出國報告（出國類別：其他）

參加 2016 年國際結構混凝土學會研討會

服務機關：交通部臺灣區國道新建工程局
姓名職稱：彭繼賢幫工程司
派赴國家：南非
出國期間：105 年 11 月 18 日至 105 年 11 月 27 日
報告日期：106 年 2 月 10 日

摘要

國際結構混凝土學會(International Federation for Structural Concrete, fip) 目前致力於推動世界混凝土結構的科技、經濟、美學及環境影響等，藉由研究的推展、理論與實務的結合、各項出版品的發行、技術規範的編修、研討會的定期舉行，期望提升世界混凝土結構的水準。

國際結構混凝土研討會(fib symposium)為該組織每年的重大活動，由不同的會員國舉辦，今年舉辦的時間為 105 年 11 月 21 日至 23 日共 3 天，地點選在南非開普敦大學商業研究院(University of Cape Town’s Graduate School of Business, GSB)，研討會主軸為”以性能為基礎的混凝土結構”(performance-based approaches for concrete structures)，將世界各地的混凝土專家及工程師集合於當地，發表展示各項研究成果，另邀工程顧問公司、設備機具、材料廠商等當地的混凝土產業共襄盛舉，展示最新技術，藉以提升工程技術與品質。

本報告除將參加前述國際性研討會的目的、過程作一說明外，也針對開普敦當地的大眾運輸系統(IRT)及途經香港的青嶼幹線訪客中心作一簡單介紹，最後為筆者的心得與建議。

目錄

一、前言與目的

國際結構混凝土學會(International Federation for Structural Concrete, fip)前身為歐洲混凝土委員會(Euro-International Committee for Concrete, CEB)及國際預力聯盟(International Federation for Prestressing, FIP)，這兩個組織早期是各自運作，直到1998 年才合併成為國際結構混凝土學會(fip)。國際結構混凝土學會為非官方認證的組織，目前有 43 個會員國，超過 1,000 名個人或團體會員，就像世界上大多數國際組織一樣，該學會的總部設在瑞士桑拿(Lausanne)。

國際結構混凝土學會(fib)目前致力於推動世界混凝土結構的科技、經濟、美學及環境影響等，藉由研究的推展、理論與實務的結合、各項出版品的發行、技術規範的編修、研討會的定期舉行，期望提升世界混凝土結構的水準。

國際結構混凝土研討會(fib symposium)為該組織每年的重大活動，由不同的會員國舉辦，將世界各地的混凝土專家及工程師集合於當地，發表各項研究成果，此外，活動也與當地的混凝土產業結合，以展示最新技術；研討會活動於每四年擴大舉行。

國際結構混凝土學會研討會(fib symposium)今年舉辦的時間為 105 年 11 月 21 日至 23 日，地點選在南非開普敦。本次研討會主軸為”以性能為基礎的混凝土結構”(performance-based approaches for concrete structures)，計 253 篇專題報告及研究論文全方位發表，藉由參加此次研討會，與國際結構、材料工程等專家學者直接交流並汲取新知，提供本局後續工程相關設計及施工參考。

二、過程

(一)行程概要介紹

本次會議舉辦的地點-南非開普敦，由於本國籍班機無直飛該地，經上網搜尋航空公司相關機票套票後發現，大部分航空公司皆安排一次或兩次轉機，由於一次轉機之交通費用較高，在預算考量下，選擇搭乘南非航空，所幸入境出關過程堪稱順利，惟轉機時需花費較多等待時間。

本次出國行程於 11 月 18 日自臺北出發，於香港、約翰尼斯堡(簡稱”約堡”)轉機，11 月 19 日中午抵達開普敦，因香港轉機等待時間較長，趁轉機空檔前往香港青嶼幹線訪客中心，了解全球最長的公路及鐵路兩用懸索橋(吊橋)-青馬大橋建造過程。

本次研討會出國飛行路線圖

旅館休息一晚調整時差後，隔日 11 月 20 日前往研討會舉辦地點-開普敦大學辦理報到，參與主辦單位舉辦的歡迎酒會。11 月 21 日至 11 月 23 日為此次研討會的重心，筆者參加會議現場的專題演講、論文發表及廠商展覽等活動，聆聽各專家、學者及研究人員對於各議題研究之分享，以及各家廠商對於新型產品設備之介紹；研討會結束後，於 11 月 24 日至 11 月 25 日自行參訪當地建設，最後於 11 月 26 日搭乘南非航空返國，11 月 27 日抵達國門。

行程紀要表

日期	起訖地點	行程摘要
11 月 18 日(五)~ 11 月 19 日(六)	臺灣➔香港 ➔約堡➔開普敦	去程；參訪香港青嶼幹線訪客中心 (搭飛機於香港、約翰尼斯堡轉機)
11 月 20 日(日)	開普敦	大會報到、歡迎酒會
11 月 21 日(一)	開普敦	大會開幕式 專題演講、研討會論文發表、廠商展覽
11 月 22 日(二)	開普敦	專題演講、研討會論文發表、廠商展覽
11 月 23 日(三)	開普敦	專題演講、研討會論文發表、廠商展覽
11 月 24 日(四)~ 11 月 25 日(五)	開普敦	建設參訪
11 月 26 日(六)~ 11 月 27 日(日)	開普敦➔約堡 ➔香港➔臺灣	回程 (搭飛機於香港、約翰尼斯堡轉機)

(二)2016 國際混凝土學會研討會 (fib symposium 2016)

1.會議時間地點

國際結構混凝土學會研討會(fib symposium)今年舉辦的時間在 105 年 11 月 21 日至 23 日共 3 天，地點選在南非開普敦大學商業研究院(University of Cape Town's Graduate School of Business, GSB)，開普敦大學是非洲最古老的大學之一，而其商業研究院(GSB)鄰近維多利亞和阿爾弗雷德水濱區(Victoria & Alfred Waterfront)，附近還有桌山(Table Mountain)國家公園，位置便利，環境優美，學術氣息濃厚，再加上附近旅館飯店選擇性多，十分適合舉行相關研討會議。

開普敦大學商業研究院位置圖

開普敦大學商業研究院實景照

2.會議議程內容

本次研討會有來自 53 個國家，共計 420 人報名參加，研討會前一天，主辦單位提早辦理註冊及報到，可避免開幕當天報到的紛亂；另舉行歡迎酒會並介紹相關來賓，讓與會人士先行互相了解，會場上氣氛熱落，足見主辦單位之用心。

會場報到處

歡迎酒會

會議資料袋

研討會論文集及名牌

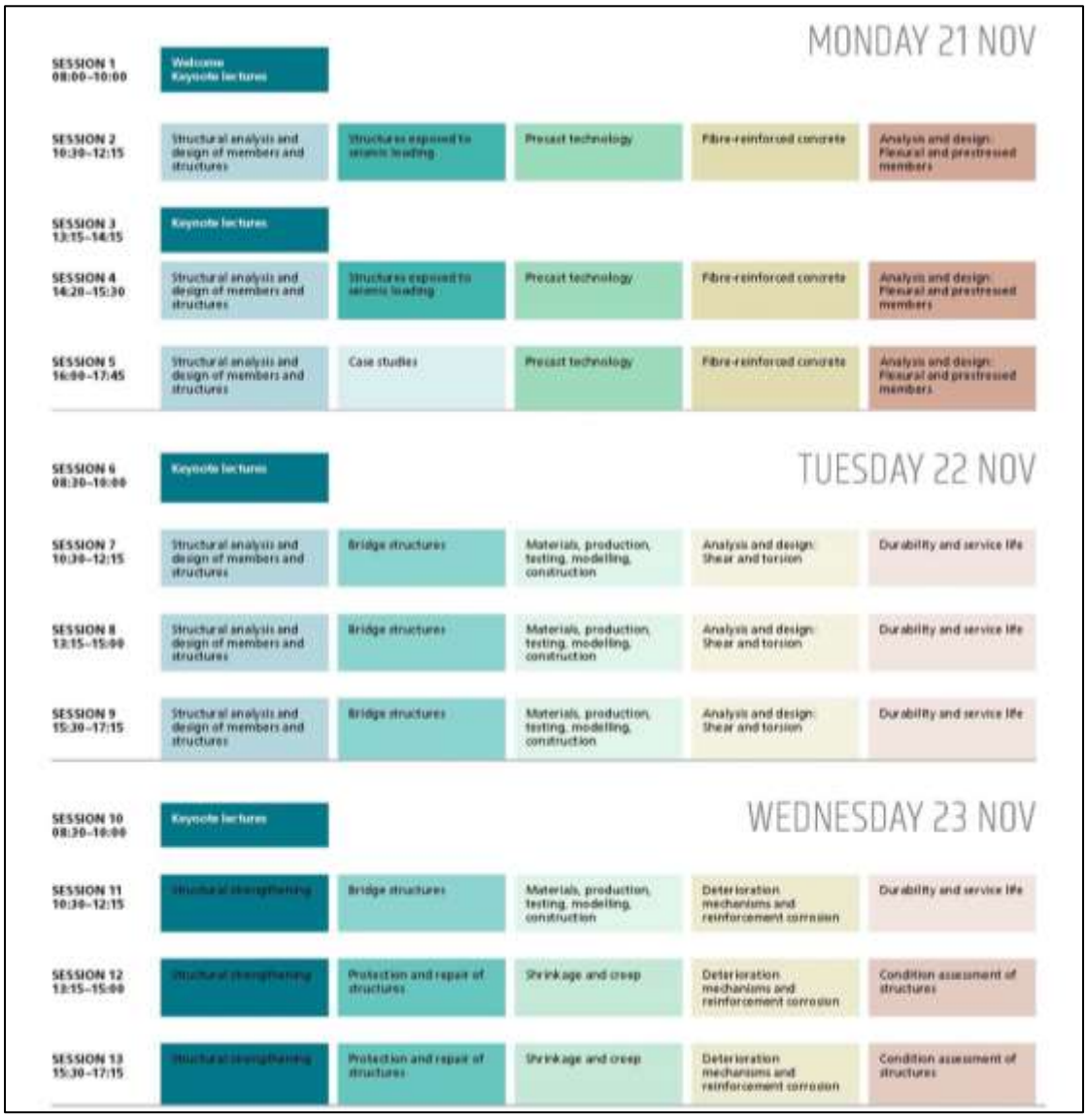
會議第 1 天上午先進行開幕式，由本次會議主席 Dr. H. Beushausen 發言，報告本次活動準備狀況、參與人數，也順便介紹自己的國家-南非，包含著名的作家、藝術家、著名的建設如拱橋、高鐵等等，讓與會人士更加了解南非。最後在專題演講開始前，主席介紹第一場專題來賓的求學過程、家庭、休閒活動、專長、職業以及對 fib 學會的貢獻等，足見主辦單位的體貼與細心。開幕式告一段落後，隨即展開 3 天的專題演講(Keynote lecture)與論文研討(Sessions)。

會議報到處

開幕式演講廳

本次研討會專題演講及論文研討，每天有四個場次，每日上午第一場次為專題演講，由主辦單位邀請各國著名的學者進行一系列的演講；論文研討則於專題演講後分於 5 個演講廳進行論文發表，每篇發表的時間約 15 分鐘，並讓參與人員自由發問，每個場次皆自由參加。

會議議程表



專題演講會場

論文發表會場

本次研討會除專題演講及論文發表外，另外在會場周圍還有廠商展覽(Exhibits)，參展攤位種類繁多，包含檢測儀器展示、新型材料、設備介紹等，部分攤位也提供書面資料、光碟片及紀念品供與會者索取。下一屆研討會主辦國-荷蘭也設有攤位，熱情邀與會人士參與明年度的盛會。

廠商展覽攤位

展覽書籍刊物及紀念品

3.會議主題摘要

研討會主軸為”以性能為基礎的混凝土結構”(performance-based approaches for concrete structures)，計 253 篇專題報告及研究論文全方位發表，概分為 14 個主題類型如後：

(1) Structural analysis and design of members and structures
(結構與桿件的分析與設計)

(2) Structures exposed to seismic loading (承受地震荷載的結構)

(3) Precast technology (預鑄技術)

(4) Fibre-reinforced concrete (纖維混凝土)

(5) Analysis and design:Flexural and prestressed members
(抗彎及預力桿件的分析與設計)

(6) Bridge structures (橋梁結構)

(7) Materials, production, testing, modelling, construction
(材料，生產，測試，模擬及施工)

(8) Analysis and design: Shear and torsion (剪力及扭力的分析與設計)

(9) Durability and service life (耐久性與服務年限)

(10) Structural strengthening (結構強化)

(11) Protection and repair of structures (結構的保護和修復)

(12) Shrinkage and creep (乾縮及潛變)

(13) Deterioration mechanisms and reinforcement corrosion (性能損失和鋼筋腐蝕)

(14) Condition assessment of structures (結構狀態的評估)

以下針對幾個不同的議題論文，作概要性的介紹說明。

論文名稱：Concrete Bridge Design for Aesthetical Performance
(混凝土橋梁設計的美學)

本文著眼於混凝土橋梁設計的過去、現在和未來，以及從概念設計到最終成品的美學，然後最重要的是，社會大眾對於結構物應如何被建造完成？本文以一些計畫和建設作為案例研究，強調混凝土結構和橋梁結構的美學，從來沒有絕對

的答案。

在過去，南非的橋梁和世界上許多混凝土橋梁一樣，著重在其功能性，很少或完全缺乏視覺吸引力。除了指標性或特色橋梁外，建築師可能不一定參與橋梁設計過程，橋梁設計初期的主要重點通常在建築成本，很少注意美學。

本文重點在於橋梁美學，以過去十年創建的幾座橋梁為例，不論是特殊性橋梁或一般性橋梁，作者認為應更廣泛考慮規劃和設計問題。

橋梁設計者有責任充分發揮他們的創造力，證明自己在建造過程中，對美學細緻和發展產生影響作用。依作者的經驗是，只需多一點或根本不需要額外費用，就可以使混凝土橋梁兼具美感。

論文名稱：A MULTI-FEATURED ARCH BRIDGE IN INDIA

(印度的多特點拱橋介紹)

拱橋已經為美學和從遠古以來的優越力學行為而廣為人知。此外，最近的橋梁設計的發展和經驗已經看到一體性結構的出色性能，特別是在嚴重的地震和洪水易發區域。位於印度喜馬偕爾邦州國道 88 號（NH88）的 Baner khad 橋是這樣一個獨特的一體性拱橋，繼承了拱橋及一體性橋梁的優點。橋梁的不對稱形狀，靈感來自另一邊的小山丘，給橋梁添加了些許稚氣，因為它不涉及大規模破壞美麗的丘陵環境。本文描述橋梁主要工作項目的特徵、結構系統、設計細節、施工方法和數量。看著橋梁可以意識到，對自然環境投入一點點情感及用心，就可以創造一個特殊的橋梁，不僅優雅而且具有許多明顯的優點，例如增強力學性能以面對強烈的地震及洪水；在沒有支承和中間伸縮縫的情況下，提高了橋梁耐久性、

增加了車輛乘載的舒適度並減少了維護需求。

論文名稱：Performance-Based Design of Bridges and the Brenner Base Tunnel

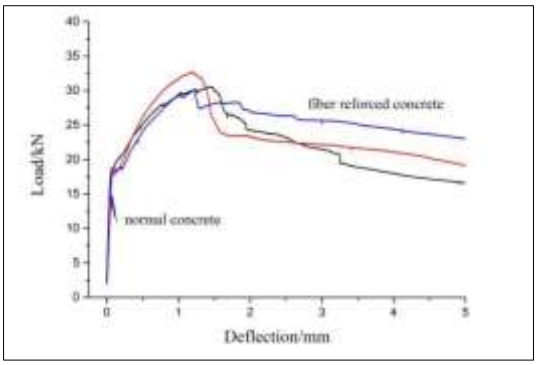
(橋梁及布倫納隧道的性能設計)

性能設計法目前已把材料及載重不確定因子及潛變的行為納入考慮，並應用在已存在的橋梁及擁有 64 公里鐵路的布倫納隧道。其中半機率近似法正發展將隧道結構及設備納入考量；部分具體的安全係數把生命週期年限超過 200 年的隧道納入考量；既有橋梁的穩固性參數也納入本研究中。

論文名稱：FLEXURAL PERFORMANCE OF HYBRID FIBER REINFORCED CONCRETE PRECAST TUNNEL SEGMENT

(混合型纖維鋼筋混凝土預鑄環片的延展性)

在本文中敘述混合纖維混凝土（HFRC）和 HFRC 隧道環片的彎曲性能測試結果，並且已能根據規範 RILEM TC 162-TDF 和 CJJ / T 164-2011 計算得出。結果表明，在縱向鋼筋比降低了 21.4%狀況下，混合纖維混凝土的抗彎性能並不遜於一般混凝土，兩種類型混凝土跨度中間的荷載-變形曲線特性不同，混合纖維混凝土沒有明顯的降服點，達到降服荷載後，進一步加載則有限。混合纖維混凝土的極限應力狀態也可以根據“fib 混凝土結構規範(2010)”進行估算。



(三)開普敦地區大眾運輸系統

本次出國行程，筆者利用參加研討會之餘，參觀開普敦大眾運輸交通系統-MyCiTi，簡要介紹如下。

MyCiTi 是開普敦的綜合快速公車系統（Integrated Rapid Transit, IRT)，提供快速、舒適和具有成本效益的城市運輸。它有著專用的基礎設施，快速和頻繁的運轉，以及卓越的經營和客戶服務。這個概念類似我們所熟悉的公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)。MyCiTi 幾乎具備與現代化的軌道運輸系統相同的性能和舒適，但其成本通常是電車或輕軌運輸系統的四分之一到二十分之一，鐵路系統的十分之一到百分之一。值得注意的是，通過設置安全人員和使用閉路電視攝像機，來維護旅客的安全和保安。

MyCiTi 包含主線與支線目前共有 44 條路線，主線行經開普敦重要地標及區域，擁有專用公車道、優先號誌系統，車體為雙節式公車，車站為封閉式車站，收費方式採車外收費，與我們一般所熟知的公車捷運系統(BRT)相似。

主線雙節式公車

主線封閉式車站

車站內部實景

站外收費閘門

公車專用道及優先號誌

支線通常行駛於偏遠或或人口較少區域，以主線車站為起點，使用混合車道，車體為單節公車，車站為一般公車站牌，收費方式採車上收費，支線系統與臺灣目前城鎮所採用的公車系統相同。

支線公車等候站

單節式公車

公車內部實景

MyCiTi 第一階段建置歷程如下：

2007 年　開始系統建置。

2010 年　開通前往開普敦體育場、機場和內城附近的臨時服務。

2011 年　第一條路網推出。(包含市政中心站前往 Table View、Blaauwberg 和 Parklands)

2013 年　鹽河火車站和中央城市之間的線路開通，在 Oranjezicht、Tamboerskloof、Sea Point、Camps Bay 和 Hout Bay 等地區提供服務。

近期　延伸到中心城市北部地區，包括 Atlantis, Dunoon、Joe Slovo Park、Montague Gardens、Melkbosstrand 等地區。

接下來第二階段將提供更廣泛的服務於城市的東南地區，包括米切爾平原和卡雅利沙，目的地延伸整個半島；第三階段將包括貝爾維爾，代爾夫特等北方剩餘區域和斯泰倫博斯；第四階段擴大至 Helderberg 地區。

預計整個系統建設時間約需 20 年，每個階段都將在資金到位時開始施工，其中大部分資金來自國家交通部公共交通基礎設施和系統撥款，餘額由城市資助。

(四)香港青嶼幹線訪客中心簡介

本次出國行程，由於飛行航線途經香港，因此趁轉機之餘參訪青嶼幹線訪客中心，也順便了解青馬大橋及其所屬之香港機場核心計畫。

1.青嶼幹線訪客中心及觀景台

香港機場核心計畫（Hong Kong Airport Core Programme）是香港一件規模龐大的基礎建設發展計畫，1980 年代啟德機場的容量已經飽和，同時面對接近民居、無法 24 小時運作、飛航安全及擴建困難等問題，搬遷已經刻不容緩。因此 1989 年香港總督宣布興建新機場及相關配套設施(即香港機場核心計畫)，以穩定香港市民的信心。該計畫以大嶼山赤鱲角興建的新香港國際機場為核心，包括赤鱲角機場、機場鐵路、青嶼幹線、北大嶼山公路、西九龍填海計畫、西區海底隧道、 3 號幹線（葵涌段及青衣段）、西九龍快速公路、中區填海計畫(第一期)、東涌新市鎮(第一期)等十項核心工程。

香港機場核心計畫工程分布圖

青嶼幹線訪客中心位於青衣島西北面，是香港一所介紹青嶼幹線的展覽館，占地面積 19,000 平方公尺，1997 年 5 月隨青嶼幹線通車正式對外開放。館裡有青嶼幹線的建造資料，包含青嶼幹線的模型、照片及展覽版。該處亦播放錄影帶，介紹青馬大橋建築過程和機場核心計畫，訪客中心內另設有兩部電腦，內置問答小遊戲，可增加訪客對青嶼幹線的認識。中心外面的觀景台擺放青馬大橋的一段主纜橫切面，以及相關橋梁組件戶外展覽，由於位置地點佳，旅客在此可以近距離或高角度，遠眺青馬大橋及汀九橋。

青嶼幹線訪客中心及觀景台

主纜實尺寸構件

望遠鏡

觀景台設施介紹

訪客中心外部實景

訪客中心內部實景

橋梁建造歷史介紹

橋梁細部構件介紹

橋梁模型

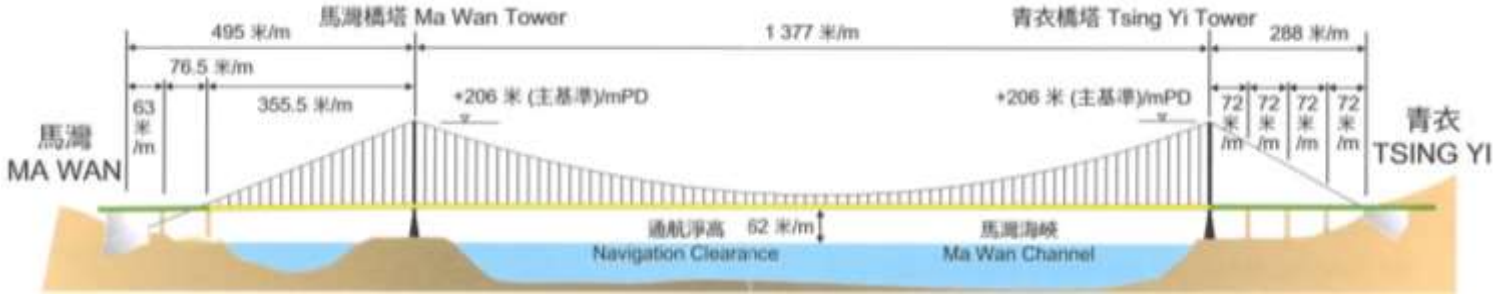
互動小遊戲

青嶼幹線訪客中心內部資料

2.青馬大橋

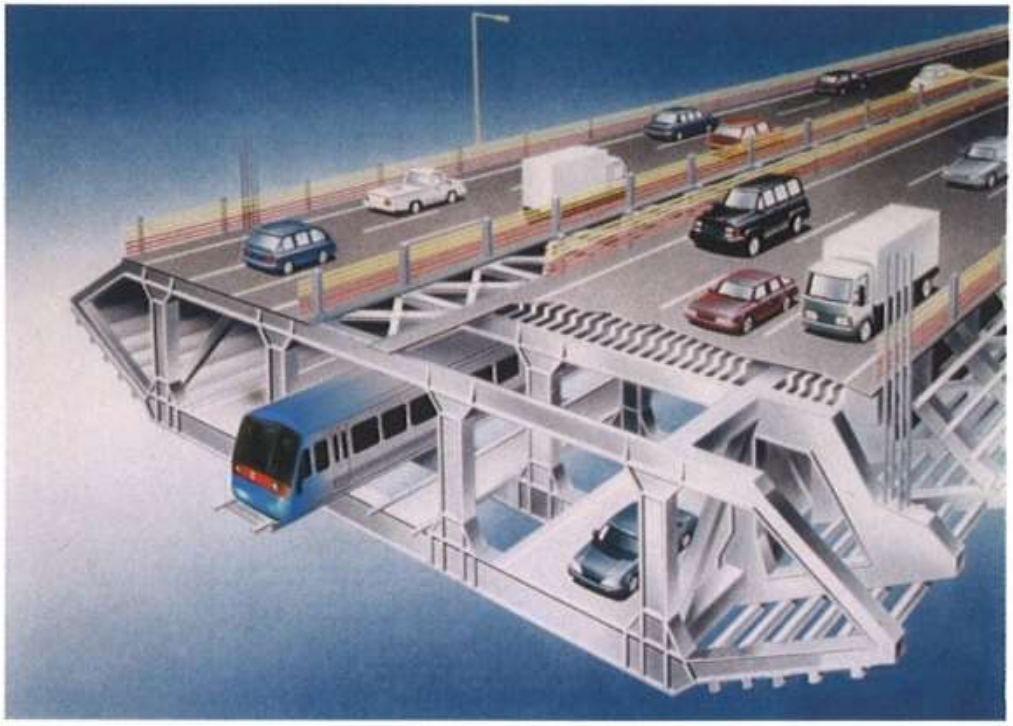
青馬大橋屬於香港 8 號幹線青嶼幹線的一部分，跨越馬灣海峽，將青衣和馬灣連接起來，並聯同汲水門大橋，共同擔當著連接大嶼山、赤鱲角香港國際機場與市區的唯一行車通道。

青馬大橋是全球最長的公路及鐵路兩用懸索橋(吊橋)。大橋採雙層設計，上層為雙向六車道的快速公路，下層設有兩條鐵路軌道，其外側各有一單線行車道，可作為維修通道或發生緊急事故時交通改道用。若遇颱風或風速太高，橋面將會封閉，而下層仍可行駛火車或汽車，接載旅客往返機場。流線型的橋身是經過精心設計，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。



青馬大橋結構配置

青馬大橋現場實景



青馬大橋橫斷面配置

青馬大橋是香港引以為傲的地標建築，為 1999 年由美國建築界選出的「二十世紀十大建築成就獎」得主之一，與英法海峽隧道及舊金山金門大橋等其他九項世界級工程，共同享有這項殊榮。

三、心得及建議

(一)混凝土結構物一般都與粗壯甚至醜陋畫上等號,但經由此次相關專家的分享,其實只要在規劃設計階段多用點心，花費微薄的費用，便能得到美感；對照國內土木工程也是如此，工程師往往以安全為導向，而忽略了美學、環境融合等議題，應以多方面思考的模式來面對國內重大工程。

(二)纖維混凝土目前受限於材料專利問題，且對於新材料測試及相關規範制定較不熱衷，因此在臺灣發展受限。參照此次研討會各國對於纖維混凝土相關研究的發表，未來將會是國內須努力的方向。

(三)目前國內鋼筋混凝土的設計以「極限強度設計法」為主，但已有部分的研究朝「性能設計法」來著手進行。對照本次研討會的主題”以性能為基礎的混凝土結構”(performance-based approaches for concrete structures)，顯示國內相關研究並不落後於國際潮流，但此次研討會，我國僅 1 位參加，建議能多參與相關國外活動，與國際研究交流接軌。

(四)本次研討會贊助廠商多設置展覽攤位，除能讓與會者了解材料、設備、工法等最新資訊，也經由廠商的經費贊助，讓研討會能順利及盛大舉行，一舉數得，可作為國內相關研討會辦理參考。

(五)開普敦的綜合快速公車系統，主線採用公車捷運系統，支線採用一般公車系統的整合模式，具輕軌的優勢也兼顧成本，可作為臺灣各城市大眾運輸系統整合之借鏡。

(六)香港青嶼幹線訪客中心內有工程建設過程介紹、細部構造解說、工程小遊戲等,富含專業教育的內容;外側觀景台可讓民眾盡情觀賞青馬大橋、汀九橋、馬灣海峽等壯麗景觀，利用優美壯麗景色吸引民眾前來並順道了解工程歷史及細節，將公路建設之專業領域與旅遊觀光充分結合，此設置方式可供未來相關展示館建置參考。

附錄一

fib 研討會主要議題及論文名稱

OVERVIEW OF PAPERS

Keynote Lectures

Performance-Based Design of Bridges and the Brenner Base Tunnel / Bergmeister / K01

Sustainability and Performance Design of Structures With Precast Elements / Fernández Ordóñez / K02

fib Model Code 2020 – A New Development in Structural Codes: Towards a General Code for Both New and Existing Concrete Structures / Matthews · Bigaj-van Vliet · Dieteren / K03

Performance-Based Service Life Design in the 2021 Version of the European Concrete Standards – Ambitions and Challenges / Helland / K04

Durability Requirements for Concrete Nowadays and in the Future – Key Parameters for Performance Concepts / Müller / K05

Performance-Based Concrete Durability Design and Specification in South Africa – Background, Implementation, and Quo Nunc? / Alexander / K06

Concrete Bridge Design for Aesthetical Performance / Kruger / K07

Forensic Engineering: Need for a New Professional Profile / Walraven / K08

A Performance-Based Approach for Mechanical Concrete Properties – Roadmap Towards Constitutive Coherences / Diehl · Herrmann / K09

Sustainable Concrete and Concrete Structures – Challenge for a Sustainable Future / Hajek / K10

Chapter 1: Structural Analysis and Design

Effect of Quality Control on Reliability of Reinforced Concrete Structures According to Eurocodes / Holicky · Diamantidis · Sykora / 001

The *fib* Model Code for Concrete Structures 2010: The Role in Development and Revision of Russian National Codes / Falikman · Zvezdov / 002

Safety of Solid Hydraulic Structures / Kunz / 003

Composite Concrete Construction With Reference to Sasol Coal Mining Projects / Fliss · Szymczak / 004

Building Concrete Shells Without Formwork and Falsework / Kromoser · Kollegger / 005

Hazelmere Dam Raising / Botha · Booyse · Fitz / 006

Modified Tubed Mega Frame Structural Systems for Tall Buildings / King · Hallgren · Partovi · Svärd / 007

Concrete Structures in the Sea: Some Examples / Olsen / 008

A Modern Heritage Structure in India / Panday / 009

Bond Performance of Post-Installed and Cast-In-Place Reinforcing Bars Using Modified Beam-End-Test Specimen / Rex · Sharma · Hofmann / 010

An Investigation of the Shear Stress-Strain Characteristics of Nuclear Power Plant Wall Elements With High Strength Materials / Park · Cho · Koh / 011

New Strategy for Modelling Air Leakage Tightness of Pressure Containment Vessels of Nuclear Power Plants: Large-Scale Application to Vercors Containment Vessel / Mozayan Kharazi / 012

The Leakage Behaviour of a Prestressed Concrete Containment Wall Segment Under Different Air Loads / Herrmann · Müller · Niklasch · Michel-Ponnelle · Masson / 013

Damage Predictions in Concrete Silo Using Finite Element Analyses / Kermiche · Maddi · Djelal · Redjel · Boussaid / 014

Material Model for Nonlinear Finite Element Analyses of Large Concrete Structures / Engen · Hendriks · Øverli · Åldstedt / 015

Reinforcement Lay-Out Implications for Reinforced Concrete Half-Joint Structures / Desnerck · Lees · Morley / 016

Numerical Limit Analysis of Precast Concrete Structures / Herfelt · Poulsen · Hoang · Jensen / 017

Chapter 2: Analysis and Design: Flexural and Prestressed Members

Chapter 3: Analysis and Design: Shear and Torsion

Chapter 4: Structures Exposed to Seismic Loading

Chapter 5: Shrinkage and Creep

Chapter 6: Materials, Production, Testing, Modelling, Construction

Chapter 7: Fibre Reinforced Concrete

Chapter 8: Precast Technology

Chapter 9: Bridge Structures

Chapter 10: Durability and Service Life

Chapter 11: Deterioration Mechanisms and Reinforcement Corrosion

Chapter 12: Condition Assessment

Chapter 13: Protection and Repair

Chapter 14: Structural Strengthening

附錄二

參展廠商資料