

# 藤枝聯外道路莫拉克復建歷程

撰文 | 林孚瑞 (林務局屏東林區管理處技正／通訊作者)

吳重君 (勇霖工程顧問有限公司技師)

施保呈 (林務局屏東林區管理處課長退休)

陳俊吉 (高標工程顧問有限公司技師)

林彥志 (林務局屏東林區管理處課長)

## 前言

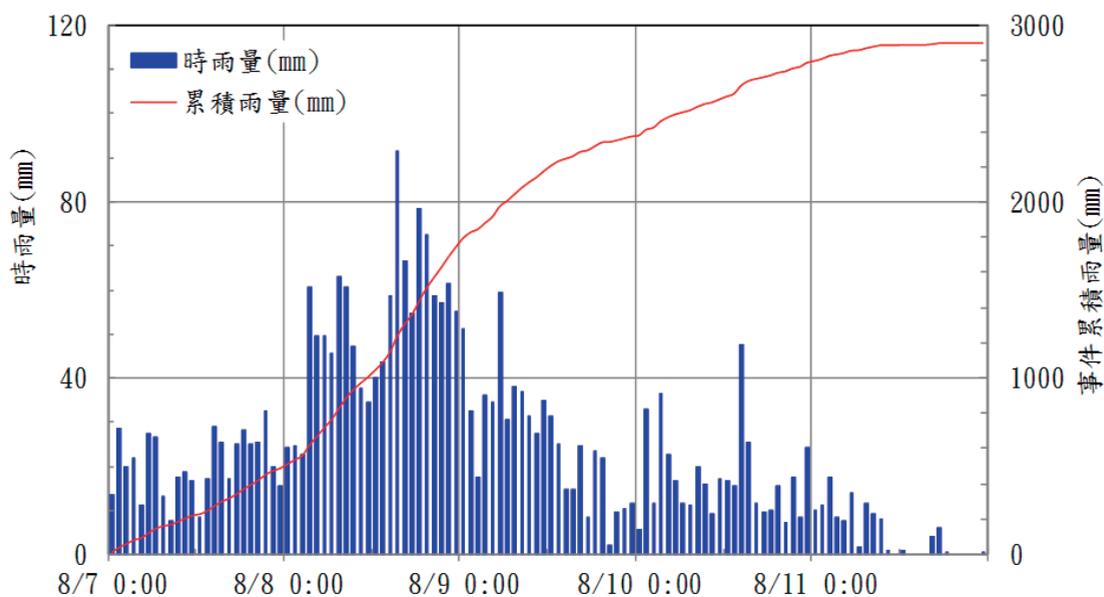
藤枝聯外道路位於高雄市六龜區與桃源區，為通往藤枝國家森林遊樂區與周邊居民主要道路，聯外道路沿邦腹溪右岸稜線山麓起伏而上，沿線地層主要為廬山層，以中新世的硬頁岩和板岩為主，聯外道路因地勢陡峭，加上坑溝向源侵蝕、坡面岩盤風化等影響，前期陸續有大小規模之邊坡崩塌與路基災害流失。

御油山雨量站1993—2020年資料顯示，聯外道路沿線之平均年雨量為4,078公釐，而2004—2012年期間因受海棠颱風、莫拉克颱風、以及610豪雨等降雨事件影響，平均年雨量高達5,183公釐，明顯高於其它年份。此外，2009年8月莫拉克颱風期間，8月7—9日連三日累積雨量2,367公釐（約平均

年雨量58%），8月7—11日連五日累積雨量達2,895公釐（約平均年雨量71%）（圖①）。聯外道路因受此次超過200年降雨重現期之超大豪雨摧殘，沿線道路柔腸寸斷，林務局屏東林區管理處（以下簡稱屏東處）有鑑於此道路為遊樂區及沿線居民對外生命動脈，故同仁不畏艱難，於雨後冒險展開勘災（圖②），以掌握災情，擬定有效搶通搶險對策。

## 莫拉克災況調查與復建對策

經勘查與統計後，聯外道路沿線除有16處大型崩塌地外，尚有32處中小型災害，故屏東處考量邊坡暫未穩定無法立即復建，故2009年8月底先完成全線搶險與搶通任務，並於2010年1月底完成沿線便道補強與安全警示措施，作為沿線居民出入與後續復建期間施工車輛通行。



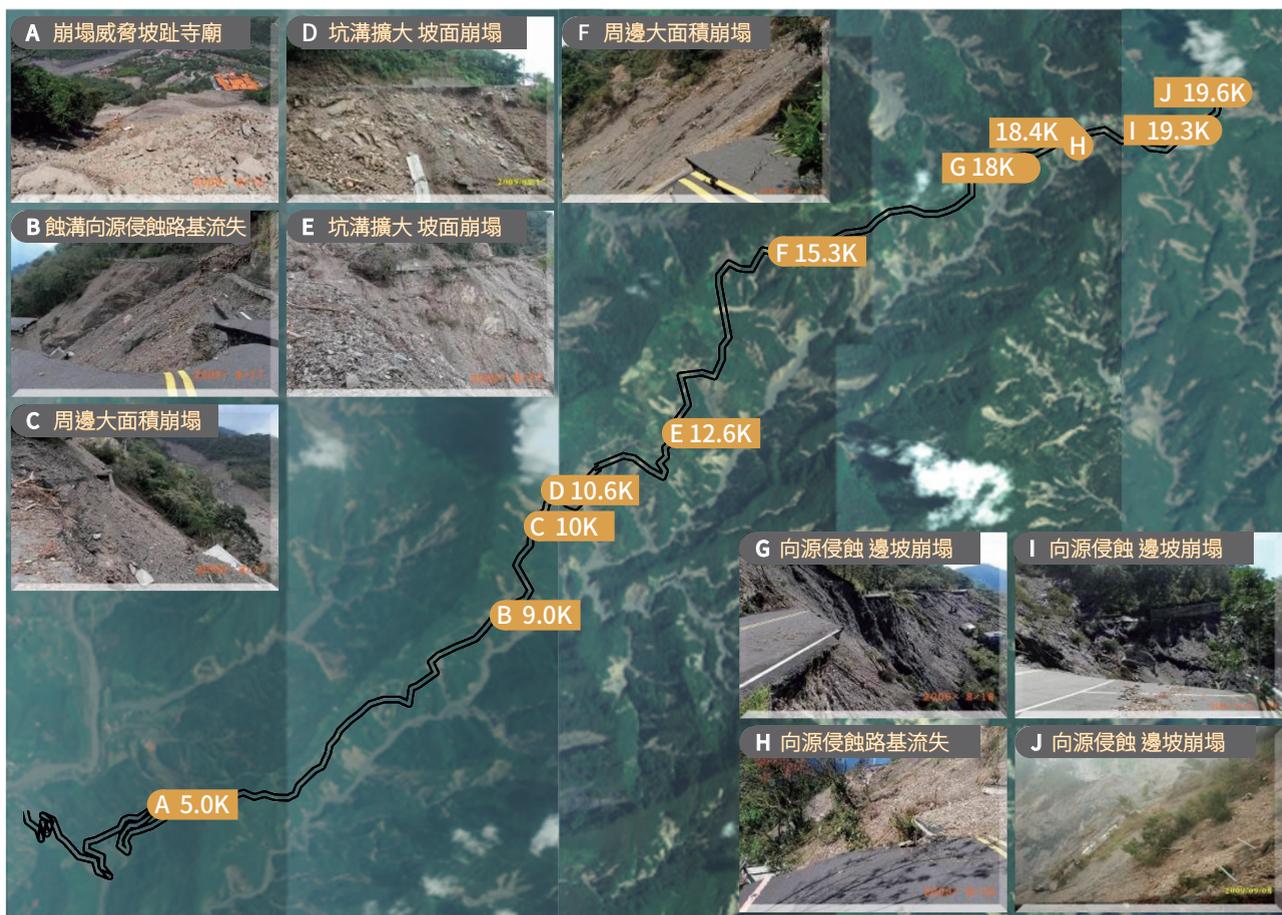
① 御山雨量站2009年莫拉克颱風降雨歷線圖

考量全線災害點位之破壞機制不同，且為能使用有限資源發揮最大功效，故2009年底除緊急辦理「莫拉克風災舊潭邊坡穩定緊急處理」、「藤枝林道1K周邊莫拉克災害緊急復建」、「莫拉克緊急災害復建」等3件影響範圍最大之搶修工程外，更同步啟動「藤枝林道莫拉克災害復建方案整體調查規劃」工作，進行全線災因調查，且在兼顧道路線型與用地取得等因素，評估適當之復建方案，並依治理急迫性，提出整治優先順序、復建工法與經費估算，期能於2012年初使全線恢復丙種林道標準，供丙類以下大客車安全通行，使遊樂區得以重新開園。

經過林務局前局長顏仁德親自帶隊勘查災情，以及多次邀集專家學者與居民會商復建方案後（圖④），於2010年7月完成「藤枝林道莫拉克災害復建方案整體調查規劃評估成果報告」，評估報告建議於5年期間，動用約6.4億元之經費，區分為短、



② 2009年莫拉克颱風後勘災實況



③ 聯外道路沿線大型崩塌地災況

中、長期推行復建，各分期目標說明如下：

- (1) 短期復建：邊坡暫未穩定無法立即復建，故2009—2010年先以維護便道、加強安全與夜間警示等，可供居民及施工機械安全通行為目標。



④ 各界積極參與復建方案之討論

- (2) 中期復建：2011—2013年推動路基復建、橋梁、護坡工等工程，以求路基之永久穩定。
- (3) 長期復建：崩塌坡面穩定後，於2013年底評估各坑溝整治與邊坡穩定工程之需求性。

然而，因經費有限，短中期工程成效顯著，及延續2012年610豪雨導致18K—20K路段災情惡化等因素，整體規劃不斷滾動修正，2009—2020年間之案件實際執行情形(表1)。

表1：聯外道路歷年復建工程執行情形

年度	工程件數	發包金額 (千元)	工程說明與概述
2009年	3件	36,688	災害緊急復建、邊坡穩定緊急處理
2010年	5件	167,370	興龍、3.5—5K、花果山周邊災害復建
2011年	7件	232,127	舊潭、寶山橋、二集團、13K災害復建
2012年	1件	42,400	3.2K附近邊坡加強
2013年	2件	38,198	2—18K路基邊坡維護、整體調查規劃
2014年	2件	11,180	路基改善、延續監測與補充調查規劃
2015年	2件	21,308	0—18K道路路基改善工程
2016年	2件	20,300	0—18K路基及設施改善工程
2017年	2件	12,930	道路邊坡及道路改善工程
2018年	4件	24,340	7.2K周邊坡面處理、0—10K路面改善
2019年	3件	13,730	道路改善、18K周邊邊坡初期穩定工程
2020年	2件	42,770	18K路基及邊坡處理工程
合計	35件	663,341	

## 沿線災害復建簡介

調查與評估報告指出，除莫拉克風災所帶來之長延時與高強度豪雨為共同致災主因外，尚有幾個常見致災因素，以下將逐一介紹較具代表性之災害類型及採用之復建對策：

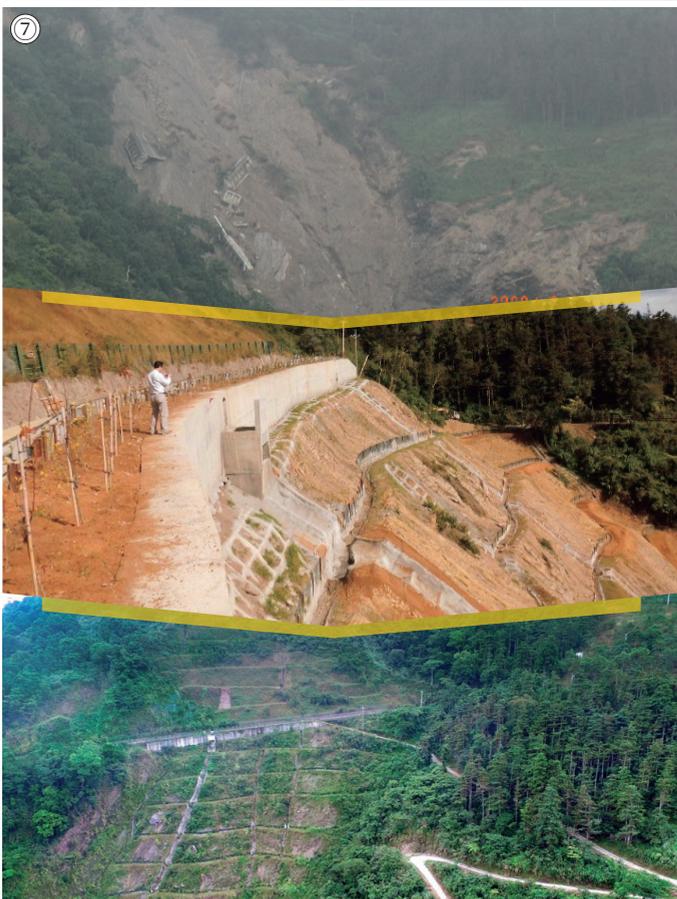
### 坡地排水功能不足

自然邊坡具有一定之排洪能力，但若人工開闢邊坡而未做好水土保持設施，原有排水系統無法承受強降雨期間所衍生之逕流時，邊坡便會崩塌與致災。以藤枝15.3K崩塌地為例，此次崩塌地冠部為農路之迴頭彎，路

面排水由此處溢流沖蝕坡面，加速惡化坡面穩定性，最終導致道路路基流失，臨時便道中心線與過去原路線中心線偏離約9公尺；此外，因便道所在坡面覆蓋大量崩積土，故災後每逢豪雨易造成坡面沖蝕，坡面坑溝刷深，路基再次流失。

本路段治理對策上，短期先以維持汛期便道穩定為目標，爭取中期順利興建永久性道路，最後，以坑溝整治與邊坡穩定工程，使邊坡趨於穩定；然而，各階段工程作為說明如下：

(1) 短期：搶修初期以鋼軌樁對拉路基迅速



搶通，且補強便道穩定與減少挖降；其中，上邊坡側之鋼軌除提供對拉外，亦具有簡易防落石柵功能，而經由對拉後之下邊坡側鋼軌，對於地形陡峭路段可提供更佳之穩定性（圖⑤）。

(2) 中期：為重建聯外道路，於下邊坡側興建永久性擋土牆，其中，原便道下邊坡側鋼軌可轉化為谷側之臨時擋土設施，且為減少開挖寬度，縮減懸臂式擋土牆底板，改搭配PC樁以補強整體結構穩定性（圖⑥）。

(3) 長期：完成聯外道路之重建後，接續以開階整坡、木構山腹工、帶狀型框、以及噴漿縱橫溝等手法，重建與強化坡面排水系統，進而達到邊坡穩定之終極目標（圖⑦）。

### 坑溝侵蝕與擴大

藤枝10.6K與12.6K兩處崩塌地均為坑溝通過，該坑溝兩側邊坡為鬆散土石或風化岩盤，災前平時便有零星落石，莫拉克風災時，坑溝受洪水掏刷而形成大範圍崩塌。災後因坡面裸露且存在大量不穩定土石，加上地勢陡峭，故常有岩塊或土砂崩落現象，且因坡面堆積大量不穩定之崩積土石，汛期坑溝有繼續刷深之虞。

⑤ 鋼軌樁對拉工法標準斷面圖及施工實例  
 ⑥ 補強式永久性擋土設施標準斷面及施工實例  
 ⑦ 治理後工區現況

表2：復建方案之綜合評估表

項目	型式	橋梁跨越方案	擋土牆復建路基方案
施工經費		橋長曲線長140公尺，經費約4,200萬	原路基線型之曲線長200公尺，擋土牆與路基之工程費約3,000—4,000萬
施工工期		約250工作天	約150—200工作天
技術要求		基樁與橋梁技術要求較高，專業廠商對山區施工意願稍低	施工技術門檻較低，施工廠商多
地質鑽探		落墩位置需有詳細地質鑽探資料	不需要或少量鑽探即可
結構安全		結構分析複雜，完工後設施穩定可靠	結構分析簡易，完工後設施穩定性受地質條件影響
周邊坑溝治理需求		輕度治理坑溝，可留待後期另找經費辦理	因路基緊鄰坑溝，須立即提高坑溝治理強度與穩定度
崩塌土石危害		輕度治理坡面，幫助坡面植生穩定	因緊鄰崩塌後不穩定邊坡，須完整與大範圍治理
對周邊水文影響		無或輕微影響	通水設施之斷面較小，遇土石流時，有兩次致災之虞
日後維護		一般不須特別維修	擋土牆路基完工後因地質破碎變異多，穩定性存疑
景觀協調		選擇量輕巧之橋型，營造跨越深谷之特殊景觀	一般山區道路景觀
交通阻礙		坑溝內與路外橋梁施工，臨時便道可維持交通	緊鄰臨時便道施工，施工與聯外交通互相妨礙
方案評估		建議方案	

本路段治理對策上，短期先以維持汛期便道穩定為目標，中期復建方案上則面臨眾多難題，相關決策過程說明如下：

(1) 方案抉擇：若以傳統高擋土牆等工法復建本段路基，需投入龐大經費治理坑溝與邊坡，事倍功半，遂以防災、減災與避災理念，規劃橋梁工法跨越崩塌坑溝，改線避開崩塌邊坡與降低危害，相關方案比較說明（表2）。

(2) 橋梁型式選定：考量聯外道路蜿蜒狹窄與災損嚴重，施工動線受限制，無法動用大型機具進場施工，評估各式橋梁優點後（表3），決議以內置免拆中空旋楞鋼管，且適合曲線之預力中空版梁橋，以較小之量體滿足高架長跨之需求（圖⑧）。

最後，在防災、減災、避災及順應地形觀念下，以橋面版最長為40公尺，墩柱最高達25公尺之曲線預力中空版梁橋跨越崩塌區

表3：橋梁型式綜合評估表

項目	預力混凝土中空版梁橋	預力混凝土 I 型梁橋	鋼箱型梁
型式			
施工經費	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 跨度30—40公尺之橋梁</li> <li>2. 適直線或曲線線型</li> <li>3. 梁身減量，造型輕巧</li> <li>4. 施工機具作業需求空間小，適合地形陡峭工區</li> <li>5. 模板作業較PCI梁精簡，適合山區小型橋梁</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 跨度20—40公尺之橋梁</li> <li>2. 施工成本費用較低</li> <li>3. 工期較短</li> <li>4. 預鑄品質控制較佳</li> <li>5. 業界施工技术純熟</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 跨度30—80公尺之橋梁</li> <li>2. 現場施工工期較短</li> <li>3. 造型輕巧、適曲線橋</li> <li>4. 耐震能力良好</li> <li>5. 工廠製造，品質穩定</li> </ol>
施工工期	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 坑溝架設工作架，風險較PCI型梁略高</li> <li>2. 場鑄施工品質管制困難</li> <li>3. 施工費用相對較高</li> <li>4. 工期較PCI型梁長</li> <li>5. 落墩數較多，受土石流危害機率亦較高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. I 型梁不易配設平曲線</li> <li>2. 坡度變化較大，易有折角，影響行車安全</li> <li>3. 梁斷面深度較深，視覺衝擊較大</li> <li>4. 結構景觀性較差</li> <li>5. 預鑄場地與吊裝作業需求空間較大</li> <li>6. 坑溝地形狹窄，吊裝作業困難</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 鋼構橋造價較高</li> <li>2. 定期維護成本高</li> <li>3. 山區多雨霧，易銹蝕</li> <li>4. 吊裝作業需求空間較大，倚重大型吊掛機具</li> <li>5. 構材細長比較大，易發生挫曲變形及振動</li> <li>6. 跨度長，施工危險性高</li> </ol>
結果	建議橋型		

域後，再以整坡、排水、護坡與坑溝整治方式，保護邊坡趾部與加速坡面復育，使崩塌地趨於穩定（圖⑨⑩）。

### 舊崩塌地再次崩塌

舊有崩塌地因地質鬆散雨水容易入滲，加上崩塌後自然形成的凹谷地形匯集雨水等不利因素，容易再次產生崩塌災害，藤枝4.5K崩塌地即為此類；此次災害造成聯外道路3.2K局部路段遭崩塌土石掩蓋，5.1K迴頭彎路基完全崩塌下陷，且崩塌土石危及下方之保全標的。

由地質鑽探及監測成果得知，工區屬於

地滑潛勢區，故治理對策與前揭案例有所不同，各期治理工作重點說明如下：

- (1) 短期：藉由崩塌外圍進行風搖木移除、冠部保護截水、坡面導水縱橫溝、以及臨時便道整理（圖⑪右3），避免崩塌範圍持續擴大與致災。
- (2) 中期：由於崩塌地具有地滑潛勢，且危及下方保全對象，故參考監測成果施作擋土排樁、邊坡護坡工與排水縱橫溝，並搭配造林等植生工法恢復邊坡穩定性。



- ◀ ⑧ 寶山1號橋施工步驟
- ▲ ⑨ 10.6K寶山1號橋2020年現況及2009年災況對照
- ▼ ⑩ 12.6K寶山2號橋2020年現況及2009年災況對照



⑪ 藤枝4.5K工區週邊緊急處理及中期治理工程配置



▲ ⑫ 高架化 S 型舊潭橋改善原有道路線型及排水問題

▼ ⑬ 藤枝4.5K工區復育過程 (2009—2020)

(3)長期：考量原有5.1K迴頭彎處坡度過陡，且有匯集坡面逕流之缺點，故改高架化S型橋梁方式通過，藉由增加道路長度方式降低坡度，並改善原有道路匯集坡面逕流問題（圖⑫）；此系列整治工法不但有效穩定邊坡（圖⑬），更改善道路品質，故獲重建會執行長陳振川與南辦處楊秋興政務委員嘉許。

### 坑溝向源侵蝕

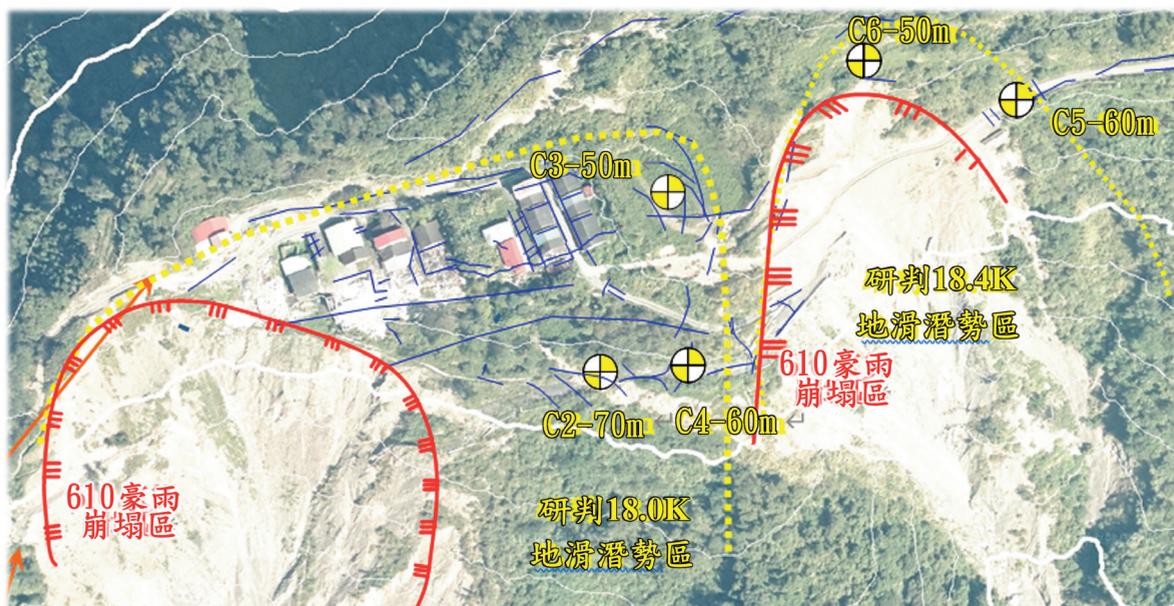
藤枝18—18.6K路段於2009年莫拉克後發生數處崩塌災害，屏東處雖於2010年1月完成便道搶修，2012年5月完成路工重建，但2012年610豪雨（6/10—6/12累積雨量

1,516公釐）後，18—18.6K路基再度因大範圍崩塌而嚴重流失（圖⑭），最大路基流失長度達270公尺。

由崩塌地之歷年正射影像可知（圖⑮），於2009年莫拉克風災前，下邊坡坑溝已有向源侵蝕情形，莫拉克風災與610豪雨之強降雨加劇向源侵蝕作用，造成路基崩塌與村落屋舍滑落，爾後，因邊坡穩定性持續不足，故2016年梅姬颱風與2017年603豪雨後，崩塌範圍仍持續變位滑移與擴大，故林務局將本區劃設為大規模崩塌潛勢區，一直沒有大型復建整治工程。



▲ ⑭ 莫拉克後藤枝18—18.6K路基變化  
▼ ⑮ 藤枝18—18.6K崩塌地周邊歷年正射影像



⑯ 藤枝18—18.4K地滑潛勢區範圍

為掌握崩場地之破壞機制，屏東處自2013年起陸續辦理鑽探、監測與集水區調查規劃，相關調查及研究成果摘要如下：

- (1) 因坑溝向源侵蝕之故引發崩塌，為藤枝18—18.6K路段之致災主因，評估未完成坑溝治理前，無法長久穩定崩塌坡面。又傾斜管與地表伸縮計量測成果顯示，18—18.4K路段位於地滑潛勢區內（圖⑯），邊坡滑動深度可達55公尺，且其變動量、地下水位與降雨量三者間具有正相關性。
- (2) 屏東處針對本區之復建雖曾提出三大構想，經評估地質、施工工期、工程難度與經費等因素後，以路基改善方案較

可行（表4）。此外，考量邊坡滿布裂隙，汛期地表逕流快速入滲，加劇崩塌災害，更威脅下游坑溝治理工程之安全，故建議先以開階整坡方式，使邊坡減載並排導地表逕流，以減緩逕流入滲與崩塌惡化速率，提供坑溝整治工程較安全之施工條件與充足之時間。

- (3) 藤枝18—18.6K路段整治依前揭調查規劃以分期方式推動治理，短中期以開階整坡與導排地表逕流為主，故屏東處自2020年起分期由上而下，辦理開階整坡與局部護坡工，其中一階施做臨時便道以進場鑽探監測，且利規劃後續長期復建方案。截至2021年5月底，刷除坡面鬆散土石約5.8萬立方公尺（圖⑰），

表4：藤枝18—18.6K方案評估表

	路基改善方案	橋梁方案	道路改線方案
<b>優點</b>	1. 短時間恢復通行 2. 柔性工法，容許局部變形，可隨時維修損壞	1. 配合上方遊樂區附帶觀光效益 2. 克服地質條件，結構把握度較高	1. 新路線皆位於林班地，不需徵收 2. 避開原路線不穩定地質範圍
<b>缺點</b>	1. 坑溝架設工作架，風險較PCI型梁略高 2. 場鑄施工品質管制困難 3. 施工費用相對較高 4. 工期較PCI型梁長 5. 落墩數較多，受土石流危害機率亦較高	1. I型梁不易配設平曲線 2. 坡度變化較大，易有折角，影響行車安全 3. 梁斷面深度較深，視覺衝擊較大 4. 結構景觀性較差 5. 預鑄場地與吊裝作業需求空間較大 6. 坑溝地形狹窄，吊裝作業困難	1. 鋼構橋造價較高 2. 定期維護成本高 3. 山區多雨霧，易銹蝕 4. 吊裝作業需求空間較大，倚重大型吊掛機具 5. 構材細長比較大，易發生挫曲變形及振動 6. 跨度長，施工危險性高
<b>可行性</b>	高	低	低

表5：18—18.6K治理對策彙整表

橋梁方案	道路改線方案
坡面深厚崩積層，下為破碎板岩	1. 開階整坡，浮動土石刷除 2. 坡面植生，減少表面沖刷
逕流入滲，邊坡滑動	階段平臺設置縱橫向排水溝，導引水流，減少入滲，分散截排逕流水
原通行道路中斷	將開階整坡平臺路基加勁穩固，恢復道路臨時通行功用
邦腹溪向源侵蝕	1. 以近期、中期及長期三階段進行坡面及坑溝治理 2. 邦腹溪設置系列防砂壩，保護崩塌坡面基礎



⑰ 藤枝18K周邊路段整坡示意圖與2021年5月現況

- 原過路橫溝處之路基流失100公尺，路基落差最高達30公尺
- 下方護坡與山腹工也有區部流失，周邊其餘設施大致完好



▲ ⑱ 藤枝18.2K處2021年8月盧碧颱風災情照片  
▼ ⑲ 藤枝國家森林遊樂區現況照片

整坡後之平臺階段，可攔截與導坡面逕流，臨時便道配合藤枝遊樂區開園時程，經補強與鋪設AC後正常天候時可供遊客通行。

- (4) 藤枝18—18.6K初期整坡成效原本良好，且完成2021年5月藤枝國家森林遊樂區開園目標，但經歷8月盧碧颱風一週累積1,820公釐超大豪雨沖蝕，18.2K處便道路基因在建之坑溝節制工尚未施工，便道路基強度與耐沖度不足，路面排水匯集低處下沖，引致路基流失約100公尺而交通中斷，但周邊其餘設施大致良好，此次災情狀況詳圖⑱。
- (5) 屏東處災後立即搶修交通與補強設施避免災害擴大，邊坡不穩定土石已部分崩滑，積極整治此區地滑可行性提高，後續將依據最新鑽探與監測成果，以科學數據探查地滑與研議長期復建方案，評估以基樁與地錨等高強度結構，永久性治理此地滑區之可行性。

### 藤枝聯外道路復建心得

本文以2009年莫拉克颱風後，藤枝聯外道路全線發生大規模崩塌為例，藉由現況與地質調查、坡地監測與破壞機制研究，研擬適宜之整治對策，並彙整相關復建心得如下：

- (1) 災害發生時，治理前之初步監測成果可作為整治工法及方案依據，以較佳與經濟之策略穩定邊坡。另完工後之延續監測，可用以評估工程完工後整治成效，配合長期與持續監測成果，提供邊坡災害預警與即時補強依據。
- (2) 地滑災害為板岩地區易遭遇地質災害，需針對其滑動機制適時使用基樁、排水、地錨，避免一味採用淺層之護坡與擋土整治工法（如植生、掛網護坡、加勁牆、擋土牆）。
- (3) 在林道防災、減災、避災觀念下，應以災前積極治理取代災後復建。因此，災害潛勢區於災前應設置監測系統，作為後續永久整治依據，整治後更應持續監測以預警災害或補強維護，防範突發大規模災害而阻斷交通、危害生命財產。
- (4) 雖面對聯外道路18—18.6K路段之嚴苛自然條件，但同仁仍以好事多磨之心態積極面對這最後一里路的挑戰，期許不久的將來，能讓遊客重歸藤枝國家森林遊樂區之懷抱。