

中 | 華 | 技 | 術 | 129

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

2021. 1. 31 出版

營建工程與 環境永續



國內
郵資已付

台北郵局許可證
台北字第3758號

專訪人物／

臺灣港務公司董事長李賢義

桃園市政府工務局局長賴宇亭

與時俱進的巨龍—國道1號桃園路段箱涵拓建案例分享

國道橋梁耐震補強延壽兼顧環境永續及資源再利用—以M37E標為例

運用創新施工管理—實踐沙崙綠能科技聯合研究中心智慧綠建築設計

全台首座旋轉橋「大港橋」—開創港區新風貌

金門大橋海中橋帽鋼箱圍堰之設計與施工



財團法人中華顧問工程司 發行



台灣世曦工程顧問股份有限公司 編製

營建工程與
環境永續



CONTENTS

中華技術 129

目錄

專輯前言

1 | 人物專訪

6. 訪臺灣港務公司董事長李賢義
談「臺灣港埠建設發展及經營
策略與願景」.....

..... 整理：蔡同宏 · 攝影：詹朝陽

24. 訪桃園市政府工務局局長賴宇亭
談「桃園工務局推動重大建設、
獲獎榮耀與智慧化管理政策」.....

..... 整理：黃諭璽 · 攝影：詹朝陽

2 | 工程論著

38. 臺灣與英國之業主、設計師和營
造商對工程設計考量工作者安全
之觀點..... 張毅斌、鄒子廉



發行人 林陵三
主任委員 陳茂南
發行所 財團法人中華顧問工程司
地址 台北市辛亥路二段185號28樓
電話 (02)8732-5567
網址 <http://www.ceci.org.tw>

編審工作小組
總召集人 施義芳
副總召集人 李順敏
129期召集人 廖學瑞
129期審查委員 彭國源、鄧建華、邱水碧、陳志鴻

總編輯 張鈺輝
副總編輯 李志宏
執行編輯 袁雅玲
編輯 詹朝陽、吳妍瑱、李綺馨、許舜雅
設計 台灣世曦工程顧問股份有限公司
地址 台北市內湖區陽光街323號
電話 (02)8797-3567
網址 <http://www.ceci.com.tw>

◎ 經刊登之文章，文責由作者自負 ◎





3 | 專題報導

52. 與時俱進的巨龍—國道1號桃園路段箱涵拓建案例分享.....

..... 邱水碧、陳世光、黃威政

66. 寶高智慧產業園區工程之創新智慧綠建築特色與工程管理.....

.... 邱水碧、江秉修、黃寶翰、葉信宏、陳大鵬、鄭鑫賜、林建宏、周南威

80. 國道橋梁耐震補強延壽兼顧環境永續及資源再利用—以M37E標為例.....

..... 郭呈彰、張明志、黃宗富、簡岳成

100. 運用創新施工管理—實踐沙崙綠能科技聯合研究中心智慧綠建築設計.....

..... 賴秧鎮、吳佩儒、蔡宏達、李振榮、陳志鴻



116. 高雄港過港隧道延壽工程—再創海底隧道新生命.....

..... 林建宏、林清宏、謝政璋、蔡同宏、張發魁

132. 全台首座旋轉橋「大港橋」—開創港區新風貌.....

..... 王錦榮、鄭智文、彭國源、蔡同宏、陳文期、陳福守

150. 金門大橋海中樁帽鋼箱圍堰之設計與施工.....

..... 王銀和、楊世琛、游明益、謝季軒



4 | 特稿

164. 混凝土橋梁常見劣化類型探討—橋面系統(I).....

..... 蔡欣局、王鶴翔、毛一祥、葉承軒、王忠信

編後語



專輯前言

「永續發展」已逐漸成為普世價值，為世界各國追求發展之共同遵循典範，「永續工程」強調工程除具備專業技能外，同時需兼顧「環境保育」、「經濟發展」、「社會公義」等三個面向，並將其融入到工程規劃設計、施工、營運，乃至全生命週期的每一個階段。本期「營建工程與環境永續」主要以對環境永續、循環經濟、創新智慧綠建築、橋梁耐震補強延壽、港區風華再現等工程施工實例，提供經驗分享。

「營建工程與環境永續」，強調人與自然環境的共生共榮，本期特地安排專訪臺灣港務股份有限公司李賢義董事長，提出港埠工程永續發展、經營與管理的獨到見解與經驗。同時亦邀請桃園市政府工務局賴宇亭局長，暢談桃園市政府智慧城市的推動理念，桃園智慧城市分為「智慧治理」、「智慧生活」、「智慧產業」3大面向，工務局推動「智慧治理」包括市政智慧營運治理、整合物聯網服務、打造安全永續宜居城市。本期專訪不僅受訪者暢談其人生歷練的分享與智慧的傳承，也讓我們感受政府積極打造智慧城市與推動永續港埠工程之想法與用心，從中更了解各項計畫推動策略與步驟。

近年來，政府規劃前瞻基礎建設計畫，包含建構安全便捷的軌道運輸、促進環境永續的綠能建設等八大建設計畫。綜觀國內工程建設更需從「質」的方面來強化提升，營造出精緻的永續工程，提升營造公司技術水平與管理能力，而監造專管單位的督導協助更是成功的不二法門。本公司廣泛參與國內公共建設，對於如何減輕施工對環境之影響，創造與環境和諧共榮之工程實務經驗與技術，實績斐然。本期匯集數篇專文，提供工程各界先進參考，內容涵蓋國道橋梁耐震補強延壽、寶高智慧產業園區開發、沙崙綠能科技聯合研究中心智慧綠建築工程施工管理、過港隧道延壽，以及全台首座旋轉橋「大港橋」工程等不同類別，從各案工程面臨不同的挑戰，舉凡補強延壽改善、智慧綠建築工程管理，或是新技術新橋梁工法等，都可以讓讀者得以窺見監造工程師們以敬天憫地虔誠的心，秉持工程專業精神，細心呵護著每一件工程的態度。



台灣世曦工程顧問股份有限公司

副總經理

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters. The signature is written in a cursive style and is positioned to the right of the printed name.



訪臺灣港務股份有限公司董事長

李賢義 博士

談

**臺灣港埠建設發展及
經營策略與願景**

整理：蔡同宏 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

李董事長為國立高雄科技大學工程科技博士，各項公共工程歷練完整、學養俱豐，是一個能從大處著眼、小處著手的全方位經營與港埠建設推動舵手。李董事長表示臺灣港務公司將依循「以人為本」的交通服務理念，重視航港產業發展需求，盡最大努力、認真做好每件事，並以「團隊合作、運輸安全、智慧交通」等三大面向為首要發展目標，優化核心業務發展以及強化企業營運體質，為港區相關業者提供更好的服務。在運輸安全方面，將以最高標準戮力打造安全優質的港埠設施，提供良好的航港經營環境。迎接綠能科技時代來臨，臺灣港務公司將持續導入智慧科技，升級港埠經營管理，優化營運效率與安全，落實環境保護責任，引領臺灣港口永續經營發展。邁向未來，港務公司將以穩健踏實的態度，在既有營運基礎上，秉持企業化經營精神推展多元業務，攜手航港產業夥伴共榮發展，為臺灣港口締造新願景，開創航港產業嶄新未來。本期刊很榮幸能訪問到李董事長，本(129)期專輯特別請李董事長闡述現今我國港埠發展現況並論及港務經營發展策略與願景，以下是本次訪談概要。

貳、訪談紀要

問：臺灣港口目前面臨國際海運市場快速變遷、鄰近國家沿岸港口激烈競爭與東南亞深水港口崛起等外在環境影響，臺灣國際商港的國際地位與貨櫃吞吐量成長空間受阻，如何採取有效的創新管理政策，因應多變的國際港埠競爭環境？請教董事長目前臺灣港埠經營將面臨哪些困難與挑戰？以及因應的對策。

答：

(一) 臺灣港埠經營面臨的困難與挑戰

■ 中美貿易戰2.0，全球供應鏈佈局重組

面對高度全球化的環境，為避免過度依賴全球貿易，紛紛興起保護主義，並直接影響全球供應鏈佈局，因此貿易結構從全球分工部分轉為區域內製造。

各國將部分產業鏈拉回到國內，影響國際貿易熱度，同時影響整體海運市場需求。加上中美貿易戰，兩大強權的政治競爭，直接影響全球產業鏈之佈局，東南亞對外貿易量提升，將衍生其對擴大港口的需求，進而吸引航商佈局。



而國際貿易結構也自全球分工部分轉為區域內製造，洲際間運量成長相對較緩，但亞太地區內之貿易量則大幅增加，帶動港口擴大建設、亞洲內深水碼頭逐漸投入營運。

■ 船舶大型化、海運聯盟重組、鄰近港口崛起

近10年來船舶大型化趨勢持續演進，此外，航商聯盟重組後，聯盟成員總運能佔全球達八成以上，聯盟運作直接影響全球海運發展。在此同時，我國周邊港口如中國大陸二線沿海城市與東南亞港口貨量不斷攀升，各大航商採大型船舶優先靠泊貨量較高之港口，我國因進出口貨量成長幅度未如他國明顯，將逐漸影響轉口地位。

■ 電商及冷鏈市場崛起，物流營運模式改變

近年來國際上新興運輸需求包括電子商務及冷鏈貨品市場蓬勃發展，尤其在疫情影響下，更加速該產業發展，然電子商務貨品多為小包裹且多樣少量、又追求快速，港口需有專屬之作業空間理貨，以提高作業效率。另冷鏈貨品過去多由空運運送，但在冷藏/凍技術持續強化下，貨量較高之冷鏈貨品，逐漸出現走海運之需求。



(左後排1)蔡同宏技術經理 (左後排2)謝政璋技術經理
(左前排1)周允文專任顧問 (左前排2)張欽森資深協理

■ 國際環保意識抬頭，相關法規趨嚴

因應環保意識高漲，在國際上日益重視減碳及港口空污及能源消耗，需減少對環境之衝擊，提出各項建議綠色港口應依循之標準。此外，政府提出能源轉型政策，其中液化天然氣(LNG)之能源需求及 LNG 船舶發展將持續成長，且配合我國能源政策，離岸風電發展亦需港口設施之輔助。



(左前排3)彭國源資深協理 (左前排4)廖學瑞副總經理 (中左)李順敏總經理 (中右)李賢義董事長 (右1)王錦榮助理副總經理

■ 國際港口轉型發展，邁向智慧化轉型

世界港口在不同時代背景下，衍生不同定位及機能，2010年代起邁入智慧港階段，國際先進港口應用新興科技於營運管理、港埠作業等輔助及決策工作，試圖解決現代營運管理型態改變等問題，我國港口持續推動智慧化轉型，除與國際趨勢銜接、維持競爭力，亦可解決港口營運面臨之課題。

(二) 港務公司因應對策

■ 強化東南亞市場佈局，以兼顧區域樞紐及洲際功能

預期產業供應鏈會加速由長變短、全球化轉區域化，生產基地也會加速轉往東南亞及台商回流效應，港務公司會持續掌握相關趨勢變化，塑造高雄港等臺灣港口成為洲際與區域並重的樞紐港，且順應台商回流，積極辦理港區



土地招商。

另產業鏈移往東南亞的趨勢，也有助於港務公司配合政府「新南向」政策，並透過轉投資的台源國際控股公司將會持續深耕東南亞，兼為公司多角化事業帶來新局。

■ 港埠設施升級，推動碼頭營運模式創新

為迎合市場船舶大型化趨勢，港務公司已積極規劃興建高雄港第七貨櫃中心，藉由港埠設施升級以利招攬聯盟航商大型船隊，鞏固高雄港轉口樞紐港地位，提升港口國際競爭力。配合高雄港第七貨櫃中心加入營運，亦將進行現有貨櫃碼頭區位配置整合、功能調整，提升整體效率。

此外，更是推動碼頭營運模式創新，借鏡國際貨櫃碼頭朝向攜手航商合作經營模式，評估由承租碼頭轉型為共同合資開發之可行性，逐步調整碼頭營運型態，以鞏固客戶、掌握市場發展、增加經營彈性。

■ 推動加值型物流，強化港區多元服務

面對市場多元發展，港務公司將在審視備齊相關發展資源，例如電商等快遞貨處理設施、冷鏈專用倉、海空聯運專用理貨倉等，以

利在具備發展前景的條件下，吸引更多電子商務、冷鏈及海空聯運市場的貨量，持續提供業者相關服務，並增加服務效率與業者的信賴度，確保服務品質。

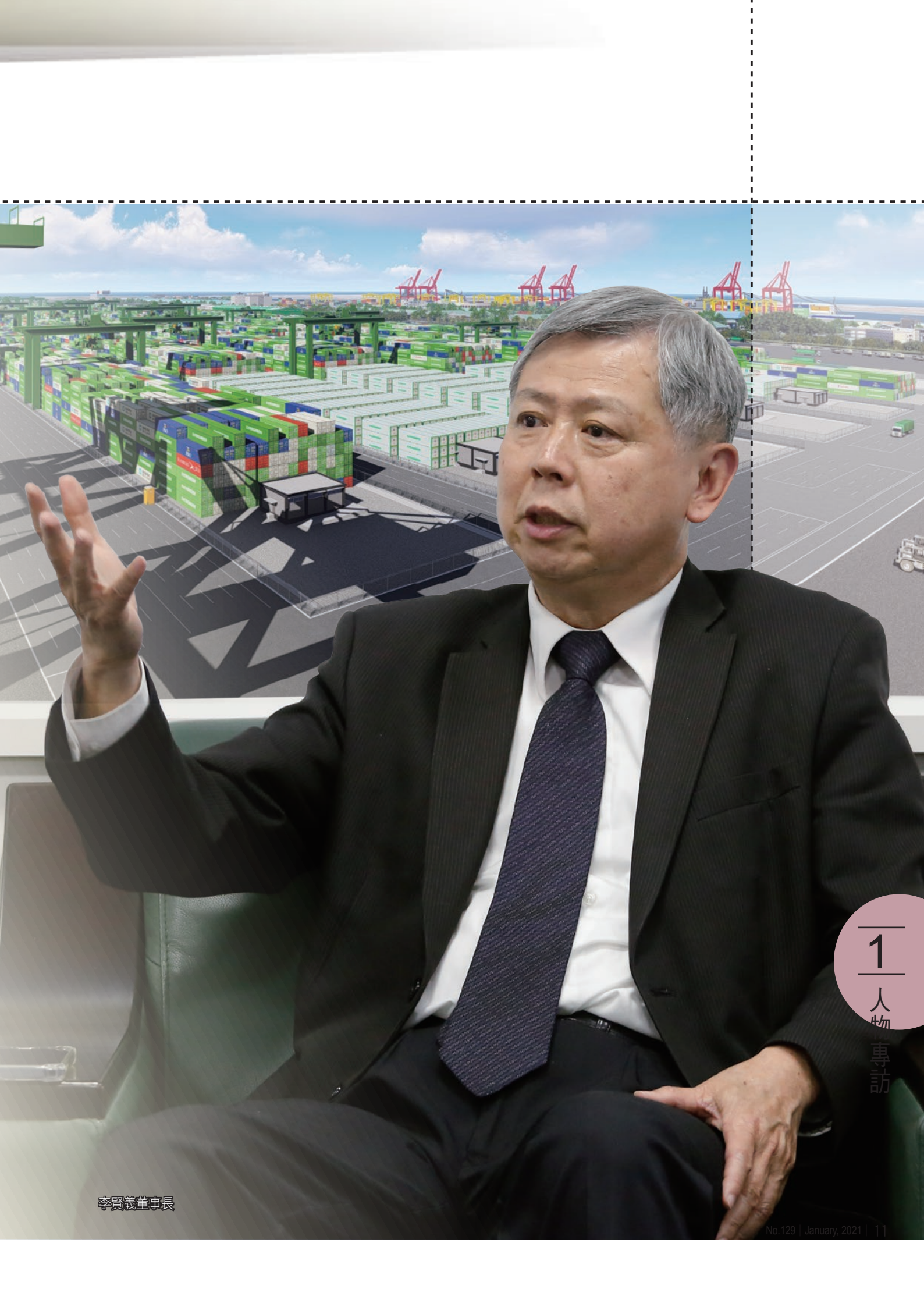
■ 配合離岸風電政策，發展綠能商機

因應政府近年積極發展綠能產業政策，掌握綠金商機，港務公司在離岸風電產業方面，已規劃「風機預組裝基地」、「風電國產化基地」、「港勤運維」、「人才培訓」四大營運主軸，並持續提供離岸風電作業所需之港口基礎設施，並延伸相關離岸風電港勤運維、海上風機組件運輸以及開辦國際風能組織訓練課程等服務，吸引國際開發商來台投資。

未來也將持續關注全球議題，積極推行如提升廢棄物處理能力、臨港空氣品質、潔淨能源及設備提供等，並且可透過獎勵機制來調整業者對於使用綠能設備之意願，來減少港口營運對環境之衝擊，進而評估於商港增加LNG相關輔助設施之需求與必要性。

■ 擘劃智慧港口，提升港口整體競爭力

因應資通訊、大數據、物聯網及人工智慧等新興科技產業蓬勃發展，本公司借鏡國際標竿港口智慧化發展趨勢，提出臺灣港群 Trans-



1
人物專訪

李賢義董事長



SMART計畫，內容涵蓋海側、陸側二大構面與各項具體行動方案，擘劃我國智慧港口發展藍圖。

未來將把Trans-SMART計畫成果延續至各港，以持續建構各港軟硬體基礎建設，後續推動智慧化方向應朝向內、外部資訊整合及資源共享，透過大數據分析達到優化預測分析服務，並於適合發展與推動新興科技試驗場域進行驗證，如無人載具、5G 等技術，當各新興科技成熟後逐步擴大應用，以推動我國航港朝向智慧化方向發展。

問：董事長對於臺灣港務股份有限公司未來發展有何的策略目標與想法？尤其是在COVID-19疫情後，國際產業供應鏈重組，整體海運發展之佈局與展望。

答：在歷經COVID-19疫情後，國際產業供應鏈重組，整體海運發展之佈局有所改變，回顧前面所提到的各項策略，港務公司未來發展的重點可歸納為「智慧化」、「客製化」與「綠能」三大面向，以打造更優質的港埠環境，提升臺灣港群的競爭力。

(一) 加速港口智慧化發展，打造港埠優質環境

因應人工智慧、大數據、物聯網、區塊鏈等新興科技時代來臨，港務公司將加速智慧化、數位化的投入，優化港口營運及港棧作業的安全與效率，並透過資訊整合、串接、應用、交換共享等作為，建置港埠數據平台，打造港埠優質智能環境。

(二) 提供港埠生態系客製化服務，推動加值商機

面對國際海運市場快速變化以及各項外部挑戰，以及民生經濟與產業轉型需要，港務公司配合提供港埠生態系相關業者多元客製化服務模式，以低成本、高效率之物流作業環境，帶來更多商機。未來將持續朝「專注本業」、「多元發展」、「資產活化」及「智慧轉型」等四大目標策略紮根築底，持續與航港產業重要夥伴攜手合作，力求共榮發展，奠定台灣港口及航港產業永續發展基礎，協助臺灣港群增值創量，轉型多元價值港。

(三) 打造綠能港口，因應全球能源轉型趨勢

配合政府離岸風電的推展，積極參與風電產業的規劃和佈局，並善用各項港埠資源，朝全方位風電港口邁進，以提供港口基礎設施、物流服務、風機運維基地及風能訓練等服務，打造離岸風電產業發展，帶動國內風電產業在地化及產業生根，後續亦將拓展綠能港口之國

際視野，精進港埠相關設施及服務，期許作為風機產業最堅實的後盾。

問：董事長對於臺灣港務客運、貨運發展與未來方向，以及因應後疫情時代，掌握契機積極參與國際化的競爭有怎樣的看法？

答：受到新冠肺炎疫情影響，中央流行疫情指揮中心宣布自109年2月6日起禁止國際郵輪停靠我國國際商港、2月10日起亦暫停兩岸海運客運直航，國際郵輪市場因邊境管制受到嚴重衝擊；臺灣港群貨櫃量也受到重創。

109年7月26日臺灣開啟營運國內環(跳)島航線，成為全球首要郵輪復航國家。開創郵輪母港的創新模式，疫情過後，可望延續本地客源在島內觀光旅遊風潮。

臺灣目前從北到南有基隆、臺中、安平、馬公、高雄及花蓮等6個重點郵輪港口，各港皆擁有接待大型郵輪良好的靠泊及通關能力，近年來郵輪大型化趨勢顯著，為迎接不斷進駐亞洲的大型郵輪，港務公司致力提升港埠設施及改善港口軟硬體條件，成為港口營運重要一環，目前基隆、臺中、高雄及花蓮港皆可停靠16萬總噸級郵輪，基隆港完成整建工程及高雄旅運大樓完工後更可停靠22萬總噸郵輪。

後疫情時代，港務公司在客運業務推動作為：

(一) 持續優化港埠設施

積極優化郵輪港埠設施，基隆港東岸旅運中心預計於110年完成旅運空間延伸及擴增行李空間、西岸預計110年完成西二、西三倉庫旅客中心修復再利用工程，以及高雄港旅運中





心預計110年底完工，以提升旅客服務，並與港口所在地之縣市政府、觀光業者及郵輪公司等相關單位維持良好溝通合作關係，共同參與郵輪國際行銷推廣，強化我國郵輪產業。

(二) 即時掌握國際資訊進行交流

與國際郵輪產業持續交流，109年8月亞洲郵輪碼頭協會(Asia Cruise Terminal Association)召開視訊年會，港務公司於會中向各會員國分享臺灣港口之防疫措施、場站衛生管理等作為；此外，亦與日本郵輪港口、新加坡港及郵輪業界保持連繫，即時分享交流郵輪市場概況及防疫作為等資訊。



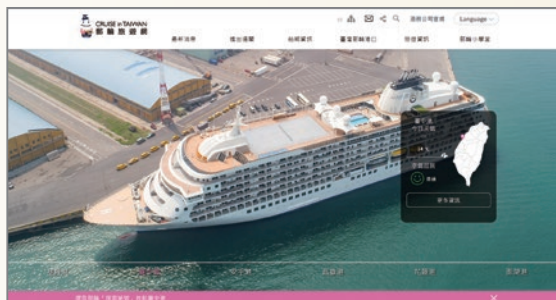
(三) 強化國際行銷

於國內外郵輪專業雜誌及媒體刊登廣告，如Cruise Industry News、CRUISE及Seatrade Cruise Review等，進行郵輪相關行銷宣傳，增加臺灣郵輪港口國際知名度。

(四) 提升郵輪旅客服務

「郵輪旅遊網」主題網站已於110年2月2日改版上線，以使用者友善的角度提供臺灣郵輪港口相關資訊，包含郵輪碼頭軟硬體、郵輪船期、旅客入出境規定與通關流程說明，以及

在地交通指南等資訊。未來將持續優化網站資訊並與國際郵輪業者、地方政府共同合作推廣郵輪觀光，提升網站使用效益。



郵輪旅遊網·臺灣港務股份有限公司

在貨運業務推動作為：

(一) 推動高雄港第七貨櫃中心計畫

第七貨櫃中心相關工程正積極興建中，預計111年起分階段交付長榮營運，未來將打造七櫃成為全臺最先進的自動化碼頭。

(二) 持續辦理行銷獎勵方案

港務公司今(110)年續辦理年度行銷獎勵方案，提供誘因鼓勵業者調派船舶彎靠臺灣港群作業。



基隆港

臺中港

環島郵輪「探索夢號」首航基隆港

鹿湖

1
人物

李賢義董事長



(三) 推動碼頭重配置計畫，以提供更大腹地、更合適區位協助航商增量

除已於107年底與長榮簽訂換租七櫃合約外，也於109年與萬海簽署換租五櫃協議，未來將視市場情況持續推動相關整併挪移作業，以進一步提升高雄港整體貨櫃量。

(四) 透過投資公司拓展國際版圖

港務公司因應全球供應鏈轉移並配合新南向政策下，於107年間成立「臺印貨櫃倉儲物流公司」於印尼經營貨櫃堆場、成立「台源國際控股公司」參股經營潛力國家港口、碼頭、物流及堆場等，台源控股並於109年10月與馬來西亞巴生港及業者合資成立「臺馬紅橋倉儲股份有限公司」經營內陸櫃場及貨櫃修洗業務，未來將繼續以東南亞為優先投資評估標的，串聯民間業者專業經驗、綿密航線等優勢開拓市場。

問：從貴公司近期積極興辦相關重大港埠建設得知，高雄港洲際二期計畫乃至第七貨櫃中心發展為亞太貨櫃樞紐港；台中港配合國家離岸風電政策，積極推動港埠更新工程；台北港建設為北部產業發展之物流轉運中心；基隆港發展客運(郵輪)業務等，各國際

商港均有明確發展定位，請問在軟硬體方面(如自動化、智慧化模式等)要如何落實?相關配套措施為何?臺灣九個商港的發展定位，如何進一步優化提升，各港間將來彼此要如何的分工，共創加乘價值?

答：港務公司重大港埠建設與各港定位兩者相互關聯，因此兩個議題並同說明如下：

(一) 港務公司發展方向與策略

為提升臺灣整體港埠經營效率及競爭力，以「港群」觀念統籌經營管理各國際商港，制定港埠整體發展策略、各港定位與建設計畫，並採「對內協調分工、對外統合競爭」之經營策略，以企業化經營精神深耕核心事業，導入創新思維推展港埠相關聯業務多元發展，以鞏固臺灣國際商港亞太區域樞紐地位。

(二) 各港發展定位

港務公司主要經營管理基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、臺北港、蘇澳港、安平港7個國際商港，並受交通部航港局委託代管澎湖及布袋2座國內商港，經評估各港資源及在地產業特色，並盤點港口發展貨運、客運、物流、觀光等多元條件，研擬各港功能定位，納

入5年整體規劃，經報請行政院核定後由本公司據以推動各項計畫與建設，說明如下：

■ 7大國際商港發展定位：(106-110年國際商港未來發展及建設計畫核定)

港口別	定位
基隆港	近洋航線貨櫃港、國際郵輪母港
臺中港	兩岸客貨運及產業增值港、能源及大宗物資儲轉港、臨港工業發展基地
高雄港	洲際貨櫃樞紐港、智慧物流運籌港、客運及觀光遊憩港
花蓮港	東部地區貨物進出港、觀光遊憩港
臺北港	遠洋航線貨櫃港、海運快遞及海空聯運港、汽車及其他產業物流港
蘇澳港	蘭陽地區貨物進出港、觀光遊憩港
安平港	散雜貨及海運快遞港、觀光遊憩港

■ 代管2國內商港發展定位：(106-110年國內商港未來發展及建設計畫核定)

港口別	定位
澎湖港	澎湖地區對外及各島間之主要港口、兩岸小三通港口、兼具觀光及親水性港口
布袋港	環島及離島航運之作業港、兩岸直航開放港口、兼具觀光及親水性港口

(三) 重要建設與發展計畫

■ 硬體方面

依各國際商港發展需求，港務公司積極

推動各項港埠建設計畫，以鞏固核心本業、優化港口營運環境，預期可透過各項工程建設計畫，強化港埠經營環境及港口服務設施。

(1)基隆港：辦理軍用碼頭遷建及後線設施整建工程計畫，東4東5軍用碼頭及威海營區將遷移至西岸牛稠港區，促使基隆港區保有客運、貨運功能外，並可兼顧觀光遊憩發展。

(2)臺北港：為應港埠長期發展需求及收容北部地區營建剩餘土石，持續辦理物流倉儲區圍堤造地工程，二期造地工程預計於113年完工啟動招商。

(3)臺中港：109年已完成多座離岸風電碼頭與(改)建供風電產業進駐使用，並規劃工業專區作為風機國產化及組裝基地，以及推動風電在地化人才培訓，打造更完善之離岸風電產業聚落。

(4)高雄港：辦理第七貨櫃中心興建工程計畫-營運設施及基礎設施工程，預計於111年及112年分兩期交付業者進行營運準備。

■ 軟體方面

港務公司持續關注新興科技相關應用及國際港口與海運發展情勢，參酌國際港口智慧



化發展趨勢與規劃，經研析港埠作業現況與課題後，依據我國港口特性與發展需求，推動智慧港口發展，並提出「臺灣港群智慧轉型計畫(Trans-SMART)」，以航港產業及港埠活動為核心，研擬涵蓋海側、陸側兩大構面之各項行動方案，並陸續完成或上線。

108年完成高雄港智能港灣調度整合系統升級，透過大數據分析提供自動化船席指泊之智能港灣支援服務，提升碼頭作業效率；109年以「安全、效率、永續」三大核心目標持續推動港口智慧化，完成船舶操航智能輔助系統，透過智能分析船舶進出港口大數據，規劃船舶虛擬智慧安全航道，提升船舶航行安全；完成「物聯網海氣象即時系統」上線，透過整合海氣象監測資料進行分析，即時掌握港口風力、波浪、海流、潮位等資訊，強化港口應變能力；建置智慧監控管理系統，透過影像追蹤辨識技術，分析港口即時監控畫面，提升港區安全管理，有效提升臺灣港口作業安全與效率。

(四) 未來發展重點

港務公司今(110)年將以「鞏固核心本業經營」、「活化資產投資效益」、「拓展多元營運版圖」、「擘劃智慧港口佈局」4大策略主軸，持續優化營運效率與安全，落實環境保

護責任，並推動各項多元營業計畫，以提升港埠發展價值，引領臺灣港口永續經營。

問：對於目前政府積極發展綠能政策，在兼顧國際減碳承諾，積極朝向使用潔淨能源，包含離岸風電與擴大天然氣使用等，所屬港埠建設是否有合縱連橫的配套策略？董事長對於港務公司可扮演的角色看法為何？

答：

(一) 離岸風電事業群

港口與離岸風電作業密不可分，港口除了需要支援前方的海上作業，也要協助後方的物流服務及生產製造，提供風場開發運籌迴旋的空間。港口在離岸風電產業中扮演三個主要的角色：一是作為前進基地，順利把一座又一座的水下基礎、一架又一架的風機運到海上架設起來，二是作為製造基地，生產完成後在港口暫存，後續將貨物直接運到海上進行架設，三是作為運維基地，對風機進行例行保養及意外修復，確保20年的風機運轉無虞。

臺灣港務公司經管各項港埠資源設施，並擁有港勤船舶及船員、人才培育、碼頭裝卸及



重件運輸等服務能力及優勢，在我國離岸風電發展上，扮演不可或缺的基礎建設支援角色。我們也秉持著「做中學」的理念，藉由參考國外離岸風電港口及海洋示範風場提出之需求經驗。配合改建既有碼頭及新建重件碼頭，提供臺中港#2、#5A、#5B、#36、#106碼頭約200公頃土地，臺北港#S09號碼頭約50公頃土地供離岸風機預組裝及風電國產化專區之製造商使用，安平港1座碼頭約6公頃土地；為利業者未來可以順利使用，臺灣港務公司於碼頭、道路、土地規劃及設計階段，邀請業者共同審

視，並納入其意見進行規劃。

在多角化策略方面，由子公司臺灣港務港勤(股)公司提供陸上及海上運維基地及運輸補給服務，臺灣風能訓練(股)公司提供專業訓練課程培育離岸風電產業人才，再加上近期成立的臺灣港務重工(股)公司提供重件運輸服務，三管齊下逐步實踐離岸風電多元化服務主軸，期望能創造更多臺灣本土離岸風電產業產值。

港務公司期待藉由多角化模式共同推動離



岸風電產業的形成，推展港埠關聯業務多元發展，並希望透過建置供應鏈模式，由小而大，由下而上，透過「海陸並行」各服務領域之合資公司，逐步累積臺灣港務公司於離岸風電經營實力，俟完成離岸風電產業版圖後，整合為離岸風電事業群管理。

(二) 成為LNG產業裝卸基地

依政府能源轉型2025年燃氣發電占比50%政策目標，及行政院107年3月14日核定之「台中電廠新建燃氣機組計畫」，港務公司配合擴大使用天然氣政策，提供天然氣接收站所需之碼頭，除臺中港既有西13號碼頭外，增加提供西11-12、外港S7、S8及S9共四席碼頭及後線可供使用160公頃土地，作為天然氣發展基地。前述計畫案內，有關維持港池靜穩度以利天然氣船卸收，港務公司已依指示完成與台電、中油公司三方合作興建外廓防波堤之相關事項，如台中電廠兩部新建機組能依計畫目標商轉，原產出之污染物(PM、SOX及NOX)濃度改善最高可達48%。

另外台電公司協和電廠現有4部50萬瓩燃重油機組自108年陸續屆齡除役，該公司為配合政府能源轉型政策，規劃改建為高效率燃氣複循環電廠，基隆港並無天然氣管輸系統且可用空間有限，爰須於電廠外側海域填築新生地

設置天然氣接收站，以供應發電所需燃料，並納入基隆港區及共用航道方案，該等規劃相關契約，港務公司已於109年11月19日與台電公司簽訂完成，機組總裝置容量可達200至260萬瓩，可補足核一、核二於107至112年間相繼除役後，北部電力之缺口。



(三) 既有設施創造綠能－光電

港務公司七大國際商港區內有許多倉棧建築物，近來積極配合政府推動太陽光電政策，以租賃方式將建築物屋頂及外牆空間出租予太陽

光電業者鋪設太陽能板，此舉不僅讓光電業者獲得售電收入，港區也可收節能減碳及創造乾淨能源之效，例如倉庫屋頂鋪設太陽能板得降低建物內部溫度。

港務公司自101年起開始設置太陽光電，101至105年期間完成設置及併聯共約2,384



瓦，自106年起港務公司為加速推動港區光電之鋪設，更於108年推出七大國際商港太陽光電統包招商案，106至109年期間完成設置及併聯共約13,173瓦，較101至105年期間成長約4.5倍。目前港務公司持續配合政府政策對港

區尚未設置光電之屋頂及土地進行全面盤點，力求將港區光電設置容量最大化。

問：隨著貨櫃船舶大型化趨勢以及國際海運重整，高雄港除對過港隧道以南水域進行後續改善與開發第六貨櫃中心深水貨櫃碼頭外，對於洲際計畫所屬第七貨櫃中心開發計畫，目前發展目標與推動期程為何？同時，洲際計畫交通運輸最關鍵的是國道七號高速公路系統的建置，這條大動脈若無法打通，將對高雄港有何影響？

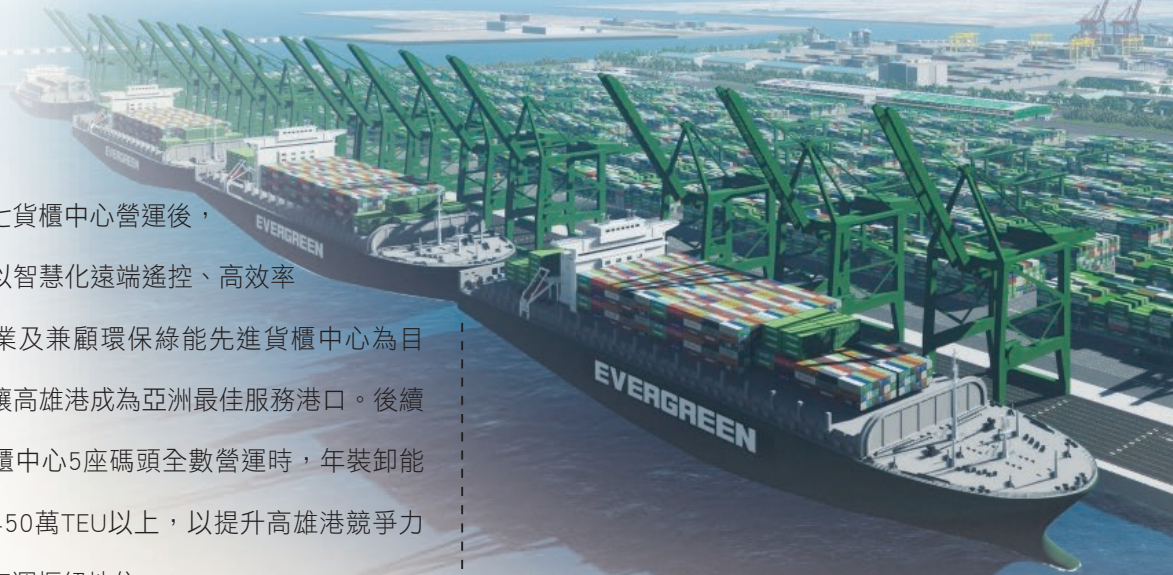
答：高雄港第七貨櫃中心規劃有5座深水碼頭，水深達18公尺，可供全球最大2.4萬TEU級貨櫃輪泊靠，縱深700公尺，櫃場後線腹地面積達149公頃採自動化模式營運，本計畫109-112年政府投資工程預算約新台幣163億元，長榮海運公司預計投資自動化櫃場機具購置，投入約100億元；港務公司已於107年12月11日與我國第一大航商長榮海運公司簽訂第七貨櫃中心租賃契約，預計於111年及112年分2期交付長榮海運公司進行機具搬遷及系統建置等營運前準備，長榮海運公司規劃於交付後翌年分期啟用營運。



第七貨櫃中心營運後，
櫃場將以智慧化遠端遙控、高效率
營運作業及兼顧環保綠能先進貨櫃中心為目
標，可讓高雄港成為亞洲最佳服務港口。後續
第七貨櫃中心5座碼頭全數營運時，年裝卸能
量可達450萬TEU以上，以提升高雄港競爭力
與穩固海運樞紐地位。

另有關洲際計畫聯外交通運輸最關鍵的國
道七號高速公路，計畫經費約615.5億元，該
計畫完成後可紓解平面道路及國道末端交通
量，亦將成為日後臨海工業區與周邊產業、新
材料循環園區及洲際貨櫃中心主要聯外道路，
惟因國道七號計畫受環境影響評估作業進度影
響，目前未能順利推動；若國道七號無法順利
建置，包含洲際貨櫃中心、臨海工業區，甚至
未來材料循環園區聯外交通將受到嚴重影響，
主要仍須透過較長距離市區道路才能連接國道
一號進行聯外，無法分流，對於尖峰時刻交通
已呈現壅塞之中山四路及國道一號末端等道路
將雪上加霜。

考量高雄港第七貨櫃中心營運啟動在即，
針對其可能造成之交通衝擊，必須加以因應，



交通部已指示運輸研究所統籌規劃洲際貨櫃中
心聯外交通改善策略研究，規劃分流替代路線
並研擬「分散洲際貨櫃中心聯外運輸需求」及
「強化聯外運輸系統運轉效率」等短期改善策
略，由高雄市政府及港務公司執行。港務公司
將持續積極協助國道七號推動，以紓解高雄港
洲際二期計畫之聯外交通量，提升整體營運效
能。

後記

此次的專訪，承蒙李賢義董事長百忙之
中撥冗接受我們的專訪，謹表達由衷謝忱，從
其言談，我們也瞭解有李董事長這樣的堅毅與
睿智的舵手，臺灣港務建設正向世界級的目標
邁進，臺灣各商港將在其領導下，找到適宜定
位，展現旺盛競爭力，迎向未來。



(中)李賢義董事長 (右4)王錦榮助理副總經理 (右3)彭國源資深協理 (右2)張欽森資深協理 (右1)周允文專任顧問
(左1)蔡同宏技術經理 (左2)謝政璋技術經理 (左3)廖學瑞副總經理 (左4)李順敏總經理

1
人物專訪



訪桃園市政府工務局局長

賴宇亭

談

桃園工務局推動重大建設、
獲獎榮耀與智慧化管理政策

整理：黃諭靈 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

桃園市政府工務局長賴宇亭，2019年6月17日就職，賴局長本身是桃園蘆竹人，畢業於國立成功大學建築研究所碩士、國立交通大學土木工程研究所營建管理組博士，並具有建築師資格，曾任行政院公共工程委員會工程管理處副處長、新北市政府觀光旅遊局副局長及科技部工程技術研究發展司副司長等，具備建築及土木領域專業知識完整學經歷，中央與地方公務資歷完整，並曾榮獲行政院公共工程委員會模範公務人員及公務人員傑出貢獻獎，學養兼優。桃園目前推動多項重大公共工程，桃園工務團隊近年來屢獲金品獎、金質獎及國家卓越建設獎的肯定，桃園市長鄭文燦希望借重賴局長的專業，扮演關鍵角色，加速推動各項重大建設，並提昇公共工程品質。本刊很榮幸能獲得賴局長的允諾，在百忙當中抽空接受本刊代表專訪，茲將專訪內容重點整理如後，以饗讀者先進。

貳、訪談紀要

問：局長您是國立成功大學建築研究所碩士、國立交通大學土木工程研究所營建管理組博士，具有建築師資格，曾任行政院公共工程委員會副處長、新北市政府觀光旅遊局副局長及科技部工程技術研究發展司副司長等，從政經歷豐富，首先請您談談從建築背景跨入營建管理之心路歷程。

答：我就讀成功大學建築研究所之建築結構組，論文主題為衝擊振動引起之土壤傳播衰減模式與防振壁減振效果之研究，在利用模型試驗地盤方式，以臺南地區採樣的中塑性黏土（CL）、級配欠佳砂土（SP）及沉泥性砂土（SM）三種不同性質土壤為對象，分析衝擊振動作用下，土壤傳播的衰減情形，建立震波

距離衰減經驗方式；並探討防振壁對震波的阻尼效應的影響，與營建管理即有部分相關。因任職於工程會技術處期間，與王維志教授有相關業務聯繫，於是拜入其門下，在交通大學土木研究所營管組研讀博士班，讓我從建築背景跨入營建管理，並以公有建築計畫經費及標價審查模式之研究，進行博士論文，就政府機關辦理公共工程計畫經費上限，及招標階段當廠商標價偏低時，機關決標與否的決策此二個事項進行探討，此研究經歷對於日後執行公務相當有助益。

問：接續前面話題，您從中央單位工程會、科技部任職，亦曾至地方政府新北市及目前任職桃園市工務局長，請您也談談中央單位及地方政府工作性質及心態上有何不同。



答：中央與地方政府的工作性質不同，中央單位主要在制度的架構、協調及規劃，著重政策的周延性；而地方政府則著重於執行力，對於市長的政策、承諾要落實執行，解決問題節奏要快、靈活，例如桃市府打通100處瓶頸路段，直接讓100個社區受益，具體的作為讓民眾對城市進步有感，也能認同政府的能力，此外，也能提昇同仁工作的成就感。公務人員依法行政，有了中央單位的歷練，會對法規制度的原意有一定的了解，到了地方政府，有助於各項工作執行的彈性變通，基本上，有了中央單位的歷練，到地方政府更能發揮。

問：桃園市升格後致力提升公共建設，打造更優質的公園、道路及各項建築設施，因應龐大的市政建設，台灣各地政府都在推動智慧化城市，請局長談談桃園市政府的政策與作法。

答：桃園市政府重視智慧城市的推動，桃園智慧城市分為「智慧治理」、「智慧生活」、「智慧產業」3大面向。工務局於推動「智慧治理」方面，主要包括市政智慧營運治理、整合物聯網服務、打造安全永續宜居城市等。

除了新建各項大型公共設施，工務局也看到了經營維護管理的需求，為提高公共設

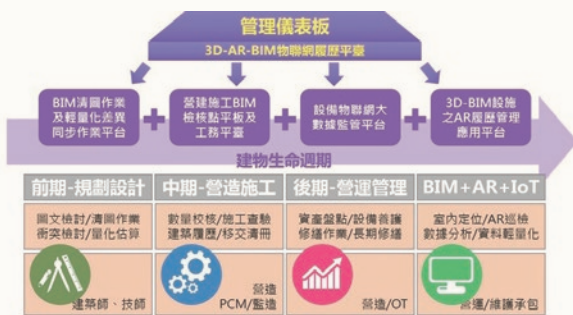


(左1) 邱水碧協理 (左2) 廖學瑞副總經理

施管理效率，工務局透過經濟部智慧城鄉補助計畫，與科技業者聯合開發3D-AR-BIM智慧物聯網履歷平臺，透過整合3D建築資訊模型(BIM)、擴增實境(AR)以及智慧物聯網(AIOT)等技術，將建物各項設計圖資、設備用料的使用壽命及性能資訊，同步定位於3D建築實境模型圖上，讓管理者更直覺式地取得從施工到維護管理的各項資訊，以智慧化管理模式大幅提升行政效能。這個計畫選定桃園國民運動中心、蘆竹國民運動中心為試煉場域，利用智慧



(中) 賴宇亭局長 (右3) 李順敏總經理 (右2) 陳世光經理 (右1) 黃諭璽副理



3D-AR-BIM物聯網履歷平台

手機或平板電腦即時存取BIM模型，在無網路情況下也能透過影像識別技術進行空間定位，

不僅可以遠距快速追蹤場館的設備系統、機電及空調性能數值，更利用大數據結合人工智慧(AI)分析，將設施養護流程及紀錄數位化，打造數據儀表板平臺，降低維運成本。本計畫也達成多項創新目標，包含創新數據履歷、3D室內導航、檔案輕量化及創造可視化管理等等，榮獲2020智慧城市創新應用獎的肯定。未來期待透過平台連結，可擴大服務各類公有建築物，促進建築資訊數位化，降低維管成本，實現智慧城市治理，帶動城市競爭力。



另外，桃園升格後人口成長，為了因應大量的交通需求，市府積極進行各項道路開闢計畫，如何更客觀分析這些道路開闢計畫的優先順序，並管理計畫的推動期程，我們運用中央生活圈計畫補助款，建置「生活圈道路永續運輸評估模型(桃園生活圈)系統」，將生活圈道路建設計畫導入科學化工具評估與管理，針對道路發展、運輸需求、人本宜行、服務整合、

問：2020國家卓越建設獎抱回8項設計類大獎，請問局長是否可分享關鍵因素為何。

答：桃園市政府以公園、道路、建築等多件有感建設獲得卓越、金質、優質等共計30項大獎！其中工務局帶回近半獎項，尤其於工程規



桃園生活圈系統架構圖

智慧創新等面向制定評估指標。將道路基礎資料與相關因子串聯探討分析，篩選出需優先開闢之生活圈道路，並利用GIS資料空間化的技術，提供視覺化、空間化的管理新思維。現代化的城市面臨多樣挑戰，智慧化的城市治理已是不可逆的趨勢，工務局除了提高建設速度與品質外，也同時透過智慧化的管理工具，公私協力共同尋求城市治理的最佳方案。

劃設計項目備受肯定，抱回8項設計類大獎。我認為主要關鍵因素為公共建設需貼近在地環境與文化脈絡，並在追求城市美學的同時，兼顧民眾的需求。茲以(一)結合特色文化(二)公民參與、全齡共融(三)友善環境、以人為本等三個面向的建設計畫舉例說明。



1

人物專訪

賴宇亭局長介紹桃園建設計畫



(一) 結合特色文化

- 桃園流行音樂露天劇場：設計理念融入了許多原住民族的文化特質，戶外劇場的周圍更設置風力發電的造型風車等，整體園區兼顧美觀及實用性。



桃園流行音樂露天劇場 (示意圖)

- 北區客家會館：於設計上融入客家「埕」、「浪」意象，將客家尊天敬神的風水觀透過現代建築方式轉化，並與戶外綠地結合，充分體現人與土地的關係，彰顯敬天愛地、順應自然的客家在地精神。



桃園北區客家會館 (示意圖)

- 中壢青埔之翼廣場：結合青埔和航空城起飛之概念，打造飛翔意象之特色天幕，

為青埔特區第一座天幕與地標。



中壢公15青埔之翼

- (二) 公民參與、全齡共融-公園設計前期即透過參與式預算及工作坊，與市民朋友共同發想，讓不同年齡與身障別的孩童透過遊戲學習共融，並保留原有地形環境，將景觀設施鑲嵌於地景中。

- 橫山書法公園遊戲場：位於大園區新開闢的衡山書法主題公園，除了設置國內首座書法為主題的美術館外，因為僅鄰埤塘且有大片開放空間，工務局也新設置共融遊戲場，包含有約2層樓的大坡面溜滑梯、涵管外型的遊戲隧道、三座式鞦韆及旋轉杯，也有配合藝術公園風格休憩座椅；採共融式遊戲場設置，進行公園遊戲場的前期規劃，舉辦多場社區參與工作坊，觀察兒童遊戲行為，看見兒童遊戲需求，孩子們也創作出他們對於遊戲場的想像，提供兒童情感交流的機會。

- 大溪埔頂公園共融遊樂場：在設計初期

即成立工作坊邀請民眾參與規劃，改善包括樹下空間過於陰暗等問題，並汰換傳統罐頭遊具、規劃老少都可使用的共融遊戲空間，設置桃園第一座高空溜索設施，以及滾輪溜滑梯、組合鞦韆、樹屋遊戲區、共融旋轉盤等，深受在地居民喜愛，成為假日親子共遊的新景點。

(三) 友善環境、以人為本

- 跨工程媒合樹木需求打造老街溪河岸公園：為桃園機場捷運A22老街溪站的公園腹地，因河岸廊道綠蔭不足，經媒合

各項大型工程多餘之樹木，以增加都會綠意空間為目標，全樹型移植至本公園內，移植過程透過土壤試驗分析，因地制宜設計移樹工法與人行通道埋設結構模組等，讓樹木能夠發展穩固根系並保留原有樹型，使公園完工後即有綠意盎然之都會森林，提供市民更舒適、質感之開放空間。

- 公共工程落實循環經濟理念：工務局自105年起即結合環保局、新工處及養工處，與學術界、產業界共同籌組「桃園市工程循環經濟導入再生再利用粒料



大溪埔頂公園遊戲場



老街溪河岸公園



循環經濟團隊獲獎

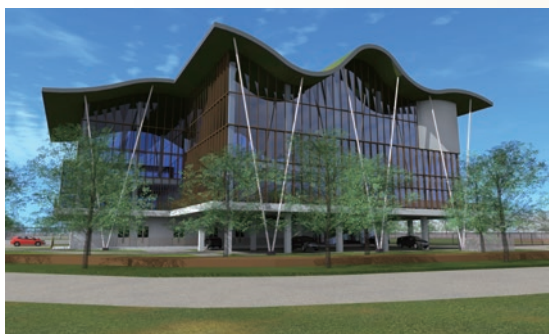


應用計畫團隊」，進行許多再生及再利用粒料試辦工程，進而全面推廣使用，去化產業副產品氧化碓、瀝青刨除料及焚化粒料，已去化產業副產品約49,309噸、取代有價料約9,476,000元及減碳排放量約527噸，落實國家永續發展的目標，如桃園區大興路，人行道、道路鋪面皆採用循環經濟材料。



大興路

■ 龍潭體育園區：管理中心採鋼構輕量化設計，以玻璃帷幕增加採光與空間通透性，降低建物量體對環境的影響。進行屋頂綠化，未來園區不僅成為選手培訓與比賽的優質場地，更配合既有親水區與散步道成為龍潭區民眾全年齡運動休憩場域。



龍潭體育園區 (示意圖)

■ 蘆竹山外路：結合農業休閒、環境景觀與人本友善等三大面向進行規劃設計，改善人行環境空間及沿線植栽景觀，營造優質農業休憩景點。



蘆竹山外路

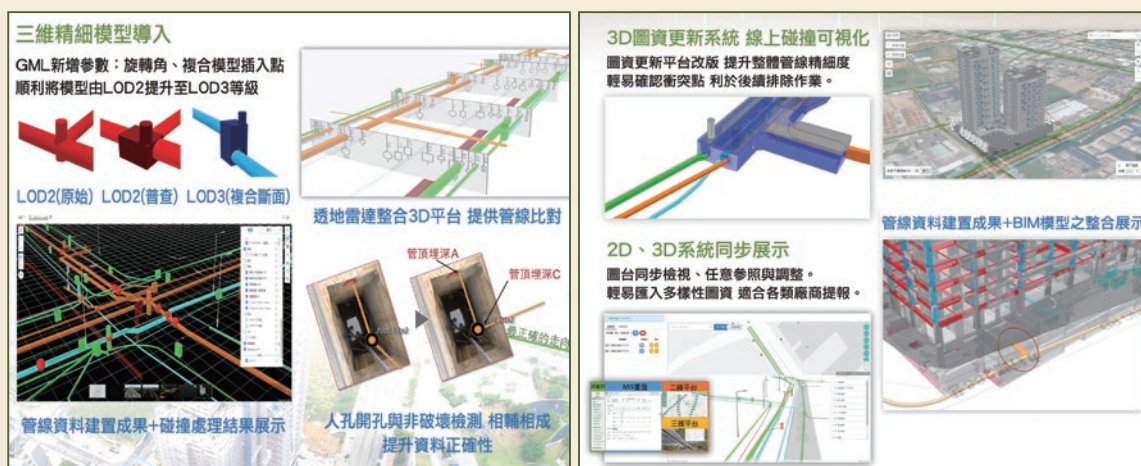
■ 蘆竹桃49-1：整合道路交通、綠色人本、景觀生態及環保防災等面向，形塑具特色的市街景觀風貌，打造桃園景觀生態示範道路。

問：桃園市政府之三維挖掘作業系統，請局長談談其詳細內容。

答：「桃園市道路挖掘管理暨資訊聯合服務中心」自106年1月16日成立，即將道路挖掘以智慧化管理，實施道路挖掘APP通報、即時施工攝影、GPS圖資更新及三維挖掘作業系統等，透過路平專案進行挖掘整合協調，以降低道路重複挖掘頻率，近三年減少道路重複挖掘案件達1688件。桃園市三維挖掘作業系統，首

創地下三維管線資訊結合挖掘管理、圖資更新及圖資補正作業平台，於資料建置上尋求創新突破，除採自動化方式偵測圖說衝突之外，並統計各類管線埋設深度分布，合理修正以減少管線碰撞機會。此外，亦將重劃區、社會住宅及共同管道建築資訊模型(BIM)導入，開創BIM及GIS資訊整合的可能性，在三維管線資料建

置規範上亦領先全國，有效應用於模型建置及提高資料轉換的方便性。另本市除了積極推動道路挖掘品質及效率提升外，為提供市民良好的供電品質及安全舒適生活環境，推動電桿電纜地下化及天空纜線清整等專案，未來將持續整合本市管線圖資，提升道路品質，提供民眾更平整、更舒適的道路。



管線資料庫



共同管道設施設備管理系統



問：全球化防疫問題造成各行業均受影響，中央推出紓困振興方案工程會發布營建產業採購緊急處置事項，請問桃園市對於工程之因應處置。

答：因應本次疫情，桃園市政府已請所屬各機關依據行政院109年3月18日函頒「一百零九年度加速公共建設計畫執行成效措施」及工程會109年3月2日函請各機關加速公共建設執行公文，加速推動各項公共工程。本府配合中央政策，加速公共建設的推動如下：

- (一) 109年度預算加速執行：(1)本年度工程採適當分標，提早完成設計及相關作業。(2)盤點並提早完成各項計畫前置作業。(3)補助型計畫，提早各項審查及行政作業。
- (二) 110年度預算提前辦理：(1)儘早開始下年度工程預算編列。(2)工程規劃設計經費較施工階段少，可於本年度預算額度內勻支或追加預算，先行辦理下年度工程規劃設計及核定作業。(3)確實依行政院「各機關單位預算執行要點」第16點第2項規定，自設定建造標準時，即審酌其工程定位及功能，對應提出妥適之建造標準，並落實執行。

- (三) 另外，因疫情因素致廠商未能依約履行之政府採購案件，本府通函所屬機關處理方式如下：1.未能依時履約者，請各機關視個案受影響程度，依契約約定及廠商之申請（事實、理由及事證），辦理延長履約期限相關事宜；不能履約者，得免除契約責任。2.廠商因疫情影響無法完成入境或進口相關程序，致缺工或缺料，而未能依時履約者，得視個案受影響程度，辦理延長履約期限。3.在維持安全及工程品質前提下，躡趕進度，必要時可依「公共工程趕工實施要點」發放趕工費用；另為利廠商資金週轉並活絡經濟，縮短估驗計價週期，並依契約規定準時付款。

問：局長是工程界之一員，請問您對於顧問公司可如何協助市政建設之期許與建議。

答：目前公部門囿於經費人力，需要顧問公司於規劃設計、監造等方面進行協助。工務局辦理多項重大建設，期待能與顧問公司一起成長、合作共好。就公部門合作面提供建議如下：

- (一) 提供創新技術與材料選擇：1.過往公共

工程多以最低價決標，桃市府近年已逐漸採用統包或最有利標方式辦理工程發包，因此對新技術、新材料，以及能提升品質、縮短工時的工法多了彈性。

2.建議顧問公司可積極參與國內外展覽活動或研討會議，增進新型技術、材料及工法之了解，或可參與研發工作，以期提升公共建設品質。3.發展先進的施工技術以及管理能力，並提升工程技術，落實員工教育訓練，持續提升工程顧問服務業的專業性。

(二) 反映確實的市場價格波動：顧問公司協助擬定工程預算時，建議確實進行市場訪價，提供工程更適合之價格與品項選擇資料，避免後續工程履約爭議。

(三) 於設計面更重視文化脈絡、生態景觀及環境永續：需加強景觀設計、在地文化以及人與環境的連結。另須注重生態保育，融合環境永續經營理念，並推廣生態工法之應用、技術研發及相關規範。

(四) 納入使用者需求，積極聽取當地建議：公共工程以人本需求為導向，不僅以「可用」、「堪用」為滿足，更需重視並探討使用者的真正需求，積極收集並了解當地建議與回饋，配合將公共藝

術、社區參與、人文脈絡、文化創意等適度的引入。

(五) 重視施工品質、常駐工地，提升公共安全：1.建立高度防災技術規範，於設計時將公共建設之災害承受能力納入考量。2.升級技術或工法，以提升施工安全與品質。3.常巡視工區，即時提供相關建議。

問：請問局長對於在學與工程界年輕的工程師的建議為何。

答：對於工程界年輕的工程師，我覺得有幾點很重要：

(一) 培養專業能力，增進實務經驗：累積專業知能，具備運用數學、科學及工程知識等專業之能力。進行相關工程參訪或實習，累積實務經驗，具備執行工程實務之能力。

(二) 關心時事議題，了解工程技術對環境、社會的影響，具備永續發展理念，思考面對自然環境及各項天然災害（如：颱風、地震與土石流等）時之因應對策，



並積極了解工程於不同環境之實務應用。願意發掘、分析處理工程與環境之問題，關心工程技術對生態環境之影響。

(三) 主動吸收新知，培養持續學習的習慣與能力。

(四) 培養團隊協作、溝通協調與問題整合能力：工程並非單人之力可完成，於團隊作業中，人際溝通、專業表達以及團隊合作與整合之能力相當重要。對於公共建設具整體性思維，並培養主動發掘、分析及解決問題之能力。

(五) 善用現代資訊科技與工具，智慧化管理工程，有效處理問題。

(六) 具備工程倫理並善盡社會責任，並具備人文素養及服務人群之精神。

問：局長您學經歷及從政歷練豐富，請談談人生轉捩點及最感謝的人。

答：在我的工作職涯裡，工程會吳澤成主委對我的影響很大，在轉任職桃園市政府工務局

時，曾對我耳提面命幾點期許，包括：

(一) 勿坐井觀天：建築人養成過程相對土木人，欠缺民眾溝通的歷練，應多理解民眾需求，並熟悉公共工程相關法令。

(二) 工程採購應秉持公平、公正、在心及作為，執行最有利標須慎選委員。

(三) 向下管理：對的事情就要做，分寸要精準拿捏，要時刻記得負責任，儘量為大家爭取最佳工作資源，但仍須確保進度，不要為了訓練同仁，而耽誤事務的推動；一般事務須授權，但重大要務須親力親為。

(四) 向上管理：一般計畫，定期以書面向市長報告辦理情形，重要決策則須即時面報市長。

(五) 向外管理：民意代表關心案件應於一周內回應，並定期更新進度。以誠懇態度待人，信守承諾，不要開一堆條件，也不要欠人情。

(六) 公關管理：面對媒體應謹慎發言。



(左1)黃諭璽副理 (左2)邱水碧協理 (左3)廖學瑞副總經理 (中)賴宇亭局長 (右2)李順敏總經理 (右1)陳世光經理

問：最後請問局長平常生活嗜好與養生經驗分享。

答：平常生活嗜好與養生方面，我喜歡跑步，跑步是有氧運動不但對我們的體能有幫助，還可促進身體分泌出感到幸福的腦內啡物質，有助於工作之紓壓，讓心情更輕鬆愉快，生活更圓滿。

後記

賴局長學經歷豐富且誠懇健談，歷任過許多不同公職，具有豐富的學識與工程專業經驗，在專訪中提供豐富的參考資料，對於每項議題都能侃侃而談。由於訪談時間與篇幅有限，無法讓賴局長暢所欲言，最後專訪代表們與賴局長合影留念後圓滿結束。

臺灣與英國之業主、設計師和營造商對工程設計考量工作者安全之觀點

Clients', Designers', and Contractors' Views on Design for Construction Worker Safety

關鍵字 (Key Words) : 工程設計考量工作者安全 (Design for Construction Worker Safety)、職業災害統計 (Accident statistics)、職業災害預防 (Accident prevention)、營造業 (Construction industry)、問卷和線上調查 (Questionnaires and online survey)

勞動部職業安全衛生署／科長／張毅斌 (Chang, Yi-Pin) ①

勞動部職業安全衛生署／署長／鄒子廉 (Tzou, Tzu-Lien) ②

摘要

儘管臺灣歷年來已採取各項減災計畫來預防營造業職業災害，但在全行業中，營造業仍然有最高的死亡、失能和傷病率。因此，應積極辨識關鍵點並採取更有效的減災措施，方能持續減少營造業職業災害。英國是全球營造業死亡率最低的國家之一，透過工程設計考量營造工作者安全 (Design for Construction Worker Safety, 簡稱DCWS) 有關的營造(設計與管理)規則〔Construction (Design and Management) Regulations, 簡稱CDM規則〕已經實施了二十多年，要求業主、設計師(建築師與技師)和營造商嚴格履行其在設計、施工、使用、維護和拆除等各個工程階段的職業安全衛生(以下簡稱安衛)職責，英國推動DCWS的成效，應可供臺灣參考。本文使用問卷和線上調查，收集臺灣和英國之業主、設計師和營造商就推動DCWS的觀點、障礙和誘因等意見；並且使用獨立樣本T和ANOVA檢驗，來比較各類參與者的平均值並查明變異數在統計學上有顯著差異處。研究結果顯示，DCWS確能幫助消除一些營造工作者的職災、業主和設計師應參與營造工作者的安全並透過DCWS來提高安全性、有必要立法明定DCWS機制，以及宜提供實施DCWS的誘因。安衛主管機關可以使用研究結果來推動DCWS，營造相關業者可以利用這些結果促進DCWS的障礙減到最少，以消除或避免工地的危害。



Abstract

Although many mitigation programmes have been taken to prevent occupational construction accidents in Taiwan, the construction industry still has the highest rates of fatalities, disabilities, and injuries and illnesses among all industries. Hence, more effective accident mitigation measures should be identified and adopted actively to reduce construction accidents continuously. The United Kingdom (UK) is one of the countries with the lowest rate of fatal injury in the construction industry worldwide. In the UK, the Construction (Design and Management) Regulations related to Design for Construction Worker Safety (DCWS) have come into force for over two decades and require clients, designers (architects and engineers) and contractors to strictly fulfil the responsibilities of occupational health and safety (H&S) for various engineering stages; therefore, the achievements of the UK in promoting DCWS can be served as a reference for Taiwan. Questionnaires and online survey were employed to collect the opinions, barriers, and incentives of promoting DCWS between the six subjects in Taiwan and the UK; also, Independent-Sample T and ANOVA tests are utilised to compare group means and determine where there are statistically significant differences in variances. The research results showed that DCWS can aid eliminate some construction worker accidents, clients and designers should be involved in construction worker safety and can increase it through DCWS, the legislation is necessary to foster DCWS, and the incentives to implement DCWS should be provided. The results can be used by the H&S authority to boost DCWS and by construction stakeholders to minimise barriers for promoting DCWS to eliminate or avoid hazards on the worksites.

壹、簡介

自2001年以來，我國行政院勞工委員會（於2014年改制為勞動部並成立職業安全衛生署）陸續推動各項減災計畫和方案，而職業安全衛生法及其相關子法也參考安衛先進國家的經驗及臺灣的職災案例持續進行修訂，並透過檢查、宣傳和輔導等作為以減少重大職業災害。根據統計資料顯示，儘管營造業勞工死亡千人率呈現下降趨勢，如果營造工程提案量增加和政府未持續投注大量安衛資源，職災數據會產生波動，甚至有可能會上升，此情況可能是營造相關業者未從根本上減輕工作危害和提高安衛水準所致。因此，應積極辨識關鍵點並採取更有效的災害減輕措施，以持續減少職災的發生。

工作者在職業安全衛生法中係指勞工、自營作業者及其他受工作場所負責人指揮或監督從事勞動之人員（MOL, 2019）。業主和設計師對營造工作者的安全能發揮巨大的作用，尤其是透過工程規劃設計階段考量營造工作者的安全（DCWS）。DCWS在安衛控制層級中被置於最優先考慮的位置，在工作場所危害暴露前消除或避免之（Gambatese et al., 2005）。在工程開始時做出的決策會影響營造工人的安全，透過DCWS可以降低營造工程的風險（Behm, 2005; Gambatese et al., 2005; Schulte et al., 2008）。特別是，DCWS是工程早期的安全預防措施（Tymvios, 2013），可用於解決雇主不願遵守安衛法規的問題。

臺灣將DCWS精神導入職災預防仍在起步中，而在英國，與DCWS有關的CDM規則已經實施了二十多年，並且要求業主、設計師和營造商嚴格履行其在設計、施工、使用、維護和拆除等各個工程階段的安衛職責。英國是全球營造業死亡率最低的國家之一，其推動DCWS的成效，應可供臺灣參考。DCWS的實踐需要業主的

主動性和設計人員的能力，但是一些設計專業人士不同意設計師實踐DCWS（Toole, 2005；Toole, 2011）。建築師比技師更不同意設計師實踐DCWS，在對技師和建築師的調查中，有53.7%的技師回答說設計師應該實踐DCWS，而只有25.8%的建築師回答同意（Tymvios and Gambatese, 2015）。根據表1中的一些研究結果，具有探討實施DCWS以減少臺灣營造業死亡人數的論據。因此，需收集臺灣和英國營造相關業者對實施DCWS的觀點、障礙和誘因措施等眾多資訊。

本文旨在瞭解DCWS的執行情況，並收集臺灣和英國對推動DCWS的意見、障礙和誘因措施。其結果可能有助於促進DCWS的發展，甚至制定類似於CDM規則的法規，以完備營造業災害預防機制。

貳、問卷和線上調查

本研究設計了三份中、英文問卷，分別對臺灣和英國的業主、設計師（建築師和技師）以及營造商進行調查，以收集其公司/組織對於施工工程的優先重點、他們對營造工地未設置安全設備導致災害的原因、以及他們對DCWS的概念、促進意見、障礙及誘因等。臺灣的業主（工程主辦機關）、設計師和營造商的問卷回應數量分別為90、41和74，英國分別為25、34和20。

線上調查是一種流行且基本的工具，用於獲取與被調查主題相關的訊息。此工具的主要優點是：一、廣泛收集數據並快速獲得結果；二、價格便宜、省時；三、提醒參與者填寫每個問題，以提高數據品質。

本問卷使用李克特氏（Likert）5點量表（De Winter and Dodou, 2010），從1到5分

表1 營造災害與DCWS間的關聯性

項目	內容
1	1985年國際勞工組織報告提到，約60%的職業傷害是由於設計不當引起的（MacCollum, 2006）。
2	一項歐洲研究得出的結論是，營造工地中約有60%的死亡災害是在工地工作開始之前做出的決定造成的（European Foundation, 1991）。
3	澳洲的一項調查顯示，死亡災害中有63%可能是由於缺乏規劃和設計決策而造成的（NSW Workcover, 2001）。
4	Hide et al. (2003) 調查了英國100起營造災害的起因，並指出永久性工程的設計師（技師和建築師）可以減少近一半災害的相關風險。他們推斷，永久性工程的設計是對工地、工作者以及設備和材料具有起源性的影響。
5	Behm (2005) 審查了224份關於職業災害的報告，並再次確認了災害原因與安全相關設計之間的關係。Behm分析指出，有42%的職災與安全管理和設備的不正確設計有關，他主張採用適當的設計理念可以降低營造工程的風險。
6	Behm (2006) 分析了450例營造工作者死亡和失能的報告，發現在151起案例中（34%），如果採取安全設計的措施，可以預防或減輕災害造成的危害。
7	Gambatase et al. (2008) 對Behm論文的後續研究，使用一個專家小組檢查Behm的224份職災報告，以確定災害原因是否與安全設計相關。專家在該研究中的觀察與Behm的研究結果，相符度達71%。
8	在羅浮堡營造災害因果關係模型的起源性影響中，永久性工程設計的結果是：識別設計的影響，可以使業者做關於決定設備及如何規劃工程作更好的判斷（Behm and Schneller, 2013）。在2000年至2009年之間，澳洲共發生258起與營造工程有關的死亡，由起源性的影響和永久性工程設計造成的死亡有87人（34%）和12人（5%）（Cooke and Lingard, 2011）。

的同意程度透過ANOVA和T檢驗測試（Sow, 2014）。分數所代表的意義為，1：非常不同意；2：不同意；3：中立；4：同意；5：非常同意。

參、調查結果與分析

問卷主要調查結果如下：

一、基本概念

（一）DCWS概念之瞭解

在問卷的問題A1至A3中，總體而言，英國問卷參與者（57%）對DCWS概念的理解高

於臺灣（52%）。英國業主和設計師的比例高於臺灣，尤其是業主，但是英國營造商之比例小於臺灣；英國參與者對DCWS的參與度高於臺灣，可能是由於英國CDM規則已施行25年以上；英國有指引的業主比例是臺灣的2.6倍，英國設計師的比例是臺灣的4.8倍（詳表2）。

（二）營造工程之優先等級標準

在問題A4中，六個等級標準分別是工程品質、工程成本、工程進度、營造工作者安衛、設施使用者安衛及美學，等級評定如表3。總體而言，臺灣以工程品質為優先項目，英國則以工作者安衛為優先項目。

表2 業主、設計師及營造商對於DCWS概念之瞭解

調查項目	國別	業主	設計師	營造商
問題A1： 參與者是否已經瞭解DCWS概念	臺灣	<p>臺灣業主—DCWS概念</p> <p>是, 32, 36% 否, 58, 64%</p>	<p>臺灣設計師—DCWS概念</p> <p>是, 22, 54% 否, 19, 46%</p>	<p>臺灣營造廠商—DCWS概念</p> <p>是, 48, 65% 否, 26, 35%</p>
	英國	<p>英國業主—DCWS概念</p> <p>是, 13, 52% 否, 12, 48%</p>	<p>英國設計師—DCWS概念</p> <p>是, 20, 59% 否, 14, 41%</p>	<p>英國營造廠商—DCWS概念</p> <p>是, 12, 60% 否, 8, 40%</p>
問題A2： 他們的公司/組織是否積極參與DCWS	臺灣	<p>臺灣業主—參與DCWS</p> <p>是, 24, 27% 否, 66, 73%</p>	<p>臺灣設計師—參與DCWS</p> <p>是, 9, 22% 否, 32, 78%</p>	
	英國	<p>英國業主—參與DCWS</p> <p>是, 15, 60% 否, 3, 12% 不知道, 7, 28%</p>	<p>英國設計師—參與DCWS</p> <p>是, 21, 62% 否, 4, 12% 不知道, 9, 26%</p>	
問題A3： 他們的公司/組織是否有DCWS參與指引	臺灣	<p>臺灣業主—DCWS指引</p> <p>是, 21, 23% 否, 69, 77%</p>	<p>臺灣設計師—DCWS指引</p> <p>是, 5, 12% 否, 36, 88%</p>	
	英國	<p>英國業主—DCWS指引</p> <p>是, 9, 60% 否, 6, 40%</p>	<p>英國設計師—DCWS指引</p> <p>是, 12, 57% 否, 9, 43%</p>	

表3 營造工程的優先等級

等級	1	2	3	4	5	6
臺灣業主	工程品質	工作者安衛	工程進度	工程成本	使用者安衛	美學
臺灣設計師	工程品質	使用者安衛	工作者安衛	工程成本	工程進度	美學
臺灣營造商	工程成本	工程品質	工程進度	工作者安衛	使用者安衛	美學
英國業主	工作者安衛 (4.56)	使用者安衛 (4.52)	工程品質 (4.32)	工程進度 (4.00)	工程成本 (3.92)	美學 (3.44)
英國設計師	工作者安衛 (4.59)	工程品質 (4.56)	使用者安衛 (4.47)	工程進度 (3.85)	工程成本 (3.79)	美學 (3.32)
英國營造商	工作者安衛 (4.90)	使用者安衛 (4.45)	工程成本 (4.35)	工程進度 (4.20)	工程品質 (4.10)	美學 (3.25)
臺灣合計	工程品質	*工作者安衛 *工程成本	—	工程進度	使用者安衛	美學
英國合計	工作者安衛 (4.68)	使用者安衛 (4.48)	工程品質 (4.33)	工程成本 (4.02)	工程進度 (4.02)	美學 (3.34)

備註：括號內數字為李克特氏5點量表的平均分數。

(三)未設置安全設備導致災害的原因

在問題A5中，營造工地常因未設置安衛設備而發生死亡職業災害，七個可能的原因

分別是勞工安全衛生經費不足、工期不足或趕工、臨時性或短時間作業、施工場所現況不易設置、在永久性結構物上無法設置、雇主缺乏安衛法規知識、施工人員反應影響工作不需設置，等級評定如表4。

表4 未設置安全設備的原因等級

等級	1	2	3	4	5	6	7
臺灣業主	臨時或短時間工作	趕工	工地不易設置	勞工不願安裝	缺乏安衛知識	結構物上無法設置	安衛經費不足
臺灣設計師	臨時或短時間工作	趕工	缺乏安衛知識	工地不易設置	安衛經費不足	勞工不願安裝	結構物上無法設置
臺灣營造商	臨時或短時間工作	趕工	勞工不願安裝	缺乏安衛知識	安衛經費不足	工地不易設置	結構物上無法設置
英國業主	趕工 (3.56)	臨時或短時間工作 (3.12)	勞工不願安裝 (2.84)	安衛經費不足 (2.64)	*工地不易設置 *缺乏安衛知識 (2.52)	—	結構物上無法設置 (2.28)
英國設計師	趕工 (3.85)	臨時或短時間工作 (3.53)	勞工不願安裝 (2.85)	缺乏安衛知識 (2.68)	工地不易設置 (2.53)	安衛經費不足 (2.21)	結構物上無法設置 (2.06)
英國營造商	趕工 (4.00)	臨時或短時間工作 (3.40)	勞工不願安裝 (2.85)	缺乏安衛知識 (2.55)	安衛經費不足 (2.30)	*工地不易設置 *結構物上無法設置 (2.05)	—
臺灣合計	臨時或短時間工作	趕工	缺乏安衛知識	*工地不易設置 *勞工不願安裝	—	安衛經費不足	結構物上無法設置
英國合計	趕工 (3.80)	臨時或短時間工作 (3.35)	勞工不願安裝 (2.85)	缺乏安衛知識 (2.58)	安衛經費不足 (2.38)	工地不易設置 (2.37)	結構物上無法設置 (2.13)

二、推動DCWS的意見

(一)整體意見

問題B1中分為4小題，統計分析結果如下：

1. 是否只有營造商從事減災工作？
英國參與者較臺灣傾向不同意，臺英業主之間和設計師之間在統計上有顯著差異。
2. 推動DCWS是否有助於將災害減到最少？
英國與臺灣的參與者都同意，英國業主和設計師同意程度更高。
3. 如果沒有具體法規，是否不容易推動DCWS？
臺灣參與者都同意，英國參與者傾向於中立意見。
4. 如果設計師受到法律保護，參與者是否支持DCWS？
臺灣分數高於英國，臺英業主之間和營造商之間有顯著差異，臺英營造商差異最大。

(二)業主、設計師對推動DCWS的意見

問題B2（詳圖1）中分為5小題，問題B3中分為4小題，統計分析結果如下：

1. 業主／設計師是否能透過DCWS來提升施工人員之安全？
臺灣參與者均高於同意程度，英國相對應的參與者分數更高；除臺灣設計師在同意以下(平均分數為3.63)，其他臺英參與者在同意和非常同意間。
2. 業主／設計師是否應關注並參與營造工作者的安全？
臺英參與者強烈支持，英國更高；除臺灣設計師外(3.88)，臺英高度支持，英國比臺灣更同意，臺英業主之間和設計師之間有顯著差異。
3. 如果職責明確，業主／設計師願意推動DCWS？
臺英業主和設計師有相同意見，臺灣營造商比英國更同意；業主看法相同，臺灣設計師支持程度不如英國，營造商則相反。

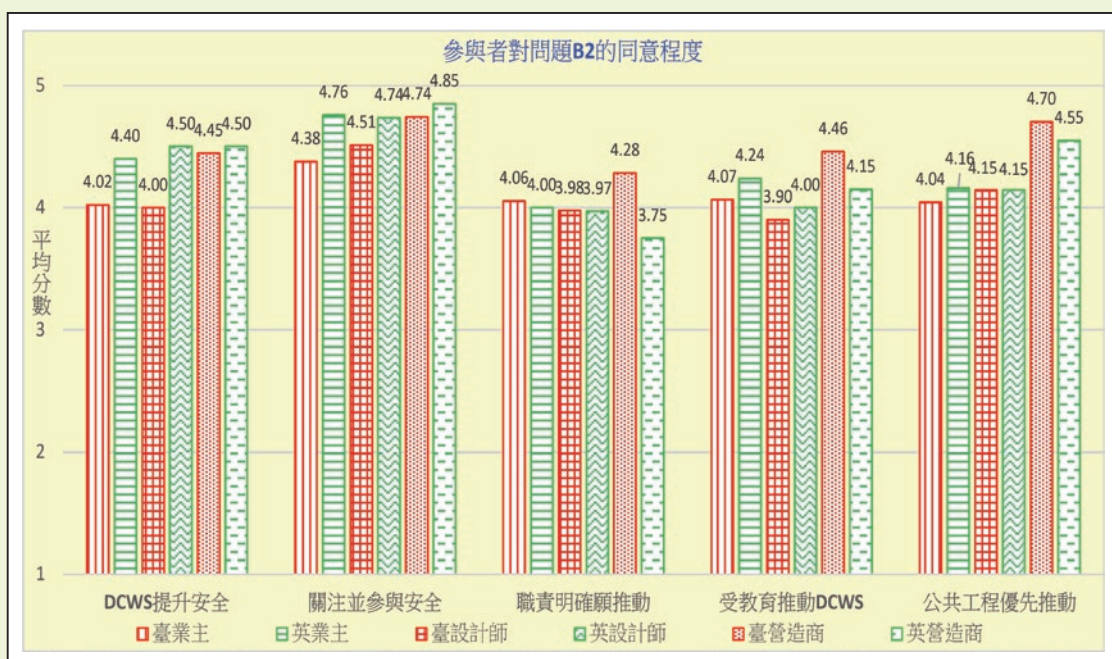


圖1 參與者對問題B2的同意程度

4. 必須對業主／設計師進行營造勞工安全教育，以推動DCWS？
除臺灣設計師略低於同意，臺英其他都等於或高於同意；除臺灣設計師介於中立和同意，臺英其他參與者均高於同意。
5. 政府機關所辦理之公共工程應優先推動DCWS？
所有參與者都大於同意程度，其中，臺灣營造商同意程度最高，英國營造商次之。

(三)工程設計、施工階段實施DCWS的意見

問題B4（詳圖2）中分為2小題，統計分析結果如下：

1. 在設計階段實施DCWS是否可以減輕工作者職災？
除臺灣設計師略低於同意，其他在同意和非常同意間。英國業主和設計師比相對應的臺灣參與者更支持；臺英設計師達到統計上的顯著差異。
2. 在施工階段實施DCWS是否可以減輕工作者

職災？

參與者在同意和非常同意間。英國業主和設計師比相對應的臺灣參與者更高，而臺英營造商則相反。

三、推動DCWS的障礙和誘因

向臺灣和英國的參與者詢問某些特定的障礙（問題C1，詳表5）或誘因（問題C2，詳表6）是否可能不允許或可能使設計師實踐DCWS。

肆、討論與建議

根據參、一的分析，總體而言，英國參與者在DCWS的瞭解、參與以及擁有指引的比例均高於臺灣；然而，仍有一定比例的英國參與者沒有參與DCWS的這些項目。至於營造工程的優先等級評定，臺灣參與者最關注工程品質，然後，營造工作者安衛和工程成本具有相同的優先等級；然而在英國，營造工作者安衛排名第

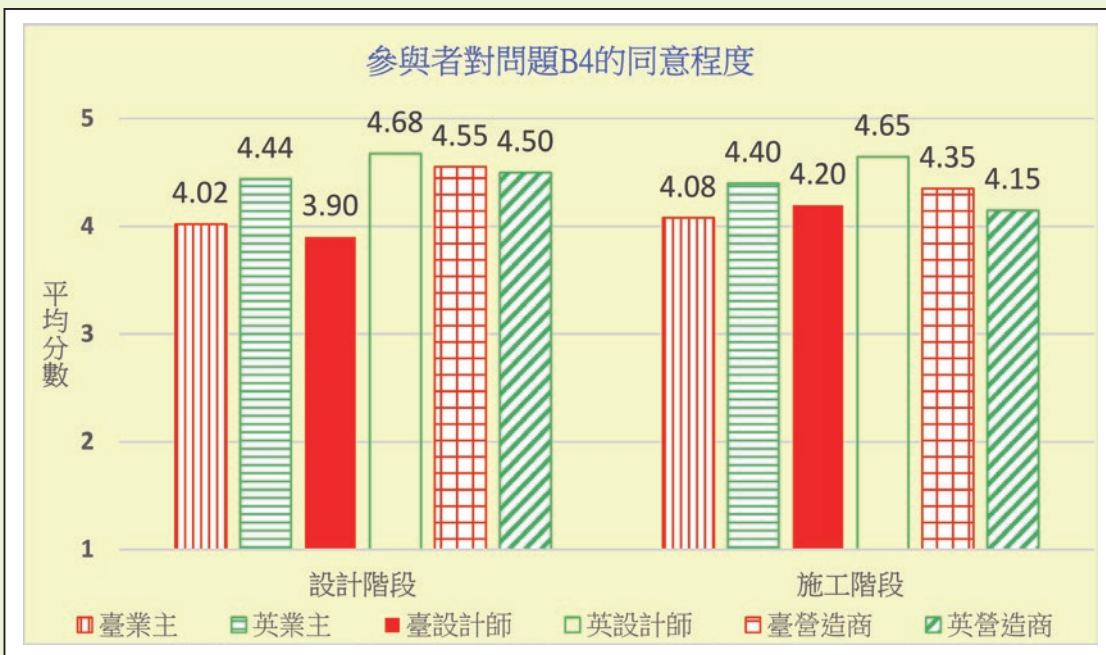


圖2 參與者對問題B4的同意程度

表5 障礙的排名

排名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
臺灣業主	優先 (4.02)	法規 (4.00)	專業 (3.98)	利益和誘因 (3.96)	時間限制 (3.92)	指引和工具 (3.87)	成本 (3.84)	責任 (3.82)	工法 (3.80)	設計創意 (3.72)	工程品質 (3.61)
臺灣設計師	成本 (4.12)	責任 (4.07)	專業 (3.88)	時間限制 (3.85)	指引和工具 (3.80)	利益和誘因 (3.78)	優先 (3.76)	法規 (3.61)	工法 (3.37)	設計創意 (3.29)	工程品質 (3.15)
臺灣營造商	法規 (4.36)	專業 (4.23)	優先 (4.22)	利益和誘因 (4.20)	指引和工具 (4.08)	責任 (4.00)	成本 (3.95)	時間限制 (3.78)	工法 (3.70)	設計創意 (2.97)	工程品質 (2.70)
英國業主	專業 (3.76)	工法 (3.60)	*法規 *指引和工具 (3.56)	—	成本 (3.52)	時間限制 (3.48)	利益和誘因 (3.36)	優先 (3.20)	責任 (2.80)	設計創意 (2.76)	工程品質 (2.60)
英國設計師	專業 (3.97)	指引和工具 (3.65)	時間限制 (3.50)	成本 (3.26)	優先 (3.18)	利益和誘因 (3.12)	法規 (3.09)	工法 (3.06)	工程品質 (2.85)	責任 (2.74)	設計創意 (2.41)
英國營造商	專業 (3.85)	時間限制 (3.65)	成本 (3.55)	優先 (3.45)	工法 (3.40)	利益和誘因 (3.20)	指引和工具 (3.15)	法規 (2.95)	責任 (2.90)	*工程品質 *設計創意 (2.35)	—
臺灣合計	專業 (4.03)	優先 (4.00)	法規 (3.99)	利益和誘因 (3.98)	成本 (3.97)	責任 (3.96)	指引和工具 (3.92)	時間限制 (3.85)	工法 (3.62)	設計創意 (3.33)	工程品質 (3.15)
英國合計	專業 (3.86)	時間限制 (3.54)	指引和工具 (3.45)	成本 (3.44)	工法 (3.35)	優先 (3.28)	利益和誘因 (3.23)	法規 (3.20)	責任 (2.81)	工程品質 (2.60)	設計創意 (2.51)

表6 誘因的排名

排名	1	2	3	4
臺灣業主	*業務 *災害預防 (3.89)	—	工程效率 (3.73)	工程品質 (3.72)
臺灣設計師	災害預防 (3.88)	業務 (3.85)	工程品質 (3.59)	工程效率 (3.44)
臺灣營造商	業務 (4.14)	災害預防 (4.07)	工程效率 (3.73)	工程品質 (3.68)
英國業主	災害預防 (4.28)	工程效率 (4.00)	工程品質 (3.92)	業務 (3.76)
英國設計師	災害預防 (4.26)	工程效率 (4.12)	工程品質 (3.85)	業務 (3.65)
英國營造商	災害預防 (4.55)	工程效率 (4.35)	工程品質 (4.05)	業務 (3.90)
臺灣合計	業務 (3.96)	災害預防 (3.95)	工程品質 (3.66)	工程效率 (3.63)
英國合計	災害預防 (4.36)	工程效率 (4.16)	工程品質 (3.94)	業務 (3.77)

一，其次是設施使用者安衛及工程品質。就未設置安全設備導致死亡的原因等級評定，臨時或短暫的工作以及趕工，是臺灣和英國的前兩名。

根據參、二的分析，大多數臺灣和英國的參與者不僅認為營造商，而且認為業主和設計師都在努力減輕營造工作者的災害，他們認為推動DCWS可以最大程度地減少災害。臺灣參與者同意以下兩個議題：如果沒有立法，不容易推動DCWS；如果設計師受到法令保護，則支持推動DCWS，但是英國參與者就此持中立立場。關於業主和設計師的功能和活動（問題B2、B3），大多數參與者在以下方面表達同意的程度：業主和設計師透過DCWS可提高安全性，他們應該關注並參與營造工作者的安全；如果職責能釐清，他們願意推動DCWS；需要對其進行教育訓練以推動DCWS；政府機關應優先推動DCWS，除了臺灣的建築師事務所在設計師的功能和活動方面（問題B3）有較低的同意程度（較低或略高於中性程度）。關於在設計和施工階段實踐DCWS，參與者都具有同意的意見，英國參與者在設計階段比施工階段具有更高的同意程度（問題B4）。

根據參、三的分析，從臺灣和英國參與者的觀點，缺乏專業知識是排名第一的障礙，它可能不允許設計師實踐DCWS。此外，低優先事項、法令、利益與誘因、成本、責任、指引與工具以及時間限制也被確定為臺灣參與者的障礙。然而，大多數的這些障礙被英國參與者確定為略高於中立程度（詳表5）。臺灣與英國間就誘因的同意程度有所不同，在臺灣，順序為業務、災害預防；在英國為災害預防、工程效率和工程品質（詳表6）。

如上所述，欲促成DCWS的實施，甚至制定法規都需要克服障礙。根據調查分析，臚列結果和建議如下，可能有助於實現目標：

一、透過宣導、輔導和教育來推動DCWS

就問題A1和A2的調查結果，只有約50%的臺灣參與者和70%的英國參與者知道DCWS的概念；有25%的臺灣參與者以及61%的英國參與者積極參與DCWS。這意味著許多參與者及其公司/組織不瞭解DCWS，也沒有參與DCWS，即使英國的CDM規則已施行超過25年。依據統計分析，具有DCWS概念並積極參與DCWS的參與者有助於DCWS相關業務的推動，即基於問題A1和A2的回答來分析問題B1到B3，具DCWS概念及積極參與者，他們傾向於在問題B1.2、B2.1、B2.2、B3.1和B3.2上具有更高的同意程度。此外，具有那些特性的臺灣參與者更傾向於認為，如果沒有明確的立法，則不容易推動DCWS（B1.3）。因此，為了推動DCWS，透過宣導和輔導是使營造相關業者增加對DCWS瞭解和參與的良方。

臺灣參與者認為缺乏專業知識及指引和工具是障礙（問題C1）。此外，臺灣和英國的所有參與者都同意，必須對業主和設計師進行營造勞工安全教育，以推動DCWS（B2.4，B3.4）。透過教育訓練，設計師可以培養DCWS的專業知識，並獲得實踐DCWS的指引和工具。

二、政府機關應就所辦理的公共工程優先推動DCWS

臺灣和英國的所有參與者都同意這個議題（B2.5），尤其是臺灣和英國的營造商。DCWS對臺灣營造業來說是一種新制度，如果政府機關在其營造工程中優先推動DCWS並能成功減少災害，可以樹立一個良好的典範。經過積累經驗和實踐，該制度或許可以推廣適用於民間的營造業者。

三、最小化或消除執行障礙，使DCWS具可行性

問題C1的分析顯示了各類參與者對可能不允許設計師實踐DCWS障礙的排名。為了促進DCWS或訂定DCWS法規，最小化甚至消除障礙很重要。對於臺灣設計師來說，三大障礙是增加成本、承擔責任和缺乏專業知識。由於DCWS對於臺灣設計師來說是一項新工作，業主須為此合理地支付額外的設計費。所有臺灣和英國的參與者都傾向於同意，若能妥善地釐清設計者推動DCWS的責任，設計師便願意推動DCWS（B3.3），此調查結果可用來減少承擔責任的障礙。關於最小化缺乏專業知識的障礙，肆、一中已做說明。

四、激勵臺灣建築師參與DCWS

在臺灣設計師中，針對建築師事務所和工程顧問公司再做分析，他們在問題B3.1至B3.4和B4.1上存在很大的意見分歧。所有的這些回應都表明，建築師事務所比工程顧問公司更不同意這些議題。因此，應就建築師事務所尤其是建築師，更深入的研究他們的障礙和誘因，來激勵他們實踐DCWS。

結論

透過臺灣和英國之間卷調查和數據分析，識別營造相關業者對執行DCWS的意見、障礙和誘因，其結果可以促進DCWS的實踐。為了實施DCWS，業主需要有意願去促進並指定設計師來實踐它；此外，設計師應具有使其可行的專業知識。從調查分析來看，推動DCWS的最佳方法就是為此立法。然而，其存在障礙，並且相對缺乏誘因，這意味著很難推動DCWS和實施相關立法。然就以下的結論，本研究認為未來臺灣的DCWS仍有其可行性：

一、DCWS能消除營造工作者災害

臺灣和英國的所有參與者都同意DCWS可以最大程度的減少營造工作者災害（B1.2）；特別是英國在實施CDM規則超過25年以後，參與者仍然對這一議題表示高度支持。透過DCWS來減輕災害對臺灣來說可能是一種趨勢。

臺灣和英國的所有參與者都同意，在工程設計階段實施DCWS可以幫助減輕一些營造工作者的災害（B4.1）。尤其是英國參與者具有同意和強烈同意之間的意見，這意味著其高度支持此議題。

二、業主和設計師應參與營造工作者的安全，並可以透過DCWS提高安全性

臺灣和英國的所有參與者都同意，業主和設計師可以透過關注和參與DCWS（B2.1，B3.1）來提高營造工作者的安全性，他們應該關注並參與營造工作者的安全（B2.2，B3.2）；英國參與者的同意程度比臺灣參與者高得多，值得注意的是，這些問題與業主和設計師自己應承擔的安衛責任有關，但他們仍強烈贊成。因此，他們在DCWS中的經驗和實踐可以做為臺灣業主和設計師的模範。

從問題B1.1的結果來看，英國業主和設計師不同意只有營造商為減輕災害而努力，而臺灣業主和設計師的同意程度則略低和略高於中立程度。儘管營造商與其他參與者有不同的意見，但結果表明，不僅營造商在為減輕災害而努力，業主和設計師在減輕災害這方面也做出了部分貢獻。

三、DCWS的立法是必要的

所有臺灣參與者都認為，如果沒有專門訂定DCWS的法規，提高DCWS並不容易

(B1.3)。雖然臺灣設計師的同意程度略高於中立和同意之間，但業主和營造商一致認為，缺乏強制性法規是一個障礙（C1）。

四、存在一些誘因，可以使設計師實踐 DCWS

在所有參與者中，總共四個誘因的同意程度都高於中立（C2）。對於臺灣參與者來說，促進業務發展和預防災害是最高的誘因；預防災害和提高工程效率是英國參與者中最高的；此外，詢問參與者補充相關誘因的意見，在安全政策中包含的獎勵和增加設計預算，是回答比例較高的誘因，可以利用這些誘因而使設計師能夠實踐DCWS。

五、營造工作者安衛在營造工程中是高度優先事項

總體而言，營造工作者安衛是臺灣和英國在營造工程（A4）上的第二和第一優先事項。這種情況表明，營造相關業者會將重點放在營造安全上，並進一步促進DCWS。

參考文獻

1. Behm, M. (2005). Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. *Safety science*, 43, 589-611.
2. Behm, M. (2006). *An Analysis of Construction Accidents from a Design Perspective*. The Center to Protect Workers Rights, Rockville, MD, USA.
3. Behm, M. & Schneller, A. (2013). Application of the Loughborough construction

accident causation model: a framework for organizational learning. *Construction Management Economics*, 31, 580-595.

4. Cooke, T. & Lingard, H.(2011). A retrospective analysis of work-related deaths in the Australian construction industry. ARCOM Twenty-seventh Annual Conference. Association of Researchers in Construction Management (ARCOM), 279-288.
5. De Winter, J. C. & Dodou, D. (2010). Five-point Likert items: t test versus Mann-Whitney-Wilcoxon. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 15, 1-12.
6. European Foundation (1991). *From drawing board to building site: Working conditions, quality, economic performance.* EF/88/17/FR, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Dublin, Ireland.
7. Gambatese, J. A., Behm, M. & Hinze, J. W. (2005). Viability of designing for construction worker safety. *Journal of construction engineering management*, 131, 1029-1036.
8. Gambatese, J. A., Behm, M. & Rajendran, S. (2008). Design's role in construction accident causality and prevention: Perspectives from an expert panel. *Safety science*, 46, 675-691.
9. Hide, S., Atkinson, S., Pavitt, T. C., Haslam, R., Gibb, A. G. & Gyi, D. E. (2003). Causal factors in construction accidents, HSE.

10. Maccollum, D. V. (2006). System Safety-Inherently Safer Design: Five Principles for Improving Construction Safety-To improve safety on construction sites, key stakeholders must find ways to identify hazards and ensure. *Professional Safety*, 51, 26-33.

11. MOL (2019). Occupational Safety and Health Act. [Online]. Taiwan: Ministry of Labour, [online] Available at: < <https://laws.mol.gov.tw/Eng/FLAWDAT0201.aspx?id=FL015013>>. [Accessed 9 December 2020].

12. Nsw Workcover. 2001. CHAIR—Safety design tool. Gosford, NSW, Australia.

13. Schulte, P. A., Rinehart, R., Okun, A., Geraci, C. L. & Heidel, D. S. (2008). National prevention through design (PtD) initiative. *Journal of safety research*, 39, 115-121.

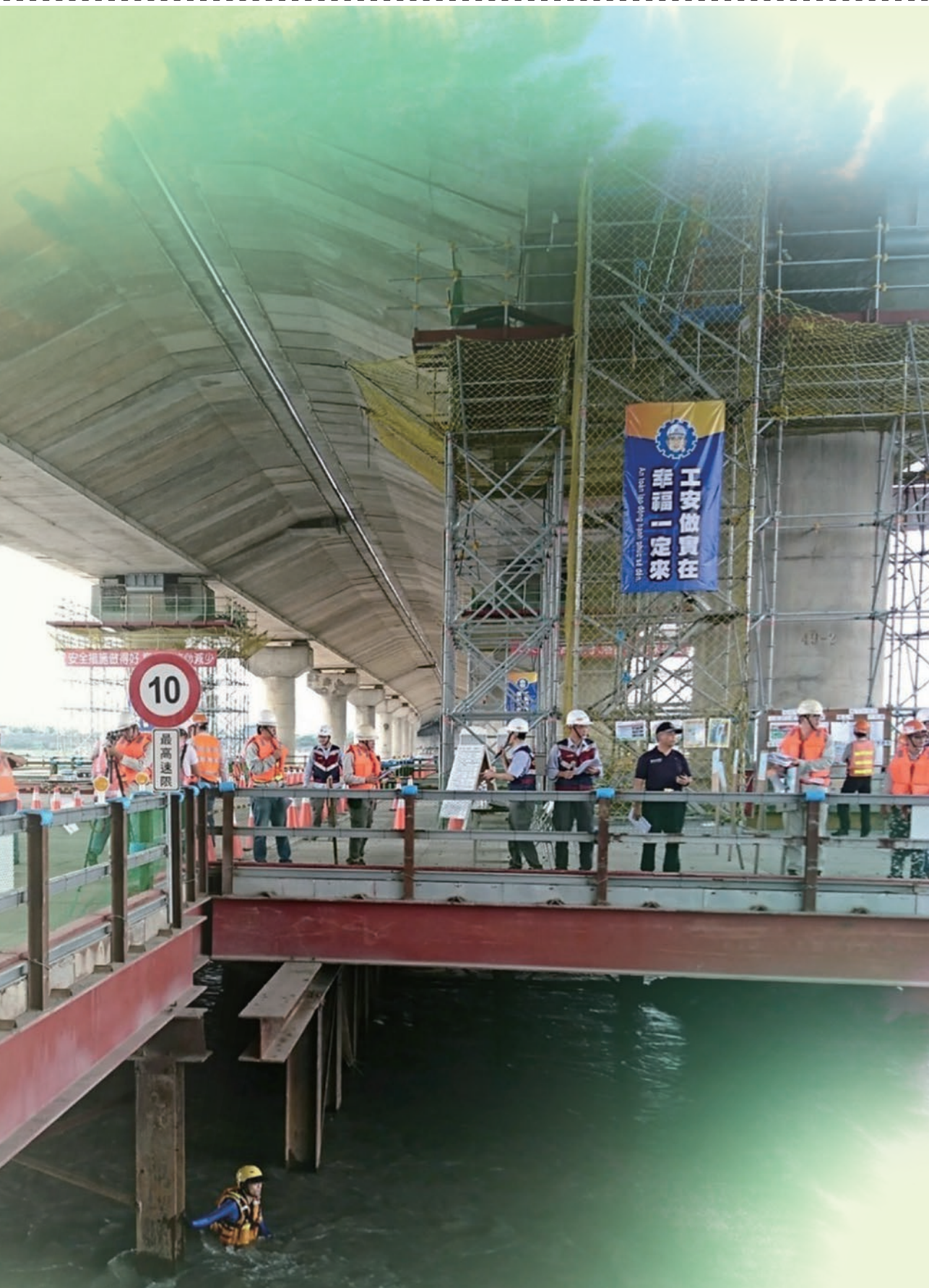
14. Sow, M. T. (2014). Using ANOVA to examine the relationship between safety & security and human development. *Journal of International Business Economics*, 2, 101-106.

15. Toole, T. M. (2005). Increasing engineers' role in construction safety: Opportunities and barriers. *Journal of Professional Issues in Engineering Education Practice*, 131, 199-207.

16. Toole, T. M. (2011). Internal impediments to ASCE' s vision 2025. *Leadership Management in Engineering* , 11, 197-207.

17. Tymvios, N. (2013). Direction, method, and model for implementing design for construction worker safety in the US.





與時俱進的巨龍 —國道1號桃園 路段箱涵拓建案 例分享

關鍵詞 (Key Words)：箱涵拓建 (Box culvert extension)、交通維持 (Traffic maintenance)、
標線 (Marking)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／營管部／協理／邱水碧 (Chiu, Shuibi) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／營管部／技術經理／陳世光 (Chen, Shiguang) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／營管部／工程師／黃威政 (Huang, Wei-Jheng) ❸

摘要

前國工局於五楊高架施工期間，應地方民意要求一併解決國道1號桃園路段穿越箱涵淨高淨寬不足問題，經評估共有6座箱涵符合拓建條件，考量為了降低施工期間對國道1號及地方道路交通改道之衝擊，規劃分2期辦理拓寬。施工期間如何維持國道1號之交通順暢及解決地方民眾交通不便實為本工程應解決最重要之課題，以求得工程順利與地方發展之永續共榮。



The dragon advancing with the times - the Box Culvert Widening Works of National Freeway No. 1 Taoyuan Road Section.

Abstract

During the construction of the Wuyang viaduct, the former National Highway Engineering Bureau, at the request of local public opinion, solved the problem of insufficient clear height and net width of the box culvert crossing the Taoyuan section of National Road 1. The plan has been assessed that there are six box culverts which meet the conditions for widening. Considering that in order to reduce the impact of the construction period on National Highway No 1, maintaining and rerouting local traffic, the plan will be divided into 2 phases to widen. The most important issue involves how to maintain the flow of traffic smoothly on National Highway No 1 and solving the inconvenience for the locals, hoping the plan goes off without a hitch and promote local prosperity.

3

專題報導

壹、前言

國道1號為國內十大建設之一，也是國內第1條高速公路，像條巨龍蜿蜒蟠踞臺灣西部串連各大都市及城鎮，為國內南北陸上交通運輸大動脈，亦為臺灣帶來了經濟繁榮，但因國道1號為路堤建造，也使得兩側的民眾情感與地方發展受到了阻隔。箱涵，在高速公路的歷史裡，是早期阻隔地方發展的補償性設施，但大多通行斷面偏小，不敷地方發展後交通流量使用，而箱涵拓建工程，一則是順應地方發展後提供民眾行的便利，再則也代表著國道1號這條巨龍隨著時代變遷與時俱進。

貳、工程概述

一、計畫緣起

「國道1號五股至楊梅段拓寬工程設計計畫」規設期間，地方政府、各級民意代表及民眾於公聽會、都市計畫公展說明會多次陳情該計畫路段既有國道1號穿越箱涵寬度不足，多年來造成通行不便且安全備受威脅，已嚴重妨礙地方發展，要求配合地方需求進行拓寬改建。

爰依據高速公路局修訂「國道高速公路既有橫交道路穿、跨越橋梁及箱涵拓寬改建辦理原則」，其中有關穿、跨越橋梁及箱涵拓寬改建條件如下：

- (一) 穿越國道箱涵之地方道路，若現況已拓寬完成且道路寬度大於箱涵或橋梁寬度，由地方道路主管機關提出箱涵拓寬改建需求，經國道養護管理機關審核同意辦理者。
- (二) 穿越國道箱涵之地方道路，若擬進行拓寬，由地方道路主管機關檢附已核定拓寬計畫內容(包含修建緣由、路線起訖、設計標準、工程示意圖、工程概算、施工時間、預期效益等)，向國道養護管理機關提出箱涵或橋梁拓寬改建需求，經審核同意辦理者。
- (三) 跨越國道之地方道路橋梁，由地方道路主管機關向國道養護管理機關提出橋梁拓寬改建需求，經國道養護管理機關審核同意辦理者。

本計畫經檢核共計有國道1號44K+158陳厝坑路、47K+305桃6箱涵、48K+708民生北路、

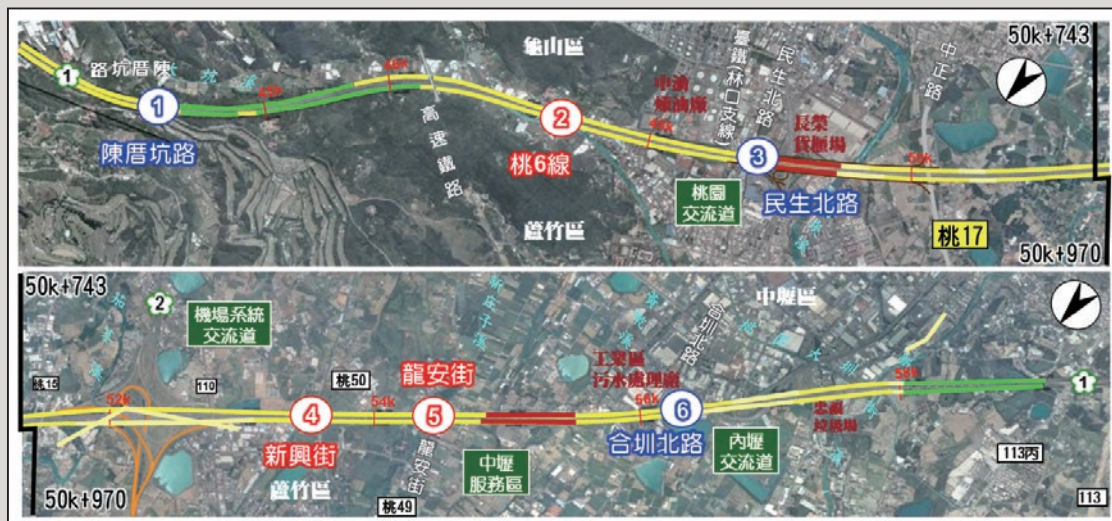


圖1 桃園地區國道1號箱涵拓建平面位置圖

53k+558新興街箱涵、54K+244龍安街箱涵及56K+140合圳北路等6處箱涵，符合上述拓寬改建條件；因箱涵改建施工須於國道1號上辦理交維改道，為避免交維改道路段過長影響國道1號之交通順暢，故箱涵拓建工程分二期施工，第一期優先改善較易壅塞之路段，為44K+158陳厝坑路、48K+708民生北路及56K+140合圳北路，第二期為47K+305桃6箱涵、53k+558新興

街及54K+244龍安街，各拓建箱涵位置，如圖1所示。

二、箱涵改善方案

本計畫6處箱涵皆位於桃園市蘆竹區、龜山區及中壢區境內，於「國道1號五股至楊梅段拓寬工程」設計階段多次與桃園市政府、民意代



圖2 各箱涵拓建前後照片

表1 箱涵改善方案

NO	國道1號 統一里程	既有箱涵 尺寸(m)	箱涵改善 陳情要求	檢討建議 改善方案(m) (寬)×(淨高)	改善說明
1	44K+158 陳厝坑路	單孔 2.5×2.5	7×4.4m	8.0×4.8	(1) 於原址拆除重建單孔箱涵。 (2) 維持國道1號主線縱面、調降農路以增加淨高 (3) 現況路寬約8公尺。
2	47k+305 桃6	單孔 3.5×3.5	11×4.4m	5.5×3.8 (雙孔)	(1) 因原址拓建無法滿足當地實際車輛通行之淨高需求，故另擇於里程約47k+270處新建箱涵，兩端仍銜接南上路及大坑路，原箱涵改為人行。 (2) 維持國道1號主線縱面、調降桃6以增加淨高。箱涵長度44.51m。
3	48K+708 民生北路	單孔 7.0×4.0	11×4.4m	15×4.6	(1) 既有箱涵鄰近桃園交流道，交維施作對交通影響較大。 (2) 配合都市計畫道路為15公尺寬。
4	53k+558 新興街	單孔 2.0×2.0	6×3m	6×3.0	(1) 因現有箱涵北側道路彎繞危險，故截彎取直於里程53k+566處新建一單孔穿越箱涵。箱涵長度38.4m。 (2) 維持國道1號主線縱面，調降新興街路面以增加淨高。 (3) 箱涵降挖須配合調整相關排水設施。
5	56K+140 合圳北路	雙孔 2×3.5×3.5	11×4.4m	6.5×4.4 (雙孔)	(1) 施工期間地區交通影響大。 (2) 維持國道1號主線縱面、調降合圳北路以增加淨高。 (3) 箱涵降挖須配合調整相關排水設施。 (4) 現況路寬10-12公尺。
6	54k+244 龍安街	雙孔 2×3.5×3.5	15×4.4m	7.5×3.5 (雙孔)	(1) 西北側位於都市計畫邊界，計畫道路寬15m。東南側現有路寬12m。 (2) 於原址拆除重建雙孔箱涵。 (3) 箱涵長度37.7m。 (4) 龍安街若調降將致排水困難，故維持原淨高。

表會商，討論箱涵拓建之寬度、高度等需求。並拜訪里長、民代等地方人士，說明工程目的與內容，並聽取民眾意見納入設計考量，使箱涵拓建改善契合民眾交通便利之功能。各箱涵拓建方案，詳表1，箱涵拓建前後照片，如圖2所示。

叁、國道交通維持創新及節能減碳

一、交通維持創新作為

計畫施工期間，為維持高速公路行車安全，採3階段施工，利用國道1號兩側邊坡加鋪路面，作為改道空間，將既有國道1號雙向車道依施工階段需求分別向兩側偏移，以提供施工空間，如圖3所示。

施工路段國道1號主線雙向車道數達8-9車道，改道時為避免標線混亂，傳統施工方式採用逐車道刨除路面，再重新標繪標線方式施工，惟受限夜間可施工時段，一個晚上最多可以改2個車道，白天開放通車後易產生島式交維

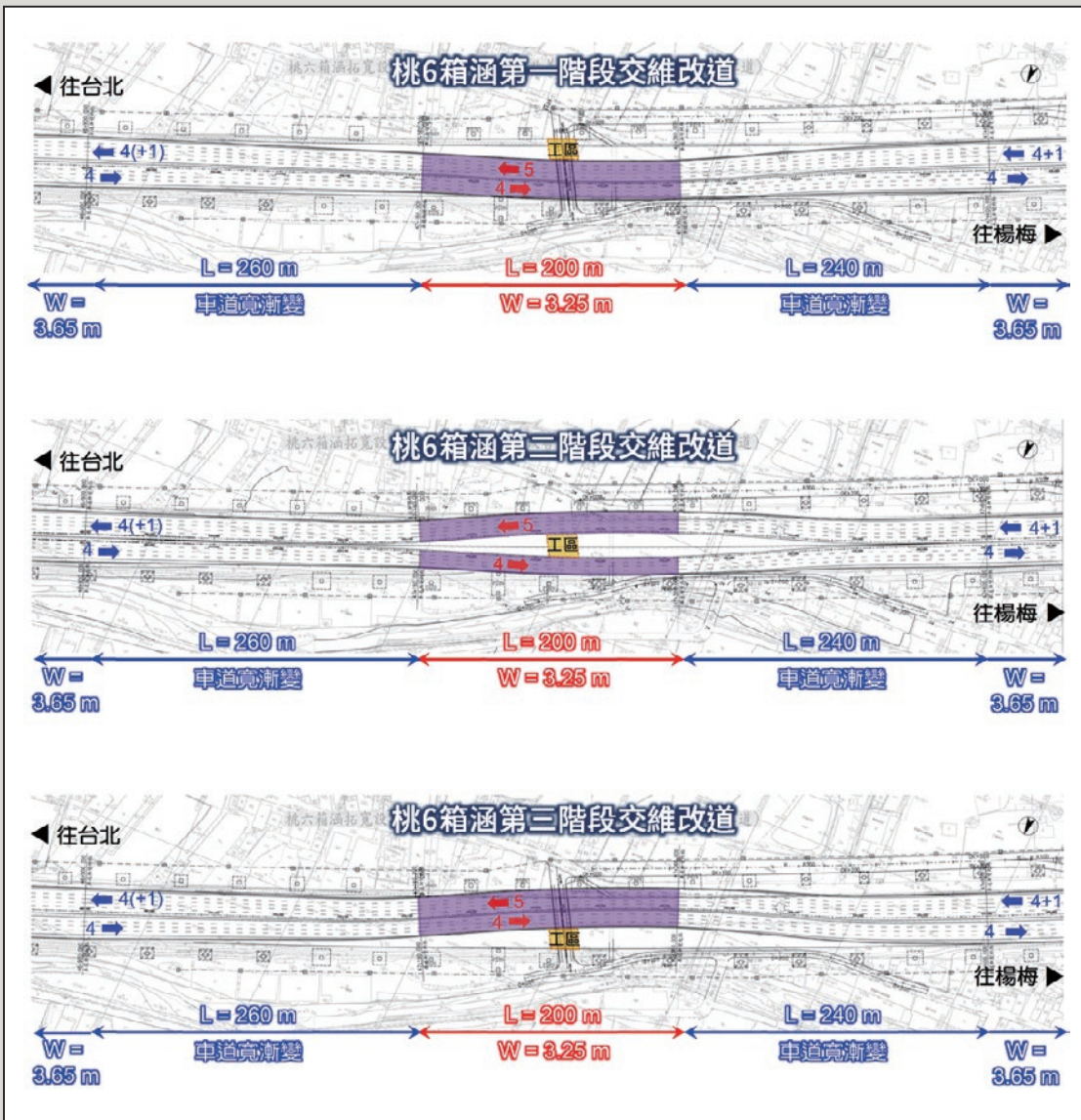


圖3 三階段交維改道示意圖

情況，如圖4所示。鑒於島式交維容易讓用路人產生行駛錯覺，致發生交通事故，故施工前規劃如何避免形成島式交維，就成了國道1號改道之重要課題。

為避免形成島式交維，經施工團隊研擬分別利用3個夜間交通離峰時段進行交維改道，考量須於一個夜間時段完成多車道之轉換，施工團隊採用具有快速施工特性之成型標線，作為施工過程之標線替代材料，如陳厝坑路段北上側之交維階段轉換步驟，詳表2。

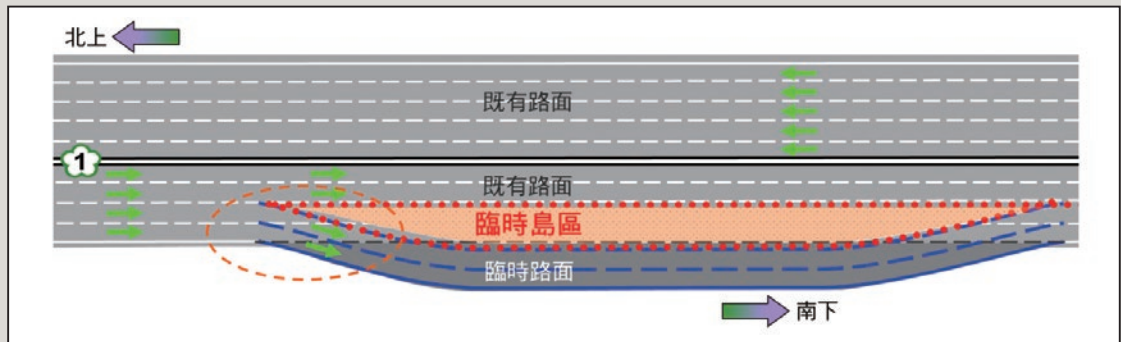


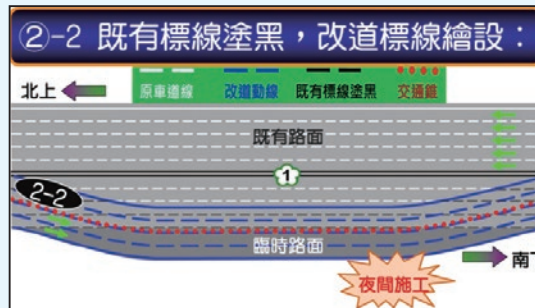
圖4 單向島式交維示意圖

表2 階段施工避免島式交維之策略

步驟及說明	示意圖
<p>①臨時路面鋪設：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 臨時路面暫以交通錐隔離。 ◆ 鋪設臨時路面，並以反光成型標線標繪車道線。 	
<p>②-1 僅保留內2車道通行：</p> <p>DAY1_22:00-02:00</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 封閉外2車道 ◆ 將外2車道既有標線塗黑。 ◆ 將外2車道用臨時標線標繪改道車道，並銜接已繪製標線。 ◆ 完成改道之外2車道及部分內2車道臨時標線。 	

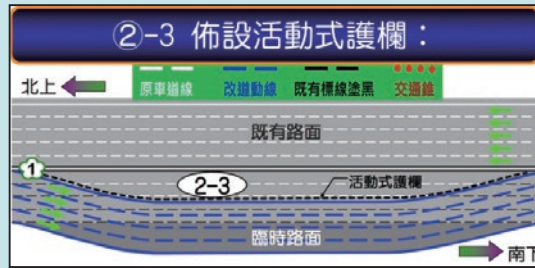
②-2：僅開放改道外2車道通行
DAY1_02:00~04:00

- ◆ 將車流引導至改道之外2車道，以交通錐臨時隔離。
- ◆ 將原內2車道既有標線塗黑。
- ◆ 將原內2車道用臨時標線標繪改道車道，並銜接改道之內2車道既有標線。



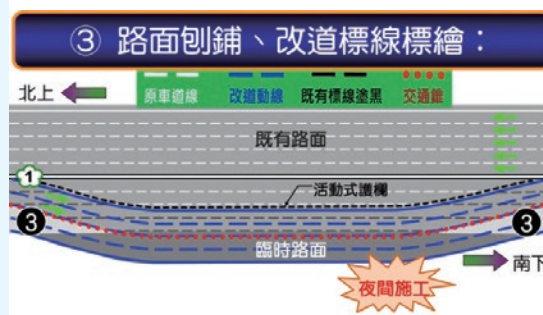
②-3：活動式護欄佈設
DAY1_04:00~06:00

- ◆ 06:00開放改道後4車道通行。
- ◆ 以活動式護欄隔離施工區。
- ◆ 此階段此完成單向交維改道



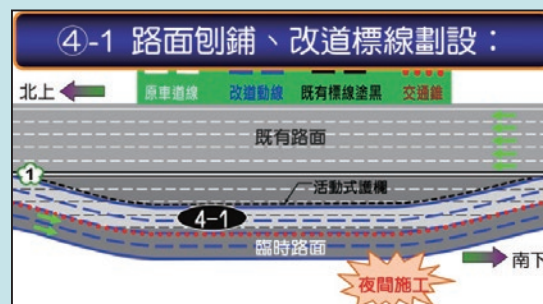
③：封閉改道外2車道進行施工
DAY2_22:00~06:00

- ◆ 封閉改道外2車道，改道區以交通錐隔離施工區。
- ◆ 改道外2車道路面至臨時路面兩端進行刨鋪，並黏貼反光成型標線，清晨六點重新開放四車道。



④-1：封閉內2車道進行施工
DAY3_22:00~06:00

- ◆ 封閉改道內2車道，改道區以交通錐隔離施工區。
- ◆ 改道內2車道路面刨鋪並黏貼反光成型標線，清晨六點重新開放四車道。

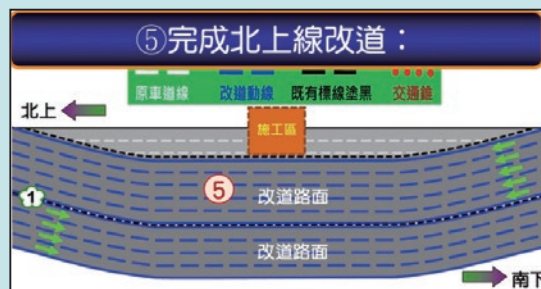


④-2：完成南下線改道



⑤：完成北上線改道

◆ 再逐步依上述步驟完成北上線。



在維持國道1號既有車道數之前提下，分段進行箱涵改建施工，導致施工腹地狹小，工區即高速通行中的國道高速公路，如同「穿著西裝改西裝」，在施工團隊縝密規劃及管控施工細節下，終克服困難完成工程。

二、節能減碳之作為

(一) 採用成型標線減少AC刨鋪量

交通維持是重要的課題，在國道1號密集的分段改道情況下，若採既有標線塗黑，再重新標繪新的標線方式施工，將造成標線混亂，如圖5所示，亦容易造成交通事故。故每次改道為避免標線混亂，都須進行AC路面刨除重鋪，增加了不少假設工程費用，也增加了碳排放量。

為了避免重複刨鋪路面，施工過程採用反光成型標線作為改道時之標線，該產品除了雨天與夜間之反光效果特佳外，最主要施工方式是採黏貼方式施工，如圖6所示，若再改道則只要將反光成型標線撕掉重貼新的標線即可，如此將可大量減少AC路面刨除重鋪量，除了節省公帑約6,500萬以外，亦落實節能減碳政策。

(二) 交維改道減少購土量之作為

為辦理箱涵拓建，在國道1號採三階段交維改道分段施工，原規劃於施工初期先購置土方，於既有高速公路邊坡先填築臨時路堤，以作為交維改道之臨時路面，完工後再挖除運棄至台北港。

第一期工程之合約購土數量為14,960m³，經依據現地收方成果計算各箱涵各階段土方需



圖5 既有標線塗黑重新標繪



圖6 反光成型標線黏貼施工

求，再檢討網圖規劃各階段結構開挖時程，於有效控管各階段施工程序後，箱涵工區間土方可相互挖填再利用，最終無須進行土石方購置，有效降低土石方需求對環境生態之衝擊，也減少了棄土量，大約節省公帑300餘萬元。

肆、以便民及提早通車之思維規劃施工

一、便民之替代道路規劃



圖7 民生北路箱涵封閉替代道路圖



圖8 桃林鐵路改建為替代道路會勘



圖9 桃林鐵路替代道路改建前後圖

本計畫6座拓建箱涵中，拓建寬度最大為民生北路箱涵，因該路段為桃園市桃園區及蘆竹區往返之重要道路，故交通流量最為繁忙亦是最壅塞之路段。原設計規劃於施工期間必須將民生北路箱涵封閉，改由桃園市中正路或南上路作為交通替代道路。

因施工前召開施工說明會時，地方民眾及民意代表即強烈表示該路段附近店家林立，且改道路段太遠，若封閉民生北路將對附近店家造成嚴重衝擊。故為降低封閉道路對店家之衝擊及用路人之不便，監造單位開始研議其他替代道路之可行性，決定以鄰近民生北路旁停駛之桃林鐵路作為替代道路，如圖7所示。經邀集鐵路局、桃園市交通局及各機關共同研議協商，如圖8所示，最後同意以桃林鐵路改建作為替代道路，降低施工對附近民眾之不便，使工程順利進行，成功創造政府與民眾的雙贏。桃

林鐵路改建前後，如圖9所示。

二、提早開放箱涵通車之工法選擇

本計畫第1期3座拓建箱涵中，民生北路箱涵因於五楊拓寬計畫就已完成該箱涵兩端之拓寬作業，本計畫僅將中間段再完成拓建，故在工法選擇上係配合已拓建完成之明挖覆蓋工法施作(如圖10所示)，其餘陳厝坑路及合圳北路2座箱涵則採用半逆打工法施作(如圖11所示)。

原規劃設計採半逆打工法施作，主要考量為優先完成箱涵頂板，即可先進行高速公路復舊，降低工程對國道交通之影響，後續再進行箱涵內部之修飾及鋪面作業。惟依據第1期箱涵拓建施工經驗，因國道之交維改道於施工過程規劃已考慮線形及速限等因素，故箱涵拓建期間對國道之交通影響並不顯著，反而箱涵封閉

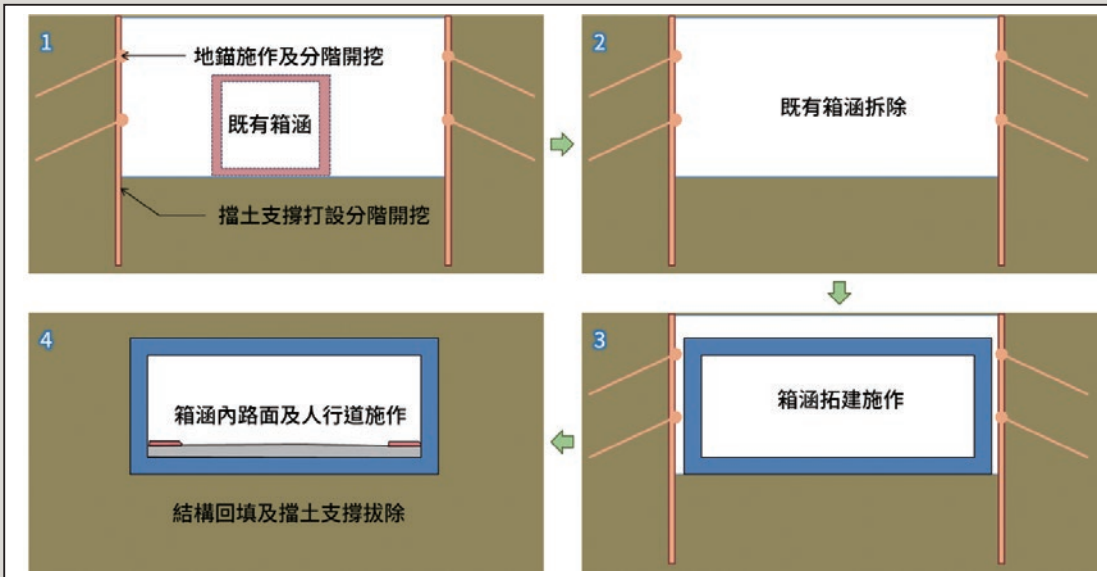


圖10 明挖覆蓋工法施作示意圖

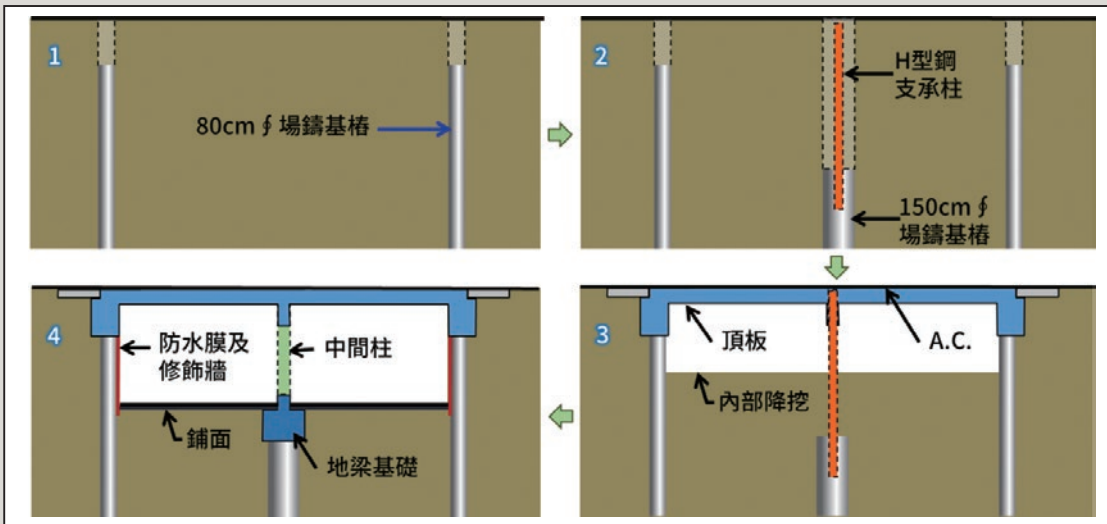


圖11 半逆打工法施作示意圖

時間越長對地方交通衝擊較明顯，且對鄰近居民之店家生意影響也較大，故如何提早開放箱涵通車為一個重要之課題。

依第1期箱涵拓建之施工經驗，並統計第1期3座箱涵封閉期程(詳表3)，以民生北路箱涵採明挖覆蓋工法施作之封閉時程最短，約略10個月即可完成箱涵拓建開放通車，其餘陳厝坑路

表3 第1期箱涵封閉期程表

箱涵名稱	施工方式	開始封閉時間	開放通車	施工期程
陳厝坑路箱涵	半逆打工法	104/02/27	105/07/14	約16.5個月
民生北路箱涵	明挖覆蓋工法	104/04/08	105/02/02	約10個月
合圳北路箱涵	半逆打工法	104/01/31	105/07/15	約17.5個月

及合圳北路箱涵採半逆打工法施作，則需約17個月左右才能完成箱涵拓建。其主要差異係因明挖覆蓋工法結構完成後，箱涵內部僅須完成鋪面及人行道即可開放通車，惟高速公路交維改道路段之相關設施復舊，如護欄、路燈、交控設施及交通牌面等再陸續完成。至於半逆打工法則是進行高速公路復舊時，頂板下方同時降挖完成內部基礎、修飾牆及鋪面，因受限內部作業空間較為狹小，故施工速度較緩慢，也影響了箱涵開放通車時間。故第2期箱涵拓建為提早開放箱涵通車，降低對地方交通之衝擊，施工團隊即辦理契約變更，將第2期工程全部改為明挖覆蓋工法施作，以便民之思維完成工程。

三、解決地方淹水問題

合圳北路箱涵原即為地下道型式，每逢大雨極易淹水，如民國101年6月12日發生豪大雨，即造成嚴重積水，箱涵無法通行，如圖12



圖12 合圳北路箱涵積水

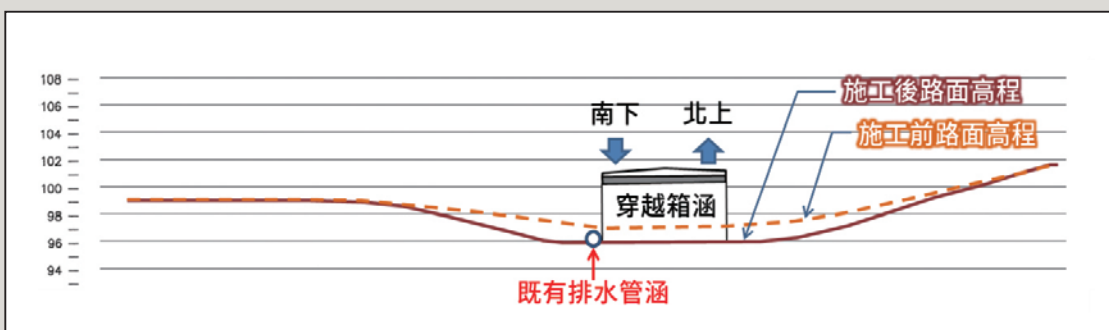


圖13 合圳北路縱斷面圖

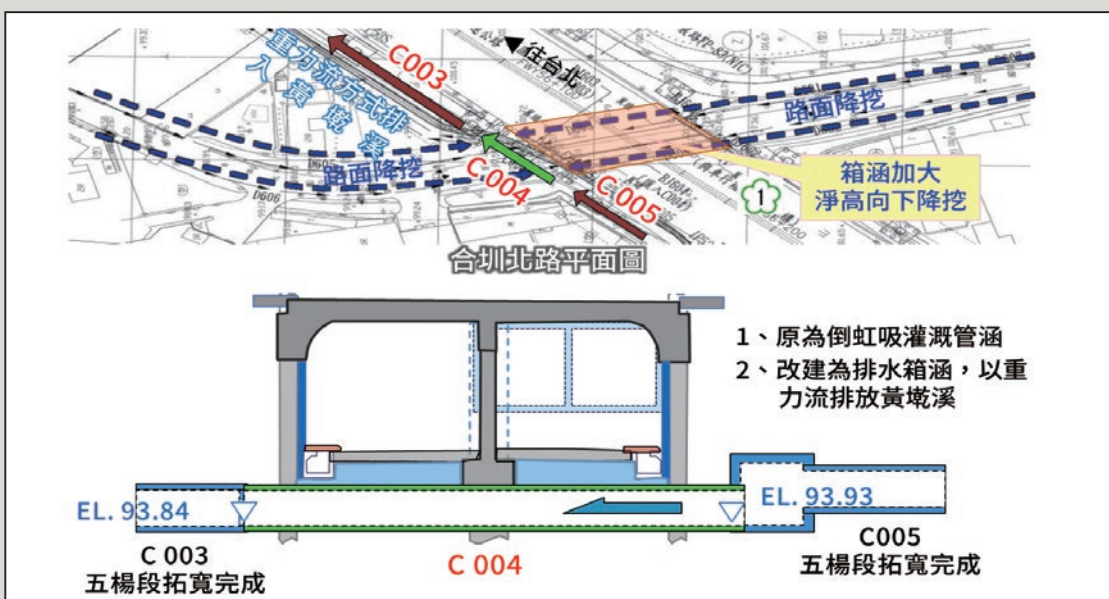


圖14 合圳北路平面及排水改善示意圖

所示，故在合圳北路箱涵拓建時即一併考量解決淹水問題。

合圳北路箱涵受上方高速公路覆土不足限制，道路縱坡無法改善，故只能向下降挖增加淨高，為避免降挖加劇淹水問題，改善說明如下：

- (一) 合圳北路箱涵因兩端銜接道路皆高於箱涵內道路，如圖13所示，其既有排水設施為直徑1.0m之管涵型式，排水斷面不足，為易淹水路段。
- (二) 國1五楊拓寬時已將合圳北路排水設施列為改善重點。當時為避免改善排水設施須封閉合圳北路箱涵，日後辦理拓建時，需再封閉一次，將二度造成地方交通不便，故五楊拓寬時，已先改善上下游排水設施，包括新建C003及C005排水箱涵，以重力流方式排入黃墘溪。
- (三) 於合圳北路箱涵拓建時，再改建C004排水箱涵，斷面採淨寬2.0m，淨高1.5m，以銜接上下游C005、C003排水箱涵，其改善示意如圖14。

結語

本計畫工程最主要之特色為施工期間須維持高速公路之交通順暢，兼顧解決影響地方之種種不便，但施工團隊始終以如何降低環境衝擊及便民的思維規劃施工方式，歷經4年努力克服種種挑戰完成本計畫，最後謹以下列四點作為本計畫工程最好的紀錄。

- 一、「有趕」：民生北路箱涵於104年4月8日封閉施工，105年2月2日即開放通車，唯一對策只有掌握時間加緊趕。但趕工

仍注意工安，達到零工安事故。

- 二、「無感」：施工期間國道長期交維改道40餘次，施工改道做到讓國道用路人「無感」快速通過，即為本工程交維目標與成果。
- 三、「有感」：為儘速解決當地通行困擾，承商亦無條件配合。施工團隊誠意民眾有感，里長及民代來函致謝，如圖15。

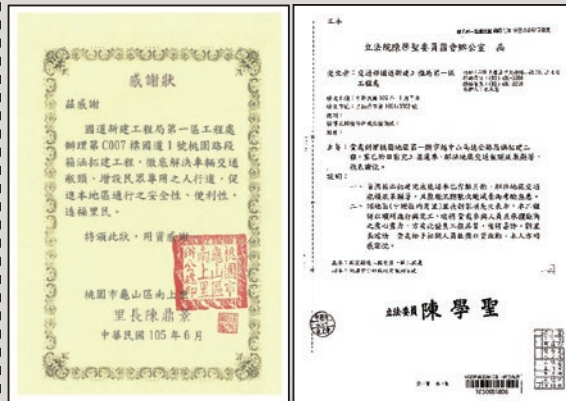


圖15 里長及立法委員致謝

- 四、「無趕」：箱涵拓建，打通車流瓶頸點，通行順暢節省時間，交通行程「無趕」。

參考文獻

1. 國道1號桃園路段箱涵拓建工程計畫工程設計暨配合工作基本設計報告，民國103年5月。
2. 交通部高速公路局，國道1號桃園路段箱涵拓建工程竣工報告，民國107年7月。
3. 交通部高速公路局，國道1號龜山蘆竹段箱涵拓建工程竣工報告，民國109年1月。

寶高智慧產業園 區工程之創新智 慧綠建築特色與 工程管理

關鍵詞(Key Words)：智慧建築(Intelligent Building)、綠建築(Green Building)、
建築資訊模型化技術(Building Information Modeling, BIM)、
出流管制(Runoff Control)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／協理／邱水碧 (Chiu, Shui-Bi) ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／經理／江秉修 (Chiang, Ping-Hsiu) ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／副理／黃寶翰 (Huang, Pao-Han) ❸
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／工務所主任／葉信宏 (Yen, Hsin-Hung) ❹
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／正工程師／陳大鵬 (Chen, Ta-Peng) ❺
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／正工程師／鄭鑫賜 (Chen, Hsin-Ssu) ❻
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／正工程師／林建宏 (Lin, Chien-Hung) ❼
台灣世曦工程顧問股份有限公司／營建管理部／工程師／周南威 (Chou, Nan-Wei) ❽

摘要

本工程之創新智慧綠建築特色，在於建築空間採模矩化設計、建物基礎結構型式採條狀單層筏基、地上層鋼骨構造及外牆系統金屬板均採用綠建材。園區整體景觀主要以「自然地景」、「再生能源」為綠化設計發展主軸，引進自然回饋及生態再利用構想，建置雨水回收系統與雨水貯留池，並實施出流管制計畫進行優化。

園區以人文、智能、永續為主軸，導入科技生活化、永續環保與智慧化等相關產業技術，融合建築美學觀念，不但能提升都市環境品質，同時也提供舒適優質環境；採用統包模式，縮短公共工程設計與施工發包時程，在營造技術方面，採用BIM(Building information modeling)作為建築與機電介面整合之檢討，達成設計工程界面的緊密結合，減少工程錯誤率的發生，進而促成減少工程資源浪費與縮短工期之成果。創新運用BIM技術工具輔助設計檢查、介面整合、數量計算檢核等協助工程管理。另運用UAV協助現場職安監視、預防、告知，輔助職安管理。



Innovative smart green building characteristics and project management of Baogao Smart Industrial Park Project

Abstract

The innovative smart green building features of this project include modular design in the architectural space design, strip-shaped single-layer raft foundation in the basic structure of the building, and light-weight compartment system design in the plant, office area and small space compartments. SS green building materials, the exterior wall system is metal plates, all adopt green building materials. The overall landscape of the park mainly takes "natural landscape" and "renewable energy" as the main axis of green design development, natural feedback and ecological reuse concept, rainwater recycling system and rainwater storage pond, and the change and optimization of outflow control plan.

The optimized design of green buildings has achieved the gold level, and the optimized design of the smart building mark has achieved the silver level. With humanity, intelligence, and sustainability as the main axis, the introduction of technology life, sustainable environmental protection and intelligence and other related industrial technologies, fusion of architectural aesthetics It can improve the quality of the urban environment while also providing a comfortable and high-quality environment; the turnkey model is adopted to shorten the time for public engineering design and construction contracting. In terms of construction technology, BIM (Building information modeling) is used as the review of the integration of architecture and electromechanical interfaces. The close integration of the design engineering interface reduces the occurrence of engineering errors, thereby contributing to the reduction of waste of engineering resources and shortening the construction period. Innovative use of BIM technology tools to assist in design inspection, interface integration, and quantity calculation verification to assist in project management. In addition, UAV is used to assist on-site occupational safety monitoring, prevention and notification, and auxiliary occupational safety management.

3

專題報導

壹、前言

新北市新店區寶高智慧產業園區自民國65年6月12日修訂新店都市計畫發布實施起，即為都市計畫乙種工業區用地。因應新北市經濟發展蓬勃，企業廠商多有表示土地擴廠需求，為滿足在地產業用地需要，協助轉型及升級發展，新北市政府經濟發展局即積極清查轄內可供開發之產業用地，擇定園區第一期範圍約4.1公頃土地進行招商促參投資。嗣後配合中央排除企業投資五缺障礙之政策，新北市政府為更有效、加速推動園區開發，運用前瞻計畫補助經費，以市府自行興建、管理之工業用標準廠辦、廠房為標的，並將以平價租金，採只租不售方式經營管理。

考量園區日後由市府自行經營管理之需求，符合公共建築物取得智慧綠建築標章之法令規定，及園區第一期進駐產業將以智慧、科技、生技產業為優先，積極運用智慧綠建築特性，並導入創新工具實施工程管理為推動本案特色，如附圖1。



圖1 寶高智慧產業園區願景目標

貳、工程概述

園區基地位於新北市新店區寶橋路與寶高路口南側，周邊多工業廠房及廠辦大樓。基地主要係藉由寶高路為聯外道路，往北可連接寶

橋路，往南俟園區啟用另可連接寶高便道及臺北市文山區。地理區位僅北側鄰現有道路寶高路；基地周邊道路主要以寶橋路、寶高路、寶中路、中興路(北103線)為主。如圖2位置圖所示。

本案工業廠房大樓(如圖3透視圖)為地下二層鋼骨鋼筋混凝土SRC、地上七~九層鋼構SS構造，雙順打工法之1幢3棟建築物。基地面積：41,397.48㎡、總樓地板面積：80,759.48㎡、建築面積：10,885.5㎡、建蔽率：28.14%、容積率：145.69%、建物高度：樓高47.3m(不含屋突)、停車數量：汽車479位、機車594位，目前取得建築標章等級：黃金級候選綠建築標章、銀級候選智慧建築標章。主要施工工項為鋼構工程、鋼承板工程、外牆三明治板、帷幕工程、室內輕隔間工程、裝修工程、電梯工程、機電工程、空調工程、室外園區道路景觀、出流管制排水工程等。

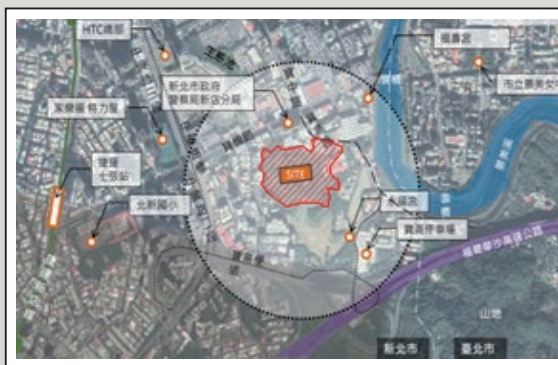


圖2 寶高智慧產業園區基地位置圖



圖3 寶高智慧產業園區建物透視圖

參、計畫特性及營管創新應用

本工程接受中央行政院經濟部工業局前瞻計畫補助經費，因此計畫推動需於108年至110年初完成各階段里程碑，履約時程著實緊湊。但工程有別於一般傳統工程招標方式，係採用統包發包模式以彰顯工程特色及效益，創新應用之策略在積極導入「循環經濟」觀念，結合建築空間採模矩化設計、建物基礎結構型式採條狀單層筏式基礎、廠房與辦公區及小空間採輕隔間系統設計，地上層鋼骨構造及外牆系統採金屬板，均屬綠建材。在施工階段更積極應用無人空拍機(UAV)設備及BIM工具技術於營建管理之職安、品質管理工作，致力提昇整體工程效率與效益，如圖4所示。本文將分別進一步說明，以提供業界參考。

一、鋼構

本工程鋼構總重約12,581噸(鋼板5,733噸，RH熱軋成型型鋼6,848噸)，構件分類數量如右表1所示。計畫執行過程，自統包工程決標至

取得建造執照可實質開工，僅花費約3個月(108年4月至6月)，具體展現積極推動園區興建廠房政策的決心。除鋼構生產製造前，由專管暨監造團隊主動召開每週鋼構工程前置工作檢討會議，加速審辦鋼構設計圖及施工圖，且實施廠驗及物料抽檢驗，並由統包設計單位以BOX柱外梁皆採用RH規格品，增快生產速度縮短工期，故自108年10月5日進場吊掛安裝至109年1月9日鋼構上梁完成，共計96天即完成鋼結構構件按裝工作，讓企業朋友明顯感受工程團隊的努力及市府推動政策的執行力。

表1 構件分類

棟別	構件分類	
	支數	重量(T)
A	2043	4045
B	1894	5120
C	1050	3416
總計	4987	12581

二、綠建築之基地保水指標

計畫執行期間適逢行政院經濟部水利署考量土地開發利用達一定規模以上，致增加逕流



圖4 園區創新應用之策略

表2 開發前後洪峰流量增加量

單位：cms

重現期距	2年	5年	10年
全基地集水區(開發前)	0.8331	1.2029	1.3621
全基地集水區(開發後)	1.1213	1.4760	1.6165
全基地集水區開發後增加量	0.2883	0.2731	0.2545



圖5 基地開發後排水系統範圍圖

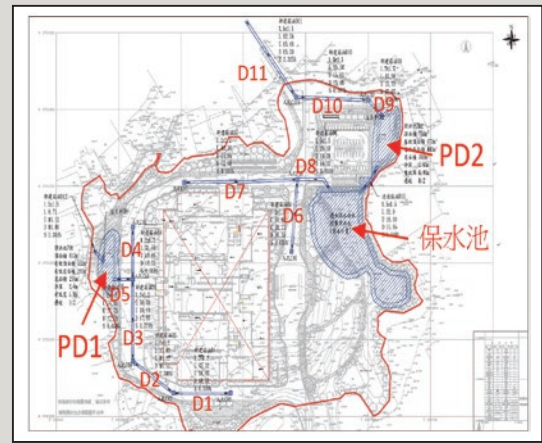


圖6 出流管制設施平面佈置圖

量者，為確保土地開發利用預留足夠出流管制設施空間，依據「水利法」於108年2月19日制訂「出流管制計畫書與規劃書審核監督及免辦認定辦法」。園區基地即依經濟部水利署106年05月「排水計畫書洪峰流量及減洪設施量體計算方法」，計算本計畫集水區A(E)、B(F)開發前後2年、5年、10年重現期洪峰流量比較整理如表2及圖5、圖6所示。

且配合基地使用目的造成不透水面積增加，為符合出流管制規定，避免開發增加降雨逕流量，故基地內西側及東北側設置2處滯洪池，並藉由新設箱涵(D1-D8、D9-D13)匯集基地內逕流至滯洪池，滯洪池出口設置孔口控制排放量，以達開發後逕流零增量之目標，新設出流管制設施係項目如表3。

滯洪池PD1及PD2可使基地承受開發後10年重現期流量0.5126cms(E集水區)及1.0950cms(F集水區)時，基地出流量分別為0.2855cms及0.6124cms，已小於基地允許放流量0.3030cms及0.6359cms，符合要求，減洪效果成果如表4所示。達到自行承擔因開發所增加之逕流量，降低附近地區淹水風險。

表3 出流管制設施一覽表

項次	工程項目	尺寸	單位	數量	備註
1	滯洪池PD1	底234-頂613m ² A x 2.4m H	座	1	基地西側
2	滯洪池PD2	底300-頂766m ² A x 2.65m H	座	1	基地東北側
3	新建箱涵	W1.2m x H1.2m	m	289.45	D1-D4、D6、D7
4	新建箱涵	W1.5m x H1.5m	m	289.45	D5、D8、D9-13
5	人孔	2m x 2m 處10	處	10	CA1-CA10
6	溢流井	2m x 2m	處	2	CB1、CB2

表4 減洪效果成果表

重現期	開發前洪峰流量 (cms)			開發後洪峰流量 (cms)			滯洪後洪峰流量重現期 (cms)			滯洪後出口流量是否小於開發前洪峰流量
	PD1	PD2	合計	PD1	PD2	合計	PD1	PD2	合計	
2年	0.5678	0.2652	0.8331	0.3617	0.7596	1.1213	0.2161	0.4610	0.6771	OK
5年	0.8274	0.3755	1.2029	0.4761	0.9998	1.4760	0.2654	0.5681	0.8335	OK
10年	0.9388	0.4233	1.3621	0.5216	1.0950	1.6165	0.2855	0.6124	0.8979	OK

三、智慧建築之創新應用

本案預定取得銀級智慧建築標章，針對標章評估之「創新指標」採用智慧創新設計手法及應用創新設備系統，包括設計及興建階段應用BIM工具，及屋頂設置防墜樓電子圍籬系統、停車設置在席偵測設備等智慧化設施，如圖7、圖8所示。

此外，本案特別導入智慧營運管理概念，將採用智慧型物業管理平台軟體，搭配便於使用的APP軟體輔助管理者的操作平台，讓管理人員管理大樓更有效率，節省時間與設備等成

本，真正做到「大樓管理智慧化」，如圖9、圖10所示。

物業管理業務範圍包含園區戶內外公共空間、停車場、各項公共設施、設備及機電等建築物維護管理、園區安全、園區環境清潔維護、園區行政管理服務等業務。

(一) 行政管理服務

公共事務行政管理、場地管理及租用、整體景觀管理、郵件收發、公共服務等相關作業。

●智慧創新設計手法：

1. 本案設計及興建階段應用：建築資訊模型為參數化的建築3D幾何模型，其資訊可能具有很多種表達型式，諸如建築的平面圖、立面、剖面、詳圖、3D立體視圖、透視圖、材料表、衝突檢討等。
2. 興建完成維運管理應用：BIM對於建築物興建時期能發揮安全、舒適、效率的效益，日後對於營運使用的成本降低、維護管理的資料查詢，以及永續發展方面，都有極大的助益。



BIM干涉衝突檢討

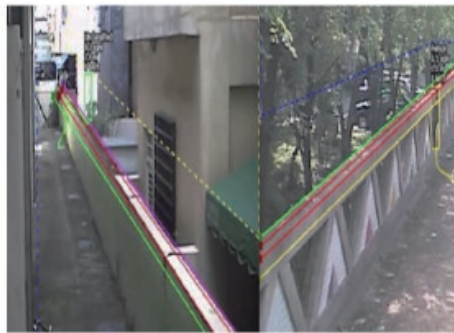


竣工提交使用說明書

圖7 智慧創新設計手法

●應用創新設備系統：

1. 於屋頂設置防墜樓電子圍籬系統，於屋頂四周設置具有電子圍籬功能的全功能監視攝影機做為預防墜樓的預警系統，當有人跨入離圍牆0.5米(距離可調整)以內的距離時，系統立即跳出警報畫面並發出警報音。
2. 本案建置車位在席導引系統。車位在席導引系統，可導引駕駛人，在最短距離便利停妥車輛，提升停車的便利性，有效減少一氧化碳排放，維持場內空氣品質，提升建築物之安全、健康、舒適等效益。



電子圍籬



智慧停車場管理系統



圖8 應用創新設備系



圖9 核心管理-智慧物業管理平台



圖10 智慧物業APP

(二) 維護管理服務

設備操作運轉控管、設備檢視巡檢、現場維修作業之支援、故障報修服務、突發狀況之處置及聯絡、協助防災/防颱之演練、公共藝術維護管理等工作。

(三) 清潔維護服務

建築物公共區域及建物周遭環境清潔維護、景觀植栽簡易澆水養護、停車場清潔維護、垃圾處理。

(四) 安全管理服務

園區大樓負責門禁管制、園區景觀及滯洪池安全維護管理、車輛出入管制、停車場巡邏、上下班時間車道交管、按時巡查各出入口、監控系統之管理、門禁管制查察及通報、防竊作業及竊盜處理等安全維護工作，如圖11所示。



圖11 物業管理人員配置圖

肆、BIM技術結合智慧科技應用於建築物全生命週期

一、BIM於全生命週期專案執行之工程管理

(一) 模型管理

為將BIM技術應用於智慧產業園區「全生命週期」，因此在建築物規劃構想設計階段即採用市場普遍使用之BIM建模軟體Autodesk Revit進行模型建置，並於建模時督導統包商遵循BIM建模準則。規範之標準包含檔案命名原則、樣版檔、模型元件分色計畫等，透過標準化作業模式，產出品質一致之模型。而考量竣工資訊管理及後續設施維護管理之延伸應用，亦參考「新北市公有建築物BIM 竣工模型資訊交付準則」及「新北市政府工務局BIM 工作參考手冊」，確保模型品質符合後續維運管理系統需求標準。

在協同作業整合及模型版本紀錄留存方面，採用統包商提供雲端平台Autodesk

BIM360，透過建立專案群組檔案資料交換之管理平台，進行圖面、報告書、模型控管及版本留存，並設定使用者權限進行檔案管理，如圖12所示。作業模式運用Revit技術協同作業機制，以專案特性分配工作集，達成專業分工溝通整合之目的。

監督管理期間為有效控管建模執行進度，使用本公司自主開發「PMIS工程管理資訊系統」之「BIM協作管理平台」，並結合Autodesk Navisworks軟體進行檢視模型，除減少模型轉檔銜接問題，保留原建模軟體功能項目，以外掛程式輔助監造單位檢核模型，提供模型審查可快速標註疑義處，同時紀錄模型三維位置，並自動開立BIM模型疑義單，通知、提醒統包商於一定期間內改善，確實有效追蹤管理統包商建模處理進度，如圖13所示。

(二) 品質控管

在模型品質控管方面，將抽查模型缺失、介面、衝突或與契約圖說不一致處等問題，透



圖12 檔案資料交換管理平台控管



圖13 模型審查作業辦法

過「PMIS工程管理資訊平台」進行標註及開立釋疑、審查意見，除模型本身完整度外，尚須與現場實際相符，以確保後續營運階段之維運管理系統平台可接續應用。管理期間即監督統包商先行至現場進行模型自主檢查，並製作自主檢核紀錄後提報監造單位進行查驗，監造團隊將運用科技產品，如平板電腦、無人空拍機(UAV)等工具檢驗BIM模型及施工品質進度，如圖14、圖15所示。

如遇查驗不合理性或衝突點將開立缺失，

在工作會議中逐項報告缺失項目，以3D模型展示衝突點，會同各專業設計團隊討論問題癥結，並提出解決方案，亦要求統包商於期限內修正模型及進行複查檢核動作，以控管模型合理性。

由BIM模型產出圖說方面，亦要求統包商透過BIM模型在滿足模型元件深化程度下產出各階段圖說，從設計階段逐步修正模型轉換至竣工模型，以避免模型逐漸脫離現況。以施工階段之施工圖為例，於施作前8週繳交該結構樓層之



圖14 利用科技產品-平板進行模型現場查驗

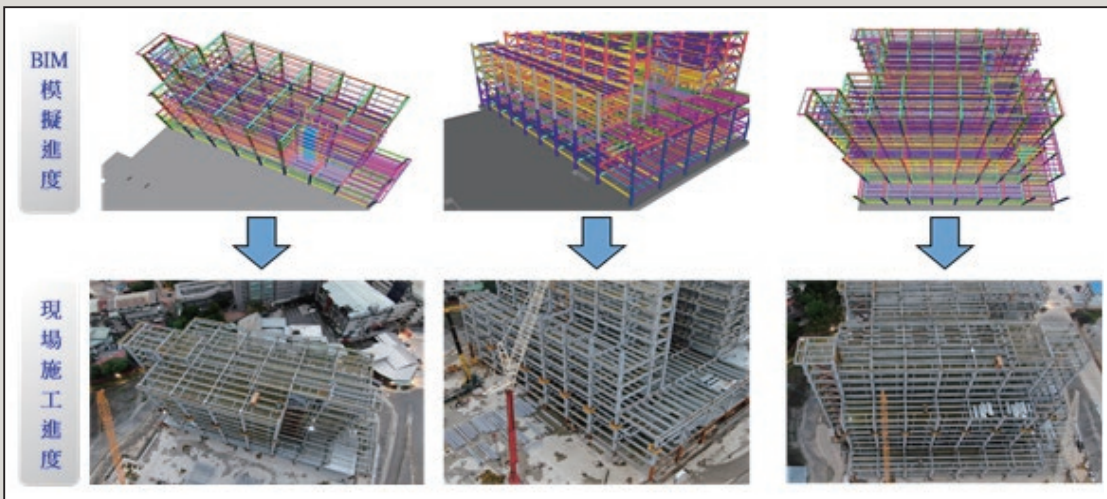


圖15 利用科技產品-空拍機(UAV)進行模型現場查驗

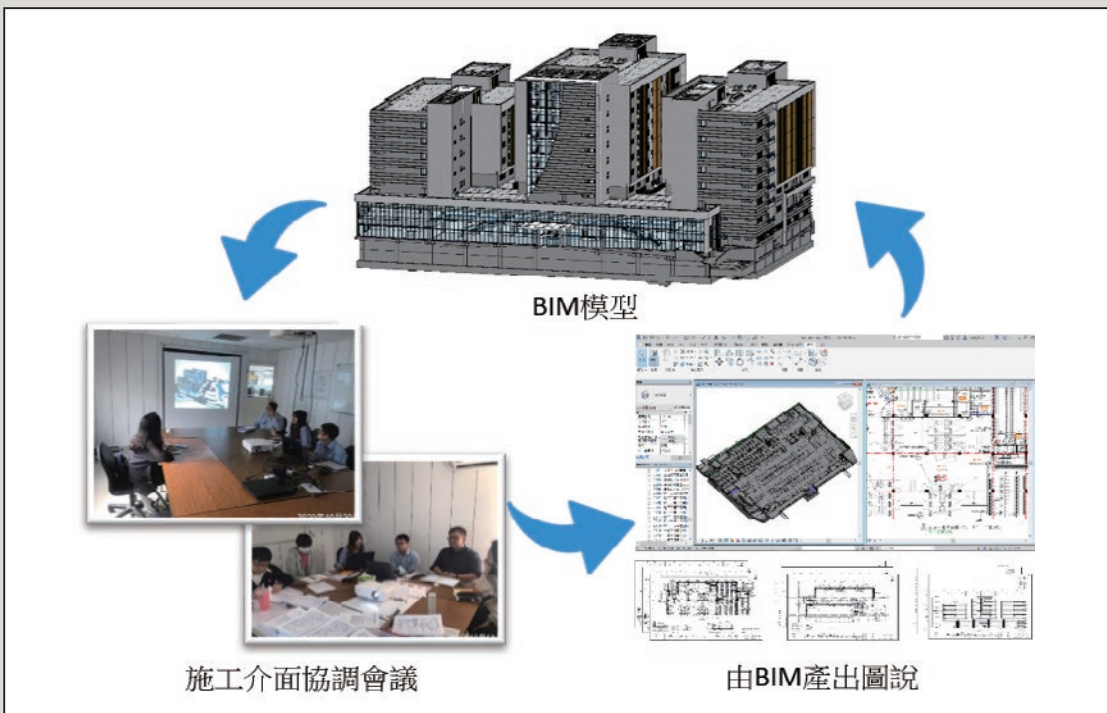


圖16 以BIM進行介面協調及由BIM模型產出圖說

施工模型，於該樓層施工部位前4週完成BIM之介面整合檢討。期間將持續召開施工介面協調會議，以協調及解決各專業廠商之介面疑義，並由BIM模型產出施工圖，於施工前完成施工圖說送審作業，施工完成後依現場實際施作成果合理回饋修正BIM模型，最後交付監造單位複核，以確認模型品質及正確性，如圖16所示。

(三) 職安管理

進度管理在工程的進行中扮演非常重要的角色，而工程延宕意味著業主利潤降低、成本增加，且可能有違約疑慮，影響甚鉅。但影響工程進度的因素繁多，除了大自然不可抗力的因素，莫過於人員因素，例如工地意外。

為即時掌握工地狀況、施工進度，並避免人員危害，在現場安衛方面善用BIM虛擬視角加強安衛宣導、風險評估及動線檢討，例如工具箱會議藉由3D立體模型來引導承包商進行工地環境介紹、施工範圍與物料進出動線規劃、危險性區域告知，以強化施工人員環境掌握，落實職安的管控，如圖17所示，達到預警與工程安全、進度、品質與效率管理相關的活動。

二、BIM結合智慧科技於建築物之執行應用

(一) 物理環境分析

本案以BIM為核心，搭配建築師設計概念發想，建立園區3D建築與基地量體模型，透過3D

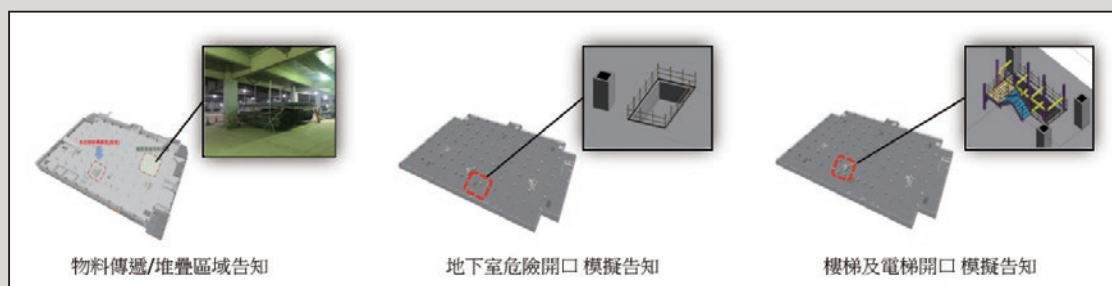


圖17 以BIM技術運用於現場職安預警

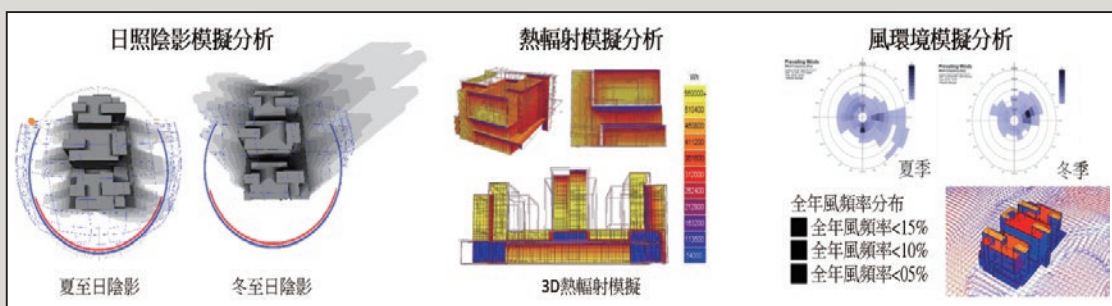


圖18 以BIM技術進行物理環境分析

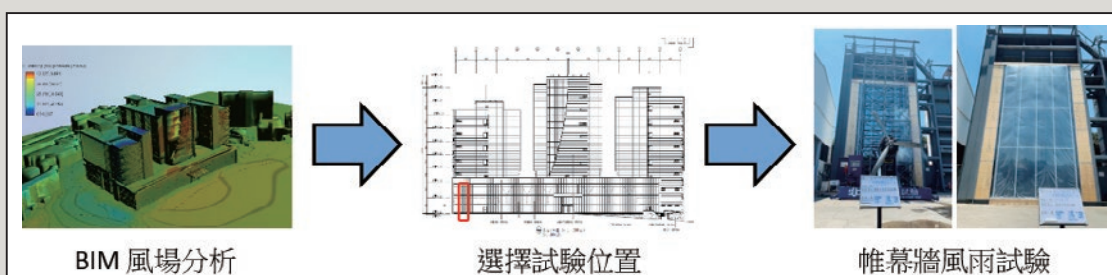


圖19 以BIM技術選擇玻璃帷幕試驗範圍

環境及初步空間需求量檢討，提供具BIM視覺化檢核的設計方案，作為後續規劃討論之用。除透過模型以視覺化方式討論各項議題外，亦將BIM模型延伸應用，以量體模型進行「物理環境分析」，依據建築配置方案建置BIM模型，再用Autodesk Revit、PHOENICS、Autodesk Formit等軟體進行都市風場環境分析、日照情形模擬以及熱輻射模擬分析，使圍區空間環境具有一定程度舒適性，以便提供後續統包商優化方案之參考，如圖18所示。另外，施工階段透過綠能分析模擬本案帷幕牆受風影響及風壓分佈，進而請專業廠商參考法規規範選擇風壓最強處進行風雨試驗，如圖19所示。

(二) 施工界面整合空間檢討

透過BIM介面協調會議，邀集設計、建築、機電等介面相關單位針對結構、建築(含帷幕及裝修工程)、機械設備、電氣、消防、給排水、空調等各別系統進行跨專業溝通，除確認元件衝突和干涉、確認有效淨高、施工及維護所需的工作空間外，並再次確認工程各項目設計合理性和實際施工可行性。藉由衝突檢查報告進行設計溝通、介面協調整合動作，於施作前解決各專業工程界面衝突，以確認統包團隊設計成果符合業主期望。以管道間及機房維護管理為例，利用BIM可視化優勢與各相關單位檢討管

道間維修門擺放位置，並規劃管線排列順序，以確保維修動線空間合理性，如圖20所示。透過BIM 3D視覺化方式溝通，追蹤修改紀錄，確實有效縮減疑義澄清時間。

(三) 3D/4D動畫模擬應用

工程進度控管方面，督導統包商將施工進度結合BIM模型，進行4D模擬展示及擬訂施工計畫，以要徑控制進度管制點，並比對進度超前與落後百分比，必要時予以修正，於進度落後時及早採取因應對策，使作業時程恢復至應有之進度，以達到視覺化控制施工組裝順序及品質目標。

本案應用BIM技術進行4D模擬之項目有全案鋼構吊裝排程、鋼筋搭接工序模擬等，輔助檢視各工項施工可行性、數量概估，預先檢討出各施工介面的衝突，並於施工前排除問題，落實品質管理，如圖21所示。

另亦利用BIM 3D可視化優勢，協助業主進行室內材質選色選樣、地下室客梯牆面色彩計畫、景觀平台排磚計畫及地下室機電管線空間模擬展示，如圖22。

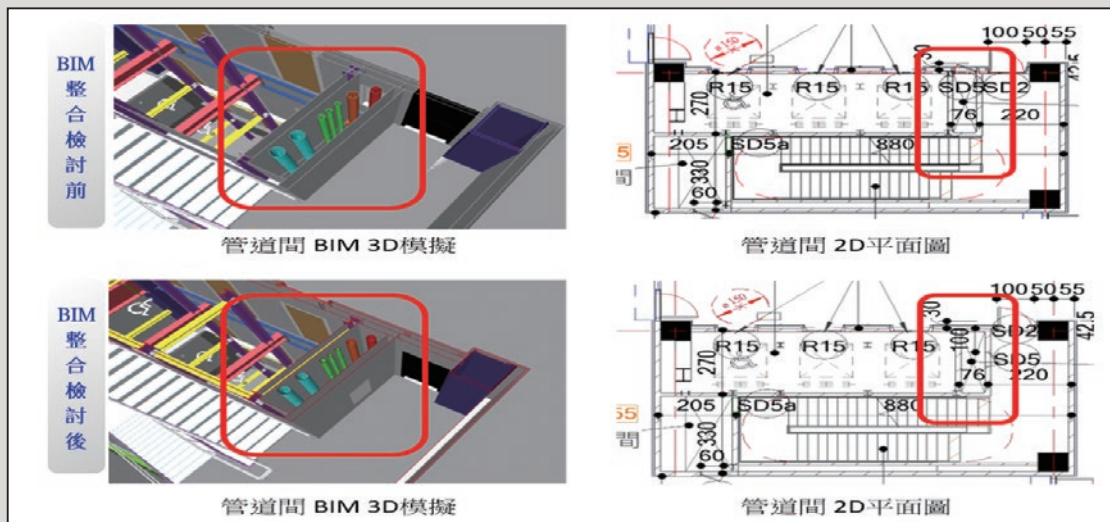


圖20 BIM檢討管道間管線排列順序及維修門擺放位置

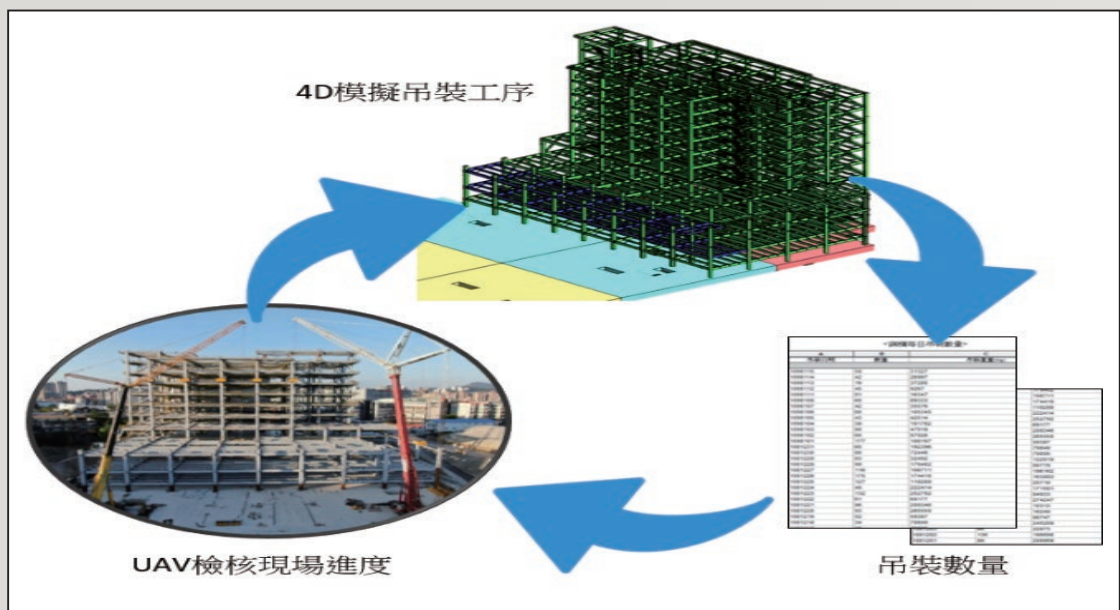


圖21 以BIM技術進行鋼構吊裝工序模擬及數量控管

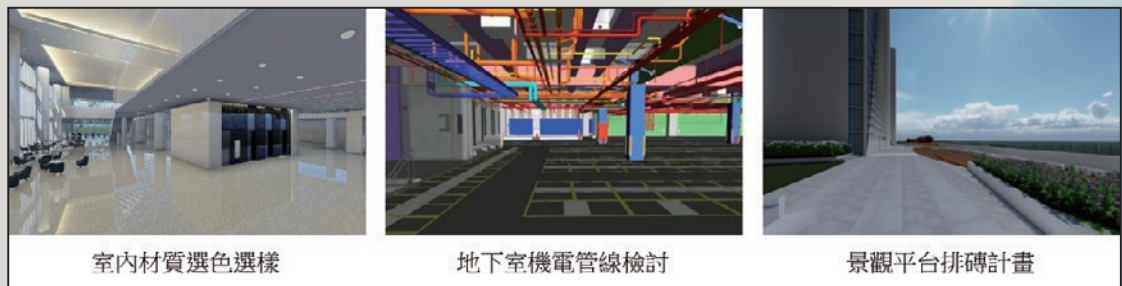


圖22 以BIM 3D可視化優勢進行虛擬實境模擬

結語

新店寶高智慧產業園區配合政府積極改善國內投資環境之政策，將引進智慧、科技、生技產業進駐，強化產業群聚之效應。因此，計畫初期即採用統包工程發包模式，引導統包廠商，基於有利於整體計畫推動，且符合「循環經濟」概念，具體承諾園區智慧化、節能化之規劃設計方案，提出運用鋼構綠建材、取得黃金級綠建築、銀級智慧建築標章認證，兼顧基地保水「出流管制」之排水系統，及智慧門禁、智慧物業管理平台，達成「外部」生態永續、「內部」智能維管的智慧園區，執行過程統包設計階段即充分運用BIM工具辦理綠能檢討、空間展示及佈設檢討、衝突檢討，及圖說

成果審查，在施工階段則應用於包括辦理施工模擬及檢討優化、4D時程檢討、工序檢討及職安監督工作。

本案竣工完成後，亦預期將於營運階段應用BIM具有建築、結構及MEP之三維模型、機電元件等資訊，結合「維運管理平台」提供複雜的管線系統可視化環境，讓維管人員能更明確的掌握建物全貌，並可延伸作為設施管理系統之資料取得依據，達到以智能科技化BIM技術應用於「全生命週期」之效益。

參考文獻

1. 台灣世曦「新北市新店區寶高智慧產業園區工程委託規劃、設計諮詢審查及施工監造技術服務」案服務建議書，(2018)。
2. 台灣世曦「新北市新店區寶高智慧產業園區統包工程」監造計畫書，(2020)。
3. 根基營造股份有限公司、兆弘機電股份有限公司、華興聯合建築師事務所聯合承攬「新北市新店區寶高智慧產業園區統包工程」部細設計成果報告書，(2020)。

4. 根基營造股份有限公司、兆弘機電股份有限公司、華興聯合建築師事務所聯合承攬「新北市新店區寶高智慧產業園區統包工程」施工計畫書，(2020)。
5. 新北市政府工務局BIM 工作參考手冊，(2019)。



國道橋梁耐震補強 延壽兼顧環境永續 及資源再利用——以 M37E標為例

關鍵詞(Key Words)：耐震補強(Aseismic retrofitting works)、友善環境(Friendly environment)

交通部高速公路局第二新建工程處／處長／郭呈彰 (Kuo, Cheng-Chang) ❶

交通部高速公路局第二新建工程處／副處長／張明志 (Chang, Ming-Chih) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／中區辦事處／副理／黃宗富 (Huang, Tsung Fu) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／中區辦事處／主任／簡岳成 (Chien, Yueh-Chen) ❹



摘要

第M37E標為國道橋梁耐震補強建設計畫(區段1-2)之一環，總長約17公里，包含河川/排水橋、穿越橋/高架橋，主要補強項目將針對上構防落、橋墩帽梁及基礎進行補強且均在國道3號橋下作業。屬河川行水區部分，在施工規劃上即需避開汛期施工。施工過程中除有工地施工界面外，尚包含與其他機關發包工程產生施工界面問題，無論在施工時程或是工區施工重疊部分，在在需要兩機關分別站在雙方督管業務立場考量，充分溝通協調，以順利達成工作使命。

施工期間透過調整施工方法及考量施工人員友善環境、引進新科技產品，對於施工效益、提升品質及縮短施工時程有相當大的助益，本文希望藉由施工管理經驗分享，期與各位先進共同探討，俾供爾後工程管理技術之參考。



Increase of Service Life to the Aseismic Retrofitting Works Including Environmental Sustainability and Resource Recycling for the National Freeway Bridges of Contract No. M37E

Abstract

The M37E bid is a part of the construction plan for aseismic retrofitting works of national highway bridges (Sections 1-2), which included the several kinds of bridge, with a total length of about 17 kilometers. The main retrofitting items will aim on the unseating prevention devices of superstructures, cap beams and foundations, and all works were under national highway no.3. In the construction plan, the areas in the active channel of rivers are managed to avoid constructing in flood season. During the construction process, there are not only the interfaces in this job site, but also the interfaces in the construction projects of other agencies. Regardless of the construction schedule or the overlapped part of the working area, 2 agencies have fully communicated and coordinated in their respective supervisory standpoints to achieve their tasks successfully.

During the construction period, it will greatly help to make the construction more efficiently, improve the quality and shorten the construction time by adjusting the methodology of construction and considering friendly environment to construction staffs, and adopting new technology. By sharing this construction management experience, this article expects the discussion with each other and for the reference of engineering management in the future.

3

專題報導

壹、工程緣起

「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程」建設計畫，共劃分為3期分年執行，第一期(中山高)及第二期第一優先路段(北二高)均已執行完成，第三期補強工程區段1部分目前補強進行中，區段2部分則逐步發包中，區段3部分為後續補強路段。

本工程屬第三期區段1部分，工程範圍北起207k+860霧峰高架橋，南至224k+685中興交流道主線穿越橋間，約17公里，共計42座橋梁，設計規範主要以烏溪三號橋與草屯交流道為界，烏溪三號橋(含)以北為民國84年設計規範，草屯交流道(含)以南為民國76年設計規範；另外中興系統交流道為後期增設屬民國84年設計規範。

交通部高速公路局，依據新版公路橋梁耐震設計規範，重新檢核及評估第M37E標範圍，

對於不符合最新耐震設計規範之橋梁進行耐震補強，工程完工後，可於大地震發生時，將損害程度降至最低，並擔負整體防災計畫運輸維生功能重任。

貳、工程概要

一、工程範圍與工址現況

本工程範圍為國道3號主線路段霧峰高架橋～中興交流道主線穿越橋所有橋梁，需補強橋梁計42座，無需補強橋梁10座，詳圖1所示。

施工廠商依動員能力、資源設備、工作安排、管線遷移、交通維持、河川防汛等條件，實際規劃為4個工區，並以橋墩基礎補強為優先施工項目，其次為墩柱、帽梁及上構防落補強；無下部結構補強區域，則先施作上構防落補強。



圖1 M37E標工程範圍示意圖

二、耐震補強工作項目及工法

(一) 耐震補強工作項目

本工程屬橋墩基礎補強工法計有橋墩(台)基礎補強、基樁、微型樁；屬橋墩及帽梁補強工法計有混凝土包覆補強、鋼板包覆補強、增設隔離套筒、帽梁增厚；屬上構防落補強工法計有增設混凝土止震塊、增設鋼板止震裝置、抽換防震拉條、增設剪力樺、詳圖2所示。

(二) 耐震補強工法

本工程工法計有三大類，橋墩基礎耐震補強、墩柱及帽梁補強及上構防落補強等，茲分別說明如下：

1. 橋墩基礎耐震補強

本工程下部結構基礎補強，詳圖3所示，基礎補強分為淺基礎及深基礎，淺基礎之補強工法主要為加大基礎板結構，部分基礎依需求增設高強度微型樁，深基礎除加大樁帽基礎結構，並配合增加基樁。

2. 墩柱及帽梁補強

本工程橋梁墩柱補強方式係採鋼板包覆

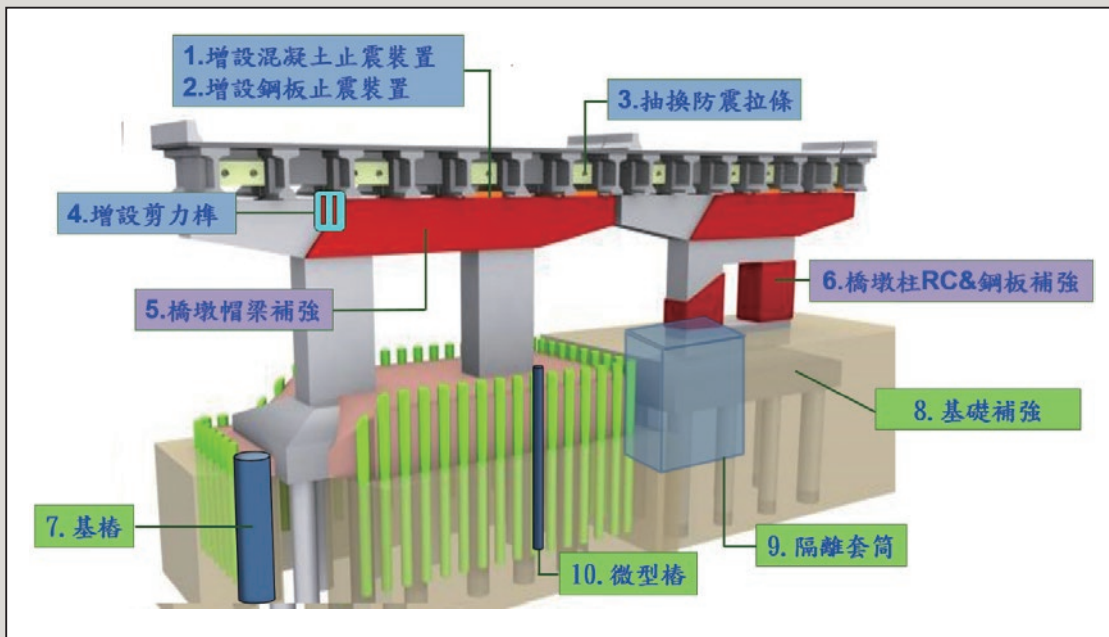


圖2 耐震補強工作項目示意圖

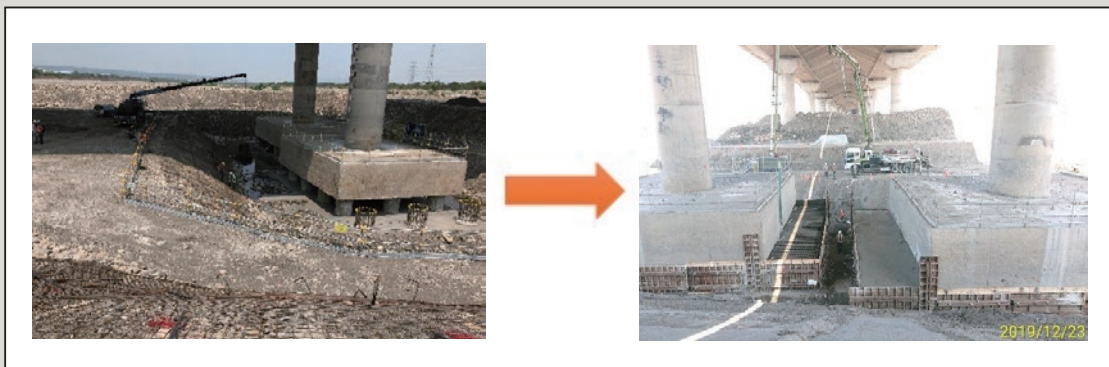


圖3 基礎補強施工前、後



圖4 墩柱混凝土包覆施工前、後



圖5 墩柱鋼板包覆、帽梁施工前、後



圖6 鋼板止震裝置施工前、後



圖7 剪力鋼棒施工前、後

或混凝土包覆補強加厚，橋梁墩柱經現地實際丈量尺寸及水刀清洗打毛後，以混凝土加厚25cm，詳圖4所示，或12mm厚鋼板銲接包覆及無收縮水泥漿灌漿等方式補強；橋墩帽梁補強則於車行方向兩側，將既有帽梁加大35cm，詳圖5所示，以鋼筋混凝土補強方式辦理，新舊帽梁混凝土以A449高強度螺栓對穿方式連結後壓力灌漿，新舊混凝土界面打毛處理，並於帽梁頂往下50cm範圍內塗佈環氧樹脂(Epoxy)，以固結新舊結構。

3. 上構防落補強

本工程上部結構防落設施，主要為增設混凝土止震塊、鋼板止震裝置，詳圖6所示、剪力鋼棒，詳圖7所示、盤式支承更換及抽換防震拉條，由於施工位置皆在帽梁或橋台與橋面板及大梁間有限且狹窄之空間，場鑄施工多以搭設施工架施做，鋼構件施工則可配合吊車等機具進行補強作

業。上構防落補強施工時，部分箱梁需配合人孔開設。

參、工程特色

一、設施復舊，資源再利用

M37E標係於既有橋梁下辦理，工區分跨三個縣市(台中市、彰化縣及南投縣)，屬於條狀線形，工區相當分散且橋下租借使用單位眾多，詳圖8所示，工區管理及與在地單位施工協調工作挑戰性極大。

本工程於設計階段即已完成橋下租借情形調查，據以規劃施工程序及相關臨時設施、復舊方式等，提早協調租借單位配合時程，並於施工前完成相關協調工作。

而橋梁耐震補強作業過程中，橋墩及基礎

橋下租借及施工處理對策

承租單位協商



協調臨遷、暫停使用



橋下休憩空間調整



暫停使用



圖8 橋下租借及施工處理

補強需進行擋土開挖而破壞地面設施，帽梁、支承等補強項目亦須配合進行整地搭架作業，加上進出工區及施作範圍內仍需進行施工用地整地、施工便道鋪設或構台架設等臨時設施作業，相關施工過程均將涉及既有橋下使用空間破壞、拆除、復舊等工作，故復舊原則如下：

- (一) 高公局所屬設施依原狀復舊。
- (二) 河川公地範圍內設施依河川管理單位規定辦理復舊。
- (三) 橋下租(借)外單位使用，除可拆除或移動設施及違章建築外，其他以原狀復舊，並請施工廠商進場施作時，依實際協調結果，核實辦理復舊事宜。

二、工法多元，發揮最佳延壽效益

本工程補強工法計有橋墩(台)基礎補強、

橋墩鋼板包覆補強、橋墩混凝土包覆補強、橋墩帽梁補強、增設鋼板止震裝置、增設混凝土止震塊、增設隔離套筒、抽換防震拉條、盤式支承更換、橡膠支承墊更換等，各工區補強數量，詳圖9所示，各區橋梁經由耐震設計手法，強化耐震能力，利用調整結構系統避免河道中基礎補強及避免破堤，以維持生命線橋梁交通動脈，詳圖10、圖11所示，另外規劃地方道路交通維持，臨路側墩柱基礎採偏心補強，詳圖12所示，避免重要幹道開挖影響交通，除可減輕地方交通衝突影響，並大大提升施工安全性。

為防止橋梁受大地震侵襲時上部結構由橋墩、橋台或伸縮縫處掉落，對於梁端防落長度或是支承強度不足時，藉由防落裝置或落橋防制系統來降低落橋的發生機率，以此補強方式來提昇橋梁耐震能力為較經濟且有效的方法，詳圖13所示。

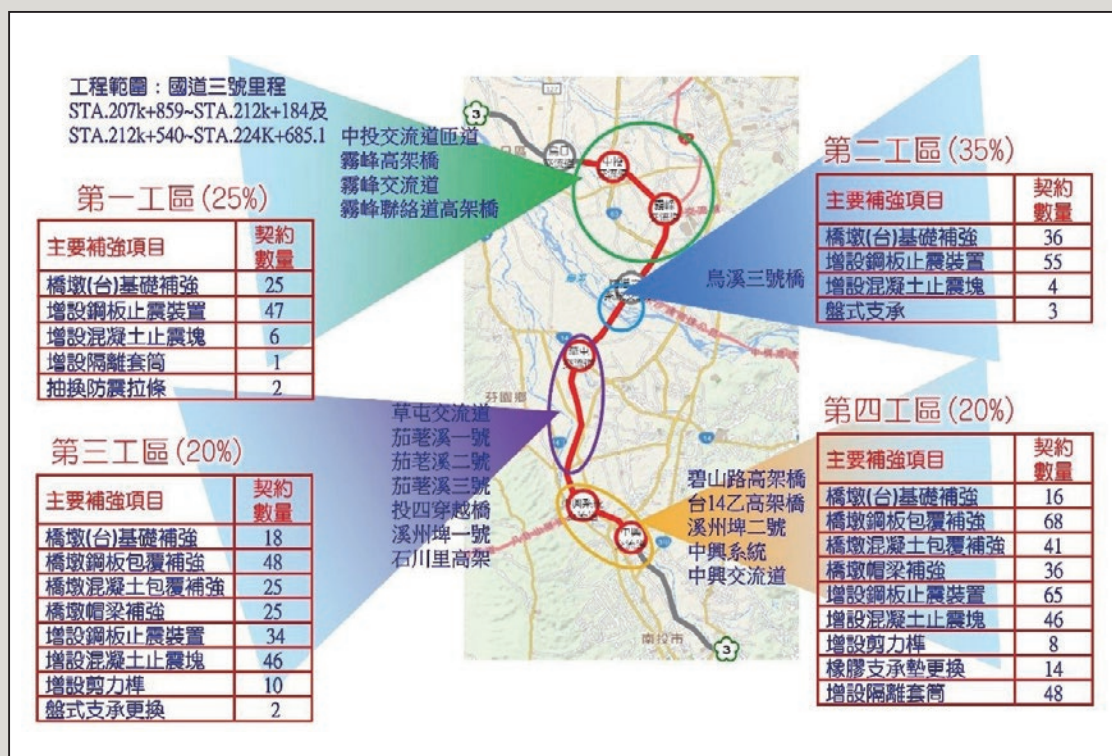


圖9 各工區橋梁耐震補強數量

◆ 利用調整結構系統，避免河道中基礎補強。

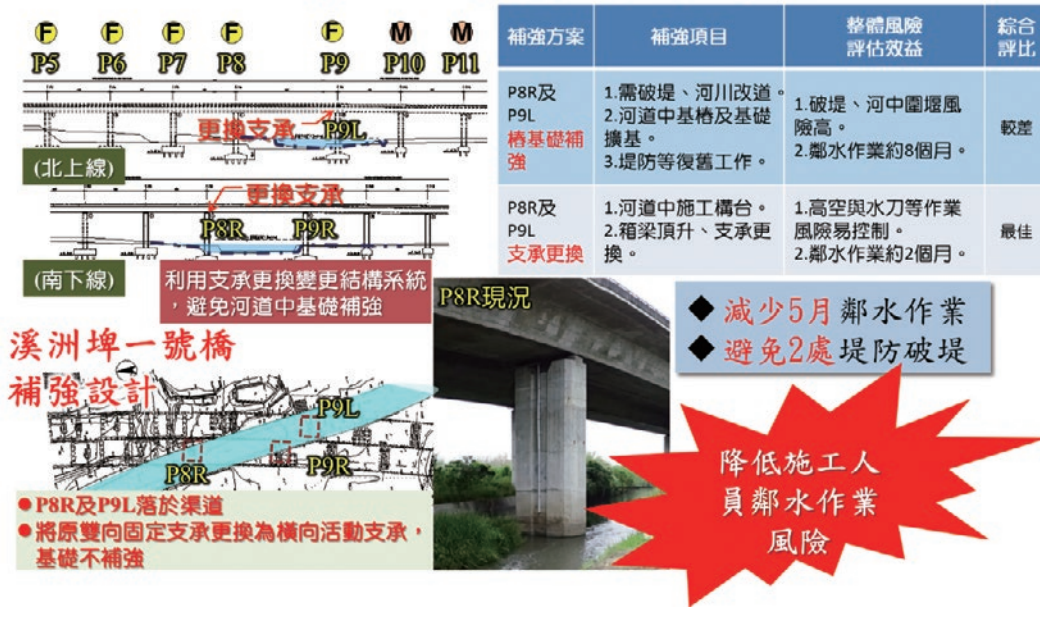


圖10 避免河道中基礎補強

◆ 利用調整結構系統，避免破堤。

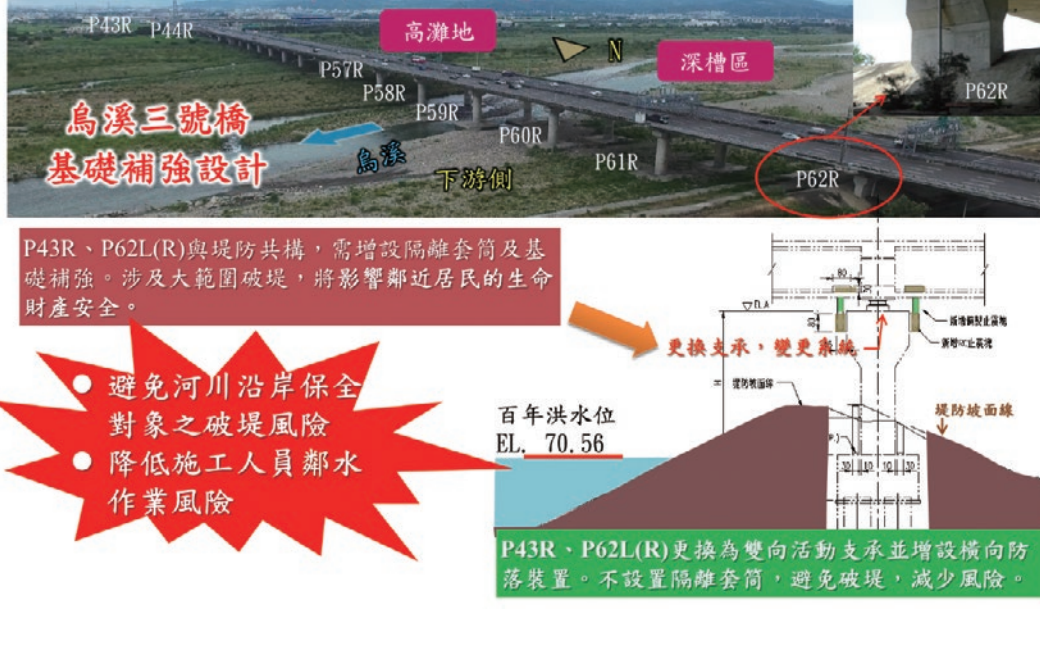


圖11 避免破堤

◆ 妥善規劃地方道路交通維持，降低交通影響。



基礎補強路段	施工影響
溪洲埤一號排水橋	路外施工
溪洲埤二號排水橋	路外施工
中興交流道	工區封閉至路肩，於工區前後設置漸變段，並加強出口匝道及台14乙主線之施工警示標誌



中興交流道 路肩 匯入車道 車道

臨時側採偏心補強 避免開挖影響交通

**補強工法
避免國道交維**

圖12 規劃交通維持，減輕交通衝突影響

◆ 設計階段—補強工法選定

支承強度不足 → 支承補強



近斷層橋梁 → 帽梁防落長度補強



圖13 補強工法選定一

對於耐震能力不足之RC橋墩的補強方式，本標工程橋梁，考量其施工空間受到限制，且為不增加河川橋之阻水斷面積及降低補強後對景觀之衝擊，採用鋼板包覆工法及RC包覆工法為主。

其次因應增加的地震需求，或因沖刷導致基礎承载力不足時，於基礎四周加大斷面，以增加承载力面積之擴座加固工法；若基礎板之抗剪力不足以承受樁反力，或正彎矩鋼筋量(底層筋)不足時，藉由增加有效深度提升抗剪強度及抗彎強度，並配合剪力鋼筋施做增厚工法；而既有之深基礎因承载力不足，可於原基礎外緣增設基樁或微型樁，藉以提升整體之承载力，詳圖14所示。

透過前述補強方式，補強與新建工程費百分比約為6%，補強工程費遠低於同型式橋梁新建工程費，可用最經濟而有效提昇橋梁之耐震

能力，使能於日後大地震時達到既有橋梁延壽50年目標。

三、節能減碳，綠色內涵

本工程採用摻添爐石、飛灰之綠色混凝土，可減少水泥用量及澆注過程之耗能，添加爐石、飛灰每M³混凝土平均減少水泥用量約180公斤，本工程混凝土共55,515M³，總計減少9,993噸重水泥用量，減少約7,994公噸重CO₂排放，使用狀況詳圖15、圖16所示。(1kg水泥大約產生0.8kg CO₂)

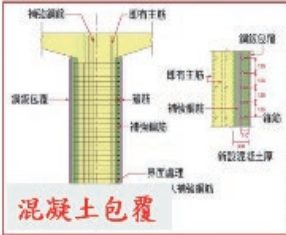
工地道路交通維持為利施工及行車安全均採用RC護欄，詳表1，按契約規定於需使用時向交通部中區養護分局南投工務段借用，使用狀況詳圖17、圖18，並於使用完成後歸還，可達兼顧環境永續及資源再利用效果。

◆ 設計階段—補強工法選定


橋墩韌性不足

➔

墩柱 包覆補強



混凝土包覆




鋼板包覆


基礎或基樁穩定性、強度不足

➔


基礎 補強



增設全套管基樁



增設高強度微型樁



基礎擴大

圖14 補強工法選定二



圖15 基樁混凝土澆置



圖16 墩柱基礎SCC澆置

表1 RC護欄表

標別	RC護欄數量(塊)	所需混凝土數量(M ³)	可減少CO ₂ (T)	備註
第M37E	587	412	154	

註：a：一塊單面RC護欄約需 0.702M³混凝土用量。

b：一立方混凝土約可減少374kg碳排放量。(參考行政院環保署碳足跡係數概估)



圖17 向南投工務段借用護欄



圖18 橋墩基礎周圍使用護欄情形

基礎補強擋土支撐全數採用H型鋼共7,704噸，墩柱開挖採波浪鋼板支撐共13,705M²等綠色工法，可減少土方開挖量及降低對原有生態環境的衝擊。

除採用摻添爐石、飛灰之綠色混凝土材料外，在使用耐久性材料部分，採用高強度的鋼板材料，於橋梁墩柱以鋼板包覆共116墩，上構防落補強以鋼板防震裝置施工共201墩，可使結構斷面縮小，達材料減量的目的，並減少未來維護管理作業，降低維護管理成本，確保營運

階段維持一定功能，使用壽年符合計畫目標。

肆、妥善施工規劃與障礙排除

一、汛期避險，防災減災

每年5月1日至11月30日為汛期期間，施工廠商於網圖排列時即規劃將烏溪三號橋行水區域補強工項，避開汛期施工，並在汛期前拆除河道上施工構台及鋼便橋，以降低施工風險，



圖19 雨量站及水位站與工址相對位置圖



圖20 第一道防線行動水情APP

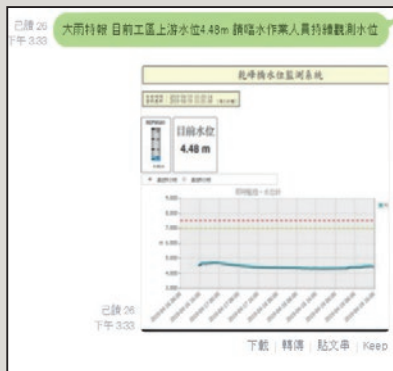


圖21 第二道防線水位監測



圖22 第三道防線工區水位監測尺

可符合水利法令無妨礙水流之虞。

另外，更於工區建立三道防線，詳圖19所示，第一道防線為行動水情APP大雨特報，詳圖20，第二道防線為啟動上游22km處乾峰橋水位監測系統，詳圖21，洪峰至工區約30分鐘，第三道防線為烏溪橋工區設置水位監測尺，詳圖22，原規劃當乾峰橋水位達GL：7.0m，工地水位達 EL：64.0m，則為警戒狀態，人員機具整備；當乾峰橋水位達GL：7.5m，工地水位達 EL：65.0m，則為行動狀態，人員機具需撤離，透過三道防線藉以管制氣象狀況及工地防

災啟動機制。本工程曾於108年5月18日發布豪雨特報，由於乾峰橋警戒水位GL：7.0m尚不足因應，透過開會滾動檢討，修正乾峰橋警戒水位由GL：7.0m調降至6.5m，行動值不變更，使得後續汛期防災得以充足準備以防範未然，減少工地災損，開工迄完工三年施工期間，無災損發生。

二、配合河川局施工，調整工序

本工程施工中配合經濟部第三河川局烏溪三號橋河道整治工程(中投公路至國3號橋下游段



圖23 烏溪三號橋河道整治示意圖

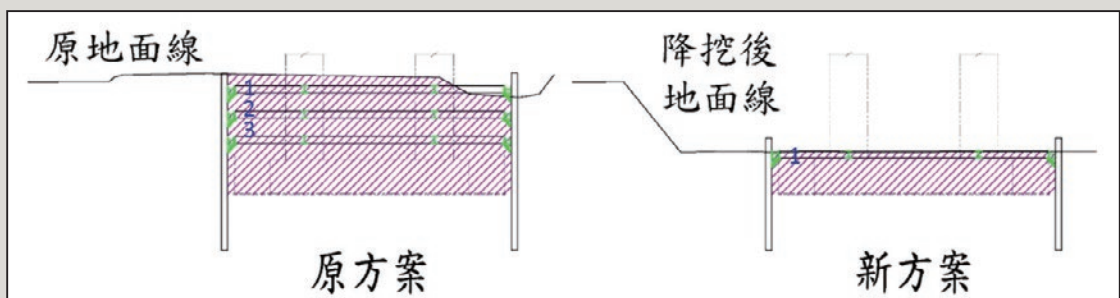


圖24 土方降挖示意圖

河道截彎取直) 詳圖23所示，經過高公局及第三河川局兩機關協調，調整施工工序，施工廠商於非汛期時優先將河道需整治區域基樁、基礎及鋼板止震補強工項施工完成，以供移交經濟部第三河川局於次年非汛期期間辦理河道整治施工作業，第三河川局亦配合高公局基礎沖刷容許高程，將河道拉順調高河道渠底高程，屬於兩機關施工界面整合成功案例。

三、施工障礙排除，調整橋下高灘地施工方法

烏溪三號橋P44~P47屬於高灘地區域，受限於施工淨高限制，調整施工方式，將土方進行降挖，以利基樁施作及減少擋土支撐打設長度，詳圖24、圖25。

經過降挖增加淨高，可降低與縮短鄰水作業之風險，使非汛期期間基樁施工作業加速及減少擋土支撐長度，縮短基礎施工時間，所增加之施工效益如下：

- (一) 每支基樁減少搭接5次。
- (二) 擋土支撐長度16m減為9m，減省施工費用。
- (三) 高灘地作業時間縮短130天。

四、友善施工環境，人本健康

- (一) 烏溪三號橋基礎向下增厚補強P58~P61(L/R)共8墩



圖25 土方降挖後



圖26 實際空間現況



圖27 實際施作情況

烏溪三號橋P58~P61(L/R)原設計採用擋土支撐，施工作業範圍較受限制，基礎施工機具開挖困難，尤以基礎向下增厚區域，淨高僅1.5公尺，詳圖26，開挖機具因受限於機具高度僅能挖掘基礎外圍部分，其餘內部空間開挖較受限制，且施工效率差，另外，鋼筋施工作業無論在進料或是綁紮期間，施工人員在局限空間與封閉狀態下，施工壓力極大，相對的施工意願及接受度甚低。

後續施工廠商調整採斜坡明挖+噴凝土方式，加大施工空間，施工視野開闊，詳圖27，基礎開挖可採用重型機具開挖，鋼筋施工人員可方便進料及綁紮，施工意願及接受度大大提

高，可縮短鋼筋作業時間，降低鄰水作業風險。



圖28 鋼筋施工現況

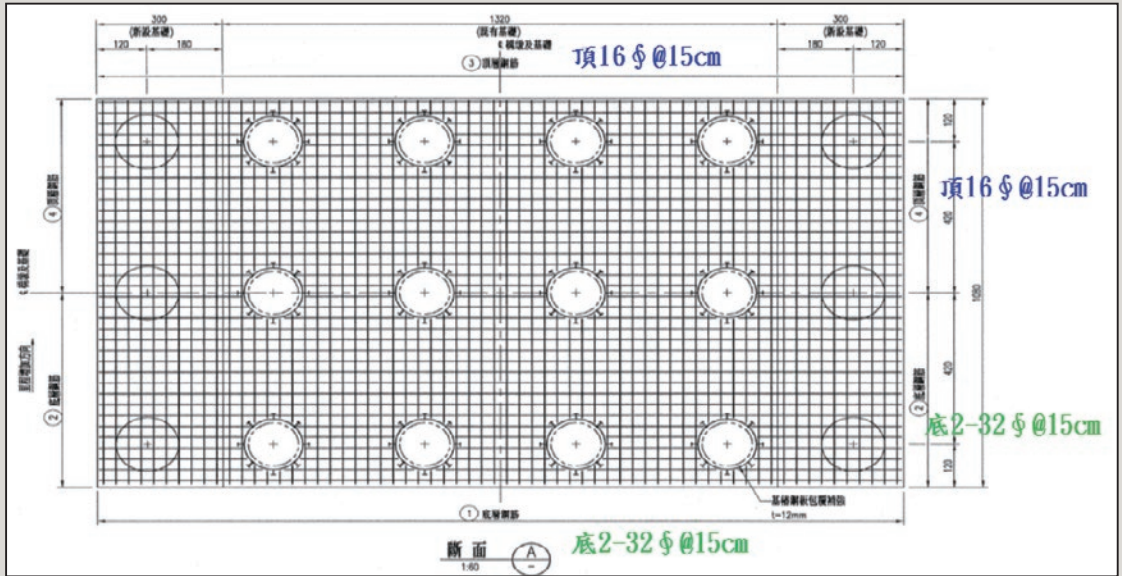


圖29 以P58L為例調整前

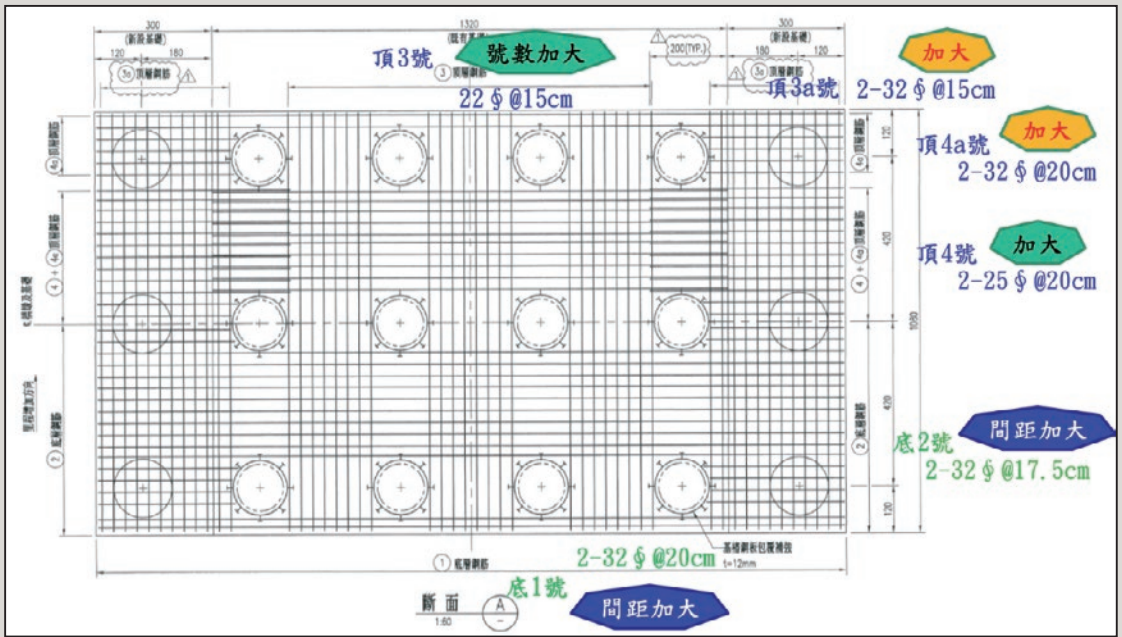


圖30 以P58L為例調整後

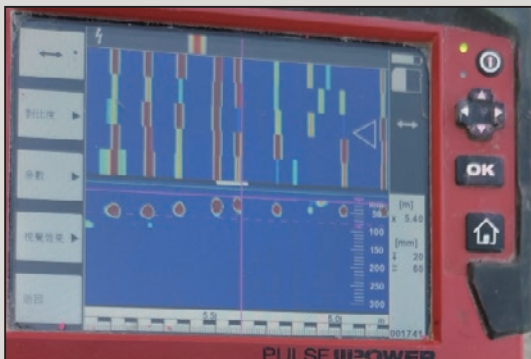


圖31 高規格鋼筋探測器

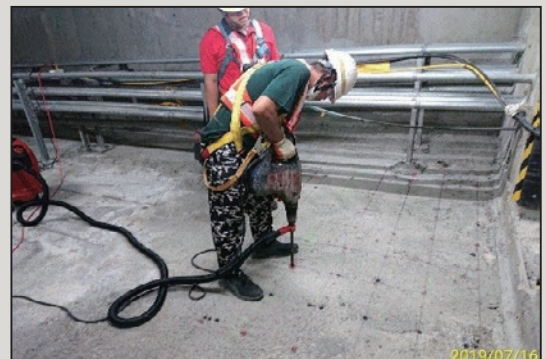


圖32 鑽孔放樣實際施作情況

另外，配合開挖型式調整，基礎向下增厚區域，淨高僅1.5公尺，鋼筋進料及綁紮均受影響，詳圖28所示，為提升施工人員安全及提高施工效率，且符合人體工學、避免施工人員勞動傷害，調整加大基礎鋼筋號數及間距配置，詳圖29、圖30所示，以符實際需求。

(二) 無塵鑽孔植筋，確保空氣及施工品質

鋼板止震裝置施工作業需於箱型梁內鑽設螺栓孔，以供鋼棒固定鋼板止震裝置，鑽孔施工前需先以高規格鋼筋探測器，詳圖31，確認鋼筋或埋設物位置，分別放樣以供鑽孔，詳圖32，可避免鑽斷鋼筋等影響結構安全；而在箱型梁內屬於局限空間，針對局限空間作業環境危害因子包含缺氧、粉塵，施工廠商採用創新工法「無塵鑽孔方式」，施作過程可避免粉塵危害、且直接吸塵清孔，除可兼顧工區施工環境保護勞工健康，經過實際統計結果更可提高工程效率達33%。

五、導入BIM輔助，施工安全無虞

建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)是指用於土木、建築、機電工程中的三維參數化模型，透過三維的空間模型，紀錄工程中構造物的幾何及非幾何資訊，提供工程生命週期中各階段之應用，並提升工程品質。



圖33 半穿式鋼拱橋P107

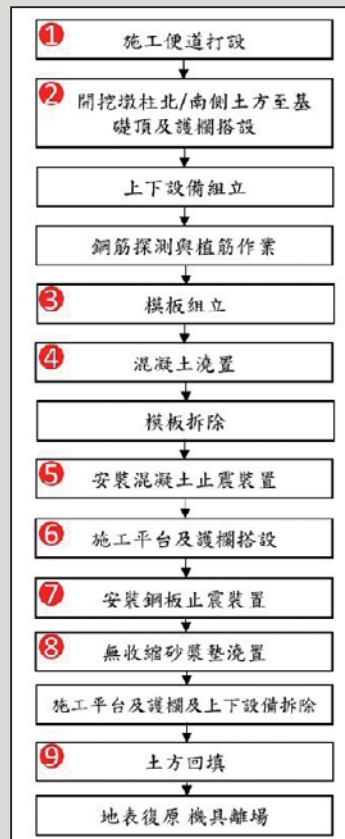


圖34 P107補強施工規劃流程

本工程試辦導入BIM技術於中興系統交流道半穿式鋼拱橋（含四座橋墩）耐震補強作業之施工規劃中，執行耐震補強施工規劃之3D衝突分析，以及4D工作空間衝突分析。於施工規劃前期以設計階段提供之2D圖資、施工廠商之施工計畫及進度排程進行BIM模型建置，以3D視覺化分鏡模擬的方式協助施工廠商進行施工規劃模擬；並在竣工階段彙整施工階段衝突檢討及協調整合事項。

本文BIM應用工程範疇為M37E標中興系統交流道-半穿式鋼拱橋，主要補強標的為P105、P106、P107、P108四座橋墩，補強施工流程大致相同，詳圖33、34所示，本文僅針對P107橋墩探討。以下分別說明施工規劃，交通維持計畫、臨時設施/假設工程規劃、施工機具作業空間及安全衛生規劃協調整合工作深化歷程。

(一) P107交通維持計畫

P107施工便道原規劃由碧興路一段與台76快速道路西向匝道交叉口，沿匝道開設施工便道，詳圖35所示。但因原規劃前段施工便道占用一半76快速道路西向匝道，經會勘後因影響西向匝道行車及隧道防災及救災作業，改為沿著台76快速道路匝道側邊綠帶設置，而施工便道入口由原先規劃於第一座門型架後方改至台14乙線道路邊，詳圖36所示。



圖35 P107 原規劃入口交維模擬圖

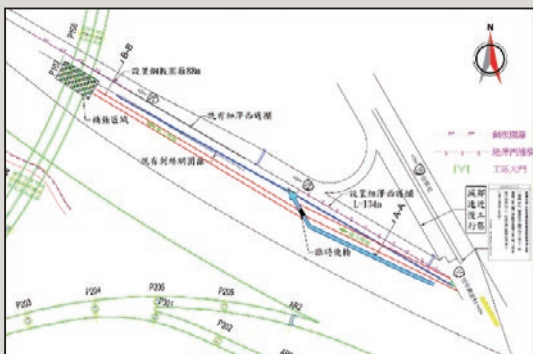


圖36 P107深化後入口交維配置圖

(二) P107臨時設施/假設工程規劃

P107原規劃臨時設施/假設工程需要施作擴墩補強工程，及進行土方開挖，墩柱南北側分別進行開挖，且將土方置於北側土方暫置區中。但經檢討P107開挖深度不深，故將橋墩兩側採斜坡明挖方式進行開挖。

而P107橋墩兩側擴墩補強之模板組立作業，在持續深化過程中考量到P107墩與P106墩

鋼模尺寸一樣，故使用2M模板進行組立，由三階段改為五階段搭設。

(三) P107施工機具作業空間檢討及安全衛生規劃

P107施工機具作業空間檢討及安全衛生規劃，土方開挖採斜坡明挖方式，經過持續深化後，考量到兩台機具同時開挖時易產生介面衝突，改為一台200級進行土方開挖，並在開挖完成後，在周圍佈設護欄，以降低施工人員墜落之風險。

原規劃模板組立作業，由積載型移動式起重機負責吊掛鋼模板，以及使用高空作業車輔助人員組立鋼模板。但經過持續深化後，將三階段變更為五階段鋼模板組立。

原規劃澆置作業由預拌混凝土車搭配混凝土泵浦車進行澆置作業，但經過持續深化後，模板已變更為五階段組立，而混凝土澆置作業也配合分五階段進行澆置。

在土方回填作業，經過持續深化後，將土方回填改為一台200級開挖機進行回填，土方回填完畢且機具離場，即完成P107補強作業。

(四) P107實際施工情形

P107施工便道沿著台76快速道路匝道側邊綠帶設置，詳圖37所示。土方開挖作業，使用一台200級開挖機進行土方開挖，土方開挖完成後在開挖周圍佈設護欄。而模板組立作業，利用移動式起重機負責吊掛鋼模板，再由施工人員利用高空作業車鎖固鋼模板，以減少工序，增加效率。在混凝土澆置作業，利用預拌混凝土車搭配混凝土泵浦車進行澆置作業。而在完成墩柱兩側擴墩補強後，考量為減少高空作業風險時間、提升施工安全性及擴大施作空間，在擴墩第二昇層完成澆置作業時，即先進行土

方回填作業，並使用200開挖機進行土方回填。當土方回填將上下設備及護欄組立完成後，進行鋼板止震裝置安裝作業，完成後將護欄及上下設備拆除，再將場地復原、機具離場，即完成 P107補強作業，詳圖38所示。



圖37 P107施工便道入口實景圖



圖38 P107完成實景圖

透過BIM輔助，施工前可事先以1：1實體模擬，減少施工動線、施工機具、現場作業空間等衝突，在施工過程中材料及現場施工數量可精準呈現，有利於購料準備及實作數量結算，減少變更設計等情形發生，符合原設計功能需求。

六、落實工安督導，榮獲金安獎殊榮

有鑑於公共工程施工，若發生重大職災常為社會輿論及民眾注意之焦點，而工程施工之特性因為每日施工作業不同，於是不同之施工風險，經過滾動檢討機制，透過落實管理作為，藉以降低與避免施工期間可能發生之危害因子，並達「零職災」之目標。

經過本工程施工團隊長期努力下，於108年獲交通部高速公路局提報參加金安獎，並榮獲A組優等殊榮，詳圖39、40所示，後續辦理交通部高速公路局108年度工程品質暨安全衛生觀摩、高公局第二新建工程處、營造業北區勞工安全衛生促進會、勞動部職業安全衛生署中區職業安全衛生中心108年度營造業墜落預防觀摩會、交通部高速公路局第一新建工程處「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程(區段1-2)



圖39 108年金安獎頒獎



圖40 108年金安獎牌

第M37E、M37C2標」金安獎、金質獎經驗分享交流觀摩、交通部高速公路局南區養護分局「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程(區段1-2)第M37E、M37C2標」金安獎、金質獎經驗分享交流觀摩，透過工地交流觀摩提供各界工程施工經驗分享傳承參考。

結語

在工程設計、監造及施工作業各階段中，每個環節都扮演著重要角色，設計階段從前置調查協調落實，透過設計手法以達耐震延壽功能、強化耐震能力，並利用調整結構系統避免河道中基礎補強及避免破堤，減少河川施工作業；規劃地方道路交通維持，臨路側墩柱基礎採偏心補強，避免重要幹道開挖影響交通，減輕地方交通衝突影響，提升施工安全性，補強經費約為新建工程費之6%，用最經濟而有效提昇橋梁之耐震能力，使橋梁再延壽年。

施工階段所遭遇之困難希望透過本文回饋予設計單位，以精進實務，本工程高灘地擋土支撐打設長度，建議後續設計時考量採土方降挖方式，可增加淨高，降低與縮短鄰水、施工作業風險，並加速基樁施工及減少擋土支撐長度，縮短基礎施工時間，減省施工費用。

另外，考量增加友善施工環境及施工人員施工安全關懷面向，在施工空間許可下，基礎向下補強增厚部分，因受淨高受限制，建議後續設計開挖採斜坡明挖+噴凝土方式，可加大施工空間，增加施工視野，便利基礎可採用重型機具開挖，並加大基礎鋼筋號數及間距配置，鋼筋施工人員可方便進料及綁紮，符合人體工學、避免施工人員勞動傷害，增加施工意願及接受度大大提高，並縮短鋼筋作業時間。

而植筋鑽孔作業建議後續施工規範及計價採用高規格鋼筋探測器編列，可確認鋼筋或埋設物位置，據以放樣及鑽孔，避免鑽斷鋼筋影響現有結構安全；而屬局限空間部分，規定採用「無塵鑽孔方式」，避免粉塵危害，兼顧工區施工環境保護與勞工健康，並可提高工程效率。

藉由BIM之導入3D動畫施工機具模擬，更可確保施工期間假設工程之配置、施工人員及車行安全，完工後並可即時將實做數量彙整完成。

參考文獻

1. 「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程」建設計畫。
2. 「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程(區段1-2)第M37E標」細部設計報告。
3. 「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程(區段1-2)第M37E標」108年職業安全衛生優良公共工程選拔資料。
4. 「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程(區段1-2)第M37E標」BIM期中報告。
5. 「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程(區段1-2)第M37E標」BIM成果報告。



3

專題報導

運用創新施工管理 —實踐沙崙綠能科技 聯合研究中心智慧 綠建築設計

關鍵詞(Key Words)：綠建築(Green Building)、智慧建築(Intelligent Building)、施工管理(Construction Management)、太陽能光電發電系統(Solar photovoltaic power generation System)、建築資訊模型(BIM)

科技部南部科學工業園區管理局／建管組建築科／科長／賴秧棋 (Lai, Yung-Chi) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／嘉南工程處／工程師／吳佩儒 (Wu, Pei-Ru) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／嘉南工程處／工務所主任／蔡宏達 (Tsai, Hung-Ta) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／嘉南工程處／副理／李振榮 (Lee, Jen-Rong) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／嘉南工程處／協理／陳志鴻 (Chen, Chih-Hung) ❺



摘要

「沙崙綠能科技聯合研究中心」於規劃設計階段以創能儲能、節能減碳、智慧整合、生態多樣、友善舒適為五大願景-G.R.E.A.T.，應用太陽光電發電系統、全釩氧化還原液流電池、通風環境模擬、遮陽格柵、建築能源管理系統(BEMS)等多項設計手法，達成鑽石級綠建築與鑽石級智慧建築之目標。

施工階段則運用創新施工管理實踐設計願景，太陽光電發電系統挑戰特殊工法，整體考量美觀性、排水、遮雨及維護管理最佳化；全釩氧化還原液流電池儲能系統由原廠專業技術人員調校及測試，確保系統運作正常，且配合BEMS規劃建築物用電最佳化排程，達成節省電費之效益；透過建築資訊模型(BIM)進行工項界面整合、解決方案研擬等，提前發現及解決問題，過程中相關經驗期望提供智慧綠建築實踐與施工管理的參考案例。



Using Innovative Construction Management-To Practice Intelligent-Green Building Design of Shalun Green Energy Technology Joint Research Center

Abstract

“Shalun Green Energy Technology Joint Research Center” has five visions:Green(energy creation and storage), Renewable(energy conservation and carbon reduction), Energy(intelligent integrated systems), Academy(ecological diversity), and Taiwan(friendly and comfortable environment). A number of technologies, such as solar photovoltaic generation system, vanadium redox battery, ventilation environment simulation, shading devices, and building energy management system, were applied in this project to obtain both the diamond-level green building label and the diamond-level intelligent building label.

During the construction phase, effective construction management is used to practice the design vision. The solar photovoltaic power generation system is challenging in terms of aesthetics, drainage, waterproofing, and optimization of maintenance management. The vanadium redox battery system is adjusted and tested by the original professional technicians to ensure the normal operation of the system, and to coordinate with the BEMS to plan the optimal scheduling of the building's electricity consumption to achieve the benefit of saving electricity. BIM were applied for the purpose of the interface integration of work items and the resolutions to be investigated and planned forward. This project The relevant experience in process of this project hopes to provide a reference case for intelligent-green building practice and construction management.

壹、前言及工程概述

依據2017年行政院核定之「綠能科技聯合研究中心公共建設計畫」係以打造全國綠能產業技術研發、綠能人才培育的研究基地。本工程

位於高速鐵路臺南車站特定區計畫之產業專用區（編號C），基地面積5.33公頃，由科技部主辦(科技部南部科學園區管理局代辦)，採分期開發，第一期為綠能科技聯合研究中心與景觀工程，第二期為創新育成中心(如圖1)。

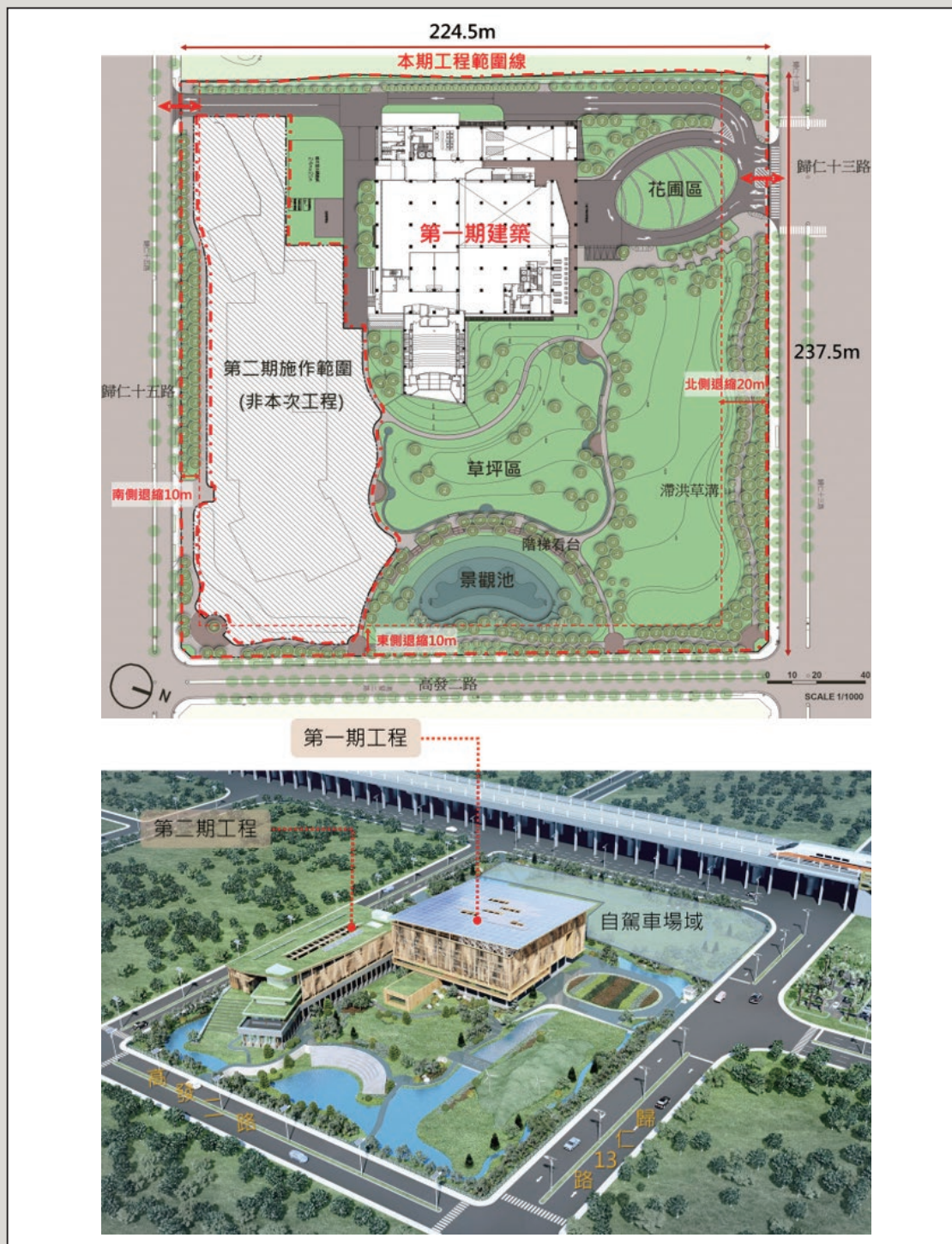


圖1 整體配置圖

本文所述工程屬第一期，主體建築為地下二層、地上六層之鋼筋混凝土及鋼骨構造建築，建築面積6,802.2平方公尺，總樓地板面積為44,340.97平方公尺，空間多為產學研發單位之實驗室及辦公室使用。本工程於107年4月11日開工，於109年5月12日竣工(如圖2)，以取得鑽石級綠建築與鑽石級智慧建築為目標，達成智慧健康及節能減碳之效益。



圖2 竣工實景



圖3 太陽能板屋頂

貳、規劃設計五大願景-G.R.E.A.T.

一、創能Green-創造最大能源

(一) 太陽能板屋頂

屋頂層設計係利用太陽能光電板組成之示範與實驗性質太陽能板斜屋頂，有效減少太陽直射熱得，增加外殼「創能」效益，並使建築本身即為教育展示與測試中心。本案屋頂太陽能光電板係由雙玻透光型870片及單晶不透光型1167片兩種型式組成(如圖3)，總設置容量為688KW，初估一年可產生約760,000度電，每年的減碳量相當於1座大安森林公園(約390公噸)。

(二) 全鈦氧化還原液流電池

本案設置具專利之全鈦氧化還原液流電池(Vanadium Redox Battery, VRB)，以調配及儲存再生能源，設置設備容量為250kW x 3h(750kWh)，整體系統構成如圖4，全鈦氧化還原液流電池有別於一般鋰電池，系統採用鈦金屬氧化還原的方式來進行充放電，所以整體安全性非常高，不會產生高溫或燃燒爆炸。操作使用壽命長，充放電循環次數無限制，系統壽命估計可達20年以上。第一代系統迄今已運轉10年以上，整體效率仍維持在98%~99%間，顯示此系統穩定性及耐用性極佳。

系統構成

CONFIDENTIAL

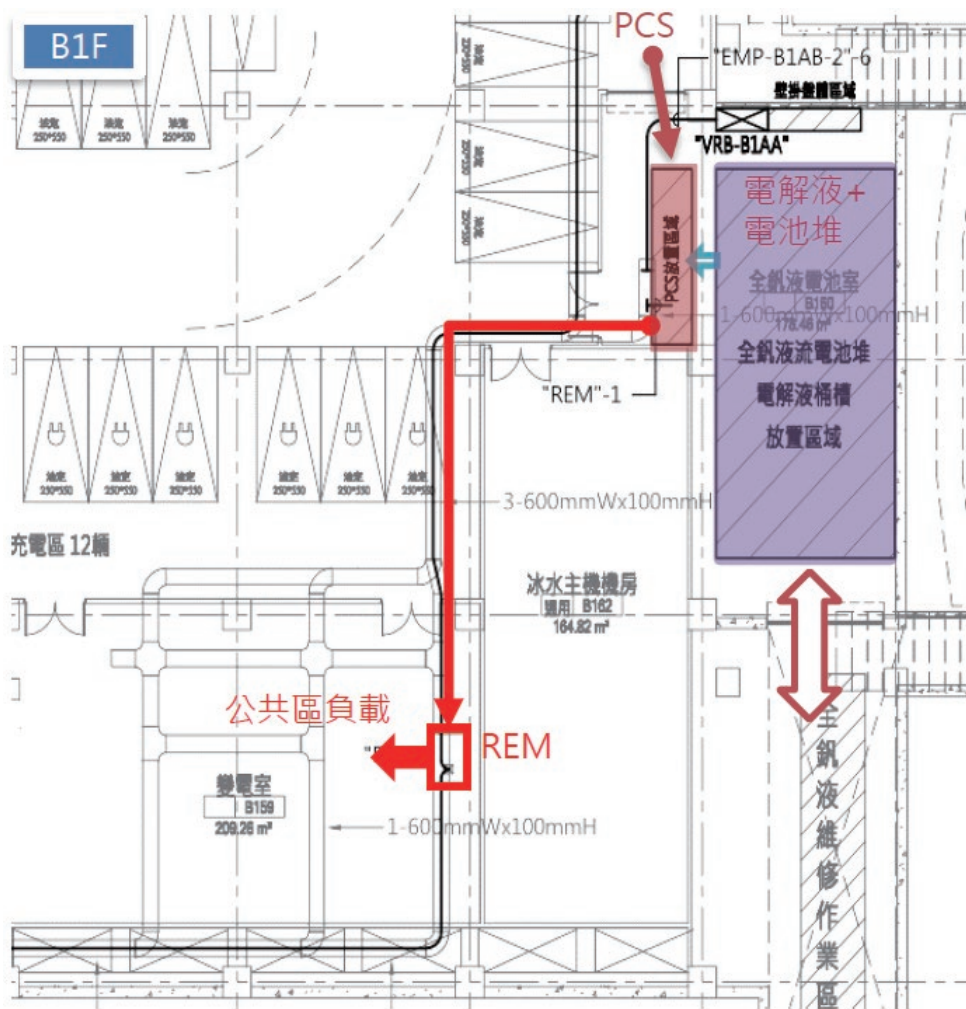
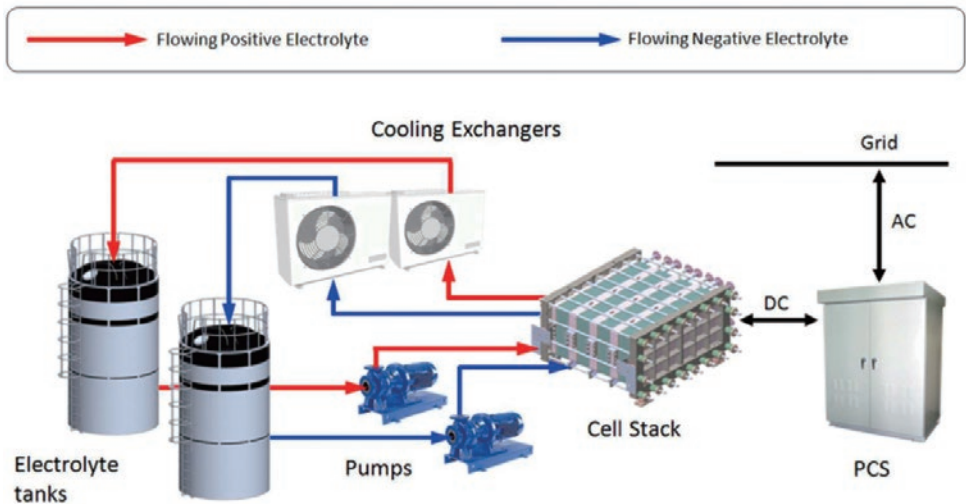


圖4 全鈦氧化還原液流電池系統

二、節能Renewable-降低能源耗損

(一) 留設風道有效引導自然風流入

本工程於規劃設計階段採用電腦模擬風環境微氣候情境，藉由1樓的開放式階梯、通廊間留設的開口形成通風路徑，引入季風至半戶外中庭(如圖5)，創造舒適的室內通風環境。

另外，規劃於東西對應兩側設置通風採光井，通風採光井(B1F)及地冷通道設置(B2F)利用地底土壤低溫且恆溫的特性將外氣預冷1-3°C，預估可減少處理外氣之空調負荷6%，並增加空氣流通及自然採光(如圖6)，促進環境品質。

(二) 外殼使用環保塑木遮陽格柵以防水、隔熱及通風

本案外牆採用雙層牆(Double Wall)設計(如圖7)，透過立面塑木遮陽格柵降低外殼立面熱得，格柵環繞建物陽台有助於管線明管設置，使管路易維修管理，且陽台設置後有利於室內空間之通風換氣開窗。

考量夏至及冬至日照入射角度，入射量及立面語彙分上層(102cm)及下層(286cm)兩段設置(如圖8)：

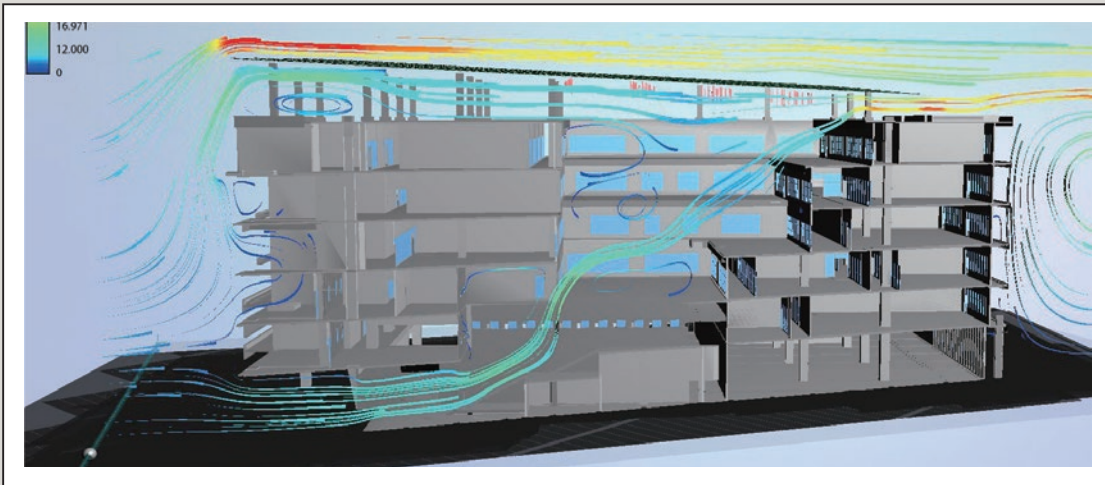


圖5 通風路徑模擬(南北向剖面)

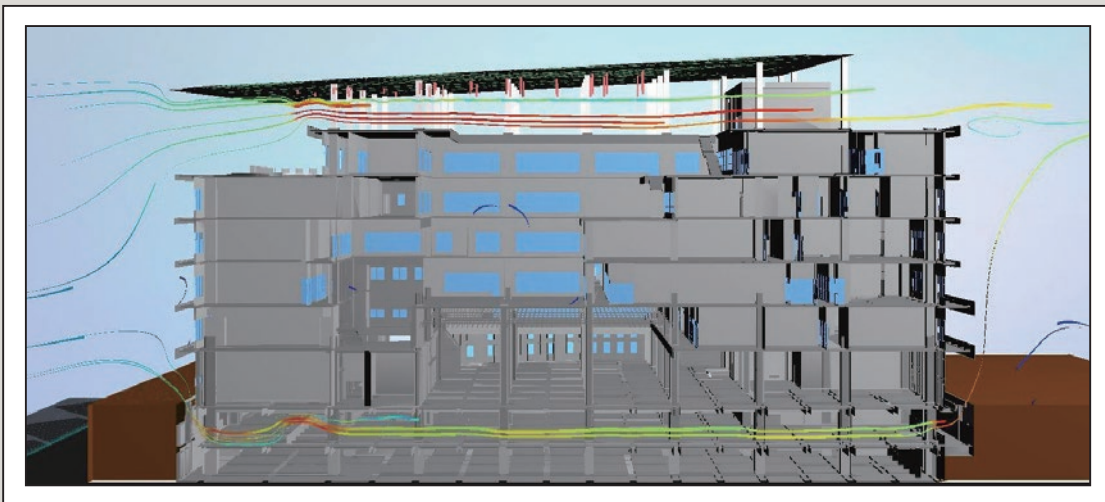


圖6 通風路徑模擬(東西向剖面)



圖7外牆塑木遮陽格柵

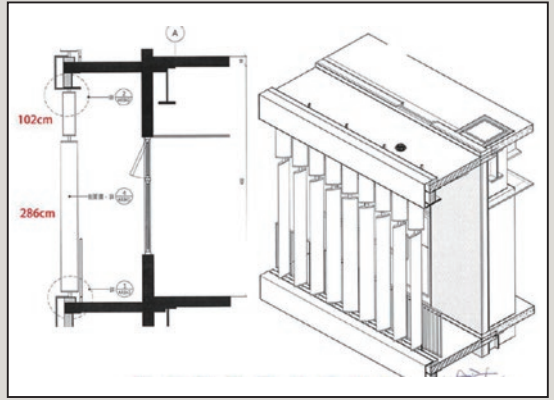


圖8塑木格柵配置示意圖

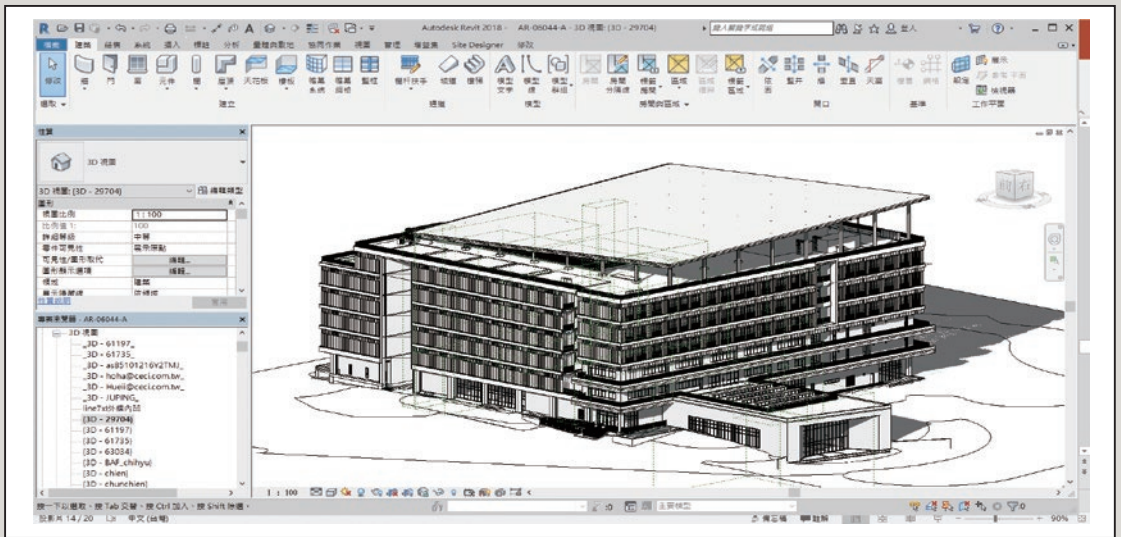


圖9 設計階段BIM

1.在立面上層格柵(102cm)採單一45度遮陽，遮蔽面積較大，除可遮蔽大部分日照熱得，也可遮蔽陽台天花內水平管線，美化外觀。

2.在立面下層格柵(286cm)考量室內自然光線需求及外觀立面語彙，採兩種標準單元配置，活潑化外觀立面。

三、智慧Energy-管理整合系統

(一) 導入BIM應用

本工程自規劃設計階段即建置建築資訊模型(BIM)，輔助設計整合、圖說產製及數量計算(如圖9)。

(二) 能源管理系統

建築物除前述裝設再生能源系統外，亦於監控系統內規劃建置智慧化建築電能管理系統 (Building Energy Management System , BEMS) ， 其具備自動化節能控制功能，可依照用戶接受程度預先設定控制參數。此外，可與自動需量反應(ADR)系統整合，以視電網需求情況配合減少用電需量。在BEMS硬體架構中，各用電單位及公共用電裝設具備雙向通訊之智慧讀表系統(AMI)與系統整合。設計建築結構時在各用電單位支配電箱中預留空間，以便於裝設電力感測裝置，以量測冷氣、照明及其他等用電資料，並透過通訊管路將所量測之資料回傳至資料採集與監視系統(Supervisory control and data acquisition, SCADA)之資料庫中儲存。

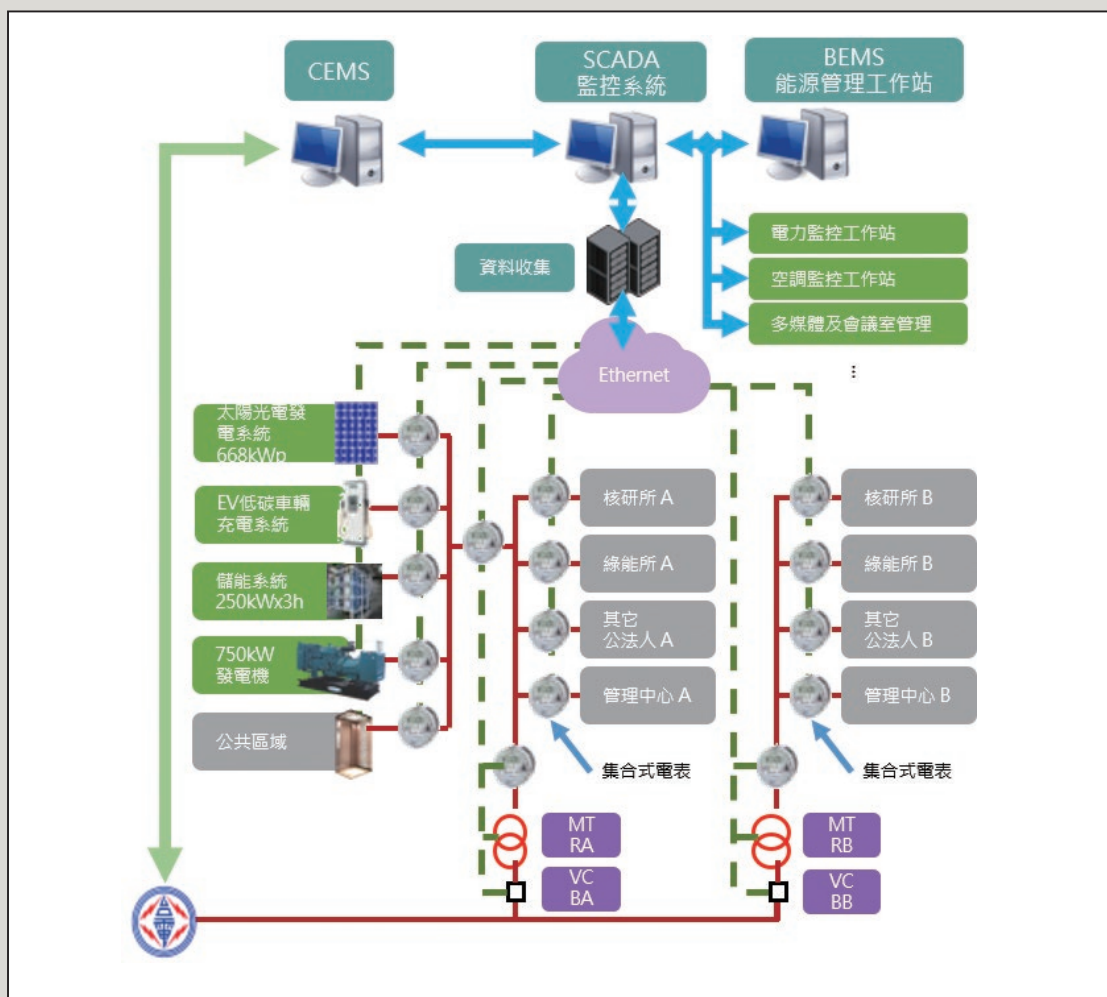


圖10 智慧化建築電能管理系統架構圖

SCADA與人機監控介面置於建築的管理中心內部，管理員除可監視即時用電情況，亦可透過通訊管道控制用電設施，例如調控冷氣空調溫度設定或照明用電。室內停車場建置電動車充電樁，供一般EV型房車使用；建築內導入儲能系統，配合大樓用電調整充放電控制，以提升電能使用效率並降低契約容量超約之情況。儲能與充電樁之即時充放電資訊均透過通訊系統回傳至SCADA之資料庫儲存，管理中心可控制其使用狀態。BEMS需具備符合OpenADR 2.0b VTN/VEN之規範。管理中心亦可視需求參與需量競價，調控儲能、EV充電、冷氣、照明及再生能源等設施，以達到效益最大化，其架構如圖10所示。

四、生態Academy-環境生態多樣性

本工程設計雨水貯水量為7419立方公尺，以綠地、被覆地、草溝、花園土壤、透水鋪面設計及景觀滯洪池，有效維持基地綠化及保水效能。水資源回收再利用系統設計，分為以下四項，透過此系統設計，提供澆灌及涵養土壤水分之應用，達到基地保水效益(如圖11)：

1. 雨水集水草溝與陰井：
以環繞基地周圍的草溝，集結地表雨水，沉沙過濾集水至景觀池。
2. 建物周邊集水設施：

以圍繞建築側溝與集水井收集雨水，引導至水撲滿暫存，再流入景觀池。

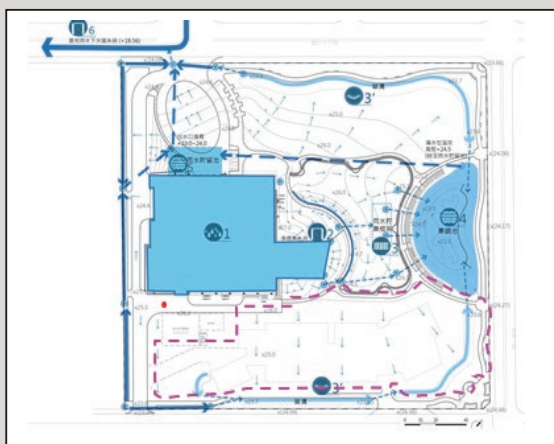


圖11 水資源回收再利用系統設計

3. 水撲滿：

人行步道下方以碎石層過濾雨水，並搭配水撲滿貯水以防旱，並提供澆灌及涵養土壤水分之應用。

4. 景觀池：

暴雨來時可作為暫時滯洪之空間，當水位高過滿水位時，便溢流至地下雨水貯留池，再排入公共排水系統。平時則做為植栽澆灌的主要水源。

五、友善Taiwan-友善舒適環境

於建築核心空間創造一個中庭平臺半戶外友善交誼空間(如圖12)，不僅是創造舒適通風環境，亦提供使用單位休閒彈性使用，促進人員



圖12 中庭空間模擬圖

交流互動。且中庭半戶外階梯可由一層垂直連通至屋頂層，提供使用者一通風及舒展運動垂直動線。

參、運用創新施工管理實踐設計願景

一、太陽能光電發電系統之實踐與優化

本工程太陽能發電系統兼具防水屋頂外殼及創能效益，於施工過程中面臨各面向之難題，在施工團隊協力溝通下順利解決，並於高雄市建築師公會舉辦之「2020年城市工程品質金質獎」太陽光電組評選中，因特殊工法特色及挑戰，受評選委員高度肯定，光榮獲獎。

(一) 整體美觀性

本工程太陽光電發電系統，為達到遮陽、避雨及採光等功能，採用兩種不同規格光電模組，一種是單晶72cell模組板，模組容量365W，計有1167片；另一種是雙面玻璃60cell模組板，模組容量300W，有870片。配合設計單位規劃之有機拼貼之原則配置，於空中俯視下，提供建築物活潑之視覺效果。在機電管線施工上，則運用鋁製線槽將全部線路完全收納隱藏，取代傳統配管，維持視覺美觀性。

(二) 太陽能板排水優化

太陽光電發電系統工程最大挑戰是在整體斜率4度的鋼構架上，將光電模組平整、密接鋪設。在框架結構上，設計兩種構件來作光電模組的水平調整，分別是H鋼的托鐵及方管L片，可將面積八千餘平方米的光電模組板，平整鋪設，並達到斷水功能。在模組拼貼時，每片太陽能板間均以特殊開模鋁擠型導水溝銜接，並在接縫處都施打耐候型填縫劑，確保良好的斷水防護。

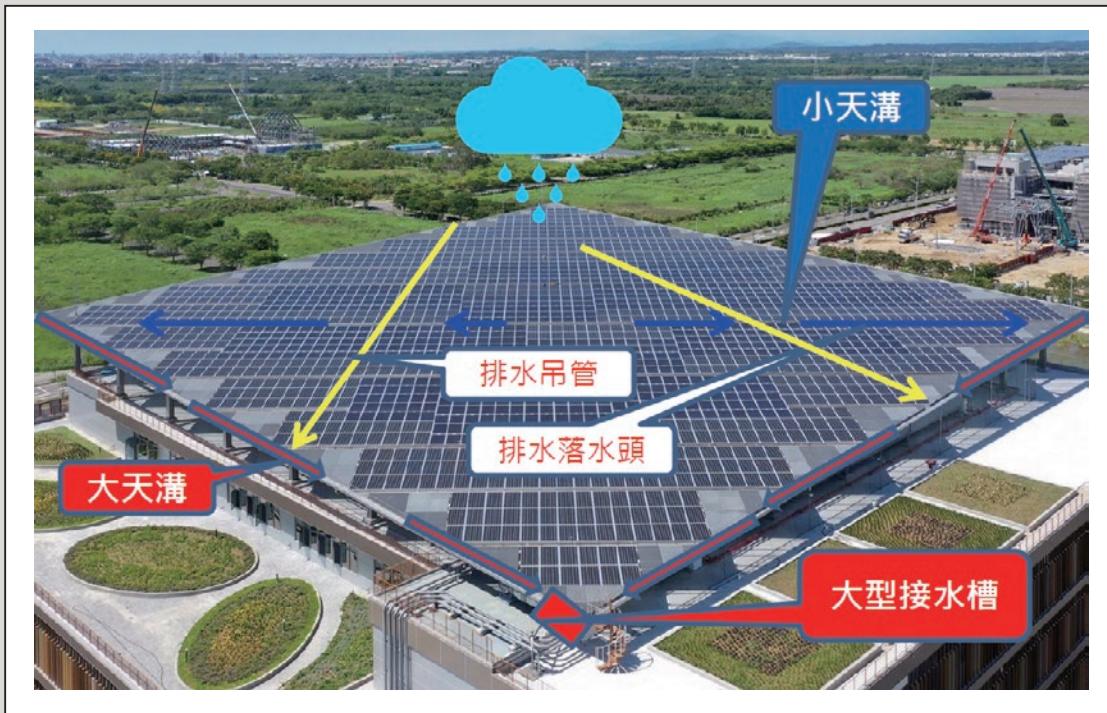


圖13 太陽光電發電系統排水規劃



圖14 最低點的大型集水槽

在太陽光電發電系統之排水規劃上，為因應極端氣候及瞬間暴雨發生，於施工規劃階段透過BIM技術檢討排水方向，檢討並優化雨排水分流效應(如圖13)。設計與傾斜面垂直的大截水溝，以排水管落水頭降低積水，將雨水橫向分流導入四週邊溝，匯流到最低點的大型集水槽(如圖14)，再排入雨水滯洪池，減少跳水現象產生。

(三) 增設太陽能維修天車輔助維護管理

因應中庭挑高區高度達22.5-27公尺(如圖15(A))，考量太陽能板面下配電維護及消防設備檢修不易，提出增設天車輔助維護管理之優化方案，規劃增設四組滑軌式移動維修平台，採用有線及無線遙控二種行車控制，設計荷重250KG，天車軌道設有行車極限裝置及防脫索設備剎車裝置(如圖15(B))，利於光電板維護人員施工作業安全。



圖15 (A) 中庭挑高區

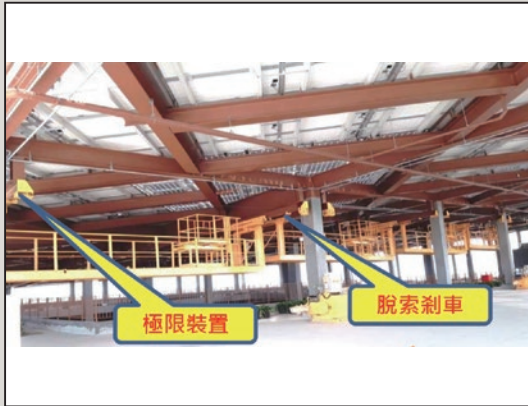


圖 15 (B) 維修天車之行車極限裝置及防脫索設備剎車裝置

二、全鈦氧化還原液流電池儲能系統工程

本工程全鈦氧化還原液流電池儲能系統設備係由日本原裝進口，設備容量為750kWh，可依需求擴充至1000kWh，為目前台灣最大型的全鈦氧化還原液流電池系統。全系統設置於40呎貨櫃內(如圖16)，兼具堅固、耐用及安全性，於貨櫃進口後直接運抵工地安裝，定位前須



圖 16 全鈦氧化還原液流電池儲能系統



圖 17 全鈦氧化還原液流電池儲能系統由維修孔吊置

先完成基礎放樣、校正、澆置、粉刷、防漏等工項，再由多位專業起重技術人員配合大型吊車、推高機等機具從維修孔吊置及平移至現有位置定位(如圖17)，施工難度大。

設備定位完成後，再進行週邊輔機設備裝設及管線配置，全系統安裝完成時，適逢新冠肺炎(COVID-19)疫情爆發，影響原定試車規劃，然在施工廠商及協力廠商全力配合下，原廠技師排除簽證及隔離問題至現場調校，於竣工前順利完成全功能測試，確保系統運作正常。

本案儲能系統配合成大研究發展基金會之能源管理系統(BEMS)，規劃建築物用電最佳化排程，進行離峰充電、尖峰放電的用電調度，有效抑制需量超約，達成節省電費之效益。

三、塑木遮陽格柵雙外殼

外牆塑木格柵標準單元分為a和b兩種形式，為有效率且精準控制外牆塑木格柵之旋轉角度，施工廠商自行製作格柵之尺規量角器(如圖18)，作為工班施作時的輔助工具，也利於檢核旋轉角度的正確性，確保外觀立面整齊性(如圖19)。

四、BIM管理整合系統

(一) BIM技術檢討流程

施工階段BIM模型檢核流程如圖20，本工程BIM建置標準為LOD400，施工期間依契約要求施工廠商接續發展與細化BIM模型，進行工項界面整合、衝突碰撞檢討、解決方案研擬、室內裝修材質展示、提供3D視圖等施工管理應用，召開檢討會議並定期提出階段成果報告；如有

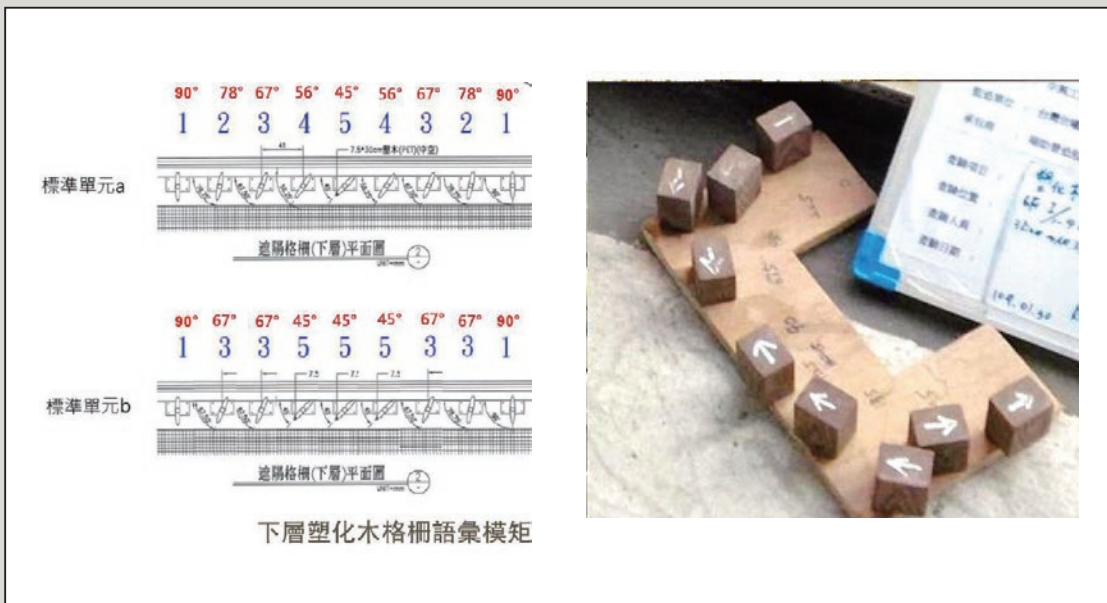


圖 18 外牆塑木格柵標準單元及特製尺規量角器

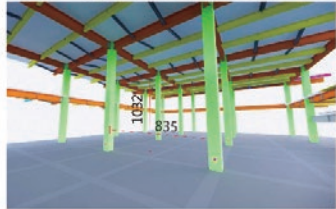


圖 19 外牆塑木格柵完成實景

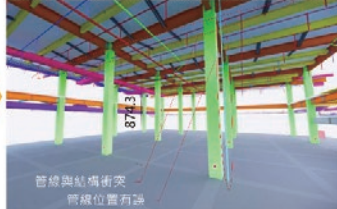
疑義則進一步回饋設計單位進行澄清釋疑，以利後續施工推動。於分項工程完成後，會同承商進行BIM模型與現場施作成果檢核，確保竣

工模型與現場一致，利於後續移交使用單位參用。

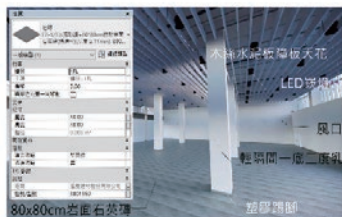
建築、鋼結構尺寸及相對位置檢討



結構、機電管線衝突及淨高檢討



召開BIM疑義檢討會議



維運資訊建立移交



會同監造檢核現場與模型是否一致



天花板下方淨高及輕隔間檢討放樣

圖20 施工階段BIM模型檢核流程

(二) 施工介面複雜處預先檢討-以1F展示區天花為例

1樓展示區挑高8.8公尺，天花高度約為8公尺，天花形式為矽酸鈣板暗架天花搭配木絲水泥障板天花之雙層天花板，為提升速度、水平及垂直精準度，預先以BIM模型檢討垂板吊筋及

暗架天花板骨架、風管、投燈、消防及各管線高程位置(如圖21)，有效解決衝突。並於施作暗架天花骨架時，增加固定點及放樣標記來預留垂板吊筋，減少誤差調整時間，使施工有效縮短工期，僅7日完成(如圖22)。



圖21 BIM模型檢討模擬圖及施工完成實景



標記各設施高程及C7螺桿間距與距離放樣及標記。



C7螺桿間距與距離垂直度放樣及橫向縱向標記。



暗架天花FFL高程與螺桿間距與距離垂直度放樣，並實施暗架封板施工及螺桿孔開孔螺桿延伸。



螺桿延伸間距與距離垂直度放樣並採3.2角鐵固定技術施工。

圖22 暗架天花固定點放樣施作

五、能源管理系統

建築能源管理系統(BEMS)建置可提供查詢及顯示各個用電單位、公共用電及再生能源的即時與歷史發(用)電資訊；另具備儲能系統最佳排程策略，包含考量時間電價、抑低尖峰負載與執行需量反應等模式，以達成用電成本最小化等目標；並透過中央控制室之簡易圖提供管理員管控BEMS所納管的可控用電設備(如圖23)。



圖23 B1F中央控制室

六、水資源之貯留再利用

本工程之雨水貯留再利用系統如圖24所示，屋頂集水至建築側溝與集水井，集結地表雨水，沉沙過濾集水後排至水撲滿(如圖25)，再溢流至景觀池，於暴雨來時，景觀池具有滯洪功能，當水位高過滿水位時，便溢流至地下水貯留池，再排入公共排水系統。



圖24 雨水貯留再利用系統



圖25 水撲滿(雨水貯集框架系統)施工流程

結語

「沙崙綠能科技聯合研究中心」為取得鑽石級智慧建築候選證書、鑽石級綠建築候選證書及鑽石級碳足跡認證的標竿案例，智慧綠建築設計以「GREAT」為願景，採用多項前瞻規劃設計手法，達成創造最大能源、降低能源耗損、管理整合系統、環境生態多樣性、友善舒適環境五大目標。施工階段則運用創新施工管理實踐設計理念，主動檢討太陽光電發電系統組合配置、優化排水規劃及增設太陽能維修天車，利用BIM提前檢核及解決問題，並採用施工輔助工具，增加施工精準度之掌握，減少現場施工錯誤以降低成本浪費。



3

專題報導

高雄港過港隧道 延壽工程—再創 海底隧道新生命

關鍵詞(Key Words)：高雄港過港隧道(Kaohsiung Cross-Harbor Tunnel)、
隧道延壽(Prolongation of Tunnel Service Life.)

臺灣港務股份有限公司／工程處資深副處長／林建宏 (Lin, Chien-Hung) ❶

臺灣港務股份有限公司／高雄港務分公司／工程處處長／林清宏 (Lin, Ching-Hung) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／技術經理／謝政璋 (Hsieh, Chen-Chang) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／技術經理／蔡同宏 (Tsai, Tung-Hung) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／計畫工程師／張發魁 (Chang, Fa-Kuei) ❺

摘要

高雄港過港隧道位於高雄市前鎮區第三貨櫃中心，穿越寬440m，水深14m之高雄港主航道至對岸旗津之中興商港區，隧道主要部分採用沉埋管式施工，完工迄今使用已逾35年，本隧道是國內第一座穿越海底的隧道，肩負高雄港區及南部區域經濟發展之運輸重任，本案經調查、分析來掌握沉埋管隧道異狀程度、位移變形、混凝土材質以及接頭之材質變化，檢討隧道是否符合耐震法規要求等作業，並完成檢測及安全評估工作，進而針對隧道延長壽年進行設計及施工，冀望藉由本案設計及施工經驗，提供日後類似整修工程及維護之參考。



Prolongation of Kaohsiung Cross-Harbor Tunnel Service Life for Recreate a New Life to the Undersea Tunnel

Abstract

Kaohsiung Cross-Harbor Tunnel is located at Container Terminal No. 3 in Cianjhen District, Kaohsiung City. It cross through the main channel of Kaohsiung Port with a width of 440m and a water depth of 14m to the Chung-Hsin Commercial Harbor Area in the Chichin District on the opposite bank. The main part of the tunnel is tubular structure , construction has been completed and used for more than 35 years. This tunnel is the first tunnel across the seabed in Taiwan. It is responsible for the economic development of the Kaohsiung port area and the south Kaohsiung. This project investigates and analyzes the degree of abnormality of tubular tunnel structure, displacement and deformation, concrete material and material changes of joints, review whether the tunnel complies with seismic laws and regulations, then design and repair the tunnel to prolongation of tunnel service life. Based on the work experience of this case, Hope to provide reference for the similar projects in the future.

3

專題報導



圖1 過港隧道平面位置圖

壹、前言

高雄港過港隧道連接高雄港前鎮商港區及中興商港區，為旗津地區對外唯一之車行交通要道，過港隧道平面位置詳圖1。本隧道管理單位為臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司，隧道於民國70年5月13日開工興建，民國73年5月18日通車啟用迄今已逾35年，原設計之規劃隧道年限為50年。民國93年間曾辦理高雄港過港隧道安全檢測補強設計及監測系統規劃執行工作，並針對隧道內已存在的些微異狀進行修復改善工作。本計畫則分別於103年度、106年度透過完整之歷史資料調查、現況調查、國內外相關案例調查蒐集及既有監測設備功能檢測，並經審慎之現況研析、監測資料研析、耐震能力研析，思考規劃及施作相關延壽補強作業。

貳、過港隧道概況

高雄港過港隧道長1,550m，含沉埋管段

720m(U1-U6，6@120m)、前鎮端引道箱涵段155.75m與引道開口段350.5m、中興端引道箱涵段165.75m與引道開口段158m，隧道結構體型式與平、縱面如圖2所示。

隧道主結構為U1-U6之沉埋管，斷面如圖3所示，本體結構寬24.4m，高8m，內部為雙孔矩形斷面，頂板厚度為1.05m，側牆厚度為1.0m，底板厚度為1.15m，每孔再設兩車道(共7m寬)，側邊設機車道(2.8m寬)與公共管道間，隧道淨高最小需求為4.6m。U1及U6管段隧道頂拱設有風機，隧道快車道採10cm瀝青鋪面，鋪面下方為40-50cm之壓艙混凝土。

參、隧道結構體檢測與評估

過港隧道於計畫期間進行詳細檢測與安全評估，相關檢測與評估成果，節錄調查報告說明如下：

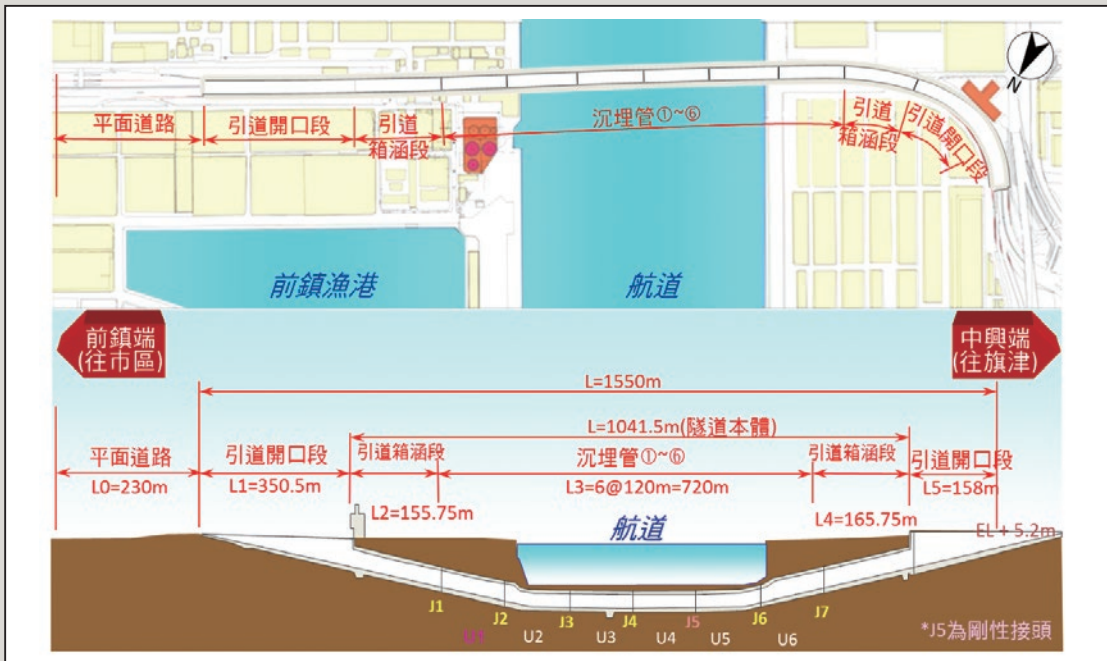


圖2 過港隧道平、縱面圖

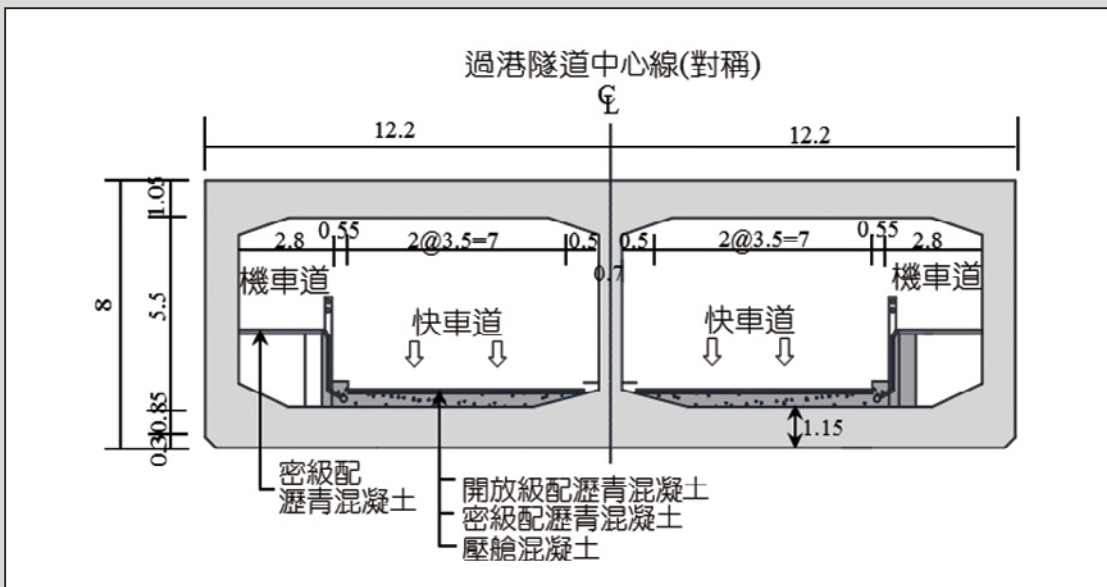


圖3 隧道沉埋管段斷面示意圖 (單位：m)

一、現況研析

(一) 中線、縱斷面與水準測量

經由106年度之調查，初步分析研判本隧道近年來，各沉陷觀測點變化已趨於穩定，陸地段與海水段變化量無太大差異，但須注

意陸地段已累積一定程度之沉陷量，雖透過目視調查之成果，位於陸地段之隧道主體結構無明顯異狀，但後續仍應持續觀察相關變化。

(二) 主隧道結構

本次檢測再比對民國93、103年之檢測成果，主隧道結構狀況尚屬良好，無明顯劣化。

(三) 機車道結構

前鎮端與中興端之機車道底版及共同管道間側壁，於引道開口及引道箱涵段約以5~10m不等間距出現裂縫，且開口段於雨天時易有雨水於地面逕流(由人孔滲入)或車輛行走帶入水份，水份透過這些裂縫滲入共同管道間中，造成壁面及底面潮濕，長期而言可能造成設備腐蝕及底板鋼筋混凝土材料劣化現象，所幸目前結構狀態並無重大之劣化現象，可透過修復維持結構功能性，並改善劣化程度；另沉埋管段係以預鑄方式施作區域，施工品質良好，歷經30餘年之使用後，均能維持在良好狀態。

(四) 結構安全分析

原設計之配筋量尚符合現行最新耐震規範要求，利用AASHTO對於老舊結構之建議折減係數，來折減本隧道材料強度，作為模擬材料老劣化行為下之結構安全性，初步分析既有隧道結構仍有一定餘裕量。依日本土木學會西元2012年制定之「混凝土標準示方書-設計編」建議之鹽害評估基準，據此以鋼筋混凝土材料觀點推算出現行隧道剩餘年限約21.6~44.5年。

(五) 防蝕系統

中興端防蝕電位已不符合一般要求，雖前鎮端目前防蝕電位符合要求，現階段量測得之電位值係由隧道內殘留的鋁合金陽極所提供，但因鋁合金陽極於施工階段已安裝於海床下方，若需進行確認需進行海上開挖，進行取樣作業，現況執行上有其困難度，故

鋁合金陽極之剩餘壽命現階段無法評估。

二、過港隧道延壽結構分析

(一) 過港隧道未來使用年期30年之地震力折減係數檢討

1. 由基設階段檢測，於隧道外尚無發現結構裂損及具體腐蝕之狀況，故鋼筋混凝土之老舊材料強度折減較輕微。
2. 就未來使用年期，地震力可依公式折減，約折減0.8265。
3. 隧道材料腐蝕性應存在，各部位程度有所不同，於隧道底版之影響較大，材質可靠度較低，而宜增加腐蝕檢測及作較高頻率之維護管理，以確實掌握其變化及作為滾動式維管之參考依據。
4. 隧道鋼筋混凝土檢核部分，依調整後之材料強度折減係數及折減後之地震力檢算，其既有配筋量(結構容許載重能力)尚大於F.S.=1.0，仍符合需求。

(二) 過港隧道延壽結構計算

經檢測於隧道外尚無發現結構裂損及具體腐蝕之狀況下，就材料及剩餘年限兩項重要因子，依經驗及規範進行評估說明如下：

1. 高雄港過港隧道於民國73年5月啟用(已超過35年)，分別於民國93、103及106年設計階段辦理檢測及維修補強計畫，檢測迄今，隧道結構狀況尚稱良好，無發現結構系統性損壞及嚴重腐蝕狀況。研判鋼筋混凝土之材料老舊強度折減較輕微。

表1 AASHTO(1989)橋梁載重評估強度折減因數 ϕ 評量表

臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司							
「高雄港過港隧道延長使用壽年及上方航道加深工程」設計及監造工作委託技術服務							
上部結構之狀況	結構型式		檢查		維修		鋼筋混凝土 ϕ
	非簡支	簡支	仔細	簡約	嚴格執行	間歇執行	
良好	✓		✓		✓		0.95
	✓		✓		✓	✓	0.85
	✓			✓	✓	✓	0.95
	✓			✓	✓	✓	0.85
		✓	✓		✓		0.80
		✓	✓		✓	✓	0.70
		✓		✓	✓	✓	0.80
		✓		✓	✓	✓	0.70
劣化	✓		✓		✓		0.90
	✓		✓		✓	✓	0.80
	✓			✓	✓	✓	0.85
	✓		✓		✓	✓	0.75
		✓	✓		✓		0.80
		✓	✓		✓	✓	0.70
		✓		✓	✓	✓	0.75
		✓		✓	✓	✓	0.65
嚴重劣化	✓		✓		✓		0.80
	✓		✓		✓	✓	0.70
	✓			✓	✓	✓	0.75
	✓		✓		✓	✓	0.65
		✓	✓		✓		0.70
		✓	✓		✓	✓	0.60
		✓		✓	✓	✓	0.65
		✓		✓	✓	✓	0.55

- 依據檢測結果可知，過港隧道主結構安全符合原設計需求，在475年迴歸期設計地震力(0.22g)之條件下，其破壞機率为10%之使用年限達50年。
- 另隧道結構已使用逾30年，其鋼筋混凝土結構承載能力可能有所折減，茲參考AASHTO(1989)橋梁載重評估強度折減因數 ϕ 評量表，如表1所示，考量本隧道結構型式、檢查粗細度、維修頻率等因素，初步保守假設載重強度折減因數 ϕ 值取0.7，則重新核算主結構耐地震力為0.18g，相當於285年迴歸期設計地震力，若以原設計同等標準之破壞機率10%而言，則未來使用年限將降為30年，以目前隧道已使用超過35年而言，相當於延壽15年。

(三) 綜合評估

過港隧道於民國六十年代原始設計使用年限設定為50年，於使用35年後，由實際檢測隧道材料老劣化及結構強度衰減之程度發現：主結構混凝土強度並未衰減、鋼筋並未明顯腐蝕，仍可維持原設計強度，故經結構分析計算，隧道結構仍可再使用30年；惟須配合定期檢視隧道結構之材料老劣化程度，以延續材料之使用年限。

三、本次延壽主要工作

經106年辦理之綜合檢測分析，高雄港隧道主結構部分(中隔牆、側牆等)強度仍維持原設計之標準，非主結構部分(管道間、接頭等)，雖有裂縫或滲水，但可進行修補，深井陰極防蝕系統大部分已失效需更新，通風系統進行改善以確保空氣品質，相關檢測結果彙整如表2所示，並作為本次延壽工程規劃及施工之方向。

表2 檢測結果彙整表

編號	工作項目	檢測成果
1	隧道中線、縱橫斷面與水準測量	陸地側沉陷大於海水側，惟沉陷點近十年來變化趨於穩定
2	沉埋管段及接頭處短期荷重沉陷及回彈量	短期荷重變化輕微，初步評估不影響結構體安全性
3	隧道內淨空斷面檢測	近十年變化輕微
4	隧道目視巡檢	主隧道無明顯異狀，共同管道隧道異狀則有(裂縫、滲水、鋼筋銹蝕)等情事
5	混凝土強度試驗	各取樣點之強度值(排除二次澆注)，強度值均大於原設計強度
6	混凝土中性化試驗	中性化深度均小於2cm，混凝土未有中性化現象
7	通風系統	隧道管制單孔雙向通車時通風不良
8	氯離子試驗	共同管道間底板有偏高現象，鹽害程度較頂拱嚴重
9	鋼筋腐蝕檢測	共同管道間部分區域，腐蝕機率較前期檢測高
10	超音波裂縫檢測及孔隙檢測	北孔機車道底板裂縫深度有超過保護層厚度之情形
11	滲漏水狀況與水質試驗	柔性接頭處之積水研判為隧道清洗水或地下水J7接頭處受頂拱滲水影響，積水程度較嚴重
12	柔性接頭硬度試驗	本次檢測Ω橡膠無硬化現象
13	深井防蝕系統檢測	中興端防蝕系統(4處)全部失效 前鎮端2處深井防蝕系統失效

肆、延壽工程執行

依據106年度之調查、分析及設計後，於107年擬訂本次延壽工程需完成隧道內、外所需進行之改善工項如表3所示，本工程於108年4月開始進行修繕作業，109年8月完成，主要工程執行狀況說明如下：

一、隧道異狀修復

(一) 滲漏水及裂縫修復

經調查北孔共同管道間機車道頂部板裂縫。推論共同管道間滲漏水主要來源為雨天地表滲流，沿電力人孔及機車道裂隙滲入，裂縫修補選擇以環氧樹脂裂縫補強，修補示

意如圖4所示；另於側牆進行施工縫滲水止水灌注處理，修補示意圖如圖5所示，藉以改善共同管道間雨水滲漏情形。

(二) 共同管道間底板加厚

針對管道間底板氯離子濃度較高區域，經評估若採敲除表面混凝土層後，重新鋪設混凝土之方式，恐因施工震動等因素造成更多微裂縫，或使既有裂隙深度加深之情形，不利混凝土結構長期之耐久性。基此，於有限施工空間下，本工程採加鋪高強度水泥砂漿方式，以隔絕水氣等有害物質再滲入，防止水分再入滲並提高結構耐久性，施工示意圖如圖6所示。

表3 本次延壽主要工作項目彙整表

主要工作項目	
1. 安全監測系統工程	· 安全監測系統工程
2. 隧道既有異狀修復工程	· 引道箱涵段之共同管道間內隧道既有異狀修復工程
3. 管道間與機車道側牆結構補強工程	· 引道箱涵段之共同管道間內車道側之側牆結構補強工程
4. 路面工程	· 機車道鋪面及既有截水溝調整 · 快車道伸縮縫更換為鋼製伸縮縫
5. 通風設備更換及新設(含電力系統)	· 通風設備更換及新設
6. 隧道陰極防蝕系統更新	· 外加電流之深井地床系統設立及安裝
7. 隧道牆面裝修工程	· 隧道牆面清洗後塗漆 · 安全門更新 · 逃生標誌彩繪
8. CMS系統工程	· 增設兩處CMS標示牌

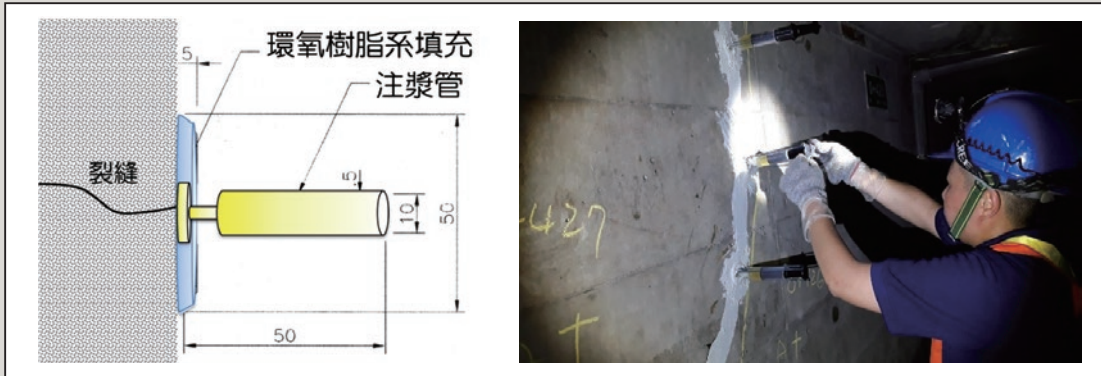


圖4 裂縫修補示意圖



圖5 側壁垂直施工縫修補示意圖

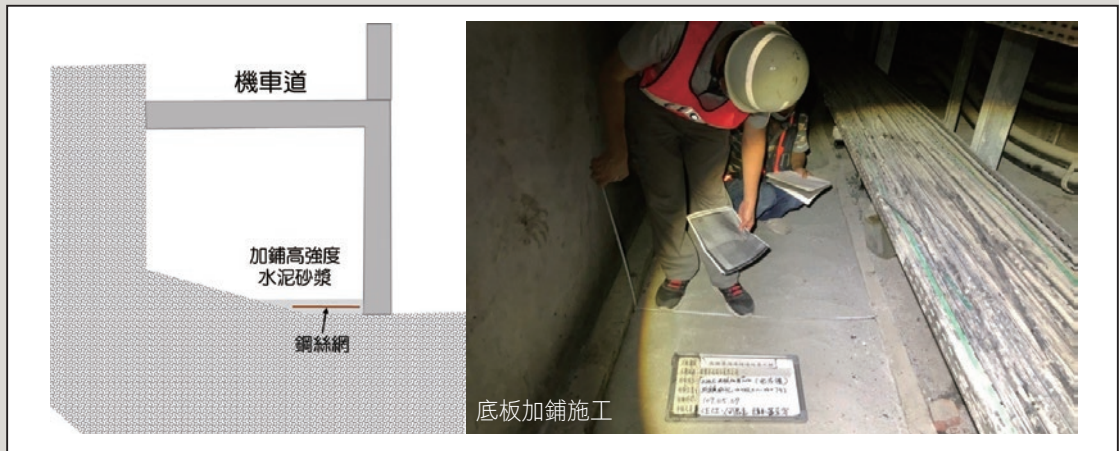


圖6 共同管道間底板加厚示意圖

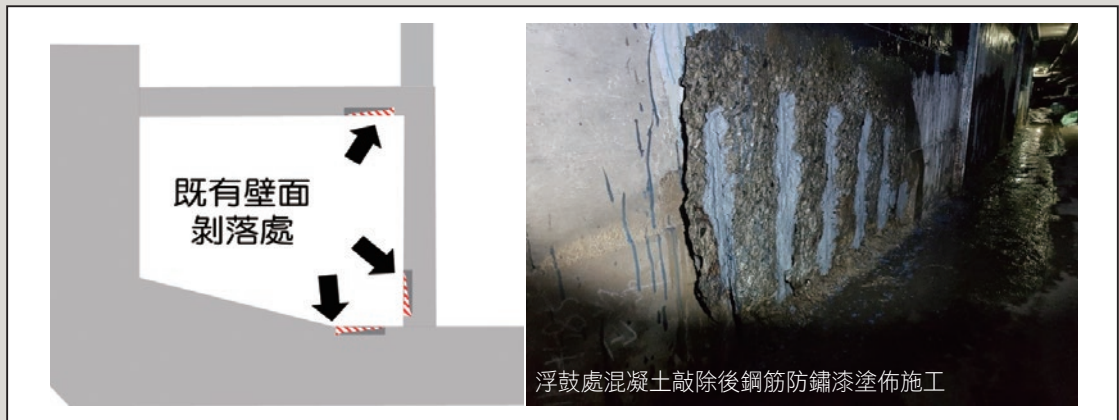


圖7 浮鼓、剝落或龜裂區域維護示意圖

(三) 共同管道間浮鼓、剝落或龜裂區域

浮鼓、剝落或龜裂區域多半伴隨混凝土保護層剝落，故採局部敲除表面混凝土層，鋼筋除銹作業後塗佈阻銹劑，再重新鋪設混凝土，隔絕水氣等有害物質滲入，施工示意圖如圖7所示。

(四) 引道箱涵段之共同管道間側牆加勁

經本期調查發現隧道內管道間裂縫，主要分佈區域為引道箱涵段，經評估可能為引道箱涵段長年行車震動導致機車道板較易產生裂隙，致水分易流入管道間內地板，因此可發現管道間內引道箱涵段之側牆底部，部

分區域有浮鼓及內部鋼筋銹蝕膨脹之現象，故機車道下方管道間內裂縫修補後，隨即進行引道箱涵段之管道間頂板及側牆結構老化改善，採用纖維貼片包覆後，輔以H型鋼架設補強，以延長共同管道上方機車道使用年限之目的，施工示意圖如圖8所示。

(五) 隧道內快車道伸縮縫更換為鋼製伸縮縫

快車道伸縮縫更換為公路橋梁常用之角鋼伸縮縫，考量日間車輛通行需求，規劃分階段於夜間施作更新，並於每日夜間施工完成後加蓋鋼板，以利車輛通行；新伸縮縫鋼齒以電焊接合。完成後縫內以壓縮填充物填縫。相關施工示意圖可詳圖9所示。



圖8 引道箱涵段管道間補強示意圖

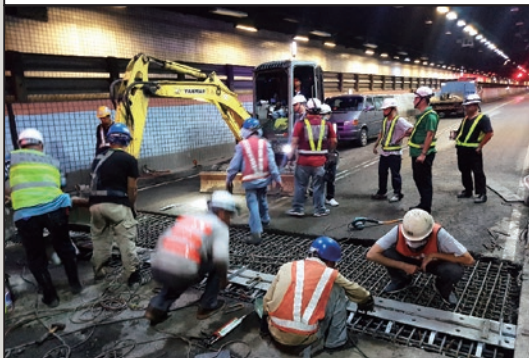
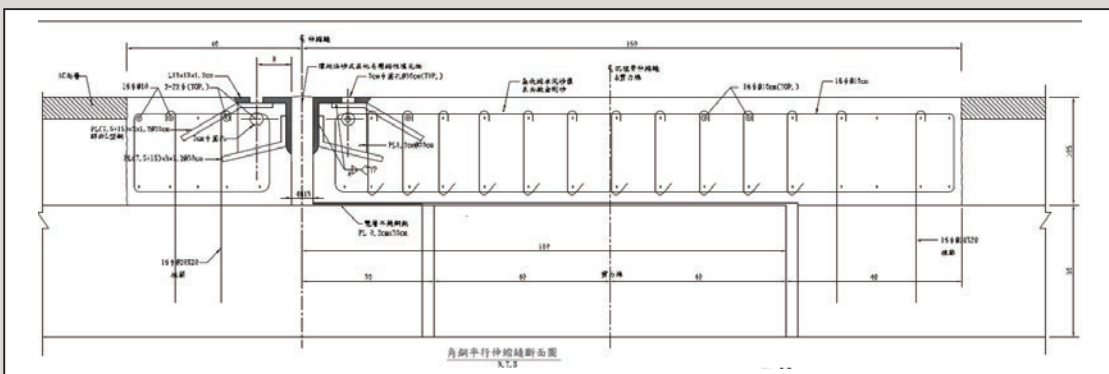


圖9 角鋼伸縮縫施工

二、防災機能提升

(一) 通風設備更新

高雄港過港隧道為明挖覆蓋式隧道，採

縱流通風方式，原隧道上方安裝直徑1000 ϕ 噴氣式通風機(JET FAN)共32台(分為4組，每組8台)，既設隧道通風系統配置如圖10所示。相關通風設備自73年完工使用至今已使用35年。參考通行隧道車輛統計資料，柴油車(大型貨車及聯結車)比例偏高，約佔16~23%，考量隧道通風設備老舊、效能低落、維修頻繁等因素，爰本次延壽工程納入通風系統更新，以提昇用路人安全及降低維修、運轉成本。

經評估既有高雄過港隧道內通風及排煙需求。採更換全線既設32台噴流式風機並增

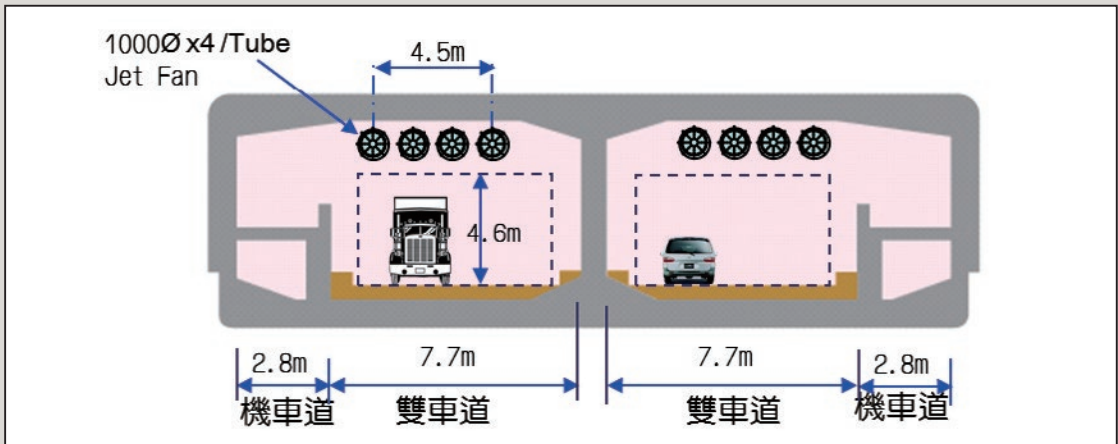


圖10 既設隧道通風配置方式(縱流式通風系統)

設12台噴流式風機及更新操控系統，新設風機耐溫等級提升到400°C/2小時如圖11所示，藉以改善整體隧道內空氣品質。

(二) 安全監測系統更新與建置

為掌握施工及營運期間隧道結構之變形與變位，於隧道內管道間安裝自動化安全檢測系統，以瞭解並紀錄隧道即時變化狀況，若有超過警戒值之異常狀況，可提供管理單位因應及行動之參考依據，相關儀器功能如表4所示，安裝位置及照片如圖12所示。

(三) 陰極防蝕系統更新

過港隧道沉埋管底部為鋼板包覆，經調查既有陽極地床已老化或失效，爰本工程由承包商委請陰極防蝕專家(NACE CP4)規劃設計，於過港隧道管理中心及中興變電站外側分別設置外加電流陰極防蝕系統，以保護現沉埋管底部鋼板，避免銹蝕影響隧道安全，陰極防蝕系統設置位置如圖13，施工現況如圖14所示。

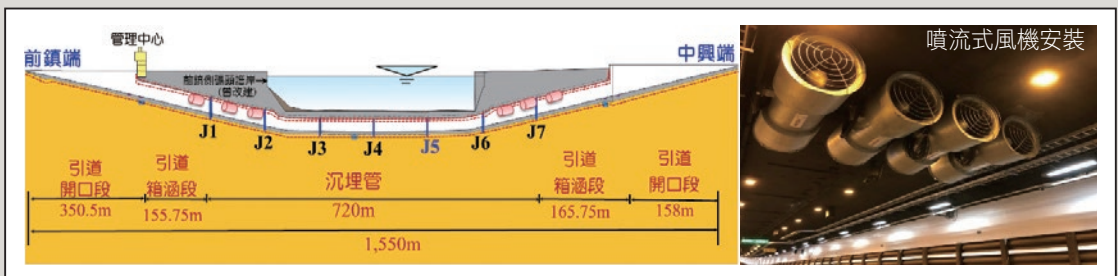


圖11 更換全線32台及新設12台噴流式風機示意

表4 安全監測系統設置說明

自動化記錄	電子式裂(接)縫觀測計：裝設於隧道或其他結構物上，垂直橫跨裂縫或接縫延伸方向，用以觀測及量測裂縫或接縫大小及變化量。
	電子式桿式沉陷儀：此項儀器係在量測兩固定點間之轉角變化，並藉以換算內空變化之情形。
	電子式傾斜儀：裝設於隧道結構物上，用以觀測水平變位，以了解結構體之側向變位。
	電子式水位計：裝設於柔性接頭處，觀測J1-J7(不含J5)之積水變化。

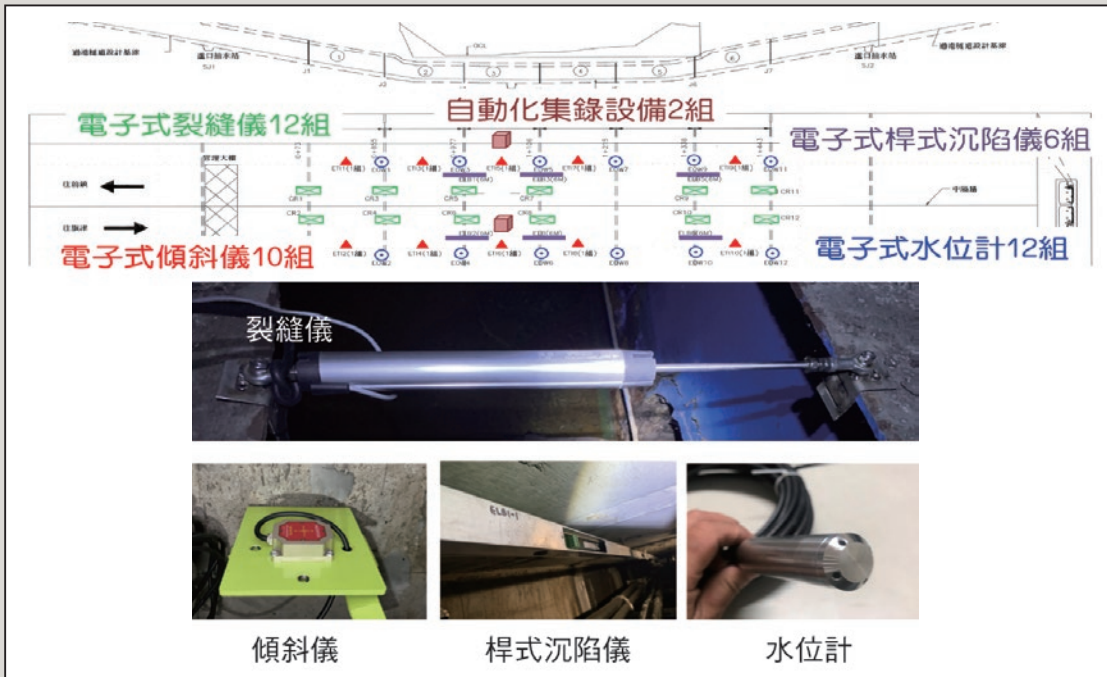


圖12 安全監測儀器佈設位置

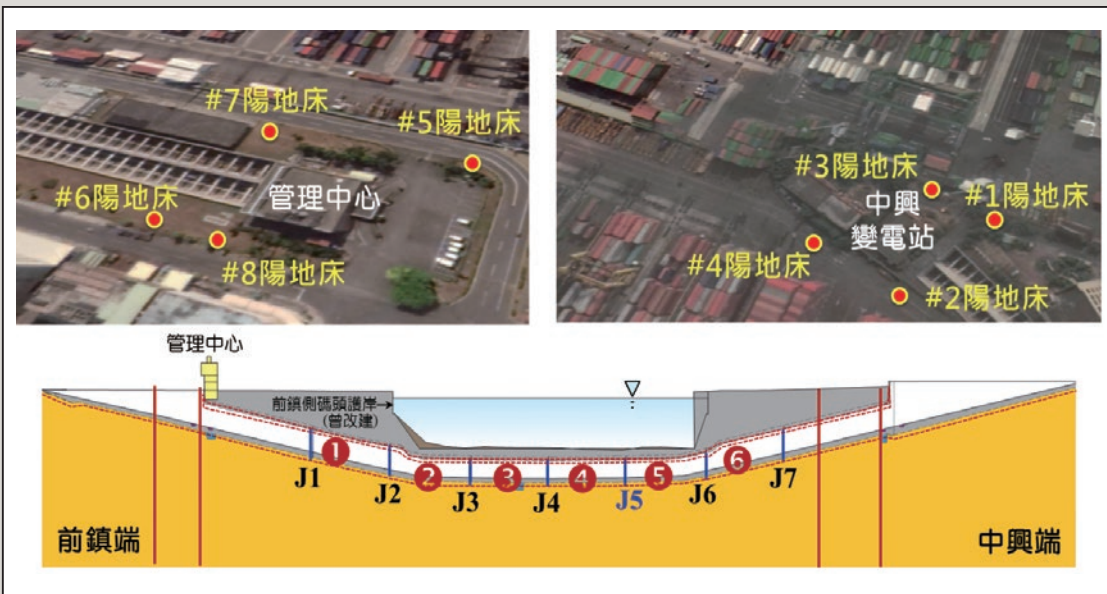


圖13 陰極防蝕系統設置位置



圖14 陰極防蝕系統建置

伍、施工期間交通維持方案

本延壽工程施工期間需封閉隧道，對交通造成若干衝擊，並影響當地居民生活，為降低民怨，以下就施工過程中交維手段與溝通策略說明如下：

一、施工前擬定交通維持計畫

- (一) 依據隧道管理中心目前制定交維改道模式，擬訂本工程交維改道計畫，避免因大幅調整交維配置而改變用路人習性。
- (二) 隧道前方除一般施工標誌、速限標誌之外，再加強設置「過港隧道施工、車輛減速慢行」及「車道封閉施工、請依指示改道」之告示標誌，提醒用路人注意；另執行後滾動檢討並依實際需求，於重要路口機動增設「夜間施工請依指

示改道」及「路面施工、減速慢行」警示牌面如圖15所示，加強提醒用路人注意。

二、與當地居民雙向溝通

- (一) 施工期間難免造成用路人不便，施工前召開里民說明會進行雙向溝通與說明如圖16所示，將施工地點、期程、交通影響地區等資訊充分傳達給用路人，使道路使用者有所遵循，以降低交通事件。
- (二) 施工封閉車道方式，製作相關平面文宣，並交由里長辦公室發放轉知當地民眾，另一方面通知航商及相關運輸業者，使用路人有所遵循。
- (三) 每日將交維改道施工訊息，交由警廣交通電臺隨時廣播，提醒用路人注意。



圖15 重要路口機動增設警示牌面



圖16 召開說明會與當地居民、里長、區長溝通說明

三、強化交維改道方案及警示措施

(一) 封閉快車道之管制方式(封閉南孔為例)

需於快車道上方施工時，需封閉單孔2線快車道，而機車維持使用原車道，同時管制另一孔隧道為雙向通行，隧道內車道配置如圖17所示，隧道外佈設交維設施及加派指揮人員導引車輛行駛，交通維持平面佈設如圖18及19所示：

(二) 封閉機車道之管制方式(封閉南孔為例)

於機車道上方施工時，需封閉機車道及1線快車道，機車將臨時改道使用快車道，同時管制另一孔隧道為汽車雙向通行，隧道內車道配置示意如圖20所示，隧道外佈設交維設施及加派指揮人員導引車輛行駛，交通維



圖17 封閉單孔快車道之車道配置圖



圖18 封閉南孔快車道交維配置(前鎮端)



圖19 封閉南孔快車道交維配置(中興端)

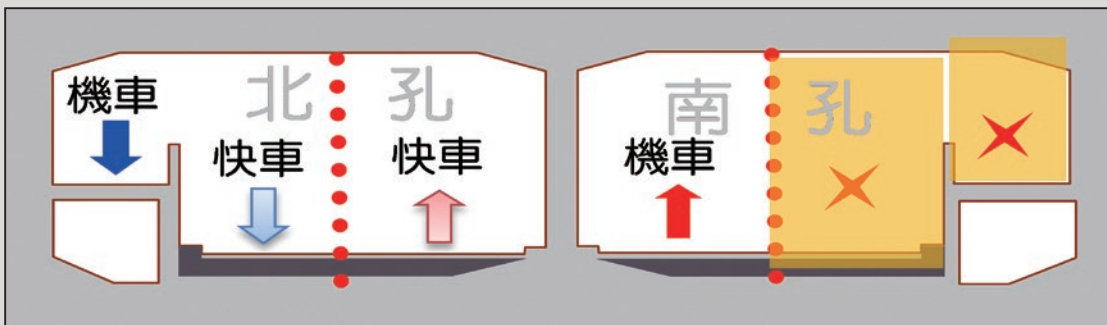


圖20 封閉快車道1車道及機車道之車道配置

持平面佈設如圖21及22所示：

(三) 交通維持強化方案

1. 本工程施工及交維改道於平日夜間20:00~隔日清晨6:00間辦理，白天則全線恢復通行，例假日不辦理交維改道施工。
2. 每日交維改道時，隧道兩端保全人員管

制車輛暫停通行如圖23所示，承包商於管制時間內佈設完成所有交維設施，恢復車輛通行。

3. 交維設施採設置活動式可變式資訊標誌(CMS)、LED警示箭頭標誌、爆閃燈、閃光警示燈等設施，於隧道封閉車道之漸變段前方，設置交通錐導引車輛改道，並加派義交、旗手協勤指揮交通如圖24。



圖21 封閉南孔機車道交維配置(前鎮端)



圖22 封閉南孔機車道交維配置(中興端)



圖23 交維改道時保全人員管制隧道兩端



圖24 交維期間派指揮人員引導車輛



圖25 每日監造單位檢查交維設施

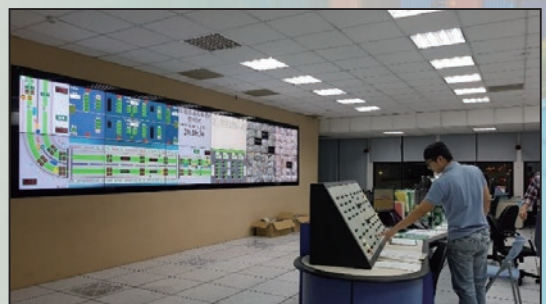


圖26 隧道管理中心24小時專人監控

4. 監造單位每日檢查交通維持設施如圖25，確保設施佈設完善，隧道管理中心24小時專人監控如圖26，若有突發事故立即派員處理，以維護用路人行車安全。

結論

營運中隧道內施工，需考量維持既有車道通行功能，於有限時間內採夜間全時施工，預算經費、作業空間、工序思考角度及工作困難度大不同於一般新建工程，高雄港過港隧道經檢視隧道材料老劣化及結構耐震強度，隧道結構強度符合現行規範，本次延壽工程係針對非主結構辦理防滲漏、防腐蝕工作，修復非主結構部分(管道間)之裂縫及滲水狀況，以避免擴及主結構之安全性，讓隧道使用至民國138年，相當於隧道延壽15年，惟隧道管理單位定期檢視隧道結構之材料老劣化程度，以確保材料之使用年限。

未來每5年管理單位需定期檢視隧道材料老劣化及結構耐震強度，並做滾動式檢討，若使用維護狀況良好，仍可以材料維修、維護方式延壽，如材料老劣化程度已嚴重影響結構耐震強度，則需採結構補強等其他方式處理，本次相關施工經驗及交維手法，可提供作為後續類似整修、維護工程之參考。

參考文獻

1. 臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司，108年，「高雄港過港隧道延壽工程」設計報告書。
2. 臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司，106年，「高雄港過港隧道延壽工程」設計前結構安全評估報告書。
3. 臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司，106年，「高雄港過港隧道延壽工程」結構檢測報告書。
4. 高雄港務局，68年「高雄港過港隧道規劃及設計之研究總報告書」



全台首座旋轉橋 「大港橋」—開創 港區新風貌

關鍵詞(Key Words)：高雄港 (Kaohsiung Port)、大港橋 (Dagang Bridge)、景觀橋 (Landscape Bridge)、
人行橋 (Pedestrian Bridge)、旋轉橋 (Revolving Bridge)

臺灣港務股份有限公司／助理副總經理／王錦榮 (Wang, Chin-Jung) ❶

臺灣港務股份有限公司／高雄分公司／副總工程司／鄭智文 (Cheng, Chih-Wen) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／資深協理／彭國源 (Peng, Kou-Yuan) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／副理／蔡同宏 (Tsai, Tung-Hung) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／工務所主任／陳文期 (Chen, Wen-Chi) ❺

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／正工程師／陳福守 (Chen, Fu-Show) ❻

摘要

為「高雄港舊港區再開發整體規劃」，打造蓬萊商港區、第三船渠、愛河灣等區域作為遊艇碼頭、及旅遊觀光之推動基地，打造亮點設施，提供民眾更優質的休憩空間，促進地方繁榮，包括規劃在愛河灣開發「愛河灣遊艇碼頭專區」，並於第三船渠興建一座具水平旋轉活動橋，活化第三船渠兩岸之既有倉庫群應用，可快速將駁二特區之人潮引導至蓬萊商港區，且又可提供蓬萊商港區對接輕軌大義站提升觀光及旅運便捷交通，亦可維持第三船渠內航道通行，大港橋配合新穎且具在地意象之橋梁外型，將高雄港舊港區打造為遊憩觀光新亮點，創造港市共榮願景。



Taiwan's first revolving bridge "Dagang Bridge"-Creating a new look in the port area

Abstract

For the "Overall Planning for the Redevelopment of the Old Port of Kaohsiung Port", the Peng-Lai business Port District, the Third Ship Canal, and the Love River Bay will be built as a yacht port and tourism promotion base, to create highlight facilities and provide the public with better quality resting space. Promoting local prosperity, including planning to develop the "Love River Bay Yacht Wharf Zone" in the Love River Bay, and constructing a horizontally revolving bridge in the third canal to activate the existing warehouse clusters on both sides of the third canal, which quickly connect The Pier-2 Art Center and the Peng-Lai business port area, and the Peng-Lai business port area also can be connected to the LRT Dayi Pier-2 Station station, to improve convenient transportation for sightseeing and travel. It can also maintain the passage of the third ship channel. Dagang Bridge has novel shape with a local image which let the old area of Kaohsiung Port become a new highlight for recreation and tourism, and create a vision for the prosperity of the port and city.

3

專題報導

壹、前言

高雄港舊有港區緊鄰市區，隨著國人生活水準提高，對於臨水岸之休憩需求日殷，故於100年依行政院「高雄海空經貿城整體發展綱要計畫」，完成「高雄港舊港區再開發整體規劃」，規劃舊港區#1~#21號碼頭未來發展願景。

本計畫係為配合「高雄港舊港區再開發整體規劃」，規劃舊港區#1~#21號碼頭未來發展願景，打造蓬萊商港區、第三船渠、愛河灣等區域作為遊艇碼頭、客運發展及旅運觀光之推動基地，期以打造亮點設施，提供民眾休憩空間，促進地方繁榮。包括規劃在愛河灣開發「愛河灣遊艇碼頭專區」，並於第三船渠興建一座具水平旋轉活動橋，以供銜接第三船渠兩岸之人行及自行車道動線，縮短大港橋兩岸遊客通行時間，提供蓬萊商港區對接輕軌大義站提升觀光及旅運便捷交通，亦可維持第三船渠內航道通行，配合新穎且具在地意象之橋梁外

型，將高雄港舊港區打造為遊憩觀光新亮點，結合興建中之高雄港埠旅運中心、世貿會展中心、海洋文化及流行音樂中心、既有駁二藝術特區與高雄輕軌運輸，並配合愛河灣遊艇碼頭開發招商，營造高雄地區海陸兩棲休憩觀光重要景點，再創造高雄港、市輝煌。

貳、全台首座水平旋轉橋-大港橋

大港橋全長110公尺，提供人行及自行車通行且具景觀特色之水平旋轉橋，旋轉段鋼橋長97.5公尺(55+42.5公尺)，塔柱高50公尺為6條主鋼索及4條抗風鋼索之不對稱斜張鋼橋，再加鋼筋混凝土橋12.5公尺，橋長共110公尺，高雄港第三船渠淨寬約80~110公尺，大港橋水平旋轉開啟90度後，通行側之航道淨寬維持40公尺以上，大港橋旋轉90度之開啟及閉合各為3分鐘/每次。



圖1 大港橋

大港橋為單軸旋轉橋，中間落墩於海床上，基礎以6支長70公尺全套管基樁施工，本座基礎可承受2,000噸以上之垂直力，橋墩與鋼橋間以鋼製旋轉軸承銜接，鋼製旋轉軸承為承載能力可達1,800噸以上之三排獨立滾筒大型軸承，耐用保固年限10,000小時以上。

大港橋為景觀橋與臨近之海洋音樂中心、愛河灣之景觀相互呼應，上方有台灣首創遊艇級工藝水準之FRP頂棚外殼，外觀有如帆船、貝殼…等各種不同的意象，頂棚長度84公尺、寬1~7公尺，左右各一片，屬薄殼結構，在頂棚下方環繞中央塔柱設有二樓觀景平台，可供民眾駐足欣賞高雄港的美景。(如圖1)

參、大港橋結構設計

大港橋橋梁上部結構型式之選擇考量係包含經濟性、施工技術、施工便捷性及工期等因素。結構設計於旋轉段採用不對稱斜張鋼橋，

再配置鋼筋混凝土棧橋式引橋如圖2所示，區分為二個單元；其中第一單元為鋼筋混凝土棧橋式引橋，第二單元為不對稱斜張鋼橋。橋梁之結構型式、跨徑配置與施工方法等分述如下：

一、第一單元：引橋 (詳：圖2)

引橋跨度12.5公尺連接旋轉橋與堤岸，橋面寬度由13公尺變化至5公尺之棧橋式鋼筋混凝土橋，梁深100公分，橋面板厚度30公分。引橋與P1橋墩採固結型式，可增加雙向勁度，並提供給旋轉橋作為垂直及水平支承。引橋之跨徑甚小，故採場鑄工法施工，可符合施工技術單純、工期合宜而降低工程造價之考量。

下部結構橋墩採圓形鋼管樁直延伸至上部結構中，A1、P1各配置兩支直徑1.5公尺、長35公尺之鋼管樁，第一單元前端銜接橋台，跨徑配置為12.5公尺。

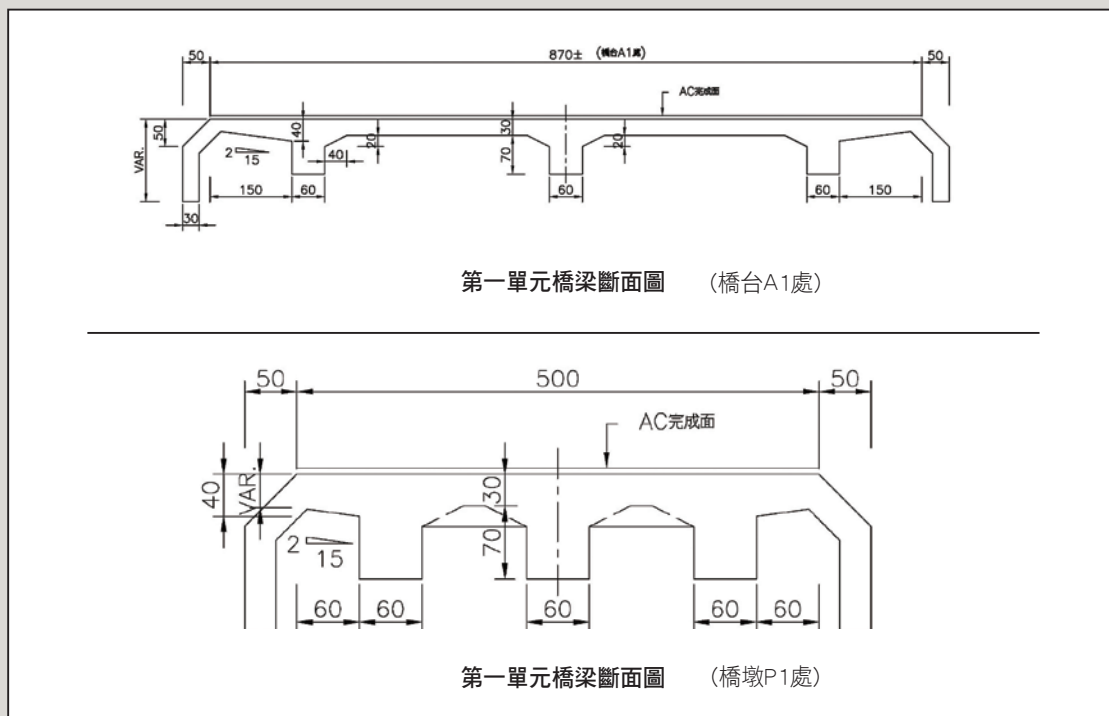


圖2 第一單元斷面圖 (單位：公分)

二、第二單元：斜張鋼橋 (旋轉段／詳圖3)

(一) 型式

本單元斜張橋為一單塔不對稱跨徑型式，斜張鋼索均配置於橋面中央，主鋼索6組、抗風鋼索4組。上部結構為鋼箱型梁與鋼床板構造，適當間隔配置之橫隔梁及U型肋條加勁之橋面鋼床板，箱梁深為1.5~1.8公尺。橋塔採多根圓形結構碳鋼管組合，桅桿造型兼顧景觀、結構功能、施工性與經濟的需求。

(二) 跨徑配置

本單元跨徑為55公尺+42.5公尺，實際之旋轉橋體長達97.5公尺，轉盤中央軸承至開啟鼻端55公尺及轉盤軸承至另側尾端42.5公尺。

(三) 橋塔

本單元斜張橋為一單塔非對稱跨徑型式，斜張鋼索均配置於橋面中央。橋塔為類似桅桿構造之鋼管結構，其橋塔基礎與鋼箱主梁連結固定，塔高50公尺。

(四) 斜張鋼索及錨碇系統

斜張鋼索係採預力鋼絞線，考量濱海防蝕需求，其保護處理係採包含鋼絞線鍍鋅、HDPE三層密封外套管等多項防蝕保護，並於工廠一體成型生產，以達到最佳品質，且錨頭外露於橋面上易檢查及維護。

(五) 橋墩及基礎

依據經濟部中央地質調查所五萬分之一地質圖，本區以更新世至全新世的地層為主，再由工址地質鑽探資料顯示，地層分布淺層以粉土質砂為主，間夾側向分布不連續之粘土層，深層以粘土及無塑性粉土為主，於底床下約-73公尺處則有泥岩砂質層分布。基此，配合承載需求，橋塔P2橋墩採6支1.5公尺直徑全套管基樁長度70公尺(深度為海床下74公尺)，打設進入承載層，為台灣施作海上全套基樁最長之紀錄，如圖4所示。

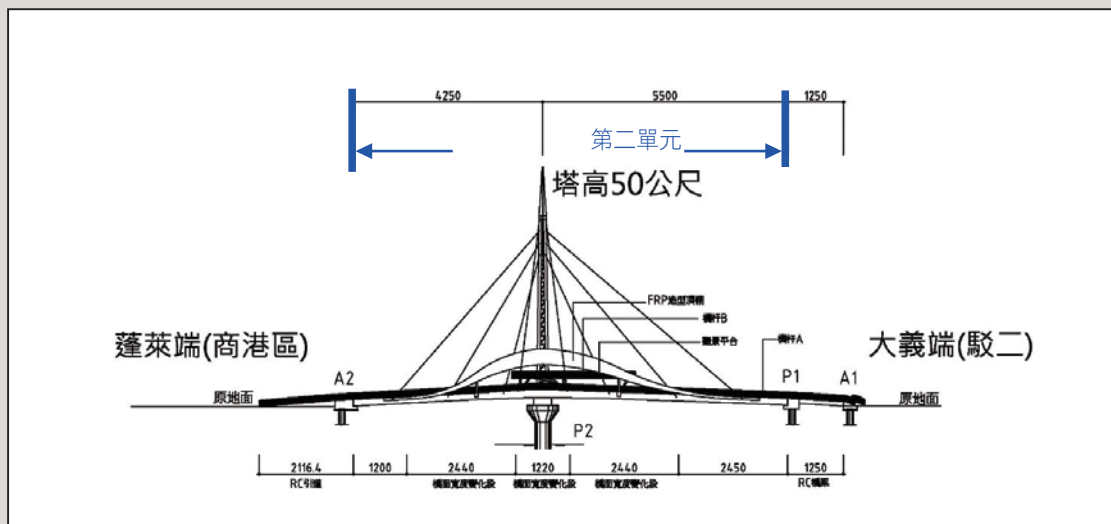


圖3 第二單元立面圖 (單位：公分)

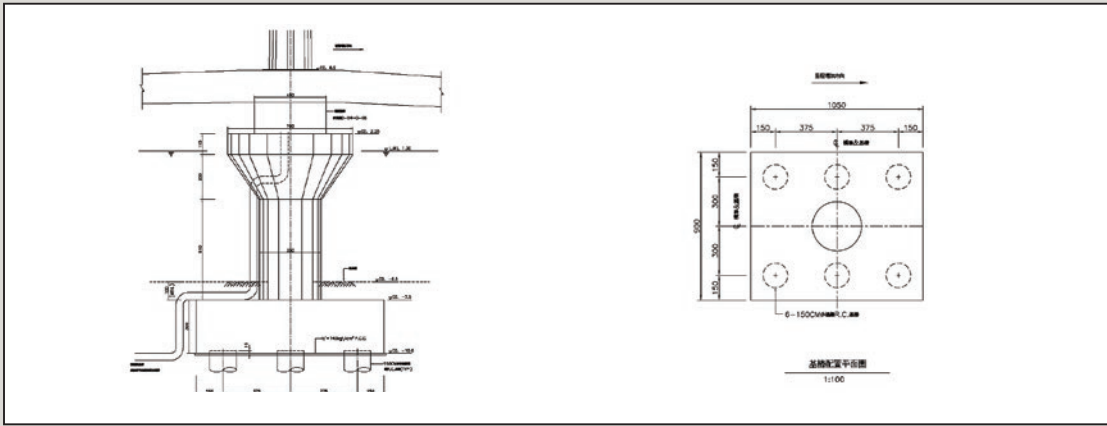


圖4 大港橋P2橋墩立面圖、基樁平面配置圖

三、橋梁下部結構包含橋墩、橋台及基礎等，結構型式分述如下：

(一) 基礎

P2橋墩為單柱式橋墩，基礎長10.5公尺、寬9公尺，採用6支直徑1.5公尺長70公尺場鑄樁，A2橋台長5公尺、寬5公尺，採用2支直徑1.5公尺長35公尺場鑄樁。

(二) 橋墩

旋轉鋼橋主要橋墩P2，橋墩上方須設置旋轉鋼橋轉軸鋼支承及活動機構各項設備，且為鋼橋主要支承，橋墩柱採直徑3.5公尺圓形之單柱墩柱，由於橋寬甚大，設計係採擴頭式直徑3.5~9公尺帽梁墩體以應支承及維護之需。且為利於抵抗地震力、減少支承設備，引橋段墩柱採與上部結構固接方式。P2旋轉橋墩之高度從基礎底至帽梁頂高為9.75公尺。

(三) 橋台

大港橋旋轉鋼橋梁兩端一端銜接P1橋墩、一端銜接A2橋台及引道，橋台構造均配合原碼頭結構，而採混凝土懸臂式橋台。

肆、大港橋全海上施工-環境永續發展

工址鄰近輕軌大義站區、駁二藝術特區及蓬萊商港區之老舊倉庫建物群，考量施工車輛機具出入頻繁易影響旅客動線，及為了減少對周遭環境影響及旅客安全，故有別於以往橋樑使用陸上構台及陸上運輸等施工方式，本工程施工全改採海上船機作業，施工規劃改以海上船機(升降平台船)搭運大型機具作業，取代傳統陸上便橋構台，減少車輛進出老舊倉庫群及輕軌大義站，維護旅客安全，既有倉庫設施不受破壞，工址周遭環境亦受到保護不被破壞，且不阻礙既有船舶通行，亦不影響港區營運。(圖5~7)

一、大港橋全套管基樁施工-綠色施工(棄土、廢水全收集)

本工址位於高雄港第三船渠，橋台A2、橋墩P2採用直徑1.5公尺全套管基樁，基樁長度A2橋台為35m、P2橋墩為70m，另A1橋台及P1橋墩因鄰輕軌大義站區及老舊倉庫建物，施工車輛機具出入頻繁易影響旅客動線，且影響工進及工區安全，採用直徑1.5公尺-長度35m之鋼管樁於海上(船渠中)船機打設施工，施工位置、數量及尺寸詳如表1~2。



圖5 大港橋

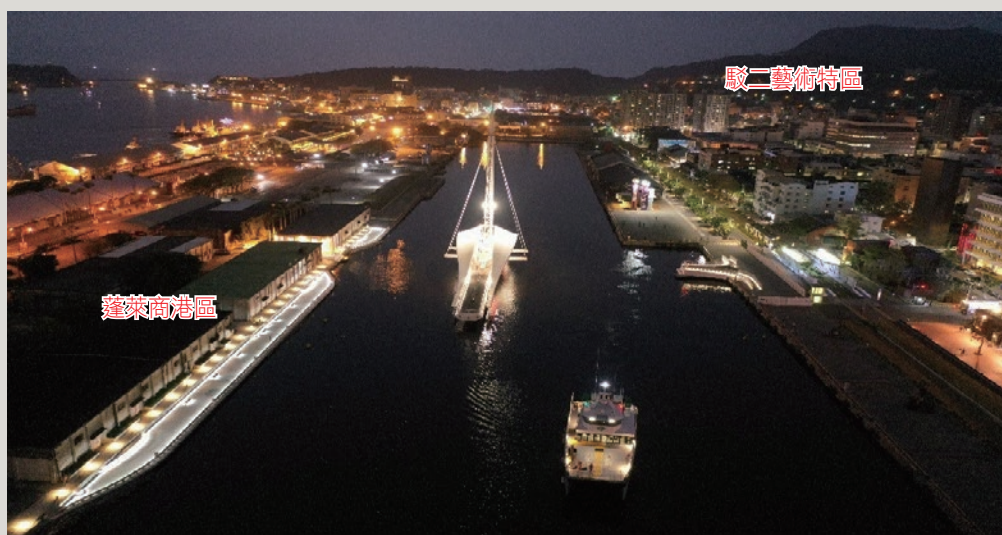


圖6 大港橋夜景 (宏華營造提供)

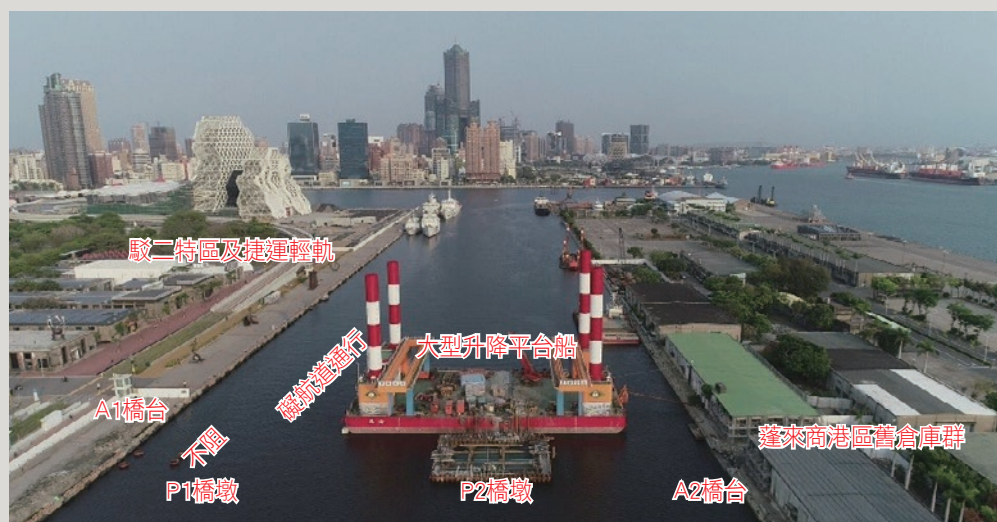


圖7 大港橋海上施工示意照片

表1 橋台及橋墩基樁尺寸及

位置	長度(樁長) (m)	數量 (支)	樁長總長度 (m)	工法
A1	35	2	70	鋼管樁
P1	35	2	70	鋼管樁
P2	70	6	420	全套管基樁
A2	35	2	70	全套管基樁

表2 橋台及橋墩基礎尺寸

位置	長度(m)	寬(m)	高(m)	備註
A1	3.0	9.0	0.8	橋台
P1	3.0	6.0	0.8	
P2	10.5	9.0	3.0	
A2	5.0	6.0	0.8	橋台

橋台A2、橋墩P2位於高雄港第三船渠中，全套管施工使用大型升降平台船配合全套管施工機具進行施工，在大型升降平台船旁再搭配一台受泥船，全套管基樁鑽掘施工時所抓取出之土石及廢水置放於受泥船中，收置完成之土石及廢水再拖行至洲際碼頭土方收置區收置及處理，施工船機周遭佈置了攬油索，防止船機油污污染，並定期監控第三船渠水質，完全保護第三船渠的環境及原有景觀，以達到施工及環境共榮。(圖8)

二、大港橋P2橋墩基礎擋土圍堰型式及施工

本工程橋梁基礎計畫於高雄港第三船渠之兩岸及船渠中施築，考量本工程高水位之施工環境，開挖施工期間須輔以開挖面內部抽排水，將水位面降至預計深度(基礎底板之設計高程)以下，方能有利後續基礎工程之施工。本工程採用鋼板樁圍堰(鋼板樁間灌置低強度混凝土)



圖8 基樁施工受泥船配合收置棄土、廢水照片



圖9 圍堰完成架設照片

搭配型鋼內支撐擋土工法及適當之抽排水措施進行開挖擋土作業，其可縮小施工空間及縮減開挖量體，進而減低對周遭環境之衝擊，開挖出之土石及廢水置放於受泥船中，收置完成之土石及廢水再拖行至洲際碼頭土方收置區收置及處理，完全沒有擾動及破壞周遭環境。橋梁基礎工程現場施作時，圍堰四周應佈設適當之安全監測系統，以確保橋梁基礎施工之安全。(圖9)

三、下構基礎及橋墩施工

(一) 基礎

A1基礎由直徑1.5M鋼管樁向上延伸至橋台內，A2基礎由直徑1.5M場鑄樁向上延伸至橋台內。P2基礎長10.5公尺、寬9公尺，採現地場鑄基礎，鋼筋組立後以自充填混凝土澆灌，無需震動，不會擾動周遭地質變化及侵犯四周生態，與環境、生態共榮。

(二) 橋墩

引橋段P1橋墩係採棧橋式橋柱、由直徑1.5M鋼管樁向延伸至棧橋內與上部結構固接方式接合。放置旋轉設備之P2橋墩則為直徑3.5M圓形之單柱墩柱，由鋼模組立一次澆置，由於橋寬甚大，設計係採直徑3.5~9M圓形擴頭式帽梁墩體，帽梁上方有直徑9M圓之空間，P2旋轉橋墩之高度從基礎底至帽梁頂高為12.75M，於上方承坐旋轉體相關設備及日後維護空間，為確保旋轉軸承之運轉可靠度及耐用年限，P2帽梁上方之相關軸承預埋件施工精度控制要求高，墩體(帽梁)上設置之旋轉橋體轉軸支承座，其支承座安裝時機械平整精度需控制於5條(1mm=100條)以內，以確保軸承安裝之平整度。(圖10-12、表3)

大港橋使用之軸承為直徑4.782公尺內齒型三排獨立滾筒軸承，容許工作負荷大於1800公噸垂直力及1800噸米彎矩，使用年限10,000小時以上。

軸承安裝以上基座與鋼橋墩接合，及下基座以96支36φ螺栓與橋墩接合，為確保大港橋耐用年限，橋墩上與軸承基座接合之承座板安裝，以機械安裝水平精度要求安裝於橋墩上，水平精度須在5條內(1mm=100條)，施工前邀集機械安裝專業人員共同研議施工精度管控原則及方法，責成承商以四角點水平調整法進行調整，並依四角點水平調整法進行檢測，為求更精準再輔45°角二次精調及檢測確保各方位平整度，在如此高精密度的要求之下創下軸承吊裝作業30分鐘內即順利完成紀錄。(圖13)



圖10 軸承基座施工照片

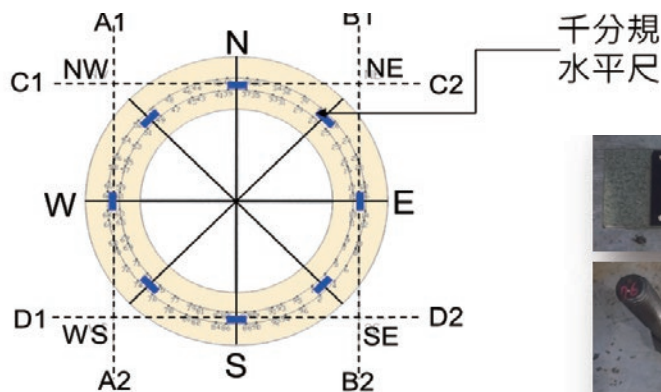


圖11 千分規水平尺控制軸承承座安裝精度

表3 千分規水平尺控制軸承座安裝精度紀錄表

高精度水平儀(1刻度 = 0.02 mm =2條 1mm=100 條)		
編號(方向)	偏差值	安裝後精度
A1-A2	0	
B1-B2	B2 +1.0	2條
C1-C2	C1 +0.9	1.8條
D1-D2	D1 +0.6	1.2條
S-W	W +1.0	2條
S-E	E +1.0	2條
N-E	E +1.0	2條
N-W	W +0.8	1.6條



圖12 P2橋墩帽梁澆置完成照片



圖13 軸承安裝(一)

(三) 橋台

大港橋橋梁兩端一端銜接橋墩(A1)、一端銜接橋台引道(A2)，橋台構造均配合原碼頭結構，而採混凝土懸臂式橋台，與原碼頭護岸融合在一起，景觀意象共榮風華再現。(圖14)

四、上構斜張旋轉橋(鋼結構)全海上吊裝

本橋位於高雄港第三船渠中，第三船渠空間有限及週遭皆為老舊倉庫群及輕軌運行影響，施工空間及動線受限，大港橋鋼橋約700噸(含塔柱)，原設計規劃主橋結構為鋼箱型梁與鋼床板構造8大節塊加塔柱5節塊(含塔尖)，廠商以自有萬噸級升降平台船搭配自有650噸大型吊車，吊裝能量比一般陸上工法為大，且鋼構節塊以海上船舶運輸，不受陸上運輸道路寬度及運輸車輛大小限制，可將橋體主體結構放大，由原8節塊改以3節塊施工，增加於工廠製作精度控制，減少工地組裝次數及工地焊接的數量，可有效提升施工效率及提升施工品質，主體結構切分為3大節塊(A節塊48公尺+B節塊13.5公尺+C節塊36公尺)，每一節塊重約200噸、塔柱切分鋼管塔柱一節塊及塔尖一節塊共二節塊約100噸，全部共分5節塊。(圖15)



圖14 橋台施工

因第三船渠空間受限，鋼橋吊裝前須將靠近蓬來商港區之C節塊吊放置以於臨時構台上，置放過程中須先將鋼橋節塊從運輸平台船中吊起後，再由升降平台船移泊至臨時構台旁將鋼橋節塊置放於臨時構台上。

鋼橋吊裝順序為節塊B→節塊C→節塊A→塔柱(鋼管段)→塔尖→拉索(主橋6條、抗風索4條)，先將中間B節塊與橋墩上軸承連接，以216支1 1/8" 螺栓連結鋼結構與軸承上基座，接續依上述吊裝順序吊裝固定，鋼橋採外部全口焊接，內部以螺栓連接固定，塔柱以8支M80 L=3200mm 錨定螺栓固定於鋼橋結構上，塔柱吊裝前已先將10條拉索固定於塔柱上，塔柱吊裝完成後主橋6支拉索再一一解開安裝鎖固定於鋼橋上。(表4)

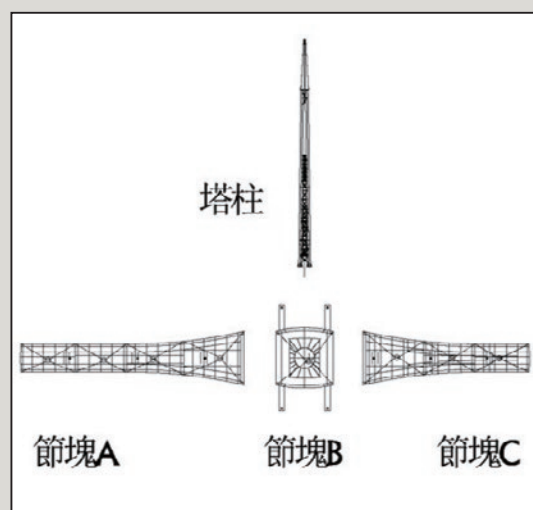




圖15 節塊平面圖

五、國內最大FRP頂棚吊裝施工

大港橋頂棚為FRP薄殼構造，左右各一片固定鋼橋兩側，中間於塔柱附近再連結，形成一個拱形結構，如遊艇、帆船、貝殼…等造形意象，FRP頂棚為長度84公尺、寬1~7公尺之薄殼構造，經評估吊裝過程中考量會有大變形量產生，FRP材料恐無法承受大變形，會有受損破壞的風險，經與機關、設計、監造及承商共

表4 鋼橋節塊吊裝順序表

吊裝順序	
1. 置放節塊C	
2. 吊節塊B	
3. 吊節塊C	
4. 吊節塊A	
5. 塔柱 (鋼管段)	
6. 塔尖	

同研議，將結構單側切分2截施工，避免吊裝變形受損，並確保作業安全，可增加結構勁度減少變形量，且FRP製造之協力商可克服銜接段之修補可保有原設計外觀之完整性。FRP頂棚吊裝順序，首先由靠近蓬萊商港區側之左、右側頂棚，先於地面上組裝連結後再進行吊裝固定，第二再吊裝靠大義端內海側之頂棚，第三吊裝靠大義端外海側之頂棚，頂棚間以螺栓索固定連結，與鋼橋以全周銲接固定於鋼橋，頂棚吊裝完成後再將中間4條抗風鋼索安裝固定。(圖16~17)

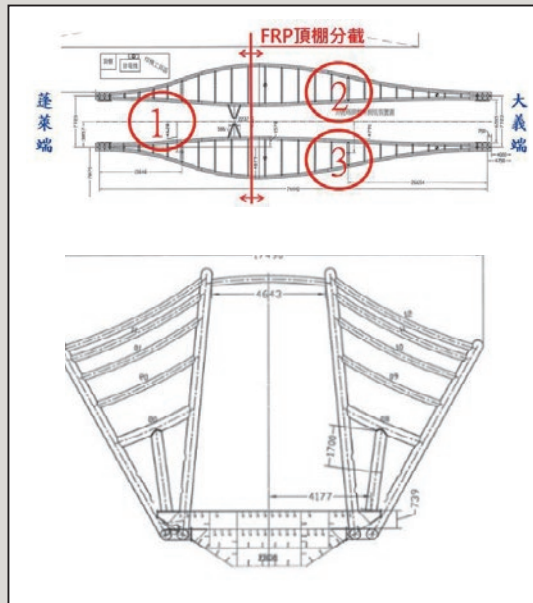
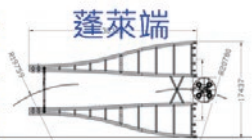


圖16 大港橋FRP頂棚平、立面圖

六、吊索系統施工

本單元斜張橋為一單塔非對稱跨徑型式，斜張鋼纜均配置於橋面中央。為配合斜張鋼纜之設置及其結構應力傳遞機制，於鋼纜錨碇處均設置一橫隔梁與錨碇塊。橋塔為類似桅桿構造之鋼管結構，其基礎與主梁連結固定。斜張鋼纜係採目前最流行、最普遍之預力鋼絞線鋼纜，考量濱海防蝕需求，保護處理採包含鋼絞線鍍鋅、絞線塗抹柔性漿材及三層HDPE外套管等多項防蝕保護，再與錨頭壓接成一體成型，

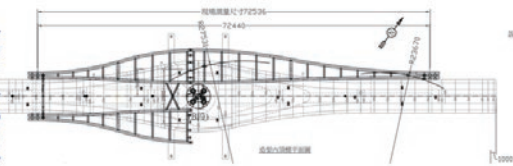
第一階段



大義端



第二階段



第三階段

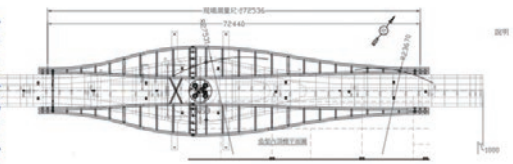


圖 17 FRP頂棚吊裝順序

將所有孔隙完全密封，全部作業皆於工廠製造生產，品質可以得較優的控制，採就地整組安裝方式施工，本橋所有錨頭構件皆為外露，方便檢視、檢測及維護，斜張鋼索以平台船運送至施工工址再由升降平台船上的吊車將各鋼索逐一安裝於橋塔及橋面上，俟斜張鋼索全部吊裝完成後再分次逐一施加索力到各鋼索，達到設計值後再觀察鋼橋之變化及變位，待24小時後再觀察，符合規定的範圍即拆除梁體臨時支撐架。

(一) 吊索鋼纜安裝

本標吊索鋼纜安裝大致分為橋塔吊裝前及吊裝完成後兩個階段。

1. 第一階段：橋塔吊裝前平放於地面上

先行安裝C1~C10吊索的連接板及

插銷，再將吊索鋼纜佈放於地面，使用起重機將其拖曳至連接橋塔端板固定，由塔頂依序而下，後將吊索用鐵線依序固定至鋼橋塔。

2. 第二階段：鋼橋塔吊裝完成後

鋼橋吊裝完成後先行安裝橋式調節器，使用吊車依序將吊索鋼纜固定鐵線拆除，使用牽引裝置將吊索牽引至定位，與橋式調節器連接固定。

(二) 施拉預力

本標施拉預力分為組裝主梁橋塔完成後及橋面附屬設施(配重混凝土、欄杆、觀景平台及AC面層等)完成後兩個階段。其各階段靜載重作用下計算所得值，如表5所示：

表5 吊索各階段張力表

吊索標號	STEP1吊索張力 (ton-f)	STEP2吊索張力 (ton-f)
C1	73.3	146.2
C2	43.7	91.4
C3	0.4	30.1
C4	19.5	41.3
C5	47.1	97.3
C6	62.9	174.4
C7,C9	1.3	47.6
C8,C10	19.4	24.8

施工採對稱張拉吊索預力，吊索施拉預力順序：C3 + C4 → C2 + C5 → C1 + C6 → C7 → C9 → C8 → C10，如圖18所示。

- d. 校正千斤頂
- e. 修正鋼絞線性質 (EA值)

由於第a、b項之影響斜張鋼纜因施拉順序之不同須施加的預力亦不相同，施加的預力大致成遞減之狀態，第a項因結構變形所造成預力損失之影響，亦須再重新檢核之前吊索預力，直到預力質變異量載2.5%之內為止。(圖19)

(三) 調整預力

斜張鋼纜施作完成後，可依後續施工順序及載重情形調整斜張鋼纜預力錨固橋式調

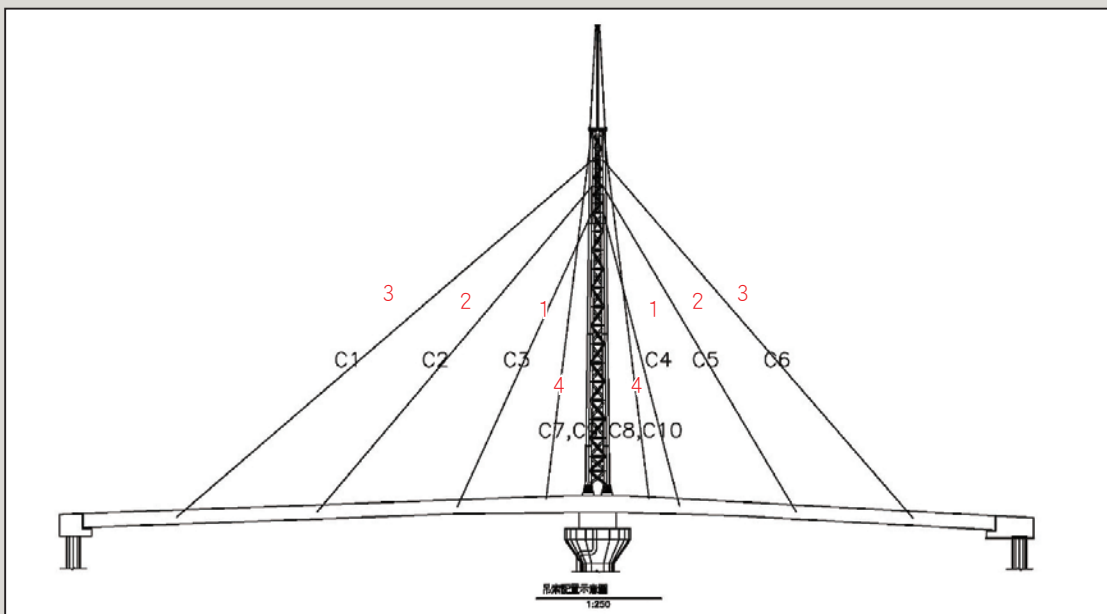


圖18 吊索安裝及索力施拉順序圖

當吊索前後兩端分別鎖固於橋塔連接板及鋼箱梁上之橋式調節器，即可於橋式調節器上使用校正後之千斤頂施加預力於斜拉吊索上，本標採用整束吊索施拉預力方式，為維持每束吊索受力平均且誤小於2.5%之範圍，須事先完成與準備以下事項。

- a. 考量橋塔與橋面版彈性變形量
- b. 考量外套管與鋼絞線自重
- c. 考量施拉順序

節預力調整橋面版垂直向高程以符合設計線形。

(四) 最終整備

當所有調整預力工項完成後，須將調節器拉桿螺帽鎖緊，並將外套管與錨碇拉桿連接處安裝保護蓋，其目的在防止異物及水分進入以增加防鏽保護功能。



圖19 預力施拉讀數判讀

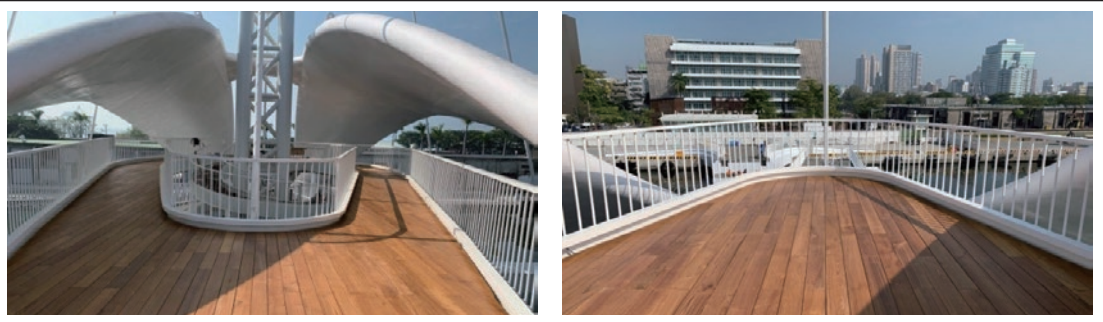


圖20 景觀平台

七、遊艇甲板品質景觀平台

大港橋上方有設置二樓的景觀平台，由橋面上以36階之螺旋式階梯，環繞主塔逐步升高，接至二樓鯨豚流線型景觀平台，景觀平台地坪以遊艇品質之柚木地板，讓遊客有置身在遊艇上的情境，可以直接眺望高雄港、市重要風情、景觀。(圖20)

八、大港橋旋轉及控制系統

(一) 減速齒輪型轉盤軸承驅動器

減速齒輪型轉盤軸承驅動器安裝於轉盤軸承內側，強力固定於橋梁結構體，設有4座由液壓馬達帶動，分成2組互為備援各為獨立之液壓系統，本驅動系統採液壓馬達驅動，可設定或解除液壓握持功能，可方便橋梁定位，每180度對角兩部可同步運作驅動轉盤軸承帶動橋梁旋轉，使橋梁在3分鐘內完成90度之旋轉作業，齒輪標準使用保固年限10,000小時以上。(圖21)

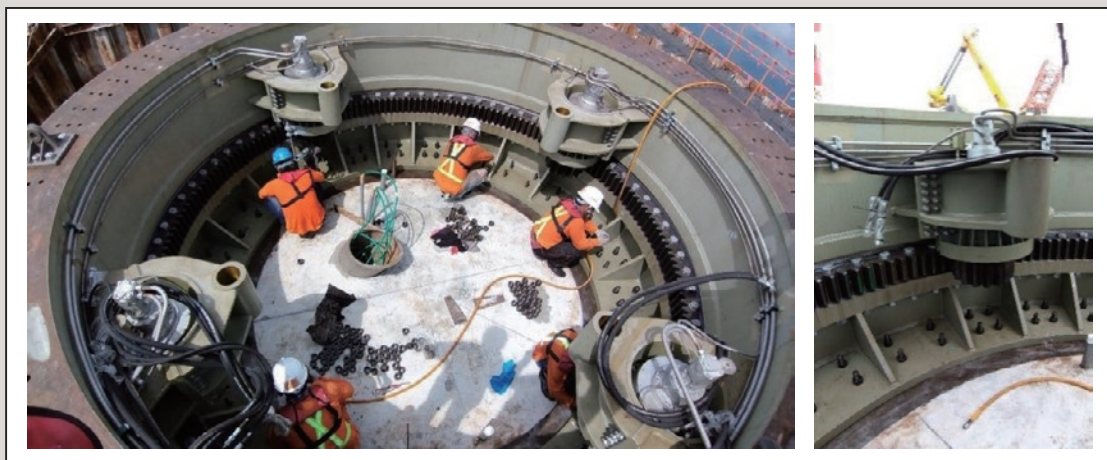


圖21 減速齒輪轉盤軸承驅動器安裝於上軸承基座

(二) 橋頭水平置中定位、高程頂昇調平設備

橋頭水平千斤頂安裝於兩端橋頭面板上，提供橋梁水平置中定位功能及防止橋頭橫向移位，伸出軸承受剪力斷面大於12,000平方厘米，每組之頂昇能力150公噸，為工作頂升能力，行程500mm，液壓工作壓力63MPa，電動操作，油壓驅動，訊號以PLC可編程型電動操作方式接回操控室控制操作。

橋頭垂直千斤頂安裝於兩端橋頭底板上，用於提供橋梁高程調平功能及防止橋頭橫向移位，伸出軸承受剪力斷面大於25,000平方厘米。每組之頂昇能力大於320公噸，行程300mm，液壓工作壓力63MPa，電動操作，油壓驅動，訊號以PLC可編程型電動操作方式接回操控室控制操作。

(三) 活動式伸縮縫蓋板

活動式伸縮縫蓋板安裝於兩端鋼橋，提供鋼橋與橋台(墩)間之伸縮縫蓋板使用，鋼橋旋轉前活動式伸縮縫蓋板由油壓拉桿拉起，脫離橋台後鋼橋再進行旋轉作業，其組合為16mm不銹鋼刻紋鋼板(4480mm×450mm×16mm)、鉸鏈、油壓拉

桿，電動操作，油壓驅動，訊號以PLC可編程型電動操作方式接回操控室控制操作。(圖22)



圖22 活動式伸縮縫蓋板安裝現況照片

(四) 操控室

大港橋操控室設置於倉7倉庫中，設計以2層操控台方式設置，下方為設置配電盤，上方為操控台面及監視系統螢幕，操控台前面牆面設置大型強化玻璃窗，可方便監視前橋梁動態，蓬來側及大義端無直通視部，輔以監視器監看，操控台設置緊急發電機，操控室與P2橋墩機倉間以海底電纜管聯通，訊號及電源皆透過海底電纜管串聯，所有大港橋機電系統、燈光系統皆彙整至操控室控制操作。(圖23)

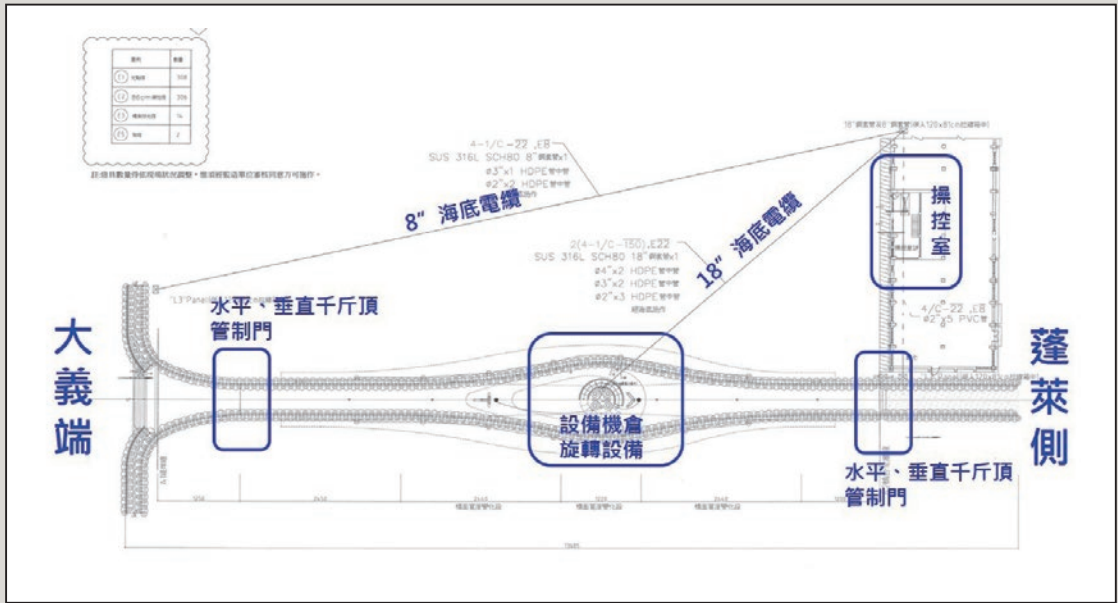


圖23 控制室、海底電纜及設備關係平面圖

伍、綠色港口，生態永續

蓬萊港區旁保留日據時代原有咕啞石岸壁，咕啞塊石為多孔隙材料，本工程親水護岸平台採用同為多孔隙之塊石基礎，與咕啞石搭

配，保留原始生態棲息環境及營造生態友善環境，國內唯一兼具保存傳統咕啞石岸壁及海岸親水平台之景觀護岸平台。(圖24-25)



圖24 保留既有咕啞石護岸結合親水平台



圖25 景觀護岸平台採用多孔隙之塊石施工

結語

高雄港在日據時代西元1908年即已開港，為亞洲銜接各大洲航線重要之中繼點，在近年來國際海上運輸以船舶大型化、港口深水化之趨勢下，高雄港貨物運輸重心逐步南移，位於高雄港北側駁二特區、蓬萊商港區屬高雄港最先開發之商港區，其傳統舊港灣設施、設備、港灣海景及觀光景點，屬高雄地區重要的文化資產，且又緊鄰市中心交通便捷，具備發展觀光遊憩及舊港區開發之優勢條件。

依據「高雄港舊港區再開發整體規劃」臺灣港務股份有限公司與高雄市政府合作，共同推動亞洲新灣區的開發，亞洲新灣區內有「海洋文化與流行音樂中心」、「高雄市立圖書館」、「高雄世界貿易展覽會議中心」等國際級建築及高雄環狀(水岸)輕軌，營造高雄港、市整體水岸區域性之觀光遊憩活動圈，讓遊客可以散步、置身於亞洲新灣區中，眺望山海景色，享受逍遙悠哉之樂活南台灣，展現高雄港

市亞洲新灣區水岸新風華。

大港橋置身於第三船渠中且又臨近愛河灣，可串連蓬萊商港區、駁二藝術文創區、鐵道園區、輕軌捷運、郵輪旅運為亞洲新灣區北端重要水岸拼圖，結合高雄水岸輕軌，串連駁二藝術特區、高港棧庫群，形塑高雄港水岸觀光廊道，開創港區新風貌。

參考文獻

1. 臺灣港務股份有限公司，107年，「高雄港愛河灣遊艇碼頭專區及第三船渠大港橋新建工程」規劃、設計及監造工作委託技術服務」設計報告書。
2. 臺灣港務股份有限公司，107年，「高雄港第三船渠大港橋新建工程細部設計」施工計畫書。

金門大橋海中 樁帽鋼箱圍堰 之設計與施工

關鍵詞 (Key Words)：鋼箱圍堰 (Steel Cofferdam)、圍堰 (Cofferdam)、千斤頂 (Jack)

東丕營造股份有限公司／董事長／王銀和 (Wang, Yin-ho) ❶

華光工程顧問股份有限公司／顧問／楊世琛 (Yang, Shih-chen) ❷

華光工程顧問股份有限公司／工務部／副理／游明益 (Yu, Ming-yi) ❸

華光工程顧問股份有限公司／工程師／謝季軒 (Hsieh, Chi-hsuan) ❹

摘要

金門大橋是金門縣銜接大金門與烈嶼的跨海大橋新建工程，工程具鋼箱圍堰一大特點，利用「水中樁帽鋼箱圍堰」的工法，將鋼製外鋼箱沉入海面下近6米深處，於海中擋住海水以形成內部乾燥之基礎施工環境，亦作為基礎模板使用，本工程P41~P51基礎位於深槽區，共分五種不同尺寸大小採用鋼製外鋼箱進行施工。鋼箱依基礎尺寸施作，其中以P47之鋼箱長29m、寬23m、高10.8m尺寸最大，鋼箱底板、側壁係由鋼板及型鋼於先製成各個節塊，再運至現場組裝，藉千斤頂及吊桿沉放至海中。鋼箱側壁考量經濟性採可拆除循環利用設計。本文探討海中基礎鋼箱圍堰之設計理念，探討鋼箱圍堰在設計及施工上之考量、施工步驟及實際施工應用情形，至今已成功完成九座基礎之施作。



Steel Cofferdam Design & Construction of Pile Cap in the Sea for Jinmen Bridge Project

Abstract

The Jinmen Bridge is a new construction project for the cross-sea bridge connecting the islands in Jinmen County. The project has a large feature of steel cofferdam. The steel cofferdam is sunk near 6 meters under sea level, and the seawater is blocked to form the internal drying environment. It is also used as formwork for pile cap. The pile cap of the project P41~P51 is located in the deep seawater with five different sizes. The steel cofferdam is applied according to the dimensions of pile cap. Among them, the steel cofferdam with P47 is largest size, with 29m long, 23m wide and 10.8m high. The steel cofferdam are made of steel plates and rolled-shaped steel sections and then transported to the site for assembly. Use the jack and suspension rod to sink cofferdam into the sea. The side wall is designed recyclable. This paper discusses the design and construction considerations of the steel cofferdam, the construction steps and the actual application. So far, nine foundations have been successfully completed.

3

專題報導

壹、前言

金門大橋為連接大小金門島的一座跨海橋梁，如圖1，且位於金門到廈門的航道上，橋梁全長4,770m，主橋為6跨5橋塔之脊背橋，跨徑125m+4@200m+125m，長1050m，橋梁寬度18.8m，橋墩為P43~P49；主橋兩端邊橋為預力混凝土三跨連續箱型梁橋，各長360m，跨徑為100m+150m+110m，橋梁寬度15.0m。本文探討為金門大橋深槽區主橋及邊橋之橋墩P41~P51基礎海中樁帽鋼箱圍堰之設計與施工，工程範圍如圖2。

主橋段基礎底部設計高程為EL.-4.2m、厚度5m，基樁直徑為2.5m ϕ ；邊橋段基礎底設計高程為EL.-4.2m、厚度4m，基樁直徑為2.0m ϕ ，考量海中基樁施工性，於海水區段設有鋼製基樁外套管深入海床面下，其直徑為基樁設計直徑再加20公分。

高潮位時基礎板皆位處海水位以下，故需要鋼箱圍堰作為止水結構及基礎模板，讓施工人員能在鋼箱內進行綁紮鋼筋及澆置混凝土等基礎施工作業，如圖3。其他引橋基礎位於淺水區，採用雙層鋼板樁圍堰方式施工，局部水深



圖1 金門大橋地理位置

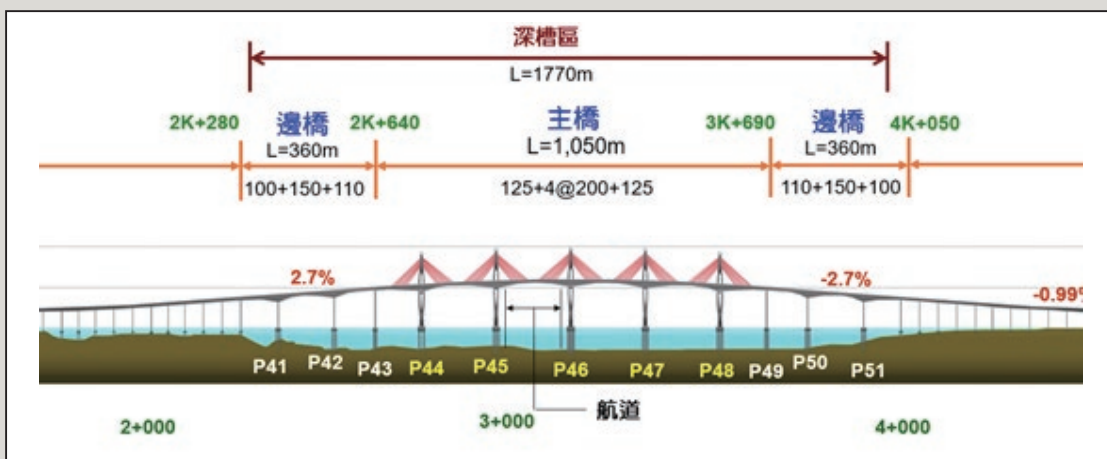


圖2 深槽區鋼箱工程範圍

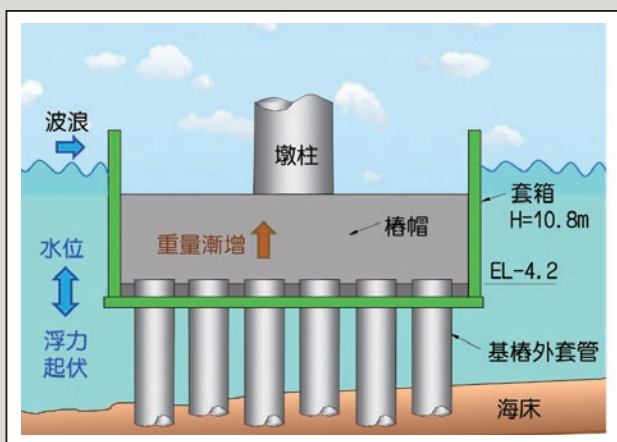


圖3 深槽區鋼箱示意圖

原則說明如下：

- 一、基礎及墩柱底部施工期間之臨時止水結構：藉由鋼製底板、側壁、封底壓重混凝土及內部支撐系統形成圍堰，阻絕四周海水，提供橋墩基礎無水的施工環境，以利銲接施工、樁頭處理、鋼筋綁紮及混凝土澆築等各項施工作業。鋼箱設計除考量基礎、基樁尺寸外，需考量本身鋼自重及封底壓重混凝土靜重，同時能抵抗海中潮汐變化對箱體內部之壓力、浮力及側向波浪衝擊力等外在作用力變化，而鋼箱圍堰

表1 深槽區基礎大小

橋型	基礎長x寬 (m)	基礎高 (m)	設計基樁直徑 (m)	基樁支數	基礎個數
邊橋	18.4x16.8	4	2.0	17	4
	16.8x13.6	4	2.0	12	2
主橋	23x21	5	2.5	18	3
	29x21	5	2.5	22	1
	29x23	5	2.5	25	1

較深者，東丕營造於橋墩P17、P18改採小鋼箱方式試作[1]，本文鋼箱即參考前期小鋼箱之施工技術及經驗，並參酌杭州灣跨海大橋鋼箱理念[2]進行設計。

金門大橋深槽區橋墩P41~P51基礎設計及大小如表1所示，鋼箱側壁外形配合基礎設計形狀設計，亦分5種不同形式，側壁高度則均為10.8m。

貳、水中鋼箱圍堰設計原則

鋼箱設計主要為海域橋墩基礎施工，設計

僅藉基樁及其基樁鋼製外套管支撐，箱體需取得各施工階段於海中動態情況下力平衡，保持箱體之穩固。

- 二、鋼箱亦作為基礎板混凝土澆置之模板及支撐：基礎量體大，基礎混凝土重達數千噸，考量施工性及經濟性採基礎需分層澆築，避免鋼箱過於厚重。

- 三、有利基礎施工：鋼箱之內支撐系統配置需考量基礎吊放鋼筋、機具之施工空間，避開墩柱範圍，方有利施工推展。

- 四、鋼箱循環利用：鋼箱為臨時結構，然所費不貲，因應不同基礎形狀鋼箱亦分五種型

式，設計應儘量使鋼箱相同部分可循環再利用於其他型式鋼箱，以減少工程經費。

五、海中運輸安裝條件：深槽區無施工便橋，運輸吊裝需考量船機限制條件。

叁、水中鋼箱圍堰設計考量

一、封底壓重混凝土設計

鋼箱底平整並無墊底混凝土需求，惟當鋼箱沉放海中定點後，因潮汐海面變化，鋼箱所承受之浮力亦為變值，依浮力原理浮力等於排開相同體積的海水重，浮力作用力為向上。鋼箱底部加入適當厚度壓重混凝土之目的，即是在潮汐漲退潮情況下，鋼箱分別承受之向上浮力、向下重力之外力和取得適當平衡，不致差異太大，以利基樁外套管固定鋼箱相關構件之設計。

另鋼箱沉放海中過程，考量各基樁施工位置及垂直精度可能有差異，鋼箱底部設有基樁圓形開孔，其直徑為基樁外套管直徑再加30公分，俾鋼箱下放過程能順利沉放海中，沉至定位後以環型鋼片填補空隙再澆築水中壓重混凝土，混凝土凝固後可填補底部空隙，阻絕海水方能內部抽乾，故壓重混凝土除上述壓重功能外，兼具封底阻水功能。

封底壓重混凝土凝固後，形成基樁外套管、混凝土與鋼箱三者之緊密連結，可相互傳遞橫力、握裹基樁外套管及支撐鋼箱側壁，對抵抗鋼箱所受波浪橫力及鋼箱維持穩定提供相當助益，亦為結構安全不可或缺之一環。

目前主橋及邊橋之封底壓重混凝土厚度分別取為1.6m、1.2m，不同鋼箱沉至定位時，漲退潮時所受浮力、重力及外力和比較如表2。

表2 鋼箱所受浮力、重力比較表

橋形	基礎面積	壓重混凝土重 (WRC)	鋼箱重+WRC (W)	平衡水位	漲潮時浮力 (B1)	漲潮時外力 (B1+W)	退潮時浮力 (B2)	退潮時外力 (B2 + W)
	(m)	(T)	(T)	EL. (m)	(T)	(T)	(T)	(T)
邊橋	18.4x16.8	469	808	-0.45	-1288	-480	-473	335
	16.8x13.6	436	735	-0.54	-1195	-460	-439	296
主橋	23x21	1439	1905	-0.71	-3110	-1204	-1236	669
	29x21	1666	2163	-0.81	-3601	-1438	-1432	731
	29x23	1992	2626	-0.74	-4305	-1679	-1711	914

註：1. 漲退潮海面水位分別以EL.+2.5m、EL.-2.5m估算
2. 表中浮力負值表作用力方向為向上
3. 表中平衡水位表當浮力等於重力時之海水位

二、鋼箱高度

鋼箱側壁需有足夠高度，避免施工期間漲潮時波浪湧入或濺入鋼箱內，依據氣象局鄰近工址之水頭測站預估其最高潮位約EL.+2.8m，考量波高取1.5m，故基礎施工鋼箱頂部最少須高於EL.+4.3m，另依據設計圖內容，設計最高潮位為EL.+3.16m，設計最低潮位為EL.-3.14m，綜合考量後為避免海水湧入鋼箱內，鋼箱頂部設計高程取大於EL.+5.0m。

鋼箱側壁設計高度均取為10.8m，分三層接合，每層高3.6m，每層以螺栓接合。考量基礎底設計高程均為EL.-4.2m及壓重混凝土厚度，主橋鋼箱底預定沉放於EL.-5.8m，鋼箱頂位於EL.-5.0m；邊橋鋼箱底預定沉放於EL.-5.4m，鋼箱頂位於EL.+5.4m。

三、鋼箱可拆除循環利用

基於節省施工成本，鋼箱側壁採可拆除循環利用設計，以適用於5種不同大小的鋼箱，底

板則因中間被基樁限制且位於海面下較深處難以拆除。考量各鋼箱皆能通用，上、中、下三層高度皆為3.6m，長度則依不同鋼箱各邊長度取最大公約數，以供拆除後可用於另一橋墩。

四、鋼箱吊裝工法及分二次下放

鋼箱依尺寸不同鋼重約340~640噸，於海面上(EL.+3.0m)的基樁鋼製外套管先銲接臨時支撐牛腿後，組裝底板形成一施工平台，接續吊裝側壁及內部支撐系統，當底層及中層側壁位於中層之內支撐組裝完成，藉由千斤頂與吊桿第一次下放鋼箱，再組裝上層側壁及頂層內支撐後第二次下放至定位。

鋼箱分二次下放主要因鋼箱於海中依賴基樁外套管支撐，若採一次下放組裝高度大，鋼箱整體於EL.3.0m平台上組裝持續加高，低潮位時露出海面高度相當大，受風面積大風載重跟隨增加，降低穩定性，提高施工風險。另外基樁外套管於頂部以吊桿懸吊鋼箱，鋼箱組裝高度增加基樁外套管亦隨之加高，考量降低施工

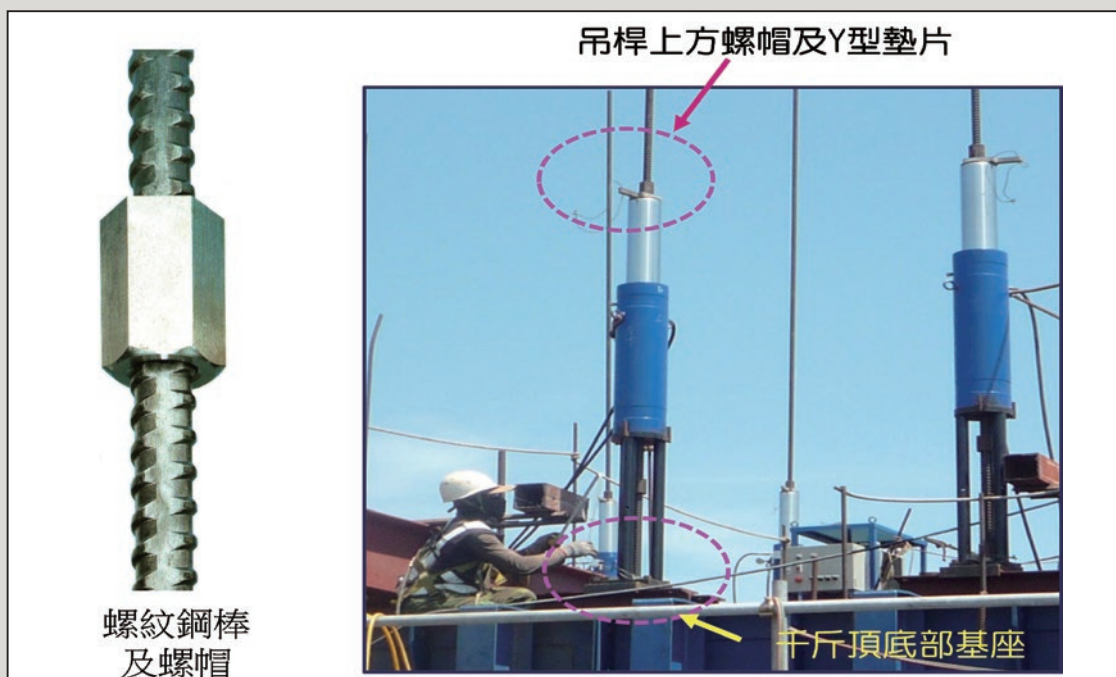


圖4 鋼箱下放系統(中空千斤頂及螺紋鋼棒)

風險及施工成本，鋼箱分二次下放。

鋼箱利用吊桿及中空千斤頂下放，吊桿採用高拉力螺紋鋼棒，沿螺紋可裝設螺帽，以Y型墊片頂住螺帽即可由吊桿懸吊鋼箱，當吊桿上方長度不足時則以續接器增長。千斤頂活塞內部中空，下放時可讓吊桿、螺帽及續接器穿過，千斤頂上下分別有一Y型墊片可頂住上下螺帽，供上下交替懸吊鋼箱，千斤頂先將內管升高，以上螺帽懸吊鋼箱後釋放油壓下放一個衝程，改由下螺帽懸吊，逐次調整上下螺帽位置及下放，直到預定位置，參見圖4。

五、鋼箱設計水平力

鋼箱沉放於海中除靜水壓力外，另外主要即為波浪橫力，波浪橫力由工址處流速、水深及浪高等因素計算，本案以50年回歸期之波浪計算對鋼箱產生之平均壓力約 $3.2t/m^2$ ，作用於迎浪方向之側壁。為抵抗波浪側向力，除壓重混凝土外，配合施工階段需要，設有底部限位千斤頂、上層限位千斤頂、頂部防側移裝置等

三項措施，將作用於鋼箱側壁之波浪橫力，傳遞至賴以支撐之基樁外套管。限位千斤頂為鋼管製作類似千斤頂之構造，鋼管有螺牙，固定於鋼箱，當旋緊螺牙後可使鋼箱鋼構架抵住基樁外套管，三項措施示意圖如圖5所示，說明如下：

(一) 底部限位千斤頂

裝設於鋼箱底板，每支外套管外均設有四個，下放後即鎖緊抵住基樁外套管，以固定鋼箱在各方向可能之波浪橫力作用下。

(二) 上層限位千斤頂

裝設於鋼箱側壁四周上層或中層之限位千斤頂，傳遞作用於上、中層側壁之波浪力至鄰近之基樁外套管。

(三) 頂部防側移裝置

為H型鋼及卡樺組成，H型鋼兩端緊抵鋼

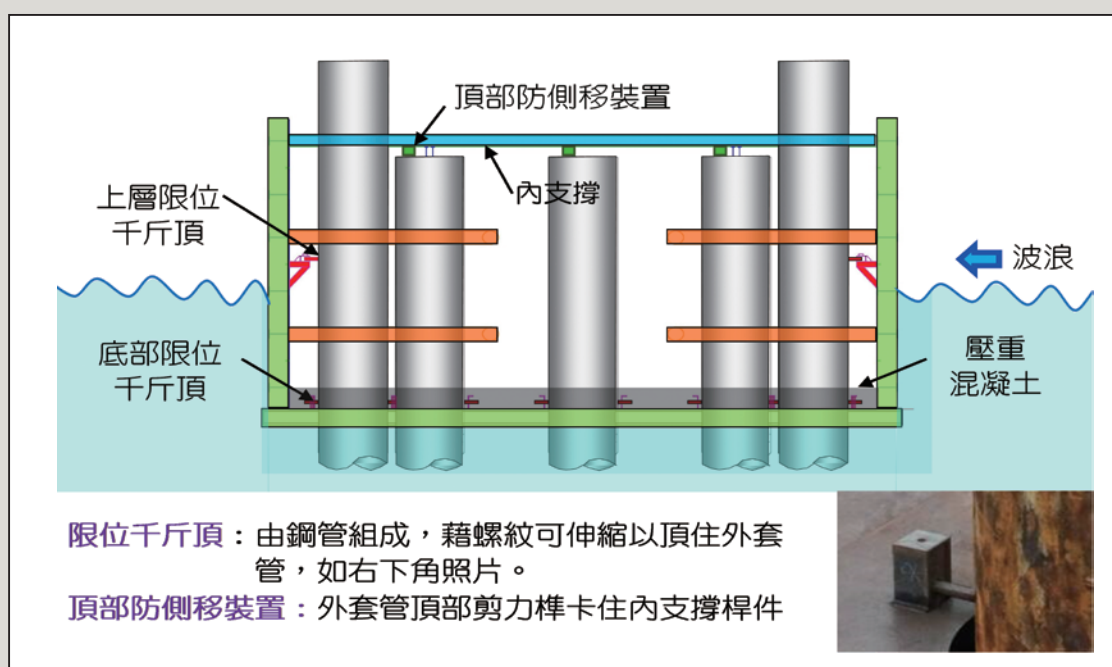


圖5 鋼箱水平限位裝置

箱對向兩側壁，屬鋼箱頂層內支撐系統之一部分，於中段部分與外套管頂蓋設有卡榫，可卡住基樁外套管頂部，將作用於上層側壁之波浪力傳遞至與內支撐鋼梁同一直線上之基樁外套管。

六、鋼箱垂直方向設計力

鋼箱沉放後所受浮力隨潮汐變化，當工程持續進行，內部承載之混凝土重力陸續增加，而鋼箱垂直方向所受外力皆傳遞至基樁外套管承擔。三個施工階段鋼箱所受垂直力變化及相關承力構件依序說明如下：

- (一) 鋼箱下放至定位前後，打開鋼箱側壁水孔，使鋼箱內外海水位相同，鋼箱僅受鋼自重，設計採用高拉力鋼棒製成之吊桿懸吊鋼箱。
- (二) 鋼箱底部澆築壓重封底水中混凝土後，側壁水孔仍打開，先增設吊桿以懸吊增加之封底混凝土重量。俟封底混凝土發

揮強度，封閉水孔鋼箱抽乾海水，漲潮時浮力大於重力作用力向上，退潮時重力大於浮力作用力向下。當鋼箱鋼重與封底混凝土兩者總重等於所受浮力時之海面水位，鋼箱所受外力和為零，在此稱為平衡水位，隨鋼箱大小不同約在EL.-1.5m~1.0m間(參見本文三.1節表2)，向上之作用力設計以抗浮支撐柱承擔，向下作用力主要仍由吊桿承擔。抗浮支撐柱僅設置於少部分基樁外套管外環四分點處，柱下層先預立於鋼箱底部，鋼箱下放至定位後安裝上層柱，於側壁水孔打開且趁低潮位時銲接抗浮支撐柱與套管間之數個連接板，連接板銲接完成後可連接鋼箱底部與基樁外套管傳遞外力，當鋼箱內水位高於平衡水位時，鋼箱受外力向上，抗浮支撐柱受壓可傳力至基樁外套管。抗浮支撐柱為下一階段反壓牛腿施工完成前之臨時性受壓構件，參見圖6。

- (三) 每一支基樁外套管外環四分點設置反壓牛

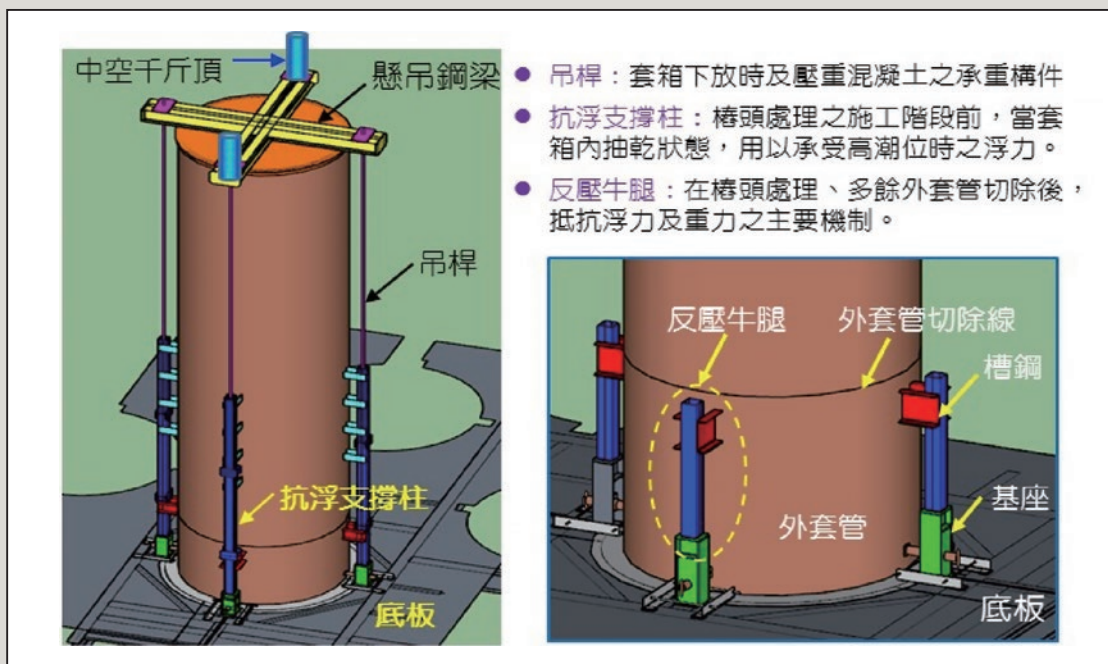


圖6 鋼箱傳遞垂直力構件

腿，因設於基礎底部設計高程附近，需在抽乾鋼箱內海水乾燥情況下進行槽鋼連接板之銲接，反壓牛腿主要作用為基樁外套管切除後，吊桿與抗浮支撐柱皆需先予以拆除，用以固定鋼箱抵抗向上及向下作用力，亦需能承受基礎板分層澆築底層澆置後增加之混凝土重量。前項抗浮支撐柱於底部加銲槽鋼及經基樁外套管切除與柱上層拆除後，即成為反壓牛腿。

勁而成。四片側壁為厚度8mm鋼板外側銲接RH800x300x14x26及RH125x60x6x8提供環向加勁，銲接RH500x200x10x16提供豎向加勁，而鋼箱內部頂部以2支I400x150x12.5x25組成作為內支撐構件，中下層以 ϕ 500x20鋼管作為內部角隅支撐，提供鋼箱抵抗外力。

鋼箱底部為厚度8mm鋼板下方銲接H600x200x11x17及H250x125x12x32提供橫向及縱向加勁，設有基樁圓孔。初期鋼箱底板亦作為施工平台，側壁豎立於底板上，兩側以卡樺及角鋼互相頂住固定於底板平台，俾側壁可於使用後容易拆除回收再利用。

肆、水中鋼箱圍堰構件概述

本文以P48橋墩鋼箱(23m長、21m寬)為例說明，鋼箱係由大片鋼板結合型鋼加

鋼箱使用期間皆以基樁外套管支撐，鋼箱與套管間之傳力構件有吊桿、抗浮支撐柱、反

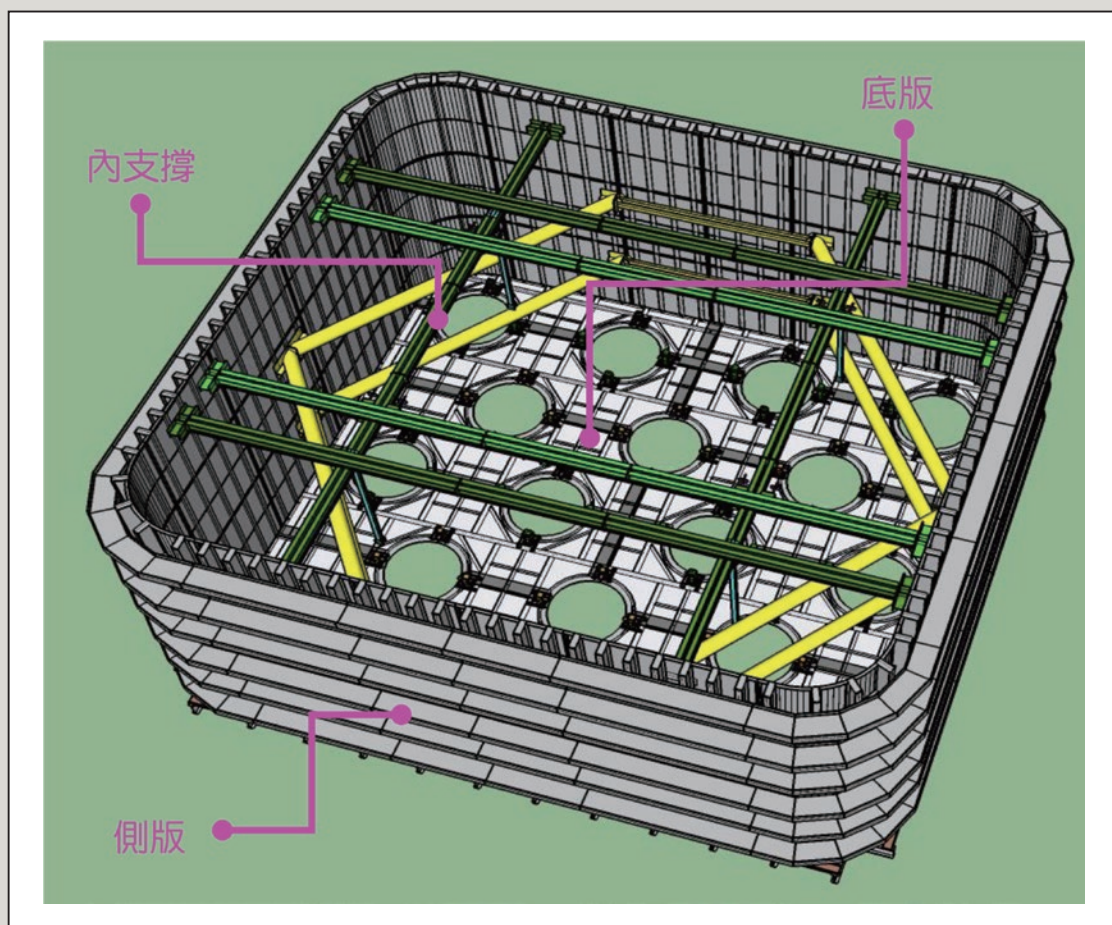


圖7 鋼箱圍堰模擬圖

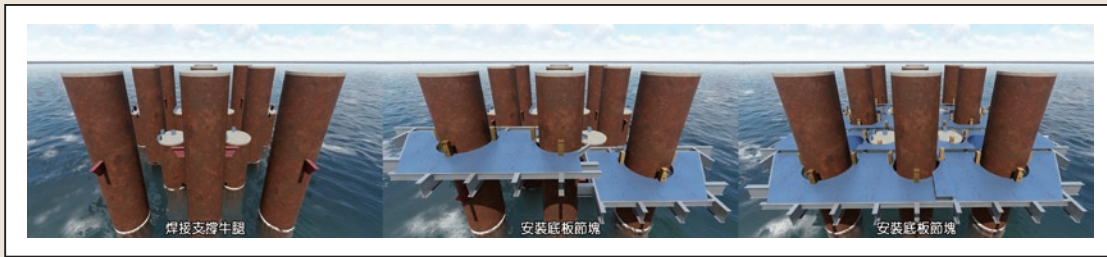
壓牛腿、限位千斤頂及防側移裝置等鋼構件，壓重封底混凝土發揮強度後，因可填塞鋼箱底部與基樁外套管間空隙，亦為傳遞水平力及固定側壁之一環。

伍、水中鋼箱圍堰施工步驟

以鋼箱模擬圖(圖7)為例，說明鋼箱之施工步驟如下：

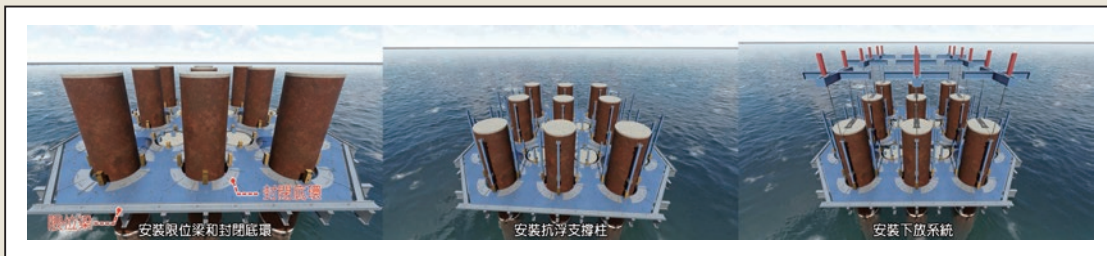
步驟一：銲接支撐牛腿及安裝底板

1. 部分基樁外套管加高，且於部分基樁外套管銲接支撐牛腿(頂部高程EL.+3.0)。
2. 底板各節塊以螺栓或銲接組裝成底板，兼作為施工平台



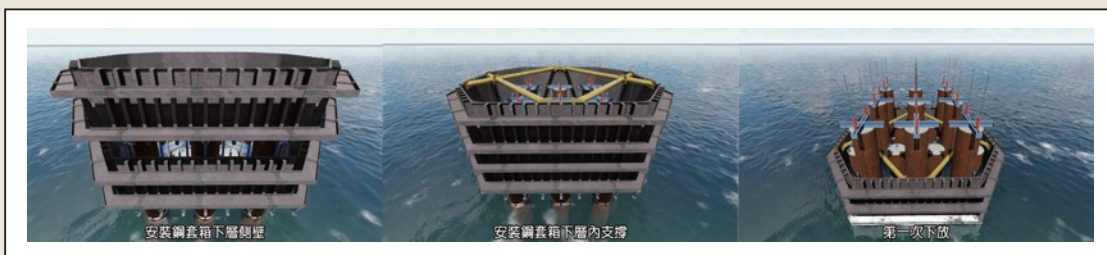
步驟二：安裝側壁限位梁、抗浮支撐柱下層、下放系統

1. 安裝側壁底部外側限位梁，先將環狀板置於基樁附近，供後續封閉開孔空隙。
2. 安裝抗浮支撐柱下層段。
3. 安裝下放系統，包括十字型懸吊鋼梁、吊桿(採用高拉力鋼棒)及中空千斤頂。



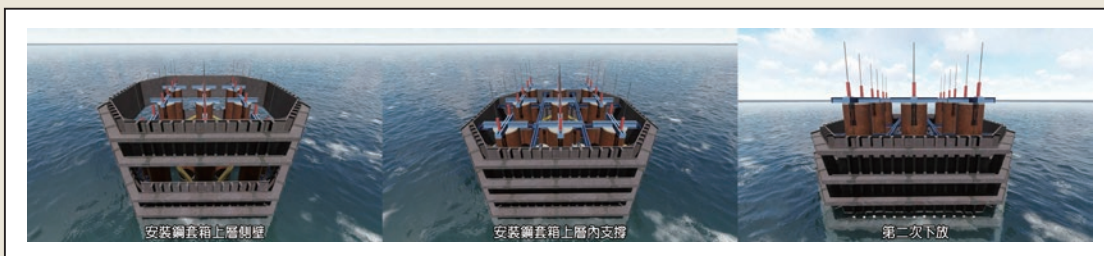
步驟三：安裝下、中層側壁、首次下放鋼箱

1. 安裝側壁下、中層各3.6m高，安裝底層內支撐。
2. 先將頂升鋼箱底板少許，使之與支撐牛腿脫離，首次將鋼箱下放約7m。



步驟四：安裝側壁上層、二次下放到設計高程

1. 安裝上層側壁及內支撐。
2. 二次下放到設計高程



步驟五：安裝頂部防側移裝置、鎖固限位千斤頂、封閉鋼箱底部間隙

1. 安裝頂部防側移裝置，與外套管頂蓋連結，固定側壁使能承受波浪橫力。
2. 鎖固上層及底部限位千斤頂，固定中下層側壁使能承受波浪橫力。
3. 固定外套管與底板連接處之環形鋼板，封閉底板與外套管之間隙。



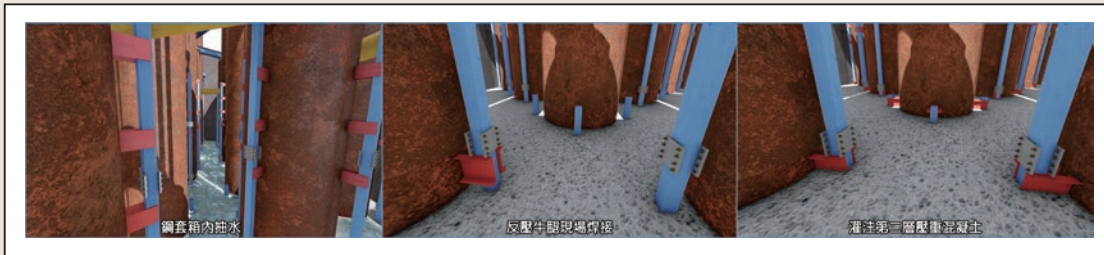
步驟六：加裝吊桿、銲接抗浮支撐柱連接板及第一次澆築壓重封底混凝土

1. 加裝為懸吊壓重混凝土重量之吊桿。
2. 趁低潮位(海面降至EL.0以下)時銲接抗浮支撐柱與套管間之連接板，使可傳力。
3. 第一次澆築水中壓重混凝土，為壓重混凝土設計厚度減30公分。



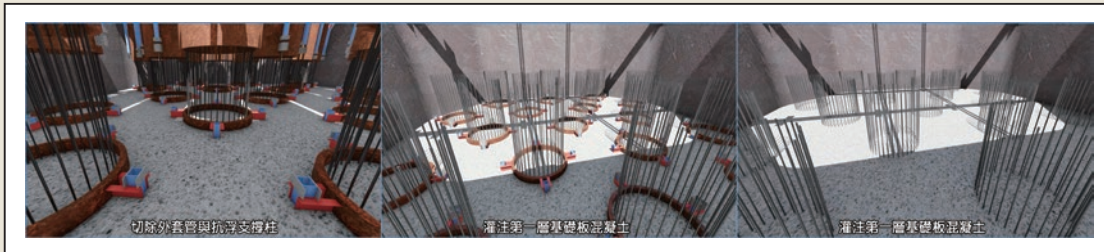
步驟七：安裝反壓牛腿、第二次澆築壓重混凝土

1. 封底混凝土達到設計強度後，趁低潮位時抽乾鋼箱內部海水，銲接反壓牛腿之槽鋼，海面升至EL.0時，打開水孔讓海水進入箱內，暫停銲接工作。
2. 重覆前一步驟，直至各反壓牛腿銲接完成。
3. 鋼箱內無海水乾式環境下第二次澆築壓重混凝土厚30公分，收面整平。



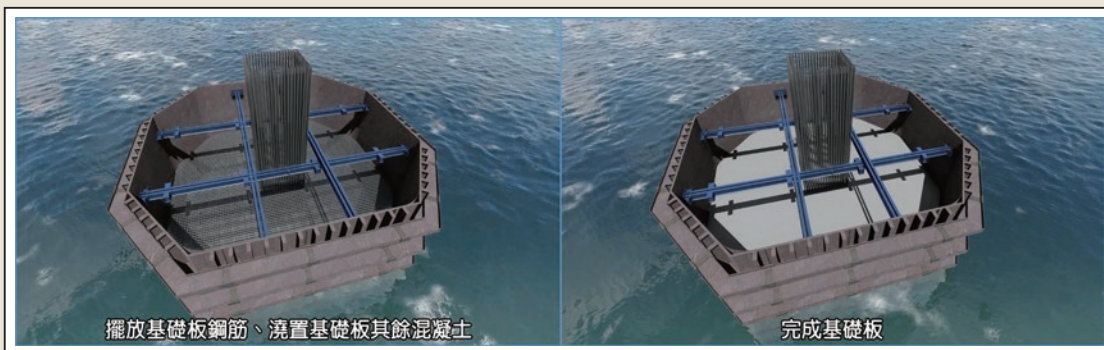
步驟八：切除多餘外套管、樁頭處理、澆築基礎底層混凝土

1. 切除基礎底部設計高程以上多餘之外套管及抗浮支撐柱等、樁頭處理。
2. 綁紮基礎底層鋼筋、澆築基礎底層混凝土。



步驟九：繼續施築基礎及底層墩柱，完成鋼箱任務

1. 施作基礎其他部分及施築底層墩柱。
2. 拆除鋼箱側壁，整修後供循環再使用下一墩柱。



深槽區P48等九座基礎鋼箱已成功應用並完成施工，施工照片如圖8。



圖8 鋼箱施工照片

結語

本工程水中鋼箱圍堰主要作為於海域基礎施工之擋水支撐及模板，設計需考量鋼箱各施工階段外部變化的各種作用力，如波浪橫力、隨潮汐變化之浮力及基礎不同施工階段增加之載重，與陸上擋土圍堰設計大相逕庭，尤其台灣尚無施工案例可供遵循，更需縝密思考周全，確保施工安全，茲總結水中鋼箱圍堰之特點如下：

- 於EL.+3.0m海面上施作施工平台並作為底板，鋼箱可於安全環境下使用小型機具安裝，且於其他橋墩先試用小鋼箱獲取施工經驗、熟悉各施工要點。
- 利用中空千斤頂及螺紋吊桿分二次下放鋼箱至定位，工法簡單可靠。
- 設置適當厚度之壓重封底混凝土，輕量化鋼箱支撐構件；採增加吊桿懸吊之壓重混凝土重量，第二次澆築30公分厚壓重混凝土，係在鋼箱內部乾燥情況下進行，施工品質及平整度可較第一次水中澆築混凝土為佳。
- 鋼箱分別於頂部、底部設有防側移裝置、限位千斤頂及內支撐系統，以承擔波浪橫力，可在安全、短期間內施作完成，增加鋼箱穩定性。

- 先設置抗浮支撐柱，藉以抵抗銲接施工時之浮力，俾能在鋼箱內部抽乾海水乾燥情況下，進行反壓牛腿之銲接工作，反壓牛腿為切除基樁及多餘外套管後抵抗浮力及重力之主要構件，確保施工安全與品質。
- 鋼箱側壁及附屬構件(懸吊鋼梁、吊桿、走道…)採重複利用設計，節省成本。

本工程水中鋼箱圍堰設計與施工迄今已成功應用於金門大橋工程深海槽區九個橋墩基礎之施作，並拆除循環再利用於其他橋墩，水中鋼箱圍堰於海中施工具備其獨特性與困難度，於台灣橋梁工程界屬開創性工法，為難得之橋梁工程施工經驗，敬期本文可為日後相關海事工程之參考，希冀各工程先進指教，提升台灣工程技術。

參考文獻

- 1 東丕營造股份有限公司，「引橋局部深水區樁帽鋼圍堰設計計算書」，金門大橋工程報告(2018)。
- 2 王勇，「杭州灣跨海大橋工程總結(下卷)」，人民交通出版社，北京，第443-458頁(2008)。



混凝土橋梁常見劣化類型探討——橋面系統(I)

關鍵詞(Key Words)：劣化(Deterioration)、橋面系統(Deck System)、伸縮縫(Expansion Joint)、鋪面(Pavement)、老化(Aging)、硬化(Hardening)、破裂(Fracture)、裂縫(Crack)、坑洞(Pothole)、車轍(Rut)

財團法人中華顧問工程司／設施管理研發中心／代理主任／蔡欣局 (Tsai, Hsin-Chu) ❶

新中光物理探測公司／顧問／王鶴翔 (Wang, Hel-Sin) ❷

中國科技大學／土木與防災系／助理教授／毛一祥 (Mao, I-Shiang) ❸

財團法人中華顧問工程司／設施管理研發中心／工程師／葉承軒 (Yeh, Cheng-Hsuan) ❹

財團法人中華顧問工程司／前橋梁技術中心／主任／王忠信 (Wang, Chung-Hsin) ❺

摘要

橋梁維護管理狀況直接影響行車安全與用路人的舒適度，目前世界各國仍採用目視檢測方式，以快速效掌握橋梁現況，進行後續修復或改善，而橋檢品質實繫於檢測人員之素質，其訓練的到位與經驗的傳承，乃為橋管單位、橋梁檢測廠商、橋檢品質保證單位/機構所應重視的議題。本文就橋梁檢測外部稽核公益協作中，收集混凝土橋梁相關的劣化現象，橋面系統與用路人的關係最為密切，先就舒適度相關的伸縮縫，以及鋪面等兩大部分，彙整常見劣化類型並探討其可能成因，以俾提供橋檢相關單位/機構參考。



Common Deterioration Found in Concrete Bridges - Deck System (I)

Abstract

The maintenance and management conditions of in-service bridges directly affect driving safety and riding comfortableness on bridges. Currently, visual inspection is commonly used to know the current conditions of bridges and take contingent actions by many countries. The inspection quality of bridges is highly associated with the professional proficiency of bridge inspectors. For bridge management agencies, bridge inspection contractors, and quality assurance units or institutions, the most critical issue is how to enhance the practical bridge inspection training and experience sharing. In this paper, the relevant bridge inspection results are collected and reviewed during the audit public welfare collaboration period. With an emphasis on the deck system, including expansion joint and pavement, of bridges, the common types of deterioration and their possible causes on concrete bridges are archived and shared for bridge inspection professionals.

壹、前言

橋梁的現況除了與設計及施工品質相關，亦與使用階段颱風、豪雨、地震、土石流、沖刷、腐蝕環境、火害，以及超載等外在因素息息相關，在這些劣化的因子衝擊下，如何確實掌握橋梁的現況，並進行劣化診斷與安全評估，進而提出適宜的修復或補強工法，並得以延續橋梁使用年限，維護行車安全，以及用路人的舒適度，為橋管單位的首要任務。

橋梁維護管理狀況直接影響行車安全與用路人的舒適度，目前世界各國仍透過目視檢測(Visual Inspection)方式[1-4]，以快速掌握橋梁現況，進行後續修復或改善，而橋檢品質實繫於檢測人員之素質，其訓練的到位與經驗的傳承，乃為橋管單位、橋梁檢測廠商、橋檢品質保證單位/機構應予重視的議題。

本文就橋梁檢測外部稽核公益協作中，所收集相當數量的混凝土橋梁劣化資料，並曾於本刊探討混凝土橋梁上部結構(Superstructure)，以及下部結構(Substructure)之常見劣化類型與可能成因，本文延續討論橋面系統的伸縮縫，以及鋪面等兩部分，彙整其常見的劣化類型與探討其可能成因，以俾提供橋檢相關單位/機構參考。

表1 伸縮縫常見劣化類型及常見位置

劣化類型	常見位置
1.伸縮縫間雜物堆積	· 伸縮縫間縫隙
2.螺栓腐蝕、鬆動、欠缺	· 伸縮縫錨定處
3.無收縮混凝土裂縫、破碎	· 錨定處、錨定材料
4.填縫膠變形、脫離、損壞	· 伸縮縫間縫隙 · 填充材料、橡膠
5.異常間距	· 伸縮縫間縫隙
6.前後高低差	· 橋台處伸縮縫 · 伸縮縫與橋面板銜接處
7.植物生長	· 伸縮縫間縫隙
8.伸縮縫換裝缺失	· 伸縮縫鄰近之橋面板

貳、橋面伸縮縫常見劣化

橋面伸縮縫主要功能在於提供上部結構材料脹縮變形之需求，並使橋面上車輛能平穩通過。伸縮縫一般係為橡膠、鋼材及附屬零件所組成，現有伸縮縫種類繁多，包括：角鋼伸縮縫(Butt Joint)、齒型及豎齒型伸縮縫(Finger Plate Expansion Joint)、滑板縫(Sliding Plate Joint)、模組型伸縮縫(Modular Expansion Joint)、Gai-Top伸縮縫，以及橡膠伸縮縫(Rubber Expansion Joint)等，而損傷劣化類型伴隨其構造型式、材料組成、施工品質，以及維護管理等因素而異。常見損傷劣化有橡膠材老化、硬化及破裂、橡膠板脫落、錨固螺栓腐蝕、鬆動、斷裂或遺失、填充材拉離、螺栓孔蓋套脫落、錨固混凝土開裂破碎、砂土雜物堆積、鋼製構件斷裂、鋼板陷落或翹起等。另外，伸縮縫兩側鋪面磨耗層(Wearing Surface)不平整、伸縮縫高低差、間隙過大、植物生長、修繕後未妥善處理等現象，亦為非常普遍常見的劣化類型。伸縮縫各類劣化類型與常見發生位置彙整如表1。

一、伸縮縫間雜物堆積

伸縮縫間之雜物堆積多屬自然現象，一般受橋址附近環境影響，落塵量較高區域，或雨水帶入，短時間內即可能會造成伸縮縫間累積相當程度的粉塵及砂土；另外，亦可能為人為因素所導致的堆積，例如：位於鄰近砂石場或工地，重車或工程車輛通行之途徑，車輪夾帶大量泥土，散落於路面或橋面，進而造成伸縮縫積土等現象。然而不論何種因素引致伸縮縫間堆積砂土、雜物，若能定期養護清理，將可避免伸縮縫間雜物堆積的劣化現象。

圖1與圖2顯示伸縮縫間積土，可能發生積土的成因為：落塵堆積，雨水夾帶雜物流入伸縮縫間堆積，或鄰近砂石場或工地，工程車輛掉落砂石雜物。



圖1 伸縮縫間積土(一)



圖2 伸縮縫間積土(二)

二、螺栓腐蝕、鬆動、欠缺

伸縮縫螺栓損傷主要有腐蝕、鬆動、脫落等劣化現象，易積聚雨水的螺栓溝槽處，經長時間使用後，常造成螺栓存在有銹蝕現象；另當車輛通過時，車輪反覆荷載造成之衝擊力(Impact)及振動，使原本鎖固良好的螺栓逐漸鬆動，最終導致螺栓脫落遺失；或因反覆作用力造成螺栓產生疲勞裂縫(Fatigue Cracking)，甚至螺栓斷裂現象。

圖3至圖5顯示螺栓銹蝕、鬆動、欠缺，可能發生的成因為：積水現象造成金屬構件腐蝕，車輛反覆載重造成鬆動與遺失，構材間存有空隙以致接合不良，施工時螺栓未充分鎖緊等因素。



圖3 螺栓銹蝕、鬆動、欠缺(一)



圖4 螺栓銹蝕、鬆動、欠缺(二)



圖5 橡膠伸縮縫螺栓孔蓋套脫落



圖6 無收縮混凝土裂縫、破碎(一)

三、無收縮混凝土裂縫、破碎

通常於使用階段，各種因素導致伸縮縫錨定混凝土之裂縫、破碎，或早期不當施工所造成，例如：長期車輛反覆加載，造成鋪面瀝青混凝土與無收縮混凝土兩類材料間，界面處易產生裂縫；車轍發生後造成伸縮縫頂面與瀝青混凝土鋪面邊緣處未保持平整，前後有高低差情形，引起車輛跳動衝擊，而漸使混凝土產生開裂、破碎。少數因素可能為施工階段橋台，或橋面板鋼筋未伸入伸縮縫錨定鋼筋內，使之互相結為一體，或錨定鋼筋斷裂，造成錨定力不足，經車輛反覆輾壓、振動後，導致混凝土破裂，並誘發伸縮縫裝置鬆動；又或者無收縮混凝土澆置後過早通車，導致養護作業未臻完善，影響混凝土強度發展，而衍生後續損傷發生。

圖6及圖7顯示無收縮混凝土裂縫、破碎，可能發生損壞的成因為：車輛反覆加載，造成鋪面與無收縮混凝土界面處產生開裂、破碎，鋪面刨除重鋪過程，因施工不良造成部分混凝土破裂，或混凝土澆置後過早通車，造成混凝土強度不足而損壞。



圖7 無收縮混凝土裂縫、破碎(二)

四、填縫膠變形、脫離、損壞

填縫膠的變形、脫離、損壞多導因於膠條(Rubber Strip)材料長期受到曝曬、乾濕循環(Drying-Wetting Cycle)、伸縮變形、車輛反覆輾壓等因子侵襲下，材料趨漸老化、硬化而變形脫離；部份情況可能係因錨定混凝土開裂，且逐漸發展成坑洞，進而引致橡膠板脫落，連帶掀起填縫膠條；或是由於固定橡膠板螺栓失去功能，導致其構件鬆動脫落，使填縫膠連接部位直接受到車輪磨損而破裂，最終被拉斷脫離。

圖8至圖10顯示填縫膠條老化、脫落，可能發生損壞的成因為：長時間受周遭環境邊界因子侵襲，造成填縫膠老化、硬化、脫離，局部



圖8 填縫膠條老化、脫落



圖9 填縫膠條老化、局部脫落



圖10 填縫膠條脫落、局部積土

錨定混凝土損傷，引起填縫膠條脫落，導致後續被撕裂拔起。

五、異常間距、位移、高低差

當伸縮縫異常間距、位移、高低差，於劣

化情況較輕微時，會影響車輛行駛之舒適度，倘若劣化情況過於嚴重時，將會危及行車及用路人安全。而造成伸縮縫產生異常間距、位移及高低差等劣化現象的成因，除了設計時錯估橋梁上部結構伸縮量、乾縮潛變量，以及施工不當所致之外，通常都是源自其它構件損傷劣化、額外衝擊力、邊界條件改變等因素，方使伸縮縫產生異常位移。設計時的錯估，將會使橋梁上構實際伸縮量超出設計容許伸縮量，而造成間距過大，或相互擠壓情形；額外的衝擊力，例如：地震、土石流、車輛撞擊等事件，將使上部結構產生過大的位移或傾斜，致使伸縮縫產生異常的間距及位移；邊界條件的改變，例如：基礎的沖刷、沉陷、傾斜、支承功能障礙等因素，亦會間接反應在伸縮縫的損傷上。

圖11顯示伸縮縫間距異常擴張，可能發生的成因為：橋墩基礎嚴重沖刷裸露，造成橋墩些微傾斜，引致伸縮縫間距異常擴大，或是安裝時未估算前置量或設計伸縮量算錯，引致安裝後間隙過寬等問題。圖12顯示伸縮縫間距異常擴張，可能發生的成因為：瀝青鋪面重複加鋪、厚度較厚使縫隙邊緣被輾壓破碎，造成上端縫隙開口較大，引致間隙過大問題。圖13及圖14顯示伸縮縫異常移位及高低差，可能發生損壞的成因為：橋塔兩側索力差異變化，或兩不同材質上部結構隨溫度反應之差異，造成伸



圖11 伸縮縫間距異常擴張(一)



圖12 伸縮縫間距異常擴張(二)



圖13 伸縮縫異常移位及高低差(一)



圖14 伸縮縫異常移位及高低差(二)

縮縫高低差、橋護欄金屬欄杆脫落，或地震引致兩振動單元的相對位移，造成伸縮縫產生永久位移及高低差。

六、植物生長

因雨水沿流下伸縮縫，使其常有積土與積水現象，一旦滲水滋潤後，極容易有植物生長情形。若為草本淺根植物，一般僅攀附於伸縮縫間隙，不會造成結構性劣化破損，但若為木本植物，可能會造成混凝土開裂、破損，或於既有缺陷內生長，使其損傷劣化程度更趨嚴重。如圖15顯示草本植物生長，可能發生的成因為：伸縮縫堆積沙土，並經常受到雨水滋潤，導致植物生長。



圖15 草本植物生長

七、伸縮縫換裝缺失

伸縮縫更換施工時，常見架設於橋面板下模板，完工後未拆除及妥善處理，隨時間增長，模板可能有腐爛掉落疑慮，將危及橋下人員及行車安全。除此之外，伸縮縫修復或更換工程，亦有混凝土澆置不實、爆模與橋面板復原未確實，造成鋼筋部分外露銹蝕，不僅影響視覺觀感，亦衍生後續其它損傷劣化發展，快速降低伸縮縫使用年限。如圖16至圖18顯示修復後模板未拆除、局部懸臂板破損，可能發生損壞的成因為：伸縮縫維修後遺留施工模板，伸縮縫修復或更換工程，因不當施工或完工後未妥善復原，造成附近橋面板破損，鋼筋外露、銹蝕。



圖16 修復後模板未拆除、局部懸臂板破損



圖17 伸縮縫更換造成橋面版破損、鋼筋外露



圖18 修復後模板未拆除、局部懸臂板破損

參、鋪面常見劣化

橋面系統鋪面常見有柔性鋪面(Flexible Pavement)與剛性鋪面(Rigid Pavement)兩種型式，臺灣的一般道路大多以柔性鋪面作為車輛

通行用磨耗面，其以瀝青混凝土為主要材料，瀝青混凝土由具膠結特性的瀝青膠泥(Asphalt Cement)，與粗細粒料(Aggregate)混合而成，其中瀝青膠泥具溫感性(Temperature Sensitivity)，隨著周遭溫度高低而產生硬固或軟化現象，也因此一特性使得瀝青混凝土整體勁度，會隨著溫度變化而有顯著差異，進而影響柔性鋪面之勁度與承載力。在高溫異常環境下，材料本身抵抗反覆載重能力較弱，更加速鋪面的劣化損傷發展，因而降低鋪面服務品質與使用年限。柔性鋪面常見損傷有多向性裂縫、坑洞、車轍與變形、薄層剝落、路面粗糙碎裂及車道高低不均等。鋪面常見之劣化類型與可能發生位置彙整如表2。

表2 鋪面常見劣化類型及常見位置

劣化類型	常見位置
1. 裂縫	<ul style="list-style-type: none"> 伸縮縫處 進橋板(Approach Slab)與橋台銜接處 車輪軌跡處 車道中央 道路邊緣
2. 坑洞	<ul style="list-style-type: none"> 車輪軌跡處 整體鋪面
3. 車轍	<ul style="list-style-type: none"> 車輪軌跡處
4. 薄層剝落	<ul style="list-style-type: none"> 伸縮縫處 整體鋪面

一、鋪面裂縫

鋪面裂縫主要原因，於高運量橋梁上，柔性鋪面常於車輛反覆載重作用下，路面基層(Subbase)之最大應力及應變超過材料容許範圍，進而造成材料產生疲勞破壞裂縫，故此劣化類型常發生於車輪重複行駛位置。一般鋪面疲勞裂縫損傷可依三個程度劃分，輕微破壞程度僅有些許微裂縫；中度破壞程度，微裂縫發展相互連結，形成如同網狀裂縫，歐美地區稱之為鱷魚皮狀裂縫；嚴重破壞程度，則裂縫明顯相互連接成複雜之碎裂狀，此時水易經由裂縫滲入至底層，加上車輛仍持續不斷碾壓，

造成支撐材料中的細粒料擾動，當水分足夠又遭受車輪重壓時，細粒料即隨著水噴出，而造成細粒料流失，即所謂的唧水(Water Bleeding)及噴泥現象(Mud-Pumping)。

除了車輛載重造成之疲勞裂縫外，溫度效應與施工不良亦為造成鋪面裂縫的成因之一，以裂縫發展類型可區分為：塊狀裂縫(Map Cracking)、縱向裂縫(Longitudinal Cracking)，以及橫向裂縫(Transverse Cracking)。範圍常介於0.1至10平方公尺的塊狀裂縫，主要成因通常為熱拌瀝青材料冷縮，以及日夜溫差反覆作用引致之應力、應變所造成，與荷重較無直接關係；縱向裂縫，發展方向約略與行車方向相同，成因與低溫環境或瀝青硬化引起面層收縮，或由面層底下既有裂縫，誘發上部瀝青面層產生反射裂縫，或亦可能因鋪面刨除回鋪之

車道，因分鋪施工導致接縫不良；橫向裂縫走向約略與車行方向垂直，通常為鋪面覆蓋伸縮縫，或結構預留縫處之反射裂縫。

圖19顯示鋪面橫向裂縫，可能發生裂縫成因為：鋪面覆蓋伸縮縫處產生反射裂縫。圖20顯示鋪面網狀裂縫，可能發生裂縫的成因為：熱拌瀝青材料的收縮，及日夜反覆溫差之作用，所引發之反覆的應力、應變造成似塊狀劣化，車輛反覆載重造成之疲勞裂縫。圖21顯示鋪面橫向開裂，可能發生開裂的成因為：伸縮縫處瀝青混凝土鋪面覆蓋施工不良，厚度略高於兩側路面，經車輛反覆載重後開裂破損，由底部既有結構預留縫，形成覆蓋鋪面產生反射裂縫。圖22顯示鋪面網狀裂縫，可能發生裂縫的成因為：車輛載重頻繁，且為上下坡加減速橋跨，造成鋪面開裂情形嚴重，天氣低溫或瀝



圖19 鋪面橫向裂縫



圖20 鋪面網狀裂縫(一)



圖21 鋪面橫向開裂



圖22 鋪面網狀裂縫(二)

青混合料硬化引起面層收縮，或由面層底下之裂縫產生瀝青面層之反射裂縫。

二、坑洞

坑洞主要成因多半於前述裂縫劣化不斷發展，形成嚴重網狀龜裂形態，在持續受車載行駛衝擊下，導致鋪面崩解破碎，使面層碎片及表面粒料流失，逐漸形成大小不等且不規則狀坑洞。少數情況可能為交通事故造成面層破損，以及因下雨致坑洞積水，而導致結構強度減弱，使周圍瀝青混凝土及粒料，易被行駛車輛帶離淘蝕而成坑洞；或因鋪面材料老化、或受化學溶劑侵蝕，造成瀝青膠泥失去膠結性、強度降低，經反覆車載作用，使瀝青材料崩壞流失而形成孔洞。

圖23顯示鋪面坑洞及積水，可能發生損壞的成因為：嚴重網狀龜裂伴隨車載行駛衝擊下，導致瀝青混凝土崩解、碎裂形成坑洞，或鋪面材料老劣化，導致膠結性降低，於車載持續作用後形成坑洞。圖24顯示鋪面坑洞及噴泥現象，可能發生損壞的成因為：鋪面材料新舊膠結性不佳，於車載持續作用後形成坑洞，細粒料即隨著噴水帶出，而造成細粒料流失，形成唧水及噴泥現象。



圖23 鋪面破碎、坑洞及積水



圖24 鋪面坑洞及噴泥現象

三、車轍

瀝青鋪面因高溫環境勁度降低，或施工夯實(Compaction)不良，導致路基無法密實等因素，使鋪面於車輛載重反覆輾壓後，瀝青材料逐漸向輪跡兩側擠壓，造成鋪面沿車行方向兩側開裂或永久變形，而輪跡中央處即產生沉降。

圖25顯示車道中央車轍、裂縫，圖26為靠近護欄處鋪面車轍、凹陷，其可能發生損壞的成因為：上下坡路段，車輛加減速反覆輾壓作用，產生車轍劣化現象，或初始路基或瀝青混凝土鋪面滾壓不實，車輛加載後易產生車轍劣化現象，或高溫造成鋪面材料軟化、勁度降低。圖27顯示鋪面車轍與變形，可能發生損壞的成因為：停車路段車輛加減速反覆輾壓作



圖25 車道中央車轍、裂縫



圖26 靠近護欄處鋪面車轍、凹陷



圖27 鋪面車轍與變形

用，產生車轍劣化現象，或初始路基、瀝青混凝土鋪面滾壓不實，車輛加載後易產生車轍劣化現象。圖28顯示鋪面車轍與碎裂，可能發生損壞的成因為：初始路基或瀝青混凝土鋪面滾壓不實，車輛加載後易產生車轍碎裂現象。



圖28 鋪面車轍與碎裂

四、薄層剝離

薄層剝離係指鋪面面層(或稱磨耗層)於鋪設完成後，產生不規則狀大小的淺層剝落現象。橋梁工程於最後鋪設面層時，如果黏層未確實施作，將造成接合面強度降低，導致瀝青表面剝離現象；若是鋪設厚度不足，經車輛反覆加載及加減速作用下，也易有面層剝離現象，如圖29及圖30所示。



圖29 薄層剝離(一)



圖30 薄層剝離(二)

結論

本文就執行橋梁檢測外部稽核公益協作中的發現，彙整混凝土橋梁橋面系統之伸縮縫常見劣化類型包括：間隙雜物堆積，螺栓腐蝕、鬆動、欠缺，無收縮水泥裂縫、破碎，填縫膠變形、脫離、損壞，異常間距、位移、高低差，植物生長，以及伸縮縫更換後未妥善修復等現象；橋面系統之鋪面常見劣化類型包括：裂縫、坑洞、車轍，以及薄層剝落等現象。文中所述混凝土橋梁橋面系統之伸縮縫及鋪面之常見劣化類型與成因說明，可提供橋管單位、橋梁檢測廠商、橋檢品質保證單位/機構等相關專業人員作實務性參考。

誌謝

本文係財團法人中華顧問工程司於102年至106年度間，交通部運輸研究所橋梁檢測外部稽核公益協作中，收集彙整各類橋梁常見劣化樣態之部分成果，作者由衷感謝相關橋管單位協助與支持，現地稽核所有的參與協助人員在此一併申謝。

參考文獻

1. Ryan, T.W., Mann, J.E., Chih, Z.M., and Ott, B.T., Bridge Inspector's Reference Manual (BIRM), Report, Report No. FHWA-NHI-12-049, National Highway Institute, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2012).
2. Everett, T.D., Weykamp, P., Capers, H.A., Cox, W.R., Drda, T.S., Jensen, P., Juntunen, D.A., Kimball, T., and Washer, G.A., Bridge Evaluation Quality Assurance in Europe, Report No. FHWA-PL-08-016, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2008).
3. New Zealand Transport Agency, Bridge Inspection and Maintenance Manual, SP/M/016, Transit New Zealand, Wellington, New Zealand (2001).
4. 交通部，「公路橋梁檢測及補強規範」，交通部頒布規範，臺北，臺灣 (2018)。

稿約格式

一、文字：稿件應以中文或英文撰寫，中文及英文摘要以400字為限。

二、單位：所有含因次之量須採用SI單位公制。

三、打字：

來稿請使用電子檔（以Word編排）圖、文需以單欄橫向編排方式，共同排列在文稿內(過大的圖或表可以附件方式呈現)，論文之長度(含圖)字數限5-6,000字以內；左、右邊界2.5公分，上、下邊界3公分，內文字體為細明體12點字，行距為1.5倍行高。

四、題目／作者：

論文題目宜簡明，作者姓名、任職機構、部門、職稱、技師科別列於論文題之下方，其服務部門及職稱以1, 2, 3編號註記在首頁末，另附上作者之生活照高畫質之電子檔。

五、關鍵詞：在題目中須選出中文及英文二至四個關鍵詞，並置於作者姓名下方。

六、章節及標題：論文之章節標題須列於稿紙之中央對稱位置，且加編號。小節標題亦應加編號但必須從文稿之左緣開始，例

壹、大標題（居中）

一、中標題（齊頭）

(一) 子標題（齊頭）

1、小標題（齊頭）

(1) 次小標題（齊頭）

七、數學式：所有公式及方程式均須書寫清楚，其後標式號於圓括弧內。為清晰起見，每一式之上下須多空一列。

八、長度：論文之長度(含圖)，內文以不超過6,000字或其相當之長度為準(以A4規格約8頁(含圖)計算)。

九、插圖與圖表：不論在正文中或圖裡本身，所有圖表、照片必須附有編號及標題或簡短說明，其編號請用阿拉伯數字，不加括號表示。如圖1、表2；Table 1、Figure 2，表的標題置於表的上方中間，圖的標題置於圖的下方中間。

十、符號：內文所有符號須於符號第一次出現時加以定義。

十一、參考文獻：

所有參考文獻須按其在文中出現之先後隨文註號碼於方括弧內，並依序完整列於文末；文中引用提及作者時請用全名，未直接引用之文獻不得出現。

參考文獻之寫法須依下列格式：

(1)期刊

林銘崇、王志成，「河口海岸地形變化之預測模式」，中國工程學刊，第六卷，第三期，第141-151頁(1983)。

Bazant, Z. P., and Oh, B. H., "Strain-rate effect in rapid triaxial loading of concrete," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.108, No.5, pp.764-782(1982).

(2)書籍

張德周，「契約與規範」，文笙書局，台北，第177-184頁(1987)。

Zienkiewicz, O. C., "The Finite Element Method," McGraw-Hill, London, pp.257-295(1977).

(3)論文集

蔡益超、李文友，「鋼筋混凝土T型梁火災後彎矩強度之分析與評估」，中國土木工程學會71年年會論文集，臺北，第25-30頁(1982)。

Nasu, M. and Tamura, T., "Vibration test of the underground pipe with a comparatively large cross-section," Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy, pp.583-592(1973).

(4)學位論文

陳永松，「鋼筋混凝土錨座鋼筋握裹滑移之預測」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，台南(1982)。

Lin, C. H., "Rational for limits to reinforcement of tied concrete column," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Texas, Austin, Texas (1984).

(5)研究報告

劉長齡、劉佳明、徐享崑，「高屏溪流域水資源規劃系統分析之研究」，國立成功大學臺南水工試驗所研究報告，No.53，台南(1983)。

Thompson, J. P., "Fire resistance of reinforced concrete floors," PCA Report, Chicago, U.S.A., pp.1-15(1963).



編後語

本期主題「營建工程與環境永續」由營管事業群主辦，分享幾項指標性工程施工實務，並談及未來工程建設如何兼具多元特色，達成與環境永續發展目標。


特別要感謝臺灣港務股份有限公司李賢義董事長及桃園市政府工務局賴宇亭局長，百忙之中接受訪問，並給予相關工程建設高度期許與寶貴建議。同時也要感謝勞動部職業安全署鄧子廉署長與張毅斌科長共同撰寫「臺灣與英國之業主、設計師和營造商對工程設計考量工作者安全之觀點」專文，分享透過臺灣和英國之間卷調查和數據分析，識別營造相關業者對執行DCWS的意見、障礙和誘因，促進DCWS的實踐。臺灣港務股份有限公司王錦榮助理副總經理的「全台首座旋轉橋大港橋」，分享行政院工程會第十九屆金質獎特優工程之施工實務與創新精進作為。最後，感謝營管事業群同仁協助，藉由多年專業經驗，撰寫7篇專題報導，深入淺出探討國內公共建設與環境融合、永續經營之理念與契機，篇篇均值得各位讀者細細品閱。

期藉本期內容，拋磚引玉闡述營建工程與環境永續之新思維，進而推動以永續的理念，兼顧環境、經濟與當地居民社會活動，守護著工程，善盡我們新一代土木人的職責。

附記：

本刊於每年一、四、七、十月份以季刊方式發行，來稿請備紙本稿件一式乙份及原稿電子檔，以掛號郵寄台北市11491內湖區陽光街323號10樓，台灣世曦工程顧問股份有限公司／企劃部轉『中華技術』編輯小組收。



 財團中華顧問工程司
法人 CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

台北市10637辛亥路二段185號28樓
28F, No.185, Sec. 2, Sinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
Tel: (02) 8732-5567, Fax: (02) 8732-8967, <http://www.ceci.org.tw>

CECI



台灣世曦

工程顧問股份有限公司

www.ceci.com.tw



金門大橋深槽區邊橋節塊首度閉合，拼年底通車



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

台北市 11491 內湖區 陽光街 323 號

No. 323 Yangguang Street, Neihu District, Taipei City 11491, TAIWAN

Tel:(02)8797-3567 Fax:(02)8797-3568

E-mail:pr@ceci.com.tw

用心
做好每一件事情

匠心，才得以淬煉「專業」品質
誠心，才足以貫徹「人本」信念
悉心，才可以恢宏「關懷」情操
台灣世曦永遠以「心」為出發
持續履行對土地、對人民不變的承諾
一個環境永續的生態樂園
一個幸福溫馨的生活家園