

出國報告(出國類別：出席研討會暨考察)

第三屆兩岸四地公路交通發展論壇

與

港珠澳大橋興建考察

服務機關：交通部公路總局

姓名職稱：趙興華 局長

陳進發 副總工程司

何鴻文 副組長

洪熒璞 副工程司

李家順 幫工程司

派赴國家：香港、大陸珠海

出國期間：103年11月03日至103年11月07日

報告日期：103年12月

提要表

系統識別號：	C10304020					
計畫名稱：	參加「第三屆兩岸四地公路交通發展論壇」暨香港青馬大橋及港珠澳大橋參訪					
報告名稱：	第三屆兩岸四地公路交通發展論壇與港珠澳大橋興建考察					
計畫主辦機關：	交通部公路總局					
出國人員：	姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱
	趙興華	交通部公路總局	局長室	局長	簡任(派)	
	陳進發	交通部公路總局	總工程司室	副總工程司	簡任(派)	
	何鴻文	交通部公路總局	新工組	副組長	簡任(派)	
	李家順	交通部公路總局	養路組	幫工程司	薦任(派)	聯絡人 chiashun@thb.gov.tw
	洪發璞	交通部公路總局	西部濱海公路北區臨時工程處	副工程司	薦任(派)	
前往地區：	中國大陸、香港					
參訪機關：	香港公路學會，交通基建管理合約有限公司，港珠澳大橋管理局					
出國類別：	其他					
出國期間：	民國103年11月03日至民國103年11月07日					
報告日期：	民國103年12月10日					
關鍵詞：	香港交通發展論壇,青馬大橋,港珠澳大橋					
報告書頁數：	37頁					
報告內容摘要：	<p>第三屆兩岸四地公路交通發展論壇為大陸、香港、澳門、臺灣四地的公路交通事業發展進行資訊交流、技術提升及經驗分享。本屆論壇以「交通及基建的規劃、實施和新發展」為主題，邀請四地的業界翹楚發表5項主題報告及7項專題報告，藉著講者的經驗分享，讓四地的專業人士有更多互動增益。本局刻正積極推動淡江大橋及其連絡道路計畫，為利淡江大橋等重大公共建設計畫之後續推動，本次行程除參加兩岸四地公路交通發展論壇外，尚安排參訪具代表性相關工程計畫，包括香港啟德油輪碼頭(即前啟德機場跑道末端)、目前全球最長的公路鐵路雙用懸索吊橋-青馬大橋，及興建中橫跨在珠江口伶仃洋海峽港珠澳大橋(完工後包括世界最長沉管隧道)，考察其規劃、設計、施工、養護、管理及營運考量等，以作為本局各階段重大公共建設計畫及省道公路養管業務推動之參考。</p>					
電子全文檔：	C10304020_01.pdf					
出國報告審核表：	C10304020_A.tif					
限閱與否：	否					
專責人員姓名：						

第三屆兩岸四地公路交通發展論壇與港珠澳大橋興建考察

摘要

第三屆兩岸四地公路交通發展論壇為大陸、香港、澳門、臺灣四地的公路交通事業發展進行資訊交流、技術提升及經驗分享。本屆論壇以「交通及基建的規劃、實施和新發展」為主題，邀請四地的業界翹楚發表 5 項主題報告及 7 項專題報告，藉著講者的經驗分享，讓四地的專業人士有更多互動增益。

本局刻正積極推動淡江大橋及其連絡道路計畫，為利淡江大橋等重大公共建設計畫之後續推動，本次行程除參加兩岸四地公路交通發展論壇外，尚安排參訪具代表性相關工程計畫，包括香港啟德油輪碼頭(即前啟德機場跑道末端)、目前全球最長的公路鐵路雙用懸索吊橋-青馬大橋，及興建中橫跨在珠江口伶仃洋海峽港珠澳大橋(完工後包括世界最長沉管隧道)，考察其規劃、設計、施工、養護、管理及營運考量等，以作為本局各階段重大公共建設計畫及省道公路養管業務推動之參考。

目次

一、前言(目的).....	3
二、行程略述.....	5
三、參訪記要及心得建議.....	6
(一)第三屆兩岸四地公路交通發展論壇.....	6
(二)青馬大橋參訪.....	18
(三)港珠澳大橋參訪.....	20
四、結論.....	37

第三屆兩岸四地公路交通發展論壇與港珠澳大橋興建考察

一、前言(目的)

交通除了能拉近人與人之間的距離之外，亦為現今社會發展的重要元素。一個優良且完善的交通發展及網絡，既能加速社會經濟發展，更可為市民提供更舒適便捷的生活環境。近年來，中國、香港及澳門四地不約而同地著力發展當地的交通網絡，可見各地政府皆視交通發展為重要發展項目。

第三屆兩岸四地公路交通發展論壇由香港公路學會主辦。冀望為香港業界人士、內地相關人員及台、澳各專業界人士提供一個互動交流的良機，為四地的公路交通事業發展進行資訊交流、技術提升及經驗分享。本屆論壇以「交通及基建的規劃、實施和新發展」為主題，邀請四地的業界專家發表主題報告，藉著講者的分享，讓四地的專業人士有更多互動增益。中華道路協會由理事長吳盟分率員參加(如圖 1)。



圖 1-交通部吳次長以中華道路協會理事長身分率團參加

除出席第三屆兩岸四地公路交通發展論壇考察外，並安排參訪具代表性相關工程計畫，包括：

(一)香港啟德油輪碼頭(即前啟德機場跑道末端)，香港政府期望發展啟德郵輪碼頭可以幫助香港把握亞太區郵輪旅遊業市場增長所帶來的機遇，將香港發展成為區內的郵輪中心。

(二)目前全球最長的行車鐵路雙用懸索吊橋-青馬大橋，其屬於香港 8 號幹線青嶼幹線的一部份，跨越馬灣海峽，將青衣和馬灣連接起來。青馬大橋聯同汲水門大橋，共同擔當著連接大嶼山、赤鱗角香港國際機場與市區的一行車通道，大橋連同青嶼幹線其餘部份，1997 年 4 月 27 日由前英國首相柴契爾夫人主持開幕儀式，並同年 5 月 22 日正式通車。

(三)興建中橫跨在珠江口伶仃洋海峽港珠澳大橋，設計壽命為 120 年。大橋全長約 50 公里，主體工程全長約 35 公里，包含離岸人工島及海底隧道；完工後將會成為世界上最長的 6 線行車沉管隧道，及世界上跨海距離最長的橋隧組合公路。港珠澳大橋的建成，將會大幅度地縮減穿越三地的交通時間，有幫助於香港、珠海及澳門等地「三小時生活圈」的形成。

希望藉由論壇相關討論及交通工程建設之參訪，汲取寶貴經驗期使本局未來在推動執行淡江大橋等各項重大公共建設計畫及現有橋梁維護管理上之監測、維護補強、災害防治以及新材料技術工法等各領域，均能夠有所提升精進。

二、行程略述

本次考察行程為 103 年 11 月 3 日起至 11 月 7 日，詳細之行程內容列如表 1。

表 1 考察行程列表

日期	地點	行程內容	備註
11/03 (一)	台北 → 香港機場		去程
11/04 (二)	港島	第三屆兩岸四地公路交通發展論壇 (主題報告及專題報告)	香港公路學會
11/05 (三)	港島、青馬大橋 參訪 → 珠海	上午： 第三屆兩岸四地公路交通發展論壇/中環灣仔繞道及東區走廊連接路及啟德郵輪碼頭參訪 下午： 青馬大橋行政大樓及下層橋面參訪與技術交流	上午：香港公路學會 下午：交通基建管理合約有限公司(青馬大橋參訪)
11/06 (四)	珠海	港珠澳大橋西人工島、桂山島沉埋管預製廠參訪及港珠澳大橋管理局技術交流	港珠澳大橋管理局
11/07 (五)	珠海 → 香港機場 → 台北		回程

三、參訪記要及心得建議

(一)第三屆兩岸四地公路交通發展論壇

第三屆兩岸四地公路交通發展論壇由香港公路學會主辦，以「交通及基建的規劃、實施和新發展」為主題，邀請四地的業界專家發表主題及專題報告。

1. 主題報告及專題報告

論壇海報(如圖 2) 以兩岸四地代表性建築物為背景，其中包括：

- (1)大陸北京央視大樓。
- (2)香港環球貿易廣場。
- (3)澳門大三巴牌坊。
- (4)臺灣臺北 101(TAIPEI 101)。



圖 2- 第三屆兩岸四地公路交通發展論壇海報



圖 3-吳盟分理事長致詞



圖 4-論壇會場

論壇(主題報告 1/5)，講題：「山地城市橋梁建設與發展」，說明中國山地城市多為沿河而建，山地城市具有多樣化特點，故聯外橋梁結構形式多樣，結構複雜。並以重慶市為例，說明其橋梁建設重點主要包括公路軌道兩用橋的合理型式及建造方式、橋梁美學等，故需配合在設計理念(如：橋梁夜景及裝飾設計、結構美學、橋隧一體的立體化交通設計、橋梁人文特性)、結構體系設計(如：一橋一景，體現融於自然理念)予以創新。並以該市代表性橋梁(朝天門長江大橋、菜園壩長江大橋，如圖 5 及圖 6)說明「公軌複合交通橋隧一體化方案」、「多層橋梁可持續發展建設思想」等山地城市橋梁技術展望。



圖 5-朝天門長江大橋



圖 6-菜園壩長江大橋

論壇(主題報告 2/5)，講題:「面向未來推進交通運輸轉型升級的總體展望」，說明中國高速公路網至 2013 年已完成 10.4 萬公里，高速鐵路至 2013 年已完成 1.1 萬公里，2015 年將完成 1.8 萬公里佔全世界高速鐵路長度 50%。中國未來 20 年的趨勢和特點，主要包括: GDP 從 9%降到 5%-6%、人口老齡化、服務業和消費比重上升、天然資源壓力、中產階層擴大(促進改善治理和公共服務)、城市化迅速推進(城市人口比重攀升至 2/3)。未來 2016-2020 目標，包括:全面建成小康社會與全球競爭、現代化基礎，主要課題除完善綜合交通基礎設施網路外，包括提升公共客運服務水準、物流業發展、交通科技進步和資訊化、交通安全和應急等，與目前我國推動重點大致相同。

論壇(主題報告 3/5)，講題:「台灣西濱公路碳足跡盤查作業實務及展望」，介紹本局持續透過數個計畫的實際盤查執行經驗，釐清界定道路相關工程碳排放評估模式所應包含系統邊界，另將積極推動機具擴大盤查與材料供應商盤查，以提升盤查結果數據品質，同時建立臺灣本土化之工程碳盤查各項參數及係數，使道路相關公共工程之碳足跡量化更加詳實與完備，以作為工程碳管理延續作為中之「控制、減量」目標之堅實基礎。

論壇(主題報告 4/5)，講題:「交通運輸規劃對澳門的未來發展」，澳門整體(包括新填海區)的需求與發展計劃，現存 3 個基本問題，包括:區域內交通、通過性交通、對外交通，其短期改善策略主要包括:以軌道作為主要公共運輸系統、劃分不同等級道路性質，限制特定車輛的進入及使用;長期改善策略主要包括:運輸系統定位、地理條件限制、整體地區發展、轉乘、符合人流及物流實際需要及分佈狀況(交通量調查及運輸需求模式之建立需能反映出實際情況)。並規劃城市綠色交通，以低碳交通系統初步規劃準則研析，採用低污染、符合環境相容性、具效率與高可靠度公共運輸工具或方式，完成社會經濟活動的交通需求。除可滿足民眾交通需求外，更要減輕對環境的負擔，以私運具而言，城市交通因旅行距離通常有限，發展電動車應為一可行之方式。港珠澳大橋興建後，將會加強澳門已經極為發達的博彩業，來往香港及澳門的交通時間可以大幅度減省，方便交通。然而亦是因為同樣理由，客流可能會不選擇在澳門住宿，對澳門的酒店業存在潛藏的危機。

論壇(主題報告 5/5)，講題:「Financing, Planning and Implementation of Metro Transportation」，說明香港地鐵 PPP 模式，即香港“地鐵+物業”一體化發展模式，即典型大眾運輸導向社區開發模式。政府將地鐵專案建設權、運營權與地鐵周邊土地使用權同時授予地鐵公司，由地鐵公司將鐵路與物業同步規劃，同步建設。通過出售或出租物業，彌補鐵路建設成本和運營成本，並取得合理的投資、運營回報。香港地鐵經由 30 年成功的「鐵路與物業綜合發展經營」運作模式，由早期觀塘線、荃灣線、港島線物業發展收益可支付興建港鐵經費 15%到機場快線時可挹注 83%，使得港鐵公司成為全球鐵路交通運輸唯一賺錢的公司。

另以英國為例，截至 2006 年，794 個 PPP 協議已簽署，總投資 550 億英鎊，應用領域包括：通信、交通、能源、垃圾回收、醫院、學校、監獄等。2014 年 5 月北京地鐵 4 號線是北京市首條採用 PPP 方式建設運營的線路，項目總投資 154 億元，其中土建投資 107 億元，機電投資 47 億元，機電由社會投資組建項目特許經營公司負責投資建設，即 PPP 模式，僅此一項就節省了近 50 億元資金。

論壇(專題報告 1/7) ，講題：「山區高速公路岩溶富水長大隧道施工關鍵控制技術」，本報告以陽左高速公路為例，其主要路段都位於太行山區，隧道工程多，是山西省山區高速路網之一，橋隧比例大(約全線 45%)。主線新建隧道共 21 座，長隧道 6 座。其中“立壁隧道”位於陽左高速公路 ZB1 標路段，為分離式長隧道，按新奧法原理進行施工，岩溶是本隧主要不良地質現象之一，溶岩主要為寒武系、奧套系碳酸岩，主要為薄層，施工過程中若遇岩溶，圍岩節理裂隙發達，岩體較破碎，呈全風化~強風化狀，地下水豐富，隧道開挖時可能湧水。根據上開風險評估，總體風險評估等級為Ⅲ級(高度風險)，並根據其作業風險特點及類似工程事故情況，進行風險源普查，針對其中的重大風險源進行量化估測，提出相應的風險控制措施，包括對複雜地質地段施工時，應根據所監控點位進行及時監控量測、採取封閉支撐或其它加強支撐措施、在具有湧水、崩坍風險的岩溶隧道內配備逃生工具(救生艇、救生衣、救生繩、應急通訊等)、設立明顯的逃生線路標誌，在洞口標示逃生線路及各項演練。

論壇(專題報告 2/7) ，講題：「公路景觀規劃作業之研究」，考量國土規劃的公路建設即為最佳化之公路景觀，包括：考量大尺度區域自然及人文環境之公路路廊規劃、納入區域發展、生態、景觀及觀光遊憩之公路景觀，常見的公路景觀之五大問題，包括：

- (1)公路植生空間不足及植栽缺少問題，對策：增「加」公路植栽空間及改善增進既有公路植栽之生長狀況。
- (2)標誌、號誌、路燈及電桿之桿線問題，對策：「減(或整合)」公路周邊太多的標誌、號誌、路燈及電桿。
- (3)公路警示線之顏色及設置問題，對策 1:加強公路警示線之設置標準化及一致化；對策 2:檢討警示線設置之必要性，以及設置整合，避免因不當設置而導致需塗繪警示線。
- (4)護欄之設置問題，對策:考量實際需要及景觀點，調整護欄設置之需求及樣式。
- (5)公路設施損壞髒汙及路外景觀之改善問題，對策:加強公路設施維護，協調路外招牌及景觀改善。

論壇(專題報告 3/7) , 講題:「公路隧道口的交通安全設計框架」, 隧道口事故類型包括:迎頭對撞、追尾、碰撞人員、碰撞路側、障礙物事故等,其事故原因主要包括中央帶開口狹窄,太長,沒用護欄、隧道管道/車道封閉等措施實施太突然(即時預警資訊不足)、工作區沒有護欄保護及門架,標誌支架等防護不足。一般隧道口營運養護安全重點,包括考慮應急及養護車輛進出停泊處及掉頭時的安全、提供加減速車道及足夠視線、使用智能訊號燈或資訊牌自動發出預警、確保工作人員能夠安全往返工作崗位、充份利用搖控信號燈及活動欄杆實施車道封閉、按路側安全原則佈置護欄缺口等,本報告總結建議:

- (1)整合公路隧道口的各種設施設備有利道路安全,營造美觀的道路環境。
- (2)協調隧道設計階段團隊,包括道路交通、機電、監控系統、綠化美化等,對交通安全原則有共同的認識,避免橫向溝通不佳衍生設計缺失。
- (3)獨立可行的設計及審查(包括通車前履勘)。
- (4)對既有隧道排查隱患並實施改進方案。

論壇(專題報告 4/7) , 講題:「新型空腹式連續剛構橋的設計及其長期性能研究」,空腹式連續剛構(rigid)橋型為一種在一般連續剛構形式上的改良型,具有與一般連續剛構橋相似的平衡懸臂施工特點,空腹式梁型可減少自重,將適用跨徑提升至 220m~360m,可適用一般連續剛構橋適用跨徑(200m 以下)和斜拉橋適用跨徑(300m 以上)之間。本文以貴州六盤水北盤江大橋(如圖 7)為例簡要介紹該橋型的結構設計與關鍵技術。

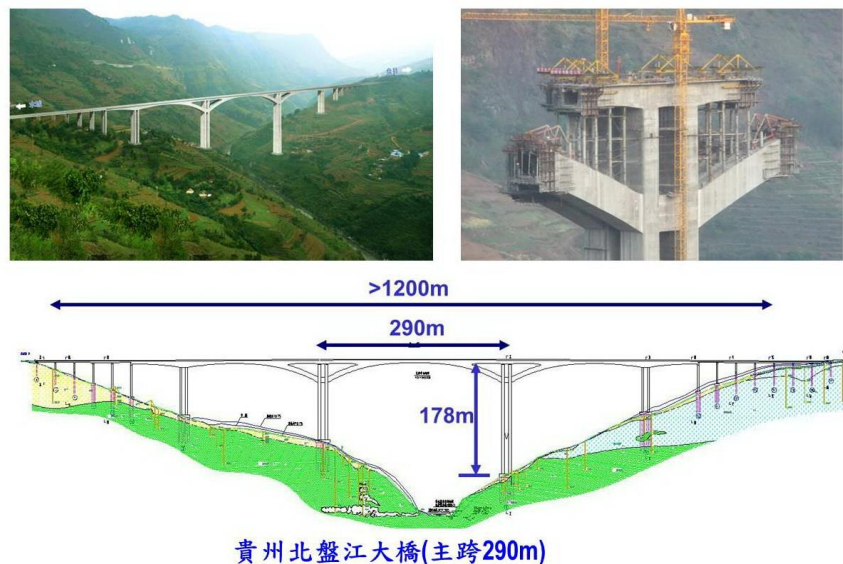


圖 7-貴州六盤水北盤江大橋

論壇(專題報告 5/7) , 講題:「開創電子收費及智慧運輸整合應用新時代-臺灣經驗分享」, 臺灣 ETC 創下 3 個世界記錄, 包括: 國道路網全面由人工收費轉換為多車道自由流電子收費、由計次收費一次全部轉換為計程收費、國道路網全長 932 公里, 不分車種全面實施電子收費。未來 eTAG 延伸應用, 包括: 作為停車場, 車隊管理應用工具、提供交通資訊, 讓交通控制發揮更強功效、協助執法單位追緝特定車輛; 未來可望全面數位化(巨量資料分析資訊服務)、作為 RFID 智慧運輸 ITS 的整合應用平臺, 使日常生活更便利。

論壇(專題報告 8/7) , 講題:「以科技創新保障交通安全」, 主要產品及其功能如下:

1. 折疊式無障礙減速帶(如圖 8)- , 這種減速帶產生的障礙意識能引導安全行車路線, 給駕駛員製造路面狹窄路況複雜的假象, 提醒駕駛員謹慎駕駛, 消除睡眠慾望, 保障交通安全。
2. 新型反光板(如圖 9)-傳統反光警示不夠明顯,有的是直接裝在護欄上的,應對空間小。新型反光板可以裝在路面,增大了 50 公分的應對空間,使用安全無隱憂。
3. 隔離帶(如圖 10)- 現在公路上的白色車道分界線隔離效果不好, 駕駛員往往忽視它的存在, 隨意跨越, 新型產品用在車道分界線上, 警示效果明顯, 感覺就是一個不可跨越的障礙物, 駕駛員主觀意識是不會去觸碰的。傳統防護欄一旦碰到就是交通事故, 會造成一定的損傷和堵車現象。新型防護欄如意外越線也無傷害且具有與傳統隔離帶相同的警示效果, 少了因意外碰撞產生的危害, 擴大了安全空間。



圖 8-折疊式無障礙減速帶



圖 9-新型反光板



圖 10-隔離帶

論壇(專題報告 7/7) ，講題:「交通安全器材車輪輾壓試驗方法」，世界各國對於標線、路面標記、交通桿等交通安全設施之檢驗方式差異甚大，但對於各種不同設施，多以其機械強度與材質特性為檢驗基準，欠缺一個可以評估「使用壽命」或「生命週期」的依據。本試驗方法係將各種受車輛輾壓之器材，安裝於一旋轉測試平臺上，以時速 70km/hr、垂直輪荷重 500kg 之條件，使試樣受車輪輾壓，模擬其安裝於道路上之情形(如圖 11)。藉由不同的測試條件與試樣受輾壓之次數，

可估算其實際安裝後的使用壽命長短，並可瞭解讓設施對於輪胎之磨耗狀況，以評估該設施之適用性。將車輪荷重增加至 2-3 噸，可模擬大貨車之車重。轉速可提升至 100km/hr，模擬高速公路應用狀況。



車輪輾壓模擬試驗室

圖 11-交通安全器材車輪輾壓試驗

2. 中環灣仔繞道及東區走廊連接路及啟德郵輪碼頭參訪

中環灣仔繞道(英文：Central-Wan Chai Bypass) 長約 4 公里，工程費用約 360 億港幣，預計於 2017 年建成，將會繞過中環，於中環及灣仔填海區上興建，設有交匯處連接中環、灣仔及銅鑼灣。中環灣仔繞道的原設計包括了一條長 2.3 公里的 5 線行車隧道穿越中環新填海區(如圖 13)、添馬艦及香港會議展覽中心，再返回地面道路及高架道路，連接東區走廊。中環灣仔繞道將會成為香港 4 號幹線的一部份，取代干諾道中、夏慤道、維園道及告士打道，連接林士街天橋及東區走廊，全線均為 3 線雙程分隔高速公路(如圖 12-路線示意圖)。

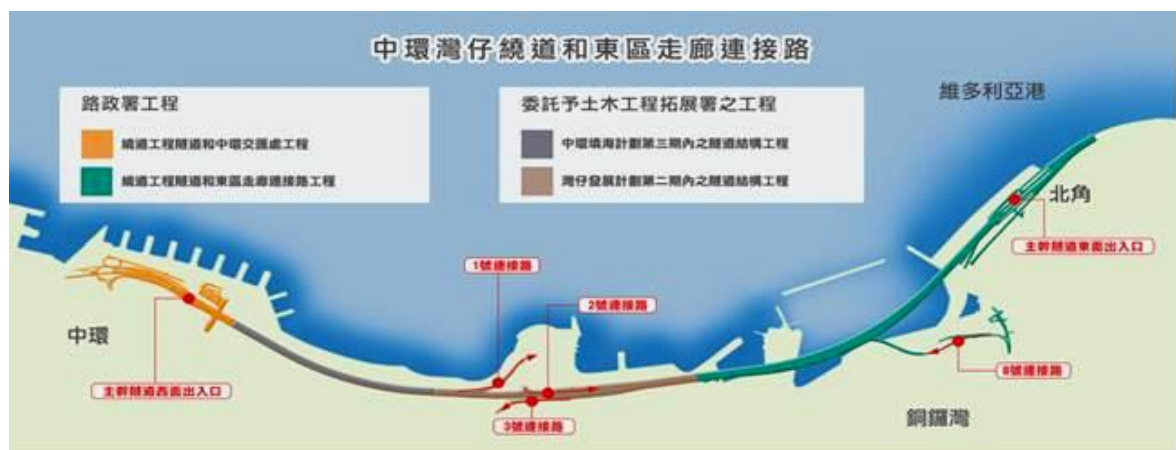


圖 12-中環灣仔繞道及東區走廊連接路



圖 13-中環繞道穿越新填海區隧道口

其興建目的在減輕香港島北岸告士打道、夏慤道及干諾道中走廊的交通擠塞情況，未來完工後從中環駕車往來北角東區走廊只需約 5 分鐘，繞道隧道橫貫中環和灣仔填海範圍，穿過香港會議展覽中心及銅鑼灣避風塘海床，盡量保留海濱一帶珍貴土地。

本次參訪重點主要在於施工中交通維持、環境保護、工程困難及與民眾溝通機制：

(1) 施工期間，東區走廊臨時交通改道措施：

為提供足夠的空間興建隧道並連接東區走廊，現有東區走廊(由興發街至和富中心)需要分階段拆卸及重新建造。臨時交通措施將維持現時東區走廊現有的容車量，並會保持東西行各四線行車。施工期間東西行車輛會分階段改道使用新造或臨時建造之橋梁，沿途將會提供適當指示牌提醒駕駛者。工程已於 2012 年底開始，直至 2017 年完成。

(2) 施工期間，中環臨時交通改道措施：

中環區工程主要包括在民寶街和民耀街一帶建造繞道之西面隧道口區，及連接中環林士街天橋及民耀街之支路。為配合工程需要，民寶街、民耀街及金融街會分階段改道。施工期間國金二期、港鐵香港站、國金商場和四季酒店之車輛進出口將會維持，沿途也會提供臨時指示牌提醒駕

駛人士。工程由 2010 年 9 月開始，直至 2016 年完成。而民耀街以西現有的巴士總站亦已修改為臨時後備工作間，並位於南面盡頭作為這項目的隧道興建之用。

(3)環境保護措施：

依據香港《環境影響評估條例》進行環境影響評估，並在 2007 年 10 月 31 日向環境保護署呈交環境影響評估報告(報告)。環境諮詢委員會在 2008 年 2 月 14 日有條件同意。報告於 2008 年 12 月 11 日獲環境保護署根據環評條例核可。報告就本工程包括臨時填海的環境影響當中包括空氣質素，噪音，水質，廢物管理，土地污染等都作出詳細評估。報告的結論在施工和運作階段實施建議的緩解措施後，工程對環境造成影響是可以接受的。緩解措施包括使用低噪音設備和流動／臨時隔音屏障來減少建造噪音影響，採用《空氣污染管制(建造工程塵埃)規例》所規定的減少塵埃措施，在適當的挖泥區裝設隔泥幕，海水進水口裝設隔泥網等。

(4)公眾參與包括:諮詢公眾、諮詢立法會、諮詢區議會、諮詢持份者、社區聯絡小組、工地參觀活動等。

(5)施工困難之處:銅鑼灣避風塘段隧道工程涉及臨時填海、地下連續壁、樁基礎、明挖回填隧道、暗挖鑽打隧道等，臨時工程規模龐大，施工場地狹小，介面多，而且只能使用海上運輸方式，且工期緊迫，銅鑼灣隧道工程要從紅磡隧道下面約 16 米的位置垂直方向穿過去，為保證紅磡隧道不受影響，施工中石方開挖不能使用爆破，只能採用鑽打的方式，潛在風險頗高，整個項目包括基坑及暗挖隧道的鑽打石方數量高達 30 萬立方米。暗挖隧道目前已經開始了前期工程，建成後將成為香港唯一的三連拱隧道，長達 167 米，寬 40 多米，高 8 米。

啟德郵輪碼頭(如圖 14，英文:Kai Tak Cruise Terminal)為香港郵輪碼頭之一，位於九龍，即前啟德機場跑道末端。啟德郵輪碼頭屬於《啟德發展計劃》首階段項目之一，建築物及首個泊位於 2010 年 5 月動工，於 2013 年 3 月 16 日進行業務測試，建築物於 6 月 1 日竣工，於同月 12 日試驗開幕；首個泊位於 7 月竣工，次個泊位於 2014 年 9 月啟用。香港政府期望發展啟德郵輪碼頭可以幫助香港把握亞太區郵輪旅遊業市場增長所帶來的機遇，將香港發展成為區內的郵輪中心。

啟德郵輪碼頭樓高 3 層，全長約 850 米，相等於約兩座橫臥的環球貿易廣場的連接長度。大樓內有長達 42 米的無柱空間，於郵輪旅遊淡季時可以作為展覽用途，支援香港會議展覽中心(如圖 15)。啟德郵輪碼頭設有兩個泊位，水深均達 12 米至 13 米，泊位合共佔海達 850 米乘 35 米，分別可以停泊長達 455 米及 395 米的郵輪(如圖 16)。其中首個泊位可以供予排水量達 11 萬噸、總噸位達 22 萬噸的世界級郵輪停泊，次個泊位則可以供予中型郵輪停泊。啟德郵輪碼頭的邊岸檢察設施於每小時可以處理達 3 千名旅客人次。



圖 14-啟德郵輪碼頭全景

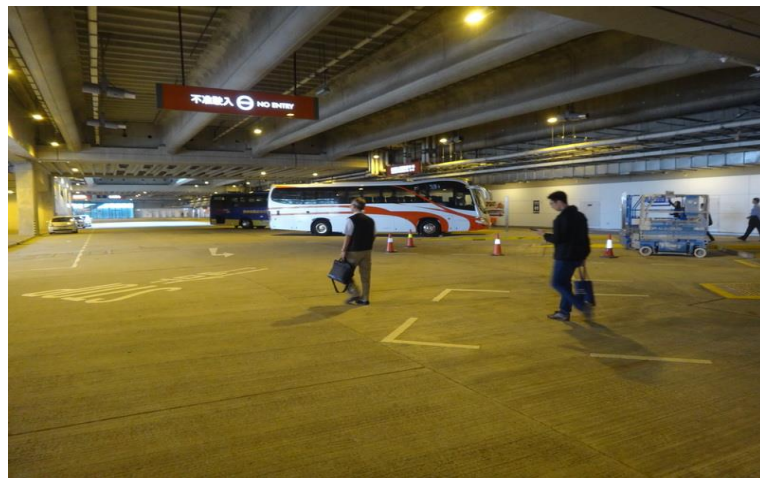


圖 15-啟德郵輪大樓內無柱空間



圖 16-啟德郵輪泊位

(二)青馬大橋參訪

青馬大橋(英語:Tsing Ma Bridge)全長 2,160 米，是直接通至赤鱸角香港國際機場之青嶼幹線顯要部分(如圖 17)，亦已成為代表香港的標誌。大橋上層設有一條雙向三線快速公路，下層有兩條鐵路路軌。此外，下層亦設有兩條單線行車道，可用作維修通道及在強風或發生緊急事故時作交通改道之用(如圖 18~19)。流線型橋身經過精心設計，而大橋上、下層橋梁的橫切面中央設有通氣隙，以增加大橋的氣體動力穩定性，這些特性並經過風洞試驗驗證(如圖 20)。

大橋主要的地基是橋塔地基及固定主纜的重力錨碇。除馬灣橋塔地基外，所有地基均在陸上建造。主塔沉箱周圍回填成人工島以作保護。

青馬大橋為目前全球最長的行車鐵路雙用懸索吊橋。屬於香港 8 號幹線青嶼幹線的一部份，跨越馬灣海峽，將青衣和馬灣連接起來。青馬大橋為香港道路重要的一部份，因為它聯同汲水門大橋，共同擔當著連接大嶼山、赤鱸角香港國際機場與市區的一行車通道，速限為 80KPH，通行費為 30 元港幣。

青馬大橋由莫特·麥當勞(Mott MacDonald)設計，「青」是指青衣，而「馬」是指馬灣，大橋主跨長 1,377 米，連引道全長為 2,160 米，通航淨高 62 米，而橋塔高度則為 206 米。吊起大橋橋身的主纜直徑為 1.1 米，而主纜主跨是由 33,400 條直徑 5.38 毫米的鋼絲，以空中絞織方法組成。每條主纜荷重約為 5 萬噸，總長度達 16 萬公里，足以環繞地球 4 次。大橋的結構鋼材主要在英國及日本製造，並在中國廣東省東莞市珠江附近組合成 50 件組件，再以船運往施工地點。重量方面，結構鋼材重量 5 萬公噸，橋塔和錨碇混凝土重量則為 50 萬公噸，工程造價約 72 億港幣。

青馬大橋採用雙層設計，橋的露天上層為 3 線雙向分隔快速公路，下層則為 2 條港鐵東湧線及機場快線的共用路軌，和 2 條供緊急時(例如颱風吹襲和嚴重交通意外時)使用的單線行車道路。青馬大橋於 1992 年 5 月 25 日開始動工興建，大橋連同青嶼幹線其餘部份，於 1997 年 4 月 27 日由前英國首相柴契爾夫人主持開幕儀式。同年 5 月 22 日正式通車。

另於青衣西北部設立青嶼幹線訪客中心及觀景台。訪客中心設有大橋模型、相片和互動遊戲；從螺旋式的小路繞著圓柱形的觀景台而上，遊人便可以較近距離或高角度，遠眺青馬大橋、汲水門大橋及汀九橋，觀景台設有行人天橋連接訪客中心與停車場。

經與大橋管理局意見交流後瞭解其維護管理機制如下：

- (1) 橋梁監測由官方執行，委託民間公司辦理營運、管理及維護，每次契約期限為六年，民間公司負責橋梁巡、檢查，並辦理局部小範圍維修，因本橋使用 17 年，油漆已達使用年限，目前已計畫由官方出資進行全面塗裝。
- (2) 委託之民間公司具有公權力，民眾違規可以開單舉發，再由官方運輸處執行處罰；民間公司人員及交通警察均可以排除交通事故障礙，如遇緊急狀況需進行封橋時，亦由民間公司負責執行。
- (3) 履約過程中，政府對民間公司之管理維護狀況訂有抽查機制，並有 30 多位政府人員共同工作。
- (4) 青馬大橋定有封橋機制包括 3 階段，第 1 階段為當風速 $>40\text{kph}$ (約 11m/s ，6 級風) 時，車身高度大於 1.6m 車輛行駛下層；第 2 階段為當風速 $>65\text{kph}$ (約 18m/s ，8 級風) 時，所有車輛均行駛下層；第 3 階段惟當風速 $>165\text{kph}$ (約 46m/s ，14 級風) 時，全線封閉(開通迄今尚無實施)。

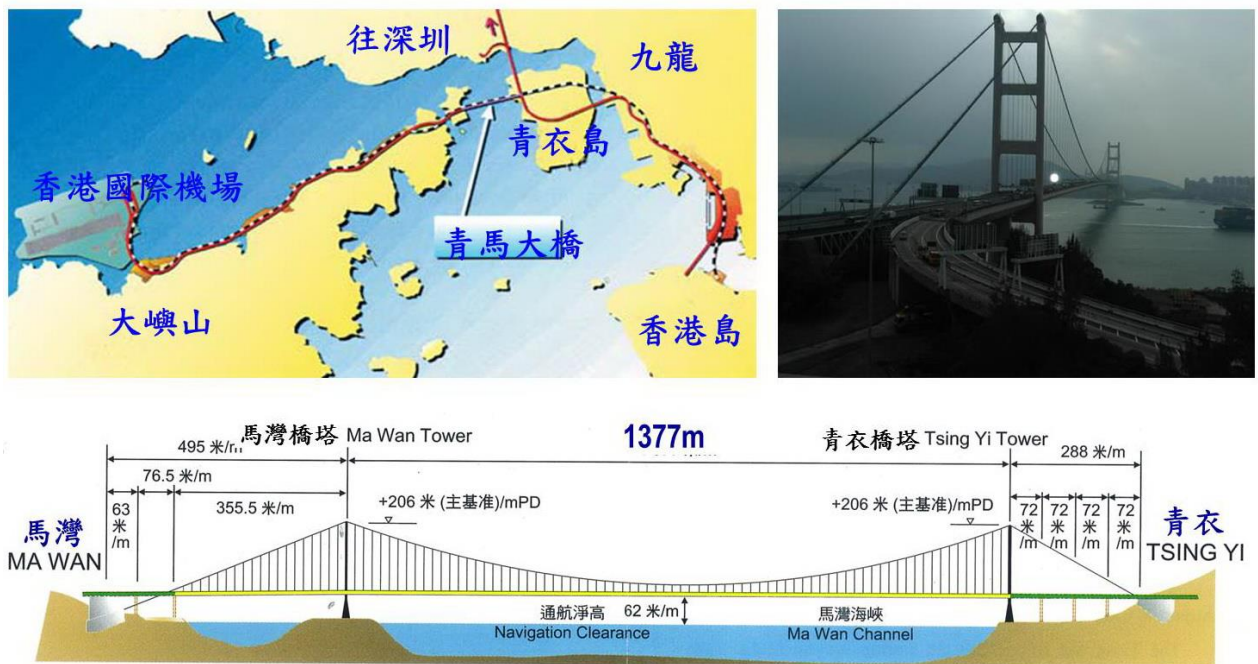


圖 17- 青馬大橋位置及結構配置示意

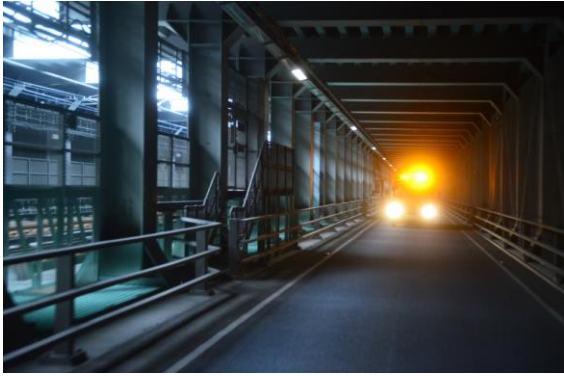


圖 18-下層緊急事故時作交通改道



圖 19-下層中間箱室提供地鐵通行



圖 20-流線設計之橋身(風鼻)

(三)港珠澳大橋參訪

1. 計畫簡介

港珠澳大橋工程總工程經費約 1,050 億人民幣，係香港、澳門及廣東三地政府共建共管的超大型基礎建設。包括三項工程內容：一是海中橋隧工程；二是香港、珠海和澳門三地的口岸工程；三是香港、珠海、澳門三地的連接線工程(如圖 21)，以海中橋隧工程最具代表性。海中橋隧工程全長約 35.6 公里，其中香港段長約 6 公里，粵、港、澳三地共同建設的主體工程長約 29.6 公里，主體工程採用橋隧結合方案，穿越航道段約 6.7 公里採用隧道方案，其餘路段約 22.9 公里採用橋梁方案，隧道兩端各設置一個海中人工島，三方共建的海中橋隧主體工程(29.6 公里)；未來各政府部門設置各入境口岸，即「三地三檢」政策。

主體工程包括 28 公里橋梁、5.7 公里海底隧道及兩個離岸人工島，橋隧轉換的人工島長約一公里、寬一百米，橋梁起點香港大嶼山石散石灣，澳門登陸點於明珠，珠海登陸點為拱北，成 Y 字形，設計年限 120 年。設 6 處通航孔，伶仃西和銅鼓航道因通航及香港(赤鱗角)機場飛航限高而採用隧道，並設置人工島實施橋隧轉換，青州航道採用 460 米雙塔斜拉橋，江海航道用雙跨 220 米連續鋼構橋，九洲航道採用 250 米單跨連續鋼構橋，非通航孔深水區採 110 米、淺水區採 85 米跨徑連續鋼梁橋。



圖 21-港珠澳大橋計劃路線

港珠澳大橋建成後，由香港來往珠海及澳門只需要幾十分鐘，比較現時繞道虎門大橋可以大幅度地縮減逾 3 小時。研究顯示，香港四大支柱行業：金融業、貿易物流業、工商專業及服務業、旅遊業，將可擴展市場至珠江三角洲西部地區；此區域經濟也會影響至廣西、海南、雲南、貴州及四川等省份。大橋的落實興建及使用將會有幫助於香港、澳門及珠江三角洲地區造就更多建築及運輸行業的人力需求。

2. 財務籌措

香港、珠海和澳門三地的口岸工程及連接線工程，由中、港、澳各自興建；海中橋隧主體由三方共建，工程估算約 381 億人民幣，其中香港出資 67.5 億，澳門出資 19.8 億，中國出資 70 億，其餘由 8 家銀行聯貸。

3. 工程特色及效益

港珠澳大橋完工後，將會成為世界上最長的 6 線行車沉管隧道，及世界上跨海距離最長的橋隧組合公路。

採用 120 組直徑 22m、深 40.5~50.5m 大孔徑沉箱快速圍構成大型人工島。海底隧道沉管採工廠預鑄化製作，每節 180m，重達 6.9 萬噸，設計使用壽命 120 年。橋梁大規模使用鋼結構整跨吊裝，非通航孔深水區採 110m、淺水區採 85 跨徑，最大重量 3000 噸；橋墩基礎、墩柱及帽梁採工廠預鑄，最大重量 3,500 噸，使用吊裝能量 4,000 噸之工作船整體吊裝。

4 大人工島(香港口岸、珠澳口岸及海底隧道東、西出入口人工島)是景觀設計考慮的重點，每座人工島都將會成為集交通、管理、服務、救援及觀光功能為一體的綜合運營中心，除造型外，亦重視島區範圍內的綠化工程，在海景較美的地方設置「觀景平台」。除人工島外，還設計了中華白海豚觀賞區及海上觀景平台。

工程條件涉及颱風、航道、水文、地質、防洪、航空限高等多方面要求，工程內容涵括跨海橋梁、海底隧道、深水人工島等領域。並涉及港珠澳三地工程標準、車輛使用政策、通行費收取、口岸接駁安排等公共管理事項。

工程跨越珠江口中華白海豚自然保護區、珠江口幼魚/幼蝦保護區，對海洋生態與漁業資源環保要求高。並投入 7500 萬人民幣，辦理中華白海豚棲地調查及數量監測、海洋環境環境維護、環保團體溝通交流等工作。

4. 主體工程橋梁工程

主體工程橋梁段長度約 22.9 公里，上部結構大規模採用鋼結構，用鋼量達 40 多萬噸。主體工程橋梁型式如下：

- (1) 三座跨越航道橋梁，包括九洲航道橋，主跨 268m，以風帆造型之雙塔單面索斜張橋；青州航道橋，主跨 458m，以中國結造型，雙塔雙面索斜張橋；江海直達船航道橋，主跨 2@258m，橋塔海豚造型，三塔單面索斜張橋(如圖 22~24)。
- (2) 一般橋梁段包括淺水區橋梁，採跨徑 85m 的 U 型鋼梁橋，上翼板與 RC 橋面板形成複合斷面(如圖 25)；深水區橋梁，採跨徑 110m 的鋼橋面鈹箱型梁橋(如圖 26)。

本工程所有橋梁鋼構製造分別在河北秦皇島山海關(中鐵山橋)、湖北武漢(武船重工)、江蘇揚州(中鐵寶橋)、南通(上海振華)建立板單元生產基地。板單元製造投入了多套全新機械自動化生產

設備，建成了板單元製造自動化生產線，大幅提升了施工效率和品質，此部分完成板單元小組立後，以海運方式運送至裝配廠。

中山裝配廠主要負責深水區橋梁拼裝的大組立作業，板單元是由河北秦皇島山海關(中鐵山橋)製造，裝配廠所進行的工作係將板單元組合成整跨鋼箱梁，寬 33 公尺，跨度長約 130m、110m、90m 等三種型式，也同時進行噴砂、塗裝等防蝕作業，整跨橋梁完成後，將以平臺船運送至工址處進行整跨吊裝作業。



圖 22-九洲航道橋



圖 23-青洲航道橋



圖 24-江海直達航道橋

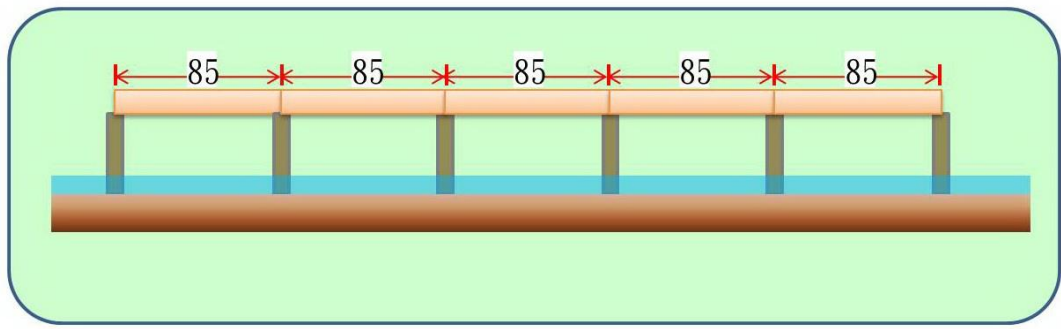


圖 25-非通航孔淺水區橋梁

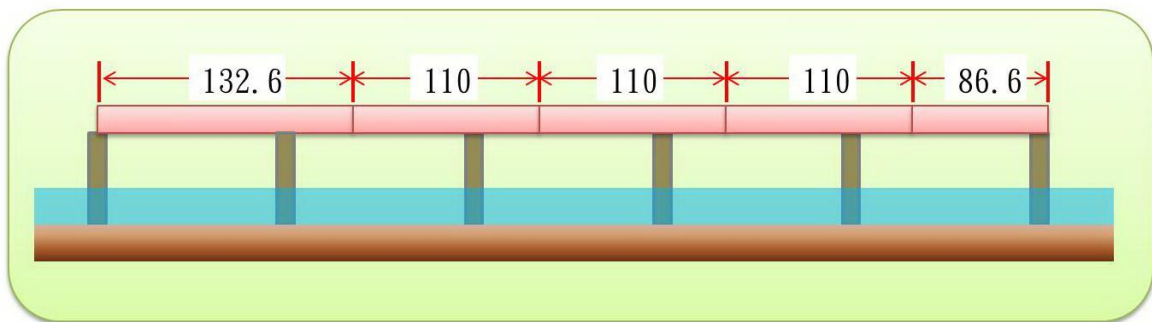


圖 26-非通航孔深水區橋梁

5. 沉管隧道

(1) 簡介

港珠澳大橋完成後將成為世界最長的跨海連接工程。其中海底隧道長度約 5.7km，為本工程之關鍵項目。海底隧道主要採沉管隧道方式興建。5.7km 之沉管隧道和兩座人工島採合併發包，並以統包方式辦理，由中國交通建設股份有限公司承包，其中設計團隊包括：中交公路規劃設計院有限公司、上海市隧道工程軌道交通設計研究院、中交第四航務工程勘察設計院有限公司及丹麥 COWI 公司共同辦理；施工團隊成員包括：中國交通建設股份有限公司、上海城建公司、AECOM 亞洲分公司等。

(2) 桂山島沉管預製廠參訪

沉管預製廠設於桂山島(詳圖 27)，參訪島隧工程包括長 625m 的東西人工島和 5664m 長的海中沉管隧道，最大浚挖深度 45m，考慮 30 萬噸船級要求，沉管頂部最大埋深超過 20m。本工程與沉管隧道相比，具有管節數量多、埋置深度大、基槽浚挖量大、受惡烈氣候條件影響大，航運及環保要求高等特點。

沉管隧道預製管節分為 33 節，其縱斷面如圖 28 所示，製作工廠配置詳如圖 29 所示。主要包括鋼筋加工區、模板及混凝土澆置區、淺塢區、深塢區、舾裝及系泊區、碼頭區等。其中施工現場照片如圖 30~圖 37 所示。

沉管隧道橫斷面採用 2 孔 1 管廊型式，寬 37.95m，高 11.5m，標準管節由 8 個長 22.5m 的節段組成，詳如圖 32 所示。節塊間採用柔性接頭，管節防水採用抗滲混凝土。為確保混凝土品質及確保裂縫控制，採用全斷面混凝土一次澆置方式施工。管節的接頭採用雙道防水措施，接頭採用傳統的 GINA 和 Omega 止水帶。



圖 27-桂山島沉管預製場

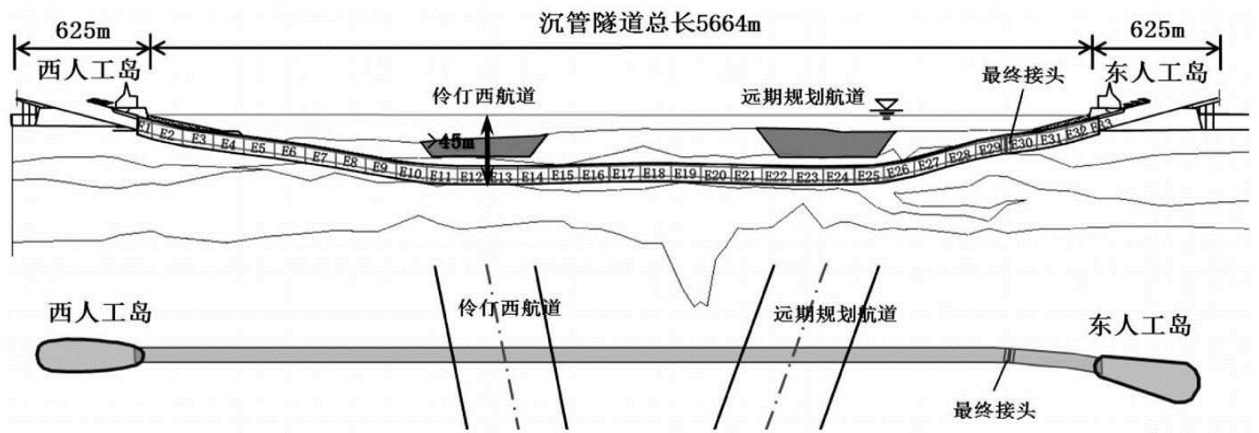


圖 28-海底沉管隧道縱斷面配置圖

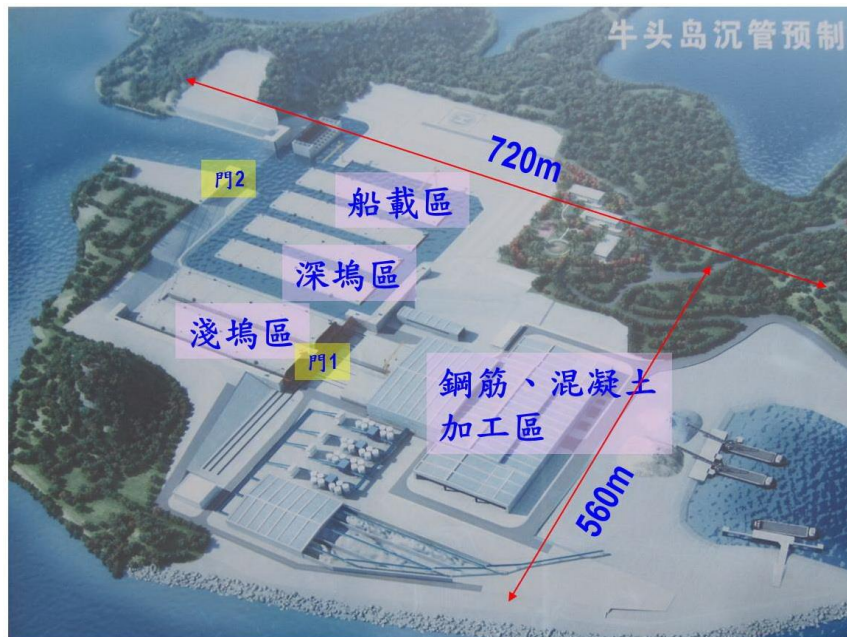


圖 29-沉管預製廠配置圖

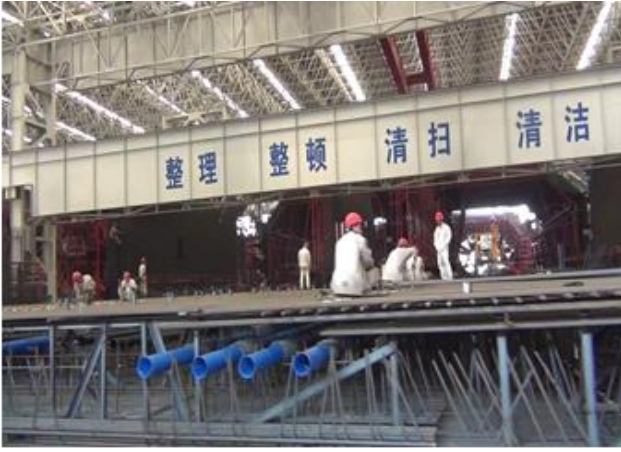


圖 30-鋼筋組立



圖 31-鋼筋組立

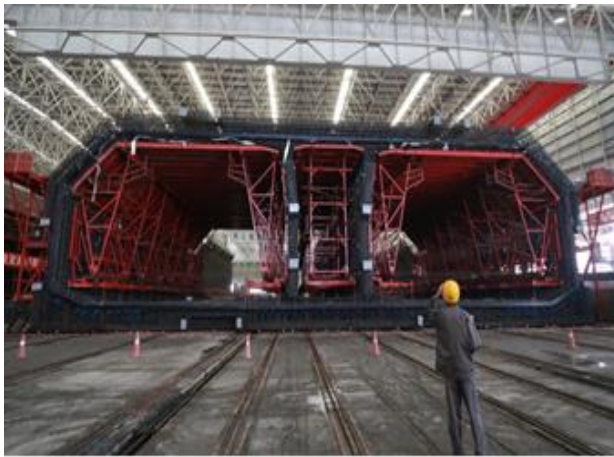


圖 32-鋼筋組立完成



圖 33-全斷面混凝土澆置



圖 34-預鑄廠合影



圖 35-沉埋管完成外觀



圖 36-淺塢區



圖 37-深塢區及舾裝區

(3)沉管隧道地質與基礎處理

經由地質條件及施工風險的比較，沉管隧道優於潛盾隧道，沉管隧道橫斷面配置如圖 38 所示。其地層縱斷面如圖 39 所示，大致上來說，地質條件差，短距離範圍地質情況變化大。海床深度大約介於 EL. -8~-15m 之間，全新世地層包括淤泥、淤泥質粘土和砂泥互層，為非常軟弱、高壓縮性之壓密中土層。其下方為更新世晚期地層，厚度介於 37m 到 102m 不等，主要由粘土夾鬆散到中等緊密之砂層組成。在更新世晚期下方為基岩，基岩主要是花崗岩。

本工程基礎處理的控制因素是土體允許的剛度變化範圍與總沉陷量，其管節配置及基礎處理方法如圖 40 所示。為滿足總沉陷及差異沉陷的要求，設計上採用地質改良及承載樁等方式處理，其基礎處理工法主要包括打入樁、換填砂及天然地基等三大類，依地質及埋置深度等不同考量配置。其中西人工島之打入樁施工照片如圖 41 及 42 所示。

沉管隧道基礎設計還包括基礎墊層，也就是隧道結構與原狀土間的結構層設計，因為通常基槽開挖疏浚後的精度不能滿足結構設計關於不均勻支承及差異沉陷的限制條件，本沉管隧道工程採用碎石基礎墊層，如圖 43 及圖 44 所示。

台灣於民國 70 年代曾施作高雄港過港沉管隧道工程，其相關工程內容之比較表如表 2 所示。由表 2 可知，其相關技術大致上相同，但是規模相差甚大。

表 2 高雄港過港隧道與港珠澳橋隧沉管隧道之比較表

項目	高雄港過港隧道	港珠澳橋隧沉管隧道
長度	每節約 120m，共 6 節。 每節分為 8 個單元，15m/單元	每節約 180m，共 33 節 每節分為 8 個單元，22.5m/單元
道路配置	雙向四車道 設計速率 60kph 最大縱坡 4.5% 隧道全長 1550m (前鎮)-->(中興) 265+150+720+160+255=1,550 淨高 4.5m	雙向 6 車道 設計速率 100kph 隧道全長約 6,700m (西人工島)-->(東人工島) 625+81.5+180*28+25+180*2+90+625=6846.5
外部尺寸	24.4m 寬 x8~9.5m 高	37.95m 寬 x11.5m 高
厚度	側牆 100cm 頂版 105cm 底版 115cm 中間牆 70	
混凝土強度	350ksc，II 型水泥	
節數	6 節	33 節
深度	主航道 14m 深	主航道 20m 深
浚挖深度	25.4m	>45m
上方覆蓋	1~1.3m 卵礫石保護	碎石回填
施工期	製作 1982.07~1983.02 總工期 1981.05~1984.05	施工期 36 個月
製作場地-乾塢	400x180x11m(深)	牛頭島約 720x560x15m(深)
防蝕	底部鋼板採鋁合金陽極防蝕保護	
金額(新台幣)	40 億元	島隧工程 667 億元

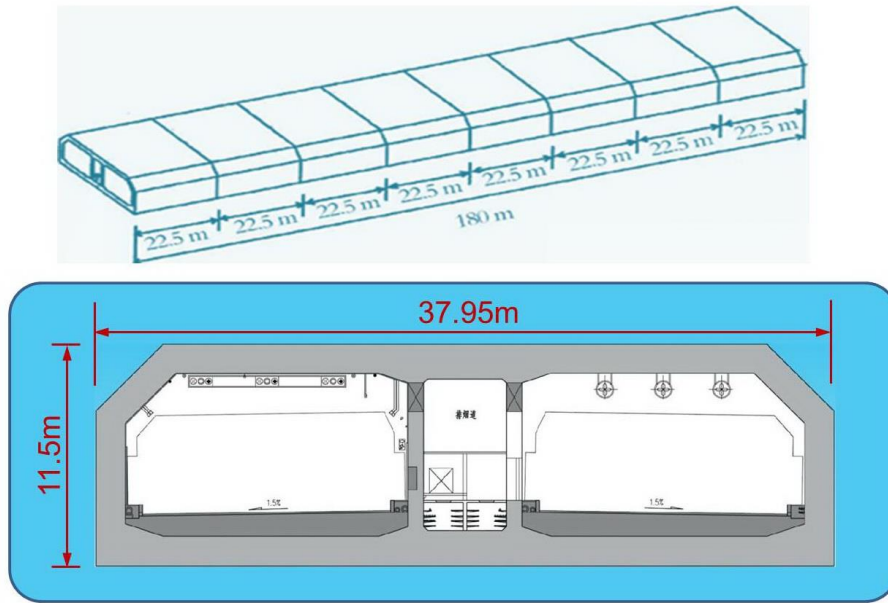


圖 38-沉管隧道橫斷面示意圖

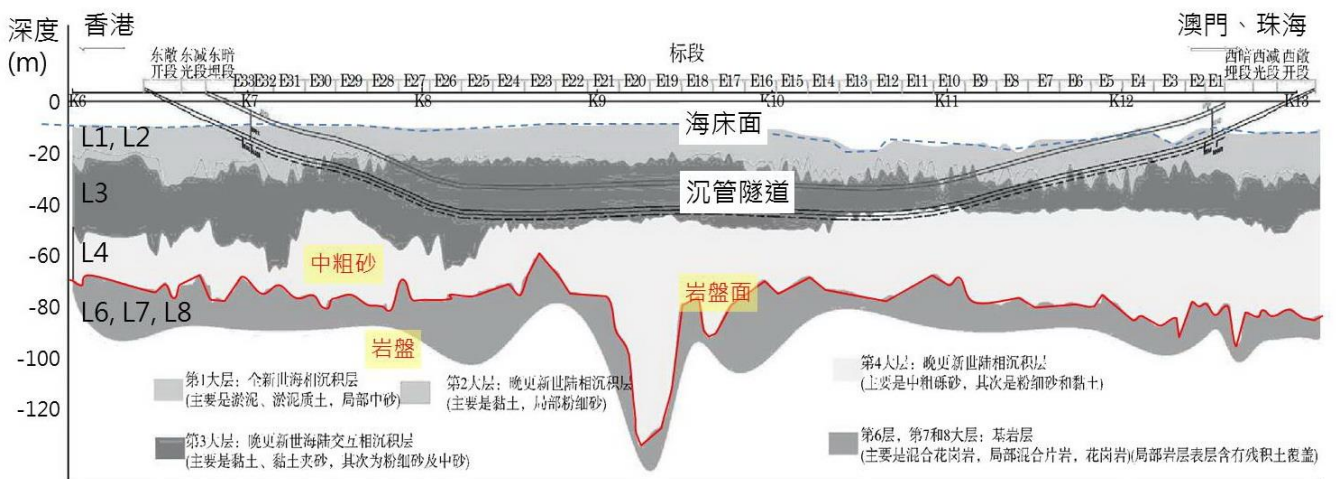


圖 39-沉管隧道之地質縱剖面圖

分段	西人工島	西人工島 過渡段	西段 斜坡段	隧道 中間段	東人工島 過渡段	東人工島
沉埋管編號	E1	E2-E3	E4-E6	E7-E24	E25-E32	E33
基礎型式	貫入樁	貫入樁 (減沉樁)	換填沙	天然地基	貫入樁 (減沉樁)	貫入樁

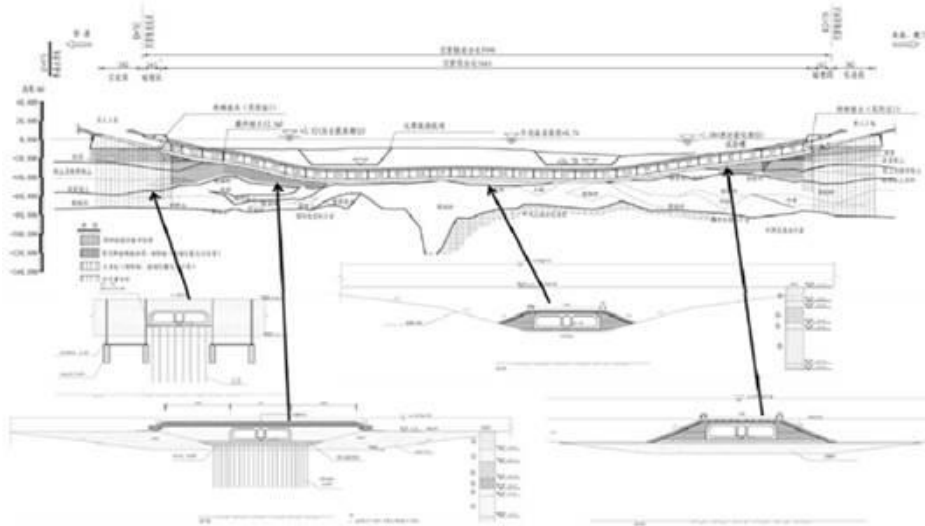


圖 40-沉管隧道縱向基礎處理示意圖



圖 41-西人工島之打入樁施工



圖 42-西人工島明挖覆蓋隧道底版打入樁

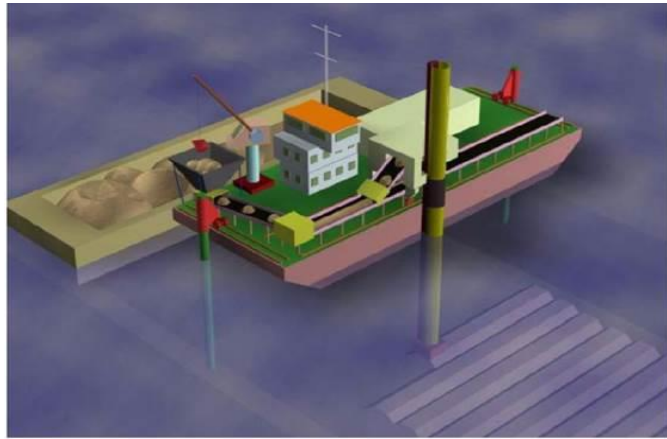


圖 43-沉管隧道工程採用碎石基礎墊層

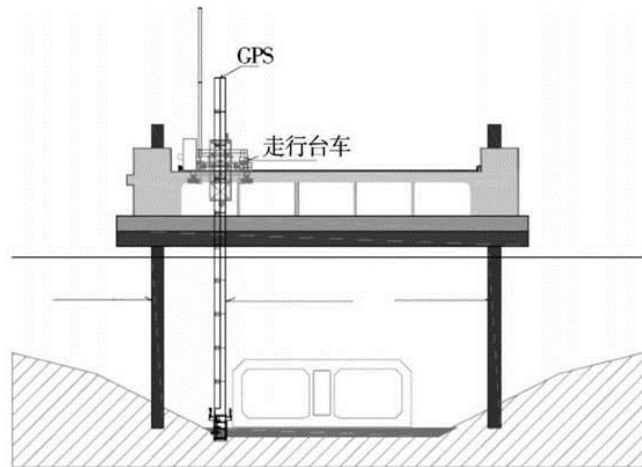


圖 44-沉管隧道工程採用碎石基礎墊層

(4)沉管浮運、沉放安裝及定位

管節的浮運將採用施輪拖帶的方式，結合工程實際情況，採用縱拖及橫拖相結合的浮運方式。選用穩定性和可控性較好的雙駁扛吊法進行管節沉放安裝。使用管節外部定位系統達到管節水下高精度測量定位。

管節體外定位系統由 2 個門型框架組成，分別安裝在管節的接頭端和尾端，框架與管節的起重吊耳相連接。當隧道管節放置到基礎上，體外定位系統將投入使用。當移動隧道管節時，接頭端和尾端兩側體外定位系統底座將提供支撐，並確保管節不會因為水流和波浪產生側向位移。在輕微提昇管節時，體外定位系統將依靠底部碎石基礎提供反力。當管節被提昇後，由管節頂部的拉合千斤頂提供縱向調整；管節尾端之門架千斤頂提供橫向調整機制。使用體外定位系統具有可重覆使用及提高精度的優點，其相關圖說如圖 45 所示。

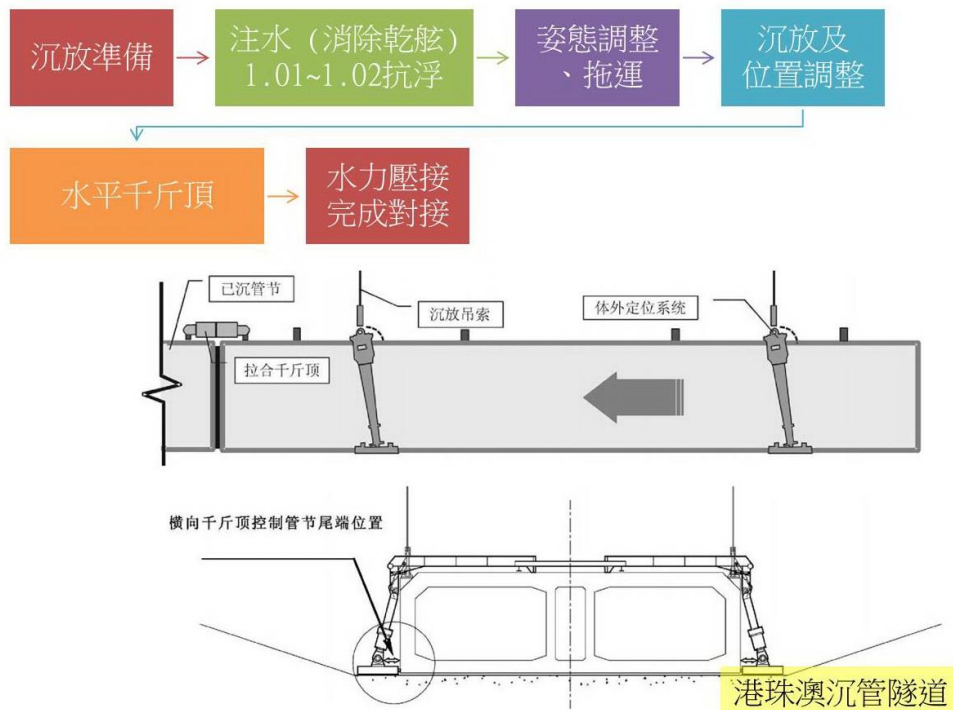


圖 45-沉管隧道沉放施工示意圖

6. 西人工島參訪

11 月 6 日由淇澳碼頭搭船至至珠江口離岸約 20 公里的西人工島，全程由管理局柴瑞主任介紹西人工島施工情形，目前正在建設隧島連接部位隧道，這是入海隧道與人工島的銜接工程(詳圖 46~48)。

在珠江口伶仃洋主航道的西人工島是橋梁與沉管隧道的交界處工程，港珠澳大橋跨海長度 35.6 公里，採用橋隧組合。海底隧道穿越伶仃西、銅鼓主航道區，沉管隧道長約 5.6 公里，為實現橋隧轉換，需在海中填築東、西二個人工島，人工島長度均為 625m，最寬處分別為 183、225m，仿貝殼外型。

兩個人工島由 120 支鋼圓筒圍成，其中西島用了 61 支鋼圓筒，東島 59 支，與傳統成島技術不同，鋼圓筒直徑 22 公尺，最長約 50 公尺，這些鋼圓筒在上海振華重工長興島基地製作加工完成後，海運至珠江口工地，海上精確定位後，以大型起重船起吊，搭配 8 台液壓震動錘進行壓入海床約 30 公尺，貫入不透水層為止，垂直度偏差 1/500 以上，並以運砂船立即進行抽水、回填，以保證鋼圓筒安全穩定，施工工率平均 1 天 1 筒最快約 1 天 2~3 筒，於 2011 年 5 月 15 日至 9 月 13 日共花了約 4 個月圍壁成島完成西人工島。本工程較為特殊部分鋼圓筒成島技術，由於二個鋼圓筒之間間隙，工程人員設計出一個特別的結構，在鋼圓筒製作時就做好寬樺槽，每兩個鋼筒中間，插一個鋼片，連在一起就成了封閉的圍堰。鋼筒外圍還會拋石加固，形成一個斜坡，以保護人工島避免掏刷，人工島施工填築施工順序詳圖 49。



圖 46-西人工島



圖 47-船上意見交流



圖 48-登上西人工島

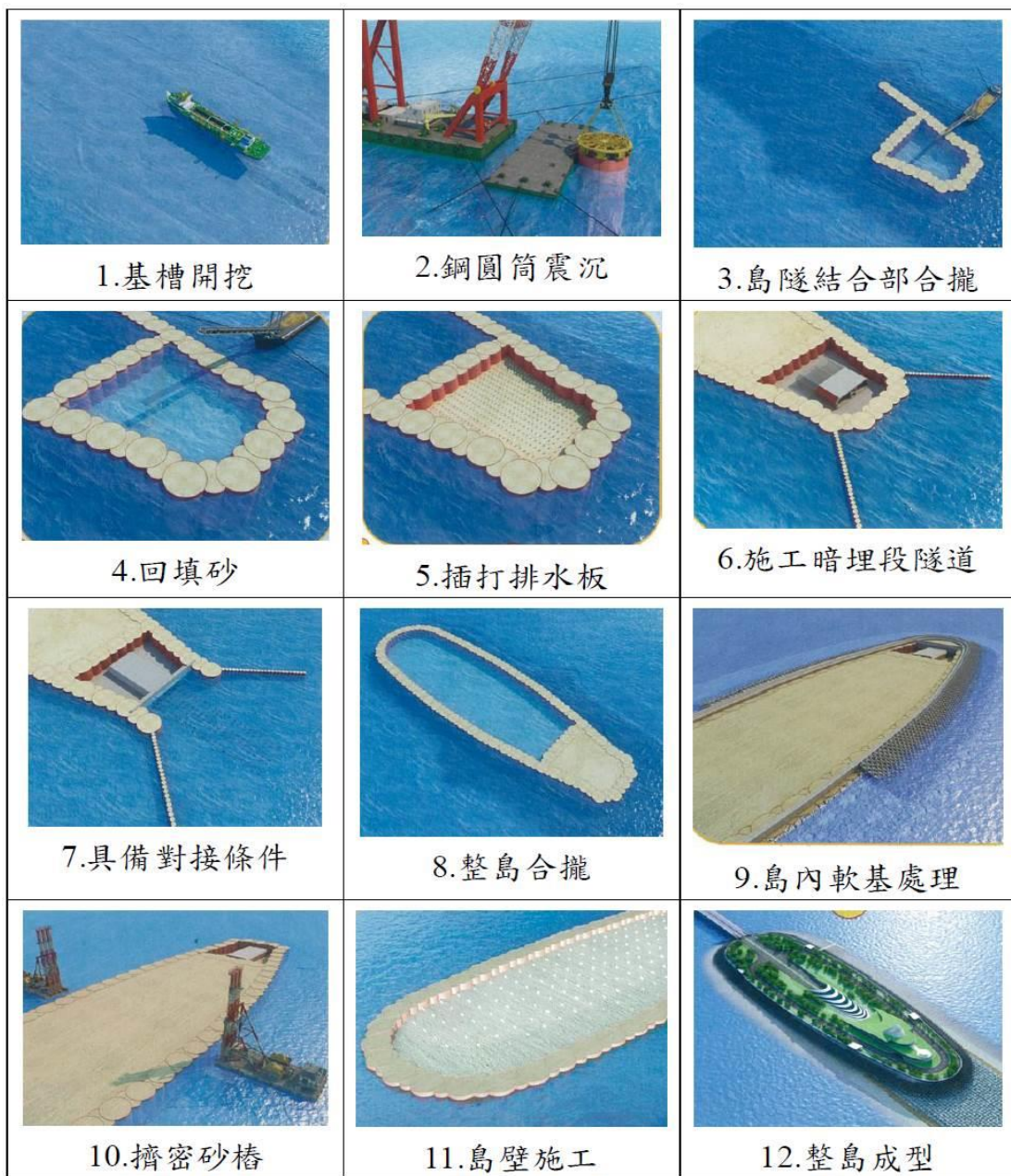


圖 49-人工島施工順序示意圖

四、結論

本次出國考察，從兩岸四地公路交通發展論壇、青馬大橋與港珠澳大橋的基礎交通建設、設計理念、管養維護等均有實資收穫，對於本局後續優質公路建設計畫的全生命週期概念推展將有重大助益。以各項參與內容而言，兩岸四地論壇交流活動平台，除提供專業領域資訊及技術交流外，也增進交通專業人士之友誼；青馬大橋委外維護管理及封橋機制可做為後續淡江大橋等長跨徑維護管理參考，港珠澳大橋考量長期維護，結構設計年限採用 120 年，鋼橋防蝕年限採用 30 年，可做為未來重要橋梁設計參考。

另港珠澳大橋為近年來世界最大的工程之一，其投入興建經費超過 1,000 億人民幣(折算為新台幣 5,000 億元)，工程規模大且涵蓋工項多，包含橋梁、隧道及人工島等工程。特別是於海上橋梁施工、人工島及海底隧道等，不僅為土木工程的设计技藝，也是施工技術的考驗。兩岸四地論壇交流活動平台除提供專業領域資訊及技術交流外，也增進交通專業人士之友誼。

港珠澳大橋工程重視工區環境保護，例如採用對海洋生態及漁業資源衝擊最小之工法、工程施工避開中華白海豚活動範圍、並於大量迴游期間暫停海上打樁作業、且長期監測追蹤數量變化等，均值得我們借鏡。

由本次參觀島隧及沉管預鑄廠之工程，未來工程可優先考量以「工廠化、標準化、裝配化」為原則，構件預鑄化方式施工，可維持施工品質，並降低現場施工風險。

台灣資源有限，硬體建設規模無法與大陸相比，地域環境及需求不同無須相比，應回歸工程的本質，公共建設融入環境，各施工環節力求步步到位，雖小而美。加強民眾參與與使用便利，管理機關易於維護，創造符合永續發展的舒適便捷環境。