

潛在大規模崩塌區影響範圍調查劃設 及堰塞湖聯合演練

計畫編號：SWCB-108-250

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

計畫主持人：長榮大學土地管理與開發學系蔡光榮講座教授

共同主持人：國立成功大學水利及海洋工程學系謝正倫教授

協同主持人：國立成功大學防災研究中心賴文基博士

國立成功大學防災研究中心蔡元融博士

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)

摘要

近年全球在氣候變遷影響下，大規模崩塌及土砂災害現象頻生，水土保持局期望降低大規模崩塌土砂災害風險並提升聚落安全防護能力，繼續進行 186 處潛在大規模崩塌區之初步影響範圍及細部影響範圍進行劃設工作，提出潛在大規模崩塌區之後續防減災工作規劃。並針對潛勢區進行各類調查成果之蒐集與更新，並透過所蒐集之活動性分析、現場觀(監)測、發生雨量分析等成果，研訂可操作之各潛勢區之雨量應變管理值及作業流程，做為未來針對大規模崩塌預警操作之參考。此外藉由大規模崩塌國際研討會、專家諮詢會、堰塞湖訓練、演練之辦理，導入大規模崩塌防減災之新觀念與新技術，並提升相關單位及業務承辦之防災實力，全方位提升國內大規模崩塌防減災成效。

關鍵字: 大規模崩塌、崩塌影響範圍、防減災對策、堰塞湖

Investigation and Zonation of Hazard Zone in Potential Large-scale Landslide Areas, and Joint Exercise for Landslide Dam Disasters

ABSTRACT

Large-scale landslides and sediment disasters have happened frequently under climate change impacts globally. Soil and Water Conservation Bureau aims to lower the large-scale landslide risks and improve community resilience. Therefore, the work of investigation and delineation of 186 potential large-scale landslide hazard zones for future disaster prevention was continued and finished this year. Furthermore, potential large-scale landslides were simulated for more detailed results. Additionally, data collection and renewal of previous related projects were executed. Based on the activity analysis, monitoring data, triggering rainfall threshold and all the other information, warning criteria and administrative procedure of each potential large-scale landslide were proposed for future reference. Besides, in order to fortify large-scale landslides and landslide dam disasters prevention and mitigation capability, international conference, training courses and drill for landslide dams were held. International experts were invited to share their experiences, new technology, and innovative concept.

Keywords: Large-scale Landslide, Affected Area, Prevention and Mitigation Strategy, Landslide Dam

一、前言

(一)計畫背景

為減少大規模崩塌土砂可能之災害風險並提升聚落安全防護能力，自 105 年開始陸續針對提報之 186 處潛在大規模崩塌區之初步影響範圍及細部影響範圍進行劃設與調查工作，本年度延續原規劃工作，除持續針對已完成初步影響範圍劃設之潛勢區進行補充調查外，亦針對已完成細部調查之潛在大規模崩塌區進行細部影響範圍之劃設，除提供完成調查之潛在大規模崩塌區進行可能災害規模量化之依據外，亦可做為各潛勢區後續防減災工作投入成效評估之量化分析工具。

除前開相關防減災技術之開發與應用外，為強化大規模崩塌防減災工作之推動與技術提升，將藉由大規模崩塌國際研討會、堰塞湖訓練、聯合演練之辦理，廣納國內外專家學者對於坡地防減災工作之各種新觀念與新技術，並提升相關人員對於大規模崩塌或是堰塞湖災害等大規模崩塌災害之瞭解，以利整體大規模崩塌防減災工作之推動。位及業務承辦之防災實力，全方位提升國內大規模崩塌防減災成效。

(二)計畫內容

本年度延續前期調查成果，持續由納入計畫範圍內之 186 處潛在大規模崩塌區選定尚未完成劃設 33 處，根據「大規模崩塌影響範圍劃設作業手冊(草案)」進行初步影響範圍劃設，並針對 34 處優先辦理潛在大規模崩塌潛勢區選定至少 24 處，根據劃設作業手冊(草案)所建議之細部影響範圍劃設作業進行細部影響範圍劃設。

而在雨量警戒部分，針對目前潛在大規模崩塌潛勢區選定至少 40 處(34 處優先辦理區+6 處)進行各類調查成果之蒐集與更新，並透過所蒐集之活動性分析、現場觀(監)測、發生雨量分析等成果，研訂可操作之各潛勢區之應變管理值及作業流程。

另外針對為強化大規模崩塌防減災工作之推動與技術提升，將藉由國際研討會、交流工作坊及堰塞湖訓練、演練之辦理，以廣納國內外專家學者對於坡地崩塌防減災之新觀念與新技術的建議與導入，並提升相關人員對於大規模崩塌或是堰塞湖災害之了解，以利後續大規模崩塌防減災工作之推動。

二、108 年大規模崩塌初步影響範圍劃設

(一)初步影響範圍劃設作業

根據「大規模崩塌影響範圍劃設作業手冊(草案)」所列之方法進行初步影響範圍劃設，各潛勢區工作內容包含「潛勢區基本資料蒐集」、「潛勢區圖資更新」、「可能致災類型判釋」以及「初步影響範圍劃設」等工作(圖 1)，再依不同致災類型(圖 2)分別進行不同類型之影響範圍劃設(圖 2)

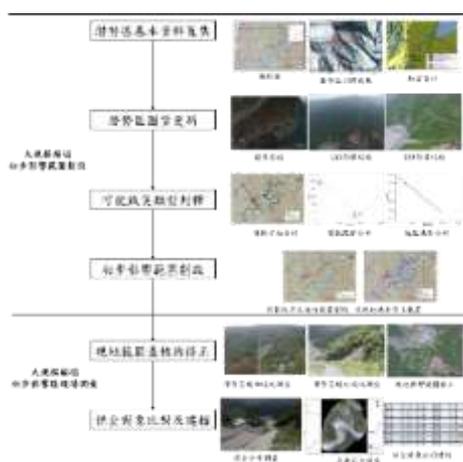


圖 1、初步影響範圍劃設作業方法

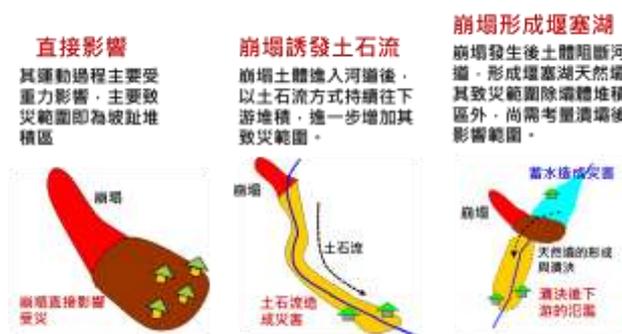


圖 2、大規模崩塌可能致災類型

(二)初步影響範圍劃設成果

本年度完成新北市-三峽區-D001、新北市-三峽區-D002、新北市-三峽區-D008、新北市-石碇區-T001、新北市-烏來區-D001、新北市-新店區-D002、新北市-新店區-D010、桃園市-復興區-D015、桃園市-復興區-D031、桃園市-復興區-D046、桃園市-復興區-D060、桃園市-復興區-T002、臺中市-東勢區-T003、嘉義縣-中埔鄉-T002、嘉義縣-竹崎鄉-T003、高雄市-桃源區-T001、

高雄市-桃源區-T002、臺東縣-延平鄉-T001、臺東縣-延平鄉-T002、花蓮縣-玉里鎮-D017、花蓮縣-光復鄉-D008、花蓮縣-光復鄉-D011、花蓮縣-卓溪鄉-D010、花蓮縣-卓溪鄉-T001、花蓮縣-萬榮鄉-D004、花蓮縣-萬榮鄉-D010、花蓮縣-萬榮鄉-D011、花蓮縣-萬榮鄉-D013、花蓮縣-壽豐鄉-T001、花蓮縣-壽豐鄉-T003、花蓮縣-壽豐鄉-T004、宜蘭縣-大同鄉-D007、宜蘭縣-大同鄉-T002 等 33 處之初步影響範圍劃設，成果範例如圖 3。

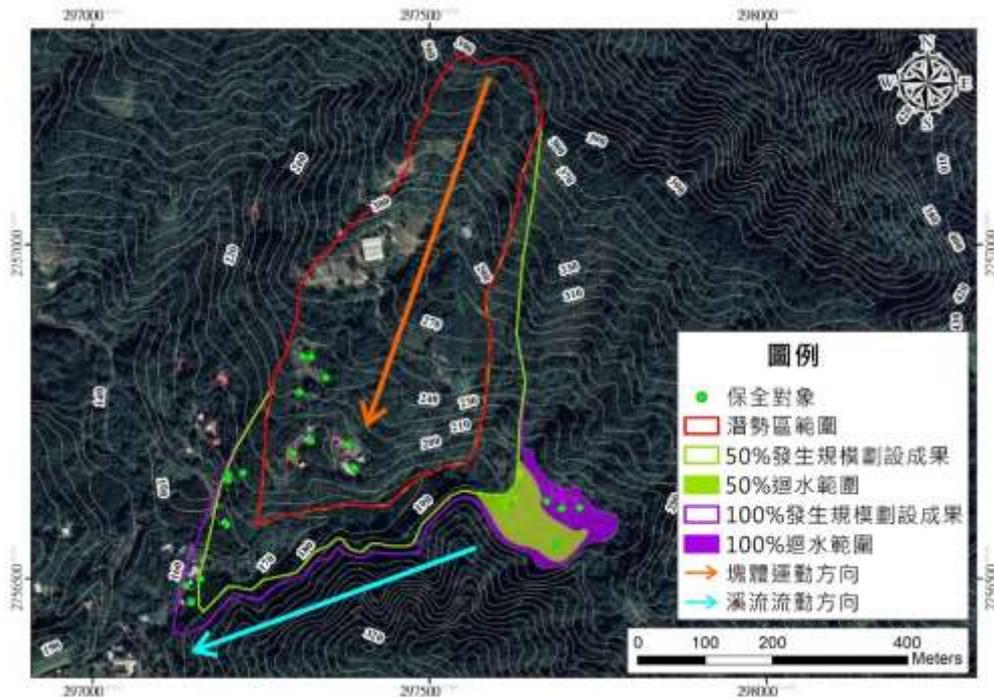
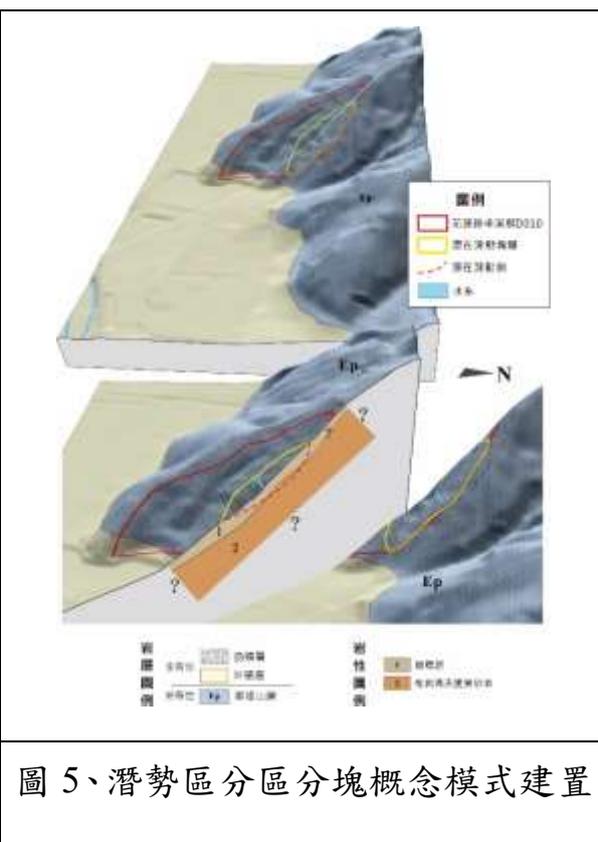
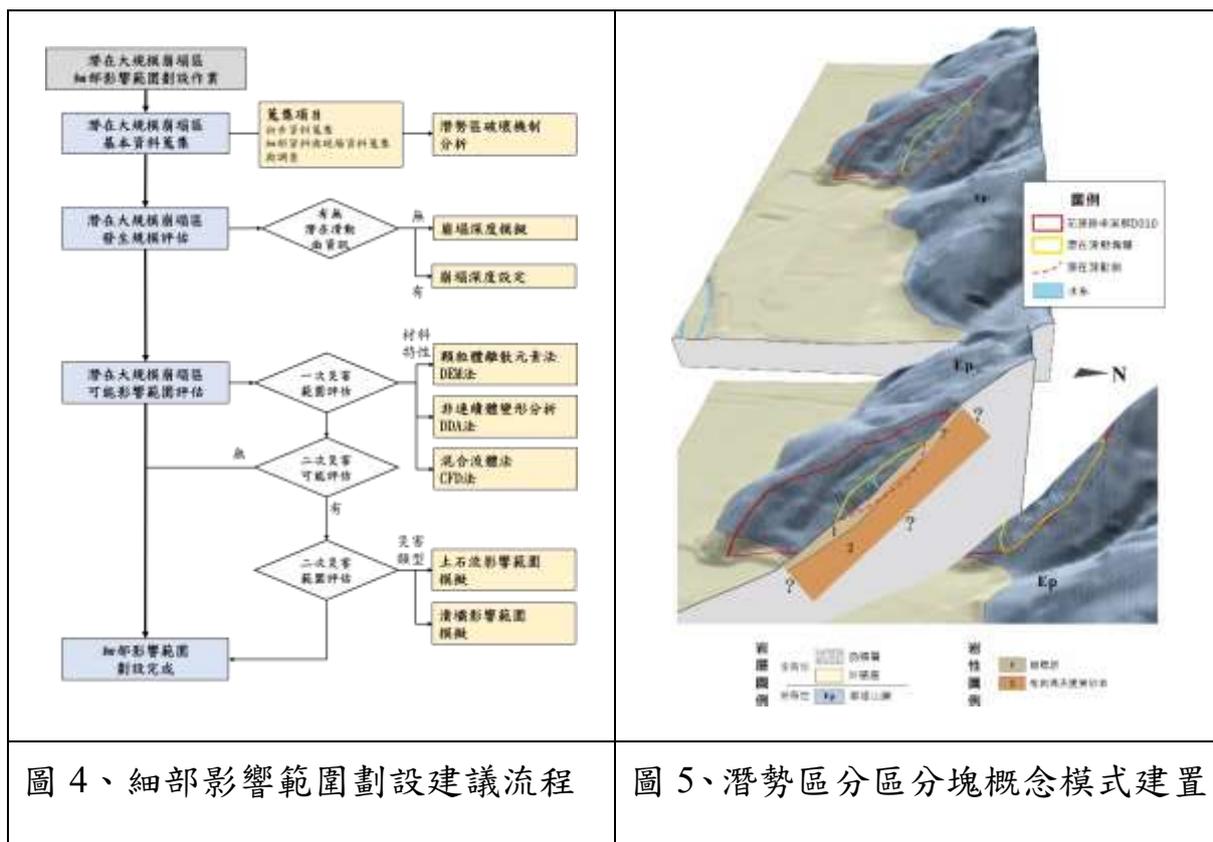


圖 3、初步影響範圍劃設案例

三、潛在大規模崩塌區細部影響範圍劃設

(一)細部影響範圍劃設作業

依據「大規模崩塌影響範圍劃設作業手冊」(草案)之細部影響範圍劃設建議流程(圖 3)，進行潛勢區可能崩塌規模及可能影響範圍之評估。依據建議流程，本階段劃設方法係以數值模式為主要工具，首先為相關資料之蒐集，包含初步資料、航遙測資料、現場調查資料、鑽孔資料、物理探測資料、現場試驗與室內試驗成果，綜整後建立潛勢區之概念模型(圖 5)，再依據可能破壞類型與潛勢區破碎情形進行模擬。



在發生規模推估時，應針對潛勢區之破壞機制及岩體特性分析成果，進行崩塌發生情境與規模推估，一般本工作可透過現場細部調查予地質鑽探成果分析予以進行，但若尚未完成細部調查之區域可利用初步資料搭配邊坡穩定分析之數值模式進行分析。

而在一次災害模擬或是二次災害模擬時，一次災害可能影響範圍係根據破壞機制以及發生規模評估完成後，選用適當模式進行影響範圍之模擬，後續再依模擬成果進行二次災害之可能性進行評估，針對不同二次災害類型再分別以土石流或是潰壩模式進行二次災害影響範圍之模擬。

模擬所需參數均需要利用透過各類調查資料來取得，將各項工作需要之參數列表如表 1。

表 1 細部影響範圍劃設參數需求表

模擬方法	需要參數	取得方法	求解目標
發生規模推估	地形	數值地形、現場調查	破壞面資料
	材料單位重 γ t(kN/m ³)	土、岩物理試驗	
	材料凝聚力 C(kgf/cm ²)	土、岩物理試驗	
	材料內摩擦角 ϕ (deg)	土、岩物理試驗	
一次災害模擬	地形	數值地形、現場調查	一次災害影響範圍
	破壞面資料	發生規模推估成果 地質鑽探資料	
	材料單位重 γ t(kN/m ³)	土、岩物理試驗	
	材料凝聚力 C(kgf/cm ²)	土、岩物理試驗	
	材料內摩擦角 ϕ (deg)	土、岩物理試驗	
	材料尺寸	材料試驗、現場調查	
二次災害模擬	地形	數值地形、現場調查	二次災害影響範圍
	材料堆積情形	一次災害影響範圍	
	材料粒徑	土、岩物理試驗	
	材料單位重 γ t(kN/m ³)	土、岩物理試驗	
	內摩擦角 ϕ (deg)	土、岩物理試驗	

(二)細部影響範圍劃設成果

本計畫完成桃園市-復興區-D052(上巴陵華陵國小地滑區)、新竹縣-五峰鄉-D024(茅圃)、新竹縣-尖石鄉-D052(梅花地滑區)、新竹縣-尖石鄉-D077(秀巒泰崗)、新竹縣-尖石鄉-D097(鎮西堡)、宜蘭縣-大同鄉-T002(蘭台)、臺中市-和平區-D016(達觀)、臺中市-和平區-T003(新嘉陽地滑區)、南投縣-仁愛鄉-D066(廬山部落)、嘉義縣-梅山鄉-T001(幼葉林崩塌地)、嘉義縣-阿里山鄉-D098(番路公興崩塌地/瀨頭)、嘉義縣-中埔鄉-T002(八寶寮)、嘉義縣-竹崎鄉-T003(中心崙崩塌地)、高雄市-杉林區-D021(新庄)、屏東縣-霧臺鄉-D038(佳暮)、屏東縣-霧臺鄉-T002(阿禮部落崩塌地)、臺東縣-延平鄉-T002(紅葉部落崩塌地)、臺東縣-延平鄉-T001(紅葉)、臺東縣-太麻里鄉-D003(三和)、臺東縣-太麻里鄉-D029(多良)、臺東縣-大武鄉-D021(大鳥聚落)、臺東縣-大武鄉-D022(大鳥聚落)、花蓮縣-卓溪鄉-D007(太平聚落)、花蓮縣-卓溪鄉-D010(卓溪)等 24 處潛勢區之細部影響範圍劃設工作。

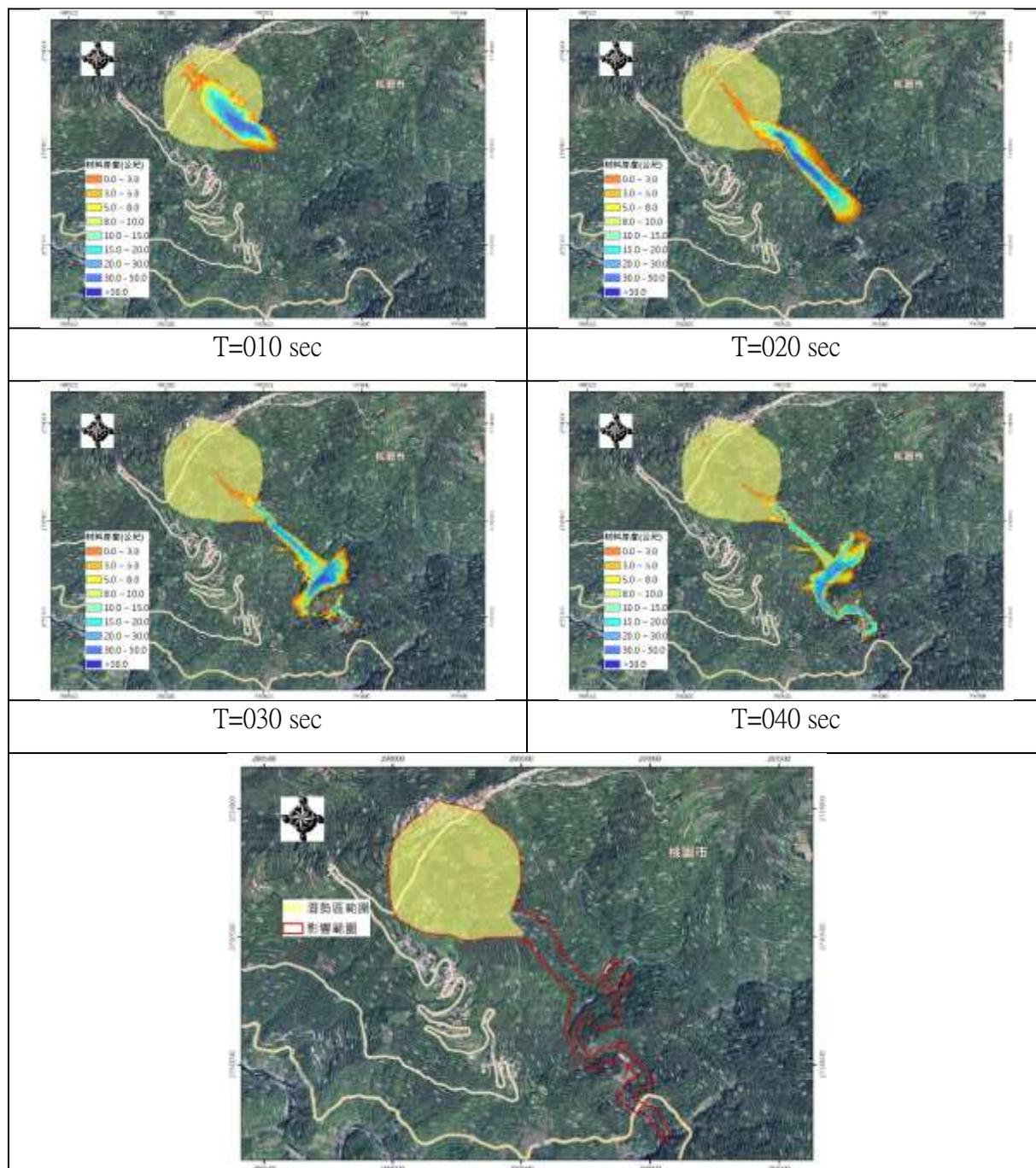


圖 6 桃園市-復興區-D052 潛在大規模崩塌區細部影響範圍劃設成果

(三) 潛在大規模崩塌區疏散撤離規劃

本項工作須完成 30 處（上開 24 處+6 處先前已完成細步劃設地區）優先辦理潛勢區之防災資料庫建置(包含潛勢區、影響範圍、保全對象及在地防救災資源等資訊)與疏散路線與避難處所調查，提供未來地方機關研擬疏散避難計畫之參考，彙整相關資訊後產置成果如圖 7。

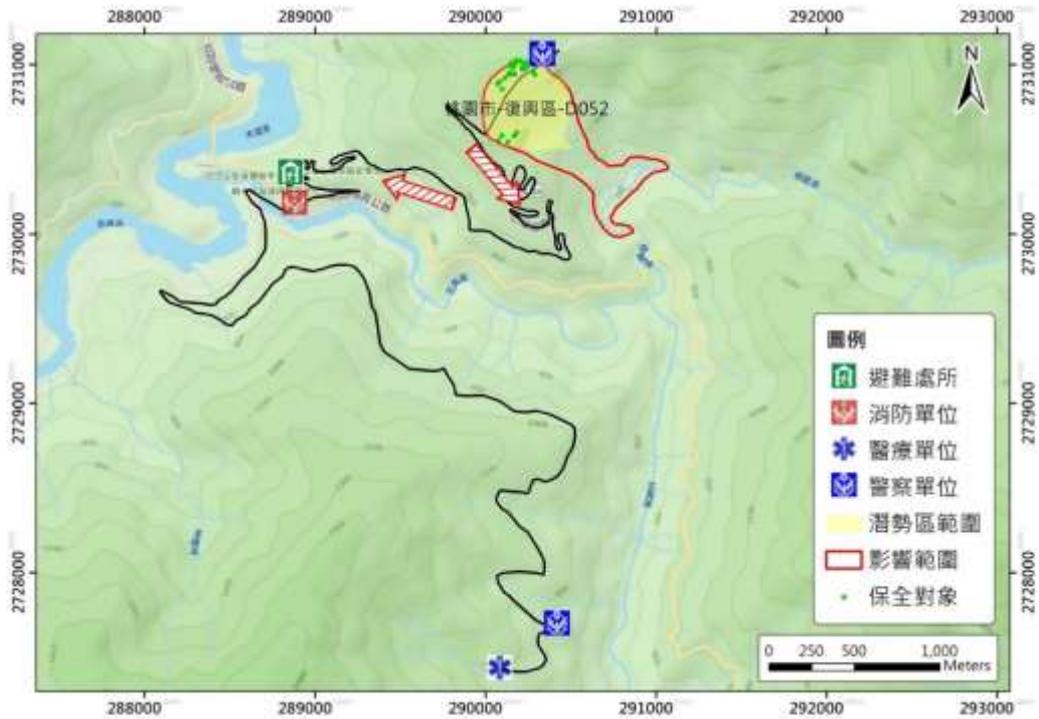


圖 7、桃園市復興區華陵里潛在大規模崩塌防災地圖

四、潛在大規模崩塌區應變管理值及作業流程分析與建議

(一) 潛在大規模崩塌應變管理值訂定

針對大規模崩塌防減災應變，考慮到災害之規模及影響程度，災害的事先預警為較可行之手段，從過去各類應變管理來看，針對警戒基準之訂定，可概分為統計法、觀測法與解析法，本計畫針對警戒值設定以統計法進行分析。

本計畫前期將已發生之大規模崩塌案例所建立的無因次雨量公式(圖 8)，可用來評估潛在大規模崩塌區之可能發生雨量。將莫拉克颱風期間已發生大規模崩塌案例帶入公式，R 值先以總累積雨量進行計算，可以看到大部分案例都位於回歸線之上方。由於分析時是採用總雨量，故其數值必定高於真正的發生雨量，因此數據高於回歸關係屬於合理之現象。

另外將潛在大規模崩塌區透過無因次雨量法分析，由於採用的資料為潛勢區，並非實際已發生之案例，在分析時這些案例之雨量，採用各潛勢區歷年發生之最大雨量紀錄，以各潛勢區所在地之降雨總量當成該案例之發

生雨量進行分析，可以明確發現未發生之案例主要集中於回歸線之下方，也就是低於已發生案例回歸線之降雨狀況並未觸發崩塌。因此建議取發生雨量下包絡線為大規模崩塌發生臨界雨量線 (Critical Line of LSL Occurrence, 圖 9)。

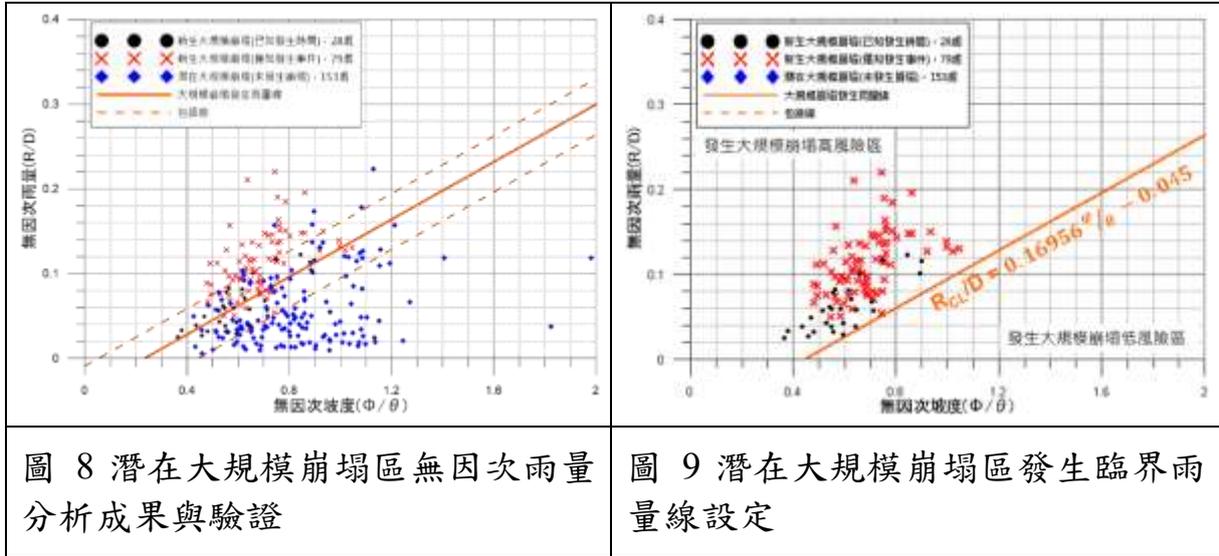


圖 8 潛在大規模崩塌區無因次雨量分析成果與驗證

圖 9 潛在大規模崩塌區發生臨界雨量線設定

以高雄市-杉林區-D021 潛在大規模崩塌區為例，潛勢區面積(A)為 10 公頃，潛勢區坡度(θ) 28.2 度，推估崩塌體積(V) 32 萬立方公尺，計算崩塌深度(D) 10.5 公尺，等價摩擦角(ϕ) 25.3 度，利用無因次公式計算得出本區發生臨界雨量為 1527.3 毫米(如圖 10)。

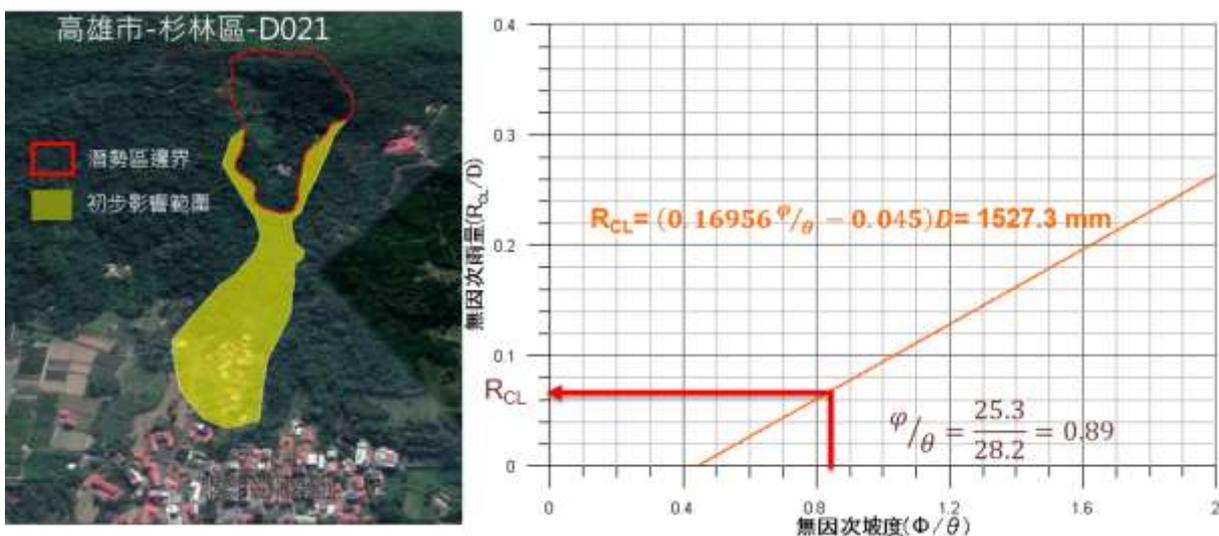


圖 10 潛在大規模崩塌區發生臨界雨量計算範例

(二) 潛在大規模崩塌之應變管理作業流程

為研擬潛在大規模崩塌應變管理作業，利用「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」第一次專家諮詢會議(108年5月7日)及第二次工作會議(108年8月12日)進行討論，本計畫依據相關會議決議初擬潛在大規模崩塌應變管理作業方法如下。

1. 警戒發布類型

參考現行土石流警戒之發布，大規模崩塌警戒應採黃色警戒與紅色警戒兩類。

2. 警戒發布單元

目前土石流之警戒發布單元，係以鄉鎮村里為對象，但考慮大規模崩塌之發生特性，不同潛勢區之發生機制多有不同，因此若僅以鄉鎮村里為發布對象，恐會增加誤報率，因此建議黃色警戒之發布以鄉鎮村里為對象，而紅色警戒之發布則以各潛勢區個別發布。

3. 警戒發布依據

如前整理成果，現行大規模崩塌之警戒因子包含地表變形量、水位、地中變形量、雨量等，其中地表變形量、水位與地中變形量等資料均為各潛勢區之在地成果，因此可用來做為紅色警戒發布之參考，而雨量具有廣域性，則建議用來做為黃色警戒之發布。

4. 警戒發布方式

綜合前述警戒發布之種類、對象與依據，可以進行大規模崩塌警戒發布方式訂定，為與土石流警戒整合，將潛在大規模崩塌區與土石流潛勢溪流進行套疊，可以得到下列三種類型，依據不同類型規畫不同的警戒發布方式。

- (1) 第一類型：大規模崩塌潛勢區位屬土石流潛勢溪流者(如圖 11(a))；修正現行土石流影響範圍，調整既有保全戶清單，依土石流黃紅警戒值發布警戒。

- (2) 第三類型：大規模崩塌潛勢區所在村里內無土石流潛勢溪流者(如圖 11(b))；新設土砂災害警戒區，新增保全戶清單，發布土砂災害警戒(以雨量為依據發布黃色警戒，紅色警戒暫不發布)。
- (3) 第二類型：大規模崩塌潛勢區位非位屬土石流潛勢溪流集水區，但同村里內有土石流潛勢溪流者(如圖 11(c))；同第一類型，依土石流黃紅警戒值發布警戒，但依據各區狀況進行調整。

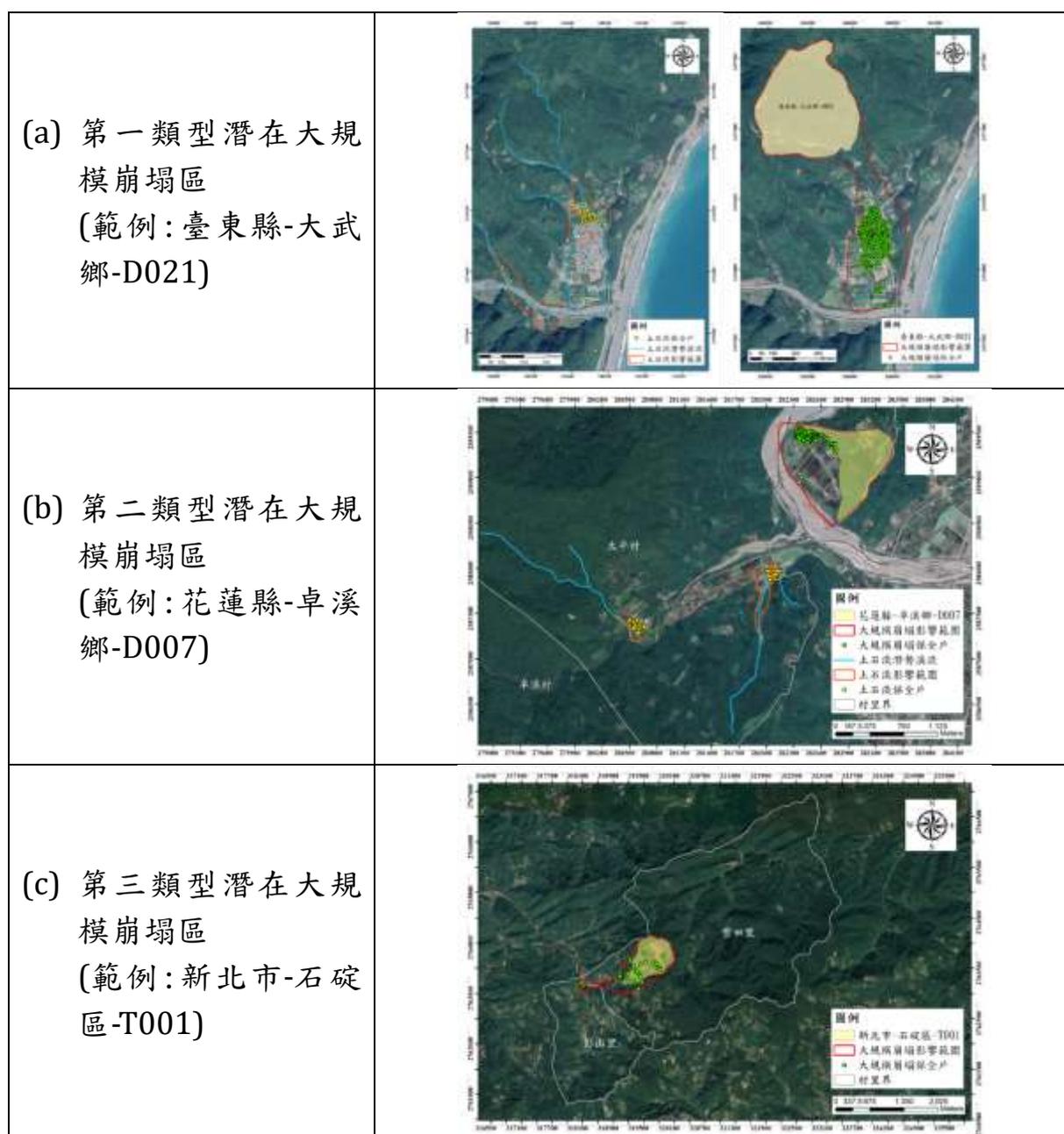


圖 11 潛在大規模崩塌區警戒發布分類

五、辦理 2019 大規模崩塌防減災技術交流國際研討會

本次活動包含國際研討會、現場考察與專家諮詢會，時程規劃如表 2，國際研討會於 11 月 4 日至 11 月 7 日完成辦理，內容包含 1 場國際研討會、2 天現地參訪、以及 1 場專家諮詢會。國際研討會於 11 月 4 日(一)假香格里拉臺北遠東國際大飯店辦理；現地參訪於 11 月 5 日及 6 日參訪蘭台潛在大規模崩塌區、梨山潛在大規模崩塌區、以及清境地區潛在大規模區；專家諮詢會議於 11 月 7 日(四)於水土保持局第一會議室舉行。

表 2 2019 大規模崩塌防減災技術交流國際研討會活動時程

日期	活動	地點
11/3 (日)	外賓抵台	
11/4 (一)	國際研討會辦理	臺北
11/5 (二)	現地參訪	宜蘭(蘭台)
11/6 (三)	現地參訪	臺中(梨山)
11/7 (四)	交流工作坊辦理	南投
11/8 (五)	外賓離台	

		
研討會辦理紀錄		
		
現地考察紀錄		
		
專家諮詢會辦理紀錄		

圖 12、國際研討會系列活動辦理影像紀錄

六、辦理堰塞湖聯合演練及災害潛勢技術評估

108 年水土林堰塞湖緊急應變聯合演練在 5 月 27 日(星期一)於臺南市政府消防局完成辦理。技術研習會在 108 年 5 月 28 日(星期二)於國立成功大學海工大樓二樓演講廳完成辦理，共包含 7 場專題演講及綜合討論。



圖 11、堰塞湖相關活動辦理影像紀錄

七、結論與建議

為了降低大規模崩塌造成的災害，水土保持局訂定中長程計畫，逐步推動大規模崩塌防減災計畫相關調查工作、劃設大規模崩塌影響範圍與風險評估、建立長期或定期之大規模崩塌監測系統、研擬預警與撤離機制等作為，都是以建構完整的坡地智慧防災體系為目標，也就是希望在極端天氣發生頻率增加的條件下，以「整體性防災」為考量，持續針對可能發生之坡地災害進行強化，並以「聚落」為核心，確保民眾生命財產安全與保障，再以「災害管理」為主軸，透過各種軟硬體手段來降低可能的災害風險，綜整計畫成果提出結論與建議如下：

- (一)根據大規模崩塌初步影響範圍劃設方法與流程，完成 33 處潛在大規模崩塌區之可能致災類型判釋及初步影響範圍劃設，結果顯示共有 13 處屬於重力堆積型，10 處屬於土石流型堆積，10 處屬於堰塞湖型堆積，

保全對象數量為 945 戶，並彙整 186 處潛在大規模崩塌區調查成果。

- (二)完成 24 處潛在大規模崩塌細部影響範圍劃設，量化潛勢區可能災害規模，據以更新潛勢區之影響範圍劃設成果，並根據分析成果完成 24 處潛勢區之疏散避難資源調查與初步規劃，釐清各受影響聚落對外交通狀況。彙整 34 處優先推動區中屬大規模崩塌保全對象共計 1,916 戶，屬於土石流保全對象者有 1,003 戶，其中有 202 戶為兩者兼具，爰此，優先推動區內保全對象共為 2,717 戶。
- (三)利用潛在大規模崩塌區發生雨量分析成果，訂定建立優先推動區之黃色警戒雨量，並透過工作會議與專家諮詢會之召開，建立潛在大規模崩塌應變作業，其中位屬土石流潛勢區者：依土石流黃紅警戒值發布警戒；非位屬土石流潛勢區者：黃色警戒以雨量為發布依據，紅色警戒暫不發布，發布之警戒名稱暫定為「土砂災害警戒」。其中 34 處優先推動區中位屬土石流潛勢區者共計 16 區，非位屬土石流潛勢溪流集水區，惟同村里，共 13 區，潛勢區所在村里內無土石流潛勢溪流者，共 5 區。
- (四)從風險管理的角度來看，雨量警戒值的設定無論高低，都需要結合實際上的行政作為，臺灣的行政作為是預防性疏散，未來若在颱風的雨量預報中可以看到預期會達到設定的雨量警戒值，可以以此為依據傳達給民眾知悉以提高警覺，讓民眾覺察是水土保持局發布警戒的主要用意。
- (五)不論是影響範圍之劃設或是警戒雨量之設定，目前因相關資料尚未齊全，因此在情境設定上多僅能就整體潛在大規模崩塌區進行分析與探討，但因潛在大規模崩塌範圍甚大，在空間分布上難有如此均值的狀況產生，如何與以分區分塊來進行研究確實有其必要性，未來建議進一步從分區分塊的角度持續進行研究，以精進影響範圍劃設或是雨量警戒值之設定。

(六)防減災操作警戒是風險管理的方法之一，需要與行政作為緊密整合，且民眾為警戒發布後之第一相關者，考慮未來大規模崩塌警戒之發布規劃，民眾之接受度與感受度為能否推動之重要因素，建議透過示範區的方式先進行操作，從執行的過程中了解可能遇到的困境及修正相關執行方式。

八、參考文獻

1. 行政院農業委員會水土保持局，坡地崩塌防減災策略先期研析計畫，2014
2. 行政院農業委員會水土保持局，大規模崩塌防減災技術發展與應用，2015
3. 行政院農業委員會水土保持局，105 年大規模崩塌區影響範圍調查與劃設，2016
4. 行政院農業委員會水土保持局，106 年大規模崩塌區影響範圍調查劃設及發生雨量推估可行性評估，2017
5. 行政院農業委員會水土保持局，潛在大規模崩塌區影響範圍調查劃設及堰塞湖災害潛勢技術評估，2018