



行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處

阿里山森林遊樂區及奮起湖地區

安全監測及林道地錨檢測

成果報告



中華民國一百零六年十二月

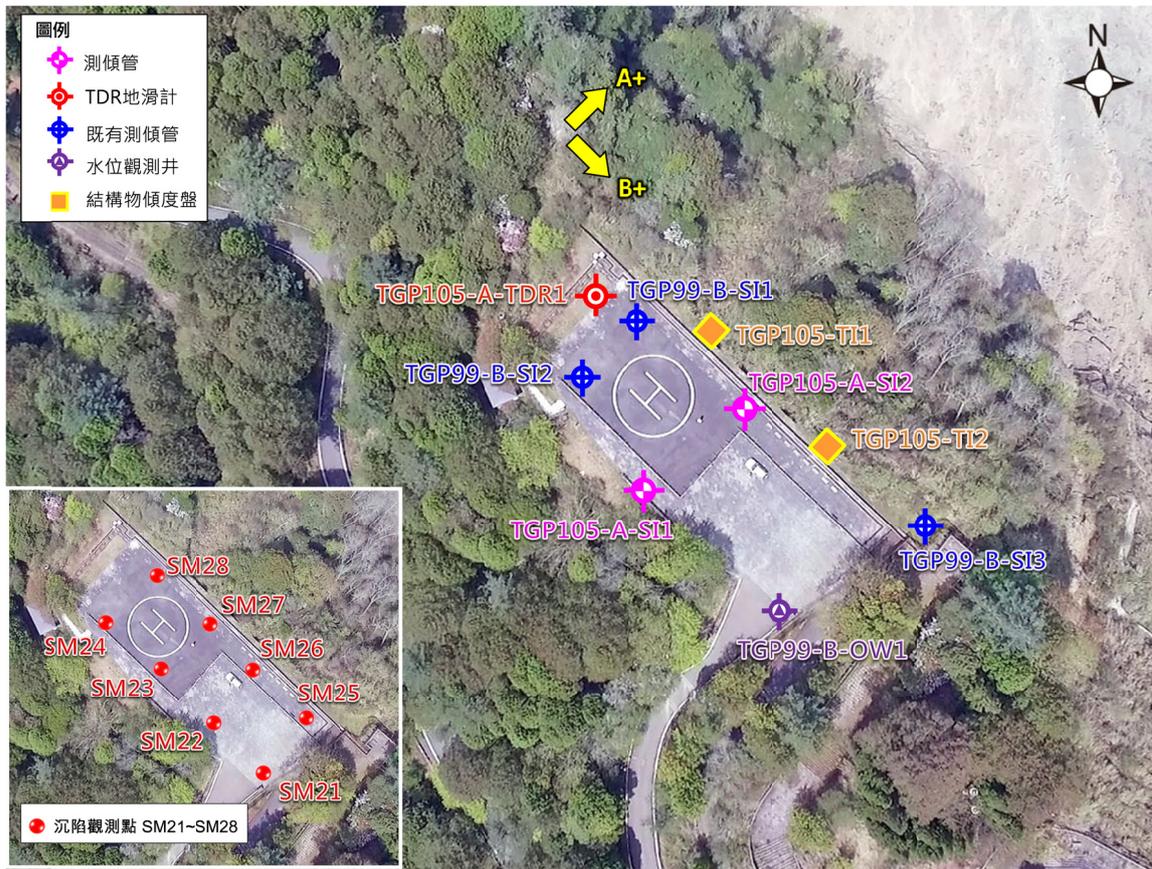
摘要

莫拉克颱風於民國 98 年 8 月 8 日重創台灣，導致阿里山及奮起湖地區發生多處嚴重坡地災害，林務局嘉義林區管理處為謀國有林地水土保持安全長期之維護，進而達到國土保育永續利用之目標，於前述崩塌區域周遭相關道路、房舍、鐵路、活動中心、公務設施等及相關人員安全與生命財產之保護，自莫拉克風災以來已投注相當經費進行規劃與工程治理並已獲得初步成效。

林務局嘉義林區管理處於 103 年至 104 年完成二萬坪地區整體調查規劃及安全監測委託技術服務案，依據前開服務案研究成果，針對祝山停機坪、阿里山中山村、奮起湖工作站及光崙山進行更進一步的調查，並於二萬坪崩塌區進行既有監測項目持續監測。以下針對各工區調查及監測成果進行說明：

(一) 祝山停機坪工區

- (1) 依照航照判釋結果，影響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，其崩塌地型態為後退式崩塌，下方蝕溝的沖刷會引發上邊坡物質下滑，短期內雖暫無影響，若無有效護坡措施，長期對停機坪下邊坡基礎穩定性仍有不良影響。
- (2) 根據地質調查結果，停機坪工區覆蓋層為回填及風化層，岩層部分為局部破碎之砂岩與砂頁岩互層，其入岩深度約在 13.6m~18.7m，層面平均位態約為 N40°E/19°NW，Televiewer 孔內造影結果顯示，弱面平均位態約為 N65°W/63.6°NE。調查區域砂岩強度屬於弱岩至中強岩等級。
- (3) 由 105 年 7 月本計畫初始值量測起至 106 年 10 月止，祝山停機坪監測數據之最大累積位移速率皆未超過注意值 (5mm/月)，暫無出現異常變位，邊坡暫無立即滑移危險；99 年安裝之 3 處測傾管因回填料流失，導致數據趨勢無法解析，經比對後建議停止量測。



摘圖 1 祝山停機坪監測儀器配置圖

摘表 1 祝山停機坪監測情形及後續建議

監測點編號	監測儀器項目	105 年~106 年監測狀態	後續建議
TGP105-A-SI1	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	汛期每個月量測一次，乾季每二個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
TGP105-A-SI2	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	
TGP105-A-TDR1	TDR 地滑計	未出現明顯滑動面及變位量	
TGP105-TI1	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	
TGP105-TI2	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	
TGP99-B-OW1	水位井	常時水位約在地表下 18m，地下水水位隨雨量連動，升降約 1m (累積日雨量 622mm)	後續建議以自計式水位計進行監測
SM21~SM28	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	汛期每個月量測一次，乾季每二個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
TGP99-B-SI1	測傾管	變位量較大且無明顯趨勢	停止量測
TGP99-B-SI2	測傾管		
TGP99-B-SI3	測傾管		

- (4) 為防止和社溪長期向源侵蝕造成停機坪坡腳淘空，並提高地震情況時坡面抗滑力(邊坡穩定分析結果顯示停機坪邊坡於地震時 F.S.<1.2)，建議於停機坪東側以場鑄排樁進行整治，以期停機坪平台未來長期開放給公眾使用，工程經費約為 11,643,875 元，保全對象為停機坪平台及阿里山森林遊樂區內遊客。

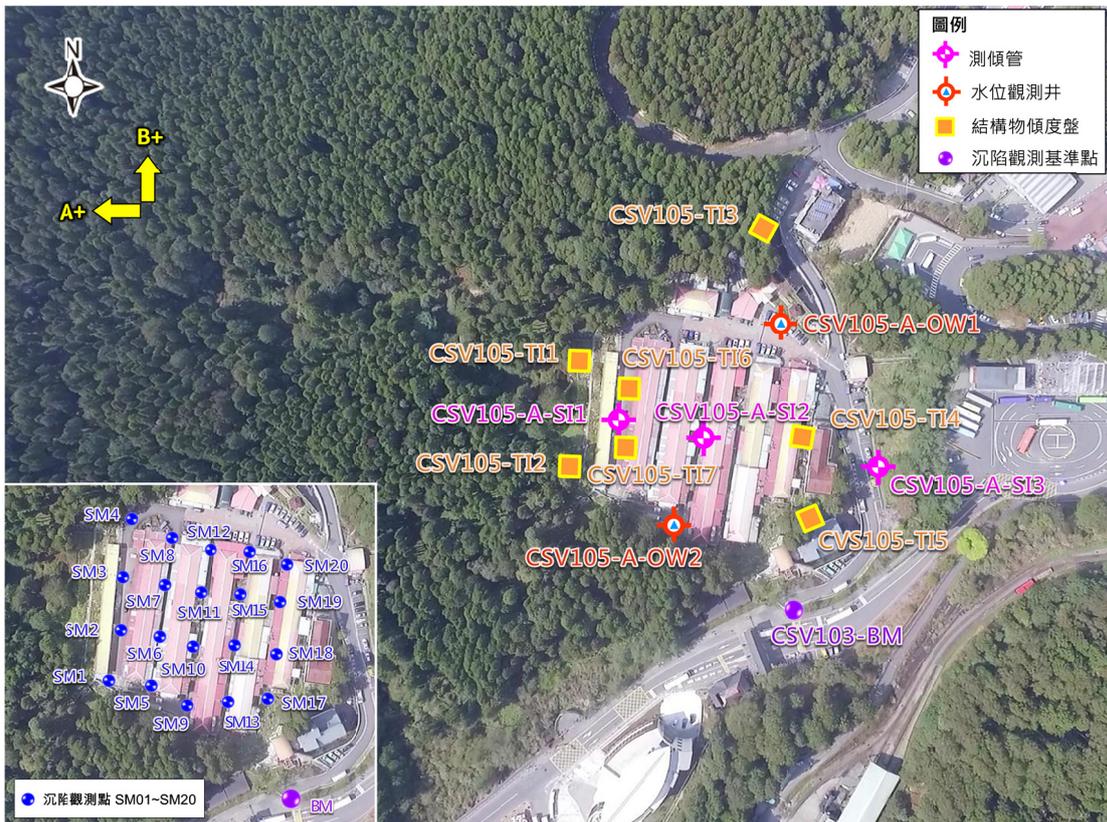
摘表 2 祝山停機坪邊坡穩定分析結果統計表

剖面	常時 w=GL-18.5	暴雨 w=GL-5	地震 ₁	備註
AA'	1.50	1.21	1.14	地震 NG
BB'	2.83	2.83	1.96	
安全係數採用標準 ₂	1.5	1.1	1.2	

- (5) 祝山停機坪工區因接近祝山車站，為遊客密集之景點，雖於本計畫監測期間暫無出現地層滑移跡象，仍建議下期持續進行定期監測與觀察，其監測頻率建議調整為汛期每個月量測一次，乾季時每二個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測。本工區下期建議採既有監測點位持續觀測，無建議新增監測項目。

(二) 阿里山中山村工區

- (1) 根據鑽探及現場試驗結果，中山村工區覆蓋層為厚崩積層，崩積層厚度約達 50m，岩性為局部破碎之砂岩，其層面平均位態約為 N47°E/22°NW，深度 55m 之 Televierer 孔內造影結果顯示兩組弱面平均位態約為 N87°W/22°NE 及 N90°W/81°NE。調查區域內砂岩強度屬於弱岩至中強岩等級。
- (2) 由 105 年 7 月本計畫初始值量測起至 106 年 10 月止，測傾管監測數據未顯示深層滑動面出現，惟 CSV105-A-S11 靠近地表處出現擠壓沉陷的變位線型，與鄰近沉陷觀測點 SM1~SM4 趨勢相近，判定為工區內覆蓋厚崩積層(45m~55m)，地層材料疏鬆，且淺層回填時夯實不佳，造成工區內多處局部不均勻沉陷現象。



摘圖 2 中山村監測儀器配置圖

摘表 3 中山村監測情形及後續建議

監測點編號	監測儀器項目	105 年~106 年監測狀態	後續建議
CSV105-A-SI1	測傾管	於地表下 32.5m 處出現 S 形變位曲線(管材擠壓所致)，向孔口累積變位量 5.6mm，地表有沉陷趨勢，無出現深層滑動面	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
CSV105-A-SI2	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	
CSV105-A-SI3	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	
CSV105-A-OW1	水位井	常時水位約在地表下 49m，地下水位隨雨量連動升降約 6m(累積日雨量 622mm)	使用自計式水位計進行持續監測
CSV105-A-OW2	水位井	常時水位約在地表下 39m，地下水位隨雨量連動升降約 22m(累積日雨量 622mm)	使用自計式水位計進行持續監測
CSV105-TI1	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
CSV105-TI2	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	一個月量測一次，並於

			豪雨、地震等事件後視規模進行增測
CSV105-TI3	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒, 1/500)	一個月量測一次, 並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
CSV105-TI4	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒, 1/500)	一個月量測一次, 並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
CSV105-TI5	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒, 1/500)	一個月量測一次, 並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
CSV106-TI6	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒, 1/500)	一個月量測一次, 並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
CSV106-TI7	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒, 1/500)	一個月量測一次, 並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
SM1~SM4	沉陷點	沉陷 17mm~19mm, 已接近注意值(20mm), 有局部沉陷趨勢	一個月量測一次, 並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
SM5~SM8	沉陷點	沉陷 16mm~19mm, 已接近注意值(20mm), 有局部沉陷趨勢	
SM9~SM12	沉陷點	沉陷 4mm~15mm, 超出量測誤差(10mm)	
SM13~SM16	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	
SM17~SM20	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	

(3) 中山村工區邊坡穩定分析剖面 AA'及 BB'於地震情況及地下水水位 GL-5m 之情況下安全係數皆達規範需求。

摘表 4 阿里山中山村邊坡穩定分析結果統計表

剖面	常時 w=GL-39	暴雨① w=GL-19	暴雨② w=GL-9	暴雨③ w=GL-5	地震 ₁	備註
AA'	1.52	1.52	1.52	1.41	1.22	
BB'	2.70	2.70	2.70	2.70	1.80	
安全係數採用標準 ₂	1.5	1.1	1.1	1.1	1.2	

註：1.水平地震力係數 $K_h=0.14$, 垂直地震力係數 $K_v=0.07$ 。

2.參考水土保持技術規範第七十三條邊坡穩定規劃設計時最小之安全係數。

- (4) 中山村工區因人口密集，保全對象明確，建議下期持續進行定期監測與觀察，其監測頻率建議為一個月一次，並於颱風、豪雨及地震後視事件規模進行額外增測。本工區下期建議除了既有監測點位持續觀測外，建議新增沉陷釘 6 處。
- (5) 另建議下期辦理透地雷達調查及現況地形測量，作為後續補強設計、地盤改良或原地重建評估使用。

(三) 奮起湖工作站工區

- (1) 依照航照判釋結果顯示，奮起湖工作站及中興苗圃之位置距溪谷較遠，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，該工區直接危險來源應為坡頂張力裂縫區域。
- (2) 根據鑽探及現場試驗結果，奮起湖工作站工區覆蓋層為厚崩積層，崩積層厚度可達 90m~100m，崩積層下為砂岩，於岩土交界面有約 8m~10m 風化破碎帶，此工區層面平均位態約為 N27°W/20°SW。調查區內砂岩強度屬於中強岩至強岩等級。
- (3) 奮起湖工作站監測數據顯示 105 年~106 年 10 月暫無出現明顯地層滑移跡象，坡頂裂縫監測目前亦無變化發生。



摘圖 3 奮起湖工作站監測儀器配置圖

摘表 5 奮起湖工作站周邊監測情形及後續建議

監測點編號	監測儀器項目	監測狀態	後續建議
FCH101-A-OW1	水位井	常時水位約在地表下 10m，地下水位隨雨量連動升降約 6m (累積日雨量 461mm)	後續建議以自計式水位計進行監測
FCH101-A-OW2	水位井	常時水位約在地表下 10m，地下水位隨雨量連動升降約 5.5m (累積日雨量 461mm)	後續建議以自計式水位計進行監測
FCH101-A-SIOW3	測傾管/ 水位井	1. 變位速率未達注意值(5mm/月) 2. 常時水位約在地表下 10m，地下水位隨雨量連動升降約 5.6m (累積日雨量 461mm)	停止量測測傾管，後續建議改以自計式水位計進行量測水位變化
FCH101-A-SI1	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
FCH101-A-SI2	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
FCH101-A-OW3	水位井	未測得水位	後續建議以自計式水位計進行監測
FCH101-A-OW4	水位井	未測得水位	後續建議以自計式水位計進行監測
FCH105-TI3	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
FCH105-A-TDR1	TDR 地滑計	未出現明顯滑動面及變位量	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
FCH105-A-TDR2	TDR 地滑計	未出現明顯滑動面及變位量	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測

摘表 6 奮起湖工作站東側階梯平台上監測情形及後續建議

監測點編號	監測儀器項目	監測狀態	後續建議
FCH100-B-SI5	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	汛期每個月量測一次，乾季每二個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
FCH100-B-SI4	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	
FCH100-B-OW2	水位井	常時水位約在地表下 11m，地下水位隨雨量連動升降約 3m (累積日雨量 379mm)	後續建議以自計式水位計進行監測
FCH100-B-SI3	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	汛期每個月量測一次，乾季每二個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
N7	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	
N8	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	
N9	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	
FCH100-TI4	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	
N10	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	
N11	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	
N12	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	後續建議以自計式水位計進行監測
N13	沉陷點	沉陷量未超出量測誤差值(10mm)	
FCH100-B-OW1	水位井	常時水位約在地表下 16m，地下水位隨雨量連動升降約 3.5m (累積日雨量 461mm)	後續建議以自計式水位計進行監測
FCH100-B-SI2	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	汛期每個月量測一次，乾季每二個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
FCH100-B-SI1	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	
FCH100-TI1	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	
FCH100-TI2	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	

(4) 奮起湖工作站及 169 縣道上邊坡於極端暴雨情況下，邊坡穩定安全係數未達水保技術規範之要求(F.S.<1.1)，建議採用地下集水井及水平集水管等工程手段降低奮起湖工作站周邊地下水位，以提高暴雨時上邊坡穩定性，並於上邊坡坡頂進行裂縫填補及截排水工作。

摘要 7 奮起湖工作站邊坡穩定分析結果統計表

剖面	常時 w=GL-11	暴雨① (雨量 350mm)	暴雨② (雨量 900mm)	地震 ₁	備註
AA' (崩積層參數反推)	1.64	1.34	1.08	1.48	暴雨②NG
AA' (崩積層參數扣標準差)	1.34	1.1	0.89	1.2	常時 NG 暴雨②NG
安全係數採用標準 ₂	1.5	1.1	1.1	1.2	

註：1.水平地震力係數 $K_h=0.16$ ，垂直地震力係數 $K_v=0.08$ 。

2.參考水土保持技術規範第七十三條邊坡穩定規劃設計時最小之安全係數。

- (5) 建議奮起湖工作站下期持續辦理定期監測工作，奮起湖工作站周邊之監測點位因十分鄰近工作站及道路，保全對象明確，建議監測頻率為一個月一次，並於颱風、豪雨及地震後視事件規模進行額外增測(如摘要 5)；工作站後方平台上之監測點位自 100 年整治工作完成後至今，無出現異常變位，且測傾管變位及沉陷等監測數據已漸趨穩定，建議下期監測頻率汛期每個月量測一次，乾季每二個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測(如摘要 6)。本工區下期建議採既有監測點位持續觀測，無建議新增監測項目。

(四) 光崙山工區

- (1) 根據鑽探及現場試驗結果，光崙山工區覆蓋層為厚崩積層，崩積層厚度約達 40m 以上，其下為局部破碎之砂岩、砂頁岩互層，其層面平均位態約為 $N20^\circ E/40^\circ NW$ 。調查區域砂岩強度屬於弱岩至中強岩等級。
- (2) 光崙山工區監測自本計畫初始值量測起(105 年 7 月)，尚無出現地滑之跡象，唯對本工區上邊坡地質條件資料不足，無法建立較準確之分析剖面，故建議下期計畫辦理持續調查，於光崙山工區增設地質鑽孔 3 處並予以安裝監測儀器(測傾管及地下水位觀測井)。



摘圖 4 光崙山監測儀器配置圖

摘表 8 光崙山坡面監測情形及後續建議

監測點編號	監測儀器項目	監測狀態	後續建議
GLS105-A-SI1	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
GLS105-A-SI2	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
GLS100-B-SI1	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
GLS100-B-SI2	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	一個月量測一次，並於豪雨、地震等事件後視規模進行增測
GLS100-B-SI3	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	停止量測
GLS100-B-SI4	測傾管	變位速率未達注意值(5mm/月)	停止量測
GLS100-B-OW1	水位井	未測得水位	後續建議以自計式水位計進行監測
GLS100-B-OW2	水位井	未測得水位	停止量測

- (3) 光崙山工區邊坡穩定分析結果顯示：以目前調查結果，道路上方邊坡圓弧型滑動破壞之安全係數皆滿足水保技術規範對於各項事件發生時之安全係數要求。

摘表 9 光崙山邊坡穩定分析結果統計表

剖面	常時 w=GL-37	暴雨① w=GL-15	暴雨② w=GL-5	暴雨③ w=GL-2	地震 ₁	備註
AA'	2.04	1.64	1.5	1.3	1.39	
安全係數採用標準 ₂	1.5	1.1	1.1	1.1	1.2	

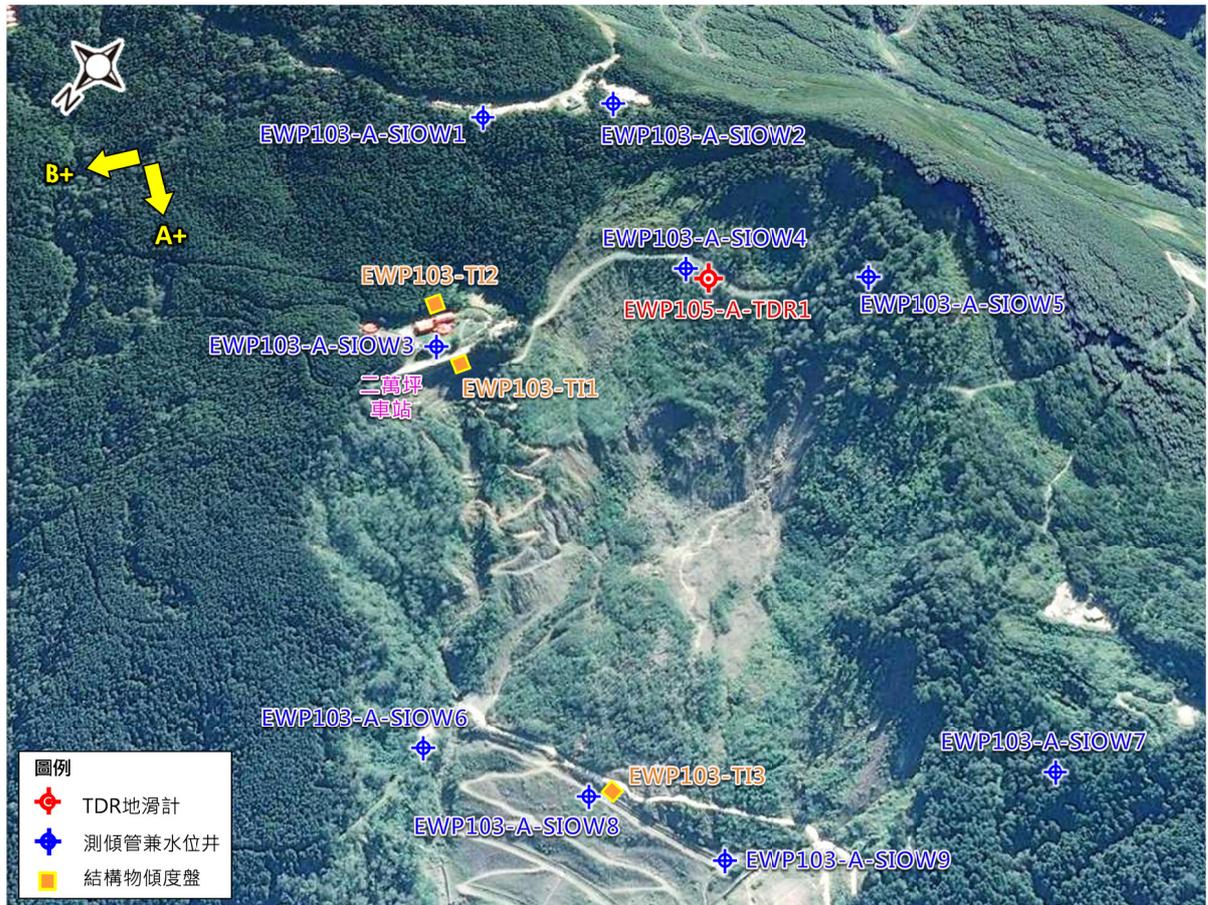
註：1.水平地震力係數 $K_h=0.16$ ，垂直地震力係數 $K_v=0.08$ 。

2.參考水土保持技術規範第七十三條邊坡穩定規劃設計時最小之安全係數。

- (4) 光崙山工區 GLS100-B-SI3 及 GLS100-B-SI4 可由本期新設 GLS105-A-SI1 及 GLS105-A-SI2 取代，建議停止量測。GLS100-B-OW2 孔深 30m，高於該區推估之常時水位，且自 100 年安裝完成起皆未測得地下水位變化，建議停止量測。光崙山工區其餘監測點位建議下期持續辦理定期監測工作，建議監測頻率為一個月一次，並於颱風、豪雨及地震後視事件規模進行額外增測。本工區下期建議除了既有監測點位持續觀測外，建議新增測傾管一處及地下水位井兩處。

(五) 二萬坪工區

- (1) 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，根據鑽探及現場試驗結果，二萬坪工區之覆蓋層為厚崩積層，EWP105-A-TDR1 鑽探結果顯示此處，崩積層厚度約達 52m，下為局部破碎之砂岩、砂頁岩，其結果與鄰近前期鑽孔 EWP103-A-SIOW4 相近。
- (2) 二萬坪工區於本計畫監測期間變位量皆尚未超出注意值之範圍，無出現測傾管量測數據超出注意值之情況，唯測傾管 EWP103-A-SIOW8 於 GL-41m、EWP103-A-SIOW9 於 GL-35m 處有一滑動面發展，近幾月因無極端降雨事件發生，量測值並無擴大跡象，其滑動面位置於前期量測之變位曲線雷同。



摘圖 5 二萬坪監測儀器配置圖

摘表 10 二萬坪監測情形及後續建議

監測點編號	監測儀器項目	監測狀態	後續建議
EWP103-A-SIOW1	測傾管/水位井	於地表下 19m~38m 處出現 S 形變位曲線，A 向孔口累積變位量約 8mm	1. 測傾管部分一個月量測一次，並於豪雨地震等事件後視規模進行增測。 2. 水位井部分使用自計式水位計進行持續監測。
EWP103-A-SIOW2	測傾管/水位井	變位速率未達注意值 (5mm/月)	
EWP103-A-SIOW3	測傾管/水位井	變位速率未達注意值 (5mm/月)	
EWP103-A-SIOW4	測傾管/水位井	變位速率未達注意值 (5mm/月)	
EWP103-A-SIOW5	測傾管/水位井	變位速率未達注意值 (5mm/月)	
EWP103-A-SIOW6	測傾管/水位井	變位速率未達注意值 (5mm/月)	

EWP103-A-SIOW7	測傾管/ 水位井	變位速率未達注意值 (5mm/月)	
EWP103-A-SIOW8	測傾管/ 水位井	變位速率超出注意值 (5mm/月)，出現一滑動 面在地面下 41m	
EWP103-A-SIOW9	測傾管/ 水位井	變位速率未達注意值 (5mm/月)，出現一滑動 面在地面下 35m	106 年 6 月損壞，停止量測
EWP105-A-TDR1	TDR 地滑計	未出現明顯滑動面及變 位量	一個月量測一次，豪雨地震等事件 後須視規模進行增測
EWP103-TI1	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	
EWP103-TI2	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	
EWP103-TI3	傾度盤	傾斜量未達注意值(412 秒，1/500)	

- (3) 建議二萬坪工區可透過地電阻及開放式水壓之設置，調查二萬坪崩塌地地下水位分布情形，以作為後續該區地下水導排設計之依據。
- (4) 透過裸露坡面自由行框噴植及蝕溝整治等手段處理地表逕流對崩塌面所造成之危害，以保全活動中心連外道路及二萬坪車站。
- (5) 參照前期報告之邊坡穩定分析及本計畫監測結果，建議於二萬坪崩塌地上緣、活動中心連外道路下邊坡，施作井深 40m 之集水井與排水管，以導排強降雨事件時該區域上升之地下水位，提高道路路基穩定性。
- (6) 測傾管 EWP103-A-SIOW9 於 106 年 6 月遭上邊坡土石崩落損毀，建議於崩塌地西側新增一處測傾管以補足該位置之監測資料，並持續觀測該區之地滑情形。
- (7) 二萬坪工區崩塌面積及影響層面廣大，且有森林鐵路及阿里山公路等明確保全對象，建議下期持續辦理監測工作，監測頻率為一個月一次，並於颱風、豪雨及地震後視事件規模進行額外增測。本工區下期建議除了既有監測點位持續觀測外，建議新增測傾管一處及開放式水壓計兩處。

目 錄

目錄	I
圖目錄	III
表目錄	VIII
第一章 計畫說明	1
1.1 計畫目的	1
1.2 工作範圍	1
1.3 執行進度與工作流程	4
第二章 基本資料彙整	6
2.1 計畫全區基本資料	6
2.1.1 地質災害潛勢	6
2.1.2 水文	6
2.1.3 氣象	13
2.2 祝山停機坪工區基本資料	15
2.2.1 工區位置	15
2.2.2 前期治理狀況	15
2.3 阿里山中山村工區基本資料	21
2.3.1 工區位置	21
2.3.2 前期治理狀況	21
2.4 奮起湖工作站工區基本資料	24
2.4.1 工區位置	24
2.4.2 前期治理狀況	24
2.5 光崙山工區基本資料	29
2.5.1 工區位置	29
2.5.2 前期治理狀況	29
2.6 二萬坪工區基本資料	31
2.6.1 工區位置	31
2.6.2 前期治理狀況	31
第三章 調查成果	38
3.1 基本資料蒐集	38
3.2 航照判釋	39
3.3 現況調查與地質探查	45
3.3.1 祝山停機坪工區	46
3.3.2 阿里山中山村工區	60
3.3.3 奮起湖工作站工區	71
3.3.4 光崙山工區	84
3.3.5 二萬坪工區	92

第四章 現地監測與分析	105
4.1 工作進行方法	105
4.1.1 監測儀器說明	105
4.1.2 管理值訂定	112
4.1.3 監測點位編號說明	113
4.2 祝山停機坪工區	114
4.3 阿里山中山村工區	127
4.4 奮起湖工作站工區	142
4.5 光崙山工區	170
4.6 二萬坪工區	183
4.7 現地監測結果統整與後續建議	213
第五章 穩定分析及評估	220
5.1 崩積層強度參數分析	220
5.2 岩坡穩定分析	226
5.3 邊坡穩定分析	232
5.3.1 祝山停機坪工區穩定分析	235
5.3.2 阿里山中山村工區穩定分析	240
5.3.3 奮起湖工作站工區穩定分析	245
5.3.4 光崙山工區穩定分析	253
第六章 調查、整治規劃及效益評估	256
6.1 祝山停機坪整治與效益	256
6.2 阿里山中山村整治與效益	262
6.3 奮起湖工作站整治與效益	265
6.4 光崙山整治與效益	273
6.5 二萬坪整治與效益	276
第七章 林道地錨檢測	285
7.1 地錨拉力檢測工作說明	285
7.2 地錨拉力檢測結果	285
第八章 結論與建議	293
參考文獻	297

附錄 A 委員審查意見回復表

1. 工作執行計畫審查意見
2. 第一次工作會議紀錄
3. 期初報告審查意見
4. 第一次期中報告審查意見
5. 第二次工作會議紀錄
6. 第二次期中報告審查意見

7. 第三次期中報告審查意見

8. 期末報告審查意見

附錄 B 監測點位座標及照片總表

附錄 C 自計式傾度盤成果

附錄 D 地錨覆拉試驗報告

附錄 E 地質鑽探紀錄表

附錄 F 岩心照片

附錄 G 室內試驗結果

圖目錄

圖 1.1	計畫範圍位置圖.....	3
圖 1.2	計畫工作項日期程.....	5
圖 1.3	工作流程圖.....	5
圖 2.1	計畫區工程地質及環境地質圖.....	7
圖 2.2	阿里山地區地質圖.....	8
圖 2.3	奮起湖地區地質圖.....	9
圖 2.4	阿里山森林遊樂區山崩與地滑地質敏感區域.....	10
圖 2.5	奮起湖地區山崩與地滑地質敏感區域.....	11
圖 2.6	計畫區附近集水區分區與水系圖.....	12
圖 2.7	計畫區附近雨量站位置.....	13
圖 2.8	阿里山監測站歷年月平均降雨量分布圖.....	14
圖 2.9	奮起湖監測站歷年月平均降雨量分布圖.....	14
圖 2.10	祝山停機坪工區位置圖.....	15
圖 2.11	祝山停機坪改善後排水溝平面圖.....	17
圖 2.12	觀日樓平台下邊坡混凝土型框.....	18
圖 2.13	祝山觀日平台下方型框掏空情形.....	18
圖 2.14	台大實驗林管處試驗樣區照片.....	19
圖 2.15	祝山停機坪周邊潛在大規模崩塌範圍.....	20
圖 2.16	阿里山中山村工區位置圖.....	21
圖 2.17	中山村外側排水溝照片.....	22
圖 2.18	阿里山中山村及二萬坪車站周邊潛在大規模崩塌範圍.....	23
圖 2.19	奮起湖工作站工區位置圖.....	24
圖 2.20	奮起湖工作站前期治理狀況示意圖.....	25
圖 2.21	奮起湖工作站工區-第一期治理工程設計圖.....	26
圖 2.22	奮起湖工作站工區-第二期治理工程設計圖.....	27
圖 2.23	奮起湖工作站工區-第三期治理工程設計圖.....	28
圖 2.24	光崙山工區位置圖.....	29
圖 2.25	光崙山工區上邊坡地表裂縫填補前後照片.....	30
圖 2.26	光崙山工區前期監測儀器及舊有裂縫位置圖.....	30
圖 2.27	二萬坪工區位置圖.....	31
圖 2.28	二萬坪崩塌地區域歷年整治位置圖.....	36
圖 2.29	二萬坪工區-屏遮那車站周邊潛在大規模崩塌範圍.....	37
圖 3.1	調查區航照判釋程序與方法.....	39
圖 3.2	祝山停機坪航照判釋結果.....	42
圖 3.3	奮起湖工作站航照判釋結果.....	44
圖 3.4	祝山停機坪 UAV 空拍照片.....	47
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).....	47

圖 3.6	祝山停機坪露頭調查位置與結果.....	48
圖 3.7	祝山停機坪砂岩與砂頁岩互層岩盤露頭.....	49
圖 3.8	祝山停機坪岩盤露頭-層面統計立體投影圖.....	49
圖 3.9	祝山停機坪新設地質鑽孔與折射震測測線配置圖.....	50
圖 3.10	測線 SL1 壓縮波速影像剖面圖.....	53
圖 3.11	測線 SL2 壓縮波速影像剖面圖.....	53
圖 3.12	測線 SL3 壓縮波速影像剖面圖.....	53
圖 3.13	祝山停機坪 TGP105-A-TDR1 節理統計立體投影圖.....	55
圖 3.14	祝山停機坪地質鑽孔及剖面圖位置.....	57
圖 3.15	祝山停機坪地質剖面 AA'	58
圖 3.16	祝山停機坪地質剖面 BB'	59
圖 3.17	阿里山中山村現地踏勘照片.....	61
圖 3.18	中山村排水調查及現況照片圖.....	62
圖 3.19	阿里山中山村新設地質鑽孔配置圖.....	64
圖 3.20	中山村 CSV105-A-SI1 節理統計立體投影圖.....	66
圖 3.21	中山村鑽孔及剖面圖位置.....	68
圖 3.22	中山村地質剖面 AA'	69
圖 3.23	中山村地質剖面 BB'	70
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.....	73
圖 3.25	奮起湖工作站坡頂裂縫位置圖.....	74
圖 3.26	奮起湖工作站坡頂裂縫觀測資料.....	75
圖 3.27	奮起湖工作站集水區範圍.....	76
圖 3.28	奮起湖工作站露頭調查位置與結果.....	76
圖 3.29	奮起湖工作站工區周邊砂岩露頭.....	77
圖 3.30	奮起湖工作站岩盤露頭-層面統計立體投影圖.....	77
圖 3.31	奮起湖工作站工區鑽孔及剖面圖位置.....	81
圖 3.32	奮起湖工作站地質剖面 AA'	82
圖 3.33	奮起湖工作站地質剖面 BB'	83
圖 3.34	光崙山現地勘查及空拍照片.....	84
圖 3.35	光崙山工區土石流潛勢溪流分布圖.....	85
圖 3.36	光崙山工區露頭調查位置與結果.....	86
圖 3.37	光崙山工區周邊砂岩及砂頁岩互層露頭照片.....	87
圖 3.38	光崙山岩盤露頭-層面統計立體投影圖.....	87
圖 3.39	光崙山工區鑽孔及剖面圖位置.....	90
圖 3.40	光崙山工區地質剖面 A-A'	91
圖 3.41	二萬坪工區現地踏勘空拍照片-截圖拍攝方向.....	93
圖 3.42	二萬坪工區現地踏勘空拍照片(A)(B)(C).....	93
圖 3.43	二萬坪工區現地踏勘空拍照片(C)(D)(E).....	94

圖 3.44	二萬坪區域內不連續面位態圖.....	96
圖 3.45	二萬坪補充地質調查鑽孔配置位置.....	97
圖 3.46	二萬坪工區鑽孔及地質剖面位置圖.....	98
圖 3.47	二萬坪工區地質剖面 A-A' 圖.....	99
圖 3.48	二萬坪工區地質剖面 B-B' 圖.....	100
圖 3.49	二萬坪工區地質剖面 C-C' 圖.....	101
圖 3.50	二萬坪工區地質剖面 D-D' 圖.....	102
圖 3.51	二萬坪工區地質剖面 E-E' 圖.....	103
圖 3.52	二萬坪工區地質剖面 F-F' 圖.....	104
圖 4.1	TDR 量測系統與訊號傳遞接收示意圖.....	106
圖 4.2	TDR 變形監測之反射訊號與原理.....	106
圖 4.3	TDR 錯動變形量化分析方法.....	107
圖 4.4	TDR 錯動變形監測監測纜現地安裝.....	108
圖 4.5	RST MEMS 數位式傾斜儀.....	110
圖 4.6	Heron dipperLog NANO 自計式水位計.....	110
圖 4.7	祝山停機坪監測儀器配置圖.....	113
圖 4.8	祝山停機坪監測儀器配置圖.....	115
圖 4.9	祝山停機坪沉陷觀測基準點位置圖.....	115
圖 4.10	祝山停機坪 TGP105-A-SI1 A、B 向位移變化圖.....	118
圖 4.11	祝山停機坪 TGP105-A-SI2 A、B 向位移變化圖.....	119
圖 4.12	祝山停機坪 TGP99-B-SI1 前期監測資料.....	120
圖 4.13	祝山停機坪 TGP99-B-SI1 A、B 向位移變化圖.....	120
圖 4.14	祝山停機坪 TGP99-B-SI2 前期監測資料.....	121
圖 4.15	祝山停機坪測傾管 TGP99-B-SI2 A、B 向位移變化圖.....	121
圖 4.16	祝山停機坪 TGP99-B-SI3 前期監測資料.....	122
圖 4.17	祝山停機坪 TGP99-B-SI3 A、B 向位移變化圖.....	122
圖 4.18	停機坪 TGP99-B-OW1 水位量測變化圖.....	123
圖 4.19	停機坪 TGP105-A-TDR1 量測結果.....	123
圖 4.20	停機坪傾度盤歷時變化圖.....	124
圖 4.21	停機坪沉陷點歷時變化圖.....	126
圖 4.22	阿里山中山村監測儀器配置圖.....	128
圖 4.23-a	中山村 CSV105-A-SI1 A、B 向位移變化圖(a).....	131
圖 4.23-b	中山村 CSV105-A-SI1 A、B 向位移變化圖(b).....	132
圖 4.24	中山村 CSV105-A-SI2 A、B 向位移變化圖.....	133
圖 4.25	中山村 CSV105-A-SI3 A、B 向位移變化圖.....	134
圖 4.26	中山村地下水位量測變化圖.....	135
圖 4.27	中山村傾度盤歷時變化圖.....	138
圖 4.28	中山村 SM1~SM12 沉陷點變化圖.....	140

圖 4.29	中山村 SM13~SM20 沉陷點變化圖	141
圖 4.30	奮起湖工作站沉陷觀測點配置圖	142
圖 4.31	奮起湖工作站監測儀器配置圖.....	143
圖 4.32	奮起湖工作站 FCH101-A-SIOW3 前期監測資料	147
圖 4.33	奮起湖工作站 FCH101-A-SIOW3 位移變化圖	148
圖 4.34	奮起湖工作站 FCH101-A-SI1 前期監測資料.....	149
圖 4.35	奮起湖工作站 FCH101-A-SI1 位移變化圖	150
圖 4.36	奮起湖工作站 FCH101-A-SI2 前期監測資料.....	151
圖 4.37	奮起湖工作站 FCH101-A-SI2 移變化圖.....	152
圖 4.38	奮起湖工作站 FCH100-B-SI1 前期監測資料	153
圖 4.39	奮起湖工作站 FCH100-B-SI1 位移變化圖.....	154
圖 4.40	奮起湖工作站 FCH100-B-SI2 前期監測資料	155
圖 4.41	奮起湖工作站 FCH100-B-SI2 移變化圖	156
圖 4.42	奮起湖工作站 FCH100-B-SI3 前期監測資料	157
圖 4.43	奮起湖工作站測傾管 FCH100-B-SI3 位移變化圖.....	158
圖 4.44	奮起湖工作站 FCH100-B-SI4 前期監測資料	159
圖 4.45	奮起湖工作站 FCH100-B-SI4 位移變化圖.....	160
圖 4.46	奮起湖工作站 FCH100-B-SI5 前期監測資料	161
圖 4.47	奮起湖工作站 FCH100-B-SI5 位移變化圖.....	162
圖 4.48	奮起湖工作站水位變化圖(奮起湖工作站周圍).....	164
圖 4.49	奮起湖工作站水位變化圖(坡頂).....	164
圖 4.50	奮起湖工作站水位變化圖(階梯平台)	165
圖 4.51	奮起湖工作站 TDR 地滑計 FCH105-A-TDR-1 量測結果 .	165
圖 4.52	奮起湖工作站 TDR 地滑計 FCH105-A-TDR-2 量測結果 .	166
圖 4.53	奮起湖工作站傾度盤歷時變化圖	168
圖 4.54	奮起湖工作站沉陷點歷時變化圖	169
圖 4.55	光崙山監測儀器配置圖.....	170
圖 4.56	光崙山 GLS105-A-SI1 A、B 向位移變化圖	172
圖 4.57	光崙山 GLS105-A-SI2 A、B 向位移變化圖	173
圖 4.58	光崙山測傾管 GLS100-B-SI1 前期監測資料.....	174
圖 4.59	光崙山測傾管 GLS100-B-SI1 A、B 向位移變化圖.....	175
圖 4.60	光崙山 GLS100-B-SI2 前期監測資料.....	176
圖 4.61	光崙山 GLS100-B-SI2 A、B 向位移變化圖.....	177
圖 4.62	光崙山測傾管 GLS100-B-SI3 前期監測資料.....	178
圖 4.63	光崙山測傾管 GLS100-B-SI3 A、B 向位移變化圖.....	179
圖 4.64	光崙山測傾管 GLS100-B-SI4 前期監測資料.....	180
圖 4.65	光崙山測傾管 GLS100-B-SI4 A、B 向位移變化圖.....	181
圖 4.66	光崙山水位量測變化圖.....	182

圖 4.67	二萬坪監測儀器配置圖.....	184
圖 4.68	二萬坪 EWP103-A-SIOW1 前期監測資料.....	187
圖 4.69	二萬坪 EWP103-A-SIOW1 本期 A、B 向位移變化圖.....	188
圖 4.70	二萬坪 EWP103-A-SIOW2 前期監測資料.....	189
圖 4.71	二萬坪 EWP103-A-SIOW2 本期 A、B 向位移變化圖.....	190
圖 4.72	二萬坪 EWP103-A-SIOW3 前期監測資料.....	191
圖 4.73	二萬坪 EWP103-A-SIOW3 本期 A、B 向位移變化圖.....	192
圖 4.74	二萬坪 EWP103-A-SIOW4 前期監測資料.....	193
圖 4.75	二萬坪 EWP103-A-SIOW4 本期 A、B 向位移變化圖.....	194
圖 4.76	二萬坪 EWP103-A-SIOW5 前期監測資料.....	195
圖 4.77	二萬坪 EWP103-A-SIOW5 本期 A、B 向位移變化圖.....	196
圖 4.78	二萬坪 EWP103-A-SIOW6 前期監測資料.....	197
圖 4.79	二萬坪 EWP103-A-SIOW6 本期 A、B 向位移變化圖.....	198
圖 4.80	二萬坪 EWP103-A-SIOW7 前期監測資料.....	199
圖 4.81	二萬坪 EWP103-A-SIOW7 本期 A、B 向位移變化圖.....	200
圖 4.82	二萬坪 EWP103-A-SIOW8 前期監測資料.....	201
圖 4.83-a	二萬坪 EWP103-A-SIOW8 A、B 向位移變化圖(a).....	202
圖 4.83-b	二萬坪 EWP103-A-SIOW8 A、B 向位移變化圖(b).....	203
圖 4.84	二萬坪 EWP103-A-SIOW9 前期監測資料.....	204
圖 4.85-a	二萬坪 EWP103-A-SIOW9 A、B 向位移變化圖(a).....	205
圖 4.85-b	二萬坪 EWP103-A-SIOW9 A、B 向位移變化圖(b).....	206
圖 4.86	二萬坪水位變化圖 1(近遊樂區門口).....	208
圖 4.87	二萬坪水位變化圖 2(近青年活動中心).....	209
圖 4.88	二萬坪水位變化圖 3(崩坍地區).....	209
圖 4.89	二萬坪傾度盤歷時變化圖.....	211
圖 4.90	二萬坪 TDR 量測結果.....	211
圖 4.91	二萬坪土石方資源置場水井配置圖.....	212
圖 5.1	崩積層種類示意圖.....	220
圖 5.2	祝山停機坪工區弱面立體投影圖.....	230
圖 5.3	阿里山中山村工區弱面立體投影圖(地球物理).....	230
圖 5.4	奮起湖工作站工區弱面立體投影圖(坡面走向 N45°W).....	231
圖 5.5	奮起湖工作站工區弱面立體投影圖(坡面走向 N30°E).....	231
圖 5.6	STABL 邊坡穩定分析流程圖.....	232
圖 5.7	停機坪穩定分析剖面(AA'、BB')位置圖.....	235
圖 5.8	祝山停機坪 AA' 剖面-常時.....	237
圖 5.9	祝山停機坪 AA' 剖面-暴雨，水位於地面下 5m.....	237
圖 5.10	祝山停機坪 AA' 剖面-地震.....	238
圖 5.11	祝山停機坪 BB' 剖面-常時.....	238

圖 5.12	祝山停機坪 BB' 剖面-暴雨，水位於地面下 5m.....	239
圖 5.13	祝山停機坪 BB' 剖面-地震	239
圖 5.14	中山村穩定分析剖面(AA'、BB')位置圖	240
圖 5.15	中山村 AA' 剖面-常時	242
圖 5.16	中山村 AA' 剖面-暴雨③，水位於地面下 5m	242
圖 5.17	中山村 AA' 剖面-地震	243
圖 5.18	中山村 BB' 剖面-常時	243
圖 5.19	中山村 BB' 剖面-暴雨③，水位於地面下 5m.....	244
圖 5.20	中山村 BB' 剖面-地震	244
圖 5.21	奮起湖工作站穩定分析剖面(AA')位置圖	245
圖 5.22	奮起湖工作站周邊自計式水位計記錄.....	247
圖 5.23	奮起湖工作站邊坡穩定分析地下水位線	247
圖 5.24	奮起湖工作站 AA' 剖面-常時	249
圖 5.25	奮起湖工作站 AA' 剖面-暴雨①	250
圖 5.26	奮起湖工作站 AA' 剖面-暴雨②	251
圖 5.27	奮起湖工作站 AA' 剖面-地震	252
圖 5.28	光崙山穩定分析剖面(AA')位置圖	253
圖 5.29	光崙山 AA' 剖面-常時	254
圖 5.30	光崙山 AA' 剖面-暴雨③，水位於地面下 2m	255
圖 5.31	光崙山 AA' 剖面-地震	255
圖 6.1	祝山停機坪整治建議區域示意圖.....	257
圖 6.2	排椿整治後邊坡穩定分析結果(地震時)	257
圖 6.3	祝山停機坪整治規劃平面圖	258
圖 6.4	祝山停機坪整治規劃標準圖	259
圖 6.5	中山村建議補充調查配置圖	263
圖 6.6	奮起湖工作站坡頂裂縫區整治平面及標準圖	267
圖 6.7	奮起湖工作站周邊地下集水井建議設置位置圖	268
圖 6.8	奮起湖工作站預警系統網頁	269
圖 6.9	光崙山工區建議補充調查位置圖.....	274
圖 6.10	二萬坪工區邊坡穩定剖面位置圖	277
圖 6.11	二萬坪工區整治規劃方案位置示意圖.....	278
圖 6.12	二萬坪工區 AA 剖面穩定分析結果	279
圖 6.13	二萬坪工區 BB 剖面穩定分析結果	280
圖 7.1	地錨檢測工區位置圖	286
圖 7.2	祝山林道 4.6k 及梅蘭林道鋼托架橋試驗前工區照片	286
圖 7.3	祝山林道地錨檢測編號及平面圖.....	287
圖 7.4	梅蘭林道鋼托架橋地錨檢測編號方式及展開圖	288
圖 7.5	祝山林道地錨檢測過程現場照片.....	289

圖 7.6 梅蘭林道鋼托架橋地錨檢測過程現場照片..... 290

表目錄

表 1-1	工作項目及內容彙整表	2
表 1-2	工作項目預定進度與實際進度	4
表 2-1	二萬坪崩塌區歷年整治工程及效益分析表	34
表 3-1	基本資料調查項目及方法	38
表 3-2	航照地質判釋圖資列表	40
表 3-3	各工區新設鑽孔數量一覽表	45
表 3-4	各工區現場試驗一覽表	45
表 3-5	祝山停機坪新設地質鑽孔原因與試驗列表	50
表 3-6	祝山停機坪 TGP105-A-TDR1 孔內造影試驗資料	54
表 3-7	祝山停機坪岩石單軸壓縮試驗結果表	55
表 3-8	祝山停機坪岩石弱面(岩心節理面)直剪試驗結果表	56
表 3-9	阿里山中山村新設地質鑽孔與試驗列表	64
表 3-10	中山村 CSV105-A-SI1 孔內造影試驗資料	65
表 3-11	中山村岩石單軸壓縮試驗結果表	66
表 3-12	中山村岩石弱面(節理面)直剪試驗結果表	67
表 3-13	奮起湖工作站新設地質鑽孔列表	78
表 3-14	奮起湖工作站岩石單軸壓縮試驗結果表	79
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	79
表 3-16	光崙山工區附近土石流潛勢溪流資料列表	85
表 3-17	光崙山新設地質鑽孔列表	88
表 3-18	光崙山工區岩石單軸壓縮試驗結果表	89
表 3-19	光崙山工區岩石弱面(岩心節理面)直剪試驗結果表	89
表 4-1	Heron dipperLog NANO 自計式水位計規格列表	111
表 4-2	本計畫使用之監測管理值	112
表 4-3	管理值之意義及因應對策表	112
表 4-4	祝山停機坪工區監測點位座標	114
表 4-5	停機坪傾度盤歷時變化值	124
表 4-6	停機坪沉陷點變化值	125
表 4-7	阿里山中山村工區監測點位座標	127
表 4-8	中山村傾度盤歷時變化值	137
表 4-9	中山村沉陷點變化值	139
表 4-10	奮起湖工作站工區監測點位座標列表	144
表 4-11	奮起湖工作站傾度盤歷時變化值	167
表 4-12	奮起湖工作站後方階梯平台沉陷點變化值	168
表 4-13	光崙山工區監測點位座標	170
表 4-14	二萬坪工區監測點位座標	183
表 4-15	二萬坪傾度盤歷時變化值	210

表 4-16	二萬坪土石方資源置場檢查結果一覽.....	212
表 4-17	本計畫 105 年~106 年各監測點位狀態及後續建議總表.....	213
表 5-1	花蓮銅門地區堆積材料強度參數.....	222
表 5-2	南投信義鄉一、三號溪堆積材料強度參數.....	222
表 5-3	台灣中北部地區礫石層之材料特性.....	224
表 5-4	歷年來崩積土力學相關研究成果.....	224
表 5-5	崩積層穩定分析力學參數建議值.....	225
表 5-6	祝山停機坪工區不同坡面走向最陡安全邊坡分析表.....	227
表 5-7	阿里山中山村工區不同坡面走向最陡安全邊坡分析表.....	228
表 5-8	奮起湖工作站工區不同坡面走向最陡安全邊坡分析表.....	229
表 5-9	祝山停機坪邊坡穩定分析選用參數.....	235
表 5-10	祝山停機坪邊坡穩定分析結果統計表.....	236
表 5-11	阿里山中山村邊坡穩定分析選用參數.....	240
表 5-12	阿里山中山村邊坡穩定分析結果統計表.....	241
表 5-13	奮起湖工作站邊坡穩定分析選用參數.....	245
表 5-14	奮起湖工作站邊坡穩定分析結果統計表.....	248
表 5-15	光崙山工區邊坡穩定分析選用參數.....	253
表 5-16	光崙山邊坡穩定分析結果統計表.....	254
表 6-1	祝山停機坪整治經費概估表.....	260
表 6-2	祝山停機坪新設自計式水位計經費概估表.....	260
表 6-3	祝山停機坪整治工程效益評估.....	261
表 6-4	阿里山中山村補充調查經費概估表.....	263
表 6-5	阿里山中山村整治工程效益評估.....	264
表 6-6	奮起湖工作站(坡頂裂縫區)整治經費概估表.....	269
表 6-7	奮起湖工作站(周邊區域)整治經費概估表.....	270
表 6-8	奮起湖工作站補充調查經費概估表.....	271
表 6-9	奮起湖工作站整治工程效益評估.....	272
表 6-10	光崙山(坡頂裂縫區)整治經費概估表.....	275
表 6-11	光崙山工區整治工程效益評估.....	275
表 6-12	二萬坪(補充調查)整治經費概估表.....	281
表 6-13	二萬坪(地下水導排)整治經費概估表.....	281
表 6-14	二萬坪(地表逕流控制-第一期)整治經費概估表.....	282
表 6-15	二萬坪(地表逕流控制-第二期)整治經費概估表.....	282
表 6-16	二萬坪(地表逕流控制-第三期)整治經費概估表.....	283
表 6-17	二萬坪工區整治工程效益評估.....	284
表 7-1	祝山林道 4.6k 地錨拉力檢測結果總表.....	291
表 7-2	梅蘭林道 1.3k 鋼托架橋地錨拉力檢測結果總表.....	291

第一章 計畫說明

1.1 計畫目的

民國 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風災害重創台灣，造成阿里山森林鐵路數十處路段上、下邊坡坡體崩滑、鐵道路基流失，迫使森林鐵路中斷行駛。其中又以位於阿里山鄉近救國團阿里山青年活動中心之二萬坪大崩塌規模最大，此崩塌地上緣接近阿里山公路，崩塌外緣鄰近阿里山青年活動中心、森林鐵路二萬坪車站、屏遮那車站，崩塌坡趾則為阿里山溪。

而位於阿里山國家森林遊樂區內祝山停機坪下方，亦因莫拉克颱風造成大規模崩塌，祝山停機坪目前因安全考量為封閉狀態，而遊樂區內中山村前因歷經 921 震災及歷次風災等，有地層潛移疑慮，經整治後已初步獲得成效。另位於阿里山事業區第 148 林班範圍內奮起湖工作站上方邊坡亦有大規模崩塌，邊坡土石大量下滑，影響工作站及下方苗圃與 169 縣道人車之安全，而鄰近奮起湖聚落之光崙山亦有裂縫發生。

林務局嘉義林區管理處為謀國有林地水土保持安全長期之維護，進而達到國土保育永續利用之目標，於前述崩塌區域周遭相關道路、房舍、鐵路、活動中心、公務設施等及相關人員安全與生命財產之保護，自莫拉克風災以來已投注相當經費進行規劃與工程治理並已獲得初步成效。

林務局嘉義林區管理處並於 103 年至 104 年完成二萬坪地區整體調查規劃及安全監測委託技術服務案，依據前開服務案研究成果，針對祝山停機坪、中山村、奮起湖工作站周圍及光崙山進行更進一步的調查以利進行後續規劃工作，以及二萬坪崩塌區既有監測項目持續監測，另納入祝山林道及梅蘭林道地錨檢測工作，編列此監測規劃案。

1.2 工作範圍

本計畫案內容主要包括：(1)祝山停機坪、阿里山中山村、奮起湖地區(含奮起湖工作站與光崙山地區)調查監測治理規劃及既有監測項目持續監測、(2)二萬坪大崩塌區域既有監測項目持續監測、(3)祝山林道 4.6K 及梅蘭林道鋼托架橋地錨檢測等工作。本計畫範圍位置如圖 1.1，本計畫工作內容項目如表 1-1：

表 1-1 工作項目及內容彙整表

祝山停機坪及阿里山中山村			
項次	項目	內容	報告出處
1	基本資料收集	1. 地形、地質相關資料 2. 水文、雨量等資料 3. 相關調查規劃報告彙整 4. 以往災害情形 5. 過去整治概況	Chp 2.2-Chp 2.3
2	現況調查及地質探查	1. 現地調查 2. 地質鑽探(停機坪 3 孔·中山村 3 孔·含取樣及岩心箱) 3. 室內試驗(包含岩石一般物性試驗、岩石單軸與剪力試驗)	Chp 3.1-Chp 3.3
3	現地監測與分析 (含新增及既有項目)	1. 測傾管 2. 建物傾斜計 3. 沉陷點監測 4. 水位監測 5. 監測執行及分析研判 6. 邊坡穩定分析及影響範圍 7. 崩塌機制與原因探討分析	Chp 4.2-Chp 4.3 Chp5.3.1- Chp5.3.2
4	治理對策及效益評估	1. 短期處理之建議 2. 整體治理規劃與初步設計預算編撰 3. 預期效益分析	Chp6.1- Chp6.2
5	各期簡報與報告列印	包括先期(工作執行計畫)、期初、期中、期末報告與簡報，及成果報告	-
奮起湖地區(奮起湖工作站及光崙山地區)			
項次	項目	內容	報告出處
1	基本資料收集	1. 地形、地質相關資料 2. 水文、雨量等資料 3. 相關調查規劃報告彙整 4. 以往災害情形 5. 過去整治概況	Chp 2.4
2	現地監測與分析	1. 現地調查 2. 地質鑽探(工作站 2 孔·光崙山 2 孔·含取樣及岩心箱) 3. 室內試驗(包含岩石一般物性試驗、岩石單軸與剪力試驗)	Chp 3.3.3
3	現地監測與分析 (含新增及既有項目)	1. 測傾管 2. 建物傾斜計 3. 沉陷點監測 4. 水位監測 5. 監測執行及分析研判 6. 邊坡穩定分析及影響範圍 7. 崩塌機制與原因探討分析	Chp 4.4 & C5.3.3

4	治理對策及效益評估	1. 短期處理之建議 2. 整體治理規劃與初步設計預算編撰 3. 預期效益分析	Chp 4.2-Chp 4.3 P37-P68
5	各期簡報與報告列印	包括先期(工作執行計畫)、期初、期中、 期末報告與簡報，及成果報告	-
二萬坪地區			
項次	項目	內容	報告出處
1.	基本資料收集	歷年監測資料與相關基本資料蒐集	Chp 2.6
2.	現地監測與分析 (既有項目)	監測執行及分析研判	Chp 4.6
3.	各期簡報與報告列印	包括先期(工作執行計畫)、期初、期中、 期末報告與簡報，及成果報告	-
祝山林道 4.6K 及梅蘭林道鋼托架橋地錨檢測			
項次	項目	內容	報告出處
1	地錨拉力檢測	1. 工程基本資料彙整 2. 實地拉力檢測及調整	Chp 7
2	檢測報告列印	檢測成果報告製作	-



圖 1.1 計畫範圍位置圖

1.3 執行進度與工作流程

本計畫內各期報告書及計畫日程詳見圖 1.2 計畫工作項目日程，其中本計畫工區範圍內之基本資料收集、現況調查、地質鑽探、室內試驗、既有地錨拉力檢測、定期現地監測與分析及各工區治理對策及效益評估已全數完成，表 1-2 呈現本計畫各項工作預定進度及實際進度；本計畫之工作執行流程如圖 1.3 所示。

表 1-2 工作項目預定進度與實際進度

項目	內容/ 進度百分比(%)	105年												106年											
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	基本資料收集 (100%)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
2	現況調查及地質鑽探 (100%)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
3	室內試驗 (100%)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
4	現地監測與分析 (100%)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
5	治理對策及效益評估 (100%)					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
6	地錨拉力檢測 (100%)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	檢核點	○				○						○									○				
		5/22 先期				8/24 期初						11/20 期中一									6/20 期中二	9/20 期中三	11/5 期末		



圖 1.2 計畫工作項目日程

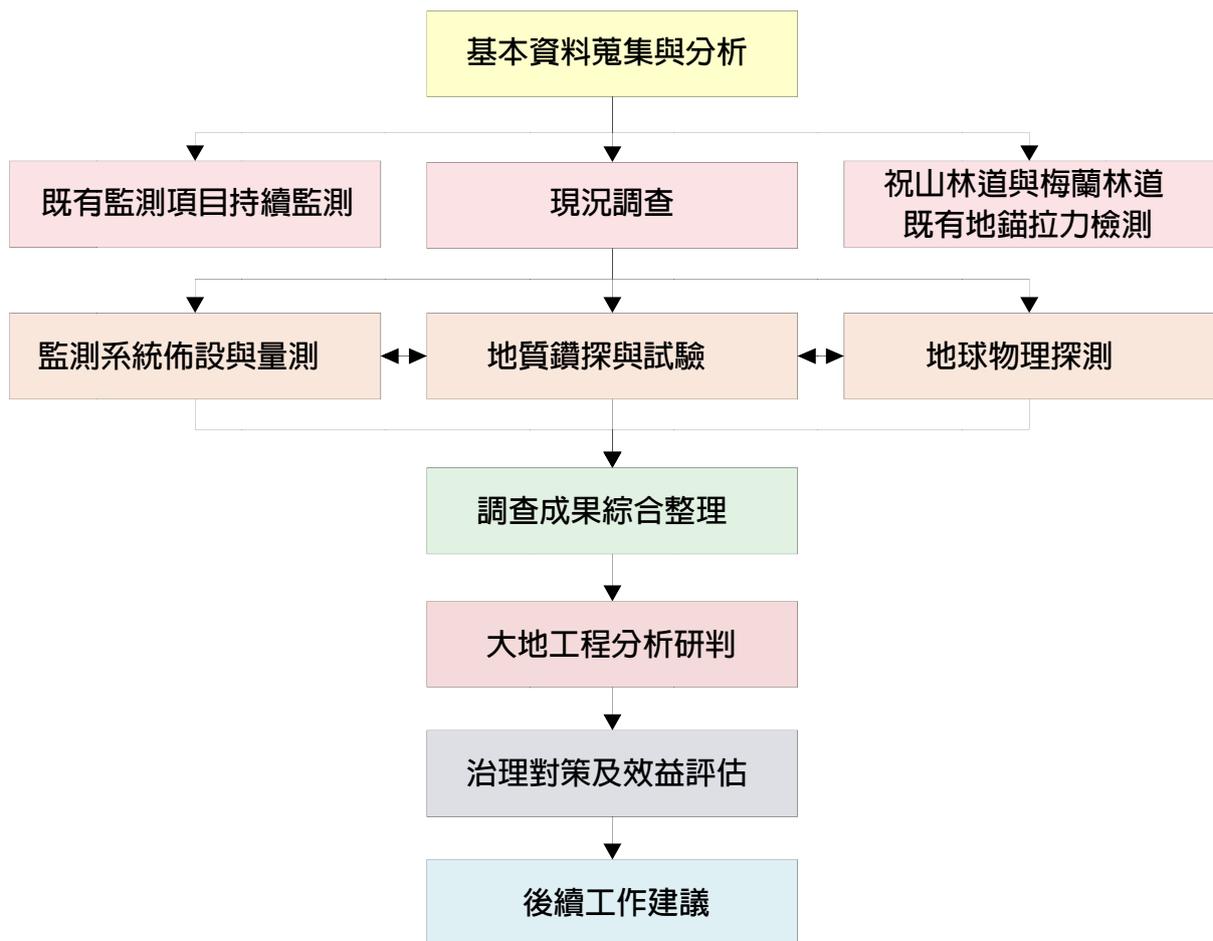


圖 1.3 工作流程圖

第二章 基本資料彙整

2.1 計畫全區基本資料

蒐集與本計畫相關之基本資料，包括就坍滑區鄰近之地文、人文、水文等相關資料，並依需要進行相關調查，如氣象、地質等。依據文獻資料蒐集的結果，以下針對地質災害潛勢、水文、氣象分別說明。

2.1.1 地質災害潛勢

計畫區附近屬於西部麓山帶地質區，依據經濟部中央地質調查所地質資料，本計畫之地質總圖如圖 2.1，主要出露地層為中新世晚期至上新世之南莊層(砂岩及頁岩互層)、長枝坑層(砂岩及砂頁岩互層)與糖恩山砂岩(厚層塊狀砂岩和泥質砂岩)；鄰近地質構造包括奮起湖背斜、樂野向斜、鹿窟山向斜與未命名之褶皺構造，以及水社寮斷層、柑子宅斷層、內磅斷層、神木斷層與未命名之斷層構造。上述計畫區附近斷層均未列入活動斷層。阿里山地區及奮起湖地區大比例尺地質圖如圖 2.2~圖 2.3 所示。

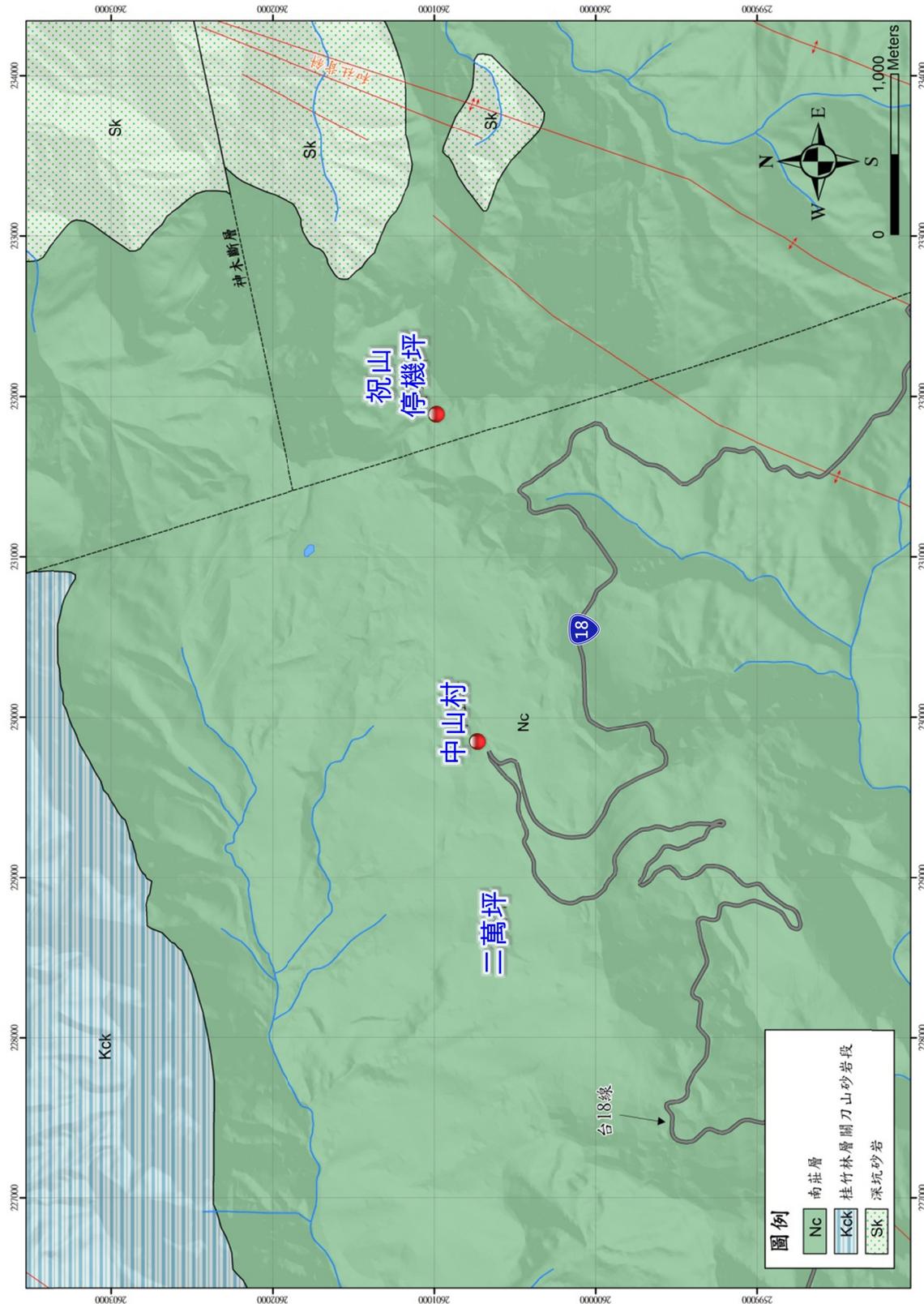
計畫區受斷層與褶皺影響，多剪裂及破碎帶，形成相當多之崩塌地，崩塌地主要分佈於溪側兩岸，大小規模不一。本區地表亦覆蓋了厚度不一之崩積層。崩積層之組成材料極不規則，粒度大至巨石，小至細砂，質地疏鬆不具膠結，暴雨時易導致大量地表水下滲，使得地下水蓄積分佈不均，且於地表沖蝕出大小不一之侵蝕溝，並形成規模不等之崩崖。圖 2.1 亦顯示二萬坪與阿里山遊樂區附近屬於順向坡區位，奮起湖工作站工區上邊坡有崩塌地分佈，鄰近有土石流穿越。

圖 2.4 及圖 2.5 分別為將本計畫各工區位置(阿里山森林遊樂區及奮起湖地區)疊套於中央地質調查所 103 年 12 月所公佈之山崩與地滑地質敏感區中，由圖中可見中山村工區、二萬坪工區及奮起湖工作站工區直接位於山崩與地滑地質敏感區內。

2.1.2 水文

計畫區附近集水區分區與水系分佈如圖 2.6，說明如下：

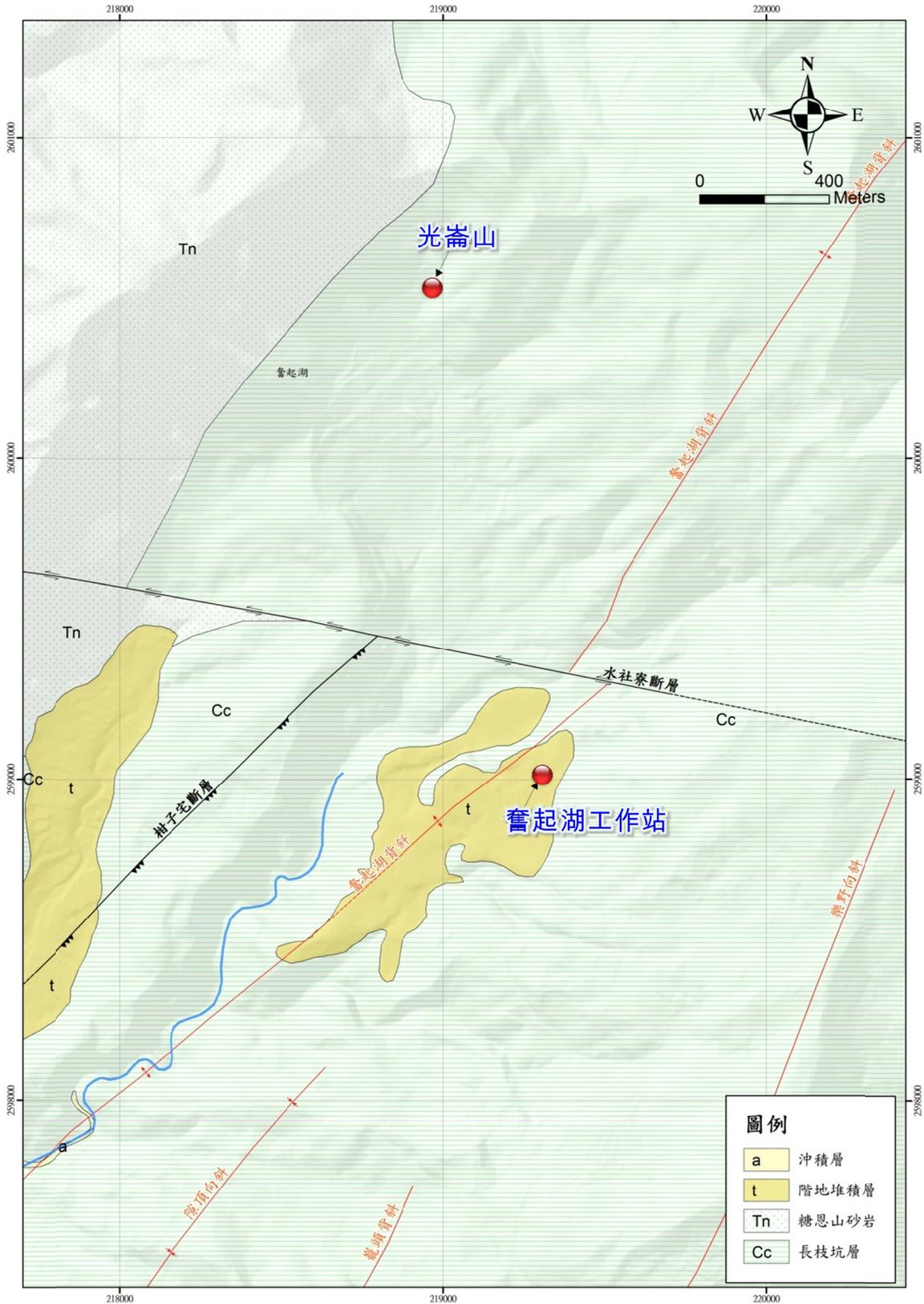
- (a) 祝山停機坪工區東側為濁水溪→陳有蘭溪→和社溪支流；
祝山停機坪工區西側為曾文溪→曾文水庫→後大埔溪支流。
- (b) 阿里山中山村與二萬坪為濁水溪→清水溪→阿里山溪支流。
- (c) 奮起湖工作站與光崙山工區為八掌溪支流。



包含工區範圍:祝山停機坪工區、阿里山中山村工區、二萬坪工區

資料來源:經濟部中央地質調查所

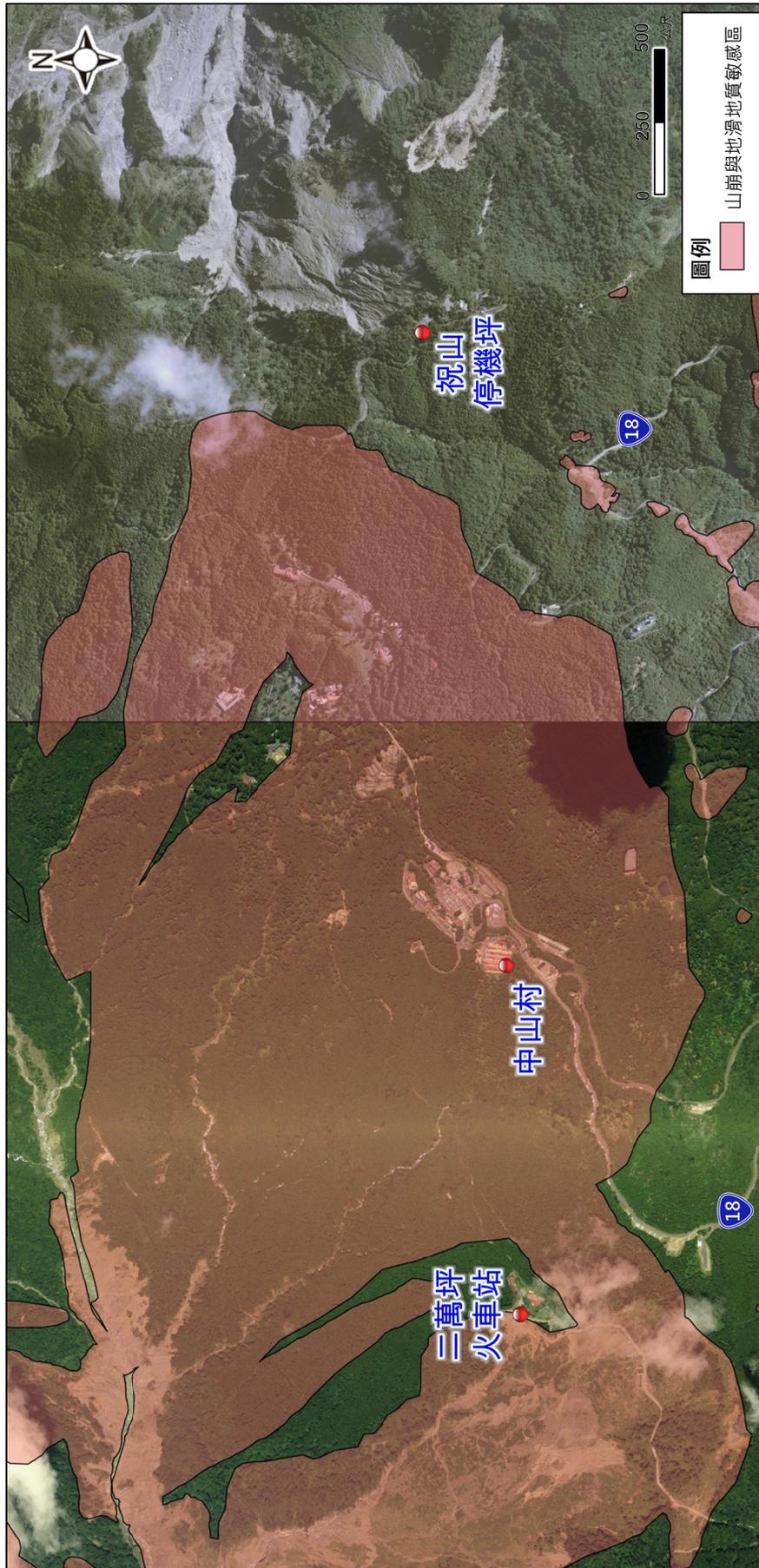
圖 2.2 阿里山地區地質圖



包含工區範圍：奮起湖工作站工區、光崙山工區

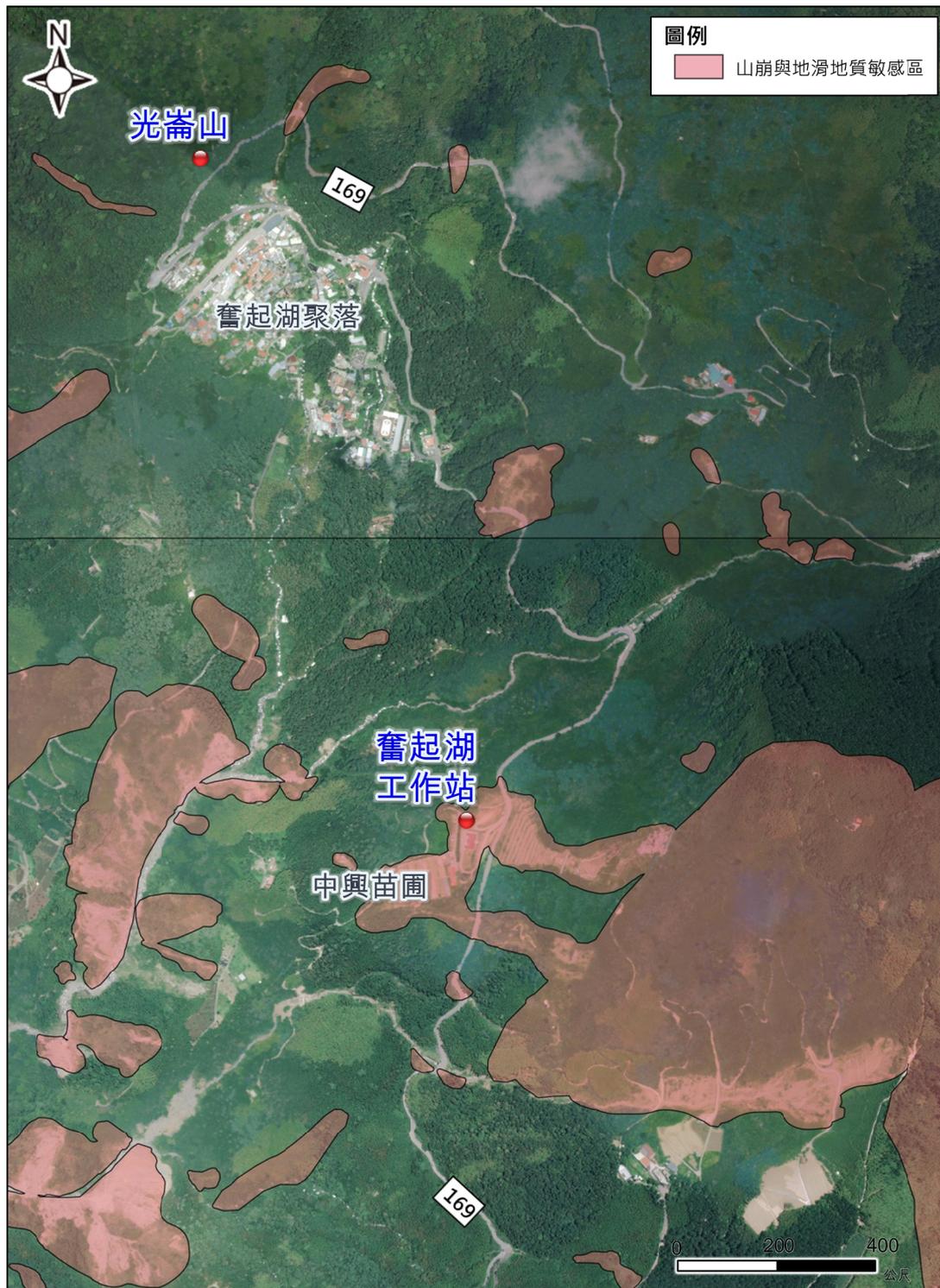
資料來源：經濟部中央地質調查所

圖 2.3 奮起湖地區地質圖



資料來源:經濟部中央地質調查所(L0004 嘉義縣市 · 103 年 12 月 26 日)
製圖:兆豐工程技術顧問股份有限公司

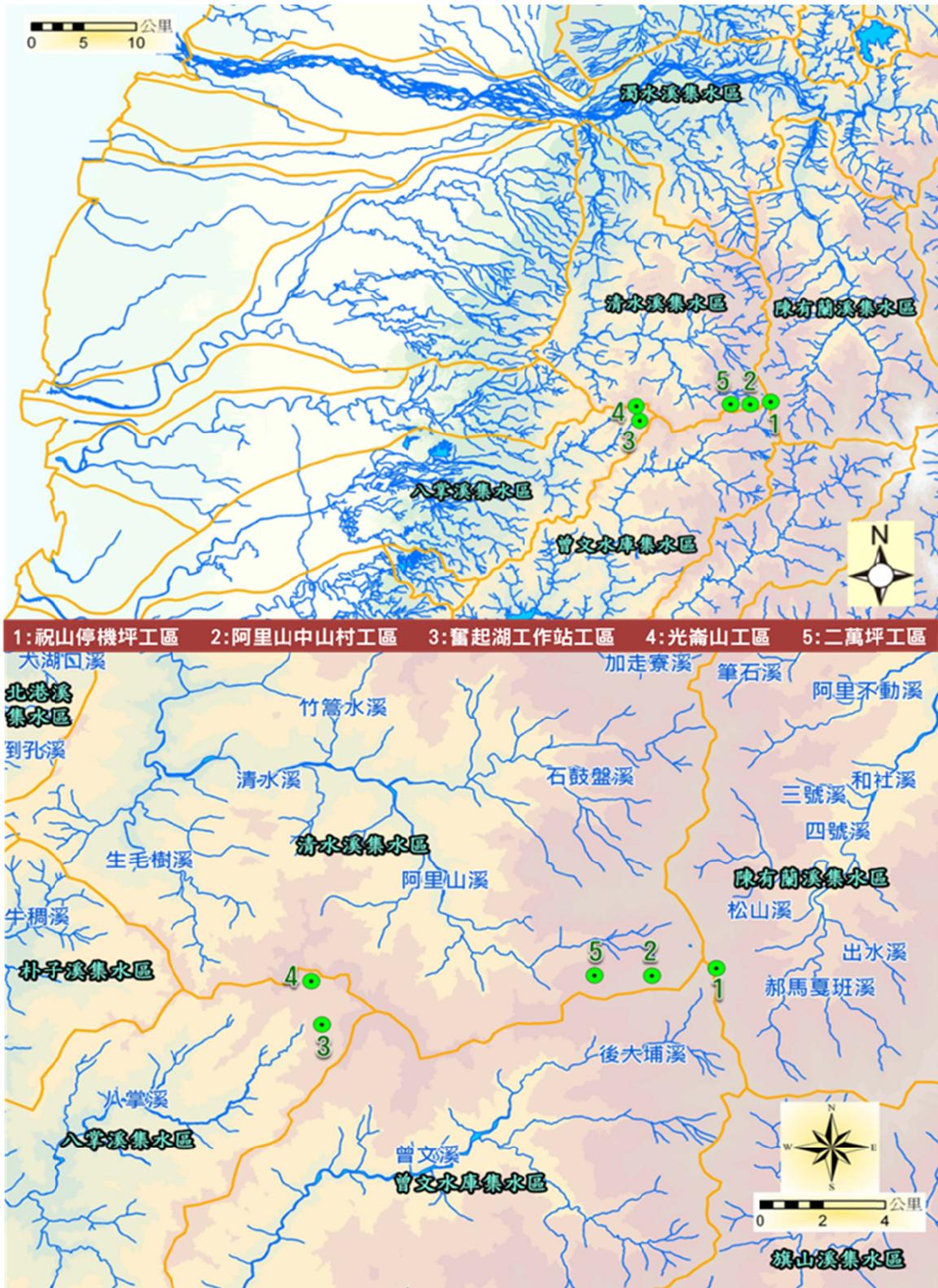
圖 2.4 阿里山森林遊樂區山崩與地滑地質敏感區域



資料來源：經濟部中央地質調查所(L0004 嘉義縣市，103 年 12 月 26 日)

製圖：兆豐工程技術顧問股份有限公司

圖 2.5 奮起湖地區山崩與地滑地質敏感區域



資料來源：經濟部中央地質調查所

製圖：兆豐工程技術顧問股份有限公司

圖 2.6 計畫區附近集水區分區與水系圖

2.1.3 氣象

本計畫區範圍屬東亞之亞熱帶氣候區，受地理位置及地形影響氣候潮濕多霧，且夏季颱風時期阿里山山脈常為暴雨迎風面。冬季東北季風盛行，夾帶大量水氣受阻於山脈，夏季則因雷雨及颱風侵襲降雨量較高。

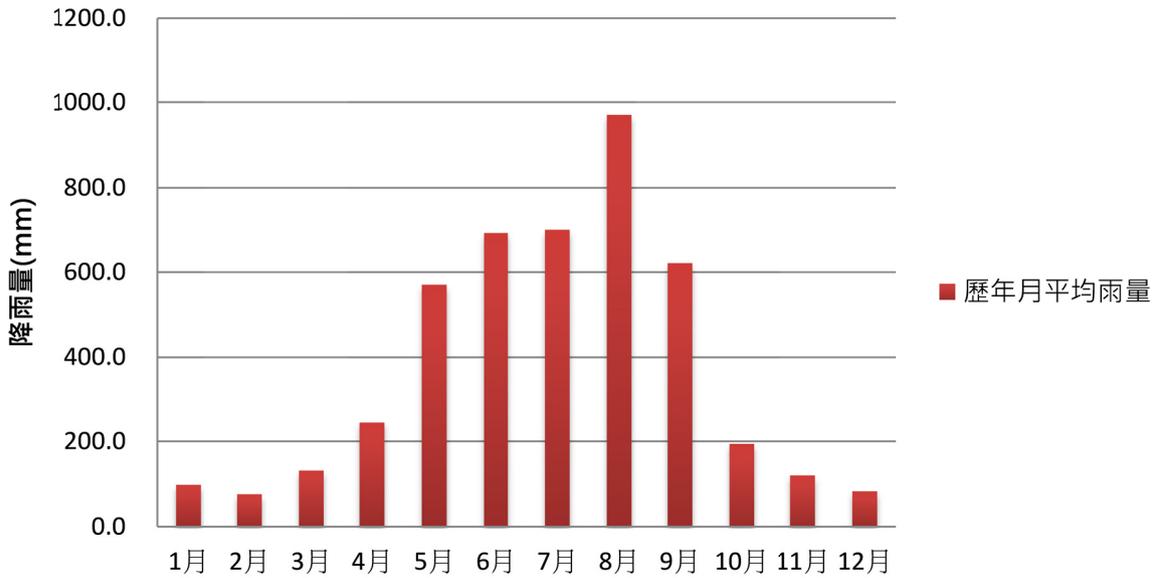
中央氣象局於計畫區內設有阿里山雨量站及奮起湖雨量站，雨量站位置如圖 2.7。阿里山站平均年降雨量為 4,550 公釐(統計期間:95 年~105 年)，奮起湖站平均年雨量為 4,062 公釐(統計期間:95 年~105 年)，降雨量主要集中在 5 月~9 月，占全年降雨量之八成，阿里山雨量站及奮起湖雨量站之歷年月平均雨量詳如圖 2.8~圖 2.9。

98 年 8 月 7 日莫拉克颱風侵襲，雖為中度颱風但結構十分札實、移動速度緩慢，且因颱風外圍環流與西南氣流產生共伴作用，造成各地區累積雨量攀升，使嘉高屏地區累積雨量打破歷年紀錄，嘉義縣阿里山鄉於 98 年 8 月 7 日~10 日四日累積雨量高達 2,965 公釐，打破中央氣象局歷史紀錄，造成計畫區周邊多處邊坡大面積坍滑。



圖 2.7 計畫區附近雨量站位置

阿里山監測站 95年~105 歷年月平均降雨量

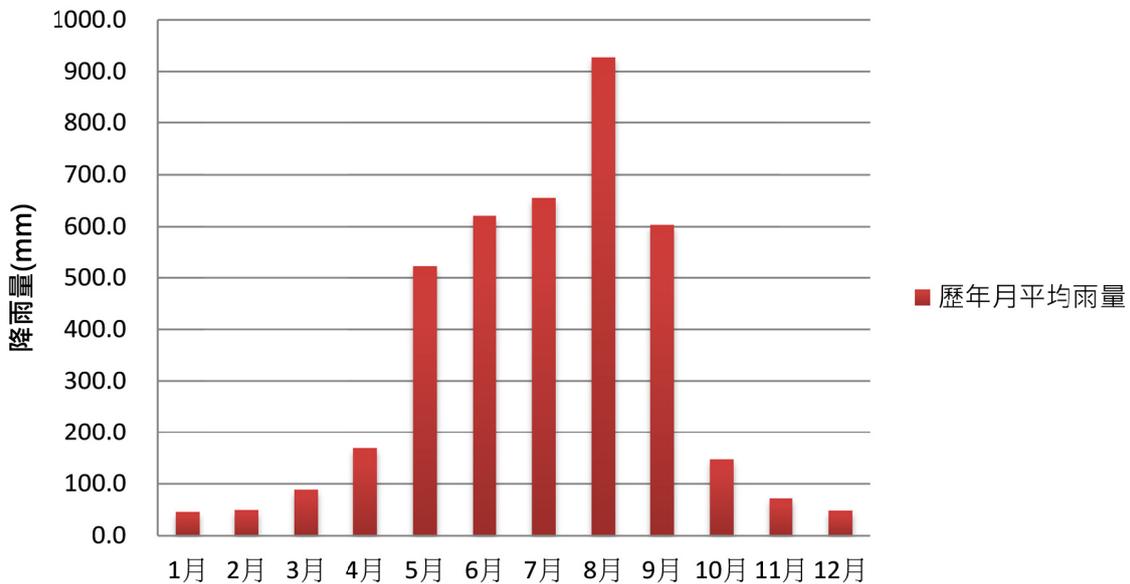


月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年雨量
歷年月平均雨量	98.3	76.1	131.4	246.4	570.2	694	701.6	970.46	621.4	193.5	120.1	82.6	4506.1 (mm)

資料來源：中央氣象局網站統計資料

圖 2.8 阿里山監測站歷年月平均降雨量分布圖

奮起湖測站 95年~105年 歷年月平均降雨量



月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年雨量
歷年月平均雨量	45.4	49.2	88.6	168.6	522.0	620.7	655.5	927.7	603.5	147.4	71.3	47.5	3923.7 (mm)

資料來源：中央氣象局網站統計資料

圖 2.9 奮起湖監測站歷年月平均降雨量分布圖

2.2 祝山停機坪工區基本資料

2.2.1 工區位置

祝山停機坪工區位於大埔事業區第 212 林班、祝山林道 5.1K 薄山脊處，此一平台於民國 65 年整地完成作為停車場使用，其後再改建為直升機停機坪。祝山停機坪東側屬於陳有蘭溪集水區(和社溪)，邊坡坡度較陡(傾角約 33~45°)；西側屬於曾文水庫集水區(後大埔溪)，邊坡坡度較緩(傾角約 20°)，工區位置如圖 2.10 所示。

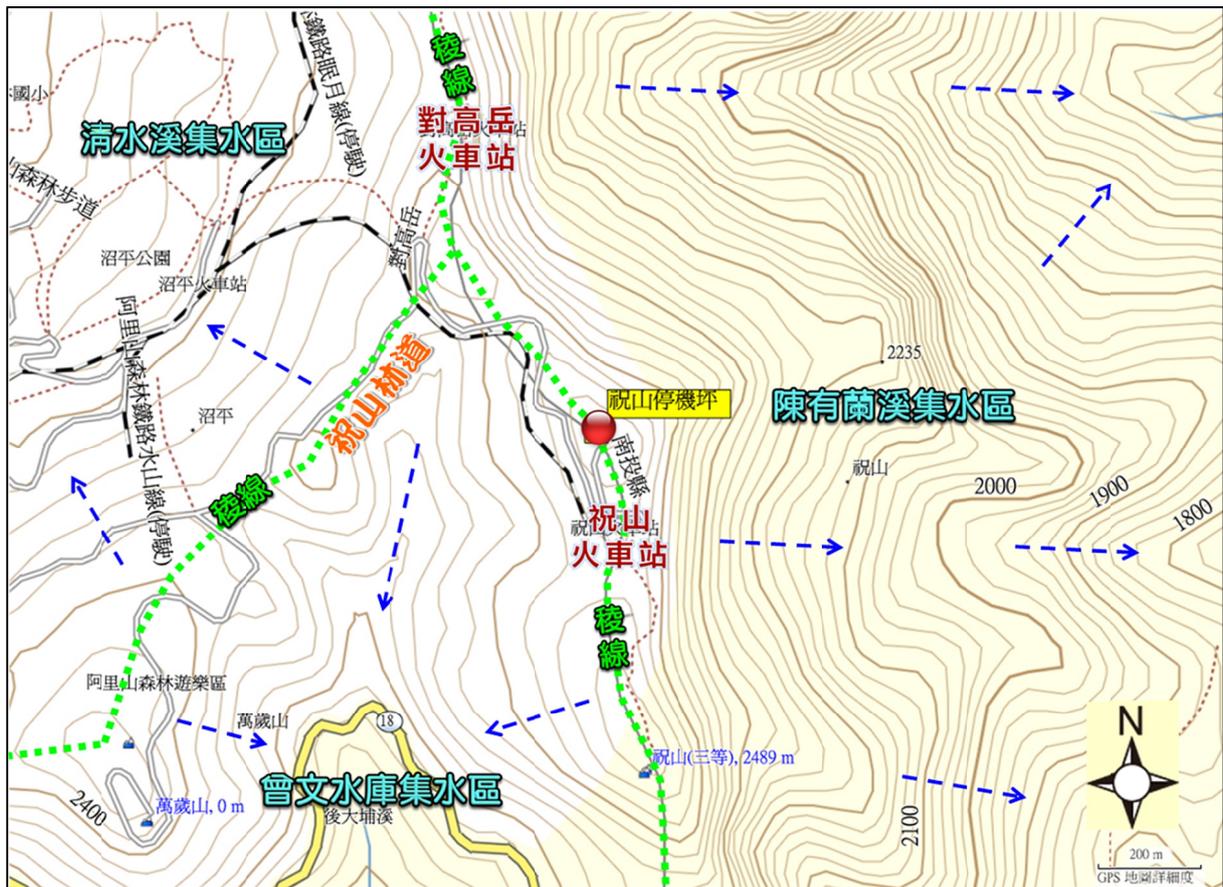


圖 2.10 祝山停機坪工區位置圖

2.2.2 前期治理狀況

行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處在民國 100 年時於祝山停機坪進行排水改善工程，排水溝平面配置見圖 2.11；於觀日樓平台下方邊坡設置混凝土型框護坡，照片如圖 2.12。100 年 2 月底停機坪排水溝改善工程完工，排水溝總長度約為 95 公尺，主要目的為使用足夠尺寸之排水斷面，迅速地將地表逕流導往阿里山森林遊樂區之既有排水系統，降低雨水入滲量以及地表逕流。

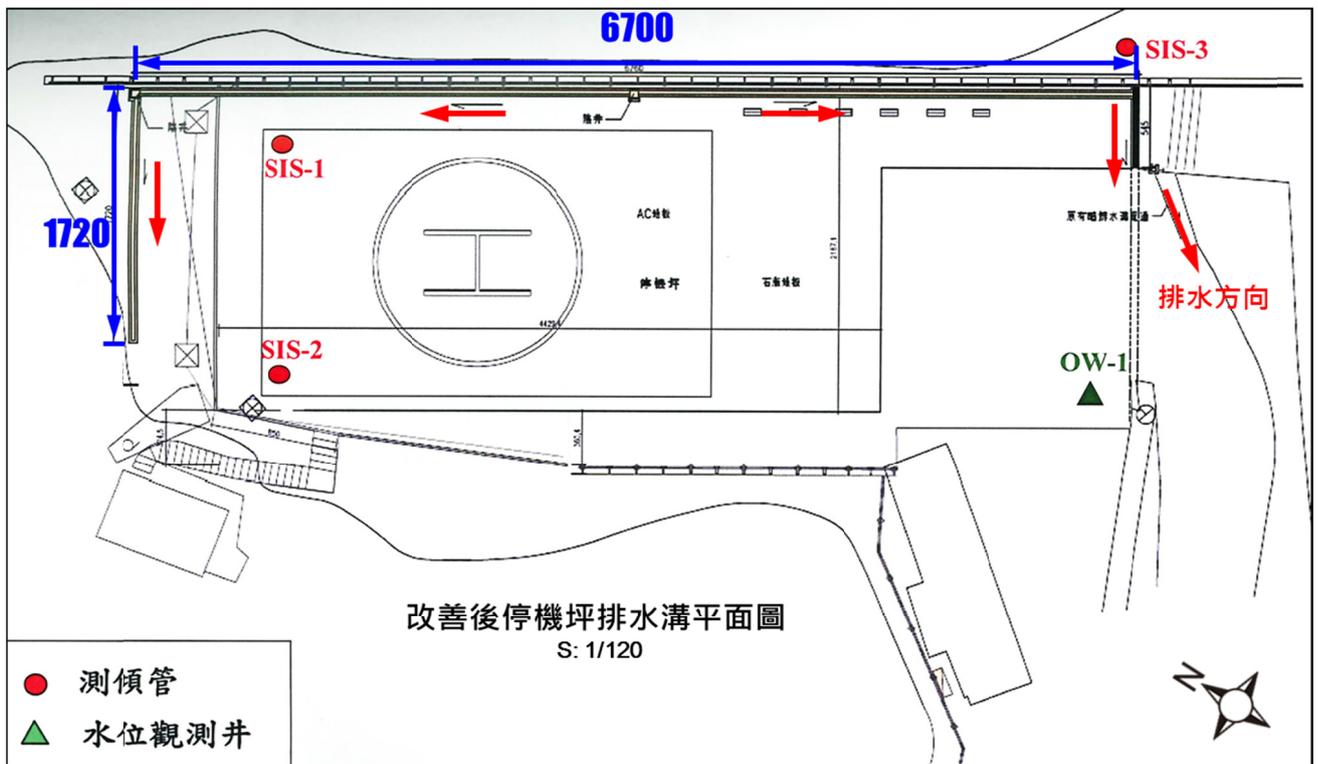
以提升停機坪平台周圍於豪雨時之穩定性。

台大實驗林管處於計畫「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」中進行祝山平台下方崩塌地之治理並對不同之植生治理工法於本崩塌區域進可行性評估。該計畫之試驗樣區依打樁編柵、撒播植生、掛網噴植 3 種組合方法進行小規模植生復育試驗。每種組合方法原擬分別設立 1 個 0.1 公頃、4 個 0.1 公頃及 4 個 0.1 公頃樣區(40m*25m)共計 0.9 公頃之樣區。並對不同之植生治理工法於本崩塌區域進可行性評估，各試驗樣區照片如圖 2.14 所示。由該計畫執行的崩塌地施作掛網噴植、打樁編柵、撒播植生等三種不同治理工法之可行性評估結果顯示：打樁編柵及撒播因祝山停機坪下方地表坡度陡峭、缺乏土壤覆蓋及不易儲存地表水分於土壤中等因素，植生成效不佳；而掛網植生工法之覆蓋率可達 30%以上，但針對本工區大面積崩塌的情況來看治理費用過高(0.1 公頃即花費接近新台幣 100 萬元，對於大型崩塌地治理而言費用過高)，較不適宜。該報告中亦指出觀日樓平台下方格柵護坡掏空情形：「104 年 2 月 5 日驗收掛網植生工程發現該處型框已嚴重掏空，型框下方土石已遭嚴重掏空，鋼筋裸露，結構體與地面掏空高度最大已達一個人身高之高度。」(如圖 2.13)

大規模崩塌定義以「崩塌面積大於 10 公頃、崩塌體積超過 10 萬立方公尺、崩塌深度在 10 公尺以上者」稱之，成大研究發展基金會 104 年於林務局委託計畫「國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析」中針對濁水溪流域(黑色框線內)進行潛在大規模崩塌潛勢區位判釋，該計畫中提出將判釋完成之潛在大規模崩塌範圍向外擴 30 公尺並依據地形特徵修正後即為該區域之潛在大規模崩塌影響範圍，圖 2.15 為祝山停機坪及其周邊之潛在大規模崩塌潛勢區，判釋結果顯示祝山停機坪工區並未落入大規模崩塌潛勢之高危險區，但祝山位於 D187 大範圍崩塌地上邊界，其崩塌地邊界有其倒退之可能性，故該區之大規模崩塌潛勢不可完全排除。

祝山停機坪工區於 100 年起執行安全監測工作，100 年之監測項目為 3 處測傾管、1 處地下水位觀測井與 8 處地表沉陷觀測點。歷年來之測傾管觀測結果因管材與地層間回填料流失，導致測傾管監測數據顯示有明顯變位量卻無明顯的滑動方向趨勢；沉

陷點觀測結果則並無出現超出誤差範圍之明顯變位($\pm 1\text{cm}$)；地下水位監測結果顯示此處地下水位變化小，且並未發現壓力水頭之存在，於豪雨及颱風後水位亦無量測到大幅度升降的情形。



資料來源：「嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統評估建置-第二階段正式版報告書」，嘉義林區管理處，民國 102 年 12 月

圖 2.11 祝山停機坪改善後排水溝平面圖



圖 2.12 觀日樓平台下邊坡混凝土型框



資料來源：「適於嘉義縣阿里山祝山平台下方崩場地植生治理方案之可行性評估」，臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處，民國 104 年 4 月 22 日

圖 2.13 祝山觀日平台下方型框掏空情形



(a) 打樁編柵樣區完成圖



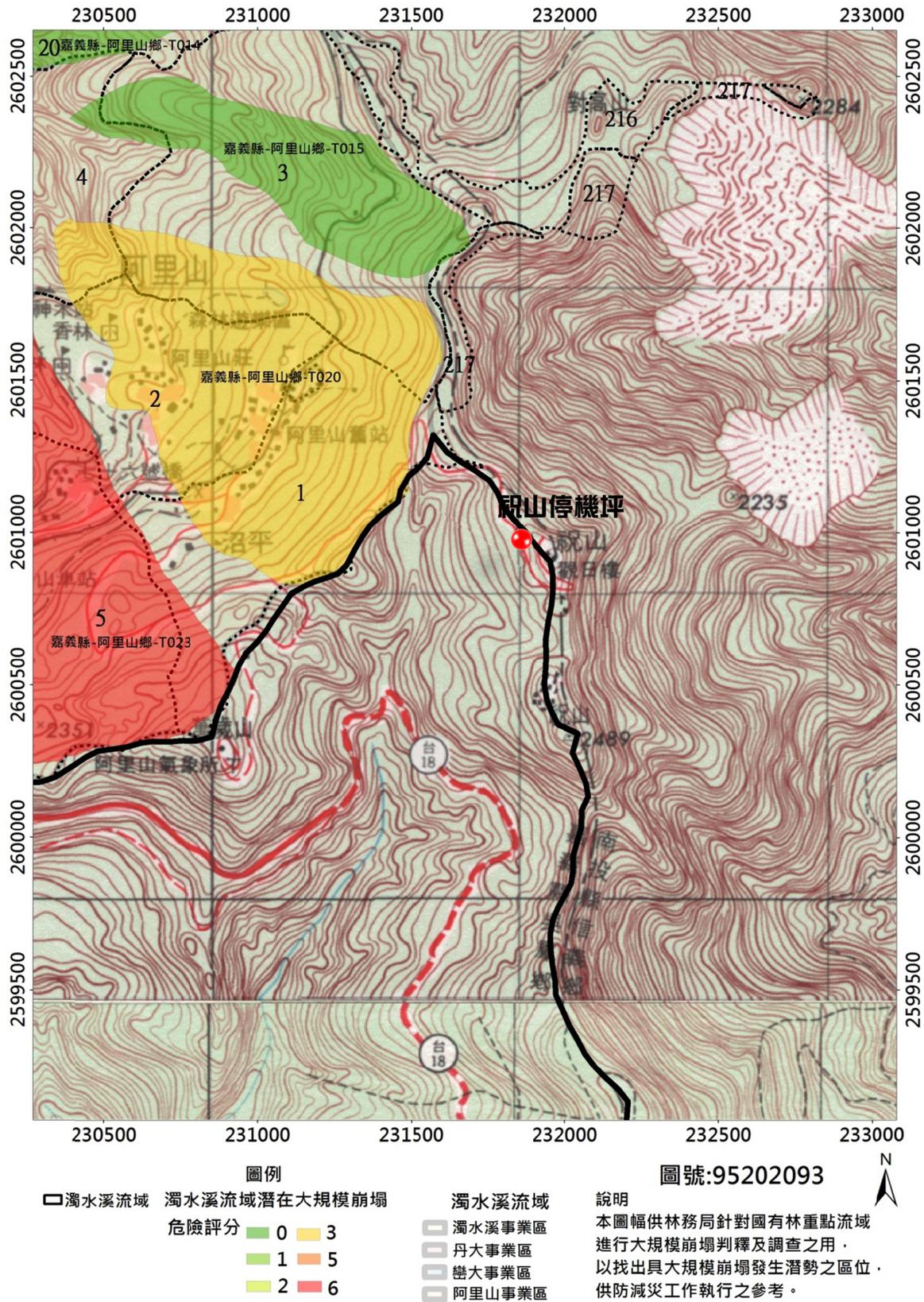
(b) 撒播樣區施作情形



(c) 掛網植生樣區

資料來源：「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」，臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處，民國 104 年 4 月 22 日

圖 2.14 台大實驗林管處試驗樣區照片



資料來源：「國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析」，行政院農委會林務局，民國 104 年 12 月

圖 2.15 祝山停機坪周邊潛在大規模崩塌範圍

2.3 阿里山中山村工區基本資料

2.3.1 工區位置

阿里山中山村工區位於阿里山國家森林遊樂區入口處附近，位置如圖 2.16。中山村座落在往西北方向傾斜之邊坡上，屬於濁水溪流域清水溪支流阿里山溪上游集水區。中山村約有百餘戶之住戶，房舍與人口密集，且時有居民反映房舍不均勻沉陷等現象。

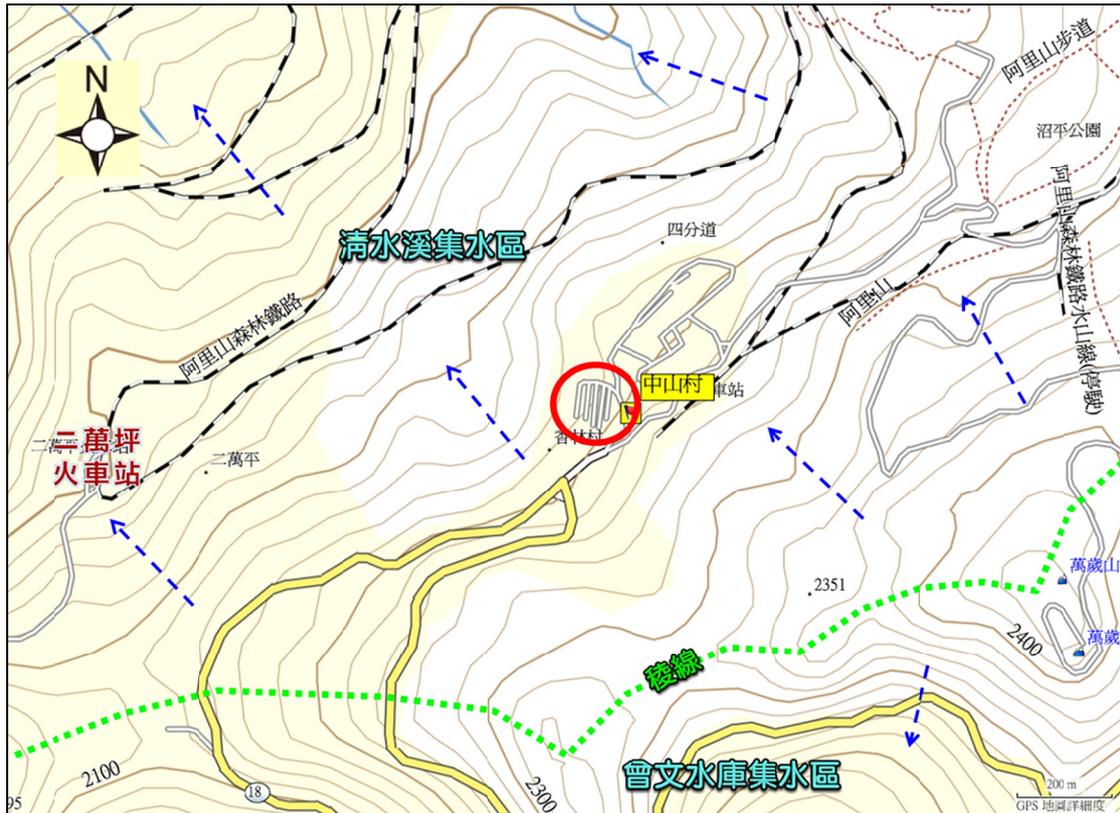


圖 2.16 阿里山中山村工區位置圖

2.3.2 前期治理狀況

林務局嘉義林區管處於民國 99 年起針對中山村及其周邊區域進行排水改善工程整治，以解決豪雨期間中山村內原設置之排水溝失效之問題，改善工程分兩部分進行，第一部分於 100 年 7 月完工，第二部分於 102 年 7 月完工，以上排水改善工程主要結構物如下：(1) 第一部分：(a)新建排水溝共 147 公尺；(b)新建落水井 A 型 3 座；(c)淨水井 1 座。(2)第二部分：中山村外側排水溝與消能條一排。目前區域內排水能力已獲得改善，中山村外側排水溝設置照片如圖 2.17。

圖 2.18 為成大研究發展基金會 104 年於林務局委託計畫「國

有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析」針對濁水溪流域(黑色框線內)進行潛在大規模崩塌潛勢區位判釋中提出之阿里山鄉潛在大規模崩塌潛勢區位判釋結果，其中阿里山中山村與二萬坪車站均位於崩坍潛勢危險評分 6 之區域。

中山村工區工區於 100 年起執行安全監測工作，目前既有監測項目為於每階平台走道上各設置 4 處共 20 處之地表沉陷觀測點。根據前期計畫「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」(民國 104 年 12 月)，中山村工區地表沉陷觀測點監測期間沉陷點因受到破壞而重新鋪設，變位量僅-0.6cm~1.0cm，尚無明顯之沉陷量發生。參考「嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統工程」(民國 100 年 12 月)的監測記錄(量測期間:100 年 7 月~100 年 12 月)，中山村內舊有設置之傾斜管 2 處及地下水位觀測井 1 處皆無明顯變化情形，區域尚屬穩定。上述測傾管及水位井受工程影響已損壞，於 101 年後無法使用。

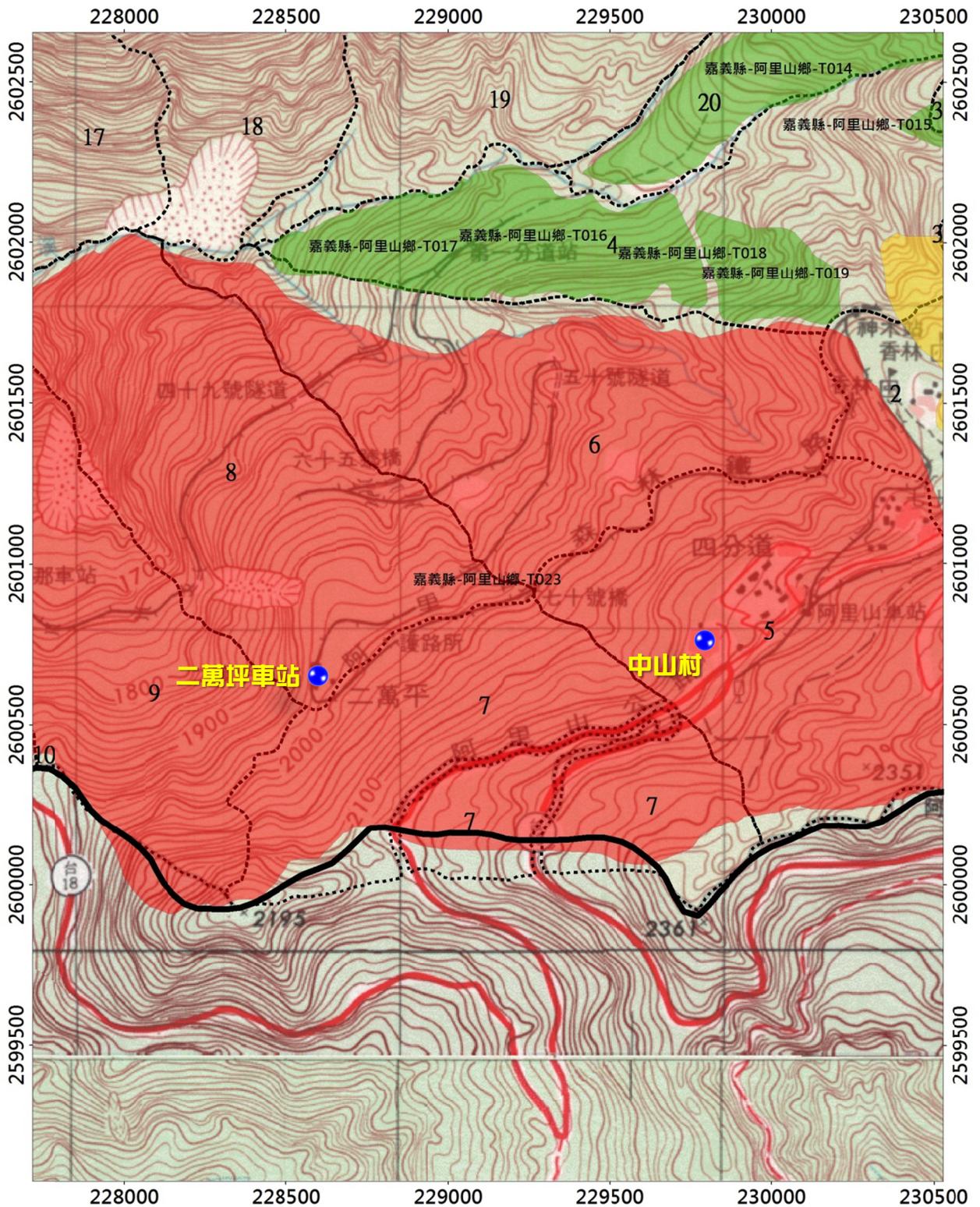


(a) 中山村排水溝(拍攝日期:102 年 7 月) 資料來源:「嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統評估建置-第二階段正式版報告書」, 嘉義林區管理處, 民國 102 年 12 月



(b) 中山村排水溝現況(拍攝日期: 105 年 5 月 13 日)

圖 2.17 中山村外側排水溝照片



圖號:95202092

說明
本圖幅供林務局針對國有林重點流域進行大規模崩塌判釋及調查之用，以找出具大規模崩塌發生潛勢之區位，供防減災工作執行之參考。

資料來源：「國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析」，行政院農委會林務局，民國 104 年 12 月

圖 2.18 阿里山中山村及二萬坪車站周邊潛在大規模崩塌範圍

2.4 奮起湖工作站工區基本資料

2.4.1 工區位置

奮起湖工作站工區位於阿里山事業區第 148 林班、竹崎鄉 169 縣道旁，其地理位置如圖 2.19。奮起湖工作站座落於往西方向傾斜之邊坡上，屬於八掌溪集水區範圍，其中奮起湖工作站上邊坡集水區面積約 29 公頃。

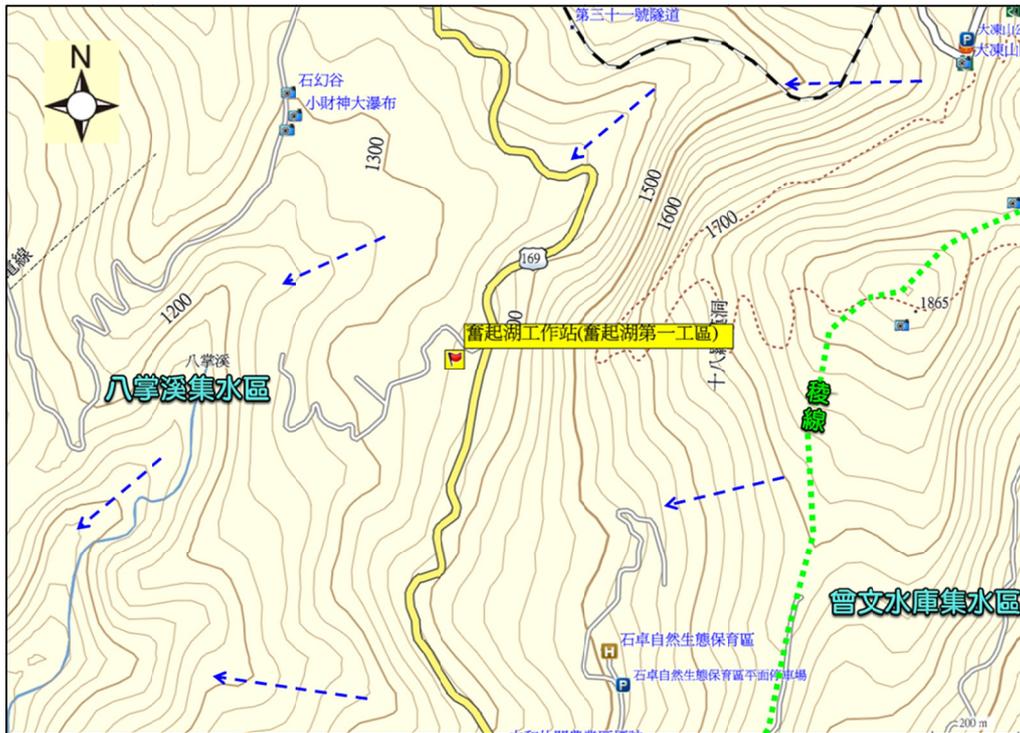


圖 2.19 奮起湖工作站工區位置圖

2.4.2 前期治理狀況

奮起湖工作站工區因 98 年莫拉克颱風帶來豪大雨，造成工作站上邊坡之土石大量向下崩滑，掩埋 169 縣道，影響工作站及苗圃安全。針對此崩塌區之治理工程分三期進行，其治理示意圖如圖 2.20。第一期治理工程於 100 年 9 月中完工，其治理區域以崩塌地下方堆積區為主，採用防落石壩以阻擋上邊坡崩落土石塊，同時設置護坡工程，並利用現場塊石構築九階平台，各階平台皆有橫向截水拍漿溝，導流至縱向 U 型溝，另有設置消能池與沉砂池。第二期治理工程於 100 年 12 月完工，治理方式為在崩塌面上方施作噴凝土護坡搭配型框植生，主要目的為綠化並穩固坡面，並設置縱橫向拍漿溝、消能池以導排坡面逕流，減少沖蝕。第三期治理工程為自由型框掛網植生、設置攔石網(於既有壩結構上方

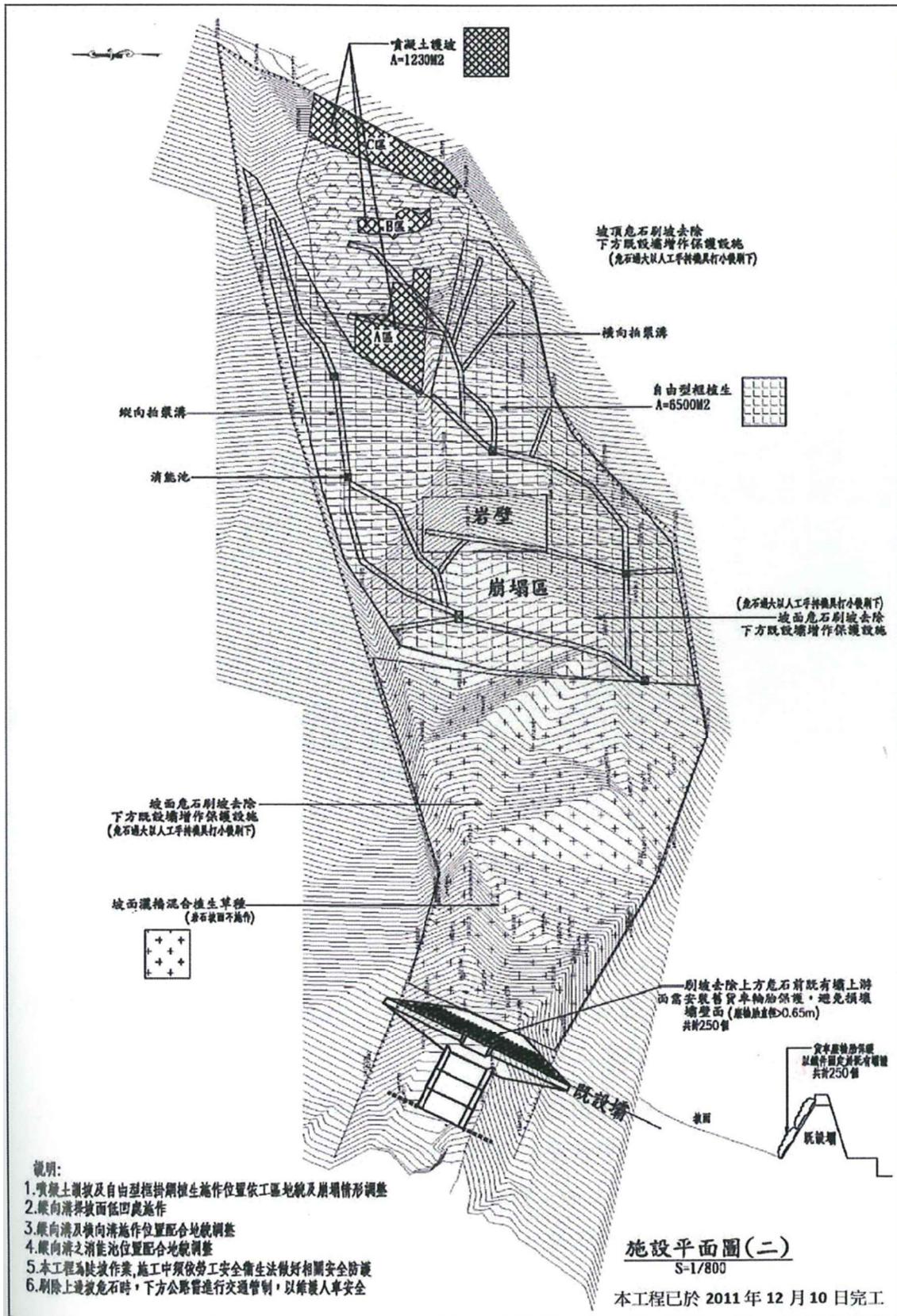
及工作站後方)並增設拍漿溝與消能池。第一~三期治理工程設計圖見圖 2.21~2.23。

奮起湖工作站工區於 100 年起執行安全監測工作，既有監測項目包括 8 處測傾管、7 處地下水位觀測井、4 處傾度盤與 7 處地表沉陷觀測點。

根據「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」於 103 年 8 月至 104 年 12 月之監測記錄顯示，104 年下半年之兩次豪雨使工作站周邊水位觀測井水位升高 4~6m；104 年 8 月豪雨後工作站東側階梯平台上水位井(OW-1、OW-2)水位抬升約 5m，但降雨後水位下降速度緩慢，後續須持續追蹤。測傾管部分 BH4 及 BH5 並無明顯滑動面，而奮起湖工作站東側邊坡監測項目 BH-3、SIS-2 與 SIS-4 等測傾管皆有異常變位量，BH-3 累積變位更達 35mm，但因管底未進入地層不動點，故變位趨勢不一，必須注意後續變化趨勢。傾度盤量測結果各方向變動量皆小於 200 秒，尚屬安全範圍。沉陷點變位量均小於 1 公分，無明顯變化。

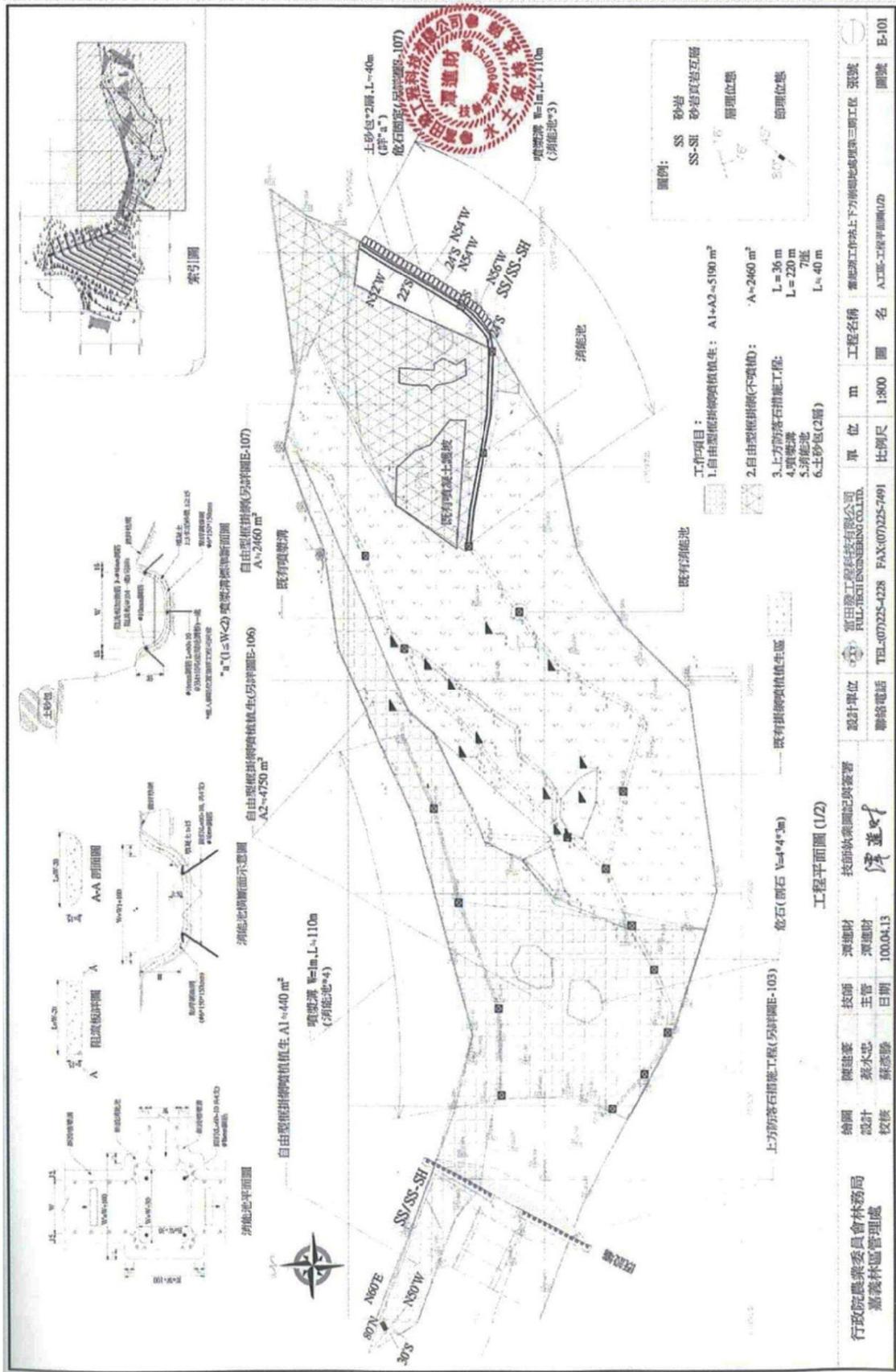


圖 2.20 奮起湖工作站前期治理狀況示意圖



資料來源：「嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統評估建置-第二階段正式版報告書」，嘉義林區管理處，民國 102 年 12 月

圖 2.22 奮起湖工作站工區-第二期治理工程設計圖



資料來源：「嘉義處轄奮起湖等地區安全監測及預警系統評估建置-第二階段正式版報告書」，嘉義林區管理處，民國 102 年 12 月

圖 2.23 奮起湖工作站工區-第三期治理工程設計圖

2.5 光崙山工區基本資料

2.5.1 工區位置

光崙山工區位於竹崎鄉 169 縣道旁、奮起湖火車站北側，地理位置如圖 2.24。光崙山工區座落於往東南方向傾斜之邊坡上，坡趾處緊臨奮起湖聚落，屬於八掌溪集水區範圍。

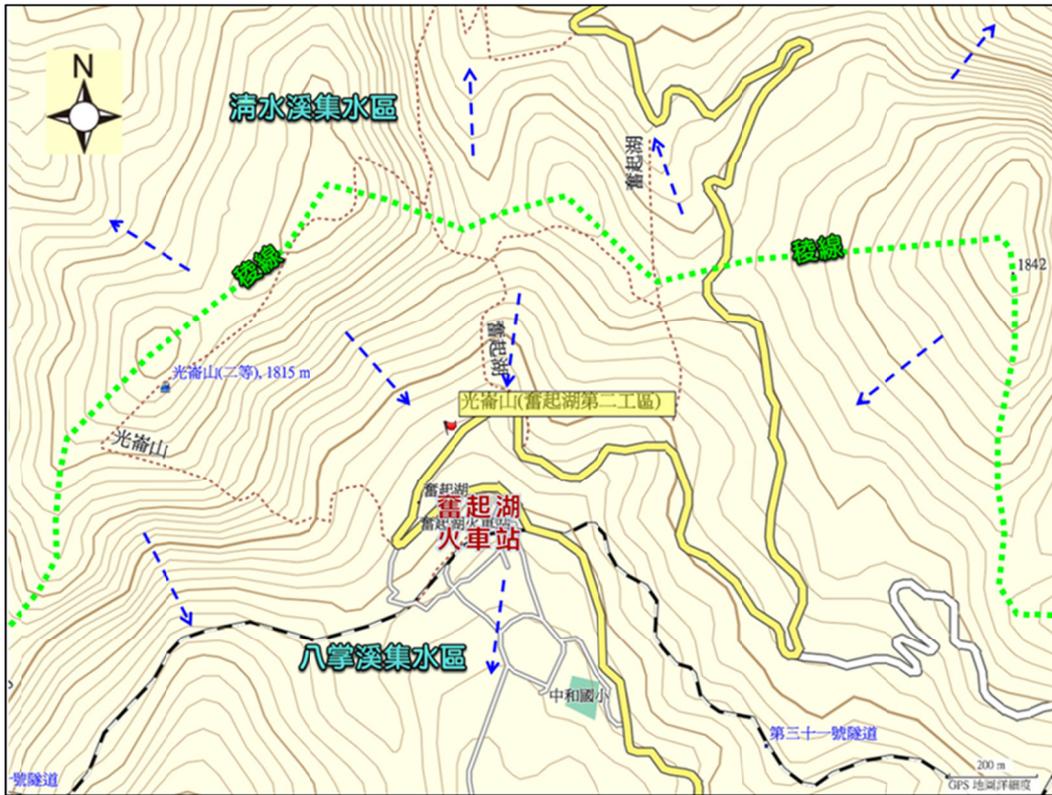


圖 2.24 光崙山工區位置圖

2.5.2 前期治理狀況

光崙山工區上邊坡處(光崙山山腰-奮瑞古道周邊)步道上方法地表存有裂縫，此舊有裂縫嘉義林管處已進行填補處理(於裂縫內補土)以防地表逕流入滲，目前現場地表已無裂縫存在，現場填補前後照片見圖 2.25，此舊有裂縫位置標示於圖 2.26。

光崙山工區於 100 年起執行安全監測工作，工區內既有監測項目包括 4 處測傾管與 2 處地下水位觀測井，監測儀器佈置如圖 2.26。依據「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」自 100 年至 104 年 12 月監測記錄顯示，光崙山工區位於上邊坡的兩處水位觀測井皆未測得地下水，104 年下半年之兩次豪雨，水位均不受降雨影響而抬升。測傾管部分，除 SIS-4 外其餘監測點位的變動趨勢及變動幅度甚小。SIS-4 自 104 年 10 月起出現顯著變位，但現地踏勘後未見 SIS-4 周邊 169 縣道鋪面與路側溝有裂縫或顯著破壞情形產生，推測可能為受到 104 年下半年公路局五

工處於此路段進行邊溝施工所造成的影響，後續須再持續注意後續之變化趨勢以及地表特徵。整體而言，光崙山工區監測項目之量測值均在安全範圍內，邊坡應屬穩定。

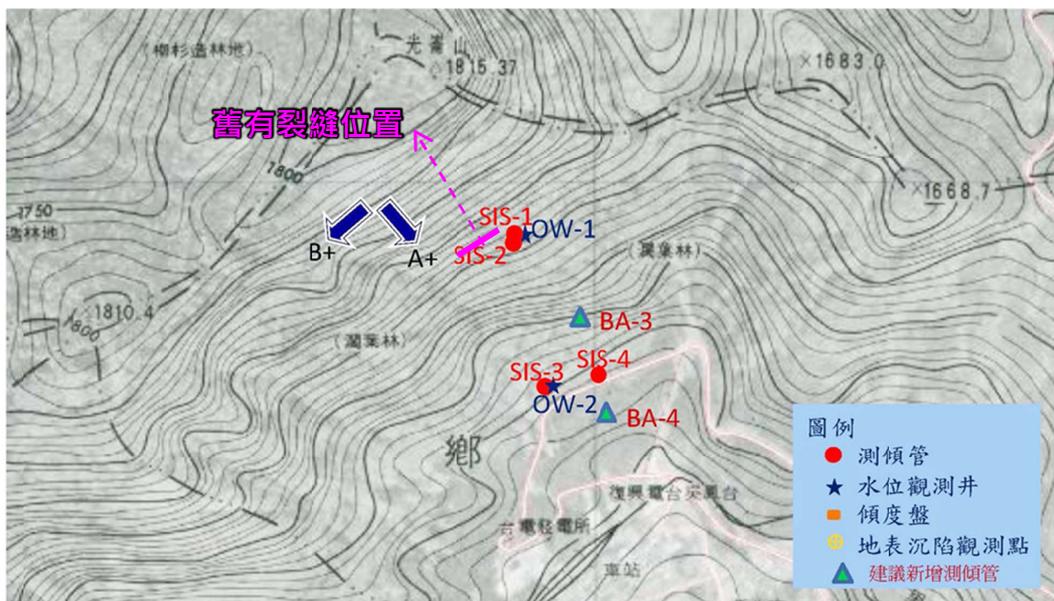


(a) 光崙山舊有裂縫填補前照片



(b) 光崙山舊有裂縫填補後照片

圖 2.25 光崙山工區上邊坡地表裂縫填補前後照片



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 2.26 光崙山工區前期監測儀器及舊有裂縫位置圖

2.6 二萬坪工區基本資料

2.6.1 工區位置

二萬坪工區範圍包含阿里山鄉森林鐵路二萬坪火車站上下邊坡，上邊坡至阿里山森林遊樂區入口，下邊坡至屏遮那火車站周邊，地理位置如圖 2.27。二萬坪工區座落於往西北方向傾斜之邊坡上，坡趾處為阿里山溪，屬於濁水溪流域清水溪支流阿里山溪上游集水區範圍。



圖 2.27 二萬坪工區位置圖

2.6.2 前期治理狀況

莫拉克風災後林務局嘉義林區管理處於二萬坪及屏遮那車站鐵路沿線進行一連串的搶災及復建工作，現二萬坪車站月台下邊坡已施作擋土牆、基樁及地錨等強度較高的結構物來保護鐵道下邊坡，其下方因崩塌而造成的裸露坡面也施作了自由樑框護坡與縱橫向排水溝來進行坡面沖蝕的保護及排水功能的整治。而在森鐵屏遮那段鐵路修復的部分，則改以隧道的形式穿越岩層內部，以保護鐵路路基的安全，而屏遮那坡面崩塌地因規模龐大，林務局嘉義林區管理處自 101 年起分三期進行相關整治，內容包含坡面排水、坑溝整流、挖填整坡及新建擋土設施等工程手段，以達

到提高邊坡抗滑強度及減緩向源侵蝕的目的，並於坡腳阿里山溪處設置多項防砂設施及護岸等結構以穩固崩塌邊坡坡腳，防止持續掏刷。除工程手段外，林管處亦於 100 年起於裸露的崩場地進行撒播造林等復育工作，目的為盡速恢復與自然狀態相似之植物群落，適地適木使植生快速覆蓋地表，以減低土壤沖蝕、防止二次災害，其中栽植種類包含紅檜、扁柏及青楓等逾 27600 株，復育面積約 25 公頃。目前上述工程整治項目皆已完工，其工程位置及詳細效益說明詳見表 2-1 及圖 2.28。二萬坪崩塌區除上述植生復育及工程整治項目外，亦於 103 年起進行該地區的整體調查規劃及定期安全監測，以持續檢視過往施工之成效，並視現地需求進行進一步的復育及整治工作。

圖 2.18 與圖 2.29 為成大研究發展基金會 104 年於林務局委託計畫「國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析」中提出之阿里山鄉潛在大規模崩塌潛勢區判釋結果，其中二萬坪工區上下邊坡皆位於崩坍潛勢危險評分 6 之區域。

二萬坪工區於 103 年起執行整體調查規劃與安全監測工作，工區內既有監測項目包括 9 處測傾管兼地下水位觀測井及 3 處傾度盤，上述監測儀器於本期進行持續監測，其分佈位置請見本報告 4.6 節圖 4.67。

依據「二萬坪地區整體調查規劃及安全監測成果報告」於 103 年 8 月~104 年 12 月之監測記錄顯示，二萬坪崩塌區受 104 年 5~8 月豪雨影響，多數測傾管發生變位趨勢，尤其是深層岩盤區位，已發生 0.2~1.0mm 之月變位量，EWP105-A-SIOW3、EWP105-A-SIOW5、EWP105-A-SIOW8 於前期觀測中並無出現明顯變位量或潛移趨勢，其餘測傾觀測結果摘錄如下：

EWP105-A-SIOW1 位於阿里山公路路肩遊覽車停車格約緊鄰阿里山遊樂區入口處，於地表下 16m 至 38m 處之累積位移量呈波浪型，最大變位量約 10.91mm，104 年下半年變化不大，可能是測傾管管壁回填料局部調整變形所致。

EWP105-A-SIOW2 位於阿里山公路 87K 大型遊覽車停車場，即離主崩塌體崩崖約 300m，停車場下邊坡杉木直立，停車場鋪面無異常裂縫，BH-2 孔於地表下 13m~38m 之間，於 A 向(坡面方向)發生最大+14.15~+43.39mm 左右之累積位移量，B 向(垂

直坡面方向)則發生-7.25~-27.59mm 左右之累積位移量,另在地表下 43~50m 之變位量部分達 1 mm,有潛移趨勢,該區段之岩層破碎,其變位趨勢仍需持續追蹤。BH-1 與 BH-2 為監測二萬坪崩塌冠部上邊坡之穩定,阿里山公路路基下邊坡之杉木直立,停車場鋪面無異常裂縫,本區段邊坡應持續追蹤。

EWP105-A-SIOW4 位於活動中心聯絡道路上,屬二萬坪崩塌地之腰部,於地表下 17m~27m 間,其 A 向發生-2.97~+26.30 mm 左右之累積位移量, B 向於地表下 17m~27m 之間發生-0.98~+19.51mm 左右之累積位移量,變位均較為明顯,可能因崩積層局部變形導致測傾管承受負磨擦力而擠壓變形,研判此處無潛在滑動趨勢,另於地表下 48m~54m 間之變位量部分達 3 mm,具潛移趨勢,該區段由破碎岩層所組成,崩塌體下伏岩盤之穩定應持續監測追蹤。

EWP105-A-SIOW7 位於二萬坪崩塌地下方施工便道旁,104 年 12 月於地表下 49m 處於 A 向(坡面方向)發生-3.31 mm 左右之累積變位量, B 向(垂直坡面方向)於地表下 49m 處發生-1.14mm 左右之累積變位量,該處岩層屬剪裂帶,或可能局部破碎剪裂帶局部變形所致,後續仍須持續留意。經檢視該孔位附近施工便道路面無異常沉陷或裂隙。

EWP105-A-SIOW9 位於屏遮那崩塌地上緣,於 A(坡面方向)及 B 向(垂直坡面方向)累積變位量最大值為 7.95m,在深度 35m 處可能有潛在變位情形。

地下水位監測結果顯示 (EWP105-A-SIOW3、EWP105-A-SIOW7 及 EWP105-A-SIOW8),103 年 12 月~104 年 12 月量測期間地下水位因豪雨而有所抬昇,其中以 BH7 抬昇約 5m 較明顯。另前期報告中依邊坡穩定敏感度分析顯示地下水位如由常水位上昇 20~25m,邊坡穩定安全係數小於 1,因此監測第一管理值與第二管理值定為常水位上昇 16m 及 20m。

傾度盤部分 EWP105-T2 及 EWP105-T3 均無變化,累積變化量皆小於 120 秒。裝設於二萬坪車站北側邊坡擋土牆上之 T-1 於 1-3 方向(垂直結構物方向)產生約 144 秒之變化量,仍小於一般建物之第一管理值(角變量 1/500),屬於安全範圍。

表 2-1 二萬坪崩塌區歷年整治工程及效益分析表

編號	工程名稱	工程效益	完成時間	工程經費(元)
1	阿里山溪主流及支流整理工程	1. 設置防砂設施，保護上游林班地坡腳，穩定邊坡。 2. 保全來吉橋、河道下游村民之安全。 3. 清疏量 41,795m ³ 、防砂量 50,000m ³ 。	99 年度	1,800 萬
2	二萬坪崩塌地坡頂排水工程	1. 保護坡頂並防止崩塌邊坡續向上擴大、減少雨水入滲地下。 2. 防砂量 1,627m ³ 。	100 年度	864 萬
3	二萬坪崩塌地撒播造林工作	主要為達到在短期內恢復與自然狀態相似之植物群落，適地適木使植生快速覆蓋地表，以減低沖蝕、防止災害之目的。	100 年度	390 萬
4	紅十字會總會山區復育造林	種植紅檜、扁柏及青楓，合計 27617 株，面積 25.1068 公頃。	102 年度	-
5	屏遮那下方野溪整治工程	1. 保護崩塌邊坡山腳，穩定河床；增加囚砂空間，保護來吉部落。 2. 清疏量 23,542m ³ 、防砂量 80,000m ³ 。	102 年度	2,943 萬
6	阿里山溪主流防砂加強工程	1. 設置固床工、護坦、基礎保護工、加強既有防砂設施、邊坡穩定設施之穩定性，確保下游來吉橋及來吉 1、2 鄰居民安全。 2. 清疏量 11,495m ³ 、防砂量 55,275m ³ 。	102 年度	956 萬
7	屏遮那坡面崩塌地處理工程	1. 採用排水、整坡並加強土層之抗剪強度以保護崩塌坡面，減少邊坡之崩塌滑動。 2. 防砂量 53,362m ³ 。	103 年度	3,853 萬

8	森林鐵路 66K+950~67K+050 災害修復工程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 RC 擋土護坡及坡面掛網植生，達到穩定鐵道沿線路基邊坡。 2. 以鐵道安全及通車為第一要件，進而獲取保存森林鐵道之歷史意義及增進觀光收益。 3. 保全二萬坪車站。 	103 年度	5,966 萬
9	森林鐵路 60K+550~61K+450 路基修復工程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鐵路損壞段路基改線以隧道方式深入岩層內，保護鐵路路基安全，於屏遮那至舊有 47 號隧道間之崩塌地新建隧道長度 1,141 公尺，明隧道 24.8 公尺。 2. 東、西洞口及填土區排水工程。 	104 年度	3 億 8 千萬
10	屏遮那坡面崩塌地處理二期工程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 延續第一期整治工程，加強西側坑溝整流工程，降低溪床坡度、減緩水流流速，避免繼續向源沖刷。 2. 整坡採挖填工法，降低上邊坡載重，減少坡面滑動之驅動力。 	104 年度	1,800 萬
11	屏遮那坡面崩塌地處理三期工程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 延續第二期整治工程，加強東西側坑溝整流工程，降低溪床坡度、減緩水流流速，保全上方設施及邊坡穩定。 2. 設置防砂設施固床工及護岸，穩固坡腳。 	105 年度	2,100 萬
12	二萬坪地區整體調查規劃及安全監測	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對二萬平大崩塌區域進行整體調查規畫，以及奮起湖工作站後方邊坡崩塌區域既有監測設施之持續監測，另納入豐山、來吉地區歷年工程效益評估。 2. 保全阿里山青年活動中心、森林鐵路二萬平車站、屏遮那車站、奮起湖工作站及下方苗圃與 169 縣道人車之安全。 	104 年度	550 萬

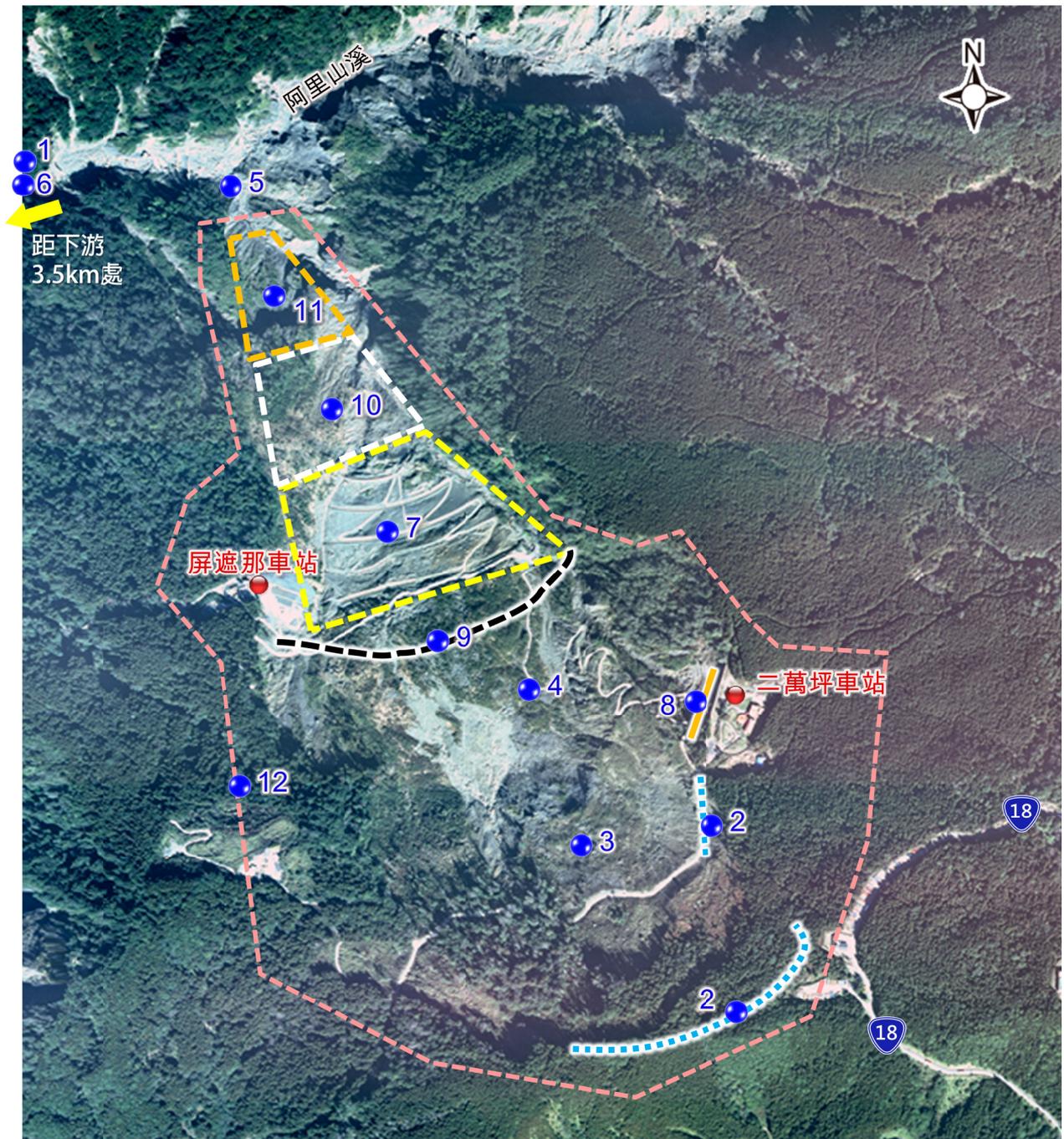


圖 2. 28 二萬坪崩塌地區歷年整治位置圖

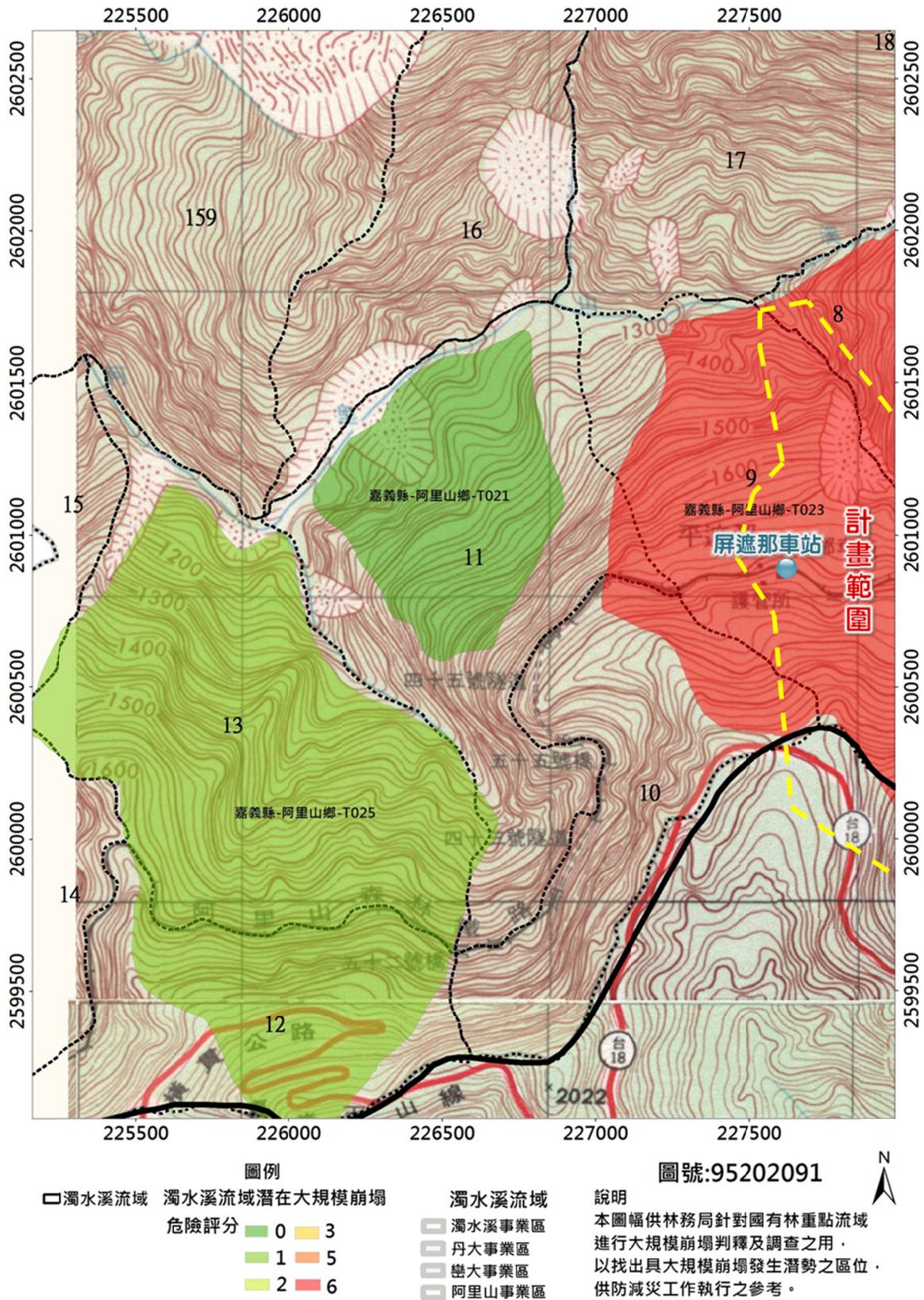


圖 2.29 二萬坪工區-屏遮那車站周邊潛在大規模崩塌範圍