



國道1號 北外環交流道工程 (第1105S標)之 施工解析

潘小珍／交通部高速公路局第二新建工程分局第三工務所 主任

譚博元／宸茂營造有限公司 總經理

賴凱祥／宸茂營造有限公司 主任

林建志*／台灣世曦公司嘉南工程處 技師

盧志宏／台灣世曦公司嘉南工程處 主任

臺南科學園區成立後引進大量就業人口，為有效紓解國道1號永康交流道及國道8號交通負荷，提供臺南核心地區快速進出國道系統，交通部高速公路局於國道1號台南系統交流道與永康交流道間興建北外環交流道，藉由連結北外環道路之匝道工程，強化區域道路串聯，建構完善運輸服務，預計115年完工後可紓解永康交流道車潮及民眾進出國道之便利性^[1]。揆諸本案國道建設，其管理策略、設計理念、監造品質、施工技術等經驗，更勝以往，藉由實務分享，期在資源有限與成本效益的考量下，使用經濟合理費用，滿足路安、橋安、人平安的服務水準，冀望為後續橋梁工程，貢獻心力。

關鍵詞：臺南科學園區、國道1號、北外環交流道

前言

高速公路局（以下簡稱高公局）於國道1號（以下簡稱國1）台南系統交流道與永康交流道間興建北外環交流道（圖1），藉由國1連結北外環道路之匝道工程，強化區域道路串聯，建構完善運輸服務，未來完工後可紓解永康交流道車潮，節省20～30分鐘旅運時間，提供安平、安南、永康及北區民眾進出國道之便利性。本工程112年9月16日開工，預定115年11月28日竣工（工期1,170日曆天，契約金額13.98億元），增設南下北上各一匝道，並將國1部分路段拓寬為雙向各五車道（圖2），透過分散車流、增加道路容量與優化匝道，提升國道服務水準。

主要工程內容包括：

新設北外環道路L1及R1匝道

1. L1匝道（長度905 m，橋墩18座）共分為6個單元，除跨越國1採鋼箱梁吊裝外，其餘採場鑄預力箱型梁。
2. R1匝道（長度616 m，橋墩14座）共分為4個單元，為場鑄預力箱型梁。

拓寬臺南系統交流道南入（Ramp6）及北出（Ramp4）匝道

1. Ramp6匝道採增設PCI梁並延伸橋梁懸臂版方式辦理拓寬。
2. Ramp4匝道以既有路堤填築方式進行路面拓寬。

國1主線車道配置調整

配合北外環交流道新建及國道8號匝道拓寬，將既有3主線+1輔助車道調整為3主線+2輔助車道（316k+000～317k+640）。

* 通訊作者，pqzk@ceci.com.tw



圖 1 工程平面圖



圖 2 現況及完工後車道對照圖

北外環 RD7 及人行（自行車）道施作

配合主體工程重新構築北外環橋下道路，並設置簡易休憩區。

其他配合工程

包括施工便道、施工便橋及構台等假設工程、照明設備工程、周遭景觀工程、交控工程、管線遷移工程及其他各項附屬設施。

工程特色

勞動部自民國 96 年起，為提升整體營造施工安全，推動職業安全衛生優良工程金安獎選拔，獎勵推動職業安全衛生優良之工程。爰此，工程團隊導入營建五化，自規劃設計階段，實施風險評估、選用安全

工法、規劃相關安全衛生設施；施工階段，落實安全衛生管理等，建立完整系統化的職安衛管理機制，以期施工各階段均具備優質的安全衛生文化，達到持續減災、零職災的目標。揆諸本工程營建五化具體作為，臚列如下。

1. 設計標準化：高架橋樁徑一致（1.5 m）、橋墩尺寸統一。
2. 構件預鑄化：預製鋼橋（跨國道段）、鋼構廠製造。
3. 施工機械化：監測模組、機械化施工（樁機、吊具，搭載行車視野輔助系統）。
4. 人員專業化：教育訓練、證照認證、專業分工。
5. 防災科技化：8 套即時影像傳輸監視設備、BIM 衝

突檢核 (Building Information Modeling, 建築資訊模型, 簡稱 BIM)。

施工過程運用營建五化, 由專業團隊群策群力, 在生態保育、永續經營等面向, 兼顧國道建設的永續發展 (ESG), 一步一腳印, 深入台南每一角落, 為南科生活家園的便捷與舒適, 擴大幸福文明的視野, 提升社會經濟發展與整體競爭力; 同時, 接地氣深耕台南、服務人群, 體現傾聽大自然的聲音, 與大地對話, 創造人與土地的和諧永續。

下部結構施工 (以基樁為例)

本工程採全套管混凝土樁 (樁徑 1.5 m) 施工, 此工法已十分普及, 取代打擊式基樁及反循環基樁, 可減少水污染、空氣污染、土壤污染, 有效降低噪音及震動, 國內廠商具有足夠之機具可供調度, 相關高風險危害及執行對策 (圖 3)、施工要點如下:

1. 配合交通維持計畫, 善用基礎間之場地作為施工場所, 審慎規劃施工機具動線 (繪製機具現場配置圖, 循序滾動更新)。
2. 預先協調管線單位辦理遷移作業 (仰賴訓練有素的工程團隊, 平時即就圖說、規範及疑義澄清主動檢討), 關鍵在「超前部署, 未雨綢繆」。
3. 妥善規劃營建剩餘土石方處理計畫, 噪音及震動等污染防治作業 (敦親睦鄰)。

上部結構施工 (場鑄預力箱型梁、鋼箱梁)

場鑄預力箱型梁

1. 本橋型採場鑄逐跨施工方式, 底部設置減振支架, 兼顧行車安全與舒適性, 減少對橋下交通影響。
2. 場鑄逐跨工法具有經濟性高, 且可靈活配合現況等優點, 惟需利用橋下空間設置支撐架。
3. 新舊橋面以固接銜接, 取代縱向伸縮縫。
4. 澆置早強無收縮混凝土 (齡期強度規定, 4 小時達 200 kgf/cm² 以上、48 小時達 280 kgf/cm² 以上、28 天達 420 kgf/cm² 以上)。
5. 新舊橋面銜接, 過往採鋪設防水膜以達防水需求, 考量養護經驗回饋, 通車後營運階段與瀝青鋪面黏結力不佳, 導致路面損壞造成養護困擾, 於新舊混凝土交界處改採 ASTM D41 防水瀝青黏層, 以提升施工性及耐久性。

鋼箱梁 (圖 4)

1. 鋼梁於鋼構廠製造 (源頭管理), 與下部結構並行作業, 縮短工期 (分進合擊, 雙管齊下)。
2. 鋼構橋梁跨越國 1 主線, 跨度達 85 m, 施工挑戰性高, 規劃於路肩外國道閒置場域進行地組作業, 吊裝採分階段夜間封閉國道施工 (22:00 ~ 06:00), 於中央分隔島綠帶空間設置臨時支撐架, 日

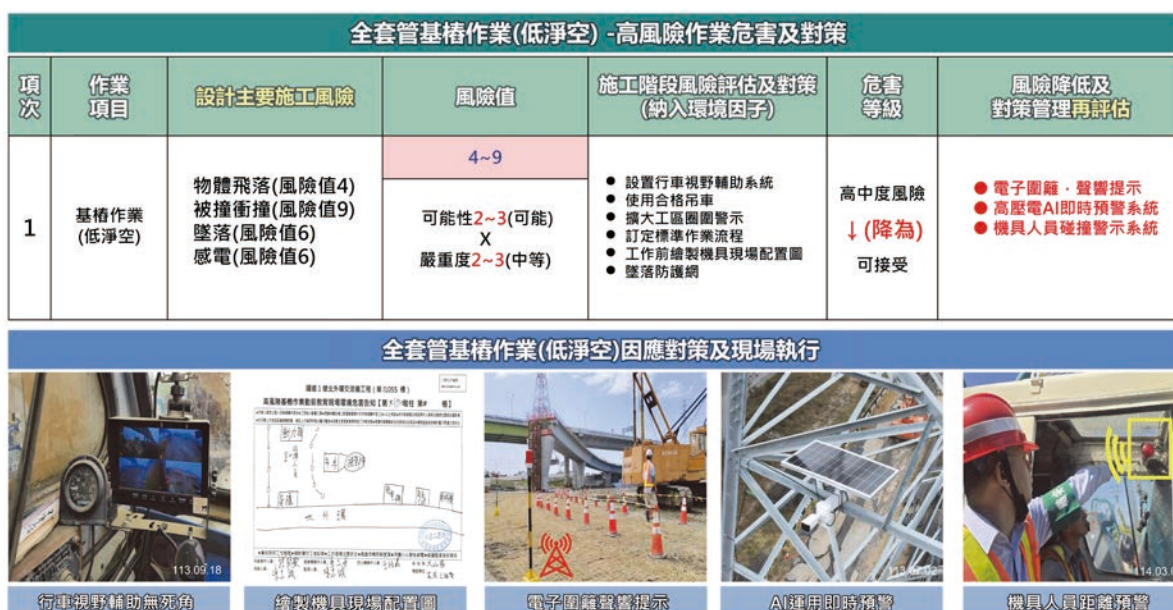


圖 3 高風險作業危害及執行對策 (以基樁為例)



圖 4 上部結構施工（以鋼橋為例）

間不影響交通運行，以減少吊裝荷重，有效降低作業風險（穿著衣服改衣服，因地制宜）。

- 鋼橋管理依循 PDCA，包括（Plan）鋼板進場材料納入施工計畫送審核定、（Do）依計畫執行材料清點、（Check）每月進度會議滾動檢討、（Action）檢驗確保成品品質；施工期間，高公局、監造偕洽廠商召開施工月會，製表列管「廠製數量、銲道品質、NDT 成效、假安裝期程」，定期辦理新進工班教育訓練（開工至今已辦理 4 次），說到做到，一次到位。

維護管理策略與計畫（圖 5）

本工程為高架橋，施工過程需考量營運階段管養人員檢測需求，包括橋梁外觀（混凝土或鋼材）及附屬設施（支承、欄杆、路面等）；綜觀全生命週期之橋

梁維護管理策略特點有四：

- 推廣橋梁延壽及維護管理觀念，建立橋梁生命週期導向之養護與安全監測，達成預防性維護、資訊回饋、延長橋梁使用壽年與生命週期評估。
- 確立橋梁構件預防性定期維護工作範圍，合理有效的依各橋梁特性建立所處環境中之週期曲線，循序率定改善範圍。
- 蒐集定期檢測資料、維修工法、成本單價資料庫，綜整歷年已完成工程案例，建立分析評估標準、構件維修紀錄，落實生命週期管理。
- 登錄橋梁管理系統（Taiwan Bridge Management System，簡稱 TBMS）記載橋梁基本資料及檢測維修資訊，藉由資料庫統計分析，研判橋梁使用特性，提出有效管理對策，掌握橋梁結構與用路人之安全狀況。



說明：高公局納管橋梁及邊坡基本資料、竣工圖資、歷年之檢（監）測、巡查及養護紀錄，確實掌握橋梁結構、邊坡與設施現況，做為後續維管依據。

圖 5 維護管理作為

高公局攜手台灣世曦公司、宸茂公司，投入橋梁防災技術開發，建置包括「橋梁維護管理模組、橋梁災害管理模組、InSAR^[註1]安全監測管理模組」之國家級災害管理平台^[2]，冀望在公共工程減災、預警、監測方面，發揮專業知能，回饋社會，善盡企業社會責任。此外，藉由世曦防災中心與管理機關建立技術交流之合作平台，未來亦可協助橋梁管養機關建置相關橋梁維管資訊與防災計畫，加速安家固園工作，建構永續國土安全環境，作到人人作防災、達成家固國強的目標。

[註1] InSAR 知識科普

- 干涉合成孔徑雷達 (Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)
- 透過衛星觀測地表變化量，根據地表與衛星間距離的改變所造成雷達回波相位的差異，以同一地區、同軌道、不同時間之多幅雷達影像進行干涉，再經由相位回復取得地表變化量 (衛星觀測頻率 1 次 / 雙週)。

RFID 晶片應用^[3,4]

本工程混凝土試體導入 RFID 晶片 (無線射頻辨識, Radio Frequency Identification)，將晶片埋入試體中，監造透過 RFID 掃描器，讀取識別碼 (TID)，可追蹤試體流向、系統化存取檔案、監控防弊，具有「降低人力負擔、減少混凝土試體送樣時間、減少試體遭調換」的優點 (圖 6)，解決傳統紙張保存及抄寫出錯發生率，有效識別讀取追蹤，提高效率。

RFID 原理，係將晶片以水平方式植入試體表面

(深度離表面 1 ~ 2 cm 為原則)，由讀取器發射特定工作頻率之無線訊號，感應電流獲取能量，再解碼處理完成鑑別，使試體具有身分辨識，達到整體生命週期資料保存與後續維護管理 E 化效益。

施工遭遇困難與解決對策 (以管線為例)

本工程國道基礎施工，面臨既設管線群 (如中油 26 吋天然氣管、12 吋輸油管、台電特高壓電力管) 遷移障礙，為確保工進不致受管線影響，除依例辦理試挖外，亦可在設計、施工階段，直接面對管線進行處理，即調整結構施作方式及工序，完成墩柱開挖，以減少管線遷移影響工進之風險。

本案墩柱緊鄰管線條狀施工帶，各工區工作相互掣肘，施工首重動線，基樁、開挖施工時間冗長，機械物料繁多堆滿橋下施工空間，估計自配合機具施工臨時擋土措施起至支撐系統完成恢復動線止，工期至少超過六個月，倘若起始動工或施工過程中遭遇不可抗力因素問題而展延，將嚴重影響工程進度，故本區段分別與中油公司、內政部國土署、台南市政府等，協調管遷及施工便道，並將工區範圍外擴作為施工動線，始能啟動施作。

施工團隊經與各單位誠懇溝通 (敦親睦鄰)，天然氣幹管遷移順利並提早 3 個月完成，橋下各障礙問題的處理逐步開展，相關施工障礙排除方式，歷程如圖 7。



圖 6 應用 RFID 於混凝土試體



圖 7 管遷遭遇困難與解決對策

結語

1. 本案施工過程，仰賴團隊組織完整且專業人力足夠，做實事、接地氣，超前部署管控人、機、料，主動輔導廠商辦理品質管制工作，說到做到，做到有效，持續守護橋梁安全。
2. 本案組成國道技師團（機關、監造、廠商）並常駐工地，除保障用路人之行車安全，更確保施工環境安全，用心、盡心做好每件事，團隊真的揪甘心。
3. 凡事豫則立，不豫則廢，成功永遠是給予做好準備的人，主辦機關、顧問公司、營造廠三位一體，持續維持道安、推動多項精進作為，品質的盡心付出、安全的貼心作為，台南民眾都看在心裡，藉本文給辛苦的工程人員，讚美喝采。

誌謝

本文承蒙交通部高速公路局第二新建工程分局與第三工務所之指導及支持，謹致謝意。

參考文獻

1. 交通部高速公路局，「橋梁耐震補強設計注意事項」，第 3-43 頁（2024/04/01）。
2. 熊德維、潘小珍、莊明哲、謝政璋、林建志、黃永輝、魏子洋，「營建施工品質及安全管理之精進作為（以國道 8 號耐震補強工程為例）」，中華技術 141 期，第 80-93 頁（2024/01/31）。
3. 何明錦、王隆昌、林祐正、梁家郡、顏漢輝，「無線射頻辨識（RFID）置入於營建材料與構件之應用研究」，內政部建築研究所協同研究報告，第 3-52 頁（2007/12/01）。
4. 林佩誼、黃永輝、林建志，「國 8 橋梁永續建設之創新思維－以 112 年雙金耐震補強工程為例」，技師期刊 105 期，第 73-82 頁（2024/06/01）。

