



南方澳跨港大橋 重建工程之設計與施工

黃炳勳 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司 土建事業群副總經理

蔣啟恆 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司 第二結構部協理

劉 珊 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司 第二結構部技術經理

蘇彥彰 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司 第二結構部計畫副理

李振瑋 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司 第二結構部計畫工程師

108年10月1日宜蘭縣蘇澳鎮「南方澳跨港大橋」無預警倒塌造成漁港航道受阻及民眾傷亡事件；108年10月7日交通部指示相關計畫由公路總局主政；108年11月23日依政府採購法第22條第1項第3款「遇有不可預見之緊急事故」之規定，得採限制性招標，故委由台灣世曦設計及監造。

本工程全線總長796.53公尺，橋梁總長595公尺，為本工程主要項目，西側引橋配置預力U型梁吊裝工法，跨越南方澳漁港航道採用預力箱型梁懸臂工法，東側引橋配置預力箱型梁場鑄逐跨工法銜接至既有道路。本工程工址位於臨海區域，海水、海風等外在條件易對混凝土構造物造成侵蝕危害，考量橋梁耐久性，於規劃設計階段依照公路橋梁設計規範耐久性章節，依據工址位置、設計年限進行耐久性設計。

關鍵詞：重建工程、耐久性

工程概述

本工程位於宜蘭縣蘇澳鎮南方澳大橋原址辦理重建，工程總長共796.53公尺，新建橋梁主體全長約595公尺，工程起點銜接移山路口，路線於里程 $0k + 150 \sim 0k + 420$ 路段為碼頭區，南側鄰近南方澳第三漁港拍賣市場與蘇澳漁檢站，路廊東側豆腐岬地形變化較大，且里程 $0k + 565 \sim 0k + 590$ 北側鄰近山崩與地滑地質敏感區，工程終點順接跨港路線形，過既有路口往南即可通達豆腐岬風景區，本工程範圍詳如圖1所示。

本工程主要內容包含拆橋工程、橋梁工程、擋土牆工程、道路工程、排水工程及其他配合工程。橋梁段長度為595公尺，可區分為西側引橋、主橋與東側引橋三區域。主橋採懸臂工法，跨徑配置為 $80 + 140 + 80 = 300$ m，上部結構形式為預力混凝土箱型梁；西側引橋採用U型梁吊裝工法，共2單元，跨徑配置為 $2@40 = 80$ m與 $3@40 = 120$ m，上部結構形式為預鑄預力U型梁；東

側引橋採用場鑄逐跨工法，共1單元，跨徑配置為 $2@36 + 23 = 95$ m，上部結構形式為預力混凝土箱型梁。橋墩與基礎採用場鑄鋼筋混凝土構造，基礎形式採用150 cm直徑之全套管基樁，橋梁配置圖詳如圖2所示。

南方澳大橋歷史

跨漁港航道高架橋時期 (1976年10月~2000年4月)

早年從南方澳第三漁港到對岸造船廠需繞行經過內埤或搭乘渡輪，較為不便，故於十大建設蘇澳港建港時期建設一跨港橋，由南方澳第三漁港南碼頭跨越60公尺航道，直到坡仔腳下，為南方澳第一座跨越漁港航道的橋梁。此橋為鋼筋混凝土橋，橋高9公尺、橋寬8.1公尺，總長60公尺分為5個各12公尺的跨距，中間橋面最高使橋體呈現拱形，因此漁民稱其為駝背橋。後續由於跨距太窄及橋下高度過低，導致大船無法順利進出，漁船及其雷達天線通過時也常有碰



圖 1 工程範圍示意圖

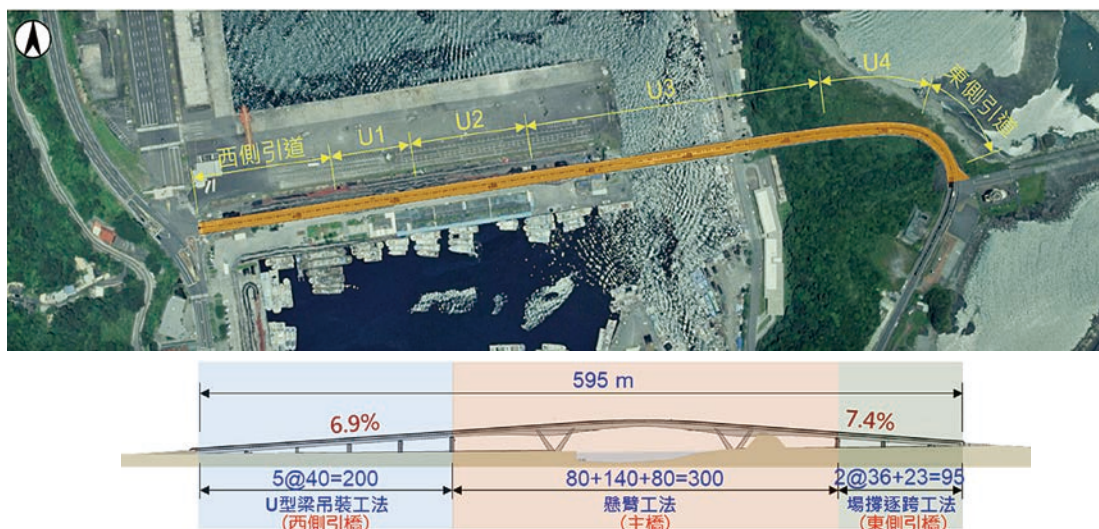


圖 2 橋梁配置圖

撞。在地方人士爭取之下，臺灣省政府同意補助 1 億多元在第三漁港北岸新建跨港大橋。本橋於 2000 年 4 月動工拆除。駝背橋照片詳圖 3 所示。

舊南方澳大橋時期 (1998 年 ~ 2019 年 10 月)

舊南方澳大橋由臺灣省政府建設基金專案補助，基隆港務局委託宜蘭縣政府農業局代辦施工，由亞新工程顧問股份有限公司設計監造、立永營造有限公司施工，採雙叉式單鋼拱橋型式，以耐候性高強度低合金鋼的鋼材打造。在 1996 年 1 月 27 日開工，耗時 2 年在 1998 年 6 月 20 日完工。通車當時是亞洲第一座、世界唯二的雙叉式單拱橋。南方澳大橋主橋長 140 公尺、寬 15 公尺，橋面離海平面 18.5 公尺，解決大型



圖 3 駝背橋照片

漁船無法通行的困境，使南方澳漁港得以長遠發展。舊南方澳大橋照片詳圖 4 所示。



圖 4 舊南方澳大橋照片

重建歷程

108 年 10 月 1 日宜蘭縣蘇澳鎮「南方澳跨港大橋」無預警倒塌造成漁港航道受阻及民眾傷亡事件；108 年 10 月 7 日交通部黃次長於「跨港大橋災害處理小組第六次執行會議」中指示：「請公路總局、航港局、港務公司進行後續施工場地安排，相關計畫由公路總局主政，兩週完成代辦契約簽訂及初步計畫書預計一個月上網完成招標規劃橋梁興建時，請航港局、港務公司應就地方反應意見及發展做整體考量，與交通部先行討論。」；108 年 10 月 7 日行政院吳政務委員於「南方澳大橋坍塌案損害賠償及復原工程規劃會議」中指示：「…地方人士殷切期盼南方澳跨港大橋復原工程早日完工，請交通部加速辦理，並注意跨徑、淨高要符合漁船進出需求淨高，採購作業請本院公共工程委員會全力協助。」；108 年 10 月 15 日交通部林部長於斷橋事件後續處理簡報會議中，聽取交通部公路總局有關「重建工程規劃推動情形報告」後指示：「有關橋梁重建之規劃應考量納入人行步道、觀景等功能，並傾聽地方意見與發展需求…。」

本工程依政府採購法第 22 條第 1 項第 3 款「遇有不可預見之緊急事故」之規定，得採限制性招標，故於 108 年 11 月 13 日委由台灣世曦設計及監造。

108 年 11 月 14 日蘇花改工程處辦理「南方澳跨港大橋重建工程」設計階段民眾說明會，會議中地方團體及民眾陳情建議「北移重建橋址」，以致重建橋址與工程用地無法確定。經相關權責單位多次會商後，於行政院公共工程委員會 109 年 3 月 18 日召開「中央地方建設協調會報—南方澳大橋重建橋址（第 2 次）」會議中，橋梁採原址重建並於北側新增二線車道之方案，至此重建方案獲得確立。

設計理念

新南方澳跨港大橋以安全、美觀與快速為出發點，施工階段採用快速施工工法，不影響漁港運作，完工後提供東、西兩岸安全通行道路，並形成觀光新景點。

高架橋長 595 公尺，橋上設置「雙魚·豐收」藝術裝置，兩條魚於跨港大橋交會，小魚從漁港迴游出海，大魚豐收入港，藉此表達對海洋漁業永續經營的態度。

安全考量

本橋梁主要構件皆以設計年限 100 年進行設計，結構造型選用流暢、圓順結構外型，並配置合適結構尺寸，控制裂縫發展。耐久性設計方面，依據公路橋梁設計規範耐久性章節之規定，本工程屬於臨海地區，雖未有橋墩直接位於海水之中，但考慮橋墩於港區中，基礎長期受潮汐影響，並工址長期遭受強烈海風吹拂，基於安全考量，全橋以「極嚴重鹽害區」進行耐久性設計，使用提高混凝土強度、最大水膠比及保護層厚度等作為，讓橋梁主要構件達 100 年使用年限，本工程混凝土及鋼筋保護層詳如表 1 所示。另外混凝土使用 C_3A 含量適度之 TYPE II 水泥，可抵抗中度硫酸鹽侵蝕。

橋梁設計地震力將依 108 年 1 月「公路橋梁耐震設計規範」規定辦理，橋址所屬行政區考慮之震區實地盤短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_5'' 、 S_1'' 與最大考量水平譜加速度係數 S_5''' 、 S_1''' 如表 2 所示。

快速施工

整個施工時期，皆維持第 3 拍魚市場運作。

- 舊橋拆除階段：採用鏈鋸切割工法，降低環境污染又不影響魚市場安全。
- 基礎與橋墩施工階段：規劃施工順序，搭配交雜移設，降低對魚市場之衝擊。
- 上部結構施工階段：設計 PCU 梁吊裝工法，縮短施工時程。

而跨航道水域採用懸臂工法預力箱型梁設計，施工期間不影響漁船進出，也無須在水域搭設大規模便橋，影響水域生態；另在里程 $0k + 565 \sim 0k + 590$ 北側鄰近

表 1 混凝土及鋼筋保護層

橋梁部位		28天最小抗壓強度 f'_c (kgf/cm ²)	最大 水膠比	最小保護層厚度 (cm)		備註
預力混凝土	箱型梁橋、U型梁橋	420	0.4	橋面板頂面	7.5	施預力時之起始抗壓強度 ≥ 336 kgf/cm ²
				箱型梁外側	7.5	
				箱型梁內側及隔梁	4	
鋼筋混凝土	橋墩	350	0.4	橋柱	10	自充填混凝土
				鋼筋混凝土墊	10	
	橋墩基礎	350	0.4	10		自充填混凝土
	橋台	350	0.4	軀體、翼牆	10	自充填混凝土
				基礎	10	
				進橋板頂面及側面	7.5	
		進橋板底面	10			
	場鑄基樁	350	0.4	10		水中混凝土設計強度 350 kgf/cm ² 28天規定抗壓強度 f'_c 依據補充 施工說明書第03050章第2.1.1節 辦理
	橋護欄、分隔島	280	0.5	4		
	緣石	280	0.5	4		
	U型梁橋面板	350	0.4	頂面	7.5	
底面				7.5		
擋土牆	350	0.4	牆身	10		
			基礎	10		
無筋混凝土	重力式擋土牆	≥ 210				
	基礎墊底	80				

表 2 震區短週期與一秒週期之設計與最大考量水平譜加速度係數

縣市	鄉鎮市區	S_S^{II}	S_I^{II}	S_S^{III}	S_I^{III}	臨近之斷層
宜蘭縣	蘇澳鎮	0.8	0.45	1.0	0.55	無

山崩與地滑地質敏感區，使用懸臂工法亦可避免對山崩與地滑地質敏感區進行開挖或支撐。地質敏感區套疊成果如圖 5 所示，懸臂工法施工照片如圖 6 所示。

美觀設計

配合在地的海洋漁港風情及南方澳有鯖魚故鄉之美名，本工程之景觀設計將以鯖魚、海浪兩種元素作為概念主題，將結構形式、欄杆、街道傢俱、造型燈具、鋪面圖型等多項橋梁設計元件，配合主題故事鋪陳，以突顯整體景觀意象，並以簡潔重複的造型單元進行設計，以達整體風格與設計語彙統一，成功融入當地漁港聚落地景。既有環境景觀特色示意照片如圖 7 所示。

以南方澳「鯖魚的故鄉」為設計發想，擷取鯖魚的造型轉化為設計元素，並結合當地既有特色景觀元素及造型，塑造橋梁自明性並融入自然環境。

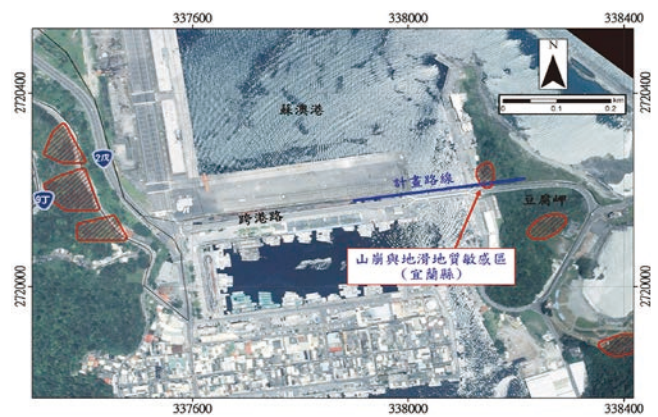


圖 5 地質敏感區套疊成果



圖 6 懸臂工法施工照片



圖 7 既有環境景觀特色示意照片

整體設計主題

本基地主要橋梁設計造型以鯖魚為主題元素，整體重建路段搭配以海洋元素作為配景，以增加全線景觀活潑性，並利用日間自然光影與夜間照明的色彩變化來強化，塑造「魚悠遊於大海」的整體景觀意象。整體設計構想概念示意圖如圖 8 所示。

橋梁造型主題

主題源自於南方澳為鯖魚的故鄉的美名，因此以鯖魚作為橋梁造型主題，擷取鯖魚魚體各部份的特色，轉化為橋梁造型特色元素，相關配置與設計示意如下，詳圖 9 所示。

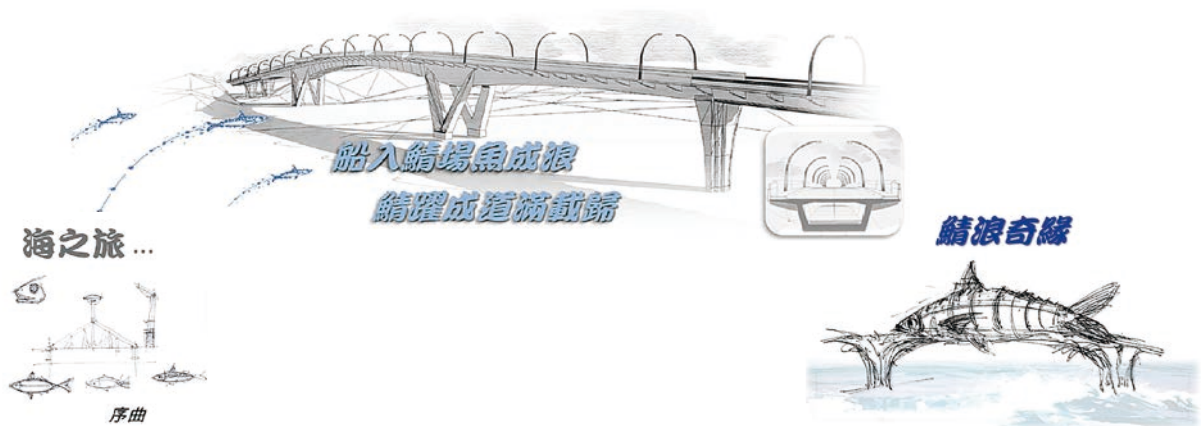


圖 8 整體設計構想概念示意圖

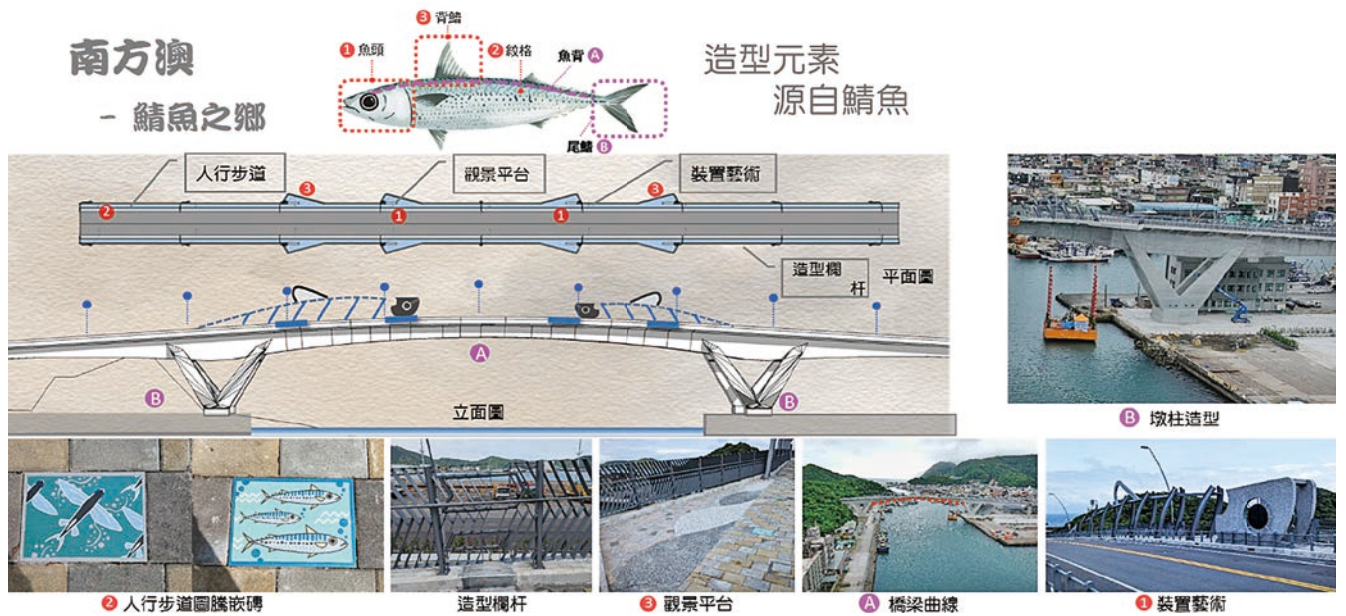


圖 9 橋梁造型設計配置示意圖

維護管理

因本工程工址鄰近海洋高腐蝕環境，故本工程皆設計混凝土橋梁以降低維管需求，另外橋上鯖魚裝置藝術、欄杆以不銹鋼加上烤漆設計，減低維修更換頻率。

另考量鄰近第 3 拍魚市場的橋墩，因完工後橋下空間開放使用，車輛進出頻繁，特地將洩水管採內嵌方式設計，藉此減少洩水管因外力損壞之維修頻率。橋墩洩水管預留槽詳圖 10 所示。

橋梁完工後，顧問公司協助撰寫維護管理手冊，方便後續管養單位定期檢測橋梁構件時參考使用。橋梁設計階段箱型梁隔梁皆留設人孔，確保主橋段之檢修通道順暢，人孔高度設計加大，並考量人體工學設置必要爬梯與扶手，便於巡檢人員通行。箱梁人孔示意圖詳圖 11 所示。

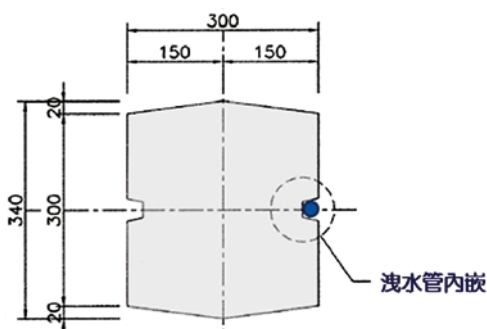


圖 10 橋墩洩水管預留槽

拆橋規劃

舊南方澳跨港大橋無預警倒塌後，除主橋因阻擋漁船航道，已盡快移除外，其餘引橋及引道皆維持原狀，所以在新橋施工之前必須先進行拆橋工程。

考量第 3 拍魚市場幾乎全年無休，因此須於安全考量下以最迅速之方式拆除既有橋梁。設計規劃舊橋拆除採用鏈鋸切割工法，除可提昇安全性及加快拆橋速度外，亦可降低環境衝擊。設計規劃先以架設臨時支撐後，利用鏈鋸切割橋梁成單元節塊，再利用海運將其運至東岸回填區後進行打除，打除後的混凝土經處理後，可用於填海造陸，達到資源再生，節能減碳。拆橋規劃與施工照片詳圖 12 所示。

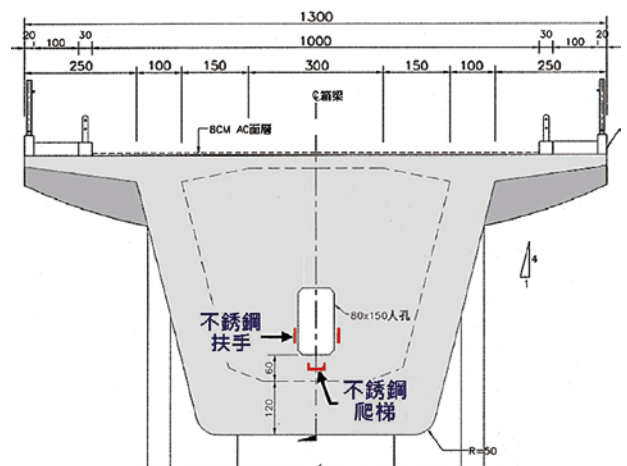


圖 11 箱梁人孔示意圖

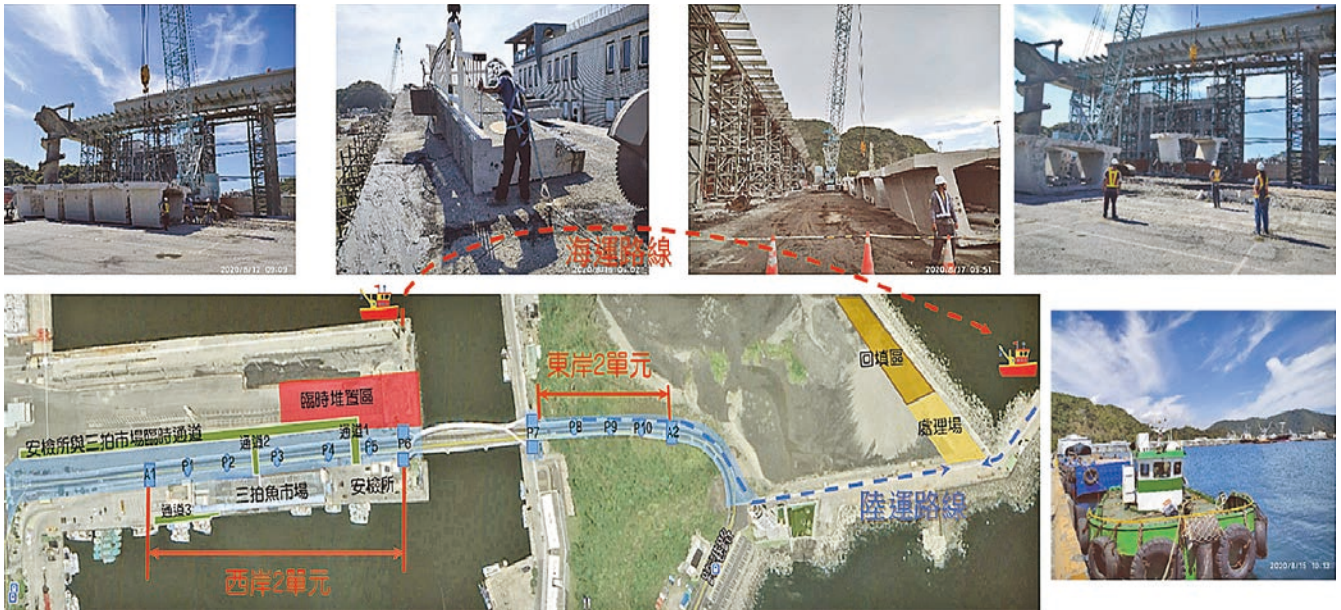


圖 12 拆橋規劃與施工照片

施工階段遭遇困難

工址氣候、海水漲退潮

因工址屬於臨海區域，現況海風強烈，依氣象局資料開工至 111 年 12 月 18 日共 886 天，降雨天數多達 284 天，施工期間約有 1/3 比例為下雨天，整體施工環境不佳，大幅影響施工進度。

另基礎擋土開挖工程因海水漲退潮問題，導致施工期間基礎開挖會有湧水情況，需進行抽水作業，方可維持施工環境，大幅影響施工難度。

疫情

施工期間時逢嚴重特殊傳染肺炎三級警戒，影響人力安排與出工規定，待疫情趨緩後，增加設備與人力全力趕工。

地下回填物（填海造地）

因工址西側碼頭（第 3 拍魚市場前）屬於舊有堤防填海造地而成，其舊有堤防係於 50 多年前完成，後經多次增、修建，地下障礙物難以預測，導致 A1 ~ P3 基礎擋土支撐施工時，遭遇許多混凝土地下障礙物，以致鋼板樁無法順利打設，後續施工廠商採用變更工法，以氣動錘排除舊堤防障礙物，再補打鋼板樁擋土設施，鋼板樁打設遭遇地下障礙物照片如圖 13 所示，混凝土地下障礙物如圖 14 所示。



圖 13 鋼板樁打設遭遇地下障礙物



圖 14 混凝土地下障礙物

P6 橋墩基礎開挖

110年1月21日~23日，施工廠商為了避免預壘樁水泥砂漿滲流，導致海域遭受污染，故決定P6橋墩基礎臨海側改採鋼板樁加上引孔工法替代預壘樁施作，其餘維持原設計以預壘樁方式施工。110年2月17日~19日進行臨海側鋼板樁引孔及打設，遭遇地下障礙物無法順利引孔達到預定深度。待預壘樁全部完成，110年3月7日~9日改採用螺旋鑽桿機引孔及H型鋼引孔擊打拋石方式大致克服困難，貫入設計深度，惟東南角隅因遭遇不明構造物，現場判斷為既有堤防地下混凝土塊石堆疊方式有入侵基礎範圍等之情形，致該區鋼板樁因此有無法貫入設計深度之情形。P6橋墩基礎擋土支撐照片如圖15所示。

在P6橋墩基礎擋土支撐完成後，因東南角隅無法貫入設計深度，於基礎開挖過程中，因漲退潮發生基礎底部多處冒水最後演變為砂湧情形，先以設置排水管導至集水井，設置抽水設備共8部，且打設350 kgf/cm²水中混凝土封底等處理。惟東南角隅仍持續發生湧水情形，依110年5月31日會議中專業廠商所提灌漿計畫先行執行，積極於110年6月4日灌漿設備及化學材料進場，並於110年6月16日完成止水化學灌漿，經降水後成效良好。P6基礎與止水灌漿施工示意圖如圖16所示。

懸臂工法 P7 橋墩第 7 節塊工作車下陷

施工廠商於111年5月27日(五)進行P7懸臂西車第7節塊混凝土澆置，於澆置過程中，因發生工



圖 15 P6 橋墩基礎擋土支撐照片

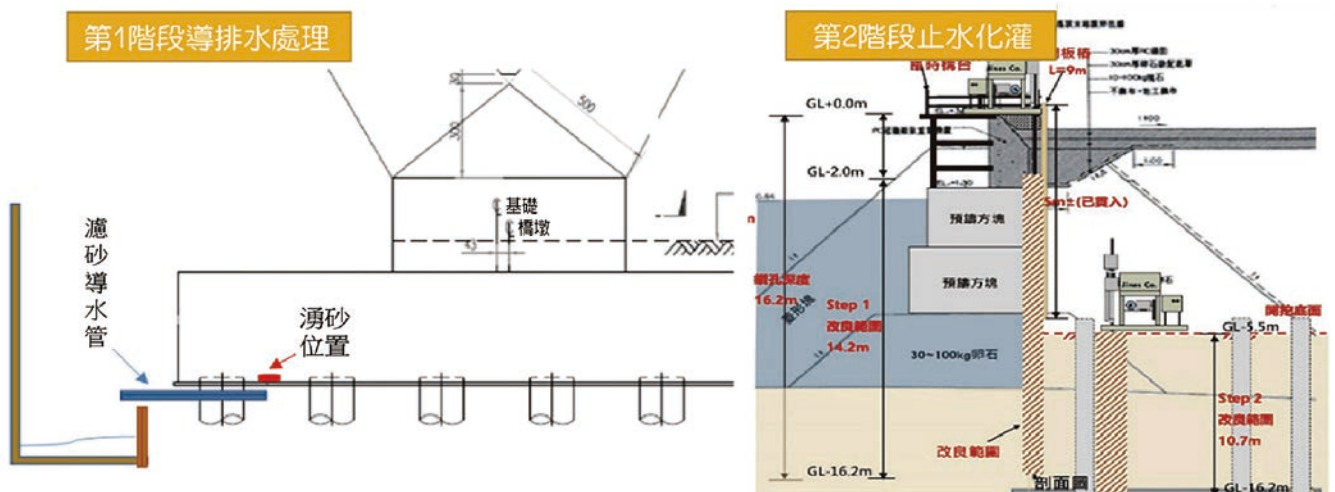


圖 16 P6 基礎與止水灌漿施工示意圖

作車支撐千斤頂滑脫，節塊支撐瞬間陷落，並造成該節塊扭轉傾斜，單側下陷達 34 cm。工作車鋼墊塊變形照片如圖 17 所示，工作車下陷後橋面現況照片如圖 18 所示。

由工地現場施工相片可知，陷落時混凝土澆置面上仍有裸露之預力套管及鋼筋。經由一連串的討論與試驗後，雖然該節塊可能符合使用強度，但考量南方澳跨港大橋係要使用百年之重要橋梁，不該存在任何

安全疑慮，故決定將該節塊拆除，重新施作。

由於 P7 橋墩懸臂西車第 7 節塊位於河道上方，考量不影響河道通行，故施工廠商提出鏈鋸切割成小塊節塊搭配吊車吊離方式施作，以此方式拆除至鋼筋搭接範圍內時，改以採用人工鑿除（氣動水泥破碎機，液壓劈裂機，水刀等），將 1.1 m 範圍混凝土鑿除，並將鋼筋保留，復原之鋼筋採銲接搭配螺栓鎖緊型鋼筋續接器進行搭接處理。節塊打除作業如圖 19 及圖 20 所示。



圖 17 工作車鋼墊塊變形



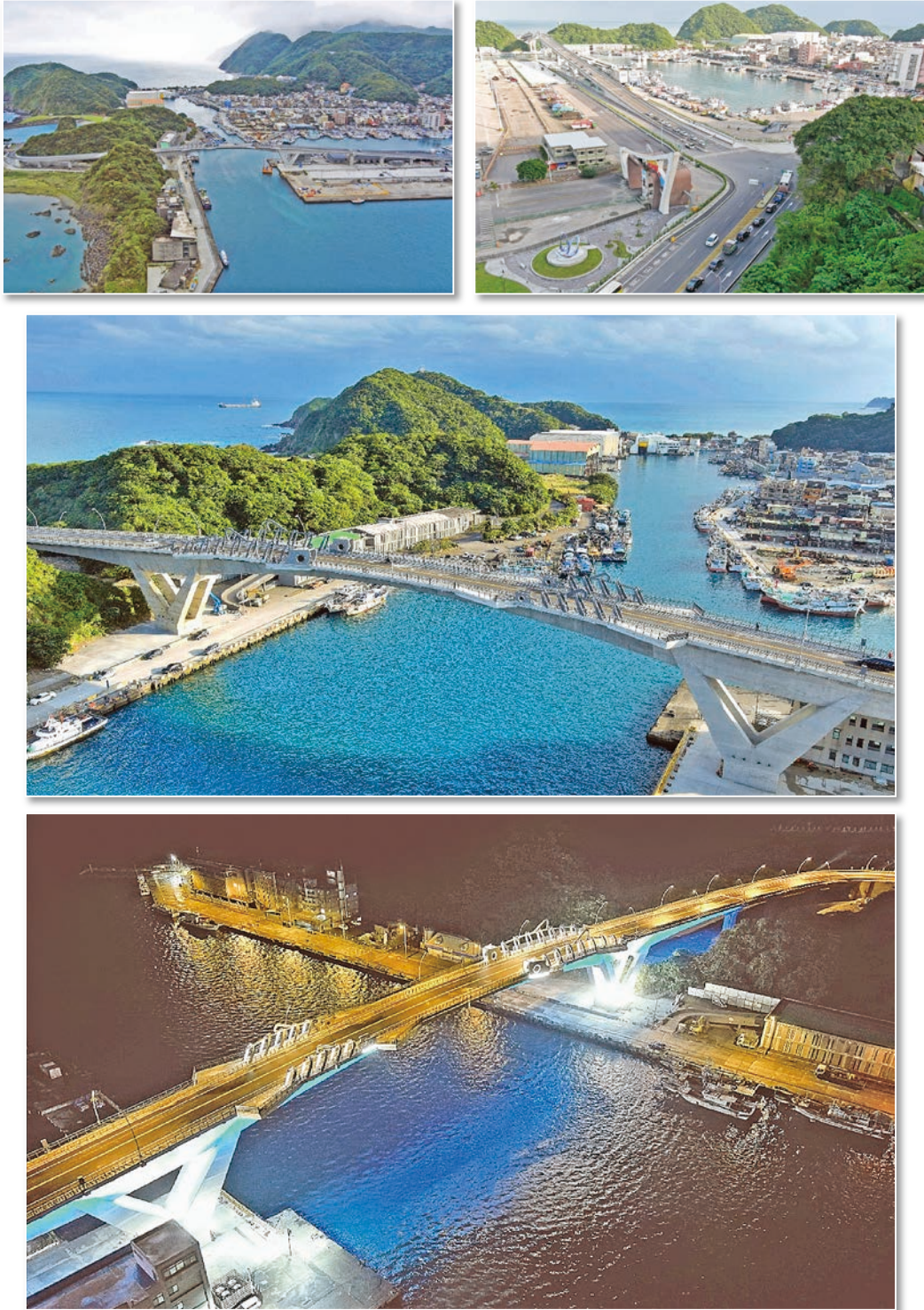
圖 18 工作車下陷後橋面現況



圖 19 節塊打除作業 (1)



圖 20 節塊打除作業 (2)



南方澳跨港大橋完工照片

結語

本工程為全國矚目之重建工程，雖然設計時程很短，但依然全力規劃出一座對於整個環境友善，符合業主、當地居民期待的安全橋梁。

新橋將鯖魚融入設計元素，打造一座符合功能性與景觀性之橋梁，冀望能熱絡南方澳漁港之觀光，讓

地方商圈更繁榮，交通便利順暢。

在有限的時程下，由公路總局蘇花改工程處、施工廠商、監造單位與設計單位的團隊合作下，克服各式困難下，於 111 年 12 月 18 日通車。完工照片詳如上所示。 