

# 國有林大規模崩塌潛勢區 減災策略研擬及安全監測第 2 期

Risk Management and Monitoring of Potential Large-scale  
Landslide Areas in National Forests (Phase II)

成果報告



委託單位：行政院農業委員會林務局

執行單位：國立交通大學

中華民國 108 年 12 月

# 目錄

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 目錄 .....                              | I    |
| 表目錄 .....                             | IV   |
| 圖目錄 .....                             | VI   |
| 摘要 .....                              | 摘-1  |
| ABSTRACT .....                        | A-1  |
| 壹、前言 .....                            | 1-1  |
| 1-1 計畫緣起與目的 .....                     | 1-1  |
| 1-2 委託工作項目及範圍 .....                   | 1-2  |
| 1-3 工作執行流程 .....                      | 1-7  |
| 貳、中、高保全重要性評分之大規模崩塌潛勢區活動性評估 .....      | 2-1  |
| 2-1 既有邊坡活動性評估方法 .....                 | 2-4  |
| 2-2 大規模崩塌潛勢區活動性評估場址 .....             | 2-11 |
| 2-3 活動性評估方法 .....                     | 2-14 |
| 2-4 活動性評估結果 .....                     | 2-19 |
| 參、國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測 執行計畫滾動管理 .....     | 3-1  |
| 3-1 滾動式修正大規模崩塌潛勢區監測、減災規劃及經費規劃 .....   | 3-1  |
| 3-2 滾動調整大規模崩塌潛勢區防災排序 .....            | 3-12 |
| 3-3 林務局「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」執行成效評估 ...    | 3-19 |
| 肆、高雄市-六龜區-D015 潛勢區監測分析與 減災策略檢討 .....  | 4-1  |
| 4-1 現況補充調查、持續監測、檢討活動性 .....           | 4-1  |
| 4-1.1 傾斜觀測管 .....                     | 4-1  |
| 4-1.2 水位觀測井 .....                     | 4-3  |
| 4-1.3 UAV 定期空拍 .....                  | 4-11 |
| 4-2 管理基準值與減災策略檢討 .....                | 4-19 |
| 4-2.1 高雄市-甲仙區-D044、D047 管理基準值建議 ..... | 4-23 |
| 4-2.2 嘉義縣-阿里山鄉-D187 管理基準值建議 .....     | 4-29 |
| 4-2.3 高雄市-六龜區-D015 管理基準值與減災策略檢討 ..... | 4-35 |



|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 伍、高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區現況調查 .....  | 5-1  |
| 5-1 高雄市-甲仙區-D044、D047 概況 .....     | 5-1  |
| 5-1.1 區域地質概述 .....                 | 5-1  |
| 5-1.2 潛勢區位置與地形 .....               | 5-4  |
| 5-1.3 既有監測資料蒐集 .....               | 5-6  |
| 5-2 地表地質調查 .....                   | 5-12 |
| 5-3 航(遙)測分析 .....                  | 5-21 |
| 5-4 地球物理探測 .....                   | 5-26 |
| 5-4.1 探測位置與數量 .....                | 5-26 |
| 5-4.2 探測結果 .....                   | 5-28 |
| 5-5 地質鑽探 .....                     | 5-35 |
| 5-5.1 岩心取樣結果 .....                 | 5-36 |
| 5-5.2 力學試驗結果 .....                 | 5-39 |
| 5-5.2.1 岩石單軸壓縮強度試驗 .....           | 5-39 |
| 5-5.2.2 完整岩石三軸試驗 .....             | 5-40 |
| 5-5.2.3 崩積層三軸壓縮試驗 .....            | 5-41 |
| 5-6 地質圖與地質剖面圖 .....                | 5-44 |
| 5-7 邊坡特性與可能破壞機制 .....              | 5-46 |
| 陸、高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區監測及分析 ..... | 6-1  |
| 6-1 潛勢區監測 .....                    | 6-1  |
| 6-2 邊坡穩定分析 .....                   | 6-11 |
| 6-3 致災風險評估 .....                   | 6-15 |
| 6-4 影響範圍檢討劃定 .....                 | 6-19 |
| 6-4.1 經驗法 .....                    | 6-19 |
| 6-4.2 崩體運移數值模擬 .....               | 6-23 |
| 6-5 管理基準值建議 .....                  | 6-25 |
| 6-6 減災策略研擬 .....                   | 6-25 |
| 柒、大規模崩塌防減災計畫執行成果探討 .....           | 7-1  |
| 7-1 影響範圍劃定方法檢討 .....               | 7-1  |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 7-2 蒐集水土保持局執行策略結果..... | 7-3 |
| 捌、結論與建議.....           | 8-1 |
| 8-1 結論.....            | 8-1 |
| 8-2 建議.....            | 8-2 |

## 參考文獻

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| 附錄一 | 會議審查意見與辦理情形                     |
| 附錄二 | 氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫第一期執行說明(光碟)      |
| 附錄三 | 工程成效評估自填表(光碟)                   |
| 附錄四 | 鑽孔地質柱狀圖與岩心照片(光碟)                |
| 附錄五 | 甲仙區-D044、D047 室內試驗結果(光碟)        |
| 附錄六 | 107-108 年大規模崩塌潛勢區活動性評估結果(光碟)    |
| 附錄七 | 106 年大規模崩塌潛勢區活動性評估結果(第一期成果)(光碟) |

## 表目錄

|        |                                           |      |
|--------|-------------------------------------------|------|
| 表 2-1  | 危險度等級評分(林務局, 107).....                    | 2-1  |
| 表 2-2  | 大規模崩塌潛勢區 37 處危險度 6 分以上之場址 .....           | 2-11 |
| 表 2-3  | 本計畫林管處依據治理經驗納入之場址 .....                   | 2-13 |
| 表 2-4  | 107 及 108 年活動性評估採用之航空照片年分 .....           | 2-15 |
| 表 2-5  | 岩層順向滑動指標因子評分表 .....                       | 2-18 |
| 表 2-6  | 圓弧或非圓弧形滑動指標因子評分表 .....                    | 2-18 |
| 表 2-7  | 活動性等級分類.....                              | 2-18 |
| 表 2-8  | 大規模崩塌潛勢區/崩塌區活動性評估表 .....                  | 2-20 |
| 表 3-1  | 大規模崩塌潛勢區監測減災規劃 .....                      | 3-4  |
| 表 3-2  | 106~109 年委辦經費規劃 .....                     | 3-14 |
| 表 3-3  | 106~109 年工程經費規劃 .....                     | 3-17 |
| 表 3-4  | 國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測分年經費表 .....               | 3-19 |
| 表 3-5  | 106 年防減災工程基本資料 .....                      | 3-24 |
| 表 3-6  | 107 年防減災工程基本資料 .....                      | 3-25 |
| 表 3-7  | 108 年防減災工程基本資料 .....                      | 3-26 |
| 表 3-8  | 大規模崩塌潛勢區防減災工程基本資料表 .....                  | 3-28 |
| 表 3-9  | 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(蝕溝控制).....               | 3-29 |
| 表 3-10 | 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(坡面保護).....               | 3-30 |
| 表 3-11 | 大規模崩塌潛勢區防減災基本資料表各欄位說明 .....               | 3-31 |
| 表 3-12 | 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(蝕溝控制)各欄位說明 .....         | 3-32 |
| 表 3-13 | 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(坡面保護)各欄位說明 .....         | 3-33 |
| 表 3-14 | 二萬坪崩塌區歷年整治工程表 .....                       | 3-44 |
| 表 3-15 | 知本森林遊樂區邊坡穩定分析結果 .....                     | 3-72 |
| 表 4-1  | 鑽探孔位埋設監測設備表 .....                         | 4-4  |
| 表 4-2  | 甲仙區-D044、阿里山鄉-D187 鄰近雨量站資料表.....          | 4-21 |
| 表 4-3  | D044, D047 民國 81~108 年大豪雨等級以上歷史雨量記錄 ..... | 4-21 |
| 表 4-4  | 阿里山鄉-D187 民國 65~108 年大豪雨等級以上歷史雨量記錄.....   | 4-22 |

|       |                                                  |      |
|-------|--------------------------------------------------|------|
| 表 4-5 | 甲仙區-D044、D047 歷史降雨事件與邊坡破壞行為 .....                | 4-28 |
| 表 4-6 | 甲仙區-D044、D047 歷史降雨事件與邊坡破壞行為 .....                | 4-34 |
| 表 4-7 | 六龜區-D015 鄰近雨量站資料表 .....                          | 4-37 |
| 表 4-8 | D015 民國 81~108 年歷史大豪雨等級以上事件雨量記錄 .....            | 4-37 |
| 表 5-1 | 甲仙攔河堰右岸邊坡 97、99 年鑽孔資料表 .....                     | 5-7  |
| 表 5-2 | 高雄市-甲仙區-D044 與 D047 岩段層序表 .....                  | 5-14 |
| 表 5-3 | 高雄市-甲仙區-D044、D047 航空照片蒐集日期 .....                 | 5-21 |
| 表 5-4 | 地球物理探測測線資料 .....                                 | 5-26 |
| 表 5-5 | 甲仙區-D044、D047 地質鑽孔深度與監測設備表 .....                 | 5-36 |
| 表 5-6 | 岩石單軸壓縮強度試驗結果表 .....                              | 5-39 |
| 表 5-7 | 完整岩石三軸試驗結果表 .....                                | 5-40 |
| 表 5-8 | 崩積層三軸試驗結果表 .....                                 | 5-42 |
| 表 6-1 | 邊坡穩定分析材料參數表 .....                                | 6-12 |
| 表 6-2 | 邊坡穩定分析結果 .....                                   | 6-12 |
| 表 6-3 | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬對應巨觀材料參數表 .....            | 6-16 |
| 表 6-4 | 高雄市-甲仙區-D044 崩塌運移模擬結果 .....                      | 6-17 |
| 表 6-5 | 高雄市-甲仙區-D047 崩塌運移模擬結果 .....                      | 6-17 |
| 表 6-6 | D044、D047 經驗法與 PFC <sup>2D</sup> 模擬影響範圍比較表 ..... | 6-23 |
| 表 7-1 | D015、D044、D047 經驗法與數值運移模擬影響範圍比較表 ....            | 7-2  |

## 圖目錄

|        |                                                            |      |
|--------|------------------------------------------------------------|------|
| 圖 1-1  | 工作執行流程圖.....                                               | 1-8  |
| 圖 2-1  | 106-108 年完成活動性評估數量 .....                                   | 2-2  |
| 圖 2-2  | 106-108 年完成危險度 6 分以上潛勢區之活動性評估數量 .....                      | 2-2  |
| 圖 2-3  | 106-108 年依各林管處建議完成活動性評估數量 .....                            | 2-3  |
| 圖 2-4  | 本計畫 107 及 108 年度活動性評估場址 .....                              | 2-3  |
| 圖 2-5  | Strettole 地區 1955-1995 之航照判釋(Parise and Wasowski, 1999)2-5 |      |
| 圖 2-6  | Strettole 地區 1955-1995 活動面積比(Parise and Wasowski, 1999)2-6 |      |
| 圖 2-7  | 崩體地質條件評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013) ...                        | 2-7  |
| 圖 2-8  | 發育程度評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013).....                         | 2-8  |
| 圖 2-9  | 崩塌體年代評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013) .....                       | 2-8  |
| 圖 2-10 | 平均坡度評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013).....                         | 2-9  |
| 圖 2-11 | 崩塌體平面形狀評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)2-9                        |      |
| 圖 2-12 | 縱斷面形狀評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013) ...                         | 2-10 |
| 圖 2-13 | 坡趾侵蝕狀況評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)2-10                        |      |
| 圖 2-14 | 航空照片判釋流程圖.....                                             | 2-16 |
| 圖 2-15 | 立體像對判釋設備圖.....                                             | 2-16 |
| 圖 2-16 | 六龜區-D015 前後期航照判釋地貌特徵變化圖 .....                              | 2-17 |
| 圖 3-1  | 101 至 104 年判釋之 24 處大規模崩塌潛勢區危險度評分修正 ...                     | 3-1  |
| 圖 3-2  | 國有林班地大規模崩塌潛勢區列管 51 處場址圖 .....                              | 3-3  |
| 圖 3-3  | 防減災工程執行成效評估流程圖 .....                                       | 3-27 |
| 圖 3-4  | 必坦溪 1 號崩塌地防減災施工前現場照片(106.2.17).....                        | 3-34 |
| 圖 3-5  | 必坦溪 1 號崩塌地治理工程前後比較 .....                                   | 3-36 |
| 圖 3-6  | 梨山雨量站 5 月 17 日至 5 月 18 日累積雨量圖 .....                        | 3-37 |
| 圖 3-7  | 邊坡呈現安息角且上邊坡仍可見尚未滑落之大石塊堆積 .....                             | 3-37 |
| 圖 3-8  | 奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡保護工程前後比較 .....                          | 3-38 |
| 圖 3-9  | 奧萬大連外道路 4K+600 空拍照片(107.10.29) .....                       | 3-39 |
| 圖 3-10 | 奧萬大連外道路 4K+600 周邊編坡保護工程橫斷面圖 .....                          | 3-40 |

|        |                                             |      |
|--------|---------------------------------------------|------|
| 圖 3-11 | 奧萬大連外道路邊坡破壞(圖 3-8 方框位置).....                | 3-40 |
| 圖 3-12 | 二萬坪崩塌地防減災工程施工前照片(106.9.8).....              | 3-42 |
| 圖 3-13 | 二萬坪崩塌地防減災工程施工後照片(108.6.22).....             | 3-42 |
| 圖 3-14 | 二萬坪崩塌地防減災工程完工照片(108.6.22).....              | 3-43 |
| 圖 3-15 | 二萬坪崩塌區歷年整治工程位置 .....                        | 3-44 |
| 圖 3-16 | 高雄市-六龜區-D015 防減災工程施工前狀況(106.6.12).....      | 3-46 |
| 圖 3-17 | 紅水仙溪崩塌地整治工程空拍(107.9.6).....                 | 3-46 |
| 圖 3-18 | 六龜區-D015 北側蝕溝 1070823 大豪雨前後現況比較.....        | 3-47 |
| 圖 3-19 | 旗山 87 林班崩塌地治理工程空拍(107.9.6).....             | 3-47 |
| 圖 3-20 | 六龜區-D015 崩塌處正射影像(108.10.14) .....           | 3-49 |
| 圖 3-21 | D015 北側蝕溝與防砂壩、高 133 線中斷處(108.10.14).....    | 3-50 |
| 圖 3-22 | 六龜區-D015 中央蝕溝與防砂壩位置(108.10.14) .....        | 3-50 |
| 圖 3-23 | 六龜區-D015 中央蝕溝綫歷年高程變化(圖 4-14 AA').....       | 3-51 |
| 圖 3-24 | 六龜區-D015 可能發生一次式大規模邊坡滑動範圍 .....             | 3-53 |
| 圖 3-25 | 六龜區-D015 鑽孔及監測位置 .....                      | 3-54 |
| 圖 3-26 | 六龜區-D015 BH5 水位觀測資料.....                    | 3-54 |
| 圖 3-27 | 六龜區-D015 BH7 傾斜觀測管量測結果圖.....                | 3-55 |
| 圖 3-28 | 大埔鄉-D037 民國 65 年及 104 年航空影像判釋成果 .....       | 3-56 |
| 圖 3-29 | 大埔區第 73 林班崩塌地處理工程前後比較 .....                 | 3-57 |
| 圖 3-30 | 甲仙區 D040 民國 77 航空影像及 LiDAR 判釋成果 .....       | 3-58 |
| 圖 3-31 | 園緣寺上游崩塌地現況照片(107/10/23) .....               | 3-59 |
| 圖 3-32 | 甲仙區-D040 崩塌區整治工程現況照片(107/10/23).....        | 3-60 |
| 圖 3-33 | 甲仙區-D040 崩塌區整治工程比較 .....                    | 3-60 |
| 圖 3-34 | 崩坪坑野溪 96、97、98 及 107 年 SPOT 影像 .....        | 3-62 |
| 圖 3-35 | 崩坪坑野溪崩塌地處理一期及二期工程後現況 .....                  | 3-63 |
| 圖 3-36 | 高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋.....         | 3-64 |
| 圖 3-37 | 高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋立體圖..         | 3-65 |
| 圖 3-38 | 甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 101 及 102 年 SPOT 影像 ..... | 3-65 |
| 圖 3-39 | 高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 1080313 UAV 影像..      | 3-66 |

|        |                                          |      |
|--------|------------------------------------------|------|
| 圖 3-40 | 花蓮縣-萬榮鄉-D461 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋.....      | 3-67 |
| 圖 3-41 | 花蓮縣-萬榮鄉-D461 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋立體圖..      | 3-68 |
| 圖 3-42 | 富源崩塌地處理工程完工後照片(108.3.28).....            | 3-69 |
| 圖 3-43 | 富源崩塌地處理工程 107 及 108 年正射影像 .....          | 3-70 |
| 圖 3-44 | 臺東縣-卑南鄉-D221 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋.....      | 3-71 |
| 圖 3-45 | 知本森林遊樂區鑽探孔位及地質剖面位置 .....                 | 3-72 |
| 圖 3-46 | 知本森林遊樂區 BH1 測傾管監測結果(台東處，107).....        | 3-73 |
| 圖 3-47 | 知本森林遊樂區 BH2 測傾管監測結果(台東處，107).....        | 3-74 |
| 圖 3-48 | 知本雨量站 6/7 至 10/5 日累積雨量分布圖 .....          | 3-75 |
| 圖 3-49 | 知本遊樂區步道白鹿颱風後現勘狀況(108.10.6).....          | 3-75 |
| 圖 3-50 | 巒大事業區國有林崩塌地整治工程 LiDAR 判釋 .....           | 3-76 |
| 圖 3-51 | 巒大事業區國有林崩塌地整治工程 LiDAR 判釋立體圖 .....        | 3-77 |
| 圖 3-52 | 巒大事業區國有林崩塌地整治工程 LiDAR 套疊 2018 影像 ....    | 3-77 |
| 圖 3-53 | 巒大事業區國有林崩塌地整治工程現況圖 .....                 | 3-78 |
| 圖 3-54 | 花蓮縣-卓溪鄉-D708 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋.....      | 3-79 |
| 圖 3-55 | 秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程白鹿颱風後邊坡現況(108.10.7) .     | 3-80 |
| 圖 3-56 | 秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程白鹿颱風後工程現況(108.10.7) .     | 3-80 |
| 圖 4-1  | 六龜區-D015 鑽孔位置圖 .....                     | 4-5  |
| 圖 4-2  | 六龜區-D015 BH01 傾斜觀測管量測結果圖.....            | 4-6  |
| 圖 4-3  | 六龜區-D015 BH02 傾斜觀測管量測結果圖.....            | 4-7  |
| 圖 4-4  | 六龜區-D015 BH03 傾斜觀測管量測結果圖.....            | 4-8  |
| 圖 4-5  | 六龜區-D015 BH07 傾斜觀測管量測結果圖.....            | 4-9  |
| 圖 4-6  | 六龜區-D015 BH03 傾斜觀測管量測方向與 LiDAR 坡度圖 ..... | 4-10 |
| 圖 4-7  | 六龜區-D015 BH05 水位變化與時雨量關係圖 .....          | 4-10 |
| 圖 4-8  | 六龜區-D015 BH06 水位變化與時雨量關係.....            | 4-11 |
| 圖 4-9  | 六龜區-D015 BH08 水位變化與時雨量關係圖 .....          | 4-11 |
| 圖 4-10 | 六龜區-D015 中央蝕溝正射影像比較 .....                | 4-13 |
| 圖 4-11 | 六龜區-D015 中央蝕溝 DSM 比較 .....               | 4-14 |
| 圖 4-12 | 六龜區-D015 北側蝕溝、高 133 線中斷處 DSM 比較 .....    | 4-15 |

|        |                                           |      |
|--------|-------------------------------------------|------|
| 圖 4-13 | 六龜區-D015 北側蝕溝、高 133 線中斷處 DSM 比較 .....     | 4-16 |
| 圖 4-14 | 六龜區-D015 崩塌處正射影像(108.10.14) .....         | 4-17 |
| 圖 4-15 | D015 北側蝕溝與防砂壩、高 133 線中斷處(108.10.14).....  | 4-18 |
| 圖 4-16 | 六龜區-D015 中央蝕溝與防砂壩位置(108.10.14) .....      | 4-18 |
| 圖 4-17 | 六龜區-D015 中央蝕溝線歷年高程變化(圖 4-14 AA').....     | 4-19 |
| 圖 4-18 | 甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區 65~108 年正射影像..     | 4-26 |
| 圖 4-19 | D044、D047 81~108 年降雨事件及邊坡破壞事件描述 .....     | 4-27 |
| 圖 4-20 | 二萬坪崩塌區碳十四定年採樣點與年代(101.8 拍攝).....          | 4-30 |
| 圖 4-21 | 阿里山鄉-D187 大規模崩塌潛勢區 69~106 年正射影像.....      | 4-32 |
| 圖 4-22 | D187 69~108 年降雨事件及邊坡破壞事件描述 .....          | 4-33 |
| 圖 5-1  | 高雄市-甲仙區-D044、D047 區域地質圖 .....             | 5-3  |
| 圖 5-2  | 高雄市-甲仙區-D044、D047 地形分布圖 .....             | 5-4  |
| 圖 5-3  | 高雄市-甲仙區-D044、D047 前後期航照判釋(65、104 年).....  | 5-5  |
| 圖 5-4  | 高雄市-甲仙區-D044、D047 地形剖面圖 .....             | 5-5  |
| 圖 5-5  | 甲仙攔河堰右岸邊坡 97 年鑽孔位置 .....                  | 5-7  |
| 圖 5-6  | 甲仙攔河堰右岸邊坡 97BH4 測傾管量測結果圖(97.11~98.12).... | 5-8  |
| 圖 5-7  | 甲仙攔河堰南水局既有及本計畫鑽孔位置圖 .....                 | 5-8  |
| 圖 5-8  | 甲仙攔河堰右側邊坡傾斜觀測管變位曲線圖 .....                 | 5-9  |
| 圖 5-9  | 高雄市-甲仙區-D044、D047 LiDAR 微地形判釋結果.....      | 5-18 |
| 圖 5-10 | 高雄市-甲仙區-D044 各岩段代表照片 .....                | 5-19 |
| 圖 5-11 | 高雄市-甲仙區-D047 各岩段代表照片 .....                | 5-20 |
| 圖 5-12 | 甲仙區-D044、D047 正射影像(651201).....           | 5-22 |
| 圖 5-13 | 甲仙區-D044、D047 正射影像(920719).....           | 5-22 |
| 圖 5-14 | 甲仙區-D044、D047 正射影像(950330).....           | 5-23 |
| 圖 5-15 | 甲仙區-D044、D047 正射影像(970518).....           | 5-23 |
| 圖 5-16 | 甲仙區-D044、D047 正射影像(970907).....           | 5-24 |
| 圖 5-17 | 甲仙區-D044、D047 正射影像(990110).....           | 5-24 |
| 圖 5-18 | 甲仙區-D044、D047 正射影像(1040509).....          | 5-25 |
| 圖 5-19 | 甲仙區-D044、D047 DSM(970907).....            | 5-25 |



|        |                                              |      |
|--------|----------------------------------------------|------|
| 圖 5-20 | D044、D047 鑽探與地球物理調查位置(LiDAR 坡度圖).....        | 5-27 |
| 圖 5-21 | D044、D047 鑽探與地球物理調查位置(1070126 正射影像)....      | 5-28 |
| 圖 5-22 | 107RS1(折射震測)探測結果剖面圖 .....                    | 5-29 |
| 圖 5-23 | 107RS2(折射震測)探測結果剖面圖 .....                    | 5-30 |
| 圖 5-24 | 107RS3(折射震測)探測結果剖面圖 .....                    | 5-31 |
| 圖 5-25 | 107ERT(地電阻)探測結果剖面圖(Wenner-Schlumberger)..... | 5-31 |
| 圖 5-26 | 107RS4(折射震測)探測結果剖面圖(科技部，107 年).....          | 5-32 |
| 圖 5-27 | 107RS5(折射震測)探測結果剖面圖(科技部，107 年).....          | 5-32 |
| 圖 5-28 | 108RS1(折射震測)探測結果剖面圖(科技部，108 年).....          | 5-33 |
| 圖 5-29 | 108RS2(折射震測)探測結果剖面圖 .....                    | 5-34 |
| 圖 5-30 | 108ERT(地電阻)探測結果剖面圖 .....                     | 5-34 |
| 圖 5-31 | 108RS3(折射震測)探測結果剖面圖 .....                    | 5-35 |
| 圖 5-32 | 甲仙區-D044 107BH1 砂頁岩互層破壞包絡線 .....             | 5-40 |
| 圖 5-33 | 甲仙區-D044 107BH3 頁岩破壞包絡線.....                 | 5-41 |
| 圖 5-34 | 甲仙區-D044 107BH2 崩積併構土破壞包絡線 .....             | 5-42 |
| 圖 5-35 | 甲仙區-D044 107BH3 崩積併構土破壞包絡線 .....             | 5-43 |
| 圖 5-36 | 甲仙區-D047 108BH1 崩積併構土破壞包絡線 .....             | 5-43 |
| 圖 5-37 | 甲仙區-D044 與 D047 地表地質圖與地質剖面圖 .....            | 5-45 |
| 圖 5-38 | 現地調查上邊坡大岩塊位置圖 .....                          | 5-47 |
| 圖 5-39 | 高雄市-甲仙區-D044、D047 邊坡特性說明 .....               | 5-48 |
| 圖 5-40 | 高雄市-甲仙區-D044、D047 可能破壞機制說明.....              | 5-49 |
| 圖 6-1  | 甲仙區-D044 地質剖面與通過 BH1 可能滑動面位置 .....           | 6-3  |
| 圖 6-2  | 甲仙區-D047 地質剖面與通過 BH2 可能滑動面位置 .....           | 6-4  |
| 圖 6-3  | 甲仙區-D044 107BH1 傾斜觀測管量測結果圖 .....             | 6-5  |
| 圖 6-4  | 甲仙區-D044 107BH2 傾斜觀測管量測結果圖 .....             | 6-6  |
| 圖 6-5  | 甲仙區-D044 107BH3 傾斜觀測管量測結果圖 .....             | 6-7  |
| 圖 6-6  | 甲仙區-D047 108BH1 傾斜觀測管量測結果圖 .....             | 6-8  |
| 圖 6-7  | 甲仙區-D047 108BH2 傾斜觀測管量測結果圖 .....             | 6-9  |
| 圖 6-8  | 甲仙區-D044 107BH1 深度 21 m 剪動面位移歷時曲線 .....      | 6-10 |

|        |                                         |      |
|--------|-----------------------------------------|------|
| 圖 6-9  | 甲仙區-D047 108BH2 深度 22 m 剪動面位移歷時曲線 ..... | 6-10 |
| 圖 6-10 | 常時地下水位邊坡穩定分析結果 .....                    | 6-12 |
| 圖 6-11 | 暴雨情境邊坡穩定分析結果 .....                      | 6-13 |
| 圖 6-12 | 地震情境邊坡穩定分析結果 .....                      | 6-14 |
| 圖 6-13 | PFC <sup>2D</sup> 虛擬單壓試驗標定微觀參數圖 .....   | 6-16 |
| 圖 6-14 | 高雄市-甲仙區-D044 上邊坡坡面殘留滑動後大岩塊.....         | 6-17 |
| 圖 6-15 | 高雄市-甲仙區-D044 崩塌運移數值模擬結果.....            | 6-18 |
| 圖 6-16 | 高雄市-甲仙區-D047 崩塌運移數值模擬結果.....            | 6-18 |
| 圖 6-17 | 不同崩塌機制與土方量下土體運移距離(DFID，2003) .....      | 6-20 |
| 圖 6-18 | 大規模崩塌潛勢區影響範圍評估示意圖(林務局，107 年).....       | 6-21 |
| 圖 6-19 | 水保局大規模崩塌初步影響範圍劃設方法 .....                | 6-22 |
| 圖 6-20 | 高雄市-甲仙區-D044、D047 影響範圍比較圖 .....         | 6-24 |

## 摘要

行政院為因應重大颱風事件誘發之大規模崩塌災害或複合型災害，於民國 105 年核定「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，第一期執行期程為 106 至 109 年度。林務局係協同水保局執行水土保持調適策略之策略一「強化大規模崩塌危機應變能力」與策略二「建立大規模土砂災害區智慧防災體系」，林務局於 101~107 年利用中央地調所空載光達產製之高精度數值高程模型，圈繪 7,756 處大規模崩塌潛勢區並進行危險度評分。為研擬相關防減災工程及調查監測作業，作為日後林務局暨所屬單位辦理大規模崩塌潛勢區相關工作之依循參考，林務局於 105~106 年辦理「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」計畫。本計畫為第 2 期計畫，107~108 年主要工作包含滾動式修正「國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測執行計畫書」，持續監測六龜區-D015 活動性，並擇定甲仙區-D044、D047 兩處危險度及活動性較高，且有深層滑動可能之潛勢區詳細調查、評估致災風險，研擬及檢討減災策略，檢討影響範圍劃定方法、探討管理基準值適用性。

本計畫完成 26 處大規模崩塌潛勢區活動性評估，合併第一期成果共列管 51 處，完成防災排序與經費規劃。由防減災工程成效評估結果顯示，各工程皆達到局部治理成效，整體成效則需長期評估。調查分析結果顯示六龜區-D015 坡腹的厚崩積層可能滑動且現況仍不穩定，若要恢復高 133 線通行，應補充調查、監測潛在滑動面位置，評估必要的治理工程。甲仙區-D044、D047 坡腹之厚崩積層可能滑動，若崩塌將造成坡面多處道路中斷、4 戶民宅受損，但影響範圍應不及甲仙攔河堰。本計畫統計回歸 4 處重點潛勢區歷史災害與降雨關係，提出局部崩塌/一次式滑動管理基準值建議，分別為六龜區-D015 累積降雨量 600mm/1,100mm，甲仙區-D044、D047 累積降雨量 800mm/1,800mm，阿里山鄉-D187 累積降雨量 1,000mm/1,900mm。本計畫以甲仙區-D044、D047 為例，檢討大規模崩塌影響範圍劃定方法。若假設大規模崩塌潛勢區全面滑動，以經驗法劃定影響範圍會過於保守，建議潛勢區應詳細調查、監測、建立地質模型後，經邊坡穩定分析掌握潛在滑動體位置，由崩塌運移數值模擬結果決定影響範圍較為合理。

# ABSTRACT

In response to the large-scale landslide disasters caused by severe typhoon events, the Executive Yuan approved the “Large-scale Landslide Disaster Prevention and Mitigation under Climate Change” in 2016. The Forestry Bureau delineated 7,756 potential large-scale landslide areas (PLSLAs) using the 1m resolution LiDAR DEM and assessed the risk of the PLSLAs from 2012 to 2018. However, the possible causes and failure modes of most PLSLAs remain indeterminate. The project “Risk Management and Monitoring of Potential Large-scale Landslide Areas in National Forests” (Forestry Bureau, 2016-2017) proposes a disaster-reduction and monitoring plan for the PLSLAs in national forests, and ranked the degree of activity for further investigation and risk management. This project is the second phase. The main works of this phase includes (1) rolling modifying the “Risk Management and Monitoring of Potential Large-scale proposal”. (2) Continuously monitoring the Liugui-D015, and investigating two high risk and high activity sites (Jiaxian-D044, Jiaxian-D047). This project developed the geological models for the PLSLAs of Jiaxian-D044 and Jiaxian-D047 and reviewed the disaster mitigation strategies.

The following conclusions can be drawn from this project. (1) This project manages the 51 controlled PLSLAs with proposing the disaster-reduction and monitoring plan. (2) The thick colluvium deposits of the Liugui-D015 may have the potential of large-scale landslide and are unstable now. If the Kao-133 road want to rebuild, further site investigations should be conducted. (3) The thick colluvium deposits on the Jiaxian-D044 and D047 may occur large-scale landslide. If the slopes fail, multiple roads will be blocked and 4 houses will be damaged, but the Jiaxian Weir will be safe. (4) This project proposed the threshold of accumulated rainfall for the local failure and the large-scale landslide of 4 major PLSLAs, respectively: Liugui-D015: 600 / 1,100 mm, Jiaxian-D044, D047: 800 / 1,800 mm, and Alishan-D187: 1,000 / 1,900mm. (5) The empirical method used for estimating the run-out influences area of PLSLAs is too conservative. The influenced area is more reasonable based on the results of the numerical simulations with the stability analysis assuming certain extreme scenarios.

# 壹、前言

## 1-1 計畫緣起與目的

受全球氣候變遷影響，極端氣候造成大規模崩塌與衍生複合型災害越來越顯著情形下，世界各國於十多年來開始進行大規模崩塌及氣候變遷相關調適研究工作；例如，歐、美、日等先進國家藉由硬體施作和軟體對策的聯合運用，持續進行警戒避難體制整備、土地利用限制、保育治理工程設置等措施作為及教育推廣，透過不斷研究發展持續精進與強化相關調適工作。

目前國內機關、學校對於大規模崩塌的活動性、危害性及災害潛勢等防減災工作、推動標的以及採取策略設定目標、分工與投入資源等，逐漸加強關注；現階段各單位主要依據中央災害防救會報通過之「坡地崩塌防災權責分工表」進行各項工作的權責分工，包括崩塌災害的預防、災害應變措施、災後復原與重建等工作。

林務局 101~107 年利用中央地質調查所空載光達(LiDAR)產製之高精度數值高程模型，已圈繪出 7,756 處大規模崩塌潛勢區。其中，101~104 年判釋大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流域，其中危險度高、中潛勢區共 24 處，並於 104 年建立影響範圍劃設方法；105~107 年完成國有林大規模崩塌潛勢區劃設，其中，中、高危險度大於 6 分共有 36 處。然而大規模崩塌的發生成因與破壞機制極為複雜，待進一步研究、調查分析以釐清問題。行政院為因應重大颱風事件誘發之大規模崩塌災害或複合型災害，於 105 年 1 月核定「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，期望相關單位能預先規劃大規模崩塌災害處理調適工作，強化對氣候變遷影響因應能力，積極推動此課題。林務局 105~106 年辦理「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」計畫，評估 33 處高、中危險度大規模崩塌潛勢區之活動性，依危險度研擬減災與監測執行計畫。維護 3 處簡易觀測站並檢討多種監測方法之適用性，針對高雄市-六龜區-D015 大規模崩塌潛勢區進行詳細地質調查、監測、穩定分析、檢討影響範圍，提出管理基準值並研擬減災策略。爰此，本計畫為研擬有效辦理後續相關減災工程及詳細監測作業，並作為日後林務局暨所屬辦理大規模崩塌潛勢區相關工作之依循參考。本計畫 107~108 年

「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測第 2 期」，主要工作內容包含滾動式修正 108~109 年「國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測執行計畫書」，提出 108~109 年委辦費與工程費的建議辦理方式，並評估 106~108 年防減災工程效益。本計畫將持續監測高雄市-六龜區-D015 大規模崩塌潛勢區之活動性，並另擇定高雄市-甲仙區-D044、D047 等 2 處危險度、活動性較高，且有深層滑動可能之大規模崩塌潛勢區進行地質鑽探、細部調查及細部監測、評估影響範圍及致災風險，研擬及檢討以上 3 處減災策略。本計畫將建立有關國有林大規模崩塌潛勢區防災預警及減災工程規劃之作業流程、檢討影響範圍劃定方法、並探討管理基準值之適用性。

## 1-2 委託工作項目及範圍

林務局已依據 105 年核定之「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，初步擬訂「國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測執行計畫書」，作為林務局暨所屬林區管理處辦理大規模崩塌潛勢區相關工作之依循參考，本項工作辦理相關大規模崩塌潛勢區防減災滾動式檢討修正，以符合時空條件的變化。本工作應配合林務局不定時召開工作會議，檢討執行計畫書之內容包括：

### 1. 滾動式修正大規模崩塌潛勢區監測、減災規劃及經費規劃

考慮各大規模崩塌潛勢區的危險性，進行調查、監測(監視)、減災規劃。考量治理優先順序、以緩濟急等，提列並滾動式修正 108~109 年委辦費與工程費的建議辦理方式。

### 2. 滾動調整大規模崩塌潛勢區防災排序

針對權屬林務局轄管林班地之大規模崩塌潛勢區或林務局所屬各林管處提報新增崩塌潛勢區，根據大規模崩塌之定義檢視崩塌潛勢區之地形、地質條件，研判是否屬大規模崩塌潛勢區，並針對新增之大規模崩塌潛勢區研判危險等級，滾動式調整大規模崩塌潛勢區防災排序。

### 3. 林務局「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」執行成效評估

研擬林務局執行成效評估構想，先以高雄市-六龜區-D1015 為例評估執行成效，於第 1 次期中報告初擬成效評估方案。後續依所擬訂成效評估方案，評估林務局所辦理之防減災工程效益，106 年度已完成工程效益評估計 8 件，107 年度工程效益評估計 7 件，108 年度工程效益評估預計 7 件，所訂成效評估方案依滾動式調整模式逐年檢討。

#### (一)中、高保全重要性評分之大規模崩塌潛勢區活動性評估

##### 1. 大規模崩塌潛勢區活動性評估（107 年度）

針對林務局 106 年前判釋成果（除大甲溪、濁水溪、曾文溪及高屏溪 4 大流域及未判釋之花蓮林區管理處所轄國有林班地），履約地點包含臺灣西部及東部宜蘭及臺東地區，依危險等級之防災排序，高、中危險等級至少 10 處，進行現地調查及活動性評估結果，並檢討大規模崩塌潛勢區影響範圍。

##### 2. 大規模崩塌潛勢區活動性評估（108 年度）

針對林務局 107 年判釋出之花蓮林區管理處所轄國有林班地，選定高、中危險等級之大規模崩塌潛勢區，及林務局所屬林管處提出需求機動調查評估之大規模崩塌潛勢區，至少約 10 處進行現地調查及活動性評估結果，並檢討大規模崩塌潛勢區影響範圍。

各年度預訂辦理之現地調查及活動性評估點位，由雙方工作會議決定；數量以上述原則，另林務局得視需要依據每處單價增加擴充數量。

#### (二)高雄市-六龜區-D015 潛勢區監測分析與減災策略檢討

##### 1. 現況補充調查、持續監測、檢討活動性

林務局已於 106 年完成高雄市-六龜區-D015 地質鑽探工作，進行相關地工監測。本工作項目為利用既有之鑽孔，安裝水位及 TDR 監測儀器，並執行地工監測 10 次以上（2 年期間）。另以無人飛行載具監視本區地表狀況至少 4 次，依拍攝結果製作 4 幅正射影像及數值地表模型（DSM）。

## 2. 管理基準值與減災策略檢討

林務局管轄之國有林班地，海拔、地勢較高且範圍廣闊，道路交通可及性有限，作為警戒之即時監測項目以降雨量較為可行，106 年計畫利用歷史崩塌災害與降雨量之關係做為六龜區-D015 管理基準值建議。

但不同大規模崩塌潛勢區之地表特性、地質條件、可能滑動機制等各不相同，進行 2 個案例研究，制定降雨警戒值並探討適用性。

### (三)高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區現況調查

#### 1. 資料蒐集與整理

針對高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區附近相關文獻、調查報告及監測報告之蒐集。

#### 2. 地表地質調查

針對本區進行地表地質調查包括地形、水文、滑動現象、岩層露頭等相關地質特性調查。

#### 3. 航（遙）測分析

進行高雄市-甲仙區-D044、D047 區域之航空照片或衛星影像判釋分析、多期影像對比，政府產製之數值地形模型套疊分析(必要時由林務局依相關管理辦法協助申請)。配合前述地表地質調查期程，辦理至少 1 次無人飛行載具拍攝工作，並製作鑲嵌航拍結果及數值地表模型。

#### 4. 地質鑽探

依據既有文獻資料及地表地質調查結果，配置為完成本計畫目的所需的鑽探孔位（鑽孔數目原則 6 孔），鑽孔需可供後續安裝觀測儀器使用。鑽孔數目得視鑽掘情形酌予調整孔數，惟鑽探總長需達 200 公尺(以鑽探進尺深度為主)且可供後續安裝觀測儀器使用；鑽探方式孔徑一律採用 HQ 尺寸以上，每孔需深入新鮮岩盤 2 公尺以上或達研判為岩土介面以下 2 公尺。

107 年安排 3 孔探查高雄市-甲仙區-D044 潛勢區，鑽探長度以



100 公尺為原則，探查目的為該區域之崩塌潛勢。108 年得視第 2 次期中報告檢討之防災排序，滾動式建議探查位置，並於該次審查會議議定探查位置（含鑽探及地球物理）。惟為本委託案完整性，招標階段先暫列高雄市-甲仙區-D047 為優先調查潛勢區，鑽探數量為 3 孔總長度 100 公尺。依據鑽探結果進行土壤或岩石力學試驗，參考鑽探岩心分層，以獲得各分層之工程力學參數為原則。

製作地質鑽探報告，為瞭解本區內之地下地質狀況及可能滑動面位置，以提供邊坡穩定分析及後續工程規劃之參考，報告內容至少應包含：A.環境地質；B.鑽孔位置圖；C.鑽孔柱狀圖；D.地質剖面圖；E.各鑽孔岩心彩色照片；F.地質資料比對說明；G.工程地質評估。

#### 5. 地球物理探測

地球物理探測之測線佈置應符合崩塌範圍調查需要，以震測或其它可達相同成果之方式進行，總佈設長度應大於 1,400 公尺，且測深至少 30（含）公尺，深度達 60%範圍。探查期程及探測地點配合地質鑽探調查，107 年執行 700 公尺，108 年執行 700 公尺。

測線布設以輔助地質鑽探為原則，為有效拓展地下地質探查成效，地球物理測線應得依現況調整，但儘量向鑽探剖面線垂直方向延伸，以增加探查分布範圍。探測成果：至少應包含地球物理性質（地電阻或波速等）剖面圖及推估地層或岩性剖面圖等。

### (四)高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區監測及分析

#### 1. 潛勢區監測

高雄市-甲仙區-D044 監測預計於 107 年上半年建置完畢，該年度內至少量測 3 次，108 年度至少量測 5 次；高雄市-甲仙區-D047 預計於 108 年度建置完成，108 年至少度量測 3 次；依據所量測結果檢討潛勢區穩定度、影響範圍及管理基準值。

#### 2. 影響範圍檢討劃定

參考林務局「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」研究成果，依據崩塌區調查、分析及監測結果、致災原因及保全

對象等，劃定本大規模崩塌潛勢區影響範圍。

### 3. 管理基準值建議

參考林務局「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」研究成果及國內外相關文獻，應用適當經驗、理論或數值模式初步建置本大規模崩塌潛勢區之管理基準值（如降雨量與計畫區崩塌機率之關係、或監測移動量、移動速度等或其他因子）。

### 4. 減災策略研擬

高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區一次式致災性滑動影響範圍評估可能過於保守，本工作項目依據本計畫相關監測、判釋與分析成果，配合前揭影響範圍劃定評估結果（包含部分區塊與全區一次性滑動），提出減災策略，並進行預期效益分析。

## (五)大規模崩塌防減災計畫執行成果探討

### 1. 影響範圍劃定方法檢討

目前林務局或水保局針對大規模崩塌潛勢區的影響範圍皆假設整個坡面會產生一次式致災性滑動，然後由經驗法找出影響範圍。但從破壞機制、地形與地質條件來看，並非每一個崩塌潛勢區都有一次式致災性滑動的可能，如此推估影響範圍可能會過度保守。為符合實際可能發生狀況，本工作項目期能藉由破壞機制檢討影響範圍之劃定，並依各階段調查結果，檢討高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044 及高雄市-甲仙區-D047 等 3 處大規模崩塌潛勢區一次性滑動或各局部可能下滑塊體的影響範圍。

### 2. 蒐集水土保持局執行策略結果

行政院所核「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」已訂定 6 項計畫執行策略，執行策略關聯至各工作績效指標，目前由水土保持局主政、林務局協辦，本項工作蒐集水土保持局各執行策略成果供林務局執行相關工作時參考，俾使成果能有一致性、全面性的考量。

### 1-3 工作執行流程

根據本計畫內容與目標，訂定工作執行流程如圖 1-1。整體計畫之執行分為三大項，第一項為執行計畫書滾動管理、成效評估、活動性評估。依照 107、108 年度的中、高保全重要性評分之大規模崩塌潛勢區活動性評估結果，滾動調整大規模崩塌潛勢區防災排序，並修正大規模崩塌潛勢區監測、減災規劃及經費規劃，並提出「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」執行成效評估構想。第二項為高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044、高雄市-甲仙區-D047 大規模崩塌潛勢區調查、監測及分析。由前期調查結果、本計畫地表地質調查、航(遙)測分析、地質鑽探、地球物理探測等調查結果建立地質模型，進行邊坡穩定分析、致災風險評估，檢討影響範圍之劃定，提出管理基準值建議並研擬減災策略。第三項為大規模崩塌防減災計畫執行成果探討。檢討高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044、高雄市-甲仙區-D047 的影響範圍劃定方法，並蒐集水保局執行策略結果。

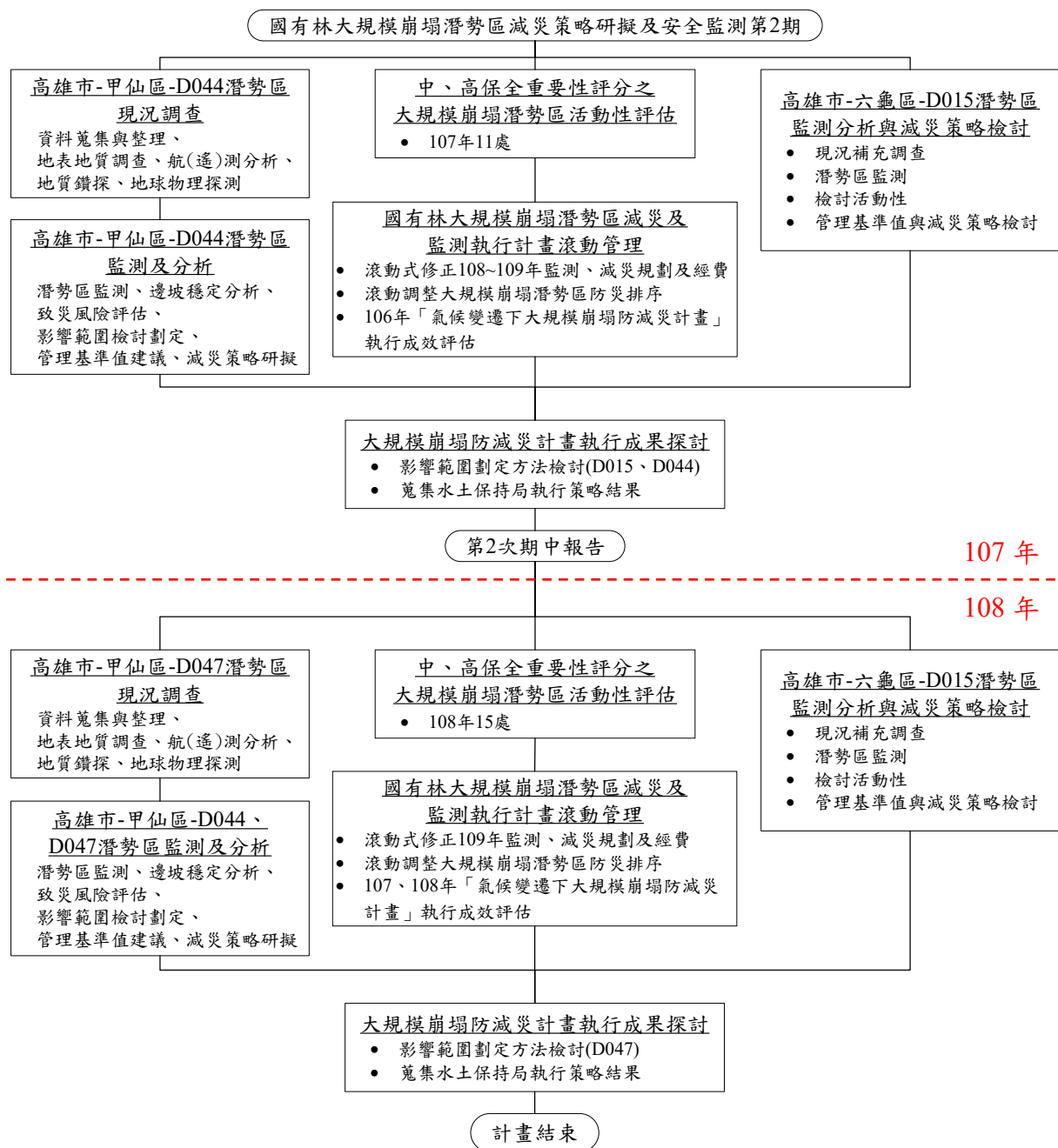


圖 1-1 工作執行流程圖

## 貳、中、高保全重要性評分之大規模崩塌潛勢區活動性評估

林務局依據 105 年行政院核定之「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，陸續進行相關工作(附錄二)，並於 106 年「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」計畫完成 33 處大規模崩塌潛勢區活動性評估(其中 24 處為危險度等級大於 6，9 處為各林管處依治理經驗提報之崩塌區)。

「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」計畫(林務局, 105-107 年)中，針對全國各林區管理處轄管事業區已判釋出 7,756 處潛在大規模崩塌潛勢區，並參考日本全國地滑崖崩對策協議會對地滑的影響範圍評估方法進行大規模崩塌潛勢區影響範圍畫設，決定保全重要性。7,756 處中，保全重要性高 33 處、中 224 處、低 2,012 處、無 5,487 處；發生度高 217 處、中 1,885 處及低 5,634 處；依危險度評估模式(表 2-1)進行危險度分級，其中，危險度等級 9 分 1 處、8 分 5 處、7 分 3 處、6 分 27 處、5 分 57 處、4 分 29 處、3 分 161 處、2 分 425 處及 1 分 1,549 處，危險度 6 分以上共有 36 處。

表 2-1 危險度等級評分(林務局, 107)

| 危險等級評分表                |   | 保全重要性(T <sub>2</sub> ) |   |   |   |
|------------------------|---|------------------------|---|---|---|
|                        |   | 高                      | 中 | 低 | 無 |
| 發生度等級(T <sub>1</sub> ) | 高 | 9                      | 7 | 4 | 0 |
|                        | 中 | 8                      | 5 | 2 | 0 |
|                        | 低 | 6                      | 3 | 1 | 0 |

106 年「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」計畫已完成之 33 處(24+9)活動性評估，其中有 15 處為危險度 6 分以上之大規模崩塌潛勢區(原 24 處危險度 6 分以上有 13 處，由各林管處提報場址有 2 處)。

本計畫 107 年度進行 8 處危險度 6 分以上之大規模崩塌潛勢區場址及 3 處林管處依據治理經驗納入之場址，共 11 處做為活動性評估之場址；108 年度進行 13 處危險度 6 分以上之大規模崩塌潛勢區場址，及 2 處林管處依據治理經驗納入之場址，共 15 處做為活動性評估之場址。圖 2-2 為歷年活動性評估數量；圖 2-3 為歷年危險度 6 分以上之大規模崩塌潛勢區活動性評估之數量；圖 2-1 為林管處建議之活動性評估數量。圖 2-4 為本計畫活動性評估場址分布圖，2 個年度一共完成 26 處。

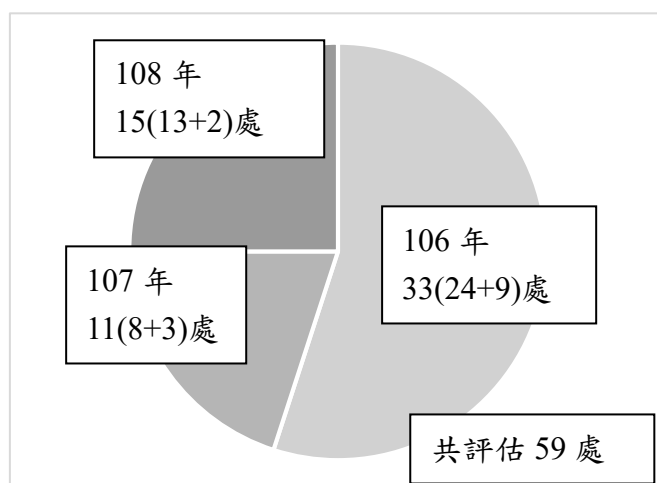


圖 2-1 106-108 年完成活動性評估數量

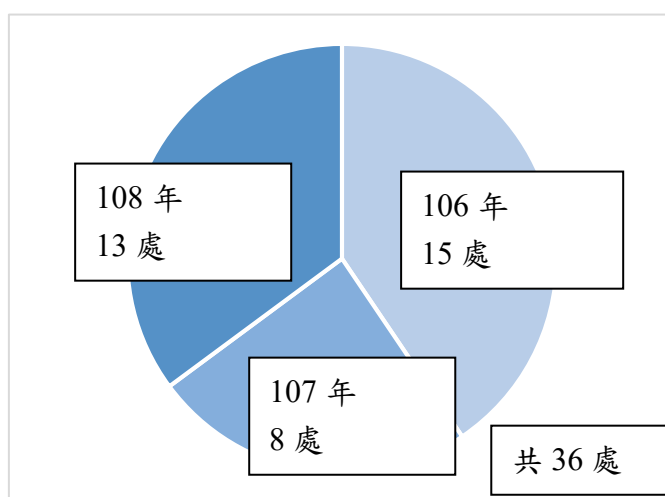


圖 2-2 106-108 年完成危險度 6 分以上大規模崩塌潛勢區之活動性評估數量

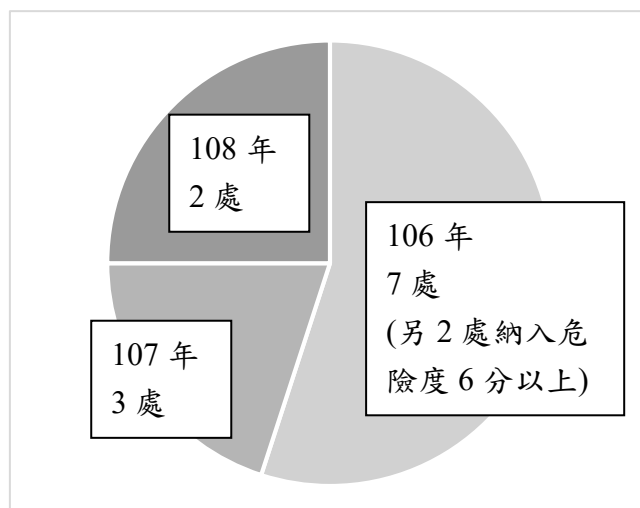


圖 2-3 106-108 年依各林管處建議完成活動性評估數量

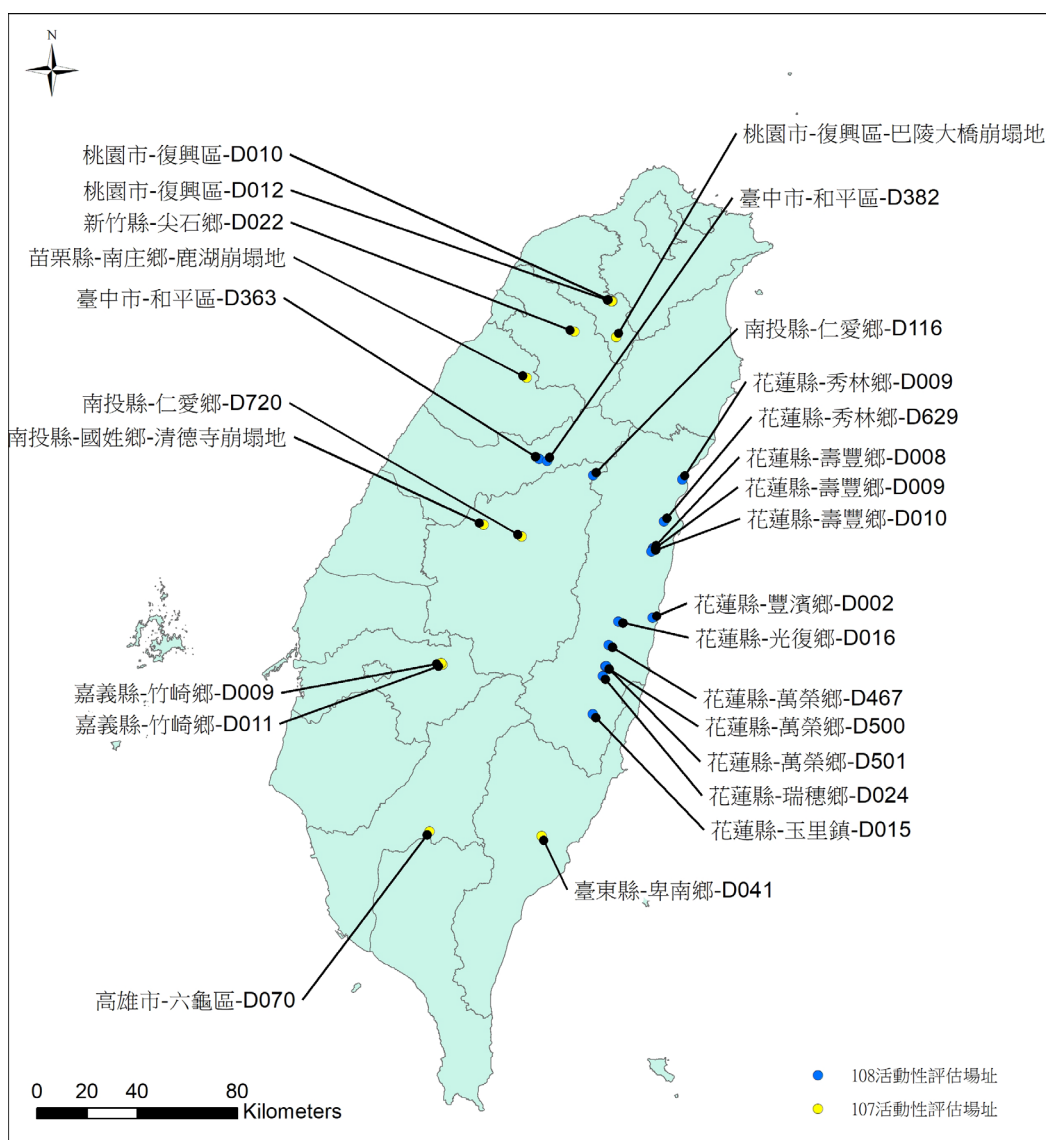


圖 2-4 本計畫 107 及 108 年度活動性評估場址

活動性評估係以光達微地形為基礎利用不同時期(前後間隔二十至四十年)航空照片比較地貌特徵的變化，並考慮大規模崩塌潛勢區可能發生的邊坡破壞機制，評估其活動性，做為規劃各大規模崩塌潛勢區之監測、減災工作之依據。以下說明活動性評估方法及活動性評估成果。

## 2-1 既有邊坡活動性評估方法

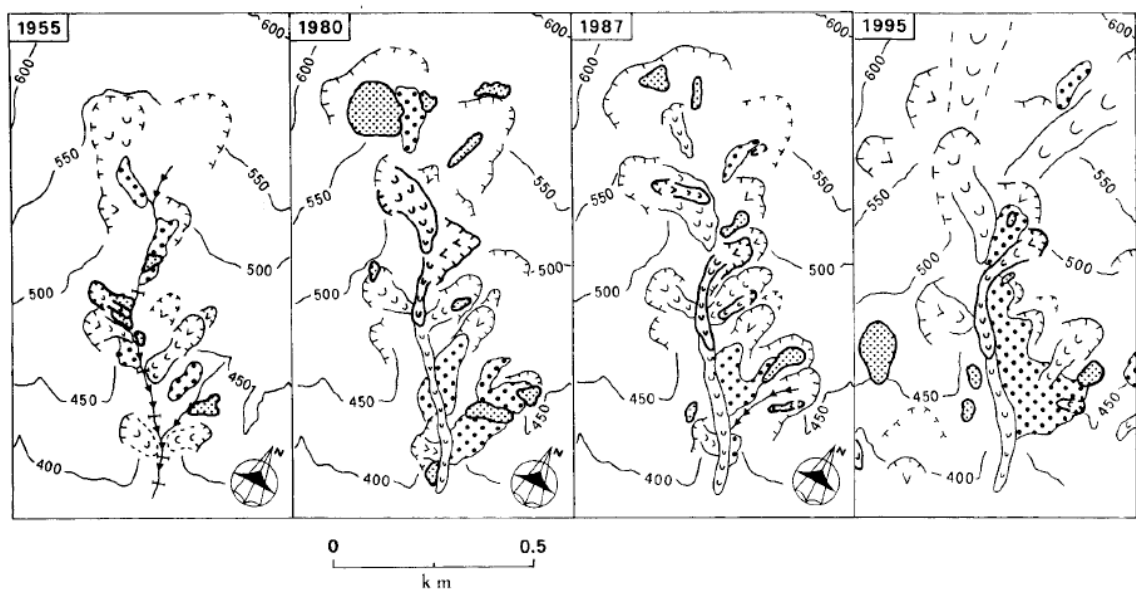
目前國內外學者針對邊坡的活動性，大多以邊坡的位移速率(displacement rate)、崩崖比(scarp ratio)、微地形特徵變化等方法加以評估(Cruden et al., 1993; Cruden & Varnes, 1996; Griffiths & Whitworth, 2012; Chigira et al., 2013; 林務局, 2017)。

邊坡位移評估方式可分為地表位移速率及地下位移速率。地表位移速率可透過多時期測量估算獲得，目前常用的方式包含 GPS、沉陷觀測釘、傾度盤、裂縫計等方法，其概念是透過監測邊坡上特定位置的變形行為來評估局部區域的活動性。另外亦可透過干涉合成孔徑雷達(InSAR)獲得地表三維資訊，透過不同時期的衛星影像資料評估崩塌潛勢區的沉陷量(適用於偵測裸露區域的小變形行為)，或是空載光達(Airborne LiDAR)產生高精度數值高程模型(DEM)，以 DoD 法(DEM of Difference)進行地形變化分析(可用於大變形)，其概念是透過遙測方式獲得整體邊坡的位移場或崩塌堆積範圍。地下位移速率的量測一般以量測孔內側向位移量為主，包含傾斜觀測管、時域反射法(TDR)監測技術、孔內傾斜儀(IPI)等監測方法，其目的是監測潛在滑動面的變形速率藉以評估活動性。

針對深層重力變形(DSGSD)所可能引致的大規模邊坡破壞，Chigira(2013)提出崩崖比(scarp ratio)的概念，透過計算岩體變形量(如崩崖下滑量與總坡長的比值)評估達到臨界破壞應變的程度，類比於活動性。然深層重力變形多發生於具有強烈異向性的岩體(板岩、片岩等)、局部高差大於 1,000 m、地殼抬升速率大於 1 mm/year 的邊坡，或是構造運動活躍的高山區域。然國內許多大規模崩塌潛勢區的地質大多為古岩坡滑動後形成的老崩積層，或為中新世沉積岩砂頁岩互層，此方法之適用性仍有待探討。

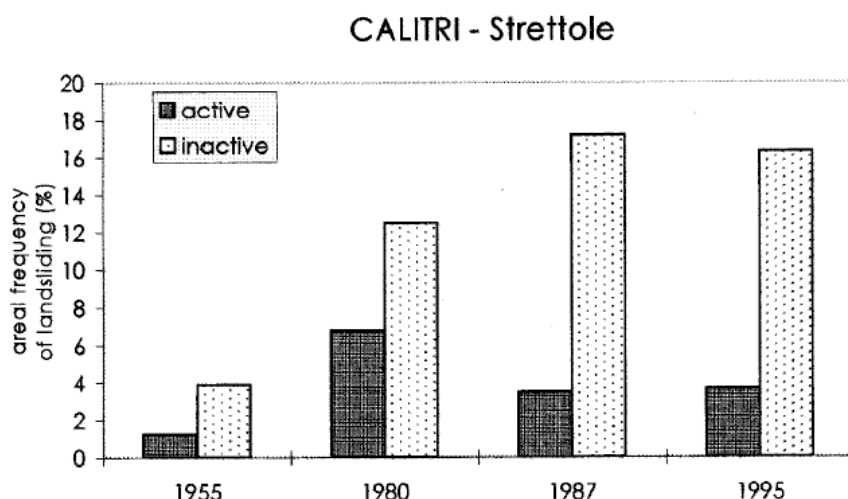


針對尚無位移量測資料的大規模崩塌潛勢區之活動性，國內外亦有學者提出評估方法(Parise & Wasowski, 1999; 北海道立総合研究機構地質研究所, 2013; 林務局, 2017)。Parise & Wasowski (1999)運用多期之航照判釋判釋區域崩塌地活動性程度，以頻率比(frequency ratio)來量化評估活動性高低，頻率比之定義為兩期之間新增崩塌地形特徵(即崩塌活動特徵)之面積比。其方法是將崩塌活動中常有的地表特徵如崩崖、張力裂縫、滑動痕跡等現象從前後期航照上圈繪出來，表示該區之活動性變化。大規模崩塌往往發生在極端降雨或地震事件後，Parise and Wasowski (1999)使用 40 年的航空照片包含了 1980 年 Irpinia earthquake( $M_s = 6.9$ )對邊坡活動性的影響，結果如圖 2-5、圖 2-6。此方法能夠合理量化活動性，並間接表示崩塌發生機率。此方法以集水區為單元進行案例研究，對於國內大規模崩塌以邊坡為單元之適用性仍有待研究。



註：小點範圍為活動區域，大點範圍為非活動區域

圖 2-5 Strettolo 地區 1955-1995 之航照判釋(Parise and Wasowski, 1999)



**圖 2-6 Strettole 地區 1955-1995 活動面積比(Parise and Wasowski, 1999)**

北海道立総合研究機構地質研究所(2013)建立層級分析法(AHP)，評估日本北海道曾發生過崩塌的崩塌潛勢區之地質條件、發育程度、崩塌體年代、潛在崩塌特徵等項目，並透過子項目評分描述邊坡活動性並加總，各項最高分數相加為 100 分。50 分以下代表活動性低，50~60 代表活動性中，60~100 代表活動性高。

地質條件評分由航照立體對判釋地形特徵評估崩體地質及活動性，分為(a)黏土(有斷崖、坡趾鼓脹、舌狀突出等流動痕跡)、(b)崩積層堆積(許多子崩崖)、(c)風化岩坡(陷落、蝕溝地形 gully-type basin topography)等三種不同材料，給予 14.9~2.5 分，分數越高活動性越高(圖 2-7)。

發育程度評分依(a)出現張力裂縫，有多階子崩崖(活躍期)、(b)完整的滑動體(發生期)、(c)崩塌體蝕溝發育(消滅期)、(d)崩塌體蝕溝下切發育形成凹谷(evolution of downcutting valley)，分別給予 12.2~1.8 分(圖 2-8)。崩塌體年代評分考慮冠部(1.8~0.1 分)、崩崖(1.9~0.4 分)、滑動體(15.1~1.2 分)、坡趾(12.8~1.2 分)等四個區域，針對各區域的微地形特徵進行評分，此項目反映崩塌發生年代，分數越高代表是越新的崩塌，較不穩定(圖 2-9)。

潛在崩塌特徵評分依照滑動體的平均坡度、崩塌體平面形狀、縱斷面形狀、坡趾侵蝕狀況進行評分(圖 2-10、圖 2-11、圖 2-12、圖 2-13)。平均坡度考慮(a)大於 20 度 12.3 分、(b)10~20 度 9.2 分、(c)小於 10 度 6.1 分。崩塌體平面形狀考慮坡趾與冠部的寬度，坡趾寬度大於冠部寬度活動性較高，

分級給予 2.6~0.4 分。縱斷面形狀是將崩崖到坡趾拉一直線作參考線，若崩塌體前緣凸出參考線(坡趾鼓脹)則活動性較高，若崩塌體前緣低於參考線材代表不穩定的材料較少較穩定，分別給予 9.9~3.0 分。坡趾侵蝕狀況考慮坡趾是否位於河道凹岸攻擊側、是否為野溪下切河谷等因素，分級給予 16.5~2.0 分。

北海道立総合研究機構地質研究所(2013)所建立的 AHP 法考慮崩塌體材料、崩塌體年代、崩塌體幾何條件對活動性的影響並量化加總，獲得崩塌地活動性。評分所需的因子可透過航空照片立體鏡判釋及簡單的地形測量獲得，不同專家針對同一塊崩塌區的評分差異介於 10~15%之間(Lo *et al.*, 2017)。此方法針對微地形特徵定性描述再量化活動性，但僅適用於已崩塌或正在崩塌的邊坡，對於大規模崩塌潛勢區之適用性仍應進行學理探討。

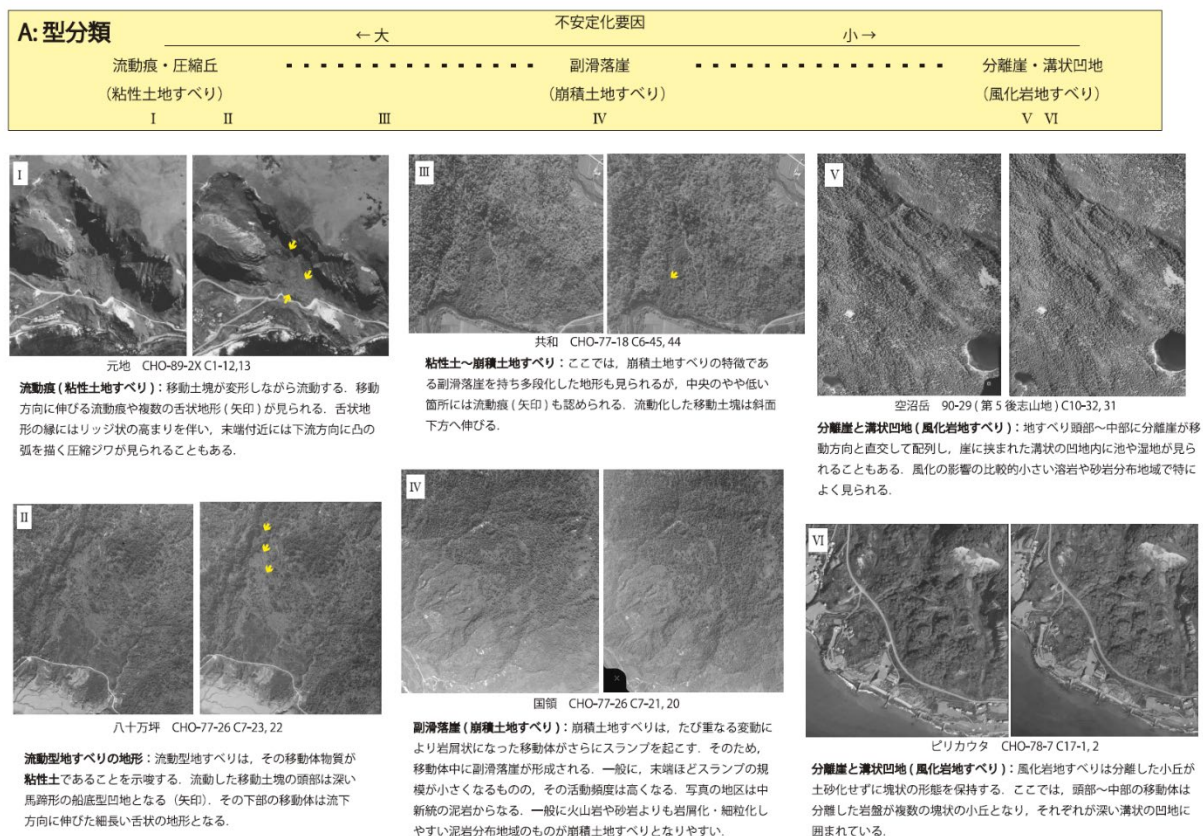


圖 2-7 崩體地質條件評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)



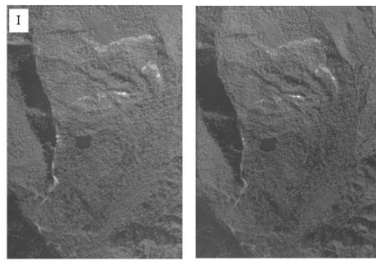
B: 発達過程

不安定化要因

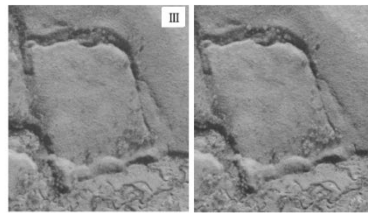
←大 小→

二次ブロック分化 I II ← ..... 未分化 III ..... 開析谷の発達 V (地すべりの消滅)

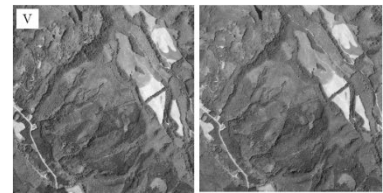
ガリーの侵入 IV



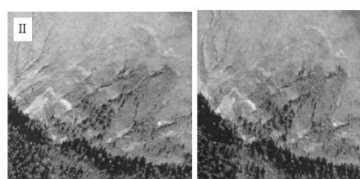
二次ブロック化(活発期): 二次ブロック化が進行していることは、地すべり活動が活発な時期となっていることを示す。ここでは、頭部は分離し岩盤すべりの様相を示すが、末端付近では移動土塊がほぐされ岩屑化しているように見える。



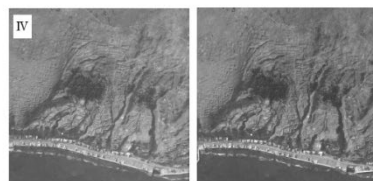
**未分化の変動物（発生期）：**活動が活発化する以前の地すべりは、変動物が分化せずに単一の形状となる。比較的急傾斜で小規模なものが多い。ここでは、浅い層すべりにより変動物の先端部が前方へ押し出され、圧縮している。



開析谷の発達（消滅期）：ガリー浸食が進めば地すべり移動体は開析され、時間とともに谷地形が発達する。開析谷が発達しているということは、地すべり活動後の経過時間が長いことを示唆する。



**二次ブロック化（活発期）：**地すべり活動を繰り返すことにより、移動体が細分化し、副次ブロックが形成される。この写真は、蛇紋岩分布地域の地すべりで、移動体内の分離が進行し多数の副次滑落崖が見られる。下部の滑落崖ほど新鮮に見える。



**ガリーの侵入（解体期）：**地すべり活動の休止期間が続くと、やがて移動体先端から地すべり地形の開析が始まる。ここでは、流水による深い下刻（ガリー浸食）が発達し、頭部滑落崖直下まで侵入している。

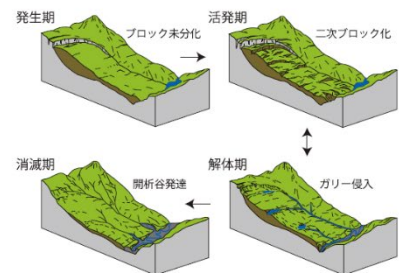
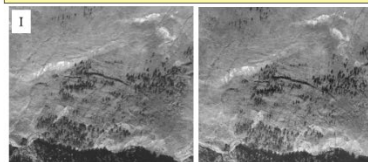


圖 2-8 發育程度評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)

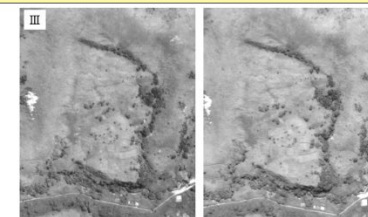
C, D, E, F: 地すべり活動の新しさ（時間経過に関する指標）

|            | ←新しい       | 地すべり活動   | 古い→           |
|------------|------------|----------|---------------|
| C：不動域/滑落崖  | 後背亀裂あり     | 崩壊壁のみあり  | 匍行斜面化         |
| D：滑落崖/移動体  | 左記地形のみ     | 崖錐あり     | 滑落崖～崖錐～移動体が連続 |
| E：移動体内の微地形 | 亀裂に崩壊・植生異常 | 微地形境界が鮮明 | 境界が不鮮明        |
| F：移動体の前面   | 前面に崩壊      | 移動体のみ    | 地表の従順化        |
|            | I          | II       | III           |
|            |            |          | IV            |
|            |            |          | V             |

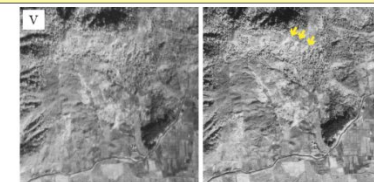


パンゲルペンペー CHO-77-6 C10A-11,12

主滑落崖の背後に多型厚層角礫が発達しており、変動域が背後に拡大しようとしていることが読み取れる。主滑落崖下りには崖根が発達しないことは滑落崖が新しいことを意味する。移動体表面には変動方向に直交する根尾状の高まりと溝状の凹地を繰り返す地形が明瞭。移動体前面の崩壊は、地すべり活動が生じている可能性を示すとともに、末端部の除荷により地すべりを助長するものである。

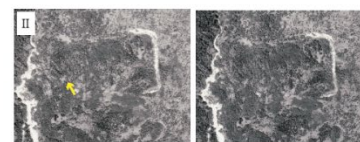


不動域と滑落崖境界が丸みを帯びスーズに連続する(匍行斜面化)。滑落崖と移動体の境界付近に沿って開析谷が侵入しており、滑落崖形成後の経過時間が長いことをうかがわせる。さらに移動体の**微地形は従順化が進み**、前面の開析谷出口に**沖積錐が形成**されていることは、地すべり活動後の断面が進行していることを示す。

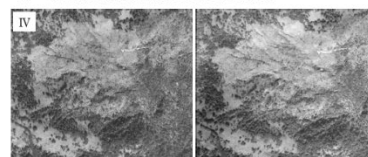


和 NK-54-13-2 M589-76, 77

滑落崖に複数のガリーが形成され、その頭部（矢印）に崩壊が発生している。滑落崖と移動体の境界付近に沿って開析谷が侵入している。移動体については、そのほとんどが開析され、**移動体原面が消失**している。移動体の範囲にみられる小規模な起伏は、開析された移動体の名残である。



不動域と滑落崖の運動線がシャープで、斜面がえぐりとれたような形状。主滑落崖直下に移動体が位置し、その間に崖峰は発達しない。移動体内部を斜めに横切る小ブロックの地形(矢印)も明瞭で、地すべり活動後、長い時間が経過しているものではなさそうである。



不動域と滑落域の遷移線が丸みを帯びており、下部からガリが滑落崖下部まで伸長している。また、主滑落崖と移動体との境界には崖麓～緩斜面地形が発達する。移動体内部に微地形の起伏が認められるが、従順化が進行し微地形境界は不明瞭である。移動体末端は急斜面となるが、その前面の地形とは連続的に従順化している。これらの微地形は地すべり活動後の経過時間によって長くなることを示唆する。

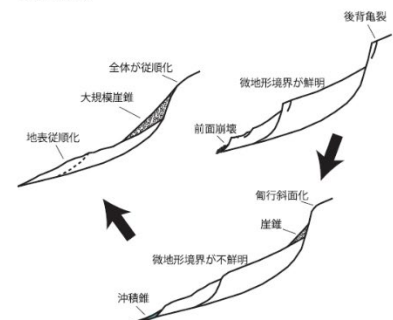
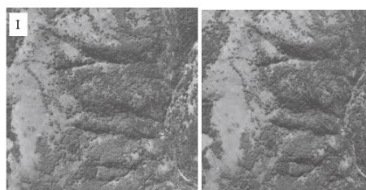
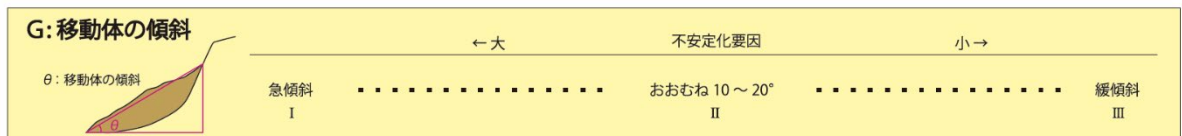
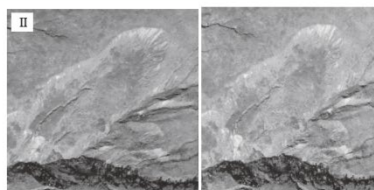


圖 2-9 崩塌體年代評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)



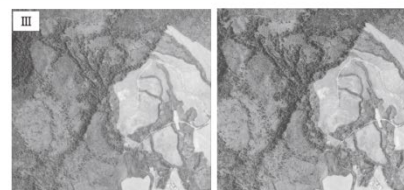
礼文起登白川 HO-84-2X C19, 8

**急傾斜:** 移動体の斜面勾配がおおよそ 20 度を越えるものを急傾斜の地すべりとした。急傾斜の地すべりはポテンシャルが高く不安定で、変動が生じた際には高い位置エネルギーにより高速の運動へと移行する。写真の地すべりは椅子型の形態となっており、地すべり中上部は比較的緩傾斜の斜面となり、その下位は急傾斜が基底部で続く。移動体の傾斜は約 26°。



天塩演習林 CHO-77-6 C10A, 11

**中間的傾斜:** 地すべりの傾斜としてもっとも一般的な勾配 10° ~ 20° 程度のもので中間的な傾斜の地すべりと位置づけた。ここでは、移動体上面の勾配は 11° とやや緩傾斜であるが、末端河川の下刻が顕著で末端斜面が急勾配のため、移動体下端から上端までの傾斜は約 18° となる。



村井の沢 89-1 (第 4 枝幸) C17-7, 8

**緩傾斜:** 移動体の傾斜がおおよそ 10° 未満の緩傾斜の地すべりは、重力による移動ポテンシャルが低い。この写真の地すべりの移動体の傾斜は約 5° で、きわめて緩傾斜な地すべりである。地すべり移動体の持つ位置エネルギーが小さいため、移動体が高速で変動する可能性は低い。

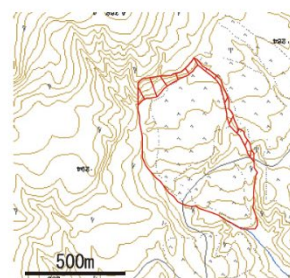
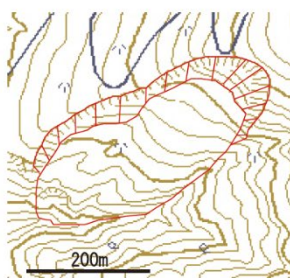
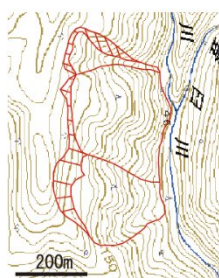
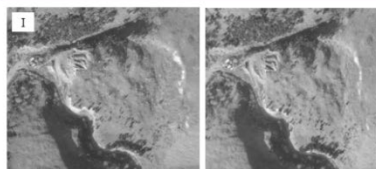
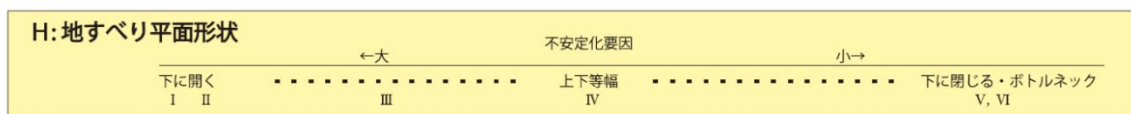
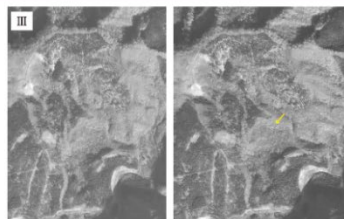


図 2-10 平均坡度評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)



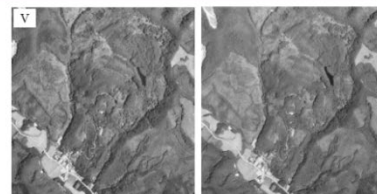
宗谷 CHO-77-3 C3 3, 4

**下に開く:** 地すべりの平面形状が下に向かって開いているものは側方からの拘束を受けにくい。写真の地すべりのように、地すべりの左右ともに深く下刻された沢に囲まれる場合は、側方からの拘束力を全く受けることがなく変動ポテンシャルが高くなる。



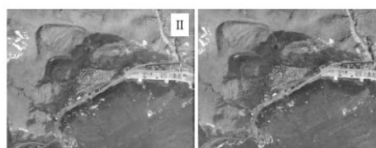
温ノ沢川 HO-93-2X C7-4, 5

**下に開く〜上下等幅:** 上部ブロックの形状を見ると等幅で、側方から拘束されているが、直線矢印以下の下部ブロックでは、やや下方に開いた形状となっており、側方からの拘束力は弱い。この場合、「下に広がる」と「上下等幅」の中間をとる。



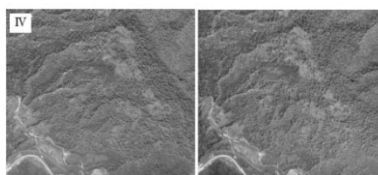
幸速上流 93-2 (第 5 松前半島) C5-23, 24

**下に閉じる:** 地すべり末端部が狭まっているため、移動土塊が動くとしても側方から拘束を受け、下方への変動が生じにくい。変動が生じた場合でも移動体の速度は高速になりにくい。



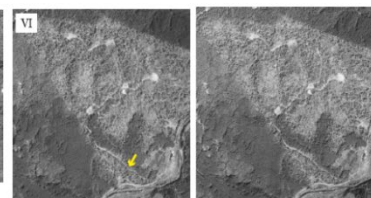
江戸屋 CHO-77-1 C4 8, 7

**下に開く:** 写真の地すべりは、平面形状が下に向かって末広がりがとなり、側方からの拘束力が小さい。そのため、地すべり変動のポテンシャルは高い。ただし、この地すべりは椅子型で、垂直方向の変動が卓越しているとみられることから、側方からの摩擦力は弱いながらも受けていると考えられる。



紅葉山 CHO-77-47 C5-7, 6

**上下等幅:** 地すべりの平面形状が上部と下部でほとんど等幅となっている。下方に開くものに比べると側方から拘束を受ける。変動が生じた場合も、速度が軽減される。



仁世宇 88-32 (第 7 日高) C20-6, 7

**ボトルネック:** 頭部は幅の広い地すべりが下部でボトルの先のように幅が狭まった谷底を流下するもの。地すべり下部が狭まり、さらに側方から拘束を受けるため、流動地すべりでないこのような形状にはならない。写真の地すべりは上部の蛇紋岩が粘土土となり谷を流下している(矢印)。

図 2-11 崩壊體平面形状評分(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)



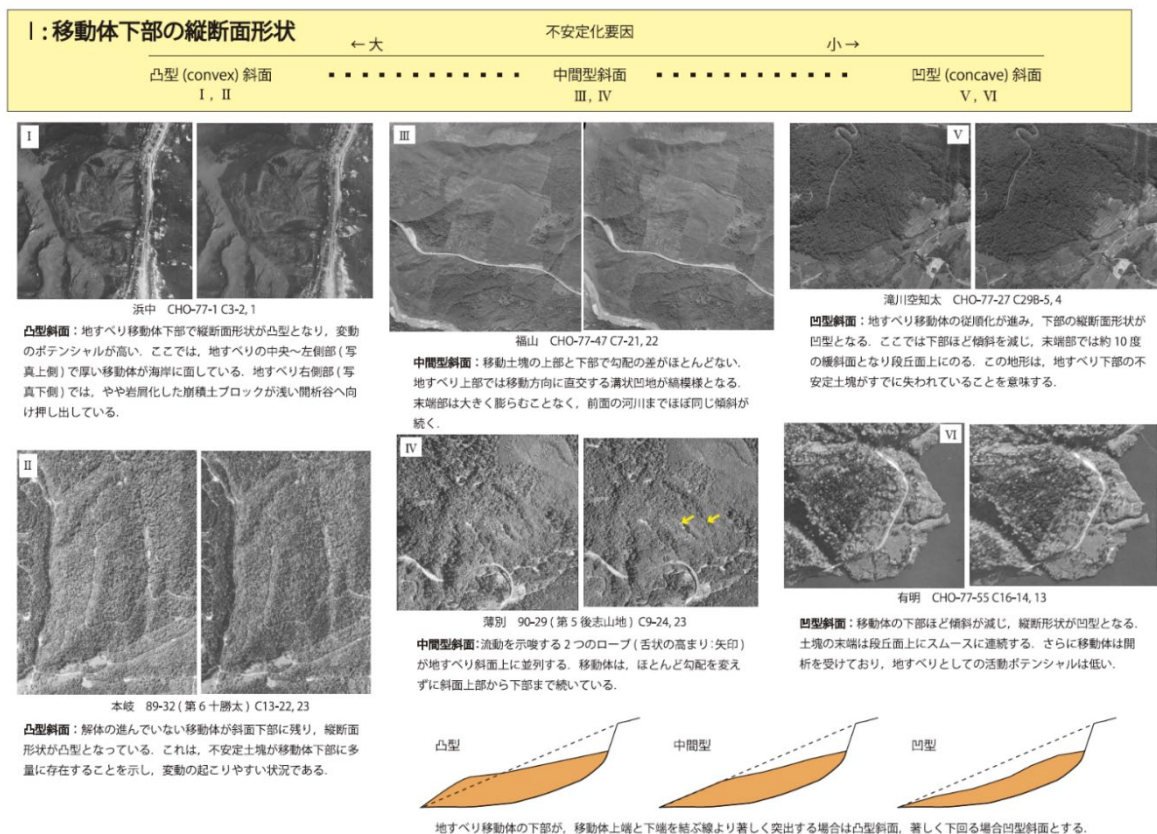


図 2-12 縦断面形状評価(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)

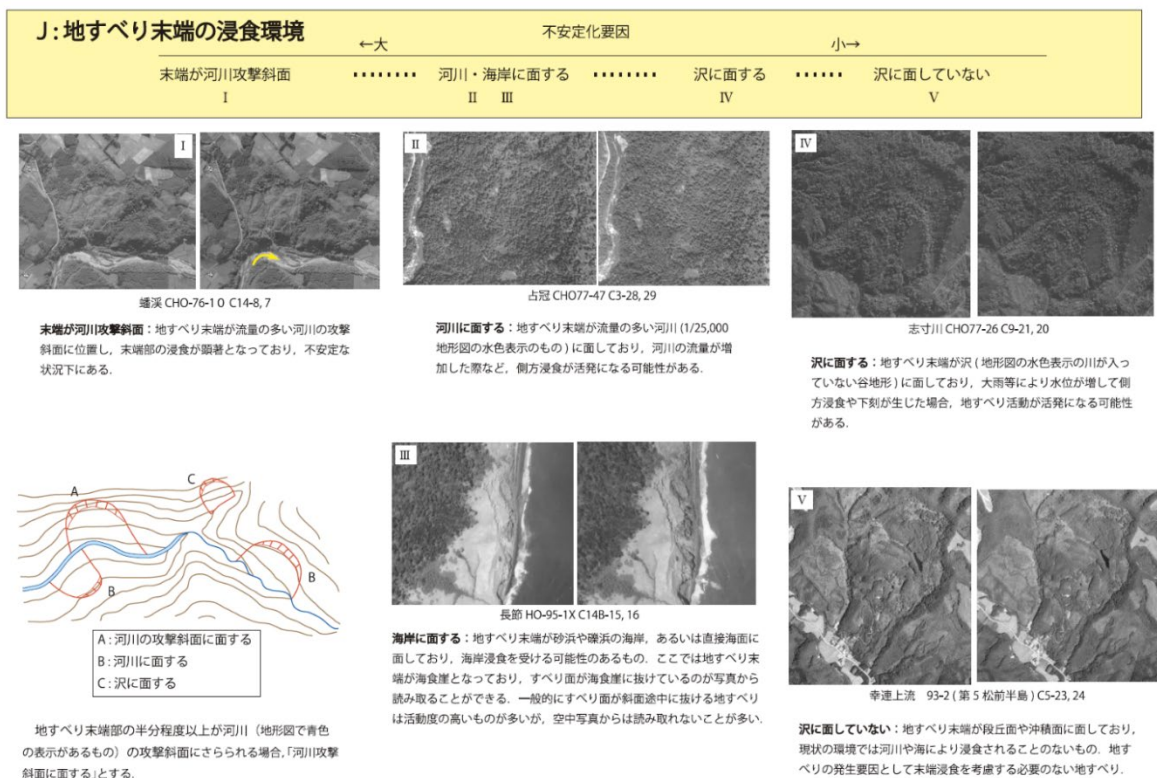


図 2-13 坡趾侵蝕状況評価(北海道立総合研究機構地質研究所, 2013)

本計畫考量大規模崩塌潛勢區之破壞機制、重大颱洪事件影響，以及實務可操作為原則，提出活動性簡易評估法，針對尚未設置監測儀器的崩塌潛勢區，進行活動性簡易評估。前期計畫「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」(林務局, 106 年-b)考量地貌特徵於不同時期的變化，蒐集大規模崩塌潛勢區早期與近期(間隔 30 年以上)的航空照片進行航照判釋，比較崩崖、蝕溝、地表植生、河道沖刷等地貌特徵變化，評估活動性。針對大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪等四處流域 24 處危險度 6 分以上之大規模崩塌潛勢區，及各林管處依據治理經驗納入之 9 處大規模崩塌區進行活動性評估並修正危險度等級。

## 2-2 大規模崩塌潛勢區活動性評估場址

### (一)危險度 6 分以上之大規模崩塌潛勢區

「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」計畫(林務局, 105-107 年)中，針對全國各林區管理處轄管事業區已判釋出 7,756 處中危險度 6 分以上的共有 36 處(表 2-2)，106 年已完成 15 處，本計畫(107 及 108 年)一共完成 21 處，各年度完成之場址如表 2-2。

表 2-2 大規模崩塌潛勢區 37 處危險度 6 分以上之場址

| 林管處 | 事業區 | 大規模崩塌潛勢區編號   | 面積(公頃) | 危險度 | 發生度 | 保全重要性 | 本計畫活動性評估年分 |
|-----|-----|--------------|--------|-----|-----|-------|------------|
| 新竹處 | 大溪  | 桃園縣-復興鄉-D010 | 42     | 6   | 低   | 高     | 107 年      |
| 新竹處 | 大溪  | 桃園縣-復興鄉-D012 | 18     | 6   | 低   | 高     | 107 年      |
| 新竹處 | 竹東  | 新竹縣-尖石鄉-D022 | 58     | 6   | 低   | 高     | 107 年      |
| 東勢處 | 八仙山 | 臺中市-和平區-D395 | 13     | 7   | 高   | 中     | 106 年      |
| 東勢處 | 大甲溪 | 臺中市-和平區-D359 | 21     | 8   | 中   | 高     | 106 年      |
| 東勢處 | 大甲溪 | 臺中市-和平區-D344 | 43     | 8   | 中   | 高     | 106 年      |

| 林管處 | 事業區 | 大規模崩塌潛勢<br>區編號    | 面積<br>(公頃) | 危險度 | 發生度 | 保全重<br>要性 | 本計畫活動性<br>評估年分 |
|-----|-----|-------------------|------------|-----|-----|-----------|----------------|
| 東勢處 | 大甲溪 | 臺中市-和平區-<br>D488  | 15         | 9   | 高   | 高         | 106 年          |
| 東勢處 | 八仙山 | 臺中市-和平區-<br>D363  | 10         | 7   | 高   | 中         | 108 年          |
| 東勢處 | 八仙山 | 臺中市-和平區-<br>D382  | 39         | 7   | 高   | 中         | 108 年          |
| 南投處 | 巒大  | 南投縣-水里鄉-<br>D007  | 10         | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 南投處 | 巒大  | 南投縣-水里鄉-<br>D006  | 30         | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 南投處 | 巒大  | 南投縣-水里鄉-<br>D008  | 11         | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 南投處 | 巒大  | 南投縣-水里鄉-<br>D016  | 26         | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 南投處 | 巒大  | 南投縣-水里鄉-<br>D015  | 32         | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 南投處 | 埔里  | 南投縣-仁愛鄉-<br>D720  | 16         | 6   | 低   | 高         | 107 年          |
| 嘉義處 | 阿里山 | 嘉義縣-阿里山鄉-<br>D187 | 555        | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 嘉義處 | 大埔  | 嘉義縣-大埔鄉-<br>D037  | 90         | 8   | 中   | 高         | 106 年          |
| 嘉義處 | 阿里山 | 嘉義縣-竹崎鄉-<br>D009  | 10         | 6   | 低   | 高         | 107 年          |
| 嘉義處 | 阿里山 | 嘉義縣-竹崎鄉-<br>D011  | 153        | 6   | 低   | 高         | 107 年          |
| 屏東處 | 旗山  | 高雄市-甲仙區-<br>D044  | 67         | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 屏東處 | 旗山  | 高雄市-甲仙區-<br>D047  | 84         | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 屏東處 | 旗山  | 高雄市-六龜區-<br>D015  | 228        | 6   | 低   | 高         | 106 年          |
| 屏東處 | 旗山  | 高雄市-六龜區-<br>D070  | 59         | 8   | 中   | 高         | 107 年          |
| 花蓮處 | 立霧溪 | 花蓮縣-秀林鄉-<br>D009  | 30         | 6   | 低   | 高         | 108 年          |



| 林管處 | 事業區  | 大規模崩塌潛勢區編號   | 面積(公頃) | 危險度 | 發生度 | 保全重要性 | 本計畫活動性評估年分 |
|-----|------|--------------|--------|-----|-----|-------|------------|
| 花蓮處 | 木瓜山  | 花蓮縣-壽豐鄉-D008 | 92     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 木瓜山  | 花蓮縣-壽豐鄉-D009 | 36     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 木瓜山  | 花蓮縣-壽豐鄉-D010 | 38     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 木瓜山  | 花蓮縣-秀林鄉-D629 | 51     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 林田山  | 花蓮縣-豐濱鄉-D002 | 94     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 林田山  | 花蓮縣-光復鄉-D016 | 173    | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 玉里   | 花蓮縣-萬榮鄉-D500 | 27     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 玉里   | 花蓮縣-萬榮鄉-D501 | 32     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 玉里   | 花蓮縣-萬榮鄉-D467 | 134    | 8   | 中   | 高     | 108 年      |
| 花蓮處 | 玉里   | 花蓮縣-玉里鎮-D015 | 60     | 6   | 低   | 高     | 108 年      |
| 台東處 | 非林班地 | 臺東縣-延平鄉-D263 | 27     | 6   | 低   | 高     | 106 年      |
| 台東處 | 延平   | 臺東縣-卑南鄉-D041 | 131    | 6   | 低   | 高     | 107 年      |

## (二)林管處依據治理經驗納入之場址

本計畫一共納入 5 處林管處依據治理經驗納入之場址，各場址之位置、評估年分及初步評估如表 2-3。

**表 2-3 本計畫林管處依據治理經驗納入之場址**

| 林管處 | 場址          | 初評                                                                     | 年份    |
|-----|-------------|------------------------------------------------------------------------|-------|
| 新竹處 | 苗栗縣南庄鄉鹿湖崩塌地 | 崩塌地由 107 年 3 月 30 日蝕溝上溯至接近陵線及兩側崩塌體崩落，至 107 年 4 月蝕溝表層風化岩體持續掉落，影響範圍逐漸擴大。 | 107 年 |
| 新竹處 | 桃園市復興區巴陵大橋  | 位於河道凹岸，有 2 個蝕溝發育發達，已                                                   | 107 年 |

|     |                           |                                                                                                                                                                              |       |
|-----|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|     | 下游右岸崩塌地                   | 有崩塌現象。                                                                                                                                                                       |       |
| 南投處 | 清德寺崩塌地(106 年 9 月發生崩塌)     | 由 LiDAR 地形初判，2017 年 9 月發生之崩塌僅為整個蝕溝發育之一支流，整體活動性仍需進一步評估。                                                                                                                       | 107 年 |
| 花蓮處 | 花蓮縣-瑞穗鄉-D024              | 花蓮林管處由其執行之衛星監控計畫發現一大規模崩塌區域(花蓮縣-瑞穗鄉-D024)，活動性高且經查屬於大規模崩塌潛勢區。本計畫於 108 年 5 月 30 日會同花蓮林區管理處現地勘查，該場址已可見落差超過 20 m 之主崩崖面，滑動體為檳榔園，滑體頭部至坡腹地表甚平，坡趾坡緩降，為一典型的弧形滑動。                       | 108 年 |
| 東勢處 | 南投縣-仁愛鄉-D116 (台 8 線 109K) | 兩側蝕溝發育發達，蝕溝上方由 LiDAR 地形上可見陷崖或張力裂縫，此處蝕溝仍可能持續上溯，雖現公路局正在處理現生崩塌但區域內主要為林班地，有必要對其有進一步了解。本計畫於 108 年 7 月 16 日會同東勢林管處前往現地勘查，場址非屬順向坡，為範圍甚大的風化岩層崩滑，滑體到處可見次生崩崖(應為滑體由趾部後退漸進式崩滑)，主崩崖落差十米以上 | 108 年 |

## 2-3 活動性評估方法

本計畫活動性評估方法針對尚未進行細部調查與監測的大規模崩塌潛勢區或大規模崩塌區(透過早期與近期的航空照片立體像對產製之正射影像及數值地形模型(DSM)、空載光達 1 m 數值高程模型(LiDAR DEM)，比較間隔 30 年以上的航空照片立體對，判釋地形、崩崖與蝕溝等地貌特徵及地表植生的變化，配合現場空拍調查，簡易評估活動性。

本計畫以 SOCET GXP 進行航空照片立體像對判釋、正射影像及數值地形模型產製之工作，其由美國 BAE Systems 開發，為航遙測影像分析整合性判讀軟體，107 及 108 年 21 處場址採用之航空照片如表 2-4 所示。立體像對判釋、正射影像及數值地形模型產製之工作流程圖如圖 2-14 所示，航空照片以崩塌潛勢區為專案建立，透過調色使得航空照片色調趨於一致後，開始輸入參數，一般而言，由農航所申請之航空照片可取得外方位參數(各航空照片之像主點座標)及內方位參數(相機參數)，利用歷年的地形資料

如各版次的相片基本圖、內政部 5 m DEM 或 LiDAR 1 m DEM 或現地量測獲得控制點座標進行空中三角平差，產製 DSM、正射影像及立體像對。圖 2-15 為立體像對判釋設備，其利用解算完成之立體像對以 GXP 軟體繪製地形特徵。

**表 2-4 107 及 108 年活動性評估採用之航空照片年分**

| 大規模崩塌潛勢區<br>或崩落地名稱             | 年分                                          | 大規模崩塌潛勢區<br>或崩落地名稱                           | 年分         |
|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|------------|
| 臺東縣-卑南鄉-D041                   | 70、105                                      | 花蓮縣-秀林鄉-D009                                 | 68、105     |
| 桃園縣-復興鄉-D010 及<br>桃園縣-復興鄉-D012 | 68、102                                      | 花蓮縣-壽豐鄉-D008<br>花蓮縣-壽豐鄉-D009<br>花蓮縣-壽豐鄉-D010 | 69、104     |
| 南投縣-仁愛鄉-D720                   | 69、102                                      | 花蓮縣-秀林鄉-D629                                 | 68、101     |
| 高雄市-六龜區-D070                   | 65、9812、<br>104                             | 花蓮縣-瑞穗鄉-D024                                 | 69、104、107 |
| 嘉義縣-竹崎鄉-D011 及<br>嘉義縣-竹崎鄉-D009 | 74、104                                      | 花蓮縣-光復鄉-D016                                 | 98、106     |
| 新竹縣-尖石鄉-D022                   | 82、103                                      | 花蓮縣-豐濱鄉-D002                                 | 76、88、104  |
| 苗栗縣南庄鄉鹿湖崩落地                    | 69、82、87、<br>92、94、98                       | 花蓮縣-萬榮鄉-D500<br>花蓮縣-萬榮鄉-D501                 | 77、105     |
| 桃園市復興區巴陵大橋<br>下游右岸崩落地          | 69、89、93、<br>94、95、96、<br>97、99、<br>101、103 | 花蓮縣-萬榮鄉-D467                                 | 82、104     |
| 清德寺崩落地                         | 66、80、93、<br>98、104、105                     | 花蓮縣-玉里鎮-D015                                 | 63、107     |
| 臺中市-和平區-D363                   | 69、90、107                                   | 南投縣-仁愛鄉-D116                                 | 73、108     |
| 臺中市-和平區-D382                   | 83、96、104                                   |                                              |            |

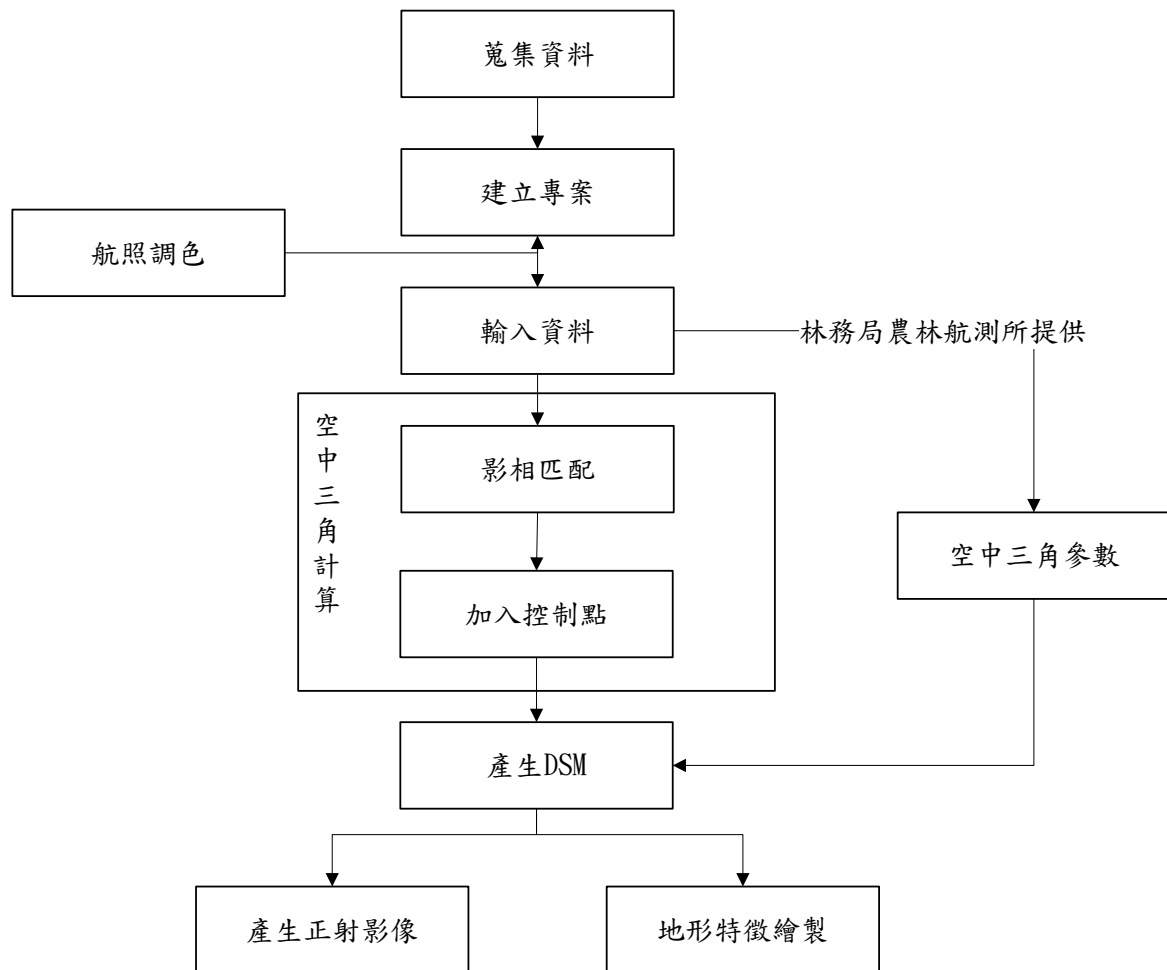


圖 2-14 航空照片判釋流程圖



圖 2-15 立體像對判釋設備圖

本計畫參考「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」(林務局，106 年)33 處案例及「國有林深層崩塌致災潛勢調查評估-南部重點流域」(林務局，102 年)近期發生之深層崩塌(A 類)案例，歸納出大規模崩塌潛勢區可能的邊坡破壞機制為(1)岩層順向滑動、(2)圓弧或非圓弧形滑動(含崩積層內滑動、沿岩土界面或風化岩層內滑動)及(3)複合型。

本項評估工作由早期與近期航空照片立體像對、LiDAR DEM、現場空拍輔助判釋，比較潛勢區內地貌特徵的變化(如圖 2-16)，依其變化程度給予 1、2 及 3 分，評分準則及活動性等級如表 2-5、表 2-6、表 2-7。活動性評估結果將做為滾動調整大規模崩塌潛勢區防災排序、修正大規模崩塌潛勢區監測、減災規劃及經費規劃之依據。

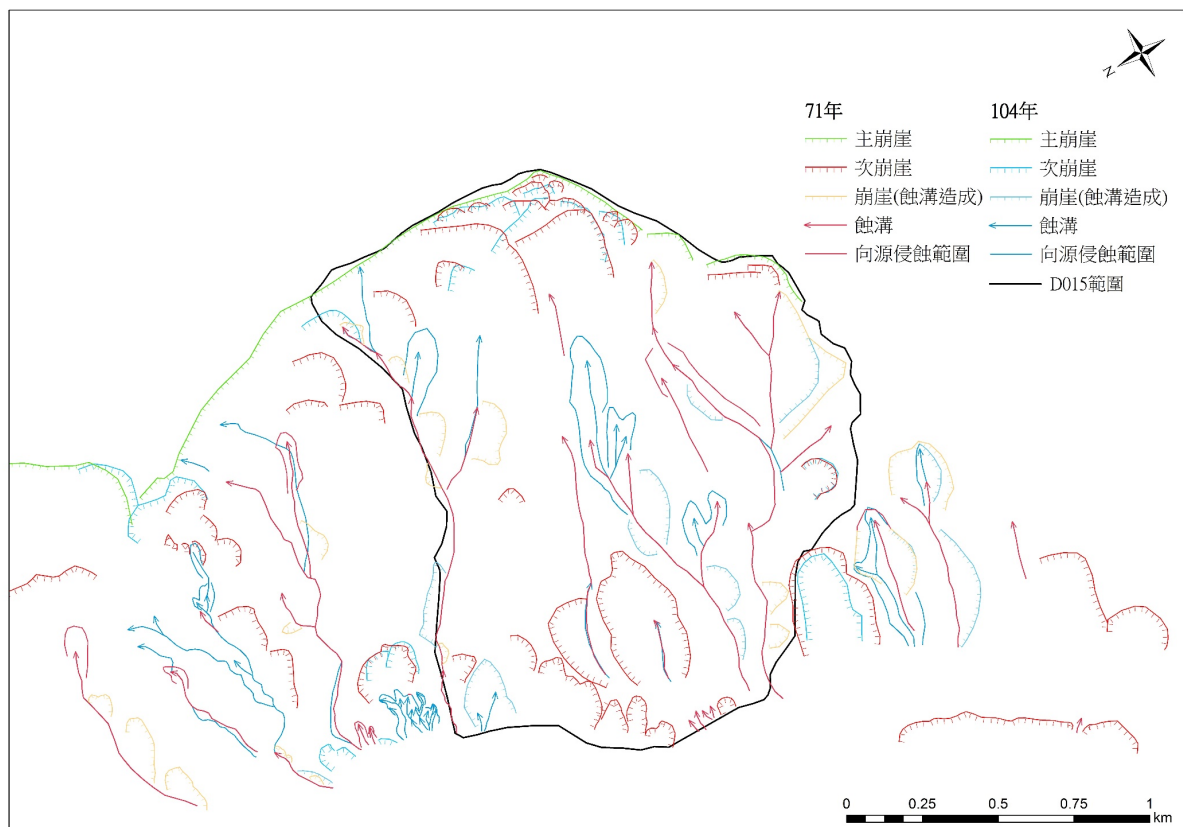


圖 2-16 六龜區-D015 前後期航照判釋地貌特徵變化圖

表 2-5 岩層順向滑動指標因子評分表

| 岩層順向滑動<br>指標因子 | 分級/分類                                       | 分數 |
|----------------|---------------------------------------------|----|
| 崩崖/冠部活動性       | 崩崖數量增加或範圍擴大，冠部出現張力裂縫、重力變形跡象，或稜線另一側被侵蝕。      | 3  |
|                | 崩崖有後退或範圍擴大趨勢。                               | 2  |
|                | 前後期航照的崩崖、冠部無明顯變化。                           | 1  |
| 蝕溝/河道活動性       | 河道下切或側刷侵蝕、蝕溝上溯，且造成潛在滑動面見光(daylight)。蝕溝數量增加。 | 3  |
|                | 河道或蝕溝有下切或側刷跡象。                              | 2  |
|                | 前後期航照判釋無明顯變化。                               | 1  |
| 岩層位態與坡向坡度關係    | 潛在滑動面見光(daylight)，且具有順向滑動潛能(坡角>岩層傾角>層面摩擦角)。 | 3  |
|                | 潛在滑動面見光(daylight)，或具有順向滑動潛能。                | 2  |
|                | 無潛在滑動面見光(daylight)，且無順向滑動潛能。                | 1  |

表 2-6 圓弧或非圓弧形滑動指標因子評分表

| 指標因子            | 分級/分類                                   | 分數 |
|-----------------|-----------------------------------------|----|
| 崩崖/冠部/頭部<br>活動性 | 崩崖數量增加或範圍擴大，冠部出現張力裂縫、重力變形跡象，崩體頭部變形。     | 3  |
|                 | 崩崖有後退或範圍擴大趨勢。                           | 2  |
|                 | 前後期航照的崩崖、冠部、崩體頭部無明顯變化。                  | 1  |
| 蝕溝/河道活動性        | 河道下切或側刷侵蝕、蝕溝上溯，造成潛在滑動面(如岩土界面)出露。蝕溝數量增加。 | 3  |
|                 | 河道或蝕溝有下切或側刷跡象。                          | 2  |
|                 | 前後期航照判釋無明顯變化。                           | 1  |
| 地表特徵變化          | 表面無植生、岩盤裸露                              | 3  |
|                 | 樹木傾斜、植被零星                               | 2  |
|                 | 林相完整、茂密                                 | 1  |

表 2-7 活動性等級分類

| 等級 | 高   | 中     | 低   |
|----|-----|-------|-----|
| 分數 | 8、9 | 5、6、7 | 3、4 |

## 2-4 活動性評估結果

本計畫完成 26 處場址活動性評估，分別為 21 處大規模崩塌潛勢區及 5 處林管處提列之崩塌面積超過 10 公頃，且未來崩塌範圍可能擴大的潛勢區。其中高活動性 6 處、中 5 處及低 15 處，活動性評分結果與崩塌潛能如表 2-8，主控活動性定義為兩種破壞機制中活動性較高者。大規模崩塌潛勢區之概述、航空影像判釋及活動性評估成果見附錄六。



表 2-8 大規模崩塌潛勢區/崩塌區活動性評估表

| 林管處 | 大規模崩塌潛勢區/<br>崩塌區      | 前期<br>危險<br>度* | 前期<br>發生<br>度* | 前期<br>保全<br>重要<br>性* | 潛勢區<br>面積*<br>(公頃) | 岩層順向<br>滑動活動<br>性 | 圓弧或非<br>圓弧形滑<br>動活動性 | 主控<br>活動性<br>評分 | 大規模崩塌潛能                                                                                                                                            |
|-----|-----------------------|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 新竹處 | 桃園市-<br>復興鄉-<br>D010  | 6              | 低              | 高                    | 42                 | 中                 | 中                    | 6               | 一次式滑動：蝕溝下切可能造成崩積層內潛在滑動面出現。局部破壞：道路上邊坡、蝕溝兩側。                                                                                                         |
| 新竹處 | 桃園市-<br>復興鄉-<br>D012  | 6              | 低              | 高                    | 18                 | 中                 | 中                    | 5               | 一次式滑動：蝕溝上溯可能引致的造成蝕溝崩崖附近的崩積層或風化岩層滑動。局部破壞：道路上邊坡、蝕溝兩側。                                                                                                |
| 新竹處 | 新竹縣-<br>尖石鄉-<br>D022  | 6              | 低              | 高                    | 58                 | 無                 | 低                    | 4               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。局部活動性低。                                                                                                                          |
| 新竹處 | 桃園市-復興區-巴陵<br>大橋崩塌地   | -              | -              | -                    | 24                 | 高                 | 高                    | 9               | 一次式滑動：96 年韋帕颱風沖毀巴陵壩，原上游側淤積土砂運移至下游後，本區坡趾開始凹岸沖刷。位於凹岸轉彎處的坡趾沖刷、加上本區坡面有一大蝕溝下切，造成節理發達岩體大量的崩落滑動。未來是否會發生一次式大規模崩滑，需視減緩坡趾侵蝕的護岸、坡面排水工、坡面保護工之成效。局部：岩塊持續崩落，活動性高 |
| 新竹處 | 苗栗縣-南<br>庄鄉-鹿湖<br>崩塌地 | -              | -              | -                    | 38                 | 無                 | 高                    | 9               | 冠部有張力裂縫，崩崖尚有節理發達岩體，岩塊會持續崩落。坡面上堆積之土、岩塊，大雨/地震時往下崩、滑                                                                                                  |

| 林管處 | 大規模崩塌潛勢區/<br>崩塌區                    | 前期<br>危險<br>度* | 前期<br>發生<br>度* | 前期<br>保全<br>重要性* | 潛勢區<br>面積*<br>(公頃) | 岩層順向<br>滑動活動<br>性 | 圓弧或非<br>圓弧形滑<br>動活動性 | 主控<br>活動性<br>評分 | 大規模崩塌潛能                                                                                                            |
|-----|-------------------------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 東勢處 | 臺中市-<br>和平區-<br>D363                | 7              | 高              | 中                | 10                 | 無                 | 低                    | 4               | 由現況及航照特徵判釋顯示活動性為低，目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。但潛勢區下邊坡的坡度陡、蝕溝發達，須注意未來岩盤風化、蝕溝沖蝕引致表層岩塊崩落的影響範圍是否擴大，影響潛勢區穩定性。                     |
| 東勢處 | 臺中市-<br>和平區-<br>D382                | 7              | 高              | 中                | 39                 | 無                 | 低                    | 3               | 由現況及航照特徵判釋顯示活動性為低，目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。<br>局部活動性高，邊坡表層岩盤風化、破碎引致岩塊崩落。目前邊坡局部岩塊崩落影響範圍已興建明隧道。但由九二一地震後航照可知，邊坡未來仍可能大範圍岩塊崩落。 |
| 東勢處 | 南投縣-仁<br>愛鄉-D116<br>(台 8 線<br>109K) | 1              | 低              | 低                | 131                | 無                 | 高                    | 9               | 發生一次性大規模崩滑活動性高，滑動體總長約 300 m，目前已向下滑動 50 m，且滑動體趾部仍持續變形，有可能因為暴雨或地震事件造成滑動體再次向下滑動。                                      |
| 南投處 | 南投縣-<br>仁愛鄉-<br>D720                | 6              | 低              | 高                | 16                 | 無                 | 低                    | 3               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。局部破壞：須注意蝕溝出口是否有土砂流出。                                                                             |
| 南投處 | 南投縣-國<br>姓鄉-清德<br>寺崩塌地              | -              | -              | -                | 18                 | 無                 | 高                    | 9               | 一次式滑動：崩塌範圍為蝕溝崩崖，受地形影響，逕流集中造成崩積層與岩層弱化，蝕溝持續上溯造成崩積層與風化岩層滑動。目前還有一些殘餘滑動體留在殘坡，若蝕溝持續發育，大雨後可能滑動。局部活動                       |

| 林管處 | 大規模崩塌潛勢區/<br>崩塌區     | 前期<br>危險<br>度* | 前期<br>發生<br>度* | 前期<br>保全<br>重要性* | 潛勢區<br>面積*<br>(公頃) | 岩層順向<br>滑動活動<br>性 | 圓弧或非<br>圓弧形滑<br>動活動性 | 主控<br>活動性<br>評分 | 大規模崩塌潛能                                                                                                             |
|-----|----------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                      |                |                |                  |                    |                   |                      |                 | 性：蝕溝持續上溯、兩側邊坡崩塌。                                                                                                    |
| 嘉義處 | 嘉義縣-<br>竹崎鄉-<br>D009 | 6              | 低              | 高                | 10                 | 無                 | 低                    | 4               | 蝕溝已整治，目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。<br>局部破壞：須注意蝕溝出口處是否有土砂流出。                                                                   |
| 嘉義處 | 嘉義縣-<br>竹崎鄉-<br>D011 | 6              | 低              | 高                | 153                | 無                 | 中                    | 7               | 一次式滑動：潛勢區為遍佈蝕溝的老崩積層，區內的蝕溝匯集於出口流出，若出口處蝕溝繼續上溯，可能沿蝕溝兩側崩滑。局部破壞：蝕溝兩側崩滑。                                                  |
| 屏東處 | 高雄市-<br>六龜區-<br>D070 | 8              | 中              | 高                | 59                 | 無                 | 高                    | 9               | 一次式滑動：暴雨將堆積於蝕溝的岩塊與周圍風化岩體一次帶下形成沖積扇(類似六龜區-D015 中央蝕溝)。局部破壞：風化岩塊崩落，活動性高。                                                |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>萬榮鄉-<br>D500 | 6              | 低              | 高                | 27                 | 無                 | 中                    | 5               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。但本區不整合面可能較陡，導致上覆崩積層有較大規模滑動的可能，需進一步調查。<br>局部、小規模滑動的活動性高。由於下邊坡緊臨民宅，局部崩塌可能造成民宅損壞，需注意下邊坡岩塊或沿著岩土界面之滑動。 |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>萬榮鄉-<br>D501 | 6              | 低              | 高                | 32                 | 無                 | 低                    | 3               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。<br>但本區不整合面可能較陡，導致上覆崩積層有較大規模滑動的可能，需進一步調查。                                                         |

| 林管處 | 大規模崩塌潛勢區/<br>崩塌區     | 前期<br>危險<br>度* | 前期<br>發生<br>度* | 前期<br>保全<br>重要性* | 潛勢區<br>面積*<br>(公頃) | 岩層順向<br>滑動活動<br>性 | 圓弧或非<br>圓弧形滑<br>動活動性 | 主控<br>活動性<br>評分 | 大規模崩塌潛能                                                                   |
|-----|----------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|
|     |                      |                |                |                  |                    |                   |                      |                 | 局部、小規模滑動的活動性高。由於下邊坡緊臨民宅，局部崩塌可能造成民宅損壞，需注意下邊坡岩塊或沿著岩土界面之滑動。                  |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>萬榮鄉-<br>D467 | 8              | 中              | 高                | 134                | 無                 | 低                    | 3               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。                                                        |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>玉里鎮-<br>D015 | 6              | 低              | 高                | 60                 | 無                 | 低                    | 3               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。                                                        |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>瑞穗鄉-<br>D024 | 1              | 低              | 低                | 38                 | 無                 | 高                    | 9               | 發生一次性大規模崩滑活動性高，有可能因為暴雨或地震事件造成滑動體再次向下滑動。                                   |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>秀林鄉-<br>D009 | 6              | 低              | 高                | 30                 | 無                 | 低                    | 3               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。本區邊坡破壞型態以岩塊風化、崩落為主。潛勢區下緣陡坡局部活動性高，須注意岩盤風化造成的落石、岩崩可能掉落路徑。 |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>壽豐鄉-<br>D008 | 6              | 低              | 高                | 92                 | 無                 | 低                    | 4               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。現場植生完整。                                                 |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>壽豐鄉-         | 6              | 低              | 高                | 36                 | 無                 | 低                    | 4               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。現場植生完整。                                                 |

| 林管處 | 大規模崩塌潛勢區/<br>崩塌區     | 前期<br>危險<br>度* | 前期<br>發生<br>度* | 前期<br>保全<br>重要性* | 潛勢區<br>面積*<br>(公頃) | 岩層順向<br>滑動活動<br>性 | 圓弧或非<br>圓弧形滑<br>動活動性 | 主控<br>活動性<br>評分 | 大規模崩塌潛能                                              |
|-----|----------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
|     | D009                 |                |                |                  |                    |                   |                      |                 |                                                      |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>壽豐鄉-<br>D010 | 6              | 低              | 高                | 38                 | 無                 | 低                    | 3               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。現場植生完整。                            |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>秀林鄉-<br>D629 | 6              | 低              | 高                | 51                 | 無                 | 中                    | 6               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。監測只有一孔滑動跡象，且多孔洞地層，分析後為小範圍(早期採礦引致)。 |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>豐濱鄉-<br>D002 | 6              | 低              | 高                | 94                 | 無                 | 低                    | 3               | 目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。潛勢區溪流出口處已施作防減災工程，現況局部活動性低。         |
| 花蓮處 | 花蓮縣-<br>光復鄉-<br>D016 | 6              | 低              | 高                | 173                | 無                 | 低                    | 3               | 由現況及航照特徵判釋顯示活動性為低，目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。                 |
| 台東處 | 臺東縣-<br>卑南鄉-<br>D041 | 6              | 低              | 高                | 131                | 無                 | 低                    | 4               | 潛勢區內屬於林班地的區域，道路上邊坡局部破壞已整治，目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。         |

\*資料來源：「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」計畫(林務局, 105-107 年)

## 參、國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測 執行計畫滾動管理

本計畫工作將 106 年至 108 年陸續進行之活動性評估，針對各處的活動性及可能崩塌行為，進行監測、減災、穩定工程規劃，考量治理優先順序，提列 106~109 年委辦費與工程費的建議辦理方式。冀希透過分年分期之各項工作執行，釐清大規模崩塌潛勢區可能之影響衝擊，逐步落實達到防災、減災之目標。

### 3-1 滾動式修正大規模崩塌潛勢區監測、減災規劃及經費規劃

101 至 104 年度中判釋之 24 處危險度 6 分以上之大規模崩塌潛勢區，部分場址於 107 年「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」案中，因證據權重及影響範圍之評估方式改變或遷村，使得 24 處中有 3 處保全重要性變為無，8 處危險度小於 6，其中 3 處活動性評估為高，5 處為低，如圖 3-1。本計畫建議將 106 年完成評估之 24 處大規模崩塌潛勢區剔除 3 處無保全重要性及 5 處危險度小於 6，且活動性為低之場址，保留其餘之 16 處納入滾動性修正。

106年24處大規模崩塌潛勢區重新評分

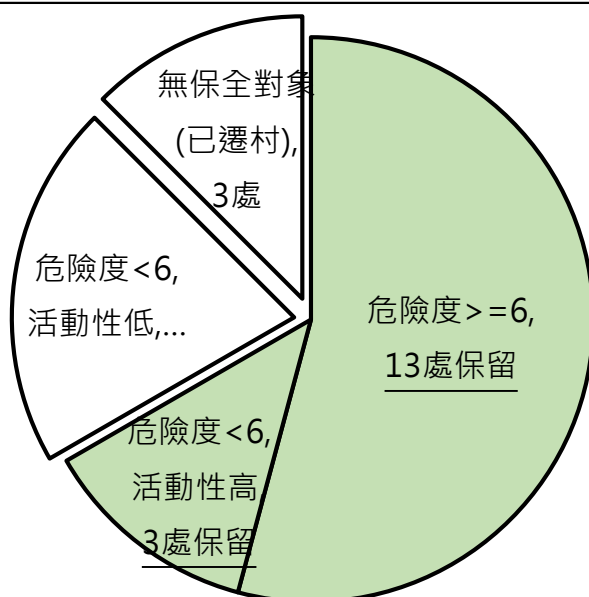


圖 3-1 101 至 104 年判釋之 24 處大規模崩塌潛勢區危險度評分修正

本工作將依照各大規模崩塌潛勢區之危險度等級、治理優先順序，檢討並滾動式修正委辦費與工程費的建議辦理方式。本計畫考慮之大規模崩塌潛勢區範圍包含前期(105-106)計畫 25 處(33 處扣除 8 處)、107 年 11 處及 108 年 15 處危險度 6 分以上或林管處提報之場址共 51 處，場址分布如圖 3-2。透過分年分期之各項工作執行，釐清各大規模崩塌潛勢區可能之影響衝擊，以逐步落實達到防災、減災之目標。本計畫考量危險度等級與治理優先順序，於各次期中及期末報告檢討並滾動式修正委辦費與工程費的建議辦理方式。表 3-1 為活動性評估結果進行排序之成果。

委辦費包含「監視」與「調查、監測、治理策略」兩種辦理方式，「監視」是透過不定期的 UAV 空拍與現地勘查，掌握現地變化狀況，並產製正射影像與數值地表模型(DSM)，判釋蝕溝、崩崖等地貌特徵變化，檢討活動性。「調查、監測、治理策略」則是針對有可能深層滑動的大規模崩塌潛勢區進行詳細調查，提供後續長期監測、管理及減災策略建議。其工作涵蓋地表地質調查、地球物理調查、鑽探、設置 GPS 地表位移監測、水位計、傾斜觀測管、雨量站、邊坡穩定分析等，並說明道路可及性，作為後續治理工程調查規劃之依據。

工程費擬包含「減災工程」與「穩定工程」兩種辦理方式，減災工程主要針對地表的沖刷或崩滑現況進行立即性的處理。首先釐清治理標的，並透過蝕溝控制(如防砂壩等)、擋土樁、坡面保護(如地表排水等)等工法提高崩塌區的穩定性。穩定工程主要針對潛在大規模崩塌，如崩塌範圍大於 10 公頃、深度大於 10 公尺等區域進行治理。本工作亦先釐清治理標的，提出初步治理建議，後續將再依照調查、監測、治理策略結果，修正工程預算經費。工程治理順序擬參考各大規模崩塌潛勢區的危險度評分，依照林務局評定集水區治理急迫性等級的 4 個分級「優先、關注、重點、一般」進行排序。



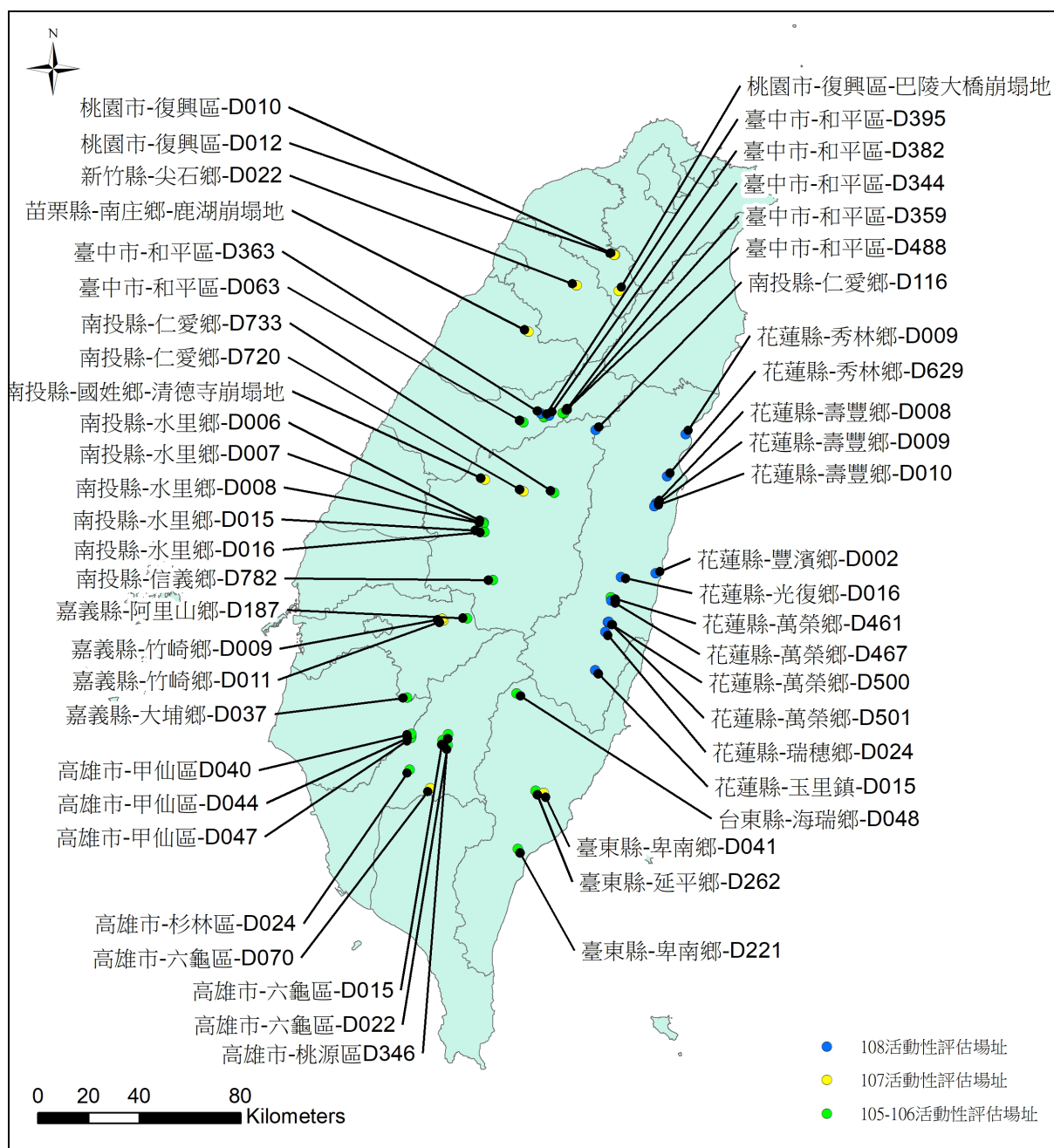


圖 3-2 國有林班地大規模崩塌潛勢區列管 51 處場址圖

表 3-1 大規模崩塌潛勢區監測減災規劃

| 大規模崩塌<br>潛勢區    | 活動性 | 面積<br>(公頃) | 委辦工作項目                      | 減災工程與穩定工程建議                                          | 委辦順序 |          | 工程<br>治理<br>順序 |
|-----------------|-----|------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|------|----------|----------------|
|                 |     |            |                             |                                                      | 監視   | 調查<br>監測 |                |
| 桃園市-復興區-D010    | 中   | 42         | 監視、檢討活動性變化                  | 暫無，持續觀察沖蝕行為，若有沖蝕跡象可施作蝕溝控制工程，避免蝕溝持續上溯。                | 3    | 4        | 重點             |
| 桃園市-復興區-D012    | 中   | 18         | 監視、檢討活動性變化                  | 暫無，持續觀察沖蝕行為，若有沖蝕跡象可施作蝕溝控制工程，避免蝕溝持續上溯。                | 3    | 4        | 重點             |
| 新竹縣-尖石鄉-D022    | 低   | 58         | 由新竹處自行監視                    | 暫無                                                   | 3    | 4        | 重點             |
| 桃園市-復興區-巴陵大橋崩塌地 | 高   | 24         | 檢討自其下游巴陵壩潰壩後活動性變化及下游河道坡降穩定性 | 道路坡面保護、排水工程，減緩蝕溝沖蝕行為。                                | 1    | 2        | 關注             |
| 苗栗縣-南庄鄉-鹿湖崩塌地   | 高   | 38         | 由新竹處自行監視                    | 坡面整治、河道整理、地表排水、植生、局部檔土(協調權責單位)                       | 1    | 2        | 重點             |
| 臺中市-和平區-D063    | 中   | 18         | 監視、檢討活動性變化                  | 暫無，持續觀察河岸沖蝕行為，若有河岸沖刷跡象，施做河岸保護工程，抑制河道凹岸沖刷、穩定坡腳避免持續崩塌。 | 2    | 4        | 重點             |

| 大規模崩塌<br>潛勢區                                         | 活動性 | 面積<br>(公頃) | 委辦工作項目                       | 減災工程與穩定工程建議                                   | 委辦順序 |          | 工程<br>治理<br>順序 |
|------------------------------------------------------|-----|------------|------------------------------|-----------------------------------------------|------|----------|----------------|
|                                                      |     |            |                              |                                               | 監視   | 調查<br>監測 |                |
| 臺中市-和平區-D344                                         | 中   | 21         | 監視、檢討活動性變化                   | 暫無，持續觀察蝕溝沖蝕行為，若沖蝕沖刷跡象，施作道路坡面保護、排水工程，減緩蝕溝沖蝕行為。 | 2    | 4        | 重點             |
| 臺中市-和平區-D359                                         | 低   | 21         | 由東勢處自行監視<br>(或可配合 D344 同時辦理) | 暫無，持續觀察蝕溝沖蝕行為，若沖蝕沖刷跡象，施作道路坡面保護、排水工程，減緩蝕溝沖蝕行為。 | 3    | 4        | 重點             |
| 臺中市-和平區-D395                                         | 中   | 13         | 監視、檢討活動性變化                   | 暫無，此區道路可及性差，持續監視活動性。                          | 2    | 4        | 重點             |
| 臺中市-和平區-D488<br>東勢處-必坦溪 1 號崩塌地<br>(106 及 107 進行減災工程) | 中   | 15         | 監視、檢討活動性變化                   | 道路坡面保護、排水工程，減緩蝕溝沖蝕行為。                         | 1    | 4        | 優先             |
| 臺中市-和平區-D363                                         | 低   | 10         | 由東勢處自行監視                     | 暫無。                                           | 3    | 4        | 重點             |
| 臺中市-和平區-D382                                         | 低   | 39         | 由東勢處自行監視                     | 暫無。                                           | 3    | 4        | 重點             |
| 南投縣-仁愛鄉-D116<br>(台 8 線 109K)                         | 高   | 131        | 東勢處自行監視<br>公路局已進行相關調查工作      | 暫無。                                           | 1    | 3        | 重點             |
| 南投縣-水里鄉-D006<br>(106-107 監視、檢討性變化)                   | 中   | 30         | 監視、檢討活動性變化                   | 暫無，持續觀察沖蝕行為，針對後續發生之沖蝕行為處理                     | 2    | 4        | 重點             |

| 大規模崩塌<br>潛勢區                       | 活<br>動<br>性 | 面<br>積<br>(公頃) | 委辦工作項目                                | 減災工程與穩定工程建議                                                                                                         | 委辦順<br>序 |                  | 工程<br>治理<br>順序 |
|------------------------------------|-------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------|----------------|
|                                    |             |                |                                       |                                                                                                                     | 監<br>視   | 調<br>查<br>監<br>測 |                |
|                                    |             |                |                                       | (如蝕溝控制、地表排水、坡面保護)。                                                                                                  |          |                  |                |
| 南投縣-水里鄉-D007<br>(106-107 監視、檢討性變化) | 低           | 10             | 由南投處自行監視<br>(或可配合 D006 同時辦理)          | 暫無，持續觀察沖蝕行為，針對後續發生之沖蝕行為處理(如蝕溝控制、地表排水、坡面保護)。                                                                         | 3        | 4                | 重點             |
| 南投縣-水里鄉-D008<br>(106-107 監視、檢討性變化) | 低           | 11             |                                       | 暫無。                                                                                                                 | 3        | 4                | 重點             |
| 南投縣-水里鄉-D015<br>(106-107 監視、檢討性變化) | 中           | 32             | 監視、檢討活動性變化，並做<br>詳細調查、監測後，提出治理<br>策略。 | 暫無。<br>1.持續觀察沖蝕行為，針對後續發生之沖蝕行為處理(如蝕溝控制、地表排水、坡面保護)。<br>2.待調查、監測、治理策略(邊坡穩定分析)完成後，提出穩定工程建議。初步建議崩積層做地表排水、抑制兩側蝕溝沖刷，提高穩定性。 | 1        | 1                | 重點             |
| 南投縣-水里鄉-D016<br>(106-107 監視、檢討性變化) | 中           | 26             | 監視、檢討活動性變化                            | 暫無，持續觀察沖蝕行為，可針對後續發生之沖蝕行為處理                                                                                          | 2        | 4                | 重點             |

| 大規模崩塌<br>潛勢區                                                                           | 活動性 | 面積<br>(公頃) | 委辦工作項目                               | 減災工程與穩定工程建議                                                                                                           | 委辦順序 |          | 工程<br>治理<br>順序 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|----------------|
|                                                                                        |     |            |                                      |                                                                                                                       | 監視   | 調查<br>監測 |                |
|                                                                                        |     |            |                                      | (如蝕溝控制、地表排水、坡面保護)。                                                                                                    |      |          |                |
| 南投處-奧萬大連外道路 4K+400 邊坡<br>(106 進行減災工程)                                                  | 高   | 6          | 監視、檢討活動性變化                           | 河岸保護工程，抑制河道凹岸沖刷、穩定坡腳避免持續崩塌。                                                                                           | 2    | 4        | 優先             |
| 南投處-十八重溪集水區崩塌地<br>(107-108 監視檢討活動性變化)                                                  | 高   | 9          | 監視、檢討活動性變化                           | 十八重溪兩岸保護排水工程                                                                                                          | 2    | 4        | 關注             |
| 南投縣-仁愛鄉-D720                                                                           | 低   | 16         | 由南投處自行監視                             | 暫無                                                                                                                    | 3    | 4        | 重點             |
| 南投縣-國姓鄉-清德寺崩塌地<br>(107 進行調查監測；107 減災工程，南投處另案辦理)                                        | 高   | 18         | 監視、檢討活動性變化                           | 上邊坡之截排水施做及裂縫填補，以防止崩崖持續退後。                                                                                             | 1    | 2        | 關注             |
| 嘉義縣-阿里山鄉-D187<br>(105-108 進行減災及穩定工程)<br>(105-108 中山村、二萬坪區域調查及監測，嘉義處及阿里山林業鐵路及文化資產管理處委辦) | 高   | 555        | 監視、檢討活動性變化(含既有資料)，並做詳細調查、監測後，提出治理策略。 | 1.河岸保護工程，抑制河道側刷、提高坡腳穩定性。<br>2.蝕溝控制(如防砂壩)，避免蝕溝持續上溯。<br>3.待調查、監測、治理策略(邊坡穩定分析)完成後，提出穩定工程建議。初步建議需減緩河道下切行為，提高坡腳穩定性、避免蝕溝上溯。 | 1    | 1        | 優先             |

| 大規模崩塌<br>潛勢區                      | 活動性 | 面積<br>(公頃) | 委辦工作項目                                  | 減災工程與穩定工程建議                                                     | 委辦順序 |          | 工程<br>治理<br>順序 |
|-----------------------------------|-----|------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|----------|----------------|
|                                   |     |            |                                         |                                                                 | 監視   | 調查<br>監測 |                |
| 嘉義縣-大埔鄉-D037<br>(106 年進行減災工程)     | 中   | 90         | 監視、檢討活動性變化                              | 蝕溝控制(如攔沙壩)，減緩蝕溝沖蝕行為。                                            | 2    | 4        | 關注             |
| 嘉義縣-竹崎鄉-D009                      | 低   | 10         | 由嘉義處自行監視                                | 暫無                                                              | 3    | 4        | 重點             |
| 嘉義縣-竹崎鄉-D011                      | 中   | 153        | 監視、檢討活動性變化                              | 持續觀察沖蝕行為，下游遷急點控制工程，避免蝕溝上溯。                                      | 2    | 4        | 重點             |
| 高雄市-甲仙區-D044<br>(107-108 進行調查、監測) | 高   | 67         | 監視、檢討活動性變化(含既有資料)。補充調查、持續監測後，檢討、修正治理策略。 | 針對坡面上有保全對象的蝕溝進行防治，長期穩定目標是控制蝕溝下切、擴寬，向源侵蝕，避免一次性大雨攜帶大量土砂至下游致災。     | 1    | 1        | 關注             |
| 高雄市-甲仙區-D047<br>(107-108 進行調查、監測) | 中   | 84         |                                         | 邊坡穩定結果顯示坡腹厚崩積層可能大規模崩塌，建議先以累積雨量做管理基準值，再由補充調查、持續監測結果依活動性提出穩定工程建議。 | 1    | 1        | 關注             |
| 高雄市-六龜區-D015<br>(105-108 進行調查、監測) | 高   | 228        | 監視、檢討活動性變化(含既有資料)。補充調查、持續監測後，檢討、修正治理策略。 | 1.河岸保護工程，抑制河道側刷、提高坡腳穩定性。<br>2.蝕溝控制(如防砂壩)，避免蝕溝持續上溯。              | 1    | 1        | 優先             |

| 大規模崩塌<br>潛勢區                        | 活動性 | 面積<br>(公頃) | 委辦工作項目                        | 減災工程與穩定工程建議                                                                                                | 委辦順序 |          | 工程<br>治理<br>順序 |
|-------------------------------------|-----|------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|----------------|
|                                     |     |            |                               |                                                                                                            | 監視   | 調查<br>監測 |                |
|                                     |     |            |                               | 3.由補充調查、長期監測結果，提出穩定工程建議。初步建議坡面保護、排水，提高崩積層穩定性。                                                              |      |          |                |
| 高雄市-六龜區-D022                        | 高   | 51         | 監視、檢討活動性變化                    | 1.荖濃溪林道坡面保護工程。<br>2.抑制中央蝕溝上溯(道路可及性差)。                                                                      | 2    | 4        | 關注             |
| 高雄市-杉林區-D024                        | 中   | 96         | 監視、檢討活動性變化，並做詳細調查、監測後，提出治理策略。 | 暫無<br>1.持續觀察沖蝕行為，可施作蝕溝控制工程，避免蝕溝持續上溯。<br>2.待調查、監測、治理策略(邊坡穩定分析)完成後，提出穩定工程建議。初步建議崩積層做地表排水、坡趾穩定工程，避免大規模順向滑動發生。 | 2    | 2        | 重點             |
| 高雄市-甲仙區-D040<br>(106 進行減災工程)        | 高   | 13         | 監視、檢討活動性變化                    | 蝕溝控制(如攔沙壩)，減緩蝕溝沖蝕行為。                                                                                       | 2    | 4        | 優先             |
| 高雄市-桃源區-D346<br>(105-107 進行簡易監測站監測) | 中   | 97         | 檢討活動性變化、簡易觀測站之維護與監測。          | 暫無，持續觀察河岸沖蝕行為，若有河岸沖刷跡象，施做                                                                                  | 2    | 4        | 重點             |



| 大規模崩塌<br>潛勢區 | 活動性 | 面積<br>(公頃) | 委辦工作項目                               | 減災工程與穩定工程建議                               | 委辦順序 |          | 工程<br>治理<br>順序 |
|--------------|-----|------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|------|----------|----------------|
|              |     |            |                                      |                                           | 監視   | 調查<br>監測 |                |
|              |     |            |                                      | 河岸保護工程，抑制河道凹岸沖刷、穩定坡腳避免持續崩塌(河道道路可及性差)。     |      |          |                |
| 高雄市-六龜區-D070 | 高   | 59         | 監視、檢討活動性變化                           | 1.蝕溝控制工程(如防砂壩)，避免蝕溝持續上溯。2.蝕溝出口清淤，並提供土砂流路。 | 1    | 2        | 關注             |
| 花蓮縣-萬榮鄉-D500 | 中   | 27         | 監視、檢討活動性變化(含既有資料)，並做詳細調查、監測後，提出治理策略。 | 設置落石防護網，避免落石直接影響保全對象                      | 1    | 1        | 優先             |
| 花蓮縣-萬榮鄉-D501 | 低   | 32         | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                        | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮縣-萬榮鄉-D467 | 低   | 134        | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                        | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮縣-玉里鎮-D015 | 低   | 60         | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                        | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮縣-瑞穗鄉-D024 | 高   | 38         | 監視、檢討活動性變化(含既有資料)，並做詳細調查、監測後，提出治理策略。 | 崩崖裂隙填補、排水工程。                              | 1    | 1        | 優先             |
| 花蓮縣-秀林鄉-D009 | 低   | 30         | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                        | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮縣-壽豐鄉-D008 | 低   | 92         | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                        | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮縣-壽豐鄉-D009 | 低   | 36         | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                        | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮縣-壽豐鄉-D010 | 低   | 38         | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                        | 3    | 4        | 重點             |

| 大規模崩塌<br>潛勢區                                                | 活動性 | 面積<br>(公頃) | 委辦工作項目                               | 減災工程與穩定工程建議                                          | 委辦順序 |          | 工程<br>治理<br>順序 |
|-------------------------------------------------------------|-----|------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|------|----------|----------------|
|                                                             |     |            |                                      |                                                      | 監視   | 調查<br>監測 |                |
| 花蓮縣-秀林鄉-D629                                                | 中   | 51         | 監視、檢討活動性變化(含既有資料)，並做詳細調查、監測後，提出治理策略。 | 排水工程及坡面整治                                            | 2    | 2        | 關注             |
| 花蓮縣-豐濱鄉-D002                                                | 低   | 94         | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                                   | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮縣-光復鄉-D016                                                | 低   | 173        | 由花蓮處自行監視                             | 暫無                                                   | 3    | 4        | 重點             |
| 花蓮處-富源森林遊樂區<br>(107 及 108 進行減災工程)                           | 中   | 434        | 監視、檢討活動性變化                           | 1.河岸保護工程，抑制河道側刷、提高坡腳穩定性。<br>2.蝕溝控制工程(如防砂壩)，避免蝕溝持續上溯。 | 1    | 1        | 優先             |
| 臺東縣-卑南鄉-D041                                                | 低   | 131        | 由台東處自行監視                             | 暫無                                                   | 3    | 4        | 重點             |
| 台東處-紅葉村崩塌地                                                  | 高   | 50         | 檢討莫蘭蒂颱風後，整治後的活動性變化。                  | 暫無，水保局已處置                                            | 2    | 4        | 一般             |
| 臺東縣-卑南鄉-D221<br>台東處-知本森林遊樂區<br>(106-108 進行調查、監測，107 進行減災工程) | 中   | 82         | 監視、檢討活動性變化(含既有資料)                    | 1.河岸保護工程，抑制河道側刷、提高坡腳穩定性。<br>2.蝕溝控制工程(如防砂壩)，避免蝕溝持續上溯。 | 1    | 1        | 關注             |
| 台東處-向陽                                                      | 高   | 208        | 檢討活動性變化                              | 暫無，持續觀察蝕溝沖蝕行為，若有沖蝕，施作蝕溝控制工程，避免蝕溝持續上溯。                | 3    | 3        | 重點             |

### 3-2 滾動調整大規模崩塌潛勢區防災排序

依據前節活動性評估結果排序及配合國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度之成果，擬定國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測 106-109 年分年委辦及工程經費，各年度委辦費及工程費規劃如表 3-2 及表 3-3，整體分年經費如表 3-4 所示。其中 106、107 及 108 年已依預算修正調整。業務費主要辦理大規模崩塌潛勢減災及監測工作；委辦費用 106~109 年分別為 17,767、19,175、17,400 及 19,000 仟元。

工程費用先分配予立即性減災工程，待大規模崩塌潛勢區調查、監測及治理策略完成後，再據以分配辦理穩定工程。106-109 年工程費用為 76,906.599、67,449.232 仟元，108 及 109 年度均為 80,000 仟元，其中 109 年工程需要配合委辦工作提出之穩定分析，再視結果持續修正工程經費。

107 年度羅東處因轄區內宜蘭縣-頭城鎮-D005 及宜蘭縣-大同鄉-D195 由國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度之成果判斷為大規模潛勢區，且保全重要性高，故提請林務局優先處理，編入 107 年度委辦費，並於 108 年度持續辦理補充調查、監測、治理策略。由本年度花蓮縣-萬榮鄉-D500 及花蓮縣-秀林鄉-D629 期中報告顯示，前者花蓮縣-萬榮鄉-D500 具活動性且由既有之鑽探資料仍不足以評估破壞模式，納入 109 年繼續進行；後者花蓮縣-秀林鄉-D629 經初步調查應為局部崩滑，109 年不納入。

另，配合行政院核定版「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」的策略二建立大規模土砂災害區智慧防災體系，預定完成 4 處大規模崩塌潛勢區監測系統建置與擴充，109 年度以高雄市-甲仙區-D044、高雄市-甲仙區-D047 及高雄市-六龜區-D015 共 3 處進行雨量計加地表傾斜儀即時解算傳輸，嘉義縣-阿里山鄉-D187 建議由嘉義林區管理處辦理。另，於 108 年度辦理高雄市-六龜區-D015 簡易監測站即時解算傳輸。

國有林大規模崩塌潛勢區已判釋出 7,756 處，其數量龐大，應進一步依危險度進一步進行評估及處置方法，另陸續投入之減災工程亦應持續檢討其成效，109 年委辦費加入國有林大規模崩塌潛勢區減災策略及安全監測第 3 期」，主要工作項目為(1)國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測執行計畫滾

動管理，(2)4 處重點大規模崩塌潛勢區監測分析、檢討活動性，(3)即時監測系統建置，(4)蒐集水土保持局執行策略結果。

表 3-2 106~109 年委辦經費規劃

| 年度  | 委辦項目         | 委辦內容                  | 大規模崩塌潛勢區                                               | 經費<br>(仟元) | 總經費<br>(仟元) | 備註 |
|-----|--------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|------------|-------------|----|
| 106 | 調查及初步探討      | 巒大區國有林大規模崩塌潛勢區監測作業    | 南投縣-水里鄉-D006、D007、D008、D015 及 D016 及南投縣-國姓鄉-清德寺崩塌地     | 3,995      | 17,767      |    |
|     | 調查及初步探討      | 國有林大規模崩塌及相關防災監控暨災害調查  | 高雄市-六龜區-D015、高雄市-桃源區-D346 及高雄市-甲仙區-D044 及 D047 簡易監測站維護 | 3,180      |             |    |
|     | 調查及初步探討      | 富源溪上游崩塌監測分析調查規劃案      | 花蓮縣-萬榮鄉-D461                                           | 1,465      |             |    |
|     | 調查及初步探討      | 知本遊樂區崩塌潛勢調查分析及防減災規劃   | 臺東縣-卑南鄉-D221                                           | 2,700      |             |    |
|     |              | 國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估及危險度評估 | 高雄市-六龜區-D015                                           | 6,427      |             |    |
| 107 | 潛在大規模活動性評估   | 大規模崩塌補充調查與危害度分析委託專業服務 | 宜蘭縣-頭城鎮-D005 及宜蘭縣-大同鄉-D195                             | 1,500      | 19,175      |    |
|     | 調查及初步探討      | 巒大區國有林大規模崩塌潛勢區監測作業    | 巒大林區大規模崩塌潛勢區調查                                         | 4,645      |             |    |
|     | 調查及初步探討      | 南投處轄信義鄉大規模崩塌潛勢區監測計畫   | 南投縣-信義鄉-D782 及 D783 及巒大 115 林班地                        | 1,100      |             |    |
|     | 補充調查、監測、治理策略 | 屏東處大規模潛勢區監測           | 高雄市-六龜區-D015、高雄市-桃源區-D346 及高雄市-甲仙區-D044 及 D047 簡易監測站維護 | 5,430      |             |    |
|     | 補充調查、監測、治理策略 | 知本森林遊樂區               | 臺東縣-卑南鄉-D221                                           | 2,500      |             |    |

|     |               |                        |                                                                          |       |        |  |
|-----|---------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--|
|     | 補充調查、監測、治理策略  | 富源崩塌地                  | 花蓮縣-萬榮鄉-D461                                                             | 2,000 |        |  |
|     | 補充調查、監測、治理策略  | 國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測 | 高雄市-六龜區-D015<br>高雄市-甲仙區-D044                                             | 2,000 |        |  |
| 108 | 調查及初步探討       | 大規模崩塌補充調查與危害度分析委託專業服務  | 宜蘭縣-頭城鎮-D005 及 宜蘭縣-大同鄉-D195                                              | 2,000 | 17,400 |  |
|     | 補充調查、監測、治理策略  | 南投處轄信義鄉大規模崩塌潛勢區監測計畫    | 南投縣-信義鄉-D782 及 巒大 115 林班地                                                | 2,900 |        |  |
|     | 調查及初步探討       | 國有林大規模崩塌及相關防災監控暨災害調查   | 高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044 及 D047 及 高雄市-桃源區-D346 簡易監測站維護及轄區內大規模崩塌潛勢區活動性探討 | 3,000 |        |  |
|     | 補充調查、監測、治理策略  | 知本森林遊樂區崩塌潛勢調查、監測計畫第三期  | 臺東縣-卑南鄉-D221                                                             | 2,500 |        |  |
|     | 潛在大規模活動性評估    | 大規模崩塌潛勢區調查             | 花蓮縣-萬榮鄉-D500 及 花蓮縣-秀林鄉-D629                                              | 2,500 |        |  |
|     | 活動性、治理策略及工程檢討 | 國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測 | 高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044 及 D047                                         | 4,500 |        |  |
|     | 補充調查、監測、治理策略  | 知本森林遊樂區崩塌潛勢調查、監測計畫第三期  | 臺東縣-卑南鄉-D221                                                             | 2,500 |        |  |
| 109 | 調查及初步探討       | 大規模崩塌潛勢區調查             | 花蓮縣-瑞穗鄉-D024                                                             | 3,000 | 19,000 |  |
|     | 調查及初步探討       | 國有林大規模崩塌及相關防災監控暨災害調查   | 高雄市-六龜區-D015 簡易監測地表位移即時監測及轄區內大規模崩塌潛勢區活動性探討                               | 2,000 |        |  |
|     | 補充調查、監測、治理策略  | 大規模崩塌潛勢區調查             | 花蓮縣-萬榮鄉-D500                                                             | 3,000 |        |  |
|     |               |                        |                                                                          |       |        |  |

|  |                 |                           |                                  |       |  |  |
|--|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-------|--|--|
|  | 監測              | 即時監測整合檢討                  | 高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044 及 D047 | 3,000 |  |  |
|  | 活動性、治理策略及穩定工程檢討 | 國有林大規模崩塌潛勢區減災策略及安全監測第 3 期 | 高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044 及 D047 | 5,500 |  |  |

註 1: 本表得依據 105-107 年林務局執行之『國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估及危險度評估』各期階段性成果調整。

註 2: 本表得依據 106-107 年林務局執行之『國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測第 2 期』各期階段性成果調整。

註 3: 本表 106、107 及 108 年為實際執行金額。

註 4: 本表得持續視標的及經費預算滾動式修正。

表 3-3 106~109 年工程經費規劃

| 年度  | 工程項目 | 大規模崩塌潛勢區                                | 工程內容                                                                       | 經費(仟元)     | 總經費(仟元)    |
|-----|------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| 106 | 減災工程 | 必坦溪 1 號崩塌地<br>(臺中市-和平區-D488)            | 固床工 1 座、淨水池 1 處、坡面處理、河道處理                                                  | 10,904     | 76,906.599 |
|     | 減災工程 | 奧萬大連外道路 4K+400 邊坡保護工程<br>(南投縣-仁愛鄉-D733) | 基樁 20 支、地錨 40 支、水溝 100 公尺及其他零星邊坡<br>保護措施                                   | 14,286     |            |
|     | 減災工程 | 嘉義縣-阿里山鄉-D187                           | 固床工 3 座長 60m 高 4m，邊坡穩定工程 900m 高 6m                                         | 14,149     |            |
|     | 減災工程 | 嘉義縣-大埔鄉-D037                            | 護坡約 60m、坡面植生及截排水措施                                                         | 3,991      |            |
|     | 減災工程 | 高雄市-六龜區-D015                            | 潛壩、固床工、護岸、崩坍地排水處理及截水溝                                                      | 23,060     |            |
|     | 減災工程 | 高雄市-甲仙區-D040                            | 節制壩 3 座、系列固床工 4 座、坡面植生 2000M2、縱<br>橫向排水工 300m、護岸 300m                      | 4,897      |            |
|     | 減災工程 | 富源溪崩塌                                   | 崩塌地處理、地滑抑制等                                                                | 5,620      |            |
| 107 | 減災工程 | 必坦溪治理工程<br>(臺中市-和平區-D488)               | 新設護岸 68m、防砂壩乙座、淨水池乙座及其他基礎補<br>強、清淤、灑草籽等                                    | 12,240     | 67,449.232 |
|     | 穩定工程 | 二萬坪邊坡穩定工程<br>(嘉義縣-阿里山鄉-D187)            | 型框植生護坡 6493 平方公尺、集水井 3 座、噴凝土護坡<br>工程 70 平方公尺、固床工補強工程 3 座、掛網噴凝土噴<br>漿溝 418m | 19,309.038 |            |
|     | 減災工程 | 崩坪坑野溪崩塌地處理工程                            | 防砂壩 1 座、拋排塊石 1455 平方公尺及其他                                                  | 15,158     |            |
|     | 減災工程 | 紅水仙溪崩塌地整治二期工程<br>(高雄市-六龜區-D015)         | 固床工 3 座、RC 護岸 107m 及其他                                                     | 6,173.438  |            |
|     | 減災工程 | 葡萄田崩塌坡面整治工程                             | 鋼軌樁 120m、鋼軌樁對拉補強 101m、靜水池 1 座、擋<br>土牆 1 座及其他                               | 4,762.780  |            |
|     | 減災工程 | 知本森林遊樂區步道邊坡崩塌整治工程<br>(臺東縣-卑南鄉-D221)     | 基樁                                                                         | 1,132.9758 |            |



|     |      |                                  |                                                                         |            |          |
|-----|------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------|----------|
|     | 減災工程 | 富源溪崩塌地處理工程-107<br>(花蓮縣-萬榮鄉-D461) | 階狀整坡 124m、坑溝固床工 6 座、乾砌石牆 36m、漿砌石護岸 57m、H 型鋼防落石柵 40m 及其他                 | 8,673      |          |
| 108 | 減災工程 | 巒大事業區 5 鄰班上游崩塌地處理工程              | 漿砌石護岸工程、固床工 2 座、既有結構物補強                                                 | 8,884.346  | 78209.88 |
|     | 減災工程 | 阿里山鄉 D187(二萬坪邊坡及排水處理)            | 型框植生護坡 7476 m <sup>2</sup> 、集水井 6 座、護坡 360 m <sup>2</sup> 及其他           | 20,393.880 |          |
|     | 減災工程 | 崩坪坑野溪崩塌地處理工程                     | 階梯固床工 5 座、護岸 88.4m、河道整理及其他                                              | 22,081.941 |          |
|     | 減災工程 | 樂群巷土砂防治三期工程                      | 既有防砂壩加高 1 座、護岸 300m、固床工 1 座、河道清疏及其他                                     | 5,728      |          |
|     | 減災工程 | 木瓜區 1 林班崩塌地處理工程                  | 消能式防落石網 54m 及其他                                                         | 8,747.555  |          |
|     | 減災工程 | 秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程                  | 潛壩 1 座、護坦及固床工、副壩 1 座及其他                                                 | 6,672.205  |          |
|     | 減災工程 | 富源溪上游 3 號崩塌地處理工程                 | 階狀整坡 110m、坡面整理 2701m <sup>2</sup> 、土包袋、土包袋跌水池 9 座、大土包袋跌水池 2 座、新設施工便道及其他 | 5,701.952  |          |
| 109 | 減災工程 | 高雄縣-六龜區-D070                     | 坑溝治理                                                                    | 4,000      | 80,000   |
|     | 減災工程 | 花蓮縣-瑞穗鄉-D024                     | 坡頂截排水設施、坡面穩定                                                            | 7,500      |          |
|     | 減災工程 | 花蓮縣-萬榮鄉-D500                     | 邊坡整治及擋土牆                                                                | 8,500      |          |
|     | 減災工程 | 花蓮縣-秀林鄉-D629                     | 崩塌地整治及坡面排水設施                                                            | 9,500      |          |
|     | 減災工程 | 阿里山鄉 D187                        | 邊坡整治                                                                    | 22,450     |          |
|     | 減災工程 | 富源崩塌地                            | 崩塌地整治                                                                   | 28,050     |          |

註 1: 本表得依據 105-107 年林務局執行之『國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估及危險度評估』各期階段性成果調整

註 2: 本表得依據 106-107 年林務局執行之『國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測第 2 期』各期階段性成果調整

註 3: 106、107 及 108 年為實際執行金額

註 4: 本表得持續視標的及經費預算滾動式修正

表 3-4 國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測分年經費表

| 工作項目 | 年度         |            |           |         | 單位:仟元      |
|------|------------|------------|-----------|---------|------------|
|      | 106        | 107        | 108       | 109     | 合計         |
| 業務費  | 1,000      | 1,000      | 1,000     | 1,000   | 4,000      |
| 委辦費  | 17,767     | 19,175     | 17,400    | 19,000  | 73,342     |
| 工程費  | 76906.599  | 67449.232  | 78,209.88 | 80,000  | 302,565.71 |
| 總計   | 95,673.599 | 87,624.232 | 96,609.88 | 100,000 | 379,907.71 |

### 3-3 林務局「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」執行成效評估

林務局依據 105 年核定之「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，擬訂「國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測執行計畫書」，作為辦理大規模崩塌潛勢區相關工作之依循參考。本計畫研擬成效評估方案，評估林務局所辦理之防減災工程效益，目的為掌握工程效益及完整性，以供後續大規模崩塌防減災計畫執行與修正參考。

#### 3-3.1 既有執行成效評估方法

國內各相關單位尚未辦理過大規模崩塌潛勢區之治理成效評估，本計畫參考國內外辦理類似計畫成效評估方法，並考慮氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫標的及評估對象的特性，研擬評估方案。目前蒐集及林務局既有工程效益評估計畫包含「國有林治山防災 101~102 年度工程效益評估暨工程資料建置」(林務局，103 年)、「流域綜合治理計畫(第一期)-國有林班地治理執行成效評估」(林務局，105 年)、「103-105 年曾文、南化及烏山頭水庫集水區國有林地防治成效評估」(林務局，105 年)，以及本計畫執行單位曾執行相關研究計畫「石門水庫及其集水區整治計畫執行成效總報告」(水利署，101 年)、「石門水庫及其集水區整治計畫-績效評核」(水利署，101 年)。

「石門水庫及其集水區整治計畫-績效評核」(水利署，101 年)為特別條例的綜合型大計畫且於整治執行中進行，執行方式為先由各執行單位針對整治項目提出各時間點的成效指標及預期目標，然後於各季、年自行評分，

再由評估執行團隊進行覆核與建議。集水區整治則於完成後由淺層崩塌分析模式、大漢溪泥沙濃度量測結果等綜合評估各子集水區的治理成效。該計畫為呈現全程整治計畫績效及執行成效，辦理 96~98、98~100 年之績效評核，以掌握工程建設之品質與進度，並適當評估工程之執行狀況。該計畫將「確保水庫營運功能」、「保育集水區水域環境」以及「提升穩定供水能力」定位為整治計畫之主要目標，並提出整治計畫執行後對達成此三項目標之成效。依據目標之不同探討不同分項計畫之成效：「確保水庫營運功能」探討降低入庫泥砂、降低庫區泥砂落淤量之成效，「保育集水區水域環境」探討其對維護集水區生態與水質之成效，「提升穩定供水能力」探討降低高濁度缺水風險。

「國有林治山防災 101~102 年度工程效益評估暨資料建置」計畫(林務局，103 年)針對 101~102 年各林區管理處辦理之各項工程就其屬性與功能提出工程效益評估項目，如防砂量、崩塌地處理面積、水源涵養量及防砂受益面積等。該計畫將各工程依照計畫別及工程類別加以統計，工程類別可概分為防砂工程、崩塌地處理工程、以及林道改善/復建/維護/邊坡穩定工程。該計畫評估之治山防災工程，其施作目的以防災減災及防砂保水為主要目標，工程治理效益評估因子可以概分為可計量之直接效益及不可計量之間接效益兩大類型。直接效益包含防砂效益、水源涵養效益、交通及休閒效益、居民保護效益、作物保護效益、房舍保護效益，間接效應包含社會效益、生態環境保全效益、減碳固碳效益。

「流域綜合治理計畫(第 1 期)-國有林班地治理執行成效評估計畫」(林務局，105 年)針對 103、104 年度 74 件治山防洪工程建立治理成效評估方法，包括防砂設施治理成效、崩塌地處理成效及流域水系綜合治理成效等三大部分，茲分述如下：

#### 1、防砂設施治理成效評估

水土保持野溪防砂工程旨在抑制野溪土砂大量生產，加速溪流穩定，降低野溪斷面與坡降之激烈沖淤變動，為推估各項防砂工程之土砂控制量(防止影響範圍內之土砂流失量)，該計畫採用經驗法(連惠邦等，2011)，考慮構造物外觀尺寸及其影響範圍內兩岸邊坡和溪

床等相關參數估算構造物控制土砂量，並與預期目標做比較評估執行成效。

## 2、崩塌地治理成效

崩塌地處理旨在針對既有崩塌地實施各項穩定及植生復育措施、穩定邊坡，因此崩塌地處理之主要效益在於控制土砂生產量。該計畫考慮崩塌地處理面積、可能崩塌深度等參數，以經驗法推估崩塌地泥砂產出總量，並與預期崩塌地整治防砂總量比較評估執行成效。

## 3、流域綜合治理成效

分析對象涵蓋集水區上游林務局及中游水保局之工程，以集水區為單元進行綜合治理成效，包含以下項目。(1)集水區防砂效益：實施治山防災工程後，減少土砂生產及流出之效益；(2)集水區水源涵養效益：提高集水區土壤涵養水源或降低地表逕流量之能力，考慮土砂生產抑制量或防砂量、土壤或岩體孔隙率等參數，以經驗式計算涵養水源量；(3)居民保護效益：計算保護民眾數量、性別及年齡等；(4)地上物保護效益：考慮作物保護效益(產值)與房舍保護效益(修建費)；(5)交通及休閒效益：考慮減少道路淤埋清運成本，因降低交通中斷所造成之商業、生產及工程等損失，以及增加區域觀光之收入；(6)經濟效益：考慮以上各項效益之年計效益，以及整治投資年計成本，計算益本比。

綜合以上文獻蒐集結果，石門水庫及其集水區整治計畫績效評核是在整治執行中進行，集水區整治後以計算各子集水區土砂量做為治理成效。林務局治理工程執行成效評估則考量土砂控制量、崩塌地治理成效等因素，與本計畫防減災工程目標不完全相同。林務局 106 年依據行政院核定版「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」策略一「強化大規模崩塌危機應變能力」建議，於大規模崩塌潛勢區、大規模崩塌災害明確且持續發生中的區域辦理治理改善工程，以降低災害發生之危害程度(風險)。降低風險的手段是降低崩塌潛勢或降低脆弱度，可透過防減災工程降低大規模崩塌潛勢區之活動性、改變影響範圍，同時減少保全對象。本計畫依此概念考慮各防減災工程的治理目的及保全對象的特性，研擬成效評估方案以及各項評估指標，於整

治完成後進行定性或定量的執行成效評估，掌握工程效益及完整性，以供後續大規模崩塌防減災計畫執行與修正參考。

### 3-3.2 大規模崩塌潛勢區防減災工程成效評估

綜合以上文獻蒐集結果及考慮大規模崩塌潛勢區的邊坡破壞機制、治理標的，本計畫提出大規模崩塌防減災工程成效評估執行構想。並依所訂成效評估方案，評估林務局所辦理之防減災工程效益，106 年度已完成工程效益評 8 件，107 年度工程效益評估 7 件，108 年度工程效益評估 7 件，所訂成效評估方案依滾動式調整模式逐年檢討。

成效評估方案將於各次期中報告視需要滾動式修正，106 年度已完成的工程案共有東勢處 1 件、南投處 1 件、嘉義處 2 件、屏東處 4 件共 8 件；107 年度已完成的工程案共有東勢處 1 件、嘉義處 1 件、屏東處 3 件、花蓮處 1 件及臺東處 1 件共 7 件；108 年度已發包的工程案共有南投處 1 件、嘉義處 1 件、屏東處 2 件及花蓮處 3 件，108 年 11 月前完工為南投處 1 件、屏東處 1 件及花蓮處 1 件。106、107 及 108 年工程基本資料、位置與工程項目如表 3-5、表 3-6 及表 3-7。因 108 年工程部份尚未完工，且工程完工後均未經歷颱風或地震事件，本報告就完工之工程(巒大事業林區崩塌地、崩坪坑野溪崩塌及秀姑巒 63 林班地)進行初步檢視，未完工之工程進行基本資料彙整。

本計畫依據各防減災工程治理目的、完工後周遭地形地貌變化、潛勢區內長期監測結果，進行執行成效評估，流程如圖 3-3。本計畫完成成效評估表，提供林管處各防減災工程承辦人填寫。表 3-8 是工程基本資料，表 3-9 及表 3-10 視整治工程性質填寫(蝕溝控制或坡面保護)，由各林管處填寫完成後(各欄位填寫說明如表 3-11、表 3-12 及表 3-13)，再由本計畫評估各大規模崩塌潛勢區的局部或漸進式崩塌與一次性大規模崩塌之治理成效。

工程基本資料包含：(1)工程名稱、(2)治理目的、(3)工程項目及竣工圖、(4)完工日期、(5)決算金額、(6)保全對象、(7)工程設計參數、(8)監測儀器數量、(9)施工前後照片及(10)完工後遭遇之大豪雨以上事件日期，其中若有監測儀器，需另以附件提供監測成果。工程現況項目包含：(1)治理工程現況(如治理工程功能、構造物現況)、(2)工程功能(崩塌裸露範圍變化、防砂壩

上下游坡度變化、蝕溝變化)，其中蝕溝控制及坡面保護工程現況表中均有一欄需填寫整理蝕溝或崩塌地之變化，填表人可視判斷之方式進行填寫，若有完工後、大豪雨後的現場空拍或正射影像資料為佳，若無也可就現場目視範圍進行評估。

局部或漸進式崩滑治理成效將依據各林管處提供之資料與工程現況，評估局部地形地貌變化，評估項目包含崩塌裸露範圍變化、防砂壩阻擋土砂量、蝕溝變化、工程構造物狀況等，據以判斷是否達到治理目的。

一次性大規模崩塌成效評估，本計畫將依據該場址可能產生大規模崩塌之機制及位置配合地表及裸露地之地形變化(若有製作地表數值高程)、監測等說明治理工程之成效。如有施工前後之航照判釋或 UAV 空拍製作的正射影像與數值地表模型，可評估大規模崩塌潛勢區整體治理前後的穩定性變化，評估項目包含蝕溝上溯、崩崖倒退、河道凹岸侵蝕等地貌特徵變化。如有監測資料(林管處提供)，如地表或地中變位量、地下水位/壓變化、雨量資料等也可提供本計畫做為評估整治前後穩定性之依據。並依據裸露率、上溯、倒退率進一步定量評估活動性變化。

表 3-5 106 年防減災工程基本資料

| 工程名稱                    | 林管處 | 保全對象       | 分類   | 治理目的(本計畫初步評估)                                                                 |
|-------------------------|-----|------------|------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 必坦溪 1 號崩塌地治理工程(第一年)     | 東勢處 | 德基水庫、台 8 線 | 蝕溝控制 | 蝕溝整理，避免蝕溝繼續刷深、上溯，阻止土砂向下游運移。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等。                 |
| 奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡保護工程 | 南投處 | 奧萬大連外道路    | 坡面保護 | 施作全套管基樁與地錨，避免道路邊坡滑動。可就路面變化或傾斜管監測結果進行成效評估。                                     |
| 二萬坪坡面崩塌地處理工程            | 嘉義處 | 阿里山森林遊樂區   | 坡面保護 | 道路邊坡護坡及坡面截排水工程、既有固床工補修，避免二萬坪坡面繼續崩塌侵蝕。可評估坡面崩塌範圍變化、基礎狀況、保全對象影響、路面變化或附近傾斜管監測結果等。 |
| 大埔區第 73 林班崩塌地處理工程       | 嘉義處 | 曾文水庫       | 蝕溝控制 | 源頭張力裂縫填補、坡面排水，避免蝕溝繼續擴大。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等。                     |
| 紅水仙溪崩塌地整治工程             | 屏東處 | 高 133 線、住戶 | 蝕溝控制 | 施作防砂壩、固床工，控制蝕溝末端高程，調整蝕溝坡度。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等。                  |
| 旗山 87 林班崩塌地治理工程         | 屏東處 | 高 133 線    | 蝕溝控制 | 施作梳子壩、護坦，控制蝕溝末端高程，調整蝕溝坡度。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等。                   |
| 圓緣寺上游崩塌地整治工程            | 屏東處 | 圓緣寺及鄰近住戶   | 蝕溝控制 | 施作梳子壩、護岸，控制蝕溝末端高程，調整蝕溝坡度。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等。                   |
| 甲仙區-D040 崩塌區整治工程        | 屏東處 | 林道與下游住戶    | 坡面保護 | 施作坡面噴漿、集排水工程，避免邊坡崩塌範圍擴大。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等。                    |

表 3-6 107 年防減災工程基本資料

| 工程名稱                    | 林管處 | 保全對象       | 分類   | 治理目的(本計畫初步評估)                                                                     |
|-------------------------|-----|------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 必坦溪 1 號崩塌地治理工程(第二年)     | 東勢處 | 德基水庫、台 8 線 | 蝕溝控制 | 蝕溝整理，避免蝕溝繼續刷深、上溯，阻止土砂向下游運移。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等。                     |
| 阿里山鄉 D187(二萬坪邊坡穩定工程)    | 嘉義處 | 阿里山森林遊樂區   | 坡面保護 | 道路邊坡護坡及坡面截排水工程、既有固床工補修，避免二萬坪坡面繼續崩塌侵蝕。<br>可評估坡面崩塌範圍變化、基礎狀況、保全對象影響、路面變化或附近傾斜管監測結果等。 |
| 崩坪坑野溪崩塌地處理工程            | 屏東處 | 住戶         | 蝕溝控制 | 施作防砂壩，減少土砂進入下游。可評估土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等                                       |
| 六龜區 D015(紅水仙溪崩塌地整治二期工程) | 屏東處 | 高 133 線、住戶 | 蝕溝控制 | 施作防砂壩、固床工，控制蝕溝末端高程，調整蝕溝坡度。可評估蝕溝變化、土砂控制量、裸露範圍變化、基礎狀況、保全對象影響等                       |
| 葡萄田崩塌坡面整治工程             | 屏東處 | 住戶、道路      | 坡面保護 | 施作鋼軌樁、擋土牆保護坡面，可評估坡面崩塌範圍及下方蝕溝上溯情形。                                                 |
| 富源溪崩塌地處理工程-107          | 花蓮處 | 富源森林遊樂區    | 坡面保護 | 坑溝整理、邊坡排水及整治，穩定坡面，可評估坡面崩塌範圍變化。                                                    |
| 知本森林遊樂區步道邊坡崩塌整治工程       | 台東處 | 知本森林遊樂區    | 蝕溝控制 | 施作道路基樁、蝕溝源頭區保護及坡面，穩定蝕溝及鄰近邊坡，保護步道及輸水線路安全，可評估坡面崩塌及蝕溝範圍變化。                           |



表 3-7 108 年防減災工程基本資料

| 工程名稱                               | 林管處 | 保全對象     | 分類   | 治理目的                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------|-----|----------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 巒大事業區國有林崩塌地整治工程<br>(南投縣-水里鄉-D007)  | 南投處 | 住戶及道路    | 蝕溝控制 | 1.局部治理目標如抑制蝕溝下切、避免側刷範圍持續擴大、崩塌地整治；2.抑制一次性大規模崩塌。                                                                                                                                                          |
| 二萬坪邊坡穩定二期工程<br>(嘉義縣-阿里山鄉-D187)     | 嘉義處 | 阿里山森林遊樂區 | 坡面保護 | 施做護坡及其保護工、集水井、噴漿工，避免二萬坪坡面繼續崩塌侵蝕。                                                                                                                                                                        |
| 崩坪坑野溪崩塌地處理二期工程<br>(上游有大規模崩塌潛勢區)    | 屏東處 | 住戶       | 蝕溝控制 | 1. 崩坪坑野溪上游崩塌土砂於汛期間下移，致使土砂大量輸出，並造成河道抬升及下游排水不良，應進行野溪土砂控制工程，以降低下游土砂災害。<br>2. 本工程規劃方向以建置防砂壩等設施以穩定通水斷面及流心控制並檢討改善既有防砂設施之土砂控制成效，以減量土砂生產並清除淤積土砂維護流路通暢，並妥過考量清淤土石後續處理方式及堆置位置避免造成二次災害。<br>3. 檢討既有工程設施修復、改善以維護設施功能。 |
| 樂群巷土砂防治三期                          | 屏東處 | 住戶       | 蝕溝控制 | 施做防砂壩加高、護岸、固床工、河道清疏，減少土砂進入下游，避免上溯及冲刷影響邊坡穩定。                                                                                                                                                             |
| 富源溪上游 3 號崩塌地處理工程<br>(花蓮縣-萬榮鄉-D461) | 花蓮處 | 富源森林遊樂區  | 坡面保護 | 坡面整理、土包袋堆砌，穩定坡面。                                                                                                                                                                                        |
| 秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程                    | 花蓮處 | 住戶       | 蝕溝控制 | 保護坡腳，植生坡面、避免坡面持續擴大。                                                                                                                                                                                     |
| 木瓜山 1 林班崩塌地治理工程<br>(花蓮縣-秀林鄉-D629)  | 花蓮處 | 步道       | 坡面保護 | 施做消能式防落石網，抑止落石掉落影響步道安全。                                                                                                                                                                                 |

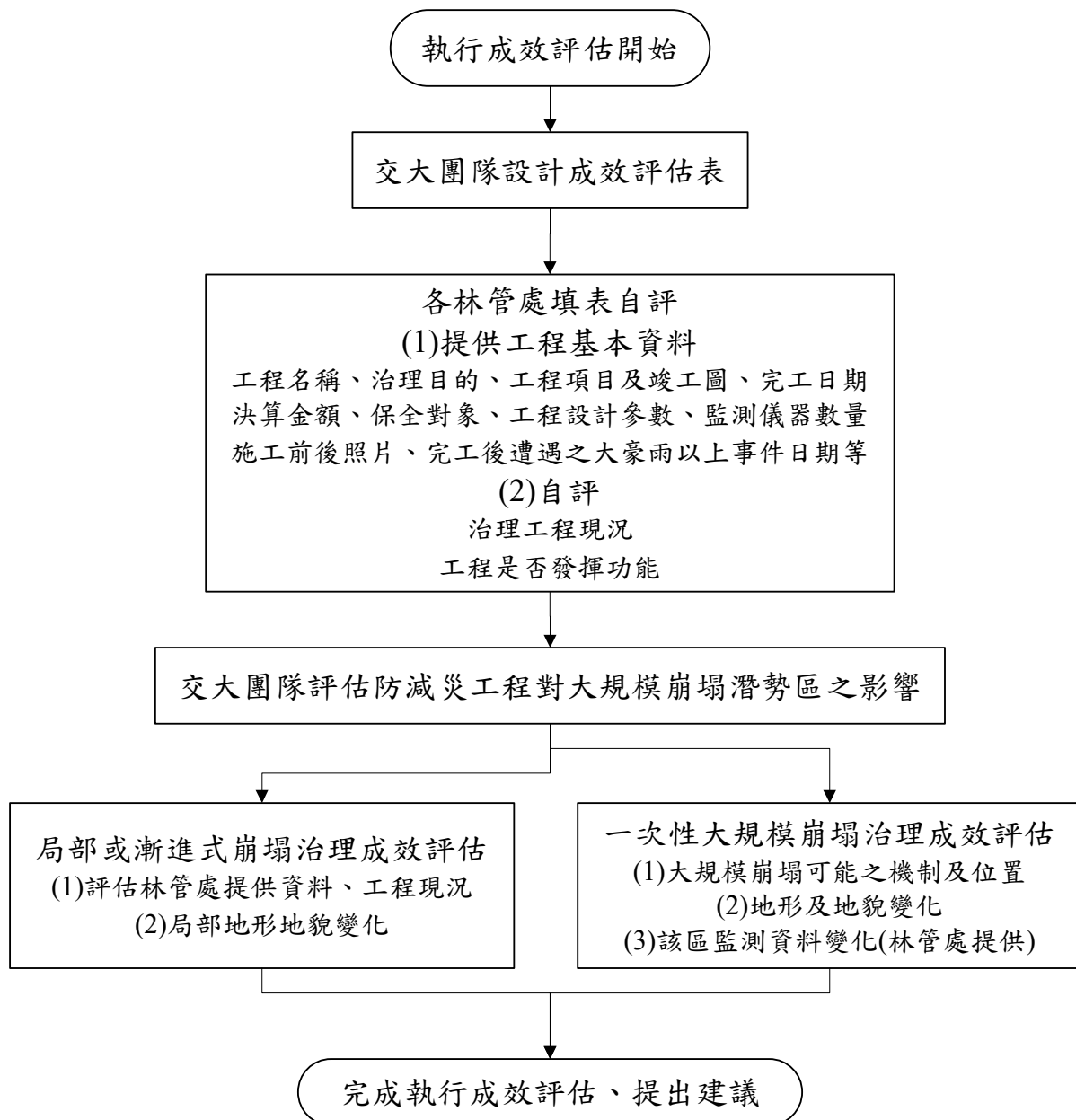


圖 3-3 防減災工程執行成效評估流程圖

表 3-8 大規模崩塌潛勢區防減災工程基本資料表

填表人：\_\_\_\_\_ 填表日期：\_\_\_\_\_

|                                        |  |              |         |            |  |
|----------------------------------------|--|--------------|---------|------------|--|
| 工程年度                                   |  |              | 工程名稱    |            |  |
| 治理目的                                   |  |              |         |            |  |
| 竣工平面圖                                  |  |              |         |            |  |
|                                        |  |              |         |            |  |
| 工程項目                                   |  |              |         |            |  |
| 完工日期                                   |  |              | 座標      | X          |  |
| 決算金額                                   |  |              | (TWD97) | Y          |  |
| 保全對象                                   |  | 工程設計         |         | 監測儀器數量     |  |
| 住戶：戶                                   |  | 控制土砂量： $m^3$ |         | 傾斜管        |  |
| 橋梁：                                    |  | 崩塌地整治： $m^2$ |         | 水位觀測井      |  |
| 道路：                                    |  |              |         | 地表 GPS     |  |
| 林道：                                    |  |              |         | 伸張計        |  |
| 水庫蓄水範圍：                                |  |              |         | 雨量站        |  |
| 其它：                                    |  |              |         | 其他監測儀器     |  |
|                                        |  |              |         | *若有監測結果請提供 |  |
| 完工後遭遇之大豪雨以上事件(大豪雨：24 小時累積雨量達 350 毫米以上) |  |              |         |            |  |
|                                        |  |              |         |            |  |
| 完工照片                                   |  |              |         |            |  |
|                                        |  |              |         |            |  |
|                                        |  |              |         |            |  |
| 現況照片                                   |  |              |         |            |  |
|                                        |  |              |         |            |  |
|                                        |  |              |         |            |  |

**表 3-9 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(蝕溝控制)**

| 防砂壩功能                                                                                                                                                                                                                                                         | 工程構造物現況                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 完工後附近坡面植被變化                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 淤積量<br><input type="checkbox"/> 75%~100%<br>日期：<br><input type="checkbox"/> 25~75%<br><input type="checkbox"/> <25%<br>2. 是否清淤<br><input type="checkbox"/> 無<br><input type="checkbox"/> 有<br>日期：<br>量體：      m <sup>3</sup>                               | 1. 基礎裸露狀況<br><input type="checkbox"/> 無明顯變化<br><input type="checkbox"/> 掏刷<br>2. 結構物本體<br><input type="checkbox"/> 破壞<br><input type="checkbox"/> 局部破壞<br><input type="checkbox"/> 無明顯破壞                                                                                                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> 地表裸露範圍減少<br><input type="checkbox"/> 無明顯變化<br><input type="checkbox"/> 裸露範圍面積增加 |
| 蝕溝兩側邊坡穩定性                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                          |
| <input type="checkbox"/> 蝕溝兩側邊坡持續崩塌、擴寬<br><input type="checkbox"/> 無明顯變化或趨於穩定                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                          |
| 治理工程附近的蝕溝局部坡降變化                                                                                                                                                                                                                                               | 整條蝕溝的變化<br><input type="checkbox"/> 目視 <input type="checkbox"/> UAV 空拍 <input type="checkbox"/> 正射影像及 DSM<br><input type="checkbox"/> 無法判斷                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                          |
| 1. 工程上游側<br><input type="checkbox"/> 土砂堆積、坡度變緩<br>範圍：<br><input type="checkbox"/> 無明顯變化<br><input type="checkbox"/> 下切侵蝕<br>範圍：<br>2. 工程下游側<br><input type="checkbox"/> 土砂堆積<br>範圍：<br><input type="checkbox"/> 無明顯變化<br><input type="checkbox"/> 下切侵蝕<br>範圍： | 1. 蝕溝源頭<br><input type="checkbox"/> 活動性高(持續崩塌、上溯)<br><input type="checkbox"/> 活動性低(植生復育)<br>2. 蝕溝兩側邊坡<br><input type="checkbox"/> 活動性高(持續崩塌、上溯)<br><input type="checkbox"/> 活動性低(植生復育)<br>3. 蝕溝末端(最後一座工程構造物下游)<br><input type="checkbox"/> 活動性高(受河道下切或側刷)<br><input type="checkbox"/> 活動性低(無明顯變化)<br>4. 整體蝕溝坡降變化<br><input type="checkbox"/> 變陡<br><input type="checkbox"/> 無明顯變化或僅治理工程處變化<br><input type="checkbox"/> 變緩 |                                                                                                          |

**表 3-10 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(坡面保護)**

|                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 完工後附近坡面植被變化                                                                                                          | <p>整條崩塌的變化</p> <p><input type="checkbox"/>目視<input type="checkbox"/>UAV 空拍<input type="checkbox"/>正射影像及 DSM</p> <p><input type="checkbox"/>無法判斷</p>                                                                                                                                                                  |
| <p><input type="checkbox"/>地表裸露範圍減少</p> <p><input type="checkbox"/>無明顯變化</p> <p><input type="checkbox"/>裸露範圍面積增加</p> | <p>1. 主崩崖蝕溝源頭</p> <p><input type="checkbox"/>活動性高(持續崩塌、上溯)</p> <p><input type="checkbox"/>活動性低(植生復育)</p> <p>2. 側翼邊坡</p> <p><input type="checkbox"/>活動性高(持續崩塌、上溯)</p> <p><input type="checkbox"/>活動性低(植生復育)</p> <p>3. 坡腳</p> <p><input type="checkbox"/>活動性高(受河道下切或側刷)</p> <p><input type="checkbox"/>活動性低(無明顯變化)</p> |

表 3-11 大規模崩塌潛勢區防減災基本資料表各欄位說明

填表人：\_\_\_\_\_ 填表日期：\_\_\_\_\_

|                                                                                                                         |                                                                |                                                               |          |                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工程年度                                                                                                                    | 治理工作施作年度                                                       | 工程名稱                                                          | 治理工作施作名稱 |                                                                                                      |
| 治理目的                                                                                                                    | 治理工程施作目的<br>1. 局部治理目標如抑制蝕溝下切、避免側刷範圍持續擴大、崩塌地整治<br>2. 抑制一次性大規模崩塌 |                                                               |          |                                                                                                      |
| 竣工平面圖                                                                                                                   |                                                                |                                                               |          |                                                                                                      |
| 工程項目                                                                                                                    | 治理工程包含之施工項目                                                    |                                                               |          |                                                                                                      |
| 完工日期                                                                                                                    | 治理工程完工日期                                                       | 座標<br>(TWD97)                                                 | X        | 治理工程施工位置<br>TWD97 坐標                                                                                 |
| 決算金額                                                                                                                    | 治理工程最後完成金額                                                     |                                                               | Y        |                                                                                                      |
| 保全對象                                                                                                                    |                                                                | 工程設計                                                          |          | 監測儀器數量                                                                                               |
| 住戶： 戶<br>橋梁：<br>道路：<br>林道：<br>水庫蓄水範圍：水庫蓄水範圍指水庫滿水位與其迴水所及蓄水域、蓄水相關重要設施之土地與蓄水域周邊必要之保護範圍。<br>其它：<br>本欄之保全對象係指一次性大規模崩塌影響之保全對象 |                                                                | 控制土砂量： m <sup>3</sup><br>崩塌地整治： m <sup>2</sup><br>治理工程設計之工程參數 |          | 傾斜管<br>水位觀測井<br>地表 GPS<br>伸張計<br>雨量站<br>其他監測儀器<br><br>*若有監測儀器，請提供監測成果<br>填寫大規模崩塌潛勢區內監測儀器及數量，若無，則填寫 0 |
| 完工後遭遇之大豪雨以上事件(大豪雨：24 小時累積雨量達 350 毫米以上)<br>紀錄大豪雨前後治理工程現況變化                                                               |                                                                |                                                               |          |                                                                                                      |
| 完工照片                                                                                                                    |                                                                |                                                               |          |                                                                                                      |
| 治理工程完工時照片(另附照片電子檔)                                                                                                      |                                                                |                                                               |          |                                                                                                      |
| 現況照片                                                                                                                    |                                                                |                                                               |          |                                                                                                      |
| 填表時之治理工程現況照片(另附照片電子檔)                                                                                                   |                                                                |                                                               |          |                                                                                                      |

表 3-12 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(蝕溝控制)各欄位說明

| 防砂壩功能(治理工程有設置防砂壩或固床工時填寫)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 工程構造物現況                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 完工後附近坡面植被變化                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. 淤積量</p> <p><input type="checkbox"/>淤滿 &gt;75%</p> <p>日期：</p> <p><input type="checkbox"/>25~75%</p> <p><input type="checkbox"/>無明顯土砂&lt;25%</p> <p>防砂壩攔阻砂石現況，若現況已淤滿，請紀錄淤滿日期</p> <p>2. 是否清淤</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>無</p> <p><input type="checkbox"/>有</p> <p>日期：</p> <p>量體：<math>\text{m}^3</math></p> <p>是否曾辦理清淤，若有請填入日期及量體</p> | <p>1. 基礎裸露狀況</p> <p><input type="checkbox"/>無明顯變化</p> <p><input type="checkbox"/>掏刷</p> <p>2. 結構物本體</p> <p><input type="checkbox"/>破壞</p> <p><input type="checkbox"/>局部破壞</p> <p><input type="checkbox"/>無明顯破壞</p>                                                                                                                                                                                                                                         | <p><input type="checkbox"/>地表裸露範圍減少</p> <p><input type="checkbox"/>無明顯變化</p> <p><input type="checkbox"/>裸露範圍面積增加</p> |
| 蝕溝兩側邊坡穩定性                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                      |
| <p><input type="checkbox"/>蝕溝兩側邊坡持續崩塌、擴寬</p> <p><input type="checkbox"/>無明顯變化或趨於穩定</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                      |
| 治理工程附近的蝕溝局部坡降變化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>整條蝕溝的變化</p> <p><input type="checkbox"/>目視<input type="checkbox"/>UAV 空拍<input type="checkbox"/>正射影像及 DSM</p> <p><input type="checkbox"/>無法判斷</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                      |
| <p>1. 工程上游側</p> <p><input type="checkbox"/>土砂堆積、坡度變緩</p> <p>範圍：<u>坡度變緩範圍約 100 m</u></p> <p><input type="checkbox"/>無明顯變化</p> <p><input type="checkbox"/>下切侵蝕</p> <p>範圍：</p> <p>2. 工程下游側</p> <p><input type="checkbox"/>土砂堆積</p> <p>範圍：<u>堆積在固床工與護坦約 100 m</u></p> <p><input type="checkbox"/>無明顯變化</p> <p><input type="checkbox"/>下切侵蝕</p> <p>範圍：</p>   | <p>1. 蝕溝源頭</p> <p><input type="checkbox"/>活動性高(持續崩塌、上溯)</p> <p><input type="checkbox"/>活動性低(植生復育)</p> <p>2. 蝕溝兩側邊坡</p> <p><input type="checkbox"/>活動性高(持續崩塌、上溯)</p> <p><input type="checkbox"/>活動性低(植生復育)</p> <p>3. 蝕溝末端</p> <p><input type="checkbox"/>活動性高(受河道下切或側刷)</p> <p><input type="checkbox"/>活動性低(無明顯變化)</p> <p>4. 整體蝕溝坡降變化</p> <p><input type="checkbox"/>變陡</p> <p><input type="checkbox"/>無明顯變化或僅治理工程處變化</p> <p><input type="checkbox"/>變緩</p> |                                                                                                                      |

**表 3-13 大規模崩塌潛勢區防減災工程現況表(坡面保護)各欄位說明**

|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 完工後周圍坡面植被變化                                                                                              | 整體崩塌範圍的變化<br><input type="checkbox"/> 目視 <input type="checkbox"/> UAV 空拍 <input type="checkbox"/> 正射影像及 DSM<br><input type="checkbox"/> 無法判斷                                                                                                                                              |
| <input type="checkbox"/> 地表裸露範圍減少<br><input type="checkbox"/> 無明顯變化<br><input type="checkbox"/> 裸露範圍面積增加 | 1. 崩崖或蝕溝源頭<br><input type="checkbox"/> 活動性高(持續崩塌、上溯)<br><input type="checkbox"/> 活動性低(植生復育)<br>2. 崩塌地縱剖面變化<br><input type="checkbox"/> 活動性高(持續崩塌、滑動)<br><input type="checkbox"/> 活動性低(植生復育)<br>3. 坡趾<br><input type="checkbox"/> 活動性高(受河道下切或側刷侵蝕)<br><input type="checkbox"/> 活動性低(無明顯變化) |

自評表根據 107 年 10 月 16 日工作會議加以修正，各林管處已完成 106、107 及 108 年度已完工之工程案填寫。106、107 及 108 年部分已完成之工程案以潛勢區或崩塌區為標的，進行成效評估，其中，108 年度已完工(巒大事業區國有林崩塌地、崩坪坑野溪崩塌地整治及秀姑巒 63 鄰班邊坡穩定工程)之工程案完成後尚未經過颱風事件，將就治理工程對潛勢區或崩塌區局部、漸進式崩塌或一次性大規模崩塌之可能成效進行初步探討。

以下就 1、必坦溪 1 號崩塌地治理工程；2、奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡保護工程；3、二萬坪坡面崩塌地處理工程及穩定工程；4、紅水仙溪崩塌地整治工程及二期工程及旗山 87 林班崩塌地治理工程；5、大埔區第 73 林班崩塌地處理工程；6、圓緣寺上游崩塌地整治工程及甲仙區-D040 崩塌區整治工程；7、崩坪坑野溪崩塌地處理工程；8、葡萄田崩塌坡面處理工程；9、富源溪崩塌地處理工程；10、知本森林遊樂區步道邊坡崩塌整治工程；11、巒大事業區國有林崩塌地整治工程；12、秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程，共 12 個場址成效評估初步結果加以說明。

#### 一、必坦溪 1 號崩塌地治理工程

必坦溪 1 號崩塌地塌坡面陡峻，陡蝕溝的浮石、裸露風化、破碎岩盤顯示本區持續有岩屑崩落，因此局部活動性高。由圖 3-4 可見防減災施工前上邊坡兩側均有蝕溝上溯之現象。附錄三表 1 至表 3 為東勢林管



處填寫之 106 年度必坦溪 1 號崩塌地基本資料及工程現況表；表 4 至表 6 為 107 年度必坦溪 1 號崩塌地基本資料及工程現況表。以下就局部、漸進式崩塌及一次性大規模崩塌治理成效進行初評。



圖 3-4 必坦溪 1 號崩塌地防減災施工前現場照片(106.2.17)

#### (一)局部、漸進式崩塌

必坦溪 1 號崩塌地防減災工程分別於 106 年度及 107 年度進行，本團隊於 106 年 2 月 17 日、107 年 7 月 29 日及 108 年 7 月 5 日，107 年前，依林管處自填之成果及本團隊於 106 年 2 月 17 日及 107 年 7 月 29 日之空拍影像顯示，固床工及相關設施完工後已調整河道坡降，防砂壩有效攔阻土砂，圖 3-5(a)可見 106 年 2 月 17 日與 107 年 7 月 29 日(圖 b)現況比較，由圖上可見土砂堆積在上游段前期已整治完成之攔砂設施，後續若土砂堆滿防砂壩，需適時清淤，以避免新的崩塌帶下之土砂溢出防砂壩。

108 年於 5 月 18 日 7:00 至 18:00 降下約 130 mm 的雨量(圖 3-6)，因必坦溪流量增加，箱涵通洪斷面不足(或箱涵堵塞)大量水流夾帶大石塊跨越道路宣洩而下，固床與護岸主體結構完整，邊坡沖刷、輕微損傷，其下游固床工及護岸局部損毀。另崩塌地土砂因防砂壩已淤滿，大石塊順著邊坡滾落至台 8 線及河道上，計畫執行單位於 108 年 7 月 5 日(圖 3-5c)之空拍影像顯示防砂壩已完全淤滿，邊坡呈現安息角，上邊坡仍可見尚未滑落之大石塊及土砂堆積(圖 3-7)，後續若有颱風或地震事件，將影響台 8 線及下游河道整治工程穩定。

本工程為延續前期崩塌地整治，治理目的為防止河溝持續沖蝕、掏刷兩岸，108 年 5 月 18 日大雨引致之土砂崩落，工程主體結構完整，但防砂壩及多階固床工減緩土砂造成德基水庫之影響，顯示已達到局部穩定性及避免土砂影響保全對象台 8 線及德基水庫蓄水區，成效尚佳。但既有道路箱涵通洪不足，且本次事件後，設計之防砂壩已達到蓄留容量，後續需考量適度清淤恢復防砂壩之功能及增加道路箱涵通洪斷面。

## (二)一次性大規模崩塌

由前期活動性評估顯示，必坦溪 1 號崩塌地塌坡面陡峻，陡坡蝕溝的岩盤裸露顯示本區持續有岩屑崩落，大雨仍然會有大量土砂淤積於攔砂設施，區域內褶皺橫切通過，地質構造複雜，順著岩層滑動可能性不大，目前沒有大規模崩塌活動的跡象。

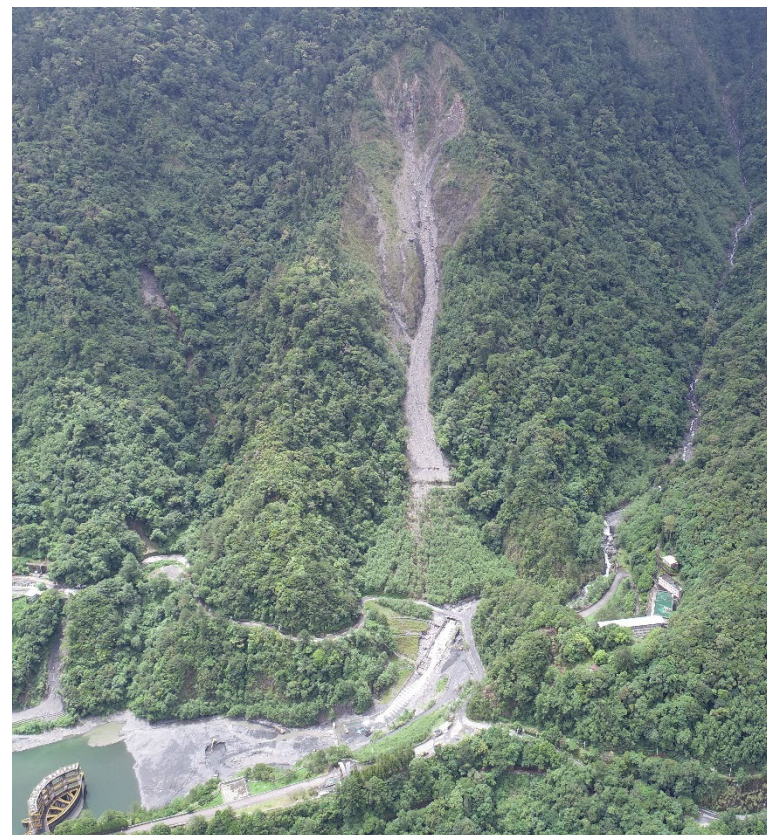




(a) 106.2.17



(b) 107.7.29



(c) 108.7.5

圖 3-5 必坦溪 1 號崩塌地治理工程前後比較



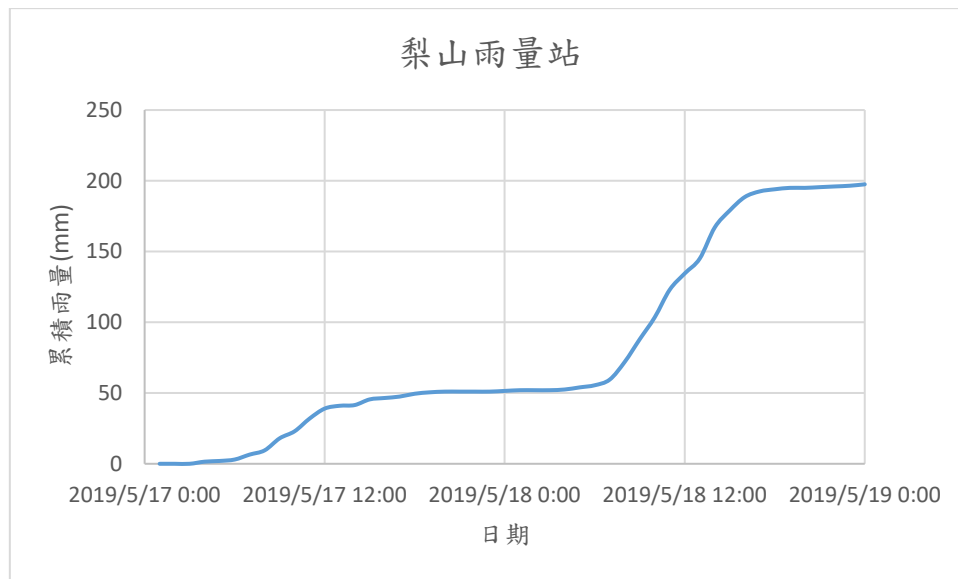


圖 3-6 梨山雨量站 5 月 17 日至 5 月 18 日累積雨量圖



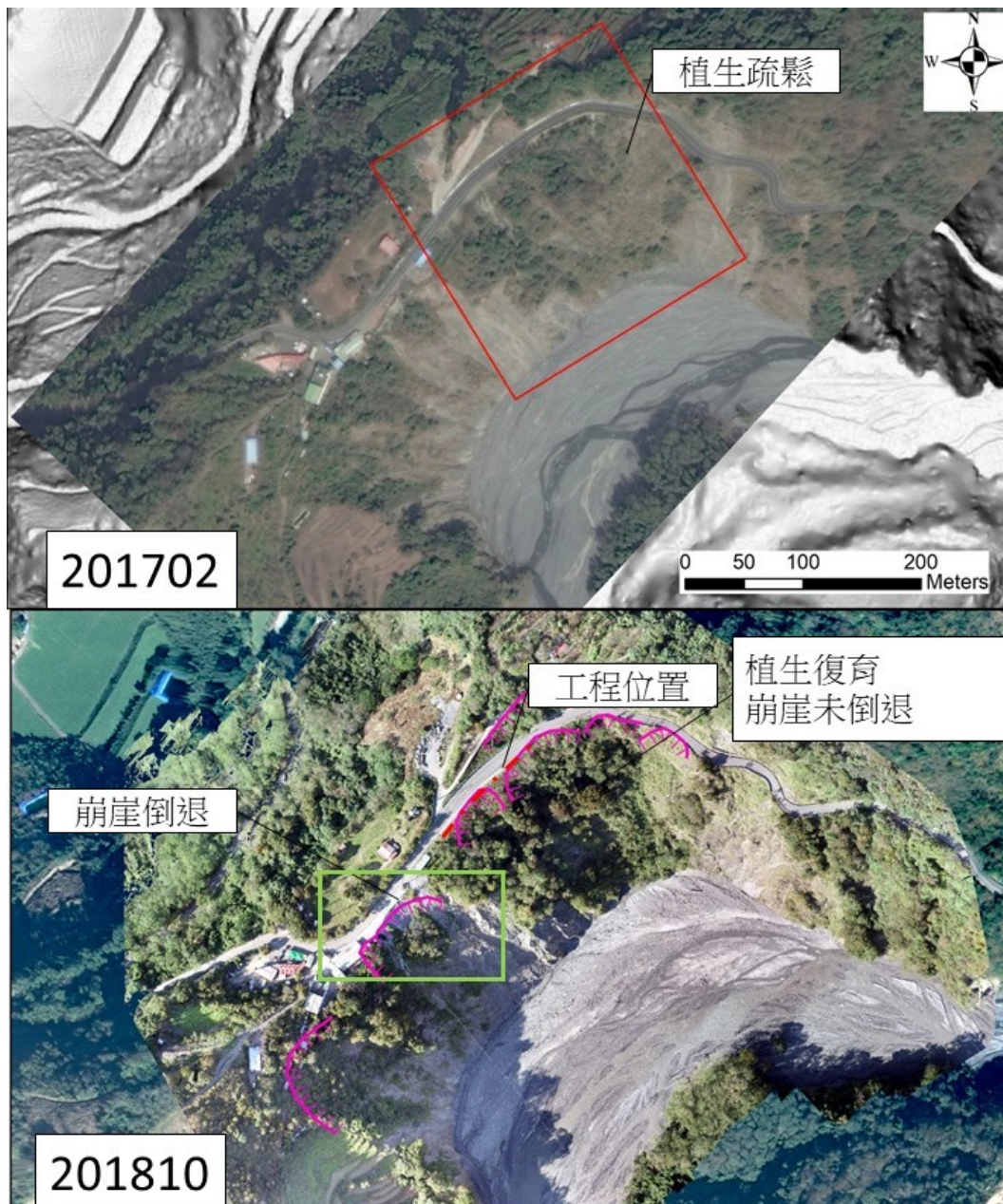
圖 3-7 邊坡呈現安息角且上邊坡仍可見尚未滑落之大石塊堆積

## 二、奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡保護工程

奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡，主要岩性為板岩及變質砂岩與板岩薄互層，依中央地質調查所流域地質圖調查成果顯示本區劈理位態約南北走向，向東傾斜約 50 度，有順向滑動之潛勢。附錄三表 7 至表 8 為南投林管處填寫之基本資料及工程現況表。以下就局部、漸進式崩塌及一次性大規模崩塌治理成效進行初評。

### (一)局部、漸進式崩塌

奧萬大連外道路 4K+600 周邊保護工程於施工期間歷經 106 年 0602 豪雨，一日最大雨量 331mm，依林管處自填之成果及本團隊於 107 年 10 月 29 日製作之正射影像(圖 3-8)顯示治理工程外鄰近範圍的邊坡持續崩塌，治理工程範圍內崩崖未倒退、道路沒有明顯裂隙及下陷情形，整體植生復育良好。初步評估就加強邊坡穩定性初步成效尚佳。



(上)google 地球衛星影像 (下)本計畫自製 UAV 正射影像(107.10.29)

圖 3-8 奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡保護工程前後比較



## (二) 一次性大規模崩塌

奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡於前期活動性評估結果及本計畫現勘空拍(圖 3-9)，顯示連外道路上下邊坡裸露且岩塊持續崩落，局部活動性高。南投處穩定分析結果顯示連外道路下方可能有滑動面通過，故設計全套管基樁、地錨、坡面排水溝等穩定工程(圖 3-10)，以抑制道路邊坡滑動。工程治理後對於邊坡滑動穩定性之影響，有待後續蒐集到大雨或地震後的監測資料變化做更進一步評估。本工程可提升局部道路邊坡的穩定性，但整體邊坡的穩定性則與河道凹岸侵蝕速率、邊坡裸露率及風化速率相關，由圖 3-8 可見治理工程左側(未涵蓋治理工程範圍)崩塌地崩崖倒退，影響道路及住戶安全(圖 3-11)。本工程案設置有水位觀測井 1 組、伸張計 1 組、雨量站 1 組及自動化地錨荷重計 2 組，將於取得監測報告後進一步評估。



圖 3-9 奧萬大連外道路 4K+600 空拍照片(107.10.29)



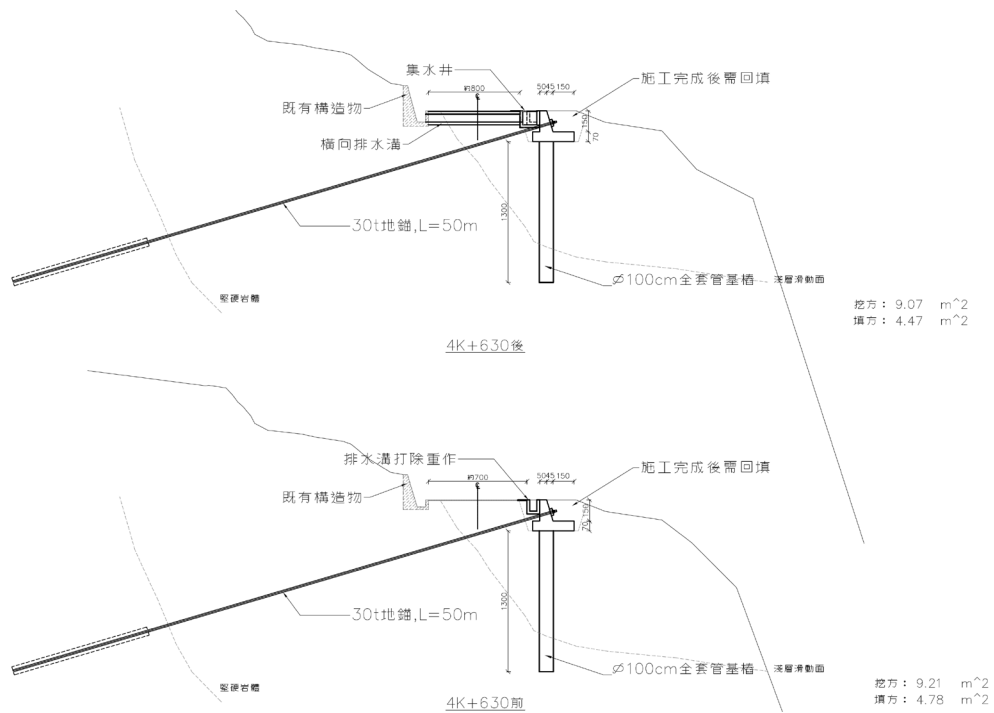


圖 3-10 奧萬大連外道路 4K+600 周邊編坡保護工程橫斷面圖



圖 3-11 奧萬大連外道路邊坡破壞(圖 3-8 方框位置)

### 三、阿里山鄉-D187 潛勢區-二萬坪坡面防減災工程

成效評估含 106 年「二萬坪坡面崩塌地處理工程」、及 107 年「二萬坪邊坡穩定工程」兩年度工程，主要工作項目為屏遮那車站附近的道路上下邊坡與坡面坑溝穩定工程，附錄三表 9 及表 10 為嘉義林管處填寫之基本資料及工程現況表。圖 3-12、圖 3-13 為防減災工程施工前後的二萬坪崩塌地 UAV 空拍照片，圖 3-14 為本團隊 108.6.22 現勘調查所拍攝之完工後照片。以下就局部、漸進式崩塌及一次性大規模崩塌治理成效進行初評。

#### (一)局部、漸進式崩塌

二萬坪區域為分布甚廣且深的老崩積層，莫拉克風災時沿坑溝大規模上溯、崩滑，嘉義處已投入大量復建工程，本案針對崩塌區側翼崩崖等進行坡面保護、排水等。可局部穩定道路上下邊坡及坡面坑溝，避免降雨造成坡面沖刷，未來需持續觀察成效。

#### (二)一次性大規模崩塌

根據前期活動性評估結果，阿里山鄉-D187 為大範圍的崩塌潛勢區，坡趾阿里山溪下切嚴重，區域內存在甚多老崩積層，崩塌地形特徵明顯且變化大，需進行有系統的工址調查、邊坡穩定分析，再以調查、分析、長期監測結果綜合評估其活動性。嘉義林管處於二萬坪崩塌區歷年整治工程如表 3-14，位置見圖 3-15。嘉義處已針對二萬坪區域進行綜合調查、分析及監測，包含(1)二萬坪 105 年~106 年共 10 孔地中監測，監測結果顯示 EWP103-A-SIOW8 測傾管變位速率超出注意值(5mm/月)，滑動面在地面下 41 m，其他孔沒有觀察到滑動面。(2)中山村 105 年~106 年共 5 孔地中監測，目前暫無觀察到深層之地層滑動面。





圖 3-12 二萬坪崩塌地防減災工程施工前照片(106.9.8)



圖 3-13 二萬坪崩塌地防減災工程施工後照片(108.6.22)





圖 3-14 二萬坪崩塌地防減災工程完工照片(108.6.22)



表 3-14 二萬坪崩塌區歷年整治工程表

| 編號 | 工程名稱          | 編號 | 工程名稱                        |
|----|---------------|----|-----------------------------|
| 1  | 阿里山溪主流及支流整理工程 | 8  | 森林鐵路 66K+950~67K+050 災害修復工程 |
| 2  | 二萬坪崩塌地坡頂排水工程  | 9  | 森林鐵路 60K+550~61K+450 路基修復工程 |
| 3  | 二萬坪崩塌地撒播造林工作  | 10 | 屏遮那坡面崩塌地處理二期工程              |
| 4  | 紅十字會總會山區復育造林  | 11 | 屏遮那坡面崩塌地處理三期工程              |
| 5  | 屏遮那下方野溪整治工程   | 12 | 二萬坪地區整體調查規劃及安全監測            |
| 6  | 阿里山溪主流防砂加強工程  | 13 | 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   |
| 7  | 屏遮那坡面崩塌地處理工程  | 14 | 二萬坪邊坡穩定工程(本計畫評估)            |

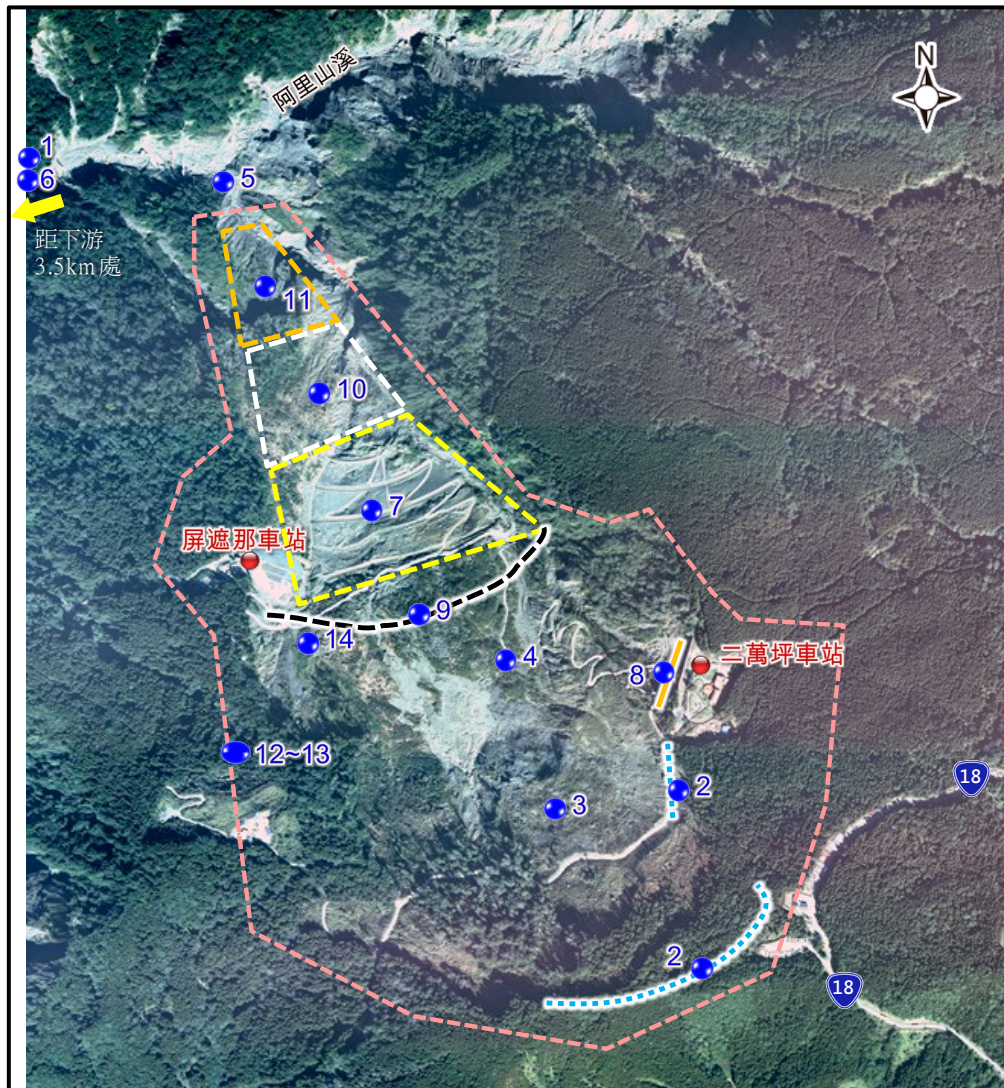


圖 3-15 二萬坪崩塌區歷年整治工程位置

#### 四、紅水仙溪崩塌地整治工程、旗山 87 林班崩塌地治理工程

六龜區-D015 中央蝕溝總長度約 1,300 m、高差約 600 m (EL. 420~1,020 m)，北側蝕溝總長度約 1,500m、高差約 630m(EL. 350~980m)。莫拉克颱風後至今中央蝕溝崩崖及蝕溝兩側邊坡仍持續崩塌上溯，顯示該區仍處不穩定狀況(圖 3-16)。106 年紅水仙溪崩塌地整治工程、106 年旗山 87 林班崩塌地治理工程、107 年旗山 87 林班崩塌地治理工程第二期均位於六龜區-D015，本計畫就蒐集到之資料就局部、漸進式崩塌及一次性大規模崩塌治理成效進行初評。

##### (一)局部、漸進式崩滑

##### 1、紅水仙溪崩塌地整治工程

蝕溝整治工程完工(106 年底)至 107 年 8 月 23 日大豪雨事件後，防砂壩被蝕溝上游沖刷帶下的土石淤滿，且部分土石越過防砂壩並堆積在下游側的固床工與護坦。防砂壩與固床工完工後已控制蝕溝的坡降至 1:5，避免蝕溝繼續下切侵蝕影響穩定性，影響範圍約防砂壩上游 100 公尺。107/8/23 大豪雨事件(累積雨量 669 mm)之後，現地勘查結果顯示蝕溝整治工程附近的蝕溝深槽及兩側邊坡均無明顯變化，初步評估有達成本工程「抑制蝕溝下切、避免側刷範圍持續擴大，以抑制大規模崩塌的發生」的治理目的，顯示局部穩定性初步成效佳。超過防砂壩影響範圍的上游仍有土砂及岩塊持續崩落，且在大雨時沿著蝕溝往下游運移，現勘照片如圖 3-17 所示。

##### 2、旗山 87 林班崩塌地治理工程

崩塌地治理工程於 106 年 5 月完工後，至 107 年 8 月 23 日大豪雨事件後，梳子壩上游有局部土砂堆積，護坦上則無，整體蝕溝及兩側邊坡變化不明顯(圖 3-18)。107/8/23 大豪雨事件(累積雨量 669 mm)之後，現地勘查結果顯示蝕溝整治工程附近的植生無明顯變化(圖 3-19)、蝕溝上下游均無明顯下切與拓寬。初步評估有達成本工程「抑制蝕溝下切、避免側刷範圍持續擴大，以抑制大規模崩塌的發生」的治理目的，顯示局部穩定性初步成效佳。





圖 3-16 高雄市-六龜區-D015 防減災工程施工前狀況(106.6.12)



圖 3-17 紅水仙溪崩塌地整治工程空拍(107.9.6)





(a) 107.06.29



(b) 107.10.22

**圖 3-18 六龜區-D015 北側蝕溝 1070823 大豪雨前後現況比較**



**圖 3-19 旗山 87 林班崩塌地治理工程空拍(107.9.6)**

本計畫進一步由現場空拍鳥瞰照片及中央蝕溝 99~108 年縱剖面圖，說明本區地貌特徵變化。圖 4-14 為 D015 中央蝕溝、北側蝕溝、高 133 線中斷處正射影像，圖 4-15 為北側蝕溝、高 133 線中斷處現況照片(拍攝方位可參考圖 4-14)，北側蝕溝興建防砂壩後，蝕溝侵蝕與下切速度減緩，坡面植生逐漸增加。高 133 線於 101 年滑動中斷後，降雨之地表逕流集中、逐漸於坡面上形成一道新生蝕溝，未來該區仍可能繼續崩滑。圖 4-16 為中央蝕溝現況照片，防砂壩完工後，蝕溝上游崩落的岩塊、土砂淤積，防砂壩上游局部穩定。防砂壩下游於多階固床工完工後整體亦趨於穩定。圖 4-17 為 99~108 年中央蝕溝綫線縱斷面高程變化(圖 4-14 AA'剖面)，99 年莫拉克颱風後地表高程相對最高，之後逐漸開始沖刷，並於 105 年降至最低。106~107 年防砂壩工程完工後形成蝕溝高程控制點，蝕溝上游沖刷行為減緩，坡面植生逐漸增加，建議未來發生暴雨或地震事件後可持續監視變化。



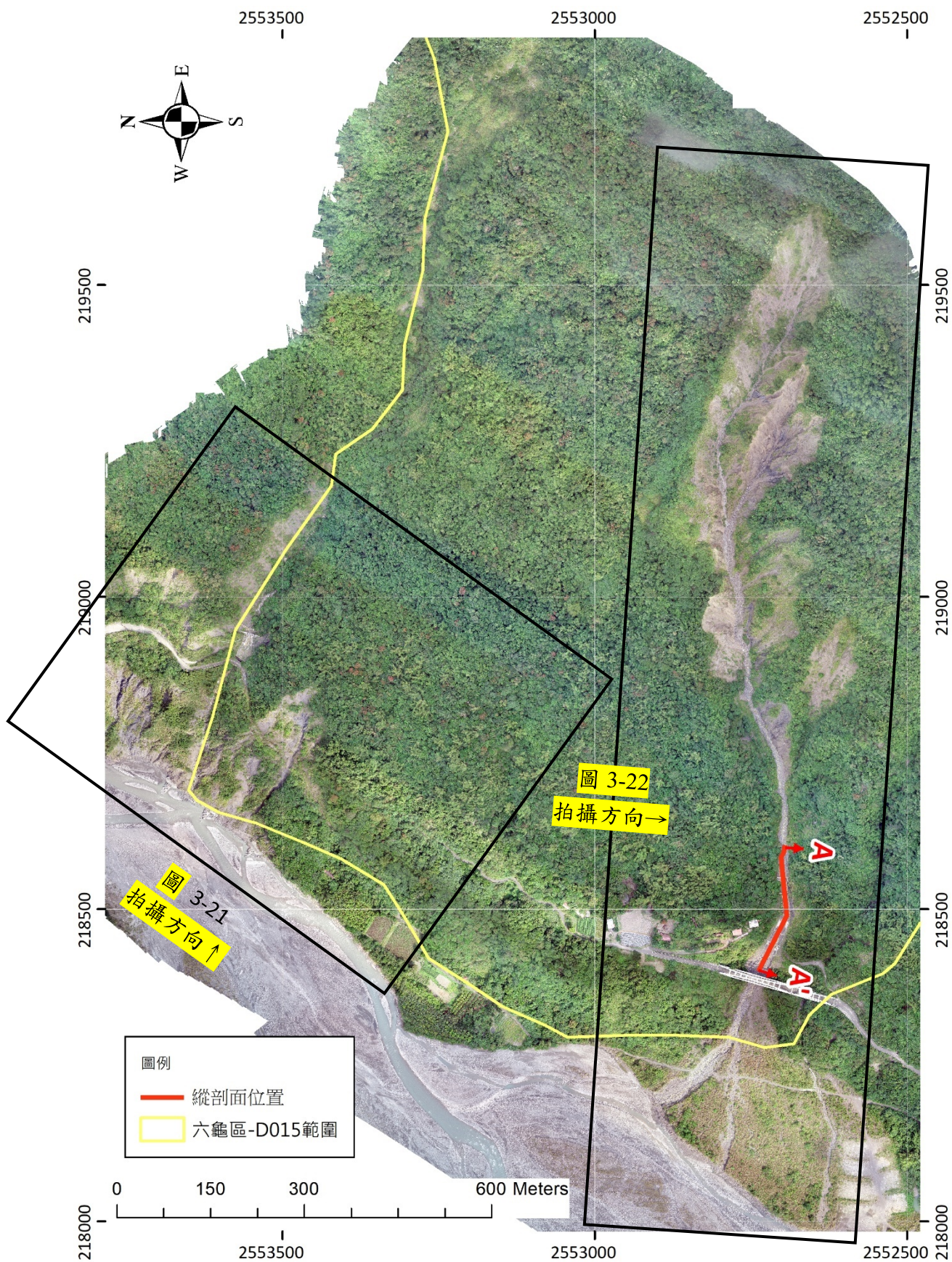


圖 3-20 六龜區-D015 崩塌處正射影像(108.10.14)





圖 3-21 六龜區-D015 北側蝕溝與防砂壩、高 133 線中斷處(108.10.14)



圖 3-22 六龜區-D015 中央蝕溝與防砂壩位置(108.10.14)



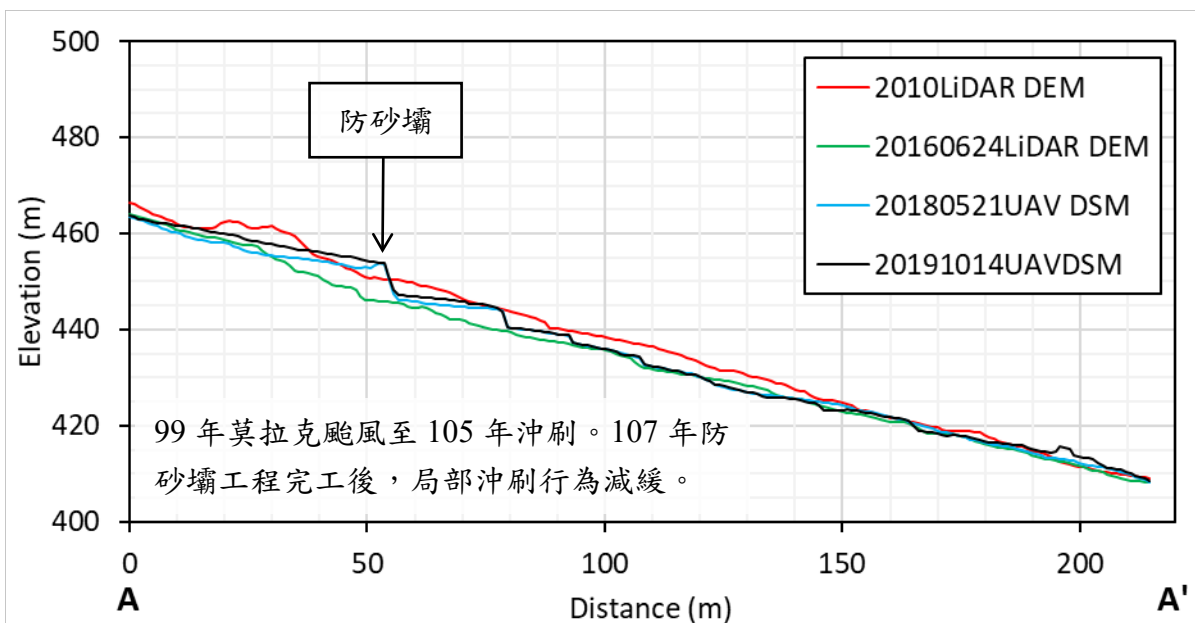


圖 3-23 六龜區-D015 中央蝕溝線歷年高程變化(圖 4-14 AA')

## (二) 一次性大規模崩塌

由 106 年前期計畫詳細地質調查、邊坡穩定分析與致災風險評估結果可知，六龜區-D015 潛在大規模崩塌致災風險為暴雨或地震可能引致中央蝕溝及北側蝕溝之間的高 133 線上邊坡發生一次式大規模崩塌，可能破壞機制為崩積層內或沿不整合面滑動。中央蝕溝及北側蝕溝堆積的崩落岩塊及蝕溝兩側的風化岩體也可能隨著暴雨被一次流出形成扇狀堆積。根據數值運移模擬結果，若為一次式大規模崩塌，崩塌量體將造成高 133 線損毀中斷、道路下邊坡的河階地及荖濃溪左岸將堆積厚達 50 m 的崩積物。106 年前期計畫遊歷年航照統計歷史邊坡破壞事件與雨量的關係，顯示本區活動性高，暴雨時常造成邊坡崩塌、蝕溝下切侵蝕等現象，當累積雨量大於 1,200 mm，就有可能發生一次式較大規模邊坡滑動，範圍見圖 3-24。

對於整個大規模崩塌潛勢區的活動性，需由監測資料進行評估。地中變位與地下水位/壓變化搭配雨量資料可反映潛在滑動面行為。測傾管與水位計監測結果詳見 4-1 節。六龜區-D015 大規模崩塌潛勢區自 106 年 1 月進行傾斜觀測管(4 處 BH1, 2, 3, 7)、TDR 地中變化(BH1 旁)、地下水位/壓(4 處 BH4, 5, 6, 8)等監測，如圖 3-25。以 BH5 水位

觀測結果、BH7 傾斜觀測管監測結果為例，說明紅水仙溪崩塌地整治工程及旗山 87 林班崩塌地治理工程完工前後、107 年 8 月 23 日大豪雨事件後至 108 年 3 月之監測資料變化。BH5 水位觀測結果顯示地下水位變化受地形與地質條件影響，比較自記式與非自記式水位計變化，可知風化岩層內水壓非完全連通。風化岩體內的地下水，係沿著裂縫、破碎帶等易透水的路徑流動，上下非完全連通，較深處的水壓可能從較遠處補注，因此水壓較高、且水位洩降速度較慢(圖 3-26)。BH7 傾斜觀測管監測結果顯示地中變位並無明顯變化，整體變位量仍在儀器量測誤差範圍內(圖 3-27)。

接著探討 UAV 空拍、正射影像、DSM 的監測結果，由多期 UAV 正射影像、DSM、LiDAR 可反映地貌特徵變化及活動性。由空拍鳥瞰比較防減災工程前後的蝕溝上溯、植生變化，已趨於穩定。進一步比較多期正射影像與 DSM，探討地貌特徵的變化，進行活動性評估。由 99 年 LiDAR DEM、106.6.12、107.5.21、107.10.22、108.3.12、108.10.14 UAV 正射影像與 DSM 資料顯示整體地貌無明顯變化，僅防砂壩上游回淤高度約 2m，影響範圍長度約 50m，蝕溝末端趨於穩定。綜合以上，防減災工程與整體邊坡穩定性有待長期監測結果進行評估。

### (三)小結

D015 整治工程經評估達成「抑制蝕溝下切、避免側刷範圍持續擴大，以抑制大規模崩塌的發生」的治理目的，顯示局部穩定性已有初步成效。對於中央及北側蝕溝源頭處的崩積、風化岩層崩滑的穩定性，短期內影響不顯著，需長期評估。若未來發生如莫拉克颱風等級的暴雨事件，中央蝕溝及北側蝕溝堆積的崩落岩塊及蝕溝兩側的風化岩體也可能隨著暴雨被一次流出形成扇狀堆積。

對於整體大規模崩塌潛勢區的活動性，需由監測資料進行評估。地中變位與水位變化搭配雨量資料可反映潛在滑動面行為，由 106 年調查結果已初步掌握 D015 地質模式及可能較大規模滑動位置，但監測設備的位置與數量不足以反映滑動行為以供防災警戒值訂定。多期 UAV 正射影像、DSM、LiDAR 可反映地貌特徵變化，評估活動性。



圖 3-24 六龜區-D015 可能發生一次式大規模邊坡滑動範圍



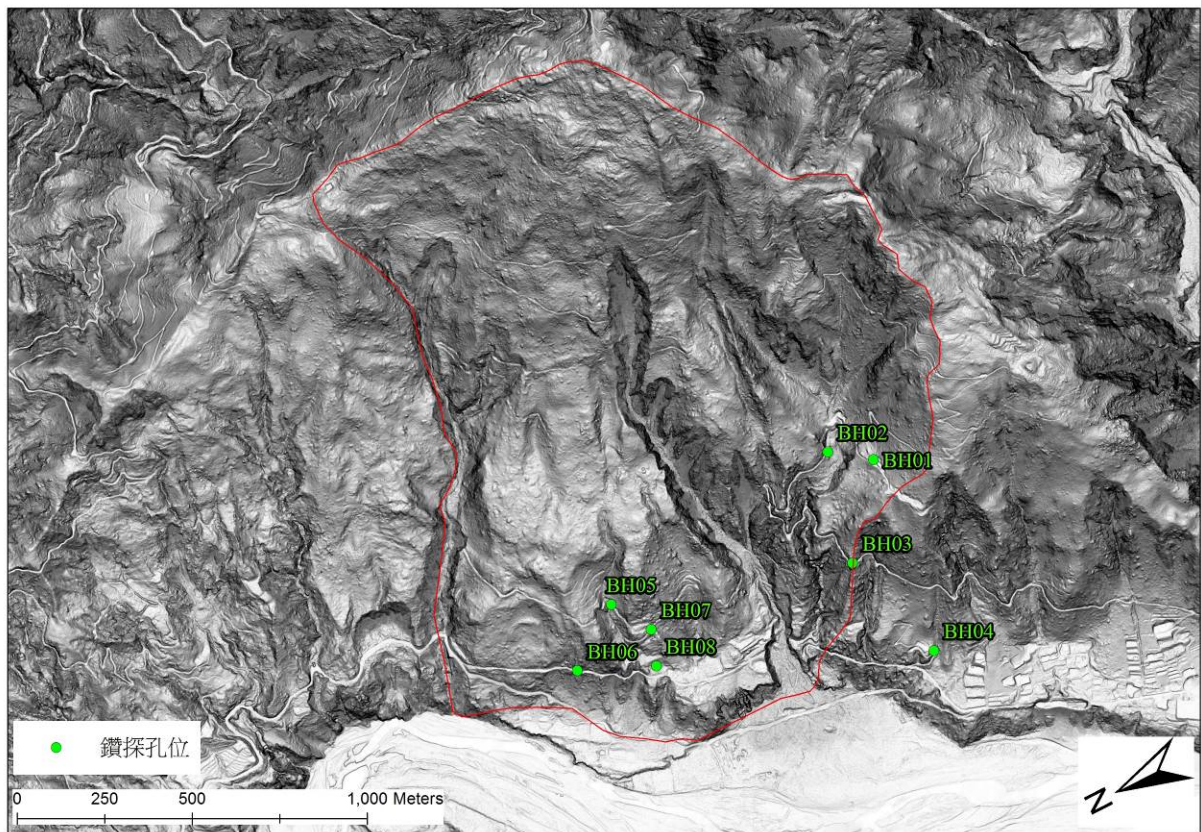


圖 3-25 六龜區-D015 鑽孔及監測位置

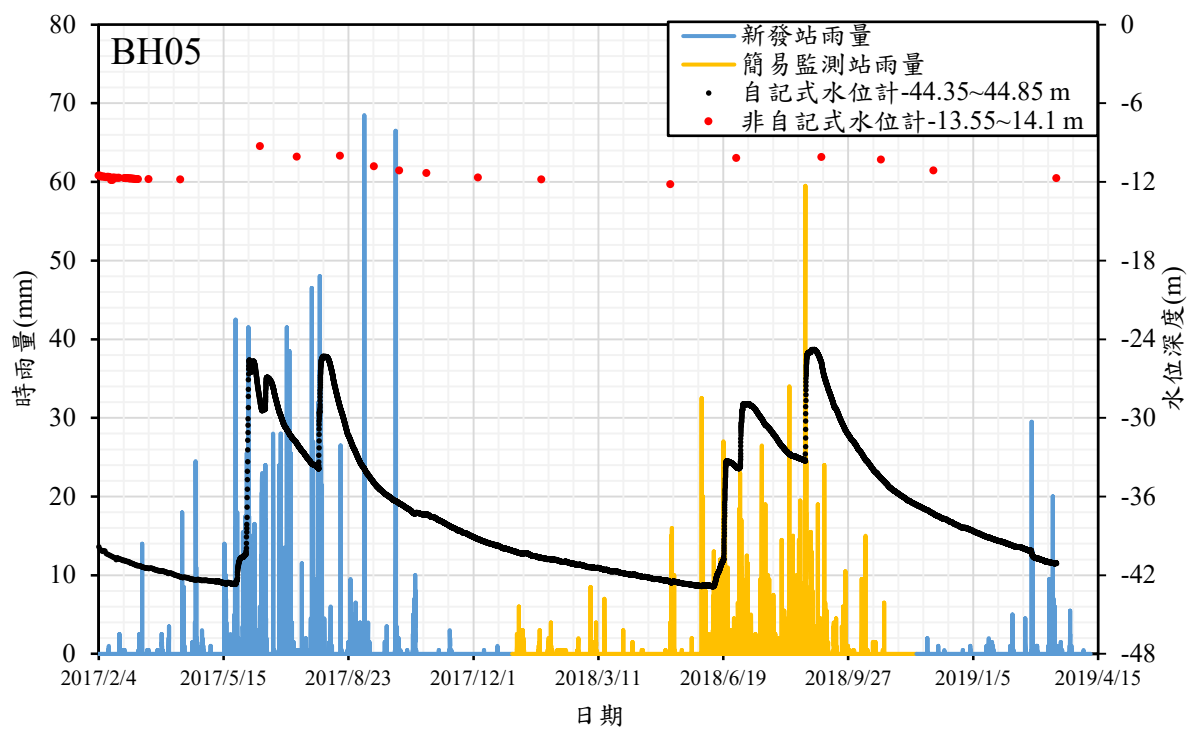


圖 3-26 六龜區-D015 BH5 水位觀測資料

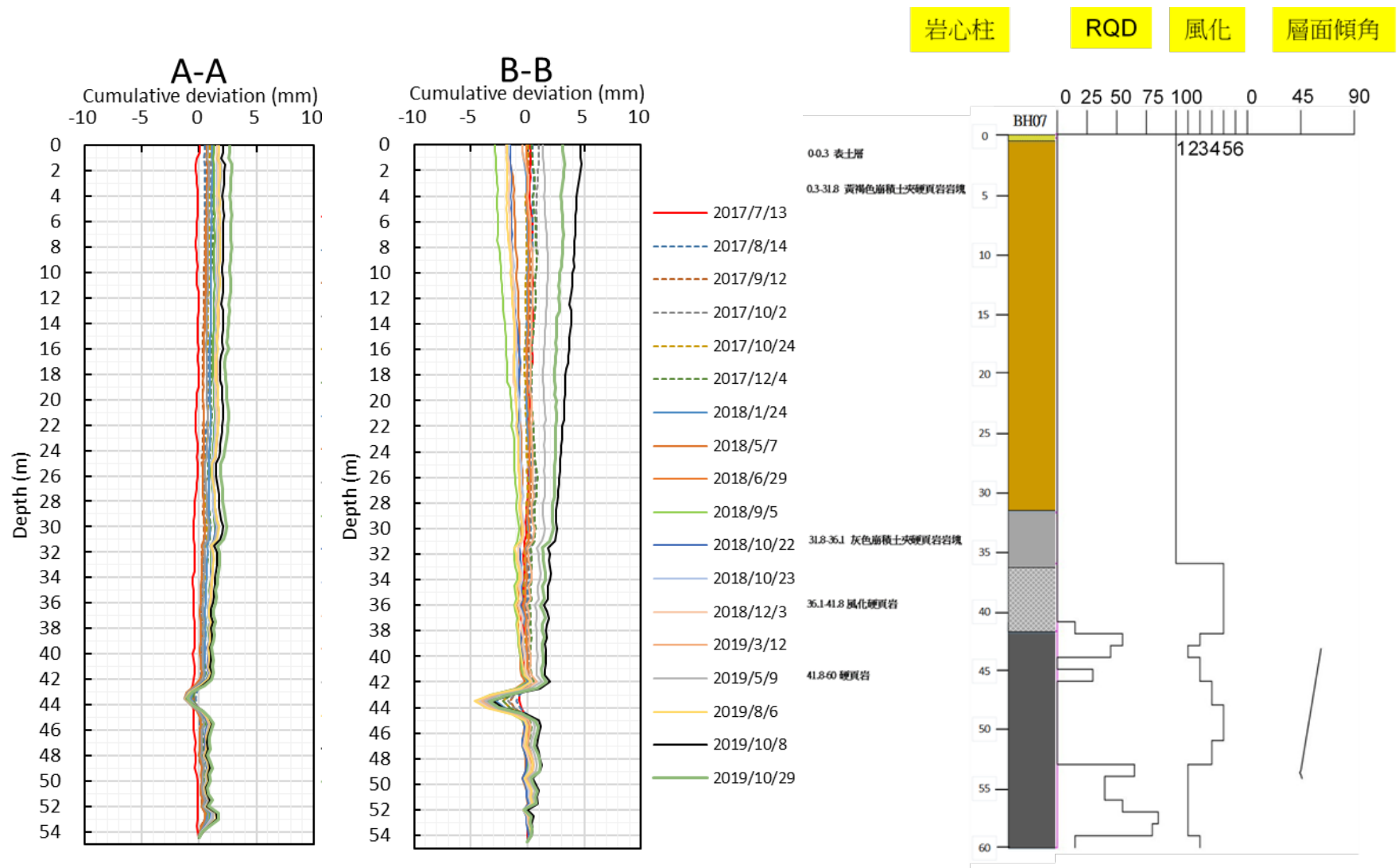


圖 3-27 六龜區-D015 BH7 傾斜觀測管量測結果圖



## 五、大埔區第 73 林班崩塌地處理工程

大埔區第 73 林班崩塌地處理工程位於嘉義縣-大埔鄉-D037 大規模崩塌潛勢區內，行政區為嘉義縣大埔鄉西興村，位於曾文水庫集水區。此區域有 2 組主要蝕溝，左側蝕溝由 65 年及 104 年航空影像判釋結果(圖 3-28)顯示有局部上溯且次崩崖退縮，右側蝕溝則未有明顯變化，主要崩塌類型為局部蝕溝上溯造成之崩塌。附錄二表 28 及表 29 為嘉義林管處填寫之基本資料及工程現況表。以下就局部、漸進式崩塌及一次性大規模崩塌治理成效進行初評。

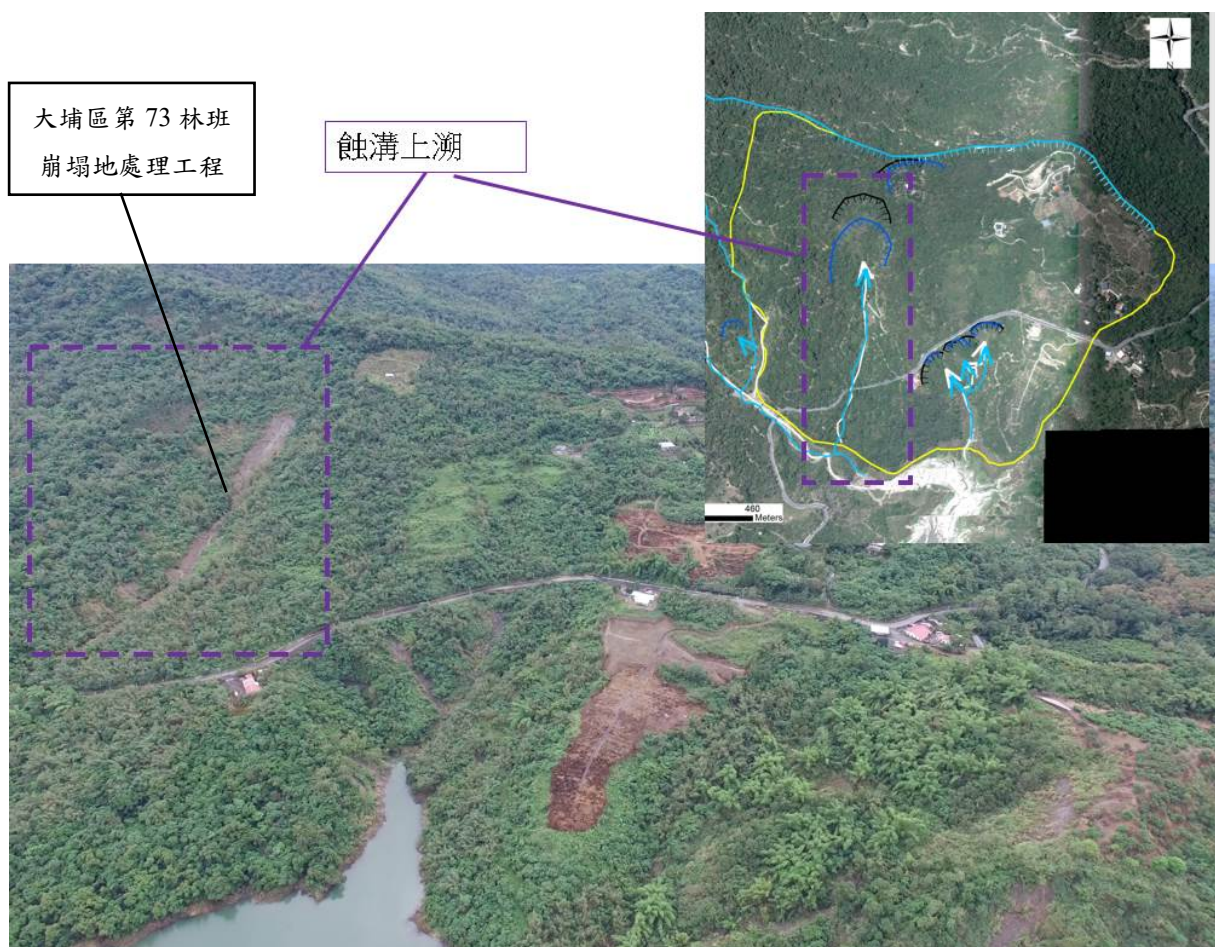


圖 3-28 大埔鄉-D037 民國 65 年及 104 年航空影像判釋成果

### (一)局部、漸進式崩塌

大埔區第 73 林班地崩塌地處理工程歷經 107 年 8 月 23 日豪雨(24 小時累積雨量約 860mm)，依林管處自填之成果及影像，以及本計畫 108.6.28 現勘結果(圖 3-29)，顯示治理工程崩塌地崩崖及側翼邊坡



植生良好，崩崖未有倒退之情形，初步評估就蝕溝上方邊坡穩定性及控制蝕溝上溯初步成效佳。



(a) 105.11.23



(b) 108.6.28

圖 3-29 大埔區第 73 林班崩塌地處理工程前後比較



## (二) 一次性大規模崩塌

由前期活動性評估結果顯示大埔鄉-D037 目前沒有大規模崩塌活動的跡象，崩塌類型為局部蝕溝上溯造成之崩塌。

### 六、圓緣寺上游崩塌地整治工程及甲仙區-D040 崩塌區整治工程

圓緣寺上游崩塌地整治工程及甲仙區-D040 崩塌區整治工程分別位於甲仙區-D040 大規模崩塌潛勢區下游蝕溝及右側蝕溝(圖 3-30)，行政區為高雄市甲仙區和安里，位於旗山溪集水區，屬於旗山第 4 林班地。由圖 3-30 顯示左右側崩塌地均已接近崩崖，而其下游下切營力旺盛，兩側及同一集水區內均可見蝕溝侵蝕，顯示仍不穩定。

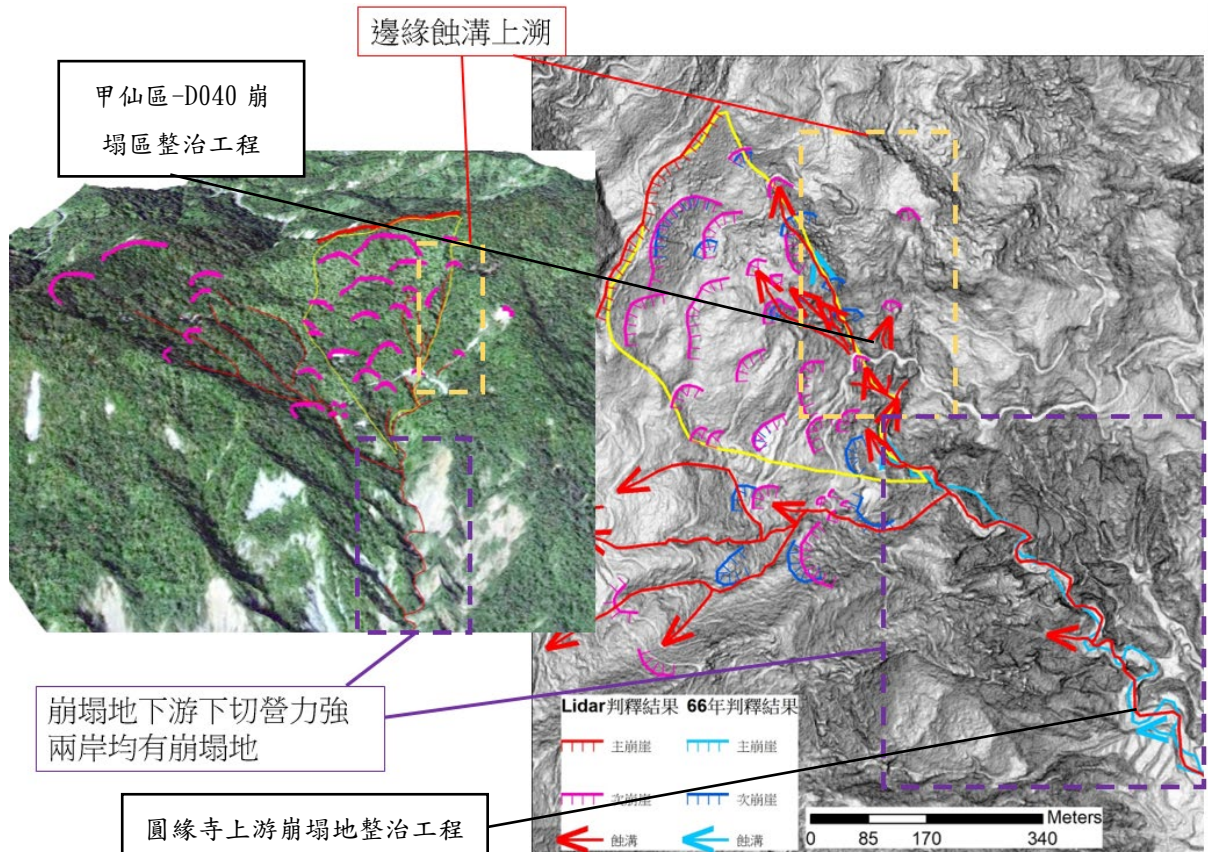


圖 3-30 甲仙區 D040 民國 77 航空影像及 LiDAR 判釋成果

附錄表 22 至表 27 為屏東林管處填寫之基本資料及工程現況表。以下就局部、漸進式崩塌及一次性大規模崩塌治理成效進行初評。

## (一) 局部、漸進式崩塌

### 1、圓緣寺上游崩塌地整治工程



崩塌地整治工程於 106 年 10 月完工後，至 107 年 8 月 23 日大豪雨事件後梳子壩上游有局部土砂堆積，護坦上則無，整體蝕溝及兩側邊坡變化不明顯(圖 3-31)，整治工程附近的植生無明顯變化，初步評估有達成本工程「避免崩塌土方沿蝕溝下移及側刷範圍持續擴大」的治理目的初步成效佳。

## 2、甲仙區-D040 崩塌區整治工程

塌地整治工程於 106 年 10 月完工後，至 107 年 8 月 23 日大豪雨事件後，固床工及護坦上有局部土砂堆積(圖 3-32)，治理工程完工後已調整蝕溝長度約 80 公尺及控制蝕溝的坡降，避免蝕溝繼續下切侵蝕影響穩定性。依林管處自填之成果及影像(圖 3-33)顯示崩塌地整治工程附近的植生無明顯變化，較前期植生完整，初步評估有達成本工程「避免崩塌土方沿蝕溝下移及側刷範圍持續擴大」的治理目的初步成效佳。

### (二)一次性大規模崩塌

由前期活動性評估結果顯示甲仙區-D040 目前沒有大規模崩塌活動的跡象，崩塌類型為局部蝕溝上溯造成之崩塌。



圖 3-31 園緣寺上游崩塌地現況照片(107/10/23)





圖 3-32 甲仙區-D040 崩塌區整治工程現況照片(107/10/23)



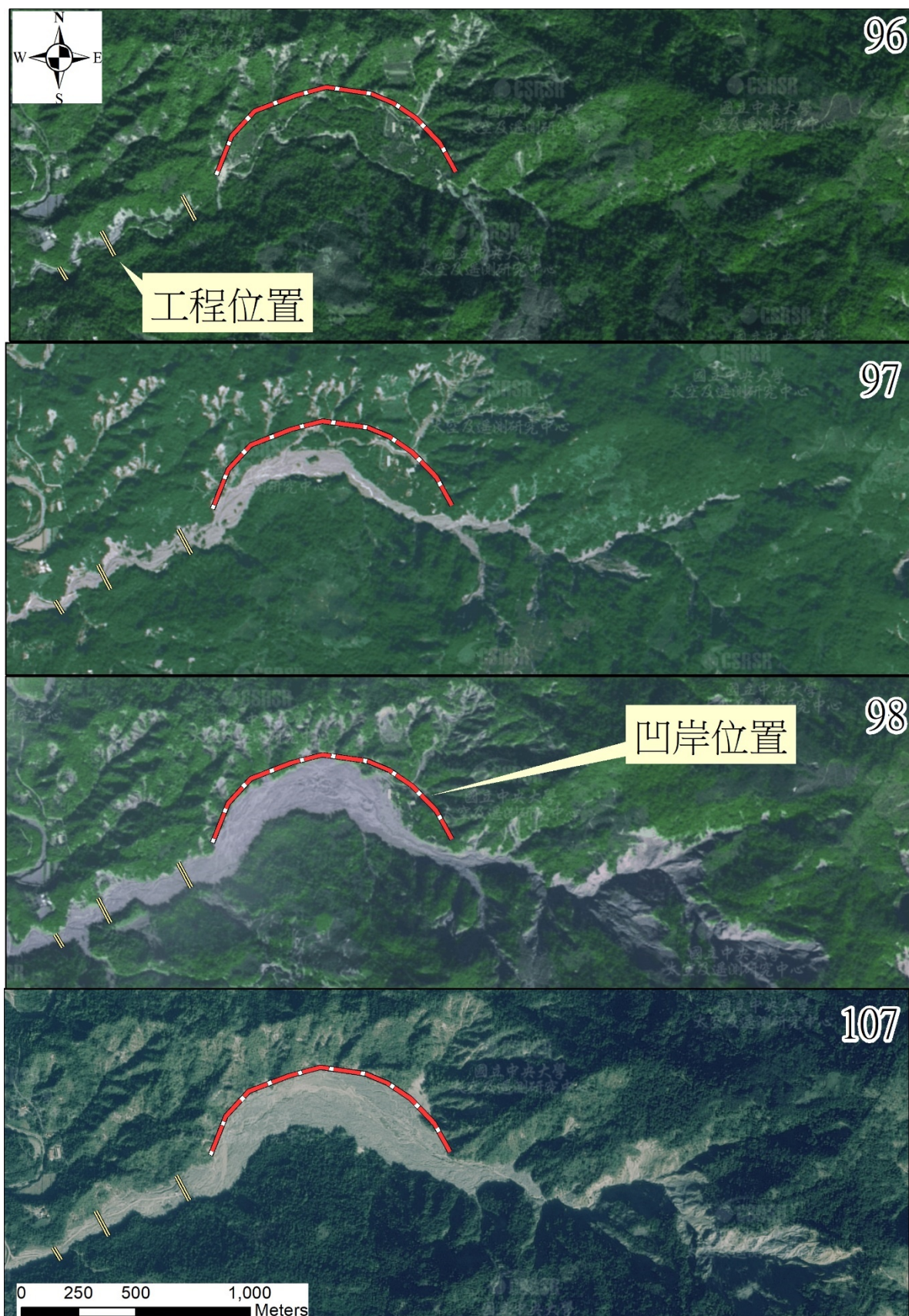
圖 3-33 甲仙區-D040 崩塌區整治工程比較



## 七、崩坪坑野溪崩塌地處理工程

崩坪坑野溪位於高雄市甲仙區，由圖 3-34 中 96、97、98 及 108 年 SPOT 影像可見，96 年可見工程位置處有局部崩塌，97 年卡玫基颱風造成上游多處崩塌地崩塌，大量土砂順著洪水宣洩而下，崩坪坑野溪沿線產業道路及房舍嚴重毀損。98 年莫拉克颱風後，上游崩塌加劇，並沖刷凹岸，造成凹岸處上邊坡不穩定，至 107 年影像中仍可見有新增之裸露地。

崩坪坑溪於 95 年及 97 年施作完成潛壩及護岸等設施，用以降低河道沖刷，調節土砂向下游輸出。107 施做 2 個防砂壩，經汛期後防砂壩已淤滿，108 年改建前期防砂壩，並於其下游設置多階固床工，河道凹岸處施作護岸。附錄三表 28 至表 30 及表 42 至表 44 為及屏東林管處填寫之兩期工程之基本資料及工程現況表。



資料來源:中央大學太遙中心

圖 3-34 崩坪坑野溪 96、97、98 及 107 年 SPOT 影像





拍攝日期:108/10/16

圖 3-35 崩坪坑野溪崩塌地處理一期及二期工程後現況

#### (一)局部、漸進式崩塌

崩坪坑野溪崩塌地處理工程目的為減少土砂災害、穩定河床，自完工後未曾經歷過日累積雨量超過 350mm 大豪雨事件，依林管處自填之成果及本團隊於 108 年 3 月 11 日及 10 月 16 日之空拍影像顯示(圖 3-35)，上游崩塌仍裸露，土砂持續由上游往下移，藉由河道整理、護岸及防砂壩及固床工調整河道坡降及清淤，初步評估有達成本工程目的「緩和崩坪坑土砂下移量體、穩定河床、減少流速」，後續需注意清淤，以保持工程目的。

#### (二)一次性大規模崩塌

崩坪坑野溪治理上游有多處大規模崩塌潛勢區及既有崩塌地，崩塌仍有持續發生。本工程的目的為河道整治、土砂控制，保護凹岸，減緩凹岸之坡腳沖刷。

## 八、葡萄田崩塌坡面處理工程

葡萄田崩塌地位於高雄市甲仙區，為高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區。圖 3-36 及圖 3-37 LiDAR 判釋可見，潛勢區內有多條蝕溝發育，地形上可見上陡下凸的舊崩塌地地形，蝕溝上溯多止於崩塌區之腹部，由圖 3-38 之 SPOT 影像可見，101~102 年曾發生局部崩塌，治理方式為施作鋼軌樁、擋土牆，保護道路上下邊坡。附錄三表 31 至表 33 為屏東林管處填寫之基本資料及工程現況表。

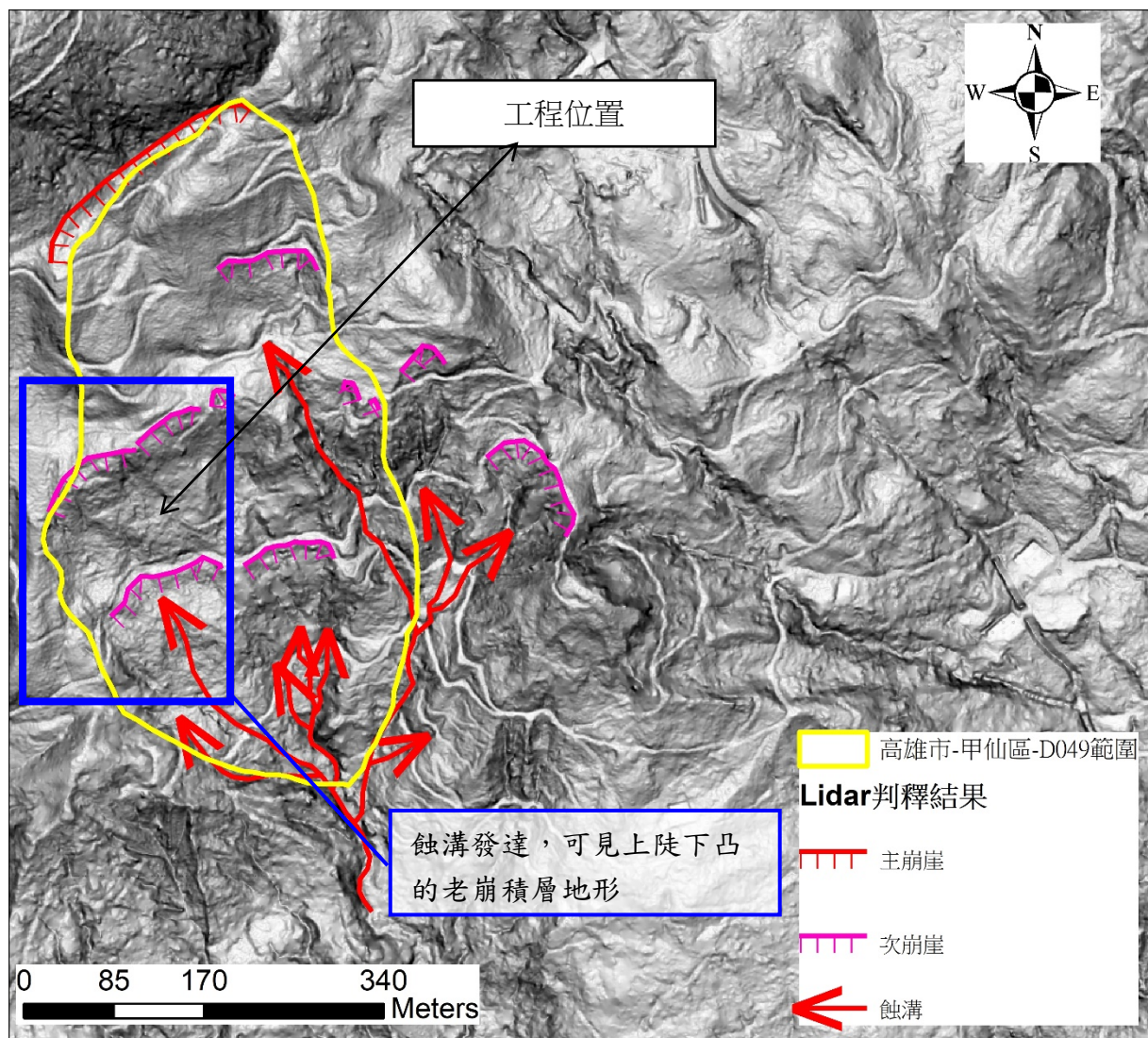


圖 3-36 高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋



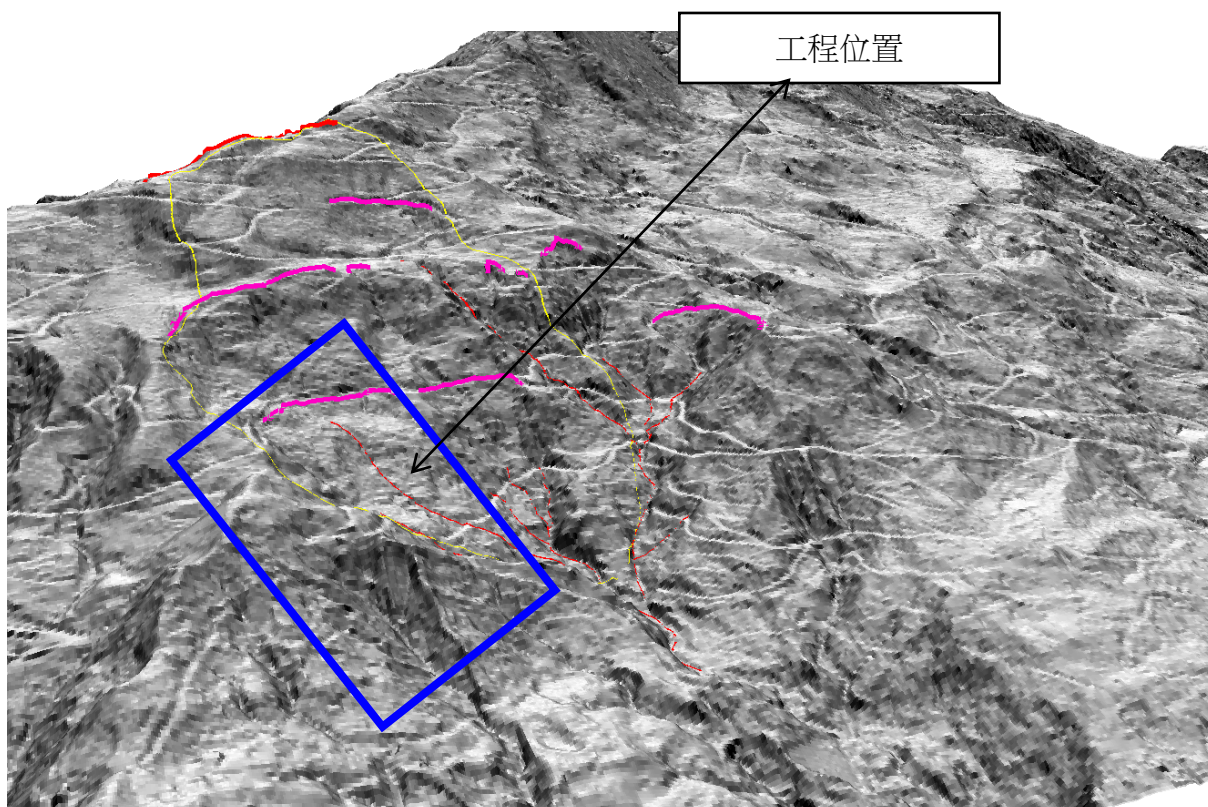
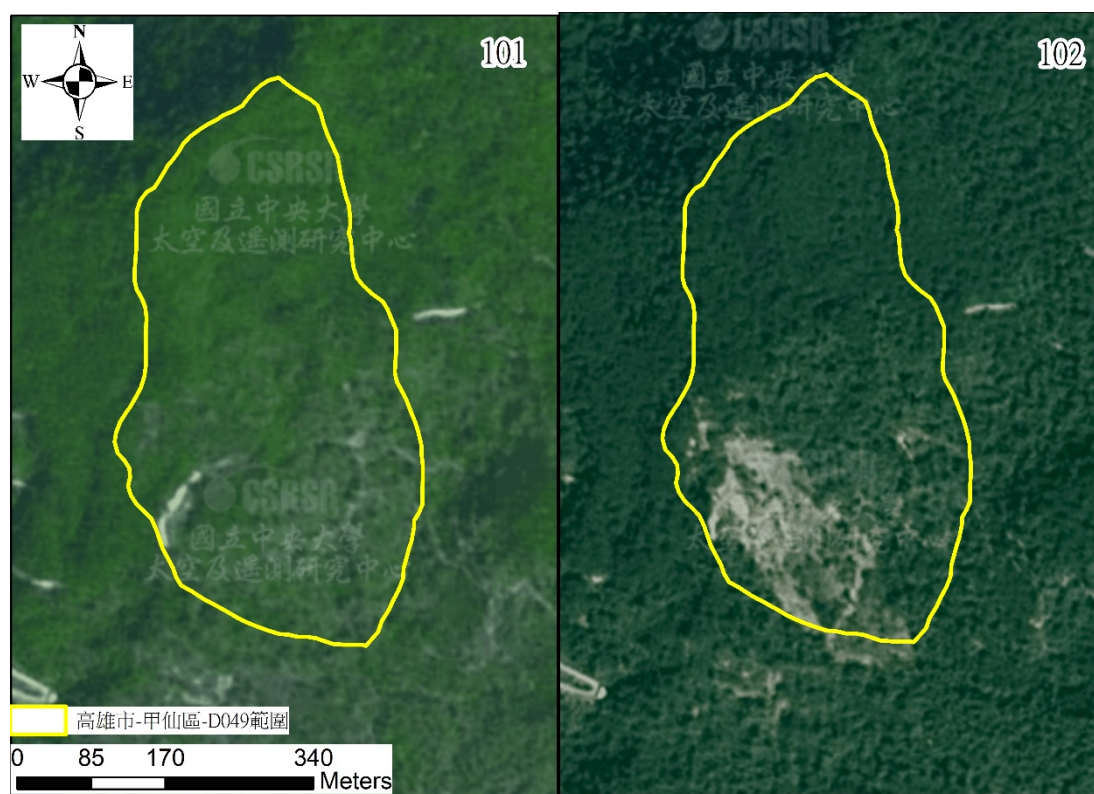


圖 3-37 高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋立體圖



資料來源:中央大學太遙中心

圖 3-38 高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 101 及 102 年 SPOT 影像



### (一)局部、漸進式崩塌

葡萄田崩塌地自完工後(107/10/29)未曾經歷過大豪雨事件，依林管處自填之成果及本團隊於 108 年 3 月 11 日之空拍影像顯示，現況植生良好(圖 3-39)。由圖 3-36 藍框區域 LiDAR 特徵判釋及 101 至 102 蝕溝上溯引致之崩塌顯示，該蝕溝上溯仍發達，該工程應可達到抑制大規模崩塌區內右側(西側)蝕溝發育及穩定其集水區坡面。

### (二)一次性大規模崩塌

由 LiDAR 地形圖可見該區域主要為老崩積層覆蓋，後續應注意蝕溝是否繼續下切、上溯，影響崩積層穩定性。目前沒有大規模崩塌活動的跡象。

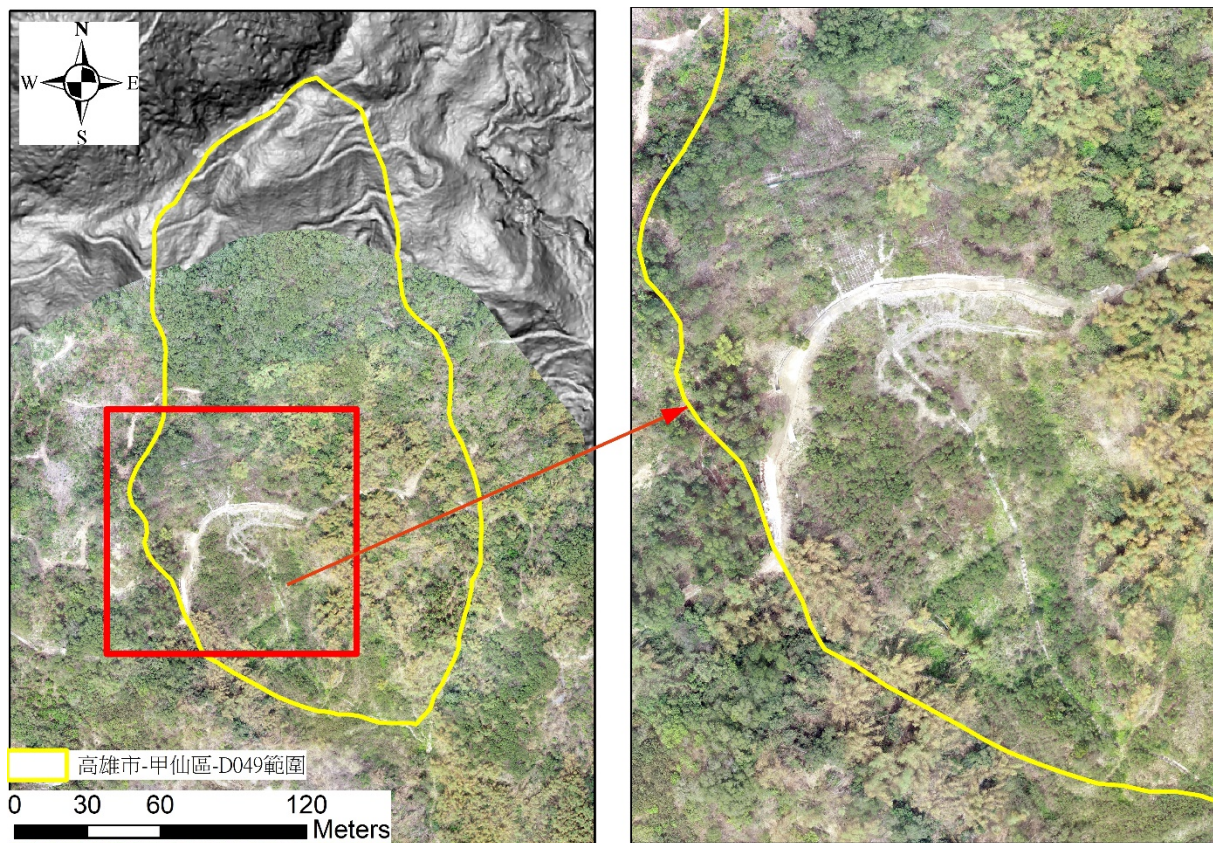


圖 3-39 高雄市-甲仙區-D049 大規模崩塌潛勢區 1080313 UAV 影像

## 九、富源溪崩塌地處理工程

富源溪崩塌地位於花蓮縣萬榮鄉，為花蓮縣-萬榮鄉-D461 大規模崩塌潛勢區。圖 3-40 及圖 3-41 LiDAR 判釋可見，潛勢區內有主要有兩



條蝕溝發育，崩塌類型為蝕溝上溯引致之崩塌。下邊坡受河岸侵蝕，使得下邊坡有局部、小規模之崩塌。附錄三表 34 至表 36 為花蓮林管處填寫之基本資料及工程現況表。

花蓮林區管理處於 107 年辦理富源溪上游崩塌監測分析調查規劃案，該案監測位置與工程案一致，位於潛勢區之下邊坡，受蝕溝下切及富源溪河岸侵蝕影響。該區域於 95 年即已裸露，由監測結果顯示該區域之地滑約在 5.5~8.5 m 之間。

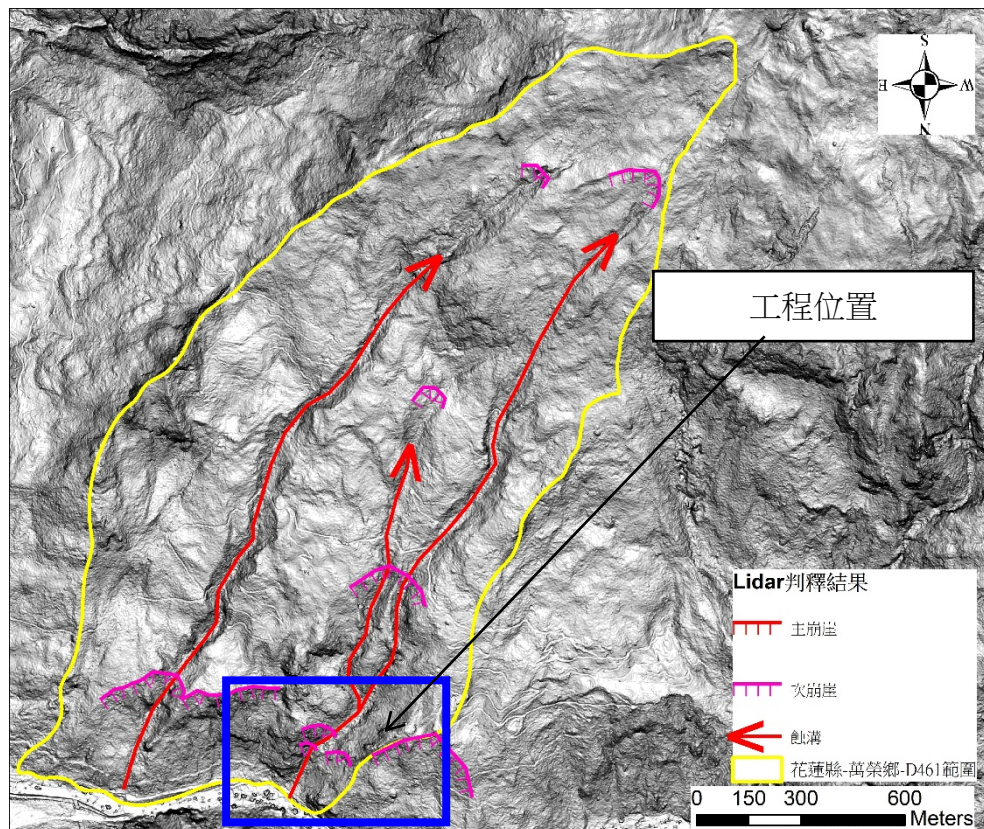


圖 3-40 花蓮縣-萬榮鄉-D461 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋

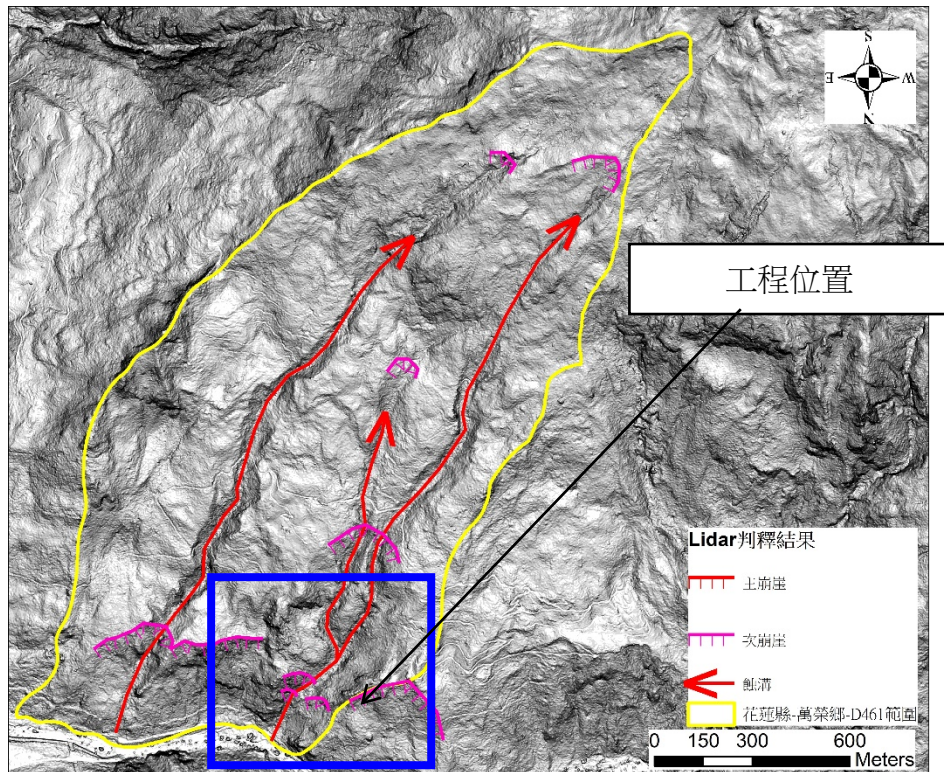


圖 3-41 花蓮縣-萬榮鄉-D461 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋立體圖

#### (一)局部、漸進式崩塌

富源溪崩塌地處理工程現場空拍如圖 3-42，自完工後(107/6/8)未曾經歷過大豪雨事件，依林管處自填之成果、107 年監測報告及本團隊於 108 年 3 月 28 日之空拍影像顯示，由工程開始至完成後植生已逐漸增加(圖 3-43)。由圖 3-40 藍框區域 LiDAR 特徵判釋顯示，下邊坡主要受蝕溝下切及富源溪河岸侵蝕影響，該以輕度治理柔減少不穩定坡面過度擾動，以柔性植生袋排水系統，控制坡面地表逕流與底土滲流淘刷，以階狀坡面、緩衝林與防落石柵，形成多重落石防護措施。107 年富源溪上游崩塌監測分析調查規劃案監測結果顯示，“工區之地滑現象集中於地表下 5.5~8.5 m 之間，而深度 17.5~25.0 m 間並未發現深層滑動現象；此外，滑動面之常時位移速率降至 0.95 mm/日以下，滑動面內之地下水位升降控制於 1.2 m 內，且棧橋結構穩定無變化”。本工程應可達到抑制局部崩塌之功能，須注意坡面是否有不穩定大岩塊崩落。

#### (二)一次性大規模崩塌

由 LiDAR 地形圖可見該區域屬於蝕溝沖蝕型，主要破壞類型

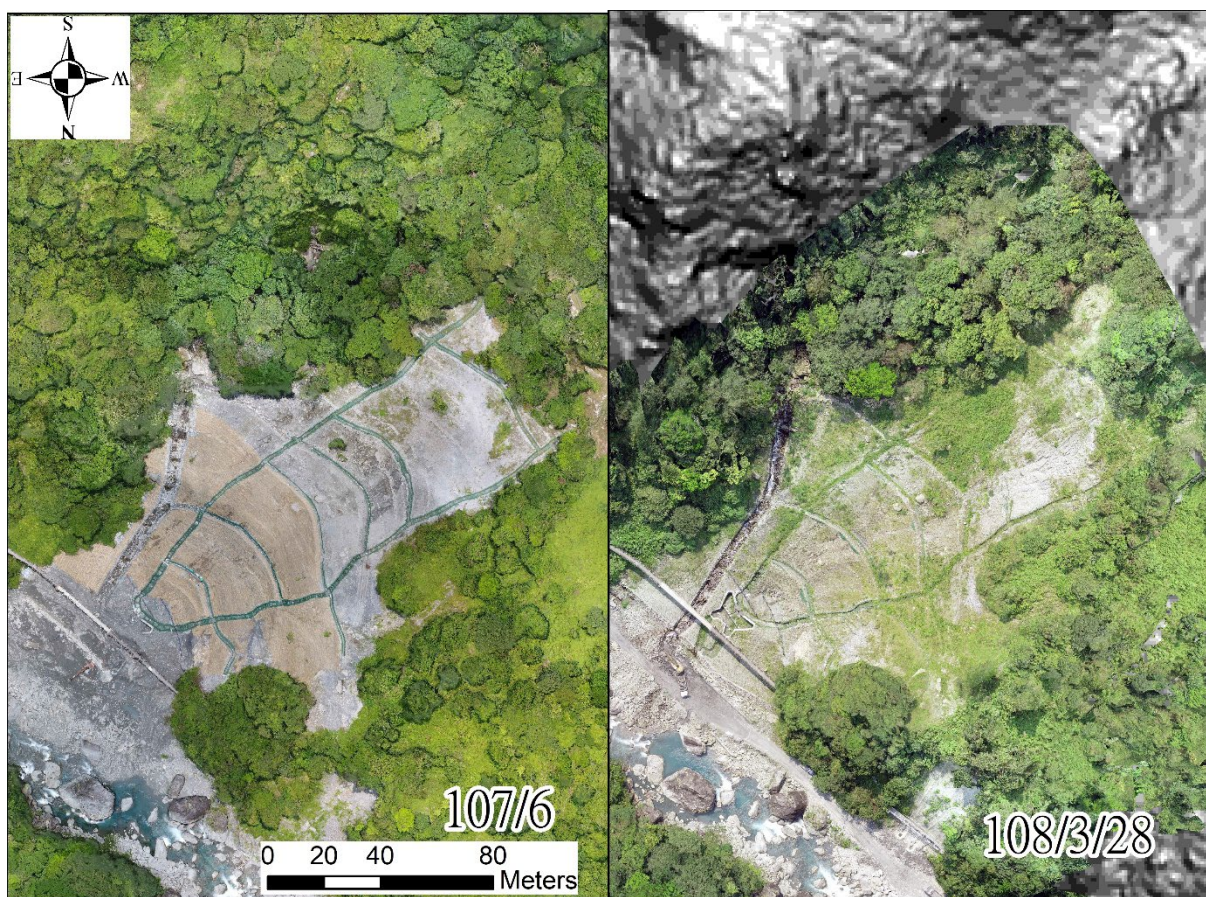


為蝕溝上溯引致之崩塌。前述報告進行圖 3-40 藍框區域的邊坡穩定分析，由結果顯示，藍框區域常時安全係數雖接近臨界狀態，汛期安全係數略低於 1，但考量前期治理工程完工後，地下水位升降幅度與傾斜管變位速度均有明顯下降，且坡面植生復育狀態尚可，目前沒有一次式大規模崩塌活動的跡象。



圖 3-42 富源崩塌地處理工程完工後照片(108.3.28)





資料來源：(左)107 年富源溪上游崩塌監測分析調查規劃案(右)本團隊拍攝

**圖 3-43 富源崩塌地處理工程 107 及 108 年正射影像**

#### 十、知本森林遊樂區步道邊坡崩塌整治工程

知本森林遊樂區步道邊坡崩塌位於臺東縣卑南鄉，為臺東縣-卑南鄉-D221 大規模崩塌潛勢區。圖 3-44 LiDAR 判釋可見，潛勢區可見舊崩塌地形，上邊坡可見主崩崖，堆積區內主要有四條蝕溝發育，編號 4 蝕溝有逐漸往上邊坡溯源。本次工程位置為遊樂區榕蔭步道位置，由 LiDAR 判釋結果可見崩崖多位於道路下邊坡，沿著之字形步道往上發育，工程位於下邊坡第一個之型步道，於坑溝匯流處布設基樁，並於回頭彎處理設透水網管將水流導至蓄水池，裸露之坡面種植植生保護。臺東林管處填寫之基本資料及工程現況表詳見附錄三。



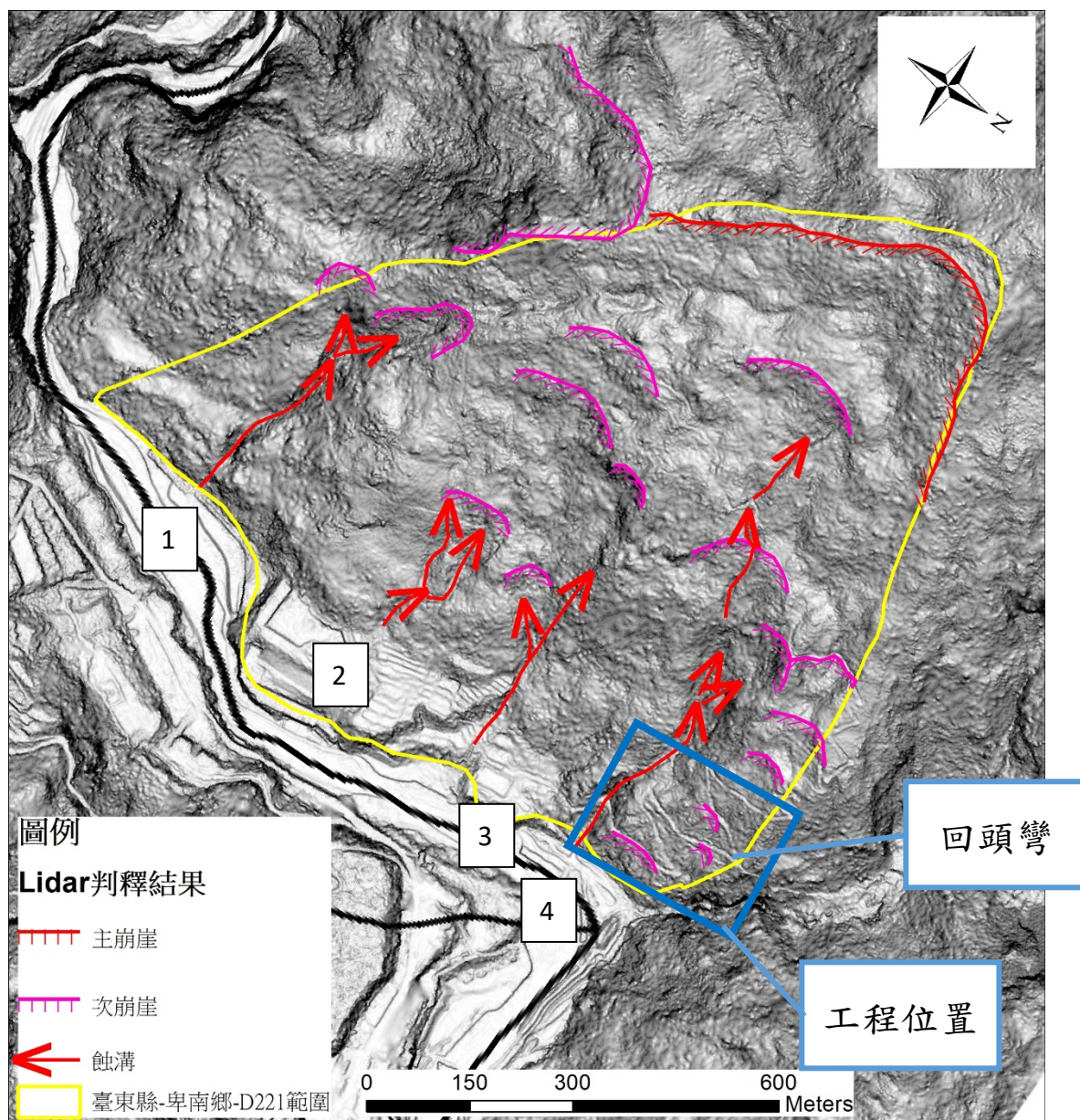
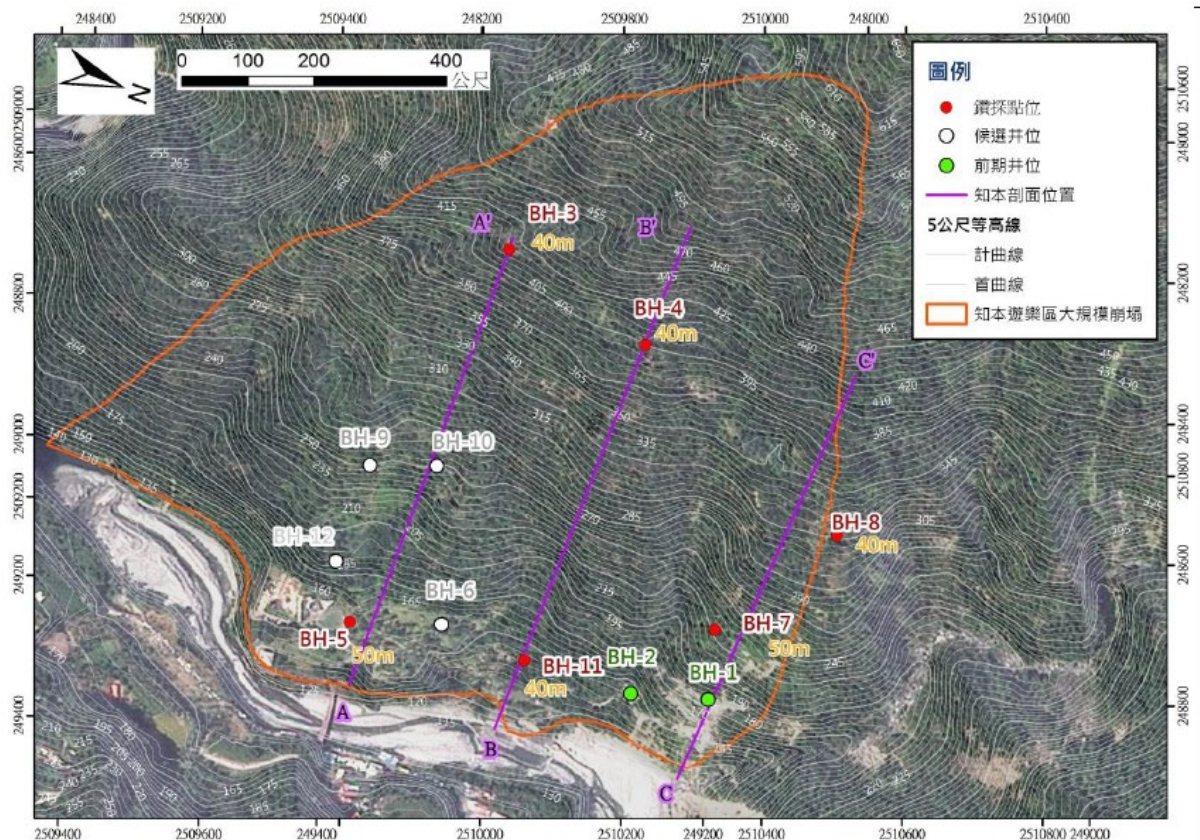


圖 3-44 臺東縣-卑南鄉-D221 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋

臺東林區管理處於 106 至 108 年持續辦理知本森林遊樂崩塌潛勢調查監測計畫，由歷年的地表地質調查、地球物理探查、鑽探及監測成果繪製 3 條剖面圖並進行邊坡穩定分析(圖 3-45)，分別進行平時、地下水位未於地表下 0.5 公尺及水平加速度係數為 0.14 及垂直加速度為 0.09 的地震情境，各剖面計算之結果如表 3-15，三個剖面於地震時安全係數均低於 1，107 年現地傾斜管監測，除 BH1 及 BH2 屬於潛在變動，其餘均無顯著滑動。由 BH1 監測結果顯示(圖 3-46)深部潛在滑動面大約位於地表下 55 至 60 公尺，惟 107 年時因淺層崩移(地表下約 7 公尺)使



該孔被剪斷，雖於 108 年 5 月 17 日修復，但傾斜管滑輪凹槽銜接部分沒有對齊，且觀察到地表下約 7 公尺之淺層滑動面仍然在變動，無法繼續量測。BH2 第一次量測地表位移達 400 mm(107/7/13 至 107/9/7)，報上推斷應受到鄰近工程之影響(該孔當時亦受到重型機具破壞影響)，108 年 6 月 26 日量測結果顯示地表有 39 mm 的地表位移。



摘自:知本森林遊樂區崩塌潛勢調查、監測計畫，107

圖 3-45 知本森林遊樂區鑽探孔位及地質剖面位置

表 3-15 知本森林遊樂區邊坡穩定分析結果

| 狀態 | 最小之安全係數 | 邊坡分析之安全係數     |               |                |
|----|---------|---------------|---------------|----------------|
|    |         | A-A'<br>(好漢坡) | B-B'<br>(生態池) | C-C'<br>(榕蔭步道) |
| 平時 | 1.01    | 1.23          | 1.01          | 1.01           |
| 地震 | 0.72    | 0.85          | 0.72          | 0.74           |
| 暴雨 | 1.01    | 1.23          | 1.01          | 1.01           |

摘自:知本森林遊樂區崩塌潛勢調查、監測計畫(台東處，107)

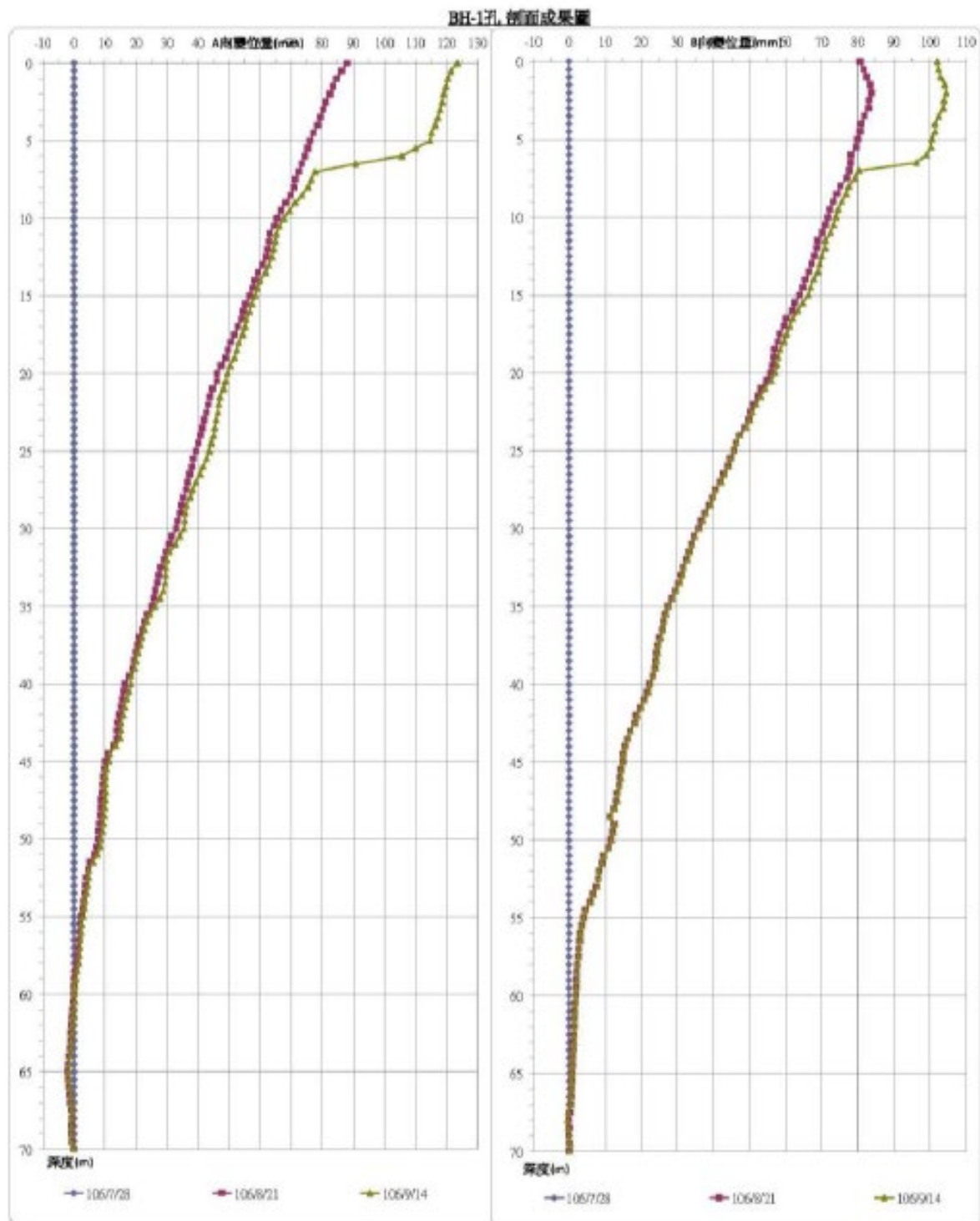


圖 3-46 知本森林遊樂區 BH1 測傾管監測結果(台東處，107)

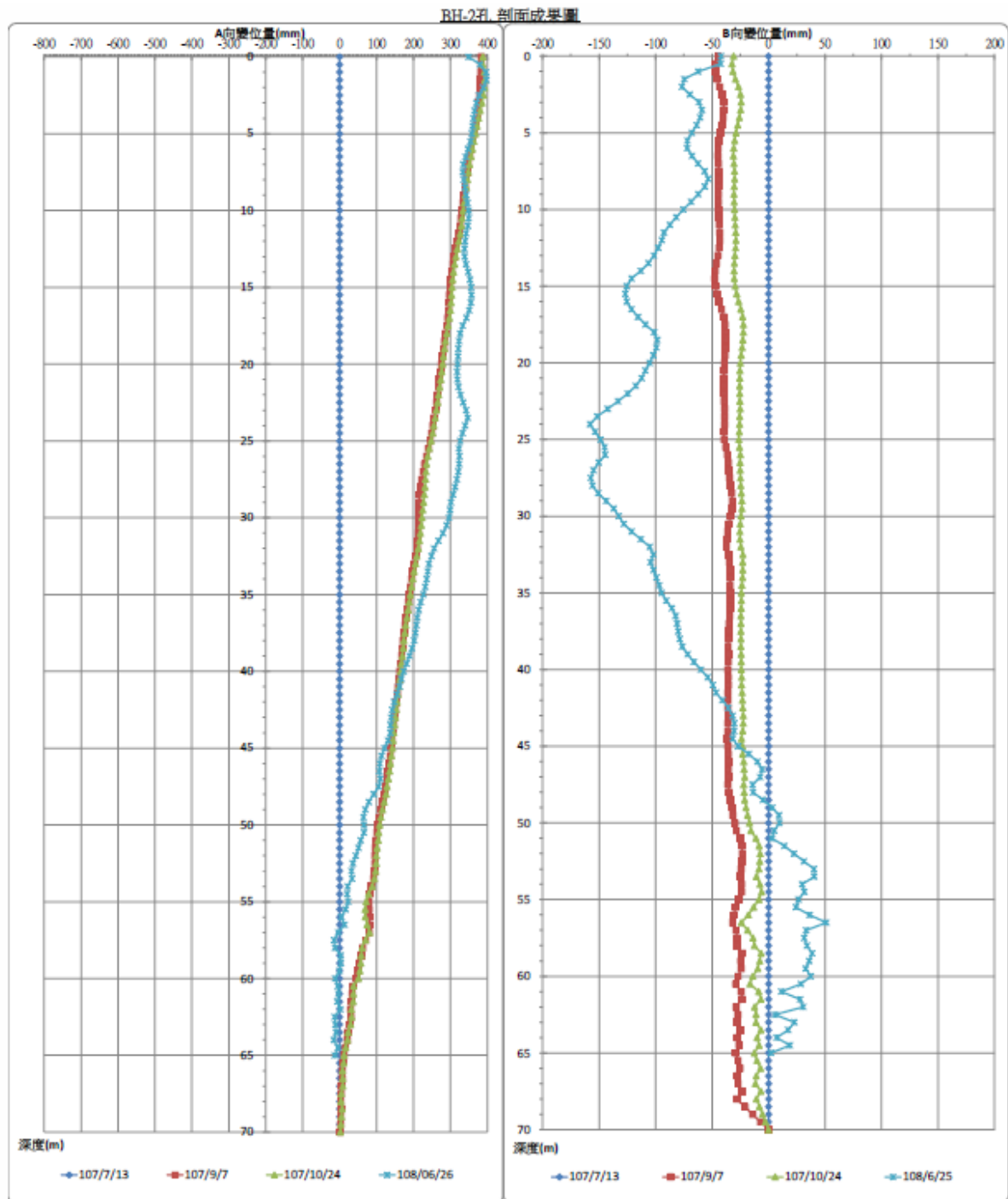


圖 3-47 知本森林遊樂區 BH2 測傾管監測結果(台東處，107)

#### (一)局部、漸進式崩塌

知本森林遊樂區步道邊坡崩塌整治工程自完工(108/4/26)後至填寫自評表(108/8/5)未曾經歷過大豪雨事件，依林管處自填之成果，由工程完成後地表裸露範圍減少，該工程應可達到抑制步道下邊坡之崩塌。108/8/24 白鹿颱風期間，知本雨量站測得之累積雨量約為 379mm(圖



3-48)，本團隊於同年 10/6 前往空拍(圖 3-49)，由圖 3-49 可見蝕溝及編柵上有土砂堆積，工程有效攔阻土砂。

惟比較 107 年 10 月 24 日與 108 年 6 月 26 日測傾管監測數據顯示此區間有 39 mm 的地表位移，因此區間涵蓋工程施工期間，是否為施工之影響仍需持續監測。

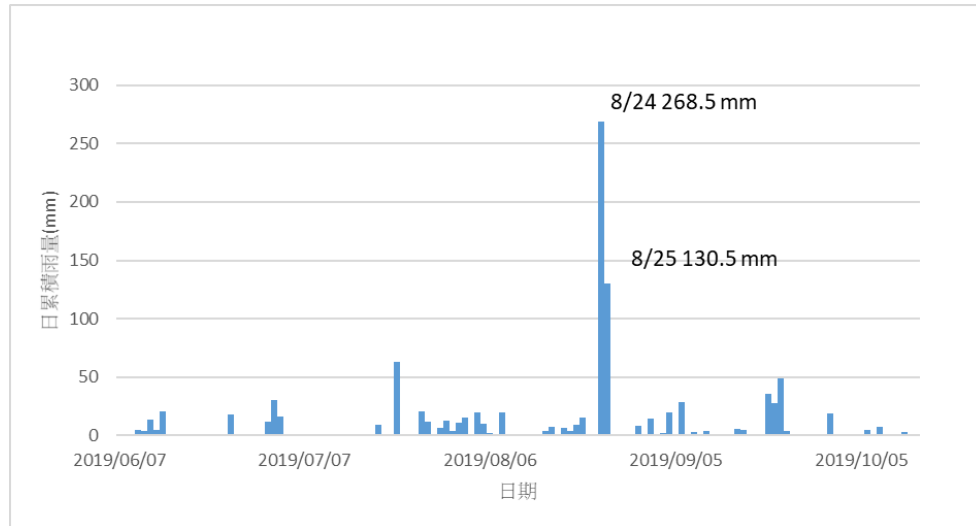


圖 3-48 知本雨量站 6/7 至 10/5 日累積雨量分布圖



圖 3-49 知本遊樂區步道白鹿颱風後現勘狀況(108.10.6)

## (二) 一次性大規模崩塌

由 LiDAR 地形圖可見該區域具局部活動性，崩積層內蝕溝可能下切、上溯。由目前邊坡穩定分析結果顯示，該區域於地震情境下邊坡屬於不穩定，可能會有圓弧滑動，由現有監測結果顯示，目前除榕蔭步道 (BH1 及 BH2) 有潛在變動，其餘均無顯著滑動。

### 十一、 巒大事業區國有林崩塌地整治工程

巒大事業區國有林崩塌地整治工程位於南投縣水里鄉，由圖 3-50 及圖 3-51 LiDAR 判釋可見，整治工程上游可見蝕溝發育，且源頭位於稜線，圖 3-52 之 2018 年 SPOT 影像可見，治理方式於河道施作護岸及固床工用以控制河道坡降，治理工程下游已設置多階固床工至水里溪匯流處。附錄三表 39 至表 41 為南投林管處填寫之基本資料及工程現況表。

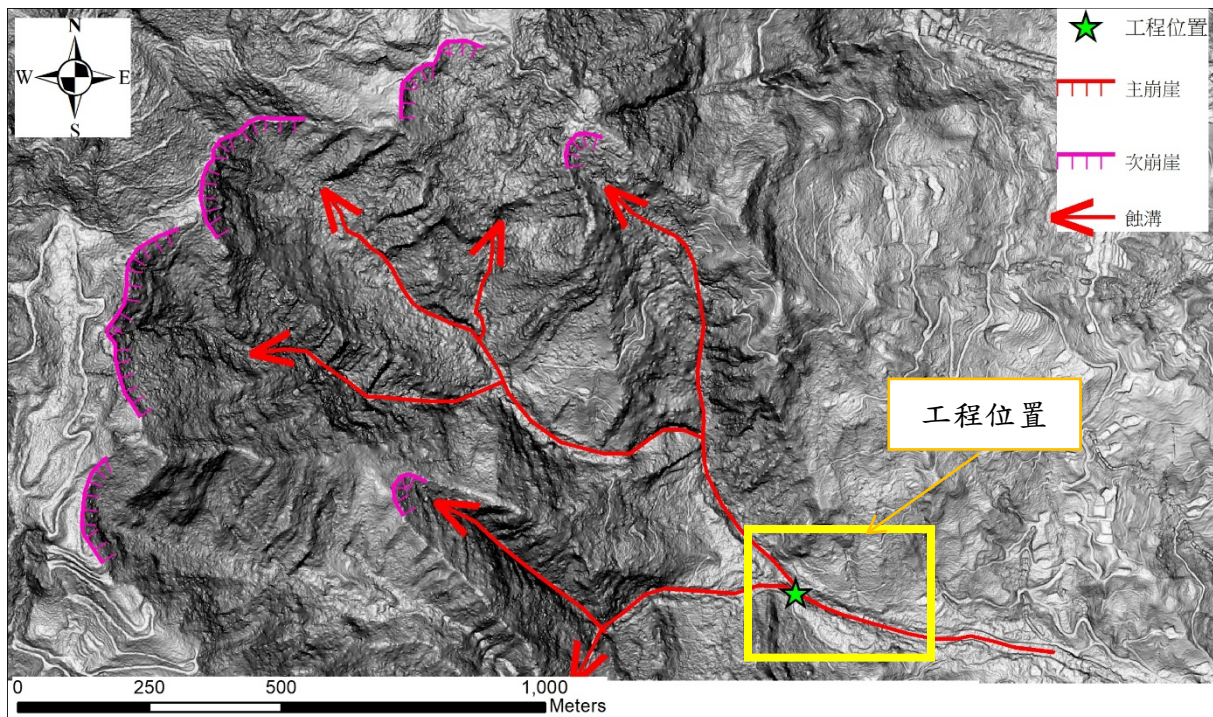


圖 3-50 巒大事業區國有林崩塌地整治工程 LiDAR 判釋



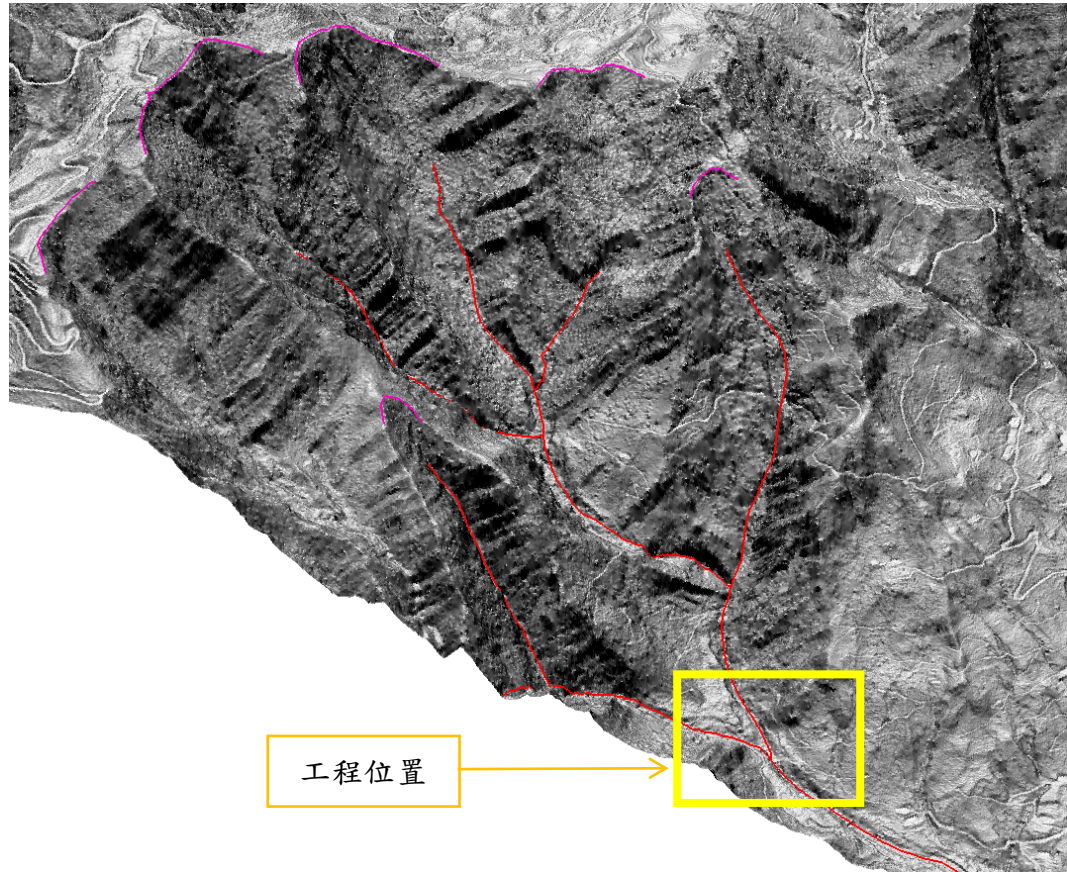
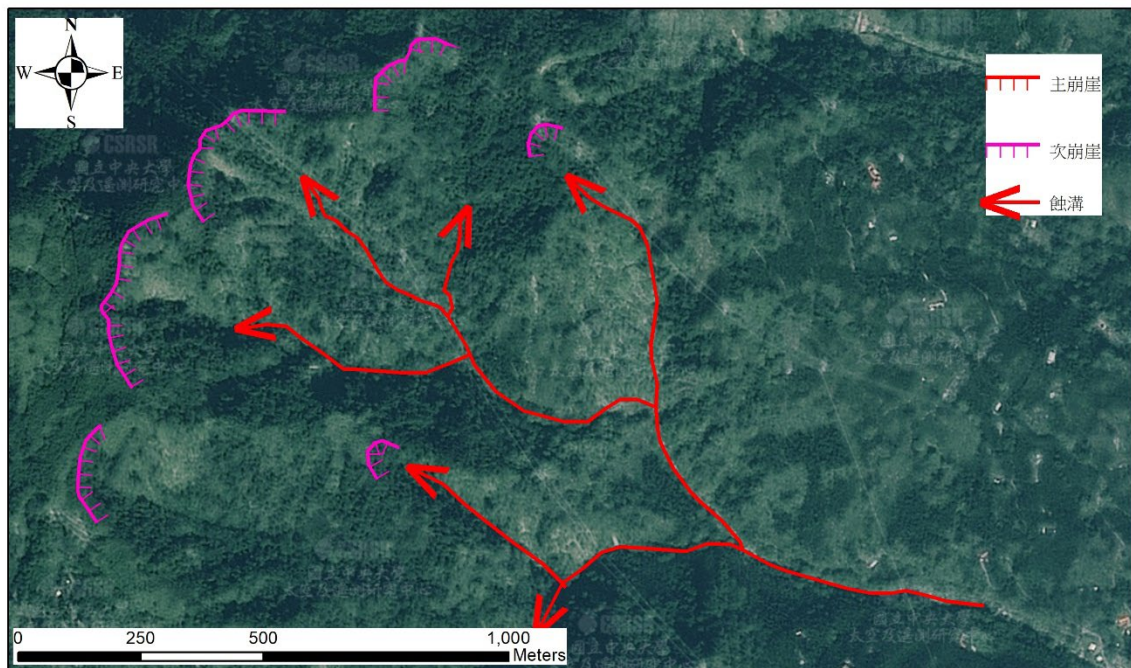


圖 3-51 巒大事業區國有林崩塌地整治工程 LiDAR 判釋立體圖



資料來源:中央大學太遙中心

圖 3-52 巒大事業區國有林崩塌地整治工程 LiDAR 判釋套疊 2018 影像



### (一)局部、漸進式崩塌

巒大事業區國有林崩塌地整治工程(108/8/29)未曾經歷過大豪雨事件，依林管處自填之成果顯示，現況左右岸植生良好(圖 3-53)。由圖 3-50 及圖 3-52 LiDAR 特徵及 107 年 SPOT 影像顯示，該集水區植生良好，該工程應可達到調整河道坡降避免側刷之功用。

### (二)一次性大規模崩塌

由 LiDAR DEM 可見該區域主要為蝕溝上溯發育造成之崩塌，後續應注意蝕溝是否繼續下切、上溯，影響崩積層穩定性。目前沒有大規模崩塌活動的跡象。。



摘自南投處工程成效表，108/10/15

圖 3-53 巒大事業區國有林崩塌地整治工程現況圖

## 十二、秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程

秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程位於花蓮縣卓溪鄉，其上游為花蓮縣-卓溪鄉-D708 大規模崩塌潛勢區。由圖 3-54LiDAR 判釋可見，潛勢區主要為蝕溝上溯發育造成之崩塌，治理方式於河道施作潛壩、護岸、護坦及固床工用以控制河道坡降，並抑制河道南側崩塌。附錄三表 45 至表 47 為花蓮林管處填寫之基本資料及工程現況表。



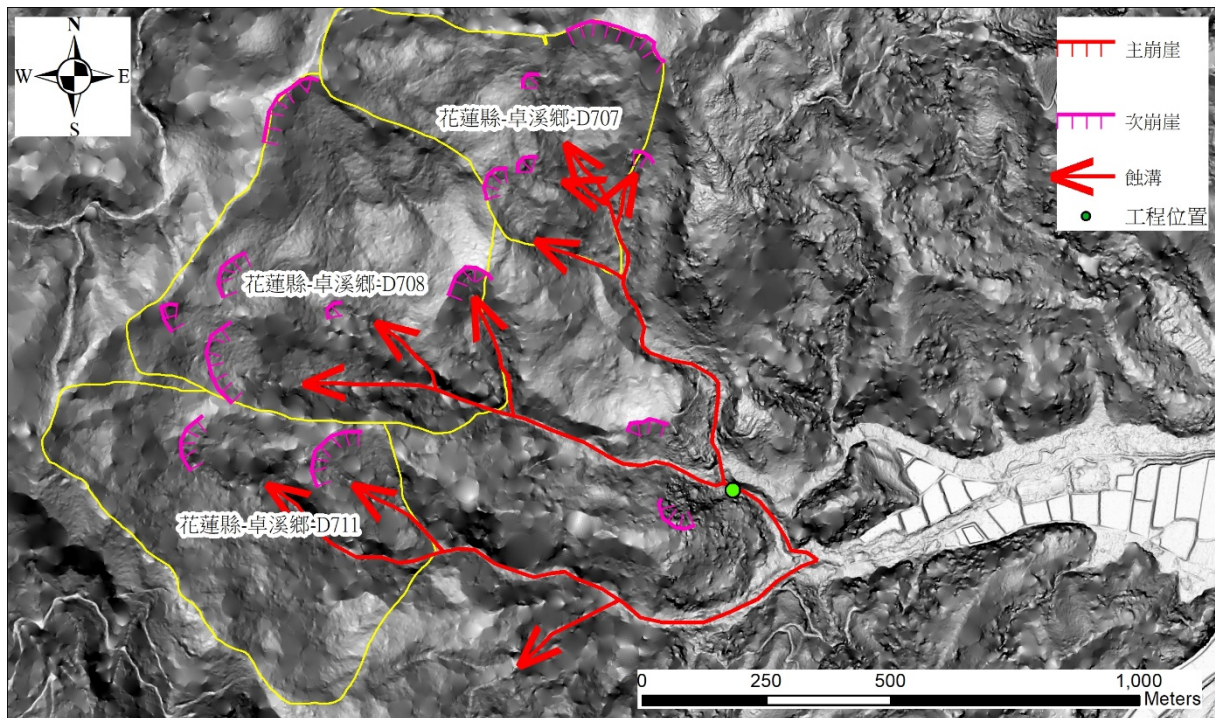


圖 3-54 花蓮縣-卓溪鄉-D708 大規模崩塌潛勢區 LiDAR 判釋

#### (一)局部、漸進式崩塌

秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程自完工後(108/6/20)歷經 108 年 8 月 20 日白鹿颱風降下累積雨量 500 mm 以上之大豪雨，依林管處自填之成果及本團隊於 108 年 10 月 7 日之空拍影像顯示，工程上游集水區現況植生良好(圖 3-55)。潛壩及固床上少量土砂堆積(<25%)，顯示工程達到穩定河道坡降。

#### (二)一次性大規模崩塌

由 LiDAR 地形圖可見該區域主要為蝕溝上溯發育造成之崩塌，後續應注意蝕溝是否繼續下切、上溯，影響崩積層穩定性。目前沒有大規模崩塌活動的跡象。





圖 3-55 秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程白鹿颱風後整體邊坡現況(108.10.7)

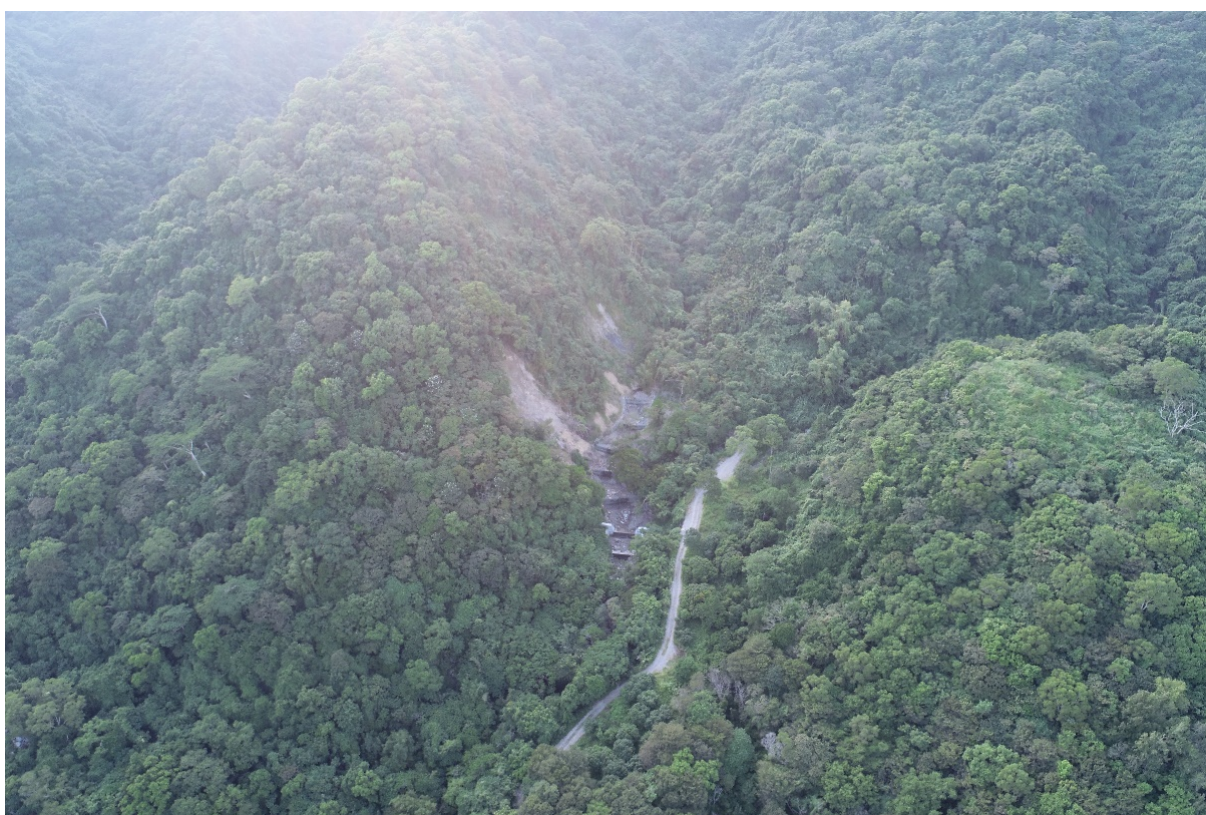


圖 3-56 秀姑巒 63 林班邊坡穩定工程白鹿颱風後工程現況(108.10.7)

## 肆、高雄市-六龜區-D015 潛勢區監測分析與 減災策略檢討

本工作由現況補充調查、監測分析結果、UAV 空拍結果，檢討高雄市-六龜區-D015 活動性與減災策略，並挑選嘉義縣-阿里山鄉-D187、高雄市-甲仙區-D044、高雄市-甲仙區-D047 大規模崩塌潛勢區檢討以降雨量做為管理基準值之適用性。由本計畫前期(105,106)致災風險評估結果可知，高雄市-六龜區-D015 潛在大規模崩塌致災風險為暴雨或地震可能引致高 133 線上邊坡崩積層沿岩土界面滑動。根據數值運移模擬結果，若為一次式大規模崩塌，崩塌量體將造成崩塌潛勢區內高 133 線損毀、道路下邊坡的河階地及荖濃溪左岸將堆積厚達 50 m 的崩積物。歷年邊坡破壞事件記錄顯示本區活動性高，暴雨時常造成邊坡崩塌、蝕溝溯源侵蝕、蝕溝下切側壁崩滑等現象，因此本計畫 (107~108)持續監測本區邊坡活動性，並依照監測分析結果檢討減災策略。

105-106 計畫利用歷史崩塌災害與降雨量之關係做為六龜區-D015 管理基準值之建議，但不同大規模崩塌潛勢區之地形與地質條件及可能滑動機制等各不相同。因此，本計畫進行嘉義縣-阿里山鄉-D187 及高雄市-甲仙區-D044、D047 兩處大規模崩塌潛勢區案例分析，制定降雨警戒值並與六龜區-D015 綜合探討其適用性。以下為本工作初步結果。

### 4-1 現況補充調查、持續監測、檢討活動性

前期計畫已於六龜區-D015 埋設 4 處傾斜觀測管、1 處 TDR 變形量測電纜線及 4 處水位井，每一處水位井在兩個不同深度分層封堵，裝設自記式水位計與非自記式水位計。監測儀器配置如表 4-1、位置如圖 4-1 所示。本區可能一次式大規模崩塌機制為崩積層內滑動或沿岩土界面滑動。

#### 4-1.1 傾斜觀測管

106 年 1 月至 108 年 8 月傾斜觀測管監測結果如圖 4-2~圖 4-5 所示，本計畫使用 Geokon GK604D 數位傾斜儀進行量測，系統精度(system accuracy)為 $\pm 3 \text{ mm}/30 \text{ m}$ 。由於 D015 於莫拉克風災時坑溝上溯、下切、擴寬，造成潛勢區內道路、步道大部分中斷，105-106 年進行鑽探時



無法於可能破壞機制範圍內裝設監測儀器，因此，綜合 4 孔傾斜觀測管監測結果，目前皆未觀察到明顯滑動面，建議未來於可能滑動區內進行鑽探及裝設監測儀器。各孔監測結果說明如下：

BH01 埋設深度 42 m，A 方向、B 方向地表累積變位量在 $\pm 3$  mm 之間擺盪，於量測誤差範圍內，地表與孔內皆無明顯變位。TDR 量測結果亦無明顯滑動面。

BH02 埋設深度 40 m，A 方向、B 方向地表累積變位量在 $\pm 4$  mm 之間擺盪，於誤差範圍內，地表與地中皆無明顯變位。

BH03 埋設深度為 45.5 m，由圖 4-4 顯示該孔亦無明顯滑動面。雖然 A 方向、B 方向地表累積變位量在 0~10 mm，但變位曲線隨時間擺盪。圖中亦顯示該側傾管於深度 12 m、20 m 各有一處不合理的凸出變形，檢視鑽探地質記錄及傾斜觀測管施工記錄後發現，該深度岩層較為破碎、且傾斜觀測管施工完成後回填灌漿時嚴重漏漿，研判傾斜觀測管於該深度可能沒有與岩盤完全固結、形成空洞，造成該深度局部凸出變形。此外該孔孔口曾遭當地民眾整地時受機具輾壓下陷，可能也是造成測傾管不規則變形原因之一。雖然由圖 4-6 LiDAR 坡度分佈圖可知傾斜觀測管 A+、B+方向分別朝向兩處蝕溝，其變位量可反映局部地形效應之活動性，但該二孔洞的存在應為影響變位曲線的最大原因

BH07 埋設深度 54.5 m，A 方向、B 方向地表累積變位量在 $\pm 5$  mm 之間擺盪，於誤差範圍內。整體而言，BH07 於監測時間內地表與地中皆無明顯變位。BH07 於深度 43.5 m 有一處不合理的凸出變形，檢討鑽探地質記錄及傾斜觀測管施工記錄後發現，該深度岩層較為破碎，研判傾斜觀測管於該深度可能沒有與岩盤完全固結、形成空洞，造成該深度局部凸出變形。

綜合以上，由 106~108 年測傾管監測結果顯示，目前 D105 監測範圍內尚未觀察到可能的滑動面位置。



#### 4-1.2 水位觀測井

前期計畫於 BH04、BH05、BH06、BH08 四處埋設水位井，每一處水位井在兩個不同深度分層封堵，裝設自計式水位計與非自計式水位計，開篩段位置如表 4-1、位置如圖 4-1 所示。圖 4-7~圖 4-9 為 106 年 1 月至 108 年 8 月水位觀測結果與鄰近雨量站之關係，106 年採用中央氣象局新發雨量站觀測資料，107 年採用六龜區-D015 簡易監測站雨量資料，108 年採用中央氣象局新發雨量站觀測資料，以下討論降雨與局部地形效應對崩積層或岩層內水位(水壓)升降的影響。

BH04 於 106 年 8 月量測時發現孔口遭當地民眾整地、破壞至無法修復的狀態，停止量測。BH05 位於蝕溝、BH06 位於邊坡凹陷處，兩孔都是位於地勢相對較低處，觀測結果顯示水位變化受降雨影響很大。BH05 自計式水位計封堵於風化硬頁岩較破碎處，比較自計式水位計與非自計式水位計的水位變化以及鑽探地質記錄，可知風化岩層內水壓並非完全連通。

BH05 自計式水位計枯水期時水壓約為水位計裝設位置(-43 m)，107 年 0619 豪雨(簡易監測站累積雨量 293 mm)，水壓上升至-33.7 m；0702 豪雨(簡易監測站累積雨量 157 mm)，水壓上升至-29 m，此時非自計式水位計水壓-10.2 m；0823 超大豪雨(簡易監測站累積雨量 669 mm)，水壓上升至-25 m，此時非自計式水位計水壓-10.1 m。至 107 年 10 月 22 日水壓下降至-34.5 m，此時非自計式水位計水壓-10.3 m。兩個月後 BH05 水壓仍未消散至常時水壓。顯示該區風化岩層側向水力傳導性佳。

BH06 自計式水位計裝設於相對新鮮的硬頁岩層，水壓變化同樣受降雨影響，枯水期時水壓低於水位計裝設位置(-30 m)，107 年 0619 豪雨(簡易監測站累積雨量 293 mm)，水壓上升至-23.3 m；0702 豪雨(簡易監測站累積雨量 157 mm)，水壓上升至-23.8 m；0823 超大豪雨(簡易監測站累積雨量 669 mm)，水壓上升至-20.4 m。因為 BH06 在高 133 道路旁、靠近邊坡外側、所以水壓消散較快，至 10 月 22 日水壓已低於水位計。BH08 自計式水位計裝設於風化硬頁岩與崩積層，水壓/水位也會隨著降雨變化，但沒有像 BH05、BH06 那麼明顯。

綜合以上資料，本區降雨與地下水位/壓關係受到地形(如鄰近蝕溝)與地質條件影響，崩積層或風化、破碎岩層的地下水位/壓在暴雨時會有不同的行為。在比較淺、表層的地下水的反應比較快，但上升幅度比較低，可能因為崩積層的滲透係數較高。在比較深的風化、破碎岩層，若為蝕溝附近受到側向補注的影響，變成受壓水層，其水壓上升的幅度就會相當大，且降雨結束後水壓消散時間較久。若未完全掌握地質模式、可能破壞類型、地下水流動等，甚難以地下水位/水壓建立安全警戒值。

**表 4-1 鑽探孔位埋設監測設備表**

| 孔號   | 鑽孔深度(m) | 埋設設備   | 備註                                                                                      |
|------|---------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| BH01 | 42      | 傾斜觀測管  | 監測時間 106/1/22~108/10/29。                                                                |
| TDR1 | 42      | TDR 纜線 | 埋設於 BH01 旁，監測大變形量使用。                                                                    |
| BH02 | 40      | 傾斜觀測管  | 監測時間 106/1/15~108/10/29。                                                                |
| BH03 | 45.5    | 傾斜觀測管  | 監測時間 106/3/7~108/10/29。                                                                 |
| BH04 | 36      | 水位計    | 非自記式水位計-18.65~-19.35 m<br>非自記式水位計-28~-28.7 m<br>[logging: -11~-19m 風化硬頁岩, -19~-36m 硬頁岩] |
| BH05 | 50      | 水位計    | 自記式水位計-44.35~-44.85m<br>非自記式水位計-13.55~14.1m<br>[logging: -7~-50m 風化硬頁岩層]                |
| BH06 | 42      | 水位計    | 自記式水位計-30~-31 m<br>非自記式水位計-18.8~-19.3 m<br>[logging: -1~8m 風化硬頁岩層, -8~-43 硬頁岩層]         |
| BH07 | 54.5    | 傾斜觀測管  | 監測時間 106/3/7~108/10/29。                                                                 |
| BH08 | 71      | 水位計    | 自記式水位計-68.6~69.2m<br>非自記式水位計-37~-37.55m<br>[logging: 0~47m 崩積層, -47~-71m 風化硬頁岩層]        |

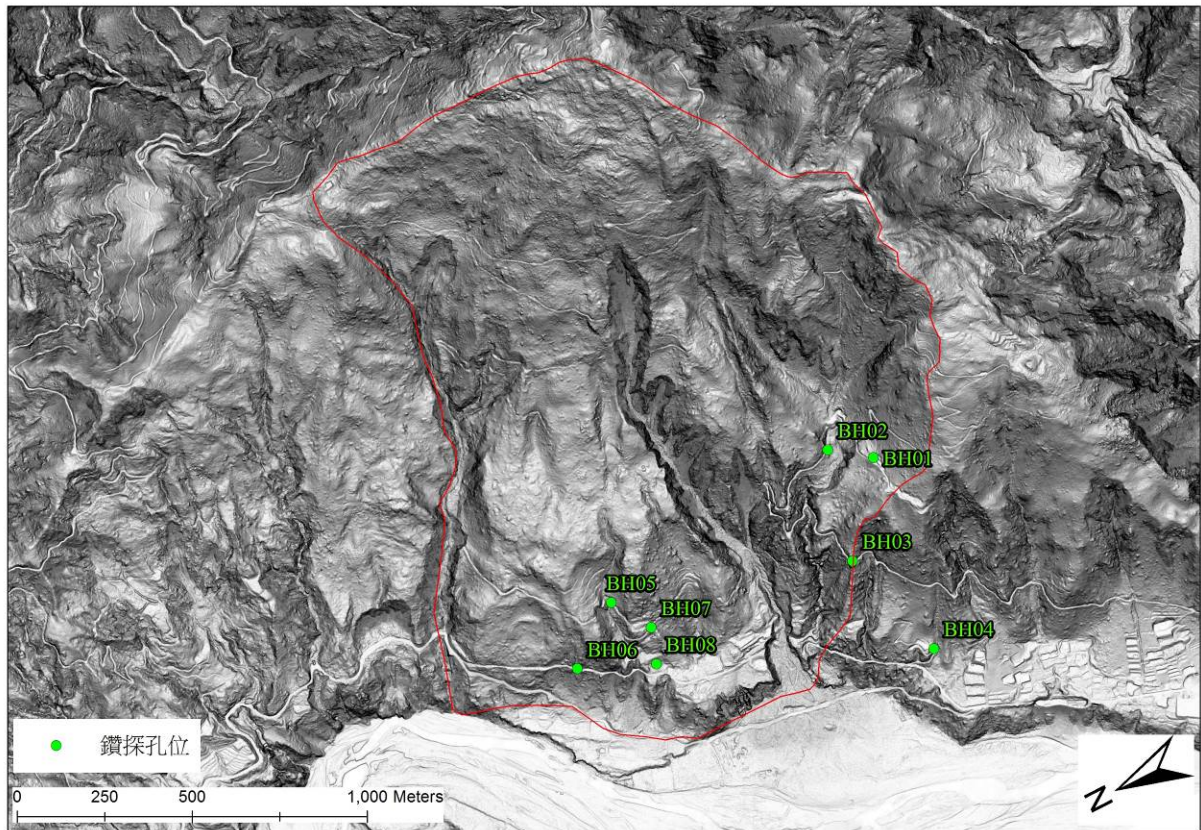


圖 4-1 六龜區-D015 鑽孔位置圖



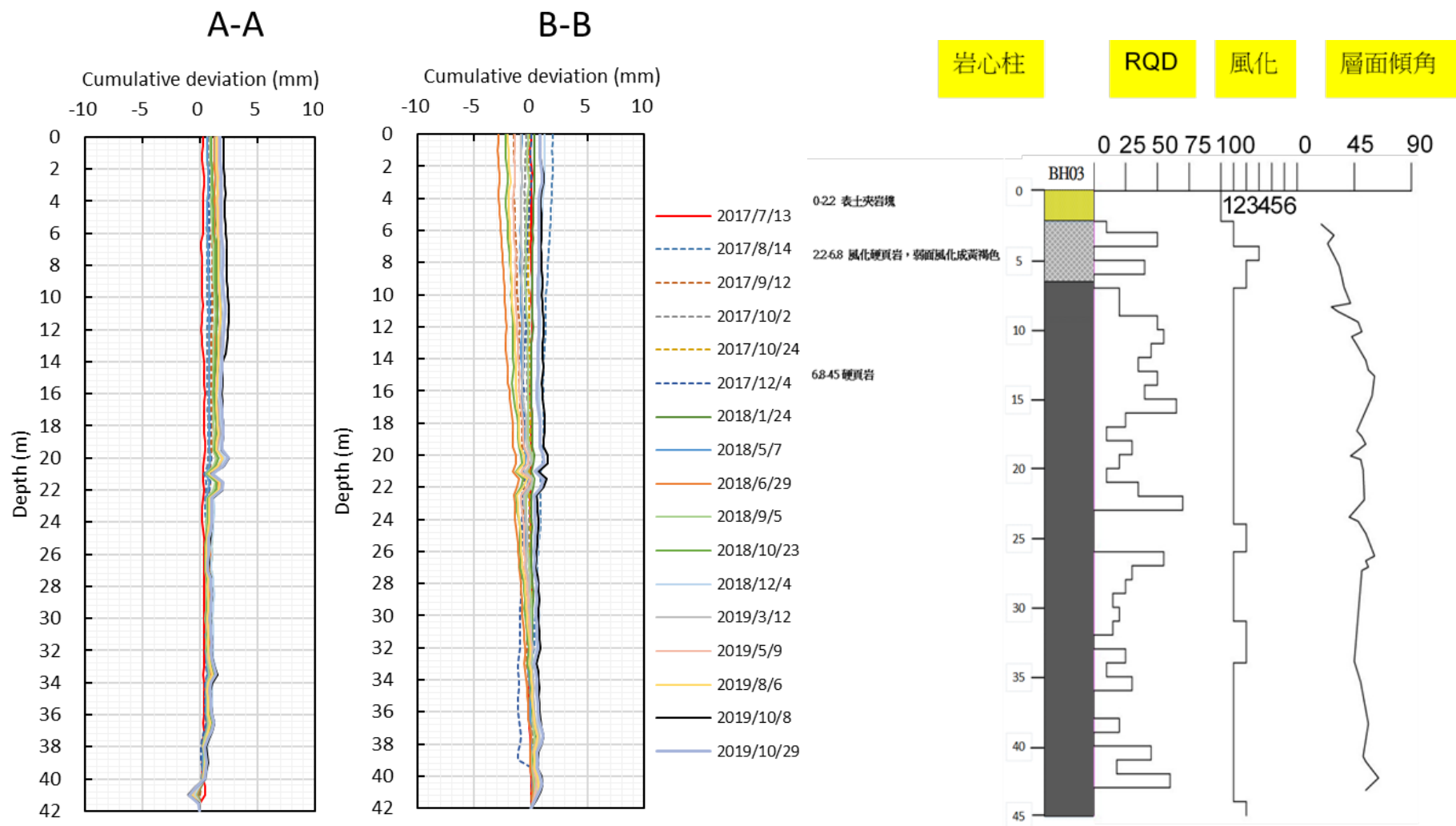


圖 4-2 六龜區-D015 BH01 傾斜觀測管量測結果圖

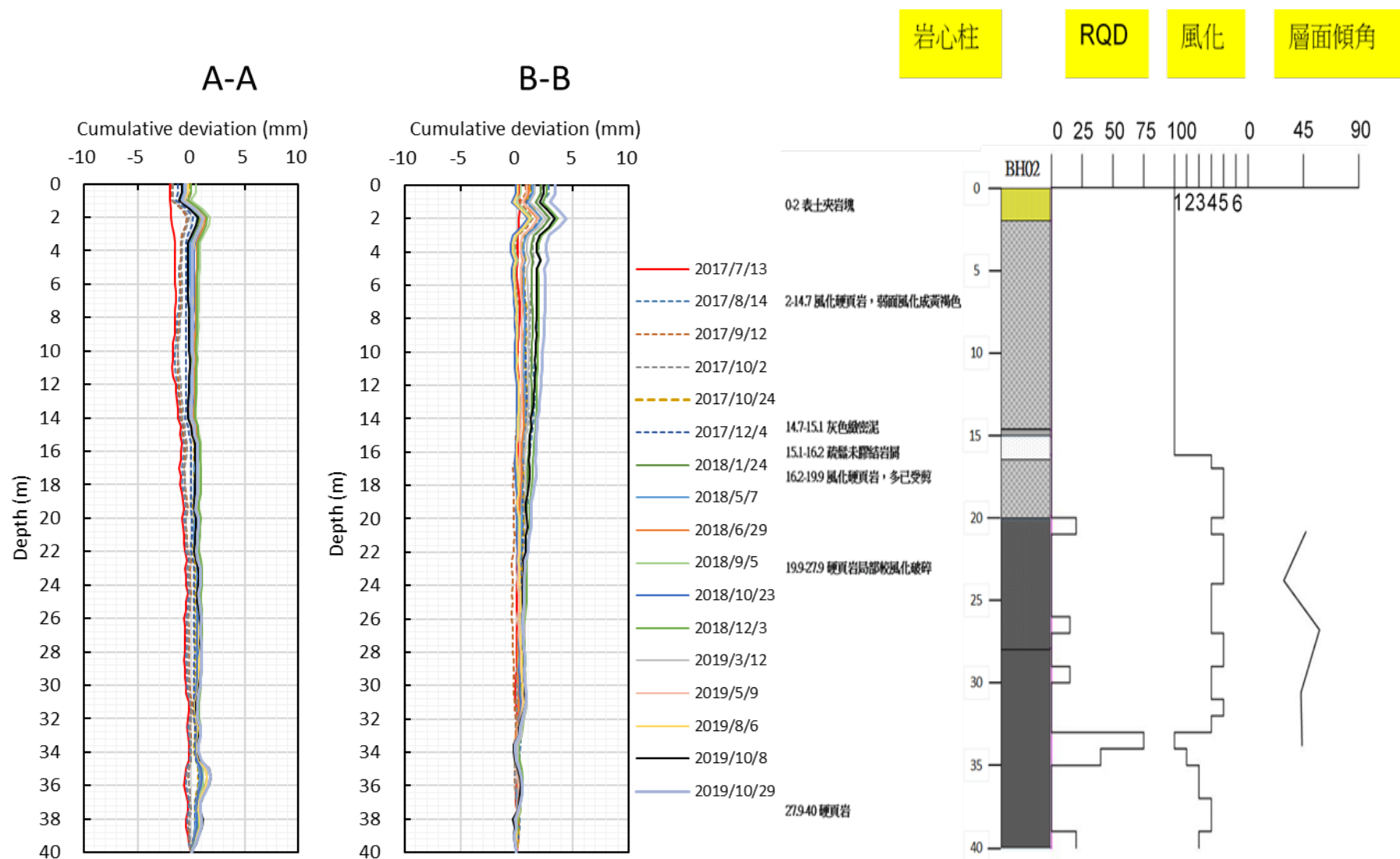


圖 4-3 六龜區-D015 BH02 傾斜觀測管量測結果圖

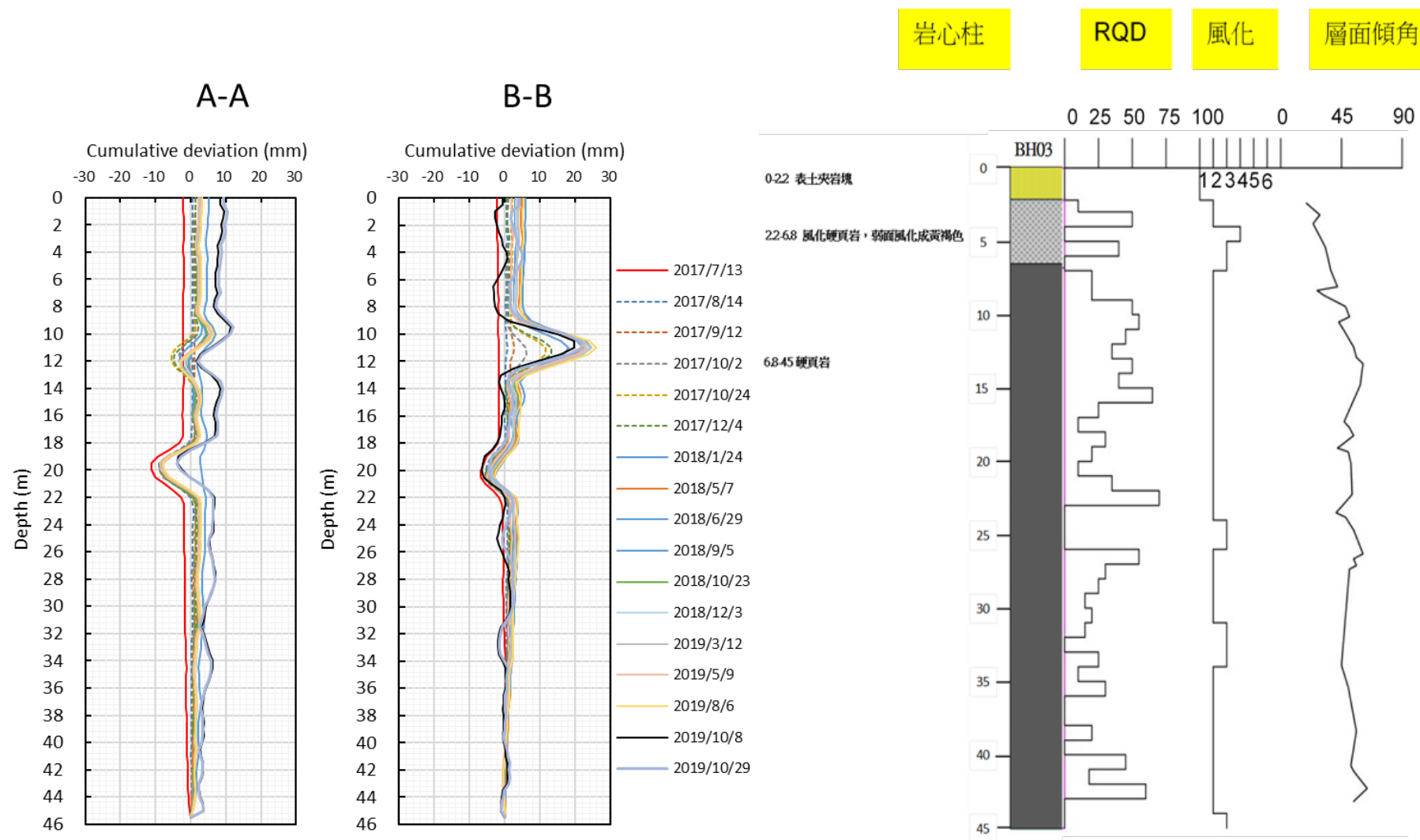


圖 4-4 六龜區-D015 BH03 傾斜觀測管量測結果圖

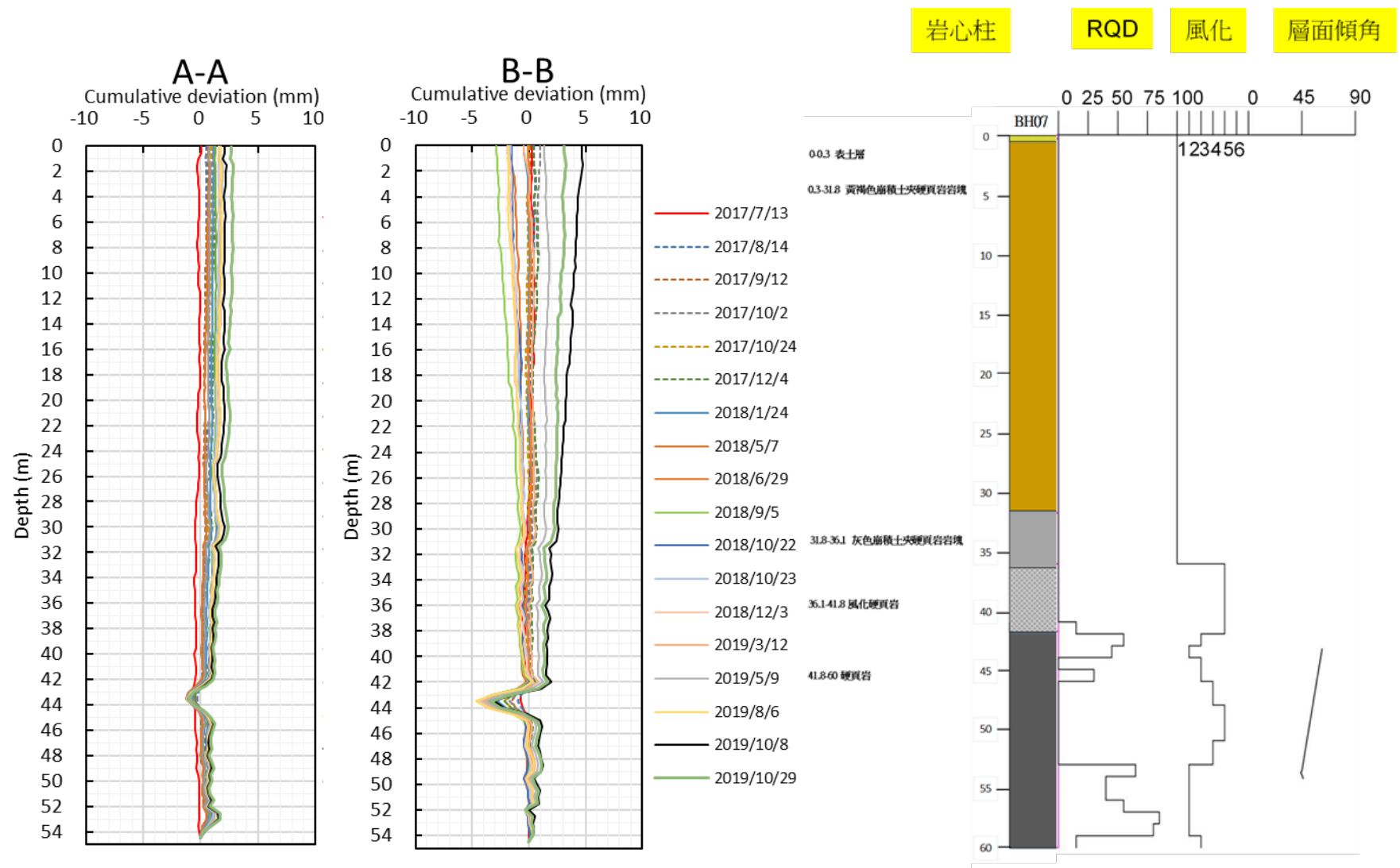


圖 4-5 六龜區-D015 BH07 傾斜觀測管量測結果圖



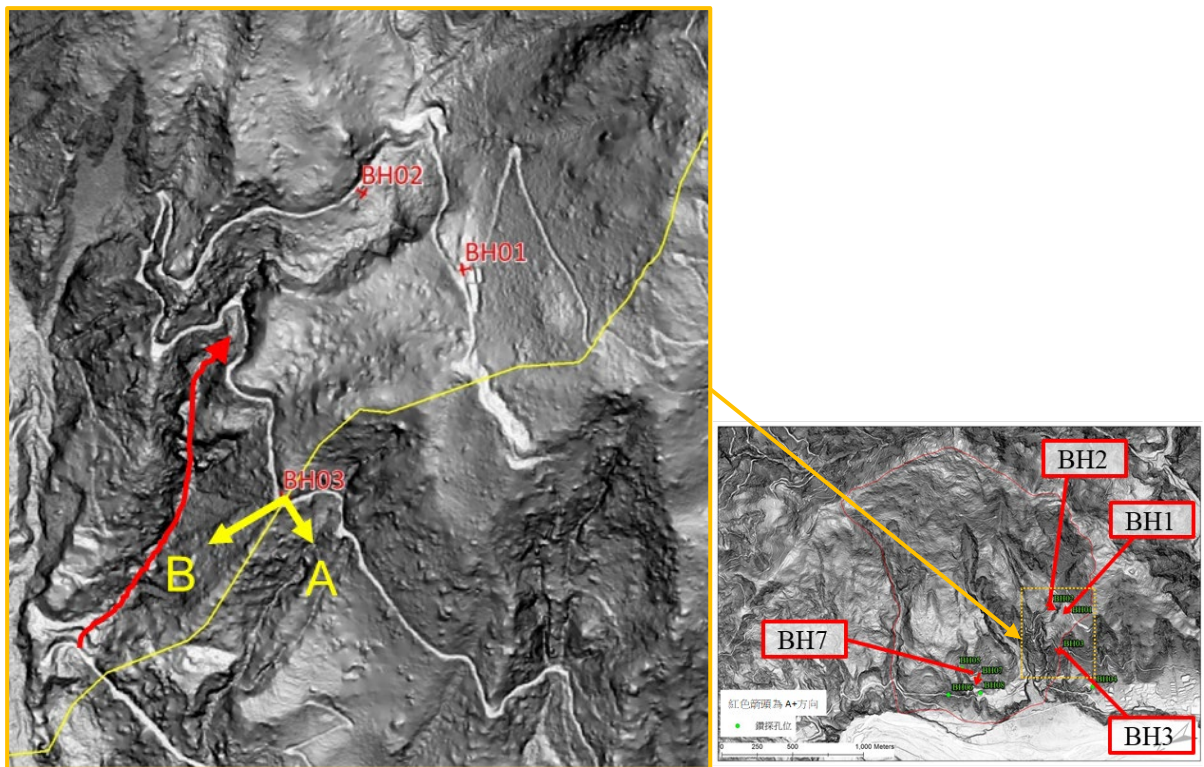


圖 4-6 六龜區-D015 BH03 傾斜觀測管量測方向與 LiDAR 坡度圖

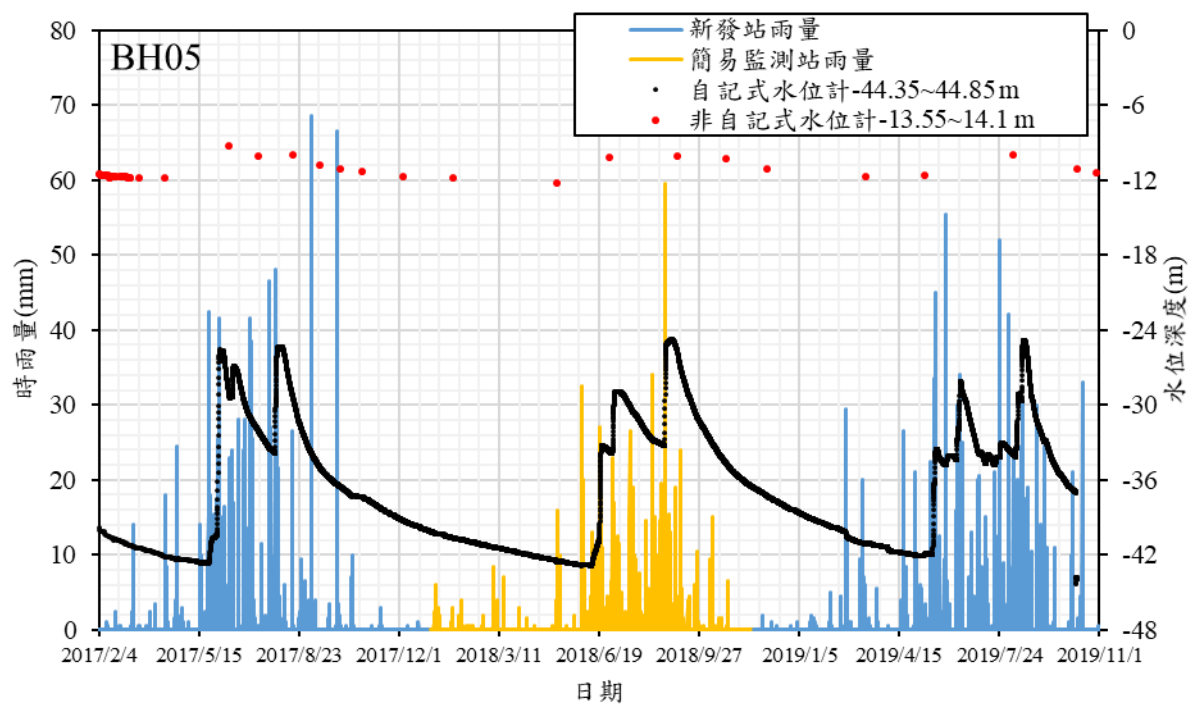


圖 4-7 六龜區-D015 BH05 水位變化與時雨量關係圖

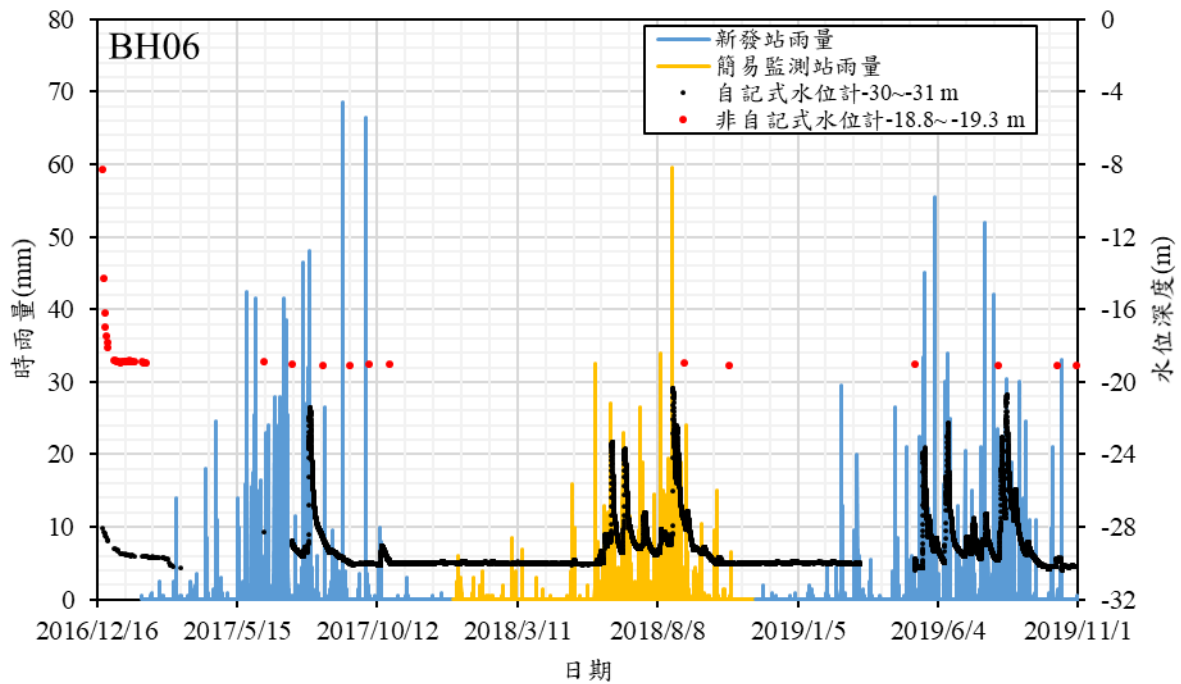


圖 4-8 六龜區-D015 BH06 水位變化與時雨量關係

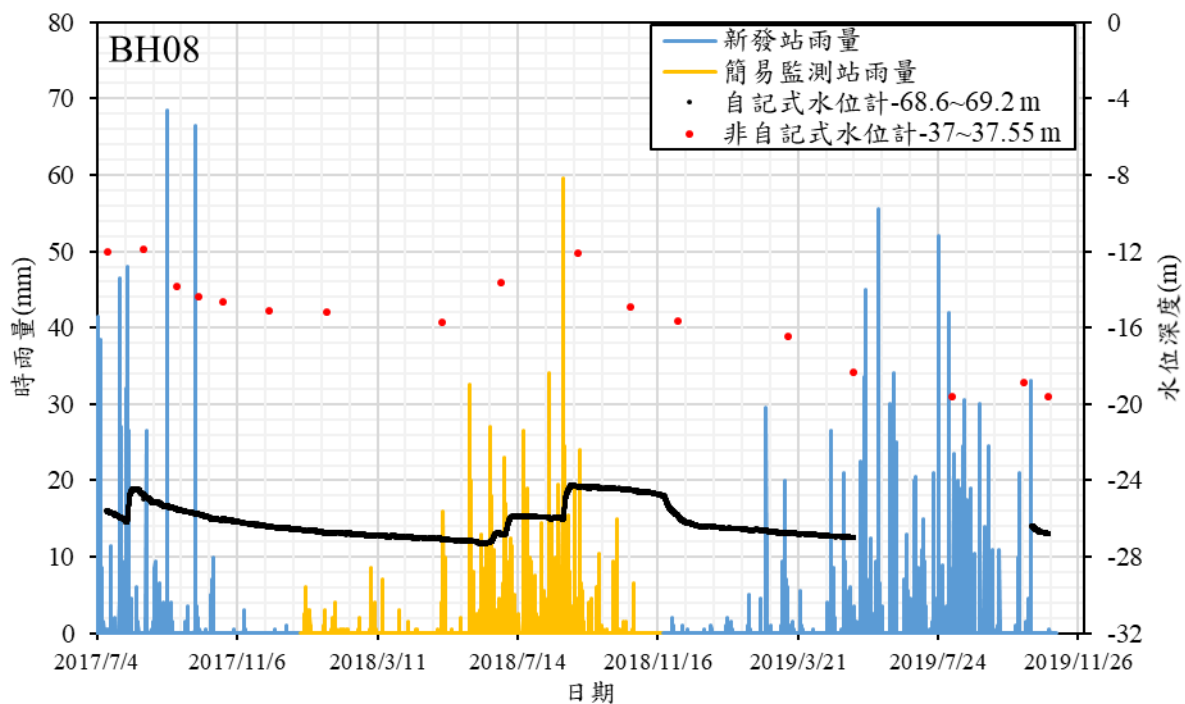


圖 4-9 六龜區-D015 BH08 水位變化與時雨量關係圖

#### 4-1.3 UAV 定期空拍

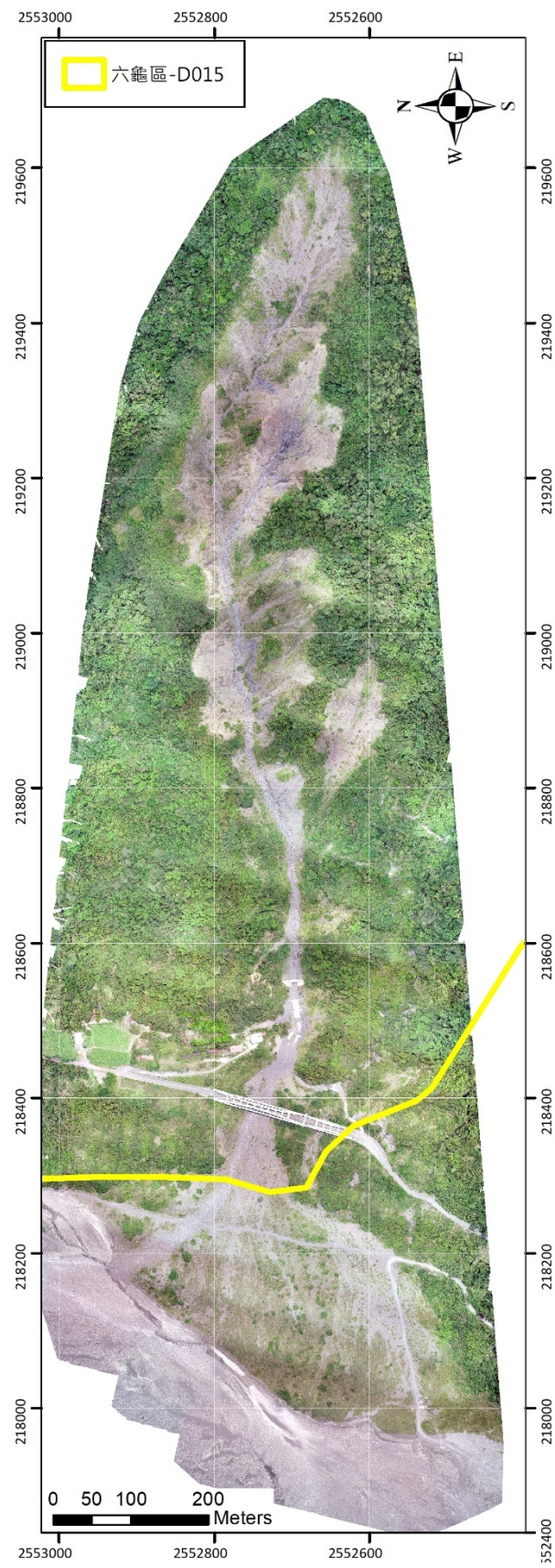
本項工作以無人飛行載具監視潛勢區內地表裸露處，於 107~108 年汛期前後空拍並製作正射影像及數值地表模型(DSM)，檢討活動性。目前潛勢

區內地表裸露處為(1)中央蝕溝、(2)北側蝕溝(含高 133 線中斷處)，本計畫於 107 年 5 月 21 日、107 年 10 月 22 日、108 年 3 月 12 日、108 年 10 月 14 日完成四次空拍。圖 4-10、圖 4-11、圖 4-12、及圖 4-13 為中央蝕溝及北側蝕溝區的正射影像及 DSM。

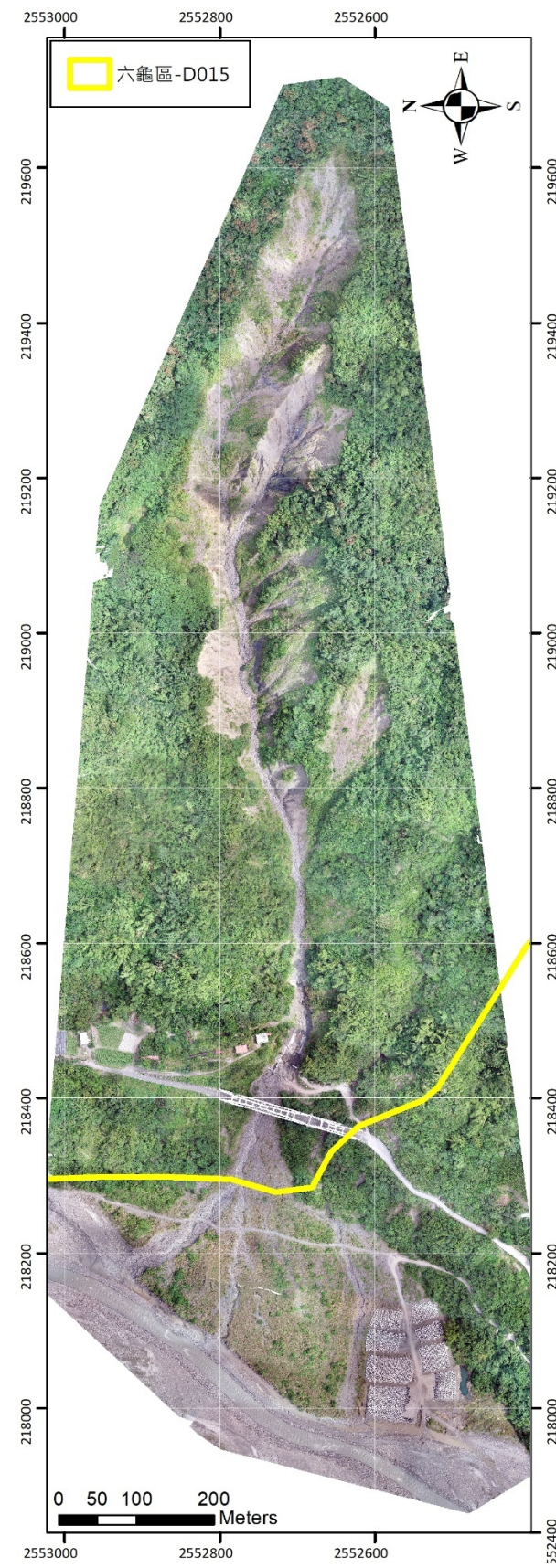
比較 107 年汛期前後(第一、二次空拍)中央蝕溝與北側蝕溝的正射影像與 DSM，可見崩塌裸露範圍、深度無明顯變化，僅少量的岩塊自蝕溝兩側邊坡崩落、堆積於蝕溝及出口的防砂壩與固床工。107 年汛期後至 108 年汛期前(第二、三次空拍)期間沒有暴雨、地震事件，整體地貌特徵無明顯變化。108 年汛期前後(第三、四次空拍)崩塌範圍亦無明顯擴大。整體而言，由 UAV 空拍結果顯示 107 年 5 月~108 年 10 月期間，六龜區-D015 潛勢區中央蝕溝、北側蝕溝侵蝕下切速度已減緩，僅蝕溝兩側邊坡有少量岩塊崩落，堆積在蝕溝上、或是出口處防砂壩附近。高 133 線中斷處汛期後裸露面積無明顯增加，但可觀察到表層仍持續風化、岩塊崩落堆積在坡面，顯示該區目前仍不穩定。

本計畫進一步由現場空拍鳥瞰照片及中央蝕溝 99~108 年縱剖面圖，說明本區地貌特徵變化。圖 4-14 為 D015 中央蝕溝、北側蝕溝、高 133 線中斷處正射影像，圖 4-15 為北側蝕溝、高 133 線中斷處現況照片(拍攝方位可參考圖 4-14)。北側蝕溝興建防砂壩後，蝕溝侵蝕與下切速度減緩，坡面植生逐漸增加。高 133 線於 101 年滑動中斷後，降雨之地表逕流集中、逐漸於坡面上形成一道新生蝕溝，未來該區仍可能繼續崩滑。圖 4-16 為中央蝕溝現況照片，防砂壩完工後，蝕溝上游崩落的岩塊、土砂淤積，防砂壩上游局部穩定。防砂壩下游於多階固床工完工後整體亦趨於穩定。圖 4-17 為 99~108 年中央蝕溝綫縱斷面高程變化(圖 4-14 AA'剖面)，99 年莫拉克颱風後地表高程相對最高，之後逐漸開始沖刷，並於 105 年降至最低。106~107 年防砂壩工程完工後形成蝕溝高程控制點，蝕溝上游沖刷行為減緩，裸露面積減少(可視為活動性降低)。建議未來發生暴雨或地震事件應持續觀察、監視地表變化。

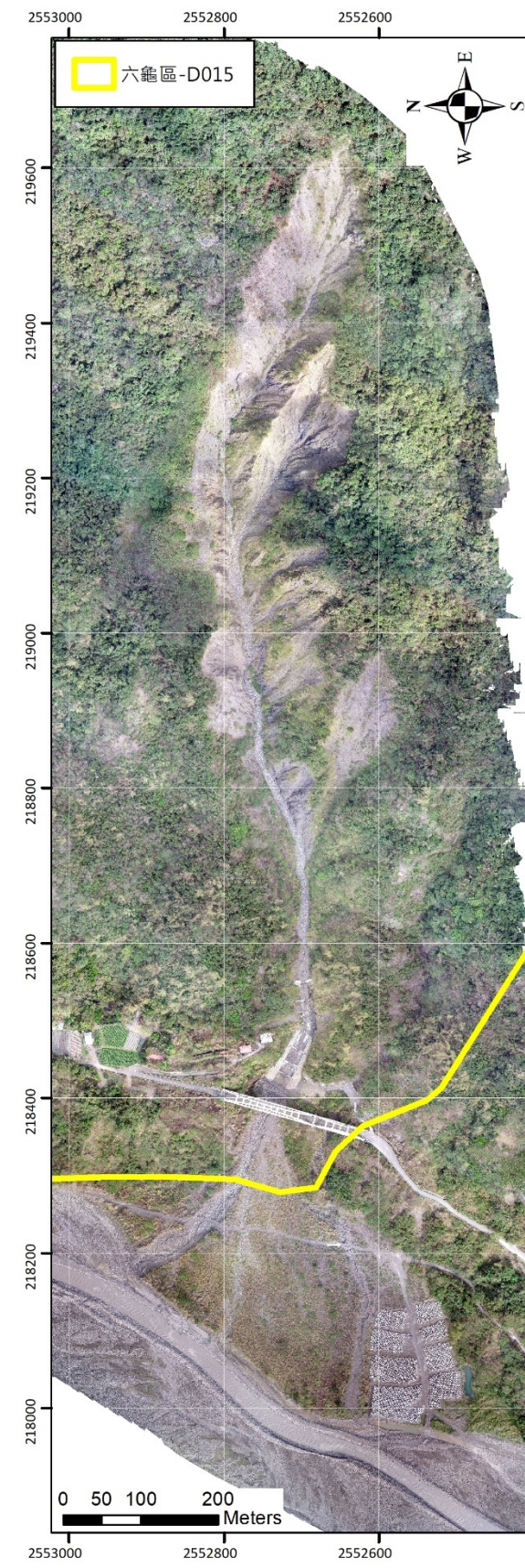




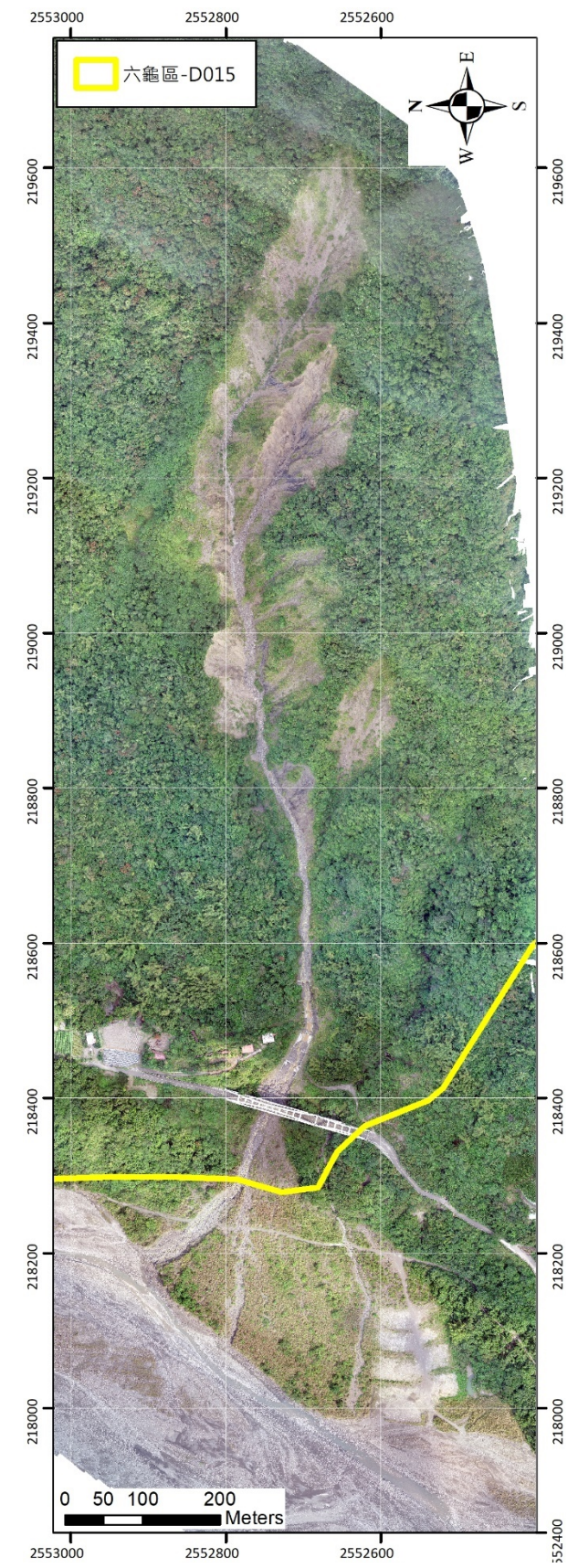
(a) 107.5.21



(b) 107.10.22



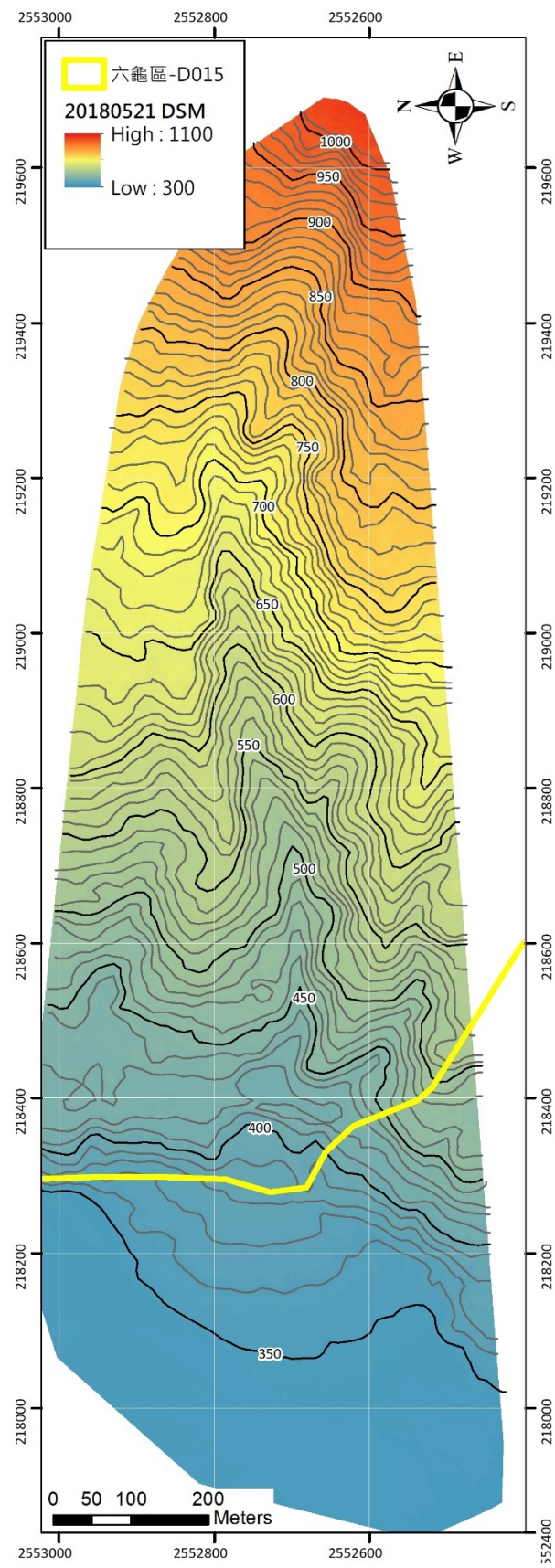
(c) 108.3.12



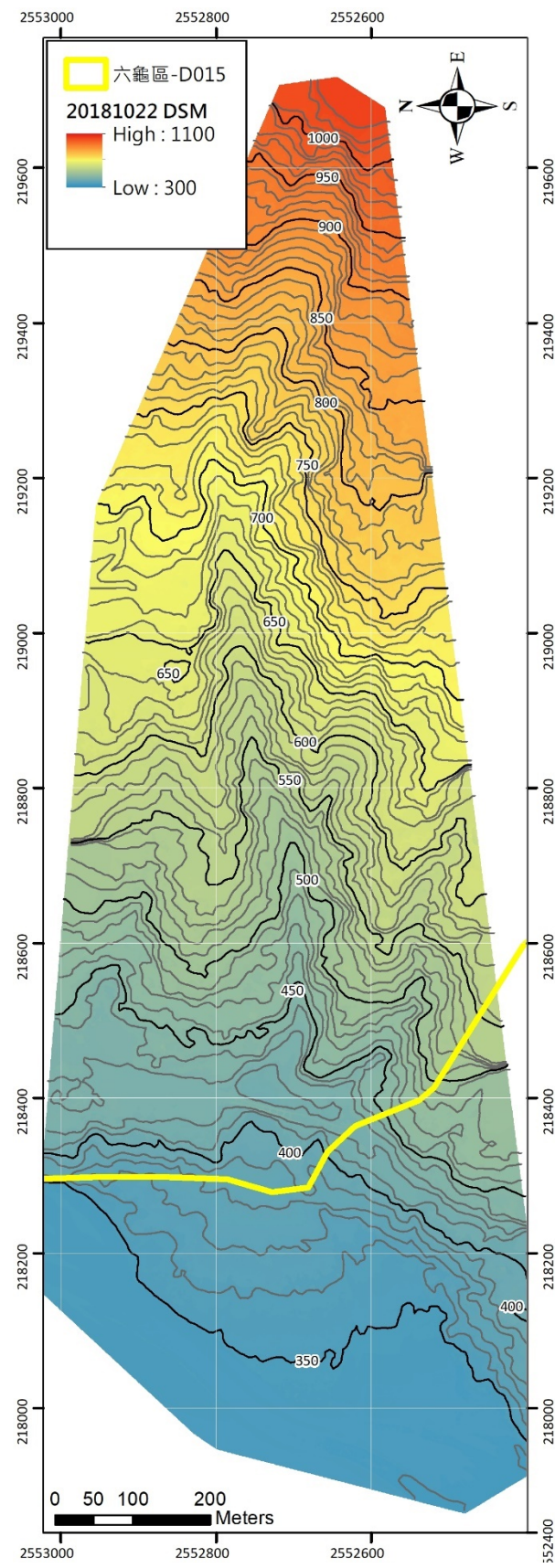
(d) 108.10.14

圖 4-10 六龜區-D015 中央蝕溝正射影像比較

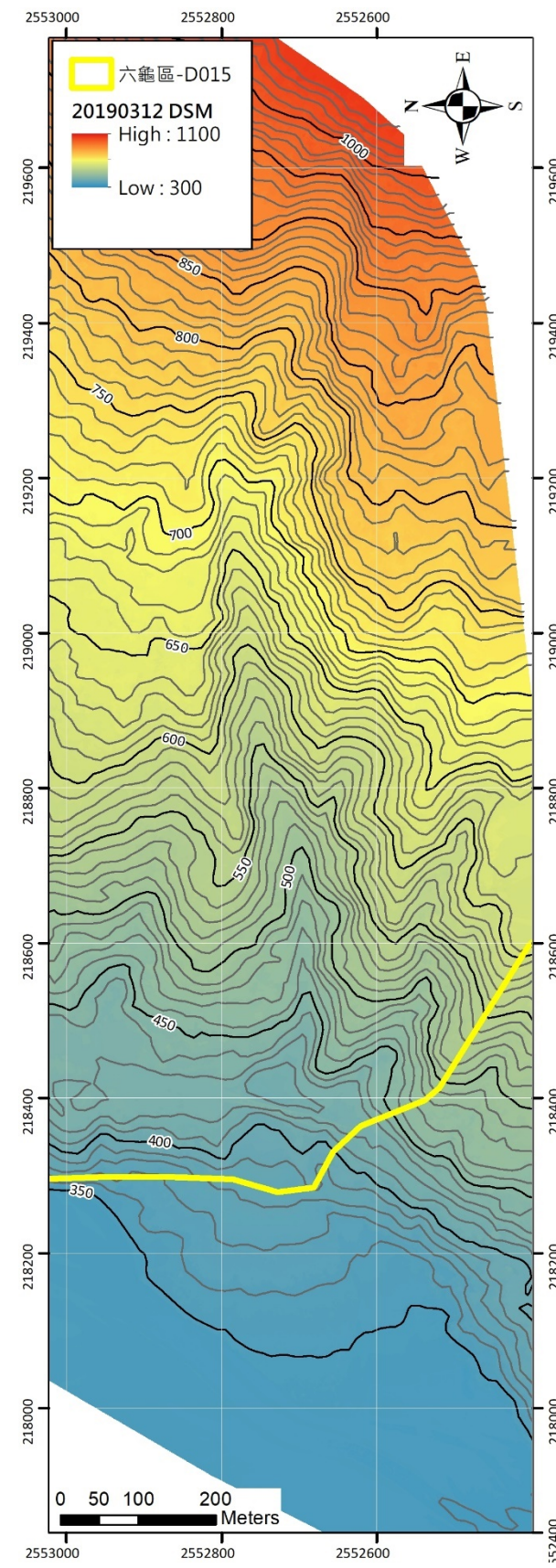




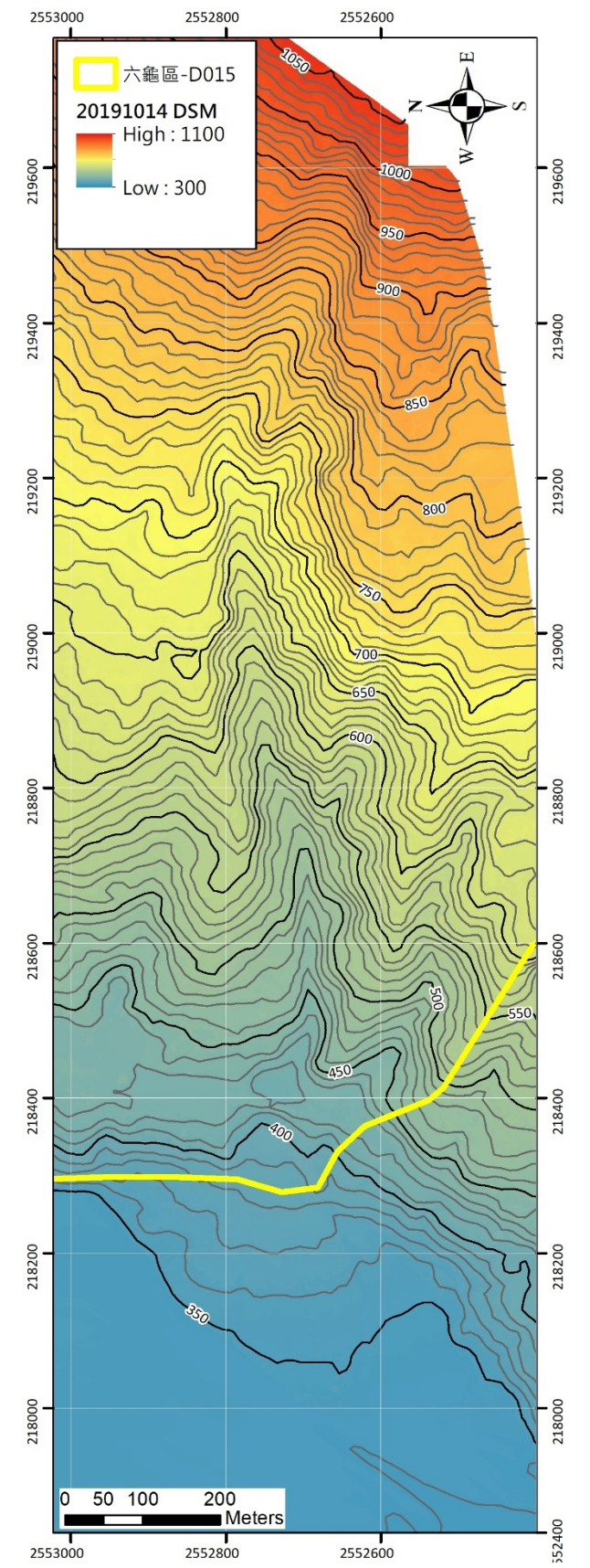
(a) 107.5.21



(b) 107.10.22



(c) 108.3.12



(d) 108.10.14

圖 4-11 六龜區-D015 中央蝕溝 DSM 比較



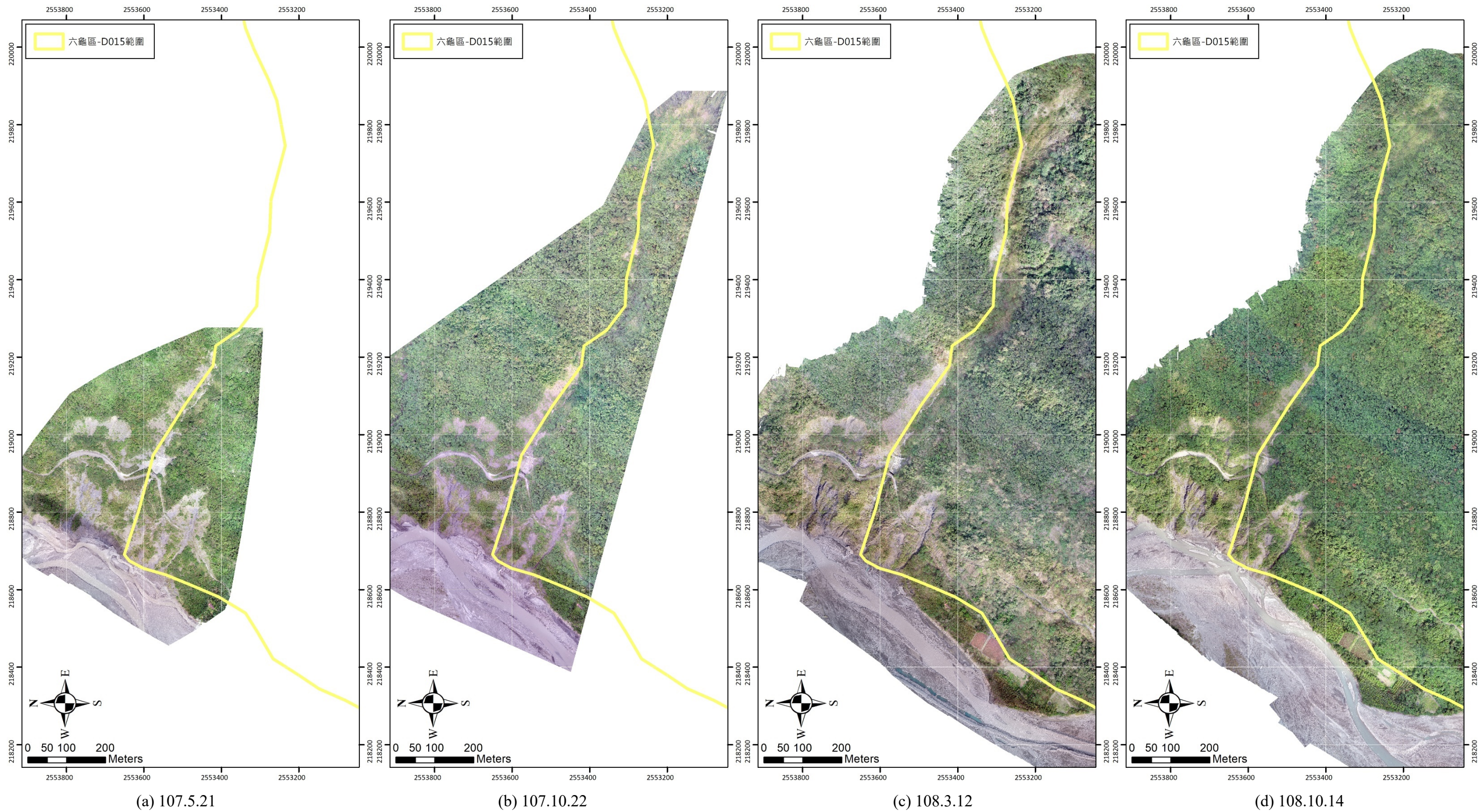


圖 4-12 六龜區-D015 北側蝕溝、高 133 線中斷處 DSM 比較



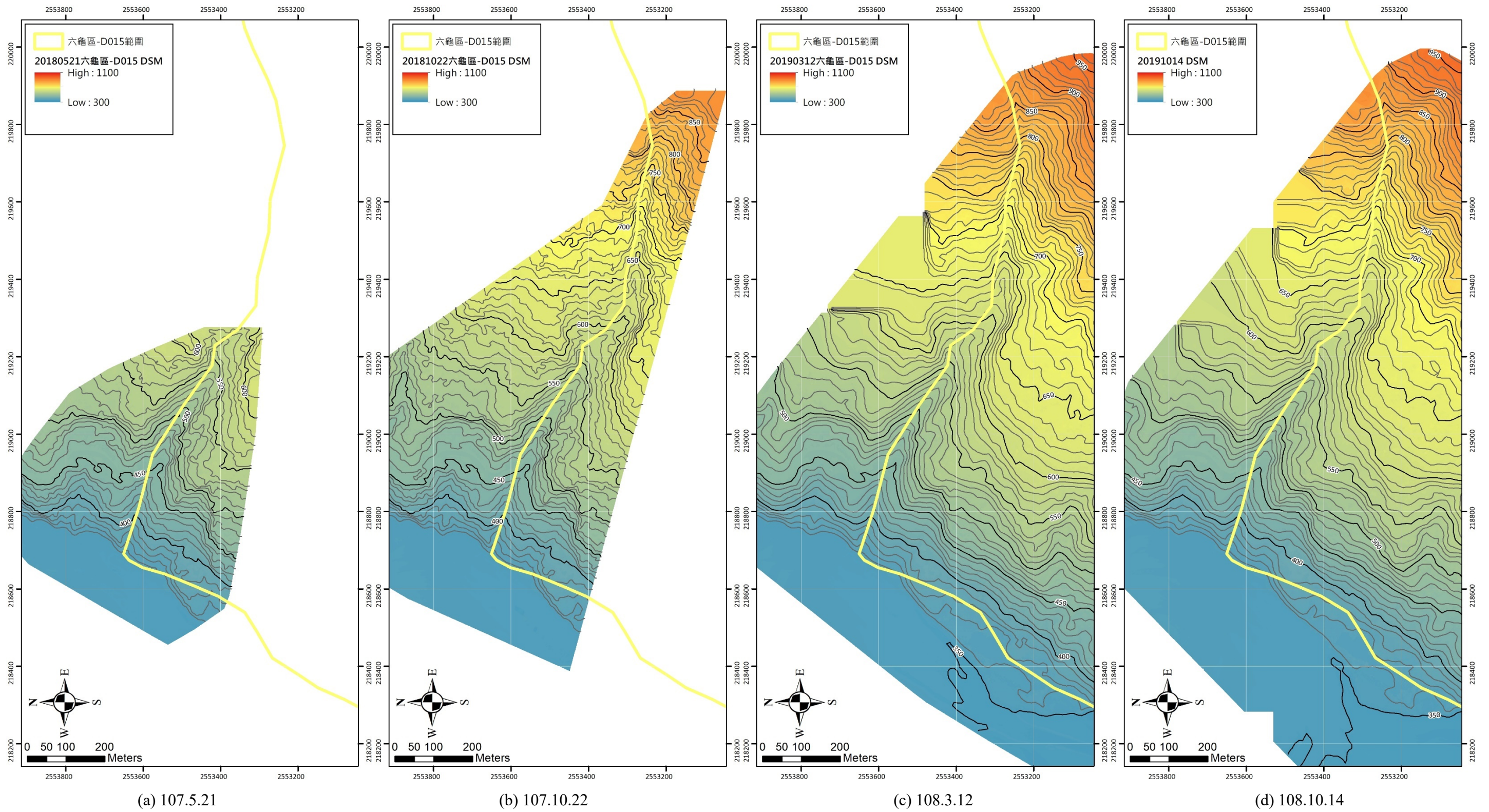


圖 4-13 六龜區-D015 北側蝕溝、高 133 線中斷處 DSM 比較



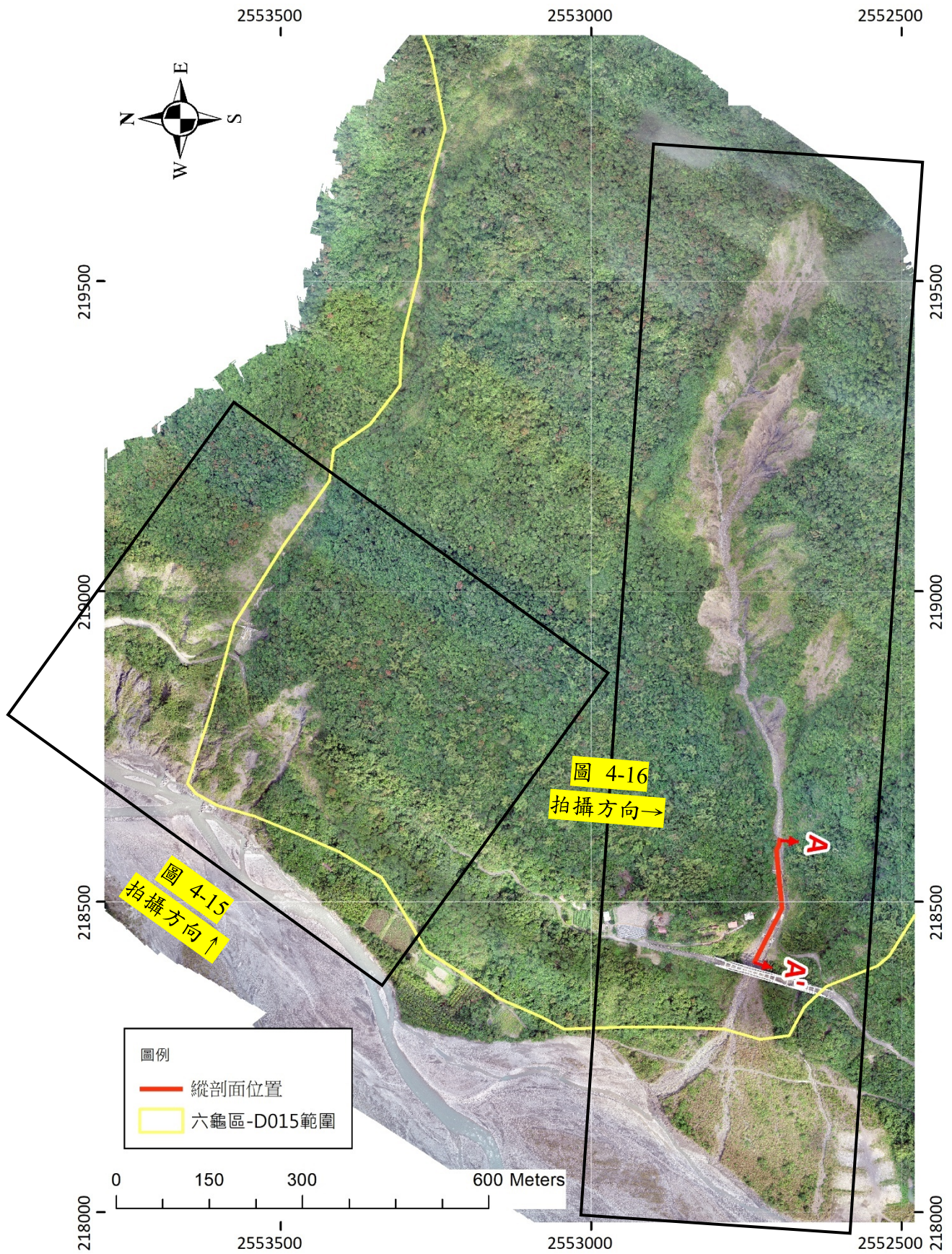


圖 4-14 六龜區-D015 崩塌處正射影像(108.10.14)





圖 4-15 六龜區-D015 北側蝕溝與防砂壩、高 133 線中斷處(108.10.14)



圖 4-16 六龜區-D015 中央蝕溝與防砂壩位置(108.10.14)



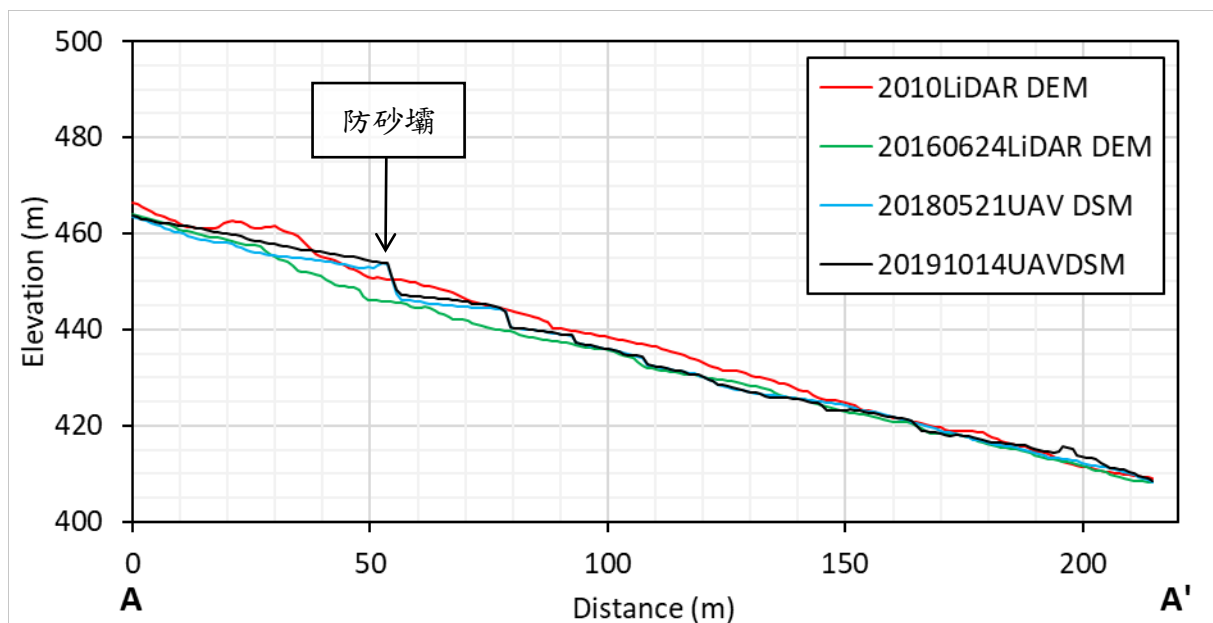


圖 4-17 六龜區-D015 中央蝕溝線歷年高程變化(圖 4-14 AA')

## 4-2 管理基準值與減災策略檢討

本計畫參考國內外相關研究，經比較探討後，選擇適當策略作為大規模崩塌潛勢區之管理基準值。考慮林務局管轄之國有林班地，海拔、地勢較高且範圍廣闊，道路交通可及性有限，作為警戒之即時監測項目以降雨量較為可行。水保局曾多次開會討論如何決定大規模崩塌潛勢區的警戒雨量值，108 年 5 月 7 日水保局「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」專家諮詢會議第 1 次會議，會中有學者建議可由 107 處新生崩塌地、153 處未崩塌(水保局案例)，統計各邊坡的抵達角、坡度、雨量、崩塌深度等因子，建立大規模崩塌發生臨界雨量的關係式。但考慮大規模崩塌潛勢區之地形及地質條件、邊坡破壞機制、及活動性等各不相同，且台灣目前有完整資料的大規模深層滑動案例並不多(較多為表層崩塌)，依此方法建立之迴歸式是否能直接應用於國有林班地大規模崩塌潛勢區管理基準值之訂定，其適用性有待進一步探討。也有學者提出黃色警戒參考潛勢區內土石流黃色警戒雨量，紅色警戒採地表 GPS 變位量，但目前水保局尚無定論。

105-106 年「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」計畫(林務局，106 年)已針對高雄市-六龜區-D015 建立降雨量管理基準值。該計



畫整理國內外相關研究，提出以下四種較適合應用於訂定大規模崩塌潛勢區管理基準值之策略，以下進行說明：

(一)策略一：以臨界應變為準

Chigira (2009)經日本多案例歸納，深層滑動達致災性破壞前之臨界應變落在 1%~16%間，可保守假設臨界應變為 1%。對於潛在滑動區已埋置完善傾斜觀測管的場址，可利用傾斜管的應變作為基準值。在傾斜管測得之滑動區間內，若每間隔 50 cm 內之位移差額達 5 mm，剪應變即達 1%，可視為位移監測警戒值。然須需考量裝設測傾管前地盤可能已存在前期位移，因此警戒值可再適度降低。各級管理值(如警戒值、行動值等)皆可據此制定之。

至於地工監測系統尚不存在或不完備者的大規模崩塌潛勢區，可由崩體頭部位移量  $d$  除以滑動體長度  $L$  推估剪應變( $=d/L$ )，作為管理基準值之參考。

(二)策略二：以誘因強度為準

建立歷史災害資料庫，以誘因強度(如雨量強度與累積降雨量)做為管理基準值。本研究建議使用“累積降雨量”做為管理基準值。

(三)策略三：以監測值為準

經檢視測傾管及水位(水壓)長期量測結果，可以反應邊坡的位移及地下水狀況，可輔以邊坡變化狀況以經驗法(包絡線、變化率等)建議管理值。

(四)策略四：理論基礎為準

經完整地質調查建立的地質模式，可透過邊坡穩定分析及數值模擬建立地下水位及滑動面位移量的監測管理值。力學分析的分析參數(含水文)及幾何條件皆經簡化，此簡化及方法於岩石邊坡(如順向坡)及人工邊坡(如土壩)建立的管理值尚屬合理。若用於大規模崩積邊坡，因地質條件複雜，水文地質及邊坡行為較難確定，恐難建立合理的管理值(因測傾管及水位量測數值影響因素太多，如裝設、地質條件等)。本計畫建議測傾管及水位井在邊坡的主要功用為調查。

該計畫以六龜區-D015 邊坡破壞事件資料目錄，以策略二作為建立管理基準值之建議，蒐集歷年航空照片(71~106 年)及 LiDAR、UAV 影像判釋邊坡破壞事件；降雨事件蒐集鄰近御油山雨量站 81~106 年雨量資料(本計畫持續更新至 108 年，如表 4-7、表 4-8)。探討降雨強度、累積降雨量與邊坡破壞關係，作為管理基準值建議。

本計畫參考前述策略二方法，以誘因強度為準，建立高雄市-甲仙區-D044、D047 及嘉義縣-阿里山鄉-D187 大規模崩塌潛勢區管理基準值。首先建立邊坡破壞事件資料目錄，由歷史文獻、歷年航空照片及 LiDAR、UAV 影像判釋邊坡破壞事件；降雨事件蒐集鄰近測站之歷年雨量資料。本工作整理民國 65~108 年阿里山測站，以及 81~108 年甲仙測站每一場大豪雨以上事件的降雨強度(最大時雨量)及累積降雨量，如表 4-2、表 4-3、表 4-4。探討降雨強度、累積降雨量與邊坡破壞之關係，並綜合統計分析結果，檢討以降雨警戒值做為大規模崩塌潛勢區管理基準值之適用性。

**表 4-2 甲仙區-D044、阿里山鄉-D187 鄰近雨量站資料表**

| 測站名稱   | 甲仙測站                 | 阿里山測站                      |
|--------|----------------------|----------------------------|
| TWD97X | 208175               | 230927                     |
| TWD97Y | 2553212              | 2600573                    |
| 海拔(m)  | 270                  | 2413                       |
| 測站位置   | 甲仙國民中學<br>操場後方小山丘上   | 阿里山鄉中正村 4 鄰<br>東阿里山 73-1 號 |
| 資料起始時間 | 1992/5/1             | 1933/1/1                   |
| 備註     | 距離 D044、D047 大約 1 公里 | 距離 D187 大約 1 公里            |

**表 4-3 甲仙區-D044, D047 民國 81~108 年大豪雨等級以上歷史雨量記錄**

| 累積降雨量(mm) | 降雨強度(mm/hr) | 日期      | 測站 | 颱風  | 有效降雨時數 |
|-----------|-------------|---------|----|-----|--------|
| 374       | 39          | 81/8/30 | 甲仙 | 寶莉  | 25     |
| 765       | 43.5        | 85/7/31 | 甲仙 | 賀伯  | 42     |
| 471       | 32.5        | 90/9/17 | 甲仙 | 納莉  | 35     |
| 517       | 41          | 93/7/2  | 甲仙 | 敏督利 | 33     |
| 737       | 44.5        | 94/6/14 | 甲仙 | --  | 47     |
| 1167      | 54          | 94/7/18 | 甲仙 | 海棠  | 57     |
| 585       | 58.5        | 95/6/9  | 甲仙 | --  | 37     |

|      |       |          |    |     |    |
|------|-------|----------|----|-----|----|
| 607  | 48    | 95/7/13  | 甲仙 | 碧利斯 | 40 |
| 432  | 40.5  | 96/8/12  | 甲仙 | --  | 25 |
| 744  | 91.5  | 96/8/18  | 甲仙 | 聖帕  | 41 |
| 633  | 47    | 96/10/6  | 甲仙 | 柯羅莎 | 33 |
| 1000 | 145.5 | 97/7/17  | 甲仙 | 卡玫基 | 31 |
| 367  | 55.5  | 97/7/28  | 甲仙 | 鳳凰  | 24 |
| 553  | 39    | 97/9/13  | 甲仙 | 辛樂克 | 39 |
| 399  | 46.5  | 97/9/28  | 甲仙 | 薔蜜  | 24 |
| 1886 | 93.5  | 98/8/6   | 甲仙 | 莫拉克 | 73 |
| 654  | 75.5  | 99/9/19  | 甲仙 | 凡那比 | 33 |
| 407  | 37    | 102/8/21 | 甲仙 | 潭美  | 25 |
| 467  | 48.5  | 102/8/29 | 甲仙 | 康芮  | 26 |
| 508  | 61.5  | 104/8/8  | 甲仙 | 蘇迪勒 | 31 |
| 1000 | 72    | 105/9/27 | 甲仙 | 梅姬  | 39 |
| 398  | 63    | 106/7/31 | 甲仙 | 海棠  | 24 |
| 655  | 90.5  | 107/8/23 | 甲仙 | --  | 30 |

註：「--」代表非颱風事件

表 4-4 阿里山鄉-D187 民國 65~108 年大豪雨等級以上歷史雨量記錄

| 累積降雨量(mm) | 降雨強度(mm/hr) | 日期      | 測站  | 颱風  | 有效降雨時數 |
|-----------|-------------|---------|-----|-----|--------|
| 894       | 41.8        | 65/7/3  | 阿里山 | --  | 47     |
| 747       | 61.7        | 65/8/9  | 阿里山 | 畢莉  | 33     |
| 366       | 43.5        | 66/5/29 | 阿里山 | --  | 25     |
| 422       | 45          | 66/7/25 | 阿里山 | 賽洛瑪 | 26     |
| 412       | 34.5        | 66/7/31 | 阿里山 | 薇拉  | 30     |
| 468       | 56.2        | 66/8/22 | 阿里山 | 愛美  | 28     |
| 977       | 89          | 67/7/31 | 阿里山 | 范迪  | 50     |
| 673       | 64.4        | 68/8/24 | 阿里山 | 茱迪  | 33     |
| 622       | 54          | 69/8/27 | 阿里山 | 諾瑞斯 | 32     |
| 680       | 47          | 70/7/22 | 阿里山 | --  | 44     |
| 679       | 70          | 74/8/23 | 阿里山 | 尼爾森 | 33     |
| 491       | 77.4        | 75/8/22 | 阿里山 | --  | 29     |
| 685       | 65.6        | 76/7/27 | 阿里山 | 亞力士 | 33     |
| 638       | 55.5        | 77/8/13 | 阿里山 | --  | 35     |
| 504       | 52          | 78/7/26 | 阿里山 | --  | 34     |
| 940       | 60.5        | 78/9/11 | 阿里山 | 莎拉  | 43     |
| 475       | 67.5        | 79/6/23 | 阿里山 | 歐菲莉 | 30     |
| 1082      | 56          | 79/8/19 | 阿里山 | 楊希  | 47     |



|      |       |          |     |     |    |
|------|-------|----------|-----|-----|----|
| 986  | 60    | 80/6/23  | 阿里山 | --  | 60 |
| 946  | 53.5  | 83/8/7   | 阿里山 | 道格  | 48 |
| 2069 | 112.5 | 85/7/31  | 阿里山 | 賀伯  | 48 |
| 490  | 72.5  | 87/8/4   | 阿里山 | 奧托  | 26 |
| 876  | 121   | 90/7/30  | 阿里山 | 桃芝  | 33 |
| 1713 | 84.5  | 93/7/2   | 阿里山 | 敏督利 | 66 |
| 784  | 47.5  | 93/8/24  | 阿里山 | 艾利  | 49 |
| 1256 | 53.5  | 94/7/18  | 阿里山 | 海棠  | 63 |
| 476  | 53.5  | 94/8/4   | 阿里山 | 馬莎  | 27 |
| 669  | 65.5  | 94/8/31  | 阿里山 | 泰利  | 37 |
| 1305 | 107   | 95/6/8   | 阿里山 | --  | 62 |
| 755  | 46    | 95/7/13  | 阿里山 | 碧利斯 | 48 |
| 525  | 37    | 96/8/18  | 阿里山 | 聖帕  | 34 |
| 1103 | 87.5  | 96/10/6  | 阿里山 | 柯羅莎 | 38 |
| 648  | 80    | 97/7/17  | 阿里山 | 卡玫基 | 29 |
| 653  | 50    | 97/7/28  | 阿里山 | 鳳凰  | 11 |
| 1440 | 53    | 97/9/13  | 阿里山 | 辛樂克 | 65 |
| 847  | 64.5  | 97/9/28  | 阿里山 | 薔蜜  | 36 |
| 2925 | 123   | 98/8/7   | 阿里山 | 莫拉克 | 87 |
| 1165 | 49.5  | 101/6/10 | 阿里山 | --  | 62 |
| 662  | 51    | 101/8/1  | 阿里山 | 蘇拉  | 35 |
| 923  | 74.5  | 102/7/12 | 阿里山 | 蘇力  | 36 |
| 628  | 56    | 102/8/21 | 阿里山 | 潭美  | 32 |
| 514  | 45    | 103/7/22 | 阿里山 | 麥德姆 | 31 |
| 463  | 39.5  | 104/8/8  | 阿里山 | 蘇迪勒 | 29 |
| 504  | 53    | 104/9/28 | 阿里山 | 杜鵑  | 29 |
| 529  | 45    | 105/9/27 | 阿里山 | 梅姬  | 30 |
| 1288 | 61    | 106/6/1  | 阿里山 | --  | 69 |
| 402  | 35.5  | 107/8/23 | 阿里山 | --  | 32 |
| 422  | 70.5  | 108/5/18 | 阿里山 | --  | 17 |

註：「--」代表非颱風事件

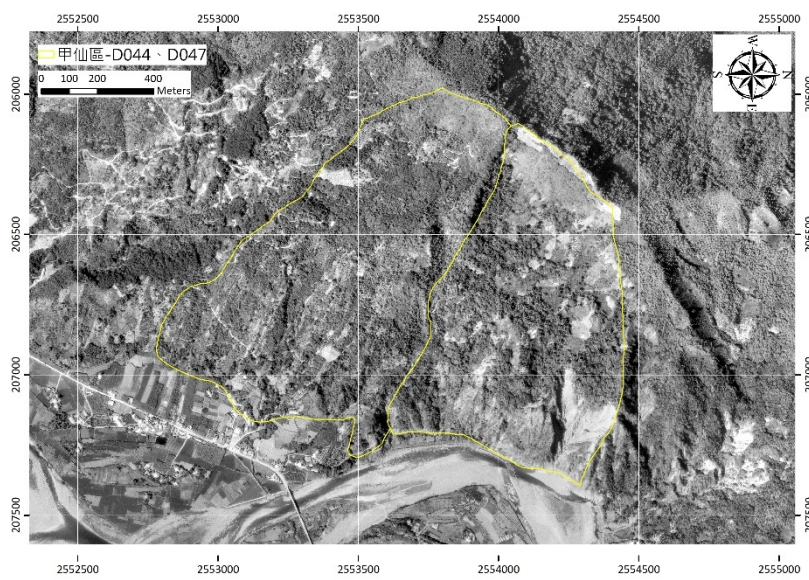
#### 4-2.1 高雄市-甲仙區-D044、D047 管理基準值建議

本計畫蒐集高雄市-甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區，65~107 年農航所航空照片與 108 年本計畫 UAV 空拍結果產製正射影像，結果如圖 4-18 所示。由正射影像判釋歷史邊坡破壞事件，並與這段時間內大豪雨等

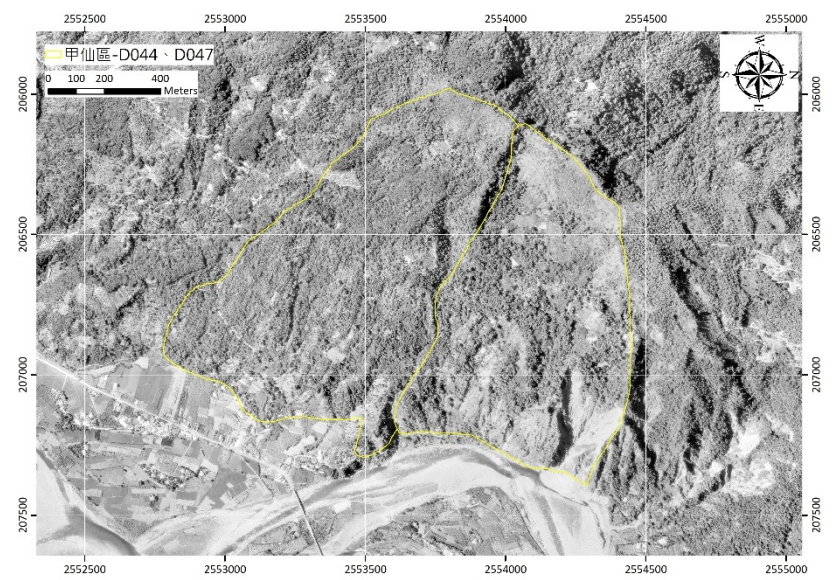
級以上降雨事件做比較，結果如圖 4-19、表 4-5 所示。歷史統計結果顯示當累積降雨量超過 800 mm，就會發生邊坡局部破壞，如蝕溝沖刷以及崩積層滑動，造成多處道路中斷。

根據以上統計結果，初步認定甲仙區-D044、D047 大規模崩塌區在累積降雨量超過 800 mm 時就有可能造成邊坡局部/表層崩塌行為，可作為局部崩塌管理基準值。歷史最大累積雨量 1,886 mm 未造成大規模崩塌，且 40 年內無大規模崩塌記錄，本計畫暫以 1,800 mm 保守作為一次式崩塌警戒值。建議未來可參考暴雨或地震事件後的測傾管長期監測資料，重新檢討

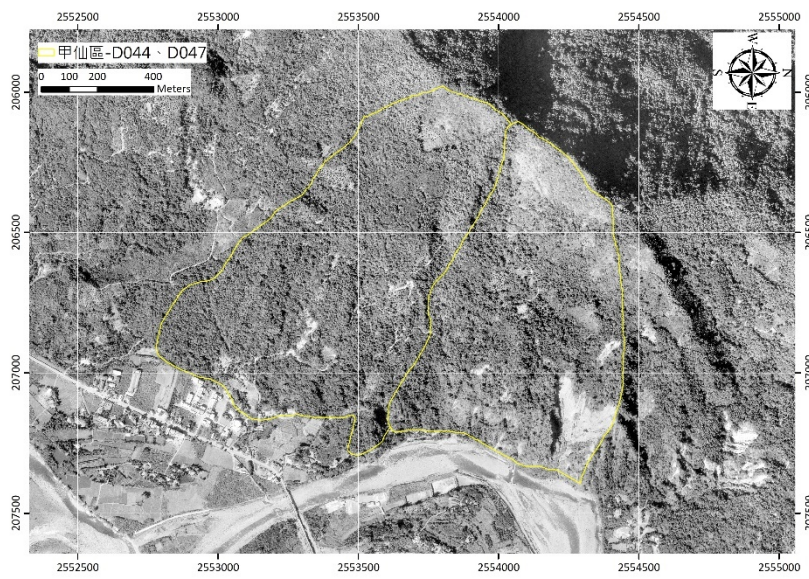




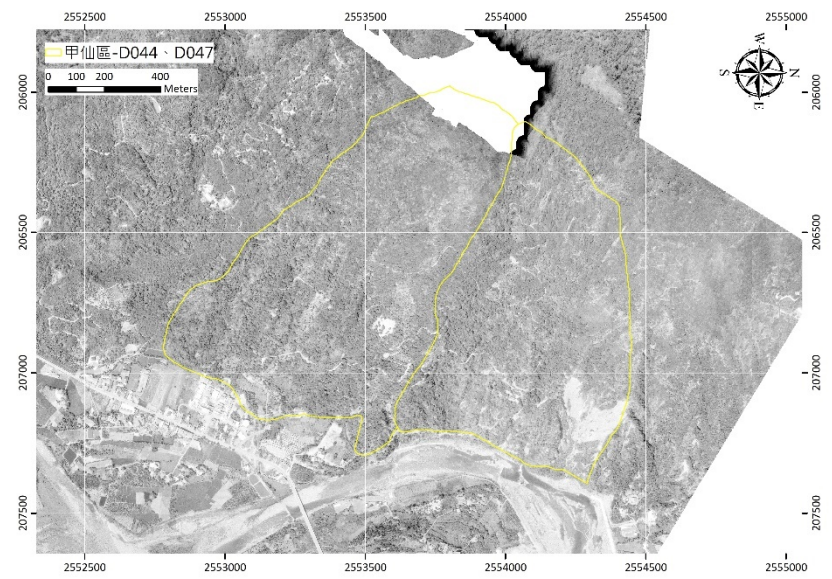
(a) 651201



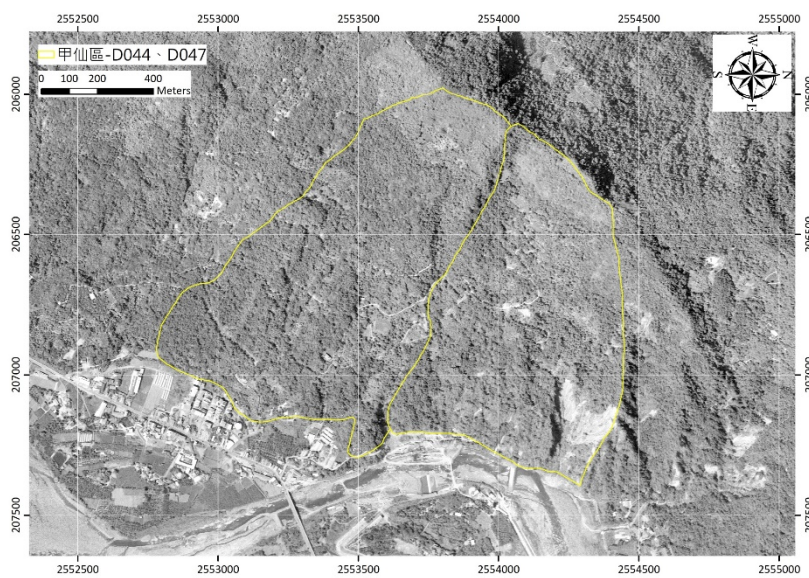
(b) 671209



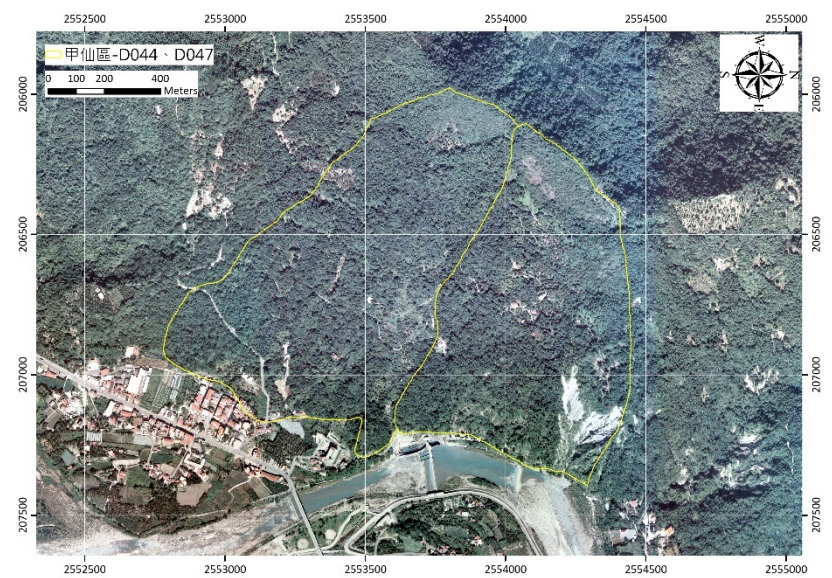
(c) 771123



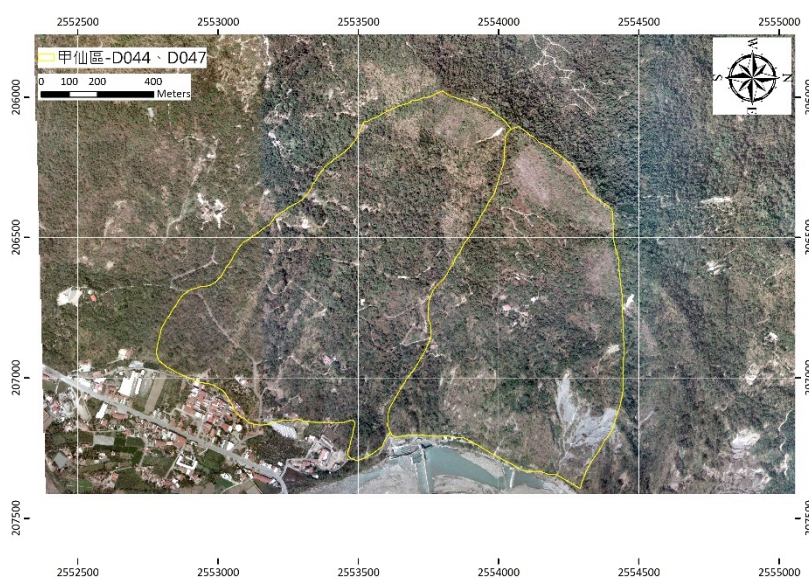
(d) 810325



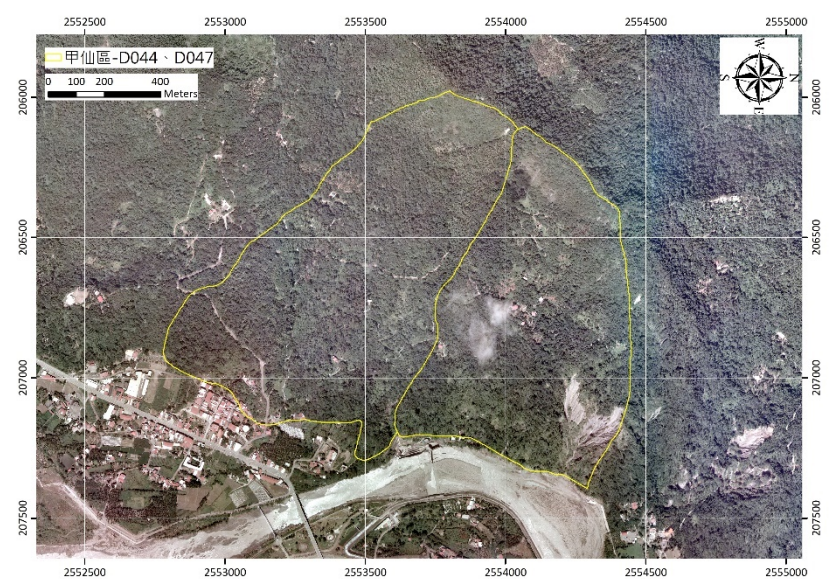
(e) 861109



(f) 920719

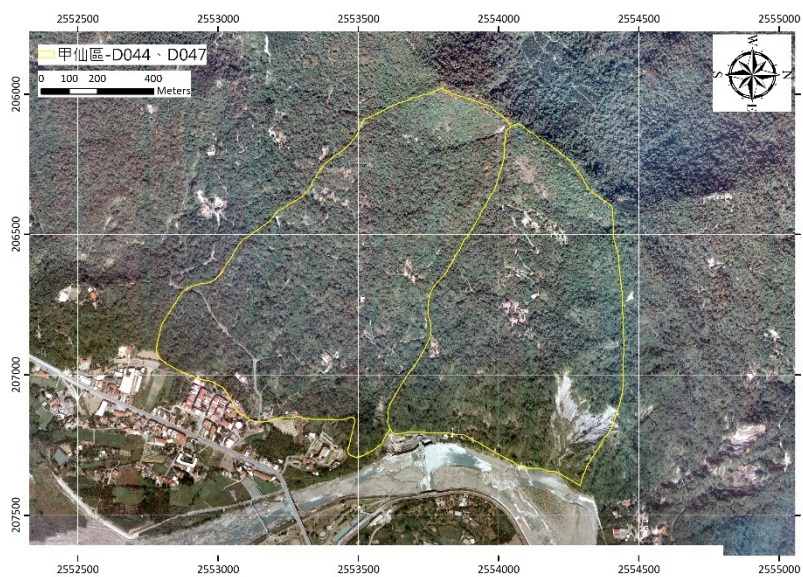


(g) 950330

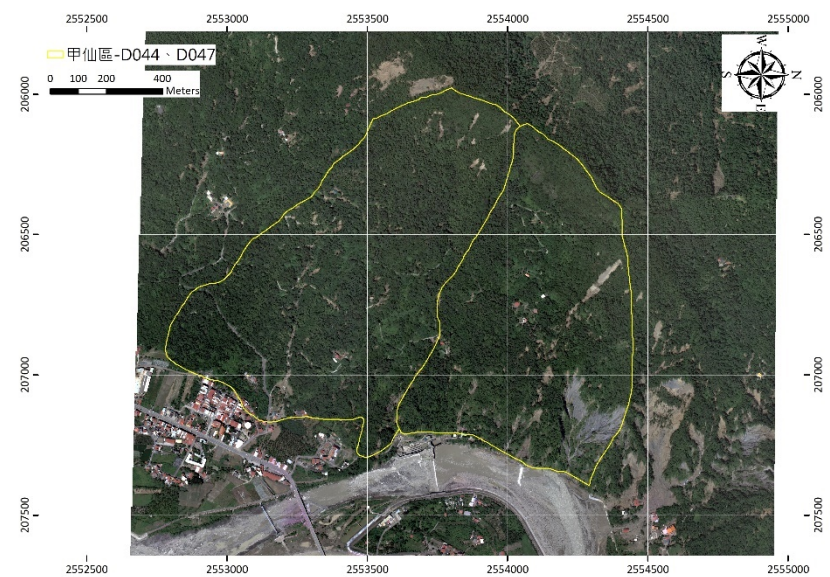


(h) 960930

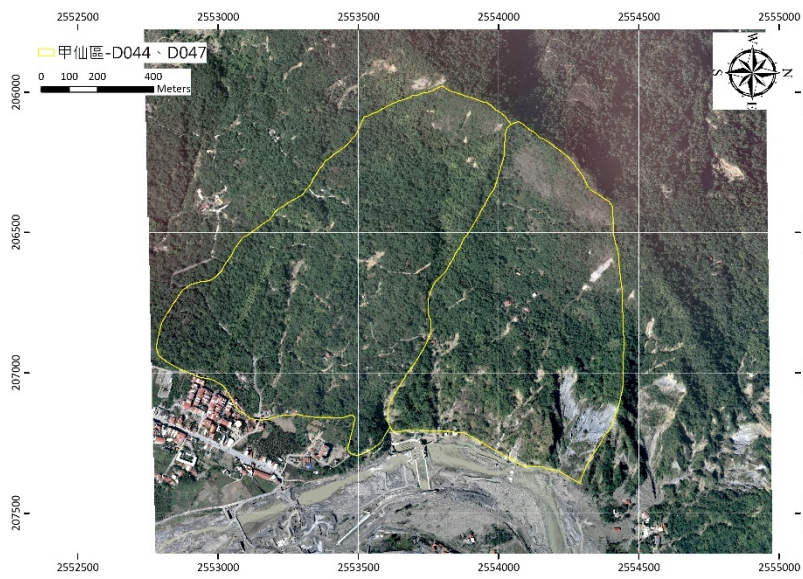




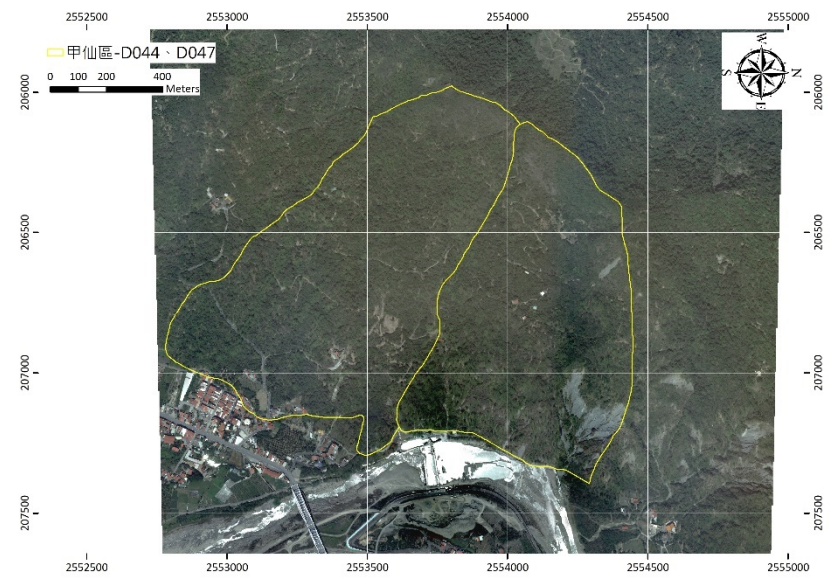
(i) 970518



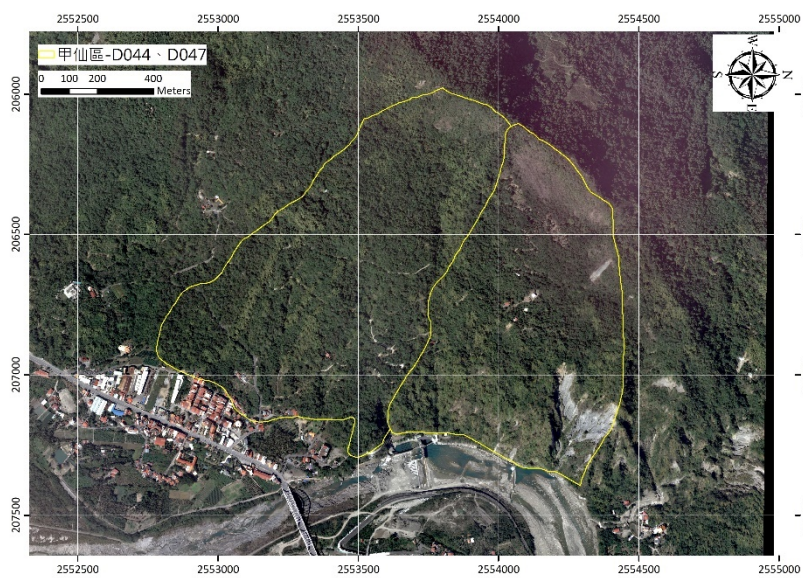
(j) 970907



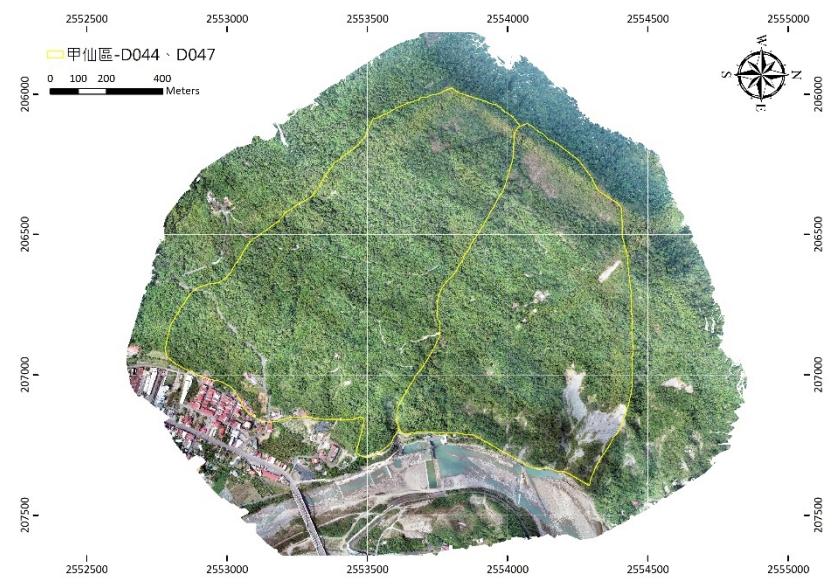
(k) 990110



(l) 1040509



(m) 1070126



(n) 1081015UAV

圖 4-18 高雄市-甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區 65~108 年正射影像



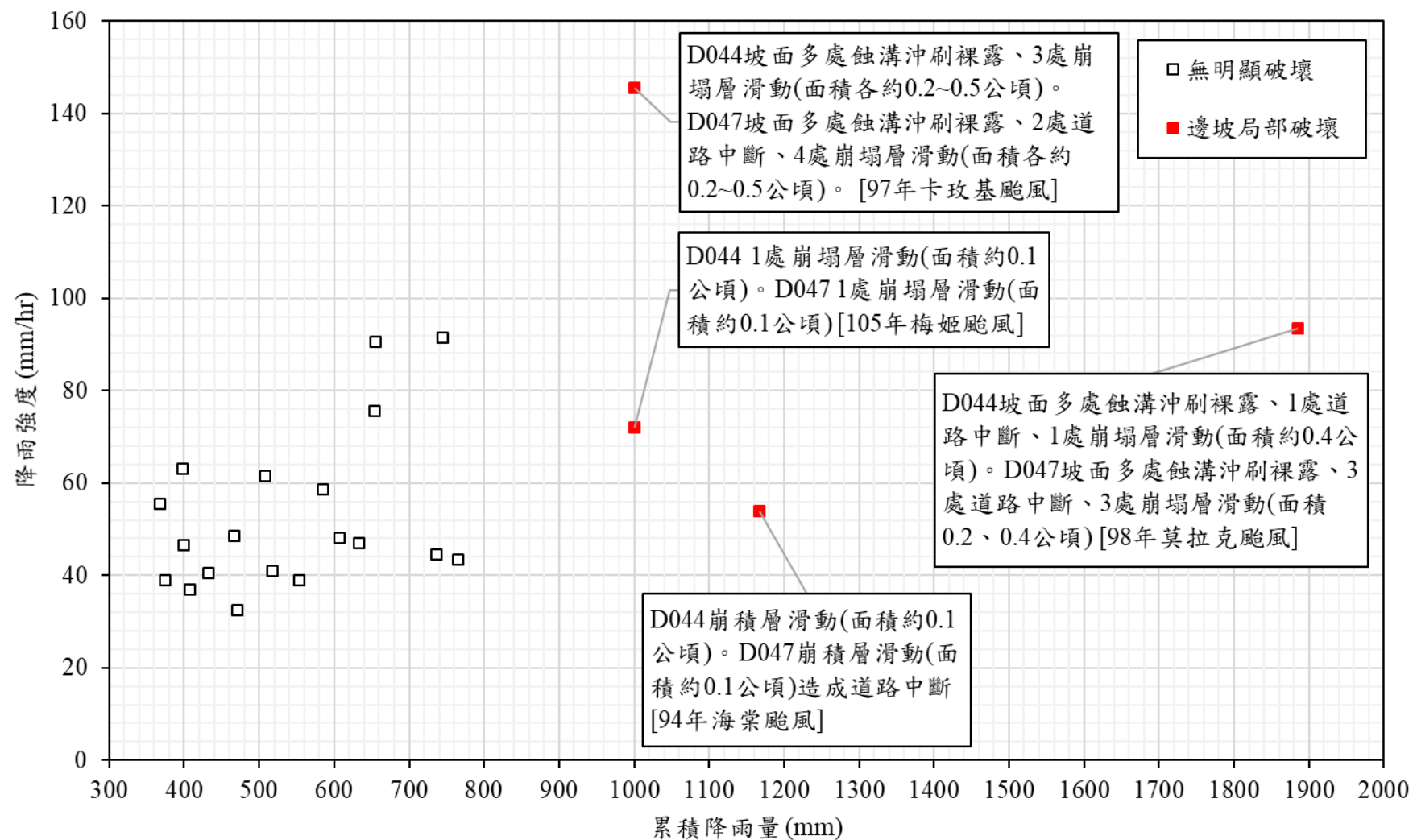


圖 4-19 甲仙區-D044、D047 81~108 年大豪雨等級以上降雨事件及邊坡破壞事件描述

表 4-5 甲仙區-D044、D047 歷史降雨事件與邊坡破壞行為

| 日期       | 颱風  | 邊坡破壞行為                                                                                           |
|----------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 81/8/30  | 寶莉  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 85/7/31  | 賀伯  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 90/9/17  | 納莉  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 93/7/2   | 敏督利 | 無明顯破壞                                                                                            |
| 94/6/14  | --  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 94/7/18  | 海棠  | D044 崩積層滑動(面積約 0.1 公頃)。<br>D047 崩積層滑動(面積約 0.1 公頃)造成道路中斷。                                         |
| 95/6/9   | --  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 95/7/13  | 碧利斯 | 無明顯破壞                                                                                            |
| 96/8/12  | --  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 96/8/18  | 聖帕  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 96/10/6  | 柯羅莎 | 無明顯破壞                                                                                            |
| 97/7/17  | 卡玫基 | D044 坡面多處蝕溝沖刷裸露、3 處崩塌層滑動(面積各約 0.2~0.5 公頃)。<br>D047 坡面多處蝕溝沖刷裸露、2 處道路中斷、4 處崩塌層滑動(面積各約 0.2~0.5 公頃)。 |
| 97/7/28  | 鳳凰  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 97/9/13  | 辛樂克 | 無明顯破壞                                                                                            |
| 97/9/28  | 薔蜜  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 98/8/6   | 莫拉克 | D044 坡面多處蝕溝沖刷裸露、1 處道路中斷、1 處崩塌層滑動(面積約 0.4 公頃)。<br>D047 坡面多處蝕溝沖刷裸露、3 處道路中斷、3 處崩塌層滑動(面積 0.2、0.4 公頃) |
| 99/9/19  | 凡那比 | 無明顯破壞                                                                                            |
| 102/8/21 | 潭美  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 102/8/29 | 康芮  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 104/8/8  | 蘇迪勒 | 無明顯破壞                                                                                            |
| 105/9/27 | 梅姬  | D044 1 處崩塌層滑動(面積約 0.1 公頃)。<br>D047 1 處崩塌層滑動(面積約 0.1 公頃)                                          |
| 106/7/31 | 海棠  | 無明顯破壞                                                                                            |
| 107/8/23 | --  | 無明顯破壞                                                                                            |



#### 4-2.2 嘉義縣-阿里山鄉-D187 管理基準值建議

根據文獻記載，二萬坪地區曾發生多次崩塌(陳月霞，2008)，1907 年森林鐵路修築之時，此地因地勢平坦而得名(號稱有兩萬坪)，通車後為當時最大的木材集散中心。1912 年夏日豪雨的崩塌事件，「二萬坪」的平坦區域剩下一萬七千坪。1941 年中埔大地震，抖落鐵軌、月台與房舍，「二萬坪」剩下一萬五千坪。1999 年集集地震及其餘震並未引致大崩塌，直到 2009 年莫拉克颱風後的大規模崩塌，「二萬坪」如今只剩下五千坪(蔡智豪，2012)。由上述文獻可知，地震與暴雨都曾經造成阿里山鄉-D187 潛勢區崩塌，莫拉克颱風後二萬坪崩塌區坡面仍殘留尚未完全滑動崩落的老崩積層(圖 4-20)、活動性高，嘉義林管處已針對本區進行調查、監測、防減災工程。本工作將蒐集本區 69~106 年影像判釋歷史災害事件、65~108 年雨量資料，提出管理基準值建議。由於本區航空照片較少，因此歷史影像除了由農航所航空照片再自行產製之正射影像，也蒐集多筆 LiDAR 坡度分佈圖、google earth 衛星影像，如圖 4-21。

本計畫由正射影像判釋歷史邊坡破壞事件，並與這段時間內大豪雨等級以上降雨事件做比較，結果如圖 4-22、表 4-6 所示。

歷史統計結果顯示當累積降雨量超過 1,000 mm，就會發生邊坡局部破壞，如坡趾處阿里山溪左岸崩塌，二萬坪崩塌地蝕溝沖刷、崩積層滑動。

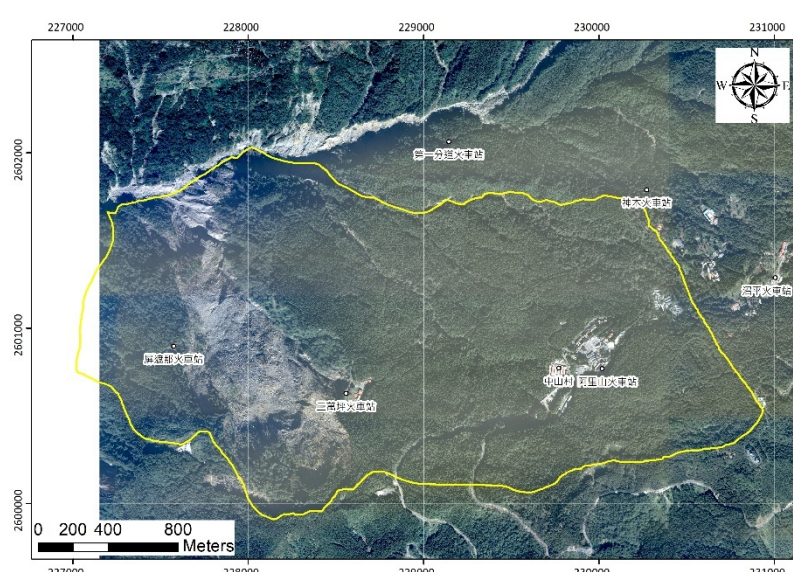
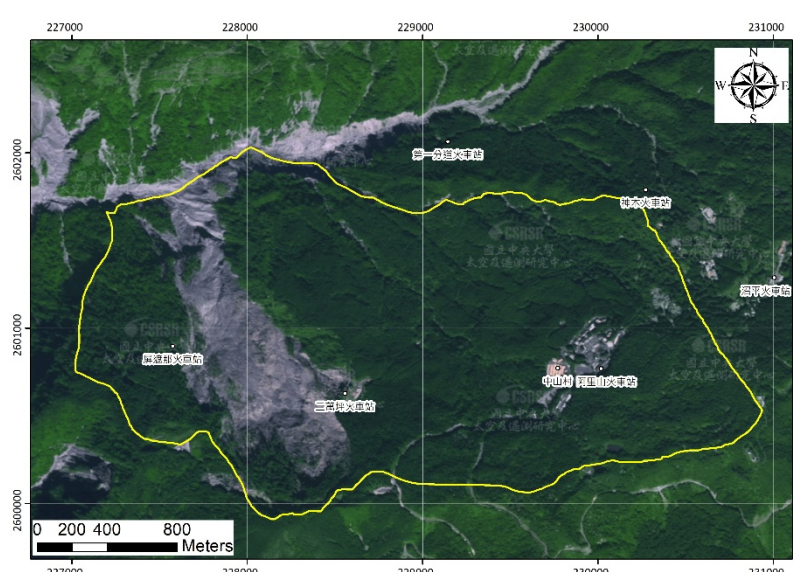
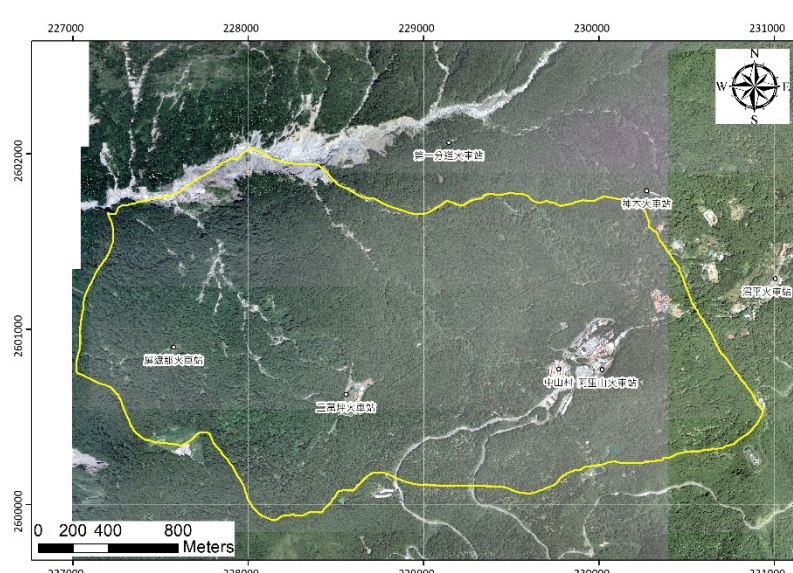
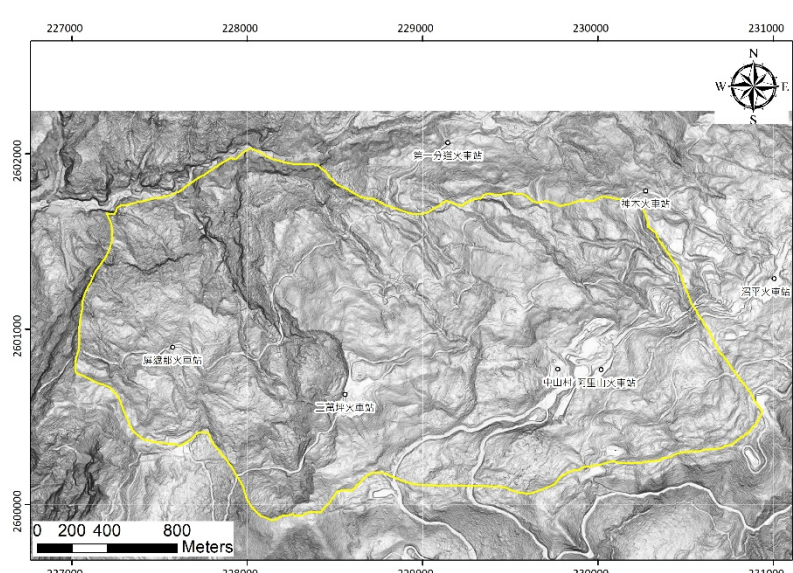
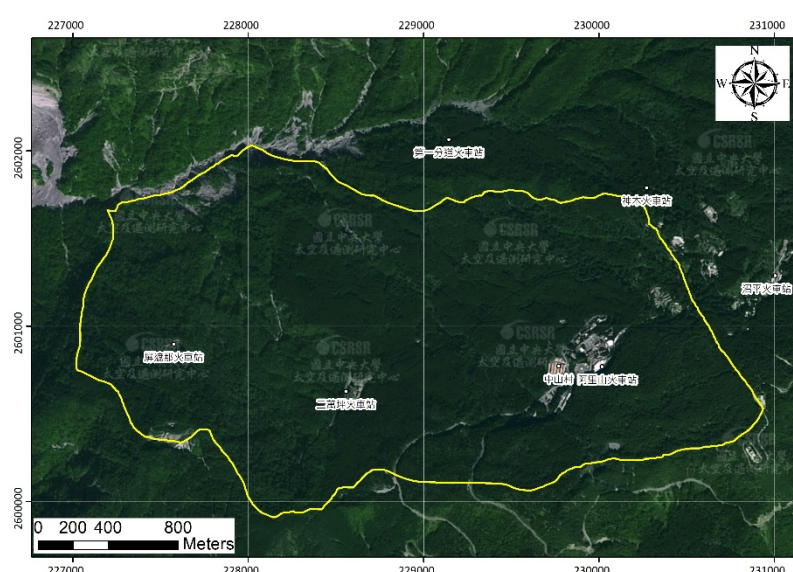
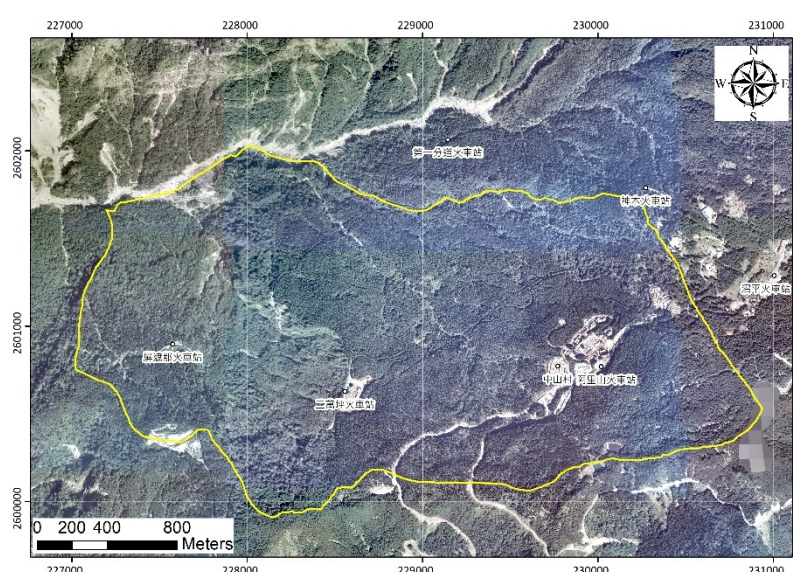
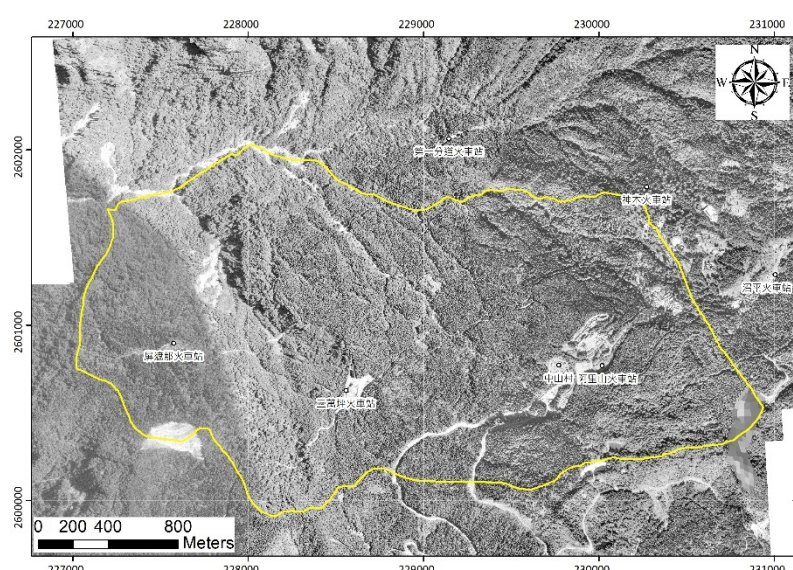
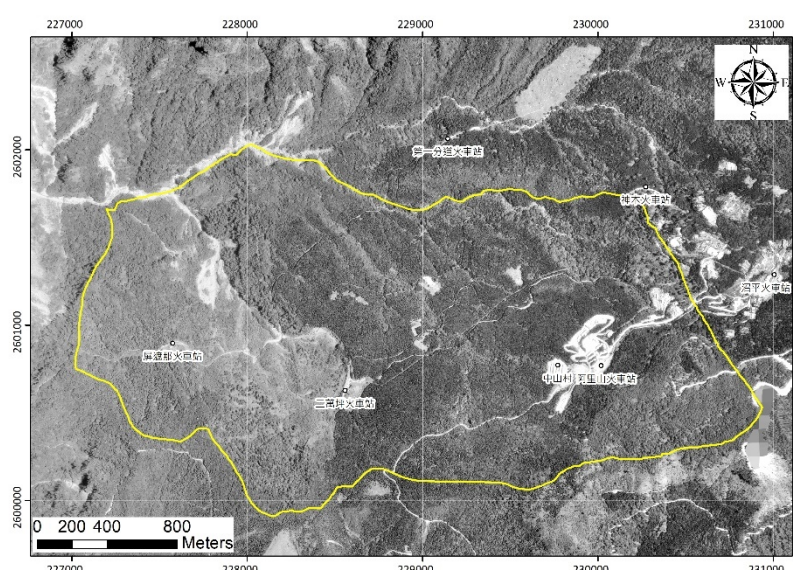
根據以上統計結果，初步認定阿里山鄉-D187 大規模崩塌區在累積降雨量超過 1,000 mm 時就會造成邊坡局部/表層崩塌，可作為局部崩塌管理基準值。既有雨量資料及邊坡破壞事件顯示歷史最大累積雨量 2,925 mm 造成一次式大規模滑動。本計畫建議保守選用 2,925 mm 的 2/3 倍，累積降雨量 1,900 mm 作為大規模崩塌的管理基準值。建議未來暴雨或地震事件後，可依策略一參考監測結果檢討管理基準值。



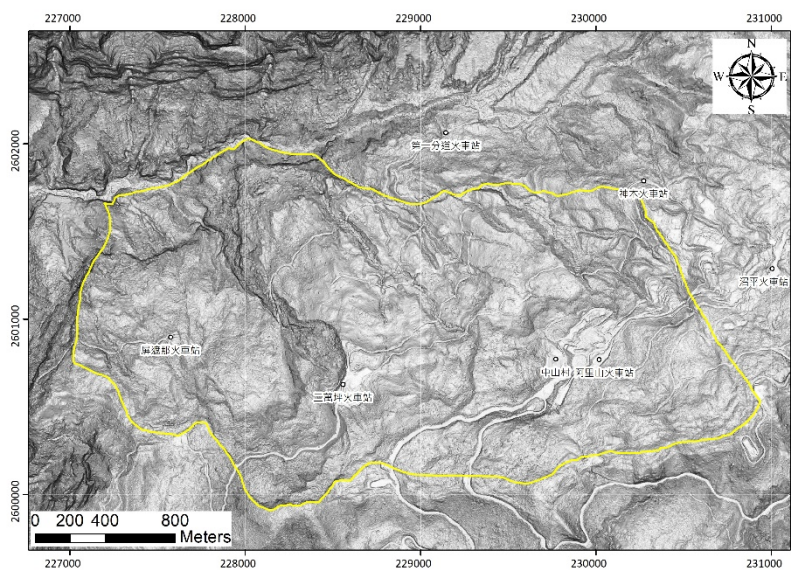
資料來源：阿里山區晚第四紀山崩土石流紀錄與河流地形變遷(蕭鈺達，104 年)

圖 4-20 二萬坪崩塌區碳十四定年採樣點與年代(101.8 拍攝)

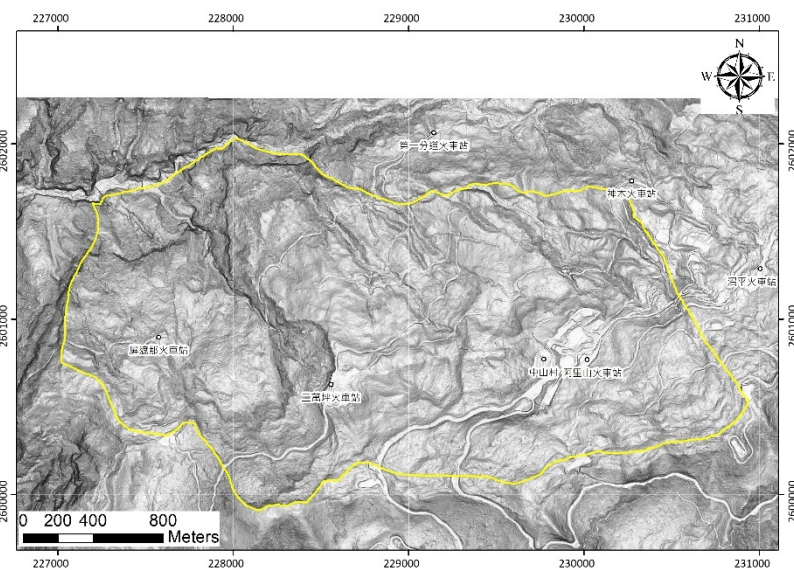




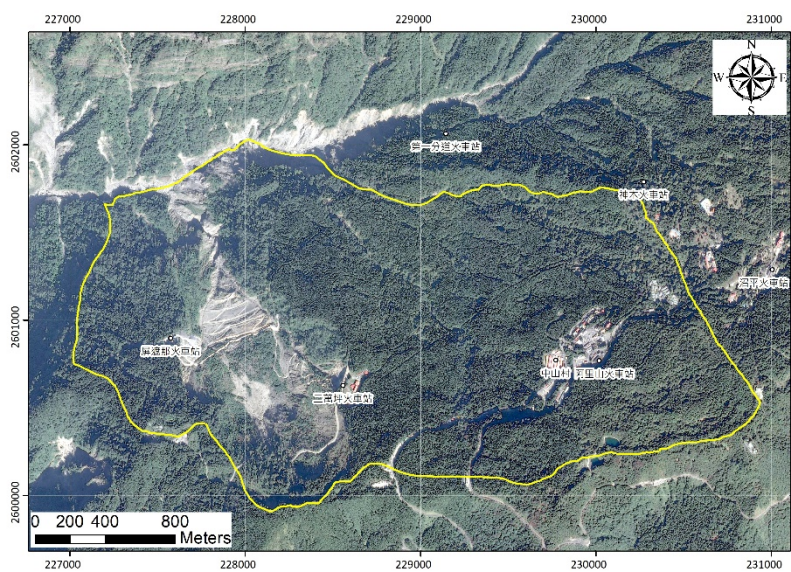




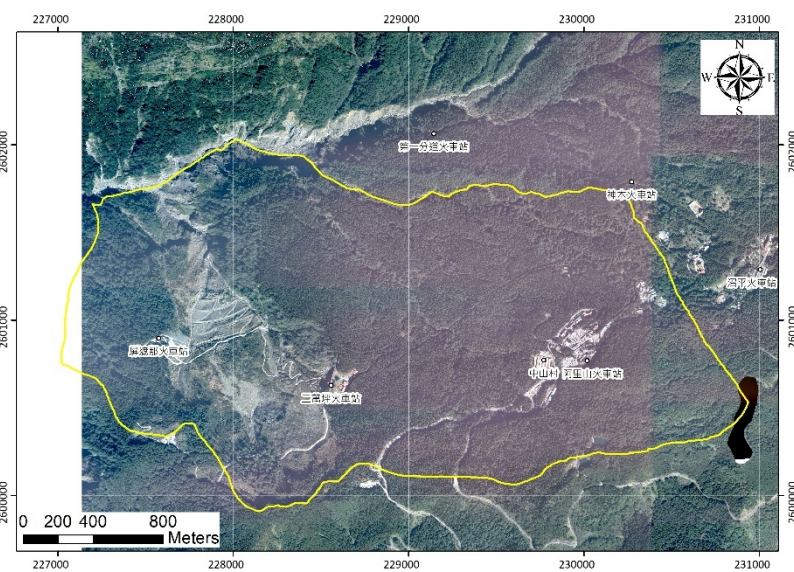
(i) 99 LiDAR slope map



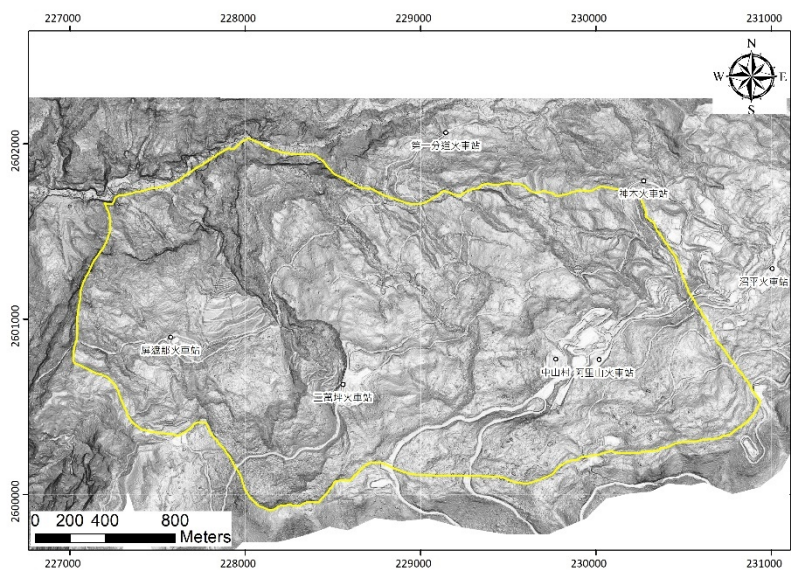
(j) 101 LiDAR slope map



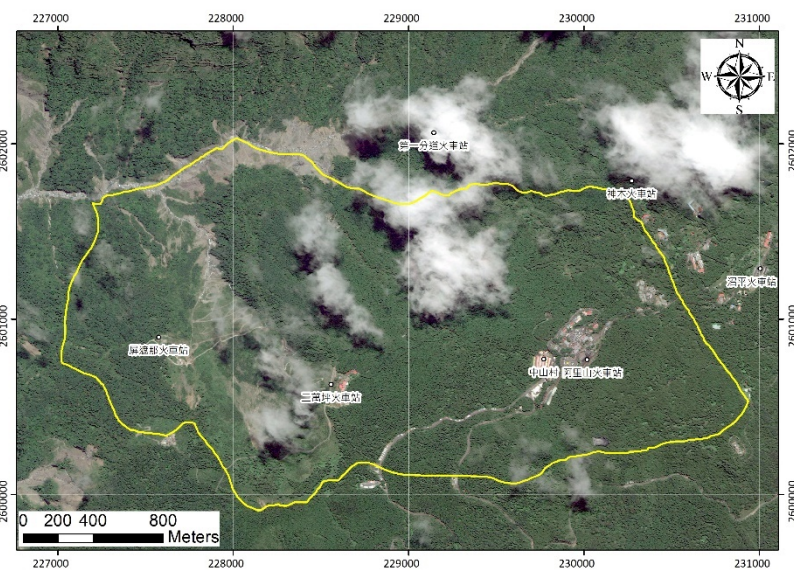
(k) 1021205



(l) 1030217



(m) 104 LiDAR slope map



(n) 1060626 google earth

圖 4-21 嘉義縣-阿里山鄉-D187 大規模崩塌潛勢區 69~106 年正射影像



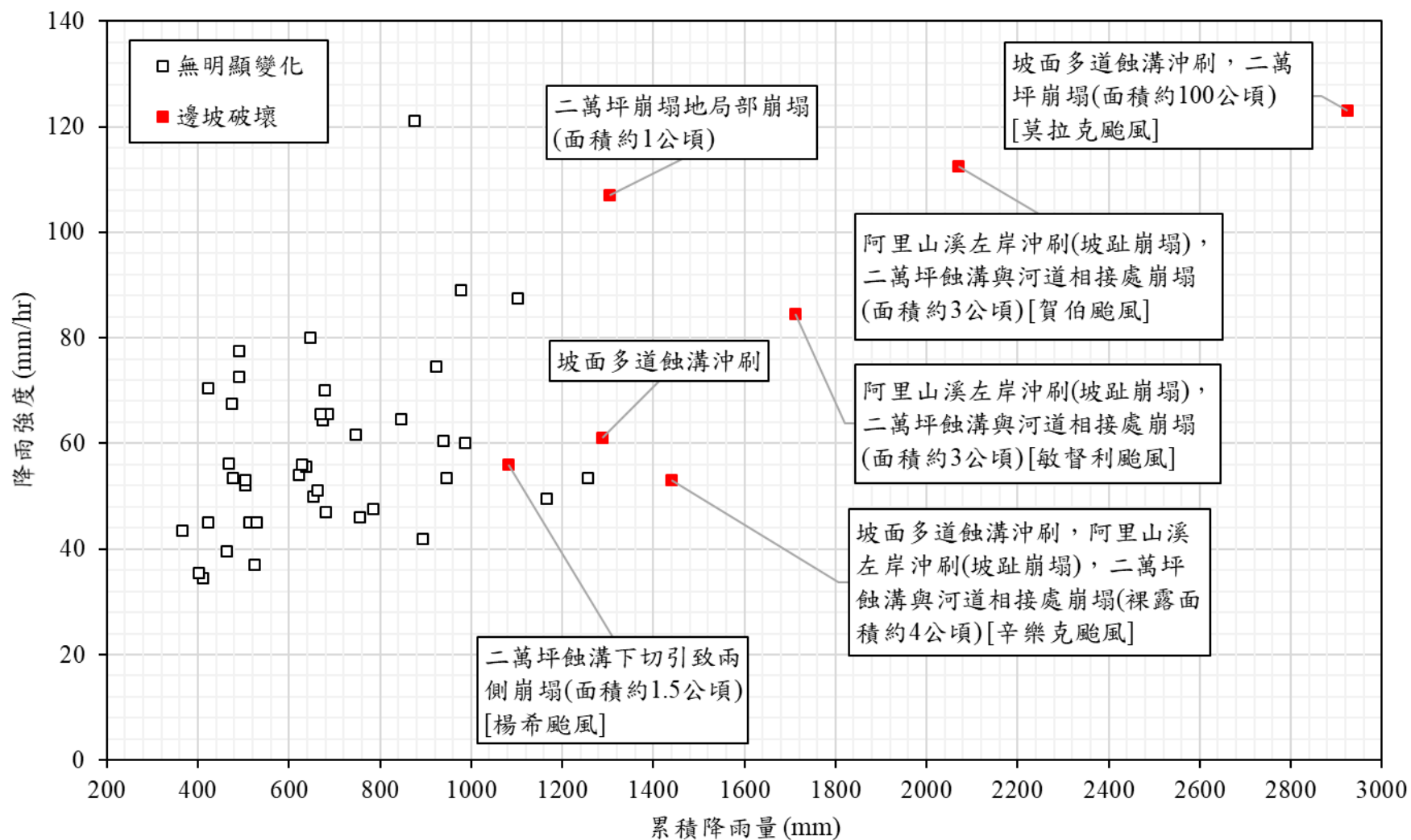


圖 4-22 阿里山鄉-D187 69~108 年大豪雨等級以上降雨事件及邊坡破壞事件描述

表 4-6 甲仙區-D044、D047 歷史降雨事件與邊坡破壞行為

| 累積降雨量<br>(mm) | 降雨強度<br>(mm/hr) | 日期      | 颱風  | 邊坡破壞行為                                     |
|---------------|-----------------|---------|-----|--------------------------------------------|
| 894           | 41.8            | 65/7/3  | --  |                                            |
| 747           | 61.7            | 65/8/9  | 畢莉  |                                            |
| 366           | 43.5            | 66/5/29 | --  |                                            |
| 422           | 45              | 66/7/25 | 賽洛瑪 |                                            |
| 412           | 34.5            | 66/7/31 | 薇拉  |                                            |
| 468           | 56.2            | 66/8/22 | 愛美  |                                            |
| 977           | 89              | 67/7/31 | 范迪  |                                            |
| 673           | 64.4            | 68/8/24 | 茱迪  |                                            |
| 622           | 54              | 69/8/27 | 諾瑞斯 |                                            |
| 680           | 47              | 70/7/22 | --  |                                            |
| 679           | 70              | 74/8/23 | 尼爾森 |                                            |
| 491           | 77.4            | 75/8/22 | --  |                                            |
| 685           | 65.6            | 76/7/27 | 亞力士 |                                            |
| 638           | 55.5            | 77/8/13 | --  |                                            |
| 504           | 52              | 78/7/26 | --  |                                            |
| 940           | 60.5            | 78/9/11 | 莎拉  |                                            |
| 475           | 67.5            | 79/6/23 | 歐菲莉 |                                            |
| 1082          | 56              | 79/8/19 | 楊希  | 二萬坪蝕溝下切引致兩側崩塌(面積約 1.5 公頃)                  |
| 986           | 60              | 80/6/23 | --  |                                            |
| 946           | 53.5            | 83/8/7  | 道格  |                                            |
| 2069          | 112.5           | 85/7/31 | 賀伯  | 阿里山溪左岸沖刷(坡趾崩塌)，<br>二萬坪蝕溝與河道相接處崩塌(面積約 3 公頃) |
| 490           | 72.5            | 87/8/4  | 奧托  |                                            |
| 876           | 121             | 90/7/30 | 桃芝  |                                            |
| 1713          | 84.5            | 93/7/2  | 敏督利 | 阿里山溪左岸沖刷(坡趾崩塌)，<br>二萬坪蝕溝與河道相接處崩塌(面積約 3 公頃) |
| 784           | 47.5            | 93/8/24 | 艾利  |                                            |
| 1256          | 53.5            | 94/7/18 | 海棠  |                                            |
| 476           | 53.5            | 94/8/4  | 馬莎  |                                            |
| 669           | 65.5            | 94/8/31 | 泰利  |                                            |
| 1305          | 107             | 95/6/8  | --  | 二萬坪崩塌地局部崩塌(面積約 1 公頃)                       |
| 755           | 46              | 95/7/13 | 碧利斯 |                                            |
| 525           | 37              | 96/8/18 | 聖帕  |                                            |



|      |      |          |     |                                                 |
|------|------|----------|-----|-------------------------------------------------|
| 1103 | 87.5 | 96/10/6  | 柯羅莎 |                                                 |
| 648  | 80   | 97/7/17  | 卡孜基 |                                                 |
| 653  | 50   | 97/7/28  | 鳳凰  |                                                 |
| 1440 | 53   | 97/9/13  | 辛樂克 | 坡面多道蝕溝沖刷，阿里山溪左岸沖刷(坡趾崩塌)，二萬坪蝕溝與河道相接處崩塌(裸露面積約4公頃) |
| 847  | 64.5 | 97/9/28  | 薔蜜  |                                                 |
| 2925 | 123  | 98/8/7   | 莫拉克 | 坡面多道蝕溝沖刷，二萬坪崩塌(面積約100公頃)                        |
| 1165 | 49.5 | 101/6/10 | --  |                                                 |
| 662  | 51   | 101/8/1  | 蘇拉  |                                                 |
| 923  | 74.5 | 102/7/12 | 蘇力  |                                                 |
| 628  | 56   | 102/8/21 | 潭美  |                                                 |
| 514  | 45   | 103/7/22 | 麥德姆 |                                                 |
| 463  | 39.5 | 104/8/8  | 蘇迪勒 |                                                 |
| 504  | 53   | 104/9/28 | 杜鵑  |                                                 |
| 529  | 45   | 105/9/27 | 梅姬  |                                                 |
| 1288 | 61   | 106/6/1  | --  | 坡面多道蝕溝沖刷                                        |
| 402  | 35.5 | 107/8/23 | --  |                                                 |
| 422  | 70.5 | 108/5/18 | --  |                                                 |

#### 4-2.3 高雄市-六龜區-D015 管理基準值與減災策略檢討

由 105-106 計畫成果可知，六龜區-D015 潛在大規模崩塌致災風險為暴雨或地震後，可能引致高 133 線上邊坡崩積層沿岩土界面滑動，影響範圍的保全對象包含高 133 線及阻塞約一半的荖濃溪河道(應不至於形成堰塞湖)。歷年邊坡破壞事件顯示暴雨時常造成邊坡崩塌、蝕溝溯源侵蝕、蝕溝下切側壁崩滑，恐加速道路邊坡崩積層內或沿岩盤界面的局部滑動。減災策略檢討將以前期計畫的致災風險評估結果為基礎，納入 107、108 年度的現況補充調查、監測、活動性評估結果，以及中央蝕溝及北側蝕溝的防砂壩減災工程執行成效進行綜合檢討。

本工作整理 3-3.2(四)節防減災工程成效評估、4-1 節監測與空拍結果，北側蝕溝興建防砂壩後，蝕溝侵蝕與下切速度減緩，坡面植生逐漸增加。高 133 線於 101 年滑動中斷後，降雨之地表逕流集中、逐漸於坡面上形成一道新生蝕溝，未來該區仍可能繼續崩滑。中央蝕溝防砂壩完工後，蝕溝上游崩

落的岩塊、土砂淤積，防砂壩上游局部穩定。防砂壩下游於多階固床工完工後整體亦趨於穩定。99~108 年中央蝕溝線縱斷面高程變化(圖 4-17)顯示，106~107 年防砂壩工程完工後形成蝕溝高程控制點，蝕溝上游沖刷行為減緩，坡面植生逐漸增加。綜合以上調查結果，檢討減災原則如下：

1. 針對有保全對象的蝕溝進行調查、防治。長期穩定目標是控制蝕溝下切、擴寬，向源侵蝕。若蝕溝規模較小或道路可及性較高，可試圖讓源頭崩塌物留在下方，否則就是適當清理蝕溝上的堆積物，避免一次性大雨攜帶大量土砂至下游致災。
2. D015 中央蝕溝雖持續沖刷，若經費許可可進行系統性的蝕溝控制防止下切、擴寬，向源侵蝕，將有助於全區的穩定性。然本蝕溝下游已興建橋梁跨越高 133 線(附近住戶也已經遷離)，加上蝕溝範圍太大，建議先觀察植生復育的狀況，持續監視。根據前期建議的管理基準值，當累積雨量大於 600 mm，歷史災害顯示就會有局部、表層崩塌。本計畫持續蒐集 D015 鄰近雨量站資料(表 4-7、表 4-8)，107、108 年兩場累積降雨量超過 600 mm 的大豪雨後，中央蝕溝防砂壩已經淤滿，目前下游興建多階固床工，須持續觀察未來大雨後防減災工程成效。
3. 北側蝕溝與高 133 線交會處，目前已經興建新的攔砂壩阻擋土砂，蝕溝上方的植生已經逐漸恢復。但要持續觀測河道沖刷是否會影響下邊坡的穩定，建議於凹岸攻擊處可施作丁壩等護岸工調整水流方向，可以避免直接沖刷坡腳，提高邊坡穩定性。108 年調查結果顯示目前河道凹岸無明顯沖刷。
4. 由邊坡穩定分析可知，高 133 線沿線上邊坡的崩積層有可能在大雨或地震時崩塌，影響用路人安全。前期計畫以累積降雨量 600 mm、1,200 mm 作為局部崩塌、大規模崩塌管理基準值。本計畫由內政部 105 年、中央地調所 99 年空載光達產製之高精度數值高程模型，計算 1010610 暴雨(累積降雨量 1,159 mm)破壞事件之崩塌量體。該事件造成高 133 線中斷，崩塌量體約 60 萬  $m^3$ ，中央蝕溝分支上溯，

崩塌量體約 30 萬  $\text{m}^3$ ，應屬大規模崩塌。故將大規模崩塌管理基準值下修為累積降雨量 1,100 mm。

5. 建議先以雨量作為管理基準值，當累積雨量大於 600 mm，歷史災害顯示就會有局部、表層崩塌，建議須提醒用路人注意。當累積雨量大於 1,200 mm 就有一次式致災性崩塌的可能，必須禁止通行。針對此一潛在可能引致一次式深層滑動之滑動體，目前缺乏鑽孔地質調查及監測潛在滑動面位置，建議未來應補充鑽孔調查並依監測結果評估活動性。
6. 高 133 線上邊坡目前植生還算良好，但根據 106~108 年空拍監視結果，101 年崩塌中斷處之降雨地表逕流逐漸集中、形成一道新生蝕溝，未來崩塌範圍仍可能持續擴大。若要恢復其通行，應補充鑽孔調查上邊坡地質及潛在滑動面位置，依監測結果進行詳細的邊坡穩定分析，再依據分析結果佈設監測儀器並評估必要的治理工程。

**表 4-7 六龜區-D015 鄰近雨量站資料表**

| 測站名稱   | 御油山測站                      | 新發測站            |
|--------|----------------------------|-----------------|
| TWD97X | 220825.350                 | 213725.746      |
| TWD97Y | 2544532.905                | 2550638.813     |
| 海拔(m)  | 1,637                      | 741             |
| 測站位置   | 桃源區農業委員會林業試驗所六龜分所鳳崗山苗圃觀測坪內 | 六龜區旗山事業區 61 林班地 |
| 資料起始時間 | 1992/5/1                   | 2013/12/1       |

**表 4-8 D015 民國 81~108 年歷史大豪雨等級以上事件雨量記錄**

| 累積<br>降雨量<br>(mm) | 降雨<br>強度<br>(mm/hr) | 日期      | 測站  | 颱風  | 邊坡破壞行為          |
|-------------------|---------------------|---------|-----|-----|-----------------|
| 727               | 55.5                | 85/7/31 | 御油山 | 賀伯  | 無(植生良好)         |
| 371               | 51                  | 88/8/9  | 御油山 | -   | 無(植生良好)         |
| 653               | 68.5                | 89/8/22 | 御油山 | 碧利斯 | 無(植生良好)         |
| 625               | 62                  | 90/5/19 | 御油山 | -   | 無(植生良好)         |
| 464               | 53                  | 90/7/29 | 御油山 | 桃芝  | 無(植生良好)         |
| 1949              | 110                 | 93/7/1  | 御油山 | 敏督利 | 中央蝕溝右側崩滑(原植生茂密) |



|      |      |          |     |     |                                                                         |
|------|------|----------|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------|
| 832  | 39   | 94/6/14  | 御油山 | -   | /                                                                       |
| 2163 | 83   | 94/7/18  | 御油山 | 海棠  | 中央蝕溝右側崩滑(原植生稀疏)、北側蝕溝道路下邊坡侵蝕(原植生茂密)                                      |
| 770  | 61.5 | 94/8/31  | 御油山 | 泰利  | /                                                                       |
| 1128 | 86.5 | 95/6/8   | 御油山 | -   | 北側蝕溝道路下邊坡侵蝕(原地表裸露)                                                      |
| 832  | 61   | 95/7/13  | 御油山 | 碧利斯 | /                                                                       |
| 1131 | 65   | 96/8/17  | 御油山 | 聖帕  | /                                                                       |
| 721  | 47.5 | 96/10/6  | 御油山 | 柯羅莎 | /                                                                       |
| 847  | 111  | 97/7/17  | 御油山 | 卡玫基 | /                                                                       |
| 788  | 65.5 | 97/7/28  | 御油山 | 鳳凰  | /                                                                       |
| 972  | 51   | 97/9/13  | 御油山 | 辛樂克 | /                                                                       |
| 2903 | 90.5 | 98/8/6   | 御油山 | 莫拉克 | 中央蝕溝大規模崩塌(原植生茂密)、北側蝕溝大規模崩塌(原植生茂密)、高 133 線上下邊坡多處崩塌(原植生茂密)、南側蝕溝小崩滑(原植生茂密) |
| 667  | 76.5 | 99/9/19  | 御油山 | 凡那比 | /                                                                       |
| 1159 | 54.5 | 101/6/10 | 御油山 | -   | 中央蝕溝崩崖倒退、高 133 線道路中斷(原植生茂密，可能受坡腳侵蝕影響)、南側蝕溝小崩滑(原地表裸露)                    |
| 706  | 57   | 101/6/18 | 御油山 | 泰利  | /                                                                       |
| 378  | 57   | 102/7/12 | 御油山 | 蘇力  | /                                                                       |
| 609  | 111  | 103/7/22 | 御油山 | 麥德姆 | 多處局部崩滑(原地表裸露)                                                           |
| 414  | 61   |          | 新發  |     |                                                                         |
| 799  | 76.5 | 104/8/8  | 御油山 | 蘇迪勒 | 多處局部崩滑(原地表裸露)                                                           |
| 743  | 67.5 |          | 新發  |     |                                                                         |
| 770  | 77   | 105/9/27 | 御油山 | 梅姬  | 多處局部崩滑(原地表裸露)                                                           |
| 874  | 76   |          | 新發  |     |                                                                         |
| 833  | 32   | 106/6/1  | 御油山 | -   | 多處局部崩滑(原地表裸露)、南側蝕溝局部崩坍(原地表裸露)                                           |
| 642  | 41.5 |          | 新發  |     |                                                                         |
| 385  | 59   | 106/7/30 | 御油山 | 海棠  | 整體地貌無明顯變化                                                               |
| 483  | 48.5 |          | 新發  |     |                                                                         |
| 741  | 76.5 | 107/8/23 | 御油山 | -   | 中央蝕溝防砂壩後方土砂堆積、高 133 線中斷處表層岩塊崩落                                          |
| 766  | 103  |          | 新發  |     |                                                                         |
| 660  | 48.5 | 108/8/15 | 御油山 | -   | 地表裸露處局部岩塊崩落，整體地貌無明顯變化                                                   |
| 408  | 30.5 |          | 新發  |     |                                                                         |

註：「-」代表非颱風事件，「/」代表無法判斷是否造成邊坡破壞

## 伍、高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區現況調查

本工作包含地表地質調查、地球物理探測、地質鑽探等相關調查工作，以了解本崩塌潛勢區域崩塌滑動現況、地形特徵、地質與地下水等等條件。本計畫依照調查目的，規劃調查種類、數量及位置。調查方法包含歷年航空照片判釋、LiDAR 微地形判釋、野外地質調查、在進行地球物理探測、地質鑽探、佈設監測儀器等。調查結果將用於建立地質模型，並據以研判邊坡可能的破壞模式。本計畫以 106 年衛星影像及光達地形圖進行調查，大範圍的地質圖以 1:10,000 呈現，地質剖面圖則以光達地形視需要的比例圖呈現。以下說明調查結果。

### 5-1 高雄市-甲仙區-D044、D047 概況

#### 5-1.1 區域地質概述

依據中央地質調查所民國 89 年出版之五萬分之一地質圖-甲仙圖幅(圖 5-1)，大規模崩塌潛勢區 D044 與 D047 所涵蓋地層由老至新分別為糖恩山砂岩、鹽水坑頁岩、隘寮腳層，而地質構造分別為平溪斷層、滴水斷層、十張犁向斜，其詳細說明如下：

#### 糖恩山砂岩(Tn)

標準出露地點位於臺南市玉井區、楠西區與南化區區界之糖子恩山，標準剖面位於後堀溪的篙嘴坑。在楠梓仙溪紅花子剖面上，本層可分為三段：

下部砂岩段：以平行紋理的厚層細粒砂岩為主，夾薄至中層之細砂岩與粉砂質頁岩互層。偶見圓丘狀交錯層理，平行紋理與低角度交錯層理，侵蝕面等頗為普遍。砂岩頂部常有對稱波痕及明顯之生物擾動。

中部砂岩段：塊狀砂岩，強烈之生物擾動。

上部粉砂岩段：粉砂岩與細粒砂岩互層。粉砂岩厚度由數公分至兩公尺，沈積構造已完全被生物活動所破壞；而細砂岩厚度約數公分至五十公分不等，層面雖也受生物擾動影響，但仍可見一些殘餘之水道構造交錯紋理，爬昇波痕，平行紋理，以及少數之小型圓丘狀交錯層理。

在後堀溪剖面，則無法明顯地分出三段，而以青灰色緻密砂岩與泥質砂岩為主，夾有深灰色頁岩及砂質頁岩，砂岩中富含雲母片。本層岩性堅硬緻密，多呈塊狀，地形上容易形成峭崖與峽谷。本層在後堀溪出露之厚度約 550~650 公尺(何春蓀，1956；張錫齡和鍾振東，1956)，楠梓仙溪紅花子剖面則厚約 1000 公尺(丁信修，1986)，與其上下地層皆為整合接觸。根據紀文榮(1979)之超微化石研究，本層地質時代可自晚期中新世至早期上新世。

### **鹽水坑頁岩 (Ys)**

標準出露地點為臺南縣南化鄉之鹽水坑，位於後堀溪畔。標準剖面出露於後堀溪之篙嘴坑。本層以巨厚、塊狀之頁岩為主，受強烈之生物擾動，偶夾黃灰色砂岩或泥質砂岩，常呈凸鏡狀向兩端尖滅。砂岩多半具有平行層理，偶有波痕和交錯層理。本層出露厚度約 200~250 公尺(何春蓀，1956；張錫齡和鍾振東，1956)，與其上下地層皆為整合接觸。根據紀文榮(1978)的超微化石研究，本層屬於上新世早期。

### **隘寮腳層 (Al)**

標準出露地點位於臺南縣南化鄉之隘寮腳，位於後堀溪畔。標準剖面位於後堀溪的篙嘴坑。本層主要由薄層的頁岩和粉砂岩所組成的帶狀互層。以頁岩中時夾不規則的葉狀砂岩體之紋層構造(laminated structure)為其特徵。砂岩含碳質物碎片，偶有波成波痕、水流波痕交錯層理與水道構造等。本層底部以厚層帶狀砂岩之出露作為其與鹽水坑頁岩之分界。本層出露之厚度約 400~500 公尺(鍾振東，1958a 和 1958b)，與其上下地層皆為整合接觸。根據紀文榮(1979)之超微化石研究，將本層歸屬於上新世早期。

### **平溪斷層**

平溪斷層分布於 D044 西側，其走向呈東北-西南向，為一向東傾之逆斷層，由斷層兩側岩層估算本斷層之落差可達 3,000 公尺以上(耿文溥，1965)。

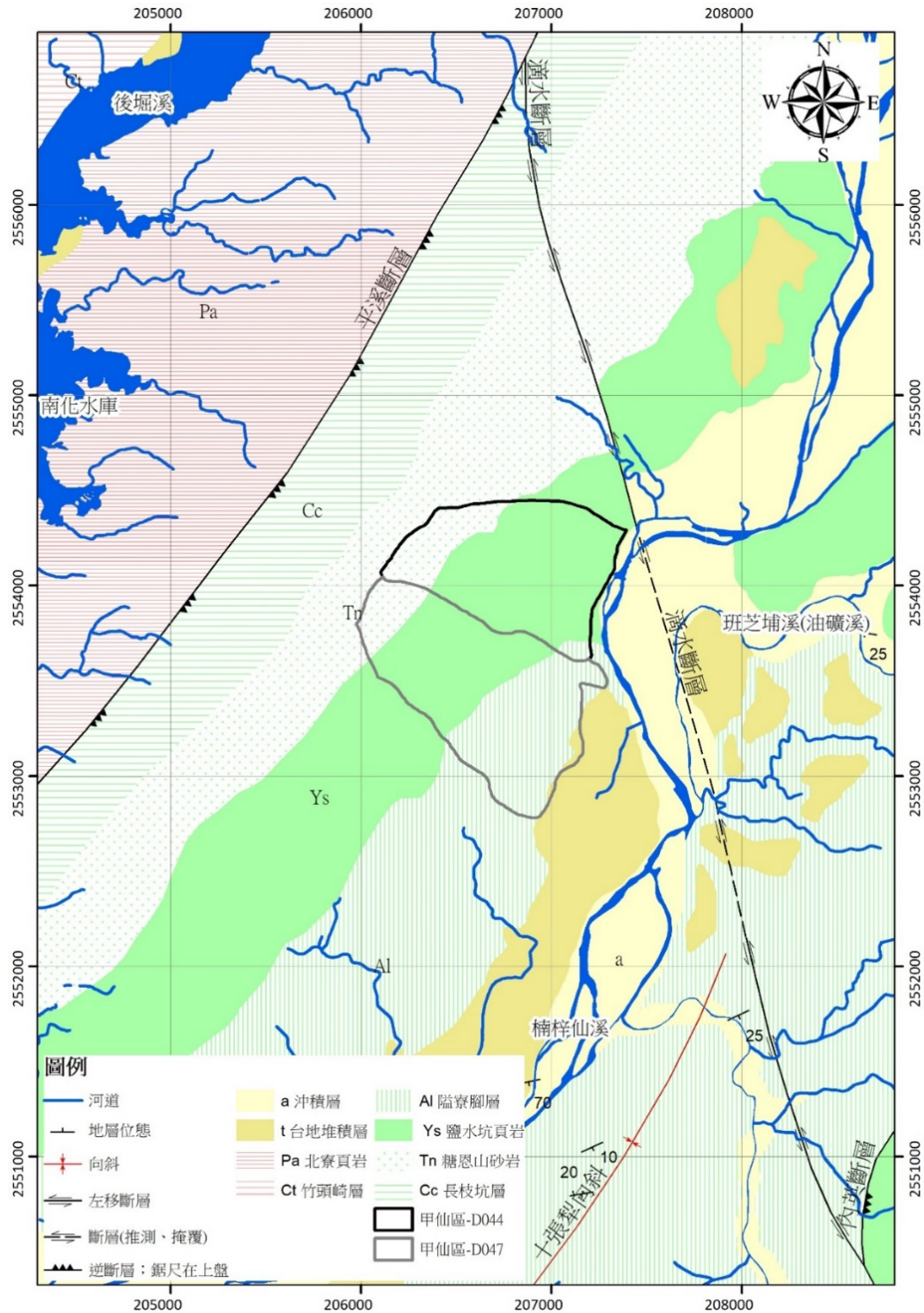
### **滴水斷層**

滴水斷層位於 D044 北側，本斷層之走向呈北北西，斷面向西南傾斜約 60 度(曾長生等人，1983)，為一具有明顯左移特性之走向斜移斷層。



## 十張犁向斜

十張犁向斜位於 D044 之東南方，向斜軸之走向約呈北 30 度東-南 30 度西，為一向南傾沒且東陡西緩之不對稱向斜。向斜東翼地層之傾角約為 50 度左右，西翼地層之傾角則在 15-35 度之間。



資料來源：中央地質調查所流域地質圖、中央地質調查所五萬分之一地質圖-甲仙圖幅

圖 5-1 高雄市-甲仙區-D044、D047 區域地質圖

### 5-1.2 潛勢區位置與地形

甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區行政區為高雄市甲仙區和安里及大田里，位於旗山溪集水區，屬於旗山第 4 林班地，聯外主要道路為台 20 及台 29 線。潛勢區高程呈由東向西遞增，高程介於 250 至 800 公尺(圖 5-2)，坡向朝東南方。坡度依 99 年 LiDAR DEM 可分為三區，坡頂坡度約  $40^\circ$ 、坡腹約  $15^\circ$ 、坡趾約  $25^\circ$ 。

由航空照片產製的民國 65 與 104 年正射影像(圖 5-3)比對可知近四十年甲仙區-D044 的坡頂順向滑動殘坡並無明顯變化，下邊坡蝕溝發育則受降雨事件及凹岸側刷侵蝕影響。甲仙攔河堰於民國 88 年 7 月底完工，堰頂高程 246 公尺，完工後上游側坡趾侵蝕狀況減緩。參考 LiDAR DEM 可將甲仙區-D044 依照地形分為坡頂(順向滑動殘坡)、坡腹(平台)與坡趾(D044 有岩盤裸露，D047 則為崩塌層覆蓋)三個部分，圖 5-4 為沿層面傾向繪製之地形剖面圖。

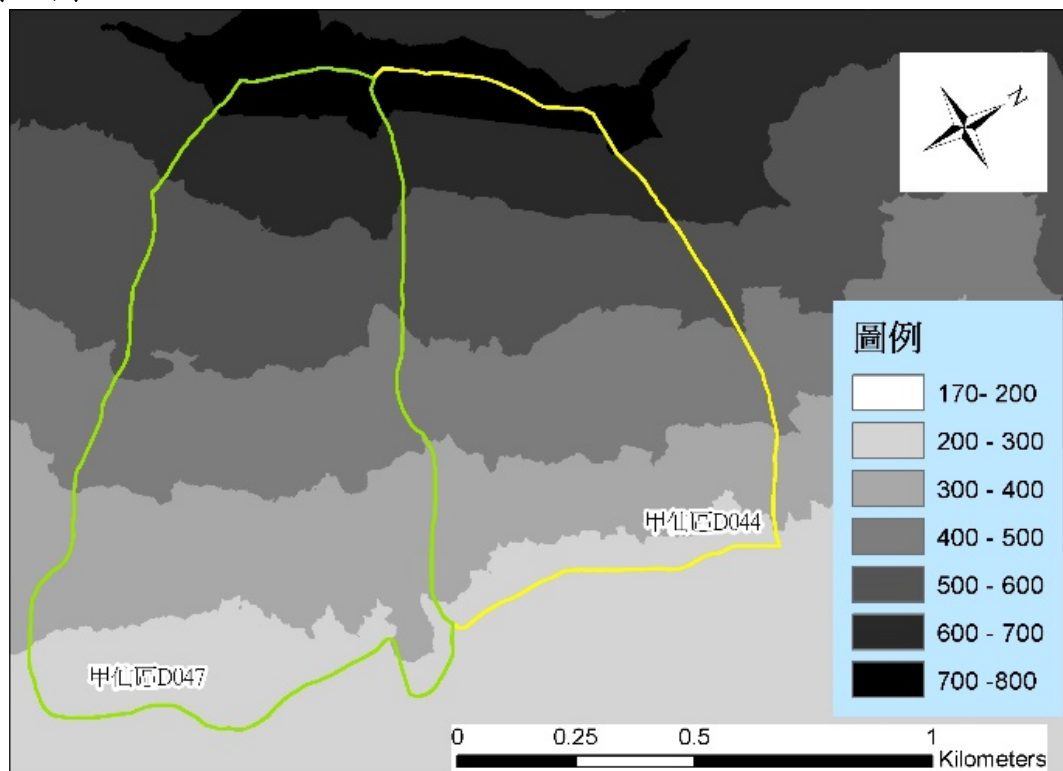


圖 5-2 高雄市-甲仙區-D044、D047 地形分布圖



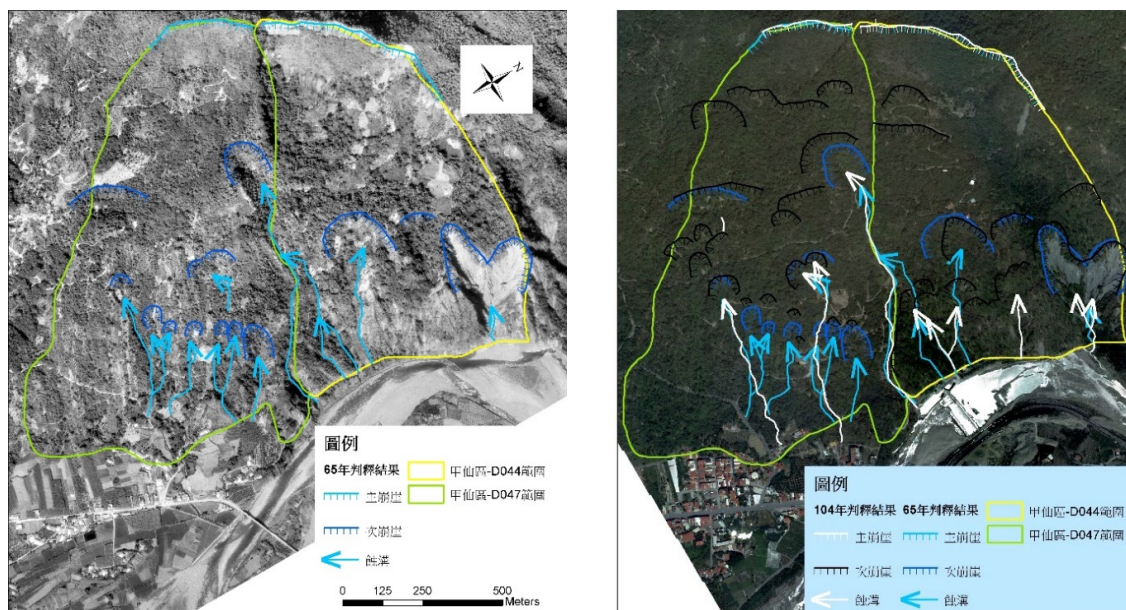
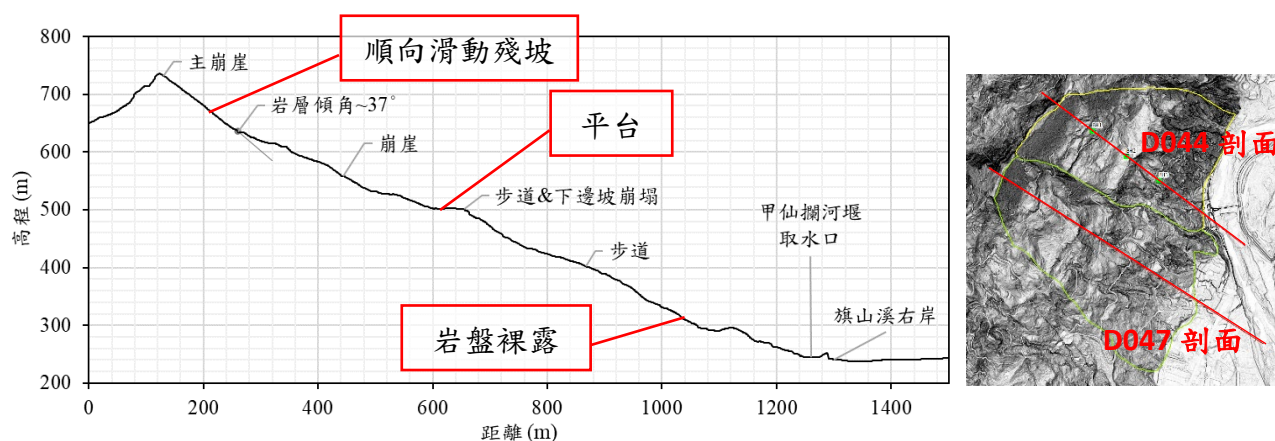
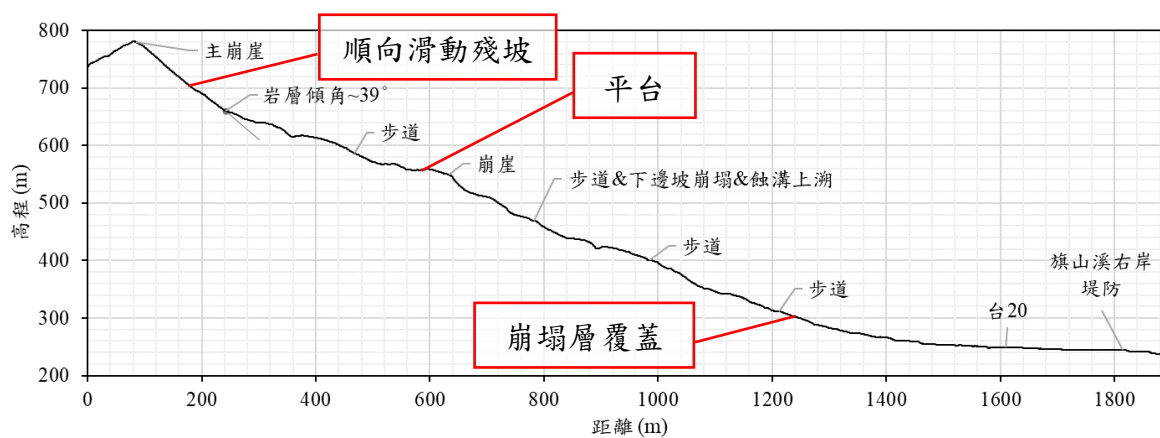


圖 5-3 高雄市-甲仙區-D044、D047 前後期航照判釋(65、104 年)



(a) D044 地形剖面圖



(b) D047 地形剖面圖

圖 5-4 高雄市-甲仙區-D044、D047 地形剖面圖

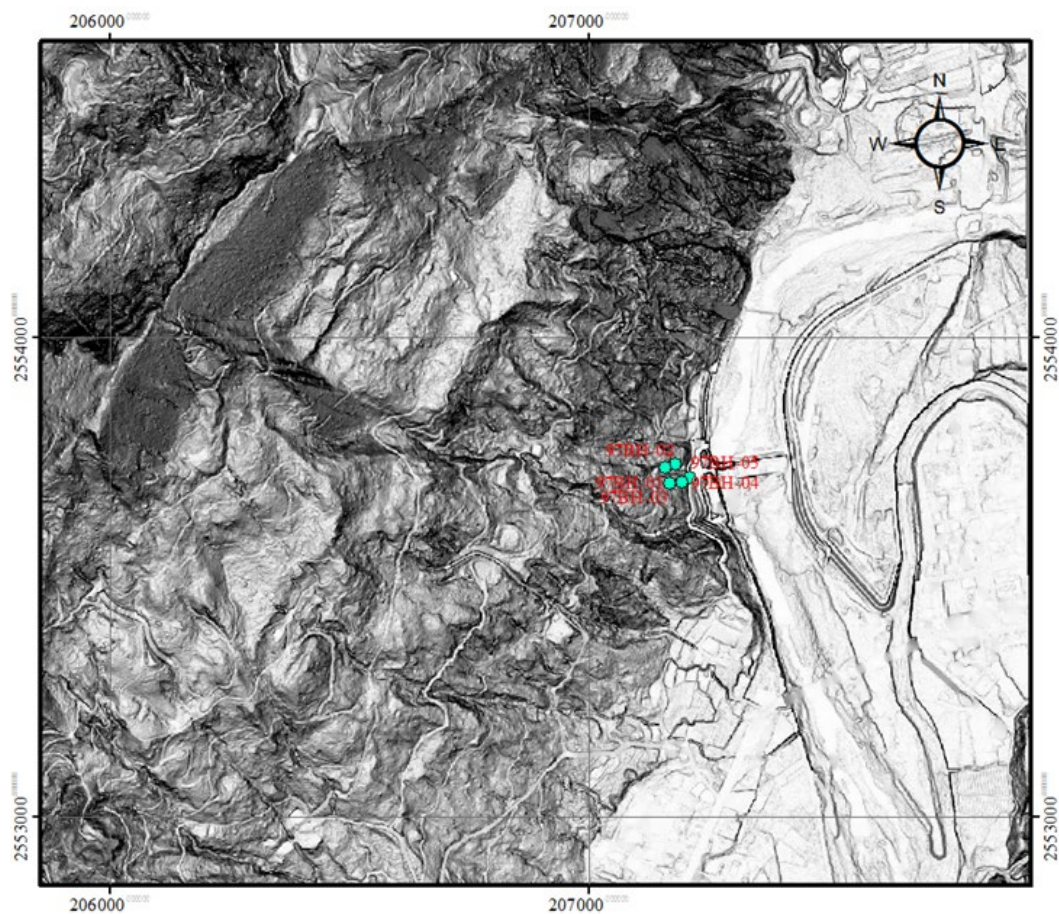


### 5-1.3 既有監測資料蒐集

本計畫整理水利署南區水資源局於 97 年委託黎明顧問公司執行「甲仙壩安全評估計畫」之鑽孔監測結果，該計畫於甲仙攔河壩右岸邊坡(即 D044 坡趾)施作 5 個鑽探孔，鑽孔位置與深度如表 5-1、圖 5-5，崩積層平均厚度約 2~3 m，岩層材料以新鮮頁岩為主、局部破碎。完整岩石單壓強度試驗值介於 72~104 kg/cm<sup>2</sup> 之間；部分試驗值較低，介於 11~43 kg/cm<sup>2</sup> 之間，可能富含裂隙或鑽探擾動有關。由該計畫傾斜管量測結果顯示，莫拉克颱風後(98/8/19 及 98/8/26)孔號 BH1、BH2、BH3、BH4 分別在各孔深度 2、13、7、14 公尺的位置有滑動，圖 5-6 為 BH4 之量測結果。根據 D044 坡趾於莫拉克颱風前後傾斜觀測管量測結果，該區地下 2~15 m 之間有潛在滑動面，滑動量達到 5~10 公分，顯示 D044 坡趾並不穩定，且滑動面通過崩積層下方岩體。

「甲仙攔河壩第二次定期安全評估計畫成果報告」(水利署南區水資源局，106 年)蒐集甲仙攔河壩右側邊坡傾斜管 103 年 2 月~105 年 9 月量測成果，鑽孔位置見圖 5-7，傾斜觀測管變位曲線圖如圖 5-8 所示。BH1~4 鑽孔位於 D044 大規模崩塌潛勢區坡趾、BH5 位於 D047 大規模崩塌潛勢區坡趾。BH1~5 鑽孔深度介於 15~20 m。BH1、BH3、BH4 測傾管監測資料顯示深度 0~4 m 持續往下邊坡方向移動，地表位移量約 30 mm，BH4 於深度 8 m 處疑似有一滑動面，滑動量約 13 mm。BH5 於深度 5 m、10 m 應各有一滑動面，地表累積位移量 180 mm。BH5 自記式水位觀測蒐集測量資料自 104 年 2 月~105 年 9 月，地下水深度變化範圍 1.10~10.23 m。

本計畫整理 97、99 年鑽探岩心判釋結果(表 5-1)，甲仙攔河壩壩體右側邊坡(圖 5-7 虛線框)崩積層平均厚度 3 m，綜合以上監測結果，顯示 D044、D047 坡趾不穩定且潛在滑動面可能通過崩積層內、沿岩土界面或風化岩盤內局部滑動，後續將持續蒐集上述監測資料並與本計畫鑽孔監測資料進行比較。



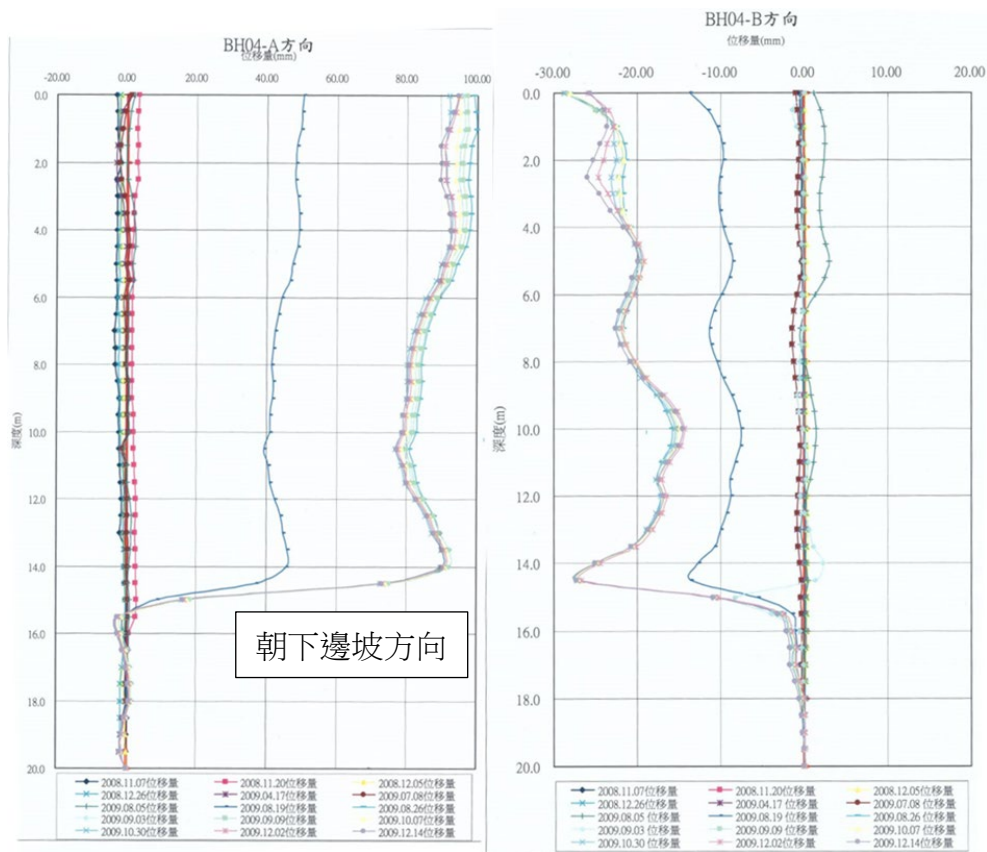
資料來源：甲仙堰安全評估計畫成果報告(南區水資源局，106 年)

圖 5-5 甲仙攔河堰右岸邊坡 97 年鑽孔位置

表 5-1 甲仙攔河堰右岸邊坡 97、99 年鑽孔資料表

| 孔號    | TWD97x | TWD97y  | 鑽孔<br>深度(m) | 岩土<br>界面(m) | 監測儀器  | 計畫名稱             |
|-------|--------|---------|-------------|-------------|-------|------------------|
| 97BH1 | 207160 | 2553728 | 15          | 1.5         | 傾斜觀測管 | 甲仙堰安全評估<br>計畫    |
| 97BH2 | 207180 | 2553734 | 15          | 2.9         | 傾斜觀測管 |                  |
| 97BH3 | 207169 | 2553696 | 20          | 2.45        | 傾斜觀測管 |                  |
| 97BH4 | 207195 | 2553697 | 20          | 2.2         | 傾斜觀測管 |                  |
| 99BH1 | 207149 | 2553746 | 30          | 4.8         |       | 甲仙攔河堰第一<br>次安全評估 |
| 99BH2 | 207175 | 2553758 | 30          | 4.8         | 水壓計   |                  |
| 99BH3 | 207190 | 2553762 | 30          | 4.6         | 傾斜觀測管 |                  |
| 99BH4 | 207188 | 2553687 | 30          | 1.7         | 傾斜觀測管 |                  |
| 99BH5 | 207169 | 2553676 | 40          | 3.6         | 傾斜觀測管 |                  |
| 99BH6 | 207196 | 2553663 | 30          | 2           | 水壓計   |                  |
| 99BH7 | 207265 | 2553536 | 30          | 3.5         | 水壓計   |                  |

資料來源：本計畫整理



資料來源：甲仙堰安全評估計畫成果報告(南區水資源局，106 年)

圖 5-6 甲仙攔河堰右岸邊坡 97BH4 測傾管量測結果圖(97.11~98.12)

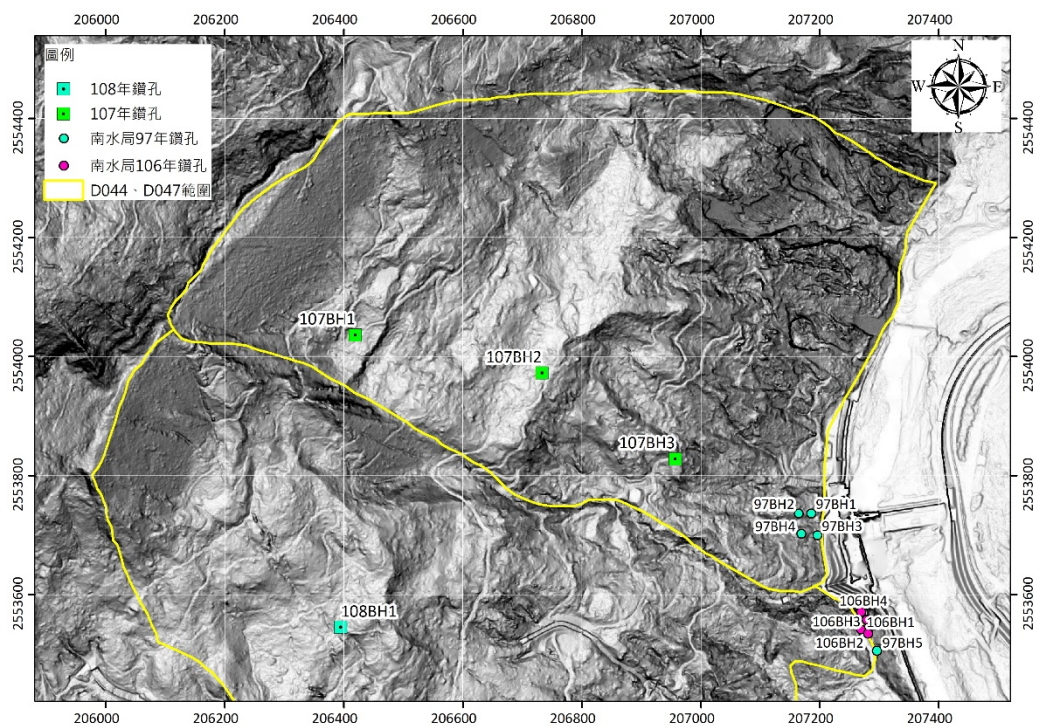
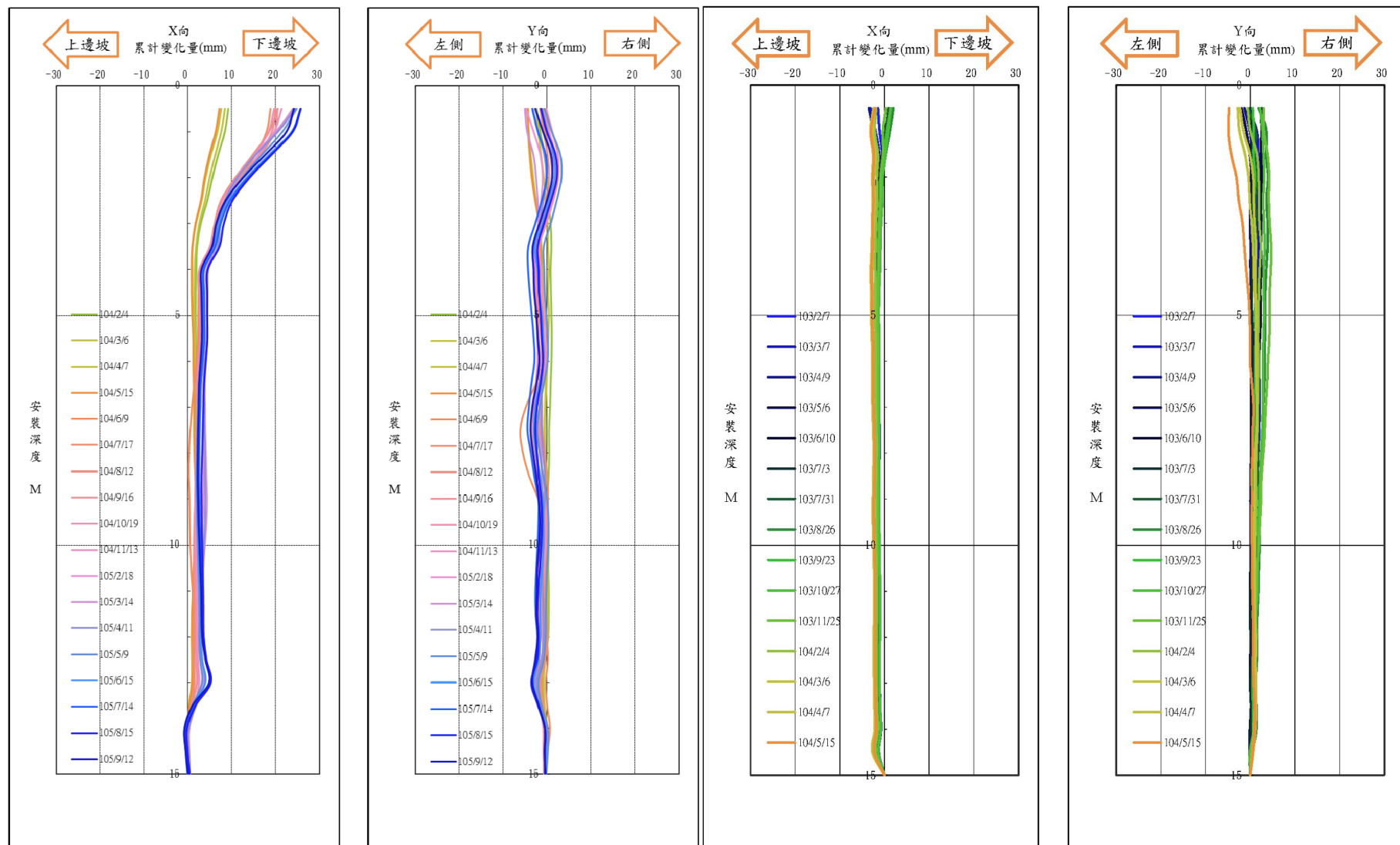


圖 5-7 甲仙攔河堰南水局既有及本計畫鑽孔位置圖



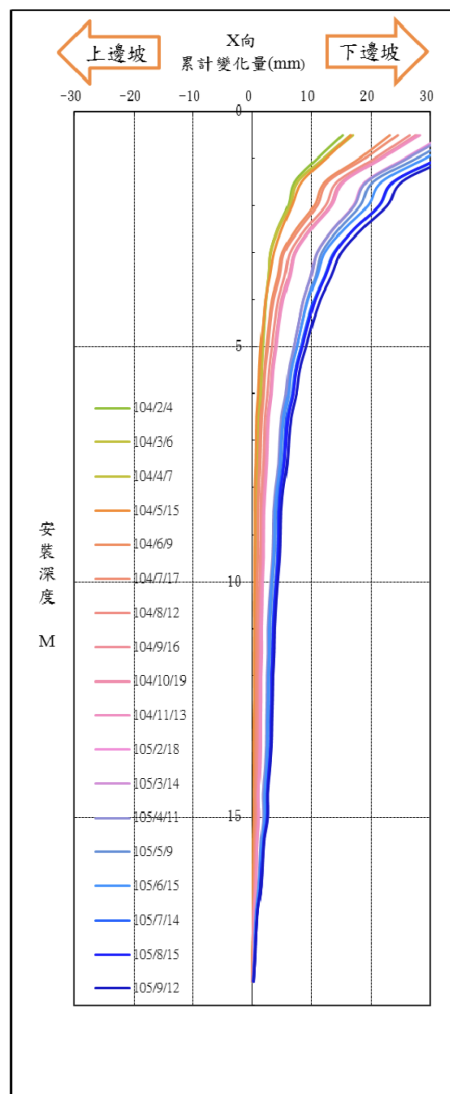


(a) BH-1 變位曲線圖(103.2.7 初始值)

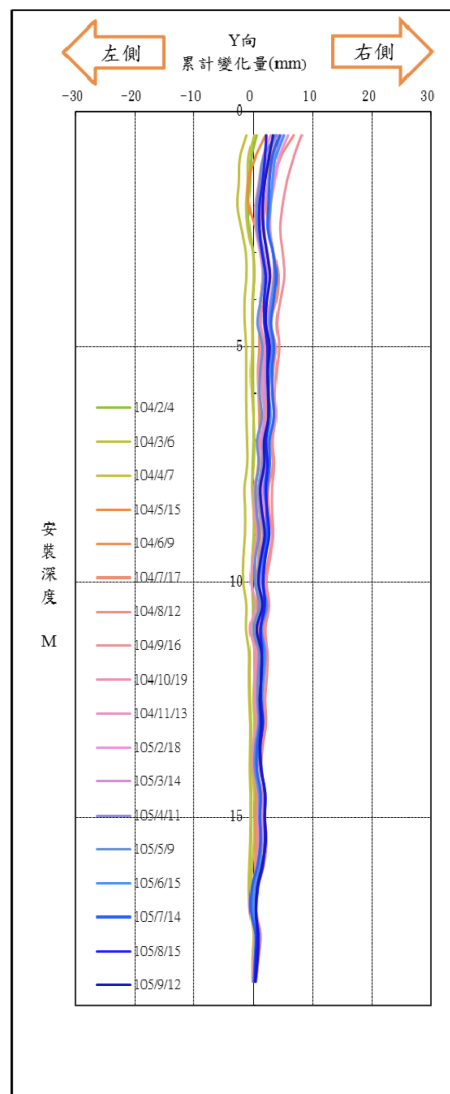
(b) BH-2 變位曲線圖(102.6.27 初始值)

資料來源：甲仙攔河堰第二次定期安全評估計畫成果報告(南區水資源局，106 年)

圖 5-8 甲仙攔河堰右側邊坡傾斜觀測管變位曲線圖



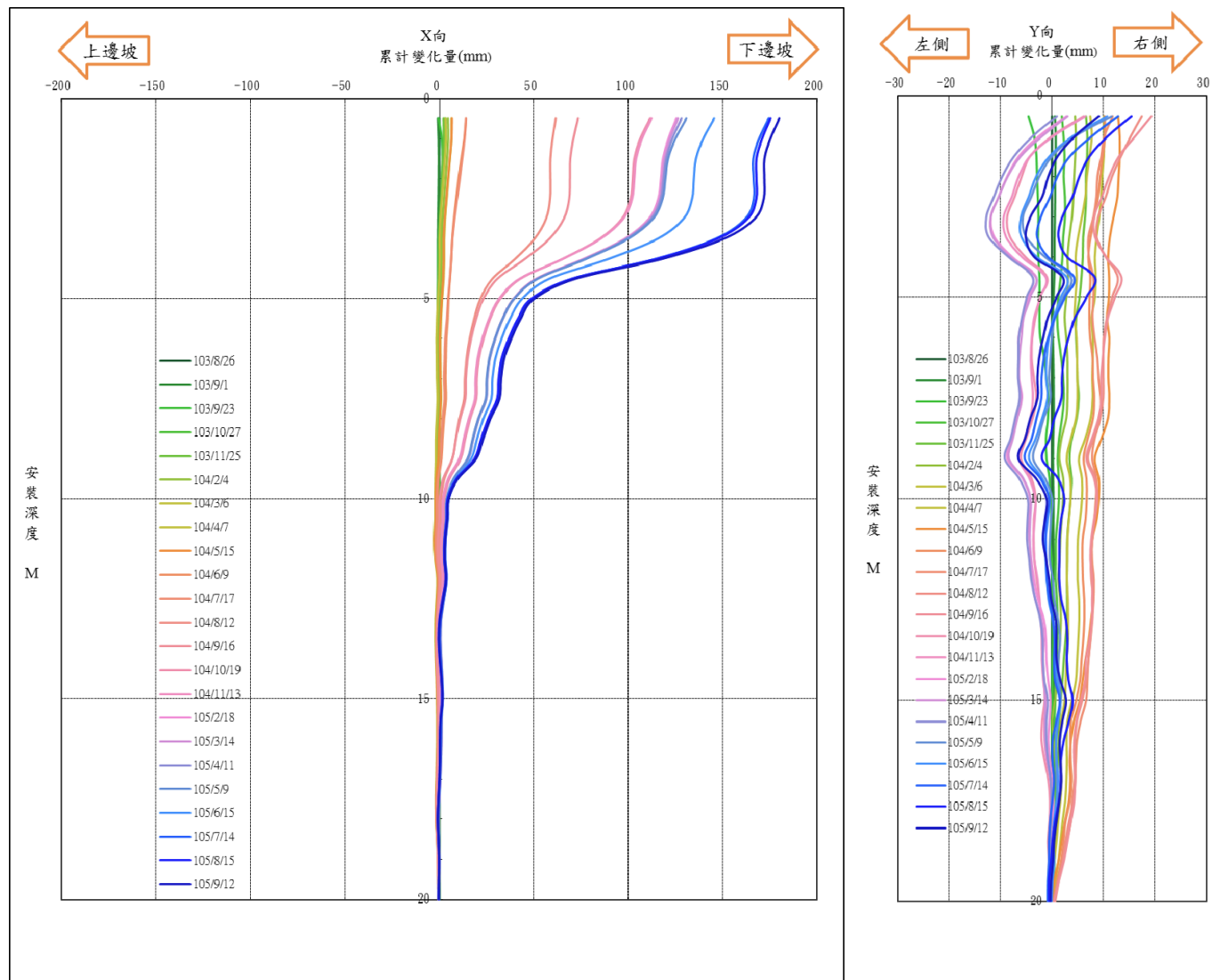
(c) BH-3 變位曲線圖(103.2.7 初始值)



(d) BH-4 變位曲線圖(103.2.7 初始值)

資料來源：甲仙攔河堰第二次定期安全評估計畫成果報告(南區水資源局，106 年)

圖 5-8 甲仙攔河堰右側邊坡傾斜觀測管變位曲線圖(續)



(e) BH5 變位曲線圖(103.8.26 初始值)

資料來源：甲仙攔河堰第二次定期安全評估計畫成果報告(南區水資源局，106 年)

圖 5-8 甲仙攔河堰右側邊坡傾斜觀測管變位曲線圖(續)



## 5-2 地表地質調查

本計畫地表地質調查採用 99 年 LiDAR DEM 以及 108 年航照自製正射影像為調查底圖，由 LiDAR 坡度分佈圖及現地調查將 D044、D047 潛勢區微地形判釋結果繪於圖 5-9。圖中顯示，D044 下邊坡崩積層覆蓋面積相對較少，坡趾位於旗山溪攻擊坡位置，並有多條蝕溝侵蝕，岩層裸露面明顯僅有薄層岩石碎屑覆蓋；D047 潛勢區內大面積受崩積層覆蓋，惟坡頂有順向層面殘坡出露，坡趾應為古旗山溪的河階地，並有蝕溝沖積扇堆積於坡趾；兩潛勢區坡腹皆有大面積平坦地，尤其於 D044 之坡腹平台之緩坡有別於上下邊坡面之陡坡，107 年度鑽探資料(BH2)指出 D044 平坦地由崩積岩塊組成之崩積層厚度約 20 公尺，其下方疑似有滑動岩體，厚度大於 20 公尺，推測應是早期滑動岩體堆積於坡腹，形成較為平緩的堆積區。兩潛勢區有數十條大小不一的蝕溝，D044 範圍內的下邊坡蝕溝大多以向源侵蝕至平台下緣。由 65 年航空照片即可觀察範圍裡最寬闊的 1 號蝕溝內植被稀疏且出口曾有扇狀地存在，並於現地調查觀察該區以厚層頁岩為主，該蝕溝內之侵蝕面上可見新鮮頁岩，而蝕溝內表面多為裂解頁岩碎屑以及由自生性碳酸鹽結塊(王士偉，2006；簡至暉，2014)之巨礫所堆積，但未發現有水流形成，顯示該溝雖侵蝕劇烈，但表面沖刷主要於強降雨時期作用。D047 蝕溝延伸較長，部分蝕溝已侵蝕至坡頂，但現地查核發現多數蝕溝溝渠已被崩積物與倒塌樹木覆蓋，然而較為寬闊的蝕溝已完成護岸工程，無岩盤出露。D047 多處蝕溝內發現地下水滲出，南側 12 號蝕溝中游處甚至已匯聚成溪水，推測此範圍多受崩積層覆蓋，雨水滲入期間慢慢匯流於低窪處所致。

D044 與 D047 潛勢區範圍內與鄰近溪溝調查結果，將地層依岩性進行分段，結果摘述如下：

本計畫地質調查主要路線為南北向之產業道路、東西向主要蝕溝、山頂六義山步道的邊坡露頭岩性紀錄，以及針對 D044 與 D047 研究範圍內數處平台的詳細調查，並用無人機拍攝人力無法到達的地方查核邊坡露頭資料。LiDAR 判釋結果顯示潛勢區有多條蝕溝匯集，為便於資料呈現與說明，本計畫將 D044 與 D047 潛勢區蝕溝由北至南分別命名為 1 至 12 號蝕溝。根

據經濟部中央地質調查所出版五萬分之一地質圖甲仙圖幅(圖 5-1)，區域地質內容顯示潛勢區內涵蓋糖恩山砂岩、鹽水坑頁岩與隘寮腳層，其中鹽水坑頁岩地層上下邊界通過大規模崩塌潛勢區範圍，並與其上下地層皆為整合接觸，顯示為一系列漸變沉積環境。

經野外調查結果，D044 的平均位態為 N42E/38S，大致有三組節理組切割岩體，節理組 J1 (N62W/68N)與 J2 (N52W/78S)應為共軛節理，其形成的主應力方向應與坡向大致平行，J3 (N40E/82S)則為走向節理，需注意是否受重力產生張裂；D047 範圍內大部分為崩積層覆蓋，且蝕溝與道路出露岩層甚少，由於露頭範圍小且少不易有具代表性層面出露，部分露頭層面位態有別於區域位態趨勢，可能受古崩塌或潛移作用影響，從 99 年 LiDAR 坡度圖上山頂裸露層面量得代表性層面位態為 N34E/38S。

研究範圍內出露地層依據岩性及產狀差異可再細分為 8 個岩段，由新至老(即河道至坡頂)分別為：粉砂岩頁岩薄互層岩段(Si/SH)、厚層頁岩段(SH1)、粉砂質頁岩段(SiSH)、厚層頁岩偶夾薄層粉砂質頁岩段(SH2)、頁岩偶夾粉砂岩段(SH-Si)、粉砂岩夾頁岩段(Si-SH)、砂頁岩互層岩段(SS/SH)，以及厚層砂岩段(SS)。其中，Si-SH 岩段主要於 D047 坡趾及河道出露，為隘寮腳層一部分；SH1、SiSH、SH2、SH-Si 和 Si-SH 岩段屬於鹽水坑頁岩，分布於 D044 坡趾到坡腹以及 D047 坡腹；SS/SH 以及 SS 岩段為糖恩山砂岩，其中 SS 岩段在 LiDAR 坡度圖上於山頂裸露明顯層面，並且向西延伸至研究範圍外，整合於長枝坑層(Cc)之上。透過地質圖製作原理，以作圖法繪製本年度調查區域 D044 與 D047 的 1:10,000 地質圖及地質圖剖面圖如圖 5-37 所示。各岩段上下層序關係與岩性如表 5-2，岩段描述與調查結果如下所述：

#### (1) 粉砂頁岩薄互層岩段(Si/SH)：

本岩段主要為粉砂岩頁岩薄互層，粉砂岩單層厚度約數公分至十幾公分，於 D044 範圍內主要出露於甲仙攔河堰下游，甲仙大橋下方的旗山溪河床(圖 5-10a)，D047 範圍內因受崩積層與階地覆蓋，故未發現有本岩段露頭出露。本段粉砂岩粒徑與膠結程度明顯與鹽水坑頁岩不同，粉砂岩層含量明顯提高，故將本段歸為隘寮腳層下部。

表 5-2 高雄市-甲仙區-D044 與 D047 岩段層序表

| 地層    | 岩段    | 岩性             | D044<br>剖面岩段厚度 | D047<br>剖面岩段厚度 |
|-------|-------|----------------|----------------|----------------|
| 隘寮腳層  | Si/SH | 粉砂頁岩薄互層岩段      | >80 公尺         | >230 公尺        |
| 鹽水坑頁岩 | SH1   | 厚層頁岩段          | 75 公尺          | 65 公尺          |
|       | SiSH  | 粉砂質頁岩段         | 35 公尺          | 30 公尺          |
|       | SH2   | 厚層頁岩偶夾薄層粉砂質頁岩段 | 50 公尺          | 45 公尺          |
|       | SH-Si | 頁岩偶夾粉砂岩段       | 40 公尺          | 35 公尺          |
|       | Si-SH | 粉砂岩夾頁岩段        | 50 公尺          | 50 公尺          |
| 糖恩山砂岩 | SS/SH | 砂頁岩互層岩段        | 60 公尺          | 55 公尺          |
|       | SS    | 厚層砂岩段          | 260 公尺         | 270 公尺         |

(2) 厚層頁岩段(SH1)：

本岩段主要出露於 D044 靠近甲仙攔河堰沉砂池上邊坡附近(圖 5-10b)，以及 D047 南側 12 號蝕溝下游左岸(圖 5-11a)。五萬分之一地質圖顯示本段劃入隘寮腳層，但經現地查核以及「甲仙攔河堰崩塌地整體治理調查規劃」鑽探結果(南水局，100 年)，皆顯示本區域為厚層頁岩。廖明威(2014)調查後堀溪剖面及大埔橋剖面認為，隘寮腳層底部應以砂岩層與鹽水坑頁岩為分界，故本計畫將該段歸類為鹽水坑頁岩上部，由作圖法及剖面估算本段厚度約 65 至 75 公尺。本段於 5 號蝕溝靠近下游防砂壩附近有數層傾角接近垂直的砂岩層，砂岩中可見薄紋層(lamination)，但因砂岩厚度變化大且延伸性不佳，如圖 5-10c，以及地形上無明顯砂岩抗侵蝕形成之脊狀地形，推測此一局部砂岩露頭應是濁流水道堆積(Channel deposits)，且可能於沉積後於水下發生崩滑(Slump)，應非成岩後發生邊坡潛移所致。

(3) 粉砂質頁岩段(SiSH)：

本段出露於上下兩層厚層頁岩之間，於 5 號蝕溝可見較多岩層出露，風化形成的洋蔥狀剝落與節理形成的平直面，以及岩石顆粒度與上下兩



層厚層頁岩有明顯差異，如圖 5-10d。本岩段向南延伸至 D047 潛勢區，出露於 6 號主蝕溝與次蝕溝的交會口，如圖 5-11b，此支流往上游則有局部厚層頁岩夾薄砂岩出露(SH2)，如圖 5-11c，顯示本岩段下界應通過此條蝕溝，與作圖法相符。除了 5 號及 6 號蝕溝內的局部出露，兩潛勢區之其他蝕溝和道路上無明顯露頭可追蹤，推測此段應是沉積過程中局部一段岩性漸變之岩段。目前由上(SH1)下(SH2)厚層頁岩段出露露頭為邊界，估算本段厚度約 30 至 35 公尺，本岩段應歸屬於鹽水坑頁岩的一部份。

(4) 厚層頁岩偶夾薄層粉砂質頁岩段(SH2)：

本岩段上邊界為 5 號蝕溝遷急點並於該蝕溝內有連續超過 100 公尺的露頭出露(圖 5-10e)，岩性單調以厚層頁岩組成，細粒均質岩性所形成的乾縮裂解(Slaking)現象明顯，多蝕溝與其分支發育，依據作圖法可延伸至 D044 北邊心型崩塌地，於現地查核相符。本段依作圖法向南延伸在 6 號主蝕溝與次蝕溝交界、12 號蝕溝中游皆有露頭出露，但露頭範圍小且風化嚴重，多有崩積層覆蓋，較難追蹤其延伸性。圖 5-11d 為 6 號蝕溝中的次蝕溝，距崩崖約 20 公尺處的頁岩層出露，夾有薄層砂岩層，厚度變化大且延伸性不佳，推測此砂岩露頭同鹽水坑頁岩上部的 SH1 岩段，應是濁流水道堆積(Channel deposits)。12 號蝕溝防砂壩往上游約 25 公尺右岸有頁岩層出露，露頭受剪動而岩層破碎，剪動面為 N20E/88S，如圖 5-11e。本段下部整合於頁岩偶夾粉砂岩段(SH-Si)之上，估算厚度約 45 至 50 公尺，此岩段應歸屬於鹽水坑頁岩的一部份。

(5) 頁岩偶夾粉砂岩段(SH-Si)：

本岩段以淺灰色頁岩偶夾粉砂岩段為主，其範圍涵蓋了 D044 與 D047 兩潛勢區的坡腹平台，以及平台下坡側之崩崖。1 至 3 號以及 5 號蝕溝皆已發育至此岩段，蝕溝向源與側向侵蝕作用應為平台崩崖後退之主因，7 號蝕溝在 D047 平台上形成多條蝕溝分支，切穿平台的蝕溝剖面出露約 5 公尺以內的崩積層，但因平台上蝕溝皆不深無法辨識崩積層厚度，圖 5-11f。本岩段上界以 5 號蝕溝遷急點為界，如圖 5-10f，遷急點下游側為厚層頁岩偶夾薄層粉砂質頁岩段(SH2)。依作圖法沿走向向北延

伸通過 D044 北側心型崩塌地頂部，現地調查疑似於心型崩塌地頂部有較堅硬的岩性如粉砂岩出露，因人力無法到達，故以空拍照片呈現(圖 5-10g)。本岩段在 D047 潛勢區範圍內主要受坡腹平台覆蓋，未發現有岩層出露，研究範圍南側 12 號蝕溝右岸則有頁岩出露，如圖 5-11g。本岩段與下伏岩段沒有明顯侵蝕面，推測應整合於粉砂夾頁岩段(Si-SH)之上，估算厚度約 35 至 40 公尺，相對應地層應為鹽水坑頁岩靠近下部的岩段。

(6) 粉砂岩夾頁岩段(Si-SH)：

本岩段以青灰色至灰色粉砂岩夾薄層頁岩為主，涵蓋 D044 部分平台範圍，由 LiDAR 坡度圖辨識此岩段分布範圍內於 5 號蝕溝附近形成地形三角面，該面位態符合區域層面趨勢，此外，北側有兩條較長次生崩崖發育。本岩段大部份範圍受植被覆蓋，僅於 5 號蝕溝有較明顯露頭(圖 5-10h)，以及 D047 道路上邊坡發現疑似為粉砂岩層彎曲傾倒(Flexural toppling)，如圖 5-11h。本岩段與上覆岩段分界較不明顯以虛線表示，此岩段估算厚度約 50 公尺，相對應地層應為鹽水坑頁岩下部。

以上分類將鹽水坑頁岩細分為 5 個岩段，由年輕至老分別為：厚層頁岩段(SH1)、粉砂質頁岩段(SiSH)、厚層頁岩偶夾薄層粉砂質頁岩段(SH2)、頁岩偶夾粉砂岩段(SH-Si)、粉砂岩夾頁岩段(Si-SH)，總厚度約 225 至 250 公尺，與文獻資料內所述厚度 200 至 250 公尺相符(何春蓀, 1956; 張錫齡和鍾振東, 1956)，廖明威(2014)於大埔橋剖面的鹽水坑頁岩厚度約 280 公尺，後窟溪剖面因有背斜軸通過，故鹽水坑頁岩厚度僅約 50~100 公尺。

(7) 砂頁岩互層岩段(SS/SH)：

本岩段以灰色砂頁岩互層為主，砂岩單層厚度數公分至數十公分(圖 5-10i,j)，主要分布於山頂順向滑動殘坡面與坡腹平台之間。出露位置為 D044 順向滑動殘坡面趾部、D047 順向滑動殘坡面(上覆約 20 公尺之下部砂頁岩互層岩段)，以及南側 12 號蝕溝上游出露(露頭範圍小、風化嚴重且受崩積層覆蓋，如圖 5-11i)。由 LiDAR 坡度圖與現地勘查可辨識數道次生崩崖，此岩段整合於厚層砂岩段(SS)之上，於此岩段頂部有一厚度

約 3 公尺之塊狀砂岩，整個岩段估算厚度約 60 公尺，此岩段應歸屬於糖恩山砂岩上部，為糖恩山層與鹽水坑頁岩間之漸變帶。

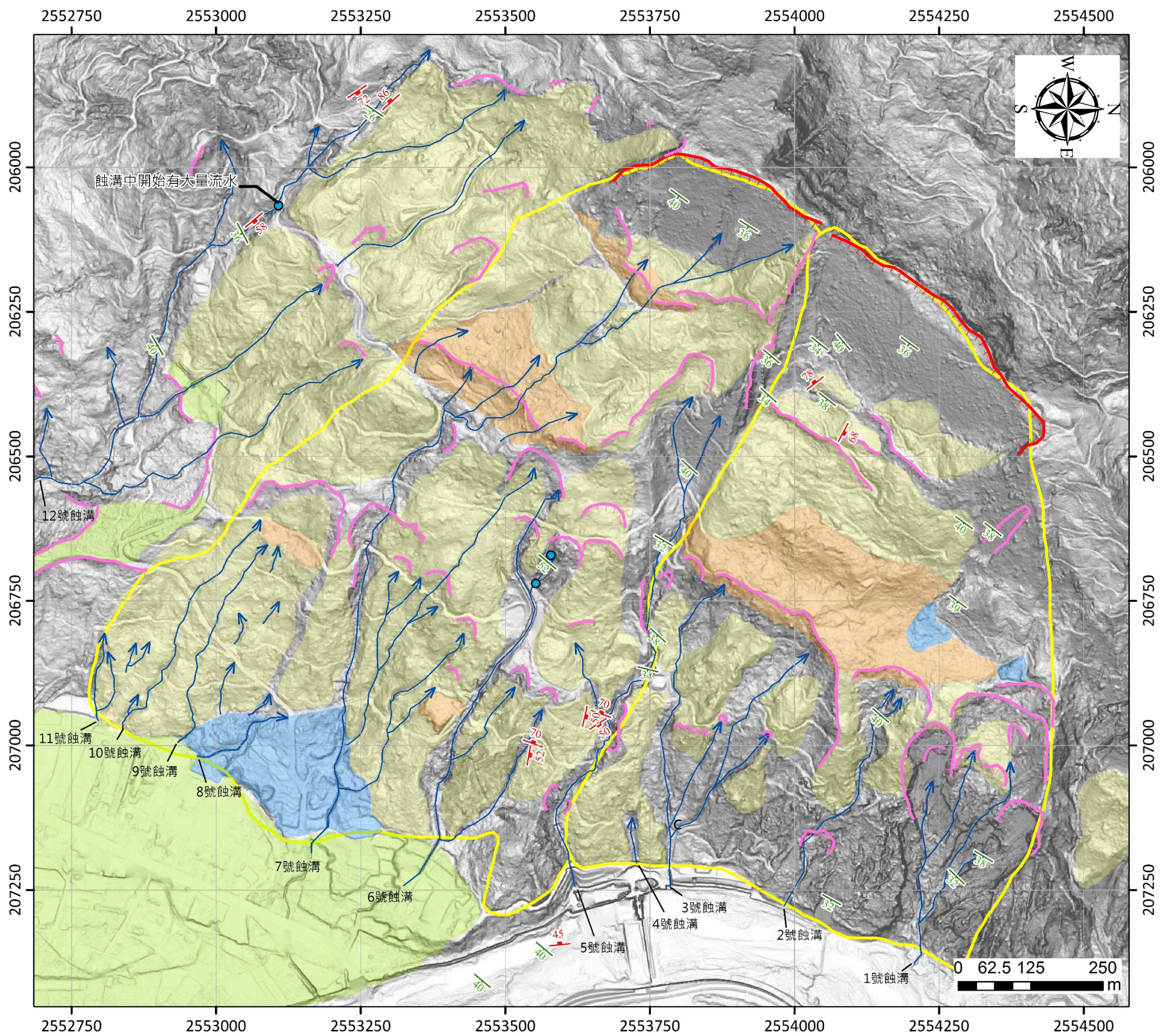
(8) 厚層砂岩段(SS)：

本岩段出露以灰色至黃褐色厚層砂岩為主如圖 5-10k，岩性堅硬多呈塊狀，表面常有生物擾動的痕跡或貝殼化石。本岩段主要分布於研究範圍坡頂附近，於 LiDAR 坡度圖可見大面積平直坡面，該面應即為層面，亦可能為平面滑動後的殘留坡面。D047 山頂平面整體較 D044 平面高約 20 公尺，由地形與作圖法可知 D047 山頂平面仍殘有 SS/SH 岩段。本岩段應屬於糖恩山砂岩下部，厚度約 260 至 270 公尺。地質調查過程中經常可發現坡面上與蝕溝中可見 2 至 3 公尺寬的崩落砂岩塊堆積，砂岩塊中常呈黃褐色且偶含有化石，另砂岩抗侵蝕能力高於粉砂岩與頁岩，故判斷皆來自此岩段。

小結：

高雄市-甲仙區-D044、D047 兩相鄰潛勢區各岩段內的微地形大致相符：坡腹平台主要堆積於 SH-Si 岩段和 Si-SH 岩段；山頂平面主要為 SS 岩段或局部 SS/SH 岩段；厚層頁岩段(SH1 及 SH2)受蝕溝侵蝕嚴重。D044 整體坡度於大平台上方與下方皆較陡，由於坡趾為旗山溪轉彎處，側向侵蝕作用發達，導致大平台下方原坡面上崩積物較不穩定而破壞，坡面裸露區域較多，岩層出露較易追蹤。另一方面，D047 整體高程高於 D044 範圍約 20 至 40 公尺，由 LiDAR 判釋以及現地調查推測，D047 潛勢區坡度較緩，坡趾為古旗山溪的階地堆積層，不受現生旗山溪河道侵蝕影響，故坡面仍多以崩積層覆蓋，但仍有許多次生崩塌發育，岩盤因受崩積層覆蓋，露頭數量與尺寸遠低於 D044 範圍內之露頭，故於 D047 範圍南側 12 號蝕溝附近調查，以確認岩段延伸情形。



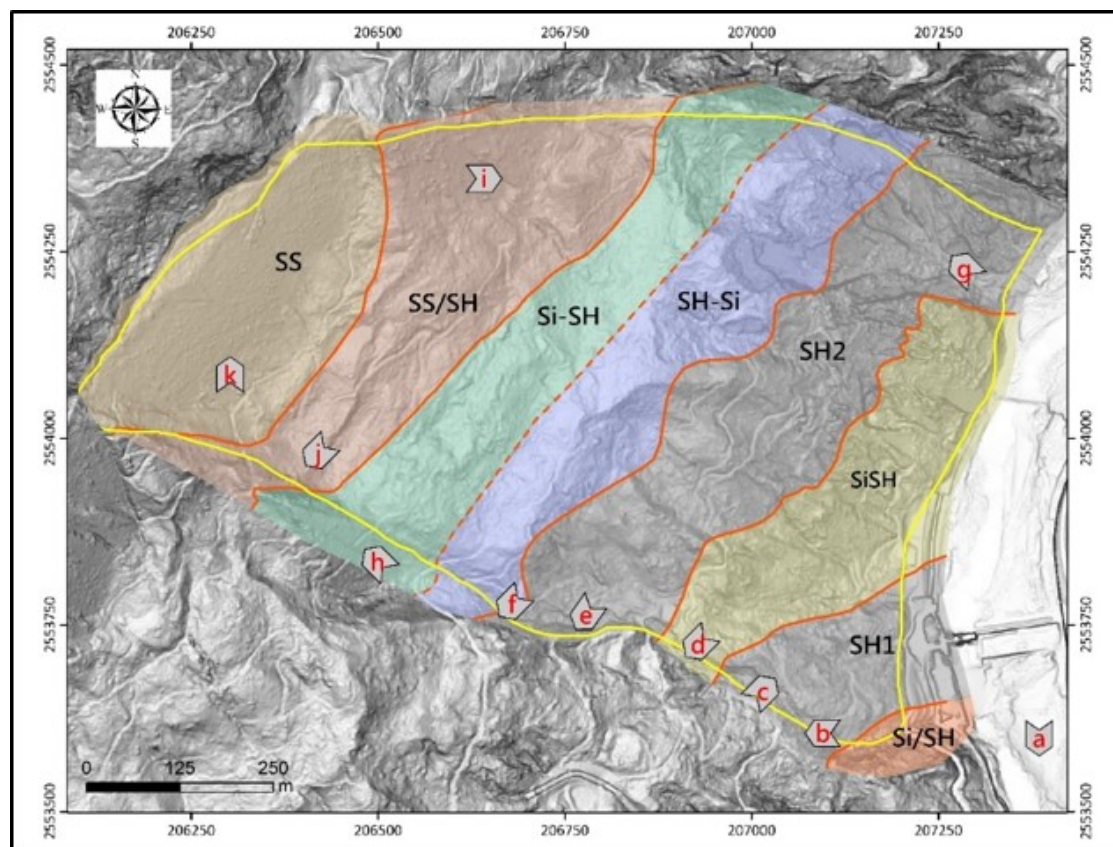


## 圖 例

- |         |     |       |     |
|---------|-----|-------|-----|
| ● 地下水滲出 | 主崩崖 | 平台    | 崩積層 |
| 節理走向與傾角 | 次崩崖 | 蝕溝沖積扇 | 河階  |
| 層面走向與傾角 | 蝕溝  |       |     |

圖 5-9 高雄市-甲仙區-D044、D047 LiDAR 微地形判釋結果





岩段分布圖套疊坡度圖，箭頭指示照片位置與拍照方位



a. 河道上粉砂頁岩薄互層



b. 厚層頁岩段(SH1)



f. 遷急點，厚層頁岩段(SH1)與頁岩偶夾粉砂岩段(SH-Si)交界



c. 濁流水道堆積之砂岩



d. 粉砂質頁岩(SiSH)



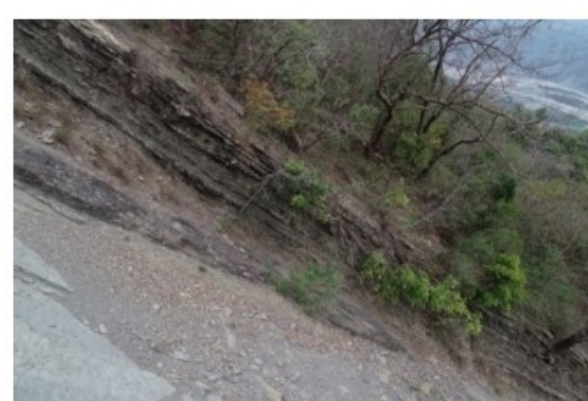
h. 粉砂岩夾頁岩(Si-SH)



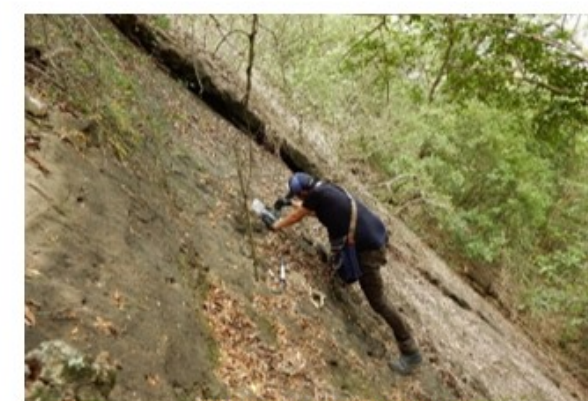
e. 厚層頁岩段(SH2)



g. 崩塌頂部疑似不同岩性出露



i. 砂頁岩互層(SS/SH)



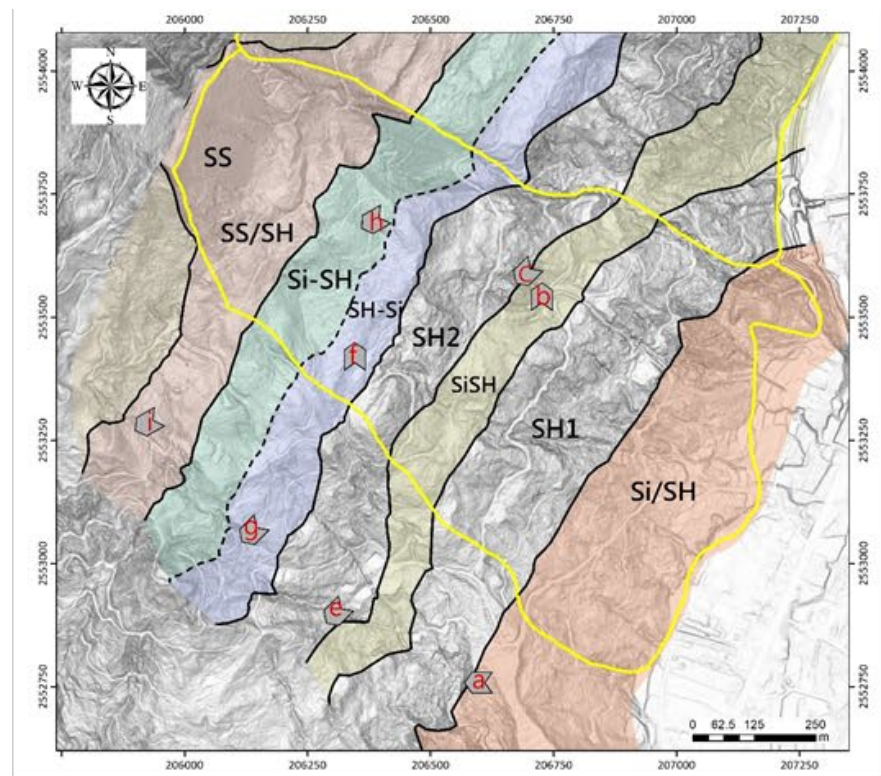
k. 厚層砂岩(SS)



j. 砂頁岩互層(SS/SH)

圖 5-10 高雄市-甲仙區-D044 各岩段代表照片





岩段分布圖套疊坡度圖，箭頭指示照片位置與拍照方位



a. 左岸厚層頁岩(SH1)，蝕溝中有水流。



b. 次蝕溝右岸及底部粉砂質頁岩(SiSH)出露。



g. 蝕溝右岸有寬約15公尺頁岩層出露



c. 12號主蝕溝之次支流右岸有厚層頁岩出露(SH2)。



d. 同照片c露頭，厚層頁岩夾有薄層暴風砂岩。



e. 頁岩(SH2)中有剪動現象。



f. D047平台被蝕溝切穿，可見崩積層。



h. 粉砂岩層彎曲傾倒與整體層面傾向相反。



i. 蝕溝底部砂頁岩岩段出露

圖 5-11 高雄市-甲仙區-D047 各岩段代表照片



### 5-3 航(遙)測分析

本工作蒐集甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區的歷年航空照片立體對(表 5-3)，共產製 14 幅正射影像與數值地表模型(DSM)，配合歷年衛星影像、及本計畫無人飛行載具拍攝產製的正射影像與 DSM，進行多期影像比對，判釋地表植生變化與邊坡崩塌、堆積範圍，以及近坡趾處的河道沖蝕行為。本工作配合地表地質調查作業時程，於 107、108 年汛期後執行無人飛行載具拍攝工作，並製作正射影像及 DSM，掌握汛期後的地形變化。

本計畫製作之歷年正射影像如圖 5-12~圖 5-18 所示，由航照判釋初步結果可知 97/7/17 卡玫基颱風(累積雨量 1,000 mm)及 98/8/6 莫拉克颱風(累積雨量 1,886 mm)造成 D044 邊坡坡面較大規模崩滑及蝕溝侵蝕，已於 4-2.1 節將航照影像配合歷年雨量資料綜合探討本區崩塌行為與活動性。

表 5-3 高雄市-甲仙區-D044、D047 航空照片蒐集日期

|          |          |           |           |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 65/12/01 | 86/11/09 | 97/05/18  | 104/05/09 |
| 67/12/09 | 92/07/19 | 97/09/07  | 107/01/26 |
| 77/11/23 | 95/03/30 | 99/01/10  |           |
| 81/03/25 | 96/09/03 | 103/02/22 |           |

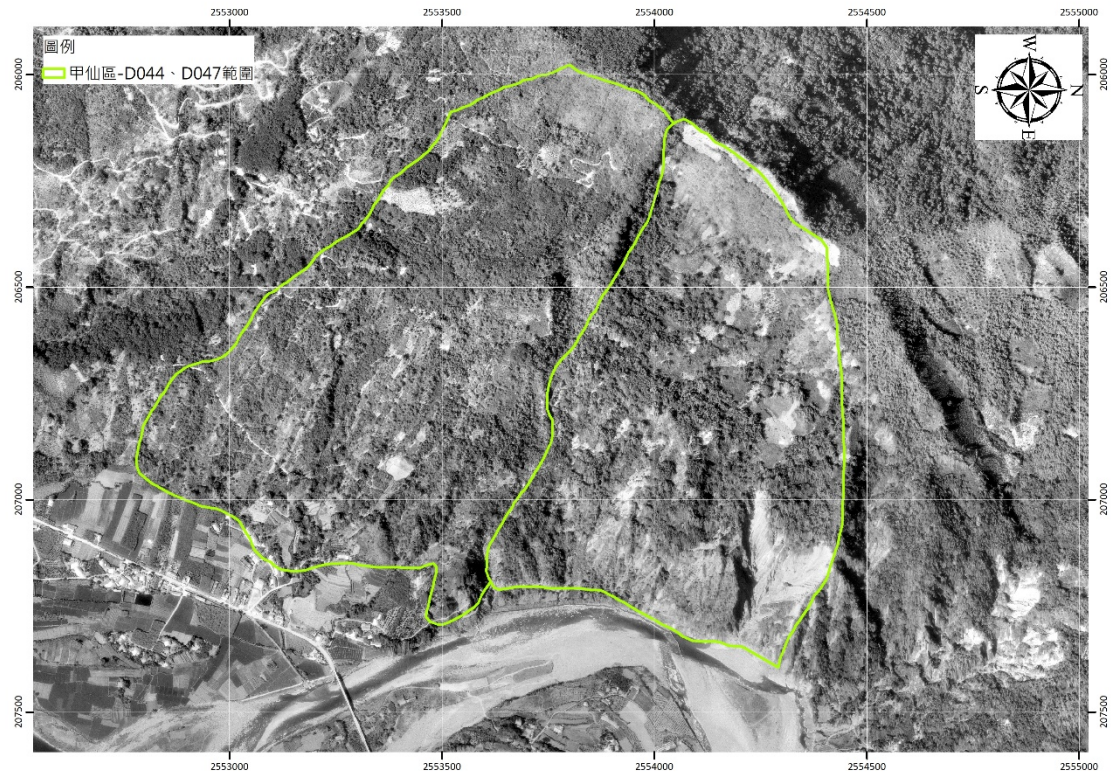


圖 5-12 甲仙區-D044、D047 正射影像(651201)

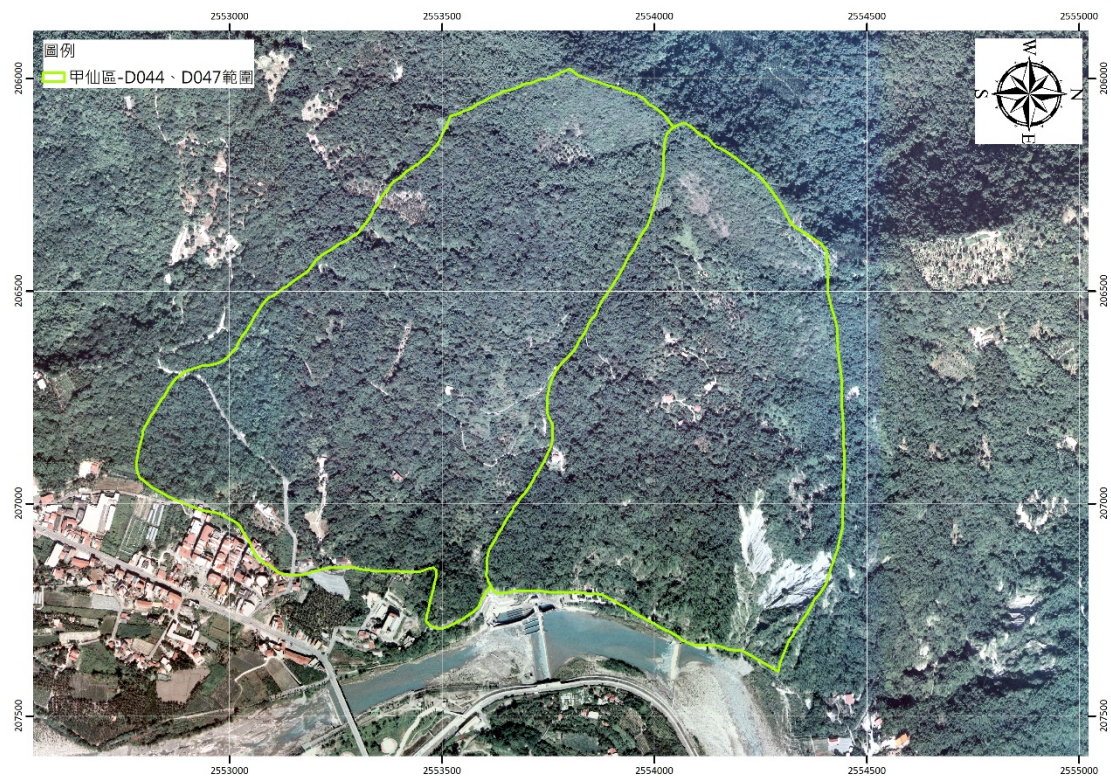


圖 5-13 甲仙區-D044、D047 正射影像(920719)



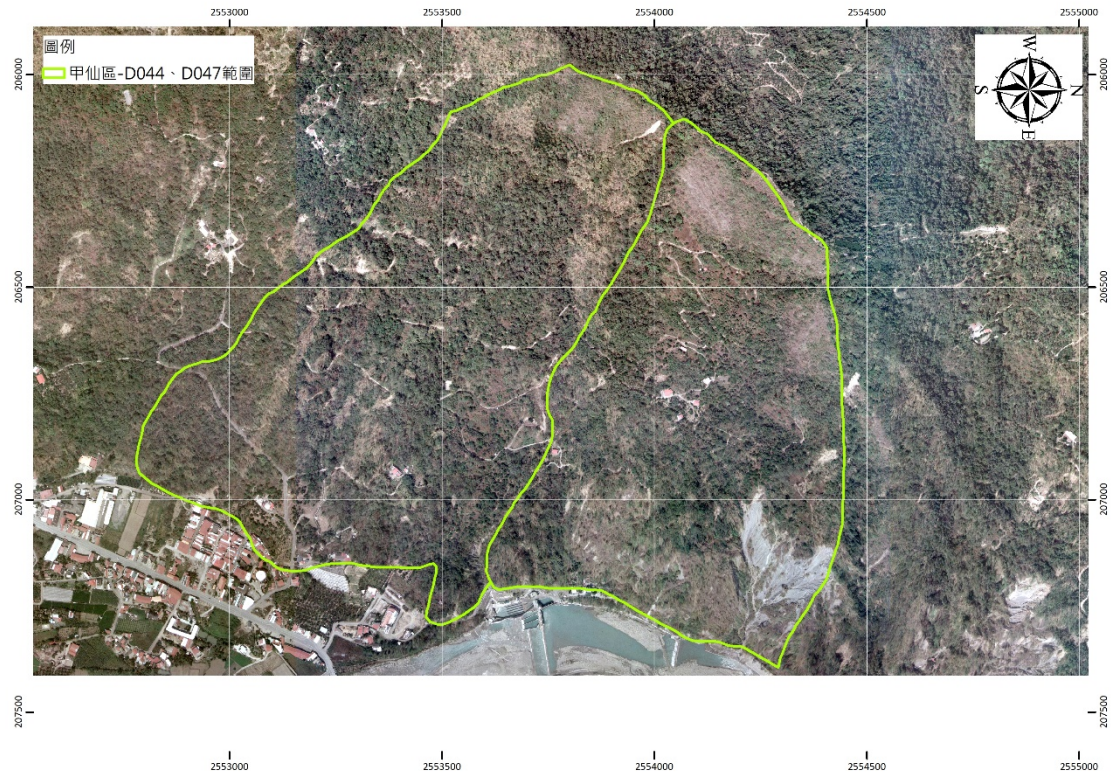


圖 5-14 甲仙區-D044、D047 正射影像(950330)

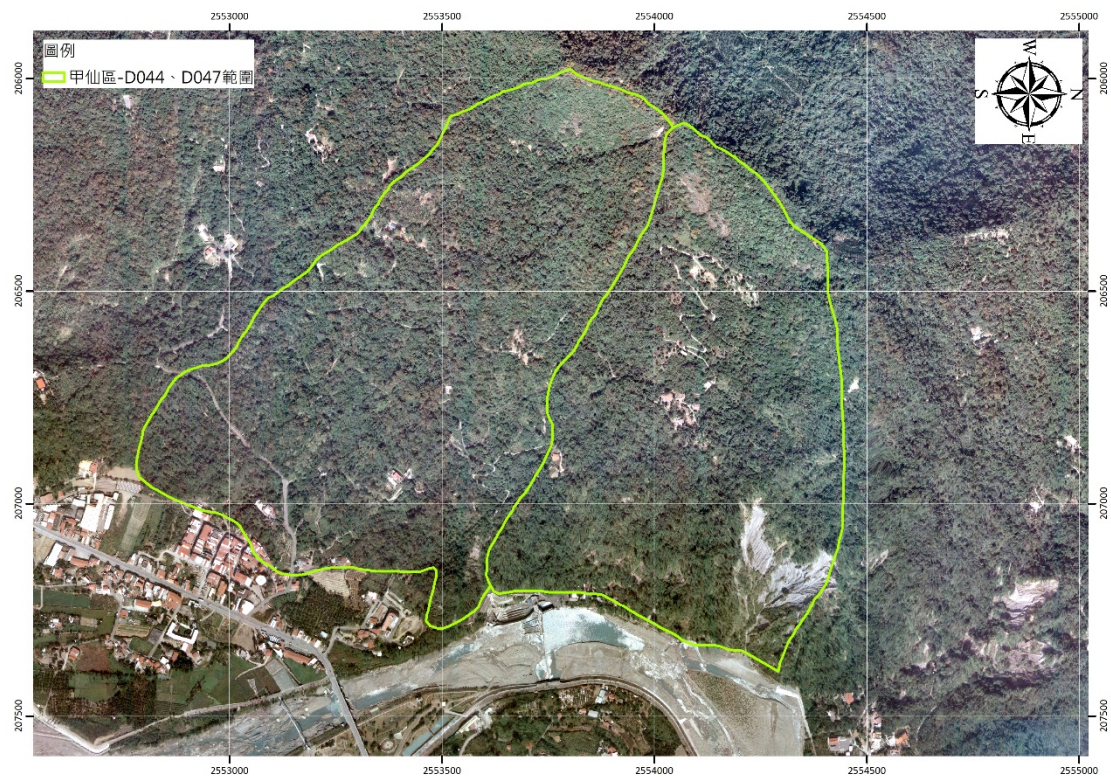


圖 5-15 甲仙區-D044、D047 正射影像(970518)



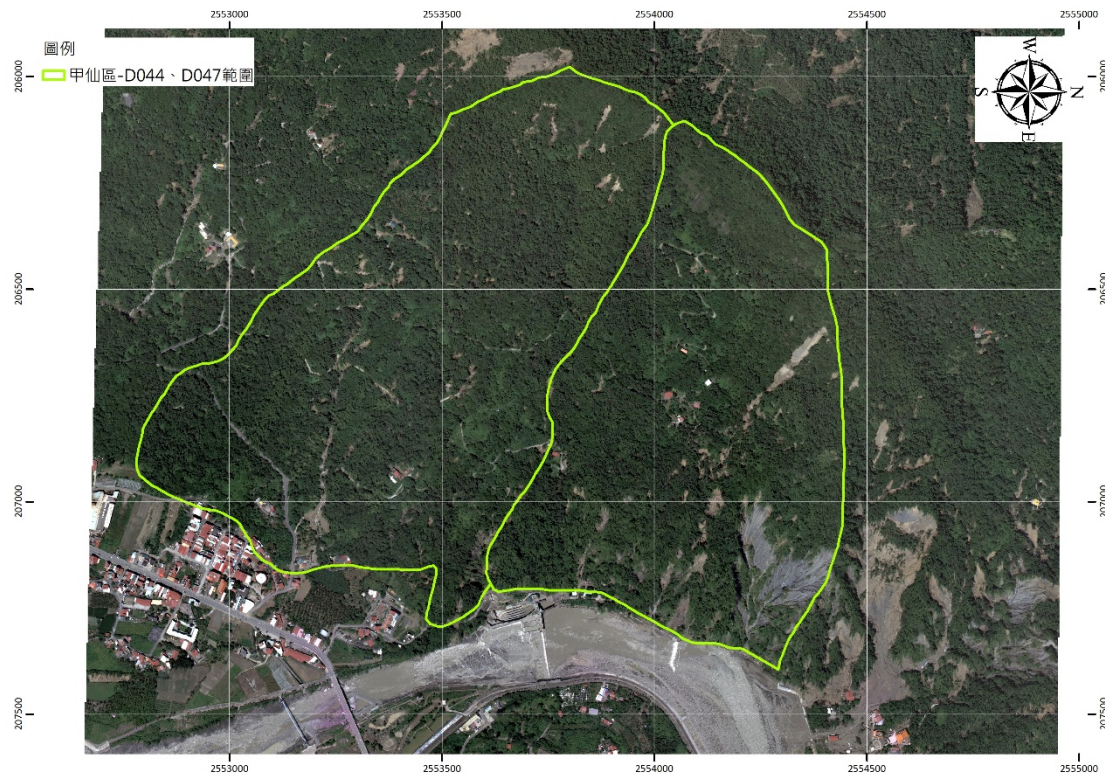


圖 5-16 甲仙區-D044、D047 正射影像(970907)

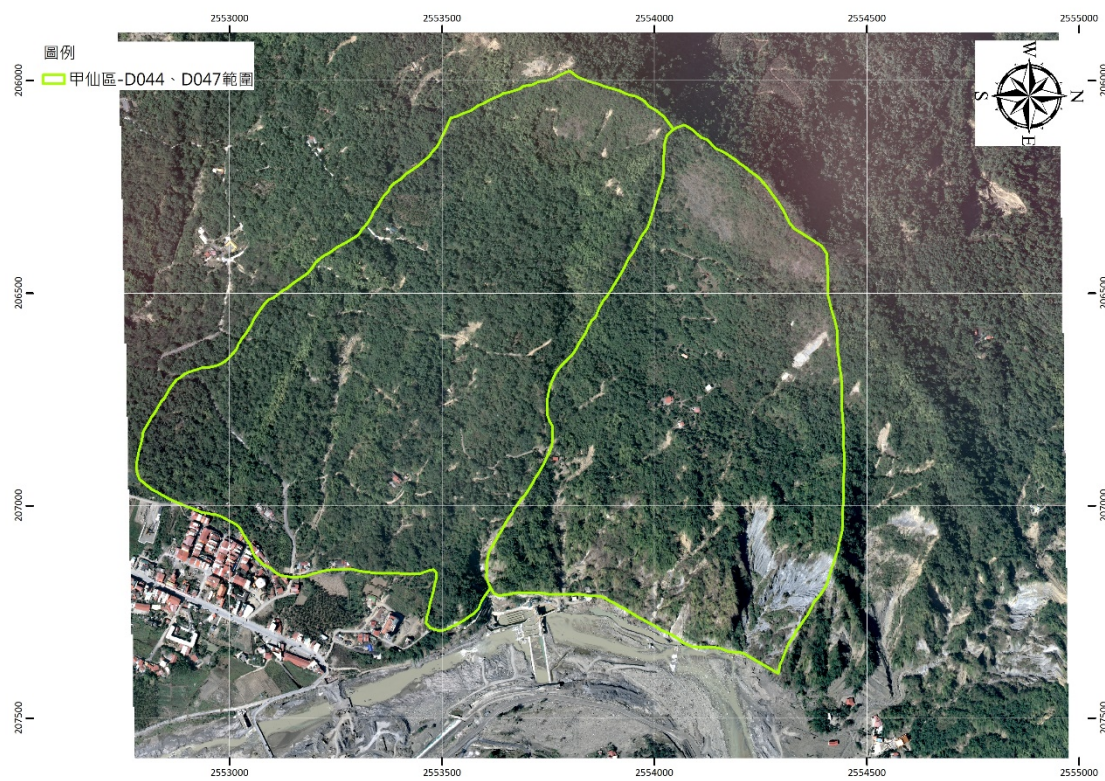


圖 5-17 甲仙區-D044、D047 正射影像(990110)



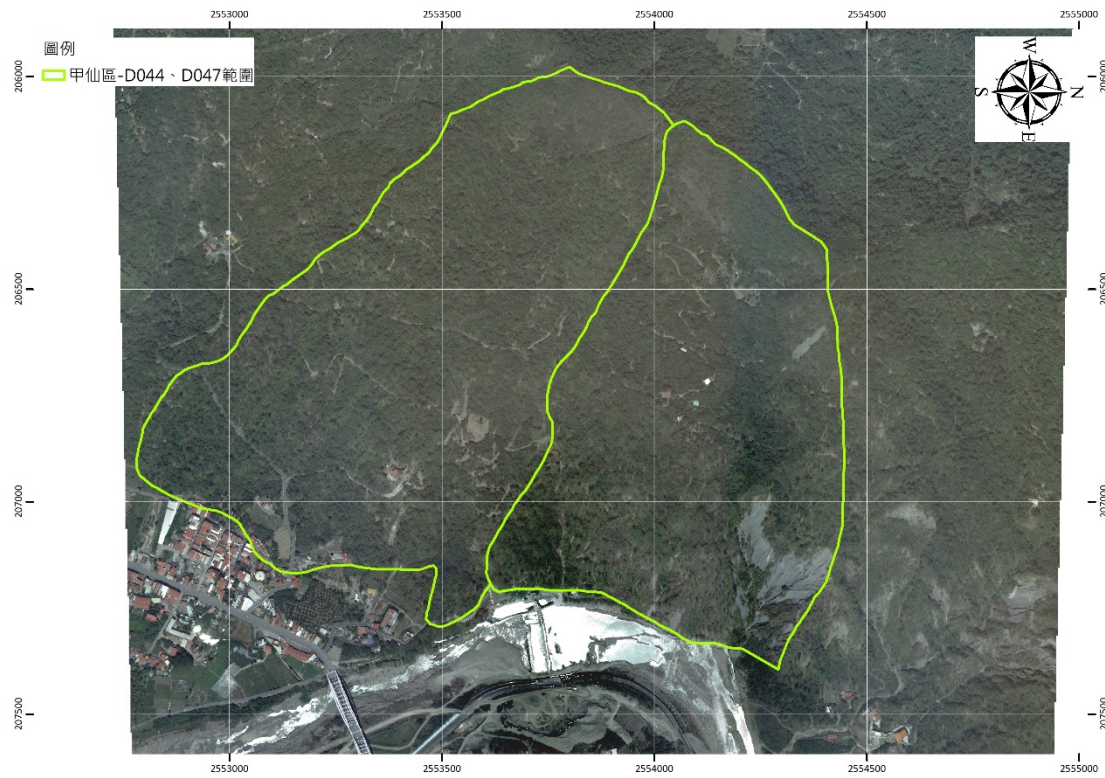


圖 5-18 甲仙區-D044、D047 正射影像(1040509)

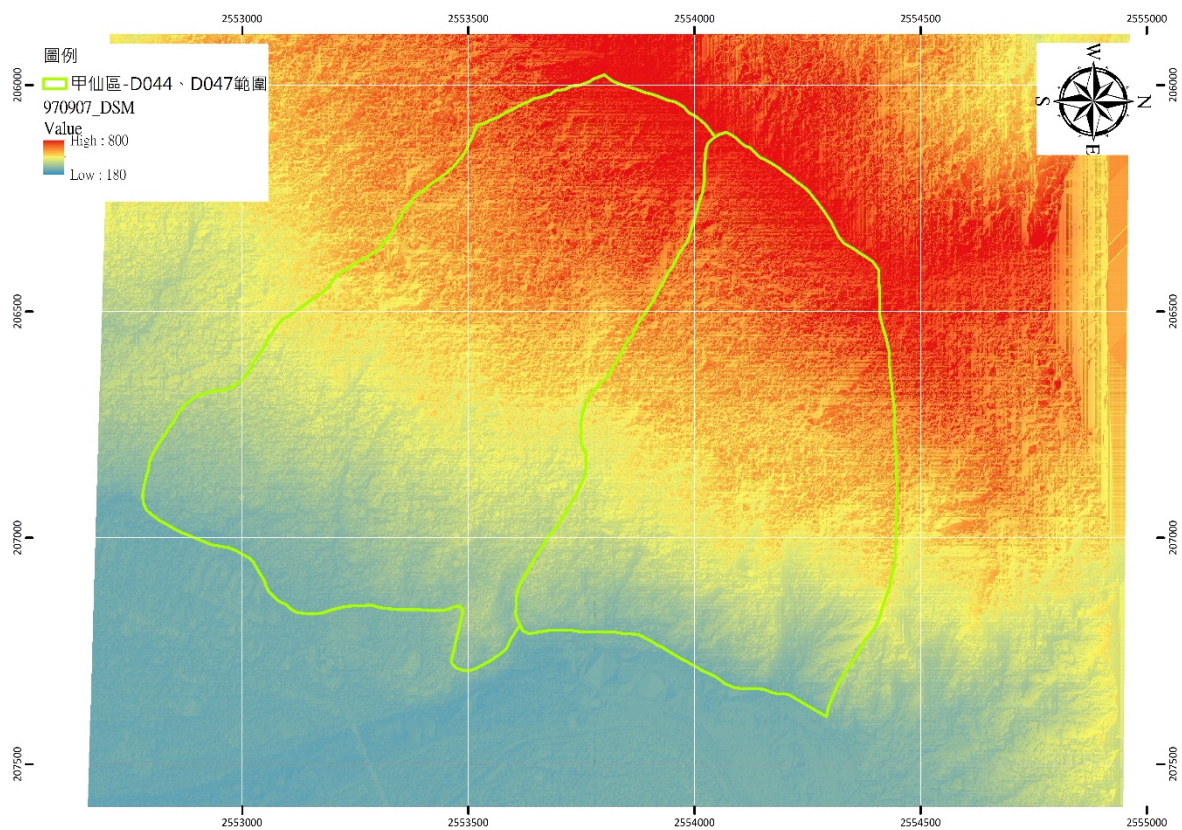


圖 5-19 甲仙區-D044、D047 DSM(970907)

## 5-4 地球物理探測

### 5-4.1 探測位置與數量

本工作於甲仙區-D044、D047 區域內進行地球物理探測，調查崩積層厚度、岩盤可能位置。依照南水局既有鑽孔資料、前後期航照判釋、LiDAR 微地形判釋結果、地表地質調查初步結果，107 年施作 3 條折射震測測線、1 條二維地電阻影像剖面法測線，總測線長度為 790 m。108 年施作 2 條折射震測測線、1 條二維地電阻影像剖面法測線，總測線長度為 895 m。地球物理探測位置如圖 5-20、圖 5-21，方式與展距如表 5-4。前述規劃符合兩年佈設長度各應大於 700 m 的招標文件規定。D044 地球物理調查現地工作於 107 年 5 月完成，D047 地球物理調查現地工作於 108 年 3 月完成。

本計畫綜合上述折射震測與地電阻探測結果，以及引用部分科技部計畫於本區域折射震測探查結果進行綜合判釋。將地球物理探測之探測結果繪製為地球物理性質(地電阻或波速等)剖面圖，並依據鑽探岩性比對推估地層或岩性分布剖面圖。

表 5-4 地球物理探測測線資料

| 測線名稱          | 施測方式 | 長度(m) | 備註                         | 資料來源        |
|---------------|------|-------|----------------------------|-------------|
| 107RS1        | 折射震測 | 130   | 折射震測法探測，掌握該區地層分布           | 本計畫 107 年成果 |
| 107RS2        | 折射震測 | 130   | 折射震測法探測，掌握該區地層分布           |             |
| 107RS3        | 折射震測 | 265   | 折射震測法，掌握該區地層分布並與 107BH2 比較 |             |
| 107ERT        | 地電阻  | 265   | 地電阻探測，掌握該區地層分布並與 107BH2 比較 |             |
| 107RS4        | 折射震測 | 170   | 折射震測法探測，掌握該區地層分布           | 摘自科技部計畫執行成果 |
| 107RS5        | 折射震測 | 160   | 折射震測法探測，掌握該區地層分布           |             |
| 本計畫 107 年測線總長 |      | 790   |                            |             |



|               |      |     |                            |             |
|---------------|------|-----|----------------------------|-------------|
| 108RS1        | 折射震測 | 140 | 折射震測法探測，掌握該區地層分布           | 摘自科技部計畫執行成果 |
| 108RS2        | 折射震測 | 220 | 折射震測法，掌握該區地層分布並與 108BH1 比較 | 本計畫 108 年成果 |
| 108ERT        | 地電阻  | 230 | 地電阻探測，掌握該區地層分布並與 108BH1 比較 |             |
| 108RS3        | 折射震測 | 445 | 折射震測法，掌握該區地層分布並與 108BH2 比較 |             |
| 本計畫 108 年測線總長 |      | 895 |                            |             |

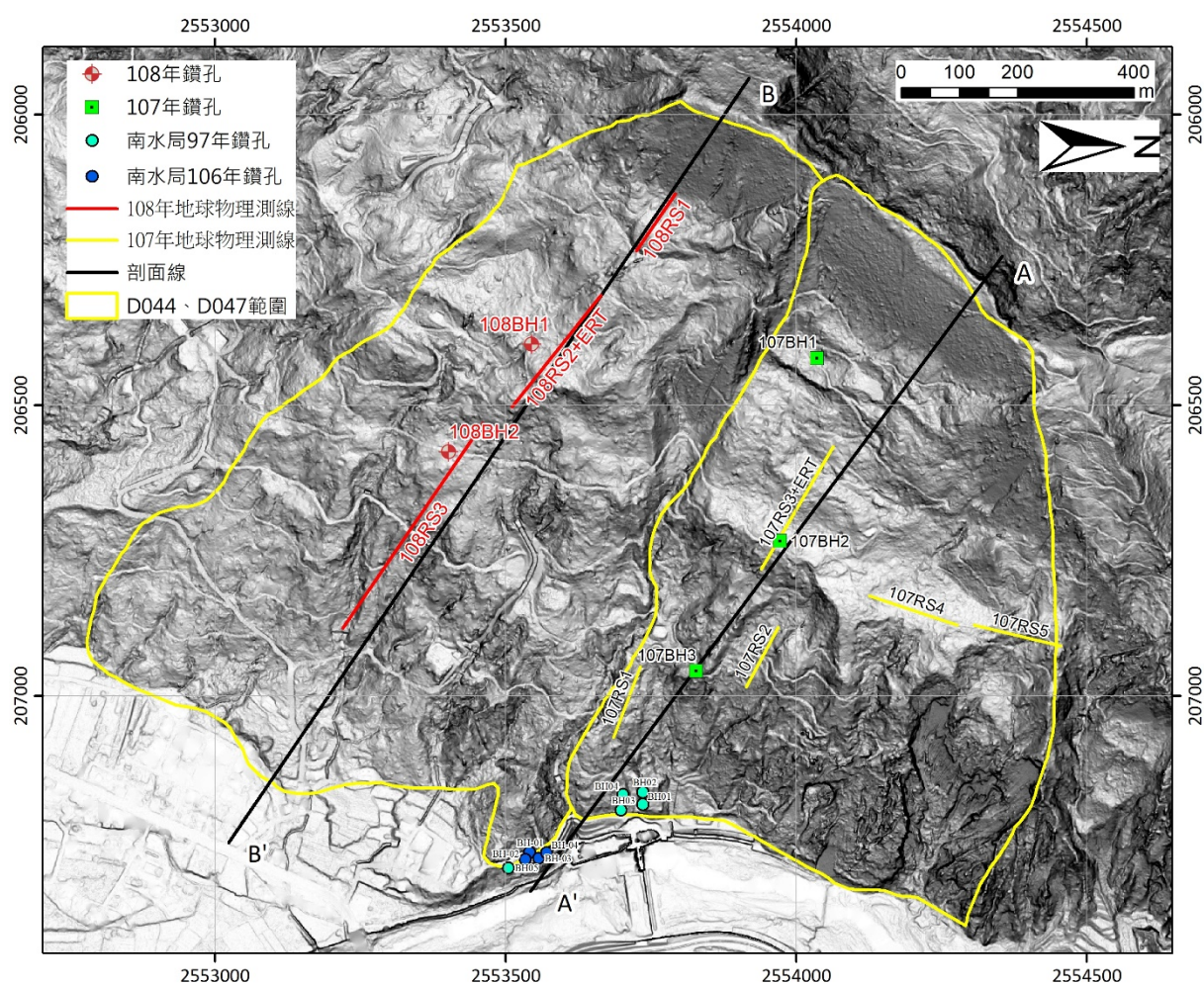


圖 5-20 甲仙區-D044、D047 鑽探與地球物理調查位置(LiDAR 坡度圖)



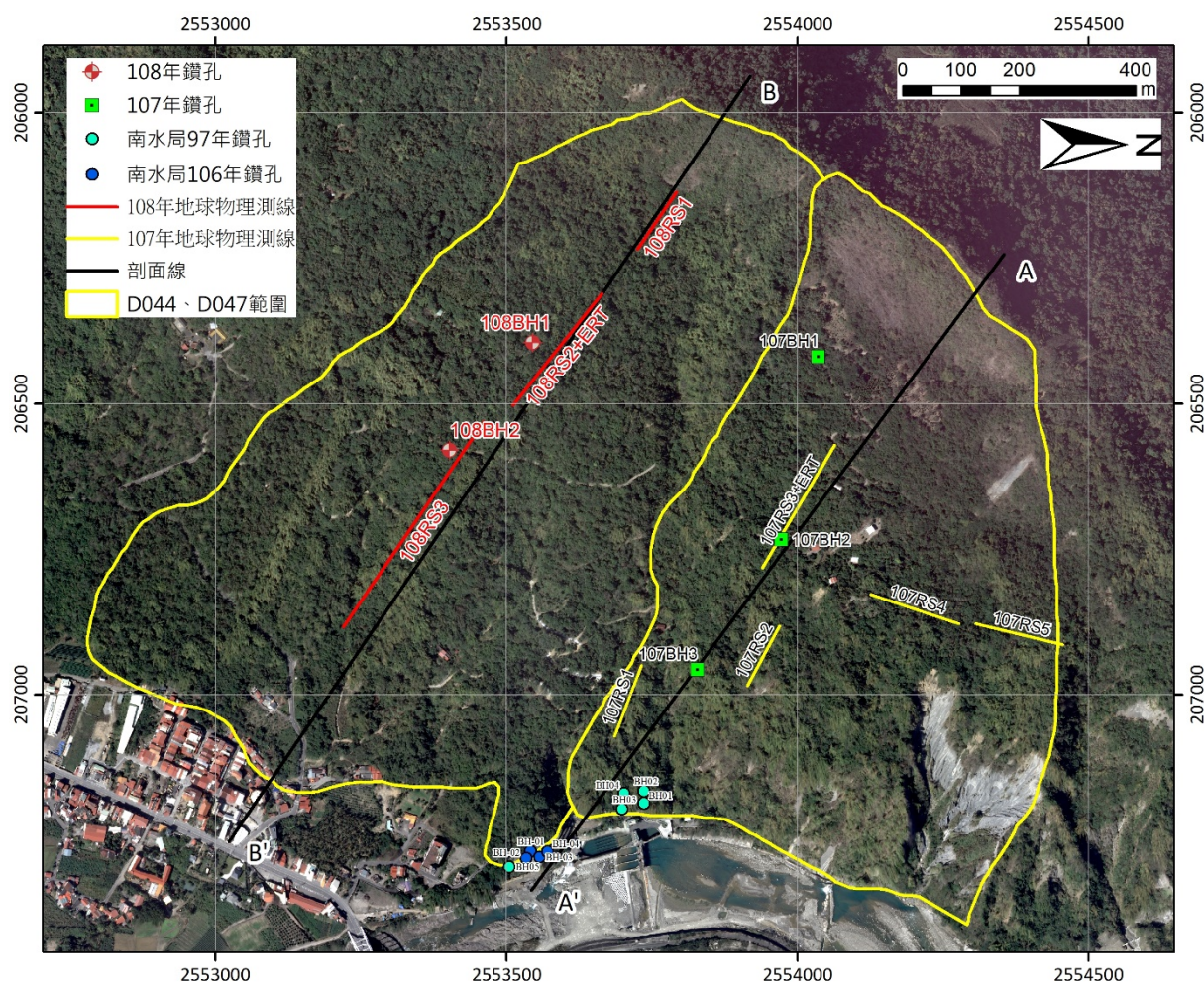


圖 5-21 D044、D047 鑽探與地球物理調查位置(1070126 航照正射影像)

## 5-4.2 探測結果

大規模崩塌區範圍廣大，地質與水文條件複雜，地下水、崩積土含泥量、岩石風化及破裂性影響地層之電阻率甚巨，若無其他調查配合甚難以地電阻法合理決定大規模崩塌區的地層剖面。故本計畫以折射震測法為主，搭配地電阻測線做比對，利用地物結果、鑽探結果、地表調查估算崩積土厚度，據以製作地質剖面圖。

107RS1(折射震測)位於 D044 下邊坡，107BH3 下坡側，測線長度 130 m，高差 44 m，圖 5-22 為依地形修正後的探測結果剖面圖。與鄰近蝕溝調查結果及 107BH3 鑽孔岩心比較，推測深度 15~20m 以上為崩積層(崩積土夾岩塊)，波速 1~1.4 km/s。風化、破碎岩體波速 1.4~2.4 km/s。新鮮岩盤界面應在地表下 25 m(波速 2.4 km/s)。

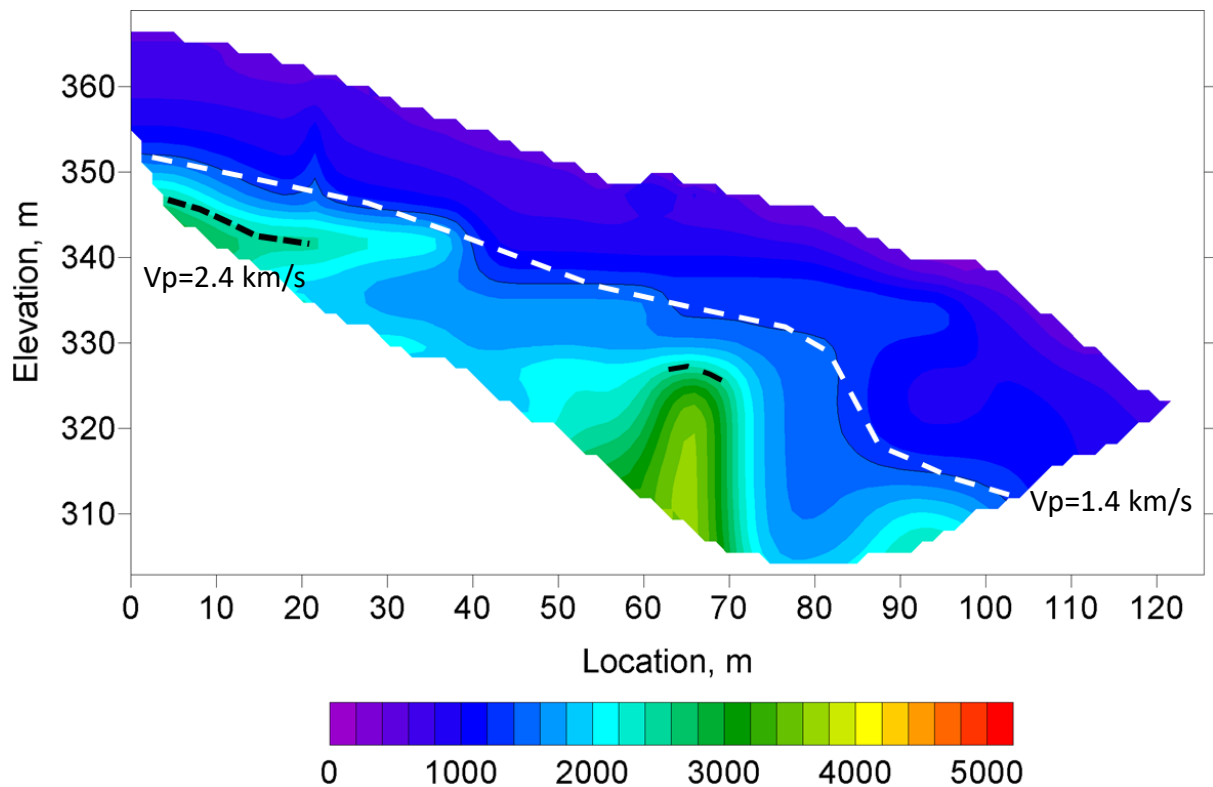


圖 5-22 107RS1(折射震測)探測結果剖面圖

107RS2(折射震測)位於 107BH2、107BH3 之間，測線長度 130 m，高差 41 m，圖 5-23 為依地形修正後的探測結果剖面圖。從 LiDAR DEM 地貌特徵判釋，此測線應位於早期堆積後再崩塌的區域，因此崩積層較淺。與鄰近蝕溝調查結果及 107BH3 鑽孔岩心比較，推測深度 10~15 m 以上為崩積層(崩積土夾岩塊)，波速 1~1.4 km/s。風化、破碎岩體波速 1.4~2.4 km/s。新鮮岩盤界面應在地表下 20~30 m(波速 2.4 km/s)。



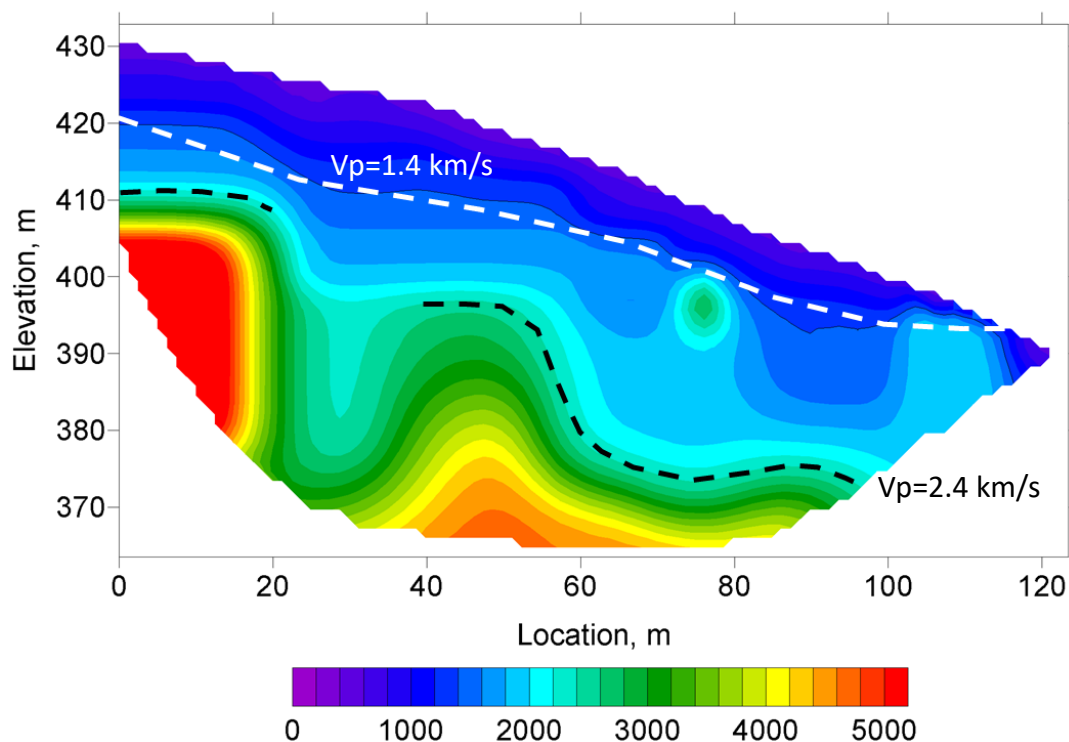


圖 5-23 107RS2(折射震測)探測結果剖面圖

107RS3(折射震測)通過 107BH2 並延伸至上邊坡，測線長度 265 m，高差 75 m，圖 5-24 為依地形修正後的探測結果剖面圖。由本測線對比 107BH2 鑽孔岩心，推測深度 20 m 以上為崩積層(崩積土夾岩塊)，波速小於 1.4 km/s。20~45 m 為早期順向滑動岩塊，波速介於 1.4~2.4 km/s。推測新鮮岩盤深度可能在 50 m 以下(波速 2.4 km/s)。

對比 107ERT(地電阻)探測結果(圖 5-25)，表土下的崩積層的電阻值受地下水、岩塊及含泥量的影響，電阻值約為 40~400 歐姆·米。深度約 20 m 以下的受地下水影響，電阻值約 30~40 歐姆·米，上邊坡因地下水較低對地層的影響較小，因此電阻值較高(40~80 歐姆·米)。

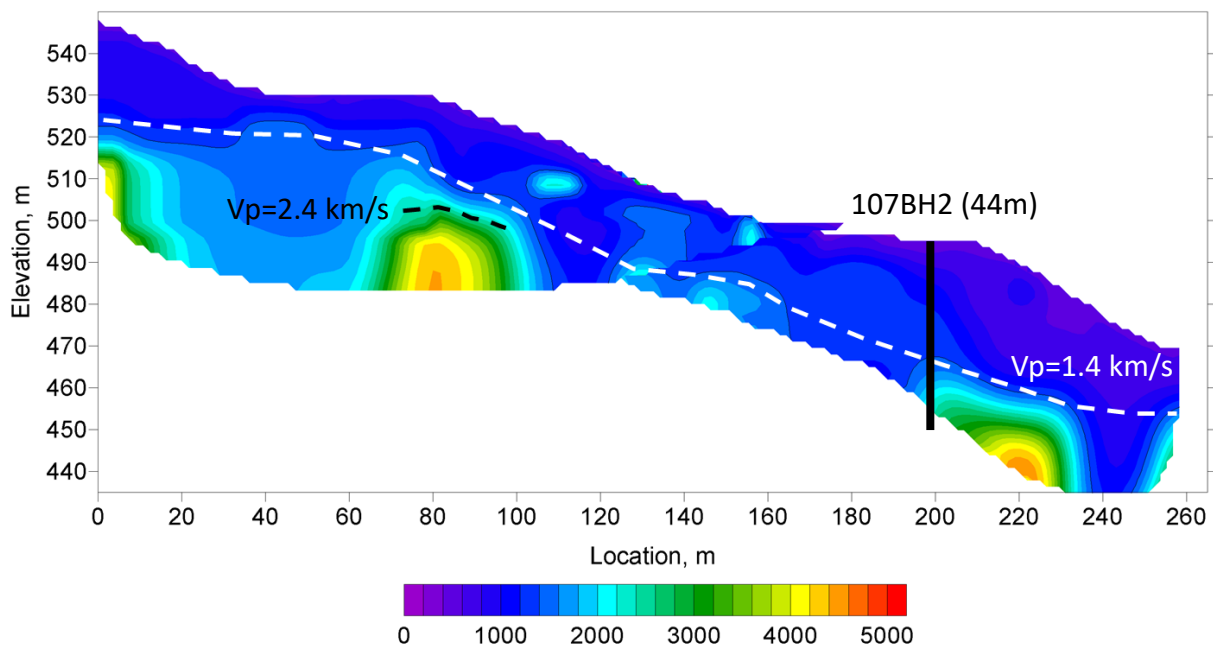


圖 5-24 107RS3(折射震測)探測結果剖面圖

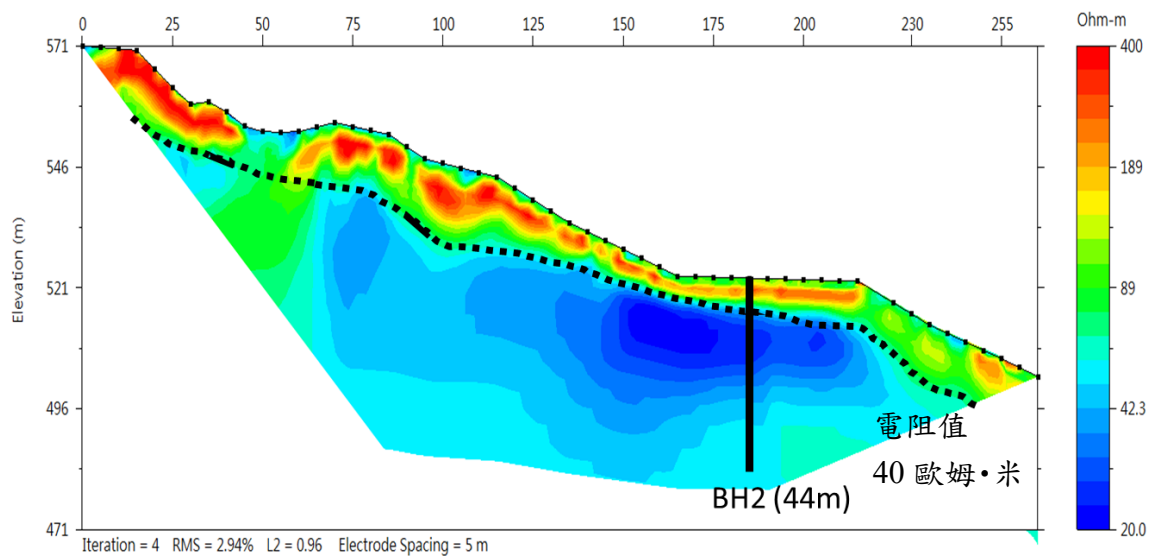


圖 5-25 107ERT(地電阻)探測結果剖面圖(Wenner-Schlumberger)

本計畫引用部分「大規模崩塌潛勢區邊坡行為探討、活動性評估及致災風險分析」(科技部整合型研究計畫，107 年)折射震測結果，綜合探討本區地層分布。107RS4、107RS5 折射震測測線位於大平台、測線方向平行等高

線，目的是調查平台下方地層之延伸性。107RS4 長度 170 m、高差 2 m，107RS5 長度 160 m、高差 24 m。圖 5-26、圖 5-27 為依地形修正後的探測結果剖面圖。若參考 107RS3 波速與 107BH2 鑽孔岩心之關係，概估崩積層(崩積土夾岩塊)厚度約 15~20 m，波速介於 1~2.4 km/s，新鮮岩盤界面應在地表下 40 m(波速 2.4 km/s)。

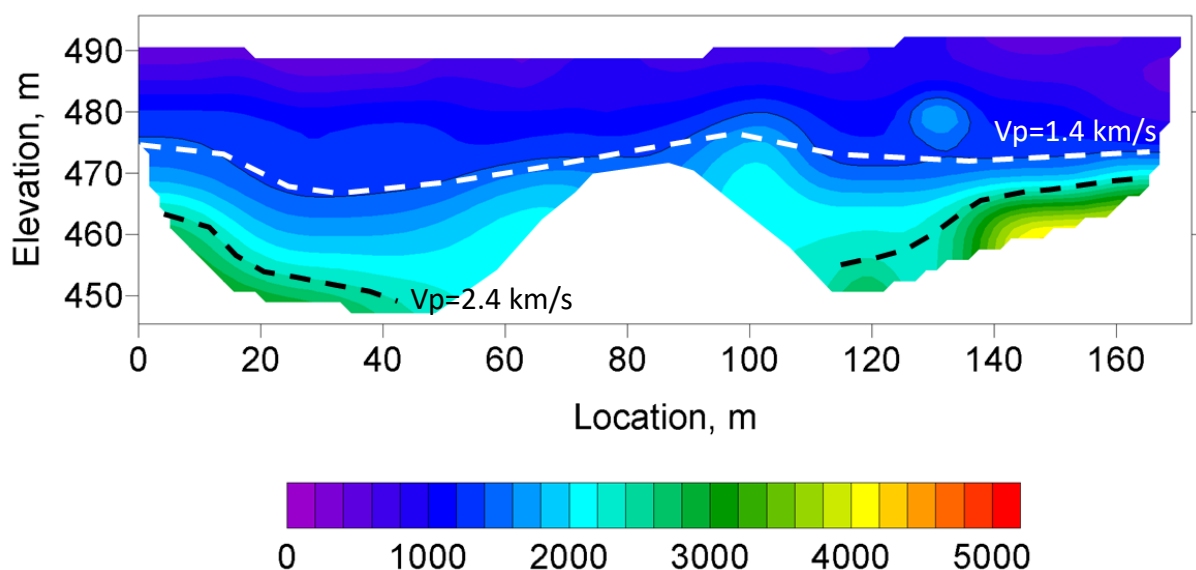


圖 5-26 107RS4(折射震測)探測結果剖面圖(科技部，107 年)

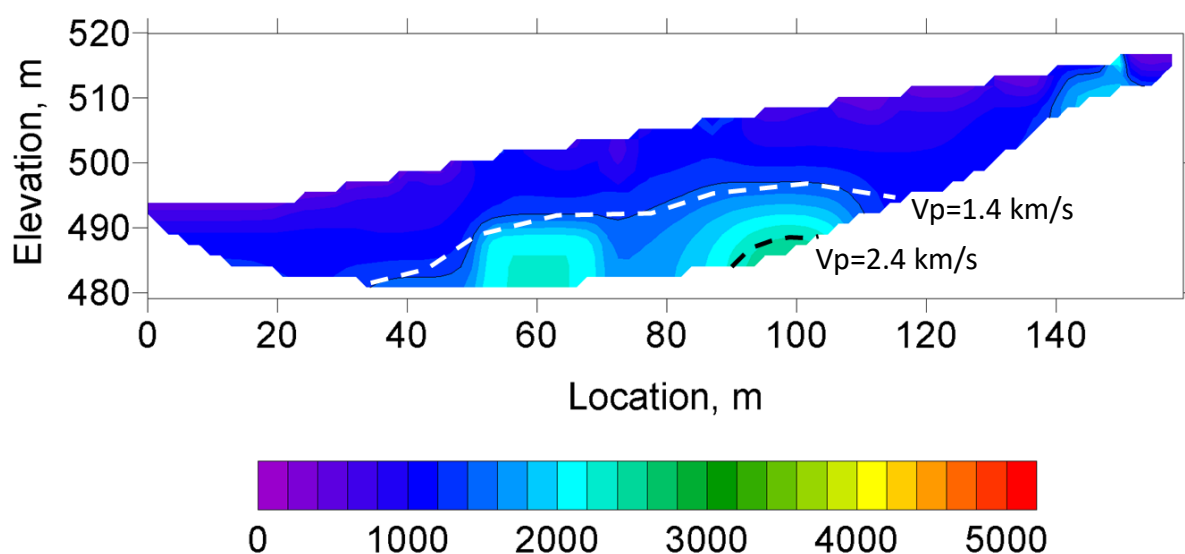


圖 5-27 107RS5(折射震測)探測結果剖面圖(科技部，107 年)



108RS1 折射震測結果引用自「大規模崩塌潛勢區邊坡行為探討、活動性評估及致災風險分析」(科技部整合型研究計畫, 108 年), 測線位於 D047 上邊坡、長度 140 m、高差 27 m、geophone 間距 5 m, 圖 5-28 為依地形修正後的探測結果剖面圖。比對 108RS2 波速與 108BH1 鑽孔岩心地質分層, 推估崩積層厚度約 5~10 m, 波速介於 1~1.4 km/s。破碎岩體波速介於 1.4~2.4 km/s。比對 D044 折射震測結果, 深度 20~30 m 以下應為新鮮岩盤界面(波速 2.4 km/s)。

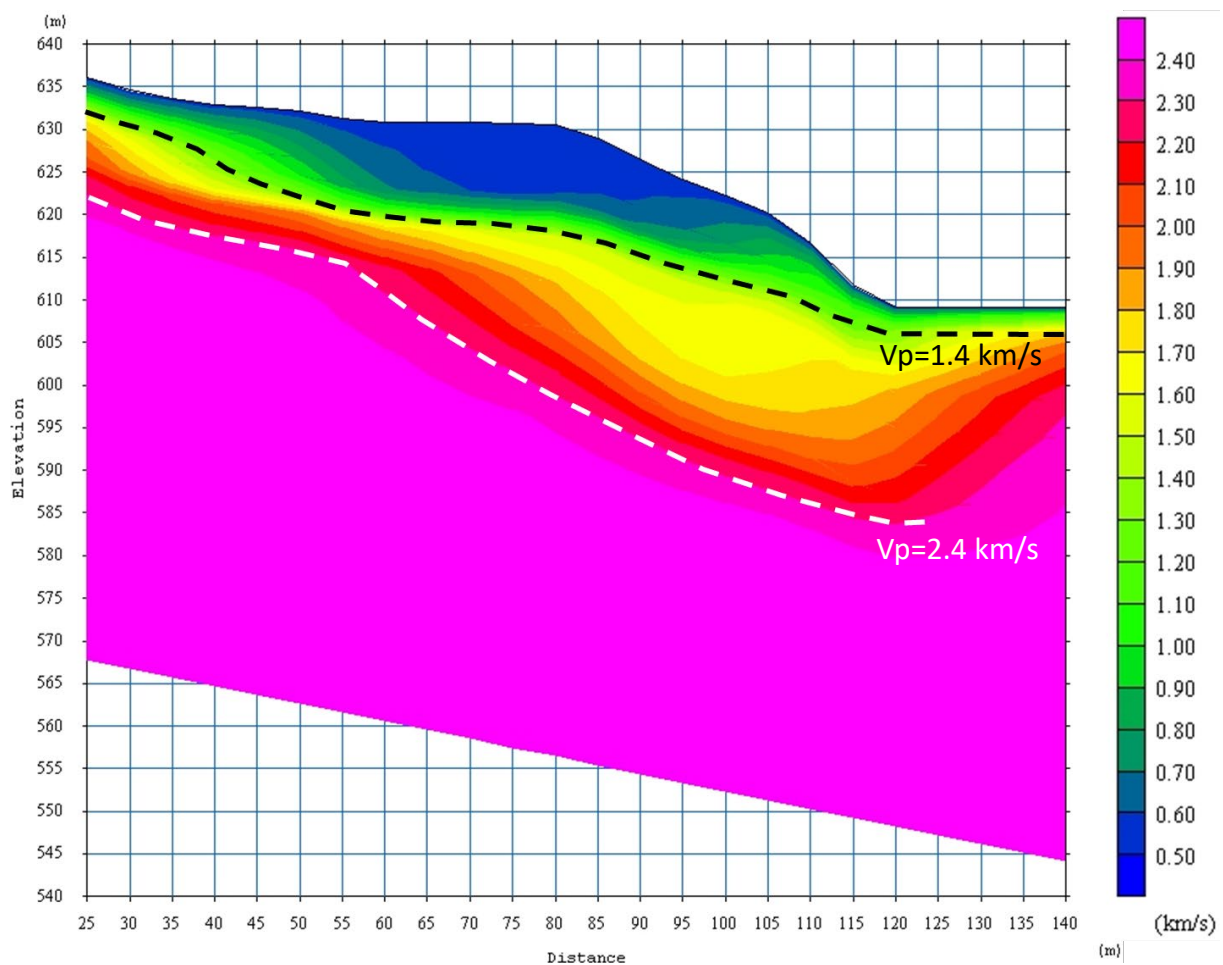


圖 5-28 108RS1(折射震測)探測結果剖面圖(科技部, 108 年)

108RS2(折射震測)通過 108BH1, 測線長度 220 m, 高差 111 m, geophone 間距 5 m, 圖 5-29 為依地形修正後的探測結果剖面圖。與 108BH1 鑽孔岩心比較, 深度 20 m 以上為固結較差崩積層, 波速介於 1~1.4 km/s。深度 20 m 以下為固結較佳之崩積層, 波速大於 1.4 km/s。108ERT(地電阻)探測結果

(圖 5-30)顯示，深度 0~20 m 崩積層的電阻值受岩塊、含泥量的影響，電阻值 40~400 歐姆·米。108BH1 鑽探水位於深度 36 m，搭配地電阻結果顯示該深度以下可能受地下水影響，電阻值 30~40 歐姆·米。

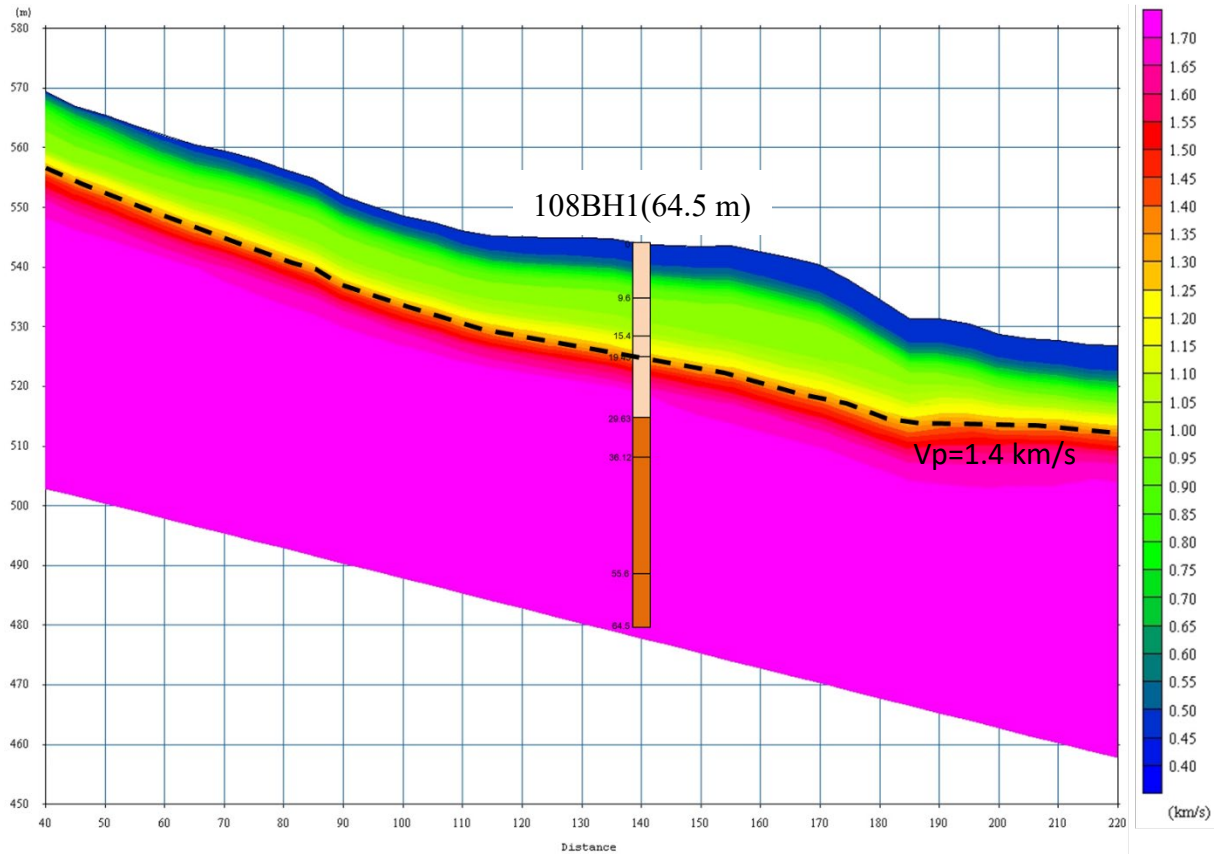


圖 5-29 108RS2(折射震測)探測結果剖面圖

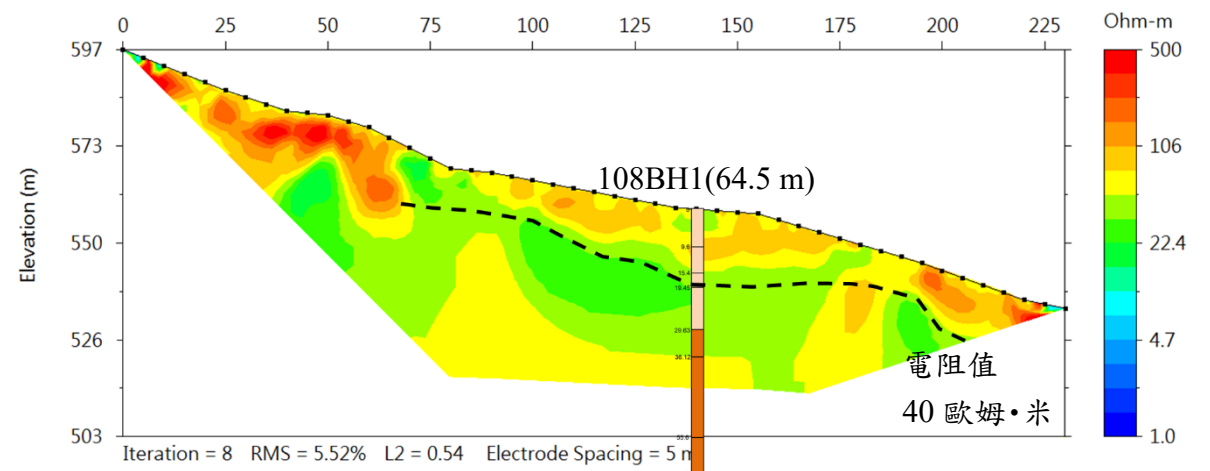


圖 5-30 108ERT(地電阻)探測結果剖面圖

108RS3(折射震測)通過 108BH2，測線長度 445 m，高差 150 m，圖 5-29 為依地形修正後的探測結果剖面圖。與 108BH1 鑽孔岩心比較，深度 21 m 以上為崩積層，波速介於 1~1.4 km/s。深度 21 m 以下為破碎岩盤，波速大於 1.4 km/s。下邊坡(水平距離 240~440 m)崩積層受蝕溝侵蝕較薄，厚度約 5 m，亦與現場觀察結果一致。

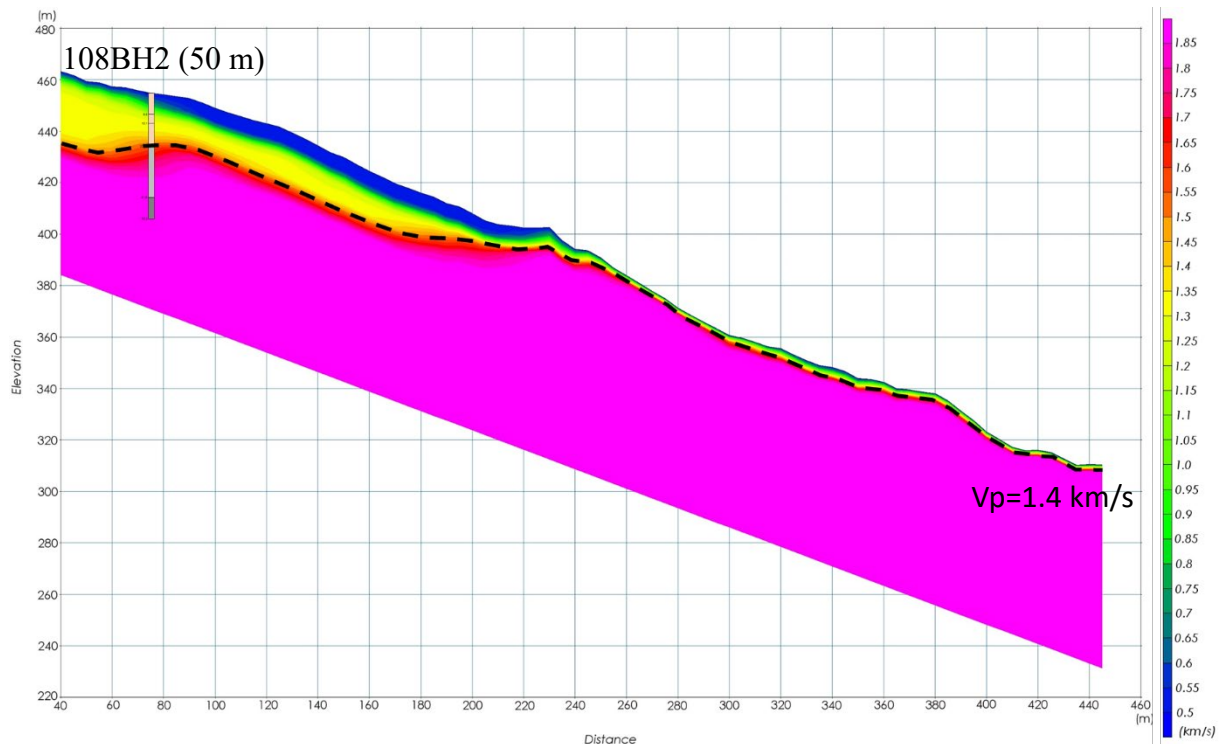


圖 5-31 108RS3(折射震測)探測結果剖面圖

## 5-5 地質鑽探

依招標文件規定，依據既有文獻資料及地表地質調查結果，配置為完成本計畫目的所需的鑽探孔位（鑽孔數目原則 6 孔），鑽孔需可供後續安裝觀測儀器使用。鑽孔數目得視鑽掘情形酌予調整孔數，惟鑽探總長需達 200 公尺(以鑽探進尺深度為主)且可供後續安裝觀測儀器使用；鑽探方式孔徑一律採用 HQ 尺寸以上，每孔需深入新鮮岩盤 2 公尺以上或達研判為岩土介面以下 2 公尺。依據鑽探結果進行土壤或岩石力學試驗，參考鑽探岩心分層，獲得各分層之材料參數，並製作地質鑽探報告，瞭解本區內之地下地質狀況及可能滑動面位置，提供邊坡穩定分析之參考。



本工作依照南水局既有鑽孔資料、前後期航照判釋、LiDAR 微地形判釋結果、地表地質調查初步結果，規劃甲仙區-D044、D047 地物測線及鑽孔位置(圖 5-20、圖 5-21)，107 年於甲仙區-D044 潛勢區內進行地質鑽探工作，鑽探數量 3 孔，總長度 109 公尺。108 年於甲仙區-D047 潛勢區內進行地質鑽探工作，鑽探數量 2 孔，總長度 114.5 m。地質鑽孔深度與監測設備配置如表 5-5。因本計畫鑽孔深度有限，現階段以建立地質模式、調查潛在滑動面位置為主要目的，故 5 孔皆裝設傾斜觀測管。D044 地質鑽探工作於 107 年 6 月完成，D047 地質鑽探工作於 108 年 3 月完成，以下說明地質鑽探結果。

**表 5-5 甲仙區-D044、D047 地質鑽孔深度與監測設備表**

| 孔號     | 深度(m) | 監測儀器設備 |
|--------|-------|--------|
| 107BH1 | 31    | 傾斜觀測管  |
| 107BH2 | 44    | 傾斜觀測管  |
| 107BH3 | 34    | 傾斜觀測管  |
| 108BH1 | 64.5  | 傾斜觀測管  |
| 108BH2 | 50    | 傾斜觀測管  |
| 總深度    | 223.5 |        |

### 5-5.1 岩心取樣結果

現場鑽探所取得的岩心，由地質技師進行判釋，項目包括鑽孔水位、RQD、回收率、岩層不連續面位置與傾角、岩石或土壤性質描述，並依據上述資料製作鑽孔地質柱狀圖及岩心照片如附錄四。各鑽孔岩性依序摘述如下：

#### 107BH1

0.0~0.2 m 表土層，

0.2~3 m 崩積層(黃褐色崩積土夾岩塊)，2.15m~3m 破裂、風化砂岩，

3~20.5 m 崩積層(砂岩、泥質砂岩)，10.38m~11m 輕度生物擾動，17.94m、18.7m、19.13m~19.7m 出現貝殼化石，  
20.5~25.5 m 崩積層(灰色崩積土夾泥質砂岩塊)，  
25.5~26 m 泥質砂岩，  
26~26.62 m 砂岩，26m~26.52m 強烈生物擾動，  
26.62~27.14 m 泥質砂岩，  
27.14~28.16 m 砂岩，27.75~28.16m 強烈生物擾動，  
28.16~28.7 m 砂岩、泥質砂岩互層，輕微生物擾動，  
28.7~29.86 m 泥質砂岩夾砂岩，  
29.86~30.5 m 砂岩、泥質砂岩互層，輕微生物擾動，  
30.5~30.9 m 泥質砂岩。

#### 107BH2

0.0~5.4 m 砂岩岩塊，有鏽染現象，顏色較黃，  
5.4~18.6 m 黃棕色基質夾具有紋理之砂岩岩塊，  
18.6~34.6 m 砂岩塊與破碎砂岩互層，  
34.6~44.5 m 順向滑動岩塊，粉砂岩與頁岩互層，風化程度低，主要沿不連續面兩側風化鏽染。

#### 107BH3

0.0~0.2 m 為原道路鋪面，  
0.2~18.5 m 為崩積層，其組成為黃褐色崩積土夾岩塊，部分岩塊表面鏽染，  
18.5~21.35 m 為崩積層，其組成為黃褐色崩積土夾岩屑，  
21.35~25.05 m 為崩積層，組成為黃褐色崩積土夾岩塊，部分岩塊表面鏽染，  
25.05~25.9 m 為局部破碎頁岩，  
25.9~33.8 m 為新鮮頁岩。

本孔入岩段施作孔內造影，於深度 26.7、27.2、27.8 m 各量到一層面位態，傾向傾角分別為(130/37)、(114/42)、(117/36)，走向與區域位態一致，傾角與岩心量測結果一致。

### 108BH1

0 m ~ 0.05 m：表土層，

0.05 m ~ 9.6 m：崩積層(黃棕色崩積土夾風化次圓形與次角形砂岩塊)，

9.6 m ~ 15.4 m：崩積層(淺灰色崩積土夾風化次角狀砂岩塊，15.4 m：紅褐色鐵質氧化帶)，

15.4 m ~ 19.45 m：崩積層(黃棕色崩積土夾風化次圓形與次角形砂岩塊以及砂頁互層岩塊)，

19.45 m ~ 29.63 m：崩積層(淺灰色與黃棕色崩積土夾風化次角形砂岩塊，26.6 m：紅褐色鐵質氧化帶)，

29.63 m ~ 36.12 m：崩積層(破碎砂頁互層岩塊夾黃棕色崩積土)，

36.12 m ~ 55.6 m：崩積層(砂頁互層岩塊夾少量黃棕色(36.12 m ~ 51.9 m)與淺灰色(51.9 m ~ 55.6 m)崩積土，

55.60 m ~ 64.5 m：崩積層(破碎砂頁互層岩塊夾淺灰色崩積土)，

具剪動特徵或擦痕之深度：38.78 m ~ 38.85 m、39.66 m ~ 39.9 m、42.62 m ~ 42.63 m、47.29m ~ 47.5m、50.9m ~ 51.05m、54.1 m ~ 54.4 m、54.92m ~ 54.97m、58.1 m ~ 58.3、58.6 m ~ 58.9 m、59.4 m ~ 59.6 m、61.75 m、63.63 m。

### 108BH2

0 m ~ 0.3 m：表土層，

0.3 m ~ 8.6 m：崩積層(黃棕色崩積土夾風化次角狀砂岩塊)，

8.6 m ~ 12.1 m：崩積層(砂岩與頁岩互層，其中 11.35m~11.7m 為強烈生物擾動砂岩)，

12.1 m ~ 20.78 m：崩積層(淺灰色崩積土夾破碎砂頁互層岩塊)，

20.78 m ~ 41.6 m：破碎岩盤(破碎頁岩夾淺灰色黏土)，

41.6 m ~ 50.2 m：新鮮岩盤(頁岩，屬於 SH2 岩段)，

具剪動特徵或擦痕之深度：14.55 m、21.2 m ~ 21.75 m、23.35 m ~ 23.7 m、34.7 m ~ 35.15 m、36.45 m ~ 37.22 m、39.15 m ~ 39.25 m、39.4 m ~ 39.6 m、40.5 m ~ 40.6 m、45.4 m ~ 45.5 m。



## 5-5.2 力學試驗結果

為了獲得穩定分析所需的物理性質及力學強度參數，本計畫進行崩積層與岩石物理性質試驗與力學試驗。視岩性種類與邊坡可能破壞模式決定試驗類型及數量，甲仙區-D044 共完成岩石單軸壓縮強度試驗 6 顆、完整岩石三軸試驗 2 組、崩積層三軸壓縮試驗 2 組。甲仙區-D047 共完成岩石單軸壓縮強度試驗 1 顆、崩積層三軸壓縮試驗 1 組。試驗工作與成果如以下說明，詳細試驗結果請參閱附錄五。

### 5-5.2.1 岩石單軸壓縮強度試驗

本項試驗目的在於測量岩石材料之單軸壓縮強度，並由位移感測器(LVDT)量度岩心試驗之端點變形量，由此變形量並可推算彈性模數。本項試驗採用電腦控制 MTS-810 材料試驗機進行試驗，試體即為鑽探時所得到的岩心，利用岩心切割機將鑽探的岩心切割成長徑比介於 2.5~3.0 的試體，以荷重計記錄荷重，以位移感測器(LVDT)量度軸向變形，試驗至破壞停止；試驗步驟係參照 ASTM D7012-14 規定辦理。試驗結果如表 5-6 所示。107BH1 試體岩性為砂頁岩互層，破裂面貫穿層面，單壓強度介於 87~113 kg/cm<sup>2</sup>；107BH3 試體岩性為頁岩，劈裂破壞，單壓強度介於 194~378 kg/cm<sup>2</sup>。108BH2 試體岩性為頁岩，劈裂破壞，單壓強度 35 kg/cm<sup>2</sup>，比對岩心判釋可知該段試體周圍岩層較為破碎，可能於試驗前已產生微裂隙，所以單壓強度較低。

表 5-6 岩石單軸壓縮強度試驗結果表

| 試體名稱        | 取樣深度 (m)    | 單壓強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 彈性模數<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 破壞應變<br>(%) | 岩性    | 破裂面  |
|-------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------|------|
| 107BH1 UCT1 | 29.05~29.20 | 113                           | 21507                         | 0.39        | 砂頁岩互層 | 貫穿層面 |
| 107BH1 UCT2 | 30.25~30.40 | 100                           | 18749                         | 0.71        | 砂頁岩互層 | 貫穿層面 |
| 107BH1 UCT3 | 30.65~30.80 | 87                            | 18206                         | 0.69        | 砂頁岩互層 | 貫穿層面 |
| 107BH3 UCT1 | 29.35~29.50 | 208                           | 16671                         | 1.36        | 頁岩    | 劈裂破壞 |
| 107BH3 UCT2 | 31.20~31.35 | 378                           | 36774                         | 1.23        | 頁岩    | 劈裂破壞 |
| 107BH3 UCT3 | 32.30~32.45 | 194                           | 15842                         | 1.52        | 頁岩    | 劈裂破壞 |
| 108BH2 UCT1 | 48.4~48.6   | 35                            | 4375                          | 1.32        | 頁岩    | 劈裂破壞 |

### 5-5.2.2 完整岩石三軸試驗

本項試驗將岩樣置於 Hoek Cell 中在 MTS-810 材料試驗機上進行三軸試驗，測量完整岩心的抗剪強度。軸向力大小由 Load cell 量測，軸向應變以 LVDT 量測變形量。圍壓  $\sigma_3$  採用  $5 \text{ kg/cm}^2$ 、 $10 \text{ kg/cm}^2$ 、 $20 \text{ kg/cm}^2$  進行試驗，應變速率為  $0.3\%/min$  直到破壞後停止實驗。試驗步驟係照國際岩石力學學會 ISRM 建議方法，試驗結果如表 5-7 所示。

為了得到甲仙地區岩盤強度參數，提供數值模擬參數使用，進行了一系列的單壓及三軸試驗，將試驗的結果依照鑽孔岩心的性質分成 107BH1 砂頁岩互層、107BH3 頁岩，分別繪製莫爾圓及破壞包絡線(圖 5-32 與圖 5-33)，得到砂頁岩互層凝聚力  $33 \text{ kg/cm}^2$ 、摩擦角  $38^\circ$ ；頁岩凝聚力  $55 \text{ kg/cm}^2$ 、摩擦角  $44^\circ$ 。

表 5-7 完整岩石三軸試驗結果表

| 試體編號        | 深度(m)       | $\sigma_3(\text{kg/cm}^2)$ | $\sigma_1(\text{kg/cm}^2)$ | 破壞應變(%) | 岩性    | 破裂面    |
|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|---------|-------|--------|
| 107BH1 TCT1 | 27.45-27.60 | 10                         | 183.97                     | 0.94    | 砂頁岩互層 | 沿層面破壞  |
| 107BH1 TCT3 | 30.80-30.95 | 20                         | 218.53                     | 1.46    | 砂頁岩互層 | 沿層面破壞  |
| 107BH3 TCT1 | 28.55-28.70 | 5                          | 306.8                      | 1.61    | 頁岩    | 貫穿層面破壞 |
| 107BH3 TCT2 | 29.55-29.70 | 10                         | 328.1                      | 1.76    | 頁岩    | 貫穿層面破壞 |

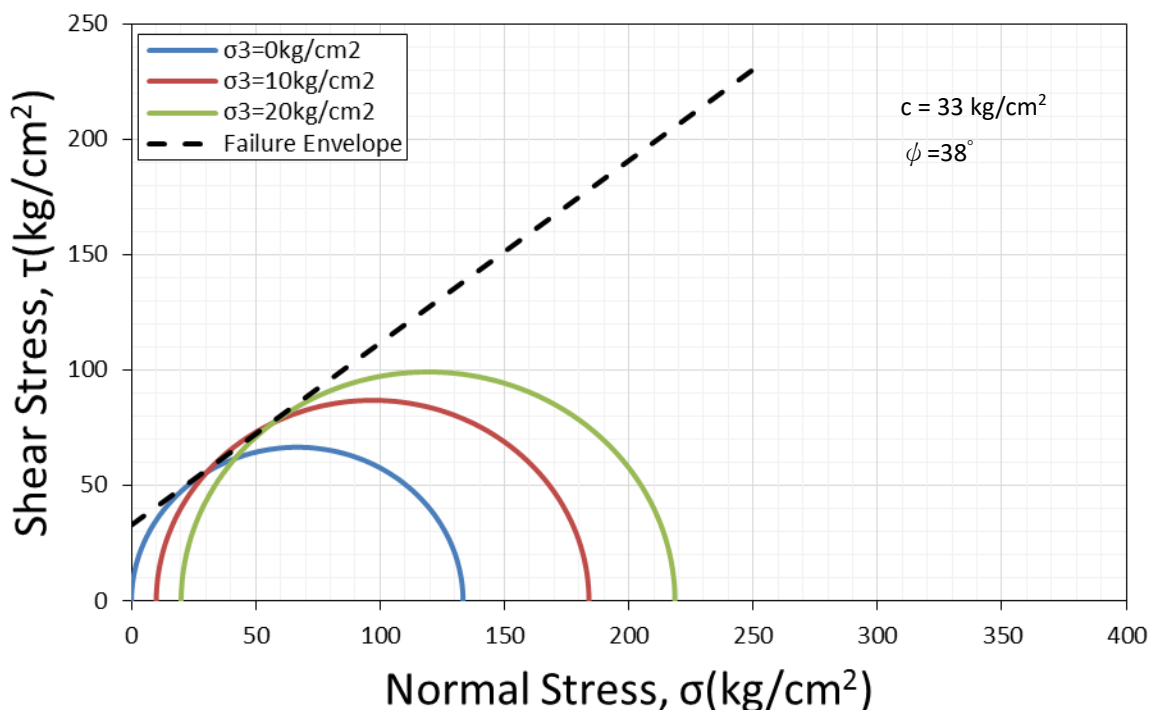


圖 5-32 甲仙區-D044 107BH1 砂頁岩互層破壞包絡線

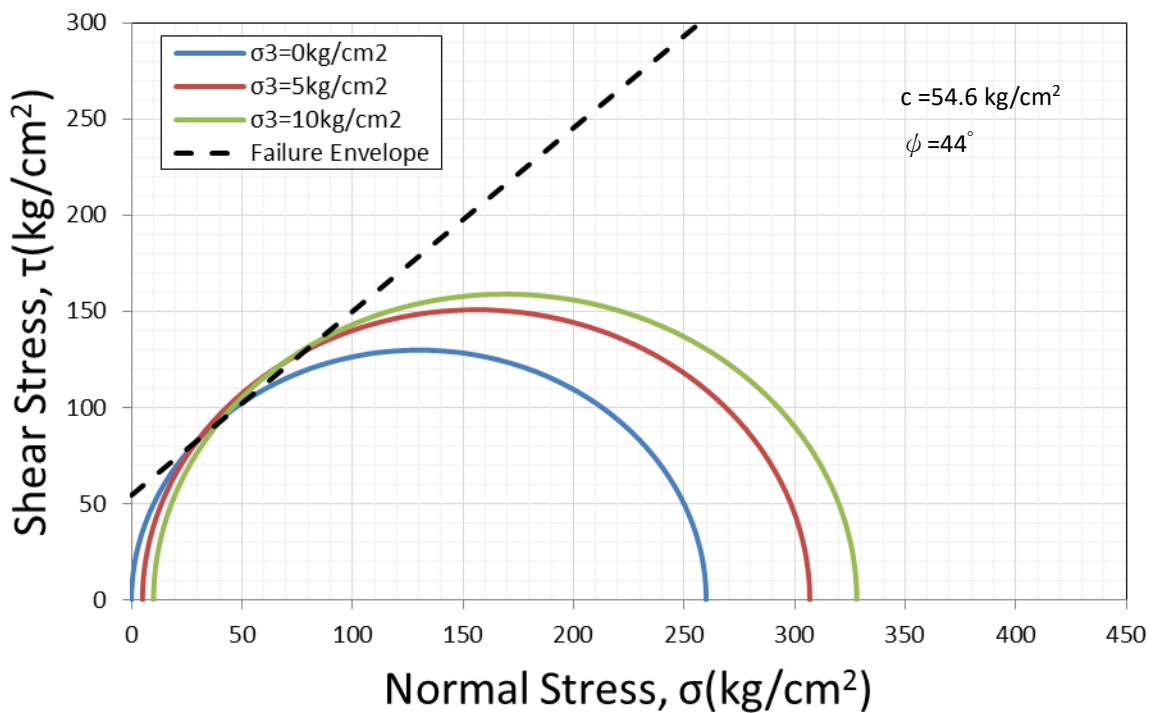


圖 5-33 甲仙區-D044 107BH3 頁岩破壞包絡線

### 5-5.2.3 崩積層三軸壓縮試驗

為了探討崩積層內的力學行為，由鑽心製作併構土試體，進行三軸不壓密不排水試驗，記錄在不同圍壓下的軸向應力及軸向應變，並繪製莫爾圓、計算凝聚力與摩擦角，供後續穩定分析使用。試驗結果如表 5-8、圖 5-34、圖 5-35 所示。崩積層併構土依照鑽孔分成三組，第一組 107BH2 的崩積層岩塊含量在 20%~25%之間；第二組 107BH3 的崩積層岩塊含量在 35%~40%，阿太堡試驗所得到的液性限度為 30.4，塑性限度為 16.8，分類屬於低塑性黏土(CL)，將做完的試體烘乾之後所得到試體含水量介於 22~24%。107BH2 由於岩塊含量低，崩積併構土強度受到基質控制，而基質為黏土，故三軸不壓密不排水試驗(UU test)所得到的摩擦角接近  $0^\circ$ ；107BH3 由於岩塊含量較高，崩積併構土強度受到基質與岩塊互相控制，與 107BH2 相同的圍壓下比較強度因為岩塊含量較高而提升，摩擦角為  $15^\circ$ 。第三組 108BH1 的崩積層岩塊含量在 30%~45%左右。阿太堡試驗所得到的液性限度為 36，塑性限度為 18，分類屬於低塑性黏土(CL)，將做



完的試體烘乾之後所得到試體含水量介於 22~30%。108BH1 崩積併構土強度受到基質控制與岩塊互相影響，但基質為黏土且含水量較高，故三軸不壓密不排水試驗(UU test)所得到的摩擦角只有  $8^{\circ}$ 。

表 5-8 崩積層三軸試驗結果表

| 試體編號        | 高度<br>(mm) | 直徑<br>(mm) | 重量<br>(gf) | $\sigma_3$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\sigma_1$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | c<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\phi$<br>( $^{\circ}$ ) |
|-------------|------------|------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 107BH2 UUT1 | 154.63     | 60.68      | 948.8      | 1                                   | 2.20                                | 0.5                        | 3.2                      |
| 107BH2 UUT2 | 154.68     | 60.65      | 973.0      | 3                                   | 4.47                                |                            |                          |
| 107BH2 UUT3 | 145.32     | 60.90      | 909.8      | 5                                   | 6.66                                |                            |                          |
| 107BH3 UUT1 | 160.88     | 61.00      | 1019.92    | 1                                   | 2.06                                | 0.2                        | 15                       |
| 107BH3 UUT2 | 155.28     | 61.63      | 1007.68    | 3                                   | 5.94                                |                            |                          |
| 107BH3 UUT3 | 151.87     | 60.03      | 951.73     | 5                                   | 8.81                                |                            |                          |
| 108BH1 UUT1 | 153.62     | 61.22      | 993.8      | 0                                   | 0.45                                | 0.2                        | 8                        |
| 108BH1 UUT2 | 151.13     | 60.95      | 980.4      | 2                                   | 3.29                                |                            |                          |
| 108BH1 UUT3 | 161.67     | 60.90      | 1031.8     | 4                                   | 5.77                                |                            |                          |

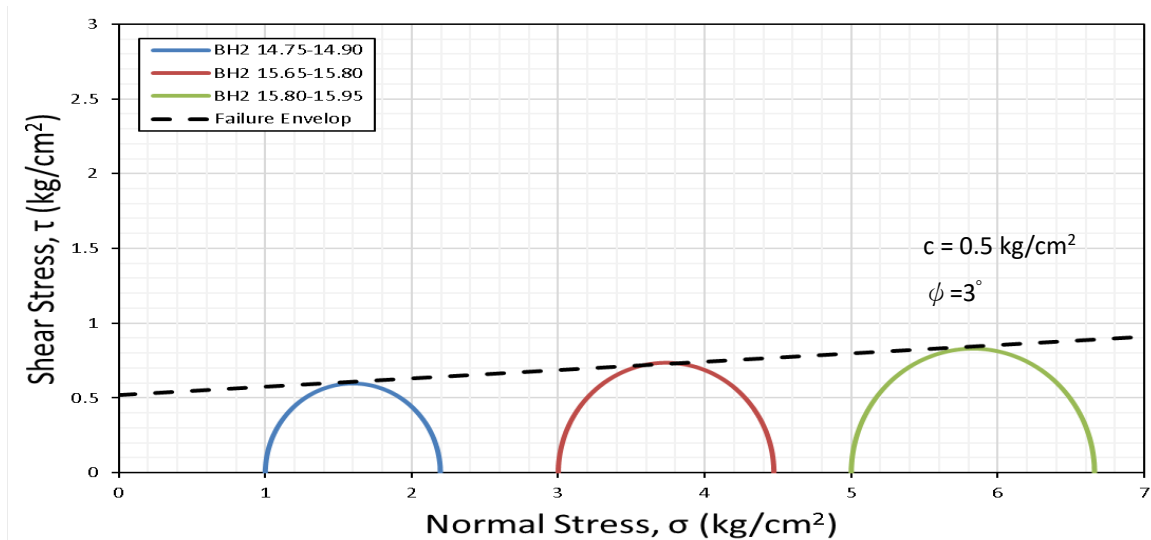


圖 5-34 甲仙區-D044 107BH2 崩積併構土破壞包絡線

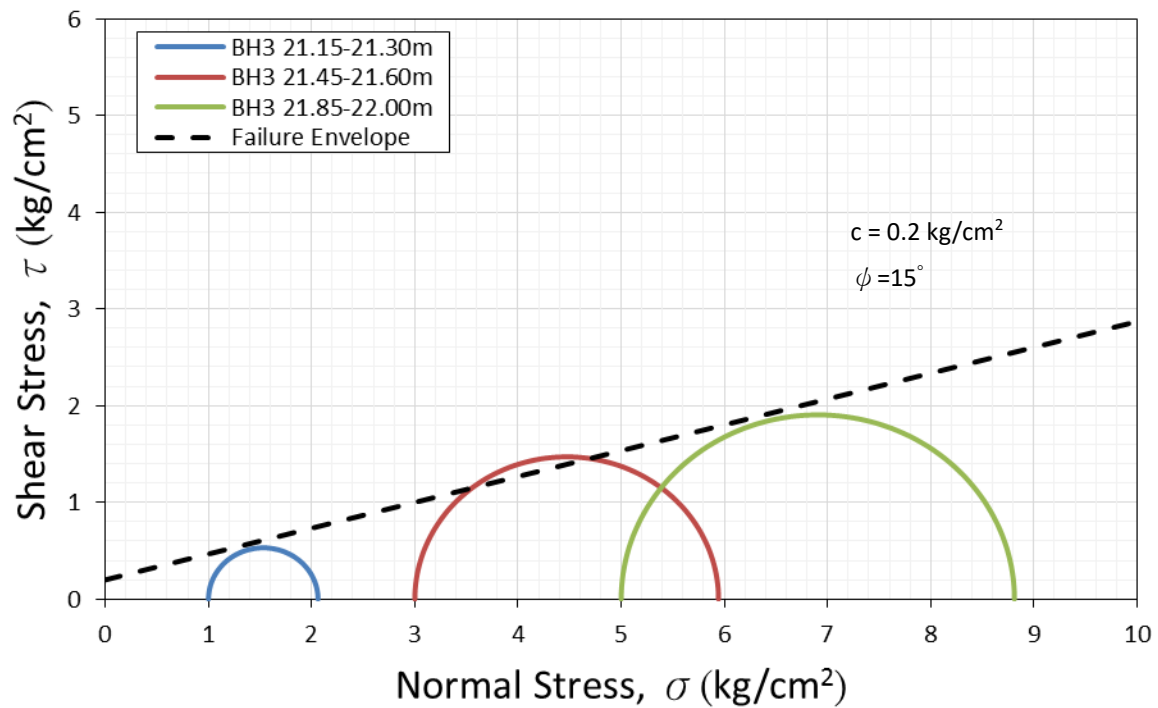


圖 5-35 甲仙區-D044 107BH3 崩積併構土破壞包絡線

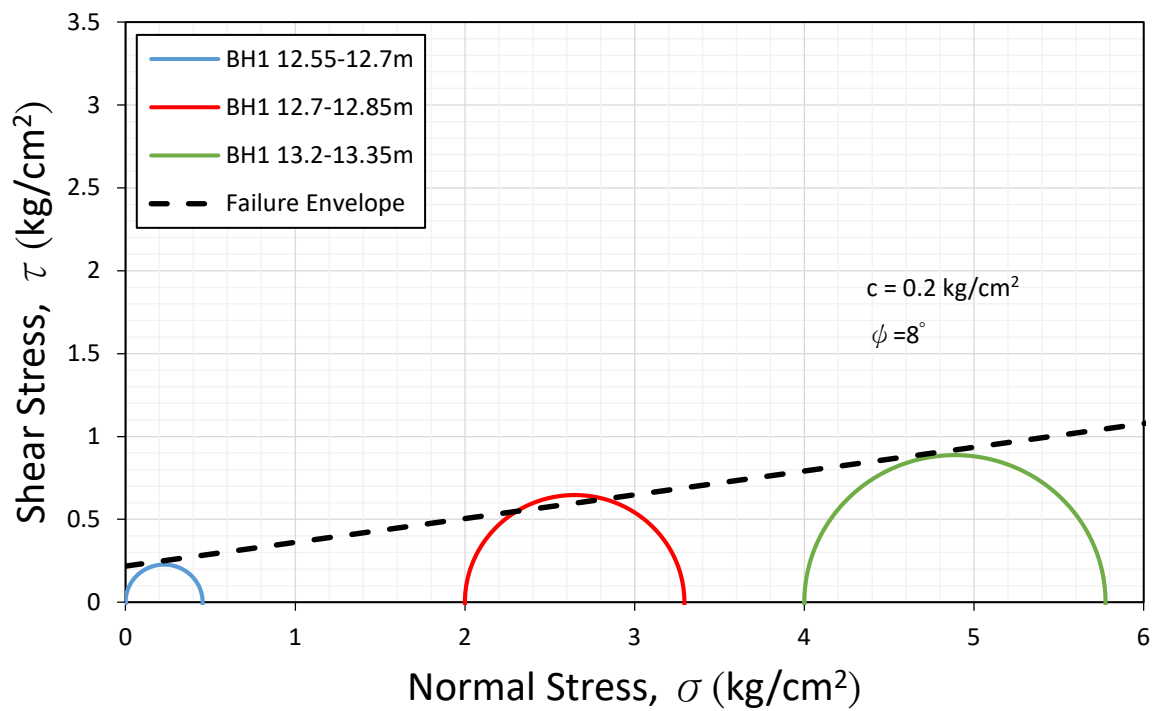
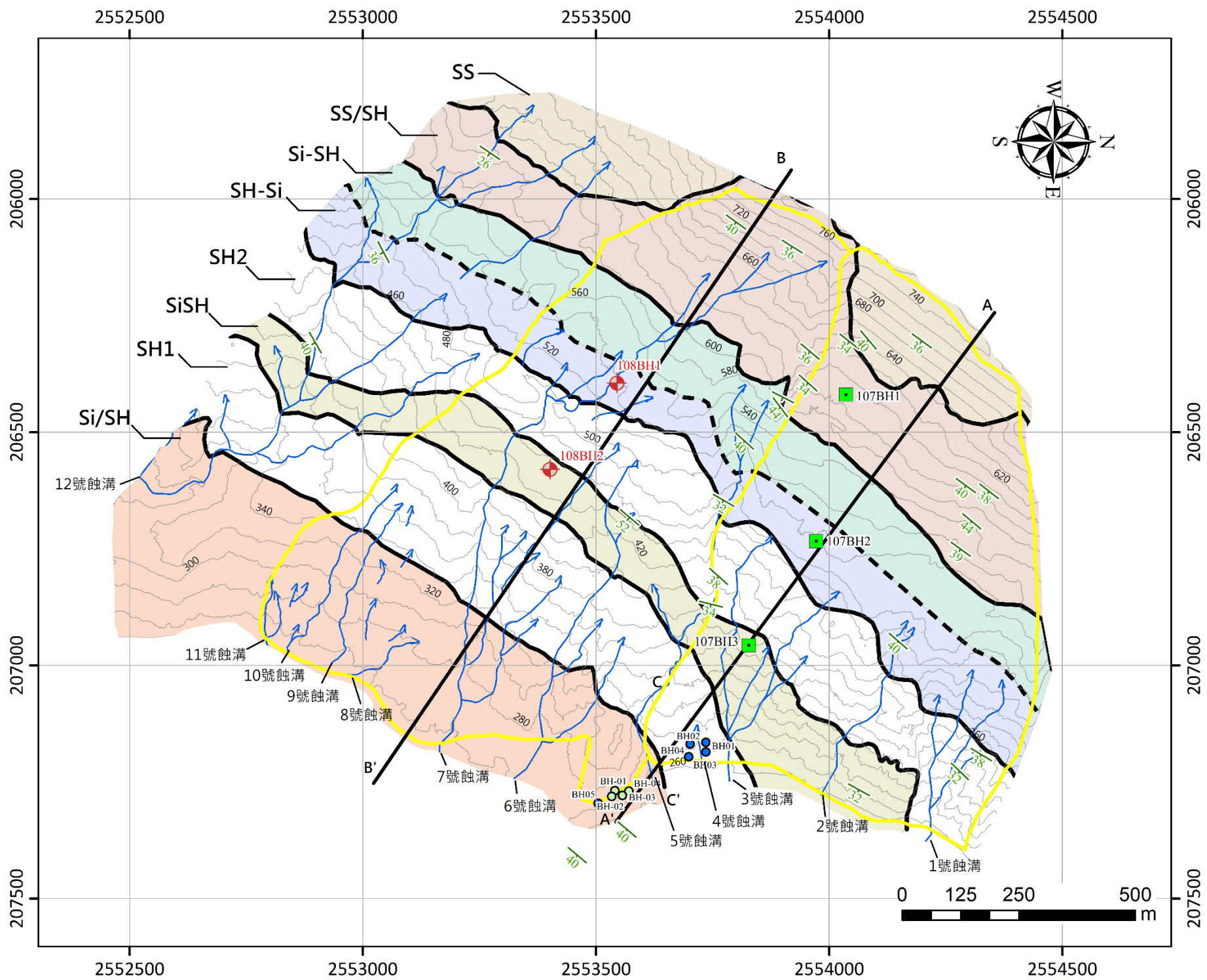


圖 5-36 甲仙區-D047 108BH1 崩積併構土破壞包絡線

## 5-6 地質圖與地質剖面圖

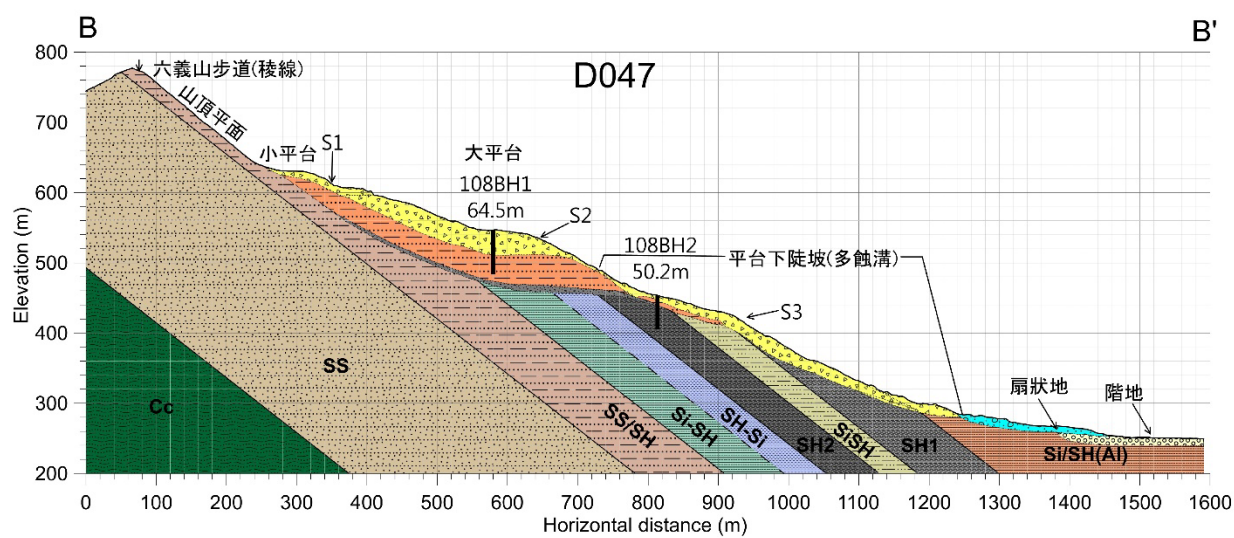
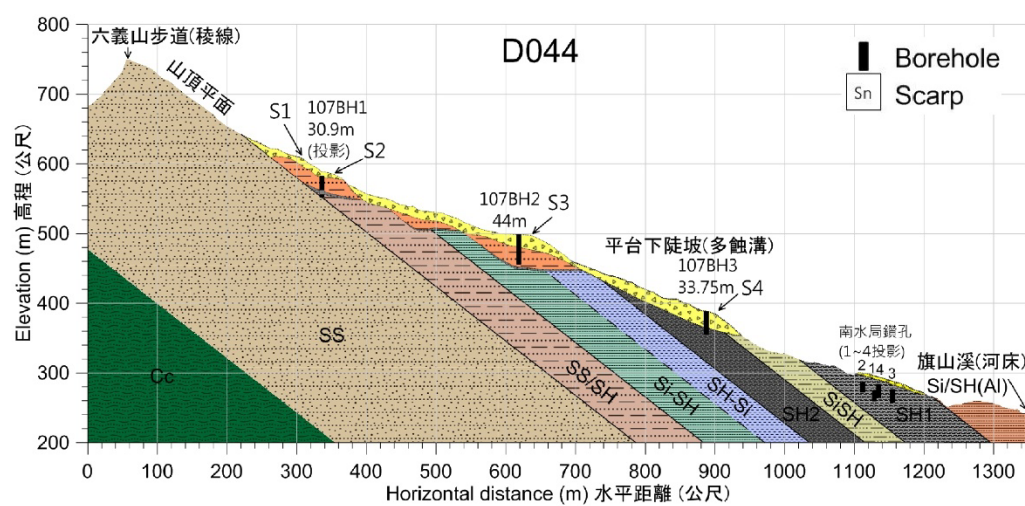
本計畫整合區域地質資料、微地形判釋結果、地表地質調查結果、地球物理探測結果、地質鑽探結果，以 99 年 LiDAR DEM 為底圖製作 1/10,000 地表地質圖及分析需要的較大比例尺地質剖面圖，如圖 5-37。高雄市-甲仙區-D044 地質剖面圖如圖 5-37 AA'剖面，高雄市-甲仙區-D047 地質剖面圖如圖 5-37 BB'剖面。





## 圖例

- 南水局97年鑽孔
- 南水局106年鑽孔
- ⊕ 108年鑽孔
- 107年鑽孔
- 層面走向與傾角
- ← 蝕溝
- 剖面線
- D044、D047範圍



## 岩段分類

- |        |  |                      |
|--------|--|----------------------|
| 全      |  | Fan                  |
| 新      |  | Terrace              |
| 世      |  | Col1                 |
|        |  | Col2                 |
|        |  | Clay-rich shear zone |
| 上新世(早) |  | Si/SH (Al)           |
|        |  | SH1                  |
|        |  | SiSH                 |
|        |  | SH2                  |
|        |  | SH-Si                |
|        |  | Si-SH                |
|        |  | SS/SH                |
|        |  | SS (Tn)              |
| 中新世    |  | Cc                   |

圖 5-37 甲仙區-D044 與 D047 地表地質圖與地質剖面圖

## 5-7 邊坡特性與可能破壞機制

綜合本計畫調查結果及地質圖及剖面圖，高雄市-甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區邊坡特性如下：

1. 坡頂為順向滑動殘坡，岩層層面傾角約 38 度。表面淺層風化，現地調查上邊坡堆積許多大岩塊(糖恩山砂岩)。本計畫共調查 24 處岩塊尺寸，平均長寬 3.3 m，厚度 1.1 m，岩塊厚度相對小(薄)，大多尚屬穩定。調查位置與現場岩塊尺寸如圖 5-38。
2. 坡腹為過去岩體滑動後形成的平台與崩積層。滑動岩體底部有泥層剪切帶，可能持續潛移。由 107~108 年測傾管監測結果顯示 107BH1 深度 21 m 處疑似滑動面。D044 坡腹受到旗山溪河道側刷及蝕溝上溯影響，坡腹平台邊緣局部岩塊崩落、崩崖後退。圖 5-16 航照顯示 D044 北邊上坡側有一長條形崩塌地(圖 5-39)，透過航照與地形比對以及現地調查結果，此處為 97 年卡玫基颱風降雨所誘發之淺層岩塊滑動破壞，來源區北側露頭為厚度 5 m 和長度約 100 m 之 SS/SH 岩段之砂頁岩互層出露，且來源區趾部與北側坡面上可見岩層挫曲現象，由於此段砂頁岩互層之各單層厚度較薄，因此堆積區多為砂岩岩塊(<1 m)與頁岩碎屑為主，少見巨礫尺寸之岩塊。

3. 坡趾為岩塊崩落堆積形成的崩積層、風化岩層。D044 坡趾崩積層與風化岩層，受蝕溝下切與河道侵蝕，部分區域層面見光(daylight)，攔河堰右側邊坡崩積層厚度 5~10m，易發生淺層破壞或沿岩土界面滑動。D047 坡趾崩積層未受旗山溪側刷侵蝕、坡度較緩，但蝕溝發達，易局部崩滑。

本區可能的邊坡破壞機制包含(圖 5-40)：

1. 坡頂順向滑動殘坡：(1)以表層風化、岩塊崩滑為主。(2)SS/SH 挫曲可能造成 Daylight，讓順向滑動有運動條件。(3)上邊坡堆積許多大岩塊，可能引致落石。
2. 坡腹厚崩積層：(1)崩積層內弧形滑動，或沿不整合面滑動。監測結果顯示滑動面深度 21~22 m。(2)蝕溝下切、上溯引致局部崩滑。



3. 坡趾薄崩積層、風化岩層：D044 河道凹岸攻擊處可能順向滑動，D047 坡趾崩積層因蝕溝下切、上溯引致局部崩滑。
4. 甲仙攔河堰聯外道路邊坡：由甲仙攔河堰管理中心提供之連外道路監測資料顯示，潛在滑動面可能通過風化岩體。

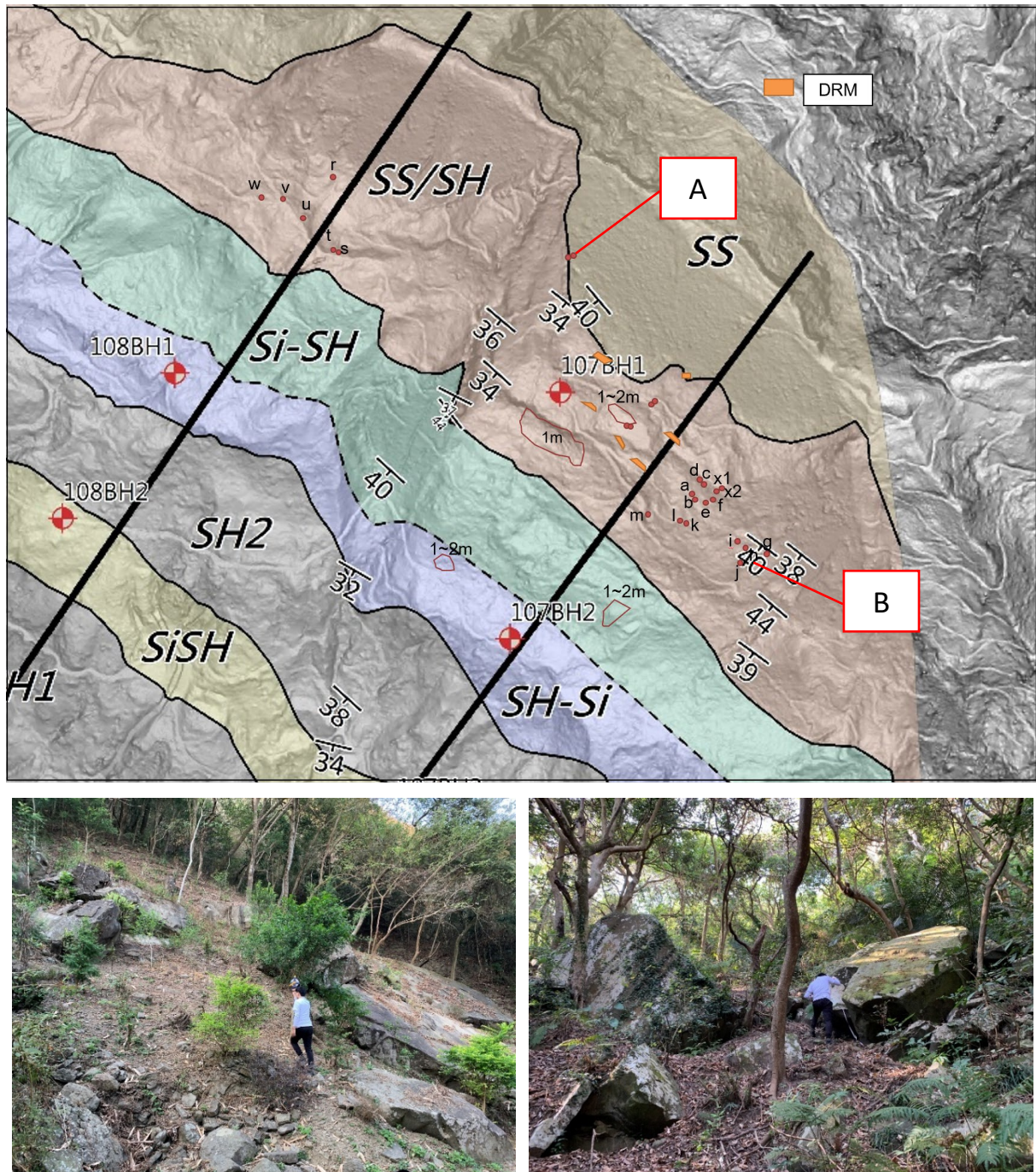


圖 5-38 現地調查上邊坡大岩塊位置圖





圖 5-39 高雄市-甲仙區-D044、D047 邊坡特性說明



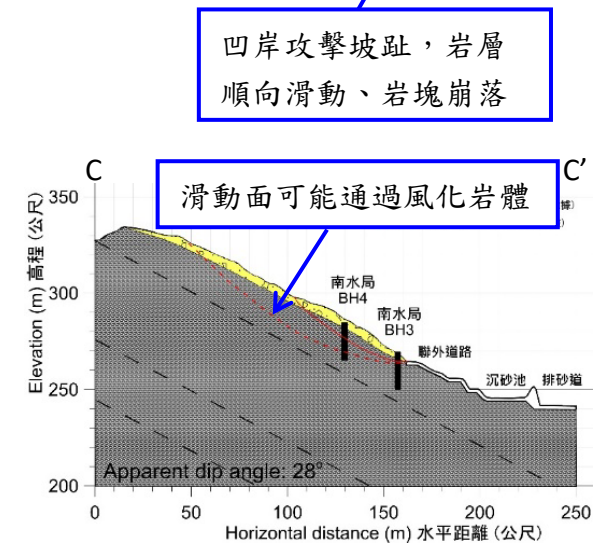
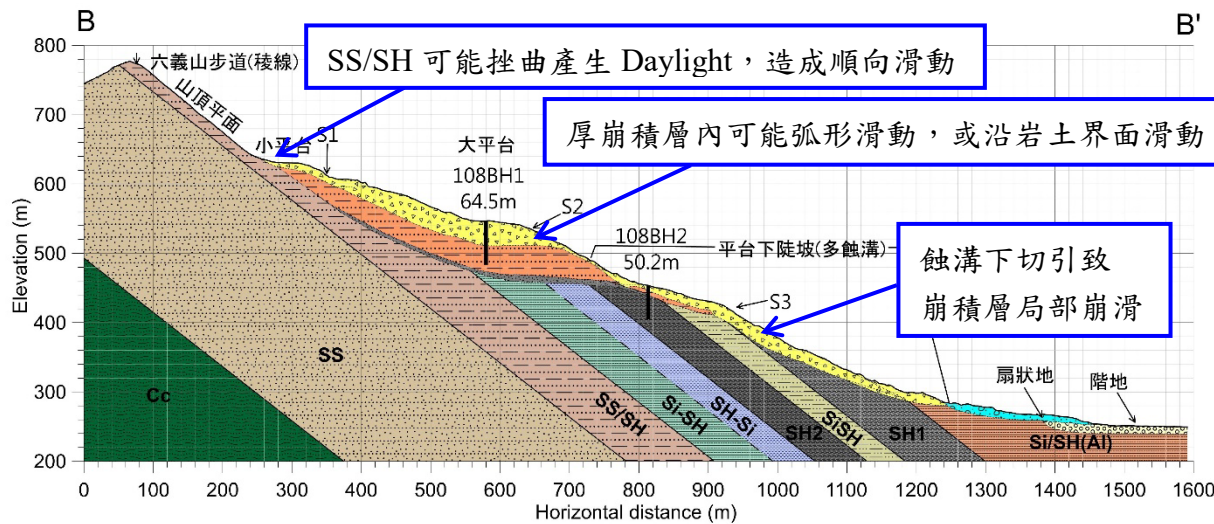
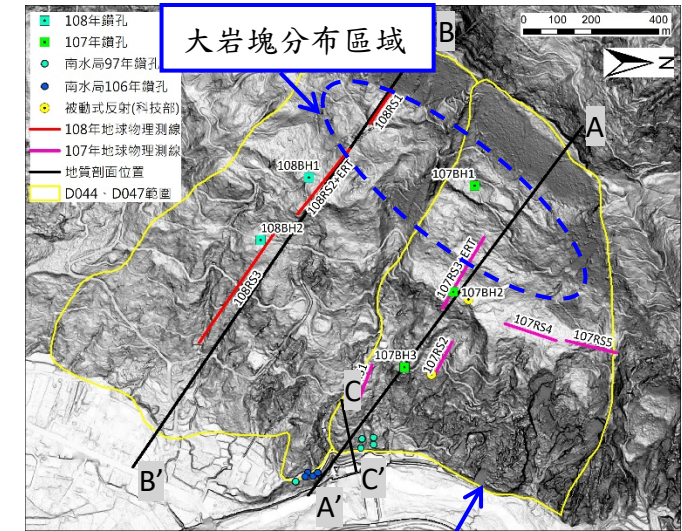
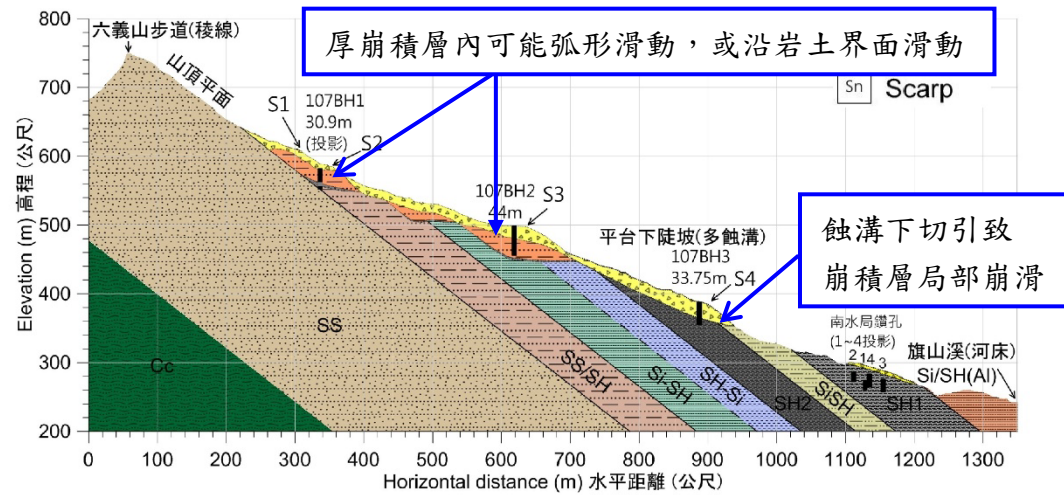


圖 5-40 高雄市-甲仙區-D044、D047 可能破壞機制說明

## 陸、高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區監測及分析

本工作搭配 D044、D047 地質鑽探共計埋設 5 處傾斜觀測管(107BH1、107BH2、107BH3、108BH1、108BH2)，目的為調查滑動面位置及活動性。本計畫彙整監測資料，考量各崩塌潛勢區之地形地質條件、現地崩滑跡象、可能崩塌機制等因素，考慮可能的潛在破壞情境進行邊坡穩定分析。由邊坡破壞後滑動體的影響範圍，分析保全對象之可能受災性，評估 D044、D047 大規模崩塌潛勢區的可能致災風險，並提出管理基準值建議，做為後續研擬減災策略之依據。

### 6-1 潛勢區監測

甲仙區-D044 地質鑽探及監測儀器於 107 年 6 月裝設完成，107 年 6 月至 108 年 10 月傾斜觀測管監測結果如圖 6-3~圖 6-5 所示，本計畫使用 Geokon GK604D 數位傾斜儀，系統精度(System accuracy)為 $\pm 3 \text{ mm} / 30 \text{ m}$ 。

107BH1 裝設深度 30 m，A 方向(下邊坡方向)深度 21 m 疑似出現滑動面，107 年 7 月~108 年 10 月累積剪動量 4 mm，剪動面位移量歷時曲線如圖 6-8 所示，B 方向曲線呈左、右擺動也都尚在誤差範圍，視為無錯動。由岩心顯示此滑動面位於滑動塊體及岩盤面，交界如圖 6-1 所示。

107BH2 裝設深度 44.5 m，A、B 方向變位量在 0~-10 mm 之間擺盪，因本孔未達新鮮岩盤，可能僅反應崩積層內的局部變形行為。107BH2 於深度 14 m、25 m 各有一處不合理的凸出變形，檢視鑽探地質記錄及傾斜觀測管施工記錄後發現，該深度岩層較為破碎，24~25 m 無法取樣，且傾斜觀測管施工完成後回填灌漿時大量漏漿，研判傾斜觀測管於該深度可能沒有與岩盤完全固結、形成空洞，造成該深度局部凸出變形。

107BH3 裝設深度 33.5 m，尚無明顯滑動面，且變位左右擺動，雖然自深度 26 m 處向上有逐漸變形之趨勢，可能反應下邊坡局部不穩定，引致的疏鬆崩積層內變形行為。

甲仙區-D047 測傾管於 108 年 3 月 4 日裝設灌漿回填完成、3 月 11 日量測初始值，108 年 4 月至 108 年 10 月傾斜觀測管監測結果如圖 6-6~圖



6-7 所示。108BH1 深度 64.5 m，A、B 方向變位量在 $\pm 3$  mm 之間擺盪，於誤差範圍內。108BH2 深度 50 m，A 方向深度 22 m 疑似出現滑動面，108 年 4 月~108 年 10 月累積剪動量 7 mm，剪動面位移量歷時曲線如圖 6-9 所示。岩心判釋結果為崩積層與岩盤界面，可能滑動面位置如圖 6-2 所示。B 方向變位量於誤差範圍內。

### 小結

綜合以上監測結果，高雄市-甲仙區-D044 107BH1 深度 21 m 可能存在滑動面，且隨著降雨事件持續位移，未來大豪雨或地震後必須持續監測變形量以了解活動性。107BH2 尚未進入新鮮岩盤需補充調查、增加監測儀器設置。107BH3 變形行為可能反映下邊坡崩崖的局部效應。

高雄市-甲仙區-D047 108BH1 尚未進入新鮮岩盤需補充調查、增加監測儀器設置。108BH2 深度 22 m 可能存在滑動面，且隨著降雨事件持續位移，未來大豪雨或地震後必須持續監測變形量以了解活動性。D044、D047 整體應增加監測儀器設置。

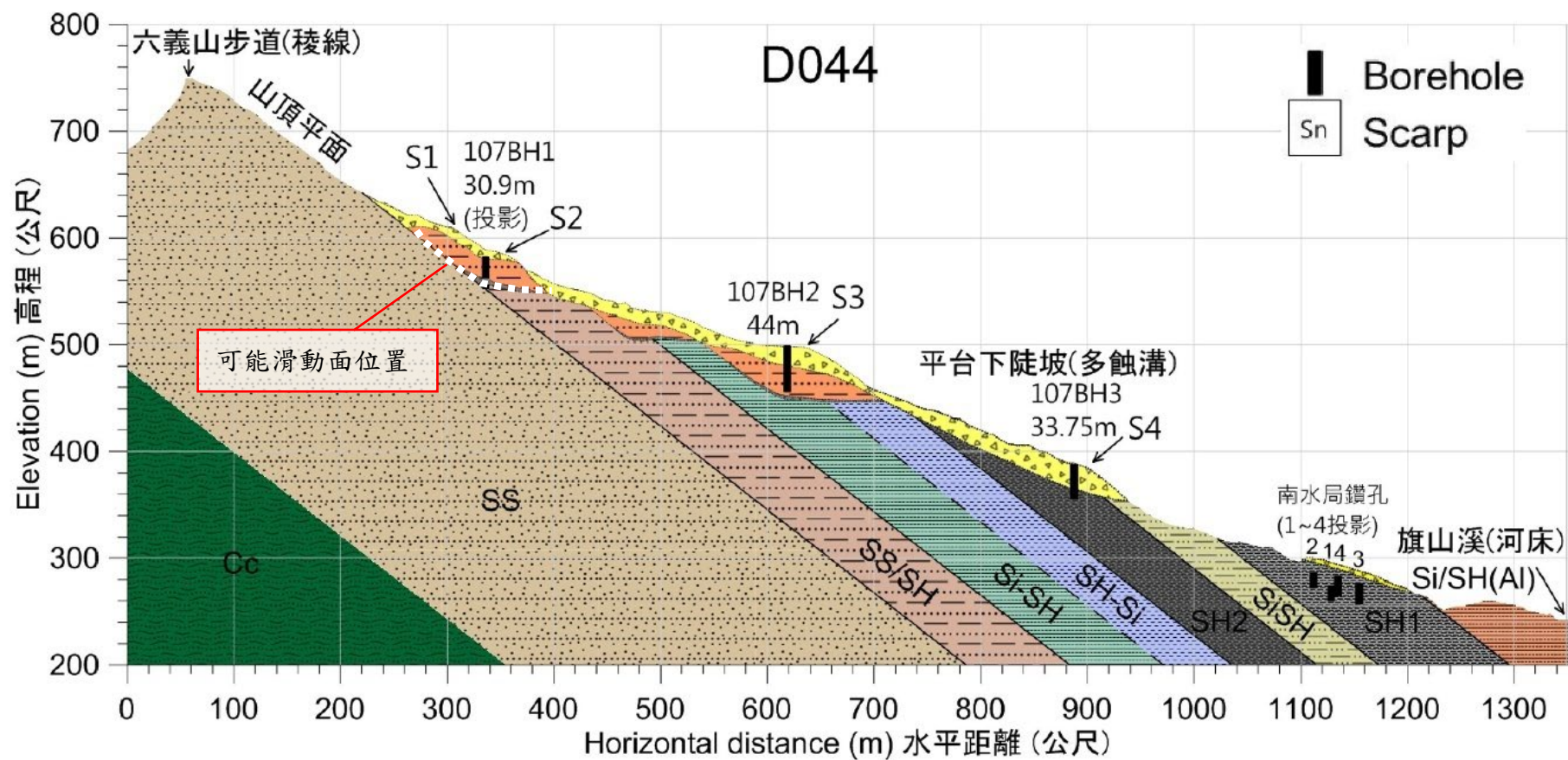


圖 6-1 甲仙區-D044 地質剖面與通過 BH1 可能滑動面位置

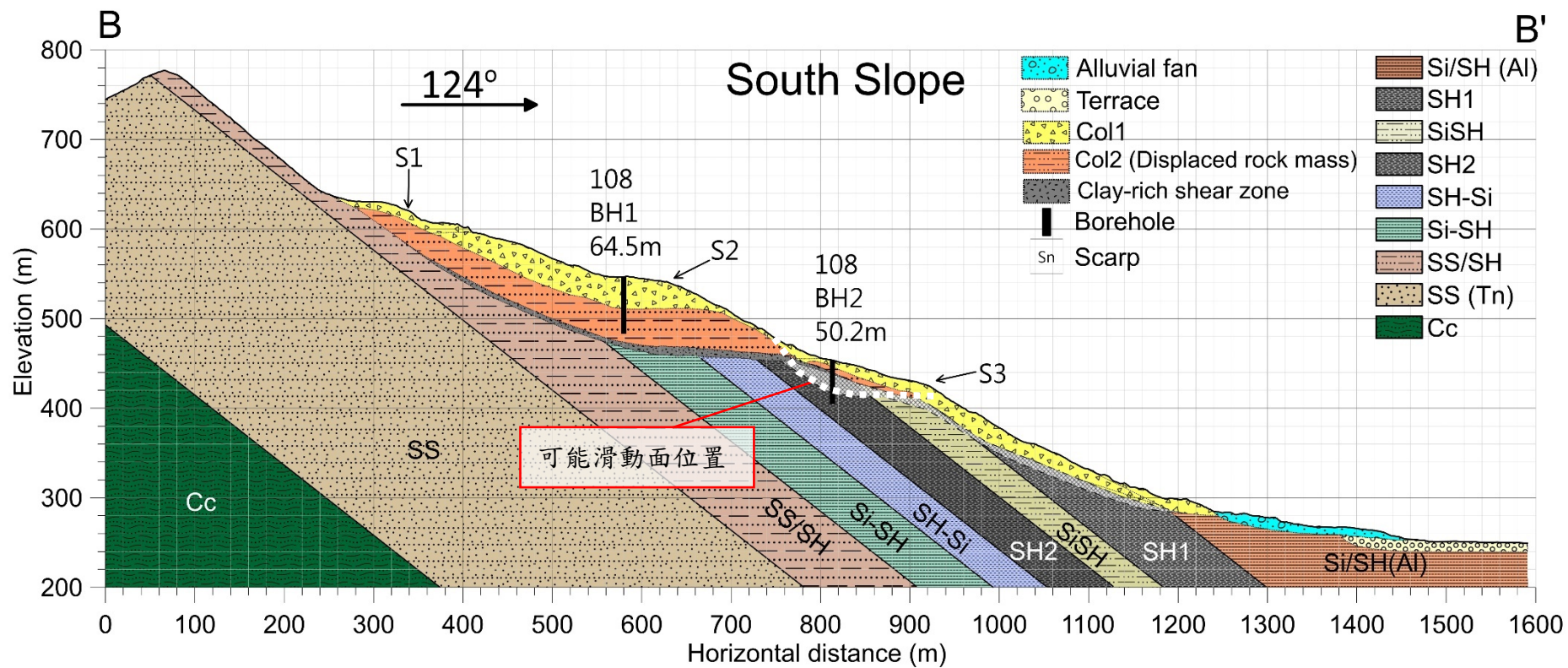


圖 6-2 甲仙區-D047 地質剖面與通過 BH2 可能滑動面位置



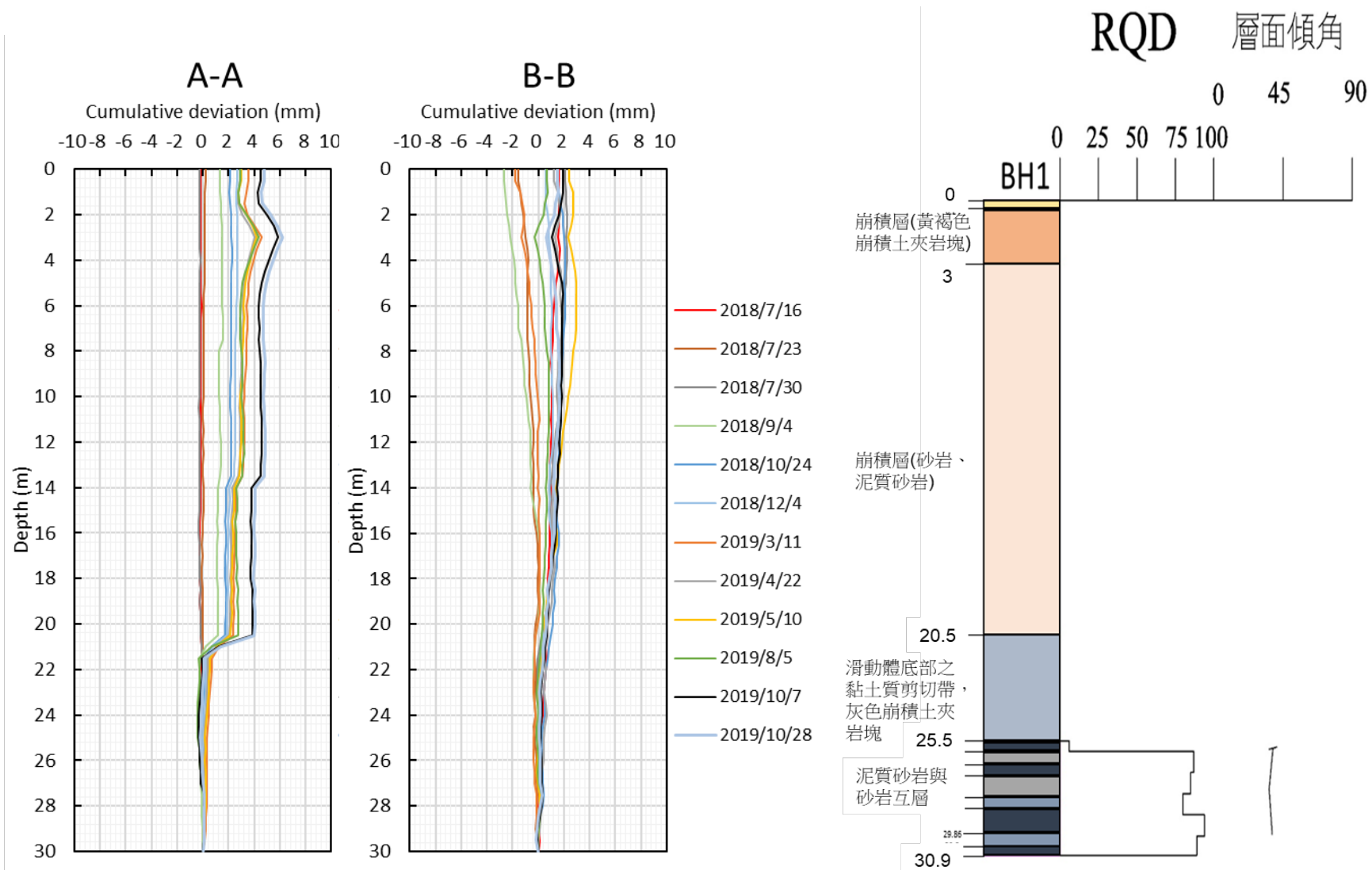


圖 6-3 甲仙區-D044 107BH1 傾斜觀測管量測結果圖

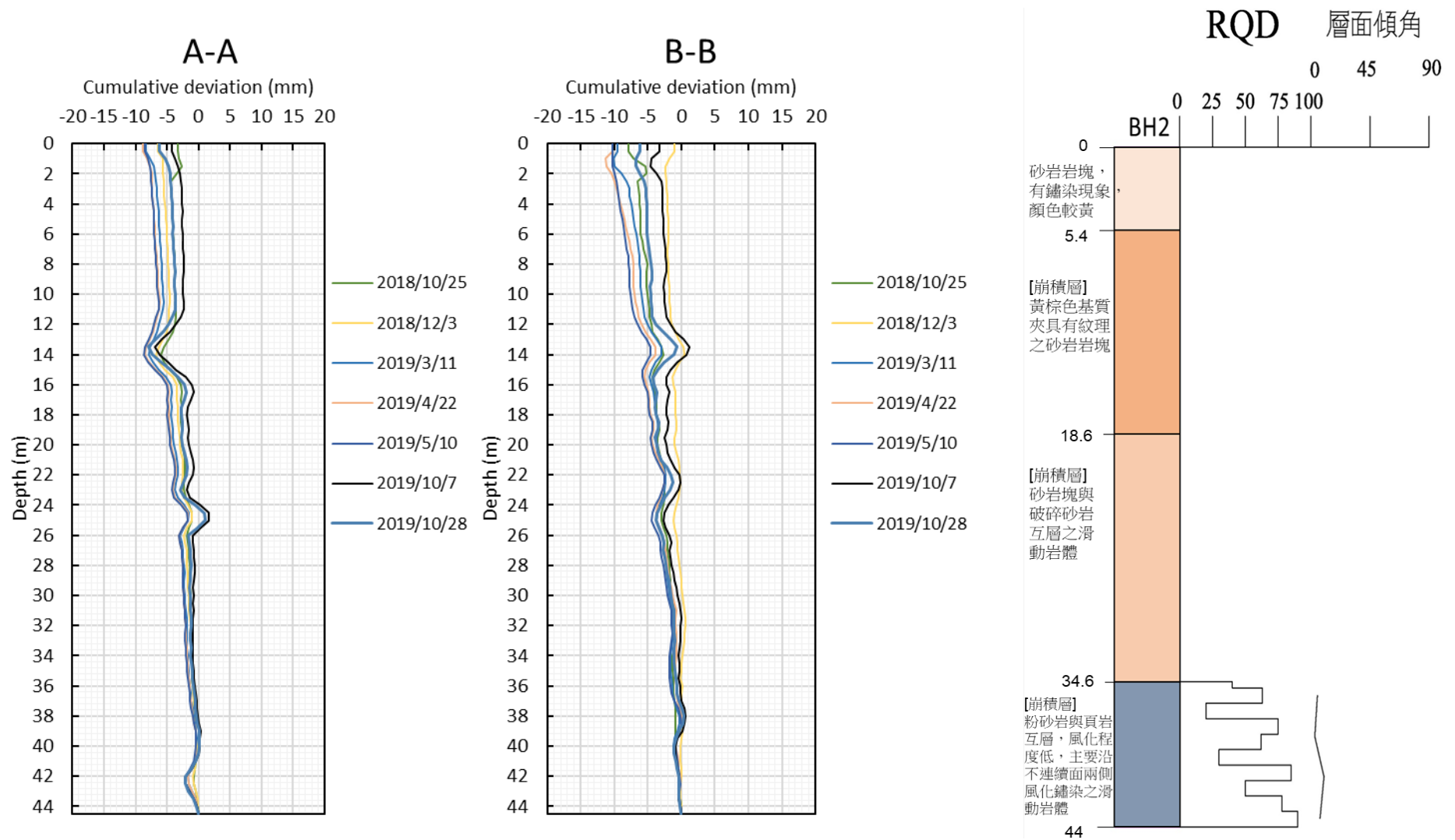


圖 6-4 甲仙區-D044 107BH2 傾斜觀測管量測結果圖

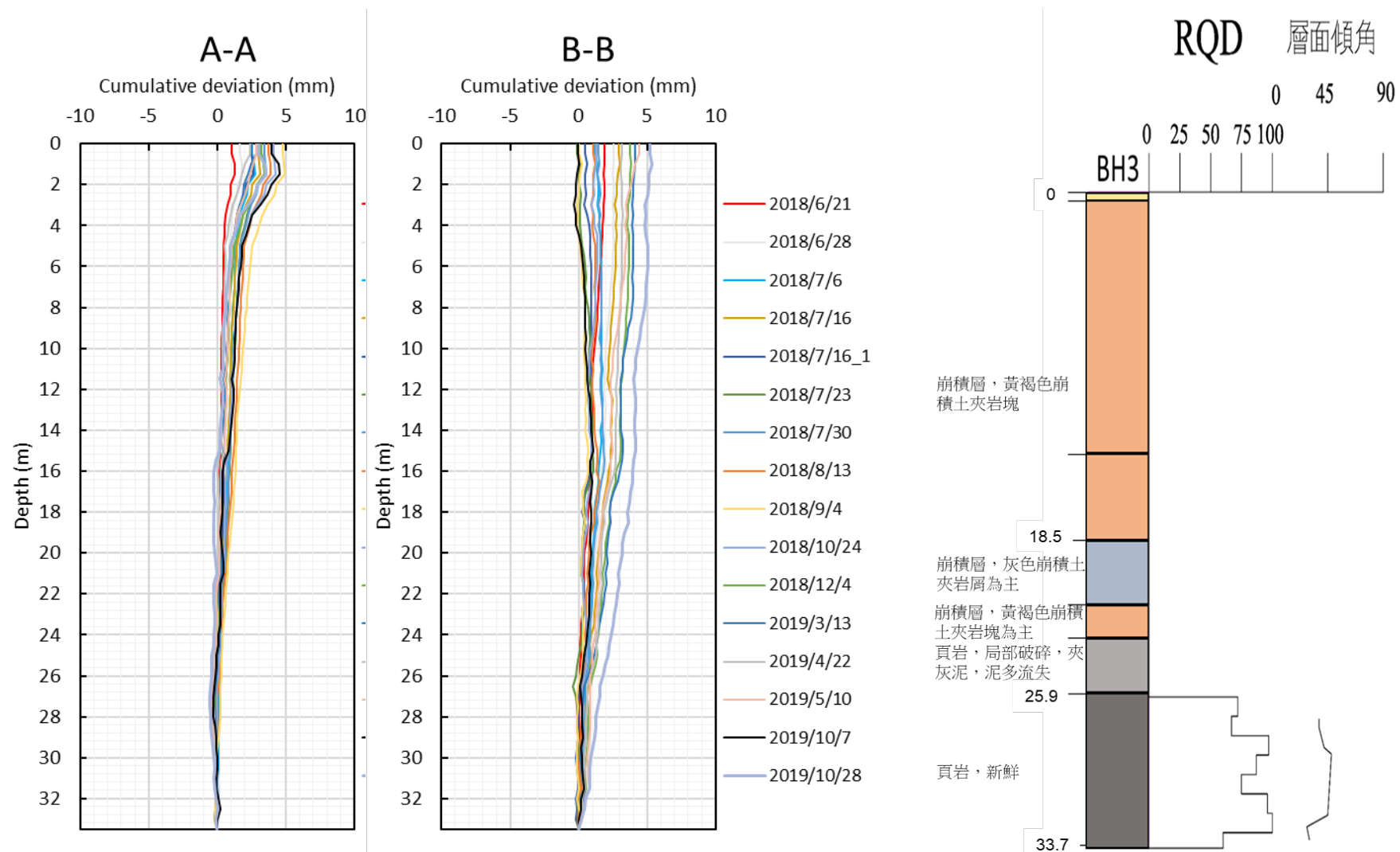


圖 6-5 甲仙區-D044 107BH3 傾斜觀測管量測結果圖



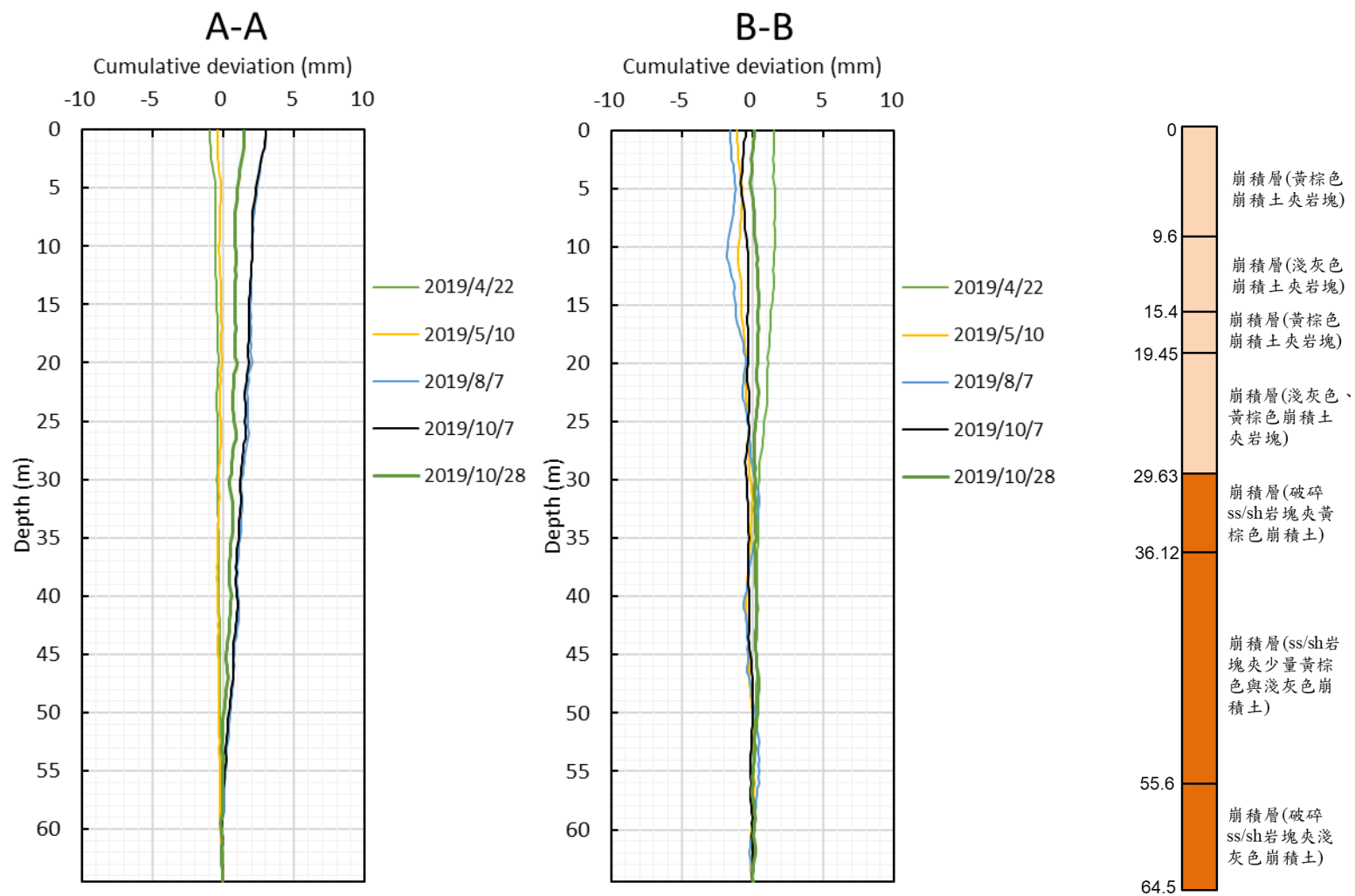


圖 6-6 甲仙區-D047 108BH1 傾斜觀測管量測結果圖

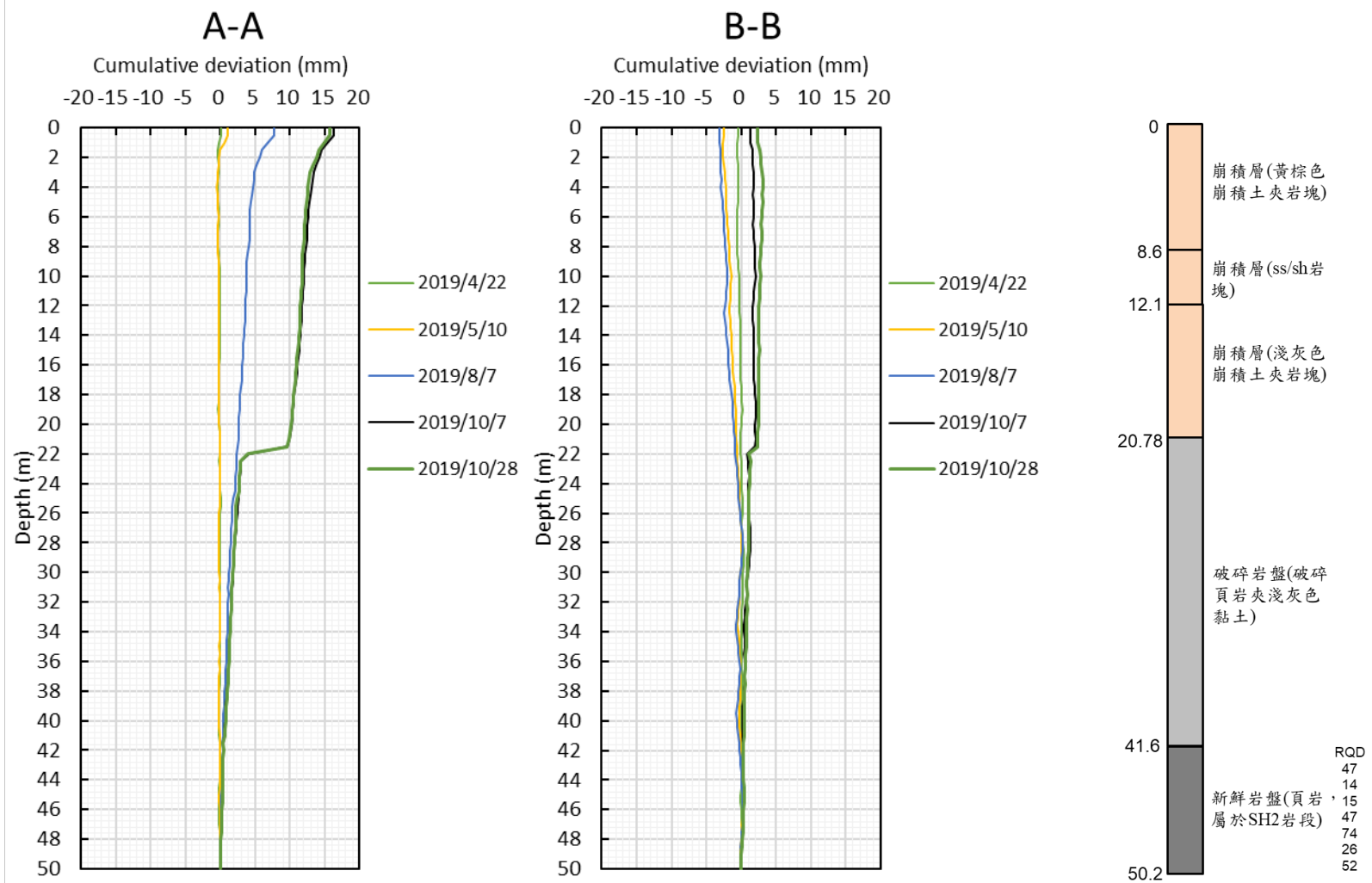


圖 6-7 甲仙區-D047 108BH2 傾斜觀測管量測結果圖

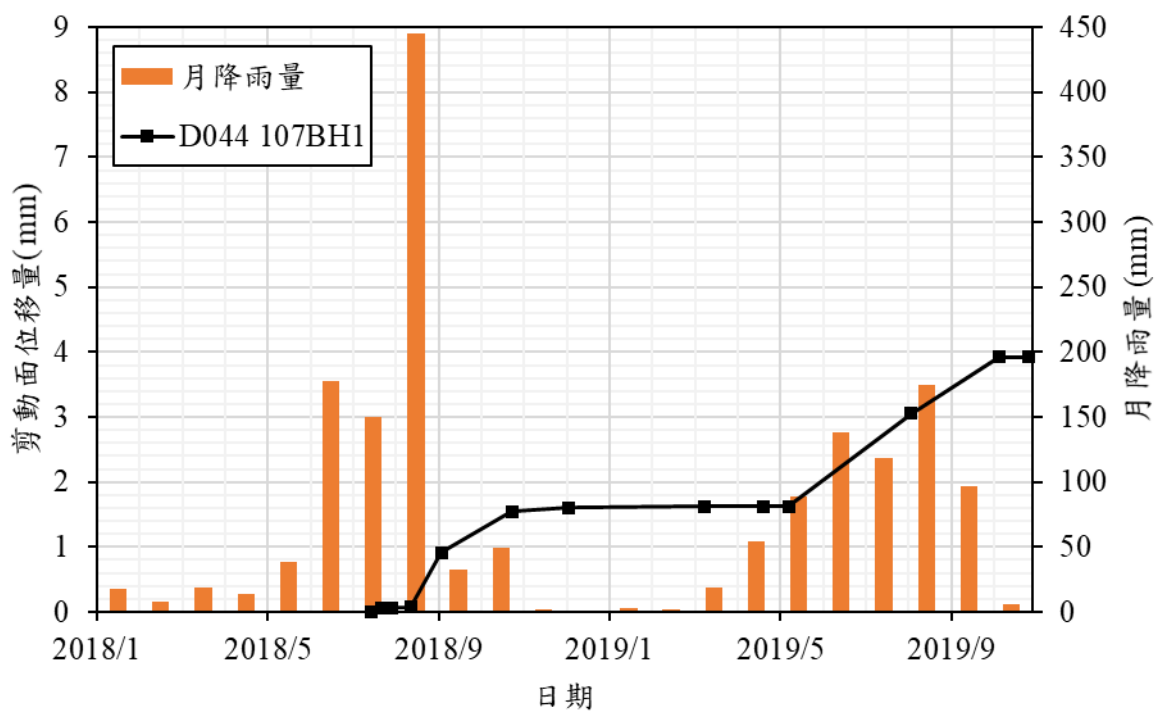


圖 6-8 甲仙區-D044 107BH1 深度 21 m 剪動面位移歷時曲線

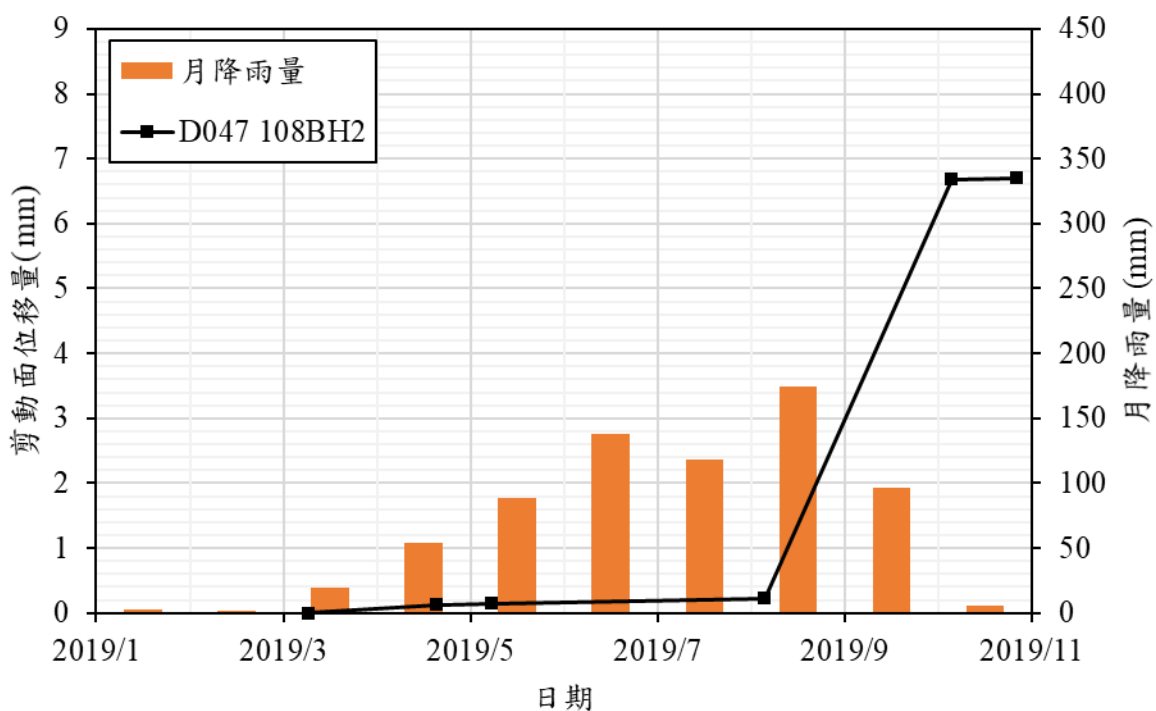


圖 6-9 甲仙區-D047 108BH2 深度 22 m 剪動面位移歷時曲線



## 6-2 邊坡穩定分析

欲嚴謹了解大規模滑動邊坡的形成原因，及評估大規模滑動邊坡的活動性、可能致災性、及工程構造物的安全，首需掌握邊坡材料特性(材料模式)及邊坡的破壞機制，以進行傳統的邊坡穩定分析(極限平衡)及以數值方法進行力學分析、情境模擬等。國內外的研究顯示，大規模崩滑邊坡的成因複雜，滑動機制也因地質條件、組成材料、啟動外力種類而異，因此需確實掌握地質模式、地質材料特性等等，並透過數值模擬及監測結果加以驗證，方能建立合理的邊坡破壞機制。惟此方式須進行細部調查、試驗方能建立。

本節邊坡穩定分析工作依據地質模式、破壞機制、監測結果顯示的錯動面位置，挑選具有代表性的剖面以進行分析，本計畫選用極限平衡力學分析軟體 Slide 6.0，模擬本區邊坡整體穩定性。Rocscience 所開發的 Slide 6.0 是一款以極限平衡法為理論基礎的穩定性分析軟體，其特色包含了多重切片法分析、仿靜態分析、圓弧形與非圓弧形滑動分析、張力裂縫施加、支撐與載重分析等，此外該軟體內建有限元素法地下水滲流分析，能在特定邊界條件下計算流場方向與地水面位置，並能將滲流分析結果耦合穩定性分析，相當適用於暴雨情境之模擬。Slide 6.0 內建有限元素法滲流分析，只要給定對應的邊界條件，便能自動平衡流場方向與地水位面位置。Slide 6.0 也提供了仿靜態分析，其方式是透過設定水平或垂直地震係數後，施加切片重量乘以對應的地震係數的力予各切片，藉此靜態地力模仿地震時地震力之作用，同時考慮水平向的地震作用力。Slide 6.0 可模擬的滑動面破壞模式包含弧形滑動、平面滑動、不整合面滑動等破壞模式。

邊坡穩定分析之地質分層依據地質剖面圖，材料參數參考室內試驗結果、工程判斷進行合理假設，材料參數如表 6-1。本工作使用兩種滑動面搜尋方法，(1)Auto refine search：搜尋全區安全係數小於 1 的可能滑動面；(2)Block search：設定滑動面必須測傾管監測結果顯示可能滑動的位置。並依照地形分區設定滑動面搜尋範圍。本計畫共模擬三種情境(1)常時地下水位：依照鑽探時的水位記錄及坡面滲水位置合理假設地下水位分佈；(2)暴雨情境：假設地下水位在地表，最極端的條件；(3)地震情境：假設 7 級地

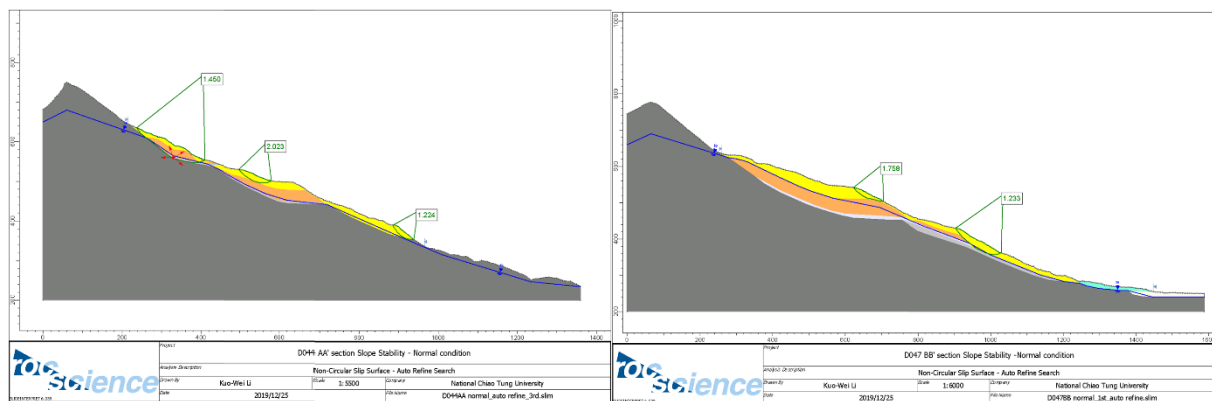
震，依照水利建造物檢查及安全評估技術規範對地震係數之採用建議，水平向地震係數 0.15，垂直向地震係數±0.075 進行分析。分析結果如表 6-2、圖 6-10、圖 6-11、圖 6-12。邊坡穩定分析結果顯示，D044 上邊坡、下邊坡在暴雨或地震時有可能發生深層滑動，滑動面可能於崩積層內或沿著岩土界面滑動。D047 上邊坡較穩定，下邊坡於暴雨或地震時崩積層可能發生滑動。

表 6-1 邊坡穩定分析材料參數表

| 地質分層  | 凝聚力 c (kPa) | 摩擦角 $\varphi(^{\circ})$ | 單位重 ( $\text{kN/m}^3$ ) | 飽和單位重( $\text{kN/m}^3$ ) |
|-------|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 崩積層   | 50          | 25                      | 21                      | 22                       |
| 滑動岩體  | 1,000       | 28                      | 22.5                    | 23                       |
| 含泥剪動帶 | 50          | 25                      | 21                      | 22                       |
| 風化岩體  | 600         | 24                      | 22.5                    | 23                       |
| 新鮮岩體  | 5,000       | 40                      | 25.3                    | 25.5                     |

表 6-2 邊坡穩定分析結果

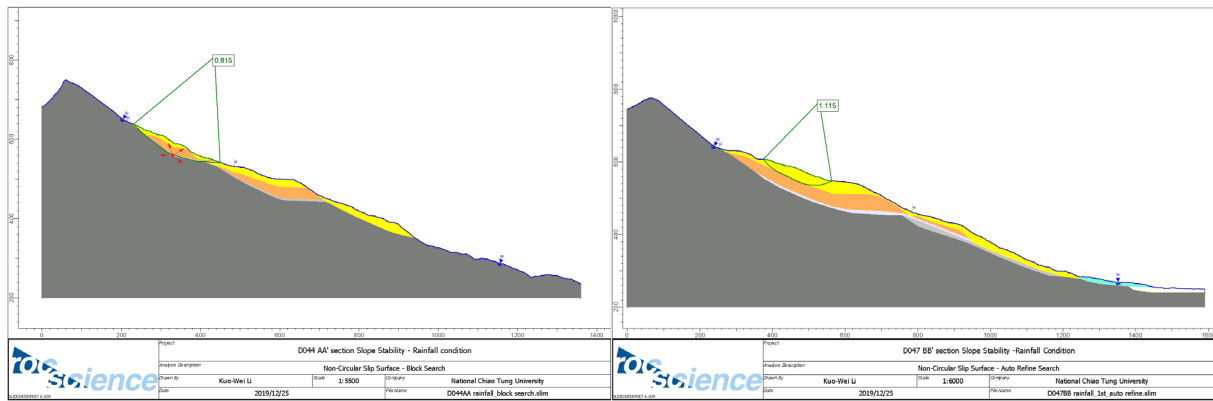
| 模擬情境   | 甲仙區-D044                                     | 甲仙區-D047                     |
|--------|----------------------------------------------|------------------------------|
| 常時地下水位 | 上邊坡 FS: 1.45<br>大平台 FS: 2.02<br>下邊坡 FS: 1.22 | 上邊坡 FS: 1.76<br>下邊坡 FS: 1.23 |
| 暴雨情境   | 上邊坡 FS: 0.82<br>大平台 FS: 1.32<br>下邊坡 FS: 0.72 | 上邊坡 FS: 1.12<br>下邊坡 FS: 0.87 |
| 地震情境   | 上邊坡 FS: 1.08<br>大平台 FS: 1.41<br>下邊坡 FS: 0.96 | 上邊坡 FS: 1.23<br>下邊坡 FS: 0.96 |



(a) D044 AA'剖面 auto refine search

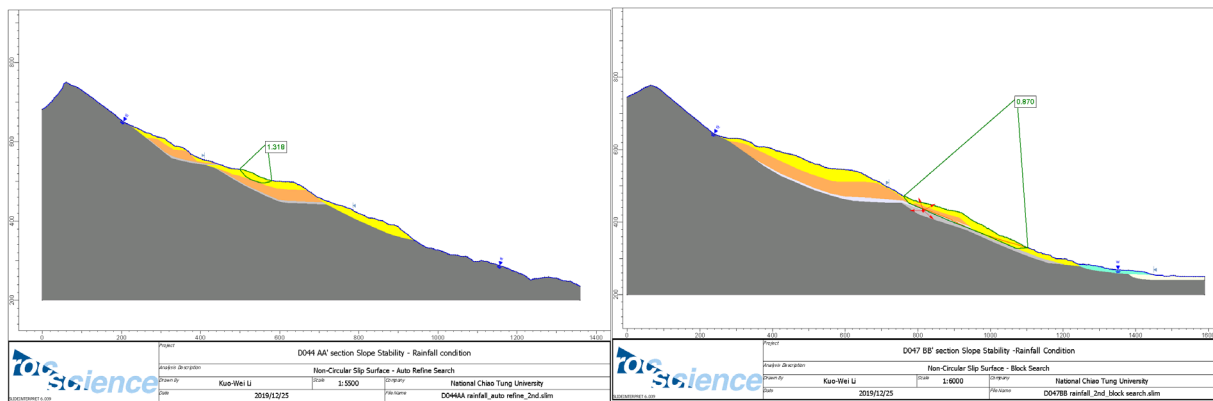
(b) D047 BB'剖面 auto refine search

圖 6-10 常時地下水位邊坡穩定分析結果



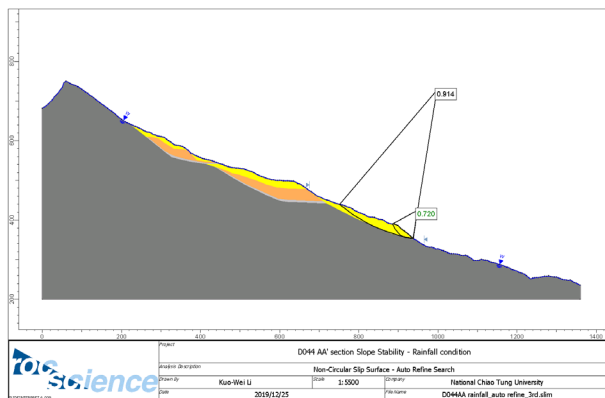
(a) D044 AA'剖面上邊坡 block search

(d) D047 BB'剖面上邊坡 auto refine search



(b) D044 AA'剖面大平台 auto refine search

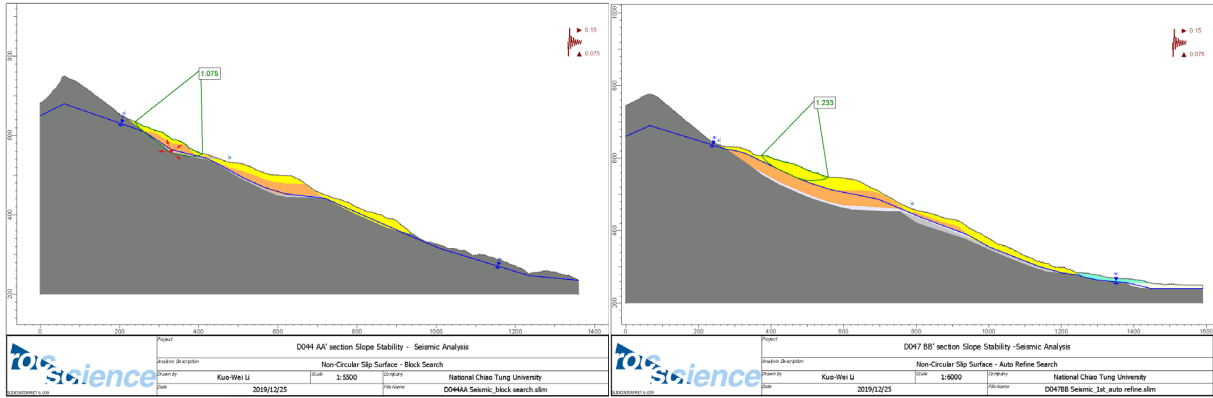
(e) D047 BB'剖面下邊坡 block search



(c) D044 AA'剖面下邊坡 auto refine search

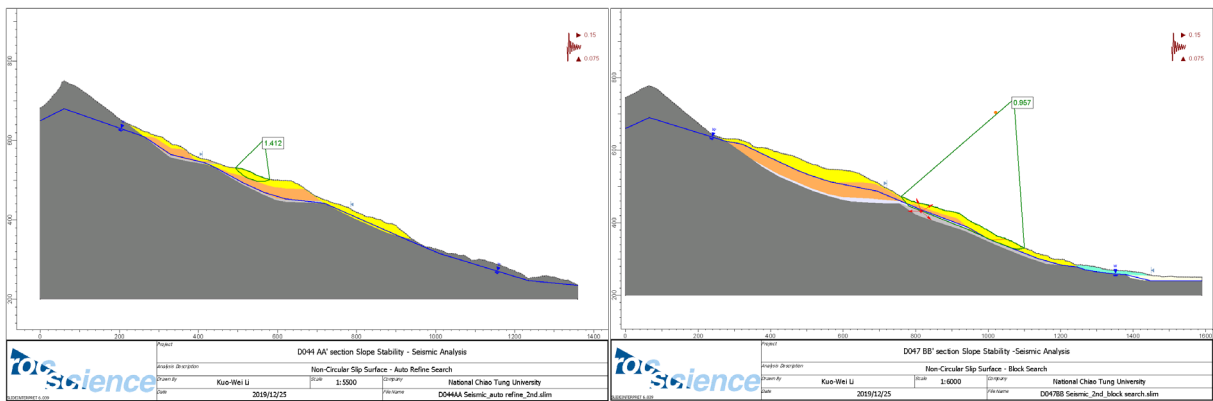
圖 6-11 暴雨情境邊坡穩定分析結果





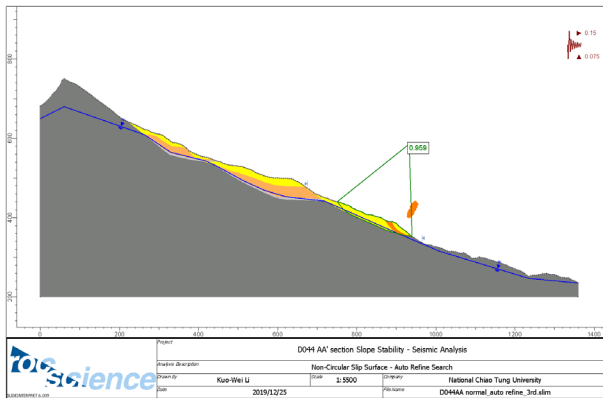
(a) D044 AA'剖面上邊坡 block search

(d) D047 BB'剖面上邊坡 auto refine search



(b) D044 AA'剖面大平台 auto refine search

(e) D047 BB'剖面下邊坡 auto refine search



(c) D044 AA'剖面下邊坡 auto refine search

圖 6-12 地震情境邊坡穩定分析結果

### 6-3 致災風險評估

本工作採用邊坡穩定分析結果，採用離散元素法軟體 PFC<sup>2D</sup> 5.0 模擬邊坡破壞後的運移距離。模擬合理的破壞情境下，邊坡破壞後滑動體的影響範圍，分析保全對象之可能受災性，評估高雄市-甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區的可能致災風險。

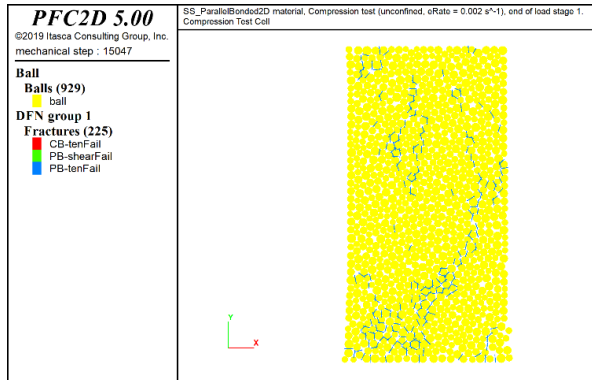
離散元素法軟體 PFC<sup>2D</sup> 5.0 可模擬邊坡破壞後的運移距離，PFC<sup>2D</sup> 是以離散元素法為基礎所開發的三維顆粒流模擬軟體，模型的建立以牆和球作為單元，並將單元進行組合堆疊而形成，顆粒間可設定鍵結模擬元素間彼此的接觸行為，並透過虛擬單軸壓縮試驗來標定材料的微觀參數與室內力學試驗獲得之力學參數之關係，透過設定阻尼係數模擬崩塌量體滑動或滾動時的彈跳行為。本工作適度簡化地質模型，將材料分為新鮮岩體與崩積層，PFC<sup>2D</sup> 顆粒集合體材料對應之巨觀參數及標定微觀參數過程，如表 6-3、圖 6-13 所示。運移模擬考慮兩種情境，一是邊坡穩定分析結果安全係數小於 1 的滑動體同時滑動(最保守)，另一是只有通過目前監測到潛在滑動面的塊體發生滑動的情況(較合理)，模擬結果如表 6-4、表 6-5、圖 6-15、圖 6-16 所示。

#### 小結

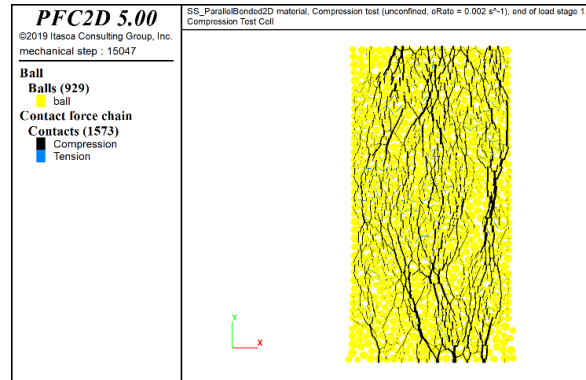
若考慮最保守的情境，D044 坡面上崩積層同時往下崩滑，則甲仙攔河堰被掩埋達 30 m 厚，且旗山溪河道被阻塞一半的寬度。若依目前監測結果，合理假設潛勢區內活動性高的滑動體發生滑動，則 D044 上邊坡的崩塌量體會運移、堆積在半山腰，4 戶民宅損毀。目前上邊坡殘留的大岩塊若往下滑動亦會造成災害，未來需要更進一步詳細調查、定位、評估。初步調查坡面上 24 處大岩塊堆積位置，岩塊多呈扁平狀(圖 6-14)，多堆積停留在地形相對平緩、或凹陷處(如蝕溝)。D044 下邊坡崩塌情境，岩塊將崩落、堆積在地形凹陷處，坡面道路中斷，但不至影響到甲仙攔河堰，也不會阻塞旗山溪河道。D047 坡腹崩滑情境，部分量體往下運移堆積，造成坡面道路中斷，但不至影響甲仙攔河堰管理中心與坡趾處民宅。

表 6-3 PFC<sup>2D</sup> 運移模擬對應巨觀材料參數表

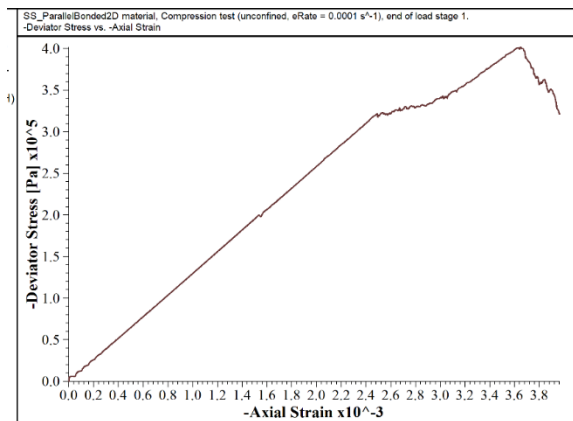
| 地質分層 | 凝聚力 c<br>(kPa) | 摩擦角<br>$\varphi(^{\circ})$ | 單位重<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 單壓強度<br>(kPa) | 楊氏模數<br>(MPa) |
|------|----------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| 崩積層  | 50             | 25                         | 25                          | 350           | 90            |
| 新鮮岩體 | 5,000          | 40                         | 25                          | 17,000        | 2,500         |



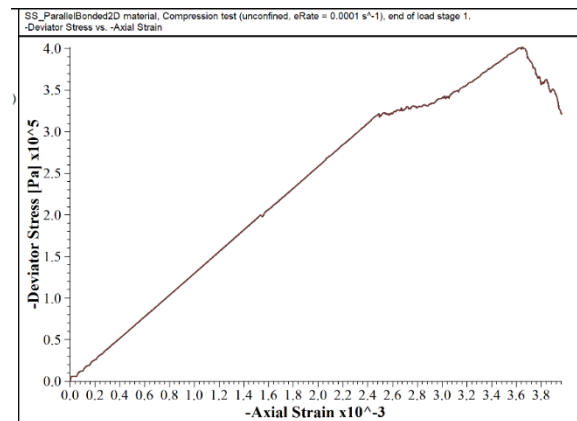
(a) 裂縫分佈



(b) 試體內部應力分佈



(c) 崩積層虛擬單壓試驗應力應變曲線



(d) 新鮮岩體虛擬單壓試驗應力應變曲線

圖 6-13 PFC<sup>2D</sup> 虛擬單壓試驗標定微觀參數圖



**表 6-4 高雄市-甲仙區-D044 崩塌運移模擬結果**

| 模擬情境                          | 影響範圍與致災風險                                                                 |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 情境 1：所有安全係數<1 的量體發生一次式滑動      | 影響範圍：運移距離約 1,200 m。<br>致災風險：<br>1. 甲仙攔河堰被掩埋，厚度 30 m。<br>2. 旗山溪河道被阻塞一半的寬度。 |
| 情境 2：由目前 107BH1 監測結果推估之潛在滑動量體 | 影響範圍：運移距離約 400 m。<br>致災風險：崩塌量體僅運移、堆積至大平台，影響 4 戶民宅，不會崩落至甲仙攔河堰與旗山溪河道。       |
| 情境 3：由目前 107BH3 監測結果推估之潛在滑動量體 | 影響範圍：運移距離約 200m。<br>致災風險：岩塊崩落、堆積停留在坡面地形凹陷處，不會崩落至甲仙攔河堰與旗山溪河道。              |

**表 6-5 高雄市-甲仙區-D047 崩塌運移模擬結果**

| 模擬情境                                     | 影響範圍與致災風險                                                                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 情境：所有安全係數<1 的量體發生一次式滑動，且通過 108BH2 潛在滑動深度 | 影響範圍：運移距離約 600 m。<br>致災風險：最大堆積厚度 30 m，部分滑動體停留在坡面，部分往下堆積在坡趾，但沒有影響到民房與甲仙攔河堰管理中心。 |



**圖 6-14 高雄市-甲仙區-D044 上邊坡坡面殘留滑動後大岩塊**

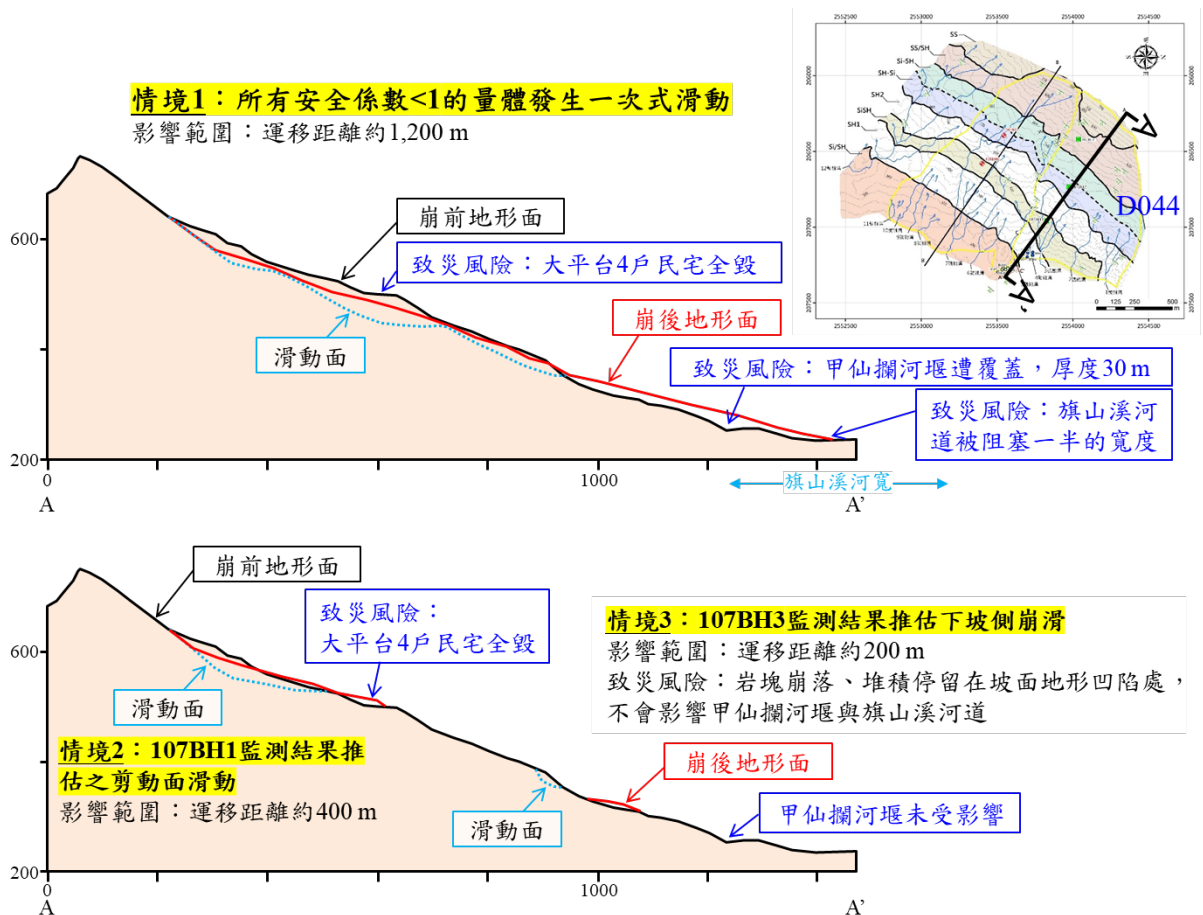


圖 6-15 高雄市-甲仙區-D044 崩塌運移數值模擬結果

• **情境：下邊坡崩積層發生一次式滑動(暴雨、地震)**

- 通過108BH2潛在滑動深度
- 影響範圍
  - 運移距離約600 m，部分滑動體停留在坡面，部分往下運移堆積，最大堆積厚度30 m
- 致災風險
  - 坡面道路中斷
  - 沒有影響到甲仙攔河堰管理中心、民房

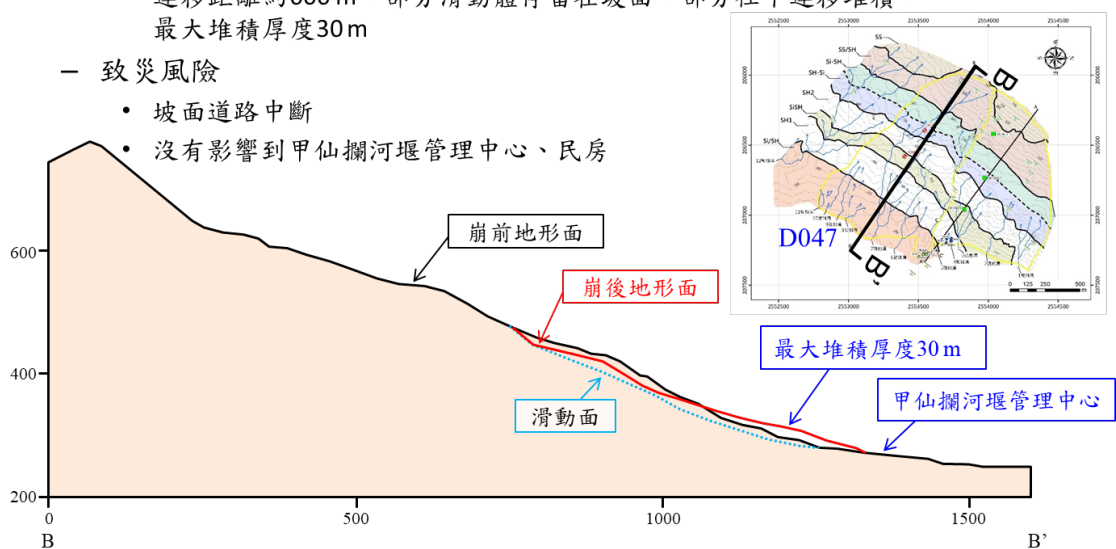


圖 6-16 高雄市-甲仙區-D047 崩塌運移數值模擬結果

## 6-4 影響範圍檢討劃定

目前林務局在劃定大規模崩塌潛勢區的影響範圍時，是假設最保守的情況，即整個崩塌潛勢區範圍全面滑動，然後由經驗法或土體運動分析(林務局，102 年)等方法計算影響範圍。然而各崩塌潛勢區的地質、地形條件各異，並非所有邊坡都有發生全面滑動的條件，若每一個崩塌潛勢區都假設全面滑動，會高估影響範圍。本工作以較細緻的方式檢討 D044、D047 的影響範圍，首先由前後期航照判釋及 LiDAR 坡度圖，評估大規模崩塌潛勢區內的活動性以及破壞機制，並由經驗法計算影響範圍。然後由本計畫進行的工址調查、試驗、監測結果進行邊坡穩定分析及崩體運移數值模擬，計算影響範圍並比較前期經驗法與崩體運移數值模擬的影響範圍差異，作為後續研擬減災策略之建議。

### 6-4.1 經驗法

崩塌影響範圍的劃定需要經過詳細的調查分析後決定，包含可能滑動的區域、可能被崩塌覆蓋淹沒的範圍。影響崩塌土體滑動運移的重要因素包含崩塌機制、崩塌土方量、崩塌土體運移區域的地形條件，英國 LRA(Landslide Risk Assessment)(DFID, 2003)計畫曾針對尼泊爾地區不同崩塌機制與土方量下土體運移距離進行統計(圖 6-17)，其中河道中之土石流水平運移距離可達 4 公里，岩坡滑動則多在 1 公里以下，水平運移距離之變化差異相當大，影響範圍之差異也相對增大。而崩塌土體運移之速度亦為另一個重要因素。崩塌影響範圍之劃定與土體運移距離(runout / travel distance)息息相關，評估土體運移距離之方法可大致區分為經驗法、數值模擬方法，而又以經驗方法為主。經驗法則可區分為地形方法(geomorphological method)、幾何方法(geometrical method)、體積變化方法(volume-change method)等，數值方法則包含不同解析模型的數值求解模擬(Hungr et al., 2005)。

本節整理林務局目前採用之大規模崩塌潛勢區影響範圍劃設方法(林務局，107 年)，以及水保局(105 年)所建議的大規模崩塌區影響範圍劃設作業手冊之重力堆積型劃設方法，說明以下。



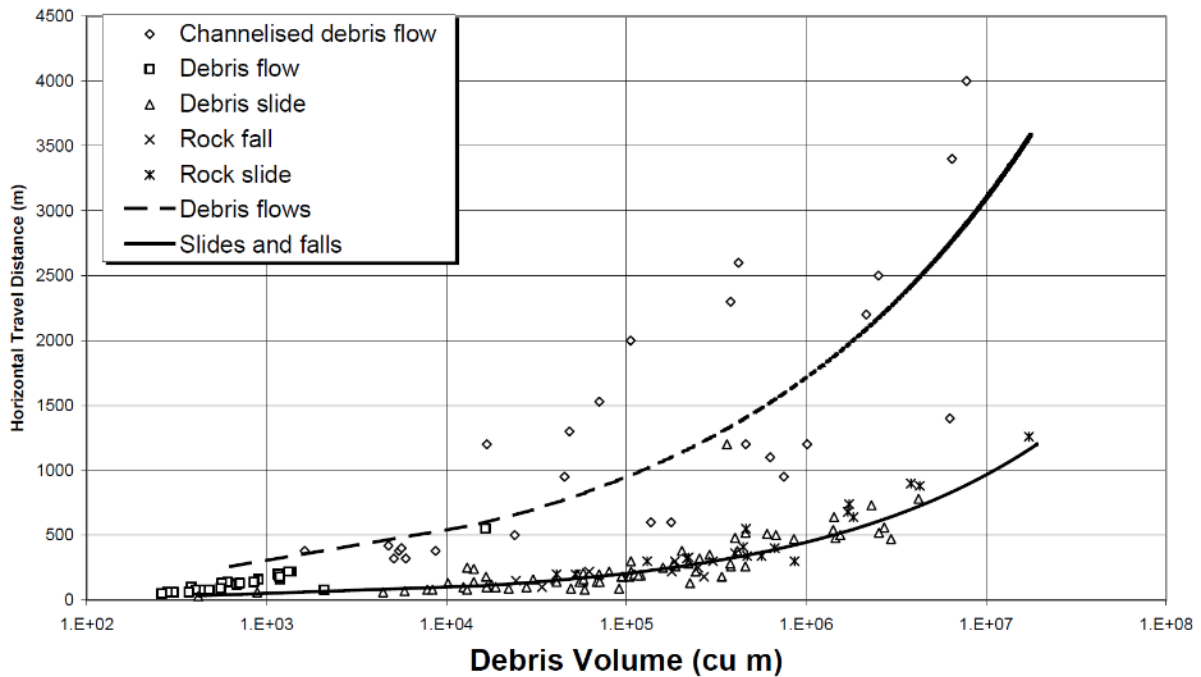
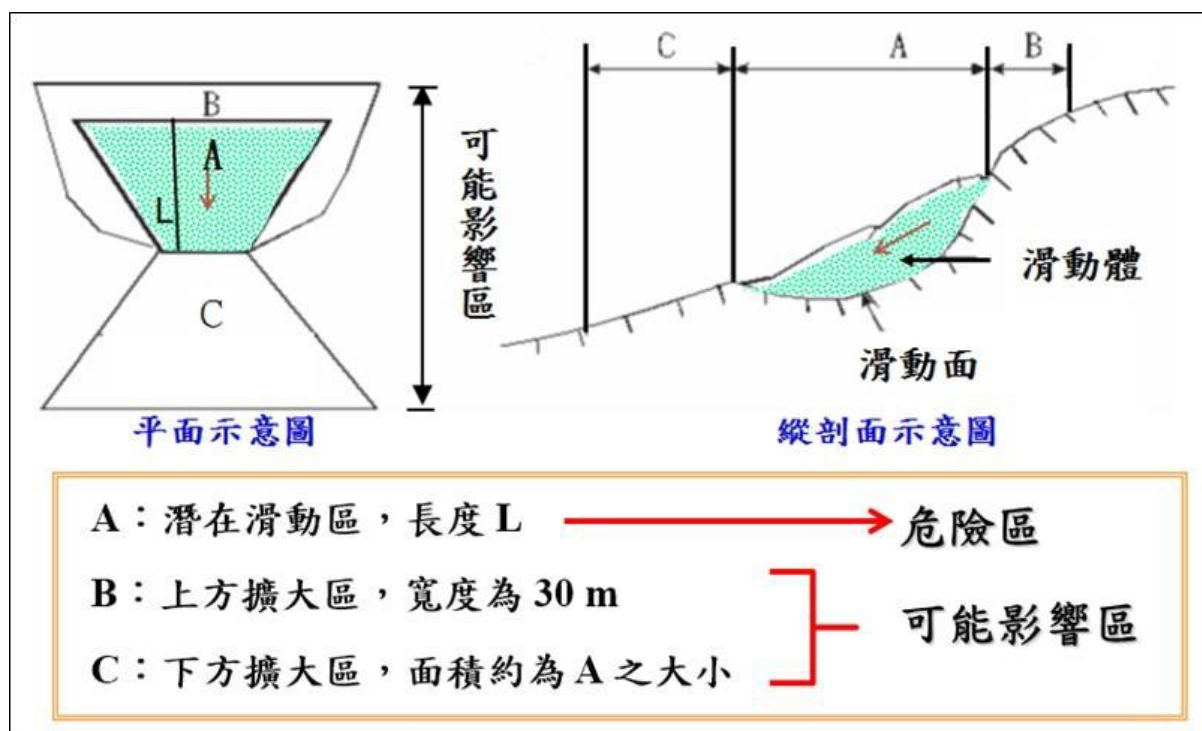


圖 6-17 不同崩塌機制與土方量下土體運移距離(DFID，2003)

林務局目前採用日本全國地滑崖崩對策協議會針對地滑的影響範圍，作為大規模崩塌潛勢區影響範圍劃定方法(簡稱鏡面法)，如圖 6-18。劃設步驟如下(摘自林務局，107 年)：

- (1) 上方擴大區：將潛在大規模崩塌的範圍(A)邊界向外擴大 30 公尺得到潛在大規模崩塌可能的擴大影響範圍(B)；
- (2) 下方擴大區修繪：將潛在大規模崩塌的範圍(A)以鏡像的方式向崩塌地下方或河谷投影，初步得到可能的下方擴大區；依照地形分布修繪下方擴大區得到潛在大規模崩塌下方可能影響範圍(C)，而修繪的準則依照潛在大規模崩塌下方可能影響範圍的長度等於潛在大規模崩塌坡面長度；
- (3) 可能致災與影響範圍：結合上、下方擴大區，潛在大規模崩塌的範圍(A)、潛在大規模崩塌可能的擴大影響範圍(B)與潛在大規模崩塌下方可能影響範圍(C)為潛在大規模崩塌可能的致災與影響範圍。



原始資料：日本全國地滑崖崩對策協議會地滑影響範圍評估

圖 6-18 大規模崩塌潛勢區影響範圍評估示意圖(林務局，107 年)

依據大規模崩塌區影響範圍劃設作業手冊(水保局，105 年)，大規模崩塌發生後，其堆積型態可分為重力堆積型；土石流型以及堰塞湖型等三類。根據潛在大規模崩塌區之規模與位置，若崩塌土體沿坡面進入緩坡或平坦地者，並未受到任何地形之影響或限制，此類稱之為重力堆積型。其劃設方法依：1. 可能滑動距離與 2. 可能堆積寬度劃設之，如圖 6-19。

1. 可能滑動距離  $L_{Runout}$ ：崩塌可能滑動距離可透過等價摩擦係數求之，公式如下

$$L_{runout} = \frac{H}{10^{0.62-0.157\log V}}$$

式中  $H$  為坡頂高程差(m)、 $V$  為崩塌體積( $m^3$ )，公式如下

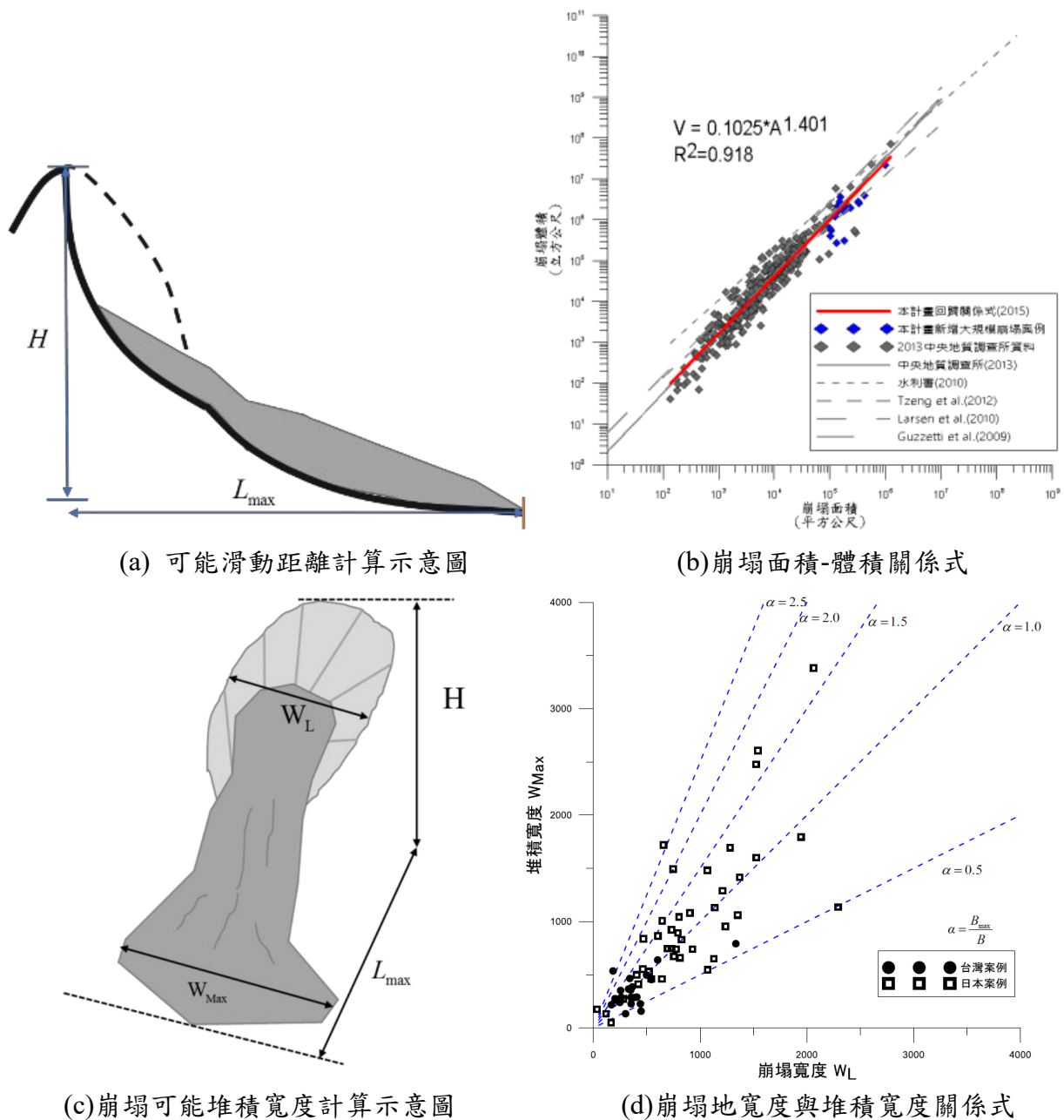
$$V = 0.1025 \times A_L^{1.401}$$

式中  $A_L$  為崩塌面積( $m^2$ )

2. 可能堆積寬度  $W_{Max}$ ：根據崩塌地寬度  $W_L$  與堆積寬度  $W_{Max}$  關係式，可以看出大部分之堆積寬度多為崩塌寬度之1.5 至2 倍 之間，因此建議可能堆積寬度可以下式進行計算：

$$W_{Max} = 1.5 \sim 2W_L$$

式中  $W_{Max}$  為最大堆積寬度(m)， $W_L$  為崩塌地寬度(m)，目前依防災之需求，建議取  $W_{Max}=2W_L$ 。



資料來源：水保局(105)「大規模崩塌區影響範圍劃設作業手冊(草案)」

圖 6-19 水保局大規模崩塌初步影響範圍劃設方法



#### 6-4.2 崩體運移數值模擬

高雄市-甲仙區-D044、D047 崩體運移數值模擬結果已於 6-3 節說明，本計畫將數值模擬結果與林務局目前大規模崩塌潛勢區影響範圍劃設方法(鏡面法)、以及水保局(105 年)所建議的大規模崩塌區影響範圍劃設作業手冊之重力堆積型劃設方法，三者的影響範圍綜合比較，如表 6-6、圖 6-20 所示。結果顯示，經驗法(鏡面法與重力堆積型法)的運移距離，在沒有詳細調查、分析潛勢區的潛在滑動體位置的情況下，因假設整個潛勢區發生一次式全面滑動，造成高估影響範圍。

**表 6-6 D044、D047 經驗法與 PFC<sup>2D</sup> 模擬影響範圍比較表**

| 潛勢區  | 計算方法                                | 運移距離 (m) | 影響範圍                     |
|------|-------------------------------------|----------|--------------------------|
| D044 | 鏡面法<br>(整個潛勢區破壞)                    | 2,720    | 整個坡面崩塌、覆蓋甲仙市區            |
|      | 重力堆積型<br>(整個潛勢區破壞)                  | 1,604    | 整個坡面崩塌、量體阻塞河道，且跑到旗山溪的對岸。 |
|      | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬<br>(崩積層全部滑動) | 1,200    | 崩塌量體阻塞一半的旗山溪河道。坡面多處道路中斷。 |
|      | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬<br>(潛在滑動塊體)  | 400      | 崩塌量體停留坡面。坡面多處道路中斷。       |
| D047 | 鏡面法                                 | 3,200    | 整個坡面崩塌、覆蓋甲仙市區            |
|      | 重力堆積型                               | 1,787    | 整個坡面崩塌、量體阻塞河道，且跑到旗山溪的對岸。 |
|      | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬<br>(潛在滑動塊體)  | 585      | 崩塌量體停留坡面。坡面多處道路中斷。       |



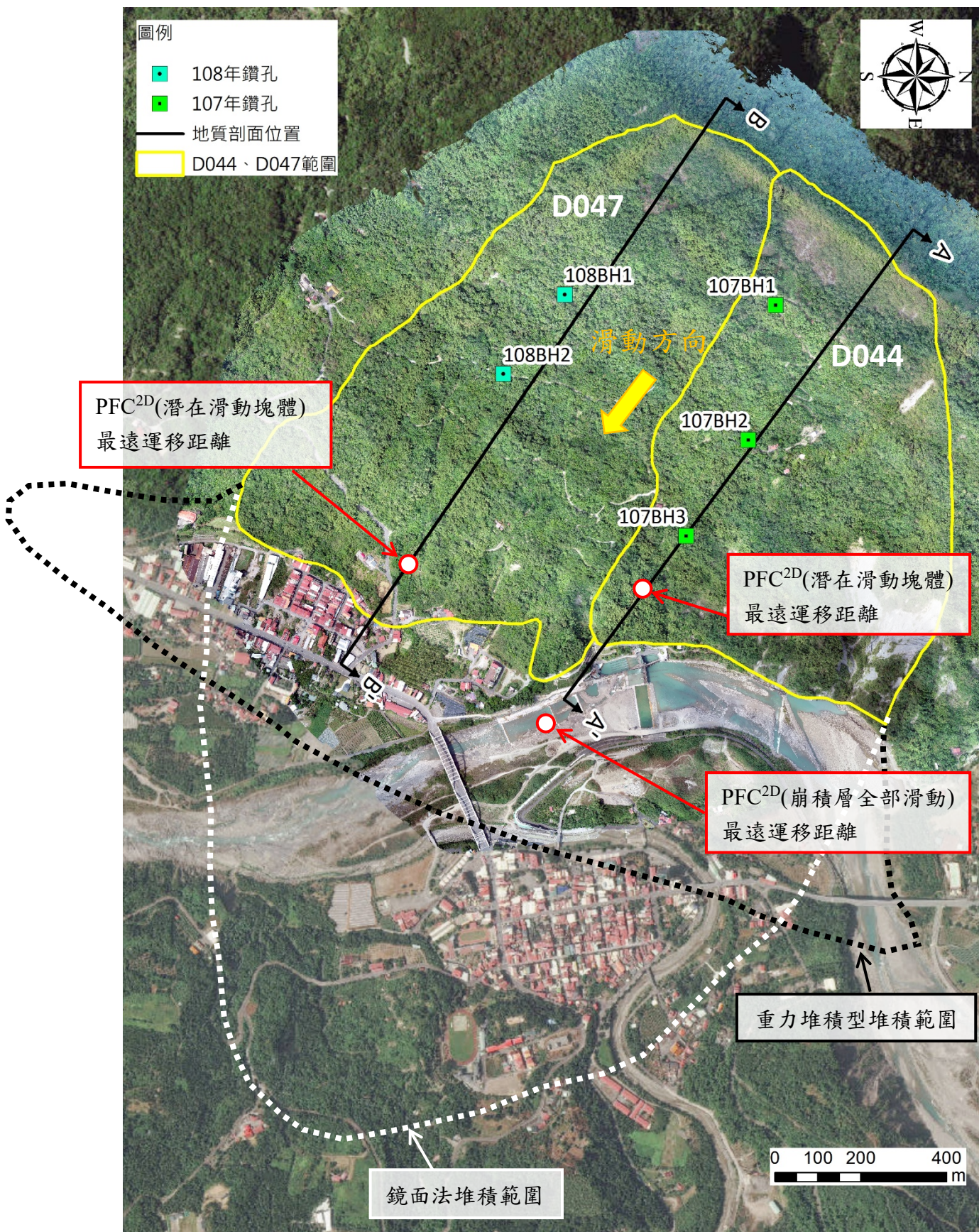


圖 6-20 高雄市-甲仙區-D044、D047 影響範圍比較圖



## 6-5 管理基準值建議

根據 4-2.2 節結果，本計畫蒐集高雄市-甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區，65~107 年農航所航空照片與 108 年本計畫 UAV 空拍結果產製正射影像，結果如圖 4-18 所示。由正射影像判釋歷史邊坡破壞事件，並與這段時間內大豪雨等級以上降雨事件做比較，結果如圖 4-19、表 4-5 所示。歷史統計結果顯示當累積降雨量超過 800 mm，就會發生邊坡局部破壞，如蝕溝沖刷以及崩積層滑動，造成多處道路中斷。歷史最大累積雨量 1,886 mm 未造成大規模崩塌，且 40 年內無大規模崩塌記錄。

6-1 節測傾管監測結果顯示甲仙區-D044 107BH1 深度 21 m 可能存在滑動面，且隨著降雨事件持續位移，未來大豪雨或地震後必須持續監測變形量以了解活動性，107BH3 變形行為可能反映下邊坡崩崖的局部效應，108BH2 深度 22 m 可能存在滑動面，且隨著降雨事件持續位移，未來大豪雨或地震後必須持續監測變形量以了解活動性。

綜合以上結果，本計畫初步建議甲仙區-D044、D047 大規模崩塌區局部崩塌管理基準值為 800 mm，一次式崩塌管理基準值暫以 1,800 mm，保守作為警戒值。未來經檢視測傾管長期量測結果，可以反應邊坡的潛在滑動面狀況，可輔以邊坡變化狀況以經驗法(包絡線、變化率等)建議管理值。

## 6-6 減災策略研擬

大規模深層崩塌的減災策略以地表、地下排水為主，局部、淺層、或溪溝侵蝕等，則應考慮其致災性以及引致大規模崩塌可能性加以整治，如應用水土保持(地表地下排水、植生)、溪溝整治理、擋土牆、抗滑樁等等方式。對於危險之大規模深層崩塌地而言，最有效之方式為進行撤離，危險程度則須依據風險程度或管理值來定義，風險管理在確認治理手段的使用是為了避免保全對象的傷害。可綜合考慮不同的策略，包括接受風險、避災、降低風險。不同的策略可採用主動(降低不穩定)或被動(避災)的治理手段。若使用構造物的工程手段(structural measures)，務需經過詳細分析，否則一方面未必完全有效，還可能破壞生態。當生命財產或重大設施直接受到安全威脅時，應考慮非工程性的防治手段(尤



其是預警系統)。早期預警系統(early warning system, EWS)包括合宜的監測、監測門檻值的訂定、邊坡短期行為的預測、及一旦危害事件發生時可有效降低風險的行動。降雨及變形量最常被採用為監測門檻值；針對不同型態的山崩，全面破壞前會有不同大小的位移率；因此監測小尺度的邊坡變形可能可用於該尺度邊坡破壞的預測，卻未必定能擴大適用於大尺度或不同破壞機制邊坡預測。

本工作擬根據甲仙區-D044、D047 的監測資料、南水局提供之甲仙攔河堰連外道路調查結果、可能邊坡破壞模式、致災風險評估、影響範圍之劃定等結果，做為減災策略研擬之依據。

由致災風險評估結果可知，D044 潛在大規模崩塌致災風險為暴雨或地震後，可能造成坡面上的崩積層滑動，運移距離可達數百米。除非是最不利的情境同時發生(極端降雨+七級地震)，否則崩塌量體應不至於掩蓋甲仙攔河堰，也不會阻塞旗山溪形成堰塞湖。整理歷史邊坡破壞事件及本研究歸納之邊坡特性，本區可能的邊坡破壞機制包含：坡頂順向殘坡的順向滑動。坡腹厚崩積層內或沿不整合面的滑動，蝕溝下切、上溯引致局部崩滑。坡趾崩積層因蝕溝下切、上溯引致局部崩滑，或是河道側刷坡趾引致滑動。由甲仙攔河堰管理中心提供之連外道路監測資料顯示，潛在滑動面可能通過風化岩體，早期引水隧道工作橫坑回填不良留下的孔洞，也可能引致聯絡道路邊坡崩塌。

綜合以上，本計畫提出減災策略原則如下：

1. 針對有保全對象的蝕溝進行調查、防治。長期穩定目標是控制蝕溝下切、擴寬，向源侵蝕，避免一次性大雨攜帶大量土砂至下游致災。
2. 由邊坡穩定分析及崩體運移模擬結果可知，D044、D047 邊坡的崩積層有可能在大雨或地震時崩塌，造成道路中斷、民宅受損。建議先以雨量作為管理基準值，當累積雨量大於 800 mm，歷史災害顯示就會有局部、表層崩塌，建議須提醒民眾注意。當累積雨量大於 1,800 mm 就有一次式致災性崩塌的可能，必須撤離坡面上的住戶。

3. 監測結果顯示 D047、D047 深度 21m、22 m 有潛在滑動面，管理基準值有待地工監測持續進行，再提出修正管治理策略建議並重新評估活動性。目前坡面上的鑽孔、監測數量不足，建議未來應補充鑽孔掌握滑動面位置與行為後，再補充鑽孔安裝自記式水位計。
4. 近年來降雨事件造成 D047 坡趾、即甲仙攔河堰連外道路邊坡多次崩塌，根據南水局長期的調查與監測結果顯示，崩塌位置下方是引水隧道施工橫坑的位置，甲仙攔河堰連外道路邊坡地質鑽探報告(南水局，108 年 6 月)顯示施工橫坑位於聯外道路下方 22.75~27.6 m 處，其中約 4 m 深的回填料已流失。目前連外道路已施作排樁避免邊坡持續崩塌，建議未來降雨事件後可觀察 D047 坡趾穩定性。
5. D044 坡趾為旗山溪凹岸攻擊側，過去曾發生多次順向滑動，留下目前看到完整的裸露殘坡。自從 88 年甲仙攔河堰完工後，河道上游逐漸淤積、流速減緩，因此河道側向侵蝕速率減緩，坡趾趨於穩定。建議暫時不須工程手段處理，可於降雨或地震後監視河岸坡趾沖刷行為。
6. 目前 D044 坡面有堆積許多早期順向滑動後堆積的巨大岩塊(尺寸可達 5 m)，未來是否可能再次發生順向滑動，以及這些巨大岩塊的位置，是否可能再往下運移，建議下年度持續調查評估提出建議。

## 柒、大規模崩塌防減災計畫執行成果探討

### 7-1 影響範圍劃定方法檢討

目前林務局或水保局的大規模崩塌潛勢區影響範圍劃定方法，皆假設整個潛勢區範圍會全面滑動，然後由經驗法決定影響範圍大小。但從破壞機制、地形與地質條件來看，並非每一個崩塌潛勢區都有一次式致災性滑動的可能，若假設潛勢區皆會全面滑動，則影響範圍可能過度保守。

本計畫與前期計畫「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」(林務局，106 年)對六龜區-D015、甲仙區-D044、甲仙區-D047 進行詳細的地質調查，包含地表地質調查、高精度光達 DEM 地貌特徵判釋、地球物理探測、地質鑽探，鑽探孔需依初步調查結果在可能滑動位置裝設傾斜觀測管，調查潛在滑動面深度與變形行為。由以上資料建立潛勢區地質模式，掌握邊坡特性與可能破壞機制。挑選一至數個具代表性之剖面進行邊坡穩定分析，剖面的材料性質需依照地質分層結果，由室內試驗、工程判斷，給定各材料合理的物理性質及力學參數。常見的邊坡破壞模擬情境包含暴雨與地震情境，可依照測傾管監測結果設定滑動面通過深度，或依邊坡特性給定合理的滑動邊界範圍、自動搜尋滑動弧。邊坡穩定分析完成後才進行崩塌體運移模擬，依照不同的可能邊坡破壞情境計算影響範圍。

根據已詳細調查建立之地質模式與邊坡穩定分析結果，高雄市-六龜區-D015 潛在滑動範圍為鄰近高 133 線中斷處之上邊坡。高雄市-甲仙區-D044 為通過 107BH1、107BH3，位於上下邊坡之潛在滑動體。高雄市-甲仙區-D047 為通過 108BH2 的潛在滑動體(詳見 6-3 致災風險評估)。

本節將崩體運移數值模擬結果、林務局目前大規模崩塌潛勢區影響範圍劃設方法(鏡面法)、以及水保局(105 年)所建議的大規模崩塌區影響範圍劃設作業手冊之重力堆積型劃設方法，三種方法計算之潛勢區崩塌影響範圍差異綜合比較，如表 7-1 所示。



## 小結

國有林班地的大規模崩塌潛勢區在尚未詳細地質調查、掌握邊坡特性與破壞機制、分析潛在滑動體位置的情況下，若假設整個潛勢區全面破壞，邊坡滑動運移距離達數公里，過於保守、高估崩塌影響範圍。合理的影響範圍劃定方法，建議應先詳細調查、建立潛勢區地質模式，由長期監測結果、邊坡穩定分析結果，合理評估可能發生大規模崩塌的量體大小與位置，再由數值模擬方法計算運移距離及影響範圍。

**表 7-1 D015、D044、D047 經驗法與數值運移模擬影響範圍比較表**

| 潛勢區                  | 計算方法與情境                                       | 運移距離<br>(m) | 影響範圍                          |
|----------------------|-----------------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| 高雄市-<br>甲仙區-<br>D044 | 鏡面法<br>(假設潛勢區全面破壞)                            | 2,720       | 整個坡面崩塌、覆蓋甲仙市區                 |
|                      | 重力堆積型<br>(假設潛勢區全面破壞)                          | 1,604       | 整個坡面崩塌、量體阻塞河道，且跑到旗山溪的對岸。      |
|                      | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬<br>(假設潛勢區坡面崩積層全面滑動)    | 1,200       | 崩塌量體阻塞一半的旗山溪河道。坡面多處道路中斷。      |
|                      | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬<br>(經調查、監測、穩定分析潛在滑動量體) | 400         | 崩塌量體停留坡面。坡面多處道路中斷。            |
| 高雄市-<br>甲仙區-<br>D047 | 鏡面法<br>(假設潛勢區全面破壞)                            | 3,200       | 整個坡面崩塌、覆蓋甲仙市區                 |
|                      | 重力堆積型<br>(假設潛勢區全面破壞)                          | 1,787       | 整個坡面崩塌、量體阻塞河道，且跑到旗山溪的對岸。      |
|                      | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬<br>(經調查、監測、穩定分析潛在滑動量體) | 585         | 崩塌量體停留坡面。坡面多處道路中斷。            |
| 高雄市-<br>六龜區-<br>D015 | 鏡面法<br>(假設潛勢區全面破壞)                            | 3,600       | 整個坡面崩塌、量體阻塞河道、跑到荖濃溪的對岸。       |
|                      | 重力堆積型<br>(假設潛勢區全面破壞)                          | 4,250       | 整個坡面崩塌、量體阻塞河道、跑到荖濃溪的對岸。       |
|                      | PFC <sup>2D</sup> 運移模擬<br>(經調查、監測、穩定分析潛在滑動量體) | 800         | 高 133 線中斷。<br>崩塌量體阻塞一半的荖濃溪河道。 |

## 7-2 蒐集水土保持局執行策略結果

行政院所核「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」第一期執行期程為 106 至 109 年度，林務局係協同水保局執行水土保持調適策略之策略一「強化大規模崩塌危機應變能力」與策略二「建立大規模土砂災害區智慧防災體系」。

策略一「強化大規模崩塌危機應變能力」依據光達地形判釋完成並可能影響聚落之大規模崩塌潛勢區，重新進行檢討，針對大規模崩塌潛勢區或大規模崩塌災害已有具體規劃成果，或非常明確且持續發生中之地區，先行辦理治理改善工程，以降低災害發生之危害程度(預定 4 處，106 年度為高雄市-六龜區-D015、107 及 108 年度為高雄市-甲仙區-D044 及 D047)。策略二「建立大規模土砂災害區智慧防災體系」預定完成大規模崩塌潛勢區監測系統建置與擴充 4 件，分別為高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044、高雄市-甲仙區-D047 及嘉義縣-阿里山鄉-D187。

以上調適策略關聯至各績效指標，目前由水土保持局主政、林務局協辦，本項工作將蒐集水土保持局各調適策略執行成果及績效指標，提供林務局執行相關工作時參考，俾使成果能有一致性、全面性的考量。

本計畫於 108 年 3 月 27 日與林務局工作會議，討論水保局大規模崩塌執行交流座談會相關議題。水保局初步認為未來大規模崩塌潛勢區之防災警戒模式，應比照土石流警訊發布模式採紅、黃色警戒。為提升警訊精確度，黃色警戒以「即時雨量(每 10 分鐘)」做為管理標的，累積雨量達到門檻即發布警訊。紅色警戒則以「即時地表變位(每小時)」輔以「即時地下水位(每 10 分鐘)」的數據，綜合訂定達成紅色警戒的門檻警戒值。即時地表變位可採用 GPS 地表變位(每 60 分鐘上傳一筆)、地表伸縮計(每 10 分鐘上傳一筆)、地表傾斜計(每 10 分鐘上傳一筆)三者擇一。

108 年 8 月 12 日水保局召開「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」工作小組第 3 次會議，與林務局相關之討論事項與結論如下：

1. 後續各林管處提報的大規模崩塌潛勢區或崩塌區，編碼原則為 F 開頭加上 3 個數字的流水號，例如花蓮縣-鳳林鎮-F001。

2. 黃色警戒仍以累積降雨量為基準。紅色警戒擬以單頻 GPS 每日解算位移速率達 50 mm 以上，且每小時解算位移速率達 1 cm 且位移速率變化持續 3 小時增加為基準。會中決議先以此方法於水保局內部進行試辦，未來隨著觀測資料之增加與累積，持續檢討與修訂警戒基準值。

108 年 11 月 7 日水保局召開「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」專家諮詢會議第 2 次會議，與林務局相關之討論事項與結論如下：

1. 大規模崩塌雨量警戒值之訂定確有其難度，除考量風險管理外，需與機關行政作為結合，因此應再持續進行研究。
2. 大規模崩塌影響範圍有劃設範圍過大及疏散人數過多之問題。爰此，應可研究如採用分區分塊或數值模擬法等方式再行精進。
3. 現場監測常因設備種類、監測精度不同而難以決定警戒因子，紅色警戒初期仍先以地表變位(如 GPS、傾度盤或地表伸張計等)為發布依據，長期以再增加地下水位或地中變位等進行綜合考量。
4. 現地監測基準值須經過長期資料綜合比對與分析，較具可信度；如梨山及廬山耗費多時，仍需多方驗證才能應用。爰此，監測基準值之訂定，仍應蒐集多方監測資料或其他方法進行校驗與調整。

綜合以上，林務局 4 處監測、即時傳輸之大規模崩塌潛勢區場址決定為高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044、高雄市-甲仙區-D047 及嘉義縣-阿里山鄉-D187。後續將配合水保局的紅黃色警戒值發布原則，未來相關系統上線後，配合水保局進行監測資料介接事宜。4 處潛勢區調查已有初步成果，但鑽孔及監測數量仍不足。建議於 109 年度進行補充調查，並以 GPS、地表傾斜儀(tiltmeter)加 TDR 地滑計作為即時地表變位、地中滑動面變位監測。



## 捌、結論與建議

### 8-1 結論

1. 第一、二期計畫共完成 59 處國有林大規模崩塌潛勢區/崩塌區活動性評估，其中活動性高佔 15 處。本計畫列管 51 處場址並進行防災排序與經費規劃。
2. 本計畫完成 18 件大規模崩塌潛勢區防減災工程成效評估，各工程皆達到局部治理成效，整體成效則需長期評估。
3. 高雄市-六龜區-D015 坡腹厚崩積層可能發生一次式滑動，且現況仍不穩定。若要恢復高 133 線通行，應補充調查、監測潛在滑動面位置，評估必要的治理工程。
4. 高雄市-甲仙區-D044、D047 坡腹厚崩積層可能一次式滑動，若崩塌將造成坡面多處道路中斷、4 戶民宅受損，但影響範圍應不及甲仙攔河堰。
5. 本計畫完成 4 處重點潛勢區局部崩塌/一次式滑動管理基準值建議，分別為(1)高雄市-六龜區-D015 累積降雨量 600mm/1,100mm，(2)高雄市-甲仙區-D044、D047 累積降雨量 800mm/1,800mm，(3)嘉義縣-阿里山鄉-D187 累積降雨量 1,000mm/1,900mm。
6. 若以林務局及水保局目前採用之經驗法，假設大規模崩塌潛勢區之影響範圍會過於保守。第一、二期計畫以高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044、D047 為例，詳細調查、建立地質模型後，由邊坡穩定分析掌握潛勢區內可能滑動體位置，再由崩塌運移模擬結果決定較合理之影響範圍。
7. 目前大規模崩塌潛勢區之管理基準值訂定方法，水保局尚未定調。暫訂黃色警戒為累積降雨量，紅色警戒為地表變形量(如 GPS、地表傾斜儀等、伸張計等)。

## 8-2 建議

1. 林務局 101-107 年共圈繪 7,756 處大規模崩塌潛勢區，其危險度評分重要因子「保全重要性」並未考慮森林遊樂區及聯外道路、阿里山林業鐵路沿線、造林苗圃等重要林業基礎設施，因此可能低估危險度。建議應調整保全重要性評分因子與權重，重新計算危險度進行防災排序。
2. 第一、二期計畫完成 59 處大規模崩塌潛勢區活動性評估，列管 51 處並提出監測、減災規劃，其餘 7,697 處危險度小於 6 分場址由各林管處監控，尚無具體、一致的監控方法與管理措施。建議應建立一套合理、可行、有效的國有林大規模崩塌潛勢區分級管理機制，包括監控方法與頻率、潛勢區危險度升降級、退場條件等。
3. 第一、二期計畫邊坡穩定結果顯示高雄市-六龜區-D015、高雄市-甲仙區-D044、D047、嘉義縣-阿里山鄉-D187 於地震、暴雨極端情境可能發生大規模滑動。建議應補充調查、持續監測，並由監測結果檢討潛勢區活動性、管理基準值與減災策略。
4. 根據 105 年行政院核定「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，林務局須配合水保局建置 4 處即時監測系統。為配合水保局防災警戒模式，建議於重點潛勢區建置即時監測系統，監測可能一次式滑動體範圍之降雨量與地表變形行為。

## 参考文献

1. Agliardi, F., Crosta, G. B., and Zanchi, A., (2001). Structural constraints on deep-seated slope deformation kinematics. *Engineering Geology* 59, 83-102.
2. Agliardi, F., Zanchi, A., Giovanni and Crosta, G.B., (2009). Tectonic vs. gravitational morphostructures in the central Eastern Alps (Italy): Constraints on the recent evolution of the mountain range. *Tectonophysics*, 474, 250-270.
3. Aleotti, P., (2004). A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Engineering Geology* 73, 247–265.
4. Ambrosi, C., Crosta, G.B., (2006). Large sackung along major tectonic features in the Central Italian Alps. *Engineering Geology*, 83(1-3), 183-200.
5. Antonello, G., Casagli, N., Farina, O., Leva, D., Nico, G., Siebar, A.J., Tarchi, D., (2004). Groun-based SAR interfereimetry for monitoring mass movements. *Landslides*, 1, 21-28.
6. Apuani, T., Masetto, M. and Rossi, M., (2007). Stress–strain–time numerical modelling of a deep-seated gravitational. *Quaternary International*, 171-172, 80-89.
7. Dai, F.C., Lee, C.F., Ngai, Y.Y. (2002). “Landslide risk assessment and management: an overview.” *Engineering Geology*, 64, 65–87.
8. Department for International Development (DFID), UK. (2003). “Landslide Risk Assessment in the Rural Sector - Guidelines on best practice.”
9. Dowding, C. H., Su, M. B., and O'Connor, K. M., (1988) "Principles of time domain reflectometry applied to measurement of rock mass deformation," *Int. J. Rock Mech. and Min. Sci.*, Vol. 25, pp. 287-297.
10. Dowding, C. H. and Pierce, C. E., (1994) “Use of time domain reflectometry to detect bridge scour and monitor pier movement,” *Proceedings of the Symposium on Time Domain Reflectometry in Environmenal, Infrastructure, and Mining Applications*, Evanston, Illinois, Sept 7-9, U.S. Bureau of Mines, Special Publication SP 19-94, NTIS PB95-105789, pp. 579-587.
11. Flentje, P., Chowdhury, R.N., (2006). Observational approach for urban landslide management, engineering geology for tomorrow’s cities. *Proceedings of the 10th International Association of Engineering Geology and the Environment Congress*, Nottingham, UK (Paper no. 522)
12. Hungr, O., Corominas, J., and Eberhardt, E. (2005). “Estimating landslide motion mechanism, travel distance and velocity.” *Landslide Risk Management, Proceedings, Vancouver Conference, State of the Art Paper #4*, In: Hungr, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E. (eds.), Taylor and Francis Group, London, pp. 99–128.
13. Jamaludin, S., Ali, F., (2011). An overview of some empirical correlations between rainfall and shallow landslides and their applications in Malaysia. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* 16, 1429–1440.
14. Kim, M. H., (1989) “Quantification of rock mass movement with grouted coaxial cables,”



M.S. Thesis, Northwestern University, Evanston, IL.

15. Kuramoto, K., Arakawa, M., Seguchi, T., Nakamura, H., Suto, T., Furukawa, H., (2002). Investigating the Rainfall Threshold to Mitigate the Rainfall-induced Highway Accidents. The 57th Symposium of Japan Society of Civil Engineers, Hokkaido, Japan, pp. 881–882
16. Lee, D. H., Lai, M. H., Wu, J. H., Chi, Y. Y., Ko, W. T., and Lee, B. L., (2013). Slope management criteria for Alishan Highway based on database of heavy rainfall-induced slope failures: *Engineering Geology*, v. 162, p. 97-107.
17. Lin, C.-P. (2009), “TDR as Geo-Nerve: Slope Monitoring System Example,” *Geotechnical News*, Vol. 27, No. 1., pp. 38-40.
18. Lin, C.-P., Tang, S.-H., Lin, W.-C., and Chung, C.-C., (2009) “Quantification of cable deformation with TDR: implications to landslide monitoring,” *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 135, No. 1, pp. 143-152.
19. Lin, C.-P. and Tang, S.-H., (2007) “Comprehensive wave propagation model to improve TDR interpretations for geotechnical applications,” *Geotechnical Testing Journal*, Vol. 30, No. 2, pp. 90-97.
20. Lin, C.-P., Chung, C.-C., Tang, S.-H., and Lin, C.-H., (2007)“ Some innovative developments of TDR technology for geotechnical monitoring,” 7th International Symposium on Field Measurement in Geomechanics, September 24-27, 2007, Boston, MA.
21. Nafarzadegan, A.R., Talebi, A., Malekinezhad, H., Emami, N., 2012. Antecedent rainfall thresholds for the triggering of deep-seated landslides (case study: Chaharmahal & Bakhtiari Province, Iran). *Ecopersia* 1, 187–203.
22. Pirce, C. E., Bilaine, C., Huang, F.-C., and Dowding, C. H., (1994) “Effects of multiple crimps and cable length on reflection signatures from long cables,” *Proceedings of the Symposium on Time Domain Reflectometry in Environmental, Infrastructure, and Mining applications*, Northwestern University Evanston, Illinois, Sep 7-9, 1994, pp.540-554.
23. Prokesova, R., Kardos, M., Taborik, P., Medved'ova, A., Stacke, V., Chudy, F., (2014). Kinematic behaviour of a large earthflow defined by surface displacement monitoring, DEM differencing, and ERT imaging. *Geomorphology*, 224, 86-101.
24. Sato, T., Arakawa, M., Suto, T., Nakayama, H., Nakahara, T., Furukawa, H., (2002). Determination of rainfall threshold for the highway management in Yamaguchi Prefecture, Japan. The 54th Symposium of Japan Society of Civil Engineers Chugoku Regional Branch, Okayama, Japan, pp. 637–638.
25. Sengupta, A., Gupta, S., Anbarasu, K., (2010). Rainfall thresholds for the initiation of landslide at Lanta Khola in north Sikkim, India. *Natural Hazards* 52, 31–42.
26. Ter-Stepanian, G., (1966). Types of depth creep on slopes in rockmasses. *First International Congress of the International Society of Rock Mechanics*, vol. 2, 157–160.
27. Tsou, C.Y., Chigira, M., Matsushi, Y., Chen, S.C., (2014). Fluvial incision history that controlled the distribution of landslides in the Central Range of Taiwan. *Geomorphology*,

- 226, 175-192.
28. Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. Special report, 176, 11-33.
  29. Varnes, D.J., Radbruch-Hall, D., Savage, W.Z., (1989). Topographic and Structural Conditions in Areas of Gravitational Spreading of Ridges in the Western United States. Professional Papers 1496.
  30. Wasowski, J. and Bovenga, F., (2014). Investigating landslides and unstable slopes with satellite Multi Temporal Interferometry: Current issues and future perspectives. Engineering Geology, 174, 103-138.
  31. 伊藤陽司, 石丸聡, 中村研, & 川上源太郎. (2014). 北海道東部, 津別地域での AHP 評価シートを用いた地すべり活動性の評価. 日本地すべり学会誌, 51(3), 100-105.
  32. 何春蓀, 民國 83 年. 台灣地質概論台灣地質圖說明書, 經濟部中央地質調查所。
  33. 廖志中, 潘以文, 林志平, 唐禎國, 黃玉麟, 羅文驤, 民國 100 年, 梨山崩坍區大規模崩積地層之形成機制, 中華水土保持學報, 42(4): 175-186。
  34. 千木良雅弘, 民國 100 年, 大規模崩塌潛感區, 科技圖書。
  35. 林務局, 民國 102 年, 國有林深層崩塌致災潛勢調查評估-南部重點流域。
  36. 林務局, 民國 104 年, 國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析。
  37. 林務局, 105-107 年, 國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估。
  38. 林務局, 106 年-a, 國有林大規模崩塌潛勢區減災及監測執行計畫書。
  39. 林務局, 106 年-b, 國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測。
  40. 林務局, 106 年-c, 國有林堰塞潛勢防災監控暨災害調查委託技術服務。
  41. 林務局嘉義林區管理處, 民國 104 年, 二萬坪地區--整體調查規劃及安全監測。
  42. 林務局屏東林區管理處, 民國 104 年, 圓山集水區及周遭崩塌地治理評估暨先期工程規劃、設計監造委託技術服務。
  43. 行政院, 民國 104 年, 氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫-第一期(106 至 109 年度)。
  44. 水利署, 101 年, 石門水庫及其集水區整治計畫執行成效總報告。
  45. 水利署, 101 年, 石門水庫及其集水區整治計畫-績效評核。
  46. 水利署水利規劃試驗所, 98-99 年, 設置攔河堰引致岩盤沖刷之機制與評估研究。
  47. 水利署南區水資源局, 97 年, 甲仙攔河堰安全評估計畫。
  48. 水利署南區水資源局, 106 年, 甲仙攔河堰第二次定期安全評估計畫。
  49. 林耕白, 105 年, 大規模地形衍育之數值模擬-甲仙案例, 碩士論文, 國立交通大學。
  50. 王文能, 民國 105 年, 崩塌的地質特性與防災, 中華防災學會。
  51. 王士偉, 民國 95 年, 臺灣西南部珊瑚礁在矽質碎屑古環境中最初發育機制之探討, 碩士論文, 國立臺灣大學海洋研究所。
  52. 簡至暉, 民國 103 年, 臺灣西南部西部麓山帶甲仙地區上新世古冷泉自生性碳酸鹽及其有孔蟲群集之研究, 博士論文, 國立成功大學地球科學系

## 附錄一 會議審查意見與辦理情形



**「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測第2期」案  
採購評選委員會評選會議紀錄**

壹、會議時間：107年3月21日（星期三）下午2時30分

貳、會議地點：本局5樓會議室

參、主持人：廖副局長一光

記錄：林貴崑

肆、評選委員會組成：外聘委員4人、內派委員3人，共計7人組成。

伍、出席委員：詳簽到單。

陸、請假委員：無。

柒、列席人員（含工作小組成員）：李科長膺讚、戴技正欣怡、吳技士國欽、林技士貴崑（協助評選委員會辦理與評選有關之作業）

捌、評選方式：採序位法評選優勝廠商。

玖、投標廠商家數及名稱：投標廠商1家且其資格及評選項目以外資料經審查合格，廠商名稱為國立交通大學。

拾、召集人致詞：（略）

拾壹、報告事項：

- 一、主辦單位就本案需求內容及廠商評選事宜報告（略）。
- 二、工作小組初審意見報告（略）。

拾貳、廠商詢答事項：（略）。

拾參、評選結果：

- 一、經各委員依據本採購案評分表評定參與評選廠商分數（序位），並將各委員評分結果填列於評選總表，國立交通大學 總評分為 577 / 平均總評分為 82.43 / 序位合計值為 7。

- 二、本案出席委員均認為不同委員之評選結果無明顯差異情形，且評選委員會或個別委員評選結果未與工作小組初審意見有異。

三、決議：

參與評選廠商之平均總評分達75分以上，且標價合理，無浪費公帑情形，經出席委員過半數決議：序位第一之國立交通大學 為第1優勝廠商。

拾肆、委員是否有不同意見：無。

拾伍、散會

行政院農業委員會林務局

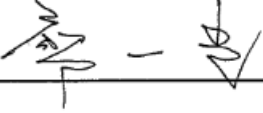
「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測第2期」

採購評選委員會會議(評選會議)簽到單

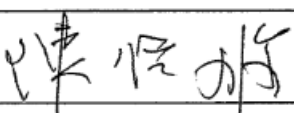
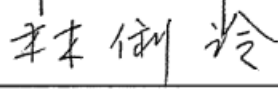
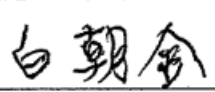
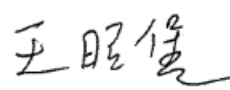
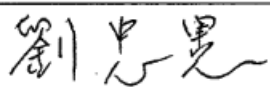
壹、開會時間：107年3月21日(星期三)下午2時30分

貳、開會地點：本局5樓會議室

參、主持人：召集人廖副局長一光



肆、出席委員：

| 評選委員         | 簽名處                                                                                  |                                                                                       |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 陳委員信雄        |    |                                                                                       |
| 林委員俐玲        |    |                                                                                       |
| 陳委員皆儒        |   |                                                                                       |
| 白委員朝金        |   |                                                                                       |
| 王委員昭堡        |  |                                                                                       |
| 劉委員忠憲        |  |                                                                                       |
| 列席人員         | 林貴崑                                                                                  |   |
|              | 戴欣怡                                                                                  |  |
| 投標廠商(國立交通大學) | 廖光中                                                                                  |                                                                                       |
|              | 李國瓚                                                                                  |                                                                                       |

伍、散會：下午3時40分

## 行政院農業委員會林務局

### 「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測 第 2 期」地質鑽探及地球物理探查計畫書

#### 審查會議紀錄

- 一、開會時間：107 年 4 月 26 日（星期四）上午 10 時
- 二、地點：本局 4 樓會客室
- 三、主持人：王組長昭堡  
記錄：林貴崑
- 四、出（列）席單位及人員：如后附會議簽到簿
- 五、主席致詞：(略)
- 六、廠商簡報：(略)
- 七、討 論：(略)
- 八、決議事項：
  - (一) 本案配合後續報告提送期程，原則同意本次會議所提地質鑽探孔位及地球物理測線布設，請廠商儘速進場施作並依契約期程辦理相關作業。鑽孔及測線布設，可在不影響需求下，依現場條件微調鑽探孔位或測線位置。
  - (二) 本案涉及相關申請程序時，請事先辦理申請作業，並洽林管處或工作站予以協助。
  - (三) 本案鑽探進機路線請廠商儘量避免損及林木，惟必要時再行辦理障礙木排除。
  - (四) 貴校如需向其他政府機關申請本案有關之報告資料，本局可予協助發文取得。
- 九、散會：上午 10 時 45 分



行政院農業委員會林務局

「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測

第 2 期」地質鑽探及地球物理探查計畫書

審查會議簽到單

壹、開會時間：107 年 4 月 26 日（星期四）上午 10 時

貳、開會地點：本局 4 樓會客室

參、主 持 人：王組長昭堡 王昭堡

肆、出席人：

| 單 位/人 員 | 簽 名 處  |     |
|---------|--------|-----|
| 單位(機關)  | 職 稱    | 姓 名 |
| 集水區治理組  |        |     |
|         | 技 士    | 徐誌宸 |
|         | 技 士    | 林貴崑 |
| 國立交通大學  | 博士後研究員 | 李國維 |
|         |        |     |
|         |        |     |
|         |        |     |
|         |        |     |

陸、散會：上午 10 時 45 分

會議名稱：工作執行計畫書審查會議

會議時間：107 年 5 月 23 日下午 2 時 30 分

會議地點：林務局 5 樓會議室

主 持 人：楊副局長宏志

紀錄人員：林技士貴崑

| 委員意見                                                                                                    | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (一) 林委員美聆                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1. 一般在大規模崩塌範圍內，多有局部沖蝕及小規模淺層崩塌，建議在範圍內，針對大規模之主崩塌進行整體性評估，評估主滑動方向。                                          | 本計畫將大規模崩塌可能的破壞行為分為全面與局部破壞，並釐清局部崩塌與全面破壞之相關性。局部地形變化(如局部沖蝕、小規模淺層崩塌)會影響全面破壞的案例大多發生在岩石邊坡；崩積層的局部崩塌與整體滑動的關聯較小。                                                                                                                                                      |
| 2. 前期 D015 之監測，因佈設位置偏向坡趾，目前量測成果較無明顯變動，建議監測位置選取，宜考量主滑動方向及坡之上、中、下位置及適當剖面，並針對各項案例 D044、D047 等，加以考量，適當配置鑽孔。 | 六龜區-D015 大規模崩塌潛勢區受莫拉克颱風影響，兩個大沖蝕溝造成通往坡面上道路中斷，無法將鑽孔佈設在完美的位置。本計畫已沿中央蝕溝進行詳細的地表地質調查，掌握該區地質模式與可能破壞機制。若經本期計畫的監測及監視結果，再檢討建議於上、中邊坡增加鑽孔及監測的需要性。107 年度甲仙區-D044 沿可能滑動方向，於邊坡上、中、下位置布置 3 孔鑽孔，鑽探總長度 100 m，數量恐無法涵蓋本區地層的需求，本計畫會搭配詳細的地質調查、地物結果建立該區地質模型，若有不足將再視需要建議鑽孔數量、位置及深度等。 |
| 3. 鑽孔位置及深度選取，影響調查資料及監測成果，建議針對大規模崩塌主體，先進行初步穩定分析，以協助主滑動方向、剖面線及滑動深度判定，以提供選擇位置及深度之參考，鑽孔深度宜穿過主滑動面深度，以利監測之裝設。 | 鑽孔的位置與深度要考慮的因素很多。建議未來大規模崩塌潛勢區的調查，應先進行詳細的地表地質調查、地球物理調查，建立初步的地質模式。由地質模式掌握該區可能的破壞機制，針對需要釐清之處再規劃鑽孔位置與深度，以獲得穩定分析所需的材料參數並監控潛在滑動面(如有)之活動性。                                                                                                                          |
| 4. D044 及 D047 雖地層順向排列，但其層面傾角較高，故大規模崩塌之滑動機制建議詳加討論及研判。                                                   | D044 坡頂為過去順向滑動後的殘坡，坡腹與坡趾的平均坡度小於岩層層面傾角，但地形局部凹凸、蝕溝下切造成岩塊崩落，不排除會有 daylight 出現造成局部區域的順向滑動之可能，但整體發生一次式大規模岩層順向滑動的機率較低。本計畫將由地表地質調查等檢視局部陡坡、河岸邊坡                                                                                                                      |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 辦理情形                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 存在 daylight 狀況，並檢討其對本邊坡穩定性的影響。                                                                                                                      |
| 5. 效益評估包含多項及治理工程，內容及種類均多，建議應先設定評估目的及整體目標，以有效設立指標，進行整體性評估。                                                                                                                                                                                                                                                                     | 大規模崩塌潛勢區的治理目的跟既有的集水區治理、治山防洪工程不太一樣。本計畫將以潛勢區為單元，考慮各防減災工程的局部成效，以及對整體邊坡活動性的影響(地貌特徵變化、評估監測資料等)。                                                          |
| 6. 建議將地表地質調查成果回饋至目前之地質圖。                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 遵照辦理，將於地表地質調查完成後依岩段分層，修正地質圖並繪製地質剖面圖，初步結果請參考 p.5-16。                                                                                                 |
| (二) 陳委員文山                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 1. 甲仙區 D044、D047 是否可以歸類為大規模崩塌潛勢區？原因(1)崩塌區岩盤地層傾角於 40 度，地表地形坡度約 20 幾度，岩層傾角遠大於坡面坡度。(2)崩塌坡面積約 1.5 km × 2 km 而崩積層厚度僅 10-25 公尺(3)此大規模崩塌內出現十數個小崩塌區(4)崩塌區範圍內主要岩層是鹽水坑頁岩此厚層頁岩所形成的崩塌區可能以頁岩岩屑為主，(未來崩塌時產生的作用可能屬於土石流)。因此，未來的地表作用是否會形成大規模的崩塌，或只是區域性小範圍的崩塌(次崩塌)。另外，地質鑽探或儀器監測之結果是否可以代表大區域的崩塌結果，或僅小區域的地質特性及小區域的崩塌(次崩塌)之結果。建議詳細描述次崩塌的微地形，如冠部、趾部。 | 國有林大規模崩塌潛勢區(「國有林深層崩塌致災潛勢調查評估-南部重點流域」，102 年)是依中央地質調查定義(潛在崩塌範圍大於 10 公頃即為大規模崩塌潛勢區)由光達微地形所圈繪出，D044、D047 被評為危險度 6 分大規模崩塌潛勢區。本計畫經詳細調查將依地質模式，提出本邊坡可能的破壞機制。 |
| 2. 地質鑽探之深度應設定入岩(岩盤)至少 10 公尺，如此才可能檢核滑動面是否進入深層岩盤，還是僅在崩積層與岩盤的界面。                                                                                                                                                                                                                                                                 | 本計畫將仔細檢視岩心，並依地質模式判斷邊坡破壞機制。合約的鑽探規定為進入岩土介面至少 2 m，然依本計畫初步規劃鑽探應可入岩 5 m，再依地表地質調查結果應可初步評估岩層的穩定性。                                                          |
| 3. 地球物理探建議再進行評估，淺層監測可能不易，並請注意地形效應。                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 本計畫以震射折射法進行探測，透過反算等應可消除地形效應，應為本區適宜的崩積層厚度及分布調查方式。                                                                                                    |
| (三) 蘇委員苗彬                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| 1. 本案擇定甲仙 D044、D047 為年度擴充的點位，應注意兩區緊臨攔沙堰，受建堰影響，若有崩塌發生，不易釐清責任與機制。                                                                                                                                                                                                                                                               | 本計畫選定甲仙區-D044、D047(108 年暫定)做為細部調查、監測、分析、研擬減災策略的場址，是因為前期計畫危險性、活動性評估結果認為本區邊坡有大規模滑                                                                     |



| 委員意見                                                                                                            | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                 | 動的可能，且影響範圍包含甲仙攔河堰。林務局將邀集南水局參與後續的期中、期末簡報，分享彼此的監測資料與活動性評估結果。若經本計畫評若有影響甲仙攔河堰的可能，如有需要治理，林務局將再進行協調、處理。                                                                                                                        |
| 2. 針對近年來之大規模崩塌的治理工程進行評估，很有必要，局方應逐步擴大評估範圍，整體集水區治理均與崩塌有相關策略與過去的處理方法可一併檢討，目前許多林班地上游有關水庫集水區都有大量土砂致災，防砂設施可能無法有效解決問題。 | 感謝委員建議，林務局(105 年)「流域綜合治理計畫(第 1 期)-國有林班地治理執行成效評估計畫」針對 103、104 年度國有林班地 74 件治山防洪工程建立治理成效評估方法，包括防砂設施治理成效、崩塌地處理成效及流域水系綜合治理成效等三大部分，已有初步成果。本計畫僅針對大規模崩塌潛勢區之防減災工程進行成效評估，其治理目標為降低大規模崩塌災害發生之風險。將評估防減災工程完工後減少潛勢區內局部、中短期與全區、長期活動性之成效。 |
| 3. 對保全對象重要性等評估應可納入水庫集水區為重大保全對象，尤其有幾處已面臨危險。                                                                      | 國有林大規模崩塌潛勢區的保全重要性評分是由其他計畫執行，最近一期為「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局，105~107 年)，該計畫之保全重要性評分考慮住戶、交通、重要公共設施、水庫蓄水區等四項。                                                                                                                |
| 4. P.3-44 等傾斜管觀測結果及 3-45 的水位與降雨作圖，看來仍有待加強觀測與分析，有些變化不易解釋。                                                        | 降雨與地下水位/壓關係受到地形(如鄰近蝕溝)與地質條件影響，崩積層或風化、破碎岩層的地下水位/壓在暴雨時會有不同的行為。在比較淺、表層的地下水的反應比較快，但上升幅度比較低。在比較深的風化、破碎岩層，若為蝕溝附近受到側向補注的影響，變成受壓水層，其水壓上升的幅度就會相當大，且降雨結束後水壓消散時間較久。                                                                 |
| 5. P.3-45 有些降雨與地下水關係，部份沒有反應，不太合理。                                                                               | 前期計畫於六龜區-D015 大規模崩塌潛勢區 BH04、BH05、BH06、BH08 四處埋設水位井，每一處水位井在兩個不同深度分層封堵，裝設自計式水位計與非自計式水位計。目前 4 孔自計式與非自計式水位計量測到的地下水位/壓升降皆與降雨歷線升降相關。                                                                                           |
| (四) 費委員立沅                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                          |
| 1. 本計畫針對其他計畫判釋之大規模                                                                                              | 依指示辦理。                                                                                                                                                                                                                   |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                             | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 崩塌潛勢區評估活動性及影響範圍，建議將成果回饋給另一計畫，做為未來精進判釋之依據。                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2. 地球物理探測工作，請評估：(1) 長測線或是分段之短測線較適合本計畫；(2) 測線長度之有效長度；(3) 於乾季或濕季施測成果差異比較。                                                                                                                                                                          | 本計畫選用折射震測做為地球物理探測方法，目的是探查岩土界面。折射震測(人力敲擊)相較於地電阻法，適用於崩積層較淺的場址(測線長 130~160m，有效測深約 30 m)，且較不受地下水與地形效應影響。                                                                                                                                              |
| 3. 甲仙區-D044 及 D047 兩區鄰近，地質條件接近，請評估兩區之相關性，做為未來定義「潛在大規模崩塌範圍」之依據。                                                                                                                                                                                   | 甲仙區-D044 與 D047 僅由一條蝕溝分隔，地質條件相近，但高程有落差(D047 整體地形高程高於 D044)，且 D047 坡趾不似 D044 受到旗山溪凹岸側刷侵蝕。                                                                                                                                                          |
| 4. 建議利用航空照片及 LiDAR DEM 增加岩層位態及地質構造的判釋。                                                                                                                                                                                                           | 謝謝建議。本計畫已針對大面積的順向滑動殘坡，且無法抵達處使用 LiDAR DEM 進行判釋。                                                                                                                                                                                                    |
| 5. 是否對於岩盤上之地質材料使用不具機制意義的「岩屑層 (regolith)」？                                                                                                                                                                                                        | 本計畫需將地質材料分層(崩積層、風化岩層、新鮮岩層等，崩積層亦嘗試分層)，建立地質模型，掌握材料性質、探討崩塌機制並進行邊坡穩定分析。                                                                                                                                                                               |
| 6. 地下水對於岩屑層之不穩定具有關鍵的角色，請蒐集資料，做為未來探討及調查岩屑層之水文地質，例如岩芯判釋，地球物理數據分析，分層地下水位等。                                                                                                                                                                          | 本計畫 107 年 3 孔鑽孔以建立地質模式並監測潛在滑動面位移為考量佈設，皆裝設傾斜觀測管。地下水資料將蒐集南水局於坡趾處鑽孔的水位監測資料進行探討。                                                                                                                                                                      |
| 7. 目前調查成果，請說明：(1) 圖 2-14 及圖 3-46 似不一致；(2) D044 範圍內提及「中央蝕溝」，是否將較特別之地形條件編碼；(3) 每一張現場照片，請標示於一張圖面上並請註明方位；(4) 圖 2-13 之凸出地形，意義不明；(5) 依圖 3-45，A-A' 剖面之趾部，岩層傾角 72~80 度，而與區域有差異甚大，原因為何？(6) 滴水斷層屬左移斷層，對 D044 及 D047 邊坡之不連續面有無影響？(7) P.2-12 照片(a)似有往北傾斜之節理。 | (1)地表地質圖與地質剖面圖已修正於 p.5-16。(2)本計畫將統一把 D044、D047 的蝕溝由北至南以數字編號(1 號蝕溝、2 號蝕溝等)。(3)遵照辦理。(4)該凸出區域可能是坡頂糖恩山砂岩尚未滑動的岩體。(5)部分傾角較大的露頭，可能是鹽水坑頁岩在深海沉積環境時因氣候產生海底濁流沉積形成不規則砂岩塊，因 slumping 所以角度有轉動。這些露頭在地質圖上應該要忽略掉。(6)目前觀察到的不連續面多為風化解壓形成的節理面。(7)現地節理量測與統計將更進一步整理、探討。 |
| (五) 王委員昭堡                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1. 有關高雄市-甲仙區-D044、D047 調查監測及後續事宜，可能涉及南區水資源局權責，請主辦單位邀請該機關與會。                                                                                                                                                                                      | 感謝委員建議，本團隊將協助配合提供相關資料。                                                                                                                                                                                                                            |

| 委員意見                                                                               | 辦理情形                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. 本案以大尺度和小尺度評估各防減災工程成效，未來亦請多瞭解水保局在本工作方式，納入參考執行。                                   | 遵照辦理，將蒐集水保局大規模崩塌潛勢區防減災工程成效評估方式納入本計畫。                                                                                                  |
| 3. 有關未來如辦理嘉義縣-阿里山鄉-D187 監測，請參考嘉義處已辦理之監測資料，整理考量監測配置。二萬坪地區之防減災治理計畫或工程，建議可納入本計畫第二期辦理。 | 本計畫 108 年度原則上以調查甲仙區-D047 或補充調查 D044 為優先。本團隊將參考阿里山鄉-D187 既有監測結果(二萬坪、第一分道等等)，提出未來細部調查、鑽孔監測位置之建議。                                        |
| 4. 大規模崩塌潛勢區經成大以小比例尺圈繪出大範圍的潛勢區，本團隊可考慮，將大範圍潛勢區化整為零，找出可能發生的小崩塌及關鍵主崩塌。                 | 遵照辦理。本計畫將依照地表地質調查、地物調查、地質鑽探結果建立甲仙區-D044 大規模崩塌潛勢區的地質模式，探討可能崩塌機制並進行穩定分析，評估局部崩塌或一次式較大規模崩塌可能的發生位置與影響範圍。                                   |
| (六) 李科長膺讚                                                                          |                                                                                                                                       |
| 1. 本年度潛勢評估原已預計執行 11 處，再加入鹿場崩塌地為 12 處，如各林管處尚有潛勢區待請交大評估及釐清發生潛勢，可考慮納入明年度考量。           | 107、108 年預定執行活動性評估場址合計共 20 處，工作範圍包含「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」判釋危險度(或保全重要性)高、中潛勢區。若 107、108 年度工程場址為已崩塌之大規模崩塌區(A 類)，則應不需做活動性評估，但有殘坡有堆積區需要評估。 |
| 2. 明(108)年度之大規模崩塌減災工程，各林管處如有需要可請交大協助提供治理建議。                                        | 遵照主辦單位指示配合辦理。                                                                                                                         |
| (七) 羅東林區管理處                                                                        |                                                                                                                                       |
| 1. 未來 12 處理保全重要性評估之位置，請協助加上中心座標以利了解實際位置。                                           | 107 年活動性評估場址中心座標已補充。各林管處如需掌握貴處所有大規模崩塌潛勢區位置，可參考「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局，105~107 年)判釋結果。                                               |
| 2. 部分附錄之 Lidar 應為 LiDAR，建議更正。                                                      | 遵照辦理。                                                                                                                                 |
| 3. 可請說明地球物理探測中，選用折射震測法的原因？                                                         | 本計畫選用折射震測做為地球物理探測方法，目的是探查岩土界面。折射震測(人力敲擊)相較於地電阻法，適用於崩積層較淺的場址(測線長 130~160m，有效測深約 30 m)，且較不受地下水與地形效應影響。                                  |
| (八) 新竹林區管理處                                                                        |                                                                                                                                       |
| 1. 本處轄南庄事業區鹿湖溪於本年 4 月發生大規模崩塌事件，崩塌面積逾 30 公                                          | 遵照辦理。然因該處無光達資料，本計畫將利用前後期航空照片立體對、UAV 等判                                                                                                |



| 委員意見                                                                                    | 辦理情形                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 項，該處崩塌請列入本案活動來評估。                                                                       | 釋結果綜合評估之。然該處剛崩塌，堆積區及殘坡都尚屬不穩定狀態，活動性甚高，本評估重點在探討崩塌原因、機制，未來再破壞的機制、及治理策略建議。                                                                                                                             |
| 2. P.3-33~P.3-36、P.APP2-4、2-5、2-6 桃園「縣」復興「鄉」修正為「市」、「區」。                                 | 遵照辦理。此為成大防災中心判釋暫時編號，後續會進行修正。                                                                                                                                                                       |
| 3. 表 3-7，列表請加入座標、資料或附上相關航照圖以利確認位置。另相關圖資請套疊林班界範圍，以利釐清權屬。                                 | 遵照辦理。                                                                                                                                                                                              |
| (九) 東勢林區管理處                                                                             |                                                                                                                                                                                                    |
| 1. P.3-10 中表 3-1 工程經費是採決算或結算金額，請再確認，並更新資料。本處執行「必坦溪 1 號崩塌地治理工程」結算金額為 9,950,000 元整。       | 遵照辦理。將修改為結算金額。                                                                                                                                                                                     |
| 2. P.3-11 必坦溪 1 號崩地治理工程之設計圖說，請更新為竣工圖，並由本處提供圖說。                                          | 遵照辦理。後續將蒐集 106 年各防減災工程竣工圖。                                                                                                                                                                         |
| 3. 本處轄區臺 8 線 109K 處道路上下邊坡已發生潛在滑動現象，建議納入 108 年度觀測地點，俾利追蹤成果提供公路總局治理。                      | 本計畫評估得對象為大規模崩塌區或大規模崩塌潛勢區，若符合條件可考慮為於 108 年活動性評估場址之一。建議東勢處提供資訊(地形圖、位置、照片等等)供本計畫參考，再建議後續對策。                                                                                                           |
| (十) 南投林區管理處                                                                             |                                                                                                                                                                                                    |
| 1. P.3-1 整體計畫之執行分為三部分，其中第二、三項針對高雄市甲仙區及六龜區進行，潛勢區之調查分析方式有所不同，請提出說明其分析結果差異性為何？並說明採取方式依據為何？ | 針對活動性高，且有一次式大規模滑動的潛勢區(如六龜區-D015、甲仙區-D044)，本計畫建議先由地表地質調查、地物探查、地質鑽探結果建立該區地質模式，進行邊坡穩定分析、影響範圍評估、擬定減災策略。透過持續監測地中變位與地下水位/壓、定期航拍製作正射影像與數值地表模型評估活動性。六龜區-D015 已於 106 年調查完成，甲仙區-D044 將於今(107)年開始調查，所以工作進度不同。 |
| 2. 請依本案名稱減災策略研擬，於本計畫書補述其表列之條件及方式。                                                       | 本計畫減災策略研擬結果將於第肆章「高雄市-六龜區-D015 潛勢區監測分析與減災策略檢討」，及第陸章「高雄市-甲仙區-D044、D047 潛勢區監測及分析」說明。                                                                                                                  |
| (十一) 嘉義林區管理處                                                                            |                                                                                                                                                                                                    |
| 1. P.3-13、P.3-15 圖 3-4、3-5 上方影像圖資與設計平面圖指北方向不同，建議配合轉向，以利相對位置比對判讀。                        | 遵照辦理。                                                                                                                                                                                              |
| 2. 圖 3-4、3-5 工程項目內容部分，因變                                                                | 遵照辦理。將修改為結算金額。                                                                                                                                                                                     |

| 委員意見                                                                                                                                                                                      | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 更設計已有差異，且金額亦與最初決標金額不同(表 3-1, P.3-10)，建議可配合實情更換修正。                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3. P.3-32~P.3-34 敘述從 4,036 筆資料中，篩選出保全重要性中、高等級共 94 處，並依評分排序選出前 20 處，惟剩餘之 74 處各是指哪不清楚，是否能以附錄方式呈現，方便了解尚有哪些中、高等級關注區域。                                                                         | 國有林班地大規模崩塌潛勢區位置與保全重要性等級，是摘錄自「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」計畫初步結果，若要完整的資訊建議可向林務局索取。                                                                                                                                                                                                          |
| 4. 因目前所提之崩塌潛勢區域均以「暫時編號」表示，且從附錄二區域地質圖、立體圖、陰影圖資料，亦不易判讀所指區位，是能輔以標示重要地標，週遭道路、林班地界或其寫方式，以利閱讀者正確掌握位置。                                                                                           | 遵照辦理，各崩塌潛勢區中心座標已補充。                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (十二) 屏東林區管理處                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1. 本計畫預訂進行甲仙 D044 及 D047 鑽探工作相關用地協調，本處協助處理。                                                                                                                                               | 遵照辦理。                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2. 本計畫中提出多項的研究方法，包括地質調查，地球物理探測及鑽探等，得到的資訊也都是一些數據或是圖面，有沒有可能像水保局利用「發生雨量評估法」，藉由收集崩塌潛勢區的地質條件，結合降雨強度及歷時，及一些影響的因素作預估，透過軟體分析，能夠警示我們六龜 D015，甲仙 D044、D077 在該區降雨到達多少時有再次崩塌之虞，而有預警的效果，來提供本處同仁及當地民眾參考。 | 前期計畫「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」(林務局，106 年)已針對六龜區-D015 提出累積雨量管理基準值建議。該計畫蒐集民國 80~106 年歷史大豪雨等級以上事件雨量記錄，並與歷年較大邊坡破壞事件(判釋歷年航空照片與衛星影像)比較，以累積雨量作為管理基準值，當累積雨量大於 600 mm，歷史災害顯示就會有局部、表層崩塌，建議須提醒用路人注意。當累積雨量大於 1,200 mm 就有一次式致災性崩塌的可能，必須禁止通行。本計畫也會參考類似方式以累積雨量或降雨強度達到某一程度，作為甲仙區-D044、D047 之管理基準值建議。 |
| (十三) 臺東林區管理處                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1. P.3-44 傾斜觀測管 D015-BH03 常有某些深度變位量突然增高，但馬上又恢復到基線，又或出現 2-3 處峰值之現象，不知其原因為何，報告書是否可說明。                                                                                                       | 比對該孔岩心照片，於深度 12 m、20 m 之岩層較為破碎且回填時持續漏漿，研判該處灌漿回填後可能形成孔洞，造成變位量局部凸出。                                                                                                                                                                                                                  |
| 2. P.3-26 圖 3-16~圖 3-22 資料為日文，是否可翻譯成中文，以便閱讀參考。                                                                                                                                            | 已補充文字說明於 2-4.1 節。                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| (十三) 花蓮林區管理處                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1. P.2-5 六龜區 D-015 建議以累積雨量 1,200 mm 作為管理基準值，請問累積雨量                                                                                                                                        | 該降雨事件累積雨量。                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| 委員意見                                                                                                                                   | 辦理情形                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 係指日累積雨量還是事件累積雨量？                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                    |
| 2. P.3-51, 航遙測影像分析, 將蒐集 D044 及 D047 大規模崩塌潛勢區的歷年航空照片, 產製正射影像及數值表模型 (DSM), 同時貴團隊亦將透過無人載具拍攝產製正射影像及 DSM, 進行多期影像比對。請問不同解析度的影像如何進行比對, 其精度如何？ | 農航所航照立體對與 UAV 空拍影像皆可正射化並產製數值地表模型, 比對崩塌潛勢區內地表裸露範圍、崩崖倒退、蝕溝上溯等地貌特徵變化並評估活動性。在良好地面控制點的前提下, 本計畫產製的航照正射影像解析度 50 cm, UAV 正射影像解析度 5 cm; 航照 DSM 的平面與高程均方根誤差(RMSE)約 100 cm, UAV DSM 的平面與高程均方根誤差(RMSE)約 15 cm。 |
| 3. P.3-66, (五) 管理基準值建議, 將建立(發生雨量評估)以降雨量做為警戒基準值之基礎。請問此管理基準值, 是預測區域內將發生崩塌亦或是將有發生崩塌亦或是將有大規模崩塌發生的基準值。                                      | 針對可能引致一次式較大規模崩塌的管理基準值。                                                                                                                                                                             |
| 4. P.3-66, (六) 減災策略研擬, 其成果將由所屬各林管處做後續執行, 因此相當重要。但在本文中提及將由監測資料、邊坡破壞模式、致災風險評估及影響範圍劃定結果, 做為減災策略研擬的依據, 未來是否會提到較具體的方案。                      | 本計畫將評估 D044、D047 的致災風險, 提出可能一次式大規模崩塌位置與影響範圍、穩定工程建議、以及管理基準值(如累積雨量達多少 mm)建議。                                                                                                                         |
| 決議事項：                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                    |
| (一) 本案請將鹿場崩塌地納入本(107)年度潛勢區活動性評估, 總數為 12 處。                                                                                             | 遵照辦理。                                                                                                                                                                                              |
| (二) 本案請國立交通大學參考各委員意見及承諾事項修正, 依期程辦理後續事宜。                                                                                                | 遵照辦理。                                                                                                                                                                                              |
| (三) 本案工作執行計畫書經討論原則通過, 同意依契約第 5 條規定撥付第 1 期款(契約總額 10%)。                                                                                  | 敬悉。                                                                                                                                                                                                |



行政院農業委員會林務局  
「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測  
第 2 期」

工作執行計畫書審查會議簽到單

壹、開會時間：107 年 5 月 23 日（星期三）下午 2 時 30 分

貳、開會地點：本局 5 樓會議室

參、主 持 人：楊副局長宏志

楊宏志

肆、出席委員：

| 審 查 委 員 | 簽 名 處 |
|---------|-------|
| 林委員美玲   | 林美玲   |
| 陳委員文山   | 陳文山   |
| 蘇委員苗彬   | 苗彬    |
| 費委員立沅   | 費立沅   |
| 劉委員忠憲   | 請假    |
| 王委員昭堡   | 王昭堡   |

伍、出（列）席單位及人員：

| 單位/人員   | 簽名處        |                          |
|---------|------------|--------------------------|
| 單位(機關)  | 職稱         | 姓名                       |
| 水土保持局   |            | 請假                       |
| 羅東林區管理處 | 技士         | 林組輝                      |
| 新竹林區管理處 | 技正         | 吳貴瑞                      |
| 東勢林區管理處 | 技正         | 賴厚學                      |
| 南投林區管理處 | 技士         | 洪志中                      |
| 嘉義林區管理處 | 技士         | 黃浣殷                      |
| 屏東林區管理處 | 課員         | 林萬傑                      |
| 臺東林區管理處 | 技佐         | 蘇志豪                      |
| 花蓮林區管理處 | 技正         | 潘家玉                      |
| 集水區治理組  | 李輝漢        | 林貴崑                      |
| 國立交通大學  | 廖志中<br>李國維 | 潘以文<br>王慧蓉<br>翁孟嘉<br>楊芳銘 |

陸、散會：下午 5 時 35 分

會議名稱：第 1 次期中簡報暨報告書審查會議

會議時間：107 年 7 月 12 日下午 2 時 30 分

會議地點：林務局 5 樓會議室

主 持 人：楊副局長宏志

紀錄人員：林技士貴崑

| 委員意見                                                                                                                                       | 辦理情形                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (一) 林委員美聆                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                               |
| 1. 針對成效評估部份，在所列資料項目部份，宜有更詳細項目及考量（表 2-2），以提供成效評估詳實資料，並據以量化評估。                                                                               | 感謝委員建議，交大團隊已於 10 月 16 日與林務局召開防減災工程執行成效評估工作會議，修正後的執行成效評估結果詳見 3-2.3 節。                                                                                                                          |
| 2. 篩選機制是以破壞行為為依據，其評分項目又與活動性評估之因子項目相重疊，易造成混淆。                                                                                               | 本計畫考量國內既有大規模崩塌案例，依邊坡破壞機制分為岩層順向滑動、崩積層/風化岩體圓弧形或非圓弧形滑動。由長期地形地貌特徵變化，評估可能造成上述破壞的活動性因子，計算各潛勢區之活動性。                                                                                                  |
| 3. 表 3-4 所列處數資料等，各項關聯不明。                                                                                                                   | 已補充說明於 p.2-13。                                                                                                                                                                                |
| 4. 表 3-7 順向滑動宜加入楔型破壞項目，表 3-7 及表 3-8 所列項目並不一致，其中 3-7 坡趾活動性於圓弧或非圓弧（3-8）滑動亦宜列為重要指標，兩表所列項目評分未來在後續分數比對上，易造成問題，鹿湖崩塌地依表 3-8，無法評分，與簡報評分項目不符（P.28）。 | 台灣的岩層節理較發達，導致沿不連續面交線向下滑動的楔形破壞案例雖多，但多為局部或漸進式破壞，難以產生一次式深層滑動(本計畫主要探討大規模崩塌)，故暫不列入評分。<br>兩表所列與簡報不符，已更正於 p.2-18, p.2-18。                                                                            |
| 5. 本期崩塌圈繪範圍與前期圈繪範圍宜有一致標準，地調所提供為大比例尺圈繪，在個案研究時，應依地調及高精度地形加以編修。                                                                               | 本計畫第一期與第二期的崩塌潛勢區及影響範圍皆依據同一標準，即「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局, 105-107 年)計畫成果。較細探討時若發現圈繪不合理處將適度編修範圍。                                                                                                |
| 6. 高雄區-六龜區-D015 目前所設監測，因位置關係目前所得結果，並未能反應大規模崩塌行為，亦未能提供警戒依據，對於監測成果之意義，應有說明並另外考量警戒設定之方式。                                                      | 感謝委員建議，六龜區-D015 目前所設監測儀器為配合第一期地質調查鑽孔所裝設，較為分散，106 年至今的監測結果顯示目前本區無大變化。本計畫建議後續應依照第一期邊坡穩定分析結果於潛在滑動面再鑽數孔監測地中變位與水位/水壓變化。<br>現階段監測方式除地中監測，亦於汛期前後空拍製作正射影像與 DSM 比較變化。管理基準值的建議則參考歷史災害記錄的降雨事件以累積雨量做為警戒值。 |



| 委員意見                                                                          | 辦理情形                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. 鹿湖崩塌地建議依不同滑動方向及塊體予以分列，並分別加以討論。                                             | 苗栗縣-南庄鄉-鹿湖崩塌地活動性評估結果已補充於 p.3-68。                                                                                                                                                              |
| 8. 高雄市-甲仙區-D044 之滑動面因 BH02 未能穿透剪動帶，宜進一步加以檢討，未確定之剖面宜以虛線表示。                     | 本計畫依照 LiDAR 微地形與周圍地表露頭調查推估岩層深度，若有不確定處將以虛線表示於剖面。屏管處支援的孔預期鑽透疑似剪動帶。                                                                                                                              |
| 9. 高雄市-甲仙區-D044 南水局已有相關資料及監測成果，目前資料宜與南水局既有資料加以整合研判。                           | 遵照辦理。已向南水局索取最新的監測資料後續將加以整合研判。                                                                                                                                                                 |
| (二) 蘇委員苗彬                                                                     |                                                                                                                                                                                               |
| 1. 表 3-6 對活動性評估，包括可能破壞行為的說明，可以再加深入，對後續可能的不同機制，增加說明，尤其這些災害可能都是河道沖刷很大的影響，應納入考量。 | 考量初步評估無法對每個場址再加深入了解後續可能之破壞機制，另保全對象為是否進一步整治及評估的要件，107 及 108 年度建議由保全重要性評分篩選活動性場址。                                                                                                               |
| 2. 高雄市-六龜區-D015 傾斜管觀測結果初步看來不太理想後續量測可以再仔細檢查，各孔位的變化，水位變化來也不太合理，是否有其他方法可以一併檢查。   | 傾斜觀測管的結果都在儀器量測誤差範圍內，顯示監測位置目前沒有潛在滑動。同一孔水位變化會根據水位計放的深淺與對應的地層水壓不連通，所以有不同的變化，詳見 4-1.2 節。                                                                                                          |
| 3. 高雄市-甲仙區-D044、D047 於甲仙壩上游受壩的興建，造成土砂單側淤積，水流深槽偏向凹岸側，致使坡面受影響，不同時期正射影像。似乎可看跡象。  | 感謝委員建議，D044 位於河道凹岸側，本團隊仔細觀察由航空照片產製的民國 65 與 104 年正射影像，比對後認為甲仙區-D044 坡趾持續受河道凹岸側刷侵蝕影響。此一凹岸侵蝕行為直到民國 82 年下游側的甲仙攔河堰完工才逐漸減緩(因為攔河堰完工後上游蓄水區的河道開始淤積)。                                                   |
| 4. 7.2 蒐集水保局執行策略，水保局目前正進行土砂論壇，將土砂災害歸納為大規模崩塌是土砂的來源，後續土砂運移造成的災害亦應受到注意。          | 感謝委員寶貴意見。                                                                                                                                                                                     |
| 5. 第七章後段應再補充說明後續工作重點。                                                         | 遵照辦理。林務局協同水保局執行「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫(106-109 年)」調適策略一「強化大規模崩塌危機應變能力」及調適策略二「建立大規模土砂災害區智慧防災體系」。<br>本計畫將蒐集水土保持局各調適策略執行成果及績效指標，提供林務局執行相關工作時參考。水保局該計畫於 107 年 5 月開始執行，11 月底繳交第 1 次期中報告，本團隊將持續蒐集該計畫成果並納入本 |

| 委員意見                                                                                                        | 辦理情形                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                             | 計畫後續報告。                                                                                                                                           |
| 6. 鹿湖崩塌地應分析其上游集水區範圍，尤其鹿場溪主要淤積段，沒有堰塞湖不是重點，堰塞土體後續流失是下游最大的威脅的土砂量應估算。                                           | 感謝委員建議。新竹林管處評估崩塌形成的堆積土方量約 278 萬立方公尺，委託成大防災中心進行堰塞湖潰決模擬，結果顯示尖峰流量約為 44.4 CMS，對下游沿程河道之水位抬升影響約為 0.15-0.3 公尺之間，因下游保全對象均有相當距離且與河床高程均有相當之高差，對於沿岸保全對象影響有限。 |
| (三) 費委員立沅                                                                                                   |                                                                                                                                                   |
| 1. 頻率比法，似以淺層崩塌考量，通常在颱風、豪雨、地震事件前後，植被的改變很大，是否會對於航照判釋造成困擾？                                                     | 該方法考慮降雨或地震前後，崩塌地特徵的變化並量化(如崩塌裸露面積等)。若地表改變很大則必須先由地形圖確認所判釋的多期崩塌範圍在同一個斜坡單元，若已經跨越到分水嶺另一側需另外計算。                                                         |
| 2. 此海道 AHP 分析法：(1) 以 DEM 資料是否會得到更佳結果？(2) 地質條件似只考慮崩塌材料性質？(3) 發育程度之崩塌體蝕溝發育(消滅期)，似乎認為蝕溝影響很小？(4) 未考慮地面水及地下水之影響？ | 此 AHP 法的概念是希望只用簡單、快速的方式(如航照判釋(立體鏡)、小比例尺地形圖、區域地質圖等)，不需要申請複雜的資料(如 LiDAR DEM)或困難的計算，做活動性的初步評估。所以沒有考慮委員所提到的比較細的資訊，但如果納入的話效果應會更好。                      |
| 3. P.3-8 之活動性簡易評估法，是否增加「產業道路密度」及「植生類別(尤其是農作行為)」？                                                            | 感謝委員建議，活動性評估包含各崩塌潛勢區植生狀況，並考慮人為開發對局部穩定性的影響。                                                                                                        |
| 4. 新竹縣-尖石鄉-D022 之岩層位態、圖例之地層排列，圖面之地質構造及圖 3-16，請再檢視。                                                          | 已修正圖 3-24 新竹縣-尖石鄉-D022 區域地質圖。                                                                                                                     |
| 5. 圖 4-2~4-5，RQD 與風化及岩芯破碎處，是否有相關性？                                                                          | 該圖 RQD 是指每公尺岩心之中，長度超過十公分以上的岩心合計長度。若破碎處 RQD 較低。                                                                                                    |
| 6. 鹿湖崩塌地分布的石底層，但是從照片看，砂岩段之延展似不連續，滑動深度 80m，宜探討材料存在之意義。                                                       | 交大團隊於崩塌前，曾至鹿湖崩塌地坡趾處(鹿場溪)現地調查，沿鹿場溪有一斷層通過，顯示該區岩層可能原本節理就比較發達。由多期航照與衛星影像、災後 UAV 正射影像判釋，可知蝕溝逐年上溯至接近稜線，表層風化岩體崩落，影響邊坡表層風化岩體穩定性，最終全面崩滑。                   |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                              | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. 高雄區-甲仙區-D044：(1) 鹽水泥頁岩分成 4 段，是否野外露頭及鑽井岩芯具有相同之辨識度？(2) 平面地質圖之各岩段層界請再檢。(3) 平面地質圖請再增加崩積層分布區、順向坡分布區、土石流材料堆積區、節理位態。(4) 鹽水坑頁岩之 Si-SH 分布區，中間一大塊平坦區之意義為何？(5) 請比對圖 5-4 及圖 5-9 剖面，解釋其相關性(6) 高雄區-甲仙區-D044 需考量鹽水坑頁岩是不透水的岩性，其對於崩塌材料的穩定與否有影響？ | (1) 鑽井 3 孔中有兩孔入岩，雖然露頭岩體受風化影響而裂解或膠結物溶蝕，但以岩性辨識而言，入岩段之岩心判釋與野外露頭相符。<br>(2) D044 剖面圖已經由鑽探結果與地物剖面進行修正，修正結果如圖 5-9AA'剖面。<br>(3) 比照辦理。<br>(4) 由 BH2 鑽探資料及地物測線結果推測，平台(即 Si-SH 分布之平坦區)主要為厚崩積層覆蓋，另根據 BH1 小平台之鑽探與野外露頭所獲得之證據，推論 BH2 平台崩積層下方疑似也有滑動岩體，造成於距河床高 200m 處之坡腹有一平坦面。<br>(5) 圖 5-4 與圖 5-9 為同一剖面圖，唯圖 5-4 僅探討地形特徵因素，圖 5-9 納入調查厚的地質資料。<br>(6)將於穩定分析考量。 |
| (四) 王委員昭堡                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1. 有關本案執行計畫的滾動調整，請團隊協助規劃 108 年相關經費的執行。                                                                                                                                                                                            | 已補充 2-3 節補充。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. 高雄區-甲仙區-D044、D047 經審查會議專家學者討論，一次性大規模崩塌可能性較低，傾向於局部崩塌層的滑動，請團隊考量局部崩塌的管理值及影響範圍。                                                                                                                                                    | 遵照辦理。本計畫後續將依照地質模型進行邊坡穩定分析，並評估影響範圍。管理基準值將參考歷史災害紀錄對應的降雨事件，初步以累積雨量做為管理基準值。                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. 高雄區-甲仙區-D044 涉及南水局甲仙攔河堰管理中心及本局之轄管權限，後續治理建議區分為臨水範圍或蓄水範圍。                                                                                                                                                                        | 遵照辦理。後續治理建議區分為臨水範圍或蓄水範圍。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4. 表 2-3，107 年相關工程已展開，請補充各年期辦理之工程，並註明所涉之大規模崩塌潛勢區。                                                                                                                                                                                 | 已補充於表 2-3。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5. 鹿湖崩塌地已降挖，且已由鄉公所開設便道，請新竹處在颱風豪雨時，提醒鄉公所進行必要的管制措施，以維安全。                                                                                                                                                                            | 該處崩塌地目前尚不穩定。已請新竹處須告知鄉公所颱風或地震可能造成該區再次崩塌。                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (五) 劉主任忠憲                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1. 本次期中報告僅更新 107 年度之委辦費及工程費，而 108 年度則須於第 2 次期中報告才提出，對工程計畫之執行是否合適，尤其 108 年工程可能因此落在汛期施工，不利工程推動執行。                                                                                                                                   | 林務局已於 107 年 10 月 6 日召開工作會議召集各林管處及交大團隊，討論 108 年度委辦案預算。                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. 表 2-2 成效評估表，比較開放式的資料填報可能不利於成效彙整分析，P.2-3，提到本局 106~109 年預定完成 4 處改善工                                                                                                                                                              | 遵照辦理。林務局已於 107 年 10 月 6 日召開工作會議，討論防減災工程執行成效評估方式與預期目標。初步結果詳見 2-4                                                                                                                                                                                                                                                                             |



| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                         | 辦理情形                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 程，現於 106 年已完成 8 處、107 年預計完成 7 處、108 年預計完成 8 處，其處數差異原因或許與本計畫採減災工程，穩定工程有關，建議報告中宜有說明。                                                                                                                                                           | 節。                                                                                                      |
| 3.P.2-17，圖 2-11，六龜區-D015 蝕溝剖面放大圖 106DSM 綠線 107DSM 紅線之變化請加以說明，攔砂壩，固床工之名稱與梳子壩、尾檻是否一致，請再確認。                                                                                                                                                     | 遵照辦理，已向屏東處申請竣工圖確認工項名稱。                                                                                  |
| 4.P.3-12，107 年度活動性評估調查排序建議，高保全重要性，原則排序在前，但卑南-T191 不一樣，總表中看不出評估之轉折，請加以說明。                                                                                                                                                                     | 第一次期中報告原考慮先以 LiDAR 地形特徵等資料進行篩選，考量初步評估無法對每個場址再加深入了解後續可能之破壞機制，另保全對象為是否進一步整治及評估的要件，故仍以保全重要性做為活動性評估場址之篩選依據。 |
| (六) 經濟部南區水資源局                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |
| 1. 本局甲仙攔河堰上邊坡為貴局轄管旗山第 4 林班地上，大規模崩塌潛勢區編號高雄市-甲仙區-D044 及 D047，本報告中之地表地質調查、航（遙）分析、地球物理探測、地質鑽探等調查等幫助本局瞭解此區地質狀況。本局前已執行多項調查、規劃及設計，惟多集中於轄管之堰體及兩側聯外道路，且目前 107 年度甲仙攔河堰新建聯外橋樑可行性評估，已由黎明顧問公司執行當中。後續因高雄市-甲仙區-D044 及 D047 大規模崩塌潛勢區與攔河堰的位置關係，貴我兩局尚有許多合作的機會。 | 感謝委員建議與提供的坡趾處監測資料，交大團隊將納入評估，綜合探討邊坡活動性。<br>後續也將蒐集 107 年度甲仙攔河堰新建聯外橋樑可行性評估的地質調查結果納入探討。                     |
| 2. 過去甲仙攔河堰在 1 號蝕溝和 2 號蝕溝之間靠近道路上邊坡施作整治工程；去年颱風災導致（D-047）3 號蝕溝邊坡坍滑，目前已有工程治理；107 年度甲仙攔河堰新建聯外橋樑可行性評估，目前由黎明顧問公司執行當中，正對位於 D047 區域之聯外道路上邊坡進行進一步詳細調查，並做整治工程之設計，預計年底發包施工。                                                                              | 感謝委員提供的寶貴資訊。                                                                                            |
| 3. 表 3-5 中 94 處依保全重要性評分排序篩選前 20 處中並未列入，反倒是下游 D048 及 D050 兩處被列入，可否重新評估 D044 及 D047 二區保全之重要性。                                                                                                                                                  | D044、D047 的保全重要性高，已於 106 年度進行活動性初步評估，並於今年進行更進一步的地質調查、監測、穩定分析。表 3-5 列出的是 107 年預計新增的活動性評估調查位置。            |
| 4. 建議報告相關圖說，可標示臨近之重要                                                                                                                                                                                                                         | 遵照辦理，會將重要保全對象標示圖中，                                                                                      |

| 委員意見                                                                                                                                                          | 辦理情形                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 結構物(保全對象),如甲仙攔河堰2條通達道路。                                                                                                                                       | 以便理解相關位置。                                                                                                      |
| 5. 本計劃於 D044 土壤傾斜觀測管資料僅列至 105 年, 本局可提供 106~107 年觀測資料(含建物傾斜計、道路沉陷計等資料)供貴局參考, 另尚可提供 D047 計 4 處鑽孔地質資料預計今年下半年會再增作 2 處地質調查, 俟完成後, 亦可提供。另外也請貴局提供本次地質鑽探成果, 以利本局後續評估。 | 感謝委員提供的寶貴資訊, 已向南水局索取 107 年 6 月大雨及 8 月大雨後的監測資料, 並納入活動性評估。<br>D047 今年下半年增作 2 處地質調查俟完成後, 將納入 108 年 D047 地質模型綜合探討。 |
| (七) 李科長膺讚                                                                                                                                                     |                                                                                                                |
| 1. 目前已請林管處提供轄區內依治理經驗較為活動之大規模崩塌潛勢區, 請團隊考量納入明年活動性評估。                                                                                                            | 遵照辦理。108 年度將參考各林管處建議, 若面積超過 10 公頃(大規模崩塌定義), 則納入活動性評估。                                                          |
| 2. 明年度穩定工程項目將提報需求, 請團隊協助檢視相關資料, 讓本計畫有限經費發揮最大效益。                                                                                                               | 遵照辦理。若有相關資料將協助檢視並提出建議。                                                                                         |
| (八) 集水區治理組林技士貴崑                                                                                                                                               |                                                                                                                |
| 本次鑽探調查 BH01, 套繪於地質剖面圖顯示孔內岩性為糖恩山砂岩, 但鑽探岩芯以頁岩為主, 請補充說明原因。                                                                                                       | BH1 岩心判釋為砂岩與泥質砂岩或砂質泥岩互層, 生物擾動明顯, 與糖恩山砂岩岩性相同。地質鑽探報告請見附錄四。                                                       |
| (九) 嘉義林區管理處                                                                                                                                                   |                                                                                                                |
| 1. 附錄二內, 阿里山 T001、T015、T003、T004, 報告書內皆敘述, 位於嘉義縣阿里山鄉, 惟經套疊鄉界, 似乎應皆為「嘉義縣竹崎鄉」, 請再檢核是否有誤? 另建議可於內文敘明保全對象為何?                                                       | 已修正地理位置。                                                                                                       |
| 2. 附錄二內, 附圖 26、45 內有黑白相間路線, 似乎為「阿里山森林鐵路」, 建議可補充圖例說明。                                                                                                          | 已修正。                                                                                                           |
| 3. 日後如果有進行現地調查應需要林管處引導, 建議儘早告知, 因為相關地點可能需要轉知「工作站」及「林鐵處」協助辦理。                                                                                                  | 遵照辦理。                                                                                                          |
| 4. 報告書 P.4-13 (圖 4-12) 與 P.4-15 (圖 4-14), 因皆屬同一潛勢區塊 D015, 圖例色調配設, 是否配合等高線採取一致色調較妥適。                                                                           | 感謝委員建議。                                                                                                        |
| 5. 報告書 P.3-19 之圖 3-14、3-15 指此方向建議一致以便於比對。                                                                                                                     | 已修正。                                                                                                           |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                            | 辦理情形                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>6. 以下疑似誤植或漏列，請參考檢視（報告書內）</p> <p>(1) P.2-3，倒數第二行，106~109 年預計完成 4 處，惟 106 已完成 8 處，107 預定完成 7 處，108 預定完成 8 處，106~109 年預定完成處數是否誤植？</p> <p>(2) P.2-12，倒數第二行，完工照片漏掉圖 2-9。</p> <p>(3) P.3-25，圖 3-24 敘明有（左）空拍及（右）影像，似有缺漏照片。</p> <p>(4) P.4-2 倒數第 8 行，BH03 於深度 43.5m...，似應為 BH07。</p> | <p>(2) 已修正於 2-4 節。</p> <p>(3) 感謝委員指正，已修正。</p> <p>(4) 感謝委員指正，已修正。</p> <p>(5) 感謝委員指正，已修正於 p. 4-2。</p>     |
| (十) 屏東林區管理處                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         |
| P.5-23，表 5-4 地球物理探測測線資料，其中測線總長度為 1,110 公尺，請確認。                                                                                                                                                                                                                                  | 感謝委員指正，已修正於 p. 5-26。                                                                                    |
| (十一) 臺東林區管理處                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |
| 1. P.4-1 六龜區-D015 是否比照 P.5-16 圖 5-9 建立地表地質圖，各資料之綜合說明比較容易比對。                                                                                                                                                                                                                     | 六龜區-D015 地質圖亦以相同方式建立，只是該區岩性單調，所以沒有辦法像甲仙區-D044 分這麼多層。                                                    |
| 2. P.5-24 測線 C 採取地電阻探測與折射震測法探測的結果比對是否吻合，是否有其他缺點，可提供其他作業參考。                                                                                                                                                                                                                      | 若地球物理調查的目的是找崩積層厚度，且預期崩積層厚度小於 50 m，本計畫建議使用折射震測，會比地電阻探測結果容易判釋。                                            |
| 3. APP2-1 延平-T005 大規模崩塌潛勢區位於台東縣卑南鄉，部分屬台東事業區第 3 林班。另建議同一潛勢區之圖面其比例尺及指北方向統一，以利比對。                                                                                                                                                                                                  | 已修正。                                                                                                    |
| 4. P.3-12，表 3-6，107 年度活動性評估調查排序卑南-T191，係位於知本溫泉飯店區的後方，所以保全重要性為高，但篩選排序評分為 1，是否有誤。                                                                                                                                                                                                 | 第一次期中報告原考慮先以 LiDAR 地形特徵等資料進行篩選，考量初步評估無法對每個場址再加深入了解後續可能之破壞機制，另保全對象為是否進一步整治及評估的要件，故仍以保全重要性做為活動性評估場址之篩選依據。 |
| (十二) 花蓮林區管理處                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |
| 1. P.3-8、P.3-2 大規模崩塌活動性評估中，針對大規模崩塌的活動性宜依實際坡面單元予以區塊化，因為實際崩塌活動時會因為崩塌深度的發展，而分期分區崩壞，目前都依地形將全區劃做潛勢區，是否有面積及土方量高估的問題。                                                                                                                                                                  | 大規模崩塌潛勢區的劃設是依據「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局, 105-107 年)計畫成果。較細探討時若發現圈繪不合理處將適度編修範圍。                          |



| 委員意見                                                                                                                                                                | 辦理情形                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. P.5-16 圖 5-9 依大規模崩塌的地質模式，崩塌滑動面除了沿岩土界面發育外，是否可以能依層理面或其他構造面發育，相關的觀測資料如何釐清滑動面的問題。另，現場調查量測的破裂面是否可表示於剖面。                                                               | 由地質調查結果可知 D044 邊坡潛在破壞機制除沿岩土界面滑動，也有可能順向坡見光的順向滑動。將由地質模型進行邊坡穩定分析獲得可能滑動面與範圍。地質調查及 LiDAR 微地形判釋結果會反映於地質剖面圖。 |
| 3. P.7-1 前述章節有提到工程整治的成效評估，本局相關治理工程投入後，能否評估對影響範圍縮減或防治的成效，因為現今的影響範圍劃設，均未將治理工程的功效計入，不知是否合理。                                                                            | 本計畫將評估治理工程完工後，對大規模崩塌潛勢區的活動性影響，詳見 2-4 節。                                                               |
| (十三)羅東林區管理處                                                                                                                                                         |                                                                                                       |
| 3-11 頁 20 處重要性區域中，頭城鎮 D005 已由本處納入本年度監測，建議可將本區之工作刪除，另補其他區域，避免工作重覆。                                                                                                   | 107 年度活動性評估，以無選擇頭城鎮-D005。                                                                             |
| (十四)新竹林區管理處                                                                                                                                                         |                                                                                                       |
| 1. 簡報 19 頁、23 頁有關復興 D010、D012 範圍內，在桃 119 線上邊坡大溪區第 6 林班範圍內 UAV 照片顯示林木覆蓋較差之範圍為竹林地更新造林樹種，非人為開墾。                                                                        | 感謝委員的說明，已修正此錯誤。                                                                                       |
| 2. P.3-19 圖 3-15 圖例 T1 打鹿頁岩與圖內標示 ID 不符請修正。                                                                                                                          | 已修正。                                                                                                  |
| (十五)東勢林區管理處                                                                                                                                                         |                                                                                                       |
| 1. 107 年 5 月 23 日工作執行計畫書審查會議本處所提三點，有關必坦溪 1 號崩塌地治理工程結算及竣工圖說等資料，今日已交付規劃團隊。                                                                                            | 感謝委員提供的寶貴資料。                                                                                          |
| 2. 另有關本處轄台 8 線 109k 道路上下邊坡已發生潛在滑動現象，亦於前次會議建議納入 108 年度觀測地點，本次會議本處已備該路段區之空拍等圖資等資料供規劃團隊參考，惟據悉公路局目前有針對該區做地質鑽探調查之計畫，是否有其他部分之監測調查項目則未知，基於該區係為轄屬林班地，仍建請納入本計畫 108 年活動性評估場址。 | 感謝委員建議，將優先考慮將該處納入 108 年 10 處活動性評估場址之一。                                                                |
| (十六)南投林區管理處                                                                                                                                                         |                                                                                                       |
| 1. 中高保全重要性評分之大型崩塌潛勢區活動性評估自 P.3-1~3-4 引用林務局及日本等國內外之建置方式，惟其結果仍                                                                                                        | 本計畫考量大型崩塌潛勢區之破壞機制、重大颱風事件影響，以及實務可操作為原則，提出活動性簡易評估法，針對尚                                                  |

| 委員意見                                                           | 辦理情形                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 屬偏頗不足或尚待舉理考證，請列表評估其差異性及對本案可適宜之參考，並請分析比較本計畫提出活動性簡易評估法與前提所列不同之處。 | 未設置監測儀器的崩塌潛勢區，進行活動性簡易評估。考量地貌特徵於不同時期的變化，蒐集大規模崩塌潛勢區早期與近期(間隔 30 年以上)的航空照片進行航照判釋，比較崩崖、蝕溝、地表植生、河道沖刷等地貌特徵變化，評估活動性。 |
| 2. 另表 3-6 中建議之活動性評估調查排序，可否增加現地溪各及轉蝕溝發展之特性、未來發展趨勢及後續防範機制。       | 已更新各崩塌潛勢區活動性評估結果與可能崩塌行為。                                                                                     |
| (十七)楊副局長宏志                                                     |                                                                                                              |
| 1. 南庄鄉鹿湖區的崩塌，如果經由觀察調查回溯，或許可找出一些現象原則，做為以後防範的參據。                 | 遵照辦理。由多期航照與衛星影像、災後 UAV 正射影像判釋，可知坡面上蝕溝逐年上溯至接近稜線，造成表層風化岩體崩落，並影響邊坡表層風化岩體穩定性，最終全面崩滑。                             |
| 2.3 孔中有 1 孔未完成部分，能否補強或其他調查方式？                                  | 3 孔地質鑽孔皆已順利完成，並裝設監測儀器。                                                                                       |
| 3. 請治理組將以前曾真實鑽探的位置、地點、鑽探深度時間現象等，彙整一圖。                          | 遵照辦理。                                                                                                        |
| 決議事項：                                                          |                                                                                                              |
| (一) 本案請國立交通大學參考各委員意見及承諾事項修正，依期程辦理後續事宜。                         | 遵照辦理。                                                                                                        |
| (二) 本案第 1 次期中報告期中簡報暨報告書經討論原則通過，同意依契約第 5 條規定撥付第 2 期款(契約總額 20%)。 | 敬悉。                                                                                                          |

行政院農業委員會林務局  
「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測  
第 2 期」第 1 次期中報告  
審查會議簽到單

壹、開會時間：107 年 7 月 12 日（星期四）下午 2 時 30 分

貳、開會地點：本局 5 樓會議室

參、主 持 人：楊副局長宏志

楊宏志

肆、出席委員：

| 審 查 委 員 | 簽 名 處 |
|---------|-------|
| 林委員美玲   | 林美玲   |
| 陳委員文山   | 請假    |
| 蘇委員苗彬   | 苗彬    |
| 費委員立沅   | 費立沅   |
| 劉委員忠憲   | 劉忠憲   |
| 王委員昭堡   | 王昭堡   |



伍、出（列）席單位及人員：

| 單位/人員     | 簽名處        |                   |
|-----------|------------|-------------------|
| 單位(機關)    | 職稱         | 姓名                |
| 水土保持局     |            | 請假                |
| 水利署南區水資源局 |            | 專科員 陳文榮 農林工程 陳佩琳  |
| 羅東林區管理處   | 技士         | 林維祥               |
| 新竹林區管理處   | 技正         | 吳豐瑞               |
| 東勢林區管理處   | 技正         | 吳道興               |
| 南投林區管理處   | 技士         | 張正坤               |
| 嘉義林區管理處   | 技士         | 黃光啟               |
| 屏東林區管理處   | 技士         | 陳建良               |
| 臺東林區管理處   | 專員         | 林潤榮               |
| 花蓮林區管理處   | 技正         | 潘景玉               |
| 集水區治理組    |            | 李慶鴻 林貴龍           |
| 國立交通大學    | 廖志中<br>胡寶珠 | 潘以文<br>李國維<br>王慧蓉 |

陸、散會：下午 17 時 30 分

會議名稱：第 2 次期中簡報暨報告書審查會議

會議時間：107 年 12 月 12 日下午 3 時 15 分

會議地點：林務局 5 樓會議室

主 持 人：楊副局長宏志

紀錄人員：林技士貴崑

| 委員意見                                                       | 辦理情形                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (一) 林委員美聆                                                  |                                                                                                                                             |
| 1. 本期計畫工作項目多，報告內容順序建議再加以編排，少量敘述及錯字請更正。                     | 感謝委員的指正，遵照辦理。                                                                                                                               |
| 2. 表 2.1 所列各項順序（委辦、治理、監測、調查）等，宜與評估之活動性及危險度等相對應。            | 表 2-1 的委辦與工程治理順序，已修正依照各潛勢區的活動性評估結果、危險度排序。                                                                                                   |
| 3. 建議對於前期發生度、保全度等，與本次活動性評估之比對加以討論說明，並反應於風險管理策略或措施。         | 前期發生度與本計畫活動性評估結果之比較。本計畫將據此提出調查規劃與防減災工程建議。                                                                                                   |
| 4. 活動性評估結果中，順向及圓弧（非）並列，在總體評分中所佔比例宜加以說明。                    | 若兩種破壞機制於該潛勢區皆有可能發生，本計畫挑選活動性較高者進行評分，進行危險度排序。                                                                                                 |
| 5. 各潛勢區已規劃處置措施外，除治理有年度規劃期程之考量，在保全對象評分較高處，宜先進行減災防災之軟體策略。    | 本計畫針對甲仙區-D044、D047 潛勢區為例，提出訂定管理基準值與研擬減災策略的方法與流程，可做為其他潛勢區研擬防減災策略之依據。                                                                         |
| 6. 高雄市-六龜區-D015 已完成之各項調查成果，建議應進行交互比對，並回饋到穩定分析，並與穩定分析成果相驗證。 | 本團隊 106 年已基於地表地質調查、折射震測、及地質鑽探結果，繪製 D015 之平面及剖面地質圖，考慮地質模式、崩塌機制挑選代表剖面進行邊坡穩定分析。107~108 年仍持續進行監測(測傾管、水位計、正射影像與 DSM)，若發生超大豪雨事件或震度 5 級以上事件，將互相驗證。 |
| 7. 甲仙攔河堰高雄市-甲仙區-D044 傾斜管已測得明顯之移動，宜加以注意。                    | 遵照辦理。疑似剪動面之剪動量約 4 mm，持續監測結果於 6-1 節說明。                                                                                                       |
| 8. 成效評估之目標宜加以釐清，建議參考原工程設計原則評估。                             | 本計畫考慮各防減災工程設計原則及治理目的、保全對象的特性，研擬各項評估指標，作為成效評估之依據。                                                                                            |
| (二) 蘇委員苗彬                                                  |                                                                                                                                             |
| 1. 本案執行國有林地大規模崩塌，從影像與地質調查的方式進行評估，大致                        | 感謝委員的肯定。                                                                                                                                    |

| 委員意見                                                                                              | 辦理情形                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 良好，成效亦具體。                                                                                         |                                                                                    |
| 2. 大規模崩塌仍有「已發生」及「潛勢區」的差別，建議治理工程仍以已發生大量崩塌者來進行處理。                                                   | 感謝委員建議，目前大部分的治理工程都集中於已發生崩塌、或已出現未來可能大量崩塌跡象的區域。                                      |
| 3. 必坦溪評估仍具危險性，坡面上應仍有多不穩定的土石堆積，如無進一步處理，則須注意防災避難，尤其現中橫便道通車，應注意。                                     | 本計畫於必坦溪 1 號崩塌地治理工程完工後，持續關注治理成效。評估結果如 2-4.2(一)所述。                                   |
| 4. P.2-45 奧萬大 4K+600，可以明顯看到淤積嚴重，深槽攻擊道路下邊坡，建議南投處應考量大量整體的處理河道淤積；本區屬水庫集水區，應可編列較多的經費。高雄市-甲仙區-D044 亦同。 | 感謝委員建議，奧萬大連外道路 4K+600 周邊邊坡保護工程成效評估詳見 2-4.2(二)。<br>高雄市-甲仙區-D044 的減災策略，後續將於 6-6 節探討。 |
| 5. 在 P.3-9 表 3-2 扣除小於 10 公頃應注意大規模崩塌為潛勢區，可能會有後續擴大的情事。                                              | 感謝委員建議，小於 10 公頃的崩塌的確也有可能造成很大的災害，但由於小於 10 公頃的潛勢區數量眾多，建議可於下一期計畫辦理調查。                 |
| 6. 臺東縣-太麻里鄉-D038 空拍照片看來 (P.3-62) 受後方道路影響很大，排水無控制，這樣的情況普遍存在，應特別注意，尤其有很大的保護對象。                      | 現地勘查也認為道路開發形成人造水路、大雨時逕流集中，造成下邊坡持續崩塌，已建議台東處可先處理道路排水，避免災害擴大。                         |
| 7. P.4-8，高雄市-六龜區-D015，BH-03 的傾斜管變化已達 24mm，應為明確的滑動，線型不太好，應予注意。                                     | 檢視變形凸出處的鑽探地質記錄，該處岩盤較為破碎，可能回填灌漿固結不實。另外該孔口口遭當地民眾整地時，受機具輾壓下陷，可能也是造成地底下不規則變形之原因。       |
| 8. 本計畫之微地形判釋良好。                                                                                   | 感謝委員的肯定。                                                                           |
| (三) 費委員立沅                                                                                         |                                                                                    |
| 1. 大規模崩塌潛勢區監測減災規劃(表 2-1)之成果非常值得肯定，建議請各權責管理單位，仔細檢視「減災工程與穩定工程建議」之內容，並提出回饋反應。                        | 感謝委員的建議。                                                                           |



| 委員意見                                                                                                                                                              | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2. 大規模崩塌潛勢區防減災工程成效評估(表 2-5)及蒐集過往資料所做的討論，內容極為完整，但是大規模崩塌潛勢區所具有的特性－崩塌面積廣、滑動深度深、調查及監測不易、地質及水文地質條件複雜、具多區塊相嵌連動特性、運動型態從緩慢轉趨快速、時間尺度很難推估等，因此在進行治理成效評估時，須針對工程標的細緻考量。</p> | <p>感謝委員建議。本計畫依此概念考慮各防減災工程的治理目的及保全對象的特性，研擬成效評估方案以及各項評估指標。將治理成效分為對局部的影響或對整體大規模崩塌的影響。</p> <p>局部或漸進式崩滑治理成效將評估局部地形地貌變化，評估項目包含崩塌裸露範圍變化、防砂壩阻擋土砂量、蝕溝變化、工程構造物狀況等，據以判斷是否達到治理目的。</p> <p>一次性大規模崩塌成效評估，本計畫將依據該場址可能產生大規模崩塌之機制及位置配合地表及裸露地之地形變化(若有製作地表數值高程)、監測等說明治理工程之成效。</p> |
| <p>3. 107 年完成之 12 處場址活動性評估，各場址所附區域地質圖及地形剖面圖中，請儘量能增加場址附近的地層位態。</p>                                                                                                 | <p>遵照辦理，會將流域地質圖有標示，及現場量到的露頭位態都加入。</p>                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>4. 高雄市-六龜區-D015 之潛勢區分析，例如圖 4-2 及 4-3 之層面傾角，請考慮以曲線或折線表示。綜合 RQD、風化及層面數據，是否可以得到有關重力變形、岩體特性或地下水特性之分析成果？</p>                                                        | <p>層面傾角依照於不同深度量到的傾角角度，連成一條傾角隨深度變化的折線。搭配鑽孔孔內造影結果，可知層面傾角的確隨深度變化且可觀察到重力變形的跡象。</p>                                                                                                                                                                                |
| <p>5. 高雄市-甲仙區-D044、D047 之潛勢區現況，有關隘寮腳層與鹽水坑頁岩之界線，以本調查區為例，似乎非為「砂岩層」，而是「粉砂頁岩薄互層岩段」，建議於表 5-2 以大於多少公尺粗估其厚度。圖 5-9 剖面之 SRM，建議畫成圓弧狀，目前似較趨平臺狀，易被視為階地地形。</p>                 | <p>感謝委員建議，表 5-2 已修正於 p.5-14。地質剖面圖的 SRM 底部，是依目前鑽探結果及野外露頭調查結果推估，若後續計畫有更進一步的鑽探調查，會再進行修正。根據目前鑽探岩心判釋，平台地形應為早期順向滑動的量體，非河階地。</p>                                                                                                                                     |
| (四) 王委員昭堡                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>1. 有關成效評估部分係因本局在大規模崩塌防減災計畫的經費有限，而且要呈現資本門經費的效益，目前先行蒐集相關工程資料，先有評估方法，請各林管處先填表，以便回饋給交大</p>                                                                         | <p>感謝委員意見，遵照辦理。</p>                                                                                                                                                                                                                                           |

| 委員意見                                                                                                                   | 辦理情形                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 團隊修正治理成效評估方法，但未來本項工作成果還是會跟水土保持局接軌。                                                                                     |                                                                                                                         |
| 2. 水保局未來將會公布 40 處大規模崩塌潛勢區，並設定各潛勢區管理值，例如利用簡易觀測站(Anchor 系統)，本計畫應注意水保局相關工作進度及成果，以便資訊公開時可快速銜接；另本局所用舊的單頻 GPS 系統，是否可作為管理警戒值？ | 本計畫將持續蒐集水保局相關工作進度及成果。屏東處將以六龜區-D015 潛勢區測試香港 Anchor GPS 系統即時傳輸、即時解算。                                                      |
| 3. 108 年度和 109 年度相關經費的規劃運用，再由本局承辦與交大團隊依實際需求修正。                                                                         | 感謝委員意見，遵照辦理。                                                                                                            |
| (五) 經濟部南區水資源局                                                                                                          |                                                                                                                         |
| 本局甲仙攔河堰屬本計畫大規模崩塌潛勢區保全對象，計畫成果顯示甲仙堰側邊坡崩積層平均厚度 3 公尺，綜合監測成果顯示 D044 及 D047 坡趾不穩，並且潛在滑動面可能通過岩盤，後續比較分析結果仍請提供本局參考。             | 後續監測結果將與貴局交流分享。                                                                                                         |
| (六) 集水區治理組林技士貴崑                                                                                                        |                                                                                                                         |
| P5-19 地質圖及地質剖面圖繪製精良，惟請再檢核岩性界線，是否符合地質圖繪製原則，另圖例「108 年預定鑽探孔位」誤植，請修正。                                                      | 地質圖與地質剖面圖已修正於 p.5-44。                                                                                                   |
| (七) 羅東林區管理處                                                                                                            |                                                                                                                         |
| 1. 有關報告書中 5-5.2 至 5-5.3 各項力學試驗的成果研究團隊如何看待與解讀？                                                                          | 顯示本區岩石與崩積層材料強度參數很低，搭配地表地質調查與岩心判釋結果，本區崩積層固結差、岩層易受地下水影響風化。                                                                |
| 2. 圖 6-1~圖 6-3 傾斜管之觀測資料中，各孔 4 個月之觀測期內，各孔的位移量都超過 2mm 以上，研究團隊如何解讀？                                                       | 本計畫使用本計畫使用 Geokon GK604d 數位傾斜儀，系統精度(system accuracy)為 $\pm 3 \text{ mm}/30 \text{ m}$ 。因此變化尚在誤差範圍內。變位需隨時間有一致的變化趨勢，較有意義。 |
| 3. 圖 5-9 剖面圖上，A-A' 及 B-B' 剖面的觀測井位置是否有標錯？                                                                               | 地質圖與地質剖面圖已修正於 p.5-44。                                                                                                   |
| (八) 新竹林區管理處                                                                                                            |                                                                                                                         |
| 1. P3-24，表 3-10 評分總分誤植。                                                                                                | 感謝委員指正，已修正於 p.3-74。                                                                                                     |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                | 辦理情形                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. P.3-70, 有關鹿湖崩塌地部分, 因坡面仍有持續落石, 極不穩定, 考量施工人員之安全, 宜保全對象之鹿山聯絡道及更阿布橋已無法再使用, 尚無法進場辦理整治, 本處已於 4、5、7 月邀集公所、縣府、水保局多次會勘, 並建請相關單位本權責分工妥處。本處將持續協助鹿場溪淤積土石疏通工作, 爰建議小結內「不建議汛期結束前進行治理」之說明, 改以「俟坡面漸穩定後再評估治理需求」代替。 | 遵照辦理, 已修正於 p.3-74。                                                                                                                                                                                      |
| 3. 有關桃園市-復興區-D010 及 D012 兩處潛勢區之活動性評估為中、後續減災穩定工程建蝕溝控制, 惟參 3-18~3-24 之分析說明蝕溝位於桃 119 下邊坡之桃 112 上邊坡之保留地部份位處桃 119 土坡, 其後續整治尚非本處權責, 惠請交大團隊整理此一處相關資料, 再由本處函送桃園市政府參辦。                                       | 遵照辦理。將把潛勢區調查資料提供貴處。                                                                                                                                                                                     |
| (九) 東勢林區管理處                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                         |
| 1. P.2-41 圖 2-6 的註明似乎不太適合, 請檢視。                                                                                                                                                                     | 感謝委員指正, 已修正於 p.2-39。                                                                                                                                                                                    |
| 2. P4-1 傾斜管變位量結果, 建議補充相關變動類別判斷表的文獻資料作為判釋之輔助。                                                                                                                                                        | Chigira (2009)經日本多案例歸納, 深層滑動達致災性破壞前之臨界應變落在 1%~16%間, 可保守假設臨界應變為 1%。對於潛在滑動區已埋置完善傾斜觀測管的場址, 可利用傾斜管的應變作為基準值。在傾斜管測得之滑動區間內, 若每間隔 50 cm 內之位移差額達 5 mm, 剪應變即達 1%, 可視為位移監測警戒值。然須需考量裝設測傾管前地盤可能已存在前期位移, 因此警戒值可再適度降低。 |
| 3. 高雄市-甲仙區-D044、D047, 107 及 108 鑽探及地物探查佈設深度約 40m 內, 是否足夠輔助崩塌情形(順向坡滑動)之判斷, 或是僅針對崩積層再次活動之調查而佈設。                                                                                                       | 本區岩層傾角約 38°, 平均坡度約 20°, 僅部分坡趾受河道凹岸侵蝕有 daylight, 其他部份應無岩層順向滑動。鑽孔以地質調查及監測潛在滑動面為主。                                                                                                                         |
| 4. P.5-33 圖 5-25、5-26 建議將 BH-2 之                                                                                                                                                                    | 感謝委員寶貴的建議, 將於後續報告調整排版。                                                                                                                                                                                  |



| 委員意見                                                                                                                                                                                                                | 辦理情形                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 鑽孔柱狀圖套入，可輔助判釋。                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                      |
| (十) 南投林區管理處                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                      |
| P3-80:有關南投縣國姓鄉清德寺崩塌地目前經南投處辦理之 107 年於蝕溝下游施做防砂壩主壩、副壩及護坦各一座、土袋溝、集水坑 4 座、護岸、第二階護坡、固床工、橫向木樁暨喬木植栽等，所涉短中長期減災策略及安全性處置因應為何？建請增納相關研析評估。                                                                                       | 106 年 6 月 20 日的崩塌使得原留在邊坡上之土砂大量運移，並造成下游蝕溝擴寬，及兩側邊坡崩塌。由 107 年 8 月 15 日之空拍結果顯示，崩崖仍持續後退。另外，106 年 6 月東側蝕溝開始上溯，顯示東側亦開始不穩定。本區蝕溝發育發達，崩塌亦有重複性，應坡面排水、避免雨水沿崩崖入滲崩塌體、降低崩塌體含水量。     |
| (十一) 嘉義林區管理處                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                      |
| 1. P3-12 表 3-5 採用的航空照片，有些數量多，有些較少，參採之根據（如年分、照片數量）可補充說明用意；另大部分航空照片首尾間隔 30 年以上，但新竹縣-尖石鄉-D022 僅 21 年，是否沒更早照片或原因為何；另「苗栗南庄鹿湖崩塌地」採用 6 張不同年分照片，但為何僅採用到 98 年，無近期資料。                                                         | 感謝委員建議。新竹縣-尖石鄉-D022 沒有更早、清楚的航空照片。苗栗南庄鹿湖崩塌地附近有軍事要地，故近 10 年來都沒有新的航空照片。                                                                                                 |
| 2. 報告書 4-2 節提到作為警戒之即時監測以「降雨量」較為可行，考量極端氣候之影響，除累積雨量的影響外，是否可納入「短延時，強降雨」情形，另建議，列出各區不同「重現期距」雨量值，以供日後遇大豪雨以上等級降雨事件比對參考？另連續多日豪雨等級降雨是否亦有納入警戒之可能。                                                                             | 本計畫以六龜區-D015 為例，統計歷史降雨事件對潛勢區崩塌的影響。統計結果顯示單一事件之累積降雨量(非 24 小時降雨量，包含多日豪雨)與邊坡破壞較相關，與降雨強度較無關係。                                                                             |
| 3. 報告書似有部分內容遺漏或誤植，提供如下，請檢核補正。<br>(1) P.2-16 第 5 行委辦費用 106~109 年分別為 17,767、18,075、19,900、19,900 與 P.2-23 表 2-4 不一致。<br>(2) P.2-26 第 3 段第 2 行...進行執行成效評估，流程如圖 1，似應為圖 2-4。<br>(3) P.3-24 表 3-10 總分加總應為 6 (2+2+2)，不是 5。 | 感謝委員指正，已修正如下<br>(1)已修正於 p.3-19。<br>(2)已修正於 p.2-24。<br>(3)已修正。<br>(4)已修正於 p.3-66。<br>(5)已修正。<br>(6)已修正於 p.4-3。<br>(7)已修正於 p.4-21。<br>(8)已修正於 p.5-1。<br>(9)已蒐集相關報告待釐清。 |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 辦理情形                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <p>(4) P.3-62 (二) 活動性評估最後一行，(6 分) 及詳見表 3-17，似應為 (5 分) 及詳見表 3-18。</p> <p>(5) P.3-69 (二) 活動性評估，未見評分結果表。</p> <p>(6) P.4-3 第 3 段內(簡易監測站累積雨量)「值」漏打。</p> <p>(7) P.4-18 表 4-3 標題年份配合表記錄，應改為 81~107 年；表 4-4，應改為 65~107 年。</p> <p>(8) P.5-1、5-2 各標題地層「出露地點」：臺南縣→臺南市，○○鄉→○○區。</p> <p>(9) P.5.7 表 5-1，97 年孔數依內文敘明 5 孔，但表內僅列出 4 孔資料。</p> |                                                                           |
| (十二) 屏東林區管理處                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                           |
| 1. P6-1，D044 以傾斜管監測資料，建議加附天然事件時間表，以利比對位移發生之關聯性。                                                                                                                                                                                                                                                                              | 本計畫已初步整理雨量資料於 p.4-23。後續將綜合探討。                                             |
| 2. P5-42，內容第三段「…後續甲仙區公館里保全對象的安全性評估…」，請查明是否為甲仙區大田里公館聚落。                                                                                                                                                                                                                                                                       | 感謝委員指正，已刪除該段文字。                                                           |
| (十三) 臺東林區管理處                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                           |
| 1. P2-13 表 2-1 建議增列所屬轄管事業區及林班編號、座標點位等資料。                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 106 年的大規模崩塌潛勢區詳細資料請參考「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測」(林務局，106)。107、108 年資料將於後續新增。 |
| 2. P2-20 表 2-3 臺東處 107 減災工程經費建議以實際發包金額填列；另 108 年度減災工程(2 件)經評估後先持續觀察，暫緩施作；109 年度工程俟 108 年評估後再做修正工程內容調整。                                                                                                                                                                                                                       | 將於 108 年底修正 108 經費執行情形。                                                   |
| 3. 為配合本計畫填寫之大規模崩塌潛勢區防減災工程完成成效資料表單內容格式(電子檔)，建議儘早提供管理處工程承辦人員於工程完工時填寫紀錄。                                                                                                                                                                                                                                                        | 遵照辦理。                                                                     |

| 委員意見                                                                                                                                                           | 辦理情形                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| (十四)花蓮林區管理處                                                                                                                                                    |                                                                    |
| 1. P.2-5，最後 1 段（攔砂壩），一般作蝕溝控制時皆稱節制壩，另在目前水土保持手冊中已無攔砂壩的名詞，野溪皆改稱為防砂壩。                                                                                              | 遵照辦理，已修正。                                                          |
| 2. P.2-47，在紅水仙溪崩塌地整治工程文字描述中，有防砂壩與攔砂壩交互出現，但本文應指同一座壩，建議文字可調整一致。                                                                                                  | 遵照辦理，已修正。                                                          |
| 3. P.3-21，活動性評估二段文字描述，前段由 UAV 判釋說明中末段（倒數第二行）顯示滑動量明顯且非快速長距滑移；而後段圖 3-19 航照地貌判釋結果，D012 崩崖無明顯變化，但在最後三行活動性評估中，D010 得到 6 分，而 D012 卻只有 5 分，是否另有其他考量因素。表 3-1 總分數字是否誤植。 | 本計畫活動性評估以「是否可能發生一次式大規模崩塌」，以航照立體對判釋之長期地貌特徵變化為評分依據，局部的小變化不一定會影響整體結果。 |
| 4. P.4-12，UAV 定期空拍，對於地形產製（DSM）後的比對，可再加強補救。                                                                                                                     | UAV 定期空拍結果已補充於 4-1.3 節。                                            |
| 5. 7-2 節，蒐集水土保持局執行策略結果，但內文略顯單薄，宜再加強補描述。                                                                                                                        | 水保局目前還沒定調，後續將持續蒐集結果。                                               |
| (十五)楊副局長宏志                                                                                                                                                     |                                                                    |
| 有關必坦溪上游尚有部分裸露地，有岩屑崩落疑慮，請東勢處行文建議公路權管機關施設防落石裝置。                                                                                                                  | 遵照辦理，將提供資料給東勢處。                                                    |
| 決議事項：                                                                                                                                                          |                                                                    |
| 1. 本案請國立交通大學參考各委員意見及承諾事項修正，依期程辦理後續事宜。                                                                                                                          | 遵照辦理。                                                              |
| 2. 本案第 2 次期中報告期中簡報暨報告書經討論原則通過，同意依契約第 5 條規定撥付第 3 期款(契約總額 15%)。                                                                                                  | 敬悉。                                                                |



行政院農業委員會林務局  
「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測  
第 2 期」第 2 次期中報告  
審查會議簽到單

壹、開會時間：107 年 12 月 12 日（星期三）下午 3 時 15 分

貳、開會地點：本局 5 樓會議室

參、主 持 人：楊副局長宏志

楊宏志

肆、出席委員：

| 審 查 委 員 | 簽 名 處    |
|---------|----------|
| 林委員美聆   | 林美聆      |
| 陳委員文山   | 請假       |
| 蘇委員苗彬   | 苗彬       |
| 費委員立沅   | 請假（書面意見） |
| 劉委員忠憲   | 請假       |
| 王委員昭堡   | 王昭堡      |

伍、出（列）席單位及人員：

| 單 位/人 員   | 簽 名 處                     |     |
|-----------|---------------------------|-----|
| 單位(機關)    | 職 稱                       | 姓 名 |
| 水土保持局     |                           | 請假  |
| 水利署南區水資源局 | 副工程師                      | 蕭軒梅 |
| 羅東林區管理處   | 技士                        | 林維祥 |
| 新竹林區管理處   | 技正                        | 吳雲峰 |
| 東勢林區管理處   | 技士                        | 唐漢國 |
| 南投林區管理處   |                           | 請假  |
| 嘉義林區管理處   | 技士                        | 黃浚駿 |
| 屏東林區管理處   | 技士                        | 陳建良 |
| 臺東林區管理處   |                           | 請假  |
| 花蓮林區管理處   | 技正                        | 潘家玉 |
| 集水區治理組    | 翁儷志 林貴崑                   |     |
| 國立交通大學    | 廖志中 潘以文<br>胡寶銘<br>史文文 翁嘉嘉 |     |

陸、散會：下午 5 時 30 分

會議名稱：第 3 次期中簡報暨報告書審查會議

會議時間：108 年 5 月 20 日下午 2 時整

會議地點：林務局 5 樓會議室

主 持 人：楊副局長宏志

紀錄人員：林技士貴崑

| 委員意見                                                                                    | 辦理情形                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (一) 林委員美聆                                                                               |                                                                                                                                                               |
| 1. 本次期中已將活動性評估項目加上評分，可得到具體評分資料，具有良好的價值。                                                 | 感謝委員建議。                                                                                                                                                       |
| 2. 本次進行活動性評估之區位，在進行各項評估時，建議除蝕溝外，歷年崩崖變動，地表變遷、滑動體擴大等項目，均宜納入評估，                            | 已將崩崖(main scarp, minor scarp)變動也納入評分項目。地表裸露範圍變化也納入評分。潛勢區內滑動體擴大的情況較少，一併納入地表裸露變化進行評估。                                                                           |
| 3. 部份蝕溝發育並不與大規模崩塌具有關聯性，故宜先釐清蝕溝與崩塌是否聯動，部份蝕溝發育後期已脫離崩滑體（紅水仙）。                              | 本計畫與前期計畫針對 D015、D044、D047 等重點場址，進行詳細的地質調查，建立地質模式，了解邊坡破壞行為與可能破壞機制，釐清蝕溝與大規模崩塌之間的關係。                                                                             |
| 4. 目前評估活動性之大規模崩塌，資料所顯示之影響範圍來源宜加以說明，影響範圍之合理性，宜依現地地形加以評估。                                 | 本計畫針對 D015、D044、D047 等重點場址的影響範圍，採用邊坡穩定分析軟體計算暴雨、地震時可能的邊坡滑動範圍，再進行崩塌體運移模擬計算影響範圍。其餘高、中危險度大規模崩塌潛勢區的影響範圍，引用「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」計畫(林務局, 105-107 年)的結果。已將影響範圍資料來源補充。 |
| 5. 治理工程成效評估，除針對工程本身之目的加以評估外，各項工程合併對於大規模崩塌之整體穩定性影響，宜加以綜合評估。                              | 遵照辦理。已補充各治理工程對潛勢區整體穩定性的影響。詳見 2-3.2 節各整治工程的「(二)一次性大規模崩塌」段落。                                                                                                    |
| 6. UAV 各期成果之校正宜再加強。                                                                     | 本計畫針對潛勢區內的裸露範圍進行多期 UAV 空拍，每一次空拍均合理佈設地表控制點及檢核，確保每次空拍成果的水平與高程精度控制在 5~15 cm。                                                                                     |
| 7. 各大規模崩塌已收集多期圖資，建議對於各崩塌區位進行滑動塊體整體評估，尤其目前 D044、D047 鑽孔深度均不足，由圖判釋崩崖及滑動體，可得更全面性之資訊，現地監測亦只 | 本計畫由 LiDAR 坡度圖對 D044、D047 進一步判釋，補充於 5-2 節，微地形判釋結果如 p.5-18。若後續地中變位監測結果有觀察到滑動面亦會標示。                                                                             |



| 委員意見                                                                 | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 顯示淺層擺動。                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8. 地形剖面目前以崩積體崩崖下方位置之地表予以標示，較不合理，宜以前後地形剖面加以比對。                        | 感謝委員建議，目前地形剖面的崩崖位置是由 1m LiDAR 坡度圖微地形判釋結果決定、標示。                                                                                                                                                                                                              |
| (二) 蘇委員苗彬                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1. 本案有管理基準值的訂定，應隨時注意隨著監測系統的運作，對現地掌握更好後，可以修正與調整。                      | 遵照辦理。                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. 建議 P.1-8 流程圖可以加註明第三次期中重要的工作項目，報告中應注意前期工作已審查過，本次應以此期執行之工作為主。       | 遵照辦理，於本報告第一頁說明第四次報告更新、修改的工作項目，以便閱讀。                                                                                                                                                                                                                         |
| 3. 如 P.2-36，必坦溪今年的變化應持續追蹤，奧萬大的問題亦應持續觀察，多處崩塌均有河道大量淤積，阻礙水流造成深槽攻擊兩岸的情況。 | 遵照辦理，本團隊於 108.7.5 現勘，並將必坦溪今年的變化補充說明於 2-3.2 節「一、必坦溪 1 號崩塌地治理工程」。                                                                                                                                                                                             |
| 4. P.2-62 崩坪坑野溪整治工作，整成很寬的河道，是否適合？可以考慮營造深槽，引導河道下切束縮，以利輸砂。             | 感謝委員建議，本團隊將此意見提供屏東林管處。                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5. P.3-20 的第二次期中評估結果可以另附，P.3-86 今年三處評估結果皆低，是否考慮選取原則須再調整？             | 已評估過的結果移到附錄六。108 年活動性評估結果已更新至 3-4.2 節。                                                                                                                                                                                                                      |
| 6. P.4-7 的傾斜管變化較明顯，但部分不合理應加強，P.6-3 新設的傾斜管亦不合理。                       | 已於 4-1.1 節，補充說明 BH3 變形不合理的原因：「BH03 於深度 11 m、20 m 各有一處不合理的凸出變形，檢討鑽探地質記錄及傾斜觀測管施工記錄後發現，該深度岩層較為破碎、且傾斜觀測管施工完成後回填灌漿時一直漏漿，研判傾斜觀測管於該深度可能沒有與岩盤完全固結、形成空洞，造成該深度局部凸出變形。此外該孔孔口常遭當地民眾整地時受機具輾壓下陷，可能也是造成地底下不規則變形之原因。」<br>新設的 107BH1 於深度 21 m 疑似有一剪動面且剪動量持續增加，監測結果補充於 6-1 節。 |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. P.7-8 的 7-2 節資料仍有待加強，應有第八章做成結論與建議及後續工作重點。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 遵照辦理，已加強 7-2 節內容。並將於期末報告增加第八章結論與建議。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (三) 費委員立沅                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1. 有關甲仙區 D044 及 D047：(1) 圖 5-1 建議仍以原圖之指北方向置於報告中；(2) 將西區依坡度分為 3 區，其意義為何？是否可在圖 5-4 及 5-9 表現？(3) 表 5-1 的編碼與圖 5-7 不符；(4) 圖 5-9 在 D044 及 D047 之蝕溝分布不一致，但其地質條件類似，是否有特別因素影響？(5) 圖 5-10 對於鹽水坑頁岩分為 Si/SH、SiSH 及 Si-SH，請考慮是否分為 3 類岩段？且粉砂岩是否調整為泥岩？(6) 建議利用 1m DEM 將兩區範圍內之產業道路劃出來，以評估其與歷年正射影像判釋之崩塌地變化關係。(7) 折射震測目前能夠分辨崩積層與新鮮岩盤界線，但是否能對於岩體有更細之分段功能，且估計之崩積層厚度與鑽井結果不一致，宜整合。(8) 108 年 BH1 鑽井破碎岩盤中之淺灰色粘土，代表意義為何？(9) 圖 5-37 顯示主要不穩定區都在鹽水坑頁岩，請嘗試探討岩性與崩塌機制關係？(10) 經詳細調查，D044 及 D047 之範圍須否調整？(11) 崩積層三軸壓縮試驗之摩擦角似與所含岩塊比例關係密切，可否得到較清楚之結論？ | (1) 遵照辦理，已修正於 p.5-3。<br>(2) 由 LiDAR DEM 將潛勢區地形依照坡度分為坡頂(順向滑動殘坡)、坡腹(平台區)與坡趾(D044 有岩盤裸露，D047 則為崩積層覆蓋)三個部分，並標示於圖 5-4。<br>(3) 已修正圖 5-7。<br>(4) D047 因為坡趾處崩積層較厚，所以蝕溝較為發達。<br>(5) 感謝委員建議，已將 Si/SH、SiSH 及 Si-SH 分為 3 類岩段，補充於表 5-2。<br>(6) 遵照辦理，後續將配合 D044、D047 汛期後空拍結果探討崩塌地的變化。<br>(7) 已重新整理折射震測結果，整合崩積層厚度與鑽井結果，詳見 5-4.2 節。<br>(8) 108BH1 深度 36.12m~55.6m 為崩積層(滑後岩體)，深度 55.6m~64.5m 為崩積層(滑後岩體)下部，其基質部分為淺灰色黏土具有剪動特徵與擦痕，而岩石部分由破碎角狀碎屑組成，故其代表意義應指示該深度為滑後岩體下部之剪裂帶。<br>(9) 本計畫綜合調查結果，於 5-7 節說明高雄市-甲仙區-D044、D047 大規模崩塌潛勢區邊坡特性與可能破壞機制。<br>(10) 潛勢區的外框目前依照「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」計畫(林務局, 105-107 年)圈繪結果暫不調整。但地貌特徵判釋與活動性評估是以整個邊坡單元為主，經詳細調查後，分區依照可能發生大規模滑動的位置剖面進行分析。<br>(11) 本計畫崩積層三軸試驗材料為併構土(BIM soil)(BIM: Block in Matrix)，其變形行為與強度參數與岩塊比例、基質性質高度相關。若岩塊含量比例較高，剪動面會通過/繞過岩塊，因此剪力 |

| 委員意見                                                                                                                    | 辦理情形                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                         | 強度也較高。                                                                                     |
| 2. 地調所自 106 年開始判釋「潛在中等規模崩塌」，其定義除面積界定為 1~10 公頃，其餘與大規模崩塌類似。                                                               | 感謝委員建議。                                                                                    |
| (四) 王委員昭堡                                                                                                               |                                                                                            |
| 1. 目前水保局專家會議對大規模崩塌警戒值尚在研議階段，未來相關系統上線後，請團隊協助本局配合水保局進行監測資料介接事宜。                                                           | 遵照辦理，將協助貴局配合水保局進行監測資料介接事宜。                                                                 |
| 2. 已完成工程對大規模崩塌潛勢區而言，局部效益可能較為顯而易見，整體效益的評估方式，還請團隊再加強。109 年工程目前已請各林管處提報相關預算，請團隊協助檢視各林管處需求，予以建議。                            | 遵照辦理，防減災工程多為局部治理工程且以發揮功效。對於整個潛勢區的效益，若計畫執行期間有較大降雨或地震事件，將進一步評估活動性是否有變化。109 年工程將配合各林管處需求提出建議。 |
| 3. 必坦溪治理工程成效部分，請團隊協助提供從大規模崩塌潛勢觀點說明工程效益，以加強工程設計的立論。                                                                      | 本團隊於 108.7.5 與東勢處前往現勘，並將必坦溪今年的變化補充說明於 2-3.2 節「一、必坦溪 1 號崩塌地治理工程」。                           |
| (五) 高雄市政府工務局新建工程處                                                                                                       |                                                                                            |
| 1. 本案相關調查結果與本處先前委託調查結果相符，高 133 線短期可能先採用具一定高程的溪底便道方案，後續請協助將本案相關監測調查結果提供本處，作為長期工程規劃參考。                                    | 本案將持續配合提供監測調查結果，監測結果於 4-1 節。目前測傾管均無明顯變位，地下水壓反應雨量、地形變化。                                     |
| 2. 高雄市-六龜區-D015 北側蝕溝是目前道路復建的關鍵，該處下邊坡為河流凹岸攻擊處，造成坡趾不穩定，採用橋梁或路堤等方案，均包含河岸保護、邊坡穩定等工程，方能穩固道路基礎，貴局目前已有工程作蝕溝控制，對本處後續道路復建工程有所幫助。 | 謝謝。                                                                                        |
| (六) 經濟部南區水資源局                                                                                                           |                                                                                            |
| 1. P.5-3 最後一列，……甲仙攔河堰於民國 82 年 10 月底完工……；經查應為民國 88 年 7 月底，民國 82 年 10 月底係南化水庫完工日期。                                        | 感謝指正，已修正日期。                                                                                |



| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 辦理情形                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. P.5-15 第七列，.....鹽水坑頁的一部分.....；在頁之後少一個岩字。                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 感謝指正，已修正錯字。                                                                                                     |
| 3. P.5-38 倒數第二列，.....不連續原生弱面弱面發展破壞.....，”弱面”兩字是否重複，請確認。                                                                                                                                                                                                                                                                          | 感謝指正，已修正錯字。                                                                                                     |
| 4. 請問貴局在高雄市甲仙區 D044 和 D047 潛勢區未來有無整治計畫？若本局要自行整治的話，有無建議的適當工法？                                                                                                                                                                                                                                                                     | 本計畫將於期末報告根據甲仙區-D044、D047 的監測資料、可能邊坡破壞模式、致災風險評估、影響範圍之劃定等結果，提出減災策略。                                               |
| (七) 集水區治理組李科長膺讚                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                 |
| 1. 感謝團隊 106 年以來持續執行的大規模潛勢區活動性評估工作，讓本局各林管處依據活動度評估結果之高中低，得以接續辦理相對應不同複雜程度的大規模崩塌防減災管理監控作為，甚至是治理工程。意即，風險度高者相對應進行較嚴密精緻的監測措施，並針對保全對象辦理穩定工程，相對來說，若活動度評估為低者則僅須訂一長期較為寬鬆的定期現場監視即可。惟該項評估結果係當下之狀態，其時間的有效性(多少時間頻率重複此項評估工作)以及現場遇到何種狀況即須立即重複執行該項評估工作，建議予以界定，並以獨立參考附冊方式將此項評估工作予標準化，以利各林管處建立常態機制方便利用來委託專業機構定期執行活動性評估，俾滾動式依據評估結果調整(提升或降階)相應之管理監控作為。 | 現場植生茂密、活動性低的大規模崩塌潛勢區，建議監測頻率可參考在暴雨或地震事件後，進行空拍或由衛星影像觀察地表是否有崩塌現象。若有崩塌現象，再進行 UAV 空拍，產製正射影像與 DSM，判釋崩崖、蝕溝的變化，進行活動性評估。 |
| 2. 甲仙 D044 及 D047 經過徹底瞭解其關鍵滑動區塊的滑動機制後，有可能合併成為一組潛勢區，爰請貴團隊建議其他潛力場域，其條件足以作為本局第 4 處(或第 5 處)納入水保局大規模防減災計畫第二期(110 年開始為期 6 年)災害警戒資訊發布之範圍，俾做                                                                                                                                                                                             | 建議可以針對目前列管 51 處，挑選活動性高、有一次式滑動可能的潛勢區場址，於第二期調查、監測。如花蓮縣-萬榮鄉-D500、D501、臺中市-和平區-D382、花蓮縣-瑞穗鄉-D024 等場址。               |

| 委員意見                                                                                                              | 辦理情形                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 為 109 年及後續各林管處編列預算與執行工作的重要指引。                                                                                     |                                                                                                           |
| (八) 新竹林區管理處                                                                                                       |                                                                                                           |
| 1. P.3-26 第 4 行...「本區部分區域因人為開墾造成地表沖蝕」...，倒數第 5 行「人為開墾造成地表裸露」，對照 P.3-27 圖 3-18 所標示之位置係本處辦理之租地補償收回新植造林地，並無「人為開墾」情形。 | 感謝委員指正，已更正附錄六「一、桃園市-復興區-D010、D012」，刪除人為開墾等字句。                                                             |
| 2. P.3-28~P.3-29 圖 3-21、3-22，圖內：道路（北 112）請修正為「桃」112。                                                              | 感謝委員指正，已更正附錄六「一、桃園市-復興區-D010、D012」，修正為桃 112。                                                              |
| (九) 南投林區管理處                                                                                                       |                                                                                                           |
| 1. P.2-7 南投處十八重溪...有關「減災工程與穩定工程建議」中，道路坡面保護...部份，請刪除「道路」字彙，改為「十八重溪兩岸」保護排水工程，以降低外界朝道路維護之導向。                         | 感謝委員建議，已修正表 3-1。                                                                                          |
| 2. P.2-16#8 南投縣處轄信義鄉大規模崩塌潛勢區測監測計畫，請將郡大林道 0K~33.5K 監測改為巒大 115 林班地。（P.2-17#4 同）。                                    | 感謝委員指正，已修正於 p.3-14。                                                                                       |
| 3. P.3-3 有關表位移動速率之測量方法，針對傾度盤，是否有其測量方式？請說明。                                                                        | 本團隊執行花蓮處 108~109 年「鳳林山興崩塌地調查評估委託研究案」，於崩塌地裝設地表傾斜計(tiltmeter)並搭配測傾管、TDR 探討其應用。目前仍在蒐集、分析監測資料，後續成果可提供貴處參考。    |
| 4. P.3-15，3-3 中提醒委辦團隊，注意各時期影像精度不同，恐影響成果。                                                                          | 本計畫採用農航所拍攝之航空照片，影像解析度依航高略有不同，約在 30 至 50 公分，各年度採用之地形資料因來源年份及精度不同，平面精度約在 1-2 公尺，高程約在 1-5 公尺，精度足夠以定性方式評估活動性。 |
| 5. P.3-18 有關大規模崩塌潛勢區可能之邊坡壞破機制，是否有將岩坡崩解，崩落之大規模崩塌型式列入種類！                                                            | 本計畫主要針對大規模崩塌進行活動性評估(順向滑動、圓弧形滑動、沿不整合面滑動等)。若滑動面貫穿風化岩體內的滑動納入「圓弧或非圓弧形滑動」活動性評估。若是表層風化、掉落(fall)的岩塊則不列入大規模崩塌型式。  |
| 6. P.2-38 奧萬大聯（連）外道路，部份                                                                                           | 感謝委員指正，已修正於 p.3-37。                                                                                       |

| 委員意見                                                                                                                  | 辦理情形                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 誤謄，請修正。                                                                                                               |                                                                                                                                        |
| (十) 嘉義林區管理處                                                                                                           |                                                                                                                                        |
| 1. P.4-21 嘉義縣-阿里山鄉-D187 大範圍崩塌潛勢區，阿里山溪下切嚴重，可能引致左岸順回滑動，建議於可能發生滑動位置標示座標或於圖上標示位置。                                         | 根據前期調查、監測結果，D187 範圍內中山村、二萬坪為順向坡，若阿里山溪持續下切，未來可能引致大規模順向滑動。詳細的崩塌/滑動範圍必須做進一步調查、監測才能掌握。                                                     |
| 2. P.3-45 嘉義縣-竹崎鄉-D011 可能沿蝕溝一次式崩滑位置建議提供座標。                                                                            | 嘉義縣-竹崎鄉-D011 潛勢區地質條件為老崩積層且遍佈蝕溝。若蝕溝持續下切、上溯，可能造成蝕溝兩側的崩積層崩滑(如附錄六 圖 35)，須持續觀察。                                                             |
| (十一) 屏東林區管理處                                                                                                          |                                                                                                                                        |
| 1. P.7-8, 7-2 蒐集水保局執行策略結果，其中策略二建立大規模土砂災害區智慧防災體系，所需建置之軟、硬體設備是否可補充說明。                                                   | 策略二為大規模崩塌潛勢區監測系統建置與擴充，如即時雨量監測、地表變位監測(GPS、地表傾斜儀等)，地中變位監測(測傾管、TDR 等)，依照各潛勢區的特性選擇適合的監測工具並無一定。                                             |
| 2. P.7-9 建議以地表斜儀及 TDR 地滑計作為即時地表變位，滑動面變化監測，其整合資訊及供警戒值之參考如向律定。                                                          | 本團隊執行花蓮處 108~109 年「鳳林山興崩塌地調查評估委託研究案」，於崩塌地裝設地表傾斜計(tiltmeter)並搭配測傾管、TDR 探討其應用。目前仍在蒐集、分析監測資料，後續成果可提供貴處參考。                                 |
| 3. 表 2-2，106-109 委辦經費規劃，其中 106 及 107 年大規模潛勢區 D346 位於高雄市桃源區，請修正；另外在 109 部分有高雄市-杉林-D024，表中高雄市-杉林溪-D024 為誤植。             | (1) 感謝委員指正，已修正於 p.3-37。<br>(2) 感謝委員指正，已修正於 p.3-9。                                                                                      |
| (十二) 臺東林區管理處                                                                                                          |                                                                                                                                        |
| 1. P.2-11 臺東處-知本森林遊樂區 107 年減災工程已參酌工程建議辦理相關工程，後續監視及檢討活動性變化期程是否也能納入具體建議，以及如何納入退場機制。委辦工作修正~109 年 P.2-17 預定增加監測工作 250 萬元。 | (1) 建議監測頻率可在暴雨或地震事件後，由監測資料結果評估活動性，或配合空拍觀察邊坡是否有崩塌裸露、滑動現象。<br>(2) 109 年委辦費知本森林遊樂區、花蓮縣-萬榮鄉-D500 及花蓮縣-秀林鄉-D629 將視 108 年調查及初步探討結果調整經費或是否納入。 |
| 2. P.2-12 臺東縣-卑南鄉-D041 該處公路路段護坡仍持續破壞，建議增加後續辦理建議，以作為後續辦理參考。                                                            | 遵照辦理。                                                                                                                                  |



| 委員意見                                                                                                                | 辦理情形                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. P.2-12 臺東縣-太麻里鄉-D038 工程建議中道路排水屬地方政府管轄，下邊坡土砂攔截因坡度甚大且緊鄰飯店，已無空間增設攔砂設施，另 P.2-20，109 年度建議工程內容及經費，建議評估考量，修正。           | (1) 感謝委員指正。現勘觀察、與民眾訪談得知大雨時，雨水會順著坡面上的道路直接流入目前地表裸露處，影響穩定性。若無增設攔砂設施空間，則建議定期清除既有攔砂設施後方的土砂。<br>(2) 109 年建議工程內容及經費已滾動式修正。                                                                                                                   |
| 4. P.2-27 表 2-6，107 年防減災工程基本資料，臺東處 107 年度知本森林遊樂步道邊坡崩塌整治工程（保留工程）已於 108 年 4 月 26 日完工，會後再提供表 2-7~表 2-1 請委辦團隊執行成效評估及建議。 | 感謝委員。                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5. P.3-61 臺東縣-卑南鄉-D041 兩類型崩塌屬無及低，但此處道路邊坡持續破壞，尤其接近橋頭持續出水及護坡破壞，建議進一步補充調查及評估。                                          | 遵照辦理，將於今年汛期後補充調查、評估。                                                                                                                                                                                                                  |
| 6. P.7-9 大規模崩塌區擬採紅、黃色警戒，警戒值之訂定是否有建議標準作法，俾便各管理處要求委辦單位配合辦理。                                                           | 考慮林務局管轄之國有林班地，海拔、地勢較高且範圍廣闊，道路交通可及性有限，作為警戒之即時監測項目以降雨量較為可行。本計畫以甲仙區-D044、D047 為例，建立邊坡破壞事件資料目錄，由歷史文獻、歷年航空照片及 LiDAR、UAV 影像判釋邊坡破壞事件；降雨事件蒐集甲仙測站(距離研究區域約 1 km)自民國 81 年至今雨量資料。探討降雨強度、累積降雨量與邊坡破壞之關係並進行統計分析，同時考慮邊坡穩定分析與監測結果，檢討以降雨警戒值做為管理基準值之適用性。 |
| (十三) 花蓮林區管理處                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1. P.3-92，本計畫由 77、105 年航照產製之正射影像...，與後續內文為 67、105 年，應有誤植，請問何者正確，請修正。圖 3-111、圖 3-112，圖標題與圖例亦有文字不符情形。                 | 感謝委員指正，應為 77 年，非 67 年，已修正。                                                                                                                                                                                                            |
| 2. P.3-87，倒數第二行，D500 潛勢區可見明顯舊崩塌地地形，上邊坡較陡，下邊坡則呈現凸起狀（圖 3-105），但圖 3-105 可能因比例尺關係，無法呈                                   | 感謝委員指正，已修正。                                                                                                                                                                                                                           |

| 委員意見                                                                                                                                                                             | 辦理情形                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 現前述文字說明情形，是否可調整圖面比例尺使圖文相符。D501 亦同。                                                                                                                                               |                                                                                                        |
| 3. P.3-94，表 3-25 活動性評分中，D500 崩崖/冠部活動性評估為 2。但在 P.3-93（三）小結，倒數第二行描述中，主崩塌及次(生)崩崖目前無後退跡象，與 P.3-19 中表 3-9 圓弧滑動或非圓弧滑動指標因子評估表中，2 分為有後退勢，1 分為無明顯變化，有所不同，是否應作修正。至現勘查後，冠部無明顯後退勢趨，評估分數應為 1。 | 感謝委員指正，已修正文字描述。                                                                                        |
| 4. 依表 3-9 標準，P.3-105 表 3-27，因評分為 6 分，活動性等級應修正為「中」。                                                                                                                               | 感謝委員指正，已修正。                                                                                            |
| 5. 豐濱鄉-D002，由表 3-27 與表 3-28 兩表評估後活動性已有降低趨勢，但因下游有保全對象新社村，且其為林務局里山重點聚落，是否有後續詳細調查評估分析或監測之需求，以確定其穩定情形與制定防減災對策。                                                                       | 感謝委員建議，潛勢區蝕溝目前已興建 2 座梳子壩及多階固床工，抑制蝕溝繼續下切，建議可於暴雨後或地震後先以 UAV 空拍方式監視潛勢區內是否有變化，評估活動性。如貴處有需求，可協助提供細部調查、監測建議。 |
| 決議事項：                                                                                                                                                                            |                                                                                                        |
| 1. 本案請國立交通大學參考各委員意見及承諾事項修正，依期程辦理後續事宜。                                                                                                                                            | 遵照辦理。                                                                                                  |
| 2. 本案第 3 次期中報告期中簡報暨報告書經討論原則通過，同意依契約第 5 條規定撥付第 4 期款(契約總額 20%)。                                                                                                                    | 敬悉。                                                                                                    |

行政院農業委員會林務局

「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測

第 2 期」第 3 次期中報告

審查會議簽到單

壹、開會時間：108 年 5 月 20 日（星期一）下午 2 時

貳、開會地點：本局 5 樓會議室

參、主 持 人：楊副局長宏志

楊宏志

肆、出席委員：

| 審 查 委 員 | 簽 名 處 |
|---------|-------|
| 林委員美聆   | 林美聆   |
| 陳委員文山   | 請假    |
| 蘇委員苗彬   | 苗彬    |
| 費委員立沅   | 費立沅   |
| 劉委員忠憲   | 請假    |
| 王委員昭堡   | 王昭堡   |



伍、出（列）席單位及人員：

| 單位/人員             | 簽名處  |                           |
|-------------------|------|---------------------------|
| 單位(機關)            | 職稱   | 姓名                        |
| 水土保持局             |      | 請假                        |
| 水利署南區水資源局         |      | 請假                        |
| 高雄市政府工務局<br>新建工程處 | 副總工程 | 吳恩北                       |
| 羅東林區管理處           |      | 請假                        |
| 新竹林區管理處           | 技正   | 吳豐瑞                       |
| 東勢林區管理處           |      | 請假                        |
| 南投林區管理處           | 技士   | 張佑新                       |
| 嘉義林區管理處           | 技士   | 陳立直                       |
| 屏東林區管理處           | 技士   | 陳建良                       |
| 臺東林區管理處           | 技正   | 施靜惠                       |
| 花蓮林區管理處           | 技正   | 潘家玉                       |
| 集水區治理組            |      | 翁懷志<br>李慶璣 林貴崑            |
| 國立交通大學            |      | 邱志和 翁重和 李耀<br>胡智銘 楊哲銘 王慧蓉 |

陸、散會：下午 17 時 30 分

會議名稱：第 4 次期中簡報暨報告書審查會議

會議時間：108 年 9 月 10 日下午 3 時整

會議地點：林務局 7 樓會議室

主 持 人：廖副局長一光

紀錄人員：林技士貴崑

| 委員意見                                                                                                                 | 辦理情形                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| (一) 林委員美聆                                                                                                            |                                                                                             |
| 1. 本計畫內容工作項目繁多，進度控制良好。                                                                                               | 感謝委員。                                                                                       |
| 2. 計畫中大規模崩塌之調查評估優先序係以活動性為依據，大部份大規模崩塌順向滑動及圓弧、非圓弧滑動兩項均有列入，最終之評估成果如何合併計入，宜加以說明。                                         | 若潛勢區涵蓋兩種可能的崩塌機制，兩種都會評分。計算風險等級時會考慮發生機率較高者(及活動性分數高者)。                                         |
| 3. 花蓮多處及南投台八線大規模崩塌圈繪範圍內均有落石之情形，落石非屬大規模崩塌之類型，其評估及影響範圍劃設方式均不同，但因在圈繪範圍內，宜考量適度處理。                                        | 本計畫雖然主要評估大規模崩塌活動性，但考量局部落石也可能造成危害(看保全對象)，因此在活動性評估時會依現勘結果，評估局部活動性及建議。                         |
| 4. 各測傾管所得結果，部份不甚理想，如在趨向穩定方向時，可在誤差範圍許可下予以歸零，部份測傾管底部仍有變動，如為固定不良，宜考慮如何解析資料，如底部有位移，可能顯示尚未穿透滑動體底部，如變動幅度大的位置，宜考量是否加設並增加深度。 | 遵照辦理，初期安裝尚未穩定者已歸零。D044、D047 各有一孔 47m, 65m 仍在崩積層，已建議下期計畫補充鑽孔。                                |
| 5. 水位計監測成果顯示部份地區存在分層水壓的情形，宜加以說明，且分層水壓影響崩塌之發展及破壞機制，在穩定分析時宜分別設定及考量。                                                    | 六龜區-D015 水位計分層封堵安裝，降雨時崩積層與風化岩層的水位升降行為不同，已補充 4-1.2 節。水壓會影響邊坡穩定，其行為須更進一步探討(目前監測位置有限)。         |
| 6. 進行穩定分析時，成果宜與岩心及崩崖位置進行比對驗證。                                                                                        | 已於 6-2、6-3 節將分析剖面對比地質剖面圖並列。                                                                 |
| 7. D044, 107BH3、D047, 108BH1 及 D047, 108BH2 在 108 年 5 月至 8 月間測傾管均有明顯變動，宜比對該時段是否有明顯事件，同時 D044                         | 遵照辦理，監測時段內查無大地震，主要與降雨行為有關，已補充剪動面位移歷時曲線與雨量圖。<br>107 BH3 變形行為已考量 AB 方向合向量與角度，確認朝下邊坡方向(補充於 6-1 |

| 委員意見                                                                        | 辦理情形                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 107BH3 之變動以 B 向為主，宜加以討論。                                                    | 節)。                                                                            |
| 8. 目前水保局黃色警戒為配合土石流普遍大範圍發送，紅色警戒則考量個案發送，故以個案之警戒值為個別依據。                        | 謝謝委員。已針對 D015、D044、D047、D187 個別提出管理基準值。                                        |
| 9. P.2-30, 圖 2-23 為例，堆積區之劃設宜配合事件前後之剖面加以說明。                                  | 文中堆積區是指由 LiDAR 坡度分佈圖判釋之老崩積層。                                                   |
| 10. P.2-62, 圖 2-64 中，大規模崩塌範圍內之地形變動多為堆積，較不合理。                                | 該資料使用 UAV DSM 與 LiDAR DEM 相減，僅能參考地表裸露處的變化，如崩崖(因植生範圍有樹高，所以與 DEM 相減會看起來都像堆積)。    |
| 11. 本次報告已對整治工程效益加以評估，但部分工程設施之原設定目標於評估效益之說明，應注意是否符合該設施之用目的。                  | 遵照辦理。                                                                          |
| 12. 測傾管量測成果，如 A、B 兩向均有明顯及一致性之變動，應兩向合併評估，以確定滑動方向及變動，同時依滑動方向評估影響範圍之劃定。        | 謝謝委員。已全面檢討測傾管數據，依照委員建議修改於 6-1 節。                                               |
| (二) 蘇委員苗彬                                                                   |                                                                                |
| 1. 本案針對大規模崩塌潛勢區進行監測與分析，大致進行良好。                                              | 感謝委員。                                                                          |
| 2. P.6-13 的減災策略研擬稍為簡單，後續可以再加強，水保局的防減災策略，依可行性有不同強度與方式的策略，林務局應從林管處的立場來研擬對策。   | 已增強 6.6 節減災策略研擬。(p.6-26)                                                       |
| 3. P.7-9 的執行策略，目前推動即時防災的平台，需要較多的設備，本案應先評估數量與設備的需求。                          | 遵照辦理。建議於 109 年度於林務局重點區域裝設即時監測系統，包含地表傾斜儀(tiltmeter)加 TDR 地滑計作為即時地表變位、地中滑動面變位監測。 |
| 4. 本案推動大規模崩塌評估，應注意潛勢區與已觀測到破壞，甚或已大規模發生。已發生則不須再討論原評定的發生度與危險度等評分方式已不適用，應不互相影響。 | 本計畫除了崩塌潛勢區，也有個林管處提出的重點區域，通常這些區域都已觀測到破壞，活動性高。活動性評分將考慮這些崩塌區未來擴大、發生一次式大規模崩塌的機率。   |



| 委員意見                                                                                                     | 辦理情形                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. P3-38 奧萬大 4.6K 的崩塌，應特別應注意河道堆積沖刷會產生邊坡不穩定，很多地方都有如此現象，應特別注意，尤其林班地崩塌，後續處理可能要處理土石運移的問題。                    | 遵照辦理。                                                                                                                                                                         |
| 6. P3-55 等傾斜管觀測結果不太理想，應持續觀察。                                                                             | 六龜區-D015 BH07 於深度 43.5 m 有一處不合理的凸出變形，檢討鑽探地質記錄及傾斜觀測管施工記錄後發現，該深度岩層較為破碎，研判傾斜觀測管於該深度可能沒有與岩盤完全固結、形成空洞，造成該深度局部凸出變形。                                                                 |
| 7. P3-74 等測傾管的結果應與地表測量做比對，才是有效的資訊應注意。                                                                    | 感謝委員。該監測結果摘自「知本森林遊樂區崩塌潛勢調查、監測計畫」(台東處，107)                                                                                                                                     |
| 8. 台 8 線 109K 公路局二區處有治理設計也有調查監測計畫，林務應可以先不處理，保護對象在公路。                                                     | 感謝委員建議。                                                                                                                                                                       |
| (三) 費委員立沅                                                                                                |                                                                                                                                                                               |
| 1. 影響範圍劃定方法檢討：(1)建議將一大塊劃分成較小區塊；(2)是否考慮崩塌率？(3)例如花蓮縣-瑞穗鄉-D024，目前發生的區域，造成崩塌材料大部分都殘餘在坡面，未來發生大規模崩塌之影響範圍如何考慮？  | (1) 合理的影響範圍劃定方法，應先建立潛勢區地質模式，由監測資料或邊坡穩定分析結果評估可能發生一次式滑動的量體大小，再進行崩體運移模擬計算影響範圍。<br>(2) 地表植生的變化可以納入評估，反映邊坡活動性。<br>(3) 本研究建議須先由地質調查結果建立 D024 地質模型、掌握邊坡特性與破壞機制。充分調查後，進行穩定分析以及崩塌體運移模擬 |
| 2. 表 2-13 建議增加例如岩層位態、滑動深度、崩塌率等量化數據。使用「不整合面」是否合理？                                                         | 現階段活動性簡易評估先採用 1/50,000 地質圖與 LiDAR DEM，如果判斷活動性高，會建議進行細部調查。文中的不整合面(Unconformity)多指崩積層與下方岩層之界面。                                                                                  |
| 3. 花蓮縣-瑞穗鄉-D024：(1)請於立體圖標示平坦區、匯水窪地、所有蝕溝、圓弧形崩滑區範圍；(2)檳榔園及產業道路區域及影響評估；(3)如何利用此案探討淺層崩塌及深層崩塌之關係？(4)是否需要調整範圍？ | 針對 D024 活動性高潛勢區，花蓮處將有委辦案進行細部地質調查(含鑽探)、地貌特徵判釋，進行邊坡穩定分析並評估影響範圍。                                                                                                                 |

| 委員意見                                                                                                                                                                                         | 辦理情形                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. 南投縣-仁愛鄉-D116：(1)依板岩劈理位態-現場照片及 2-69 線型，此一坡面似為順向坡；(2)順向坡原定義為坡面與不連續面走向在 20 度以內，但是實務上，似可擴大至 30 度；(3)似應將 DEM 坡度圖之大小蝕溝標示。                                                                       | (1) 現場調查因崩塌區位於道路轉彎凸出處，有的區域劈理傾向與坡向一致、有的斜交。<br>(2) 謝謝委員。<br>(3) 地貌特徵已增加於 p. 2-97。                                                                      |
| 5. 高雄市-甲仙區-D044 及 D047：(1)表 5-2 請將 C01、C01.2 及 clay-rich shear zone 之剖面岩段厚度之性質及厚度估計；(2)clay-rich shear zone 似乎並未有鑽井資料驗證，依剖面看，此一粘土層在工程地質及水文地質上都扮演重要的角色。(3)圖 5-9 於野外量測到很多不連續面的位態，是否能分辨是原狀或移動者？ | (1) 因為 col1, col2, clay-rich shear zone 平面上的分佈範圍不固定，故標示於剖面圖上(p.5-45)。<br>(2) 在 107 BH1 有完整鑽穿這一層，岩心有剪動擦痕。<br>(3) 地質師現場會先判斷是否是原狀或是崩滑大岩塊，也會跟鄰近量到的資料做比對。 |
| (四) 王委員昭堡                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                      |
| 1. 本局東勢處執行本計畫工程案（必坦溪治理工程）將參選本屆公共工程品質金質獎，請團隊協助東勢處準備相關受審資料。                                                                                                                                    | 遵照辦理，第四次期中審查會議後已跟賴技正聯繫並已完成。                                                                                                                          |
| 2. 請團隊於期末報告時建議 109 及未來年度委辦監測案，本局及管理處如何分工；工程部分，針對活動性較高或保全重要的潛勢區規劃工程治理原則。                                                                                                                      | 遵照辦理，已補充於 3-1、3-2 節。                                                                                                                                 |
| 3. 林務局大規模崩塌防減災策略大致以小規模治理工程，增加局部區域的穩定性，大規模範圍以監測、警戒管理值等，採取避災措施；請團隊在期末報告建議如何執行前述減災、避災策略。                                                                                                        | 本計畫針對 D044、D047 詳細調查，建立地質模型、掌握邊坡特性與破壞機制後，進行邊坡穩定分析與崩塌體運移模擬，掌握可能影響範圍。管理基準值之訂定，參考歷史邊坡破壞與降雨事件之關係，同時也持續監測潛在滑動面之剪動速率。以上結果詳見 6-5、6-6 節。                     |
| (五) 經濟部南區水資源局                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                      |
| 1. 1.P.6-1 有關 107BH2 在「24~25m 無法取樣，且完工回填灌漿一直漏漿…形成空洞…云云，此點本局在此地施作排樁時發生同一情況，經查早期攔河堰引水隧道施工資料，發現此地有                                                                                              | 謝謝委員提供之寶貴資訊。                                                                                                                                         |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                  | 辦理情形                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <p>一施工橫坑通過，當時為了趕工，增加工作面而開挖的，完工後以細砂回填，至今已 20 餘年，該等細砂研判已漏光，造成空洞，以致取不到土壤樣品。又前兩年堰區聯外道路在該處有深達 2~3 公尺的大尺度塌陷，估計系因該處接近橫坑坑口，坑頂土層淺，坑內填充物流失，造成坑口塌陷所致，即所謂坑口效應。所以，此為人為坑洞所致之災害，與邊坡地質組成並無太大關係，此映證 P.6-11 所述 Slide 6.0 所模擬的結果「本區於極端不利的情境下並沒有發生一次或全面性滑動的可能。」故執行單位的調查可謂詳盡，模擬分析亦極精準。</p> |                                                    |
| <p>2. 因有橫坑存在，現場澆灌的排樁不敢打穿，以免漏漿，所以，完工後，那幾支排樁的頂部位移或角變量向下邊坡大幅運動，但還在安全容許範圍內，請問有何改善的工法建議，以供本局日後治理之參考。</p>                                                                                                                                                                   | <p>建議必須先調查橫坑目前回填料流失的深度與範圍，才能據以分析邊坡穩定或提出改善工法建議。</p> |
| (六) 高雄市政府工務局新建工程處                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                    |
| <p>林務局針於中央蝕溝、北側蝕溝治理工程設施，已發揮效果穩定下游側交會之高-133 線道路，惟北側蝕溝水量、落石規模較大，較難穩定，處亦投入相當工程進行整治；高-133 線復建各方案均需較高預算，目前本處預計先以溪底便道方式搶通。本潛勢區團隊已進行相當時間的監測，請團隊可以對高-133 線復建工程加以著墨，供本處復建工程規劃參考。</p>                                                                                           | <p>遵照辦理。</p>                                       |
| (七) 集水區治理組李科長膺讚                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                    |
| <p>有關「保全對象重要性」之評分基準，下期計畫宜再針對本局業務所需之森林遊樂區、遊樂區聯外林道(7 條)以及阿里山林業鐵路沿線、各林管處造林苗圃等重要林業基礎設施，重新考量調整其評分權重，以有效聚焦本局投入大規模崩塌計畫之</p>                                                                                                                                                  | <p>遵照辦理。</p>                                       |



| 委員意見                                                                                                          | 辦理情形                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 資源配置。                                                                                                         |                                                            |
| (八) 東勢林區管理處                                                                                                   |                                                            |
| 1. P.3-33，必坦溪 1 號崩塌地治理工程內容請依修正意見修改。                                                                           | 已修正 p.3-36。                                                |
| 2. P.2-65，有關南投縣-仁愛鄉-D116（台 8 線 109K）部份（三）小結中建議增加請公路總局二區處加強此崩塌地監測、管制及相關治理措施保護用路人安全，俾利本處據以加強林班地管理。              | 已修正 p.2-95。                                                |
| (九) 南投林區管理處                                                                                                   |                                                            |
| 1. 建議 P.3-5~ P.3-11 大規模崩塌潛勢區於各地點補附航照空拍及簡易減災與穩定工程之圖表（或圖說）俾參考。                                                  | 已補充至附錄三、附錄六。                                               |
| 2. 本處已於 108 年度大規模崩塌治理計畫項下編列乙件崩塌地整流工程，建請於 P.3-17，106~109 年工程經費規劃表內將巒大事業區第 5 林班上游崩塌地處理工程修正正確名稱為巒大事業區國有林崩塌地整治工程。 | 已修正 p.3-27。                                                |
| (十) 嘉義林區管理處                                                                                                   |                                                            |
| 1. P.3-72 表 3-14 地震時安全係數均低於 0 與表 3-14 不合，表 3-14 為小於 1。                                                        | 已修正 p.3-73。                                                |
| 2. P.3-56 大埔區 73 林班應為大埔區。P.7-9 第 3 行應為嘉義縣-阿里山鄉 D187。                                                          | 已更正 p.7-10。                                                |
| (十一) 屏東林區管理處                                                                                                  |                                                            |
| 1. P.4-1，本計畫利用歷史崩塌災害與降雨量之關係作為六龜區-D015 管理基準值之建議，並探討應用於其他潛勢區之適用性，其適用性是否納入地形條件。                                  | (1) 目前針對每一個場址都獨立探討。<br>(2) 已更正 p.7-10。<br>(3) 已補充修正 6-2 節。 |
| 2. P.7-9 嘉義市-阿里山鄉-D187，請更正為嘉義縣。                                                                               |                                                            |
| 3. P.6-11，圖 6-7 及圖 6-8 針對甲仙區-D044 潛勢區就暴雨情境及地震情境演算安全係數，惟不同情境下 3 處滑動面之安全係數高低排列不同其原                              |                                                            |

| 委員意見                                                                                                                | 辦理情形                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 因為何。                                                                                                                |                                     |
| (十二) 臺東林區管理處                                                                                                        |                                     |
| 1. P.2-13 關山事業區第 55 林班地，107 年度場址，本處於 108 度有委託委辦單位，辦理此崩塌調查評估倘若本計畫需要相關資料，會後可提供參考。                                     | 謝謝委員。                               |
| 2. P.3-18 台東縣-太麻里鄉-D038，此崩塌潛勢區係因路面截排水不當所致，該區域屬地方政府轄管，且鄉公所區針對沿線做截排水設施，109 年建議工程內容及經費建議再評估考量修正。                       | 已修正 p.2-23。                         |
| (十三) 花蓮林區管理處                                                                                                        |                                     |
| 1. P.2-25，表 2-13，萬榮鄉 D500 圓弧或非圓弧形滑動性，評估為中；P.2-31，第四段敘述為活動性為低(4 分)，P.2-32，表 2-14，評分結果為活動性為中。P.2-31 應為文字誤植，請修正。       | 已更正。                                |
| 2. P.2-31，第 1 行，坑溝上朔，應修正為「溯」。P.2-31，第 7 行，蝕溝位有持續上溯之跡象，「位」請修正為「未」。                                                   | 已更正 p.2-28。                         |
| 3. P.2-36，圖面左上為 67 年航照，但圖標題與前述文字皆為 77 年航照，請修正。另右下角說明 108/3/29 點雲，但圖面似為 UAV 側拍影象。                                    | 已修正 p.2-33。<br>是很細的點雲。              |
| 4. P.2-37 第二段文字，上游曾帶下大量土砂。與 P.2-40 第二段末，曾發生較大規模土石流。經查詢，民國 79 年歐菲莉颱風來襲，復興部落曾發生土石流災情，而 99 年 1016 豪雨亦有發生土石流，故該處留有大量土石。 | 感謝委員寶貴資訊。                           |
| 5. P.2-46，活動性評估第二段，本區地形、地質條件目前無一次性大規模滑動跡象，因本區坡面陡，坡面滑落石應屬一次性大面積崩落，是否與前述文字有異，101 年蘇拉颱風、108 年                          | 本計畫所指的一次式大規模滑動，是深層滑動。而不是大面積的表層岩塊崩落。 |

| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 辦理情形  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 0418 地震，皆造成坡面大面積崩落。                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |
| (十四) 廖副局長一光                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 羅東處執行太平山國家森林遊樂區地滑變動監測已逾 12 年，其滑動趨勢、機制及其與下方莫很溪沖刷之關聯性，宜審慎檢視看待，加以近期森林遊樂區委外經營評估及蹦蹦車延伸規劃等重要政策之推動次第展開，爰請羅東處邀請本案受託團隊及相關領域專家學者召集專案現勘會議，將該區域長期地滑監測之成果以及近期集水區治理與坡面穩定工程之效益，予以整體呈現，以共同檢討研議森林遊樂區永續安全經營之治理策略。</li> <li>2. 本案期末報告應邀請相關權責單位與會，例如南投縣-仁愛鄉-D116 公路管理（公路總局）。</li> </ol> | 遵照辦理。 |
| 決議事項：                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案請國立交通大學參考各委員意見及承諾事項修正，依期程辦理後續事宜。</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                       | 遵照辦理。 |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 本案第 4 次期中報告期中簡報暨報告書經討論原則通過，同意依契約第 5 條規定撥付第 5 期款(契約總額 20%)。</li> </ol>                                                                                                                                                                                               | 敬悉。   |



行政院農業委員會林務局  
「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測  
第 2 期」第 4 次期中報告  
審查會議簽到單

壹、開會時間：108 年 9 月 10 日（星期二）下午 3 時

貳、開會地點：本局 7 樓會議室

參、主 持 人：廖副局長一光

廖一光

肆、出席委員：

| 審 查 委 員 | 簽 名 處 |
|---------|-------|
| 林委員美玲   | 林美玲   |
| 陳委員文山   | 請假    |
| 蘇委員苗彬   | 苗彬    |
| 費委員立沅   | 費立沅   |
| 劉委員忠憲   | 請假    |
| 王委員昭堡   | 王昭堡   |

伍、出（列）席單位及人員：

| 單位/人員             | 簽名處                            |            |
|-------------------|--------------------------------|------------|
| 單位(機關)            | 職稱                             | 姓名         |
| 水土保持局             |                                | 請假         |
| 水利署南區水資源局         | 副工                             | 陳文孝        |
| 高雄市政府工務局<br>新建工程處 | 副總工程師<br>總工                    | 吳恩北<br>侯學師 |
| 羅東林區管理處           | 技士                             | 林維祥        |
| 新竹林區管理處           | 技正                             | 吳雲瑞        |
| 東勢林區管理處           | 技正                             | 賴原崇        |
| 南投林區管理處           | 技士                             | 洪志中        |
| 嘉義林區管理處           | 技士                             | 陳立直        |
| 屏東林區管理處           | 技士                             | 陳建良        |
| 臺東林區管理處           | 技正                             | 施靜惠        |
| 花蓮林區管理處           | 技正                             | 潘家玉        |
| 集水區治理組            | 評定組 李輝輝 林慶龍                    |            |
| 國立交通大學            | 廖志中 潘以文 蕭建明<br>胡寶利 李國維 翁立和 王慧蓉 |            |

陸、散會：下午 17 時 30 分

會議名稱：期末簡報暨報告書審查會議

會議時間：108 年 12 月 3 日下午 3 時

會議地點：林務局 7 樓會議室

主 持 人：廖副局長一光

紀錄人員：林技士貴崑

| 委員意見                                                                                             | 辦理情形                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (一) 林委員美聆                                                                                        |                                                                                                                                                         |
| 1. 本計畫工作項目多，逐年已累積相當資料及成果。                                                                        | 感謝委員。                                                                                                                                                   |
| 2. 目前崩塌評估處數之選擇係依活動性高低為依據，但本年度所列 D116 及 D024 均為低發生度，而有大規模崩塌發生，建議對於選擇採用之活動性評估再加以檢討。                | 林務局依「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局, 105-107 年)判釋結果，挑選危險度 6 分以上潛勢區 36 處，由本計畫做進一步活動性評估。<br>該計畫之潛勢區發生度採用證據權重法(高屏河流域崩塌目錄)，因此應用於其他區域(如仁愛鄉-D116、瑞穗鄉-D024)之適用性仍待探討。 |
| 3. 部分崩塌之潛勢範圍內未整治，整治工程已在範圍外，其效益及與圈繪潛勢範圍之關係，宜再說明。(D016，D363 等)。                                    | 已於 3-3.2 大規模崩塌潛勢區防減災工程成效評估，說明整治工程對鄰近潛勢區的影響。                                                                                                             |
| 4. 治理成效評估及管理基準值訂定，均列入局部、漸進、一次式崩塌等不同破壞類別，建議針對個別劃定之潛勢區可能破壞類別加以定義，以使各項評估及管理值等，有一致內涵意義。              | 局部破壞：小範圍、表層崩塌。<br>漸進式破壞：蝕溝發育、下切、上溯引致崩塌範圍逐漸擴大。<br>一次式崩塌：較大範圍的深層滑動。                                                                                       |
| 5. 部分整治設施，導致回淤土砂擠壓河道，反而導致後續崩塌之發生或擴大。各項設施之設置宜有較完整之考量（崩坪坑溪）。                                       | 感謝委員建議，將提供林管處規劃時進一步思考。                                                                                                                                  |
| 6. 目前 D015、D044、D047 之鑽孔深度均未穿透足夠深度，因底部多在崩積土層內，未能確實監測到岩層內是否有大規模崩塌滑動，及其位置，也導致水位量測代表性不佳，及分析均為表淺型破壞。 | 六龜區-D015 將水位計裝設於可能發生滑動的厚崩塌層或風化岩體，分層封堵量測水壓變化。<br>甲仙區-D044、D047 各有一孔鑽超過 40、60m 尚未入岩，將於 109 年補充鑽孔調查。                                                       |
| 7. 目前管理基準值之雨量採累積雨量，但以雨量資料之表示圖，未清楚表現降雨強度-延時-累積雨量之關係，故                                             | 將降雨強度-延時-累積雨量整理於 p.4-21, p.4-37。有依照委員建議將這三個因子進行參數探討、進一步迴歸分析，結果是累                                                                                        |



| 委員意見                                                                                     | 辦理情形                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 在選擇基準值之依據較不清楚。                                                                           | 積降雨量對應崩塌發生事件的結果較好。                                                      |
| 8. 水保局「氣候的變遷下大規模崩塌防減災計畫」工作小組第3次會議之討論，黃色警戒以土石流潛勢溪流警戒為主要參考，紅色警戒則以個案，建議以保全對象多及活動性高的個案，詳加考量。 | 感謝委員建議。                                                                 |
| 9. 水保局正建立大規模崩塌監測之統一格式監測資料庫，建議可考量未來資料介接之需求。                                               | 本計畫已蒐集大規模崩塌監測資料供應說明文件(108.6.1)，並加入監測系統群組，後續介接將配合水保局訂定之格式辦理。             |
| (二) 蘇委員苗彬                                                                                |                                                                         |
| 1. 本案大致進行良好，能達預期之功效，建議部份撰寫可改善，如 P.2-7 的日文報告可以考慮重新整理。                                     | 感謝委員建議，該文獻利用航照立體鏡判釋崩落地現況的活動性。本計畫判釋潛勢區活動性時有用到部分概念。                       |
| 2. 對活動性評估採歷年航照來比對，應屬可行，相關分析結果，應可給各管理處留存使用，對評定各現場的防災急迫性，可提供重要的資訊。                         | 活動性評估所使用的各年度航照及判釋結果，均整理詳列於附錄六。                                          |
| 3. 台 8 線 109K 在 P.2-20 表中潛勢區為 131 公頃，與後面的 P.2-91 等範圍差很大，是否代表不同狀況。(P.2-93)                | D116 潛勢區範圍由「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局, 105-107 年)圈繪。109K 崩塌僅占潛勢區範圍的一小部分。 |
| 4. 如 P.3-40 奧萬大道路的坡度受下方河道淤積與沖刷的影響，在各處轄區常發生相同的災害，局方可能可以淤積的狀況，做普查，來了解實際淤積可能造成的影響。          | 感謝委員建議，109 年第三期計畫將持續追蹤這些防減災工程造成的影響。                                     |
| 5. P.3-56 及 4-9 等傾斜管的觀測結果仍不太理想，後續應檢討改善改用其他儀器替代。                                          | 感謝委員建議，109 年第三期計畫將持續檢討。                                                 |
| 6. P.3-74 邊坡穩定分析結果不太合理平時與暴雨之安全係數一樣，應檢討其正確性。                                              | 已於期末簡報告知台東處，檢查是否誤植。                                                     |
| 7. 報告中若黑白列印，應在光碟片中附原始彩色檔案。                                                               | 遵照辦理。                                                                   |
| (三) 劉委員忠憲                                                                                |                                                                         |
| 1. 本計畫建議大規模崩塌防災預警之管理基準值以降雨量較為可行，並以                                                       | D015、D187 曾發生大規模崩塌，本使用該崩塌事件的雨量折減作為管理基準值。                                |

| 委員意見                                                                                                           | 辦理情形                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 局部崩塌累積降雨量或歷史最大累積降雨量的倍數來推估大規模崩塌之數值，其倍數分別有 2 倍、2/3 倍等，建議未來能有更系統化的推估，提出管理基準值之累積降雨量數值。                             | D044、D047 因數十年內沒有大規模崩塌之紀錄，暫時以歷史最大累積降雨量作為管理基準值。109 年第三期計畫將持續監測、檢討更系統化的管理基準值建議。          |
| 2. 大規模崩塌災害之危機應變與調適手段，防災體系主要在確保保全對象，特別是聚落的安全。當達到管理基準值時，可能已是兩大風大的狀況，如何進行即時防災通報及疏散避難，災害預警應變時間與能力是否足夠。             | 水土保持調適策略二「建立大規模土砂災害區智慧防災體系」，由水保局主政、林務局協辦。水保局初步認為未來大規模崩塌潛勢區之防災警戒模式，應比照土石流警訊發布模式採紅、黃色警戒。 |
| 3. P.2-45，提到花蓮縣-瑞穗鄉-D024 發生一次性大規模崩滑活動性高，報告建議以土包袋進行截排水，從圖 2-44 立體圖看見之字型農路分布其中，建議亦應注意農路排水，尤其回頭彎位置，以免水流集中，引發邊坡崩塌。 | 遵照辦理。                                                                                  |
| 4. 圖號 2-88、2-89、2-90，臺中市誤植為臺中「縣」；P3-13，106-109 年工程經費漏「仟」字；報告中規畫請修正為規「劃」。                                       | 已修正。                                                                                   |
| (四) 王委員昭堡                                                                                                      |                                                                                        |
| 1. 請補充中英文摘要。                                                                                                   | 已補充。                                                                                   |
| 2. 關於報告內各項大規模崩塌潛勢區數值，例如 7757、34、52...，請整理說明清楚。                                                                 | 遵照辦理。                                                                                  |
| 3. 目錄誤植部分，請修正。                                                                                                 | 已修正。                                                                                   |
| 4. 水保局之管理策略將涉及後續本局處置方式，請依水保局最新進展，再予清楚說明。                                                                       | 已將 108 年 11 月 7 日水保局召開「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」專家諮詢會議第 2 次會議決議事項補充至 7-2 節。                     |
| 5. 簡報內容之結論比報告書內豐富，請依簡報內容修正報告書。                                                                                 | 遵照辦理，已修正。                                                                              |
| (五) 經濟部南區水資源局                                                                                                  |                                                                                        |
| 6. 感謝貴局委託國立交通大學對本局甲仙攔河堰上邊坡進行如此詳盡的調查和分析，其結果有利於本局甲仙                                                              | 感謝委員肯定。                                                                                |

| 委員意見                                                                                                                                                                              | 辦理情形                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 堰安全評估與管理工作之有效進行，亦解除了本局對該等邊坡大規模崩塌與滑動的疑慮，特此感謝。                                                                                                                                      |                                                        |
| <p>7. 以下書面語詞上的意見，請參考：</p> <p>(1) P.5-4，第三行「台 20 及台 21」，此段台 21 線已於 2014 年改編為台 29 線，請更正。</p> <p>(2) P5-16 倒數第二行…「由 LiDAR 坡度圖」…，P5-17 第…「於光達坡度陰影圖」…，此兩詞「LiDAR」與「光達」似指同一物，可否統一呈現。</p> | 已更正於 p. 5-4, p.5-16。                                   |
| (六) 公路總局                                                                                                                                                                          |                                                        |
| 1. P.2-95 提到「建議請公路總局第二區養護工程處加強崩塌地監測管制及相關治理措施保護用路人安全」，此崩塌地範圍大（131 公頃），D116 崩塌潛勢規模範圍已非本局可處理，有關崩塌地之監測應屬貴局權責，建議修正由貴局加強監測並適時提供公路總局作為道路設施安全或緊急應變管制參考，以保護用路人安全。                          | 感謝委員的建議。                                               |
| 2. 崩塌地 D116 坡體滑動影響台 8 線 109K+500 用路安全，此處崩塌地高達 300m 以上，建議貴局加強監測或評估進行防減災整體治理規劃，涉及本局道路部分將本權責分工配合辦理，另道路範圍安全監測相關成果資料可逕洽本局二工處提供貴局參酌。                                                    | 感謝委員及二工處提供寶貴資料。                                        |
| (七) 高雄市政府工務局新建工程處                                                                                                                                                                 |                                                        |
| 1. 本府所轄高 133 線之復建工程常為中央機關關注及地方人士陳情重點，本計畫相關調查監測結果適足佐助本府向各方說明該線原址重建有相當的困難度。                                                                                                         | 根據前期計畫及本計畫的邊坡穩定分析及 UAV 空拍結果，該處於暴雨、地震情境可能大規模崩塌，且現況仍不穩定。 |
| 2. 中央蝕溝及北側蝕溝均有施作防砂壩避免蝕溝刷深，報告提及在 0610 豪                                                                                                                                            | 局部崩滑處發生在蝕溝源頭處，位於防砂壩上游數百米遠，機具不易抵達。建議防砂壩後方的崩塌堆積物須清理，避免崩積 |



| 委員意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 辦理情形                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 雨後，蝕溝有少部分崩滑的情形，後續是否建議其他減災措施？                                                                                                                                                                                                                                                                           | 物一次大量往蝕溝下游運移。                                              |
| (八) 集水區治理組李科長膺讚                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                            |
| 1. 鑒於本案所執行之「重點潛勢區活動性評估」成果斐然，惟其係延續性工作，工作頻率係依據其危險度不同而分別考量執行，爰建請受託團隊將近3年所完成之60處活動性評估之資料欄位，新增一筆「年度月份」欄位，並檢討水保局現行潛勢區資料庫結構，能否將前述資料納入後進行必要之資料庫資料欄位，再將建議提供水保局。另水保局列管本局52處潛勢區已由各林管處實施不同程度之管理、監測及穩定工程，檢附水保局「大規模崩塌監測GIS資料庫建置規範」(108年版)予各林管處，相關管理及監測成果請各林管處依照該規範備妥資料及納入合約要求受託廠商配合辦理，俾供水保局資料庫系統後續正式上線後，有效供應及更新相關資料。 | 本計畫目前已配合水保局需求，將列管潛勢區基本資料上傳水保局資料庫。51處列管潛勢區名稱、位置及調查年分，如圖3-2。 |
| 2. 萬榮區-D467潛勢區本局管有土地僅佔三分之一弱且遠離下方聚落，後續將建請水保局考量是否由其主導管理。                                                                                                                                                                                                                                                 | 感謝委員建議。                                                    |
| 3. 各林管處所提出之已崩塌區(非潛勢區)納入安全性評估，有其行政層面之意義：(1)做為重點列管場址之防災穩定工程、監測、風險管理如何執行、投入預算規模輕重緩急之參考基礎、(2)是項資料隨時間持續更新累積，可做為防災穩定工程之長期效益評估之基礎、(3)坡面經此項評估確認穩定安全後，可成為解除列管之資料依據。                                                                                                                                             | 感謝委員建議。將於109年第三期計畫探討潛勢區/崩塌區分級管理機制。                         |

| 委員意見                                                                                                                                         | 辦理情形                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (九) 新竹林區管理處                                                                                                                                  |                                                                                                              |
| 附錄六、一、桃園市，復興區 D010、D012，圖 5，桃園市，復興區-D010、D012 現勘空拍照片內之 D010 與 D012 圈劃黃色線範圍內所標示之「人為開墾，造成地表沖蝕」之說明所指之位置係本處辦理之租地補償收回新植造林地，並無「人為開墾」情形。            | 已將該區域修正新植造林地。                                                                                                |
| (十) 東勢林區管理處                                                                                                                                  |                                                                                                              |
| 1. P.2-78 南投縣仁愛鄉 D116（台 8 線 109K）經交大團隊評估後，為發生一次性大規模崩滑動性高，滑動面積大（130 公頃以上）且滑動體趾局部仍持續變形，為何簡報中此判釋為發生度低？建議公路單位採迴避，以跨越型式通過此處崩塌區位。                  | D116 發生度低，是另一個計劃「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局, 105-107 年)計畫成果。<br>本計畫經多期航照、LiDAR DEM 進一步評估後，D116 為活動性高之大規模崩塌潛勢區。 |
| 2. P.3-34 必坦溪及 1 號崩塌地之治理工程，經交大團隊評估後，已達到局部穩定，並對保全對象台 8 線及德基水庫成效尚佳，但台 8 線既有道路 3 孔箱涵通洪不足，建議道路主管單位改善箱涵增加通洪斷面，並請台電大甲電廠於防砂壩沉砂池不足時即時清淤作業，恢復沉砂池正常功能。 | 感謝委員建議。                                                                                                      |
| (十一) 屏東林區管理處                                                                                                                                 |                                                                                                              |
| 1. 報告 P.3-8 高雄市-甲仙區-D047 其委辦工作項目及減災工程與穩定工程建議等內容為空白，請補述。                                                                                      | 已修正於 p.3-4。                                                                                                  |
| 2. P.4-24，建議高雄市-甲仙區 D044 之大規模崩塌的管理基準值為累積雨量達 1600mm，另 P.6-27 建議高雄市-甲仙區 D044、D047 之大規模崩塌的管理基準值為累積雨量達 1400mm，前後不一致，請釐清管理基準值。                    | 已修正 4-2.1 節、6-5 節管理基準值建議。                                                                                    |
| (十二) 臺東林區管理處                                                                                                                                 |                                                                                                              |
| 1. P. 3-26 表 3-6 知本森林遊樂區步道週邊崩塌整治工程，請修正所屬林管處為台東處。                                                                                             | 已修正於 p.3-25。                                                                                                 |

| 委員意見                                                                                                                                                                            | 辦理情形                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. P.3-73 圖 2-56 於報告書內無對應資料，請修正。                                                                                                                                                | 已修正於 p.3-73。                                                                                          |
| (十三) 花蓮林區管理處                                                                                                                                                                    |                                                                                                       |
| 1. P.2-13 表格中危險度與後續文中活動性評估的關係？                                                                                                                                                  | 危險度是另一個計劃「國有林大規模崩塌潛勢區判釋及危險度評估」(林務局, 105-107 年)計畫成果。<br>本計畫由多期航空照片、LiDAR DEM 進一步評估前述計畫危險度 6 分以上場址之活動性。 |
| 2. P.2-28 第四段，D500 活動性低(4 分)與 P.2-29 表 2-10D500 活動性評分結果，活動性「中」總分 5 分，兩者陳述有異；P.2-52，報告中，秀林鄉 D009，活動性評估低(4)分，但與表 2-15，總分 3 分，活動性低，有異。                                             | D500 活動性中、5 分。<br>已修正於表 2-8、及附錄六。                                                                     |
| 3. 在報告書中關於活動性評估，(1)P.2-36 萬榮鄉-D467，(2) P.2-40 玉里鎮-D015，(3) P.2-52 秀林鄉 D009，(4) P.2-57 壽豐鄉 D008~D010，(5)P.2-75 光復鄉 D016，於文中皆以植生完整，茂密，評估結果為活動性低(3 分)，是否植生完整茂密，即代表活動性低，不會發生大規模崩塌呢？ | 本計畫由多期航空照片產製之正射影像與 DSM，比較潛勢區數十年前與現在的地貌變化。<br>活動性低，代表潛勢區數十年間歷經颱風、地震，地貌沒有明顯變化，因此大規模崩塌發生的機率較低。           |
| 4. P.2-63，小結末段，應為文字誤植，請修正。                                                                                                                                                      | 已修正於附錄六。                                                                                              |
| 決議事項：                                                                                                                                                                           |                                                                                                       |
| 1. 本案請國立交通大學參考各委員意見及承諾事項修正後通過，由業務單位檢視、辦理後續結案作業。                                                                                                                                 | 遵照辦理。                                                                                                 |
| 2. 本案期中報告期中簡報暨報告書經討論原則通過，同意依契約第 5 條規定撥付第 6 期款(契約總額 10%)。                                                                                                                        | 敬悉。                                                                                                   |

行政院農業委員會林務局

「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測第  
2 期」期中報告審查會議簽到單

壹、開會時間：108 年 12 月 3 日（星期二）下午 3 時

貳、開會地點：本局 5 樓會議室

參、主 持 人：廖副局長一光

廖一光

肆、出席委員：

紀錄：林貴崑

| 審 查 委 員 | 簽 名 處 |
|---------|-------|
| 林委員美聆   | 林美聆   |
| 陳委員文山   | 請假    |
| 蘇委員苗彬   | 苗彬    |
| 費委員立沅   | 請假    |
| 劉委員忠憲   | 劉忠憲   |
| 王委員昭堡   | 王昭堡   |



伍、出（列）席單位及人員：

| 單位/人員             | 簽名處       |                    |
|-------------------|-----------|--------------------|
| 單位(機關)            | 職稱        | 姓名                 |
| 水土保持局             |           | 請假                 |
| 水利署南區水資源局         | 副工        | 陳文榮                |
| 公路總局              | 副總長       | 傅祥 張嘉明 潘志如 陳俊      |
| 高雄市政府工務局<br>新建工程處 | 科長<br>第二  | 陳永杰<br>侯麗如         |
| 羅東林區管理處           | 技士<br>技正  | 林維祥<br>柯子明         |
| 新竹林區管理處           | 技正        | 黃豐瑞                |
| 東勢林區管理處           | 課長        | 邱龍雨 賴厚崇            |
| 南投林區管理處           | 課長        | 邱文忠                |
| 嘉義林區管理處           | 技士        | 陳正                 |
| 屏東林區管理處           | 技正        | 吳俊玲                |
| 臺東林區管理處           | 技士        | 蘇志豪                |
| 花蓮林區管理處           | 課長        | 王國明                |
| 集水區治理組            |           | 李輝遠 林貴安            |
| 國立交通大學            | 序志<br>柯國龍 | 潘以之 胡貴銘<br>王慧蓉 謝長明 |

陸、散會：下午 5 時 30 分