



IRF 2024 Global Road Achievement Awards (GRAA)
全球道路成就獎「資產保存及維護管理類」首獎

韌性南橫：從莫拉克災後重建到 智慧韌性管理之轉型全紀錄

王慶雄／交通部公路局南區養護工程分局 副分局長

許書凱*／黎明工程顧問股份有限公司 結構部經理

李坤哲／黎明工程顧問股份有限公司 副總經理

台 20 線南橫公路橫越台灣中央山脈、連接東西兩岸的重要命脈。2009 年莫拉克颱風帶來的極端降雨，對南橫公路造成毀滅性的破壞，導致全線中斷長達 13 年。為恢復這條具備觀光、農業運輸與原住民部落往來功能重要幹道，交通部公路局實施了為期十年的「維護、修復與重建計畫」。

本計畫採取「分階段、分區域」的重建策略，結合光達 (LiDAR)、干涉合成孔徑雷達 (InSAR) 及無人航空載具 (UAV) 等先進科技監測手段，並落實人、車、路、災的整合防災管理。在工程修復的同時，公路局南區養護工程分局 (以下簡稱公路局南分局，前為交通部公路總局第三區養護工程處) 亦高度重視生態平衡，推行「週二、週四不開放」的生態休息日制度，並優先進用在地原住民參與公路巡護。計畫最終不僅於 2022 年達成全線有條件復通，更顯著提升了公路對氣候變遷的韌性。這項卓越的工程成就與資產管理經驗，讓南橫公路榮獲 2024 年國際道路協會 (IRF)「全球道路成就獎」資產保存及維護管理類首獎，向世界展現了台灣工程界的堅韌實踐力及工程軟實力。

計畫背景

南橫公路的歷史價值與地位

台 20 線南橫公路全長 204 公里，是橫越台灣中央山脈的三條橫貫公路之一。現存路線大致為過去原住民部落間的聯絡古道，詳圖 1。南橫公路開闢歷史可追溯至 1957 年的路線探勘，從 1968 年正式動工後歷經 4 年的開闢，完成路基土石方 411 萬立方公尺，橋梁 64 座，隧道 16 座，護坡及駁坎 15 萬平方公尺，並於 1972 年正式完工通車^[1]。

1. 1957 年：展開首度路線踏勘。在缺乏現代航空攝影與衛星地圖的年代，先導團隊憑藉徒步與基礎測繪設備，在人跡罕至的高山峻嶺中探索可能的

通行路徑。

2. 1964 至 1967 年：為應對複雜的地貌，先後進行了第二次與第三次路線測量。這些測量不僅是為了選線，更是為了在堅硬岩體與破碎板塊之間尋求結構穩定性的平衡點。
3. 1968 年：正式動工。工程師與施工團隊在高海拔、低氧且溫差極大的極端環境下執行任務，克服了數以千計的邊坡坍方風險。
4. 1972 年：全線正式通車。這標誌著台灣南部跨山路網的里程碑，徹底改變了高雄與台東間的時空距離。

南橫公路的觀光自然資源

公路最高點位於海拔 2,722 公尺的埡口，沿途景觀壯麗，擁有豐富的自然觀光資源，如溫泉、水庫、登山

* 通訊作者，hskevin821@li-mi.com.tw

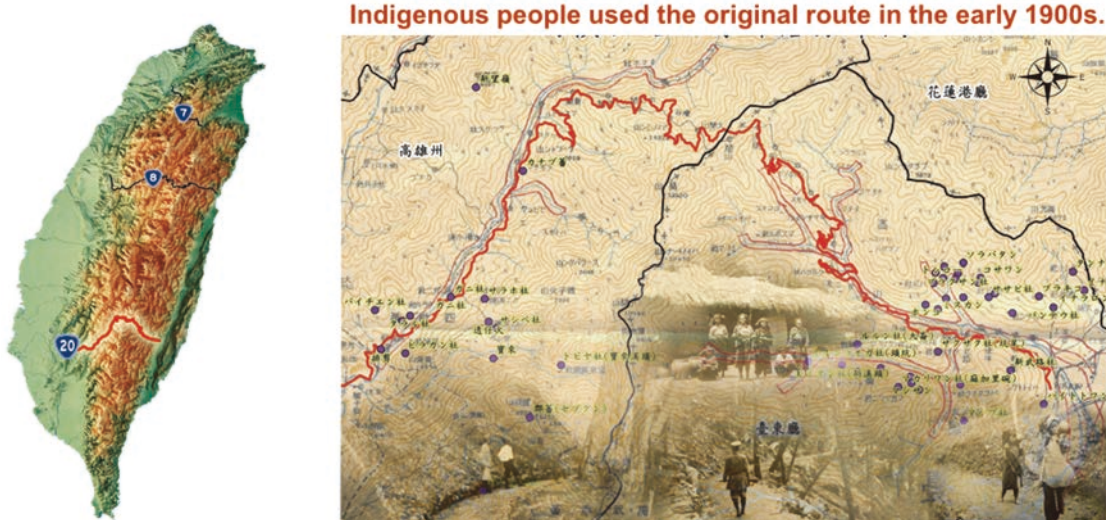


圖 1 南橫公路以原住民古道為雛形開闢

健行步道，以及著名的埡口雲海與霧鹿峽谷，詳圖 2。對於南部及東部地區而言，南橫不僅是極富盛名的旅遊動線，更是南台灣東西兩端農產運輸及沿線原住民部落往來、生計所繫的唯一命脈。

莫拉克颱風的毀滅性重創公路

2009 年 8 月 7 日，莫拉克颱風重創台灣，帶來了破紀錄的降雨。在南橫山區，單一天氣事件累積雨量高達 3,060 毫米，24 小時降雨量亦達到 1,290 毫米，皆打破世界級紀錄。極端降雨造成南橫公路發生災難性的破壞，災情主要包括：路基流失與沉陷：超過 12 公里的路段完全消失。橋梁斷裂：沿線多達 24 座橋梁毀損或崩塌。地質災害：引發大規模坍方、土石流、河

床淤高及邊坡滑動，詳圖 3。這次災難迫使南橫山區路段局部封閉，形成長達十餘年的復建長征^[2]。

南橫公路重建計畫挑戰

南橫公路的復建過程面臨著極為嚴峻的環境與地質挑戰，包括地質、地形、交通及生態等議題：

複雜破碎的地質環境

南橫公路跨越中央山脈，地處歐亞板塊與菲律賓海板塊擠壓運動的交界帶，地質構造極為複雜且極度破碎，詳圖 4。頻繁的地殼變動導致岩層穩定性差，每逢豪雨便極易發生坍方與落石，這使得工程團隊在進行邊坡加固與隧道挖掘時，隨時面臨地質不確定的風險。



圖 2 南橫公路沿線觀光資源

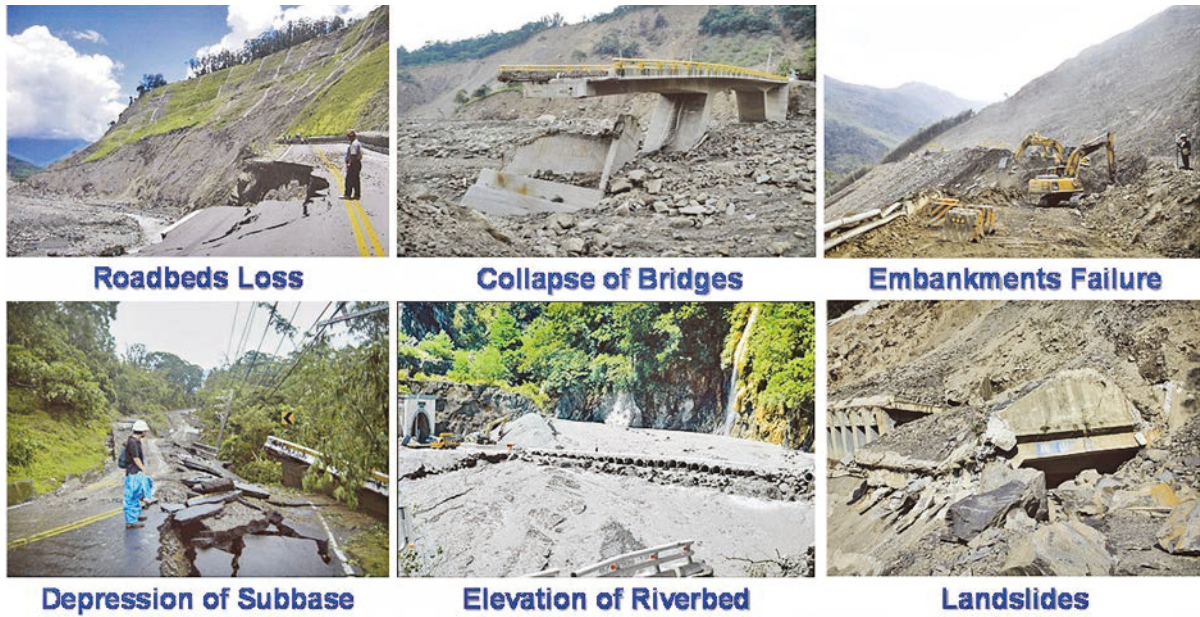
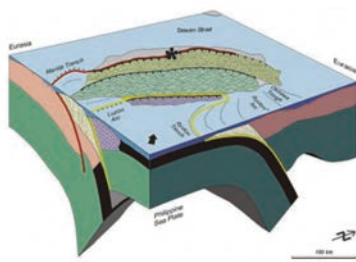


圖 3 南橫公路莫拉克風災公路災害



■ There are more than 10 different geological formations with complex structures of faults and folds.

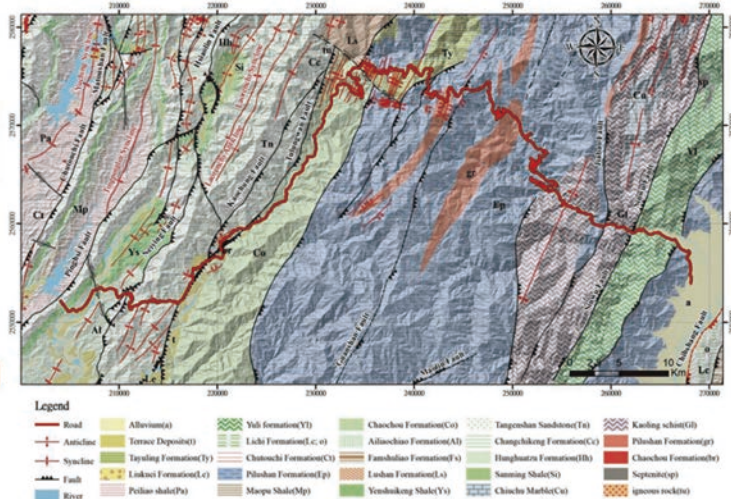


圖 4 南橫公路沿線地質

險峻地形與高度限制

公路橫跨中央山脈，海拔落差大，最高達 2,722 公尺。地形險峻導致重型機械與材料運送極為困難。此外，山區氣候多變，常有濃霧、低溫及突發性豪雨，一年中可施工的天數受限，嚴重影響工程進度。

無替代道路的空間限制

南橫公路屬於帶狀開闢，全線缺乏替代路線。由於莫拉克災後道路斷點極多，且許多路段狹窄甚至完全流失，施工機具無法多點同時進場，僅能採取從「東西兩端」逐步向中間推動修復的空間策略，這大大增加了計畫的時間成本。

生態保存的平衡需求

南橫中段部分路段（梅山至埡口）位於玉山國家公園範圍內，生態極度敏感。如何在恢復交通功能的同時，保護台灣黑熊、黃喉貂、台灣水鹿及藍腹鷓等保育類動物的棲息地，並達成山林永續，是工程團隊必須兼顧的艱難目標。

創新策略與工法 / 技術

為了應對上述挑戰，公路局南分局重建南橫公路的決策核心在於「風險分級管理」，面對無法完全排除的自然災害，擬定了「時間面向的分階段策略、空間

面向的推動策略、人車路災先進管理策略、科技應用於預防性養護」四大核心策略，旨在尋求一個公路通行安全與自然共存的平衡策略：

時間面向的分階段復建策略

復建計畫分為短、中、長期三個階段，以確保資源的高效配置，詳圖 5：

1. 短期應急搶通策略 (2009-2017)：聚焦於緊急搶修與路段疏通，針對東西兩端的民生路段進行緊急搶通。此階段的目標是建立最低限度的運輸鏈，確保工程人員能進入核心災區，並為在地原住民部落提供基本的物資補給線。
2. 中期結構強化策略 (2017-2022)：在基礎通行的道路基礎上進行結構強化任務，包括加固路堤、防護易落石路段，並透過邊坡固結及植生綠化恢復受損坡面，預防二次災害。
3. 長期韌性重建策略 (2022 年起)：針對極端致災點實施「以退為進」的避災式復建，興建具備高抗災能力的大跨距「橋梁」與被動防落石「明隧道」，取代。

空間面向的復建推動策略

受限於地形，復建工程由西側（高雄端）與東側（台東端）同步向中心點（埡口）挺進，詳圖 6。2020 年先行開放「梅山口（105k）至天池（130k）」路段，2022 年完成最後的「天池（130k）至向陽（149k）」段，達成全線有條件復通的里程碑。

人、車、路、災先進管理策略

南橫公路自從 2009 年莫拉克風災重創後，在全線開放通車前需確保人車路災各項整備完善，才能開放用路人一個安全的通車環境，針對各項整備也導入了先進的管理策略，取代一般傳統的人力管理，以提升管理效率及精準度^[3]。

1. 自動車牌辨識系統：針對有條件開放路段，導入車牌自動紀錄系統。這不僅將管制點的車輛處理時間從手動紀錄的 120 秒大幅降至 4 秒，更能精確確保所有進入車輛在管制時間（下午 5 時）前全數安全離場，提升搜救與應變效率。



圖 5 時間面相的分階段復建策略

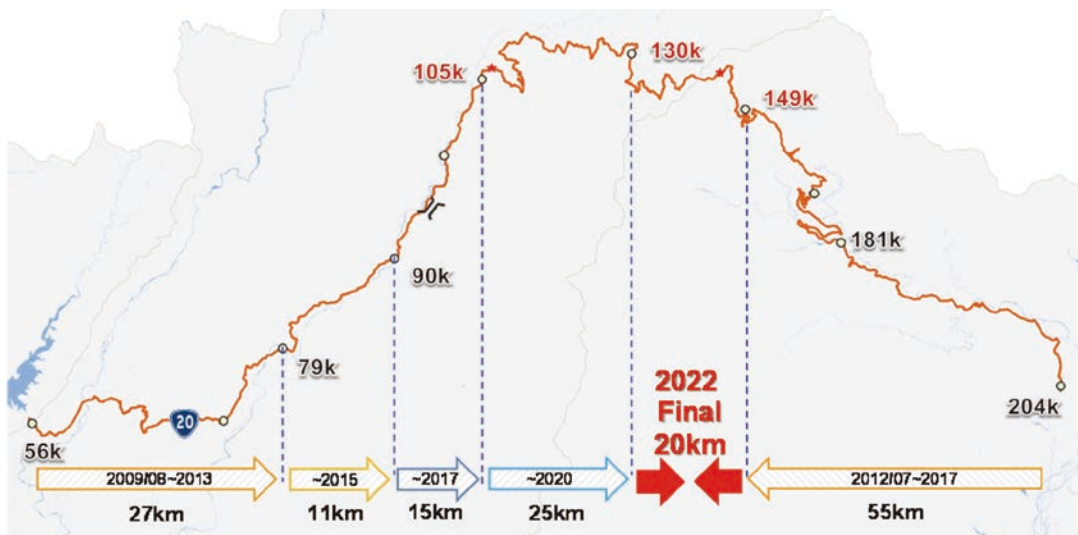


圖 6 空間面相的復建推動策略



2. 搶修及復建工程：自 2009 年莫拉克重創南橫公路，造成沿線緊鄰山崖構築的路基及山區內跨河搭建的橋梁，遭受坡地崩場所引致之土石流衝擊而覆沒，洪流的淘刷更造成護岸潰堤，河道擴張，總計造成橋梁損毀計 22 座、路基淘空流失達 12,000 公尺及百餘處的災情，公路局平均每年約投入 10 億元的復建經費逐步恢復省道通行功能，歷經約 13 年至 2022 年 5 月 1 日全線復通。
3. QPSUM 降雨監測：結合中央氣象署的多感測器定量降雨估計系統，即時監控山區極端天氣，決定是否預警性封路，詳圖 7。
4. 強化的通訊基礎設施：沿線協調橫向電力及通訊單位增加部署 26 座 5G 基地台與不斷電系統 (UPS)，確保災害發生時訊息傳遞不斷鏈。
5. 應變資源優化：在中段管制區 (梅山至向陽) 設置 4 個緊急應變小組駐點，配置專業機具，確保災害發生時能迅速反應。

科技應用於預防性養護

本計畫導入多項前瞻數位科技進行精準管理^[4]：

1. 空載光達 (LiDAR)：建立跨度達 100 公里、包含 12 處致災熱點的高精度「數值地形模型 (DEM)」，詳圖 8，用於研判潛在滑坡與崩塌風險。
2. 干涉合成孔徑雷達 (InSAR)：利用衛星雷達穿透雲層與植被的特性，進行全天候、大範圍的地表變形解算，觀測邊坡的微小位移或潛變，作為災害預警參考，詳圖 9。
3. 無人航空載具 (UAV)：部署 UAV 進行人力難以抵達的上下邊坡巡檢，掃描並建立「數位表面模型 (DSM)」，即時掌握道路即時路況，詳圖 10。

重建開放通車具體成果

經過十餘年的努力，南橫公路復建計畫在軟硬體方面取得了輝煌的成果：

硬體設施的全面恢復

1. 工程量體：重建了超過 12 公里的路基、24 座長跨距橋梁以及 15 座新型明隧道。
2. 邊坡復原：完成了超過 72 公頃的受損坡面整治與植生復育。



圖 7 防災預警機制

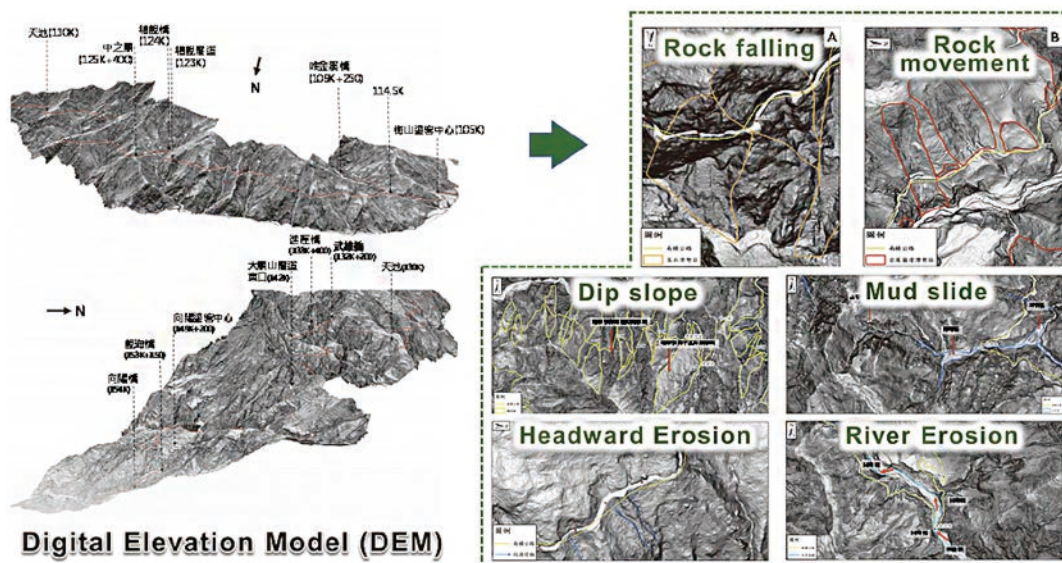


圖 8 高精度數值地形 (DEM) 及微地形判釋



圖 9 DEM 及 InSAR 應用於復建工法決策



圖 10 UAV 應用於邊坡科技巡檢



圖 11 復通後南橫公路最高點垭口觀光人潮

社會與經濟效益

1. 觀光振興：2022 年復通後，年交通量從施工期間的零成長，躍升至 2022 年的 60.5 萬車次，並於 2023 年進一步成長至 69.2 萬車次。
2. 經濟回溫：道路的暢通復甦了沿線的溫泉業、休閒農業及登山旅遊，帶動區域經濟活絡，圖 11 為南橫公路最高點垭口平台的觀光人潮。

生態與社區和諧

1. 環境共融：推行「生態休養日」，並透過科技監控觀察到台灣黑熊、黃喉貂等動物頻繁出現在公路沿線，證明交通與生態平衡可以共存。
2. 在地參與：優先雇用當地原住民擔任公路巡護、守門員及行政人員，落實社區參與並增加在地就業機會。

國際榮譽肯定

公路局南分局將此十年的復建管理經驗彙整提報國際道路協會（IRF），在競爭激烈的「全球道路成就獎（GRAA）」中，擊敗眾多參賽國，獲得「資產保存及維護管理類」首獎。這是國際工程界對台灣在極端環境下展現的復建韌性與智慧化管理的高度認可。

未來展望

南橫公路的成功復建開放通車並非終點，而是「韌性養護」的新起點。

持續的韌性強化

公路局承諾將持續投入預算進行常態性的維護與加固。結合人工智慧（AI）分析 LiDAR 與 InSAR 的長期大數據，建立更精準的災害風險預測模型，以應對未來更趨極端的氣候挑戰。

智慧公路的深化

未來將計畫擴大智慧化交通管理（ITS）的應用，提供用路人更即時的路況資訊與導覽服務，並強化偏鄉急難救助的數位支援能力。

永續發展與山林保存

在確保安全通行的前提下，將繼續堅持生態優先的原則，南橫公路通車後，仍可見台灣黑熊、黃喉貂、台灣水鹿及藍腹鷓鴣在公路附近活動，詳圖 12。透過定期舉行的淨山活動、環境教育，以及與玉山國家公園的緊密合作，守護這片脆弱卻珍貴的中央山脈生態系，讓南橫公路成為一條人與自然和諧共處的「世界級綠色公路」。



圖 12 南橫公路生態多樣性



國際道路協會理事長合影



國際道路協會執行長合影

圖 13 美國奧蘭多領取傑出道路成就獎照片

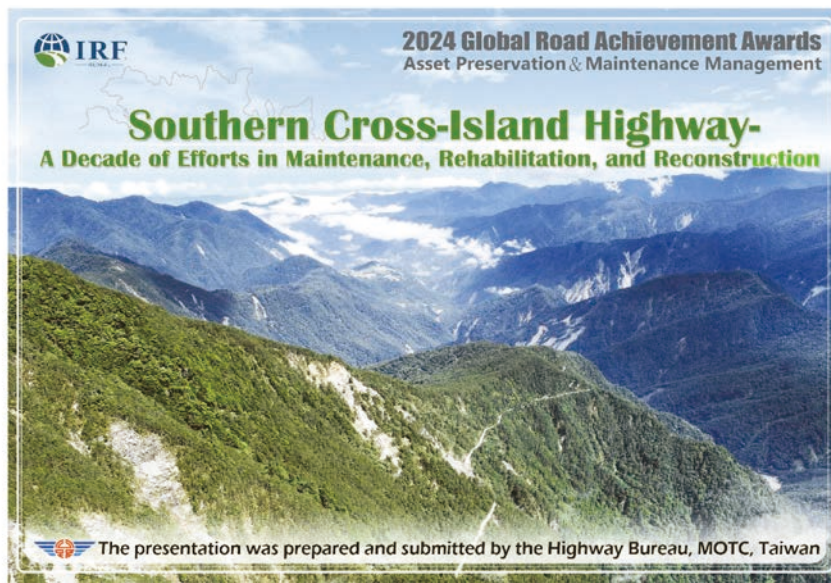


圖 14 2024 年全球道路成就獎 (GRAA) 參賽資料

南橫公路的十年復建之路，不僅修復了地表上的裂縫，更體現了人類面對大自然挑戰時，以智慧、科技與謙卑態度重建和諧關係的典範。計畫最終不僅於 2022 年達成全線有條件復通，更顯著提升了公路對氣候變遷的韌性。這項卓越的工程成就與資產管理經驗，讓南橫公路榮獲 2024 年國際道路協會 (IRF)「全球道路成就獎」資產保存及維護管理類首獎，並於 2024 年 12 月由公路局林聰利副局長率領公路局南分局甲仙工務段黃碩偉副段長、關山工務段副段長 (現任大武工務段段長) 邱民豐，以及自莫拉克後即參與南橫復建工程及相關科技應用於維運管理的黎明工程顧問股份有限公司黃貞凱董事長及結構部許書凱經理，前往美國佛羅里達州奧蘭多領獎，詳圖 13。參賽資料封面以南橫公路最高點的風景，詳圖 14，向世界展現了台灣工程界的堅韌實踐力及工程軟實力。

誌謝

南橫公路歷經從開通、中斷、重建、復通之數十年，是歷經許多公路人一點一滴的貢獻堆砌始能完成，本文僅將所有的功勞與榮譽獻給所有曾經為南橫公路付出的先賢先進及工程團隊。

參考文獻

1. 交通部公路總局第三區養護工程處 (今公路局南區養護工程分局) (2009) 埡口之巔 - 南橫青山在。
2. 黎明工程顧問股份有限公司 (2018)，台 20 線 52K_208K 南橫公路路廊安全調查初評服務工作。
3. 公路局南區養護工程分局甲仙工務段 (2024)，113 年度交通部服務獎參獎申請書。
4. 黎明工程顧問股份有限公司 (2019)，台 20 線梅山至向陽易致災路段科技應用調查及評估作業工作。 