

山區疏散避難路線規劃之研究

The study of evacuation routes in mountain area

黃全謐¹ Chuan-Yi Huang 鍾佩蓉¹ Pei-Jung Chung 曹鼎志¹ Ting-Chi Tsao

鄭錦桐¹ Chin-Tung Cheng

財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心

摘要

臺灣地區近年肇因於極端性氣候，於汛期間亦發生因長延時強降雨，更促使原地質破碎的山區更易造成山崩及土石流等坡地災害，災害規模與頻率更勝於以往。為降低坡地災害造成社會之衝擊，於防災策略上已經由工程整治轉為重視疏散避難規劃之策略，此為軟性之防災規劃。農委會水土保持局（以下簡稱水保局）平時負責規劃土石流潛勢溪流影響範圍內保全住戶之疏散避難路線與時機，建議其依據疏散避難路線疏散至安全之避難處所。汛期時，水保局則依據中央氣象局之降雨預報，及實際降雨數據來發佈土石流潛勢溪流之紅黃色警戒。由於疏散避難道路路徑不僅受土石流，但仍可能遭受坡地災害威脅而使公路中斷而受阻，加上公路總局防災中心與水利署防災中心，對公路與易淹水地區可能提前發佈預警性封路措施，致使保全對象無法沿原規劃疏散避難路線避難。為使土石流防災疏散避難規劃更臻完善，避免山區聚落形成孤島地區，本文擬定一套可操作之標準作業程序，進行避難路線分析及選定，根據候選避難路線可能經過之各項災害潛勢資料，分析土石流潛勢溪流影響範圍內之保全住戶最適當之疏散路線與時機，以利其儘速且安全地疏散至避難處所，避免聚落形成孤島，或使保全對象於疏散避難時，遭受於其他災害潛勢之威脅。

關鍵詞：土石流、保全對象、環境地質基本圖、疏散避難路線、重點監控路段橋梁。

一、前言

臺灣高山地區聚落與其聯絡道路常位處坡度陡峻處，山區降雨豐沛且集中，易誘發道路沿線各種土砂災害，致使山區道路阻斷。災害防救法中明定農委會負責土石流潛勢溪流之相關災害管理業務，除調查土石流潛勢溪流外，亦進行保全住戶之相關疏散避難整備規劃，包括：土石流潛勢溪流影響範圍劃定、避難處所選定、避難路線、警戒雨量制定等工作，確保保全住戶能適時與安全的進行疏散避難。並於汛期前，由地方政府消防局依據水保局之土石流災害整備規劃，引導土石流潛勢溪流影響範圍內之保全住戶依據規劃進行疏散避難演練，並提醒保全住戶注意降雨量是否達到警戒雨量，一旦紅黃色

警戒發佈後，必須進行疏散避難。由於目前極端降雨已成常態，複合災害發生機會增加，土石流防災規劃面臨挑戰，不能僅考慮土石流單一災害，而必須綜觀其他公部門已公布之坡地災害與道路橋梁防災資訊，以使土石流潛勢溪流影響範圍內之保全住戶可安全適時抵達避難處所。

中華民國 100 年 11 月 17 日地質法已公告實施，且地調所近期已陸續完成環境地質資料庫(亞新工程顧問公司，2009；財團法人中興工程顧問社，2010b)以及山崩潛勢圖(財團法人中興工程顧問社，2010c)，可提供疏散避難路徑之坡地災害潛勢資訊，作為疏散路線規劃參考。另外，警戒雨量部分，除水保局公布之土石流警戒雨量之外，公路總局針對重點監控路段橋梁亦配合氣象局雨量資料防災預警機制，惟不同單位啟動防災預警之機制亦隨不同之雨量值而啟動，故聚落可能因疏散避難未於公路總局封路之前實施而形成孤島。有鑑於此，本研究藉由整合各政府部門歷年來之坡地災害研究成果與其防災預警機制，作為疏散避難路線以及疏散時機的綜合研判，為求保全住戶於疏散避難之時，避免遭受次生災害威脅，並安全快速通達避難處所。

二、研究方法

本研究參考水保局「99 年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析」報告中土石流疏散避難規劃相關作業手冊，建議疏散路線規劃原則(財團法人中興工程顧問社，2010a)如下：

- a. 不能夠穿越潛勢溪流。
- b. 盡量利用現有道路。
- c. 不經過危險路段、陡坡區。
- d. 不隨溪谷向上或向下走。

基於上述水保局建議疏散路線規劃原則下，主要參考地調所、水保局、公路總局三個單位之環境地質災害與公路重點監控路段成果圖層，如圖 1 所示。套疊上述三單位之成果，可作為室內初步規劃土石流潛勢溪流影響範圍內保全住戶之山區疏散避難路線。三單位之資料內容分述如下：

- a. 地調所環境地質基本圖資料(地調所臺灣坡地環境地質圖分幅資料庫)：岩屑崩滑、岩體滑動、落石、土石流、土石流扇狀地、順向坡、河岸侵蝕、向源侵蝕、棄填土以及惡地。
- b. 農委會 101 年公開 1660 條之土石流潛勢溪流圖層(水保局土石流防災資訊網)。
- c. 公路總局重點監控路段橋梁(公路總局重點監控路段橋梁)。

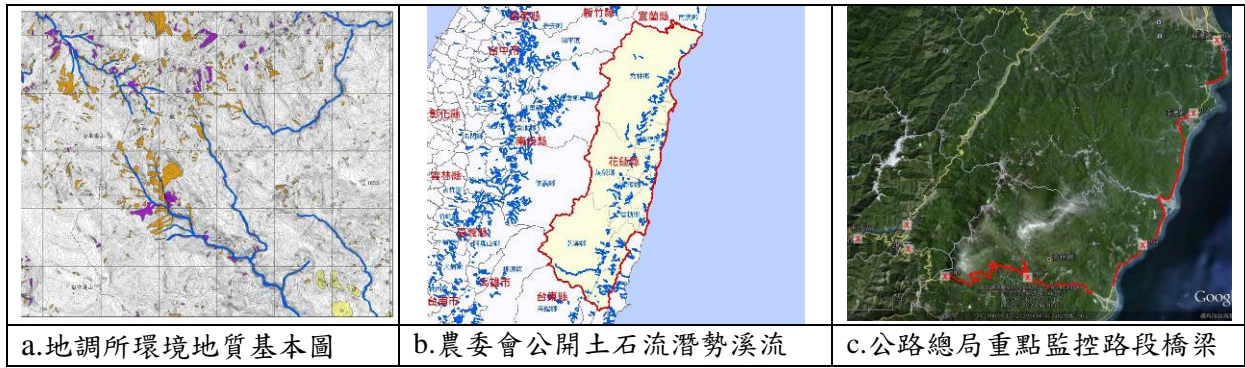


圖 1 地調所、農委會及公路總局研究成果之圖層套疊示意

資料出處：中央地質調查所、農委會水土保持局及交通部公路總局全球資訊網

根據初步規劃之疏散避難路線，配合公路總局重點監控路段橋梁封路封橋預警機制，如此可避免山區聚落進行疏散避難時，避難路線經過公路總局封路段之可能。根據套疊地調所環境地質基本圖，可掌握岩屑崩滑、岩體滑動、落石、土石流、土石流扇狀地、順向坡、河岸侵蝕、向源侵蝕、棄填土以及惡地等潛在坡地災害區位，若再透過現地調查檢核，即可擇定疏散避難路線，流程圖詳如圖 2 所示。以下 2.1 及 2.2 節將分別整理水保局避難路線現地檢核方式及公路總局防災預警機制操作方式。

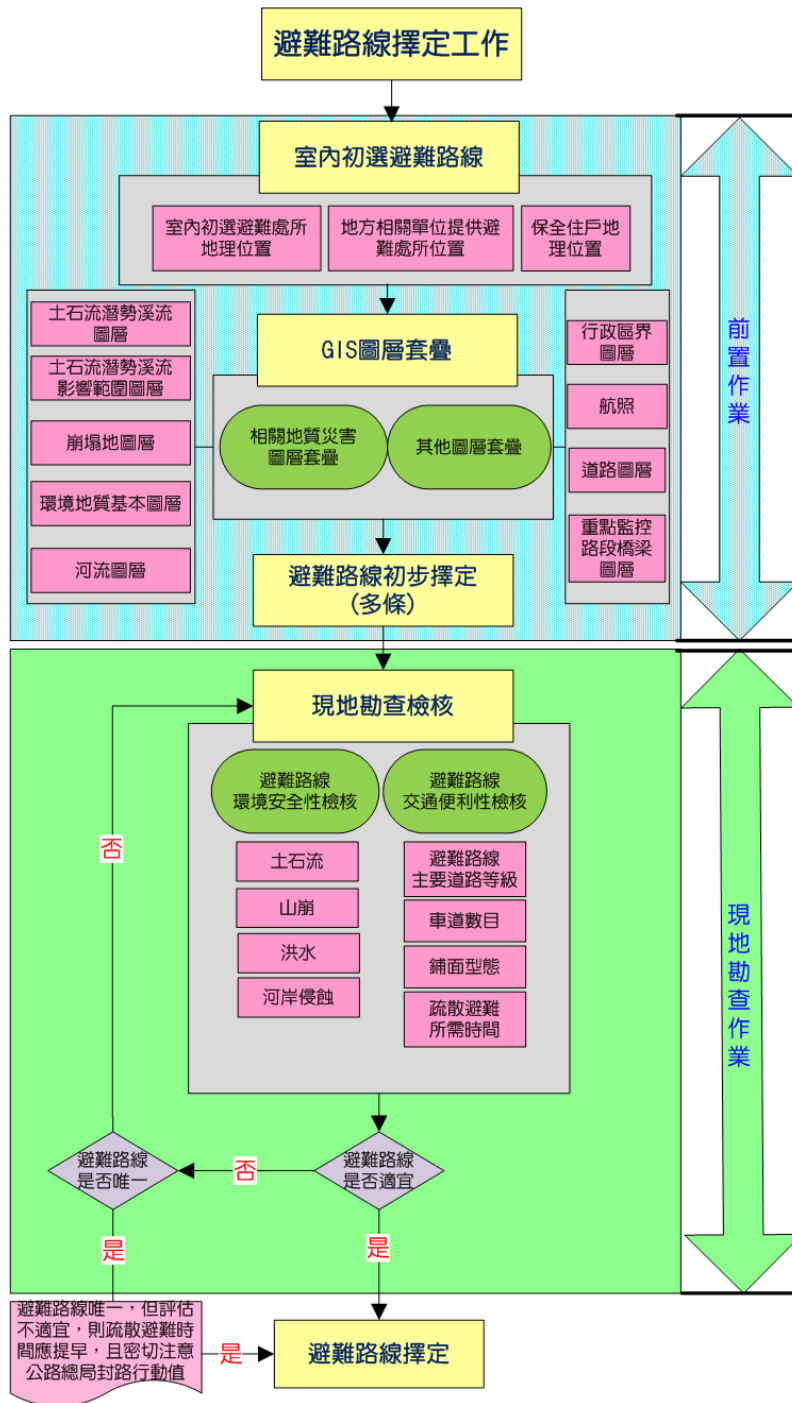


圖 2 土石流防災緊急避難路線擇定參考作業手冊流程圖
(修改自財團法人中興工程顧問社，2010a)

2.1 避難路線檢核

(1) 避難路線基本資料：

包含行政區域、土石流潛勢溪流編號、避難路線起始點地標、坐標及避難處所名稱，詳如圖 3。

一、避難路線基本資料

行政區域	花蓮縣	縣(市)	秀林鄉	鄉(鎮)	崇德村	村(里)
土石流潛勢溪流 編號	花縣DF024	避難路線起始 地點地標	清水橋	坐標系統： <input type="checkbox"/> 67 <input checked="" type="checkbox"/> 97 X： 320,014 Y： 2,679,521		
避難處所名稱*1	崇德國小					

圖 3 避難路線基本資料之填寫範例
(修改自財團法人中興工程顧問社，2010a)

(2) 避難路線環境安全性檢核：

根據室內環境地質災害圖層套疊，並透過現地調查檢核及填寫候選避難路線通過之災害類型與數量(包含山崩、洪水、河岸侵蝕、地滑)。花縣 DF024 於室內圖層套疊判讀與現地調查檢核後，共計通過有山崩(落石 2 處+岩屑崩滑 3 處)共「5」處，詳如圖 4。

二、避難路線環境安全性因子檢核

避難路線安全 性檢核	土石流	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有，____ 條	備註	潛勢溪流編號_____
	山崩	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有， 5 處	備註	道路里程*2_____
	洪水	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有，____ 處	備註	道路里程*2_____
	河岸侵蝕	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有，____ 處	備註	道路里程*2_____
	地滑	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有，____ 處	備註	道路里程*2_____

圖 4 避難路線環境安全性檢核之填寫範例
(修改自財團法人中興工程顧問社，2010a)

(3) 避難路線交通便利性檢核：

現場調查中，依照實際候選避難路線道路狀況填寫主要道路等級、車道數目、鋪面型態、主要道路名稱，而避難路線長度則於室內依據路線圖層計算而得，詳如圖 5。

三、避難路線交通便利性因子檢核

避難路線交 通便利性檢 核	避難路線 主要道路 等級	<input checked="" type="checkbox"/> 省道 <input type="checkbox"/> 縣道 <input type="checkbox"/> 鄉道 <input type="checkbox"/> 其他	車道 數目	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 8	鋪面 型態	<input checked="" type="checkbox"/> 瀝青 <input type="checkbox"/> 混凝土 <input type="checkbox"/> 碎石 <input type="checkbox"/> 其他	主要道路名稱： 台9線
	「避難路 線」疏散避 難距離*2	疏散避難距離約 1.32 公里					

圖 5 避難路線交通便利性檢核之填寫範例
(修改自財團法人中興工程顧問社，2010a)

(4)避難路線評分結果：

現場勘查後，針對各候選避難路線以通過之環境地質災害數量進行評分。花縣 DF024 之某一候選避難路線通過 5 處山崩，故山崩部分為「50」分，其他災害類別並未發現，則為「0」分，評分合計則為五類災害分數總和「50」分。

避難路線長度(L)作為權重，並以 5km 及 10km 為界，花縣 DF024 之某一候選避難路線長度為 1.32km，故權重為「1.0」，其評分結果=評分合計(10)*權重(1.0)=50 分，詳如圖 6，並將所有候選避難路線進行排序，評分結果最小者為首選避難路線。

四、避難路線評分結果

避難路線安全性檢核	土石流	0 分		備註	分數=N*(10)，N 為土石流條數
	山崩	50 分		備註	分數=N*(10)，N 為山崩處數
	洪水	0 分		備註	分數=N*(10)，N 為洪水處數
	河岸侵蝕	0 分		備註	分數=N*(10)，N 為河岸侵蝕處數
	地滑	0 分		備註	分數=N*(10)，N 為地滑處數
	評分合計	50 分		備註	評分合計為各因子分數總和
權重					
避難路線交通便利性檢核	避難路線長度(L)	(1)L<5km	1.0	備註	評分結果=評分合計*權重
		(2)5km≤L<10km	1.1		
		(3)10km≤L	1.2		
評分結果	=	50 分		備註	評分結果最小者，為首選避難路線

圖 6 避難路線評分結果之填寫範例
(修改自財團法人中興工程顧問社，2010a)

2.2 公路總局防災預警機制操作方式

山區公路常有避難路線經過公路總局封路段之可能，公路總局重點監控路段橋梁主要考量為路段內亦有遭受坡地災害之潛勢，以此為前提並視路段之耐災程度進行封路，故水保局疏散避難路線及公路總局封路時機如何相互配合即為一重要之規劃。茲整理公路總局防災預警機制說明(引用自公路總局防災預警機制)如下：

(1)山區公路風險管理之使用限制說明：公路總局依據歷史資料及經驗條件下，統計歷次豪雨期間山區公路致災風險值較高的路段，採保全方式管理。其啟動及管理機制係統計該路段於歷次致災之降雨事件中各降雨延時累積雨量(10 分鐘、1 小時…24 小時)之特徵值，於災前作為律定行動值參考，而考量各路段不同之交通量特性及動員所需時間，往前律定警戒值與預警值。本研究綜合研判疏散避難時機點，係以封路行動值與水保局實施紅色警戒之雨量值作為比較基準。

(2)橋梁流域管理之使用限制說明：公路總局依據既有的歷史流域內災情資料及其當次降雨事件，比對歷次豪雨期間標的橋梁上游集水區實體雨量站之降雨觀測組體圖歷線與其下游水文測站水位及流量歷線，於災前律定可能形成洪峰之降雨規模(連續降雨延時累積雨量或重現期或時雨量及 24 小時累積雨量)為行動值，採保全方式管理。其啟動及管理機制目前係依據上游所選定特徵雨量站之各降雨延時累積雨量，律定為行動值參考，而考量各路段不同之交通量特性及動員所需時間，往前律定警戒值與預警值。本研

究綜合研判疏散避難時機點，係以封橋行動值與水保局實施紅色警戒之雨量值作為比較基準。

(3)特定山區路段(重點監控路段)之風險管理：因降雨引致之坡地災害並無法完全準確的預測，且存在一定之風險，故於一定降雨條件下，特定山區路段(重點監控路段)之致災風險值依歷史經驗統計可能提高；於此原則下，公路總局為保全用路人安全，採強制封閉方式管制，俟降雨事件趨緩後再行開放。

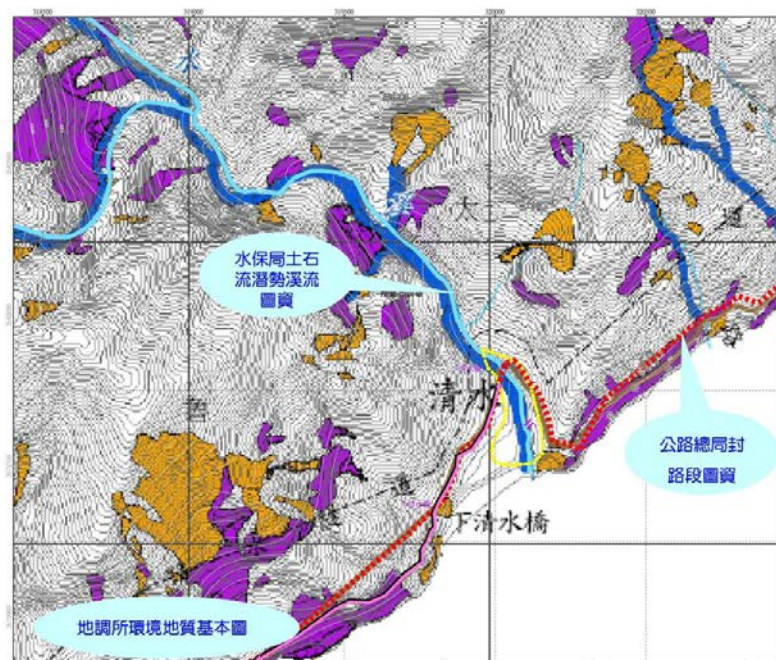
三、示範案例

3.1 區域概述

花縣 DF024 土石流潛勢溪流位於花蓮縣秀林鄉崇德村，於當地名為清水溪，溪流下游與台 9 線 171.5K 交會於清水橋，土石流影響範圍位於下游清水橋處，當水保局發佈紅色警戒時，應疏散至南側約 1.32 公里處之避難處所崇德國小。

3.2 疏散避難路線規劃

花縣 DF024 土石流潛勢溪流疏散避難路線室內初步判釋之 GIS 圖層套疊如圖 7 所示，避難路線現地檢核填表即本文第 2.1 小節之填表範例，詳如圖 3 至圖 6 所示，惟省道台 9 線和仁至崇德段(167.5K~179.1K)乃公路總局一級監控路段，且封路行動值參考雨量為 290mm 並低於水保局發佈紅色警戒之雨量值 450mm，表示疏散避難實施時，公路總局已經實施封路且於封路段內坡地災害發生潛勢亦可能更加處於高風險狀態下，所以於此範例下疏散避難的時機點就更為提早，規劃單位於災前即應更加注意諸如此類的地區，如此將可提升災時應變能力。水保局製作之疏散避難圖亦可考慮將公路總局重點監控路段橋梁資訊加入圖資資訊中，如圖 8 所示，如此得以加深民眾對於防災疏散避難時機的印象。



花蓮縣秀林鄉崇德村土石流疏散避難圖

圖 7 土石流疏散避難圖套疊環境地質基本圖之示意圖



花蓮縣秀林鄉崇德村土石流疏散避難圖

圖 8 花蓮縣秀林鄉崇德村土石流疏散避難圖套疊公路總局封路段示意圖

四、結論與建議

1. 各部門單位歷年成果(a.地調所於災前統計環境基本地質圖 b.農委會水保局公開 1660 土石流潛勢溪流 c.公路總局重點監控路段橋梁)皆為不同專業角度判釋災害及風險管理，於災前疏散避難路線以及災時的疏散避難時機，規劃者整合各部門單位研究成果應可提升災時應變能力，進而降低災時民眾所承擔之風險。
2. 因圖資產製更新頻率受限，故建議汛期前，利用遙測影像判釋疏散避難規劃路線沿線之坡地災害情形，以加強保全住戶疏散避難之安全性。
3. 目前僅以人工手動方式彙整各單位之圖資，以作為疏散避難路線之綜合研判，未來可嘗試彙整各單位之資訊於一平台上，以提升各防災單位防災規劃人員基本的室內初步判釋能力。
4. 水保局目前公開之疏散避難圖資，防救災資訊部分尚未有標示公路總局重點監控路段橋梁資訊，未來可嘗試於疏散避難圖資上標示公路總局重點監控路段橋梁之資訊，用以提升民眾防災意識。
5. 未來地調所將公布以斜坡單元為基礎之山崩潛勢圖資外，另外依據地質法地調所將公告山崩與地滑地質敏感區以及土石流地質敏感區，亦可一併於後續提供防災疏散避難路線規劃之參考。

參考文獻

(報告)

- 亞新工程顧問公司，2009。**地質敏感區災害潛勢評估與監測-高山聚落地區地質災害基本調查計畫(1/4~4/4)**，經濟部中央地質調查所委託成果報告。
- 財團法人中興工程顧問社，2010a。**99年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析**，農委會水土保持局委託成果報告(計畫編號：SWCB-99-198)。
- 財團法人中興工程顧問社，2010b。**地質敏感區災害潛勢評估與監測計畫高山聚落地區地質災害基本調查**，經濟部中央地質調查所。
- 財團法人中興工程顧問社，2010c。**地質敏感區災害潛勢評估與監測-都會區周緣坡地山崩潛勢評估**，經濟部中央地質調查所。

(網路相關)

- 農委會水土保持局，行政院農委會水土保持局土石流防災資訊網。上網日期：2012.08.30，網址：<http://246.swcb.gov.tw/>
- 經濟部中央地質調查所，經濟部中央地質調查所坡地環境地質資料庫查詢系統。上網日期：2012.08.30，網址 <http://envgeo.moeacgs.gov.tw/geoenv/login.asp>
- 交通部公路總局，交通部公路總局防災特報。上網日期：2012.08.30，網址：<http://www.thb.gov.tw/TF1/Def01.aspx>