

林田山 154 林班(巴朗溪)集水區
調查規劃

成果報告書

委託單位：農業委員會林務局花蓮林區管理處

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

中 華 民 國 111 年 12 月

摘要

本計畫區位於光復鄉東富村加里洞社區上游，位於花蓮溪支流巴朗溪集水區，屬於花蓮林區管理處所轄之林田山事業區第 154 林班地；經由過去的調查報告(林田山事業區 154 林班崩塌地調查評估報告；110 年)顯示，計畫範圍內有兩處林務局判釋大規模崩塌潛勢區-花蓮縣光復鄉 D014、花蓮縣光復鄉 D032 (國有林大規模崩塌潛勢區判釋與危險度評估計畫；106 年)；透過初步調查顯示花蓮縣光復鄉 D032 大規模崩塌潛勢區內有較明顯崩塌裸露地，該崩塌裸露地於民國 70 年即已形成且至 110 年初崩塌地仍呈現裸露狀態且有逐漸擴大趨勢，對於下游河道土砂供應產生威脅，並可能對巴朗溪下游加里洞部落造成威脅。因此為探究大規模崩塌區崩塌活動性，是否會造成後續水砂災害，因此建議進行細部調查評估工作，針對林田山 154 林班(巴朗溪)集水區進行細部調查與分析評估工作，瞭解巴朗溪集水區內淺層與深層等崩塌活動特性、影響因素及二次土砂災害風險，進而研擬集水區治理對策及中長期規劃措施，針對集水區河防安全提供土砂災害防治對策，以保全下游居民的災害生命財產安全。

針對河道調查部分，目前計畫區內主要溪流問題主要為細顆粒土砂材料淤積為主，而治山防災構造物目前狀況大多良好。而針對潛在大規模崩塌區現地調查與依據高精度數值地形特徵判釋、現場調查與 TCP-InSAR 活動性分析結果，花蓮縣-光復鄉-D032 冠部未有明顯現生裂隙或活動痕跡，植物生長與地表狀況顯示近年活動性較低，且未有明顯潛在大規模崩塌整體活動特徵，僅坡面部分區域具有活動特徵，具有活動特徵處主要鄰近侵蝕溝與坡面趾部。而花蓮縣-光復鄉-D014 調查與分析成果，花蓮縣-光復鄉-D014 所在的八里灣層順向坡受到巴朗溪的側向侵蝕，造成部分坡趾破壞，同時入滲的天水造成頁岩吸水膨脹與坡面侵蝕溝發育，使局部坡面破壞並沿層面滑動而形成現在所見之細部地形特徵。

針對水文水理分析成果顯示，下游段花蓮溪匯流口至羅莫溪與巴朗溪匯流後保護標準皆達 25 年重現期，僅羅莫溪匯流段水位高漲致巴朗溪無法匯入，使該段防洪能力僅 10 年重現期；中游段巴朗溪羅莫溪與巴朗溪匯流前至

農田下游處，保護標準皆達 10 年重現期，且 25 年不溢堤；上游段農田下游處至主恩橋 1K+955~2K+200 因右岸雜草較多且低於左岸高程，故該河段防洪能力僅 5 年重現期其餘河段防洪能力達 10 年重現期。針對水砂影響分析模擬成果顯示，部分斷面確實不足導致水砂漫淹，並訪談當地民眾得知於民國 90 年桃芝颱風(經分析重現期距約 50-100 年)侵襲時此區遭逢颱風豪雨有泥水灌入民宅之情勢，部分淤泥深達膝蓋處(模擬達 50 公分)，其描述狀況與受災區位(稻作區自任祥橋一帶)，也與模擬情況相符。

本區本溪段為國內低海拔已少見之天然且完整之溪流河段，溪流兩岸植物鬱閉程度高、人為干擾低與兩岸林相完整等，兩岸已有演替中晚期植被，既有護岸也已發育為多樣性次生林，具有特殊植物北降現象，是擁有茂密、外來種稀少、演替時間長、多樣性高的濱岸植被帶，是相對健康之生態系，應由相關單位與社區共同努力維護其狀況，不宜破壞。就現有的巴朗溪集水區之河川排水防洪設施，雖訂有防洪保護基準，惟隨著氣候變遷下的洪水量增加及土砂災害等威脅逐漸加大，現有設施的防洪保護能力降低。因氣候變遷有極其高度的不確定性，必須導入風險管理構想與策略，來減緩及調適氣候變遷的衝擊。建議應參考本計畫所訂策略，同時考量環境生態與土砂災害狀況兩者並重下提出整體治理災害處置策略。(1)針對上游段主要以林務局花蓮林管處管轄之國有林班區內，主要為人為干擾低且兩岸林相之生態系統，目前土砂與崩塌狀況相較穩定，建議不宜以工程治理手段進行大型開挖與整治作業，破壞既有生態環境，建議於汛期前後(半年)進行航遙測監測與定期巡視為主。(2)針對中下游段一般山坡地內，因目前河道主要為土砂淤積狀況，建議以疏濬、護岸堤防加高與水位監測手段進行處置。

最後針對集水區調查與分析成果與議題透過土砂防災工作坊辦理，使居民能充分了解相關未來治理方向與考量，會議中透過民眾回饋與討論，對於本次集水區共同治理表達支持，但能希望透過相關上、中、下游各權責單位整合，共同解決社區淹水與土砂問題。

目錄

摘要	I
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	X
壹、前言	1
1-1、計畫緣起	1
1-2、計畫目的	2
1-3、計畫範圍	3
1-4、計畫工作項目與內容	4
1-5、工作架構及流程	6
1-6、計畫管考	7
貳、集水區概況與資料蒐集	9
2-1、集水區環境概述	9
2-2、集水區地文資料	12
2-3、集水區水文資料	19
2-4、集水區人文、土地利用與土地權屬	21
2-5、遙測影像與崩塌地	24
2-6、潛在大規模崩塌區	34
2-7、集水區生態資料盤點	36
2-8、歷史災害與保全對象	39
2-9、集水區問題分析	41
參、集水區環境調查	45
3-1、河道及工程構造物調查	45
3-1-1、河道沖淤現況調查	45
3-1-2、河道斷面測量	48
3-1-3、跨河構造物調查	58
3-1-4、工程構造物調查	61
3-2、潛在大規模崩塌現地調查	69
3-2-1、潛在大規模崩塌環境背景	69
3-2-2、花蓮縣-光復鄉-D032 潛在大規模崩塌區	74
3-2-3、花蓮縣-光復鄉-D014 潛在大規模崩塌區	88
3-3、溪流生態現地調查	101
3-3-1、生態調查與分析方法	101

3-3-2、水域動物調查成果及分析	111
3-3-3、陸域動物調查成果及分析	118
3-3-4、濱溪植物調查成果	126
肆、潛在大規模崩塌區破壞機制評估	133
4-1、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌機制分析	133
4-2、花蓮縣-光復鄉-D014 崩塌機制分析	137
4-3、堰塞湖發生可能性分析	140
伍、集水區災害分析	145
5-1、集水區水文分析	145
5-2、集水區水理分析	156
5-3、集水區土砂災害分析	163
5-3-1、採用模式	163
5-3-2、土砂災害分析設定情境	166
5-3-3、水砂模擬成果：	173
陸、災害處置策略	175
6-1、治理規劃	176
6-2、土砂面向災害處置策略	179
6-3、生態友善措施治理建議	185
6-4、整體治理災害處置策略	191
柒、土砂防災工作坊	194
捌、結論與建議	199
8-1、結論	199
8-2、建議	201
附錄一、期末、期中與期初審查回覆表	
附錄二、公私有土地地籍清冊	
附錄三、河道構造物調查成果	
附錄四、生態調查清冊	
附錄五、相關文件	
附錄六、土砂防災工作坊辦理彙整	
附錄七、羅莫溪與巴朗溪匯流口歷史照片	

圖目錄

圖 1-1、計畫工作範圍.....	3
圖 1-2、計畫執行架構圖.....	6
圖 1-3、計畫預定進度甘梯圖(Gantt Chart).....	7
圖 2-1、計畫集水區治理權責圖.....	10
圖 2-2、林田山事業區 154 林班舊有崩塌地坡面裸露照片.....	10
圖 2-3、計畫範圍周邊地質敏感區圖.....	11
圖 2-4、集水區基本資料蒐集架構圖.....	11
圖 2-5、計畫區域內高程分佈圖.....	12
圖 2-6、計畫區域內坡度分級分佈圖.....	13
圖 2-7、計畫區域內坡向分佈圖.....	13
圖 2-8、計畫區地質圖.....	16
圖 2-9、計畫區土壤分佈圖.....	18
圖 2-10、林田山事業區 154 林班崩塌地鄰近雨量站.....	19
圖 2-11、東富雨量站歷年觀測雨量分析.....	20
圖 2-12、加里洞部落空拍一覽圖.....	21
圖 2-13、計畫區土地利用分佈圖.....	22
圖 2-14、計畫範圍公有土地範圍圖.....	23
圖 2-15、計畫範圍 70 年相片基本圖.....	24
圖 2-16、計畫範圍 89 年相片基本圖.....	25
圖 2-17、計畫範圍 90 年(桃芝颱風後)航照正射.....	25
圖 2-18、計畫範圍 99 年航照正射.....	26
圖 2-19、計畫範圍 103 年航照正射.....	26
圖 2-20、計畫範圍 106 年航照正射.....	27
圖 2-21、計畫範圍 111 年 UAV 正射(本計畫產製).....	27
圖 2-22、計畫範圍歷年衛星影像資料.....	28
圖 2-23、計畫範圍歷年衛星影像資料(續).....	29
圖 2-24、桃芝颱風災後崩塌判釋成果.....	30
圖 2-25、崩塌地周遭全景(110.08).....	31
圖 2-26、崩塌地歷史衛星影像變異追蹤.....	31
圖 2-27、110 年圓規颱風前後影像比對(未明顯變異).....	32

圖 2-28、620 光復地震前後影像比對(未明顯變異)	32
圖 2-29、0917 關山與 0918 池上地震前後影像比對(未明顯變異)	33
圖 2-30、花蓮縣-光復鄉-D014 地質圖	35
圖 2-31、花蓮縣-光復鄉-D032 地質圖	35
圖 2-32、花蓮縣-光復鄉-D014 地形圖	35
圖 2-33、花蓮縣-光復鄉-D032 地形圖	35
圖 2-34、花蓮縣-光復鄉-D014 航照圖	35
圖 2-35、花蓮縣-光復鄉-D032 航照圖	35
圖 2-36、90 年桃芝颱風期間光復站雨量組體圖	39
圖 2-37、保全對象分布	40
圖 2-38、計畫區範圍五萬分之一流域地質圖	42
圖 2-39、花蓮縣光復鄉 D032 與 D014 大規模崩塌潛勢區位置	43
圖 2-40、大規模土砂災害致災型態示意圖	43
圖 3-1、巴朗溪河段沖淤現況調查分布圖	46
圖 3-2、巴朗溪各河段沖淤現況代表相片圖	47
圖 3-3、斷面補測工具示意圖	49
圖 3-4、斷面調查分布圖	49
圖 3-5、計畫範圍內跨河構造物分布圖	59
圖 3-6、羅莫溪與巴朗溪(任祥橋)主流交匯處	59
圖 3-7、跨河構造物現場環境照片圖	60
圖 3-8、計畫區域河道沿線既有工程構造物分佈圖	61
圖 3-9、計畫區域現勘之工程構造物分佈圖	62
圖 3-10、本計畫調查坡面位置圖	69
圖 3-11、本計畫調查坡面周邊地質圖	72
圖 3-12、位於花蓮縣-光復鄉-D014 趾部北側的露頭	72
圖 3-13、位於花蓮縣-光復鄉-D014 趾部南側的露頭	73
圖 3-14、位於花蓮縣-光復鄉-D014 範圍外南側的露頭	73
圖 3-15、花蓮縣-光復鄉-D032 航照圖	74
圖 3-16、花蓮縣-光復鄉-D032 周邊坡度圖	75
圖 3-17、花蓮縣-光復鄉-D032 範圍判釋坡度圖	75
圖 3-18、花蓮縣-光復鄉-D032 範圍 3 維坡度圖	76
圖 3-19、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋坡度圖	77

圖 3-20、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋 3 維坡度圖	78
圖 3-21、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋坡度圖	78
圖 3-22、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋 3 維坡度圖	79
圖 3-23、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查位置分布圖	80
圖 3-24、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 1	80
圖 3-25、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 2	81
圖 3-26、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 3	82
圖 3-27、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 4	82
圖 3-28、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 5	83
圖 3-29、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 6	84
圖 3-30、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 7	84
圖 3-31、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 8	85
圖 3-32、花蓮縣-光復鄉-D032 全景空拍照	86
圖 3-33、花蓮縣-光復鄉-D032 坡趾舊有崩塌空拍照	86
圖 3-34、花蓮縣-光復鄉-D032 坡趾舊有崩塌與判釋滑動體對照圖	86
圖 3-35、花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 航照圖	88
圖 3-36、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 周邊坡度圖	89
圖 3-37、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 範圍判釋坡度圖	89
圖 3-38、花蓮縣-光復鄉-D014 範圍 3 維坡度圖	90
圖 3-39、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 細部特徵判釋圖	92
圖 3-40、花蓮縣-光復鄉-D014 細部特徵判釋 3 維圖	92
圖 3-41、花蓮縣-光復鄉-D014 細部特徵判釋坡度圖	93
圖 3-42、花蓮縣-光復鄉-D014 細部特徵判釋 3 維坡度圖	93
圖 3-43、花蓮縣-光復鄉-D014 現場調查位置分布圖	94
圖 3-44、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 9	95
圖 3-45、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 10	95
圖 3-46、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 11	96
圖 3-47、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 12	96
圖 3-48、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 13	97
圖 3-49、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 14	98
圖 3-50、花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 全景空拍圖	99
圖 3-51、花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 全景空拍分區圖 ..	99

圖 3-52、花蓮縣-光復鄉-D014 中第四階滑動體 K 區裸露區域空拍照.....	99
圖 3-53、各項生態調查樣站、樣線設置位置圖	103
圖 3-54、下游紅外線及水域生態調查樣站環境現況	103
圖 3-55、生態調查方法與執行成果	106
圖 3-56、本計畫生態調查各式樣站、樣線位置圖	111
圖 3-57、水域及陸域生態調查路線、樣站及澤蟹分布熱區	116
圖 3-58、水域生態調查執行影像記錄	117
圖 3-59、穿越線之哺乳類記錄影像	120
圖 3-60、本計畫植物調查成果	129
圖 3-61、植物影像紀錄.....	131
圖 4-1、花蓮縣-光復鄉-D032 與周邊 TCP-InSAR 分析圖	134
圖 4-2、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌區域多期衛星影像變異	134
圖 4-3、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌區域變化時間圖	135
圖 4-4、花蓮縣-光復鄉-D032 剖面圖與破壞機制構想	136
圖 4-5、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 周邊 TCP-InSAR 分析圖	138
圖 4-6、花蓮縣-光復鄉-D014 剖面圖與破壞機制構想	139
圖 4-7、花蓮縣-光復鄉-D032 堰塞湖發生區位	141
圖 4-8、花蓮縣-光復鄉-D014 堰塞湖發生區位	142
圖 5-1、水文分析方法流程圖	145
圖 5-2、鄰近巴朗溪集水區雨量站分布位置.....	146
圖 5-3、三角形單位歷線圖	150
圖 5-4、中央氣象局鳳林站 10 年頻率 Horner 公式 24 小時設計雨型	152
圖 5-5、匯流口(0K+000)流量歷線圖	153
圖 5-6、102 年 7 月「花蓮溪水系治理規劃檢討」花蓮溪水理成果	154
圖 5-7、巴朗溪 10 年與 25 年重現期水理分析成果	158
圖 5-8、巴朗溪 10 年與 25 年重現期水理分析成果(無匯流)	158
圖 5-9、情境一與情境二之水位差值	161
圖 5-10、巴朗溪通洪能力圖	162
圖 5-11、巴朗溪通洪能力不足 2 年現況照片	162
圖 5-12、土砂災害各控置點分布	167
圖 5-13、水砂運動流動過程示意圖	168
圖 5-14、水砂模擬一維、二維地形設定示意圖	172

圖 5-15、主恩橋合流後控制點重現期 50 年模擬成果(淤積高約 50 公分)....	174
圖 5-16、主恩橋合流後控制點重現期 50 年模擬成果(挾砂水流).....	174
圖 6-1、集水區調查綜合評估概念	175
圖 6-2、集水區治理目標及對策研擬	176
圖 6-3、生態友善策略研擬概念及流程	178
圖 6-4、土砂面向災害處置策略初步構想.....	181
圖 6-5、花蓮縣-光復鄉-D032 現場圖	182
圖 6-6、花蓮縣-光復鄉-D014 現場圖	183
圖 6-7、項次 3-6 規劃處置建議(石籠與植生).....	183
圖 6-8、項次 7 規劃處置建議	184
圖 6-9、項次 8 規劃處置建議	184
圖 6-10、項次 9 規劃處置建議	184
圖 6-11、項次 10 規劃處置建議	184
圖 6-12、項次 10 規劃處置建議	184
圖 6-13、項次 12 規劃處置建議	184
圖 6-14、植生演替系列變化示意圖(106 年水土保持手冊).....	190
圖 6-15、現地討論評估狀況	193
圖 7-1、土砂防災工作坊辦理成果	195
圖 7-1、土砂防災工作坊辦理成果(續).....	196
圖 7-2、居民意見回饋事項彙整圖	197
圖 7-3、宣導後會勘地點一覽圖	198
圖 7-4、巴朗溪畔河岸勘查(111 年 9 月 30 日).....	198

表目錄

表 1-1、計畫進度查核表	8
表 2-1、計畫範圍內坡度分級統計表	14
表 2-2、計畫範圍內坡向分級統計表	14
表 2-3、計畫範圍內土壤統計表	17
表 2-4、加路蘭山雨量測站基本資料	19
表 2-5、東富雨量測站基本資料	19
表 2-6、加路蘭山(氣象局)雨量站水文頻率分析結果表(單位：mm)	20
表 2-7、東富雨量站(水利署)水文頻率分析結果表(單位：mm)	20
表 2-8、計畫範圍內土地利用型態分析表	22
表 2-9、計畫範圍內之公私有土地面積統計表	23
表 2-10、崩塌地衛星影像分析	30
表 2-11、潛在大規模崩塌區基本資料表	34
表 2-12、台灣生物多樣性網絡生態資料之蒐集結果	37
表 2-13、花蓮溪水系 106~108 年河川情勢調查花 4 及花 5 樣站魚類紀錄	38
表 2-14、光復雨量站(中央氣象局)90 年桃芝颱風水文頻率分析結果表	39
表 2-15、計畫區內橋梁坐標一覽表	40
表 3-1、巴朗溪河段沖淤現況調查一覽表	46
表 3-2、現地簡易測量紀錄表(示意)	50
表 3-3、斷面量測成果	51
表 3-4、跨河構造物調查一覽表	58
表 3-5、治山防災構造物調查清冊(水土保持局)	63
表 3-6、構造物調查示意表	64
表 3-6、構造物調查示意表(續)	65
表 3-7、現勘工程構造物彙整表	66
表 3-8、花蓮縣-光復鄉-D032 較活躍滑動體基本資料	79
表 3-9、花蓮縣-光復鄉-D032 潛在大規模崩塌區基本資訊調查表	87
表 3-10、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌地形特徵資訊調查表	87
表 3-11、花蓮縣-光復鄉-D032 潛在大規模崩塌區保全對象調查表	87
表 3-12、花蓮縣-光復鄉-D014 之第二階滑動體規格資料	91
表 3-13、花蓮縣-光復鄉-D014 潛在大規模崩塌區基本資訊調查表	100

表 3-14、花蓮縣-光復鄉-D014 崩塌地形特徵資訊調查表	100
表 3-15、花蓮縣-光復鄉-D014 潛在大規模崩塌區保全對象調查表	100
表 3-16、溪流生態現地調查執行日期紀錄.....	101
表 3-17、國家紅皮書等級表	107
表 3-18、水域生態樣站及紅外線相機點位資訊	112
表 3-19、魚類調查成果記錄表	113
表 3-20、蝦蟹類調查成果記錄表	114
表 3-21、穿越線哺乳類記錄表	120
表 3-22、紅外線自動相機成果記錄表	121
表 3-23、蜻蛉類數量紀錄.....	124
表 3-24、蝴蝶類冬季穿越線調查紀錄表	124
表 3-25、植物調查屬性統計表	130
表 3-26、建議應保全植物物種座標	132
表 4-1、花蓮縣-光復鄉-D032 堰塞湖發生評估	141
表 4-2、花蓮縣-光復鄉-D014 堰塞湖發生評估	142
表 4-3、天然壩 DBI 穩定性分析表	144
表 5-1、鄰近巴朗溪集水區雨量站基本資料.....	146
表 5-2、本計畫東富雨量站歷年最大一日暴雨紀錄	147
表 5-3、巴朗溪集水區一日暴雨頻率分析.....	148
表 5-4、中央氣象局鳳林站 Horner 公式	152
表 5-5、巴朗溪集水區頻率分析設計尖峰降雨量(mm/hr).....	153
表 5-6、巴朗溪集水區修正三角形單位歷線參數表	153
表 5-7、巴朗溪集水區控制點各重現期流量表(單位 cms)	153
表 5-8、曼寧粗糙度表.....	155
表 5-9、羅莫溪主支流匯入點位樁號	157
表 5-10、巴朗溪水理演算成果表	159
表 5-11、巴朗溪水理演算成果表(無匯流).....	160
表 5-12、羅莫溪與巴朗溪匯流水位差異	161
表 5-13、常用土石流沖淤模式功能比較表.....	163
表 5-14、水砂模擬地文參數分析表	167
表 5-15、土砂災害模擬各控制點集流時間.....	170
表 5-16、無因次降雨強度公式推估設計降雨強度參數	170

表 5-17、土砂災害模擬各控制點無因次降雨強度推估	170
表 5-18、逕流係數 C 值的選擇參考表	170
表 5-19、土砂災害模擬各控制點清水流量估算	171
表 5-20、土砂災害模擬控制點各重現期水砂流量表(合理化公式)	171
表 5-21、巴朗溪土砂災害模擬基本參數表	172
表 5-22、巴朗溪上游野溪上游邊界水砂流量計算基本參數表	172
表 6-1、各災害類型工程處置對策	176
表 6-2、治理規劃構想工法優劣分析	180
表 6-3、本計畫溪段植被敏感度敘述	187
表 6-4、本計畫初步提供之生態友善措施建議	189
表 6-5、整體治理災害處置策略	192

壹、前言

1-1、計畫緣起

巴朗溪集水區多年前有一舊有崩塌地(上游源頭崩塌地)，近年因接連受颱風豪雨以及地震影響，造成崩塌地有逐漸擴大趨勢，且因早年颱風豪雨曾有土石淹入民宅，淤泥深達膝蓋處，因崩塌地長年存在，當地民眾擔憂與恐慌該崩塌地擴大後，下移土砂可能影響聚落，於 110 年 8 月接獲當地民眾陳情，因此林務局花蓮林區管理處於 110 年啟動災害緊急調查評估工作。

經比對林務局「國有林大規模崩塌潛勢區判釋與危險度評估計畫」判釋成果，結果顯示該崩塌地位於花蓮縣光復鄉 D032 潛在大規模崩塌區範圍內，此外，該集水區下游谷口右岸也另有一處花蓮縣光復鄉 D014 大規模崩塌潛勢區，此兩處潛在大規模崩塌區，經 LiDAR 地形特徵判釋，結果顯示此崩塌地坡面上緣已有多處淺層崩塌發展趨勢，其坡面亦有蝕溝發展趨勢，其明確活動特徵則需進一步調查。大規模崩塌區區域多屬於泥岩地質狀況，地質特性導致蝕溝發育發達，坡面沖蝕問題及蝕溝沖刷問題日趨嚴重，已影響當地居民之生命安全及經濟活動。

因此為探究大規模崩塌區崩塌活動性，是否會造成後續土石流或其他水砂災害，因此建議進行細部調查評估工作，針對林田山 154 林班(巴朗溪)集水區進行細部調查與分析評估工作，瞭解巴朗溪集水區內淺層與深層等崩塌活動特性、影響因素及二次土砂災害風險，進而研擬集水區治理對策及中長程規劃措施，針對集水區河防安全提供土砂災害防治對策，以保全下游居民的災害生命財產安全。

1-2、計畫目的

本計畫之目的係希望透過林田山 154 林班(巴朗溪)集水區細部調查、土砂災害風險評估與相關分析工作，來掌握巴朗溪集水區內包含光復鄉 D032 潛在大規模崩塌在內的各崩塌地、蝕溝、野溪之活動特性、影響要素及土砂災害風險，進而研擬適當之工程與非工程對策。

本計畫將透過集水區調查、河道與構造物調查、潛在大規模崩塌地調查、溪流生態環境調查等現地調查工作，掌握集水區內環境特性；並透過水文水理分析、土砂特性分析、大規模崩塌機制分析等分析工作掌握各類土砂災害風險區位；最後再透過綜合評估研擬治理目標與對策，達成兼顧生態保育及土砂災害防治雙贏的目的。

本計畫預計達成之目標如下：

- (一) 完成巴朗溪集水區基本資料蒐集及現地調查作業，掌握集水區環境特性現況與既有工程防災能量。
- (二) 完成潛在大規模崩塌區資料分析及現地調查，掌握大規模崩塌地現況與其未來擴大之可能觸發機制，並掌握其可能造成之危害類別與規模。
- (三) 完成溪流生態環境現地調查，掌握各土砂災害風險區之生態環境特性，讓未來防災工程施作時能兼顧生態保育。
- (四) 完成集水區災害分析，透過量化評估方式掌握未來土砂災害可能發生之規模與趨勢。
- (五) 完成災害處置策略研擬工作，透過檢討集水區內既有軟硬體防災能力及利用生態評估成果，研擬適當災害處置策略。

1-3、計畫範圍

本計畫範圍為花蓮縣光復鄉東富村巴朗溪集水區(位於花蓮溪中上游處)、加里洞部落周邊區域及林田山事業區 154 林班地區域，其中林田山事業區 154 林班地為巴朗溪發源地區，位於海岸山脈西側山麓區域，沿花 193 線抵達花蓮縣光復鄉東富村加里洞部落後，轉巴奴產業道路行駛至終點可到達巴朗溪谷口處，沿河道(河道坡度約 5 度)上溯約 1 公里可抵達既有舊有崩塌(上游源頭崩塌地)區域，加里洞部落位處巴朗溪、羅莫溪與花蓮溪的交會處的東岸，為一平原地形。距光復火車站，需要 15 分鐘車程；鄰近的要道則為花蓮縣道 193 線(107 年、臺灣原住民族部落事典)。

透過相關報告顯示本計畫區域內共有 2 處大規模崩塌區域，其中舊有崩塌區則位處花蓮縣光復鄉 D032 下方坡趾處，計畫範圍主要為巴朗溪主流集水區工作範圍約 3.7 平方公里，參考座標為(TWD97：302726,2620170)，相關範圍如圖 1-1 所示。

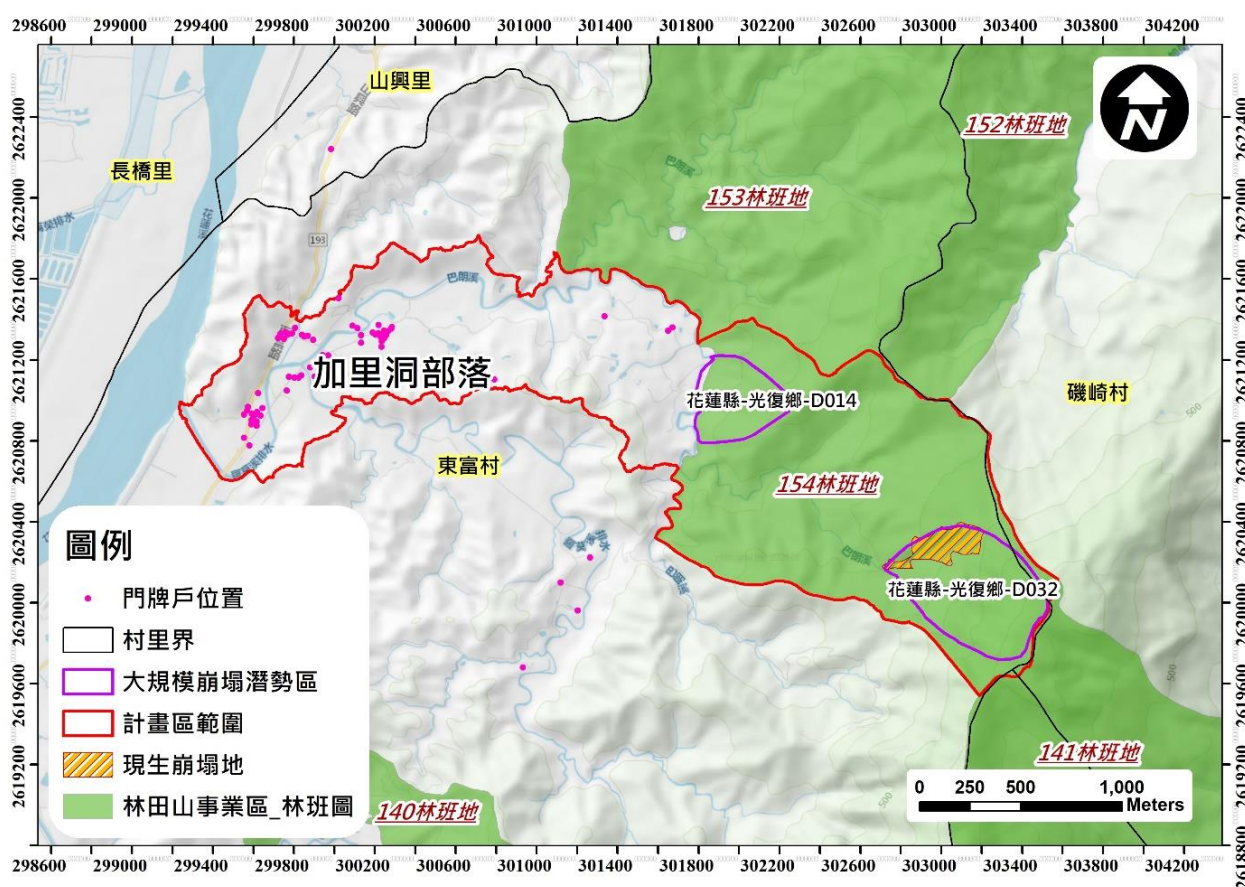


圖 1-1、計畫工作範圍

1-4、計畫工作項目與內容

針對巴朗溪集水區上下游之土砂狀況進行風險評估，並依評估結果提供日後該集水區治理對策之依據。

一、巴朗溪集水區基本資料蒐集及現地調查：

(一)基本資料蒐集：如：崩塌地、數值地形、地質、土地利用、水文觀測、歷史災害、保全對象及歷年衛星影像或航空照片等。

(二)河道及工程構造物現地調查：巴朗溪河道沿線進行現地調查，包含河道沖淤現況調查、坡度測量、可能溢流段斷面測量、跨河構造物尺寸調查等；河道沿線既有工程構造物資料蒐集。

二、潛在大規模崩塌區資料分析及現地調查：

(一)基本資料蒐集：如：地質構造、坡度、岩性、順向坡等資料蒐集。

(二)細部特徵影像判釋：利用高精度數值地形資料、衛星影像及航空照片等進行細部特徵判釋，以確認崩塌區位分布及演化趨勢。

(三)廣域活動性判釋：針對計畫內花蓮縣光復鄉 D032 潛在大規模崩塌區，利用遙測影像配合量測技術，如：合成孔徑雷達影像干涉技術(InSAR)等廣域監測方式，利用最新底圖量測崩塌區內點位之位移量及地形變化情形，並結合歷史降雨等資料進行綜合比對，評估分析該區活動性及風險。

(四)現地特徵點調查：調查地表主、次崩崖和多重山脊等崩塌特徵，分析崩塌地整體與崩塌地內部地質狀況之規模及相互關係等。

(五)破壞機制評估：利用特徵影像判釋與現地特徵點調查結果，評估外在觸發大規模崩塌因子及可能地質破壞機制。

三、集水區災害分析：

(一)水文水理分析：利用水文、洪水量、暴雨頻率等資料分析檢討不同設計頻率年流量與可能溢流段通洪斷面之關係。

(二)土砂災害分析：利用資料收集及遙測影像，分析土砂災害演變及特性，並評估量化未來可能之土砂災害規模及趨勢。

四、溪流生態環境現地調查：

巴朗溪河道沿線周圍陸水域(含動植物)生態紀錄及分析，並於乾、濕季分別執行 1 次(共執行 2 次)，每次調查採樣點應為 2~3 處，提供後續生態監測依據及工程方案參考。

五、研擬災害處置策略：

檢討集水區內既有軟硬體防災能力及利用生態評估成果，研擬適當災害處置策略。

六、土砂防災宣導：為宣導土砂治理及防災觀念，應辦理 1 場次土砂防災工作坊。

1-5、工作架構及流程

據招標文件委託服務計畫說明書，計畫工作內容主要分為六大項，包括集水區基本資料蒐集與現地調查、潛在大規模崩塌區調查分析、集水區特性分析、溪流生態環境調查、研擬災害處置策略與土砂防災宣導等；各項工作執行架構，如圖 1-2 所示。

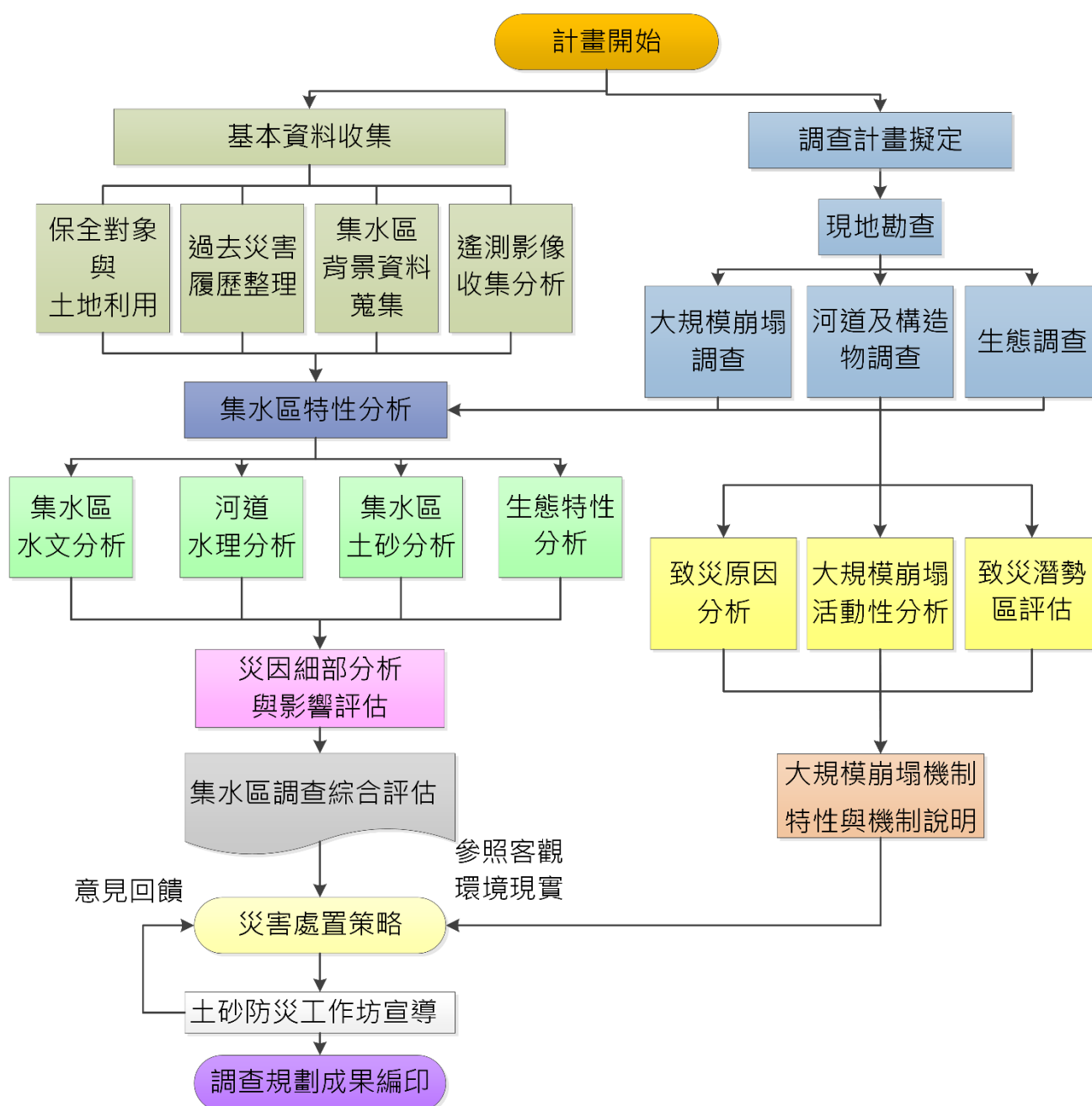


圖 1-2、計畫執行架構圖

1-6、計畫管考

依招標說明計畫執行期限自簽約日起至 111 年 12 月 31 日止，本計畫於工作執行期間，將依雙方契約之規定提送報告書，並舉行簡報；另雙方得依實際需要，召開災害緊急調查說明會議。本「林田山 154 林班(巴朗溪)集水區調查規劃」案，契約簽訂後 25 日內已提送期初工作執行計畫書，期中報告書已於 111 年 6 月 15 日提送，已於 10 月 31 日前提送期末報告書，而所有工作已於 12 月 31 日完成驗收。整體工作項目與流程進度如圖 1-3 所示。

工作項目	年 月	111年												工作 比重 (%)
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	
巴朗溪集水區 基本資料蒐集與 現地調查														20%
大規模崩塌潛勢 區基本資料蒐集 與現地調查														20%
溪流環境 生態調查														10%
集水區災害 影響分析														25%
災害處置 對策研擬														15%
土砂防災 工作坊推廣														5%
階段報告														5%
預定進度累積百分比		2%	8%	14%	18%	31%	46%	61%	74%	86%	98%	99%	100%	100%

圖 1-3、計畫預定進度甘梯圖(Gantt Chart)

分段進度：

- 1、期初工作執行計畫書審查會議時需完成工作：說明預定執行方式及構想並提送工作執行計畫。
- 2、期中階段報告書審查會議時需完成工作：巴朗溪集水區基本資料蒐集及現地調查、潛在大規模崩塌區資料分析及現地調查、溪流生態環境現地調查應完成 1 次。
- 3、期末報告書審查會議時需完成工作：完成所有工作項目。

表 1-1、計畫進度查核表

項次	工作項目	細項	契約查核數量	查核階段	說明/完成成果	頁次
一	巴朗溪集水區基本資料蒐集及現地調查	基本資料蒐集	崩塌地、數值地形、地質、土地利用、水文觀測、歷史災害、保全對象及歷年衛星影像或航空照片等	期中	已完成基本資料蒐集及盤點	P.9
		河道及工程構造物現地調查	河道沖淤現況 可能溢流段斷面 跨河構造物調查 既有工程構造物	期中	已完成調查與資料整理作業	P.45
二	潛在大規模崩塌區資料分析及現地調查	基本資料活動性判釋	InSAR 廣域監測活動性	期中	已完成活動性評估	P.133 P.137
		現地特徵點調查	調查地表主、次崩崖和多重山脊等崩塌特徵及地質狀況等	期中	已完成調查與資料整理作業	P.69
		破壞機制評估	觸發因子/地質破壞機制	期中	已完成評估	P.135 P.138
三	集水區災害分析	水文水理分析	不同設計頻率可能溢流段評估	期末	已完成評估	P.145 P.157
		土砂災害分析	量化土砂災害演變規模及趨勢	期末	已完成評估	P.163
四	溪流生態環境現地調查	陸水域(含動植物)生態紀錄及分析	乾、濕季分別執行 1 次	期中 期末	已完成乾、濕季陸、水域調查	P.101
五	研擬災害處置策略		既有軟硬體防災能力及生態評估成果研擬處置策略	期末	經 7 月 27 日現地勘查後討論研擬完成	P.175 P.192
六	土砂防災宣導		1 場次土砂防災工作坊	期末	已於 9 月 13 日辦理	P.194
七	繳交期末報告		期末報告：12 份	期末	已於 10 月 31 日前	--
八	計畫成果報告		報告書及光碟	成果	預定 12 月 31 日前	--

貳、集水區概況與資料蒐集

2-1、集水區環境概述

巴朗溪為花蓮溪的眾多支流之一，發源自海岸山脈西側，除巴朗溪主流外，其南側另有一支流-羅莫溪於下游段匯入。巴朗溪集水區全區皆位於花蓮縣光復鄉東富村境內，下游段與花蓮溪匯流處為加里洞聚落，為該集水區人口聚集之處，中游段多為農墾用地，上游段則為林地。因此在治理權責上，本集水區上游為林田山事業區 153 及 154 林班地，屬林務局管轄範圍，中下游則為水保及水利單位(區排)治理權責(如水土保持局、農田水利署、花蓮縣政府等)，各單位治理權責則如圖 2-1 所示。本區歷年來受颱風豪雨及地震影響，上游集水區之既有崩塌地較不穩定，致使下游段曾發生土砂及淤泥淹入民宅之災情。

本區崩塌地多位於林田山事業區 154 林班地內，為下游主要土砂來源，其中自民國 74 年即已存在之崩塌地，近年因 110 年 0418 地震導致崩塌邊緣擴大，目前崩塌地面積約 5.2 公頃(如圖 2-2)，崩塌最大寬度約 160 公尺，最大長度約 500 公尺，最大崩塌擴大深度約在 7~10 公尺間，崩塌坡面殘土尚未穩定。後續參照林務局「國有林大規模崩塌潛勢區判釋與危險度評估計畫」中，更已將該崩塌地及其周圍判釋為花蓮縣光復鄉 D032 潛在大規模崩塌區，其潛在大規模崩塌區域範圍與規模更大，花蓮縣-光復鄉-D032 面積約 33.72 公頃，平均坡度約 33.21 度，寬約 540 公尺，長約 800 公尺，高程差約 430 公尺。另由於該崩塌地坡度極陡(多為六級坡)，又因新社斷層通過本崩塌地(如圖 2-3)，使本區地質條件相對脆弱且破碎，加上泥岩區岩盤出露使植生立地條件較差，未來持續擴大機率相當高。

根據歷年衛星影像的比對，本區易因地震或劇烈降雨造成崩塌地的擴大，進而提供土砂災害的來源，若加上降雨逕流的運移很容易造成下游加里洞聚落土石流或淹水的災害。近年來隨著氣候環境的轉變，臺灣各地降雨量屢創新高，為防範土砂災害的發生，維持本區經濟發展及國土保安，實應強化本計畫區土砂災害治理工作，避免土砂災害造成民眾生命與財產的損失。

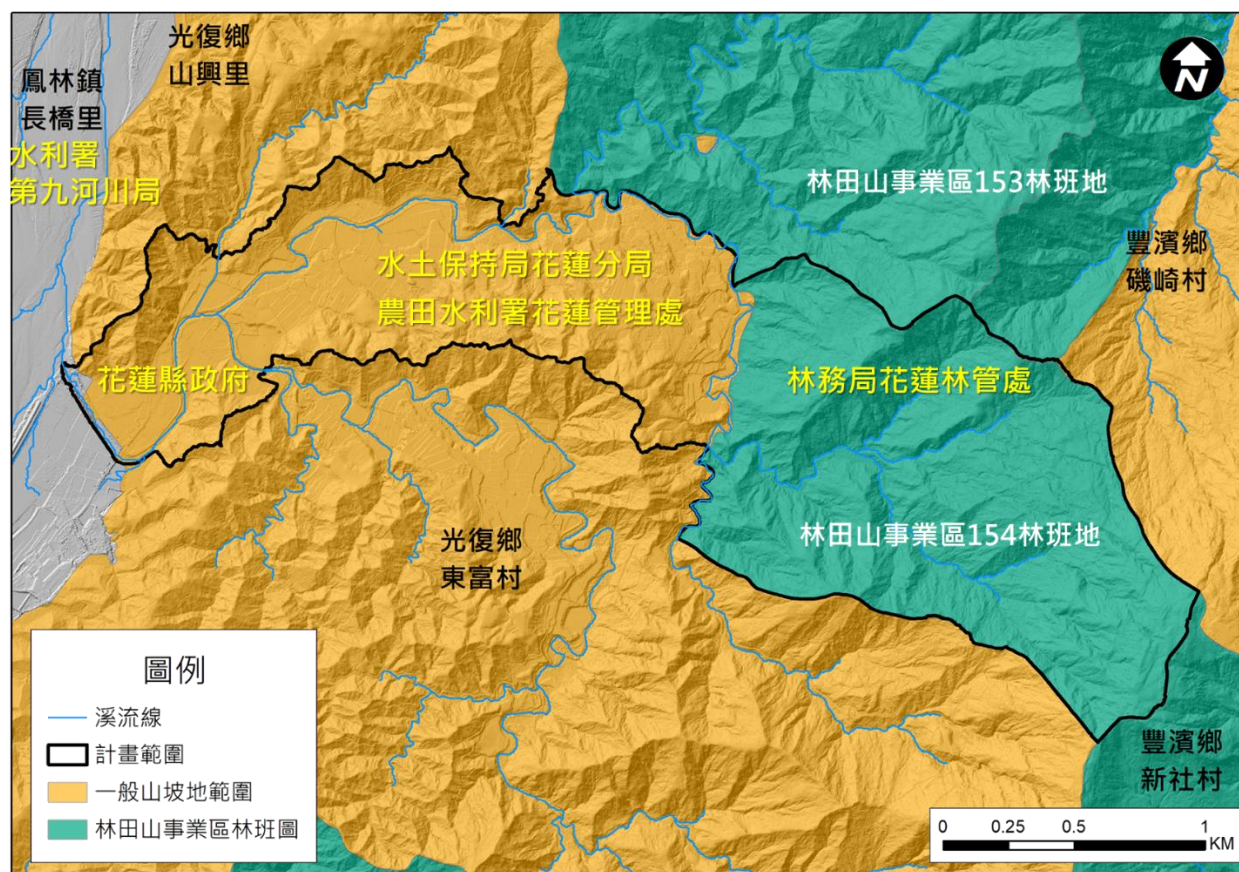
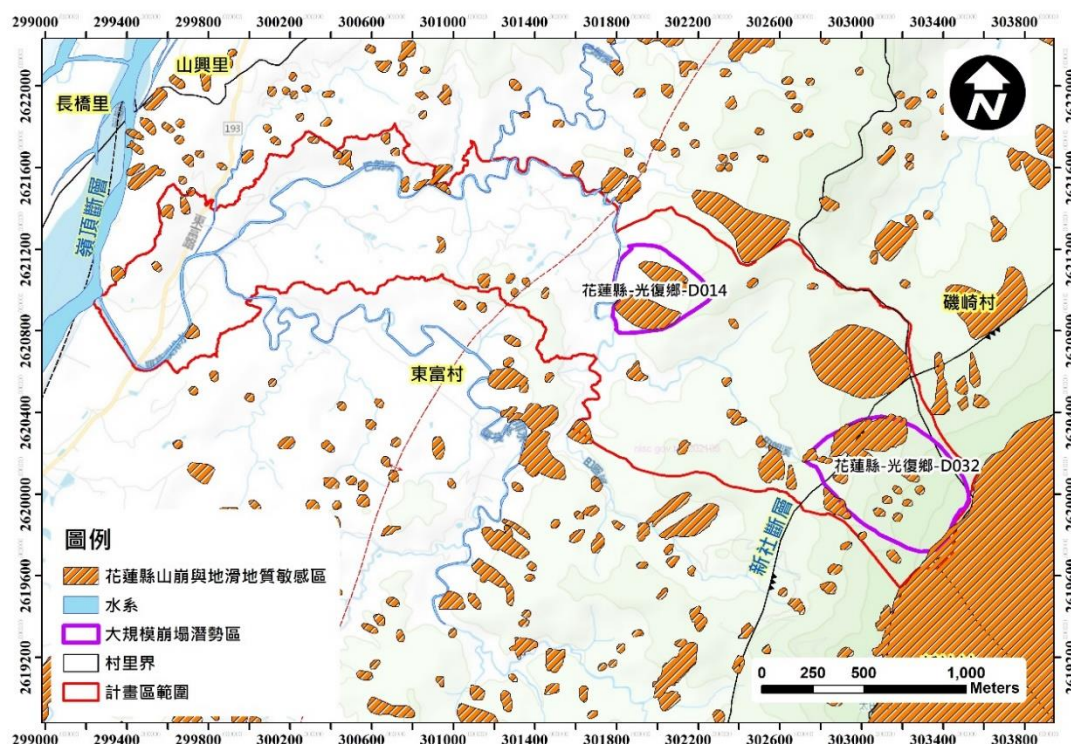


圖 2-1、計畫集水區治理權責圖



圖 2-2、林田山事業區 154 林班舊有崩塌地坡面裸露照片

資料來源：110 年度林田山事業區 154 林班崩塌地調查評估報告



資料來源：中央地質調查所

圖 2-3、計畫範圍周邊地質敏感區圖

本調查基本資料蒐集包括集水區地文資料、集水區人文資料、氣象水文資料、地質與土壤資料、土地利用資料及環境生態資料等六大單元及所含括的 16 個資料子項目，各資料項及分類內容如圖 2-4 所示。以下依各項資料之資料來源及初步蒐集成果逐項說明：

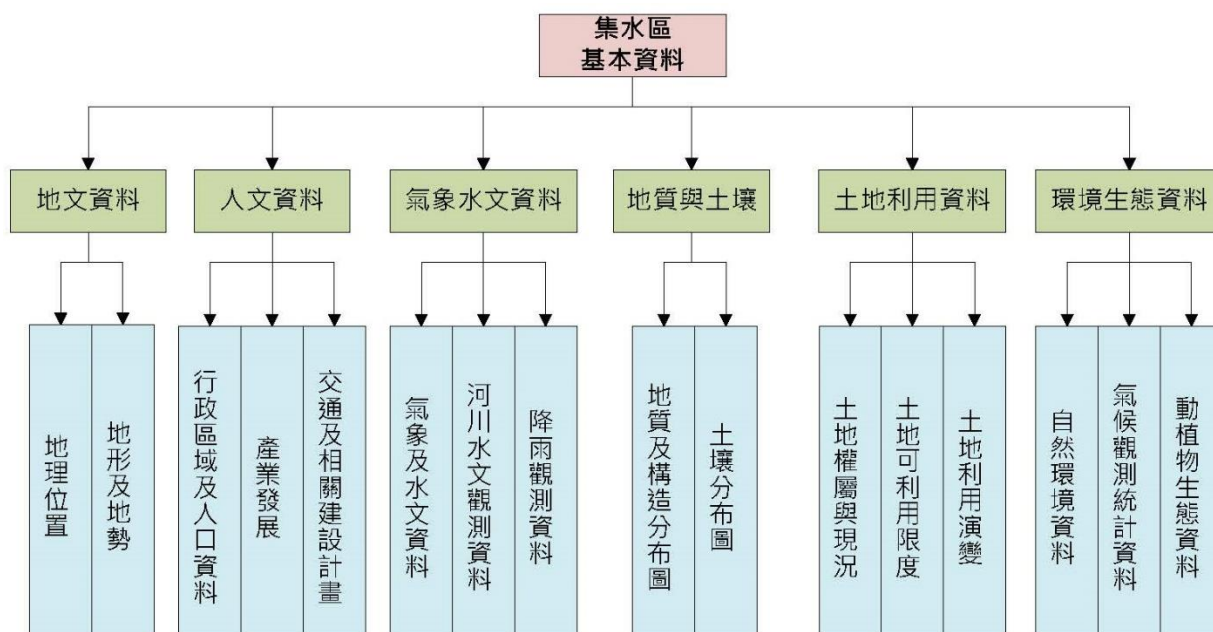


圖 2-4、集水區基本資料蒐集架構圖

2-2、集水區地文資料

一、集水區地形

本計畫參考內政部於 104 年所產製之 1 m × 1 m 解析度之數值高程地形進行高程分析，於集水區內支流主要呈現東西向分佈，其流向為東向西流，最後至下游巴朗溪與羅莫溪匯流後進入花蓮溪。整體而言，計畫範圍內高程約介於 89 公尺至 743 公尺間，主要以 100-400 公尺分布為主，為東高西低，而區域內最高點位於計畫範圍之東南方，標高海拔 743.02 公尺，最低點為集水區之西方，海拔約為 89.75 公尺。

針對計畫區域坡度進行分析，本計畫區域集水區坡度以六級坡為主佔 33.80%，其次為五級坡佔 16.88%，七級坡佔 8.23%，四級坡以下占之 41.08%。集水區除中央河谷區外，大多為高陡之山地，集水區平均坡度為 24.98 度，如表 2-1、圖 2-6 所示。坡向部分以西及西北向坡佔 38.33%比例最大，其餘北向坡及西南向坡各佔 14.43%及 11.79%，此四坡向所佔比例共計 64.55%、面積為 239.75 公頃，詳細資料如表 2-2 及圖 2-7 所示。

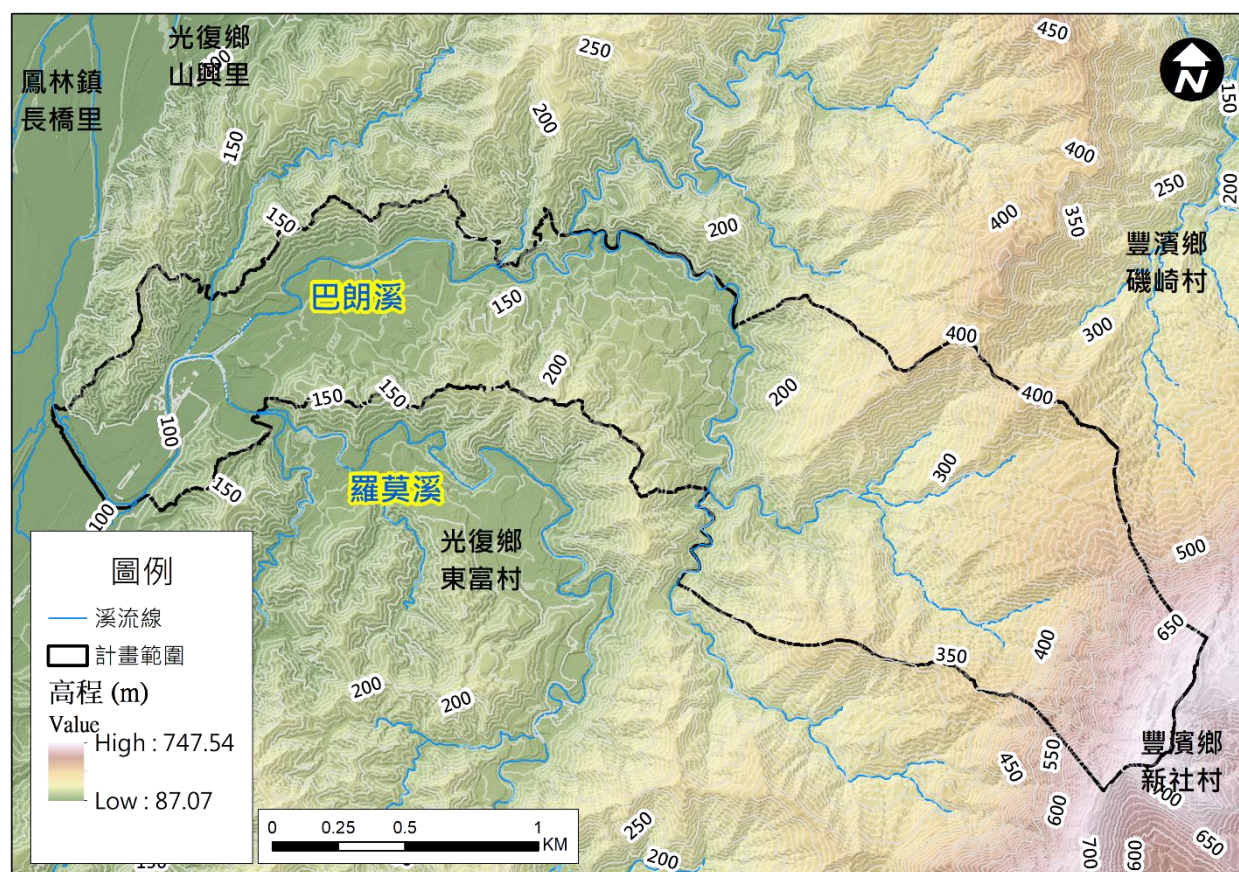


圖 2-5、計畫區域內高程分佈圖

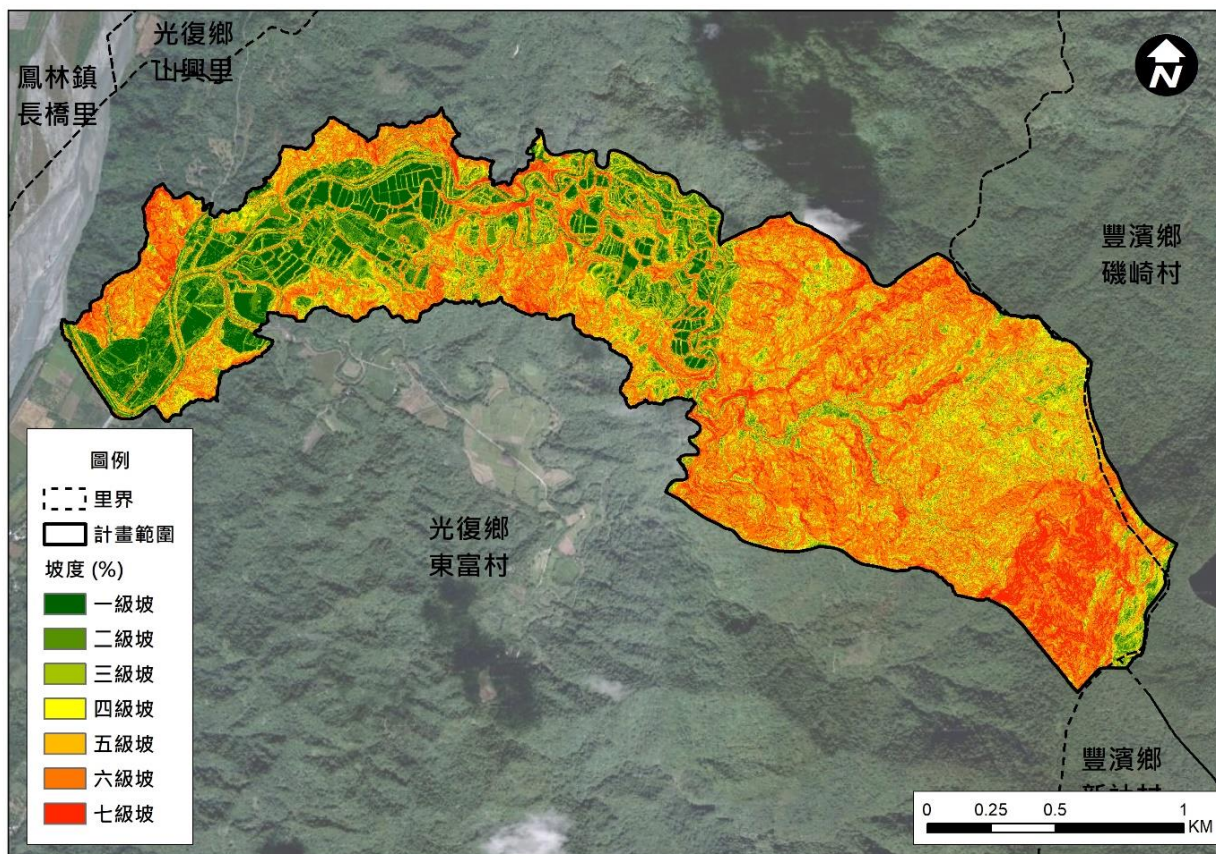


圖 2-6、計畫區域內坡度分級分佈圖

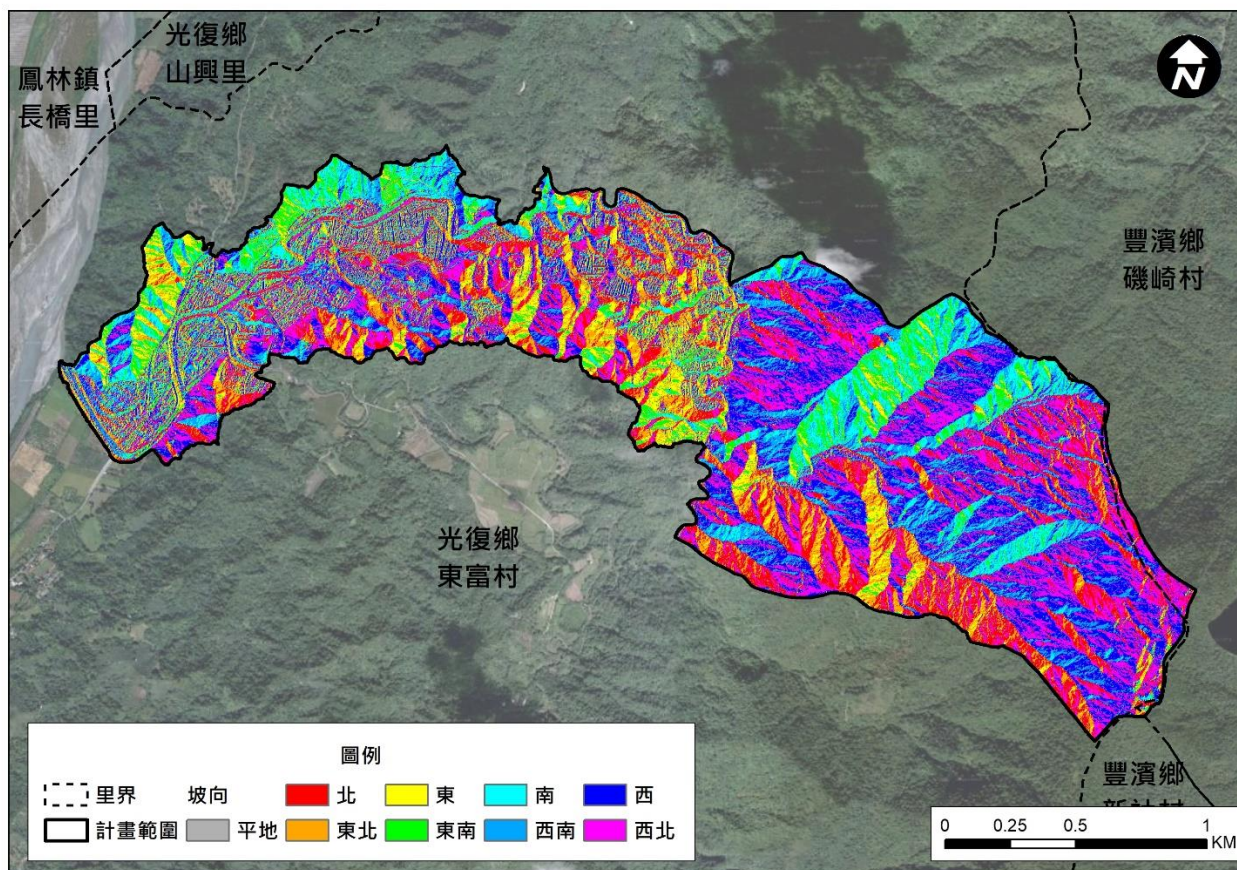


圖 2-7、計畫區域內坡向分佈圖

本計畫範圍總面積約為 371.42 公頃，巴朗溪由東南往西流貫集水區，地勢由東南向西遞減，整體而言，在巴朗溪集水區地形部分，五級坡、六級坡與七級坡便約佔集水區面積之 58.92%(約 218.83 公頃)，而坡度愈陡愈容易產生崩塌，因此巴朗溪上游集水區崩塌地問題歷年持續存在，也一直是其災害發生之主要原因，而二、三級坡主要分布於計畫範圍東側羅莫溪與巴朗溪之中央河谷地帶與匯流處。

表 2-1、計畫範圍內坡度分級統計表

坡度等級	坡度百分比	面積(公頃)	面積百分比
一級坡	$S < 5\%$	31.10	8.37%
二級坡	$5\% < S \leq 15\%$	39.13	10.54%
三級坡	$15\% < S \leq 30\%$	45.28	12.19%
四級坡	$30\% < S \leq 40\%$	37.08	9.98%
五級坡	$40\% < S \leq 55\%$	62.71	16.88%
六級坡	$55\% < S \leq 100\%$	125.56	33.80%
七級坡	$S > 100\%$	30.57	8.23%
合計		371.42	100.00%

表 2-2、計畫範圍內坡向分級統計表

坡向分級	坡向角度	面積(公頃)	面積百分比
北	337.5-22.5	53.60	14.43%
東北	22.5-67.5	35.87	9.66%
東	67.5-112.5	29.20	7.86%
東南	112.5-157.5	31.12	8.38%
南	157.5-202.5	35.47	9.55%
西南	202.5-247.5	43.47	11.79%
西	247.5-292.5	68.21	18.37%
西北	292.5-337.5	74.14	19.96%
合計		371.42	100.00%

二、集水區地質

根據經濟部中央地質調查所 102 年所出版之流域地質圖(如圖 2-8 所示)，巴朗溪集水區主要位於東部海岸山脈地質區，本計畫區內由上游至下游分別為都巒山層、八里灣層，主流兩岸區域則為沖積層和侵蝕基準面變化河川下蝕所造成的階地堆積層。根據五萬分之一全臺流域地質圖繪製計畫範圍之地質圖，計畫範圍內地質主要分為八里灣層(泰源段及水璉段)、都巒山層、沖積層及階地堆積層，各地層與構造說明如下：

1. 八里灣層(泰源段及水璉段)

主要由礫岩、泥岩與砂頁岩互層所組成，早期將此三種岩相分別命名為水璉段(礫岩為主)、富田段(泥岩為主)與泰源段(砂頁岩互層)(Chen and Wang, 1988; Teng and Chen, 1988; 陳文山, 1988)，此三岩段為同時異相之關係，但由於富田段分布範圍小且與泰源段常呈漸變關係，因此後人將其併入泰源段(陳及王, 1996)；水璉段岩性為厚層礫岩偶夾砂岩，礫石粒徑最大可達約 80 公分，礫石組成為石英岩、安山岩、變質砂岩與板岩等；泰源段由砂頁岩互層、礫岩、厚層砂岩與泥岩組成，富有粒級層、泥礫與脫水構造等沉積構造(衣德成等, 2012)。

2. 都巒山層

是海岸山脈最老的地層，岩性為安山岩質火山岩及其碎屑岩所構成，岩相包括熔岩流、碎屑岩流、集塊岩、岩脈與再積性火山碎屑岩(王源等, 1992)，在奇美附近主要出露熔岩流相及集塊岩相，火山岩流皆已受到後期熱水換質作用影響而變質。

3. 沖積層

由未固結的礫石、砂、粉砂與黏土等組成(衣德成等, 2012)。

4. 階地堆積層

由未經膠結的泥、砂、與礫石所組成，未紅土化。

於本計畫區域內，新社斷層沿海岸山脈稜線南北向分佈，為一低角度逆斷層，鋸齒在上盤，上盤為都巒山層，下盤為八里灣層。計畫區內岩體受斷層剪切帶影響，岩體破碎，有利崩塌發育。

本計畫範圍包含林田山事業區 154 林班地及其巴朗溪下游加里洞社區周邊區域，其林田山事業區 154 林班地為巴朗溪發源地區。

針對舊有崩塌地(上游源頭崩塌地)部分，由歷年衛星及航照影像顯示，屬於舊有崩塌區域，歷年植被雖有生長，但坡面表土經多年沖蝕已露出岩盤，除坡腹殘留之崩積土處，無良好立地條件供植物生長，然而由高精度數值地形判釋地形特徵後，發現該區域已可見滑動地形特徵，且為林務局判釋之潛在大規模崩塌光復鄉 D032 範圍之下緣處屬陡-緩-陡坡面，蝕溝發育旺盛。經現場調查後研判，舊有崩塌區母岩屬泥岩地質，表土層則為泥、砂、與礫石所組成，於泥岩區土壤未流失前，植物生長良好。表層土壤流失後呈現灰色泥岩裸露後，植物即無法生長。舊有崩塌區域發生於八里灣層，裸露泥岩經風化及日曬產生密集薄層龜裂，於薄層龜裂處易受降雨沖刷導致表土流失，都巒山層因岩性較緻密使崩塌或岩層裸露發生較少。

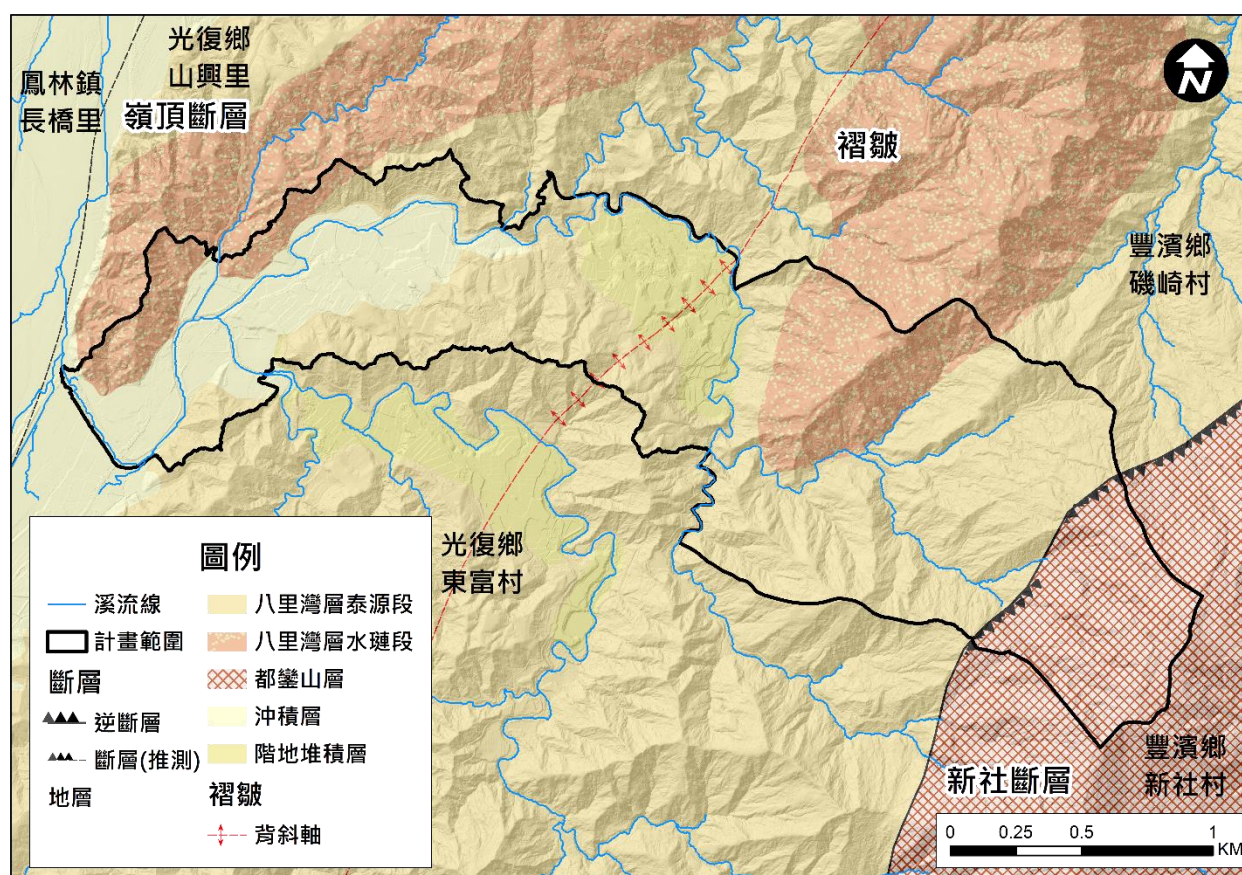


圖 2-8、計畫區地質圖

三、集水區土壤

參考行政院農委會出版之「台灣地區土壤分布圖」以 109 年 2 月 24 日行政院農委會農業試驗所更新之土壤分布資料繪製土壤分布圖，本計畫區內巴朗溪沿岸自下游往上游主要為東岸母岩沖積土、黃壤、暗灰色崩積土及黃棕色崩積土、硬砂頁岩黃灰色石質土與無母質(土)等土壤分布，坡度陡峭處有若干石質土分佈。其中沖積土由溪流侵蝕東部海岸山脈之棕色砂岩，灰色硬頁岩，或混雜石灰性泥岩化育沖積生成。

崩積土多為鄰近邊坡之由灰色頁岩混雜灰黃色泥岩崩積化育所成之淺層灰暗色崩積土，土層厚度多淺，多發生於山區坡度較緩和的崩積地形上。本區域之石質土土層肥厚、保水力強，而且具有粘性，排水差，遇水易膨脹，乾時易龜裂，故不利建物施工，且耕性很差。黃壤為母質經由弱度化育而生成之土壤，若養分(鉀、鈉、鈣、鎂)流失則呈黃、黃棕或紅棕色，且可觀察到明顯的土壤構造，該土壤常分佈於丘陵地等地形較安定、坡度起伏較緩和之處。參考 73 年「花蓮臺東縣山坡地土壤調查報告」與「台灣地區土壤分布圖」與現場調查成果可知無母質土壤，應屬於砂頁岩、泥岩母質為主，風化後多以黏質壤土或黏土為主。就土壤分布方面，本區之林班地上游段為無母質(砂頁岩、泥岩)，而中游段及下游段則為沖積土、黃壤、崩積土和少部分之石質土，分布如圖 2-9 所示。

表 2-3、計畫範圍內土壤統計表

土壤	面積(公頃)	面積百分比
無母質土壤(砂頁岩、泥岩母質)	212.63	57.25%
暗灰色崩積土	56.75	15.28%
東岸母岩沖積土	32.80	8.83%
黃棕色崩積土	24.63	6.63%
黃壤	19.83	5.34%
石質土	18.81	5.06%
硬砂頁岩黃灰色石質土	4.61	1.24%
雜地	1.32	0.36%
合計	371.42	100.00%

本區多已無母質土壤(研判屬於砂頁岩、泥岩母質)約占 57.25%，其次乃暗灰色崩積土約占 15.28%，東岸母岩沖積土約占 8.83%與黃棕色崩積土約占 6.63%，並偶夾少部分黃壤、石質土、硬砂頁岩黃灰色石質與雜地。

根據陳吉村 95 年花蓮區農業專訊之說明(陳吉村, 95 年, 花蓮區農業專訊 56:22-0), 黃壤亦屬於生成年代較老的土壤, 土壤結構較差, 其溶淋情況亦頗為嚴重, 但所含之礦物質較紅壤多, 因此土壤肥力狀況亦較紅壤好, 雖亦屬於較貧瘠之土壤, 如能加強土壤肥力及酸鹼性之調整, 則仍能生產高品質之農產品。其它之棕色土、崩積土及石質土則因為土壤太酸、養分偏低或土壤結構不安定, 因此都不是良好的農業用地, 但應可作為開發度較低的有機栽培用。在海岸山脈部分則有一部份為黑色土, 此種土壤主要是由凝灰岩及火成岩所形成, 其表層因混有大量的有機物, 因此顏色甚黑, 養分含量亦高, 肥力極佳, 如果不太粘重, 則可成為良好之土壤。加里洞部落屬於重粘土, 土壤肥沃, 表層土壤極細質粘, 多栽植稻米或其他雜作為主。

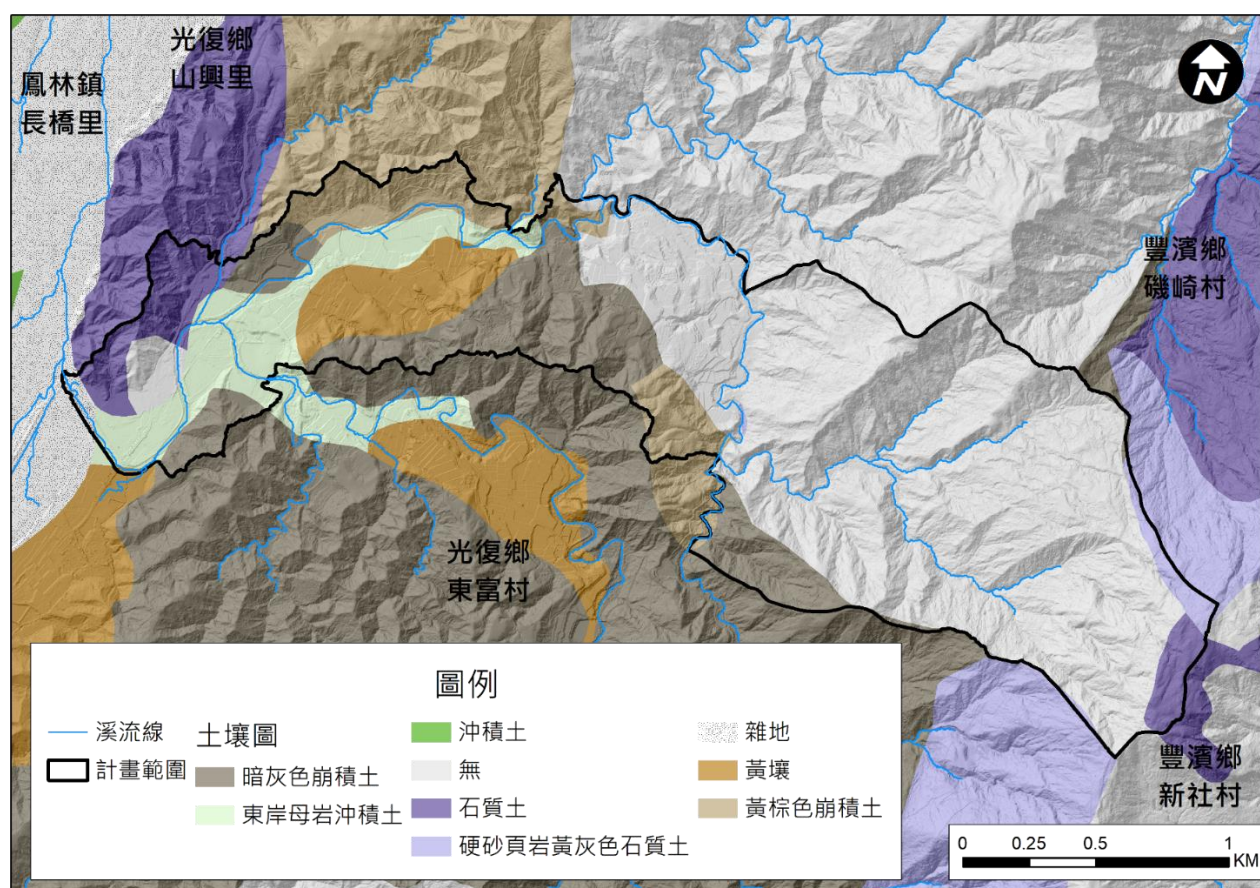


圖 2-9、計畫區土壤分佈圖

2-3、集水區水文資料

參考中央氣象局及經濟部水利署雨量測站分布資料，鄰近本計畫範圍位置共計有 2 處雨量站，分別為中央氣象局所屬加路蘭山(站碼：C0T9H)雨量站以及水利署第九河川局所屬東富(站碼：01T9L)雨量站。其中加路蘭山測站海拔 725 公尺，年平均降雨量為 2,761 毫米，資料起始時間為 85/01/01；東富測站海拔 110 公尺，年平均降雨量為 2,246 毫米，資料起始時間為 95/01/01，測站相關基本資料如下表所示，由於加路蘭山站位處海岸山脈東側，與本區屬不同坡面，故後續分析採東富站為主。

表 2-4、加路蘭山雨量測站基本資料

測站名稱	測站編號	海拔高度	TWD97(X)	TWD97(Y)	行政區
加路蘭山	C0T9H0	725	303789	2620010	花蓮縣
地址			所屬單位		資料起始時間
花蓮縣豐濱鄉臨海段 776-4 地號(加路蘭山營區)			中央氣象局		85/01/01

表 2-5、東富雨量測站基本資料

測站名稱	測站編號	海拔高度	TWD97(X)	TWD97(Y)	行政區
東富	01T9L	110	299180	2620200	花蓮縣
地址			所屬單位		資料起始時間
花蓮縣光復鄉東富路六十號(東富國小)			水利署		95/01/01



圖 2-10、林田山事業區 154 林班崩塌地鄰近雨量站

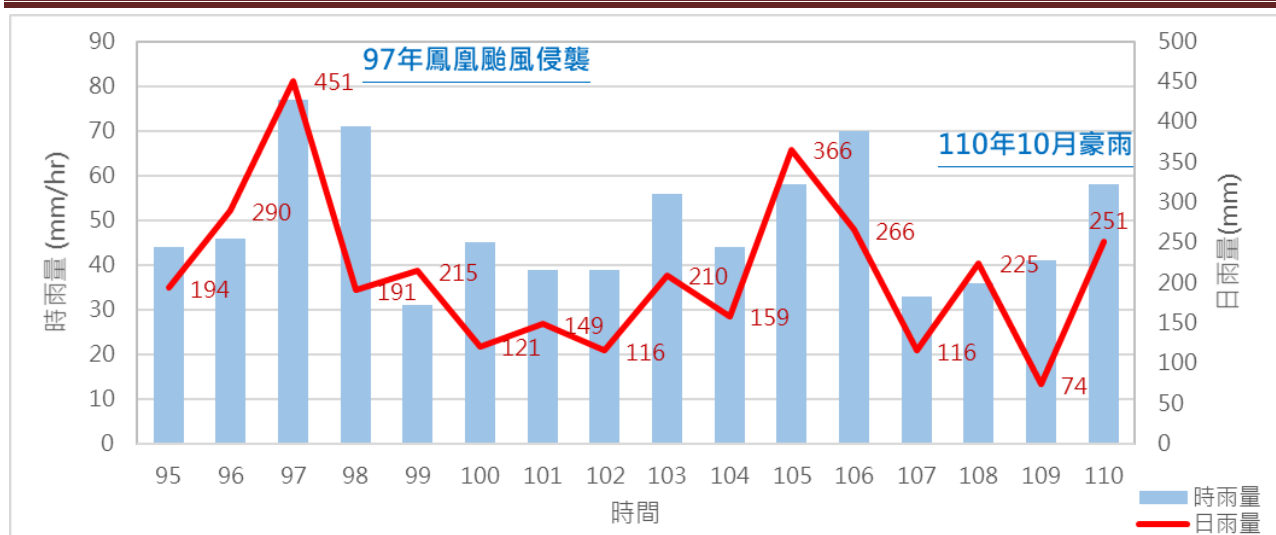


圖 2-11、東富雨量站歷年觀測雨量分析

表 2-6、加路蘭山(氣象局)雨量站水文頻率分析結果表(單位：mm)

降雨延時	2 年	5 年	10 年	20 年	25 年	50 年	100 年
1	49.8	63.8	73.0	81.9	84.7	93.3	101.9
3	84.7	110.5	127.6	144	149.2	165.3	181.2
6	113.4	141.5	160.1	177.9	183.5	201	218.3
12	147.0	178.6	199.5	219.5	225.9	245.5	265.0
24	201.0	236.1	259.4	281.8	288.9	310.7	332.4
48	259.6	324.1	366.8	407.8	420.8	460.8	500.5
72	301.3	378.8	430.2	479.5	495.1	543.2	591.0

表 2-7、東富雨量站(水利署)水文頻率分析結果表(單位：mm)

降雨延時	2 年	5 年	10 年	20 年	25 年	50 年	100 年
1	49.4	62.8	71.2	78.9	81.3	88.5	95.4
3	108.3	147.7	171.7	193.4	200.0	219.9	238.9
6	147.7	208.2	255.7	304.6	320.6	371.2	423.0
12	203.8	291.2	355.3	419.2	439.8	504.0	568.6
24	279.6	390.8	461.2	526.2	546.3	607.0	665.8
48	405.3	539.7	607.8	662.8	678.6	723.4	763.1
72	415.8	568.8	652.9	724.4	745.6	807.2	863.8

2-4、集水區人文、土地利用與土地權屬

一、集水區人文

本計畫範圍主要分布於花蓮縣光復鄉東富村，根據光復鄉戶政事務所 110 年度 10 月人口統計資料顯示，東富村總戶數為 403 戶，總人口共 1,095 人。另參考 107 年行政院原住民委員會出版之「臺灣原住民族部落事典」說明，本次計畫範圍內乃加里洞部落(Kalotong 部落)，位於花蓮縣光復鄉東富村 193 縣道 59.8 公里處。以阿美族為主的部落。部落中共 88 戶，總人口數 214 人，原住民人口 154 人，佔總人口百分比 72%，非原住民人口數 60 人，佔總人口數百分比 28%。各族於總人口數中比例為阿美族 65%、其他 7%。加里洞部落位處巴朗溪、羅莫溪與花蓮溪的交會處的東岸，地理環境為平原。交通方面，離鐵路較遠，到距離最近的車站(光復火車站)，需要 15 分鐘車程；道路方面集水區內主要道路為東富路 92 巷及東富路 66 巷，而鄰近的對外聯絡要道 193 縣道(東富路)，193 縣道北起花蓮縣新城鄉三棧，南至花蓮縣玉里鎮新民。

參考「續修花蓮縣志」之說明，加里洞部落主要為太巴塌族人向外建立的聚落，主要信仰乃基督教、天主教為主，加里洞為阿美語「猴洞」的意思，因為早期此地有許多猴子聚集。部落約在日治初期成立，除了太巴塌族人之外，還有來自屋拉力(今瑞穗鄉鶴岡村內的部落)、丁仔漏等族人遷來居住。在地居民多半務農及種稻，同時也盛產香茅。



圖 2-12、加里洞部落空拍一覽圖

二、集水區土地利用

依據內政部內政部國土測繪中心調查之『95 年國土利用成果調查圖』調查分類成果，本區土地利用以森林利用土地所占比例為最高，面積占約 75.50%(現地調查顯示多為一般造林使用)，其次為農業利用土地，其餘為其他、水利、建築、交通與礦鹽土地等。部分偶夾農業使用區域面積占約 15.51%，跨越稜線處屬於加路蘭雷達站區域(軍事用地)，舊有崩塌(上游源頭崩塌地)區域(屬其他使用類別，面積占全區約 3.74%)。根據現場訪談居民及實地了解範圍內及周遭作物主要為一般造林作物(多為相思樹混合)，土地權屬除國有林班地其鄰近加里洞社區周邊土地權屬則多為私有土地。

表 2-8、計畫範圍內土地利用型態分析表

土地利用型態	面積(ha)	百分比(%)	土地利用型態	面積(ha)	百分比(%)
農業利用土地	57.61	15.51%	建築利用土地	3.72	1.00%
森林利用土地	280.42	75.50%	礦鹽利用土地	1.96	0.53%
交通利用土地	2.87	0.77%	其他利用土地	13.90	3.74%
水利利用土地	10.94	2.95%			
總計				371.42	100.00%

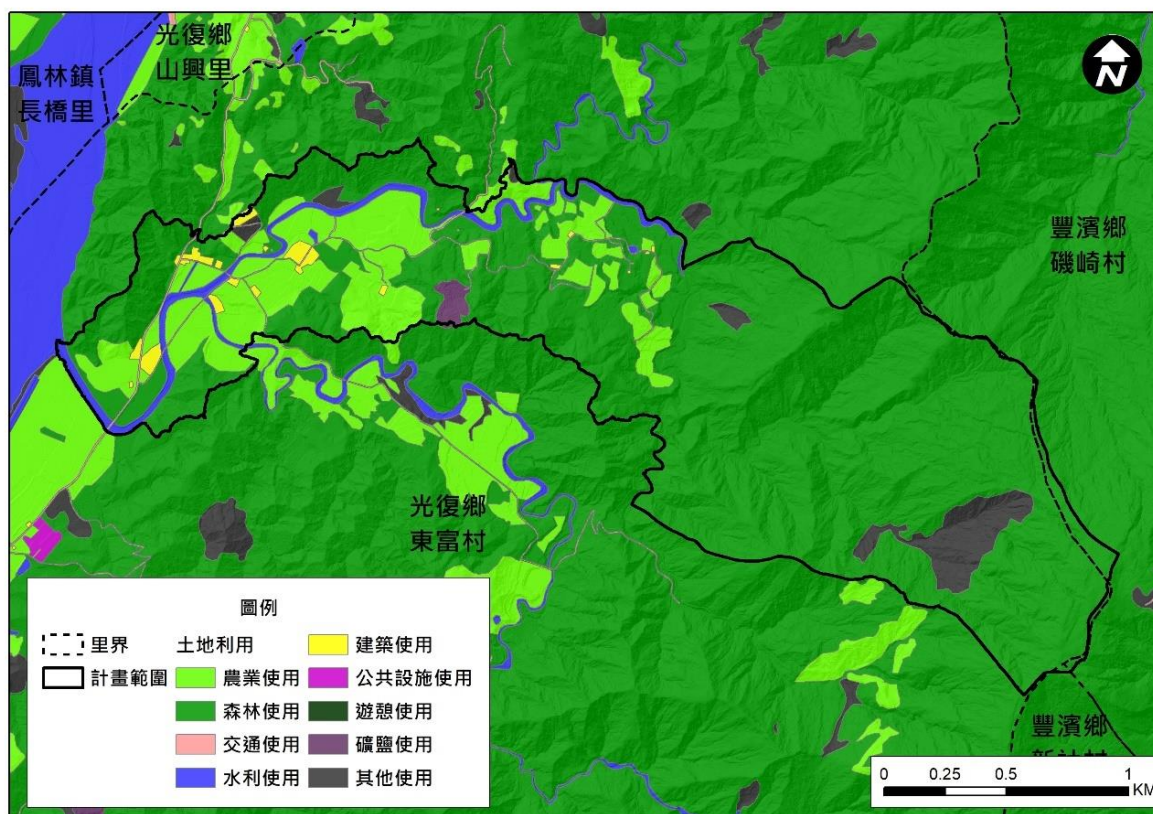


圖 2-13、計畫區土地利用分佈圖

三、集水區土地權屬

根據內政部地政司地籍圖資資料顯示，本區域地段位於花蓮縣光復鄉加里洞段(段籍編號：UB0294)與巴朗段(段籍編號：UB0912)，其中巴朗段土地權屬皆屬於中華民國行政院農業委員會林務局所有，另加里洞段大多屬於國有(中華民國財政部國有財產署)及私有土地，根據土地地籍資料進行統計，本計畫區範圍共有 542 筆地號，當中中華民國行政院農業委員會林務局占有 25 處、中華民國財政部國有財產署占有 170 處、私有土地占有 347 處，詳如附錄二所示。

表 2-9、計畫範圍內之公私有土地面積統計表

土地權屬	地號筆數	面積(ha)	占全區百分比(%)
私有地	347	112.77	30.36%
中華民國行政院農業委員會林務局	25	197.36	53.14%
中華民國財政部國有財產署	170	56.81	15.30%
其他-未登錄	--	4.48	1.21%
合計	542	371.42	100.00%

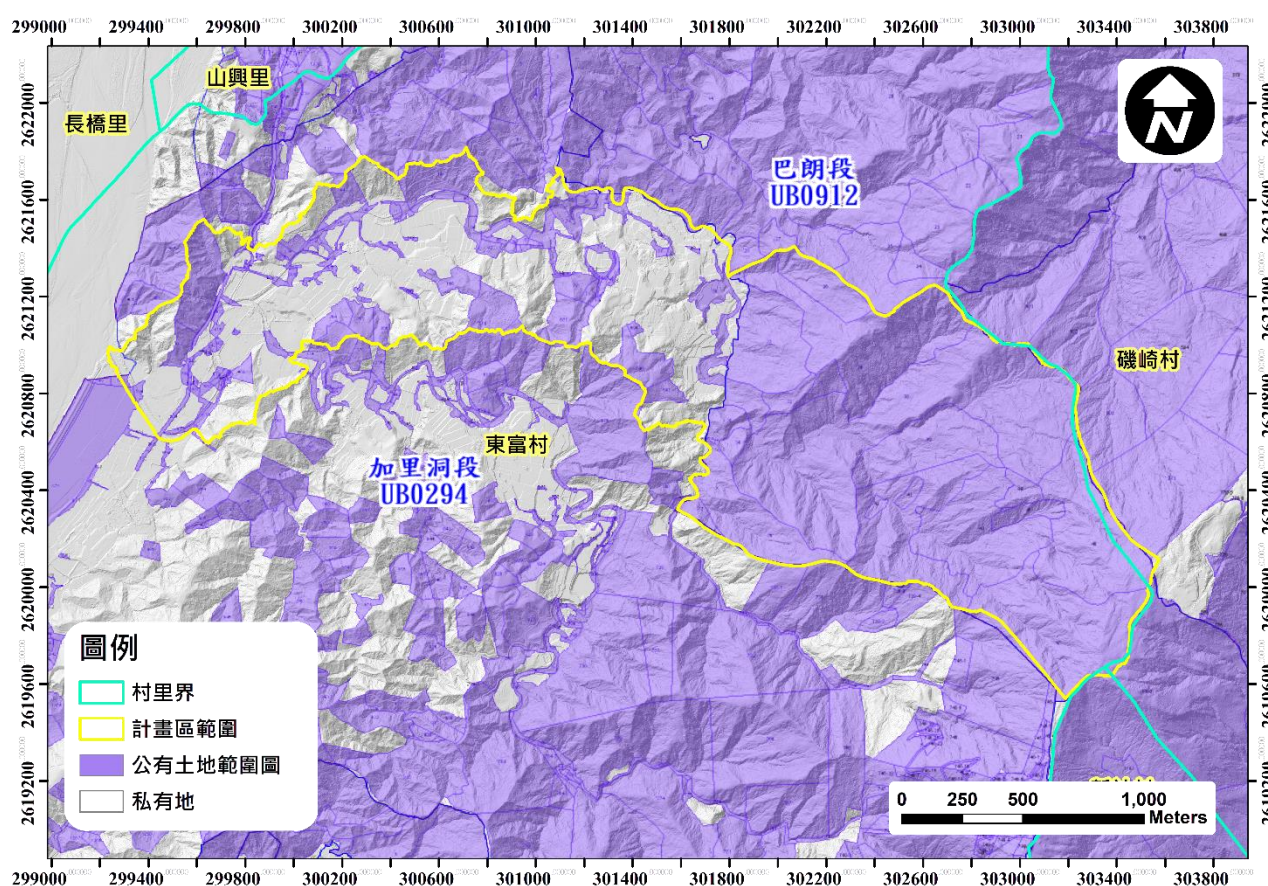


圖 2-14、計畫範圍公有土地範圍圖

2-5、遙測影像與崩塌地

一、歷年遙測影像蒐集

根據國土測繪中心提供之 70 與 89 年像片基本圖與 90、99、103 及 106 年航照正射與本計畫拍攝之 111 年 UAV 正射資料比對成果顯示，本區崩塌地主要乃位於集水中上游林田山事業區 154 林班地之舊有崩塌(上游源頭崩塌地)，歷年有逐步擴大跡象，為下游土砂淤積的主要土砂來源，其他小規模或局部崩塌位於 154 林班之巴朗溪兩岸，而中下游主要為農耕區域，多採梯田形式耕作水稻。另根據中央大學太空遙測中心提供之 93-110 年間 SPOT 衛星影像資料顯示該區整體崩塌地變化不明顯，計畫集水區內地貌變遷幅度低，SPOT 衛星歷年影像資料如圖 2-23 所示。由歷年衛星及航照影像判斷可知，該崩塌地為舊有崩塌地形，歷年植被雖有生長，但坡面表土經多年沖蝕已露出岩盤，除坡腹殘留之崩積土處，無良好立地條件供植物生長，然而由高精度數值地形判釋地形特徵後，發現該區域已可見滑動地形特徵，且為林務局判釋之潛在大規模崩塌光復鄉 D032 範圍之下緣處屬陡-緩-陡坡面，蝕溝發育旺盛。

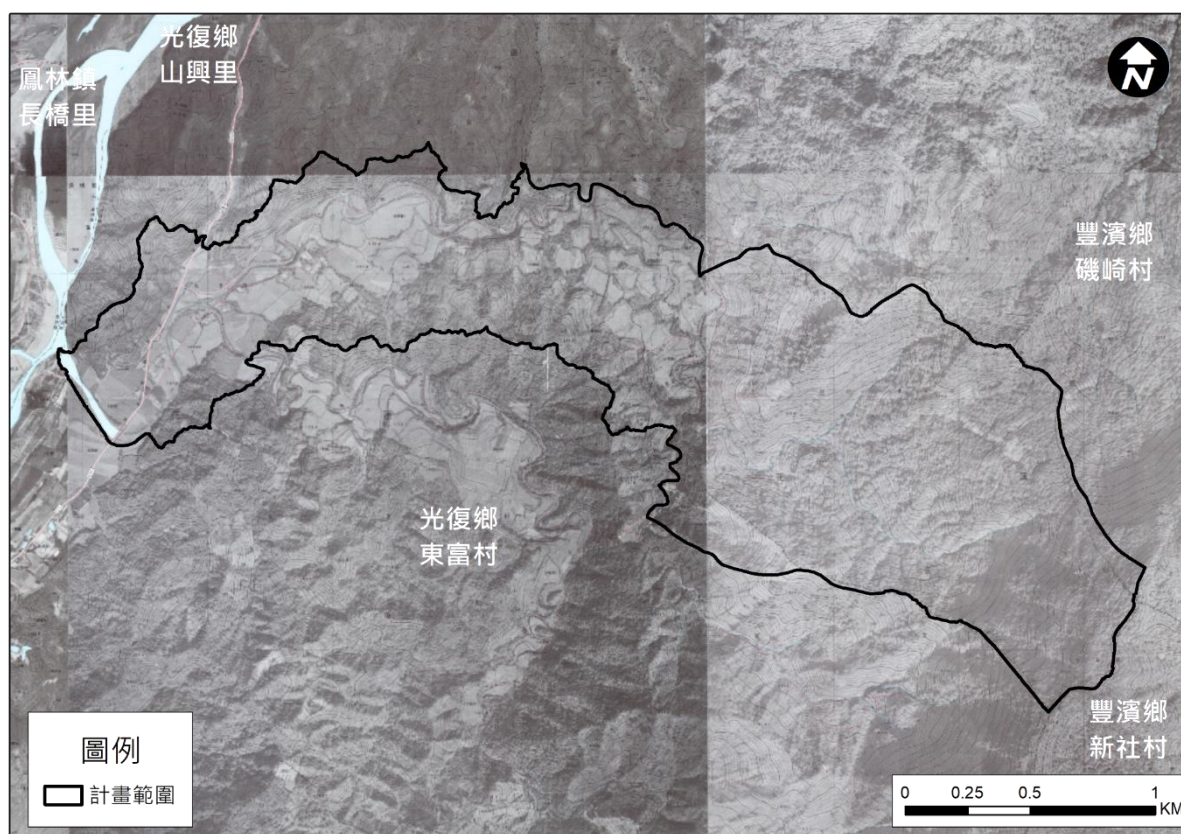


圖 2-15、計畫範圍 70 年相片基本圖

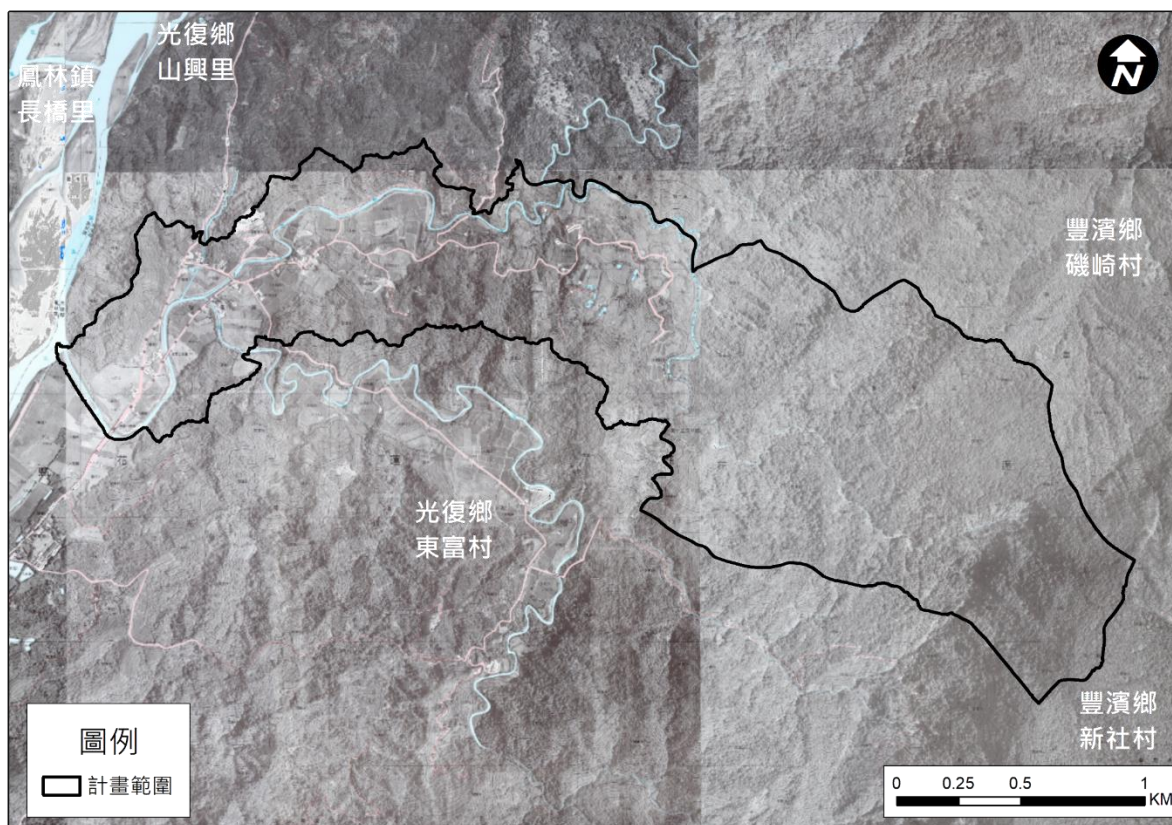


圖 2-16、計畫範圍 89 年相片基本圖

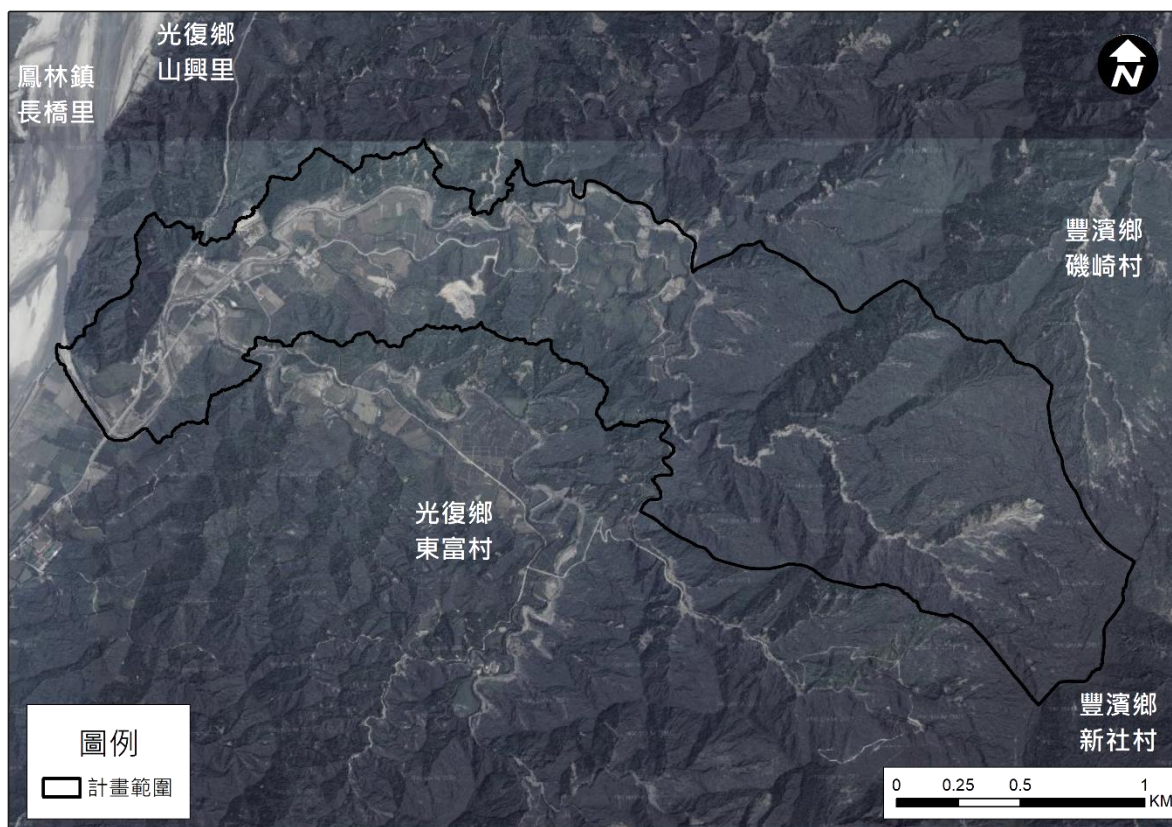


圖 2-17、計畫範圍 90 年(桃芝颱風後)航照正射

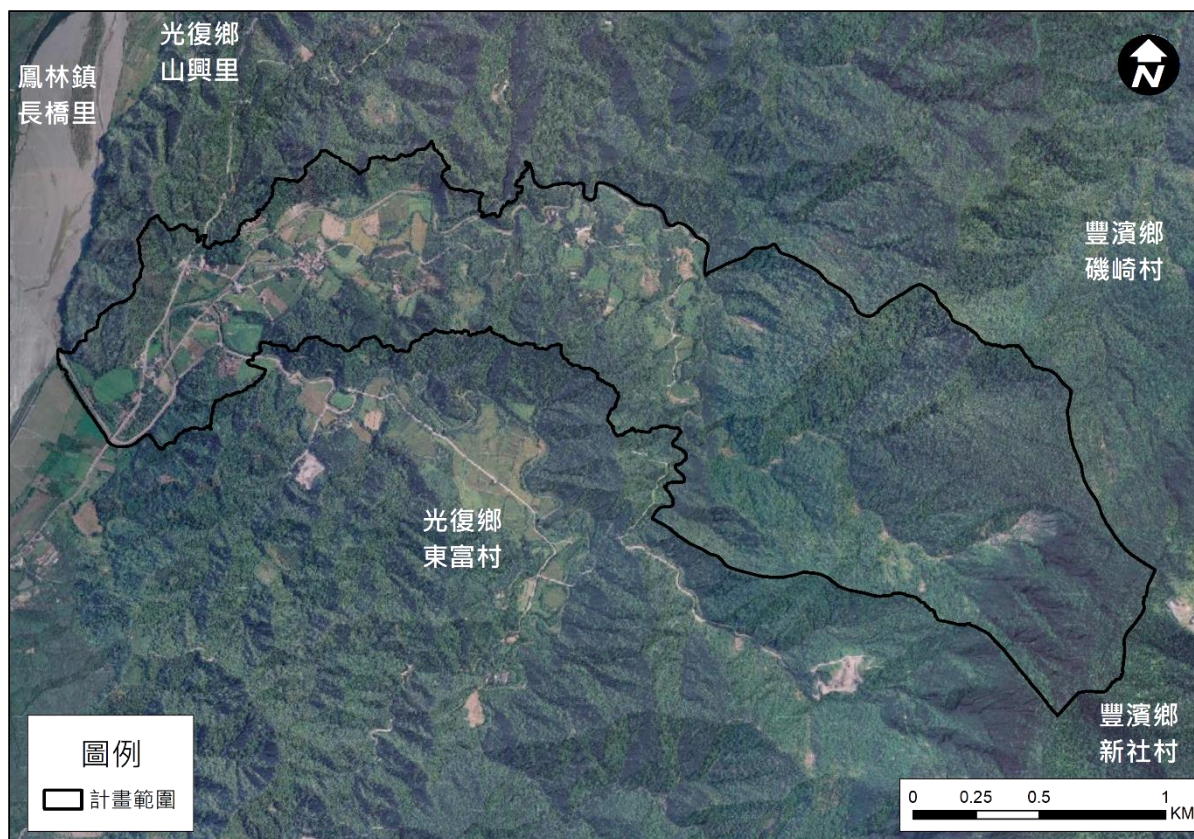


圖 2-18、計畫範圍 99 年航照正射

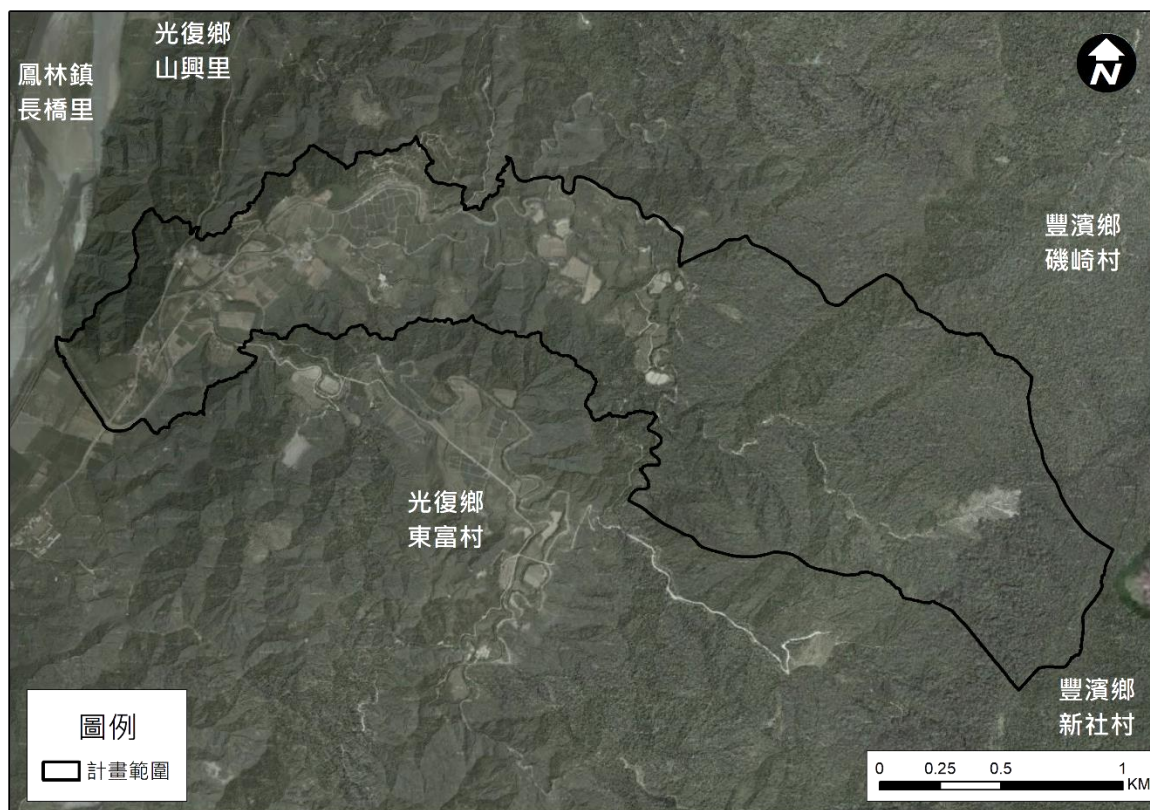


圖 2-19、計畫範圍 103 年航照正射

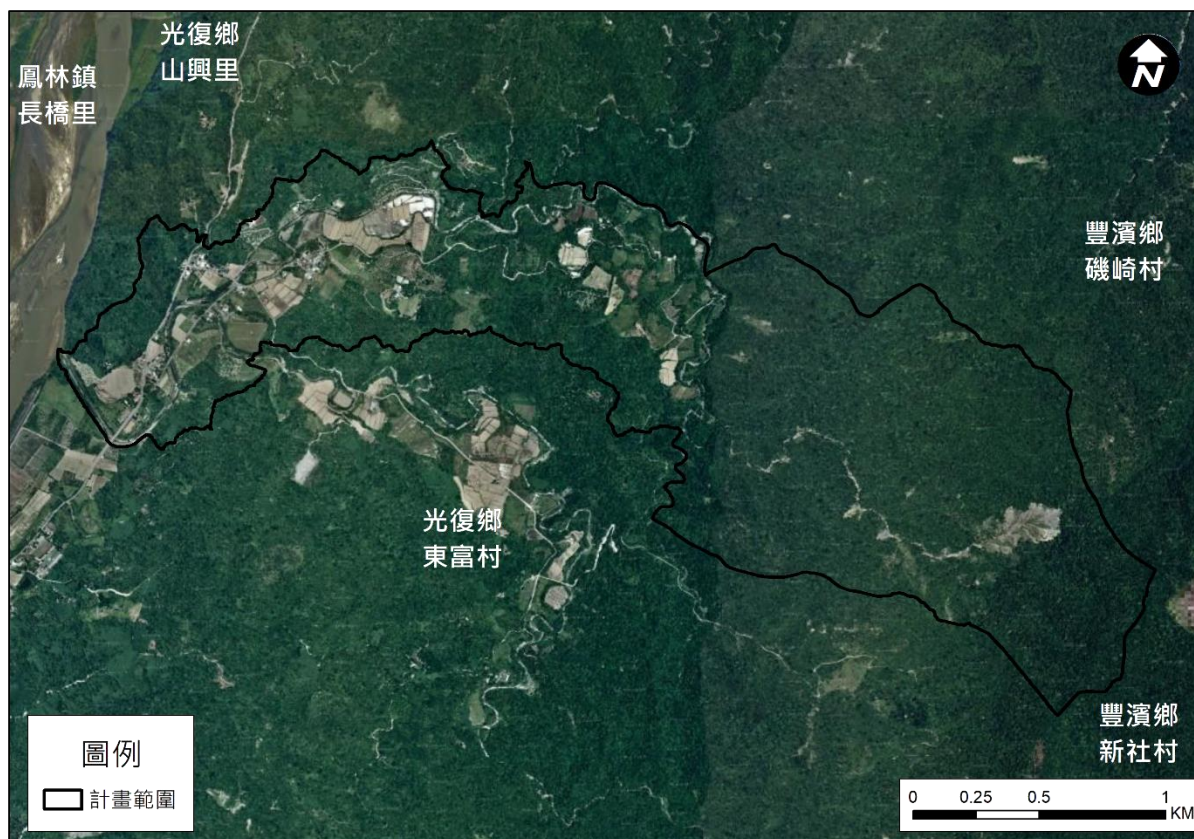


圖 2-20、計畫範圍 106 年航照正射

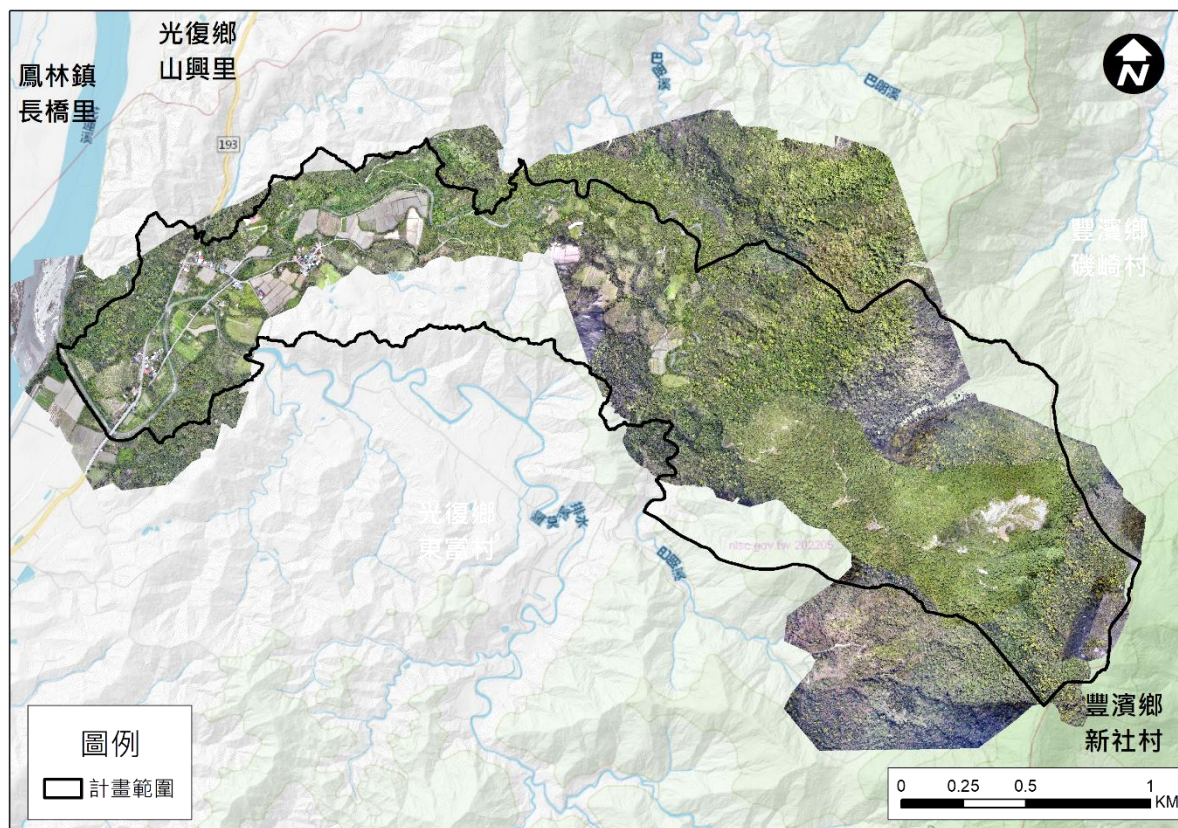


圖 2-21、計畫範圍 111 年 UAV 正射(本計畫產製)

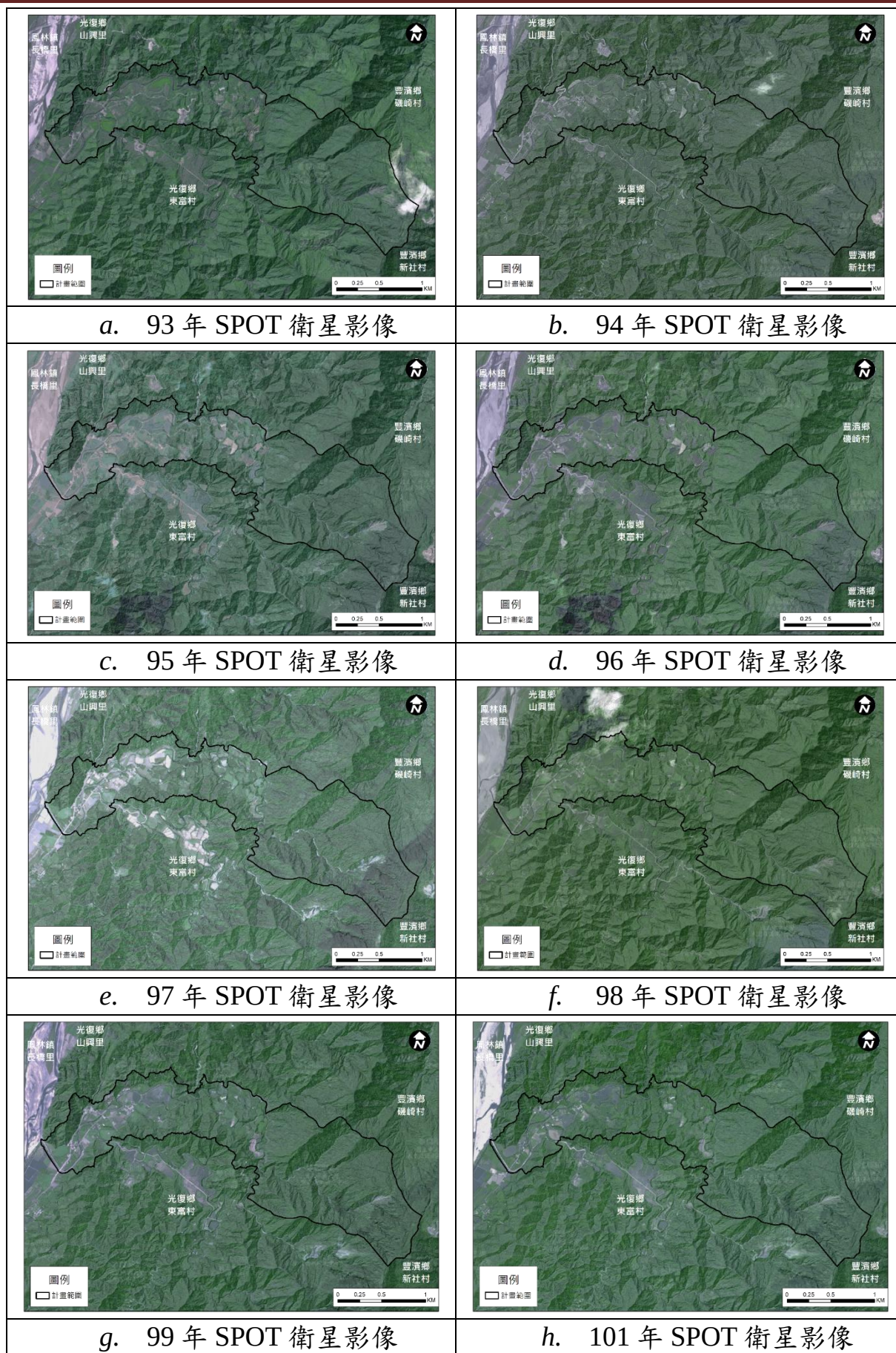


圖 2-22、計畫範圍歷年衛星影像資料

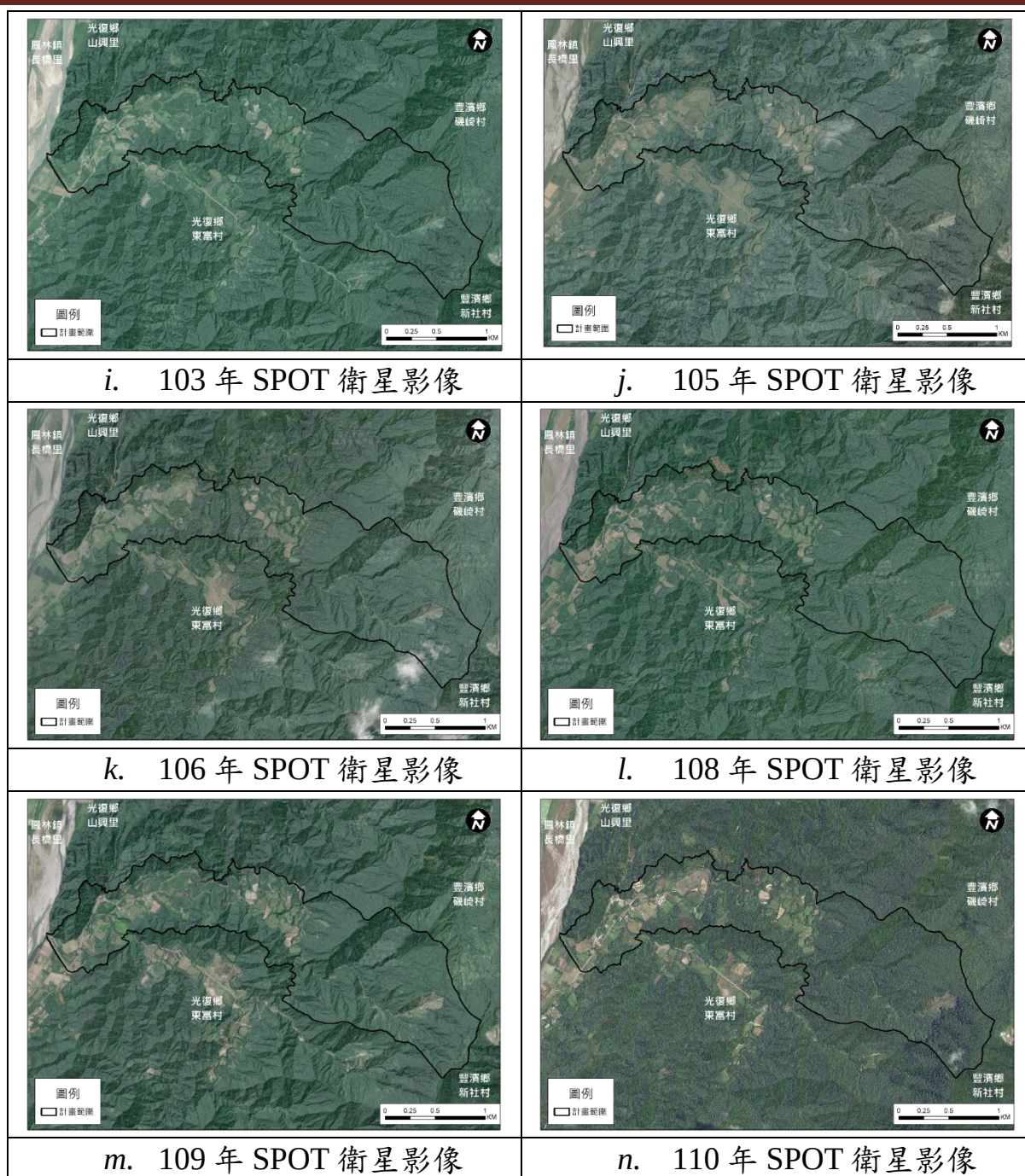


圖 2-23、計畫範圍歷年衛星影像資料(續)

二、崩塌地變遷

經歷次前期衛星影像進行室內圖面與影像判釋，與現場空拍產製正射影像可測得崩塌面積約 5.2 公頃，崩塌最大寬度約 160 公尺，最大長度約 500 公尺，過往崩塌地變遷受到季節、降雨與地震影響主要以坡面植生與表土沖刷等變化為主，整體變異情況不明顯，惟 90 年桃芝颱風(瞬間雨量大)期間有較明顯變化，近年以 110 年 4 月 18 日地震後有擴大情勢，如表 2-10 所示。

根據桃芝颱風災後崩塌判釋成果顯示(如圖 2-19)，潛在大規模崩塌仍以淺層崩塌為主代表活動性不高，集水區主要的土砂來源為上游源頭舊有崩塌擴大與河道側岸侵蝕為主。歷經 111 年度 620 光復(規模 6)與 917 關山地震(規模 6.6)與 918 池上地震(規模 6.8)後，雖未有崩塌地擴大災害發生，但倘若遭遇重大降雨事件，可能誘發並降低崩塌與土石流發生門檻，仍需注意災害之發生。

表 2-10、崩塌地衛星影像分析

歷年變化		近年變化		
時間	崩塌變異	影像時間	類型	崩塌地情形
70 年	崩塌裸露已存在	105/11/14	SPOT 7	舊崩塌區裸露，無變異。
89 年	崩塌裸露，無明顯變異	110/06/16	SPOT 7	110 年 0418 地震事件後擴大。
90 年	桃芝颱風災後，河道側岸崩塌明顯，河道兩岸裸露	110/08/10	Planet	無明顯擴大裸露。
		110/10/06 110/11/16	Planet	圓規颱風及 1013 豪雨後，無明顯擴大裸露情勢。
90-105 年	崩塌裸露，惟植生與表土沖刷等變化，時而復育時而沖刷擴大刷深。	111/06/18 111/06/24	Planet	6/20 日編號 59 號光復地震後，無明顯擴大裸露情勢。
		111/9/15 111/9/21	Planet	111 年度歷經 917 關山地震與 918 池上地震後，無明顯擴大裸露情勢。

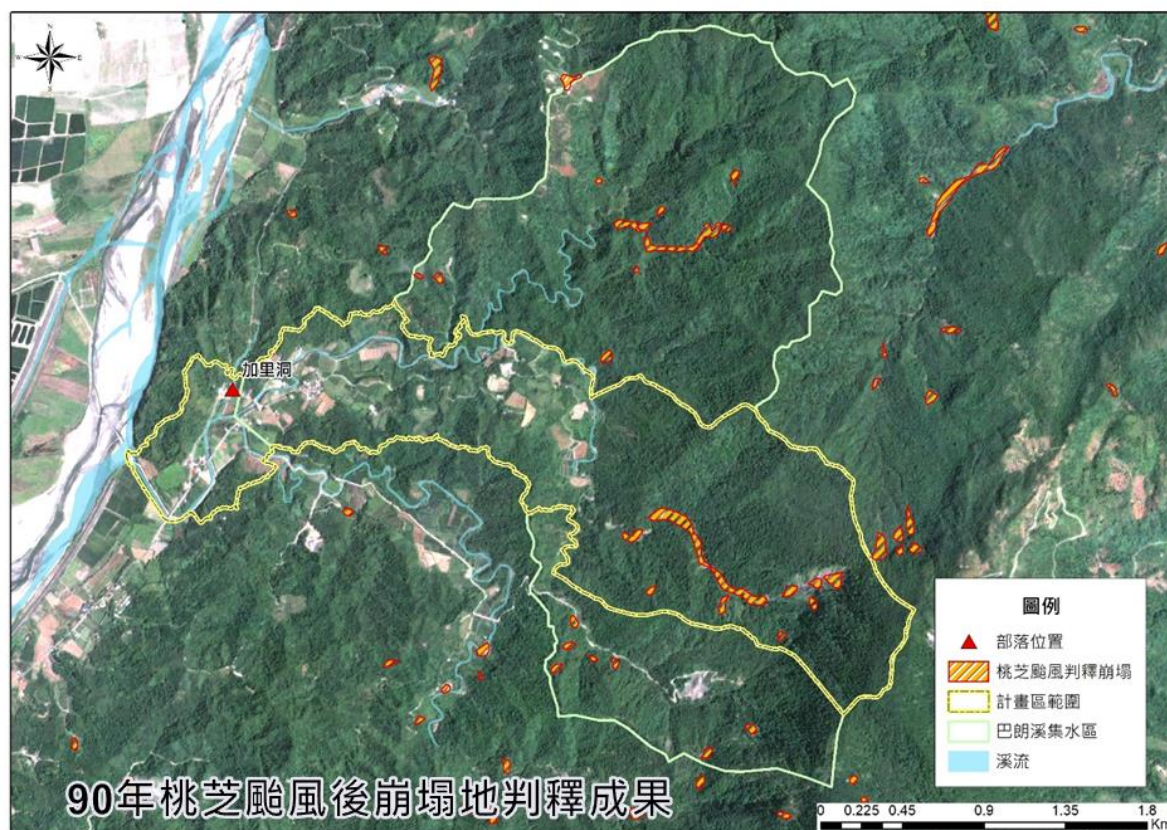


圖 2-24、桃芝颱風災後崩塌判釋成果



圖 2-25、崩塌地周遭全景(110.08)

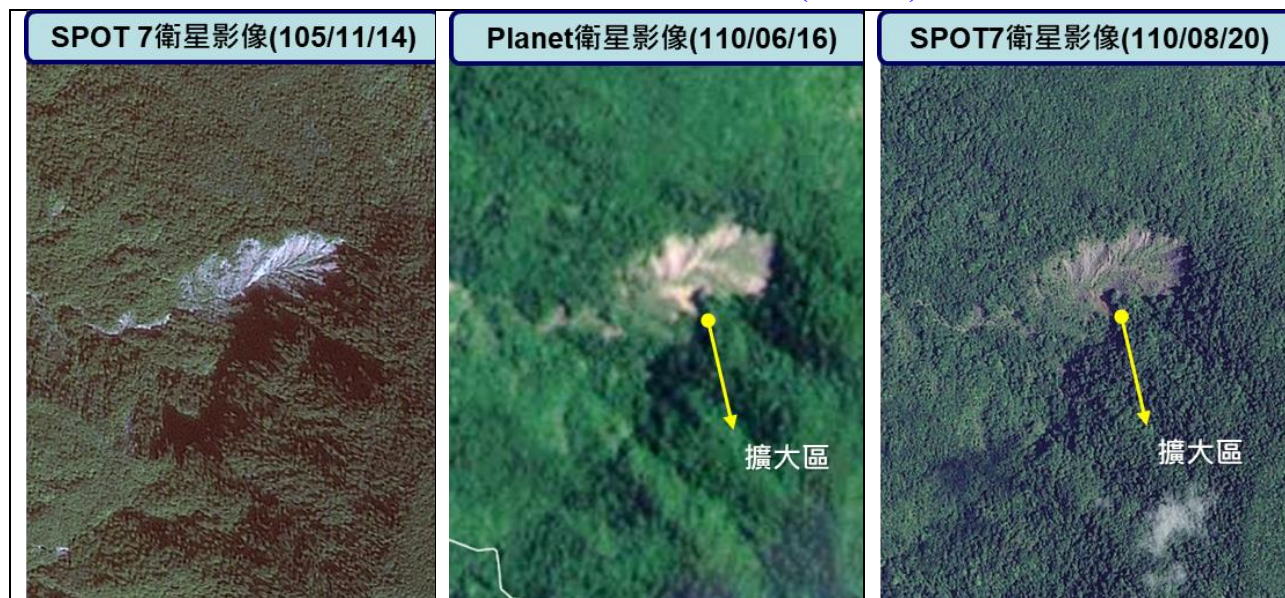


圖 2-26、崩塌地歷史衛星影像變異追蹤

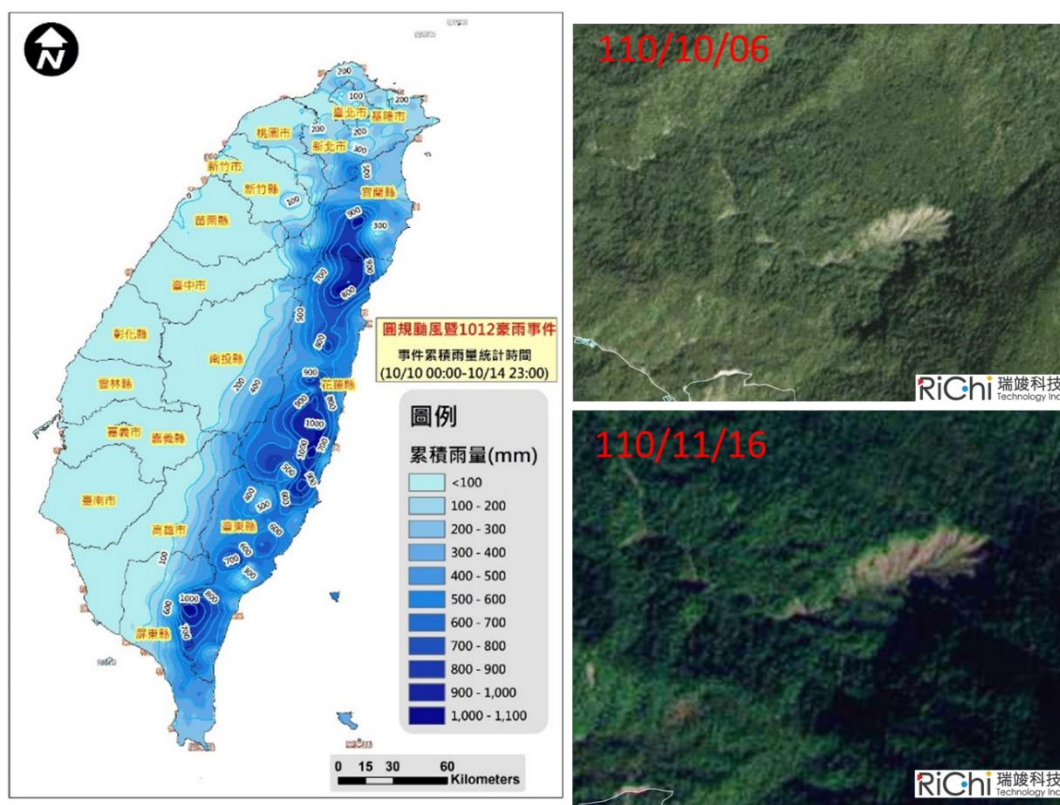


圖 2-27、110 年圓規颱風前後影像比對(未明顯變異)

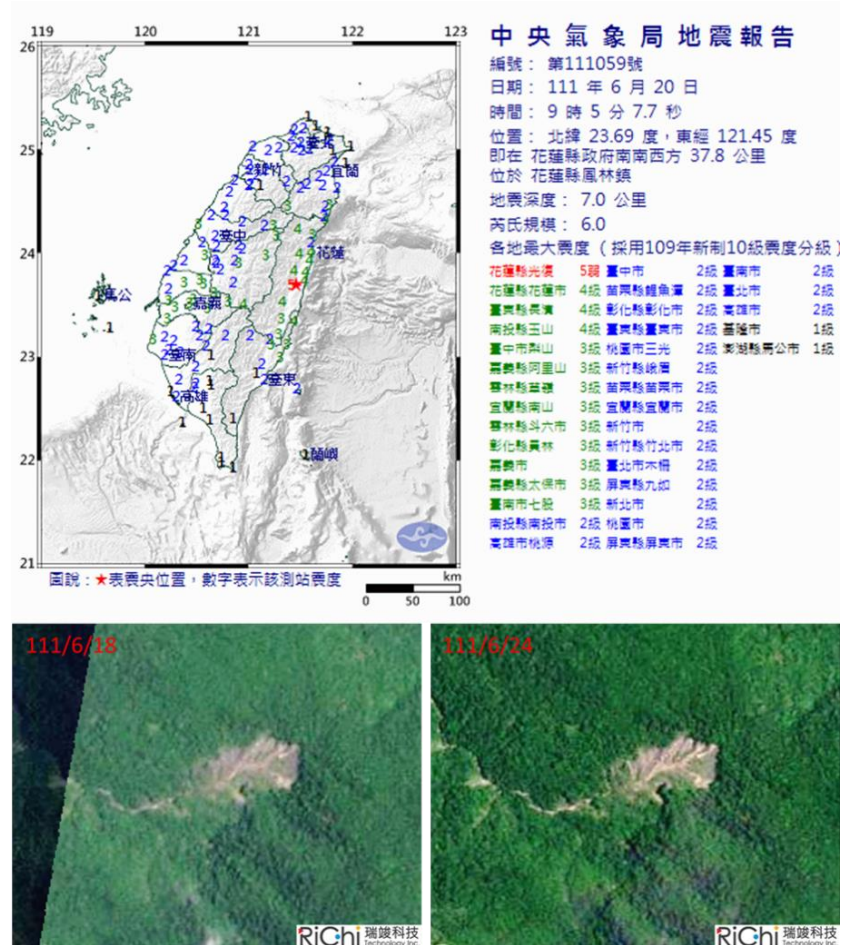


圖 2-28、620 光復地震前後影像比對(未明顯變異)

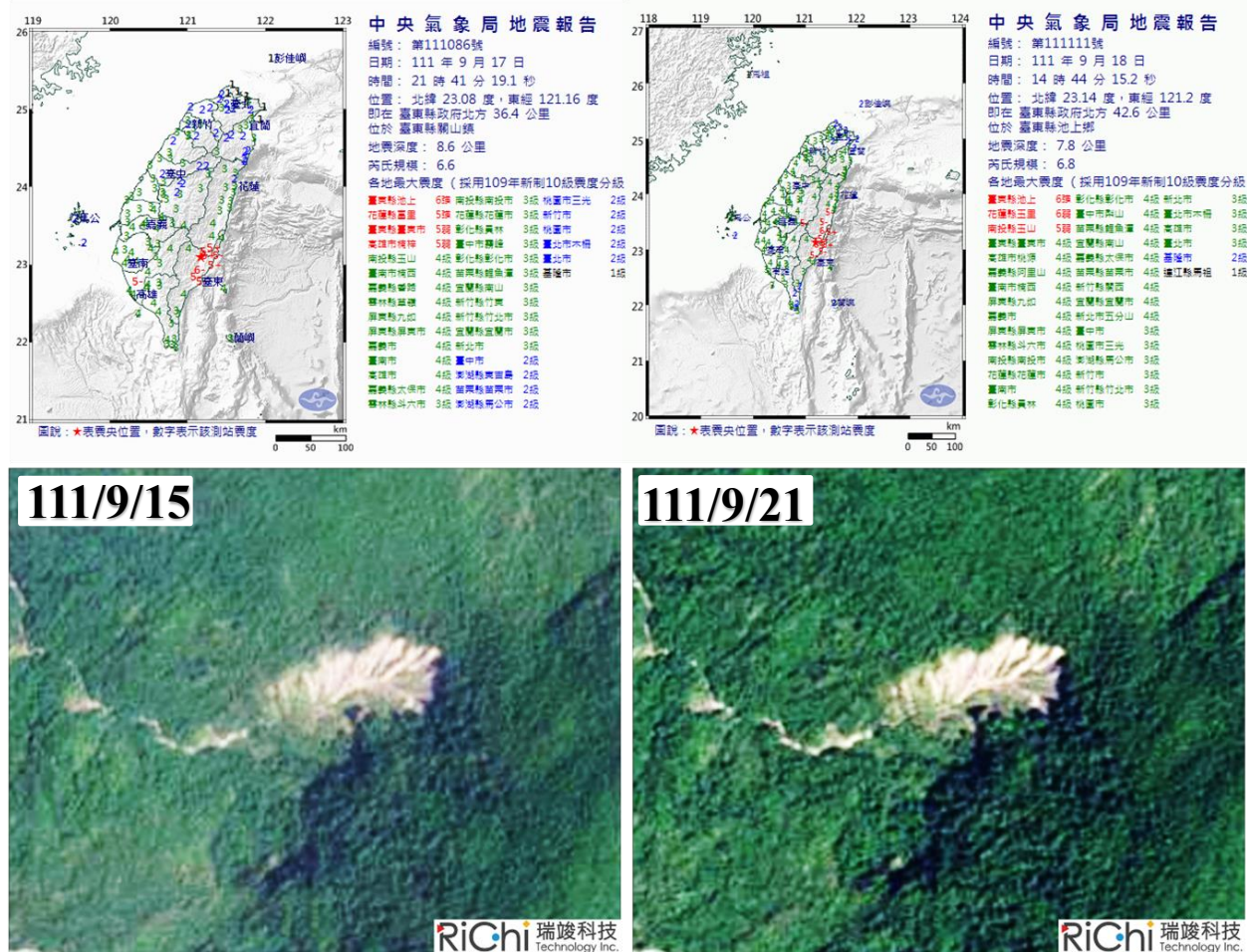


圖 2-29、0917 關山與 0918 池上地震前後影像比對(未明顯變異)

2-6、潛在大規模崩塌區

根據林務局「國有林大規模崩塌潛勢區判釋與危險度評估計畫」相關計畫判釋成果得知，本計畫集水區內，共計有 2 處潛在大規模崩塌區，其中巴朗溪上游源頭段與中游段個分別乃花蓮縣光復鄉 D032 與花蓮縣光復鄉 D014 潛在大規模崩塌區。一般而言，大規模崩塌大致可以分為冠部、陷落區和隆起區，主要特徵有主崩崖、次崩崖、冠部崩崖、冠部裂隙、反向坡與陷溝等線性構造，另外如坡頂緩斜面、多重山山稜、蝕溝、側邊裂隙、坡趾隆起，與滑動體等亦為判釋要項。大規模崩塌之崩塌地形特徵現地調查表分為崩崖、滑動體、地形凹陷、隆起、裂隙等特徵之描述，茲將本計畫範圍大規模崩塌地形特徵初步判釋，透過現地調查標示人工構造物變形位置，如房屋、道路、擋土牆破壞、電桿(樹木)傾斜，找尋崩塌陷落崖、裂縫、陷溝、反向坡、趾部抬昇等大規模崩塌地形跡證。後續依據坡向、集水區之特徵及坡面塊體滑動方向、速度，對大規模崩塌區進行滑動塊體分類分區，以釐清區域內崩塌活動特性及機制。大規模崩塌具有規模大、土砂量高及高致災性等特質，此崩塌潛勢區下游為巴朗溪及加里洞部落，對於大規模崩塌活動性與可能影響，本計畫後續透過細部調查以了解大規模崩塌致災風險。

表 2-11、潛在大規模崩塌區基本資料表

編號	花蓮縣-光復鄉-D014	花蓮縣-光復鄉-D032
流域	花蓮溪流域	花蓮溪流域
面積(Ha)	14.73	33.72
代表高程	329	738
高程差	191.79	428.41
坡度	28.01	33.21
構造	無	有
地層	八里灣層(砂頁岩互層)	都鑾山層(火山碎屑岩、角礫岩)、 部分八里灣層(泥岩、砂頁岩互層)
岩性	礫岩	火成岩
滑動成因	河岸侵蝕、重力滑移	河岸侵蝕、鄰近構造線、重力滑移
發生度	低	中

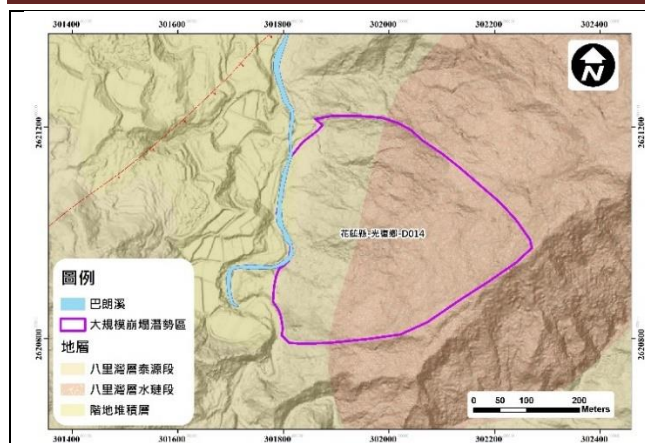


圖 2-30、花蓮縣-光復鄉-D014
地質圖



圖 2-31、花蓮縣-光復鄉-D032
地質圖

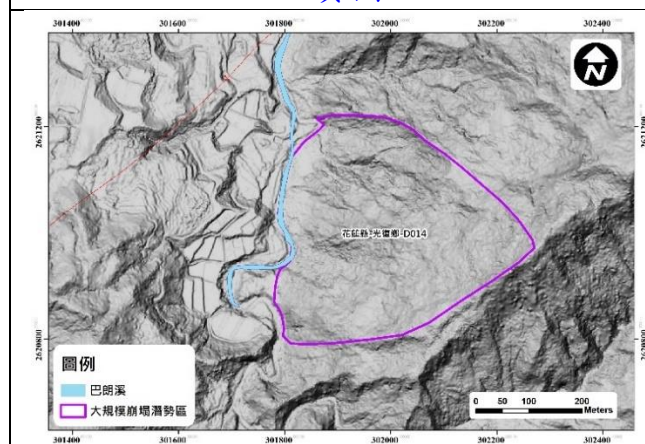


圖 2-32、花蓮縣-光復鄉-D014
地形圖

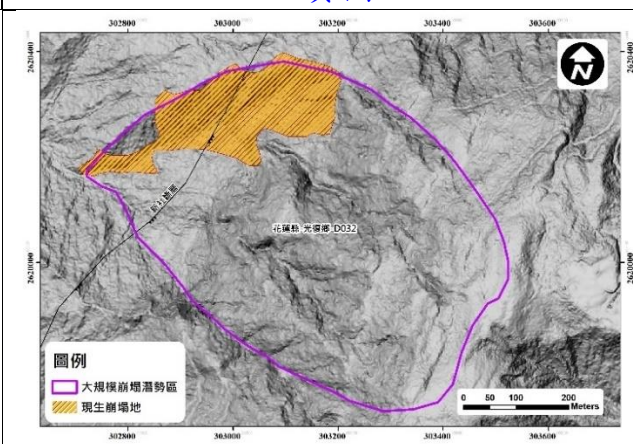


圖 2-33、花蓮縣-光復鄉-D032
地形圖



圖 2-34、花蓮縣-光復鄉-D014
航照圖

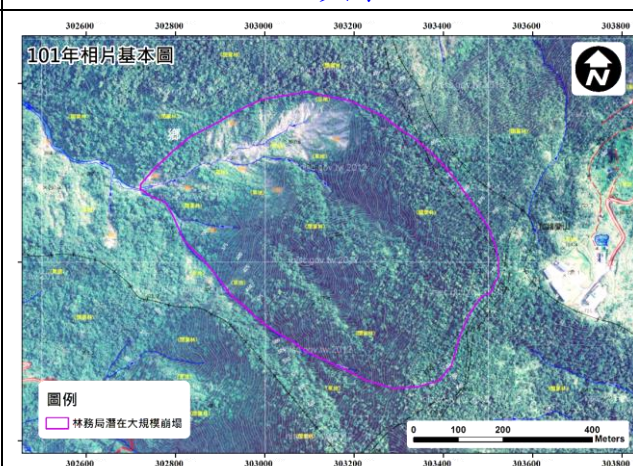


圖 2-35、花蓮縣-光復鄉-D032
航照圖

2-7、集水區生態資料盤點

陸域動物部分，使用台灣生物多樣性網絡(Taiwan Biodiversity Network)公開資料庫搜集調查範圍周邊資料，因為本地區調查資料較少，資料蒐集範圍設定為花蓮溪右岸海岸山脈西側馬鞍溪匯流口至萬里溪匯流口，範圍內包含之資料庫有 Chinese Wild Bird Federation Bird Records Database、EOD - eBird Observation Dataset、iNaturalist Research-grade Observations、The Taiwan Roadkill Observation Network Data Set、臺灣兩棲類資源調查與教育宣導推廣計畫(Resources survey and education advocacy to promote for Taiwan amphibian resources)。其中兩棲類有 1 目 5 科 15 種，特有種 4 種。爬蟲類 1 目 4 科 5 種，特有種 1 種。哺乳類 1 目 1 科 1 種，特有種 1 種。文獻中部分種類如艾氏樹蛙與周氏樹蛙因資料記錄日期早於碧眼樹蛙(*Kurixalus berylliniris* Wu, Huang, Tsai, Lin, Jhang & Wu, 2016)與太田樹蛙(*Buergeria otai* Wang, Hsiao, Lee, Tseng, Lin, Komaki & Lin, 2020)的發表日期，依照各物種分布區域推測資料庫中艾氏樹蛙紀錄可能有部分為碧眼樹蛙，周氏樹蛙則應為太田樹蛙(表 2-12)。

在鳥類部分，由於本案僅針對崩塌、防洪治理可能涉及影響之動物類群進行調查，主要為於濱溪地面及溪流中活動之動物，並未規劃針對樹層、空中活動之鳥類穿越線調查，因此在鳥類部分僅有紅外線自動相機記錄範圍內之地棲型鳥類之紀錄，無法記錄到較常於樹層、空中活動之鳥類，本案之文獻收集也對應此調查規畫，僅收集與紅外線自動相機結果相似的臺灣路殺社之資料庫(The Taiwan Roadkill Observation Network Data Set)，收集常於地面活動，且容易被紅外線自動相機記錄之地棲型鳥類，計有 4 目 4 科 4 種，特有種計有 2 種。

水域動物部分，以經濟部水利署第九河川局之「花蓮溪水系(含主流及 10 條主次支流)106~108 年河川情勢調查」中，離本計畫調查區域最鄰近之上下游樣站魚蝦蟹紀錄作為背景資料蒐集，以該案花 4(馬鞍溪匯流口)以及花 5(箭瑛大橋)樣站為蒐集之目標樣站，發現 3 目 5 科 11 種魚類，其中外來種 3 種及流域入侵種 4 種，兩側洄游僅有大吻鰕虎 1 種(表 2-13)。蝦蟹類則未在該 2 案站紀錄，

但依照該案樣站環境相似程度以及物種分布範圍推斷本計畫調查範圍可能會出現雙色澤蟹、灰甲澤蟹、拉氏明溪蟹與粗糙沼蝦等物種。

表 2-12、台灣生物多樣性網絡生態資料之蒐集結果

所屬資料庫	類群	目	科	中文名	分類群學名	保育類	原生性	特有性
iNaturalist Research-grade Observations	兩棲類	無尾目	樹蛙科	太田樹蛙	<i>Buergeria otai</i>		原生	
	爬蟲類	有鱗目	黃領蛇科	紅斑蛇	<i>Lycodon rufozonatus</i>		原生	
	鳥類	鵜形目	鷺科	夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>		原生	
The Taiwan Roadkill Observation Network Data Set.	兩棲類	無尾目	樹蛙科	莫氏樹蛙	<i>Zhangixalus moltrechti</i>		原生	特有種
		無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍	<i>Bufo bankorensis</i>		原生	特有種
		無尾目	叉舌蛙科	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		原生	
	爬蟲類	有鱗目	蝙蝠蛇科	雨傘節指 名亞種	<i>Bungarus multicinctus multicinctus</i>		原生	
		有鱗目	黃領蛇科	青蛇	<i>Cyclophiops major</i>		原生	
		有鱗目	黃領蛇科	紅斑蛇指 名亞種	<i>Lycodon rufozonatus rufozonatus</i>		原生	
		有鱗目	飛蜥科	斯文豪氏 攀蜥	<i>Diploderma swinhonis</i>		原生	特有種
		有鱗目	蝮蛇科	龜殼花	<i>Protobothrops mucrosquamatus</i>		原生	
	哺乳類	嚙齒目	鼠科	臺灣刺鼠	<i>Niviventer coninga</i>		原生	特有種
	鳥類	雞形目	雉科	台灣竹雞	<i>Bambusicola sonorivox</i>		原生	特有種
		鶴形目	秧雞科	灰胸秧雞 (台灣特有 亞種)	<i>Lewinia striata taiwana</i>		原生	特有種
		鴿形目	鳩鴿科	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>		原生	
		雀形目	雀眉科	頭烏線(指 名亞種)	<i>Schoeniparus brunneus brunneus</i>		原生	特有種
臺灣兩棲類資源調 查與教育宣導推廣 計畫 Resources survey and education advocacy to promote for Taiwan amphibian resources	兩棲類	無尾目	狹口蛙科	小雨蛙	<i>Microhyla fissipes</i>		原生	
		無尾目	樹蛙科	布氏樹蛙	<i>Polypedates braueri</i>		原生	
		無尾目	樹蛙科	艾氏樹蛙	<i>Kurixalus eiffingeri</i>		原生	
		無尾目	樹蛙科	周氏樹蛙	<i>Buergeria choui</i>		原生	
		無尾目	赤蛙科	拉都希氏 赤蛙	<i>Hylarana latouchii</i>		原生	
		無尾目	叉舌蛙科	虎皮蛙	<i>Hoplobatrachus rugulosus</i>		原生	
		無尾目	赤蛙科	貢德氏赤 蛙	<i>Hylarana guentheri</i>		原生	
		無尾目	樹蛙科	莫氏樹蛙	<i>Zhangixalus moltrechti</i>		原生	特有種
		無尾目	赤蛙科	斯文豪氏 赤蛙	<i>Odorrana swinhoana</i>		原生	特有種
		無尾目	蟾蜍科	黑眶蟾蜍	<i>Duttaphrynus melanostictus</i>		原生	
		無尾目	赤蛙科	腹斑蛙	<i>Nidirana adenopleura</i>		原生	
		無尾目	樹蛙科	褐樹蛙	<i>Buergeria robusta</i>		原生	特有種
		無尾目	叉舌蛙科	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		原生	

表 2-13、花蓮溪水系 106~108 年河川情勢調查花 4 及花 5 樣站魚類紀錄

目	科	物種名	學名	原生屬性	洄游性
鯰形目	甲鯰科	豹紋翼甲鯰	<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	外來種	
鯉形目	鯉科	何氏棘鮃	<i>Spinibarbus hollandi</i>	原生	
		高身白甲魚	<i>Onychostoma alticorpus</i>	原生	
		粗首馬口鱮	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>	流域入侵	
		臺灣石	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	流域入侵	
		臺灣石鮒	<i>Tanakia himantegus</i>	原生	
		臺灣鬚鱮	<i>Candidia barbata</i>	流域入侵	
鱸形目	麗魚科	吉利非鯽	<i>Tilapia zillii</i>	外來種	
	鰕虎科	大吻鰕虎	<i>Rhinogobius gigas</i>	原生	兩側洄游
		明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	流域入侵	
	鱧科	線鱧	<i>Channa striata</i>	外來種	

2-8、歷史災害與保全對象

一、歷史災害

計畫區過去並無大規模土砂災害紀錄，然而因地質破碎、集水區上游坡度陡峭，常有河道側岸崩塌發生，計畫區內各處野溪中上游段隨處可見砂或泥質土砂堆積在河道內，凸顯計畫集水區中上游崩塌對於河道的影響。在調查訪談村民的過程了解近年來較大型災害事件發生於 90 年度桃芝颱風(短延時、強降雨，以光復雨量站代表推估頻率年約 50-100 年)侵襲期間造成溪水暴漲，泥流侵入住宅及農地，泥質水流漫淹進入加里洞部落各房舍，造成規模不等之水砂災害，甚至部分淤泥深達膝蓋處，並於多處河道隘口處、轉彎處及開闊處造成土砂溢流，導致部分農地、道路及引水設施受損，所幸災情皆未造成人員傷亡。

表 2-14、光復雨量站(中央氣象局)90 年桃芝颱風水文頻率分析結果表

(單位：mm)

降雨延時 /頻率年	2 年	5 年	10 年	20 年	25 年	50 年	100 年	200 年	最大累積 雨量	重現年
1	44.4	61.1	78.3	98.3	105.3	128.2	152.9	179.3	146.5	50-100
3	95.0	146.3	197.7	256.7	277.1	343.9	415.7	492.0	390.0	50-100
6	150.0	229.9	292.1	355.9	376.7	442.5	509.7	578.3	465.0	50-100
12	240.0	338.2	396.1	447.6	463.2	509.5	553.2	595.0	489.0	25-50
24	338.0	444.7	498.7	542.4	554.9	590.5	622.0	650.4	489.5	5-10

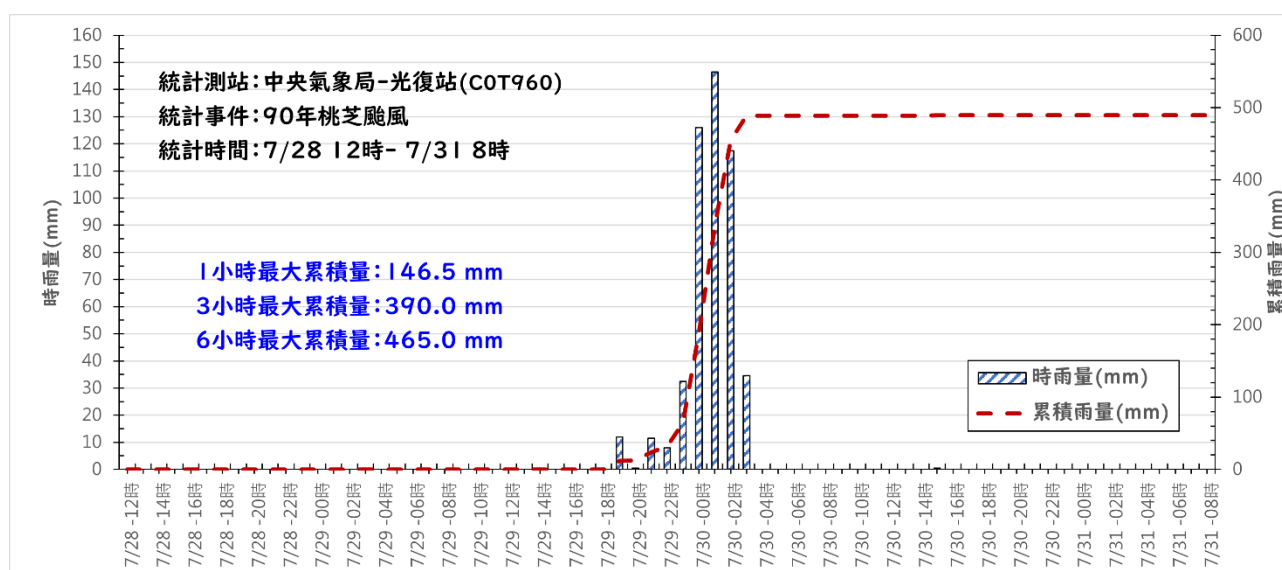


圖 2-36、90 年桃芝颱風期間光復站雨量組體圖

二、保全對象

為了瞭解各重點區域內的保全住戶分布情形，本計畫採用 108 年內政部門牌系統獲得資料坐標，本區主要保全對象主要以加里洞部落為主，計畫範圍內約有 63 戶，主要通行道路為花 193 線，保全對象分布則如圖 2-37 所示，計畫區內共計有 5 處橋樑，由下游至上游分別為加里一號橋、羅莫二號橋、任祥橋、加里洞橋與主恩橋等，坐標位置彙整如表 2-15 所示。

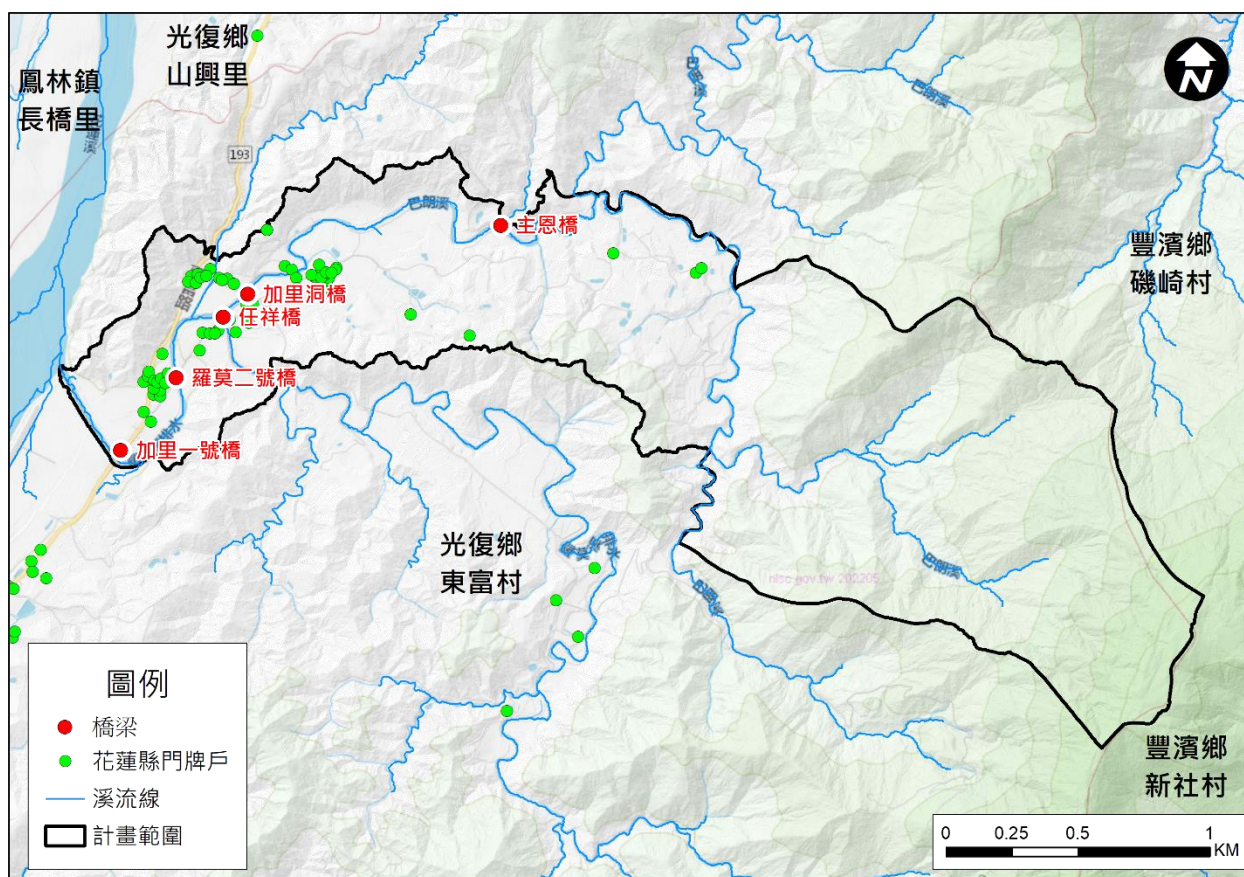


圖 2-37、保全對象分布

表 2-15、計畫區內橋樑坐標一覽表

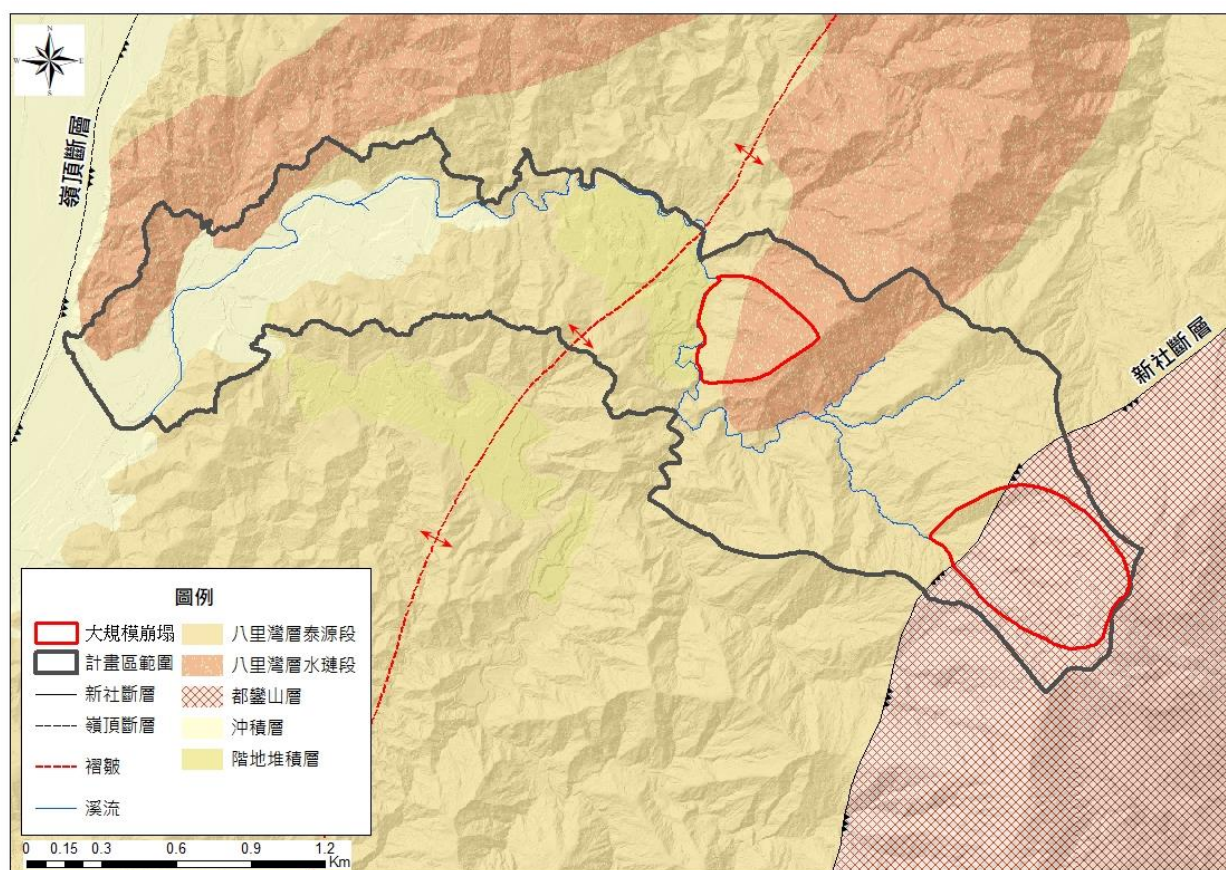
橋樑名稱	X 坐標 (TWD97)	Y 坐標 (TWD97)
加里一號橋	299467.11	2620670.17
羅莫二號橋	299676.98	2620945.55
任祥橋	299855.43	2621175.62
加里洞橋	299948.59	2621262.29
主恩橋	300908.63	2621523.65

2-9、集水區問題分析

本計畫區位於光復鄉東富村加里洞社區上游，位於花蓮溪支流巴朗溪集水區，屬於花蓮林區管理處所轄之林田山事業區第 154 林班地；經由過去的調查報告(林田山事業區 154 林班崩塌地調查評估報告；110 年)顯示，計畫範圍內有兩處林務局判釋大規模崩塌潛勢區-花蓮縣光復鄉 D014、花蓮縣光復鄉 D032 (國有林大規模崩塌潛勢區判釋與危險度評估計畫；106 年)；透過初步調查顯示花蓮縣光復鄉 D032 大規模崩塌潛勢區內有較明顯崩塌裸露地，該崩塌裸露地於民國 70 年即已形成且至 110 年初崩塌地仍呈現裸露狀態且有逐漸擴大趨勢，對於下游河道土砂供應產生威脅，並可能對巴朗溪下游加里洞部落造成威脅。而花蓮縣光復鄉 D014 大規模崩塌潛勢區，主要位於巴朗溪右岸，鄰近居民種稻河階台地，坡面有部分舊有崩塌裸露跡象，但整體植生仍算茂密。根據 3-1 節至 3-2 節各項調查成果，可綜整本計畫集水區遭遇課題如下：

一、區域環境地質條件不佳

參考經濟部中央地質調查所五萬分之一流域地質圖(102 年)，資料顯示如圖 2-38。計畫範圍周邊由西至東分別有嶺頂斷層以及新社斷層通過，兩斷層間並有一地質構造(褶皺)由西南往東北向通過，受到斷層及褶皺的影響導致本計畫範圍內地質破碎，受到地震、颱風豪雨的影響時易有崩塌的發育形成土砂災害，因此計畫區內亦有多處中央地調所公告山崩地滑地質敏感區，顯見本地區有許多坡面不穩定因素。此外計畫範圍內地質主要屬於八里灣層、都巒山層及階地堆積層等，其中新社斷層通過處區分八里灣層泰源段與都巒山層，八里灣層屬更新世沉積層，岩性分別為礫岩、砂頁互層及泥岩。早期將此三種岩相分別命名為水璉段(礫岩為主)、富田段(泥岩為主)與泰源段(砂頁岩互層)，本區分別有八里灣層水璉段以礫岩為主，以及八里灣層泰源段以砂頁岩互層為主等兩種岩性。此外，都巒山層代表的是南中國海板塊(歐亞板塊)向東隱沒至菲律賓海板塊之下而形成的火山島弧，岩性屬於火山碎屑岩經過再沉積以後的堆積物；整體而言計畫範圍內泥岩出露易沖蝕風化且有新社逆斷層通過，導致此區地質條件不佳，另上游集水區屬巴朗溪發源處，受到溪流長期向源侵蝕影響，有利崩塌之發育。



(資料來源:中央地質調查所)

圖 2-38、計畫區範圍五萬分之一流域地質圖

二、大規模崩塌風險分析

近年全球在氣候變遷影響下，大規模崩塌及土砂災害現象頻生，為減少類似小林村大規模崩塌可能造成之災害，農委會於民國 106 年提出「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，透過區域盤查以及問題界定分析，預先規劃大規模崩塌災害處理調適工作，以強化對於氣候變遷影響因應能力，目前共有 238 處大規模崩塌潛勢區列入「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」第一期及第二期之工作目標，但後續仍可由農委會林務局、水保局及地方政府依實際需求進行增補的作業。本計畫範圍內花蓮縣光復鄉 D032 與 D014 為林務局判釋大規模崩塌潛勢區，由於大規模崩塌具有規模大、土砂量高及高災害等特質，此崩塌潛勢區下游為巴朗溪及加里洞部落，對於此一大規模崩塌活動性與可能影響，實需透過進一步分析以了解大規模崩塌之風險。因此本計畫將透過 3-2 節進行大規模崩塌現地調查進行查證並於第肆章進行大規模崩塌活動性之機制分析，了解大規模崩塌之災害風險，並提出處置建議與後續之辦理之期程規劃(如第陸章之說明)。

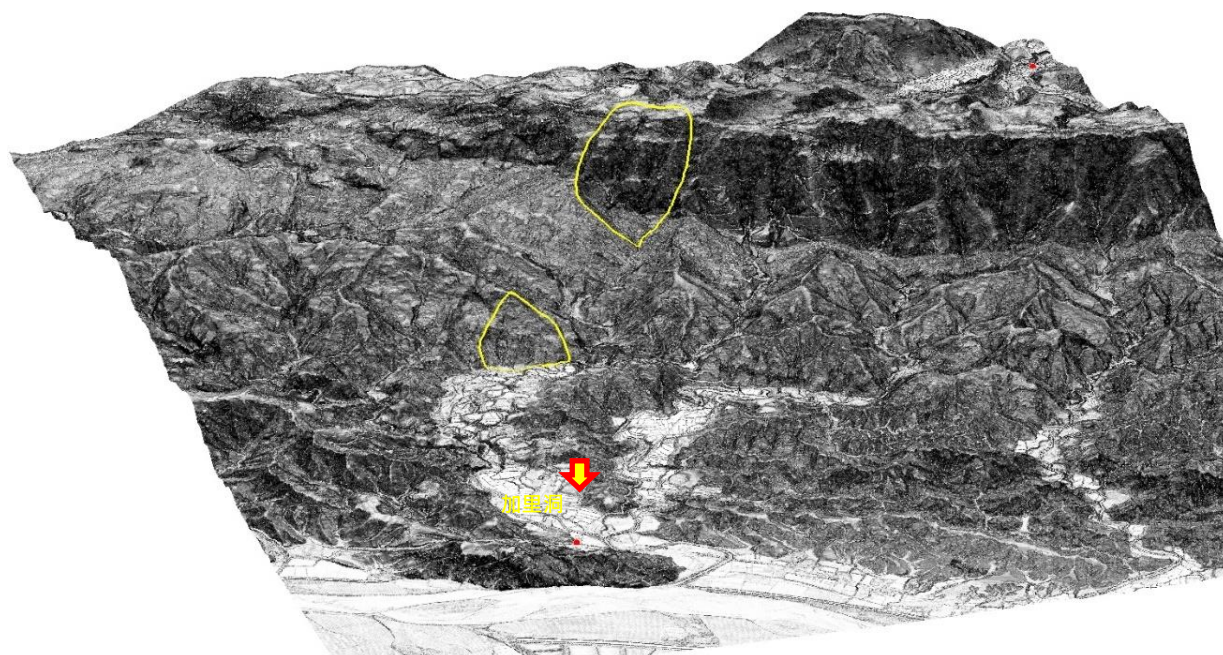


圖 2-39、花蓮縣光復鄉 D032 與 D014 大規模崩塌潛勢區位置

三、大規模土砂災害衝擊

大規模土砂災害因土砂運移量體大，且超過工程防護能力，往往導致有重大災情傳出，其致災類型以大規模崩塌、土石流及堰塞湖為主，主要誘發的成因為降雨集中及地震。其致災類型主要分為三類：1.崩塌直接影響：崩塌運動過程受重力影響，致災範圍為坡面坡趾堆積區。2.崩塌誘發土石流：崩塌土體進入河道，以土石流方式持續往下游堆積。3.崩塌形成堰塞湖：崩塌土體阻斷河道，形成堰塞湖天然壩，致災範圍除壩體堆積區外，尚需考量潰壩後影響。本計畫範圍影響可能發生前述三類大規模土砂災害中土石流及堰塞湖致災型態，需考量崩塌量體、土石流影響範圍、堰塞湖潰壩後影響範圍，透過適宜土砂災害評估模式，提供未來災害情勢演變推估之依據，進而評估對聚落之危害程度。

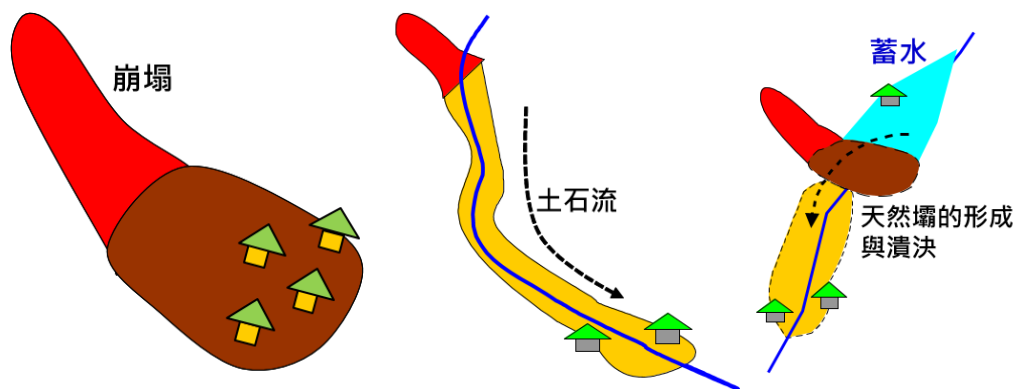


圖 2-40、大規模土砂災害致災型態示意圖

四、工程治理溪流生態保育

過去對於溪流整治工程，主要是為防範集水區內洪水或土砂災害配合治山防洪工法進行集水區整治，如興建防砂設施、潛壩、固床工等以控制水流方向及穩定河床，當時雖已考量生態保育概念，但隨著縱、橫向構造物的佈設，仍明顯改變溪流原有的多樣性水流型態(淺流、淺瀨、深流、深潭等)、河道流速及輸砂量等，導致水生生態系及河濱棲地受到干擾，使原有的河溪生態失去平衡；近年來國人對溪流環境及生態問題的重視，對於人為整治後導致生態功能下降之河溪，重新考量溪流生態需求、棲地型態復育等思維，透過溪流生態的調查與需求分析，針對工程設施進行調適以回復至多樣性水流型態，達到溪流生態棲地改善與治山防災的兼容目標。因此林務局自 107 年起全面推動工程生態檢核工作，降低治理工程對自然生態的衝擊，落實生態友善機制的執行。對於工程基地與周邊環境，運用迴避、縮小、減輕及補償等生態友善策略，減輕對環境生態的影響，秉持「工程規模最小化·生態友善最佳化」的目標進行災害治理(農學報導，108 年)。

本計畫區位於巴朗溪河段，為加里洞部落長期關注的生態環境區，集水區內多以原生林的型態為主，對於巴朗溪上游崩塌可能導致的土砂災害為部落安全的主要議題，但如何透過合理以及避免造成環境生態的衝擊也是部落所關心的重要課題，如何在兩者之間取得和諧機制，本計畫後續執行的重點課題。

參、集水區環境調查

3-1、河道及工程構造物調查

針對計畫區內既有治山防災構造物、河防構造物及跨河構造物，本計畫已收集各構造物之相關資料，並資料彙整及現地調查之工作，現場查核重點為工程之種類、數量、地點、功效、損壞情形與誘因分析等，並以數位相機記錄其影像。並已針對調查結果進行河道沖淤現況調查、可能溢流段斷面測量等，以歸納出計畫區內各工程治理成效及容易造成工程損壞之原因等，作為本區後續工程治理規劃之參考，本項調查之重點如下：

1. 護岸及固床工：各段護岸空間位置、長度、高度、溪流寬度、施設機關、構造物現況、護岸寬(或溪寬)。
2. 防砂壩或潛壩：空間位置、溢洪口高度、寬度、壩高、構造物現況。
3. 跨河構造物（橋樑、版橋及箱涵）：溪流寬度、樑底通水高度、跨河構造物沖刷現況。

工程構造物調查係以近十年內各種治山防災構造物為對象，通過現場調查方式深入瞭解及掌握治山防災構造物之基本資料，包括執行年度、主辦單位、執行單位、工程名稱、構造物型式、座落位置、分布及數量、現況等，以提供後續工程配置及工法選擇、大規模崩塌區現有之工程成效評估參考。

溪床現況及土砂淤積土方量調查分析係以現地調查方式調查巴朗溪各河段之河道現況與各河段土砂堆積情形，調查之結果可有助於瞭解各河段之易致災區位與問題(河岸侵蝕、河床下刷、嚴重淤積)，進而於後續治理對策擬定時作出適當之因應對策。

3-1-1、河道沖淤現況調查

本項目調查之方式係將巴朗溪分為 9 個河段進行調查，各河段分布情形如圖 3-1 及表 3-1 所示，而各河段調查標的包括：河岸侵蝕情形、河床下刷或淤積情形、河道構造物現況、流心與流向變化、支流匯流狀況、河道坡度等狀況。經本計畫調查各河段，相關調查成果如後所述，然就巴朗溪河道現況整體而言，巴朗溪中上游段河床均有細顆粒泥質土砂淤積狀況，其土砂材料豐富，中下游段多已施作護岸與固床工等保護工程，主要以淤積為主要致災原因，下游稻作

區河道河道坡度趨緩，且河道土砂多為細顆粒土砂淤積，淤積嚴重之程度已影響排洪通水能力，易使巴朗溪溢堤進而危害下游主要保全對象，包括下游社區、農地與交通要道等，將以 50 cm 區分略為淤積與淤積，彙整如下表 3-1 所示。

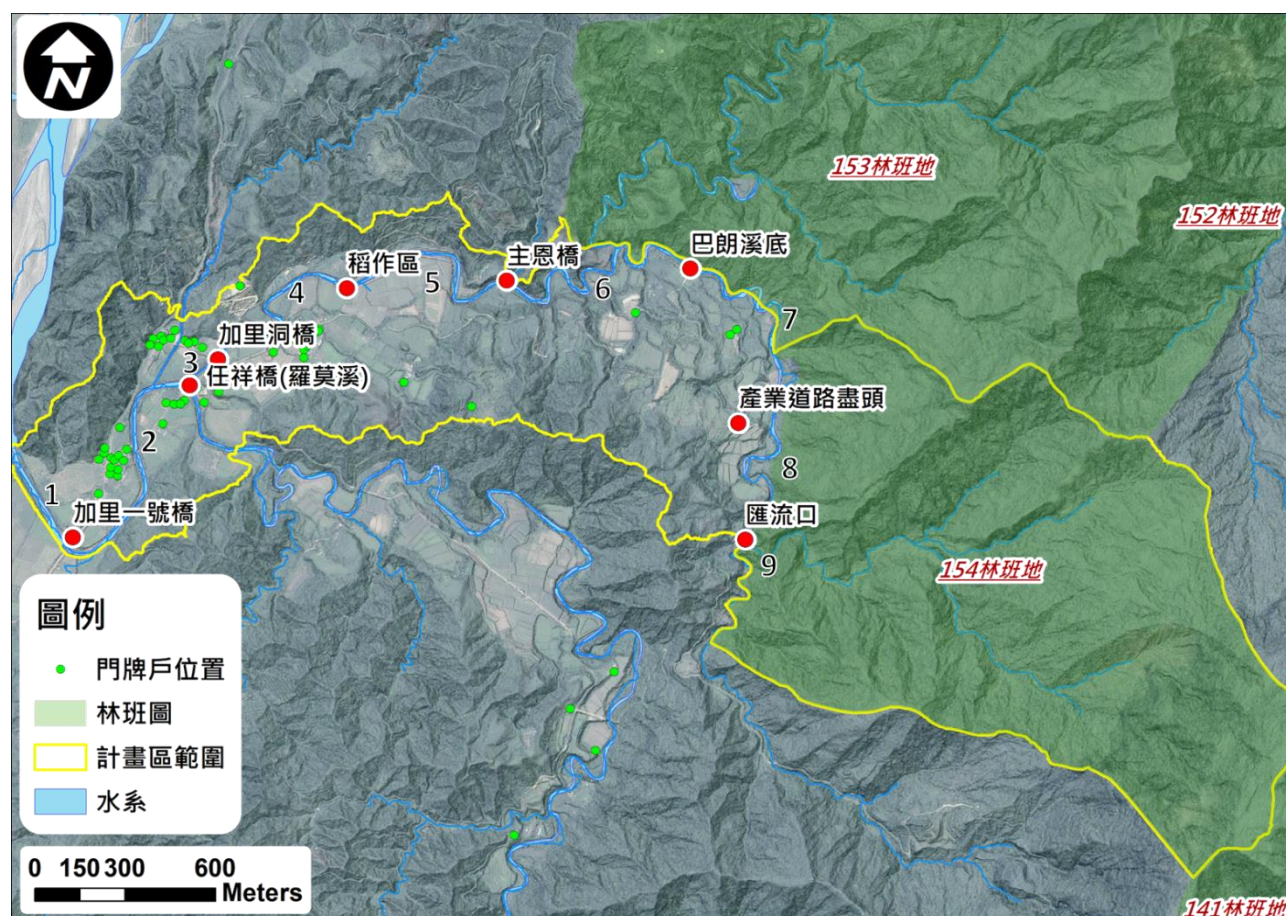


圖 3-1、巴朗溪河段沖淤現況調查分布圖

表 3-1、巴朗溪河段沖淤現況調查一覽表

河段	位置	平均河寬(m)	沖淤狀況	工程構造物
R01	花蓮溪~加里一號橋	30	無明顯沖淤	混凝土護岸
R02	加里一號橋~任祥橋	23	略為淤積	漿砌卵石護岸、鼎型塊保護工
R03	任祥橋~加里洞橋	20	略為淤積	混凝土護岸、固床工
R04	加里洞橋~稻作區	15	略為淤積-淤積	混凝土/漿砌卵石護岸、防砂壩、固床工、鼎型塊保護工
R05	稻作區~主恩橋	12	淤積	石籠護岸、漿砌卵石護岸、局部固床工
R06	主恩橋~巴朗溪底	10	淤積	左岸混凝土護岸
R07	巴朗溪底~產業道路盡頭	9	略為淤積	部分石籠
R08	產業道路盡頭~匯流口	12	自然河道	自然河道
R09	匯流口以上	7	自然河道	自然河道

註：以 50 cm 區分略為淤積/淤積



圖 3-2、巴朗溪各河段沖淤現況代表相片圖

3-1-2、河道斷面測量

因計畫範圍集水區內治水工程需跨局處協調蒐集彙整，本計畫透過斷面補測來取得斷面之尺寸及各項參數(含曼寧係數 n)，本計畫以 GPS 測量(VBS, Virtual Base Station)取得左右岸座標與高程資料，並以雷射測距儀取得河道寬度，來進行簡易斷面補測，相關工具示意如圖 3-3 所示，使用方法如圖 3-4。本計畫將視河道斷面情況以 100 公尺至 150 公尺進行補測，若遇到河道轉彎處、束縮段等需補測點位時，將加點測量，可依據現場所觀測之河道寬大致分成兩類：1.河道寬度大於 50 公尺者，得要量測深槽線；2.河道寬度小於 50 公尺者；現場調查藉由填寫「現地簡易測量紀錄表(表 3-2)」，需填寫項目包括排水名稱、里程數、左岸型態、右岸型態、(H1, V1)、(H2, V2)、(H3, V3)、(H4, V4)...及拍照，提供內業檢核及設定水理模式內的參數設定。

一、外業測量-高程控制測量 VBS-RTK

本計畫所使用之 VBS (Virtual Base Station) 係採用多個衛星定位基準站所組成的 GNSS 網絡來評估基準站涵蓋地區之定位誤差，再配合最鄰近的實體基準站觀測資料，產製一個虛擬的基準站做為 RTK 主站，所以移動站並不是接收某個實體基準站之實際觀測資料，而是經過誤差修正後的虛擬觀測數據，故被稱之為虛擬基準站即時動態定位技術，簡稱 VBS。在較長距離的情況下，當再進行 VBS 差分計算處理後，系統誤差即可徹底消除，使用者可以快速且方便地獲得高精度、高可靠度及高可用性之即時動態定位成果。

二、外業測量-高精度雷射測距儀

本計畫所使用之高精度雷射測距儀為 TruPulse 200 為圖帕斯生產製造，雷射測距儀 (Laser range finder)，是利用調製雷射的某個參數實現對目標的距離測量的儀器。按照測距方法分為相位法測距儀和脈衝法測距儀，脈衝式雷射測距儀是在工作時向目標射出一束或一序列短暫的脈衝雷射束，由光電元件接收目標反射的雷射束，計時器測定雷射束從發射到接收的時間，計算出從觀測者到目標的距離。反射性目標最大測量距離可達 2,000 公尺、非反射性目標最大測量距離可達 1,000 公尺，測量距離 200 公尺內，精度為 0.1 公尺，傾斜角測量範圍為 $\pm 90^\circ$ ，傾斜角精度為 $\pm 0.25^\circ$ 。

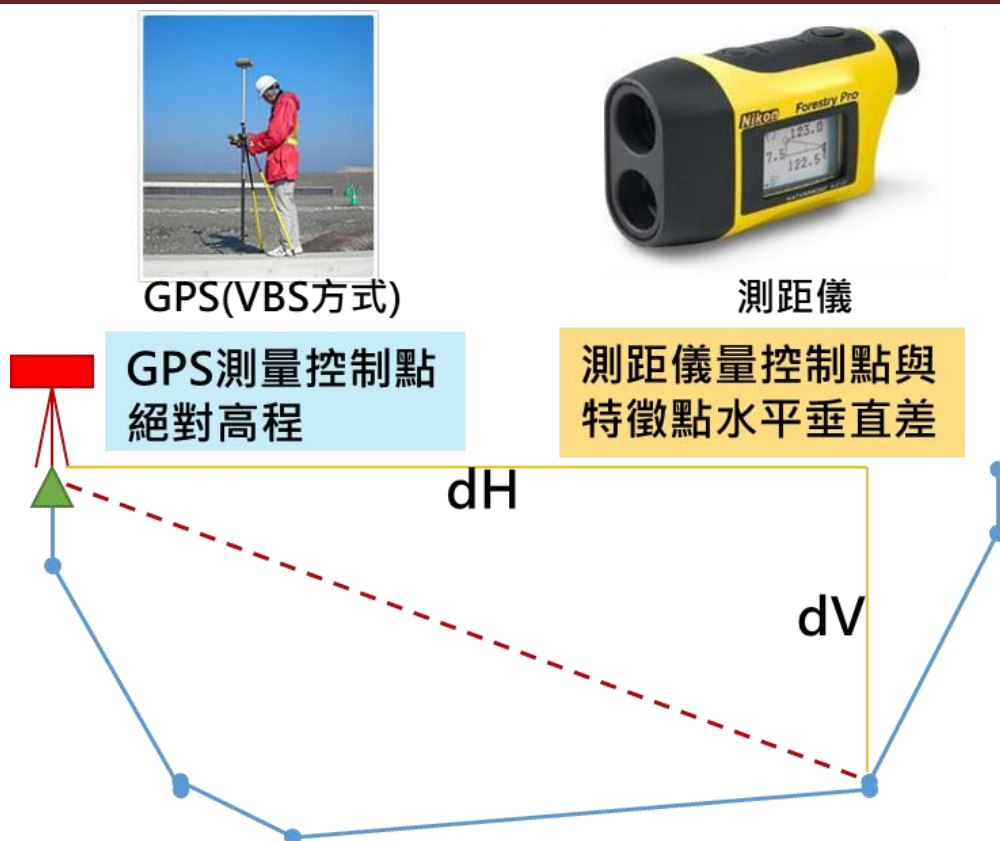


圖 3-3、斷面補測工具示意圖

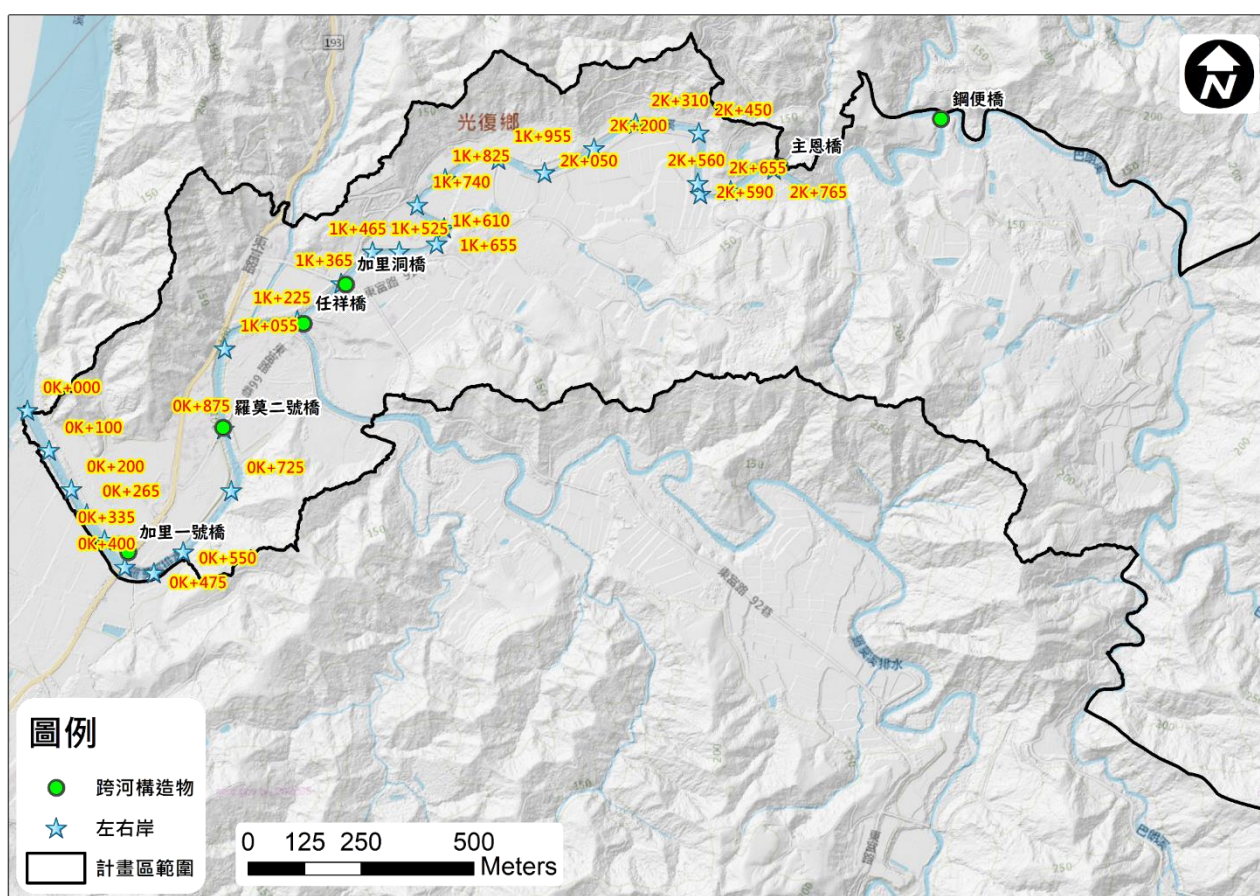


圖 3-4、斷面調查分布圖

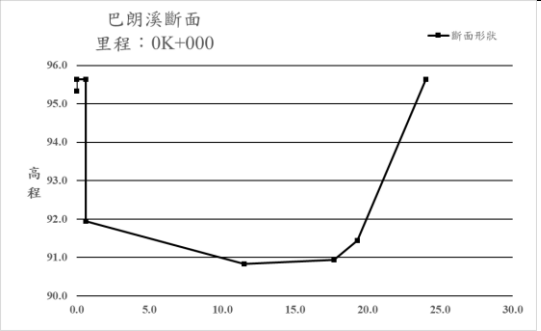
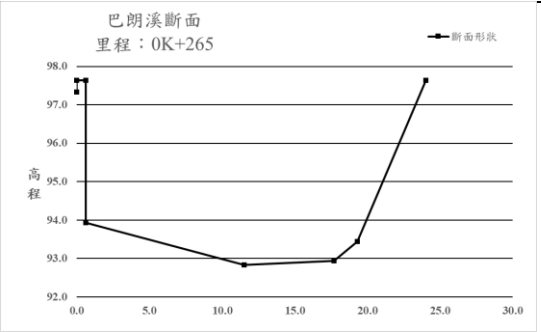
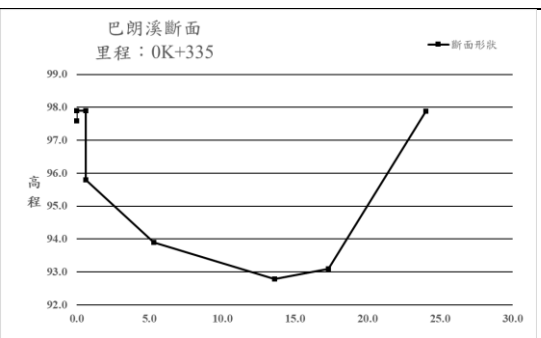
表 3-2、現地簡易測量紀錄表(示意)

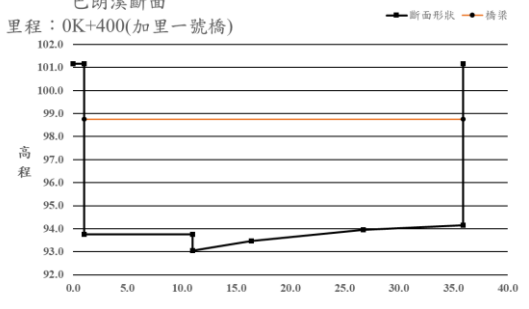
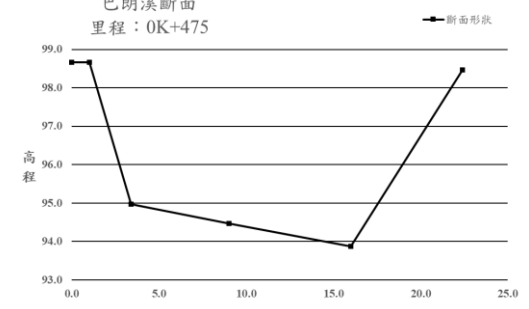
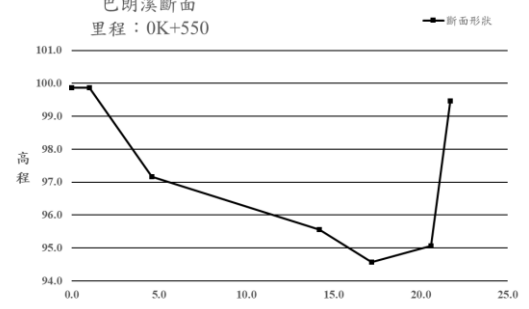
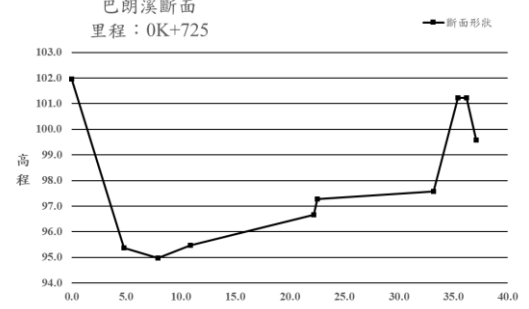
排水名稱	GPS 編號	左岸型態	右岸型態	H ₁	V ₁	H ₂	V ₂	H ₃	V ₃	H ₄	V ₄	H ₅	V ₅	H ₆	V ₆	備註
巴朗溪	Pt1	混凝土	混凝土	0	2.0	0	-1.7	4.9	-1.8	6.2	2.2					
巴朗溪	Pt2	土堤	土堤	0	1.5	0	-2.0	4.6	-2.0	4.6	-0.5					
巴朗溪	Pt4	混凝土	土堤	0	2.0	0	-1.9	2.4	-1.9	2.4	1.8	0	0.7	2.4	0.7	橋梁
巴朗溪	Pt5	土堤	土堤	0	2.0	0	-1.9	9.5	-1.9	11.5	1.8					
巴朗溪	Pt6	土堤	土堤	0	3.0	0	-0.4	6.5	-0.4	6.5	3.0	0	2.6	6.5	2.6	橋梁

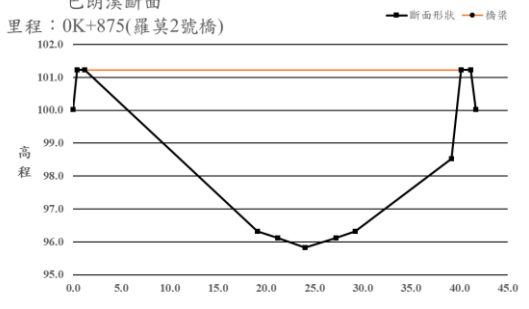
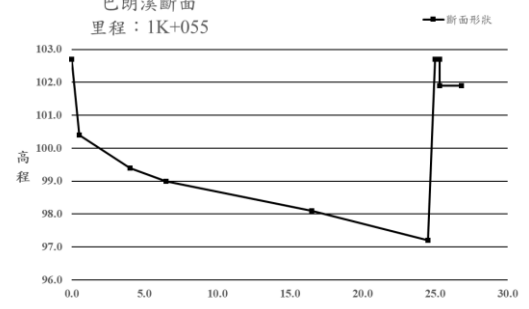
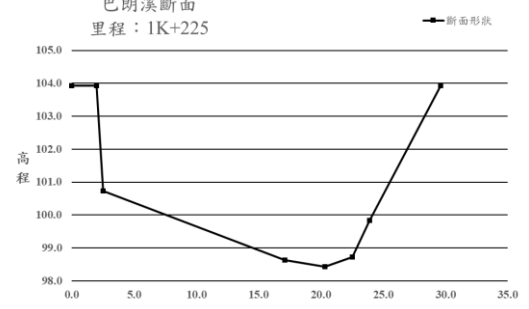
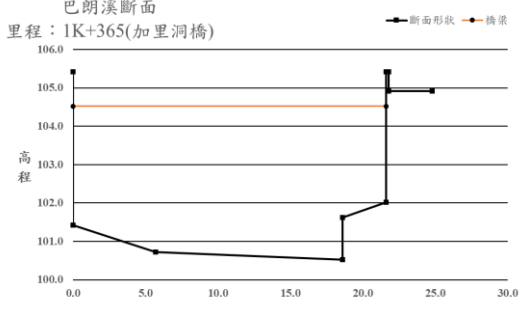
備註：H、V 為高程點之水平距離及垂直高差

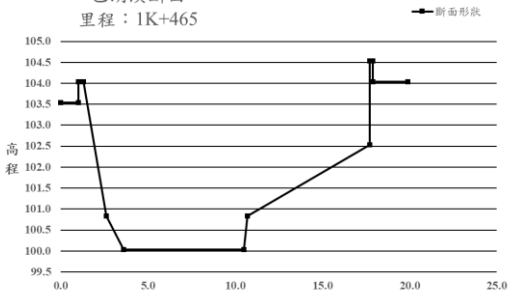
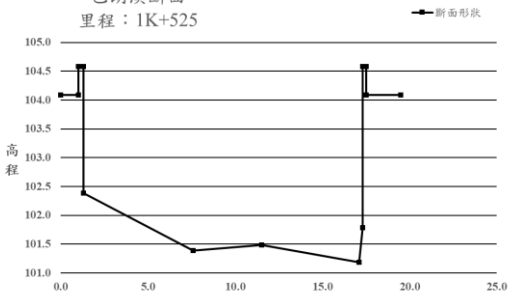
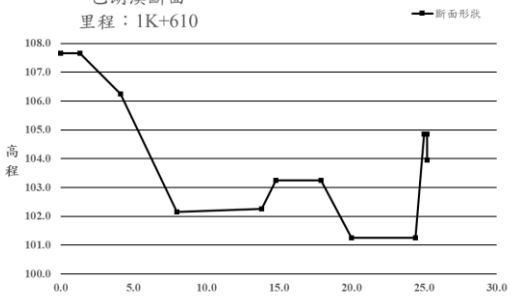
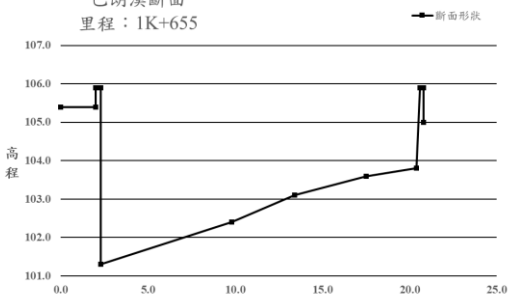
本計畫已於 3 月初完成巴朗溪斷面測量作業，本計畫共量測 25 處斷面(表 3-3，圖 3-4 所示)，並定義巴朗溪與花蓮溪匯流處里程為 0K+000，加里一號橋里程為 0K+400，羅莫 2 號橋里程為 0K+875，加里洞橋里程為 1K+365，主恩橋里程為 2K+765 及取水口里程為 2K+800，本計畫水理計算將依斷面測量長度進行模擬，詳細內容請參考 5-1 節。

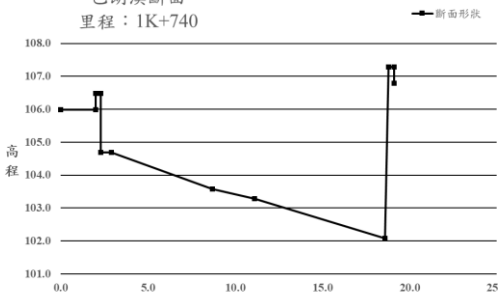
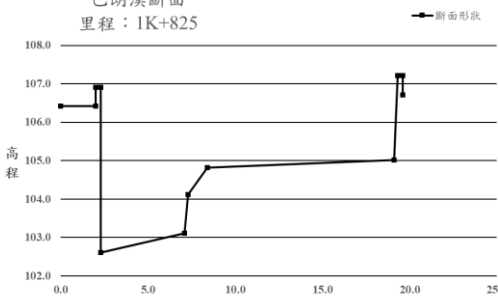
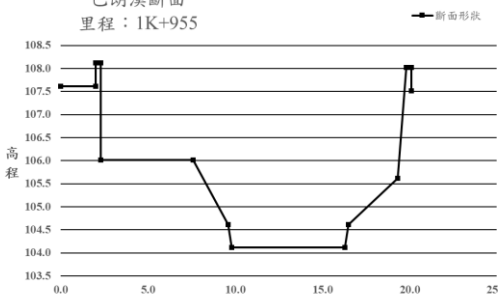
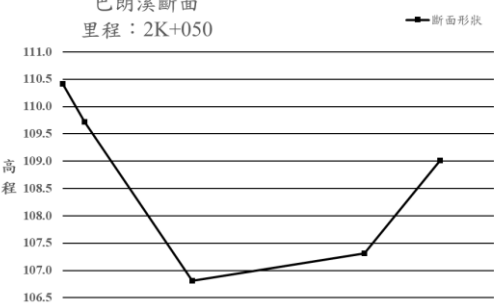
表 3-3、斷面量測成果

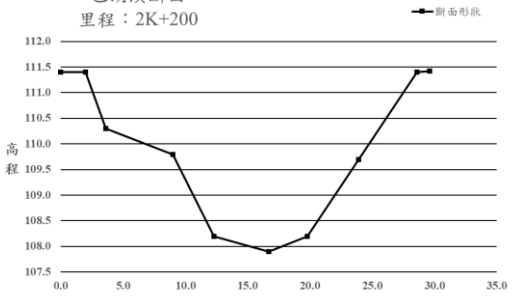
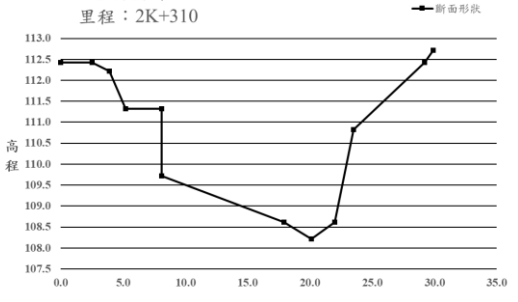
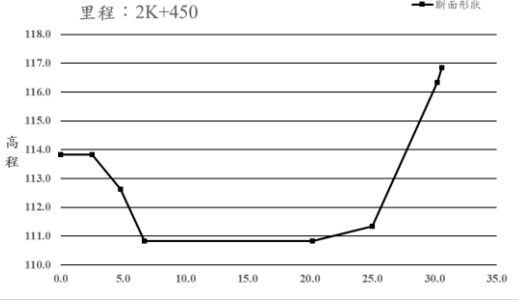
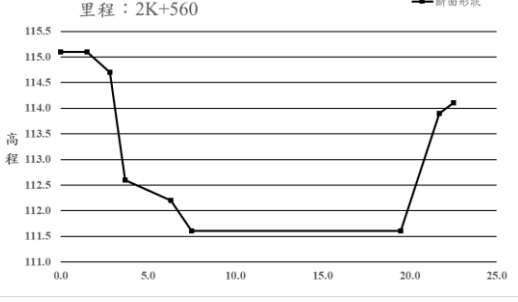
里程	現場照片	數化成果
0K+000		巴朗溪斷面 里程：0K+000 
0K+265		巴朗溪斷面 里程：0K+265 
0K+335		巴朗溪斷面 里程：0K+335 

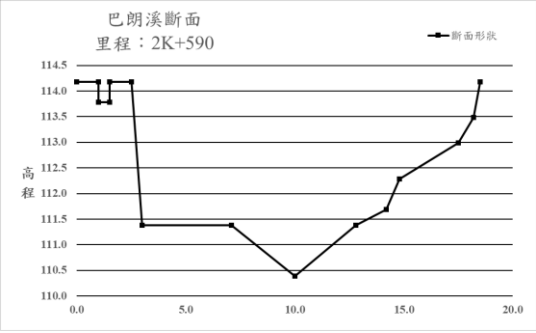
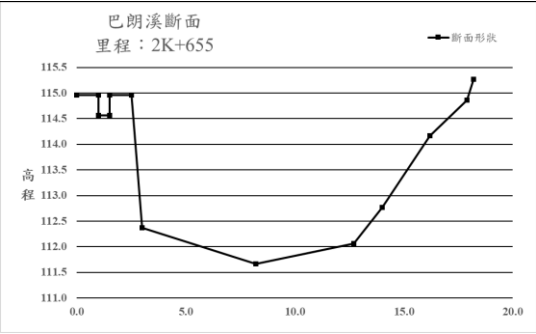
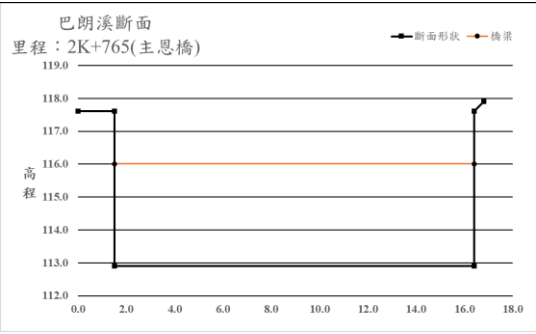
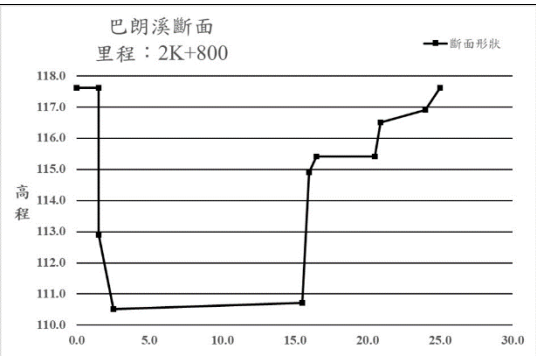
里程	現場照片	數化成果
0K+400		巴朗溪断面 里程：0K+400(加里一號橋) 
0K+475		巴朗溪断面 里程：0K+475 
0K+550		巴朗溪断面 里程：0K+550 
0K+725		巴朗溪断面 里程：0K+725 

里程	現場照片	數化成果
0K+875		巴朗溪断面 里程：0K+875(羅莫2號橋) 
1K+055		巴朗溪断面 里程：1K+055 
1K+225		巴朗溪断面 里程：1K+225 
1K+365		巴朗溪断面 里程：1K+365(加里洞橋) 

里程	現場照片	數化成果
1K+465		巴朗溪断面 里程：1K+465  断面形状
1K+525		巴朗溪断面 里程：1K+525  断面形状
1K+610		巴朗溪断面 里程：1K+610  断面形状
1K+655		巴朗溪断面 里程：1K+655  断面形状

里程	現場照片	數化成果
1K+740		巴朗溪断面 里程：1K+740  断面形状
1K+825		巴朗溪断面 里程：1K+825  断面形状
1K+955		巴朗溪断面 里程：1K+955  断面形状
2K+050		巴朗溪断面 里程：2K+050  断面形状

里程	現場照片	數化成果
2K+200		巴朗溪断面 里程：2K+200 
2K+310		巴朗溪断面 里程：2K+310 
2K+450		巴朗溪断面 里程：2K+450 
2K+560		巴朗溪断面 里程：2K+560 

里程	現場照片	數化成果
2K+590		巴朗溪断面 里程：2K+590 
2K+655		巴朗溪断面 里程：2K+655 
2K+765		巴朗溪断面 里程：2K+765(主恩橋) 
2K+800		巴朗溪断面 里程：2K+800 

調查日期 111.3.1

3-1-3、跨河構造物調查

本計畫分別針對本巴朗河流域集水區，各跨河構造物進行逐步調查如主恩橋、加里洞橋、羅莫二號橋、任祥橋及加里一號橋等(如圖 3-5 所示)，其中羅莫溪(任祥橋)為此計畫區最大支流，其次乃 153 林班地集水區野溪(鋼便橋)處，兩處支流溪底所挾泥砂(偏棕色)與巴朗溪主流(偏灰色泥岩質)略有不同，就主流淤積材料主要為細顆粒泥質土砂，顯示巴朗溪主流所挾泥質土砂影響淤積較甚，如圖 3-6 所示，經現地調查顯示，於主恩橋上下游處已有部分蛇籠護岸及固床工農作物灌溉取水設施於此，近年因河床淤積，導致河床抬升，本次跨河構造物皆為混凝土版橋，就調查之通水高度、寬度與代表里程如表 3-4 所示。

表 3-4、跨河構造物調查一覽表

橋梁名稱	X 坐標 (TWD97)	Y 坐標 (TWD97)	代表里程	形式	通水 高度(m)	寬度 (m)
加里一號橋	299467	2620670	0K+400	混凝土版橋	5.7	34.9
羅莫二號橋	299676	2620945	0K+875	混凝土版橋	5.4	39.0
任祥橋	299855	2621175	1K+225	混凝土版橋	4.6	21.1
加里洞橋	299948.	2621262	1K+365	混凝土版橋	3.7	21.6
主恩橋	300908	2621523	2K+765	混凝土版橋	3.1	14.9

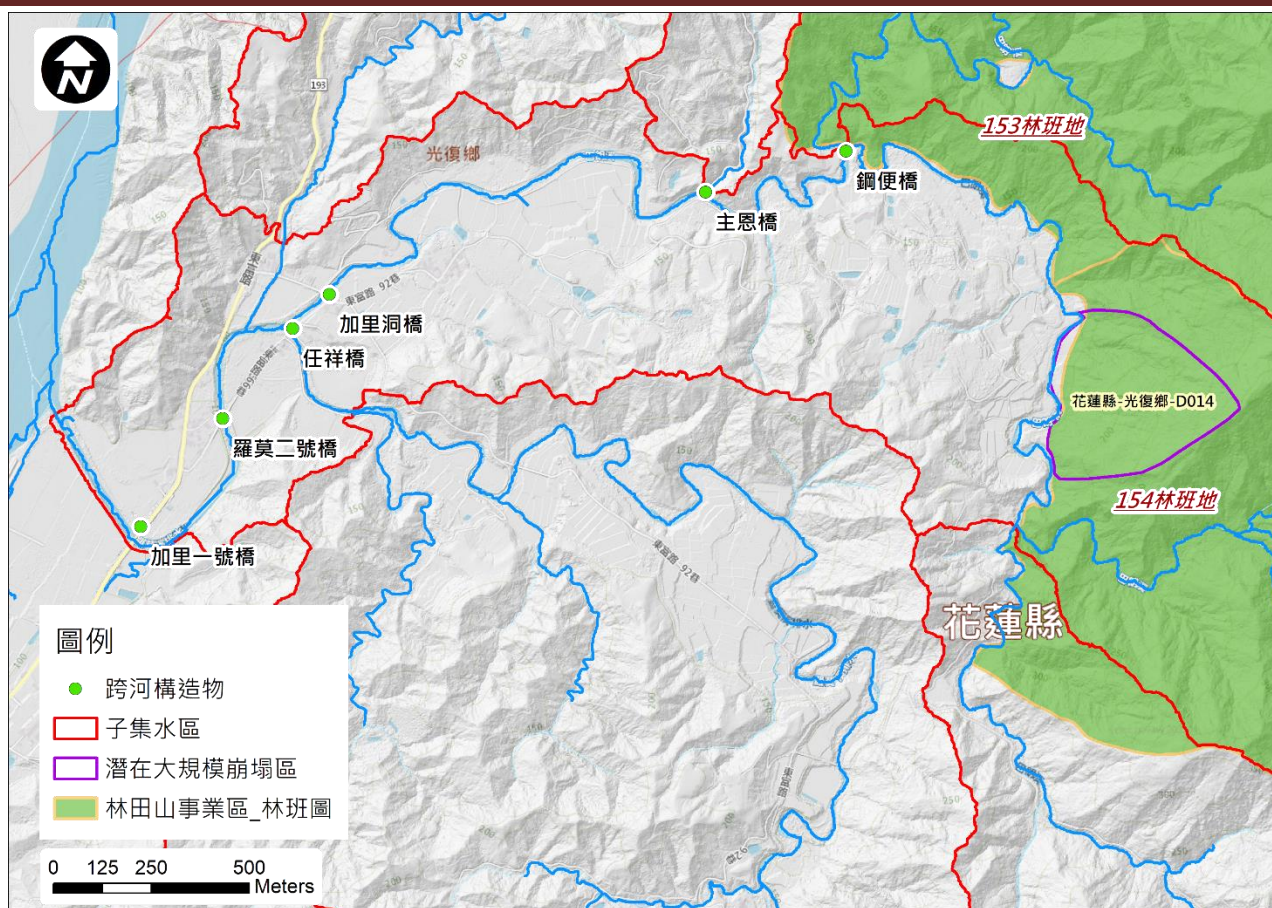


圖 3-5、計畫範圍內跨河構造物分布圖



圖 3-6、羅莫溪與巴朗溪(任祥橋)主流交匯處



圖 3-7、跨河構造物現場環境照片圖

3-1-4、工程構造物調查

本計畫針對巴朗溪與羅莫溪河道沿線周遭之治山防災構造物進行調查，並彙整本計畫區各治理權責機關(如林務局花蓮林管處、水土保持局花蓮分局、第九河川局、花蓮縣政府等)之歷年施作工程清單與資料，彙整如表 3-6 所示。調查過程中除既有現場查核重點紀錄外，也以數位相機記錄其影像，簡述其構造物概況，以做為後續工程治理之參考，調查點位相關位置分佈如圖 3-9 所示，相關調查成果彙整如表 3-7 所示，本次計畫過程中也發現計畫區內仍有時代較久遠之既有工程構造物，本計畫也一併紀錄並繪製河道沿線構造物分布，如圖 3-8 所示。本次調查沿巴朗溪沿線進行構造物現地調查，由現地調查成果可見溪岸下游河道中遍布細顆粒土砂淤積，河道兩側也有土砂堆積而成的灘地，河道深槽與灘地高差約有 1 公尺不等，中上游右岸側岸多為陡峭的岩盤，就現地調查成果顯示本區主要河道以淤積為主，雖構造物有略為受損狀況(部分石籠)，但大多構造物現況皆良好。

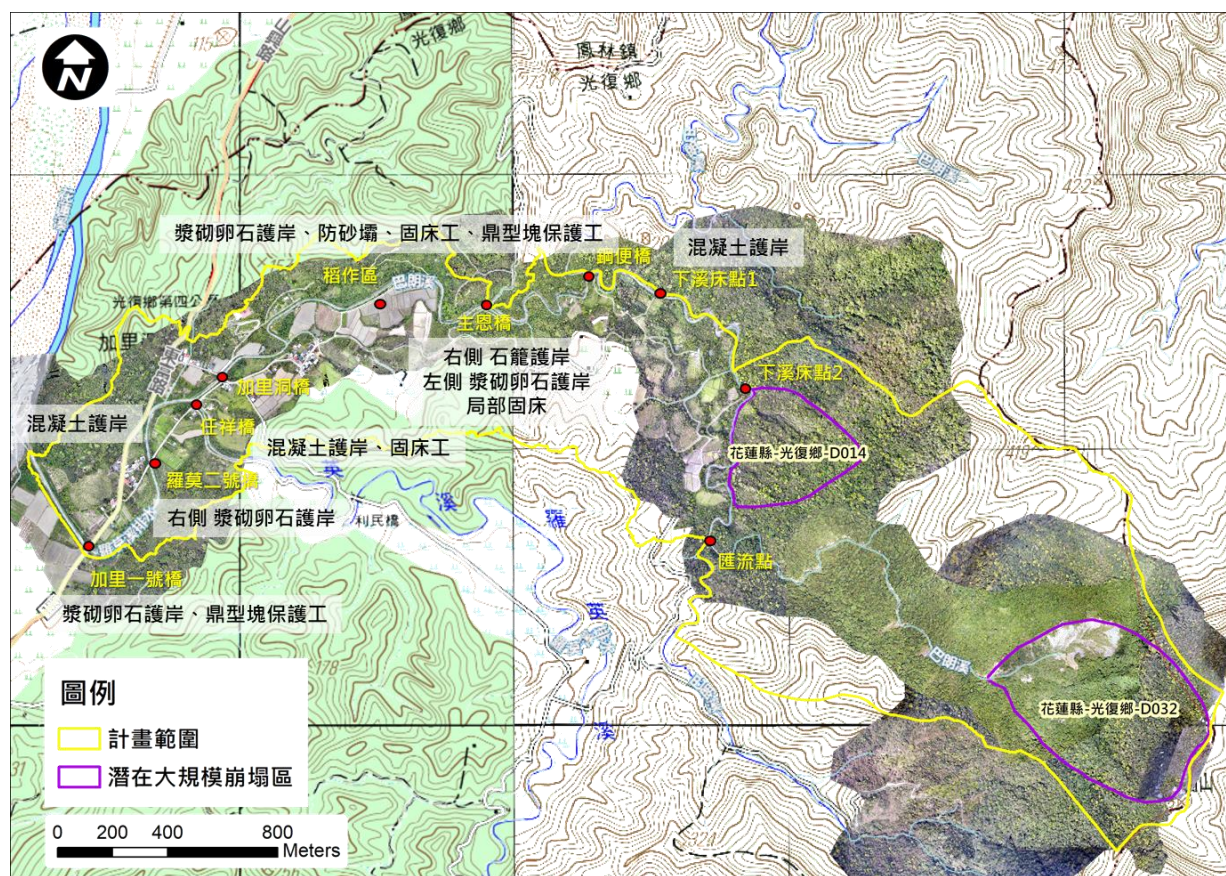


圖 3-8、計畫區域河道沿線既有工程構造物分佈圖

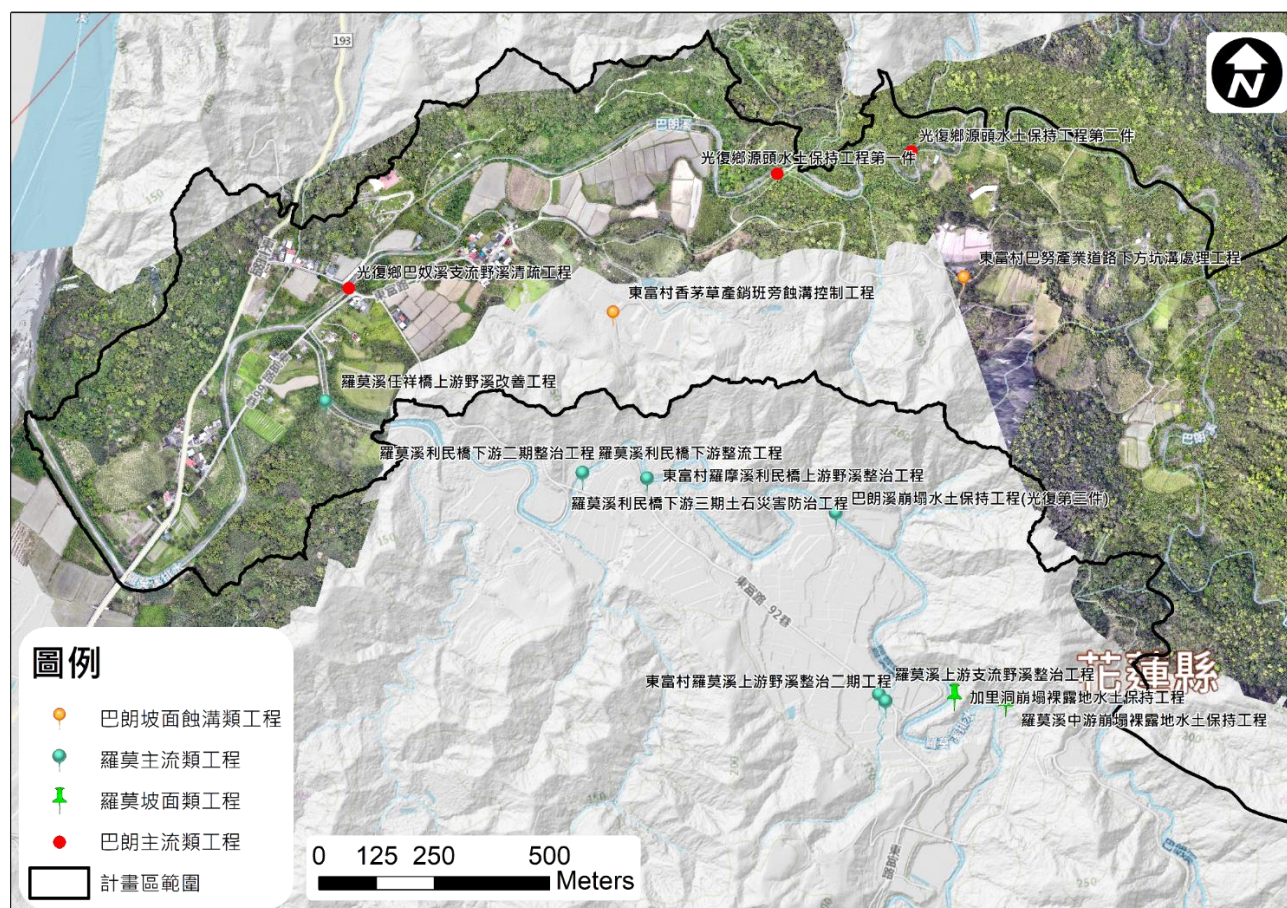


圖 3-9、計畫區域現勘之工程構造物分佈圖

本計畫針對主要乃針對巴朗溪與羅莫溪河道沿線周遭之治山防災構造物進行調查，跟工程位置區分共計區分為巴朗溪主流共 3 件、坡面共 2 件；羅莫溪主流共 8 件、坡面共 2 件共計 15 件，除巴朗溪坡面類之東富村香茅草產銷班旁蝕溝控制工程因道路不可及外，其他各區皆已調查完成，此外本次計畫主軸以巴朗溪河道沿線既有工程構造物調查為主，屬於坡面類工程較不屬於計畫重點。根據河道沿線調查顯示巴朗溪溪岸兩側略有土砂堆積而成的灘地，深槽與灘地高差約有 1 公尺不等，中上游右岸側岸多為陡峭的岩盤，雖構造物有略為受損狀況(部分石籠)，大多構造物現況皆良好，調查成果說明如下表所示。

表 3-5、治山防災構造物調查清冊(水土保持局)

項次	年度	工程名稱	執行單位	工程內容	X 坐標	Y 坐標
1	91	加里洞崩塌裸露地水土保持工程	花蓮分局	無紀錄	301248	2620373
2	92	羅莫溪利民橋下游整流工程	花蓮縣政府	固床工 10 座,生態砌石護岸 542 公尺 植生一式	300442	2620852
3	92	羅莫溪中游崩塌裸露地水土保持工程	花蓮分局	坡面整修、植生、箱型石籠	301359	2620358
4	93	羅莫溪利民橋下游二期整治工程	花蓮縣政府	整治長 250 公尺高約 4 公尺、固床工 20 座、植生綠美化 1000 平方公尺	300442	2620852
5	93	光復鄉源頭水土保持工程第一件	花蓮分局	植生、石籠	300864	2621508
6	93	光復鄉源頭水土保持工程第二件	花蓮分局	石籠、植生	301155	2621556
7	94	羅莫溪利民橋下游三期土石災害防治工程	花蓮縣政府	土石災害防治長約 200 公尺、高約 3 公尺	300442	2620852
8	94	巴朗溪崩塌水土保持工程(光復第三件)	花蓮分局	箱籠 160 公尺,排水 160 公尺,植生等	300991	2620765
9	102	東富村羅摩溪利民橋上游野溪整治工程	花蓮分局	整治、流 90 公尺,護岸 90 公尺,擋土牆 90 公尺,溪流保護工共計 4 座	300582	2620840
10	102	東富村香茅草產銷班旁蝕溝控制工程	花蓮分局	固床工 4 座,護岸 160 公尺,堤頭工 1 座,新設階梯 2 座,護岸加蓋 1 座	300508	2621199
11	104	羅莫溪上游支流野溪整治工程	花蓮分局	固床工 13 座,護岸 253.95 公尺,跌水 1 座,堤首工 1 座、階梯 3 座、塊狀護欄 7 個	301085	2620372
12	105	東富村羅莫溪上游野溪整治二期工程	花蓮分局	固床工 3 座,護岸 85 公尺,擋土牆 17 公尺,箱涵 1 座,跌水 1 座,弧形階梯 1 座、護欄 28 座	301099	2620357
13	105	光復鄉巴奴溪支流野溪清疏工程	光復鄉公所	土石(疏濬)清除 1358 立方公尺,清疏河道長約 460m,平均寬度約 6m,淤積土石平均高約 0.5m,總土方量約 1380m ³	299935	2621260
14	107	羅莫溪任祥橋上游野溪改善工程	花蓮分局	護岸長約 400m(高約 3m)、固床工 20 座(長約 5m,高約 1m)、防砂設施 1 座(長約 7m,高約 4m)、箱涵 1 座等	299885	2621007
15	108	東富村巴努產業道路下方坑溝處理工程	花蓮分局	固床工 3 座,固床工 3 座,RC 護岸 63 公尺,砌塊石護岸 24 公尺,L 溝+擋土牆 24 公尺,下邊坡駁坎 30 公尺,B 式邊溝 30 公尺,PC 路面修復 38 公尺,堤尾工 1 座,既有護岸基礎加固 31 公尺。	301268	2621275

資料來源：水土保持局花蓮分局(90-110 年水土保持工程清冊)

坐標系統採 TWD97 系統

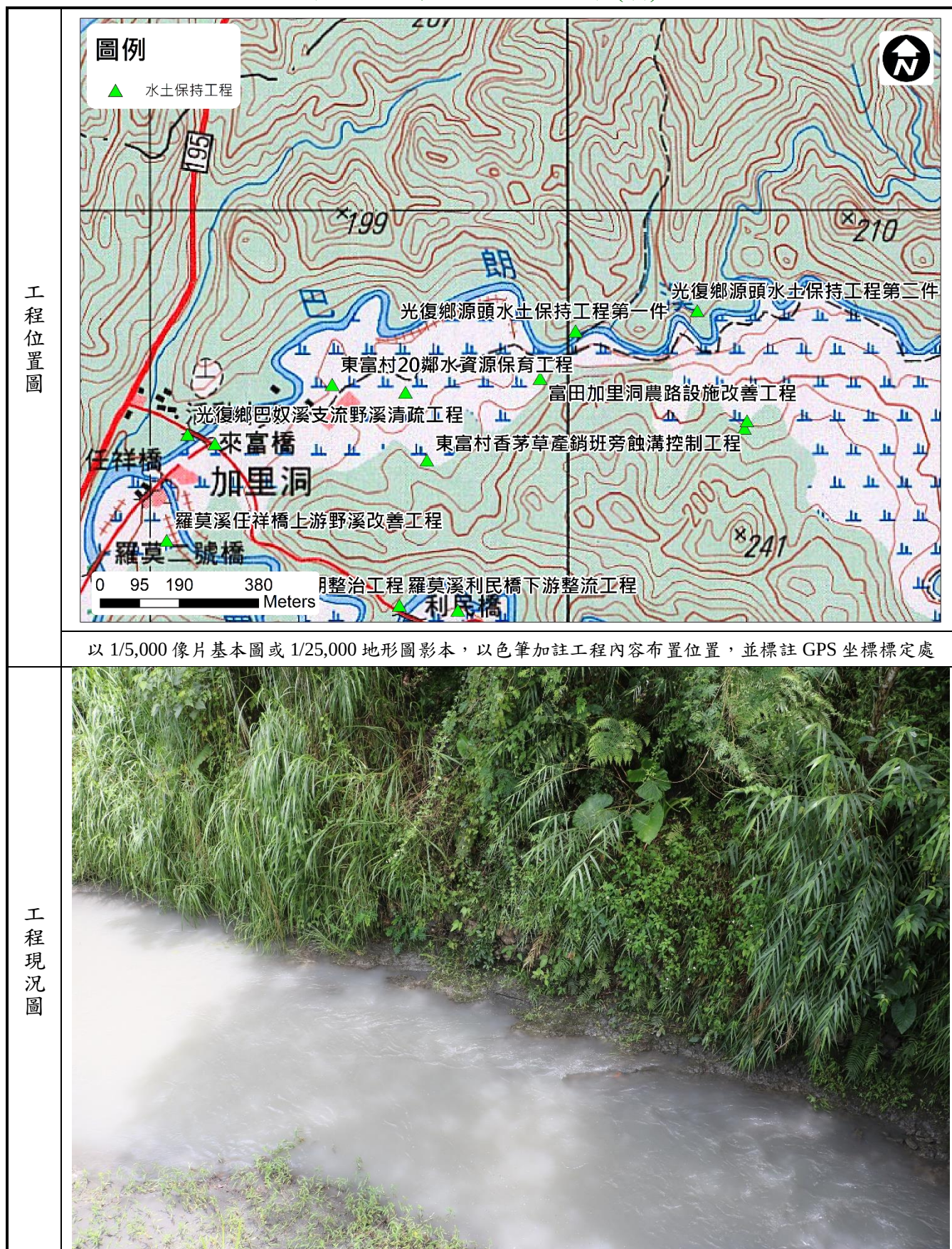
表 3-6、構造物調查示意表

工程編號		93WSD-008 94WE03-021		工程名稱		光復鄉源頭水土保持工程第一件 光復鄉源頭水土保持工程第二件	
工程地點	花蓮縣 光復鄉 東富村 子集水區名稱： <u>山興</u> 子集水區編號： <u>2420033</u>			坐標 (TWD97)		X： <u>301155</u> ；Y： <u>2621556</u> EL： <u>120.9</u>	
				執行單位		農委會水土保持局花蓮分局	
工程內容	☐ 防砂壩： <u> </u> (座) ☐ 梳子壩： <u> </u> (座) ☐ 潛壩： <u> </u> (座) ☐ 跌水工： <u> </u> (座) ☐ 固床工： <u> </u> (座) ☐ 排水設施： <u> </u> (m) ☐ 版橋： <u> </u> (座) ☐ 淨水池： <u> </u> (座) ☐ 護岸： <u> </u> (m) ☐ 堤防： <u> </u> (m) ☐ 擋土牆： <u> </u> (m) ☒ 箱涵： <u> </u> (座) ☒ 其他構造物： <u> 石籠護岸 </u>						
構造物尺寸	護岸	長度： <u>100</u> (m) 寬度： <u> </u> (m) 高度： <u>1</u> (m) 溪流寬度： <u>100</u> (m) 構造物現況： <u> 良好 </u> 沖淤現況： <u> 淤積 0.5m </u>					
	固床工	長度： <u> </u> (m) 寬度： <u> </u> (m) 高度： <u> </u> (m) 溪流寬度： <u> </u> (m) 構造物現況： <u> </u> 沖淤現況： <u> </u>					
	防砂壩	溢洪口高度： <u> </u> (m) 溢洪口寬度： <u> </u> (m)、壩高： <u> </u> (m) 壩上游溪床沖淤現況： <u> </u> (m)、壩下游溪床沖淤現況： <u> </u> (m)					
	潛壩	溢洪口高度： <u> </u> (m) 溢洪口寬度： <u> </u> (m)、壩高： <u> </u> (m) 壩上游溪床沖淤現況： <u> </u> (m)、壩下游溪床沖淤現況： <u> </u> (m)					
	其他						
環境現況	1.溪床： ☐ 穩定 ☐ 淘刷(深度約 <u> </u> m) ☐ 淤積(淤積約 <u> </u> m) 2.兩岸： ☒ 穩定 ☐ 河岸崩塌(面積約 <u> </u> m ²) ☐ 邊坡崩塌地(面積約 <u> </u> m ²) 3.溪床坡度： <u> </u> % 3.概述： <u> 細顆粒土砂淤積 0.5-1.0m </u>						
構造物體檢	功能評估	A級：構造物狀況良好，功能健全 C級：部分受損，影響功能性 ☒ B級：些微磨損，仍可維持原功能 D級：全部損毀或功能喪失					
致災原因及修復說明	受損狀態： ☐ 未受損 ☒ 受損(☒ 10%以下 ☐ 10%~30% ☐ 30%~50% ☐ 50%以上) ☐ 完全損壞 致災營力： ☐ 山坡崩塌 ☐ 溪床沖蝕 ☐ 溪岸溢流 ☐ 土石流 ☒ 溪床淤積 ☐ 其他 受損情形說明： 修復急切性： ☐ 優先修復 ☐ 需修復但無急迫性 ☐ 暫緩觀察 ☒ 無需修復 建議修復方式說明：						
評估	DERU	0	1	2	3	4	
	D 劣化程度	☐ 無此項目或良好	☒ 微	☐ 尚可	☐ 差	☐ 嚴重損毀	
	E 劣化範圍	☐ 無此項目	☒ ＜10%	☐ 10~30%	☐ 30~60%	☐ 60%以上	
	R 重要性	☐ 無法判定	☐ 微	☐ 小	☒ 中	☐ 大	
	U 維修急切性	☐ 無法判定	☒ 例行維護	☐ 3 年內	☐ 1 年內	☐ 緊急維修處理	

調查人員：黃志偉、王上銘

調查日期：111/5/19

表 3-6、構造物調查示意表(續)



調查人員：黃志偉、王上銘

調查日期：111/5/19

表 3-7、現勘工程構造物彙整表

工程名稱	TWD97座標	工程類型	現場概況說明	功能	工程修復	照片
羅莫溪利民橋下游二期整治工程	X: <u>300442</u> Y: <u>2620852</u>	整治長 250 公尺、高約 4 公尺、固床工 20 座、植生綠美化 1000 平方公尺	護岸良好，植生茂密，部分固床工基底掏空造成損壞，但河床仍趨穩定。	保護河岸與河床	無需修復	
羅莫溪利民橋下游三期土石災害防治	X: <u>300442</u> Y: <u>2620852</u>	土石災害防治長約 200 公尺、高約 3 公尺	石籠護岸，護岸良好，植生茂密	保護河岸	無需修復	
光復鄉源頭水土保持工程第一件	X: <u>301155</u> Y: <u>2621556</u>	植生、石籠	細顆粒土砂淤積 0.5-1.0m	保護河岸	無需修復	
光復鄉源頭水土保持工程第二件	X: <u>301155</u> Y: <u>2621556</u>	石籠、植生	細顆粒土砂淤積 0.5-1.0m	保護河岸	無需修復	
東富村巴努產業道路下方坑溝處理工程	X: <u>301268</u> Y: <u>2621275</u>	固床工 3 座，固床工 3 座，RC 護岸 63 公尺，砌塊石護岸 24 公尺、堤尾工 1 座，既有護岸基礎加固 31 公尺。	現況良好	保護河岸保護河床	無需修復	
溪崩巴朗	X: <u>300991</u>	箱籠 160 公	現況良好	排水	修復 無需	

工程名稱	TWD97 座標	工程類型	現場概況 說明	功能	工程 修復	照片
	Y: <u>2620765</u>	尺,排水 160 公尺,植生等				
東富村羅莫溪上游野溪 整治二期工程	X: <u>301099</u> Y: <u>2620357</u>	固床工 3 座, 護岸 85 公尺, 擋土牆 17 公 尺,箱涵 1 座, 跌水 1 座,弧 形階梯 1 座、護欄 28 座	輕微淤積、 尚穩定	保護河 岸保護 河床	無需修 復	
羅莫溪上游支流野溪 整治工程	X: <u>301085</u> Y: <u>2620372</u>	固床工 13 座, 護岸 253.95 公尺,跌水 1 座,堤首工 1 座、階梯 3 座、塊狀護 欄 7 個	些微沖刷、 但大致穩定	保護河 岸保護 河床	無需修 復	
加里洞崩塌裸露地水土保持工程	X: <u>301248</u> Y: <u>2620373</u>	植生面積 0.04 平方公 尺,灌木 800 株,土石(疏 濬)清除 200 立方公尺,排 水溝清淤疏 通 1 式、雜 草清除 1 式、植生 1 式	河床穩定、 但河道攻擊 面有 2 處崩 塌	坡面植 生保護	無需修 復	
東富村羅摩溪利民橋 上游野溪整治工程	X: <u>300582</u> Y: <u>2620840</u>	整治、流 90 公尺,護岸 90 公尺,擋土牆 90 公尺,溪流 保護工共計 4 座	河床穩定	保護河 岸穩定 流心	無需修 復	

工程名稱	TWD97座標	工程類型	現場概況說明	功能	工程修復	照片
光復鄉巴奴溪支流野溪清疏工程	X: <u>299935</u> Y: <u>2621260</u>	土石(疏濬)清除 1358 立方公尺, 清疏河道長約 460m, 平均寬度約 6m, 淤積土石平均高約 0.5m, 總土方量約 1380m ³	兩側護岸、固床良好, 河床穩定。	疏通堵塞水路, 恢復通洪能力	無需修復	
羅莫溪利民橋下游整	X: <u>300442</u> Y: <u>2620852</u>	固床工 10 座, 生態砌石護岸 542 公尺 植生一式	兩側護岸、固床良好, 河床穩定。	保護河岸保護河床	無需修復	
羅莫溪中游崩塌裸露地水土保持工程	X: <u>301359</u> Y: <u>2620358</u>	坡面整修、植生、箱型石籠	植生茂密 河床穩定。	保護坡面	無需修復	
羅莫溪任祥橋上游野溪改善工程	X: <u>299885</u> Y: <u>2621007</u>	護岸長約 400m(高約 3m)、固床工 20 座(長約 5m, 高約 1m)、防砂設施 1 座(長約 7m, 高約 4m)、箱涵 1 座等	兩側護岸、固床受沖蝕略為損壞	保護河岸保護河床	無需修復	

調查日期 111.5.19

3-2、潛在大規模崩塌現地調查

3-2-1、潛在大規模崩塌環境背景

一、潛在大規模崩塌分布

本計畫分別調查花蓮縣-光復鄉-D014、花蓮縣-光復鄉-D032 等坡面，經地形判釋另有一處中規模崩塌區(具地形特徵但面積小於 10 公頃)，暫定命名為花蓮縣-光復鄉-temp001 位花蓮縣光復鄉東側，分布於海岸山脈西翼至花蓮溪間(圖 3-10)。坡面位於巴朗溪集水區範圍內，巴朗溪為花蓮溪支流，加里洞部落位於巴朗溪與花蓮溪交接處之河階台地。由於 3 處坡面位於巴朗溪集水區且為加里洞部落上游，為釐清坡面可能對部落造成之危害而進行本計畫之調查。

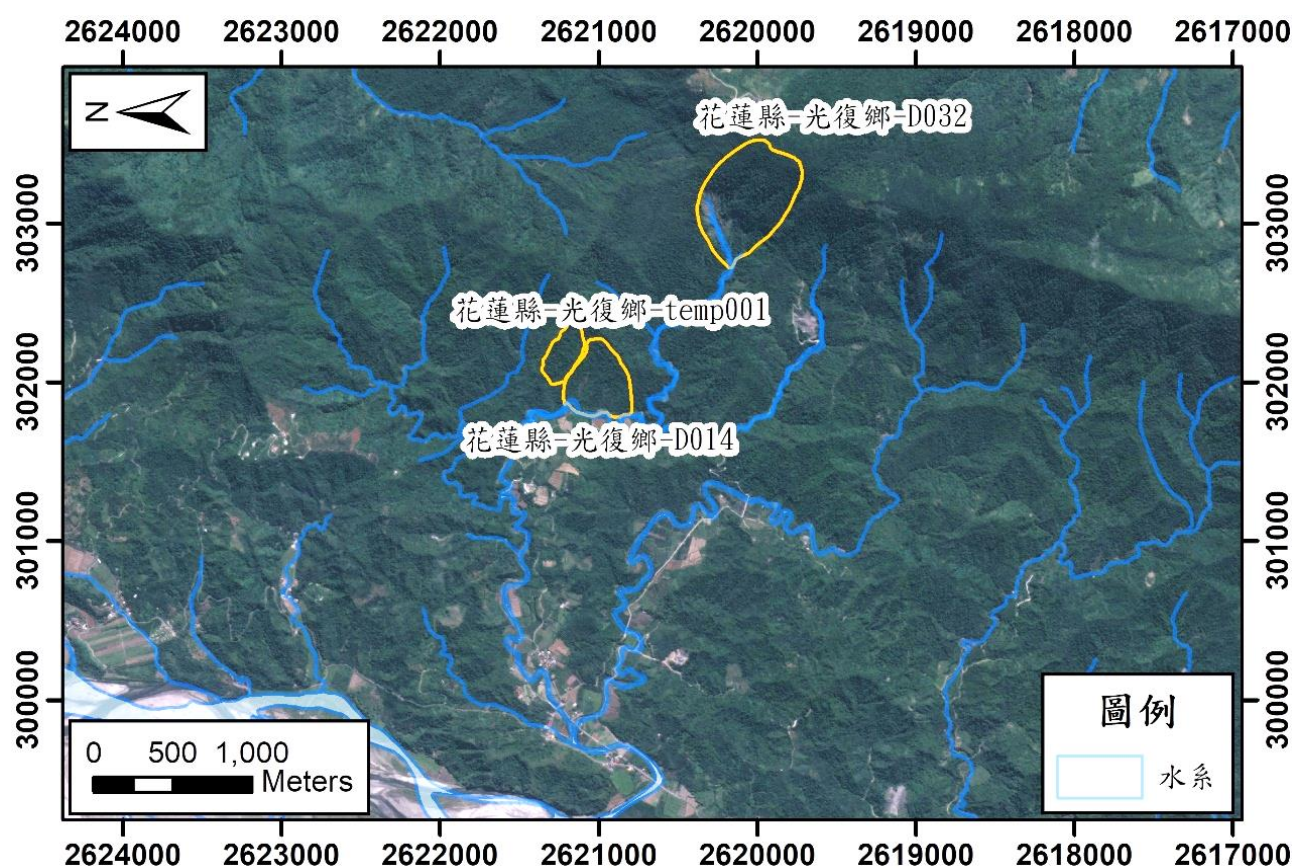


圖 3-10、本計畫調查坡面位置圖

二、潛在大規模崩塌周邊地質資料

根據五萬分之一全臺流域地質圖繪製計畫範圍周邊之地質圖(圖 3-11)，計畫範圍周邊地層主要分為八里灣層(泰源段及水璉段)、都鑾山層及階地堆積層，鄰近構造則為新社斷層與奇美向斜，相關地層與構造說明如下：

1. 八里灣層(泰源段及水璉段)

八里灣層主要由礫岩、泥岩與砂頁岩互層所組成，早期將此三種岩相分別命名為水璉段（礫岩為主）、富田段（泥岩為主）與泰源段（砂頁岩互層），此三岩段為同時異相之關係（陳文山及王源，1988；鄧屬予及陳文山，1988）。但由於富田段與泰源段常呈漸變關係且分布範圍小，因此將富田段併入泰源段（陳文山及王源，1996）。水璉段岩性為厚層礫岩偶夾砂岩，礫石粒徑最大可達約 80 公分，礫石組成為石英岩、安山岩、變質砂岩與板岩等；泰源段由砂頁岩互層、礫岩、厚層砂岩與泥岩組成，有粒級層、泥礫與脫水構造等沉積構造（衣德成等，2012）。

八里灣層約呈東北-西南走向分布於本計畫範圍周邊區域，花蓮縣-光復鄉-D014 及花蓮縣-光復鄉-temp001 所在地層為八里灣層，花蓮縣-光復鄉-D032 趾部地層為八里灣層泰源段。團隊於本次調查在巴朗溪右岸量測到 3 處位於泰源段的層面位態，由北向南分別為(N30°E，30°W)、(N40°E，60°W)及(N20°E，58°W)。

3 處量測位態的位置中，最北邊的 1 處為花蓮縣-光復鄉-D014 北側趾部，該處所量測之位態為(N30°E，30°W)，照片面向東北，岩性為灰色砂頁岩互層，部分位置泥質含量較高，露頭厚度約 1.5~2 公尺，以傾斜儀為界，左側為含砂量較高之砂頁互層，砂層最大厚度約 10 公分，為細砂至粉砂，右側含泥量較高分層不明顯，如圖 3-13。

再往南行，位於花蓮縣-光復鄉-D014 南側趾部，該處所量測之位態為(N40°E，60°W)，照片面向南側，岩性為灰至灰黑色頁岩，露頭厚度約 2~3 公尺，頁岩厚度不一，最厚達 15~20 公分，如圖 3-14。

最南側的 1 處所量測之位態為(N20°E，58°W)，照片面向北側，岩性為灰色砂頁岩互層，露頭厚度約 1.5~2 公尺，頁岩最大厚度約 20~25 公分，向下漸薄，如圖 3-14。由圖 3-11~3-14 可知，該調查範圍之巴朗溪右岸應屬於八里灣層泰源段。

2.都鑾山層

都鑾山層是海岸山脈最老的地層，岩性為安山岩質火山岩及其碎屑岩所構成，岩相包括熔岩流、碎屑岩流、集塊岩、岩脈與再積性火山碎屑岩（王源等，1992）。

都鑾山層分布於本計畫範圍周邊東南側，花蓮縣-光復鄉-D032 範圍大部分位於都鑾山層內，都鑾山層亦為巴朗溪各源頭所在地層。

3.階地堆積層

由未經膠結的泥、砂、與礫石所組成，淘選度差，未紅土化（衣德成等，2012），分布於本計畫範圍周邊區域西北側巴朗溪左岸，坡度 5 度以內，多開發為梯田。

4.新社斷層

新社斷層位於新社至豐濱間，斷層上盤出露都鑾山層，斷層下盤出露八里灣層（衣德成等，2012），由於斷層呈圈合狀圍繞都鑾山層，可能為低角度逆衝斷層。陳文山及王源（1997）認為都鑾山層岩塊在八里灣層沉積時崩移至盆地內，使都鑾山層與八里灣層接觸面為沉積接觸，受後期的構造作用使接觸面發生錯移。新社斷層位於本計畫範圍周邊區域東南側，並通過花蓮縣-光復鄉-D032 趾部。

5.奇美向斜

奇美向斜位於磯崎至奇美間，分布於八里灣層中，位於本計畫範圍周邊西北側，褶皺軸約呈北北東走向，出露全長約 30 公里，鄭文弘(1996)由奇美向斜兩翼岩層位態投影分析，向斜南段的軸走向與傾沒角約(200，19)，北段的軸走向與傾沒角約(220，9)。花蓮縣-光復鄉-D014 及花蓮縣-光復鄉-temp001 西北側約 100 公尺處為奇美向斜軸部。

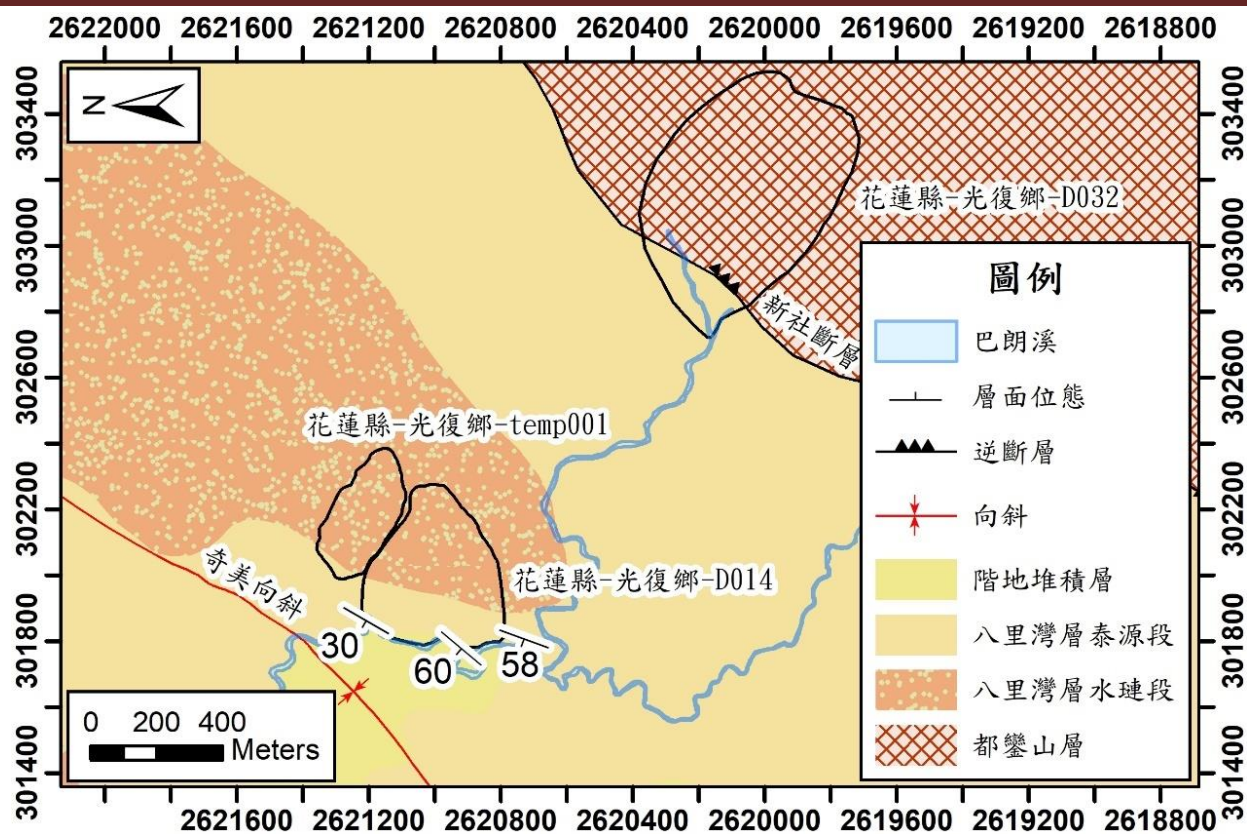


圖 3-11、本計畫調查坡面周邊地質圖



圖 3-12、位於花蓮縣-光復鄉-D014 趾部北側的露頭

註：位態為(N30°E, 30°W)，向東北拍攝，照片右側泥質含量較高



圖 3-13、位於花蓮縣-光復鄉-D014 趾部南側的露頭

註：位態為(N40°E，60°W)，向南拍攝，以頁岩為主



圖 3-14、位於花蓮縣-光復鄉-D014 範圍外南側的露頭

註：(N20°E，58°W)，向北拍攝，以頁岩為主

3-2-2、花蓮縣-光復鄉-D032 潛在大規模崩塌區

潛在大規模崩塌花蓮縣-光復鄉-D032 位花蓮縣光復鄉東側海岸山脈西翼，為巴朗溪其中一條支流發源集水區，巴朗溪下游近花蓮溪處河階台地為加里洞部落所在。

坡面所在地層為都鑾山層(坡腹至坡頂)與八里灣層泰源段(坡趾)，都鑾山層岩性主要為安山岩質火山岩，八里灣層泰源段由砂頁岩互層、礫岩、厚層砂岩與泥岩組成，坡趾局部為八里灣層順向坡。新社斷層通過坡趾，為都鑾山層上盤，八里灣層為下盤的逆斷層(圖 3-11)。

花蓮縣-光復鄉-D032 面積約 33.72 公頃，平均坡度約 33.21 度，寬約 540 公尺，長約 800 公尺，高程差約 430 公尺。

一、細部特徵影像判釋

花蓮縣-光復鄉-D032 在 99 年 7 月 8 日所拍攝的航照圖中，坡趾鄰近巴朗溪為裸露邊坡與草生坡，範圍內其餘區域植生狀態良好，推測可能較不穩定區域為鄰近巴朗溪之邊坡(圖 3-15)。

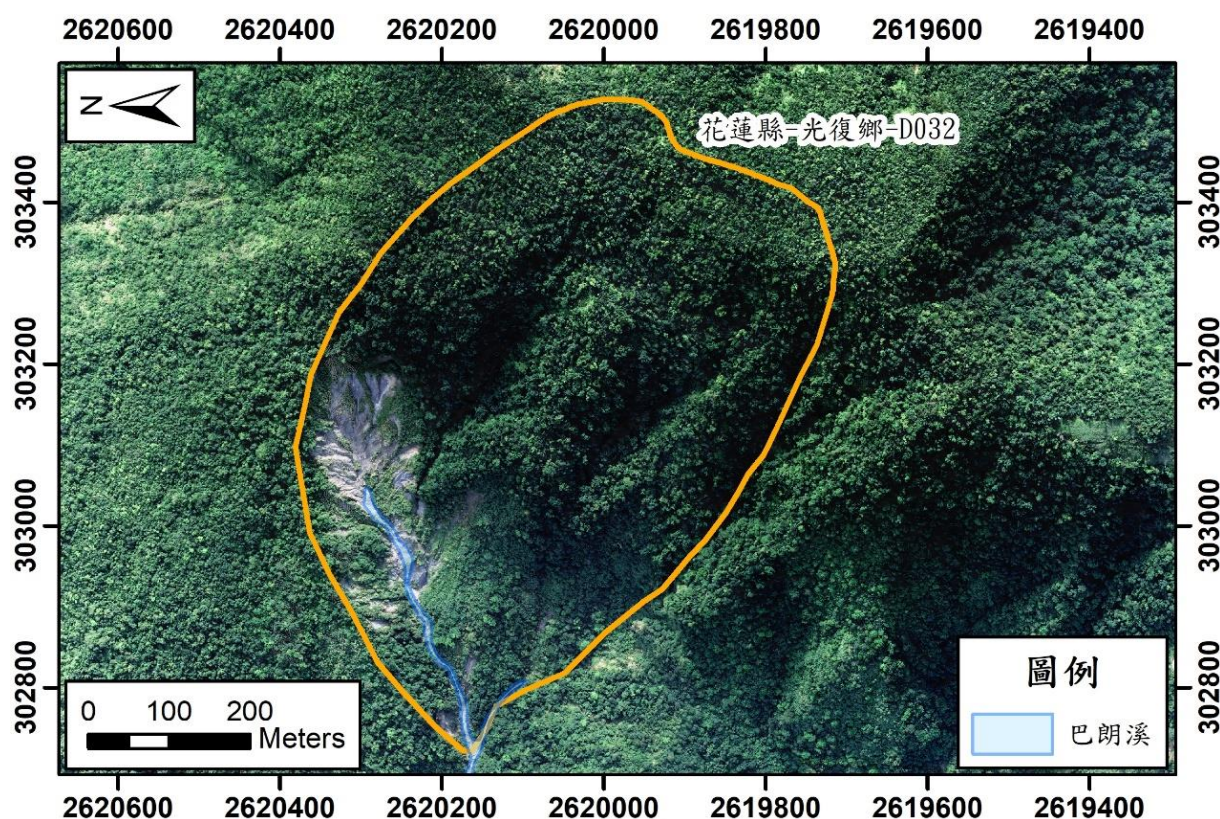


圖 3-15、花蓮縣-光復鄉-D032 航照圖

註：拍攝時間為 99 年 7 月 8 日

由高精度數值地形圖判釋及分析，圖 3-16、圖 3-17 及圖 3-18 顯示，花蓮縣-光復鄉-D032 坡向向西，部分坡趾區域坡向向東，冠部坡度平坦，坡腹坡度較陡，坡趾坡度較冠部陡，但比坡腹緩。坡面水系發育至近冠部處，多近東南-西北向平行發育，至坡趾約呈東北-西南向。

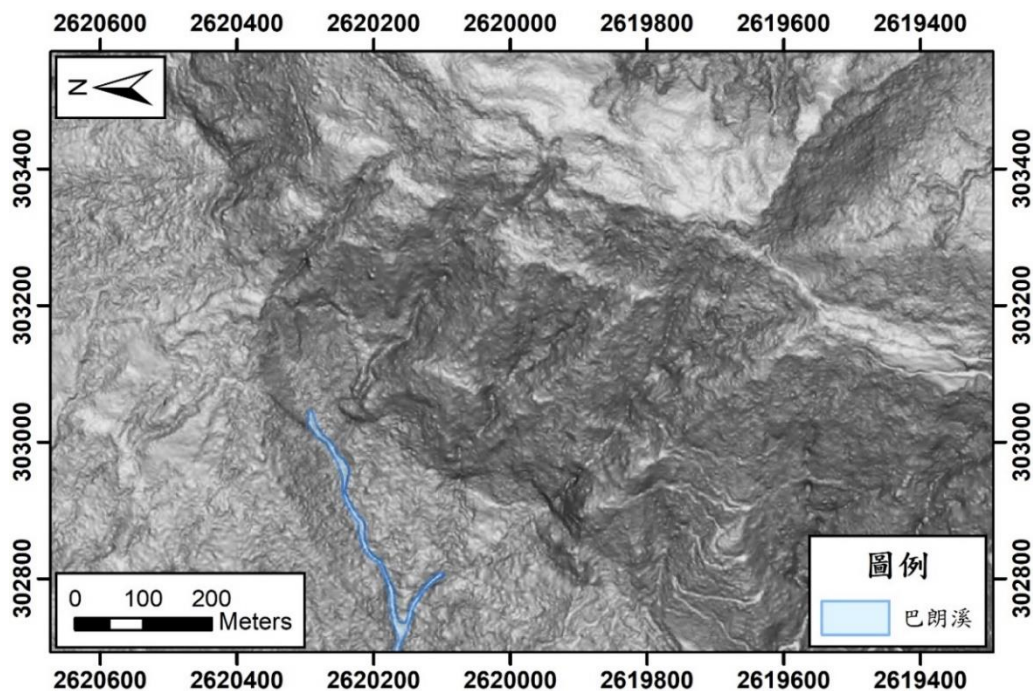


圖 3-16、花蓮縣-光復鄉-D032 周邊坡度圖

註：海岸山脈脊線位於圖面東南側

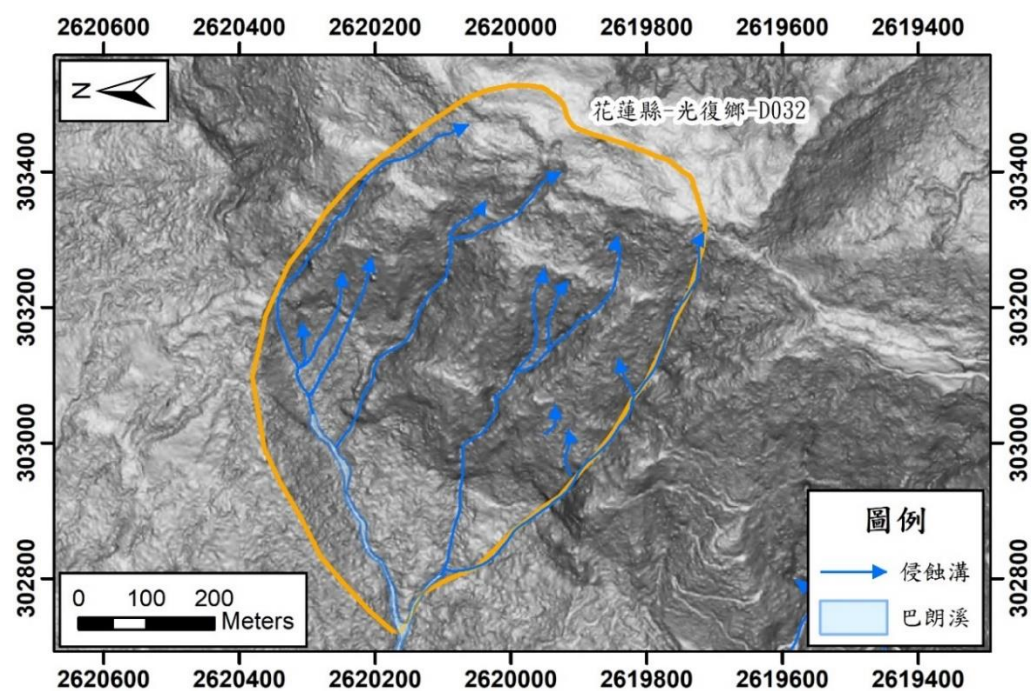


圖 3-17、花蓮縣-光復鄉-D032 範圍判釋坡度圖

註：坡面向西傾，部分坡趾區域坡向向東

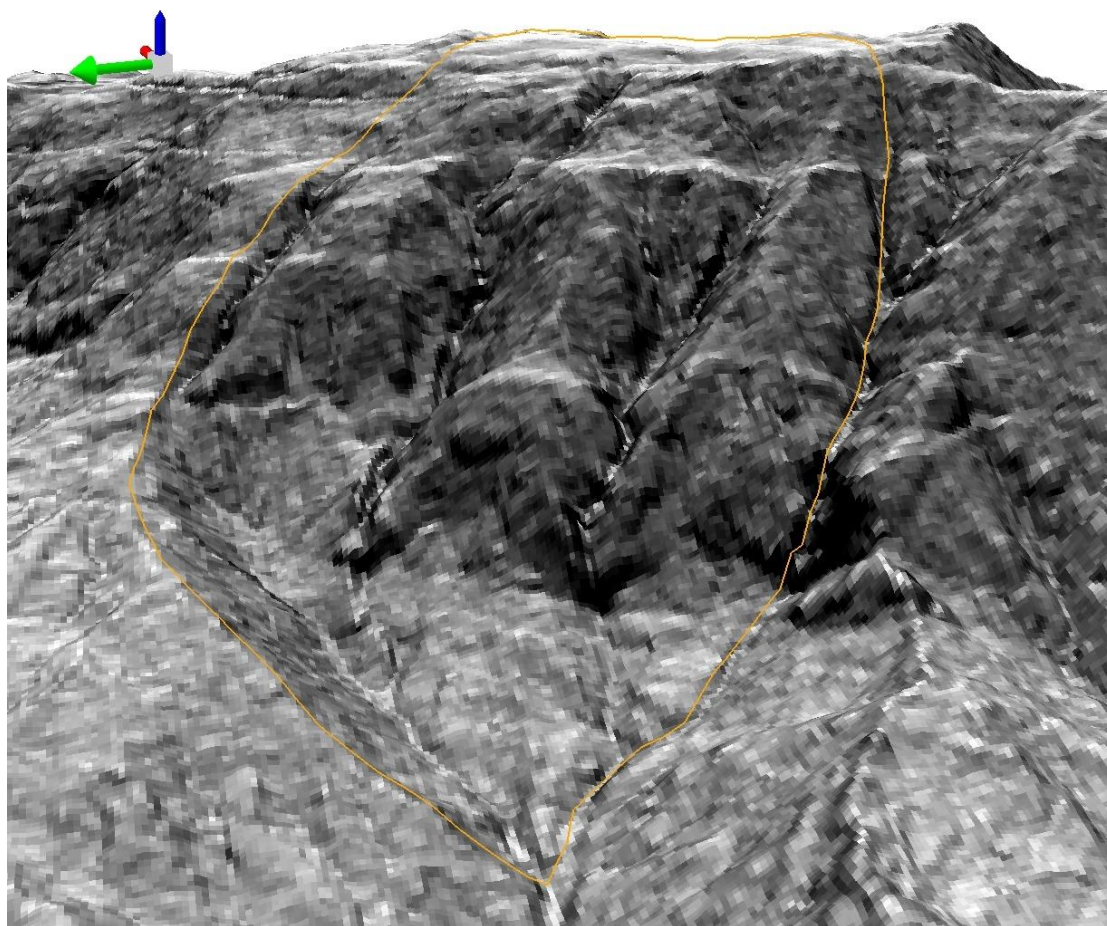


圖 3-18、花蓮縣-光復鄉-D032 範圍 3 維坡度圖

註：坡腹坡度較冠部與坡趾陡，圖中左上角綠色箭頭為北方

細部特徵中(圖 3-19 及圖 3-20)，冠部主崩崖(紅線)明顯連續性佳，外型略呈波浪狀，與第一階子崩崖(黃線)分為 2 區相吻合。第一階子崩崖受到侵蝕溝影響，分為南北兩區，皆形成雙溝同源的型態。在北側的第一階子崩崖之下形成 2 處第二階子崩崖(青線)及 1 處第三階子崩崖(紫線)，2 處第二階子崩崖未發育至相連。在南側的第一階子崩崖之下則形成 2 處第二階子崩崖(青線)及 2 處第三階子崩崖(紫線)，第二階子崩崖與第三階子崩崖可能受到侵蝕溝影響而分隔。受到侵蝕溝發育至冠部影響，坡面範圍內發育許多侵蝕崖(藍線)。

因此在圖 3-21 及圖 3-22 中區分出各階潛在滑動體，第一階滑動體(黃線區域)區分為 A 及 B 區等 2 處。在 A 區中，2 處第二階子崩崖雖未相連，但可劃歸同 1 處第二階滑動體 C 區(青線範圍)，而其下第三階滑動體(紫線範圍)為 G 區，G 區側邊崩崖明顯，為可能較活躍區域。在 B 區中，2 處第二階子崩崖分為 2 處第二階滑動體 D 區及 E 區(青線範圍)，其下方各自的第三階滑動體(紫線範圍)為

H 區及 I 區，H 區 2 側受到蝕溝與河流影響，為可能較活躍區域，I 區 2 側受到蝕溝與河流影響，但其坡度較 G 區及 H 區平緩，推測活躍程度可能較 G 區及 H 區等 2 區域低。F 區位於坡面趾部，屬於坡向向東區域之裸露範圍，因此畫為第二階滑動體(青線範圍)，為較活躍區域。將可能較活躍區域資本資料整理於表 3-8。坡面內水系多平行發育，因此至近冠部處形成雙溝同源現象，主要 4 條侵蝕溝在近冠部造成 2 處第一階子崩崖。4 條侵蝕溝中，較北側的 2 條侵蝕溝匯流後形成東北-西南向的河道，與地層走向相近；較南側的 2 條侵蝕溝匯流後使河道轉為近東-西向。

綜合判釋結果，坡面東側冠部近山脊，下邊界為西側河岸，兩側邊界為蝕溝，主崩崖及子崩崖明顯，坡面平均坡度約 33.21 度。可能較為活躍區域為 F 區、G 區及 H 區，由高精度數值地形推測活動性較高區域鄰近坡趾或侵蝕溝周邊，以舊有崩塌擴大或舊有崩塌再次活動為主。

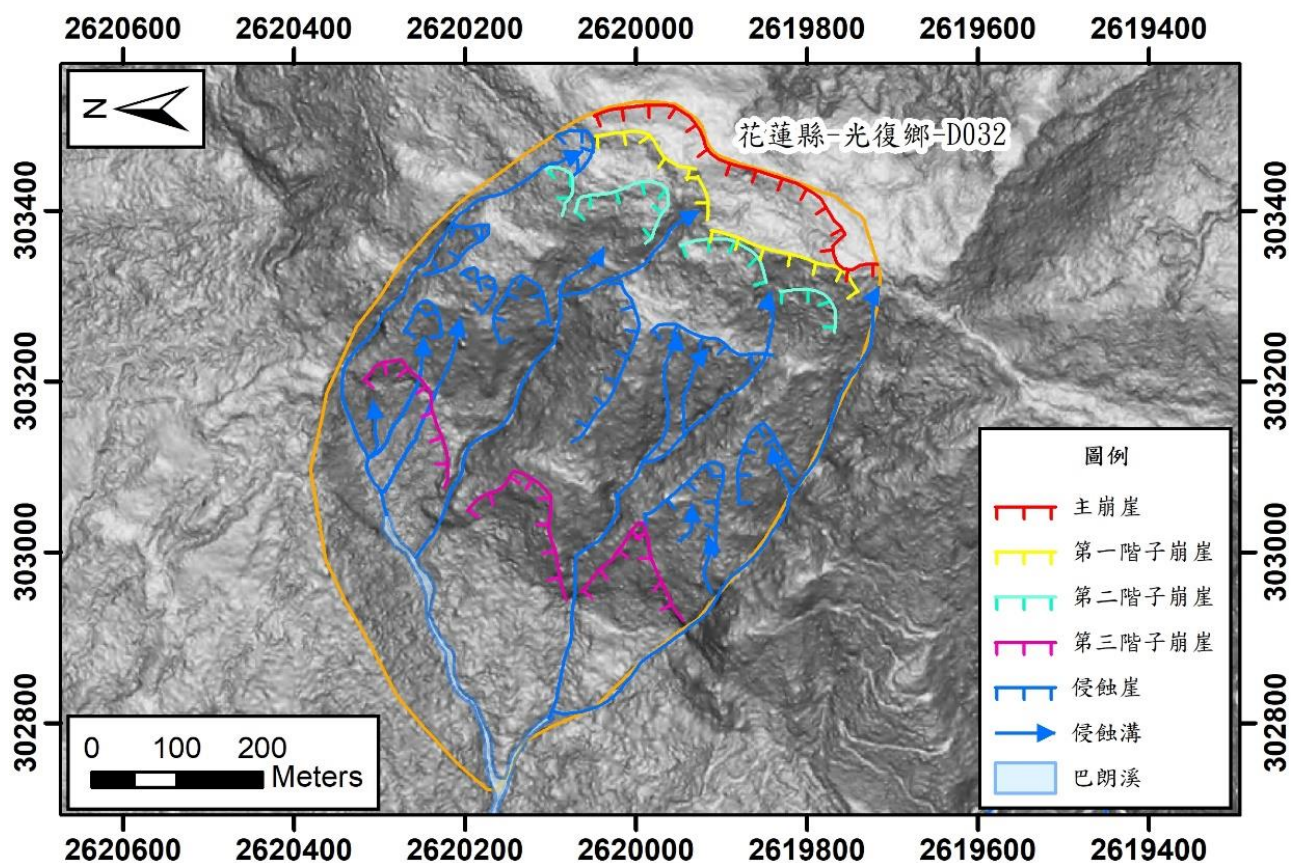


圖 3-19、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋坡度圖

註：區分範圍內各階崩崖

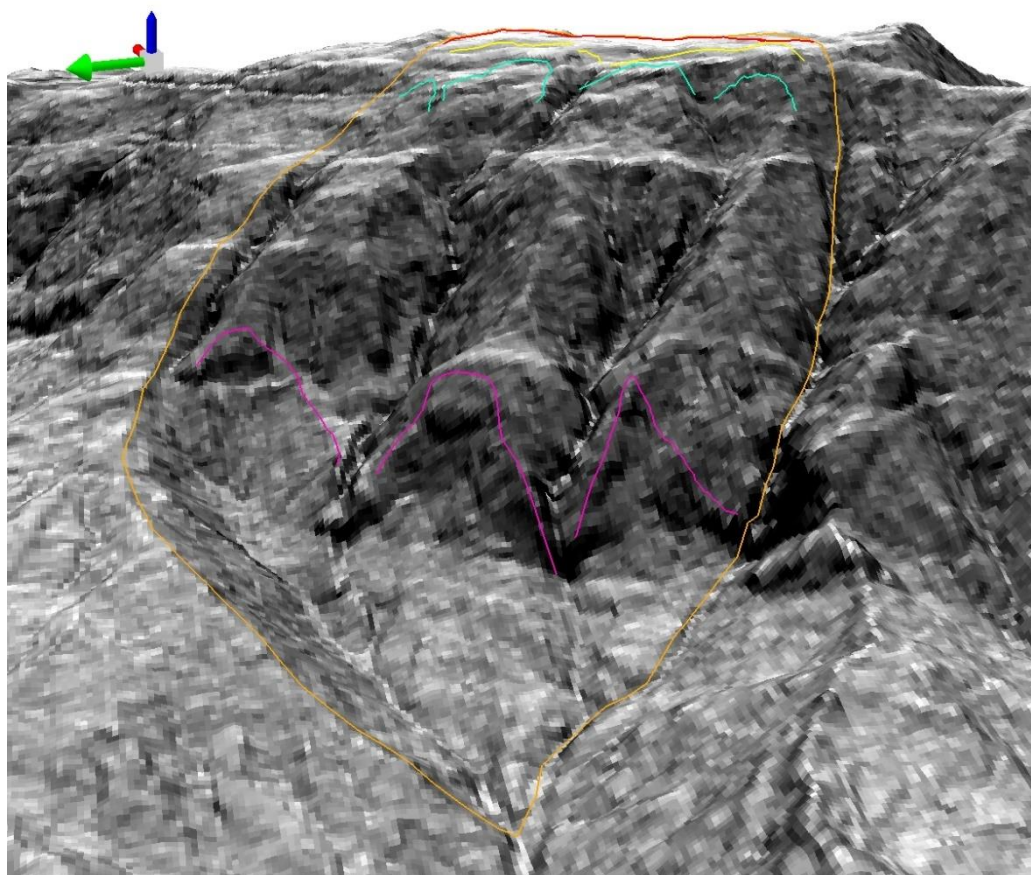


圖 3-20、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋 3 維坡度圖

註：區分範圍內各階崩崖

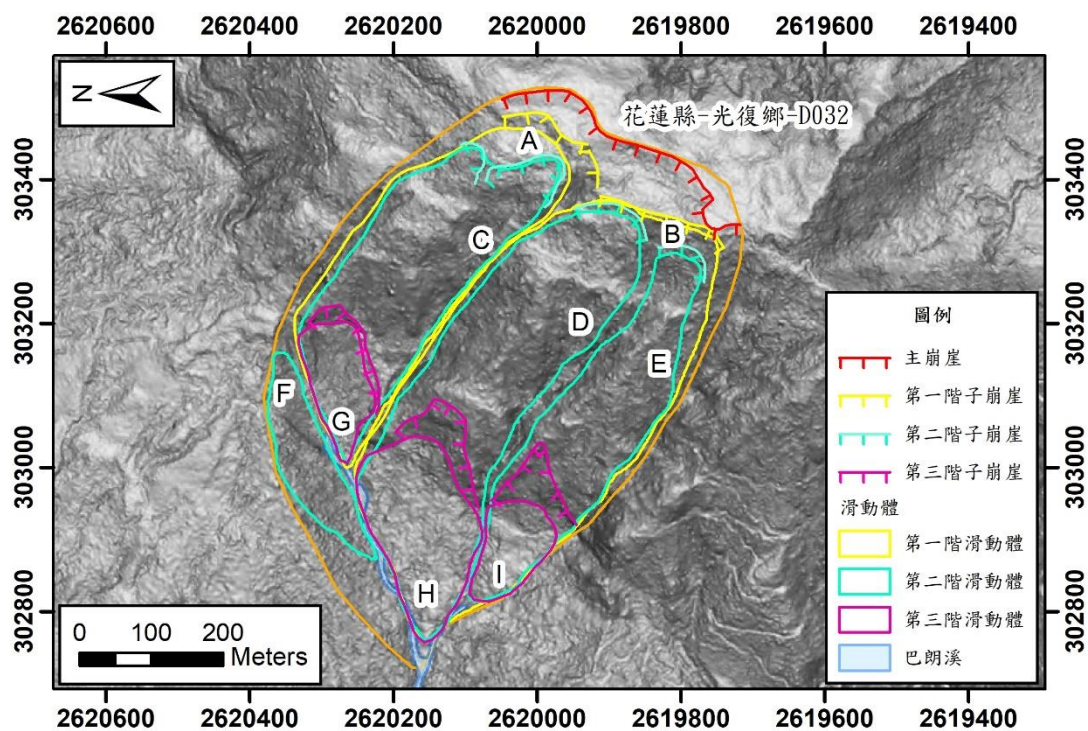


圖 3-21、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋坡度圖

註：區分範圍內各階崩崖與潛在滑動範圍

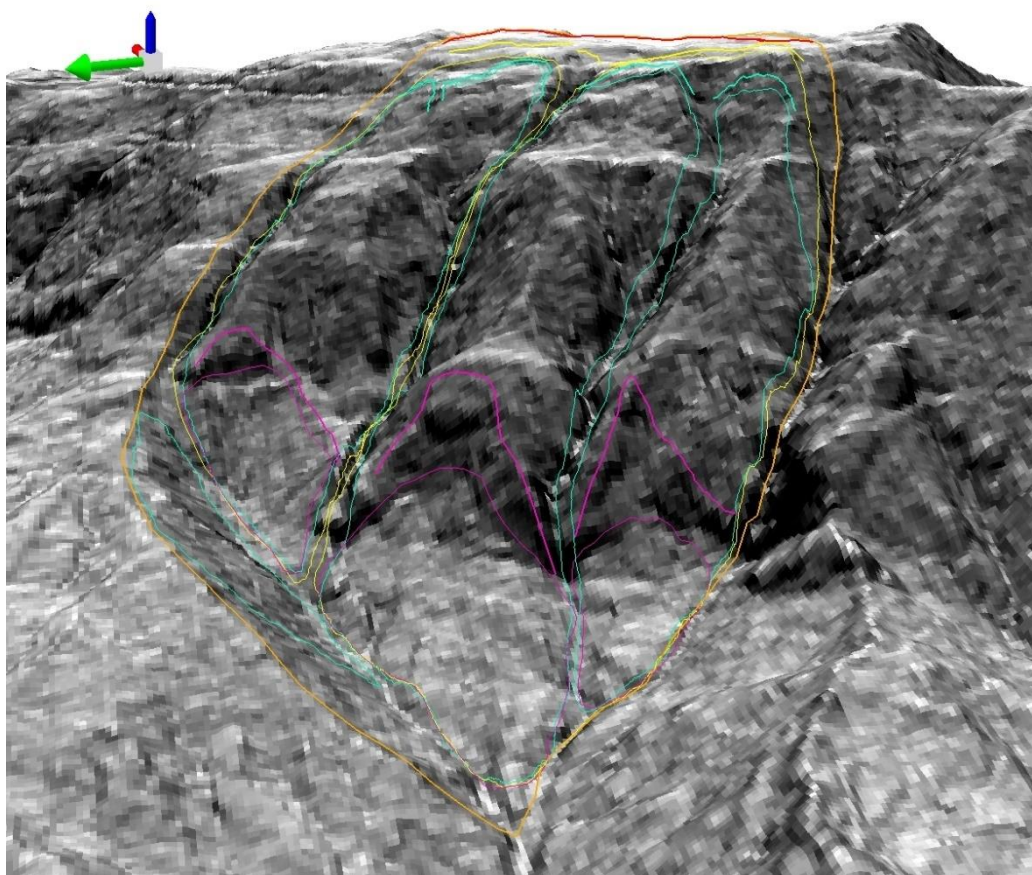


圖 3-22、花蓮縣-光復鄉-D032 細部特徵判釋 3 維坡度圖

註：區分範圍內各階崩崖與潛在滑動範圍

表 3-8、花蓮縣-光復鄉-D032 較活躍滑動體基本資料

滑動體	長 (m)	寬 (m)	高程差 (m)	面積 (公頃)	平均 坡度(°)	坡向
F 區	320	75	125	1.6	35.2	東
G 區	190	80	120	1.2	33.5	西
H 區	270	140	130	3.1	29.8	西
I 區	135	100	80	1.1	27.6	西

二、現地特徵點調查

在花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查時，執行團隊以徒步進入冠部進行 8 處現場調查點，調查點分布如圖 3-23，各調查點分別說明如下。

調查點 1(圖 3-24)向南拍攝冠部平台，冠部地勢平坦，沒有明顯裂隙或地形落差。

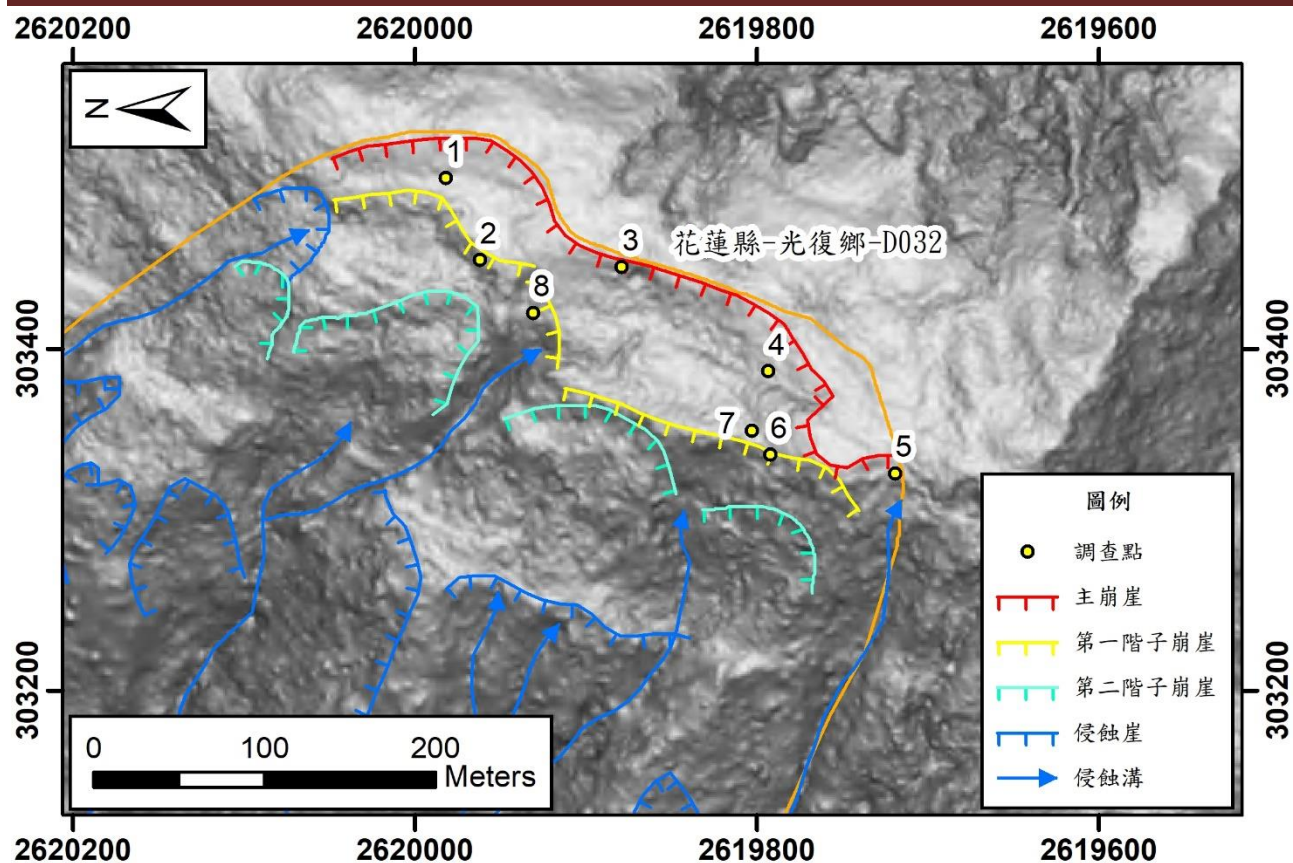


圖 3-23、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查位置分布圖



圖 3-24、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 1

調查點 2(圖 3-25)位於北側第一階子崩崖上方，向西拍攝第一階子崩崖，第一階子崩崖約位於黃色虛線，短線表示下坡方向，第一階子崩崖長度約 180 公尺，高程差約 5 公尺，拍攝所在位置周邊地表沒有明顯裂隙或較小規模之高程差，部分樹木有傾斜現象，顯示該處子崩崖可能近年內沒有活動跡象。

調查點 3(圖 3-26)位於主崩崖向西南拍攝，蝕溝(藍色虛線箭頭)發育至冠部形成侵蝕崖(藍色虛線，短線表示下坡方向)，蝕溝調查時未有流水，但 2 條蝕溝匯流區域地表有部分積水泥濘，拍攝時所在位置周邊地表除照片左側侵蝕崖外沒有明顯裂隙或地形落差。

調查點 4(圖 3-27)位於調查點 3 南側，向西拍攝蝕溝(藍色虛線)，該蝕溝所在位置未有流水，但有積水泥濘。蝕溝走向近於主崩崖，地形特徵類似陷溝，寬度約 4 公尺，與兩側高差約 1~2 公尺。



圖 3-25、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 2

註：向西拍攝北側第一階子崩崖，此處高差約 5 公尺



圖 3-26、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 3

註：向南拍攝，侵蝕溝發育至冠部形成侵蝕崖



圖 3-27、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 4

註：向西拍攝，冠部侵蝕溝，與調查點 7 為不同侵蝕溝分支

調查點 5(圖 3-28)位於坡面南側蝕溝頂部，向北拍攝蝕溝，該蝕溝造成 2 階侵蝕崖，約位於圖 3-28 中藍色虛線(短線表示下坡方向)，高差約 2 公尺，為本處坡面冠部相對活躍區域，但調查點 5 周邊地表無明顯現生活動之裂隙。

調查點 6(圖 3-29)位於南側第一階子崩崖上方，向西拍攝，第一階子崩崖約位於黃色虛線(短線表示下坡方向)，該處第一階子崩崖長度約 195 公尺，調查點 6 與下方平台高程差約 50 公尺。

調查點 7(圖 3-30)位於調查點 4 西側，向東拍攝蝕溝，與調查點 4 之蝕溝為不同蝕溝，向北匯流後轉向西流下坡面。

調查點 8(圖 3-31)位於北側第一階子崩崖與第二階子崩崖間，為調查點 2 下方，向東北拍攝，第一階子崩崖約位於黃色虛線處(短線表示下坡方向)，與調查點 2 為相同第一階子崩崖，第二階子崩崖約位於青色虛線處(短線表示下坡方向)，拍攝處為蝕溝旁。第二階子崩崖頂部無明顯現生活動之裂隙或尺度較小之崖面。



圖 3-28、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 5

註：向北拍攝，侵蝕溝造成頂部 2 階侵蝕崖(約在藍色虛線處，短線表示下坡方向)



圖 3-29、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 6

註：向西拍攝南側第一階子崩崖，此處高差約 50 公尺



圖 3-30、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 7

註：向東拍攝冠部侵蝕溝，與現場調查點 4 為不同侵蝕溝分支

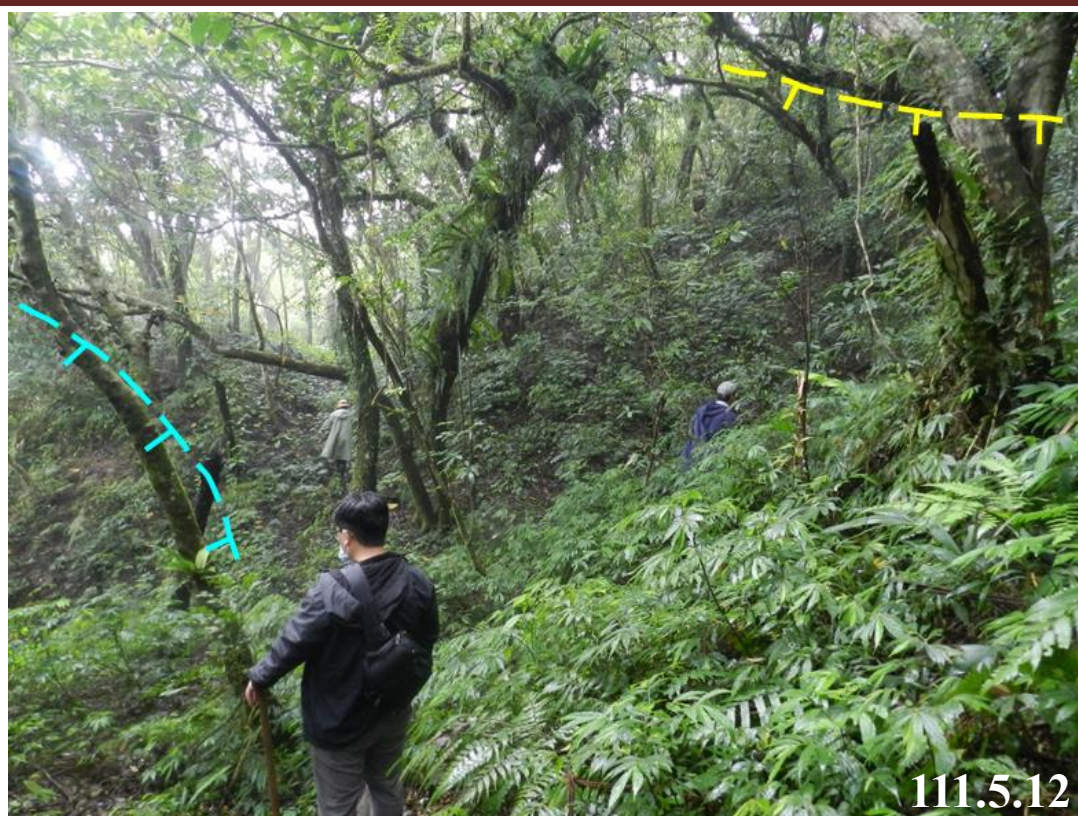


圖 3-31、花蓮縣-光復鄉-D032 現場調查點 8

註：向北拍攝，照片右側為坡面北側第一階子崩崖(調查點 2)與其下方左側第二階子崩崖以現場空拍確認坡面趾部現況，並用以對照及檢核判釋成果，圖 3-32、圖 3-33 及圖 3-34 顯示第二階滑動體 F 區及 G 區多為裸露狀態，H 區目前植被覆蓋，植被多為草本植物，I 區目前植被覆蓋，植被多為木本植物，因此推測該處坡面較活躍第二階滑動體為 F 區、G 區及 H 區。現場調查地質資料方面，冠部皆為風化層覆蓋，無法確實判斷所屬岩性。由空拍觀察坡面裸露位置之岩性，顯示第二階滑動體 F 區、G 區及 H 區為灰色至灰黑色砂頁岩互層及泥岩，因此團隊認為花蓮縣-光復鄉-D032 趾部岩層為八里灣層泰源段。

綜合以上判釋與現場調查資料，花蓮縣-光復鄉-D032 坡面所在區域經由高精度數值地形所判釋出的各階崩崖位置與現場調查非常相近。在冠部的現場調查顯示冠部、第一階子崩崖及部分第二階子崩崖周邊並無明顯現生張力裂隙或崖面，且植物相完整，推測冠部在近年內可能沒有明顯活動。因此推估花蓮縣-光復鄉-D032 在早期可能發生過整體大規模滑動，而產生地形特徵，但在近年內沒有發生整體大規模滑動，可能活動型態為分區受侵蝕溝或河流侵蝕影響的舊有崩塌擴大或舊有崩塌持續崩塌等淺層崩塌類型。



圖 3-32、花蓮縣-光復鄉-D032 全景空拍照



圖 3-33、花蓮縣-光復鄉-D032 坡趾舊有崩塌空拍照



圖 3-34、花蓮縣-光復鄉-D032 坡趾舊有崩塌與判釋滑動體對照圖

表 3-9、花蓮縣-光復鄉-D032 潛在大規模崩塌區基本資訊調查表

行政區域	花蓮縣	縣(市)	光復鄉	鄉(鎮市區)	東富村	村(里)
崩塌區編號	花蓮縣-光復鄉-D032		崩塌地名稱			
崩塌區定位	坐標系統：X：303155 Y：2620064(TWD97)					
崩塌規模	長度 540 公尺；寬度 800 公尺；深度 公尺；面積 33.85 公頃					
災害歷史 (致災原因與時間)	1.有無歷史災害發生：		☒ 有 ☐ 無			
	2.發生原因		☐ 颱風 ☐ 豪雨 ☒ 其它【 】			
	3.發生時間		111 年 4 月 25 日 時 事件名稱：110 年 0425 地震			
	4.災害敘述		有小規模淺層崩塌			
保全對象所在行政區域說明	同行政區域： ☒ 是 ☐ 否(縣(市) 鄉(鎮市區) 村(里))					

表 3-10、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌地形特徵資訊調查表

地表地形	主崩崖	☐ A. 0-20° ☐ B.21-40° ☒ C.41-60° ☐ D.60°以上			
	滑動體	☐ A. 0-20° ☒ B.21-40° ☐ C.41-60° ☐ D.60°以上			
崩塌地形特徵	主崩崖	崖高： <u>3</u> m 崖寬： <u>10</u> m	坐標： <u>303458,2619898</u>	崖面新鮮	☐ Y.是 ☒ N.否
		冠部有張力裂縫	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標：,	主崩崖下方有窪地或水池	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標：,
	滑動體	外觀呈凹陷地形	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標：,	上段呈下陷地形	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標：,
		中段呈緩坡狀	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標：,	下段呈隆起地形	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標：,
		滑動體裂隙	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標：,	圓弧形次崩崖	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標：,
		崩塌體與圍岩剪切破壞，土石破碎	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標：,	兩翼排水溝呈雙溝同源	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標：,

表 3-11、花蓮縣-光復鄉-D032 潛在大規模崩塌區保全對象調查表

建築物	☐ 無 ☐ 公共建築(學校、醫院、民眾聚集場所等) 處 ☒ 民宅：間接影響加里洞聚落				
公共設施	☒ 無 ☐ 道路 可能危害長度 公尺 ☐ 橋樑 座(名稱：) ☐ 護坡(或擋土牆)可能危害長度 公尺(波浪狀嚴重變形)				
其他	☐ 無 ☒ 農地、果園 ☐ 其他				
災害歷史 ☐ 有 ☐ 無	時間	災害類型	災害原因	災損情況(傷亡、財損)	防治工程

3-2-3、花蓮縣-光復鄉-D014 潛在大規模崩塌區

經圖面判釋潛在大規模崩塌花蓮縣-光復鄉-D014 所在位置旁有一處中規模崩塌區(具地形特徵但面積小於 10 公頃)，暫定命名為花蓮縣-光復鄉-temp001 位花蓮縣光復鄉東側，位於巴朗溪右岸及花蓮縣-光復鄉-D032 下游，後續將兩處潛在崩塌地一併說明，巴朗溪下游近花蓮溪處河階台地為加里洞部落所在。花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 坡面所在地層為八里灣層泰源段，八里灣層泰源段由砂頁岩互層、礫岩、厚層砂岩與泥岩組成。坡面所在西北側約 100 公尺為奇美向斜。於坡面趾部所量測到的層面位態顯示花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 為順向坡。潛在大規模崩塌花蓮縣-光復鄉-D014 面積約 15.19 公頃，平均坡度約 28.11 度，寬約 440 公尺，長約 490 公尺，高程差約 210 公尺。潛在大規模崩塌花蓮縣-光復鄉-temp001 面積約 6.40 公頃，平均坡度約 28.87 度，寬約 190 公尺，長約 430 公尺，高程差約 195 公尺。

一、細部特徵影像判釋

在 99 年 7 月 8 日所拍攝的航照圖中，花蓮縣-光復鄉-D014 有 2 處呈現長橢圓型的舊有崩塌，呈現裸露狀態，範圍內其餘區域植生狀態良好，推測可能較不穩定區域為舊有崩塌周邊(圖 3-35)。花蓮縣-光復鄉-temp001 範圍內植生狀態良好，但地形具有明顯凹陷，可能曾經發生過崩塌事件(圖 3-35)。

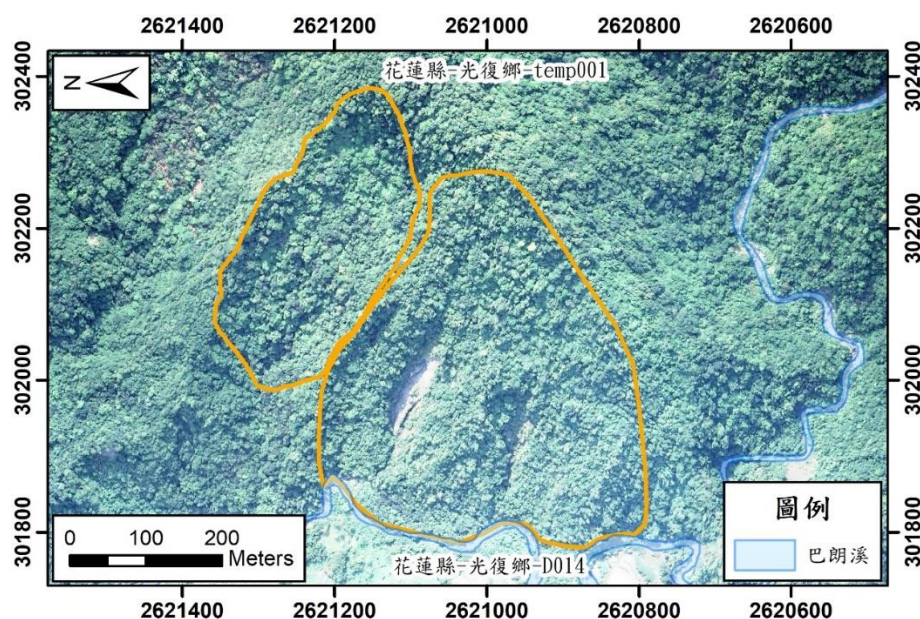


圖 3-35、花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 航照圖

註：拍攝時間為 99 年 7 月 8 日

由高精度數值地形圖顯示(圖 3-36、圖 3-37 及圖 3-38)，花蓮縣-光復鄉-D014 坡向向西，除舊有崩塌裸露區域坡度變化明顯外，整體範圍坡度變化小，坡面為順向坡，子崩崖發育明顯。坡面水系多近東-西向平行發育，北側水系發育近冠部，其餘最高發育至坡腹。

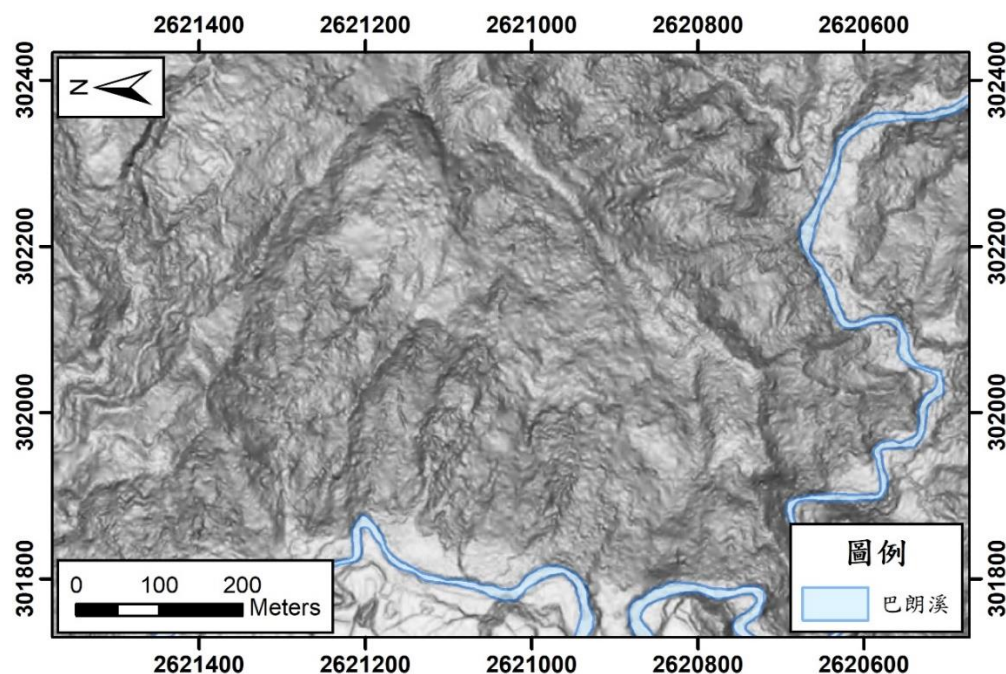


圖 3-36、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 周邊坡度圖

註：坡向朝西

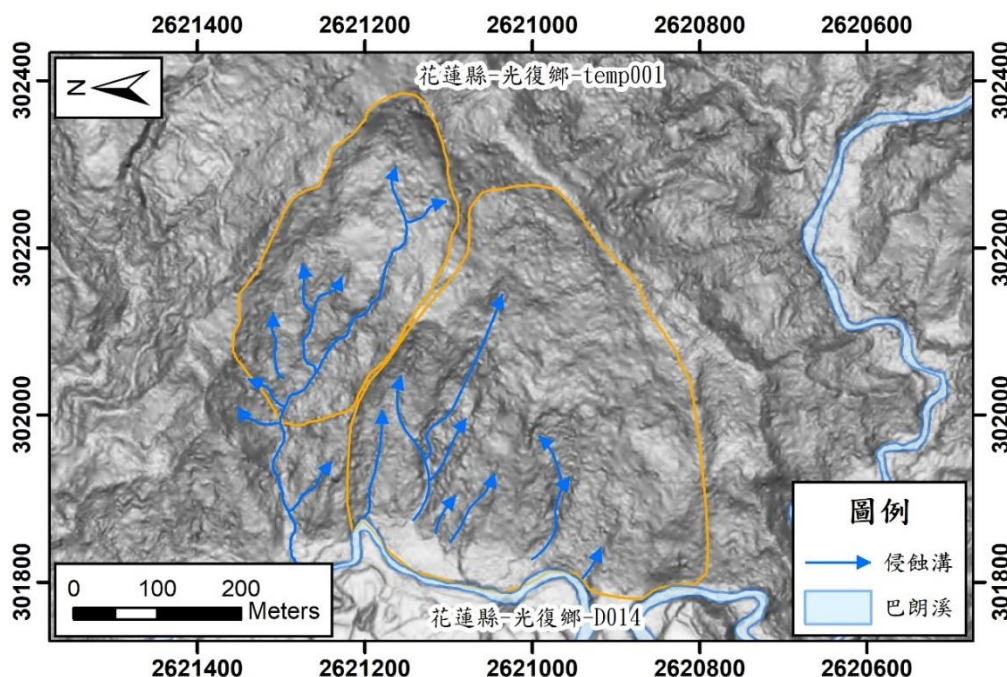


圖 3-37、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 範圍判釋坡度圖

註：坡面所在位置為順向坡

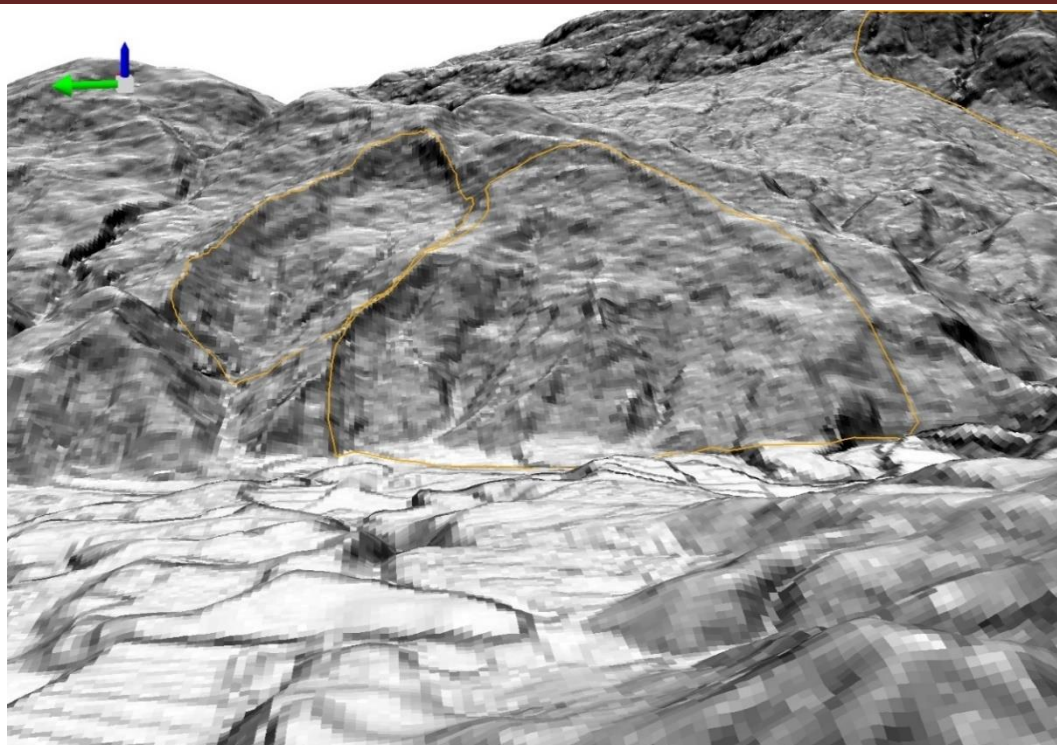


圖 3-38、花蓮縣-光復鄉-D014 範圍 3 維坡度圖

註：花蓮縣-光復鄉-D014 坡度變化較小，花蓮縣-光復鄉-temp001 地形明顯凹陷

細部特徵中(圖 3-39 及圖 3-40)，花蓮縣-光復鄉-D014 冠部主崩崖(紅線)明顯連續性佳，外型略呈圓弧狀，主要包覆 2 處延伸較長的第一階子崩崖(黃線)，為北側與中央之第一階子崩崖。第一階子崩崖分為 3 區，最南側的第一階子崩崖(黃線)下方坡度變化不大，可能與趾部受到階地堆積層保護有關，使其下方區域略分為西偏北向與西向，而第二階子崩崖(青線)方向較接近西偏北向，為河岸攻擊坡。位於北側與中央的第一階子崩崖(黃線)受到侵蝕溝發育與趾部河流影響，其下方坡度變化較明顯，第二階子崩崖(青線)亦較明顯，甚至發育至第三階(紫線)與第四階子崩崖(褐線)。坡面侵蝕溝發育明顯，因此發育多處侵蝕崖(藍線)。

因此在圖 3-41 及圖 3-42 中區分出各階潛在滑動體，將潛在第一階滑動體(黃線區域)由北而南區分為 A 區、B 區及 C 區等 3 處。在 A 區中第二階子崩崖之潛在第二階滑動體(青線範圍)區分為 D 區，而發育較明顯的侵蝕溝造成舊有崩塌區分為第三階滑動體 G 區(紫線範圍)，受到 G 區活動減少側向支撐影響而產生活動潛勢的第三階活動體(紫線範圍)H 區與第四階活動體(褐線範圍)J 區。在 B 區中第二階子崩崖(青線)延伸性較短，但其下方的第三階子崩崖與第四階

子崩崖皆有明顯高差，可能為坡趾受到河流攻擊所影響。將 B 區中的第二階滑動體至第四階滑動體分為 E 區(第二階，青線範圍)、I 區(第三階，紫線範圍)及 K 區(第四階，褐線範圍)，而 K 區中舊有崩塌可能會因為趾部的攻擊坡而使 K 區向東側擴大。C 區目前屬於相對穩定狀態，但其坡趾屬於河流攻擊坡，因此在 C 區中區分出 F 區(第二階，青線範圍)，若發生較強烈的側向侵蝕有崩塌的可能性。具有較高活動潛勢之滑動體區域為 F 區、G 區、H 區、J 區及 K 區，其基本資料整理於表 3-12。

坡面內水系多平行發育，且大多發育至坡腹，代表坡面可能有足夠孔隙使天水下滲，而造成滑動。

綜合判釋結果，坡面東側冠部近山脊，下邊界為西側河岸，南-北兩側邊界為山脊，主崩崖及子崩崖明顯，坡面平均坡度約 28.11 度。可能較為活躍區域為 F 區、G 區、H 區、J 區及 K 區，由高精度數值地形推測活動性為目前坡趾未見光，而未有整體滑動特徵，但以鄰近侵蝕溝周邊區域發生舊有崩塌擴大或重複發生舊有崩塌等淺層崩塌型態為主。

表 3-12、花蓮縣-光復鄉-D014 之第二階滑動體規格資料

滑動體	長 (m)	寬 (m)	高程差 (m)	面積 (公頃)	平均坡度 (°)	坡向
F 區	180	90	80	1.4	26.5	西偏北
G 區	215	50	90	0.8	33.2	西
H 區	240	55	100	1.3	25.3	西
J 區	180	40	80	0.6	23.4	西
K 區	260	100	120	2.1	34.6	西

花蓮縣-光復鄉-temp001 坡向向西，整體坡度變化較多，主崩崖呈現圓弧狀，連續性佳，坡面為順向坡(圖 3-39 及圖 3-40)。各階子崩崖發育明顯，但延伸性差。侵蝕溝約以東-西向發育至近冠部，水系略呈樹枝狀，各階子崩崖分布位置多與侵蝕溝有關。坡面範圍內主要可能具有活動潛勢的區域為第一階滑動體 A 區(約 1.1 公頃)與 B 區(約 0.7 公頃)，如圖 3-41 及圖 3-42，其下方各具有第二階滑動體 C 區(約 0.7 公頃)與 D 區(約 0.2 公頃)。A 區與 B 區皆具有第一階子崩崖與第二階子崩崖特徵且坡度較平緩，為坡面上留有崩塌材料的區域。

綜合判釋結果，花蓮縣-光復鄉-temp001 坡面東側冠部近山脊，下邊界為侵蝕溝，南-北兩側邊界為山脊，主崩崖及子崩崖明顯，坡面平均坡度約 28.87

度。可能較為活躍區域為 A 區及 B 區，可能受到豪雨影響使坡面滑動形成，提供土石流或挾砂水流之土砂材料。由高精度數值地形推測活動性為曾經發生崩塌，但由植生密度推測近年來相對穩定。

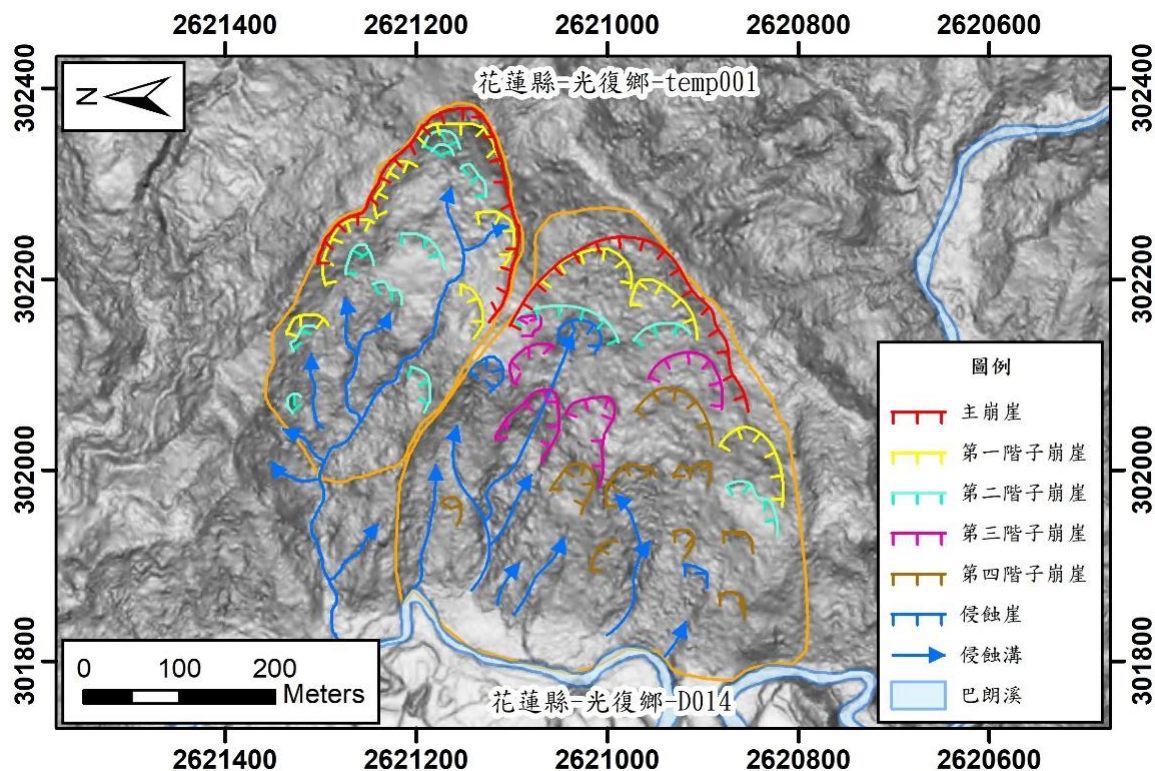


圖 3-39、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 細部特徵判釋圖

註：區分範圍內各階崩崖

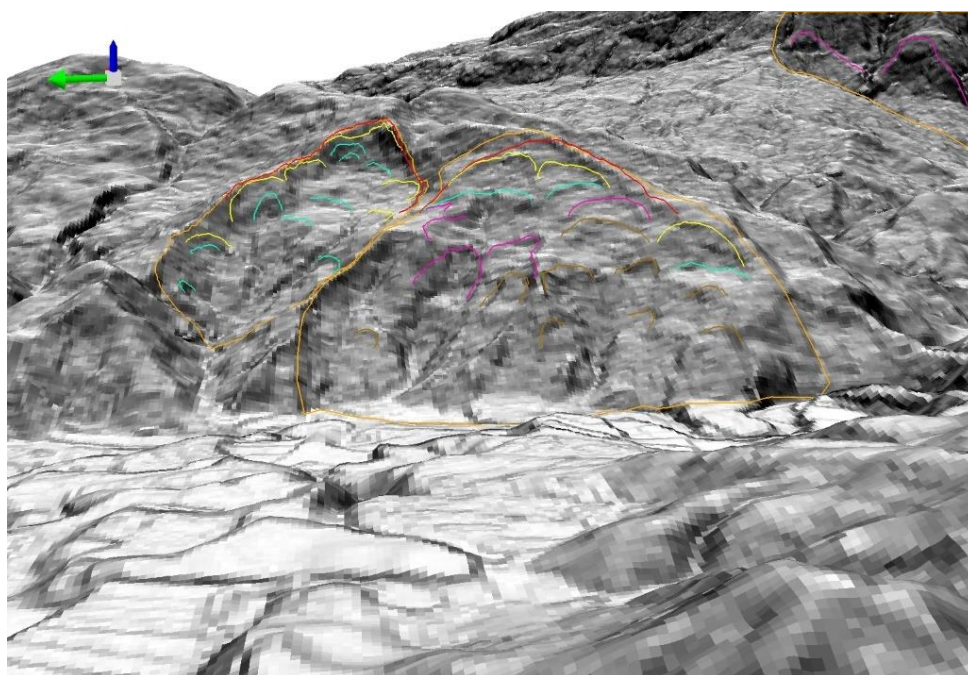


圖 3-40、花蓮縣-光復鄉-D014 細部特徵判釋 3 維圖

註：區分範圍內各階崩崖

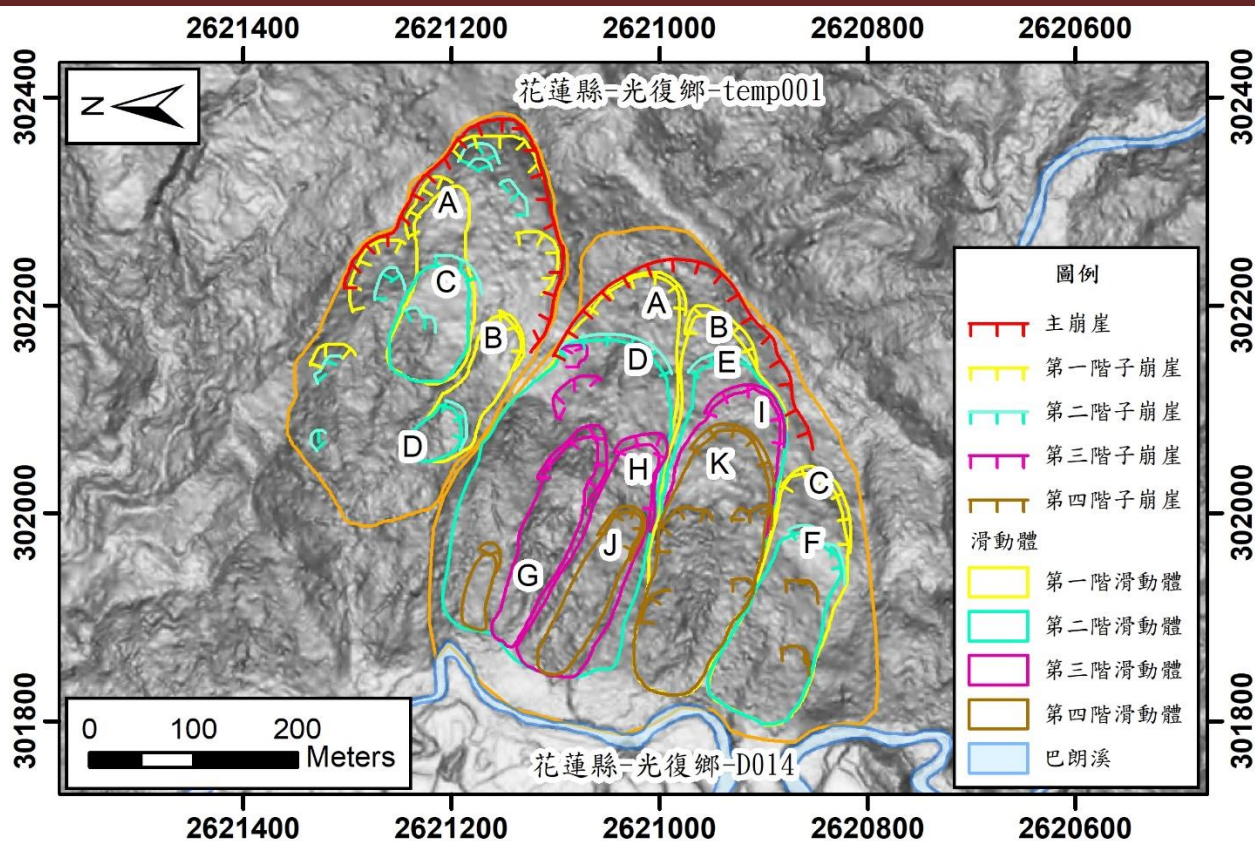


圖 3-41、花蓮縣-光復鄉-D014 細部特徵判釋坡度圖

註：區分範圍內各階崩崖與潛在滑動範圍

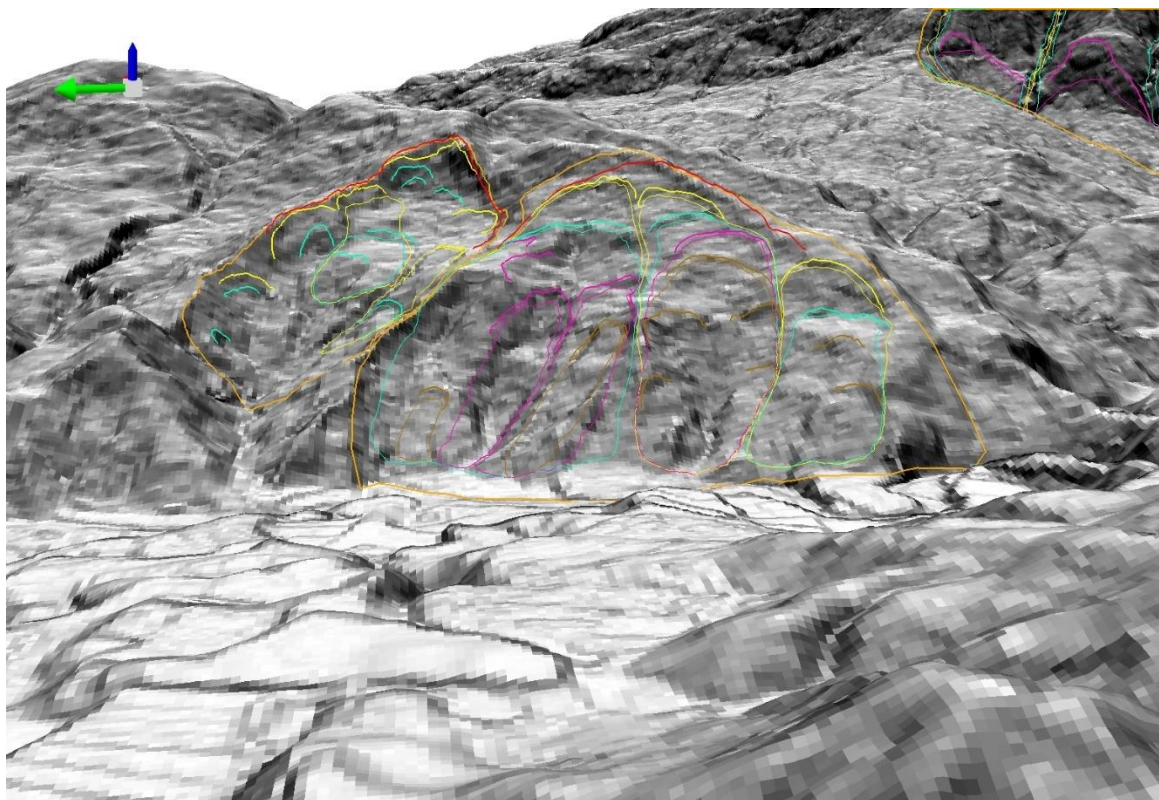


圖 3-42、花蓮縣-光復鄉-D014 細部特徵判釋 3 維坡度圖

註：區分範圍內各階崩崖與潛在滑動範圍

二、現地特徵點調查

花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 現場調查主要以坡趾巴朗溪沿岸為調查重點，調查位置分布如圖 3-43，各調查點結果說明如下。

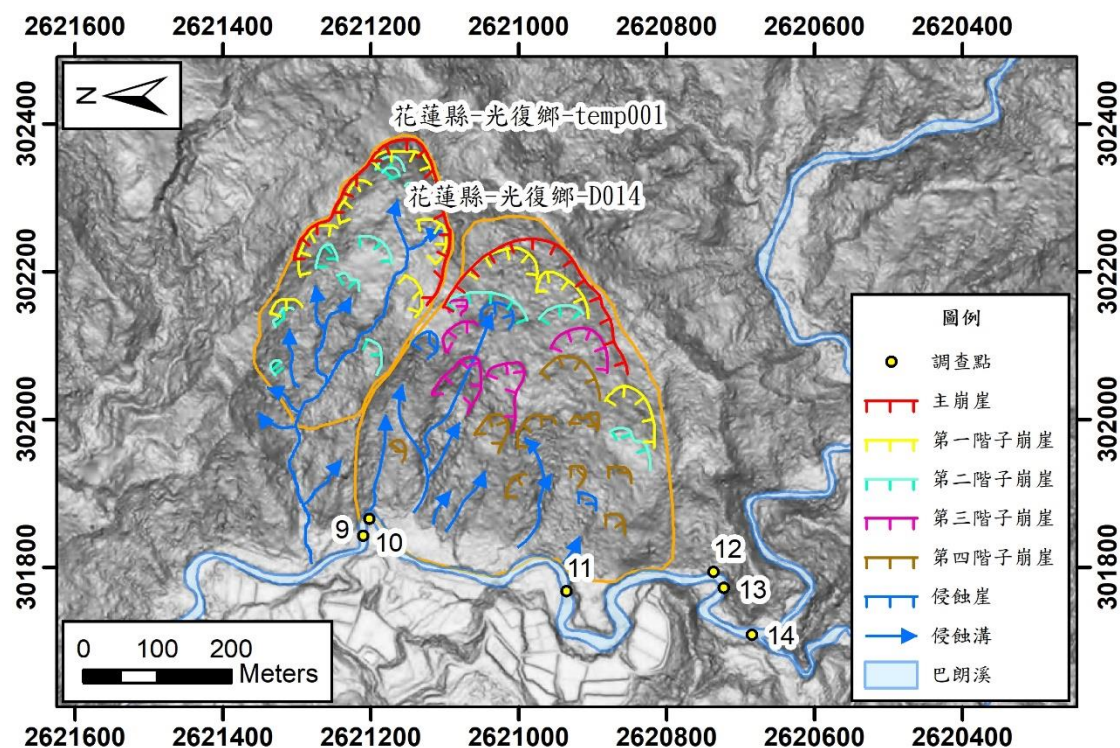


圖 3-43、花蓮縣-光復鄉-D014 現場調查位置分布圖

調查點 9 位於花蓮縣-光復鄉-D014 北側趾部，照片面向東北，該處所量測之位態為(N30°E, 30°W)，岩性為灰色砂頁岩互層，部分位置泥質含量較高，應為八里灣層泰源段，如圖 3-44。露頭厚度約 1.5~2 公尺，以傾斜儀為界，左側為含砂量較高之砂頁互層，砂層最大厚度約 10 公分，為細砂至粉砂；右側含泥量較高分層不明顯。

調查點 10 向東拍攝坡趾，位於巴朗溪的攻擊坡為侵蝕溝造成的堆積區，藍色箭頭處為層面出露，如圖 3-45。

調查點 11 位於花蓮縣-光復鄉-D014 南側趾部，該處所量測之位態為(N40°E, 60°W)，岩性為灰至灰黑色頁岩，應為八里灣層泰源段，如圖 3-46。露頭厚度約 2~3 公尺，頁岩厚度不一，最厚達 15~20 公分。

調查點 12 位於坡面南側範圍外，該處所量測之位態為(N20°E, 58°W)，岩性為灰色砂頁岩互層，應為八里灣層泰源段，如圖 3-47。露頭厚度約 1.5~2 公尺，頁岩最大厚度約 20~25 公分，向下漸薄。

由調查點 9 到調查點 12 可知，花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 所在位置為順向坡且坡趾未見光。



圖 3-44、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 9

註：向北拍攝，八里灣層砂頁互層出露



圖 3-45、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 10

註：為侵蝕溝下方的堆積區，藍色箭頭區域為層面出露



圖 3-46、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 11

註：向南拍攝，八里灣層砂頁互層出露，坡面位於順向坡



圖 3-47、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 12

註：向南拍攝，八里灣層砂頁互層出露，坡面位於順向坡

調查點 13 為河床旁泥岩出露位置(藍色箭頭處)，出露約 1 公尺長及 1 公尺寬，如圖 3-48。

調查點 14 為巴朗溪在花蓮縣-光復鄉-D014 向上游方向的南側支流(S 標示)與北側支流(N 標示)匯流口，北側支流為花蓮縣-光復鄉-D032 趾部之巴朗溪下游，水質混濁含泥量高；南側支流則水質澄清。顯示巴朗溪目前含泥水流主要來源為花蓮縣-光復鄉-D014 至花蓮縣-光復鄉-D032 間集水區，如圖 3-49。



圖 3-48、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 13

註：局部泥岩出露，面積約 1 公尺*1 公尺



圖 3-49、花蓮縣-光復鄉-D014 周邊現場調查點 14

註：巴朗溪支流會合處，北側支流(N)為花蓮縣-光復鄉-D032 下游，水色混濁

依據現場空拍(圖 3-50、圖 3-51 及圖 3-52)檢視花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 坡面現況，並用以對照及檢核判釋成果，花蓮縣-光復鄉-D014 坡面上 2 處較明顯的舊有崩塌，坡面北側的舊有崩塌目前植生較密(滑動體 G 區)，如圖 3-50 及圖 3-51，坡面中央的舊有崩塌冠部裸露(滑動體 K 區內)，如圖 3-52。花蓮縣-光復鄉-temp001 目前植生密集，坡面上沒有舊有崩塌，如圖 3-50。

綜合以上判釋與現場調查資料，花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 位於順向坡，坡趾未見光。經由高精度數值地形所判釋出的各階崩崖與現場空拍所見樹冠落差位置大致吻合，因此推測花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 在近年內沒有發生整體大規模滑動，可能為受侵蝕溝或河流侵蝕影響的淺層崩塌型態。

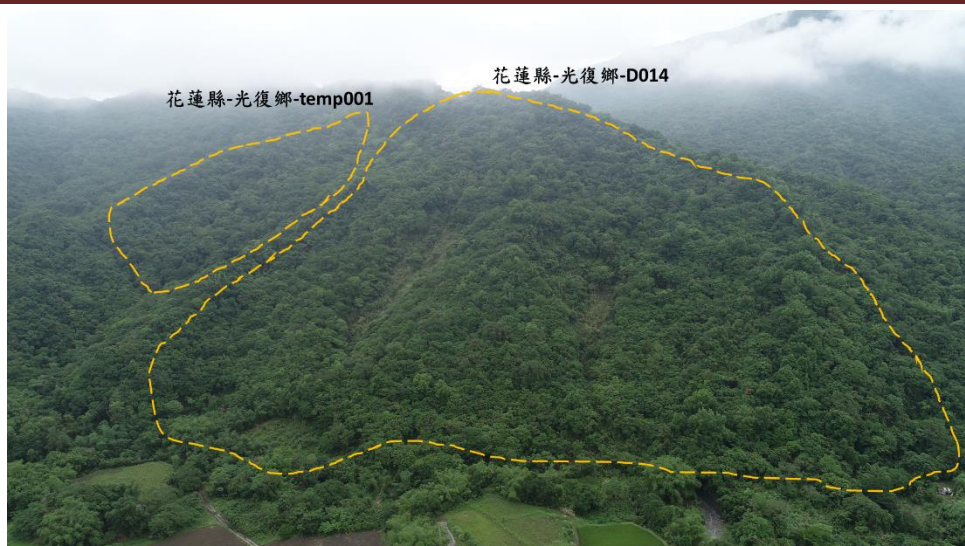


圖 3-50、花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 全景空拍圖

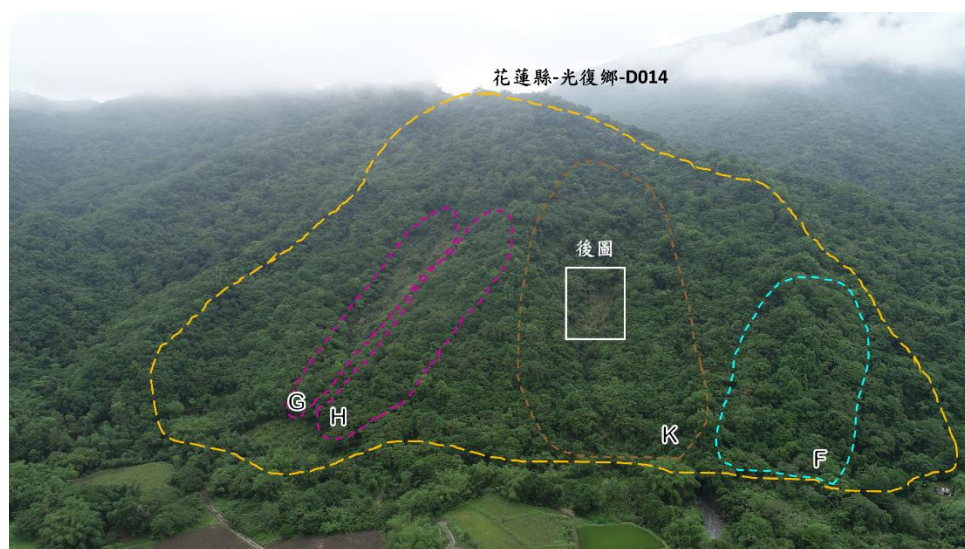


圖 3-51、花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 全景空拍分區圖

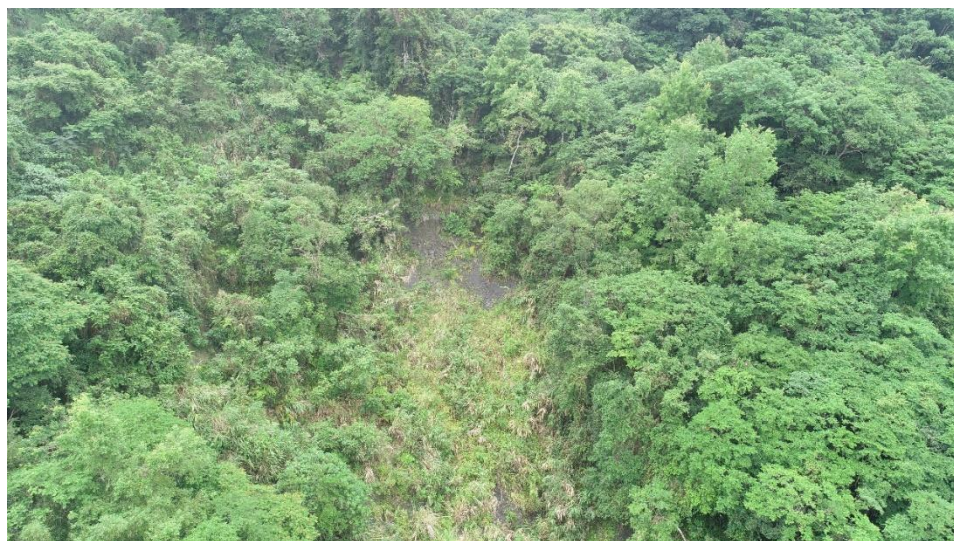


圖 3-52、花蓮縣-光復鄉-D014 中第四階滑動體 K 區裸露區域空拍照

表 3-13、花蓮縣-光復鄉-D014 潛在大規模崩塌區基本資訊調查表

行政區域	花蓮縣	縣(市)	光復鄉	鄉(鎮市區)	東富村	村(里)
崩塌區編號	花蓮縣-光復鄉-D014		崩塌地名稱			
崩塌區定位	坐標系統：X： <u>301987</u> Y： <u>2620998</u> (TWD97)					
崩塌規模	長度 <u>490</u> 公尺；寬度 <u>440</u> 公尺；深度 <u> </u> 公尺；面積 <u>15.19</u> 公頃					
災害歷史 (致災原因與時間)	1.有無歷史災害發生：		☐ 有 ☒ 無			
	2.發生原因		☐ 颱風 ☐ 豪雨 ☐ 其它【 <u> </u> 】			
	3.發生時間		<u> </u> 年 <u> </u> 月 <u> </u> 日 <u> </u> 時 事件名稱：			
	4.災害敘述					
保全對象所在行政區域說明	同行政區域： ☒ 是 ☐ 否(<u> </u> 縣(市) <u> </u> 鄉(鎮市區) <u> </u> 村(里))					

表 3-14、花蓮縣-光復鄉-D014 崩塌地形特徵資訊調查表

地表地形	主崩崖	☐ A. 0-20° ☒ B.21-40° ☐ C.41-60° ☐ D.60°以上			
	滑動體	☐ A. 0-20° ☒ B.21-40° ☐ C.41-60° ☐ D.60°以上			
崩塌地形特徵	主崩崖	崖高： <u>5</u> m 崖寬： <u>10</u> m	坐標： <u>302242,2620966</u>	崖面新鮮	☐ Y.是 ☒ N.否
		冠部有張力裂縫	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>	主崩崖下方有窪地或水池	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>
	滑動體	外觀呈凹陷地形	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>	上段呈下陷地形	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>
		中段呈緩坡狀	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>	下段呈隆起地形	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>
		滑動體裂隙	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>	圓弧形次崩崖	☒ Y.是 ☐ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>
		崩塌體與圍岩剪切破壞，土石破碎	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>	兩翼排水溝呈雙溝同源	☐ Y.是 ☒ N.否 坐標： <u> </u> ， <u> </u>

表 3-15、花蓮縣-光復鄉-D014 潛在大規模崩塌區保全對象調查表

建築物	☐ 無 ☐ 公共建築(學校、醫院、民眾聚集場所等) <u> </u> 處 ☒ 民宅：間接影響加里洞聚落				
公共設施	☒ 無 ☐ 道路 <u> </u> 可能危害長度 <u> </u> 公尺 ☐ 橋樑 <u> </u> 座(名稱： <u> </u>) ☐ 護坡(或擋土牆)可能危害長度 <u> </u> 公尺(波浪狀嚴重變形)				
其他	☐ 無 ☒ 農地、果園 ☐ 其他 <u> </u>				
災害歷史 ☐ 有 ☐ 無	時間	災害類型	災害原因	災損情況(傷亡、財損)	防治工程

3-3、溪流生態現地調查

截至本報告繳交為止，本案共執行乾溼季各一次之生態調查，以及回收一次紅外線自動相機資料，各生態調查項目及執行日期紀錄詳見表 3-16。

表 3-16、溪流生態現地調查執行日期紀錄

執行日期	工作項目
111 年 2 月 15 日至 17 日	枯水期水域生態調查 枯水期穿越線(蝴蝶及蜻蜓類)調查 紅外線自動相機架設
111 年 4 月 20 日至 22 日	枯水期濱溪植物調查
111 年 5 月 18 日至 19 日	紅外線自動相機資料回收(第一次)
111 年 7 月 27 日至 28 日	豐水期水域生態調查 豐水期穿越線(蝴蝶及蜻蜓類)調查 紅外線自動相機資料回收(第二次)
111 年 9 月 23 日	紅外線自動相機資料回收(第三次)與拆除

3-3-1、生態調查與分析方法

一、調查路線與樣點規劃

1. 規劃依據

本計畫調查範圍為林田山事業區 154 林班範圍內之巴朗溪至崩塌地約 1km 之河段，在水域生態及陸域動物部分，已於此範圍內設立 3 處固定調查樣站(或穿越線)，以及 2 處紅外向自動相機樣點，於豐、枯水期各執行一次調查，豐、枯水期之劃分為：每年 5 至 11 月為豐水期、12 月至隔年 4 月為枯水期。在植物部分，則為此範圍內河段全線之植被調查，以下分別敘述水域動物調查、陸域動物穿越線調查、紅外線自動相機之樣站或路線選擇標準：

1. 水域調查樣站

(1) 水域棲地型態豐富，魚蝦蟹類豐度較高且易於採集處。

(1) 水域環境不具有危險因素之地形(如：急流、崖瀑等)，人員操作採集作業得以安全無虞。

2. 陸域動物穿越線(中大型哺乳類、蝴蝶及蜻蜓類)

(1) 環境相對開闊、蝴蝶及蜻蜓類容易聚集處。

(2) 濱岸灘地容易觀察動物足跡、排遺處。

3. 紅外線自動相機

(2) 濱岸植被有明顯獸徑或足跡豐富處。

(2) 具溪流一定距離，高於洪水水位處。

2.調查路線及樣點位置

本計畫設置之各項調查樣站、樣線位置如圖 3-53，各項目之設置詳述如下：

(1) 水域生態調查樣站

水域生態調查項目包含魚類及蝦蟹類，魚蝦蟹類受豐、枯水期以及繁殖、覓食、避難等因素，於溪流中常有縱向移動之需求，高差過度的人為橫向構造物即會造成魚蝦蟹類縱向遷移之阻礙，本計畫於防災工程預計範圍之上、下游及工程範圍內各設立 1 處調查樣站，總計 3 處樣站，以期達到提供溪流縱向生物遷移需求之分析、工程可能造成之潛在影響，提供治理工程最佳生態友善建議。

(2) 陸域動物穿越線調查之樣線

本計畫之穿越線調查主要為蝴蝶及蜻蜓類，治理工程對於此類生物主要之影響為棲地植被(蝴蝶類幼蟲之食草)及河床(蜻蜓類稚蟲之棲地)之破壞，因此穿越線之設定為主要沿河道設置，於每個水域生態調查樣站各設置一條長度 400m 之穿越線，總計 3 條穿越線，穿越線調查以沿河道濱岸沿線為主，在工程預計範圍內之樣線則穿越河岸農田及樹林，增加調查範圍之棲地多樣性。

(3) 紅外線自動相機

本計畫已架設 2 台紅外線自動相機，選擇可能受工程影響最大之預計範圍內以及下游處，各設立 2 台紅外線自動相機架設於河道右岸之國有林林班地範圍內之緩坡上，主要記錄來往於林地及溪流的中大型哺乳類及地棲型鳥類，以期分析陸域動物橫向來往於溪流及林地之需求，提供工程生態友善建議。

目前依據各項生態文獻資料收集及彙整結果，已掌握計畫範圍內可能分布之各類物種，其繁殖期亦可由文獻資料得知，防災治理對於各類群生物之影響，則須待後續生態調查結果以及治理工法研擬後再行評估。

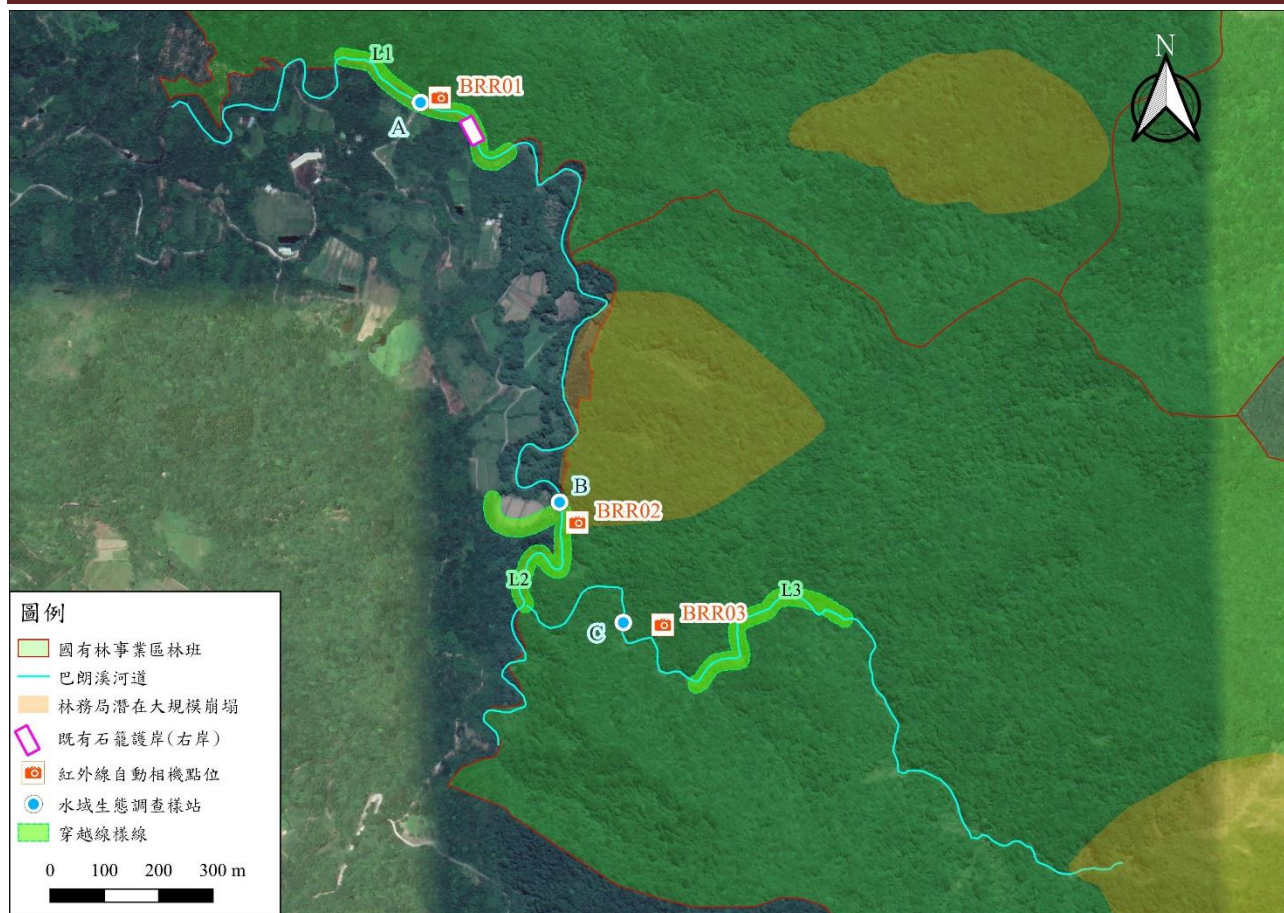


圖 3-53、各項生態調查樣站、樣線設置位置圖

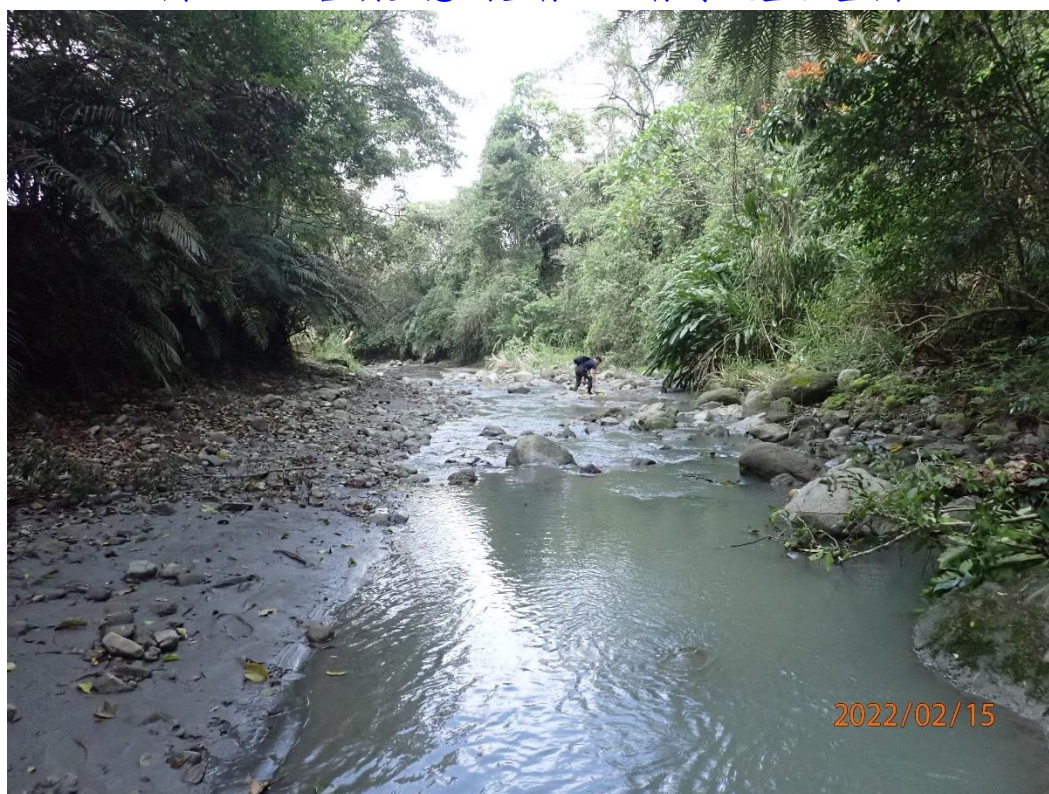


圖 3-54、下游紅外線及水域生態調查樣站環境現況

二、生態調查方法

1. 水域生物

本計畫之水域生態調查項目為魚蝦蟹類之生物資源調查，將以電器法為主要採集記錄方式，並以蝦籠誘捕法補充記錄，執行方式主要參考環保署於民國 100 年公告修訂之「動物生態評估技術規範」。電器法於各樣站分別執行 50m 之距離，蝦籠法則於各樣站分別放置 3 個蝦籠，以下分述電器法及蝦籠法之內容：

(1)、電器法

採用自製背負式電魚器，以 12V 之蓄電池作為電源，經變壓器震盪升壓至約 100V 後以間歇放電之形式於水中進行採集，僅利用短暫的放電驅趕或暫時性電昏魚隻，電擊後立刻捕撈上岸並置於流水魚籠中，避免其缺氧窒息，所有物種在測量完畢後即刻就地放回水中，此法經過適當調整電壓後可避免造成採集對象死亡，僅會在電擊過後短暫昏迷，並不會對野生族群造成損失。電器法為現行溪流環境魚類調查法中具有最高效率者，且利用此法可採集到電擊範圍內所有物種及近乎全部個體。

本計畫之電器法採集努力量固定為於每個樣區以之字形行進 50m 的河段，採集電擊效力所及約寬 2m 範圍內之魚隻，將此範圍內所採集到的個體辨識種類及記錄數量，各樣站之執行努力量應相同。由於電器法屬於公告禁止之採捕方式，本計畫與確認執行前應檢附契約書及調查範圍、人員等資料向農委會漁業署申請電器法執行許可(文號:農授魚字第 1111258200 號，如附錄五所示)，經核可後方能執行。

(2)、蝦籠誘捕法

蝦籠為長筒形的籠具，屬於被動式調查工具，具 2 層漏斗型開口避免魚蝦進入後脫出，靜止水體與流動水體的緩流處均適合使用，籠內將放置具有腥味的誘餌，以提高其採集效率，使用時將蝦籠放置在水中並以適當方式固定，根據環保署「動物生態評估技術規範」，籠具放置時間為一捕捉夜，放置隔夜後收回並記錄籠內所誘捕到的生物。

本計畫於每個水域生物調查樣區放置 3 個中型蝦籠，放置隔一夜後收回並記錄籠內所誘捕的生物種類及數量，所有生物個體在記錄後原地放回水中。

2.陸域動物

本計畫陸域動物之調查項目為中大型哺乳類及蝴蝶、蜻蜓類調查，蝴蝶及蜻蜓類之調查以劃設穿越線執行目視預測法及採捕法為主，中大型哺乳類調查以紅外線自動相機監測為主，以下分別敘述之：

(1)、目視預測法及採捕法

目視預測法與採捕法之執行方式為劃設穿越線後沿穿越線執行，透過望遠鏡、近距離觀察、聲音與蹤跡記錄、拍照及捕蟲網採捕，記錄沿途所見之蝶類與蜻蜓類，此法並能記錄到部分哺乳動物。執行時沿調查路線緩慢步行，觀察記錄發現之哺乳動物、蝶類、蜻蜓類動物，包括目擊、鳴叫、足印、排遺、食痕、窩穴、咬痕、拱痕、耙痕等各式痕跡與見聞紀錄，辨認方式除以望遠鏡及近距離觀察之外，對於蝶類與蜻蜓類機動配合拍照或捕蟲網捕捉，協助辨識。記錄資料包括物種、隻數、發現方式、出現環境、特殊行為，可辨識性別或成幼者，亦加以記錄，若屬於紅皮書或保育類物種則記錄其 GPS 座標。

本計畫將劃設 3 條穿越線，每次調查時應記錄 GPS 軌跡，確認執行長度與軌跡與前次相同，並於結果報告中呈現本計畫穿越線之圖資。

(2)、紅外線自動照相機

自動照相機具有容易操作，且可調查隱密性哺乳動物的優點，其最大的優勢在於不只可以記錄出沒物種，更可以提供量化的相對豐富度資料。自動照相機適合監測物種，包括地棲性哺乳動物，特別適合如台灣獼猴、偶蹄目、食肉目、穿山甲等中大型哺乳動物，並且能拍攝到部分小型哺乳類動物，同時能調查地面活動之鳥類，如雉科與秧雞科鳥類，另可記錄到地面活動的度冬或過境之鵲科鳥類等。

本計畫將使用 Browning Spec Ops Advantage 自動照相機，調查地面活動

之哺乳動物與鳥類之狀況。自動照相機使用被動式紅外線感應器，為熱與動作感應的形式，即於感應到動物移動時才會觸發，以內建鏡頭拍攝照片或錄製影片，每 3 個月左右更換電池及記憶卡，部分樣點若因空曠或其他因素拍攝較多，則機動增加檢查更換頻率。自動照相機使用 2 組，於本計畫調查範圍之溪流量岸各擇一處，以獸徑明顯或足跡豐富處優先架設，並應高於洪水水位，避免器材損失。

3. 濱溪植被調查

濱溪植被調查採用沿線觀察記錄為主要調查方法。調查路線為本計畫調查範圍溪流沿線，記錄沿林道兩側的植物，視地形可及性往兩側森林深入，以涵蓋溪流左右兩側一定範圍內植物資源，記錄沿線植被類型，並針對國家紅皮書受威脅與稀有植物加強關注調查，並記錄其點位及並繪製分布區域圖。以治理工程的需求角度，盡可能完整調查。

			
電器法採集	上游探勘、調查	魚隻形質測量 及記錄	水質測量
			
浮潛觀察法	紅外線自動相機架設	植物調查	蝴蝶、蜻蜓類穿越線 調查

圖 3-55、生態調查方法與執行成果

三、生態特性分析與方法

1. 動、植物名錄

本計畫調查所得物種名錄之物種分類、原生屬性與名錄依據中央研究院生物多樣性研究中心之「臺灣物種名錄」編製。保育等級依據行政院農業委員會於中華民國 108 年 1 月 9 日公告之「陸域保育類野生動物名錄」(農林務字第 1071702243A 號)進行認定，區分為第一級瀕臨絕滅保育類(I)、第二級珍貴稀有保育類(II)與第三級其他應予保育野生動物(III)，以指示其法律地位。此外，所調查到之維管束植物、哺乳類、鳥類、爬蟲類、兩棲類以及淡水魚類，依據最新國家紅皮書等級標示，以指示其稀有程度。其中接近受脅(Near threatened, NT)、易危(Vulnerable, VU)、瀕危(Endangered, EN)和極危(Critically Endangered, CR)4 個等級野外族群數量較稀少，其野生族群為生態評估時需要特別關注、擬定保育對策之對象，而資料不足(Data Deficient, DD)等級則因為分類或分布資訊尚不明確因此無法給予稀有程度之判斷，也是潛在需要關注的物種。國家紅皮書各等級所代表之意義如下表所示：

表 3-17、國家紅皮書等級表

等級	英文縮寫	野外族群狀況	滅絕風險
滅絕	EX	滅絕	高 ↓ 低
野外滅絕	EW	滅絕	
區域滅絕	RE	區域性滅絕	
極危	CR	受威脅	
瀕危	EN		
易危	VU		
接近受脅	NT	少見	
暫無危機	LC	常見	
資料缺乏	DD	不明	-
不適用	NA	外來種	
未評估	NE	-	

2. 生物多樣性指數

在水域之魚蝦蟹類調查以及蝴蝶、蜻蜓類調查部分，因具有固定努力量之採捕或觀測記錄，因此將根據記錄中物種數、個體數等資料計算各項生物多樣性指數，本計畫將使用之生物多樣性指數為 Shannon-Wiener's 多樣

性指數(H')及 Pielou 均勻度指數(J)，分別敘述如下：

本計畫採用 Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')及 Pielou 均勻度指數(J)來描述各樣區群落之歧異度及均勻度。Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')之公式如下所示：

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

其中 S 為總物種數， p_i 為第 i 個物種站總數之比例，當群落中僅有一族群時，Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')達到最低值 0，若群落中有若干族群，且每個族群中之個體數相同，Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')達到最大值 $\ln S$ 。Pielou 均勻度指數(J)之公式如下所示：

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

$$H'_{max} = \ln S$$

其中 H' 為 Shannon-Wiener's 多樣性指數， H'_{max} 為 H' 的最大值，Pielou 均勻度指數(J)之數值介於 1 至 0 之間，數值為 1 代表群落之中各族群的分布均勻度最高，為 0 時則表示各族群的分布均勻度最低。

3.紅外線自動相機

自動照相機的資料分析，主要包括物種名錄、活動模式及出現頻度，並可應用到群聚生態、棲地利用及分布模式。活動模式部分，動物在某一時段越活躍，則在該時段被拍攝到的機率越高，因此每個時段某種動物的有效照片張數可以當作該動物在該時段的活動頻度指標，累積全天 24 個小時，每個時段的有效照片張數，則可以說明某種動物的活動模式。每一時段活動量 (Hourly Activity Percentage, HAP) 以如下公式計算：

$$HAP = \frac{\text{一物種在某時段有效照片總數}}{\text{該物種全部有效照片數}} \times 100\%$$

將一天 24 小時，每小時 HAP 繪製曲線，呈現每日活動量的時段變化，探討動物之活動模式。在相機之記憶卡回收後必須將相機之工作時間進行標準化，即劃為完整 24 小時之倍數，常用方法為以最後一張記錄影像為準，

往前推算完整之 24 小時即其倍數，最後剩餘未滿 24 小時的影像紀錄即予以刪除。有效照片的定義為：

- (1) 1 個小時以內同 1 隻個體的連拍只視為 1 張有效照片紀錄，只把第 1 張當作有效的活動時間與出現頻度紀錄。
- (2) 不同個體，即使是同 1 個小時內連拍，也當作不同的有效紀錄。若是 1 張照片內有 2 隻以上不同個體，每隻個體都視做 1 筆獨立的有效紀錄。群居性動物則以群為取樣單位，1 小時內連拍的紀錄，即使是不同個體，一率視為同 1 群而只當作 1 筆有效紀錄。

動物出現頻度指標 (Occurrence Index, OI) 則以如下公式(姜博仁, 2011) 計算：

$$OI = \frac{\text{一物種在該樣點的有效照片數}}{\text{該樣點的總工作時數}} \times 1000 \text{ 小時}$$

臺灣野豬、臺灣水鹿、臺灣獼猴、黃喉貂、雉科鳥類與其他特別註明者的有效照片數皆以群為單位，其他動物則以單隻為單位，但活動模式分析則不分物種皆以群為單位。此 OI 計算以 1000 小時為單位，為台灣多數研究者所使用，雖與國外多數研究者採用 100 相機工作天(即 2400 小時)不同 (O'Brien *et al.* 2003, Chiang *et al.* 2012)，但意義相同，為方便國內各地資料比較，使用同樣計算方式，以 1000 小時為單位計算。

自動照相機的拍照頻度可以作為動物相對豐富度的一個指標 (Carbone *et al.* 2001, O'Brien *et al.* 2003, Rovero and Marshall, 2009)，因此以出現頻度指標 (OI 值) 表示相對豐富度，進行動物分布現況及季節性變化之初步探討。

4. 生態結果評析

於本計畫調查範圍內執行一次沿線植物調查，並製作沿線植物名錄，若發現珍稀物種，則記錄其出現座標，並依照 IUCN 等級分類標示。若屬於外來種或歸化種，加以記錄，透過空拍與或現場觀察，進行植被描述。

藉由巴朗溪沿線分段之樹種組成，進一步分析原始植被與受干擾(自然或人為)區域的分布概況，並記錄崩塌地周圍植被演替情形。記錄受威脅(國家紅皮書)或具特殊景觀植物的分布位置記錄，繪製分布圖。基於調查結果，進一步規劃撫育措施、棲地管理、重要保全對象或復育繁殖(例如移地保育)，

提出建議。

5.生態維護對策

在各項生物資料彙整及分析、圖資都建立完成後，與災害風險、治理評估之結果統合討論，折衷各項考量，提出可達到防、減災目的，同時亦不致於破壞原有生態環境之治理策略。

針對集水區所提出之治理對策包括崩塌地、野溪與道路水土保持之治理，其中崩塌地與道路水土保持之治理所採用之工法以擋土牆、石籠、截排水溝與坡面植生為主，一般而言皆屬較小範圍之工程，工程施作範圍限於已崩落之崩塌地坡腳，且崩塌地處理對坡面裸露有恢復植被功能，有助於營造生物棲息環境，對現地環境之影響較小。

集水區內治理工程以野溪治理為主，所用之工法以護岸、固床工、節制壩及農塘土壩為主。以護岸而言，其對生態環境之影響主要在於造成河道水域與陸地動植物循環交流中斷，影響之生物類群包含兩棲類、爬蟲類、哺乳類與植物。要降低其影響，除在預期之防災效果下盡量減小工程量體之外，一般會多利用緩坡、多孔性材質之設計以提供生物、進入、藏匿與移動之需求，完工後並應配合適當之植生撫育措施。

在固床工、節制壩施作部分，其通常會阻礙水中生物於溪流縱向之移動，故建議未來此類工程進行細部設計與施工時，應參考生態調查之成果，依據現地原生物種，考量其於溪流縱向移動之需求，優先考量降低人為落差之高度，其次再加強魚梯等可供水生動物洄游之設施。在固床工部分，其對生態環境之影響主要在於其高度可能會阻礙河流中魚蝦等水生動物之洄游。考量此一因素，固床工之設計型式採用中間缺口型式及由兩側護岸基礎向河道中心低下方式設置，以兼顧河床基礎保護及水生動物之洄游。

另外，在施工過程中的施工便道劃設、機具及廢棄物暫置處等，也是工程量體本身以外需考量對環境造成負擔之因素，因此，在施工便道規劃以及暫置區域的設立也需要與生態評析之結果互相討論，使施工過程中對原有生態環境造成之影響也達到最小化。

3-3-2、水域動物調查成果及分析

截至本報告提交為止，本計畫分別於 111 年 2 月 15~17 日及 7 月 27~28 日完成枯、豐水期之水域生態調查，共 2 次。執行範圍除了 3 處水域生態調查樣站外，另以步行方式由 A 樣站溯行至 C 樣站，並沿途記錄途中所見物種。

本計畫之生態調查在水域部分設立 3 處水域生態固定樣站，3 處樣站之間以步行溯溪方式目視觀察沿途所見之魚蝦蟹類。陸域動物部分則設置 3 條穿越線以及架設 3 台紅外線自動相機，濱溪植物調查則為本計畫調查範圍河道沿線以步行方式調查記錄沿線兩岸植物分布。各類型調查樣站、樣線及點位如圖 3-56 所示，水域樣站及紅外線自動相機點位資訊詳見表 3-18。

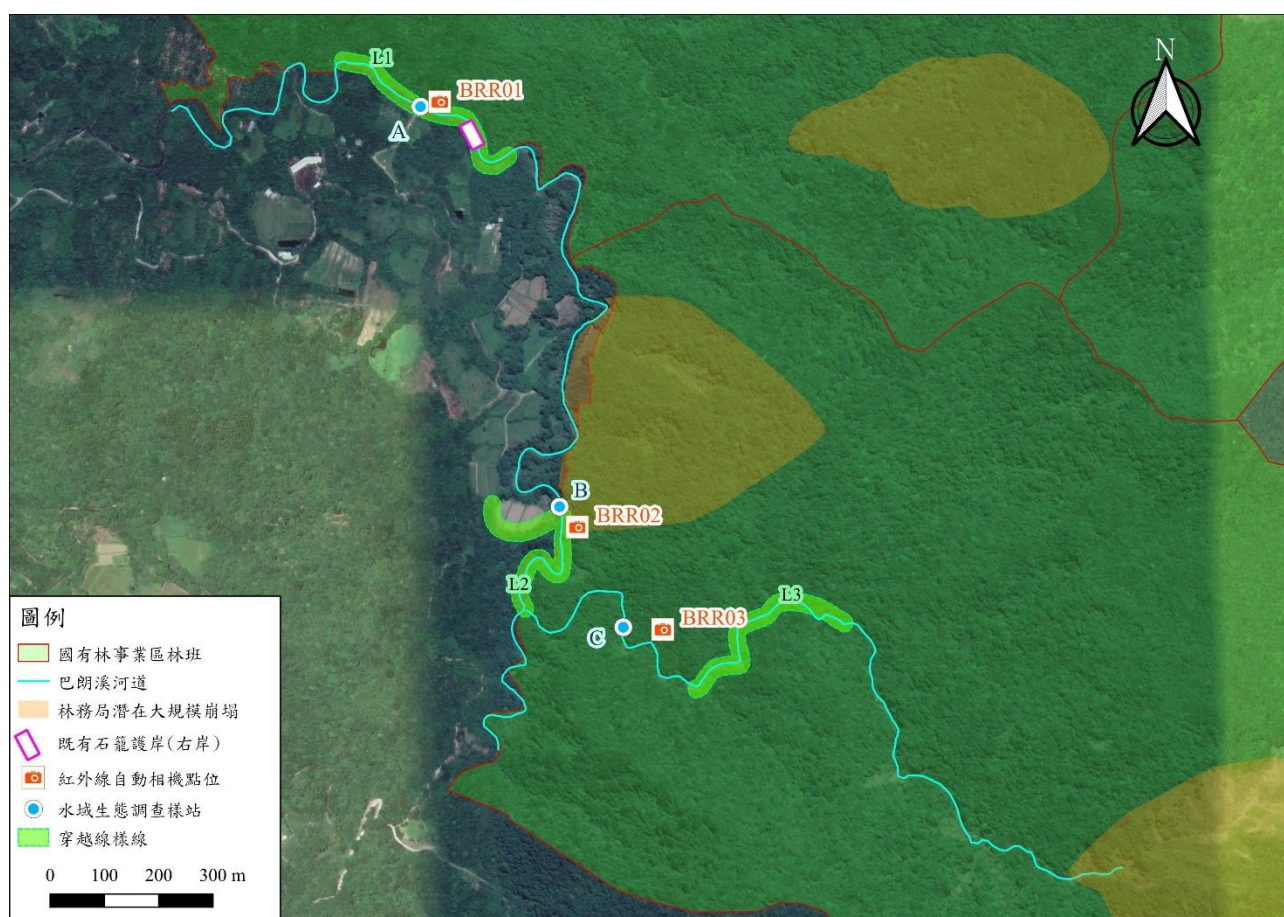


圖 3-56、本計畫生態調查各式樣站、樣線位置圖

表 3-18、水域生態樣站及紅外線相機點位資訊

	代號	經度 (TM2 TWD97)	緯度 (TM2 TWD97)	海拔高度(m)
水域樣站	A	301522	2621564	129
	B	301780	2620834	156
	C	301899	2620614	172
紅外線相機點位	BRR01	301553	2621575	146
	BRR02	301814	2620796	171
	BRR03	301969	2620609	196

一、魚類

綜合兩季調查，共紀錄 2 科 4 種 57 隻魚類，其中除了大吻鰕虎為原生魚類，其餘 3 種臺灣石鱚、粗首馬口鱖與明潭吻鰕虎皆為原分布於臺灣西部的物種，因此在巴塹溪中，該 3 種魚皆屬於外來物種，因此將其以「流域入侵」稱之。其中大吻鰕虎應是從花蓮溪出海口上溯至巴塹溪河段中。

本團隊於枯水期之調查僅記錄到 1 科 1 種魚類(表 3-19)，豐水期則記錄 2 科 4 種魚類。由於 A、B 樣站在枯水期調查中皆只有記錄到 1 種 1 隻，因此其 Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')皆為 0，Pielou 均勻度指數(J)則因物種數只有 1 種且個體數為 1 而無法計算。豐水期調查時以 A 樣站魚數量最多，C 樣站魚類數量最少，Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')以 A 樣站電器法最高為 1.34，C 樣站最少為 1.04。Pielou 均勻度指數(J)則以 A 樣站最高為 0.97，最小值則在 C 樣站為 0.95。A 樣站優勢種為粗首馬口鱖，B 樣站優勢種則為明潭吻鰕虎，C 樣站優勢種則為臺灣石鱚與大吻鰕虎。

比對豐枯水期之調查結果，巴塹溪魚類數量在豐枯水期差異甚大，枯水期容易因為斷流導致魚隻被困在各河段小型潭區，豐水期時巴塹溪與花蓮溪連接良好，但枯水期時可能因為河道水量不足導致巴塹溪無法與主流保持連結，因此兩側洄游的物種僅有大吻鰕虎 1 種上溯至本河段，其餘物種皆為純淡水魚。

表 3-19、魚類調查成果記錄表

				樣站代號	A			B			C		總計
				月	2月	7月		2月	7月		7月		
科	物種名	學名	洄游性	國家紅皮書	抄網法	電器法	蝦籠法	蝦籠法	電器法	蝦籠法	電器法	蝦籠法	
鯉科	粗首馬口鱲	<i>Opsariichthys pachycephalus</i>		LC		9	1		4		1		15
	臺灣石鱮	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>		LC		4			2	1	1	1	9
鰕虎科	大吻鰕虎	<i>Rhinogobius gigas</i>	兩側洄游	LC		7			3	2	2		14
	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>		LC	1	5		1	11	1			19
隻數					1	25	1	1	20	4	4	1	57
物種數					1	4	1	1	4	3	3	1	4
Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')					0.00	1.34	0.00	0.00	1.17	1.04	1.04	0.00	
Pielou 均勻度指數(J)					-	0.97	-	-	0.84	0.95	0.95	-	

二、蝦蟹類

於枯水期之調查總計記錄到 2 科 5 種蝦蟹類(表 3-20)，分別為長臂蝦科之粗糙沼蝦、貪食沼蝦，溪蟹科之拉氏明溪蟹，灰甲澤蟹及雙色澤蟹。其中粗糙沼蝦為原生於臺灣西部之物種，於巴朗溪屬於流域入侵種，其餘物種皆為原生種。貪食沼蝦為河海洄游物種，為東部溪流常見物種，拉氏明溪蟹為廣泛分布於全台溪流之物種，灰甲澤蟹與雙色澤蟹則為侷限分布於臺灣東部之淡水蟹類，此 2 種澤蟹常於溪流濱岸處挖洞棲息，由於淡水蟹類受集水區分隔而有高度的區域特化，建議將此 2 物種視為環境指標評估治理工程之生態影響。

本團隊於 A、B、C 等 3 處水域生態調查樣站以電氣法、抄網法及蝦籠法進行調查，記錄到粗糙沼蝦、貪食沼蝦及拉氏明溪蟹 3 物種，此 3 物種需棲息於水體之中，然濱岸處另有棲息於岸際活動之淡水蟹類，不易由蝦籠法及抄網法捕獲，因此本團隊於步行溯溪過程中，以目視觀察岸際處之蟹類活動蹤跡(如：足跡、洞穴等)以及活動中個體，以避免遺漏潛在敏感性物種，本團隊於 B 至 C

樣站之間濱岸處以目視觀察法記錄到灰甲澤蟹及雙色澤蟹，該區域以 B-0 表示之。

由多樣性指數計算之成果可知，樣站 A 兩季不論以電器法、抄網法或蝦籠法，均只捕獲粗糙沼蝦 1 種，因此 Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')及 Pielou 均勻度指數(J)皆為 0，樣站 B 以蝦籠法記錄到粗糙沼蝦及拉氏明溪蟹 2 種，以電氣法則記錄到粗糙沼蝦與貪食沼蝦，因此 H'及 J 分別在 2 月為 0.33 及 0.47，豐水期則為 0.50 及 0.72。樣站 C 在枯水期以蝦籠法記錄到粗糙沼蝦 1 種，因此 H'及 J 皆為 0，而以抄網法記錄到粗糙沼蝦及拉氏明溪蟹 2 種各 1 隻，因此 H'為 0.69，J 則為 1，顯示 2 物種數量相當，在豐水期時電器法捕獲粗糙沼蝦與貪食沼蝦，H'及 J 分別為 0.67 與 0.97，蝦籠法則捕獲粗糙沼蝦與拉氏明溪蟹，H'及 J 分別為 0.12 與 0.17，代表記錄到的不同物種豐度有明顯差異。

表 3-20、蝦蟹類調查成果記錄表

			樣站代號	A			B			B-0			C				
			月	2月	7月	2月	7月	2月	7月	2月	7月	2月	7月				
科	中文名	學名	原生屬性	蝦籠法	抄網法	電氣法	蝦籠法	抄網法	電氣法	蝦籠法	目視觀察	目視觀察	蝦籠法	抄網法	電氣法	蝦籠法	
長臂蝦科	粗糙沼蝦	<i>Macrobrachium asperulum</i>	流域入侵	18	6	7	17	9	4	8	9			18	1	2	38
	貪食沼蝦	<i>Macrobrachium lar</i>	原生						2						3		
溪蟹科	灰甲澤蟹	<i>Geothelphusa cinerea</i>	原生								4						
	拉氏明溪蟹	<i>Candidiopotamon rathbuni</i>	原生				1							1		1	
	雙色澤蟹	<i>Geothelphusa bicolor</i>	原生								2	3					
隻次數				18	6	7	17	10	4	10	9	6	3	18	2	5	39
物種數				1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	2
Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')				0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.50	0.00	0.64	0.00	0.00	0.69	0.67	0.12
Pielou 均勻度指數(J)				-	-	-	-	0.47	-	0.72	-	0.92	0.00	-	1.00	0.97	0.17

三、水域生態評析

綜整以上魚類及蝦蟹類之調查成果，在魚類部分記錄到原生魚種大吻鰕虎 1 種，在蝦蟹類則有灰甲澤蟹及雙色澤蟹為臺灣東部侷限分布之物種，建議可將其列為此河段之關注物種。豐水期調查中魚類數量與種類較第 1 次調查多，但除了大吻鰕虎外皆為流域入侵種。蝦蟹類部分則在豐水期新增貪食沼蝦 1 種。依照豐、枯水期 2 季調查成果，建議以河海洄游性的大吻鰕虎及貪食沼蝦作為縱向生態廊道之保育指標，雙色澤蟹及灰甲澤蟹作為濱溪棲地之保育指標。

大吻鰕虎及貪食沼蝦皆屬於河海洄游性之物種，具有於上下游之間遷移的需求，因此在溪流治理中，因檢視治理工程是否造成溪流縱向生態廊道遭受阻斷，如：形成過高落差、淤砂使逕流下滲為伏流等情形，若能維持溪流原本坡度及自然狀態下之跌水結構是最優先之選擇，若有施做構造物之需求，則應盡可能減少構造物形成之高度落差，並避免後續土砂淤積造成逕流下滲、斷流之情形。

雙色澤蟹及灰甲澤蟹屬於溪蟹科澤蟹屬之物種，此類群物種之生活史都在純淡水域內完成，並不需要至海洋環境，因此皆為陸封型物種，溪蟹科中除了拉氏明溪蟹主要棲息於水體之中，因此容易隨水流散播至各處而成為廣泛分布之物種外，其他溪蟹科成員偏好在濱岸處石縫或泥砂質灘地挖洞棲息，主要在表面潮濕或低窪處伏流滲出的環境活動、覓食，且不會遠離溪流，因此各流域的集水區分區是造成溪蟹科物種生殖隔離而產生種化之重要環境因子，臺灣雖為蕞爾小島，但目前所記錄已知的淡水蟹類多達 40 種，其分布有明顯的區域侷限性，各物種皆有其侷限分布之水系範圍，因此可以說此類群物種都幾乎都具有地域特殊性，因此建議將此 2 種澤蟹列為本案之環境指標之一。

除了地域分布之特殊性外，灰甲澤蟹尚具有阿美族傳統文化上之特殊意涵，在地原住民部落多稱其為「白螃蟹」，在本計畫區域(加里洞)鄰近之太巴塢部落即為阿美族語之「白螃蟹」諧音而來，該地早期有豐富的灰甲澤蟹資源，且族人視其為神物而特別尊敬，甚至以白螃蟹雕像作為部落入口之意象展示，顯見灰甲澤蟹對於傳統文化之重要性。

在治理工程方面，若要保全雙色澤蟹與灰甲澤蟹之棲地，首重濱岸環境之保存，以棲地保育(habitat conservation)為優先政策，將其分布熱區及其周圍完整保留，此亦為生態檢核 4 項保育策略中順位最高的「迴避」策略。依據初步調查成果，溪流沿線兩岸非岩盤處皆有 2 種澤蟹之分布，而其熱區主要位於匯流口以上的河段兩岸(圖 3-57)，建議此河段以保存現況為優先保育策略。巴朗溪由於曲流發達，位於曲流攻擊岸側偶有坡腳沖刷的情形，部分區域已設有石籠護岸(圖 3-58)，針對坡腳之保護，本團隊建議盡量縮小護岸量體，設置於必要處(確認有沖刷疑慮處)，避免連續過長的護岸設計，以避免對澤蟹棲地造成大量損失，由於護岸亦有可能阻斷溪流橫向的廊道連結性，縮減護岸量體以及減少護岸連續之長度有助於維持溪流橫向生態廊道，使陸域生物得以至溪流活動，此亦符合生態檢核 4 大原則中第 2 順位之「縮小」策略。在護岸工法方面，建議應採用高透水性且多孔隙之工法施作(如：石籠工法)，且在完工後建議依據原有植被組成進行植生復育。

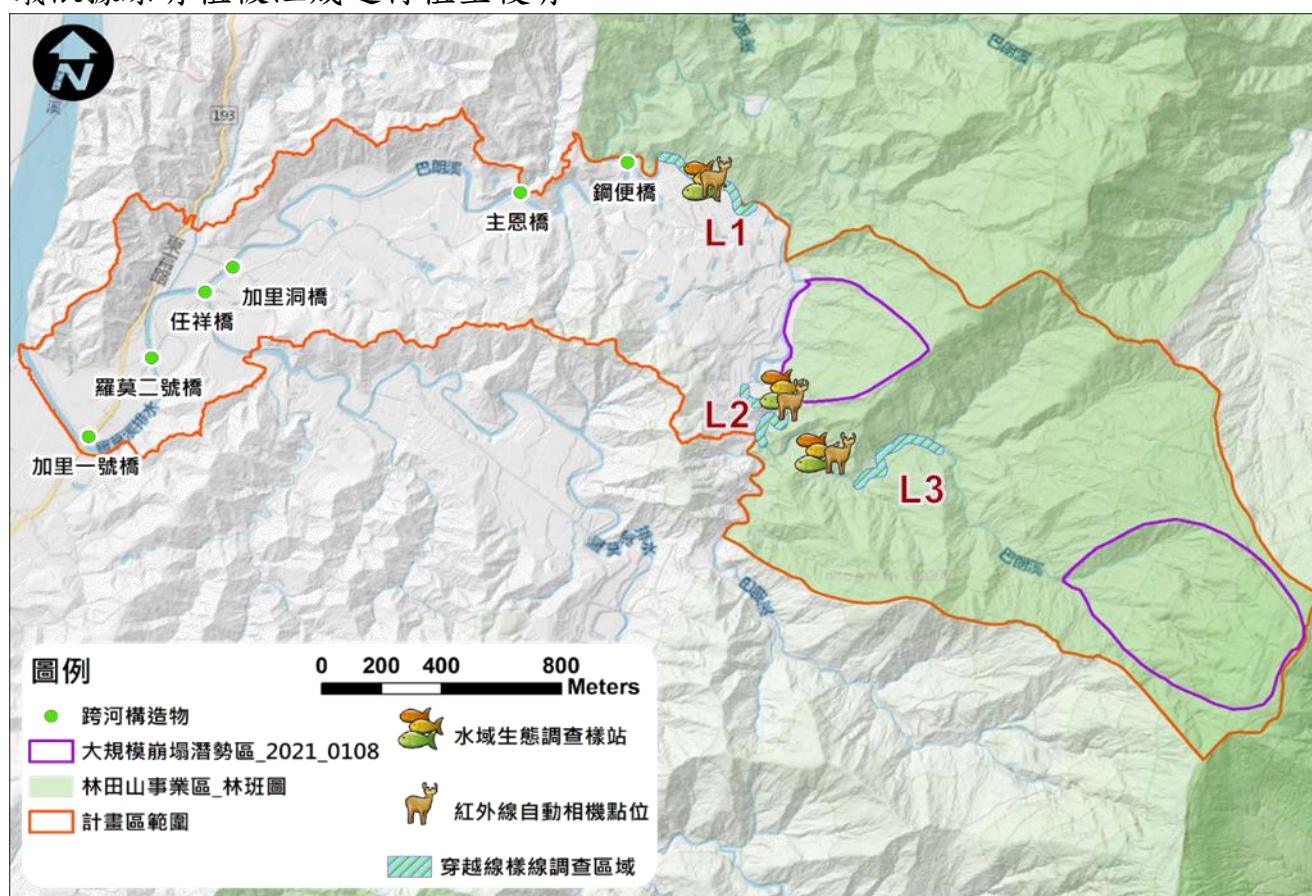


圖 3-57、水域及陸域生態調查路線、樣站及澤蟹分布熱區



圖 3-58、水域生態調查執行影像記錄

3-3-3、陸域動物調查成果及分析

一、中大型哺乳類及地棲型鳥類

本計畫於 111 年 2 月 15 日至 17 日架設 3 台紅外線自動相機，後於同年 5 月 18 日回收第一批資料，7 月 27 日至 28 日回收第二批資料，9 月 23 日回收第三批資料並拆除相機。

本計畫以紅外線自動相機作為哺乳類主要調查及記錄方法，此法亦會記錄到地棲型鳥類，本計畫亦一併記錄之，中大型哺乳類之記錄另以穿越線記錄目擊、鳴叫、足跡、排遺等，輔助補充紅外線自動相機之記錄。

哺乳類以紅外線自動相機記錄到 5 目 11 科 11 種(表 3-22)，包含 III 級保育類之臺灣野山羊及食蟹獐 2 種，以及 II 級保育類之穿山甲，另有無法以影像辨識之鼠科物種，本案以「鼠科 sp.」稱之。地棲型鳥類則記錄到 6 目 10 科 14 種，包含 III 級保育類之臺灣藍鵲、白尾鵲及臺灣山鷓鴣 3 種；II 級保育類之八色鳥、大冠鷲、東方蜂鷹及鳳頭蒼鷹 4 種。另記錄到 I 級保育類之爬蟲類-食蛇龜。以穿越線調查記錄到 4 目 4 科 4 種哺乳類(表 3-21)，包含 III 級保育類食蟹獐之足跡記錄(圖 3-59)，其中牛 sp.為足跡及排遺記錄，推測應是經人類畜養野放後之野化牛隻，與部落居民訪談後得知為鄰近農友野放的牛隻，應為水牛，不過並未目擊或記錄到明確影像，因此無法確定其物種，仍以牛 sp.稱之。

由表 3-23 檢視紅外線自動相機監測成果，自 2022 年 2 月 16 日架設後至 9 月 24 日為止，共回收 3 次記憶卡，相機編號 BRR01、BRR02、BRR03 之總工作時間分別為 5285.0、4262.3、5260.4 小時。表 3-21 中呈現 3 台相機於各月份所記錄到各物種的出現頻率指標(Occurrence Index, OI)，其中臺灣野豬、山羌、臺灣獼猴、臺灣山鷓鴣及竹雞等物種具有群體活動之習性，常以 2 隻以上個體出現活動，因此以「群」呈現其 OI，鼠科 sp.則因無法辨識至種，因此也以「群」呈現 OI。由 OI 之數值分布可知山羌為各相機樣點出現頻度最高之物種，其次為臺灣獼猴及鼠科 sp.。臺灣野豬、山羌、赤腹松鼠、鼠科 sp.、臺灣獼猴、鼬獾、白鼻心及 III 級保育類之食蟹獐在 3 處相機點位都有記錄到；III 級保育類之臺灣野山羊在 2 處相機點位有記錄；家犬與 II 級保育類之穿山甲於 BRR01 有出現記錄。其中，11 種哺乳類於 BRR01(下溪口處)皆有出現紀錄，可

能與該處地形較平緩有關。在地棲型鳥類部分，翠翼鳩為各相機樣點出現頻度最高之物種，其次為 III 級保育類之臺灣山鷓鴣，2 物種於 3 處相機點位皆具活動記錄；竹雞、黑冠麻鷺與 II 級保育類之八色鳥出現於 2 處相機點位。八色鳥為臺灣稀有夏候鳥，每年 4~6 月來台繁衍。八色鳥常在低海拔林地活動，且築巢於植物遮蔽良好的土坡上，然這類棲地易受人為開發影響。

食蛇龜(*Cuora flavomarginata*)，原為第二級珍貴稀有保育類動物，後根據食蛇龜目前野外受到強大的盜獵壓力，行政院農委會於 108 年 1 月 9 日公告修正「陸域保育類野生動物名錄」將食蛇龜列為第一級瀕臨絕種保育類，國家紅皮書等級為 NT(接近受脅)。食蛇龜為陸棲性的淡水龜，其主要棲息在原始闊葉林、次生林、人造竹林及邊緣較開闊的農墾地，並以各種植物果實、昆蟲與小型動物為食。此類棲地幾乎與人類活動範圍重疊，棲地受到危害的風險也較高，種種因素導致食蛇龜的野外族群受到相當大的威脅，並退縮到偏遠的山邊。然而，在中國龜類買賣炒作影響下，野外盜獵的情況嚴重，食蛇龜面臨相當大的捕捉壓力。5 至 7 月為食蛇龜之產卵期，此時母龜反因頻繁移動至森林邊緣尋找合適的產卵地點而更易遭受獵捕，然食蛇龜平均每年僅產 2~5 顆卵，不高之繁殖力與母龜數量使食蛇龜族群數量雪上加霜。因地形陡峭，過去食蛇龜於海岸山脈北側之記錄較少，而本案於 2022 年 6 月，在相機點位 BRR03 記錄到食蛇龜，故建議保留兩岸林地之完整性。

溪流濱岸提供兩岸動物至溪流移動、覓食、飲水等需求。穿越線法記錄到食蟹獐、山羌、臺灣獼猴及牛 sp.之足跡、鳴叫及排遺等，本案之穿越線沿河道劃設，可知這些物種會至溪流或濱岸處活動。

整體而言，大部分哺乳動物在所有樣點都有出現記錄，而地棲型鳥類雖僅 2 物種出現於 3 樣點，但本案相機架設範圍並不大(直線距離約 1.2 km)，中大型哺乳類與鳥類之移動能力應可涵蓋此範圍。因此，推測相機涵蓋範圍皆是以上各類中大型哺乳類與鳥類之活動範圍。除兩岸林地，溪流及濱岸處亦為動物之活動範圍，更為食蟹獐(III)之覓食場所；而森林與濱岸之交界處則可供食蛇龜(I)尋覓產卵地點。因此，維持溪流兩側林地至河道間的橫向生態廊道可維持此區域生態功能之完整性。在治理工程之設計上，仍然首重迴避原則，若施作必

要，應注意減少護岸、邊坡之高度落差，並應減緩坡度且維持高孔隙之表面，使動物可以利用通行。有鑑於食蛇龜之保育重要性，若有施作構造物之必要，應提供以食蛇龜作為目標之動物通道，並考量能否阻隔潛在的盜獵情形。

表 3-21、穿越線哺乳類記錄表

			穿越線編號	L1		L2			L3
			發現方式	聲音	足跡	聲音	足跡	排遺	足跡
目	科	物種名	保育等級						
食肉目	獐科	食蟹獐	III		1				
偶蹄目	鹿科	臺灣山羌			1	2			
靈長目	獼猴科	臺灣獼猴		1					
偶蹄目	牛科	牛 sp.					1	1	1

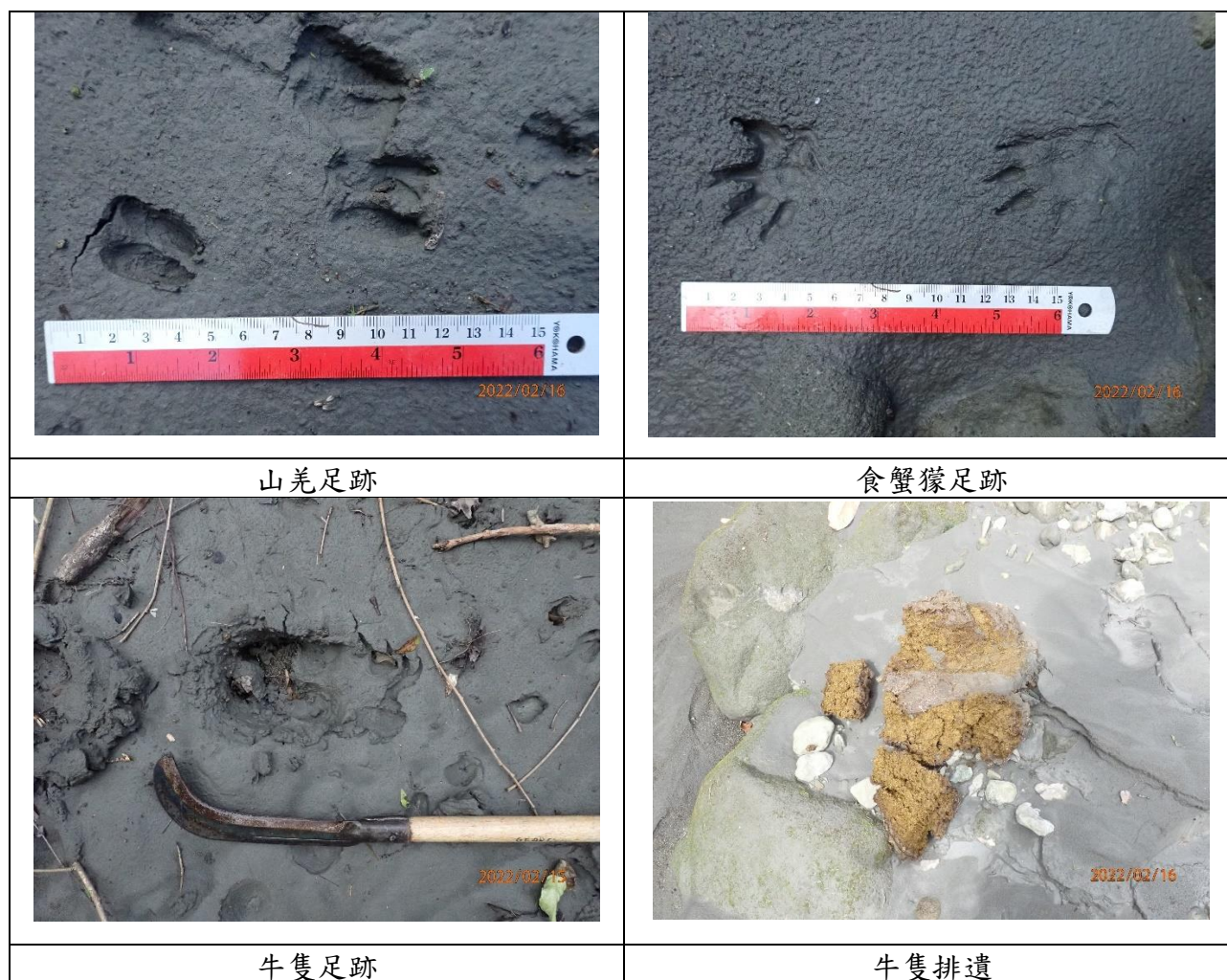


圖 3-59、穿越線之哺乳類記錄影像

表 3-22、紅外線自動相機成果記錄表

			相機編號		BRR01								BRR02								BRR03							
			年		111																							
			月		2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9
			相機工作時數(hr)		302	744	720	744	720	744	744	567	301	744	720	739	720	196	744	98	279	744	720	744	720	744	744	566
	目	科	中文名	保育等級																								
哺 乳 類	偶蹄目	牛科	臺灣野山羊	III	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		豬科	臺灣野豬 (群)		0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0	1.8	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	2.7	2.8	1.3	1.4	2.7	0.0	0.0
		鹿科	山羌(群)		0.0	20.2	41.7	51.1	109.7	114.3	111.6	151.7	6.6	18.8	68.1	73.1	43.1	25.5	73.9	20.3	0.0	22.8	43.1	36.3	41.7	44.4	47.0	139.6
	啮齒目	松鼠科	赤腹松鼠		3.3	0.0	0.0	4.0	2.8	9.4	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	
		鼠科	鼠科 sp.(群)		3.3	1.3	5.6	2.7	0.0	2.7	0.0	1.8	69.8	29.6	8.3	0.0	1.4	0.0	2.7	10.2	7.2	4.0	4.2	4.0	0.0	0.0	2.7	1.8
	靈長目	獼猴科	臺灣獼猴 (群)		3.3	17.5	12.5	5.4	2.8	0.0	2.7	14.1	16.6	10.8	9.7	10.8	4.2	20.4	40.3	50.8	10.8	10.8	13.9	8.1	19.4	14.8	6.7	3.5
	食肉目	犬科	家犬		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		獾科	食蟹獾	III	3.3	2.7	2.8	1.3	0.0	8.1	9.4	3.5	3.3	2.7	2.8	1.4	4.2	0.0	12.1	10.2	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	6.7	10.6
		貂科	鼬獾		0.0	2.7	1.4	1.3	6.9	6.7	5.4	3.5	3.3	1.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.3	0.0	4.0	0.0	
		靈貓科	白鼻心		0.0	2.7	0.0	5.4	5.6	1.3	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	2.7	0.0	0.0	1.3	1.4	2.7	0.0	1.3	5.4	
	鱗甲目	穿山甲科	穿山甲	II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
鳥 類	雀形目	八色鸚科	八色鳥	II	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	
		雀眉科	頭烏線		3.3	1.3	2.8	0.0	1.4	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		鴉科	臺灣藍鵲	III	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	
		鸚科	白氏地鸚或 虎斑地鸚		19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			烏灰鸚		3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		鵲科	白尾鵲	III	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	雞形目	雉科	臺灣山鵲鵒 (群)	III	3.3	0.0	0.0	1.3	1.4	1.3	4.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.7	5.6	5.1	2.7	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	3.5

			相機編號		BRR01								BRR02								BRR03							
			年		111																							
			月		2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9
			相機工作時數(hr)		302	744	720	744	720	744	744	567	301	744	720	739	720	196	744	98	279	744	720	744	720	744	744	566
爬蟲類			竹雞(群)		0.0	0.0	1.4	2.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	鴿形目	鳩鴿科	翠翼鳩		0.0	1.3	0.0	0.0	1.4	16.1	0.0	8.8	0.0	1.3	4.2	1.4	1.4	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	1.8	
	鵜形目	鷺科	黑冠麻鷺		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	3.5	
	鶴形目	秧雞科	灰腳秧雞		0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	鷹形目	鷹科	大冠鷲	II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			東方蜂鷹	II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			鳳頭蒼鷹	II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
爬蟲類	龜鱉目	地龜科	食蛇龜	I	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0

二、蝴蝶及蜻蛉類

蜻蛉與蝴蝶調查成果如表 3-23 與表 3-24，其中蝴蝶出現 37 種 142 隻次，出現之物種皆為原生種。蜻蛉類記錄 3 科 10 種 141 隻次，出現之物種皆為原生種。111 年 2 月冬季調查，多數昆蟲活動力較為低落，蝴蝶類中部分物種的生活史階段會以幼蟲、蛹的型態度過冬季，蜻蛉類則多在春季至夏初羽化，因此在冬季調查中能記錄到的種類有相當大的限制。111 年 7 月則因為屬於夏季，記錄到較多種類與數量的蜻蛉與蝴蝶，因夏季為昆蟲主要活動的季節，因此與冬季的昆蟲數量與種類會有差異。

冬季調查時位處最下游之 L1 穿越線僅記錄到 1 隻長尾麝鳳蝶，可能原因為當時天氣為陰天，沒有太陽的狀態氣溫又偏低造成蝶類較少活動，紀錄到的物種因此只有 1 種。L2 穿越線紀錄時間較 L1 接近中午，氣溫已經上升且天氣陰晴交錯，出現物種數較多有 13 種 30 隻次，Shannon-Wiener's 多樣性指數(H') 2.22，出現物種皆為低海拔常見物種。L3 穿越線調查時天氣狀況類似於 L2，但 L3 位處河谷更上游處，溪谷兩側植被受人為干擾影響程度最低，記錄到 17 種 35 隻次，多樣性指數(H')為 2.59，大多數下游物種皆能在此河段記錄到。夏季調查期間，紀錄物種最多的區段是下游河段，總計 20 種 31 隻次，Shannon-Wiener's 多樣性指數(H') 2.86，最少的區段則是 L2，僅記錄 9 種 19 隻蝴蝶。

蜻蛉類冬季僅記錄 1 隻薄翅蜻蛉，夏季則在 L1 穿越線紀錄最多共 3 科 10 種 91 隻次 Shannon-Wiener's 多樣性指數(H') 1.46，三條穿越線都以短腹幽蟴為優勢種。夏季的蜻蛉類調查量以下游最多，上游最少，推測可能跟下游河道有開闊處比例較高，而上游則多為鬱密的環境，因此蜻蛉科物種的紀錄在下游較多。

蜻蛉與蝴蝶的調查結果雖會受到季節及調查時間影響，但以蝴蝶類而言，溪流兩側植被的完整度與原始林相中食草的種類與數量，會是影響本區域蝶類豐度的主要因素。以本區域出現的蜻蛉目昆蟲而言，細蟴科與珈蟴科則喜愛溪谷邊鬱密的林下，蜻蛉科與幽蟴科則偏好溪谷中相對開闊能曬到太陽但也有陰影的位置，本區域溪谷地形與兩岸森林組合成的多樣環境能保有不同蜻蛉目昆蟲偏好的棲地。

表 3-23、蜻蛉類數量紀錄

科	物種	特有性	111 年 2 月	111 年 7 月			總計
			L1	L1	L2	L3	
蜻蜓科	猩紅蜻蜓	原生		2			2
	侏儒蜻蜓	原生		1			1
	善變蜻蜓	特有		23	4		27
	霜白蜻蜓中印亞種	原生		11			11
	杜松蜻蜓	原生		3	1		4
	薄翅蜻蜓	原生	1	1	1		3
	彩裳蜻蜓	原生		1			1
	樂仙蜻蜓	原生		3		1	4
幽蟪科	短腹幽蟪	特有		45	28	14	87
玊蟪科	白痣玊蟪	特有		1			1
物種數			1	10	4	2	10
個體數			1	91	34	15	141
Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')			0.00	1.46	0.62	0.24	
Pielou 均勻度指數(J)				0.63	0.45	0.35	

表 3-24、蝴蝶類冬季穿越線調查紀錄表

科	物種名	特有性	111 年 2 月			111 年 7 月			總計
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	
灰蝶科	青玊波灰蝶	原生				2			2
	淡青雅波灰蝶	原生				1			1
	黑星灰蝶	原生				2			2
	黑點灰蝶	原生		1	1				2
弄蝶科	小稻弄蝶	原生		1					1
	竹橙斑弄蝶	原生				1			1
粉蝶科	異色尖粉蝶	原生				2			2
	遷粉蝶	原生				1		2	3
	淡色黃蝶	原生		1	3	1	6	3	14
	亮色黃蝶	原生				1		1	2
	纖粉蝶	原生			1			1	2
	白粉蝶	原生		6					6
蛺蝶科	雙色帶蛺蝶	原生				1			1
	黃襟蛺蝶	原生			1				1
	網絲蛺蝶	原生						1	1
	藍紋鋸眼蝶	原生		8	5	1	2	1	17
	異紋紫斑蝶	原生					1		1
	幻蛺蝶	原生				1			1
	眼蛺蝶	原生				2	1	1	4
	黯眼蛺蝶	原生			2			2	4
	琉璃蛺蝶	原生			1			1	2

科	物種名	特有性	111 年 2 月			111 年 7 月			總計
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	
	森林暮眼蝶	原生		1					1
	曲斑眉眼蝶	原生		3					3
	切翅眉眼蝶	原生		1					1
	豆環蛺蝶	原生		1	3	1	1	3	9
	斷線環蛺蝶	原生			1				1
	斯氏絹斑蝶	原生		1	1				2
	散紋盛蛺蝶	原生			1		2		3
	密紋波眼蝶	原生		3		1		3	7
鳳蝶科	長尾麝鳳蝶	原生	1		1				2
	木蘭青鳳蝶	原生				1			1
	青鳳蝶	原生		1	2	4	1	2	10
	紅珠鳳蝶	原生			4				4
	翠鳳蝶	原生			1	1		1	3
	大鳳蝶	原生		2	6	1	3		12
	玉帶鳳蝶	原生				3		2	5
	黑鳳蝶	原生			1	3	2	2	8
物種數			1	13	17	20	9	15	37
個體數			1	30	35	31	19	26	142
Shannon-Wiener's 多樣性指數(H')			0.00	2.22	2.59	2.86	1.99	2.61	
Pielou 均勻度指數(J)			-	0.87	0.91	0.96	0.90	0.96	

三、陸域動物生態評析

根據紅外線自動相機及穿越線調查之結果，可知本案範圍內有數種中大型哺乳類和地棲型鳥類於兩岸林地內棲息，且會由林地至濱溪處活動。其中，III 及保育類之食蟹獐常於溪流濱岸覓食，兩棲類、蝦蟹類、螺類皆為其食物來源，故濱岸棲地與食蟹獐之生活具密切關聯。

本案透過紅外線自動相機記錄到 I 級保育類食蛇龜之活動，推測食蛇龜於海岸山脈北側具有一定數量。巴朗溪兩岸為人為干擾少之林地，為食蛇龜偏好之棲地，食蛇龜為陸棲性淡水龜，巴朗溪枯水期流量極小，本團隊推測應食蛇龜族群應可於枯水期時橫越溪流移動，故工程設計建議減少對溪流橫向廊道之阻隔，並維持兩岸林地之完整。

綜整陸域生態之分析成果，可彙整本計畫範圍內保育陸域生態之 2 大方向：(1)維持兩岸至溪流的橫向生態廊道之暢通以及(2)維持兩岸林地完整性(以國有林為主)。在維持溪流橫向廊道暢通性的部分，具體做法以僅於必要處規劃治理工程為優先(「迴避」策略)，其次為盡可能縮減工程量體(「縮小」策略)，以及避免落差過大、坡度過大的構造物設計，並以表面粗糙度高材質為主，使各類型動物皆可利用(「減輕」策略)。在維持兩岸林地完整性方面，具體做法以僅於必要處規劃治理工程具有最佳效果，避免人為干擾林地之自然演替。

3-3-4、濱溪植物調查成果

一、植被發育環境概述

本季植物調查巴塹溪中上游溪段，其海拔約 130- 165 公尺，溪流流經砂岩和顆粒細小之頁岩層，因此溪床以散布於泥質沖積土中之岩石環境為主。在地形與地質上，溪段左岸為階地堆積層，是有農耕活動的層狀平坦階地，因此該側人為干擾較多；溪段右岸為國有林班地，因此森林保留完整，位於八里灣層之砂頁岩互層上，偶有崩塌地。往上游至支流匯流口後，溪流兩側皆進入國有林班地之範圍，溪段切過八里灣層之礫岩層，形成較狹窄之溪谷，溪岸落差加大，濱溪木本植被也較不易受到水流洪枯之影響，十分鬱閉。然過了礫岩層後，溪谷又再稍微加寬、溪岸坡度減緩，溪岸森林較靠近溪床處推測可能多少曾遭受洪水或崩塌影響，而見次生林組成。

二、植被分布情形

整體植被分布而言，由於本區的農業利用並未十分集約，因此溪岸之木本植物保留十分完整，演替時間較長之濱溪木本植物組成佔據大部分溪段(圖 3-60)，且大多數溪段樹冠皆鬱閉，提供溪流水域良好遮蔭環境。右岸木本植物與林班地原始闊葉林緊密連結，故濱岸植被帶與林班地內原始闊葉林呈連續分布而未曾受人為干擾；左岸在鄰近階地農業區交界處有較多人為干擾與栽種種類，也是入侵種主要分布區域。過匯流口後兩岸以原始闊葉林為主，人為干擾痕跡稀少，所經過之植被根據其生長立地為穩固岩盤、崩積物或崩塌地形，以及其自然干擾(洪水、崩塌等)頻率，而有不同演替階段之物種組成段。在調查區域內之植物種類分布趨勢為越接近上游，則演替中晚期之耐陰性樹種種類越多、比例越高；相對地，越接近下游，則演替初期之先驅物種比例越高、常見物種之數量越多，研判與人為干擾有所關聯。然而，天然崩塌地於上游林班地內溪段和接近農耕地溪段之右岸皆有發生，因此發生崩塌的區域周圍皆以演替初期之物種為主，並未明顯因其為處之區域而有差異。此外，溪床岩石上較高位處偶見草本植物生長，而演替中晚期種類之大喬木(如大葉楠、短尾葉石櫟)偶有緊鄰溪床之情形，推測本溪水量洪枯變化應較為有限，故可支持岩生植物與濱岸喬木長期生存。由上述可知，本區之植被分布同時和農耕地旁之人為干擾頻率以及天然崩塌頻率有所關聯，又因為本區並未有密集之土地利用，演替中晚期之樹種仍可點狀或帶狀見於濱溪植被帶全線，國內低海拔溪流因整治緣故已少見如此天然之濱溪植被。

三、植物物種概況

本計畫於巴朗溪沿岸共記錄 53 科 94 屬 109 種維管束植物(表 3-25)，未記錄任何裸子植物。原生種(包含特有)之比例高達 91.8%，遠高於其他低海拔人為開發地區，並與多數低海拔國有林班地相當，顯示本區域歷史上極少受到外界人為開發干擾，且森林鬱閉度良好，導致以先驅物種為多之外來種不易播遷進入。沿溪岸記錄到之外來種或栽培種僅 9 種，其中 3 種為栽培者：檳榔、麻竹、麵包樹；6 種為野生者：紫花霍香薊、大花咸豐草、小花蔓澤蘭、南美蟛蜞菊、銀合歡、千年桐。其中入侵性較強者為大花咸豐草、

小花蔓澤蘭、南美蟛蜞菊、銀合歡，然而這些種類多半偏好被人為大面積開發過後的向陽環境，因此沿岸原生種鬱閉、層次複雜的溪段大多沒有這些種類，僅少數濱岸植被曾受破壞的區域可見之，整體而言外來種覆蓋面積相當少。未來應留意勿製造人為大面積裸露地致使外來種得到擴張機會。

國家紅皮書之受威脅物種記錄長葉杜虹花(*Callicarpa formosana* Rolfe var. *longifolia* Suzuki) 1 種，等級為易危(VU)。此外，等級為資料不足(DD)者尚有 1 種，為臺灣矢竹，然該種尚屬常見之種類，且為當地箭筍採收的對象，因此周圍檳榔園等耕作地刻意留存之而形成優勢植被。

長葉杜虹花為唇形科落葉灌木，屬於臺灣特有變種，採集與觀察記錄多分布於雪山山脈以及花蓮北段之中海拔山區。其受威脅等級為易危(VU)，評估標準為 D1，即國內族群成熟個體數<1000。林務局生態調查資料庫於本區海岸山脈背側之花蓮磯崎附近亦有本種記錄，與本計畫同為海拔較低之記錄。由於本種分布區域皆為人為開發相對較少處，其族群稀少較傾向與自然因素有關。本變種與其他變種之差異主要在於葉為狹長橢圓形，基部為楔形至漸狹，葉表面明顯具有散佈的腺點。本計畫所記錄之長葉杜虹花葉背脈與葉肉皆被毛，與中海拔族群的觀察描述僅葉背脈被毛略有不同，尚無法確定此差異與基因或環境有關聯。本計畫記錄於巴朗溪濱岸植被沿線，零星分布，鄰近產業道路亦有生長，因此不排除本種於這個區域內未受砍伐之闊葉林邊緣環境皆有分布。考量其國內數量不多，應確保其具有繁殖能力之植株不受後續開發行為影響。

四、植物北降現象

本溪段大多數植物以低海拔榕楠林帶(<500 公尺)之物種組成為主，全島分布常見之無危(LC)物種居多，然而，其中卻有數種明顯較一般生長範圍海拔低許多之北降物種，此北降特徵即所謂因冬半季迎受東北季風之低溫潮濕環境、或山體較小溫度容易因東北季風下降，而導致原應分布於較高海拔之物種生長於低海拔之現象，例如沿線可見之小葉白筆、阿里山女貞、臺灣附地草、短尾葉石櫟、長葉杜虹花等，這些物種國內主要分布海拔多超過 1000 公尺，多半見於樟殼林帶，卻於此溪海拔不足 200 公尺之濱岸植被帶伴生楠

榕林帶物種，形成植被壓縮現象。海岸山脈有此現象之描述較為少見，因此是本地濱岸植被相當值得重視的植群特色。由於這些物種在相對較溫暖之低海拔區域競爭力較為有限，若未來受到開發或人為砍伐影響，在全球暖化之趨勢下，推估將難以再現。

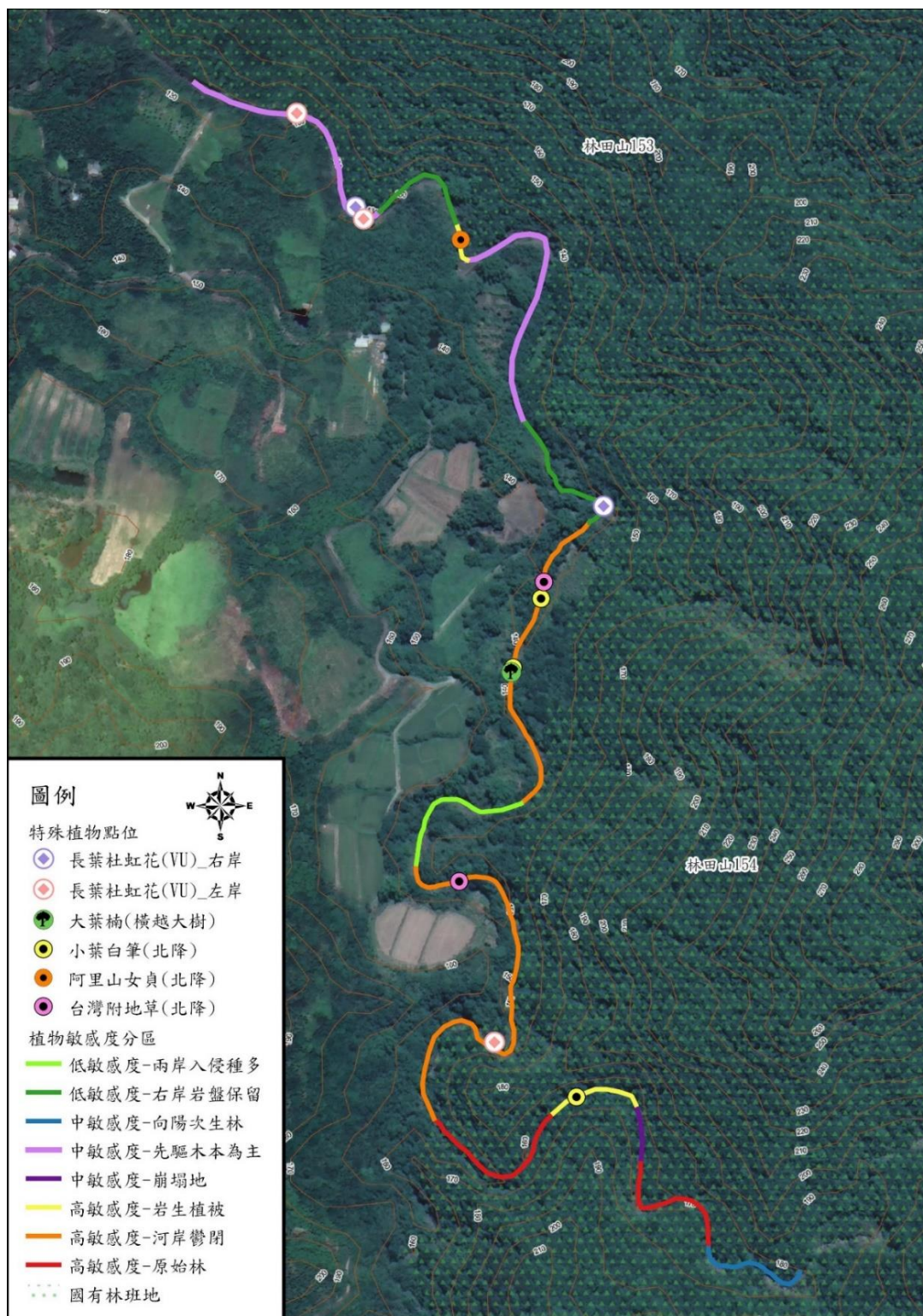


圖 3-60、本計畫植物調查成果

表 3-25、植物調查屬性統計表

物種屬性		蕨類與擬蕨	被子植物	合計	比例(%)
類別	科數	10	43	53	-
	屬數	13	81	94	-
	種數	17	92	109	-
型態	喬木	0	33	33	30.3
	灌木	0	21	21	19.3
	藤本	0	13	13	11.9
	草本	17	25	42	38.5
原生屬性	特有	1	15	16	14.7
	原生(非特有)	16	68	84	77.1
	歸化	0	6	6	5.5
	栽培	0	3	3	2.8
國家紅皮書	易危	0	1	1	0.9
	資料不足	0	1	1	0.9
	無危	17	80	97	89.0
	不適用	0	7	7	6.4
	未評估	0	3	3	2.8

五、植被現況綜整

整體而言，本溪段濱岸之植被相當鬱閉完整，受到的人為干擾十分有限，溪床與兩岸幾乎沒有人為構造物，即使在少數具有單側人為堤岸之偏下游溪段，其上方之植被也已經恢復為多樣性高之次生林。天然的溪床底質與茂密的喬木遮蔽，頗能充分顯現此地溪流生態之原貌，並且可藉由鬱閉茂密且多演替中晚期物種之濱岸植被推斷，近期數十年內並未曾發生嚴重土石流或洪水事件。國家紅皮書受威脅植物長葉杜虹花(VU)為本種較為邊緣（分布區域南緣）之族群分布，對於探討其族群適應和擴散等分布模式較具意義，而包含長葉杜虹花在內的其他北降植物零星散布於本溪段各處，且不乏演替中晚期或需要穩定林下環境之物種，也與整體鬱閉的林相相互呼應，呈現較為完整且特殊的溪流生態系特徵。

總而言之，考量到本溪段為國內低海拔區域少見尚未有大量人工構造物整治的天然溪流，並擁有茂密、外來種稀少、演替時間長、多樣性高的濱岸植被帶，是相對健康之生態系，並且從濱岸植被未能看出近期有任何大規模自然干擾事件（土石流、洪水等）之痕跡，現有之喬木根系尚足以穩固溪岸天然塊石土堤。



圖 3-61、植物影像紀錄

表 3-26、建議應保全植物物種座標

名稱	X (TWD97)	Y (TWD97)
特殊大樹-大葉楠	301782.90	2621072.45
長葉杜虹花(VU)	301632.62	2621475.64
	301631.26	2621475.42
	301627.19	2621474.77
	301627.73	2621475.13
	301633.56	2621477.51
	301636.71	2621478.78
	301633.61	2621477.85
	301629.62	2621476.55
	301627.60	2621476.17
	301627.59	2621476.35
	301627.21	2621481.89
	301627.19	2621482.25
	301627.08	2621483.80
	301627.02	2621484.70
	301600.77	2621548.92
	301598.96	2621549.48
	301505.67	2621409.95
北降植物-臺灣附地草	301737.57	2620897.97
北降植物-阿里山女貞	301734.04	2621438.72
	301732.71	2621444.21
	301732.17	2621446.58
	301731.85	2621447.93
	301731.34	2621450.16
北降植物-小葉白筆	301804.45	2621114.40
	301804.67	2621112.09
	301804.83	2621111.12
	301805.21	2621102.69
	301804.08	2621101.88
	301803.82	2621101.71

肆、潛在大規模崩塌區破壞機制評估

4-1、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌機制分析

一、InSAR 廣域活動性分析

為確認花蓮縣-光復鄉-D032 坡面活動趨勢，本團隊利用 TCP-InSAR 分析坡面活動性。花蓮縣-光復鄉-D032 坡向朝西，坡向朝西的坡面適合使用衛星的降軌資料分析可能的區域活動性，因此團隊利用 ALOS-2 衛星的降軌資料，在 103 年到 109 年間挑選解算後品質較好的觀測資料進行 TCP-InSAR 分析，成果以 109 年 1 月至 109 年 11 月間觀測資料解算後分析，分析成果如圖 4-1。在分析圖圖 4-1 中，每個小點代表該位置的活動趨勢，偏紅的暖色系代表該位置具有上升趨勢，偏藍的冷色系代表該位置具有下降趨勢，數字代表對衛星方向年平均變化量(mm/yr)。花蓮縣-光復鄉-D032 冠部呈現上升趨勢，顯示冠部相對穩定。坡腹大多呈現下降趨勢，部分區域具有呈現上升趨勢，顯示坡腹可能相對不穩定且具有局部活動的性質，而呈現下降趨勢的區域多分佈鄰近侵蝕溝，故推測坡腹的活動性可能與侵蝕溝發育有關，整體坡腹活動性以南側坡腹較高。坡趾區域呈現部分區域具有下降趨勢及部分區域具有上升趨勢，且有部分區域資料空缺，顯示坡趾可能相對不穩定而具有淺層崩塌的可能性。

以目前分析成果推測花蓮縣-光復鄉-D032 在觀測期間可能不具有整體活動趨勢，可能為舊有崩塌擴大或舊有崩塌持續崩塌等淺層崩塌型態，相對活躍的活動範圍為範圍南側邊界侵蝕溝周邊與坡面趾部。由 99 年航照與圖 4-2 的 4 期 Google Earth 衛星影像分析花蓮縣-光復鄉-D032 趾部崩塌地的變化，可見在 99 年至 102 年間發生崩塌地擴大，擴大區域位於裸露區域東側。102 年至 104 年間崩塌地呈現植生復育狀態。104 年到 106 年間崩塌地未擴大，但裸露區域增加。106 年至 109 年間呈現植生復育狀態，而後根據近期資料崩塌地面積未擴大，但裸露區域增加，資料彙整如圖 4-3。

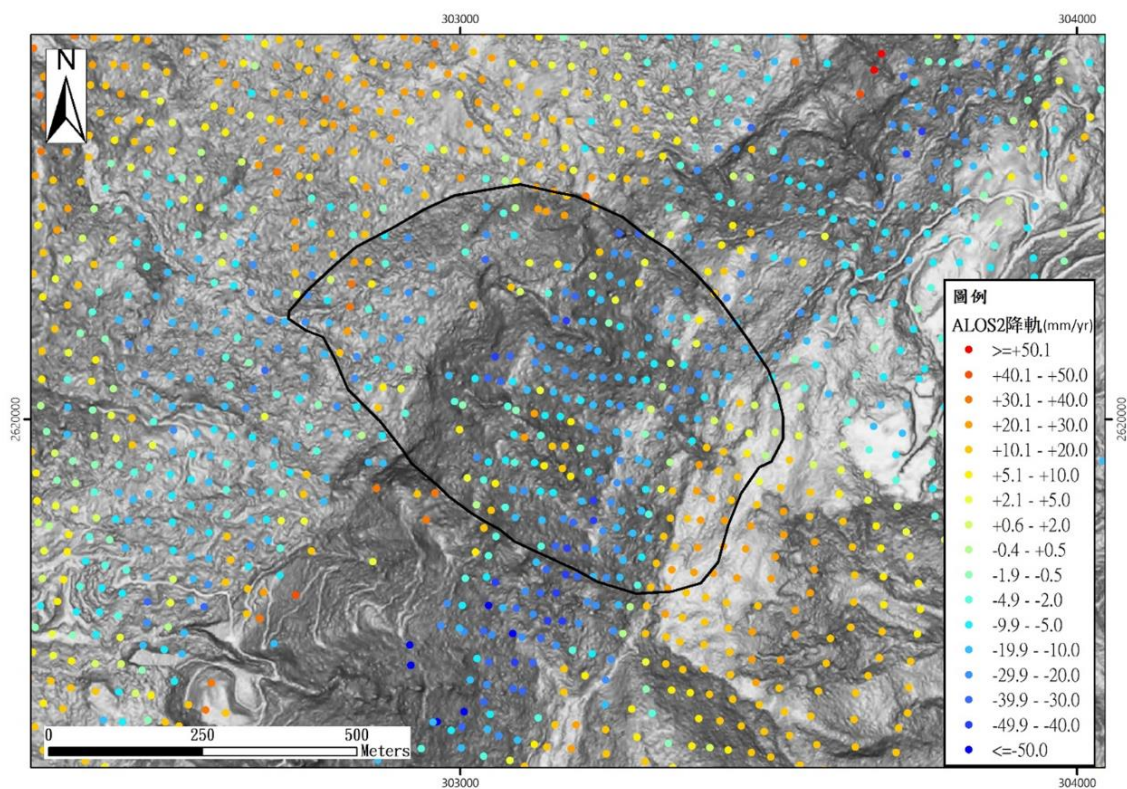


圖 4-1、花蓮縣-光復鄉-D032 與周邊 TCP-InSAR 分析圖

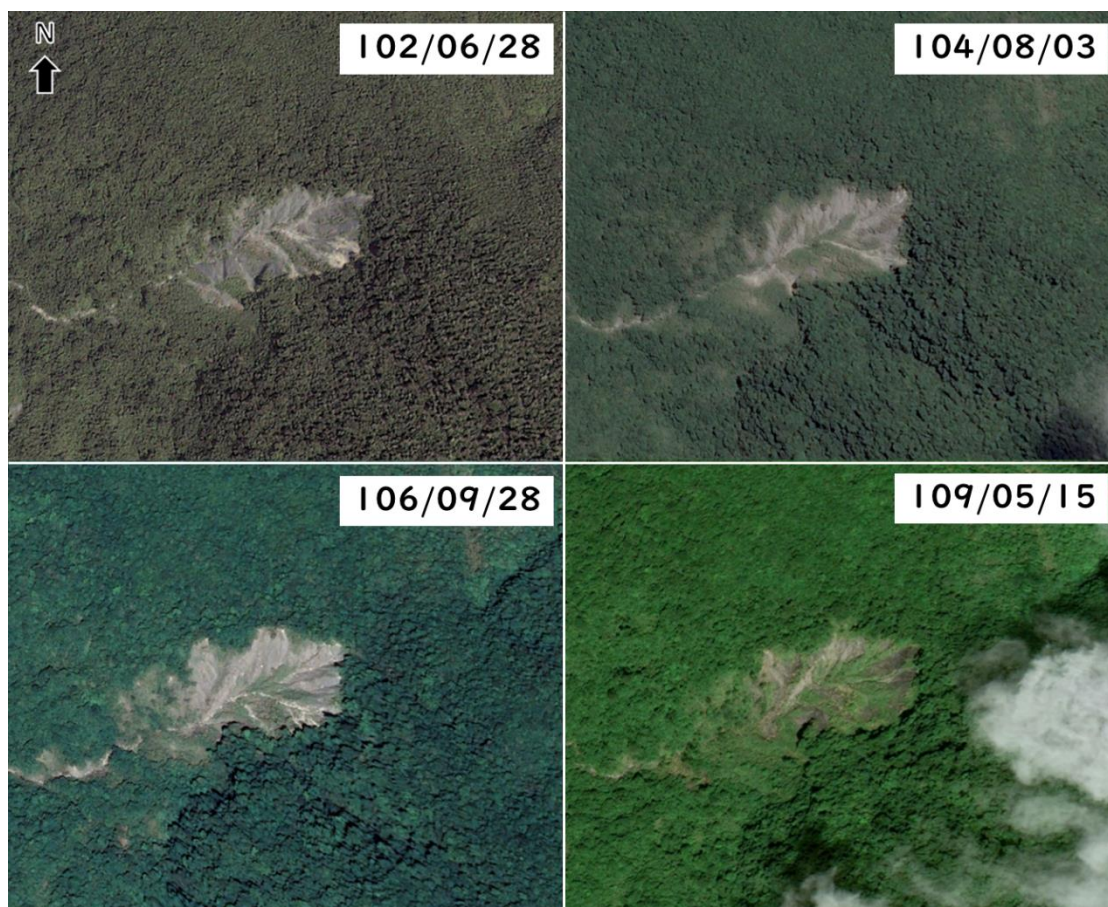


圖 4-2、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌區域多期衛星影像變異

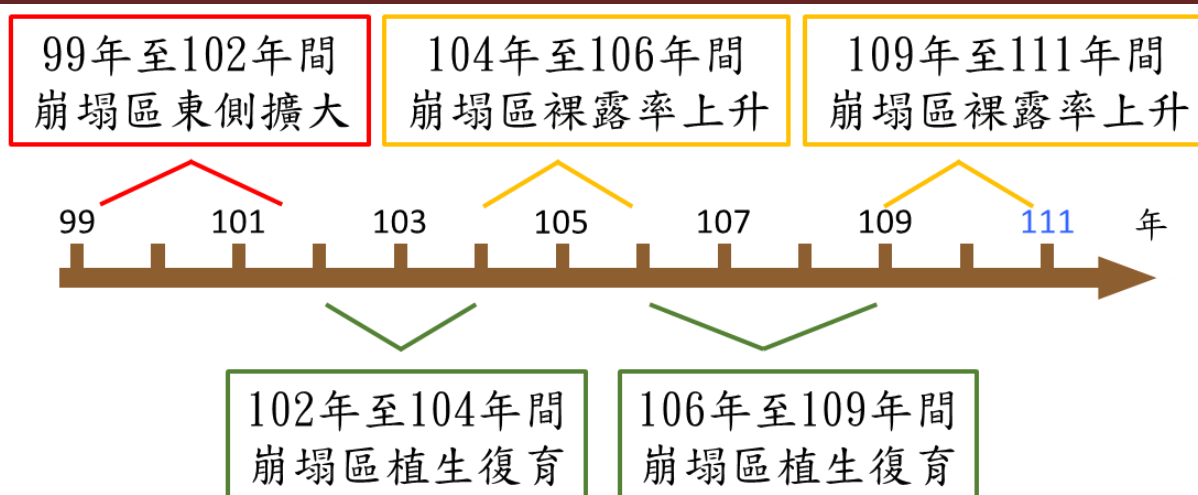


圖 4-3、花蓮縣-光復鄉-D032 崩塌區域變化時間圖

二、崩塌機制分析

彙整地質資料、高精度數值地形資料與現場調查資料，依據地形剖面與地形特徵判釋結果分析花蓮縣-光復鄉-D032 可能的破壞機制構想如圖 4-4。八里灣層在坡面趾部東側為順向坡，八里灣層受到新社斷層作用，可能局部產生岩性上的弱面配合巴朗溪的側向或向源侵蝕，使邊坡發生坡趾破壞而減低邊坡支撐。而都鑾山層受到趾部破壞與解理影響，亦隨之破壞而產生現今地表細部地形特徵。依據高精度數值地形特徵判釋、現場調查與 TCP-InSAR 活動性分析結果，花蓮縣-光復鄉-D032 冠部未有明顯現生裂隙或活動痕跡，植物生長與地表狀況顯示近年活動性較低，且未有明顯潛在大規模崩塌整體活動特徵，僅坡面部分區域具有活動特徵，具有活動特徵處主要鄰近侵蝕溝與坡面趾部。具有活動特徵區域可能以舊有崩塌擴大或現生崩塌持續崩塌等淺層崩塌型態為土砂來源。土砂來源區域無擠壓河道可能，因此形成堰塞湖可能性低。

因此根據以上分析成果評估花蓮縣-光復鄉-D032 可能主要活動區域分布於坡面南側邊界侵蝕溝周邊及坡面趾部。侵蝕溝可能造成向源侵蝕，坡面趾部為豪雨或河流冲刷坡趾，使第二階滑動體 F 區(面積約 1.6 公頃)、第三階滑動體 G 區(面積約 1.2 公頃)及第三階滑動體 H 區(面積約 3.1 公頃)發生破壞。向源侵蝕或是滑動體破壞均可能造成挾砂水流影響巴朗溪下游加里洞部落。

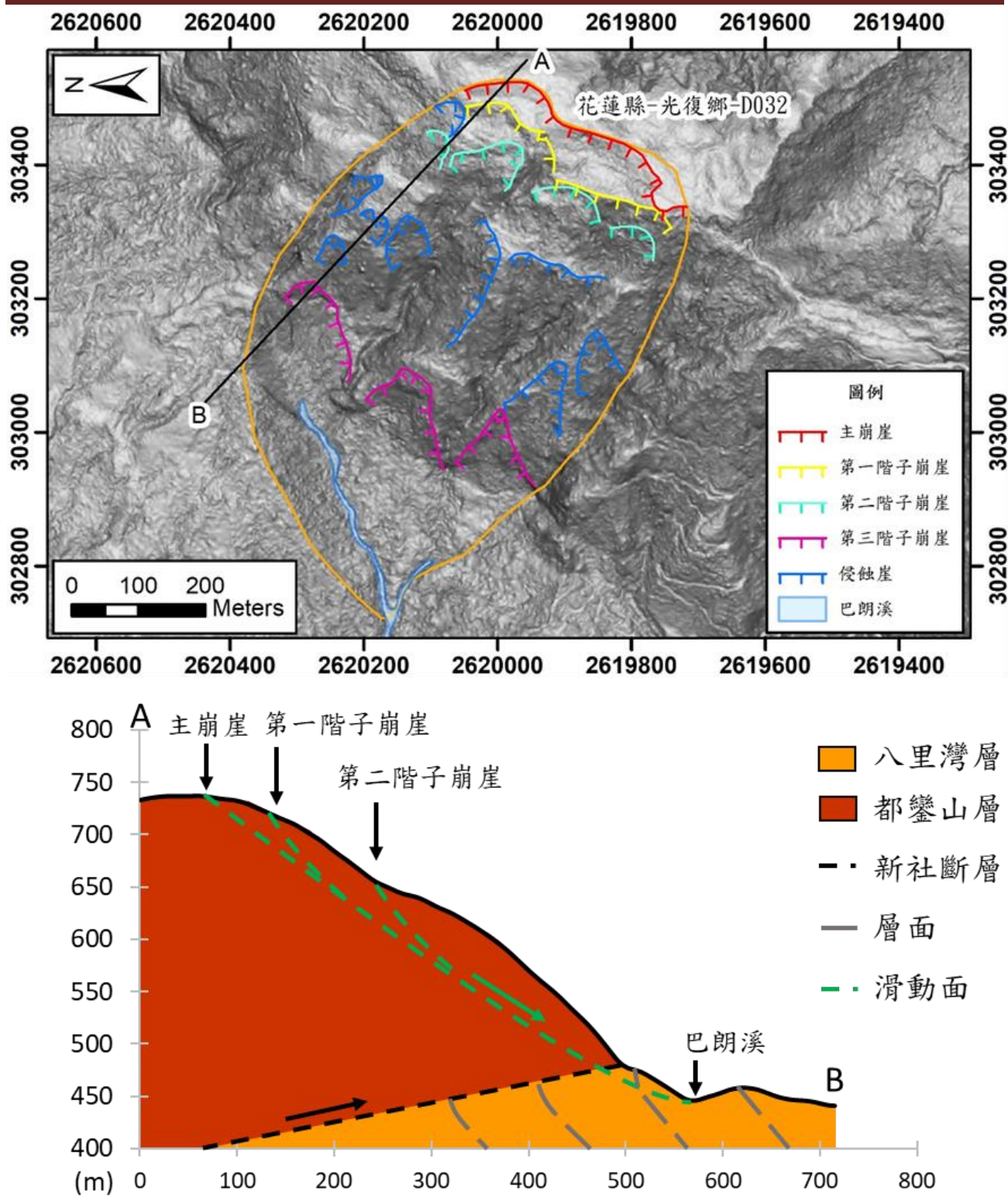


圖 4-4、花蓮縣-光復鄉-D032 剖面圖與破壞機制構想

4-2、花蓮縣-光復鄉-D014 崩塌機制分析

一、InSAR 廣域活動性分析

為確認花蓮縣-光復鄉-D014 坡面及周邊活動趨勢，本團隊利用 TCP-InSAR 分析坡面活動性。花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 坡向皆朝西，朝西的坡面適合使用衛星的降軌資料分析可能的區域活動性，因此團隊利用 ALOS-2 衛星的降軌資料，在 103 年到 109 年間挑選解算後品質較好的觀測資料進行 TCP-InSAR 分析，成果以 109 年 1 月至 109 年 11 月間觀測資料解算後分析，分析成果如圖 4-5。

在分析圖圖 4-5 中，每個小點代表該位置的活動趨勢，偏紅的暖色系代表該位置具有上升趨勢，偏藍的冷色系代表該位置具有下降趨勢，數字代表對衛星方向年平均變化量(mm/yr)。

花蓮縣-光復鄉-D014 冠部資料點不足以判釋活動趨勢，坡腹區域部分區域具有呈現下降趨勢，部分區域具有呈現上升趨勢，顯示坡腹可能相對不穩定，呈現下降趨勢的區域多分布鄰近侵蝕溝，故推測坡腹的活動性可能與侵蝕溝發育有關，整體坡腹活動性推測以坡腹中央區域較高。坡趾區域大多呈現上升趨勢，顯示坡趾目前屬於相對穩定狀態。

花蓮縣-光復鄉-temp001 整體坡面多呈現下滑趨勢，整體下滑趨勢以中性色為主，表示雖然有下滑趨勢但是作用可能不強烈，顯示該區域在觀測期間雖具有地表變形但風險可能較低。

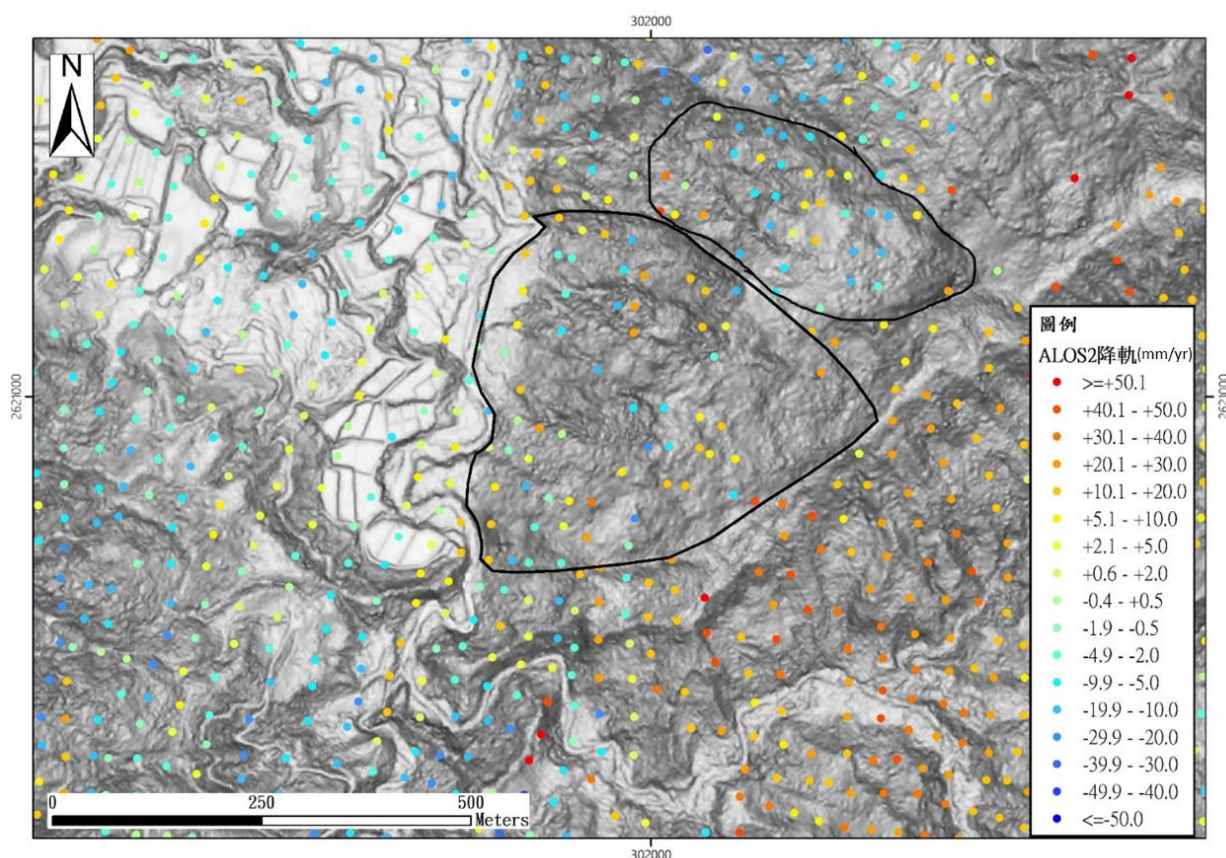


圖 4-5、花蓮縣-光復鄉-D014 與 temp001 周邊 TCP-InSAR 分析圖

二、崩塌機制分析

彙整地質資料、高精度數值地形資料與現場調查資料，依據地形剖面與地形特徵判釋結果分析花蓮縣-光復鄉-D014 可能的破壞機制構想如圖 4-6。花蓮縣-光復鄉-D014 所在的八里灣層順向坡受到巴朗溪的側向侵蝕，造成部分坡趾破壞，同時入滲的天水造成頁岩吸水膨脹與坡面侵蝕溝發育，使局部坡面破壞並沿層面滑動而形成現在所見之細部地形特徵。依據高精度數值地形特徵判釋、現場調查與 TCP-InSAR 活動性分析結果，花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 位於順向坡，坡趾未見光，坡面未有明顯潛在大規模崩塌整體活動特徵，坡面部分區域在 TCP-InSAR 觀測期間具有活動特徵，具有活動特徵處主要鄰近侵蝕溝。

因此根據以上分析成果評估花蓮縣-光復鄉-D014 可能主要活動區域分布於坡腹以下區域，豪雨或河流冲刷坡趾，使第二階滑動體 F 區(面積約 1.4 公頃)、第三階滑動體 G 區(面積約 0.8 公頃)、第三階滑動體 H 區(面積約 1.3 公頃)、第四階滑動體 J 區(面積約 0.6 公頃)及第四階滑動體 K 區(面積約 2.1 公頃)。

頃)發生破壞。滑動體破壞可能造成挾砂水流影響巴朗溪下游加里洞部落。花蓮縣-光復鄉-temp001 位於順向坡，坡趾未見光，坡面未有明顯潛在大規模崩塌整體活動特徵，坡面在 TCP-InSAR 觀測期間具有地表變形，但風險可能較低。

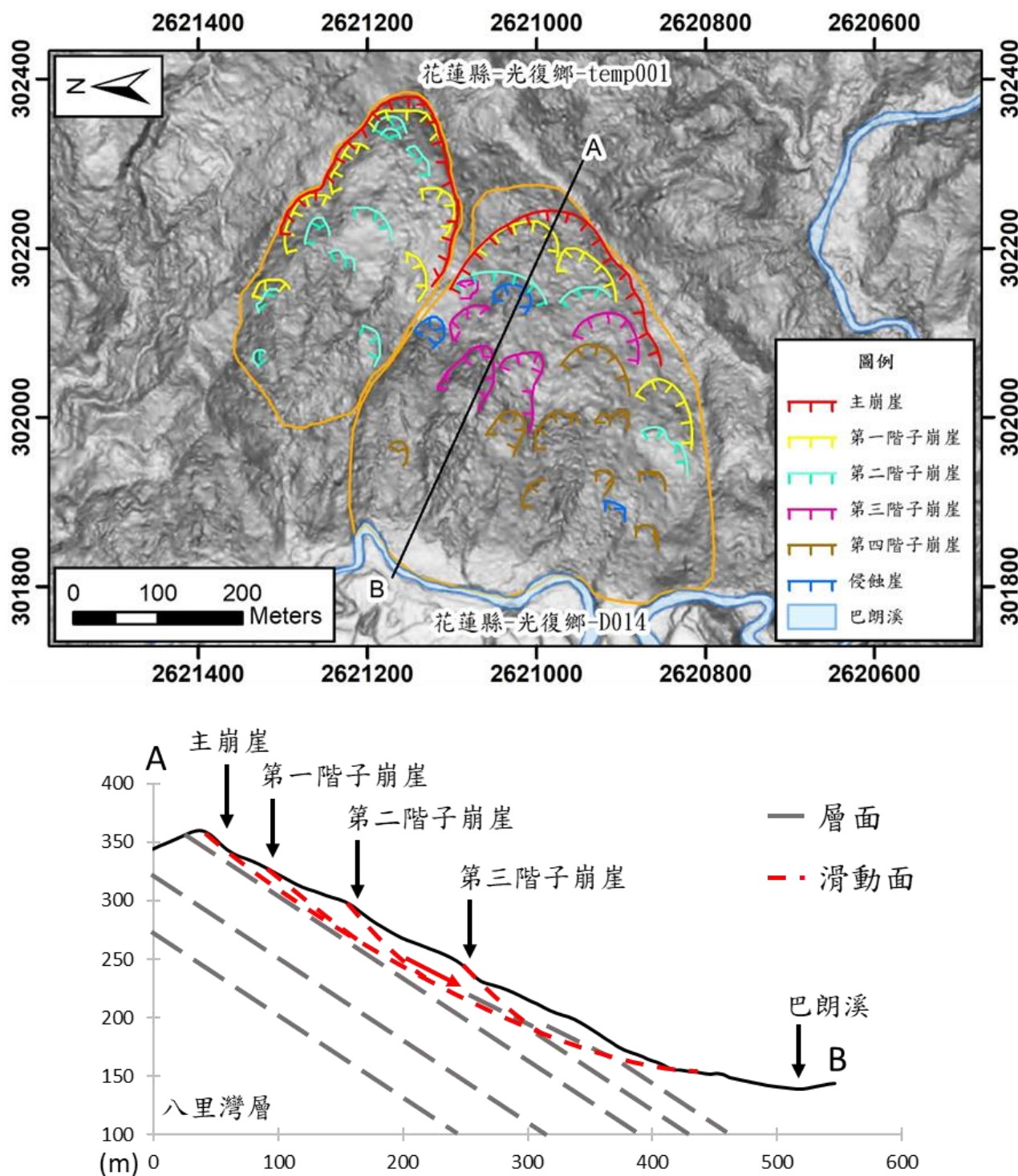


圖 4-6、花蓮縣-光復鄉-D014 剖面圖與破壞機制構想

4-3、堰塞湖發生可能性分析

崩塌地二次災害其一為崩塌土體落入河道，有可能造成河道阻塞或者造成溪流改道，河道阻塞代表堰塞湖形成，一旦堰塞湖形成，不排除二次災害的可能性；為此評估其形成堰塞湖的風險。為瞭解花蓮縣-光復鄉-D032 前再大規模崩塌，可能阻斷河道形成堰塞湖二次災害風險，對於河岸崩塌是否能形成堰塞湖，將評估堰塞湖發生之可能性分析，當土體條件達到堰塞湖形成條件時，方可判定堰塞湖形成。

針對崩塌地土砂量推估部分，國內已有相關的研究成果可供引用；利用 Tseng et al.(2013) 針對台灣南部地區莫拉克風災前後之崩塌地利用空載光達(Lidar)資料進行崩塌面積與崩塌體積之關係回歸針對崩塌量體推估；其建議推估式為：

$$V_L = 0.452 A_L^{1.242} \quad \text{-Tseng et al. (2013)}$$

其中 V_L 為崩塌體積(m^3)、 A_L 為崩塌地面積(m^2)。

由於崩塌所提供的材料量體為形成堰塞湖與否的重要指標，本計畫參考成大水利系郭玉樹教授 (Kuo Y.-S. et al., 2011) 針對台灣地區地震與降雨與誘發的崩塌及在河道的堆積形態，透過統計迴歸分析所得之快速評估方法，針對崩塌土體是否堆積於河道形成天然壩體進行評估。

由於崩塌後土體並不會完全進入河道，則崩塌堆積於河道土體體積 $V_D(10^6 m^3)$ 與崩塌體積(V_L)之關係如下：

$$V_D = 0.579 V_L^{0.819}$$

後續參照「水保局大規模崩塌潛勢區影響範圍劃設作業方法」，利用崩塌體積 $V_L(10^6 m^3)$ 可求得由崩塌形成最小堆積土體高 H_D ，其公式如下：

$$H_D = 18.933 V_L^{0.969} \geq h_w, \quad \text{其中 } H_D \text{ 為堰塞湖天然壩最小堆積高度(m)、其中 } V_L \text{ 為崩塌體積}(10^6 m^3), h_w \text{ 為河谷水深，當土體最小堆積高度大於溪谷水深，才可能形成堰塞湖。}$$

前述經由地形特徵分析，已分析出花蓮縣-光復鄉-D032 與 D014 等，較有活動之滑動區域，這些滑動區域，同樣具備冠部及主崩崖、次崩崖及雙側側翼蝕溝等深層滑動特徵。

一、花蓮縣-光復鄉-D032

由於本崩塌地滑動塊體皆緊鄰溪溝，且地形上屬較狹窄河道，因此不特別考慮移動距離條件，僅考量量體條件是否成立，綜合上述條件計算結果得知，各滑動塊體土體落入河道時皆可滿足堰塞湖形成之量體條件。

於本崩塌地所處區域為巴朗溪源頭段，坡面處無常流水流經通過，因此無有效蓄水空間，較無堰塞湖發生之可能。但花蓮縣-光復鄉-D032 之崩塌特性屬於淺層崩塌為主，局部區域因為向源侵蝕，有發生較大面積崩塌之可能，但因坡度較陡，崩塌土方量相對較低。

表 4-1、花蓮縣-光復鄉-D032 堰塞湖發生評估

滑動 體	長 (m)	寬 (m)	高差 (m)	面積 (公頃)	平均 坡度(°)	V_L (10^6 m^3)	V_D (10^6 m^3)	H_D (m)	常流 水	是否 形成
F 區	320	75	125	1.6	35.2	0.08	0.07	1.54	無	無
G 區	190	80	120	1.2	33.5	0.05	0.05	1.09	無	無
H 區	270	140	130	3.1	29.8	0.17	0.14	3.42	無	無
I 區	135	100	80	1.1	27.6	0.05	0.05	0.98	無	無

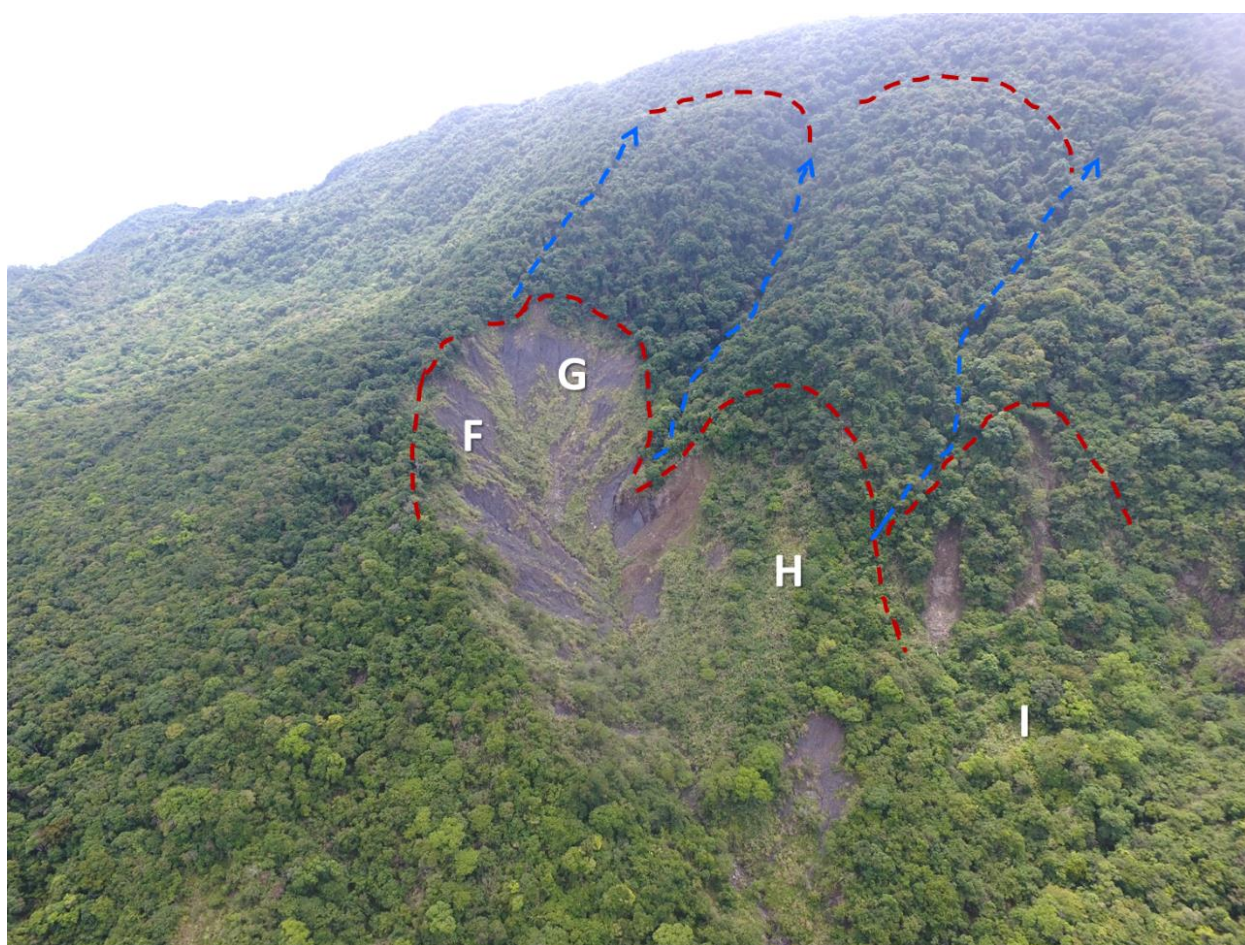


圖 4-7、花蓮縣-光復鄉-D032 堰塞湖發生區位

二、花蓮縣-光復鄉-D014

由於本崩塌地滑動塊體皆緊鄰溪溝，且地形上屬較狹窄河道，因此不特別考慮移動距離條件，僅考量量體條件是否成立，綜合上述條件計算結果得知，各滑動塊體土體落入河道時皆可滿足堰塞湖形成之量體條件。於本崩塌地所處區域為巴朗溪中游段，坡趾處有常流水流經通過，土砂來源區域有擠壓河道可能，有堰塞湖發生之可能性。但近年內沒有發生整體大規模滑動，可能為受侵蝕溝或河流侵蝕影響的淺層崩塌型態。

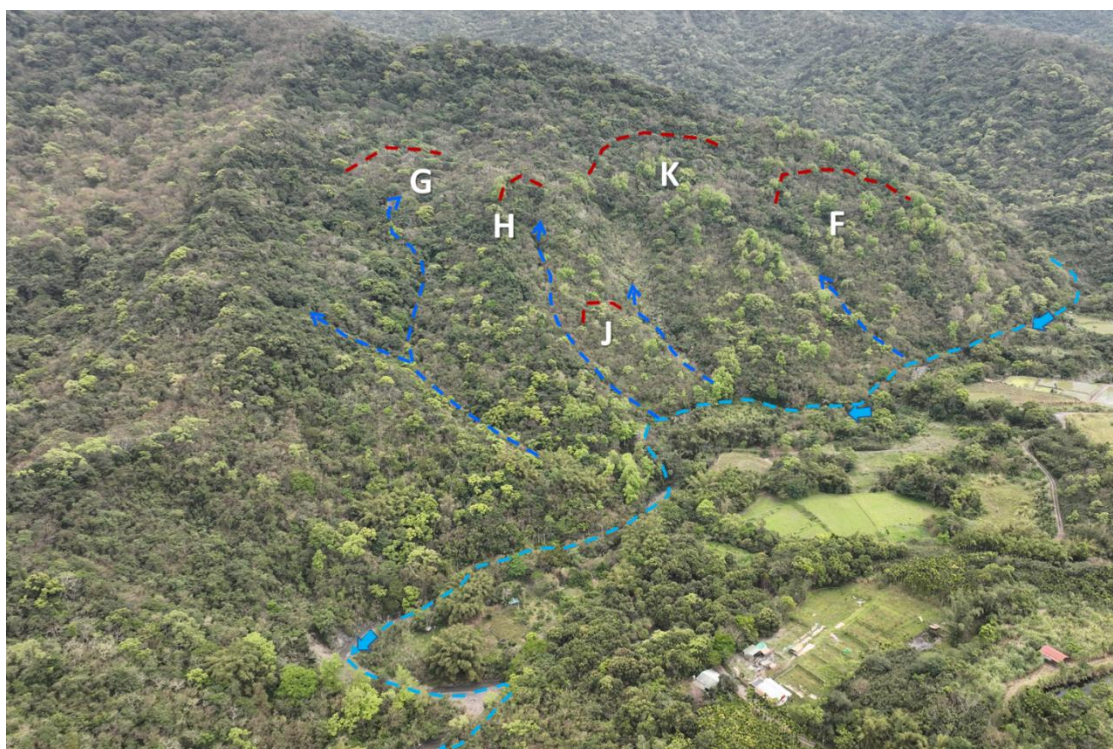


圖 4-8、花蓮縣-光復鄉-D014 堰塞湖發生區位

表 4-2、花蓮縣-光復鄉-D014 堰塞湖發生評估

滑動體	長(m)	寬(m)	高差(m)	面積(公頃)	平均坡度(°)	V_L (10^6 m^3)	V_D (10^6 m^3)	H_D (m)	常流水	是否形成
F區	180	90	80	1.4	26.5	0.06	0.06	1.31	有	是
G區	215	50	90	0.8	33.2	0.03	0.03	0.67	有	是
H區	240	55	100	1.3	25.3	0.06	0.06	1.20	有	是
J區	180	40	80	0.6	23.4	0.02	0.03	0.47	有	是
K區	260	100	120	2.1	34.6	0.11	0.09	2.14	有	是

另針對前述花蓮縣-光復鄉-temp001 部分，該滑動體 D014 坡面東側冠部近山脊源頭處，坡面處無常流水流經通過，形成堰塞湖發生之可能性較低，但可能受到豪雨影響使坡面滑動形成土石流或挾砂水流導致土砂下移，但由植生密度推測近年來相對穩定。

三、堰塞湖穩定性評估

前述分析主要因花蓮縣-光復鄉-D014 位處巴朗溪中游段而有蓄水即發生堰塞湖之可能，為了評估堰塞湖天然壩之穩定性，引入 Erimini & Casagli(2003)所提出的無因次阻塞指標 DBI 進行穩定性計算，其關係式如下， DBI 指數大於 3.08 者判定為不穩定壩體，小於 2.75 者為穩定壩體，介於 2.75 至 3.08 者則不予斷定。初估花蓮縣-光復鄉-D014 可能滑動體滑落可能形成壩高 0.47-2.14 公尺不等，本計畫計算花蓮縣-光復鄉-D014 潛勢區各滑動區所形成天然壩體 DBI 為約為 1.79~1.81 之間，屬於穩定區，但考慮材料特性屬於細粒料，岩性為八里灣層之頁岩為主，天然壩易受水流侵蝕影響流失，其天然壩皆判定為不穩定壩體。

$$DBI = \log \left(\frac{A_b \times H_d}{V_d} \right)$$

其中， A_b 為集水面積、 H_d 為壩高、 V_d 為壩體體積。

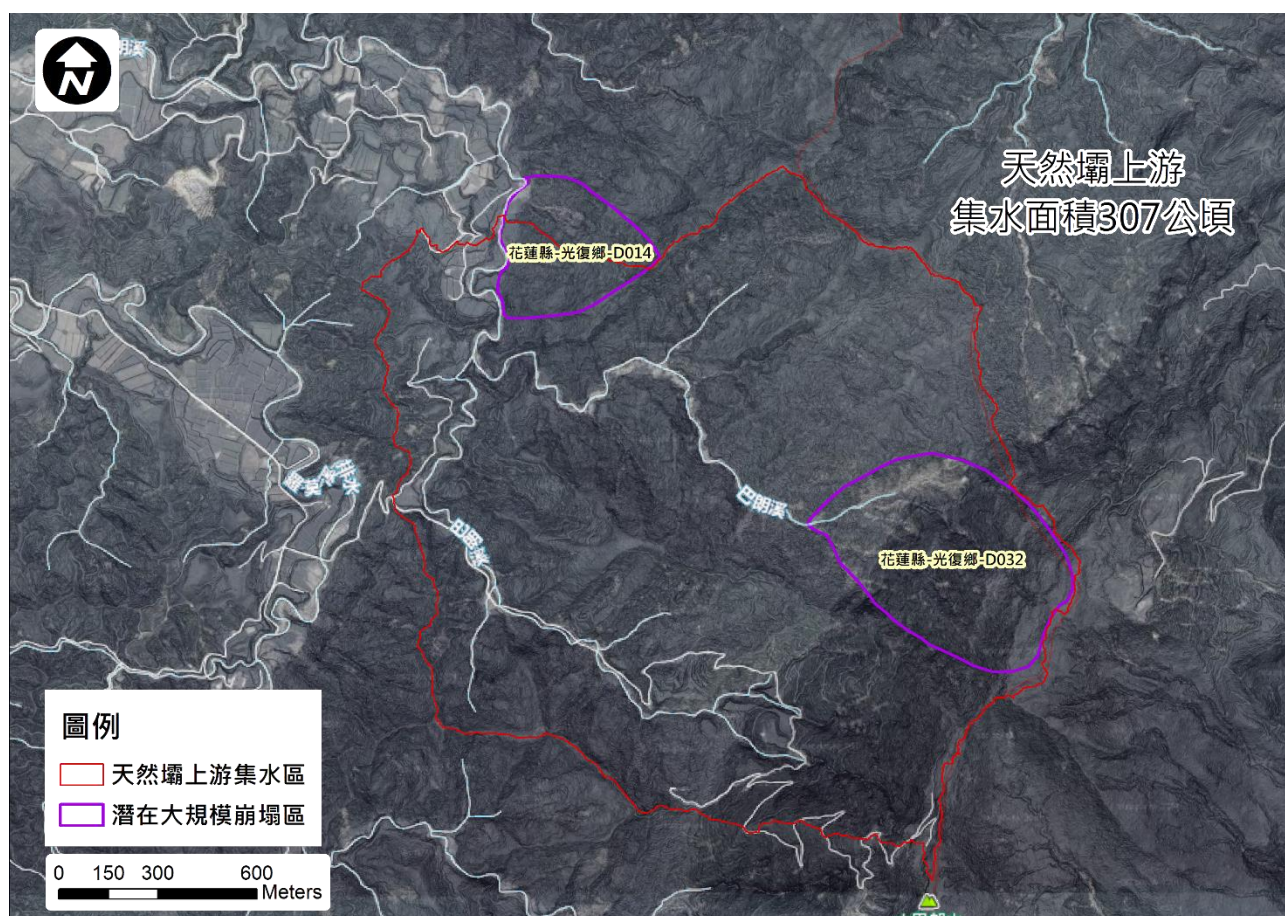


圖 4-9、花蓮縣-光復鄉-D014 天然壩上游集水範圍

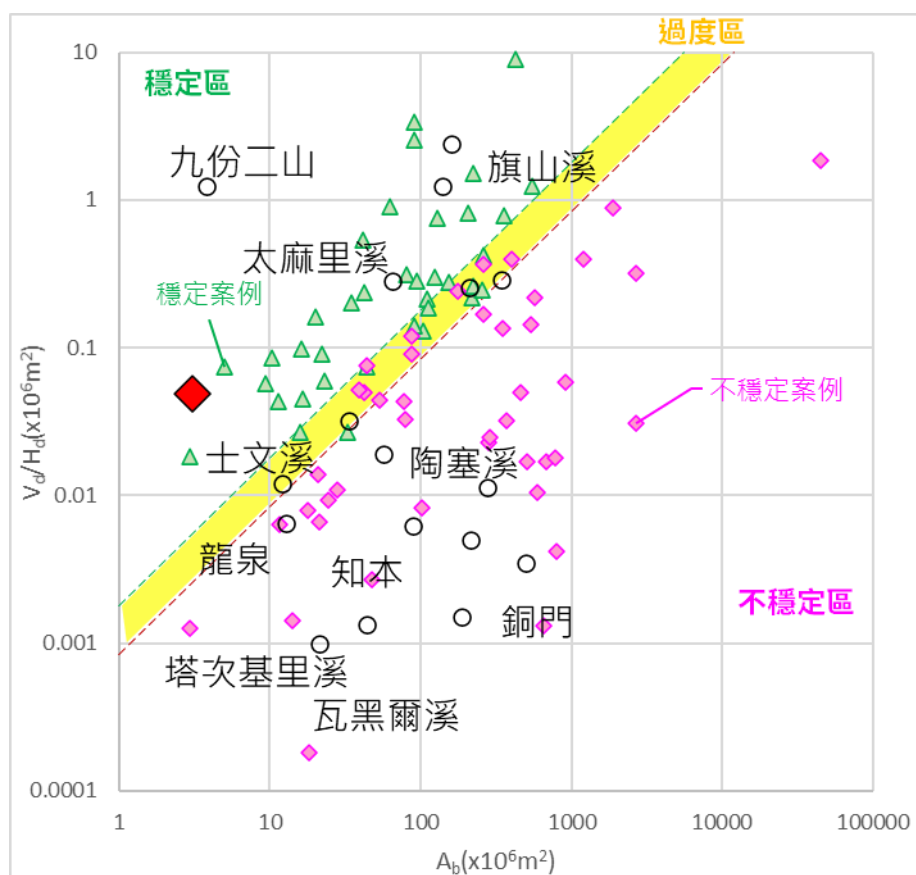


圖 4-10、花蓮縣-光復鄉-D014 堰塞湖天然壩體穩定性分析(以 K 區為例)

表 4-3、天然壩 DBI 穩定性分析表

滑動體	$V_L(10^6 \text{ m}^3)$	$V_D(10^6 \text{ m}^3)$	$H_D(\text{m})$	$A_b(10^6 \text{ m}^2)$	DBI	穩定與否
F 區	0.06	0.06	1.31	3.07	1.80(穩定)	不穩定
G 區	0.03	0.03	0.67	3.07	1.81(穩定)	不穩定
H 區	0.06	0.06	1.20	3.07	1.80(穩定)	不穩定
J 區	0.02	0.03	0.47	3.07	1.81(穩定)	不穩定
K 區	0.11	0.09	2.14	3.07	1.79(穩定)	不穩定

因上游集水面積較小，蓄水空間較低，其壩高與天然壩規模較低，且土體為細粒料組成，天然壩體有易遭水流冲刷潰壞與消散之虞，存留時間可能不長，降雨期間極易遭水流冲刷，因此判定為不穩定。花蓮縣-光復鄉-D014 潛勢區各滑動體一旦形成天然壩，皆判定為不穩定性壩體，若未來該區域形成堰塞湖，該處屬於交通可及性較高，建議可配合機具進行堰塞湖壩體進行挖降處理，降低蓄水體積即可，並於施工期間進行河道管制作業。

伍、集水區災害分析

5-1、集水區水文分析

一、水文分析說明

水文分析係以雨量站之雨量資料推估重現期頻率降雨，如 10 年、25 年、50 年、100 年、200 等各種重現期距暴雨，本計畫將以 24 小時之降雨情境，作為後續水力分析之用。

水文分析係依據計畫區內及鄰近雨量站之雨量資料推估溪流各控制點流量，以供水力分析、斷面檢核及構造物設計之用。本計畫針對水文分析之工作係先分析不同重現期距降雨量及雨型，推算一場設計暴雨之雨量組體圖，再依集水區特性選擇適當方式估算設計流量，分析流程如圖 5-1 所示。

一般水文分析包含(1)降雨量分析(2)洪峰流量分析二大部份，而二者間具縝密之關係，須透過歷年雨量之蒐集，合理反應降雨特性，才能有效作為洪峰流量分析之依據。本計畫已蒐集鄰近計畫集水區之雨量站，並納入近 10 年雨量資料，檢討各重現期降雨量。

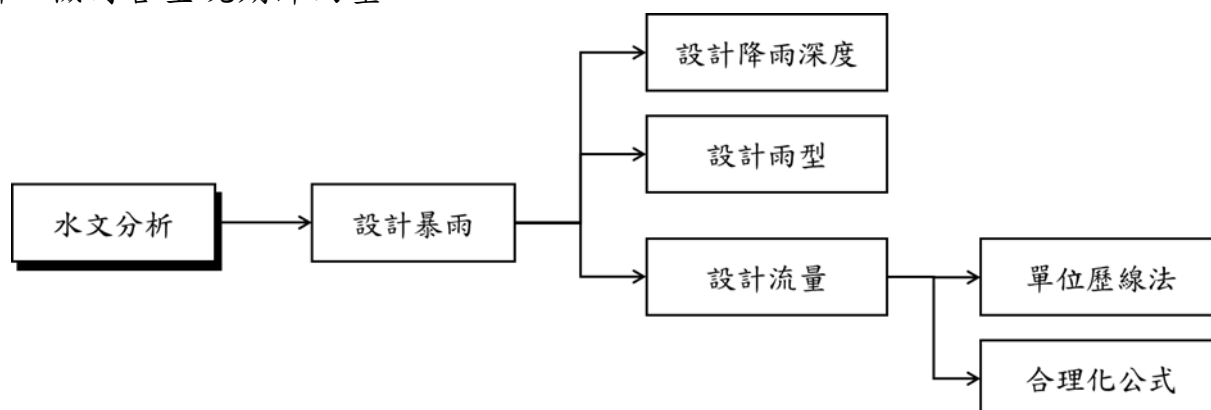


圖 5-1、水文分析方法流程圖

二、水文測站

經檢視鄰近巴朗溪集水區中央氣象局與水利署之雨量站，主要有中央氣象局加路蘭山雨量站與水利署東富雨量站，雨量站位置分布如圖 5-2，基本資料如表 5-1 所示。然考量山區地理位置與水系集水區關係，中央氣象局加路蘭山雨量站位處巴朗溪集水區東側且橫跨加路蘭山，應屬另一集水區代表雨量站，故本計畫擇定東富雨量站

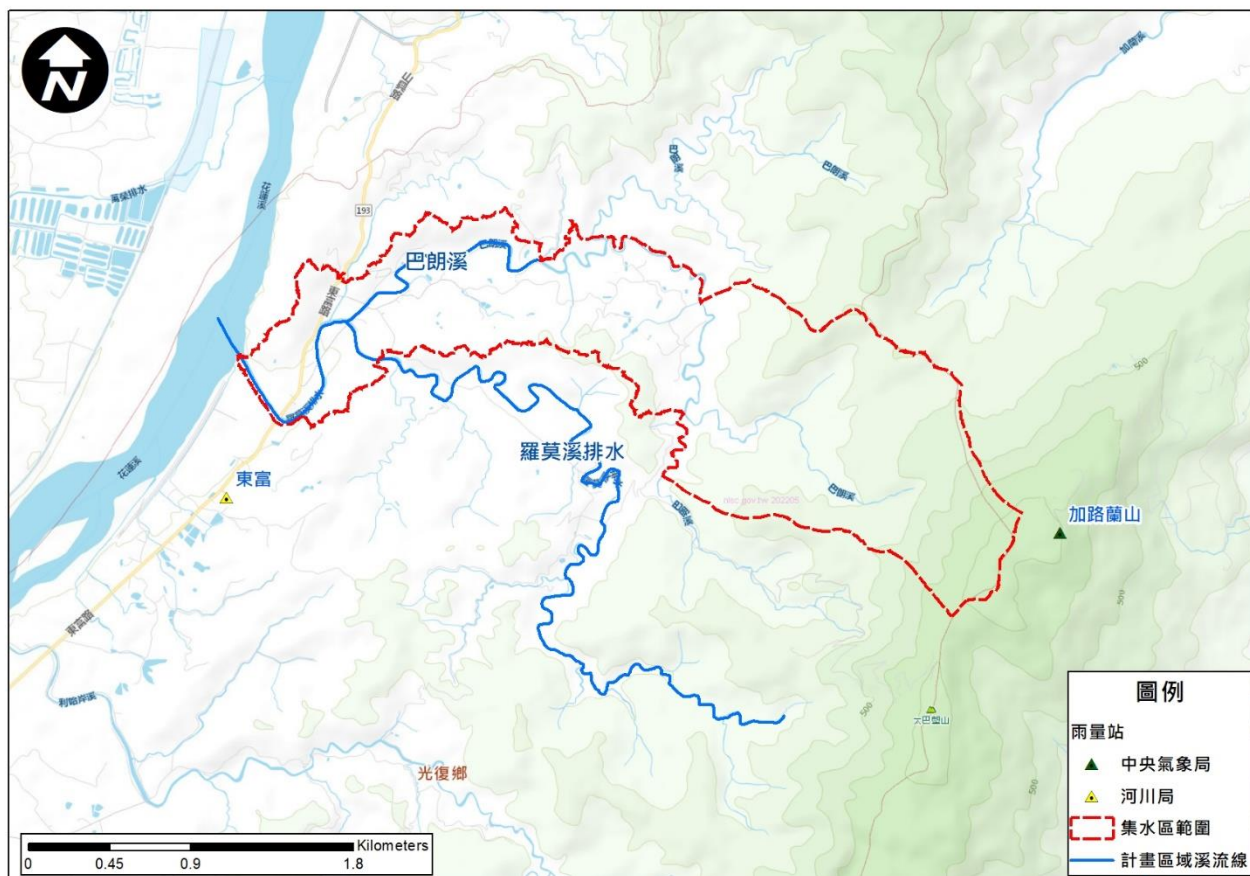


圖 5-2、鄰近巴朗溪集水區雨量站分布位置

表 5-1、鄰近巴朗溪集水區雨量站基本資料

站名	所屬機關	標高 (m)	站號	位置		型式	備註
				北緯	東經		
加路蘭山	中央氣象局	725	C0T9H0	23°40'58"	121°31'39"	自記	不採用
東富	水利署	110	01T9L0	23°41'05"	121°28'56"	自記	採用 95 年~109 年 觀測資料

三、雨量資料

本計畫蒐集水利署東富雨量站歷年最大一日降雨量資料(如表 5-2)，資料年分為 15 年。

表 5-2、本計畫東富雨量站歷年最大一日暴雨紀錄

年份	發生日期		一日 降雨量(mm)	年份	發生日期		一日 降雨量(mm)
	月	日			月	日	
95	5	17	194	103	7	22	244
96	8	18	290	104	8	22	159
97	7	28	451	105	7	8	366
98	7	13	191	106	10	14	266
99	9	19	215	107	6	10	116
100	8	28	316	108	8	24	225
101	7	28	149	109	11	24	74
102	5	6	116				

四、降雨頻率分析

暴雨頻率分析乃利用過去所觀測之暴雨資料，以推估某一特定時段產生某種暴雨量之大小，本計畫以常態、二參數對數常態、皮爾遜III型(Pearson Type III)、對數皮爾遜III型(Log Pearson Type III)、極端值I型(Extreme Type I)等五種統計機率分布方法進行暴雨頻率分析，先以卡方檢定進行適合度檢定，再利用威伯(Weibull)點繪法計算標準誤差(SE)，採用標準誤差(SE)值最小之分布作為最適當之機率分布。

(一) 卡方檢定(Chi-Square Test)：

計算檢定統計量

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

當 $\chi^2 < \chi^2_{\alpha, k-r-1}$ 時，資料滿足該假設機率分布。式中 n 為資料個數， k 為分組之個數， p_i 為各分組內該假設機率分布之理論機率， n_i 為落於各分組之資料個數， r 為機率分布之參數個數， α 為顯著水準，一般選定 $\alpha=0.05$ 。組數 k 可依 $k=1+1.44\ln(n)$ 推求。若資料同時滿足數個機率分布時，選取具最小 SE 值之機率分布為最合適之機率分布。

(二) 標準誤差(Standard Error, SE)：

$$SE = \left[\frac{1}{n-r} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2 \right]^{1/2}$$

式中，

SE=標準誤差

n=資料年數

r=機率分布之參數個數

X_i =實測資料由大至小排列之第 i 大值，即 $X_1 \geq X_2 \geq \dots \geq X_i \dots \geq X_n$

$\hat{X}_i$ = 具有超越機率 $\frac{i}{n+1}$ 之推估值

本計畫以東富雨量站最大一日降雨量進行巴朗溪集水區一日暴雨頻率分析，資料年數 15 年（民國 95 年~109 年），平均值 244.80，標準偏差 101.565，偏歪係數 0.685，對數平均值 5.31，對數標準偏差 0.481，對數偏歪係數 -0.415，結果採用標準偏差 SE 值最小之對數皮爾遜 III 型分佈分析結果，各重現期距一日暴雨頻率分析如表 5-3 所示。

表 5-3、巴朗溪集水區一日暴雨頻率分析

重現期距 (年)	極端值 I 型分 佈	皮爾遜 III 型 分佈	對數皮爾遜 III 型分佈	常態分佈	二參數對數 常態分佈
200	598.47	551.67	582.42	486.41	700.75
100	543.38	511.00	536.68	461.08	621.56
50	488.09	468.64	488.87	433.39	545.23
25	432.38	424.00	438.51	402.61	471.33
10	357.30	359.87	366.71	354.96	376.18
5	297.87	304.99	306.39	310.28	304.48
2	208.12	213.36	210.01	224.80	203.18
1.11	112.73	104.06	107.58	94.12	109.47
Chi-Square 適合度檢核	1.255	1.288	1.198	2.118	1.311
	通過	不通過	通過	通過	通過
Hazen SE	7.62	8.16	6.56	19.18	14.22
Weibull SE	20.64	19.50	16.90	23.41	13.58

五、設計雨型及洪峰流量分析

各重現期距洪峰流量將依集水區地文因子、各重現期距一日暴雨量及降雨型態分布藉以推算，本計畫採用(1)合理化公式+Horner 公式、(2)三角形單位歷線法+Horner 公式等兩種方法，計算分析各重現期距出口控制點之洪峰流量，經各項因素研判比較，水力分析因集水區面積大於 1,000 公頃，故採用三角形單位歷線法計算，土砂分析分別以三角形單位歷線法與合理化公式比較後採較大的流量計算。合理化公式及三角型單位歷線法之演算方法及計算結果如下所述：

A. 合理化公式法

說明：在缺乏實測流量紀錄之集水區常以此法推估，其公式為：

$$Q_p = \frac{1}{3.6} CIA$$

式中，

Q_p ：洪峰流量(cms)

A：集水區面積(km²)

C：逕流係數

I：降雨延時等於集流時間 T_c 之平均降雨強度(mm/hr)

B. 三角形單位歷線

三角形單位歷線係假設集水區流量歷線(過程線)呈三角形分布，具有固定的基期，洪峰流量與降雨量成正比例關係，由三角形面積可得。

$$Q_p = (2QA) / (T_p + T_r)$$

式中，

Q_p ：洪峰流量(cms)

A：集水區面積(km²)

T_p ：歷線開始至到達洪峰流量時間

T_r ：到達洪峰流量時間至歷線終端

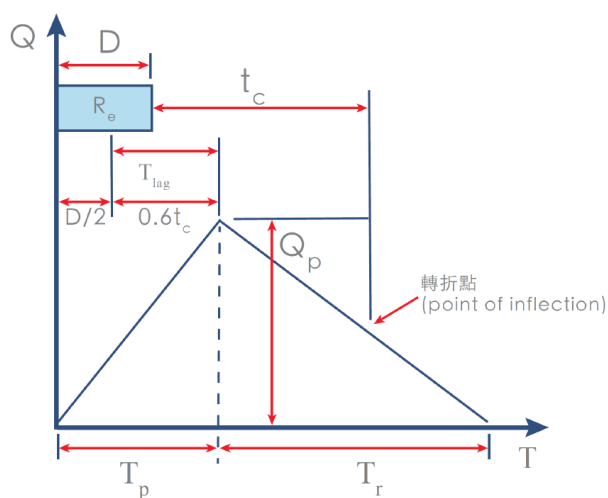


圖 5-3、三角形單位歷線圖

C.集流時間

集流時間 T_c 計算，排水路部份按不同地文因子採用加州公路局公式或 Rziha 公式計算之，如下所述。

(a).加州公路局公式：

$$T_c = (0.87L^3/H)^{0.385}$$

式中：

T_c ：集流時間(hr)

L ：集水區內排水路最上游點至控制點之水平距離(km)

H ：集水區內排水路最上游點至控制點之高程差(m)

(b).Rziha 公式：

$$T_c = L/V$$

$$V = 72(H/L)^{0.6}$$

式中，

T_c ：集流時間(hr)

V ：洪水流速(km/hr)

L ：溪流長度(km)

H ：溪流縱斷面高程差(km)

B.三角型單位歷線法：

三角型單位歷線法在海島型小集水區之暴雨逕流歷線分析為一切合實際且頗為簡便之分析方法，其方法係假設單位時間雨量所形成之流量歷線成三角型，其形狀依經驗公式推定，其步驟如下：

(1) 推算 24 小時暴雨頻率降雨量

(2) 計算集流時間 T_c ，加州公路局公式 $T_c=(0.87L^3/H)^{0.385}$

(3) 決定三角型單位歷線之單位降雨延時 D

(4) 計算單位降雨延時為 D ，超滲雨量 R_e 之三角型單位歷線，如下

$$Q_p=0.208A R_e/T_p$$

$$T_p=D/2+0.6T_c$$

$$T_b=2.67T_p$$

式中：

Q_p ：三角型單位歷線洪峰流量(cms)

A ：集水區面積(km²)

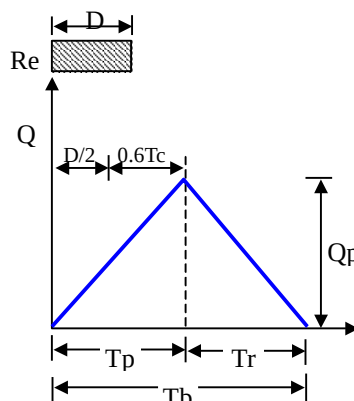
R_e ：超滲雨量(mm)

T_p ：三角型單位歷線洪峰時間(hr)

T_c ：集流時間(hr)

D ：單位降雨延時(hr)

T_t ：洪峰流量發生至歷線終端之時間(hr)



(1) 推算降雨延時之 24 小時雨型

(2) 降雨損失量，採用 3mm/hr (「區域排水整治及環境營造規劃手冊」(95 年 4 月)建議平均降雨損失採 2~4mm/hr)

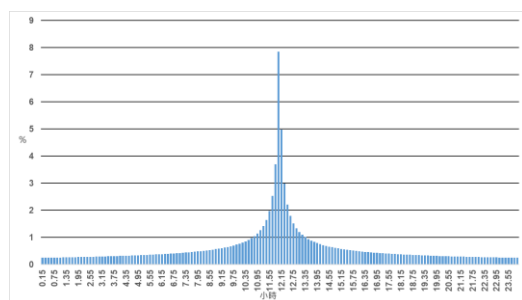
(3) 依各頻率 24 小時暴雨量配合所選定之雨型與降雨損失量

巴朗溪集水區洪峰流量計算方式採三角形單位歷線法+Horner 雨型進行計

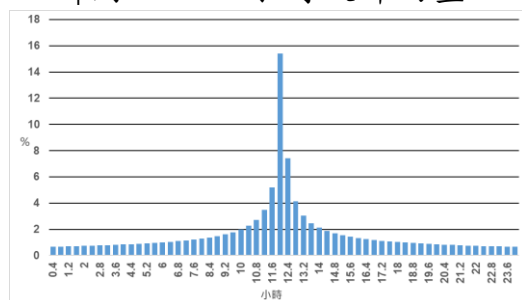
算，依據本計畫參考經濟部水利署，民國 106 年 12 月「台灣地區雨量測站降雨強度-延時 Horner 公式參數分析」報告中，鄰近巴朗溪之雨量站中，僅中央氣象局鳳林(自計式)雨量站提供各重現期對數皮爾遜III型機率分布之 Horner 公式參數值(表 5-4)為 Horner 公式及其相關參數設定，巴朗溪集水區與鳳林雨量站兩者相距約 7 公里，表 5-6 為巴朗溪集水區三角形單位歷線參數，圖 5-4 為重現期 24 小時設計雨型詳圖，並依據巴朗溪集水區各控制點參數與設計雨型可得巴朗溪集水區各控制點重現期流量(表 5-7)及匯流口流量歷線圖(圖 5-5)。

表 5-4、中央氣象局鳳林站 Horner 公式

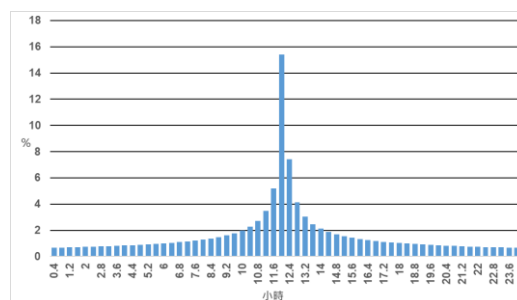
重現期距 (年)	Horner 公式 $I = \frac{A}{(T+B)^C} (mm/hr)$
2	A=654.783, B=19.296, C=0.551
5	A=1131.744, B=47.955, C=0.581
10	A=3063.705, B=113.743, C=0.689
25	A=20187.933, B=270.634, C=0.903
50	A=115565.930, B=433.128, C=1.101
100	A=835492.663, B=622.409, C=1.325
200	A=7817495.549, B=835.157, C=1.578



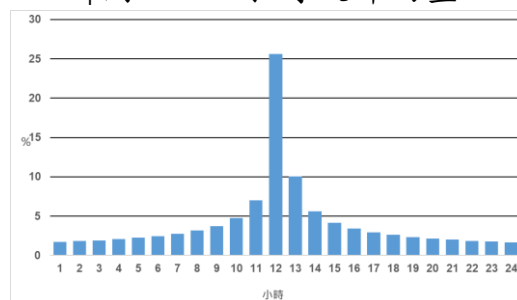
↑間距 0.15 小時設計雨型



↑間距 0.8 小時設計雨型



↑間距 0.4 小時設計雨型



↑間距 1 小時設計雨型

圖 5-4、中央氣象局鳳林站 10 年頻率 Horner 公式 24 小時設計雨型

表 5-5、巴朗溪集水區頻率分析設計尖峰降雨量(mm/hr)

2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
40.5	55.6	66.1	77.6	85.5	93.8	102.8

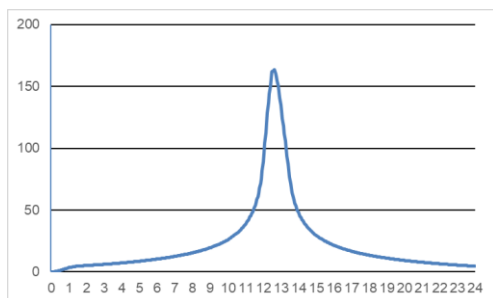
表 5-6、巴朗溪集水區修正三角形單位歷線參數表

控制點	集水面積 (km ²)	流路長 (km)	高程差 (m)	集流時間 (hr)	降雨延時 (hr)	洪峰時間 (hr)	基期時間 (hr)
匯流口	14.43	8.24	654.22	0.89	0.15	0.61	1.63
羅莫溪匯 流前	7.75	6.80	644.39	0.72	0.15	0.51	1.35
主恩橋	6.90	5.16	630.20	0.53	0.15	0.39	1.04

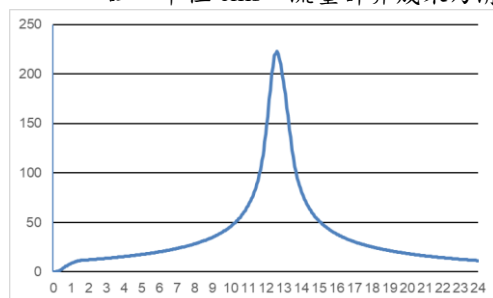
表 5-7、巴朗溪集水區控制點各重現期流量表(單位 cms)

控制點/頻率年	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
匯流口(0K+000)	163.4	222.6	264.1	310.4	342.6	376.2	412.3
羅莫溪匯流口(1K+225)	94.4	126.4	147.8	171.5	188.3	206.1	225.5
主恩橋(2K+765)	93.7	121.9	139.9	160.0	174.6	190.5	207.9

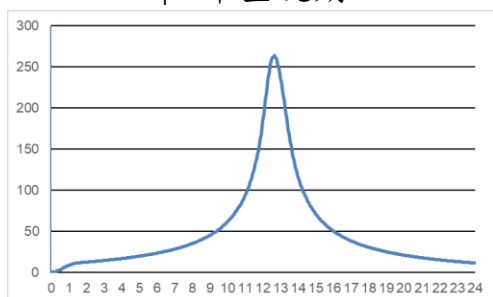
註：單位 cms、流量計算成果乃清水流



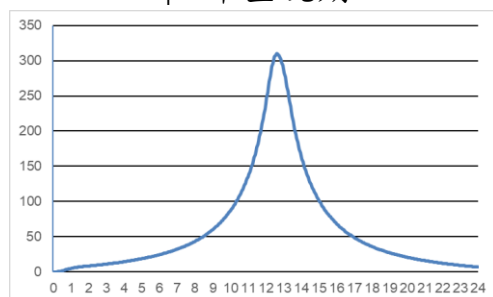
↑2 年重現期



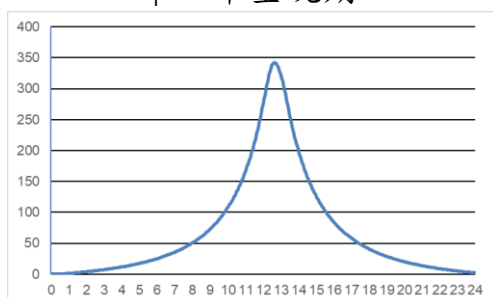
↑5 年重現期



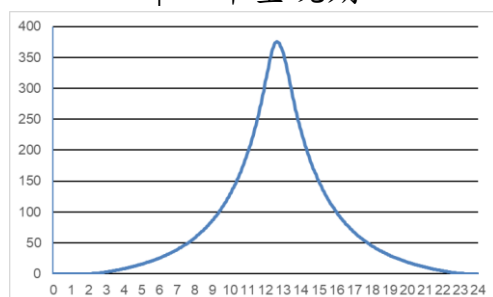
↑10 年重現期



↑25 年重現期



↑50 年重現期



↑100 年重現期

圖 5-5、匯流口(0K+000)流量歷線圖

六、排水出口起算水位

巴朗溪排水出口於花蓮縣光復鄉匯入花蓮溪，根據 102 年 7 月「花蓮溪水系治理規劃檢討」報告書提及，巴朗溪河段位於萬里溪上游與馬鞍溪下游河段中間，斷面編號為 44 與 44-1(圖 5-6)，故本計畫將參考該水理成果作為巴朗溪排水出口起算水位之依據。

表 7-42 花蓮溪主流計畫水理表(2/3)

断面名稱	河心距(m)		現況河床	參考河床	原公告	本計畫採用 計畫堤頂高程	100 年重現期距計畫水理結果						各重現期距洪水位(公尺)					
	單距	累計	新橋高 (公尺)	新橋高 (公尺)	計畫堤頂高 (公尺)		能量坡降 (公尺/公尺)	平均流速 (公尺/秒)	通水面積 (平方公尺)	水面寬 (公尺)	橋樑數 (無因次)	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	計畫洪水位 Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
31-1	420	16,344	46.30	48.16		56.83	0.003901	3.64	3078.08	1206.63	0.73	50.73	51.17	51.42	51.66	51.91	52.06	52.19
32-B	398	16,742	50.22	49.61	58.54	58.54	0.006250	6.37	1757.28	423.44	1.00	52.67	53.19	53.57	53.90	54.27	54.48	54.65
32-0	1,459	18,201	52.58	54.90	59.53	61.85	0.001013	2.41	3438.84	906.64	0.40	57.42	58.47	58.88	59.25	59.62	59.85	60.05
32-1	965	19,166	53.97	58.40	62.32	63.48	0.005470	3.68	2257.85	1123.18	0.83	60.08	60.60	60.85	61.11	61.33	61.48	61.63
33	969	20,135	58.14	61.02	65.83	66.97	0.002579	3.84	2211.31	627.97	0.63	63.60	64.27	64.53	64.71	64.87	64.97	65.06
34	719	20,854	61.12	63.21		69.01	0.002868	3.59	2311.00	732.75	0.65	65.32	65.99	66.31	66.58	66.84	67.01	67.17
35	572	21,426	62.96	65.08	69.65	70.81	0.003706	3.81	2179.17	766.83	0.72	67.58	68.06	68.29	68.49	68.69	68.81	68.93
36	515	21,941	64.09	66.31		72.46	0.002677	4.03	2369.92	808.68	0.65	69.02	69.59	69.87	70.10	70.32	70.46	70.60
37	445	22,386	65.69	67.44	72.29	73.58	0.004583	5.25	1791.59	686.29	0.85	70.28	70.76	71.03	71.25	71.45	71.58	71.74
37-1 中興橋下游	364	22,750	66.36	68.33	74.09	75.22	0.001908	3.76	2209.38	478.39	0.56	71.27	72.12	72.49	72.78	73.04	73.22	73.35
37-1 中興橋上游	7	22,757	66.35	68.33	74.31	75.23	0.002053	3.86	2150.12	473.35	0.58	71.27	72.12	72.50	72.79	73.06	73.23	73.37
38	428	23,185	67.35	69.06	75.52	76.12	0.001553	3.51	2364.80	488.28	0.51	71.97	72.87	73.28	73.61	73.92	74.12	74.30
39	738	23,923	69.09	71.23	78.16	78.16	0.006791	5.74	1447.05	433.24	1.00	73.86	74.59	74.91	75.18	75.43	75.59	75.76
40	616	24,539	71.22	73.46	81.84	81.84	0.001922	3.83	2165.41	459.48	0.56	76.53	77.38	77.77	78.10	78.42	78.63	78.65
41	826	25,365	74.47	76.19	85.00	85.00	0.001417	2.80	2974.10	831.55	0.46	78.35	79.11	79.50	79.83	80.16	80.37	80.55
42	1,093	26,458	78.28	79.25		87.18	0.005292	5.93	1490.16	429.25	0.92	81.80	82.28	82.68	83.13	83.42	83.59	83.76
42-1 普溪大橋下游	438	26,896	78.80	81.37	85.55	88.06	0.002443	4.06	2045.94	477.86	0.63	83.90	84.95	85.40	85.56	85.86	86.06	86.25
42-1 普溪大橋上游	6	26,902	78.92	81.37	86.53	88.10	0.002301	3.99	2082.39	476.97	0.61	83.96	84.99	85.44	85.60	85.90	86.10	86.29
43	570	27,472	80.42	83.08	90.73	90.73	0.000705	2.08	3987.25	1002.23	0.33	85.26	86.11	86.55	86.86	87.20	87.42	87.63
43-1	350	27,822	81.80	84.51		91.07	0.001122	2.25	3685.42	1223.43	0.41	85.85	86.51	86.89	87.18	87.49	87.70	87.90
43-2	355	28,177	83.63	86.06		91.42	0.005886	4.01	1226.61	813.99	0.89	87.19	87.59	87.78	88.00	88.16	88.26	88.33
43-3	418	28,595	83.35	86.63	91.14	91.83	0.001529	2.71	1780.03	733.36	0.49	88.55	89.11	89.35	89.51	89.70	89.83	89.93
44	561	30,043	88.15	90.14	95.37	95.40	0.001764	2.87	1777.56	780.40	0.52	92.04	92.56	92.81	93.01	93.24	93.40	93.52
44-1	639	30,682	89.42	91.72		96.69	0.002657	3.05	1473.00	588.24	0.62	93.44	93.95	94.20	94.38	94.56	94.69	94.79
45	213	31,023	89.87	92.79		97.83	0.002948	3.24	1338.12	648.24	0.73	94.71	95.08	95.36	95.51	95.70	95.83	95.92
46	415	31,470	92.50	93.97	99.06	99.38	0.003210	3.08	1462.21	665.30	0.66	96.04	96.55	96.85	97.03	97.20	97.38	97.47
46-1	348	31,818	93.20	94.76		100.43	0.002521	2.88	1562.81	656.71	0.60	96.86	97.58	97.87	98.06	98.26	98.43	98.53
46-2	354	32,172	94.20	95.71		101.30	0.002462	2.95	1527.32	608.22	0.59	97.77	98.49	98.80	98.98	99.17	99.30	99.40
46-3	323	32,495	94.83	96.62		102.07	0.002201	2.90	1550.43	579.55	0.57	98.58	99.16	99.50	99.70	99.93	100.07	100.17
47	361	32,856	96.05	97.54	102.54	102.89	0.002153	2.78	1621.24	638.45	0.56	99.43	99.95	100.28	100.50	100.75	100.89	101.00
47-1	583	33,439	97.99	99.44	103.75	104.40	0.004151	3.59	1252.37	548.40	0.76	101.04	101.55	101.87	102.12	102.28	102.40	102.49
48	586	34,025	99.67	101.27	105.58	106.26	0.001753	2.60	1732.72	647.73	0.51	102.95	103.45	103.68	103.89	104.11	104.26	104.37
48-1	624	34,649	101.14	102.05	106.88	108.42	0.007267	4.66	966.68	435.86	1.00	104.65	105.46	105.76	106.01	106.27	106.42	106.51
48-2	395	35,044	102.37	103.40	108.93	110.48	0.000748	2.30	748.66	172.53	0.35	106.51	107.36	107.73	108.00	108.29	108.48	108.62
49	389	35,433	103.59	104.86	109.35	110.75	0.001627	3.05	563.89	155.04	0.51	106.79	107.59	107.98	108.25	108.55	108.75	108.93
50	1,239	36,672	107.78	108.83	113.29	113.57	0.004851	3.87	343.87	149.92	0.82	110.17	110.48	110.85	111.06	111.34	111.57	111.90

圖 5-6、102 年 7 月「花蓮溪水系治理規劃檢討」花蓮溪水理成果

七、排水渠道曼寧 n 值

本計畫參考水土保持技術規範，針對各河川斷面材質狀況給予不同範圍之曼寧粗糙度，並以平均值設定為各河段之渠道曼寧 n 值(表 5-8)。

表 5-8、曼寧粗糙度表

材質狀況	曼寧粗糙係數 n	平均值
平整混凝土面	0.014~0.016	0.015
未粉飾混凝土面	0.017~0.020	0.019
噴漿面	0.020~0.025	0.023
混凝土砌卵石側牆(混凝土打底)	0.025~0.030	0.027
混凝土砌卵石側牆(天然渠底)	0.027~0.030	0.029
乾砌卵石	0.030~0.035	0.033
乾砌塊石	0.032~0.035	0.034
水泥砂漿砌磚	0.015~0.018	0.017
平滑瀝青面	0.014~0.015	0.015
粗糙瀝青面	0.017~0.018	0.017
清潔土渠	0.020~0.025	0.023
短草土渠	0.027~0.033	0.030
密生水草高及水面土渠	0.080~0.120	0.100
密生灌木高及水面土渠	0.100~0.140	0.120
均勻岩面	0.030~0.040	0.036
不規則岩石面	0.040~0.050	0.046
內面光滑混凝土管	0.013~0.014	0.013

5-2、集水區水理分析

一、分析方式

為瞭解現況排水路之通洪能力，本計畫依據水文分析所得各重現期流量，並配合巴朗溪斷面測量成果，進行巴朗溪水理分析。本計畫採用之分析模式為國內目前水利界所常用之 HEC-RAS (5.0.7, 2019) 模式，HEC-RAS 模式為美國工兵團所發展之一維水理模式進行計算，設計為多工環境下交談式使用之一維河流模擬系統，在 MS-WINDOWS 作業環境電腦上作具亞臨界流、超臨界流或混合流之河流網路的穩態流水面線計算，亦可模擬橋樑、涵洞及攔河堰等水工構造物對水流之影響。

水面曲線演算係依據前述各項水理要素及各渠段流量分配情形，並配合渠道斷面測量資料，採用美國陸軍工程師團水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers)所發展之 HEC-RAS 5.0.7 (2019 年)版數值模式，進行水理分析，其模擬演算係利用能量方程式以標準步驟推求各斷面之水位、流速等水理狀況。

HEC-RAS 模式目前已廣泛地使用於河川/排水其定量流水面剖線演算，主要輸出之水理參數有：流量、最低河床高程、臨界水深、水位、能量坡降、平均流速、水面寬、通水面積、福祿數等，並逐一檢查各橫斷面間水理參數之一致性及合理性，是否不實際或與已知現象不符合的任何不平常的變化及任何極端值。如檢視福祿數以了解分析河段之流況是否有臨界流發生及其發生位置是否合理與利用流速/流路分佈(Flow Distribution) 功能檢視橫斷面主河道及左右灘地其流速/流路分佈之合理性。

二、現況水理分析

本計畫將整合上述水文分析與斷面資料建置水理模式，並進行水理分析，巴朗溪主支流匯入點位樁號(表 5-9)，以下將說明巴朗溪 10 年與 25 年重現期水理分析成果(圖 5-6)：

下游段花蓮溪匯流口至羅莫溪與巴朗溪匯流後保護標準皆達 25 年重現期，僅羅莫溪匯流段水位高漲致巴朗溪無法匯入，使該段防洪能力僅 10 年重現期；中游段巴朗溪羅莫溪與巴朗溪匯流前至農田下游處，保護標準皆達 10 年重現期，且 25 年不溢堤；上游段農田下游處至主恩橋 1K+955~2K+200 因右岸雜草較多且低於左岸高程，故該河段防洪能力僅 5 年重現期其餘河段防洪能力達 10 年重現期。

表 5-9、羅莫溪主支流匯入點位樁號

排水路名稱	排水出口	權責起點	主支流匯入樁號
羅莫溪	花蓮溪	與花蓮溪匯流處	羅莫溪(1K+225)
巴朗溪	羅莫溪	與羅莫溪匯流處	

另本計畫透過與居民訪談得知巴朗溪流域災歷，主要係以羅莫溪與巴朗溪匯流後，羅莫溪水位高漲且較巴朗溪水位高，致使巴朗溪無法順利排出造成淹水之情事。故本計畫將比較羅莫溪與巴朗溪匯流差異進行兩者比較(表 5-10)，情況一：羅莫溪與巴朗溪匯流之水理成果(圖 5-7)；情況二：巴朗溪並無與羅莫溪匯流之水理成果(圖 5-8)，情境一與情境二主要差異於羅莫溪與巴朗溪匯流後水位有明顯抬升，10 年重現期抬升最大+1.36 公尺，25 年重現期抬升最大+1.64 公尺。圖 5-9 為情境一與情境二之水位差值，可掌握羅莫溪匯流之水位差異性。此外針對既橋涵檢算部分，本計畫採 HECRAS 模擬重現期 25 年清水流況皆能通過，符合「直轄市、縣(市)管區域排水以 10 年重現期距洪水設計，25 年重現期距洪水不溢堤為目標」之設計標準。

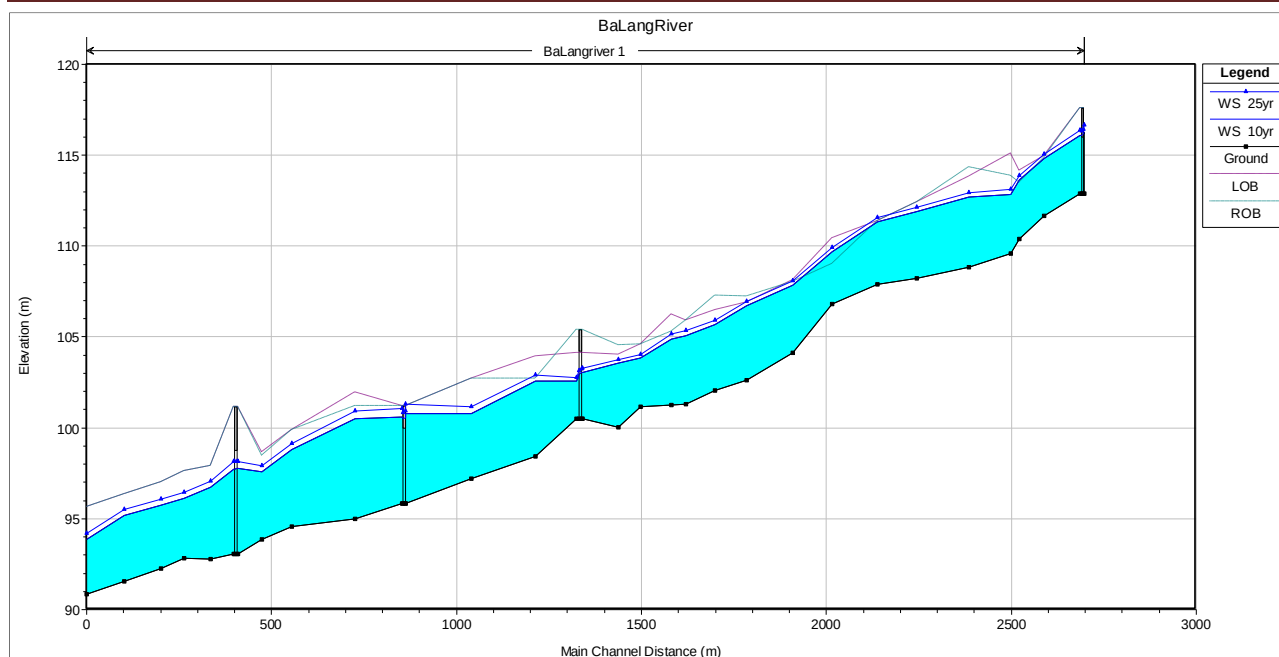


圖 5-7、巴朗溪 10 年與 25 年重現期水理分析成果

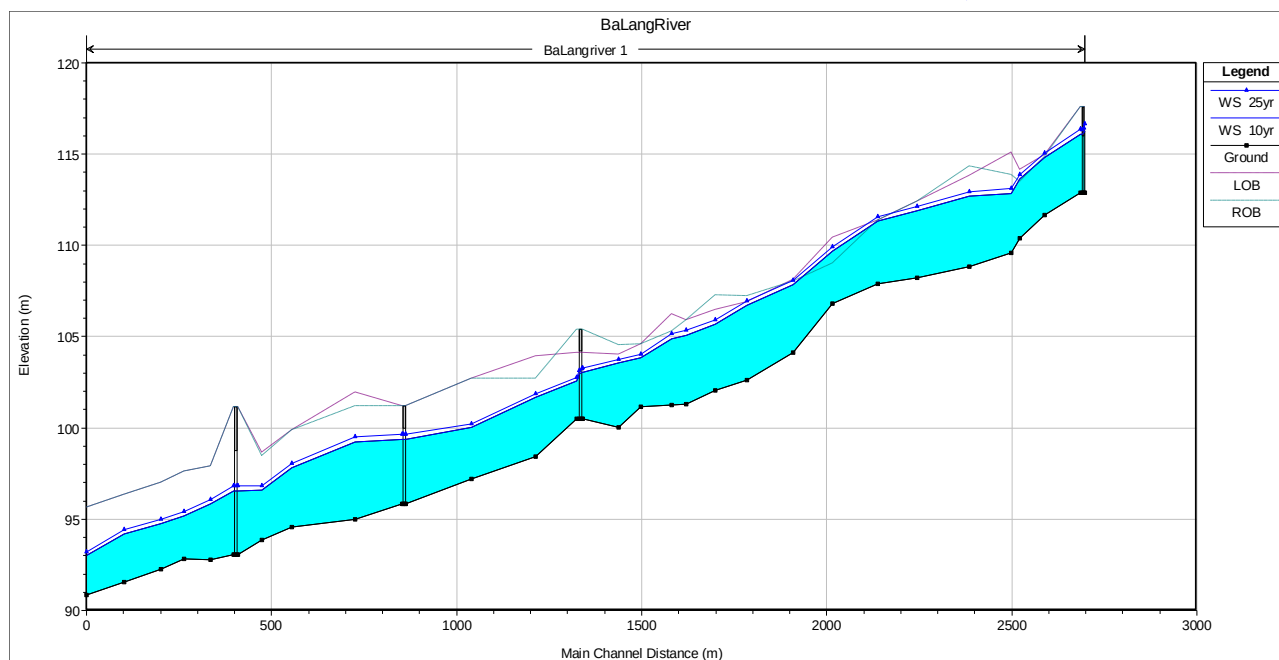


圖 5-8、巴朗溪 10 年與 25 年重現期水理分析成果(無匯流)

表 5-10、巴朗溪水理演算成果表

里程	河心座標(97 系統)		高程(m)		Q ₁₀ 重現期水理因素					各重現期距洪水位(m)				備註
	X	Y	左岸	右岸	水位(m)	能量坡降	平均流速(m/s)	通水面積(m ²)	福祿數	Q ₂	Q ₅	Q ₂₅	Q ₅₀	
0K+000	299244	2620983	95.64	95.64	93.88	0.011173	4.94	53.42	0.68	93.16	93.60	94.18	94.37	
0K+100	299292	2620895	96.34	96.34	95.16	0.005983	4.01	65.91	0.74	94.35	94.85	95.49	95.71	
0K+200	299341	2620809	97.04	97.04	95.74	0.006742	4.17	63.3	0.78	94.92	95.42	96.08	96.30	
0K+265	299375	2620754	97.64	97.64	96.12	0.008512	4.51	58.52	0.88	95.34	95.81	96.45	96.66	
0K+335	299415	2620696	97.89	97.89	96.76	0.007209	4.34	60.89	0.83	95.99	96.46	97.07	97.28	
0K+390	299450	2620648	101.16	101.16	97.74	0.000973	2.89	91.44	0.3	96.73	97.35	98.15	98.42	
0K+400	299459	2620637	101.16	101.16	97.76	0.000965	2.79	94.71	0.3	96.74	97.36	98.16	98.43	加里一號橋
0K+475	299524	2620624	98.67	98.47	97.58	0.010954	4.12	64.14	0.38	96.76	97.26	97.91	98.12	
0K+550	299589	2620670	99.87	99.87	98.79	0.011778	4.16	63.52	0.41	97.98	98.47	99.11	99.33	
0K+725	299695	2620806	101.97	100.07	100.49	0.001092	2.04	129.35	0.34	99.41	100.10	100.93	101.22	
0K+865	299676	2620955	101.23	101.23	100.61	0.001759	2.36	111.93	0.43	99.54	100.20	101.05	101.34	
0K+875	299679	2620942	101.23	101.23	100.77	0.001528	2.24	117.66	0.40	99.57	100.30	101.30	101.67	羅莫二號橋
1K+055	299681	2621120	102.70	102.70	100.8	0.011922	3.76	70.09	0.71	100.20	100.60	101.17	101.52	
1K+225	299841	2621182	103.93	102.73	102.58	0.001389	2.93	76.39	0.37	101.70	102.20	102.91	103.13	
1K+350	299932	2621257	104.12	105.42	102.59	0.012677	3.07	48.10	0.49	102.20	102.40	102.76	102.96	
1K+365	299938	2621264	104.12	105.42	103.06	0.005828	3.17	46.58	0.69	102.60	102.90	103.26	103.39	加里洞橋
1K+465	300008	2621334	104.04	104.54	103.56	0.00572	3.46	42.68	0.68	103.00	103.40	103.77	103.91	
1K+525	300067	2621335	104.58	104.58	103.83	0.00992	3.10	47.63	0.87	103.20	103.60	104.05	104.21	
1K+610	300150	2621352	106.25	105.30	104.9	0.005922	3.01	49.11	0.61	104.20	104.60	105.18	105.37	
1K+655	300166	2621387	105.90	105.90	105.08	0.007917	3.38	43.73	0.7	104.40	104.80	105.34	105.53	
1K+740	300107	2621437	106.48	107.28	105.67	0.011454	3.93	37.59	0.83	105.10	105.50	105.91	106.07	
1K+825	300169	2621495	106.92	107.22	106.72	0.010077	3.61	40.89	0.74	106.10	106.50	106.96	107.13	
1K+955	300287	2621539	108.12	108.02	107.83	0.005414	3.07	48.16	0.59	107.20	107.60	108.10	108.29	
2K+050	300389	2621509	110.42	109.02	109.68	0.014373	3.46	33.14	0.71	109.10	109.50	109.90	110.05	
2K+200	300498	2621563	111.40	111.40	111.33	0.005051	2.76	53.51	0.62	110.70	111.1	111.59	111.76	
2K+310	300590	2621618	112.42	112.42	111.92	0.007136	3.03	48.74	0.67	111.30	111.70	112.14	112.3	
2K+450	300730	2621597	113.84	114.34	112.68	0.002124	2.15	68.67	0.38	112.00	112.40	112.94	113.12	
2K+560	300728	2621486	115.10	113.90	112.84	0.006393	3.28	45.02	0.65	112.10	112.60	113.11	113.28	
2K+590	300733	2621462	114.18	113.48	113.65	0.017215	3.54	32.53	0.87	113.10	113.40	113.87	114.01	
2K+655	300801	2621469	114.97	114.87	114.81	0.013131	3.24	34.88	0.89	114.20	114.60	115.04	115.21	
2K+755	300897	2621517	117.61	117.61	116.09	0.005877	3.12	47.43	0.56	115.30	115.80	116.39	116.59	
2K+765	300897	2621517	117.61	117.61	116.27	0.005014	2.95	50.08	0.51	115.40	115.90	116.68	116.97	主恩橋

表 5-11、巴朗溪水理演算成果表(無匯流)

里程	河心座標(97 系統)		高程(m)		Q ₁₀ 重現期水理因素					各重現期距洪水位(m)				備註
	X	Y	左岸	右岸	水位(m)	能量坡降	平均流速(m/s)	通水面積(m ²)	福祿數	Q ₂	Q ₅	Q ₂₅	Q ₅₀	
0K+000	299244	2620983	95.64	95.64	93.03	0.012018	3.16	46.69	0.68	92.57	92.86	93.22	93.35	
0K+100	299292	2620895	96.34	96.34	94.21	0.005662	3.25	45.52	0.70	93.68	94.00	94.42	94.57	
0K+200	299341	2620809	97.04	97.04	94.78	0.006866	3.46	42.72	0.77	94.24	94.57	94.99	95.14	
0K+265	299375	2620754	97.64	97.64	95.2	0.009063	3.79	39.00	0.88	94.70	95.01	95.40	95.54	
0K+335	299415	2620696	97.89	97.89	95.85	0.006902	3.54	41.74	0.79	95.33	95.66	96.06	96.19	
0K+390	299450	2620648	101.16	101.16	96.56	0.000917	2.51	58.86	0.29	95.87	96.30	96.82	97.00	
0K+400	299459	2620637	101.16	101.16	96.57	0.000907	2.50	59.09	0.29	95.88	96.31	96.83	97.01	加里一號橋
0K+475	299524	2620624	98.67	98.47	96.62	0.011692	2.37	62.33	0.38	96.06	96.41	96.83	96.98	
0K+550	299589	2620670	99.87	99.87	97.84	0.012512	2.42	61.04	0.41	97.30	97.63	98.05	98.20	
0K+725	299695	2620806	101.97	100.07	99.22	0.001172	1.71	86.18	0.33	98.50	98.94	99.50	99.69	
0K+865	299676	2620955	101.23	101.23	99.36	0.002176	2.13	69.23	0.46	98.66	99.09	99.64	99.83	
0K+875	299679	2620942	101.23	101.23	99.38	0.002102	2.11	70.07	0.45	98.69	99.12	99.66	99.85	羅莫二號橋
1K+055	299681	2621120	102.70	102.70	100.03	0.012761	3.99	37.00	0.75	99.57	99.86	100.21	100.34	
1K+225	299841	2621182	103.93	102.73	101.66	0.004262	2.82	52.33	0.63	101.10	101.50	101.86	102.00	
1K+350	299932	2621257	104.12	105.42	102.59	0.01265	3.06	48.22	0.49	102.20	102.40	102.76	102.88	
1K+365	299938	2621264	104.12	105.42	103.06	0.00583	3.17	46.58	0.69	102.60	102.90	103.27	103.40	加里洞橋
1K+465	300008	2621334	104.04	104.54	103.56	0.005721	3.46	42.68	0.68	103.00	103.40	103.77	103.91	
1K+525	300067	2621335	104.58	104.58	103.83	0.009921	3.10	47.63	0.87	103.20	103.60	104.05	104.21	
1K+610	300150	2621352	106.25	105.30	104.9	0.005922	3.01	49.11	0.61	104.20	104.60	105.18	105.37	
1K+655	300166	2621387	105.90	105.90	105.08	0.007917	3.38	43.73	0.70	104.40	104.80	105.34	105.53	
1K+740	300107	2621437	106.48	107.28	105.67	0.011454	3.93	37.59	0.83	105.10	105.50	105.91	106.07	
1K+825	300169	2621495	106.92	107.22	106.72	0.010077	3.61	40.89	0.74	106.10	106.50	106.96	107.13	
1K+955	300287	2621539	108.12	108.02	107.83	0.005414	3.07	48.16	0.59	107.20	107.60	108.10	108.29	
2K+050	300389	2621509	110.42	109.02	109.68	0.014373	3.46	42.73	0.71	109.10	109.50	109.90	110.05	
2K+200	300498	2621563	111.40	111.40	111.33	0.005051	2.76	53.51	0.62	110.70	111.10	111.59	111.76	
2K+310	300590	2621618	112.42	112.42	111.92	0.007136	3.03	48.74	0.67	111.30	111.70	112.14	112.30	
2K+450	300730	2621597	113.84	114.34	112.68	0.002124	2.15	68.67	0.38	112.00	112.40	112.94	113.12	
2K+560	300728	2621486	115.10	113.90	112.84	0.006393	3.28	45.02	0.65	112.10	112.60	113.11	113.28	
2K+590	300733	2621462	114.18	113.48	113.65	0.017215	4.54	32.53	0.87	113.10	113.40	113.87	114.01	
2K+655	300801	2621469	114.97	114.87	114.81	0.013131	4.24	34.88	0.89	114.20	114.60	115.04	115.21	
2K+755	300897	2621517	117.61	117.61	116.09	0.005877	3.12	47.43	0.56	115.30	115.80	116.39	116.59	
2K+765	300897	2621517	117.61	117.61	116.27	0.005014	2.95	50.08	0.51	115.40	115.90	116.68	116.97	主恩橋

表 5-12、羅莫溪與巴朗溪匯流水位差異

里程	2 年重現期	5 年重現期	10 年重現期	25 年重現期	50 年重現期	100 年重現期	200 年重現期
0K+000	0.59	0.74	0.85	0.96	1.02	1.09	1.15
0K+100	0.67	0.85	0.95	1.07	1.14	1.22	1.29
0K+200	0.68	0.85	0.96	1.09	1.16	1.23	1.31
0K+265	0.64	0.8	0.92	1.05	1.12	1.2	1.28
0K+335	0.66	0.8	0.91	1.01	1.09	1.16	1.24
0K+390	0.86	1.05	1.18	1.33	1.42	1.5	1.59
0K+400	0.86	1.05	1.19	1.33	1.42	1.5	1.62
0K+475	0.7	0.85	0.96	1.08	1.14	1.22	1.27
0K+550	0.68	0.84	0.95	1.06	1.13	1.19	1.27
0K+725	0.91	1.13	1.27	1.43	1.53	1.62	1.7
0K+865	0.88	1.11	1.25	1.41	1.51	1.61	1.7
0K+875	0.88	1.16	1.39	1.64	1.82	2	1.98
1K+055	0.58	0.69	0.77	0.96	1.18	1.46	1.53
1K+225	0.58	0.78	0.92	1.05	1.13	1.23	1.34
1K+350	0	0	0	0	0.08	0.23	0.36
1K+365	0	0	0	-0.01	-0.01	0.01	0.06
1K+465	0	0	0	0	0	0	0.02
1K+525	0	0	0	0	0	0	0.01
1K+610	0	0	0	0	0	0	-0.01
1K+655	0	0	0	0	0	0	-0.01
1K+740	0	0	0	0	0	0	0
1K+825	0	0	0	0	0	0	0
1K+955	0	0	0	0	0	0	0
2K+050	0	0	0	0	0	0	0
2K+200	0	0	0	0	0	0	0
2K+310	0	0	0	0	0	0	0
2K+450	0	0	0	0	0	0	0
2K+560	0	0	0	0	0	0	0
2K+590	0	0	0	0	0	0	0
2K+655	0	0	0	0	0	0	0
2K+755	0	0	0	0	0	0	0
2K+765	0	0	0	0	0	0	0

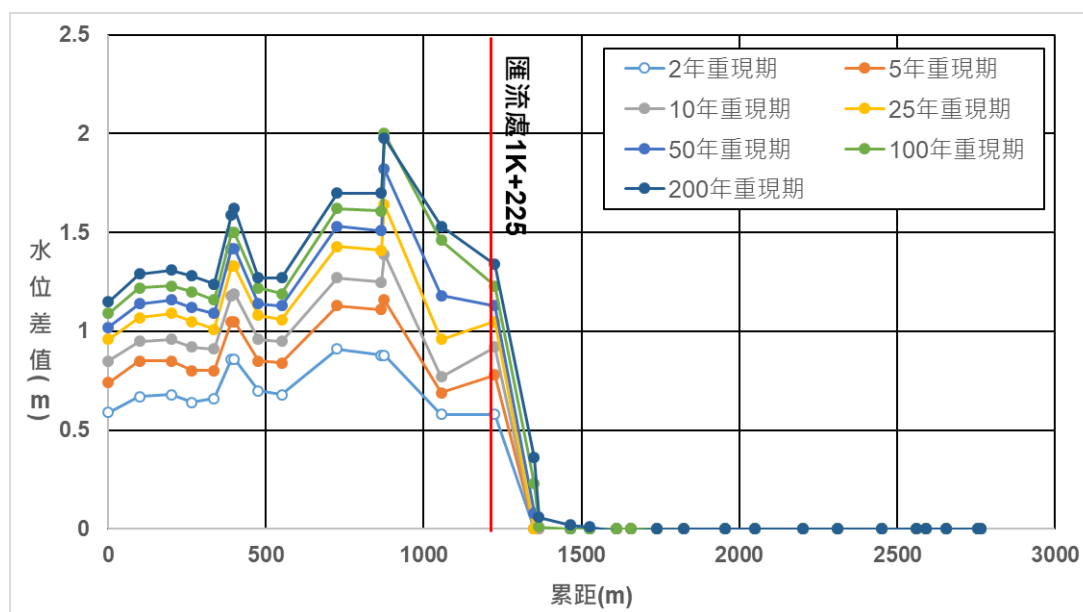


圖 5-9、情境一與情境二之水位差值

本計畫亦針對表 5-12 數化水理演算成果，將各河段水理演算成果與左右岸堤防高程比較後，掌握巴朗溪各河段通洪能力，並分為 5 種：不足 5 年、不足 10 年與達 10 年等，後續透過視覺化地圖呈現，可聯結巴朗溪各河段通洪能力與實際位置，以供後續工程方案配置之需。透過圖 5-10 巴朗溪通洪能力圖，易致災地區為 0K+550~0K+725 及 1K+955~2K+050 其防洪能力為不足 5 年，現況照片如圖 5-11。

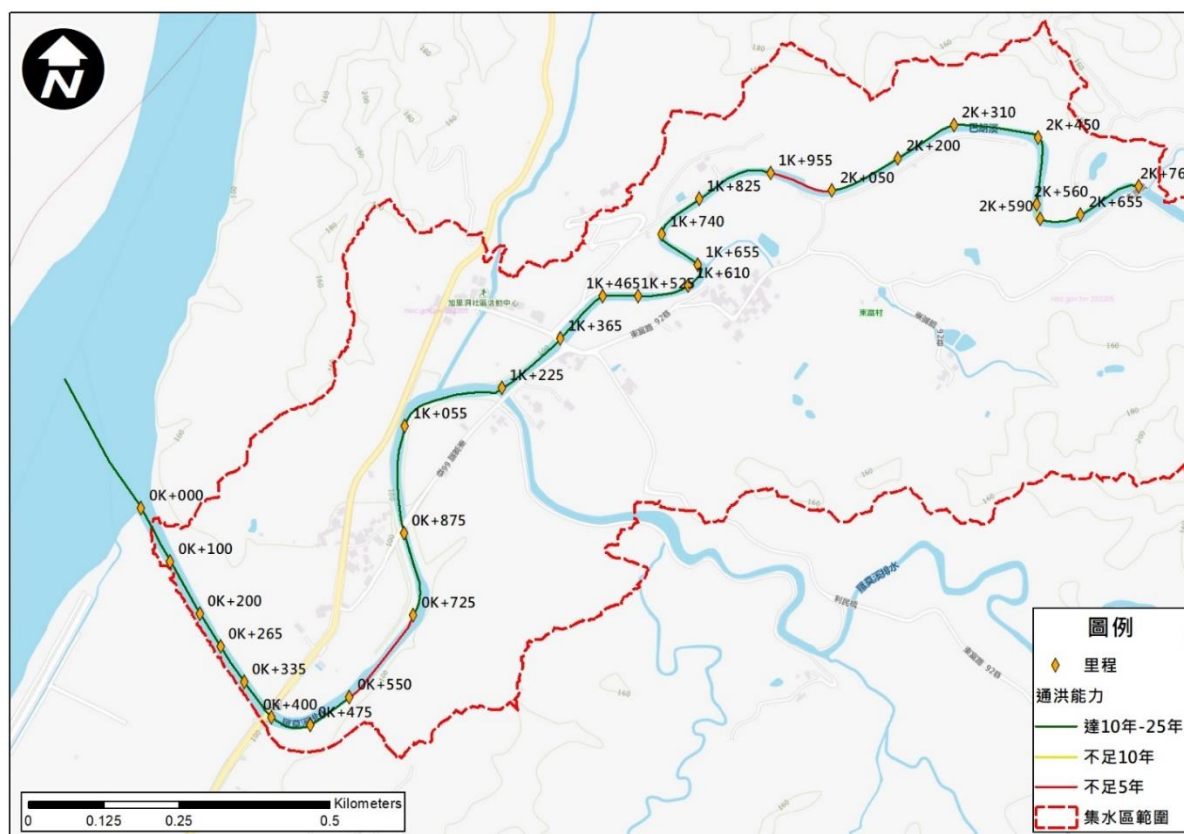


圖 5-10、巴朗溪通洪能力圖



圖 5-11、巴朗溪通洪能力不足 2 年現況照片

5-3、集水區土砂災害分析

5-3-1、採用模式

當集水區上游有土砂材料輸入後，常以土石流方式往下游移動，前述分析之土砂來源為土石流之發生區，而本工作則是針對流動區與堆積區進行評估。目前在國內常見的土石流影響評估模式包括成大土石流沖淤模式、Flo-2D、Debris-2D 及日本京都大學的 Hyper Kanako 模式(表 5-13)。由於土石流運動過程中與河床間的交互作用，可造成土石流的流量、濃度、體積的增減，同時亦導致河床面的上升或侵蝕；上述的四種模式中，Flo-2D 乃針對土石流中的泥流進行模擬，程式計算中並未考慮流體與河床的互制效應，因此無法模擬河床的沖刷淤積變化；Debris-2D 模式僅考慮土砂在河道上的淤積，並未考慮土石流造成的沖刷效應。近年來，GIS 系統的普及與方便性可處理各類圖資之分析計算，基於使用介面與 GIS 系統搭配之比較而言 Hyper Kanako 除了能有效搭配免費開源之 QGIS 系統，並且藉由處理介面可提升資訊處理之效率。

表 5-13、常用土石流沖淤模式功能比較表

模式名稱	成大土石流沖淤模式	FLO-2D 模式	Debris-2D 模式	Hyper Kanako
計算流況	定量流、變量流	定量流、變量流	定量流	定量流、變量流
底床變動	可模擬定床或動床	只適用於定床模擬	只適用於定床模擬	可模擬定床或動床
沖淤分析	可模擬沖蝕、淤積效應	僅考慮河道的淤積現象	僅考慮河道的淤積現象	可模擬沖蝕、淤積效應
輸砂特性	可同時模擬土石流及一般河川輸砂	不可同時模擬土石流及河川輸砂	不可同時模擬土石流及河川輸砂	可同時模擬土石流及一般河川輸砂
工程效應	考慮防砂壩、堤防等效應	可考慮橋樑涵洞、堤防、街道、建物等效應	未考慮工程效應	考慮防砂壩、堤防等效應

(Jimmy S. O'Brien(2006)；楊、黃等，2003；黃、劉，2003)

模式基本方程式說明如下：

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho h}$$

$$\text{連續方程式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} = i$$

$$\text{水中泥砂連續方程式} \quad \frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial Chu}{\partial x} = iC_*$$

$$\text{底床連續方程式} \quad \frac{\partial z}{\partial t} + i = 0$$

其中 h 為水流流動深度； u 為水流流速； g 為重力加速度、 z 為河床高、 $H=h+z$ ； C 為水體濃度； t 為時間、 C^* 為底床堆積濃度、 ρ 為土石流密度； i 為侵蝕、堆積速度； τ 為底床剪應力。

一、底床剪應力

針對底床剪應力之計算，分別包含土石流、挾砂水流以及底床載等方式，各種條件之計算方式如下：

土石流 ($C \geq 0.4C^*$)

$$\frac{\tau}{\rho h} = \frac{u|u|d^2}{8h^3 \left\{ C + (1-C) \frac{\rho}{\sigma} \right\} \left\{ \left(\frac{C^*}{C} \right)^{1/3} - 1 \right\}^2}$$

挾砂水流 ($0.01 < C < 0.4C^*$)

$$\frac{\tau}{\rho h} = \frac{1}{0.49} \frac{u|u|d^2}{h^3}$$

底床載 ($C \leq 0.01$)

$$\frac{\tau}{\rho h} = \frac{gn_m^2 u|u|}{h^{4/3}}$$

其中 u 為流速； ρ 為水流密度； σ 為砂礫密度； d 為粒徑； C 為水體泥砂濃度； C^* 為底床堆積濃度； n_m 為 Manning 係數。

二、河道侵蝕與堆積

模式中河床之侵蝕堆積，則是由水流之平衡濃度(C_∞)計算成果與水流濃度之差值所造成

當 $C_\infty \geq C$ ，會產生侵蝕，侵蝕速度為

$$i = \delta_e \frac{C_\infty - C}{C_* - C_\infty} \frac{q}{d}$$

當 $C_\infty < C$ 則產生堆積，堆積速度為

$$i = \delta_d \frac{C - C_\infty}{C_* - C_\infty} \frac{q}{h}$$

其中 q 為土石流單寬流量； d 為平均粒徑； C_∞ 為平衡土砂濃度； δ_e 為侵蝕速度係數，建議值為 0.0007； δ_d 為堆積速度係數，建議值為 0.05。

三、平衡濃度

當 $\tan \theta_w > \tan \phi$ 時， $C_\infty = C_{*max}$

當 $\tan \theta_w > 0.138$ 時， $C_\infty = \frac{\rho \tan \theta_w}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta_w)}$

當 $0.138 \geq \tan \theta_w > 0.03$ ， $C_\infty = 6.7 \left\{ \frac{\rho \tan \theta_w}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta_w)} \right\}^2$

當 $\tan \theta_w \leq 0.03$ ，

$$C_\infty = \frac{(1 + 5 \tan \theta_w) \tan \theta_w}{\frac{\sigma}{\rho} - 1} (1 - \alpha_c^2 \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}) (1 - \alpha_c \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}})$$

$$\alpha_c^2 = \frac{2(0.425 - \frac{\sigma \tan \theta_w}{\sigma - \rho})}{1 - \frac{\sigma \tan \theta_w}{\sigma - \rho}} \quad \tau_{*c} = 0.04 \times 10^{1.72 \tan \theta_w}$$

其中 τ_* 為水流無因次剪力， τ_{*c} 為泥砂無因次啟動剪應力。

5-3-2、土砂災害分析設定情境

針對土砂災害數值模式部分，採用 HyperKanako 土石流模式針對水砂複合行災害進行推估(可分別依地形坡度計算土砂濃度，依地形分別於各溪流段，自動導入適合之輸砂計算，如 1.土石流 2.挾砂水流 3.一般河道輸砂等)，對於土石流流量則採用土石流平衡濃度公式去估算土石流流量，此流量則包含(水體與土砂量)之量體，而土石流平衡濃度公式則參考日本國土交通省國土技術政策總合研究所(Ministry of Land, Infrastructure and Transport National Institute for Land and Infrastructure Management Asahi Government Buildings)對於砂防基本計劃制定方針(第二節，土石流-漂流樹對策)相關土石流流量推估則需考慮，土石流運動發生時之水力特性計算，採用 Takahashi(1991)所推導之土石流平衡濃度進行土石流運動之水理計算，土石流濃度應通過以下平衡濃度公式計算：

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)}$$

其中， σ 土砂密度(約 $2,600 \text{ kg/m}^3$)； ρ 水體密度(約 $1,000 \text{ kg/m}^3$)； ϕ 堆積層之土壤內摩擦角($^\circ$)通常合理範圍為大約 30° 至 40° ； θ 溪流坡度($^\circ$)本區大多溪流坡度為 10 度左右； C_d 則代表土石流平衡濃度。

在土砂受水流移動的過程中，主要將分為溪流堆積層被水流強烈侵蝕而變成土石流或是山坡地崩塌後其崩積層受水流觸發發展為土石流。或者，當破地發生崩塌時形成之土墩，阻擋溪流河道之水流，匯積水流後崩解發生潰壩變成土石流型態。而計算土石流流量則以經驗式或從理論公式計算，則理論公式如下表示。

$$Q_d = \frac{C_*}{C_* - C_d} Q_p$$

其中， Q_d 則代表土石流設計流量(m^3/s)； Q_p 則代表溪流集水區清水尖峰流量(m^3/s)； C_* 溪流堆積層土砂濃度(通常以 $0.65 \sim 0.67$ 為設定條件)； C_d 則代表土石流平衡濃度，而 C_d 最大值應以 $0.9 C_*$ 作為設定上限值，若當 $C_d = 0.8 \sim 0.9 C_*$

時土石流設計流量則為溪流集水區清水尖峰流量 5 到 10 倍。本計畫採用土石流平衡濃度公式，根據各區土石流地文條件推算其土石流流量設定於模式上游邊界條件中。此外也針對模擬時間進行調整控制流出土砂量之量體，評估較符合實地狀況之土石流模擬情境。根據內政部中央地質調查所 104 年光達 (LiDAR) 數值地形資料，透過地理資訊系統軟體進行特定水土保持區之高程、坡度等分析外，也透過水文分析模組，重新以光達 (LiDAR) 數值地形資料進行集水區面積與潛勢溪流長度進行估算，重新計算劃分集水各控制點(如圖 5-12 所示)，相關基本資料敘述如下：

表 5-14、水砂模擬地文參數分析表

集水區控制點名稱	溪流長度(公尺)	高程差(公尺)	集水區面積(公頃)	溪流平均坡度(°)
153 林班地	3777.9	408.6	301.8	6.2
154 林班地&支流	2303.3	591.6	284.9	14.4
主恩橋(2K+765)	5156.5	630.2	690.4	7.0

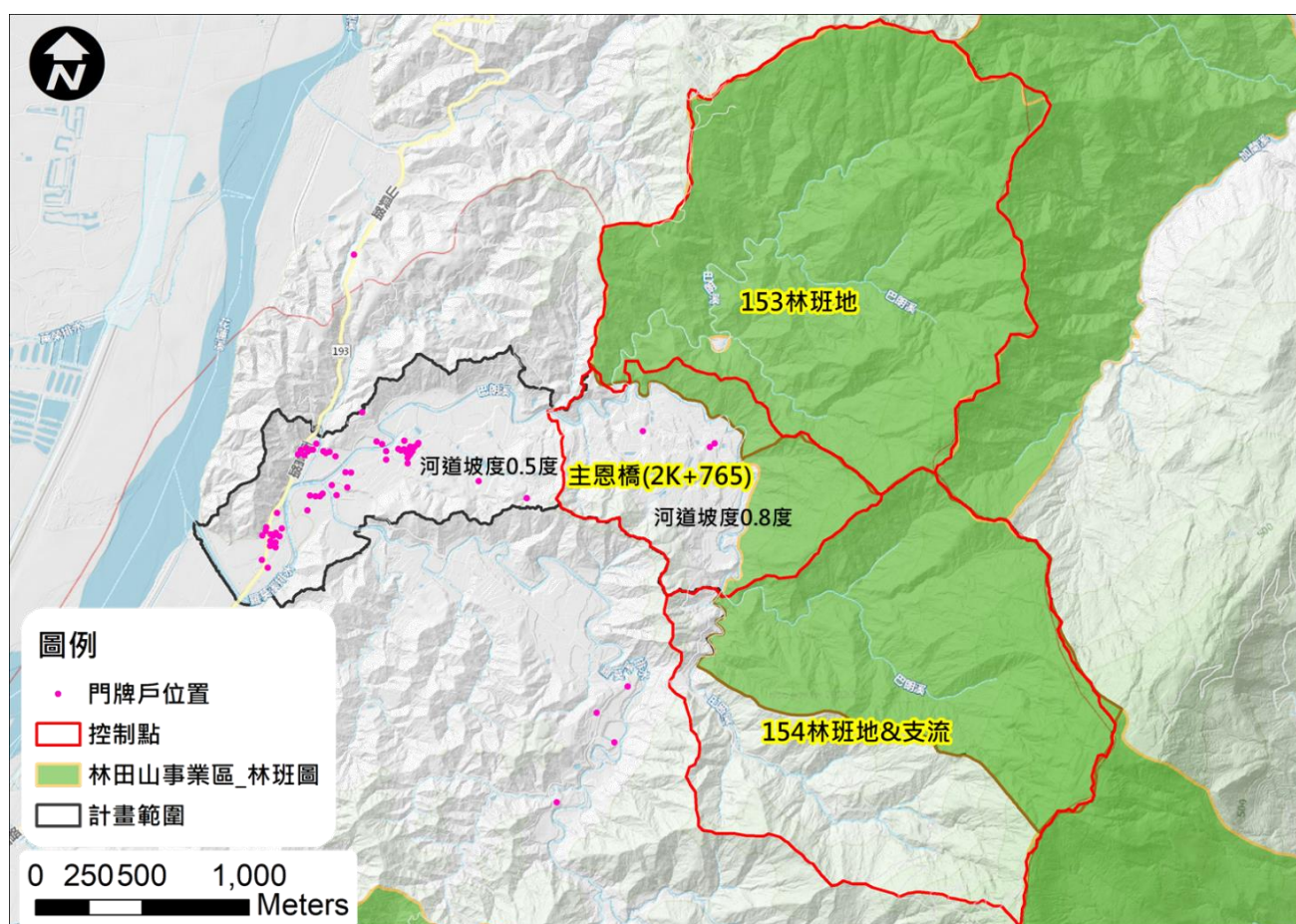


圖 5-12、土砂災害各控置點分布

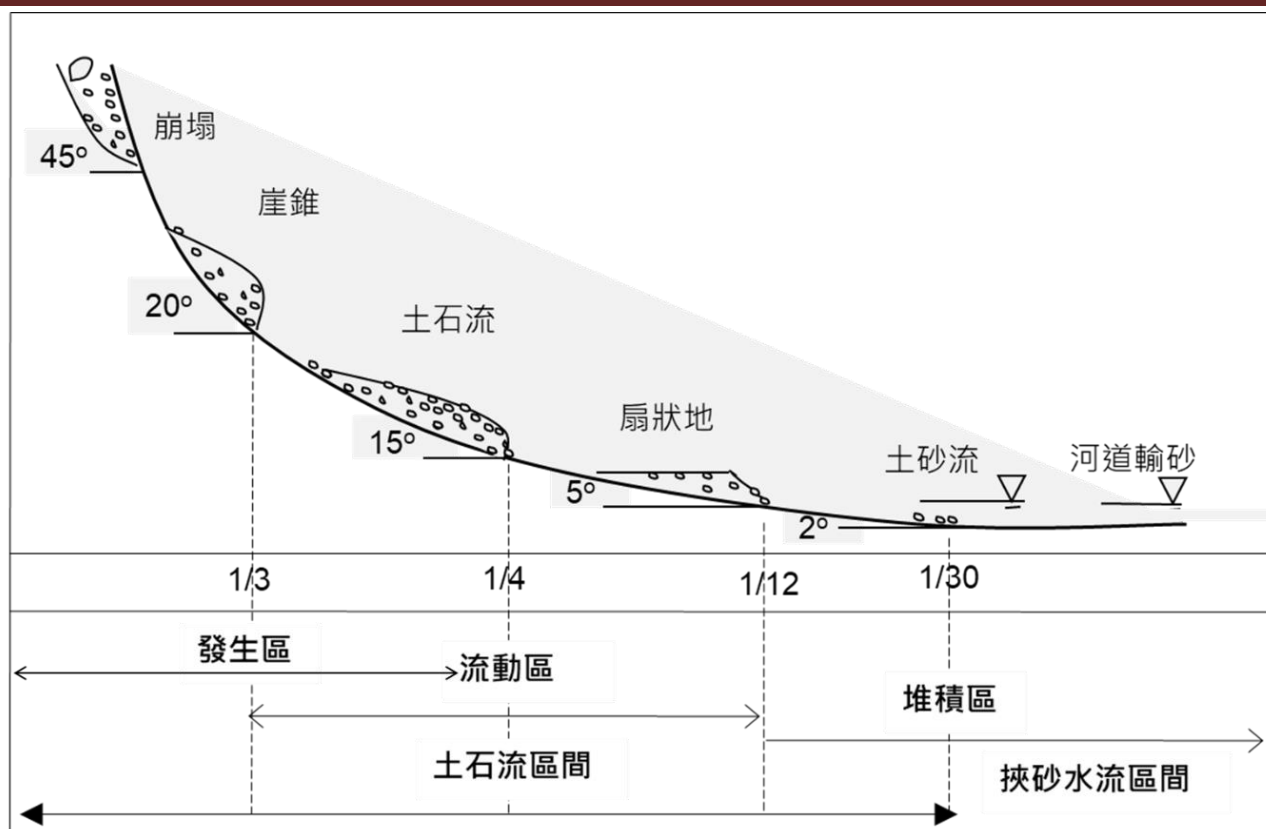


圖 5-13、水砂運動流動過程示意圖

依照水土保持技術規範，集水面積在一千公頃以下者可採用合理化公式法進行降雨逕流推估，其公式如下：

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA$$

式中，

Q_p ：洪峰流量(立方公尺/秒)，

C ：逕流係數(無單位)，

I ：降雨強度(公釐/小時)，

A ：集水區面積(公頃)。

式中 C 為逕流係數則參考水土保持技術規範第 18 條之規定設定之。應用合理化公式計算清水流洪峰流量時，其等號右側包括了兩個重要待解的參數，分別為設計降雨強度及逕流係數，其計算方式茲分述如下：

一、設計降雨強度：

依據水土保持技術規範第 16 條規定 (降雨強度之推估值，不得小於無因次降雨強度公式之推估值)，降雨強度可依下式推估：

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t + B)^C} \quad \dots\dots(1)$$

$$I_{60}^{25} = \left(\frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2 \quad \dots\dots(2)$$

$$A = \left(\frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2 \quad \dots\dots(3)$$

$$B = 55 \quad \dots\dots(4)$$

$$C = \left(\frac{P}{-381.71 + 1.45P} \right)^2 \quad \dots\dots(5)$$

$$G = \left(\frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2 \quad \dots\dots(6)$$

$$H = \left(\frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2 \quad \dots\dots(7)$$

式中， T ：重現期距(年)，

t ：降雨延時或集流時間(分)，

I_t^T ：重現期距 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度(公釐/小時)，

I_{60}^{25} ：重現期距25年，降雨延時60分鐘之降雨強度(公釐/小時)，

P ：年平均降雨量(公釐)，

A 、 B 、 C 、 G 、 H ：係數。

本計畫區屬於花蓮縣光復鄉東富村巴朗溪集水區採用鄰近相同集水區之水利署東富雨量觀測站，其測站年平均降雨量資料為 2,238 mm (統計時間 95-109 年，統計年數共 15 年)。依據水土保持技術規範第 19 條規定，集流時間(t_c)係指逕流自集水區最遠一點到達工程地點出水口所需時間，一般為流入時間與流下時間之和。

$$t = t_o + t'$$

$$t_o = \ell/v$$

式中， t_c = 集流時間(小時)； t_o = 流入時間(雨水經地表面由集水區邊界流

至河道所需時間)(小時)； t' = 流下時間(雨水流經河道由上游至下游所需時間)(小時)； l = 坡面長度(公里)； v = 漫地流流速(一般採用 0.3~0.6 m/sec)，且漫地流流動長度之估算，在開發坡面不得大於一百公尺，在集水區不得大於三百公尺。

表 5-15、土砂災害模擬各控制點集流時間

集水區控制點名稱	漫地流 流速 (公尺/秒)	漫地流 流長 (公尺)	漫地流 時間 t_0 (分鐘)	溝渠流 流速 (公尺/秒)	溝渠流 時間 t' (分鐘)	集流時間 t (分鐘)
153 林班地	0.6	300	8.30	5.27	11.96	20.29
154 林班地&支流	0.6	300	8.30	8.85	4.34	12.67
主恩橋(2K+765)	0.6	300	8.30	5.67	15.17	23.50

表 5-16、無因次降雨強度公式推估設計降雨強度參數

代表測站	年雨量	A	B	C	G	H	I_{60}^{25}
東富站	2,238	19.73	55	0.6109	0.55	0.3063	90.19

表 5-17、土砂災害模擬各控制點無因次降雨強度推估

控制點/頻率年	I_{tc}^2	I_{tc}^5	I_{tc}^{10}	I_{tc}^{25}	I_{tc}^{50}	I_{tc}^{100}	I_{tc}^{200}
153 林班地	81.49	96.97	108.68	124.16	135.88	147.59	159.30
154 林班地&支流	86.98	103.50	116.00	132.53	145.03	157.53	170.03
主恩橋(2K+765)	79.44	94.53	105.95	121.04	132.45	143.87	155.29

註：單位 mm

二、逕流係數：

依據水土保持技術規範第十八條，逕流係數 C 值之決定分為無開發計畫區及有開發計畫區兩大類；有開發計畫區又分為開發前、中、後三種情形。開發前採用無開發地區之 C 值，開發中之 C 值以 1.0 計算，開發後及各項 C 值應依表 5-18 選擇之，有實測資料者不在此限。

表 5-18、逕流係數 C 值的選擇參考表

集水區狀況	陡峻山地	山嶺區	丘陵地或 森林地	平坦耕地	非農業使用
無開發計畫區之逕流係數	0.75~0.90	0.70~0.80	0.50~0.75	0.45~0.60	0.75~0.95
有開發計畫區之逕流係數					
(1)開發中	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
(2)開發後	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95

本計畫選定區域為無開發計畫區，且為山嶺區區域，取較保守之逕流係數 $C = 0.75$ ，做為合理化公式於計算尖峰流量時之計算係數，此以較為保守值設計。

三、洪峰流量：

如重視洪峰流量之估算則常用合理化公式，較為簡便。但由降雨量推求洪水期間的流量過程變化時，則常使用三角形單位歷線法。本計畫針對流量估算部分，比對合理化公式與三角形單位歷線成果後，就傾向保守之分析需求，採用推估數據較大之合理化公式清水流量成果作為後續挾砂水流流量演算基準，本計畫參考水土保持手冊之挾砂水流流量設定標準，考量含有泥沙與漂流木因素，設定區間約採水流量 5%-50%計之，經現地勘查顯示該區主要為泥砂淤積所致，因此挾砂水流量採用常用之水流量 20%計算之。

本計畫後續水砂演算也傾向於洪峰流量，總模擬時長約 1 小時左右，就合理化公式與三角形單位歷線推估洪峰量，如表 5-19 與表 5-20 所示。

表 5-19、土砂災害模擬各控制點清水流量估算

控制點/頻率年	推估方式	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
153 林班地	三角形單位歷線	41.0	53.3	61.2	69.9	76.3	83.3	90.9
	合理化公式	53.1	63.1	70.6	80.6	88.2	95.7	103.3
154 林班地&支流	三角形單位歷線	38.7	50.3	57.8	66.0	72.1	78.6	85.8
	合理化公式	51.6	61.4	68.9	78.7	86.1	93.5	100.9
主恩橋(2K+765)	三角形單位歷線	93.7	121.9	139.9	160.0	174.6	190.5	207.9
	合理化公式	114.3	136.0	152.4	174.1	190.5	206.9	223.3

表 5-20、土砂災害模擬控制點各重現期水砂流量表(合理化公式)

控制點/頻率年	流量推估	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
153 林班地	清水流量	53.1	63.1	70.6	80.6	88.2	95.7	103.3
	挾砂水流流量	61.4	73.0	81.9	93.5	102.3	111.2	120.0
154 林班地&支流	清水流量	51.6	61.4	68.9	78.7	86.1	93.5	100.9
	挾砂水流流量	108.5	129.1	144.7	165.3	180.9	196.4	212.0
主恩橋(2K+765)	清水流量	114.3	136.0	152.4	174.1	190.5	206.9	223.3
	挾砂水流流量	141.3	168.1	188.4	215.3	235.6	255.9	276.2

註：單位 cms

四、模式設定：

地形條件可以透過本計畫所蒐集之高精度數值地形進行設定，模擬網格採用 5×5 公尺網格，分別設定一維計算範圍及二維計算範圍，其中上游邊界條件為流量歷線(水砂歷線)，各集水區之輸入條件參考前述水文分析成果，模式模擬設定示意圖，如圖 5-14 所示，參數設定表如表。

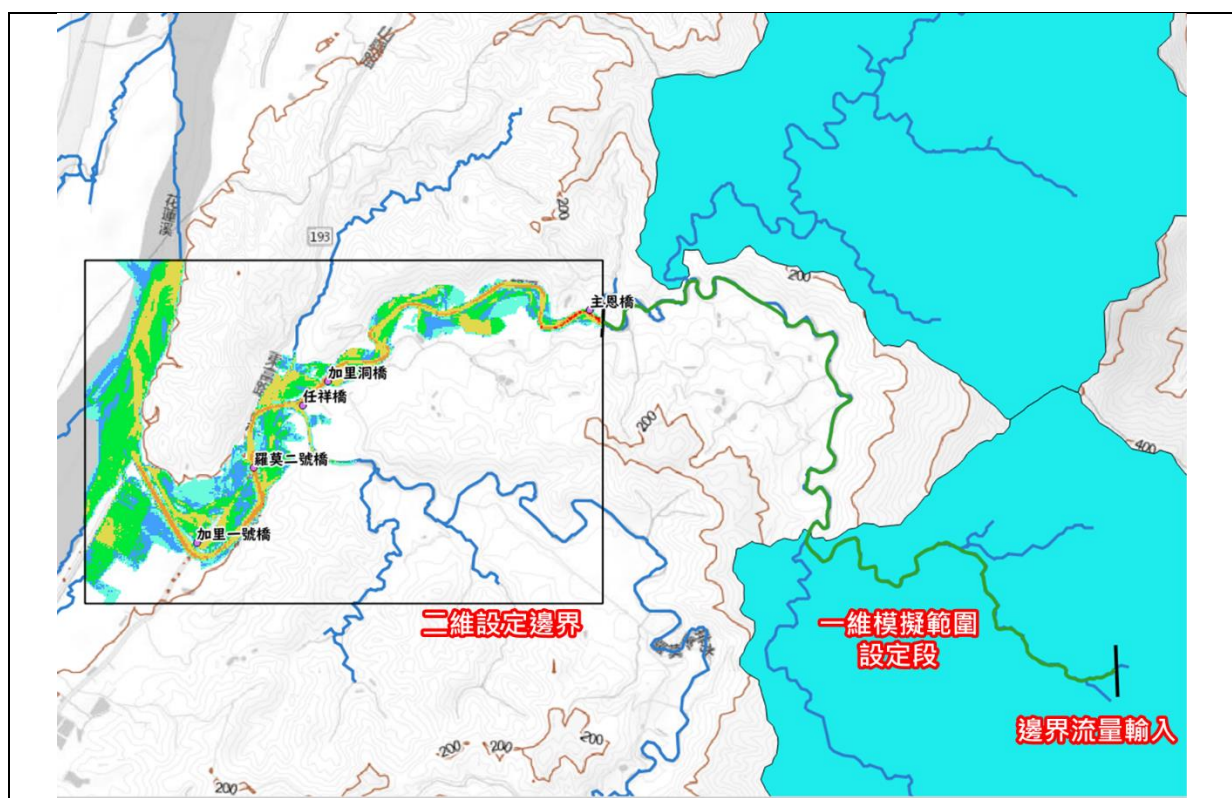


圖 5-14、水砂模擬一維、二維地形設定示意圖

表 5-21、巴朗溪土砂災害模擬基本參數表

砂礫密度	2.65	河床堆積濃度	0.67	一維河道寬度(公尺)	10.00
曼寧粗糙係數(假定)	0.04	流體密度	1.00	動床設定條件(公尺)	1.00
砂礫內摩擦角(度)	37.00	模擬網格.(公尺)	5×5	泥沙粒徑(公尺)假定	0.005

表 5-22、巴朗溪上游野溪上游邊界水砂流量計算基本參數表

控制點	設定條件	模擬時間(秒)	集水區面積(公頃)	逕流係數	降雨強度	清水流量	平衡濃度	水砂流量
153 林班地	重現期 50 年	3600	301.8	0.75	135.87	85.42	0.11	102.35
154 林班地&支流	重現期 50 年	3600	284.9	0.75	145.03	86.08	0.35	180.86
主恩橋(2K+765)	重現期 50 年	3600	690.4	0.75	132.5	190.51	0.13	235.56

5-3-3、水砂模擬成果：

本計畫採用採用日本京都大學共同開發之 Hyper KANAKO 二維土石流沖淤模式進行水砂演算，輸入地形資料及流量資料即可模擬水砂影響範圍。於數值模式演算部分，於上游邊界條件設定降雨重現期 50 年設計條件下，災害影響範圍與沖淤深度所造成之變化，本計畫模擬成果，茲說明如下：

以主恩橋(合流後)控制點為上游邊界條件進行分析，該控制點主要由上游(153 林班地與 154 林班地與支流)兩處控制點合流後，進行水砂災害模擬分析(就集水區充分供應土砂的條件下)。經模擬成果顯示，自 2K+310 至 1K+955 河道周邊稻作區皆有部分受水砂影響、1K+525 周邊 15 與 16 號住戶、0K+550 至 0K+875 周邊也各有住戶受到斷面不足導致水砂溢堤漫流之影響，其溢流斷面不足處也與前述水理模式模擬狀況相符，除上述之幾處斷面不足造成住戶受災外，其中 1K+365 加里洞橋周邊住戶約有 7 戶遭受影響(加里洞活動中心周邊)，總影響戶數約 22 戶，影響農作區約 19.9 公頃(稻作、香蕉)等經濟作物。

雖前述水理模式成果顯示部分河段皆能通過排洪，因山區河川多為挾砂流型態，其流量本身因挾帶泥砂影響其流量因而加大。且由於本次模擬主要以合理化公式搭配土石流平衡濃度進行保守之水砂影響估算模擬，本身採用流量值以 50 年重現期為基準，就目前「直轄市、縣(市)管區域排水以 10 年重現期距洪水設計，25 年重現期距洪水不溢堤為目標」而言，根據水理演算成果大多能通過 25 年重現期洪水，因此建議除提高既有堤防或疏濬提高斷面通洪能力外，也建議上游既有橫向工程構造物，可進行定期清疏處置創造淤砂空間，減少河床淤積抬升，提高斷面通洪量。訪談當地民眾得知於民國 90 年桃芝颱風(經分析重現期距約 50-100 年)侵襲時此區遭逢颱風豪雨有泥水灌入民宅之情勢，部分淤泥深達膝蓋處(模擬達 50 公分)，其描述狀況與受災區位(稻作區自任祥橋一帶)，也與模擬情況相符，如圖 5-15 與圖 5-16 所示。

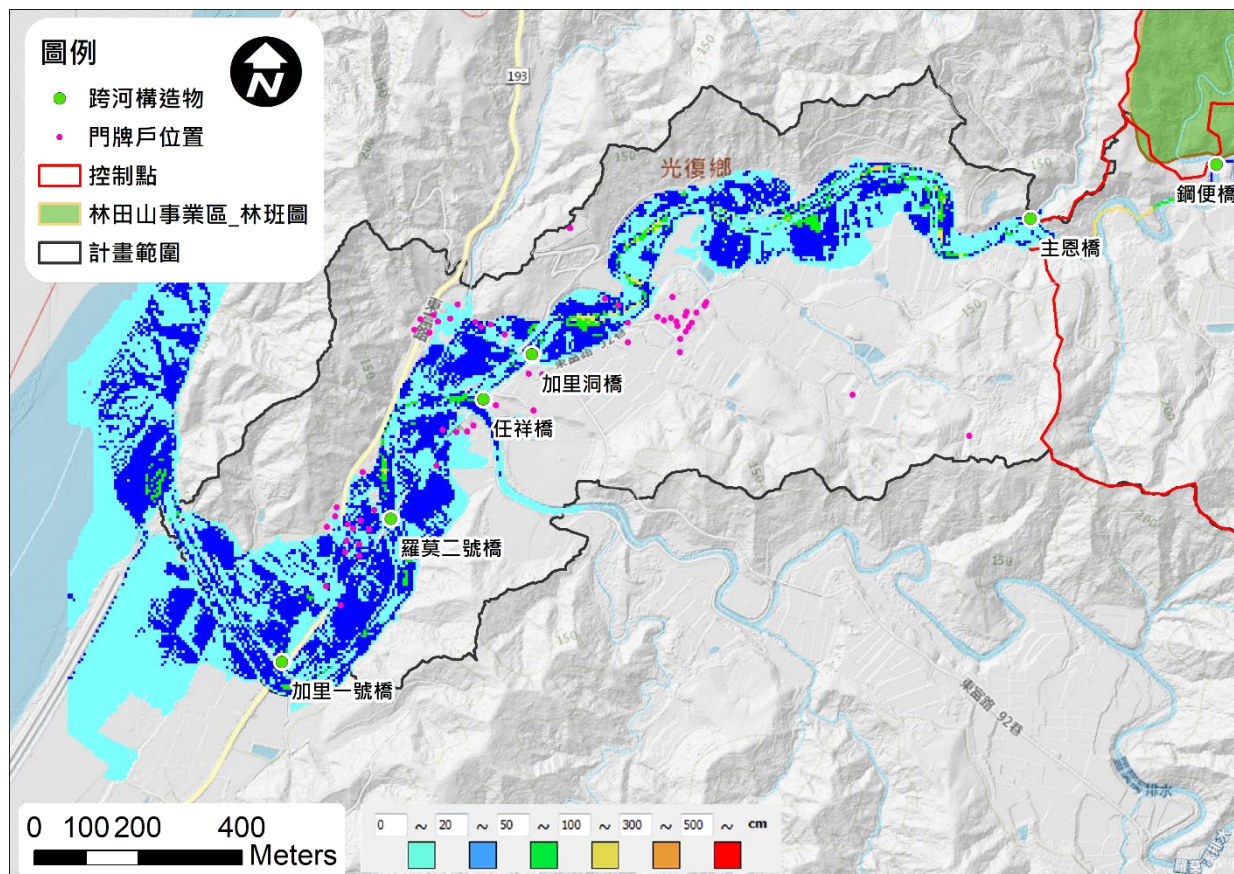


圖 5-15、主恩橋合流後控制點重現期 50 年模擬成果(淤積高約 50 公分)

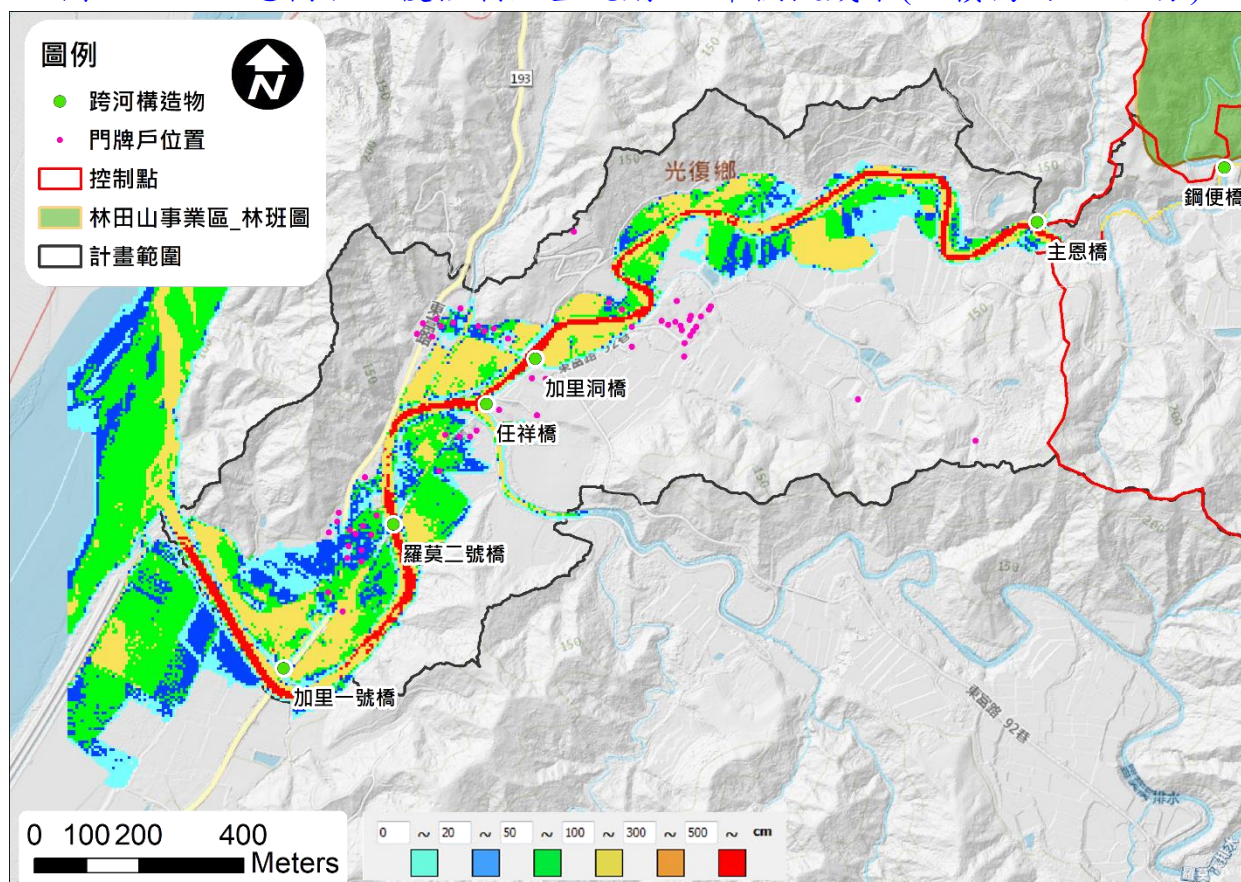


圖 5-16、主恩橋合流後控制點重現期 50 年模擬成果(挾砂水流)

陸、災害處置策略

完成各項基本資料蒐集、現地調查與集水區災害分析工作後，應針對這些獨立完成的成果進行綜合性的評估，以考量彼此間之影響。以大規模崩塌為例，大規模崩塌完成調查與分析後，必須進一步探討其對下游河道之影響，因為河道除了自身原有的通洪能力檢討外，亦可能受崩塌下移土砂影響而使斷面尺寸產生變化，因此必須在考量大規模崩塌土砂影響後，重新進行下游河道的通洪能力檢算與聚落安全評估作業。

依照上述案例，本計畫亦將針對土砂災害對生態的影響、治理工程投入後對生態的影響進行綜合評估，使各項災害處置對策能兼具生態環境之維護；而處置對策投入後，亦須重新進行集水區災害分析，以評估各項治理工程與防災計畫是否能確實發揮其效益。

上述相關作業可整合成如圖 6-1 之概念，即部落的維持須從災害影響型態、治理防災計畫制定、NBS 概念設計(以自然為本的解決方案)等三者間之相互考量；若以本區主要災害的大規模崩塌來看，其在治理層面上除考量崩塌地自身外，亦須考量其引致之蝕溝問題、河道淤積淹水問題以及其所引致之生態危機，治理的層面從單一點進而延伸至整體環境的線與面。

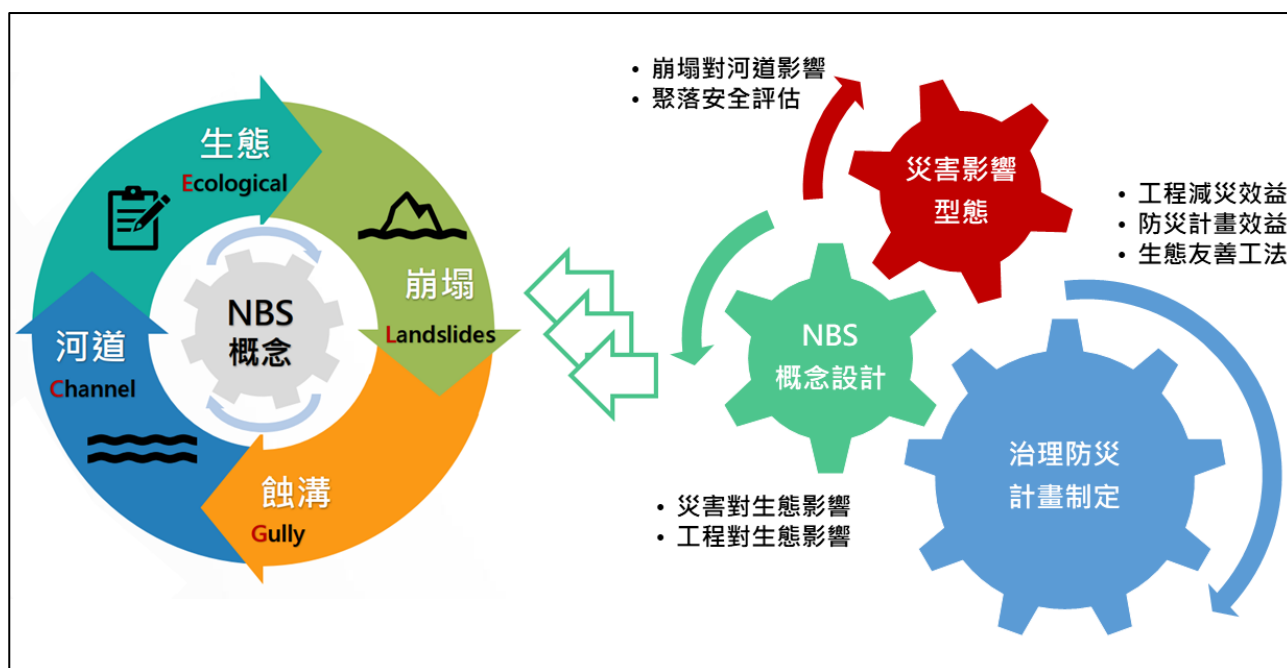


圖 6-1、集水區調查綜合評估概念

6-1、治理規劃

一、治理課題

依據前列各節所述工作內容，於調查集水區各項基本資料、致災成因及集水區特性因素後，探討集水區治理課題進而訂定整體治理目標，並評估治理優先順序。最後提出各項治理對策，針對崩塌地、河道、野溪及生態維護各方面進行整治，並分析估算整治後之整治率，相關作業流程如下圖所示。

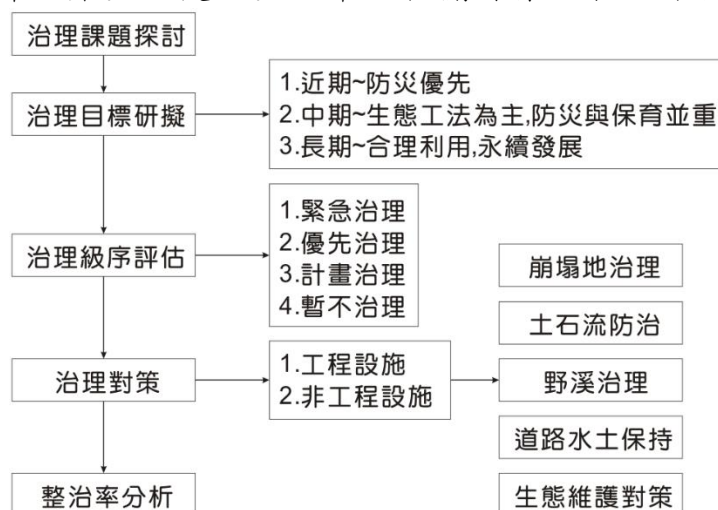


圖 6-2、集水區治理目標及對策研擬

崩塌區位於巴朗溪集水區，崩塌坡趾為巴朗溪河谷，屬於易受侵蝕作用的區域，減少崩塌地活動的工程設計上以增加抵抗力(利用邊坡穩定工法設施提高穩定性)及減少驅動力(加強邊坡排水)為主要考量重點，已崩塌區域周邊並無道路或重要設施，因此建議以減少驅動力(加強邊坡排水)為首要目標，並依照可能的處置方式與致災因素選擇適合的處置設施。

表 6-1、各災害類型工程處置對策

治理目標	相關治理工程
蝕溝沖蝕	植生造林、蝕溝治理、縱橫向排水、坡面保護、節制壩
坡面崩塌	防砂壩、固床工、護岸、丁壩、植生造林、縱橫向排水、型框植生
河道侵蝕	防砂壩、固床工
流路穩定	整流工、防砂壩、護岸、丁壩、堤防
河道淤積	疏濬、上游側沈砂池、上游防砂工程
洪氾預防	滯洪設施
土石流	依特性區分相關抑制工法、攔阻工法、疏導工法、淤積工法與植生緩衝工法等

經前述各章節分析成果顯示，本計畫範圍內兩處潛在大規模崩塌區坡面未有明顯潛在大規模崩塌整體活動特徵，其大規模崩塌活動性風險相對較低，多

以淺層崩塌形式致災，其土砂材料可能以挾砂水流或其他水砂災害形式造成聚落受災，嚴重影響既有河防安全，且因本區河道生態環境相對穩定，未有太多人為開發因素，為過內少見低海拔之較完整生態系，建議工法選擇上以較柔性工法做為後續治理之參考。

二、治理工法

針對集水區所提出之治理對策包括崩塌地、河道與野溪之治理，其中崩塌地之治理所採用之工法以石籠與坡面植生為主，一般而言皆屬較小範圍之工程，且崩塌地處理對坡面裸露有恢復植被功能，有助於營造生物棲息環境，對現地環境之影響較小。

集水區內治理工程以河道與野溪治理為主，所用之工法以護岸、固床工、節制壩與防砂壩為主。以護岸而言，其對生態環境之影響主要在於造成河道水域與陸地動植物循環交流中斷，影響之物種主要包含兩棲類、爬蟲類、哺乳類與植物。要降低其影響，一般會多利用緩坡、多孔性材質以提供生物進入、藏匿與移動。本計畫護岸之設置在通洪斷面考量下，採以複式斷面與緩坡之樣式，並增加表面粗糙度，以利於動物遷徙移動及植物生長攀爬，完工後並應配合適當之植生撫育措施。

在固床工、節制壩與防砂壩施作部分，其通常會阻礙水中生物於溪流縱向之移動，故建議未來此類工程進行細部設計與施工時，應參考生態調查之成果，依據現地原生物種，考量其於溪流縱向移動之需求，優先考量降低人為落差之高度，其次再加強魚梯等可供水生動物洄游之設施。在固床工部分，其對生態環境之影響主要在於其高度可能會阻礙河流中魚蝦等水生動物之洄游。考量此一因素，固床工之設計型式採用中間缺口型式及由兩側護岸基礎向河道中心低下方式設置，以兼顧河床基礎保護及水生動物之洄游。

另外，在施工過程中的施工便道劃設、機具及廢棄物暫置處等，也是工程量體本身以外需考量對環境造成負擔之因素，因此，在施工便道規劃以及暫置區域的設立也需要與生態評析之結果互相討論，使施工過程中對原有生態環境造成之影響也達到最小化。

針對聚落防護部分，因本區後續致災主因可能為挾砂水流，建議請相關權責單位一同檢討社區周邊排水路通洪斷面是否足夠，視需求設置堆石固床或拋

石等低強度生態保護工，並可考量設置滯洪沉砂池(依現地地形空間是否適當)，搭配水中植物加速懸浮物沉降，減緩災害造成之衝擊影響。

在社區防災計畫方面，希望透過社區防災宣導與規劃避難疏散機制，使居民了解災害發生的可能性與可能造成的危害，進而配合或共同規劃適合的避難疏散機制，以達成社區防減災的目標。

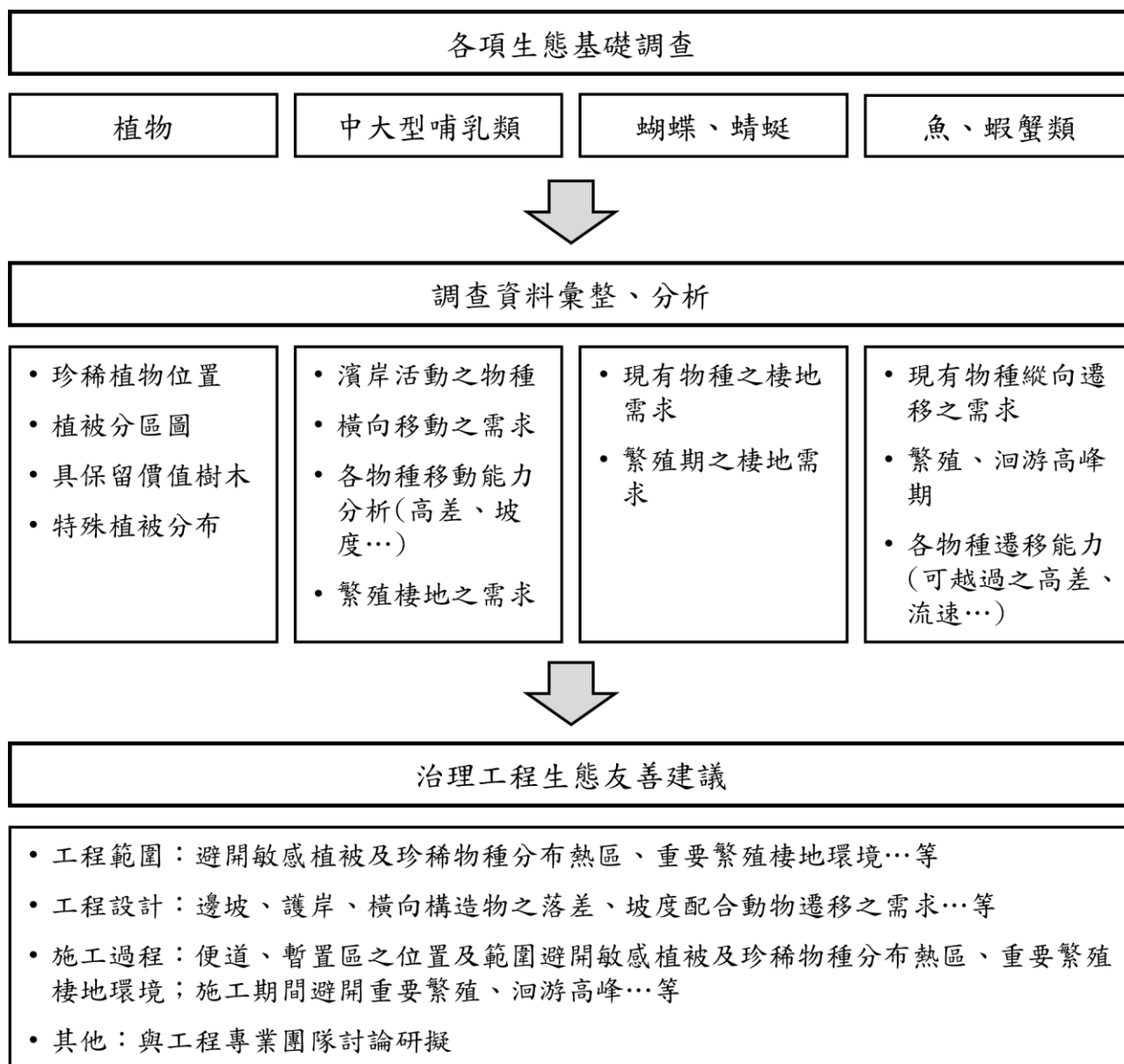


圖 6-3、生態友善策略研擬概念及流程

6-2、土砂面向災害處置策略

一、配置對策

有關集水區之治理對策，由現場調查成果及水文水理之分析成果進行探討，針對集水區土砂來源及致災原因進行分析以擬定相關治理對策如下，經過調查和分析之後，本計畫區域之主要致災原因包含有(1)大規模崩塌/崩塌/蝕溝、(2)河道淤積、(3)水砂致災災害等問題，因此治理上應針對重點地區施行治理或整治，並針對排水路檢算通洪流量，視需求設置堆石固床或拋石等低強度生態保護工，搭配水中植物加速懸浮物沉降，以減少土石災害或水患發生對當地保全對象之影響。經現場調查及水理分析後，對集水區內之災害敏感區研擬相關整治對策，研擬整治對策或工法，將採取生態工法進行規劃設計，以降低對自然環境及生態的衝擊，主要的治理對策可分為：

1.主要河道治理對策

- (一) 河道穩定及沖淤平衡、河道治理均以治水防砂為主
- (二) 集水區復育頗費時日，河道治理規劃必需考量土砂流入河道
- (三) 近自然工法考量

2.大規模崩塌/崩塌地/蝕溝處理原則

- (一) 持續進行定期航遙測監測作業。
- (二) 防止表土進入河道而影響水質。
- (三) 保護生態減少二次傷害。
- (四) 採用不含有害(毒)物質之材料。

3.生態維護對策

- (一) 以緩坡、高粗糙度表面、多孔隙、高透水性為護岸設計準則。
- (二) 護岸周邊植生復育（以當地原生種培育種植等）。
- (三) 工程治理盡可能縮減量體，避免設置連續過長的結構物。
- (四) 避免於各類群生物敏感區域(澤蟹、植被區域)。

水生植物對於河道泥砂沉降治理有著顯著的作用，通過富集、吸收、過濾、沉降、吸附等特性，除降低河道懸浮仔外，更可以進一步提升水質。

二、工法利害分析

表 6-2、治理規劃構想工法優劣分析

區位/利害分析	採用工法	優點	缺點
上游崩塌區 (位置 1、2)	崩塌地監測 (衛星影像+UAV)	針對人力與交通不易到查處崩塌地變遷，低成本，影像取得速度快、範圍廣，無生態環境影響問題。	衛星影像品質受陰影、雲覆與陡坡不易判斷等影響，需搭配 UAV 輔助取得。
	無人機撒播 (植生粒劑)	可執行人力及交通難以到達之地形陡峭崎嶇崩塌裸露區，克服地形、機具施工不便等問題。	仍處於可行性試驗評估階段，尚未大範圍推廣。投放仍需一定離地高度，而 UAV 因崩塌環境起伏大，易受到山谷風、周圍樹冠、山區 GPS 訊號薄弱等干擾，陡坡區植生團粒易受沖蝕流失。
	泥岩區治理 坡腳穩定工程、 坡面排水、植生 帶鋪植、客土回 填、打樁編柵	屬全盤性土壤改良、植生工法(恢復植生可採當地原生種)、坡面排水與坡腳穩定等復合型治理工程考量。	成本較高，坡度較陡不易實施(45 度以下坡面)，需載運客土，植物生長不易，且需開設施工便道，影響既有生態環境。
中游側岸 侵蝕區 (位置 3~7)	石籠、植生護岸	植物與天然或人工材料結合，高粗糙度表面、多孔隙、高透水性等仿自然護岸，較為美觀。	石籠編織工藝複雜，施工需大型設備及石材，破損若不及時修補，則影響岸坡的穩定性，易受水流掏刷影響，過急時容易導致牆體垮塌。
	橫向構造物	施工方便，除了可減緩水流之速度，減少河床及河岸受侵蝕之程度外，亦可穩固河岸，亦可搭配多孔性材料或植物材料構築。	影響洄游生物回溯、棲地環境、改變河相與建造經費高等。
中下游土砂 淤積區 (位置 7~11)	定時疏濬	將河道內淤積土石清離河川區域外，以穩定流路加速洪流宣洩並增加河道通洪斷面。	若位處土砂生產較高地區，需頻繁進行處理。
下游通洪 不足區 (位置 10~12)	水位監測	造價低廉，可即時了解河道通洪狀況，以利疏散避難。	需定期維護管理，儀器可能受外在環境干擾。
	堤岸加高	環境衝擊小，既有提案土地取得容易，施工容易快速。	防洪牆高度較高，對景觀視覺衝擊大。

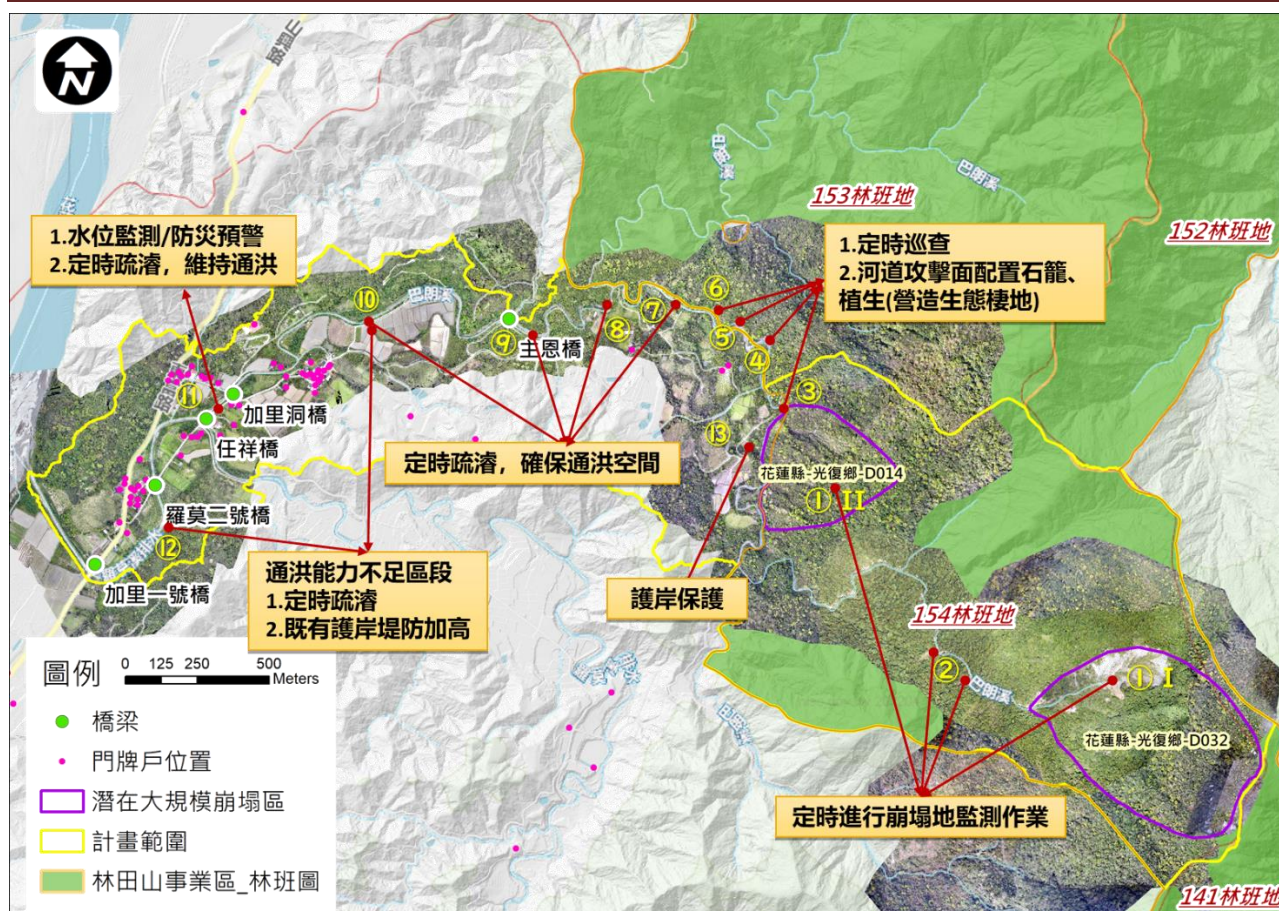


圖 6-4、土砂面向災害處置策略初步構想

項次 1，該位置屬於 154 林班上游源頭崩塌地，亦為花蓮縣-光復鄉-D032 潛在大規模崩塌地，該崩塌地長久存在，裸露坡面主要岩性乃泥岩質為主，泥岩由於顆粒細小，而且顆粒間的膠結十分疏鬆，泥岩的透水性低，泥岩龜裂後經雨水沖刷後由經坡面流失生成細粒粉狀，易受被水流沖蝕多發展成為蝕溝狀況，因此沖蝕狀況十分嚴重。經現地調查成果顯示，該區河道主要灰白色細顆粒沉積材料多為此崩塌地坡面沖刷導致，因泥岩區治理需要客土或其他敷蓋或覆蓋材料進行坡面抗沖蝕保護，然該區崩塌坡度較陡，其治理成效可能不盡理想，此外開設施工便道，則坡壞生態環境影響甚鉅，因此建議該大規模崩塌地，採航遙測為主，定期監控其變化，現場照片如圖 6-5 所示。此外，因下游花蓮縣-光復鄉-D014 潛在大規模崩塌地，目前坡面屬於較穩定狀況，雖坡面曾有淺層崩塌狀況，但目前坡面植生茂密，坡面呈穩定狀況，且該崩塌地坡趾處多為水域之澤蟹棲地，避免既有坡面與澤蟹棲地受到擾動，因此建議該大規模崩塌地，採航遙測為主，定期監控其變化，兩處坡面現場照片如圖 6-6 所示。項次 2，屬於巴朗溪上游段之側岸崩塌，目前坡面雖有植生覆蓋，仍有部分坡面沖

蝕影響，因位處交通不便處，建議仍以航遙測為主。

項次 3 至 6，屬於巴朗溪中游段河岸攻擊坡一側，目前河岸多因水流侵蝕，造成側岸裸露與局部崩塌情況，目前對岸則多為居民種植雜作為主，考量河道生態環境狀況，建議以緩坡、多孔性材質進行工法選擇，若有災害治理需求時，可建議採用石籠搭配植生(以原生植物為主要考量)進行河岸保護，同時也營造生態棲地與原生植物復育。

項次 7 至 10，屬於巴朗溪中下游段，該河段坡度較緩，鄰近周圍有既有道路提供通行，其中項次 9 主要為既有橫向構造物(取水工)，該處已攔截較多土砂，項次十為既有橫向構造物(防砂壩)，考量該兩區淤積嚴重，其中項次 10 之河道斷面通洪能力較不足，建議可以進行定時疏濬，同時也營造沉砂之土砂儲砂控制空間，當中項次 7(下溪床點)與 8(鋼便橋)處，目前該河道無橫向構造物，河道較緩且具既有道路可供後續疏濬維護，可考量進行河道整治規劃。項次 11 位於巴朗溪下游段加里洞橋處，該河段歷年皆有疏濬作業，除建議維持疏濬作業外，也建議該處可增設水位站進行防洪預警。項次 12 位於巴朗溪下游段，巴朗溪 0K+550~0K+725 考量該處通洪斷面較不足，可能具溢堤風險，因此建議權責單位可考量進行護岸堤防加高，提升河防安全。



圖 6-5、花蓮縣-光復鄉-D032 現場圖



圖 6-6、花蓮縣-光復鄉-D014 現場圖



平時：定期巡查

災後：視需求評估施作石籠、植生護岸

圖 6-7、項次 3-6 規劃處置建議(石籠與植生)



圖 6-8、項次 7 規劃處置建議



圖 6-9、項次 8 規劃處置建議



圖 6-10、項次 9 規劃處置建議



圖 6-11、項次 10 規劃處置建議



圖 6-12、項次 10 規劃處置建議



圖 6-13、項次 12 規劃處置建議

6-3、生態友善措施治理建議

一、水域生態

水域生態部分建議以河海洄游之大吻鰕虎以及貪食沼蝦作為縱向生態廊道之保育指標，保育策略應以維持或改善溪流縱向生態廊道之現況為目標，本案得以記錄到此 2 物種，表示巴朗溪至花蓮溪之間的縱向生態廊道現況之受阻程度應是較低的，在保育作為上，若無施作工程之必要，建議以維持現況為主，即生態檢核保育策略中之「迴避」策略，若經評估無河防安全疑慮，則可以考慮以主動的方式改善縱向生態廊道，如：拆除已喪失功能防砂壩、降低現有橫向構造物之高度...等，若有施作工程之必要，則應採用「縮小、減輕」之策略，盡可能降低構造物造成之高度落差，使落差高度位於生物可越過之區間內，應且應評估未來是否造成淤砂而發生逕流下滲、斷流之情形，若有取水、分流之需求，則應進一步評估溪流生態基流量之值，避免治理措施造成溪流中流量不足而危及生態功能。

在濱溪棲地及橫向生態廊道方面，本案則建議以雙色澤蟹及灰甲澤蟹為保育對象，保育策略首重濱岸環境之保存，以棲地保育(habitat conservation)為優先政策，將其分布熱區及其周圍完整保留，此亦為生態檢核 4 項保育策略中順位最高的「迴避」策略，因此，在治理規劃之初應審慎檢視治理工程之必要性。若經審視認為治理工程有其必要性，則依據生態檢核第二優先原則規劃之，即「縮小」原則，本區河防安全之風險部分由攻擊岸之崩塌造成，若經審視部分河段崩塌現況不穩定，確實具有治理工程介入之必要，則針對坡腳之保護，本團隊建議盡量縮小護岸量體，設置於必要處(確認有沖刷疑慮處)，避免連續過長的護岸設計，以避免對澤蟹棲地造成大量損失，由於護岸亦有可能阻斷溪流橫向的廊道連結性，縮減護岸量體以及減少護岸連續之長度有助於維持溪流橫向生態廊道，使陸域生物得以至溪流活動。在護岸工法方面，建議應採用高透水性且多孔隙之工法施作(如：石籠工法)，且在完工後建議依據原有植被組成進行植生復育。

二、陸域生態

根據紅外線自動相機及穿越線調查之結果，可知本案範圍內有數種中大型哺乳類及地棲型鳥類於兩岸林地內棲息，且會由林地至濱溪處活動、覓食，由於巴朗溪枯水期流量極小，本團隊推測應有部分個體會橫越溪流移動。另外，本團隊亦記錄到 I 級保育類食蛇龜，其偏好於林地底層及濱溪環境之間活動，因此維持林地完整以及溪流橫向生態廊道暢通試保育食蛇龜之重要策略。在蝴蝶及蜻蜓類之調查部分，可知兩岸林地的完整性是維持物種多樣性的重要因素，巴朗溪兩岸的林地因植被完整且組成多樣，因而可以孕育多樣性高的蝶類，尤其是在巴朗溪右岸以及匯流口以上的兩岸林班地，由於受到林班地的保護，而保留自然演替的林相，此為蝶類豐度高的主要原因，至於蜻蜓類在枯水期調查中僅記錄到 1 種，但仍可期待於豐水期時可記錄到更豐富的蜻蜓物種。

根據陸域生態之分析成果，可彙整本案範圍內保育陸域生態之 2 大方向：(1)維持兩岸至溪流的橫向生態廊道之暢通以及(2)維持兩岸林地完整性(以國有林為主)。

依據工程生態檢核之保育策略，在順位最高的「迴避」策略下，本團隊建議盡可能避免溪流右岸(國有林班地)之沿岸構造物之設置，以維持最高的橫向廊道通透性，且減少國有林地之植被損失。

其次，在順位次之的「縮小」策略下，則建議僅於必要處規劃治理工程，盡可能縮減工程量體，以及避免落差過大、坡度過大的構造物設計，並以表面粗糙度高材質為主，使各類型動物皆可利用(此為「減輕」策略)。在維持兩岸林地完整性方面，具體做法以僅於必要處規劃治理工程具有最佳效果，避免人為干擾林地之自然演替。

三、濱溪植被

1. 植被管理

本計畫根據植物調查結果，以樹種比例、干擾痕跡、外來種入侵情形，將調查溪段大致區分為低、中、高三種植被敏感等級。低敏感度代表沿岸以先驅型草本或木本植物為主，多少有入侵種，並且明顯於近期

曾受到人為砍伐、開發。中敏感度代表主要為先驅型木本植物或竹林組成，林相演替時間較短，可能與早年自然干擾（崩塌、洪水等）或人為干擾有關，但仍已經形成樹冠連續之林相。高敏感度為演替時間較長且已經形成穩定植群之沿岸，其中包括長期未受干擾之原始林、岩盤環境之岩生植被，或者以演替中晚期喬木為主、但或多或少可能曾有輕微自然或人為干擾之鬱閉河岸，此類植被之形成至少需要數十年時間，或者干擾後難以恢復為原有植群組成，因此是最需要保護的區域，不宜破壞。未來若有整治計畫建議應以低敏感度之溪段優先，中敏感度應盡可能保留使其繼續往演替晚期發展，高敏感度區域則不宜有任何施工行為，然規劃整治時仍應派遣相關生態專家團隊進行細部特定區域現勘，以減少圖面上可能發生之模糊交界，確保施工範圍確實迴避敏感度高的區域和特殊植物。3 種敏感度等級下可依現場情形大致分類，描述詳見下表 6-3 所示：

表 6-3、本計畫溪段植被敏感度敘述

編號	溪段植物類型	敏感度	環境特徵	區域 (調查範圍內)	特徵物種
A1	兩岸入侵種多	低	以禾本科草本與外來種為主	中游段農田旁	銀合歡、白背芒
A2	右岸岩盤保留	低	兩側明顯差異，左岸多先驅型草本，右岸為岩盤	中、下游段農田旁	牧野氏山芙蓉、蓮草、血桐
B1	向陽次生林	中	先驅物種成株與演替中晚期幼株緊密生長	上游段林班地內	羅氏鹽膚木、九芎
B2	先驅木本為主	中	先驅木本植物或竹林環境	下游段	小葉桑、長葉芋麻、長枝竹
B3	崩塌地	中	植被稀少、坡度陡峭、崩積物明顯	上游段	山芋、小毛蕨
C1	岩生植被	高	溪流經過岩盤、植物生長於岩盤或岩石上	零星散佈各處	星果佛甲草、長葉腎蕨
C2	河岸鬱閉	高	溪流兩側喬木樹冠緊鄰，演替中晚期樹種伴生先驅型樹種	中、上游段	茄冬、斯氏懸鉤子、臺灣及己
C3	原始林	高	溪流兩側喬木樹冠緊鄰，森林層次複雜，幾無先驅型物種	上游段林班地內	大輪月桃、長梗紫麻、澀葉榕

2.建議需保留物種與植株

除了敏感度分區須留意外，本溪段主要有三類特定植株或種類需要特別保護或保留：*a.*特殊大樹、*b.*受威脅稀有植物、*c.*北降植物。

*a.*特殊大樹為 1 株斜向橫越溪流上方的大葉楠，其樹形獨特、著生植物眾多（臺灣山蘇花、臺灣水龍骨等），且樹勢強健，加上周圍伴生複層灌木與小喬木，形成特殊景觀，因此應與其根圈和周邊植物一併完整保留，以保護其所形成之天然景觀和植被。

*b.*長葉杜虹花(VU)為本區域之受威脅植物，由於其偏好森林邊緣環境，溪流沿岸皆有零星分布，且皆為可繁殖之成熟植株。未來若有整治工程應確保不會傷及任何植株。

*c.*北降現象為本溪段特殊之生態特色，而北降植物多為演替中晚期物種，伴生植物多樣性高，被干擾後恢復不易，例如臺灣附地草、小葉白筆、阿里山女貞、短尾葉石櫟，因此未來整治計畫應迴避這些物種與其周邊伴生植被，以保持巴朗溪沿岸最具特色的植物生態現象，提供未來潛在之調查與研究題材。

上述須保留植株與物種詳細位置照片見附錄四所示。

3.治理規劃建議

對於本溪段後續潛在之治理需求，首要必須謹慎評估其必要性(符合生態檢核之「迴避」原則)。再者，任何治理工程皆不應破壞現有以喬木為主之濱岸植被帶，應留意迴避任何稀有或具生態、植物地理重要性之物種。對於通洪空間之擴大，建議優先考慮納入已有農耕活動之溪流左岸河階，以減少右岸天然林之損失。

對於施工後之外來種入侵情形，也應嚴密監控並防治，採取有效且兼顧生態之手段（減少外來種子進入、選擇性人工除草、當地原生種培育種植等）阻止施工後區域遭到外來種入侵。務必確保任何針對本溪段之相關工程，不會造成本溪流沿岸植被組成或生態系的劣化與崩壞。

四、治理工程生態友善建議綜整

綜整以上各類群之生態友善建議，並依據行政院公共工程委員會於民國 110 年公告修正之「公共工程生態檢核注意事項」中所述操作原則進行各類建議之分類及採用順位之排序，本計畫於治理工程之生命週期中可視為處於提報或規劃設計階段，對於各類治理工程之規畫設計仍有相當大的討論空間，而在所有保育策略中，將現有生態情況良好的棲地進行現地保育，才是成效最高的保育作為，因此在此階段中，應盡可能採用順位最高的「迴避」策略，本計畫各項生態友善措施建議，詳列於表 6-4 中。本計畫之治理規劃生態友善措施仍應保留彈性改變之空間。

表 6-4、本計畫初步提供之生態友善措施建議

對應生態檢核保育策略	生態友善措施建議	保育標的	保育成效
迴避	檢視治理工程於河防安全之必要性，若有設置必要，則避免於各類群生物敏感區域設置。 各類群生物敏感區域包含：澤蟹分布熱區、溪流至花蓮溪匯流之縱向連通度(洄游生物)、植被之中、高度敏感區	所有現地生物	良好棲地現地保育
迴避	通洪空間擴大優先納入溪流左岸已有農耕活動之河階。	濱溪植被(右岸天然林)	良好棲地現地保育
縮小	檢視崩塌治理必要性，僅於必要處設置結構物，盡可能縮減量體，避免於兩岸設置連續過長的結構物。若有設置溪流橫向構造物之需求，盡可能降低構造物之高度，以符合洄游生物之移動能力。	濱溪植被、哺乳類、地棲型鳥類、澤蟹、洄游性生物	維持溪流橫向及縱向生態廊道、減少濱溪天然棲地損失
減輕	以緩坡、高粗糙度表面、多孔隙、高透水性為護岸設計準則，以提供生物使用。	哺乳類、地棲型鳥類、澤蟹、食蛇龜	維持溪流橫向生態廊道、多孔隙及透水設計使澤蟹可以使用並拓殖其族群。
補償	需設置護岸處，在完工後進行植生復育（減少外來種子進入、選擇性人工除草、當地原生種培育種植等），並設置適當之人工生態廊道，提供需求來往於兩岸林地及濱溪環境之動物活動使用。 於溪流橫向構造物上設計人工生態廊道(如：魚道、緩坡道等)	濱溪植被、濱溪動物(食蟹獾、食蛇龜...等)、洄游性生物	補償新設構造物所造成之植被損失及動物遷移阻礙。

根據 106 年水土保持手冊之說明以臺灣山坡地森林植被地區，崩塌裸露後之植生演替系列變化為例，一年生草本常為多年生草本取代，草本多為灌木取代，灌木為喬木取代，而形成複層林植物社會，其演替歷程大致為受擾動形成裸地→草生地(陽性草本)、灌叢植物(陽性灌叢木本)→陽性樹種(5 到 6 年出現)→陰性樹種(30 到 50 年出現)→陰性草本→陰性大樹(70 到 80 年出現)→著生、蔓藤植物→極盛相複層林(地被層、草本層、灌木層、中喬木層、大喬木層)(林信輝，2016；Chen，2014)，植生演替系列變化如圖 6-14 所示。

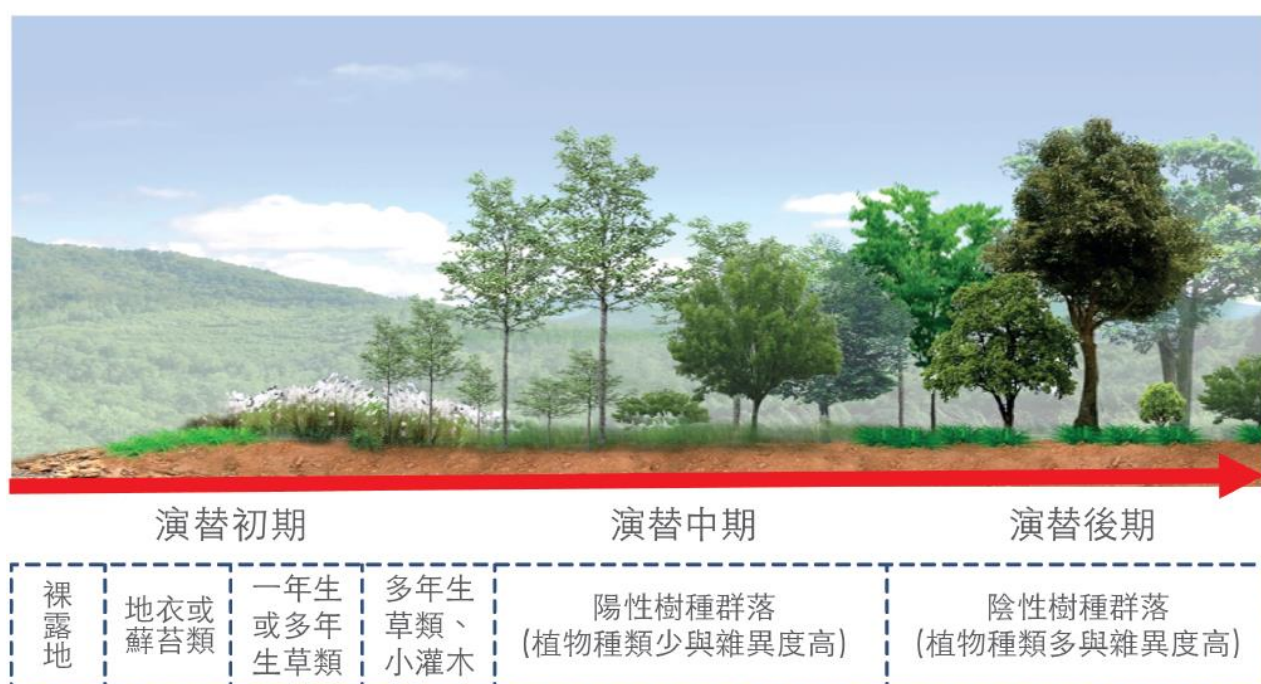


圖 6-14、植生演替系列變化示意圖(106 年水土保持手冊)

因此根據前述生態調查與分析成果，選擇上以臺灣原生種或區域原生種為原則，並挑選可作為復育河岸、沖刷面或崩塌裸露區之向陽環境先驅的物種。因此本計畫針對工程治理後植生處理建議人工撫育的植物清單(護岸周邊植生復育)，可彙整如下所示：

草本：小毛蕨、腎蕨、蓮草、五節芒、月桃

灌木：牧野氏山芙蓉、大葉溲疏、小葉桑

喬木：菲律賓饅頭果、細葉饅頭果、九芎、血桐、食茱萸

6-4、整體治理災害處置策略

近年來水土保持工程規劃除避免生態衝擊外，更應思考基於自然的解決方案(Nature-Based Solutions, NBS)，其概念是架構在「思考人與自然關係」上，來獲取環境、經濟與社會的共同效益。為因應環境永續及地方發展的多樣議題與多元需求，採用「基於自然的解決方案 (NBS)」的概念，融合自然為本的永續環境思維，尋求具有共同效益的對策與方案。在處理土砂災害相關課題的同時，一併考量環境永續議題，以順應環境特性避免生態衝擊為工程規劃之首要考量，避免相關措施破壞自然生態與環境。就現有的巴朗溪集水區之河川排水防洪設施，雖訂有防洪保護基準，惟隨著氣候變遷下的洪水量增加及土砂災害等威脅逐漸加大，現有設施的防洪保護能力降低。因氣候變遷有極其高度的不確定性，必須導入風險管理構想與策略，透過公私協力，推動災害風險治理與風險管理，來減緩及調適氣候變遷的衝擊。

經現場調查及水理分析，評估集水區內災害敏感區，配合生態調查成果採取適宜工法進行規劃，以降低對自然環境及生態的衝擊，本溪段為國內低海拔已少見之天然且完整之溪流河段，若後續須投入工程治理建議以維持兩岸至溪流的橫縱向生態廊道之暢通以及維持兩岸林地完整性為考量，本區生態系擁有茂密、外來種稀少、演替時間長、多樣性高的濱岸植被帶。

經期中審查後，本計畫執行團隊與主辦機關共同於 7 月 27 日進行現地勘查評估，主要針對上述整體規劃配置與對策，主辦單位會同本計畫執行團隊進行河道生態說明與規劃配置勘查，主要針對林務局花蓮林管處執行之項次 1 至項次 8 工程建議部分進行現地討論。其中針對項次 1 與 2 上游崩塌地與大規模崩塌區監測部分，可由森林護管員進行定時勘查或於颱風豪雨及地震後確認崩塌變異狀況，若有發現變異可由航遙測或無人載具空拍確認。

而針對項次 3 至 6 部分，主要為河川右岸攻擊側部分，配置石籠與植生護岸減緩河岸掏刷之考量，經討論後，因該區生態系仍較為完整，雖配置低強度工程規劃，但工程介入後仍對既有生態系造成影響與破壞，先以持續觀察為目標，建議可由森林護管員每半年(約汛期前後)進行勘查，或由颱風豪雨及地震後確認變異狀況後再通報處理。另針對項次 7 至 8 配置橫向構造物疏濬事宜，因考量橫向構造物乃阻斷阻斷洄游生物縱向遷移路徑的重要因素，配置橫向構

造物導致洄游生物因落差過大無法成功往上游回溯的現象，也影響水生生物棲地環境，另考量工程介入後仍對既有生態系造成影響與破壞後，建議先以長期觀察確認土砂變異狀態後再評估是否進行處理。本計畫除針對上游林務局花蓮林管處管轄之國有林班區外，也針對下游各相關單位如農水署花蓮管理處、水保局花蓮分局與花蓮縣政府等提供建議施作工程，可針對巴朗溪集水區共同治理共同推動執行，如表 6-5 所示。如取水工處會定時淤土墊高取水，若搭配疏濬，提升取水效能與改善河道淤積問題等。配置水位監測，可提前進行疏散避難，降低居民生命財產損失。

本計畫提出之整體治理災害處置策略，(1)針對上游段主要以林務局花蓮林管處管轄之國有林班區內，主要為人為干擾低且兩岸林相之生態系統，目前土砂與崩塌狀況相較穩定，建議不宜以工程治理手段進行大型開挖與整治作業，破壞既有生態環境，建議於汛期前後(半年)進行航遙測監測與定期巡視為主。(2)針對中下游段一般山坡地內，因目前河道主要為土砂淤積狀況，建議以疏濬、護岸堤防加高與水位監測手段進行處置。

倘若後續若有災害治理需求時，再評估是否進行施作相關土砂面向之災害處置策略，以利災後環境穩定，減緩水砂災害影響，加速環境復原狀況。

表 6-5、整體治理災害處置策略

項次	工程內容	TWD97 坐標		執行機關	評估處置
		X	Y		
1	154 林班上游崩塌地監測	303041	2620303	林務局花蓮林管處	持續觀察
2	巴朗溪河岸崩塌監測	302018	2621005	林務局花蓮林管處	
		302499	2620255		
3	定期巡視與監測(半年)	302360	2620352	林務局花蓮林管處	
4		301875	2621205	林務局花蓮林管處	
5		301813	2621451	林務局花蓮林管處	
6		301709	2621503	林務局花蓮林管處	
7		301620	2621553	林務局花蓮林管處	
8	定期巡視與監測(半年)	301430	2621632	水保局花蓮分局	
9	取水工(2K+850)更新疏濬	301270	2621639	農水署花蓮管理處	提供參考
10	1K+955~2K+050 定時疏濬、護岸堤防加高	301002	2621468	水保局花蓮分局 花蓮縣政府	
11	水位監測、定時疏濬	300351	2621515	花蓮縣政府	
12	0K+550~0K+725 定時疏濬、護岸堤防加高	299934	2621259	花蓮縣政府	
13*	巴朗溪上游護岸保護	301823	2621179	水保局花蓮分局	

註：*為土砂工作坊宣導經居民反應後，執行現地會勘後納入參考



拍攝時間：111 年 7 月 27 日

圖 6-15、現地討論評估狀況

柒、土砂防災工作坊

一、工作坊辦理

本計畫擬透過前述調查資料蒐集、分析研擬集水區治理對策及中長程規劃等工作內容，保全下游居民的災害風險，然為取得在地社區共識，規劃將彙整調查成果與集水區治理對策、中長程規劃措施等內容並辦理土砂防災工作坊，讓在地民眾了解所在地區土砂、山林現況、災害變化及未來治理規劃，並期望參與民眾表達在地社區意見，且能與花蓮林管處相關人員進行交流及討論，土砂防災工作坊相關規劃內容如下：

(一)、目的：

1. 提供民眾本計畫相關土砂防災規劃及帶領民眾了解緣由。
2. 提升民眾參與防災之意願、分享在地社區所見與林管處整治規劃結合。
3. 強化花蓮林區管理處與加里洞社區之連結。

(二)、辦理構想：

落實土砂防災教育，強化民眾的土砂防災意識與參與意願，並讓民眾了解花蓮林區管理處預計於社區相關地域辦理之土砂防災規劃，亦能讓民眾能多方表達相關意見供權責單位參考與進行改善。

(三)、活動日期

於111年9月13日辦理於加里洞活動中心，了解不同背景成員針對社區與後續治理關注重點，並預定於相關規劃成果完成後進行辦理。

(四)、參與對象

花蓮林區管理處相關工作人員，加里洞社區民眾。

本次土砂防災工作坊主要針對集水區災害分析與生態調查及大規模崩塌活動機制等議題，向民眾說明與交流，辦理成果如圖 7-1 所示。經土砂防災工作坊辦理後，加里洞居民踴躍提供相關意見回饋事宜，舉凡桃芝颱風淹水經驗、易致災點位、過往大規模崩塌變遷、主支流排洪能力與疏濬的看法分享，根據分享位置與類型彙整如圖 7-2 所示，因加里洞部落上下游涉及不同權責機關，就上述相關意見回饋，可提供集水區共同治理與軟硬體防災措施規劃參考。





圖 7-1、土砂防災工作坊辦理成果(續)

拍攝日期：111/9/13

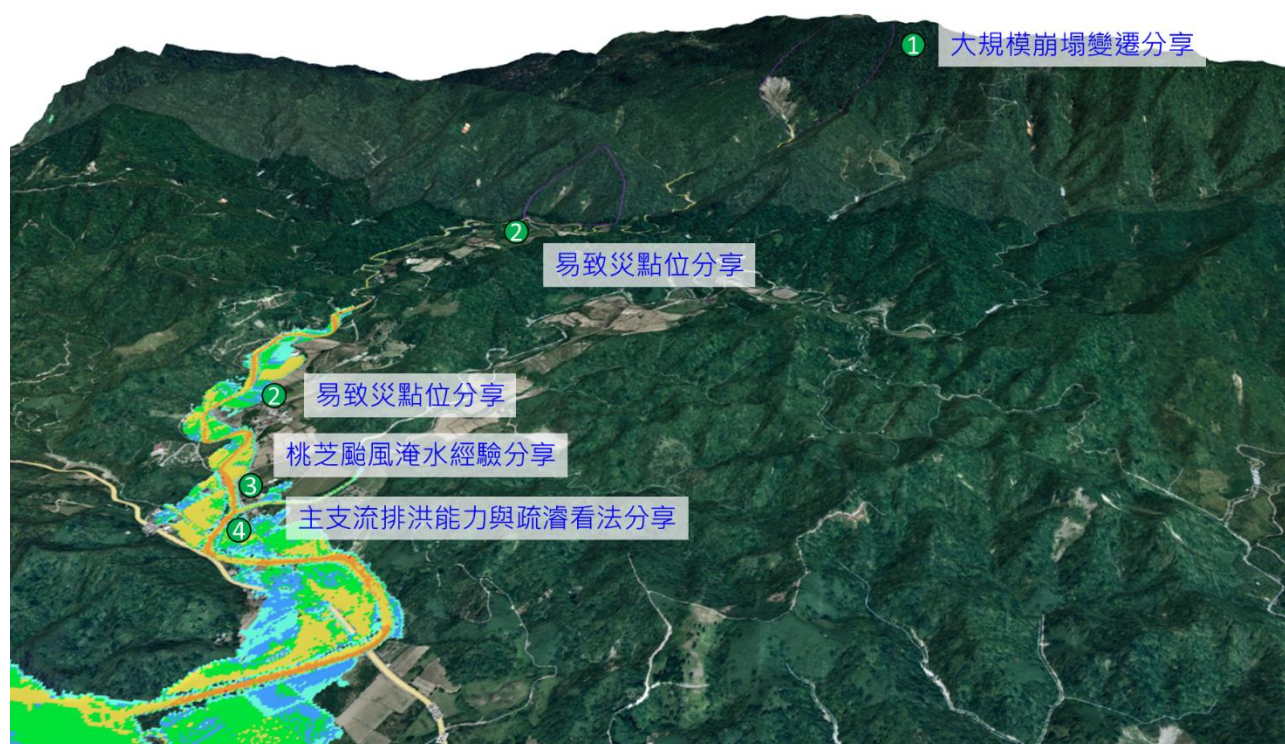


圖 7-2、居民意見回饋事項彙整圖

二、宣導後會勘工作

經土砂宣導工作坊後，為協助居民反應，巴朗溪畔農地因水流侵蝕掏刷影響，導致河岸擴大，以致農地土地面積縮小與流失事宜。因未有護岸保護設施，希冀主辦單位能現地勘查後給予相關建議與協助，針對該處(TWD97 坐標，X：301823，Y：2621179，如圖 7-3 所示)，由主辦機關與加里洞社區總幹事帶領，於 9 月 30 日進行現地勘查，經調查得知其河岸確實遭受掏刷侵蝕，如圖 7-4 所示，但土地位處於一般山坡地，其權責單位屬於水保局花蓮分局管轄，後續則建議水保局花蓮分局可評估本次計畫生態與河道調查成果，考量河段護岸保護措施之必要、迫切與可行性後施作護岸，抑制暴雨後洪水暴漲之侵蝕作用。因近年來推行 NbS(自然為本解決方案)的工程規劃概念，建議後續可以朝仿自然護岸的想法與概念進行施作，且因該河段具有河海洄游性之大吻鰕虎以及貪食沼蝦等生物，為本計畫生態保育指標，後續應考量縱向生態廊道應予以維持或改善溪流之現況為目標。

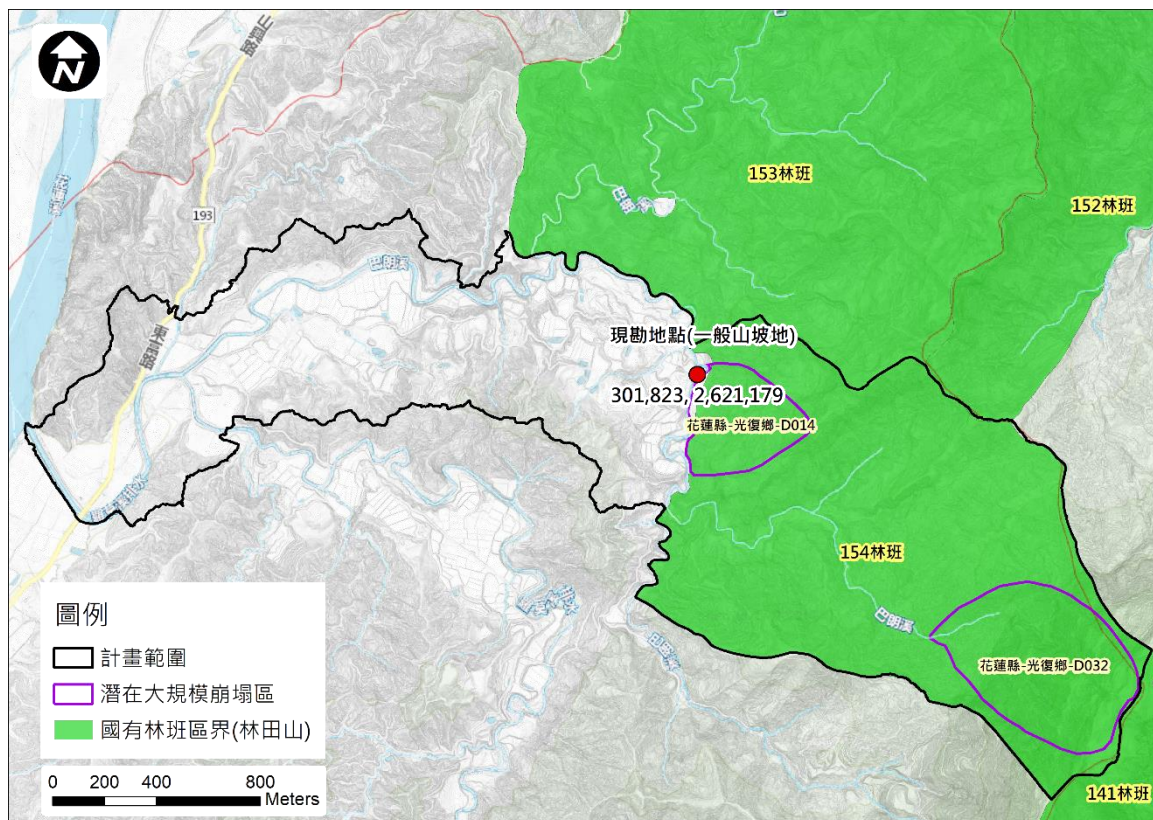


圖 7-3、宣導後會勘地點一覽圖



圖 7-4、巴朗溪畔河岸勘查(111 年 9 月 30 日)

捌、結論與建議

8-1、結論

一、集水區環境資料更新與分析

本計畫已完成集水區現況資料更新與分析，包含崩塌地、數值地形、地質、土地利用、水文觀測、歷史災害、保全對象及歷年衛星影像或航空照片等。就訪談居果成果，該區歷史受災主要已 90 年桃芝颱風造成之水患災害。

二、集水區調查與問題分析

本計畫已完成計畫區內既有治山防災構造物、河防構造物及跨河構造物，已收集各構造物之相關資料，並資料彙整及現地調查之工作，後續更針對調查結果進行河道沖淤現況調查、可能溢流段斷面測量等，以歸納出計畫區內各工程治理成效及容易造成工程損壞之原因等，以作為本區後續工程治理規劃之參考，就目前計畫區內主要溪流問題主要為細顆粒土砂材料淤積為主，而治山防災構造物目前狀況大多良好。

針對潛在大規模崩塌區現地調查部分，本計畫已完成計畫區內 2 處潛在大規模崩塌區(光復鄉 D014 與 D032)調查，如基本資料蒐集、細部特徵影像判釋、現地特徵點調查等作業。

針對溪流生態環境現地調查部分，本計畫調查針對潛在大規模崩塌區(光復鄉 D014)至上游匯流口周邊約 1km 之河段，水域生態及陸域動物部分，已於此範圍內設立 3 處固定調查樣站(或穿越線)，以及 2 處紅外線自動相機樣點，於豐、枯水期各執行一次調查。在植物部分則執行此範圍內河段全線之植被調查。

三、潛在大規模崩塌區崩塌機制特性

針對花蓮縣-光復鄉-D032 調查與分析成果，依據高精度數值地形特徵判釋、現場調查與 TCP-InSAR 活動性分析結果，花蓮縣-光復鄉-D032 冠部未有明顯現生裂隙或活動痕跡，植物生長與地表狀況顯示近年活動性較低，且未有明顯潛在大規模崩塌整體活動特徵，僅坡面部分區域具有活動特徵，具有活動特徵處主要鄰近侵蝕溝與坡面趾部。

針對花蓮縣-光復鄉-D014 調查與分析成果，花蓮縣-光復鄉-D014 所在的八里灣層順向坡受到巴朗溪的側向侵蝕，造成部分坡趾破壞，同時入滲的天水造成頁岩吸水膨脹與坡面侵蝕溝發育，使局部坡面破壞並沿層面滑動而形成現在所見之細部地形特徵。依據高精度數值地形特徵判釋、現場調查與 TCP-InSAR 活動性分析結果，花蓮縣-光復鄉-D014 與花蓮縣-光復鄉-temp001 皆位於順向坡，坡趾未見光，坡面未有明顯潛在大規模崩塌整體活動特徵，坡面部分區域在 TCP-InSAR 觀測期間具有活動特徵，具有活動特徵處主要鄰近侵蝕溝，但風險可能較低，滑動體破壞可能造成挾砂水流影響巴朗溪下游加里洞部落。

四、集水區災害分析

針對水文水理分析部分，本計畫將整合上述水文分析與斷面資料建置水理模式，並進行水理分析，其成果顯示，本區域下游段花蓮溪匯流口至羅莫溪與巴朗溪匯流後保護標準皆達 25 年重現期，僅羅莫溪匯流段水位高漲致巴朗溪無法匯入，使該段防洪能力僅 10 年重現期；中游段巴朗溪羅莫溪與巴朗溪匯流前至農田下游處，保護標準皆達 10 年重現期，且 25 年不溢堤；上游段農田下游處至主恩橋 1K+955~2K+200 因右岸雜草較多且低於左岸高程，故該河段防洪能力僅 5 年重現期其餘河段防洪能力達 10 年重現期。

針對水砂影響分析部分，本計畫採用重現期 50 年推估之水砂流流量，進行水砂數值模擬成果顯示，而針對 2K+450 以上之中上游部分則因河道兩側高差較大，除第一階河階地溢淹外，則無水砂影響農田與住戶情況發生溢堤漫流，因此建議除提高既有堤防或疏濬提高斷面通洪能力外，也建議上游增加適當橫向工程構造物，創造淤砂空間，減少河床淤積抬升並進行定期疏濬，提高斷面通洪量。訪談當地民眾得知於民國 90 年桃芝颱風(經分析重現期距約 50-100 年)侵襲時此區遭逢颱風豪雨有泥水灌入民宅之情勢，部分淤泥深達膝蓋處(模擬達 50 公分)，其描述狀況與受災區位(稻作區自任祥橋一帶)，也與模擬情況相符。

五、整體治理規劃對策

有關集水區之治理對策，針對集水區土砂來源及致災原因進行分析以擬定相關治理對策。經過調查和分析之後，本計畫區域之主要致災原因包含有(1)崩塌、(2)河道淤積、(3)水砂致災災害等問題，因此治理上應針對重點地區施行治理或整治，以減少土石災害或水患發生對當地保全對象之影響。經現場調查、水理分析、生態環境與現地評估討論後，針對集水區內之災害敏感區研擬相關整治對策，主要以監測、清疏與堤岸加高等。除各單位工程配合措施外，減少土砂災害亦可透過災害管理之手段來達成。對於防災管理事項則包含：土地利用之管理與管制、避難疏散等防災、減災作為。工程設施固然有其防災保護的功能，當風險因子高於設計保護條件時，工程設計仍有其保護上限並非萬能，集水區整體治理工程完成後仍應配合完整的防災管理作為方能將災害減低。

六、土砂防災工作坊

主要針對集水區災害分析與生態調查及大規模崩塌活動機制等議題，向民眾說明與交流。經土砂防災工作坊辦理後，加里洞居民踴躍提供相關意見回饋事宜，舉凡桃芝颱風淹水經驗、易致災點位、過往大規模崩塌變遷、主支流排洪能力與疏濬的看法分享，民眾對於本次集水區共同治理表達支持，但能希望透過相關上、中、下游各權責單位整合，共同解決社區淹水與土砂問題。

8-2、建議

- 一、依據現地調查成果，巴朗溪土砂淤積情形較嚴重，配合本計畫模擬分析成果顯示集水區具有洪水氾濫之威脅，建議各權責單位於汛期前能辦理清疏並評估堤岸通洪能力，避免洪水溢堤使民眾生命財產受到威脅，或增設水位站以利災害決策判斷，期望能減少下游保全對象受土砂之危害。
- 二、建議未來持續加強對巴朗溪集水區上游崩塌地(含兩處大規模崩塌區域)進行監測，因該崩塌屬於民眾重點關注區域，在相關治理對策尚未完全執行前，建議花蓮林區管理處應於重大降雨或地震事件後以衛星影像、無人載具空拍等工具密切注意集水區崩塌地變遷情形，或併入另案持續觀察，以於災害發生前掌握相關跡象與徵兆。

- 三、建議本區本溪段為國內低海拔已少見之天然且完整之溪流河段，溪流兩岸植物鬱閉程度高、人為干擾低與兩岸林相完整等，兩岸已有演替中晚期植被，既有護岸也已發育為多樣性次生林，具有特殊植物北降現象，是擁有茂密、外來種稀少、演替時間長、多樣性高的濱岸植被帶，是相對健康之生態系，應由相關單位與社區共同努力維護其狀況，不宜破壞。
- 四、本計畫提出之整體治理災害處置策略，就現有的巴朗溪集水區之河川排水防洪設施，雖訂有防洪保護基準，惟隨著氣候變遷下的洪水量增加及土砂災害等威脅逐漸加大，現有設施的防洪保護能力降低。因氣候變遷有極其高度的不確定性，必須導入風險管理構想與策略，來減緩及調適氣候變遷的衝擊。建議應參考本計畫所訂策略，同時考量環境生態與土砂災害狀況兩者並重下提出整體治理災害處置策略。(1)針對上游段主要以林務局花蓮林管處管轄之國有林班區內，主要為人為干擾低且兩岸林相之生態系統，目前土砂與崩塌狀況相較穩定，建議不宜以工程治理手段進行大型開挖與整治作業，破壞既有生態環境，建議於汛期前後(半年)進行航遙測監測與定期巡視為主。(2)針對中下游段一般山坡地內，因目前河道主要為土砂淤積狀況，建議以疏濬、護岸堤防加高與水位監測手段進行處置。
- 五、因本計畫主要針對林田山 154 林班地之巴朗溪流域進行調查與分析，考量整體流域仍有 153 林班、羅莫溪流域與相關支流集水區之區域，因上游仍有較多地質敏感區，雖本巴朗溪流域之主要泥砂供應來源為 154 林班上游花蓮縣-光復鄉-D032 坡腳之崩塌地，但仍可建議後續可擴充其他集水區進行該區域之調查評估，掌握區域土砂變異情勢。