野溪土石流發生與集水區河階地形關係之探討

賴承農[1*] 辜炳寰[2] 潘國樑[3] 楊永祺[4]

摘 要 921 地震後台灣中南部野溪集水區土石受到擾動,而在颱風豪雨誘發之下發生土石流已受 到政府當局重視,並且初步建立了一套土石流判定方法(謝正倫,2002)。近年來氣候變遷現象趨於明 顯,而土石流潛勢溪流劃設之觀念亦有改變,以那瑪夏區之楠梓仙溪(旗山溪)為例,2004 年原公開了 4 條溪流,於 2009 年莫拉克颱風後公開為 14 條。有研究分析楠梓仙溪河階地與地形演育過程以及指 出其河階地分布圖(龔琪嵐,2004),本研究發現此 14 條土石流潛勢溪流線皆通過河階地帶,河階地形 與土石流發生之分布確實具相當程度之關連性。期能透過遙測影像疊合與比對之方法說明野溪集水區 之崩塌地、河階地分布圖與地形演變之互動過程,並藉此研究結果可提供土石流地區判定方法修訂時 之芻議。

關鍵詞:臺地堆積層、河階地、土石流潛勢溪流、楠梓仙溪(旗山溪)、遙測影像判釋

Discussion on the Relation between Debris Flow Torrents and River Terraces in Nanzihsian River Watershed

Cheng-Nung Lai [1*] Bing-Huan Ku [2] Kuo-Liang Pan [3] Yung-Chi Yang [4]

ABSTRACT Since the 921 earthquake, the typhoons brought record-breaking precipitation and induced many debris flow of the mountainous watersheds in central and southern Taiwan, and the debris flow hazard has caused the Government's attention. Based on statistical results of the debris flow case studies, the judgement criteria of debris flow torrent were established(Hsieh,2002). Owing to the effect of climate change, the concept of the judgement criteria has been improved rapidly. For example, in 2004 there were 4 debris flow torrents on the river terraces in Nanzihsian river watershed of Namaxia District. However, after Typhoon Morakot in 2009, the debris flow torrents were re-identified and increased to 14. According to a study of river terraces and landscape evolution in the Nanzihsian watershed and a river terraces. This study proposed a layer overlaying and comparison method for landslide area and debris flow torrents to demonstrate the relationship between the debris flow deposits and river terrace. The observed results would be useful to further judgement and identification of debris flow torrent in the future.

Key Words: River Terraces, Debris Flow , Nanzihsian River, Remote sensing

^[1] 財團法人中興工程顧問社 副工程師(* 通訊作者 E-mail: jackylai@sinotech.org.tw)

Associate Engineer, Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taiwan 〔2〕財團法人中興工程顧問社 助理研究員

Assistant Researcher, Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taiwan [3] 國立中央大學應用地質研究所 教授

Professor, Instifute of Applied Geology, National Central University, Taiwan [4] 農委會水土保持局土石流防災中心 副工程司

Associate Engineer, Debris Flow Disaster Prevention Center, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Nantou 540, Taiwan

一、前 言

危及人的活動的地形災害中,除了因系統緩慢變化造成的突發式災變,或快速變化造成的突發式 災變,如風化作用、地震、暴雨等造成的崩山災害外;因系統緩慢變化而逐漸造成的結果,亦可能形 成災害(Schumm, 1994),如果河川的加積和沖積扇、沖積扇洲的發育,代表的是系統狀態不穩定的 過渡期,碎屑流災害開始發生,且頻率逐漸增加(齊士崢,1995),上述之碎屑流一詞即土石流(debris flow),而地形災害一詞或者可納入地質災害一類。

自 2002 年以來,土石流判定方法是以坡度與集水區面積之地形條件作為劃設門檻值,主要是考 量地形條件對於土石流的發生有相當密切的關係,近年來隨著全球氣候出現了劇烈變化,坡地環境周 遭之崩塌與土石流發生頻率也隨之增加,因此形成土石流災害管理的挑戰。

以高雄市那瑪夏區之土石流潛勢溪流分布為例,水土保持局 2004 年於此區域公開 4 條溪流,分 別為達卡努瓦里 2 條、瑪雅里 1 條以及南沙魯里 1 條,如表 1 所示;而於 2009 年莫拉克颱風後重新 評估野溪所發生土石流災害範圍,確認需新增 10 條土石流潛勢溪流,統計至 2011 年底,那瑪夏區 之土石流潛勢溪流總計 14 條,而其中鄰近高縣 DF004 土石流潛勢溪流之高縣 DF065,曾在 2008 年卡玫基颱風傳出土砂淤積災害,現勘時亦顯示此二條土石淤積材料相當類似,因此二條土石流潛勢 溪流之地質條件、地形演化也相當類似,探討其發生區的料源材料時,宜參考地質圖並進行比對,將 經濟部地調所出版之五萬分一之地質圖幅與水保局公開土石流潛勢溪流分布範圍進行套疊,可發現大 致在臺地堆積層與現代沖積層分布有疊合,旗山斷層、小林斷層皆通過本研究區域,旗山斷層主要通 過瑪雅里,可能間接影響本研究區域之土體破碎或導致岩體裂隙發達,如圖 1 所示,而那瑪夏區之數 值地形高程變化套疊五萬分之一地質圖河階地分布,如圖 2 所示。由以上圖資比對結果可知,那瑪夏 區之 14 條土石流潛勢溪流皆位在臺地堆積層。而透過數值地形高程分布亦約略得知河階地分布於海 拔 300 公尺以下,綿延於那瑪夏區楠梓仙溪之河階長度大約 12.5 公里,河階邊緣與主流河道之最大 水平距離約 1,200 公尺,也有河階存在於楠梓仙溪之溪畔,河階地之坡度相當和緩但是分布範圍及可 利用面積並不大,因此成為聚落人口聚集之主要區位。

2009 年莫拉克颱風後土砂災害調查重心已經略有改變,採取聚落調查為核心並且著重於聚落居 住環境圍繞之坡地災害。本研究則認為在河階地形之聚落集中居住,並非造成災害唯一因素,倘若擴 大調查範圍至河階圍繞之範圍,探討不同河階地形位置與野溪土石流發生堆積的關係,並且綜合研判 與釐清土石流災害發生之原因,為一相當值得探討之課題。

1								
項次	溪流編號	縣市*1	鄉鎭*2	村里*3	地標	調査 年度	公告 年度	舊溪流編號
1	高縣 DF004	高雄市	那瑪夏區	南沙魯里	-	2004	2004	高雄 A013
2	高縣 DF067	高雄市	那瑪夏區	南沙魯里	鞍山巷	2010	2010	高縣 S99-7
3	高縣 DF001	高雄市	那瑪夏區	達卡努瓦里	民生國小	2004	2004	高雄 A010
4	高縣 DF002	高雄市	那瑪夏區	達卡努瓦里	中油加油站、民生崇樂山華	2004	2004	高雄 A011
5	高縣 DF062	高雄市	那瑪夏區	達卡努瓦里	秀嶺巷	2010	2010	高縣 S98-19
6	高縣 DF080	高雄市	那瑪夏區	達卡努瓦里	達卡努瓦溪	2010	2011	高縣 S98-17

表 1 那瑪夏區土石流潛勢溪流編號與行政區域一覽表 Table1 The table of debris flow ID and administrative region in Namaxia District

項次	溪流編號	縣市*1	鄉鎭*2	村里*3	地標	調査 年度	公告 年度	舊溪流編號		
7	高縣 DF081	高雄市	那瑪夏區	達卡努瓦里	達卡努瓦里 3 鄰秀嶺巷 188-2 號	2010	2011	高縣 S99-4		
8	高縣 DF082	高雄市	那瑪夏區	達卡努瓦里	達卡努瓦里秀嶺巷 181 號	2010	2011	高縣 \$98-20		
9	高縣 DF003	高雄市	那瑪夏區	瑪雅里	三民國中	2004	2004	高雄 A012		
10	高縣 DF063	高雄市	那瑪夏區	瑪雅里	平和巷	2010	2010	高縣 S99-8		
11	高縣 DF064	高雄市	那瑪夏區	瑪雅里	台 21 線約 208.1k 處	2010	2010	高縣 S98-21		
10	宣豚 DF೧65	百拙古	那堆直回	邢淮百回	那進見回	2009	日日橋	2009	2010	高雄 T003、
12	同称 DF 003	同雁川	加均复回	物但生	月 元 倘	<mark>،</mark> 2010	2010	高縣 \$98-09		
13	高縣 DF066	高雄市	那瑪夏區	瑪雅里	民權國小	2010	2010	高縣 S98-22		
14	高縣 DF083	高雄市	那瑪夏區	瑪雅里	台 21 線 207.5K	2010	2011	高縣 S99-5		

備莊

1.2010年12月31日以前,政府公告將「高雄縣那瑪夏鄉」改制併入高雄市,改稱為「高雄市那瑪夏區」。
2.2007年7月以前,由高雄縣政府公告將「三民鄉」改名稱為「那瑪夏鄉」,那瑪夏區於日殖時代舊名稱為「瑪雅郡」, 二次大戰後改稱「瑪雅鄉」,46年則改稱為「三民鄉」。
3.2007年7月更改「民族村」、「民權村」以及「民生村」分別改為「南沙魯村」、「瑪雅村」以及「達卡努瓦村」,並

且將「村」改爲「里」。



二、研究區域概述

1. 楠梓仙溪水系

楠梓仙溪之主要溪流長度 117 公里,流域面積 842 平方公里,為高屏溪三大支流之一。楠梓仙 溪之中游又稱為旗山溪,溪流發源於玉山國家公園,自塔塔加鞍部以及玉山主峰西南坡標高約 2,700 公尺流經高雄市那瑪夏區、甲仙區、杉林區以及旗山區等區,至嶺口地區與荖濃溪匯流而成高屏溪, 是高屏溪一大支流,海拔高度相差懸殊。楠梓仙溪流域境內屬於亞熱帶季風氣候區,年雨量平均約 2,500 mm。而高屏溪上游除荖濃溪之溪流最長,楠梓仙溪(旗山溪)則屬於第二大支流。本研究乃以 楠梓仙溪上游之那瑪夏區為研究之範圍。

2. 河階地分布

根據目前蒐集到楠梓仙溪之階地分類結果,係以礫石層厚度 20 公尺為階地分類之基準,在那瑪 夏區之楠梓仙溪主要階地類別可概分為三大類(龔琪嵐,2004),說明如下三點:

(1)礫石層厚度小於10公尺之「岩石河階」:溪流快速下切所形成,礫石層材料堆積厚度甚少。

(2)礫石層厚度大於 20 公尺之水平階地面為「礫石階地」:在溪流快速下切之後,主流在岩盤的 表面上形成殘餘的礫石土砂堆積,再次下切而成。

(3)礫石層厚度大於20公尺以及具扇狀者為「沖積扇階地(以下簡稱扇階地)」:位在主支流匯流口 處扇狀材料,主要係前述支流沖積而成。

以下以南沙魯里以及瑪雅里說明。

(1)民族河階(位在南沙魯里):

a.民族(上)沖積扇階,高程約640~680m,距主流高約130m,崖高100m,分布在地形較高位置,可稱之為高位堆積扇,亦屬古土石流堆積區而可能成為新增土石流區域。

b.民族(中)岩石階地,高程約 540~560m,距主流高約 30m,崖高 20m。

c.民族(下)岩石階地,高程約 520~530m,距主流高約 10m,崖高 10m。 (2)民權河階(位在瑪雅里):

a.民權(上)岩石階地,高程約700~670m,距主流高約130~140m,崖高110m。

b.民權(中)岩石階地,高程約 550~570m,距主流高約 20m,崖高 10m。

c.民權(下)岩石階地,高程約 530~540m,距主流高約 10m,崖高 10m。

若依海拔高度區分,楠梓仙溪主流沿線河階(甲仙至那瑪夏)可分為一至四階(或稱「級」),為釐清 楠梓仙溪主流河道兩側河階地(甲仙至那瑪夏區之間)與地形演育之歷程,龔琪嵐(2004)以小林峽谷為 分界,河階及階別命名則由上至下,把最高的一階稱為第一階,在楠梓仙溪可區分出四階,在小林峽 谷之上游區(那瑪夏區)以第一、二階為沖積扇階為主及第三、四階為岩石階地為主,其下游區(甲仙區) 以岩石階地為主,二、三階有少數礫石階地(龔琪嵐,2004),總計位在那瑪夏區之河階地總計有17處 之多;本研究範圍14條土石流潛勢溪流亦位於上述河階分布範圍。一般在5萬分之一比例尺地質圖 中,可能受到製圖比例尺之影響,無法標示第一、二階屬扇階地部分,而第三、四階屬岩石階地則判 釋為同一處臺地堆積層,無法進一步判定主流下切與活躍情況,如圖1所示。

故本研究初步以河階地與主要溪流之河床高程差(公尺)區隔,統計最高之河階約位在210~280公 尺有2處,次高之河階介於70~140公尺有5處,河階較低者介於30~40公尺有4處以及有6處河 階與楠梓仙溪之河床高程差距小於10~20公尺,那瑪夏區之數值地形高程變化套疊五萬分之一地質圖 河階地分布,如圖2所示。

三、土石流現地調查與災害資料分析

本研究使用之圖資類別以及蒐集目的之說明,詳表2所示。而其他有關底圖則包括聚落範圍、道路、建築物、數值高程資料(DEM)以及等高線圖層,可透過原民會網站、經建版地形圖、相片基本圖或採實際測繪方式得知,另可於網路上查詢公路總局公路防救災資訊網、Google Earth 地圖系統,並輔以遙測影像判釋方式,獲知地形之特徵。

現地調查範圍涵蓋堆積區之保全對象調查以及料源區之崩塌地調查。堆積區調查通常針對發生於 道路通過之橋梁、溪谷之谷口或地形開闊處下游,主要影響因素為地形,通常位於道路通過之橋梁、 整流設施或防砂設施均會影響堆積範圍,其次聚落調查則針對水系圖上鄰近溪流兩側或保全對象周圍 之邊坡,亦或是聯絡道路旁之邊坡裸露,均屬於值得特別注意之區域。針對集水區可能土石材料來源 之判釋,一般於室內航照衛星影像圖面上,也可能難以直接判釋區分裸露地、崩塌地或農耕地,凡此 種種均有賴於現地勘查加以確認。

根據土石流潛勢溪流現地調查之經驗回饋,蒐集詳盡之資料可提高後續分析之準確度,亦可提高 室內品管作業檢核效率,而分析可分為(1)室內遙測影像判釋以及(2)現地調查兩部分,詳以下說明。

表 2 土石流潛勢溪流調查之底圖類型

項次	圖名	資料蒐集目的	項次	圖名	資料蒐集目的
1	彩色航照圖	農林航測所完成,主要用於山崩與 土石流災害分布範圍比對。	6	地質圖	中央地質調查所完成,可提供土石 流現地判釋階地堆積層範圍。
2	階地分布圖	參考國科會(2000)「楠梓仙溪流域 的河階地和地形演育」計畫成果。	7	水系圖層	水利署官方網站查詢,主要用於確 定主流域範圍。
3	黑白相片基 本圖	農林航測所完成,主要用於比對河 道斷面及地形之高程。	8	環境地質災害 潛勢圖	中央地質調查所完成,可提供地質 災害潛勢區分布。
4	山崩潛勢圖	中央地質調查所完成,主要用於現 地判斷山崩潛勢區域之檢核。	9	衛星影像	中央大學太空及遙測研究中心、成 功大學以及台灣師範大學皆可詢 問,主要用於遙測影像判釋。
5	土石流潛勢 溪流分布圖	水土保持局網站查詢,主要用於土 石流潛勢溪流之定位。	10	經建版地形圖	內政部 93 至 96 年完成地形圖,主 要用於確認集水區範圍。

Table.2 List of Maps used in debris flow torrent investigation

1. 室內遙測影像判釋

於完成彙整相關報告、圖、表及相關測量成果後,並且比對土砂災害之徵狀或證據,多元化災害 事件紀錄方式,包括影像判釋以及中低空航拍,可彌補災後清理現場或無人可詢問災情之遺憾。

(1)在衛星影像或航照圖之運用,土石流現象之影像特徵可概述如下各點(潘國樑等,2011以及本研 究整理):

a.土石流發源地常呈凹盆狀,只留一個袋口;

b.土石流發源地常出現指狀或香蕉葉狀水系;

c.新鮮的土石流顏色鮮明,溪流線旁是否有明顯偏亮之區域,則為可能料源區;

d.注意溪流線有無直進或陣流現象(發源地及流通段通常都極其明顯);

e.觀察谷口或地形開闊處,是否有堆積範圍或堆積扇(堆積扇不一定是扇狀,或可能被破壞或擾動)。

(2)在中低空拍照或 Google Earth 之底圖分辨支流野溪之扇階地與主流河階地之影像特徵,可概 述如下各點(潘國樑等,2011):

a.位於河流兩岸,高出河面的平台

b.由平台及斷崖組成,平台微微向下游及河心傾斜。

c.平台的座落位置與支流的谷口無關,有時橫跨谷口,但不呈扇狀。

d.台地面較堆積扇的善面平坦,且無中高側低的現象。

e.高位河階的平坦台地面與山區的斜坡或崩積土形成強烈的對比;後者的傾斜度明顯的比較陡峭。

(3)參考大甲溪沖積扇與河階地之案例說明(台大地理環境資源學系,2011)

a.以大甲溪沖積扇與主流河階之判釋為例,河道越寬廣,河川演育越明顯,會出現對稱性的河階, 其階地越往下游方向逐漸轉緩;而沖積扇的地形,在扇形中心點地形最高,往兩側扇面低緩。

- b.而主流的河階大多都有對稱,但是沖積扇則不一定有對稱之現象,沖積扇與主流河階地範例照 片分別如圖 3、圖 4 所示。
- c.地層之泥岩含量太高,岩石塑性變形較明顯,若地層脆性不夠,抬升程度就可能減少。

(4)沖積扇、崩積土與土石流堆積扇之差異(潘國樑等,2011)

- a.形成機制完全相同,只是土石流的流體中,其固體成分可占 30%至 70%,比水流濃稠;同時, 土石流的顆粒較粗,常含巨石及礫,爲水流所無力搬動者。
- b.沖積扇是純粹由水力沖積而成的堆積物。沖積扇的扇面坡度一般小於 10°(扇頂 15°~20°, 中部 為 5°~10°);由此項特徵,使其極易與崩積土區別。崩積土的表面坡度常大於 10°,通常都是 20°以上,最陡可以超過45°。
- c.土石流的扇面較陡,而且起伏較大;發生不久的土石流,有時可以見到零落的樹幹,在精密的 衛星影像上尙可辨認。實際上,沖積扇與土石流堆積扇在遙測影像上不易辨別;勢必要從整條 流系來分辨。



by Songmao river terrace and meander core

2.現地調查之原則

現勘判釋之原則可概述如下各點:

(1)扇階地

a.依事件發生前後,所拍攝之中低空航拍或現地調查照片作為判釋依據,並圈繪支流扇階地範圍。
b.若年代較為久遠,古土石流沖積扇多因溪流長期的侵蝕與搬運作用而消失殆盡,則可嘗試利用現地地質調查方式,尋找殘餘土石堆積階面抑或是古河階地面,並繪置於地圖上,作為參考之依據。

(2)河階地,可於現今河道兩側若出現膠結不良之礫石、砂土層,且其裸露剖面呈現土石向上變細, 或向上變粗之特徵,局部有礫石顆粒大小較為一致之特徵,且其坡度傾向朝下游傾斜。

3.莫拉克颱風後集水區崩塌地之調查結果

經彙整水保局之「98 年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查」以及「99 年土石流潛勢 地區易致災因子調查與危害頻率分析」等計畫成果,已經將集水區崩塌地之分布予以彙整說明如下。

(1) 南沙魯里主要聚落鄰近包括高縣 DF004 以及高縣 DF067 等 2 條土石流潛勢溪流,聚落調查成果,如圖 5 所示,莫拉克颱風期間,位在民生雨量站至 8 月 9 日 17 時資料顯示有效累積雨量已達 1,600mm,雨量規模屬於超大豪雨。

- a.高縣 DF004(那托爾薩溪)集水區之崩塌地經比對結果,可知有2處97年崩塌地、3處99年崩塌地以及26處莫拉克颱風後確認新增之崩塌地,經現場勘查後另發現新增1處崩塌地,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,且崩塌地分布上、中、下游,崩塌區位屬於河岸山腹地帶,崩塌土石混合溪水形成土石流直衝而下,大量土石於下游轉彎處因宣洩不及而往村內聚落直衝,致使大量民宅遭土石流沖毀。
- b.高縣 DF067 集水區之崩塌地經比對結果,可知2處崩塌地均屬於莫拉克颱風後新增之崩塌地, 崩塌面積約 0.015 公頃,崩塌率小於 1%,屬於無明顯崩塌,崩塌區位屬於河岸山腹地帶,溪 水挾帶土石沖刷河道兩岸,並於下游坡度陡變處造成大量土石傾洩而下,土石堆積造成省道台 21 線交通中斷。

(2) 瑪雅里主要聚落鄰近包括高縣 DF003 以及高縣 DF065 等 2 條土石流潛勢溪流,聚落調查成 果如圖 6 所示,莫拉克颱風期間,民生雨量站至 8 月 9 日 17 時資料顯示有效累積雨量已達 1,600mm, 崩塌地受超大豪雨影響甚大。

- a.高縣 DF003 集水區之崩塌地經比對結果,既有崩塌地有2處,經現地勘查後發現新增1處崩塌地,總共有3處崩塌地,崩塌地面積總計為0.955 公頃,崩塌率為1.90%,屬於小規模崩塌,且崩塌地分布集水區上游,另在中、上游河道仍有大量土石堆積現象。左、右支流匯流處造成溢流,土石淤埋三民國中禮堂、教室,以及省道台21線和甲仙農場林道受損約500公尺。
- b.高縣 DF065 集水區之崩塌地經比對結果,卡玫基颱風期間既有崩塌地有3處,經現地勘查發現後發現新增2處崩塌地,總共有5處崩塌地,崩塌地面積總計為0.46公頃,崩塌率4.43%,屬於小規模崩塌,且因崩塌地分布上、中、下游之河岸山腹地帶以及上游1處道路邊坡崩塌, 連同原堆積之土塊下移造成瑪雅遊客服務中心以及三民國中遭土石侵入,並造成省道台21線受阻中斷,以及甲仙農場林道損毀總計約400公尺道路損毀。







Fig 6 Investigation of the geological hazard Potency in Settlements of Maya village

4.河階地與莫拉克颱風後土砂災害關連性

本研究以南沙魯里高縣 DF004 與高縣 DF067 以及瑪雅里高縣 DF003 與高縣 DF066 等 4 條土 石流潛勢溪流集水區,針對莫拉克颱風災情說明其崩塌地、土砂災害發生以及河階地之關連性。

(1)南沙魯里之高縣 DF004 及高縣 DF067 土石流潛勢溪流

- a.高縣 DF004 下游河道蜿蜒地帶以及高縣 DF067 中游地帶約位於民族(上)扇階地,溪流之下游 則流動通過民族(中)、(下)階地,而莫拉克颱風洪水沖刷河階地之裸露礫石層也顯示土壤厚度可 能介於 5~10 公尺,顯示在南沙魯里主要聚落河岸及谷口處之礫石層厚度較薄,但在第二階屬 扇階地以及其邊緣地帶,仍可能受到超大豪雨影響造成土石料源,而且此扇階地寬度約 400~600 公尺寬,扇階地厚度約 30~40 公尺,未來仍有充足料源供應。
- b.經比對崩塌地分布圖與坡度分布圖,顯示崩塌地分布之坡度約介於40%~100%,而前述階地之坡度略有不同,第二階屬扇階地之坡度介於15~30%,第三階屬岩石階地之坡度約介於0~15%,另外在高縣DF004崩塌地大致上分布在扇階地以上之河岸山腹地帶,崩塌坡面之坡度介於55~100%之間,土砂災害則位於第三階屬岩石階地及其主要聚落範圍,如圖7所示。
- c.經比對崩塌地分布圖與坡向分布圖,顯示崩塌地分布之坡向約呈南與西南方向,而少數崩塌地 朝向北、西或是西北方向,朝北方向崩塌地之對岸略微上游處為一處面積更大之崩塌地,推測 是擠壓主河道造成崩塌,而西、西北方向則位在河道轉彎處,推測是河道彎曲水流攻擊坡趾所 造成,如圖8所示。

(2)瑪雅里之高縣 DF003 及高縣 DF066 土石流潛勢溪流

- a.高縣 DF003 中上游左右支流匯流約位於民權(上)河階,屬第一階之岩石階地上,而高縣 DF066 中上游則約位於民權平臺(上)之南邊,溪流之下游則流動通過民權(中)、民權(下)岩石階地,莫 拉克颱風後因洪水沖刷河階地後,礫石層出露也顯示土壤厚度可能介於 5~10 公尺,顯示土石 流淤埋範圍在瑪雅里主要聚落河岸及谷口處之礫石層厚度較薄,實際上第二階屬扇階地以及其 邊緣地帶,則可能受到超大豪雨影響造成土石料源,而且民權平臺(上)扇階地平均寬度約 1,000 公尺,扇階厚度約 30~40 公尺,而民權(上)階地寬度約 250 公尺,礫石層厚度約 3~5 公尺, 未來仍有充足之料源供應。
- b.經比對崩塌地分布圖與坡度分布圖,顯示崩塌地分布之坡度約介於 40%~100%,而前述階地 之坡度略有不同,第一階屬扇階地之坡度介於 15~30%,第三階屬岩石階地之坡度約介於 0~15%,另外在高縣 DF003 集水區崩塌地大致上分布在扇階地以上之河岸山腹地帶,崩塌坡 面之坡度介於 55~100%之間,源頭崩塌地相當明顯,土砂災害則大致位於第三階屬岩石河階 及主要聚落範圍,如圖 7 所示。
- c.經比對崩塌地分布圖與坡向分布圖,顯示崩塌地分布之坡向約呈南與西南方向,其中一處崩塌 地位於扇階地邊緣,如圖 8 所示。



四、討論

1.河階地與土石流堆積型態關係

河階地是由大河(主流)夾帶河中砂石經年累月所堆積而成,堆積扇則是由支流的溪水或土石流所堆 積。根據龔琪嵐(2004)綜整整個楠梓仙溪區域之地形與地質理論發現,楠梓仙溪東側有深厚的河階地 與荖濃溪西側深厚的河階地,主要受到此南玉山南段之山區抬升作用影響而具有現有特徵,推測地形 之主要影響因素為構造活動及地質條件。根據本研究依莫拉克颱風後土石流調查結果顯示,新增 10 條土石流潛勢溪流當中,有5條則緊鄰既有土石流潛勢溪流,且溪流通過第三、四階岩石階地上。而 根據甲仙地質圖幅(地調所,2000)與中埔地質圖幅(地調所,2010)之資訊,土石流堆積區主要分布在三 民頁岩,而土石流發生區則主要分布在紅花子層及長枝坑層,亦間接說明了土石流潛勢溪流分布與河 階地有相當關連性。另外莫拉克颱風新增 10 條土石流潛勢溪流其中有 5 條集水區有旗山斷層與小林 斷層通過,因此地質破碎情形未來應當一倂列入考量。

2.河階地之礫石層厚度與土石流發生區之關連性

本研究區土石流發生段位於扇階地者,包括有通過高縣 DF0067、高縣 DF001、高縣 DF002、

高縣 DF080、高縣 DF081、高縣 DF003、高縣 DF065 以及高縣 DF066,共計 8 條。

達卡努瓦里高縣 DF001 及高縣 DF002 土石流發生區皆位於民生平臺(上),高縣 DF001 集水區 面積 86 公頃與土石淤埋範圍為 13,710 平方公尺,而高縣 DF002 集水區面積 62 公頃與土石淤埋 28,870 平方公尺,經比對水保局之「98 年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查」計畫成果, 崩塌地坡度位於 55%~100%,而關於土石流淤埋情形,在高縣 DF002 災害範圍為擴展至溪流兩側各 約 150 公尺,高縣 DF001 災害範圍約在溪流兩側各約 50 公尺,顯示集水區面積對於土石流災害範 圍有影響。

瑪雅里高縣 DF065 中上游位於第一階屬扇階地之民權平台(上),礫石層堆積厚度約 80~90 公尺, 土石淤埋範圍約 26,468 公尺,溪流兩側約 150 公尺。根據水保局「97 年重大土石災例現勘及報告 彙編」計畫成果報告中得知,高縣 DF065 土石崩落及土石流災害,已於民國 97 年卡玫基颱風以及莫 拉克颱風等期間,造成學校、操場及鄰近建築物遭土石掩埋,顯見礫石層厚度越深,對於發生災害規 模或次數具有相當之關連性,如表 3 所示。

本研究彙整及分析水保局之「98 年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查」計畫成果成 果,崩塌地及土石流特性說明如下列各點:

(1)根據災後發生土石流災害之 90 處村里有 218 條土石流潛勢溪流,彙整包括 111 條發生土石 流現象之溪流集水區災害紀錄及崩塌地變化情形,有 84 條之崩塌率低於 5%以下(佔大多數),有 18 條之崩塌率介於 5%~10%之間,而有 9 條之崩塌率達 10%以上,集水區崩塌率即使小於 5%,此土 砂料源即可能遭豪雨山洪夾帶至下游,而導致土石流再次發生。

(2)由上述崩塌地之受災經驗回饋,針對集水區同等級之崩塌率情況進行受災範圍比對,單一塊之崩塌地造成之災害遠較數個小崩塌地產生之災情為大,探究此受災情形甚大差異之原因:(1)崩塌地圖層繪製及計算過程僅考量平面航照影像之判讀與展示其區位相對關係,較難呈現出崩塌土壤厚度;(2) 惟單一塊大面積之崩塌地,除了崩塌土壤厚度較深,崩塌體體積相對較大,當土砂料源與集中降雨逕流會產生較大之土石流之流量,故其致災可能性亦較大。

(3)崩塌地與地形坡度之關係,河岸山腹崩塌地之復發性原因,除了集中高強度之降雨、坡度稍陡 峻區域之不利因素,另外仍有其他間接因素,包括: a.崩塌地位於集水區稜線或上游坡地植生復育條 件不佳; b.崩塌地位於河道轉彎處易遭淘刷坡址;以及 c.崩塌地之對岸亦發生大規模崩塌造成擠壓主 河道及流道改變,故土石流災害之溪流兩側較容易發生河岸山腹崩塌地。

(4)降雨量因素,那瑪夏區之降雨記錄在民生雨量站之紀錄至8月9日17時,其有效累積雨量即 達1,600mm超大豪雨,高縣DF004(那托爾薩溪)集水區產生崩場,此次崩場土石來源經判定位於下 移之後,主要侵襲楠梓仙溪既有河階地以及舊有土石流沖積扇,可作為觀察土石流現象之依據,崩塌 地變成料源形成土石流材料並且隨溪流運移作用而堆積。

表 3 那瑪夏區土石流潛勢溪流發生區與河階地名稱一覽表

項次	土石流潛勢溪流編號	河階地名稱*1	礫石層厚度(m)	河階地之 類別	土石流堆積區 淤埋範圍(m²)
1	高縣 DF004	-	-	-	59,360
2	高縣 DF067	民族(上)	30~40	扇階地	4,130

項次	土石流潛勢溪流編號	河階地名稱*1	礫石層厚度(m)	河階地之 ^{類別}	土石流堆積區 淤埋範圍(m2)		
3	高縣 DF001	民生平臺(上)	20~30	扇階地	13,710		
4	高縣 DF002	民生平臺(上)	20~30	扇階地	28,870		
5	高縣 DF062	民生平臺(對岸)	2~3	岩石階地	81,280		
6	高縣 DF080	民生大橋(上)	30~40	扇階地	-		
7	高縣 DF081	兩權平臺(上)	100~150	扇階地	-		
8	高縣 DF082	-	-	-	-		
9	高縣 DF003	民權平臺(上)	80~90	扇階地	26,468*2		
10	高縣 DF063	-	-	-	11,020		
11	高縣 DF064	-	-	-	23,810		
12	高縣 DF065	民權平臺(上)	80~90	扇階地	26,468*2		
13	高縣 DF066	民族(上)	30~40	扇階地	-		
14	高縣 DF083	-	-	-	-		
總計9條十石流潛勢溪流之發生區通過河階地。							

備註:1.依本研究坡度、坡向分析,高縣 DF004 南方亦有階地。

2.依水保局之「98年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查」計畫成果彙整,高縣 DF003 及高縣 DF065 之土石流 堆積區有大部分重疊,因此無法分辨出單一溪流之土石流淤埋範圍。

3.土石流潛勢溪流之發生與河階地分布關係

本研究區域總計有 17 處河階地分布,以南沙魯里為例,龔琪嵐(2004)說明楠梓仙溪(旗山溪)流域 的河階地與地形演育時,將南沙魯里所在位置階地分為三大塊,由楠梓仙溪向南玉山南麓,依序為岩 石階地、岩石階地以及扇階地,由 2001 年航照底圖可詳細辨別河階地之分布,如圖 8 所示,該圖上 之兩條溪流線,左側為高縣 DF067,右側為高縣 DF004。經比對受災區域,多位於既有河階地上較 為平緩之岩石河階,若土石流發生區位在河階地上,尤其南沙魯里聚落後方之野溪沖積扇,則需小心 野溪河道兩側坡地材料遇雨導致土砂材料下滑,於聚落內再次下切以及形成另一處河階或扇階地。

若根據龔琪嵐(2004)對於河階地演育之「環境變化-系統反應」觀點,探討楠梓仙溪河階演育與扇 階地之互動過程,若未發生之土石流潛勢溪流集水區受到地質營力影響(構造活動),仍可能會有崩塌 地或鬆動土石下移。因此,未來於河階地之土石流相關調查,若需要判斷是否屬於土石流潛勢溪流, 建議先完成河階地之細部調查,而且僅依賴五萬分之一地質圖可能尙無法確認扇階地是否存在以及土 石流料源埋藏的位置,如圖9所示。



五、結 論

本研究主要參考龔琪嵐(2004)研究之楠梓仙溪河階分布圖,並以歷年土石流潛勢溪流與聚落調查 方法及結果進行資料比對,探討河階地對於土石流發生之影響,並且發現莫拉克颱風期間新增之土石 流災害事件與楠梓仙溪之河階地形有關。

本研究根據蒐集了莫拉克颱風後崩塌地分布情形作為研判依據,若將來判釋未發生土石流災害之 野溪集水區時,建議可套配山崩潛感圖做為土石流發生區料源估計之用途。

後續若針對河階地之土石流潛勢溪流調查,建議先完成河階地之細部調查,再依目前現有土石流 判定方法以及進行現地勘查,可提升土石流潛勢地區判定之準確性。

本研究也發現在野溪集水區內若有斷層通過,對土石流料源之供給造成甚大影響,建議後續可進 行研議有關河階地厚度、斷層帶距離等因素對於土石流發生規模之關係。

參考文獻

 Schumm, S. A. (1994) , "Erroneous perceptions of fluvial hazards, "Geomorphology, 10:129-138.

2. 齊士崢(1995),「河川地形演育與潛在地形災害」,地理學報,19:51-70。

3. 謝正倫(2002),「土石流潛勢溪流調查計劃」,國立成功大學防災研究中心。

4.龔琪嵐(2004),「楠梓仙溪流域的河階地與地形演育」,地理學報,38:47-62。

5.台大地理環境資源學系(2011年11月查詢),網址 http://lab.geog.ntu.edu.tw。

6.農委會水土保持局(2008),「97年重大土石災例現勘及報告彙編」,農委會水土保持局。

7.農委會水土保持局(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。

8.農委會水土保持局(2010a),「99年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析」,農委會水土保持局。

9.農委會水土保持局(2010b),「99年莫拉克災區山坡地聚落安全調查」,農委會水土保持局。 10.潘國樑等編著(2011),「遙測影像判釋手冊」,財團法人中興工程顧問社編印。