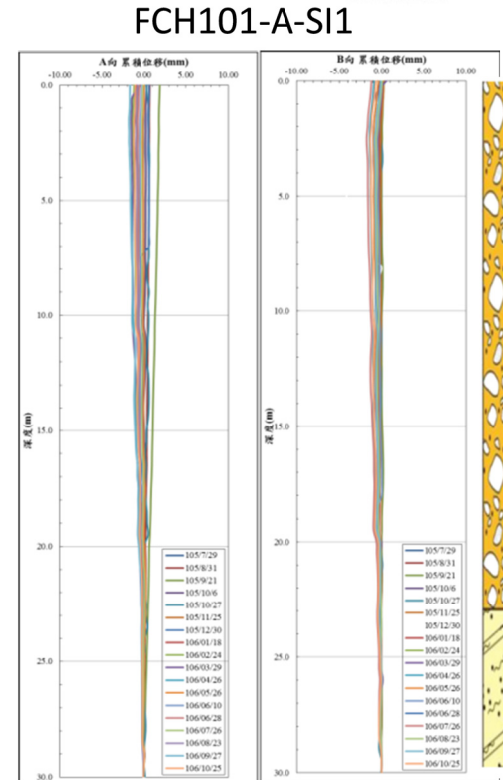
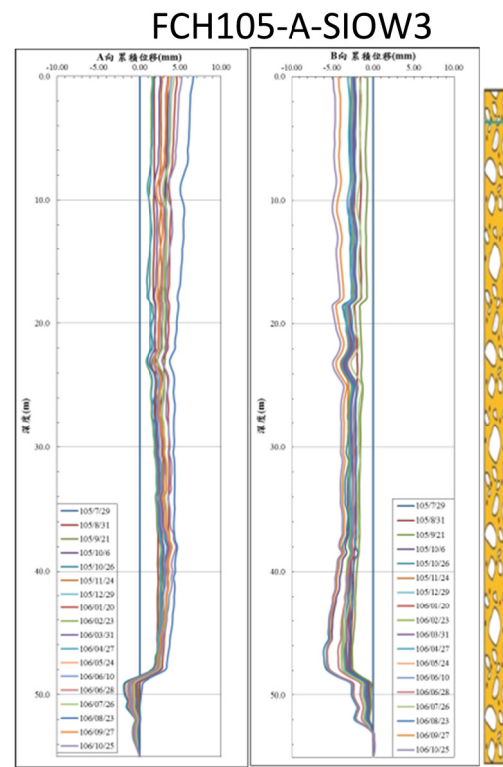
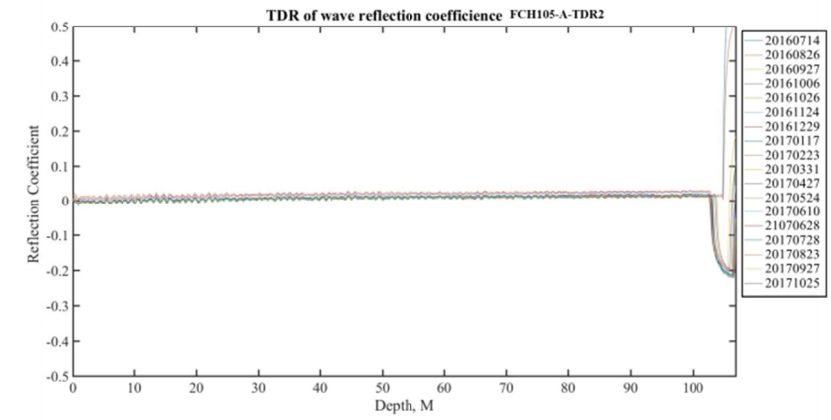
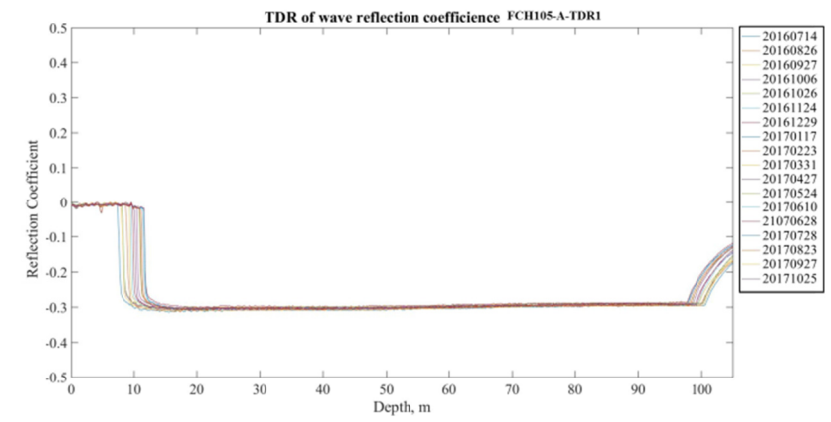
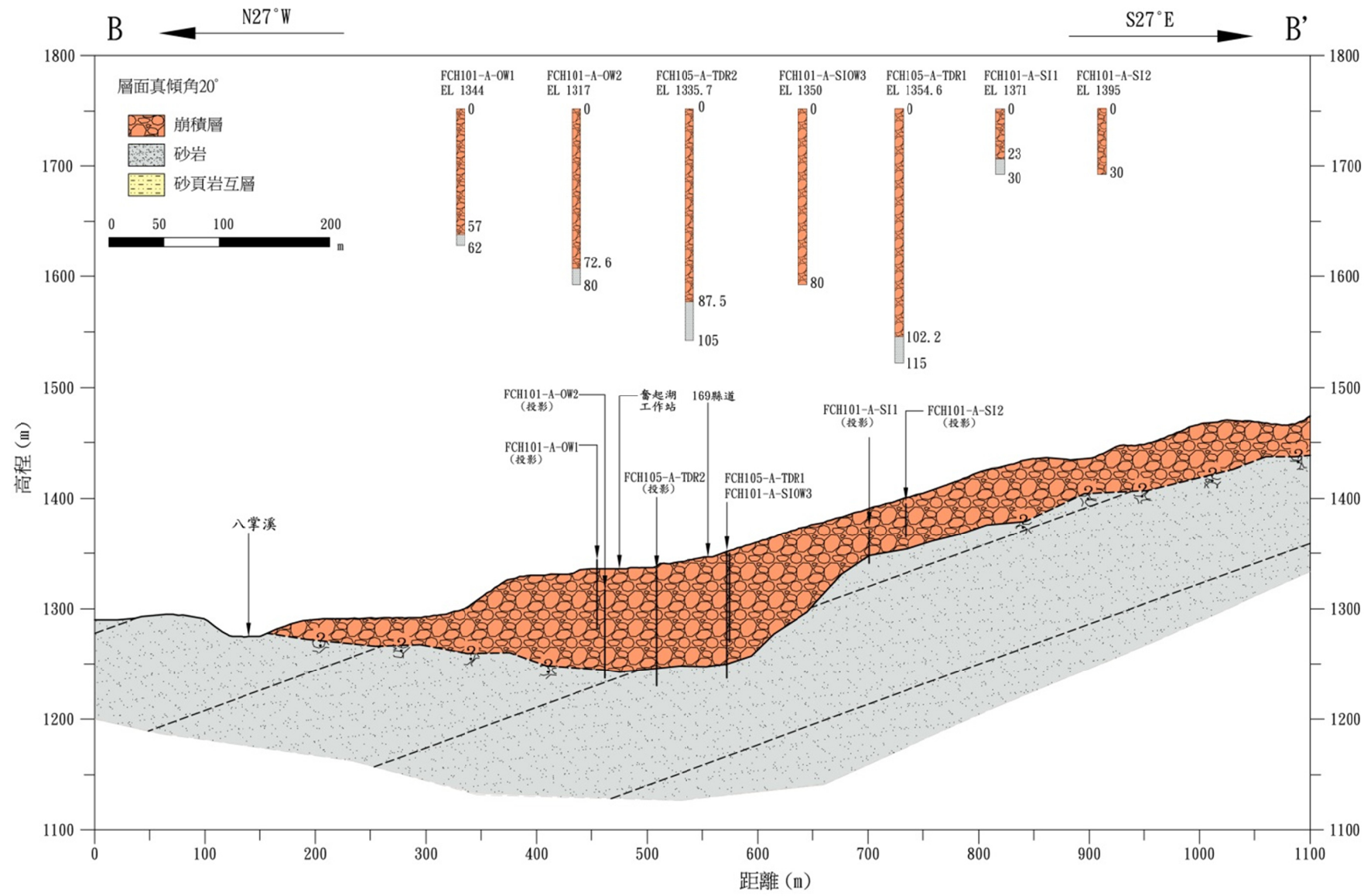


圖 3.33 奮起湖工作站地質剖面 BB'

3.3.4 光崙山工區

(一) 現況調查結果

光崙工座落於往東南方向傾斜之邊坡上，坡趾處緊臨奮起湖火車站及奮起湖聚落，前期監測顯示 169 縣道旁測傾管有異常變位，但現勘時觀察 169 縣道上邊坡側排水溝，尚未有明顯裂縫或沉陷等異狀。光崙山工區現勘以及空拍照片如圖 3.34 (拍攝日期:105 年 4 月 6 日)。

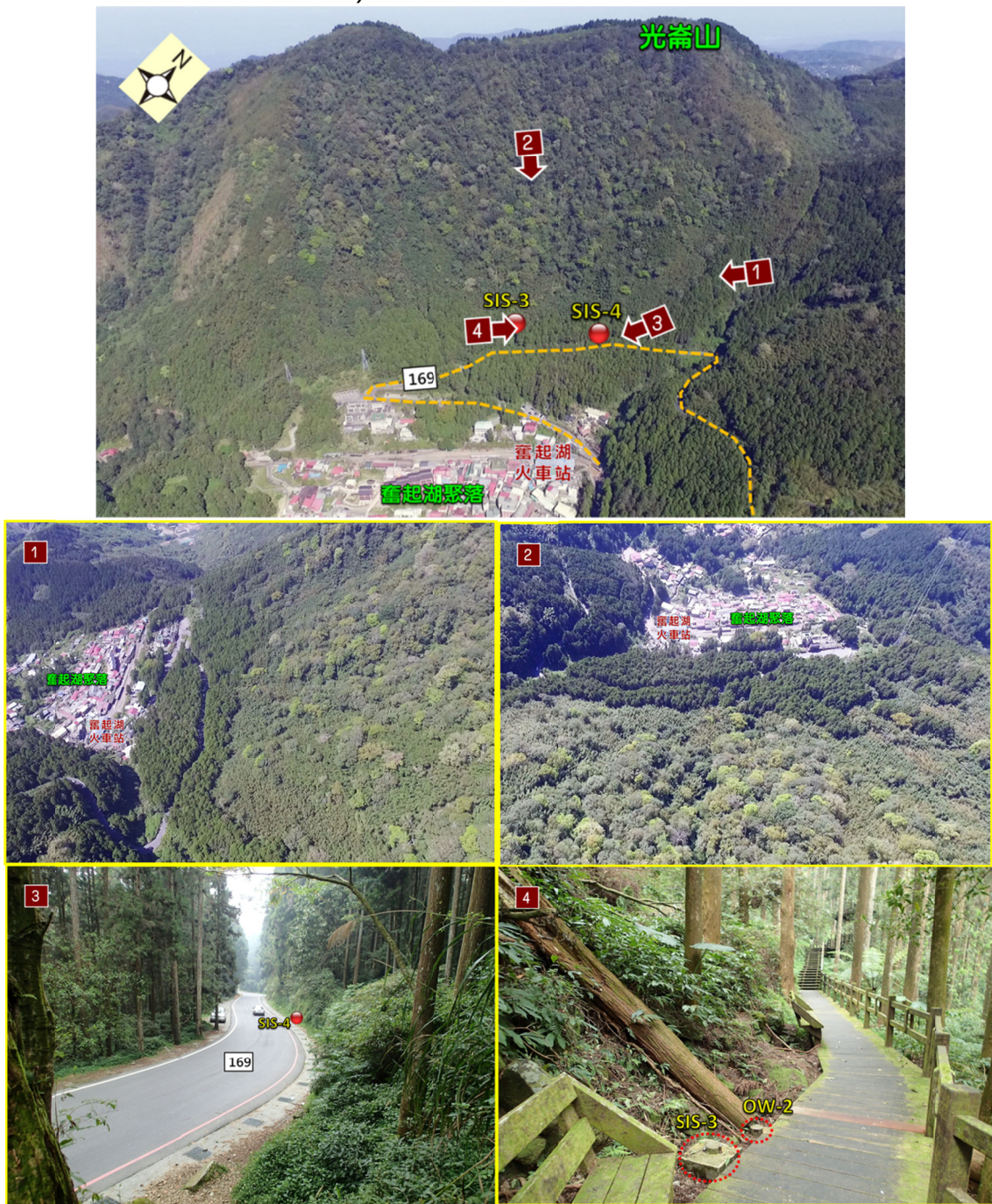


圖 3.34 光崙山現地勘查及空拍照片

根據行政院農委會水土保持局-土石流防災資訊顯示，光崙山工區附近共有二條土石流潛勢溪流通過光崙山坡面，其分別為嘉縣 DF065 及嘉縣 DF066，詳細資料如表 3-16，土石流潛勢溪流路徑如圖 3.35 所示。

表 3-16 光崙山工區附近土石流潛勢溪流資料列表

潛勢溪流	縣市	鄉鎮	村里	地標	鄰近道路	初估保全戶數	風險潛勢等級	發生潛勢等級	保全危害度等級	災害歷史	第一參考雨量站	警戒值
嘉縣 DF065	嘉義縣	竹崎鄉	中和村	奮起湖	縣	5 戶以上	高	中	高	莫拉克颱風	奮起湖	350
嘉縣 DF066	嘉義縣	竹崎鄉	中和村	奮起湖	縣	5 戶以上	中	低	高	莫拉克颱風	奮起湖	350

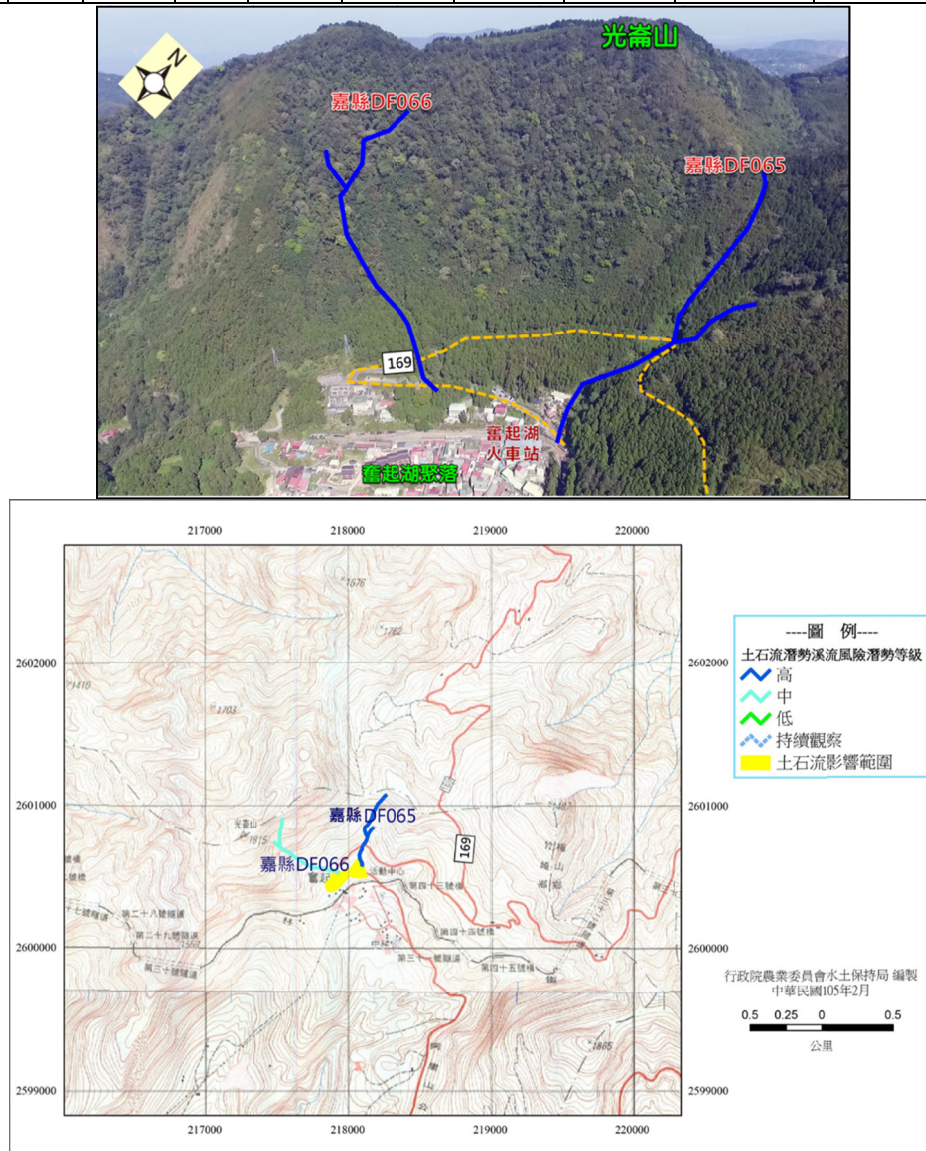


圖 3.35 光崙山工區土石流潛勢溪流分布圖

(二) 地表地質調查

光崙山工區周邊可見砂岩及砂頁岩互層之岩盤露頭，工區周邊露頭調查位置及結果如圖 3.36 所示，層面露頭照片如圖 3.37，以地質羅盤量測層面位態並統計層面平均位態為 $N20^{\circ}E/33^{\circ}NW$ ，本次現地地表地質調查結果與五萬分之一台灣區域地質圖-雲林(第二版)於光崙山工區附近所顯示之資料相近($N20^{\circ}E/40^{\circ}NW$)。



編號	層面位態
b1	$N20^{\circ} E/50^{\circ} NW$
b2	$N20^{\circ} E/30^{\circ} NW$
	$N10^{\circ} E/50^{\circ} NW$
b3	$N30^{\circ} W/30^{\circ} SW$
b4	$N30^{\circ} W/30^{\circ} SW$

圖 3.36 光崙山工區露頭調查位置與結果



圖 3.37 光崙山工區周邊砂岩及砂頁岩互層露頭照片

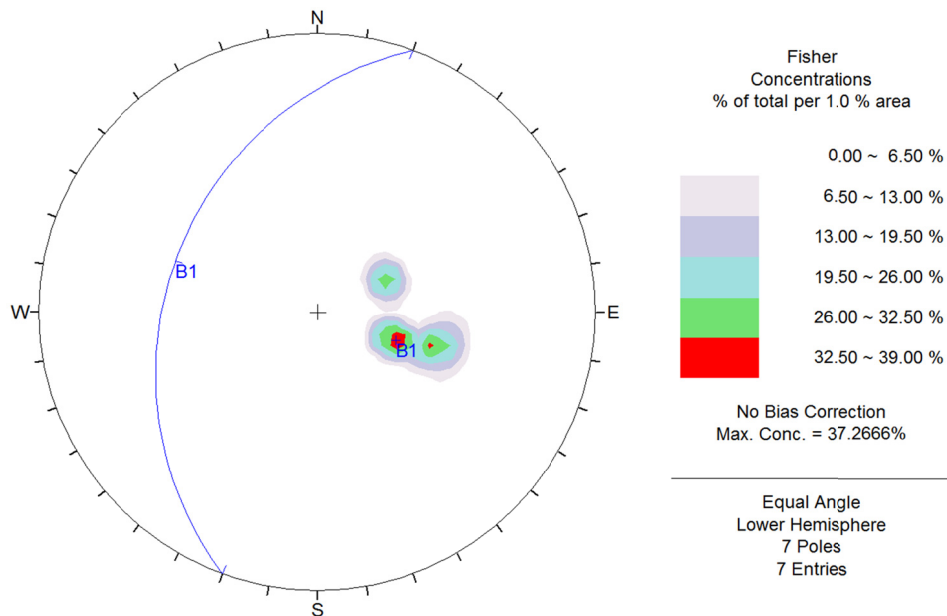


圖 3.38 光崙山岩盤露頭-層面統計立體投影圖

(三) 地質探查結果

光崙山工區選定於 169 縣道上、下邊坡處各新設一孔鑽孔，藉此新設鑽孔調查光崙山之地層分布與崩積層厚度，並建立地質剖面，以供後續邊坡穩定分析使用，新設鑽孔 GLS105-A-SI1、GLS105-A-SI2 之配置圖如圖 3.39，鑽孔數量及設置理由詳見表 3-17。新設鑽孔 BA-3 與 BA-4 於鑽探完成後隨即安裝測傾管以監測光崙山坡面之地層滑移趨勢。各鑽探孔位之岩心紀錄及照片請見附錄 E 及附錄 F。

表 3-17 光崙山新設地質鑽孔列表

孔號	鑽深	鑽孔設置原因
GLS105-A-SI1	60 m	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查 169 縣道上邊坡處崩積層厚度及岩盤位置 ◆ 取樣建立地質剖面 ◆ 安裝測傾管以監測地滑情形
GLS105-A-SI2	60 m	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調查 169 縣道下邊坡處崩積層厚度及岩盤位置 ◆ 取樣建立地質剖面 ◆ 安裝測傾管以監測地滑情形

(1) 鑽探結果

GLS105-A-SI1 鑽孔，孔深 60 公尺，取出之岩心顯示：深度 0m~42.8m 為崩積層，組成為灰色崩積岩塊夾砂質粉土；42.8m~44.5m 為灰色破碎砂岩；44.5m~52.5m 為灰色砂岩夾頁岩，其中 44.5m~45.5m、51.55m~53m 岩層破碎，52.5m~60m 為頁岩夾砂岩薄互層。GLS105-A-SI1 鑽孔入岩部分岩心指數 (RQD) 皆小於 50，其中 45m~46m、48m~49m、52m~53m 及 54m~55m 之岩心指數為 0。

GLS105-A-SI2 鑽孔，孔深 60 公尺，取出之岩心顯示：深度 0m~41.2m 為崩積層，組成為灰色崩積岩塊夾砂質粉土；41.2m~54.2m 為灰色砂岩偶夾頁岩，54.2m~60m 為頁岩，其中 44.8m~45.55m、49m~52.4m、53.6m~55.2m 及 57.9m~59m 岩層破碎。GLS105-A-SI2 鑽孔入岩部分岩心指數 (RQD) 皆小於 50，其中 46m~48m、49m~52m、54m~56m 及 58m~59m 之岩心指數為 0。

(2) 岩石室內試驗結果

光崙山工區之岩石單壓強度介於介於 60~471kg/cm² 間，依照強國際岩石力學學會單壓強度分級為弱岩至中強岩。弱面(岩心可見之節

理面)直接剪力平均值為: $C_p=0.83 \text{ kg/cm}^2$, $\varphi_p=31.42^\circ$; $C_r=0.36 \text{ kg/cm}^2$, $\varphi_r=28.95^\circ$ 。光崙山工區室內試驗結果一覽表請見表 3-18~表 3-19。其詳細室內試驗紀錄請見附錄 G。

表 3-18 光崙山工區岩石單軸壓縮試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	$q_u(\text{kg/cm}^2)$	$\gamma_t(\text{t/m}^3)$	含水量(%)	Gs	e	岩心描述
GLS105-A-SI1	56.45-56.7	60.7	2.6	1.52	2.69	0.051	灰色砂岩，岩質弱
	57.7-57.9	471.67	2.61	1.17	2.73	0.057	灰色砂岩，岩質中強
GLS105-A-SI2	53.0-53.35	452.44	2.56	1.41	2.72	0.078	灰色砂岩，岩質中強
	57.1-57.4	158.16	2.54	1.25	2.7	0.076	灰色砂岩，岩質弱

表 3-19 光崙山工區岩石弱面(岩心節理面)直剪試驗結果表

孔號	試驗深度 (m)	含水量 (%)	$\gamma_d(\text{t/m}^3)$	$C_p(\text{kg/cm}^2)$	$\varphi_p(\text{度})$	$C_r(\text{kg/cm}^2)$	$\varphi_r(\text{度})$	岩心描述
GLS105-A-SI1	49.0-49.3	2.34	2.29	0.94	29	0.21	27.3	灰色頁岩間夾砂岩
	58.6-59.0	2.72	2.45	1.19	29.3	0.43	27.7	灰色頁岩
	59.0-59.35	2.71	2.22	0.98	29.4	0.55	28.8	灰色砂質頁岩
GLS105-A-SI2	41.45-42	3.57	2.3	0.45	34.9	0.43	30.1	灰色砂岩
	52.7-53.0	1.88	2.55	0.59	31.9	0.15	28.7	灰色砂岩
	56.1-56.5	1.56	2.49	0.82	34	0.36	31.1	灰色砂岩

(3) 地質剖面

依據地表地質調查結果、現場試驗、鑽孔岩心記錄及室內試驗結果，並參照過往相關調查成果，採用五萬分之一台灣區域地質圖-雲林(第二版)之野外地質調查資料，取光崙山工區周邊層面平均位態 $N20^\circ E/40^\circ NW$ ，進行地質剖面繪製如圖 3.40。因前期監測孔位並未進行取樣，故鑽探資料僅使用本計畫新增之地質鑽孔(2 孔)，剖面 AA' 之地質特性說明如下：

剖面 A-A' (見圖 3.40)：

剖面 A-A' 垂直光崙山坡面走向，層面視傾角為 30° 。鑽孔 GLS105-A-SI1 位於 169 線道上邊坡，於深度 42.8m 處入岩，岩性主

要為灰色砂頁岩互層，局部破碎；鑽孔 GLS105-A-SI2 位於 169 線道下邊坡，於深度 41.2m 處入岩，岩性主要為灰色砂岩，局部破碎，RQD 值偏低。光崙山工區之覆蓋層為崩積層，其主要組成為砂質粉土與大小不一之崩積岩塊。

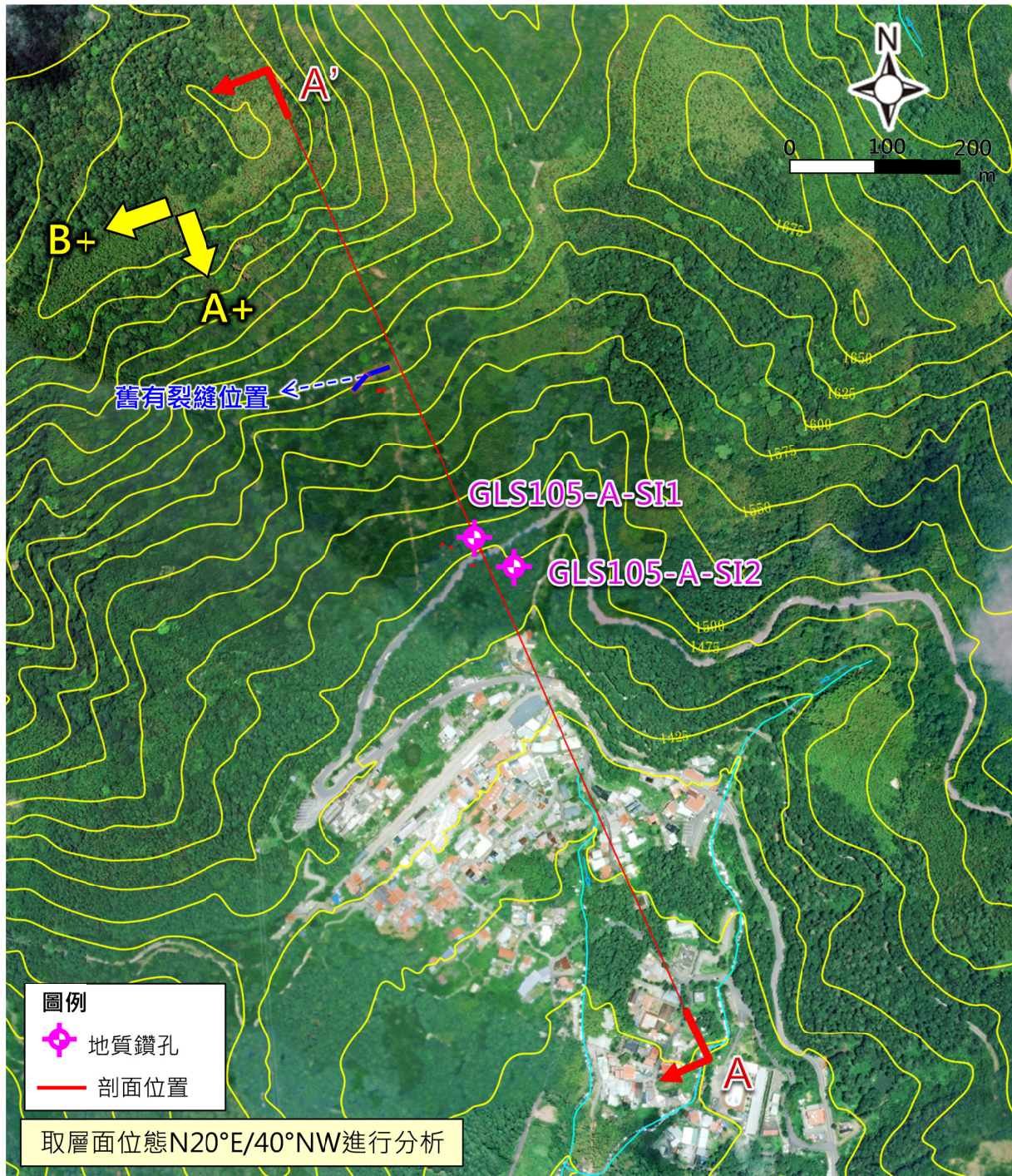


圖 3.39 光崙山工區鑽孔及剖面圖位置

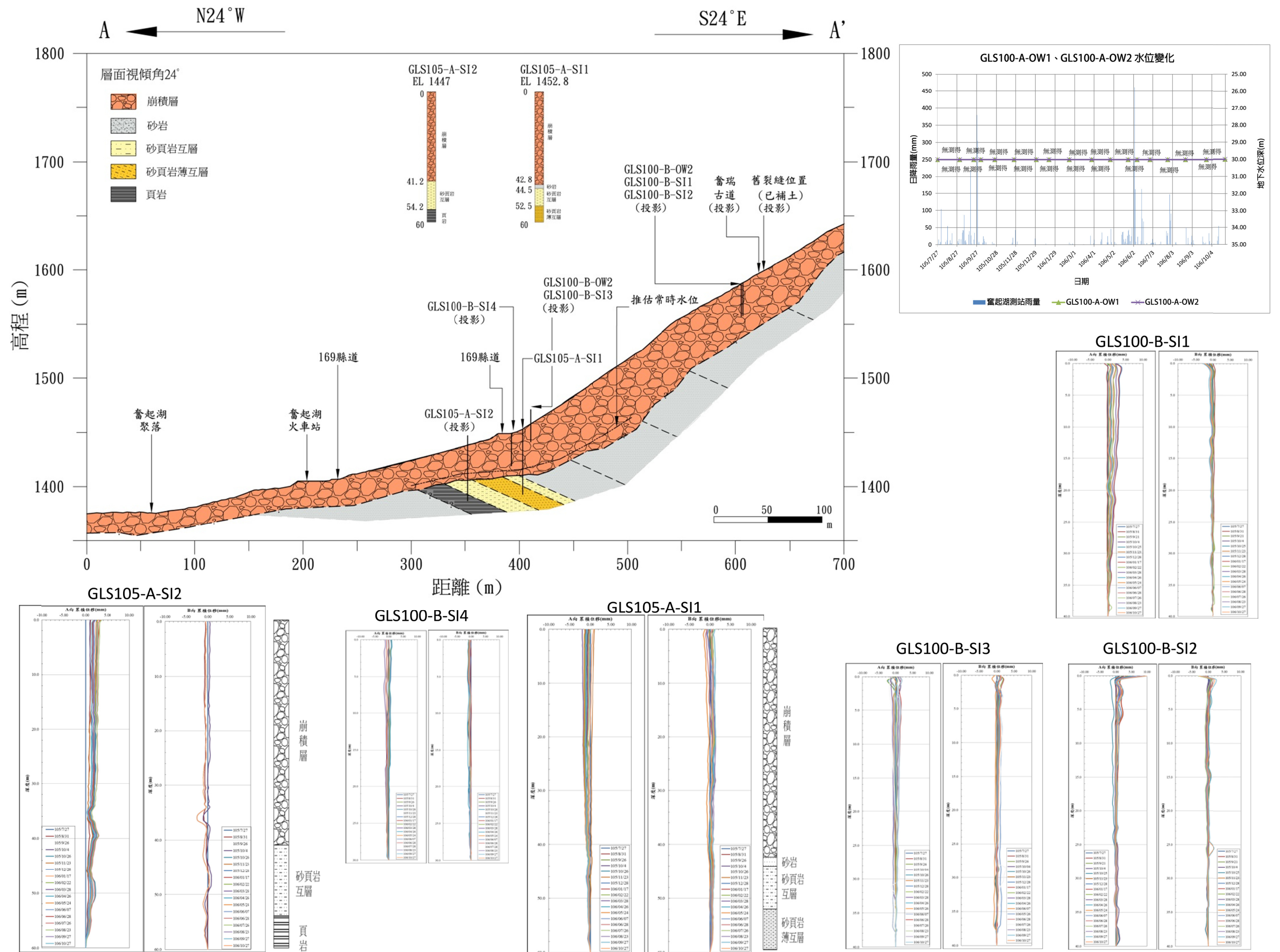


圖 3.40 光崙山工區地質剖面 A-A'

3.3.5 二萬坪工區

(一) 現況調查結果

二萬坪工區座落於向西北方向傾斜的陡峭邊坡上，邊坡坡腳處為阿里山溪之溪谷。由於本區域坡面與岩層間傾向相同且傾角接近(岩層傾角約 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ，坡面坡度約 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$)，因此本區域為順向坡地形，而在地質材料的部分又以疏鬆透水的崩積層及易遇水軟化的頁岩、風化程度高之砂頁岩互層為主。綜合上述的地形及地質條件，當民國 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風侵襲時，於 4 天期間內帶來帶來累積雨量 3049.5mm，單日最大雨量達 1161.5mm，已超過氣象局統計之 200 年重現期距，在強降雨長延時作用下，本區域內的坡面排水不及，造成嚴重的地表沖蝕；且疏鬆的崩積層在吸水後，土體重量大增，使得坡面安全係數下降，最終導致邊坡滑動坡壞，並在森鐵區間內形成縱向長度(水平投影)達 2000m，最大橫向寬度達 800m、總崩塌面積達 130 公頃的大規模崩塌，該崩塌區冠部靠近二萬坪車站上邊坡高程約 2080m 處，冠部崩崖落差達 10m~20m；崩塌趾部位於阿里山溪溪谷，高程約 1200m。

莫拉克風災造成阿里山森林鐵路數十處路段之上、下邊坡坡體崩滑、鐵道路基流失，其崩塌區域主要可分為兩處，兩崩塌地以一山脊相隔，約相距 100 公尺，一處規模較小發生於二萬坪火車站月台邊，造成二萬坪鐵道路基掏空崩落，鐵軌懸空；另一處則是位於二萬坪車站西側(右側)的巨大崩塌地，該處崩塌造成屏遮那車站後之 (60k+500 ~ 61k+300) 鐵路路基全數流失，崩塌地內圈椅型崩崖應為圓弧型崩塌的地形特徵。依前期計畫鑽孔資料顯示，此區崩積層厚約 40~55m。

發生於民國 53 年之屏遮納山崩位於二萬坪工區的坡腳處阿里山溪的位置，由現勘空拍照片可看出附近露頭岩層往河谷傾斜可知此區邊坡屬於順向坡。

二萬坪車站下邊坡於莫拉克颱風時崩塌，並造成路基流失、鐵軌懸空，現車站月台旁軌道平台下邊坡已施作擋土牆、基樁及地錨等，坡面並施作自由樑框護坡與縱橫向排水溝等整治，二萬坪崩塌區之空拍照片詳見圖 3.41 至圖 3.43。

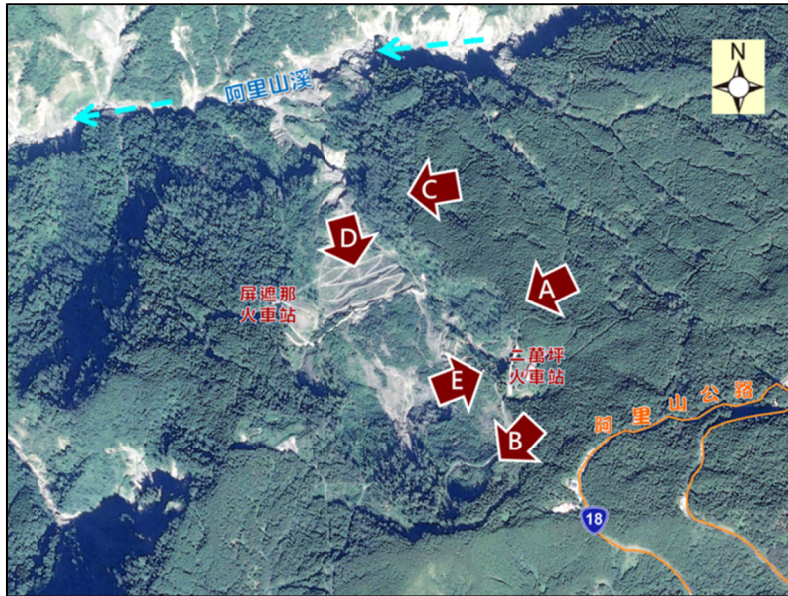


圖 3.41 二萬坪工區現地踏勘空拍照片-截圖拍攝方向



圖 3.42 二萬坪工區現地踏勘空拍照片(A) (B) (C)

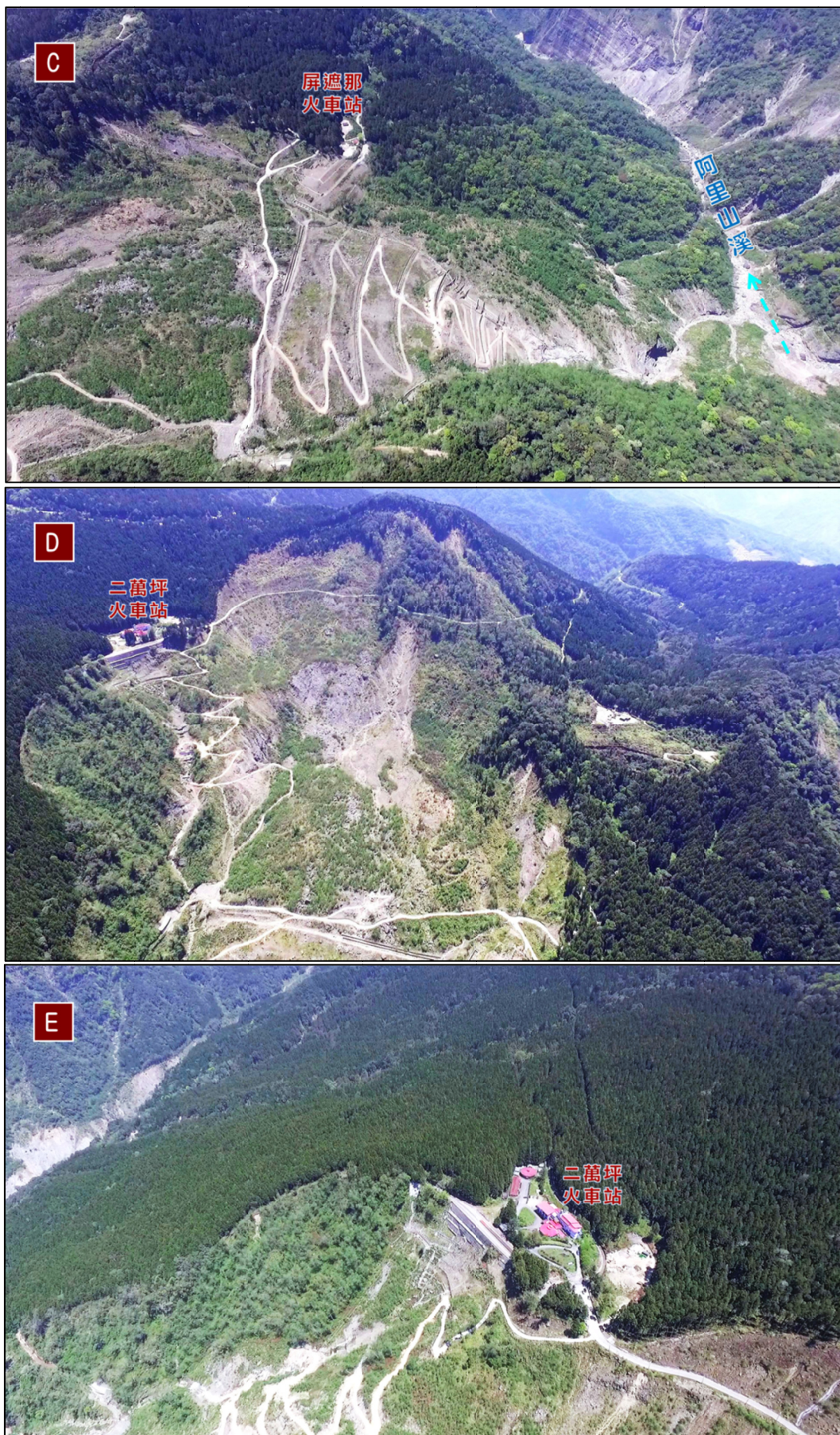


圖 3. 43 二萬坪工區現地踏勘空拍照片 (C) (D) (E)

(二) 地表地質調查結果

二萬坪工區地表地質調查參照前期報告之調查結果，該區岩盤以砂頁互層偶夾砂岩為主，地層走向呈 $N46\sim48^{\circ}E/22^{\circ}N$ ，崩塌區內無地質構造通過。節理出露共有兩組，分別為 $N54^{\circ}W/74^{\circ}S$ 及 $N44^{\circ}E/88^{\circ}N$ ，均屬高傾角節理。二萬坪工區不連續面位態如圖 3.44 所示

(三) 補充地質探查結果

本計畫於二萬坪工區前期既有孔位 EWP103-A-SIOW4 附近新增一孔鑽孔 EWP105-A-TDR1，鑽探完成後安裝 TDR 地滑計，設置目的旨在監測邊坡地層滑移趨勢並與傳統測傾管 EWP103-A-SIOW4 之監測數據進行比對，新設鑽孔位置見圖 3.45。

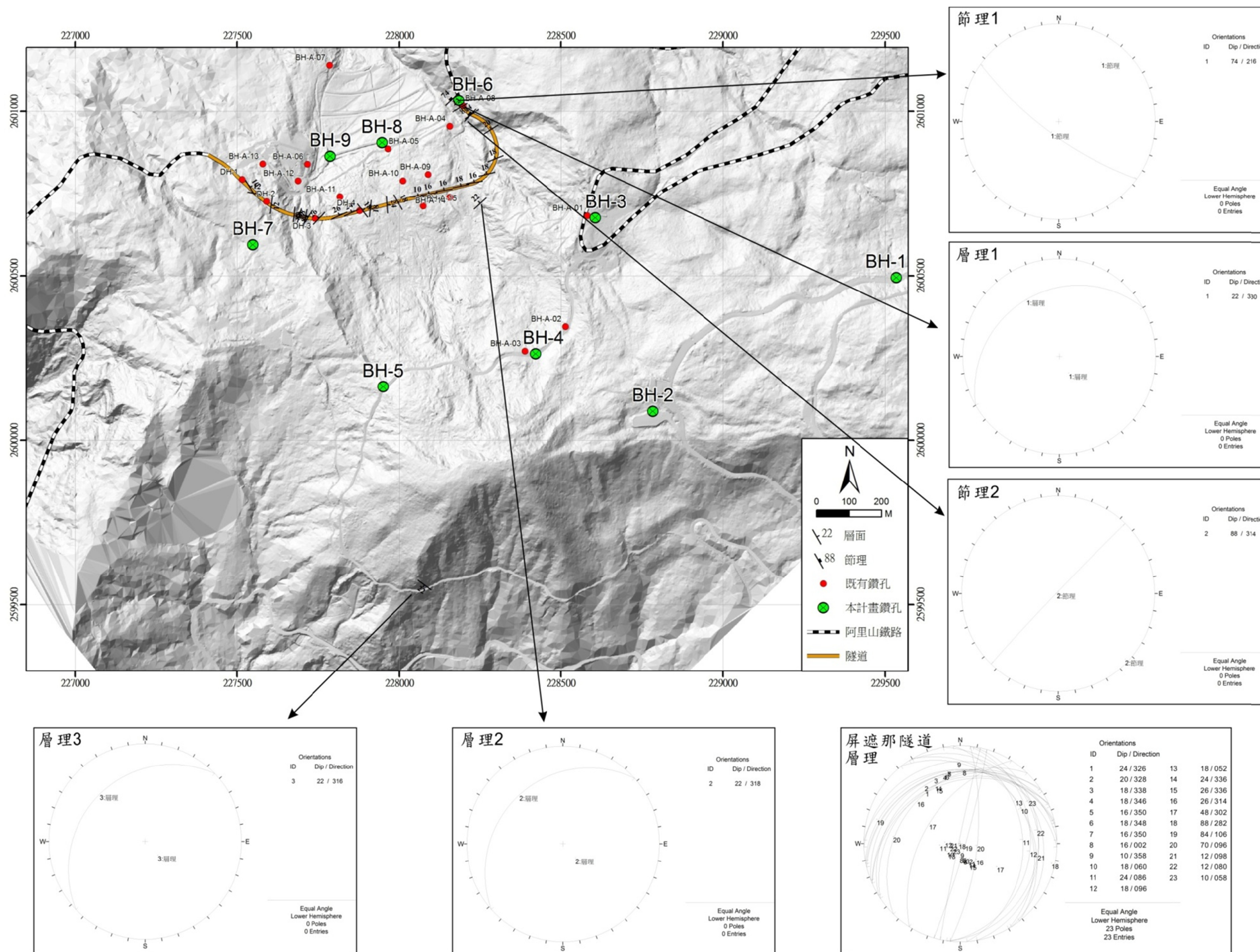
(1) 鑽探結果

二萬坪工區地質鑽探結果如下：EWP105-A-TDR1 鑽孔，孔深 60 公尺，取出之岩心顯示深度在 0m~51.7m 為崩積層，含棕黃色與灰色大小不一之崩積岩塊與粉土質細砂；51.7m~53.3m 為棕黃色砂岩夾灰色砂岩，局部破碎；53.3m~53.85m 為灰色砂頁岩；53.85m~60.0m 為灰色砂岩，其中 56.5m~56.85m 岩層破碎；EWP105-A-TDR1 鑽孔在深度 53m~55m、56m~57m 及 58m~60m 之岩心指數 (RQD) 皆小於 50。

本鑽孔鄰近之前期鑽孔 EWP103-A-SIOW4 鑽深為 55m，其深度在 0m~49.3m 為崩積層，49.3m~55m 為灰色夾棕色砂岩，其中 49.43m~49.55m 及 53.6m~53.7m 岩層破碎，50.0m~50.6m 破碎且夾泥。

(2) 地質剖面

二萬坪工區座落於向西北方向傾斜的陡峭邊坡上，邊坡坡腳處為阿里山溪之溪谷，本區域為順向坡地形，岩層傾角約 $15^{\circ}\sim25^{\circ}$ ，坡面坡度約 $30^{\circ}\sim40^{\circ}$ ，覆蓋層疏鬆透水的厚崩積層(45m~55m 厚)，岩盤為易遇水軟化的頁岩、風化程度高之砂頁岩互層為主。參照前期報告繪製之地質剖面併同本期監測數據如圖 3.44~圖 3.49 所示。



資料來源：「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」，嘉義林區管理處，民國 104 年 12 月

圖 3.44 二萬坪區域內不連續面位態圖



圖 3.45 二萬坪補充地質調查鑽孔配置位置

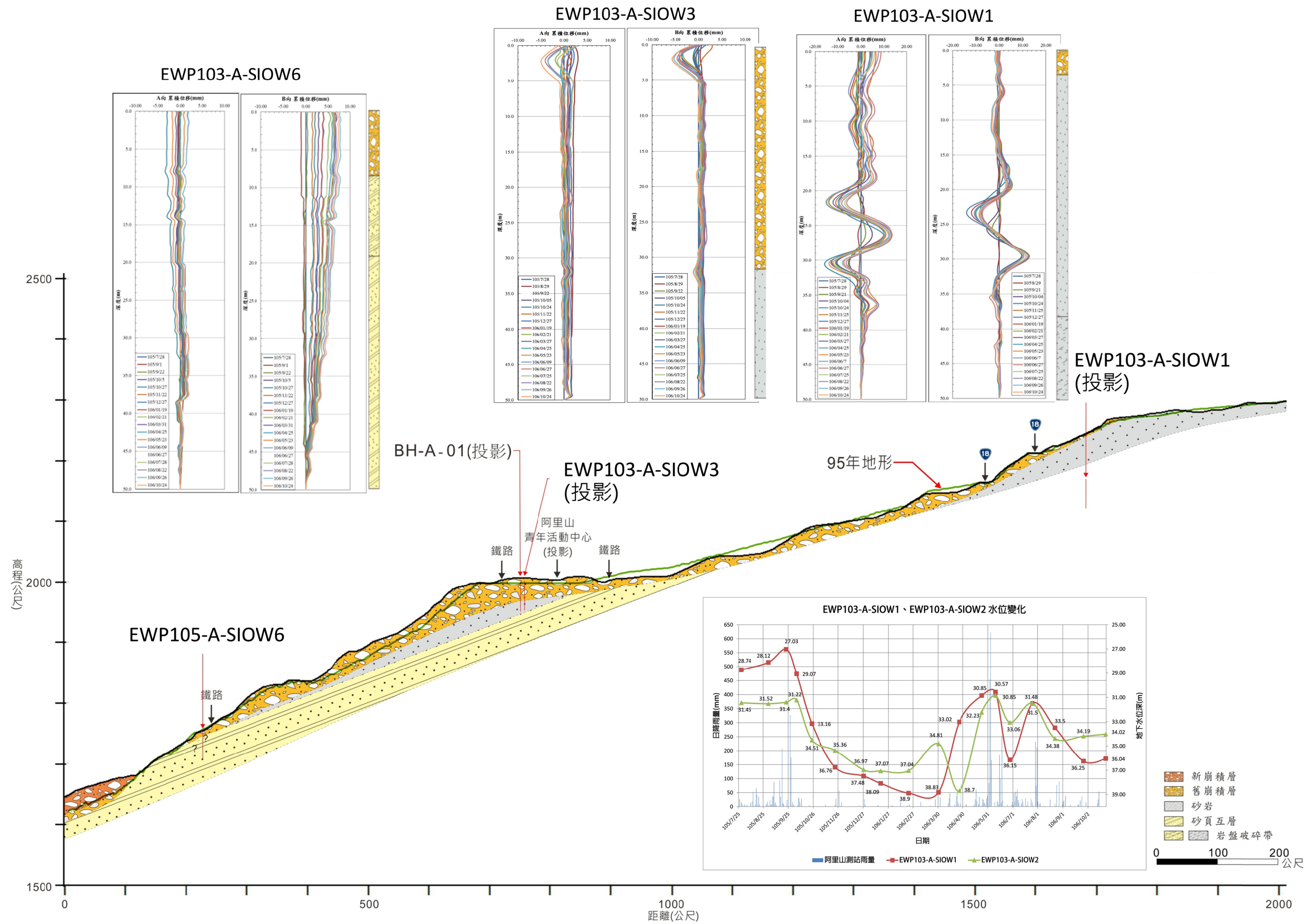


(a) 垂直坡面剖面 AA' ~CC' & FF'



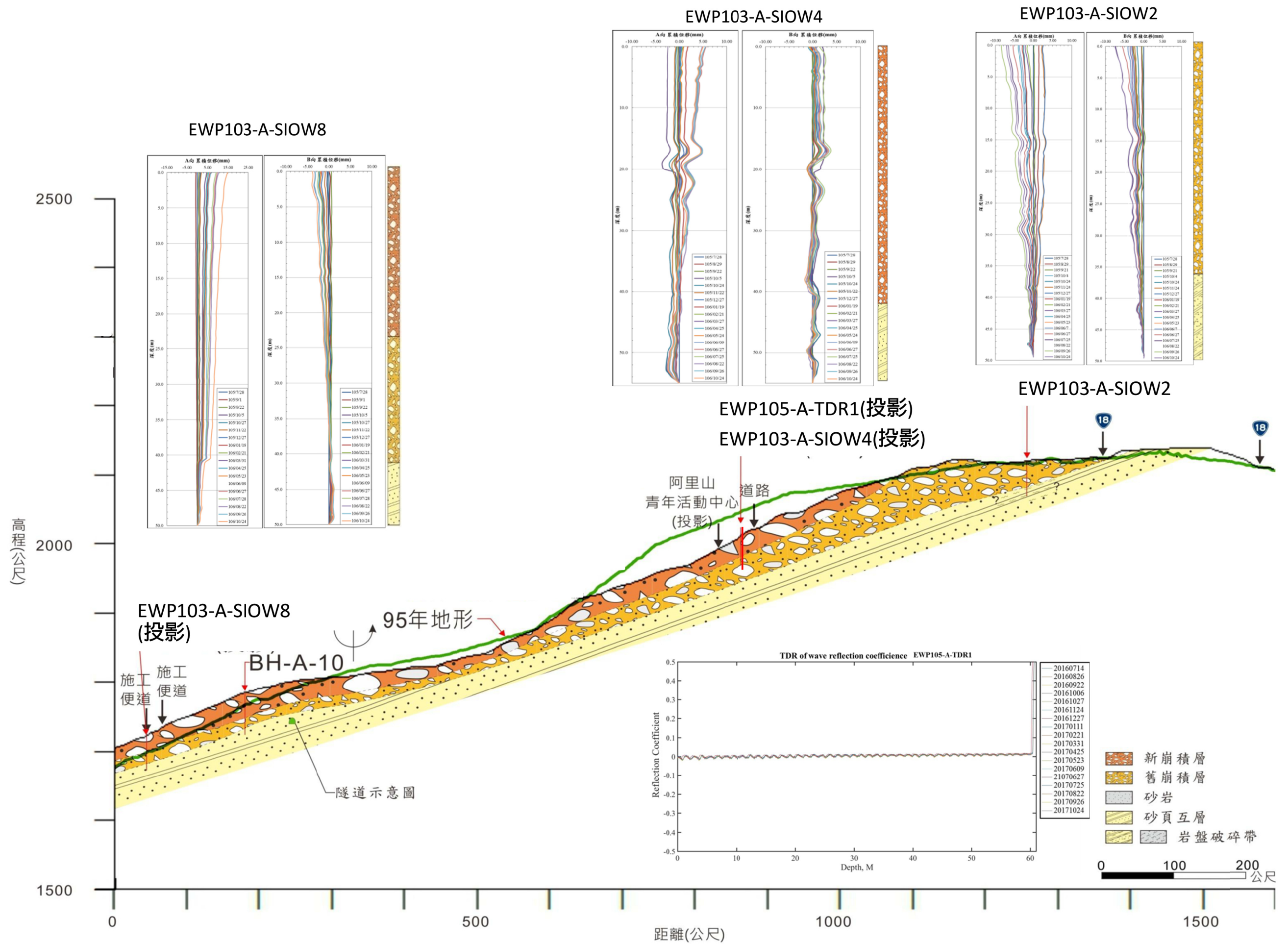
(b) 平行坡面剖面 DD' 及 EE'

圖 3.46 二萬坪工區鑽孔及地質剖面位置圖



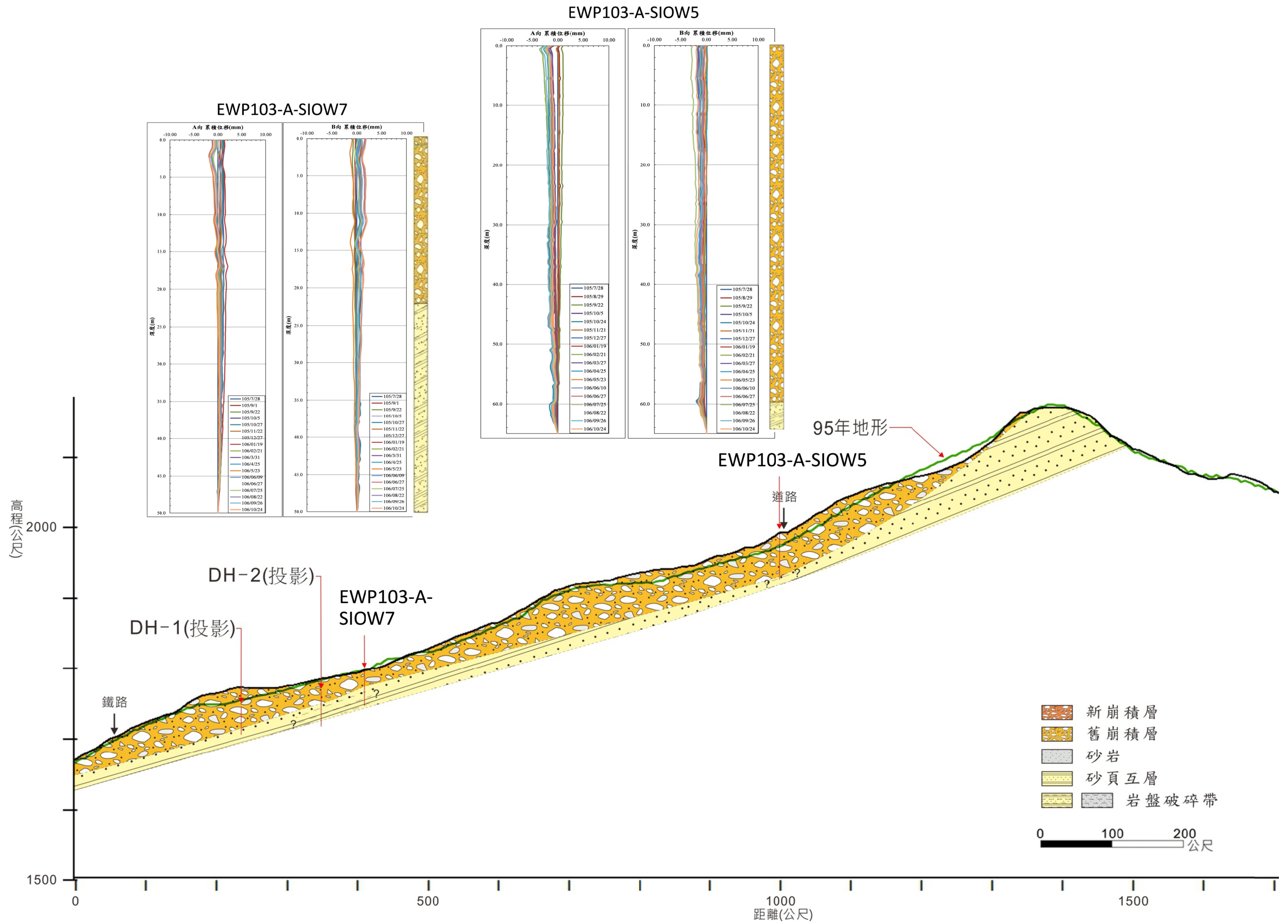
資料來源：「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」，嘉義林區管理處，民國 104 年 12 月

圖 3.47 二萬坪工區地質剖面 A-A'圖



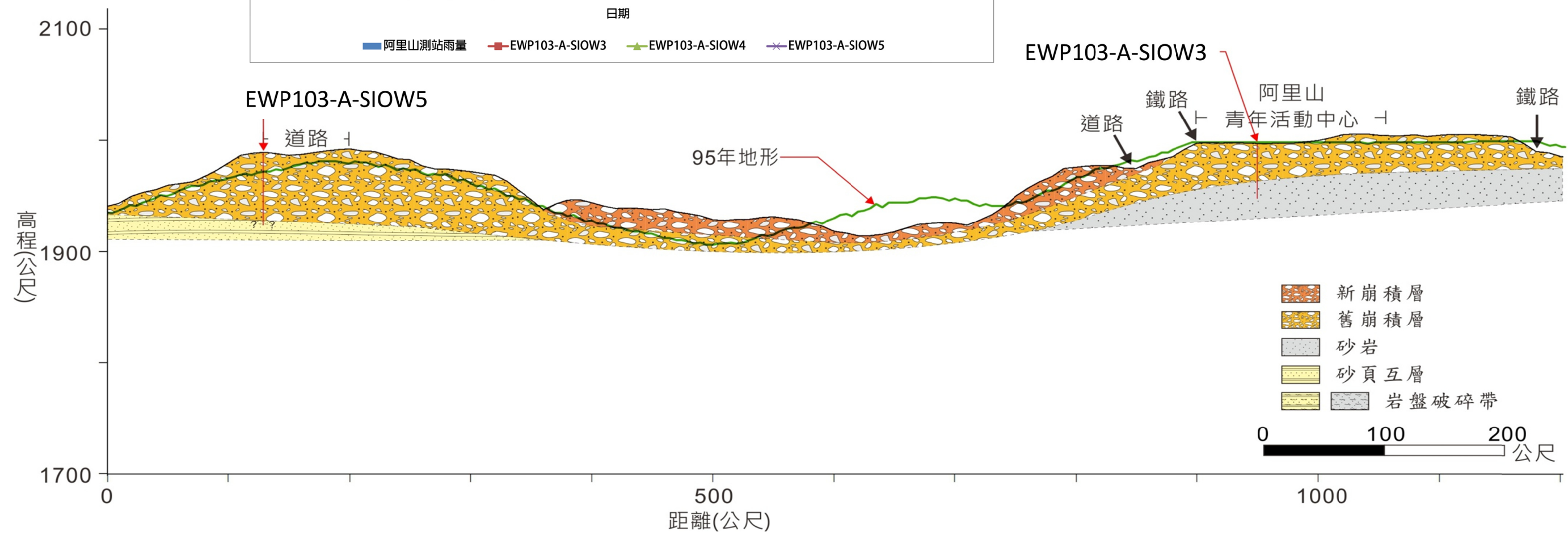
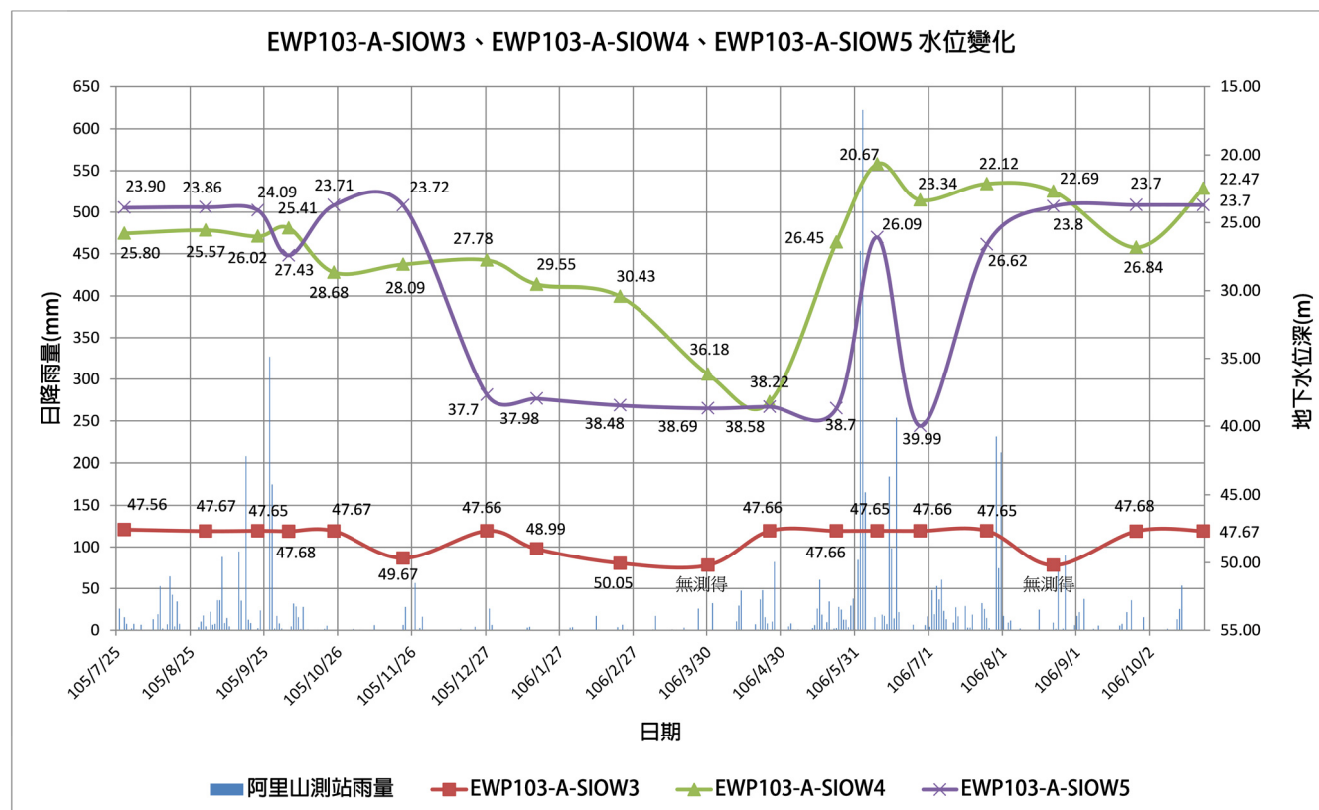
資料來源：「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」，嘉義林區管理處，民國 104 年 12 月

圖 3.48 二萬坪工區地質剖面 B-B'圖



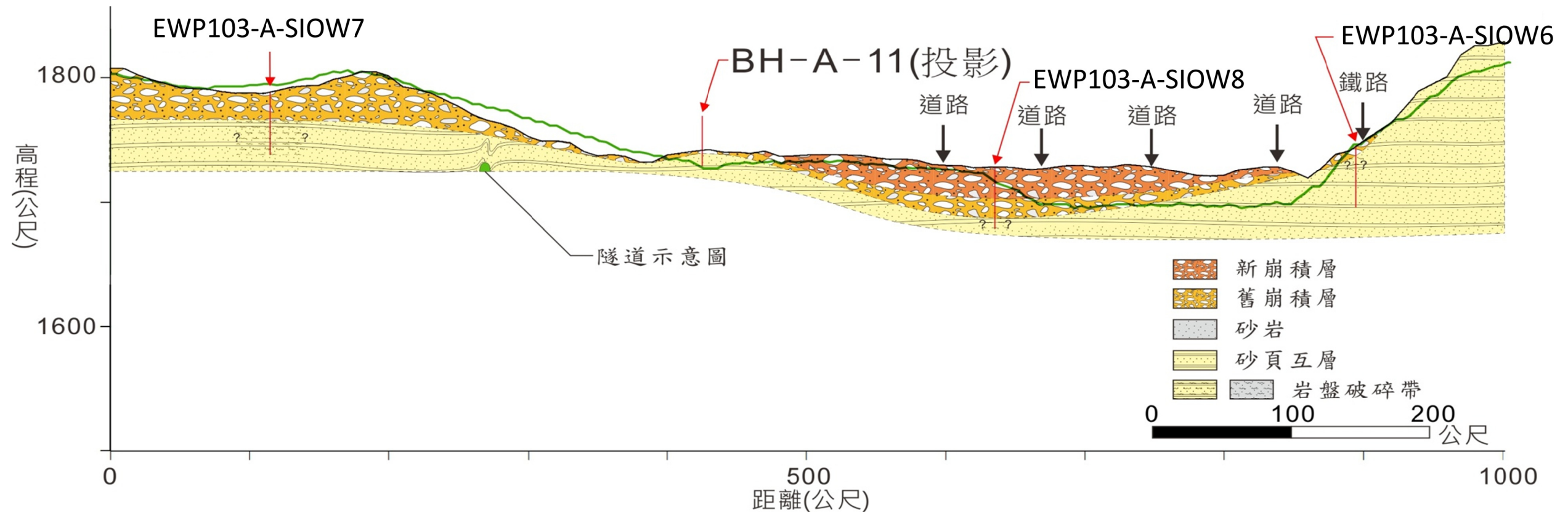
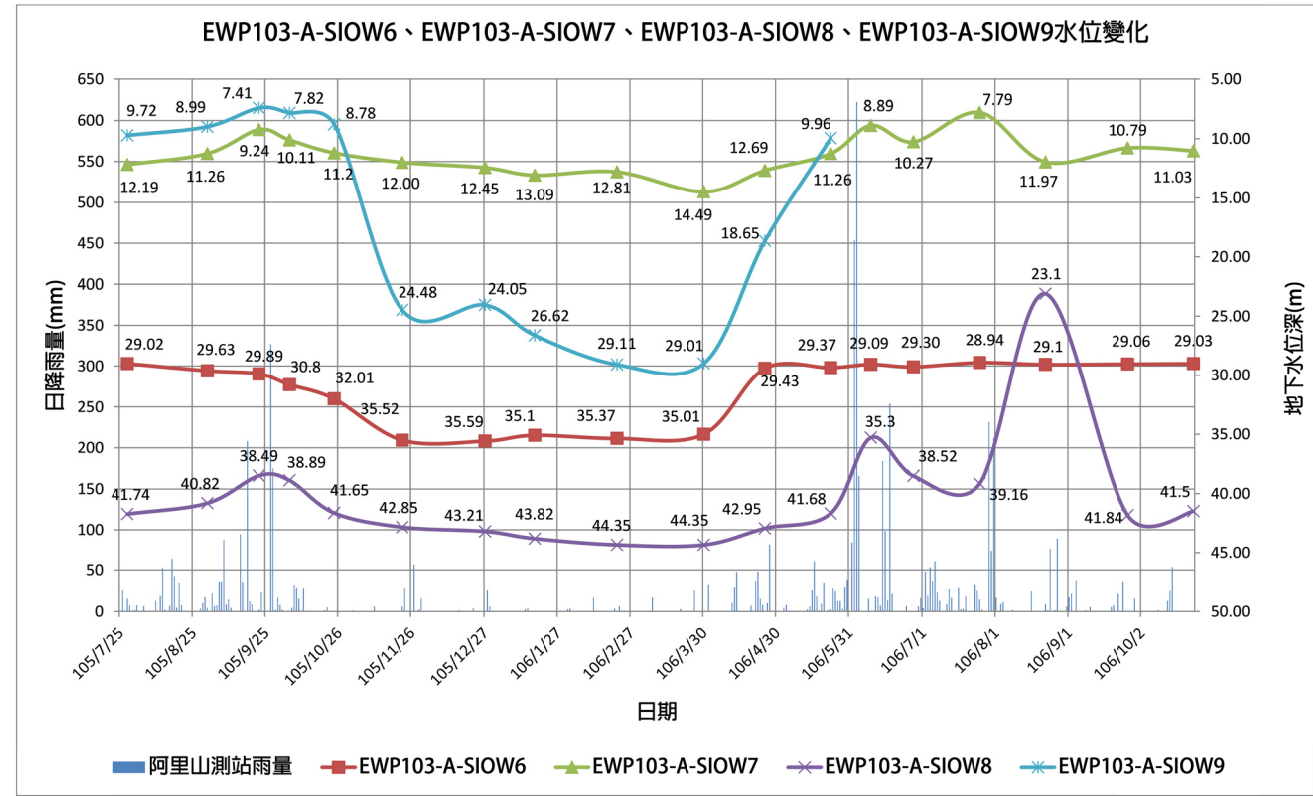
資料來源：「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」，嘉義林區管理處，民國 104 年 12 月

圖 3.49 二萬坪工區地質剖面 C-C'圖



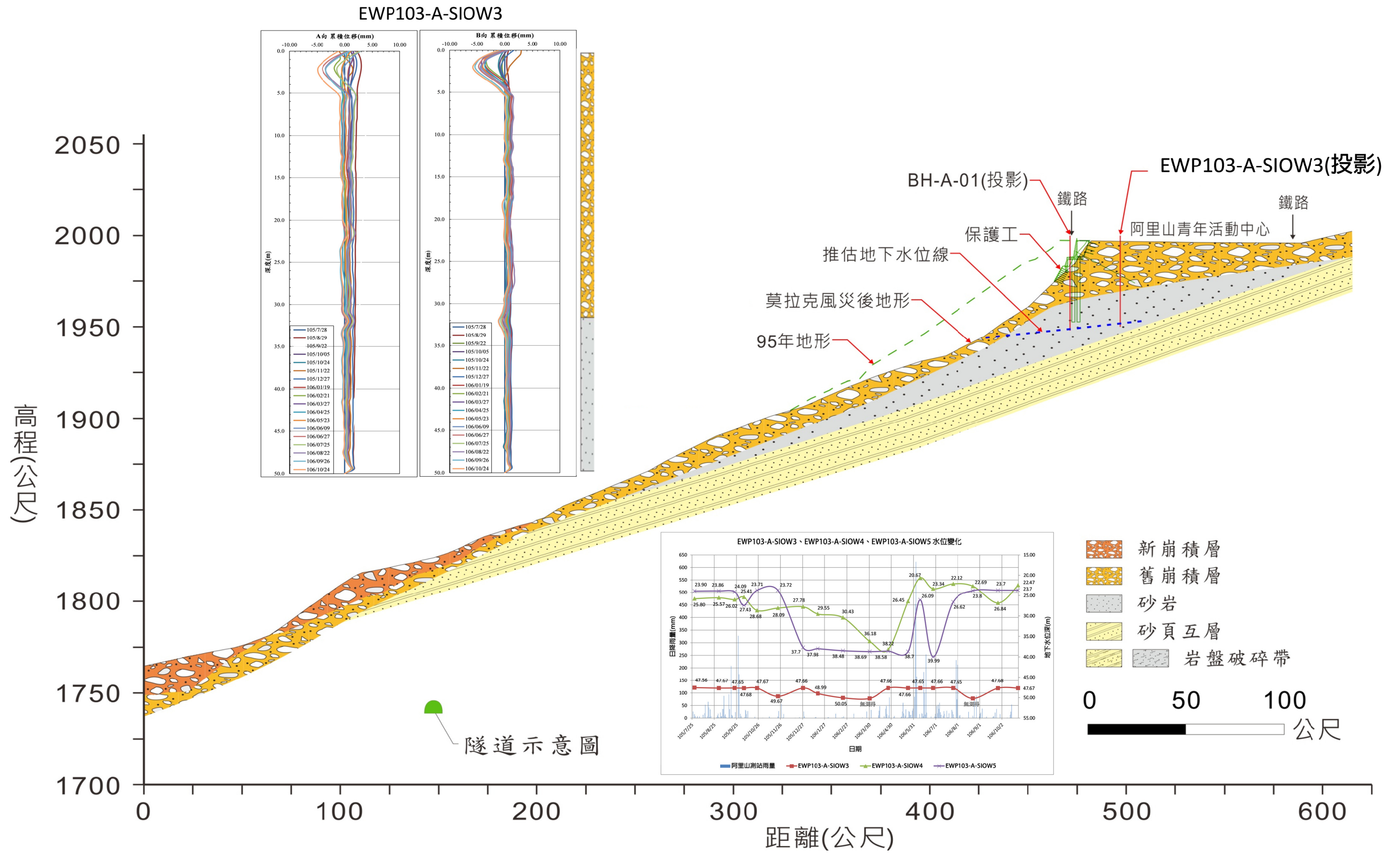
資料來源：「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」，嘉義林區管理處，民國 104 年 12 月

圖 3.50 二萬坪工區地質剖面 D-D'圖



資料來源：「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」，嘉義林區管理處，民國 104 年 12 月

圖 3.51 二萬坪工區地質剖面 E-E'圖



資料來源：「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」，嘉義林區管理處，民國 104 年 12 月

圖 3.52 二萬坪工區地質剖面 F-F'圖