

蘇花改工程特色與 友善環境作為

關鍵詞：蘇花改、隧道、環境、生態

公路總局蘇花公路改善工程處／處長／邵厚潔 ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／蘇花改監造工程處／專案協理／周允文 ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／蘇花改監造工程處／專案經理／侯嘉松 ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／蘇花改監造工程處／正工程師／高俊義 ❹



摘要 ABSTRACT

針對東部地區聯外交通之必要性，蘇花改計畫於民國97年推動，歷經兩年多與各界溝通協商與折衝下，於民國100年進入施工階段。為減少施工對環境衝擊，蘇花改工程長隧道利用舊北迴鐵路閒置隧道作為施工通道，以增闢多個工作面的方式來提升施工進度，並首次於隧道內採用無線射頻辨識(RFID)及號誌系統管制工地人車作業。隧道為蘇花改主要施工重點，隧道開挖採用鑽炸法施工，為掌握隧道前方地質情況，採隧道震波探測法(TSP)、地電阻影像剖面探測法(RIP)，再搭配水平長距離鑽探，以降低施工風險。施工階段擬訂隧道緊急應變計畫並定期舉辦演練，強化隧道防災整備及緊急狀況應變能力。

蘇花改施工除採符合環境、生態等之需求作法，另亦須遵守環評承諾之要求，以降低對環境與生態之衝擊。基此，蘇花改計畫設計與施工不論在環境友善或是工程技術，甚至是勞工施作安全的措施上皆採前瞻作法，使本計畫具有多方面工程特色，可為未來相關計畫之參考。



壹、計畫緣起

台灣東部地區現有北向聯外之台9線蘇花公路蘇澳至崇德路段，因受地形、地質等天然條件的限制，大部分路段彎急坡陡，路幅及線形普遍不佳，行車服務水準與舒適性較差，且每遇颱風豪雨經常坍方中斷，歷年來雖經公路總局持續改善，行車品質仍難以提升。據統計蘇花公路近五年的每年平均阻斷天數達45天，而全年平均管制天數為68天。

基於東部地區民眾對於安全回家的路有殷切的期盼，交通部乃於民國八十年代起推動國道蘇花高速公路之建設，歷經十餘年規設與環評作業，然因社會對此國道之開發仍有不同意見，此項建設亦因而受阻。旋於97年9月交通部在對於花蓮地區聯外道路須全面性檢討的前提

下，責成公路總局推動「台9線蘇花公路山區路段改善計畫」，希望秉持「經濟發展」、「環境永續」、「安全穩定」與「社會公義」之原則，重新檢討台9線蘇花公路現況與行車風險之改善方案，歷經兩年多在棄而不捨的與各界溝通、協調與折衝下，獲環保署環評審查委員會於99年11月9日第200次會議有條件通過，行政院並於99年12月16日核定建設計畫，得以全面推展此東部民眾殷切期盼「一條安全回家的路」的工程建設。

貳、工程範圍

蘇花改計畫推動係以安全可靠服務為基礎目標，以路段災損阻斷及交通肇事頻率高路段進行改善，改善工程採雙向雙車道規劃，先行



圖1 蘇花改工程範圍

推動蘇澳至東澳段、南澳至和平段及中和至大清水等三個路段改善(詳圖1)，兼具工程減量、環境友善及強化公路抗災性原則。

改善總長度為38.4公里，計有8座隧道(總長23.4公里)、13座橋梁(總長8.4公里)及平面道路(6.6公里)，共分九個土木標、三個機電標及一個交控標。

參、工程特色

規劃設計基於全方位的思考，兼顧建設與環保需求，施工並以「景觀、安全、永續」為目標，造就本計畫多方面工程特色。以下針對施工階段工程管理作為，以及工程監督等特色介紹說明。

一、工程資訊管理

為使社會大眾了解蘇花改辦理情形，公路總局以施工資訊全透明方式公開於蘇花改網站，並建置施工資訊平台，提供整合工程資訊。

(一)蘇花改施工資訊平台

蘇花改工程所建立之工程資料庫管理系統(詳圖2)，係將計畫資訊全數公開，如

工程計畫書、推動小組會議資訊、友善環境作為(包括文化遺址搶救、珍貴老樹移植及指標性生物保護等)及施工資訊平台等資訊/資料均置入工程處網頁(交通部公路總局蘇花公路改善工程處<http://www.suhua.gov.tw/default.aspx>)，提供整合工程相關資訊並設有CCTV(工地即時監控系統<http://hipcm.ceci.com.tw/Public/home.aspx?PD=P00025&ID=CNB1>)，隨時可以從電腦端瞭解工程進展情形。各施工標廠商端建置施工監視系統及各監造端建置監造資訊管理系統(監造資訊管理系統<http://hipcm.ceci.com.tw>)，且於機關端設置本計畫專屬網頁入口平台(詳圖3)，負責整合整體計畫執行及管理資訊，並連結至監造端之監造資訊管理系統。這是國內重大工程難得一次創舉，資訊全國民眾皆可由資訊平台網站瞭解蘇花改工程內涵，摒除以往工程資訊不對外公開之現象。

(二)工地每週體檢作業

為促進承商對品質及工安工作之落實執行，除各級單位定期稽(檢)查各標案工程，每週逢星期四各標案之督導工務段、監造單位與承商參加，逐一檢視工區各工作面施工情形，並對工程施工品質及工地交通、安衛、環境保護進行稽查，並開具缺失改善項目，對經常重複缺失事項處以



圖2 工程資料庫管理系統網頁(分標進度)



圖3 工程資料庫管理系統網頁(工地即時監控系統)

罰款，嚴重者以工作面停工處置，同時責成承包商立即或限期改善完成後始可復工。

對於例假日施工管理，每月排定例假日留守主管和工程師及通訊資料，並事前提報蘇花改工程處和督導工務段。鑑於營建工程施工經驗例假日發生工安的機率較高，蘇花改工程處處長、副處長及一級主管於例假日工地巡查，隨時讓各標案工地維持戒備狀態，避免例假日施工團隊鬆懈，並填寫各級主管暨蘇花公路改善工程處主管訪視工地紀錄表，作為承商施工改善之依據，對於工程品質及勞安管理頗具成效。

二、隧道施工管理

隧道為蘇花改工程主要施工重點，為提昇隧道工程施工技術及效率，採隧道全能作業班輪進作業原則(亦稱為時段分班)，隧道開挖及支撐作業一系列工作均由輪值的同一工班執行，俾使工作持續流暢進行，避免作業中斷或延遲。



圖4 隧道鑽炸法開挖作業流程圖

(一)隧道全能作業班輪進週檢討會

隧道施工為一典型的輪進循環程序(詳圖4)，每一輪進的開挖與支撐作業包括一系列相同工項，為縮短每一輪進工時、提高工率，將每一輪進施工分項製作開挖循環時間統計表，並依岩體類別記錄所耗工時，並統計每一輪所需時間，依統計數據值可以看出異常作業工項，經檢討造成施工延誤原因，並加以改善以縮短作業時間。每週由處長主持召開隧道輪進週檢討會，進行上週預定執行輪進檢討及落後原因改善措施，並依地質風險評估建立下週執行目標。

(二)隧道開挖面之前進地質探查作業

本工程參考設計階段成果製作「地質風險管制圖」，另外蒐集東改及舊北迴鐵路觀音隧道開挖資料，利用舊北迴觀音隧道進行TSP或RIP探查，其主要目的皆為預先掌握隧道開挖之前進地質狀況。預估前方有地質弱帶即提前於隧道內施作TSP，於可能地質弱帶前進行較密集之探測(間距

100m左右)，於地質變化較小區段則拉大探測間距(約200~500m)，以系統性探測來預測全線地質狀況。並根據TSP探測成果可能出現弱帶之里程位置前20~30m再施作前進探查孔(取心/不取心)確認；施工中隧道前進鑽探以不取岩心前進探查為主，依鑽進速率、孔內出水量等研判開挖面前方水文地質條件，必要時提取岩心，以確認前方地質狀況。

完成水平長距離鑽探後，將調查資料套繪設計階段之地質圖說比對修正；若有較大含水地層出現則再於地表適當位置施作RIP進一步比對其分布範圍，透過RIP地電阻瞭解破碎帶寬度大小、影響範圍及沿著斷層破碎帶所衍生湧水問題，推估地下水可能分布狀態。

(三)工地人車管制作業模式

蘇花改施工利用閒置台鐵舊北迴隧道作為觀音及谷風隧道施工通道及增闢工作面使用，首次採用無線射頻辨識技術(RFID)於隧道工程，同時於各隧道口全天24小時



圖5 RFID人車定位及號誌控制系統

保全門禁管理，隧道人員車輛機具安全管控定位系統(詳圖5)；主隧道施工車輛及施工人員進出採人車分道及號誌人車管制，避免隧道中發生交通事故，並設置施工緊急通訊，隧道內裝設有線電話及設置廣播系統，以確保施工人員安全。

由於台鐵舊北迴鐵路隧道，車道寬僅有4公尺，僅能供一輛工程車單向通行。為了解決隧道會車問題，原舊北迴鐵路隧道擴挖8處避車彎，並設置紅綠燈施工號誌管制(詳圖6)，另外洞口處、工作面交叉段橫向施工導坑亦設置紅綠燈管制交通，並採控制燈箱調整燈號運作時間及操控模式，舉辦車輛行駛隧道交通安全講習，訂定隧道內車輛行駛之交通規則，不遵守規定闖紅燈者依懲處規定辦理。



圖6 舊北迴鐵路隧道施工通行道路設置紅綠燈號誌管制

三、施工緊急應變

蘇花改工程對各種可能發生之緊急事件，先行擬訂各項處理與通報機制，並透過教育訓練熟悉緊急應變處置方式，以健全災害防救體系，並配合相關法令及要點，擬訂「緊急應變(防救災)作業稽查機制」以有效管控與落實執行緊急應變(防救災)作業。

(一)緊急應變通報系統

地震(震度4級以上)及遇有重大工程災害事件發生，藉由中華電信網頁系統做為緊急應變通報聯繫，利用電腦連上網際網路以簡訊操作方式(詳圖7)，將災情簡訊傳送通訊名冊，通報災害地點、工程名稱、發生時間、災害情形(含死傷人數)、目前處理狀況、通報單位、通報人姓名及聯絡電話，依緊急應變組織及通報表循序通報災情。



圖7 中華電信網頁系統
(隧道發生小型抽坍實際簡訊案例)

(二)重大「工程事故災害」或「天然災害」之應變及備變作為演練

蘇花改工程防救緊急應變演練前編製演練腳本，由蘇花改工程處召開演練前檢討會議以期符合實際災害情境模擬及



圖8 隧道緊急應變演練



圖9 防汛搶險技術演練

通報機制，監造單位及承商為主要演練單位，配合當地消防局及醫療機構聯合演練，101年度及102年度均舉辦隧道及防汛緊急應變計畫演練，對於施工期間之防災應變均有實際成效（詳圖8、圖9）。

四、工程監督管理執行

（一）蘇花改推動小組

蘇花改計畫推動初期，交通部公路總局特邀請中央工程機關、學者專家及工程顧問公司代表等成立推動小組，並設置委員十八人，會議原則每三個月召開一次。希望藉由產、官、學界相關興建長隧道之經驗與意見的交流，提供交通部公路總局建言，以為推動本計畫參考。

（二）環境保護監督小組

環境影響說明書審查決議，施工期間成立環境監督委員會，對於施工安全、湧水、空氣污染、水污染、生態及文化資產等議題進行監督。其成員為民間團體及專家學者，設置委員十七人，監督小組會議以每三個月召開一次為原則。另外因應民間團體要求，制定「台9線蘇花公路山區路段改善計畫環境保護監督小組旁聽要點」，監督小組開會時，民眾或團體可依旁聽要點申請旁聽。

（三）環保署環境督察總隊

依據環境影響評估法規定，遵循環境影響說明書及環評承諾之內容，確實執行環境保護工作，於每季行政院環保署環境

督察總隊辦理工地執行情形監督查核，實為環境影響評估能否發揮，預防環境破壞或污染之目的。

(四)勞工安全衛生伙伴計畫

為提昇勞工安全衛生管理，與行政院勞工委員會北區勞動檢查所簽訂安全伙伴計畫，共同組成「聯合稽查小組」以每年至少實施聯合稽查工地10次之頻率執行聯合稽查，以提昇施工團隊的工安意識，達到全面杜絕職業災害發生之目標。

肆、環境及生態保護

為落實公路總局對環境影響評估審查所承諾事項及審查結論實施情形，蘇花改工程處針對生物指標物種及生態環境推動研究計畫及環境監測等，藉由環境影響評估監督現勘發現問題，進行原因探討分析，即時提出因應對策，降低對原有環境的影響。

一、環境保護

依規定每季填報「開發單位執行環境影響評估審查結論及承諾事項申報表」，記錄開發工程進度、施工重點及環評變更歷程。每月由委外環境監測公司依規劃監測點及監測項目提送監測結果報告，以瞭解開發前後施工對環境之影響。

(一)環評承諾事項申報

落實「開發單位執行環境影響評估審查結論及承諾事項申報表」及「通過環境影響評估審查開發計畫案之土石方處理方式(總表及流向說明表)」填報，各路段監造整合採取各標填報內容方式，再由監測團

隊彙整各路段填報內容，以掌握全計畫辦理的狀況。

(二)環境監測

開發單位依開發行為及環境特性，訂定環境監測之項目、參數、地點及頻率，可區分為施工前、施工期間、營運期間等3階段，施工期間又分為工區內及工區外監測等項目。而監測報告也應依「環境影響評估環境監測報告書格式」撰寫；並於完成開發計畫所有監測工作後，提送變更內容對照表，向環保主管機關辦理停止監測。

二、生態保護工程

施工階段生態監測指標生物研究，主要是藉由各類別指標物種現況調查、監測、及試驗樣區施工前後環境變遷比較，研究期間101年-109年以完整架構各層面所需立資訊。營運階段生態、監測指標物種生物研究，主要是藉由各類別指標物種監測結果，評估完工通車後，道路使用對環境的干擾情況等層面。

(一)自然友善設計

台9線蘇花公路沿線植栽種類豐富，人為干擾較少，在兼顧道路開發與自然生態保護之原則下，依序以迴避、縮小、減輕、補償之友善策略，進行工程之生態保護設計。自然友善設計包括(1)道路工程設計之迴避及縮小對策、(2)減輕道路致死(Roadkill)之生態設計、(3)減輕道路照明對生態影響之措施、(4)排水汙染減輕措施、(5)道路結構增設動物利用之補償設施提供鳥類、蝙蝠棲所、(6)表土/綠資材回收再利用之補償措施、(7)原生植栽設計之棲地補償措施、(8)工程擾動區之植栽移植措施。

(二) 指標生物研究

工程的開發勢必對當地之自然生態環境造成不同程度之影響，因此為降低對生態環境之衝擊，蘇花改工程於設計階段透過迴避、衝擊減輕及棲地補償等三個原則逐一過濾評估，以期能對周圍生態之影響降到最低程度，並設置生物廊道(詳圖10)。指標生物研究工作包括沿線魚類、蝦蟹類、台灣山羊、翼手目動物、鳥類(猛禽+環頸雉)等調查，主要分為施工階段及營運階段生態監測指標物種生物研究。

(三) 生態干擾之停工機制

本計畫沿線以隧道形式經過多處自然環境優良之區位，部分屬於公告之生態敏感區位，其中以觀音野生動物重要棲息環

境與太魯閣國家公園等二處最為特殊，為求保護此二區域之生態環境不受工程因素影響，以指標生物族群分布作為指標，訂立施工/停復工之規範與標準作業流程，以維護自然生態環境。

1. 指標生物選定考量

在陸域生態部分因鳥類分布廣泛，在生態位階上又在食物鏈的後端，加上其容易鑑定與進行觀察研究，因此選用鳥類作為監測之評量指標。水域生態部分則以魚類作為主要評估對象。

2. 物種之篩選

本計畫為長期監測希望相關監測成果能反應工程與環境之相關性，在指標物



圖10 生物廊道設計示意圖

種之選定鳥類主要利用群集分析結果，選擇影響群集間高變量前20%之物種作為指標，分別為白頭翁、麻雀、綠繡眼、小雨燕、紅嘴黑鶯、洋燕及繡眼畫眉等7種，並選擇區域內較具代表性之五色鳥與竹雞2種，共篩選9種鳥類作為指標物種；水域生態部分在東澳北溪經常性物種有粗首鱸、湯鯉及日本禿頭鯊，大吻鰕虎則屬於出現頻度次等之物種。其中粗首鱸屬人為放養之外來物種，湯鯉主要棲息於河口地區，此區域分布為其上溯覓食環境，而大吻鰕虎、日本禿頭鯊為河海洄游性物種，多藉由豐水期間洄游（以經濟部水利署之蘭陽

公園16次調查平均為124隻次。魚類指標生物數量部分，在東澳北溪16次調查平均記錄有46尾。

(2)停工標準界定

過去16次調查結果指標物種發現數量平均值之50%作為標準值，在觀音海岸野生動物重要棲息環境為97隻次，太魯閣國家公園為62隻次，東澳北溪水域生物之魚類部分則為23尾，生態停工基準與警示值詳表1。

表1 生態停工基準與警示值

項目	物種(環境監測調查成果)	區位	停工基準值	警示值
陸域生態	白頭翁、麻雀、綠繡眼、小雨燕、紅嘴黑鶯、洋燕、繡眼畫眉、五色鳥與竹雞等9種鳥類連續2次調查數量(隻次)	觀音海岸野生動物重要棲息環境	<97	第一次調查低於停工基準值
		太魯閣國家公園	<62	
水域生態	8~10月豐水期發現之日本禿頭鯊、大吻鰕虎及湯鯉等3種魚類總和連續2次調查數量(尾)	東澳北溪	<23	
海域生態	冬季浮游動物(橈足類幼生、哲水蚤、毛顎類)單位個體量連續2次調查數量總和80%(ind./1000m3)	東澳溪	<75,731	
		南澳溪	<110,749	
		觀音海岸	<43,129	
		和平溪	<121,749	
		大清水溪	<117,417	

溪及南澳溪水情資料分析，每年8~10月為其豐水期），因此評估豐水期期間之日本禿頭鯊、大吻鰕虎及湯鯉等3種魚類作為豐水期停工之指標物種。

3.停工標準

(1)既有之調查成果

本計畫之相關調查成果，在鳥類指標物種數量上，觀音海岸野生動物重要棲息環境16次調查平均為194隻次，太魯閣國家

伍、工程碳管理及遺址搶救

一、工程碳管理

蘇花改計畫為因應全球節能減碳的風潮，除在工程設計上盡量採低碳設計，對於工程實際施工所產生的碳排放量，亦採行「碳管理」，並以分標、分年度的碳足跡實質盤查與計算，期能在施工過程中全程控制碳排放量。

預期成果包括：道路工程碳足跡盤查程序與方法的建立、盤查的執行與檢討、盤查結果

建檔、碳足跡係數資料蒐集、碳足跡計算與分析、減碳策略與成效研析，以及最後取得國際碳足跡規範查證聲明並完成蘇花改計畫全線之碳足跡與碳匯改變量評估。

藉由工程碳足跡查證聲明之取得，除可直接展現蘇花改計畫工程碳管理成效外，本計畫執行碳足跡盤查之歷程與經驗，將可回饋於道路工程碳排放量推估模式中，輔助道路工程主管機關於工程規劃設計階段掌握施工及營運階段之排碳狀況，作為工程評選及減碳策略研擬之參考，整體地提升我國道路工程甚至交通運輸工程或公共工程的碳管理能力。

目前已經出土遺物分布南北約200公尺，東西寬約50-70公尺，海拔高度在15-30公尺之間，從遺物研判本遺址屬於金屬器時代十三行文化普洛灣類型，年代約距今1000年上下，與早年學者採集紀錄的描述一致。

陸、結語

蘇花改工程已於民國100年開始陸續發包施工，建設一條「安全回家的路」是蘇花公路改善的最主要目標，在施工過程中除對進度與品質必須嚴格要求外，社會各界與政府機關對蘇



圖11 武塔遺址監看及漢本遺址發掘試掘

二、文化遺址搶救

根據調查蘇花改路線周遭500公尺範圍可能經過之遺址有三處，分別為東澳遺址、武塔遺址及漢本遺址。東澳遺址距蘇花改路線約200公尺，施工時需進行監看作業。武塔遺址經搶救發掘，出土文物量不大，已交由施工單位施工（詳圖11）。

漢本遺址確認為一處史前遺址，位於宜蘭縣南澳鄉澳花村漢本聚落附近，大致在漢本車站南側與和平溪北岸之間，出土文物量豐富，

花改計畫有高於一般工程的期待。在施工期間公務機關、學術單位及國內外團體陸續至工地參訪，欲了解此重大工程施工情形。

蘇花改工程為遵守環評承諾，在執行工程施工及管理具有獨特工程特色，藉由本文僅能對部分特色概要描述，為民眾進一步了解蘇花改工程的內涵，蘇花改工程處適時製作工程施工紀錄影片及製作文宣，並定期於平面或網路媒體投稿增進與民眾溝通，期盼給東部民眾「一條安全回家的路」建設順利。

參考文獻

1. 交通部公路總局(2010)，臺9線蘇花公路改善計畫可行性研究報告。
2. 交通部公路總局(2010)，臺9線蘇花公路山區路段改善計畫(蘇澳~東澳、南澳~和平、和中~大清水)環境影響說明書。
3. 交通部公路總局(2010)，臺9線蘇花公路山區路段改善計畫建設計畫。
4. 交通部公路總局(2011)，臺9線蘇花公路改善計畫工程規劃報告。
5. 交通部公路總局(2010)，臺9線蘇花公路山區路段改善計畫(蘇澳~東澳、南澳~和平、和中~大清水)生態環境調查報告書。
6. 中華民國大地技師公會(2013)，東部地區一條安全回家的路-台9線蘇花改計畫，大地技師第6期。

