

莫拉克風災藤枝聯外道路寶山二號橋 新建工程之介紹

文/圖 林秀勇 ■ 林務局屏東林區管理治山課技正(通訊作者)
施保呈 ■ 林務局屏東林區管理治山課課長
吳重君 ■ 勇霖工程顧問有限公司之大地技師與土木技師

一、前言

藤枝聯外道路位於高雄市六龜區與桃源區，為林務局屏東林區管理處(以下簡稱本處)轄管藤枝國家森林遊樂區與沿線居民通行主要聯外道路，道路起於台27線邦腹溪橋至出雲山管制站為終點，全長約19.7公里，沿線出露的地層主要為廬山層，廬山層大部分由黑色到深灰色的硬頁岩、板岩及千枚岩所組成，含有零星散布的泥灰岩團塊，平均降雨量為4,165mm(中央氣象局御油山站統計1993年至2012年)，因98年8月莫拉克颱風降下回歸週期200年以上之極端降雨所侵襲，造成多處路段發生路基流失與邊坡崩塌等災害，阻斷遊樂區與部落居民對外交通，本處於98年10月起辦理「藤枝林道莫拉克災害復建方案整體調查規劃評估委託技術服

務案」，進行災害原因調查、復建方案評估、路基復建線型與工法、用地評估、整治優先順序與經費估算等工作。

本處依據前揭整體調查規劃評估案之規劃成果，於100年辦理「寶山周邊災害復建工程」(基地位置詳圖1)，計畫採高架橋梁工法直接跨越12.6K路基嚴重流失路段，降低不穩定邊坡與坑溝對路基威脅並避開落石危險之災害，本工程由於規劃設計之創新性、挑戰性與周延性，以及施工品質優良之故，榮獲行政院農業委員會101-102年優良農建工程獎(設施類)，此外，寶山二號橋經歷102年多次颱風考驗，並無因豪雨影響阻斷交通情形，部落居民對於藤枝聯外道路整體復建及橋梁工法之復建成果，以及提供居民一條安全回家的路極為滿意，可謂達成預期功能與效益。



圖1 寶山二號橋基地周邊交通動線圖(地圖摘自上河文化公司出版品)

二、基地環境與風災紀實

(一)藤枝聯外道路之莫拉克風災概述

莫拉克颱風極端降雨造成藤枝聯外道路沿線4.5K、5.4K、9K、10K、10.6K、11.1K、11.6K、12.6K(本案寶山二號橋址)、13.2K、14.1K、15.3K、18K、18.4K、18.6K、19K、19.4K等16處崩塌超過100m之大型路基崩塌流失災害路段，另有中型與小型路基災害約32處，合計共有48處大小路基災害點，可謂完全阻斷部落居民與遊樂區對外交通。

藤枝聯外道路沿線搶險搶通工作，本處已快速於98年8月底前完成，於各災害路段構築便道，優先確保部落聯外交通無虞，接續於99年1

月完成前揭便道補強與安全警示工程，提升居民通行安全性，並提供後續復建工程施工期間大型施工車輛通行。

(二)基地災情與災因分析

「寶山周邊災害復建工程」(寶山二號橋)工址位於藤枝聯外道路12.6K處，位於11.1K處寶山部落與14.7K二集團部落之間，圖2顯示災前12.6K工區為小坑溝地形，坑溝內植生茂密，僅以小通水管涵路下跨越聯外道路，莫拉克颱風帶來豐沛的雨量，御油山站測得連續降雨量統計如下：8月7日單日雨量達501mm，8月8日單日雨量達1,283mm，8月9日單日雨量達583mm，8月10日單日雨量達423mm，8月11日單日雨量

達105mm，五日累積雨量達2,895mm(佔98年總雨量之60%)，其中8月7日至9日三日累積雨量2,367mm(佔98年總雨量之49%)，其極端降雨由坑溝上游農路攔蓄逕流，集中沖蝕坑溝源頭區，最初先刷深坑溝與沖蝕坡腳，引發坑溝上

游邊坡發生全面性崩塌，崩塌坑溝長約300m，寬度120m。

藤枝12.6K工區之災因分析：(1)長延時與高強度豪雨為主要災因，豪雨使地下水位上升與岩盤軟化。(2)坡面雨水經冠部農路攔蓄，集中



圖2 藤枝聯外道路12.6K寶山二號橋基地之莫拉克風災前後狀況

沖蝕坑溝上游。(3)工區為二次堆積黑色硬頁岩碎屑層，材料破碎但新鮮，代表崩積時間不久，屬舊崩場地再次崩塌型式。(4)硬頁岩因葉理面傾角與坡面同向屬順向坡，雨水滲入葉理面造成弱面滑動。

圖3為寶山二號橋施工前99年2月現況照片，便道已搶通完成並設置活動式紐澤西護欄與打設鋼軌樁、鋼板補強，而進橋之橋台區與便道周邊邊坡陡峭鬆散，若依此便道線型復建路基，則邊坡落石易危害通行，故規劃新道路線型施設橋梁。

(三)復建準則與期程規劃

藤枝聯外道路莫拉克風災復建計畫，採以20人座以下中型巴士安全通行為目標，每處大型路基災害路段採短期、中期、長期等三項分期辦理復建規劃。

短期復建規劃優先持續維護補強臨時便道之路基穩定，加強安全牌示與夜間警示設施，作為各期復建期間居民通路，中期復建規劃為各崩場地之道路復建工程，以恢復路基為首要目標，後續長期復建規劃則為急迫性稍低之坑溝整治與邊坡穩定工，中期復建



圖3 藤枝聯外道路12.6K寶山二號橋施工前之莫拉克風災狀況

後與俟崩塌坡面養息後，再評估施作固床工等坑溝整治，施作邊坡護坡工以提高坑溝與邊坡之長期穩定性。

藤枝12.6K災害路段之短期復建，以鋼軌橋路基工補強既有臨時便道穩定，提高部落居民通行安全與兼作後續施工便道，本寶山二號橋工程即為中期復建工程範疇，以橋梁作為跨越崩塌坑溝之路工工程，橋梁完工後接續於102年辦理坑溝整治及邊坡穩定工程，則為本工區之長期復建工程。

「寶山周邊災害復建工程」100年1月委外辦理鑽探與設計規劃工作，100年5月上網公告招標，發包金額為肆仟參佰參拾萬元，開工

為100年6月29日，完工日期為102年1月4日。

三、復建方案與橋梁設計施工

本處依據前揭復建方案整體調查規劃評估工作成果，以災害原因調查、復建方案工法、路基線型、用地取得、整治順序等，綜合評估12.6K工區之復建方案。

(一)復建方案評估

藤枝12.6K工區評估採用橋梁方案直接跨越路基崩塌路段，或是採用傳統修築擋土牆路基，此兩方案之優缺點評估彙整於表1，其中橋梁跨越方案，具有以下優勢而規劃採用：(1)以防災減災避災理念，規劃橋梁工法跨越崩塌坑

表1 復建方案之綜合評估表

項目	方案	橋梁跨越方案	擋土牆復建路基方案
示意照片			
施工經費		橋長曲線長134m，經費約4,330萬（含11.7K小工區）。	原路基線型之曲線長180m，擋土牆與路基之工程費約3,000至4,000萬。
施工工期		約270工作天	約180至240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，完工後設施穩定較可靠	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，需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，需完整與大範圍治理。
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，有二次致災之虞。
日後維護		需進行檢測，一般不需特別維修。	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		選擇量體輕巧之橋型，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	

溝，改線避開崩塌邊坡與降低治理強度，坑溝與邊坡可留待後期另找經費辦理。(2)在經濟考量上，若採傳統擋土牆路基工法，需將上下邊坡及坑溝一併納入治理，工程經費龐大，且無法有效、快速免除落石威脅。(3)橋梁計畫線型遠離既有臨時便道，施工期間便道多數可供通行，降低施工對交通之衝擊。

(二)橋梁型式評估

前節12.6K工區經評估採用橋梁跨越方案為復建方案，表2則為橋梁型式之綜合評估表，評選3種適合本案山區小型與簡易之橋梁型式，包括預力混凝土中空版梁(以下簡稱預力中空版梁)橋、預力混凝土I型梁(以下簡稱PCI型梁)橋與鋼

箱型梁橋等型式。

本案計畫橋梁型式評估採用預力中空版梁橋，而不採用PCI型梁橋及鋼箱型梁橋，主要評選重點如下：(1)12.6K工區聯外道路蜿蜒狹窄與災損嚴重，大型吊梁機具無法上山，且工區施工動線受限制與無法吊放大型PCI型梁。(2)預力中空版梁適合曲線橋型，以免拆中空旋楞鋼管解決淺梁組拆模問題，以較小預力橋量體滿足高架長跨之需求，達節能減碳之目標。(3)工區坑溝內有農路可到達墩柱與基樁施工點，施工可及性良好，且中央跨度40m可跨越坑溝流槽，無須受限採用大跨徑之鋼箱型梁橋，以精簡工程經費與降低施工難度。

表2 橋梁形式之綜合評估表

方案項目	預力混凝土中空版梁橋	預力混凝土I型梁橋	鋼箱型梁橋
示意照片			
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 跨度30-40m之橋梁 2. 適直線或曲線線型 3. 梁身減量，造型輕巧。 4. 施工機具作業需求空間小，適合地形陡峭工區。 5. 模版作業較PCI型梁精簡，適合山區小型橋梁。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 跨度20-40m之橋梁 2. 施工成本費用較低 3. 工期較短 4. 預鑄品質控制較佳 5. 業界施工技術純熟 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 跨度30-80m之橋梁 2. 現場施工工期較短 3. 造型輕巧、適曲線型橋。 4. 耐震能力良好 5. 工廠製造，品質穩定。
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 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。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 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. 預鑄場與吊裝作業需求空間較大 6. 坑溝地形狹窄，吊裝作業困難。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鋼構構造價較高 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。
結果	建議橋型		

(三)橋梁施工步驟簡介

寶山二號橋施工步驟照片詳圖4，施工說明如下：(1)橋台區共4支全套管鑽掘式基樁鑽掘，墩柱區共9支井筒式基樁(人工手掘式基樁)，基樁鑽掘後鋼筋籠查驗與特密管澆置混凝土，再施作墩柱鋼筋綁紮與灌漿。(2)橋面版與墩柱帽梁施工

架搭設，之後施作墩柱帽梁組筋灌漿。(3)橋面版模板與鋼筋作業，中空鋼管與預力鋼絞線組裝。(4)橋面版灌漿，灌漿時需監控施工架穩定，養護混凝土至預定強度。(5)橋面版施加預力與浪管封漿，施工架與橋面版模板拆除。(6)護欄基座施工與鋼管安裝，AC鋪面完成與劃設標線。



墩柱區井筒式基樁(人工手掘式)鑽掘



橋面版灌漿施工與混凝土養護



基樁帽樑與墩柱完成



橋面版預力鋼絞線穿線與施加預力



施工架搭設與橋面版鋼筋綁紮



護欄與AC鋪面完成

圖4 寶山二號橋預力中空版梁橋梁施工步驟簡介

四、復建成效與社區營造

(一)復建成效與安全回家道路

藤枝聯外道路路基復建工程與橋梁完工後，101年10月起至103年3月間，無論天候條件如何，聯外道路18K以前路段皆維持暢通無封阻，特別是102年內接連遭遇蘇力、潭美與康芮颱風侵襲，整體而言，沿線災情相對輕微(詳圖5)，僅有零星落石與風倒木，風雨過後簡易清除落石、整理環境後即恢復暢通，顯現藤枝聯外道路復建工程成效。

藤枝聯外道路復建工程可提昇六龜、桃源

地區農產品運輸之便捷交通，以及部落居民安全回家，便捷道路與穩定道路服務品質可減少能源浪費損失。此外，藤枝聯外道路復建工程改善高雄市六龜與桃源地區旅遊交通環境，提昇市場競爭力與服務品質，亦有減少人口外流現象、活絡山村經濟發展、增加當地居民就業機會。

(二)融合布農文化及社區參與

寶山二號橋以柔美之弧線造型穿梭於山林間，本處特地邀集當地里長與藝術創作者共同構思指導橋梁美化圖騰，於橋梁護欄與鋼管繪製布農族之百步圖騰(詳圖6)，以臻進部落居民



圖5 藤枝聯外道路102年度颱風侵襲後之零星落石照片



圖6 寶山二號橋布農圖騰與彩繪成果

生活環境品質，並展現布農傳統文化美感。

本處為加強宣導植樹工作，於102年9月14日結合台南府城獅子會，於寶山二號橋側旁辦理植樹活動(詳圖7)，活動中獅子會更大方捐送獎學金予寶山國小學童，以鼓勵學童專心向學，並藉由種植樹苗保護大自然的活動深刻的反映出「十年樹木百年樹人」意義，傳達重視原鄉學童永續栽培教育的重要性，共同種植山櫻花等植物共2千餘株。

(三)活絡當地產業與多功能效益

本處黃妙修處長為廣知社會大眾藤枝聯外道路復建完成，於102年2月24日舉辦盛大通車典禮，邀請行政院重建會陳振川執行長、農委

會陳保基主任委員、林務局李桃生局長、高雄市重建會黃炎森執行長、伊斯坦大·貝雅夫議員、桃源區顏國昌區長等貴賓及寶山、二集團部落當地民眾共同參加通車典禮，當日活動盛況詳圖8。

透過邀集媒體新聞報導，提高藤枝周邊原鄉部落之能見度，並與高雄市政府觀光局結合當地居民推動生態旅遊，且由二集團部落居民開辦假日市集，展現寶山地區豐富的天然資源及人文特色，以吸引遊客上山遊憩，活絡地方產業及促進經濟復甦，增加居民就業機會，通車典禮出席貴賓與當地民眾無不對此復健工程大表稱許，並對創造政府及機關正面形象有明



圖7 當地居民與學童參與寶山橋周邊植樹活動照片



圖8 藤枝聯外道路寶山橋通車活動現況

顯助益。此外，藤枝聯外道路復建完成後，提供本處林業經營管理所需之造林、保林、育林、伐木、取締盜伐及盜獵等功用外，亦可提供一處具森林生態特色之旅遊景點。

五、優良農建評鑑與結語

(一)優良農建工程評鑑

- 1.「寶山周邊災害復建工程」由於規劃設計周延與施工品質優良，榮獲行政院農業委員會101-102年優良農建工程獎(設施類)，此獎項為行政院農業委員會，為提升全國各項農業建設工程品質所設立之獎項，針對各轄屬機關之農建工程進行品質查核，並成立工程品質評鑑小組，對全國農建工程實施評鑑，輔以獎懲制度，以促使各工程主辦單位重視工程品質，增進農業建設成果。除評鑑工程施工與監造品質外，規劃設計之創新性、挑戰性、周延性亦為評鑑重點。
- 2.創新性：因八八風災造成嚴重路基流失，且上邊坡崩塌坡面仍易落石，若以傳統高擋土牆等工法復建路基，事倍功半且無法根絕落石威脅，遂以防災減災避災理念，規劃以橋梁工法跨越崩塌坑溝，改線避開崩塌邊坡與降低治理強度。寶山二號橋工程橋梁跨距140m，中央三跨為跨距40m之預力中空版梁，取代傳統PCI型梁，避免大型吊梁機具無法上山與工區動線限制施工，以較小預力橋量體滿足高架長跨之需求，達節能減碳之目標。
- 3.挑戰性：為避開邊坡落石威脅故於坑溝兩側邊坡落墩，需克服山區長跨距與高墩柱之施工挑戰，同時加深基樁長度避免坑溝刷深影響橋梁長期穩定，施作防撞鋼板以抵抗土石流之沖蝕

增強耐久性。施工期間遭遇610水災豪雨，101/6/10至101/6/12累積雨量達1,156mm，工區內施工中之結構物無受到破壞，且於汛期各段豪雨間隔期妥善安排工進，完成坑溝中基樁與橋墩結構，順利於工期內完工。

- 4.周延性：本處於莫拉克風災後立即辦理整體調查規劃評估案，評估災害原因、路基復建方案、整治優先順序規劃、路基計畫線型與復建工法、用地評估與經費估算等工作，依據前揭工作成果辦理寶山二號橋橋梁工程之規劃設計工作，並提前辦理鑽探地調工作，以掌握確切承載岩層分布等地質參數，方使工程案能於102年1月完工，將汛期影響降至最低。此外，橋台周邊崩塌邊坡施作防落石柵與型框植生護坡工，使崩塌坡面復育與穩定，採節能減碳工法以大量降低混凝土用量。

(二)結論與建議

- 1.莫拉克八八風災造成中南部重大災情，其中以藤枝周邊地區尤為嚴重，極端降雨造成藤枝聯外道路路基流失、邊坡崩塌等交通阻斷重大災情，經林務局及本處積極辦理藤枝聯外道路搶通作業，於98年8月底前完成全線搶通，以避免寶山、二集團及藤枝部落形成孤島效應。
- 2.本處以防災、減災及避災理念，完成復建方案整體調查規劃評估，並分年分期完成辦理藤枝聯外道路短、中、長期復建工程，經歷102年多次颱風考驗，藤枝12.6K寶山二號橋無因豪雨影響阻斷交通情形，部落居民對於橋梁工法之復建成果提供居民一條安全回家的路極為滿意，可謂達成預期功能與效益。
- 3.寶山二號橋工程為林務局近年少數幾座新建橋梁之代表作，因規劃設計深具創新性、挑戰

性、周延性，且施工品質優良與如期如質完工，榮獲行政院農業委員會101-102年優良農建工程獎(設施類)。

4. 藤枝聯外道路12.6K若以傳統高擋土牆等工法復建路基，需另投入龐大經費治理坑溝與邊坡，事倍功半且無法根絕落石威脅，遂以防災減災避災理念，規劃以橋梁工法跨越崩塌坑溝，改線避開崩塌邊坡與降低邊坡治理強度，並以既有臨時便道提供施工期間交通運輸通行，降低施工對交通之衝擊。
5. 橋型以預力中空版梁取代PCI型梁，避免大型吊梁機具無法上山與考量工區動線受限制，且以免拆中空旋楞鋼管解決淺梁組拆模問題，以

較小量體滿足高架長跨需求，達節能減碳目標，並克服山區長跨距與高墩柱之施工挑戰，於汛期各豪雨間隔期妥善安排工進，順利如期如質地完工。

6. 工程效益分析：保護藤枝聯外道路沿線部落居民與遊樂區遊客通行安全，保全對象包括數百位居民、遊樂區每年25萬遊客與1.3萬車輛。以94年7月海棠颱風豪雨引致2K地滑災害為例，遊樂區封園一年半影響遊樂區收益也達三千萬元以上，可謂工程效益顯著。▲

參考文獻(請逕洽作者)

優良農建工程頒獎典禮

The good AGRICULTURE sets up an
2012/2013 ENGINEERING
Brief introduction



行政院農業
COUNCIL OF AGRICULTURE
照片農委會提供