

玖、二次災害發生類型與趨勢評估

9-1 流域問題與二次災害可能發生之類型

根據第三章至第五章之評估成果，太麻里流域在莫拉克颱風期間，流域內發生大規模崩塌運動，造成河床高程劇烈抬升、河幅變寬，河道上土砂堆積情形明顯，尤其在包盛社堰塞湖區域，因大規模崩塌生產大量土砂材料，堆積在原有河道上形成天然土石壩，堵塞主流河道水流，形成堰塞湖。

故在莫拉克颱風之後，太麻里流域內之土砂條件迅速改變，除包盛社堰塞湖所造成之二次災害問題，流域內現存之土砂生產與運移運動，也可能為太麻里流域帶來更為嚴重之土砂災情。綜合前述之分析成果，太麻里流域在莫拉克颱風後，可能之集水區問題包括有下列數點：

- **流域上游為主要暴雨中心**：根據第三章之分析結果，太麻里流域之年平均降雨在流域內由東向西遞增，到流域上游為最大，年平均雨量最大可達 4,000 毫米，但因太麻里溪上游多為無人可及之原生林區域，並未設置雨量觀測站，其地勢至太麻里上游處越見陡峭，自斗里斗里溪匯流後，高程由原先海拔約 500 公尺，拉升至海拔近 3,000 公尺，因迎風坡效應之影響，颱風暴雨量可能較估計量為大，誘發崩塌、深層崩塌與土石流等各種可能之土砂運動，為太麻里土砂運動的主要誘發因子與發生地點。
- **集水區崩塌面積逐年增加**：太麻里集水區自民國 94 年海棠颱風後，集水區崩塌面積快速增加，在莫拉克颱風後全流域之崩塌率更高達 15% 以上，為歷年來之最高，新增崩塌為流域帶來大量新增土砂材料，提供做為土砂運動所需之材料。且因莫拉克颱風造成崩塌面積的迅速擴大，坡面上裸露面尚未穩定，未來仍有可能因為颱風暴雨的持續作用，造成裸露面的擴大，為太麻里流域持續提供新生土砂材料，為太麻里溪未來數年內土砂生產的持續來源，也加劇未來可能的土砂二次災害。
- **主流河床高程大幅抬升**：因崩塌為太麻里流域帶來大量土砂材料，太麻



里溪近年來土砂運動劇烈，溪床高程逐年抬升，根據歷年太麻里溪勘測與斷面測量之成果，從民國 89 年至 95 年，庫濃溪匯流口以上之河道段（庫濃溪至斗里斗里溪間），堆積土砂量達到 1,000 萬方（資料來源，民國 95 年台東縣太麻里溪全流域整體治理調查規劃，水土保持局），莫拉克颱風後，由本計畫之測量及前期航測地形比對成果，也指出自麻利都部溪以上河床抬升越見明顯，抬升高度自麻利都部溪處約 3~5 公尺，逐漸增加至上游堰塞湖區的 40~50 公尺，說明太麻里溪河床逐年抬升之情形（5-1 節成果），未來，這些堆積在河床的土砂材料，可能隨著逕流持續往下游運移，堆積在下游處之河道上，抬升下游河道段之河床高程，造成下游排洪斷面可能的減少，增加了兩岸聚落、耕地或道路之災害潛勢增加，配合前述之流域新生土砂量的持續供應，可能造成更為嚴重的二次災情。

- **太麻里包盛社堰塞湖之形成**：堰塞湖形成後，大量土砂材料堆積於上游河道，改變河床坡度與堆積高度，形成未來新土砂供應來源。除此之外，因堰塞湖的形成，改變了水流通過堰塞湖區時之流量歷線分配，堰塞湖溢洪口的逕流過程與土砂侵蝕過程，成為下游評估二次災害時之重要邊界條件，故堰塞湖（天然壩）的安定分析，以及在暴雨過程中的逕流與土砂過程，為現有太麻里流域之問題，若水流通過天然壩處造成溢洪侵蝕（overtopping erosion），形成高含砂水流往下游輸送，過程中誘發大規模之土砂運移現象，則現有水理分析須針對高含砂水流之情型修正，或是以足以反應土砂運動之模式進行模擬分析，才可評估下游可能之災害規模與類型。
- **現有聚落與河床距離過近**：現有河道兩岸聚落，如嘉蘭村、溪頭村等，大多位於主河道兩側，與溪床高差、距離河道距離，都因為河床的逐年抬升、河幅加寬效應，而逐漸減小，目前，嘉蘭村與溪頭村與河道之安全距離與過去相比已有不足，且在莫拉克颱風期間，皆有災情傳出，表示現有聚落與河床距離過近之問題，此外，南太麻里橋兩側之聚落，尤其在沖積扇北側的部分，因溪頭村處的堤防在莫拉克颱風期間被沖毀，

山洪挾帶土石材料通過原有居住居域，沖毀鐵路橋、公路，以及下游數戶住宅，該區域之高程與河道主流相比並無太大差異，災後仍保有明顯的渠槽型態，未來仍有可能在暴雨時期遭受二次災害。

綜合前述之流域問題分析成果，可以發現太麻里流域目前存在有多種不利之因素，可能在未來造成流域內二次災害或持續的土砂運動，綜觀現有之問題點，可歸納可能之 二次災害 如下：

1. 國有林坡面持續侵蝕

據前文所述，太麻里流域之崩塌率在莫拉克災後已達到 15%，且大部分範圍都落在支流斗里斗里溪，以及主流包盛社堰塞湖上游的集水區內（詳見下節 9-2 節崩塌地變遷之說明），這些區段，多為國有林班地之範圍，崩塌地持續侵蝕擴大的結果，不但生產新生土砂材料，持續加劇現有土砂運動之規模。除此之外，也破壞原有原生林之植生狀態，故坡面的持續侵蝕，不僅生產土砂材料誘發土砂災害，也可能誘發後續的漂流木問題，大量漂流木隨逕流而下，堵塞橫向河道構造物，或是撞擊兩岸之河堤，最終堆積在河道或海岸處，都造成可能的二次災害。如 [圖 9-1.1](#) 為莫拉克災後拍攝於金崙至太麻里間海岸段之漂流木堆積情形，由圖中可以看出當時漂流木之堆積情況，也間接說明未來一旦崩塌持續擴大後，可能持續衍生之二次災害。

故國有林坡面的持續侵蝕現象，為首要可能之二次災害重點，根據過去台灣土砂運動之經驗，如民國 85 年賀伯颱風後之陳有蘭溪集水區、民國 88 年 921 大地震過後之濁水溪、大安溪、大甲溪等流域，以及民國 93 年敏督利與艾利颱風過後之大漢溪集水區，其崩塌地在重大颱風災害過後 2 至 3 年間，都仍保有持續擴大的潛勢，需數年的時間坡面的崩塌地才會趨於穩定，故同樣的經驗應用在莫拉克災後的太麻里流域，未來數年間坡面尚未處於安定之情況，持續擴大之潛勢仍高，可能使得重大事件後（莫拉

克颱風) 的國有林坡面持續侵蝕現象持續發生, 亦指這種二次災害的發生頻率與規模可能為災後數年間所需主要考慮之問題。



圖9-1.1 莫拉克災後海岸漂流木堆積情形

2. (包盛社堰塞湖) 天然壩之溢流侵蝕：

針對太麻里溪包盛社堰塞湖之二次災害評估，最有可能發生的現象即為溢流侵蝕所造成二次災害，因在前述之分析中（本文第六章安定性分析之成果），太麻里溪包盛社堰塞湖最有可能之破壞型態，並非為突然之快速潰決，因現有堰塞湖區內土砂堆積量極大，造成堰塞湖內之最高水深僅約 10 公尺左右（水深測量成果），而在 12 月份之溢洪口挖降後，現最大水深僅存 6 公尺，水體也從原先的 533 萬方減少為 280 萬方，相對的，天然壩堆積長度達數公里長，堆積厚度達近百公尺，相較於水體深度與堆積厚度，突然潰決造成破壞之可能性較小。

但在溢流侵蝕之情形下，堰塞湖水位在暴雨期間抬升後，溢流至堆積土體之上，侵蝕堆積土體形成高含砂水流或是土石流之運動型態，往下游運移。這樣的侵蝕現象，不但增加逕流流量，也加大了逕流密度，可能造成天然壩堆積土體表層的大量侵蝕，以及地形的急速改變，預估現有堆積土體的安定狀態，或是堆積土體溢流水道的位置，都會因為溢流侵蝕的發生，使得堰塞湖處理上更加複雜，可能形成第二次的土砂災害，是未來較為可能發生之災害類型，也是堰塞湖緊急處理與中長程處理評估中，需要處理之堰塞湖問題。

於計畫執行遭遇凡那比颱風(99 年 9 月 19 日)降雨事件所影響，堰塞湖區域發生明顯變化，相關現地調查與測量成果如前 第五章 堰塞湖及崩塌區調查及圖資分析 所述。如同本計畫前述之評估，天然壩堆積土體溢流水道的位置於凡那比颱風後發生明顯侵蝕的現象，根據前後期現地測量成果的比對，可以看出原本堆積在壩體處的大量土方，在洪水的作用下，發生嚴重侵蝕的情況，使得太麻里溪堰塞湖溢流口處之河床高程下降約 13 公尺。比對本計畫於堰塞湖區取得之縱斷面測量資料，在堰塞湖溢流口上游側發生侵蝕的情況，但下游側則有堆積的情況，而河床坡度靠土砂運移的作用重新進行調整，已十分接近莫拉克颱風災前的溪床坡度。凡那比颱風後太麻里溪堰塞湖已無蓄積水體，天然壩體與溢流水道處的地形也發生改變，故往後可能發生天然壩之溢流侵蝕之二次災害風險已明確降低許多。

3. 支流土砂運移與堆積：

在太麻里河流域內，除包盛社堰塞湖之外，沿程有數條重要支流，皆可能在未來持續供應土砂材料至主流堆積，甚至是堵塞主流河道形成堰塞湖，如斗里斗里溪、補拉米溪、麻利都部溪、馬奴爾溪等，如斗里斗里溪在莫拉克颱風期間，出口形成大規模沖積扇，供應大量土砂材料太麻里溪主流，使得主流河道在此處迅速抬升，原有著名景點比魯溫泉區也遭土石掩埋，而補拉米溪出口處之土砂堆積情形更為嚴重，因補拉米溪上游在莫拉克颱風期間發生大規模崩塌，在出口處形成高約 40 公尺的土石流扇狀地，故現有支流若持續供應土砂材料，可能造成河道的淤高，阻塞的現象，造成二次的土砂災害。

4. 洪泛災害

因太麻里上遊土砂條件複雜，包括有包盛社堰塞湖、支流大規模土石流扇狀地、河道土砂劇烈沖淤之問題，綜合上述之現象，都會影響現有的逕流條件，加大颱風暴雨時期之洪峰流量。

除此之外，因太麻里溪河道土砂運移現象劇烈，故自民國 94 年海棠颱風之後，河道抬升之情形非常明顯，莫拉克颱風時，除河道之抬升外，因劇烈土砂運移之效應，原有河道主深槽已在颱風期間遭土砂淤滿，河道失去原有深槽位置，洪水在堆積層上竄流，河幅明顯增寬，一旦再度遭逢颱風豪大雨，逕流自上游之包盛社堰塞湖區域，或是各個支流堆積土體上，挾帶大量土砂材料宣洩而下，將造成河道的再次抬升與堆積，河幅可能再次擴寬，這種河道深槽堆積，河岸兩側掏刷（河幅加寬）的現象，在未來的數年內，將持續為太麻里流域最為嚴重的二次土砂災害，而最可能影響的區域，自布查其蘭、嘉蘭村、溪頭村、到最下游的沖積扇區域，目前都為人為活動較為密集的居住區，且這些聚落目前與河道之安全距離與安全高差與莫拉克災前相比，都已有減少的現象，若再次遭受洪泛事件侵襲，可能對居民的生命財產造成影響。

圖 9-1.2 即拍攝於嘉蘭村處，由照片中可以看出，原有太麻里溪河道目前已堆積有大量土石材料，逕流因失去原有排洪斷面，轉而向兩岸擴寬河幅，造成兩岸的掏刷侵蝕，圖中即為嘉蘭村受災最為嚴重的區域，靠近河道之民宅已在莫拉克颱風期間被洪水掏刷而破壞。災後，各規劃治理單位為確保保全之安全，已在嘉蘭村或是各個保全對象之位置，進行各種緊急工程防護措施，確保下次洪水來時保全對象之安全，但因上游大量之土砂材料未來仍會持續往下游運移，如何持續確保保全對象免受洪泛二次災害的侵襲，是太麻里溪當前處置最重要的問題。



圖9-1.2 嘉蘭村莫拉克颱風時河道兩岸掏刷後之情形

由流域問題分析以及二次災害類型分析之成果可知，太麻里溪之土砂問題並非為單一包盛社堰塞湖之土砂問題，而為全流域之土砂問題，其範圍包括了各種土砂運動機制，包括有坡面的崩塌、支流土石流、主河道上的堰塞湖、下游河道的劇烈沖淤等，這些新增的土砂運動改變了原有流域內土砂運動的特性與現象，改變了流域內的土砂條件，為二次災害主要的誘因與機制，規畫治理方案的擬定與評估，須考慮到全面性、各權屬單位間的綜合考量，避免對土砂運動的錯誤評估。

9-2 流域潛在土砂變遷趨勢評估

由 9-1 節之評估成果，太麻里河流域之各類型土砂運動，為未來太麻里流域最主要之土砂問題。故未來流域潛在土砂流出量的評估，為二次災害評估之首要工作。

潛在土砂流出量的評估，包含三個主要的工作項目，第一為流域崩塌地變遷的評估，第二為河道堆積土砂量的評估，第三為未來河道變遷趨勢的評估。在流域崩塌地變遷的評估上，採用衛星影像分析歷年來太麻里流域之崩塌地變遷過程，分析未來可能之坡面侵蝕情形；而在河道堆積土砂量的評估上，則採用本計畫執行團隊所開發之流域土砂收支模式，進行太麻里溪河道在莫拉克災後堆積土砂量的評估，進而應用水文統計期望值之觀念，計算未來一年、兩年與三年後之河道土砂變遷趨勢。

9-2.1 崩塌地變遷評估

考慮到太麻里河流域之各類型土砂運動與未來太麻里河流域之土砂問題，配合太麻里河流域內之地質背景資料與地質敏感區特性，列舉出下列各種可能造成土砂來源的地質敏感區位：

1. 崩塌

參考國道南橫公路路線研選計畫(中華顧問工程司，1997)，其針對各路廊地區地質敏感區地質分類統計表如 表 9-2.1，在太麻里溪一帶(#6A 路廊沿線)落石崩塌分佈於厚層塊狀砂岩出露處及不連續面發達的地區，例如比魯南側太麻里溪沿岸一帶、麻利霧溪口至嘉蘭溫泉一帶及太麻里溪出口處南岸地區；根據莫拉克颱風之前之調查，太麻里溪沿線之崩塌災害大部分屬淺層崩塌，岩層風化破碎、降雨、向源侵蝕、河岸侵蝕及道路開挖均為誘發其活動的主因。

2. 土石流及沖積扇

本集水區位在中央山脈南段區內，因坡度陡峭、岩層破碎及沖蝕作用旺盛，在支流至主流之接觸地帶，往往存有因山崩及土石流而成之崩積層及扇狀地，此類堆積層其搬運速度較快且移動距離較短，其組成物質未經淘選作用，未混合狀態之土、砂、礫，礫石大多呈角礫，其工程性質較差，除此之外，其上游邊坡穩定與否，亦關係著該土石流區是否會復發。於莫拉克颱風之前，這類沖積扇於太麻里溪沿線約有四處，其分別位在救國救爾溪口對岸野溪出口處、麻里都部溪溪口、布查其蘭吊橋南岸邊坡上及嘉蘭村一帶。但於莫拉克颱風後，太麻里溪中上游集水區內，許多野溪與坑溝均發生土石流運動，造成這類沖積扇數量遽增，如補拉米溪出口處、斗里斗里溪出口處與太麻里堰塞湖處等。

3. 崩積層

構成崩積的岩塊多呈凌角狀，且大小不一，由於未能達到足夠的壓密，使崩積層具有很高的孔隙率與滲透率，因此常會發生下列問題：

- (1) 崩積層與基岩之界面發育為滑動面。
- (2) 崩積層受擾動易發生崩塌。
- (3) 崩積層只要含有少量水分即易產生蠕動。

由於莫拉克颱風時，帶來驚人的降雨，亦使其誘發崩塌。

4. 斷層破碎帶

在斷層發生相對移動時，由於斷層面多不平滑，因而將兩側鄰近岩層壓成碎塊，甚至磨成黏土而具有一定厚度，形成斷層破碎帶。因為斷層破碎帶具有強度脆弱、疏鬆和容易滲水等弱點，也容易引發深層崩塌或是造成密集崩塌的好發帶。

表9-2.1 太麻里溪地質敏感區地質分類統計表

崩塌基岩岩性			崩塌類型				崩塌活動性			崩塌誘因**									
基岩岩性	崩塌數量	崩塌比率	淺層滑動	圓弧型滑動	平面型滑動	土石流	高	中	低	自然因子							人為因子		
										或破碎帶岩層風化破碎	降雨致使孔隙水壓增高	河流側蝕	向源侵蝕	不連續面發達	地形陡峭	順向坡	道路開建	植生剷除	
M1ss	43	5 %	37	5	1		9	30	4	17	5	23	2	20	4	2	8	1	
M1a11	75	8.8%	69	2	2	2	21	43	11	25	6	37	10	46		3	30	5	
M1a12	108	12.6%	99	4	3	2	24	71	13	43	5	59	15	60	2	3	21	5	
M1a13	470	54.8%	432	37	4	3	3	120	271	79	254	48	214	71	154	42	3	89	8
M1s1	24	2.8%	22	2			4	17	3	16		10	2	4			8	4	
Eh	32	3.7%	28	4		1	11	18	3	20	5	20	3	6	8		8		
M1ss+a11	4	0.5%	2	1		1		3	1	3	2	2							
M1ss+a12	9	1.1%	3	6			1	7	1	7	5	2	1	2			1	1	
M1ss+a13	18	2.1%	12	4	1	1	1	7	10										
M1a11+a12	9	1.1%	9				3	4	2	4		4	1	5			4		
M1a11+a13	17	2.0%	17				1	15	1	5		9	4	12			3		
M1a11+s1	2	0.2%				2		2						2			2		
M1a12+a13	17	2.0%	16	1			3	12	2	6		12	3	8			2		
M1a12+s1	3	0.3%	2		1		1	2		2		1							
M1a13+s1	15	1.8%	14	1			1	11	3	14		9	2	1			3		
M1a13+Eh	6	0.7%	4	2			1	4	1	3	1	3	2	3					
M1ss+a11+a13	1	0.1%	1						1					1	1				
M1ss+a12+a13	2	0.2%	2					1	1			1		2					
M1a11+a12+a13	1	0.1%	1					1						1			1		
M1a12+a13+s1	1	0.1%		1				1				1						1	

* M1ss:厚層塊狀變質砂岩
M1a11:變質砂岩與硬頁岩或板岩
M1a12:變質砂岩與硬頁岩或板岩
M1a13:硬頁岩或板岩偶夾變質砂岩
M1s1:厚層硬頁岩或板岩
Eh:變質砂岩及板岩或千枚岩
** 崩塌如由許多因子所肇使,則每一因子皆加以統計。

註：國道南橫公路路線調查(中華顧問工程司，1997)

除了褶皺及斷層等大地構造造成的深層崩塌發育外，出現於太麻里溪沿線之不連續面，包括層面、結理、劈理等岩層構造，往往將岩體分割，且為岩體中主要之機械性質弱面，因此從工程觀點而言，不連續面為控制岩體機械性質的極為重要因子。岩層不連續面的來源，主要來自(1)解壓作用及(2)構造應力等兩種不同類型：

1. 解壓作用形成之節理

解壓作用形成之破裂面主要見於沿溪流河床兩岸，河床因受側向侵蝕作用的影響，導致側向解壓而有破裂面之發育。此類破裂面均為張力破裂面，破裂面常因張力作用而有間隙存在，且均無礦物填於節理面之間隙中，但因解壓作用造成之破裂面多與地形或開挖之自由面向互相平行，分佈及影響範圍多僅限於地形兩側數十公尺範圍內。其對邊坡造成的影響主要是岩塊易沿此破裂面發生傾覆或掉落現象。



2. 構造應力形成之不連續面

就受構造應力作用而產生之破裂面(節理或斷層)而言,他是岩體在地殼淺部受到應力作用之產物。一般而言,因受構造物應力作用而發育之破裂面可分做伴隨摺皺作用與伴隨斷層作用而發生伴隨摺皺作用發育之破裂面,易顯現密度較高之破裂面發育,並伴隨有劈理的發育。從工程的觀點而論,岩體劈理之間雖然未完全失去其凝聚力,但劈理面亦為岩體機械性質上之弱面,唯其影響不如破裂面來的明顯。伴隨斷層發育之破裂面,調查區域內規模較大之破碎帶主要是伴隨著逆斷層發育。

在板岩及千枚岩中,因為解壓或重力作用,易產生岩層的撓曲現象(圖 9-2.1),亦為造成地滑的主因之一。構造應力形成之不連續面在變質砂岩層中尤為明顯(圖 9-2.2),此兩種不連續亦是造成崩塌地發育的不利因素。



圖9-2.1 板岩及千枚岩中產生的重力撓曲現象



圖9-2.2 因受嚴重構造變形導致砂岩破碎情形

為了解太麻里流域內崩塌地變遷過程，本計畫蒐集太麻里河流域自 921 大地震後之衛星影像共 8 幅，影像時間選擇為重大颱風暴雨事件後之影像，包括有民國 89 年的象神颱風、民國 90 年的利奇馬颱風、民國 93 年的敏督利與南馬都颱風、民國 94 年的海棠颱風、民國 98 年的莫拉克颱風，在民國 93 年以前，皆採用法國 SPOT 衛星影像，而在民國 93 年之後，則採用本國自主發射之福爾摩沙二號衛星影像，作為衛星影像來源。

如 圖 9-2.3、圖 9-2.4 與 圖 9-2.5 所示，太麻里集水區自民國 94 年 7 月 18 日海棠颱風後，因豪雨造成坡面嚴重沖刷，並造成多處崩塌地，其中尤以麻利都部溪(黑河)、斗里斗里溪、補拉米溪，以及上游河段集水區崩塌分布最為嚴重，而在 98 年 8 月莫拉克颱風後，上游集水區之崩塌情況更是明顯劇增。與地質構造剖面圖(圖 9-2.6)相比較，這些崩塌密集分佈的位置通常均屬斷層之分佈位置，導致岩層嚴重褶曲(圖 9-2.7)、錯位、破碎，斷層破碎帶因為容易滲水(圖 9-2.8)，風化、侵蝕作用也特別發達，陡坡坡面、崖錐位置產生較厚的崩積土或風化岩盤，成為崩塌之主要材料。

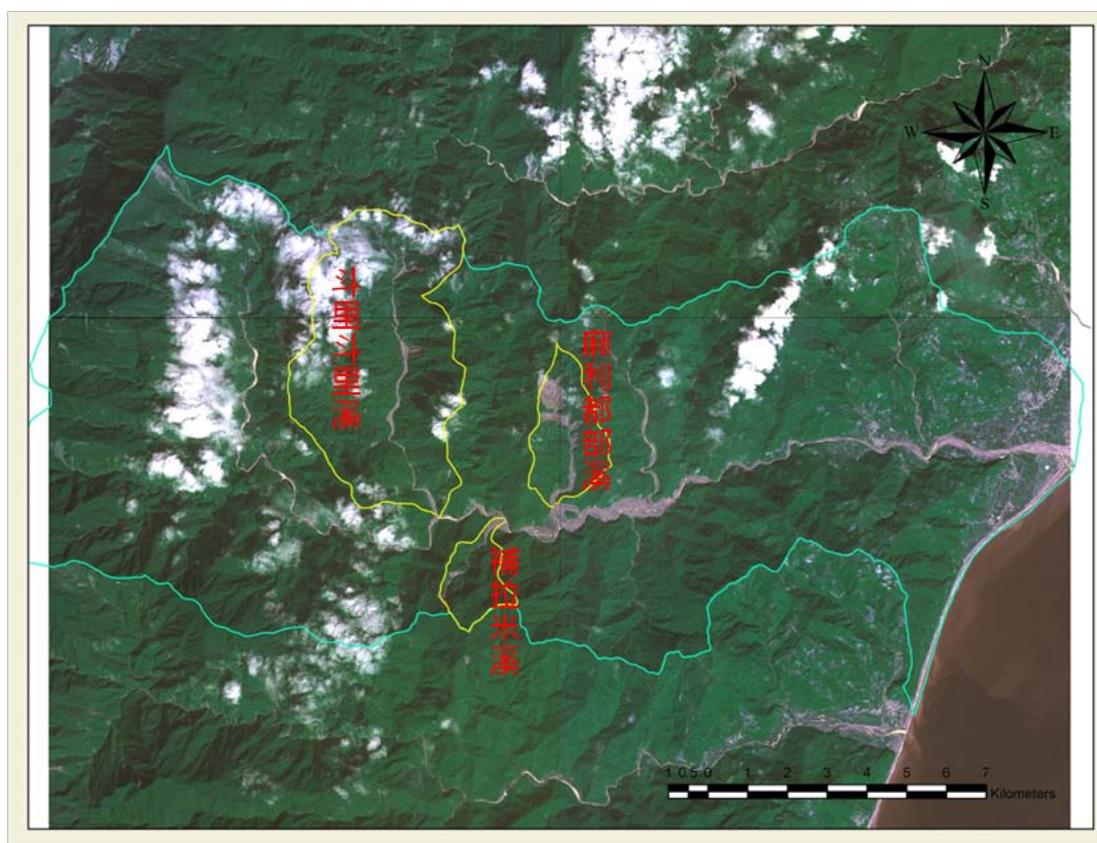


圖9-2.3 太麻里溪集水區海棠颱風前 SPOT 衛星影像 (92 年 1 月)

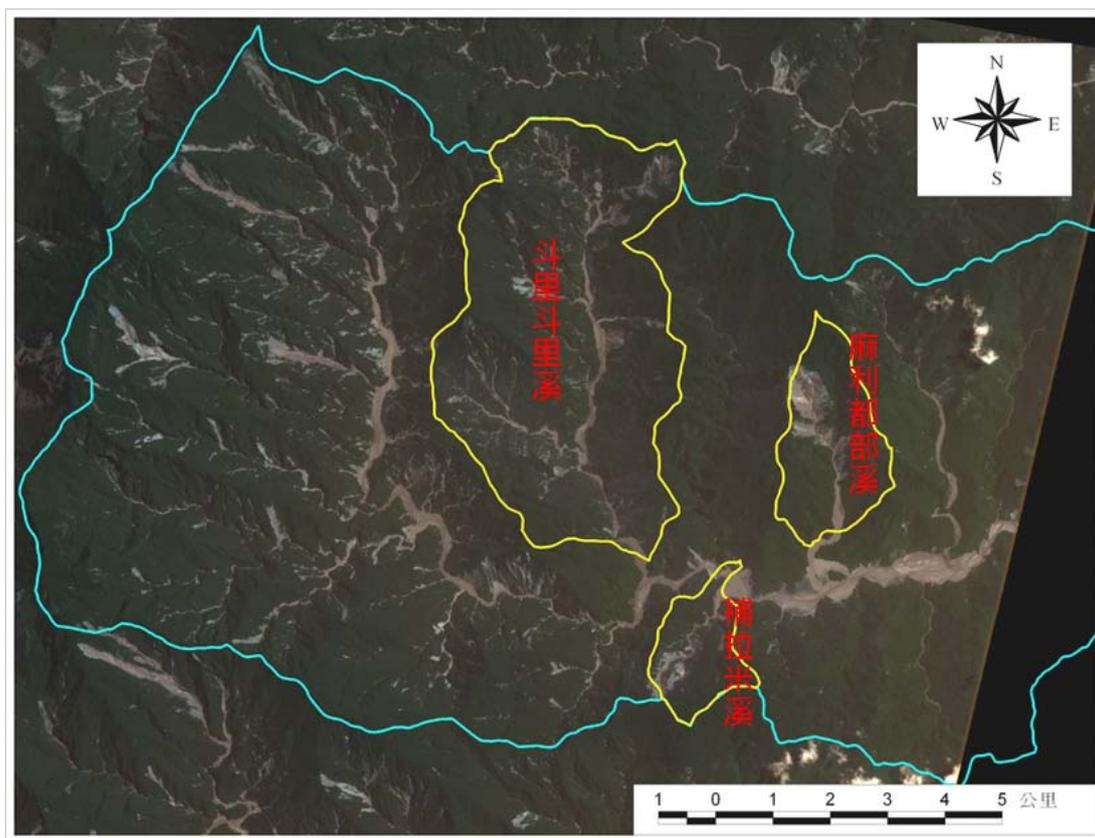


圖9-2.4 太麻里溪集水區海棠颱風後福衛二號衛星影像 (94年8月)

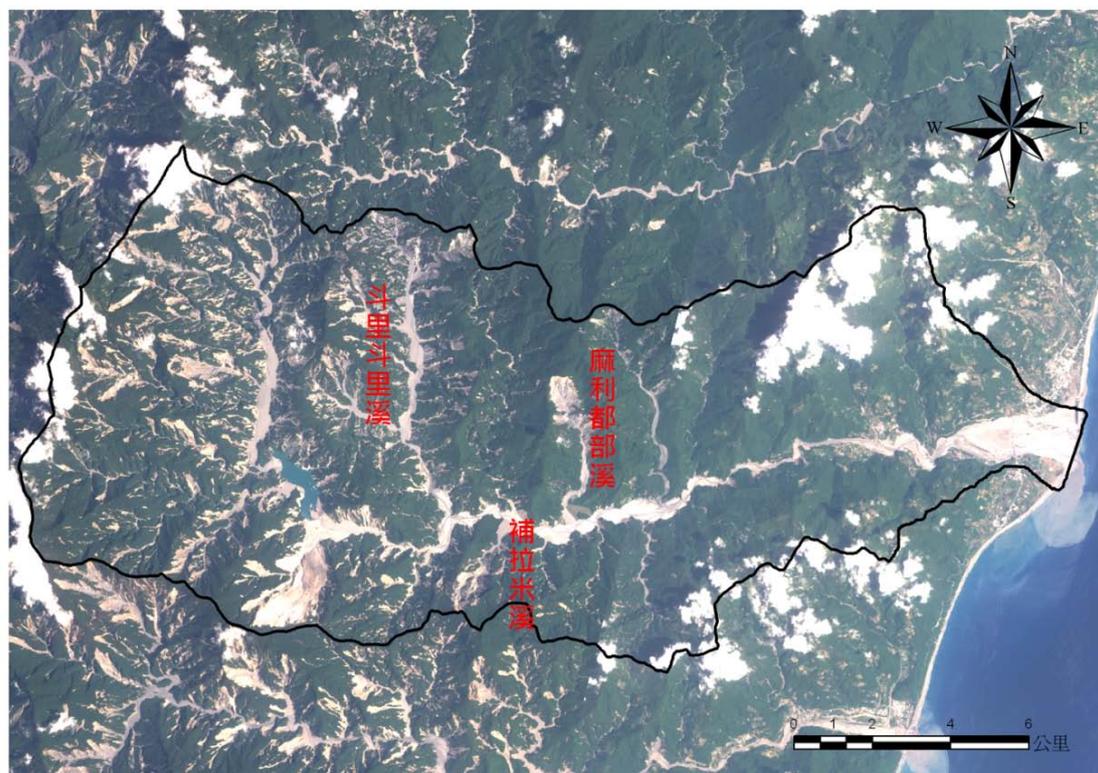


圖9-2.5 太麻里溪集水區莫拉克颱風後福衛二號衛星影像 (98年9月)

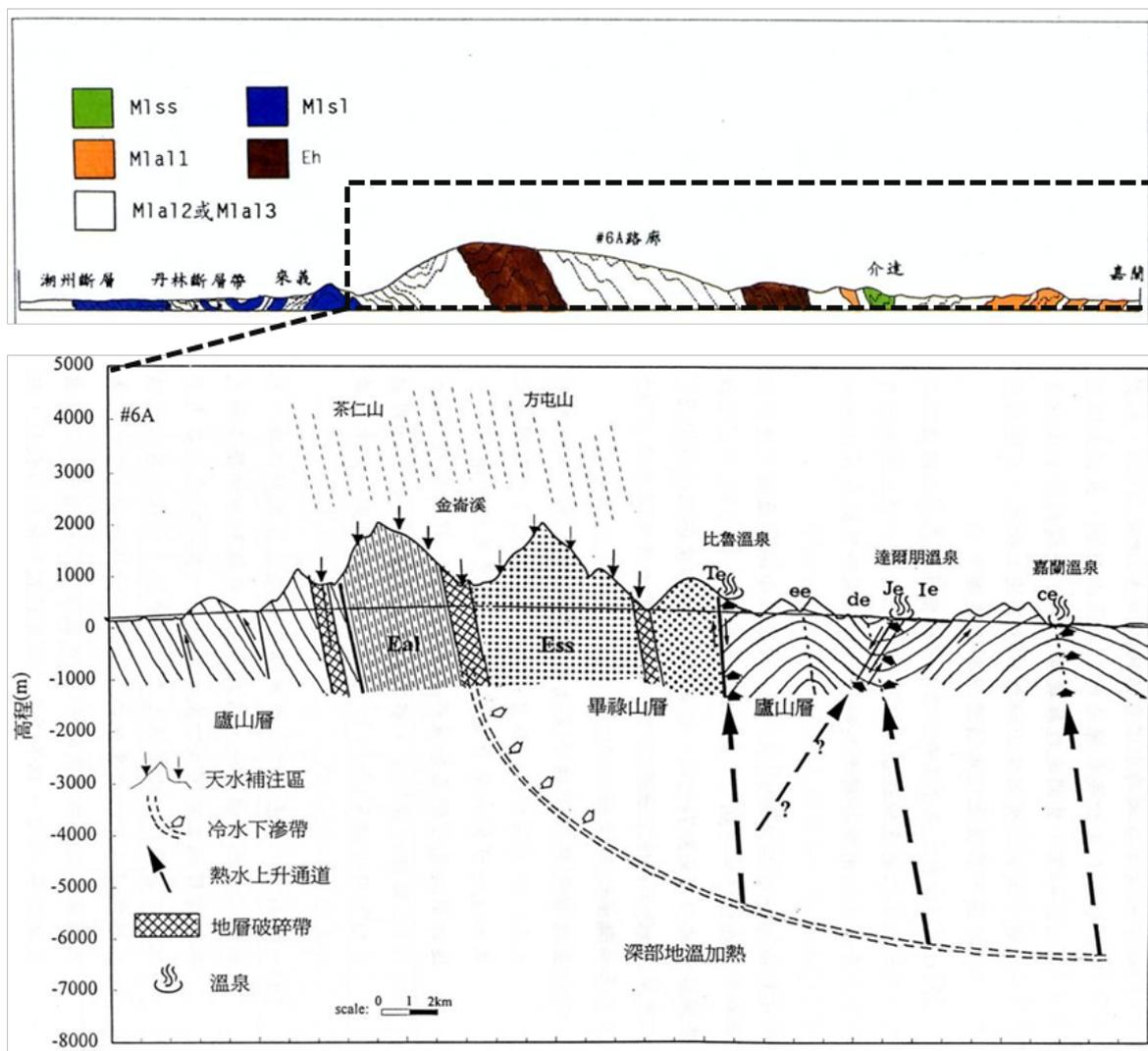


圖9-2.6 太麻里溪一帶構造剖面示意圖(中華顧問工程司，1997)



圖9-2.7 岩層摺曲導致崩塌情形



圖9-2.8 斷層破碎帶導致崩塌及滲水情形

莫拉克颱風前、後針對太麻里溪集水區之崩塌調查結果，發現淺層崩塌主要沿河谷兩側之表層土壤發生，主要受雨水沖刷所導致。溪溝上游近源頭處，則多產生深層崩塌(圖 9-2.9)，主要因雨水沿斷層破碎帶滲入岩盤深處，雨水浸潤滑動面產生超額水壓，進而觸發滑動。由於斷層破碎帶深度較大，且造成岩層異常破碎(圖 9-2.10)，崩塌移動的土體深度也多遠大於 5~10 公尺以上。

根據歷年衛星影像判釋成果與莫拉克颱風前、後之相關調查成果，將計畫範圍內的各集水區內崩塌地的類型依其平面型態、分佈位置及形成機制區分成以下三類：

- (1) 蝕溝加深加大產生的淺層崩塌(海棠颱風後)
- (2) 河岸侵蝕造成的側岸崩塌(莫拉克颱風後)
- (3) 地質破碎帶造成的大面積深層崩塌(莫拉克颱風後)

以比例而言，儘管集水區內的土砂來源主要是以包盛社堰塞湖的大崩塌及其上游測支流的土石流為主，但因為坡面沖蝕的加大加深，亦有擴大成大面積的淺層崩塌的案例，在所有崩塌的數量中亦以沖刷造成的淺層崩塌所佔的比例最高。河岸侵蝕造成的側岸崩塌，最主要發生在溪流中下游段，由崩積層堆積而成的緩坡地，因邊坡組成疏鬆，且大部分沿現今河道附近分佈，由於來自上游大量土砂堆積於河道內造成流向紛亂及河床面上昇，接續的水流在轉彎處形成局部的側岸侵蝕掏挖沖積層坡腳，並導致邊坡失穩產生崩塌，較明顯的案例在嘉蘭段。

因為地質因素造成深層崩塌的案例麻利都部溪(黑河)、斗里斗里溪、補拉米溪最為典型，由於表層風化岩層破碎，大部份崩落的土石即以此為主，但在此次莫拉克風災後，崩塌深度及崩塌面積都大幅增加驟增為本計畫區內土砂來源重點外，從崩塌地的近觀可以發現大部分的崩塌地皆屬淺層崩塌，主要崩塌的材料來自表層土壤及部分風化岩盤，崩塌深度都超過5~10公尺以上，部分崩塌地的底部已露出新鮮岩盤。由崩塌地的外型分析可以發現，除了部分呈現較大面積岩盤崩落外，大部分的崩塌地均屬狹長形的表面蝕溝沖蝕造成的破壞。由於集水區上游坡度陡峭，加上表面土壤厚度不大，較少見圓弧形大面積的破壞，考慮集水區崩塌地的現狀以及坡面上現存的不穩定土層分佈，推測未來崩塌地發育的趨勢，仍可能藉著表面沖蝕造成的側向崩塌及溯源侵蝕，朝向橫向及往更上游的方向發展。

蝕溝的分佈以太麻里溪包盛社上游集水區分佈較多，且集中於陡直的崖壁上，由於蝕溝易造成表面逕流的集中，造成坡面上不均勻的局部沖刷，從蝕溝分佈位置與崩塌地位置的相對關係就可以發現)，蝕溝的下游處常出現因為局部逕流集中造成坡面沖蝕以致於邊坡發生崩塌。包盛社下游的蝕溝多發育於支流上游，屬集水區上游坡面溯源侵蝕發展的類型，除發展於崩積土層中因為土層厚度較厚，可能因為沖刷造成大量土石順流而下造成土石流的情況外，大部分發育於岩坡上的蝕溝，由於岩盤面已出露，蝕溝發育的規模及可能造成的沖蝕影響都不易再擴展。



圖9-2.9 斷層破碎帶造成嚴重崩塌及其崖錐堆積物

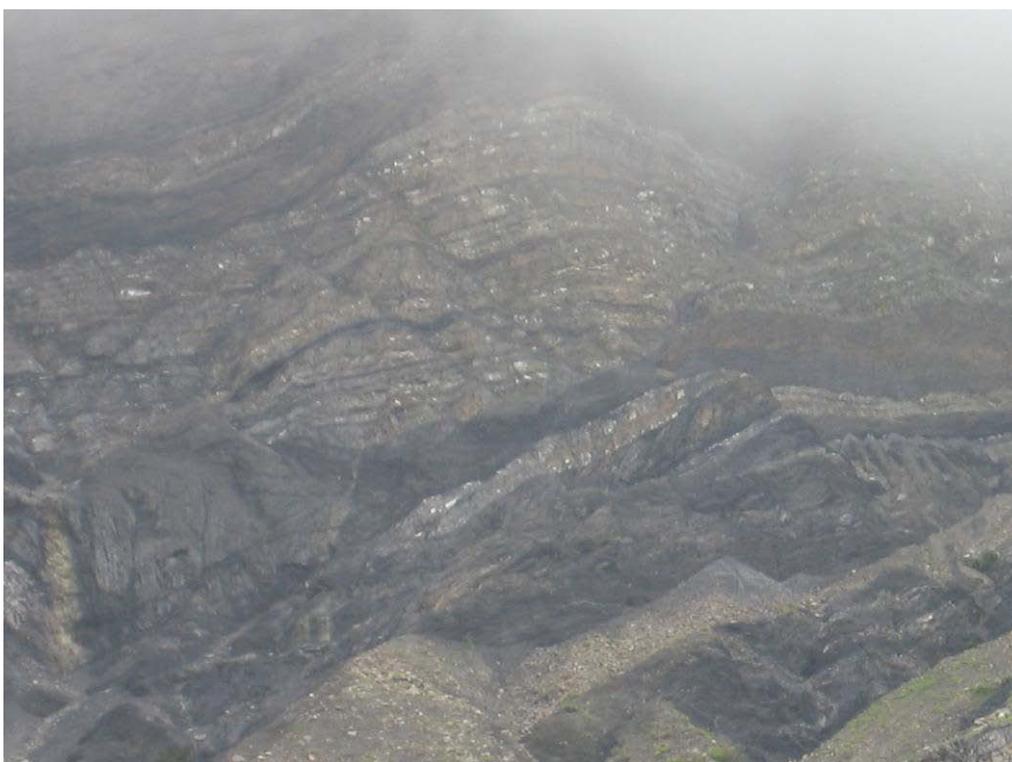


圖9-2.10 斷層破碎帶近觀(黑色線狀構造為斷層泥)

圖 9-2.11 以莫拉克颱風為例，表示太麻里溪崩塌地之判釋成果，由圖中可以發現，太麻里河流域在中上游處，即為斗里斗里溪與包盛社堰塞湖上遊之區域，崩塌情形非常嚴重，集水區內大部分區域都為崩塌裸露面積，河道兩岸之坡面與沖蝕溝都發生嚴重的崩塌現象，為全面性的大規模崩塌運動。反之，在斗里斗里溪匯流口以下之範圍，僅有支流補拉米溪與麻利都部溪有較大規模之崩塌地，但麻利都部溪之崩塌地發生在數十年前，為既有之舊崩塌地而非莫拉克造成之新生崩塌地，表示在斗里斗里溪匯流口以下之範圍，坡面崩塌面積遠小於上游之崩塌面積，也說明了目前太麻里溪之崩塌地空間分布特性。

若將太麻里河流域內之莫拉克颱風後影像判示成果與坡度(圖 3-2.2) 進行分析，如圖 圖 9-2.12 所示，其縱軸為崩塌個數，橫軸為各崩塌地範圍之平均坡度。可以發現莫拉克颱風後崩塌地有一半以上之數量分布在原坡度 60% 至 90% 之間。換言之莫拉克颱風後流域內之崩塌地分布主要位於在中上游處六級坡與七級坡等地勢較陡之區域。

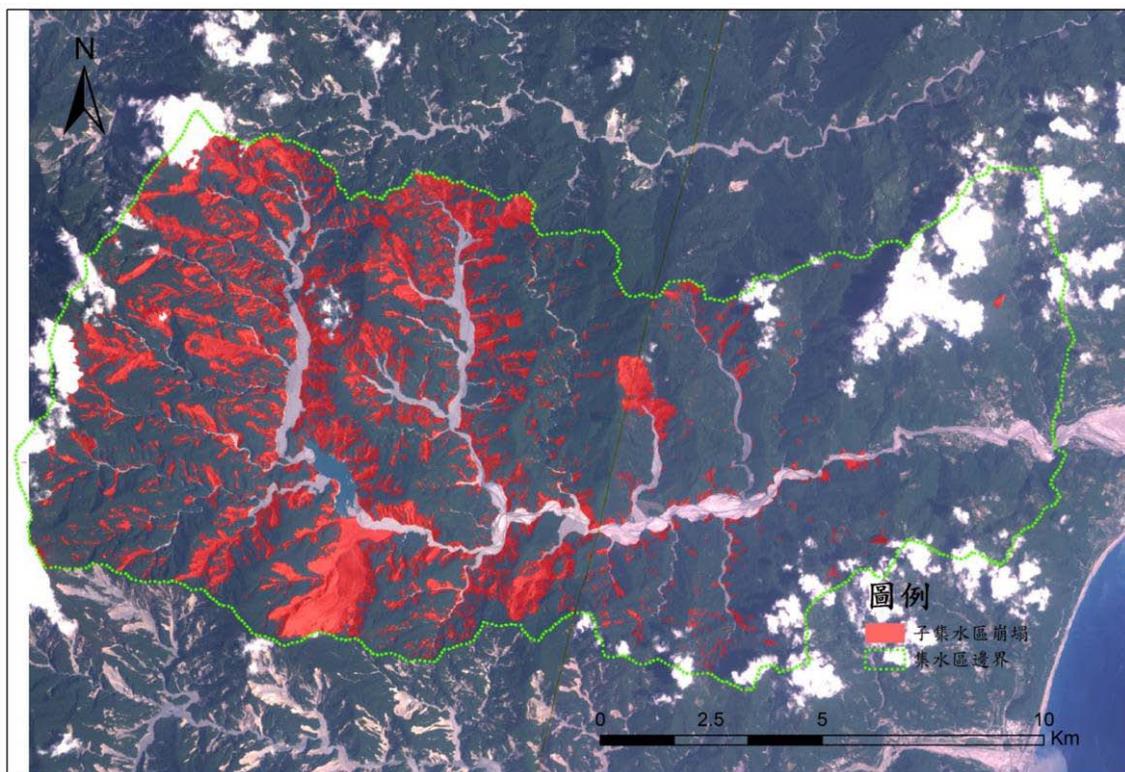


圖9-2.11 太麻里河流域莫拉克颱風後崩塌地判釋成果

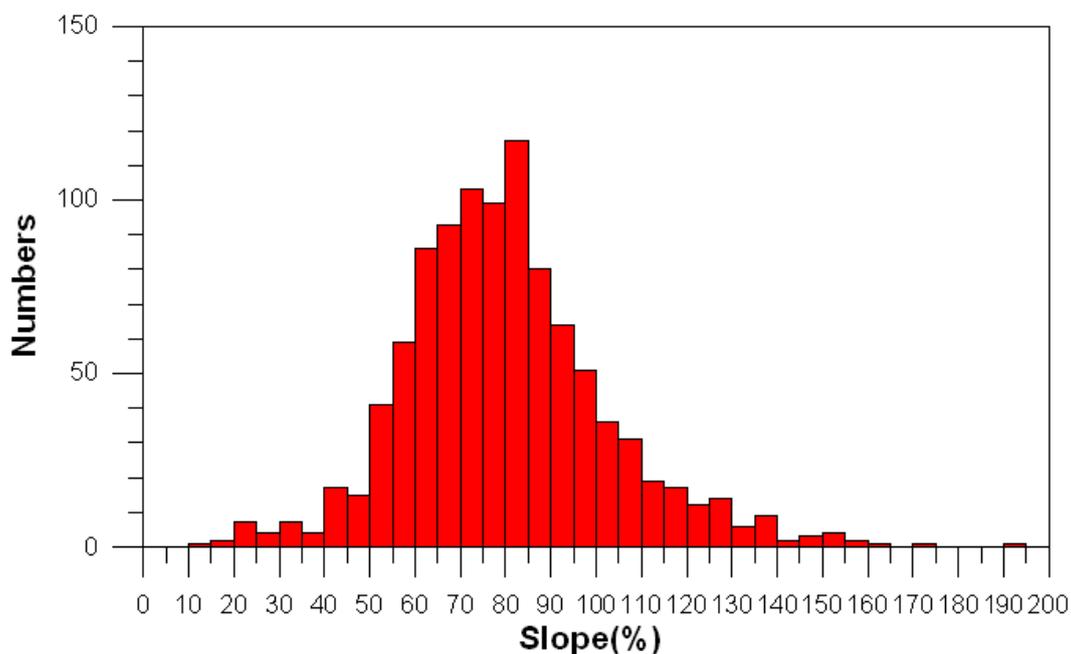


圖9-2.12 莫拉克颱風後崩塌地數量與坡度關係圖

圖 9-2.13 則將歷年崩塌地之判釋結果，根據崩塌率與時間的關係（崩塌率 = 流域內崩塌面積 / 流域面積）點繪在圖上，說明崩塌地隨時間變遷之情形，據圖中成果顯示，太麻里河流域在民國 88 年 921 大地震前之全流域崩塌率僅 0.8%，在 89 年與 90 年的象神與利奇馬颱風後，崩塌率略為擴大為 1.3%，仍在 1% 左右，流域內崩塌情形並不明顯，但自民國 93 年的敏督利與南馬都颱風後，流域內之崩塌率擴大為 2% 左右，崩塌地開始有逐漸擴大的現象，最明顯的擴大在於民國 94 年的海棠颱風之後，流域內崩塌率突然擴大為 3.1%，該場颱風也為太麻里流域帶來嚴重災情，如嘉蘭村有多戶民宅遭受洪水侵蝕而破壞，河床高程也因崩塌土砂材料的加入而有抬升。

此後，太麻里流域內之崩塌地面積開始逐年增加，至民國 98 年的莫拉克颱風，崩塌率已經達到 15%，為歷年最高之崩塌率，故由圖中之變遷趨勢看來，太麻里河流域崩塌地面積自民國 93 年後開始逐年增加，且有持續攀升之趨勢，在莫拉克颱風之後，因目前坡面上之崩塌裸露面尚未完全穩定，在暴雨颱風時期，仍可能因為暴雨的持續侵蝕而擴大，表示現有之崩塌率在未來仍有可能持續攀升，但增加幅度可能隨時間而逐漸減少。

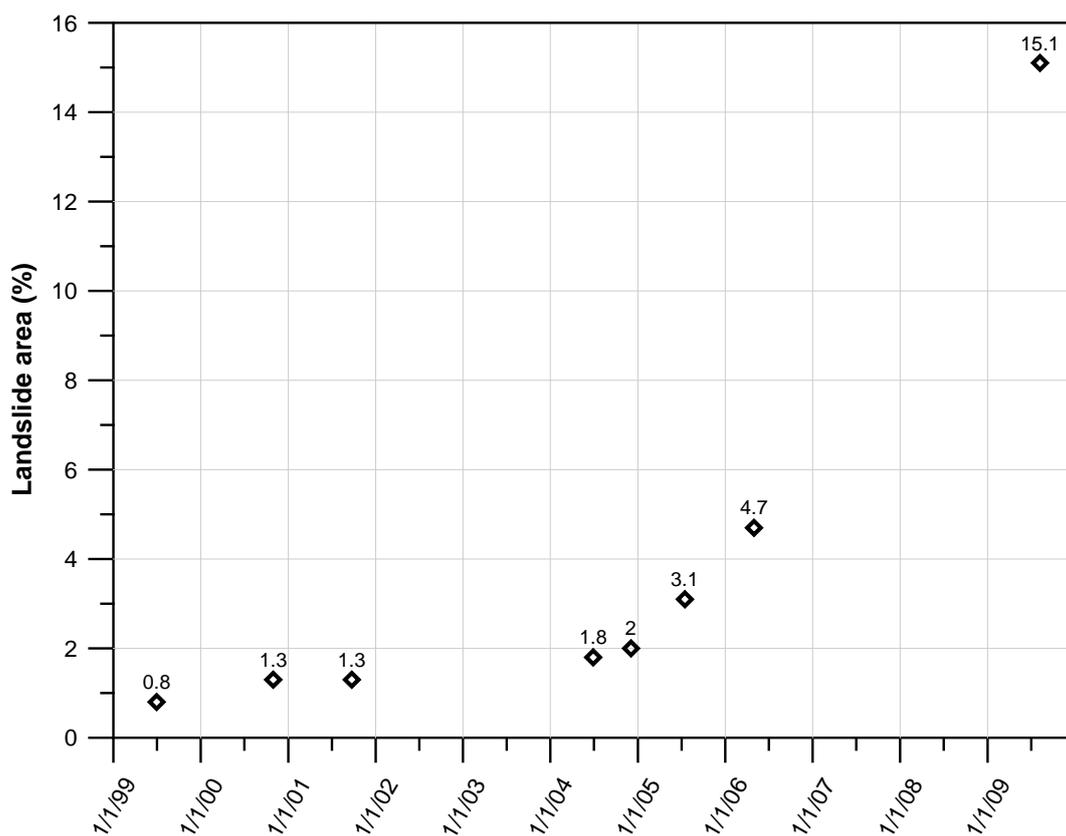


圖9-2.13 太麻里河流域歷年崩塌地變遷情形

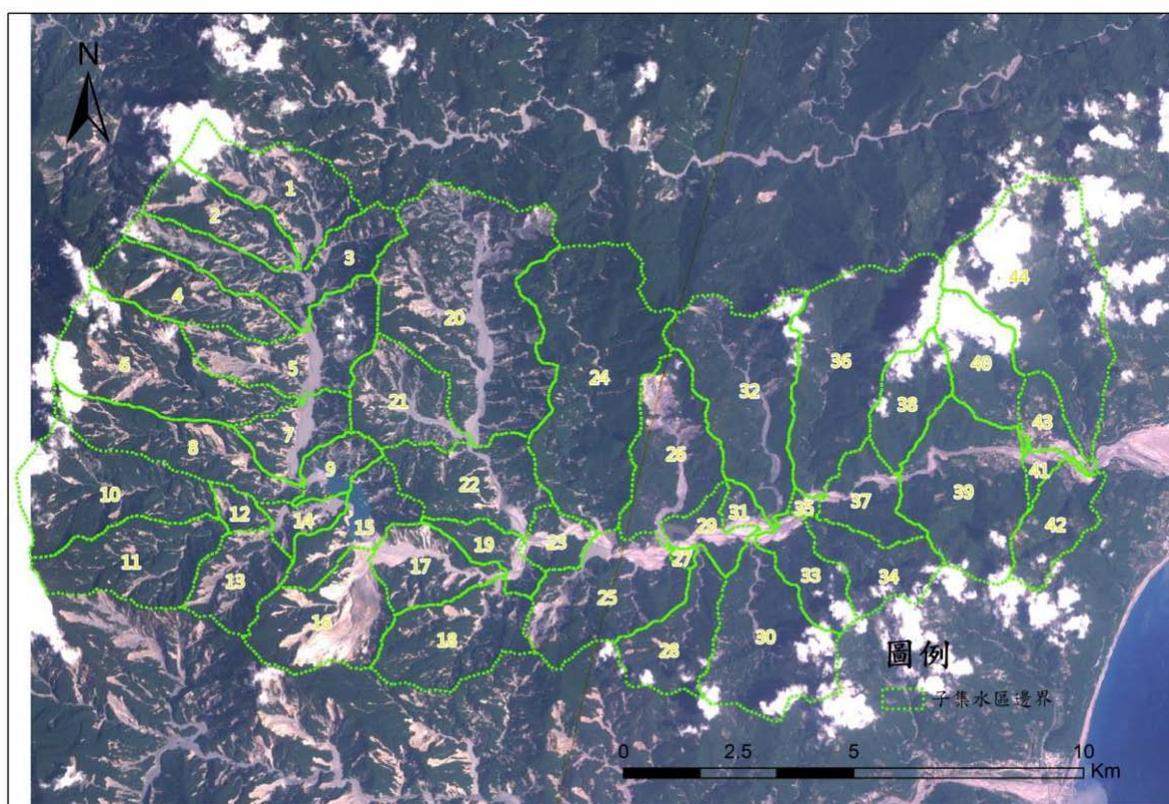


圖9-2.14 太麻里河流域崩塌地子集水區分區示意圖

圖 9-2.14 則應用數值高程模型，進行太麻里溪子集水區與水系的劃分，進而分析各個子集水區之崩塌率，其結果如表 9-2.2 所示，表中，下游子集水區之崩塌率大多在 0.5% 以下，說明自嘉蘭村以下之區域，坡面崩塌情形並不嚴重。而在中游區域，子集水區 25 與 26 分別為麻利都部溪與補拉米溪，其崩塌率分別為 21.4% 與 16.9%，是為中游區域崩塌率較高之子集水區，而在前述之斗里斗里溪與堰塞湖上游集水區，其崩塌率大多在 10% 以上，部分更高達 30% 以上，崩塌率非常驚人；綜合崩塌率分析成果，未來持續對下游造成影響之土砂材料可以分為兩個部分，一為在支流斗里斗里溪之新增崩塌地，因支流坡度較大，將逐漸往太麻里溪主流輸送，另則是堰塞湖天然壩及其上游之區域，因堰塞湖之土砂淤積特性，大量土砂被阻隔在堰塞湖上游，暫時減緩土砂往下游輸送之速度。

表9-2.2 太麻里溪各子集水區崩塌率一覽表

子集水區編號	子集水區面積(m ²)	崩塌率(%)	子集水區編號	子集水區面積(m ²)	崩塌率(%)
1	5315084	33.1	23	1592290	13.8
2	3567715	26.2	24	13628693	4.4
3	5841697	25.5	25	6573740	21.4
4	4737544	23.3	26	5792121	16.9
5	5818747	32.0	27	201130	24.6
6	7949800	20.9	28	3904273	4.4
7	2837496	28.4	29	1743669	3.2
8	5286583	18.3	30	7325059	4.7
9	1692643	30.0	31	774569	11.5
10	7181456	8.1	32	8936400	5.3
11	5602091	10.4	33	2726869	2.0
12	878622	18.0	34	3377135	3.3
13	3328134	29.7	35	298358	3.5
14	1322233	28.5	36	10129305	0.9
15	3453562	24.3	37	2913998	5.2
16	5658517	51.0	38	3249057	0.1
17	3460112	34.1	39	7955000	0.1
18	5489838	18.6	40	3852247	0.0
19	1836171	11.2	41	669717	0.0
20	15555892	29.4	42	3207231	0.0
21	4316859	29.2	43	1681642	0.0
22	5340709	15.6	44	11881174	0.3
備註			總和	208885185	15.1

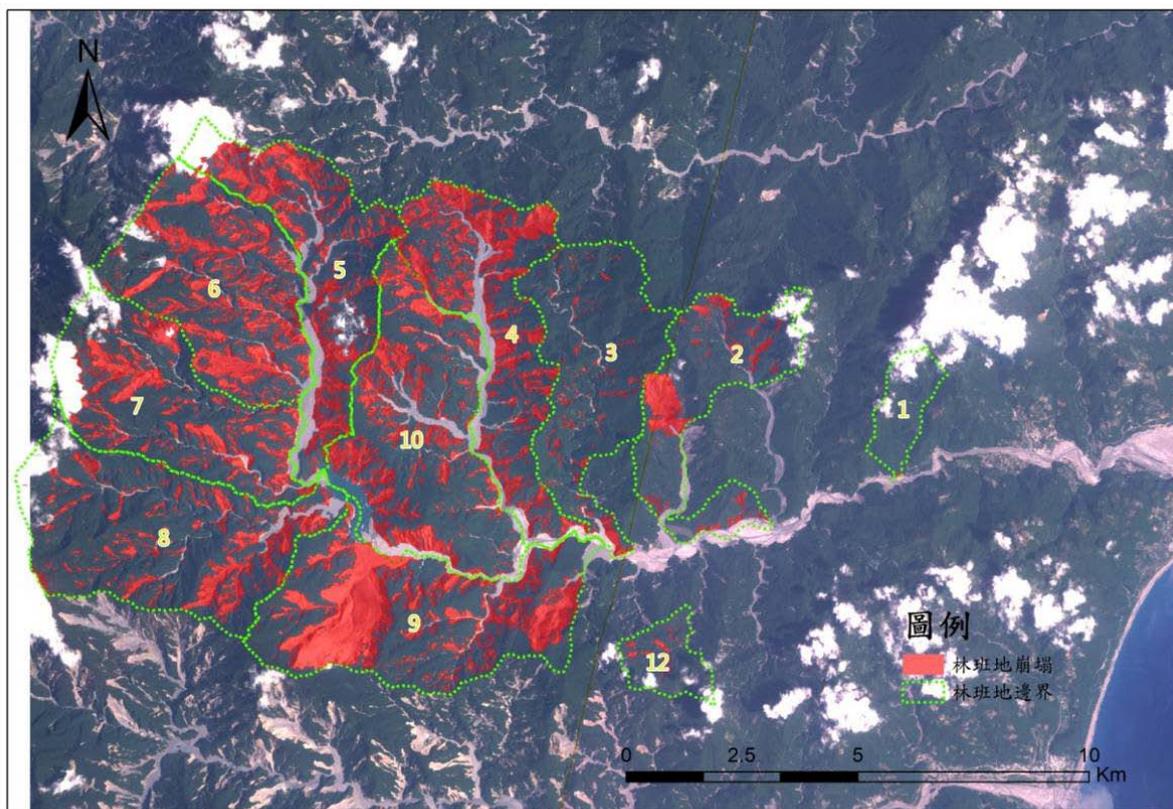


圖9-2.15 太麻里河流域崩塌地林班地分區示意圖

而 圖 9-2.15 則將崩塌地，按照林班界進行分區，結果發現，現有崩塌地除麻利都部溪內舊有之大崩塌地外，大多落於林班地範圍內，且都在大武事業區 23 號大林班地內，其中，以 4, 5, 6, 7, 8, 9 & 10 七個小林班編號內，9 號小林班更是形成堰塞湖大崩塌之所在位置。這些林班地，過去為無人開發之天然原始林，並無人為的破壞與開發行為，表示這些崩塌地的形成，受人為活動影響之成分為小，多因流域地文、地質與颱風暴雨時之降雨等條件所形成。同時，由於這些崩塌地大多位處於人員無法到達之高山區域，也影響了工程或是崩塌地治理的施作成本，為集水區帶來不利的條件。

綜合崩塌地變遷之分析成果，在時間分布上，太麻里溪流流域之崩塌面積近年來逐年上升，目前已達到 15%，未來數年內因坡面裸露面尚未穩定，崩塌面積仍有可能逐漸擴大，持續為太麻里溪流流域提供新生土砂材料。而在空間分布上，太麻里溪流流域之崩塌地目前多分布在支流斗里斗里溪及包盛社堰塞湖上游之區域，支流內之多數區域崩塌率可達近 30%，少數區域更高達 51%，而這些區域之前多為無人可及之原始林區域，落於大武事業區之林班地範圍內，故崩塌裸露面的持續追蹤與評估，為追蹤土砂災害之主要工作。

9-2.2 河道堆積土砂量推估

在河道堆積土砂量的推估上，採用本計畫執行團隊所開發之土砂收支模式進行河道土砂堆積量的評估，其參數共包括有降雨逕流、土砂生產與土砂輸送等多種參數，透過過去歷史事件的模擬，進行各項參數之率定與推演，而模式計算子集水區分區與模式參數設定如 附件 5 所示。

在坡面糙度與河道曼寧係數之給定，本計畫採用美國陸軍兵工團 HEC-HMS 與 HEC-RAS 操作手冊之建議，依據現地河道之情形進行給定，可以給定坡面糙度係數與河道曼寧係數，根據表內之建議值，本計畫根據太麻里流域內之土地利用與分布情形，依照面積比例原則決定各個子集水區坡面之糙度值，坡面糙度之範圍，在太麻里流域從最小 0.017 至最大 0.8 之間，大多落於高 CN 值區域，此因太麻里流域上游多為天然原始林，坡面糙度達到最大值 0.8，但在下游卻部分密集人口居住區，其糙度達到最小值 0.017 之故，但總體來說，坡面糙度由上游往下游逐漸遞減，其最大值多出現在上游之原始森林區域。

而在河道曼寧 n 值上，則根據影像與現地調查成果，由現地河道型態決定曼寧 n 值，在太麻里流域，自最小的 0.03 至最大的 0.048 間，分布範圍幾乎遍及最小至最大之範圍，此因太麻里流域上游多為無人可及之溪流河道，但在下游區域，部分河道因流經人口密集區域，河道型態已為乾淨長直之渠道，造成河道曼寧 n 值甚小，使得曼寧 n 值之分布較大。太麻里流域坡面糙度係數與河道曼寧係數之分布圖，如 圖 9-2.16 所示。

而在有效降雨的計算上，土砂收支模式採用 SCS Method 作為有效降雨的評估方法，故僅需決定 CN 值，即可推算流域內之有效降雨，CN 值的給定，本計畫採用 TR-55 手冊之建議值，根據表中之建議值，因太麻里流域屬為 A 群之水文土壤群，且為森林之覆蓋型態，根據 TR55 手冊之說明，其曲線值實際上已經小於 30，故在進行流量率定時，部分覆蓋良好之原生林，採用最低之 CN 建議值可達 20，而在都市區域，其 CN 值因地表多為人工覆蓋，入滲量極少，最大可採用建議值達 95 至 100 之間。太麻里流域 CN 直分布如 圖 9-2.17 所示。



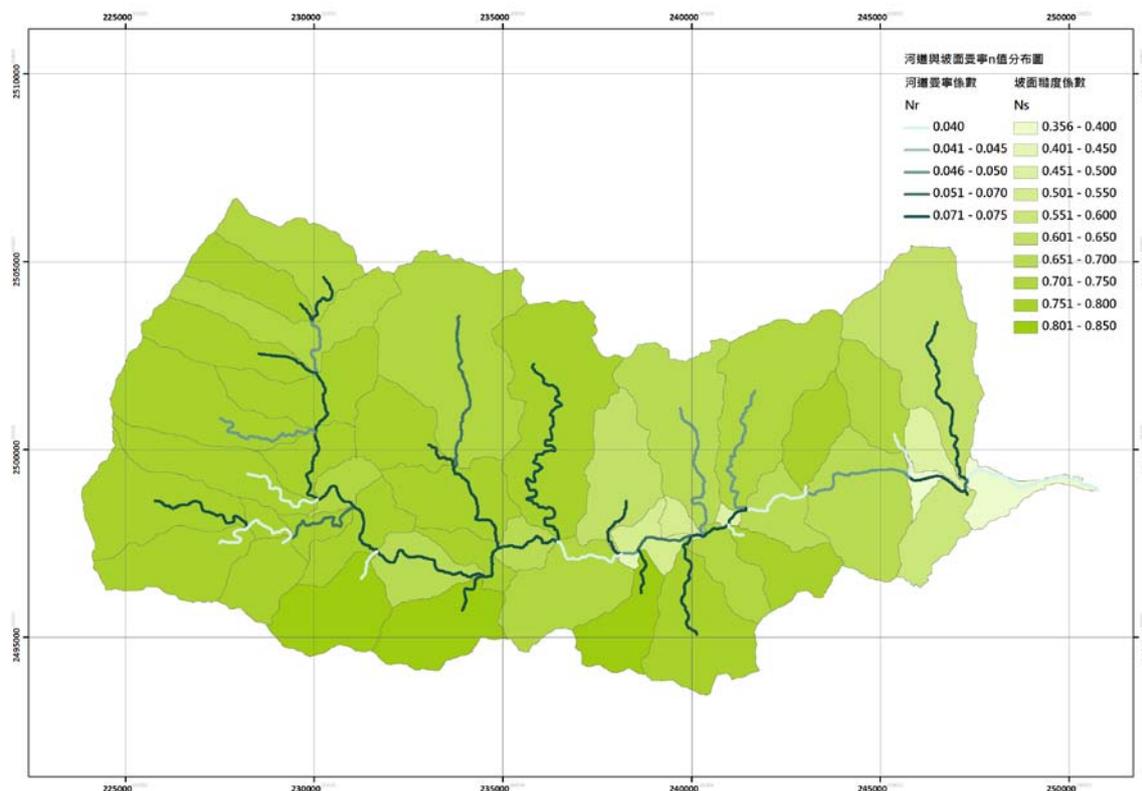


圖9-2.16 麻里河流域坡面糙度與河道曼寧係數分布圖

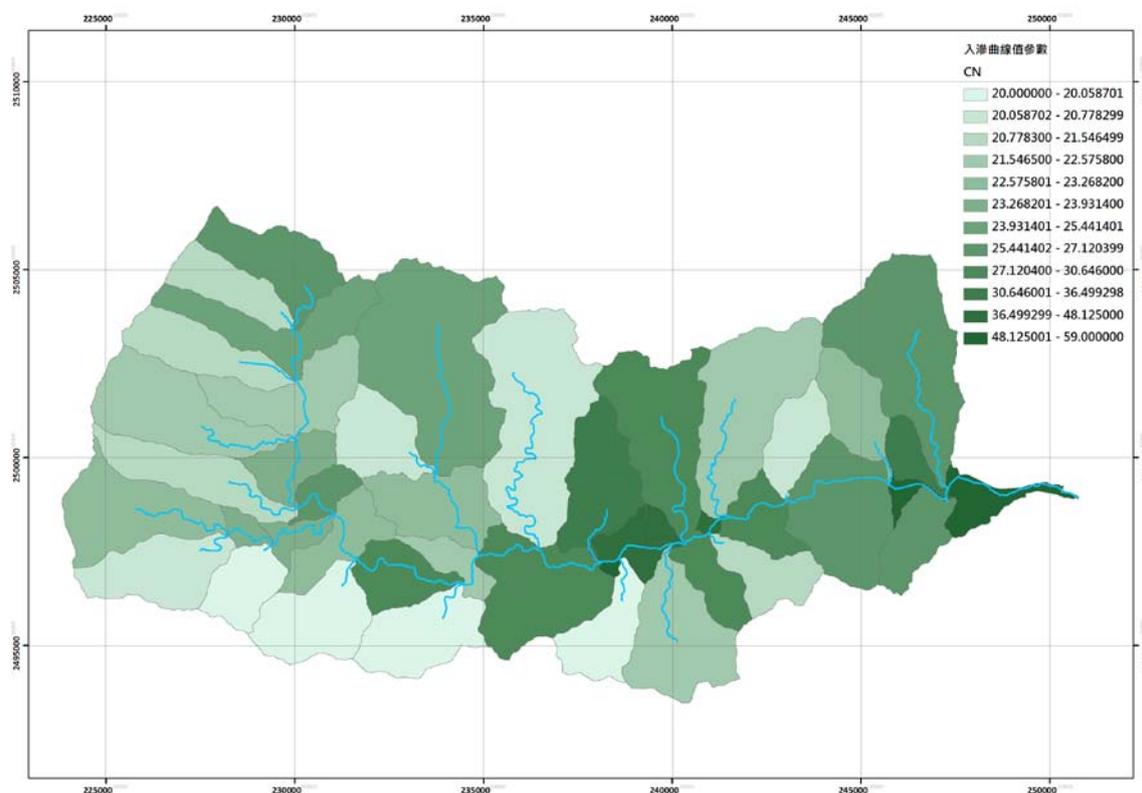


圖9-2.17 太麻里河流域 CN 值分布圖

而在土砂參數之給定，在崩塌部分，採用歷年崩塌地判釋之成果，獲得各場颱風暴雨事件之新增崩塌面積，乘上崩塌厚度，得到新增崩塌土砂量，崩塌厚度的估算，因太麻里溪流域面積廣大，一一給定有其困難之處，本計畫應用本計畫之調查成果、以及過去規劃報告之建議，採 2 公尺做為崩塌地之平均厚度，而部分重大崩塌地，或地質條件特殊之崩塌地，則根據本計畫之現場調查或統計成果，給定適當之崩塌厚度值。

而坡面土壤侵蝕量的估算，在流域土砂模式內，除坡度因子、坡長因子可由數值高程模型自動萃取之外，土壤沖蝕指數與覆蓋管理因子，需由現有調查資料進行推演。在土壤沖蝕因子方面，採用水土保持技術規範之建議值，進行大範圍內插獲得，其成果如 圖 9-2.18 所示。

故由前述之說明可知，土砂生產模組內之所需參數，除部分可由數值高程模型與 GIS 工具進行自動萃取之外，其於需給定之參數，本計畫採用國內外之技術手冊或規範，進行各項參數之給定，並以建立各項參數之分布圖與計算所需之輸入檔，進行模式內參數之設定

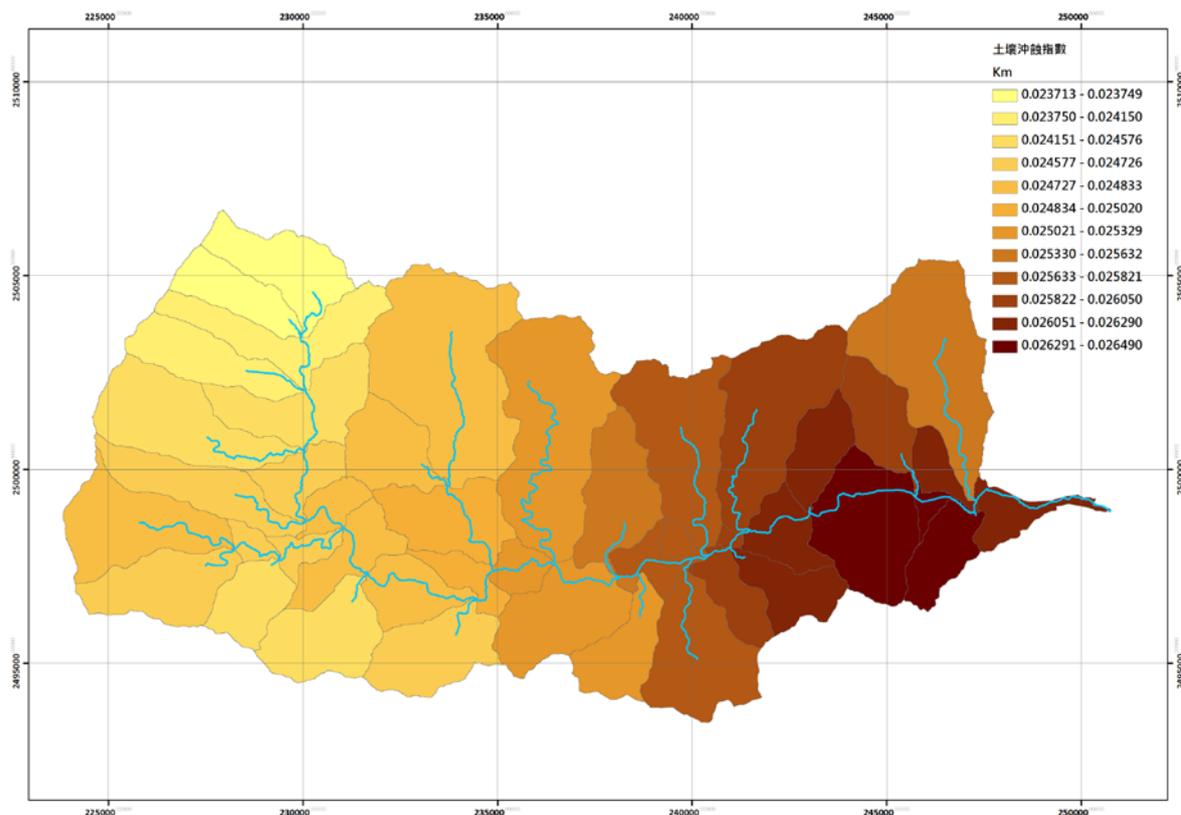


圖9-2.18 土壤沖蝕指數分布圖

太麻里河流域內，過去存有一流量站，金蘭，但其記錄年限曾中斷數年，僅能以 民國 89 年的象神颱風，以及 96 年的梧提颱風做為率定驗證之用，其模擬成果與實測資料之比對如 圖 9-2.19 與 圖 9-2.20 所示，結果顯示，模擬的結果不論在尖峰流量，以及洪峰到達時間都完成土砂事件的模擬工作。

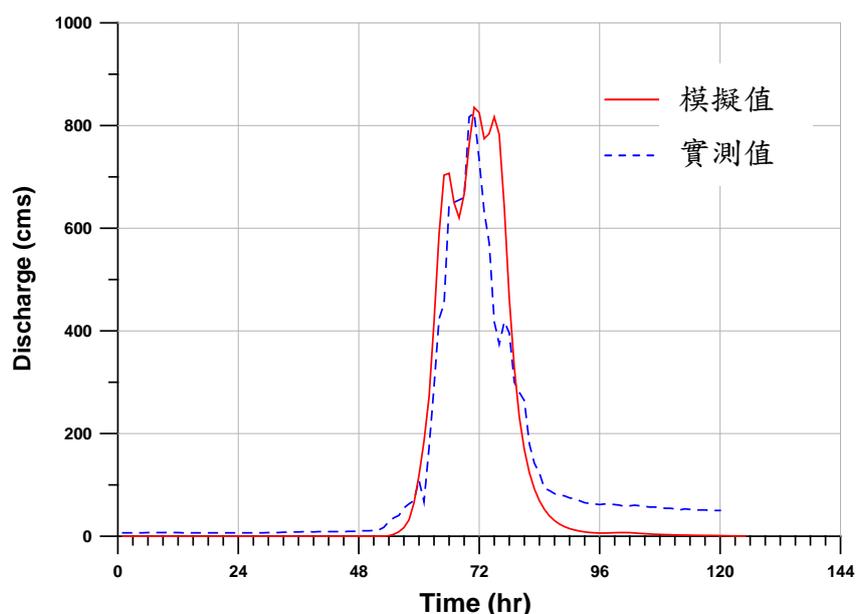


圖9-2.19 象神颱風期間金蘭站之實測與模擬比對成果

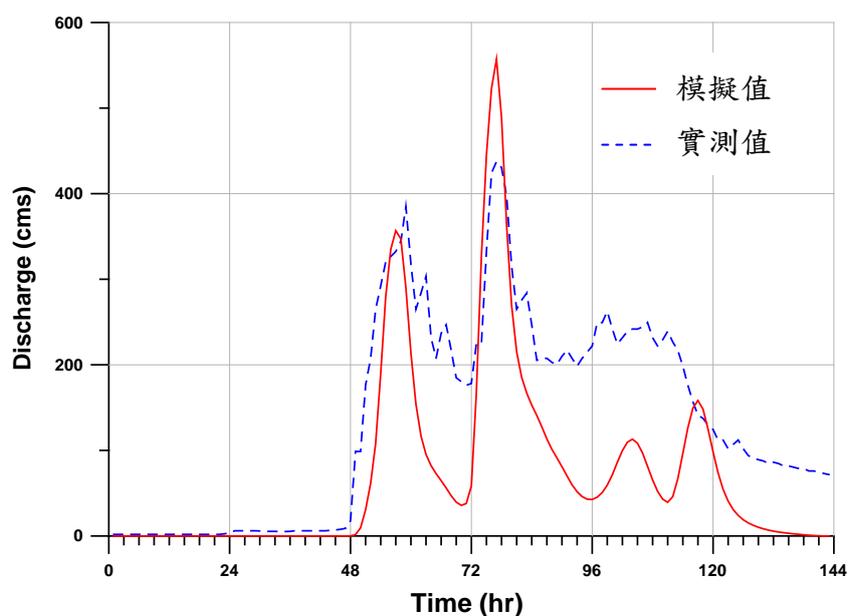


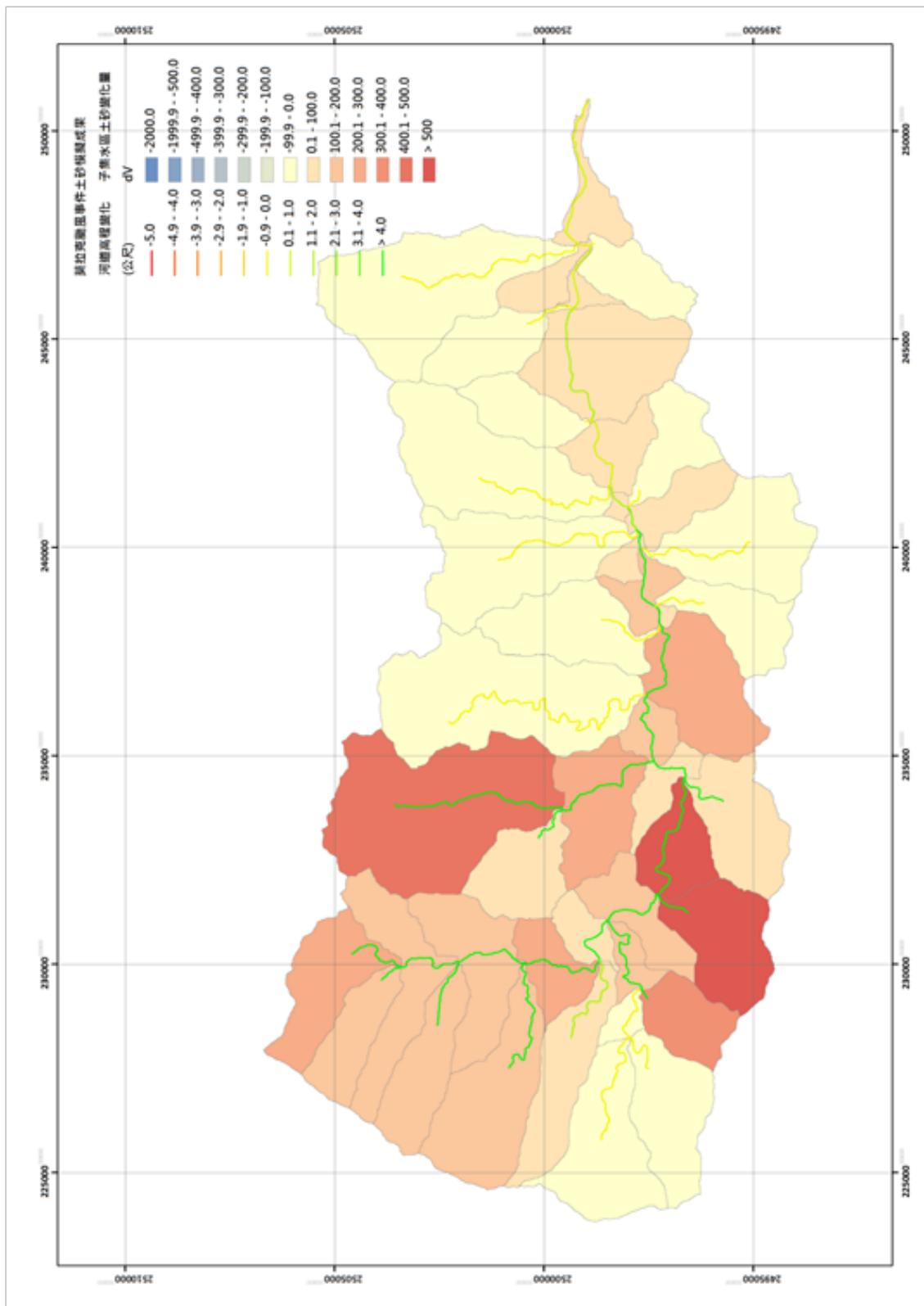
圖9-2.20 梧提颱風期間金蘭站之實測與模擬比對成果

應用前述參數率定與驗證之成果，配合莫拉克颱風之降雨參數，進行太麻里流域莫拉克颱風降雨事件之重現，其計算結果如圖 9-2.21 所示，圖中，集水區區塊的顏色表示莫拉克颱風事件前後，子集水區新增土砂量，顏色越深，表示子集水區內堆積土方量越多，顏色越淺，則表示子集水區之堆積土方量越少；而河道顏色的變化，則表示河道堆積高程的改變，綠色表示該段河道為堆積型態，顏色越深，表示河道堆積厚度越高，而黃色表示河道土砂沖淤狀況並不明顯，而紅色則表示河道為沖刷形態，顏色越紅表示河道沖刷深度越深，故由圖中的色塊與顏色深淺表示，可以清楚分辨出太麻里河流域在莫拉克颱風期間，子集水區土砂堆積量，以及河道高程沖淤深度的改變。

由計算成果顯示，在莫拉克颱風期間，太麻里河流域之新增土砂材料量為 5,265 萬立方公尺，為歷年來最大的新增土砂材料量，由流域出口之排出土砂量約為 15 萬立方公尺，絕大多數的土砂材料，目前仍堆積在集水區內。

由圖中同時可以發現，在太麻里河流域內，中上游與下游之土砂堆積情形極為不同，流域中上游土砂堆積量大多在 100 萬立方公尺以上，部分子集水區甚至在 500 萬立方公尺以上，如太麻里溪的斗里斗里溪，堰塞湖上游集水區，表示該處子集水區之堆積情形非常嚴重。相反的，在下游的區域，由土砂量的分布可以發現，大多屬於少量土砂量的區域，其堆積量都在 100 萬立方公尺以下，與上游有明顯的差距。

而在河道高程變遷的部分，與子集水區內殘餘土砂量的變化非常類似，都是在中上游處有大量堆積物，堆積高度甚至達到 10 公尺以上，在太麻里堰塞湖區域根據測量成果，更高達 50 公尺以上，河床抬升明顯，但中下游處與上游相比，其抬升厚度多在 1 公尺左右，並不明顯。



綜觀其模擬成果，與現場調查、測量之成果相符，土砂在麻利都部溪以上之範圍開始大量堆積在河道與坡面上，且堆積厚度越上游越為明顯，故圖中自麻利都部溪匯流前之河道段，都呈現為深綠色的顏色，表示堆積厚度已經大於 5 公尺。相對的，在麻利都部溪匯流後下游的河道段，因土砂材料尚未運移至此堆積，故堆積厚度並不明顯，由圖中可以明顯區隔出兩個不同的區域。

9-2.3 流域土砂變遷趨勢推估

欲完整描述土砂收支分析或是沖淤趨勢，除了歷史事件的重現與模擬之外，需加上期望值的分析觀念，推求土砂輸送或是生產的年平均量。本計畫在完成太麻里河流域過去重大土砂事件，以及莫拉克颱風之推演後，根據水文資料統計之成果，獲得該流域內各種不同重現頻率、週期之降雨量及降雨雨型，以作為頻率設計暴雨，並以期望值的觀念，模擬頻率設計暴雨條件下流域土砂生產、運移及侵蝕堆積過程的模擬，評估一場暴雨事件下，流域平均之土砂量生產量與運移量，並根據其成果探討其變化趨勢。

在頻率設計暴雨的計算上，本計畫參考中興工程顧問社在莫拉克颱風後之水文分析成果，以及水利署於水文技術手冊中建議之 SSGM 雨型，進行頻率暴雨的計算。取得頻率暴雨後，應用其降雨量，配合本計畫之執行成果，包含有：

- 土砂生產量的估算：

- 崩塌土砂量：應用中央地質調查所九十八年度集水區侵蝕及堆積之調查與評估計畫之成果，新增崩塌地面積的估算上，根據太麻里河流域之新增崩塌與降雨量關係，應用頻率設計暴雨計算新增崩塌面積，再由現場調查成果，配合崩塌與地文關係之統計成果，給定崩塌厚度，故可推求頻率設計暴雨之崩塌土砂生產量，新增崩塌與降雨量之關係如下，其中， y 為新增崩塌率， a 是崩塌地面積， A 是流域面積， X 是累積降雨量，故由下式可從累積降雨量換算新增崩塌率 y ：

$$y = \frac{\sum a}{A} = 0.170 \times 10^{-6} \cdot (x - 180)^{1.75}$$

- 坡面土壤侵蝕量：應用前述水保技術規範之成果，由設計降雨推估暴雨事件下之坡面土壤侵蝕量。

- 土砂運移量的估算：採用流域土砂收支模式，各項降雨逕流轉換，以及土砂運移之參數，以此參數為依據進行未來運移趨勢之推演。
- 起始土砂量的估算：因莫拉克後尚無完整之地形測量資料，故本計畫採用流域土砂收支模式模擬莫拉克颱風後之成果，以莫拉克後之河床土砂堆積，以及崩塌現況為土砂量之起始條件。

在未來趨勢的估算上，本計畫以莫拉克颱風後之現況為起點，往後連續推演 10 場頻率設計暴雨事件，根據中央氣象局之統計資料，台灣每年平均遭受 3.1 個侵台颱風，故 10 場頻率設計暴雨事件之推演，也可以視為莫拉克颱風後第一年 (3 場後)、第二年 (6 場後)，以及第三年 (10 場後) 後之土砂變遷趨勢推演。

(1) 第一年後之土砂變遷趨勢

圖 9-2.22 為莫拉克颱風後太麻里河流域第一年之土砂變遷趨勢，根據其計算成果，在莫拉克後之第一年，因坡面仍處於不穩定之狀態，極易受到降雨與逕流之侵蝕，故第一年後太麻里流域約可新增 320 萬立方公尺之新增崩塌土砂量，但在太麻里溪的出口，年土砂輸出量僅約 10 萬立方公尺左右，相比之下，太麻里河流域內之土砂材料在莫拉克颱風後的第一年，仍呈現增加的趨勢，增加的土砂材料量根據期望值推演，約在 300 萬立方公尺左右。

圖 9-2.22 中，應用與 9-4 節同樣之圖例進行說明，在子集水區的部分，採用深淺來表示土方量的變化，而在河道的部分，則以紅色來表示侵蝕，綠色來表示堆積，故由第一年之計算成果可以得知，莫拉克颱風後第一年之土砂變遷趨勢，土砂開始迅速往中游處運移。色塊有逐漸往下游傳遞之現象。同樣由河床高度變遷成果來看，土砂材料由原先僅在上游處堆積，開始逐漸往下游運移，故自包盛社堰塞湖以下之河段，開始有明顯堆積的現象，但在堰塞湖上游，因來自上游之土砂材料持續堆積在堰塞湖區內，造成本區土砂材料的持續增加。

與莫拉克颱風後之計算成果相比較，雖第一年後之分析成果差異不大，但集水區內堆積之土砂材料量有少量的增加，原先堆積在支流上的土砂材料開始往主流運移，造成主流處的土砂堆積，堆積情形最明顯在斗里斗里溪、補拉米溪、救國救爾溪、麻利都部溪與馬奴爾溪間之河段最為明顯，另一個明顯的堆積位置在堰塞湖區，根據分析成果，第一年後堰塞湖區河床高程即有可能抬升約 3~5 公尺，表示現有堰塞湖水體之位置，在莫拉克後的第一年（經歷三場颱風之後），即有可能因為土砂的大量堆積，使得堰塞湖水體大量減少，最深僅剩約 2~3 公尺而已，此時，堰塞湖突然潰決之潛勢比起莫拉克颱風後更加減小，原有天然壩處之堆積土體形成新河床地形，成為大量土砂堆積地點，若此現象成立，太麻里流域之問題與二次災害將由原先的堰塞湖溢流侵蝕，轉變成為僅為土砂生產與運移劇烈之問題，故未來堰塞湖區之土砂變遷趨勢，將是太麻里流域緊急處理、規

劃治理之重要關鍵地點，當堰塞湖區存在時，堆積土體的溢流侵蝕為主要的二次災害類型，且可能引發下游保全、聚落遭受洪水侵襲，但當堰塞湖區因土砂材料堆積而逐漸減少蓄水體積時，流域的問題回歸為大量土砂生產與運移之問題，將為太麻里河流域規劃治理的下一個課題。

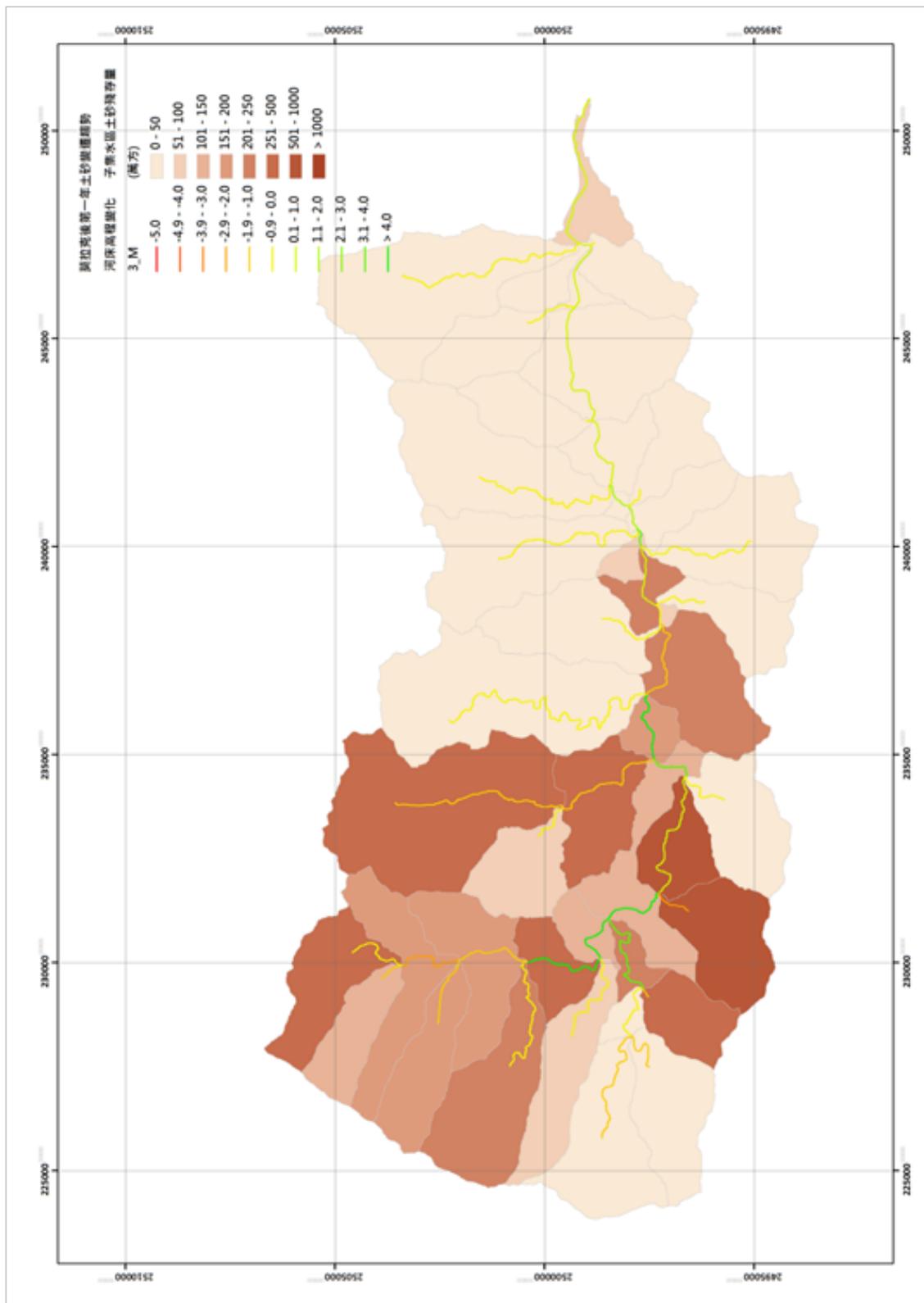


圖9-2.22 莫拉克颱風後第一年太麻里溪流域之土砂與河道高程變遷圖

第二年後之土砂變遷趨勢

圖 9-2.23 為第二年後之土砂變遷趨勢，該圖之表現方式與 圖 9-2.22 相同，皆以顏色與色塊表現土砂變遷之趨勢，根據分析成果，年平均土砂生產量約在 320 萬立方公尺，流域出口排出量約 10 萬立方公尺，與第一年的平均趨勢相同，土砂材料堆積位置也與地一年相同，仍是在斗里斗里溪至馬奴爾溪之間的河道段，以及上游堰塞湖區之河道段之間，由圖中可以發現，原先在斗里斗里溪與堰塞湖上游集水區之河道上，已經開始有輕微的河床下降現象，說明土砂材料開始由最上游處往下游運移，堆積在前述的河道堆積段上，但自第二年開始，太麻里溪下游開始有比較明顯的堆積情形，與莫拉克後之地形相比，堆積厚度達到 2~3 公尺左右，根據第六章水理分析之結果，下游斷面在設計流量或是潰壩流量通過時，現有排洪斷面之安全出水高約在 3~5 公尺左右，若溪床高度抬升，將造成安全排洪斷面的減少，影響下游聚落處之安全。

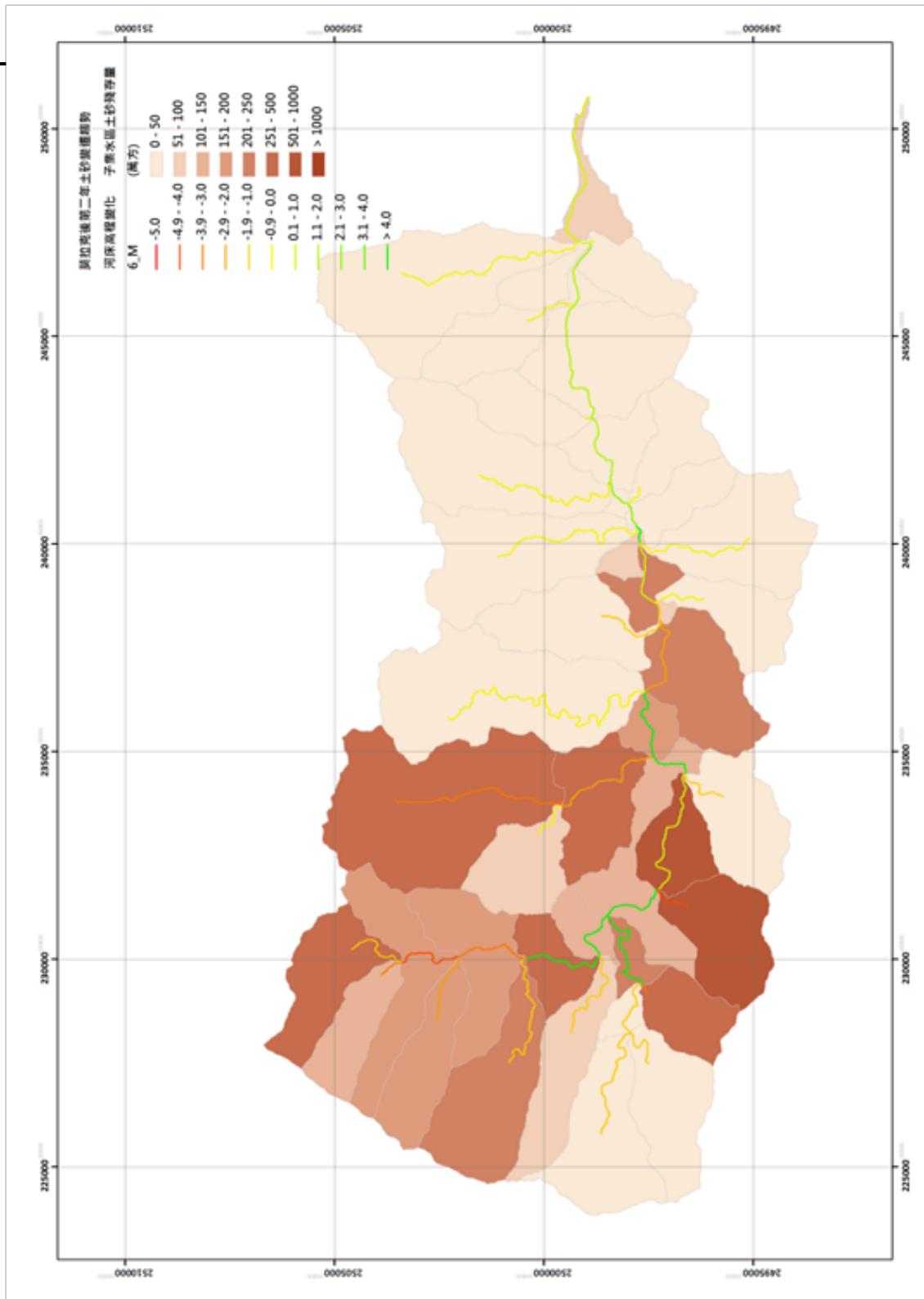


圖9-2.23 莫拉克颱風後第二年太麻里溪流域之土砂與河道高程變遷圖

(2) 第三年後之土砂變遷趨勢

圖 9-2.24 為第二年後之土砂變遷趨勢，該圖之表現方式與 圖 9-2.22 相同，皆以顏色與色塊表現土砂變遷之趨勢，根據分析成果，年平均土砂生產量約在 240 萬立方公尺，流域出口排出量約 10 萬立方公尺，由圖中可以發現，原先堆積在上游處的土砂材料已經開始運移至下游處堆積，下游聚落處河道高程抬升可能最高達 4~5 公尺，表示若在下流無進行任何清淤或是土石移出方案的情形下，三年後下游會有明顯的土砂堆積情形，此時下游斷面將會有較嚴重的土砂問題，因溪床抬升，現有聚落與河道高程之有效高差與距離已不足以容許洪水通過，下游二次災害之潛勢極高。

而在上游堰塞湖區域，可以發現原有堰塞湖區之土砂堆積高度已經達到 5 公尺以上，表示堰塞湖內之水體已經淤滿土砂材料，堆積土體形成新的河道地形，而來自上游的土砂材料則持續運移至此處堆積，或是繼續往下游輸送，可以預估的是，未來在包盛社堰塞湖上游，以及支流斗里斗里溪的河道，將有較為明顯的下切情形，下切深度約在 4~5 公尺之間。

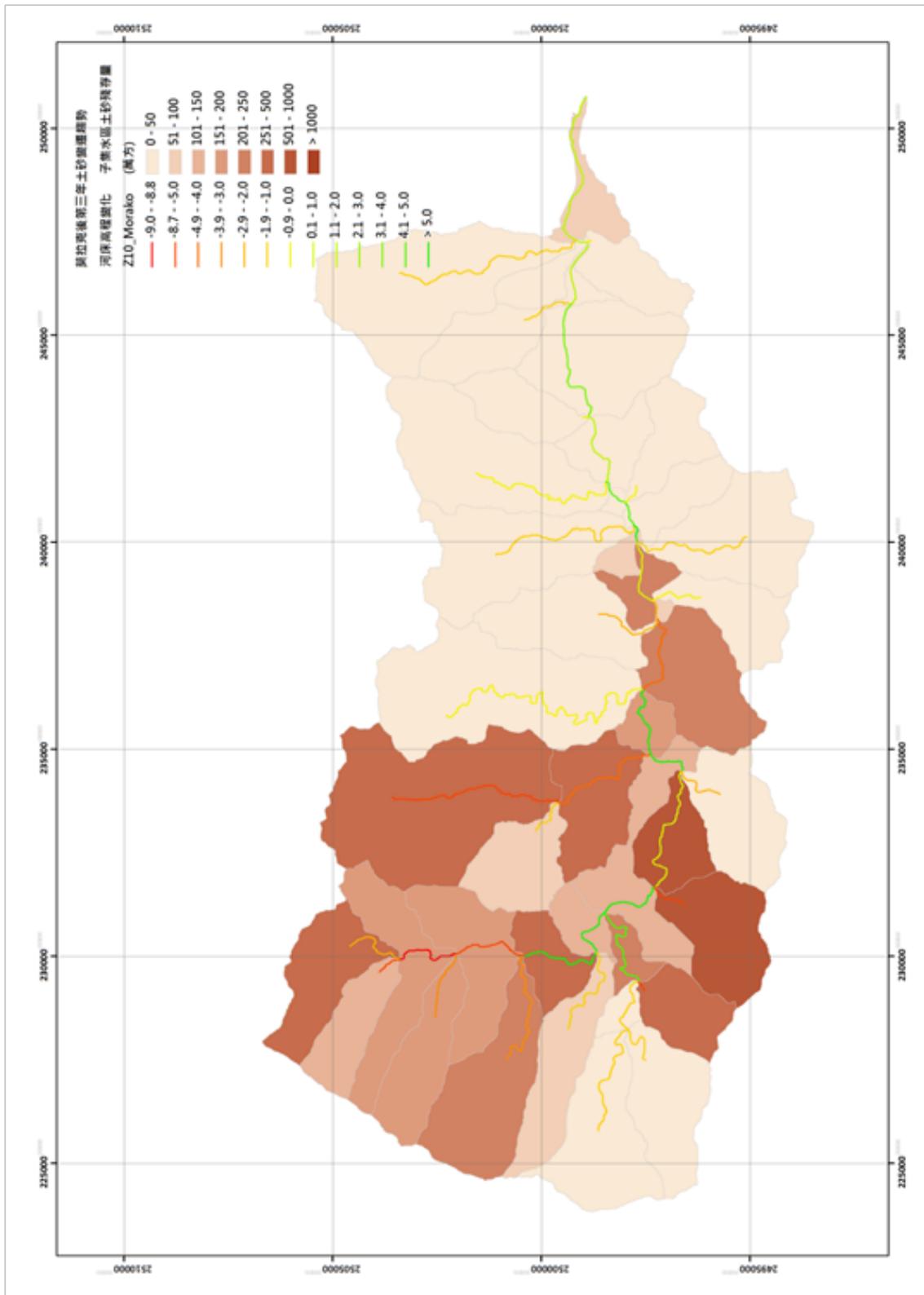


圖9-2.24 莫拉克颱風後第三年太麻里溪流域之土砂與河道高程變遷圖

綜觀 9-2 節之土砂變遷趨勢分析成果，由歷年的崩塌地變遷分析開始，說明太麻里流域近年來之崩塌地變遷過程，以及在莫拉克颱風時之流域土砂運動過程，最終至未來的土砂變遷趨勢分析，其結果與 9-1 節二次災害分析成果相符，說明太麻里溪在未來的數年內，土砂問題將為最嚴重的流域問題與二次災害來源，而包盛社堰塞湖在上游土砂劇烈運移的情形下，在未來的一至二年內，即可能因為土砂的堆積而逐漸消失，現有堆積土體地形成為新河道地形，逕流開始搬運本區的土砂材料往下游處堆積，抬升下游河床高度，現有下游聚落，如嘉蘭村、溪頭村、南太麻里橋區域，規劃治理單位已完成緊急處理工程，恢復現有排洪斷面，並確保聚落與保全之安全，但未來一旦上游土砂持續往下游運移，可能造成現有排洪斷面減少，再度造成二次災害，為未來最為可能之二次災害類型，也說明了太麻里河流域未來的土砂運移特性。

9-3 土砂對下游社區安全性影響評估

由 8-2 節之分析成果，未來兩至三年內，下游河道可能抬升約 3 公尺左右，表示現有排洪斷面可能減少。本計畫水理計算的斷面 1 至斷面 8，為目前人為活動、聚落與道路之位置，斷面 1 與斷面 2 表示太麻里橋及其下游沖積扇處之斷面，斷面 2 與斷面 3 則為沖積扇開始處溪頭村的斷面，斷面 5 到斷面 8 則為嘉蘭村處的斷面，這些斷面在水理計算中，皆可以通過現有的設計流量（第六章內文有詳細說明），但安全高度各有不同，從最高的 4~5 公尺，到最低只有 1~2 公尺不等，若在沒有進行任何清疏工程的情況下，河床高程抬升約 3 公尺後，排洪斷面明顯會有不足，造成可能的二次災害，說明如下：

● 南太麻里橋處

斷面 1 (圖 9-3.1 與 圖 9-3.2) 與 斷面 2 (圖 9-3.3 與 圖 9-3.4) 為太麻里橋下游出海口處，以及南太麻里橋之斷面，在莫拉克颱風期間，因上游堤防與鐵路橋遭洪水破壞，逕流除原先沖積扇南側之主河道外（現河道深槽位置），由沖積扇北側形成暴雨時期的另一條主要流路，造成重大災情，是沖積扇上致災之主要原因，目前下游堤防已經緊急重建完成，故在 斷面 1 與 斷面 2 的剖面裡，都有緊急修復之堤防位置，保護左岸居民不受洪水侵襲。

但在莫拉克颱風期間，左岸洪水來自於上游溪頭村潰堤處，且因洪水持續沖刷橫向的鐵公路橋造成破壞後，造成本區段洪泛災情，故未來若需保護本河段，除興建河堤外，也需考慮到上游堤防可能遭受洪水破壞之可能性，方能避免本區之洪泛災害。

除此之外，因土砂變遷趨勢之成果顯示，未來在本區段之河道可能些為抬升，在未來的 1 至 3 年內抬升 2 至 3 公尺，故需考慮到河床抬升後可能造成的通洪斷面減少，如 斷面 1 目前右岸有效高程較低，若河道抬升後

水位高可能已達右岸高程，而 斷面 2 為太麻里橋與鐵路橋處之斷面，目前兩岸之有效高程約在 6 公尺左右，通洪斷面足以讓設計洪水通過。

斷面 2 為目前東部主要交通動線，太麻里橋與鐵路橋之位置，由分析結果可知，此處並無溢堤之風險，考慮到未來的土砂運移與堆積，也保有足夠的通洪斷面，而河堤兩岸的住戶也可免於洪水之侵襲，但在莫拉克颱風期間，本區致災主因在於沖積扇起點溪頭村處堤防潰決，洪水由沖積扇北側（左岸）通過，直接衝擊橫向的鐵公路橋造成破壞，因鐵公路橋為東部的重要幹線，未來在進行安全性評估時，除此處堤防外，需考慮沖積扇沿程之堤防高程與強度，避免再次發生與莫拉克颱風同樣之洪水災害

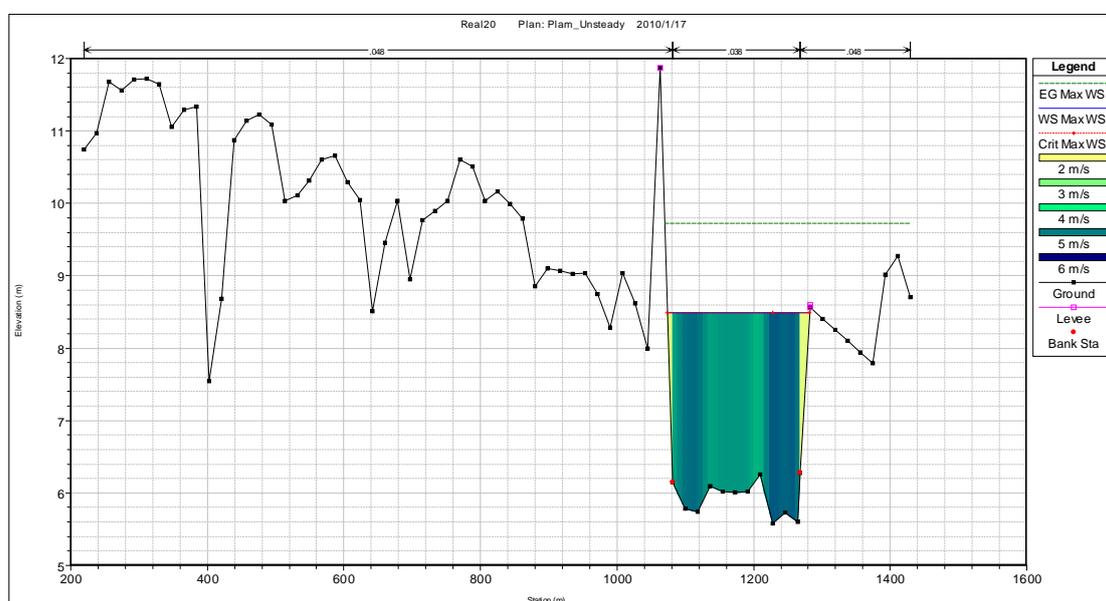


圖9-3.1 1號斷面之水理計算成果

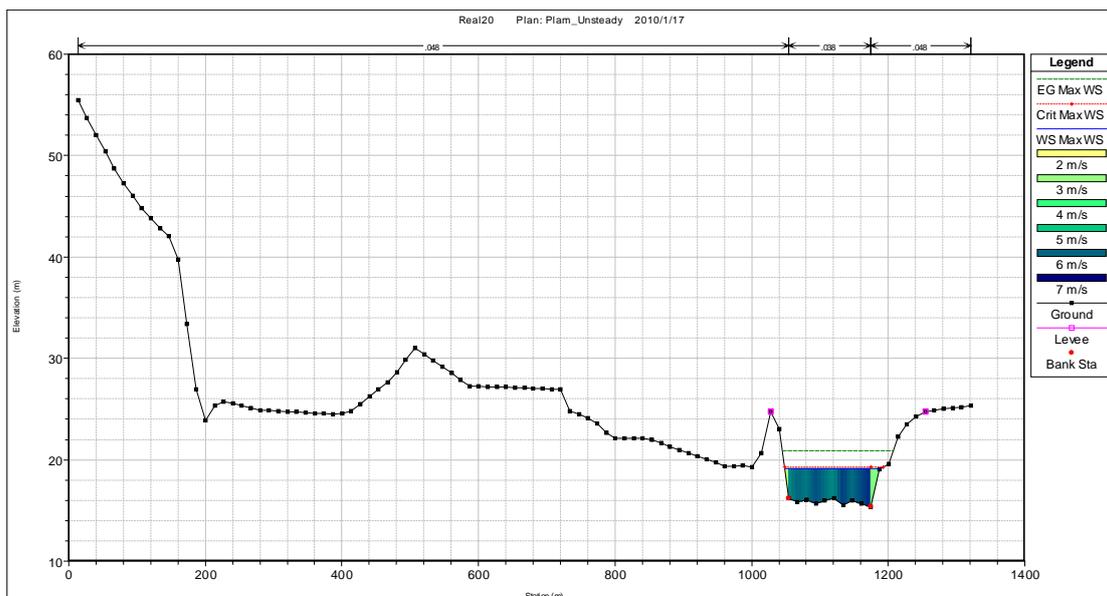


圖9-3.2 2號断面之水理計算成果

● 溪頭村處

断面3與断面4則位於溪頭村處(圖9-3.3與圖9-3.4)，其中，断面3位於沖積扇起點，莫拉克颱風當時，左岸堤防因遭洪水沖毀，衍生下游洪泛災情。該處堤防目前已緊急重建完成，堤防高度與堤頂寬都較右岸堤防為高，根據水理分析成果，該處堤防可使設計流量通過，但其流速因河道在此轉彎之故，在左岸有較大的流速，須注意堤防在洪泛時期之強度，而在右岸處堤防之有效高度較小，僅約5公尺而已，且該處河道較為平緩，通常為山區土砂材料運移至沖積扇處堆積的位置，河道高度可能有較大的變遷，故為未來需注意的重點位置，不但是為了右岸的溪頭村聚落，左岸的堤防安全，以及沖積扇可能的堆積行為，都有可能為溪頭村與下游太麻里橋一帶的二次災害。

断面4則是在断面3上游處，右岸為溪頭村之起點，左岸較無明顯之保全對象，根據計算結果，溪頭村之堤防有效高度在設計流量下僅約3公尺，考慮到未來可能的河道土砂堆積造成高程抬升，為未來土砂清淤需首要考慮之地點，避免因為河床抬升造成溪頭村遭受洪泛或土砂災害。

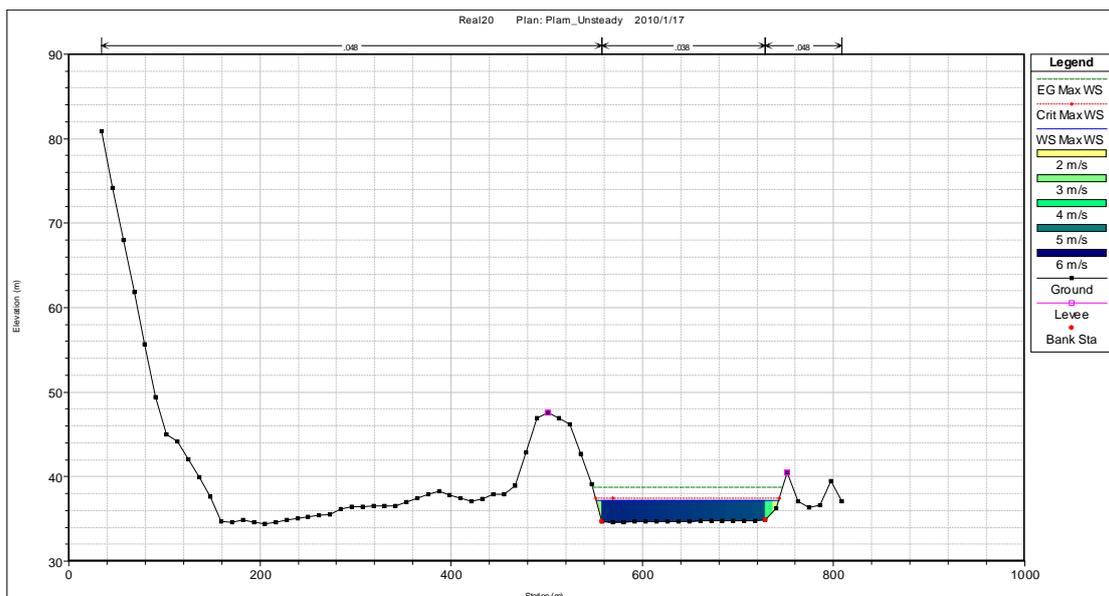


圖9-3.3 3號斷面之水理計算成果

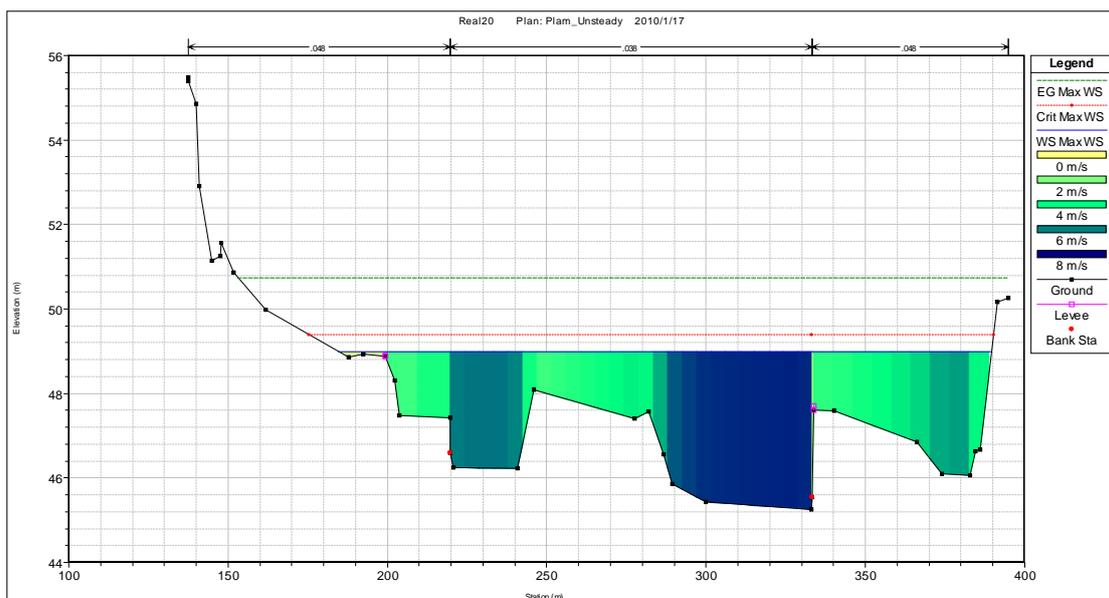


圖9-3.4 4號斷面之水理計算成果

● 嘉蘭村處

斷面 5 至 斷面 9 為嘉蘭村處之斷面，也為太麻里溪目前受土砂災情最為嚴重之聚落位置，嘉蘭村在民國 94 年海棠颱風，以及 98 年莫拉克颱風時，河道左岸民宅都有被洪水沖毀之災情傳出，圖 9-3.5 至 圖 9-3.9 則為水理分析之成果，聚落主要居住處為 斷面 6 與 斷面 7 左岸之位置，雖可使設計流量通過，但在斷面 7 處，聚落距離水面僅有 2 公尺，若上游高含砂水流通過本斷面，可能因河床抬升使得洪水侵襲嘉蘭村，再次造成嘉蘭村災情，為未來評估聚落安全性需首要考量之地點。

綜觀 斷面 5 至 斷面 9 之水理分析成果，目前嘉蘭村斷面皆能容許設計流量通過，但有效高度都有些許不足之情形，為避免此處再次的土砂災害，除河堤之興建與保護外，由嘉蘭村至前述溪頭村處，須配合長期之土砂清疏方案，逐年將上游運移至此河道堆積之土砂材料進行清淤，避免本區可能之洪泛災害。

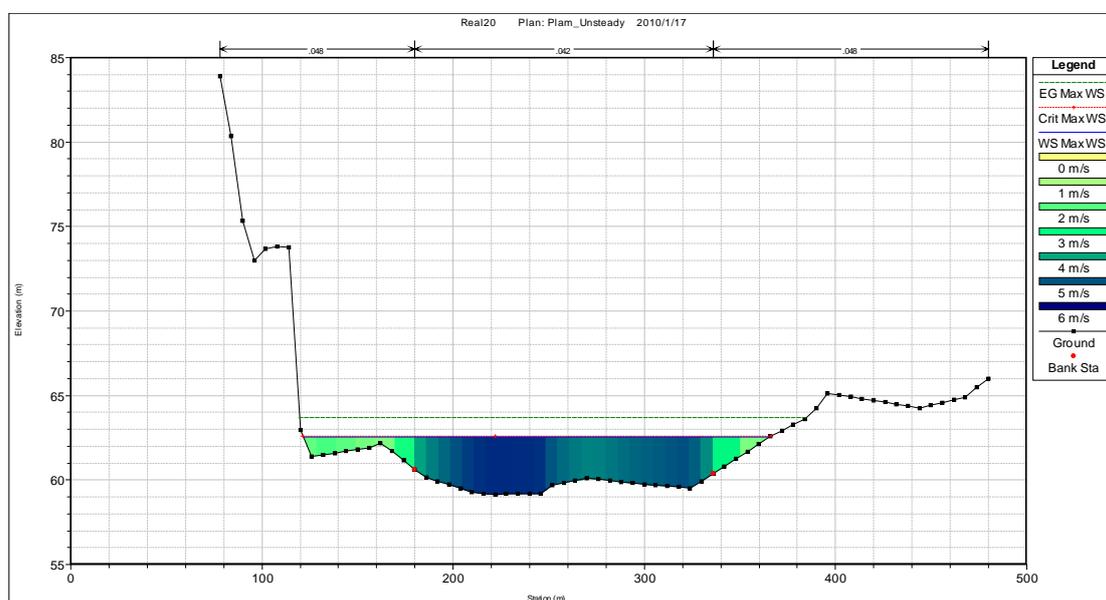


圖9-3.5 5號斷面之水理計算成果

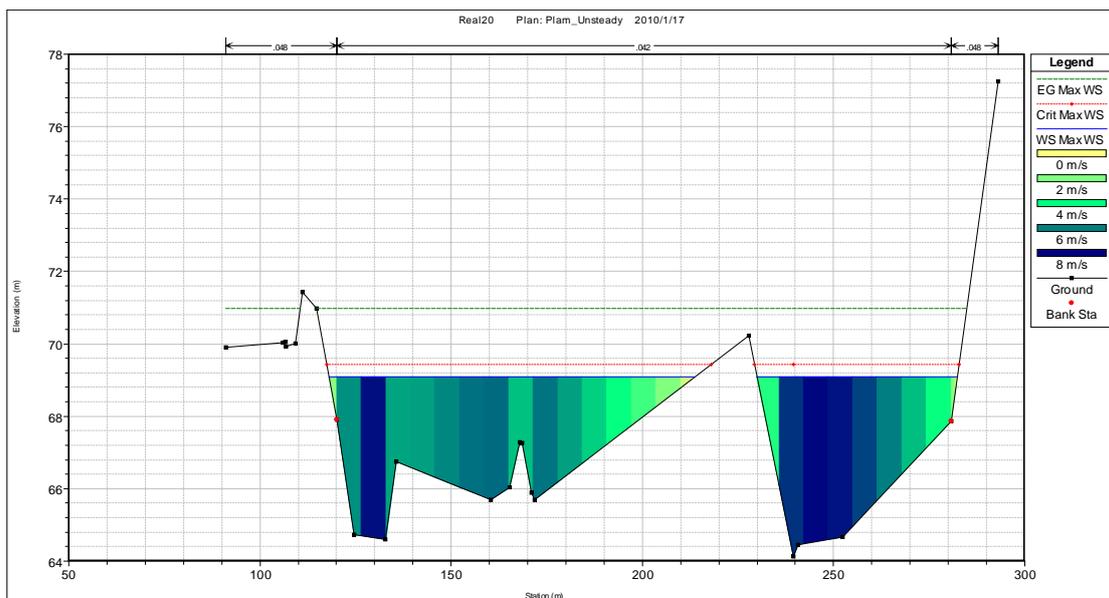


圖9-3.6 6號斷面之水理計算成果

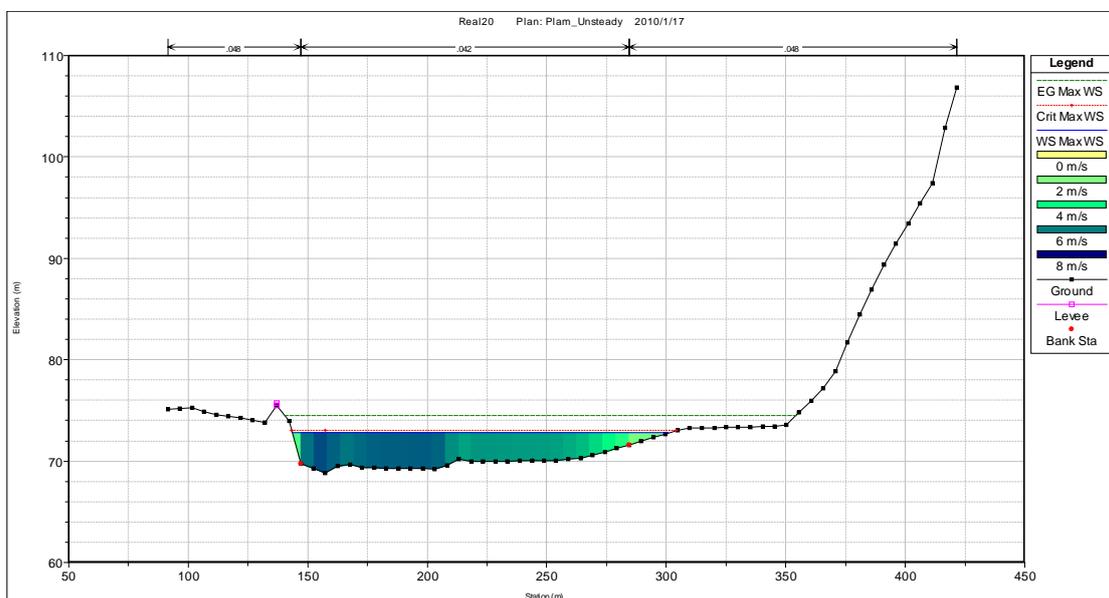


圖9-3.7 7號斷面之水理計算成果

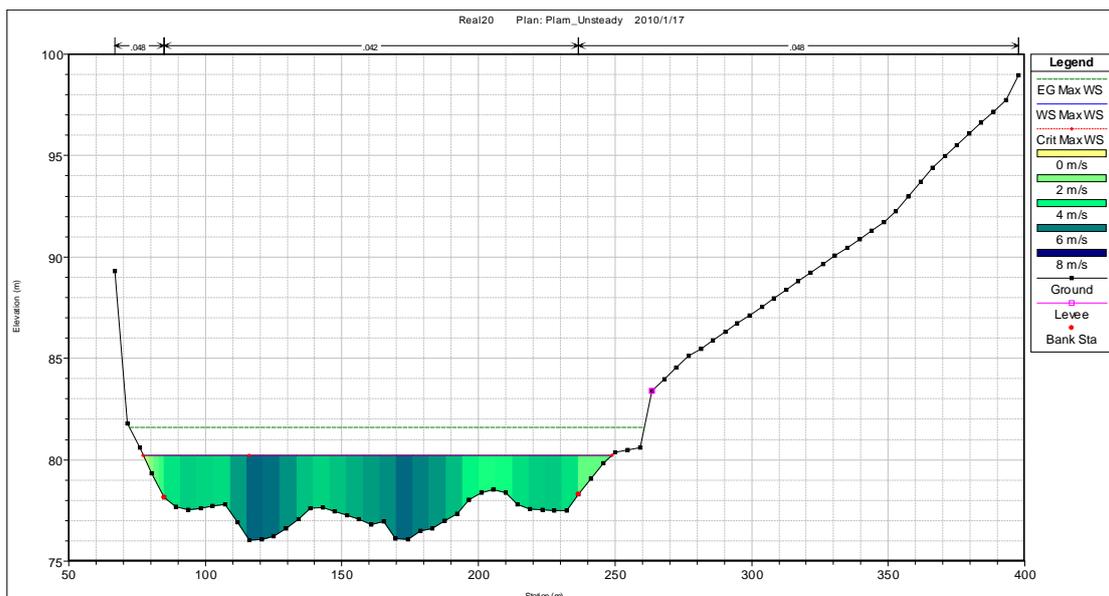


圖9-3.8 8號斷面之水理計算成果

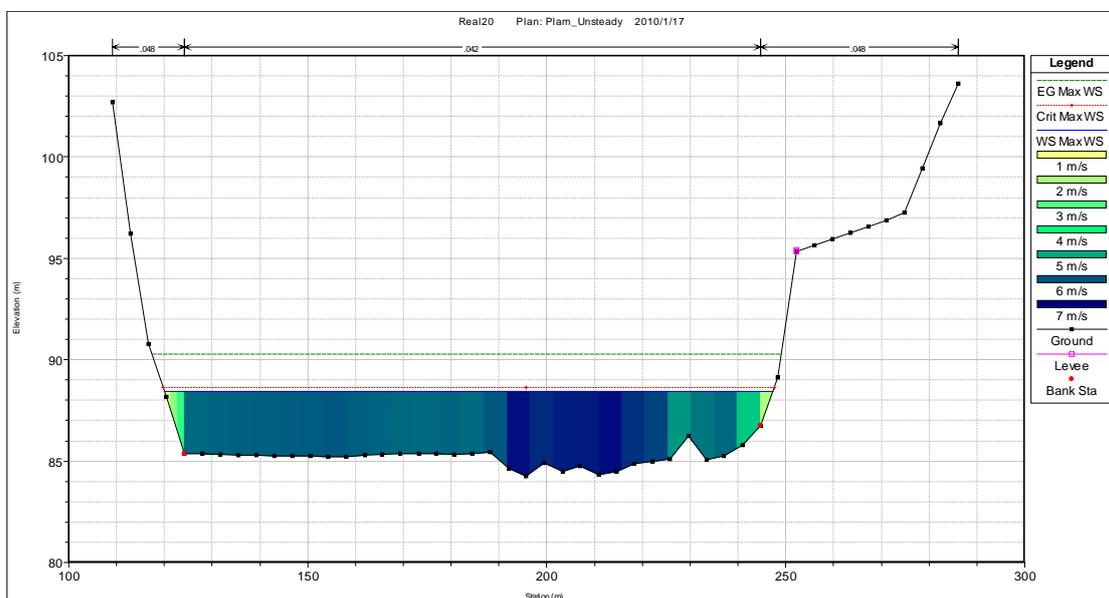


圖9-3.9 9號斷面之水理計算成果