

通往山林的生命線 藤枝聯外道路的韌性重建

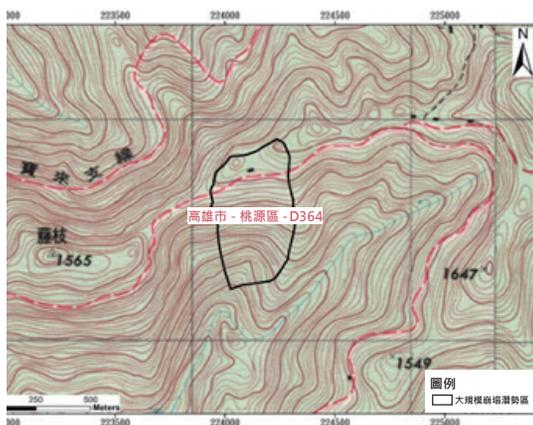
文、圖／臧運忠（國立成功大學防災研究中心副主任）
陳俞旭（國立成功大學防災研究中心組長）
林 昂（國立成功大學防災研究中心副組長）
陳欣妤（國立成功大學防災研究中心工程師）
林彥志（林業及自然保育署屏東分署集水區治理科科长）
陳建良（林業及自然保育署屏東分署集水區治理科技正）

從艱困中韌性成長

藤枝聯外道路 18K 自 2007 年起即受邦腹北溪向源侵蝕影響，蝕溝持續上溯。2009 年受莫拉克颱風侵襲影響開始，頻繁發生邊坡崩塌及道路龜裂、坍方等土砂災害，因藤枝聯外道路是連繫上游藤枝國家森林遊樂區、警察局，以及藤枝研究中心唯一的聯外道路，經年累月的邊坡崩塌及滑移，

已嚴重影響當地住戶與遊客的交通及公共安全。

2025 年開始，高雄市-桃源區-D364 已納入大規模崩塌警戒發布區，藉由歷年工程及坡面監測，持續進行邊坡局部穩定及監測作業，並透過地形調查、雨量及地表位移分析，以及各行政單位縱橫向溝通，有效評估並提出雨量與位移警戒值及疏散避難計畫，以因應並推動大規模崩塌防災應變。



■ 2024 年 5 月 6 日藤枝聯外道路 18K 處崩塌中心位置與空拍圖

大規模崩塌災害調查、評估

環境概述

■ 地理位置

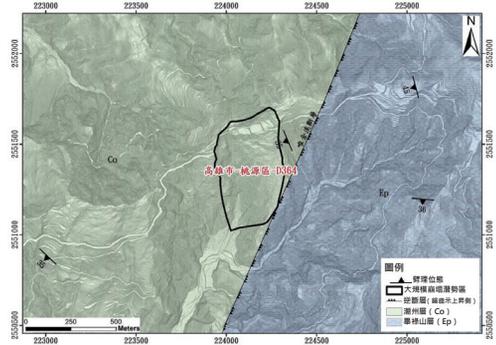
本區位於高雄市桃源區寶山里，隸屬於荖濃溪事業區第 69 及 70 林班，位於邦腹北溪右岸，主要聯外道路是藤枝聯外道路，藤枝聯外道路位於邦腹溪北側的坡面，全長約 20 公里，全線路段地質較為脆弱，容易因集中降雨、地震等外力影響，造成落石、坡面滑落及路基下移等。而近末端的 18K 處因邦腹北溪向源侵蝕導致坡面產生深層滑動，崩塌中心坐標約 TWD97 (224134,2551361)，崩塌區面積約為 20 公頃，長約 700 公尺，寬約 380 公尺，高程的最低點約 1,180 公尺，最高點約 1,567 公尺，高程差約 387 公尺，平均坡度為 35°，坡面主要朝西南向。

■ 地表地形特徵

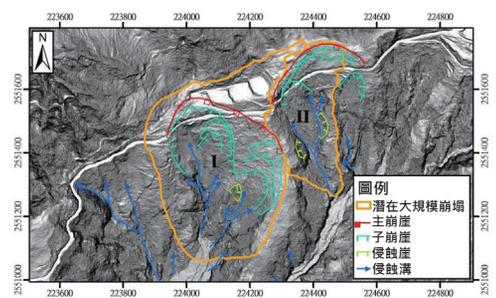
此區主要出露地層是潮州層及畢祿山層，潮州層岩性以硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體為主，畢祿山層岩性以板岩為主間夾變質砂岩，夾有變質火成岩透鏡體；唯金溪斷層以東北-西南向通過潛勢區東南角。依據鄰近劈理位態 N23°W/33°SW 與潛勢區的坡向關係為順向坡，坡面多覆蓋鬆軟碎石，露頭也已遭強烈風化，東側坡面露頭為劈理發達的硬頁岩層，岩體多破碎，偶夾薄層石英脈，坡面冠部

板岩露頭有明顯的劈理及節理，坡趾滑坡處則褶皺緊密，節理凌亂。

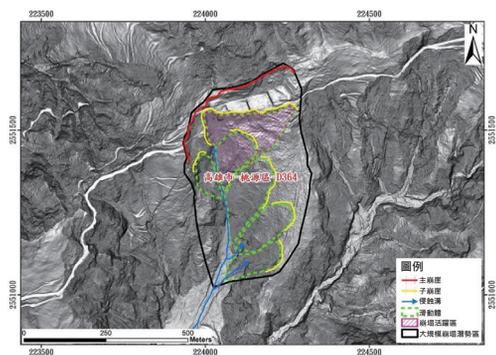
藉由 2010 年及 2017 年空載 LiDAR 數值地形特徵判釋，可發現坡頂稜線處崖面明顯，坡面整體呈現上緩下陡起伏，且坡向朝西南方。坡頂較為平



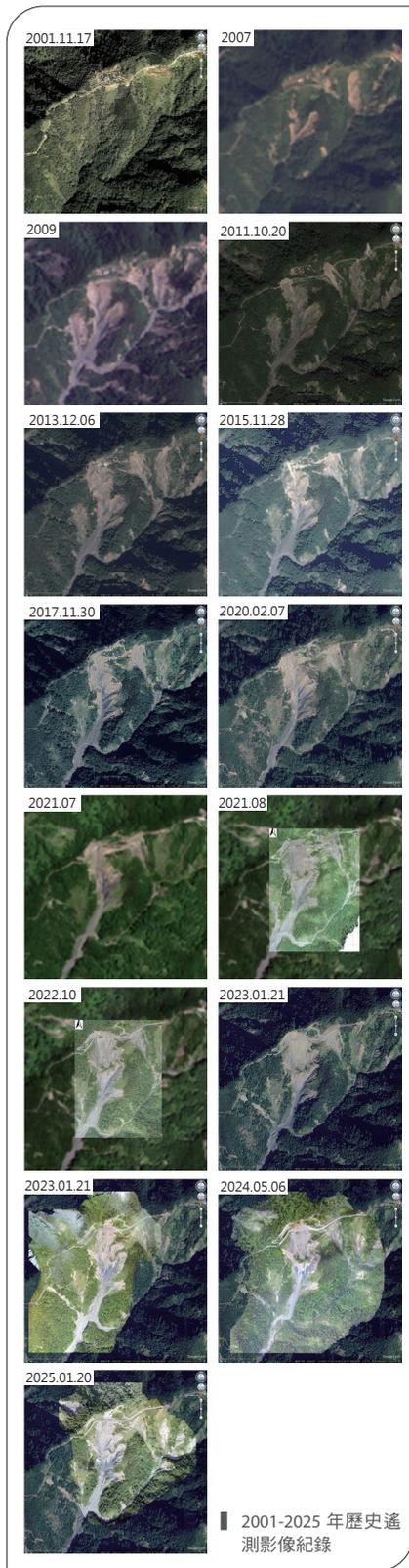
■ 鄰近區域地質圖 (全臺流域地質圖幅，2009)



■ 高精度數值地形特徵判釋圖 (2010-2015 年內政部光達案)



■ 高精度數值地形特徵判釋圖 (2016-2017 年內政部光達更新案)



坦且有產業道路通過，坡腹以崩崖與舊崩塌的陡峭地形為主，主崩崖分布在崩塌內部，明顯而連續，子崩崖呈現圓弧形，有侵蝕溝於潛勢區南側趾部匯流後朝南流出。崩塌特徵判釋結果顯示，冠部主崩崖地形明顯，其下方分作多區子崩崖及其滑動體，坡面子崩崖地形陡峭，且受侵蝕溝發育影響已有明顯崩塌及崩崖發育；位於南側邊界侵蝕溝匯流處已有土砂堆積的河道地形特徵。坡面上仍有殘餘的土體材料堆積，是具崩塌潛勢的地形特徵，坡趾處則是侵蝕溝發育區域，呈樹枝狀水系，坡面侵蝕溝主要發育至坡頂崩崖面，並往南流出後於趾部溪流匯流，可見坡面侵蝕溝已有舊崩塌的土砂材料流出狀況。

■ 歷史影像紀錄

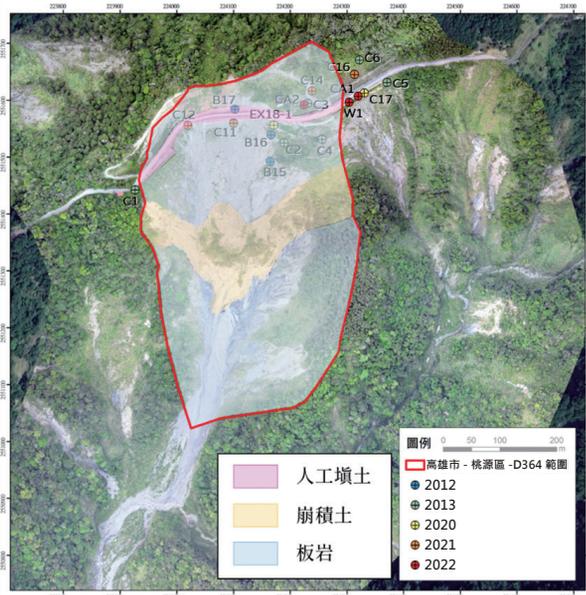
本區坡體長期出現位移，最早自2007年即有明顯邦腹北溪向源侵蝕情形，後續歷年持續受到降雨、地震與重力影響，經年累月的邊坡崩塌及滑移，崩塌持續擴大，頻繁發生邊坡崩塌及道路龜裂、坍方等土砂災害。

地下地質探測成果

藉由彙整各期（2012-2022年）鑽探岩心資料，透過崩塌坡面內的地質鑽探資料，大略得知本區剪裂帶分布深度，並利用地質鑽探提取岩心進行判釋，並繪製地質剖面圖，評估主要滑動

岩性厚度 (m)	D364 (藤枝18K)			
	C12	C11	EX18-1	C2
崩積層或風化表土	3.3	6	4.2	3.2
板岩	41.7	42.5	31	41.1

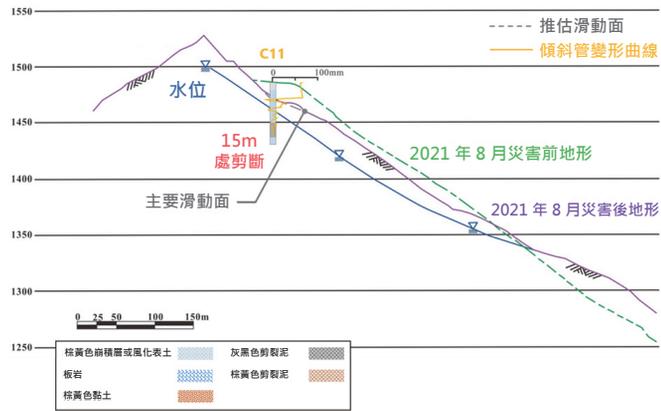
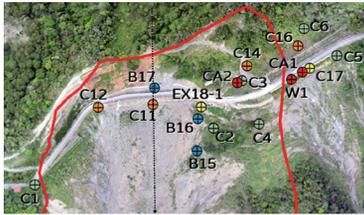
深度 (m)	C12	C11	EX18-1	C2
	棕黃色黏土	-	14-20.5	9.3-15.5
灰黑色剪裂泥	-	-	32.9-45	36-50.7
剪裂帶深度	14.7-15 18.4-19.4 25.7-26.3 35.2-36.4	33.25-33.5	21.6-22 27.2-27.6	13.7-21.6 26.8-30



■ 鄰近剪裂帶分布情形

歷年地質鑽探資料

鑽探年度	點位	深度 (m)	說明
2012	B15	60	610 豪雨後，地表位移 1.5 cm，豪雨後無法抵達
	B16	60	2012 年 5 月於 55 m 處剪斷
	B17	60	610 豪雨後，於 9 m 處剪斷
2013	C1	52	損壞
	C2	70	2013 年 8 月潭美颱風後，於 36 m 處剪斷
	C3	50	2013 年 7 月蘇力颱風後，於 45.5 m 處剪斷
	C4	58	2013 年 8 月潭美颱風後，於 44.5 m 處剪斷
	C5	56	損壞
	C6	47	2013 年 10 月 21 日，於 11.5 m 處剪斷
2020	C17	55	損壞
	EX18-1	65	豪雨後明顯變動 (500 mm)，水位井於 2021 年 6 月剪斷
2021	C11	54	2021 年剪斷前，於 15 m 處發生滑動面，8/3 剪斷
	C12	45	2021 年因搶修工程而損壞
	C14	52	2021 年剪斷前，於 21 m 處發生滑動面，8/10 剪斷
	C16	45	2021 年剪斷前，於 20 m 處發生滑動面
2022	CA1	50	傾斜管 (持續監測中)
	CA2	60	傾斜管 (持續監測中)
	W1	40	水位井 (持續監測中)



18.2K 地質剖面圖

資料來源：2021 年藤枝聯外道路、扁平林道監測委託技術 (屏東分署 · 2021)

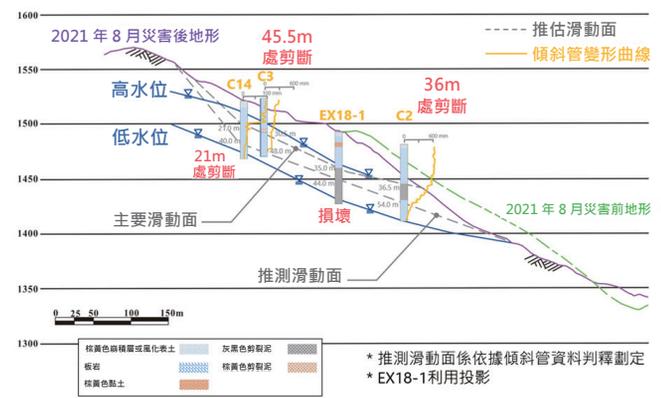
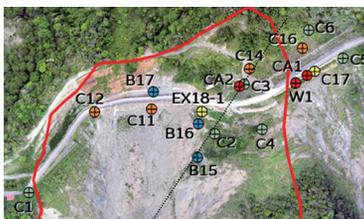
面及推測滑動面，主要針對 2021 年盧碧颱風前後地形變化劇烈區域 (18.2K、18.3K) 繪製坡面進行比對。

■ 18.2K

18.2K 剖面是過去頻繁發生崩塌的位置，2021 年盧碧颱風前後的地形變化劇烈，導致 C11 傾斜管有 60 公釐的位移變化量，並於深度 15 公尺處剪斷。

■ 18.3K

18.3K 剖面是目前高度關注的坡面塊體，剖面線上 3 個傾斜管 (C2、C3、C14) 約有 100-600 公釐的位移變化量，顯示此區域在降雨事件發生後，地下水位升高，邊坡狀態較不穩定且位移趨勢明顯，傾斜管剪斷深度皆大於 20 公尺，其主要滑動面及推測滑動面皆較深層，若遭遇颱風或豪雨

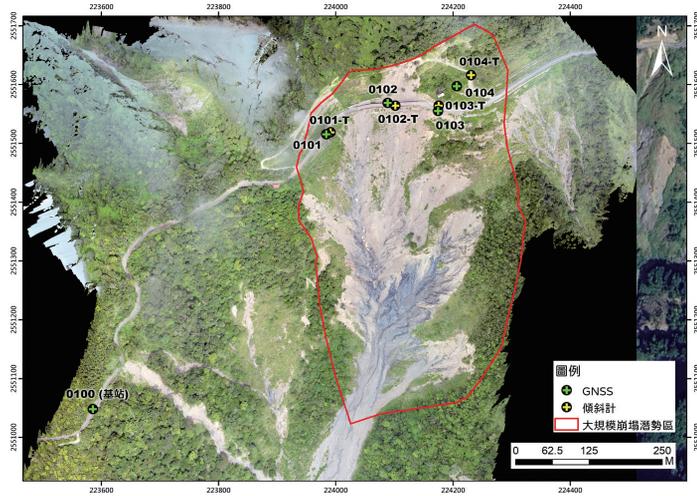


18.3K 地質剖面圖

資料來源：2023 年藤枝聯外道路、扁平林道監測委託技術 (屏東分署 · 2023)



■ 高雄市 - 桃源區 - D364 大規模崩塌影響範圍



■ 高雄市 - 桃源區 - D364 儀器配置示意圖

事件，有深層崩塌的風險，因此需密切關注此坡面塊體的位移狀況。

高雄市 - 桃源區 - D364 大規模崩塌潛勢區

■ 影響範圍

本區依據「大規模崩塌潛勢區影響範圍劃設作業流程」的經驗法，採用堰塞湖型進行影響範圍劃設，其崩塌影像範圍包括潛勢區坡面及下游邦腹北溪流域。

■ 監測設備

自 2023 年 12 月設置 5 組 GNSS 位移監測站（含 1 基站），以及 4 組傾斜計，分布於大崩潛勢區內。GNSS 及傾斜計可觀察與監測坡面地表位移情形，藉由 2 種儀器的比鄰設置，

可相互比對其數據，進一步驗證坡面位移趨勢是否一致，以確保監測的可靠性。監測期間遭遇較大豪雨事件為 2024 年 7 月凱米颱風及 10 月康芮颱風，坡面皆有下降的趨勢。

■ 雨量警戒值

考量雨量的資料代表性及使用穩定性，雨量資料採用鄰近氣象局雨量站 - 藤枝 (C1V600) 作為參考依據，其與大崩潛勢區的相對位置，藤枝雨量站於 2013 年 4 月至今共累積 11 年雨量資料，雨勢多集中於 5-9 月夏季低壓豪雨及颱風季節。利用有效累積雨量 (ETR2)，藉由蒐集歷史雨量紀錄及其曾經發生崩塌的雨量紀錄，經綜合研判監測數據、降雨量，以及現地狀況，建議有效累積雨量值 700 公釐作為雨量警戒值。



■ 高雄市 - 桃源區 - D364 代表雨量站 (藤枝 C1V600)

■ 地表位移警戒值

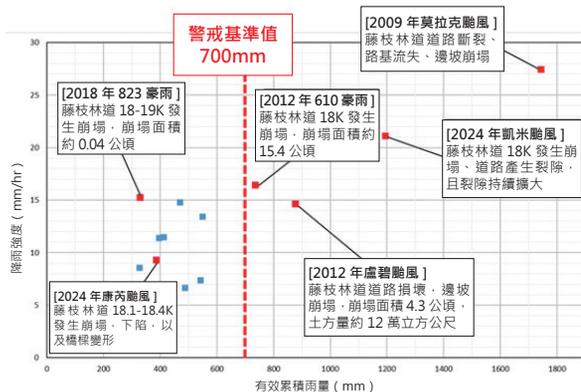
透過前期資料蒐集、細部調查、歷年雨量分析，以及近年（2023-2025年）監測資料分析，彙整高雄市 - 桃源區 - D364 大崩塌潛勢區的地表位移警戒值，可作為颱風及豪雨期間避難疏散與防災應變的參考。

大規模崩塌災害潛勢應變

依據林業及自然保育署（簡稱林業保育署）大規模崩塌潛勢區的警戒發布規劃，各區須於發布前訂定影響範圍與紅、黃色警戒基準值，而警戒發布後，則進一步對應到地方政府、

社區或相關林業設施的避難疏散機制，包含防救災資源盤點、疏散避難計畫研擬等後續工作，考量到大規模崩塌的發生條件較一般崩塌、土石流嚴苛，所需的降雨量較高，因此疏散避難的發布時機、實務操作可能遭遇的問題、最佳化疏散避難路線、第二道防線等，都需透過相關單位的訪談與意見整合，以確保避難疏散的各種可能性與可行性，符合颱風豪雨當下可能遭遇的各種狀況，達到最佳減災的目標。

為能順利推動大規模崩塌災害自主防災，林業保育署擬定推動六大執行架構分別為：「資料彙整與評估影響範圍」、「議定防災警戒值」、「影響範圍保全對象分類」、「現有防災機制盤點」、「建立防災應變機制」及「兵棋 / 演練 / 疏散避難計畫」，且依據林業保育署轄管國有林特性，除一般保全對象外，尚有林道、森林遊樂區等林業設施保全，不同類型大規模崩塌自主防災推動執行架構一表則彙整在不同保全對象類型中，列出各個推動架構的差異性。



■ 高雄市 - 桃源區 - D364 警戒雨量評估

事件	日期	降雨強度 (mm/hr)	累積降雨量 (mm)	ETR2 (mm)
莫拉克*	2009/8/6-08/10	27.5	2525	1742
610 豪雨*	2012/6/9-6/12	16.4	1166.5	734
蘇力	2013/7/11-7/13	11.4	502	395
潭美	2013/8/20-8/22	8.6	402.5	326
麥德姆	2014/7/21-7/23	11.5	621.5	412
蘇迪勒	2015/8/06-8/9	13.5	807.5	548
梅姬	2016/9/26-9/28	14.8	798.5	468
603 豪雨	2017/5/30-6/4	7.4	879	542
823 豪雨*	2018/8/22-8/24	15.2	718.5	330
815 豪雨	2019/8/8-8/16	6.7	1274.5	487
盧碧*	2021/8/04-8/7	14.6	1099.5	876
凱米*	2024/7/23-7/26	21.1	1456.5	1192
康芮*	2024/10/31-11/1	9.3	447.5	385

* 為有發生災害的事件

高雄市 - 桃源區 - D364 大崩塌潛勢區之地表位移警戒值

地表位移警戒值	注意值	警戒值
GNSS	30 mm / 日，120 mm / 7 日	50 mm / 日，200 mm / 7 日
傾斜計	1200 s / 日，2400 s / 7 日	1800 s / 日，3600 s / 7 日



■ 大規模崩塌災害自主防災執行架構圖

■ 資料彙整與評估影響範圍

蒐集大規模崩塌潛勢區的環境背景資料，以及歷年調查監測資料，並由各地區分署與監測團隊的監測成果、歷史災害等參考資料，評估大規模崩塌的發生機制與可能運移機制，綜合評估其影響範圍。

■ 議定防災警戒值

經由各潛勢區歷史災害雨量資訊蒐集與評估後，提出建議的警戒雨量值，

並透過林業保育署專家諮詢委員會審議通過，訂定雨量警戒值及其影響範圍，此警戒值將成為後續疏散避難的參考。

■ 影響範圍保全對象分類

由於林業保育署轄管國有林特性，除一般保全對象外，尚有林道、森林遊樂區等林業設施保全對象，並不僅止於民眾，因此須清查潛勢區範圍內，除確認直接保全民眾外，需再進一步區分為直接影響保全對象、

間接影響保全對象，直接影響保全對象於避難疏散時為必須撤離對象，間接影響保全對象則視其可能影響程度，討論後由各縣市政府、公所評估是否列入保全對象於警戒發布後一同撤離。

■ 現有防災機制盤點

各大規模崩塌潛勢區的保全因為特性不同，牽涉管理單位眾多，針對有住戶的潛勢區，須進一步實際踏查，並與地方防災相關單位、社區組織討論後，彙整防災相關資源與社區環境、組織特性，以及防災相關經驗進行調整與建議，提出符合在地特性的大規模崩塌災害自主防災的運作方式。若為無直接保全住戶的潛勢區，則因影響範圍為林業設施、道路、森林遊樂區等，並無既有社區自主防災組織，則更應釐清潛勢區可能的致災特性，如孤島潛勢、二次土砂運移災害等，與相關管理單位充分討論，釐清現有各單位現有防災應變機制，進而加入大規模崩塌防災應變措施與流程，作為後續防減災的運作依據。

■ 建立防災應變機制

整合防災資源盤點成果，確認防災應變相關單位，串連各管理單位的綜向與橫向聯繫，召開防災應變座談會，確認其聯繫機制與未來聯繫職位、窗口，進而建立其防災應變流程與機制。

■ 兵棋 / 演練 / 避難疏散計畫

擬定潛勢區範圍內的疏散避難計畫初稿，藉由辦理管理單位及保全對象的兵棋推演，初步確認屬於防災應變機制實際可行，最終辦理實兵演練，實際推演從大規模崩塌防災減災的整備、應變與災後復原流程，完成疏散避難計畫，並交由地方操作、滾動更新。

推動大規模崩塌防災應變機制，著重在林業保育署各地區分署與縣市政府、公所的地方防災應變整合，建立完善的雙向聯繫機制，在預防性休園運作同時，保持與地方公所防災應變中心的資訊互通，若有臨時發生意外，如道路突發性中斷、登山遊客臨時狀況等，透過地方公所防災資源，妥善照護與收容，建立林業保育署與地方、相關單位（如公路單位、電力供應單位等）的整合防災機制，減少突發性狀況對森林遊樂區經營可能造成的風險。

在大規模崩塌防減災元素加入前，林業保育署屏東分署與高雄市政府，皆已建立明確的防災機制與應變流程，並透過多年的實務操作累積豐富經驗，因應現場狀況完成遊客、工作人員與可能的地方居民疏散撤離作業。如林業保育署在森林遊樂區管理，過去已建立有完善的防災應變機制，尤在颱風豪雨之前，設定有預防性休園、售票口管制等措施，在可能的災害到來之前，提前疏散撤離遊客與工作人員，並有完善的檢查機制，確保遊客皆可安全離開。但因過去各單位間防災聯繫機制多以確認、

不同類型大規模崩塌自主防災推動執行架構

六大執行架構	直接保全住戶	林道、重要道路	森林遊樂區
1. 資料彙整與評估影響範圍	<ul style="list-style-type: none"> 林業保育署大規模崩塌整備會議署內討論 專家諮詢委員會審查後，始決定其影響範圍與降雨警戒值 		
2. 議定防災警戒值			
3. 影響範圍保全對象分類	保全住戶	道路潛在（常）用路人、各機關（構）及遊樂區遊客、旅客與雇員、相關工作人員等。	
4. 現有防災機制盤點	社區防災組織運作	現存管理單位防災機制盤點與確認。	
5. 建立防災應變機制	預期建立組織分工，警戒巡查，並建立公所聯繫通報機制。	預期建立組織分工，警戒巡查、（常）用路人通知等大崩防災應變機制，並建立公所、分署、森林遊樂區經營團隊聯繫通報機制。	
6. 兵棋 / 演練 / 疏散避難計畫	以社區及公所為主體辦理兵棋推演及演練，研擬避難疏散計畫建議協助地方公所提報。	以森林遊樂區、林道或道路管理單位、地方公所、村里為主體，辦理兵棋推演及演練，並協助檢視、強化既有道路、森林遊樂區的防災機制，研擬避難疏散計畫建議協助地方公所提報。	

通知為主要目的，透過大規模崩塌防滅災的推動與討論，進一步建立起雙向的縱橫向聯繫溝通機制，可以擴大加強因應意外的突發狀況，如確認與強化警消任務、提升收容處所的能量、潛在影響範圍與工作人員撤離機制，建立更嚴謹的防災管理機制，強化原有防災應變的準備與管理工作。

以科學監測守護山林通道

防滅災工作並非一成不變，仍須持續的滾動精進，大規模崩塌的防滅

災工作，不僅是中央的管理工作，更牽涉縱向的地方政府、公所與民眾參與，以及各相關防災應變單位的橫向聯繫工作，透過橫跨不同單位與利害關係人的多次訪談與深入討論，提升防災能量與地方韌性，並確保各種防災聯繫窗口的暢通，記錄每次防災應變的運作成果，持續維持各防災相關單位、社區對於保護家鄉的熱誠與目標，讓大規模崩塌災害的影響減至最小，不僅是為了保障民眾生命財產安全，更是對山林永續通行權的積極守護。🌱