

莫拉克後荖濃溪流域內聚落孤島效應評估

楊樹榮¹、施尊穎¹、黃春銘¹、鄭錦桐¹、黃文洲²、陳振宇²

¹財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心

²行政院農業委員會水土保持局土石流防災中心

摘要

莫拉克颱風挾帶的豪雨造成南台灣及東台灣多處山崩及土石流，使得山區道路阻斷，原鄉聚落居民也因而與外界隔絕，形成孤島狀態，災民受困其中，救難物資運達不易。有鑑於此，本研究針對荖濃溪流域內容易造成孤島之聚落進行劃定，評估聚落聯外道路受山崩、土石流及溪底便道沖毀阻斷之可能性。

本研究主要根據現地調查及GIS技術，將研究區內的聚落圖層套疊在土石流潛勢溪流圖層、崩塌地圖層、溪底便道圖層及道路路網圖層，以專家法建立聚落成為孤島的評估準則，據此將聚落分為高潛勢孤島地區、中潛勢孤島地區與低潛勢孤島地區三類。研究結果顯示荖濃溪流域內16個原住民聚落中，有13個聚落屬於高潛勢孤島地區，分別是梅山、梅蘭、樟山、復興、勤和、四社、桃源、寶山、二集團、藤枝、多納、萬山與茂林等，多分布在高雄縣桃源鄉與茂林鄉。

關鍵字：孤島效應，莫拉克颱風，道路阻斷。

一、背景緣由

莫拉克颱風重創南台灣及東台灣，夾帶近3000毫米的總累積雨量造成南台灣及東台灣的山區道路多處山崩、土石流及橋梁毀損，地質的不穩定極易再因大雨發生土砂災害，使山區道路阻斷，溪底便道亦可能因溪水暴漲而阻斷交通。道路阻斷使得原鄉聚落居民與外界隔絕，災民受困其中，救難物資運達不易，山區原鄉部落居民與外界隔絕，有如汪洋中之孤島，聚落形成「孤島」狀態[1]。有鑑於此，政府單位應對山區的聚落進行孤島潛勢等級劃定，對於容易造成孤島地區，於豪大雨時應採取必要疏散避難措施，為達成上述目標首要工作就是要評估聯外道路受山崩及土石流阻斷之可能性。

莫拉克颱風後全台至少22鄉鎮中的聚落淪為孤島地區，且大多集中在荖濃溪、旗山溪與隘寮溪三個流域內[2]，實有必要針對此區域內主要聯外道路做通盤性檢討。本計畫主要目的是根據經濟部中央地質調查所「集水區地質調查及山崩土石流調查與發生潛勢評估」[3]計畫中的山崩潛感成果，另搭配農業委員會水土保持局公告的1552條土石流潛勢溪流潛勢等級，及公路總局提供與現地調查所得的溪底便道資訊，以地理資訊系統(GIS)進行資料處理與分析，針對荖濃溪流域內村里及聚落，進行豪雨誘發的土砂災害(包含山崩及土石流)及溪底便道阻斷道路評估，據以建立孤島聚落評估機制，劃設高、中及低孤島潛勢地區，作為防救災資源規劃依據。本研究實際以莫拉克颱風後，荖濃溪流域內之村里，以本研究建立之孤島機制評估各村里之孤島潛勢。

二、研究區域概述

2.1 研究區域範圍

荖濃溪全長 137 公里，流域面積 1373 平方公里，為高屏溪三大支流之一。荖濃溪發源於玉山東峰東側及秀姑巒山西南側，流經高雄縣梅山、桃源、寶來、美濃、六龜等鄉，在嶺口與旗山溪匯流而成高屏溪。荖濃溪流域源於玉山國家公園，是高屏溪一大支流，海拔高度相差懸殊。就行政區定義，荖濃溪橫跨高雄縣旗山鎮、茂林鄉、六龜鄉及桃源鄉。荖濃溪流域境內，為亞熱帶季風氣候區，年雨量平均約 2500 mm。高屏溪上游有流經高雄縣那瑪夏鄉、甲仙鄉、杉林鄉、旗山鎮的楠梓仙溪（旗山溪）；經過高雄縣桃源、六龜、美濃的荖濃溪，為高屏溪上游。荖濃溪流域境內主要道路有省道台 20 線，途經六龜鄉及桃源鄉，大多沿著荖濃溪兩岸延伸。台 20 線 109 公里梅山口（海拔 1014 公尺）至 146 公里啞口段（海拔 2700 公尺），隸屬玉山國家公園。荖濃溪流域內主要道路如圖 1 所示。

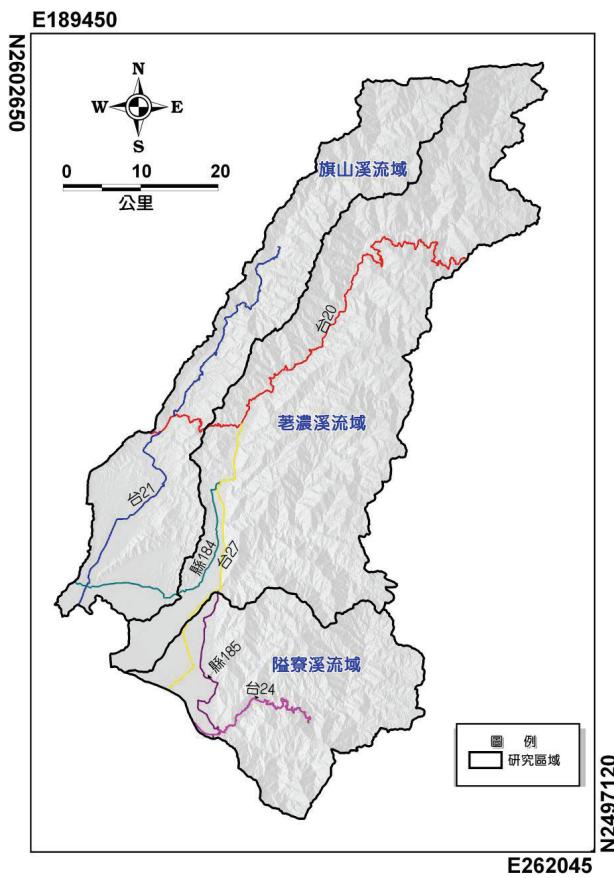


圖 1 葦濃溪流域之主要道路分布圖

2.2 研究區域地質概述

荖濃溪流域出露地層受到地質構造控制，大致呈現北北東—南南西方向的條狀分布，地層形成年代大致由東向西逐漸年輕。地層由西向東依序出露畢祿山層 (Ep)、廬山層 (Ls)、佳陽層 (Cy)、玉山主山層 (Ya)、達見砂岩 (Tc)、潮州層 (Co)、階地堆積層 (t)、沖積層 (a)、六龜層 (Le)、長枝坑層 (Cc)、與糖恩山砂岩 (Tn)，如圖 2 所示。研究路段主要通過長枝坑層 (Cc)、階地堆積層 (t) 與沖積層 (a)，其中長枝坑層岩性為深灰色頁岩和淡灰色細粒砂岩交互出現，砂岩緻密堅硬，部分為石灰質，主要成份是亞混濁砂岩，偶爾可以見到炭質或植

物碎片，常可見平行紋理或交錯層理等明顯沉積構造，局部地區夾有透鏡狀火成岩體 (ig)；台 20 線 76 公里至 82 公里河谷兩側常見有晚更新世至全新世的階地堆積層分布，地勢平坦的沖積平原區則容納了大量由未固結礫石、砂及泥土組成的現代沖積層。

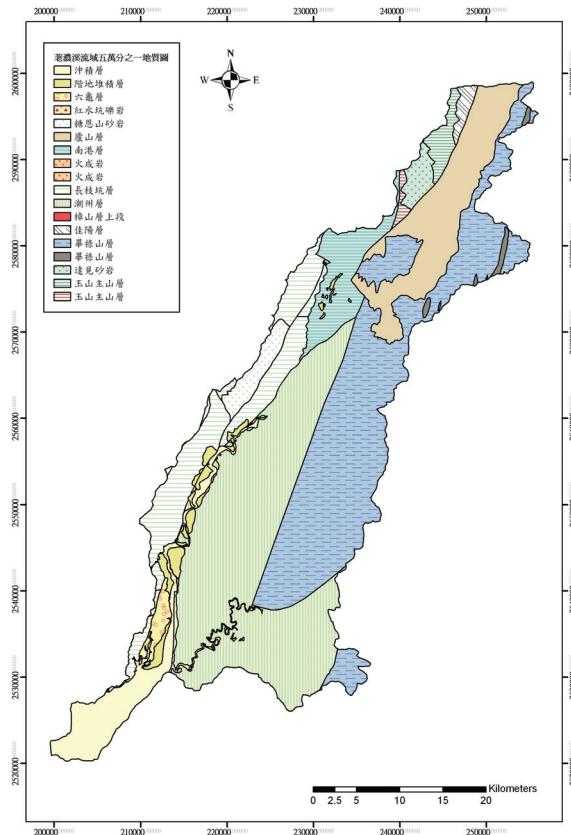


圖 2 研究區域地質圖 (中央地質調查所，五萬分之一流域地質圖初稿) [3]

三、聚落孤島效應與防救災資源評估

聚落聯外道路阻斷與其是否變成孤島地區息息相關，而影響道路阻斷的因素包含土砂災害 (山崩及土石流)、橋梁沖毀及臨時便道在梅雨季或是颱風時因溪水瀑漲阻斷交通有關。一般而言，聚落聯外道路愈多則其變成孤島地區的機率愈低，以圖 3 為例，當聚落只有一條聯外道路 A 時，聚落變成孤島的機率等同於聯外道路 A 被阻斷的機率 P_A ，然而當有聯外道路 A、B 及 C 時，聚落變成孤島的機率可以表示成下式：

$$\text{聚落成為孤島機率 } P = P_A \times P_B \times P_C \quad (1)$$

其中 P_A 、 P_B 、 P_C 分別表示聯外道路 A、B 及 C 被阻斷的機率，道路阻斷機率介於 0 至 1 之間，因此連乘結果會使得機率更小。基於過去孤島災害歷史經驗，聚落變成孤島地區多是發生在聯外道路只有一條的山區，根據此概念，將山崩潛感圖層、土石流潛勢溪流圖層、溪底便道圖層及聚落聯外道路圖層套疊於聚落圖層之上，藉以評估聚落聯外道路沿線因山崩、

土石流等土砂災害及溪底便道因溪水暴漲而阻斷道路之可能性。其中山崩潛感圖層及土石流潛勢溪流圖層將山崩和土石流發生的可能性分為高、中及低三類潛感。在評估道路阻斷時，山崩及土石流通稱為土砂災害，當道路途經高潛感的山崩或土石流潛勢溪流時，意味著聚落成為孤島地區的潛勢較高。

本研究基於過去孤島災害歷史的經驗，歸納形成孤島地區的各項因素主要為聯外道路的數目、是否途經溪底便道及便橋、是否途經不同潛感的土砂災害，在考慮上述各種狀況組合，使用表 1 做為判斷聚落變成孤島地區潛勢高低的依據。表 1 將聚落可能變成孤島的地區分成高、中及低三類，高潛勢孤島地區及中潛勢孤島地區共包含 16 種狀況組合，不在 16 種狀況組合下則被視為低潛勢孤島地區，表 1 各項符號說明參見表 2、表 3 及表 4。另外，由於山區道路橋梁破壞型態複雜，且涉及橋梁結構形式與橋齡，建議先以表 1 評估後，再針對中及低潛感孤島地區的聯外道路橋梁進行評估，如此方可迅速及廣泛地評估全臺有可能形成孤島地區的聚落。

由表 1 中可知高潛勢孤島地區發生的可能時機共有四種，第一和第二種狀況係發生在聯外道路只有一條，且途經溪底便道及高潛勢或中潛勢的土砂災害狀況。第三種狀況是聚落聯外道路並未通過溪底便道，則聯外道路必須通過高潛勢的土砂災害，聚落才被視為具有高潛勢的孤島地區，最後一種狀況是對外聯絡道路有兩條，則兩條聯外道路都須通過溪底便道及高潛勢的土砂災害。高潛勢孤島地區聯外道路阻斷狀況示意圖如圖 4 所示。

將土石流潛勢溪流圖層、山崩潛感圖層、溪底便道圖層及路網圖層套疊在聚落圖層上，同樣將道路沿線兩側的斜坡單元用 GIS 挑選出來，各斜坡單元反映出山崩潛感高、中及低分級，並使用表 1 評估聚落成為孤島的潛勢等級。由圖 5 可知高潛勢土石流潛勢溪流多發生在台 20 及台 27 道路沿線上，荖濃溪林道沿線無任何土石流潛勢溪流，然而圖 6 顯示高潛感崩塌地又反而多集中在荖濃溪林道上。

在莫拉克風災後，依據「莫拉克颱風災後重建特別條例」，第 20 條第 2 項及「莫拉克颱風災區劃定特定區域安置用地勘選變更利用及重建住宅分配辦法」第 3 條，災區共有 97 個聚落被劃定為特定區域或安全堪虞地區，其中荖濃溪林道上的藤枝、二集團及寶山聚落即為其中的三個，乃因此三聚落處在高潛感的崩塌地，由此可見在評估孤島地區時，應同時考慮土石流潛勢溪流及崩塌地對聚落及聯外道路的影響。

採用上述通盤性的評估原則，期中階段針對荖濃溪流域內的聚落個別進行孤島地區的潛勢評估，可分別得到高潛勢孤島地區、中潛勢孤島地區及低潛勢孤島地區的清單，分別如表 5、表 6 及表 7 所示。由表 5 中可知高潛勢孤島地區多落於桃源鄉台 20 線及荖濃溪林道、茂林鄉高 132，這些區域多是原住民聚落的所在地，包含梅山、梅蘭、樟山、復興、勤和、四社、桃源、寶山、二集團、藤枝、多納、萬山與茂林等原住民聚落，清單中有近一半聚落被劃定為特定區域或安全堪虞地區。

表 6 為中潛勢孤島地區的清單，由表中可知中潛勢孤島地區只有美蘭、高中及建山等 3 個原住民聚落，這 3 個聚落接近台 20 線與台 27 線交叉口，居民可藉由兩條道路進行疏散避難，形成孤島地區的機會因而降低。其他尚有 5 個六龜鄉的寶來村、荖濃村、新發村、中興村及大津村等 5 個村里落在中潛勢孤島地區。表 7 為低潛勢孤島地區的清單，清單內無原住民聚落，多為線道 184 兩側的村里，包含興龍村、六龜村、義寶村、文武村、新興村、新威村、新寮村、新豐村、舊寮村及菜寮村等 10 個村里，其中新豐村、舊寮村及菜寮村屬於屏東縣大樹鄉，其餘 7 個村里屬高雄縣六龜鄉。值得注意的是荖濃溪流域中，16 個原住民聚落有 5 個聚落屬於特定區域或安全堪虞地區，且都是被評定為高潛勢孤島地區。

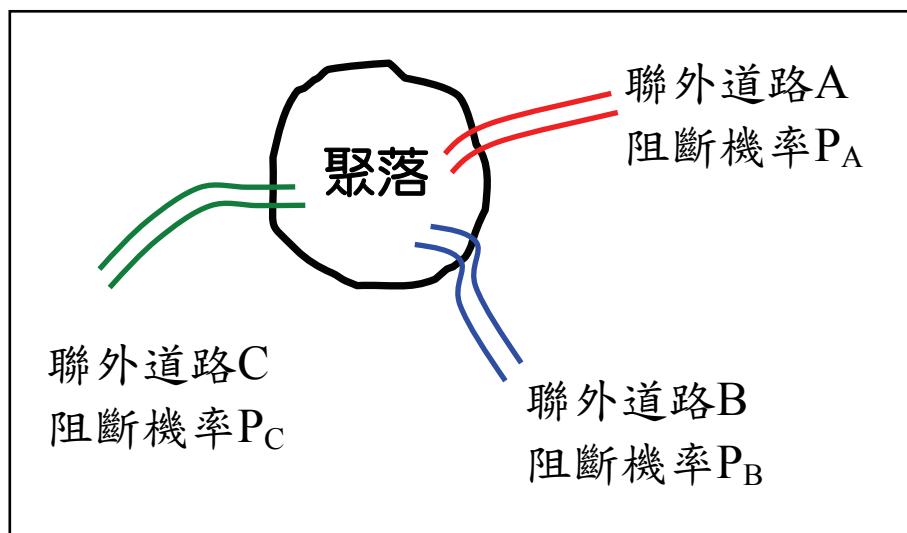


圖 3 聚落聯外道路示意圖

表 1 聚落孤島地區潛勢等級評估表

孤島分級	聯外道路	溪底便道或便橋	土砂災害
	R1	TR1	D1/D2
高	R1	TR3	D1
	R2	TR2	D4
中	R1	TR1	D3/D6
	R1	TR3	D2
中	R2	TR1	D1/D4/D5
	R2	TR2	D1/D2/D3/D5
低	R2	TR3	D1/D4
	△	△	△

1. “△”表示在各條件組合下不屬孤島分級中的高潛勢及中潛勢分級
2. 若其中一條路徑不經過土砂災害及溪底便道便橋，則視為低潛感孤島聚落
3. 表中各項符號參見表 2、表 3 及表 4

表 2 聯外道路符號說明表

符號	聯外道路分類說明
R1	一條聯外路線
R2	兩條聯外路線

表 3 溪底便道或便橋符號說明表

符號	溪底便道或便橋分類說明
TR1	其一聯外路線有一個以上溪底便道或便橋
TR2	所有聯外路線皆有溪底便道或便橋
TR3	所有聯外路線皆無溪底便道或便橋

表 4 土砂災害分類說明表

符號	土砂災害分類說明
D1	其一聯外路線至少經過一個以上高潛勢土石流或山崩
D2	其一聯外路線至少經過一個以上中潛勢土石流或山崩
D3	其一聯外路線至少經過一個以上低潛勢土石流或山崩
D4	所有聯外路線皆經過一個以上高潛勢土石流或山崩
D5	所有聯外路線皆經過一個以上中潛勢土石流或山崩
D6	所有聯外路線皆無任何土石流潛勢溪流及山崩

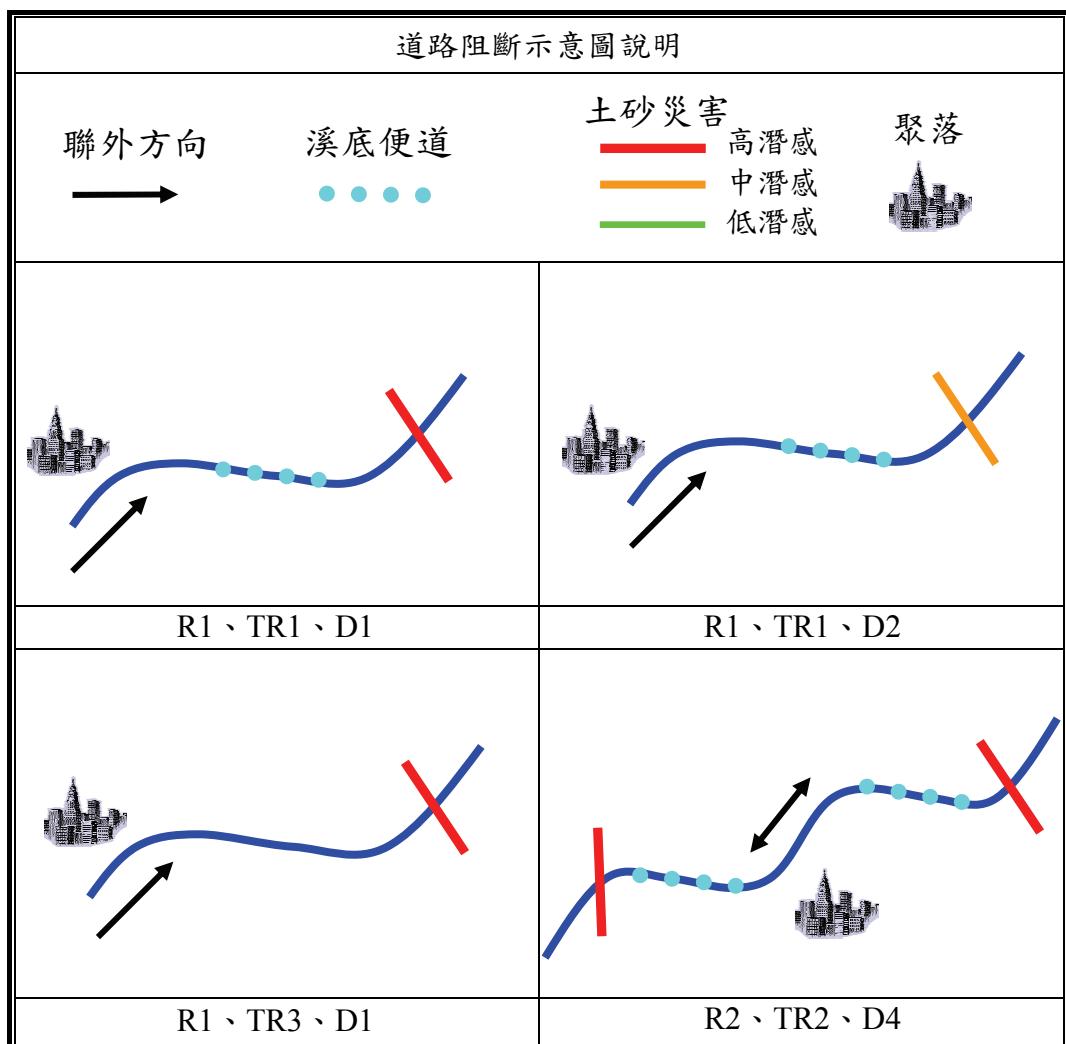


圖 4 高潛勢孤島地區聯外道路阻斷示意圖

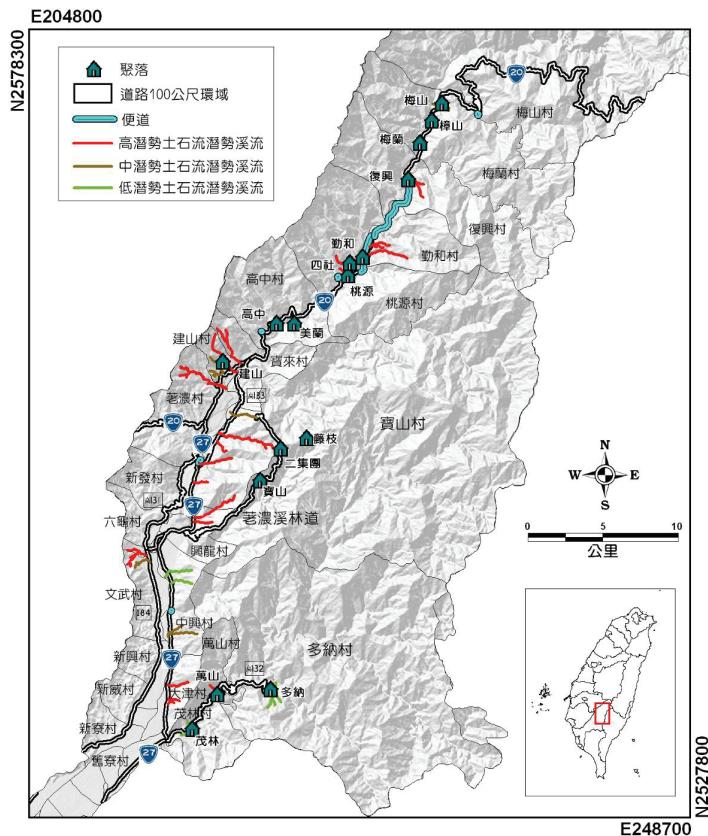


圖 5 土石流潛勢溪流對孤島地區影響評估圖

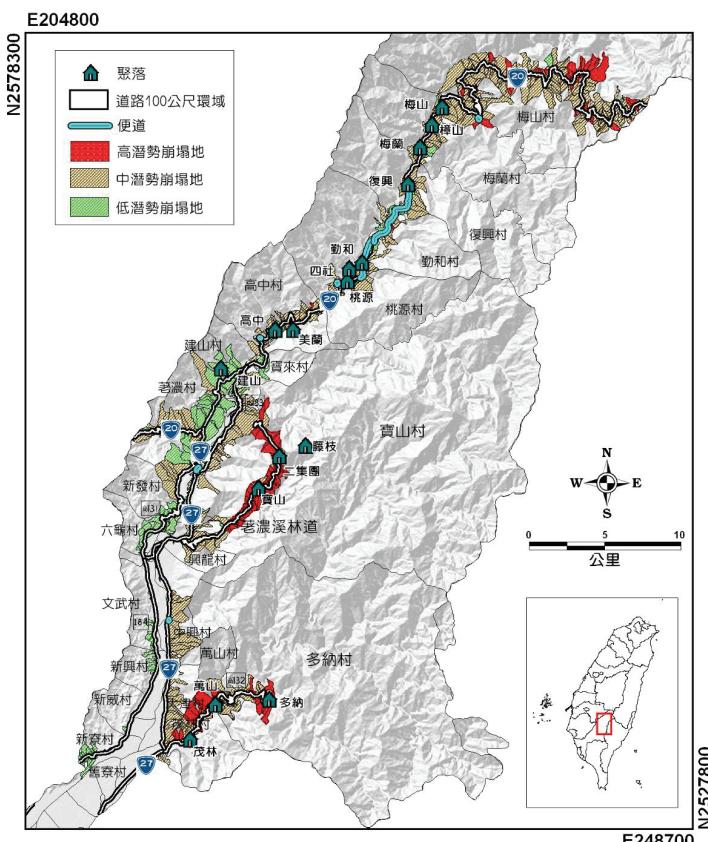


圖 6 崩塌地對孤島地區影響評估圖

表 5 茄濃溪流域高潛勢孤島地區

項次	縣市	鄉鎮	村里	聚落	是否位於特定區域	土石流潛勢溪流編號 (潛勢等級)	主要聯外道路
1	高雄縣	桃源鄉	梅山村	梅山	是	高縣 DF055 (中)	台 20 線
2	高雄縣	桃源鄉	拉芙蘭村	梅蘭	否	無	
3	高雄縣	桃源鄉	拉芙蘭村	樟山	是	無	
4	高雄縣	桃源鄉	復興村	復興	否	高縣 DF056 (高)	
5	高雄縣	桃源鄉	勤和村	勤和	否	高縣 DF058 (高) 高縣 DF079 (高)	
6	高雄縣	桃源鄉	桃源村	四社	否	高縣 DF057 (持續觀察) 高縣 DF059 (高) 高縣 DF060 (高)	
7	高雄縣	桃源鄉	桃源村	桃源	否	高縣 DF057 (持續觀察) 高縣 DF059 (高) 高縣 DF060 (高)	荖濃溪 林道
8	高雄縣	桃源鄉	寶山村	寶山	是	無	
9	高雄縣	桃源鄉	寶山村	二集團	是	無	
10	高雄縣	桃源鄉	寶山村	藤枝	是	無	
11	高雄縣	茂林鄉	多納村	多納	否	高縣 DF053 (低)	高 132
12	高雄縣	茂林鄉	萬山村	萬山	否	高縣 DF078 (高)	
13	高雄縣	茂林鄉	茂林村	茂林	否	高縣 DF054 (低)	

表 6 茄濃溪流域中潛勢孤島地區

項次	縣市	鄉鎮	村里	聚落	是否位於特定區域	土石流潛勢溪流編號 (潛勢等級)	主要聯外道路
1	高雄縣	桃源鄉	高中村	美蘭	否	無	台 20 線
2	高雄縣	桃源鄉	高中村	高中	否	無	
3	高雄縣	桃源鄉	建山村	建山	否	高縣 DF042 (中) 高縣 DF061 (高)	
4	高雄縣	六龜鄉	寶來村	-	-	高縣 DF043 (中) 高縣 DF044 (高) 高縣 DF070 (高)	
5	高雄縣	六龜鄉	荖濃村	-	-	無	
6	高雄縣	六龜鄉	新發村	-	-	高縣 DF052 (中) 高縣 DF074 (高) 高縣 DF075 (高) 高縣 DF076 (高) 高縣 DF077 (高)	
7	高雄縣	六龜鄉	中興村	-	-	高縣 DF048 (中) 高縣 DF049 (低) 高縣 DF050 (低)	台 27 線
8	高雄縣	六龜鄉	大津村	-	-	高縣 DF046 (高) 高縣 DF047 (高) 高縣 DF072 (高)	

表 7 葆濃溪流域低潛勢孤島地區

項次	縣市	鄉鎮	村里	聚落	是否位於特定區域	土石流潛勢溪流編號(潛勢等級)	主要聯外道路
1	高雄縣	六龜鄉	興龍村	-	-	高縣 DF051 (高) 高縣 DF073 (高)	縣道 184 與 台 27
2	高雄縣	六龜鄉	六龜村	-	-	無	
3	高雄縣	六龜鄉	義寶村	-	-	無	
4	高雄縣	六龜鄉	文武村	-	-	高縣 DF045 (中) 高縣 DF071 (高)	
5	高雄縣	六龜鄉	新興村	-	-	無	
6	高雄縣	六龜鄉	新威村	-	-	無	
7	高雄縣	六龜鄉	新寮村	-	-	無	
8	屏東縣	大樹鄉	新豐村	-	-	無	
9	屏東縣	大樹鄉	舊寮村	-	-	無	
10	屏東縣	大樹鄉	菜寮村	-	-	無	

四、謝誌

本研究為農業委員會水土保持局委託執行「土石流致災潛勢分析與資料庫建置」計畫成果，感謝農業委員會水土保持局、經濟部中央地質調查所及交通部公路總局提供相關計畫研究成果，使本研究得以於短時間內順利完成，謹此誌謝。

參考文獻

- 財團法人中興工程顧問社(2009)，98 年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析，行政院農業委員會水土保持局委託成果報告。
- 冀樹勇、李錫堤、楊樹榮、黃春銘、沈哲緯(2009)，莫拉克颱風誘發荖濃溪流域內台 20 線道路阻斷預測研究，2009 年 GHMT 兩岸四地工程師(台灣)論壇論文集。
- 經濟部中央地質調查所(2007)，集水區地質調查及山崩土石流調查與發生潛勢評估計畫。

ABSTRACT

Landslides and debris flows induced by Typhoon Morakot easily result in the closure of the mountain road network. Tribes in mountain area are isolated due to road closure. People are besieged in the tribes and can not evacuate to safe places. On the other hand, saving goods can not also transport to the tribes. In this study, in Laonong River basin the tribes and villages easily isolated were marked out by landslides, debris flows and temporary roads GIS layers along mountain roads. Criteria used to evaluate tribes which are easily isolated or not due to road closure were developed by expert-based approach.

Keywords: landslides, debris flows, Typhoon Morakot, road closure.