

莫拉克颱風豪雨所致複合型災害分析及其改善方案探討

—以台東太麻里溪為例

王源程^[1*] 陳文福^[2]

摘要 莫拉克風災重創台灣的印象震懾人心，相關公共工程因邊坡土石崩落、堰塞湖、漂流木、土石流、河道淤積與堤防潰堤洪水氾濫等複合型災害受創嚴重，造成輿論無情指責及許多民眾對於公共工程的不信任感，也反應出長久以來良好國土規劃的欠缺。如何藉由適當工程來與災害共存並減輕工程對環境與氣候之負擔，是新一代永續公共工程考量的目標，而本文即針對太麻里溪就其強化防洪構造物以因應複合式災害之防洪構造物型式改良進行探討，以供後續相關單位於治理及防災工作檢討及應用時之參考。

關鍵詞：莫拉克颱風、太麻里溪、複合型災害、防洪構造物

Study on Damages Analysis and Improvement Programs of Flood Control Structures Caused by Compound Disasters after Typhoon Morakot - Taimali River as an Example

Yuan-Cheng Wang^[1] Wen-Fu Chen^[2]

ABSTRACT Typhoon Morakot caused a serious damage and a complete shock to Taiwan in 2009. Lots of public constructions were damaged by compound disasters such as landslide, barrier lakes, driftwood, debris flow, waterway sedimentation, and flood due to broken levees. The damages not only led to the following merciless criticism and distrust on public constructions from the public, but also reflected the lack of appropriate land-use planning for a long time. How to mitigate the burden of the environment and climate by appropriate engineering in order to coexist with disasters should be considered as a new target of sustainable public constructions in new era. The purpose of this study is to investigate how to strengthen flood control structures along Taimali River in order to respond to compound disasters. The discussions and results would be beneficial to the related agencies' reviews and applications for flood mitigation and disaster prevention.

Keywords: Typhoon Morakot, Taimali River, compound disasters, flood control structures

一、前言

台灣地狹人稠，且欠缺完整國土規劃，造成人與山海爭地，各項山坡地開發行為對山林造成相當程度的破壞及過度抽取地下水，土地超限利用及治山防洪工作未盡其功，尤其台灣地震頻繁山坡地邊坡不穩定、土石鬆動嚴重及沿海地區嚴重的地層下陷對環境造成嚴重衝擊，加上台灣地區水文情況特殊，坡陡流短，自上游降雨至下游匯流不過數個鐘頭，所以每逢颱風或豪雨即造成土石崩落、排水不良、海水倒灌、海水入侵等土石及氾濫災害。另因溫室效應的影響，使得全球天氣異常、氣候極端，連帶造成降雨集中、強度提高，導致臺灣在面臨極端氣候影響下誘發邊坡土石崩落、堰塞湖、漂流木、土石流、河道淤積與堤防潰堤洪水氾濫等複合式災害的侵襲更行劇烈，嚴重衝擊人民之生命及財產，尤以 98 年莫拉克颱風重創台灣的慘痛經驗令人記憶深刻。

太麻里溪係屬縣管河川，歷年天然災害主要為豪大雨，經常對本流域造成災情，其中於民國 94 年 7 月 18 日海棠颱風豪雨造成太麻里溪沿岸居民房舍倒塌、土地流失及防洪設施破壞，威脅民眾財產安全，甚至在

[1]國立中興大學水土保持學系在職專班研究生

Serving special class graduate, Dept. of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

[2]國立中興大學水土保持學系教授

Professor, Dept. of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

民國 98 年 8 月 7 日莫拉克颱風夾帶豪雨，加上中上游地區地質軟弱易破碎，坡度陡峻等特性，產生大量山崩地滑，造成樹木砂石堆積河道而隨河水急瀉而下之複合式災害，造成兩岸堤防護岸損毀過半沿岸居民房舍倒塌、土地流失、農田淹沒及南迴鐵路毀損，鐵路中斷約 5 個月，造成台東對外交通嚴重衝擊等各項災情，嚴重威脅民眾財產安全，並嚴重改變本流域河道(相)及周邊環境，故需針對其致災成因探討，以研擬相關調適策略辦理，分階段(近程、中程、遠程)強化洪災防護能力，以期達到災害零犧牲、損失最小化、災害低風險之目標。

莫拉克風災重創台灣的印象震懾人心，相關公共工程受創嚴重，造成輿論無情指責及許多民眾對於公共工程的不信任感；土石流肆虐家園、處處斷橋斷路、猶如豆腐渣的堤防工程等，除了突顯天災力量的難以抵禦外，也反應出長久以來良好國土規劃的欠缺。在氣候災難加劇的日子裡，如何藉由適當工程來與災害共存並減緩工程對環境與氣候的負擔，是新一代永續公共工程考量的目標，而本次報告係針對強化防洪構造物以因應複合式災害之防洪構造物型式改善近程目標進行探討，以供後續相關單位於治理及防災工作檢討及應用。

二、試區概述

1. 區域調查概述:

太麻里河流域之行政區域包含台東縣太麻里鄉及金峰鄉等 2 個鄉鎮，北隔知本溪流域，西界林邊溪與高屏溪支流隘寮溪流域，南接金崙溪流域，東鄰太平洋，主要支流包含斗里斗里溪、救國救爾溪、補拉米溪、麻利都部溪、讀吾溪、馬奴爾溪、麻里霧溪及庫濃溪等，發源於中央山脈之北大武山(標高 3,092 公尺)，集水區高低落差大，且流路縱坡相當陡峭，河川順著節理發育，發展為 V 型谷之順向河，流路短促、溪床陡峻、谷深、向源侵蝕顯著，河流中、下游兩岸多有河階地與沖積扇之發育，出口處為太麻里溪沖積扇；主流山谷東流，至金峰鄉嘉蘭村下匯合左支流庫濃溪之後，進入金峰鄉新富社區、正興社區，於台東縣太麻里鄉泰和村注入太平洋，全長 36.27 公里，流域面積 217.53 平方公里，主幹流平均坡降為 6.4%，流域概況圖如圖 1。

2. 地形與地勢

太麻里溪屬典型台灣幼年期河川特性，向源侵蝕明顯、河岸多崩壁、河床縱坡陡峻、河道冲刷與淤積變異量大，河床於匯流口處形成台階地形，流域之地形高度落差大，地形大致自西向東陡降，高差近約 3,000 公尺，標高大部份在 1,000 公尺以上佔流域面積 34.17%，標高在 1,000 至 100 公尺之間者佔流域面積 62.55%，標高在 100 公尺以下佔流域面積 3.27%，因此本流域大部分屬中高海拔山區，為典型的東部河川，平原地區比例較少；另太麻里河流域坡度大小主要受地形及地質構造兩因素影響，其主要為南北向且傾斜向東，太麻里河流域坡度分布及坡度分析表詳如圖 2 及表 1。

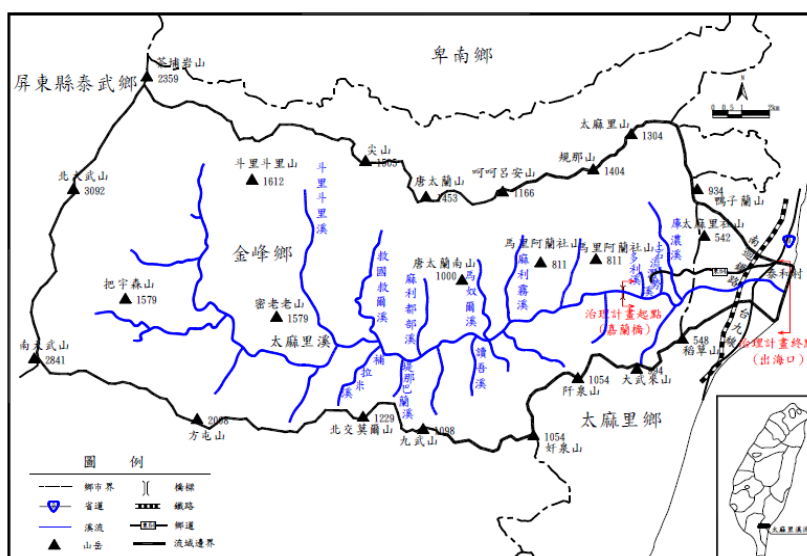


圖1 太麻里河流域概況圖

Figure 1 The overview map of Taimali River Basin

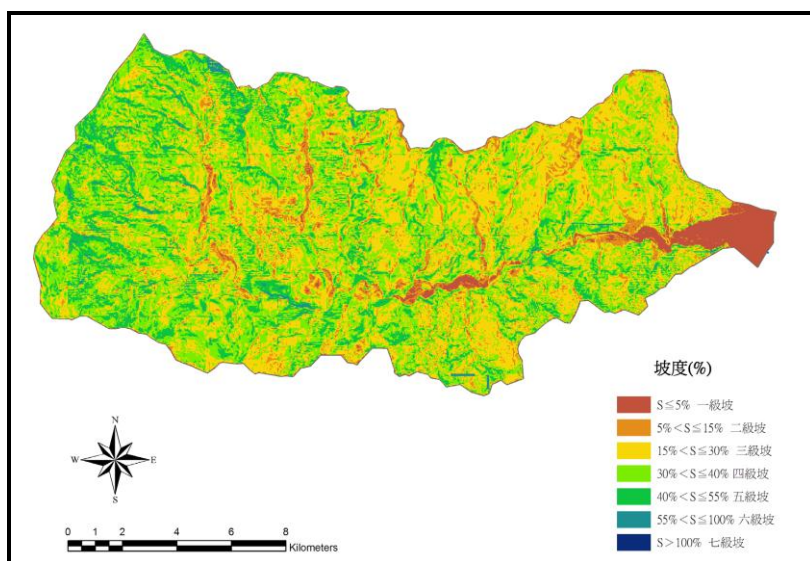


圖2 太麻里河流域坡度分布
Figure 2 watershed slope maps of Taimali River

表 1 太麻里河流域坡度分析表

Table 1 watershed slope analysis table of Taimali River

坡度級別	級序	坡度(S)範圍	面積(公頃)	百分比(%)
一級坡	1	$S \leq 5\%$	858.66	3.97
二級坡	2	$5 < S \leq 15\%$	1,576.90	7.28
三級坡	3	$15 < S \leq 30\%$	8,415.78	38.88
四級坡	4	$30 < S \leq 40\%$	7,339.51	33.91
五級坡	5	$40 < S \leq 55\%$	3,293.19	15.21
六級坡	6	$55 < S \leq 100\%$	162.56	0.75
七級坡	7	$S > 100\%$	0.00	0.00
合計			21,646.60	100.00

資料來源：經濟部水利署2009「易淹水地區水患治理計劃」第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規劃

3.地質

太麻里河流域位於東部縱谷地質區之南緣與中央山脈西翼地質區脊區脊樑山脈亞區之東南段，地層主要構造型式以褶皺及其所伴生之小規模之錯移為主，流域內僅有兩條區域性斷層，其中一條以南北方向沿斗里斗里溪縱貫全流域，向北延伸至知本主山附近；另一條自斗里斗里溪上游向東北方向延伸，經大南溪河谷至利嘉附近。土壤除庫濃溪匯流口以下為沖積土及庫濃溪上游之金針山一帶有部分淺色崩積土外，主要以石質土為主，太麻里河流域地質詳如圖 3。

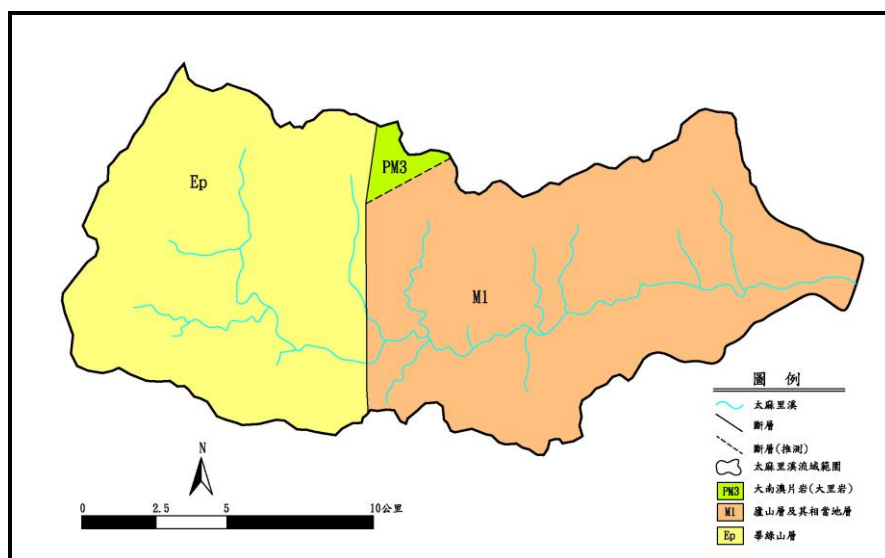


圖 3 太麻里河流域地質分布圖

Figure 3 Geological distribution of Taimali River Basin

資料來源：經濟部水利署2009「易淹水地區水患治理計劃」第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規劃

三、複合式災害探討

1. 複合式災害

複合性災害(compound disaster)，依其災害的特性可分為空間性、時間性、連鎖性、累積性、複雜性等五類(水土保持局，2008)，以下說明太麻里溪複合性災害之特點：

- (1)空間性：災害的發生或災情嚴重之程度，常因空間條件不同而有差異。太麻里流域因地質與地形條件關係，在莫拉克颱風侵襲期間，因降雨之雨型與強度差異，受災面積為台東縣最主要複合式災區。
- (2)時間性：相同條件之災害發生於不同時間，造成之災情程度亦有所不同。921 地震後台東山區部分邊坡應已具有張力裂縫，而未於強震時崩壞，但邊坡地質條件已相對於 921 地震之前脆弱，故同一地點在相同之雨量強度下，較容易發生崩塌。
- (3)連鎖性：災害非個別發生且立即結束，不同地點發生之災害會互相影響，甚至形成連鎖災害。太麻里溪上游包盛社地區發生大規模崩塌後阻斷河道形成堰塞湖，另外部分集水區內崩塌土石運移而下，淤積主河道後抬升洪水位，河流淘蝕河岸低位河階地與邊坡，顯見各類災害互為因果且具連鎖性。
- (4)累積性：災害的發生為突發性，但其災情多是長年累積所造成的。目前累積於太麻里各溪流集水區之上游的崩塌土石仍堆積於河道尚未清除完成，未來仍有大量土石往下游運移致災之潛勢。
- (5)複雜性：災情的形成相當複雜，相同規模之災害可能由於種種人為因素之差異導致不同損害程度。莫拉克風災造成太麻里流域的災害，在強烈豪雨下之地質與地形的特殊條件，與鄰近地質敏感區之外，其災害成因與過程相當複雜。

2. 莫拉克颱風災害調查結果

2009 年莫拉克颱風造成集水區內崩塌、洪水沖刷及土石流等災害，並於上游包盛社形成堰塞湖；2010 年凡那比颱風又造成臺東山區發生劇烈降雨，堰塞湖區因上游土砂流入發生大量淤積，溢流水道並因水流劇烈沖刷造成河床下降，湖水完全流出已無蓄水，皆造成中、下游居民之災情及損失。

(1) 淹水情形調查

太麻里溪因河道變遷，多處堤防潰堤，使洪流擴散相當廣闊，太麻里鄉泰和村、正興村均淹水，甚至積水達到一層樓高，經莫拉克颱風災後統計，太麻里鄉泰和村房屋全倒 35 間，半倒約 5 間，金峰鄉嘉蘭村房屋全倒 46 間，於太麻里鄉泰和村淹水範圍概估約 350 公頃，詳如圖 4，淹水深度約 3 公尺，金峰鄉嘉蘭村農地重劃區淹沒約 100 公頃，聯外道路(東 84)路基沖毀道路中斷，災害情形，詳如圖 5，台

東農田水利會於太麻里灌區(含太麻里圳、香蘭圳)面積為 373 公頃，受災面積 66%左右，約為 246 公頃，其中尤以太麻里圳幾乎全毀，毀損達 96%，另圳路毀損 34,665 公尺，嚴重影響當地民眾生計。

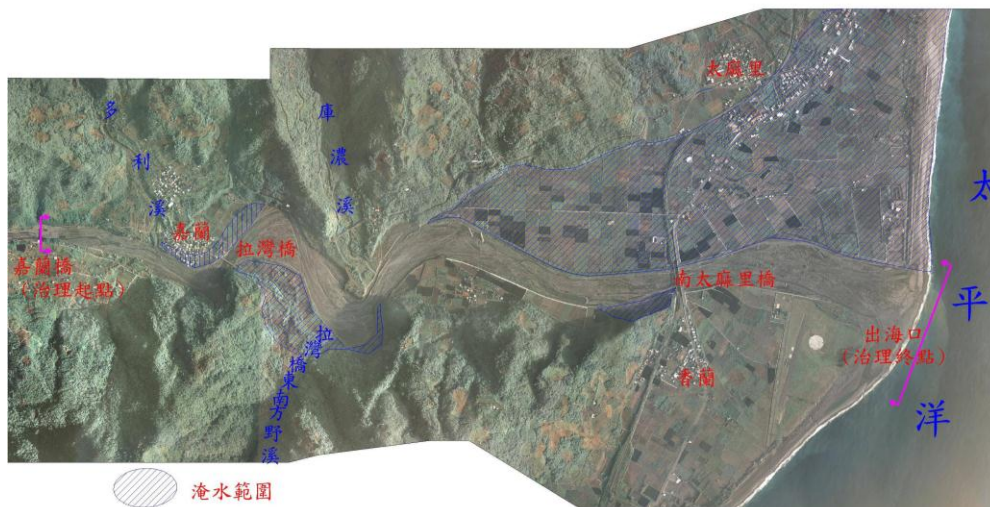


圖 4 太麻里溪淹水範圍概況圖

Figure 4 Flooding range overview of Taimali River



台9省道淹水



東84縣道損壞



泰和村之臺灣牛淹水情形



太麻里溪河口淹水情形



泰和村淹水情形



嘉蘭村淹水情形

圖 5 太麻里溪莫拉克颱風造成災害照片

Figure 5 Disaster photos along Taimali River caused by Typhoon Morakot

(2)工程損壞情形調查

①防洪構造物調查

針對主流河道堤防護岸構造物進行現況調查，莫拉克颱風侵襲後，太麻里溪相關防洪構造物大部分出現破損或堤腳沖刷及沖毀情形；原堤防長 6,680 公尺、護岸長 1,590 公尺，目前僅存堤防長 4,480 公尺，護岸均遭破壞，詳如圖 6、圖 7。

②跨河構造物調查

主河道治理規劃河段範圍內現有跨河橋梁計有：南太麻里溪橋、南迴鐵路橋、拉灣橋、嘉蘭橋等四座，經莫拉克颱風後拉灣橋及嘉蘭橋全毀，遭洪水沖走，而南迴鐵路橋則橋台及橋墩被流失超過 700 公尺，鐵路鐵橋折成四段，約 300 公尺長的鐵橋沒入溪水中，而南太麻里溪橋則橋台亦有損壞，造成南迴公路中斷，使太麻里溪右岸太麻里鄉香蘭村、金崙村、賓茂村、多良村及金峰鄉歷坵村等各村莊聯外道路中斷，相關跨河橋梁莫拉克颱風前後調查比較，詳如圖 6、圖 7。

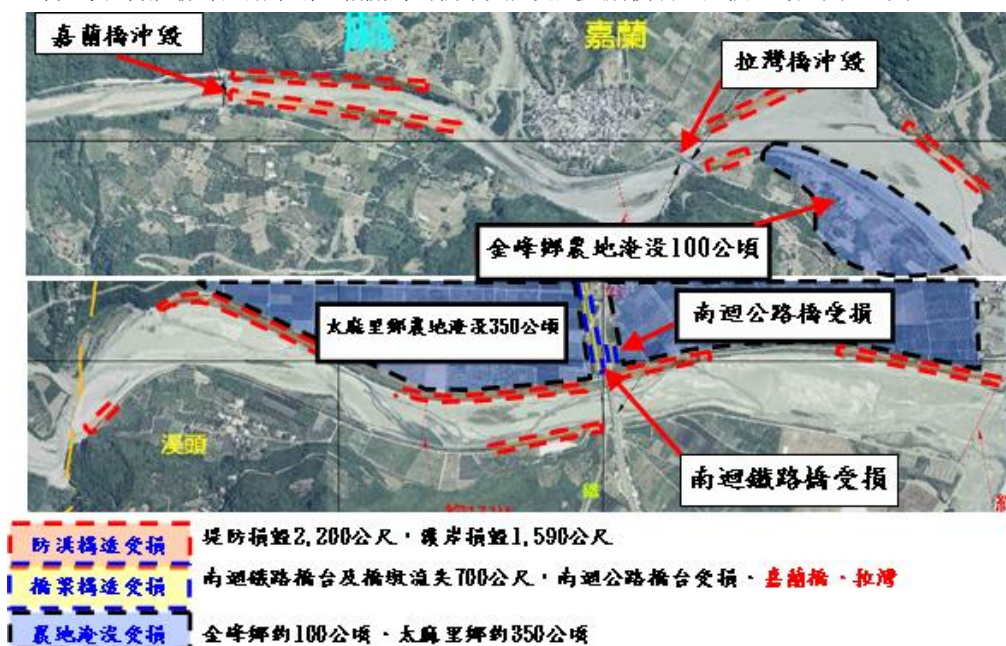


圖 6 太麻里溪工程受災情形

Figure 6 Damaged hydraulic constructions of Taimali River

莫拉克颱風前



莫拉克颱風後



太麻里左岸堤防



南太麻里溪橋、鐵路橋

拉灣橋

嘉蘭橋

圖7 太麻里溪堤防橋樑受災照片

Figure 7 Photos of damaged levees and bridges along Taimali River

③流域崩塌地調查

依據「太麻里溪集水區環境綜合保育規劃工程」成果報告(97.10)，採用衛星影像資料進行集水區內崩塌地之判視。研判民國 94 年 7 月海棠颱風後總崩塌面積為 930.3 公頃，詳如圖 8，至莫拉克颱風前逐漸自然復育，總崩塌面積約減少至 608.1 公頃，詳如圖 9。

經民國 98 年 8 月莫拉克颱風後，整個集水區流域之崩塌面積加劇，詳如圖 10，本計畫依據中央地質調查所民國 98 年風災後完成之崩塌地判視成果進行統計，莫拉克颱風後之集水區崩塌面積增為約 2,518 公頃，詳如圖 10，較莫拉克颱風前之崩塌面積增加近 3 倍之多，詳如表 2；而太麻里溪各小集水區面積和約 22,151 公頃，故總平均崩塌率約達 11.4%。其中，包盛社地區(方屯山)附近第 9 林班(第 1~2 小班)支流野溪之大型崩塌地面積估計約達 292 公頃，以致崩塌土石堵塞主河道而形成堰塞湖，全流域的崩塌厚度平均以 5.5m 估算，概估其崩塌量約 13,848.3 萬方，另由崩塌地面積變化的趨勢可知，本流域若再遇造大豪雨颱風事件，上游集水區崩塌地產生極為明顯的效應。

表2 太麻里河流域近年流域崩塌量

Table 2 Landslide volumes of Taimali River basin in recent years

時期	崩塌地面積(公頃)	備註
海棠颱風後	930.32	民國94年衛星影像描繪
莫拉克颱風前	608.13	民國96年衛星影像描繪
莫拉克颱風後	2517.87	民國98年12月航拍影像描繪

資料來源：民國 99 年 12 月行政院農業委員會水土保持局臺東分局「太麻里溪集水區坡地保育調查規劃」彙整

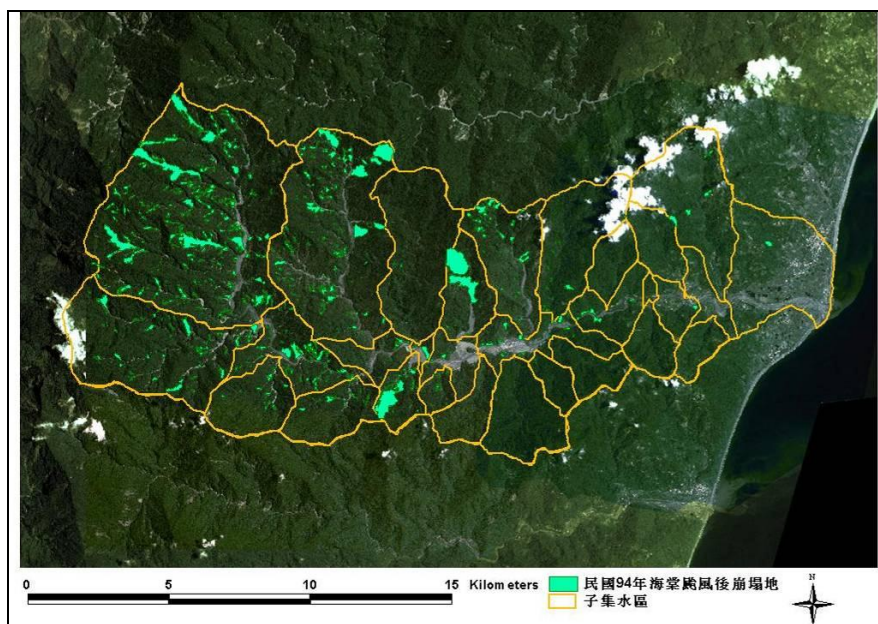


圖 8 海棠颱風後衛星影像判釋之崩塌地(民國 94 年 7 月)

Figure 8 Satellite image interpretation of landslides after Typhoon Haitang (July 2005)

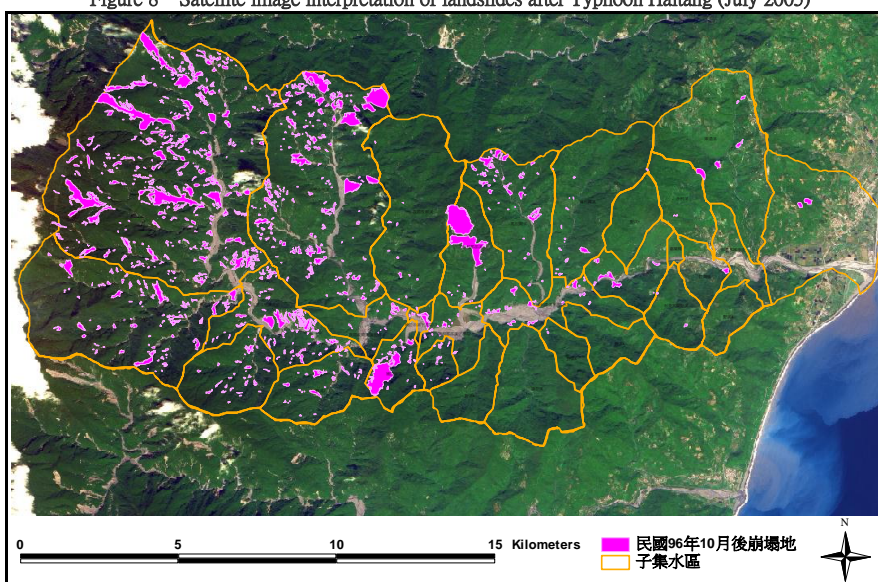


圖9 衛星影像判釋之崩塌地(民國96年10月)

Figure 9 Landslides by satellite image interpretation (October 2007)

資料來源：2008年10月行政院農業委員會水土保持局「太麻里溪集水區環境綜合保育規劃工程」報告

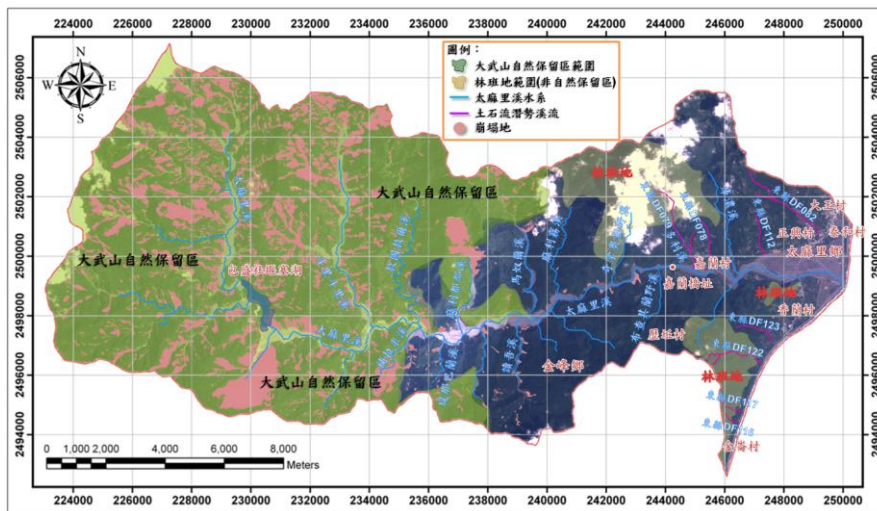


圖 10 莫拉克颱風後衛星影像判釋之崩塌地(民國 98 年 12 月)

Figure 10 Satellite image interpretation of landslides after Typhoon Morakot (Dec 2009)

資料來源：2010 年 12 月行政院農業委員會水土保持局臺東分局「太麻里溪集水區坡地保育調查規劃」

④河道特性變異調查

(a)主河道變遷情形

太麻里溪於出隘口後山區陡坡河川進入較緩河川消能及土砂堆積沖積扇平原，現因受人為開發築堤束河，與水爭地，改變本河段原河性，然而本次莫拉克颱風所產生之洪峰流量已超過相關防護設施標準，造成出隘口後左岸堤防溢堤後潰堤，洪流擴散廣闊，並恢復原沖積扇平原河性，水流分為三股，一沿原河道，二朝太麻里變電所方向，直流大海，另一則往泰和村向東北方延伸；隘口以上則因洪水直衝金峰鄉嘉蘭村，將原兩岸之高灘土地流失，改變原較蜿蜒性質，為順直較寬河道特性，河道變遷如圖 11、圖 12。

(b)河道沖淤分析

i.河口至庫濃溪匯流口

歷年橋梁及其下游斷面多為呈現沖刷趨勢，河口附近呈現淤積情形，鐵路橋以上河床至庫濃溪匯流口間河段於本次莫拉克颱風後，出海口至太麻里四號堤防破堤處下游間沖淤高度變化不大，僅鐵路橋梁處因河道束縮稍有沖刷，整體而言，於隘口以下之經本次颱風後恢復之沖積扇，呈現大量土砂淤積現象。

ii.庫濃溪匯流口(斷面 11)至嘉蘭橋

莫拉克颱風期間，本河段受上游下移土砂、河道彎曲及河岸崩塌等因素影響，於隘口以上恢復至民國 94 年海棠颱風時所淤積河床高，呈現大量土砂淤積現象。

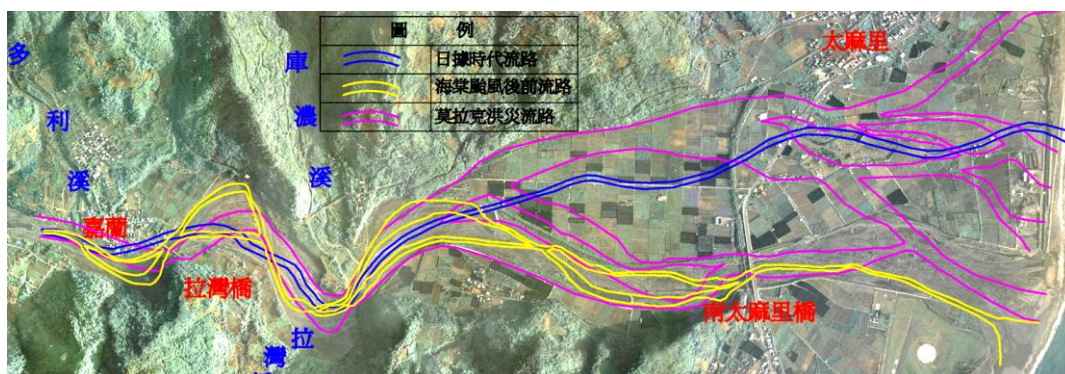


圖 11 太麻里溪河道變遷比較圖

Figure 11 Comparison between watercourse changes of Taimali River

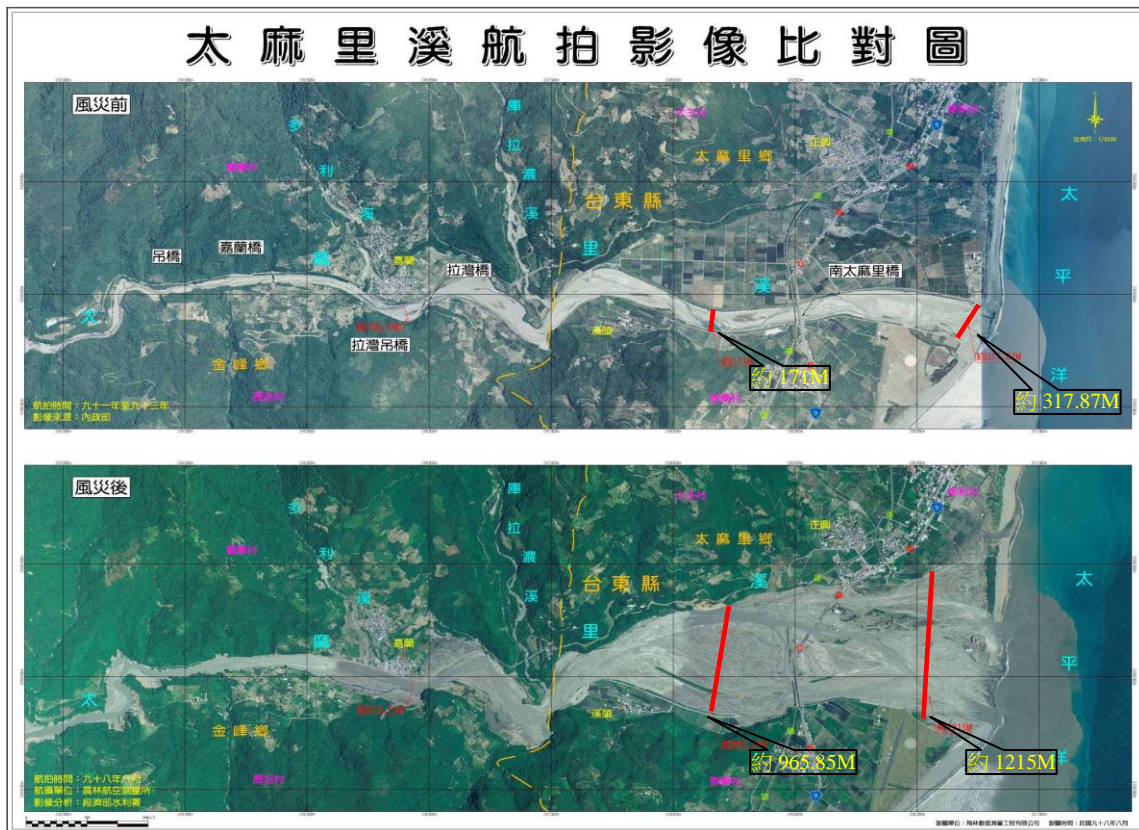


圖 12 太麻里溪莫拉克颱風前後航拍影像比對圖

Figure 12 Comparison between Aerial images of Taimali River before and after Morakot typhoon

資料來源：經濟部水利署 2010「易淹水地區水患治理計劃」第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規劃(莫拉克颱風後治理計劃檢討報告)

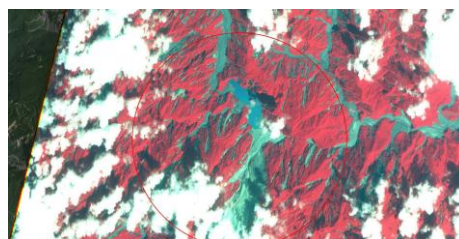
⑤堰塞湖調查

莫拉克颱風過後太麻里溪山區土石崩塌相當嚴重，於金峰鄉嘉蘭村包盛社地區因豪雨形成的堰塞湖，如圖 13，堰塞湖主要於台東縣金峰鄉包盛社地區距金峰鄉嘉蘭村約 17 公里之大武事業區第 9 林班內支流，因莫拉克颱風降下超大豪雨，引發大規模崩塌，約 280 公頃，崩塌範圍擴及陵線，土石流出阻塞主河道，造成溪水蓄積形成堰塞湖；堰塞湖溢流口已刷深超過 5 公尺，溢口寬度達 20 公尺以上，現貯水位業已下降亦超過 5 公尺，湖面縮小頗多，貯水量應已不到 280 萬噸；且目前已有溢流沖刷、持續降低貯水位之方式降低堰塞湖溢流堰體高，且距下游人口聚集處金峰鄉嘉蘭村約 17 公里左右。

未形成堰塞湖狀況



形成堰塞湖狀況



衛星影像來源：SPOT2；民國98年8月13 日



圖13 太麻里溪上游莫拉克颱風造成堰塞湖影像研判圖

Figure 13 Image interpretation of barrier lake caused by Typhoon Morakot in the upstream of Taimali River

資料來源：經濟部水利署 2010「易淹水地區水患治理計劃」第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規劃(莫拉克颱風後治理計劃檢討報告)

3.莫拉克颱風災害原因探討

(1)洪峰流量超過防洪設施保護標準

本次莫拉克颱風之 48 小時累積降雨量達 1,553 毫米，而大於 30(毫米/時)延時達 26 小時，造成之治理河段清水流洪峰流量，已超過原興建堤防時各河段防洪工程保護洪峰流量，若再考量高含砂水流現象，已高出本溪各河段計畫洪水量甚多，詳表 3、表 4 及圖 14，因此本次颱風各河段防洪設施保護標準不足，均可能造成洪水溢岸之情形。

表 3 太麻里河流域莫拉克颱風平均最大一、二日暴雨洪峰流量分析成果表

Table 3 The analysis results of averaged one-day and two-day maximum storm peak flow for Taimali River basin during Typhoon Morakot

控制點	日別	流量 (立方公尺/秒)
河口	一日	3,370
	二日	3,718
庫濃溪匯流前	一日	3,202
	二日	3,480
嘉蘭橋	一日	3,052
	二日	3,300

表 4 太麻里河流域莫拉克颱風平均最大二日暴雨洪峰流量頻率分析成果比較表 單位：立方公尺/秒

Table 4 The comparison between frequency analysis results of averaged two-day maximum storm peak flow for Taimali River basin during Typhoon Morakot

控制點	重現期距(年)									莫拉克颱風	
	1.11	2	5	10	20	25	50	100	200	流量	相當重現期
河口	620	1,270	1,980	2,490	3,010	3,180	3,710	4,270	4,840	3,718 (4,833)	約 50 (約 200)
庫濃溪匯流前	600	1,210	1,880	2,350	2,820	2,970	3,460	4,000	4,570	3,480 (4,524)	約 50 (約 200)
嘉蘭橋	570	1,170	1,800	2,250	2,710	2,860	3,360	3,870	4,420	3,300 (4,290)	約 50 (約 180)

註：1.考量莫拉克颱風對流域地文因子改變甚大，使本河段易產生高含砂水流現象，故採高含砂水流洪峰流量(QD)(清水流洪峰流量(QW)之 1.3 倍)。

2.()內表高含砂水流

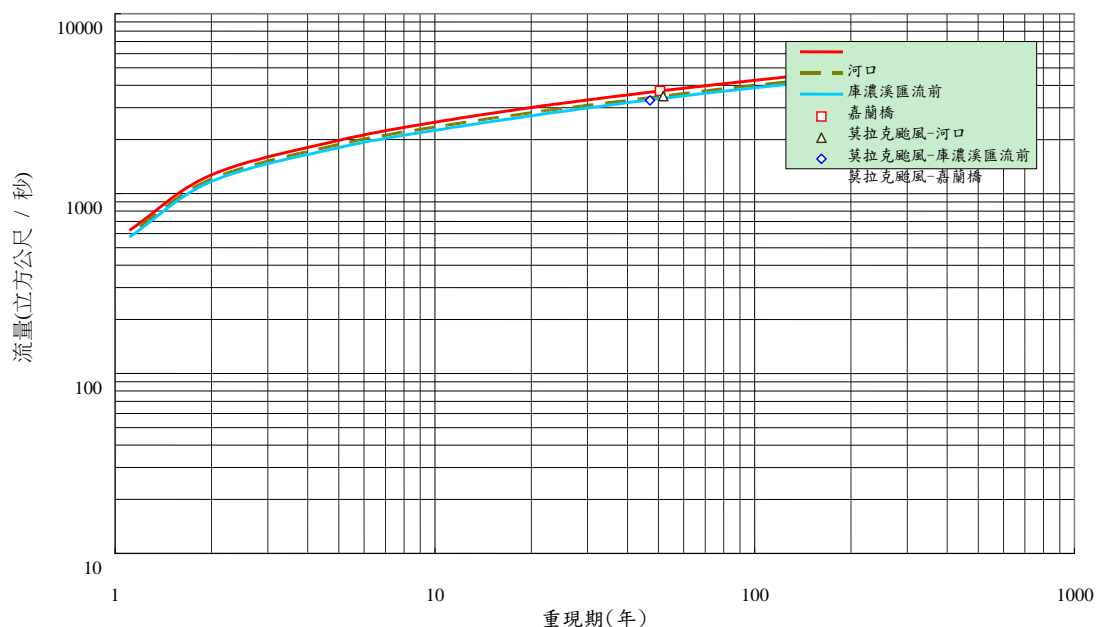


圖 14 太麻里河流域各控制點平均最大二日暴雨洪峰流量頻率分析成果與莫拉克颱風流量比較圖

Figure 14 Frequency analysis results and the comparison among averaged two-day maximum storm peak flow for each control point of Taimali River basin during Typhoon Morakot

資料來源：經濟部水利署 2010「易淹水地區水患治理計劃」第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規劃(莫拉克颱風後治理計劃檢討報告)

(2)自然條件差，易發生崩塌

太麻里溪流域近九成為三級以上之陡坡，地體構造複雜，而地層卻甚為單調，多為抗風化能力較差，易沿劈理面解壓鬆動之岩層，配合誘發因子，如地震、降雨等，易發生大型圓弧滑動破壞形成崩塌地，形成土砂災害。

(3)水流衝擊頂衝處，防洪構造物遭破壞

本溪莫拉克颱風造成災害主要區域均位人為開發築堤保護高灘地而束縮河道處，一為庫濃溪匯流前上游之隘口，另一為嘉蘭村高灘地水流直衝段，因為河道坡降大，加上洪水宣洩，致河川擺盪嚴重，尤其太麻里左岸四號堤防於斷面 10 附近約 200 公尺潰堤處位於太麻里溪出山谷左岸，該處為溪流之直衝攻擊面，加上土石流具直進性，因此該處因水流直衝堤防，且夾帶巨石、巨木，在高速流動下撞擊堤防，產生之巨大撞擊力造成堤防破壞，而使洪水漫淹釀成災害，若以水流中含砂濃度 15% 為例，所造成對直衝段堤防之衝擊力為清水流之 1.25 倍，顯示高含砂濃度水流之衝擊不容忽視。

(4)河道淤積，縮小通水斷面

太麻里溪流域於莫拉克颱風期間崩塌土石量巨大，受颱風豪雨沖刷漸次向下移動，使河道通水斷面因土砂淤積而減少，並抬高河床，致使洪流挾帶大量泥砂擠壓橋面或溢漫河岸而釀成災害。

(5)人為開發，與河爭地

太麻里溪出隘口以下原為河川自然擺盪變遷之沖積扇平原，日據時期主河道較目前河道偏北，近年受聚落及人為開發築堤或設置橋梁，將原河道束縮至南側之堤防內，然而莫拉克颱風所產生之洪峰流量已超過相關防護設施標準，河川束縮之通洪斷面及水流直衝處，洪水宣洩不及，導致洪流挾帶大量泥砂擠壓橋面或溢漫河岸造成防洪設施損壞而釀成災害。

隘口以上至嘉蘭橋段原並無聚落，為自然山區蜿蜒河川，並無任何高灘地利用情形，後人陸續遷居至嘉蘭村極並於河道高灘地進行開發及設置橋梁，而本河段河道坡降大，洪水直衝嘉蘭村攻擊面，加上橋梁束縮及土石流夾帶巨石、巨木，撞擊、淘刷及漫淹原與河爭地開發之地質不佳高灘地，形成災害。

(6)橋梁束縮形成瓶頸抬高水位

南太麻里溪橋、鐵路橋其橋長及位置造成河道束縮，上游水位壅高，而過橋流速過快，造成橋墩及

橋台基礎淘刷，而使兩座橋梁橋台均受損，甚至鐵路橋橋台被沖毀，且影響鄰近防洪構造物坡腳沖刷破壞，造成溢淹；另嘉蘭村則有拉灣橋及嘉蘭橋坐落於河道束縮瓶頸段，且上游來砂量相當多，疏浚量能又不足，往往造成該河段土砂淤積，且二座橋梁通洪能力不足，形成瓶頸，更加降低本河段通洪能力，進而造成主流改道，侵襲嘉蘭村高灘地。

四、防洪構造物改善對策

以往的水利建設的安全需求與功能大致採取既往之特性作為規劃設計的參考，然而全球變遷的因子加入，原本的降雨量、降雨強度、洪水量、暴潮、乾旱歷程都有不同程度改變，此也將直接或間接影響到水利建設的功能與安全性。

另由上述章節可知莫拉克颱風除對太麻里溪除風除帶來水災、土石流、漂流木及大量泥砂等複合式災害，防洪構造物亦遭受嚴重損壞，為免造成二次災害，因此本章節將以因應複合式災害太麻里堤防破壞型式之強化防洪構造物方式以進行探討，並茲說明如下：

1. 堤防破壞型態

(1) 洪水越坡破壞

因河道淤積，縮小通水斷面或當洪峰流量超過防洪設施保護標準將造成：

① 護坡背填土流失，導致護岸損害

當洪水越過護岸或堤防頂部，其頂部保護工周圍之表層材料將可能因水流沖蝕而流失，當流失之材料過多，護岸將因失去背後支撐、水流衝擊力量與護岸自重致使護岸坡面設施破壞，失去其保護堤防之功能，詳如圖 15。

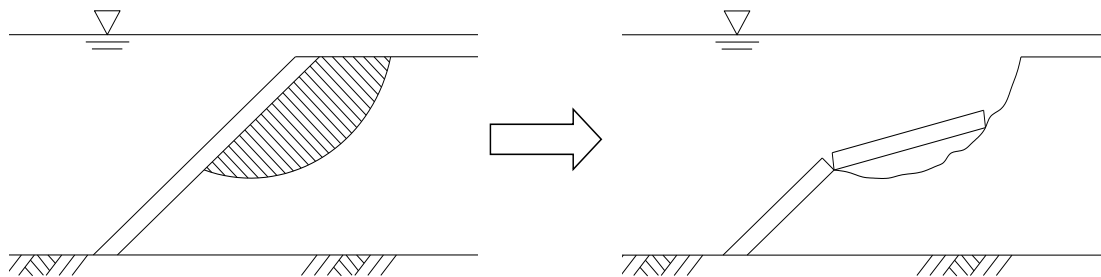


圖 15 護坡背填土流失護岸損害圖

Figure 15 Slope backfill the loss of revetment damage

② 堤防背堤坡面崩塌，導致堤防崩塌

洪水越堤發生後，水流越過堤頂往堤內流動，可能導致堤防背堤坡面發生水流沖蝕現象，隨著堤防材料被水流沖蝕帶走，堤防抵禦河川水壓力之能力逐漸下降，當超過臨界狀態後堤防將產生移動破壞，詳圖 16。

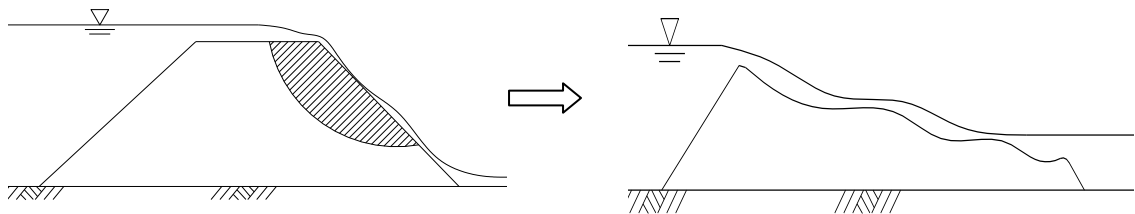


圖 16 堤防背堤坡面崩塌堤防崩塌圖

Figure 16 Collapse of surface on levee back

(2) 護坡撞擊破壞

洪水夾帶巨石、漂流木，在高速流動下撞擊堤防，產生之巨大撞擊力當衝擊力超過坡面工抵禦能力將導致坡面毀損，導至內填土石料遭沖蝕並造成堤防崩塌破壞，詳圖 17

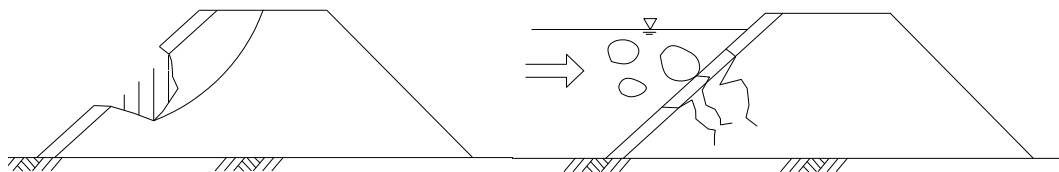


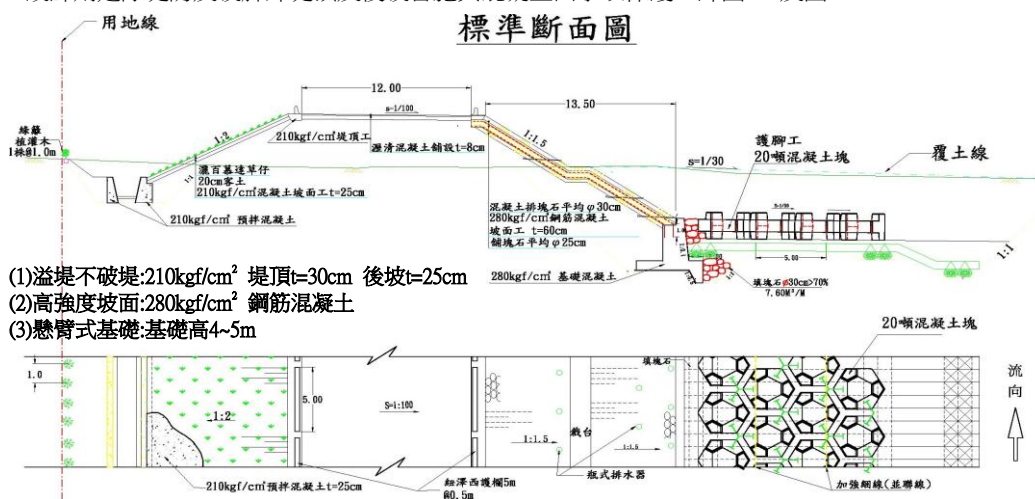
圖 17 護坡撞擊破壞圖

Figure 17 Destruction caused by impacts on revetment

2.堤防改善方案

(1)溢堤不破堤

依目前堤防工程設計大都為前坡及坡腳處予以施設混凝土及塊石予以保護，因太麻里屬多砂河川且潛在坡地土砂量豐富，為免爾後因河道淤積，通水斷面縮小再次造成溢堤破壞，故本太麻里溪復建工程設計則是除堤防及坡腳外堤頂及後坡皆施與混凝土面予以保護，詳圖 18 及圖 19。



- (1)溢堤不破堤:210kgf/cm² 堤頂t=30cm 後坡t=25cm
- (2)高強度坡面:280kgf/cm² 鋼筋混凝土
- (3)懸臂式基礎:基礎高4~5m

圖 18 太麻里左岸二號堤防標準斷面圖

Figure 18 Standard sectional view of the left bank of the second Taimali levee

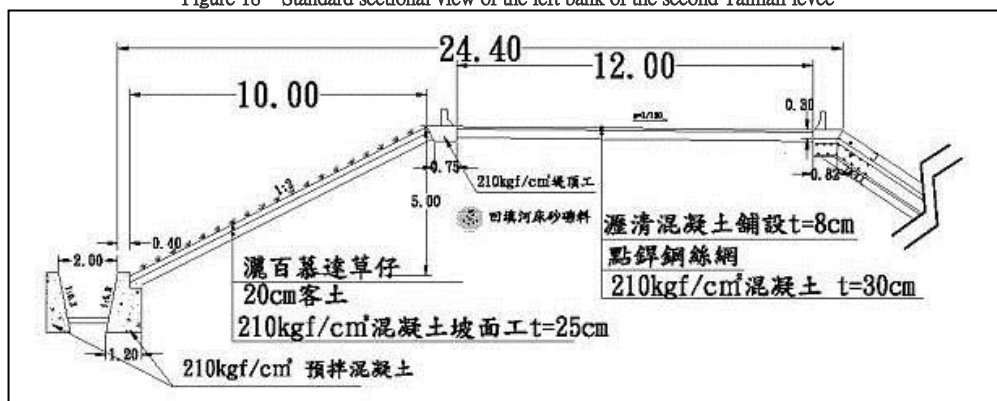


圖 19 堤頂及後坡加強圖詳圖

Figure 19 Detailed drawing of strengthened levee crown and behind the levee

(2)高強度坡面工

採用 280kgf/cm² 高強度混凝土取代一般堤防 280kgf/cm² 混凝土，厚度部份則分為洪水直衝段採用 60 公分厚，部份非直衝段則採用 40 公分厚，詳圖 21，以因應洪水夾帶巨石、漂流木，在高速流動下撞擊，產生之巨大撞擊力。

(3)懸臂式基礎

採用懸臂式基礎取代卑南溪堤防截水牆式基礎，高度部份採用 4~5m，詳圖 22，以求深度部份可超

過歷年深槽之低點，其主要原因為：一是考量因高強度坡面工自重的影響，可增加其承载力；二是因太麻里溪主流坡度達 6.4%，洪水初期河岸會先淘刷，護腳工及坡腳護將因支稱力不足而產生不穩定現象，而形成弱面，此時再經洪水衝擊，破壞型式將嚴重且迅速擴大。

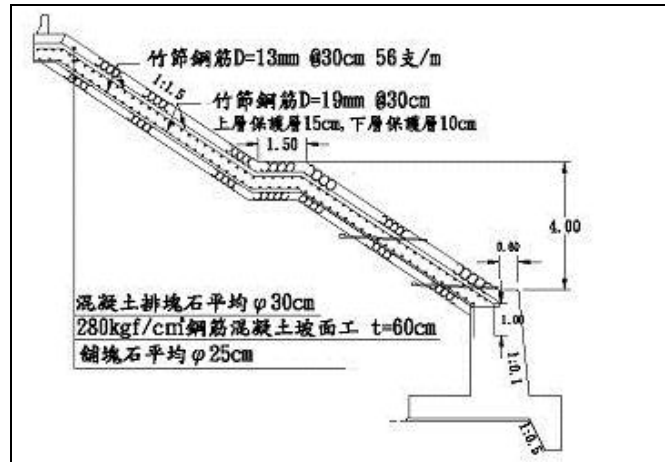


圖 20 高強度坡面工詳圖

Figure 20 Detailed drawing of high-intensity slope

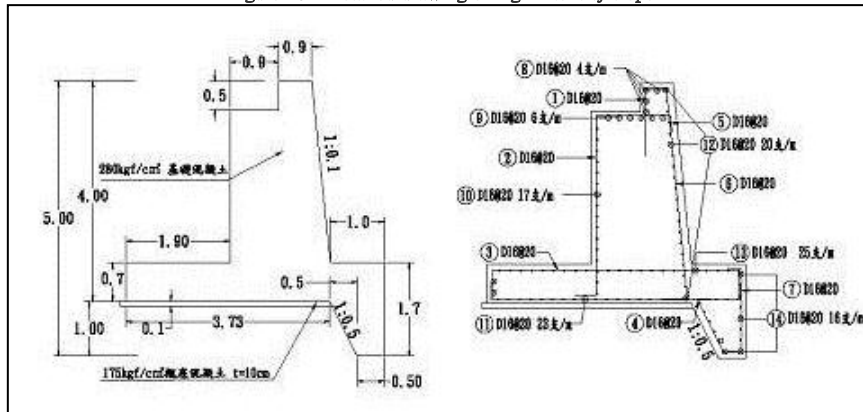


圖 21 懸臂式基礎詳圖

Figure 21 Detailed drawing of cantilever base

(4)增設格牆工

另考量氣候變遷極端降雨情形及上游再形成堰塞湖，瞬間洪水破堤之情形產生，約每 100m 設置一座格牆工，以增取時間進行搶險，以避免災情擴大，詳圖 23。

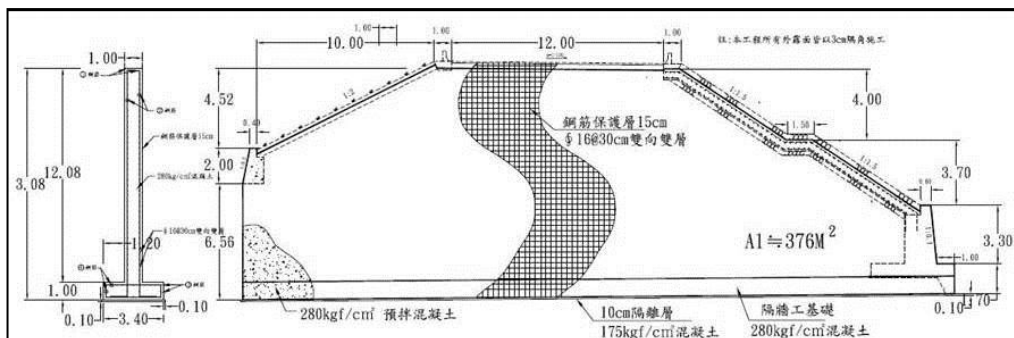


圖 22 隔牆工詳圖

Figure 22 Detailed drawing of wall separated

3.相關因應作為

(1)拓寬河道以增加通洪斷面

除原先堤防之措失外，另河道本身條件亦需有所改善，為配合多砂河川之特性，依前表 4 暴雨洪峰

流量頻率分析變動，將河道拓寬約 100m，另出水高部份由一般設計為 1.5m 調高為 2.5m 並加計凹岸加高。

(2)加強河道疏濬

太麻里溪土砂產量上游河段之總輸砂量約 80 萬立方公尺，加上年平均崩塌土砂流出量約 324 萬立方公尺，嘉蘭橋下游河段之平均年輸砂量僅約 125 萬立方公尺，故每年約有 279 萬立方公尺淤積於嘉蘭橋下游人口密集區，故加強河道疏濬以增加通洪斷面。

五、結論與建議

1. 鑑於工程措施確有其侷限性，且因氣候變遷之衝擊，致原有防洪設計標準降低及考量國家財政之能力，只靠工程措施難以因應，僅能適度提高基本防洪保護標準，惟未來應依流域綜合治水構想將以水、土、林一體進行全流域整治，依其各單位權責進行全流域治理，降低中、下游洪峰流量及土砂來源量，進而消滅流域災害，並維護生態環境配合管理避災之手段，強化流域防災能力，採「下游防洪、中上游減洪，配合避洪措施」防災措施，才能有效達成太麻里溪降低災害機率之治理目標。
2. 太麻里溪上游山區，因通訊狀況不佳，要取得雨量即時訊息實有困難，故未施設雨量站以精確掌控雨量變化，僅能以鄰近山區雨量站資訊參考，且太麻里溪目前尚無任何水情監測系統，然而，在莫拉克颱風災害發生之後，更突顯水情監測在防災預警上之重要性，故增設水文監測及雨量站實屬當務之急，應儘速設法辦理。
3. 故針對高潛勢風險之太麻里地區，除工程復建外，另亟需輔以配套非工程防災措施分階段(近程、中程、遠程)強化洪災防護能力，故除加強水情預警能力並訂定相關警戒值(雨量、水位、堰塞湖)以提升災情掌握能力之外，更應由中央單位及地方政府協力以社區為主體加強宣導並辦理各項自主防災教育訓練，以充實民眾水情資訊，落實水災疏散撤離，透過社區自主，加強民眾自主防災能力，記取經驗教訓、做最好準備以期達到災害零犧牲、損失最小化、災害低風險推之目標。

參考文獻

1. 行政院 2011 災害防救白皮書 行政院。
2. 臺灣氣候變遷科學報告工作小組 2011 臺灣氣候變遷科學報告 國家災害防救科技中心。
3. 經濟部水利署 2010 水利建設因應全球氣候變遷白皮書。
4. 經濟部水利署 2012 氣候變遷對水環境之衝擊與調適第 2 階段管理計畫(2/4)。
5. 經濟部水利署水利規畫試驗所 2010 「易淹水地區水患治理計畫」第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規畫(莫拉克颱風後治理計畫檢討報告)。
6. 經濟部水利署水利規畫試驗所 2009 「易淹水地區水患治理計畫」第一階段實施計畫縣管河川太麻里溪水系規畫。
7. 水土保持局 (2008) 水土保持技術用語事典暨雙語名詞彙編，
8. 行政院農委會水土保持局 2010 太麻里集水區坡地保育調查規畫。
9. 經濟部水利署 2011 川流不息-臺灣海岸災害與重建 頁 118-135。
10. 經濟部水利署水利規畫試驗所 2009 莫拉克災害調查報告
11. 國家災害防救科技中心 2009 莫拉克颱風淹水問題探討及改善策略研擬 災害防救電子報 2009 第 53 期
12. 行政院農委會林務局台東林區管理處 2010 「太麻里溪包盛社堰塞湖緊急評估及全流域短中長期對策建議計畫」
13. 陳仲賢 2010 氣候變遷對水利工程挑戰與調適 水利會訊
14. 經濟部水利署第八河川局 2011 莫拉克災後卑南溪堤防損害及改善方案研擬。
15. 鄭錦桐 邵國士 冀樹勇 邱俊翔 莫拉克颱風台東地區流域複合型地工災害探討地工技術，2009 第 122 期
16. 鍾斌全 2009 台東太麻里集水區降雨崩塌對河道淤砂之影響，國立屏東大學水土保持系碩士論文
17. 潘晨綱 2010 降雨對台東太麻里集水區土砂產量影響之探討，國立屏東大學水土保持系碩士論文
18. 水土保持局，行政院農業委員會水土保持局全球資訊網，網址：<http://www.swcb.gov.tw/>。