

大規模崩塌災害防治科技

— 崩塌災害瞭望台

劉哲欣／國家災害防救科技中心副研究員
 吳亭燁／國家災害防救科技中心助理研究員
 張志新／國家災害防救科技中心副研究員
 林聖琪／國家災害防救科技中心助理研究員

摘要

民國 98 年莫拉克颱風，造成當時高雄縣甲仙鄉小林村重大的坡地災害。行政院災害防救應用科技方案課題一「大規模崩塌災害防治科技」，彙整民國 98 年莫拉克風災迄今，各相關單位的重要成果，將其成果展示標題訂為「崩塌災害瞭望台」。「瞭」取其字意為瞭解，為瞭解本期方案課題一最重要的潛勢分析成果；「望」為視之意，故將地調所、水保局、林務局等單位監測分析的部分整理於此；而「台」則彙整課題一的平台建置成果。除此之外，加上課題緣起與範疇、未來重點工作等說明，期望能完整呈現本期應科方案課題一的主要成果。

前言

民國 98 年莫拉克颱風，造成當時高雄縣甲仙鄉小林村（現為高雄市甲仙區小林里）發生大規模崩塌災害，此深層崩塌滑動的土方量超過 2,500 萬立方公尺，且造成土石流、堰塞湖及潰決後的洪水災害等複合型災害，依戶政統計資料為 407 人罹難^[1]，這是莫拉克颱風罹難人數最多的地方，也是臺灣有紀錄以來，因降雨引發單一土砂災害造成最多人數遇難之案例^[2,10]。

據此，行政院災害防救應用科技方案（以下簡稱應科方案），將大規模崩塌災害議題納入課題一。本文即彙整莫拉克風災後迄今，參與此課題的主要部會，如行政院災害防救辦公室、行政法人國家災害防救科

技中心、經濟部中央地質調查所、農委會水土保持局、林務局等單位的重要工作成果，以課題緣起、潛勢分析、重點地區監測、課題平台建置與未來工作重點等部分進行說明。

課題緣起與範疇

緣起

大規模崩塌災害課題源於莫拉克風災，由於崩塌災害於災害防救法中無明訂主管機關，因此現階段國內各單位對於崩塌災害的預防、災害應變的措施、災後復原與重建等工作，主要是以第 13 次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劃分，以解決環境資源部成立之前，崩塌災害於國內無主管機關的問題。

範疇

在大規模崩塌災害範疇界定方面，建議可依據「大規模崩塌防治推動策略規劃」中，以「災害」的觀點，考量某一災害發生後可能對於大範圍保全對象的影響衝擊，並造成人命傷亡或財產損失之區域。如考量在崩塌或其後續引發如土石流或堰塞湖等複合型災害的範圍內有重大保全對象為原則，並當這些災害發生時可能直接引致保全對象發生大規模災害的觀點。因此廣義的災害類別，不單只有如小林村的深層崩塌災害類型，而是包含淺層崩塌、地滑、堰塞湖及土石流等引致的大規模災害，但最主要還是以崩塌災害為主^[9]。

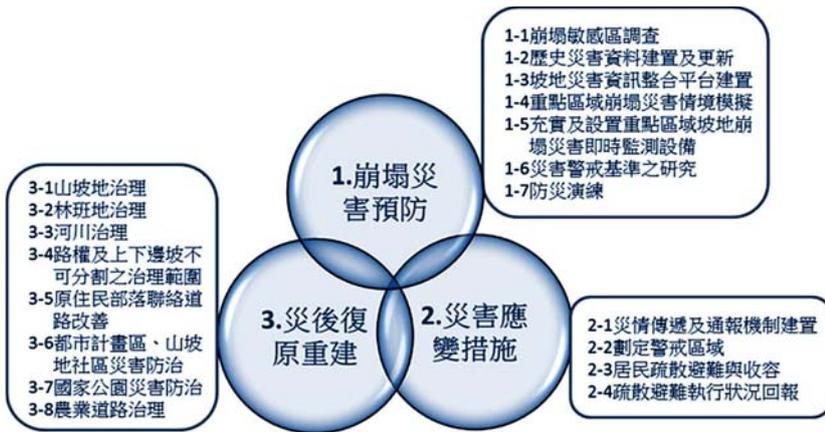


圖 1 坡地崩塌防災權責分類分工架構圖^[10]



圖 2 廣義的大規模崩塌災害範疇示意圖^[11]

崩塌災害瞭望台

本文彙整民國 98 年莫拉克風災迄今，各單位的重要成果，將其成果展示標題訂為「崩塌災害瞭望台」。「瞭」取其字意為瞭解，為瞭解本期課題最重要的潛勢分析成果；「望」為視之意，故將監測分析的部分整理於此；而「台」則彙整課題一的平台建置成果。

「瞭」：瞭解潛勢

中央地質調查所於坡地崩塌防災權責分工，主要負

責「崩塌敏感區調查」的主辦工作，利用「莫拉克與非莫拉克國土保育之地質敏感區調查分析計畫」及「強化坡地環境地質與防災應用」等計畫，進行潛勢地區判釋及重點地區監測等相關工作。在潛勢地區判釋部分，利用光達（LiDAR）數值地形資料、航照影像，輔以既有地質圖之地層與構造資料、合併地形坡向資料進行綜合判釋，對於大規模崩塌潛在地區進行初步分析，提出莫拉克災區（中部、南部及東部）及非莫拉克災區（新北市、桃園市及花蓮縣）受潛在大規模崩塌影響的地區共 585 處，其中 72 處會影響到 60 個聚落的安全，如圖 3 及表 1 所示。^[5-8]

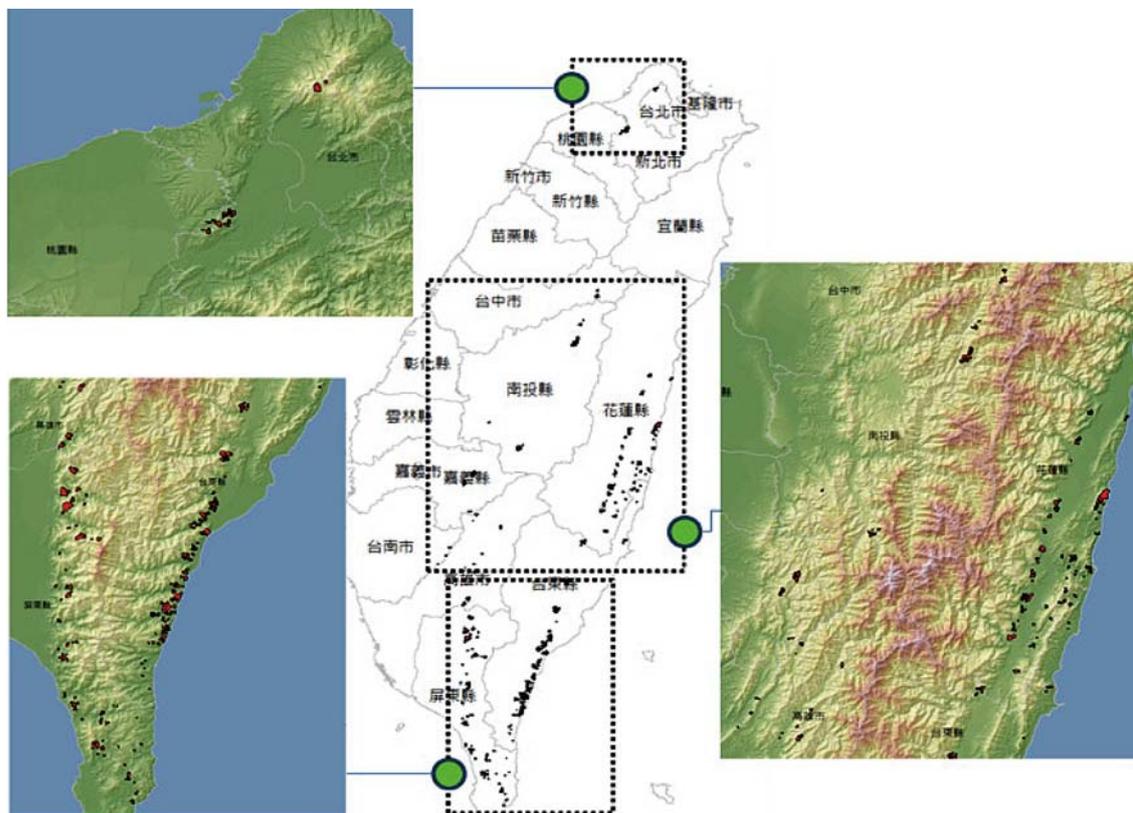


圖 3 莫拉克災區（中部、南部及東部）及非莫拉克災區（新北市、桃園市及花蓮縣）受潛在大規模崩塌影響的地區

表 1 大規模崩塌災害潛勢地區影響安全及聚落統計 (103 年 12 月)

區域名稱	調查縣市	數量	可能對安全有直接影響	鄰近聚落
莫拉克南部災區	嘉義縣 臺南市 高雄市 屏東縣	52	13	11
莫拉克中部災區	台中市 南投縣 嘉義縣	225	27	13
莫拉克東部災區	臺東縣	192	16	18
非莫拉克災區	新北市 桃園市 花蓮縣	116	16	18
總計：		585	72	60



圖 4 地調所大規模崩塌觀測系統介面

「望」：重點地區監測

● 經濟部中央地質調查所

經濟部中央地質調查所於 100 ~ 103 年辦理「大規模潛在山崩機制調查與活動性觀測」計畫，針對曾發生較大範圍崩塌，且鄰近聚落的 20 處地區，完成崩塌機制調查及潛勢評估，並對於其中具有近期崩塌活動徵兆者，進行自動觀測及預警。主要工作內容包括：(1) 大規模潛在山崩機制調查 (2) 潛在山崩地區的自動化觀測系統建置及 (3) 新式山崩觀測技術研發。山崩機制調查包括環境地質調查、地質鑽探調查及各項試驗；潛在山崩地區的自動化觀測系統建置包括雨量計、水壓計、孔內伸縮計、攝影機等儀器安裝及自動化傳輸與展示。

至 102 年底止，已陸續完成苗栗縣十八股、南投馬烈霸、嘉義瑞里與南投廬山溫泉北坡、廬山部落、和雅、翠巒、新北西羅岸、新竹梅花、嘉義太和、科子林、樂野、高雄竹林、二集團、屏東大武、新佳暮、達來、泰武等共 18 處大規模潛在山崩聚落地區之崩塌機制調查及活動性觀測。並於 103 年完成嘉義樣子寮及潮洲湖等 2 處之調查。此外，引進「多點式中變位儀 (SAA)」，研發「無線式地表位移計」及「多段式孔內伸縮計」等山崩觀測新技術，已試用於南投廬山溫泉北坡，進行岩體滑動自動化即時觀測，並獲得良好成效。相關研究及各項調查成果，均已提供相關防災單位，進行山崩防災應用與減災決策之參考，不僅強化國土利用及永續發展，對於聚落安全及產業重建等各方面，具有實質上的助益。

● 農委會水土保持局

水土保持局於坡地崩塌防災權責分工，主要負責「充實及設置重點區域坡地崩塌災害即時監測設備」及「山坡地治理」的主辦工作。在坡地崩塌監測方面，除早期的大梨山地區及九份二山等地區的地滑監測外近年先針對萬山、寶山及來義等多處大規模崩塌潛勢地區嘗試實施監測計畫；規劃監測系統對於計畫區域進行細部調查、監測、破壞機制分析，並建置自動化安全監測系統，即時掌握現地地表及地層變位、地下水位與降雨資料等，以作為防災應變之依據。後續再藉由長時間之觀測成果，或歷經颱風豪大雨事件後，視計畫區域之變化趨勢及崩塌機制，作為修正應變機制之參考，進而得到更為合理與適切的崩塌管理基準值 [3]。

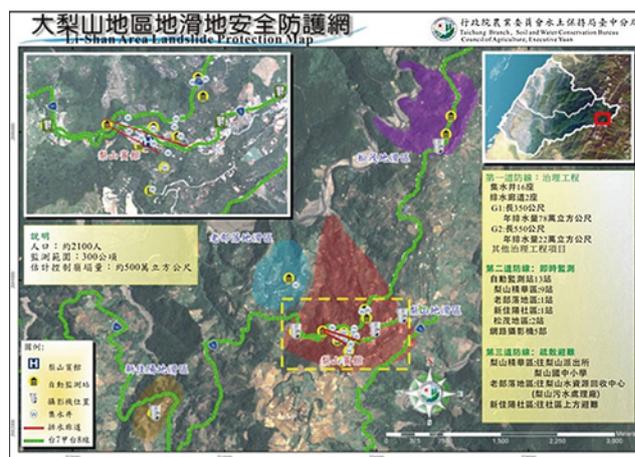


圖 5 水保局大梨山地區地滑地監測安全防護網

● 農委會林務局

林務局主要負責「充實及設置重點區域坡地崩塌災害即時監測設備」及「林班地治理」的工作。除了

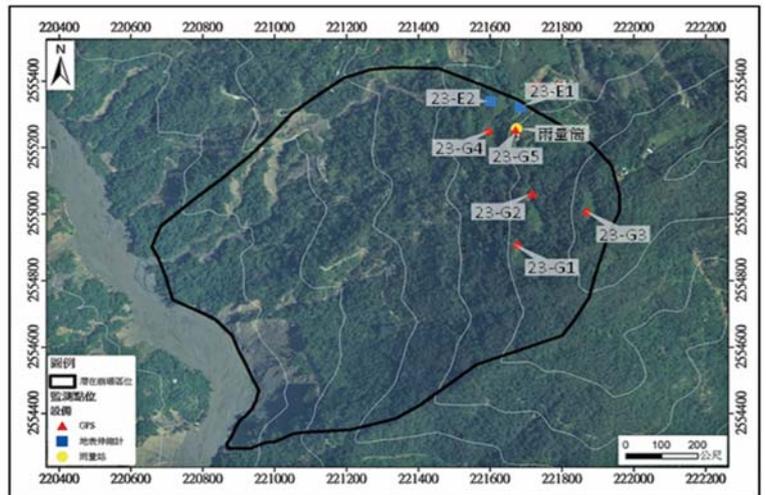
原先針對位於林班地之崩塌地，持續辦理治理工程以及林道維護工作之外，近年來也對於林班地的大規模崩塌地進行監測。以高雄市—桃源區—D346大規模崩塌簡易監測為例（如圖6），由於大規模崩塌具有崩塌面積廣大，滑動體滑移距離長且常由數處崩塌組合而成之特性，當滑動體尚未完全崩滑前可能已有數十米之滑移現象。為達到有效、簡易、長期性的進行大規模崩塌活動性評估，利用單頻GPS設備，布置於適宜安裝儀器重點坡面，進行較長時期的、週期性的觀測作業；崩塌坡面裂隙發育是崩塌活動性的重要指標，且降雨易透過地表裂隙直接入滲到岩盤進到底部滑動面，導致滑動面強度降低，故配合2處地表伸縮計直接量測地表裂隙變化；因臺灣地區的地形及氣候特性，降雨隨空間的變異性相當高，為瞭解大規模崩塌較精確的降雨資訊，在崩塌潛勢坡面適當地點設置雨量觀測站，配合前述兩項移動監測資料進行分析，方能完整了解大規模崩塌的移動機制與特性。^[4]

「台」：課題平台

應科方案課題一平台的建置分為3個部分，分別為基礎圖資及報告查詢、歷史案例及即時觀監測資訊。在基礎圖資及報告查詢部分，除了各單位於本期應科方案各計畫的成果報告書及「大規模崩塌災害防治行動綱領」全文提供下載外，亦建置了大規模崩塌災害防治不同尺度（全國、集水區及坡面尺度）的階段性成果。

歷史案例部分，則彙整了國內外重大的坡地災害歷史災例，及介接地調所9百多處的山崩歷史資料庫。

即時觀監測資訊方面，主要介接地調所20處「大規模潛在山崩觀測」現地即時資訊、「豪雨引致山崩之即時動態警戒模式」及水保局「土石流潛勢溪流警戒燈號」等監測資訊，提供颱風應變時的參考。



(a) 監測儀器配置圖



(b) 坡面單頻GPS站

(c) 地表伸縮計

圖6 林務局高雄市—桃源區—D346大規模崩塌簡易監測



圖7 應科方案平台課題一首頁

未來工作重點

國家災害防救科技中心為使大規模崩塌災害防治達成平時預防、災時應變、落實管理之推動目標，特別邀集行政院災害防



(a) 國內外重大的坡地災害歷史災例

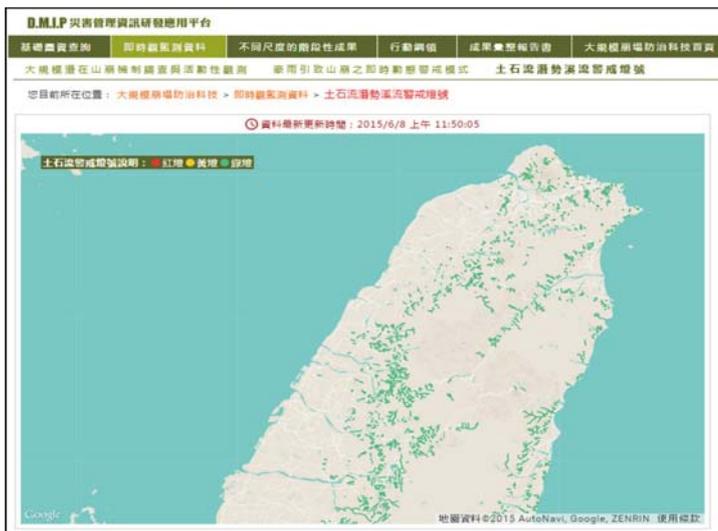


(b) 山崩歷史資料庫

圖 8 課題一歷史案例資料查詢



(a) 地調所 20 處現地即時資訊



(b) 水保局土石流潛勢溪流警戒燈號資訊

圖 9 課題一即時監測燈號資訊

仰賴完整的影響範圍評估，才能達到預期的觀測成果。因此在三大面向中，初期可先進行的部分為面向一、提升災害預防能量及面向三、整合災害管理效能中的部分工作，接著才進入到面向二、建立災害應變措施，及面向三中的部分工作。據此在三十項行動方案中，所相對應之分析尺度及近期可先進行的工作和中長期工作項目，分別如表 2 中的註記所示。而圖 11 則為現階段與下階段重點工作流程。

大規模崩塌災害雖為國內外近年常見的坡地災害類型，卻是一項新興需要開始重視的議題，其對山區聚落、人員、政府公共建設所造成的影響頗為廣泛。雖然目前國內於環資部成立之前，尚無主管機關，但於莫拉克風災後距今已五年餘，相關工作由初期的凝聚共識階段，至各權責單位共同擬定規劃策略，到現在已有多項工作提出階段性成果。這些都是相關單位於短時間內，配合政府整體的規劃，投入一定的經費、時間與人力，所帶來的成果。相信未來經由大家的持續努力，各項工作成果必能更加成熟。



圖 10 行動綱領三大面向及九大策略示意圖

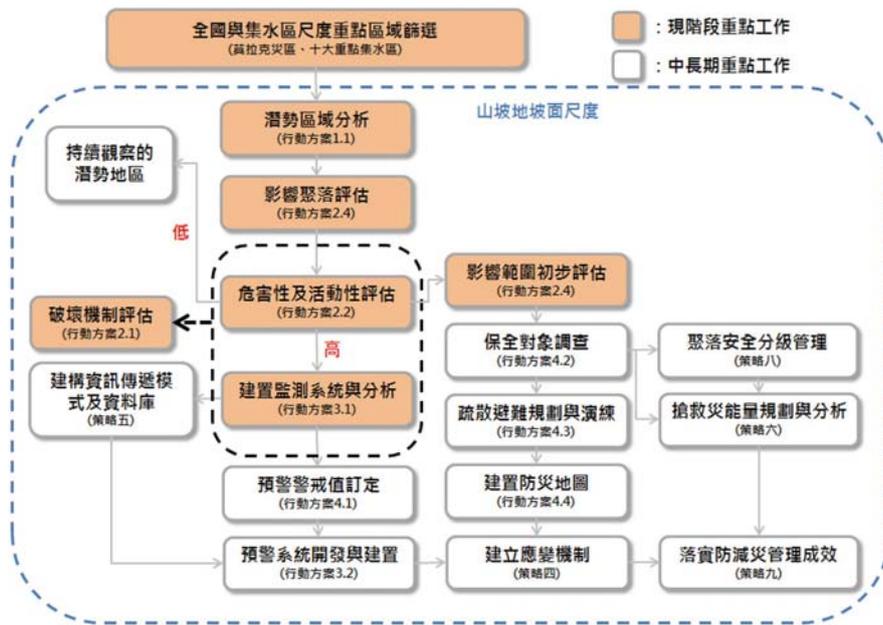


圖 11 現階段與下階段（中、長期）重點工作流程

表 2 大規模崩塌災害防治行動綱領架構表

三大面向	九大策略	三十項行動方案
一、提升災害預防能量	1. 強化潛勢分析技術與資料庫建置	1.1 強化崩塌潛勢調查與評估技術 *
		1.2 複合型災害潛勢區位評估技術 *
		1.3 崩塌災害資料庫建置與更新 *
	2. 建立崩塌機制與影響評估方式	2.1 崩塌機制調查與分析 *
		2.2 崩塌危害性與活動性評估 *
		2.3 複合型災害危害性評估 **
3. 建立多尺度觀（監）測資訊整合方法與應用	2.4 崩塌影響範圍評估 *	
	3.1 崩塌觀（監）測與預警模式最佳化評估 *	
	3.2 預警系統開發與建置 **	
二、建立災害應變措施	4. 建立應變機制	4.1 崩塌預警警戒值設定 **
		4.2 保全對象調查與評估 **
		4.3 疏散避難規劃與演練 *
		4.4 建置防災地圖 **
	5. 建構資訊傳遞模式	5.1 即時監測資訊傳遞 **
		5.2 災情與通報系統建置 **
	6. 搶救災能量規劃與分析	6.1 搶救災技術分析 **
		6.2 救災人員及機具調查與配置 **
三、整合災害管理效能	7. 擬定政策管理依據	6.3 觀光人潮緊急安置規劃 **
		7.1 落實土地保育與管理 **
		7.2 法規競合分析 **
		7.3 資料公開辦法 *
	8. 建立聚落安全分級管理	7.4 遷村與文化保存規劃 **
		8.1 聚落安全調查與分析 *
		8.2 聚落自主及定期檢查 *
	9. 落實防減災管理成效	8.3 加強風險溝通與強化教育訓練 *
		9.1 建成環境調適與規劃 **
		9.2 疏散避難成效評估 **
		9.3 減災策略及效益評估 **
9.4 災後復原重建 **		
9.5 經費與人力的妥適規劃 *		

*：現階段重點工作項目；**：中長期重點工作項目。

參考文獻

- 行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會，2012：http://88flood.www.gov.tw/committee_news_detail.php?cn_id=1100。
- 行政法人國家災害防救科技中心，2015，大規模崩塌災害防治行動綱領。
- 行政院農業委員會水土保持局，2014，萬山、寶山及來義潛在大規模崩塌地區監測計畫，大規模崩塌災害論壇暨研發成果研討會，高雄。
- 林慶偉、何岱杰、張維恕、紀再仲，2014，南部重點流域國有林班地大規模崩塌監測案例分析，大規模崩塌災害論壇暨研發成果研討會，高雄。
- 經濟部中央地質調查所，2012，莫拉克災區潛在大規模崩塌地區分析報告，99 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 經濟部中央地質調查所，2013，莫拉克中部災區潛在大規模崩塌地區分析報告，100 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 經濟部中央地質調查所，2013，莫拉克東災區潛在大規模崩塌地區分析報告，101 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 經濟部中央地質調查所，2014，非莫拉克受災地區（新北市、桃園縣、花蓮縣）潛在大規模崩塌地區分析報告，102 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 國家災害防救科技中心，2012，大規模崩塌災害防治推動策略規劃，國家災害防救科技中心技術報告。
- 劉哲欣、張志新、吳亭燁、林聖琪、陳聯光，2015，大規模崩塌災害防治工作推動與階段性成果彙整，國家災害防救科技中心災害防救電子報，第 116 期。
- 劉哲欣、吳亭燁、陳聯光、林聖琪、張志新、林李耀、陳樹群，2013，大規模崩塌災害防治工作推動歷程，國家災害防救科技中心災害防救電子報，第 92 期。