

# 土石流警戒值與公路封路封橋標準 於山區疏散避難規劃之探討

黃全謚<sup>[1\*]</sup> 鍾佩蓉<sup>[1]</sup> 曹鼎志<sup>[2]</sup> 黃效禹<sup>[3]</sup>

**摘 要** 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，乃由農委會擬訂土石流警戒基準值，土石流警戒則依據中央氣象局之降雨預報及實際降雨數據發佈。然交通部公路總局於山區重點監控路段橋梁亦擬定有公路預警機制，該操作機制則依據災前歷史紀錄作一統計分析後，率定在不同情況之雨量下之管制基準。前述二主管單位擬訂之預警機制雖皆為依據中央氣象局之降雨資訊，惟所針對保全對象之空間與時間不盡相同，故同一地區可能出現兩種以上之管制基準。本文參考前述二主管單位之預警機制擬訂一災前之操作流程，以預先篩選出災時需重點監控之地區，俾利疏散避難得以正確地提早且安全地疏散至避難處所；另一方面則俾求降低保全對象於疏散時遭受於其他災害潛勢之威脅。本文最後以擬訂之操作流程，針對宜蘭縣及花蓮縣之土石流潛勢地區作為示範，並篩選出重點監控地彙整之資訊未來可提供主管單位作為災時發布疏散避難決策之參考資訊。

**關鍵詞：**疏散避難路線、土石流警戒基準值、公路預警機制。

## Comparison of debris flow rainfall threshold and mountain highway closure standard and their roles in mountain hazard evacuation planning

Chuan-Yi Huang<sup>[1\*]</sup> Pei-Jung Chung <sup>[1]</sup> Ting-Chi Tsao<sup>[2]</sup> Hsiao-Yu Huang<sup>[3]</sup>

**ABSTRACT** For Soil and Water Conservation Bureau (SWCB), the main factor of issuing evacuation of residents within the potential debris flow torrent area was rainfall threshold value, the real time rainfall information was provided by Central Weather Bureau (CWB). Also the Directorate General of Highways had established road closure standard for mountain roads according to historical hazard record and rainfall information. Although two agencies operated evacuation and road closure according to rainfall information from CWB, but with different exposure and timing consideration in mind, different values might be proposed in a same area. This study proposed a flow-chart according to the emergency operation procedures of the two agencies and conducted a pre-screening to identify the regions that should consider early evacuations to prevent from isolated. Finally the I-Lan and Hualien Counties were selected and demonstrated to identify the regions which should conduct an early evacuation. The result could provide the agencies for hazard evacuation operations.

**Key Words:** evacuation routes, rainfall threshold value for debris flow, highway pre-warning plan.

- 
- [1] 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心助理研究員 (\* 通訊作者 E-mail: [cyhuang@sinotech.org.tw](mailto:cyhuang@sinotech.org.tw))  
Assistant Researcher, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taipei 110, Taiwan
- [2] 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心正工程師兼組長  
Senior Engineer and Group Leader, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taipei 110, Taiwan
- [3] 農委會水土保持局土石流防災中心正工程師  
Senior Engineer, Debris Flow Disaster Prevention Center, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Nantou 540, Taiwan

## 一、前言

臺灣山區聚落與其聯外道路常位處坡度陡峻處，而山區降雨豐沛且集中，易誘發道路沿線各種土砂災害，因而致使山區道路阻斷。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、避難路線及警戒雨量制定等工作，以確保保全住戶能適時且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。警戒雨量部分，除水保局公布之土石流警戒雨量基準值之外，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、文獻回顧

一般而言，於單一天然災害類別常見適合之防災疏散計畫，在國外如 Cheng et al. (2011)藉由潰壩模擬之洪水到達時間及此些易淹水地區完成疏散避難時間，於災害發生前評估地區之緊急疏散計畫(Emergency Evacuation Plan, EEP)，並應用於中國大陸西南花溪區水壩鄰近之易淹水地區；Larsen et al. (2011)模擬野火(wild fire)擴散至社區之緩衝時間，來探討鄰近地區之緊急疏散避難計畫時間；Li et al. (2012)以最佳化模式探討當颶風(hurricane)形成時，不同地區之聚落適合之避難處所、路線、運輸方式及其他多種限制條件下，訂定一最佳疏散避難計畫。在臺灣針對單一災害亦發展出個別適合之疏散避難計畫如：以最節省時間的行進方式下，求得洪災地區最佳疏散路線(鄭子璉、周乃昉, 1999)；以最低土石流災害風險為目標，並藉由應用系統思維發展出河川流域土石流災害避難策略規劃之最佳化模式(黃筱媚, 2012)。然山區聚落面臨之天然災害並非僅單一災害類別，往往其災害類型多為複合型災害，當多種災害同時發生，主管機關雖已執行疏散避難，但亦可能因疏散路線中斷而造成聚落孤島之現象(Yang et al., 2012)，然前述不管是單一災害或者複合災害時，皆為考慮天然災害形成時所規劃之疏散避難計畫。

不同於前述之研究，本文假設於農委會水保局擬訂之土石流警戒基準值，及交通部公路總局擬訂之山區重點監控路段橋梁之預警機制皆於符合現況下所訂定，以探討山區土石流警戒與山區公路封路封橋標準，並於災前於土石流潛勢地區，將其疏散避難時可能因公路總局封路封橋而形成為孤島之地區篩選出，以利主管單位可另先擬訂適合之疏散避難計畫，應可增加災害應變之時間，以達到較佳之疏散避難執行效率。

## 三、研究方法

一般而言，國內外研究探討土石流災害(池谷浩, 1980；謝正倫, 1991；姚善文, 2001；周憲德等人, 2002)及坡地災害(Sidle, 1985；游繁結等人, 1996；Hossain, 2010；Tsai and Chen, 2010；Montrasio et al., 2011)最直覺考慮之影響因子多為雨量，並探討其啟動之臨界降雨特性，本文以水保局土石流警戒基準值與公路總局於山區公路封路封橋標準亦為雨量作為參考，前述二單位皆以歷史統計資訊率定其土石流警戒基準值與預警、警戒、行動值等。以下將對水保局土石流警戒基準值訂定標準以及公路總局防災預警機制操作方式做一簡述。待瞭解上述二單位之防災預警機制後，進一步探

討水保局疏散避難路線及公路總局封路時機如何相互配合。

### 3.1 水保局土石流警戒基準值訂定

土石流警戒基準值(引用自水保局防災資訊網)係利用中央氣象局之雨量資料,以有效累積雨量及降雨強度之乘積為降雨驅動指標(RTI)(圖 1),將具有相類似性質之土石流潛勢溪流集水區整合為一群集,以統計方法計算出同一群集之土石流降雨警戒雨量值,再行簡化為累積雨量,以訂定各地區之土石流警戒基準值,並提供疏散避難時之參考。某地區有效累積降雨量超過警戒值時,該地區就可能發生土石流,目前各地區之土石流警戒基準值主要分為九個級距(範圍由 200 至 600mm),每年並依據新增之雨量資料、重大事件(如:地震、颱風),檢討修正。

當土石流潛勢地區之土石流警戒基準值訂定後,水保局依照颱風或豪雨之不同階段,分為黃色警戒及紅色警戒。其中黃色及紅色警戒之定義與發布時機說明如下,另可參照圖 2 及圖 3 之說明:

1、黃色警戒:當中央氣象局發布某地區之預測雨量大於土石流警戒基準值時(此時可能尚未開始降雨),由農委會水土保持局發布該地區為黃色警戒土石流警戒區,地方政府應進行疏散避難勸告。

2、紅色警戒:某地區實際降雨已達土石流警戒基準值時,由農委會水土保持局發布該地區為紅色警戒土石流警戒區,地方政府應勸告或強制其撤離並作適當之安置。

3、地方政府並可依各地區當地雨量及實際狀況,自行發布局部地區為黃色警戒或紅色警戒土石流警戒區。

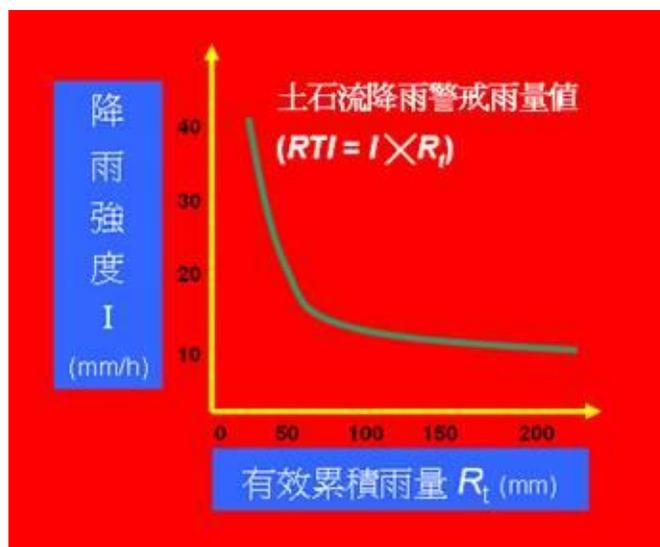


圖 1 水保局土石流警戒區發布及作為示意圖(摘自水土保持局土石流防災資訊網)

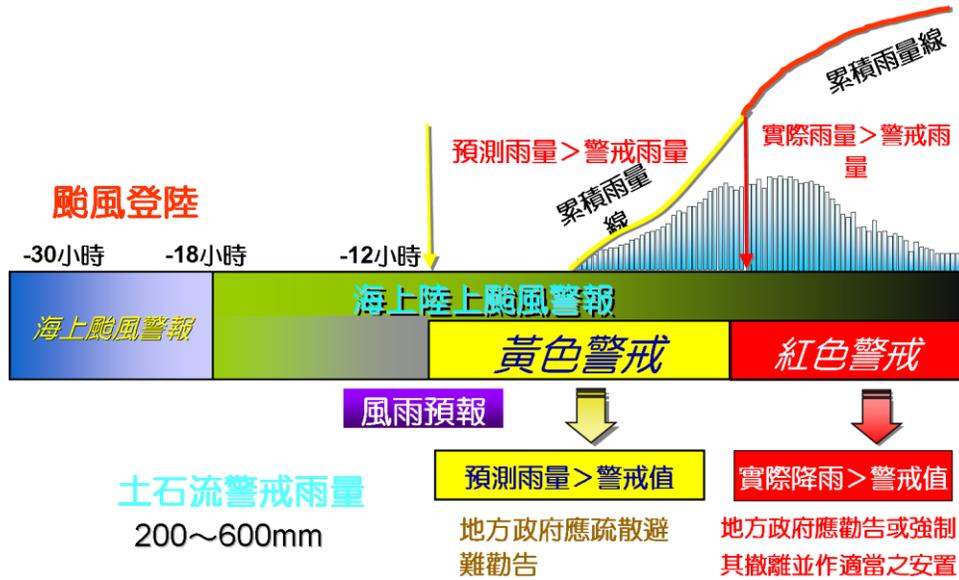


圖 2 水保局土石流警戒區發布時機及警戒作為示意圖(摘自水土保持局土石流防災資訊網)

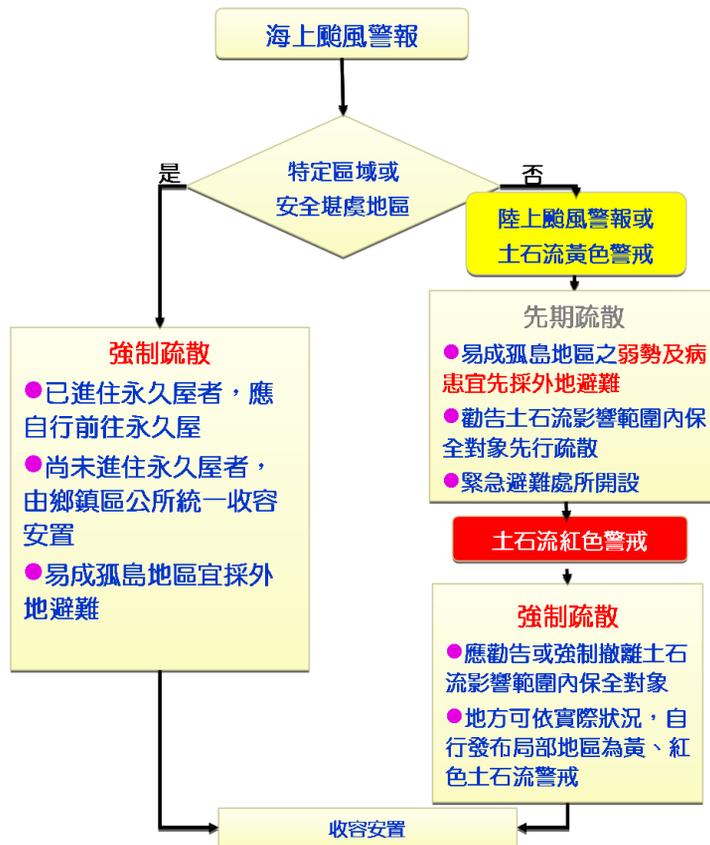


圖 3 水保局分級疏散避難機制(摘自水土保持局土石流防災資訊網)

### 3.2 公路總局防災預警機制操作方式

山區聚落於進行疏散避難時，其行經路線常有經過公路總局封路段之可能，然公路總局重點監控路段、橋梁主要考量係路段內遭受各種坡地災害之潛勢，以此為前提並視路段之耐災程度進行封路，(陳進發, 2011)。茲整理公路總局防災預警機制說明(引用自交通部公路總局防災特報)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，於災前作為率定行動值參考，而考量各路段不同之交通量特性及動員所需時間，往前率定警戒值與預警值，詳見表 1 之說明範例。

(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，於災前率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，率定為行動值參考，而考量各路段不同之交通量特性及動員所需時間，往前率定警戒值與預警值。

(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。

表 1 公路總局重點監控路段橋梁應變基準示意(1/2)

項次	編號	各工務段、所	一級監控路段	座落行政區	緊臨或跨溪流名稱(無則免填)	實體參考雨量站	預警值						
							10分鐘雨量(mm)	邏輯值	1小時雨量(mm)	邏輯值	3小時雨量(mm)	邏輯值	24小時雨量(mm)
43	402	南澳工務段	臺9線南澳~和仁(130K-167K+123)	宜蘭縣南澳鄉 花蓮縣秀林鄉		觀音海岸	10	OR	40		OR	130	
44	403	南澳工務段	臺9線和仁~崇德(167K+500-179K+100)	花蓮縣秀林鄉		和仁	10	OR	40		OR	130	

表 1 公路總局重點監控路段橋梁應變基準示意(2/2)

警戒值							行動值							
10分鐘雨量(mm)	邏輯值	1小時雨量(mm)	邏輯值	3小時雨量(mm)	邏輯值	24小時雨量(mm)	水位(無則免填)	10分鐘雨量(mm)	邏輯值	1小時雨量(mm)	邏輯值	3小時雨量(mm)	邏輯值	24小時雨量(mm)
		50			OR	200				60			AND	290
		50			OR	200				60			AND	290

### 3.3 疏散避難路線探討

根據初步規劃之疏散避難路線，配合考量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，另一方面針對聚落孤島潛勢較高地區，可提前評估並篩選出土石流潛勢地區易成孤島地區，且可能於土石流警戒前被封橋封路之地區。本文將參照水保局與公路總局兩者防災預警機制下，同時研判疏散避難時機點是否適宜，然雨量的考量係以水保局實施紅色警戒之雨量值與公路總局封路行動值作為比較基準，惟公路總局封路行動值尚分為 10 分鐘、1 小時、3 小時及 24 小時，因考量土石流警戒雨量基準值多非短時間即可到達累積，故本研究嘗試採以行動值(24 小時雨量)作為比較基準。探討之流程詳如圖 4 所示，流程可分為四步驟，茲說明如下：

步驟一：於土石流潛勢地區選定欲分析之溪流影響範圍及疏散避難路線。

步驟二：將擇定分析之疏散避難路線與公路總局重點監控路段橋梁套疊，並檢視疏散避難路線是否經過公路總局重點監控路段橋梁。如經過封路段則進入步驟三。

步驟三：將水保局警戒基準值(雨量)與公路總局封路之行動值交叉比對，當土石流警戒基準值高於封路段行動值時，即代表此疏散避難路線於土石流警戒發布時，公路總局已實施道路封閉，且該路段內亦可能有其它坡地災害類型可能發生，故不建議強行通過。

步驟四：由於擇定之疏散避難路線有可能於土石流警戒發布前已經封閉，故決策者應預先評估其它疏散避難替代方案。

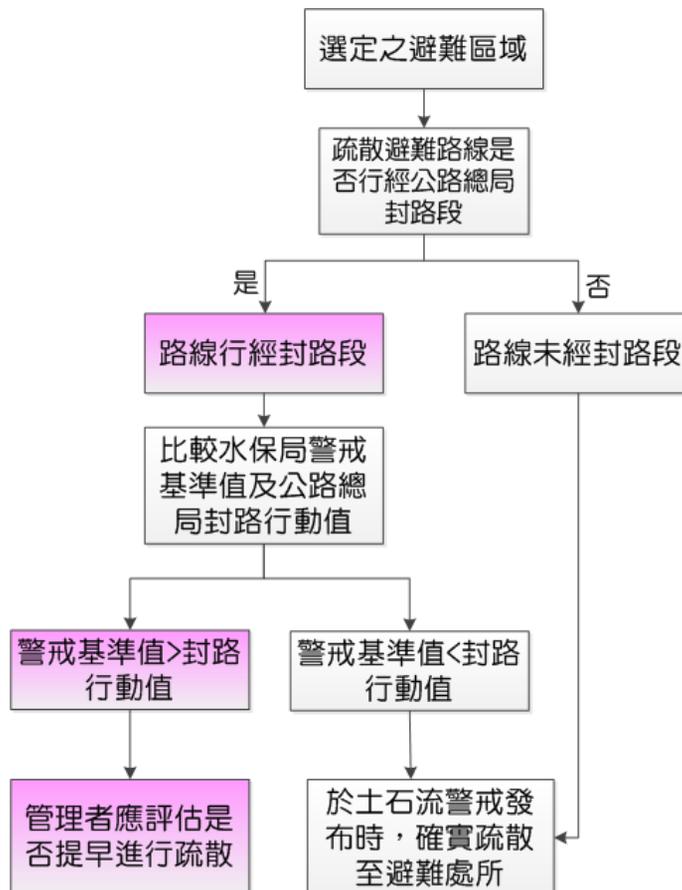


圖 4 探討土石流潛勢地區緊急疏散避難路線流程

## 四、示範案例

### 4.1 區域概述

於民國 101 年 2 月時水保局公開之 1,660 條土石流潛勢溪流中，宜蘭縣土石流潛勢溪流分布於 8 鄉鎮、53 村里內共有 142 條(佔全臺 8.6%)；花蓮縣土石流潛勢溪流分布於 12 鄉鎮、63 村里共有 165 條(佔全臺 10%)。且上述 2 縣市因位處臺灣東部，土石流潛勢地區亦因地緣關係，而較常有疏散避難路線通過公路總局重點監控路段橋梁。

於研究區域內，聚落主要聯外道路為省道台 8 線及台 9 線，公路總局列入一級監控路段橋梁包含：台 9 線蘇澳~東澳(104K+600~120K)、台 9 線南澳~和仁(130K~167K+123)、台 9 線和仁~崇德(167K+500~179K+100)、台 8 線關原~天祥(116K+500~168K+950)、台 8 線天祥~太魯閣(169K+080~186K+500)等，共 5 監控路段。

此二路段於 101 年蘇拉、天秤颱風時，公路總局亦因監控路段內出現零星坍方落石現象，且累計雨量已達預警性封路標準，故而實施預警性封路(詳表 2)。援此，本文將此二縣市做為示範區域。

表 2 宜蘭縣、花蓮縣土石流地區疏散避難路線通過公路總局之溪流列表

颱風、豪雨事件	實施預警性封路段	資料來源
蘇拉颱風	蘇花公路台 9 線(蘇澳到崇德段)	TVBS(2012.7.31)
蘇拉颱風	台 8 線(天祥段)	TVBS(2012.7.31)
天秤颱風	台 8 線中橫公路(關原-太魯閣路段)	東方報(2012.8.23)
天秤颱風	蘇花公路台 9 線 104.7 至 179.1K(蘇澳-崇德路段)	東方報(2012.8.23)

### 4.2 疏散避難路線時機探討

依據本文 3.3 節所擬定之作業流程，分四步驟列出：

步驟一：於土石流潛勢地區選定欲分析之溪流影響範圍及疏散避難路線。

步驟二：首先篩選出土石流疏散避難路線通過公路總局重點監控路段橋梁之溪流，並將之列表。

如表 3 所示。

步驟三：將水保局警戒基準值(雨量)與公路總局封路之行動值(24 小時雨量)交叉比對。

步驟四：由於擇定之疏散避難路線有可能於土石流警戒發布前已經封閉，故將此部分村里條列篩選出，以供決策者預先評估其疏散避難替代方案(如是否提早實施疏散等)，於最終篩選出之村里位於宜蘭縣南澳鄉以及花蓮縣秀林鄉(詳見表 4)，共佔此 2 縣市全數村里之 5.2%。

由分析結果中可得知，宜蘭縣及花蓮縣土石流潛勢地區共包含 116 村里，最終確認其中 7 村里可能於水保局發布土石流警戒時，公路總局因考量到路沿線安全，已先行封閉其重點監控路段橋梁，詳見圖 5 之空間分布。因而造成疏散避難路線中斷，於此情況下，此 7 村里可能因聚落無聯外道路而形成孤島。故建議相關單位可於此情形發生前，預先評估是否可先行疏散或擬訂其它疏散避難計畫。

表 3 宜蘭縣、花蓮縣土石流潛勢地區疏散避難路線通過公路總局之溪流列表

縣市	鄉鎮	村里	溪流編號	等級	土石流 警戒雨量(mm)	公路總局(24hr) 封路雨量(mm)	是否位於 土石流地區	公路總局 是否提前封路	是否因封路 形成孤島	公路總局 一級監控編號
宜蘭縣	南澳鄉	東岳村	宜縣 DF099	低	500	290	是	是	否	401
宜蘭縣	南澳鄉	武塔村	宜縣 DF092	低	500	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	金岳村	宜縣 DF093	低	500	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	金洋村	宜縣 DF091	低	500	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	碧候村	宜縣 DF098	低	500	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	澳花村	宜縣 DF139	低	500	290	是	是	是	402
宜蘭縣	蘇澳鎮	南建里	宜縣 DF100	低	500	290	是	是	否	401
宜蘭縣	蘇澳鎮	朝陽里	宜縣 DF114	中	500	290	是	是	否	402
宜蘭縣	蘇澳鎮	朝陽里	宜縣 DF115	高	500	290	是	是	否	402
宜蘭縣	蘇澳鎮	朝陽里	宜縣 DF116	低	500	290	是	是	否	402
宜蘭縣	蘇澳鎮	朝陽里	宜縣 DF117	低	500	290	是	是	否	402
花蓮縣	秀林鄉	和平村	花縣 DF025	高	450	290	是	是	是	402、403
花蓮縣	秀林鄉	和平村	花縣 DF026	中	450	290	是	是	是	402、403
花蓮縣	秀林鄉	崇德村	花縣 DF023	中	450	290	是	是	否	403
花蓮縣	秀林鄉	崇德村	花縣 DF024	高	450	290	是	是	否	403
花蓮縣	秀林鄉	富世村	花縣 DF001	中	450	320	是	是	否	404、405
花蓮縣	秀林鄉	富世村	花縣 DF002	中	450	320	是	是	是	404、405
花蓮縣	秀林鄉	富世村	花縣 DF003	中	450	320	是	是	否	404、405
花蓮縣	秀林鄉	富世村	花縣 DF004	中	450	320	是	是	否	404、405
總計	3 鄉鎮	11 村里	19 條							5 監控點

表 4 建議宜蘭縣、花蓮縣土石流潛勢地區可先行疏散或擬訂其它疏散避難計畫列表

縣市	鄉鎮	村里	溪流編號	等級	土石流 警戒雨量(mm)	公路總局(24hr) 封路雨量(mm)	是否位於 土石流地區	公路總局 是否提前封路	是否因封路 形成孤島	公路總局 一級監控編號
宜蘭縣	南澳鄉	武塔村	宜縣 DF092	低	450	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	金岳村	宜縣 DF093	低	450	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	金洋村	宜縣 DF091	低	450	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	碧候村	宜縣 DF098	低	450	290	是	是	是	402
宜蘭縣	南澳鄉	澳花村	宜縣 DF139	低	450	290	是	是	是	402
花蓮縣	秀林鄉	和平村	花縣 DF025	高	450	290	是	是	是	402、403
花蓮縣	秀林鄉	和平村	花縣 DF026	中	450	290	是	是	是	402、403
花蓮縣	秀林鄉	富世村	花縣 DF002	中	450	320	是	是	是	404、405
總計	2 鄉鎮	7 村里	8 條							4 監控點



圖 5 宜蘭、花蓮土石流疏散避難路線分析結果示意圖

## 五、結論與建議

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，而必須綜觀其他部門已公布之防災資訊，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。另一方面，本文僅將水保局發布土石流警戒與公路總局進行封路之雨量，考量其執行之時間點，並未加以考量疏散避難完成所需之時間，如將疏散避難完成時間納入考量，預估將會有更多土石流潛勢地區需預先擬定其它方案來降低該區形成孤島之潛勢。

各部門單位擬定之防災預警機制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，規劃者於災前藉由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。然而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。

## 參考文獻

1. 池谷浩(1980)，「土石流災害調查法」，日本山海棠，第 39-45 頁。
2. 周憲德、廖偉民、姚善文(2002)，「土石流降雨臨界條件之分析」，中國土木水利工程學刊,第十四卷第四期, 第 1~8 頁。
3. 姚善文(2001)，「土石流發生之水文特性探討」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
4. 陳進發(2011)，「從橋梁之流域管理與山區公路之風險管理談公路總局之百年防汛」，臺灣公路工程第 37 卷第 6 期。

5. 黃筱媚(2012),「河川流域土石流災害風險評估與避難策略規劃之研究」,國立台北教育大學社會與區域發展學系(所)碩士論文,台北。
6. 游繁結、段錦浩、陳樹群、林昭遠、連惠邦、張曉康(1996),「南投縣陳有蘭溪沿岸賀伯颱風災害初步調查報告」。國立中興大學水土保持學系,臺中市。
7. 詹錢登(2002),「以降雨因子進行土石流警戒基準值訂定」,行政院農委會水土保持局委託計畫成果報告書。
8. 鄭子璉、周乃昉(1999),「洪災地區最佳疏散路線之研究」,第十屆水利工程研討會論文集,第 J39 - J46 頁,民國 88 年 7 月,臺灣,台中。
9. 謝正倫(1991),「土石流預警系統之研究」,研究報告第 130 號,國立成功大學台南水工試驗所。
10. Cuiyun Cheng, Xin Qian, Yuchao Zhang Qingeng Wang, and Jinbao Sheng (2011), "Estimation of the evacuation clearance time based on dam-break simulation of the Huaxi dam in Southwestern China", *Nat Hazards* 57:227-243
11. Md. Kamal Hossian (2010). "Effect of Rainfall on Matric Suction and Stability of a Residual Granite Soil Slope" *Journal of Dhaka University of Engineering and Technology*, Vol. 1., Issue 1.
12. Jeremy C. Larsen, Philip E. Dennison, Thomas J. Cova, and Charles Jones (2011), "Evaluating dynamic wildfire evacuation trigger buffers using the 2003 Cedar Fire", *Applied Geography*, vol. 31, Issue. 1., pp. 12-19
13. Anna C.Y. Li, Linda Nozick, Ningxiong Xua, and Rachel Davidson (2012), "Shelter location and transportation planning under hurricane conditions", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 48., Issue 4. 715-729
14. L. Montrasio, R. Valentino, and G. L. Losi (2011), "Towards a real-time susceptibility assessment of rainfall-induced shallow landslides on a regional scale", *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 1927-1947
15. Shu-Rong Yang, Che-Wei Shen, Chuen-Ming Huang, Chyi-Tyi Lee, Chin-Tung Cheng, and Chen-Yu Chen (2012), "Prediction of Mountain Road Closure Due to Rainfall-Induced Landslides", *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 26(2), 197-202
16. Sidle, R. C., Pearce, A. J., and O'Loughlin, C. L. (1985). "Hillslope stability and land use", *Water Resources Monograph*, 11, 140 pp.
17. T.L. Tsai and H.F Chen (2010), "Effects of Degree of Saturation on Shallow Landslides Triggered by Rainfall", *Environmental Earth Sciences*, 59(6), 1285-1295
18. 水土保持局,行政院農業委員會水土保持局全球資訊網。網址：<http://www.swcb.gov.tw/>
19. 水土保持局,行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網。網址：<http://246.swcb.gov.tw/>
20. 交通部公路總局,交通部公路總局防災特報。網址：<http://www.thb.gov.tw/TF1/Def01.aspx>
21. 東方報。網址：<http://eastnews.tw/>
22. TVBS 網路新聞。網址：<http://www.tvbs.com.tw/index/index.html>