

## 摘要

民國 98 年莫拉克颱風侵台期間，台東縣太麻里溪上游包盛社右岸邊坡因降雨誘發大規模崩塌，崩塌深度高達 200 公尺，崩塌長度達 2.8 公里，崩塌區航測地形高程變化圖如圖 A 所示，大量土石材料隨坡面逕流運移，堆積並堵塞太麻里溪主河道，形成天然堰塞湖，造成下游聚落之潛勢土砂災害威脅。

本計畫集合國內外過去堰塞湖處理經驗，透過基本資料蒐集，現場調查工作、衛星影像判釋、數值模式評估等，分析太麻里堰塞湖之形成特性與成因，以及堰塞湖之安定性評估，並透過水文分析與水理分析工作，評估堰塞湖在各種潰決情境下可能之潛勢影響範圍。

堰塞湖形成初期據相關圖資與測量成果分析，太麻里天然壩壩高約 10 公尺、體積約有 256 萬立方公尺，而該河段堆積土體深度約 50 公尺，堆積範圍達 4 公里長，其規模遠大於河道原有堆積規模，縱斷面高程比對圖如圖 B 所示，根據安定性評估結果，無驟然整體潰決之危害。但因堆積土體規模甚大，形成新河道地形地貌，故天然壩堆積區，以及太麻里全流域之整體土砂運動，將為下游聚落帶來土砂二次災害，為未來須考量之主要問題。

而下游聚落之安全影響評估，需同時考慮到堰塞湖未來遭侵蝕後，洪峰通過下游聚落處之有效安全高差與通水斷面，以及因太麻里全流域土砂運移與堆積過程，所誘發之下游二次土砂災害（其成果分別撰寫於第 6 章與第 9 章），在颱風暴雨期間之潛勢範圍影響評估工作中，本計畫結合天然壩侵蝕模擬與高含砂混合流況之水理模擬兩種方法，推估天然壩在暴雨期間，因壩體溢流口侵蝕所誘發之洪峰增加量，其最大值根據分析成果，可達原清水流量之 2 至 3 倍，以 100 年設計流量為例，原天然壩之設計流量僅約 1,748 cms，但於暴雨期間，最大可能洪峰量可達 5,000 cms，故下游嘉蘭村或南太麻里橋段，聚落處可能有遭受洪峰溢堤而危害之潛勢。



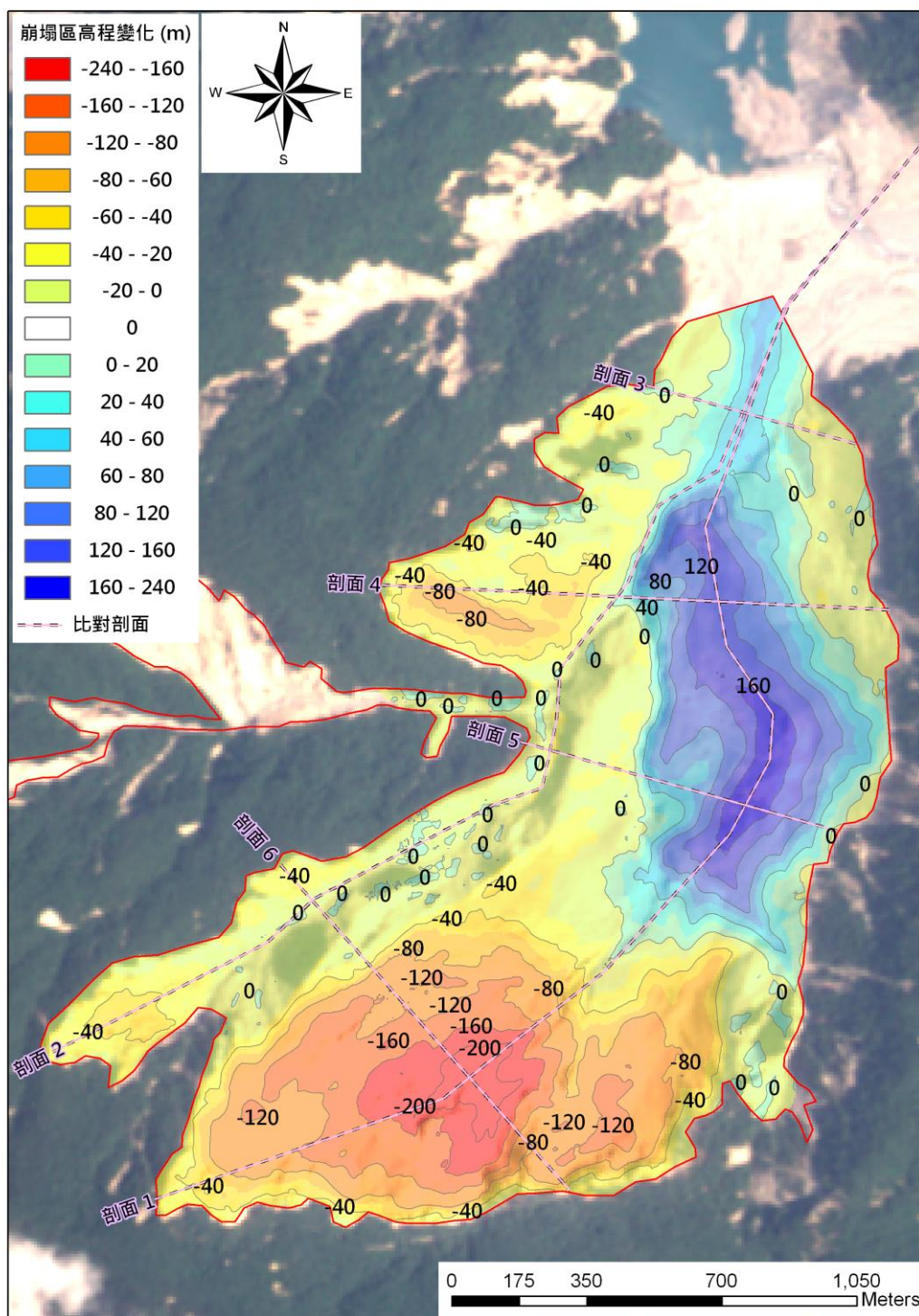
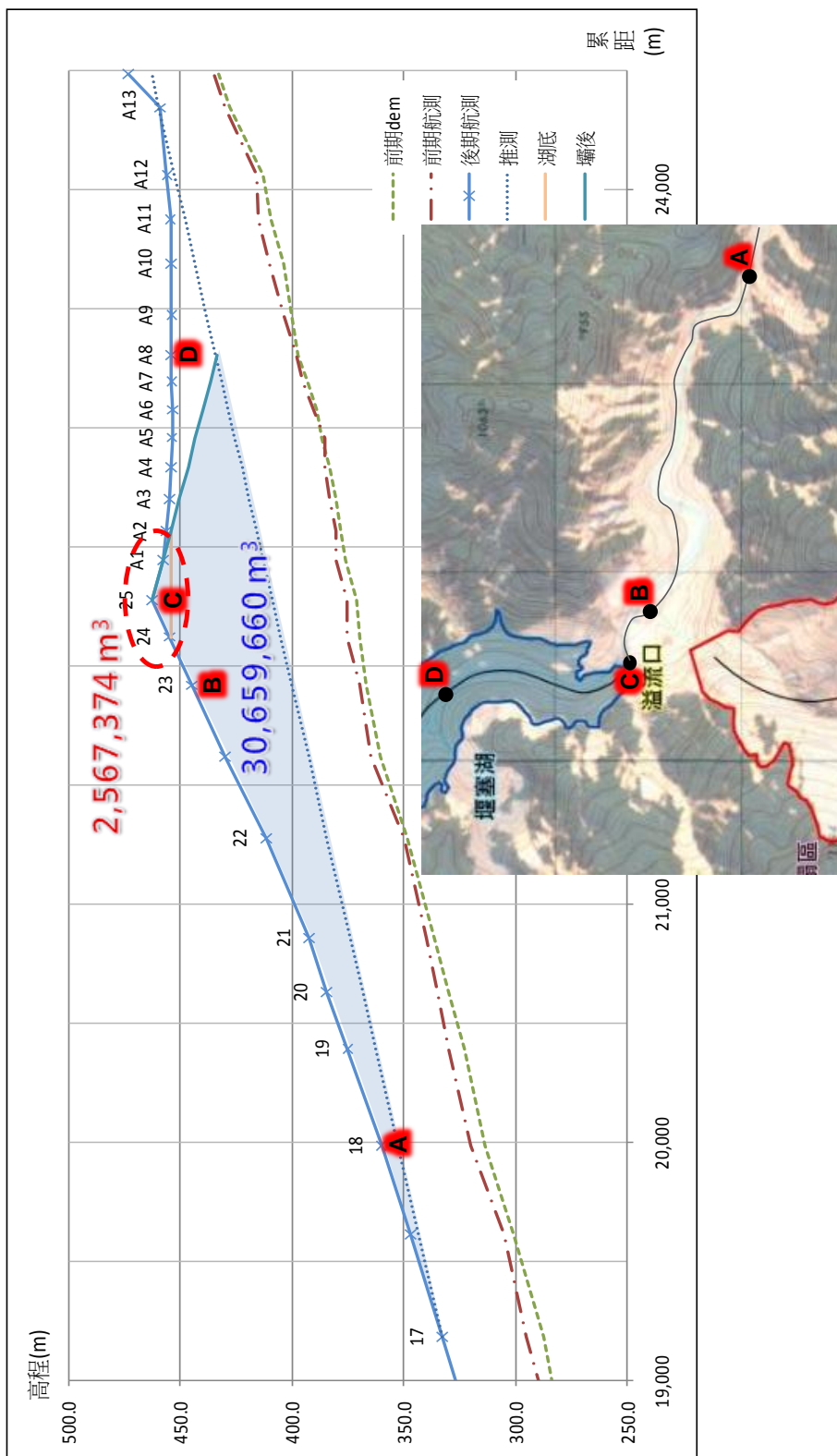


圖 A 崩塌區前後期航測地形比對剖面與高程變化分佈圖



圖B 淤積段前後期航測地形對比成果

崩塌土體阻斷河道形成堰塞湖後，由於天然壩體之組成材料皆為剪力強度較低且鬆散之崩積土石，其膠結度低、材料組成鬆散且無擋水設施及過濾層等工程輔助結構，使得壩體強度遠較人工土石壩低，因此大部分堰塞湖土石壩於形成後短時間內便發生破壞，相關緊急處理對策須在短時間內提出。台東林區管理處已於 12 月完成溢流水道緊急挖降工程，成功降低堰塞湖水位。

針對初步挖降後之堰塞湖，由於所施作之挖降工程屬臨時性開挖，未考量溢流水道之通洪能力及兩側岸坡之沖刷問題，故本計畫提出後續減災工程處理之建議並完成太麻里溪包盛社防砂工程設計書，針對溢流水道之設計排洪斷面以及避免底床及岸坡沖刷之處理進行強化，說明如下：

1. 依據設計流量調整通水斷面(水道寬度及深度加大)，溢流水道可採複式斷面施作，入口處並採喇叭口設計，減緩水流速度，將水流順緩導入溢流水道。
2. 溢流水道底床以塊石鋪底避免劇烈沖刷
3. 溢流水道兩側岸坡實施階段式整坡，利用太空包、石籠或塊石堆砌護岸，增加邊坡穩定性
4. 為避免崩塌區溪溝殘存土石流出再次阻塞河道，可增大崩塌區坑溝之通洪斷面，並順其流向將其導入下游主河道。

本計畫完成潰壩潛勢評估後，亦針對下游部落警戒避難機制進行相關檢討與評估(相關成果撰寫於第 8 章)，由於太麻里流域僅下游處有雨量站，區內無水位站，因此無法由即時水文資訊進行防災預警，本計畫建議於適當地點，以人工進行監測。警戒水位值之操作與訂定，建議可依據設計事件之潰壩水理演算成果，參考模擬結果之各斷面河川水位上升速率，訂定撤離發佈之警戒水位值(保留適當之預警時間)。本計畫參考 Takahashi(1991)

之理論，假設極端狀況於上游堰塞湖區域形成土石流，造成原設計之 2~5 倍流量往下游流動，下游保全對象(嘉蘭)所在河道斷面若預留 3 小時之預警時間之警戒水位為 EL 71.57，若預留 2 小時之預警時間之警戒水位為 EL 72.77。未來太麻里溪之防災預警即可依據人工方式監測所設水尺處之水位變化，當河川水位到達 EL72.77，作為撤離發佈之時間。

現階段由於凡那比颱風過後，原包盛社堰塞湖水體皆已流失，是以下游部落區域已無受堰塞湖潰壩致災之可能性，然而根據調查與現地測量成果，如圖 C~圖 F 所示，仍然是具有再次阻塞河道蓄積成湖之可能性。而該區位處流域深處，交通可及性差，若再次阻塞成湖，在進一步取得現地測量與調查成果前，可先行參考本計畫提出之堰塞湖災害潛勢分析與避難防災警戒機制，待取得實際資料後再行修正

而在二次土砂災害之分析工作上，本計畫應用土砂收支模擬，評估莫拉克颱風期間，以及未來可能之土砂侵蝕與堆積趨勢，其成果說明，在莫拉克颱風期間，以斗里斗里溪、補拉米溪，以及堰塞湖上游集水區之坡面土砂生產情形最為嚴重，其新增崩塌率平均高達 20%，總土砂生產量約 5,000 萬方，但目前主流河道上，由出海口至嘉蘭橋段，新增堆積約 40 萬方，嘉蘭橋段至麻利都部溪，新增堆積量為 240 萬方，麻利都部溪至斗里斗里溪，新增土砂堆積量約 280 萬，但太麻里溪出口總輸砂量僅約 20 萬方，故大部分土砂材料，目前仍堆積在上游的斗里斗里溪及堰塞湖上游集水區，未來這些土砂材料，將會持續往下游運移堆積，根據未來趨勢之模擬分析成果，下游嘉蘭村與溪口村等地，平均年河床抬升高度約在 0.5 至 1.0 公尺之間，若遇較大之極端降雨事件，其堆積量更可能高於 1 公尺，故為未來主要需考量之土砂治理區段，規劃以工程或清淤手段，減緩土砂堆積之速度與規模。

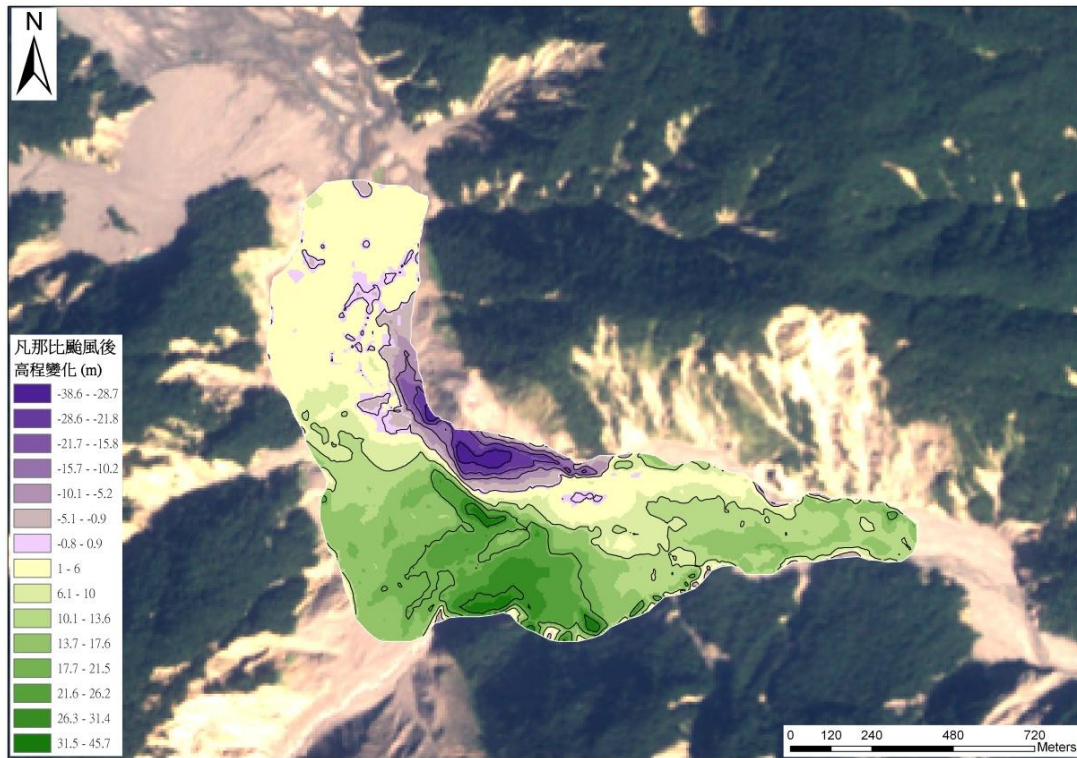


圖 C 凡那比颱風前後地形高程變化

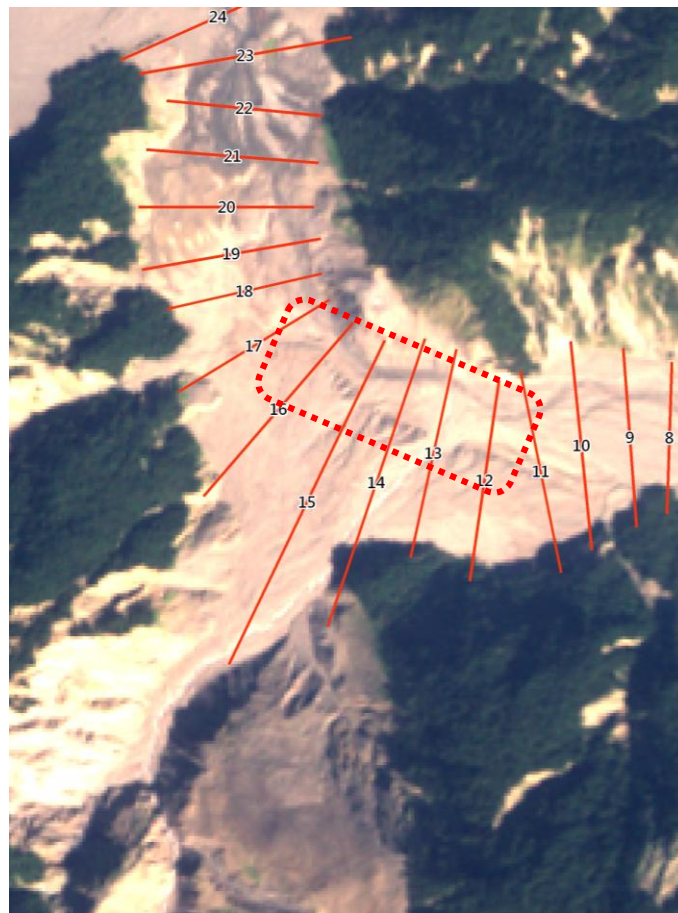


圖 D 崩塌區土砂流出阻塞河道區域

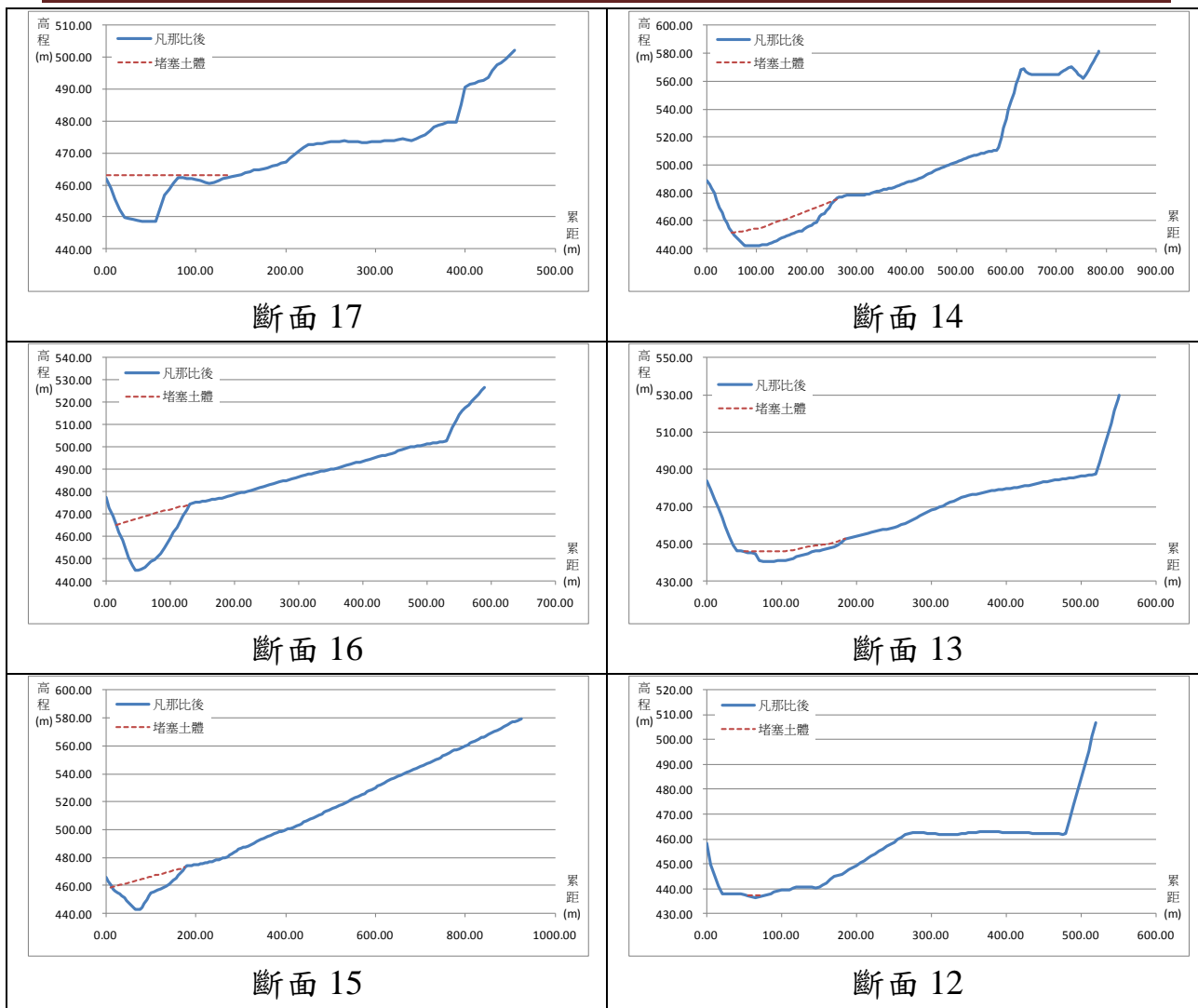


圖 E 崩塌區土砂流出阻斷河道情形橫斷面示意圖

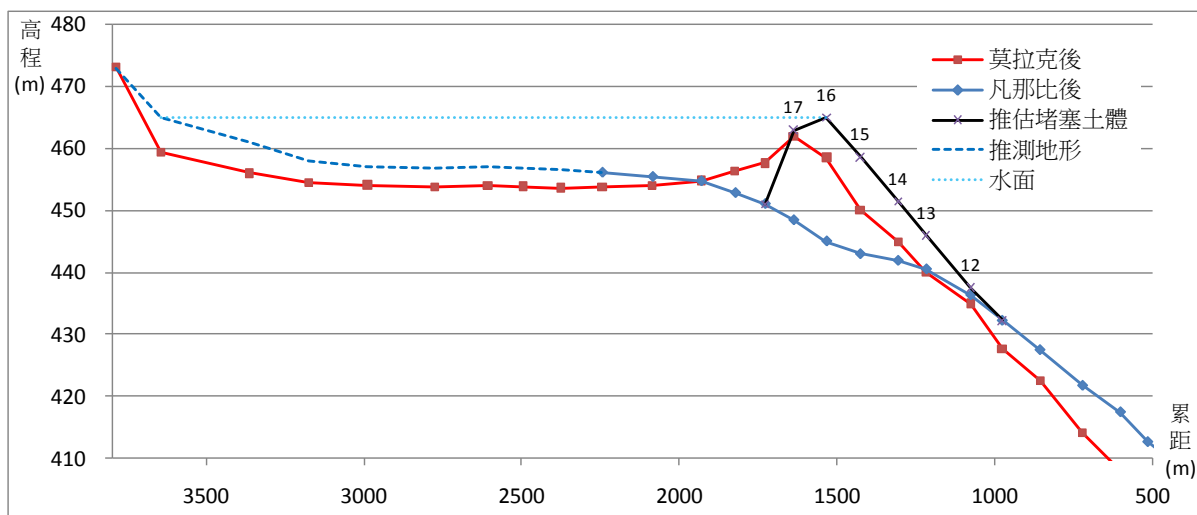


圖 F 崩塌區土砂流出阻斷河道情形縱斷面示意圖

根據分析成果，本計畫提出短程、中程與長程之處理對策建議，在短程對策上，主要目標為下游聚落的緊急安全保護，避免高含砂洪峰通過造成聚落災情；在中程對策上，則考慮到坡面土砂因尚未完全穩定，故僅於流域內重要之土砂節點或支流出口，設置防砂工程，主要目的在於控制支流輸砂量，調節土砂洪峰量；最終在長程階段，主要目標在於水砂平衡與流域國土保全，故考慮上游集水區之造林植生、以及各主支流之輸砂量調節，確保太麻里溪之河道穩定。

堰塞湖形成後，為了提升下游社區自我防救災的能力，本計畫針對各保全社區疏散避難計畫進行檢討，針對聚落現有規劃疏散路線及避難點位置之合宜性進行評估建議，修正各保全社區疏散避難計畫，以提升社區災害應變能力，相關內容撰寫於第 11 章。

本計畫更協助完成下游避難疏散之演練，根據 98 年 10 月 23 日第三次籌備會議決議，訂於 98 年 10 月 30 日下午 1 時 30 分進行正式演練，並已順利完成避難疏散演練工作，演練成效良好。

由於太麻里溪屬台東縣縣管河川，集水區治理機關包括台東縣政府、水土保持局與林務局等單位，為能彙整相關單位意見並針對相關問題進行意見交流，民國 98 年 12 月 23 日即邀請台東縣政府、水利署、水土保持局、林務局等權責單位與多位專家學者委員，召開「太麻里溪包盛社堰塞湖緊急評估及太麻里河流域二次災害發生趨勢評估初期報告會議」，說明太麻里溪堰塞湖可能之影響以及下游之保全對象，並提出可行之緊急處理對策以及初步之短、中、長期規劃建議。

另邀請日本土砂防治方面知名學者專家，包含砂防學會宮本教授等學者及土木學會藤田教授等學者，進行現地勘查，並於 98 年 12 月 24 日於台東林區管理處進行『太麻里堰塞湖台日交流座談會』，會後討論主針對堰塞湖壩體緊急處理流程做一初步探討，評估壩體安定性，並提出日方堰塞湖實施緊急工法施作方式，另針對堰塞湖壩體潰決之時機、條件、方式及潰





壩機制進行初步分析，再對集水區內崩塌地進行生成崩塌機制之分析，未來台日若能針對此方面共同研究，整合研究成果，期能更加精確的掌握堰塞湖變遷趨勢。

本計畫亦邀請日本「全國治水砂防協會」來台考察訪問，並於民國 99 年 6 月 10 日假國立成功大學光復校區國際會議廳舉行台日交流研討會。日方專家學者針對堰塞湖之災害模擬技術、漂流木之處置對策、堰塞湖緊急處置與對策，配合日本實際案例發表專題報告，成功大學謝正倫教授也以「複合型土砂災害防治新思維」為題作專案報告進行資訊交流。交流研討會順利落幕，藉由此次台日交流研討會，讓台灣與世界上的相關研究者進行意見上之交流，進一步瞭解許多未開發或待開發的工作技術，使相關之考量更臻完善。

## ● 結論

太麻里溪上游包盛社附近主要岩性以板岩、千枚岩、硬頁岩與變質砂岩為主，岩層板理發達常見撓曲，不連續面構造發達，民國 98 年 8 月莫拉克颱風帶來驚人雨量，包盛社附近野溪邊坡即因降雨誘發大規模崩塌，主要崩塌位處於陵線附近，向下崩移的動能大，大規模土石沿谷地流動，並嚴重侵蝕兩側邊坡，帶出更多的土石阻斷河道形成堰塞湖。

莫拉克颱風大量降雨重創太麻里河流域，流域內崩塌率由海棠颱風後之 3.1% 遽然躍升至 15%，介達以上部份子集水區域內崩塌率更是高達 30% 以上，崩塌率驚人。太麻里溪主流自麻利都部溪匯流口以上河道高程大幅抬升，至堰塞湖區域平均河道高程抬升約 50 m，斗里斗里溪匯流口至堰塞湖區域平均坡度增至近 5%，隨歷次洪汛向下游運移之潛勢高，具有高度二次災害潛勢。

民國 99 年 9 月凡那比颱風，於形成堰塞湖之崩塌區流出近 500 萬立方公尺之土石，推擠颱風水流緊靠左岸，並沖刷堆積土體形成寬約 100 公尺



之新流路，原堰塞湖區已無蓄水；據推估，未來僅需約 100 萬立方公尺之土體即可阻塞新流路之河道，形成高約 14 公尺、縱長 500 公尺之天然土石壩，有相當可能再次形成堰塞湖。但由於原堰塞湖區週邊支流有大量土砂流出，壓縮蓄積水體之空間，未來仍有再次阻塞河道形成堰塞湖之規模將不若當初，對下游之影響潛勢較低。

現況堰塞湖對下游社區之影響雖已解除，但考量區域土砂運動狀況以及河道土砂之堆積情形，建議現階段仍以避免崩塌區殘存土石下移及溢流水道兩岸邊坡崩落流入水道造成河道再次阻塞，並維持溢流水道之排洪能力為主要處理方法。

由於現在崩塌之土砂大多殘留於邊坡及河道上，而上游之土砂尚未完全輸運至下游，而大量之殘存土砂在支流輸送速較主流為快，因此，在未來一至二年內支流集水區內之土砂會逐漸輸送至主支流交會處，藉由長期監測河道地形變動及集水區崩塌，可進一步評估主支流野溪之工程整治，以減少土砂運動所造成之二次災害。

現仍有大量土體殘存於流域上游集水區內，由於湖區之土砂變動劇烈，並不適合硬體砂防工程如防砂壩等之施作，應待未來地形變動趨於平緩穩定之後，再行考慮相關整治工程之施作，現行應持續進行流域內崩塌地影像監測，另針對下游部落區域進行重點區域保護與河道疏濬，避免通洪能力不足而造成洪氾情形發生。

## ● 建議

由於不論是未來進行流域治理工程規劃，或是洪迅時之防災避難應變作業，水文相關資訊都是相當重要之基礎資訊，然而太麻里溪上游並無架設雨量站，而流域內亦無水位站以提供相關水文資料，所以無法建立正確之雨量、流量之關係，建議主管機關應增設上游雨量站與主流之水位站，以提供未來設計整治工程與防災應變之利用。

由於太麻里河流域內崩塌地未來可能隨著颱風暴雨造成侵蝕而擴大，持續增加土砂材料之供給，而流域內多為未開發區域，交通可及性低，建議利用衛星影像進行全流域崩塌地變遷監測，以瞭解流域內崩塌地之變化。

太麻里河流域災後地形變動劇烈，因此建議對於易致災之部落選定適當地點，在安全之前提下以人工目視或是以 CCD 影像觀測之方式直接觀測河川水位之變化，配合撤離發佈之警戒水位，以避免於部落於颱風或豪雨期間因河道通洪不足時受洪水攻擊。

太麻里河流域災後河床及土砂尚未達到穩定狀態，未來數年主要災害問題為上游集水區內大量不穩定土砂將隨洪汛持續下移，下游河道勢必將持續淤積抬升，另外由於近年氣候變遷影響，重大暴雨事件時常發生洪水伴隨土石、流木等複合型災害現象，這些現象於學理上仍於研究中階段，故太麻里河流域具有進行長期追蹤監測以獲取一完整之學術理論與現實情況演變驗證實例之價值。

考慮災後河道仍屬於不穩定之狀態，故於相關工程規劃可行性評估尚需配合集水區之現況進行檢討，但由於現階段集水區流域內土砂及河道皆未達到穩定狀態，因此現時環境條件不利於砂防工程設施之施作，應針對重點部落區域設置保護工並進行河道清疏作業，以防止豪大雨期間造成土砂災害。

根據流域內土砂運動分析，近年內下游區域之野溪清疏與河道疏浚工作需視下游測河道土砂堆積情形進行施作或調整，建議主管機關依據相關規劃建議進行土石清疏與清淤工作，如水土保持局「太麻里溪集水區坡地保育調查規劃」建議針對原嘉蘭橋以上至斗里斗里溪匯流口間河道，以水利署於嘉蘭橋斷面之設計高程以 1/60 之坡度進行也溪清疏，嘉蘭橋以下河道建議考量計畫流量、堤防設計之堤頂高與基腳深度維持河道底床之高程與坡降。

# 目錄

摘要	I
目錄	VII
圖目錄	XII
表目錄	XXI
壹、前言	1-1
1-1 計畫緣起	1-1
1-2 計畫目的	1-1
1-3 工作範圍	1-2
1-4 工作項目	1-3
1-5 計畫工作進度	1-9
貳、工作計畫與方法	2-1
2-1 工作架構與流程	2-1
2-2 堰塞湖及崩塌區影像、圖資收集處理	2-3
2-2.1 衛星影像收集處理	2-3
2-2.2 無人載具空拍作業	2-7
2-2.3 災後地形收集	2-10
2-3 堰塞湖及崩塌區現地調查	2-11
2-3.1 崩塌區調查	2-11
2-3.2 堰塞湖土砂流出量推估	2-12
2-3.3 河道阻塞狀況調查	2-12
2-3.4 河道斷面測量	2-15
2-3.5 堰塞湖水下地形測量	2-19
2-3.6 堰塞湖下游河道及保全對象調查	2-22
2-4 堰塞湖及崩塌區圖資分析	2-23
2-4.1 堰塞湖及崩塌區基本資料分析	2-23



2-4.2	堰塞湖崩塌區及蓄水面積影像變化監測分析 .....	2-26
2-5	潰壩潛勢評估 .....	2-32
2-5.1	壩體安定性初步判定 .....	2-32
2-5.2	壩體破壞機制評估 .....	2-34
2-5.3	潰壩水理演算 .....	2-35
2-5.4	潰壩影響範圍評估 .....	2-37
2-5.5	下游社區安全性評估 .....	2-37
2-6	太麻里河流域二次災害趨勢推估 .....	2-38
2-6.1	流域潛在土砂流出量推估 .....	2-38
2-6.2	二次災害可能發生之類型評估 .....	2-51
2-6.3	下游社區安全性評估 .....	2-52
2-7	緊急處理及短中長期對策建議 .....	2-53
2-7.1	緊急處理對策建議 .....	2-53
2-7.2	太麻里河流域短中長期治理對策建議 .....	2-54
2-7.3	防砂工程設計 .....	2-56
2-8	協助辦理堰塞湖下游社區疏散避難演練 .....	2-61
2-8.1	修正各保全社區疏散避難計畫 .....	2-61
2-8.2	下游社區避難疏散演練 .....	2-66
2-9	辦理太麻里河流域二次災害發生趨勢推估之研討會 .....	2-68
2-9.1	國內相關權責單位工作說明會議 .....	2-68
2-9.2	國際合作交流研討會 .....	2-69
參、	流域基本資料 .....	3-1
3-1	行政區域、交通及林班地 .....	3-1
3-2	地文資料 .....	3-4
3-2.1	地形與地勢 .....	3-4
3-2.2	地質資料 .....	3-8
3-3	氣象水文資料 .....	3-13

3-4	土地利用資料 .....	3-16
3-5	歷史災害資料 .....	3-18
3-6	堰塞湖崩塌區影像圖資收集 .....	3-22
肆、	遙測影像變化監測分析 .....	4-1
4-1	基本資料影像判釋成果 .....	4-1
4-2	堰塞湖及崩塌區影像變化監測分析 .....	4-3
伍、	堰塞湖及崩塌區調查及圖資分析 .....	5-1
5-1	崩塌區調查 .....	5-1
5-1.1	崩塌區現地調查成果 .....	5-1
5-1.2	崩塌區地形變化分析 .....	5-7
5-2	河道阻塞狀況調查 .....	5-11
5-2.1	水下地形測量 .....	5-11
5-2.2	堰塞湖水體計算分析 .....	5-12
5-2.3	河道阻塞狀況現場調查成果 .....	5-17
5-2.4	河道堆積土體分析 .....	5-36
5-2.5	凡那比颱風後堆積土體與溢流道變化分析成果 .....	5-40
5-3	下游河道及保全對象狀況調查 .....	5-46
5-3.1	河道及保全對象調查成果 .....	5-46
5-3.2	河道堆積量分析 .....	5-69
陸、	堰塞湖潰壩潛勢評估 .....	6-1
6-1	阻塞土體安定性分析 .....	6-1
6-1.1	阻塞土體安定性快速評估方法 .....	6-1
6-1.2	太麻里堰塞湖阻塞土體安定性快速評估 .....	6-2
6-2	阻塞土體潰決機制分析 .....	6-4
6-3	潰壩水理演算 .....	6-7
6-3.1	水理演算基本條件說明 .....	6-7
6-3.2	水理演算及分析成果 .....	6-16

6-4	未來災害潛勢分析 .....	6-27
柒、	緊急處理及短、中、長期對策建議.....	7-1
7-1	堰塞湖緊急處理原則 .....	7-1
7-2	太麻里堰塞湖緊急處理問題分析 .....	7-4
7-3	太麻里堰塞湖處理對策建議 .....	7-6
7-4	太麻里溪包盛社防砂工程規劃設計 .....	7-13
7-5	前期規劃工程可行性檢討 .....	7-17
捌、	堰塞湖避難防災警戒值及警戒範圍訂定.....	8-1
8-1	現有避難防災警戒施行問題分析 .....	8-1
8-2	原太麻里堰塞湖避難防災警戒雨量基準 .....	8-3
8-2.1	下游部落警戒水位分析 .....	8-3
8-2.2	太麻里堰塞湖警戒雨量之訂定 .....	8-5
8-3	太麻里堰塞湖避難防災警戒雨量修訂 .....	8-10
8-4	太麻里堰塞湖避難疏散警戒水位操作說明 .....	8-12
8-5	太麻里堰塞湖避難防災建議方案 .....	8-14
8-6	災害潛勢區域 .....	8-16
玖、	二次災害發生類型與趨勢評估 .....	9-1
9-1	流域問題與二次災害可能發生之類型 .....	9-1
9-2	流域潛在土砂變遷趨勢評估 .....	9-9
9-2.1	崩塌地變遷評估 .....	9-9
9-2.2	河道堆積土砂量推估 .....	9-28
9-2.3	流域土砂變遷趨勢推估 .....	9-35
9-3	土砂對下游社區安全性影響評估 .....	9-45
壹拾、	堰塞湖下游地區避難疏散計畫及演練.....	10-1
10-1	社區避難疏散計畫 .....	10-1
10-2	避難疏散演練籌備會議 .....	10-8
10-3	避難疏散預演及正式演練 .....	10-11

壹拾壹、太麻里溪堰塞湖台日交流研討會.....	11-1
11-1 工作討論會.....	11-1
11-2 台日交流研討會.....	11-4
壹拾貳、結論與建議.....	12-1
參考資料.....	i
附件一 初期報告會議記錄.....	一-1
附件二 期初審查會議記錄.....	二-1
附件三 第一期期中審查會議記錄.....	三-1
附件四 第二期期中審查會議記錄.....	四-1
附件五 土砂收支模式參數設定.....	五-1
附件六 河道斷面比對成果.....	六-1
附件七 太麻里溪包盛社防砂工程.....	七-1
附件八 水理!演算參數建議表.....	八-1



## 圖目錄

圖 1-3.1	計畫工作範圍圖.....	1-2
圖 1-5.1	工作執行進度甘梯圖.....	1-9
圖 2-1.1	堰塞湖處理流程.....	2-2
圖 2-2.1	福衛二號影像產品的作業程序.....	2-5
圖 2-2.2	全色態產品.....	2-6
圖 2-2.3	多頻譜產品.....	2-6
圖 2-2.4	融合產品.....	2-6
圖 2-2.5	無人載具外觀及其空拍操控情形.....	2-8
圖 2-2.6	空拍作業流程圖.....	2-9
圖 2-3.1	斷面面積計算示意圖.....	2-13
圖 2-3.2	前後期斷面面積差異計算示意圖.....	2-14
圖 2-3.3	河道土砂變化量體積計算示意圖.....	2-14
圖 2-3.4	測量作業實施流程圖.....	2-16
圖 2-3.5	衛星定位接收儀及測量情形.....	2-17
圖 2-3.6	雷射測距全站儀及測量情形.....	2-18
圖 2-3.7	水下測量作業流程圖.....	2-19
圖 2-3.8	單音束測深儀及測量情形.....	2-21
圖 2-3.9	實際水深測量作業圖 (載具為橡皮艇).....	2-21
圖 2-4.1	無人載具空拍判釋圖.....	2-24
圖 2-4.2	衛星影像配置圖.....	2-27
圖 2-4.3	衛星影像崩塌地自動判釋流程.....	2-29
圖 2-4.4	裸露地誤判區域濾除過程示意圖.....	2-30
圖 2-4.5	新增裸露區與前後期影像比較圖.....	2-30
圖 2-4.6	唐家山堰塞湖影像變化監測分析成果.....	2-31
圖 2-5.1	無因次阻塞指標(DBI)定義圖(Erimini & Casagli, 2003).....	2-33
圖 2-5.2	堰塞湖天然壩體破壞形式示意圖(高橋保、匡尚富,1988).....	2-34

圖 2-5.3	潰壩模擬範圍及斷面配置圖.....	2-36
圖 2-6.1	子集水區及河系串接示意圖.....	2-39
圖 2-6.2	單一子集水區概念化示意圖.....	2-40
圖 2-6.3	集水區產砂概念圖.....	2-40
圖 2-6.4	運動波模式之集水區概念化示意圖.....	2-42
圖 2-6.5	累積降雨量與新增崩塌率之經驗公式 (打荻, 1971).....	2-45
圖 2-6.6	暴雨後的新增崩塌面積之示意圖.....	2-45
圖 2-6.7	平衡濃度公式迴歸成果.....	2-50
圖 2-7.1	合理土砂量運移量分析示意圖.....	2-55
圖 2-7.2	集水區整體防洪治理對策檢討流程圖.....	2-55
圖 2-7.3	基本設計流程圖.....	2-56
圖 2-8.1	太麻里河流域內土石流潛勢溪流分佈圖.....	2-62
圖 2-8.2	計畫工作流程.....	2-63
圖 3-1.1	太麻里河流域位置與行政區界圖.....	3-2
圖 3-1.2	太麻里溪下游主要聚落及工程構造物位置圖.....	3-2
圖 3-1.3	太麻里河流域林班地分佈位置圖.....	3-3
圖 3-2.1	太麻里河流域高程分佈圖.....	3-5
圖 3-2.2	太麻里河流域坡度分級圖.....	3-6
圖 3-2.3	太麻里河流域數值地形坡向圖.....	3-7
圖 3-2.4	太麻里河流域地質構造分佈圖.....	3-9
圖 3-2.5	太麻里溪沿線地質線型構造判釋結果.....	3-12
圖 3-2.6	太麻里溪沿線不連續面調查分析結果.....	3-12
圖 3-3.1	氣象局雨量站年平均雨量分佈圖.....	3-15
圖 3-3.2	水利署雨量站年平均雨量分佈圖.....	3-15
圖 3-4.1	太麻里河流域土地使用分佈圖.....	3-17
圖 3-6.1	莫拉克災後太麻里溪包盛社堰塞湖之緊急影像.....	3-23
圖 3-6.2	太麻里河流域衛星影像 (97 年 12 月 17 日).....	3-24
圖 3-6.3	太麻里河流域衛星影像 (98 年 8 月 24 日).....	3-24

圖 3-6.4	太麻里河流域衛星影像 (98 年 10 月 29 日) .....	3-25
圖 3-6.5	太麻里河流域衛星影像 (98 年 11 月 09 日) .....	3-25
圖 3-6.6	太麻里河流域衛星影像 (99 年 01 月 11 日) .....	3-26
圖 3-6.7	太麻里河流域衛星影像 (99 年 03 月 01 日) .....	3-26
圖 3-6.8	太麻里河流域衛星影像 (99 年 04 月 10 日) .....	3-27
圖 3-6.9	太麻里河流域衛星影像 (99 年 06 月 29 日) .....	3-27
圖 3-6.10	太麻里河流域衛星影像 (99 年 07 月 08 日) .....	3-28
圖 3-6.11	太麻里河流域衛星影像 (99 年 08 月 12 日) .....	3-28
圖 3-6.12	凡那比災後太麻里溪包盛社堰塞湖之緊急影像.....	3-29
圖 3-6.13	太麻里河流域衛星影像 (99 年 11 月 1 日) .....	3-29
圖 4-1.1	衛星影像判釋成果(福衛二號衛星影像).....	4-2
圖 4-1.2	衛星影像套疊地形判釋成果(福衛二號衛星影像).....	4-2
圖 4-2.1	太麻里溪包盛社堰塞湖影像比對 I .....	4-6
圖 4-2.2	太麻里溪包盛社堰塞湖影像比對 II.....	4-7
圖 4-2.3	太麻里溪包盛社堰塞湖影像比對 III.....	4-8
圖 4-2.4	太麻里溪包盛社堰塞湖影像比對 IV .....	4-9
圖 5-1.1	堰塞湖崩塌區之無人載具空拍照片(崩塌區上部).....	5-3
圖 5-1.2	堰塞湖崩塌區之現地照片(崩塌區上部).....	5-3
圖 5-1.3	堰塞湖崩塌區之無人載具空拍照片(崩塌區下部).....	5-4
圖 5-1.4	堰塞湖崩塌區之現地照片(崩塌區下部).....	5-4
圖 5-1.5	崩塌區之現地照片(崩塌區下游谷口).....	5-5
圖 5-1.6	崩塌區之現地照片(崩塌區下游谷口).....	5-5
圖 5-1.7	堰塞湖崩塌區之空勘照片 .....	5-6
圖 5-1.8	崩塌區之現地照片(崩塌區下游谷口).....	5-6
圖 5-1.9	崩塌區前後期航測地形比對剖面與變化分佈圖.....	5-8
圖 5-1.10	崩塌地剖面 1.....	5-9
圖 5-1.11	崩塌地剖面 2.....	5-9
圖 5-1.12	崩塌地剖面 3.....	5-9

圖 5-1.13	崩塌地剖面 4.....	5-10
圖 5-1.14	崩塌地剖面 5.....	5-10
圖 5-1.15	崩塌地剖面 6.....	5-10
圖 5-2.1	堰塞湖水下地形測量點位與斷面位置分佈圖.....	5-11
圖 5-2.2	不同水位高程與蓄水體積變化關係圖.....	5-13
圖 5-2.3	不同水位高程與湖面面積變化關係圖.....	5-13
圖 5-2.4	不同水位高程湖面面積變化(1/3).....	5-14
圖 5-2.5	不同水位高程湖面面積變化(2/3).....	5-15
圖 5-2.6	不同水位高程湖面面積變化(3/3).....	5-16
圖 5-2.7	堰塞湖上游往下游拍攝.....	5-18
圖 5-2.8	堰塞湖下游往上游拍攝.....	5-18
圖 5-2.9	崩塌區支流與天然壩表面溢流水道.....	5-19
圖 5-2.10	堰塞湖及溢流水道.....	5-19
圖 5-2.11	堰塞湖上游往下游拍攝.....	5-20
圖 5-2.12	堰塞湖溢流口.....	5-20
圖 5-2.13	崩塌區支流與天然壩表面溢流水道.....	5-21
圖 5-2.14	堰塞湖及溢流水道.....	5-21
圖 5-2.15	堰塞湖上游入流處形成沖積扇.....	5-22
圖 5-2.16	堰塞湖面及溢流水道.....	5-22
圖 5-2.17	崩塌區支流與天然壩表面溢流水道.....	5-23
圖 5-2.18	天然壩溢流水道挖降作業情形.....	5-23
圖 5-2.19	天然壩溢流水道挖降作業情形.....	5-24
圖 5-2.20	挖降中之溢流水道.....	5-24
圖 5-2.21	挖降後之溢流水道.....	5-25
圖 5-2.22	挖降作業後之堰塞湖狀況.....	5-25
圖 5-2.23	99 年 3 月之溢流水道狀況.....	5-26
圖 5-2.24	99 年 3 月之堰塞湖狀況.....	5-26
圖 5-2.25	99 年 4 月之溢流水道狀況.....	5-27

圖 5-2.26	99 年 4 月之堰塞湖狀況.....	5-27
圖 5-2.27	工程起點附近河道開挖作業情形.....	5-29
圖 5-2.28	河道開挖作業情形.....	5-29
圖 5-2.29	已開挖之溢流水道遭土石淤埋.....	5-30
圖 5-2.30	堰塞湖水位上升，淹滿溢流水道.....	5-30
圖 5-2.31	堰塞湖及溢流水道空勘照片.....	5-31
圖 5-2.32	堰塞湖上游大量淤積.....	5-31
圖 5-2.33	溢流水道開挖工程再次受阻中斷.....	5-32
圖 5-2.34	堰塞湖水位變化比對(溢流道入口左岸).....	5-32
圖 5-2.35	凡那比颱風後湖區已無蓄水.....	5-33
圖 5-2.36	堰塞湖周圍支流皆有大量土砂流出.....	5-33
圖 5-2.37	大量土砂運動，溢流道改道.....	5-34
圖 5-2.38	崩塌區流出大量土砂形成扇形堆積.....	5-34
圖 5-2.39	原湖區內仍殘留有大量細粒土砂堆積.....	5-35
圖 5-2.40	崩塌區有大量土砂流出，扇狀地表面殘留多為大型石塊.....	5-35
圖 5-2.41	河道斷面測量位置圖.....	5-36
圖 5-2.42	太麻里溪堰塞湖天然壩淤積段前後期縱斷面地形資料比對圖.....	5-39
圖 5-2.43	凡那比颱風後地形測量與比對斷面位置圖.....	5-40
圖 5-2.44	凡那比颱風後橫斷面地形比對成果(1/2).....	5-42
圖 5-2.45	凡那比颱風後橫斷面地形比對成果(2/2).....	5-43
圖 5-2.46	凡那比颱風後縱斷面地形比對成果.....	5-44
圖 5-2.47	凡那比颱風前後地形高程變化.....	5-45
圖 5-3.1	太麻里溪堰塞湖下游河道現況之分段示意圖.....	5-46
圖 5-3.2	堰塞湖下游河道現況 (上游段).....	5-48
圖 5-3.3	堰塞湖下游河道現況 (中游段).....	5-50
圖 5-3.4	堰塞湖下游河道現況 (下游段).....	5-52
圖 5-3.5	太麻里溪堰塞湖下游保全對象相對位置圖.....	5-53
圖 5-3.6	布查其蘭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片.....	5-55

圖 5-3.7	嘉蘭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片.....	5-57
圖 5-3.8	利霧一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片.....	5-59
圖 5-3.9	溪頭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片.....	5-61
圖 5-3.10	香蘭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片.....	5-63
圖 5-3.11	德其里一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片.....	5-65
圖 5-3.12	布查其蘭至嘉蘭間太麻里溪之河道現況.....	5-67
圖 5-3.13	嘉蘭至麻立霧間太麻里溪之河道現況.....	5-67
圖 5-3.14	麻立霧至溪頭間太麻里溪之河道現況.....	5-68
圖 5-3.15	溪頭至香蘭間太麻里溪之河道現況.....	5-68
圖 5-3.16	太麻里溪前後期縱斷面地形資料比對圖.....	5-70
圖 6-1.1	無因次阻塞指標(DBI)定義圖(Erimini & Casagli, 2003).....	6-3
圖 6-2.1	堰塞湖天然壩破壞機制示意圖(高橋保等, 1988).....	6-6
圖 6-3.1	河道水理模擬示意圖.....	6-8
圖 6-3.2	太麻里河道斷面示意圖.....	6-9
圖 6-3.3	太麻里堰塞湖水深測量斷面示意圖.....	6-9
圖 6-3.4	運動波模式計算子集水區編號圖.....	6-14
圖 6-3.5	堰塞湖 50 年頻率設計流量歷線圖.....	6-15
圖 6-3.6	溢流口開挖處(斷面 25)水理演算成果(a).....	6-17
圖 6-3.7	溢流口開挖處(斷面 25)水理演算成果(b).....	6-17
圖 6-3.8	斷面 24 處斷面水理演算成果.....	6-18
圖 6-3.9	斷面 23 處斷面水理演算成果.....	6-18
圖 6-3.10	天然壩溢洪口處斷面形狀.....	6-19
圖 6-3.11	不同延時潰壩狀況下流量歷線.....	6-20
圖 6-3.12	不同潰口寬之潰壩狀況下流量歷線.....	6-21
圖 6-3.13	不同壩高之潰壩狀況下流量歷線.....	6-22
圖 6-3.14	溪頭村不同潰壩延時之流量歷線圖.....	6-24
圖 6-3.15	溪頭村不同潰壩延時之水位歷線圖.....	6-24
圖 6-3.16	溪頭村斷面最大水位及其流速分佈圖.....	6-25

圖 6-3.17	嘉蘭村不同潰壩延時之流量歷線圖.....	6-25
圖 6-3.18	嘉蘭村不同潰壩延時之水位歷線圖.....	6-26
圖 6-3.19	嘉蘭村斷面最大水位及其流速分佈圖.....	6-26
圖 6-4.1	崩塌區土砂流出阻塞河道區域.....	6-28
圖 6-4.2	崩塌區土砂流出阻斷河道情形橫斷面示意圖.....	6-29
圖 6-4.3	崩塌區土砂流出阻斷河道情形縱斷面示意圖.....	6-29
圖 7-3.1	溢流水道改善工程(通水斷面加大、複式斷面，喇叭口設計).7-8	
圖 7-3.2	溢流水道塊石鋪底及邊坡整坡.....	7-8
圖 7-3.3	溢流水道加強工程(兩岸以大塊石、石籠或太空包排砌加固).7-9	
圖 7-3.4	增大崩塌區坑溝之通洪斷面.....	7-9
圖 7-4.1	太麻里防砂工程平面規劃配置圖.....	7-14
圖 7-4.2	太麻里防砂工程縱斷面示意圖.....	7-14
圖 7-4.3	太麻里防砂工程橫斷面示意圖.....	7-15
圖 7-4.4	太麻里防砂工程乾砌石護岸標準圖.....	7-15
圖 7-4.5	太麻里防砂工程水理分析計算成果圖.....	7-16
圖 7-5.2	主流建議設置防砂壩位置示意圖.....	7-19
圖 7-5.3	支流、野溪建議設置防砂壩位置示意圖.....	7-19
圖 7-5.4	前期規劃工程位置河床淤積情形.....	7-20
圖 8-2.1	太麻里溪下游降雨-流量率定圖.....	8-4
圖 8-2.2	太麻里包盛社集水區鄰近氣象局雨量站分布圖.....	8-6
圖 8-2.3	莫拉克颱風雨量組體圖.....	8-7
圖 8-3.1	海棠颱風水文分析資料比對圖.....	8-11
圖 8-3.2	莫拉克颱風水文分析資料比對圖.....	8-11
圖 8-4.1	嘉蘭村對岸山壁人工監測水尺示意圖.....	8-13
圖 8-4.2	舊嘉蘭橋台人工監測水尺示意圖.....	8-13
圖 8-5.1	設計事件潰壩水理演算之水位歷線圖(50年重現期).....	8-15
圖 8-6.1	下游部落災害潛勢區域.....	8-16
圖 8-6.2	布查其蘭附近災害潛勢區域.....	8-17

圖 8-6.3	嘉蘭附近災害潛勢區域.....	8-17
圖 8-6.4	溪頭附近災害潛勢區域.....	8-18
圖 8-6.5	香蘭、德其里附近災害潛勢區域.....	8-18
圖 9-1.1	莫拉克災後海岸漂流木堆積情形.....	9-4
圖 9-1.2	嘉蘭村莫拉克颱風時河道兩岸掏刷後之情形.....	9-7
圖 9-2.1	板岩及千枚岩中產生的重力撓曲現象.....	9-12
圖 9-2.2	因受嚴重構造變形導致砂岩破碎情形.....	9-13
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)....	9-14
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)	9-15
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)	9-15
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).....	9-16
圖 9-2.7	岩層摺曲導致崩塌情形.....	9-16
圖 9-2.8	斷層破碎帶導致崩塌及滲水情形.....	9-17
圖 9-2.9	斷層破碎帶造成嚴重崩塌及其崖錐堆積物.....	9-19
圖 9-2.10	斷層破碎帶近觀(黑色線狀構造為斷層泥).....	9-19
圖 9-2.11	太麻里溪流域莫拉克颱風後崩塌地判釋成果.....	9-21
圖 9-2.12	莫拉克颱風後崩塌地數量與坡度關係圖.....	9-21
圖 9-2.13	太麻里溪流域歷年崩塌地變遷情形.....	9-23
圖 9-2.14	太麻里溪流域崩塌地子集水區分區示意圖.....	9-23
圖 9-2.15	太麻里溪流域崩塌地林班地分區示意圖.....	9-26
圖 9-2.16	麻里溪流域坡面糙度與河道曼寧係數分布圖.....	9-29
圖 9-2.17	太麻里溪流域 CN 值分布圖.....	9-29
圖 9-2.18	土壤沖蝕指數分布圖.....	9-30
圖 9-2.19	象神颱風期間金蘭站之實測與模擬比對成果.....	9-31
圖 9-2.20	梧提颱風期間金蘭站之實測與模擬比對成果.....	9-31
圖 9-2.21	莫拉克颱風前後太麻里溪流域土砂與河道高程變遷圖.....	9-33
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	9-39
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	9-41



圖 9-2.24	莫拉克颱風後第三年太麻里河流域之土砂與河道高程變遷圖	9-43
圖 9-3.1	1 號斷面之水理計算成果	9-46
圖 9-3.2	2 號斷面之水理計算成果	9-47
圖 9-3.3	3 號斷面之水理計算成果	9-48
圖 9-3.4	4 號斷面之水理計算成果	9-48
圖 9-3.5	5 號斷面之水理計算成果	9-49
圖 9-3.6	6 號斷面之水理計算成果	9-50
圖 9-3.7	7 號斷面之水理計算成果	9-50
圖 9-3.8	8 號斷面之水理計算成果	9-51
圖 9-3.9	9 號斷面之水理計算成果	9-51
圖 10-1.1	太麻里堰塞湖下游地區避難疏散示意圖	10-2
圖 10-2.1	第一次籌備會議照片	10-10
圖 10-2.2	第二次籌備會議照片	10-10
圖 10-3.1	避難疏散演練照片 I	10-23
圖 10-3.2	避難疏散演練照片 II	10-23
圖 10-3.3	避難疏散演練照片 III	10-24
圖 10-3.4	避難疏散演練照片 IV	10-24
圖 10-3.5	避難疏散演練照片 V	10-25
圖 10-3.6	避難疏散演練照片 VI	10-25
圖 11-1.1	座談會照片 I	11-3
圖 11-1.2	座談會照片 II	11-3
圖 11-2.1	座談會照片 III	11-5
圖 11-2.2	座談會照片 IV	11-5

## 表目錄

表 2-2.1	福爾摩沙衛星二號之科學酬載規格.....	2-4
表 2-2.2	福爾摩沙衛星影像產品定義表.....	2-6
表 2-2.3	無人飛行載具詳細規格.....	2-8
表 2-4.1	堰塞湖基本參數取得說明.....	2-25
表 2-6.1	土砂管理模式採用理論.....	2-39
表 2-6.2	各種不同植被所代表之覆蓋與管理因子表.....	2-48
表 2-7.1	工程預算書自主檢查表.....	2-60
表 2-8.1	太麻里河流域內土石流潛勢溪流基本資料.....	2-61
表 3-2.1	太麻里河流域高程分佈表.....	3-5
表 3-2.2	太麻里河流域坡度分級表.....	3-6
表 3-2.3	太麻里河流域數值地形坡向表.....	3-7
表 3-3.1	太麻里河流域氣候資料表.....	3-13
表 3-3.2	氣象局雨量站資料表.....	3-14
表 3-3.3	水利署雨量站資料表.....	3-14
表 3-4.1	太麻里河流域土地使用統計表.....	3-17
表 3-5.1	台東地區太麻里河流域之歷史災情彙整表.....	3-19
表 3-6.1	本團隊蒐集經正射處理後之太麻里溪衛星影像一覽表.....	3-22
表 4-1.1	堰塞湖水體及崩塌區基本資料表 (2009.9 月判釋成果).....	4-1
表 4-2.1	堰塞湖湖面面積及迴水長度變化表.....	4-5
表 5-2.1	不同湖面高程之蓄水體積及湖面面積估算成果表.....	5-12
表 5-2.2	歷次地形資料彙整表.....	5-36
表 5-2.3	太麻里溪堰塞湖壩體體積估算成果表.....	5-37
表 5-2.4	太麻里溪堰塞湖天然壩堆積土體估算成果表.....	5-38
表 5-3.1	太麻里溪堰塞湖下游主要聚落之河道概況表.....	5-54
表 6-1.1	近年堰塞湖基本資料比較表.....	6-3
表 6-3.1	各雨量站 50 年頻率降雨量.....	6-11

表 6-3.2	各雨量站設計暴雨 50 年頻率之設計降雨.....	6-12
表 6-3.3	子集水區運動波模式計算參數一覽表.....	6-14
表 6-3.4	堰塞湖 50 年頻率設計流量計算成果.....	6-15
表 6-3.5	不同延時潰壩狀況下尖峰流量增加百分比一覽表.....	6-20
表 6-3.6	不同潰口寬之潰壩狀況下尖峰流量增加百分比一覽表.....	6-21
表 6-3.7	不同壩高之潰壩狀況下尖峰流量增加百分比一覽表.....	6-22
表 6-3.8	潰壩對下游聚落安全影響檢核表.....	6-23
表 6-3.9	溪頭及嘉蘭聚落處不同潰壩延時洪峰流量及水深變化表.....	6-23
表 7-4.1	太麻里防砂工程水理分析計算成果一覽表.....	7-16
表 7-5.1	分年分期實施規劃.....	7-18
表 8-2.1	部落安全斷面檢核表.....	8-3
表 8-2.2	不同降雨強度到達警戒流量之時間表.....	8-5
表 8-2.3	太麻里包盛社堰塞湖集水區與鄰近雨量站位置坐標表.....	8-8
表 9-2.1	太麻里溪地質敏感區地質分類統計表.....	9-11
表 9-2.2	太麻里溪各子集水區崩塌率一覽表.....	9-25
表 10-1.1	太麻里堰塞湖下游地區避難處所基本資料表.....	10-3
表 10-3.1	避難疏散演練程序表.....	10-12
表 10-3.2	防災宣導及各項整備演練腳本.....	10-13
表 10-3.3	成立災害應變中心演練腳本.....	10-14
表 10-3.4	國軍預置兵力及重機械待命演練腳本.....	10-15
表 10-3.5	弱勢團體預先疏散演練腳本.....	10-15
表 10-3.6	強制疏散演練腳本.....	10-16
表 10-3.7	災民收容、民生物質發放及衛生所人員進駐收容所演練腳本.....	10-17
表 10-3.8	沙洲人命救援演練腳本.....	10-18
表 10-3.9	重機械作業演練腳本.....	10-19
表 10-3.10	維生系統搶修演練腳本.....	10-20
表 10-3.11	災後環境、清潔消毒演練腳本.....	10-20
表 10-3.12	災情彙整演練腳本.....	10-21

---

表 11-1.1	日學者專家名單.....	11-2
表 11-2.1	台日交流研討會會議議程.....	11-4

