

莫拉克颱風引致南沙魯村重大土石流災害探討

許志豪¹、林金成¹、鍾佩蓉¹、曹鼎志¹、張玉舜¹、楊永祺²

¹財團法人中興工程顧問社

²農委會水土保持局

摘要

高雄縣那瑪夏鄉南沙魯村境內高縣DF004(那托爾薩溪)，於民國98年8月莫拉克颱風期間累積雨量達1,600mm以上(民生站)，而高縣DF004土石流潛勢溪流因土石溢流漫過南沙魯國小沿著村內巷弄形成水路，泥沙、巨石造成兩側住戶毀損及道路中斷。本研究欲以高縣DF004為探討案例，利用地理資訊系統判釋莫拉克颱風前後航照，可知高縣DF004集水區內新增多處崩塌地，崩塌率高達13.76%。因溪流中游河道曲折、兩岸坡面傾角大於30度並富含表土層、崩塌地提供充分之致災料源、河道斷面窄深，使得崩塌土體容易到達河床以及對岸，有助於形成堰塞湖。故推測高縣DF004於莫拉克颱風期間，可能因崩塌造成堰塞現象，進而壩體潰堤造成瞬發性土石下移。本研究藉由現地勘查尋找堰塞湖潰堤之痕跡、崩塌地分布變化以及河道變化調查，探討高縣DF004引致災害之可能原因，可提供後續研究參考。

關鍵字：莫拉克颱風、土石流、南沙魯村、堰塞湖

一、前言

1.1 莫拉克颱風概述

民國98年8月4日莫拉克颱風於菲律賓東北方約1,000公里海面上生成，次日轉為中度颱風，並於7日5時左右，台灣東部陸地已納入暴風圈範圍內，莫拉克颱風之路徑如圖1所示。因莫拉克風移動速度緩慢，當逐漸往北移動時，引進之西南氣流為台灣南部地區帶來超大豪雨，依據水保局「莫拉克風災水土保持防災及農村復建資訊網」及氣象局資料，經統計莫拉克颱風影響臺灣時間之降雨量資料發現(資料日期：8月7日~12日)，主要降雨集中於8月7日~8月9日，降雨分布主要集中於中南部及東南部區域，總降雨量空間分布如圖2所示。



圖 1 莫拉克颱風路徑圖(摘錄自氣象局網站)

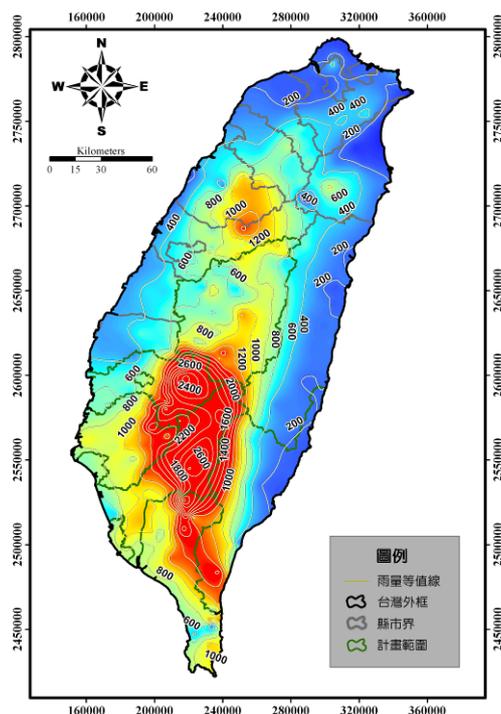


圖 2 莫拉克颱風總降雨量空間分布圖

1.2 莫拉克颱風致災特性

莫拉克颱風造成相當嚴重之土砂災害，依據災後各界之勘災結論，其致災原因可歸納為以下四點：

1.全集水區、高強度、長延時降雨

根據劉建邦等人分析莫拉克颱風期間之降雨資料得知，「本次莫拉克颱風數全流域均發生高強度且長延時之降雨，在台灣雨量記錄上極為罕見，以高屏溪流域降雨資料分析顯示，其24小時雨量於流域上、中、下游區域均大於200年重現期距」（劉建邦等人，2009）。

2.地質構造破碎遇超大降雨

林美聆等人利用中央地質調查所廿五萬分之一地質圖疊合莫拉克颱風之土石流重大災害點位，得知「重大災害位於濁水溪流域以南至高屏溪流域，大致位於三峽群及其相當地層，為沉積年代較輕之地層，其岩層主要為砂岩、頁岩及砂頁岩互層，且頁岩部份膠結情形較弱材料強度較低，易風化破碎，而屏東縣及台東縣地區主要位於廬山層，該地層主要為變質岩之板岩帶，劈理發達，岩體強度受劈理控制，部份地區易破碎風化，故亦為容易導致坡地破壞之地質背景條件」（林美聆等人，2009）。

3.崩塌形成堰塞湖

陳樹群等人針對莫拉克颱風形成之堰塞湖計行危險度評估，得知「莫拉克颱風之超大降雨造成東部與中南部的嚴重水患洪災，使得山坡地的崩塌、地滑或土石流數量暴增，堆積土石堵塞河道形成了大大小小的堰塞湖，初步研判的新生堰塞湖有17處，這些暴雨所形成之堰塞湖的壩山多矮而長，且在短時間內都發生過不同程度的潰決，而潰決的同時也造成河道的嚴重沖淤與水位變化，並且對下游村落造成一定程度之傷害」（陳樹群、許中立，2009）。

4.複合型災害

莫拉克颱風於中南部及東部地區各類型災害連續發生，鄭錦桐等人針對台東縣進行災後調查與探討，並認為「各類地工災害肇因於極端豪雨誘發崩塌、堰塞湖、土石流、河道淤積與潰堤洪水氾濫，且各災害間具連鎖性、累積性與複雜性，屬複合型災害之特性」（鄭錦桐等人，2009）。

二、南沙魯村區域描述

2.1 地理區位

南沙魯村位於高雄縣那瑪夏鄉南端，東臨桃源鄉桃源村，南與桃源鄉高中村及甲仙鄉小林村接壤，西側比鄰嘉義縣大埔鄉茄苳村與台南縣南化鄉關山村，北與本鄉瑪雅村相連；可由甲仙接省道台21線經小林村、錫安山通往那瑪夏鄉。南沙魯村相關地理位置如圖3所示。

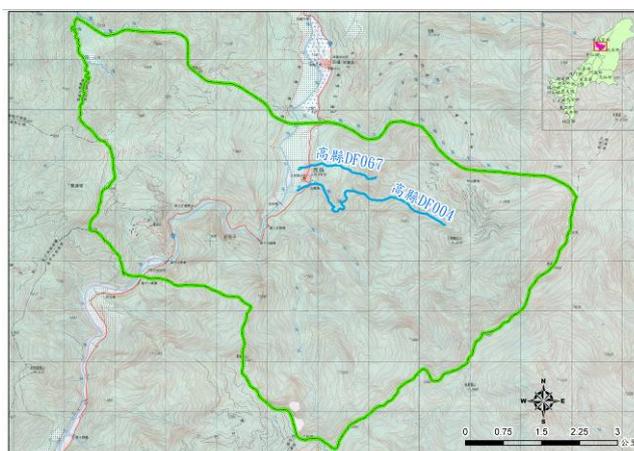


圖3 那瑪夏鄉南沙魯村地理位置圖
(改繪自內政部兩萬五千分之一比例尺基本地形圖)

2.2 地形與地質

南沙魯村之地勢東西兩側較高而中間地帶較低，尤以旗山溪流過之河谷為最低。南沙魯村由東向西地質分布主要以紅花子層、長枝坑層、三民頁岩、糖恩山層、鹽水坑頁岩、階地堆積層及沖積層等部分。本村重要地質構造為南北向旗山斷層、甲仙斷層、老人溪向斜與老人溪背斜。

村內2條土石流潛勢溪流主要流經三民頁岩以及紅花子層。紅花子層主要由兩種岩相組成，一為厚約5至20公尺厚層粉砂岩，另一為粉砂岩與細砂岩之巨厚互層，厚度約在15至70公尺。厚層粉砂岩中具強烈生物擾動現象，以致幾無任何沈積構造可言。細砂岩中則尚可見一些殘餘的水道構造、交錯層理、爬升波痕、平行紋理及小規模的圓丘狀交錯層(hummocky cross stratification)。三民頁岩層以深灰色緻密頁岩為主，間夾灰色鈣質薄層粉砂岩，下部則夾有薄透鏡狀炭質頁岩或煤層。由於本層之泥岩部份幾乎完全被生物擾動，大部份的沈積構造均不可見。南沙魯村之地質分布圖如圖4所示。

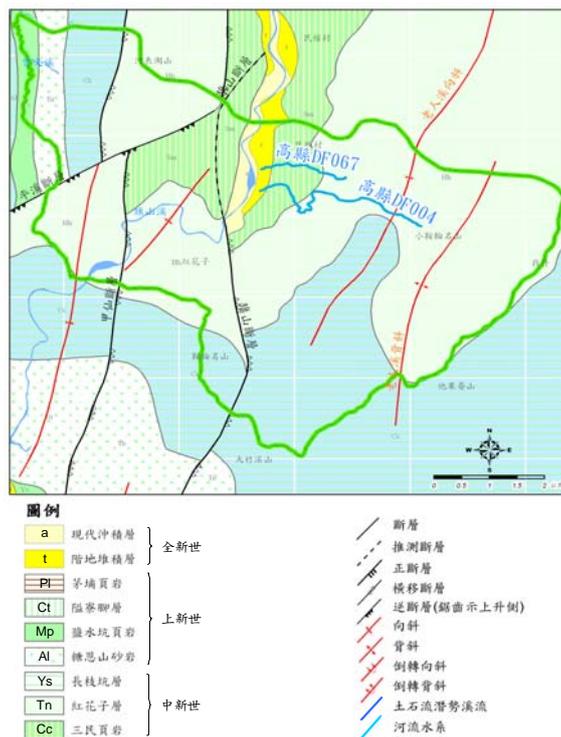


圖 4 那瑪夏鄉南沙魯村地質圖

(改繪自地調所五萬分之一比例尺高雄地質圖幅)

三、災後現況調查與結果

3.1 土石流災情

高雄縣那瑪夏鄉南沙魯村之土石流潛勢溪流編號高縣 DF004(那托爾薩溪)，因莫拉克颱風帶來之超大豪雨，就鄰近之民生雨量站而言，至 8 月 9 日 17 時之有效累積雨量即達 1,600mm(圖 5)，導致集水區山坡崩塌，崩塌土石混合溪水形成土石流直衝而下。8 月 9 日下午土石於村南(民族國小處)那托爾薩溪轉彎處，因大量土石流宣洩不及而直衝村落，爆發土石流，大量土石沿河道而下，並沖毀掩埋台 21 線約 1,000 公尺及民宅約 80 戶，如圖 6 所示。

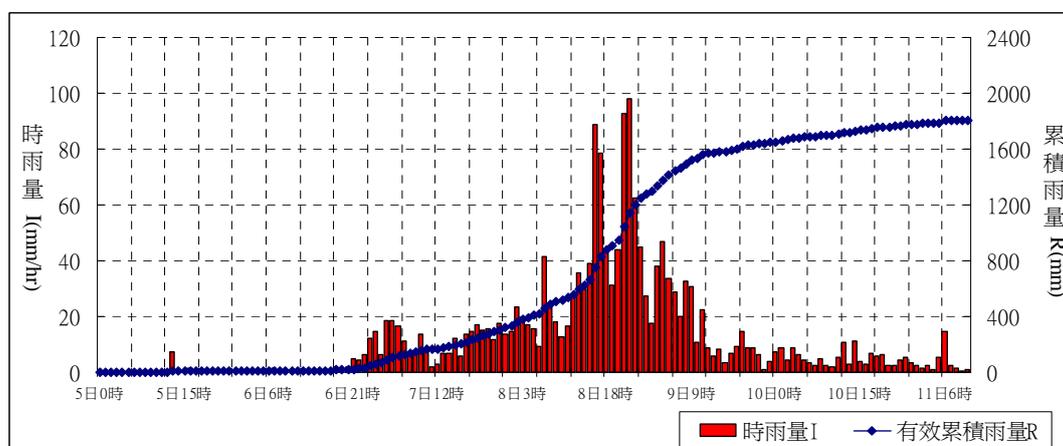


圖 5 民生雨量站組體圖(民國 98 年 8 月 5 日至 11 日)



1. 高縣 DF004 兩岸河道受到冲刷且河道拓寬約 45m，南沙魯國小部分校舍遭冲毀



2. 村落房舍遭土石流冲毀，大量土石土堆約 7 萬立方公尺

圖 6 高縣 DF004 土砂災害照片

(摘錄自水保局「97 年重大土石災例現勘及報告彙編」)

3.2 集水區崩塌

透過現有航照以及崩塌地圖層，辨識高縣 DF004 集水區內崩塌地變化。於 2007 年高縣 DF004 集水區總計共有 2 處崩塌地，崩塌面積總計約 0.73 公頃，崩塌率約為 0.21%，屬無明顯崩塌。崩塌地分布圖如圖 7 所示。於莫拉克颱風後，高縣 DF004 之集水區套疊 93 年全台崩塌地分布圖、「98 年地調所提供莫拉克颱風後崩塌地圖層」以及水保局「98 年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查」之成果報告，由比對結果可知高縣 DF004 集水區總計共有 32 處崩塌地，崩塌面積總計約 48.56 公頃，崩塌率約為 13.76%，屬大規模崩塌。崩塌地分布圖如圖 8 所示。



圖 7 災前航照(2007 年)

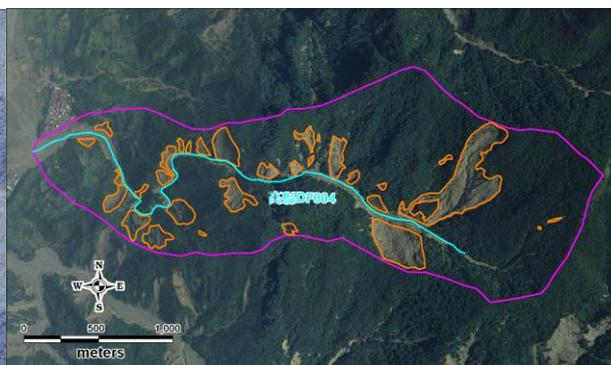


圖 8 災後航照(2009 年)

3.3 河道變化

高縣 DF004(那托爾薩溪)，由於莫拉克颱風挾帶之超大豪雨，造成集水區內崩塌不斷，崩塌土石混合溪水形成土石流直衝而下，沿路搜刮土壤與岩屑。因暴漲溪水以及大量土石下

移沖刷河岸，使得溪流拓寬，河床變化甚鉅。以台 21 縣 212.5K 之公園橋為例，原河道寬度約 10 公尺，現拓寬為 50 餘米，最寬處逼近百米，如圖 9 所示。



圖 9 溪流下游河道變化

3.4 房屋損毀及堆積材料

民族小位於高縣 DF004 右岸，座落於高於溪流約十餘米之丘地，仍遭土石侵入，且村落內房屋不乏遭土石撞擊之痕跡，由現地調查發現溪流於國小後方轉折，並於攻擊側觀察到土石沖刷現象。因土石運動慣性(直進性)造成大量致災材料由國小後方闖入，隨著國小下方巷弄往村內流竄，造成鞍山巷 49 號等面對溪流之住戶受到土石強烈撞擊，以及造成鞍山巷 32 號(甲仙地區農會那瑪夏辦事處)，後牆遭土石撞破等。根據現場判斷土石多為崩積土層材料以及破碎頁岩，並夾雜許多砂岩塊，符合本區地質條件之三民頁岩以及紅花子層中之砂岩，如圖 10 所示。

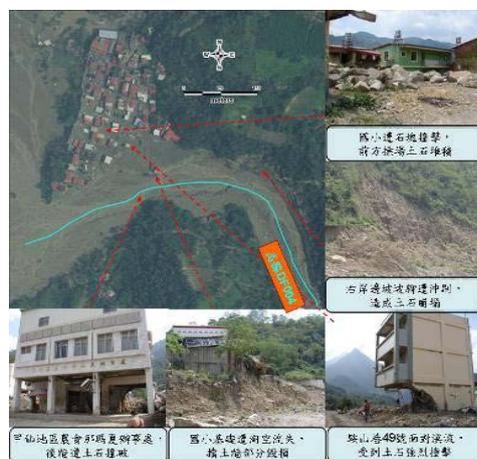


圖 10 房屋毀損及材料堆積狀況

3.5 訪談結果

現場訪談南沙魯村鞍山巷 131 號住戶表示，莫拉克颱風期間造成高縣 DF004 溪水暴漲，挾帶大量致災材料下移，於 8 月 8 日時溪流與省道台 21 線交會處之公園橋已遭土石沖毀，村落南側邊緣(1 鄰)靠近溪流之住戶已遭沖溪水與土石沖毀，然位於溪流右岸高地之南沙魯國小以及村落內仍未受到土砂災害。於 8 月 9 日下午 4 點大雨暫歇，南沙魯國小突然遭土石撞擊，國小下方側邊坡之部分擋土牆亦遭淘刷，土砂材料漫過國小後方，隨著村內巷弄行進，造成村弄兩側房屋受損嚴重，不乏砂岩塊堆積現象。然經比對民生雨量站資訊，下午 4 點已逼近雨場終點，故突如其來之土石溢流判斷可能因河道窄深區段遭集水區崩塌越過河床對岸，進

而堵塞河道形成堰塞，並於 8 月 9 日下午造成潰堤，使得大量土石宣洩不及湧入村落。

四、災害的成因探討

4.1 堰塞湖形成條件

堰塞湖係指河道遭堵塞所形成之天然壩體，主要可能係因為熔岩流、火山泥流、冰河冰磧物或崩塌、地滑、土石流等環境因素，或者是人為炸藥開炸或開挖擾動所引發。因堵塞之壩體材料多因擾動後鬆散、膠結不佳，故多在短時間內便出現溢壩、潰堤，瞬發之山洪容易對下游毀滅性破壞。根據匡尚富(1994)提出斜面崩塌土體堵塞河道形成天然壩之條件為：1. 發生崩塌；2. 崩塌土體能到達河床及對岸；3. 到達對岸之土體不因水流作用化為土石流而帶走；4. 河流挾沙能力；沖刷能力較小，不能將崩塌土體瞬間沖失。

根據日本調查資料表示，傾角為 30° 以上，並有表土層之坡面易發生崩塌，且當河道橫斷面呈現近似矩形之窄深河道，即使體積很小的崩塌土體亦能到達對岸，生成較高之天然壩，且縱斷面多為三角型或梯形。而針對條件三、四須考量雨水之補給和河道坡度等因素。

4.2 堰塞湖痕跡

現地調查可見 3 處可能之堰塞湖痕跡：1. 中游河道曲折呈現 W 字型，右岸有 1 處長約 200 公尺，寬 90 公尺之崩塌，崩塌坡度大於 30° ，提供豐富之壩體料源，且因此處位於溪流出谷口處斷面窄深，崩塌土體很可能通過河床到達對岸造成堰塞；2. 崩塌地下方堆積物為粒徑均勻之砂岩塊，推估應是堰塞湖形成時後方土石沉降造成，並非崩塌地本身之材料堆積；3. 於河道曲折出谷口處觀察到 1 處疑似堰塞之水位線，高度約十餘米，兩側坡面上可能因壩體潰決造成大量山洪下移，坡面遭沖刷嚴重光滑無殘土，如圖 11 所示。根據上述三點推估天然壩體位置可能位於圖上星號位置。



圖 11 疑似堰塞湖點位

五、結語

莫拉克風災後針對高雄縣那瑪夏鄉南沙魯村進行勘查，初步探討本區域土石災害分為兩個階段。首先，因莫拉克挾帶豪雨造成集水區降雨，引發急水區土石崩塌爾後隨溪水下移，致使下游河道拓寬，造成鄰近溪流之 1 鄰住戶遭土石沖毀帶走。之後，於民國 98 年 8 月 9 日下午 4 時大雨暫歇時，下游崩塌疑似於溪流出谷口處造成土石堰塞，因壩體後方溪水及土石積累，造成鬆散之天然壩體潰決，瞬發性土石下移於國小後方轉折處因宣洩不及，漫過國小

擋土牆沿村內巷弄順勢而下，造成村內屋舍受土石撞擊和淤埋。根據日本資料研究，傾角大於 30° 之富含表土層邊坡容易造成土石崩塌，倘若河道屬於窄深之斷面，則崩塌土石容易達到對岸造成堰塞。藉此，可利用大比例尺之地形圖以及航照判識，挑選符合之座標點位，判定屬於堰塞湖之發生潛勢地區，作為未來因應措施與研究考量。

六、謝誌

感謝地調所提供之 98 年莫拉克颱風後崩塌地圖以及農委會水土保持局提供之航照圖，同時受惠國內各方學者對八八風災之研究成果，使得本文得以順利完成。

參考文獻

1. 匡尚富(1994)，斜面崩塌引起的天然壩形成機理與形狀預測，泥沙研究，4:50-59。
2. 高橋保、匡尚富(1988)，天然ダムの決壊による土石流の規模に關，京都大學防災研究所年報，31(B-2)：601-615。
3. 中興工程顧問公司(2009)，98 年重大土石災害現勘及報告彙編，農委會水土保持局委託成果報告。
4. 財團法人中興工程顧問社(2009)，98 年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查，農委會水土保持局委託成果報告。
5. 財團法人中興工程顧問社(2008)，土石流潛勢地區易致災調查與整治對策研擬，農委會水土保持局委託成果報告。
6. 陳樹群、許中立(2009)，莫拉克颱風形成之堰塞湖及危險度評估，地工技術，第 122 期，第 77-86 頁。
7. 鄭錦銅、邵國士、冀樹勇、邱俊翔(2009)，莫拉克颱風台東地區流域複合型地工災害探討，地工技術，第 122 期，第 51-60 頁。
8. 劉建邦、蔡文豪、謝國正、林家輝、張東宸(2009)，南部地區八八水災水利設施勘災及改善對策，地工技術，第 122 期，第 95-104 頁。
9. 林美聆、王國隆、陳天健、林聖琪(2009)，莫拉克颱風重大土石流災害案例分析，地工技術，第 122 期，第 123-132 頁。

ABSTRACT

The accumulated rainfall of typhoon Morakot is greater than 1600mm in Nanshalu. Owing to the rainfall, the debris-flow overflows the elementary school into the village and destroys the nearby buildings and roads. So the debris flow case(高縣 DF004) was selected for case study. By using the GIS, it is recognized that the ratio of landslide is greater than 13%. The sinuous stream, steep slope with rich topsoil, bounteous landslide material, and the narrow section of stream were contributed to form landslide dam. In this research, the evident of stream change, the ratio of landslide, and sign of burst support the argument that the destructive damage in Nanshalu was induced by a burst of landslide dam. This article is to survey the damage in Nanshalu(高縣 DF004) and make suggestions for follow-up research.

Keywords: Morakot, landslide dam, debris flow, Nanshalu.