

## 摘要

自民國 111 年 9 月 18 日池上地震後，造成花東地區多處道路、橋樑與鐵路中斷，因蘇花公路與鐵道北迴線沿線為崩塌與落石災害高風險區域，故交通部臺灣鐵路管理局遂即進行邊坡巡檢作業，於台 9 線 158.3k 上邊坡航拍發現有邊坡裸露存在(位於仁水隧道南下車道過清水溪右側邊坡)，由臺灣鐵路管理局通知行政院農業部林業及自然保育署花蓮分署有邊坡裸露，可能導致下邊坡公路及鐵路災害風險，因裸露區位處於立霧溪事業區 8 林班內，為瞭解該裸露區位可能存在風險與相關因應處置作為，遂於民國 112 年 7 月 11 日啟動本次災害調查工作，於 7 月 17 日將調查評估分析成果彙整後提供調查速報，後續於 7 月 28 日提送完整調查評估報告，以供相關單位處理參酌辦理後續處置建議。

由歷年衛星影像資料顯示裸露存在已久，且有明顯蝕溝發育，近年來逐漸向源侵蝕更趨明顯，提供落石移動之路徑，下邊坡崖堆區有大量細碎塊石與石塊堆積，顯示過去曾有多次坡面土砂、塊石運移以致明顯崩崖堆積；另由航拍影像發現坡面上有 10 餘處殘石(浮石)堆積，較大危石尺寸約 4.5(長) × 2.5(寬) × 1(高) 公尺，初估質量約近有 30 公噸，可能存在落石災害風險。過去曾發生落石掉落臺鐵軌道周邊，所幸無人傷亡，且未造成鐵道損傷。

花蓮地區因地處臺灣新生代造山運動構造帶，地震頻繁導致岩石破碎，且位於迎風面上受颱風、季風與豪雨等侵襲，常有落石災害。落石災害主因乃區域地質特性影響，因大理岩常會自然解壓解理，導致雨水從弱面滲入後，加速表面岩體的剝落，導致坡面殘石發育。因落石滾動後會有不同的致災型態，本區坡面坡度大約為 41 度左右，研判落石主要運動為滾動型態，部分較陡區段可能伴隨跳動現象，自陡峭坡面滾動後脫離坡面後，可能會飛越或穿過掉落至鐵、公路區域，影響人車安全。

因裸露區位處陡峭坡面上且地形落差約達 440 公尺，坡面陡峭如採工程手段治理具有相當難度，且治理過程中可能擾動坡面加劇坡面不穩定性，衍生後續致災風險。加上落石災害發生難以進行預測，目前預警科技仍有限，無法於致災前即時預警避免災害發生；由於涉及跨機關(林業、國家公園、公

路與鐵路等)管理與治理權責，林務單位乃主管林業經營、保育工作，而鐵、公路單位乃提供道路使用者安全防護為主，由於各機關相關權責差異，建議透過跨機關協調針對後續治理與管理進行協商確立各機關權責，進行後續處置工作。

## 目錄

摘要 .....	I
目錄 .....	III
圖目錄 .....	IV
表目錄 .....	VI
壹、緣由 .....	1
貳、水文分析 .....	7
參、地文分析 .....	9
3-1、地形 .....	9
3-2、地質 .....	11
3-3、土地利用 .....	13
3-4、地震事件 .....	14
肆、航遙測影像分析 .....	15
伍、現地調查成果 .....	21
5-1、現地調查結果 .....	21
5-2、保全對象說明 .....	28
陸、災情量化評估成果 .....	30
柒、致災風險評估及後續影響說明 .....	32
7-1、致災風險分析 .....	32
7-2、災害影響評估 .....	35
捌、後續處置建議 .....	41
8-1、調查評估分析說明： .....	41
8-2、後續處置與對策： .....	42
附錄一、報告書審查意見及辦理情形	
附錄二、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露 現地會勘照片及簽到	
附錄三、台 9 線蘇花公路改善工程大清水邊坡 防護討論相關會議記錄	
附錄四、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露 調查評估報告速報	

## 圖目錄

圖 1-1、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露區空拍圖.....	2
圖 1-2、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露區近拍空拍圖.....	2
圖 1-3、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露所在行政區域圖.....	3
圖 1-4、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露所在位置圖(兩萬五千分之一地形圖) .....	3
圖 1-5、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露所在林班位置圖.....	4
圖 1-6、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露區高程圖.....	4
圖 2-1、立霧溪事業區 8 林班崩塌地與鄰近水文測站分布圖.....	8
圖 2-2、清水斷崖雨量站近期降雨組體圖(111/10/14-112/7/31).....	8
圖 3-1、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 LiDAR 地形圖.....	9
圖 3-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地坡度圖.....	10
圖 3-3、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地坡向圖.....	10
圖 3-4、邊坡裸露區流域地質圖(資料來源：中央地調所).....	12
圖 3-5、邊坡裸露區地質敏感區和大規模崩塌潛勢區圖.....	12
圖 3-6、邊坡裸露區土地利用情形.....	13
圖 3-7、地震活動分布圖.....	14
圖 3-8、芮氏規模超過 5 有感地震.....	14
圖 4-1、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 58 年 Corona 衛星(58/02/11).....	16
圖 4-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 91 年正射影像.....	16
圖 4-3、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 98 年正射影像.....	17
圖 4-4、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 103 年正射影像.....	17
圖 4-5、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 105 年正射影像.....	18
圖 4-6、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 108 年正射影像.....	18
圖 4-7、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 109 年 SPOT 衛星影像.....	19
圖 4-8、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 110 年 SPOT 衛星影像.....	19
圖 4-9、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 111 年 SPOT 衛星影像.....	20
圖 4-10、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地近期衛星影像(112/7/4)Sentinel.20	
圖 5-1、立霧溪事業區第 8 林班邊坡裸露殘石致災可能路徑.....	21
圖 5-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區現地勘查分析.....	22
圖 5-3、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露坡面全貌圖.....	22

圖 5-4、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露空拍拼接圖.....	23
圖 5-5、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露與周邊蝕溝發育區 .....	24
圖 5-6、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區近照.....	24
圖 5-7、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露下邊坡崖堆與台九線 .....	25
圖 5-8、立霧溪事業區 8 邊坡裸露區蝕溝與崖錐堆積材料現況 .....	25
圖 5-9、立霧溪事業區 8 邊坡裸露區保全對象分布.....	29
圖 7-1、落石源頭區破壞類型.....	33
圖 7-2、落石源安定度示意圖（日本地盤工學會） .....	33
圖 7-3、地震導致之相關復合自然災害示意圖 .....	34
圖 7-4、降雨導致落石運動示意圖 .....	34
圖 7-5、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區地形剖面.....	36
圖 7-6、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區致災運動型態分析 .....	36
圖 7-7、立霧溪事業區 8 林班坡頂局部地形剖面分布圖 .....	37
圖 7-8、落石崖錐堆積等價摩擦角(F)與陰影角(M)示意圖 .....	39
圖 7-9、等價摩擦係數與崩塌及落石案例探討 .....	39
圖 7-10、邊坡裸露殘石可能影響範圍檢討 .....	40
圖 7-11、邊坡裸露殘石可能影響範圍空拍套繪成果 .....	40

## 表目錄

表 1-1、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露調查及相關行程表.....	1
表 1-2、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露基本資料表.....	5
表 4-1、邊坡裸露區歷史影像判釋彙整表.....	15
表 5-1、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區現地調查表.....	27
表 5-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區保全對象彙整.....	28
表 7-1、保全對象與落石位移距離檢核評估.....	38

## 壹、緣由

自民國 111 年 9 月 18 日池上地震後，造成花東地區多處道路、橋樑與鐵路中斷，因此交通部臺灣鐵路管理局遂即進行邊坡巡檢作業，於台 9 線 158.3k 上邊坡空拍發現有邊坡裸露存在，由臺灣鐵路管理局通知行政院農業部林業及自然保育署花蓮分署有災害風險(如圖 1-1 與 1-2 所示)，最初由林業及自然保育分署與臺灣鐵路管理局有持續舉行討論會議，後經評估確實有啟動分析之需求，且因邊坡裸露位處立霧溪事業區 8 林班內，需瞭解致災可能存在風險與相關因應處置作為，遂即依合約要求辦理調查工作，於民國 112 年 7 月 11 日啟動本災害緊急調查評估工作。

本次災害位置行政區隸屬花蓮縣秀林鄉崇德村(圖 1-3)，參考座標為(TWD97：X：319505，Y：2679561)，邊坡裸露位置點如圖 1-4 所示，位於林業及自然保育署花蓮分署所轄之立霧溪事業區第 8 林班地內如圖 1-5，邊坡所示。經林業及自然保育署花蓮分署通報後，執行團隊即召開災害緊急調查評估工作會議，並蒐集崩塌災害地點歷史地文、人文、水文及地震相關環境資料，藉由基本資料、航遙測影像分析初步判斷崩塌發生時間以及致災原因，並依計畫工作事項內容要求，於 7 月 11 日當日完成現地進行現地調查及無人載具空拍作業，其行程如表 1-1 所示，並於 7 月 17 日將分析成果彙整後提送調查速報，接續於 7 月 28 日提送完整分析調查評估報告，以供相關單位作為後續緊急處理與治理措施實施時參考。

表 1-1、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露調查及相關行程表

時間	工作事項	參與人員	地點
7/10	召開行前討論會議	黎課長璧瑞、廖技正述麟 黃志偉、王上銘	林業及自然保育署 花蓮分署
7/11	現地勘察及 UVA 空拍	黃志偉、王上銘	台 9 線 158.3k



圖 1-1、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露區空拍圖



圖 1-2、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露區近拍空拍圖

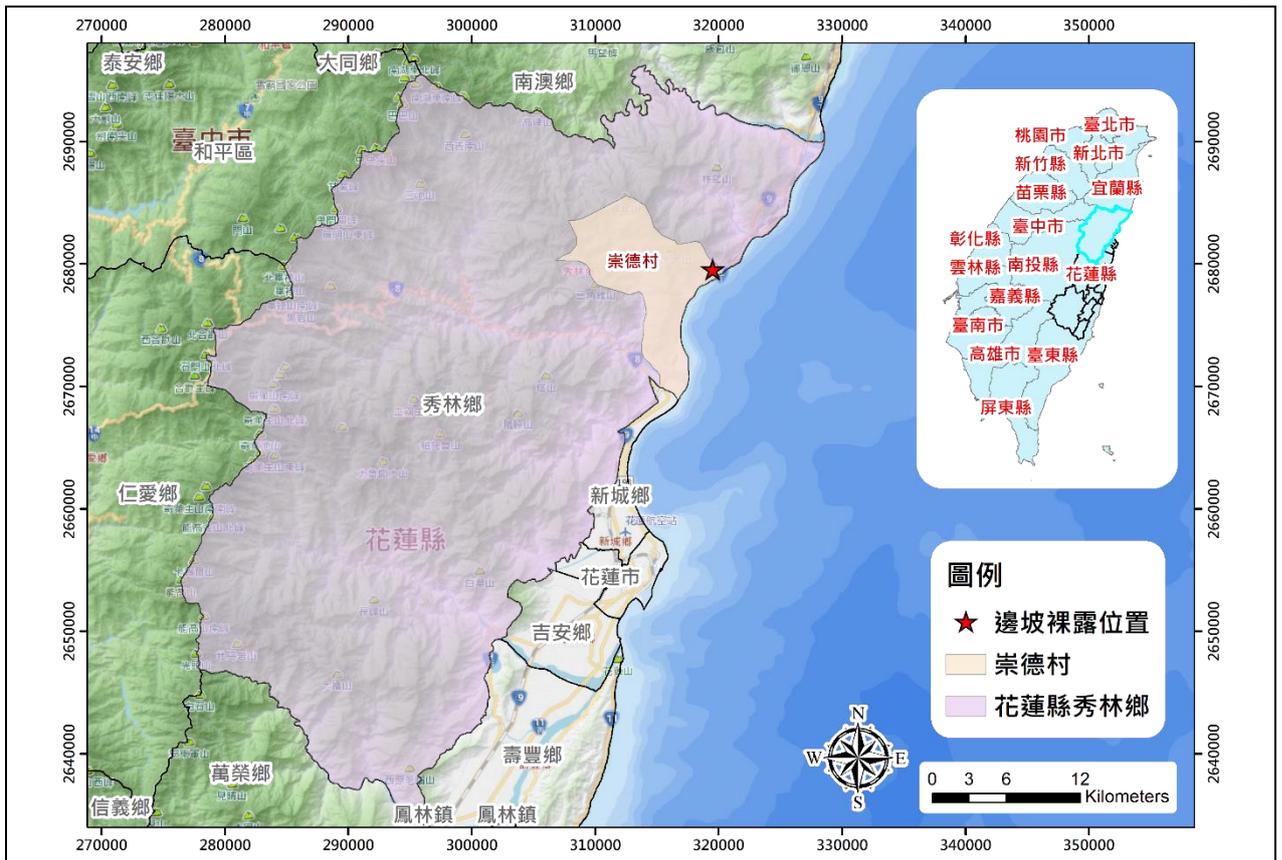


圖 1-3、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露所在行政區域圖

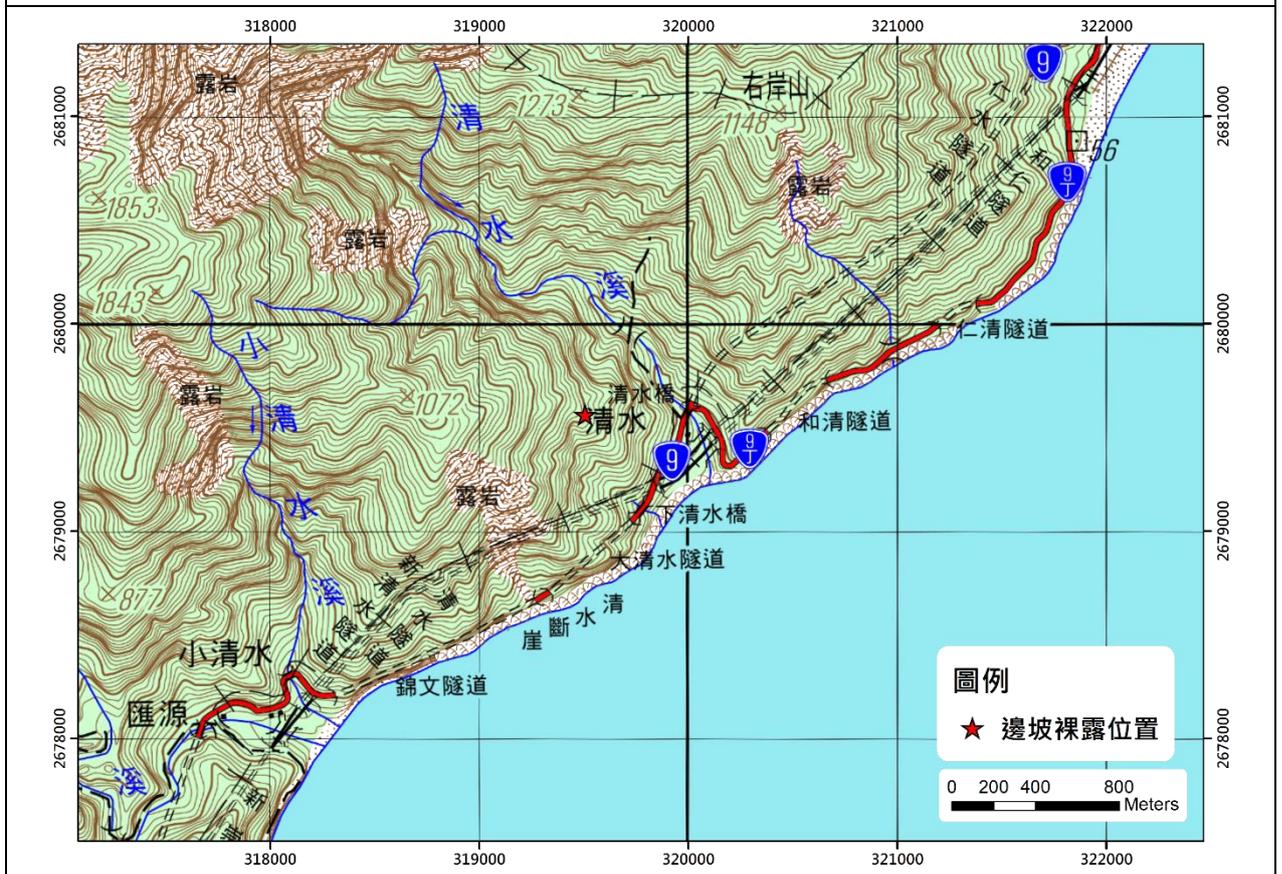


圖 1-4、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露所在位置圖(兩萬五千分之一地形圖)

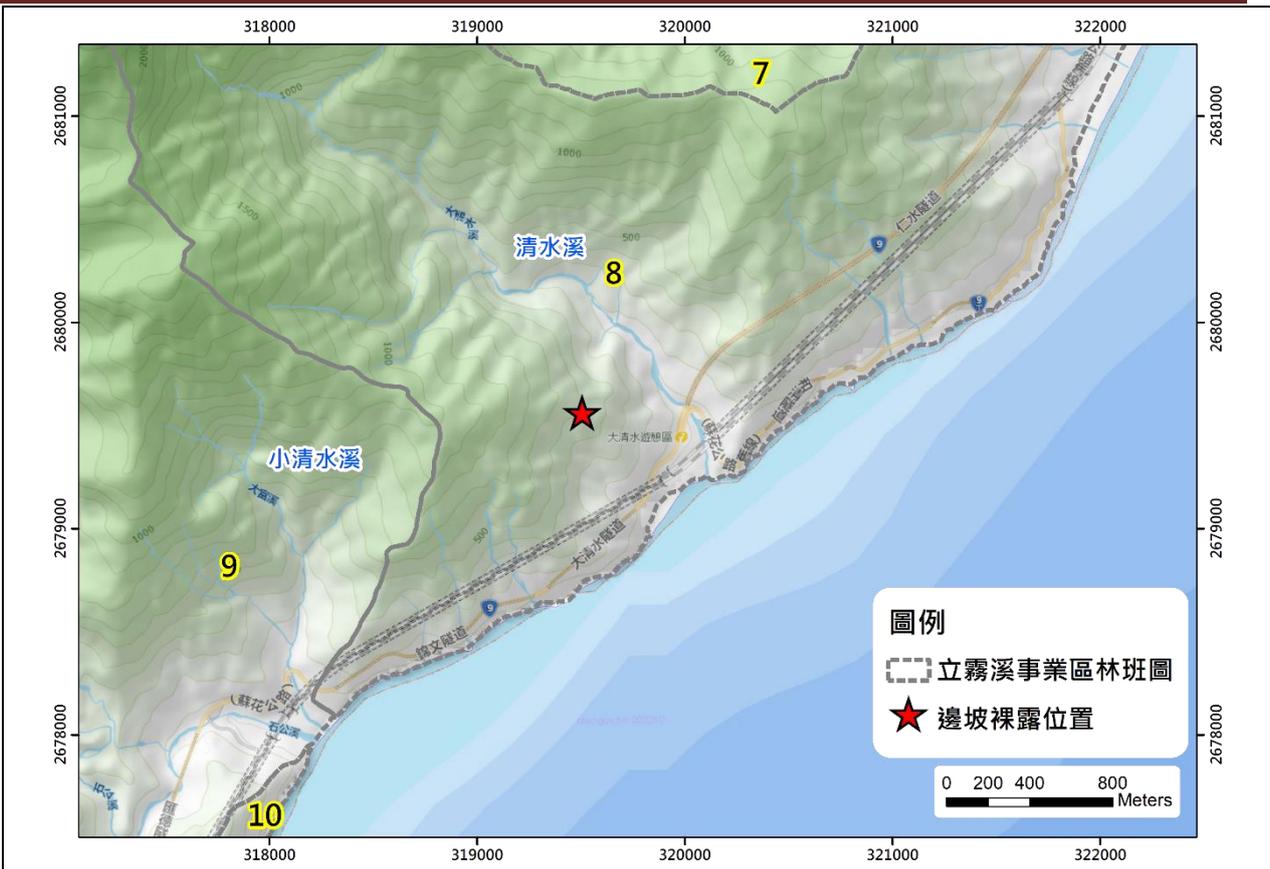


圖 1-5、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露所在林班位置圖

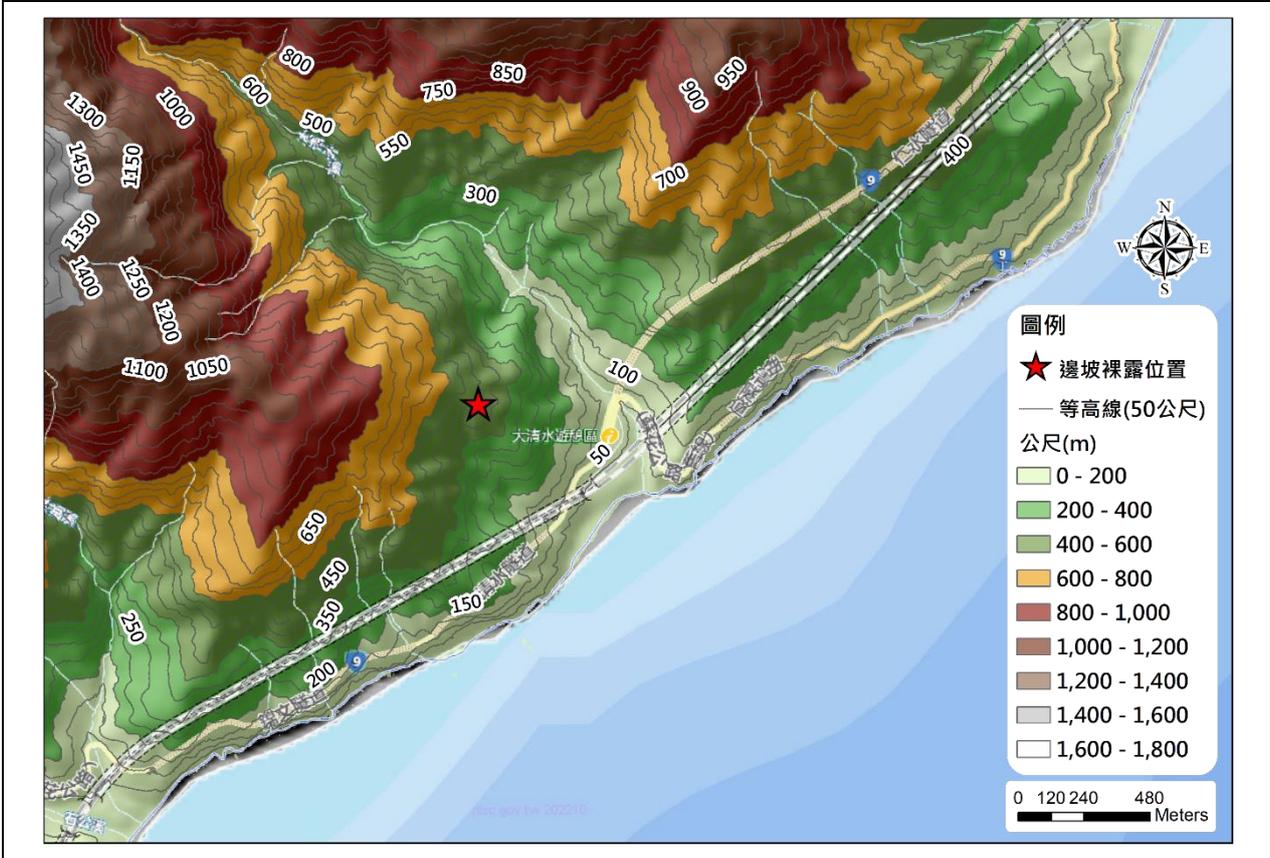


圖 1-6、台 9 線 158.3k 道路上邊坡裸露區高程圖

表 1-2、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露基本資料表

## 一、基本資料

行政區域	花蓮縣秀林鄉崇德村		
災點 GPS 記錄座標 (TWD97) (代表點)	X : 319505	Y : 2679561	
林班地所屬事業處	立霧溪事業區	林班地編號	8 林班地
坡地災害類型	<input type="checkbox"/> 地滑 <input checked="" type="checkbox"/> 崩塌 <input checked="" type="checkbox"/> 落石 <input type="checkbox"/> 沖蝕溝... <input type="checkbox"/> 其他說明：_		

## 二、災害狀況

災害發生時間	<u>111</u> 年 <u>10</u> 月 <u>14</u> 日空拍發現 <u>112</u> 年 <u>7</u> 月 <u>7</u> 日空拍追蹤 <u>112</u> 年 <u>7</u> 月 <u>11</u> 日空拍調查	災害發生確認來源單位	<input type="checkbox"/> 居民 <input checked="" type="checkbox"/> 官方 <input type="checkbox"/> 媒體 <input type="checkbox"/> 其他
崩塌區地層	<input type="checkbox"/> 崩積土層 <input type="checkbox"/> 頁岩 <input type="checkbox"/> 砂岩 <input type="checkbox"/> 片岩 <input checked="" type="checkbox"/> 其他說明： <u>大理岩</u>		
災害規模	邊坡裸露區約有 10 餘塊大小不一殘石 空拍判釋危石尺寸： <u>約 4.5(長) × 3(寬) × 2(高) 公尺</u>		
堆積型態	<input type="checkbox"/> 崩積土 <input checked="" type="checkbox"/> 岩塊 <input type="checkbox"/> 其他說明	崩塌最大深度	

## 三、災害規模：

因坡地災害傷亡情形	<u>0</u> 人受傷 <u>0</u> 人死亡 <u>0</u> 人失蹤 (來源： <input checked="" type="checkbox"/> 官方 <input type="checkbox"/> 現訪 <input type="checkbox"/> 其他)
建物毀損情形 <u>無</u>	<input type="checkbox"/> 公共建築(學校、民眾聚集場所等) <u>    </u> 處 <input type="checkbox"/> 民宅 <u>    </u> 戶，掩埋最深厚度 <input type="checkbox"/> 大於 1 樓 <input type="checkbox"/> 1 樓-1/2 樓 <input type="checkbox"/> 小於 1/2 樓
公共設施	<input checked="" type="checkbox"/> 蘇花道路 <u>    </u> 公尺 (有高度風險，尚未致災) <input type="checkbox"/> 原有護坡受損型式與面積 <u>                    </u> <input type="checkbox"/> 河道通水
崩塌區土地使用	<input checked="" type="checkbox"/> 國有林地、實驗林 <input type="checkbox"/> 自然林地 <input type="checkbox"/> 其他說明： <u>                    </u>
災害原因	<input type="checkbox"/> 雨量過大 <input type="checkbox"/> 排水不良 <input checked="" type="checkbox"/> 坡度陡峭 <input checked="" type="checkbox"/> 地質脆弱 <input type="checkbox"/> 坡腳沖刷 <input type="checkbox"/> 地下水(坡面有水流出、發現泥岩或頁岩層露頭) <input type="checkbox"/> 人為開發 <input checked="" type="checkbox"/> 坡面裸露 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>落石</u>

四、地形與地質及植被與土地利用狀況

地形	<input type="checkbox"/> 凸嘴形 <input type="checkbox"/> 直嘴形 <input type="checkbox"/> 凹嘴形 <input type="checkbox"/> 凸直形 <input type="checkbox"/> 平直形 <input type="checkbox"/> 凹直形 <input type="checkbox"/> 凸窪形 <input type="checkbox"/> 直窪形 <input checked="" type="checkbox"/> 凹窪形 (分類圖示於下)	
海拔高度	邊坡裸露所在坡頂區約 480~530 公尺 (約 50 公尺)	
坡向	東至東南方	
坡度	邊坡裸露所在六級坡(約 66%~77%)	
地質	地層	九曲大理岩
	岩性	層狀大理岩
	風化程度	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 輕 <input type="checkbox"/> 中 <input checked="" type="checkbox"/> 嚴重(舊有裸露持續剝落、風化及掉落)
崩塌地植被覆蓋程度	<input checked="" type="checkbox"/> 裸岩 <input type="checkbox"/> 植被中等稀疏(30%<植被面積<80%) <input type="checkbox"/> 植被密集(植被面積>80%)	
崩塌區坡面植被狀況	<input type="checkbox"/> 新崩塌地 <input checked="" type="checkbox"/> 舊有崩塌裸露地	

## 貳、水文分析

經蒐集中央氣象局、水利署及水保局管轄之雨量站資料後，篩選鄰近調查區位雨量站作為分析參考對象，經評估鄰近雨量站為清水斷崖雨量站(測站編號：C0Z310)，該雨量站主要位於邊坡裸露區下方大清水遊憩區周邊，其基本資料如下表 2-2 所示，雨量站位置與災害處相對距離如圖 2-1 所示，因清水斷崖雨量站建置時間較短，故降雨頻率分析則參考鄰近水利署大濁水雨量站(測站編號：01U230)，各降雨重現期頻率分析則彙整如下表 2-1 所示。

落石多發生在暴雨、久雨或強震之後，因降雨滲入岩層的裂隙後增加岩體的重量，也能使裂隙中的充填物或岩體中的某些軟弱夾層軟化，並產生靜水壓力及動水壓力使邊坡的穩定性降低。

本邊坡裸露區於 111 年 0918 地震後暫未發生落石滑落災害，蒐集近期降雨量分析成果(自 111 年 10 月 14 日至 112 年 7 月 27 日止)，該期間最大時雨量為 55 mm(112 年 0604 豪雨)，最大 24 小時累積量約達 215mm(111 年 1029 豪雨)，根據中央氣象局降雨分級顯示當 24 小時降雨達 200mm 以上已屬於豪雨等級，但仍未有落石滑移現象，但持續性的降雨，也可能使落石底層風化之基質材料受豪雨期間地表逕流沖刷而流失，使岩塊體逐漸失去支撐，因而造成災害發生。

本次調查報告執行期間遭遇杜蘇芮颱風侵襲，截至 112 年 7 月 31 日中午花蓮各地區已有明顯雨勢，若持續降雨不斷則本區則可能有致災風險，建議於颱風事件結束後巡查邊坡是否有殘石不穩或基層材料被沖刷之現象。

表 2-1、邊坡裸露區鄰近之大濁水雨量站降雨頻率分析

重現期 降雨延時	2 年	5 年	10 年	20 年	25 年	50 年	100 年	200 年
1	59.1	75.6	85.4	94.0	96.6	104.4	111.8	118.8
3	109.4	150.1	180.2	210.3	220.1	250.5	281.3	312.3
6	165.5	230.4	278.8	327.3	343.1	392.2	442.0	492.3
12	255.7	345.6	401.5	452.5	468.3	515.5	560.9	604.9
24	347.8	477.6	555.5	625.3	646.6	710.0	770.2	827.9
48	446.1	606.5	695.6	771.8	794.5	860.6	921.6	978.7
72	476.7	674.1	793.9	901.9	934.9	1033.7	1127.8	1218.4

資料來源：經濟部水利署

表 2-2、中央氣象局清水斷崖雨量測站基本資料

測站名稱	測站編號	海拔高度(m)	TWD97(X)	TWD97(Y)	行政區
清水斷崖	C0Z310	59.0	319997	2679361	花蓮縣
地址			所屬單位		資料起始時間
秀林鄉臺 9 線大清水遊憩區下方空地			中央氣象局		107/03/23



圖 2-1、立霧溪事業區 8 林班崩塌地與鄰近水文測站分布圖



圖 2-2、清水斷崖雨量站近期降雨組體圖(111/10/14-112/7/31)

## 參、地文分析

### 3-1、地形

本調查崩塌行政區域隸屬於花蓮縣秀林鄉崇德村，位於大清水遊憩區上邊坡，為清水溪右岸溪谷，清水大山東南側、西眺太平洋。依據內政部 104 年 LiDAR 光達數值高程地形(DEM)資料顯示(圖 3-1)，該災害位置整體坡面呈現凹槽狀特徵，地形上已有明顯蝕溝溝壑發育地形形成，且下方因坡度變平緩有明顯崖堆堆積地形特徵，研判可能曾有落石或土砂運動堆積形成。

該邊坡裸露區所處海拔高程約 480 至 530 公尺之間(裸露區上下緣高差約 50 公尺)，屬於地形陡峭之岩土崩落類型。透過 ArcGIS 空間分析模組分別產製坡度與坡向分析，如圖 3-2 與圖 3-3 所示，結果顯示裸露區所處坡處約六級坡(坡度百分比約 66%~77%間)，地形相當陡峭，而下方崖堆與蝕溝也落於五至六級坡，非常陡峭有利落石滾動；坡面單元大致面向東至東南方，地勢由西北至東南方遞減，調查區域陡崖及蝕溝發育明顯，周邊多處呈現崩塌裸露與殘石，邊坡裸露可能存在落石災害風險。

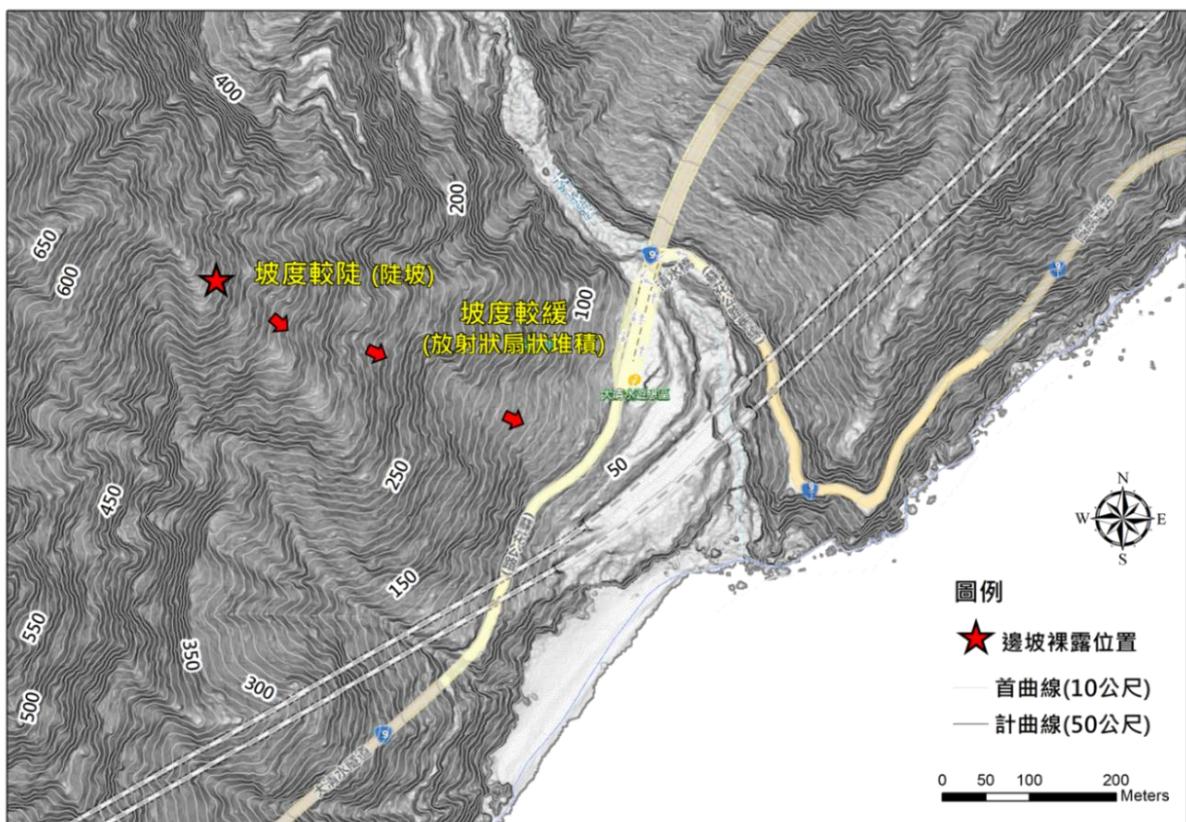


圖 3-1、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 LiDAR 地形圖

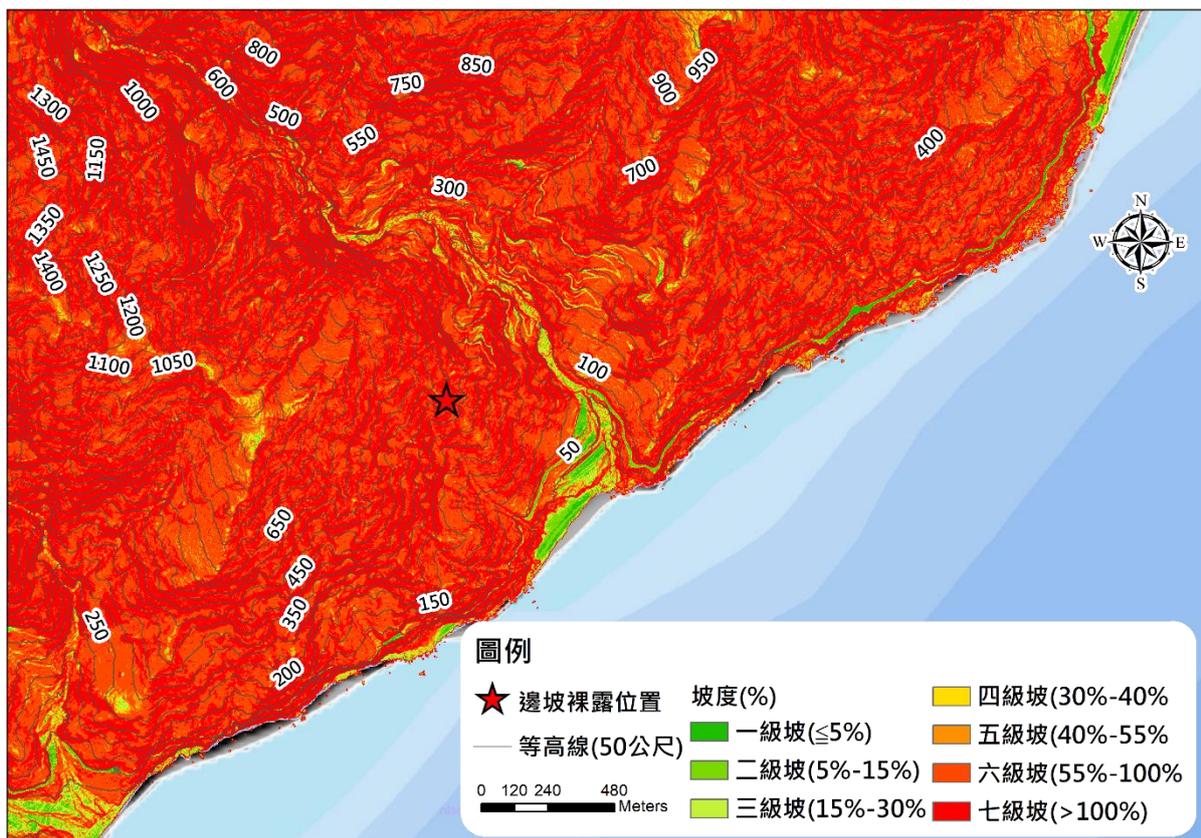


圖 3-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地坡度圖

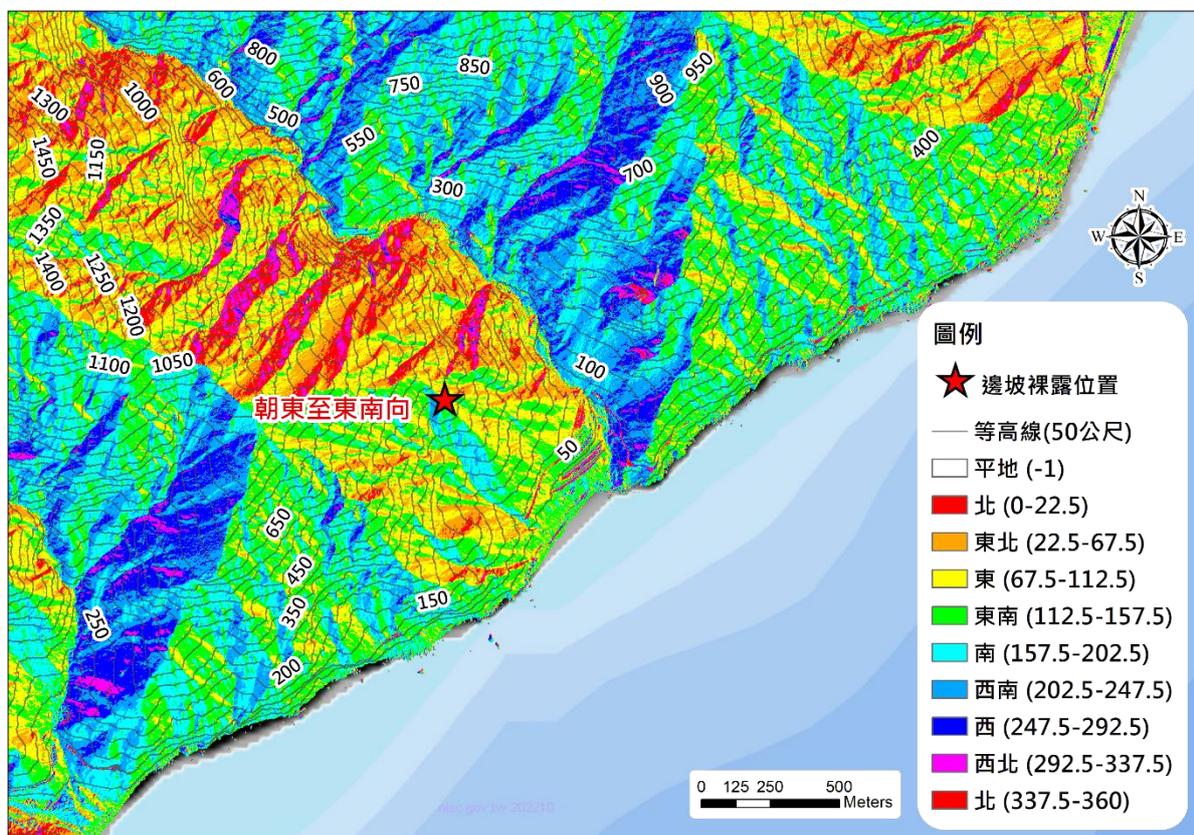


圖 3-3、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地坡向圖

### 3-2、地質

本次主要調查地點為立霧溪事業區第 8 林班內，參考經濟部中央地質調查所五萬分之一流域地質圖(102 年)。依流域地質圖可知，該調查範圍附近出露之岩層為晚古生代至中生代之九曲大理岩，大理岩之顏色呈灰色、白色、深灰色三種，其出露位置自蘇花公路之大清水，經清水山，向西南越過沙卡噹溪，經大斷崖至老西溪以東(太魯閣峽谷岩層之研究，內政部營建署太魯閣國家公園管理處，80 年度)。九曲大理岩(亦稱九曲層)，岩性以大理岩為主，多呈厚層塊狀、節理發達，偶有夾薄層之綠泥石片岩或雲母片岩。岩體堅固，常形成峽谷及陡崖(山崩與地滑地質敏感區劃定計畫書，105 年度)。

大約中生代晚期(約八千萬年前)，板塊運動使隱沒帶的岩石產變質作用(稱為南澳運動)，造成的變質岩統稱大南澳片岩，其組成主要由各種片岩和石灰岩組成，在南澳運動後大南澳群又被古大陸來的沉積物所覆蓋，不斷的花崗岩入侵與綠色片岩相繼變質作用，導致石灰岩變質成大理岩，花崗岩變質為片麻岩，細質砂岩成為石英岩，砂岩、頁岩及礫岩則變質為變質砂岩、千枚岩、板岩及變質礫岩等(立霧溪峽谷岩性及岩石成因大理岩部分，內政部營建署太魯閣國家公園管理處，76 年度)。

岩塊或岩屑自斜坡或陡峭的懸崖上由空中落下稱為落石，落石常由於振動或偶因根楔作用(植物的根將岩石中的裂隙撐開)而誘發，本區因為板塊隱末作用造成擠壓的關係，屬於強烈擠壓而成的變質岩區，且節理比較容易出現在緻密堅硬的岩石中，在變質岩區中，以大理岩及變質砂岩兩者受力最易形成節理，因此大理岩岩層中的節理與斷層等破裂現象相當發達，且因弱面交錯於岩層之中，再加上裸露面岩體因側向壓力消失，隨時間變化下地層會自然解壓並開裂至地表，雨水極容易從弱面滲入節理，並加速風化過程。

蘇花公路地處臺灣新生代造山運動構造帶，地形地殼變異大，地震發生頻繁導致岩石破碎，再加上外營力作用下，如颱風、季風強風與豪雨等侵襲下，極易誘發坡面上不穩定的塊石滑動，有山崩、岩塊墜落等災害。

除地質圖套疊分析外，同時也針對林業及自然保育署判釋之潛在大規模崩塌潛勢區及中央地調所山崩與地滑地質敏感區圖層進行空間分析，發現山

崩與地滑地質敏感區圖層與本次邊坡裸露調查點相互重疊，研判該區屬於地質敏感區域，過去曾發生落石、岩屑、山崩等地質災害，屬於舊有災害源頭區域，再次復發的可能性高。落石為極快速的山崩現象，常可摧毀路基、橋樑及房屋，堵塞隧道洞口，擊毀行車，較難有效的預防，屬風險極高的地質災害。

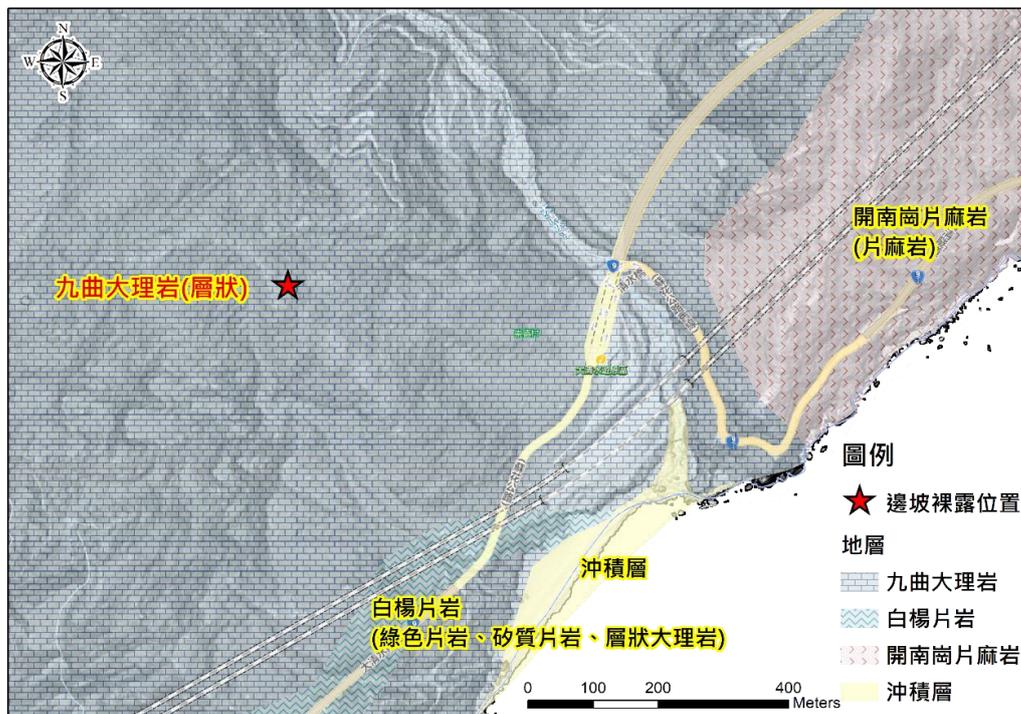


圖 3-4、邊坡裸露區流域地質圖(資料來源：中央地調所)

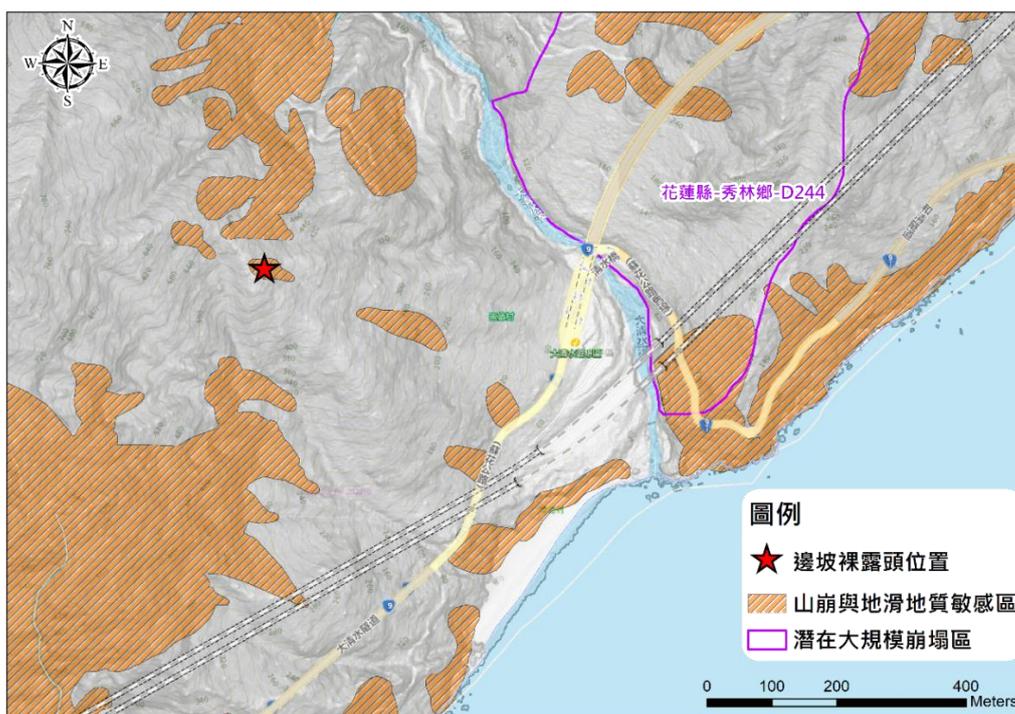


圖 3-5、邊坡裸露區地質敏感區和大規模崩塌潛勢區圖

### 3-3、土地利用

參考內政部所編繪的土地利用圖資(圖 3-6)，瞭解到本次調查區周遭土地利用型態多屬於森林利用土地(闊葉林)，下邊坡為交通、遊憩及其他利用土地，交通利用主要分為為省道(台 9 線)與一般鐵路(北迴線)，而其他利用則分為崩塌地、草生地、灘地及礁岩等。綜合土地利用情形與現地調查結果可知，立霧溪事業區 8 林班崩塌地位於陡峭地形，無種植等農墾行為，鄰近地區有多處裸露、草生地，周圍皆屬原始森林，該邊坡裸露位置無道路可抵達，基本上屬於未受人為擾動之純自然邊坡。

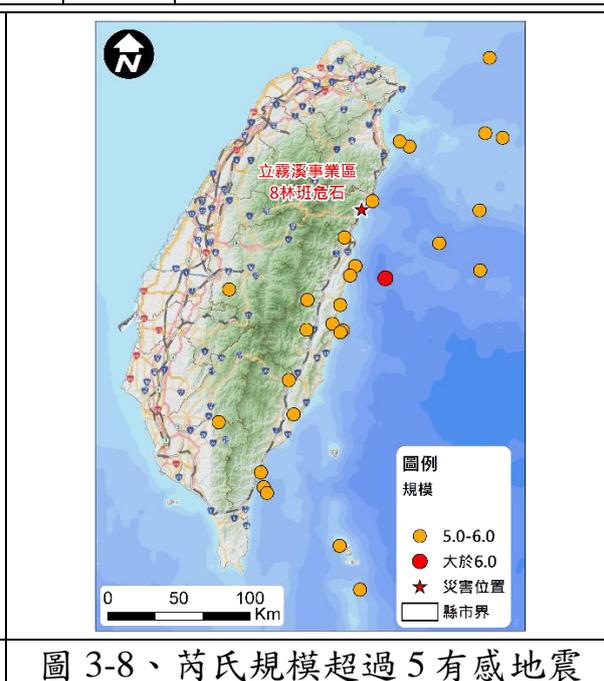
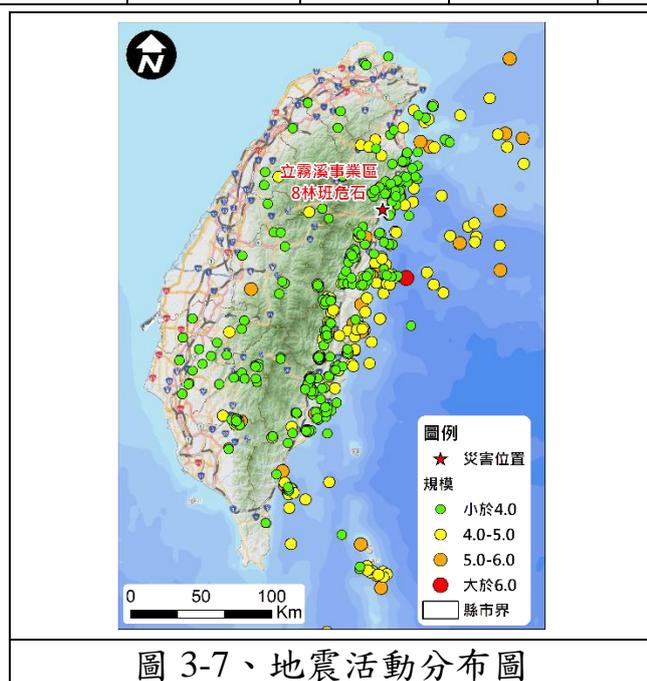


### 3-4、地震事件

根據調查結果目前雖未有災害發生，根據中央氣象局地震活動資料庫，近期最大地震事件為 111 年 9 月 18 日曾發生芮氏規模 6.8 地震事件，除此之外，自邊坡裸露發現迄今(111 年 10 月 14 日至 112 年 7 月 27 日止)，全台地震事件約有 418 筆(如圖 3-7)，當中芮氏規模大於 5 且鄰近本區約有 5 筆地震事件(如圖 3-8)，如表 3-1 所示，其餘地震事件雖震央集中於於花東地區，但與調查點區距離較遠，除 112 年 2 月 7 日編號 6 號地震震央距離調查區約 10 公里左右，其影響也最為強烈，震度達到 4 級。根據中央氣象局地震震度分級表顯示，當震度達到 4 級時，位於山頂處可能會發生落石，亦或是造成土石鬆動等情形，且後續若又伴隨著降雨將可能導致舊有裸露坡面發生落石。

表 3-1、邊坡裸露調查區周邊芮氏規模超過 5 有感地震彙整表

地震編號	地震時間	經度	緯度	規模	深度	位置
174	111/11/27	121.637	23.8575	5.6	36.0	花蓮縣政府南方 14.9 公里(位於花蓮縣近海)(花蓮縣近海)
175	111/12/8	121.601	23.7967	5.6	29.7	花蓮縣政府南方 21.6 公里(位於花蓮縣近海)(花蓮縣近海)
181	111/12/15	121.845	23.7787	6.5	16.3	花蓮縣政府東南方 32.8 公里(位於臺灣東部海域)(臺灣東部海域)
6	112/02/7	121.760	24.2727	5.1	22.1	花蓮縣政府北北東方 34.3 公里(位於花蓮縣近海)(花蓮縣近海)
51	112/07/10	121.565	24.0408	5.2	15.3	花蓮縣政府西北方 7.8 公里(位於花蓮縣秀林鄉)(花蓮縣秀林鄉)



## 肆、航遙測影像分析

本次調查區位於台九線 158.3K 上邊坡坡面，代表座標為(TWD97：X：319505，Y：2679561)，由於調查範圍內蝕溝、崩塌等現象複雜，因此透過歷史航測及衛星影像資料來進行釐清，歷次影像資料說明茲彙整如下：

蒐集立霧溪事業區 8 林班崩塌裸露歷年航遙影像資料，判釋影像最早追溯至 58 年 Corona 衛星，該影像顯示裸露區尚不明顯，但下方略有溝狀蝕溝地形發育。另依據農林航空測量所提供之正射影像(民國 91 年)發現，已有明顯裸露，下方蝕溝亦有裸露現象。於民國 98 年正射影像顯示，該蝕溝亦向下邊坡擴大延伸。於民國 103 年正射影像顯示，蝕溝裸露範圍於上下邊坡擴大趨於明顯。於民國 105 年正射影像顯示，蝕溝裸露持續趨於明顯(與當年 10 月臺鐵北迴線落石事件可能有相關)。於民國 108 年正射影像顯示，疑似裸露延伸至道路上緣側。而根據 SPOT 衛星影像顯示 108~109 年無明顯變異，而 111 年間蝕溝發育更加明顯，直至持續追蹤迄今最新衛星影像 112 年 7 月間並無發現明顯變異狀況。

顯示該落石有持續發生跡象(復發)，由衛星影像追蹤瞭解蝕溝及落石源頭裸露存在至今已久，屬舊有裸露地，該邊坡應屬於未受人為擾動之純自然邊坡，並非近期內由地震、豪雨或颱風等重大致災因素造成，且蝕溝發育則提供落石滾動路徑。

表 4-1、邊坡裸露區歷史影像判釋彙整表

影像時間	說明
58 年 Corona 衛星	已有蝕溝發育地形特徵
91 年航照正射	邊坡裸露已明顯清晰可見與蝕溝發育狀況
98 年航照正射	下邊坡蝕溝擴大
103 年航照正射	上下邊坡蝕溝擴大趨於明顯
105 年航照正射	蝕溝持續趨於明顯(10 月發生台鐵落石)
108 年航照正射	蝕溝裸露延伸至道路上緣側
109 年 SPOT 衛星影像	與前期影像相比無明顯變異
110 年 SPOT 衛星影像	與前期影像相比無明顯變異
111 年 SPOT 衛星影像	蝕溝裸露持續趨於明顯
112 年 07/04 衛星影像	與前期影像相比無明顯變異

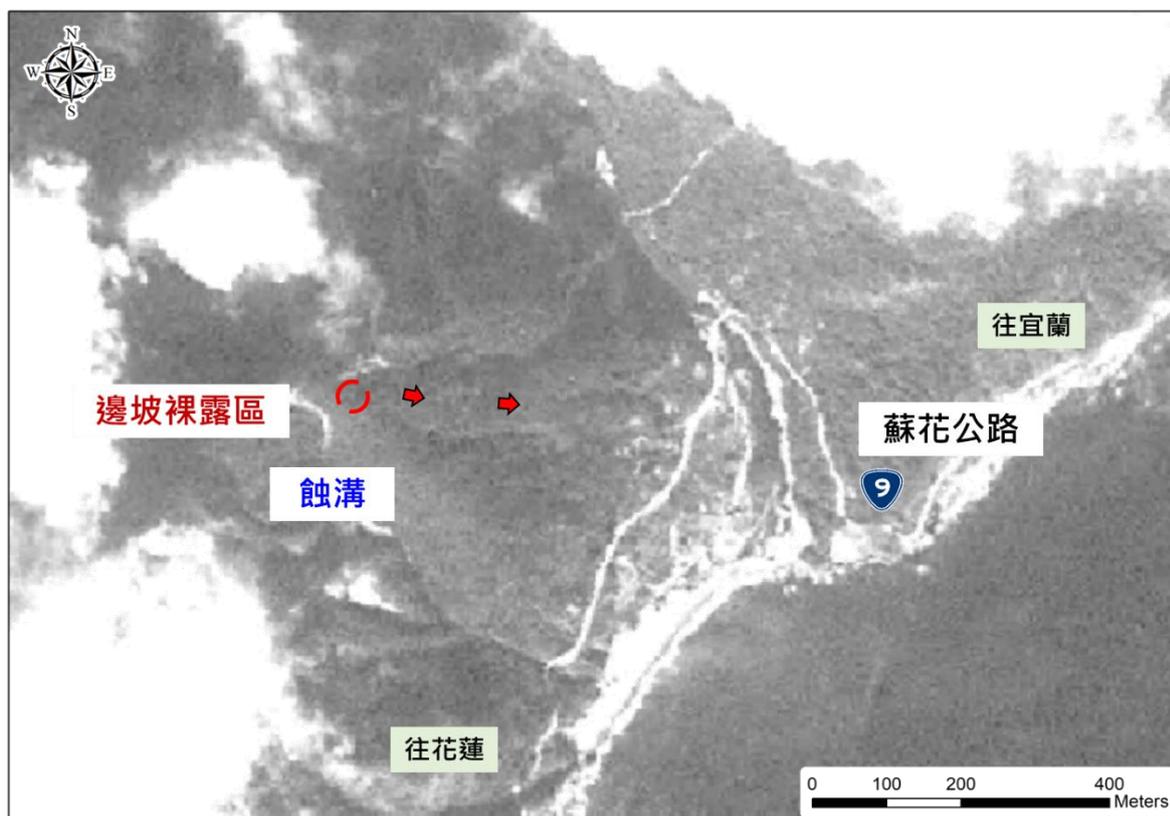


圖 4-1、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 58 年 Corona 衛星(58/02/11)

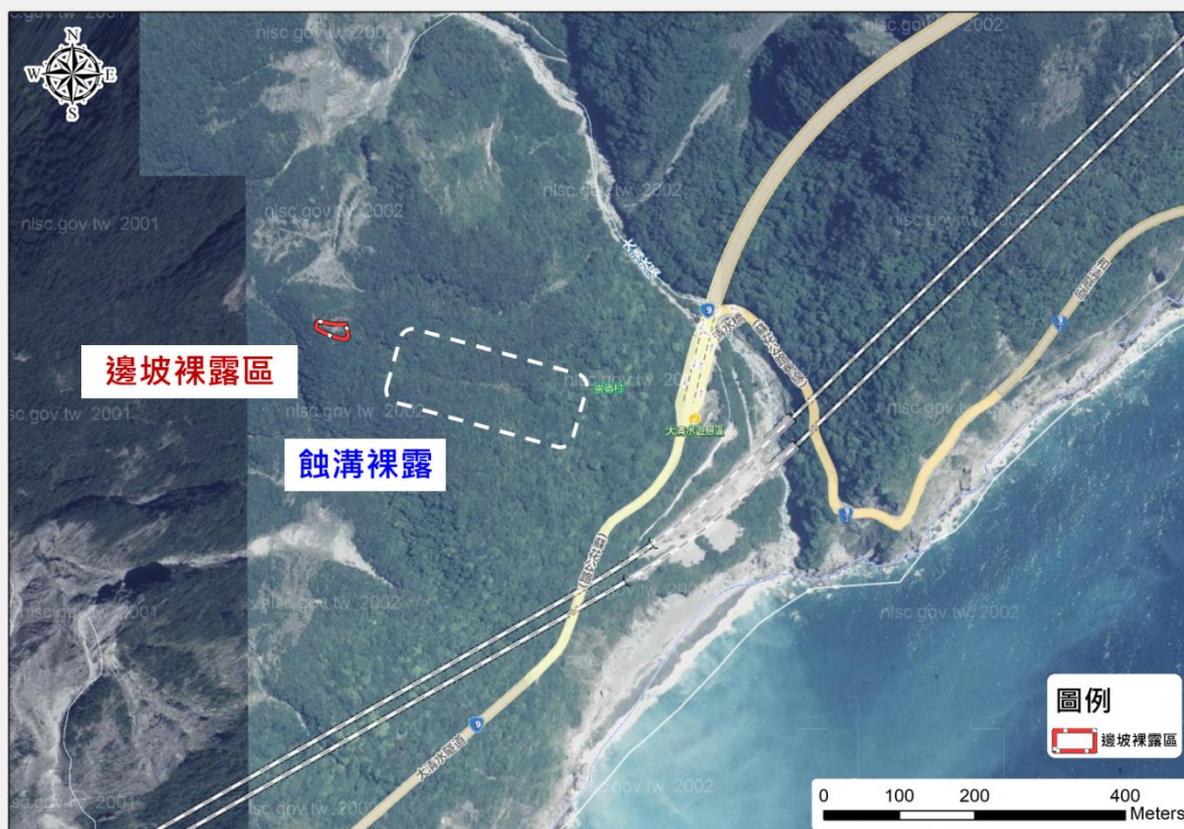


圖 4-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 91 年正射影像



圖 4-3、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 98 年正射影像

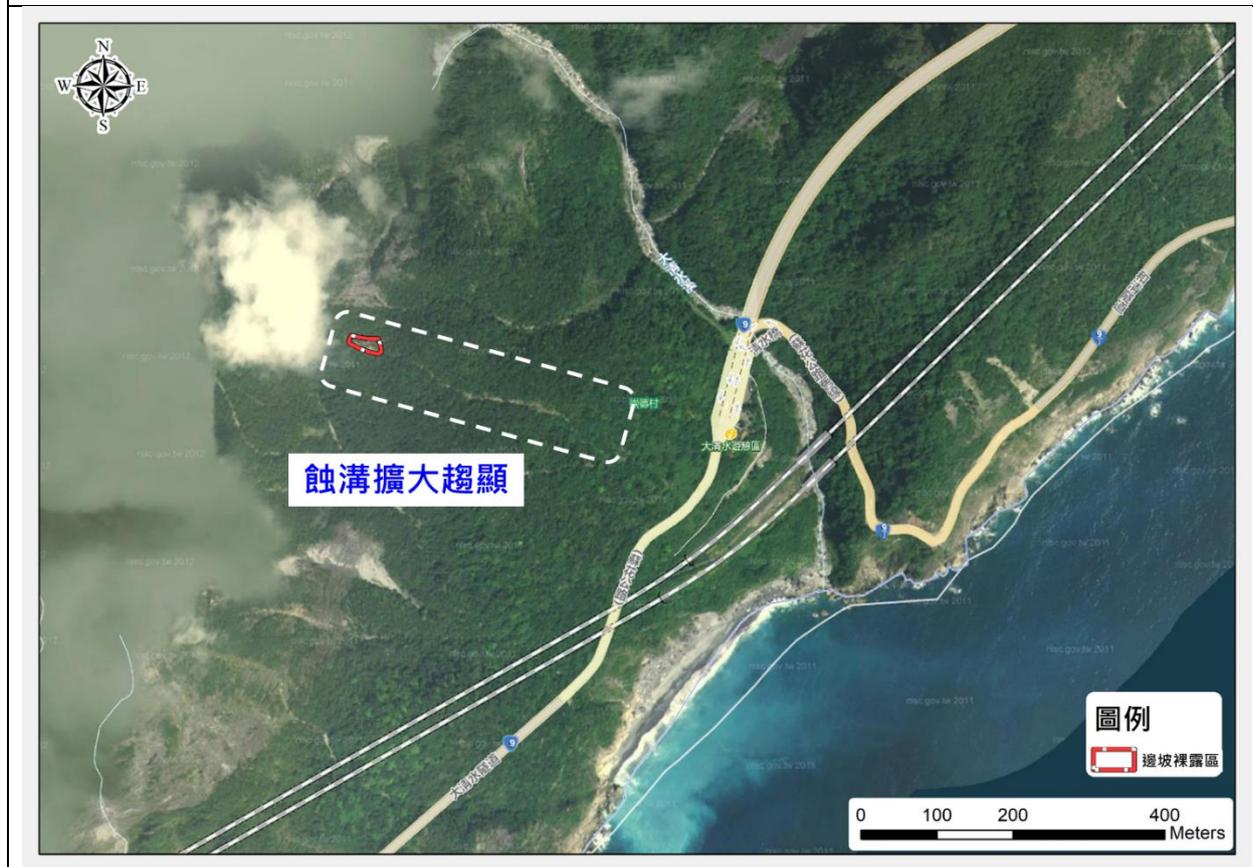


圖 4-4、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 103 年正射影像

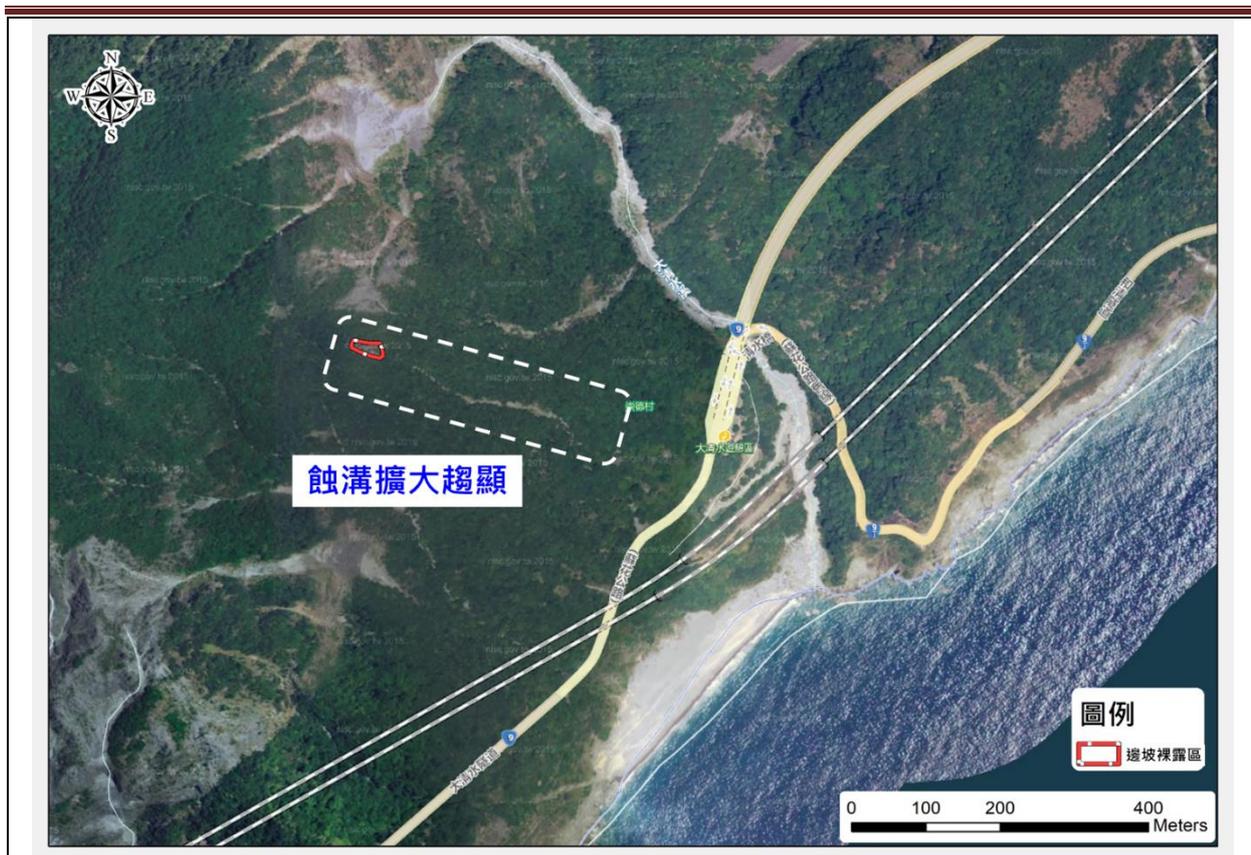


圖 4-5、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 105 年正射影像

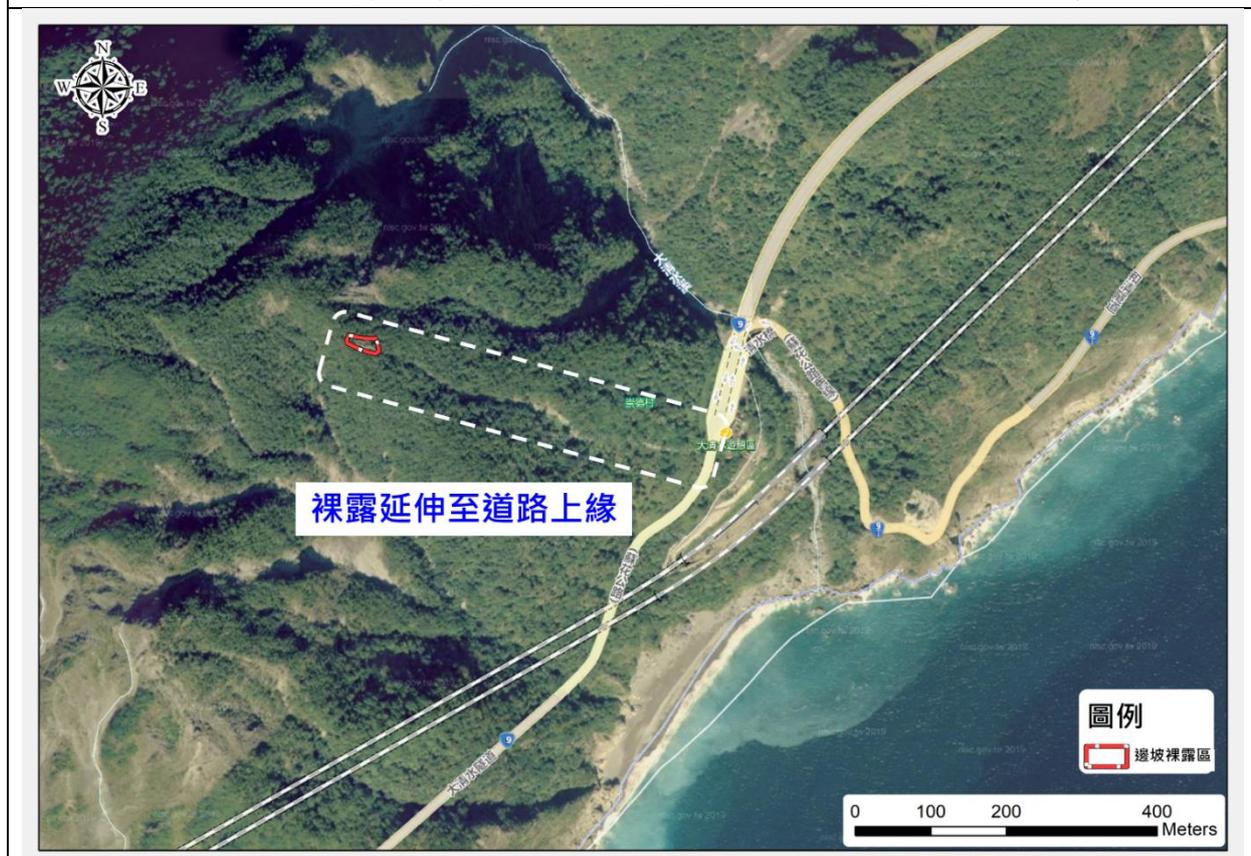


圖 4-6、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 108 年正射影像



圖 4-7、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 109 年 SPOT 衛星影像



圖 4-8、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 110 年 SPOT 衛星影像

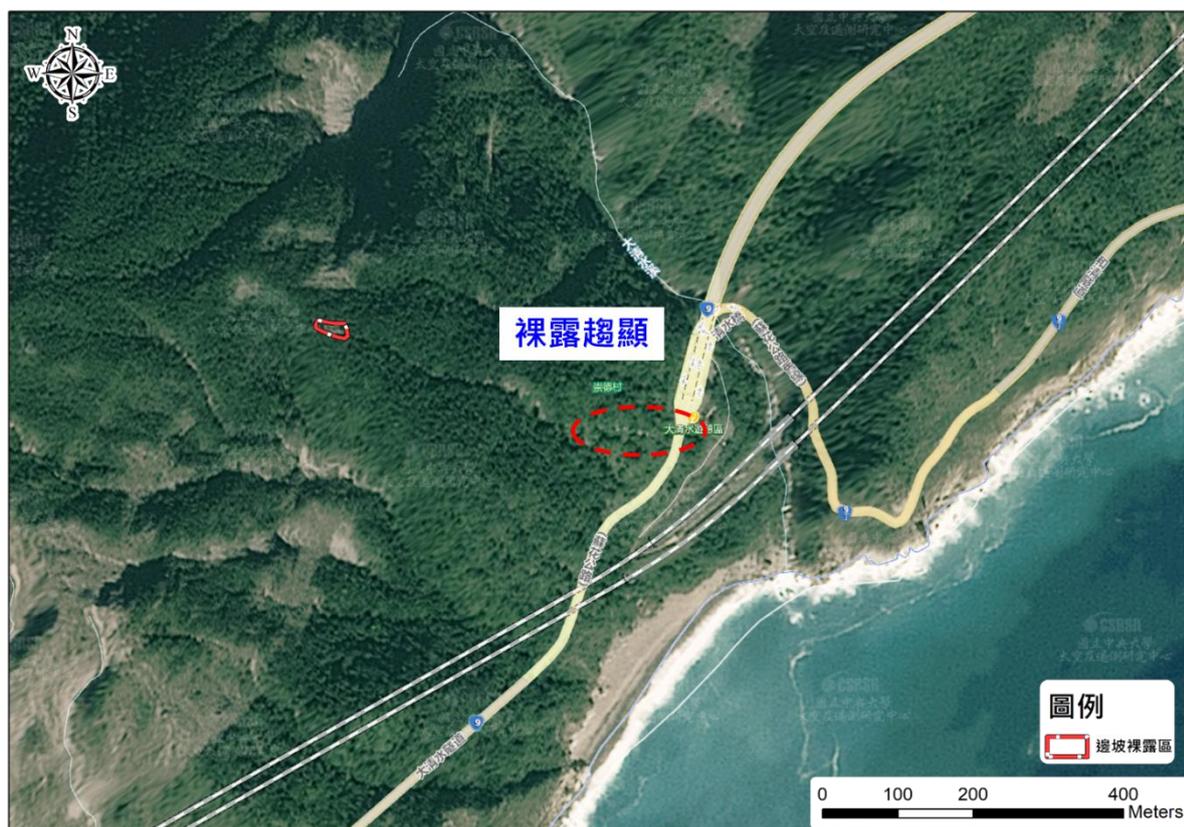


圖 4-9、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地 111 年 SPOT 衛星影像



圖 4-10、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露地近期衛星影像(112/7/4)Sentinel

## 伍、現地調查成果

### 5-1、現地調查結果

根據調查與資料分析，崩塌地位於立霧溪事業區第 8 林班地，行政區域屬花蓮縣秀林鄉崇德村，坡向主要為東至東南方，無道路可抵達崩塌位置，交通不可及。藉由空拍照片分析目前坡面上暫存有 10 餘處殘石，且坡面亦有大量石塊堆積(如圖 5-1 至 5-8 所示)，研判該區落石活動旺盛，其中能以空拍判釋較大危石尺寸約 4.5(長)×2.5(寬)×1(高)公尺，初估約有近 30 公噸。

落石的運動軌跡不外乎自由落體、彈跳、滾動、滑動等模式及其組合，目前直接保全對象屬台 9 線與台鐵北迴線兩者，兩處皆為花蓮往宜蘭唯一交通樞紐交通運量不少，不僅是遊客觀光路線亦是當地居民維生路線。目前台 9 線上邊坡已有防落石柵等防護措施，而臺鐵北迴線西正線(北上)靠近邊坡一側亦有明隧道工程(新清水隧道)防護掉落石塊，顯示落石應常對於道路與鐵路具有威脅，因而投入相關防護工程。就本區地形剖面顯示落石致災可能主滾動型態，部分較陡區段可能伴隨跳動現象，自陡峭坡面滾動後脫離坡面後，遭遇既有公路上邊坡防落石柵攔截或飛越、穿過掉落公路或鐵路區域。因該裸露殘石處於不穩定狀態，後續持續落石發生的機會可能性較高。



圖 5-1、立霧溪事業區第 8 林班邊坡裸露殘石致災可能路徑



圖 5-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區現地勘查分析



圖 5-3、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露坡面全貌圖

落石源頭區



蝕溝

崖堆

落石散落  
堆積

112/7/11

圖 5-4、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露空拍拼接圖



圖 5-5、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露與周邊蝕溝發育區



圖 5-6、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區近照



圖 5-7、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露下邊坡崖堆與台九線

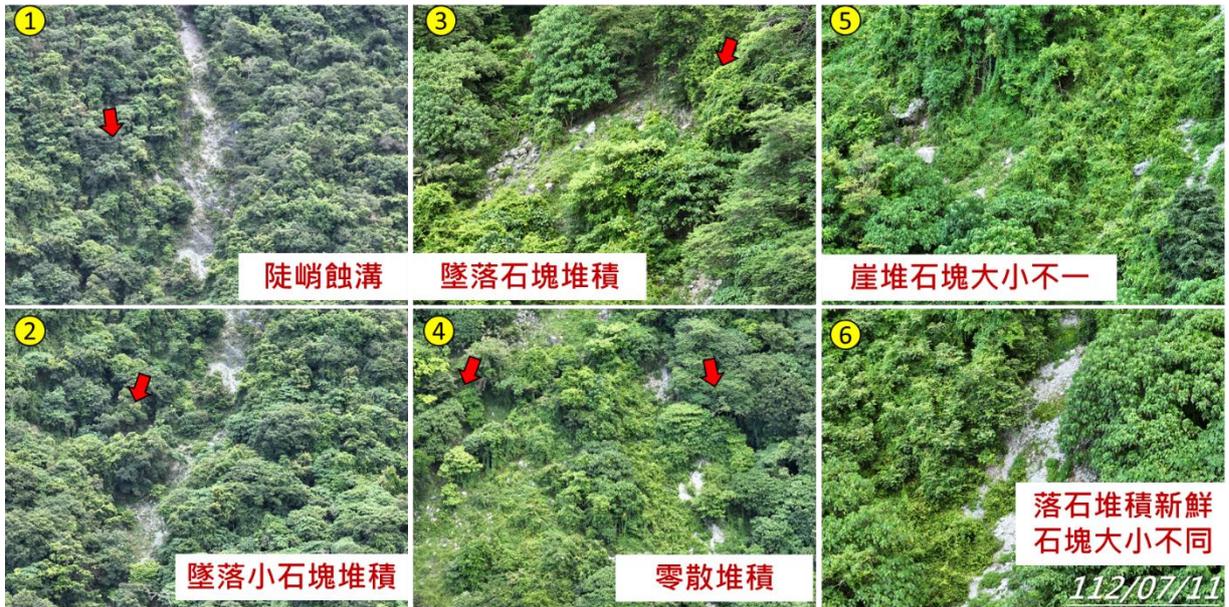


圖 5-8、立霧溪事業區 8 邊坡裸露區蝕溝與崖錐堆積材料現況

本案執行期間遭遇杜蘇芮颱風近台影響，清水斷崖最大 24 小時累積雨量達 201 毫米，達豪雨等級，最大陣風約 23.9m/s 達 9 級風，為因應杜蘇芮颱風侵襲後，裸露邊坡可能受降雨與強風有沖刷不穩情況，林業署花蓮分署於颱風遠離隔日進行空拍作業，由空拍照片判釋顯示颱風過後邊坡與殘石區無明顯變異狀況，如圖 5-9 所示。

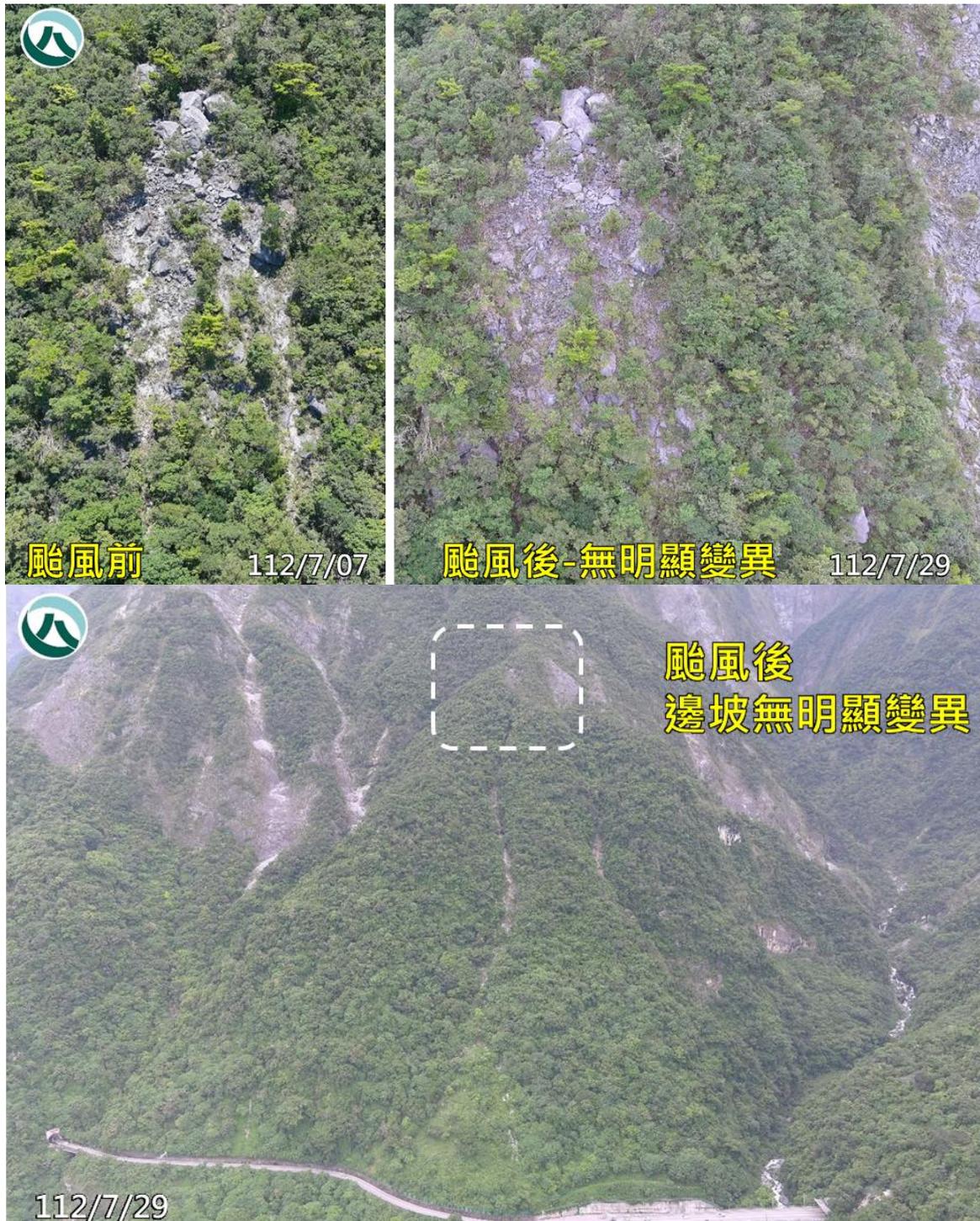


圖 5-9、立霧溪事業區 8 邊坡裸露區 112 年杜蘇芮颱風前後比對

表 5-1、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區現地調查表

調查區名稱	立霧溪事業區 8 林班 邊坡裸露	發現時間	111 年 10 月 14 日後
調查日期	112 年 7 月 11 日	交通條件	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無道路可達邊坡裸露區
現況描述	1. <input type="checkbox"/> 坡面有地下水流出 2. <input type="checkbox"/> 坡頂發現明顯裂縫 3. <input type="checkbox"/> 坡腳擋土構造物( <input type="checkbox"/> 排水孔阻塞； <input type="checkbox"/> 排水孔發現水痕) 4. <input checked="" type="checkbox"/> 危石未來有墜落可能 5. <input type="checkbox"/> 堆積土石料源產生堰塞湖		
植生調查	<input checked="" type="checkbox"/> 裸岩 <input type="checkbox"/> 落石堆積(無植被:植被面積<10%) <input type="checkbox"/> 落石堆積(植被稀疏:10%<植被面積<30%) <input type="checkbox"/> 植被中等稀疏(30%<植被面積<80%) <input type="checkbox"/> 植被密集(植被面積>80%)		
崩塌發生區	型式	<input checked="" type="checkbox"/> 落石 <input checked="" type="checkbox"/> 岩屑掉落 <input type="checkbox"/> 淺層崩塌(崩塌深度未達 10 m)	
	坡度	<input type="checkbox"/> 緩坡(坡度未達 35°) <input checked="" type="checkbox"/> 陡峭(坡度 35° 以上)	
	坡向	東、東南	
	土壤厚度	<input checked="" type="checkbox"/> 土層薄(厚度未達 60cm) <input type="checkbox"/> 土層厚(厚度 60cm 以上)	
	母岩岩性	<input type="checkbox"/> 完整砂岩(或完整火成岩；完整變質岩，不包含完整板岩、片岩) <input checked="" type="checkbox"/> 碎裂大理岩(或礫石層；碎裂火成岩；碎裂變質岩，不包含碎裂板岩、片岩) <input type="checkbox"/> 泥岩及砂頁岩互層	
崩塌影響區位	<input type="checkbox"/> 溪流 <input checked="" type="checkbox"/> 道路(台九線) <input type="checkbox"/> 建物民宅 <input checked="" type="checkbox"/> 其它 臺鐵北迴線		
崩塌類型	<input checked="" type="checkbox"/> 落石 <input checked="" type="checkbox"/> 岩屑掉落 <input type="checkbox"/> 翻轉型破壞 <input type="checkbox"/> 楔型破壞 <input type="checkbox"/> 平面破壞 <input type="checkbox"/> 弧形破壞 <input type="checkbox"/> 表層岩屑崩滑 <input type="checkbox"/> 潛移 <input type="checkbox"/> 沖蝕 <input type="checkbox"/> 路基流失 <input type="checkbox"/> 其他		
崩塌地質特性	<input type="checkbox"/> 砂頁岩互層 <input type="checkbox"/> 順向坡 <input type="checkbox"/> 黏質頁岩層 <input checked="" type="checkbox"/> 碎屑岩		
崩塌量測	<input type="checkbox"/> 皮尺測量 <input type="checkbox"/> 目視 <input checked="" type="checkbox"/> 空拍正射 落石源頭區約有 10 餘塊大小不一危石 空拍判釋危石尺寸:約 4.5(長)×2.5(寬)×1(高)公尺；體積估計：約 11.25 m <sup>3</sup> 質量估計：近 30 公噸(以大理岩密度 2.60g/cm <sup>3</sup> 計之)		
危木、危石	<input type="checkbox"/> 無； <input checked="" type="checkbox"/> 有	坡面土壤性質	<input type="checkbox"/> 砂土； <input type="checkbox"/> 坩土； <input type="checkbox"/> 黏土
崩塌原因 (可複選)	1. <input checked="" type="checkbox"/> 地震 2. <input checked="" type="checkbox"/> 降雨擾動 3. <input type="checkbox"/> 溪流( <input type="checkbox"/> 彎道沖刷； <input type="checkbox"/> 向源侵蝕； <input type="checkbox"/> 縱橫向沖刷) 4. <input type="checkbox"/> 地下水( <input type="checkbox"/> 坡面有水流出，特別濕潤； <input type="checkbox"/> 擋土構造物排水孔阻塞； <input type="checkbox"/> 發現泥岩、頁岩或黏質頁岩層露頭； <input type="checkbox"/> 其他_____) 5. <input type="checkbox"/> 人為擾動( <input type="checkbox"/> 地形改變； <input type="checkbox"/> 植生改變； <input type="checkbox"/> 水文改變) 6. <input checked="" type="checkbox"/> 重力自然墜落		

## 5-2、保全對象說明

本調查區坡面殘石可能受外營力或重力自然墜落導致下邊坡保全對象受災，根據調查本區保全對象主要分為公路總局轄管之台 9 線(蘇花公路)、太魯閣國家公園管理處轄管之大清水遊憩區與臺灣鐵路管理局轄管之鐵路北迴線等使用之人、車使用者(如圖 5-9 所示)。

蘇花公路為臺灣東海岸的重要幹線公路，為省道台 9 線、台 9 丁線的一段，在日治時期經倡議修築原先清代之北路為「臨海道路」，民國 22 年通車，第二次世界大戰後改名蘇花公路，民國 79 年改為雙向通車，大致依海岸線修築，但位處於板塊活動區，地震發生非常頻繁，邊坡土石極易鬆動，不論天候晴雨皆有落石災害頻傳。為改善落石災害影響人車問題，公路總局開始著手進行「蘇花公路改善計畫」專案，本區則位於和中-大清水段仁水隧道南口右側邊坡處，已於民國 109 年完成隧道開通改善通車，參考 110 年度「公路平均每日交通量調查」統計和平~清水斷崖段(145K+100~158K+099)，南北平均每日交通量達 7,389 輛/日，顯示道路系統具有相當的使用狀況。

大清水遊憩區主要乃提供蘇花公路使用人、車中途停靠休息而開闢，除提供遊憩休息外，也可窺探清水斷崖壯麗風景因而聞名。鐵路北迴線自民國 62 年為改善花東交通問題因而動工，並列入「十大建設」當中，調查時發現本區下邊坡處已完成鐵路明隧道保護工程，後續追查瞭解明隧道興建緣由，乃因於 105 年 10 月曾有塊長、寬、高約 1.5 至 2 公尺的巨石掉落在西正線(道路上邊坡側)與東正線間的空地上，距離軌道僅約 2 公尺，當時所幸並未發生事故(如圖 5-10)，為避免類似事件，後續採人工監看兩年後，於 108 年 3 月興建明隧道工程(山側邊坡安全防護設施工程)，卻於 111 年 4 月 2 日完工前不幸發生太魯閣號事故，7 月平日運行來往南北車次共計有 64 輛/日。

表 5-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區保全對象彙整

保全對象	與邊坡裸露 平面距離(m)	與邊坡裸露 垂直落差(m)	管理單位	人、車流量 (輛/日)
台 9 線	約 480	約 440	公路總局	北向：3,735；南向：3,654
大清水遊憩區	約 500	約 440	太魯閣國家公園 管理處	--
鐵路北迴線	約 550	約 475	臺灣鐵路 管理局	北向：36 次；南向：37 次



圖 5-9、立霧溪事業區 8 邊坡裸露區保全對象分布



圖 5-10、鐵路北迴線 105 年 10 月落石掉落事件

## 陸、災情量化評估成果

自民國 111 年 9 月 18 日池上地震後，造成花東地區多處道路、橋樑與鐵路中斷，而本調查區因存有後續致災風險，因而進行調查，由於本次調查區基本上無交通可及性，調查皆仰賴空拍照片進行資料判讀，因此透過空拍照片進行正射拼接工作，接續產製正射影像後，藉以繪製邊坡裸露範圍，經由推算後得出崩塌面積約 0.06 公頃，其中最大長度約 43 公尺，最大寬度約 19.5 公尺，由空拍照片分析目前坡面上有 10 餘顆殘石與大量細碎土砂材料堆積，其中能以空拍判釋較大危石尺寸約 4.5(長)×2.5(寬)×1(高)公尺，體積約有 11.25 立方公尺，若以大理岩密度 2.60g/cm<sup>3</sup> 計之，初估約有近 30 公噸。

落石災害的發生原因以地質角度來說共有倒懸（自由端出露）、不連續面切割（破碎）、解壓節理、差異侵蝕（軟硬岩交界面）等四類為大宗，調查區可能主要為破碎與解壓節理等兩種，有殘石發育或大量細碎土砂材料堆積。

對具有明顯層面與破裂面等不連續面的岩體而言，因為不連續面切割岩體，導致岩體破碎，此時如果不連續面的密度並非太高，岩坡則易產生岩塊墜落、頃翻、平面滑動或楔型滑動。而當岩體中具有高密度及多方向之不連續面，則岩體將被切割的極為破碎，因此有利於落石及土石流破壞之發生（玉山國公園新中橫地區地質構造分析及其對崩塌地發育之影響）。

除落石墜落影響外，也需注意坡面上細碎土砂材料沿著蝕溝下移堆積，是否有致災可能，尤其在汛期期間颱風來襲時，伴隨豪雨與強風等，可能需特別注意，更加上近年來地震事件頻傳，單日多起有感地震的頻率越來越高，也使山區道路與鐵路更容易有落石災害發生。

根據公路局邊坡防災分級標準，目前邊坡路段(0209X 158195A)屬於 C 類分級代表曾有落石坍方紀錄、無明顯不穩定徵兆或已設有防護措施者；以及而根據臺鐵北迴線 105 年 10 月落石掉落事件，顯示該地段具有災害威脅，可能需進行經常性巡檢，以盡速了解裸露危石區是否有變化發生。



圖 6-1、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區空拍正射影像



圖 6-2、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區殘石尺寸

## 柒、致災風險評估及後續影響說明

### 7-1、致災風險分析

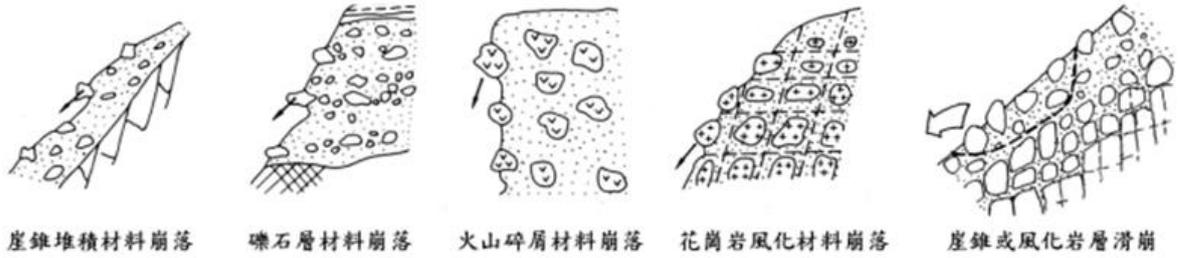
根據前期 92 年空拍影像發現，該調查位置屬舊有裸露地，歷年衛星影像顯示有持續長期落石活動發生，就現場崖堆照片判斷，其堆積石塊尺寸不一且數量眾多，堆積時間不同，代表落石墜落時間亦不迥相同，代表落石活動存在已久。

本邊坡裸露區於 111 年 0918 地震後暫未發生落石滑落災害，除既有重力自然墜落外，相關外營力擾動作用仍不可忽視，如長期降雨可能使降雨滲入岩層裂隙後，促使邊坡的穩定性下降，此外大理岩表面曝露於大氣中受到大氣、水和陽光影響，接觸產生物理性崩解和化學性分解等破壞性作用，因而變成破碎之風化岩，稱之為「解壓節理」，本案位處於陡峭岩壁上，故節理發達之岩體更容易風化出露，並引發岩屑與落石災害，一般而言，大理岩呈塊狀，沒有葉理，但是仍然可以發育出解壓節理，通常係採用護坡工程進行處理，但是大多只能穩固一陣子，約數十年後，更厚的岩板仍會從母層剝落脫離，主要破壞類型則如圖 7-1 所示。

落石潛在發生區（落石源）的發展，將造成落石的安定度降低至可能立即滑落之不安定程度，因而啟動落石岩塊與岩體分離機制，基本上由於環境條件之改變所造成，環境改變因素影響落石發生機率，由文獻彙整分析大致以雨量、地震及溫度等三個主因交互影響為主(李順成等，民 109 年)，本區岩塊已與岩體剝離，立於陡峭坡面部分岩塊卡於樹後，具有高度不可預期之風險，如圖 7-2 所示。

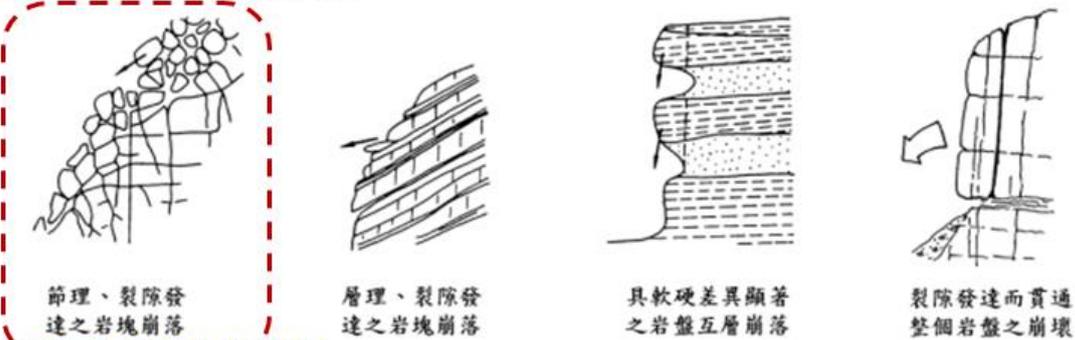
目前邊坡裸露成因主要因長期降雨沖刷或因風化造成解壓節理使岩體破碎因而裸露導致，且蝕溝發育的向源侵蝕也使邊坡持續裸露，因導致坡頂殘石，有落石災害發生風險。故落石多發生在暴雨、久雨或強震後，地震引起地表搖晃時產生加速度可能使殘石失去支撐(如圖 7-3)，或因持續性的降雨下，地表逕流沖刷土體流失，使殘石塊體逐漸失去支撐，因而引發落石災害(如圖 7-4)。

(a) 滾石型(拔落型)源頭破壞類型



**浮石型源頭破壞**

(b) 浮石型(剝離型)源頭破壞類型



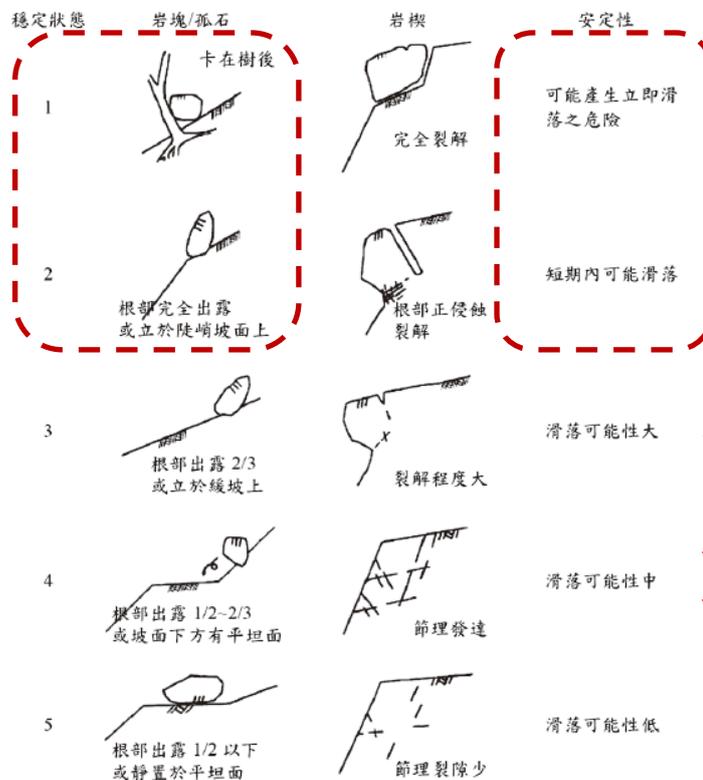
**節理裂隙發達**

參考來源：落石源頭區破壞型態(徐鐵良，1986；羅佳明，2010)

圖 7-1、落石源頭區破壞類型

本區落石類型以類型 2 為主，部分為類型 1，屬短期可能墜落高風險區域。

由過往文獻彙整分析可瞭解大致可分為：雨量、地震及溫度等三個主因交互影響。



岩塊已與岩體剝離，立於陡峭坡面，部分岩塊卡於樹後，具有高度不可預期之風險。

落石潛在發生區(落石源)的發展，將造成落石的安定度降低，可能啟動落石岩塊與岩體分離機制，基本上由於環境條件之改變所造成，環境改變因素影響落石發生機率。

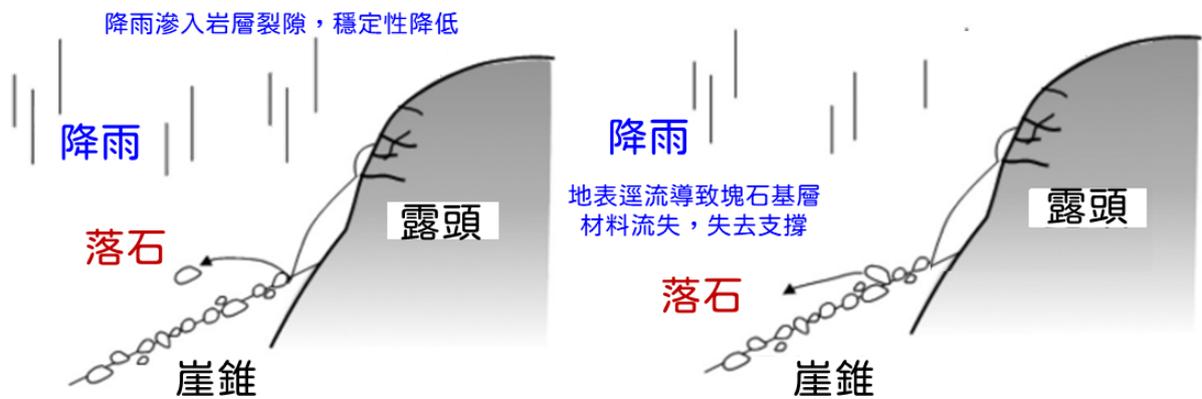
參考來源：李順成等，民 109 年；日本地盤工學會「落石對策工的設計法と計算例」。

圖 7-2、落石源安定度示意圖(日本地盤工學會)



改繪自：Zhang et al. (2016), Evolution of Mass Movements near Epicentre of Wenchuan Earthquake, the First Eight Years

圖 7-3、地震導致之相關復合自然災害示意圖



參考自：Imaizumi et al. (2020), Interpreting rockfall activity on an outcrop-talus slope system in the southern Japanese Alps using an integrated survey approach

圖 7-4、降雨導致落石運動示意圖

## 7-2、災害影響評估

### 一、落石運動型態

落石運動行為大多屬於自由落體(倒懸坡)、滾動(陡坡)等型態，若為滑動(緩坡)型態亦會因地形、岩塊形狀及材料特性，而轉為滾動、彈跳或自由落體等運動行為。

落石災害受到地形的影響，落石滾動後會有不同的致災型態，根據 Ritchie (1963) 現地落石實驗顯示，單顆落石運動由坡度所控制。當坡度小於 30 度時，落石運動主要以滑移為主，當坡度小於 45 度時，落石於彈跳後逐漸喪失動能，轉為滾動方式，以滾動為主。當運動坡度在 45 ~60 度間，落石在彈跳後，仍具持續向下加速動能，以連續彈跳方式向下運動，以跳動為主。而坡度大於 60 度時，以自由落體運動方式為主(羅佳明，2010)。

因此地形坡度為影響落石運動行為最重要之因素，亦是落石運動速度變化之關鍵，當坡度越大落石碰撞邊坡頻率越低，故對於落石運動影響與消能程度相對於緩坡為低，當落石滾動時，落石越大越不受坡面起伏之影響，可持續保持滾動之方式；落石較小易受坡面起伏之影響，其運動行為主要以彈跳方式運動，而落石彈跳方式較滾動方式易損失動能，巨大落石除了比較不易受坡面起伏的影響外，其運動距離與動量均較小落石為大 (Pfeiffer and Bowen, 1989；Ritchie, 1963；Pfeiffer et al., 1991；羅佳明，2010)。

本調查區將邊坡裸露坡面主要分為 A-A' 與 B-B' 兩地形剖面，分別探討全坡面與局部地形等兩類運動型態，就本案地形 A-A' 剖面坡度約 41 度(如圖 7-6)，而邊坡裸露殘石源頭區地形 B-B' 剖面坡度則約 46 度(如圖 7-8)，顯示落石主要運動為滾動型態，部分較陡區段可能伴隨跳動現象，自陡峭坡面滾動後脫離坡面後，遭遇既有公路上邊坡防落石柵攔截或飛越、穿過掉落公路或鐵路區域。而落石發生之時間短促、任意地點都有可能，也無前期徵兆，故進行預估落石災害發生有其困難之處，工程處理與科技預警措施仍相對有限，較難以防治(李順成等，民 109 年)。

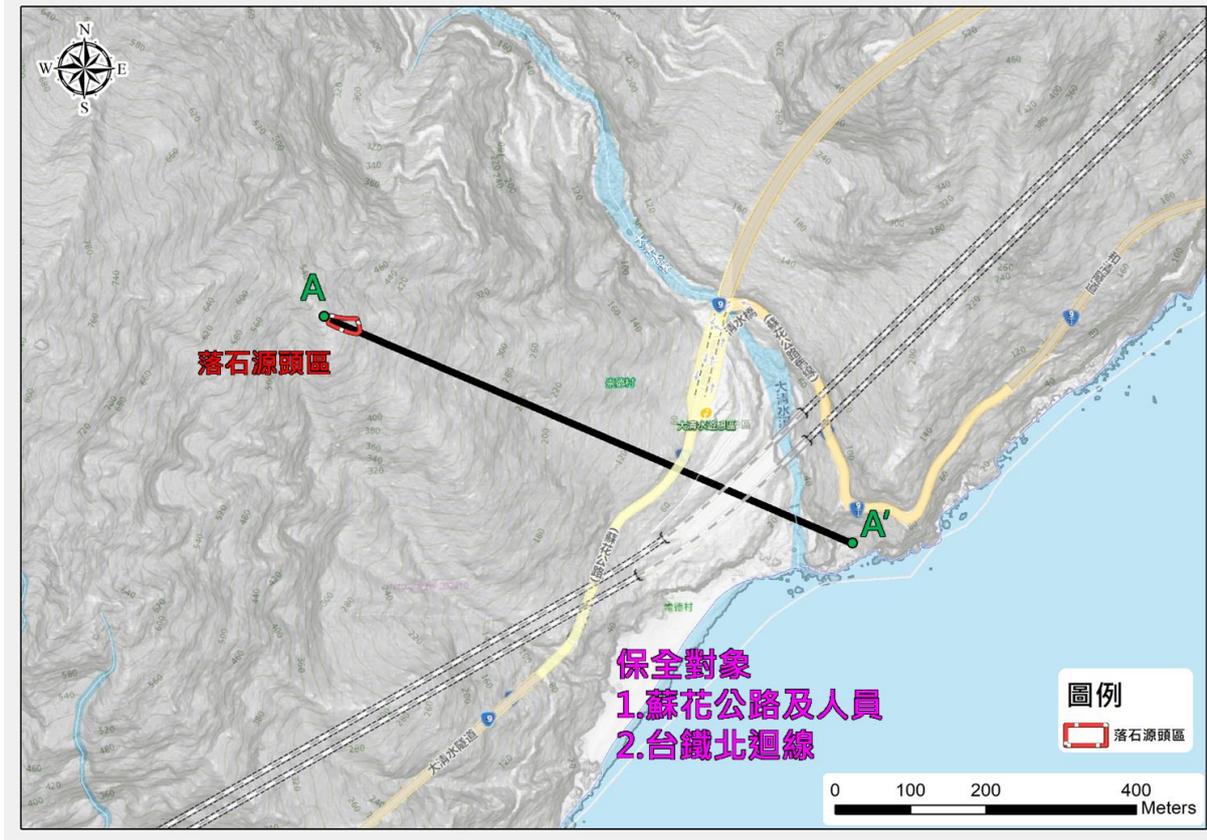


圖 7-5、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區地形剖面

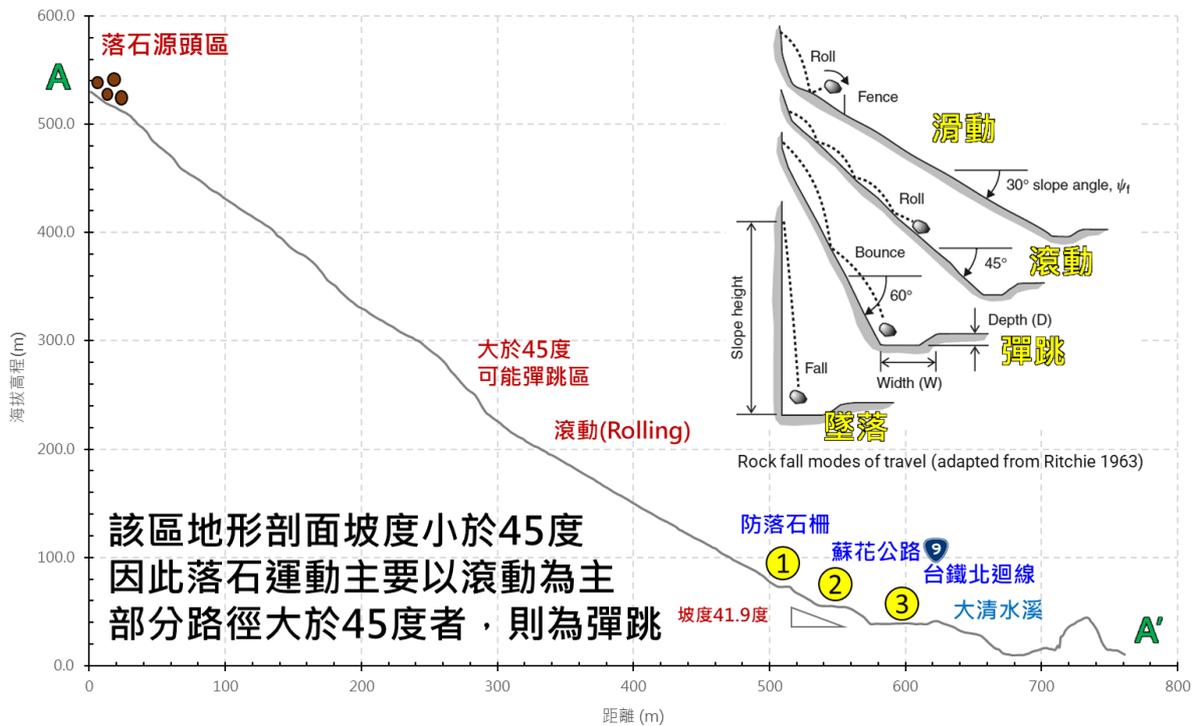


圖 7-6、立霧溪事業區 8 林班邊坡裸露區致災運動型態分析

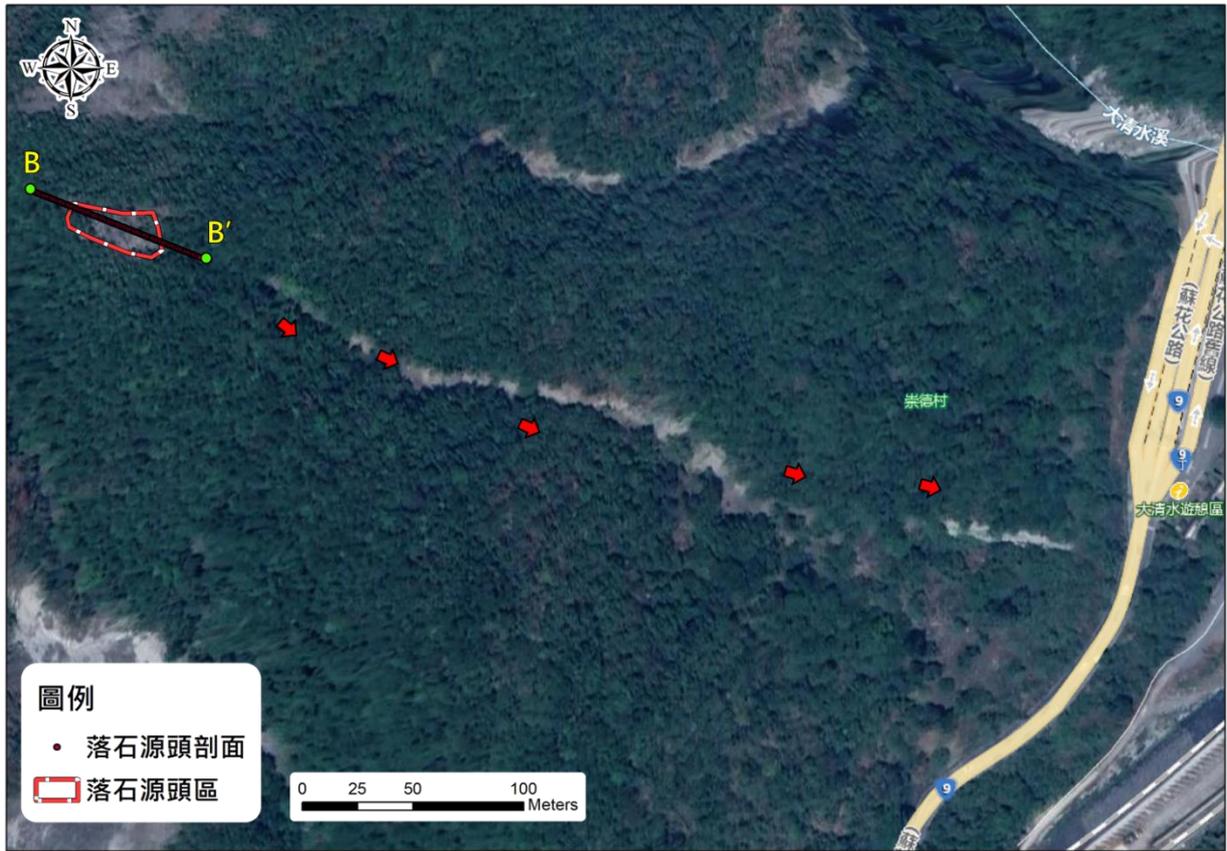


圖 7-7、立霧溪事業區 8 林班坡頂局部地形剖面分布圖

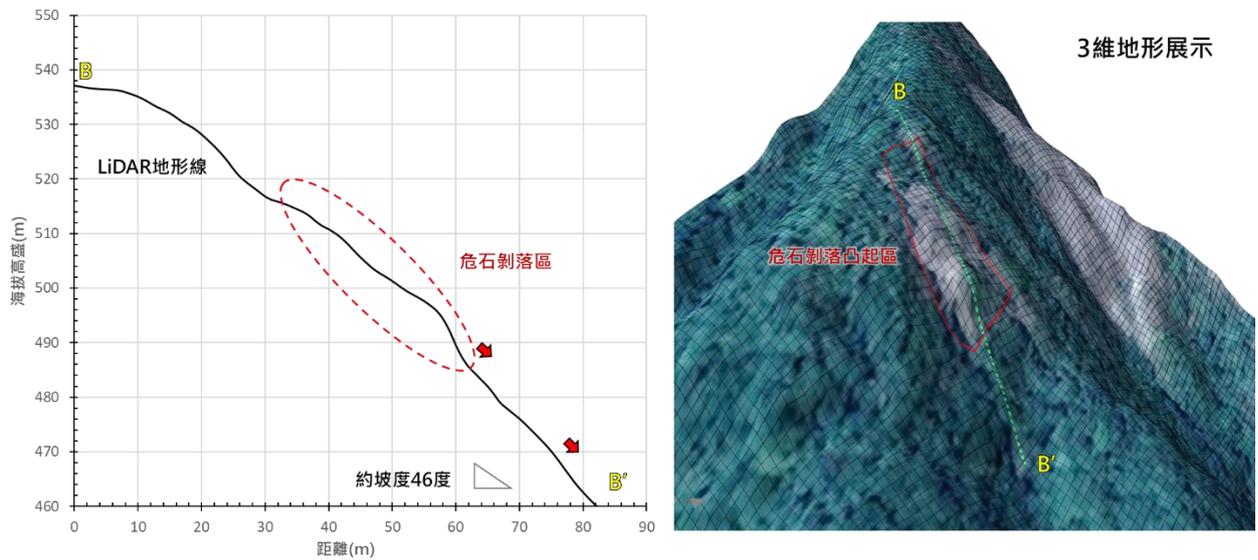


圖 7-8、立霧溪事業區 8 林班坡頂局部地形剖面分析圖

## 二、落石位移距離估算方法：

為瞭解落石可能影響區域，本調查採用等價摩擦係數位移評估，將邊坡裸露殘石源頭處與下邊坡各處保全對象，進行影響距離檢討與評估。

等價摩擦係數  $f_e$  最早由 Heim(1932)提出，主要以最大落高( $H_L$ )與其水平移動距離( $L$ )之兩指標比值建立等價摩擦係數  $f_e$  之關係，其建議推估式為：

$$f_e = \frac{H_L}{L} \quad - \text{Heim(1932)}$$

其中  $H_L$  為最大落高(m)、 $L$  為水平移動距離(m)

參考自：Heim, A. (1932) Der Bergsturz und Menschenleben. Fretz und Wasmuth Verlag, Zürich, 218 p.

Scheidegger (1973)根據經驗可知透過實驗  $f_e$  多介於 0.3~0.8，當等價摩擦係數越小運動距離越遠，但前人研究大多案例主要以崩塌事件為主，以崩塌事件而言等價摩擦係數最遠將達 0.3 移動距離較長，可能較不適用單一落石事件，因此後續相關研究則針對落石事件之等價摩擦係數進行分析如下：

Heim(1932)、Scheidegger(1973)、Toppe(1987)、Evans 與 Hungr(1993)將落石運動最遠距離與最大落高間水平夾角定義為等價摩擦角  $\theta$  (如圖 7-8 所示)，定義落石運動堆積範圍，落石調查區介於 28 至 35 度間(羅佳明，2010)，因而推算落石等價摩擦係數約 0.53~0.70(係數越大越保守)間。

而 Dammeier et al. (2011)則根據 Scheidegger (1973)資料的基礎，蒐集高山落石案例進行點繪，根據點繪成果推算落石等價摩擦係數約 0.5~0.8 間。

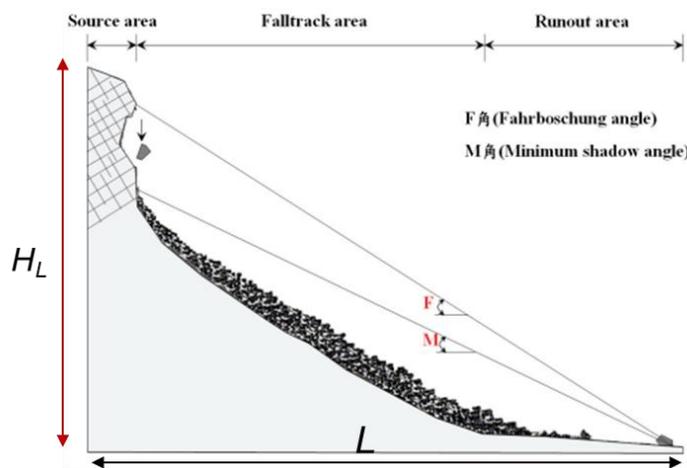
根據上述兩種案例可歸納出落石案例最遠距離約採等價摩擦係數約 0.5，相對保守值約 0.7~0.8 間(如圖 7-9)，因此本案將以等價摩擦係數 0.8 作為相對保守之估算值。為了解本次落石可能致災位移距離，將透過上述關係式，初步推估殘石崩落後殘石可能到達的相對距離，即為可能影響範圍，當邊坡殘石自陡峭坡面滾動後脫離坡面後，各保全對象的平面距離可能不足受災。

表 7-1、保全對象與落石位移距離檢核評估

保全對象	與邊坡裸露平面距離(m)	與邊坡裸露垂直落差(m)	等價摩擦係數 $f_e$	落石最大移動距離檢核
台 9 線	約 480	約 440	0.92	保守移動距離約 594 公尺 (等價摩擦係數採 0.8 計， 以高差 475 計之) 極可能受災，不安全
大清水遊憩區	約 500	約 440	0.88	
鐵路北迴線	約 550	約 475	0.86	

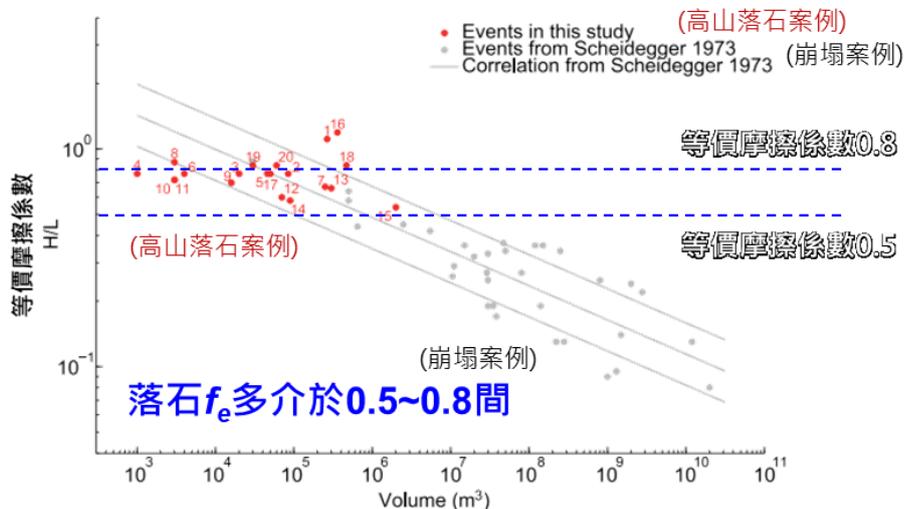
### 三、落石可能影響範圍

綜合上述，可推算落石災害等價摩擦係數約 0.5~0.8 間，以邊坡殘石源頭至各保全對象平面距離與垂直落差進行估算，以鐵路北迴線為例，假設  $f_e$  值為 0.5，落高  $H_L$  以 475m 帶入影響距離約為 950m；假設  $f_e$  值為 0.8，落高  $H_L$  以 475m 帶入影響距離約為 594m，其檢核係數仍大於保守值，代表保全對象皆位於可能落石的致災影響範圍內，有人車安全疑慮，估算成果也與 105 年 10 月台鐵落石事件相吻合(如圖 7-10)，本次估算僅考慮落石最大位移之相對距離，並未考慮落石墜落後地形糙度與地形高低起伏影響而有動能減少，屬於較理想化計算，主要探討落石可能影響距離。由於落石災害運動主要受地形影響較甚，可配合估算落石位移距離，可由地形地勢初估崖錐堆積區沿切線方向劃設之影響範圍，則可視為災害高風險區(如圖 7-11)。



改繪自 Meissl, 1988；羅佳明，2010

圖 7-8、落石崖錐堆積等價摩擦角(F)與陰影角(M)示意圖



改繪自 Dammeier et al. (2011) Characterization of alpine rockslides using statistical analysis of seismic signals

圖 7-9、等價摩擦係數與崩塌及落石案例探討

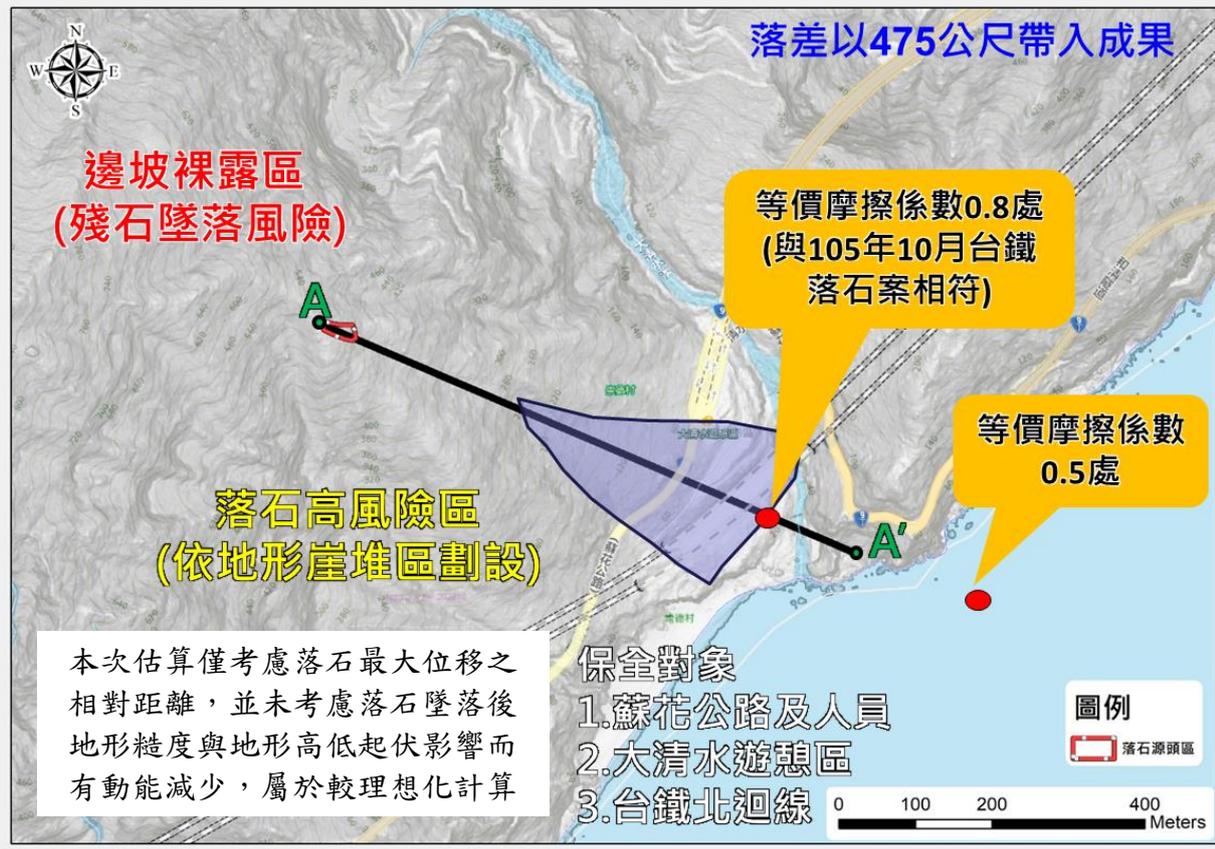


圖 7-10、邊坡裸露殘石可能影響範圍檢討



圖 7-11、邊坡裸露殘石可能影響範圍空拍套繪成果

## 捌、後續處置建議

透過現地調查和無人載具空拍作業，針對邊坡裸露調查速報進行調查及災情評估分析，僅將調查成果與後續處置建議說明如下：

### 8-1、調查評估分析說明：

- (1)、本邊坡裸露區位於台 9 線 158.3k 上邊坡處(大清水遊憩區上邊坡)，屬於立霧溪事業區 8 林班範圍內，隸屬於花蓮縣秀林鄉崇德村，所處海拔高程約 480 至 530 公尺間，根據地形資料發現坡面呈凹槽狀特徵有蝕溝發育狀況，坡面陡峭大多位於六至七級坡，坡向朝向為東至東南方，屬舊有裸露地位於山崩與地滑地質敏感區範圍內。
- (2)、本邊坡裸露區於 111 年 0918 地震後暫未發生落石滑落災害，並根據無人載具空拍判釋顯示，邊坡裸露落區約仍有 10 餘塊大小不一殘石與大量細碎土砂材料，其中殘石較最大者約 4.5(長)×2.5(寬)×1(高)公尺，質量估計：約近 30 公噸。且目前崖堆坡面區許多墜落石塊堆積，石塊新舊不一，細碎石塊材料豐富，顯示有持續性落石活動。
- (3)、目前邊坡裸露成因主要因長期降雨沖刷或因風化造成解壓節理使岩體破碎因而裸露導致，且蝕溝發育的向源侵蝕也使邊坡持續裸露，因導致坡頂殘石，有落石災害發生風險。故落石多發生在暴雨、久雨或強震後，地震引起地表搖晃時產生加速度可能使殘石失去支撐，或因持續性的降雨下，地表逕流沖刷土體流失，使殘石塊體逐漸失去支撐，因而引發落石災害，本區岩塊已與岩體剝離，立於陡峭坡面部分岩塊卡於樹後，具有高度不可預期之風險。
- (4)、目前各殘石岩塊已與岩體剝離立於陡峭坡面或卡於樹後，具有高度不可預期之風險，若殘石自坡面剝落後受外營力影響後滾動，滾動將沿蝕溝方向加速前進，直下下邊方崖堆區，多數小規模落石將落至此處堆積，而尺寸較大者不排除會持續滾動，遭遇攔截或飛越、穿過掉落鐵、公路區域，因而影響人車安全，因下邊坡保全對象(台九線、鐵路與遊憩區等)人車交通流量甚高，雖已施作防落石鋼柵護欄(公路)與施作明隧道(鐵路)，但仍處於落石的威脅之中。

- (5)、採用落石移動距離估算公式，雖本次估算屬於較理想化計算，並未考慮落石墜落後地形糙度與地形高低起伏影響而有動能減少問題，但以較保守的距離計算成果顯示，各保全對象的平面距離可能不足，且估算成果也與 105 年 10 月台鐵落石事件相符，有安全疑慮。

## 8-2、後續處置與對策：

- (1)、落石災害潛勢雖然可以透過工程手段進行改善，落石災害大多位處陡峭區域且持續風化剝落，通常係採用護坡工程進行治理，但約數十年後，更厚的岩塊仍會從母層剝落脫離持續不斷，故落石屬自然現象，無法透過邊坡工程來完全阻絕落石現象。
- (2)、坡面仍有許多殘石，地形多以陡峭坡面且落差達 440 公尺，導致大型機具無法到達，工程手段解決具有相當難度，且本邊坡裸露區屬於原始自然森林林地，無道路可抵達，基本上屬於未受人為擾動之純自然邊坡，過去為無人開發之天然原始林，坡面裸露區並無人為的破壞與開發行為，受人為活動影響之成分為小，落石乃係天然岩石解壓解理所致，陡峭之山坡不宜以人為工程處置與擾動，否則可能引發擾動造成更多落石之虞，且既有坡面植被可局部阻擋土石，避免持續發育。
- (3)、目前裸露危石仍不穩定，且工程與科技預警仍有限，因落石災害隨時可能發生，宜採用防禦繞避措施，建議林業單位可行文權責單位設置警示標誌、標線、告示牌等(如危石區快速通過)，或強化落石預警工作或其他工法進行減災防治，以確保用路人生命財產安全。
- (4)、有關道路邊坡的治理權責機關，以往各單位常有不同的立場及看法，為釐清治理權責，行政院多次邀集相關單位研商最後獲致結論，並以行政院秘書長 99 年 6 月 3 日院台忠字第 0990098260 號函頒「坡地崩塌防災權責分工表」，明訂應由道路主管機關主辦，意即道路主管機關為維護道路順暢及用路人之安全，應負責道路上下邊坡之整治責任。本案道路邊坡陡峭，落石發生至道路之邊坡為一連續坡面，應屬於道路上下邊坡不可分割之治理範圍。且有關本

案邊坡治理討論，已於 104 年 11 月 12 日因仁水隧道南口工程需求徵求保安林解編會議，已針對道路邊坡衍生落石災害進行討論，已有相當會議決議與處理之參酌，林業保育署(原林務局)已提醒公路單位應依行政院訂頒「道路上下邊坡治理不可分割」之原則，由公路單位確實辦理道路上下邊坡穩定、監測、巡查、養護及治理工作，方確保用路人安全，相關說明如附錄一所示。

- (5)、林務單位乃主管林業經營與保育工作，而鐵、公路單位乃提供道路使用者安全防護為主，因此建議鐵、公路主管單位後續評估相關工程防護與預警需求，加強巡檢頻率與相關管理預防工作(如豪雨與地震事件前後進行封路工作)，林務單位則配合辦理。
- (6)、由於本案涉及林業、鐵路與道路管理等不同權責單位，建議透過跨平台協商工作或建立 SOP 作業流程機制，充分溝通協調並分工合作，但相關公路與鐵路長期治理及搶災防護建議仍應回歸鐵公路主管機關負責，宜就用路安全之權責進行必要之處置。



## 附錄一、報告書審查意見及辦理情形

行政院農業部林業及自然保育署花蓮分署

「112~113 年度花蓮處轄災後緊急調查評估工作」項下

「台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露」報告書審查意見及辦理

壹、日期：112 年 8 月 25 日(星期五)下午 1 時

貳、地點：本分署處三樓會議室

參、主持人：余召集人蘭君

伍、審查意見：

審查委員	項次	審查意見	辦理情形	頁數
施 委員 彰樹	1.	本案調查評估報告成大團隊係依所蒐集多年之衛星影像航空照片，及現場調查並加實地 UAV 空拍照片，進行判釋分析，並就落石原因，岩性分析，落石滾動路徑以及影響範圍，分別探討評估後提出報告，已大致應屬適當。	感謝委員認可。	--
	2.	至於落石可能影響範圍，經依學理演算推估，結果並與台鐵 105 年 10 月落石案評估結果相符(P.38 及 P.39 之圖 7-8~圖 7-11)，應屬有其可信度，為其範圍圖應有詳細之起訖里程。	感謝委員意見，目前可能影響區起訖里程約台 9 線 158.2K~158.4K 間及北迴線里程 K51+300~K51+500 之間如圖 7-11 所示。	P.40
	3.	本調查評估報告，茲建議就下列數點加強論述： 一、坡面裸露區並無人開發行為，	感謝委員意見，將加強補充論述。	P.41 ~P.43

審查委員	項次	審查意見	辦理情形	頁數
		<p>落石乃係天然岩石解壓解理所致。</p> <p>二、陡峭之山坡不宜以人為工程處置，否則可能引發擾動造成更多落石之虞。</p> <p>三、公路單位申請解除保安林之 104 年 11 月 12 日保安林解除審議委員會議時，林業保育署(原林務局)已提醒公路單位應依行政院訂頒「道路上下邊坡治理不可分割」之原則，負責相關坡面之監測、巡查、養護及治理工作。</p> <p>四、後續處理：公路單位宜就用路安全之權責進行必要之處置。</p>		
王 委員 幸隆	1.	<p>本次邊坡裸露點與山崩及地滑地質敏感區圖層重疊，該區屬於地質敏感區域且為存在至今已久屬舊有裸露地，該邊坡應屬於未受人為擾動之純自然邊坡。</p>	<p>感謝委員意見，確如委員所述，經航遙測影像分析顯示，確實屬於未受人為擾動之純自然邊坡。</p>	P.13
	2.	<p>蝕溝發育導致坡頂殘石發生落石為地震及氣候自然形成災害落石災害影響範圍，由學理分析落石跳動(彈跳)之範圍，須再評估落實劃設，在範圍內權責機關應就職責辦理，確保用路人安全。</p>	<p>感謝委員意見，本案由等價摩擦係數，採落石災害適用之係數進行推估，如圖 7-10 與圖 7-11 所示。</p>	P.40

審查委員	項次	審查意見	辦理情形	頁數
	3.	坡面殘石仍不穩定，惟坡面地形陡坡且落差極大，工程手段解決具相當難度，工程解決仍受限宜進行追蹤掌握狀況，已供相關單位預警。	感謝委員意見，針對坡面追蹤部分，建議維持鐵、公路單位既有巡檢工作，視工程防護與預警需求加強巡檢頻率。	P.43
	4.	建議已 104 年 11 月 12 日與興辦蘇花所需申請保安林解編，決議由公路總局確實辦理道路上下邊坡穩定，監測維護及植生後，方確保用路人安全。	感謝委員意見，將補充至後續處置與對策說明內。	P.42 ~P.43
陳 委員 紫娥	1.	上邊坡裸露十餘處殘石(浮石)，且坡面亦有大量石塊堆積，這些材料是否對下方保全對象(台九線、鐵路與景區廁所)造成影響是關注點。	感謝委員意見，確如委員所述，由現場防落石柵及坡面上有眾多石塊堆積，顯示其活動較為旺盛，且有相關歷史災害紀錄，故本案透過保守之等價摩擦係數進行推估，以利相關防災工作處置。	P.21
	2.	依 P.21~25 所見材料堆積情況，岩塊自陡坡即依蝕溝向東下移(圖 5-1)，至 No.2(崖堆頂)下方兩股蝕溝移	感謝委員意見，確如委員所述，崖堆區主要有兩股運動	P.40

審查委員	項次	審查意見	辦理情形	頁數
		動，北側大致仍依東側向下移動；另一側則約成東南向下移動。	方向，故目前影響範圍主要沿兩股蝕溝切線輔以地形進行劃設。	
	3.	過去崩塌記錄塊石掉落處是否集中在該二蝕溝，建議整理評估，包括顆粒大小與分布，依此可做評估為來崩塌形式與主要治理位置。	感謝委員意見，相關塊石掉落紀錄資料，主要以鐵公路為主，建議另由專案行文取得後再進行分析與探討。	--
	4.	以 P.9 地形圖分析，若材料來自最上端，若沿蝕溝，至崖堆頂端後分散力量，以東南向坡(南側)的材料會大於東向坡(北側)。材料分散應係碰到凸坡，材料直線下移決定凸坡、材料大小，建議可進一步評估。	感謝委員意見，針對不同材料大小影響程度分析，可建議另案討論，本案主要以緊急性處置，故影響範圍屬於較保守之評估。	--
	5.	崖堆區域植被較稀疏，或與受上游材料堆積所致，植被可局部阻擋土石；避免持續發育。	感謝委員意見，確如委員所述，植被覆蓋可局部阻擋土石滾落，建議可維持原有植生覆蓋。	P.42
	6.	本崩塌問題區難以工程治理，建議本分署行文公路單位可採取設立警告標誌，EX：危石地區快速通過。	感謝委員意見，則補充至後續處置與對策說明。	P.42

審查委員	項次	審查意見	辦理情形	頁數
徐委員弘明	1.	請補水利署大濁水雨量站位置	感謝委員意見，已補充於圖 2-1 所示。	P.8
	2.	請補充殘石掉落之影響範圍	感謝委員意見，本案由等價摩擦係數，採落石災害適用之係數進行推估，如圖 7-10 與圖 7-11 所示。	P.40
	3.	依提供之影響範圍(現勘時)，建議將影響範圍繪製至南向鐵道之範圍。	感謝委員意見，已調整如圖 7-10 與圖 7-11 所示。	P.40
	4.	依現場勘查，以邊坡處理來阻攔殘石之 2 種手段，其困難度高且會造成坡面二次破壞而影響安全，建議道路及鐵道等單位應做好防範及維護工作，以確保兩者之使用人安全。	感謝委員意見，確如委員所述，由於工程介入後可能衍生更嚴重之坡面破壞狀況。	P.41 ~P.43
	5.	對策中提及建立緊急通報機制，應再思考此機制如何運做，另林業保育署在此中之角色及作為。	感謝委員意見，經報告書審查後，已重新調整建議說明。	P.41 ~P.43
	6.	對策中針對危石採定期或不定期追蹤，提供相關單位預警，應說明清楚林業保育署如何辦理。	感謝委員意見，經審查決議後，建議維持鐵、公路單位既有巡檢工作，視	P.41 ~P.43

審查委員	項次	審查意見	辦理情形	頁數
			工程防護與預警需求加強巡檢頻率。	
黎委員 璧瑞	1.	若他日林班地內有涉及其他機關影響民眾權益部分，建議可建立 SOP 作業流程機制，以利後續相關處置之依據。	感謝委員意見，相關 SOP 作業流程機制，可建議蒐集相關案例後另案執行。	P.43
余秘書 蘭君	1.	本次啟動緣由乃因 111 年 0918 池上地震後由鐵路局發現，但本次調查啟動則於 112 年 7 月，其時間相隔較久，建議補充緣由。	感謝委員意見，本案自發現邊坡裸露至今，林業及自然保育分署與鐵路管理局有持續舉行討論會議，經評估確實有啟動分析之需求，故而執行本案。	P.1
	2.	表 1-1 的人員名稱文字再確認	感謝委員意見，針對文字誤植部分已修正。	P.1
	3.	P.28 圖 5-10 其參考來源建議再調整	感謝委員意見，已修正調整。	P.29
	4.	八斗子落石案為何當時有辦法進行處理，與本案的不同之處，是否補充說明?是否有辦法施作植生，對地表擾動為何，或是現地條件無法施作?	感謝委員意見，當時八斗子案由於坡頂鄰近槓子寮砲台，有開設施工便道條件，主要以人	--

審查 委員	項 次	審查意見	辦理情形	頁數
			工施作掛網噴植為主。而本案無道路可及，工程介入較困難，且經現場勘查與評估後，目前植生狀況仍較佳，可再觀察後評估。	
	5.	P.41 後續處置部分(第 3、5 及 6 點)建議可再調整文字論述。	感謝委員意見，已重新調整文字論述。	P.41 ~P.43



## 附錄二、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露 現地會勘照片及簽到



**「112-113 年度花蓮處轄災後緊急調查評估工作」  
立霧溪事業區 8 林班台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露崩塌  
現地會勘簽到單**

壹、開會時間：112 年 08 月 25 日（星期五）上午 10 時 00 分

貳、開會地點：花蓮縣秀林鄉大清水遊憩區

參、主持人：黎科長璧瑞

紀錄：

肆、出（列）席單位及人員：

單位（機關）	職稱	姓名
王幸隆	委員	王幸隆
施彰樹	委員	施彰樹
徐弘明	委員	徐弘明
陳紫娥	委員	陳紫娥
林業及自然保育署花蓮分署	科長	黎璧瑞
林業及自然保育署花蓮分署	技正	陳玉麟
林業及自然保育署花蓮分署	技士	魏杏瑜
林業及自然保育署花蓮分署		
林業及自然保育署花蓮分署		
財團法人成大水利海洋研究 發展文教基金會	副主任	李正平
	工程師	王上銘
	工程師	陳郁茹

伍、散會

## 附錄三、台 9 線蘇花公路改善工程大清水邊坡 防護討論相關會議記錄

交通部公路總局蘇花公路改善工程處為辦理「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫和中-大清水段(仁水隧道)南口」工程用地所需，申請撥用及解除林務局轄管花蓮縣境內編號第 2634 號土砂捍止保安林一部面積 1.290917 公頃案保安林解除審議委員會會議紀錄

一、 會議時間：104 年 11 月 12 日(星期四)下午 17 時 00 分

二、 會議地點：林務局七樓會議室

三、 會議主席：保安林解除審議委員會楊副主任委員宏志

記錄：簡大淵

四、 出席委員：

楊委員宏志、袁委員孝維、林委員俊全、李委員明仁、何委員鴻文、王委員毓麟、賴委員俊傑、郭委員新勇

五、 列席人員：

林務局：柯專門委員耀輝、劉簡任技正忠憲、陳科長麗玉、簡技士大淵  
交通部公路總局蘇花公路改善工程處：邵處長厚潔、洪科長明勇、李段長宗源、孫俊良、劉鳴錚、吳東錦、陳信彥、郭育祥、黃筱卿  
花蓮林區管理處：李副處長政賢、邱技士煌升

六、 報告事項：

- (一) 交通部公路總局蘇花公路改善工程處請就前次審議委員會議各委員意見之辦理情形，提出簡報說明。
- (二) 林務局花蓮林區管理處請就函詢交通部鐵路管理局之意見，提出說明。

七、 報告內容：

- (一) 交通部公路總局蘇花公路改善工程處：本處就上次會議各委員意見補充說明如附件 1，簡報如附件 2。
- (二) 林務局花蓮林區管理處：經交通部臺灣鐵路管理局函文表示，工程用地範圍距離北迴鐵路西側 180 公尺以上，對該局鐵路相關設施無影

響之虞。

(三) 相關單位意見及回應:

1. 林務局：因隧道南洞口上方邊坡為輕度膠結之崩積塊石層，坡度陡峭，受隧道工程開挖擾動及解壓後，其結構將鬆動，且開發單位於洞口上方施做自由樑護坡範圍有限，恐提高落石及崩塌等道路致災風險。基於此處邊坡係因道路工程施工開挖及擾動，才導致坡面弱化，同時道路開闢單位本應負責用路人行車安全，因此，請公路總局於公路維運養護時，應針對該處邊坡包含公路路權以外之範圍，依行政院訂頒「道路上下邊坡治理不可分割」原則，負責相關坡面之監測、巡查、養護及治理工作。

2. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處回應：為能有效降低仁水隧道南洞口之開挖擾動，隧道將由北洞口往南施作；南洞口除採倒竹削型式設計以提高道路使用安全性外，局部範圍亦施作自由型格梁以加強坡面保護。南洞口路塹段之擋土排樁上邊坡開挖坡比 V:H 為 1:0.5，採用鋼筋混凝土格梁配合預力地錨作為邊坡保護措施，格梁內將填放客土植生袋以加速坡面穩定及達到綠美化之效果；經邊坡穩定分析結果顯示，本區域於平時、地震及暴雨狀態之安全係數皆能滿足水土保持技術規範要求。

係指本案邊坡  
仁水隧道南口  
過清水溪右側邊坡

3. 林務局：公路出隧道過清水溪後之右側邊坡，採往既有坡面開挖切削並設置排樁擋土牆做為道路上邊坡防護方式，將形成更陡山壁，致有誘發邊坡崩塌落石之虞，雖有落石防護網之設計，惟石塊因滾動跳躍仍有逸出防護網範圍，或超過防護網之設計衝擊能量，墜落至路面，造成行車意外之風險。因此，亦請公路總局於公路維運養護時，應針對該處邊坡包含公路路權以外之範圍，依行政院訂頒「道路上下邊坡治理不可分割」原則，負責相關坡面

之監測、巡查、養護及治理工作。

4. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處回應：施工中設有監測系統以瞭解及判斷施工階段各區段地層變化情況，相關監測儀器及監測結果亦將於營運階段移交予本局養護單位；當監測路段有潛在不穩定徵兆時，養護單位即可透過監測紀錄資料，立即採取有效之防護與配套措施，以降低危害程度並提升行車安全。
5. 林務局：有關公路出隧道洞口以架橋方式跨越清水溪，因該野溪為土石流潛勢溪流，水理演算應以土石流流量估算，且至少需通過 50 年以上之降雨頻率，確保安全流速。請開發單位再確實檢視本案水理演算之正確性及合理性，並確認清水溪橋通洪斷面安全無虞。
6. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處回應：清水溪橋斷面採 50 年重現期距（參照本案水保計畫大濁水站之降雨強度  $1729.69/(t+55)^{0.58153}$ ）檢核結果詳如下所示，其中斷面坡度採清水溪橋附近之實際坡度為 14.5%，曼寧 n 值參照公路排水設計規範之塊石建議值修改為 0.035，則計算結果流速為 10.71m/sec，水深為 1.14m（出水高為 8.36m），其排水涵容充足無虞；簡報 P.20 之土石流斷面檢核已考量清水溪橋斷面速縮影響，其斷面可通過 200、100 及 50 年復現期之土石流流量，且最終淤積高度亦低於既有台 9 線清水溪橋之樑底淨高 9.5m，無斷面涵容不足之疑慮。

工程名稱：蘇花改C2標排水設計											採用頻率年50年			
名稱	集水面積		集流時間 min	降雨強度 mm/hr	逕流係數 (平均)	洪峰流量 cms	設計渠道			曼寧 n值	正常水深 m	流速 m/s	出水高 檢核	
	施工區 ha	未施工區 ha					形式	渠寬 m	渠深 m					坡度
清水溪	0.00	560.00	15.2	146.02	0.75	170.50	桁型溝	14.00	9.50	0.145	0.035	1.14	10.71	OK

7. 林務局：由於清水溪原本自然寬闊之流況，於接近隧道洞口附近遭既有台 9 線清水橋束縮河道，因而加劇左岸(即隧道洞口下方)之攻擊凹岸水流冲刷作用，同時河道受此人為束縮可能導致土砂淤積雍高河床，導致現有橋涵的通洪斷面變小，增加路基及岸坡不穩定之風險。因此請公路總局依據土石流水理演算之結果，檢視是否需加強清水溪橋上下游兩岸護岸，護坡及固床工等保護措施，並納入本工程施做，以確保道路安全。
8. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處回應：本案清水溪及清水溪橋等均為台九線之既有設施，蘇花改工程路線係由台 9 線上方以高架橋跨越，既有台 9 線之清水溪河道斷面及清水溪橋均未變動。
9. 袁委員孝維：簡報中有關植生復育中所述，排樁前之植生帶及格樑護坡鋪客土植生帶的部分，未來採用何種植物或植栽來規劃？
10. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處回應：
  - (1) 終點山側邊坡上方之鋼筋混凝土格梁護坡，及南隧道口、安全疏散通道口、排煙隧道口之自由梁護坡內，均噴植「草和蔓藤種子混合」種子，草的種子種類包括狗牙根、百喜草、假儉草及台灣蘆竹，蔓藤的種子種類包括台灣葛藤，銳葉牽牛及串鼻龍。
  - (2) 一般裸露面草種基本上選用「一般草種」，其包括狗牙根、百喜草、及五節芒。
  - (3) 另外在排樁前之 80 公分寬植栽帶，未來也會種植蔓藤及灌木以綠化排樁表面及前緣。
11. 交通部公路總局何委員鴻文：剛剛有關林務局所提邊坡穩定及道路安全的問題，道路新建及養護皆屬公路總局業務，未來完工後，蘇花改及現有台 9 線道路通行安全皆移交由本局第 4 區養護工程處維管，施工中的監測儀器完工後交下由養護單位繼續使用，有

必要會加強監測工作，另道路巡查是本局權責工作，未來有必要處理之邊坡也會依規定來處理。

#### 八、討論事項

案由：交通部公路總局蘇花公路改善工程處辦理「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫和中-大清水段(仁水隧道)南口」工程用地所需，申請撥用及解除林務局轄管編號第 2634 號保安林一部面積 1.290917 公頃案，提請討論。

##### (一) 委員發言內容

###### 1. 李委員明仁：同意解除。

(1)交通部公路總局蘇花公路改善工程處已針對上次(104年10月13日)會議各審議委員意見提出補充說明，並答覆相關問題，檢核分析結果應屬合理。施工期間亦設有監測儀器，以維護邊坡安全穩定，整體改善措施良好。

###### (2)同意解除。

###### 2. 林委員俊全：同意解除。

3. 袁委員孝維：同意解除。施工中及完工後有關植生保護及後續之植生復育，宜再加強。

###### 4. 何委員鴻文：同意解除。

###### 5. 王委員毓麟：同意解除。

###### 6. 賴委員俊傑：同意解除。

###### 7. 郭委員新勇：同意解除。

###### 8. 楊委員宏志：同意解除。

(1) 請公路總局依據簡報內容及回覆承諾事項辦理。

(2) 裸露部分請予綠化植栽。

九、結論：本次審議委員會經交通部公路總局蘇花公路改善工程處詳細說明及出席委員充分討論結果，爰決議如下：

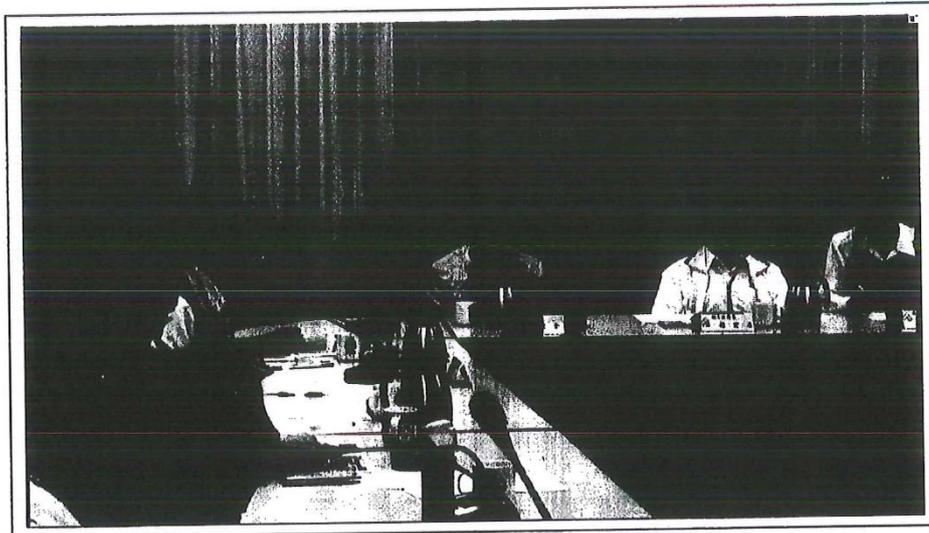
1. 本次會議經 8 位委員出席，8 位委員同意解除，符合保安林解除

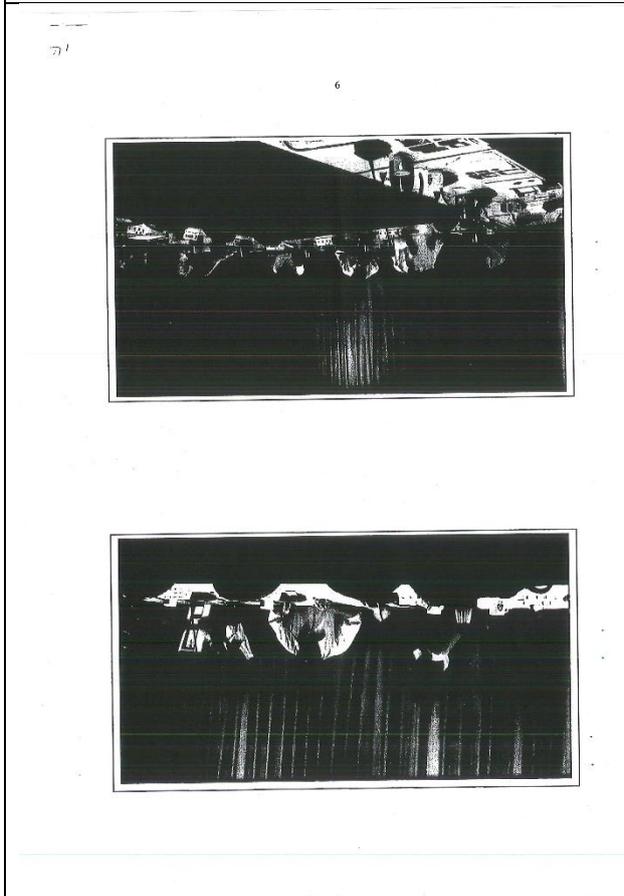
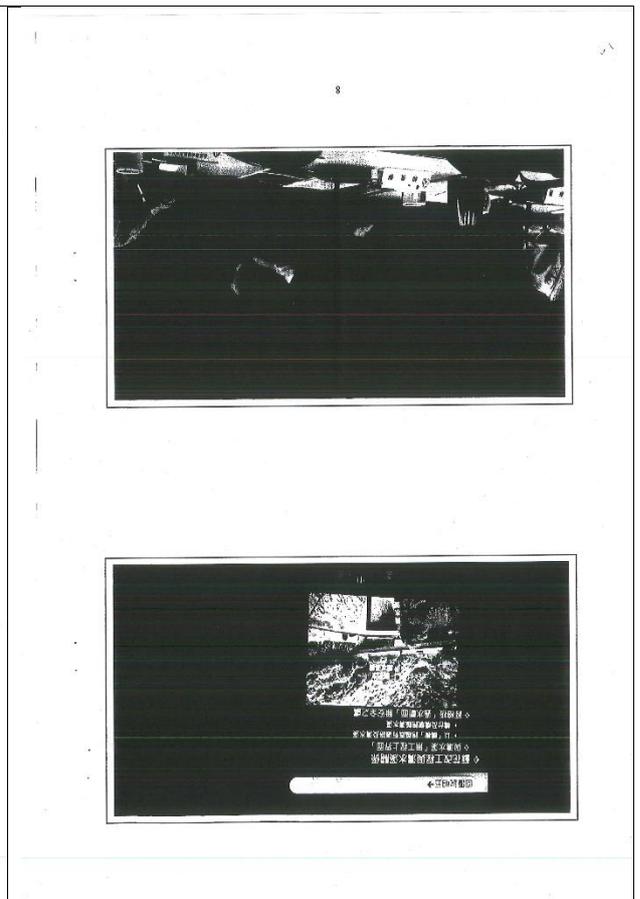
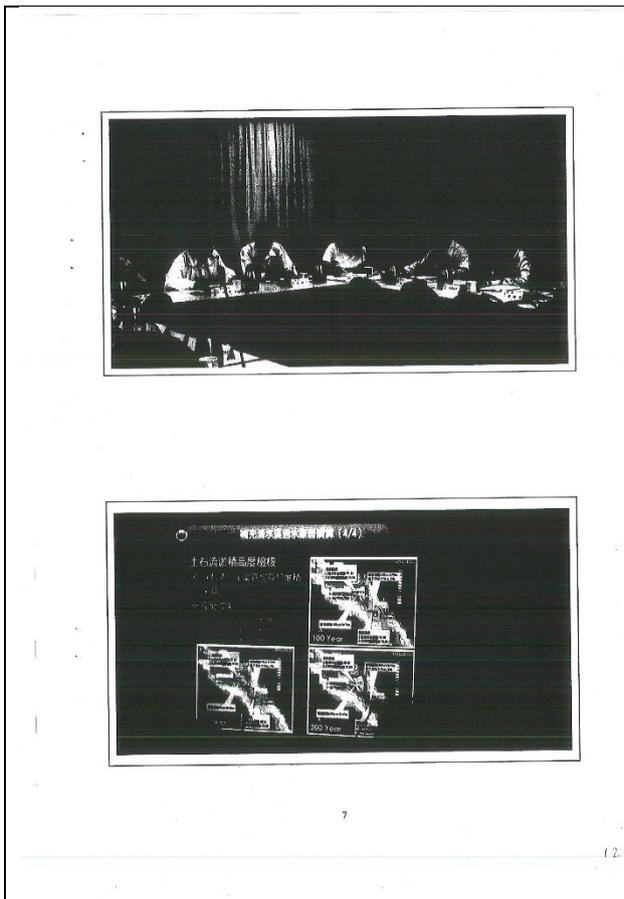
審核標準第6條第2項之規定「保安林解除應經委員三分之二以上出席，出席委員四分之三以上同意行之」，本案通過。

2. 請交通部公路總局蘇花公路改善工程處確實依簡報內容及承諾事項辦理，並做好道路上下邊坡穩定、監測、維護及植生復育，確保用路安全。

十、散會：104年11月12日下午6時

十一、保安林解除審議會會議情形相片





第 2634 號土砂停止保安林一部分面積 1,290,917 公頃案  
保安林解除審議委員會議記錄辦理情形 (1041013)

順序	發言摘要	辦理情形
1	有關於邊坡穩定土石崩落及發生問題，採用堆築土石自由後，預方地鋪等邊坡面崩落，並加強防工前、中、後），至於發生部分會和林木管理來配合辦理。有關河口路邊築土排積部分，實際排積、泥濘土於築土未操作至工程範圍上線，該工程範圍上線是考慮預方地鋪可能影響的邊坡範圍所劃入，故邊坡工程範圍上線仍會保留部分既有積生。	用地範圍至邊坡河口範圍尚有 6 至 20 公尺(平面距離)；工程範圍至邊坡段後面範圍尚有 14 至 20 公尺(平面距離)，用地範圍已考慮實際施工需求，緩衝帶，未實際範圍範圍保留既有積生。
2	有關委員建議河口保護工部分是否可以在兩拉長及長河口路邊築土排積工程可改用明護道	一、河口保護工部分是否可以在兩拉長：由既有地質調查資料顯示，兩河口及其上方山坡係由懸

	<p>方式等避免土石崩落確保交通安全，此部分將回去再研商檢討可行性。</p>	<p>度膠結之厚層崩積塊石層(Qc)所組成，塊石岩性以大理岩為主。</p> <p>為能有效降低仁水隧道南洞口之開挖擾動，隧道將由北洞口往南施作；南洞口除採倒斜型式設計，頂蓋懸伸長度約 6m，並加防護設施以提高道路使用安全性外，局部範圍亦施作自由型格梁以加強坡面保護。</p> <p>二、南口路壘擋土排樁工程可否改用明隧道方式等避免土石崩落確保交通安全：</p> <p>根據南洞口路壘段鑽孔探查資料以及邊坡上局部出露岩盤觀察結果研判，與既有台 9 線銜接處西側山壁係由略具不規則節理之堅實大理岩(Mar)所構成，因此邊坡發生順向坡破壞或深層滑動之潛能極低。</p> <p>為減少邊坡開發影響範圍，南洞口路壘段開挖坡比採用 1:0.5，並針對地表厚約 1 至 3 公尺之風化層以鋼筋混凝土格梁護坡配合預力地錨作為保護；經邊坡穩定分析結果顯示，本區域於平時、地震及暴雨狀態之安全係數皆</p>
--	--	---

2

		<p>能滿足規範要求。</p> <p>此外，為減少落石影響交通安全，南洞口路壘段之擋土排樁及半重力式擋土牆上方設置防落石柵欄，並利用該處平台作為囚石空間。目前該措施之設置本已可降低落石衝擊力及有效攔阻落石，惟為強化效能，針對柵欄高度將再提高為 240CM(詳附圖一)，以獲得更佳之防護效果。</p>
3	<p>另委員建議出口後之道路往海測移，避免開挖邊坡，減少擾動，因既有道路海側係屬大管處停車場及公廁，且考量出口後若往海測調整，將影響大管處停車場及公廁等設施，另將增加道路彎曲性，故此部分將再回去研商討論。</p>	<p>路點終點距即有蘇花公路彎道曲點僅約 50 公尺，路線南下線亦留設轉向前往大清水休憩站之左轉車道，在設計速率 50 公里/小時之情況下，考量交通部頒公路路線設計規範相關規定及行車安全，路線須接回既有道路中心，及與海側大清水休憩區既有設施須保持一定距離，故建議仍維持原設計。</p>
1	<p>林委員俐玲</p>	
	<p>同意解除。</p>	<p>敬悉。</p>
(1)	<p>原本保安林之功能為減少落石影響交通安全，一</p>	<p>為減少落石影響交通安全，本計畫於仁水隧道南洞口採</p>

3

	但解除後應加強保護措施，維持原有的功能。(嚴防崩塌落石)。	倒斜型式設計，以提高道路使用安全性；另於隧道南洞口路塹段之擋土排樁及半重力式擋土牆上方設置防落石柵欄，並利用該處平台作為囚石空間。目前該措施之設置本已可降低落石衝擊力及有效攔阻落石，惟為強化效能，針對柵欄高度將再提高為 240CM(詳附圖一)，以獲得更佳之防護效果，施工中並設置監測儀器維護邊坡安全。
(2)	本解除區域內有花 DF024 土石流潛勢溪，請確認本區是否為土石流特定水土保持區。	依據花蓮縣政府 102.10.14 府農保字第 1020185785 號函詢結果，本解編區域非屬特定水土保持區。
(3)	本區是否為地調所公告之地質敏感區，請查明。	由經濟部中央地質調查所網頁「地質法專區」中，於 104 年 10 月 2 日更新之「各縣(市)已公告地質敏感區之行政區列表」顯示，於本次保安林解編範圍所在之花蓮縣秀林鄉行政區內，尚未公告法定之地質敏感區。
(4)	解除區域整體坡度為 20.7%，建請能有實測地形圖之佐証。	實測地形圖見附圖二，整體坡度 20.7%為用地範圍內之平均坡度，坡度分積見附圖三。
(5)	請補充現有清水橋之通水斷面演算(土石流)，是	1.清水溪排水涵容檢核，出水高符合 25 年頻率標準。

4

	否足夠?	2.依據設計階段之土石流模擬成果顯示，其 50 年、100 年、200 年頻率之淤積高度均未超出既有清水溪橋之樑底高程(分別仍有 0.88m、0.6m 及 0.35m 之餘裕)，故無影響蘇花公路及蘇花改之安全之疑慮。
2	林委員俊全	
	請申請單位補充回覆意見及設計修改回應再議。	敬悉。
(1)	本段路段應為蘇花改工程終點南口，應有足夠腹地與原有道路相接。目前位置並不好。	敬悉，目前蘇花改經行政院 99 年核定，及環保署 99 年通過環境影響評估之路線優先改善路段為： A. 蘇澳東澳段 B. 南澳和平段 C. 和中大清水段 終點在大清水休憩區。
(2)	本案未來應注意未來的可能潛在災害及因應方式：避免老崩場地之誘發及邊坡開挖，製造更陡的邊坡，有潛在誘發落石影響公路安全。	由既有地質探查資料顯示，南洞口及其上方山壁係由輕度膠結之厚層崩積塊石層(Qc)所組成，塊石岩性以大理岩為主。 為能有效降低仁水隧道南洞口之開挖擾動，隧道將由北

5

		洞口往南施作；南洞口除採倒斜型式設計以提高道路使用安全性外，局部範圍亦施作自由型格梁以加強坡面保護。
(3)	道路應小心設計，避免對邊坡衝擊。	根據鑽孔探查資料以及邊坡上局部出露岩盤觀察結果研判，與既有台 9 線銜接處西側山壁係由略具不規則節理之堅實大理岩(Mar)所構成，因此邊坡發生順向坡破壞或深層滑動之潛能極低。 為減少邊坡開發影響範圍，南洞口路塹段開挖坡比採用 1:0.5，並針對地表厚約 1 至 3 公尺之風化層以鋼筋混凝土格梁護坡配合預力地錨作為保護；經邊坡穩定分析結果顯示，本區域於平時、地震及暴雨狀態之安全係數皆能滿足規範要求。
(4)	坡度應為 3 級坡。	用地範圍分級屬一級坡至五級坡，平均坡度 20.75%，見附圖三。
3	李委員明仁	
(1)	本區段地質脆弱，為舊崩塌堆積地，且為土石流	一、由既有地質探查資料顯示，南洞口及其上方山壁係

6

	潛勢區，因此建議工程負責單位應作妥適之規劃施工，儘量避免擾動林地，隧道南口工程之邊坡穩定工項應列為重要課題。	由輕度膠結之厚層崩積塊石層(Qc)所組成，塊石岩性以大理岩為主。 為能有效降低仁水隧道南洞口之開挖擾動，隧道將由北洞口往南施作；南洞口除採倒斜型式設計以提高道路使用安全性外，局部範圍亦施作自由型格梁以加強坡面保護。 二、根據南洞口路塹段鑽孔探查資料以及邊坡上局部出露岩盤觀察結果研判，與既有台 9 線銜接處西側山壁係由略具不規則節理之堅實大理岩(Mar)所構成，因此邊坡發生順向坡破壞或深層滑動之潛能極低。 為減少邊坡開發影響範圍，南洞口路塹段開挖坡比採用 1:0.5，並針對地表厚約 1 至 3 公尺之風化層以鋼筋混凝土格梁護坡配合預力地錨作為保護；經邊坡穩定分析結果顯示，本區域於平時、地震及暴雨狀態之安全係數皆能滿足規範要求。
(2)	此一保安林解除後，施工單位執行工程時應補加	考量施工期間對環境影響最小化，依契約規定請承包商：

7

	防護網,並加強植生復育,以避免影響生態環境。	A.使用施工架及安全網(含覆網)做必要之防護。 B.路權範圍內施工機具無須進入之區域,以黃色警示帶圍圍出施工非擾動區,禁止工程破壞及擾動,以利施工完成後能迅速回復原有生態景觀環境。 C.區內現地植株以黃色警示帶或臨時圍籬圍圍警示保護。 D.施工非擾動區設置後,全面記錄及拍照存證,以作為日後施工期間若施工非擾動區遭受破壞時,對承包商施以罰則之依據。 施工擾動區,已設計自由型格梁之邊坡保護工,並採噴植當地原生物種(如臺灣蘆竹等)。
(3)	同意解除。	敬悉。
4	袁委員孝維	
	不同意解除,但經計畫修正提供改善計畫後,再行審查。	敬悉。
(1)	如果僅單純看此保安林解編議題,配合政府政	敬悉。

8

	策,且既有蘇花公路已位在尚未解編之保安林上,就此考量應沒有太大反對理由,然而委員會較從長遠考量,如果能再謹慎研擬「調整」、「改善」會較無後續疑慮。	
(2)	因而就過去經驗與工安事件,以及普通常識,我們知道工程非萬能,遠離邊坡影響會較小,所以可否儘可能移出道路(目前理由是下面建物,不過是廁所,而所謂直線,拉出一點距離不知可否?)。	路點終點距即有蘇花公路彎道曲點僅約 50 公尺,路線南下線亦留設轉向前往大清水休憩站之左轉車道,在設計速率 50 公里/小時之情況下,考量交通部公路路線設計規範相關規定及行車安全,路線須接回既有道路中心,及與海側大清水休憩區既有設施須保持一定距離,故建議仍維持原設計。
(3)	施工過程及完工之後對此區域之水土保持,有何措施宜再具體提供。	本案施工期間及完工後均經水土保持計畫審查通過設置相關之水保設施,包括排水溝、坡頂截流溝、沉沙池、集水井及管涵等,其水土保持計畫並經審核通過,可確保施工及完工後之行車安全,相關配置說明見附圖四。
5	何委員鴻文	
	同意解除。	敬悉。

9

6	吳委員雅琴	
	同意解除。	敬悉。
(1)	本案因符合保安林解除審核標準第 2 條第 1 項第 1 款所定之情形，且解除面積僅佔整體保安林面積之 0.0994%，對整體保安林之功能影響不大，原則同意本次 2634 號保安林解除 1.290917 公頃案。	敬悉。
(2)	為增進日後道路之安全性，仍請交通部公路總局蘇花改工程處參酌委員提議納入細部設計規劃案。	敬悉。
7	李委員春風	
	同意解除。	敬悉。
	隧道出口接舊公路擔心塞車的問題，為增加這條路的安全，希延長隧道，甚至到崇德隧道更佳，更安全。	敬悉，目前蘇花改經行政院 99 年核定，及環保署 99 年通過環境影響評估之路線優先改善路段為： A. 蘇澳東澳段 B. 南澳和平段

10

		C 和中大清水段 終點在大清水休憩區。
8	賴委員俊傑	
	同意解除。	敬悉。
(1)	稀有植物及較大棵的林木建議移植到社區公園。	現況植栽以就近移植至太魯閣國家公園之大清水遊憩區為主，其次為花蓮秀林鄉內可能之公園綠地或學校內。
(2)	請儘速進行蘇花高或第二階段蘇花改的規劃施工。	敬悉，目前蘇花改經行政院 99 年核定，及環保署 99 年通過環境影響評估之路線優先改善路段為： A. 蘇澳東澳段 B. 南澳和平段 C 和中大清水段 終點在大清水休憩區。
9	郭委員新勇	
	同意解除。	敬悉。
10	楊委員宏志	
	不同意解除，但經計畫修正後同意再次續審。	敬悉。

11

4

<p>(1)</p>	<p>本案解除地區為土砂停止保安林及土石流潛勢溪流，因此涉及強降雨流量斷面排洪、隧道南洞口出口落石及引道邊坡挖方工程等請再加強考量落石及崩塌等問題。</p>	<p>一、強降雨流量斷面排洪： 經檢核清水溪河道橋下之通水斷面(W=14m, H=9.5m)，其 25 年頻率之正常水深僅 1.16m，斷面排水涵容相當充足。</p> <p>二、隧道南洞口出口落石： 由既有地質探查資料顯示，南洞口及其上方山壁係由輕度膠結之厚層崩積塊石層(Qc)所組成，塊石岩性以大理岩為主。 為能有效降低仁水隧道南洞口之開挖擾動，隧道將由北洞口往南施作；南洞口除採倒斜型式設計，頂蓋懸伸長度約 6m，並加防護設施以提高道路使用安全性外，局部範圍亦施作自由型格梁以加強坡面保護。</p> <p>三、引道邊坡挖方工程等請再加強考量落石及崩塌： 根據南洞口路塹段鑽孔探查資料以及邊坡上局部出露岩盤觀察結果研判，與既有台 9 線銜接處西側山壁係由略具不規則節理之堅實大理岩(Mar)所構成，因此邊坡發生</p>
------------	--	--

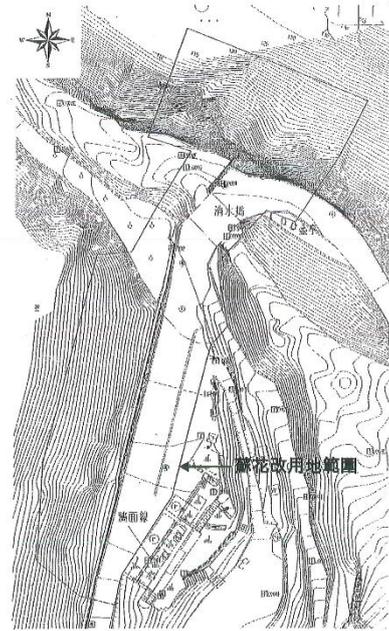
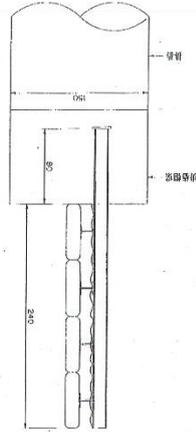
12

		<p>順向坡破壞或深層滑動之潛能極低。 為減少邊坡開發影響範圍，南洞口路塹段開挖坡比採用 1:0.5，並針對地表厚約 1 至 3 公尺之風化層以鋼筋混凝土格梁護坡配合預力地錨作為保護；經邊坡穩定分析結果顯示，本區域於平時、地震及暴雨狀態之安全係數皆能滿足規範要求。 此外，為減少落石影響交通安全，南洞口路塹段之擋土排槽及半重力式擋土牆上方設置防落石柵欄，並利用該處平台作為囚石空間。目前該措施之設置本已可降低落石衝擊力及有效攔阻落石，惟為強化效能，針對柵欄高度將再提高為 240CM(詳附圖一)，以獲得更佳之防護效果。</p>
<p>(2)</p>	<p>本案或涉及鐵路行車安全，宜請台鐵公司表示意見。</p>	<p>本計畫於解編範圍內之工程並未對鐵路造成擾動，請花蓮林管處函交通部臺灣鐵路管理局表示意見，將再把臺灣鐵路管理局之意見納入設計考量。</p>
<p>(3)</p>	<p>請依委員意見修正後，再次續審。</p>	<p>敬悉。</p>

13

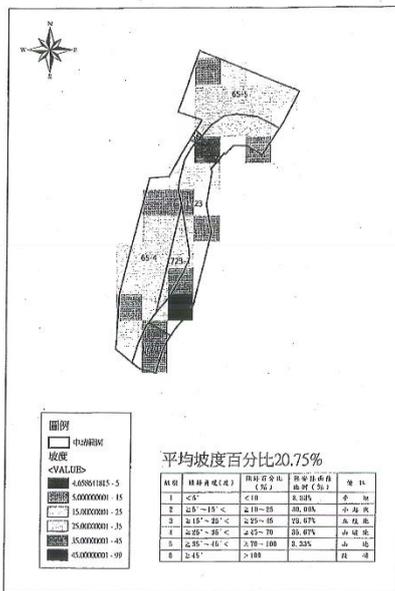
5

附圖一 砂基石柵欄(1=240cm)示意圖



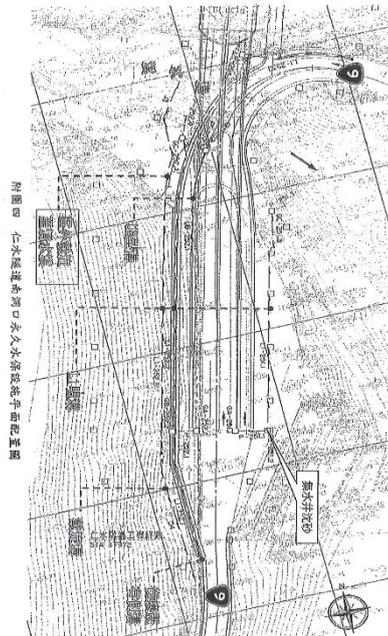
附圖二 用地範圍實測地形圖

15



附圖三 用地範圍坡度分析圖

16



附圖四 蘇花改工程範圍實測地形圖

17

**附錄四、台 9 線 158.3k 大清水上方邊坡裸露  
調查評估報告速報**

---