

莫拉克颱風降雨事件對坡地災害預警之衝擊

陳聯光¹ 謝龍生² 林聖琪¹ 張志新¹ 陳韻如¹ 王俞婷¹ 林又青¹

1.坡地災害防治組 2.洪旱組
國家災害防救科技中心

摘要

莫拉克颱風於8月6日至8月10日內降下近3000毫米的雨量，造成中南部及東部地區大範圍的崩塌、土石流、堰塞湖、河床淤積、道路中斷與漂流木淤塞等複合型災害，災害快速與複合演變發生增加了災害預警與防救困難度。目前雖已有坡地及土石流防災預警疏散避難的規劃，然面對大範圍新增崩塌裸露土地面積達369平方公里、崩塌土砂阻江引致17座堰塞湖、133萬噸的漂流木及約12億立方的土石堆移等，直接與間接衝擊河道之上、中、下游區域，災害的複雜性與不確定性已非單一坡地災害降雨預警所能因應。莫拉克颱風降雨所引致之災害型態不同於以往，屬高強度、大範圍與複合型之災害特性，面對如此大規模之災害預警更應擴大整合各種災害潛勢評估、預警監測、防災避難等措施，尚能降低災害之影響衝擊，亦為未來災害防救所必須面對與強化之課題。

關鍵字：莫拉克颱風、降雨、崩塌、堰塞湖、漂流木

一、前言

民國98年8月6日至8月10日莫拉克颱風侵台期間帶來超大豪雨造成台灣中南部及台東地區重大災害稱為八八水災事件，長延時之暴雨與超過2,000毫米的累積雨量更造成中南部及台東地區嚴重淹水、河海堤潰決、坡地崩塌、土石流、居民房舍掩埋、沖毀、道路中斷、橋梁損毀等災害，災害之影響範圍與嚴重性更超越民國48年的87水災。莫拉克颱風影響台灣從8月6日至8月10日長達4天，颱風侵台期間最高降雨量觀測記錄是位於阿里山氣象站3,059毫米，8日與9日的日雨量亦均超過1,160毫米，高屏溪、曾文溪與八掌溪流域之上游地區最大雨量均超過2,000毫米(國家災害防救科技中心，2009)。由莫拉克颱風所帶來大範圍降雨、降雨強度大與延時甚長之連續降雨，因此造成南投、嘉義、台南、高雄、屏東以及台東縣等地發生土砂災害、洪水災害重大人命傷亡與財產的損失。根據莫拉克中央災害應變中心及行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會統計，莫拉克颱風所引致之災害共計造成死亡677人、大體未確認身分25件、失蹤22人、重傷4人，合計728人(件)。住屋毀損不堪居住1751戶(4909人)，達淹水救助金發放標準戶數達140,418戶，農林漁牧產業與設施損失約195億。計至98年10月14日，莫拉克風災投入救援出動人力為105,726人次、車輛41,702輛次、艦艇(含橡皮艇) 2,342艘次、空中救援出動5,989架次，共計搶救52,717人，物質運送超過50萬噸，政府民間後續亦投入大量人力及物力進行災後重建工

作。如此大規模的災害由於災情嚴重，災害類型又異於往常，故本研究乃從廣泛性之角度探討莫拉克颱風降雨事件對坡地災害預警之衝擊。由災害特性調查結果得知，颱風帶來超大豪雨與長延時降雨所引致的大規模崩塌、洪流、土石流以及複合型災害，為本次致災的主要原因與類型，而此等災害型能將是未來坡地災害防救所必須面對的挑戰。

二、大規模崩塌

根據中央地質調查所97年9月辛樂克颱風後與98年8月莫拉克颱風後的福衛二號影像判釋結果顯示(圖1)，莫拉克颱風降雨所引致的崩塌地主要位於降雨集中的濁水溪流域、八掌溪流域、曾文溪流域、高屏溪流域、林邊溪流域、卑南溪流域以及台東沿海河系。崩塌面積約由97年辛樂克風災後的194平方公里增加至98年的563平方公里，增加約369平方公里。大部份崩塌鄰近道路或河流，尤其是高崩塌率之集水區，如曾文溪上游之曾文水庫與南化水庫，高屏溪上游之荖濃溪、隘寮溪、旗山溪以及林邊溪等，未來之崩塌土砂對於道路安全及河川土砂運移之影響；根據行政院農業委員會水土保持局依照新增崩塌面積推估莫拉克風災的泥砂量約12億方，其中坡面殘餘量約8億方，土砂流出量約4億方(全國治水會議，2009)，中上游土砂量約1.5億方，中下游土砂量約2.5億方，包含中央管、縣市管河川、水庫集水區等淤積量及出海量。另河道土砂部份根據經濟部水利署統計總淤積量(全國治水會議，2009)，經初

步統計濁水溪、八掌溪、北港溪、朴子溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、高屏溪、東港溪及卑南溪等11水系，治理界點以上估計有數億立方之崩塌，治理界點以下之淤積長度約110公里，淤積量約6,000餘萬立方。由此可知莫拉克風災所引發之崩塌規模已超越921地震所引致之崩塌範圍，其崩塌鬆散土砂未來如遇豪雨沖蝕將可能引致的二次災害，對於鄰近的居民、道路以及中下游之河道衝擊不容忽視。

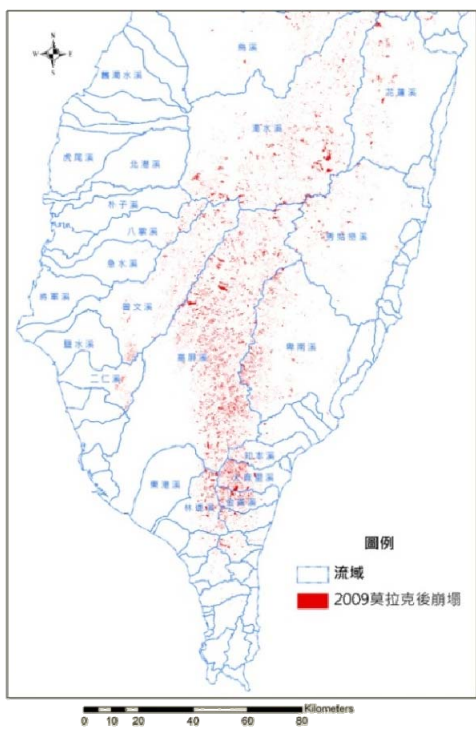


圖1 2009年莫拉克颱風後崩塌地主要分佈於南台灣

根據內政部國土測繪中心所提供之土地利用分類，探討本次風災所引致之崩塌地土地利用型態結果顯示，崩塌發生區位主要以降雨集中中心之流域為主，天然林與人工林發生的崩塌相對比例相近。且根據現地調查結果，南部九個流域大規模發生崩塌，森林使用中天然林崩塌比例仍比流域內其他土地使用類別較高(圖2)。降雨引致崩塌原因應為此次致災主要原因：長延時且高強度之山區降雨，早已超過邊坡承受能力，因此邊坡發生崩滑、樹木傾倒、大量土砂及樹木流入河道，除了將河床填高之外，河流流心的改變、衝擊與淘刷河道兩岸、並引致兩岸邊坡坍塌、道路路基下陷或者邊坡向源侵蝕引發更多的崩塌發生，對於災害之衝擊由河道之上游邊坡到中游河階與下游河床鄰近均受其影響。

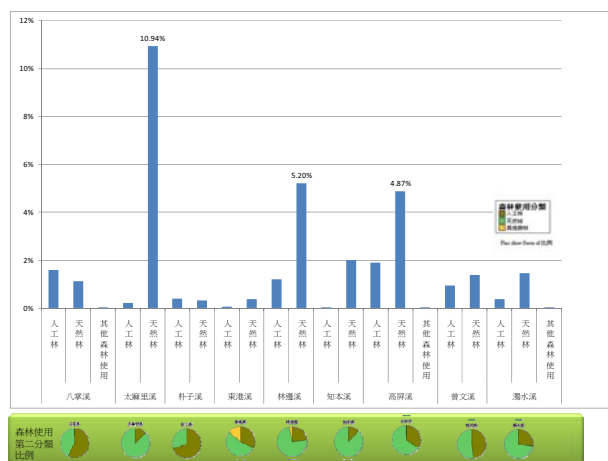


圖2 崩塌於森林使用分類分布比例

三、崩塌、土石流造成之掩埋

莫拉克颱風降雨所引致之大規模崩塌或土石流亦造山區部落重大的災害，尤其以高雄縣甲仙鄉小林村之崩塌災害最為嚴重，如圖3之災前農林航測所影像與災害福衛二號影像所示，崩塌災害將整個小林村北方9-18鄰的小林聚落掩埋，其影響範圍約350公頃，如此大規模的崩塌災害已與921地震所引致的九份二山崩塌195公頃以及草嶺400公頃的崩塌不相上下，然其災害影響為掩埋超過100戶與400人死亡失蹤則遠大於九份二山與草嶺崩塌的數10人之傷亡損失；且小林村崩塌所引致之崩塌並阻斷旗山溪形成之堰塞湖，隨著堰塞湖潰決洪流引致下游之河道沖淤與橋樑損毀形成複合型災害之衝擊更是過去所未見的(陳聯光等人，2009；游繁結等人，2010)。重大土砂掩埋山區部落的還包含超過30人死亡失蹤的高雄縣六龜鄉新發村的新開部落，以及那瑪夏鄉南沙魯村部落，以上重大土砂掩埋部落地區均位於高屏溪上游的旗山溪與荖濃溪流域，亦為莫拉克颱風之主要降雨中心，大規模的崩塌或土石流掩埋。另外如台東縣大武鄉大島部落、嘉義縣中埔鄉中崙村、梅山鄉太和村、雲林縣古坑鄉華山村、台南縣南化鄉關山村、玉山村羌黃坑部落、高雄縣桃源鄉梅山村、建山村、六龜鄉大津村、中興村、那瑪夏鄉達卡努瓦村、瑪雅村、甲仙鄉東安村、西安村、杉林鄉木梓村等山地部落，均因崩塌或土石流引發土砂下移掩埋民宅之災害，雖居民及時疏散並未造成傷亡，然崩塌或土石流仍然對於下游聚落存在威脅。對於未來以避開災害影響區為首要對策。



圖3 小林村崩塌災害前(上)與災後(下)影像

四、河道變遷影響聚落

莫拉克颱風豪雨所引致之崩塌土砂，隨著雨水流入河道，造成河床淤積或河岸沖刷亦造成山區聚落重大的災害發生，例如屏東縣霧台鄉好茶村部落，早在96年因6月12日豪雨及8月16日聖帕颱風部份房舍遭土石流掩埋，河床土砂淤積，127戶被迫遷離，安置在隘寮營區，屏東縣政府計畫把好茶村與瑪家鄉瑪家村、霧台鄉阿禮村等危險部落一併遷到台糖瑪家農場。於98年莫拉克颱風侵台期間因上游大量崩塌土砂淤積於河道並將好茶村完全掩埋。其他如嘉義縣阿里山鄉的來吉村(圖4)，以及屏東縣來義鄉義林村與來義村等山區鄰近河岸之部落，同樣因上游崩塌土砂下移淤積河道，河床土砂堆置甚至比部落所在位置高程還高，未來在豪雨沖刷下將有可能如同好茶村一樣遭河床土砂所掩埋之災害。同樣位於太麻里溪左岸河階地的台東縣金峰鄉嘉蘭村，於8月8日莫拉克颱風侵台豪雨期間因太麻里溪水暴漲，沖毀堤防並造成嘉蘭村房屋及基地流失超過65戶。因嘉蘭村部落剛好位於低階河階地且在河道攻擊面上，因此早在94年7月18、19日海棠颱風水患時，即發生洪水沖毀17間房屋的災情。同樣位於台東縣知本溪河岸之金帥飯店亦於風災期間因山洪沖刷導致堤防潰決而倒塌。河階地當有地質構造通過，地層活動較劇，岩體較破碎或存在裂隙，或位於河道攻擊坡面上時，往往為地質災害脆弱地區，

當開發不當或恰且位於沖刷或地層不穩定區，則易發生土砂災害之慘劇。過去如97年辛樂克颱風造成南投縣仁愛鄉廬山溫泉區綺麗飯店倒塌以及數十間河岸溫泉遭土砂掩埋，同樣98年莫拉克風災後高屏溪上游旗山溪、荖濃溪以及陳有蘭溪沿岸低階河階地等地區均因河道變遷與土砂掩埋造成重大傷亡損失。由此可知鄰近河岸低階部落若位於地質災害脆弱區將遭受河道沖刷與土砂所引致之災害威脅。



圖4 嘉義縣阿里山鄉來吉村莫拉克颱風災害前後河床變遷影像

五、崩塌引致堰塞湖

堰塞湖形成後上游流水蓄積、水位上升將造成上游鄰近河岸低窪地區淹水災害，而堰塞湖所形成之天然壩體若潰決則將可能發生山洪暴發，造成下游洪水或沖毀沿岸道路、橋梁或堤防而引致二次災害的發生，其衝擊影響與天然壩體安全一直是各國災害防治關注的重要課題。莫拉克颱風侵台期間根據行政院農業委員會統計，山坡地崩塌或土石流阻河所形成之堰塞湖初步計17座(國家災害防救科技中心,2009)，主要分佈於高屏溪、濁水溪及太麻里溪等流域，經評估目前大部份堰塞湖已潰決或是對下游尚無立即危險，其中包含已潰決且造成重大災害的小林村崩塌堰塞湖。所有堰塞湖中較具規模的為台東縣金峰鄉太麻里溪上游約25公里之歷坵村包盛社區附近的堰塞湖(圖5)，堰塞湖面積大約70公頃，最大水深達10公尺，蓄水體積約533萬噸。另一較具規模的為高雄縣那瑪夏鄉旗山溪上游達卡努瓦村約6.5公里的堰塞湖，堰塞湖面積大約23公頃，最大水深

達9公尺，蓄水體積約185萬噸。目前此兩處重大堰塞湖其處理對策以人工降低水位及進行堰塞湖安全監測與建立警戒基準與應變疏散機制，以預防堰塞湖壩體可能潰決對中下游危險衝擊。堰塞湖大部份發生於偏遠山區，如何利用遙測與航空照像等配合地理資訊系統的應用分析，將為提升確認堰塞湖災害影響評估與應變效率的重要工具。

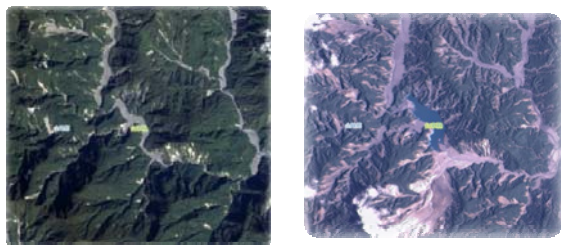


圖5 太麻里溪堰塞湖災害前(左)後(右)之福衛影像

六、漂流木問題

莫拉克風災造成集水區上游森林區崩塌亦造成大量漂流木與泥砂大量流出，根據農委會林務局統計莫拉克風災期間漂流木總量超過133萬噸，其分佈主要為曾文溪上游曾文水庫與南化水庫，高屏溪流域、林邊溪流域、西南沿海、太麻里流域及台東沿海等區域(圖6)。其處理情形已打撈之漂流木用材部分，加強適當的保護措施，避免流失及遭竊盜。打撈的廢材部分，因地制宜，作適當的夯實動作，避免流失以造成二次災害。漂流木乃因林木崩塌而隨流木下移之自然現象，然因橋涵或河道通洪斷面無法滿足土砂及漂流木時，則易掛淤堆積於河道或水利設施(圖7)，因夾雜土砂掩埋清除不易，容易造成水利設施受損、河道通洪能力不足產生溢淹、河床淤高導致橋梁面沖毀，水庫有效容量減少、取水口阻塞以及海岸或港口堆積漁船無法進出港等問題。土砂與漂流木於93年艾莉風災及94年馬莎風災亦造成石門水庫之水利設施與供水設備受損，源水濁度升高影響供水更長達2星期。對於漂流木及土砂之運移亦是造成複合性災害之成因之一，由此可知大規模崩塌隨河川水流所產生之漂流木與土砂為未來重要防災必須解決的課題。

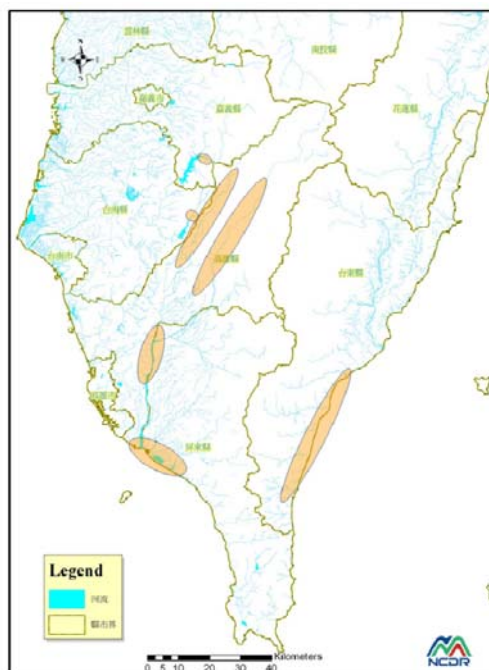


圖6 莫拉克颱風漂流木主要淤積分佈



圖7 莫拉克風災後之漂流木河岸堆積情形

七、災因探討

根據莫拉克8月5日至8月10日颱風警報發布期間之全台累積降雨與莫拉克風災後崩塌地分佈進一步分析，南台灣為莫拉克颱風降雨集中中心，各主要雨量站之24小時、48小時、72小時累積降雨重現期大部份均超過2000年(表1)，早已超過一般治山或防洪工程保護設計標準之50年或100年；另以阿里山雨量站為例，(1971-2000)平均年雨量約為3910mm(中

央氣象局網站)，而莫拉克颱風於阿里山雨量站累積雨量達3059mm，佔平均年雨量之78%，由此可知如

此大範圍且長延時之強降雨為造成山區大範圍之崩塌與土砂災害發生之主要原因。

表1 莫拉克颱風主要降雨區域累積降雨重現期

流域	雨量測站	24小時		48小時		72小時		累積雨量(mm)
		實測雨量(mm)	重現期(年)	實測雨量(mm)	重現期(年)	實測雨量(mm)	重現期(年)	
濁水溪	阿里山	1624	>2000	2361	>2000	2748	>2000	2965
北港溪	大埔	760	977	971	>2000	1124	>2000	1148
朴子溪	樟腦寮	650	21	1202	>2000	1595	>2000	1631
八掌溪	石磐龍	1583	90	2107	147	2504	238	2637
急水溪	大棟山	759	>2000	1181	>2000	1467	>2000	1522
曾文溪	曾文	1089	489	1644	>2000	1914	>2000	1948
鹽水溪	崎頂	611	236	781	101	828	39	846
二仁溪	木柵	828	>2000	1105	>2000	1191	>2000	1221
高屏溪	尾寮山	1415	>2000	2216	>2000	2564	>2000	2701
高屏溪	甲仙	1078	>2000	1601	>2000	1856	>2000	1916
東港溪	來義	829	101	1168	1534	1289	>2000	1339

(資料來源：全國治水會議，2009)

根據上述坡地災害特性與莫拉克颱風降雨分析，綜整災害原因歸納如下：

1. 降雨強度與長延時累積雨量大部份地區均超過100年甚至200年之降雨重現期，已超過治山、治水相關工程設計所能負荷之標準。
2. 非屬單一類型之災害，為崩塌、土石流、洪水、堰塞湖、漂流木、土砂等等複合型之致災方式。
3. 強降雨區域從南投縣、嘉義縣、雲林縣、台南縣、高雄縣、屏東縣到台東縣所造成之受災面積廣闊，交通與資通訊亦受災中斷，阻滯災情通報與搶救災之進行，形成孤島問題。
4. 災害衝擊影響面大，且災害環境特殊，災害規模大可達數百公頃，崩塌面積與土方量超越921地震規模，影響從上游至下游均受衝擊。

八、結語

本研究由莫拉克颱風所引致之坡地災害類型、特性、崩塌災害規模與降雨特性分析結果顯示，大範圍長延時降雨與強降雨超越一般工程設計保護標準為造成本次災害之主要原因，另外大規模崩塌、土石流、洪水、堰塞湖、漂流木及土砂災害所引致

孤島問題與複合型災害為未來災害防救必須面對之主要課題。

對於未來坡地災害防救重要工作應以時評估危險區域進行遷移避災與疏散避難規劃；面對土砂之運移與地形地貌變遷影響應進行國土監測管理，提供防救災對策之基礎；對於地質構造破碎易致災區域宜有限度開發及災害管理，避免災害之重覆發生；強化山區孤島地區資通訊設備提昇災情通報效能；易致災區域應進行風險評估與加強災害潛勢調查與公開災害潛勢，並推動防災教育，提昇民眾防災意識，以因應工程所無法達到之避災措施。

九、參考文獻

中央災害應變中心網站，<http://www.ndppc.nat.gov.tw/>。

行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會網站，

<http://88flood.www.gov.tw/>。

交通部中央氣象局網站，<http://www.cwb.gov.tw/>。

行政院農業委員會水土保持局簡報，2009，全國治水會議，台北。

經濟部水利署簡報，2009，全國治水會議，台北。

國家災害防救科技中心，2009，莫拉克颱風災害概述，地工技術。

國家災害防救科技中心，2009，莫拉克颱風重點勘查計畫子計畫(二)坡地重點勘查(濁水溪、旗山河流域)。

國家災害防救科技中心，2009，莫拉克颱風重點勘查計畫子計畫(三)坡地重點勘查(八掌溪、曾文溪、荖農溪、隘寮溪、太麻里河流域)。

國家災害防救科技中心，2009，莫拉克颱風災情普查成果報告。

陳聯光、游繁結、劉格非、林聖琪、柯明淳，2009，莫拉克重大崩塌災害歷程探討，98年度中華水土保持學會年會暨論文宣讀，台中。

游繁結、陳聯光，2010，八八水災坡地災害探討，土木水利，第37卷，第1期，第32-40頁。