

莫拉克後旗山溪流域內台 21 線道路沿線山崩災害特性探討

Landslide characteristic after typhoon Morakot along Provincial highway No.21 in Chi-Shan basin

施尊穎*、楊樹榮*、黃春銘*、鄭錦桐*、黃文洲**、陳振宇**

*財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心

**行政院農業委員會水土保持局土石流防災中心

摘要

莫拉克颱風後高雄縣內多處橋樑毀損及山區道路中斷，本研究將遙測影像、數值高程模型(DEM)及GIS向量圖層套疊在崩塌地圖層上，以觀察台21線道路沿線崩塌地分布情形，並以現地調查確認32處災害阻斷現況及致災原因。經現地調查與填表紀錄後，歸納與統計6種類型災害特性與地文、水文等條件關聯性，其中包括3種山崩型災害及3種非山崩型災害。

調查結果顯示，道路沿線地層的地質岩性組成與地質構造扮演控制山崩發生類型的重要角色；道路線型方面，上陡下緩的凸坡及地表水易匯聚的凹坡容易形成不同類型的山崩災害；工程設施方面，災前備有人工整治設施的災害點位，可抵禦深層崩塌之發生；此外藉由水文及植生的觀察，亦可區分不同山崩類型的致災原因。本研究現地調查所獲致之歸納成果，期能回饋至日後山崩模式預測及風險評估研究作為參考。

關鍵詞：莫拉克颱風，道路阻斷，山崩，遙測影像

一、前言

本研究區域以高雄縣旗山溪流域為主，其屬於高屏溪上游支流，調查路段則為研究區內省道台 21 線。其起訖點則分別為南起高雄縣旗山鎮，北達嘉義縣阿里山鄉，路段北向南跨越旗山溪盆地。地形方面，本路線自西南向東北進入中央山脈地區後地勢逐漸攀升，因此旗山溪由東北往西南流，與荖濃溪匯流後為高屏溪。本研究以水保局山崩分類方法為準，並參考諸多國內外分類原則，作為野外判釋山崩類型準則(Hutchinson, 1968; Nemcok, 1972; Varnes, 1978; 張石角，1992； 陳宏宇，1999； 李彥良等，2005)。詳地理位置見於下圖 1。

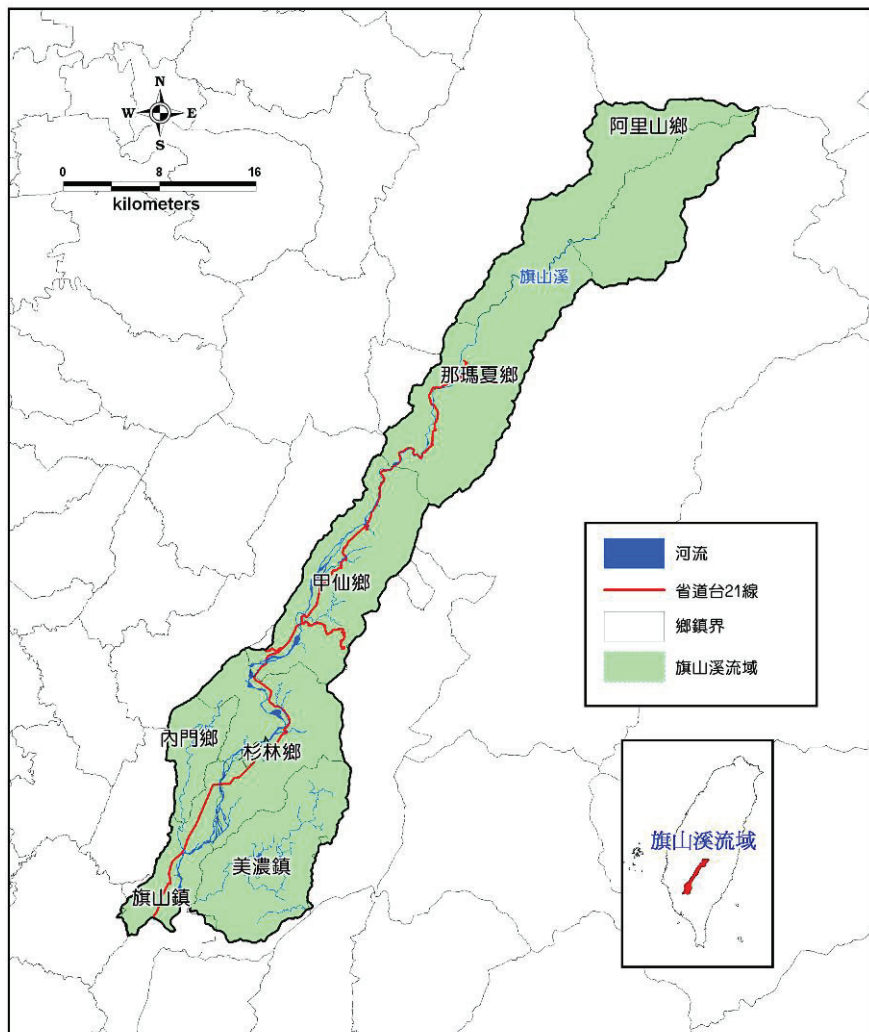


圖 1 研究區域地理位置圖

二、調查結果及討論

1 山崩地質地形因素

本研究區內道路阻斷調查點位分布包含了西部麓山帶各沉積岩層及未固結堆積物。台 21 線道路沿線詳細災害統計狀況見於表 1 及表 2，地質圖見於下圖 2，本研究亦將各災害點位套疊於地質圖呈現，詳見於圖 3 (註:未固結堆積層意指圖中現代沖積層、沖積層以及階地堆積層三者合稱)，經現地調查與填表紀錄後，歸納與統計 6 種類型災害類型 (圖 4)，分述於下。

表 1 各地層災害分布

地層名稱	道路長度 (公里)	落石 (處)	岩屑崩滑 (處)	地滑 (處)	土石流 (處)	河道沖刷 (處)	路基淘空 (處)
鹽水坑頁岩	4.11	0	4	0	1	0	3
未固結堆積	9.03	0	1	0	3	0	0
糖恩山砂岩	2.41	1	0	1	0	0	0
長枝坑層	2.43	0	0	1	0	0	0
紅花子層	4.68	1	2	2	0	3	0
三民頁岩	4.73	2	1	0	5	1	0

表 2 各地層中災害分布密度(災害數量/每公里)

地層名稱	落石	岩屑崩滑	地滑	土石流	河道沖刷	路基淘空
鹽水坑頁岩	0	1.03	0	4.11	0	1.37
未固結堆積	0	9.03	0	3.01	0	0
糖恩山砂岩	2.41	0	2.41	0	0	0
長枝坑層	0	0	2.43	0	0	0
紅花子層	4.68	2.34	2.34	0	1.56	0
三民頁岩	2.37	4.73	0	0.95	4.73	0

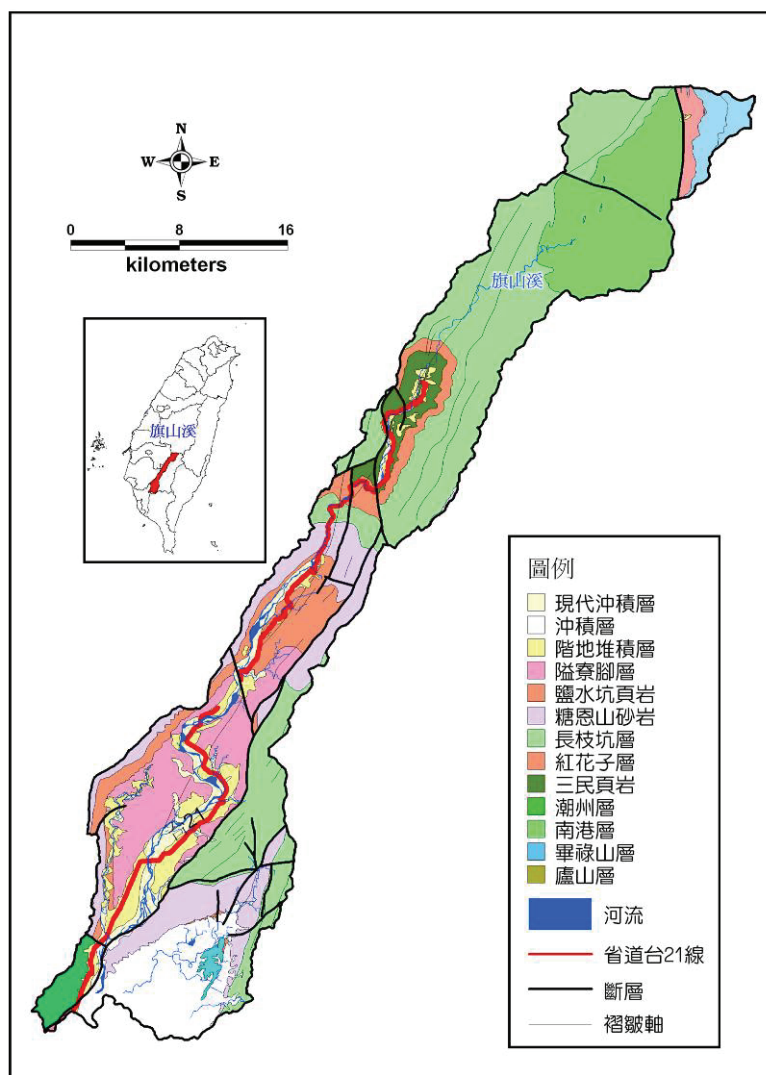


圖 2 研究區地質圖

落石:溪底便道兩側沿岸邊坡為落石型災害易發生位置。現地觀察此類邊坡多具有 2 組節理面，岩石易沿著節理面剝壞墜落。三民頁岩層內則多可見砂頁互層及未固結河階地交替出露，而此區內落石點位多為出露於岩盤上部的河階地危石墜落所致。台 21 線道路緊臨旗山溪河道兩側，無論其破壞機制為何，皆容易沿河谷解壓方向弱面產生。因此半數以上落石災害位於近乎垂直壁立的河岸邊坡，坡度多大於 60 度。

岩屑崩滑:鹽水坑頁岩內擁有最多岩屑崩滑，岩層表面可見風化物質厚層堆積。相較之下其餘地層內發生岩屑崩滑災害點位，多為已發生災害處崩積層 2 次崩滑所導致結果。鹽水坑頁岩本身為富含石灰質的岩層，因此加速其風化速率，導致地表的出露多覆蓋厚層風化物質，並引發岩屑堆積。由地形上觀察可知，岩屑崩滑坡度大多位於 31 至 45 度。

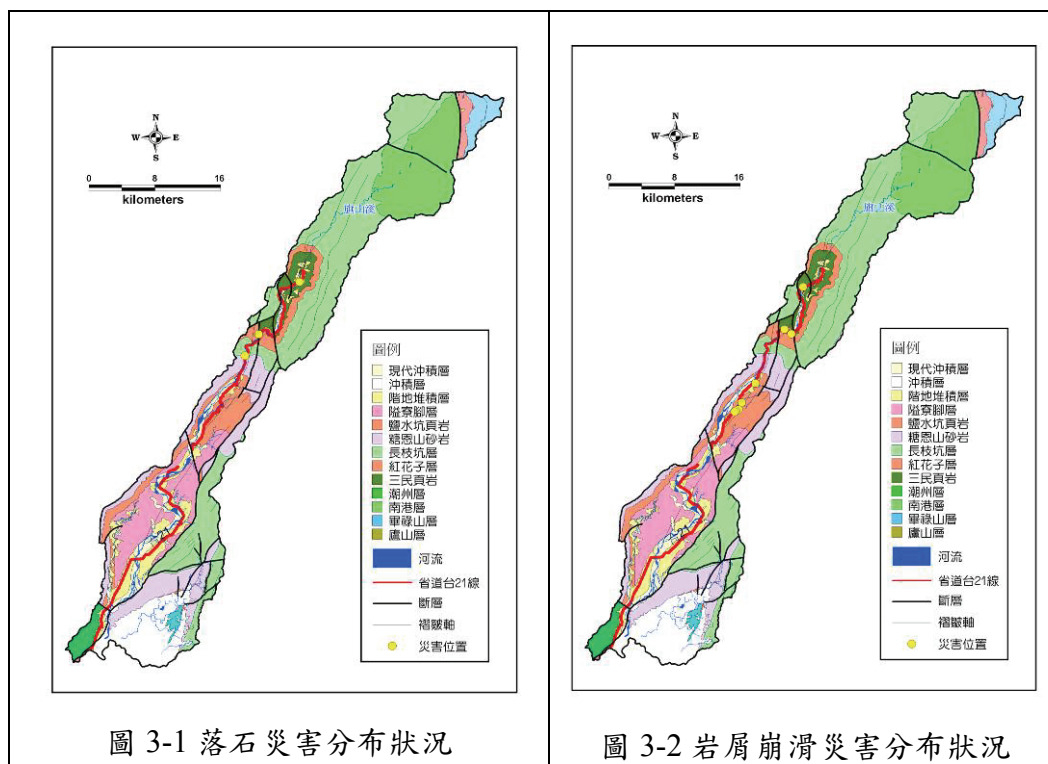
地滑:地滑型災害主要分布於糖恩山砂岩、長枝坑層及紅花子層內，其中紅花子層內地滑災害多沿解壓節理面滑落，糖恩山砂岩內災害為小林村獻肚山地滑。據前人研究(唐昭榮等，2009)可知為 1 兼具地滑及崩洩之深層複合型滑動方式，長枝坑層內地滑型災害則屬於兩組弱面構成的楔型滑動型。對比至地質圖可發現，旗山溪於河谷段多有斷層

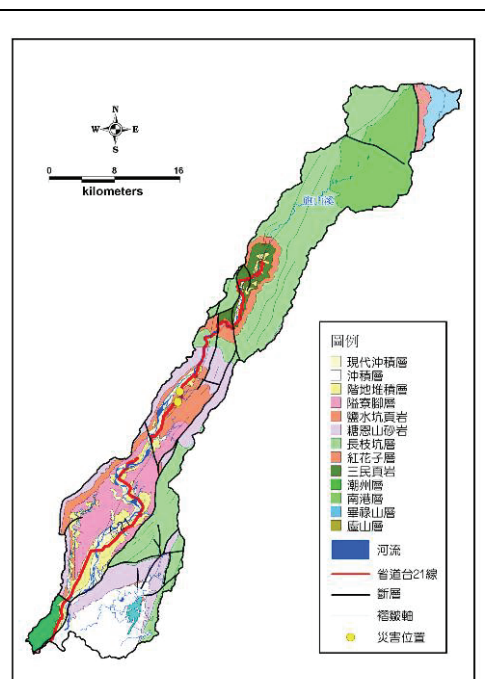
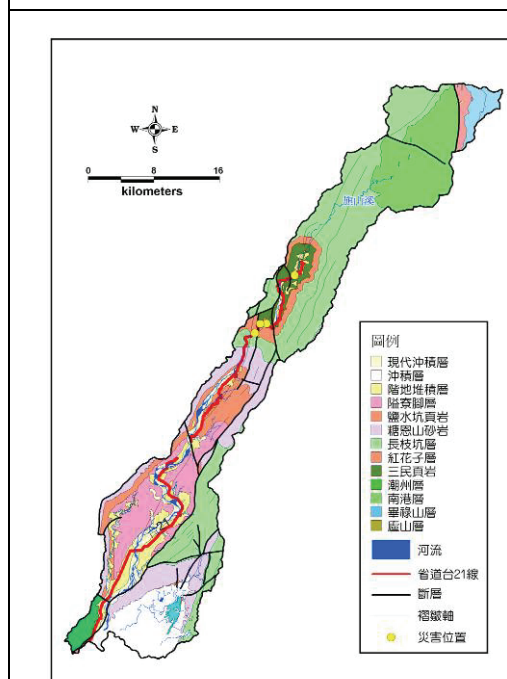
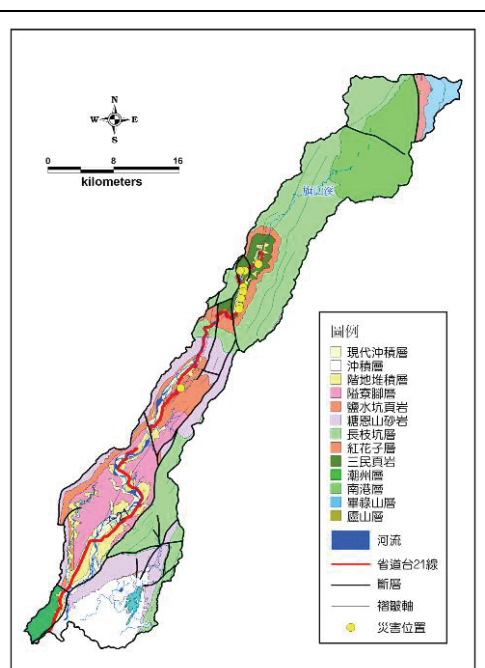
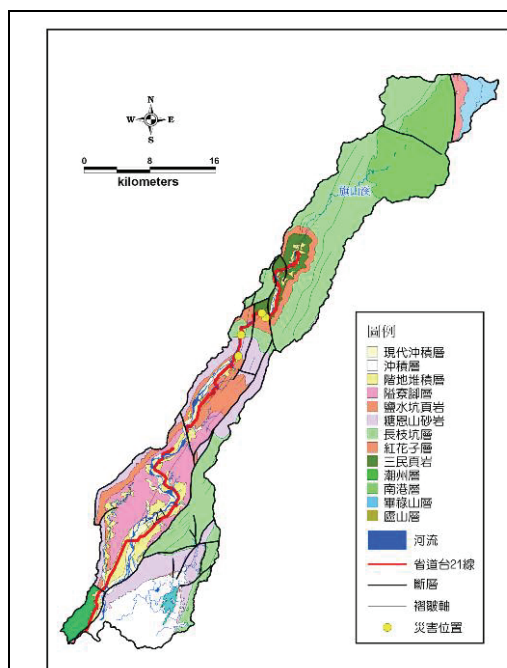
及褶皺軸通過，構造發達岩性破碎，因此各類深層滑動容易集中發生於河谷溪底便道段。本調查地滑型災害分佈從 16 度以上至 60 度皆可見。

土石流:本調查路線之土石流主要集中於三民頁岩層中。三民頁岩岩性屬於緻密頁岩，透水性差，加上此處甲仙斷層、旗山斷層及許多褶皺構造密集，因此地表逕流可能沿弱面集中侵蝕，最終形成許多溝渠。因此豪雨來臨時，足夠的材料引發土石流。本調查所見的土石流河道流動段與道路交會處坡度皆小於 16 度。

河道沖刷:台 21 線目前溪底便道段(小林至那瑪夏)整段皆屬於溪水暴漲時易受阻斷路線。如果就原有台 21 線行進路線(小林至那瑪夏原來開鑿於旗山溪兩岸山壁)之毀壞情形則可發現，受河道沖刷毀壞的路段多集中在紅花子層內，這可能是因為紅花子層主要以砂岩為主，岩性相對單調，不易形成差異侵蝕，在經過溪水長久淘刷下，隨可見光滑岩壁。

路基淘空:由地質分佈可發現路基淘空全位於鹽水坑頁岩中，然而由現地調查發現，受淘空之路基皆施工於覆蓋於鹽水坑頁岩頂部的未固結堆積物內。鹽水坑頁岩本身頁岩透水性差又多富鐵錳質結核，屬於隔水地層，其頂部未固結地層內水分長期側向流動溶解結果，則導致路基淘空。本調查路基淘刷型災害多發生於 31 度以上至 60 度以下。





6

3 工程設施

本現調統計結果發現，32 處調查點位中，僅 9 處於災害前有整治工程設置，其餘多數並無任何設施。此 9 處整治工程皆位在淺層破壞點位，雖然目前都已破壞殆盡，但仍可推知災前整治工程的設置，可能有助於防止深層崩塌的發生。災後整治目前則以溝渠疏通工程為主。

4 邊坡水文及植生特性

本部份針對山崩類型災害，進一步討論其水文及植生條件與致災關係。本調查 4 處落石型災害，有 3 處位於裸岩出露邊坡，表面無植生；8 處岩屑崩滑型災害中，有 5 處可見坡表有植生，整體地下水狀況亦多屬於濕，這表示岩屑崩滑型災害發生的未固結堆積物或風化物鬆散且含水量高，因此，也較少見地面水匯集成侵蝕溝渠形狀。反之，地滑型災則多為裸岩或植生分佈小於 10%，零星沿著弱面分佈，這表示岩層的弱面破碎，提供了水流的匯聚，也因此將來產生破壞容易沿這些弱面發生。

		
1. 落石型災害	2. 岩屑崩滑型災害	3. 地滑型災害
		
4. 土石流型災害	5. 河道冲刷型災害	6. 路基淘空型災害

三、結論

1 山崩型災害發生的條件方面，落石型災害多發生於河谷兩側解壓節理、上緩下陡之凸坡的碎石堆積處；岩屑崩滑型災害多發生於鹽水坑頁岩，因其富含石灰質易風化，表面多鬆散堆積物；研究區內密集的斷層及褶皺構造，則使岩盤容易產生發達的弱面，引致滑動。

2 非山崩型災害發生的條件方面，土石流災害多發生於三民頁岩中，其特色為頁岩緻密且構造發達，因此透水性差，地表逕流容易沿弱面集中侵蝕最終形成溝渠；河道沖刷毀壞的路段多集中在紅花子層內，這可能是因為紅花子層主要以砂岩為主，岩性相對單調，不易形成差異侵蝕，在經過溪水長久淘刷下，隨可見光滑岩壁；路基淘空易發生於鹽水坑頁岩頂部的未固結堆積物，鹽水坑頁岩本身頁岩透水性差又多富鐵錳質結核，屬於隔水地層，其頂部未固結地層內水分長期側向流動溶解結果，則導致路基淘空。

3 現地調查結果顯示，32 處調查點位中，僅 9 處於災害前有整治工程設置，其餘多數並無任何設施。此 9 處整治工程皆位在淺層破壞，雖然目前都已破壞殆盡，但仍可推知災前整治工程的設置，可能有助於防止深層崩塌的發生。

3 未固結堆積物邊坡表面可見植生分布，可顯示其鬆軟且含水量高，容易誘發災害；堅固的岩盤區植生則沿弱面分布，此顯示弱面破碎且有逕流匯集，因此災害容易沿此條件發生。

參考文獻

- Hutchinson, J. N. (1968), "Mass movement. in Fairbidge". Encyclopedia of Geomorphology, 688-695. Reinhold, New York.
- Nemcok, A. (1972), "Gravitational slope deformation in high mountains". 24th International Congress, Montreal, 132-141.
- Sterling, S., Slaymaker, O. (2007), "Lithologic control of debris torrent". Geomorphology, 86(3-4), 307-319.
- Varnes, D. J. (1978), "Slope movement types and processes". Landslides, analysis and control. Transportation Research Board Sp. Rep., 176 Nat. Acad. of Sciences, 11-33.
- 李彥良、李錦發、魏正岳、黃健政(2005)，幾個潛藏的危害性大規模山崩—以紅葉坪地滑為例談山崩監測，地質環境與資源研討會論文集，87-94。
- 張石角(1992)，台灣各地值分區邊坡崩坍類型及其預測方法(一)-技術轉移講習班講義，台灣大學地理系，49-111。
- 陳宏宇(1998)，山崩，地球科學園地，第6期，12-21。
- 唐昭榮、胡植慶、羅佳明、林銘郎(2009)，遽變式山崩之 PFC3D 模擬初探-以草嶺與小林村為例，地工技術 112 期，143-152