

## 伍、堰塞湖及崩塌區調查及圖資分析

### 5-1 崩塌區調查

#### 5-1.1 崩塌區現地調查成果

太麻里包盛社崩塌地所在位置之岩盤乃由始新世-漸新世的廬山層及畢祿山層所組成，主要的岩性以千枚岩及薄層變質砂岩為主。此處之岩層板理發達且常見受重力滑移所造成的撓曲，代表邊坡常受到風化、侵蝕及崩滑等外部營力擾動。

根據無人載具空拍影像與現地調查成果(如 圖 5-1.1 至 圖 5-1.8 所示)，此次崩塌的面積廣大，主要在稜線附近產生大規模地滑，造成包含巨厚岩體的破壞，由於主要崩塌處位處於接近稜線位置，向下崩移的動能大，也導致土體崩移距離長，主要的崩塌土體堆積於東北側，隨著後續的雨水持續沖刷，可能曾積蓄成潭，潰決後產生大規模土石朝下游運移，造成表土幾乎全遭沖失，並形成大規模土石流沿著谷地流出，導致沿著谷地造成嚴重的沖刷。下游谷口地區坡面可見殘留岩面外露，並於現地殘存林木估計沖失厚度約數公尺~數十公尺，且於現地調查時發現坡面上幾乎廣泛覆蓋一厚層黏土表層，形成東、南側大量崩塌及堆積，西側土體變動卻相對較小的奇特現象。

就整體崩塌區而言，崩塌的土石以表土為主，邊坡上的表土受到大量雨水澆灌，幾乎呈液化及崩解，以泥流的方式向下流動；另一方面，原先受土壤保護的下覆岩盤，則因為土壤流失，直接受到雨水入滲，引發大規模崩塌，由於崩塌深度較深，以致於大多以地滑方式產生滑移。滑動的塊體，由於受到泥流覆蓋，容易誤認為大規模土體，從剖面可看出，表面覆蓋的泥漿下仍以受到撓曲變形的岩盤為主。滑動的崩塌塊體，則於後續雨水沖刷，再於塊體表面形成小規模崩塌及崖錐堆積，形成複合型的崩塌型態。

崩塌地的上緣，多以崩崖及中段的溝狀溯源侵蝕為主，由溝底初露的岩盤研判，崩塌地上緣底部多已達新鮮岩盤，要再向下侵蝕及滑動的機會



不大，未來崩塌地以向兩側及繼續向上游溯源產生崩塌(變長、變寬)為主。崩塌地的下緣，則是屬岩盤出露，地形上呈現似瀑布的陡崖型態，且溪溝斷面窄小，匯流後的溪溝斷面也僅寬 30~40 公尺，應不足以通過大量土石，研判主、支流匯流處之大量堆積土石，應由兩側河岸產生的崩塌及地滑產生。

崩塌源頭區的坡趾，有大量土石堆積，且有殘留水池，顯示大量雨水沖刷，乃至於蓄積成潭，坡址處有明顯沖刷痕，水流方向都流向崩崖邊緣，再順坡面流下。出露的滑動面上有明顯滑動痕，較特殊的是即使是出露的深部岩盤面上，仍可見因地下水浸染所造成的黃褐色氧化鐵，顯示岩盤深部仍有裂隙提供地下水流動，因而殘留下氧化鐵浸染的黃褐色痕跡，而深部岩盤的裂隙，也是此次大規模滑動的主要關鍵。

整個深層崩塌的關鍵問題，仍在於如何造成一深達近百公尺的深層滑動。現場的板岩及變質砂岩，都可發現其板理及節理相當發達，而且從航空照片及現場調查中均發現，新鮮的深部岩盤或河床所見的節理中，均有明顯代表地下水流動的黃褐色氧化鐵浸染沉澱，代表這些岩盤中的節理均提供地下水流動的孔道。當莫拉克颱風降下超大降雨時，降下的雨水就可以透過這些節理系統，滲入岩盤深處，進而因裂隙中產生的水壓，產生深層崩塌，代表岩塊的滑動是沿著節理或板理脫離，所以崩塌地幾乎沿著整個集水區的邊緣，呈現深層楔型破壞的外觀。

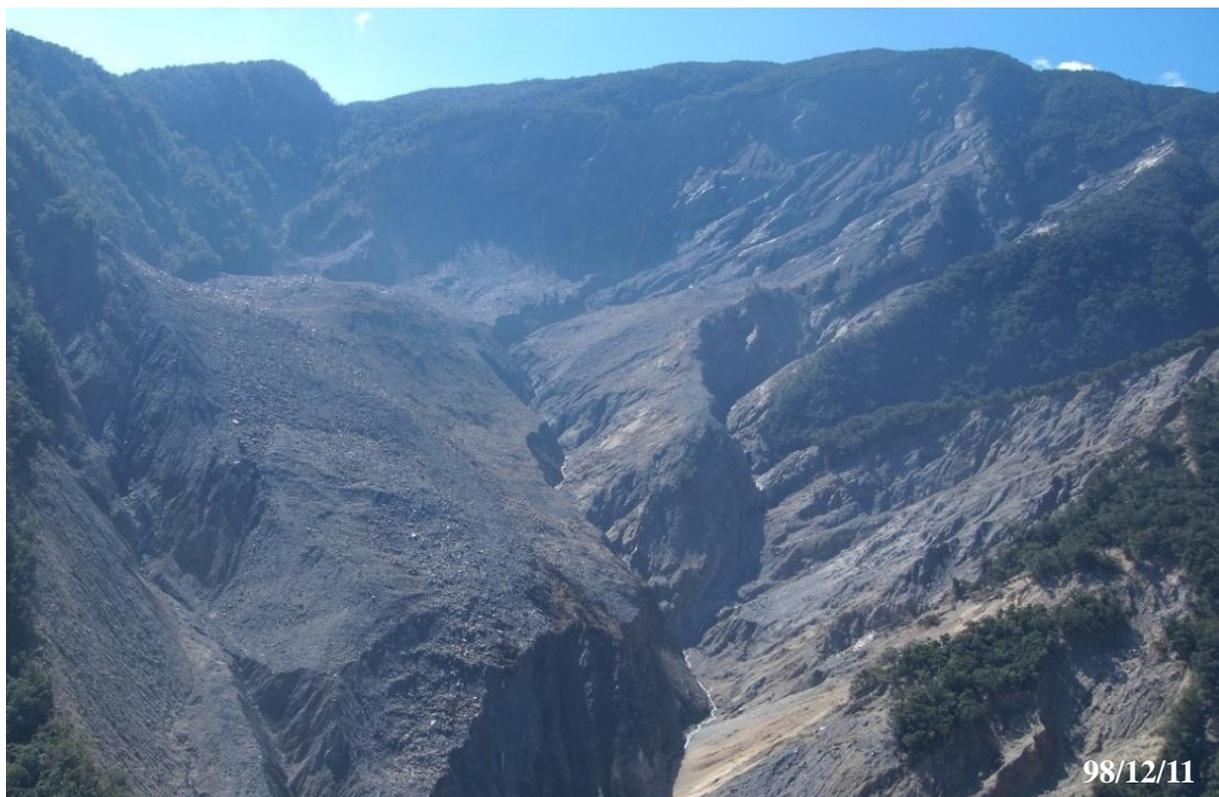


圖5-1.1 堰塞湖崩塌區之無人載具空拍照片(崩塌區上部)



圖5-1.2 堰塞湖崩塌區之現地照片(崩塌區上部)



圖5-1.3 堰塞湖崩塌區之無人載具空拍照片(崩塌區下部)



圖5-1.4 堰塞湖崩塌區之現地照片(崩塌區下部)



圖5-1.5 崩塌區之現地照片(崩塌區下游谷口)



圖5-1.6 崩塌區之現地照片(崩塌區下游谷口)



圖5-1.7 堰塞湖崩塌區之空勘照片



圖5-1.8 崩塌區之現地照片(崩塌區下游谷口)

## 5-1.2 崩塌區地形變化分析

崩塌區地表變化比對乃採用莫拉克風災前、後期航測地形資料，並利用 GIS 空間分析模組進行分析比對，資料來源為民國 94 年 7 月海棠颱風前以及民國 98 年 8 月 24 日兩期由農林航測所產製之航測地形資料。崩塌區之地形變動分佈如 圖 5-1.9 所示，另依不同位置繪製成之剖面變化圖如 圖 5-1.10～圖 5-1.15 所示。

根據前期地形資料顯示，崩塌區內原有 2 條溪溝，約略位於剖面 1 及剖面 2 位置(圖 5-1.9)，由 2 期航測地形資料之地表變化分析成果顯示，主要崩塌區域分布於剖面 1 溪溝之集水區上游區域，集水區坡面受降雨誘發崩塌，於稜線附近產生大規模土體滑動，由於崩塌深度大，以致於大多以地滑方式產生滑移，而主要崩塌處位處於接近稜線處，故向下崩移的動能大。剖面 1 溪溝集水區上游崩塌滑移之土石，除一部分已流出並淤積於主河道(阻塞主河道後形成堰塞湖)，仍有大量土砂堆積於崩塌區內中游至下游段間(圖 5-1.10)。而由圖 5-1.11 顯示，剖面 2 溪溝集水區之崩塌土石量明顯少於剖面 1 集水區之崩塌土石量，且集水區之崩塌土石多已於降雨期間遭水流朝下游輸送至下游主河道，溪溝中殘存土石量少，僅有少量土石於下游出口段淤積。

由圖 5-1.9 可知本次地形變化主要來自接近稜線部份產生大規模崩壞，崩塌前後最大地形高程變化處有近 200 公尺之落差，大量崩落土石下移，並沿著下移路徑沖刷破壞兩側坡面，形成更多的土石崩落，初步估計有近億方之土石流失量，其中約一半停積於集水區坡面之中、下游段，其餘則隨著水分下移進入下方河道，圖 5-1.12～圖 5-1.15 (即剖面 3～剖面 6) 為不同位置之橫向高程剖面比對圖。

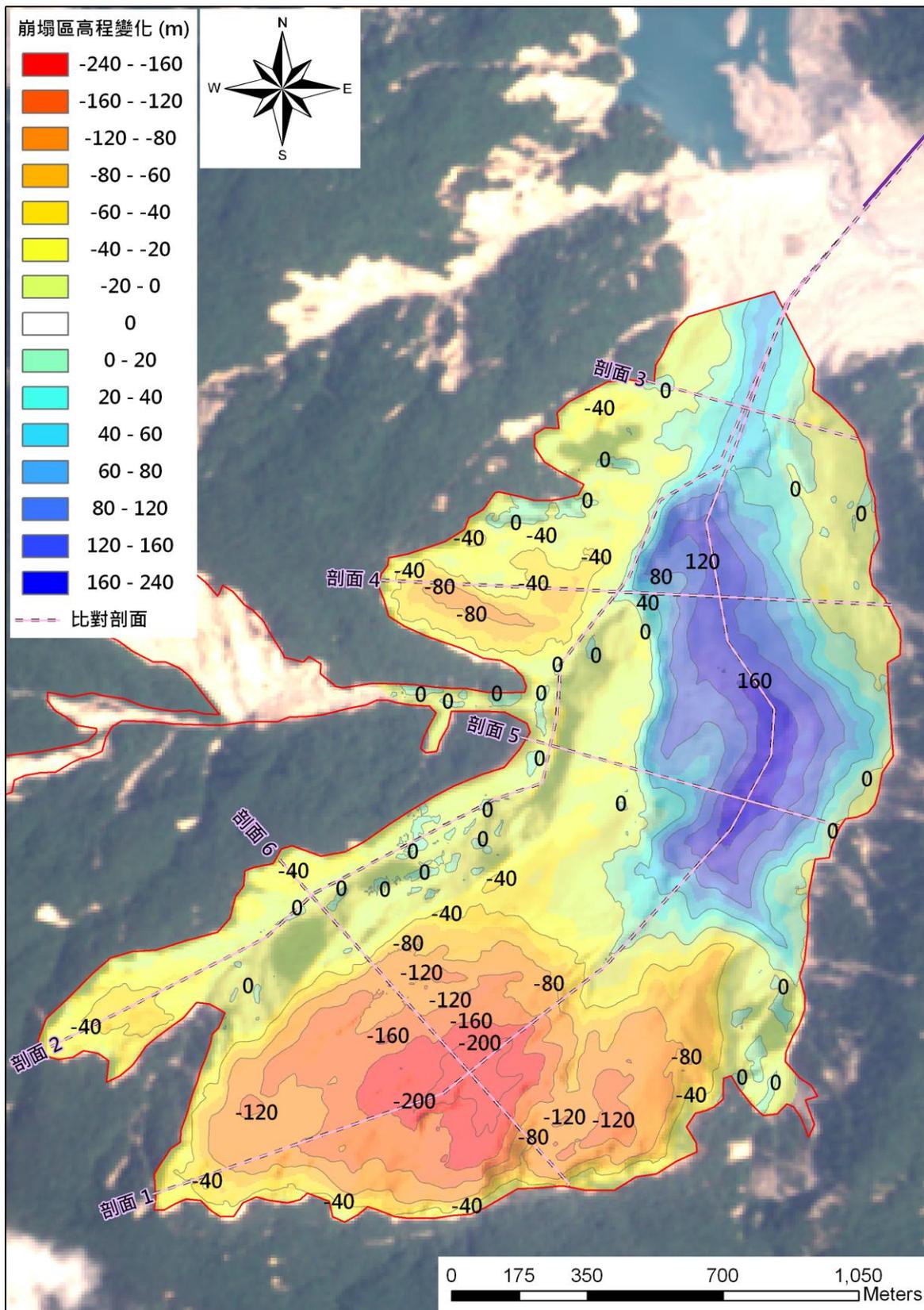


圖5-1.9 崩塌區前後期航測地形比對剖面與變化分佈圖

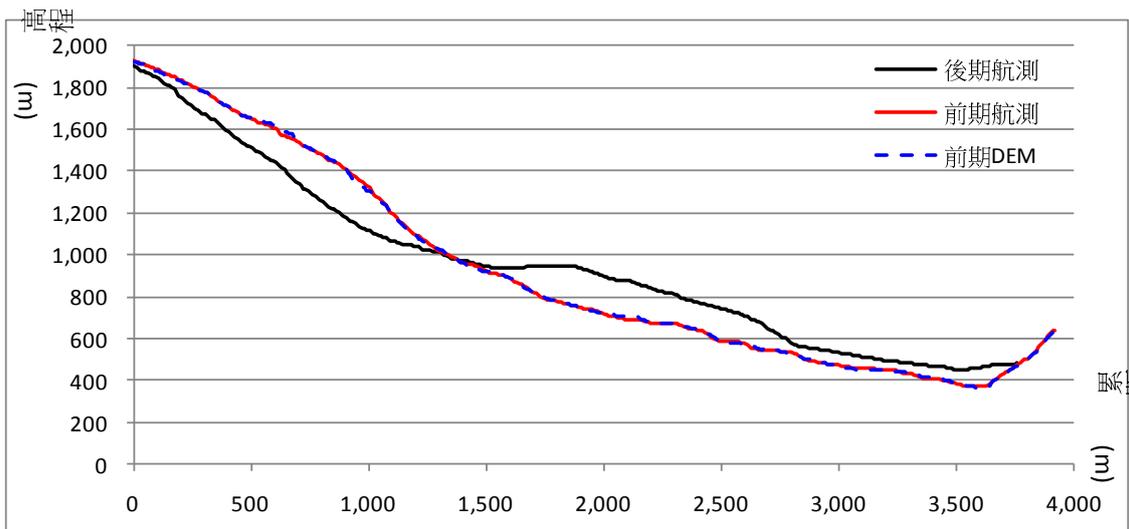


圖5-1.10 崩塌地剖面 1

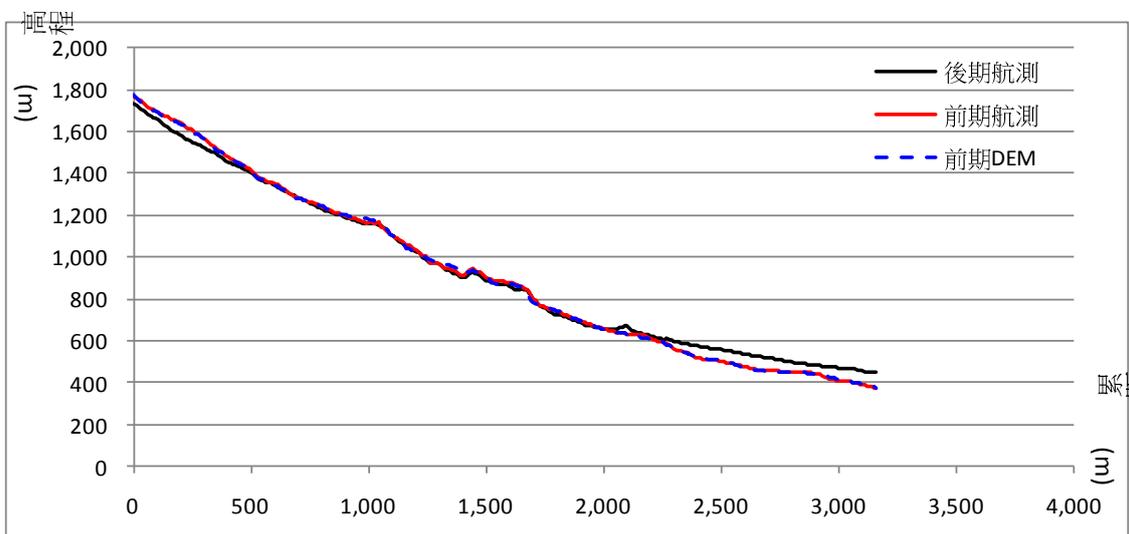


圖5-1.11 崩塌地剖面 2

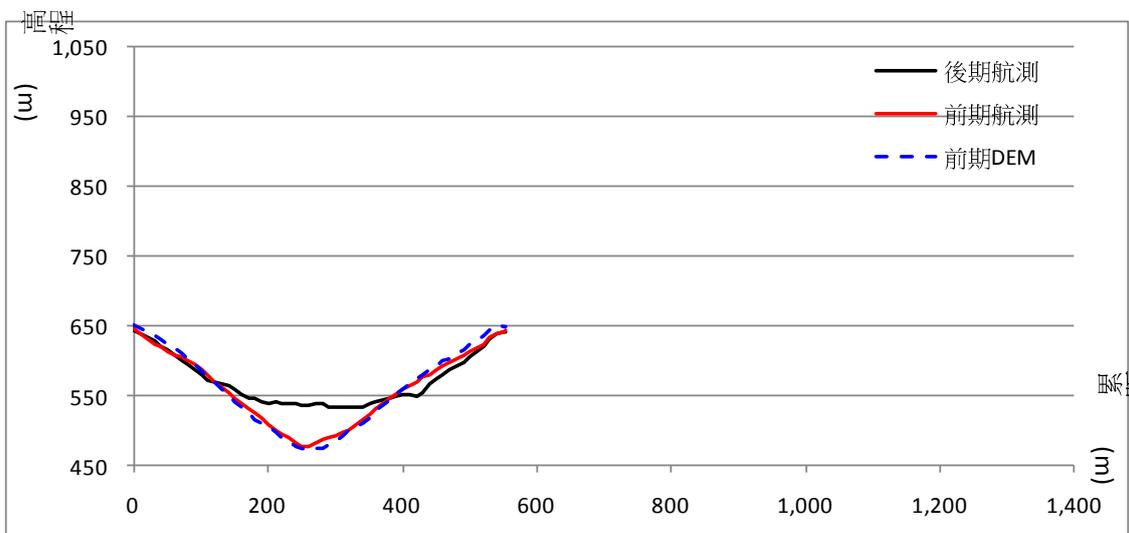


圖5-1.12 崩塌地剖面 3

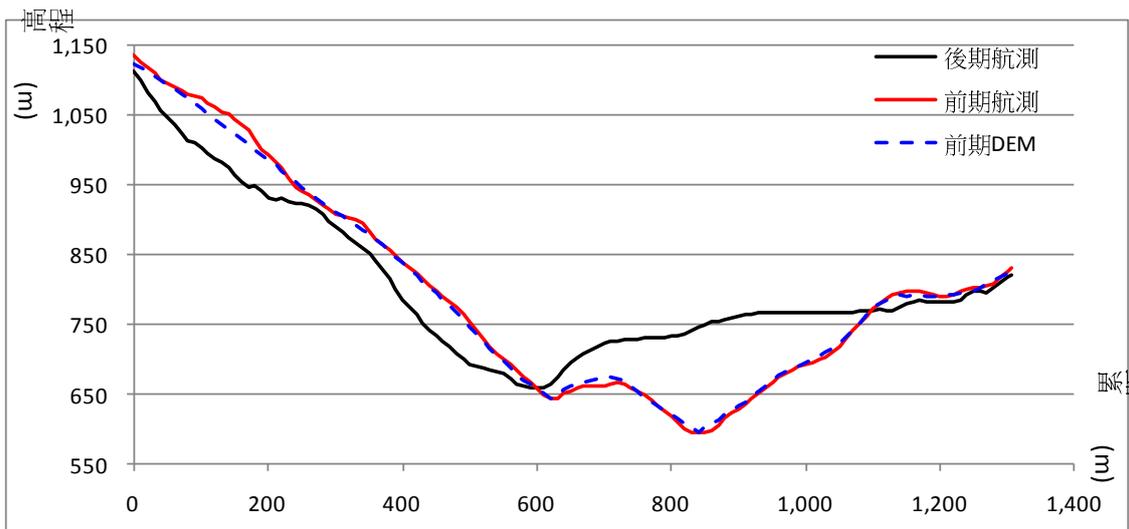


圖5-1.13 崩塌地剖面 4

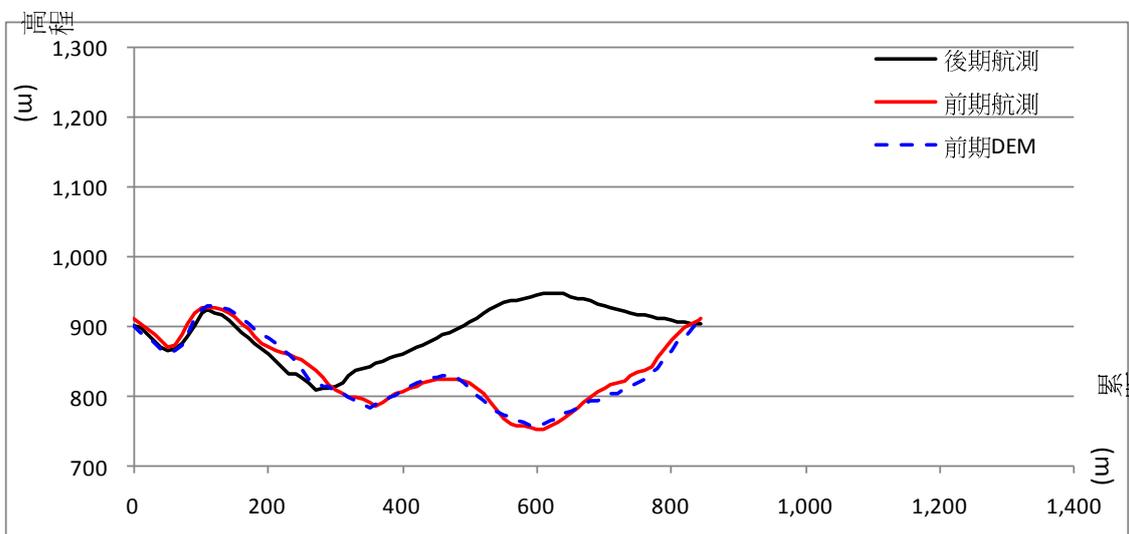


圖5-1.14 崩塌地剖面 5

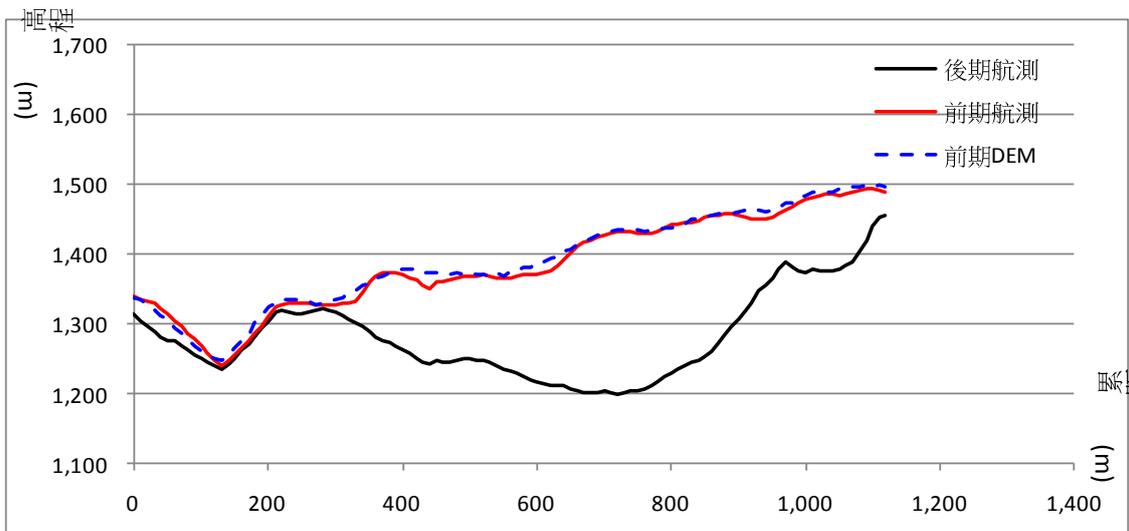


圖5-1.15 崩塌地剖面 6

## 5-2 河道阻塞狀況調查

本計畫採用不同時期之斷面比對方式進行河道阻塞狀況調查，共採用 10 期斷面及地形測量分析成果，並搭配現場調查成果，以瞭解民國 98 年 8 月莫拉克颱風及民國 99 年 9 月凡那比颱風前後河道阻塞變遷情形。說明如下：

### 5-2.1 水下地形測量

本計畫於民國 98 年 8 月 24 日即完成堰塞湖區水下地形測量，實際施測成果點位分佈如 [圖 5-2.1](#)，由於水下地形測量點為僅分佈於堰塞湖蓄水範圍內，為針對災後堰塞湖土體堆積變化情形進行分析瞭解，於蓄水範圍以外之地形資料則採用民國 98 年 8 月 24 日之航測地形資料，結合水深測點及蓄水範圍外之航測地形後進行拓樸處理，整體製成災後河道及堰塞湖水下數值地形；另外再利用民國 94 年 7 月海棠颱風災前航測數值河道地形，還有計畫蒐集之前期 5m 解析度數值地形進行不同時期堰塞湖區斷面變化比較，相關成果如 [附件六](#) 所示。

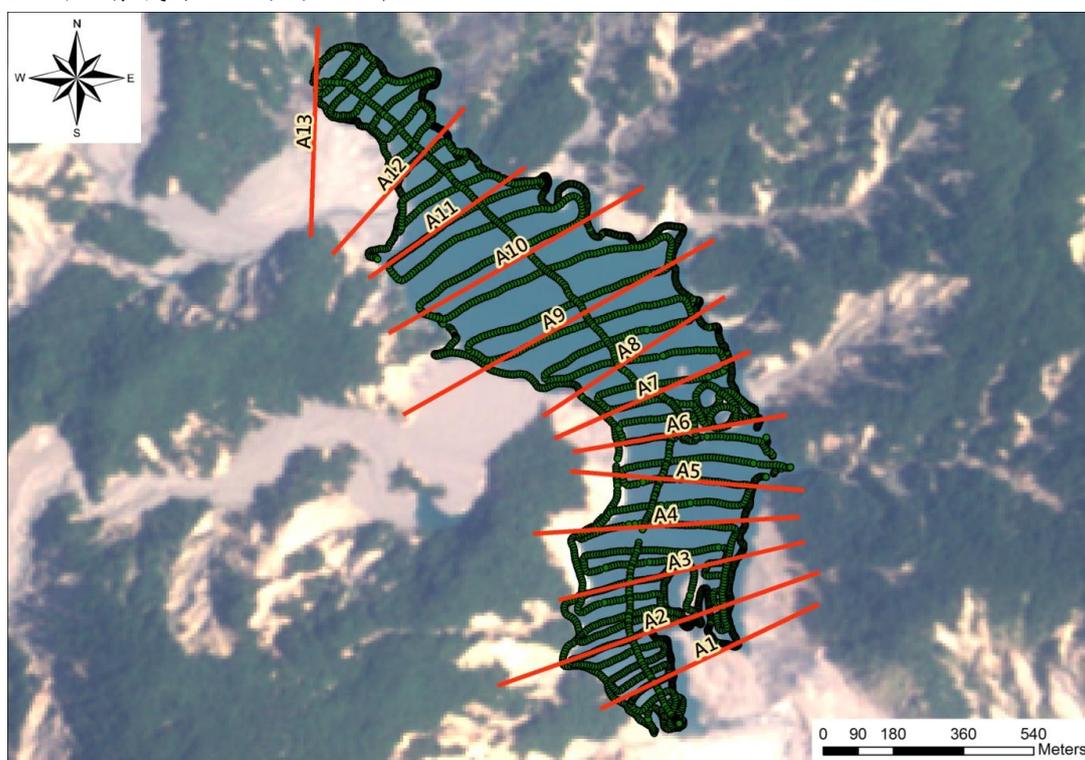


圖5-2.1 堰塞湖水下地形測量點位與斷面位置分佈圖

## 5-2.2 堰塞湖水體計算分析

本節乃依據水下地形測量結果，進行初期堰塞湖水體體積之估算，由太麻里溪堰塞湖水下地形測量成果顯示湖區內最大水深約為 10 公尺，本計畫由水平面（高程為 463.617 公尺）為基準值進行不同水位高程之蓄水面積及水體體積估算，分別計算自高程 463.617 公尺至高程 453.5 公尺間，蓄水面積及體積隨高程之變化。由於本區採用較詳細之水深測量作業方式，故採用數值地形運算法進行水體體積之估算，計算成果詳 表 5-2.1，堰塞湖達滿水位時之蓄水體積約有 533 萬立方公尺(未挖降前)，不同水位高程所對應之蓄水量及蓄水面積變化圖詳 圖 5-2.2 至 圖 5-2.15。

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

水位(m)	水體體積(m <sup>3</sup> )	湖面面積(m <sup>2</sup> )
463.617	5,332,970	750,625
463.5	5,252,519	749,982
463	4,912,264	747,421
462.5	4,577,615	744,815
462	4,248,824	741,932
461.5	3,927,211	734,050
461	3,563,517	716,950
460.5	3,210,522	695,725
460	2,867,957	674,625
459.5	2,536,274	652,375
459	2,215,970	628,150
458.5	1,909,470	596,100
458	1,619,132	565,150
457.5	1,345,201	530,750
457	1,087,865	498,675
456.5	847,514	459,625
456	626,182	425,550
455.5	421,689	391,675
455	236,476	347,250
454.5	83,776	244,075
454	5,523	51,625
453.5	0	0

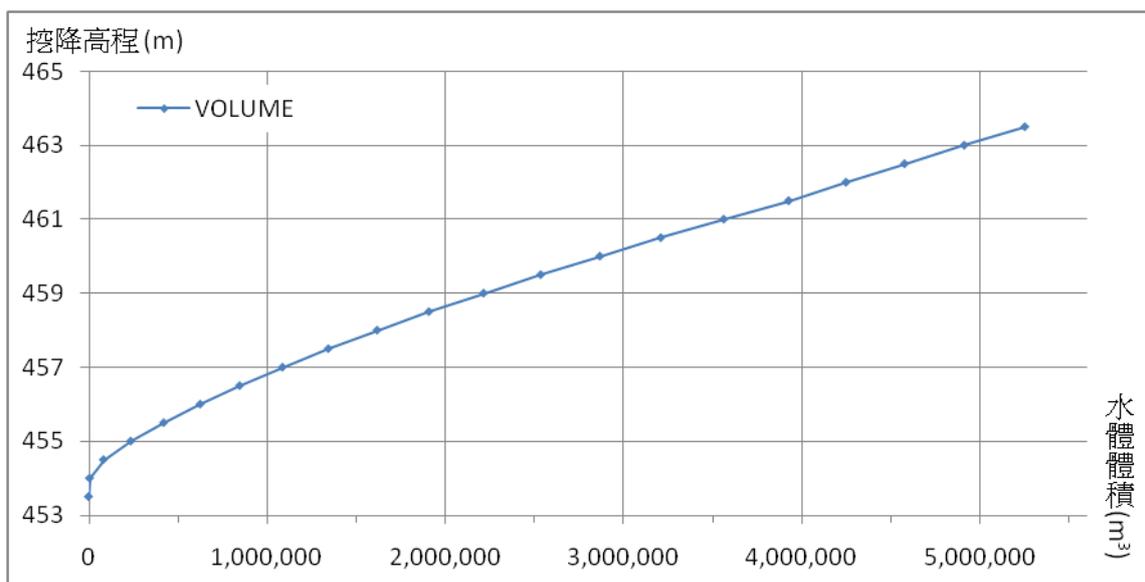


圖5-2.2 不同水位高程與蓄水體積變化關係圖

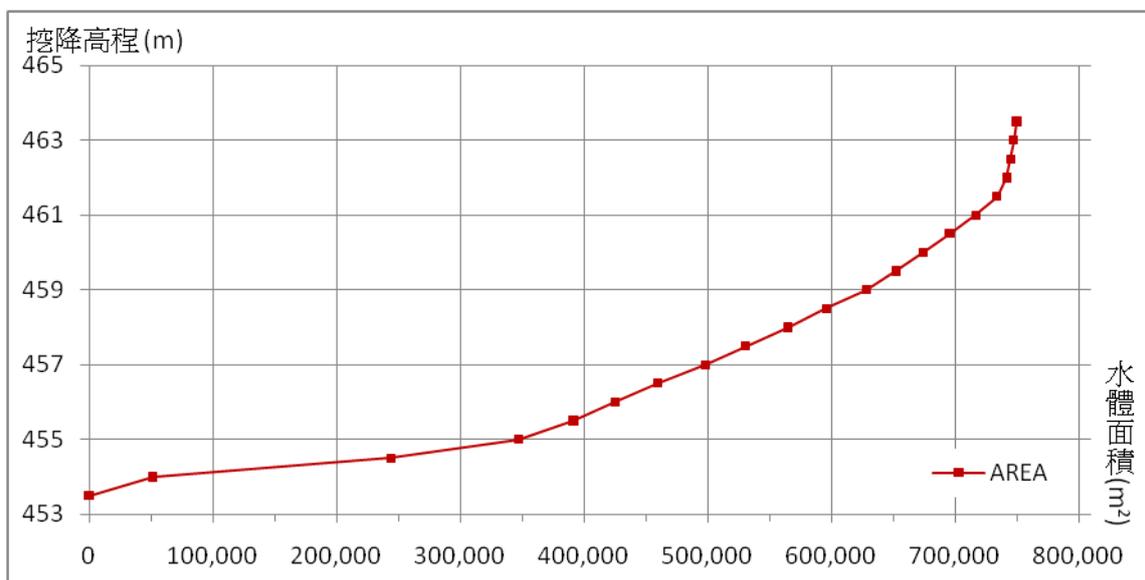
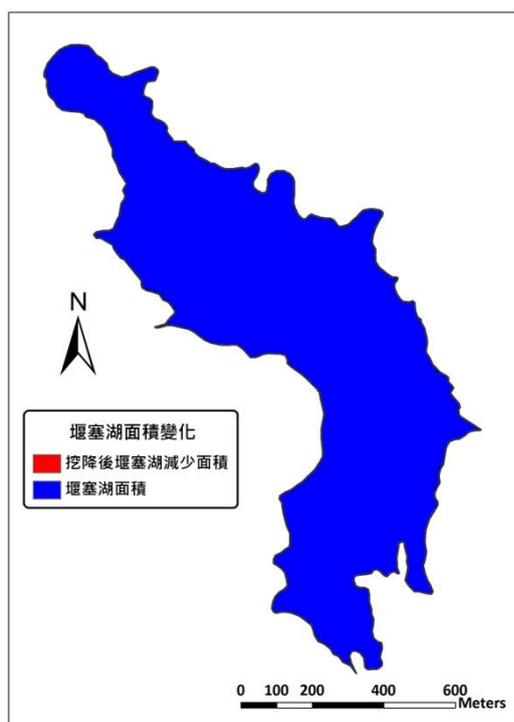
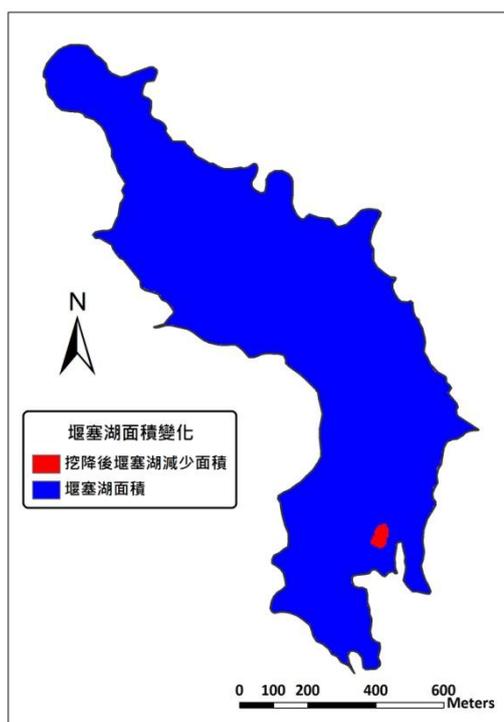


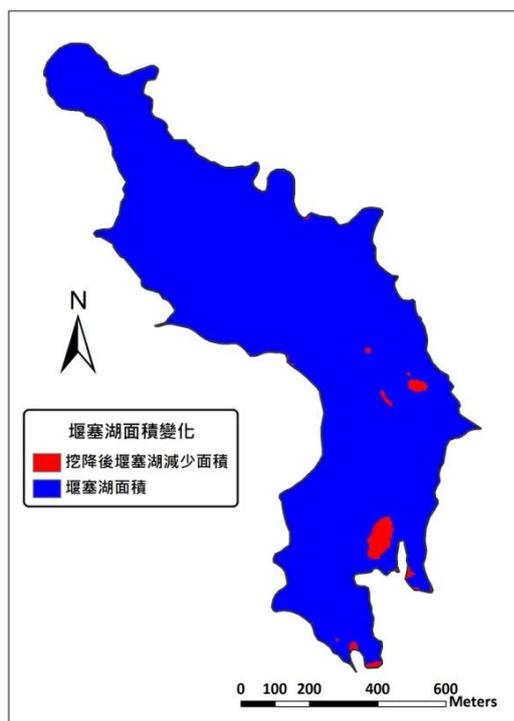
圖5-2.3 不同水位高程與湖面面積變化關係圖



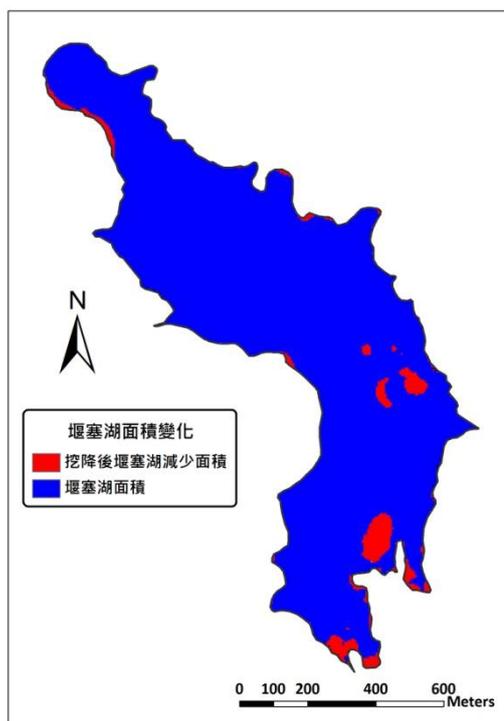
水位高程 463.617m 蓄水面積



水位高程 463m 蓄水面積

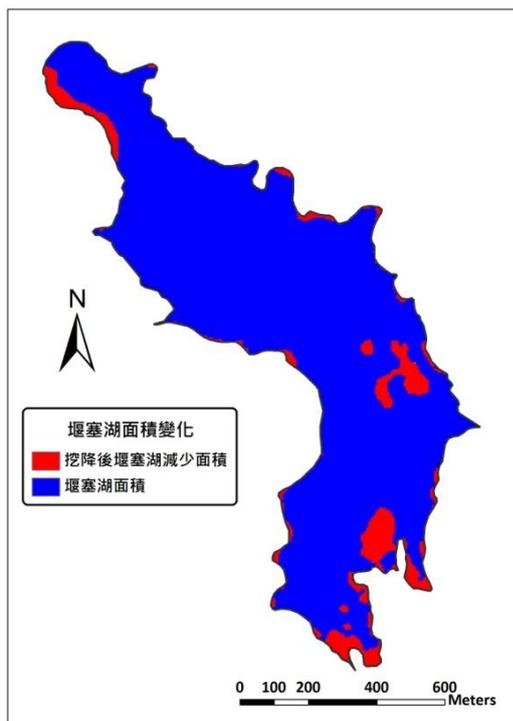


水位高程 462m 蓄水面積

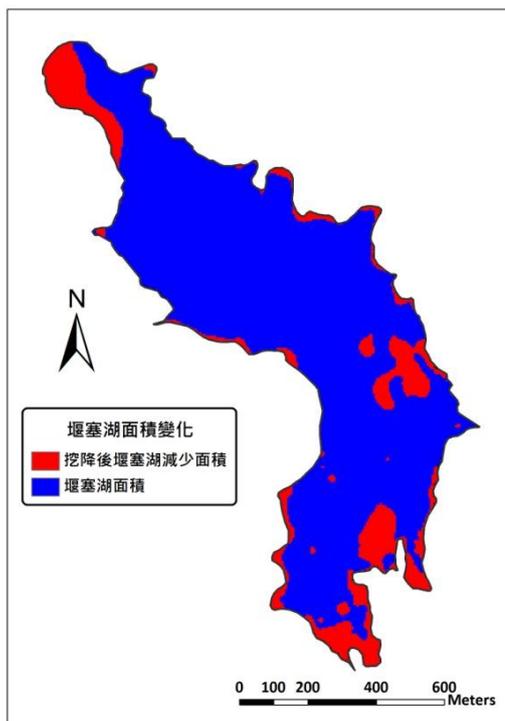


水位高程 461m 蓄水面積

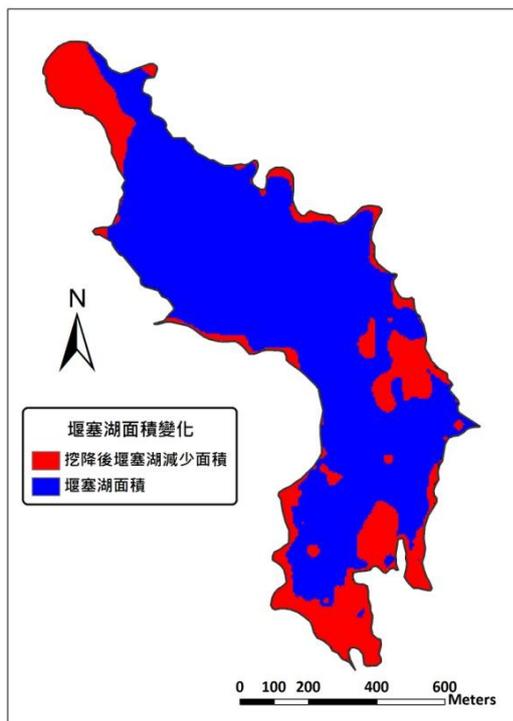
圖5-2.4 不同水位高程湖面面積變化(1/3)



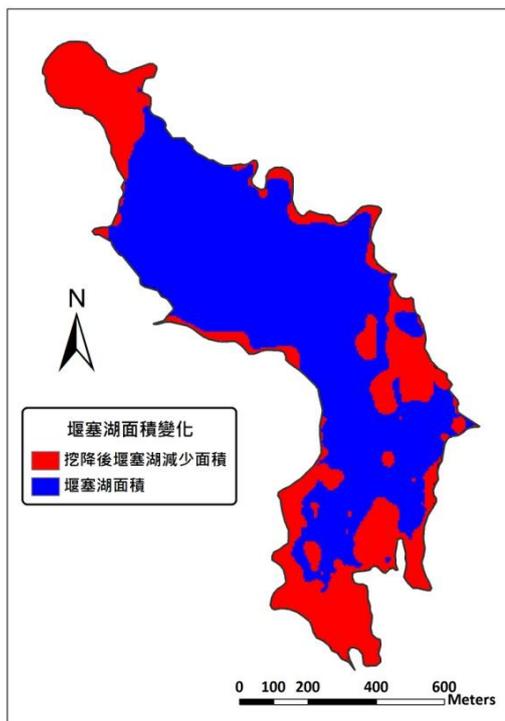
水位高程 460m 蓄水面積



水位高程 459m 蓄水面積

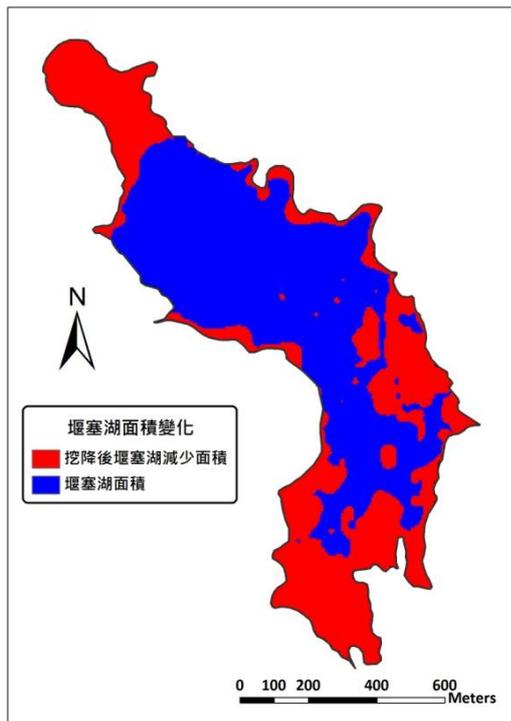


水位高程 458m 蓄水面積

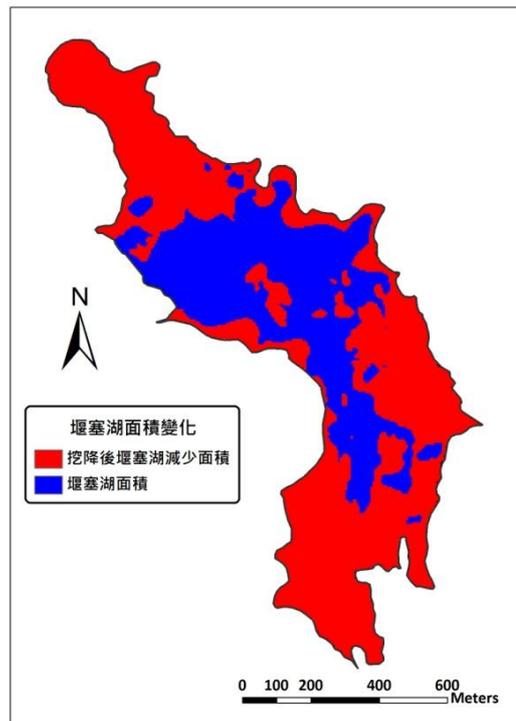


水位高程 457m 蓄水面積

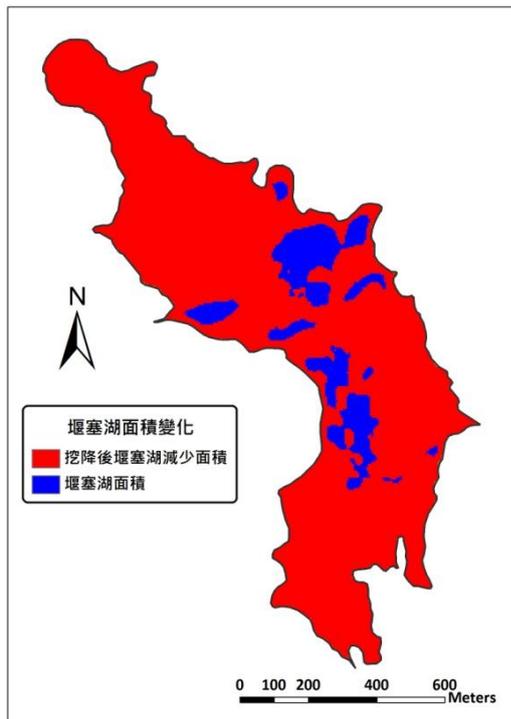
圖5-2.5 不同水位高程湖面面積變化(2/3)



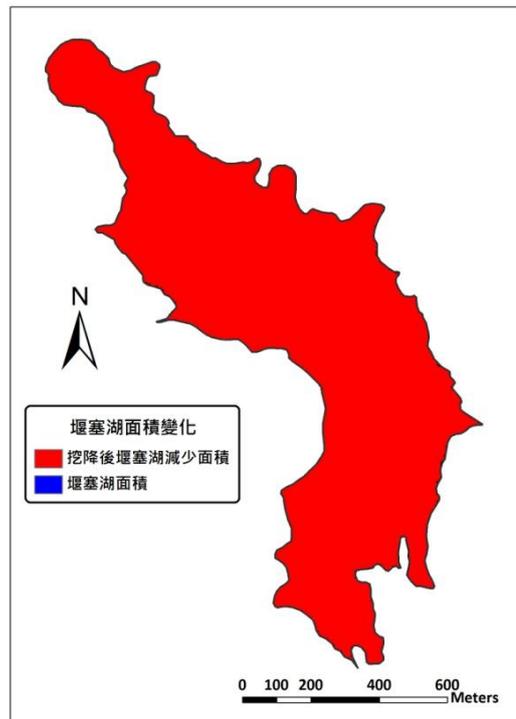
水位高程 456m 蓄水面積



水位高程 455m 蓄水面積



水位高程 454m 蓄水面積



水位高程 453.5m 蓄水面積

圖5-2.6 不同水位高程湖面面積變化(3/3)

### 5-2.3 河道阻塞狀況現場調查成果

河道阻塞狀況調查範圍主要為天然壩堆積區，調查主要重點為堰塞湖土砂流出量與堆積情形，項目包括：堆積範圍、堆積厚度、堆積粒徑、河道堆積或侵蝕量、災前災後河寬變化等。

調查土砂堆積情形、土砂阻塞河道狀況、河道坡度或寬度變化位置，藉以分析潰壩後可能之河道變遷情形，尤其在溢洪口河道段之變化，包括了溢洪深度與寬度，更為本區段之調查重點。其河道之變化情形，可能直接影響堰塞湖之安定與溢流後之土砂流出量，故為河道土砂現場調查之重點區域。

民國 98 年 8 月莫拉克颱風期間，太麻里溪上游包盛社附近，右岸邊坡因降雨誘發大規模崩塌，大量土石沿溪溝坡面流下，大量崩塌土體阻塞河道水流形成天然堰塞湖。堰塞湖生成後，台東林區管理處接獲通知即邀集學者專家及相關單位組成專案小組於 98 年 8 月 14 日搭乘直升機進行空中勘查，由空中勘查發現，阻塞河道之土體長度超過 1 公里，堰塞湖已開始溢流，天然壩體遭水流沖刷形成一寬度約 20 公尺之溢流水道，如 [圖 5-2.7](#) ~ [圖 5-2.10](#) 所示，初步研判暫無全面性潰壩之風險；其後，台東林區管理處與成功大學防災研究中心組成之勘查小組於民國 98 年 11 月 5 日再次搭乘直昇機進行空中勘查，由當時空勘相片可知（如 [圖 5-2.11](#) ~ [圖 5-2.14](#) 所示），堰塞湖上游入流處沖積扇擴大，堰塞湖水面有下降跡象，堰塞湖溢流量與崩塌地支流出流量減少，壩體上之溢流水道有改道現象。

民國 98 年 12 月 11 日再次進入現地進行無人載具空勘調查，現地已於溢流口處開始進行溢流水道簡易挖降作業，藉由搶通之工程便道，利用大型機具沿原溢流水道擴大並挖深水道斷面，減少堰塞湖蓄積之水體體積，降低堰塞湖水面高度。根據其後歷次現勘調查，至 99 年 4 月 14 日止，已降低堰塞湖水位 4 公尺左右，相關紀錄如 [圖 5-2.15](#) ~ [圖 5-2.26](#) 所示。



圖5-2.7 堰塞湖上游往下游拍攝



圖5-2.8 堰塞湖下游往上游拍攝



圖5-2.9 崩塌區支流與天然壩表面溢流水道



圖5-2.10 堰塞湖及溢流水道



圖5-2.11 堰塞湖上游往下游拍攝



圖5-2.12 堰塞湖溢流口



圖5-2.13 崩塌區支流與天然壩表面溢流水道



圖5-2.14 堰塞湖及溢流水道



圖5-2.15 堰塞湖上游入流處形成沖積扇



圖5-2.16 堰塞湖面及溢流水道



圖5-2.17 崩塌區支流與天然壩表面溢流水道



圖5-2.18 天然壩溢流水道挖降作業情形



圖5-2.19 天然壩溢流水道挖降作業情形



圖5-2.20 挖降中之溢流水道



圖5-2.21 挖降後之溢流水道



圖5-2.22 挖降作業後之堰塞湖狀況



圖5-2.23 99年3月之溢流水道狀況



圖5-2.24 99年3月之堰塞湖狀況



圖5-2.25 99年4月之溢流水道狀況



圖5-2.26 99年4月之堰塞湖狀況

經過相關測量及會勘評估後，第二階段溢流道開挖加固工程即由民國 99 年 4 月 14 日開始進行相關施工作業，施工廠商由下游側河道開挖開始施工，其施工情形如圖 5-2.27 與圖 5-2.28 所示。

然而於 6 月中旬，由於連日之豪、大雨，造成太麻里溪大量土石運動，原有溪床便道多處受損中斷，施工中之第二階段工程亦受重大影響，施工中之溢流水道被大量土石淤埋，根據 6 月 29 日乘空勤隊直升機進入庫區勘查測量成果，原已局部開挖拓寬之河道遭土石淤埋，原緊急挖降之溢流道幸未受影響，僅堰塞湖水位略有上升(如圖 5-2.29 至圖 5-2.30)。

民國 99 年 8 月 31 日起，萊羅克颱風、南修颱風、莫蘭蒂三輕颱相繼影響台灣，太麻里溪施工便道受損中斷，溢流道開挖工程亦受到影響中斷。由於進入雨季，連日降雨造成上游來流量增加，堰塞湖水位稍微回升約為 461m 處，相關勘查成果及比對如圖 5-2.31 至圖 5-2.34 所示。

然而至民國 99 年 9 月 19 日，凡那比颱風為台灣東部及北部帶來豐沛雨量，太麻里溪上游山區亦降下大量雨水，根據台東林區管理處於 9 月 21 日申請空勤隊直升機進入湖區之空勘成果，堰塞湖週邊各支流皆流出大量土砂，湖區週邊之扇狀地擴大，當初形成堰塞湖之大崩塌地亦再次流出大量土砂，推擠河道造成堰塞湖溢流水流偏向左岸，除形成新流路外，由於大量水流集中沖刷，大幅掏刷堆積土體，因水流集中大幅刷深溢流道，使得原天然壩於左岸位置形成一水道缺口，蓄積之水體便隨著流失，原堰塞湖區已無蓄水，相關勘查成果如圖 5-2.35 至圖 5-2.40 所示。



圖5-2.27 工程起點附近河道開挖作業情形



圖5-2.28 河道開挖作業情形



圖5-2.29 已開挖之溢流水道遭土石淤埋



圖5-2.30 堰塞湖水位上升，淹滿溢流水道



圖5-2.31 堰塞湖及溢流水道空勘照片



圖5-2.32 堰塞湖上游大量淤積



圖5-2.33 溢流水道開挖工程再次受阻中斷



圖5-2.34 堰塞湖水位變化比對(溢流道入口左岸)



圖5-2.35 凡那比颱風後湖區已無蓄水



圖5-2.36 堰塞湖周圍支流皆有大量土砂流出



圖5-2.37 大量土砂運動，溢流道改道



圖5-2.38 崩塌區流出大量土砂形成扇形堆積



圖5-2.39 原湖區內仍殘留有大量細粒土砂堆積



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

## 5-2.4 河道堆積土體分析

### ● 河道斷面比對分析

本計畫除進行堰塞湖區水下地形測量外，亦針對災後河道重點斷面及區域地形進行測量，並另收集相關單位所完成之地形資料，包括農林航測所之航測地形資料、莫拉克風災前之 5m 解析度數值地形資料等等，利用不同時期之地形資料，與本計畫於莫拉克風災後實測河道斷面進行河道斷面變化比對分析，斷面位置如 [圖 5-2.41](#) 所示，所蒐集之歷次河道地形資料彙整如 [表 5-2.2](#)，相關比對成果圖詳見[附件六](#)。

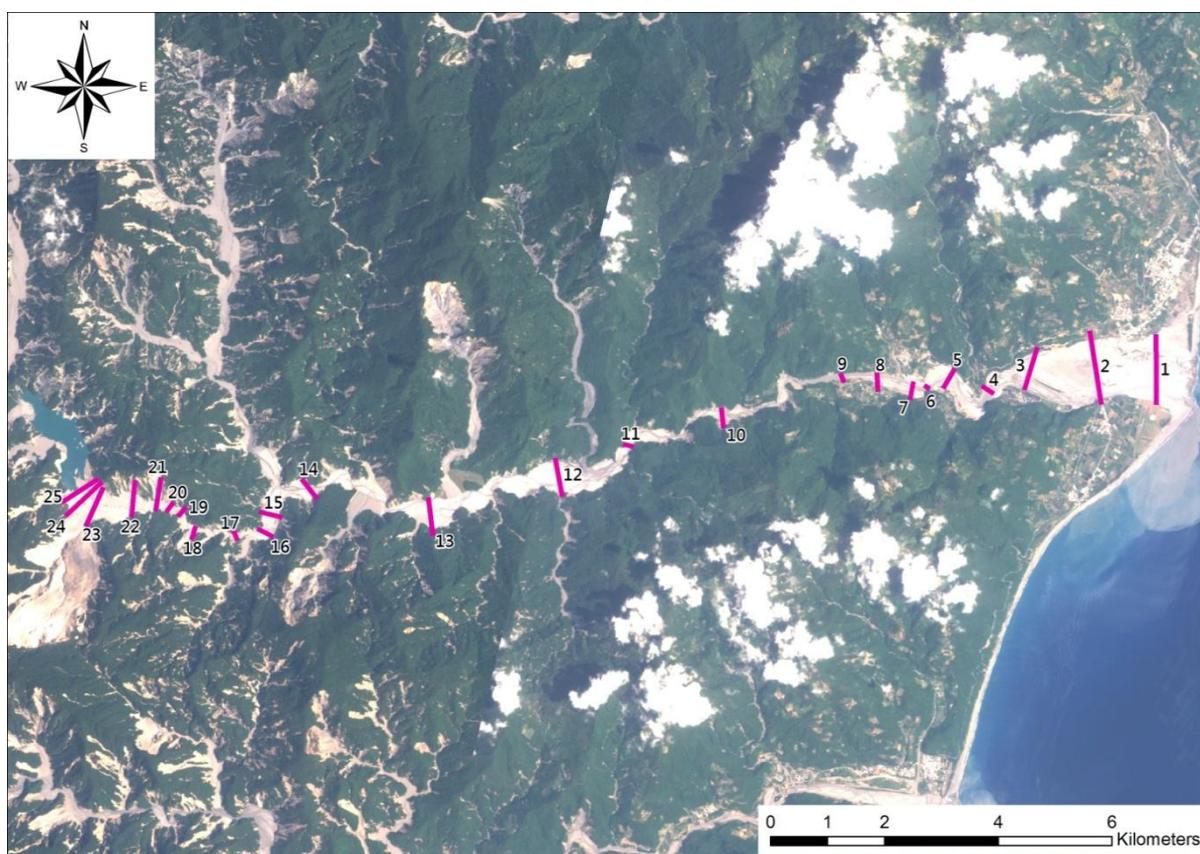


圖5-2.41 河道斷面測量位置圖

表5-2.2 歷次地形資料彙整表

時間	類型	說明
93	數值地形	前期 5m 解析度地形資料 (全區)
94/07	航測地形	海棠颱風前航測地形 (全區)
98/08/24	航測地形	莫拉克災後航測地形 (全區)
98/09/25	實測地形	嘉蘭下游河道地形
98/11/04	實測地形	天然壩等區域
98/11/30	實測斷面	20 組實測斷面
98/12/05	實測地形	天然壩下游河道

## ● 堰塞湖天然壩堆積土體體積分析

為估算天然壩堆積土體體積，先依據各期河道測量成果，並配合 2 期航測地形與 5m 解析度 DEM 地形資料進行比對，利用斷面法進行堆積土體體積概算：首先由前期地形資料繪製一縱斷面趨勢線，並垂直平移此趨勢線以符合堰塞湖湖底末端高程，將平移後之縱斷高程視為災後之河道淤積底床高程(圖 5-2.42 之「推測」虛線)，接著為區分崩積土體以及堰塞湖形成後沈積於湖區內之土方，自壩頂後方延伸一坡降趨勢線至推測之河道底床高程視為天然壩壩體之上游坡面(圖 5-2.42 之「壩後」實線)，再將堰塞湖湖底高程(圖 5-2.42 之「湖底」虛線)向下游延伸至壩體下邊坡之交界處，估算壩體上下游坡面與湖底高程間之土體體積，可得目前天然壩體積；另外，再計算壩頂至推測淤積河道底床與壩體上下游坡面間之體積(即圖 5-2.42 之三角形區塊)，是為天然壩堆積土體之總體積，其計算成果列如表 5-2.3 與表 5-2.4 所示。

表5-2.3 太麻里溪堰塞湖壩體體積估算成果表

斷面編號	累積距離(m)	斷面面積(m <sup>2</sup> )	土體體積(m <sup>3</sup> )
24	0	12,084	
25	153	8,775	1,596,953
A1	324	1,338	864,797
A2	446	187	93,205
A3	579	0	12,418
總計			2,567,374

表5-2.4 太麻里溪堰塞湖天然壩堆積土體估算成果表

斷面編號	累積距離(m)	斷面面積(m <sup>2</sup> )	土體體積(m <sup>3</sup> )
17	0	60	
	430	516	123,613
18	802	851	254,503
19	1,209	1,436	465,371
20	1,446	1,380	333,803
21	1,673	913	260,358
22	2,092	7,817	1,826,026
	2,436	12,967	3,575,536
23	2,735	24,537	5,610,709
24	2,937	31,925	5,709,189
25	3,090	23,094	4,212,098
A1	3,261	10,905	2,907,356
A2	3,384	11,459	1,366,689
A3	3,516	9,395	1,381,845
A4	3,651	6,820	1,090,256
A5	3,775	4,681	715,502
A6	3,891	3,371	467,576
A7	4,009	1,400	280,898
A8	4,121	0	78,331
總計			30,659,660

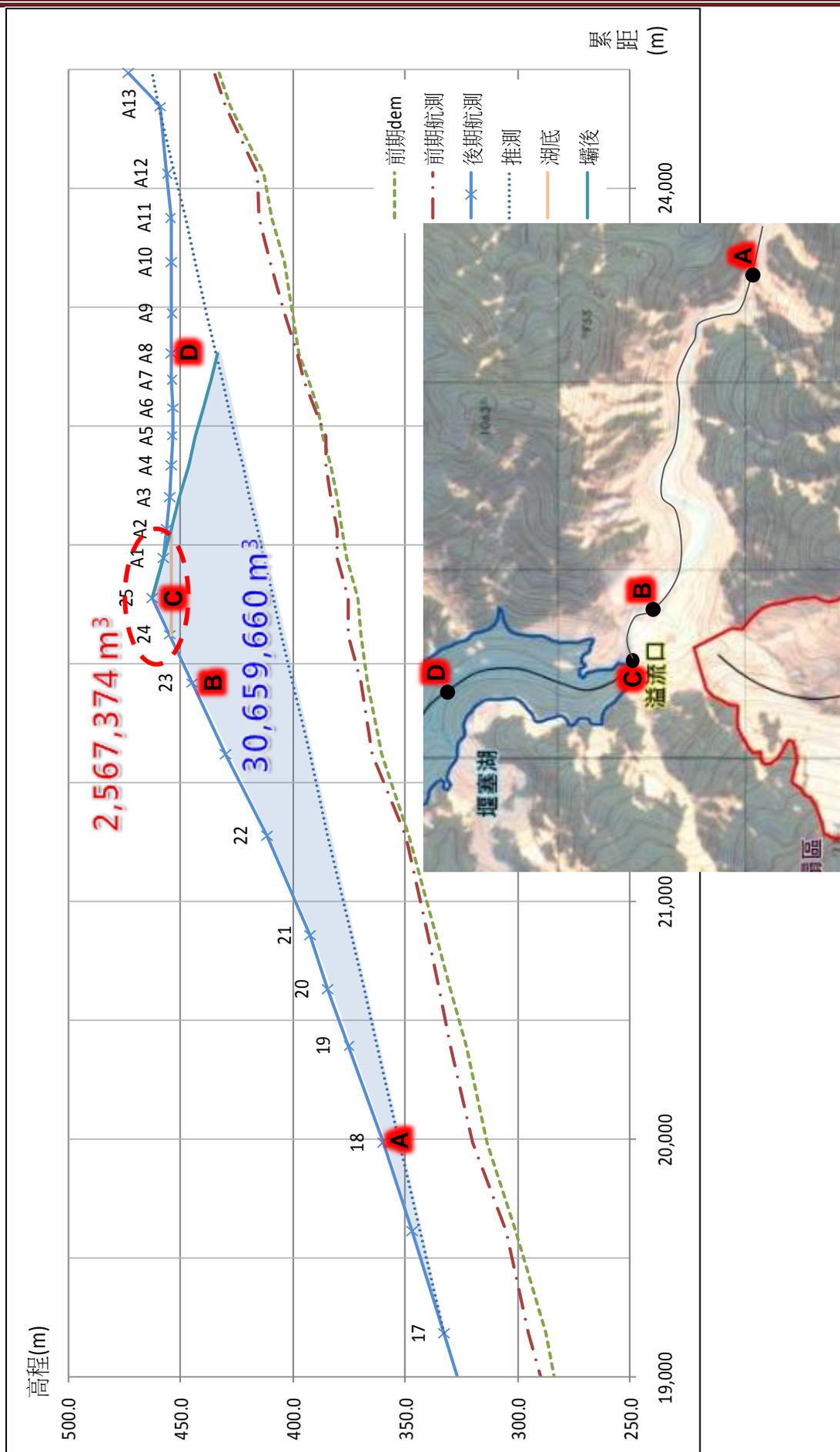


圖5-2.42 太麻里溪堰塞湖天然壩淤積段前後期縱斷面地形資料比對圖

### 5-2.5 凡那比颱風後堆積土體與溢流道變化分析成果

民國 99 年 9 月凡那比颱風侵襲台灣東、北部帶來高強度雨量，太麻里溪流域亦降下大量雨水，造成堰塞湖區域大規模土砂運動，集水區大量土石流出、河流改道，本計畫為瞭解現地土砂運動情形，故再次於重點區域進行地形測量，期能根據凡那比颱風前後測量成果比對，確實瞭解堰塞湖區地形變化情形。

為能在緊迫的人力與時間內取得地形變動成果，此次測量區域重點集中在天然壩堆積土體，即堰塞湖溢流道段之河道地形變動情形，測量範圍與比對斷面位置如圖 5-2.43 所示；各斷面以左岸為起點，凡那比颱風後地形測量、2 次區域地形測量與莫拉克災後航測地形比對成果如圖 5-2.44 至 5-2.46 所示。

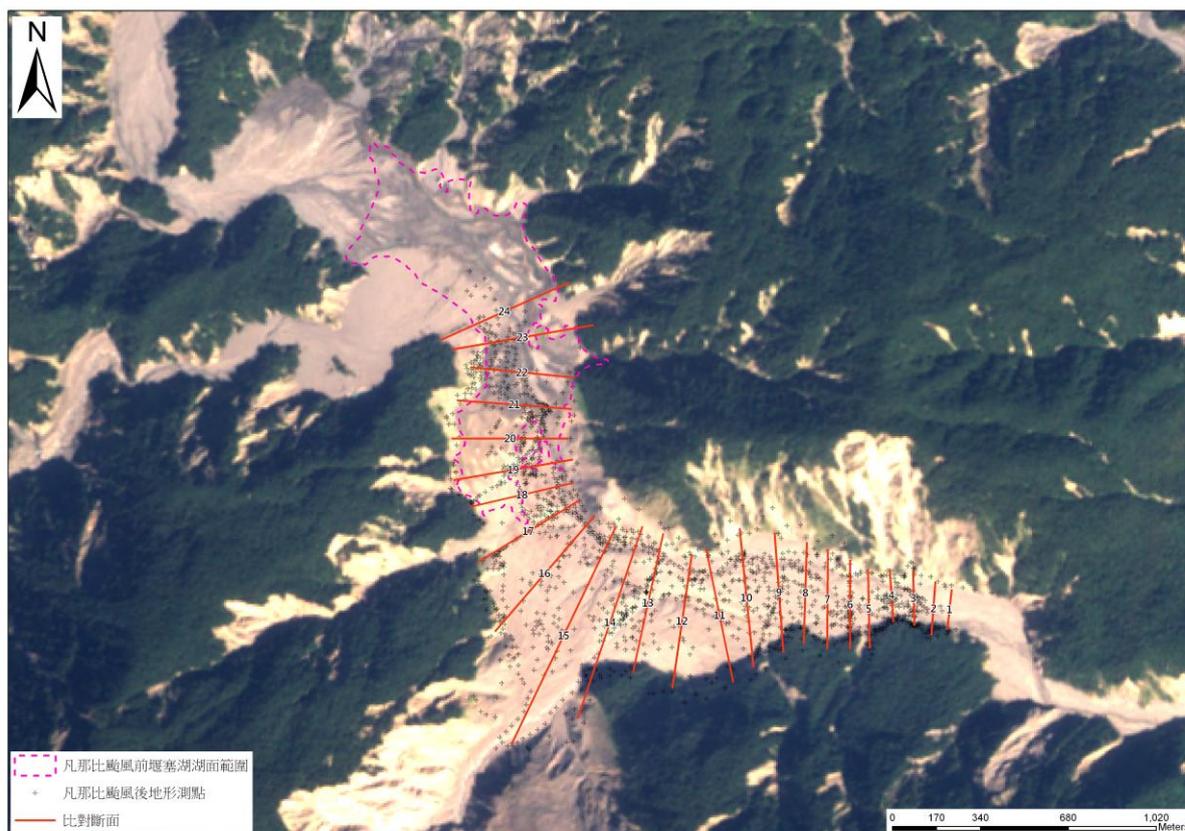


圖5-2.43 凡那比颱風後地形測量與比對斷面位置圖

根據圖 5-2.43 斷面比對位置可知，斷面 22~斷面 24 為前期堰塞湖蓄水範圍，由斷面比對可知原湖區平均淤高約 2~3 公尺，比對現地勘查成果（如圖 5-2.41），可知現地地表多為原堰塞湖湖底淤積之細粒土砂，據此可初步推論本次颱風期間，堰塞湖週邊雖有大量土石流出，然堰塞湖消失並非僅是受到大量土砂流之淤埋。

自斷面 17 開始，河道右岸側即崩塌區流出之扇狀堆積，平均淤高約 10 公尺，在扇狀堆積之中心部份（如斷面 15），甚至淤高近 20 公尺，而且地表殘跡物多為巨型塊石，表示源自崩塌區流出之土石流堆積在此後，已經相當程度之水流掏選作用影響而流失細粒土砂，距此可瞭解原始堆積應該更高。

此次凡那比颱風帶來大量雨水引發本區大規模之土砂運動，自各崩塌地流出大量土砂，特別是自崩塌區流出之大量土石，或許是颱風時推擠水流，造成水流集中沖刷左岸側區域，或是大量土砂淤高溢流道造成水流改道，總之水流持續沖刷左岸側堆積土體形成約寬 100 公尺之新流路，如斷面 19 至斷面 11，由於水流集中且持續沖刷，形成水道與側岸有 20 公尺左右之高差（如斷面 18~斷面 16）。

若將各斷面深槽高程配合各斷面間距繪製成區域縱斷面比對，如圖 5-2.46，由該縱斷地形比對成果可知，於凡那比颱風時，大規模土砂運動過程形成一天然河道坡度調整作用，原天然壩上游側（即原堰塞湖區域）因土石堆積形成之逆坡降，由於水道之刷深與湖區後方之淤積形成順坡降，原天然壩淤積之土石則隨水流沖刷流失，下游側原有近 5% 之坡降亦因土石之堆積而趨緩，本河段即形成較均勻之坡降，約 3% 左右。另將凡那比前後地形高程變動分佈繪製如圖 5-2.47 所示，由圖中即可確實瞭解，崩塌區流出土石與水流改道、刷深之相對位置。



圖5-2.44 凡那比颱風後橫斷面地形比對成果(1/2)

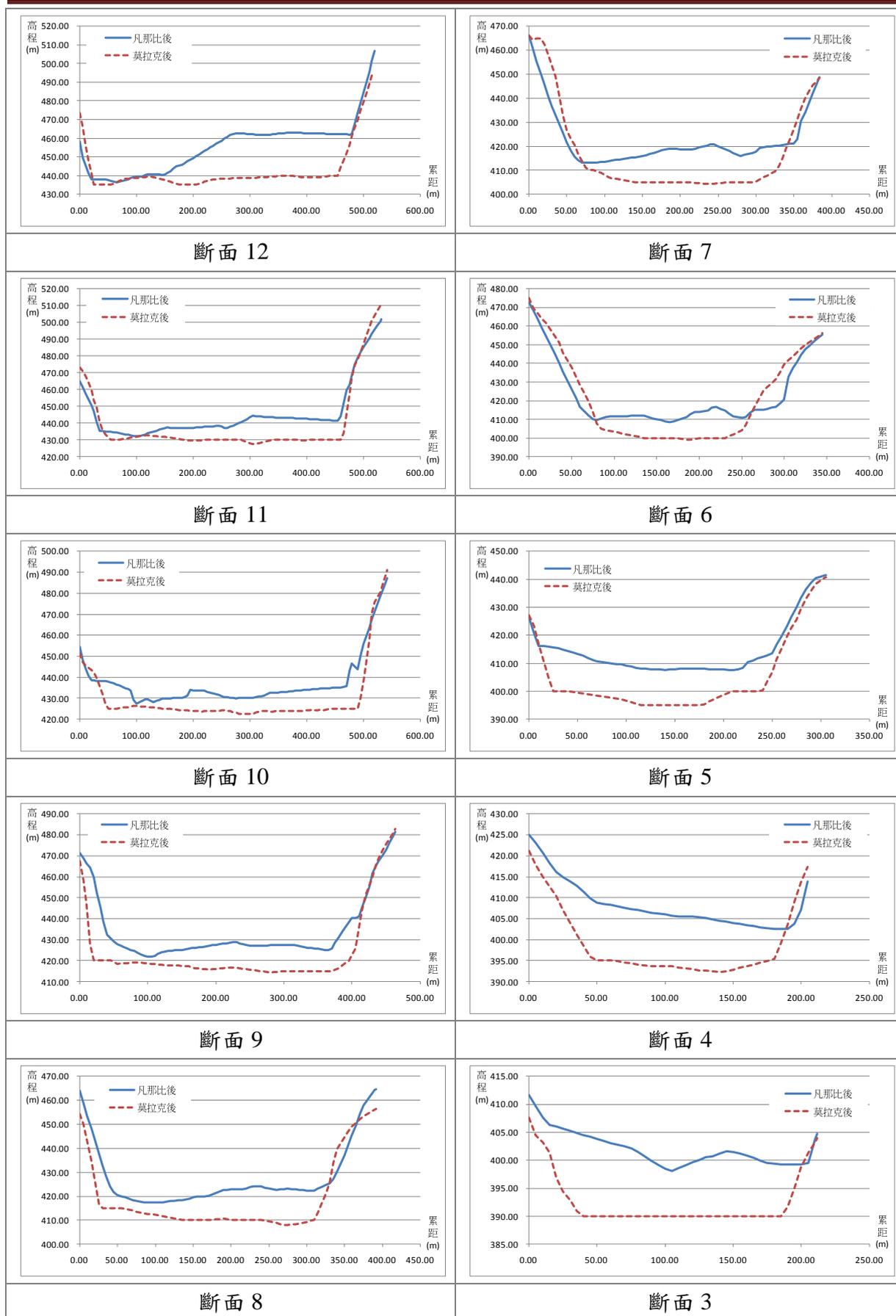


圖5-2.45 凡那比颱風後橫斷面地形比對成果(2/2)

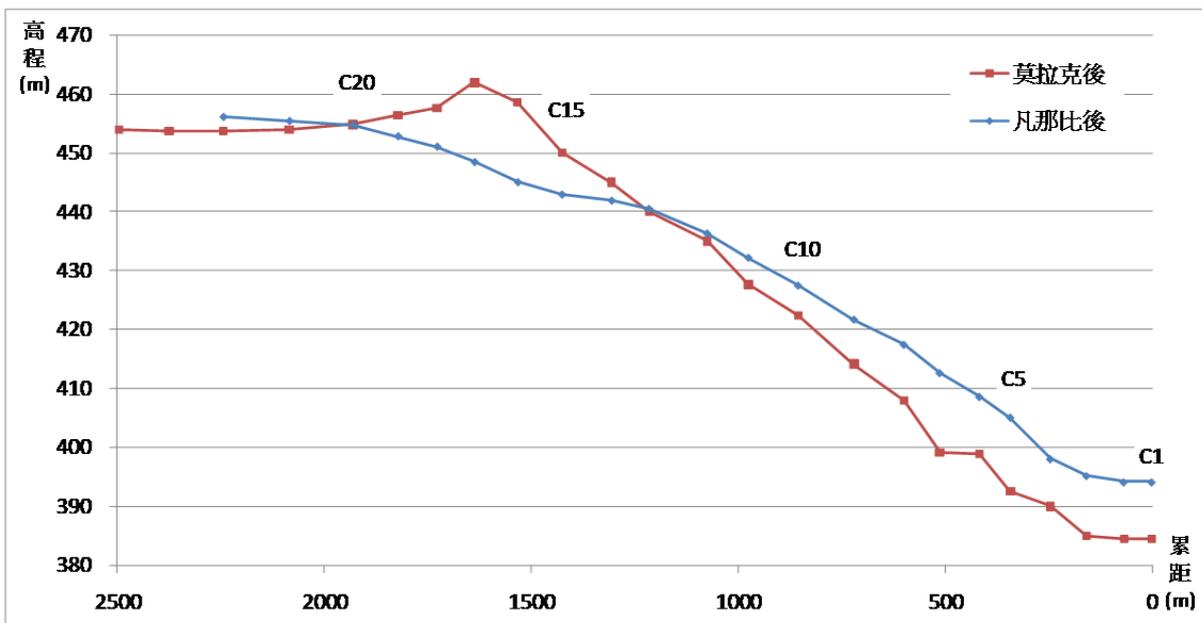


圖5-2.46 凡那比颱風後縱斷面地形比對成果

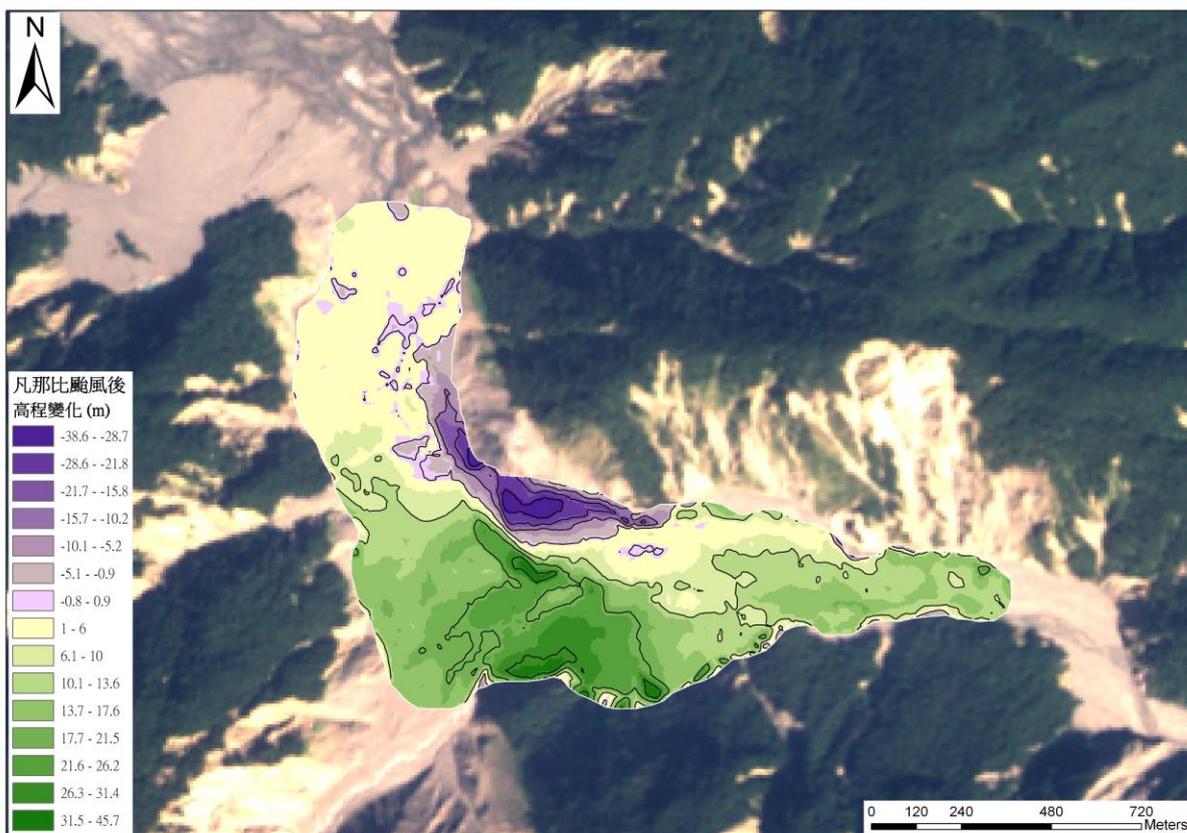


圖5-2.47 凡那比颱風前後地形高程變化

## 5-3 下游河道及保全對象狀況調查

### 5-3.1 河道及保全對象調查成果

在堰塞湖形成前，太麻里溪集水區已經為土砂生產與運移劇烈之集水區，堰塞湖形成後，因上游河床高程劇烈抬升，具有極高土砂下移運動潛勢，形成新土砂供應來源，可能加劇未來太麻里流域內之土砂運動。下游現有之河道兩岸聚落，如嘉蘭村、溪頭村等，活動區域大多鄰近主河道兩側，過去與溪床的高差、與河道的距離等，因為河床的逐年抬升而逐漸減小，日前，除嘉蘭村與溪頭村外，南太麻里橋兩側之德其里聚落也遭受洪水與土石之侵襲，顯明了現有聚落未來可能遭遇的安全威脅。

#### 1. 堰塞湖下游河道：

太麻里溪堰塞湖下游至太麻里出海口，為未來堰塞湖溢流後之土砂輸送與堆積區域；莫拉克颱風後，因劇烈的土砂運動，河床高程與寬度與風災前相比皆有明顯的增加，現藉由說明堰塞湖下游河道之地形變化、河道寬度變化以及河床抬升厚度，配合可能之坡度或是寬度轉折點位，評估可能之沉砂區域，做為未來下游河道變遷之重要參考。

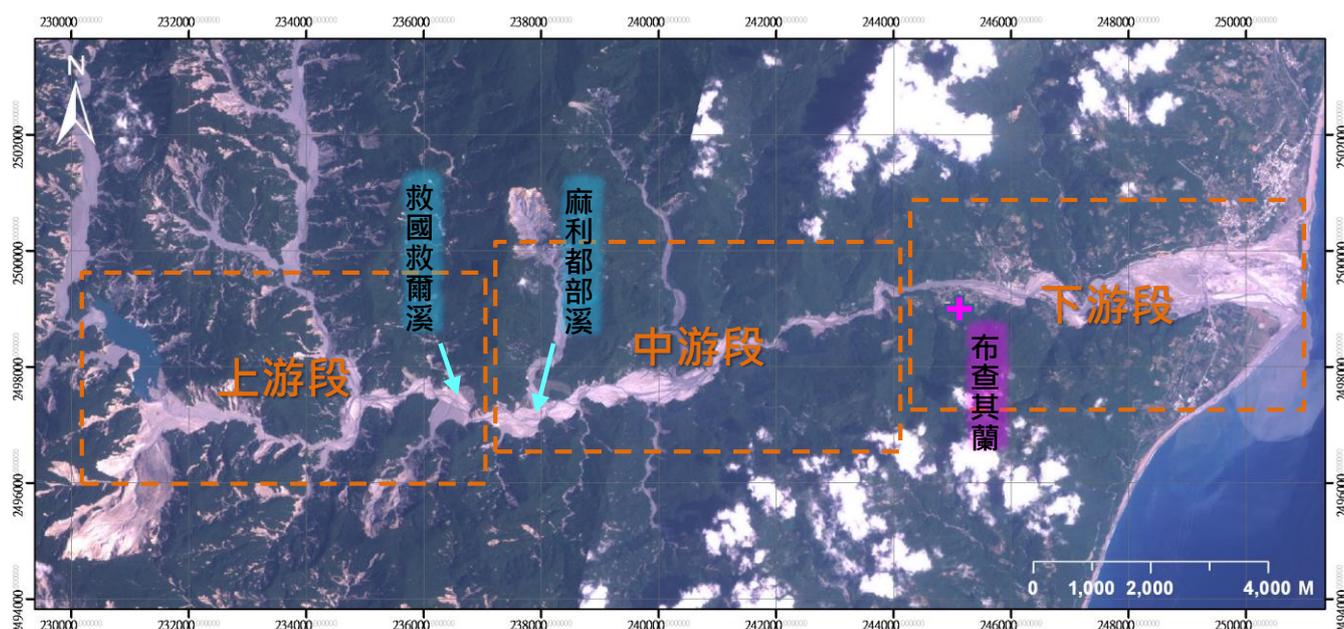


圖5-3.1 太麻里溪堰塞湖下游河道現況之分段示意圖

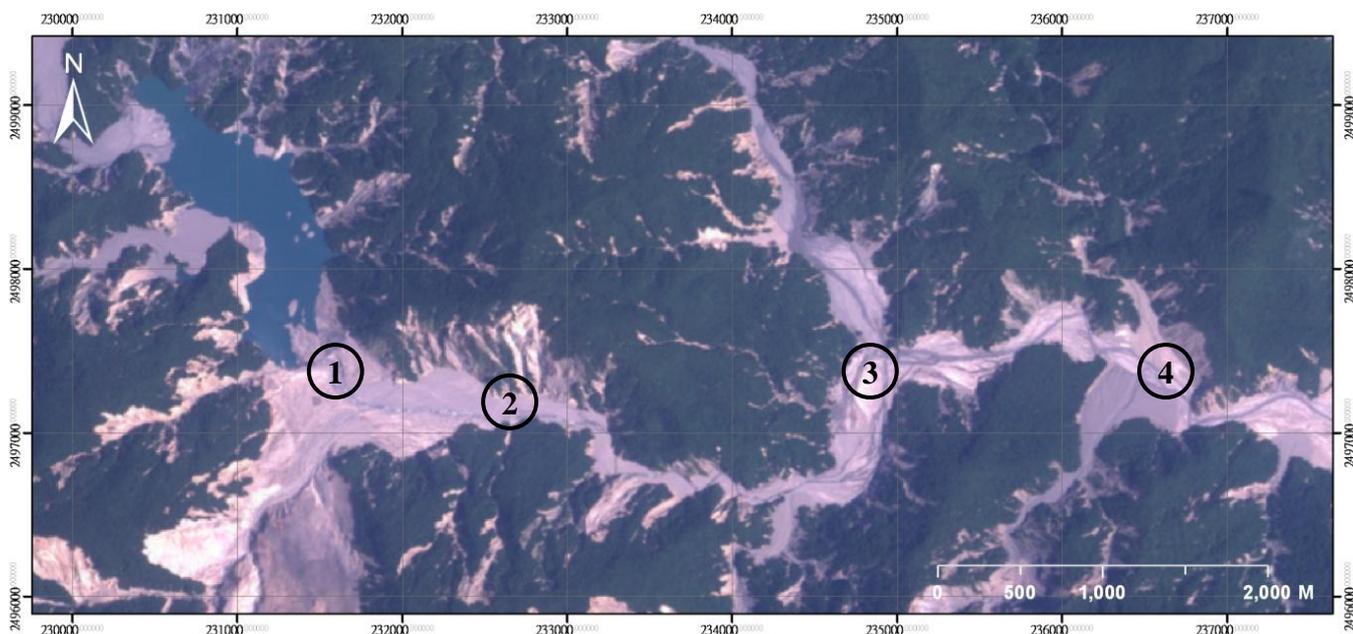
後續將堰塞湖下游太麻里溪主河道分為上、中、下游段三段來敘述，如圖 5-3.1 所示，各河段主要範圍為：上游段為堰塞湖溢流口至救國救爾溪匯流處；中游段為麻利都部溪匯流處至隘口；下游段為布查其蘭至河口。

### (1) 上游段

如圖 5-3.2 所示，此河段為此次莫拉克颱風土砂主要堆積處，上游生產的土方量大多堆積此河段。此河段於莫拉克颱風期間受到洪水夾帶大量土砂的影響，使河岸侵蝕嚴重，河道寬度明顯增加。若以斗里斗里溪為界將此河段細分為兩個部分，一個部分從溢流口往下游到斗里斗里溪匯流口前(即圖中①至③)，另外一部分為斗里斗里溪匯流口至救國救爾溪匯流口(即圖中③至④)。

在斗里斗里溪匯流口以上部分，主河道中堆積大量土砂，側岸侵蝕嚴重，河寬變化幅度也較為劇烈。整體而言，此部分河道之河床抬升厚度大約為 30m~60m，且坡度較陡(坡度約為 3/100~5/100)，越靠近堰塞湖，其抬升厚度越大，坡度也越陡；在斗里斗里溪匯流口以下部分，河道中亦堆積大量土砂，但由於主支流匯流處河寬明顯變寬，造成河道呈現瓣狀水系，溪流主深槽並不明顯；另外在補拉米溪與救國救爾溪南北同時匯入主流處，現地堆積大量土砂，南側補拉米溪出口處有大型扇狀地堆積，形成壓迫主河道緊貼並侵蝕北側河岸的情況。整體而言斗里斗里溪匯流口以下河道之河床抬升厚度大約為 10m~30m，坡度較上游部分緩(坡度約為 3/100)。

由於目前此河段之河道中仍堆積大量不安定土砂，易隨著水流向下搬移，未來如遇大雨可能將再次產生劇烈的土砂運動。



(1) 堰塞湖溢流口



(2) 堰塞湖溢流口下游處



(3) 斗里斗里溪匯流口



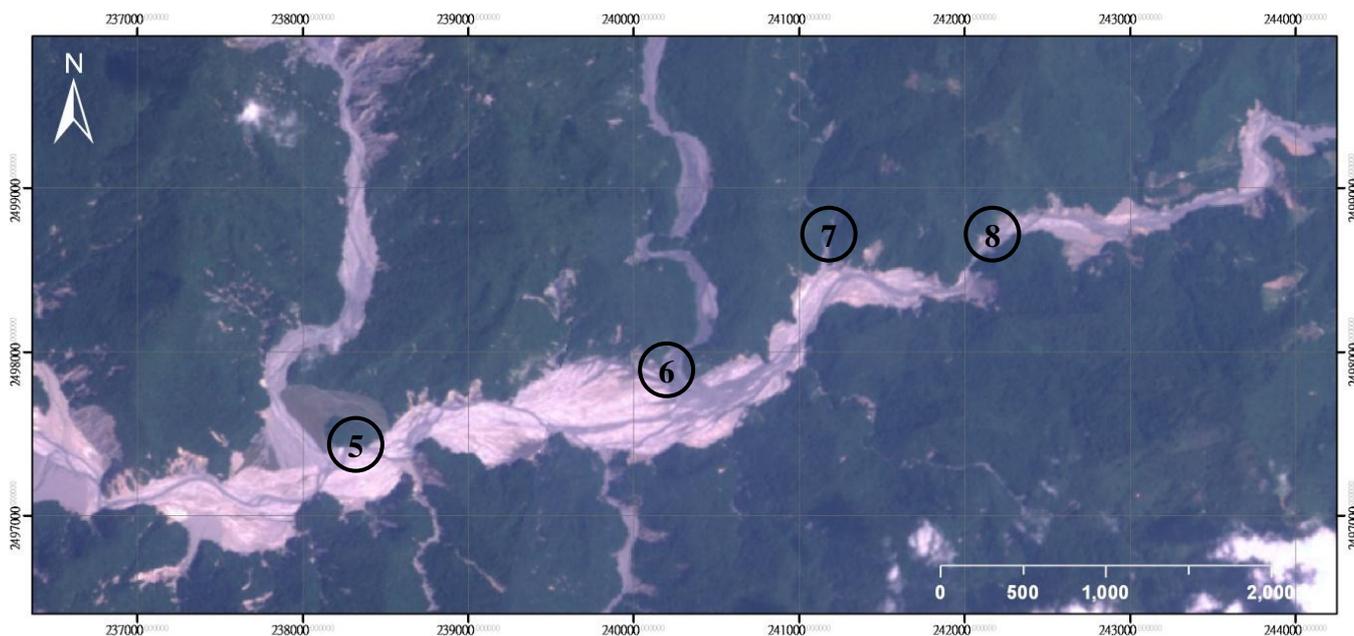
(4) 補拉米溪與救國救爾溪匯流口

圖5-3.2 堰塞湖下游河道現況 (上游段)

## (2) 中游段

如圖 5-3.3 所示，整個河段可以視為太麻里溪之沈砂區。由於此河段於莫拉克颱風前，河段寬廣，河床平坦，多次颱風豪雨所帶來的土石大量堆積在此，此次莫拉克颱風由上游往下游輸送之土砂，亦有大部分土砂於此處堆積。

圖中⑤至⑦間前後(即麻利都部溪匯流口前與麻利霧溪匯流口後)皆有類似隘口之地形，隘口處河道寬度窄，兩側河岸多見岩壁，此次莫拉克颱風期間之河寬變化不大。而其間之河道在此次莫拉克颱風期間，河寬略微增加，乃因部分兩旁河岸遭受侵蝕。但在經過莫拉克颱風之影響後，此河段河床高程厚度堆積約 5m~10m，整體坡度較緩(坡度約為 2/100)，其土砂主要堆積於原有河道深槽，造成此河段河床抬升、坡度驅緩，形成水流漫流，部分河道呈現辮狀水系，溪流之主深槽並不明顯。本河段未來若遇到颱風豪雨時，河道水流擺盪侵蝕，土砂變動可能會相當劇烈，並持續將土砂往下游搬運。



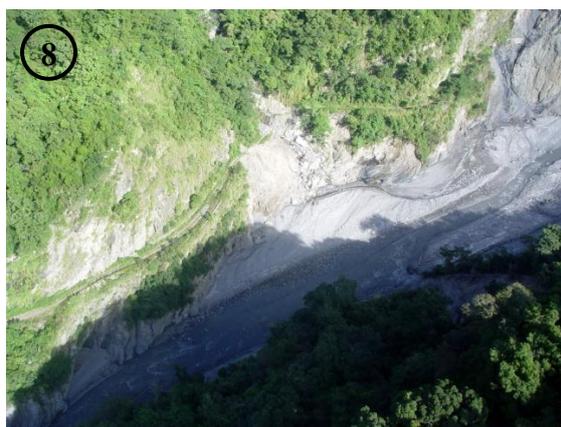
(5) 麻利都部溪匯流口



(6) 馬奴爾溪匯流口



(7) 麻利霧溪匯流口



(8) 太麻里溪主流隘口段

圖5-3.3 堰塞湖下游河道現況 (中游段)

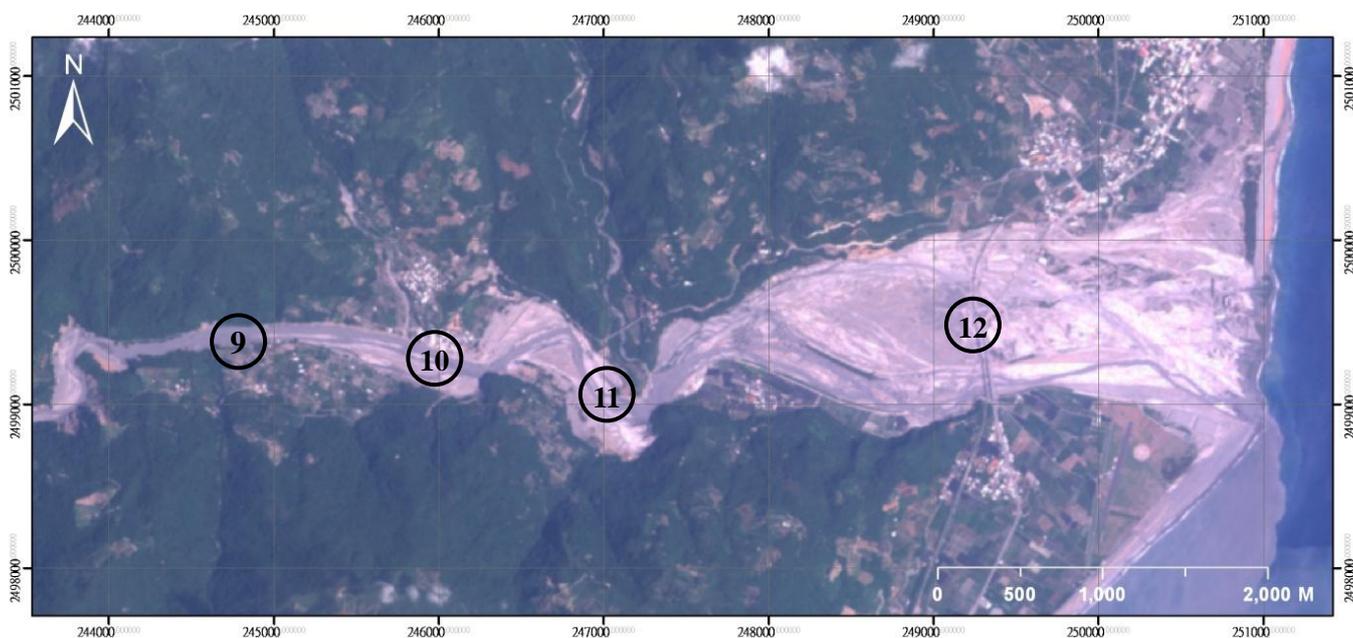
### (3) 下游段

由於莫拉克颱風所生成之粗顆粒土石料源，大部份仍淤積於太麻里溪中游以上，下游段堆積的土石主要以細粒料源為主，而挾帶細粒料的挾砂水流，反倒對於下游段河道及河岸產生明顯的侵蝕作用。如圖 5-3.4 所示，下游段從嘉蘭村以下，河寬變化十分劇烈，而河道之河床厚度變化侵淤互現，但就下游段整體而言，河床高程與坡度(坡度約為 1/100)變化不大，但是由於河道變寬而造成堆積大量土方。由於此河段為太麻里溪內為部落主要聚集之處，若以布查其蘭與溪頭兩部落為界，將此河段分為三個部分來描述。

第一部分是布查其蘭上游側一帶河道(圖中⑨以上)，此部分之河道由於兩岸多見岩壁，抗侵蝕能力較強。此部分之河道寬度變化不大，但河床高程因土砂堆積而略微抬升。

第二部分是布查其蘭至溪頭以上之河道(圖中⑨至⑩)，此次莫拉克颱風時，位於嘉蘭橋與拉灣橋受洪水沖毀，鄰近之河寬明顯變寬。往年此處之河床已有逐年抬升之趨勢，此次莫拉克颱風時，洪水沖毀嘉蘭村靠近河岸之部分民宅，原有較低河階地遭嚴重侵蝕而流失。太麻里溪過嘉蘭村後之河道連續經過兩處彎道，受到彎道地形之影響，側岸崩塌嚴重。整體而言，此部分河道寬度變化明顯，但主河道河床高程變化不大，由於部落緊鄰河道，河道內淤積大量土砂可能影響部落安全。

第三部分是指溪頭以下至河口之河道(圖中⑩以下)，此部分河道原先有設置堤防，但莫拉克颱風期間，位在溪頭部落對岸之太麻里溪左岸堤防遭沖毀破堤，洪水漫流原有之舊河口沖積扇，河寬劇烈增加形成突擴河道地形，水流至此流速變慢，大量土砂與漂流木開始沉降、堆積，造成原左岸之農田與農舍多受到土砂覆蓋與掩埋。而除原有舊河道外，破堤形成水流漫流，並在靠近左岸德其里部落處形成另一深槽。莫拉克颱風期間，靠近河口處的鐵路橋與台九線之南太麻里溪橋均遭洪水沖毀，南北交通嚴重中斷。整體而言，此部分之河道河寬之變化劇烈，但河床高程侵淤互見，以致平均變化不大。



(9) 太麻里溪主流(布查其蘭)



(10) 太麻里溪主流(嘉蘭)



(11) 太麻里溪主流(麻利霧與溪頭)



(12) 太麻里主流溪(香蘭與德其里)

圖5-3.4 堰塞湖下游河道現況 (下游段)

## 2. 保全對象：

堰塞湖下游至太麻里出海口，為天然壩下游之主要河道段，為未來堰塞湖溢流後之土砂輸送與堆積區域。莫拉克颱風後，因太麻里主河道發生劇烈土砂運動，河床高程與寬度與風災前相比皆有明顯的增加，配合歷次現場調查，調查堰塞湖下游河道之地形變化、河道寬度變化以及河床抬升厚度，並根據可能之坡度或是寬度轉折點位，評估可能之淤積區域。

針對保全對象方面，主要為堰塞湖下游近出海口處位於太麻里溪主河道兩旁之主要聚落，如 [圖 5-3.5](#) 所示，由上游至下游處分別為布查其蘭、嘉蘭、麻利霧、溪頭、香蘭及德其里，共有 6 處聚落與社區。調查現有居民與河岸之高差，以及與河岸之距離，並配合地形或斷面之蒐集成果，評估在洪水或是溢流情形下，可能之洪水或是土砂運動之影響範圍，提供後續下游安全性評估時之重要參考，如下 [表 5-3.1](#) 為太麻里溪堰塞湖下游主要聚落河道概況表。

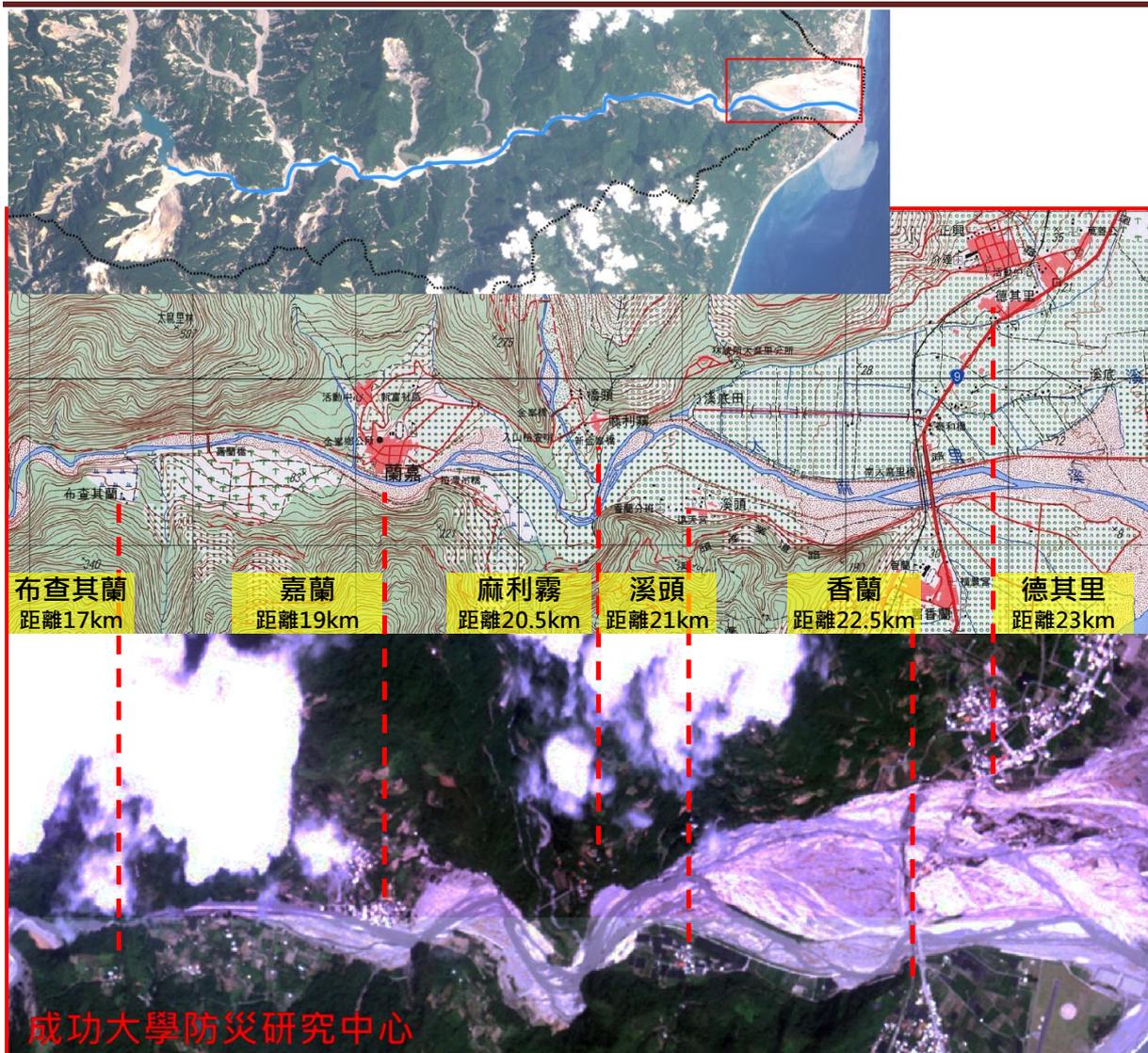


圖5-3.5 太麻里溪堰塞湖下游保全對象相對位置圖

表5-3.1 太麻里溪堰塞湖下游主要聚落之河道概況表

主要聚落	距堰塞湖距離 (Km)	前期河寬(m)	後期河寬(m)	河寬變化(m)	目前聚落距離河岸高差(m)	目前聚落距離河岸距離(m)
布查其蘭	17	49	72	23	30	180
嘉蘭	19	139	243	104	3	0
麻利霧	20.5	258	311	53	17	50
溪頭	21	209	530	321	4	80
香蘭	22.5	123	1005	882	7	170
德其里	23	338	1162	824	3	0

### (1) 布查其蘭

布查其蘭位於台東縣金峰鄉境內，距離上游太麻里包盛社堰塞湖約 17 公里，聚落所在位置之河道受到莫拉克颱風影響，河道些微變寬。配合現地調查之資料與莫拉克颱風前後期的相關影像及圖資，如圖 5-3.6 所示，可以得知在莫拉克颱風前原有河道寬度約為 49 公尺，而莫拉克颱風後河道寬度約變為 72 公尺，河道寬度增加約為 23 公尺。

由前述資料可以知道，由於此次莫拉克颱風，造成整個太麻里溪集水區上游崩塌嚴重，洪水夾帶大量土砂往下游輸送，於此河段中堆積大量細粒料土砂，造成河床高程略微抬升，並造成兩岸侵蝕嚴重，道路與護岸基礎流失。而目前布查其蘭部落所在位置距離河岸距離約為 180 公尺，距離河岸高差約為 30 公尺，村落距離河道之距離與高程均足夠，較無安全之虞。

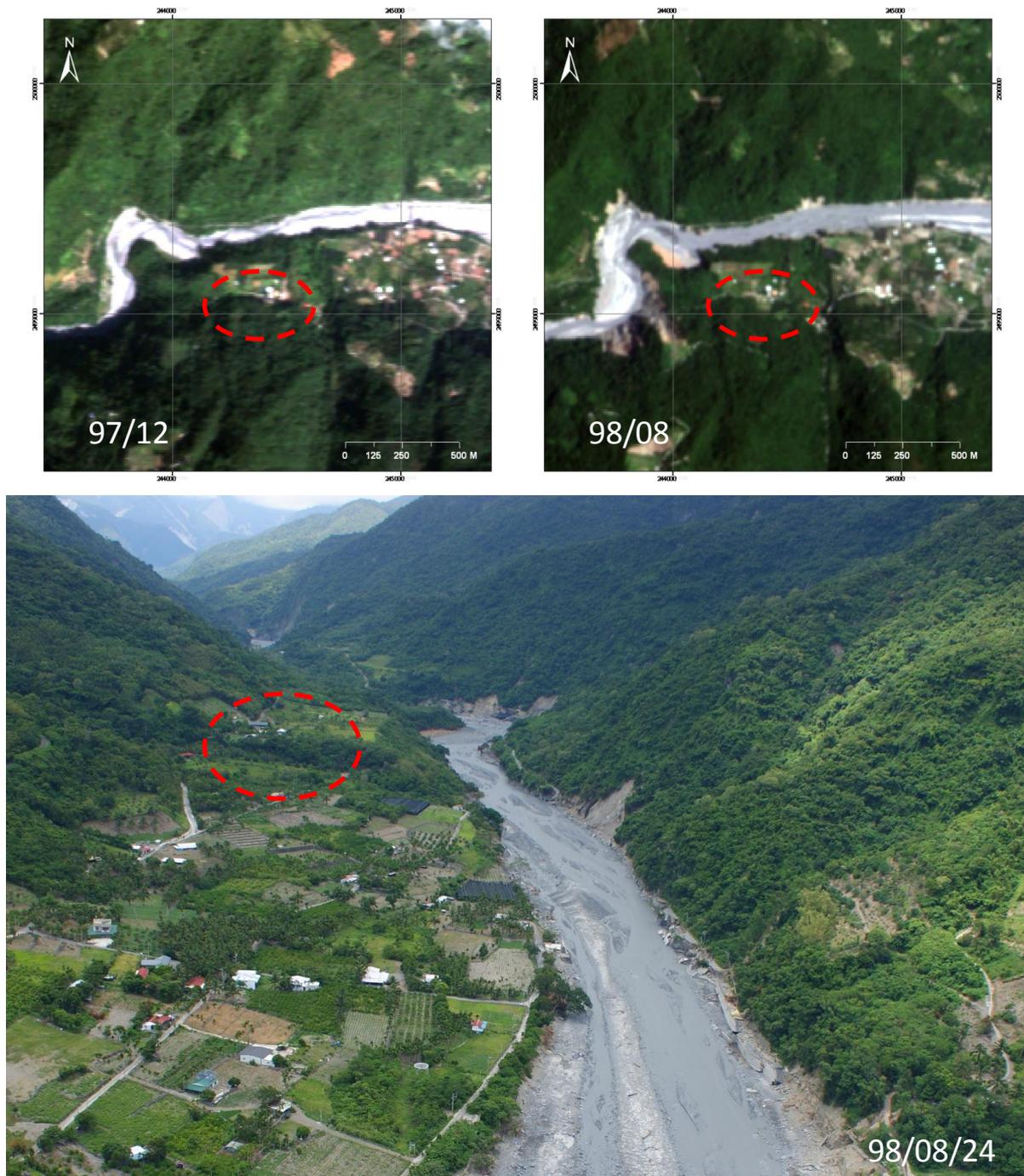


圖5-3.6 布查其蘭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片

## (2) 嘉蘭

嘉蘭位於台東縣金峰鄉境內，距離上游太麻里包盛社堰塞湖約 19 公里，聚落所在位置之河道受到莫拉克颱風影響，河道明顯變寬。配合現地調查之資料與莫拉克颱風前後期的相關影像及圖資，如 [圖 5-3.7](#) 所示，可以得知在莫拉克颱風前原有河道寬度約為 139 公尺，而莫拉克颱風後河道寬度約變為 243 公尺，河道寬度增加約為 104 公尺。

由前述資料可以知道，由於此次莫拉克颱風，造成整個太麻里溪集水區上游崩塌嚴重，溪水暴漲且洪水夾帶大量土砂往下游輸送，於此河段發生嚴重河岸侵蝕。橫跨於太麻里溪主流之拉灣橋遭沖毀，而位於太麻里溪左岸的嘉蘭村約有 47 間民房遭洪水沖毀，大量洪水並溢流至村莊內，目前靠近嘉蘭部落的太麻里溪左岸遭洪水侵蝕，原低位河階流失，但在靠近右岸之河床，因大量土砂材料堆積而抬升約 1 至 2 公尺。於莫拉克颱風後，嘉蘭部落目前所在位置距離河岸距離不到 1 公尺，距離河岸高差約為 3 公尺，聚落太過於靠近河道，且與河道高差過小，恐於下次颱風豪雨來臨時，大水夾帶大量土砂而造成通水斷面不足，會再次發生災害。

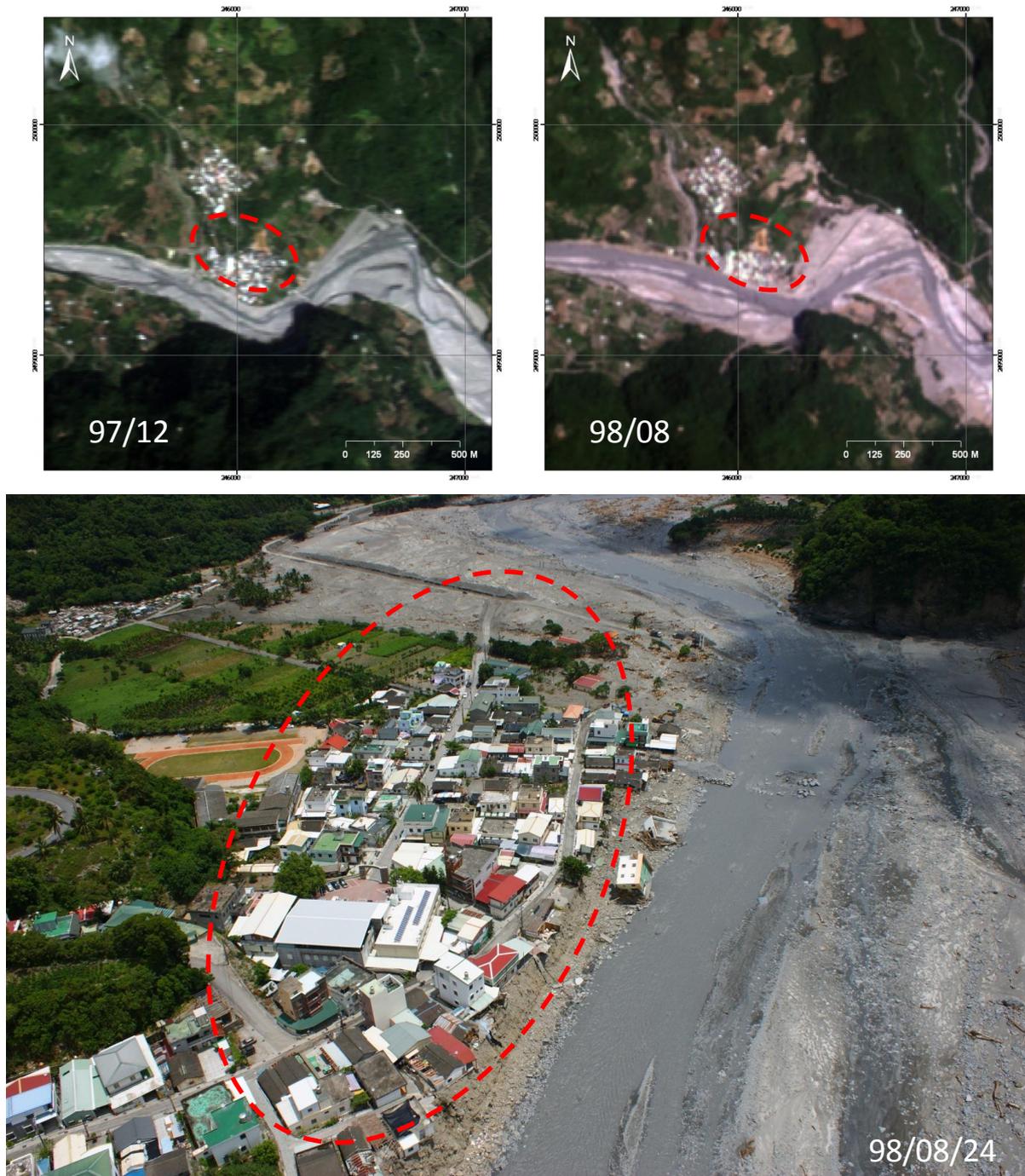


圖5-3.7 嘉蘭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片

### (3) 麻利霧

麻利霧位於台東縣金峰鄉境內，距離上游太麻里包盛社堰塞湖約 20.5 公里，聚落所在位置之河道受到莫拉克颱風影響，河道明顯變寬。配合現地調查之資料與莫拉克颱風前後期的相關影像及圖資，如圖 5-3.8 所示，可以得知在莫拉克颱風前原有河道寬度約為 258 公尺，而莫拉克颱風後河道寬度約變為 311 公尺，河道寬度增加約為 53 公尺。

由於受到太麻里溪主流於此河段受到地形(河道轉彎與束縮)影響，側岸侵蝕嚴重，河床中堆積大量細顆粒之土砂，造成此河段之河床高程呈現局部堆積的情況，於河道左岸處，相較於災前河床高程抬升約為 1 至 3 米。目前麻利霧部落所在位置距離河岸距離約為 50 公尺，距離河岸高差約為 17 公尺，村落距離河道之距離與高程均足夠，較無安全之虞。

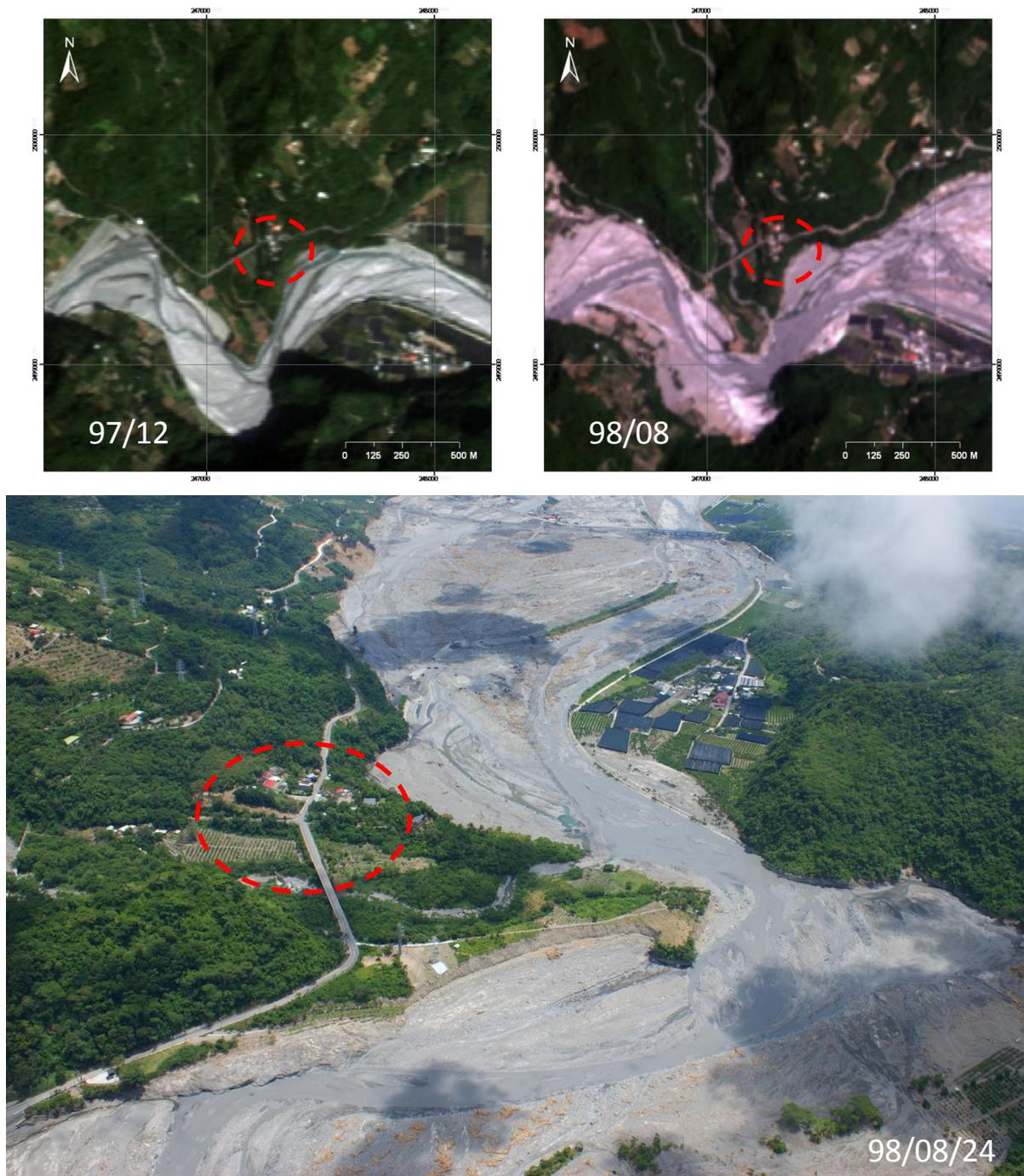


圖5-3.8 利霧一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片

#### (4) 溪頭

溪頭位於台東縣太麻里鄉境內，距離上游太麻里包盛社堰塞湖約 21 公里，聚落所在位置之河道受到莫拉克颱風影響，河道明顯變寬。配合現地調查之資料與莫拉克颱風前後期的相關影像及圖資，如 圖 5-3.9 所示，可以得知在莫拉克颱風前原有河道寬度約為 209 公尺，而莫拉克颱風後河道寬度約變為 530 公尺，河道寬度增加約為 321 公尺。

此河段原有河道兩旁均有設置堤防，但於莫拉克颱風期間，大量洪水造成左岸堤防破堤，使得洪水夾帶大量土砂堆積於原有河道兩旁之農田，並造成河寬嚴重變寬，並在溪頭部落最上游端，有洪水溢堤的情況，且有土砂堆積。此區段之河道狀況侵淤互見，但整體來說原有河道高程變化不大，但原有河道右岸之農田堆積大量土砂，高程略微抬升。就目前溪頭部落所在位置十分靠近河岸，其距離河岸距離約為 80 公尺，距離河岸高差約為 4 公尺，加上此河段左岸高程較高於右岸部落所在位置，通水斷面略嫌不足。

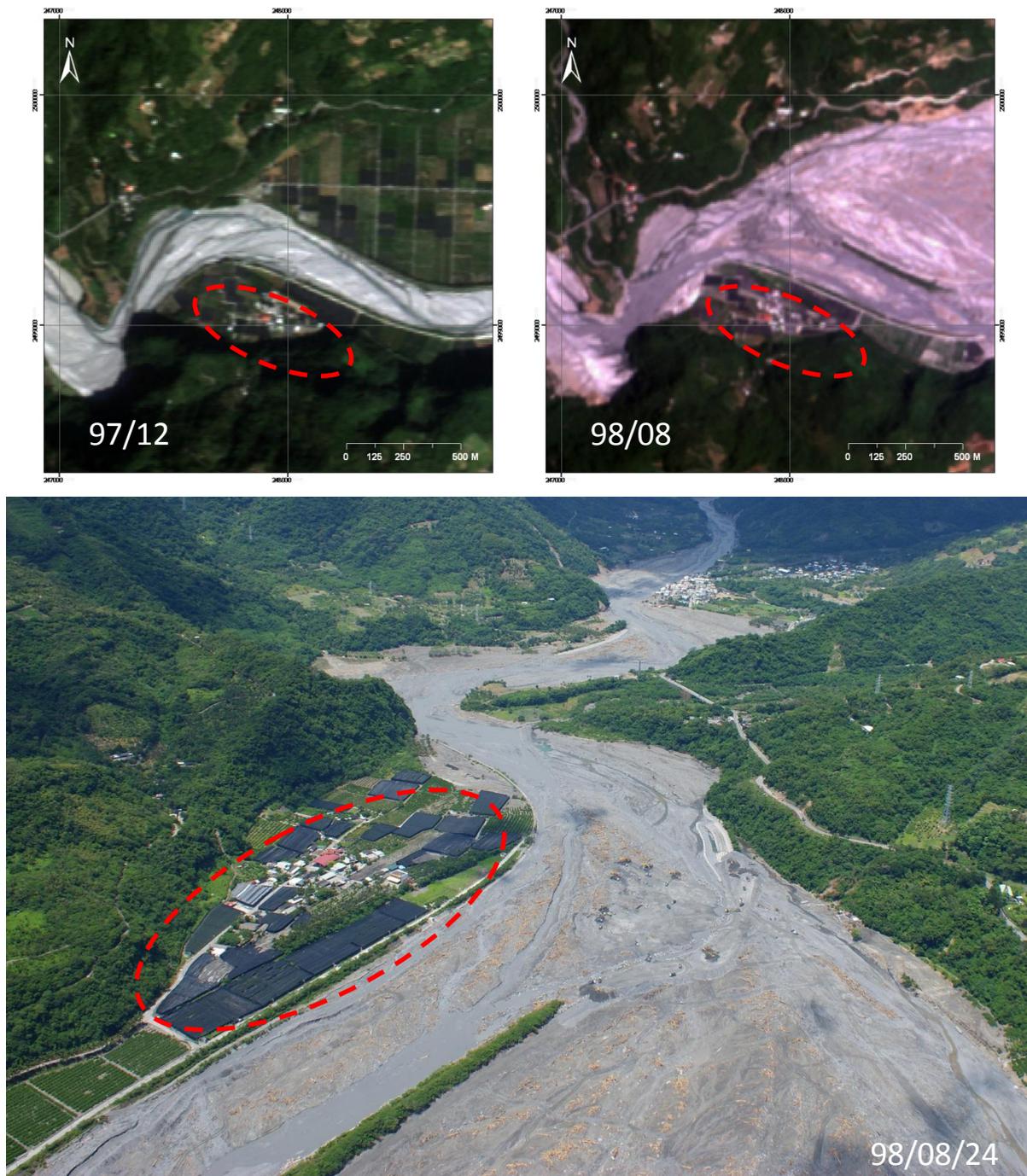


圖5-3.9 溪頭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片

## (5) 香蘭

香蘭位於台東縣太麻里鄉境內，距離上游太麻里包盛社堰塞湖約 22.5 公里，聚落所在位置之河道受到莫拉克颱風影響，河道寬度劇烈變化。配合現地調查之資料與莫拉克颱風前後期的相關影像及圖資，如圖 5-3.10 所示，可以得知在莫拉克颱風前原有河道寬度約為 123 公尺，而莫拉克颱風後河道寬度約變為 1005 公尺，河道寬度增加約為 882 公尺。

此河段原有河道兩旁均有設置堤防，但於此次莫拉克颱風期間上游堤防破損，加上溪水暴漲，洪流擴散嚴重，造成原有古河口沖積扇處均變為新河道的範圍，河道寬度遽增。位於此河段橫跨太麻里溪主流的鐵路橋與南太麻里溪橋均受損中斷。目前此河段屬於侵淤互見的情況，在河道右岸靠近香蘭部落處，亦即原有太麻里溪舊河道，是呈現侵蝕的情況。而在河道中間則呈現部分堆積，但在靠近河道左岸，原有地形被洪流沖出一河道。目前香蘭部落所在位置較無安全之虞，因其距離河岸距離約為 170 公尺，距離河岸高差約為 7 公尺，仍保有一定的通水斷面。

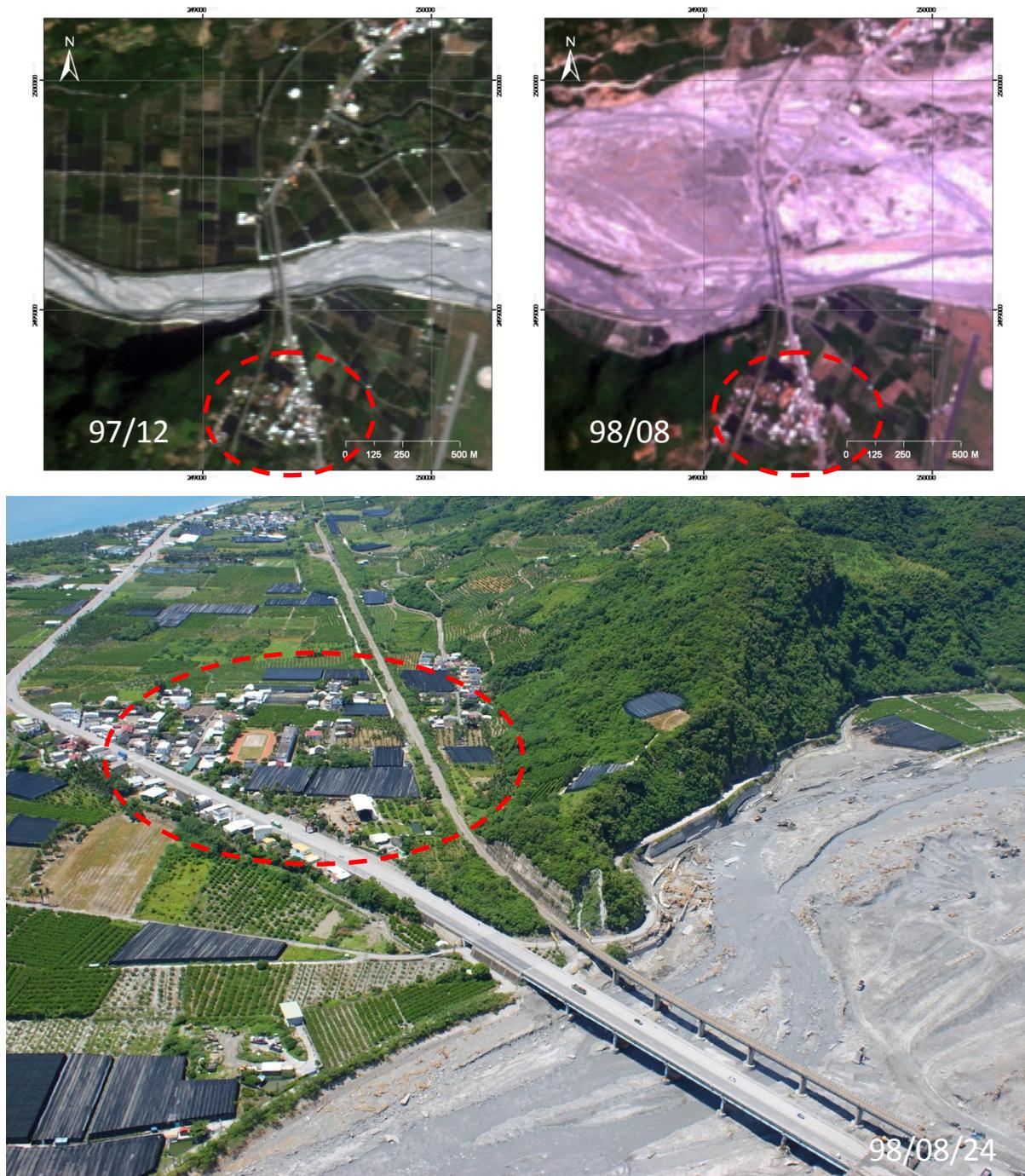


圖5-3.10 香蘭一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片

## (6) 德其里

德其里位於台東縣太麻里鄉境內，距離上游太麻里包盛社堰塞湖約 23 公里，聚落所在位置之河道受到莫拉克颱風影響，河道寬度遽增。配合現地調查之資料與莫拉克颱風前後期的相關影像及圖資，如圖 5-3.11 所示，可以得知在莫拉克颱風前原有河道寬度約為 338 公尺，而莫拉克颱風後河道寬度約變為 1162 公尺，河道寬度增加約為 824 公尺。

此河段原有河道兩旁均有設置堤防，但於此次莫拉克颱風期間上游堤防破損，加上溪水暴漲，洪流擴散嚴重，造成原有古河口沖積扇處均變為新河道的範圍，河道寬度劇增。由於上游集水區崩塌嚴重，洪水夾帶大量細顆粒料源堆積於此河段，造成部分民宅遭土砂掩埋，且位於此河段連接香蘭部落與德其里部落的鐵路橋與南太麻里溪橋均受損中斷。目前太麻里溪左岸靠近德其里處，沖出一條新的河道，造成德其里部落所在位置距幾乎緊鄰河岸，距離河岸高差約為 3 公尺，恐於下次颱風豪雨來臨時，大水夾帶大量土砂而造成通水斷面不足，會再次發生災害。

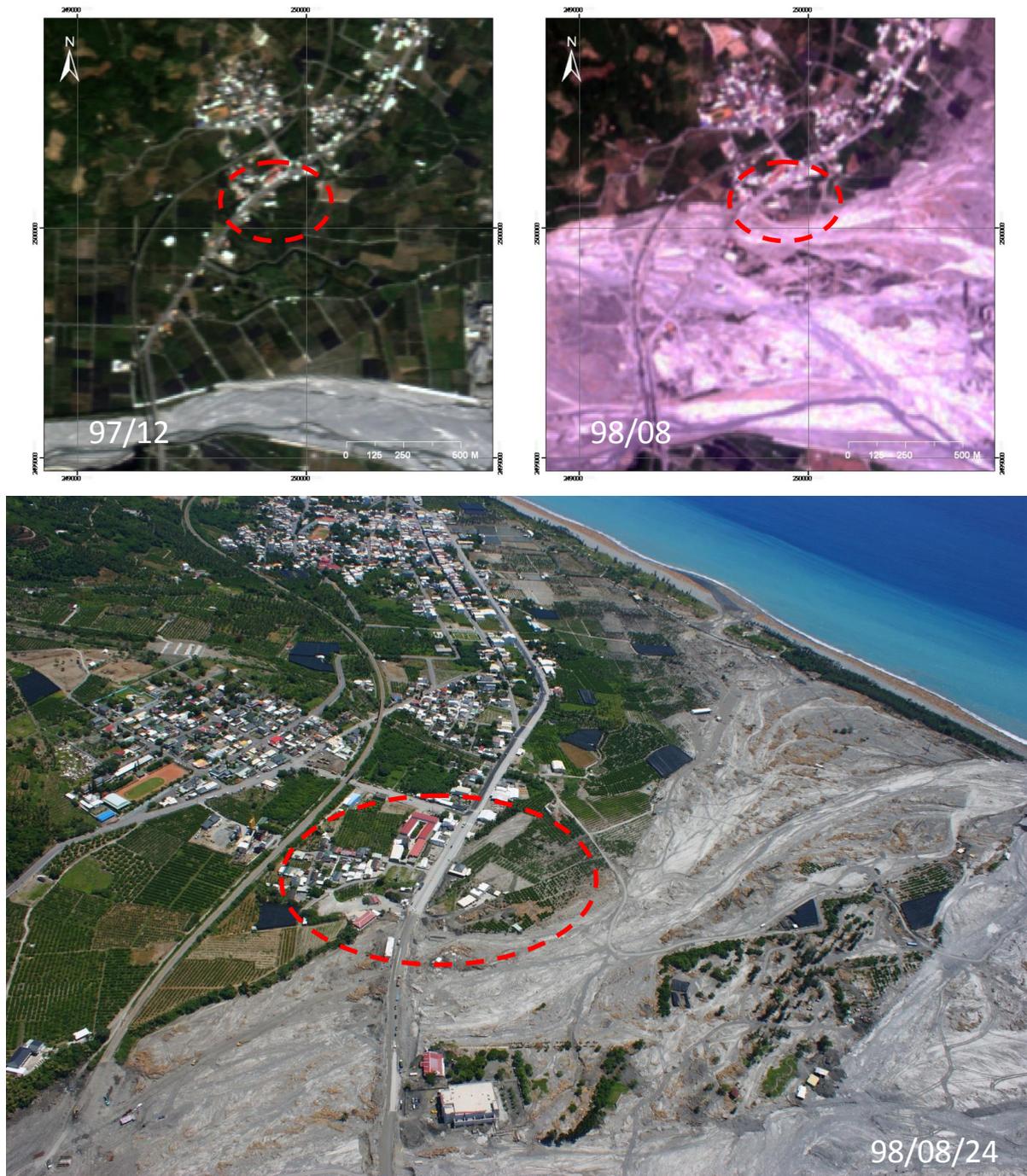


圖5-3.11 德其里一帶之莫拉克颱風前後期影像與現況照片

如前述說明，太麻里溪下游主河道兩旁之主要聚落包括布查其蘭、嘉蘭、麻利霧、溪頭、香蘭及德其里等，因受莫拉克颱風之影響造成河道內有大量土砂堆積，並引發部分聚落距離河床太近與通水斷面不足等問題，亦造成多處部落的聯外道路或是橋梁受損。故在本計畫執行期間，太麻里溪各河段權屬單位，皆進行多項河道整治工程，其大多為土砂清疏(整流)與護岸工程，而下游主要道路台 9 線與鐵路橋亦進行興建及修復工程。

但在 99 年 9 月 19 時遭遇凡那比颱風事件，大量的降水帶動部分集水區內坡面與河道上原本的不安定土砂，且原本太麻里溪上游集水區因崩塌嚴重，使得水流夾帶上游大量土砂往下游輸送，加上下游太麻里溪土砂清疏工程所開挖的主深槽與殘存於河道上受擾動的土砂材料，均受到此次事件之影響，造成整個太麻里溪河道地形變動明顯。如 [圖 5-3.12](#) 至 [圖 5-3.15](#) 所示，分別為凡那比颱風後各主要聚落間的河道現況，可以看出目前仍有部分工程持續在進行中，主要還是在清疏局部河段大量堆積的土砂並開挖河道主深槽使水流流向穩定，避免直接衝擊到兩岸保全對象，如嘉蘭村一帶，部分河段並配合堆疊大量消波塊用以保護河岸區域。

目前，太麻里溪河道兩岸之主要部落，大都已完成施做護岸工程，而靠河道清疏與橋梁興建維修工程，原有通水斷面可能不足之處亦加大許多，降低若再次遭遇到颱風豪雨事件時可能對保全住戶形成危害之風險。



圖5-3.12 布查其蘭至嘉蘭間太麻里溪之河道現況



圖5-3.13 嘉蘭至麻立霧間太麻里溪之河道現況



圖5-3.14 麻立霧至溪頭間太麻里溪之河道現況



圖5-3.15 溪頭至香蘭間太麻里溪之河道現況

### 5-3.2 河道堆積量分析

藉由前後 2 期航測地形比對，同樣利用斷面法進行自堰塞湖以下河道內之堆積土體體積分析，相關斷面比對成果詳附件 6。茲再將莫拉克災後航測地形與災前航測地形會製成河道縱斷面比對圖，比對成果如 圖 5-3.16 所示；由縱斷面比對成果可知，河道縱斷高程變化主要位於介達（即麻利都部溪匯流處）以上區域，縱斷底床平均提高約 50 公尺；自介達以下，至嘉蘭村上游區段，縱斷底床高程提高僅約 5 公尺，而嘉蘭至出海口段，自民國 94 年 7 月海棠颱風前至莫拉克颱風後，縱斷底床僅淤高約 2 公尺。若是將莫拉克災後航測地形與早期 DEM 地形資料進行比對，介達以上區域平均淤高約 50 公尺，介達以下至嘉蘭村附近平均淤高約 5 公尺，嘉蘭村至出海口處平均淤高約有 3 公尺。

綜合河道縱斷面變化以及前後 2 期航測地形斷面比對分析成果，可知大量土體主要集中堆積於堰塞湖與崩塌區河段、斗里斗里溪與麻利都部溪間河段、馬奴爾溪與麻利霧溪間河段以及庫濃溪至出海口河段。

其中，庫濃溪至出海口河段之河道深槽變化僅淤高約 3 公尺，大量土方多淤積於本次風災中遭受重大損失之三角沖積扇上，相關單位已於本溪段進行相關清淤與緊急復建工作，然而太麻里溪上游河道內仍有相當大量之堆積土方，未來將隨颱風、豪雨帶來之洪流運移而下，勢必會對下游農田與聚落區域造成重大影響。

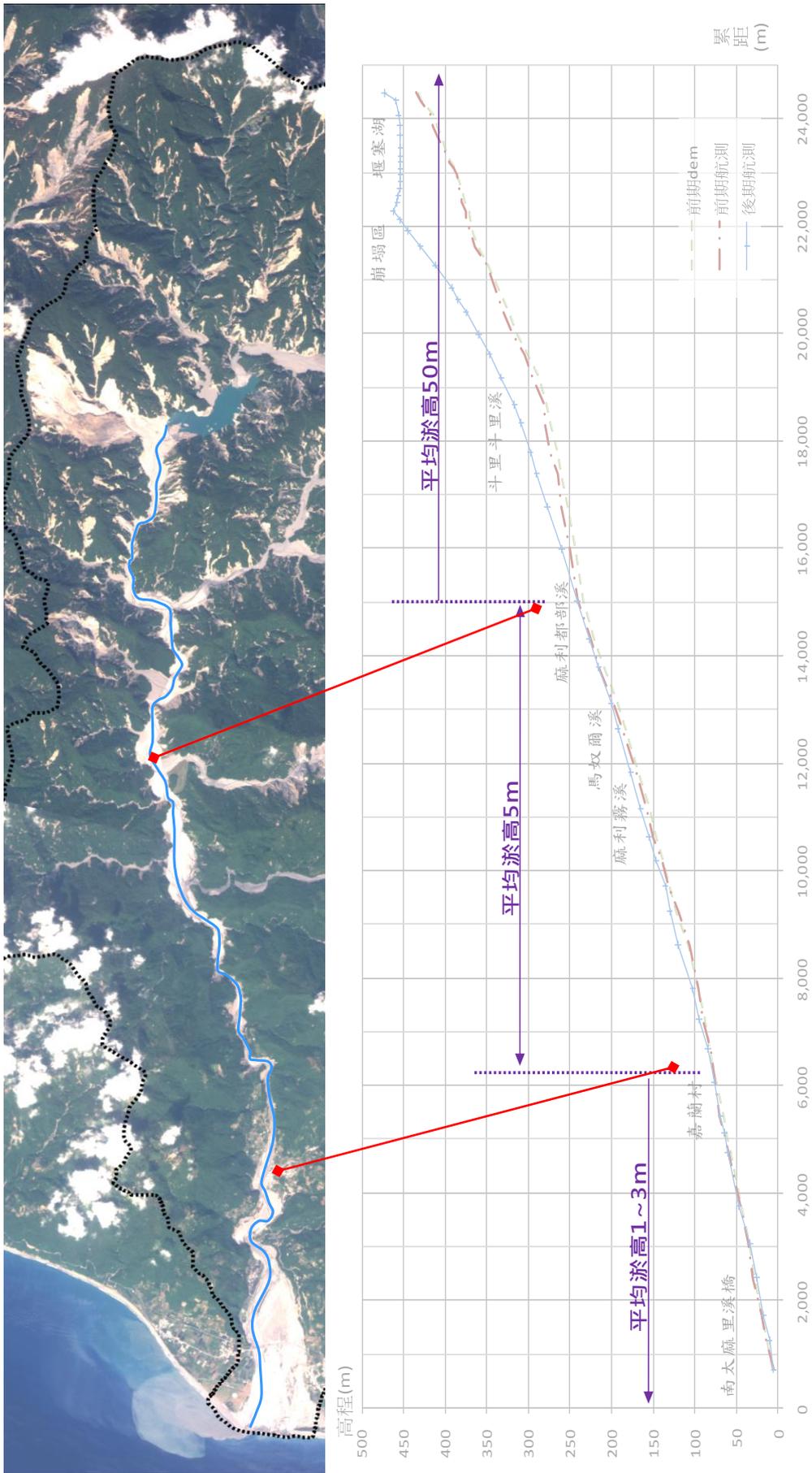


圖5-3.16 太麻里溪前後期縱斷面地形資料比對圖