農業部農村發展及水土保持署減災監測組seminar

花蓮海岸山脈大規模崩塌工程階段治理之監測成效分析

專題簡報

執 行 單 位：逢 甲 大 學
計畫主持人：林秉賢 博士



中華民國 112年 09月 05日



□簡報人：**林秉賢 博士**

□職稱 :逢甲大學水利工程與資源保育系 助理教授

□工作經驗：20年 營建及防災研究中心

□專長：**水土保持、土石流、大地工程、環境監測**

□本案負責工作：**規劃、整合及土砂治理策略評估規劃**

團隊經驗

- ✓ 曾執行**易淹水治理效益**及**工程構造物調查**與體檢、集水區上游治山防災及大型防砂構造物現況調查，具**二次災害風險**者，提出**集水區保育治理計畫具體建議方案**。
- ✓ **清疏專案管理計畫**(臺南分局99-110年)，協助處理轄區內**清疏業務**及**分析土砂變遷**。
- ✓ 曾執行水土保持局、臺中分局等委託專案計畫，透過土砂收支數值模式分析計畫區**防砂效益**及**致災風險評估**。
- ✓ 台灣淹水監測(中部、南部；東部) 土石流監測

EMAIL:bslin@fcu.edu.tw



CONTENTS

簡報大綱

- 計畫概述與背景說明
- 三區基本資料險地調查
- 三區遙測成果監測分析
- 結論與建議

計畫緣起與目的

延續107年度3處崩塌地調查及治理規劃計畫，其結論需持續辦理觀測

針對3處，持續進行既有佈設儀器之監測，以掌握崩塌區狀況

即時因應處理，進一步綜合分析，檢討整治之必要性，並提出整體性整治規劃及分年分期計畫。

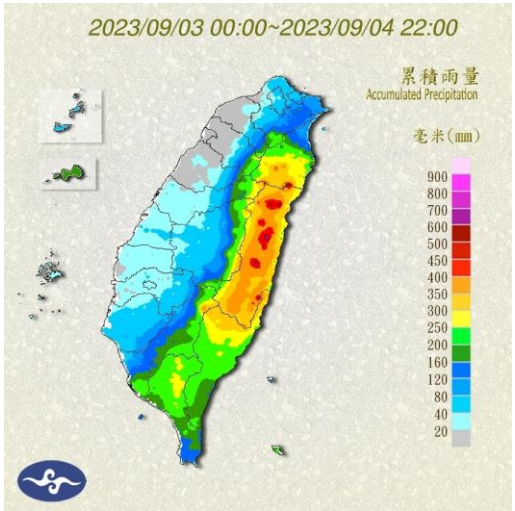
全盤瞭解且保護潛在崩塌地上之保全對象

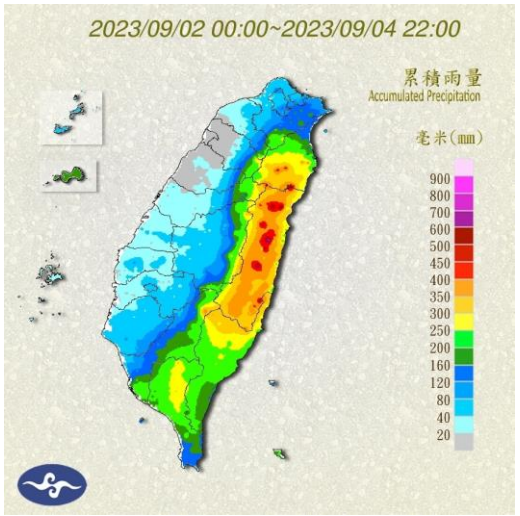
工作項目

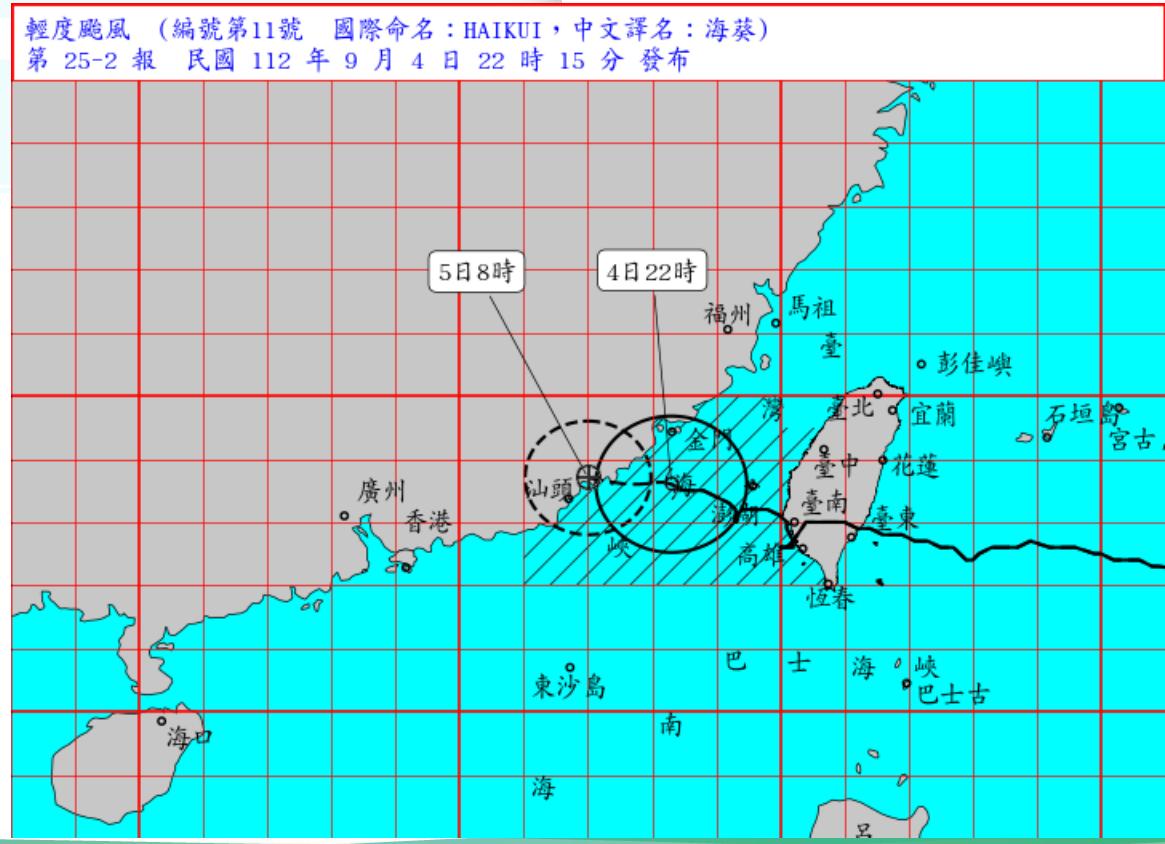
- 崩塌地現況及補充調查
- UAV 空拍測繪及地形判釋(羅山及安通)
- 崩塌地活動性監測
- 觀測資料綜合分析與警戒管理基準值
- 應變小組開設期間守勢
- 崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估(含檢討)
- 整體治理規劃研擬
- 現勘及相關報告印製

海葵（國際命名 HAIKUI ）

觀測點	所在鄉鎮	09/04 21↓22	20↓21	19↓20	18↓19	17↓18	16↓17	15↓16	14↓15	13↓14	12↓13	↓12	↓11	↓10	↓09	↓08	↓07	↓06	↓05	↓04	↓03	↓02	↓01	↓00	22↓23	過去24小時累積	過去48小時累積	過去72小時累積
	鎮																											
安通山	玉里鎮	0.5	0.5	-	1.5	0.5	-	3.0	6.5	5.0	0.5	4.5	1.5	6.5	3.0	4.0	3.0	3.5	3.0	6.5	4.0	6.5	2.5	9.5	7.5	83.5	479.0	482.0
高寮	玉里鎮	1.0	1.0	0.5	2.0	1.0	0.5	8.5	5.0	-	0.5	2.5	1.0	2.5	4.0	2.5	1.0	1.5	3.0	4.5	23.0	5.0	11.0	10.0	29.5	121.0	532.0	538.0
玉里	玉里鎮	0.5	-	-	3.0	-	-	4.0	7.5	9.0	2.0	4.0	2.0	6.0	1.5	2.5	1.5	3.5	2.0	4.0	9.0	7.5	7.5	14.5	10.0	101.5	631.0	636.0
	巾																											
富里	富里鄉	-	-	-	-	0.5	-	-	-	2.0	1.0	-	6.0	10.0	16.0	5.5	6.5	5.5	5.0	4.5								
池上	池上鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	3.5	6.5	3.0	4.0	3.5	1.0	4.5	3.0								

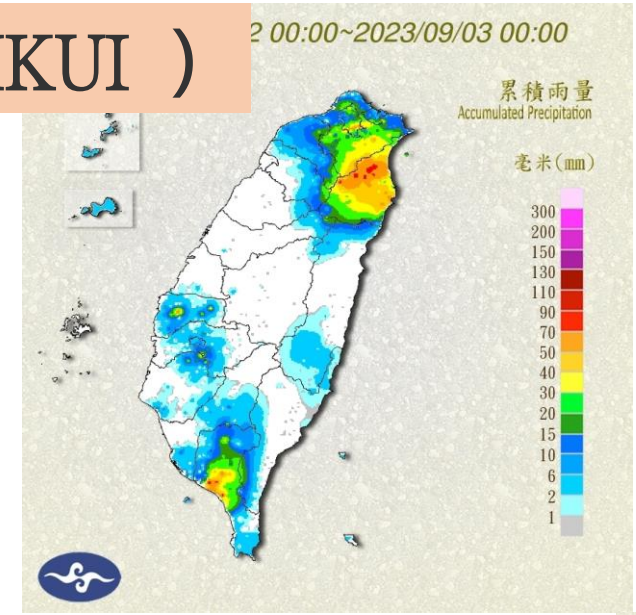


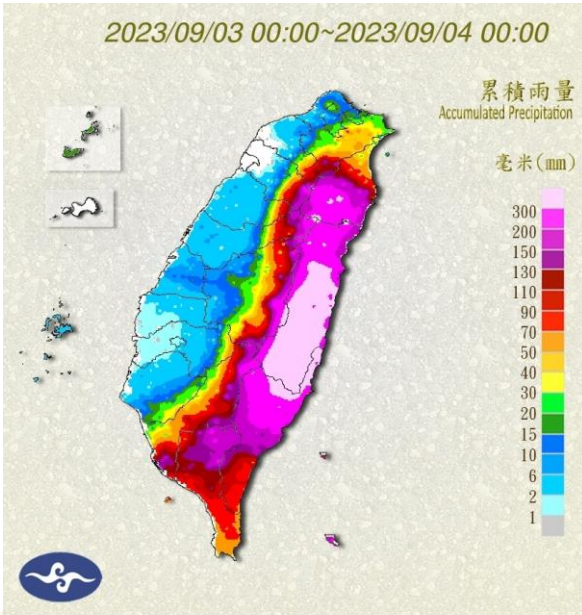


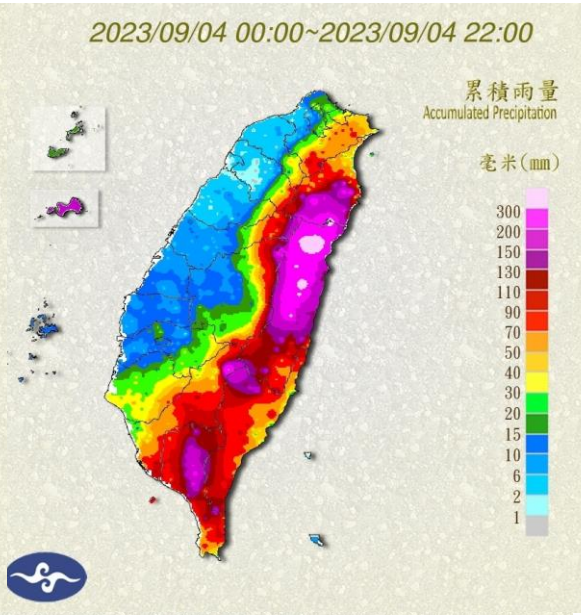


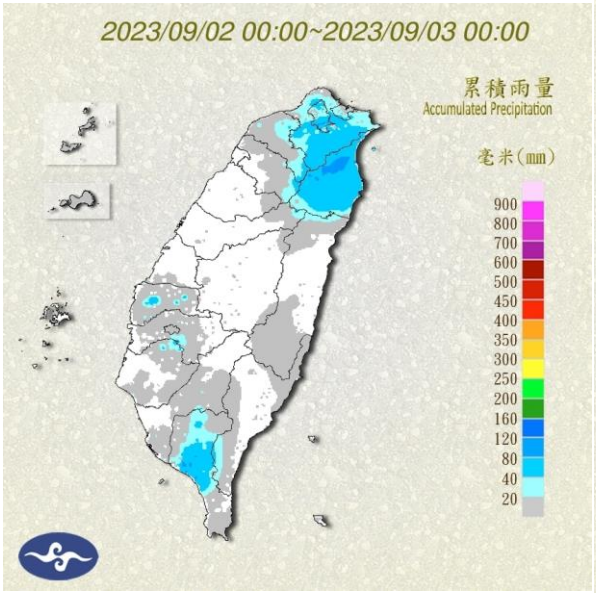
海葵（國際命名 HAIKUI ）

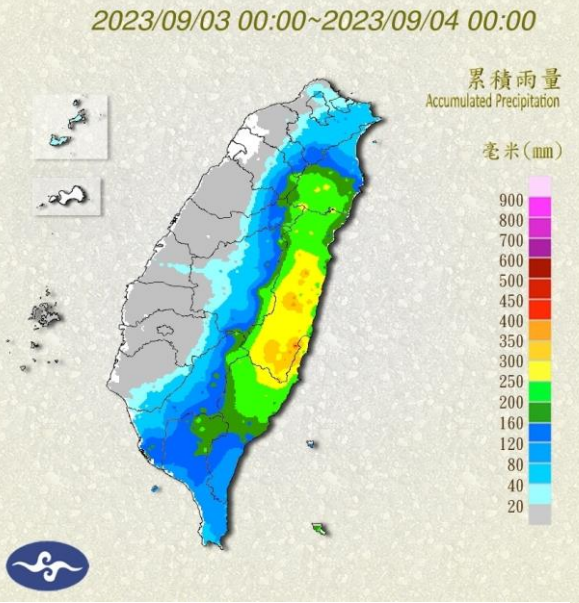


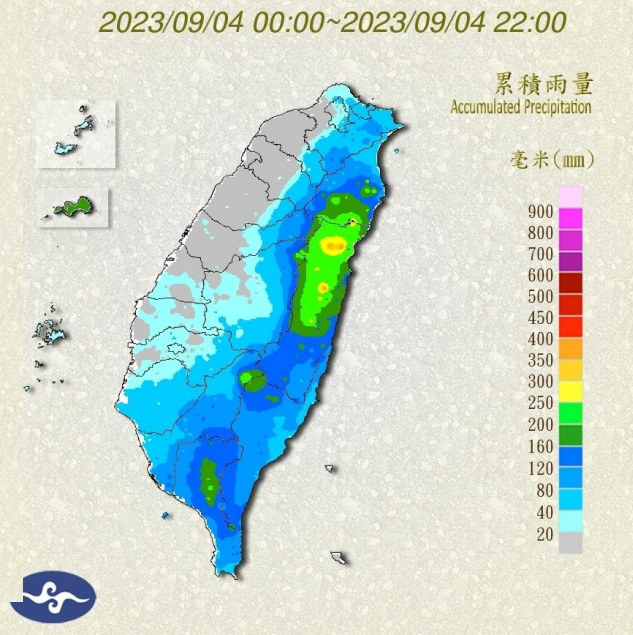


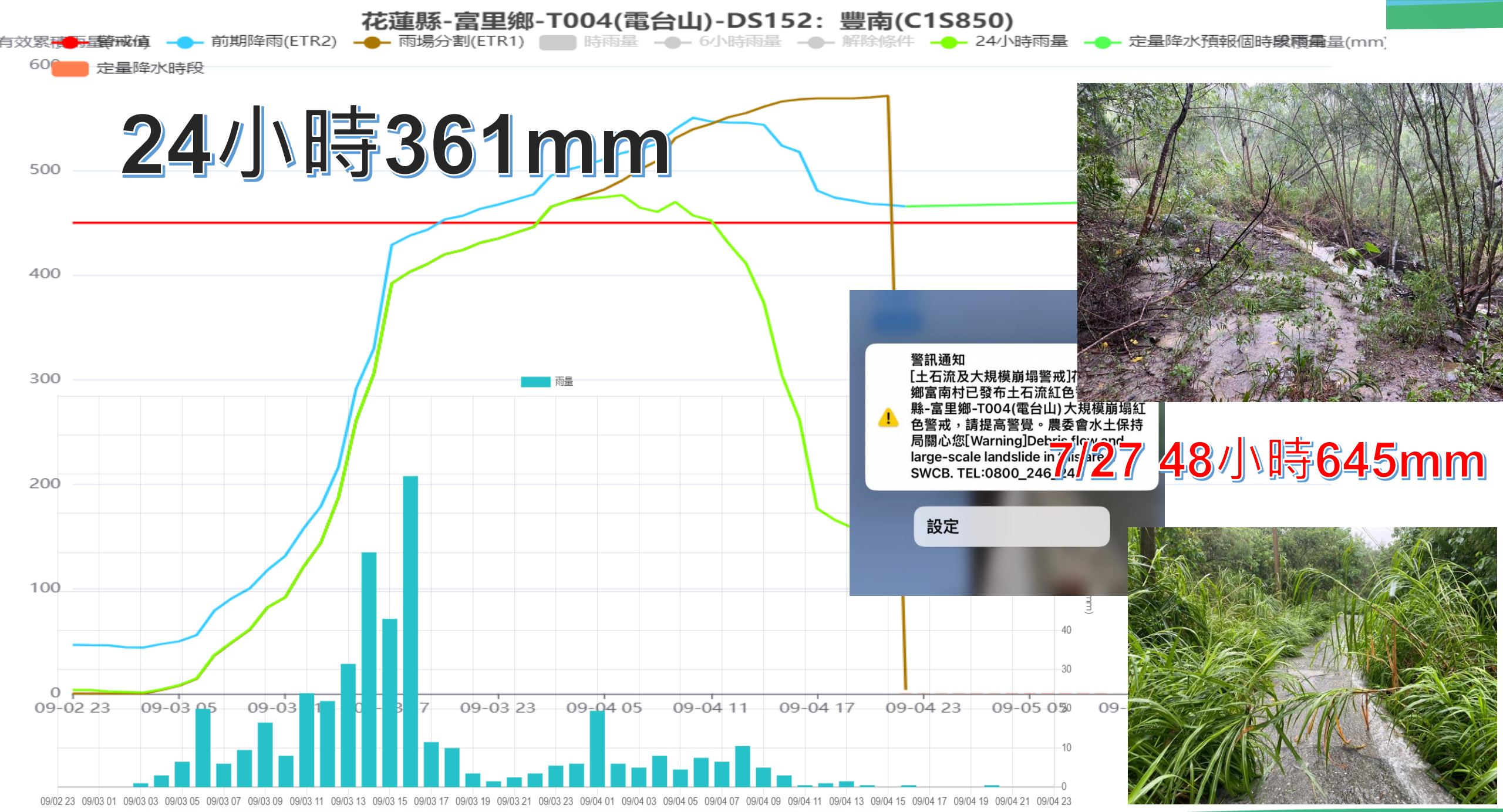












7/27 48小時645mm

24小時412mm

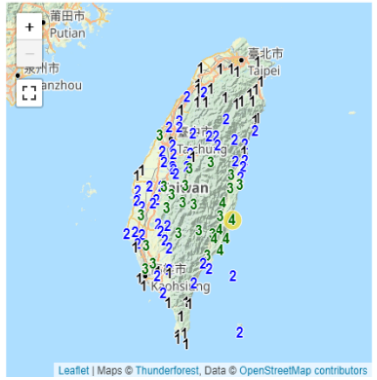


7/27 48小時475mm

地震事件說明

1. 3月9日20時22分發生芮氏**規模 5.6地震**，震央位於臺東縣政府北北東方 62.3 公里 (位於臺東縣近海)，**花蓮地區最大震度4級，電台山T004及羅山村T005所在的富里地區震度為4級，而安通溫泉聚落D018所在的玉里鎮，震度為3級**
2. 3月23日1時41分發生芮氏**規模 6.6地震**，震央位於花蓮縣政府南方 62.6 公里 (位於花蓮縣近海)，**花蓮地區最大震度5強，電台山T004及羅山村T005所在的富里地區震度為5弱，而安通溫泉聚落D018所在的玉里鎮，震度為5強**
3. 9月18日14時44分發生芮氏**規模 6.8地震**，震央位於臺東縣政府北方 42.6 公里 (位於臺東縣池上鄉)，**花蓮地區最大震度6弱，電台山T004及羅山村T005所在的富里地區震度為5強，而安通溫泉聚落D018所在的玉里鎮，震度為6弱**

第014號 3月9日20時22分 規模 5.6 臺東縣政府北北東方 62.3 公里 (位於臺東縣近海)



第014號

發震時間： 111年3月9日 20時22分13秒

震央位置： 北緯 23.25 ° 東經 121.44 °

地震深度： 34.5 公里

芮氏規模： 5.6

相對位置：
臺東縣政府北北東方 62.3 公里 (位於臺東縣近海)

第019號 3月23日1時41分 規模 6.6 花蓮縣政府南方 62.6 公里 (位於花蓮縣近海)



第019號

發震時間： 111年3月23日 1時41分39秒

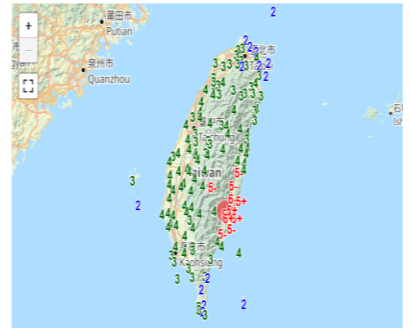
震央位置： 北緯 23.43 ° 東經 121.52 °

地震深度： 30.6 公里

芮氏規模： 6.6

相對位置：
花蓮縣政府南方 62.6 公里 (位於花蓮縣近海)

第111號 9月18日14時44分 規模 6.8 臺東縣政府北方 42.6 公里 (位於臺東縣池上鄉)



第111號

發震時間： 111年9月18日 14時44分15秒

震央位置： 北緯 23.14 ° 東經 121.2 °

地震深度： 7.8 公里

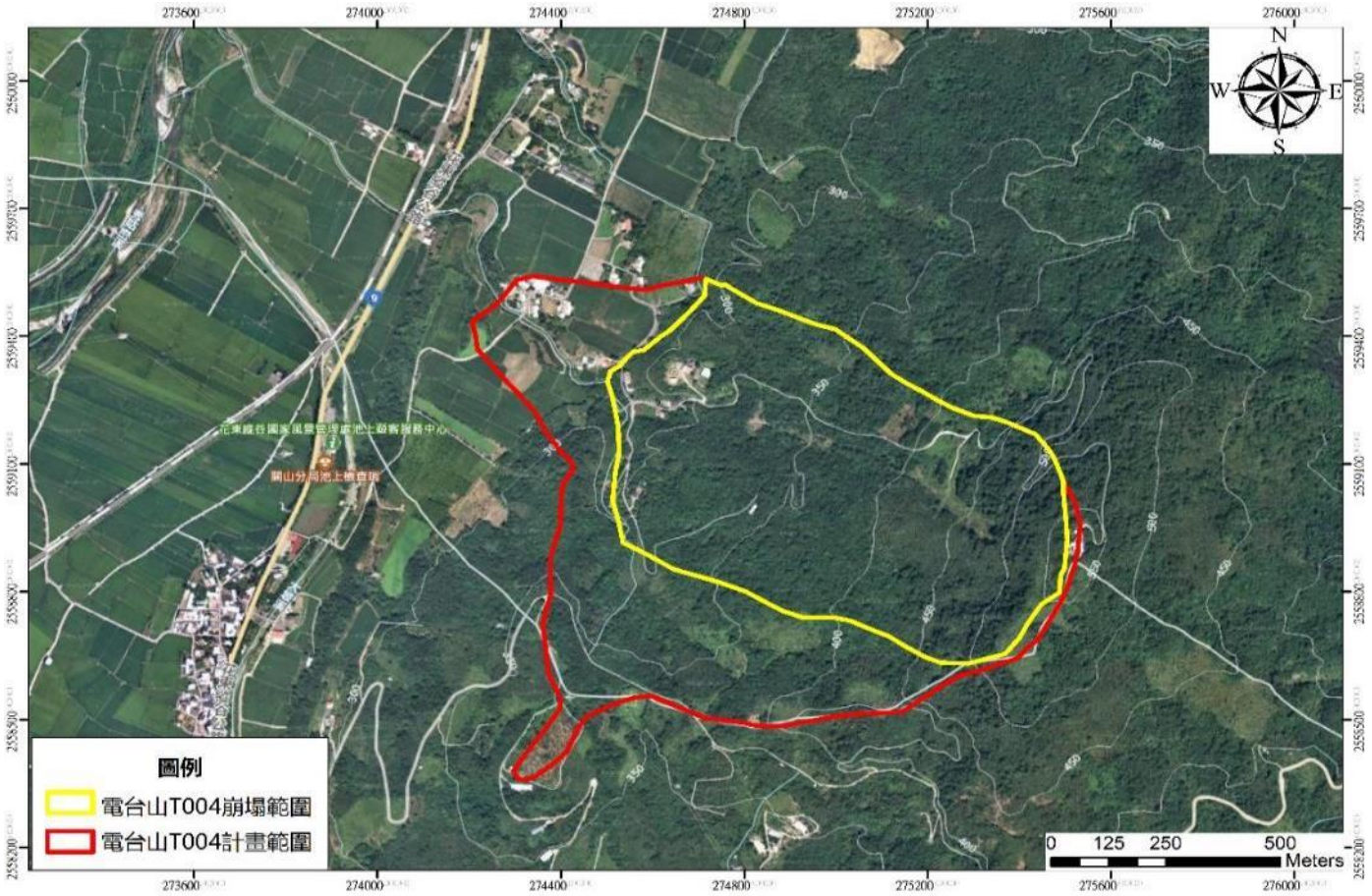
芮氏規模： 6.8

相對位置： 臺東縣政府北方 42.6 公里 (位於臺東縣池上鄉)

1.富里鄉-電台山(T004)計畫區

計畫範圍





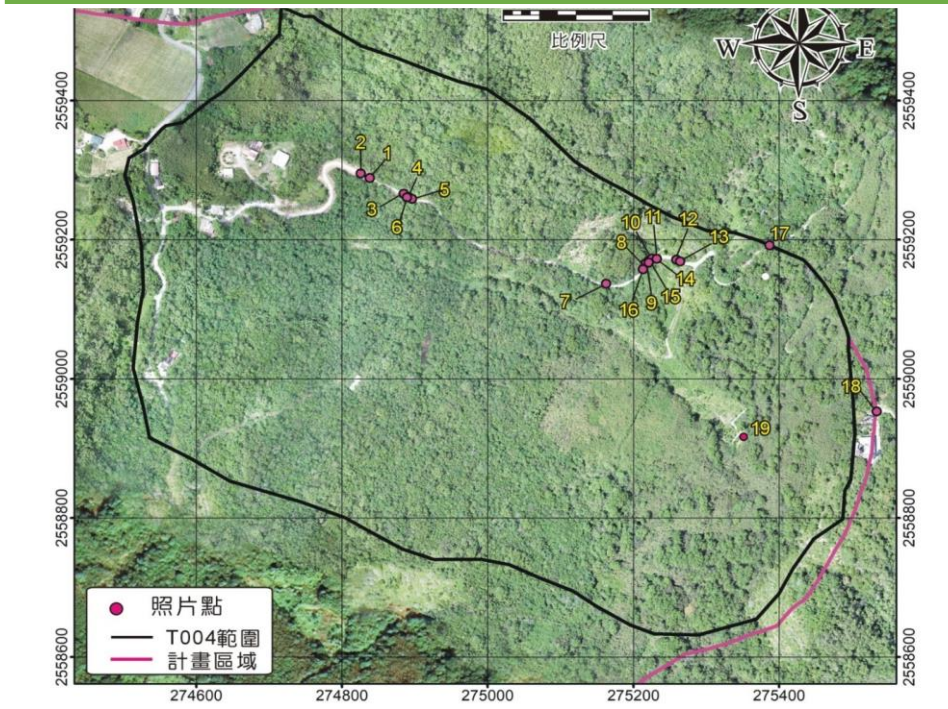
電台山大規模計畫區面積**99.64公頃**
電台山大規模潛勢區面積**58公頃**

壹、基本資料

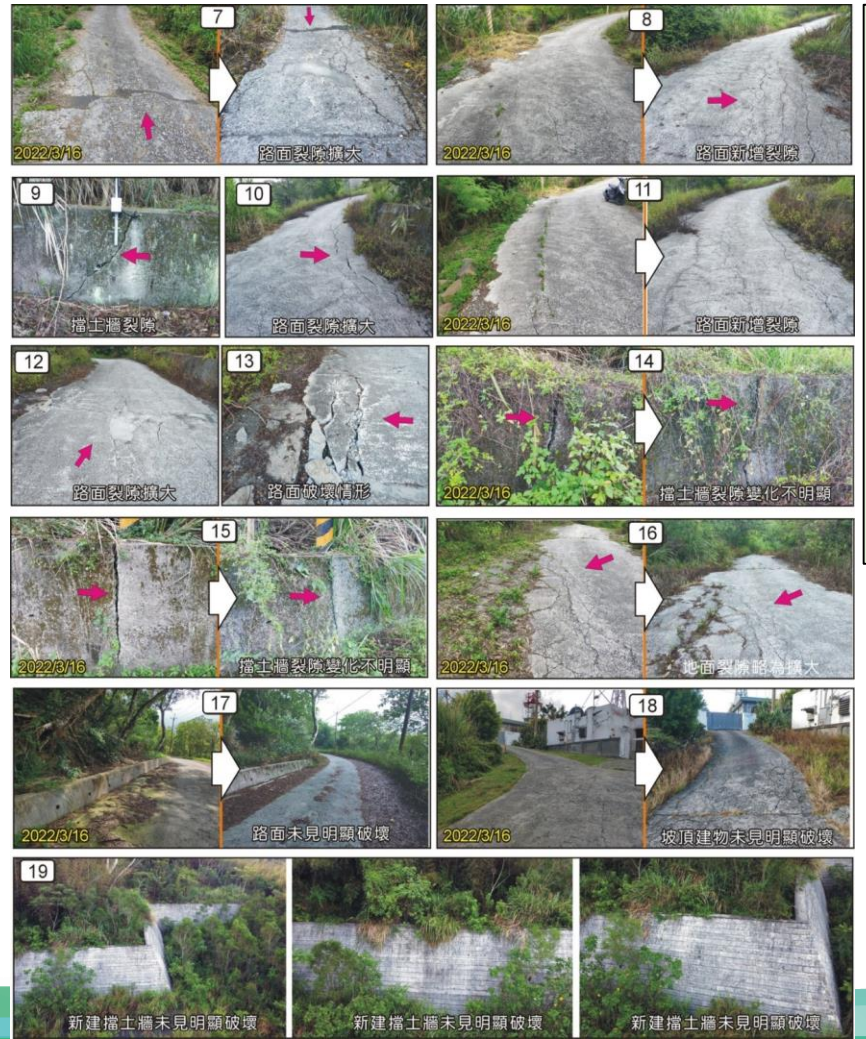
富里鄉-富南村-電台山T004

崩塌地現況調查及前後資料分析

(一)前期資料蒐集(包含區域環境調查及細部調查)







1. 918地震後地表**新增破壞分布於邊坡中段**(原先的裂隙密集區)，主要以路面裂隙擴大，局部新增路面裂隙
2. 整體而言，計畫區**地表裂隙多分布於邊坡中段附近，為裂隙多屬淺層滑動造成，多發生於邊坡中段的崩積層堆積區**

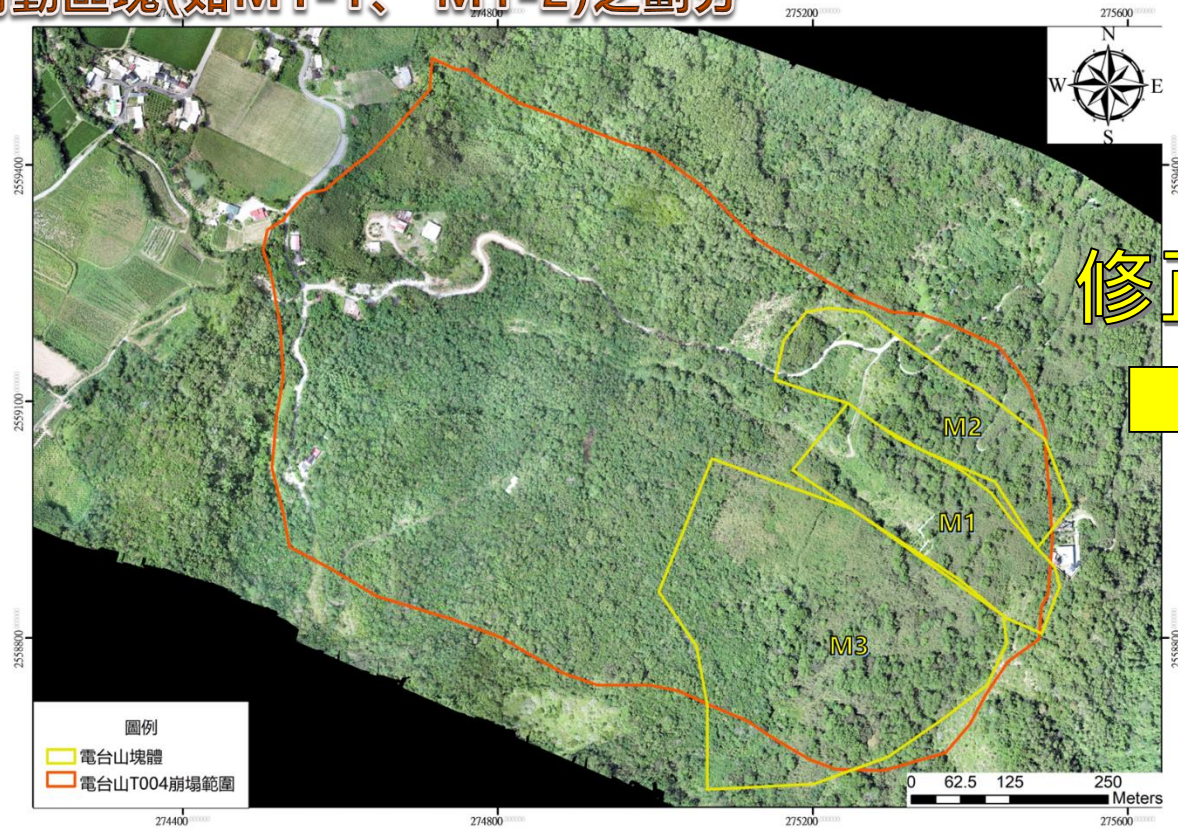
壹、基本資料

富里鄉-富南村-電台山T004

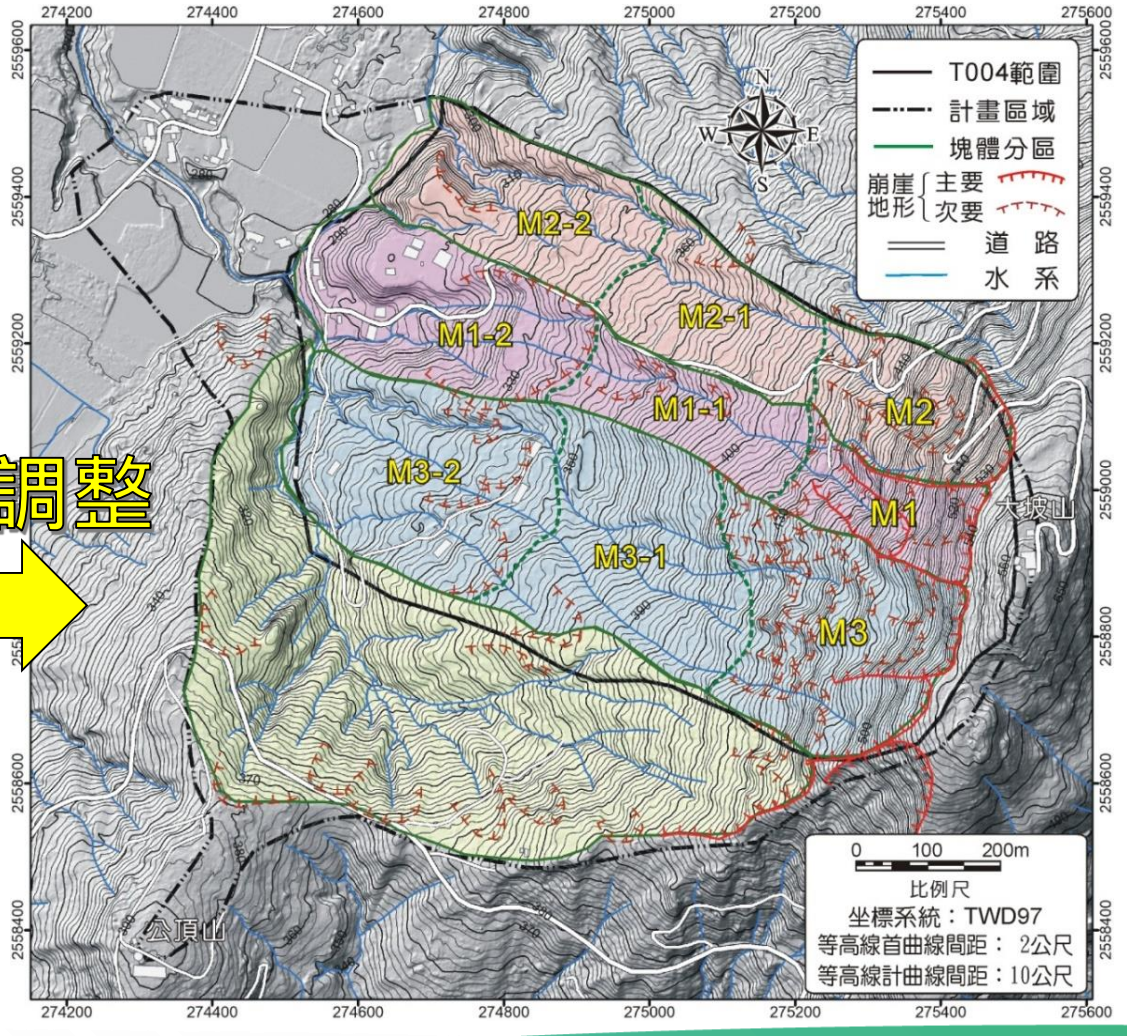
崩塌地現況調查及前後資料分析

(一)前期資料蒐集(包含區域環境調查及細部調查)

考量邊坡土體滑動方向及影響區域，以及水系、山脊線位置及走向與破壞模式，依坡頂、坡腹、坡趾之位置進行次滑動區塊(如M1-1、 M1-2)之劃分



修正調整

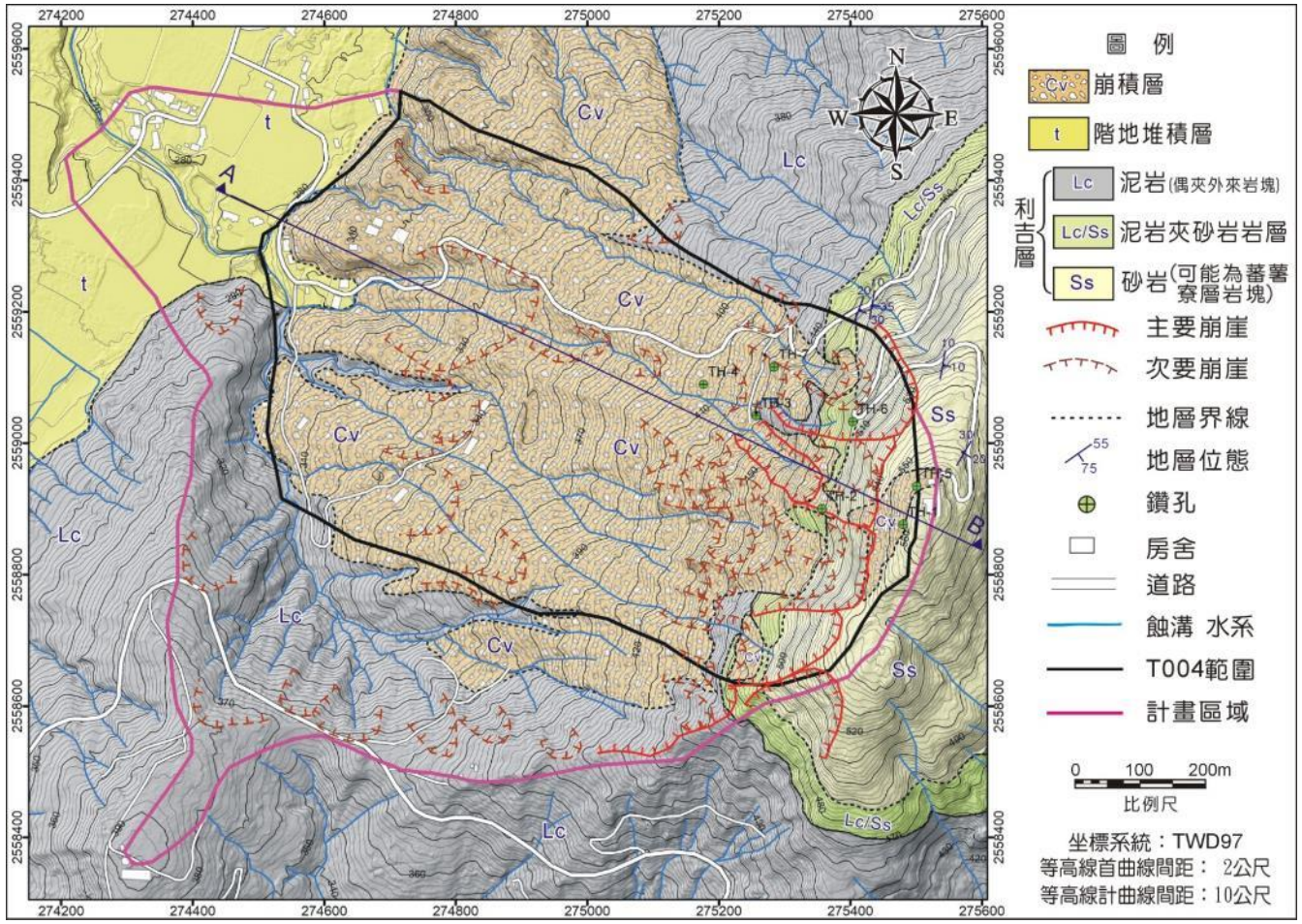


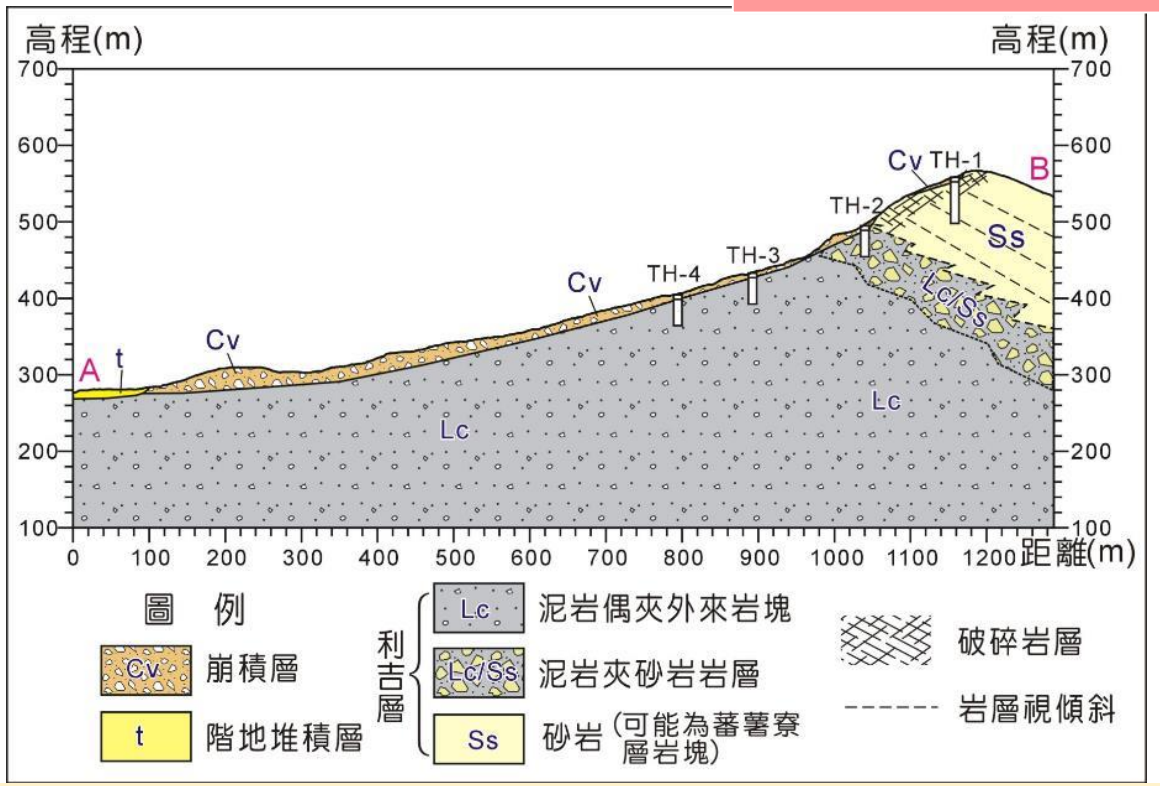
壹、基本資料

崩塌地現況調查及前後資料分析

富里鄉-富南村-電台山T004

(一)前期資料蒐集(包含區域環境調查及細部調查)





1. 計畫區**地表則普遍由崩積層所覆蓋，岩層露頭不多。出露岩性以砂岩為主，坡趾附近的蝕溝中，有利吉層露頭出現**
2. **本地區主要由利吉層所組成，岩性為利吉層泥岩及砂岩層交替出現**，且岩體剪裂破碎，**推測應屬利吉層泥岩及蕃薯寮層砂岩岩塊間的過渡帶**

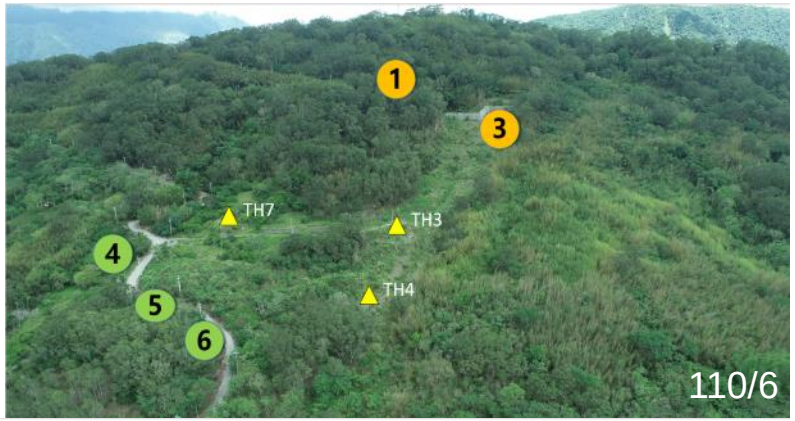
貳、現地勘查

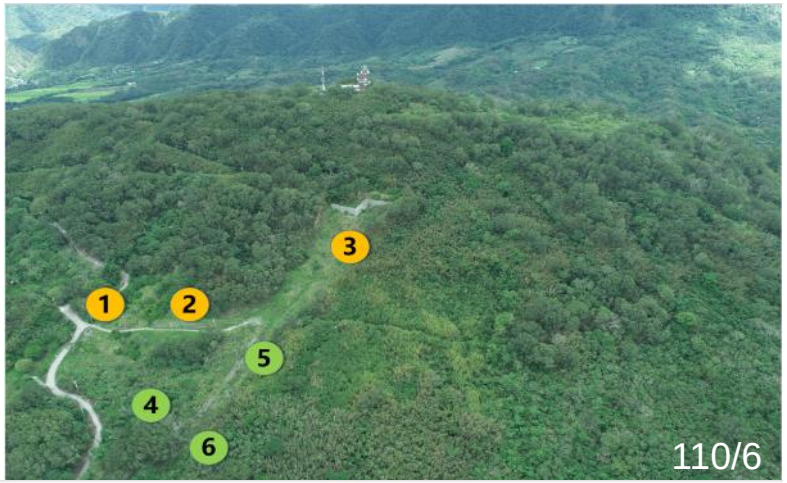
富里鄉-富南村-電台山T004

既有設施現地覆勘成果

➡ **本區於110年10月的圓規颱風降雨最為明顯，加上過去幾場颱風大雨對本區並未造成降雨沖刷之影響**









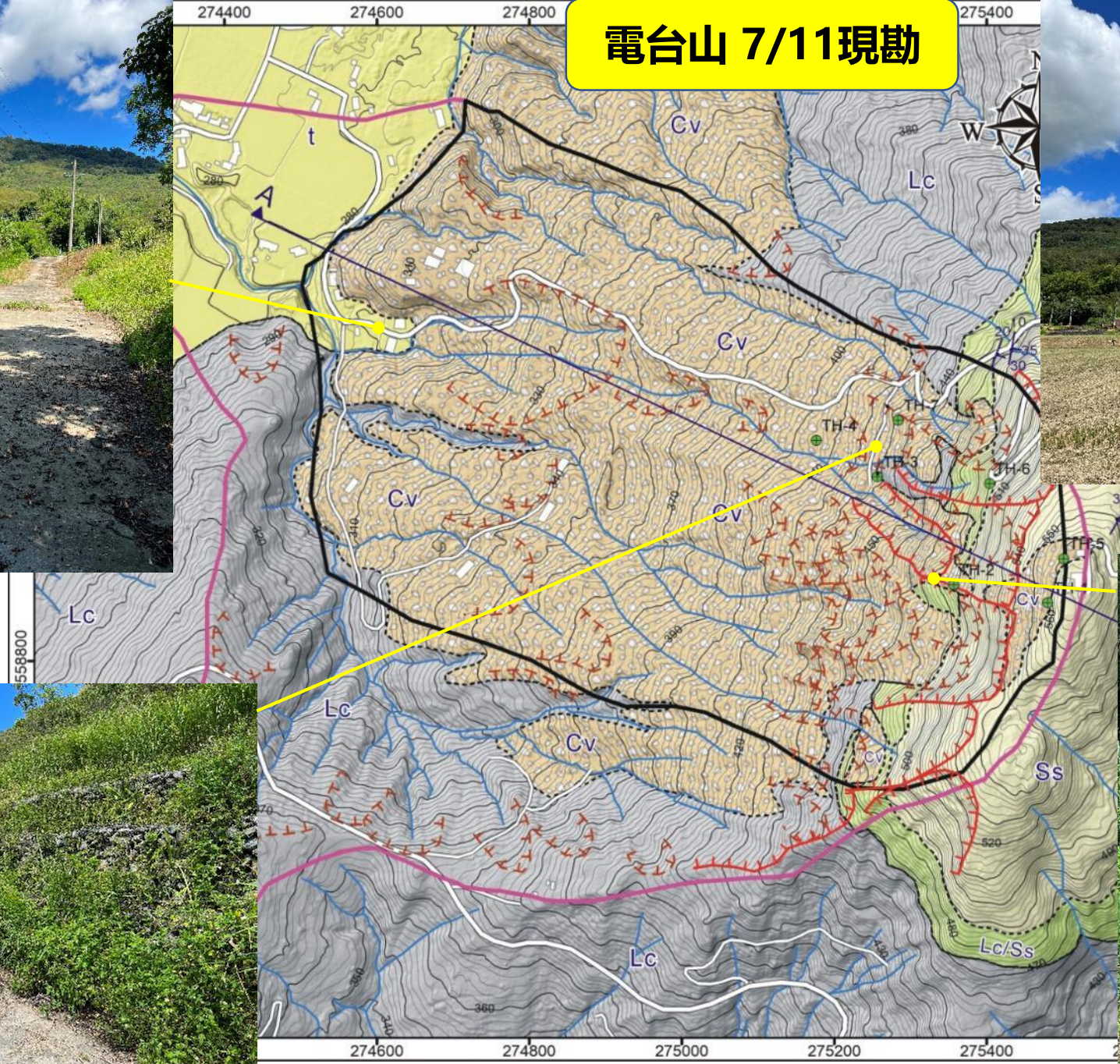




電台山 7/11現勘






274400
274600
274800
275400
Cv
Lc
t
A
W
TH-4
TH-3
TH-6
TH-2
TH-5
地層位態
55
75
558800
255900
Lc
Cv
Ss
Lc/Ss
274600
274800
275000
275200
275400





電台山 9/19現勘









- **M1崩塌區所崩塌之殘土，於0918地震時有朝下邊坡運移情況，若未進行相關治理，時間久，未來還是有可能將造成土石流災害，進而影響調查區下方民宅之安全性，考量邊坡長期穩定與地區安全，建議整體治理策略以先穩定崩塌源頭，減少土砂來源，再進行土石流抑止工程**

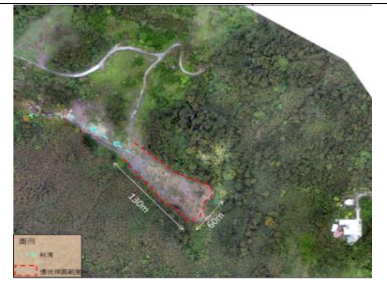
參、遙測成果

崩塌地現況調查及前後資料分析

富里鄉-富南村-電台山T004

歷年遙測影像

拍攝影像	坡面開發	裸露坡面	蝕溝
民國81年7月20日航拍影像	農路邊坡有人為開發情形，面積約1公頃	-	-
民國92年8月14日航拍影像	裸露面積擴大(M2崩塌區)	坡面崩塌有向上發育情形，崩塌範圍長約80m，寬約30m(M1崩塌區)	-
民國96年9月28日航拍影像	-	M1及M2崩塌區之裸露面積有縮小情形	-
民國101年11月10日航拍影像(天秤颱風後)	-	M2崩塌區裸露面積持續縮小，M1崩塌區裸露面積有擴大情形(崩塌範圍長約80m，寬約30m)	-
民國106年6月19日正射影像(莫蘭蒂颱風後)	-	M1崩塌區持續向上擴大(崩塌範圍長約130m，寬約60m)	-
民國107年11月SPOT影像	-	M1崩塌區經整治後，逐漸復育。M2崩塌區復育情況良好。	-
民國108年11月SPOT影像	-	M1崩塌區及M2崩塌區復育情況良好。(未受到0604地震影響)	-
民國109年6月18日UAV空拍	-	因二期工程施工後產生的坡面裸露(裸露範圍長約55m，寬約28m)	-
民國110年10月14日UAV空拍	-	歷經圓規颱風後，未有崩塌裸露情況	-
民國111年02月26日UAV空拍	-	-	-
民國111年06月10日UAV空拍	-	-	-


(5)民國 106 年 6 月 19 日正攝影像
(莫蘭蒂颱風後)


(6)民國 107 年 SPOT 衛星照片


(7)民國 108 年 SPOT 衛星影像


(8)民國 109 年 6 月 18 日 UAV 空拍


(9)民國 110 年 10 月 14 日 UAV 空拍


(10)民國 111 年 02 月 26 日 UAV 空拍


(10)民國 111 年 06 月 10 日 UAV 空拍

參、遙測成果

UAV空拍測繪及地形判釋

高精度UAV量測





空拍地面解析度(GSD)優於10公分、平面精度優於0.5公尺



110.10.14



111.06.10



110.10.14

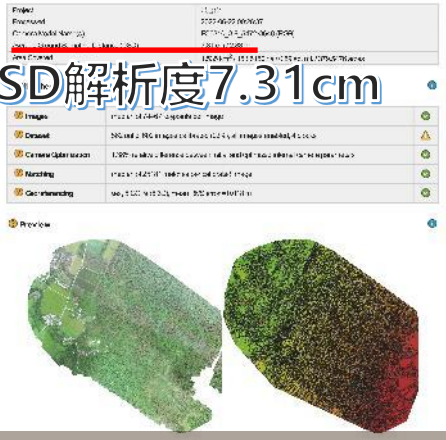


111.06.10



電台山T004本年度正射成果

GSD解析度7.31cm



電台山T004精度報表成果



110.10.14



111.06.10



110.10.14



111.06.10

參、遙測成果

富里鄉-富南村-電台山T004

UAV空拍測繪及地形判釋

NDVI影像判釋分析（加值）

根據前後期光學影像，滿足下列條件：(1)前期為植生(綠)，後期為裸露地(黃、白)，(2)搭配GOOGLE MAP影像確認並非人為干涉範圍，框選出疑似新增崩塌地

事件日期	前期	後期
2021年10月 (圓規颱風)	20210930	20211026
2022年03月 (0323地震)	20220212	20220713



NDVI數值變化(2021年10月事件)

影像日期	MAJORITY	MAX	MEAN	MEDIAN	MIN	STD_DEV
20210930	0.5770	0.7111	0.5753	0.5975	-0.1106	0.0957
20220212	0.5764	0.7058	0.5411	0.5687	-0.2144	0.1157

NDVI數值變化(2022年3月事件)

影像日期	MAJORITY	MAX	MEAN	MEDIAN	MIN	STD_DEV
20210930	0.5767	0.7107	0.5130	0.5604	-0.4918	0.1511
20220212	0.6532	0.7654	0.5936	0.6279	-0.2023	0.1318

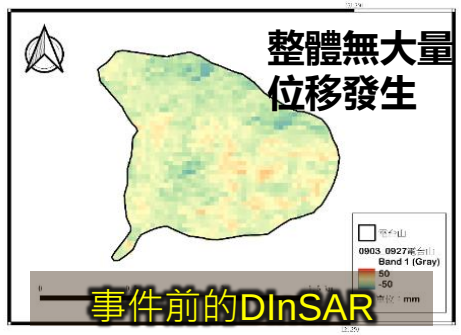
參、遙測成果

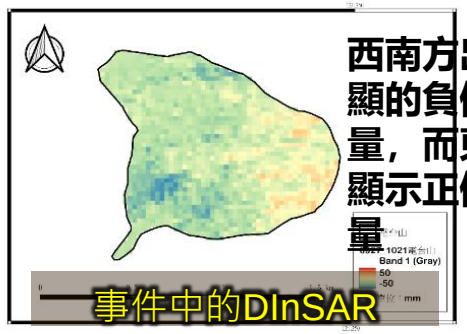
UAV空拍測繪及地形判釋

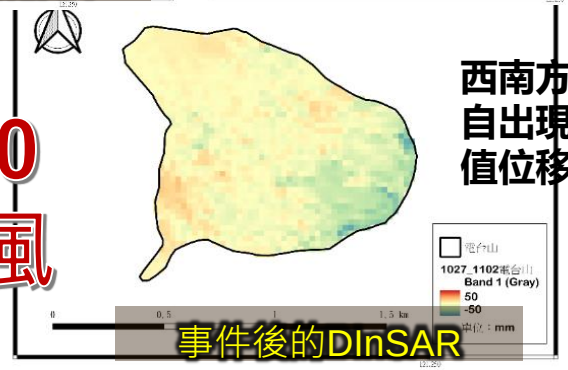
DInSAR影像判釋分析（加值）

DInSAR三對影像對

項次	主影像	副影像	時間基線(DAY)	空間基線(M)	軌道
1	2021/9/3	2021/9/27	24	67	Ascending
2	2021/9/27	2021/10/21	24	76	Ascending
3	2021/10/21	2021/11/2	12	68	Ascending







2021.10 圓規颱風

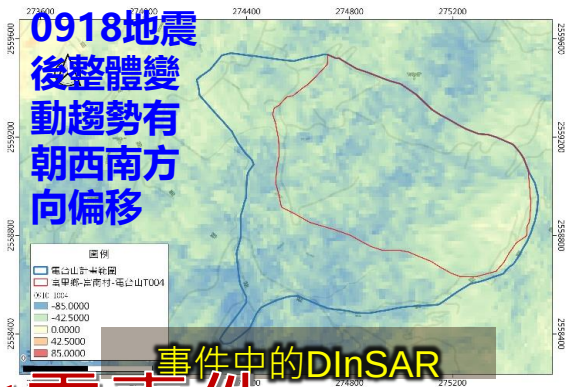






0323地震事件

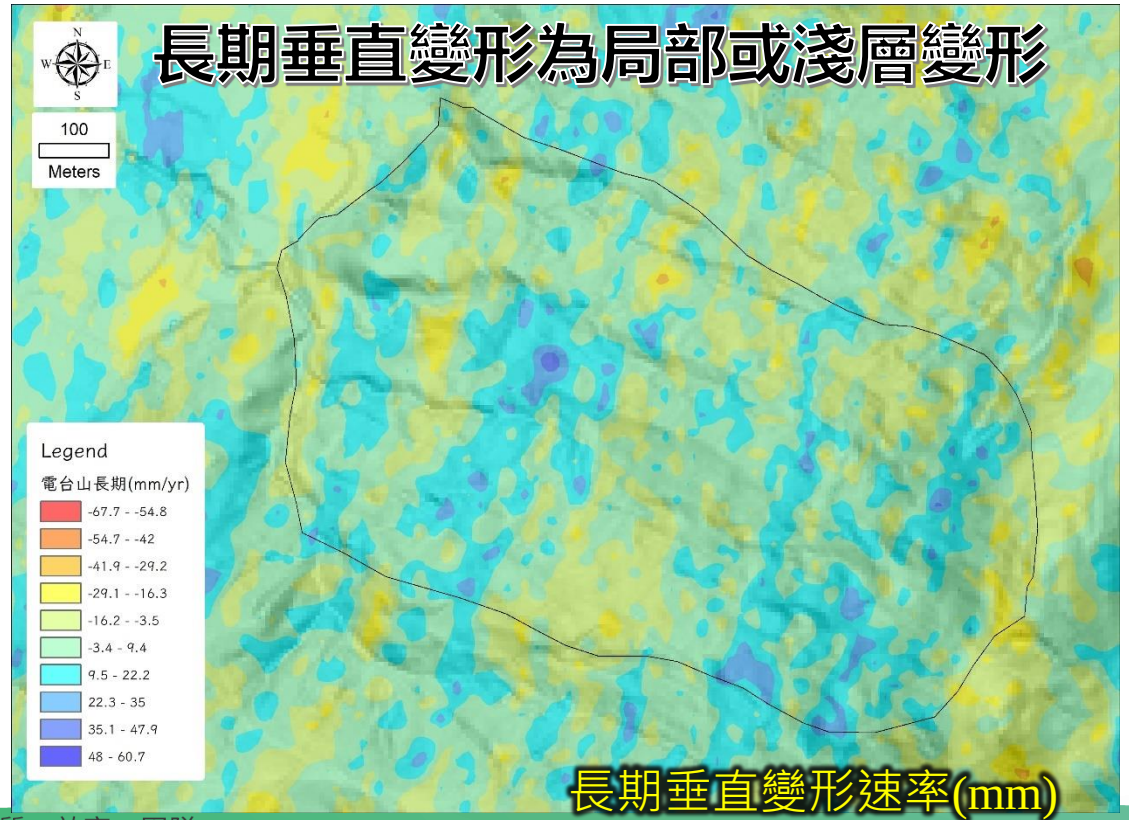




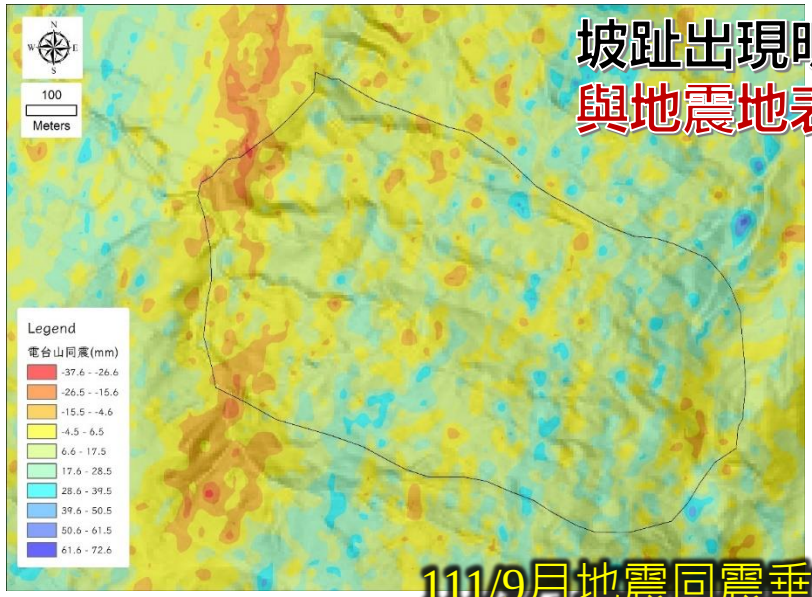
0918地震事件

參、遙測成果

分析僅就垂直變形來討論整體邊坡在過程中產生滑動情形，由於2022年9月發生關山池上地震，將垂直變形區分為長期（2017年4月至2023年5月）、同震及震後垂直變形等三種時間區間進行討論

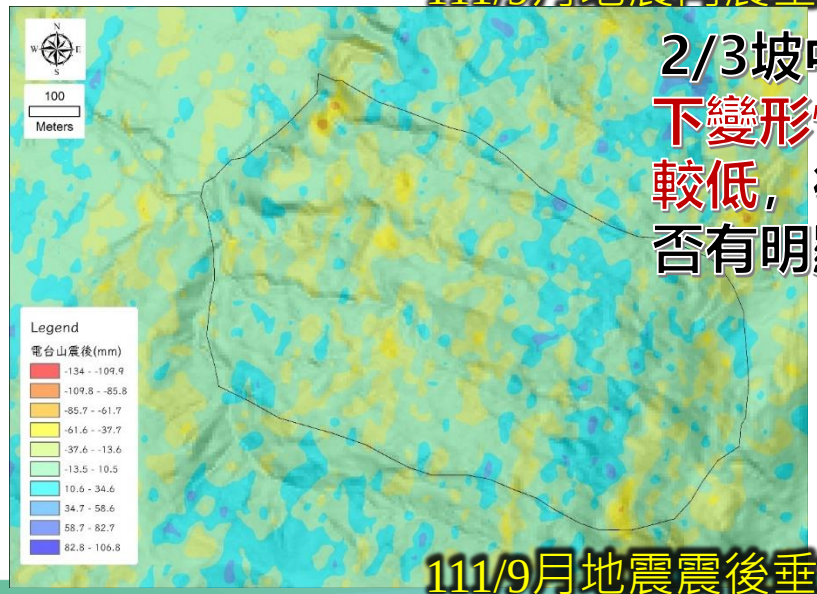


長期垂直變形速率(mm)



坡趾出現明顯高程下降情形，與地震地表變形關係較為相關

111/9月地震同震垂直變形(mm)



2/3坡中段以下產生整體往下變形情形，垂直變形數值較低，後續可再持續觀察是否有明顯崩塌區位轉換情形

111/9月地震震後垂直變形(mm)

肆、監測資訊

富里鄉-富南村-電台山T004

崩塌地活動性觀測-設備維護

電台山T004監測配置

租賃

	項目	種類	數量	設置/監測位置	說明
1	自動化水位計	電子式水位計	2	TH2 、TH3(已於109年改為自動)、	監測資料回傳頻率10~30分鐘
2	自計式水位計	壓力式水位計	5	TH1(於108改為手動上傳) TH4、TH5、TH6、TH7	兼做水位觀測孔使用，採自計式水位計觀測地下水變化，每個月應量測一次
3	地中傾斜管	HQ	6	TH1、TH3、TH4、TH5、TH6、TH7	1.防汛期前1次，防汛期間(每年5月至10月)每2個月量測1次 2.震度5級弱含以上或颱風豪雨事件於當地24小時累積雨量超過400mm者，須加強觀測1(含)次
4	地表雙軸傾斜儀	電子傾斜儀位置	2	EL1、EL2	連續觀測且即時資料傳輸，其中回傳頻率為10~30分鐘
5	CCD	-	1	TH3	監測資料回傳頻率10~30分鐘，放置位置：BH3
6	雨量計	0.5mm	1	TH1	回傳頻率為10~30分鐘(資料彙集點)
7	電力設施	太陽能板、電池100H、充電控制器等	1	TH3	電力備援96小時
8	自動化地表裂縫伸縮計	地表伸縮計	1	LH-1	於TH7下方構造物

TH-7下方擋土牆有明顯錯位及張裂，且TH-7孔位目前仍持續往外推移情況，因此，為了解M2趾部變動情況，本計畫於TH7下方擋土牆設置一組地表裂縫伸縮計

■將物理及影像資料，*儲存現地*外，亦採*無線傳輸*將資料回傳到*資訊接收站*逕行彙整資料
■*平時透過5G*將資料異地備份及上傳







肆、監測資訊

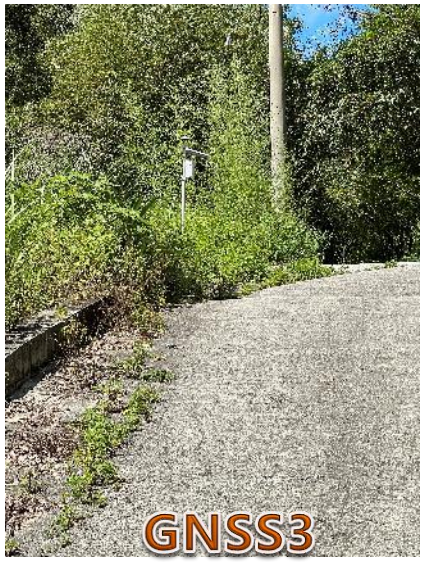
富里鄉-富南村-電台山T004

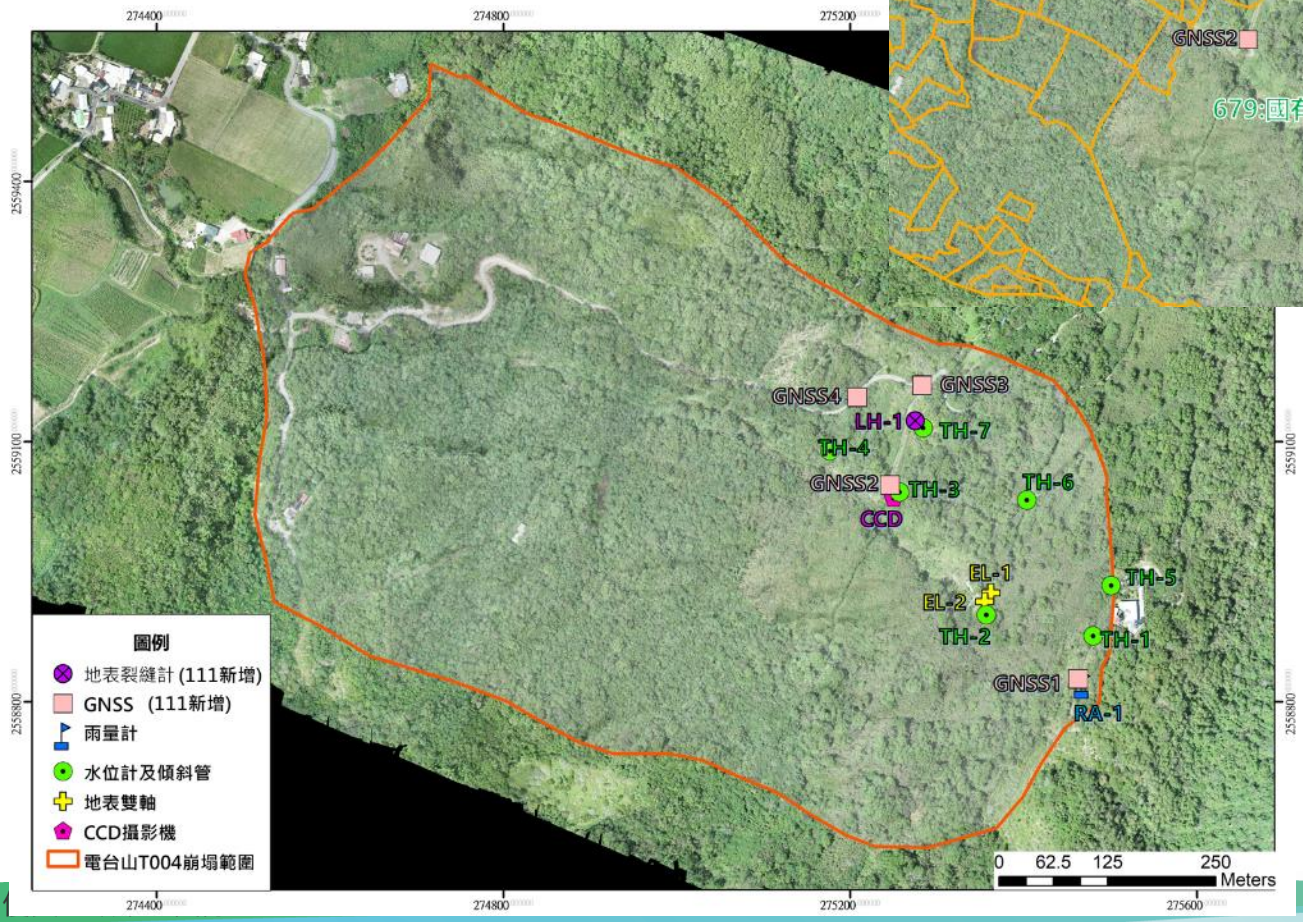
崩塌地活動性觀測-設備維護

電台山T004 GNSS新增配置













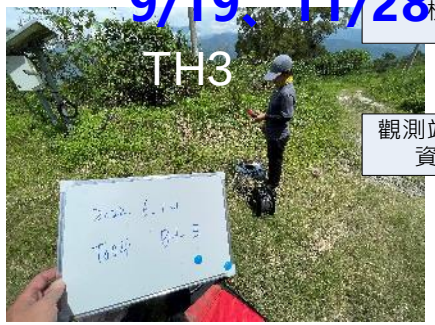
肆、監測資訊

富里鄉-富南村-電台山T004

崩塌地活動性觀測-設備維護

目前合計五次
3/26、6/24 、9/5
9/19、11/28





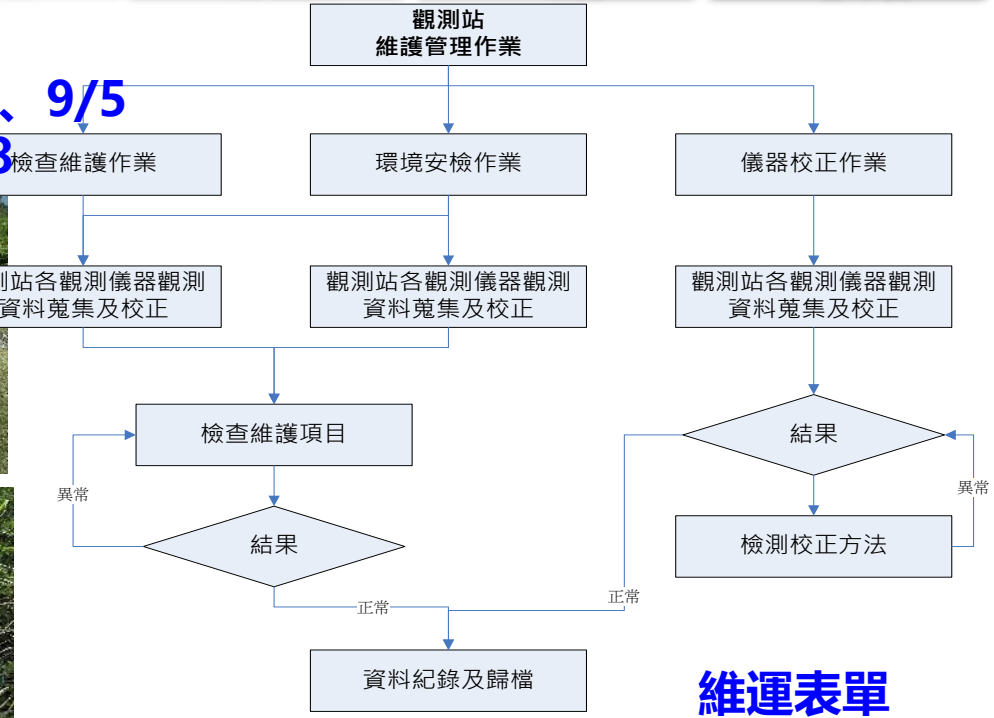












維運表單

維運

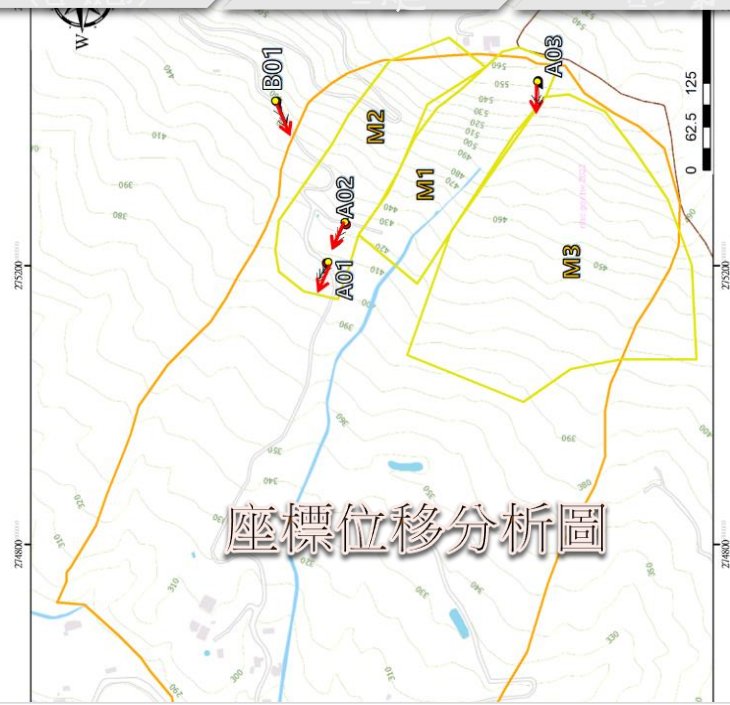


肆、監測資訊

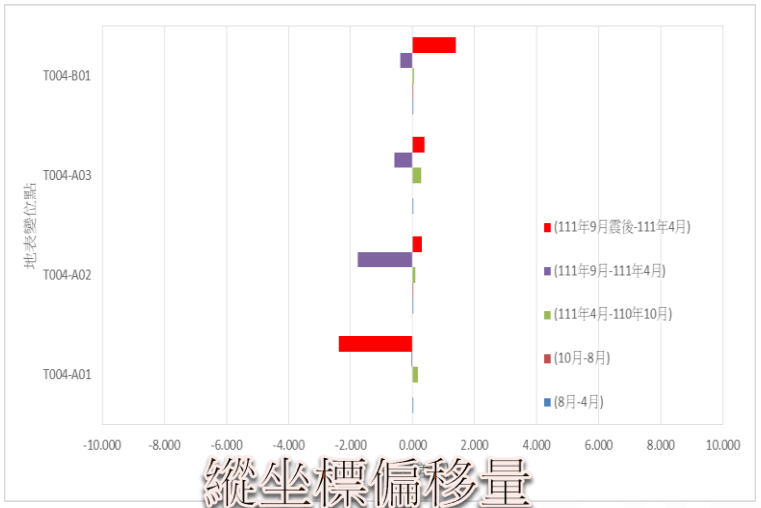
富里鄉-富南村-電台山T004

地表變位樁量測

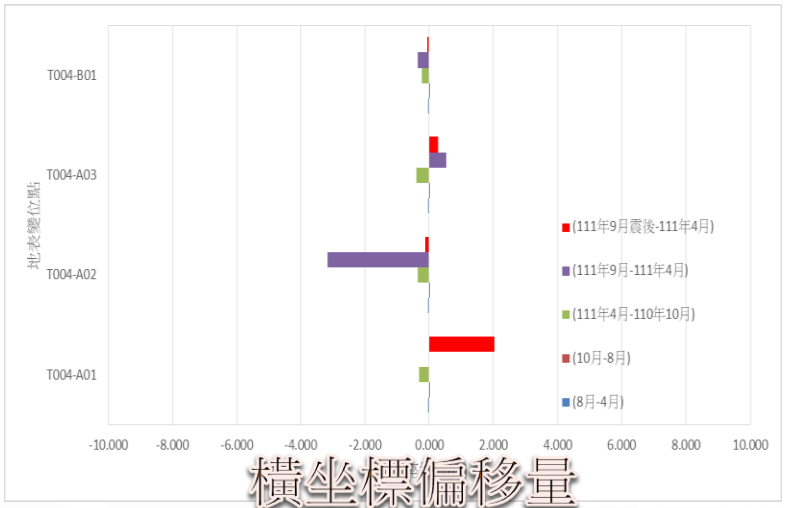
1. T004潛在崩塌地主要**偏移方向為西西南方向**
2. 歷經110年10月的圓規颱風、今年0323及0918地震後，**明顯看出地表變位**
3. **0323**的變動量約0.12 m~0.42 m，往**西南方向**明顯，**0918地震**變動量約0.14 m~2.20 m，往**西西南**明顯



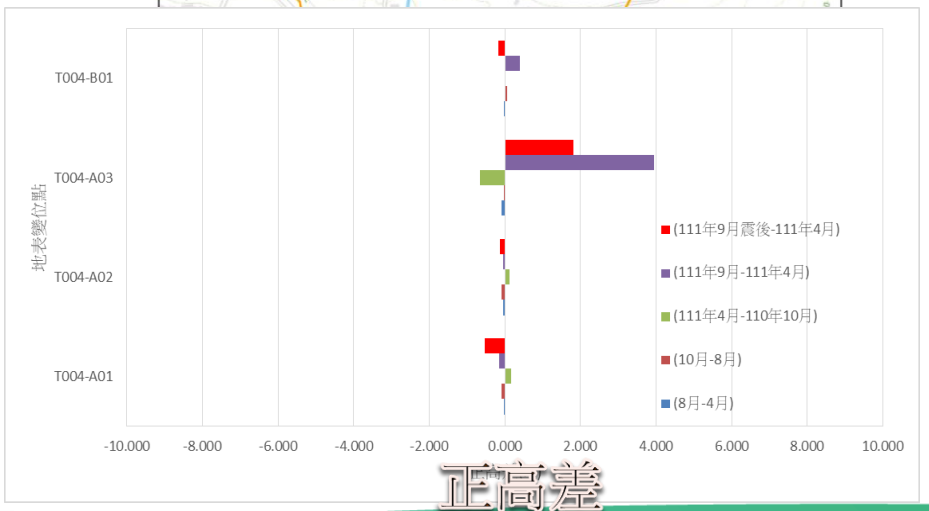
座標位移分析圖



縱坐標偏移量



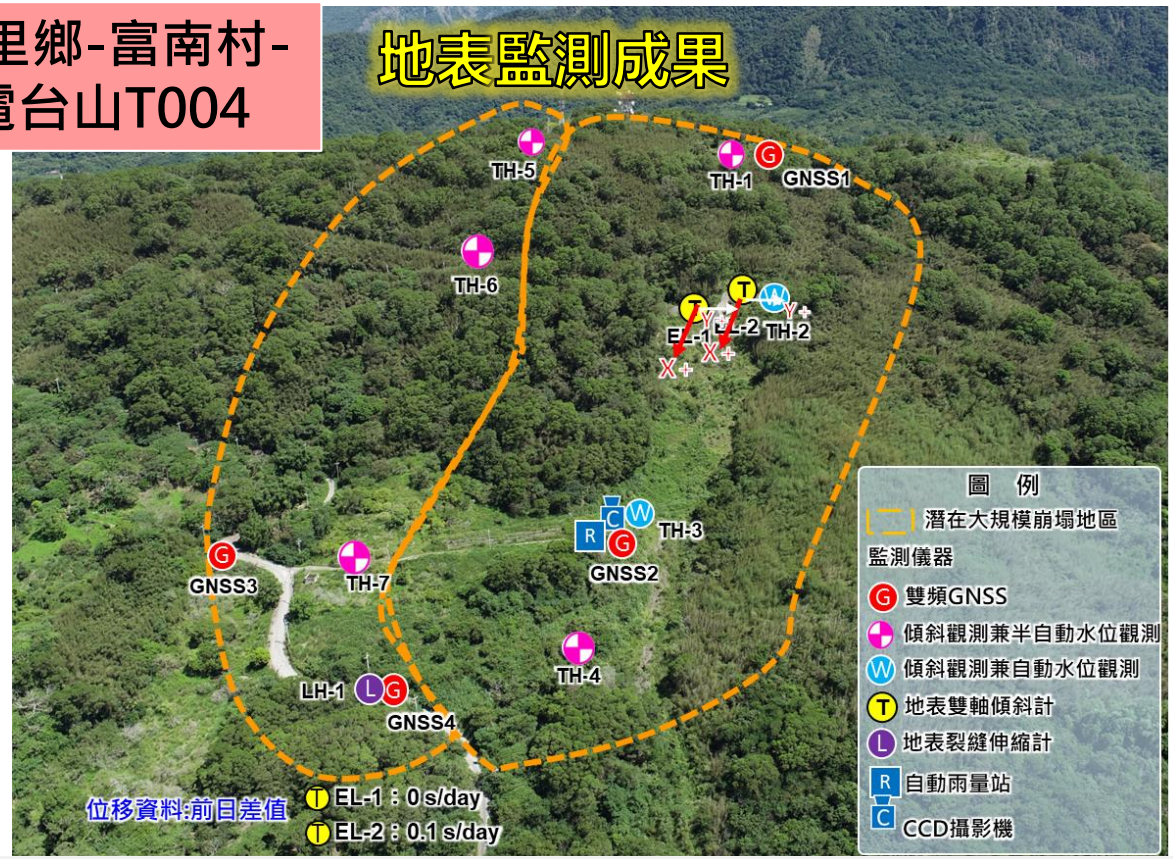
橫坐標偏移量

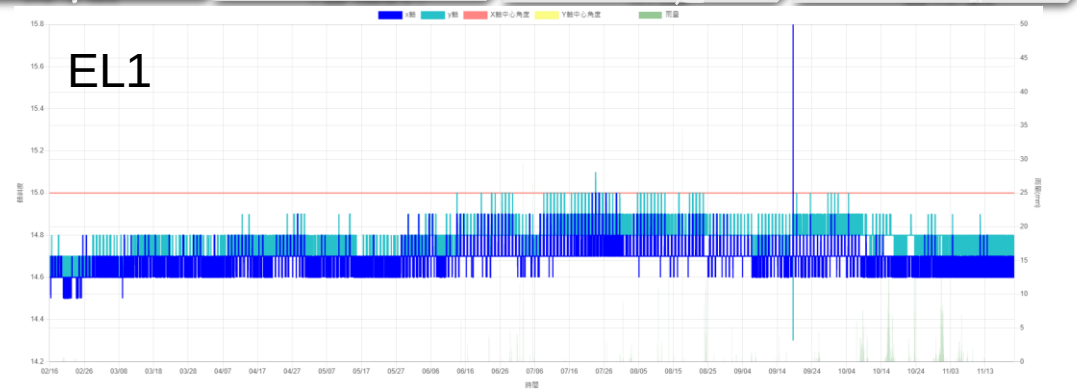


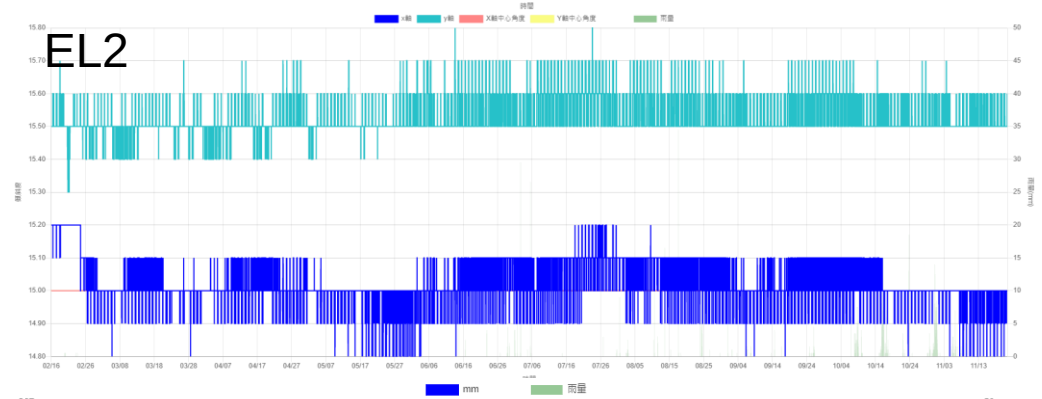
正高差

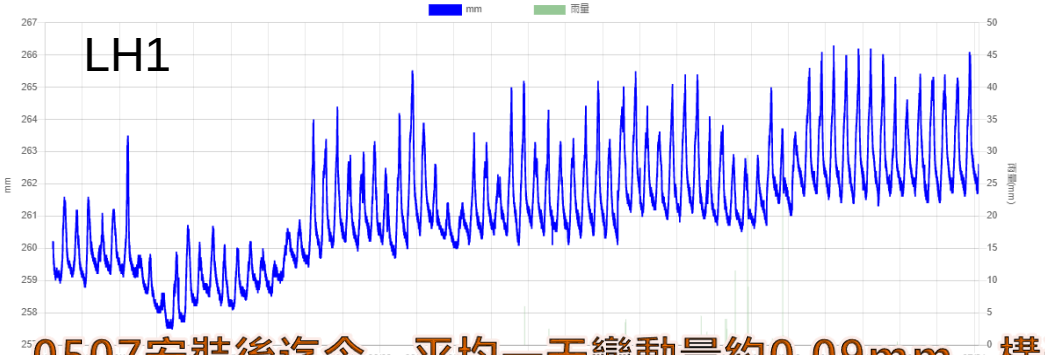
肆、監測資訊

富里鄉-富南村-電台山T004









1.歷經0323及0918地震，**現場並未有災害事件發生**，**顯示前期治理工程有達到其功用**

2.**EL2整體有向東偏南傾斜**，朝向溝壑方向傾斜，若以0323及0918地震事件期間來看，**未有變動情況**，**災後至現地勘查也未發現明顯災害**

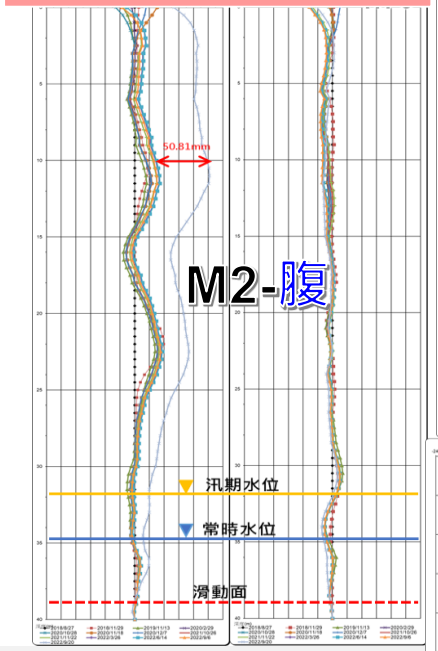
3.**整體來看，目前地表未有明顯變動，將持續觀察地表變動情況**

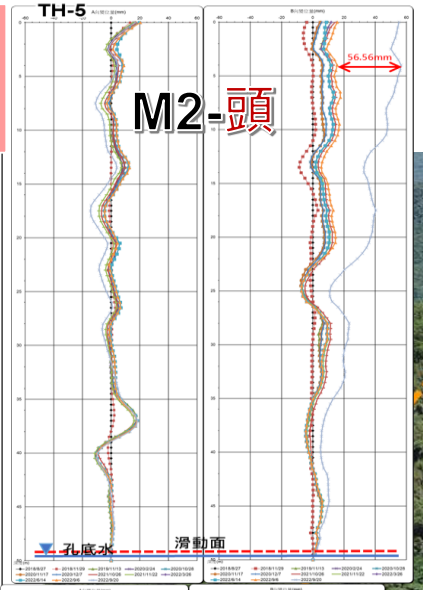
0507安裝後迄今，平均一天變動量約0.09mm，構造物受溫度影響產生變動。0918地震事件中，地震瞬間變動量約0.3mm，目前累積變動量約2.63 mm

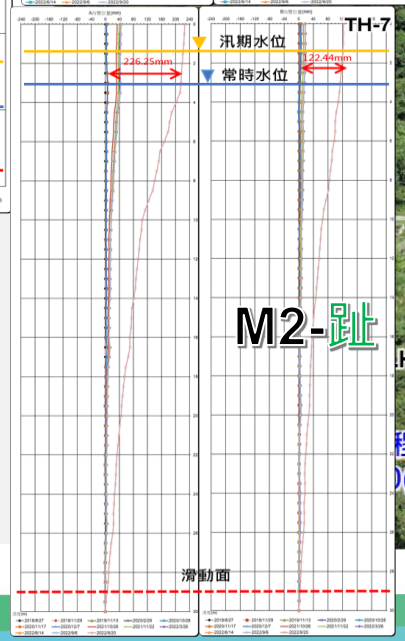
肆、監測資訊

富里鄉-富南村-電台山T004

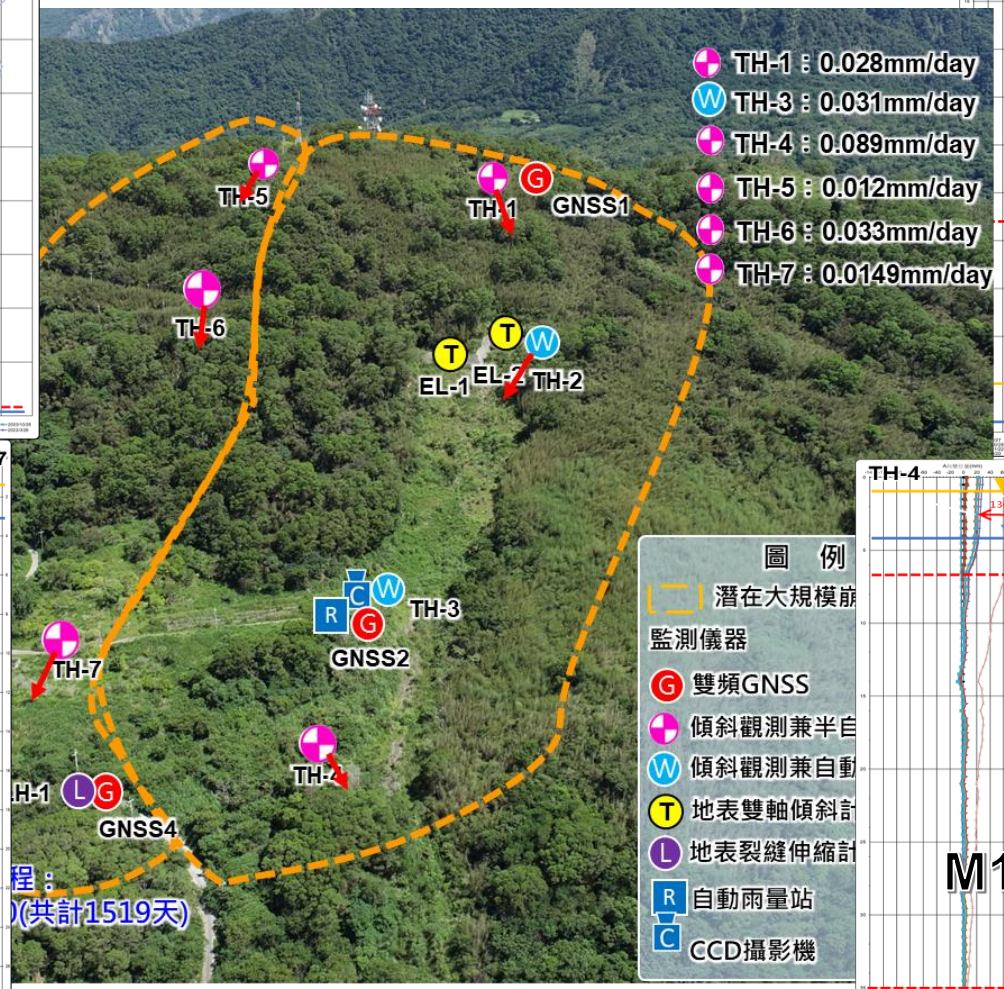
地中監測成果

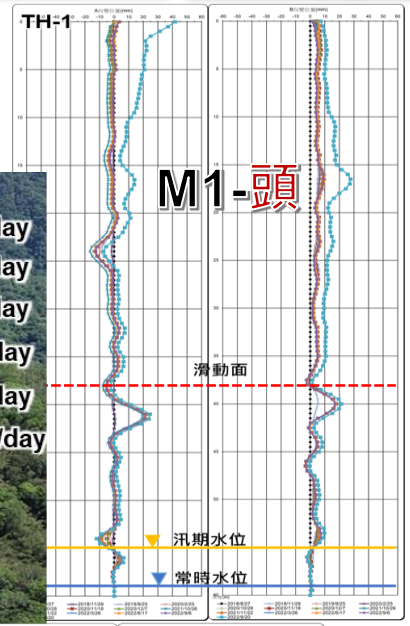


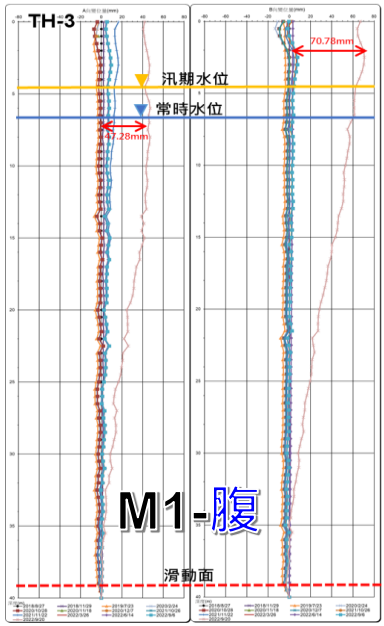


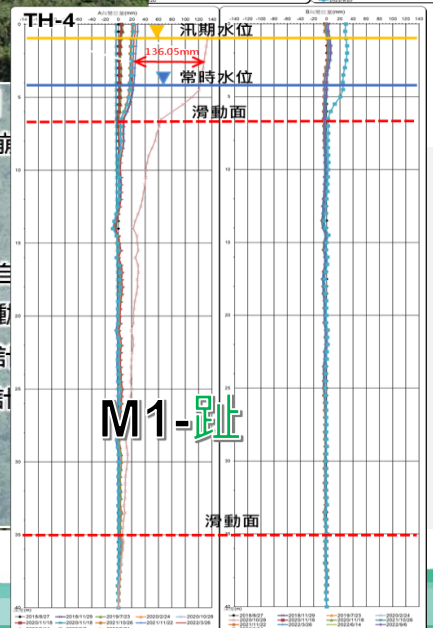


M2塊體於3月震後觀測發現，於較破碎岩層處變位情況明顯，而9月觀測的位移變動更顯著，顯示地震造成淺層變動明顯







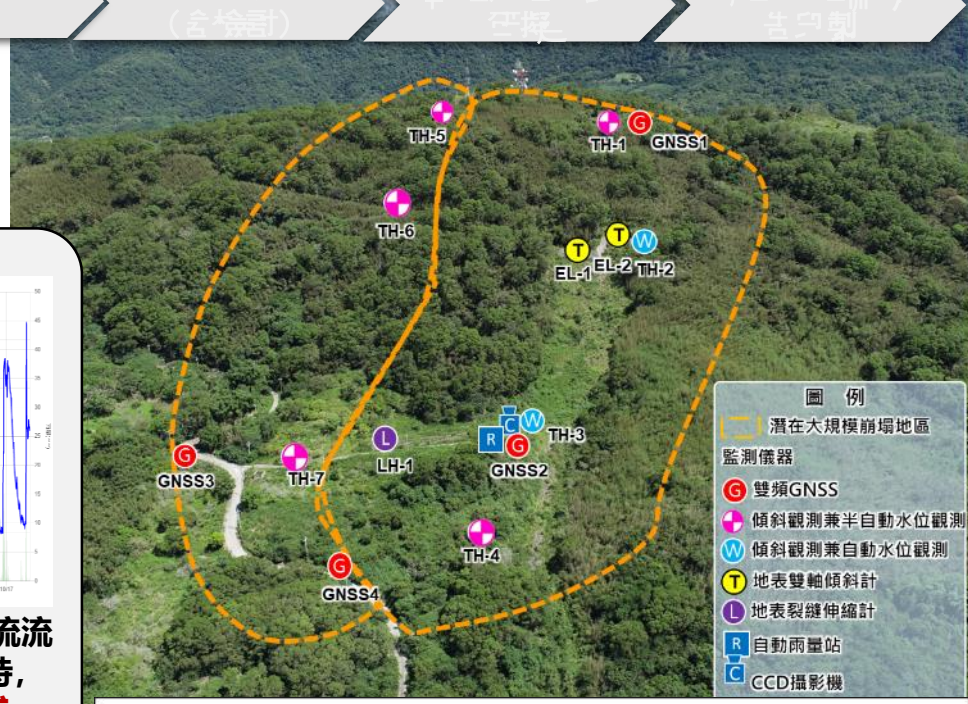


M1塊體於0918地震有啟動邊坡滑動，位於趾部的TH-4於震後加強觀測發現，位移情況顯著，其可能因殘土受到地表逕流慢慢的朝下邊坡運移

肆、監測資訊

富里鄉-富南村-電台山T004

水位及雨量觀測資料分析

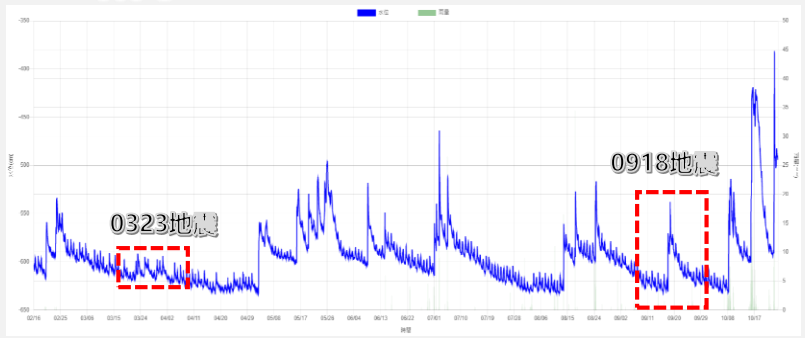


TH-1



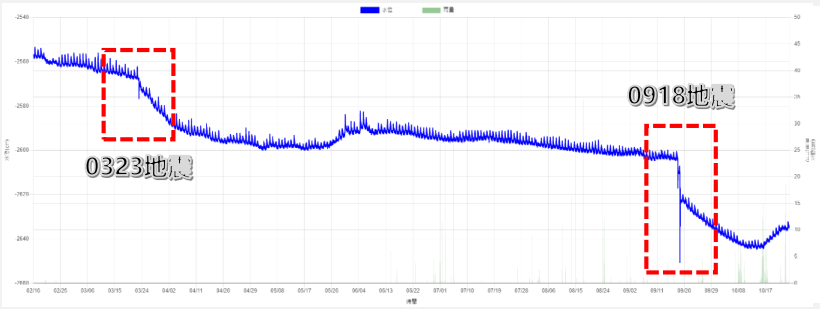
TH-1水位**受降雨事件影響較為明顯，地震事件水位未受到影響**

TH-3



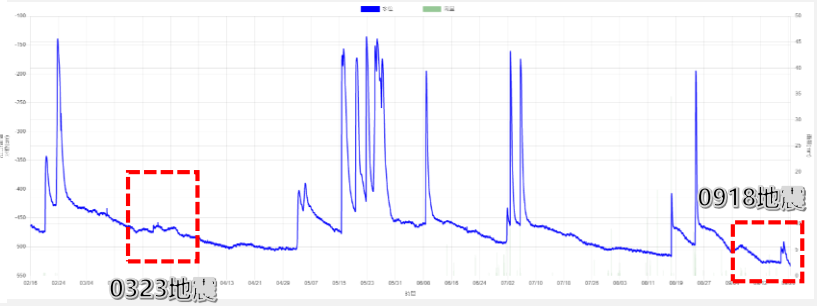
為計畫區整體水流流向匯集處，若上游有水流流入，約於10～20分鐘後將受到影響，0918地震時，瞬間上升約53.1公分，**顯示此孔水位感應敏感**

TH-2

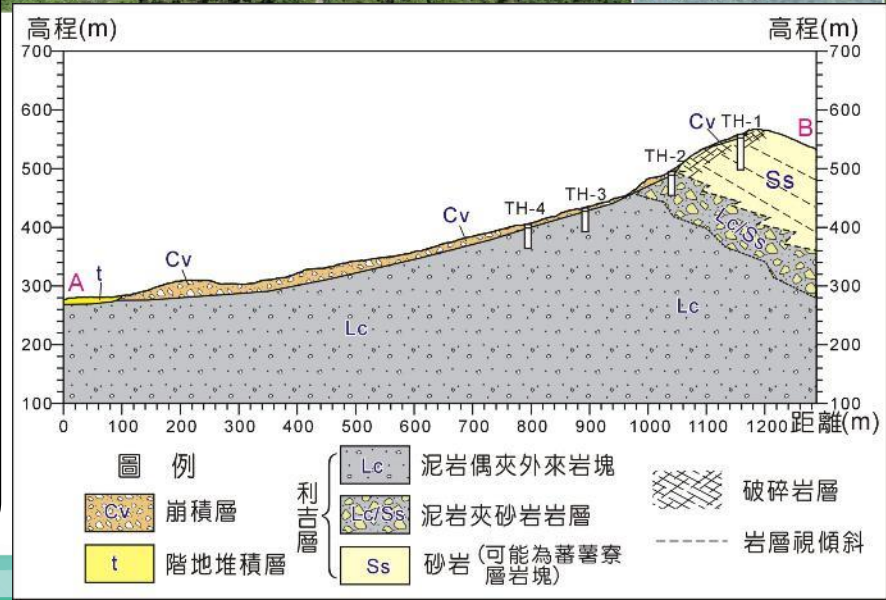


3/23地震水位微變動，約莫1小時後逐漸回升，在9/18地震時，水位受地震影響，約莫4小時後逐漸回升,目前水位約26.34m左右

TH-4



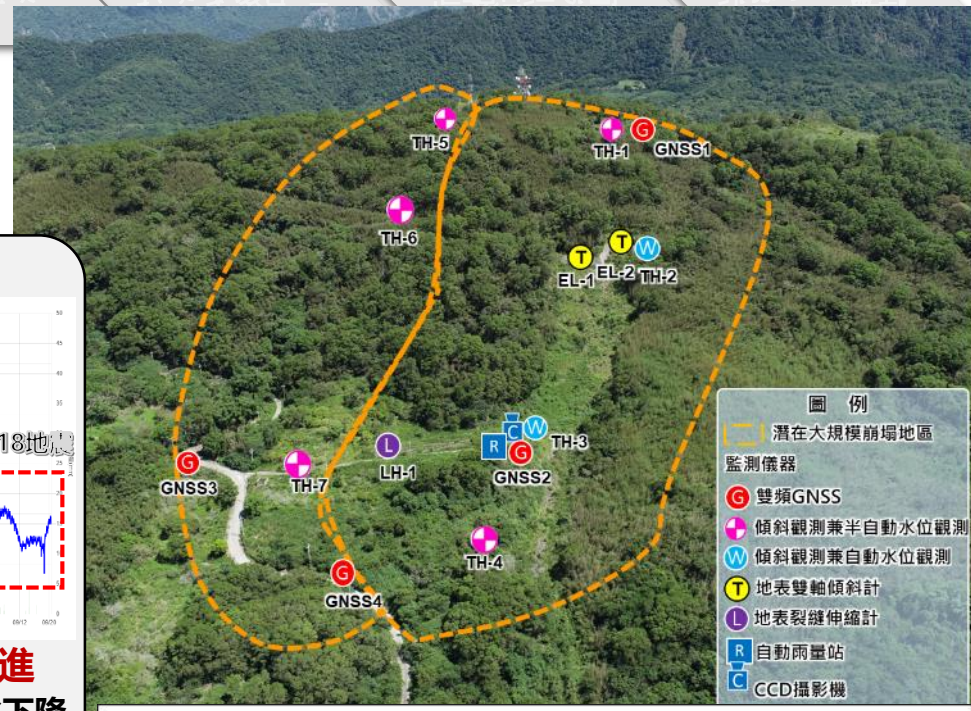
受到TH3水位及強降雨影響，水流出水速度加快，但很快的又回到正常水位，目前水位約在4.56m。3/23及9/18地震，水位有些微上升變動情況，就持續保持這個區間跳動



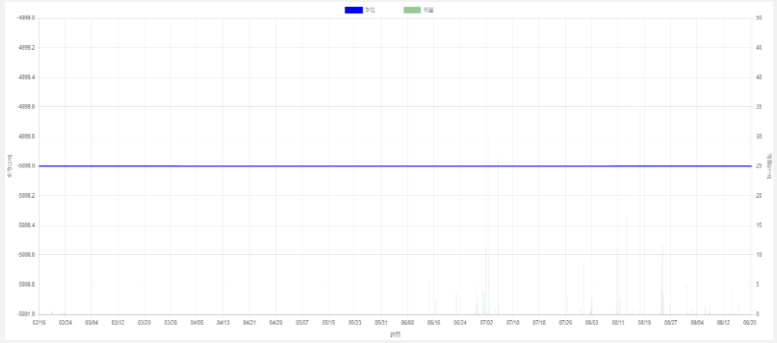
肆、監測資訊

富里鄉-富南村-電台山T004

水位及雨量觀測資料分析

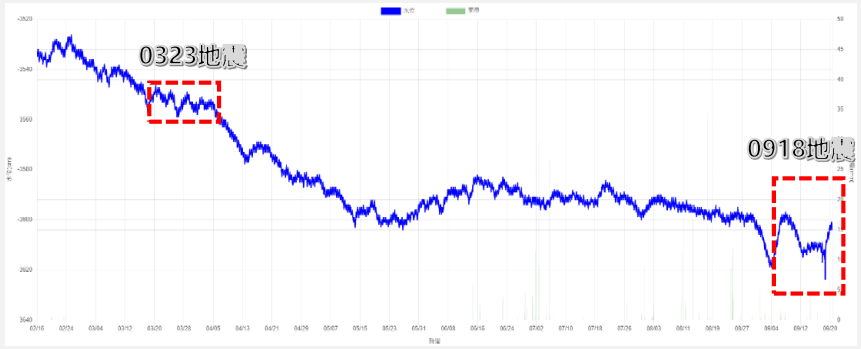


TH-5



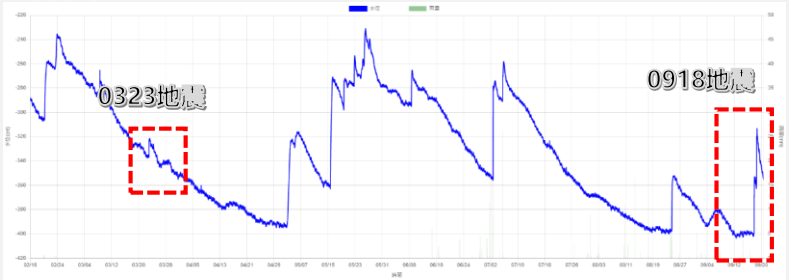
水位保持於孔底50.6m左右(**孔底水**), 3/23及9/18地震，水位無變動情況

TH-6

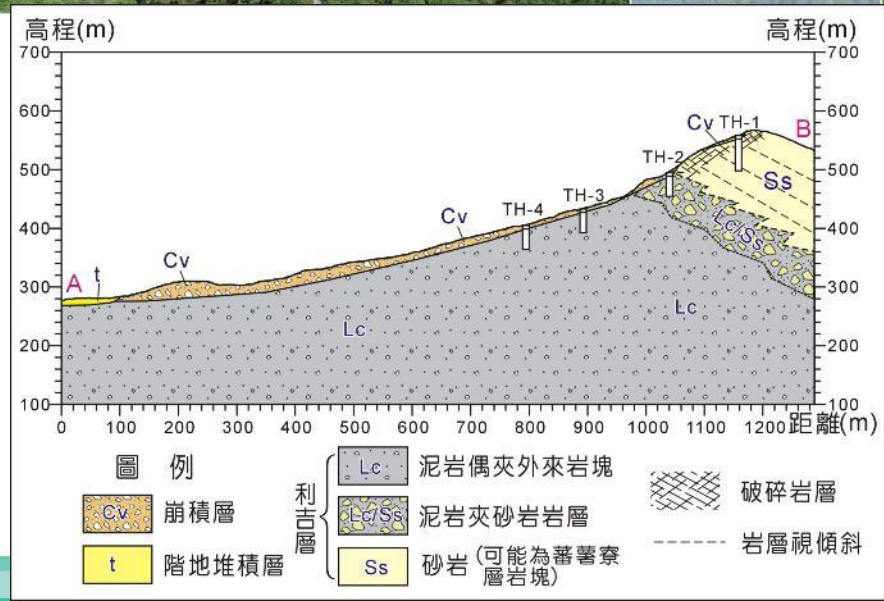


受降雨強度及累積降雨影響明顯，且水位呈漸進式上升，若現地連續數日沒有降雨，水位將開始退水下降，開始慢慢地退水狀態。**3/23及9/18地震，水位變動幅度不大，顯示此孔受地震影響不明顯**

TH-7



3/23及9/18地震事件中，水位皆有抬升，約2小時內慢慢下降。**此孔受到降雨影響明顯**，一旦降雨，水位就抬升急速，表示此區有明顯的流動層目前水位約在3.61 m左右

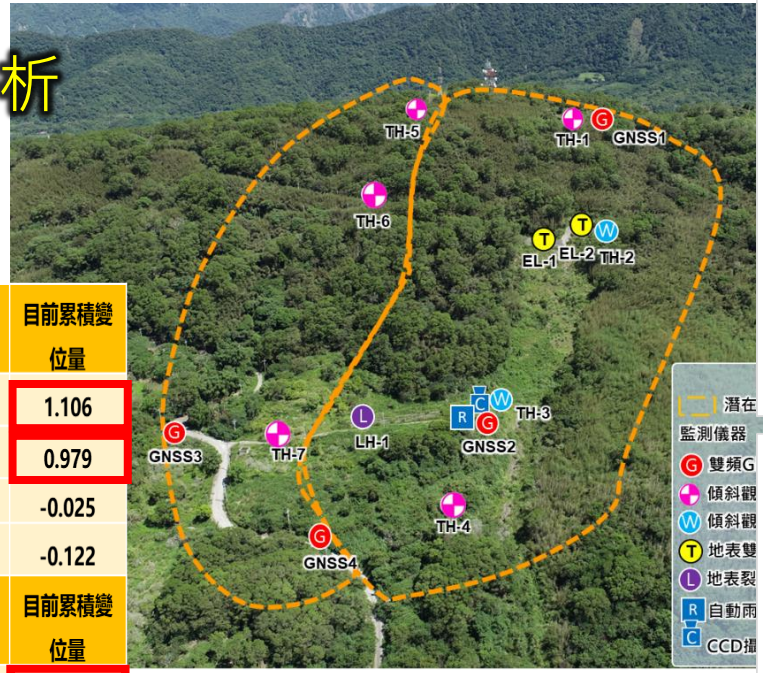


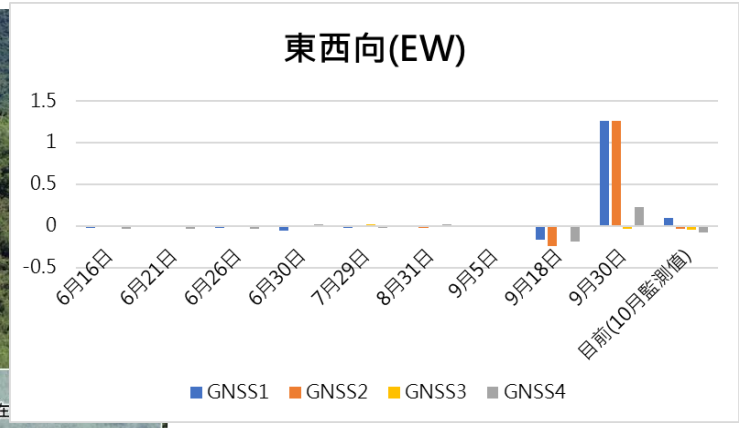
肆、監測資訊

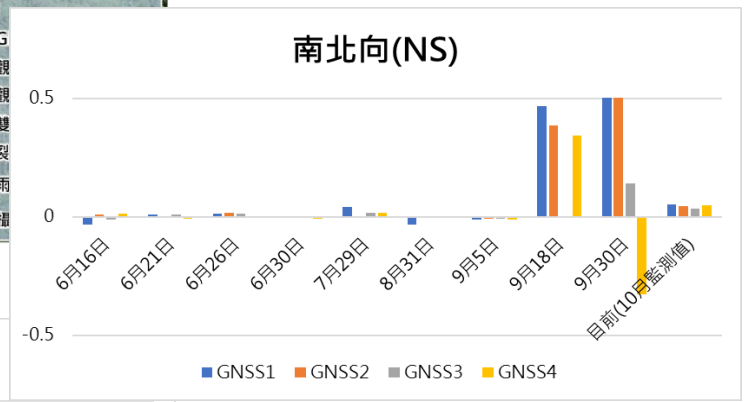
富里鄉-富南村-電台山T004

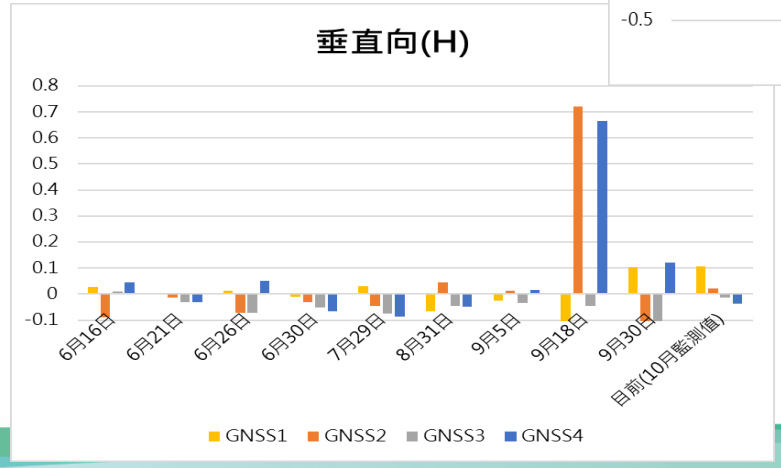
E-GNSS 觀測資料分析

EW	6月16日	6月21日	6月26日	6月30日	7月29日	8月31日	9月5日	9月18日	9月30日	目前累積變位量
GNSS1	-0.02	-0.025	-0.045	-0.096	-0.119	-0.105	-0.093	-0.254	1.007	1.106
GNSS2	0.007	0.005	0	-0.009	-0.003	-0.024	-0.016	-0.253	1.008	0.979
GNSS3	0.01	0.023	0.037	0.048	0.066	0.059	0.056	0.05	0.018	-0.025
GNSS4	-0.029	-0.058	-0.092	-0.075	-0.093	-0.075	-0.074	-0.265	-0.041	-0.122
NS	**6月16日**	**6月21日**	**6月26日**	**6月30日**	**7月29日**	**8月31日**	**9月5日**	**9月18日**	**9月30日**	**目前累積變位量**
GNSS1	-0.033	-0.024	-0.011	-0.008	0.032	-0.002	-0.012	0.456	1.09	1.142
GNSS2	0.01	0.004	0.02	0.017	0.013	0.013	0.004	0.389	1.045	1.09
GNSS3	-0.012	-0.001	0.011	0.011	0.027	0.024	0.015	0.014	0.154	0.19
GNSS4	0.012	0.004	0.008	-0.001	0.017	0.015	0.002	0.345	0.019	0.069
H	**6月16日**	**6月21日**	**6月26日**	**6月30日**	**7月29日**	**8月31日**	**9月5日**	**9月18日**	**9月30日**	**目前累積變位量**
GNSS1	0.028	0.032	0.046	0.036	0.066	-0.001	-0.025	-0.422	-0.318	-0.213
GNSS2	-0.089	-0.103	-0.175	-0.205	-0.25	-0.204	-0.191	0.531	-2.272	-2.25
GNSS3	0.01	-0.021	-0.093	-0.145	-0.221	-0.268	-0.302	-0.348	-0.505	-0.52
GNSS4	0.046	0.014	0.066	-0.001	-0.089	-0.137	-0.121	0.543	0.665	0.629







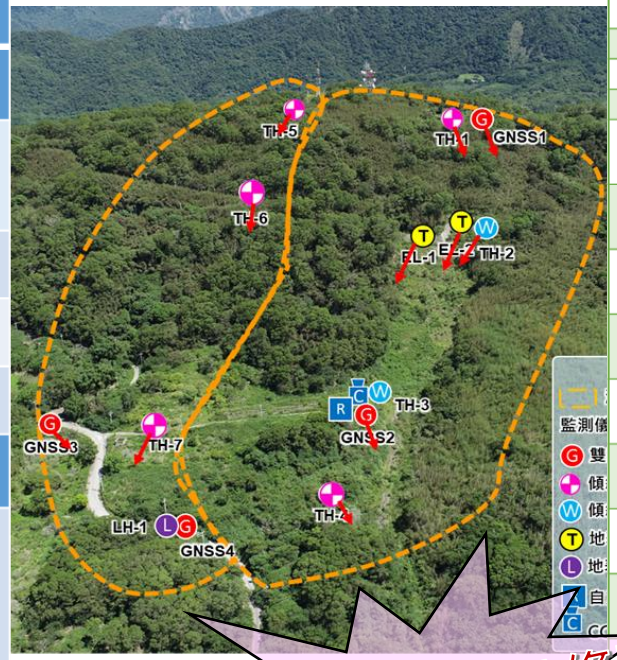


肆、監測資訊

管理基準值評估與基準值建議

■ 本計畫採用較保守-雨量暫以24小時累積雨量400mm作為警戒值

電台山崩塌地					
孔位編號	TH-1 (60m)	TH-4 (40m)	TH-5 (50m)	TH-6 (40m)	TH-7 (30m)
地中傾斜管 (mm/日)	0.028	0.089	0.012	0.033	0.015
常時水位(m)	59.80	4.00	50.00	35.28	2.95
雨季水位(m)	55.83	0.70	45.5	32.66	1.70
颱風事件(m)	55.77	0.60	45.34	33.93	0.95
水位觀測井編號	TH-2 (30m)	TH-3 (40m)	地表雙軸編號	EL-1	EL-2
地中傾斜管 (mm/日)	-	0.031	地表雙軸 (°)	0	0.1
常時水位(m)	25.65	6.40			
雨季水位(m)	23.61	4.20			
颱風事件(m)	23.58	3.27			



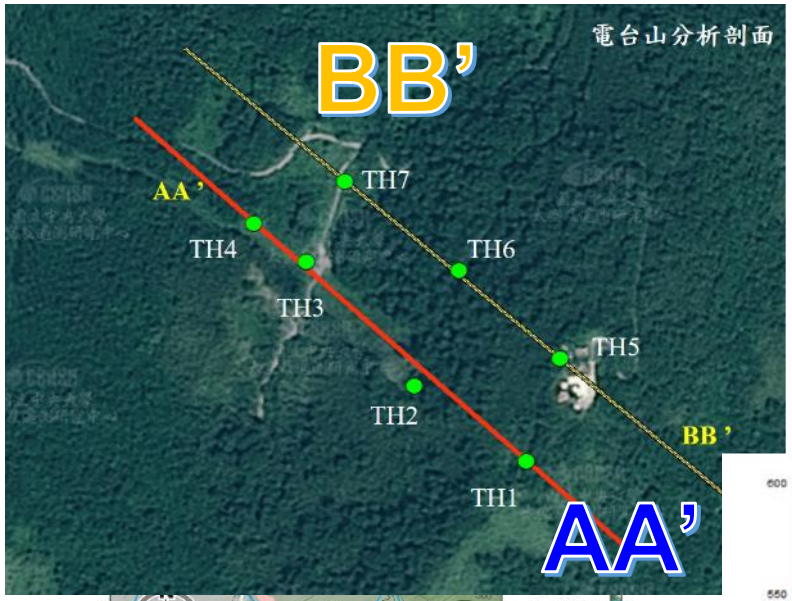
持續觀測並滾動修正

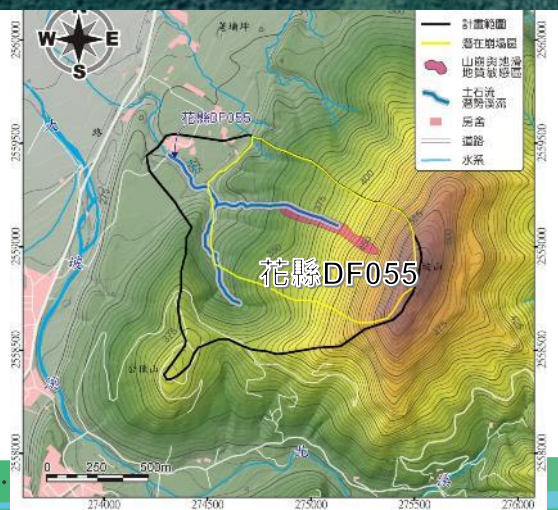
設備種類	編號	隸屬塊體	管理基準值	
			注意值	警戒值
雨量	RA-1	M1	-	400 mm
地下水	TH-1	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-2	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-3	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-4	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-5	M2	-5 m	-3 m
地下水	TH-6	M2	-5 m	-3 m
地下水	TH-7	M2	-5 m	-3 m
地表傾斜計(雙軸)	EL-1	M1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	EL-2	M1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
孔內傾斜儀	BH-1	M1	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-3	M1	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-4	M1	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-5	M2	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-6	M2	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-7	M2	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
地表伸縮裂縫計	LH1	M2	1日:30 mm 7日:50 mm	1日:50 mm 7日:100 mm
雙頻GNSS	GNSS1	M1	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm
雙頻GNSS	GNSS2	M1	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm
雙頻GNSS	GNSS3	M2	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm
雙頻GNSS	GNSS4	M2	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm

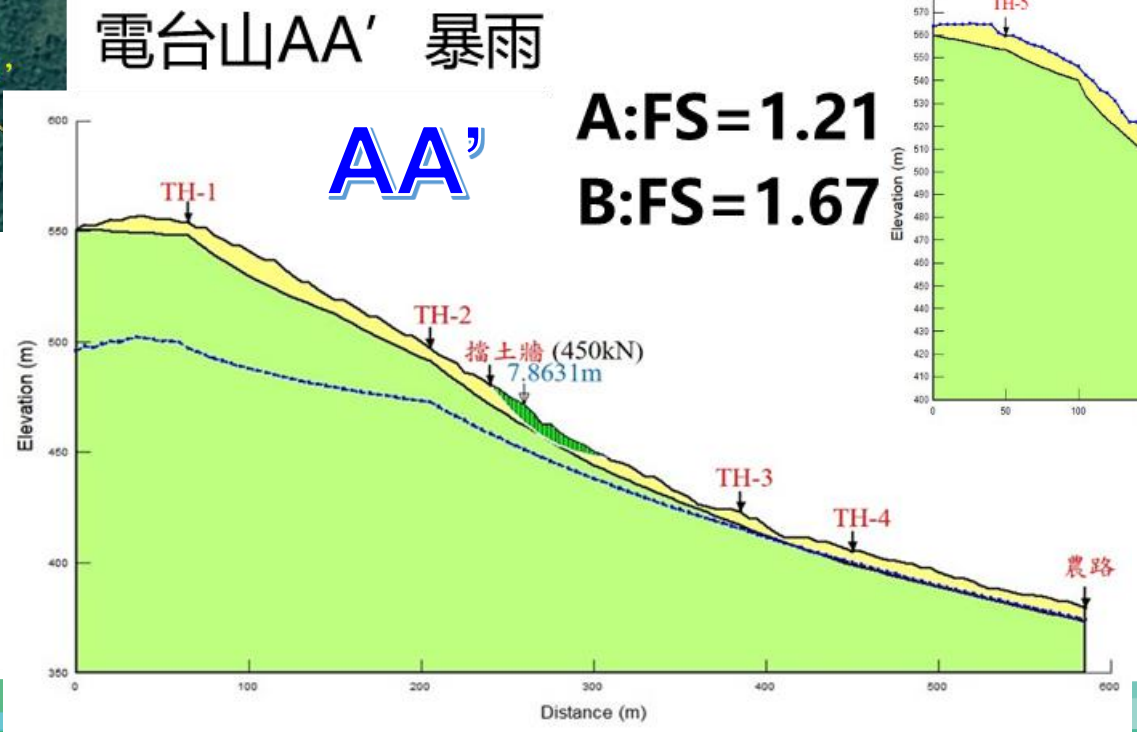
伍、安定分析

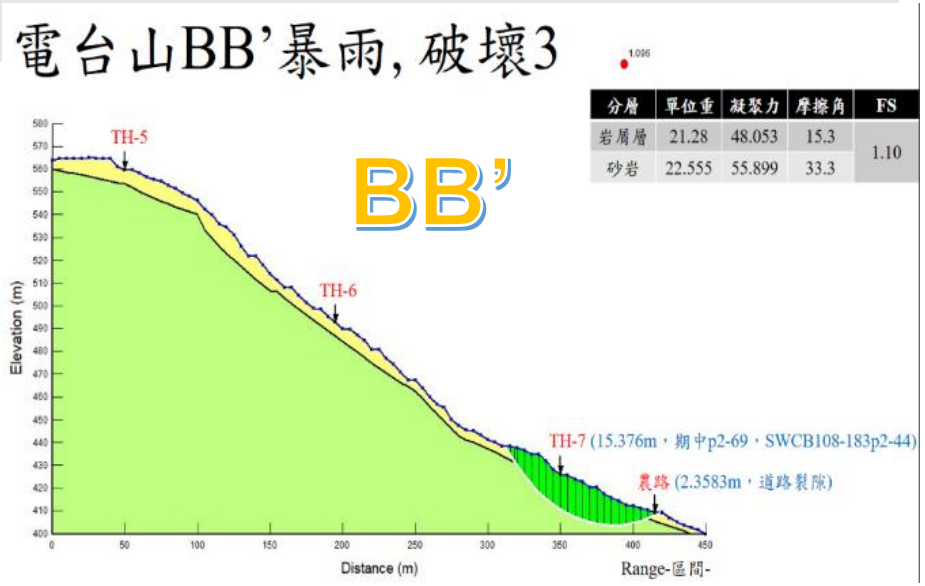
計畫區邊坡穩定分析

1. 107年整治，設置擋土設施，TH2穩定，初步成效達成
2. M1崩塌區所崩塌產生之土砂(殘土)，還是會隨著地表逕流慢慢的朝下邊坡運移，若未進行相關治理，時間久，未來還是有可能將造成本土石流潛勢溪流二次土砂災害，進而影響調查區下方民宅之安全性，考量邊坡長期穩定與地區安全，建議整體治理策略以先穩定崩塌源頭，減少土砂來源，再進行土石流抑止工程









分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	1.10
砂岩	22.555	55.899	33.3	

陸、改善建議

富里鄉-富南村-電台山T004

1. TH7下方趾部排水與既有道路排水做銜接
2. TH4下方擋土牆底端設置沉砂空間，並搭配過水路面，增設長約60m寬3.5m土袋溝，以及土袋式沉砂池25m×8m×2m一座，以保持本區土砂穩定
3. TH3下方溪溝土砂，透過裝填，進行土袋安置
4. 下游土石流潛勢溪流之坑溝設置靜水池，並設置土袋溝，以本區土砂穩定

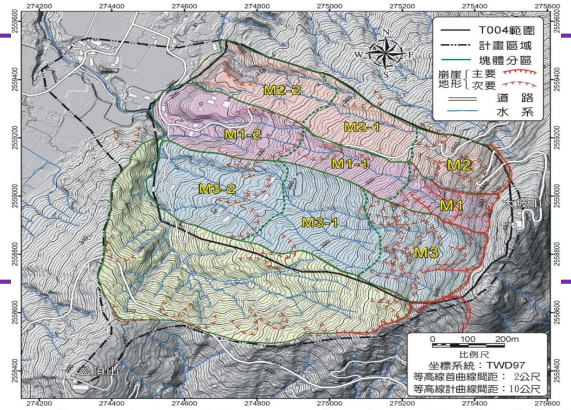


編號	期別	工程內容	價格	建議執行單位
1	1	裂縫填補總長75m 橫向集水管洗孔	450,000	水土保持局
2	1	道路排水改善(0.30X0.75X85m) 石子路面85m寬2.5m 鋼軌樁(2m間距80支12m深)橫向集水管20m深2吋管扇形打設16支設置3座靜水池	4,350,000	花蓮縣政府
3	2	擋土牆改善2.5m*65m 排水溝改善(0.30*0.60*80	1,900,000	花蓮縣政府
4	2	土袋溝(5m*2.5m*140m) (0.6m*0.6m*160m) 靜水池3座(40m一座) 橫向集水管20m深2吋管扇形打設30支	3,725,000	水土保持局
5	3	產業道路排水改善 (0.30X0.75X300m) 靜水池*6座	1,350,000	花蓮縣政府
6	2	土袋溝(5m*2.5m*160m) 靜水池3座 管涵1座(1m直徑長5m)	1,750,000	水土保持局

結論-電台山

調查與監測分析

- 電台山於本年度的颱風豪雨及地震事件下，無明顯災害發生，顯示前期之治理工程有發揮明顯之工程做為。
- T004潛在崩塌地的整體地表變位顯示，主要偏移方向為西南方向。若以整體來看，坡面無明顯變動情況，建議後續應持續進行地表量測作業
- 目前電台山計畫區地表裂隙多分布於邊坡中段附近，坡頂之砂岩層區域較少發生，這些裂隙多屬淺層滑動造成，因此須特別注意邊坡中段的堆積區域，透過持續的觀測來了解後續變動情況



管理基準值

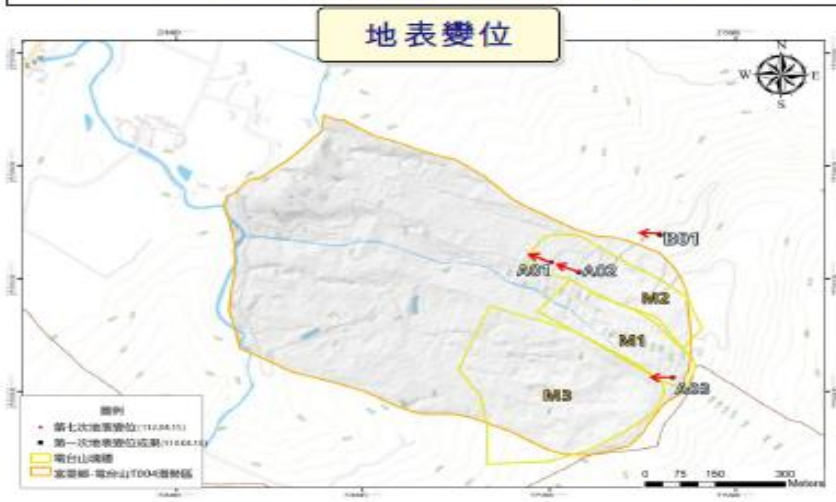
近兩年監測期間未有致災性的颱風豪雨事件，來進行比對驗證，雖降雨量及地下水位資訊尚足以進行管理基準值訂定工作，本年度雖有較大的地震事件進行佐證，目前仍維持其相關基準值。

設備種類	編號	隸屬塊體	管理基準值	
			注意值	警戒值
雨量	RA-1	M1	-	400 mm
地下水	TH-1	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-2	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-3	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-4	M1	-5 m	-3 m
地下水	TH-5	M2	-5 m	-3 m
地下水	TH-6	M2	-5 m	-3 m
地下水	TH-7	M2	-5 m	-3 m
地表傾斜計(雙軸)	EL-1	M1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	EL-2	M1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
孔內傾斜儀	BH-1	M1	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-3	M1	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-4	M1	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-5	M2	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-6	M2	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
孔內傾斜儀	BH-7	M2	1日:0.5 mm 7日:2 mm	1日:1 mm 7日:20 mm
地表伸縮裂縫計	LH1	M2	1日:30 mm 7日:50 mm	1日:50 mm 7日:100 mm
雙頻GNSS	GNSS1	M1	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm
雙頻GNSS	GNSS2	M1	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm
雙頻GNSS	GNSS3	M2	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm
雙頻GNSS	GNSS4	M2	1日:50 mm 7日:150 mm	1日:100 mm 7日:300 mm

花蓮縣-富里鄉-T004(電台山)大規模崩塌潛勢區總圖



地表變位



地表裂隙位置圖

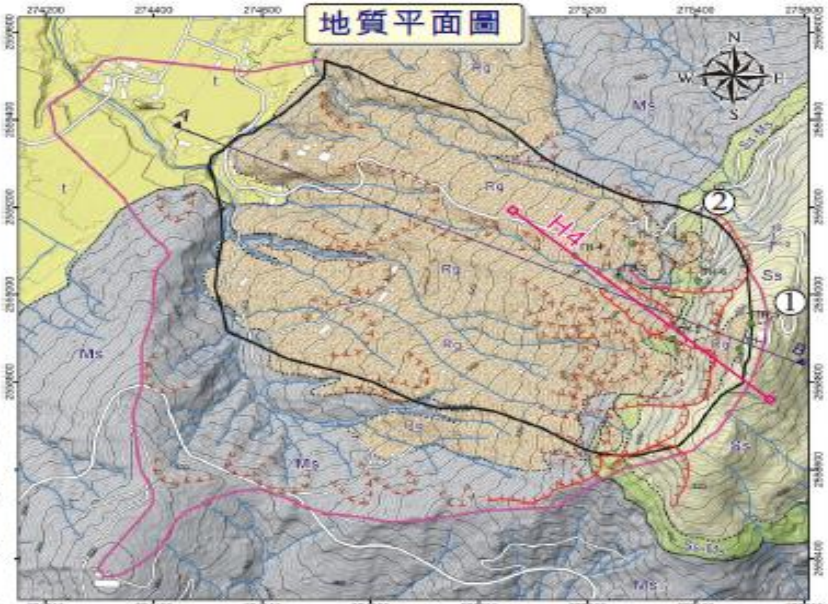


基本資料	位置：花蓮縣富里鄉富南村 面積：計畫區域99公頃；T004崩塌地58公頃。 坡度：平均坡度約15度。 坡向：平均坡向為北偏西65度。 地形概況：位於大坡山的西北側邊坡，坡度由東南向西北緩降至平原區，除頭部附近較陡峭外，其餘主要坡面多為三、四級坡。
地質概況	地層：利吉層　　邊坡性質：逆向坡 岩性：利吉層泥岩、砂岩及泥岩夾砂岩層，與地表之岩屑層。 地層位態：N10~30E/10~35E (邊坡上方砂岩層) 地下水位：砂岩區地表下50~60m，泥岩夾砂岩區25.7~35.3m，泥岩區3.0~6.4m。 崩塌原因：地表岩屑層主要由已崩塌之泥岩混雜岩塊所組成，厚度2.7~6.3m，由於結構較為鬆散，容易受降雨及地表逕流沖蝕，進而產生淺層崩塌。

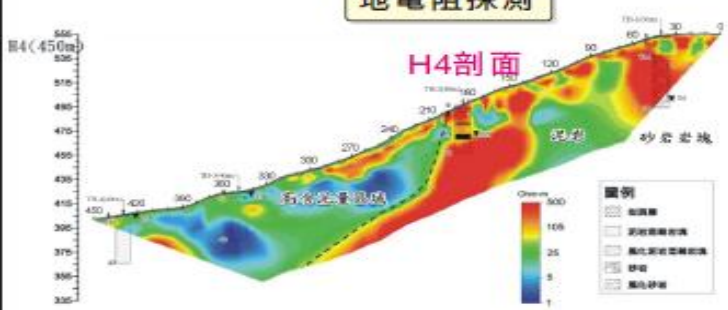
3D地形模擬



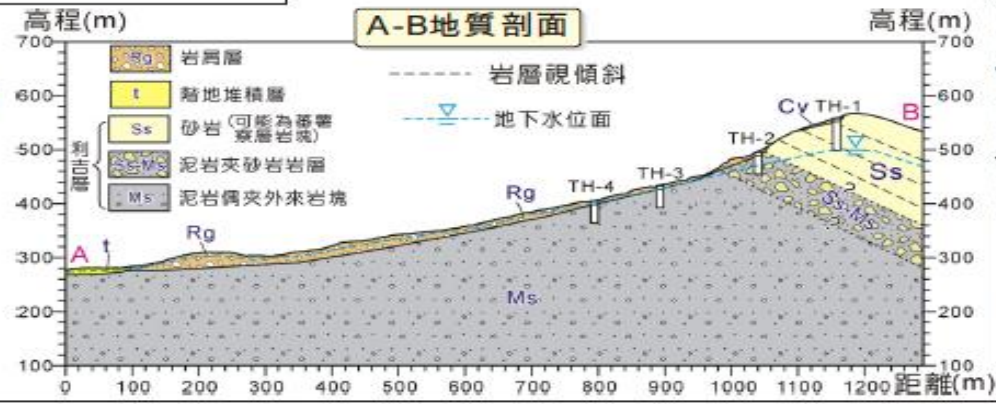
地質平面圖



地電阻探測



A-B地質剖面



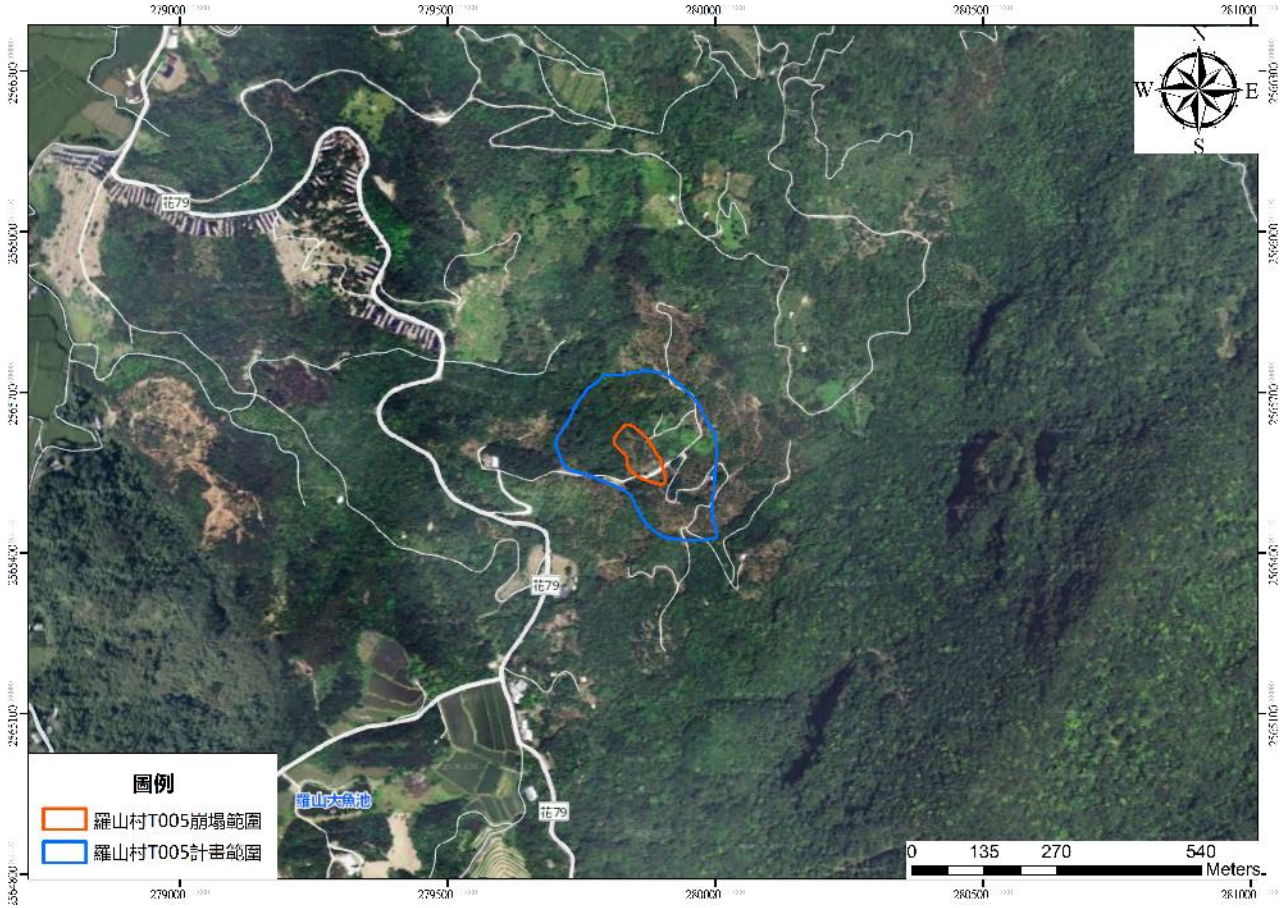




2.富里鄉-羅山(T005)計畫區

計畫範圍





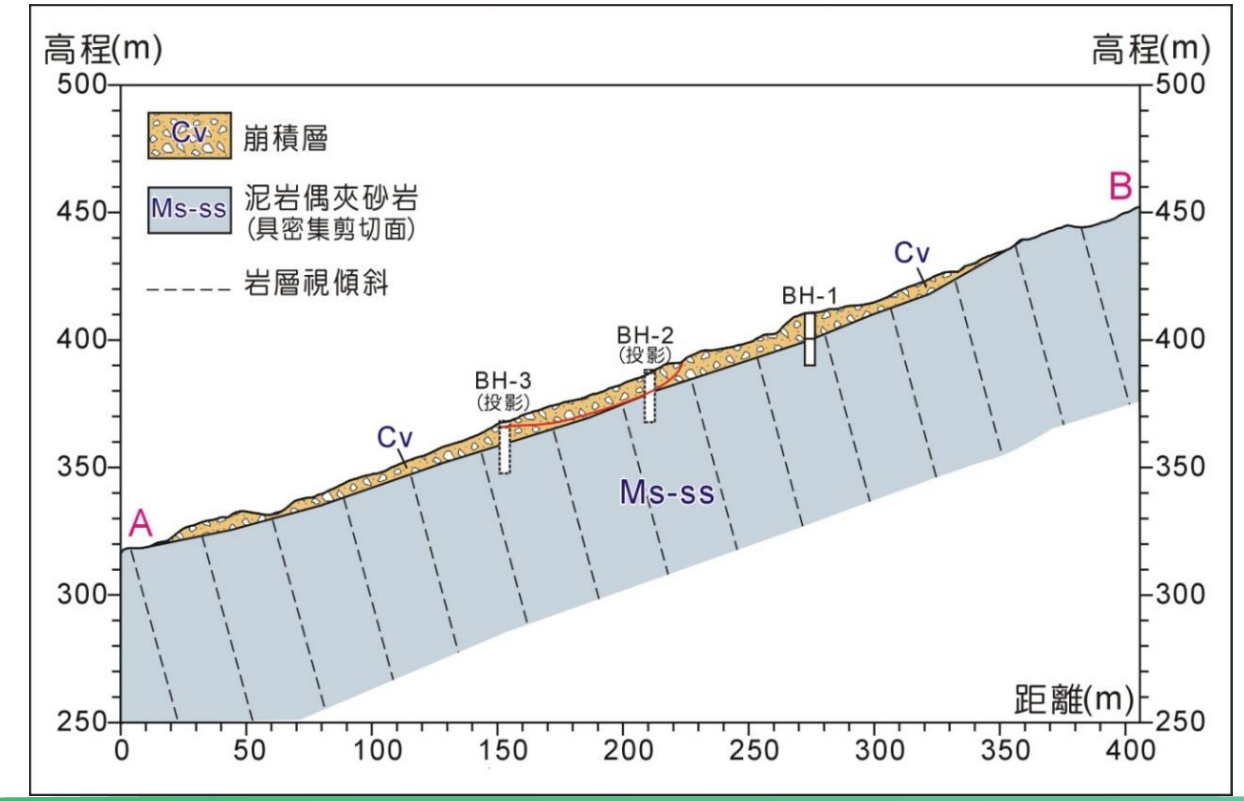
羅山大規模計畫區面積50公頃
羅山大規模潛勢區面積22.68公頃

壹、基本資料

崩塌地現況調查及前後資料分析

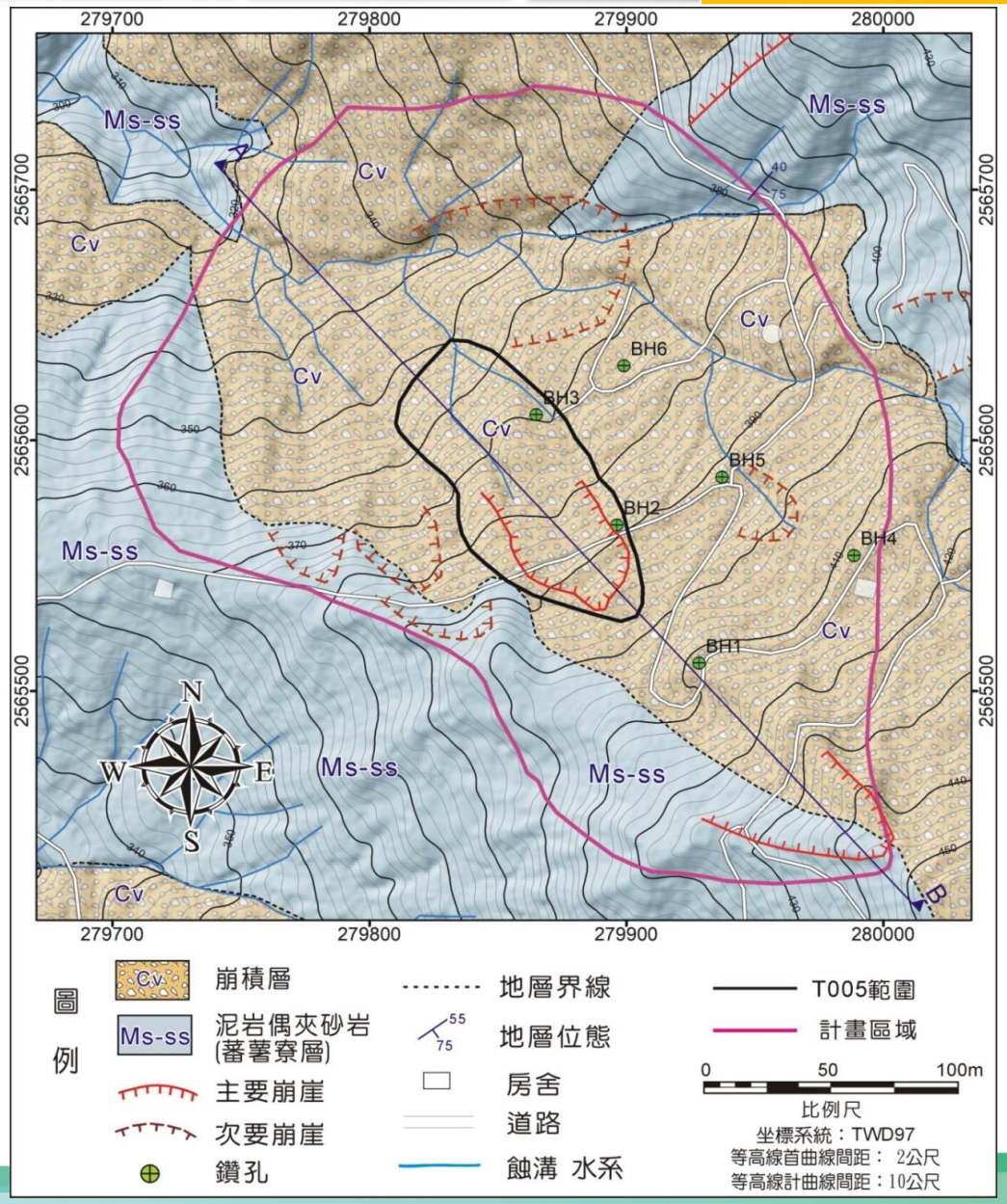
(一)前期資料蒐集(包含區域環境調查及細部調查)

- 本地區主要由蕃薯寮層所組成，岩盤地層由泥岩改為泥岩偶夾砂岩



現況調查

富里鄉-羅山村
T005



壹、基本資料

現況調查

富里鄉-羅山村
T005

崩塌地現況調查及前後資料分析

0918地震後勘查









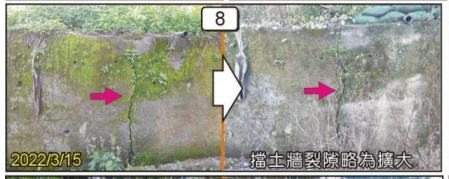






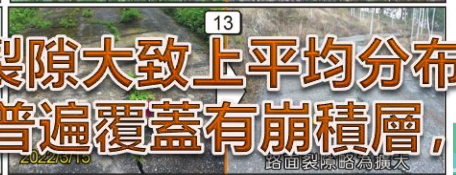


































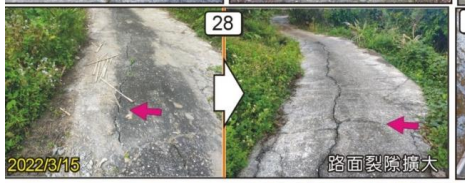
























0918地震後的地表裂隙大致上平均分布於區內各農路路面及擋土結構，顯示調查區域各地表普遍覆蓋有崩積層，易於豪雨或地震後發生潛移變形

壹、基本資料

崩塌地現況調查及前後資料分析

歷年遙測影像





富里鄉-羅山村
T005

本區過去為農園果園的開發，近十年則以檳榔為主要，內含相關果園及苗木的栽種。從各期影像來看，植被自2010年，改以種植檳榔為主，周邊雖有裸露地、但看得出皆為人工開墾所致，但從歷史山崩來觀察，本區並無明顯的崩滑現象，計畫區則有較明顯的滑動裸露，整體來看，因計畫區及週邊有農業行為，對周邊的邊坡穩定性影響很大



2010 福衛二號



20161031 SPOT2



2019 SPOT2



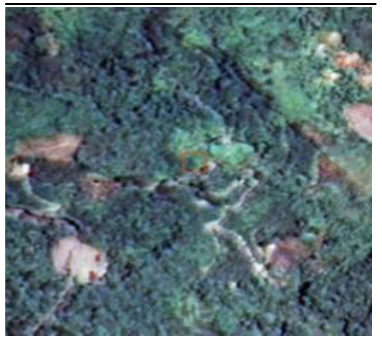
2020 SPOT2



2022.4.18 UAV 拍攝



2022.09.19 UAV拍攝



2012 福衛二號



20170218 SPOT2



2020.03.11 UAV 拍攝



2021.10.18 UAV 拍攝



2022.08.25 UAV 拍攝

貳、現地勘查

崩塌地現況調查及前後資料分析

富里鄉-羅山村
T005

坡地災害歷史及整治工程

01 多次土砂災害治理與風災搶修

民國90、93、94、100、106、107有針對本區進行土砂災害治理與風災搶修工程。

02 民國107年山竹颱風

連續降雨3天而產生地滑崩塌，致既有農路下邊坡擋土牆傾倒，農路中斷，影響了農民生計。







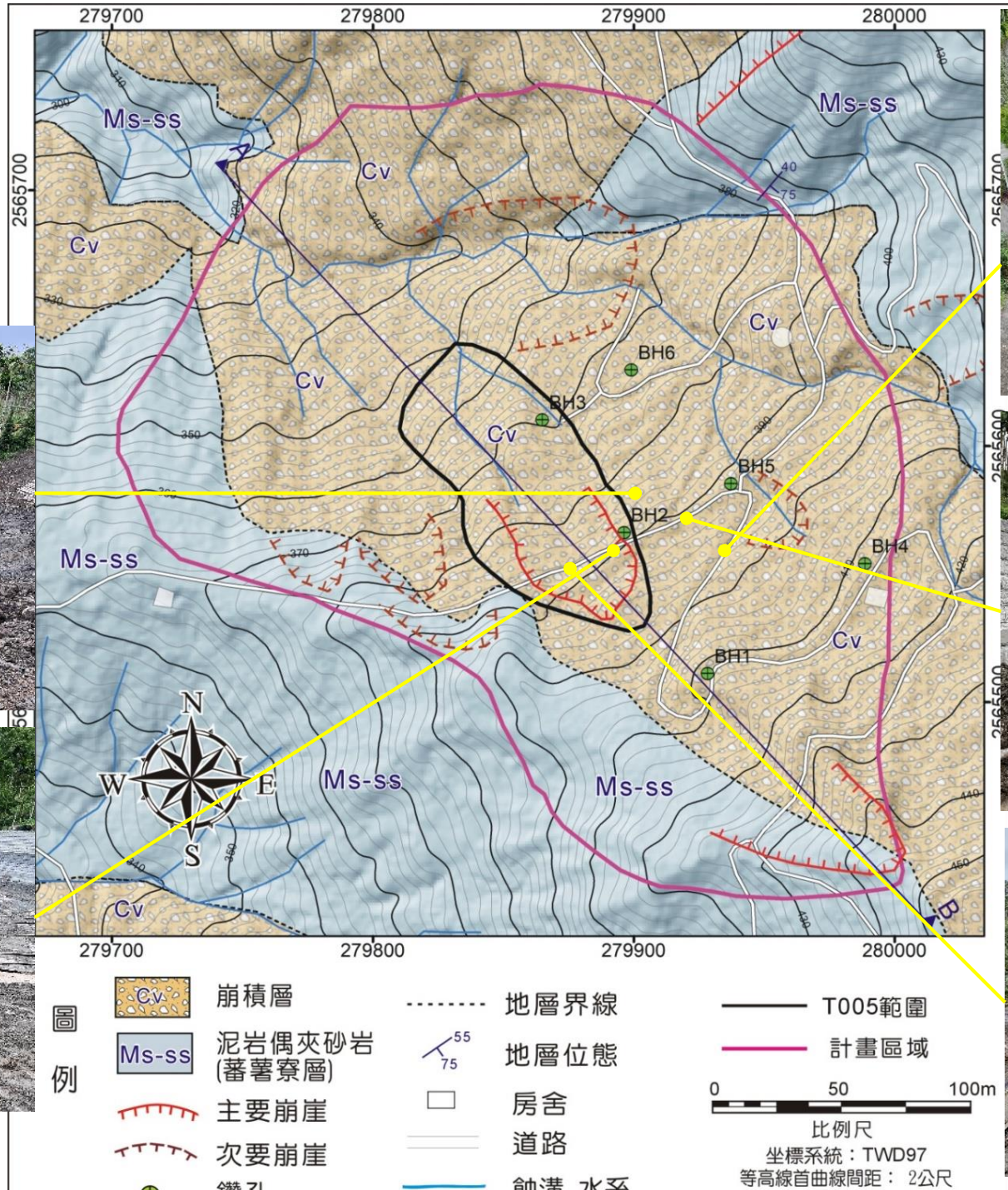


4月底改善工程工程完工後，目前現地現況如照片，
後續將持續監測，了解治理成效是否有達到其目的

羅山村 3/24現勘






279700
279800
279900
280000
2565700
2565600
2565500
Ms-ss
Cv
BH1
BH2
BH3
BH4
BH5
BH6
A
B
N
W
E
S
圖例
崩積層
泥岩偶夾砂岩(蕃薯寮層)
主要崩崖
次要崩崖
鑽孔
地層界線
地層位態
房舍
道路
T005範圍
計畫區域
0
50
100m
比例尺
坐標系統：TWD97
等高線首曲線間距： 2公尺





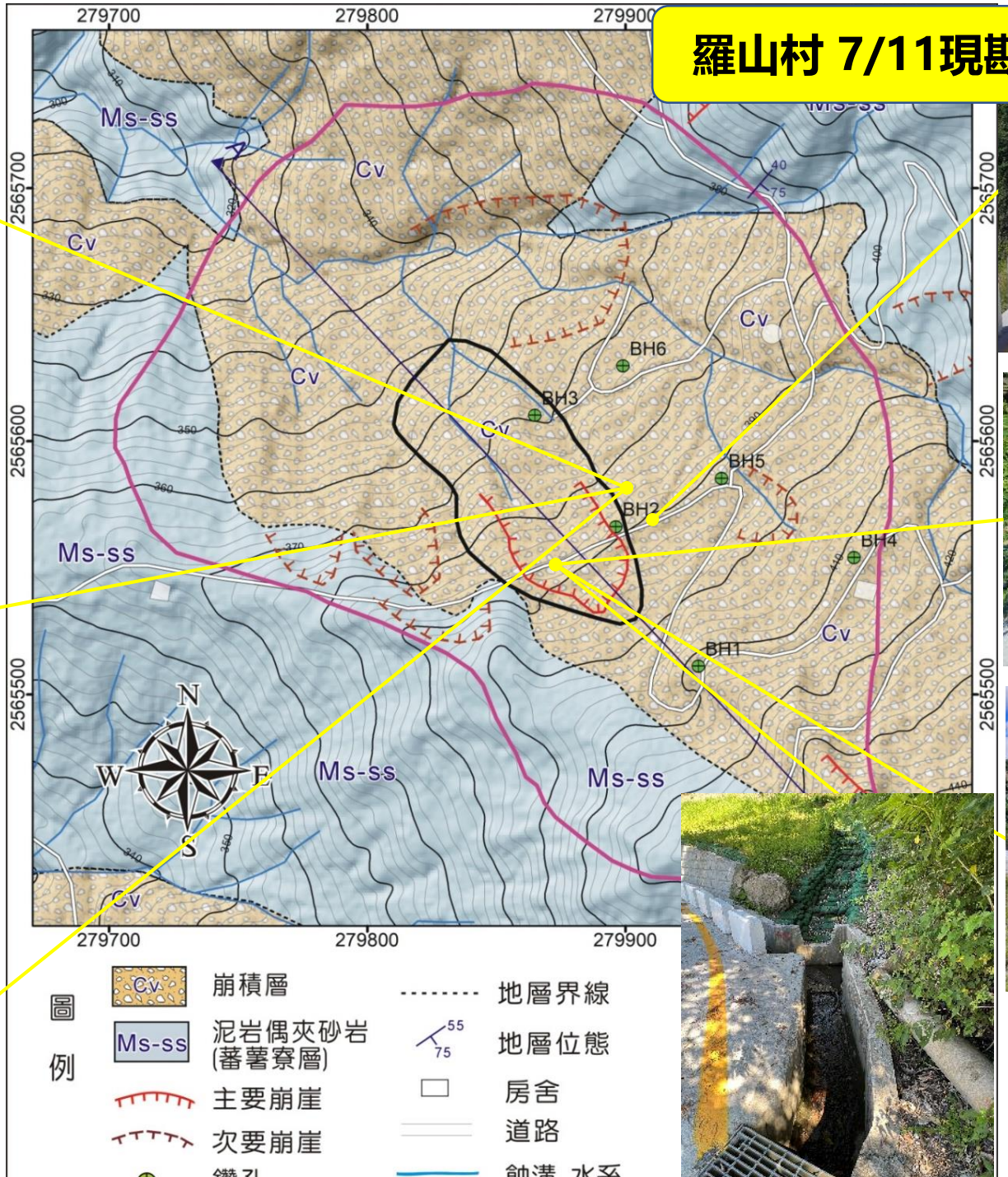


羅山村 7/11現勘








279700
279800
279900
2565700
2565600
2565500
Ms-ss
Cv
BH1
BH2
BH3
BH4
BH5
BH6
N
W
E
S
圖例
崩積層
泥岩偶夾砂岩(蕃薯寮層)
主要崩崖
次要崩崖
地層界線
地層位態
房舍
道路







羅山村 9/20現勘





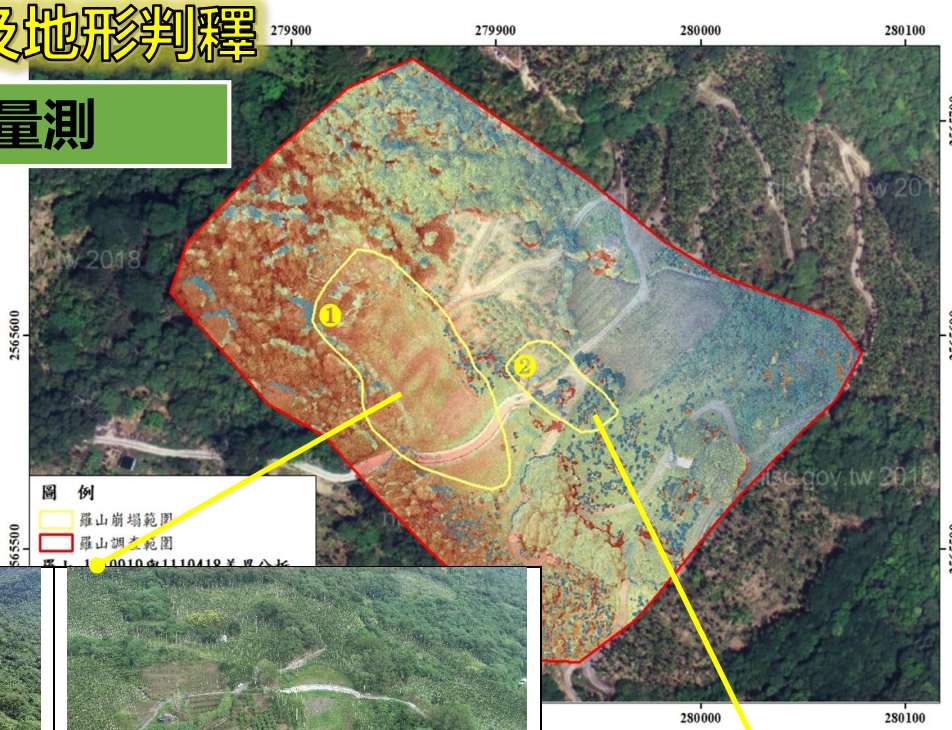

Ms-ss
Cv
BH6
BH3
BH5
BH2
BH4
BH1
N
W
E
S
279700
280000
2565700
2565600
2565500
圖例
崩積層
泥岩偶夾砂岩
(蕃薯寮層)
主要崩崖
次要崩崖
鑽孔
T005範圍
計畫區域
50
比例尺
坐標系統：TWD97
等高線首曲線間距： 2公尺
等高線計曲線間距：10公尺

參、遙測資訊

富里鄉-羅山村 T005

UAV空拍測繪及地形判釋

高精度UAV量測





111.04.18	111.09.19



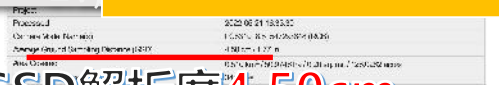


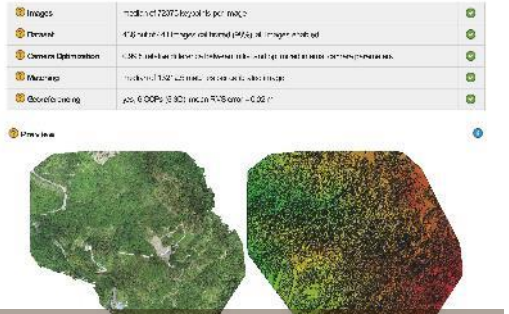




111.04.18	111.09.19

GSD解析度4.50cm

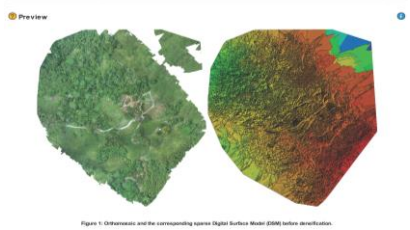




羅山T005精度報表成果

GSD解析度3.78cm





參、遙測資訊

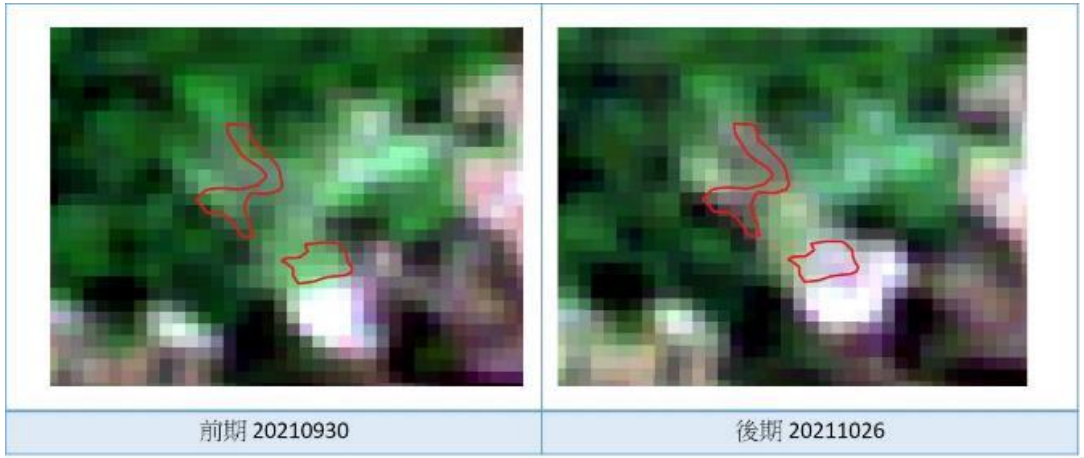
UAV空拍測繪及地形判釋

富里鄉-羅山村 T005

NDVI影像判釋分析（加值）

根據前後期光學影像，滿足下列條件：(1)前期為植生(綠)，後期為裸露地(黃、白)，(2)搭配GOOGLE MAP影像確認並非人為干涉範圍，框選出疑似新增崩塌地

事件日期	前期	後期
2021年10月 (圓規颱風)	20210930	20211026
2022年03月 (0323地震)	20220212	20220713



NDVI數值變化(2021年10月事件)

影像日期	MAJORITY	MAX	MEAN	MEDIAN	MIN	STD_DEV
20210930	0.4734	0.7152	0.5111	0.5160	-0.0252	0.1365
20220212	0.3886	0.7161	0.4704	0.4777	-0.1416	0.1544

NDVI數值變化(2022年3月事件)

影像日期	MAJORITY	MAX	MEAN	MEDIAN	MIN	STD_DEV
20220212	0.6219	0.7396	0.5157	0.5583	-0.1480	0.1505
20220713	0.7136	0.7620	0.5604	0.5969	-0.0038	0.1436

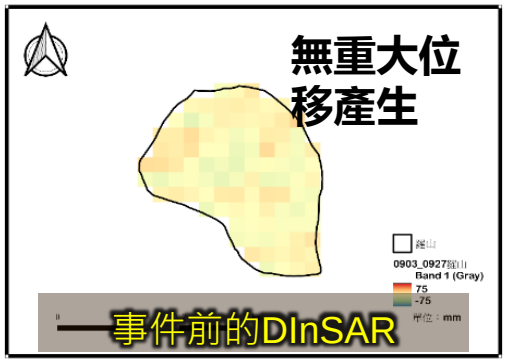
參、遙測資訊

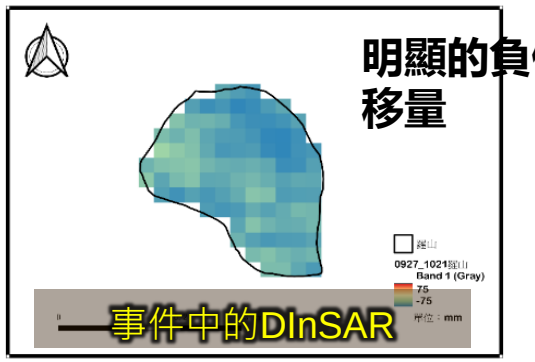
UAV空拍測繪及地形判釋

DInSAR影像判釋分析（加值）

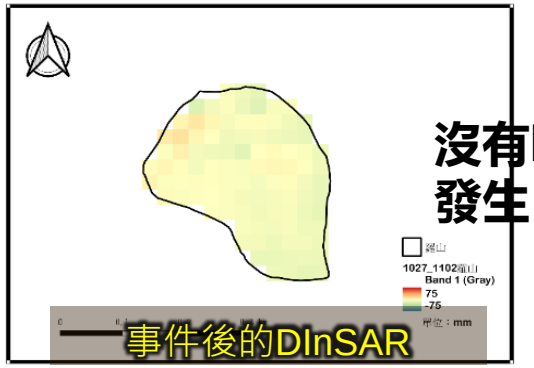
DInSAR三對影像

項次	主影像	副影像	時間基線(DAY)	空間基線(M)	軌道
1	2021/9/3	2021/9/27	24	67	Ascending
2	2021/9/27	2021/10/21	24	76	Ascending
3	2021/10/21	2021/11/2	12	68	Ascending





2021.10 圓規颱風



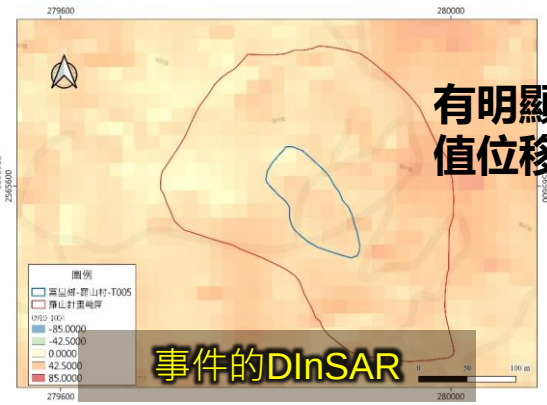






0323地震事件



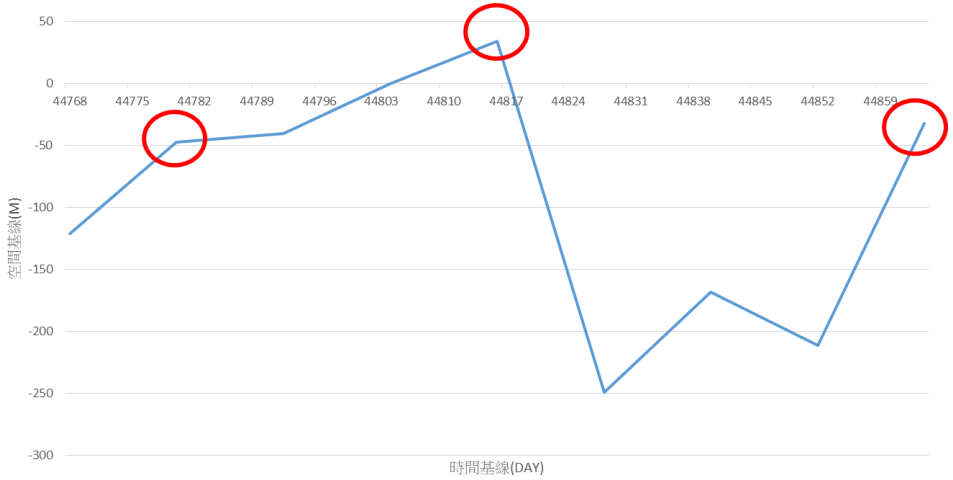


0918地震事件

參、遙測資訊

UAV空拍測繪及地形判釋

DInSAR影像判釋分析（加值）

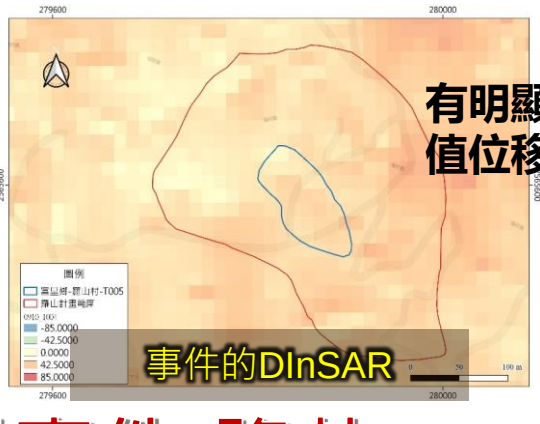


編號	主影像	副影像	軌道	時間基線(DAY)	空間基線(M)
1	20220807	20220912	Descending	36	81
2	20220912	20221030	Descending	48	66

無重大位移產生



事件前的DInSAR

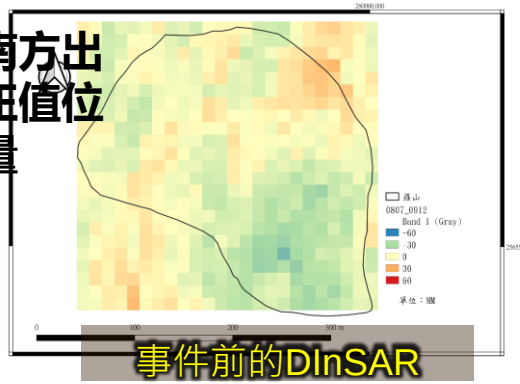


事件的DInSAR

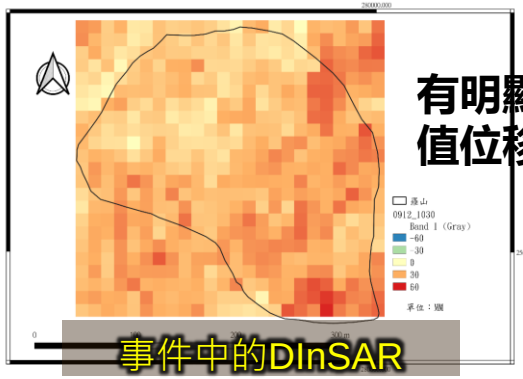
有明顯的正值位移量

0918地震事件(降軌)

西南方出現正值位移量



事件前的DInSAR



事件中的DInSAR

有明顯的正值位移量

0918地震事件(升軌)

為明顯成顯現地變動，本計畫另利用升軌與降軌之衛星進行比對。綜合現地因素，透過降軌影像的DINSAR成果得到LOS位移量朝降軌衛星方向移動(正值)，與現地資料符合。

肆、監測資訊

富里鄉-羅山村 T005

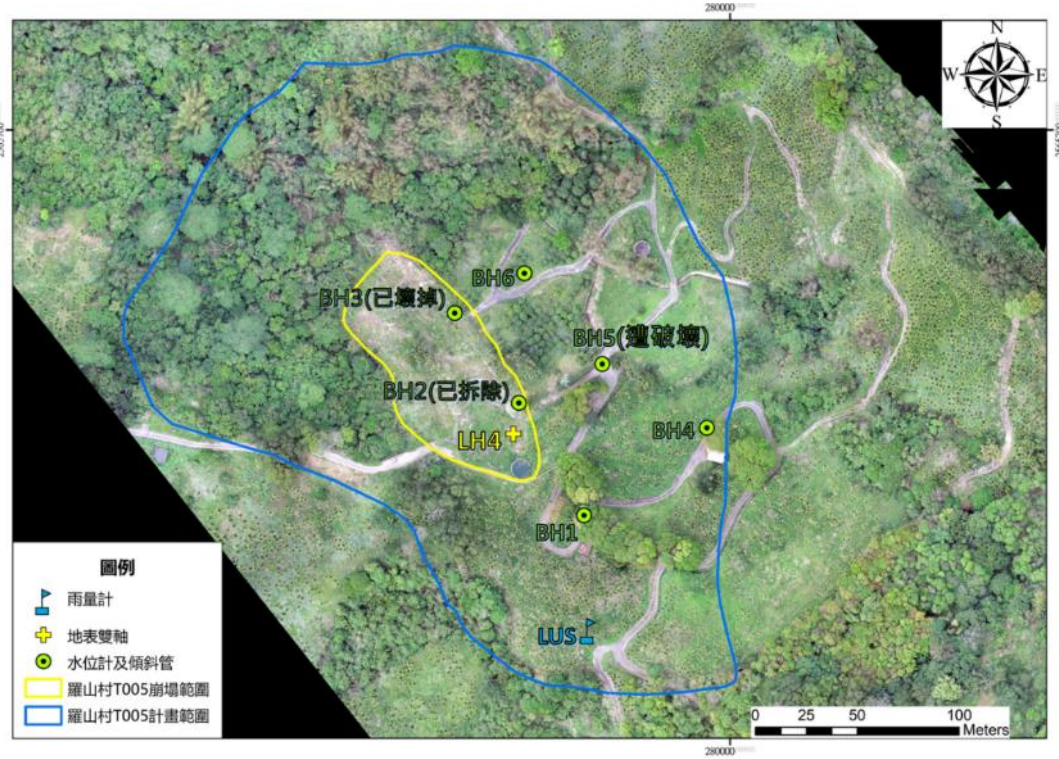
租賃

崩塌地活動性觀測-設備維護

羅山村T005監測配置

■將物理及影像資料，*儲存現地*外，亦採*無線傳輸*將資料回傳到*資訊接收站*逕行彙整資料
■*平時透過5G*將資料異地備份及上傳

項次	項目	種類	數量	設置/監測位置	說明
1	自計式水位計	壓力式水位計	1	BH6	LH1及LH6兼做水位觀測孔使用，採自計式水位計觀測地下水變化，每個月應量測一次
	自動化水位計	電子式水位計	1	BH1	監測資料每10-30分即時回傳
2	地中傾斜管	HQ	3	BH1、BH4、BH6	防汛期前1次，防汛期間(每年5月至10月)每2個月量測1次 2.震度5級弱含以上或颱風豪雨事件於當地24小時累積雨量超過400mm者，須加強觀測1(含)次
3	全自動地表雙軸傾斜儀	電子傾斜儀	1	BH2	自動式，目前連續 觀測資料傳輸，其中回傳頻率為10~30分鐘
4	雨量計	0.5mm	1	LUS	回傳頻率為10~30分鐘(資料彙集點)
5	電力設施	太陽能板、電池100H、充電控制器等	1	LUS	電力備援96小時

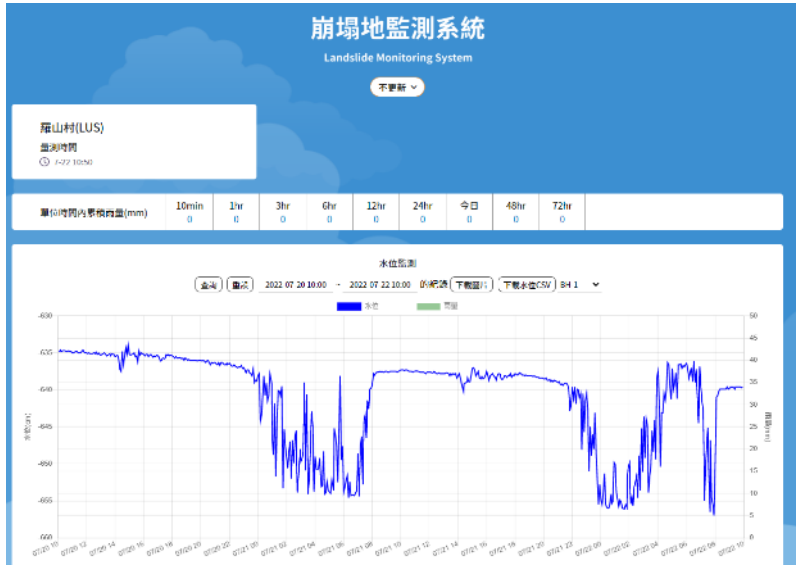


肆、監測資訊

富里鄉-羅山村
T005

崩塌地活動性觀測-設備維護

目前合計五次
3/26、6/24、9/5
9/19、11/28



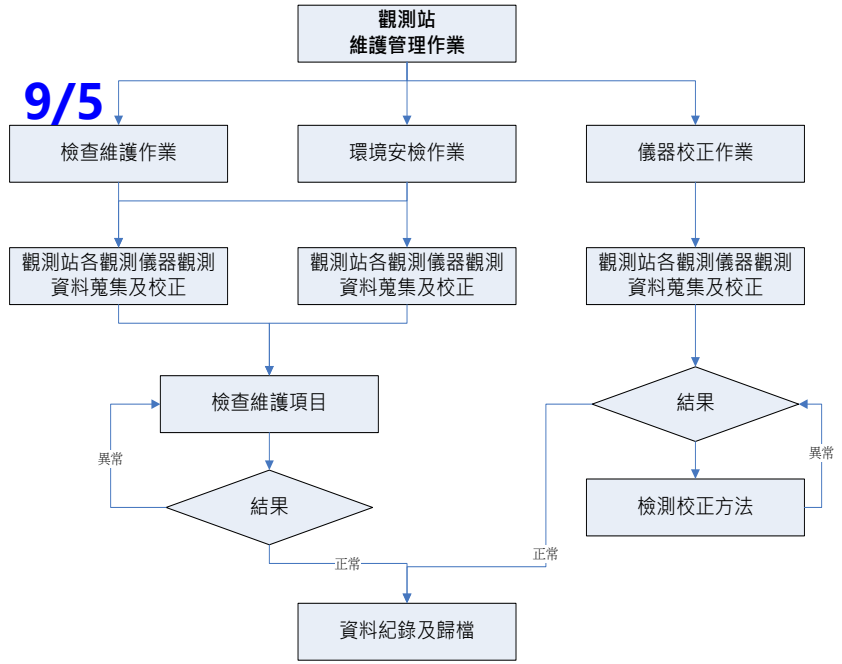












維運



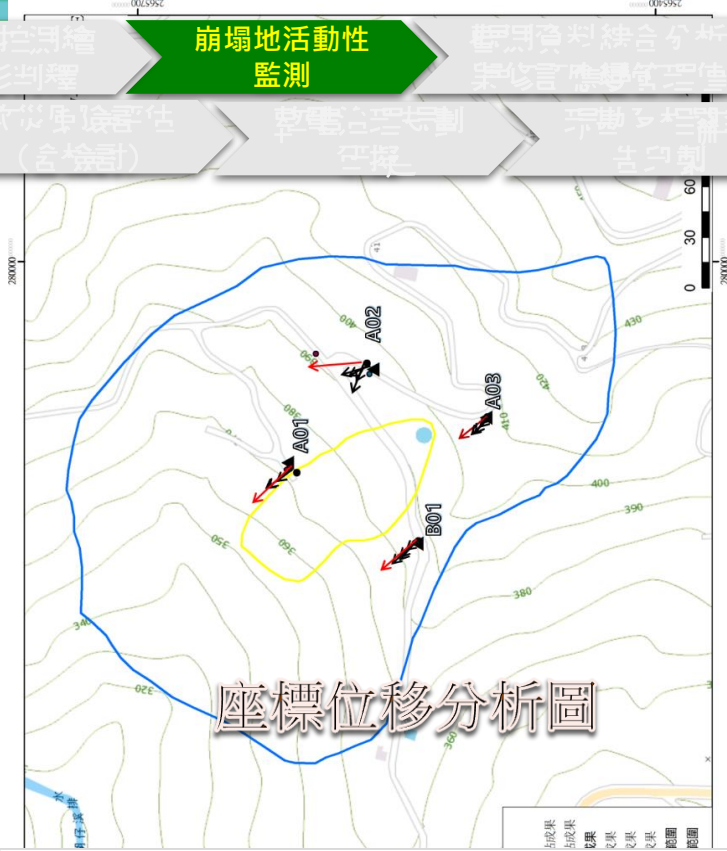
維運表單

肆、監測資訊

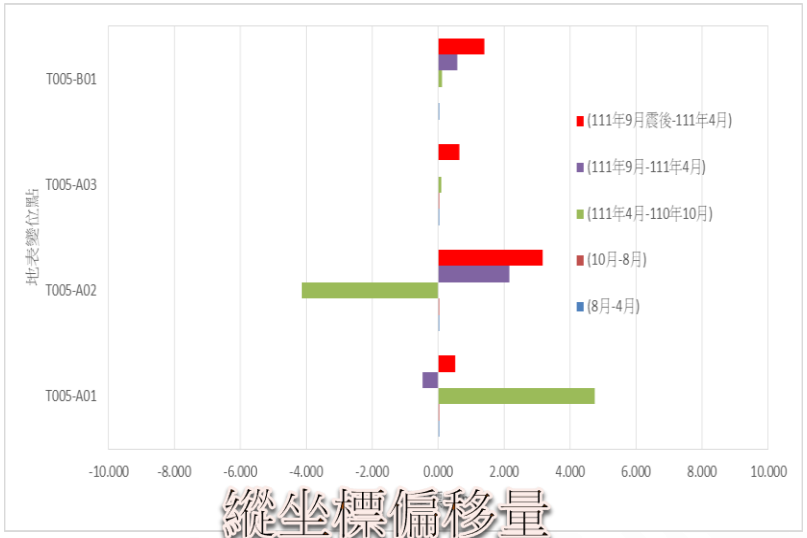
富里鄉-羅山村
T005

地表變位樁量測

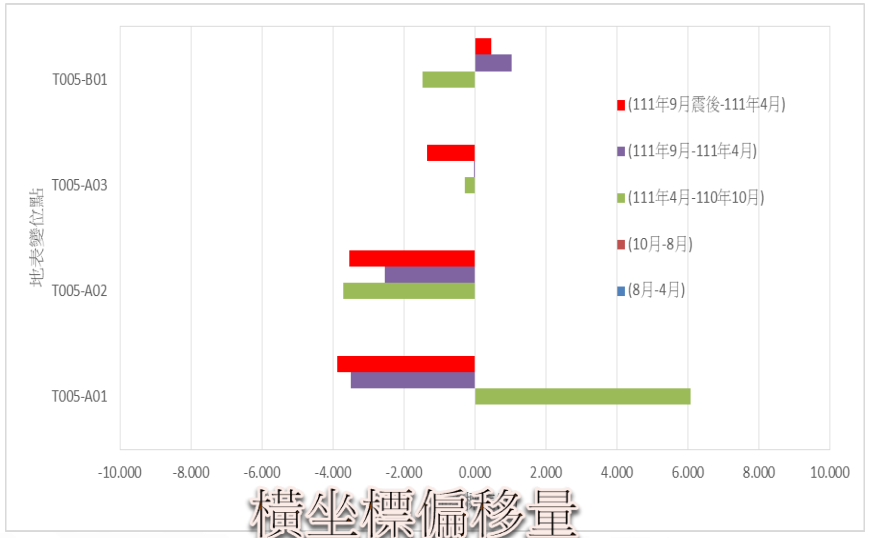
1. T004潛在崩塌地主要**偏移方向為西北方向**
2. 歷經110年10月的圓規颱風、今年0323及0918地震後，**明顯看出地表變位**
3. **0323**的變動量約0.007m~0.030 m，**0918地震**變動量約0.46 m~3.87 m，往**西北向**明顯



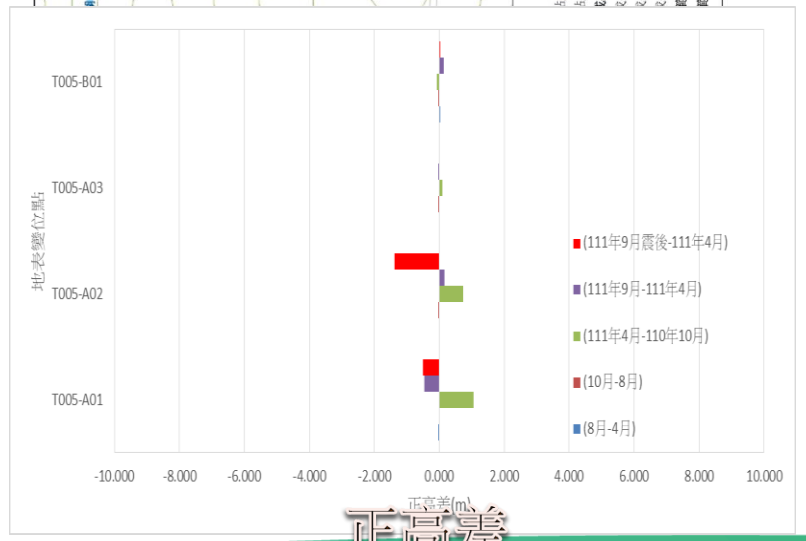
座標位移分析圖



縱坐標偏移量



橫坐標偏移量



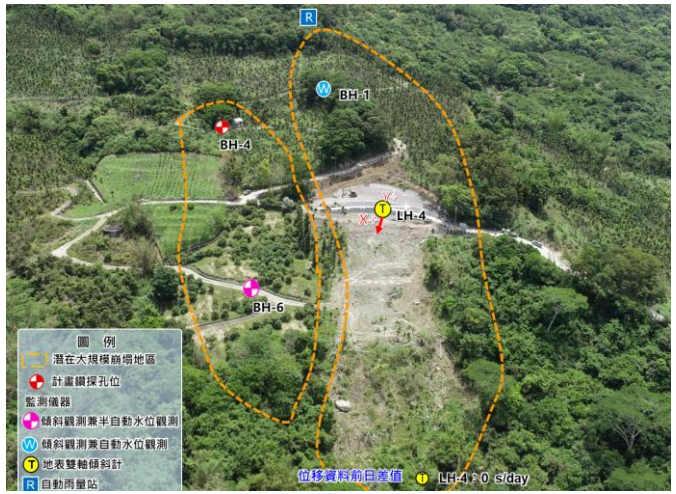
正高差

肆、監測資訊

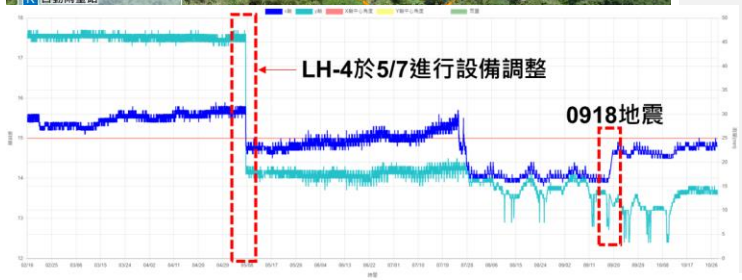
富里鄉-羅山村
T005

地表及水位監測成果

地表雙軸傾斜



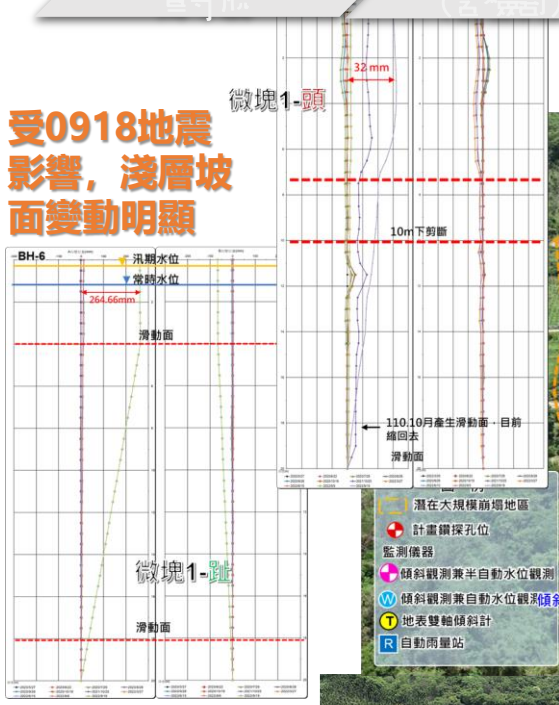


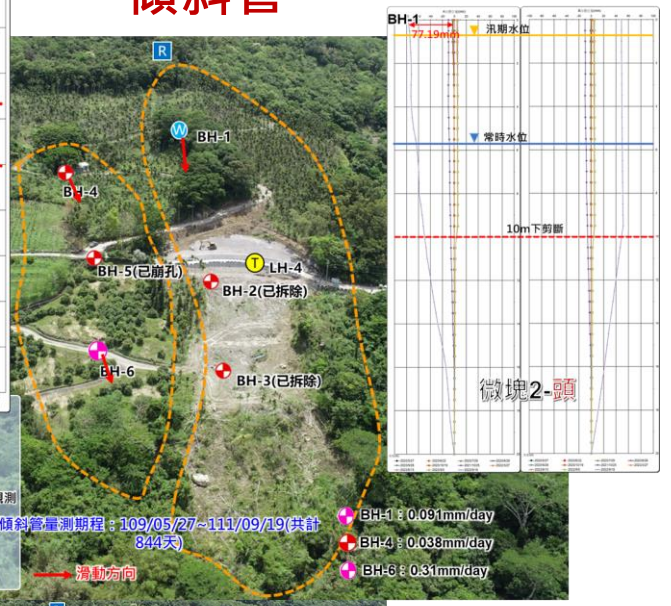


5/7調整移動至7月中旬間的數據，每日X軸及Y軸變動量約0.1～0.2秒之間跳動，目前X軸累積變動量約1.3秒，Y軸累積變動量約1.3秒

傾斜管

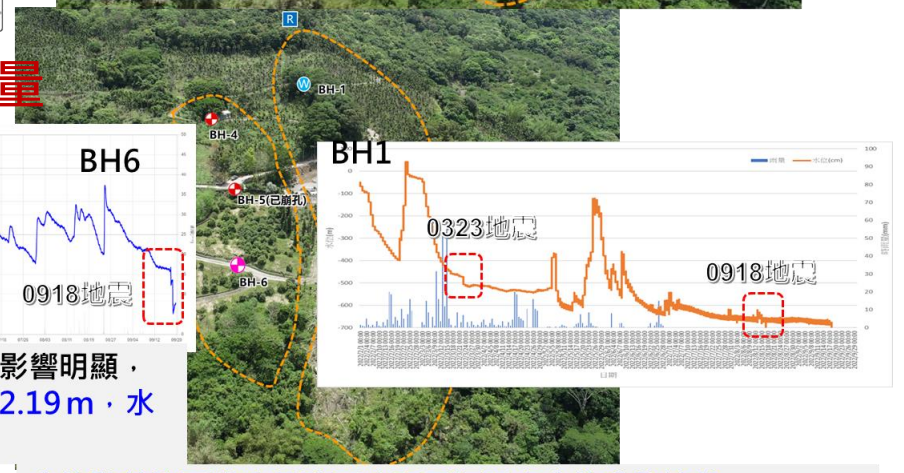
受0918地震影響，淺層坡面變動明顯





水位及雨量





整體來看，BH-6水位變動受降雨影響明顯，9/18地震時水位從1.68m驟降至2.19m，水位於震後緩慢回升

水位隨著降雨強度及降雨時間長短而有水位升降波動，在0918地震後，計畫區的地下水層產生變化，其地層內水位有變異跡象
後續將持續觀察水位是否受到降雨強度或者降雨時間影響，導致坡面穩定問題

肆、監測資訊

管理基準值評估與基準值建議

持續觀測並滾動修正

富里鄉-羅山村 T005

■ 本計畫採用較保守-雨量暫以24小時累積雨量400mm作為警戒值

羅山崩塌地				
孔位編號	BH-1 (20m)	BH-6 (20m)	地表雙軸編號	LH-4
常時水位(m)	5.78	1.6		
雨季水位(m)	0.56	0.21	地表雙軸(°)	1.3
颱風事件(m)	滿水位	滿水位		

設備種類	編號	隸屬塊體	管理基準值	
			注意值	警戒值
雨量	LUS	塊體1	-	400 mm
地下水	BH-1	塊體1	-1 m	-0.5 m
地下水	BH -6	塊體2	-5 m	-3 m
地表傾斜計(雙軸)	LH-4	塊體2	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S

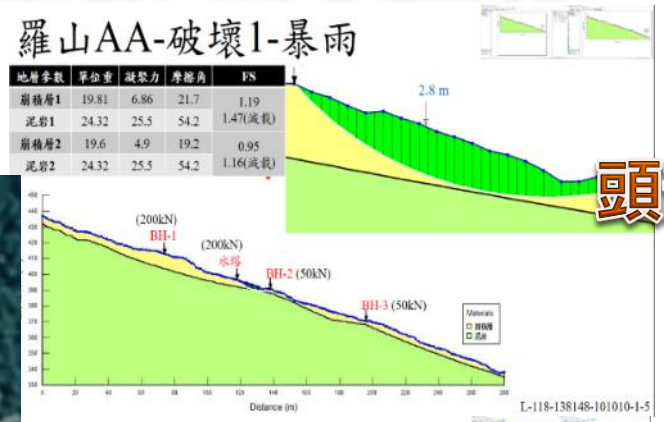


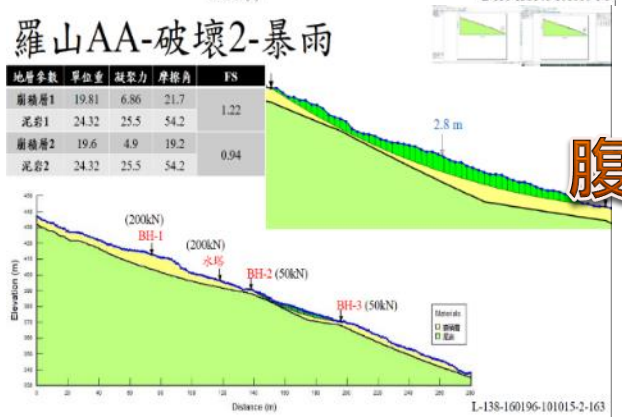
伍、安定分析

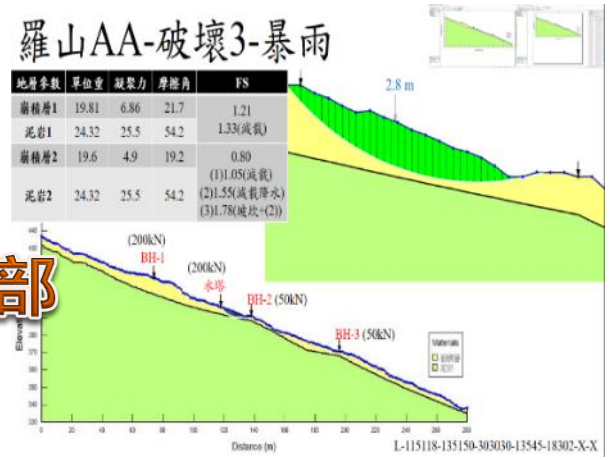
崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估

富里鄉-羅山村
T005

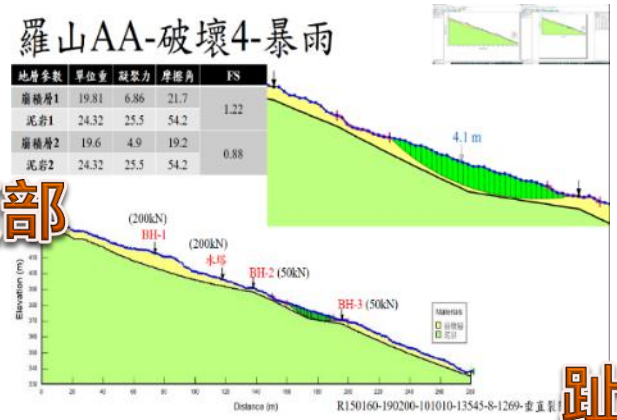




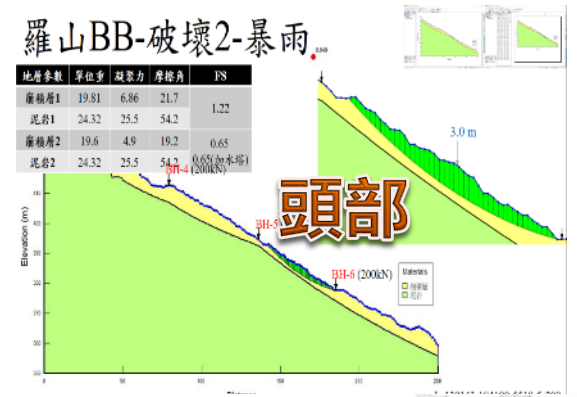




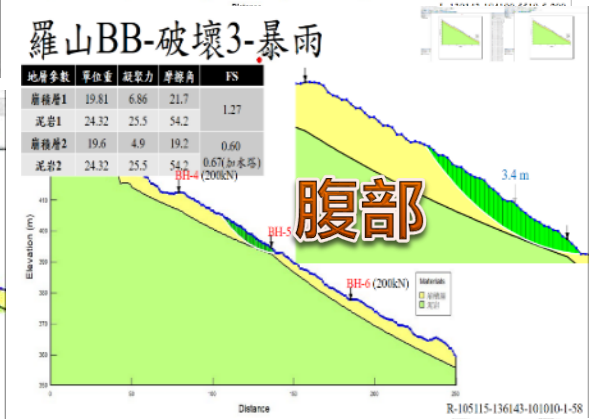
頭部



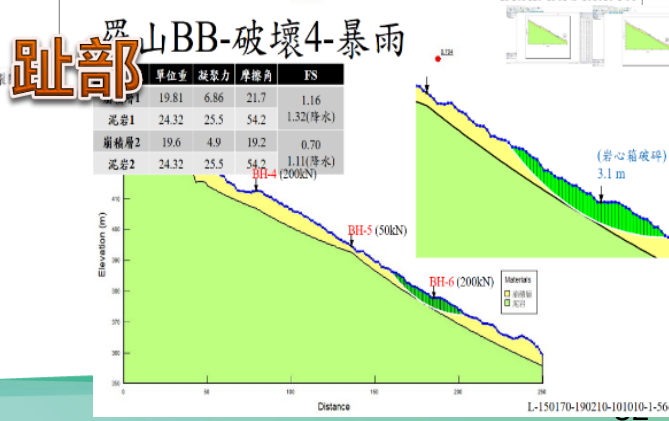
腹部



頭部



腹部



趾部

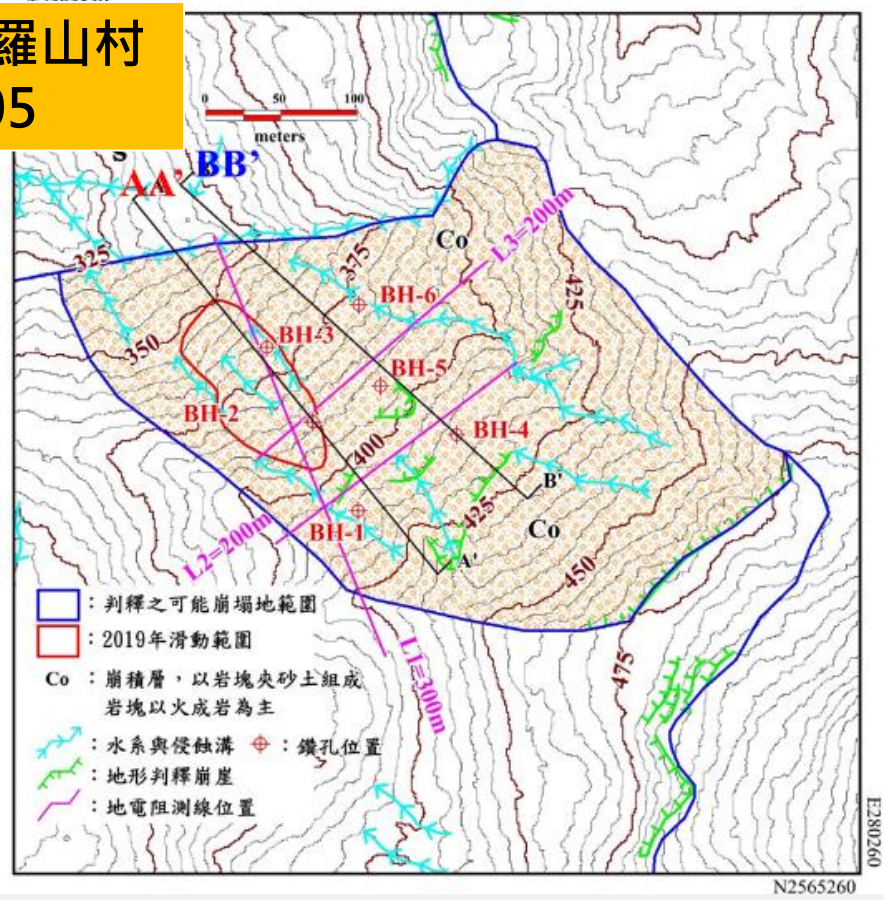
透過本年度觀測資料，調整最大觀測值地表活動裂隙，持續滾動修正與檢討，觀察邊坡穩定趨勢

伍、安定分析

崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估

狀態/安全係數	AA 破壞1	AA 破壞1 (去載重)	AA 破壞2	AA 破壞3
常時 (技術規範1.5)	1.27	1.70	1.29	1.32
地震 (技術規範1.1)	1.02	1.20	0.99	0.91
暴雨 (技術規範1.2)	0.95	1.16	0.94	0.80
狀態/安全係數	**BB破壞1**	**BB破壞2**	**BB破壞3**	**BB破壞4**
常時 (技術規範1.5)	1.30	1.28	1.40	1.27
地震 (技術規範1.1)	1.04	1.02	1.04	0.90
暴雨 (技術規範1.2)	0.63	0.65	0.60	0.70

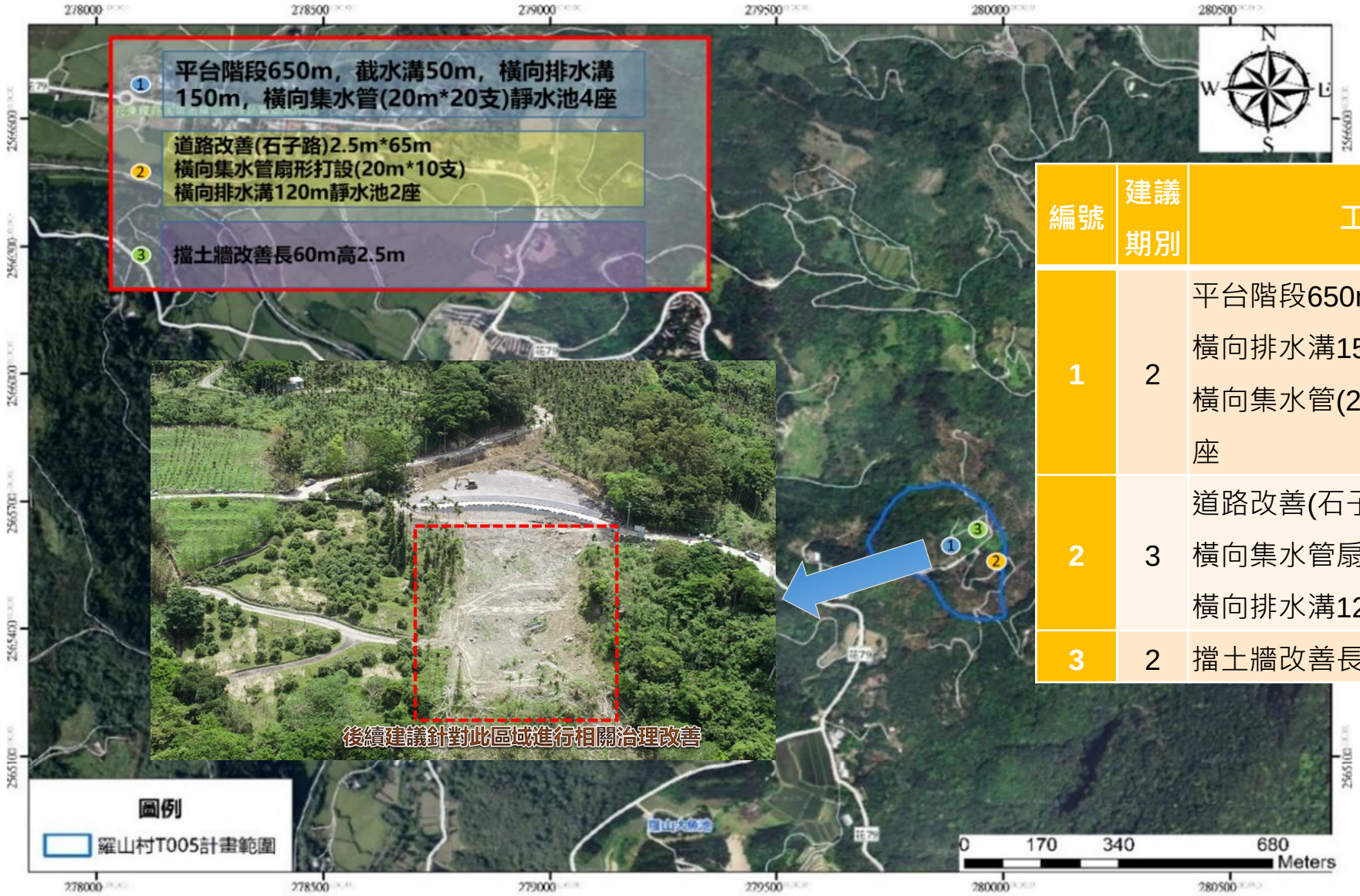
富里鄉-羅山村
T005



1. **頭部接近農路交會口，因頭部既有水塔存在，在暴雨條件下極為不穩定，需透過止滑與排水**，以增加區域穩定，現況目前裂隙發達，多數農路明顯龜裂，值得注意
2. **腹部水塔拆除後，建議於BH5下方進行重建**，本區從地電阻來看，強度極高，甚多大礫石，常態穩定度可達1.4，但暴雨時，若發生滿水位，本區穩定度值得注意
3. 趾部雖然受到既有擋土牆維持穩定，但是同樣在暴雨時，需要透過降水位的方式提高計畫區穩定度，以滿足技術規範

陸、改善建議

富里鄉-羅山村 T005



編號	建議期別	工程內容	價格	建議執行單位
1	2	平台階段650m，截水溝50m，橫向排水溝150m 橫向集水管(20m*20支)靜水池4座	6,250,000	水土保持局
2	3	道路改善(石子路)2.5m*65m 橫向集水管扇形打設(20m*10支) 橫向排水溝120m、靜水池2座	2,250,000	水土保持局
3	2	擋土牆改善長60m、高2.5m	850,000	富里公所

結論-羅山村



調查與監測分析

- 0918地震後現地勘查發現，崩塌區上方新建擋土牆及路基方面，整體結構大致尚良好，未遭嚴重破壞，但各結構的接合處，因地震劇烈搖晃下，多有施工縫開裂，排水溝也有多處損壞，鋼質溝蓋也扭曲變形。顯示調查區域各地表普遍覆蓋有崩積層，易於豪雨或地震後發生潛移變形
- 依據目前監測結果，崩塌地整體處於『潛在變動』階段，現場勘查有明顯崩滑跡象，但以監測資料來看，目前現在有一定傾斜累積方向，活動性為有待繼續觀測

管理基準值

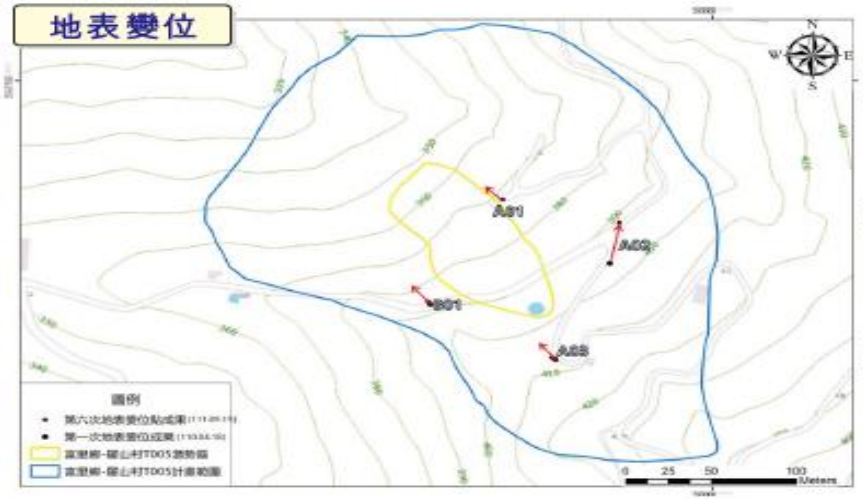
近兩年監測期間未有致災性的颱風豪雨事件，來進行比對驗證，雖降雨量及地下水位資訊尚足以進行管理基準值訂定工作，本年度雖有較大的地震事件進行佐證，目前仍維持其相關基準值。

設備種類	編號	隸屬塊體	管理基準值	
			注意值	警戒值
雨量	LUS	塊體1	-	400 mm
地下水	BH-1	塊體1	-1 m	-0.5 m
地下水	BH -6	塊體2	-5 m	-3 m
地表傾斜計(雙軸)	LH-4	塊體2	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S

花蓮縣-富里鄉-T005(羅山村)大規模崩塌潛勢區總圖



地表變位



地表裂隙位置圖



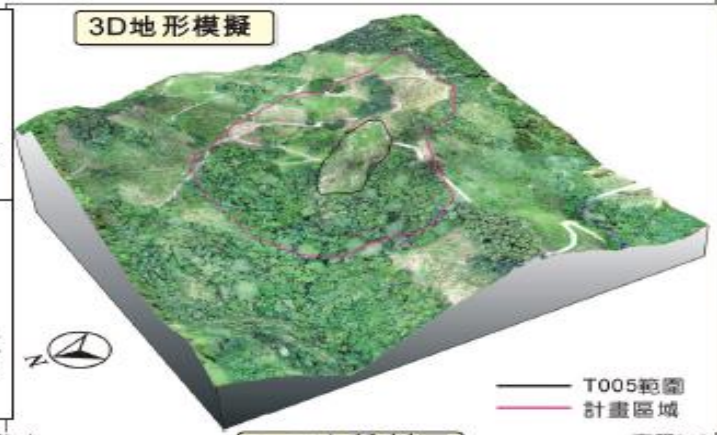
基本資料

位置：花蓮縣富里鄉羅山村
面積：計畫區域6.4公頃；T005崩塌地 0.6 公頃。
坡度：平均坡度約20度。
坡向：平均坡向為北偏西55度。
地形概況：位於秀姑巒溪支流螺仔溪的上游區域，崩塌區本身高程介於320~380公尺之間，計畫區域邊坡多為四、五級坡以上。

地質概況

地層：蕃薯寮層
岩性：泥岩夾砂岩(Ss-Ms)、岩屑層(Rg)。
地層位態：N40°E/75°E
地下水位：地表下 1.6~5.8m
崩塌原因：地表由崩積層覆蓋，厚度1.1~9.1m，其下為不透水泥岩為主之岩盤。雨後地下水多蓄積於不透水岩層上方之崩積層，水位上升持續後造成淺層圓弧形破壞。

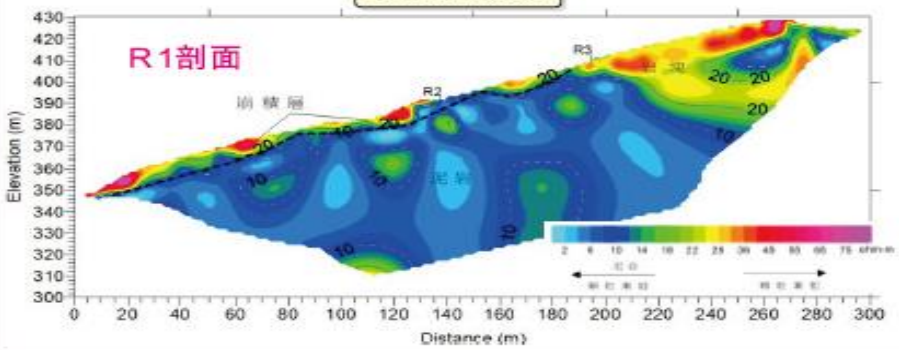
3D地形模擬



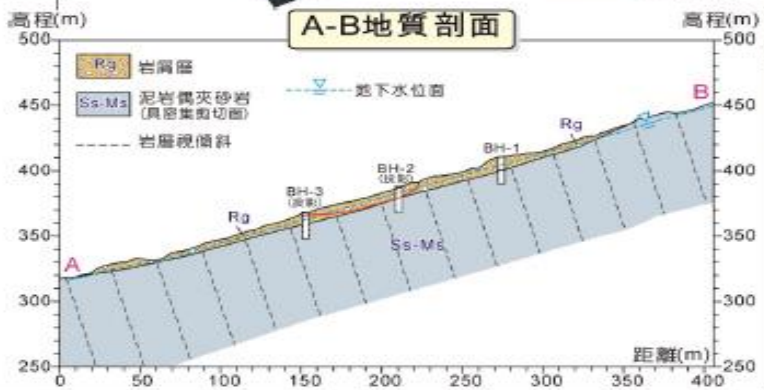
地質平面圖



地電阻探測



A-B地質剖面

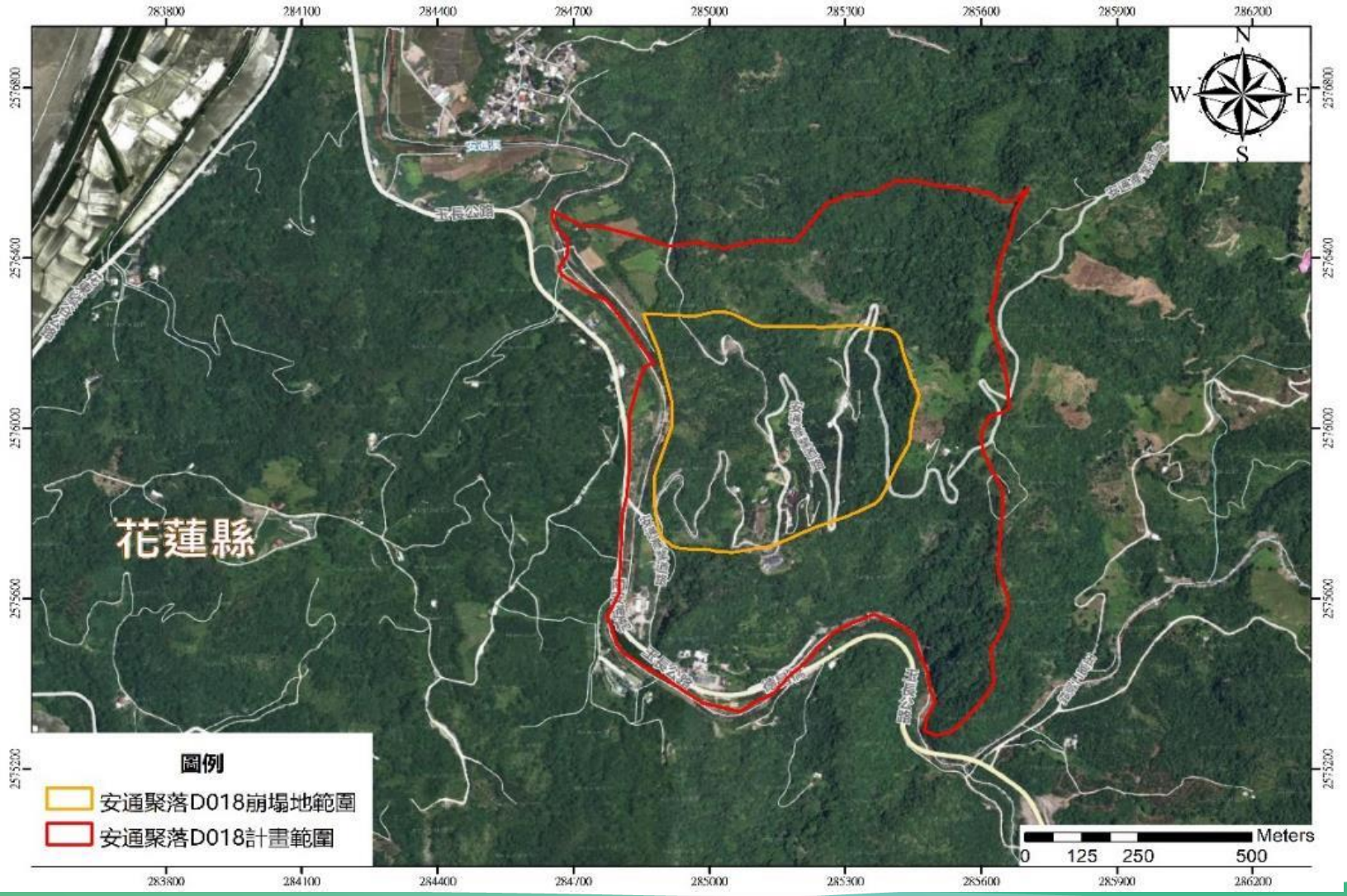


3.玉里鎮-安通溫泉區(D018)計畫區

計畫範圍

安通聚落D018崩塌地位於花蓮縣玉里鎮樂合里安通溫泉聚落，主要對外連絡道路為台30線玉長公路，計畫區面積**91.52公頃**，崩塌潛勢面積約**26.58公頃**



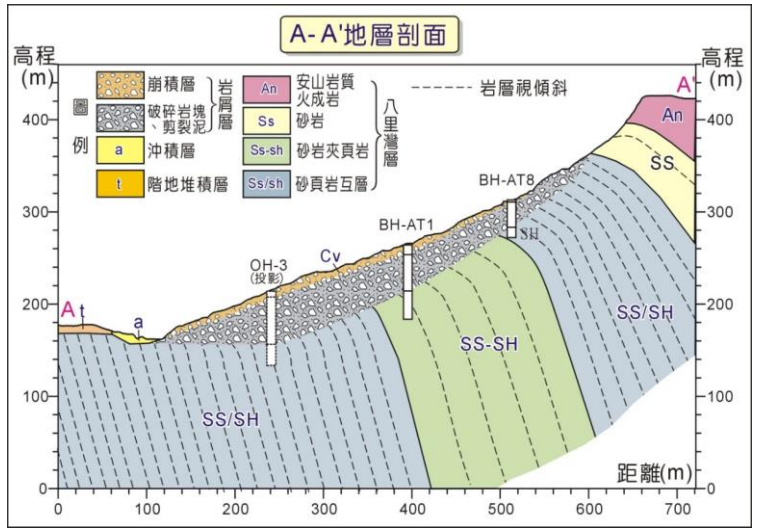


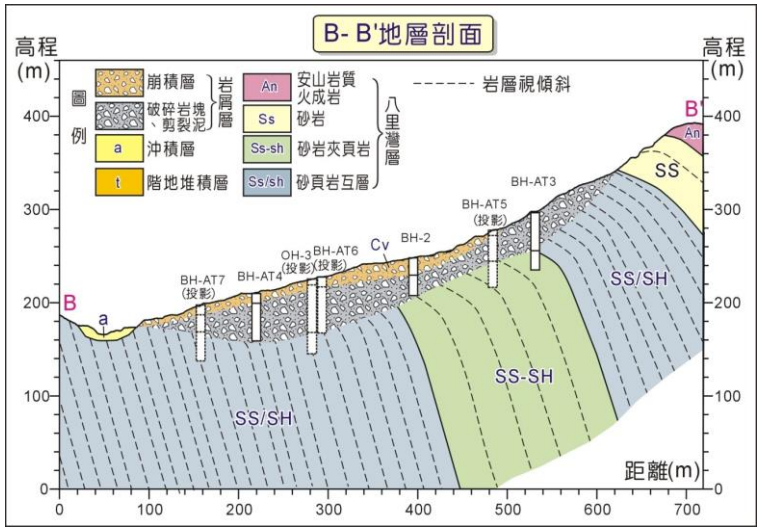
壹、基本資料

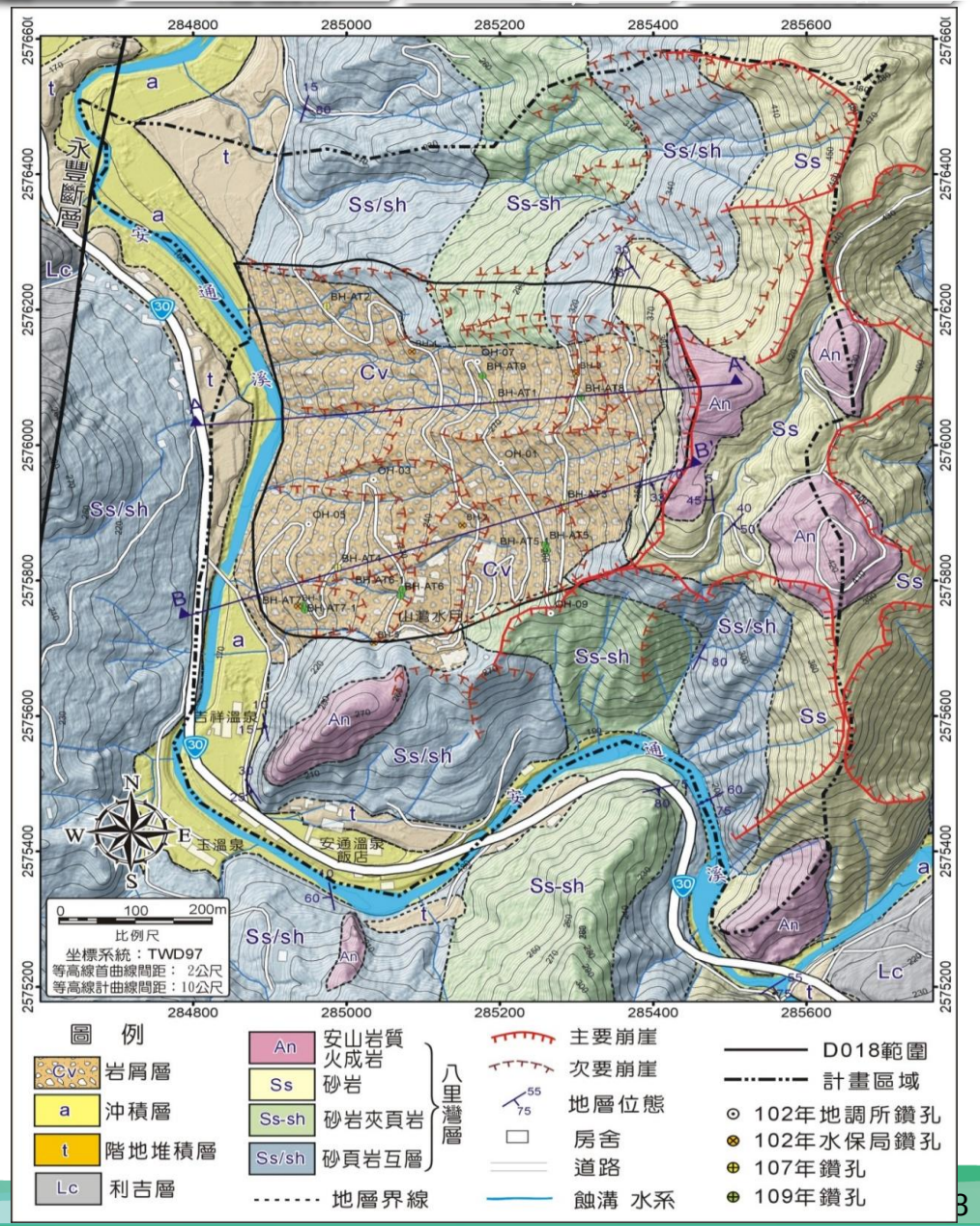
崩塌地現況調查及前後資料分析

(一)前期資料蒐集(包含區域環境調查及細部調查)

- 計畫區岩盤主要由八里灣層所組成，依岩性不同，又區分為砂岩(Ss)、砂頁岩互層(Ss/sh)及砂岩夾頁岩(Ss-sh)等不同岩段，局部地區則混夾有安山岩(An)
- 計畫區坡面則多數由崩積層(Cv)覆蓋，邊坡下方安通溪與岸平坦地形則有階地堆積層(t)及沖積層(a)分布







壹、基本資料

崩塌地現況調查及前後資料分析

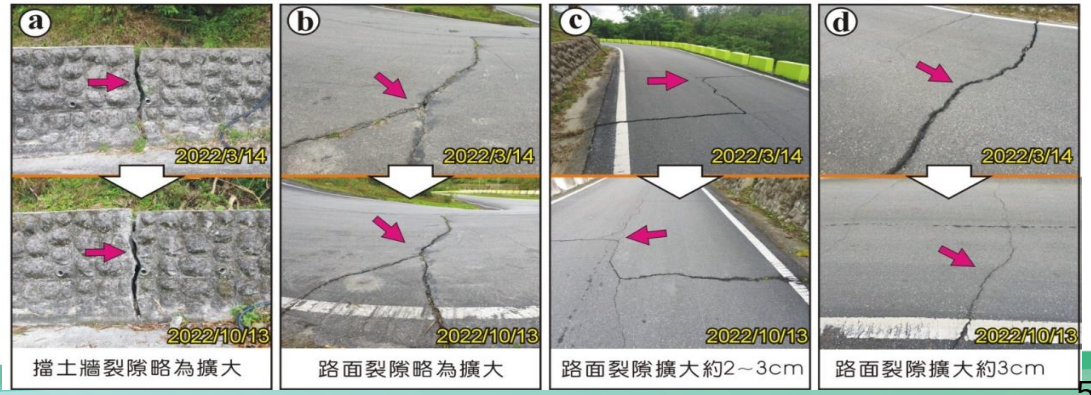
玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

- 安通地表破壞跡象主要集中於D018西南側的溫泉旅館下方邊坡的1區、D018中央偏北側的道路交叉口附近的2區及D018東北端的道路轉彎處的3區



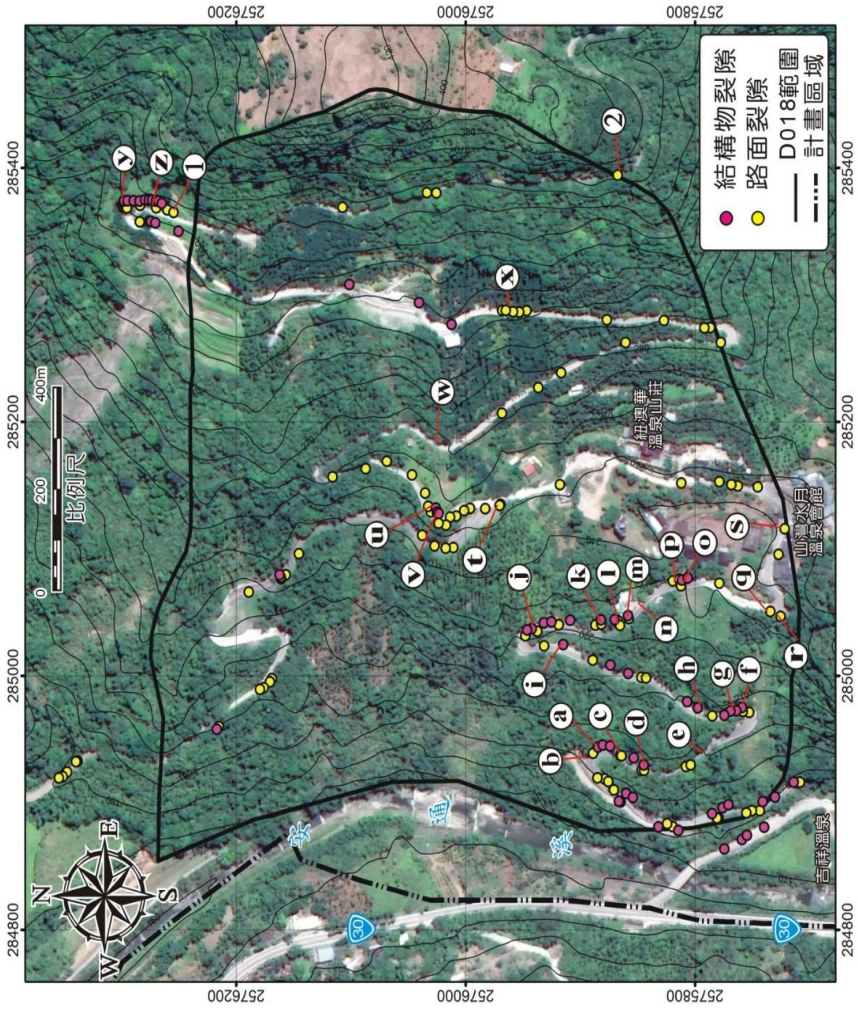


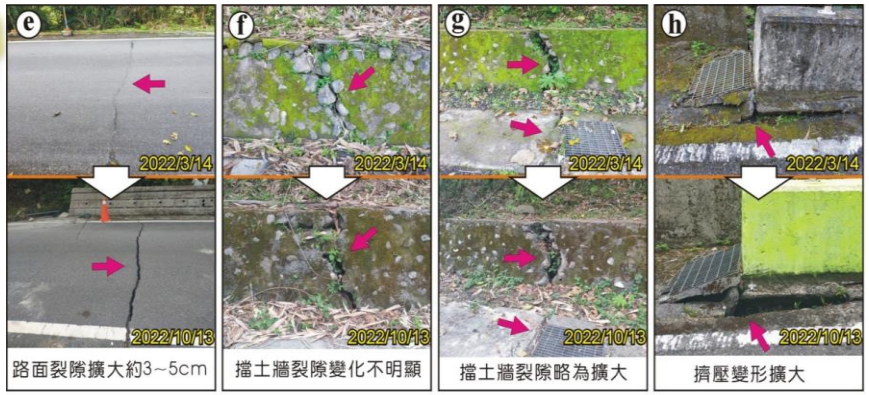
本年度1區影響較為明顯，其他區災情則多屬零星出現



貳、現地調查

崩塌地現況調查及前後資料分析



















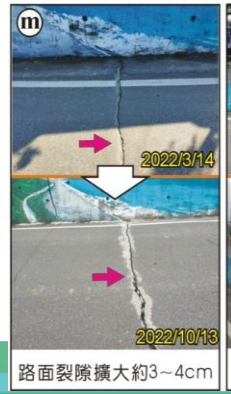


























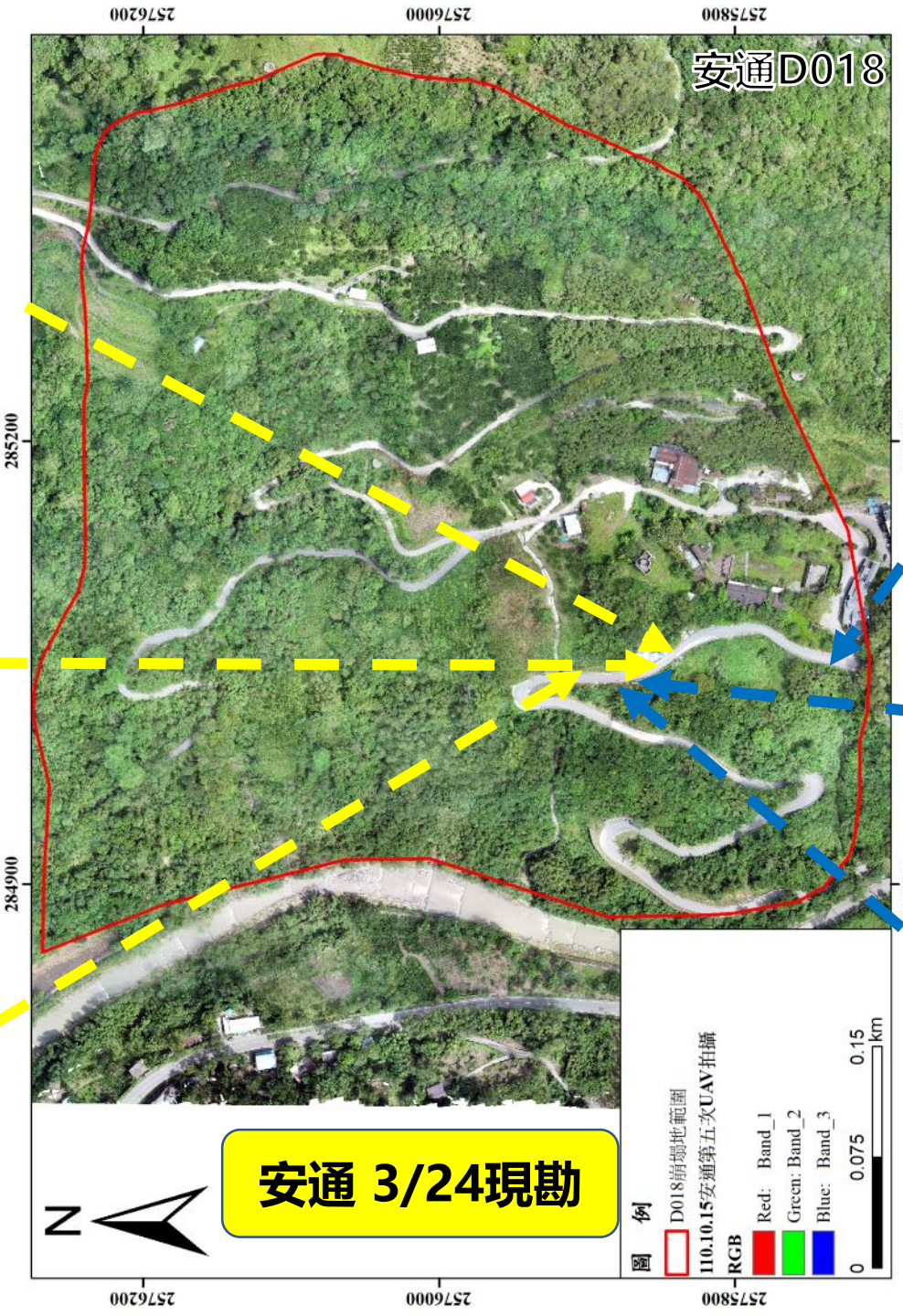


道路產生明顯裂隙，深約25公分
寬5公分



道路產生明顯裂隙，道路上邊坡
有向外推移情況







道路產生明顯裂隙，深約10公分
寬5公分



道路下邊坡與道路側產生明顯裂隙，深約10公分寬5~7公分，長約15公尺

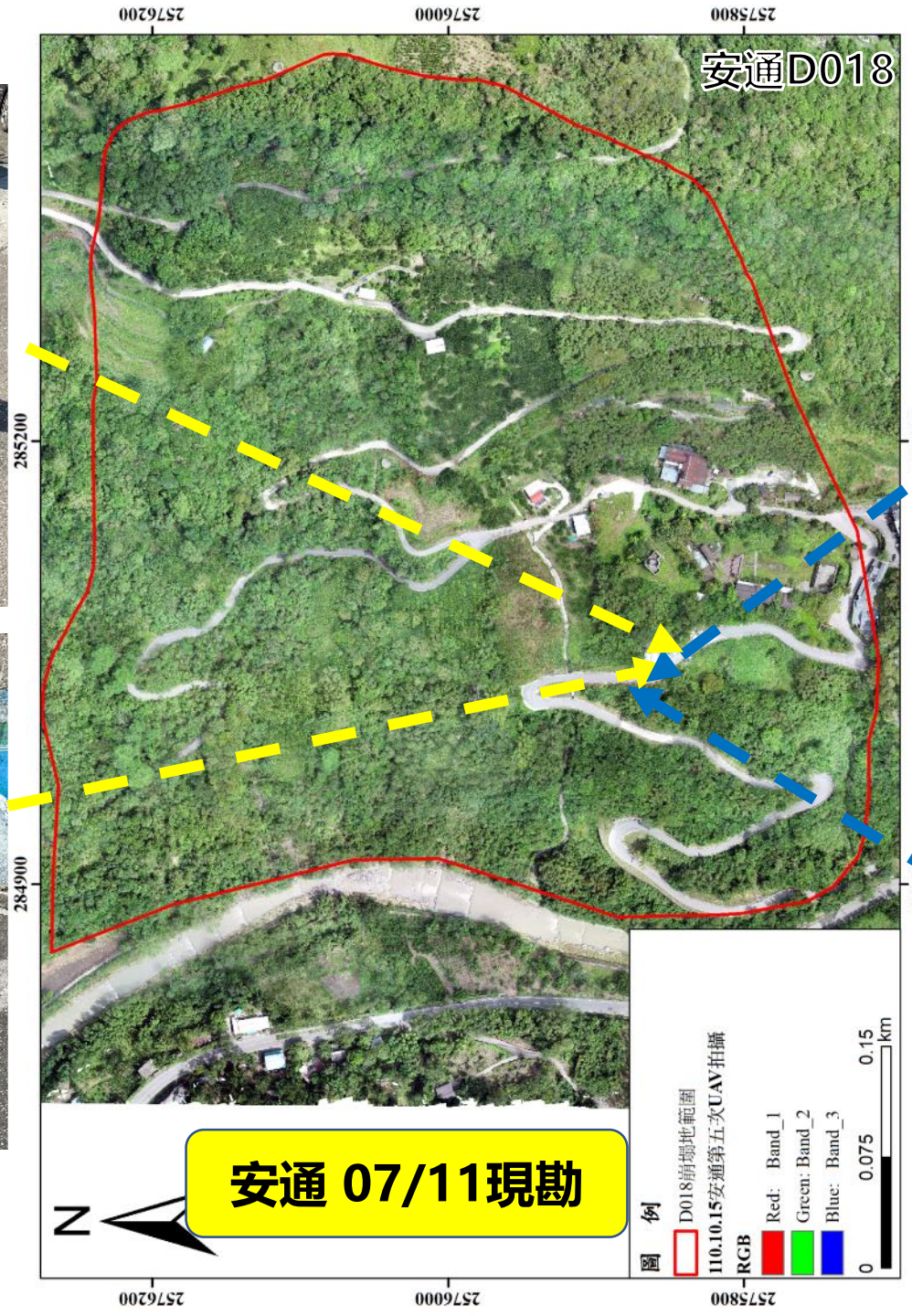




0323地震後修補後又產生裂隙

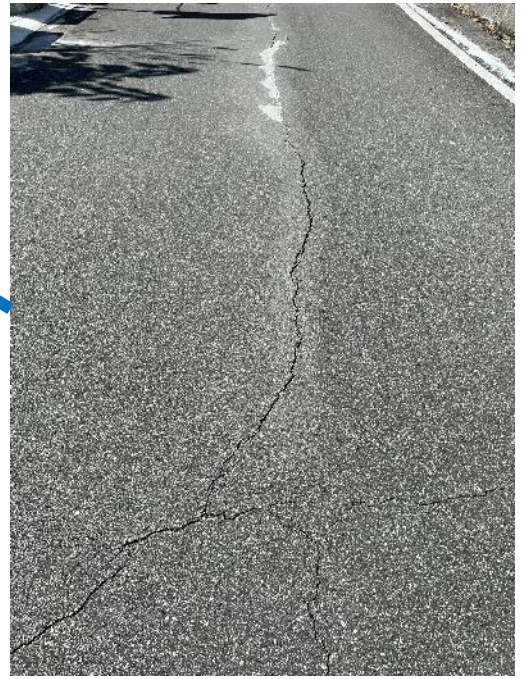


道路產生明顯裂隙，修補後又產生裂隙。道路上邊坡有向外推移情況





0323地震後修補後又產生裂隙



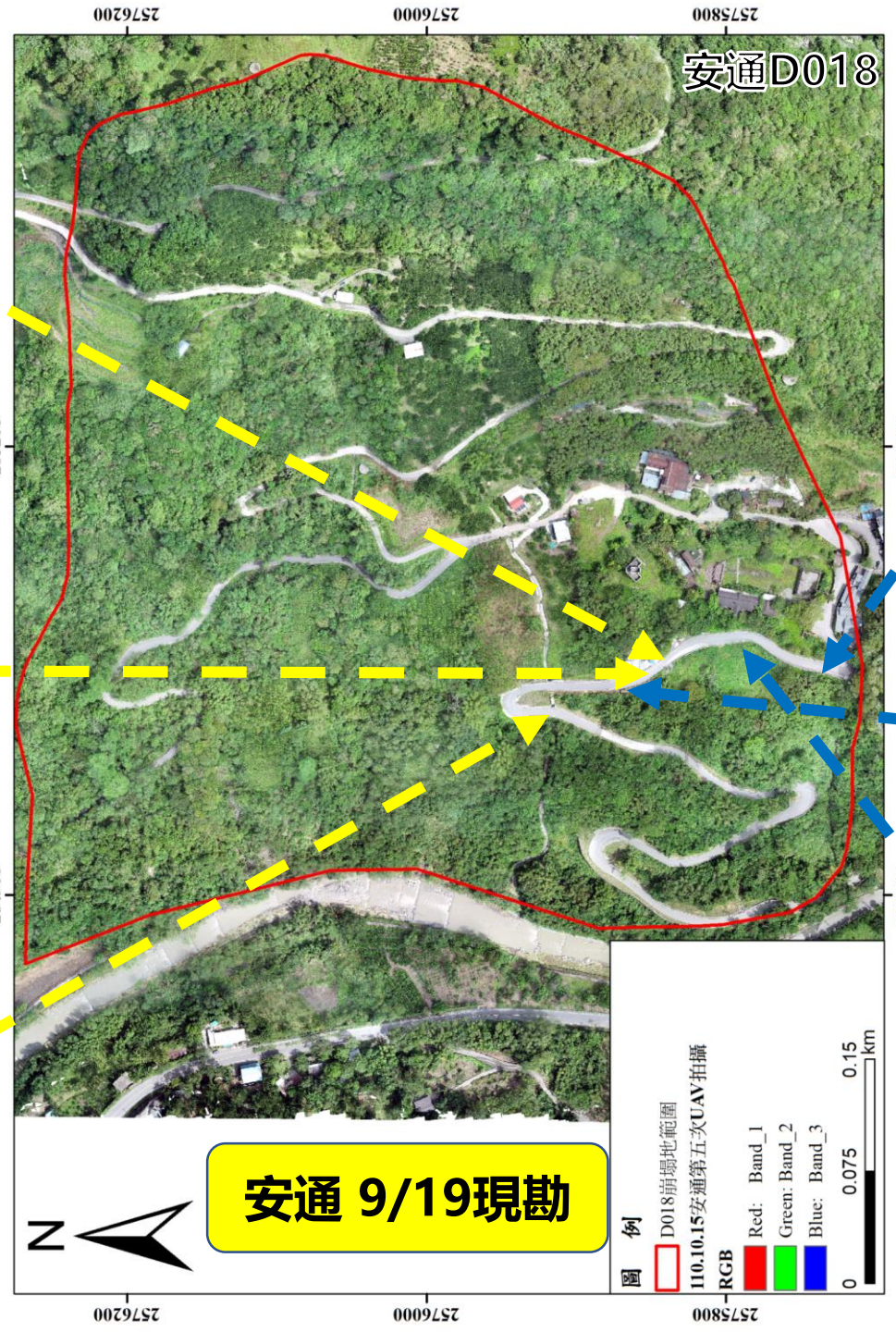


道路修復處明顯開裂，深約25公分寬5公分



道路上邊坡有向外推移情況







道路明顯開裂，深約10公分寬5公分



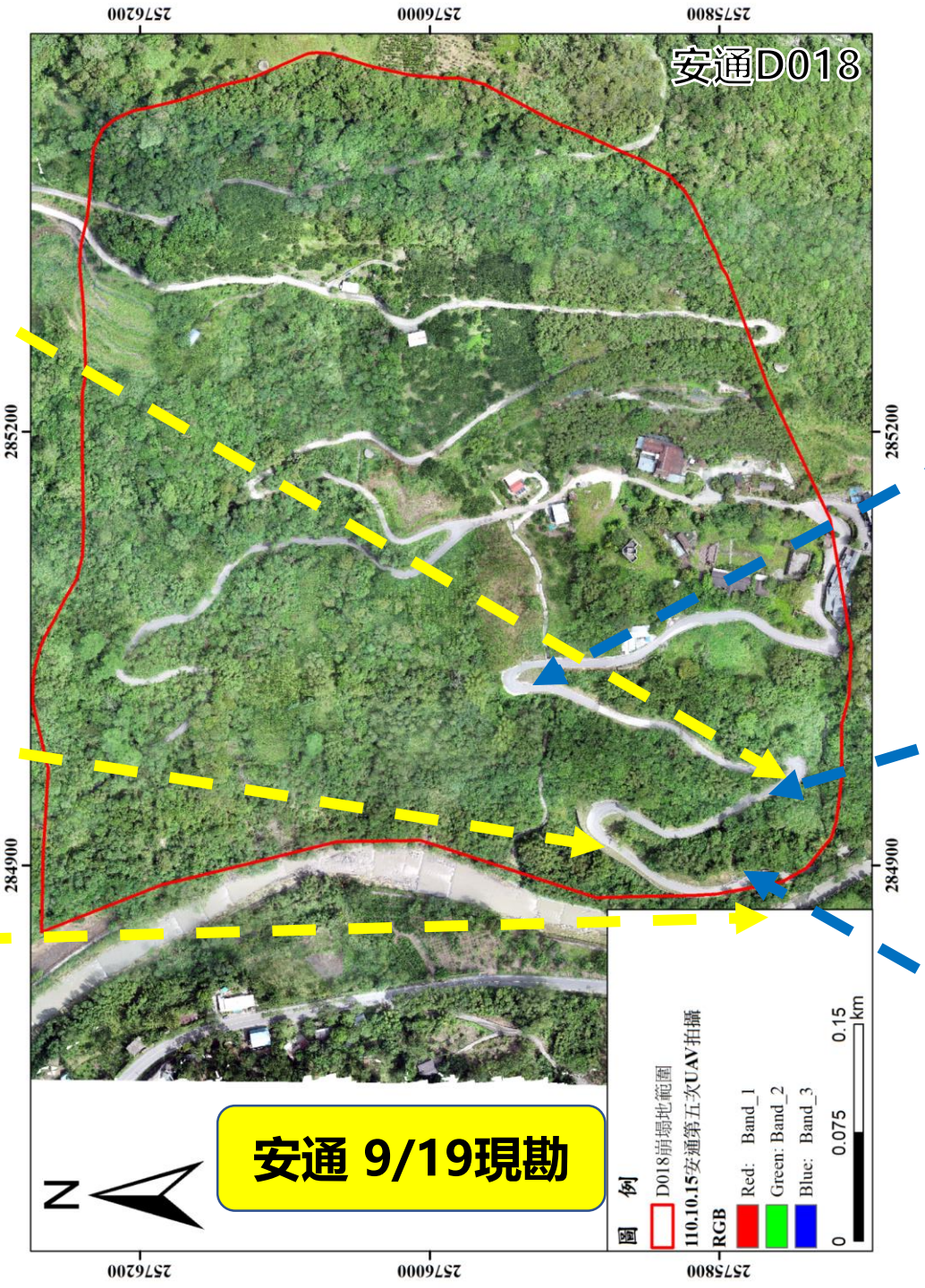
道路下邊坡與道路側修復處明顯開裂，深約10公分寬2~3公分，長約15公尺




2022/9/19 上午11:28
N 23° 17' 2", E 121° 20' 31"
玉里鎮


2022/9/19 上午11:39
N 23° 17' 7", E 121° 20' 29"
玉里鎮

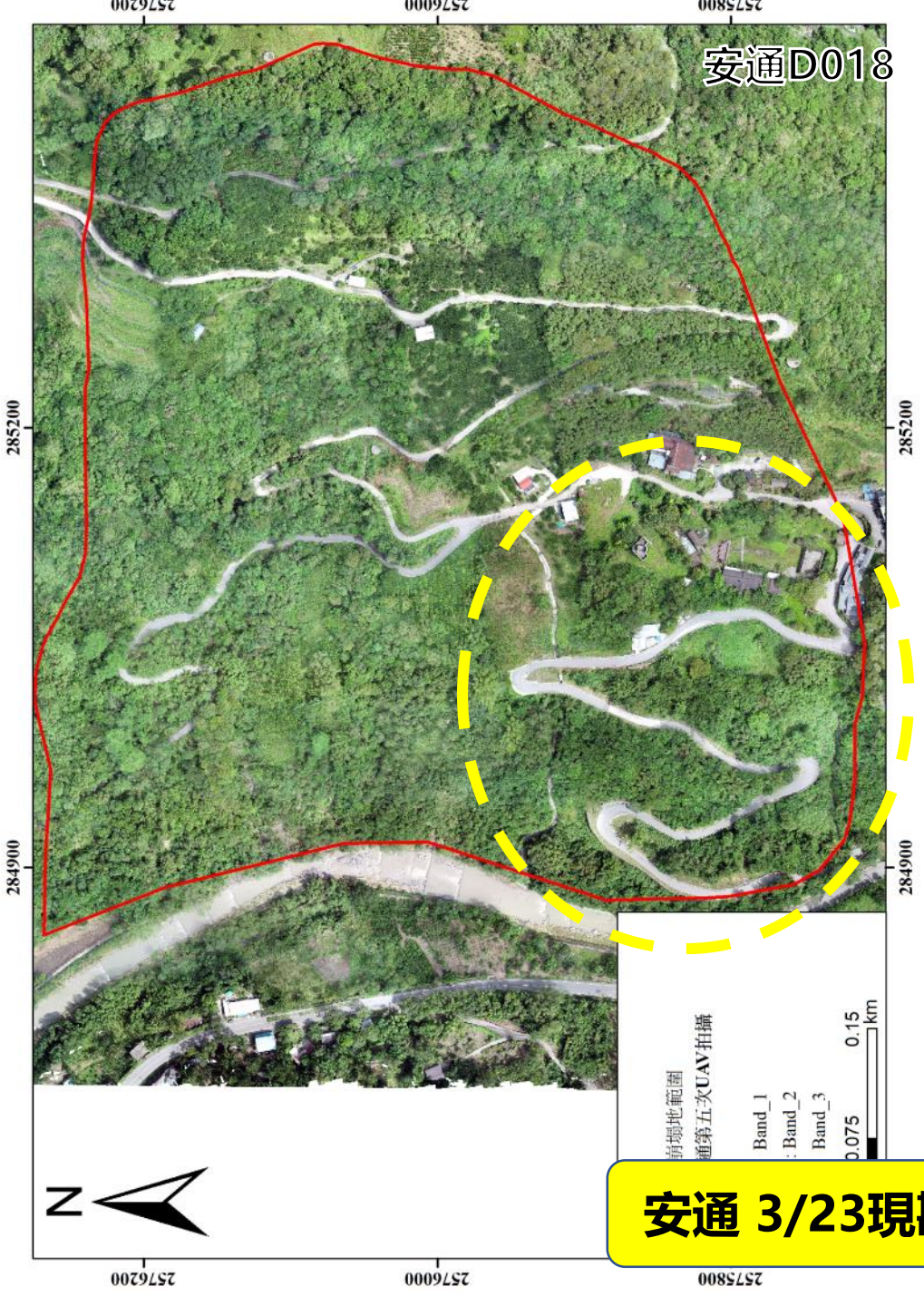



安通D018
285200
284900
257620.0
257600.0
257580.0
N
安通 9/19現勘
圖例
D018崩塌地範圍
110.10.15安通第五次UAV拍攝
RGB
Red: Band_1
Green: Band_2
Blue: Band_3
0
0.075
0.15
km


2022/9/19 上午11:18
N 23° 17' 7", E 121° 20' 33"
玉里鎮


道路明顯開裂，深約10公分
寬5公分

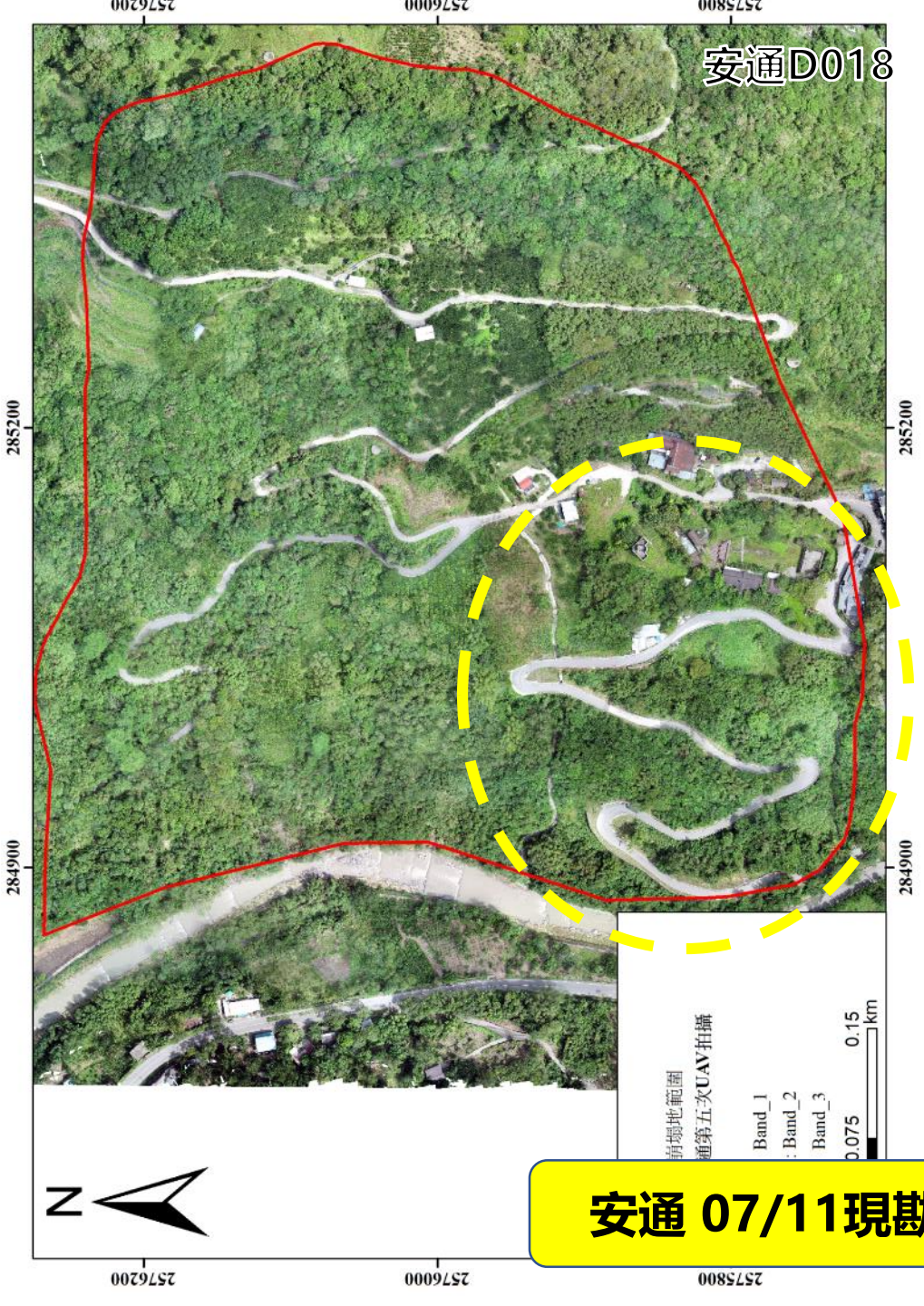


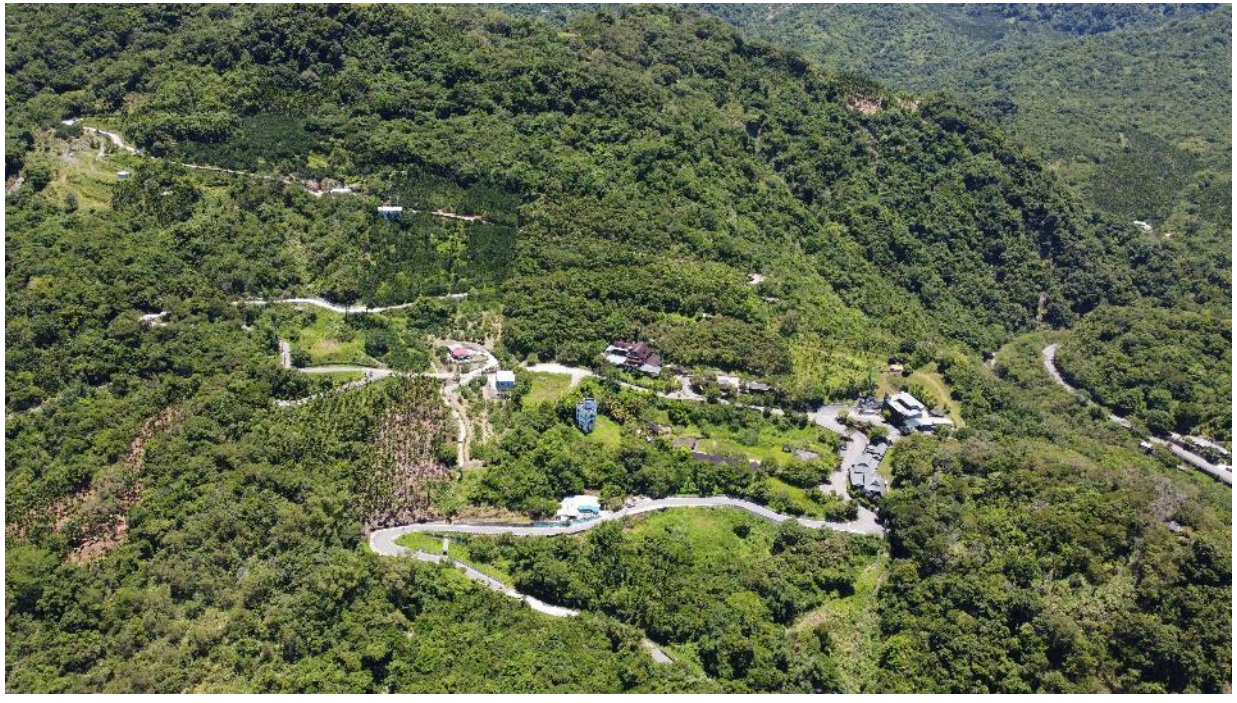






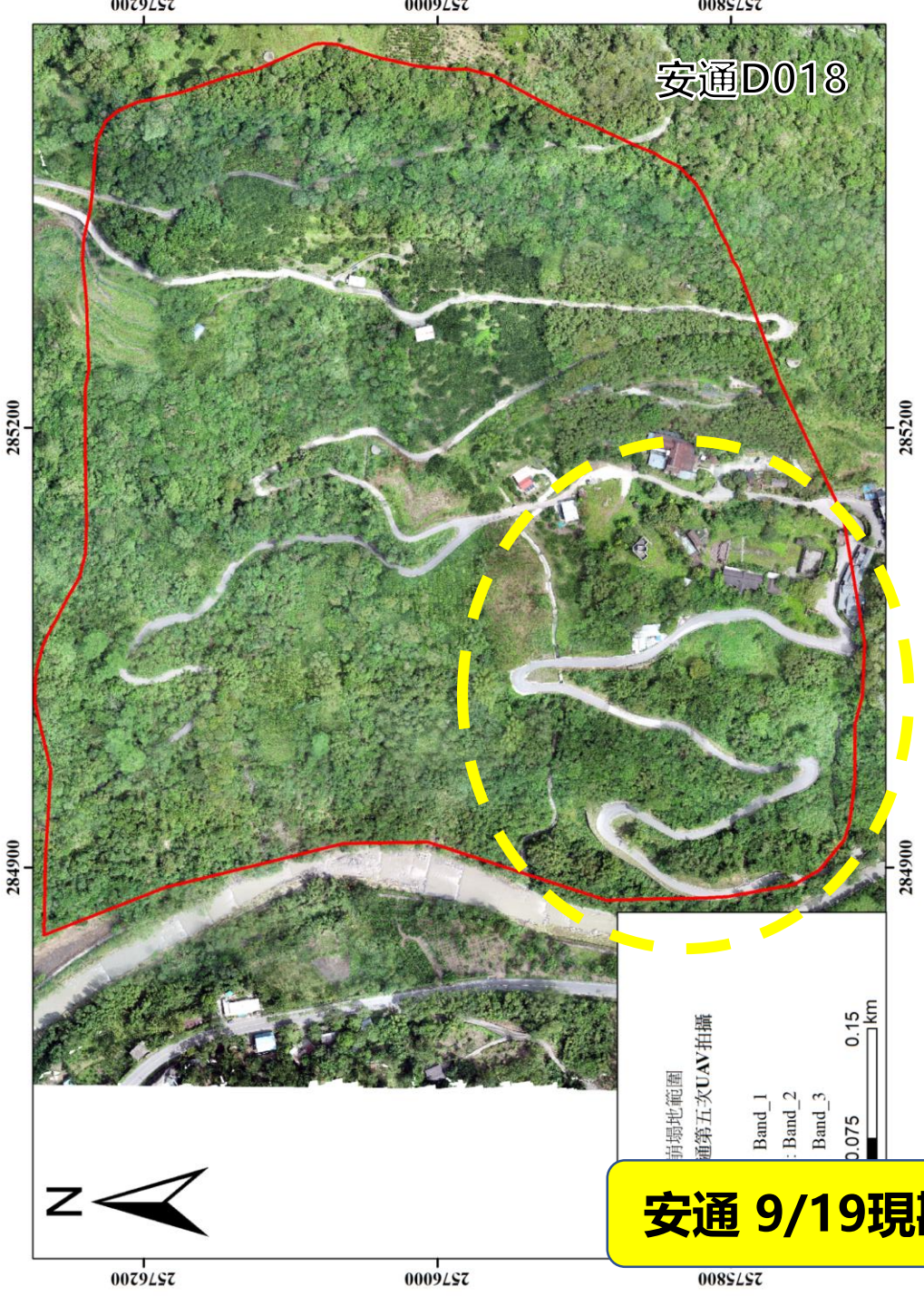
安通 3/23現勘


安通D018
285200
284900
257580
257600
257620
N
Band_1
Band_2
Band_3
0.075
0.15
km





安通 07/11現勘


安通D018
257620
257600
257580
285200
284900
N
0.075
0.15
km
Band_1
Band_2
Band_3
UAV拍攝





安通 9/19現勘







安通 11/25現勘











安通 11/25現勘







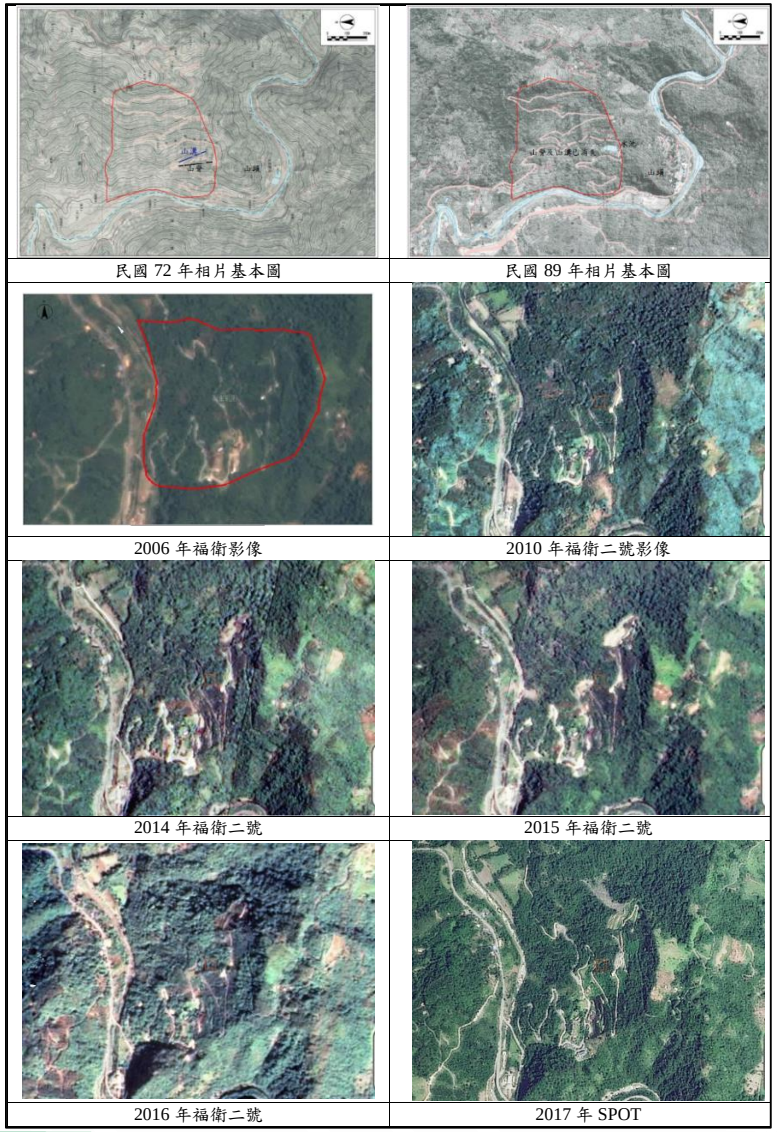
參、遙測資訊

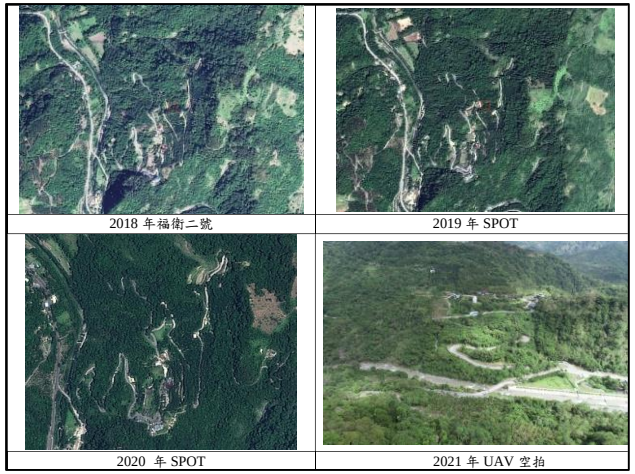
玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

崩塌地現況調查及前後資料分析

歷年遙測影像

拍攝影像	坡面開發	裸露坡面	蝕溝
民國72年相片基本圖	道路開發	-	-
民國89年(1999年)相片基本圖	蓄水池設置，約10*10		-
2006年福衛影像	溫泉區有明顯建物設置		-
2010年福衛二號影像	-	崩塌地東北角出現明顯的坡面裸露，因柚子園種植所導致坡面沖蝕	-
2014年福衛二號影像	崩塌地腹部人工開墾、開發明顯	-	-
2015年福衛二號影像	-	因開發造成裸露地增加，裸露面積擴大，產生明顯的崩塌，植被流失	-
2016年福衛二號影像	-	裸露地植生復育	-
2018年福衛二號影像	工程導入崩塌地，進行保育治理，有明顯成效	-	-
2019年SPOT影像	-	-	-
2020年SPOT影像	-	-	-
2021年UAV空拍	-	-	-
2022年06月UAV空拍	-	崩塌地東北角出現明顯的坡面裸露，因農作所導致坡面沖蝕	-
2022年09月震後UAV空拍		崩塌地東北角出現明顯的坡面裸露，因農作所導致坡面沖蝕，與6月相比位有縮小	


民國 72 年相片基本圖
民國 89 年相片基本圖
2006 年福衛影像
2010 年福衛二號影像
2014 年福衛二號
2015 年福衛二號
2016 年福衛二號
2017 年 SPOT


2018 年福衛二號
2019 年 SPOT
2020 年 SPOT
2021 年 UAV 空拍





參、遙測資訊

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

UAV空拍測繪及地形判釋

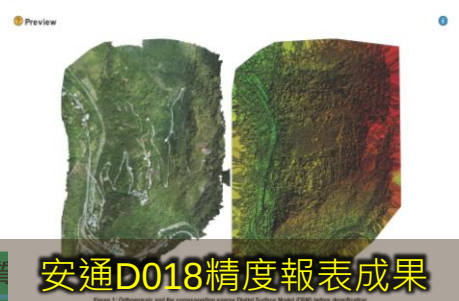
高精度UAV量測



安通D018正射成果



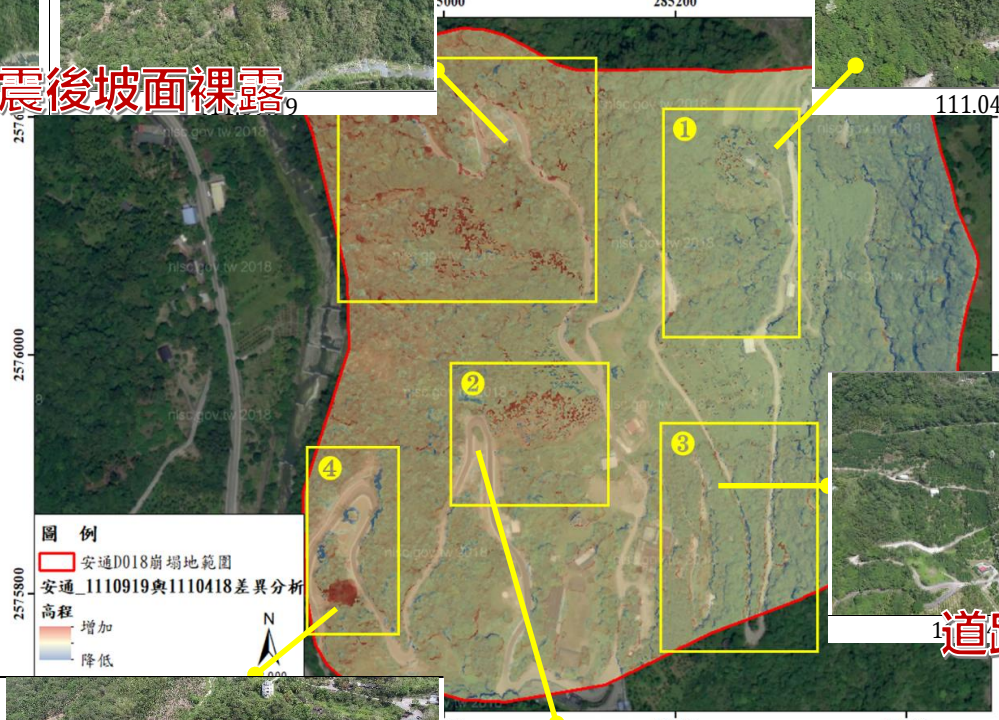
GSD解析度5.29cm



安通D018精度報表成果



坡面在地震後坡面裸露





111.04.18



111.09.19



道路受地震影響高程降低





111.04.坑溝施工，影響地形變化





植生生長，高程增加情形

參、遙測資訊

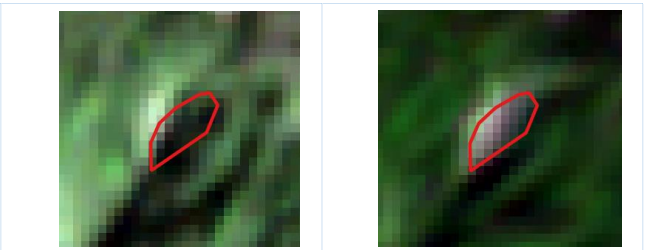
UAV空拍測繪及地形判釋

NDVI影像判釋分析（加值）

根據前後期光學影像，滿足下列條件：(1)前期為植生(綠)，後期為裸露地(黃、白)，(2)搭配GOOGLE MAP影像確認並非人為干涉範圍，框選出疑似新增崩塌地

事件日期	前期	後期
2021年10月 (圓規颱風)	20210930	20211026
2022年03月 (0323地震)	20220212	20220713

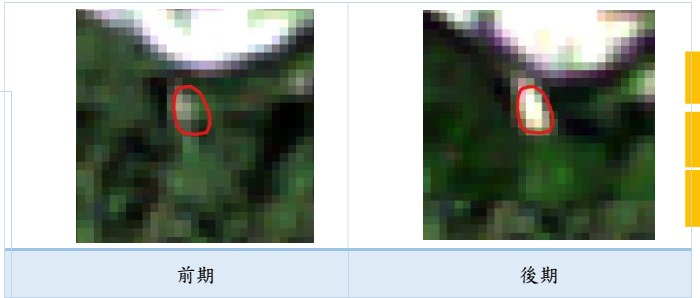


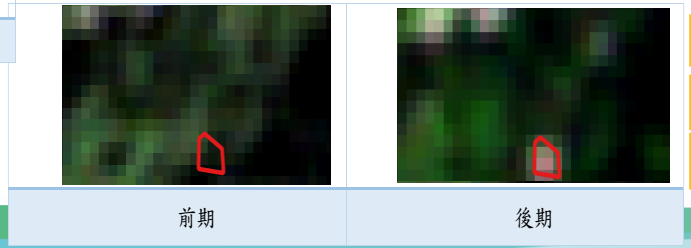












NDVI數值變化(2021年10月事件)

影像日期	MAJORITY	MAX	MEAN	MEDIAN	MIN	STD_DEV
20210930	0.6344	0.7275	0.5946	0.6281	-0.1479	0.1116
20220212	0.5767	0.7573	0.5316	0.5733	-0.2297	0.1492

NDVI數值變化(2022年3月事件)

影像日期	MAJORITY	MAX	MEAN	MEDIAN	MIN	STD_DEV
20220212	0.5767	0.7573	0.5316	0.5733	-0.2297	0.1492
20220713	0.6782	0.7555	0.6088	0.6506	-0.1565	0.1208

參、遙測資訊

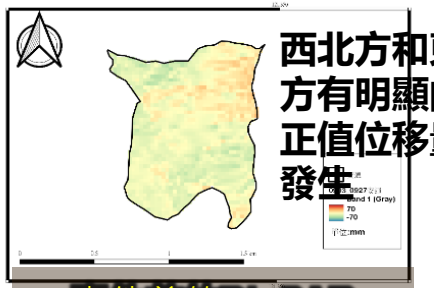
UAV空拍測繪及地形判釋

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

DInSAR影像判釋分析（加值）

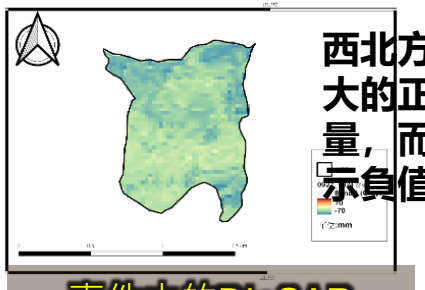
DInSAR三對影像對

項次	主影像	副影像	時間基線(DAY)	空間基線(M)	軌道
1	2021/9/3	2021/9/27	24	67	Ascending
2	2021/9/27	2021/10/21	24	76	Ascending
3	2021/10/21	2021/11/2	12	68	Ascending



西北方和東方有明顯的正值位移量發生

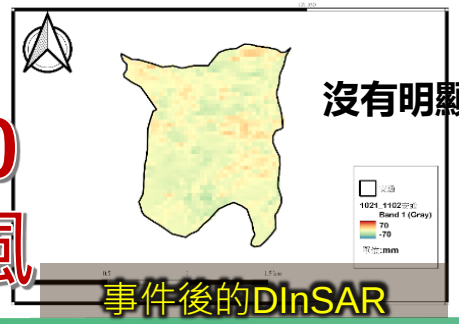
事件前的DInSAR



西北方出現更大的正值位移量，而東方顯示負值位移量

事件中的DInSAR

2021.10 圓規颱風



沒有明顯位移量

事件後的DInSAR

沒有明顯位移量



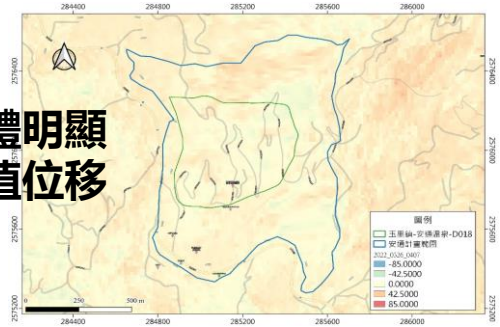
事件前的DInSAR



西北出現明顯的正值位移量

事件中的DInSAR

整體明顯正值位移量



0323地震事件



無重大量移產生

事件前的DInSAR

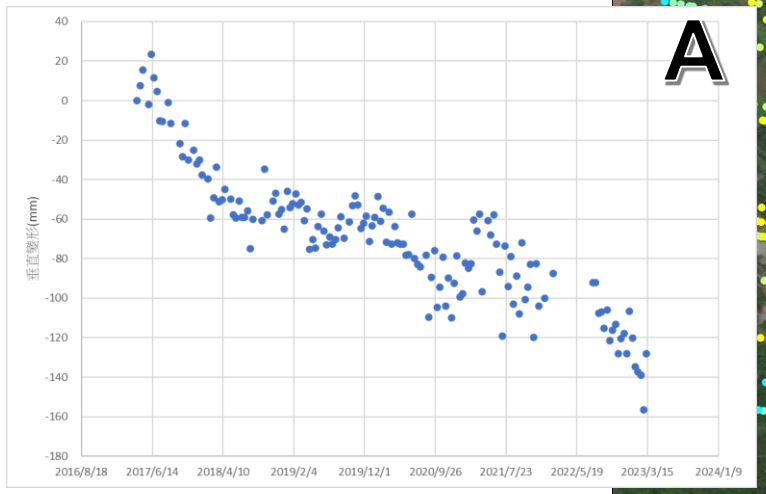


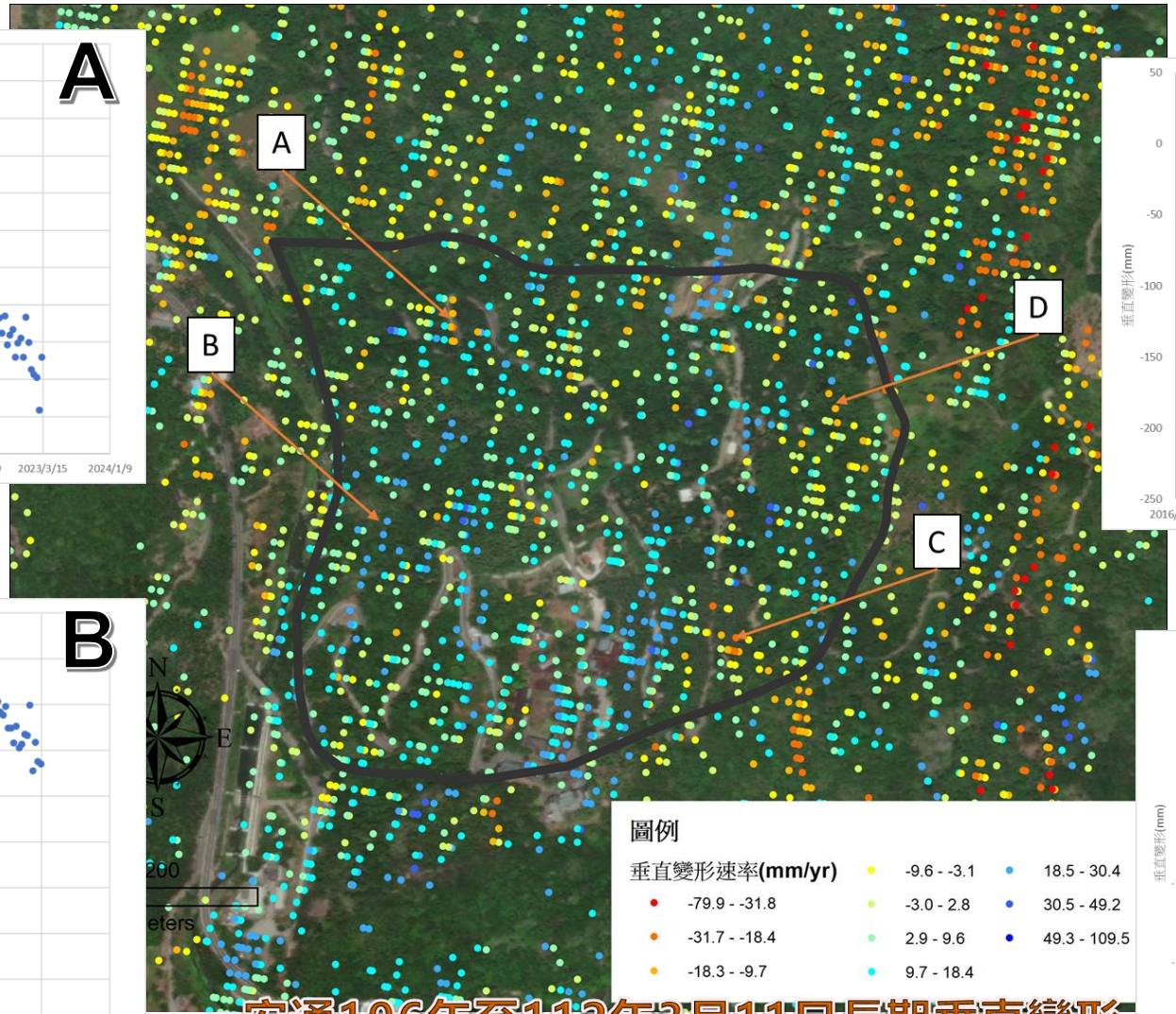
北方明顯負值位移量，南方正值位移量

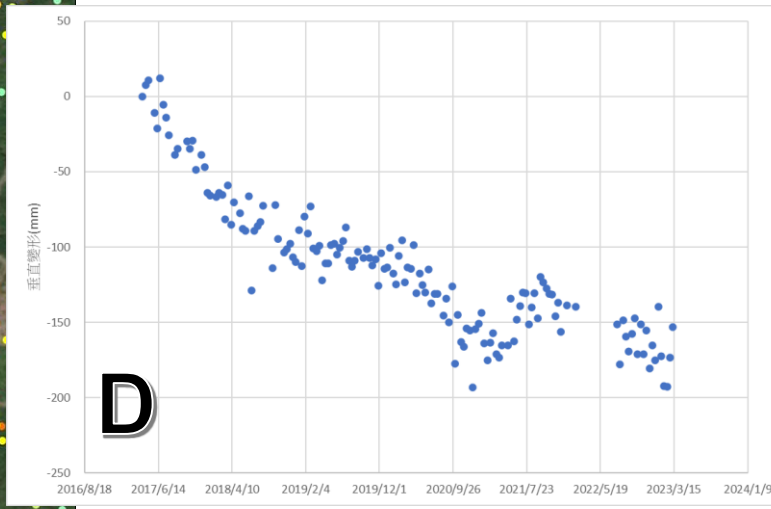
事件的DInSAR

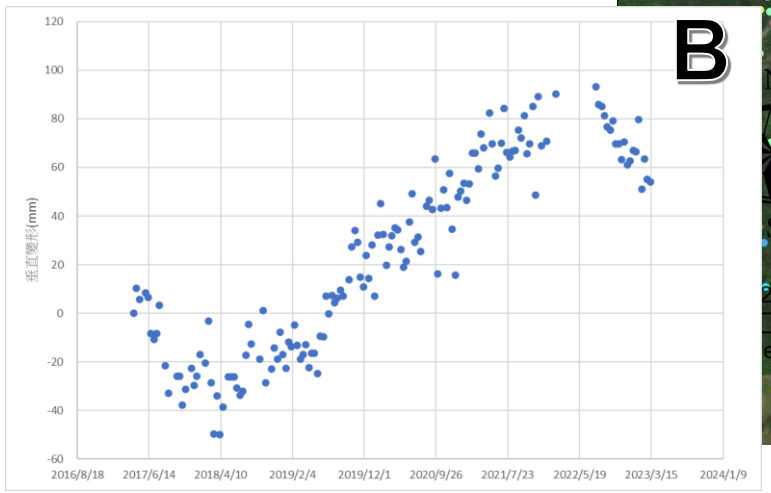
0918地震事件

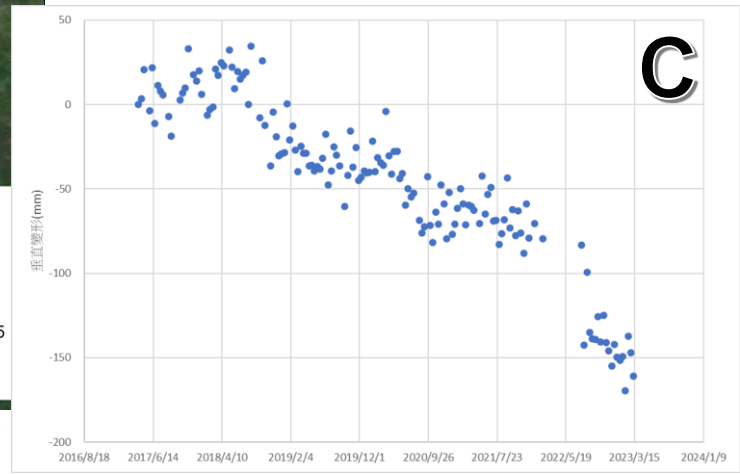
參、遙測資訊





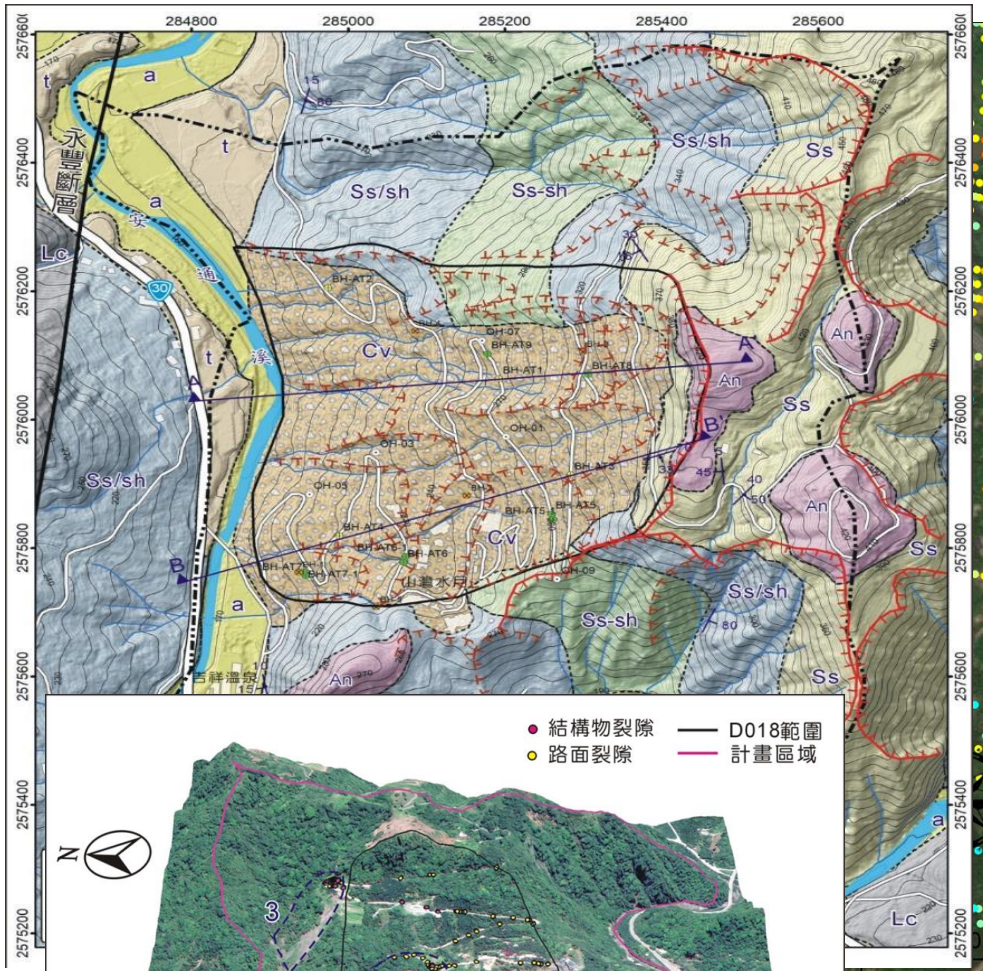


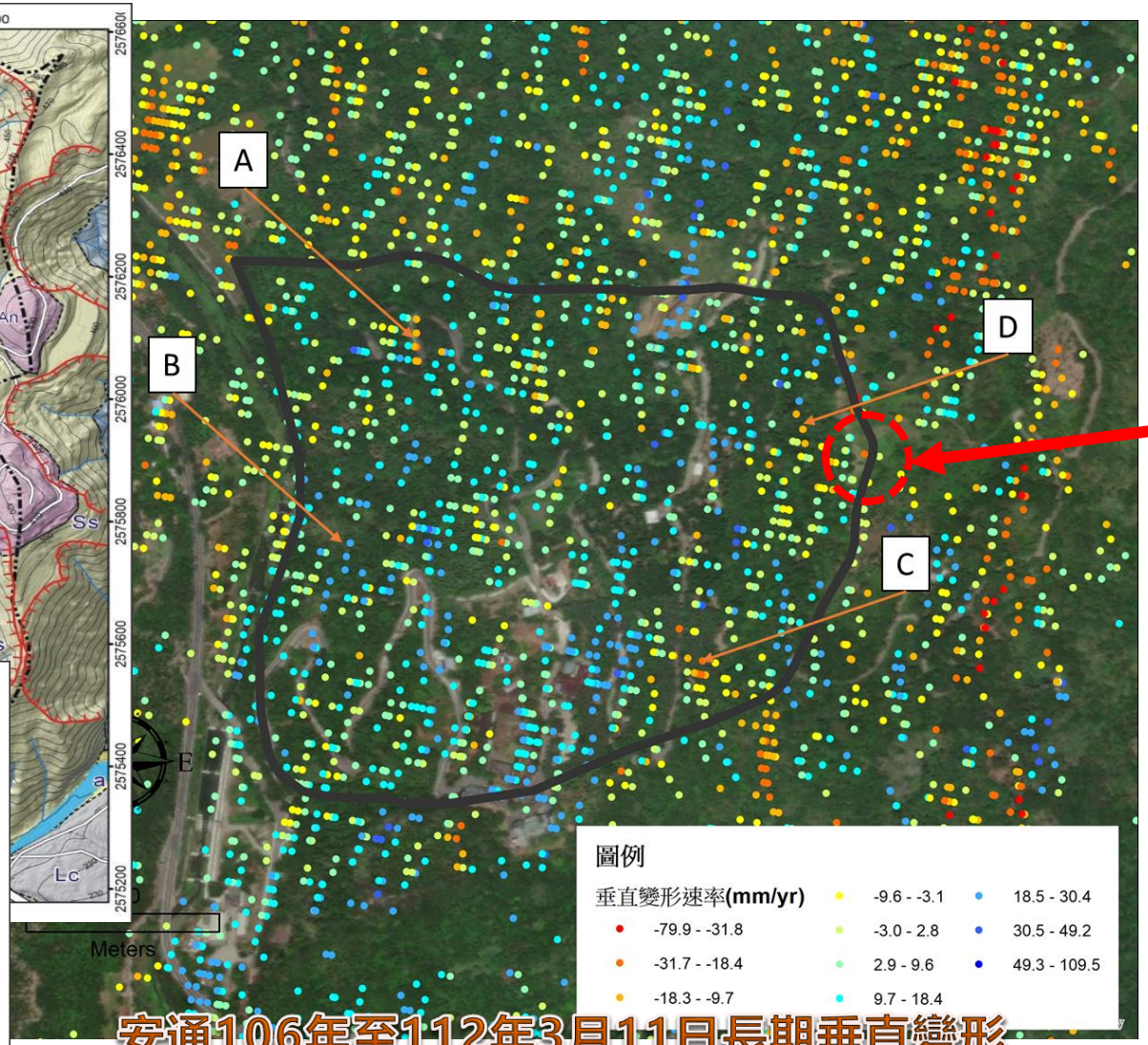




安通106年至112年3月11日長期垂直變形速率

參、遙測資訊



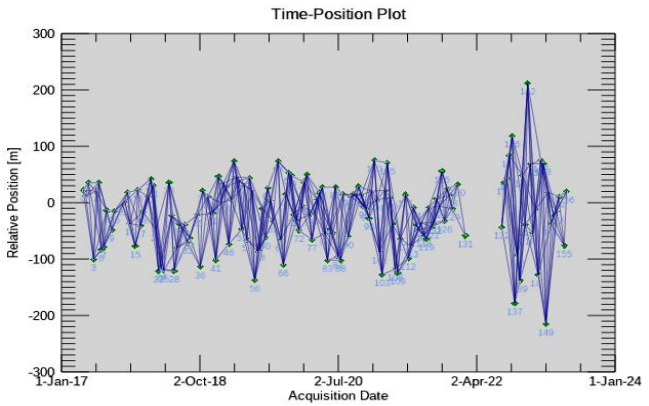


安通106年至112年3月11日長期垂直變形速率

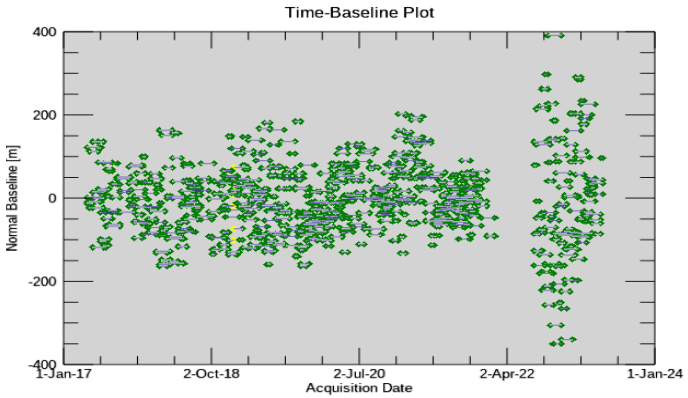


參、遙測資訊

1. 由於邊坡主要坡向為西向，檢視 Sentinel-1 經過該區入射角度，以下降軌較為適合，因此使用下降軌資料進行分析
2. 採用起使點為 2017/4/11 ，分析至2023/5/22，總計157幅資料

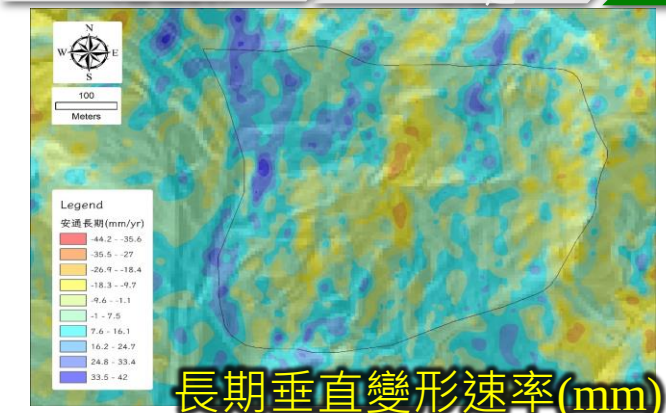


時間位置圖



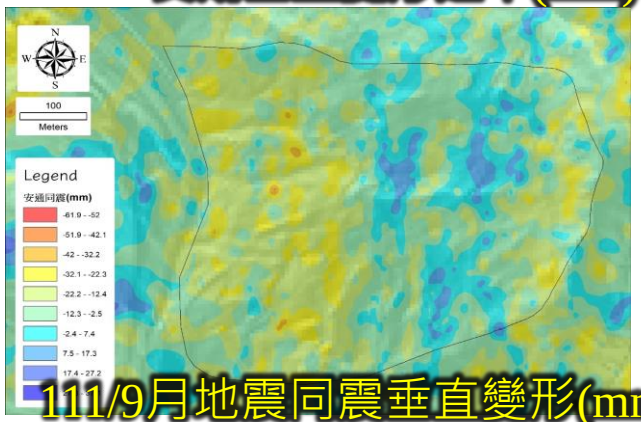
時間基線圖

分析僅就垂直變形來討論整體邊坡在過程中產生滑動情形，由於2022年9月發生關山池上地震，將垂直變形區分為長期（2017年4月至2023年5月）、同震及震後垂直變形等三種時間區間進行討論



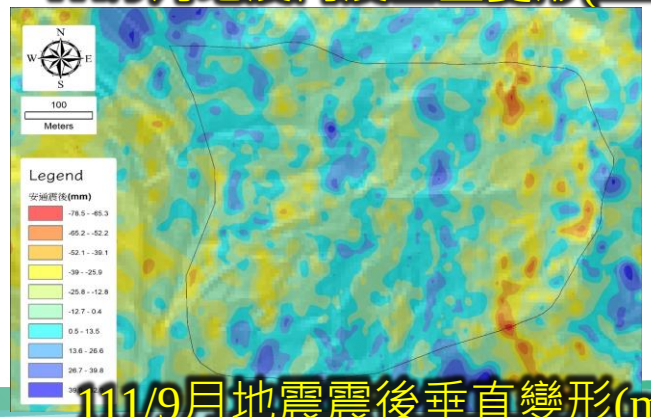
長期垂直變形速率(mm)

- 坡頂及坡中斷呈現高程下降，其間亦出現高程抬升情形，推估可能存在多組滑動面或僅為局部頂部下滑、坡趾隆起現象



111/9月地震同震垂直變形(mm)

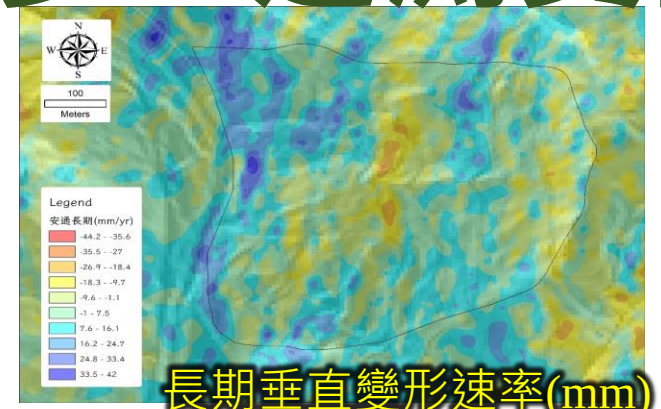
- 坡中段以下往下滑動，與長期趨勢並未完全一致。惟觀察滑動位置邊緣與長期變形中段位置一致，顯示可能為控制滑動塊體



111/9月地震震後垂直變形(mm)

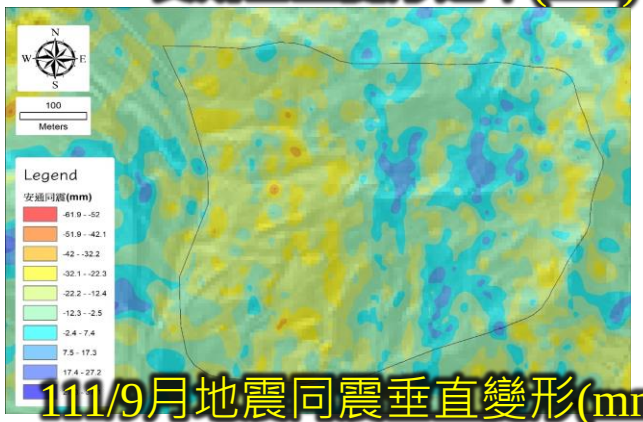
- 震後垂直變形則呈現坡頂高程下滑較快之情形，顯示在某時間後安通監測區滑動塊體呈現轉移情形

參、遙測資訊



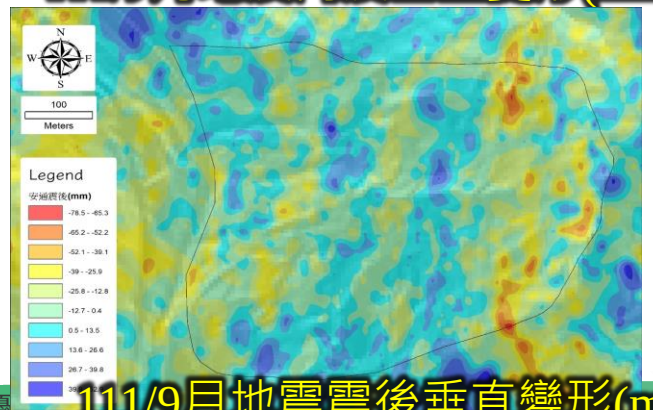
長期垂直變形速率(mm)

- 推估可能存在多組滑動面或僅為局部頂部下滑、坡趾隆起現象



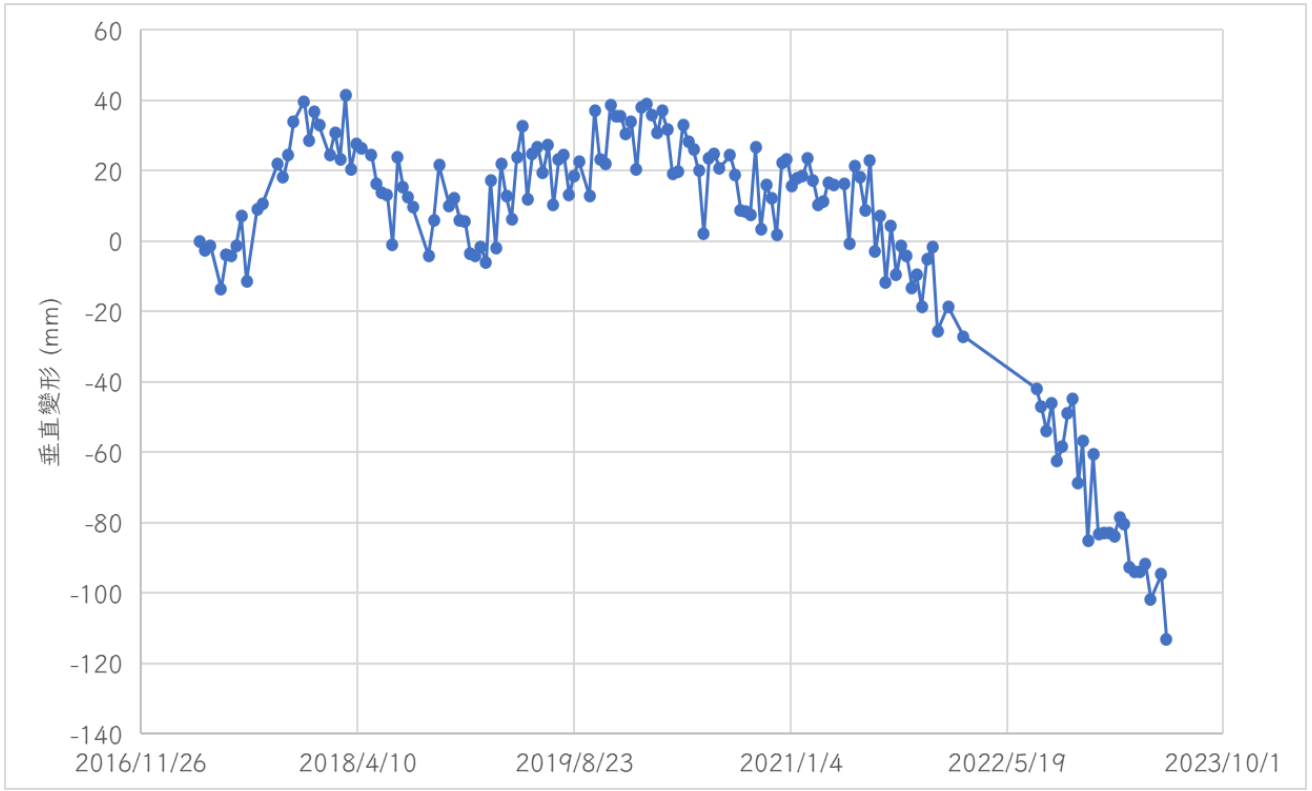
111/9月地震同震垂直變形(mm)

- 坡中段以下往下滑動，與長期趨勢並未完全一致，顯示可能為控制滑動塊體



111/9月地震震後垂直變形(mm)

- 震後垂直變形則呈現坡頂高程下滑較快之情形，顯示在某時間後安通監測區滑動塊體呈現轉移情形



從歷時圖中可知該處從穩定轉為開始高程降低時間為2021年6月前後，可檢討該時間促崩條件，做為後續整治處理之參考

肆、監測資訊

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

安通溫泉聚落D018監測配置

1	自計式水位計	壓力式水位計	1	BH-AT2 BH-AT5	半自動式，防汛期間(每年5月至10月每2個月量測1次，非防汛期間量測1次
2	自動化水位計	電子式水位計	5	BH-AT3 BH-AT6 BH-AT7 BH-AT8 BH-AT9	監測資料回傳頻率10~30分鐘
3	地中傾斜管	HQ	10	BH-AT2 BH-AT3 BH-AT5 BH-AT5-1 BH-AT6 BH-AT6-1 BH-AT7 BH-AT7-1 BH-AT8 BH-AT9	1. 每月觀測一次 2. 109新增5孔
4	全自動地表雙軸傾斜計	電子傾斜儀	5	TT-1 TT-3 TT-4 TT-6 TT-7	連續觀測且即時資料傳輸，其中回傳頻率為10~30分鐘
5	TDR自動化地中傾斜儀	-	1	BH-AT4	回傳頻率採1小時一筆
6	雨量計	0.5mm	1	匯集點	回傳頻率為10~30分鐘(資料彙集點)
7	CCD	-	1	匯集點	即時傳輸(資料彙集點)
8	全自動雙頻GNSS衛星定位	GNSS	5	ATGPS1 ATGPS2 ATGPS3 ATGPS4 ATGPS基站	即時傳輸(資料彙集點)

租賃

崩塌地活動性觀測-設備維護

■將物理及影像資料，*儲存現地*外，亦採*無線傳輸*將資料回傳到*資訊接收站*逕行彙整資料
■*平時透過5G*將資料異地備份及上傳









肆、監測資訊

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

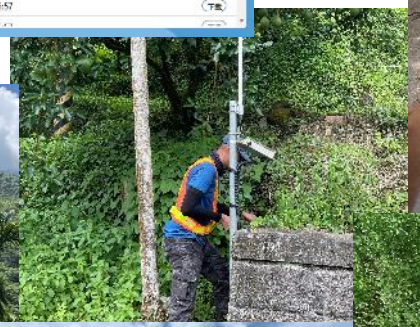
崩塌地活動性觀測-設備維護











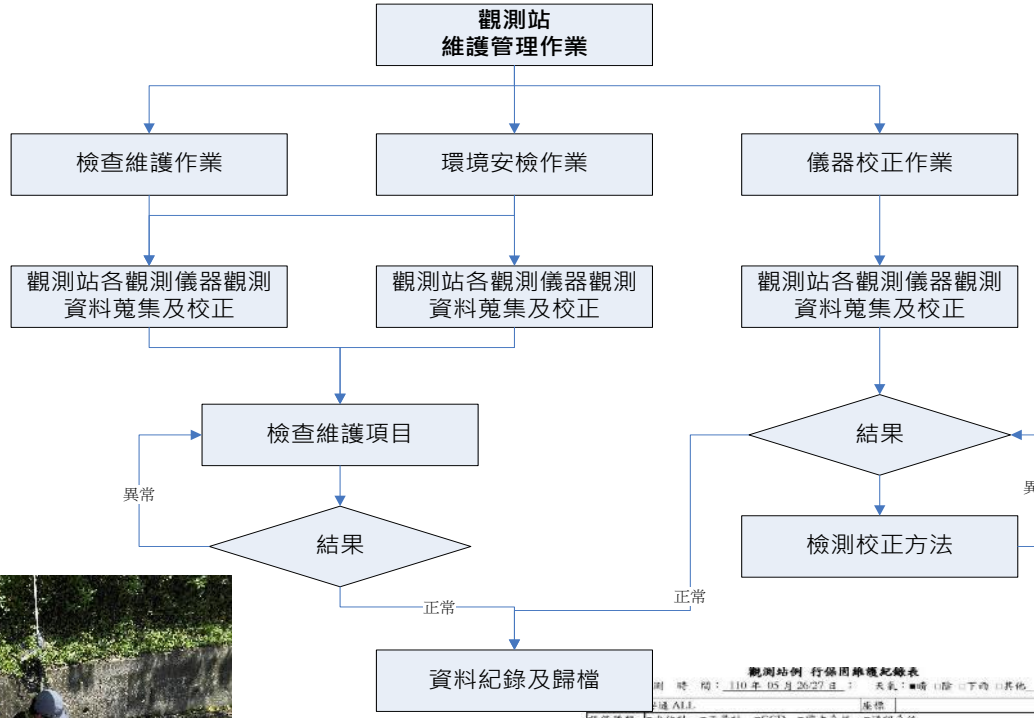












維運

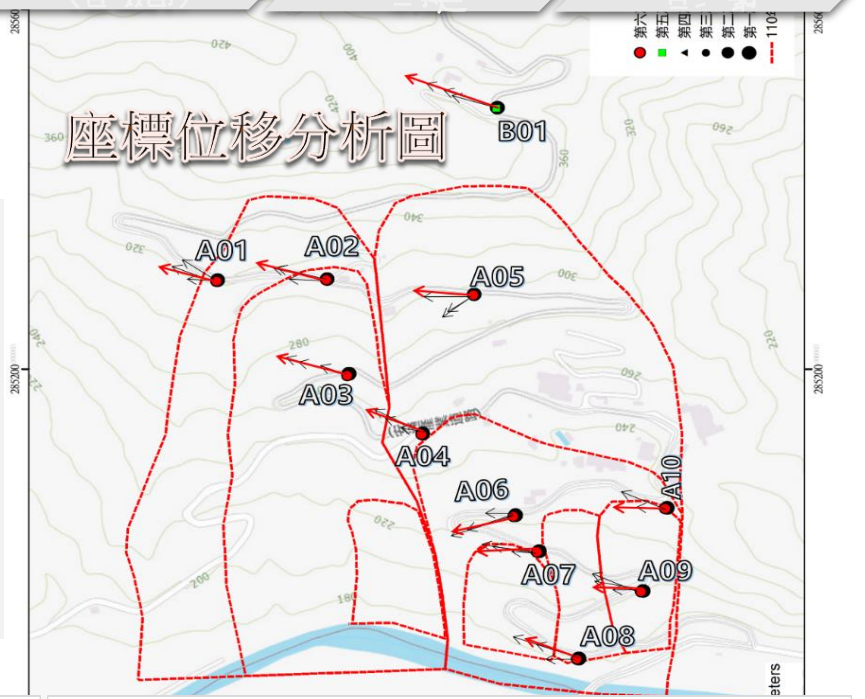


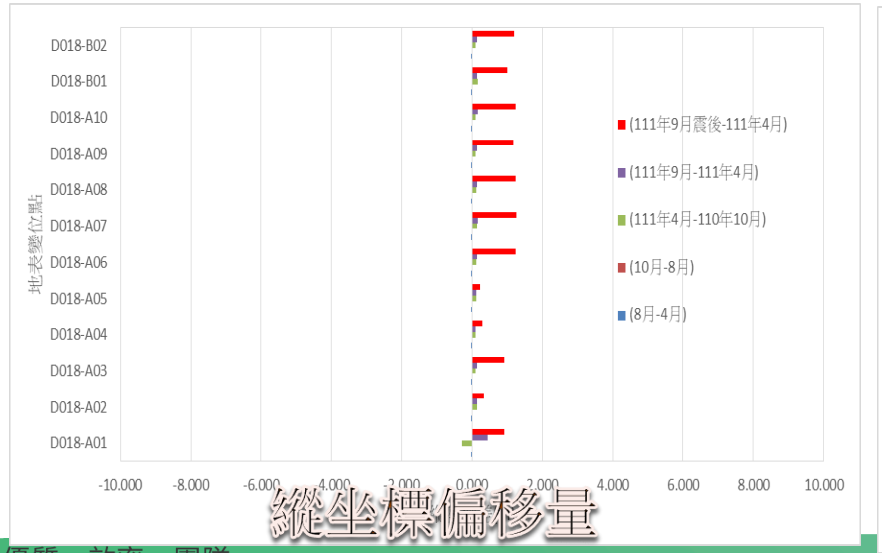
肆、監測資訊

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

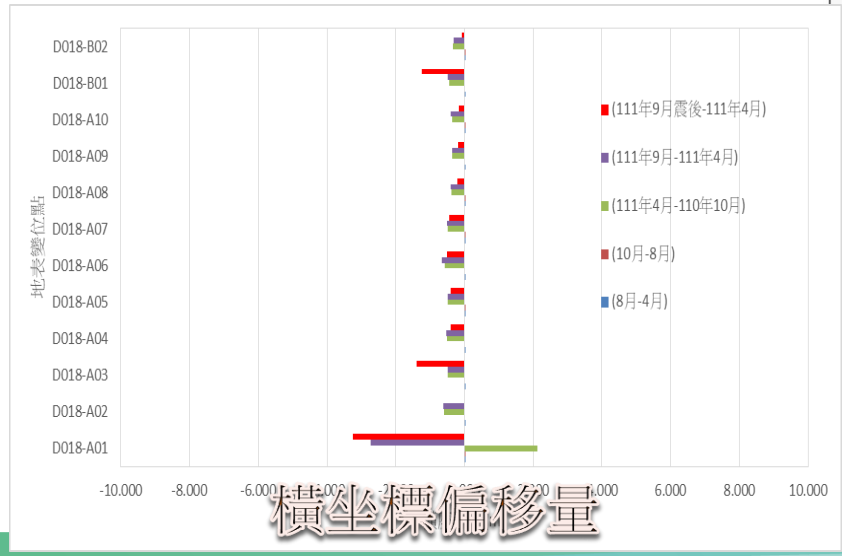
地表變位樁量測

1. D018潛在崩塌地主要**偏移方向為東北方向**
2. 歷經110年10月的圓規颱風、今年0323及0918地震後，**明顯看出地表變位**
3. **0323**的變動量約0.09m~2.12 m，**0918地震**變動量約0.22 m~3.24 m，往**東偏北**明顯

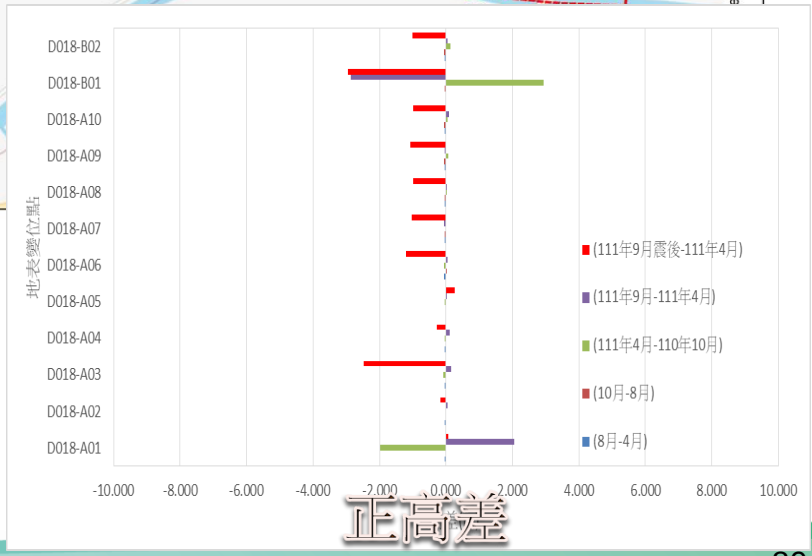




縱坐標偏移量



橫坐標偏移量



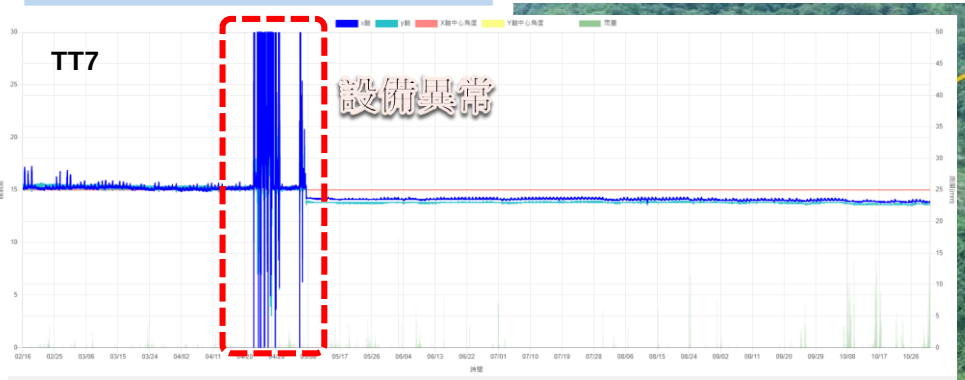
正高差

肆、監測資訊

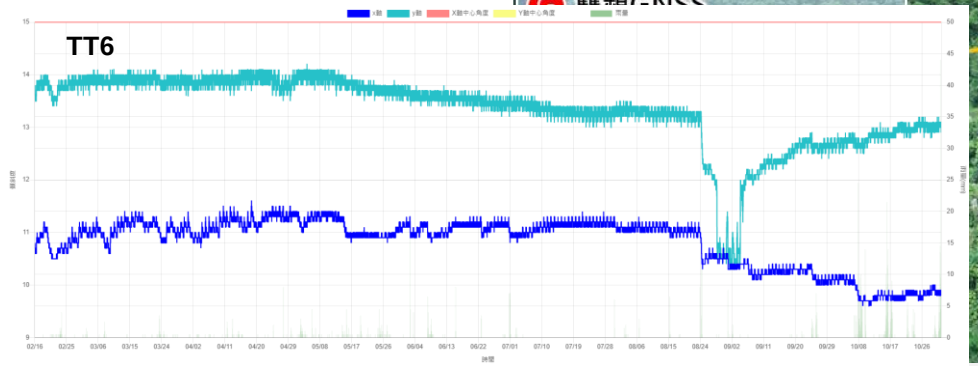
玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

目前監測成果

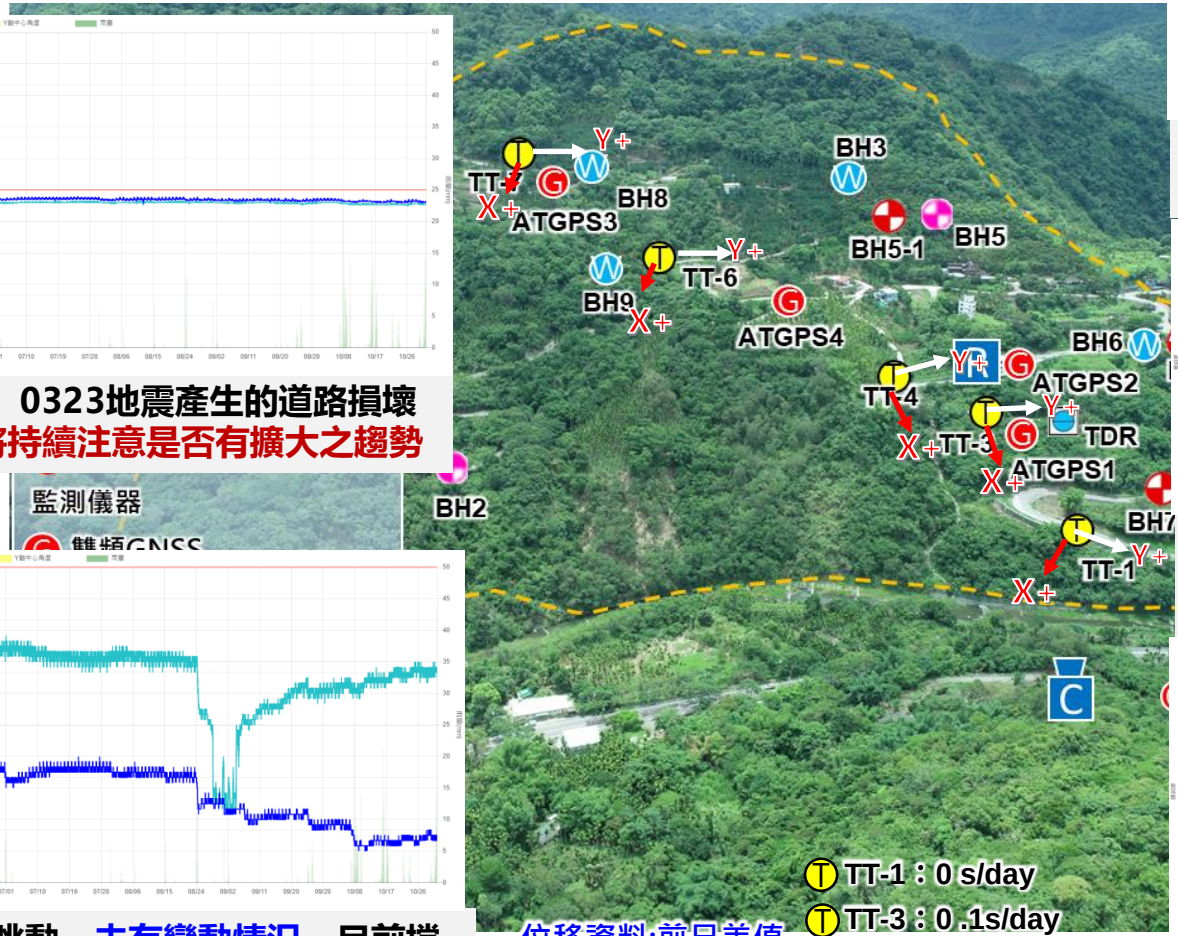
地表雙軸



0918地震中TT7未有變動情況，0323地震產生的道路損壞處已修補處，但有微幅開裂，將持續注意是否有擴大之趨勢

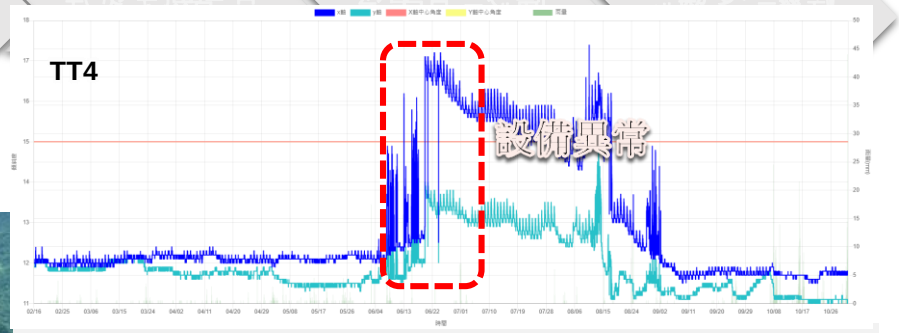


地震時X軸變動量約0.1秒上下跳動，未有變動情況，目前擋土牆龜裂狀況雖無擴大，但設備設置之後方土體有些微流失情況，表示本區有滑動趨勢，應持續關注變動情況

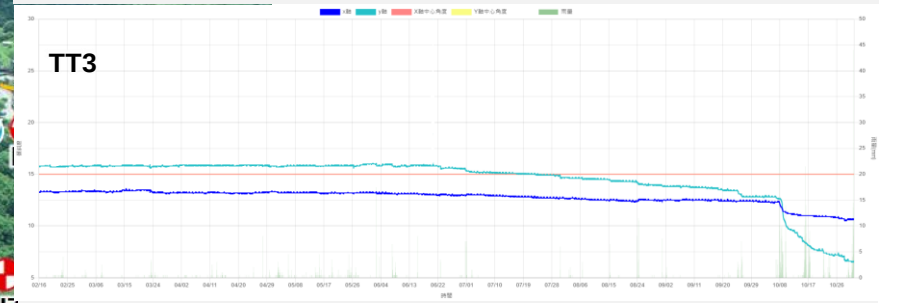


位移資料:前日差值

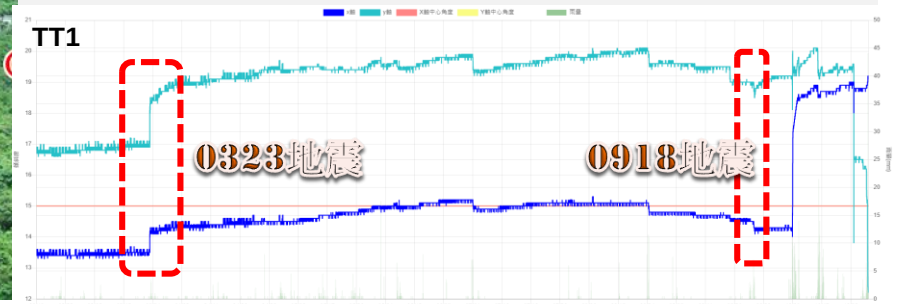
- TT-1：0 s/day
- TT-3：0 .1s/day
- TT-4：0 .1s/day
- TT-6：0 s/day
- TT-7：0 s/day



本區塊受降雨其變動較為明顯，地震發生期間未有變動情況，目前滑動方向為向南東方，呈後仰滑動



現地填縫修補處，與3月相比開裂情況更加擴大，地震當下，X軸變位量約0.1秒，Y軸變動量約0.2秒,持續注意現地受降雨所產生之變動情況

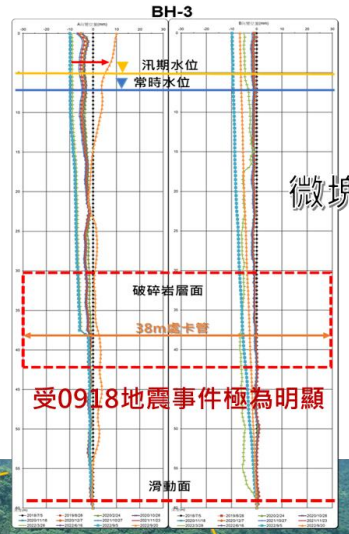


9月事件中X、Y軸未有明顯變動，現地擋土牆仍持續傾斜情況，道路周邊也有明顯沉陷，顯示此區塊有明顯變動滑移的跡象，建議後續應針對TT1所在之坡趾處進行整治改善，以利開裂滑移速度降低

肆、監測資訊

目前監測成果

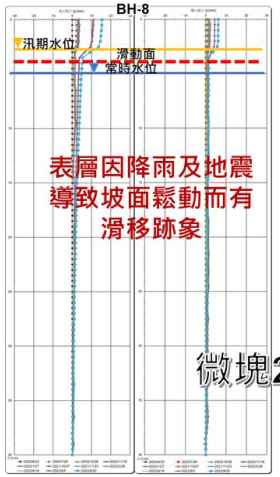
傾斜管



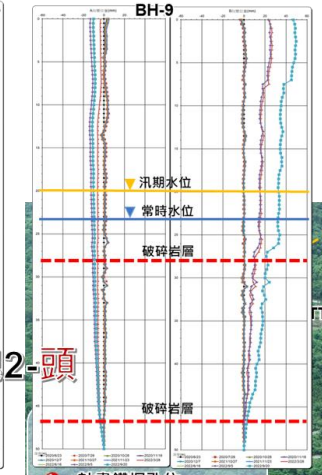
微塊3-頭

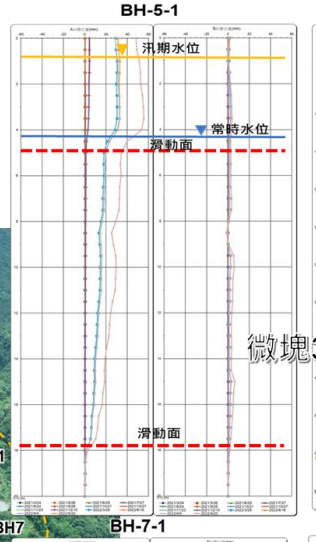
TDR



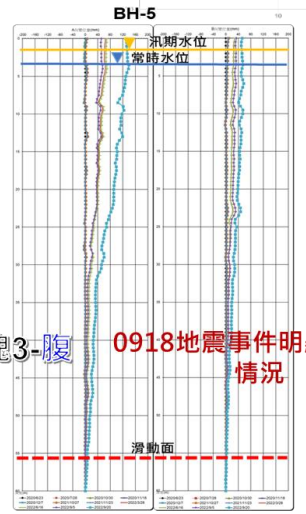


微塊2-頭

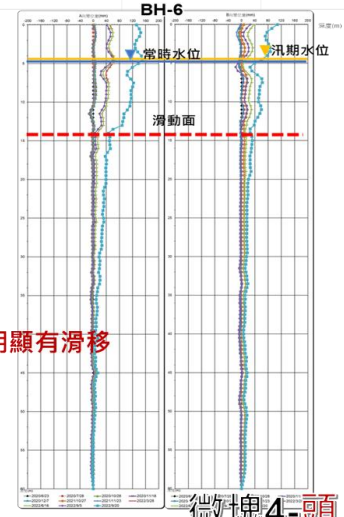




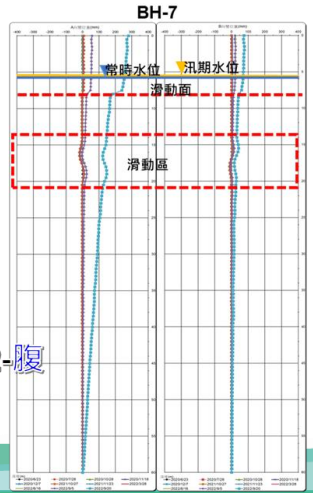
微塊2-腹



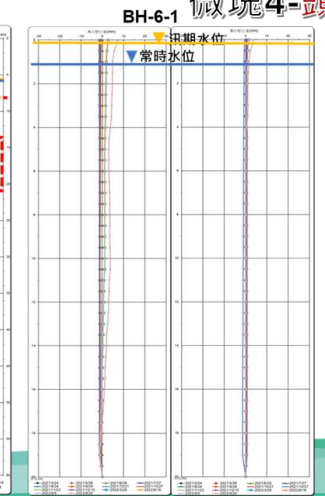
微塊3-腹



微塊4-頭



微塊4-2-腹



1. 3/8地震TDR約在9.6m處產生微幅變動，3/23地震則未有再向外推移
2. 06/20的5弱地震有微幅變動，約在距離孔口9.0m處有傾動情況
3. 9/18的6強地震並未有明顯變位，目前本計畫推測傾斜方向應朝西南

肆、監測資訊

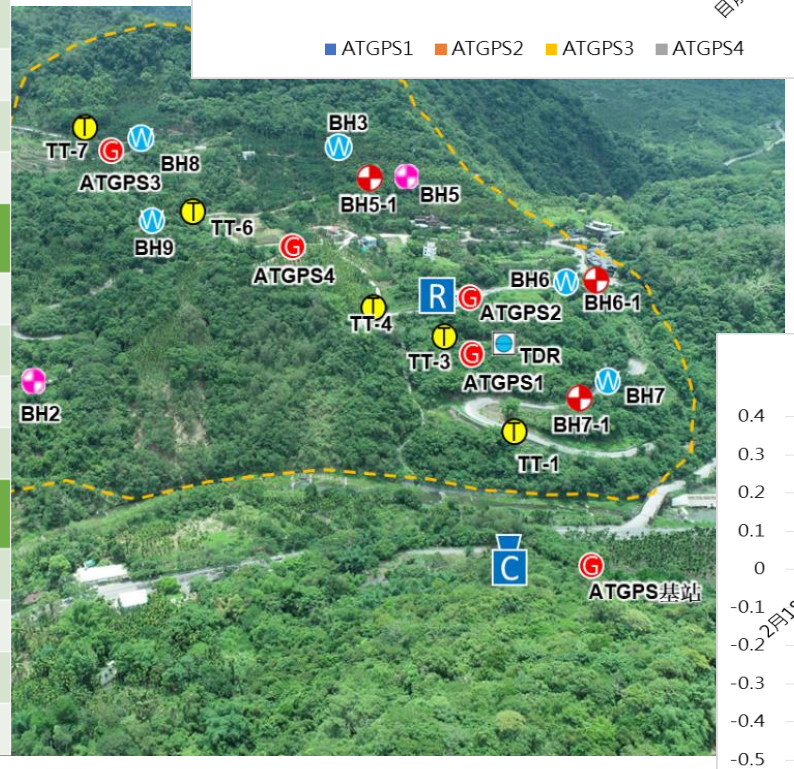
玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

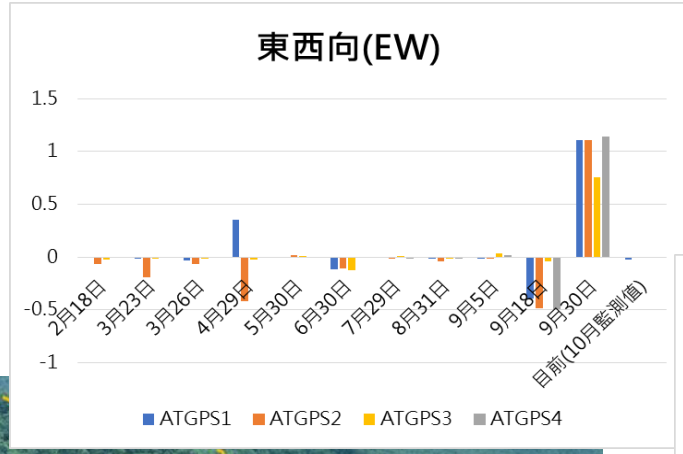
目前監測成果

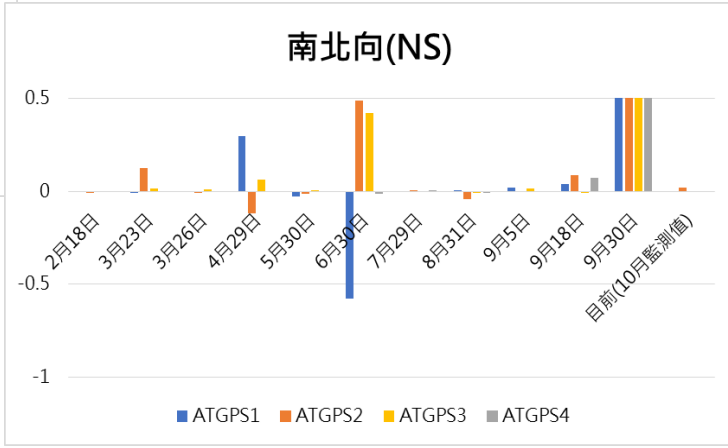
GNSS

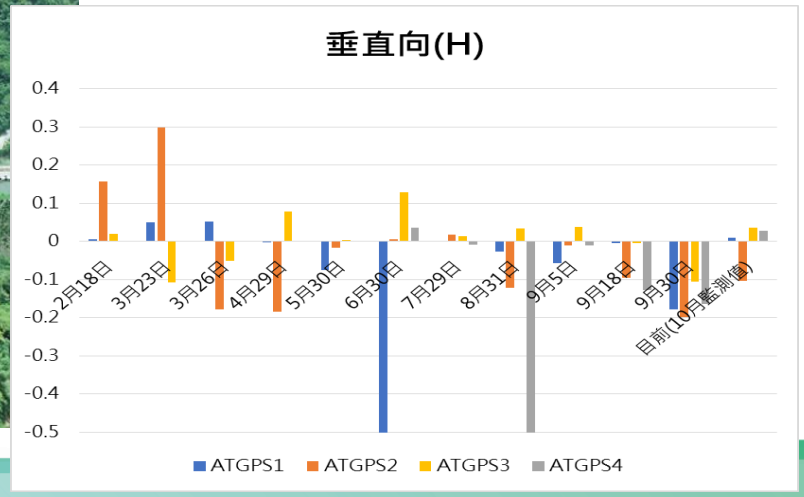
目前累積變動量約0.06~3.5 m間，顯示地震對於安通地表變位有明顯影響，建議應持續觀察相關變位

EW	2月18日	3月23日	3月26日	4月29日	5月30日	6月30日	7月29日	8月31日	9月5日	9月18日	9月30日	目前累積變位量
ATGPS1	-0.002	-0.004	-0.021	-0.054	0.298	0.289	0.178	0.17	0.159	0.145	-0.248	0.857
ATGPS2	-0.066	-0.132	-0.326	-0.388	-0.806	-0.791	-0.9	-0.912	-0.951	-0.966	-1.448	-0.339
ATGPS3	-0.022	-0.044	-0.062	-0.075	-0.099	-0.095	-0.218	-0.216	-0.227	-0.192	-0.233	0.525
ATGPS4	-	-	-	-	-	-0.006	-0.02	-0.038	-0.015	-0.506	0.631	0.628
NS	2月18日	3月23日	3月26日	4月29日	5月30日	6月30日	7月29日	8月31日	9月5日	9月18日	9月30日	目前累積變位量
ATGPS1	-0.003	-0.006	-0.013	-0.013	0.282	0.253	-0.327	-0.328	-0.323	-0.302	-0.264	2.542
ATGPS2	-0.007	-0.014	0.112	0.101	-0.018	-0.033	0.456	0.461	0.42	0.415	0.503	3.322
ATGPS3	-0.002	-0.004	0.013	0.022	0.083	0.087	0.51	0.508	0.499	0.515	0.507	3.522
ATGPS4	-	-	-	-	-	-0.013	-0.007	-0.016	-0.021	0.051	2.873	2.868
H	2月18日	3月24日	3月26日	4月29日	5月30日	6月30日	7月29日	8月31日	9月5日	9月18日	9月30日	目前累積變位量
ATGPS1	0.006	0.012	0.062	0.114	0.112	0.036	-0.88	-0.878	-0.905	-0.962	-0.967	-1.145
ATGPS2	0.157	0.314	0.612	0.434	0.25	0.233	0.238	0.256	0.135	0.125	0.029	-0.17
ATGPS3	0.02	0.04	-0.068	-0.119	-0.04	-0.036	0.092	0.106	0.139	0.176	0.171	0.065
ATGPS4	-	-	-	-	-	0.035	0.026	-0.944	-0.955	-1.083	-1.247	-1.22







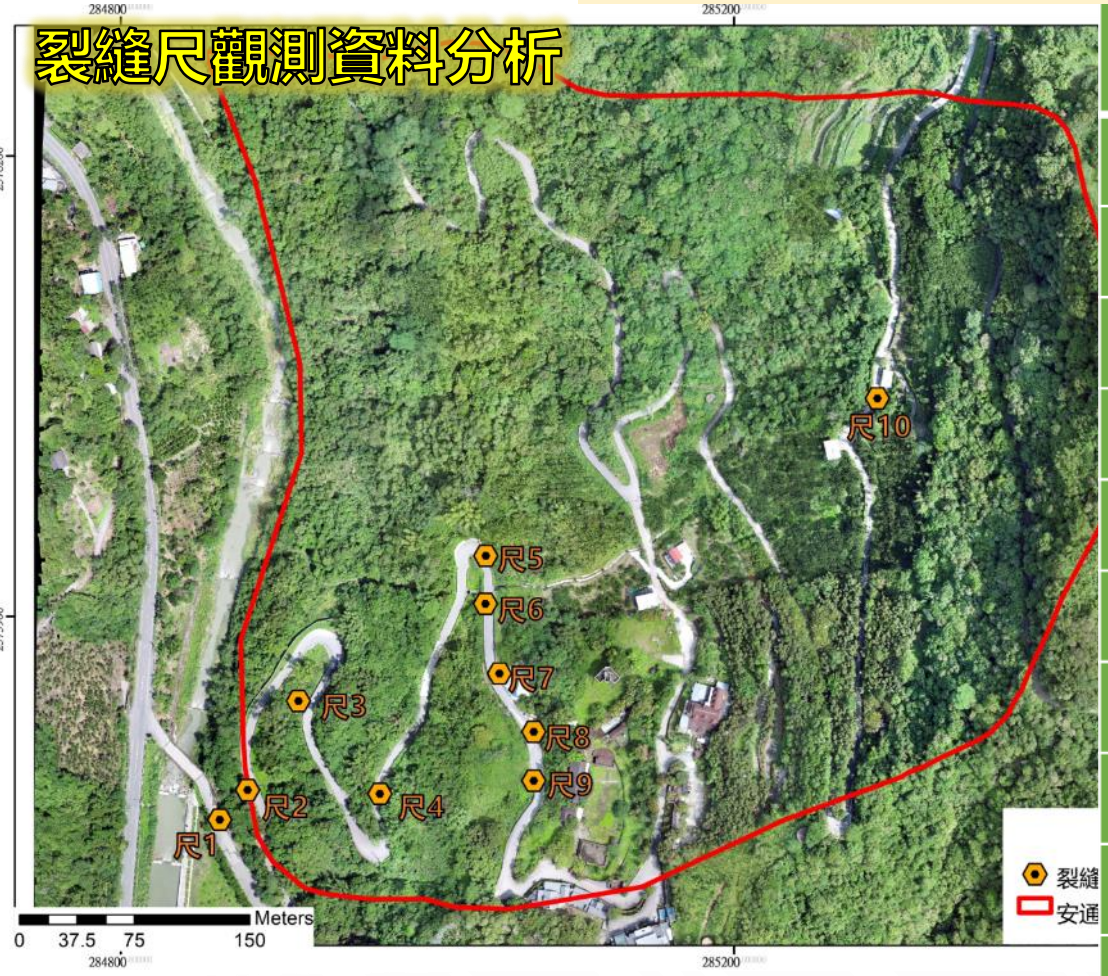


肆、監測資訊

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

0918地震後，各裂縫尺皆有明顯的變動，其變動量約0.25~8 mm不等，尺3在此次地震事件中完全錯開，尺1~尺8這段區間變動最大，顯示塊體4-1及塊體4-2有受到影響，顯示目前坡腹到坡趾的土體有不穩定的情況

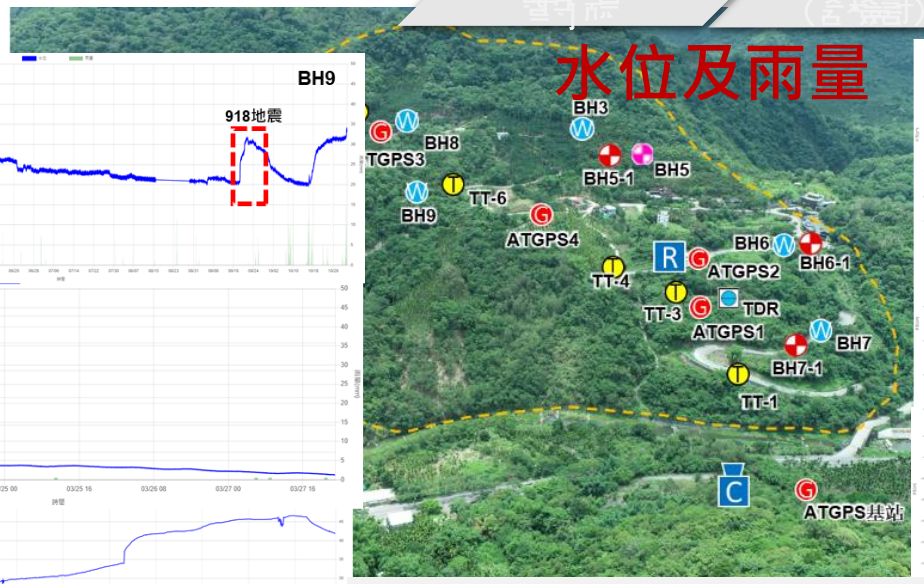
裂縫尺觀測資料分析



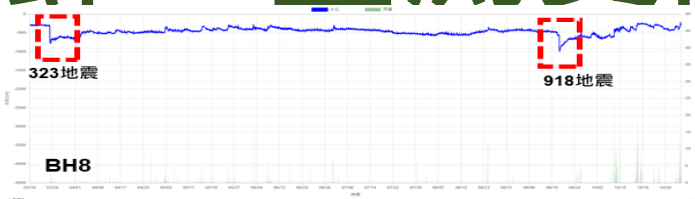
編號	X方向	Y方向	前次 X方向	前次 Y方向	X變位量	Y變位量
尺1	2.0 mm	0 mm	-2.0 mm	1.0 mm	4.0 mm	1 mm
尺2	1.0 mm	-0.25 mm	0 mm	0 mm	1.0 mm	0.25 mm
尺3	已開裂錯位	已開裂錯位	**0 mm**	**-1.0 mm**	已開裂錯位	已開裂錯位
尺4	-1 mm	-1.0 mm	-1 mm	-1.0 mm	-	-
尺5	1.0 mm	5.0 mm	1.25 mm	2.0 mm	0.25 mm	3.0 mm
尺6	1.0 mm	-6.0 mm	0 mm	2.0 mm	1.0 mm	8.0 mm
尺7	6.0 mm	-2.0 mm	6.0 mm	-3.0 mm	-	-1.0 mm
尺8	已開裂錯位	已開裂錯位	已開裂錯位	已開裂錯位	無法量測	無法量測
尺9	2.0 mm	2.0 mm	0 mm	0.25 mm	2.0 mm	1.75 mm
尺10	6.0 mm	-0.5 mm	3.0 mm	-0.5 mm	3.0 mm	-

肆、監測資訊

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

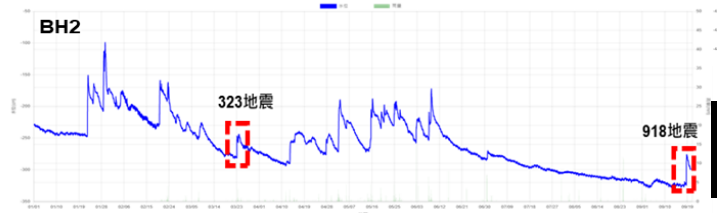












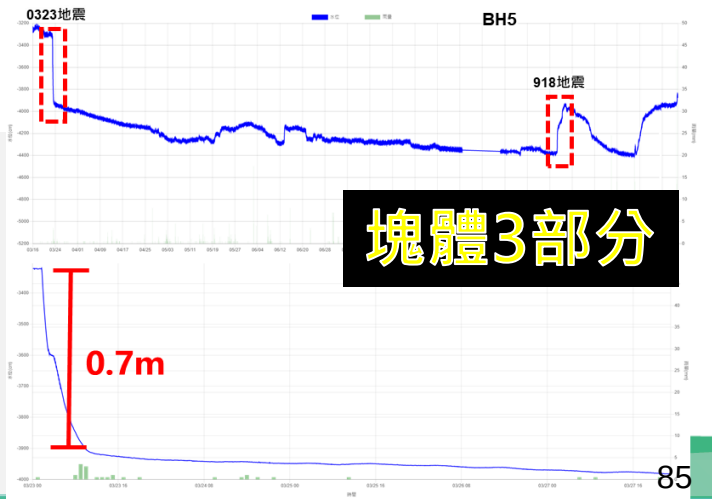
塊體1及2部分

1. BHAT3 水位因地震關係，**水位急速驟降,**然後緩慢的回升,且**水位受降雨影響明顯**
2. BHAT5 水位**0323**地震關係，水位一度**瞬間驟降**，然後慢慢的再回升至常時狀態，**0918地震水位有上升趨勢**，且**水位受降雨波動明顯**





1. BH-AT8 水位因地震關係，**水位急速驟降,**且**受降雨強度及時間長短明顯，顯示此區的地層可能有遭受擠壓，進而造成地下水層受到影響**
2. BH-AT9於0918**地震後水位有上升趨勢，**
3. BH-AT2於地震事件當中，**水位波動明顯**，且**受降雨強度及時間長短明顯**



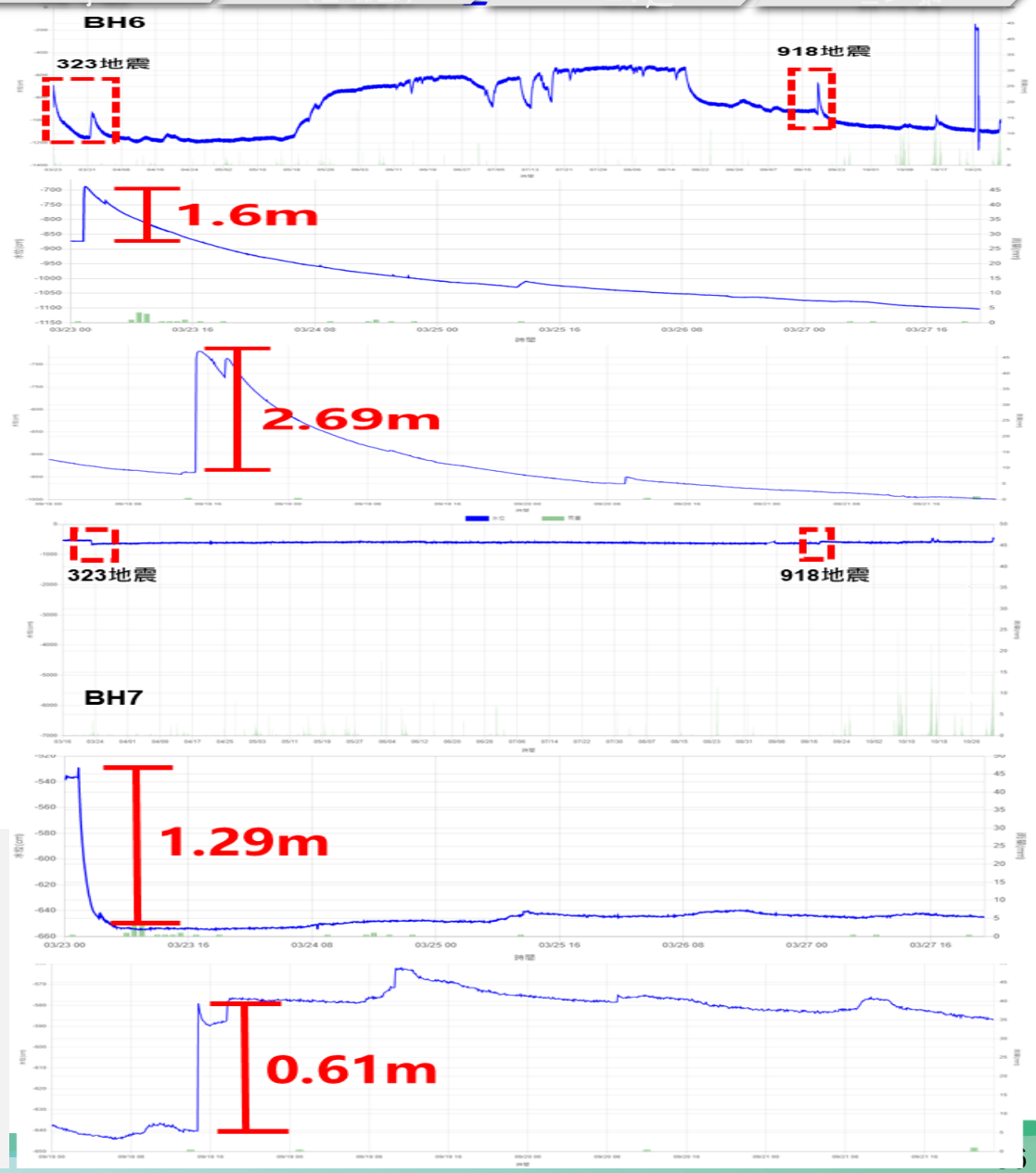
塊體3部分

肆、監測資訊

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

目前監測成果　水位及雨量





1. BH-AT6位在崩塌地的腹部位置，降雨反應速度快，在降雨事件中，水位受雨量的升降明顯，0323地震，水位瞬間驟降，但0918地震水位反而上升，然再回至常時狀態
2. BH-AT7 於0323地震，水位瞬間驟降，但0918地震水位反而上升，然再回至常時狀態，水位受雨量的升降微幅，顯示降雨對水位變動不大

肆、監測資訊

觀測資料綜合分析與警戒管理基準值修訂

透過本年度觀測資料，持續滾動檢討與修正

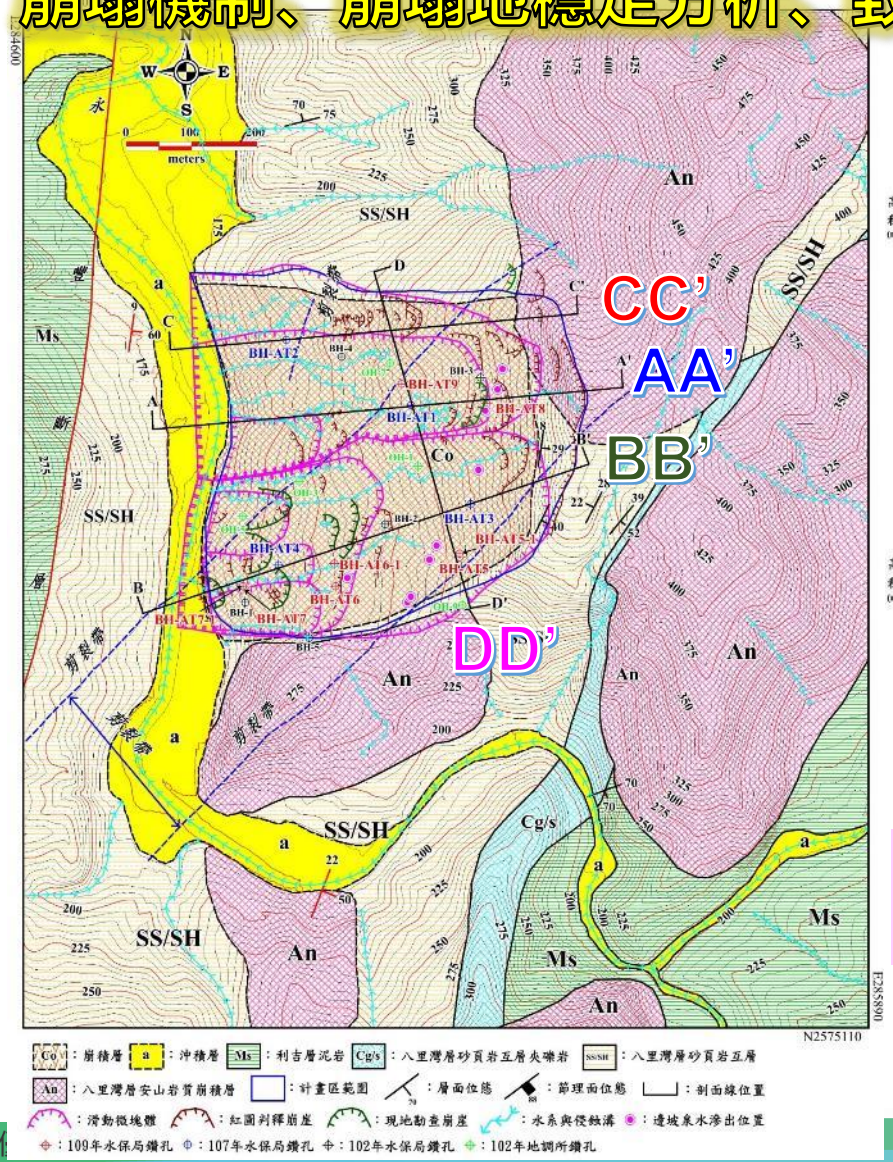
安通溫泉聚落崩塌地					
孔位編號	BH-2 (60m)	BH-3 (60m)	BH-5 (60m)	BH-5-1 (20m)	BH-6 (60m)
地中傾斜管(mm/日)	0.005	0.007	0.089	0.074	0.084
常時水位(m)	2.85	6.44	3.02	4.39	4.35
雨季水位(m)	1.25	2.87	1.21	0.98	4.52
颱風事件(m)	0.68	0.98	0.29	滿水位	2.07
水位觀測井編號	BH-6-1 (20m)	BH-7 (60m)	BH-7-1 (20m)	BH-8 (40m)	BH-9 (50m)
地中傾斜管(mm/日)	0.006	0.075	0.075	0.014	0.015
常時水位(m)	1.20	5.81	5.30	5.0	42.66
雨季水位(m)	0.37	5.63	4.54	2.87	29.02
颱風事件(m)	0.58	2.08	2.33	1.58	26.78
地表雙軸編號	TT-1	TT-3	TT-4	TT-6	TT-7
地表雙軸(sec)	3.6	0.3	0.4	3.8	2.5

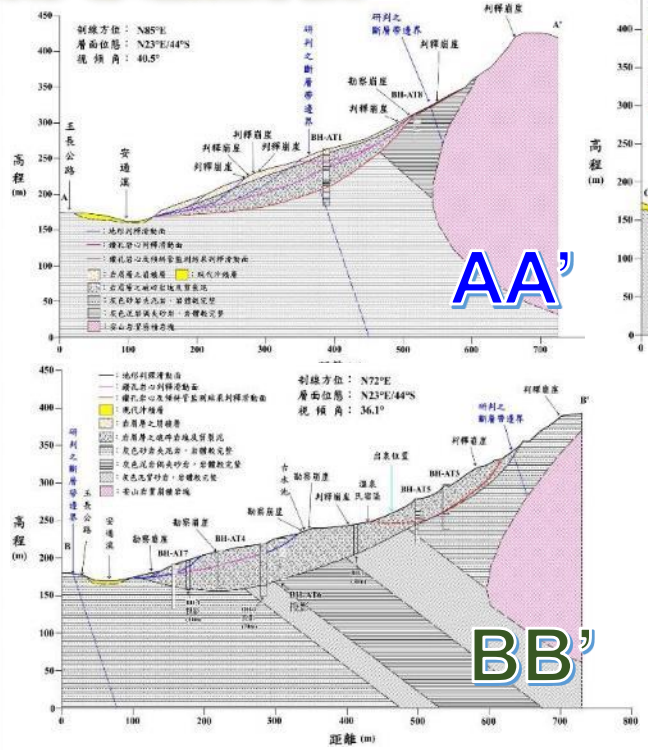
設備種類	編號	隸屬塊體	管理基準值 注意值	管理基準值 警戒值
雨量	ATR	塊體4	-	400 mm
地下水	BH6	塊體3	-5.0 m	-3.0 m
地下水	BH7	塊體4	-5.0 m	-3.0 m
地下水	BH8	塊體2	-3.0 m	-2.5 m
地下水	BH9	塊體2	-5.0 m	-3.0 m
地下水	BH3	塊體3	-2.5 m	-1.0 m
時域反射儀	BH-4	塊體4	1日:10 mm 7日:100 mm	1日: 20 mm 7日:50 mm
地表傾斜計(雙軸)	TT-1	塊體4	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-3	塊體4	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-4	塊體3	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-6	塊體1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-7	塊體1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
GNSS 地表變位	GPS1	塊體4-1	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm
GNSS 地表變位	GPS2	塊體4	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm
GNSS 地表變位	GPS3	塊體2	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm
GNSS 地表變位	GPS4	塊體2	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm

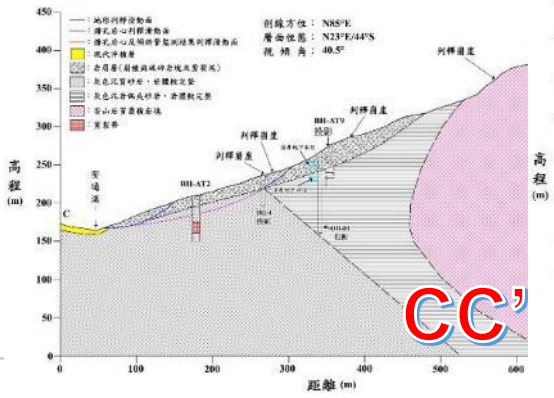
伍、安定分析

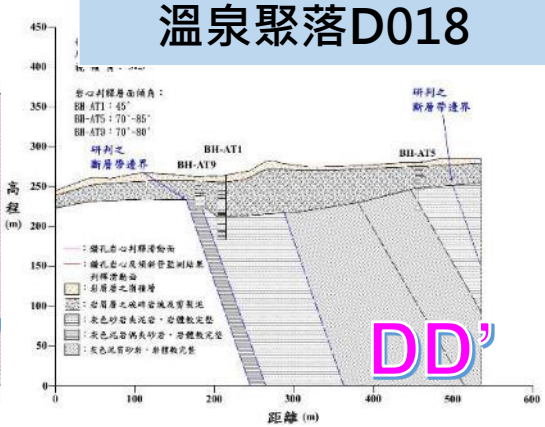
崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

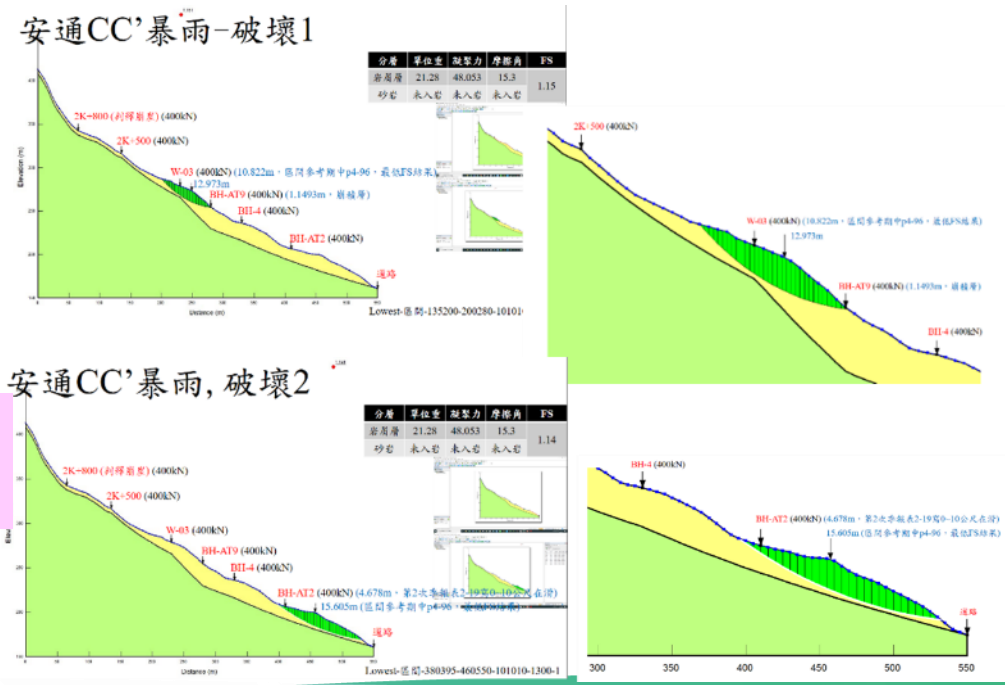








針對塊體4進行修正及111年改善工程納入分析

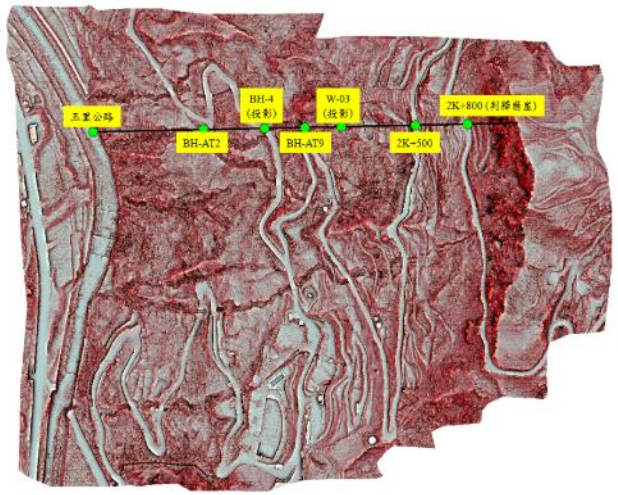


伍、安定分析

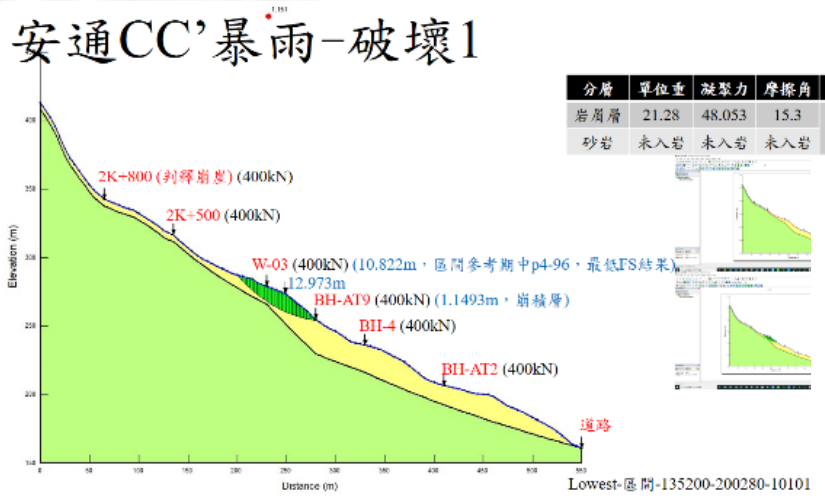
崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

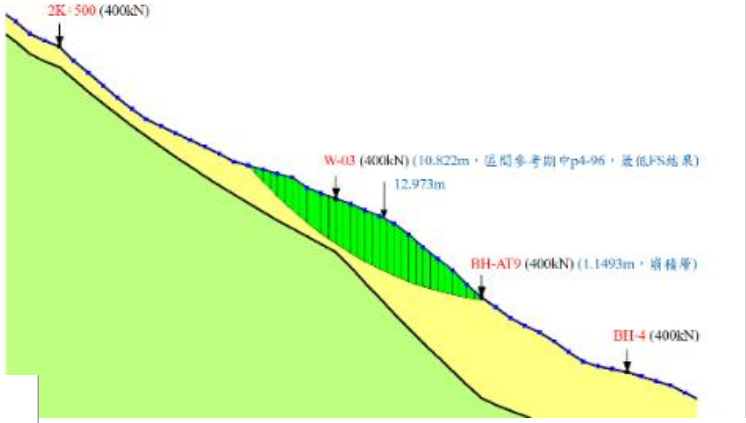
安通CC'
分析剖面



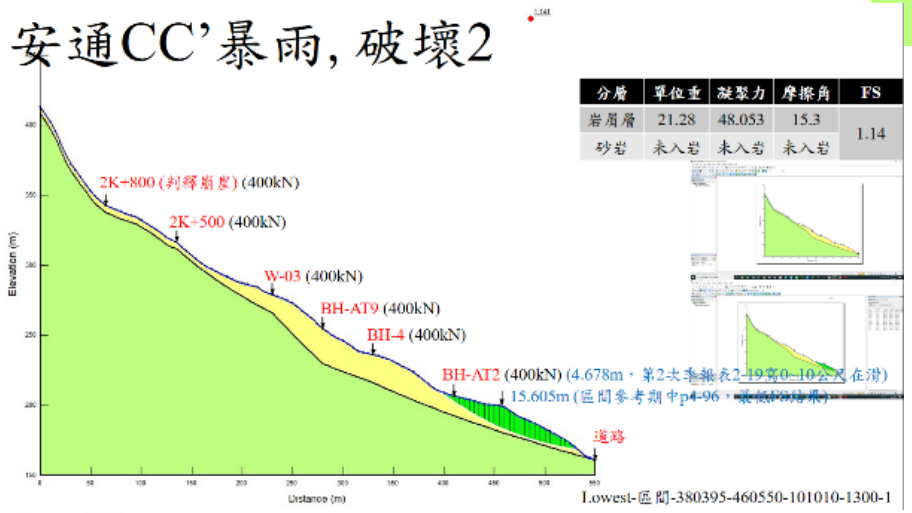
安通CC'暴雨-破壞1



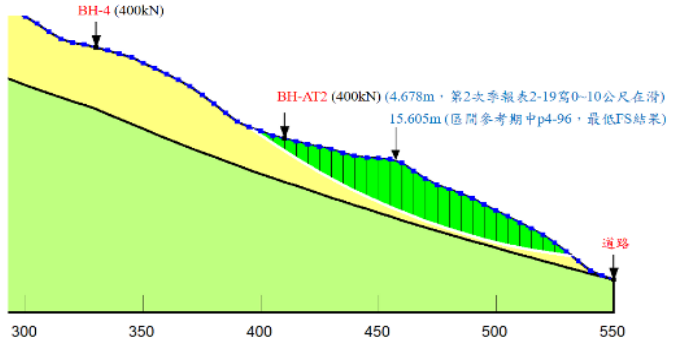
分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	1.15
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	



安通CC'暴雨，破壞2



分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	1.14
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	

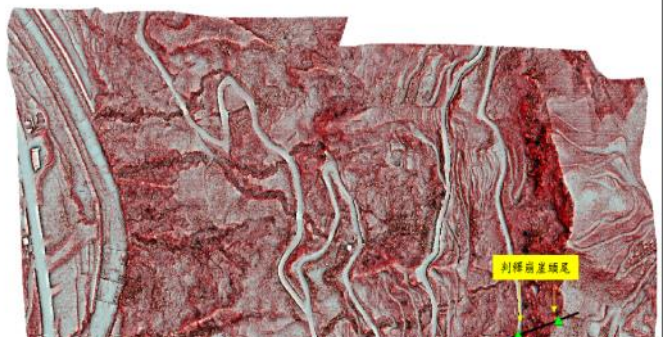


參、工作執行成果

崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評

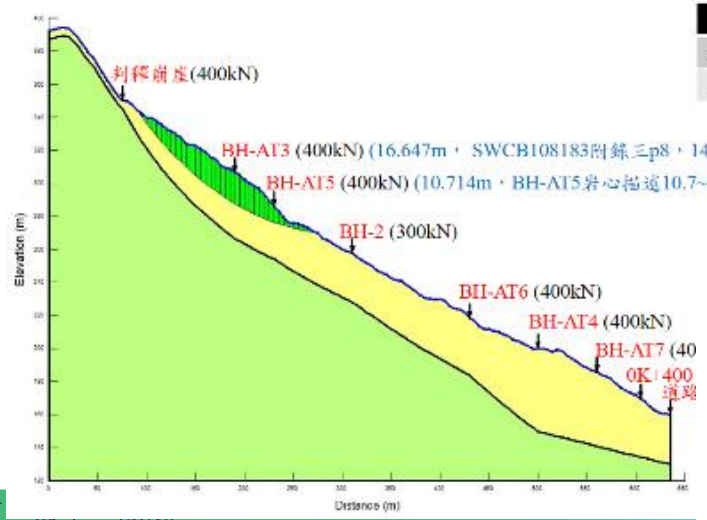
玉里鎮-樂合里-安通
溫泉聚落D018

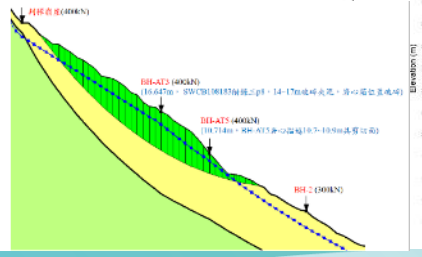
安通BB'
分析剖面



安通BB暴雨, 破壞2

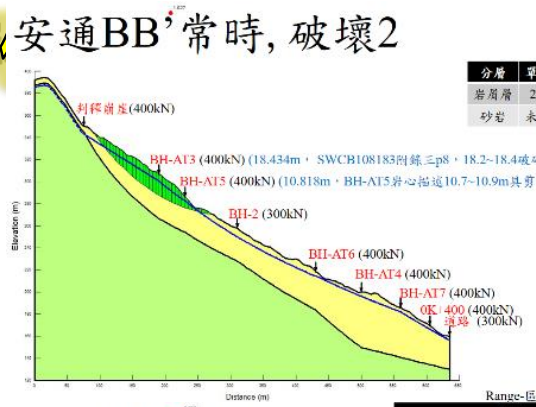
分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	0.87
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	



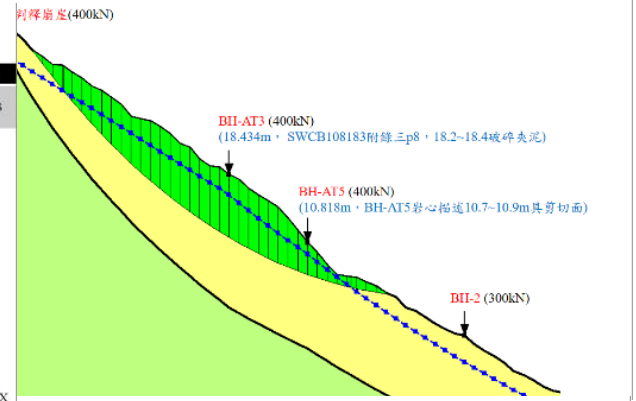


安通BB'常時, 破壞2

分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	1.03
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	



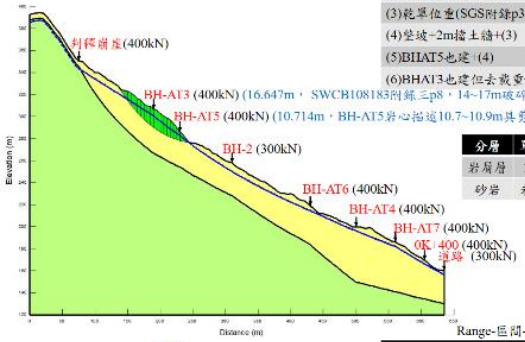
Range-區間-90110-260280-101030-193-X



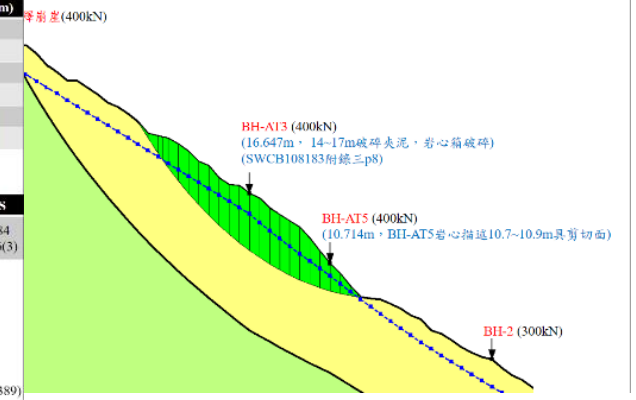
安通BB'地震破壞2

設定	FS(-10m/-15m)
(1)降10/15公尺地下水	0.93/0.93
(2)去載重+降地下水	0.93/0.93
(3)乾單位重(SGS附錄p3~4)+降地下水	1.12/1.12
(4)坡坡-2m擋土牆+(3)	1.13/1.13
(5)BIIAT5也建(4)	1.14/1.14
(6)BHAT3也建但去載重+(4)	1.14/1.14

分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	0.84
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	0.96(3)



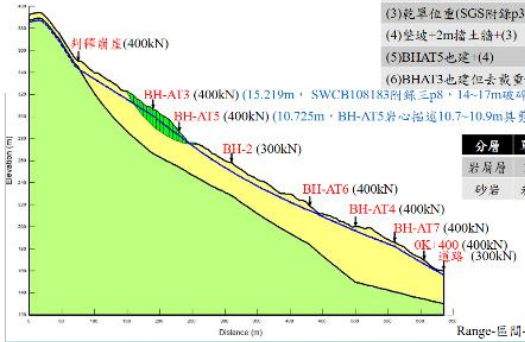
Range-區間-135150-245260-101030-102(3389)



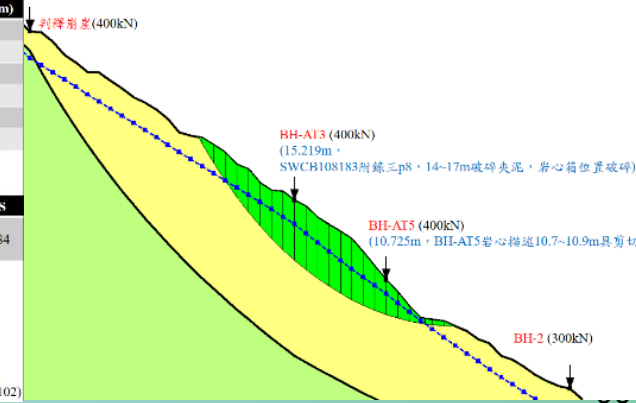
安通BB地震破壞2

設定	FS(-10m/-15m)
(1)降10/15公尺地下水	0.97/0.97
(2)去載重+降地下水	0.97/0.97
(3)乾單位重(SGS附錄p3~4)+降地下水	1.18/1.18
(4)坡坡-2m擋土牆+(3)	1.19/1.19
(5)BIIAT5也建(4)	1.20/1.20
(6)BHAT3也建但去載重+(4)	1.21/1.21

分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	0.84
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	



Range-區間-135150-245260-101030-3389(102)

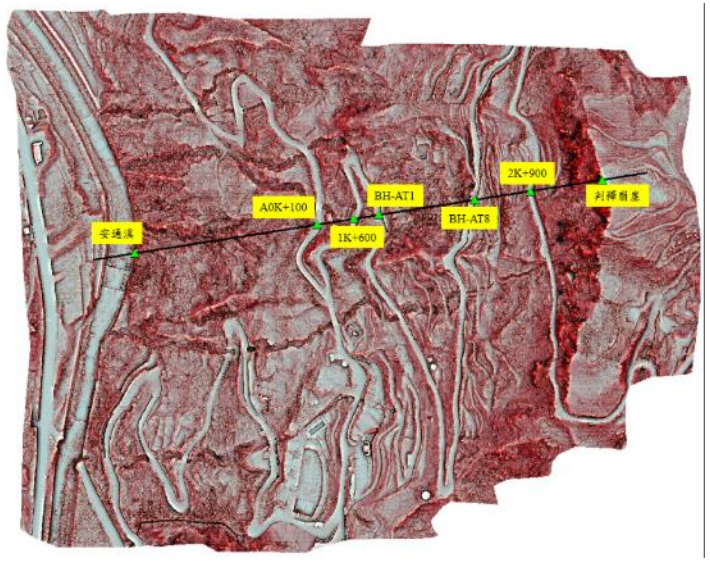


伍、安定分析

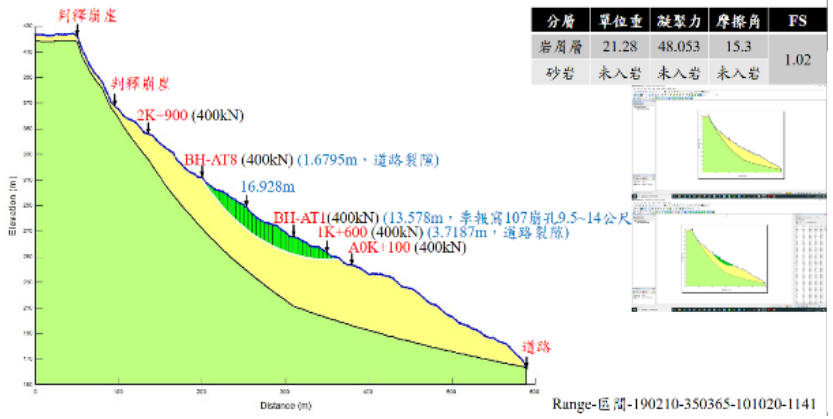
崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估

玉里鎮-樂合里-安通溫泉聚落D018

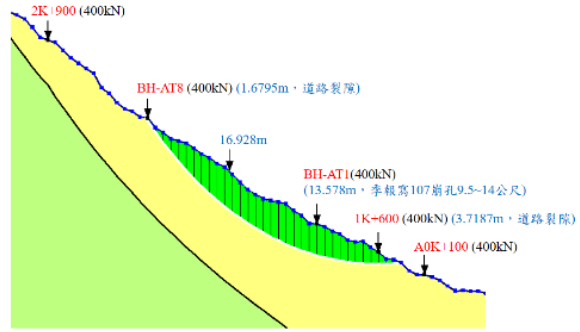
安通AA'
分析剖面



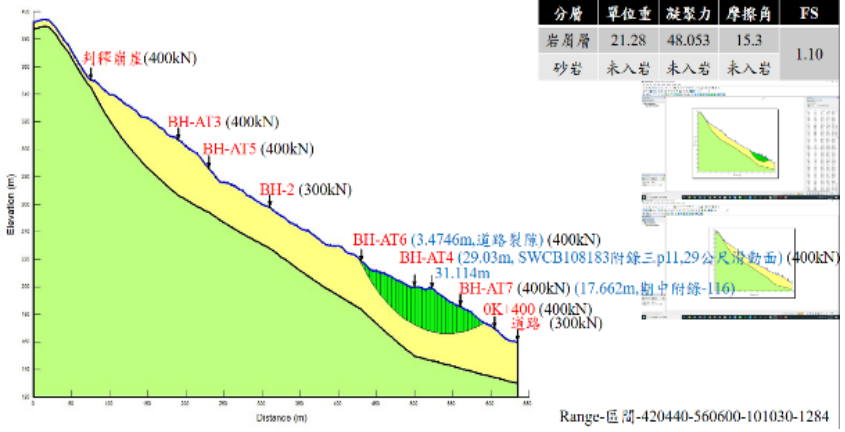
安通AA'暴雨, 破壞1



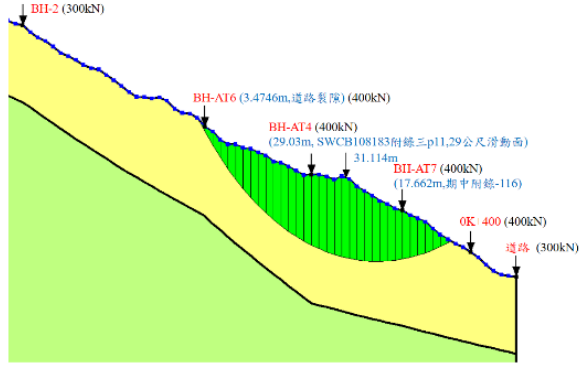
分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	1.02
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	



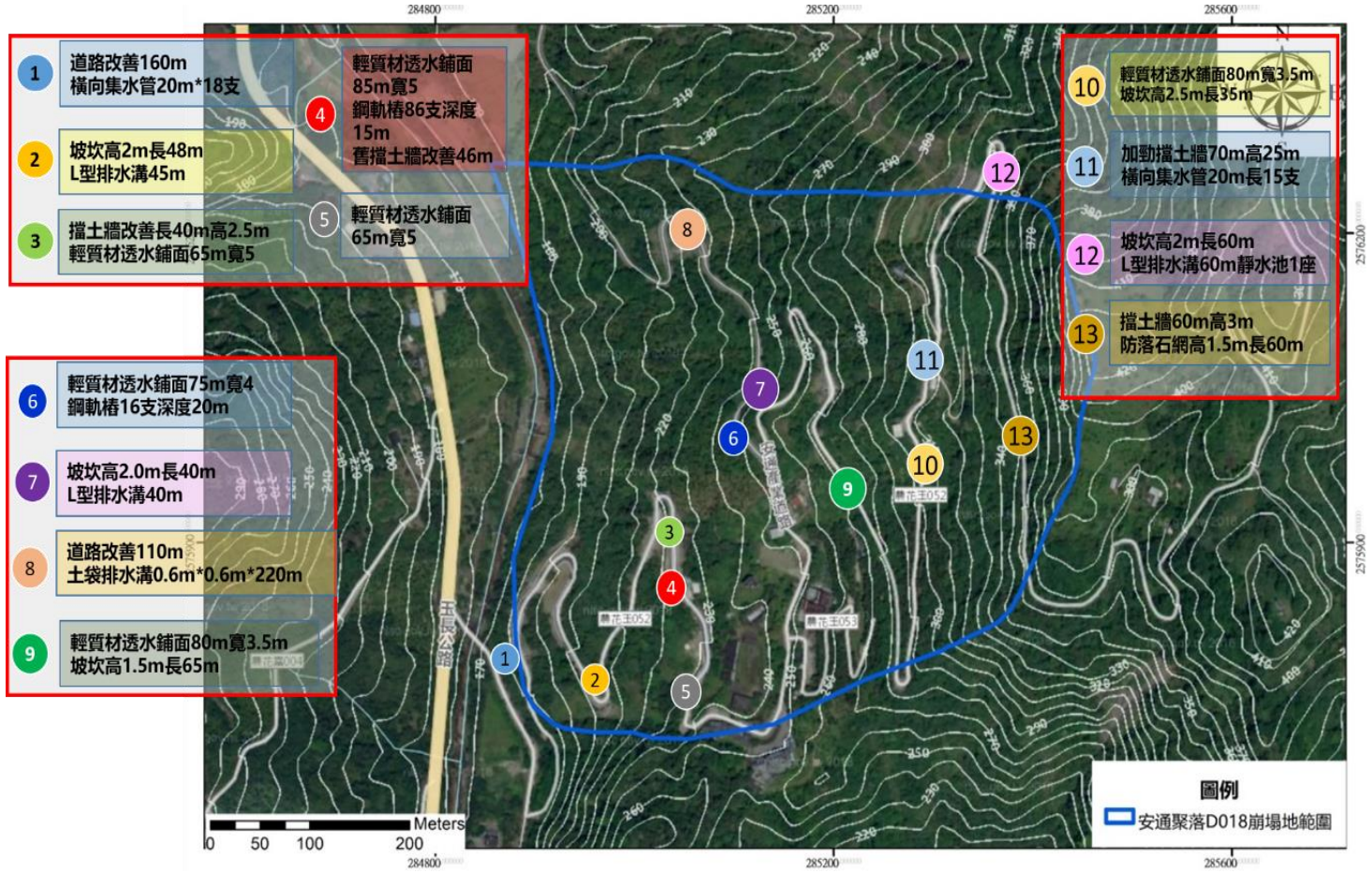
安通BB'暴雨, 破壞1



分層	單位重	凝聚力	摩擦角	FS
岩屑層	21.28	48.053	15.3	1.10
砂岩	未入岩	未入岩	未入岩	



陸、改善建議



編號	期別	工程內容	價格	建議執行單位
1	2	道路改善160m 橫向集水管20m*18支	1,350,000	花蓮縣政府
2	2	坡坎高2m長48m L型排水溝45m	980,000	玉里鎮公所
3	1	擋土牆改善長40m高2.5m 輕質材透水鋪面65m寬5	1550,000	花蓮縣政府
4	1	輕質材透水鋪面85m寬5 鋼軌樁86支深度15m 舊擋土牆改善46m	2450,000	花蓮縣政府
5	1	輕質材透水鋪面65m寬5	950,000	玉里鎮公所
6	1	輕質材透水鋪面75m寬4 鋼軌樁16支深度20m	1,950,000	水土保持局
7	2	坡坎高2.0m長40m L型排水溝40m	860,000	玉里鎮公所
8	2	道路改善110m 土袋排水溝0.6m*0.6m*220m	1,750,000	花蓮縣政府
9	2	輕質材透水鋪面80m寬3.5m 坡坎高1.5m長65m	1,840,000	花蓮縣政府
10	2	輕質材透水鋪面80m寬3.5m 坡坎高2.5m長35m	1,550,000	花蓮縣政府
11	3	加勁擋土牆70m高25m 橫向集水管20m長15支	1,150,000	水土保持局
12	2	坡坎高2m長60m L型排水溝60m靜水池1座	1,425,000	水土保持局
13	3	擋土牆60m高3m 防落石網高1.5m長60m	950,000	玉里鎮公所

結論-安通溫泉聚落

地質現調及監測分析

- 安通地表破壞跡象主要集中於D018西南側的溫泉旅館下方邊坡的1區、D018中央偏北側的道路交叉口附近的2區及D018東北端的道路轉彎處的3區



- D018潛在崩塌地主要偏移方向為東北方向，目前地表變動有些顯著，塊體4所在之處仍受地震災害影響明顯，建議後續應針對塊體4所在之處進行相關治理作業
- 目前監測結果，崩塌地整體處於『潛在變動至準確定變動』階段，但以監測資料來看，目前現在有一定傾斜累積方向。

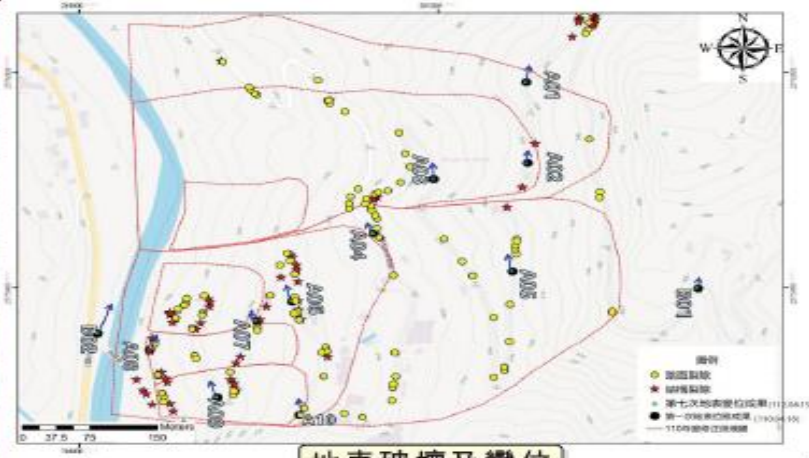
管理基準值

近兩年監測期間未有致災性的颱風豪雨事件，來進行比對驗證，雖降雨量及地下水位資訊尚足以進行管理基準值訂定工作，本年度雖有較大的地震事件進行佐證，目前仍維持其相關基準值。

設備種類	編號	隸屬塊體	管理基準值	
			注意值	警戒值
雨量	ATR	塊體4	-	400 mm
地下水	BH6	塊體3	-5.0 m	-3.0 m
地下水	BH7	塊體4	-5.0 m	-3.0 m
地下水	BH8	塊體2	-3.0 m	-2.5 m
地下水	BH9	塊體2	-5.0 m	-3.0 m
地下水	BH3	塊體3	-2.5 m	-1.0 m
時域反射儀	BH-4	塊體4	1日:10 mm 7日:100 mm	1日: 20 mm 7日:50 mm
地表傾斜計(雙軸)	TT-1	塊體4	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-3	塊體4	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-4	塊體3	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-6	塊體1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
地表傾斜計(雙軸)	TT-7	塊體1	1日:1080 S 7日:1800 S	1日:1800 S 7日:3600 S
GNSS 地表變位	GPS1	塊體4-1	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm
GNSS 地表變位	GPS2	塊體4	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm
GNSS 地表變位	GPS3	塊體2	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm
GNSS 地表變位	GPS4	塊體2	1日:50 mm 7日:100 mm	1日:150 mm 7日:300 mm

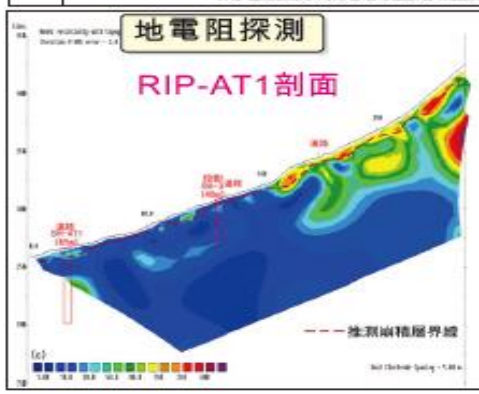
花蓮縣-玉里鎮-D018(安通溫泉聚落)大規模崩塌潛勢區總圖

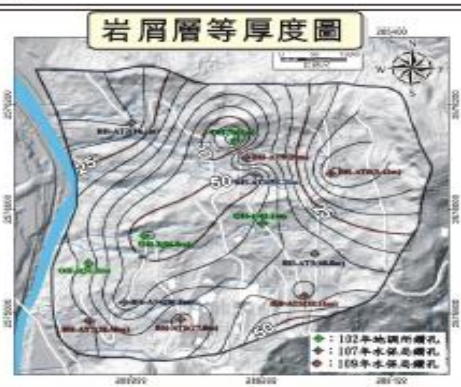


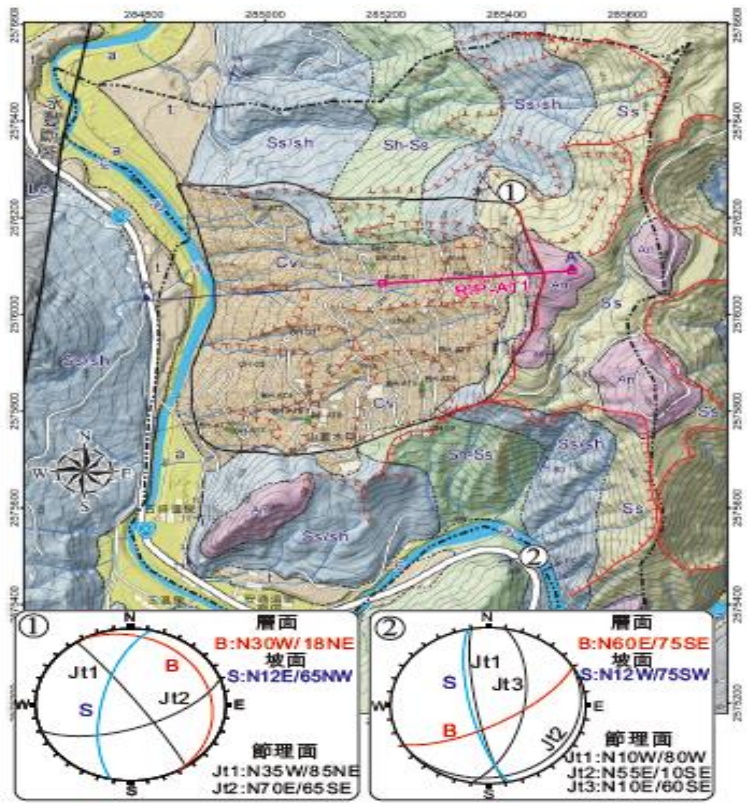


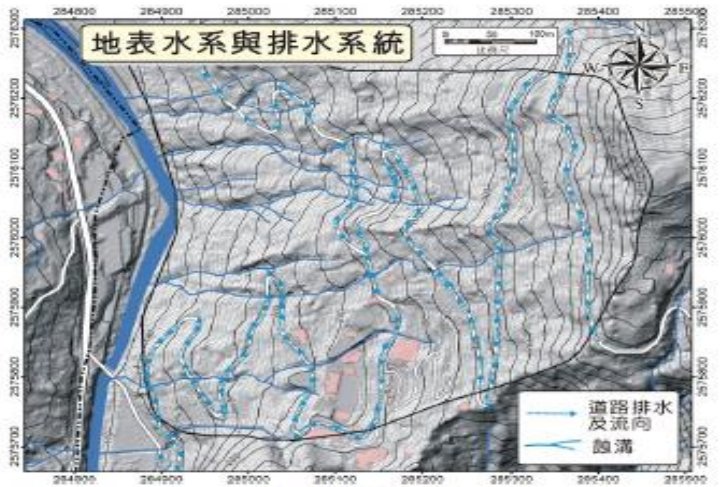


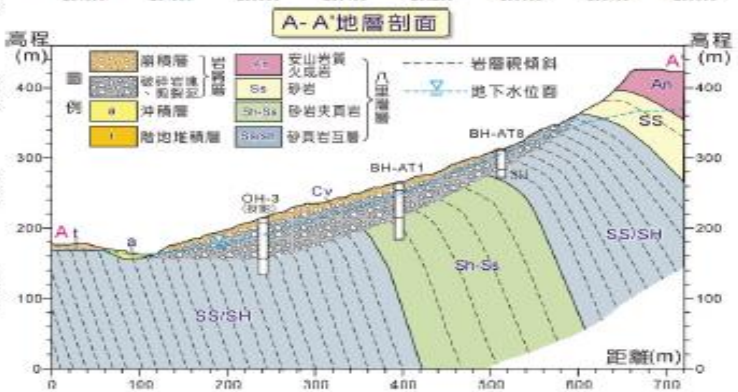
基本資料	位置：花蓮縣玉里鎮安通溫泉聚落 面積：計畫區域91.2公頃；D018崩塌地26.6公頃。 坡度：平均坡度約26度。 坡向：平均坡向為北偏西88度。 地形概況：位於安通溪右岸，地形大致為東高西低，海拔高程約150～480公尺。
地質概況	地層：八里灣層 岩性：岩屑層、砂岩、砂頁岩互層、砂岩夾頁岩、安山岩。 地層位態：平均N23°E/44°SE(地層位態坡面傾角小，河谷傾角大。) 地質構造：永豐斷層，位於坡趾西側之逆斷層。屬利吉層東側的界面斷層。 地下水位：一般地表下1.2~6.4m，水位隨雨量大小的升降明顯。 崩塌原因：斷層構造線影響，造成計畫區域岩層剪裂破碎，具密集之剪切面，地下水位上升後，地表軟弱破碎帶含水弱化，進而發生大規模圓弧型崩塌。











總建議

一、電台山計畫區目前已達成階段任務，包含對於滑動機制、地表及地中特徵了解與掌握，目前工程手段已完成階段任務，建議短時間內不可解除監測機制，但可減少檢視頻率。考量邊坡長期穩定與地區安全，建議整體治理策略以先穩定崩塌源頭，減少土砂來源，再進行土石流抑止工程，因此趾部的穩定實屬重要

二、羅山計畫區已針對易滑動區塊進行工程手段的處理，並針對既有設備位置進行調整。目前已達成階段任務，羅山雖屬淺層崩塌地，但是否會引發大規模崩塌或地滑，仍須長期觀測並持續管理基準值滾動檢討

三、安通計畫區屬於活躍的地滑區域，建議應持續進行觀測，觀測頻率及設備可再調整。此外，前期的LiDAR測量只針對計畫區內的道路進行量測，但無法看出坡面等問題，建議後續應針對計畫區內整體進行LiDAR測量，作為日後整體坡面位移面向的掌握與工程成效的管理

報告完畢
敬請指教