

## 前言

香港在 100 多年前，還是個小漁村，現在已發展成國際大都市。城市的發展與基本建設，包括交通運輸是息息相關。而道路的建設和發展也當然少不了橋樑工程。下文我選擇一些有代表性的香港橋樑發展史故和趣事和大家分享。

香港開埠初期，陸上交通工具是靠人力車及轎子，1889 年由填海建成的海旁大道名為干諾道，陸上交通也隨著發展起來。當年的橋樑都多在郊區，以跨過山溪和小山谷為主。二次大戰後，香港的經濟開始發展，道路和基建也隨著發展起來。

根據路政署在 2020 年底的記錄，香港道路共長 2,100 公里，有大型行車隧道 15 座，行車天橋及隧道有 1,366 座，行人天橋及隧道有 1,292 座。簡單而言，每一公里道路就有 1.52 座行車天橋或行車隧道，這密度可說位列世界前茅。

在 60 年代中，開始發展市內交通，因而引發長遠及大量的行車及行人天橋的建造。在 1990 年代前，香港所建的橋樑都是高架橋，以疏通交通，而長大橋樑，包括世界級超大橋樑，則在 1990 年代後因配合新機場的興建而建造。

## 香港最古老橋樑在赤柱，已有超過 170 年歷史

俗語說‘富藏於民’在今年初，行山人士在赤柱之赤柱古道發現香港最古老的橋樑。赤柱古道在香港開埠初期是由赤柱經淺水灣往港島中區的主要道路。在古道老虎坑處發現的羅馬式建築石拱橋，跨度約 20m，高十多米。而附近獅子坑也發現同樣風格，但比較細的石拱橋。香港開埠在 1841 年，而在 1845 年的地圖上已注明這座橋，所以橋的歷史已超過 170 年。隨後在筲箕灣古道也發現若干同風格石拱橋，但建造時間未明。值得一提是在 1888 年建成的大潭上水塘，輸水道由港島南貫通黃泥涌山嶺，依灣仔山勢而建的寶雲道輸水道橋樑的歷史也超過 130 年啊。

赤柱老虎坑石拱橋  
香港最古老橋樑



1845 年地圖已注明這座橋



## 1960年代，市區高架橋起步

1968年‘香港道路長遠發展研究’建議市區建造大型公路網，引發不少橋樑建造。

### 夏慤道天橋是香港首條高架行車天橋

為疏導皇后大道東與花園道交界一帶的交通樽頸，政府在1964年中落實“花園道交通總匯計劃”，修建與花園道平行的木棉道（後改稱紅棉路），並同時在夏慤道西行線修築行車天橋，供非轉入木棉道的西行車輛使用。該天橋於1964年10月動工，並在1966年3月落成，4月19日上午十時正式通車。該橋有混凝土橋墩(牆)十二個，全長384m，為簡支平板橋，路面闊9.8m，設兩條西行行車線。因交通需求，此橋在1987年重建為雙線行車，再加條分支橋連接紅棉道，在1989年11月通車。

### 公主道天橋是全港首座以預製預應力混凝土建造的行車天橋

公主道（Princess Margaret Road）是一條位於九龍何文田區的主幹道路，「公主道」舊稱「楠道」，於1950年代落成。是一號幹線的一部份，南端起於香港理工大學，北面與窩打老道及亞皆老街連接，全長約1.86公里，全綫為3綫雙程分隔道路，部份路段更設有高架行車天橋疏導交通。

公主道是九龍中部貫通南北的交通大動脈。1960年代，政府發展何文田平房區一帶，加上紅磡過海隧道興建工程，因而延長及擴闊楠道，並在窩打老道交界處興建行車天橋，使之成為貫通窩打老道及紅磡過海隧道的主幹道；而公主道天橋更是全港首條以預應力混凝土建造的天橋。預應力的原理簡單，就如雙手掌力壓一列書本或麻雀牌，可令書或牌不墜下。同理，利用穿在樑內鋼束，在樑兩端預加壓力，可增加其承載力。1966年3月1日，英國瑪嘉烈公主（Princess Margaret）來訪香港，適逢楠道擴建工程完竣，為紀念其訪港一事，政府將楠道易名為公主道。我在1966年3月加入路政署為助理工程師，巧派到九龍路政署，更巧被分派到公主道天橋地盤，此工程合約為‘設計和建造’（Design and Build），承建商要負責設計和修改設計配合工地實際情況。因為路面下埋藏很多大細輸水管，電線等公共設施，但記錄不全和多不準確，橋樑基礎常要更改。但因工期緊密，很多都要我事後跟進，更正施工記錄，橋樑完工圖紙和結構計算書，這也增強我這方面的經驗。在修正設計紀錄時，我發覺當時香港並沒有正式的天橋設計規範，因而引用屋宇設計規範。在預應力混凝土設計，屋宇規範是容許有微小張力，有張力就有裂縫，在室內建築多塗上灰泥，可蓋上裂縫。但是橋樑多在室外，用清水混凝土，微少的裂縫可滲入濕氣和雨水，令混凝土內鋼筋生鏽，影響橋樑壽命。這個發現，可說影響我以後的工程生涯。1968年底，我看到政府刊登廣告，接受‘政府訓練獎學金’（Government Training Scholarship）申請，記得在教育司署見面，原址已重建為銅鑼灣利園商場。主考官問我為什麼要選擇到英國讀橋樑碩士課程。我說香港的經濟發展一定會建多些路和橋，而香港的工程師包括顧問工程師對橋樑設計比較陌生，而當時香港還沒有橋樑設計規範，而引用屋宇設計規範也不完善，並引用我在公主道天橋的例子為証，所以想到英國進修，回來也可以幫助香港提升這方面的水準。他還提出一個關鍵問題。說你是香港工業專門學院（簡稱工專，現理大前身），日間三年制文憑畢業生，英國大學可能不收你讀碩士啊。我回答，我有在香港珠海書院土木工程系畢業，獲台灣教育部註冊的土木工程學位，同時我剛考獲英國結構工程師資格，這在英國可以當相同大學學位資格。主考官說看來你選擇了合適的科目。By the way，我看到你是中文中學畢業生，大學開課前，倫敦英國文化協會有個三星期的English for foreign student course，你有沒有興趣？我當然回答有興趣，立刻講Thank you very much。真想不到，這樣快就“亞媽我得左”，13個月的獎學金就入袋了。更幸運的是路政署得知我獲政府獎學金，特保留我的職位，並每月發放薪金。條件就是要考得學位，不然就要退還所有獎學金和薪金。有壓力就有動力，順利考獲學位。讀完書回來，我的工作生涯就自然和橋樑工程結下不解之緣。

政府於 1980 年代，發現建成僅 14 年的公主道天橋結構出現不少問題，要進行多次應急修補，因而決定於 1986 年 1 月拆卸該橋重建。適值新界新市鎮急速發展，考慮到使用公主道往返港島與新界中部的車流急劇增長，因此將天橋設計由原有的雙綫中央無分隔道路改為雙綫雙程分隔道路，兩方向各增加一條行車綫。公主道天橋擴建設計由路政署結構部負責，我當時為結構部之高級工程師，親手把以前自己有份參與興建的橋拆除，不勝感慨，好在同時把以前的錯誤拆除，亦一快事。因交通需求，天橋在擴建時要保持雙向單綫行車，工程要邊拆，邊建及邊行車，真不容易，所以把整個過程在香港工程師學會會刊登出，供大眾參考。新橋於 1989 年 3 月 10 日通車。

## 香港島海旁大道的天橋

隨著港島北部交通增長，60 年代末，告羅士打道由中區紅棉道至紅磡隧道口到北角英皇道進行擴寬，因而要建不少天橋，重要的有：

**紅棉道天橋**，橫跨金鐘道，工程合約是‘設計和建造’，設計者和公主道天橋是同一人，是從內地到香港的工程師。他巧妙引用伸臂樑橋型，橋主跨兩旁的邊跨各向中央伸出懸臂(cantilever arm)，這樣可令主跨中間的懸跨 (suspended span)減短，可用較細的預制樑，在晚上交通比較少時，封路幾小時，把懸跨樑安裝上，早上就可以放行，十分方便。設計者是位典型工程師，只著重橋樑構件的結構力學計算要求，計到多少力就用相應的尺寸構件，所以外形都用不規則直線連接，線條不調和，外形極差。我們吸取這個教訓，其後在近灣仔口之金鐘道與正義路交匯處之天橋，雖然同樣用伸臂樑橋形，但採用調和的外形，線條比較圓滑，令外形美觀不小。

**紅棉道天橋外形是典型按力學計算要求而定，線條不調和，外觀較差**



**菲林明道天橋**。周子京教授在香港前高級公務員協會 2019/2020 年報的文章已有介紹。此橋也引用預制預應力混凝土作橋的直樑。並挑選一條長 70 呎的樑，1967 年 11 月在工地作為期三天壓至破壞狀態測試，為香港首創，我也有機會參觀學習，得益不少，現還留有當年介紹測試的油印小冊子。

**清風街天橋**，1969 年動工，此橋特別處是橋從北角英皇向西行，轉 90 度彎，再沿清風街至維多利亞公園旁維園道。橋之三跨弧形橋身設計比較複雜，當時沒有適合的電腦計算軟件，只能用比較保守方法計算。再在香港大學用 1/24 比例的塑膠板和 1/6 比例的預應力混凝土模型作測試，找出相應參數，證明設計安全可靠。橋建成後，再用大混凝土塊作荷重測試，發覺當初設計安全系數頗高。1972 年 2 月通車。

## 1970 年代，為市區高架橋進一步發展階段

### 紅磡過海隧道的連接公路的天橋

香港第一條過海隧道在 1972 年通車，連同兩岸連接路，形成貫通香港南北的一號幹線。大部分的高架橋都是簡支樑而採用預製預應力混凝土樑。當年新界空地比較多，預制樑件都在新界製造。現在新界都找不到合適的空地，租金又不便宜，因而預制樑件都已轉到內地製造。簡支樑通常比較短，容易興建，但是接連點較多，因而伸縮縫也多，橋樑運作多年後，伸縮縫會損壞，也是令橋面雨水滲落橋底的主兇。相信很多人都注意到香港島隧道口的堅拿道天橋的伸縮縫常要維修。特別是縱向伸縮縫，因縫之左右橋樑剛度不同，剛度細的橋面受車輛影響時會跳動較剛度大的橋面高，因而破壞伸縮縫。這都是因兩段橋樑由不同設計單位負責，協調不足之故。長遠要安裝減震器才能解決問題。因過海交通繁忙，維修工程只能在晚上或週末進行。1982 年落成之香港仔隧道接堅拿道天橋，通紅磡過海隧道，連接九龍和新界。

### 青衣大橋現名青衣南橋，為香港第一條連接離島橋樑

1970 年代，青衣島開始發展，中華電力公司和島上一些石油公司出資興建全長 610m 有 6 跨的混凝土橋樑。在 1974 年 2 月完工。當年因時間緊張，要設計這樣大型橋樑需時間不少，故引用‘設計及施工’方法，把當時在印度剛建成相似橋樑引用到香港。橋最大跨度為 122m，當年也算是比較長跨度。設計者把橋身與支柱結合於柱頂，再向左右伸出 61m 懸臂橋身，在橋中央兩懸臂用剪刀鉸連接。這種設計新穎，橋身懸伸不用支架，建造方便，在 70 年代很流行。橋樑運行多年後發覺有不妥之處，橋中央剪刀鉸有過度沉降，令伸縮縫破裂，要常常修補，十分影響影響交通安全。經研究後發現原因有三大點。第一是橋身內有不少高壓輸電線，會產生熱，影響預應力鋼拉束的拉力，其次是香港混凝土特性和印度的不相同，因而印度的設計並不符合香港情況。這都減低橋身的預應力的拉力。最後是中央剪力鉸模式有結構上缺憾，不應採用。經對症下藥後，大橋進行大維修，健康回復正常。其後世界各地同類型橋樑也產生相似問題。因此橋中央剪刀鉸被停用，改以剛架橋形式，但香港就交了不少學費！

其後在山道天橋項目，我們進行香港混凝土有關徐變和收縮量特性的研究，在實驗室和實際情況下，做了一連串實驗，校正相關參數，並修改了香港橋樑設計規範。

隨著青衣人口增加和地區發展，青衣大橋交通容道飽和，更多通往青衣橋樑陸續建成，1987 年 12 月完成青荃橋，即青衣北橋，可通往大嶼山和汀九橋。1997 年 5 月完成通往機場的藍巴勒海峽大橋，此橋採用預製預應力混凝土結構，並用平衡懸臂施工法建造。1997 年 5 月香港地鐵公司也修建總長 1,100m 的藍巴勒海峽鐵路大橋，用‘設計和建造’形式，橋內容四車軌，供來往東涌及機場火車用。1999 年 7 月建成葵青橋，又稱青衣大橋複製橋，其特點是用體外預應力系統，即把預應力鋼束放在橋身中央，方便維修監測。

連接青衣島，除以上橋樑外，東南有昂船洲大橋，西有青馬大橋，北有汀九橋，還有計劃中連接青衣與大嶼山，約 1,900m 主跨的懸索橋，其中很多座為世界級大橋，青衣島可說是多大橋之島，世界少見。

## 屯門公路為香港第一條快速公路

七十年代政府開始大力發展屯門新市鎮，興建屯門公路連接屯門及荃灣，全長 17 公里。是 9 號幹綫（新界環迴公路）組成路段最長部分，為香港第一條快速公路。碰巧當時社會經濟不景，只好分兩期施工，第一期工程在 1974 年 10 月動工，只有三條行車線，荃灣方向定為雙線，其餘一線為屯門方向。工程相當艱巨，大部份路段均依山而建，不少路段需以高架橋連接，例如掃管灘橋、青龍頭橋、深井橋及汀九高架橋；在狹窄的山坡地帶，更需採用分級車道。屯門公路第一期於 1978 年 5 月啟用。第二期於 1983 年 5 月通車，為三線雙程分隔快速公路。踏入九十年代，屯門、元朗及天水圍在不斷發展，屯門公路行車量直線上升，早上繁忙時間更達飽和，車龍動輒長達數公里，導致乘客需數小時才能到達市區，行程大受影響，抱怨之聲不絕。1993 年屯門公路進行改善工程，興建些爬山綫，1998 年完成汀九橋和大欖隧道，仍解決不了因交通意外而產生交通大塞車問題。2003 年 12 月西鐵線通車進一步改善屯門公路擠塞問題。2008 年屯門公路進行全面重建，主要是改善道路安全標準，如路肩大窄，只得 1.5m 寬，並配合深港西部道路落成而引致的交通流量。

屯門公路沿綫有很多大細不一樣的橋，很多都在斜坡上建造，為了減低對斜坡的影響，多採用跨度細的混凝土簡支樑，橋樑的歷史都超過 40 年，當年橋樑支承的設計標準並不嚴格，最近檢查發覺一些支承有損壞，要更換，相信這是一項不容易的工作。

## 加士居道天橋，穿過大樓，為香港一大奇景

第 5 號幹綫是九龍西區的一條主要幹綫，全長 17.9 公里，連接九龍東牛頭角和新界西荃灣。其中在油麻地的加士居道天橋，即西九龍走廊第一期，於 1977 年通車。其特別之處，是橋身穿過油麻地停車場之二至五樓處。大樓為停車場，不怕有噪音問題。在渡船街段的橋身，因要轉彎 90 度關係，橋面分割為扇形和不規則形狀。當年之電腦軟件並沒有合適相應的程式，我只能用比較保守的格排樑結構分析方法，並在香港大學用 1/24 比例塑膠板作測試，比較相應參數，求証設計的可靠性，幸不辱命。渡船街一帶為填海區，地下石層很低，橋基礎需要的樁特別長，普通的鋼筋混凝土樁不能滿足長度要求，我引用預應力混凝土樁解決問題，並寫介紹文章，把這方法刊登在美國預應力混凝土學會發表，頗得好評。天橋穿過停車大樓，先天不足，只能容納雙向單綫的橋面，做成道路樽頸，每天早晚繁忙時段非常擠塞，不足應付交通需求。為配合中九龍幹綫工程，停車場和此段天橋將會稍後拆卸，重建為雙向兩行車道，改善交通。

### 加士居道天橋，穿過大樓，為香港一大奇景



（網上圖）

## 鴨脷洲橋是剛架橋形式

這橋是跨過香港仔海峽，連接香港島和鴨脷洲島橋樑。全長 230m，1977 年首季開工，於 1980 年 3 月通車。吸取青衣南橋有中央剪刀鉸之結構性缺憾的教訓，故採用預應力混凝土剛架橋形式建造。箱形的橋身內有輸水管及其它公共措施。外形瘦長，各構件間比例和比率合理，外貌優美。

隨著鴨脷洲島的發展，以至引起龐大的交通壓力，1991 年 5 月在橋的北面，建復制橋，並於 1994 年 7 月通車，方便市民。

在 2016 年 12 月通車的地鐵公司的南港島線也建有通往鴨脷洲的專用橋。

## 1980 年代，為重要發展年代

這是香港道路網重要建造期，依照 1974 年開展的第一次‘整體運輸研究’提出發展公路網，以配合香港經濟增長。1989 年進行第二個‘整體運輸研究’，確定繼續興建新公路。

## 1984 年成立‘橋樑及有關建築物外觀諮詢委員會’推進香港橋樑美學設計

通常橋樑都有龐大的體積並建於明顯及注目的地方，對地理環境及公眾觀感，都有很大影響。因而橋樑的外貌及美觀便引起大眾之興趣及注意，橋樑的設計壽命是 120 年，因而其外觀的影響性是長期性的。一般工程師，對審美的概念都不大熟悉，這都因在學校沒有專門課程，其後在工作中也少有研究。為了正視受大眾關注的橋樑外觀問題，路政署在 1984 年成立‘橋樑及有關建築物外觀諮詢委員會’，成員包括政府相關機構，專業團體及大學代表，每月開會一次。所有政府或私人的橋樑及有關建築物等的外觀設計，都要得該‘委員會’評核，和審批同意後，才能建造。作者曾參與‘委員會’工作多年，目睹香港橋樑美學設計的進步。

## 港島中區行人天橋系統為世界大型人車分隔系統的先驅

很多外來遊客都十分欣賞中區大型行人天橋網。這是香港城市規劃建築的一項創舉，系統可使人車分隔，天橋都有上蓋，行人不怕日曬雨淋，又不怕迷路，吸引人流，令地面交通減少受行人影響，增加汽車移動速度，也是香港市區一大特色。

系統最早在 1963 年，由私人建成連接文華酒店和太子大廈間之封閉式行人天橋。當時我剛從工專畢業，在中環第二代歷山大廈，(現重建為第三代)，費博顧問土木工程師事務所 (S E Faber & Son) 為訓練工程師，有機會見證建造過程。隨著中區商業大廈發展，中環海旁大廈為方便行人，建橫跨干諾道中的行人天橋。1980 年交易廣場完成，行人天橋向西擴展至信德中心及港澳碼頭。系統由政府及中環各大地產商發展，分段分期建成，連接成由金鐘至上環的龐大行人天橋系統，在中區可連接 50 多座大廈，部分天橋設有樓梯及電動扶手電梯方便行人。部分連接兩座大廈的天橋設有空氣調節。1993 年完成的中環至半山自動扶梯系統啟用，把系統使用範圍提升到半山區，此半山扶手電梯系統每天使用人次超過 80,000。為鼓勵私人發展商參與，政府很多時以增加可用樓面的面積作補償。從外貌作判斷，那些實而不華的天橋多是政府興建，而發展商興建的天橋都比較華麗並有時安裝空氣調節系統。中區行人天橋網的成功例子也被引用到其他區域，大型的有在旺角，荃灣及將軍澳。當然還有不少個別的行人天橋在各區建造。近年還不斷在現有行人天橋加建升降機，方便市民。

## 大埔繞道之橋樑是香港首次引用頂推法建橋

配合大埔，粉嶺和元朗新市鎮的發展及日益增加來往深圳的交通，1980年開始興建新界環迴公路。其中2.9公里長的大埔繞道在1982年3月開工，需通過河道和山谷，要建4座長116至242m長的橋樑，橋柱高達30m，建造比較困難；中標的承建商提出替代設計，把原設計用預制預應力樑的橋身改用頂推法。此方法最早在德國創造。方法即在山谷的一邊，橋台後處先建一工作平臺，用現澆方法建造第一段長10m重200t的箱形橋身，然後用千斤頂把橋身向山谷推進，繼而再在第一段橋身後現澆第二段橋身，再把連接了的第一和第二段橋身一齊頂推，再而現澆第三段橋身，再頂推這三段橋身；重覆工序，直至全橋身經橋柱達山谷另一邊，組成一整體的連續樑橋身；此方法可免去在山谷中建造臨時支撐建造橋身，省時省費用，令業主和承建商達雙贏。此項工程在1985年9月完成；全條公路在1993年1月建成。

## ‘山道天橋’是市區最高的行車天橋，像從半山飛舞下海旁的巨龍，極具氣勢

為疏通香港仔和薄扶林區至香港市中心交通擁擠問題。計劃修建由干諾道西沿水街至薄扶林道向西的上行車道，及由薄扶林道沿山道至干諾道西向東的下行車道。‘水街天橋’會引至大量征地和屋宇的遷拆，費用可達建設費用的1.5倍，過程需要很多年，故先行興建‘山道天橋’。1998年完成干諾道西擴建至堅尼地城，再經士美菲道連接薄扶林道，‘水街天橋’因而可以不建。

## ‘山道天橋’是市區最高的行車天橋



天橋像一條飛舞在半空的巨龍，極具氣勢

地鐵，香港大學站

總長 680m ‘山道天橋’ 沿隨山道路線並跨越皇后大道西和德輔道西，在干諾道西抵達路面。因為天橋由半山薄扶林道而下海旁，高低落差極大，橋柱都特高，平均高度 16m，最高達 20m，即差不多有七層樓高。橋柱外貌及尺寸都經細心考慮和處理，不會令人看到太過細長而產生視覺不穩定的感覺。橋有些地方近屋宇，為防止下行車輛的車頭照明燈光射入民居，橋身兩旁的混凝土護欄特別加高，並可減低噪音傳播。橋身按彎曲路面而行走，因而也多彎曲，形成多個 S 形，曲線段都承受巨大扭力，結構設計複雜。有報章說，往下行時，在車上的乘客感如坐過山車，但在橋下往上看，橋則像一條由半山飛舞下海旁的巨龍，極具氣勢，被形容為一件解構主義建築傑作，攝影愛好者喜在這裡拍攝。設計在 1976 年開始時，新橋樑規範 BS5400 還未正式發表，故引用其草案，這是香港第一座採用新設計理念「極限狀態法」設計天橋，效果較用傳統方法約節省 9% 鋼筋量。結構設計也參考「有限單元法」FEM，這也是香港首次，因而我也被派送到美國佛羅里達洲國際大學，跟隨一名「有限單元法」名師，修讀短期課程。當時要求設計早日完成，我記得年初三也要回中環美梨大廈辦公室工作。天橋在 1981 年 8 月完工開放。為此‘1981’四字也刻在橫過德輔道西的橋身作紀號。

其後在 1990 年完成沿干諾道西向中環的林士街天橋，令堅尼地城及薄扶林道區交通暢通無阻地直達中區。

### 東區走廊看似為港島“玉帶環腰”

為配合港島東區發展，海旁大道由維多利亞公園處向東伸展，直至柴灣。大部分採用高架橋型式，在沿岸海中興建。固名東區走廊。橋身由預製預應力混凝土樑組成，整條長走廊分成很多期興建，橋身和支柱作有韻律重復排列，節奏分明，簡潔協調，外形優美。建造採取流水作業方法，高效率完成。工程在 1981 年展開，全長 9 公里走廊在 1989 年完成，從九龍回望，走廊似為港島“玉帶環腰”，氣象萬千。

### 東區走廊看似為港島“玉帶環腰”



簡支樑橋身之伸縮縫常漏水





1990 年代，為高峯期，並建造了若干世界級長大橋樑

這是香港公路建造的高峯期，貫通南北的 3 號幹綫在 1998 年完成，很多以配合新機場的公路，如青嶼幹綫，北大嶼山快速公路，西九龍快速公路等，並包括一些世界級的長大橋樑都在這階段完成。

### 青馬大橋為世界最長公路鐵路兩用懸索橋

青馬大橋是通向機場高速公路的主要橋樑，它是一座公路，鐵路兩用橋樑，連接青衣島及馬灣島。大橋主跨 1,377m，為世界最長之公路鐵路兩用懸索橋。橋身分兩層，上層雙向各三行車道，下層容兩機場鐵路。在打大風時，橋面禁止行車，交通就改行下層鐵路兩傍單行車道。創新的流綫形閉合箱型橋身，加上橋身中央通氣隙，增加橋身穩定性，解決大型懸索橋在颶風區抗風問題。200m 高混凝土橋塔用滑模方法，在 3 個月完成。青衣橋塔建在岸上，而馬灣橋塔用人工島保護，免受船隻碰撞。直徑 1.1m 重 26,700t 的主纜是由三萬多條 5.38mm 直徑鍍鋅高拉力鋼絲組成，鋼絲總長可以圍繞地球四周。50,000t 重的橋身構件分別在英國和日本製造，再運到東莞裝配廠進行加工，裝配及加上油漆。每段 36m 長，重 1,000t 的橋身用船運到香港吊裝。橋身連邊跨總長達 2 公里，因而在青衣島的伸縮縫最大位移可達 1.5m，在車輛重載和溫度變化下，橋中央可向下沉 5m，而打大風時橋中央側向位移 4.4m。大橋在 1992 年 5 月開工，於 1997 年 5 月如期按合約價在香港回歸前完成，為香港著名標誌，與美國三藩市的金門橋互相輝映。

青馬大橋獲中國及世界性獎項無數，如英國建築業最佳大獎；日本土木學會之優秀橋樑設計及建造獎；中國最佳十座懸索橋之一；1999 年榮獲美國建築界“二十世紀十大建築成就獎”，及香港工程學會的十大傑出工程項目金獎等。

為保證大橋的完整性，安全性和使用性，路政署發展和安裝一套強大精密的監測系統--風和結構健康監測系統。通過安裝在橋樑超過 200 個不同類形感應器，收集大橋在任意荷載和環境下的反應數據，再行分析和評估其結構健康情況，方便操作，檢修和養護作業。效果卓越，受國際橋樑界讚賞。其後汲水門橋，汀九橋和昂船洲大橋等都安裝相同系統。

### 青馬大橋 主跨 1,377 米 世界最長公路鐵路兩用懸索橋



吊裝重 1000 噸的橋



背景為汀九橋

在大橋建造期間，我在清華大學攻讀在職博士生課程，經四年努力，得工學博士學位。論文為‘香港青馬大橋加勁箱樑之動力校準研究’，我引用新理論，把由超過萬條構件的複習橋身結構簡化成單脊魚骨模型，用電腦分析，也把建成的橋身在不同形狀下，如單一段橋身，兩段連接，及其後整條橋作動力試驗，以求取得最合理電腦模型，應用在風和結構健康監測系統上。效果理想。

1997 年在馬灣東灣仔發掘得古物，顯示香港很早就有人居住，出土的新石器時代遺物，相信最少有 4,000 年歷史。

### 馬灣考古 證明香港最少有 4,000 年的歷史



(香港年報圖片)

### 汲水門橋當年為世界最長公路鐵路兩用斜拉橋

青嶼幹線包括青馬大橋和汲水門橋連北大嶼山公路是八號幹綫西端部分。此橋在青馬大橋之西，也是一座公路，鐵路兩用橋樑，橋身分兩層，上層雙向各三行車道，下層容兩機場鐵路。在打大風時，橋面禁止行車，交通就改行下層鐵路兩傍單行車道。汲水門橋招標用‘設計及建造’形式。當年有四間聯合體落標，也說是有四個不同設計，都是斜拉橋，中標方案為主跨 430m 斜拉橋。大橋在 1992 年 11 月開工。建橋特別之處，就是在山坡的混凝土邊跨，用頂推法，每節長 18m，向中央頂推，和橋塔建造同步進行。這可節省時間，也減低在山坡運送材料的困難。主跨橋身為鋼架和混凝土橋面的結合樑。鋼架在蛇口預制，運到在大嶼山橋塔旁的填海區，裝配成 8.7m 長，重 500t 的橋身，再吊裝成橋。並在 1997 年 5 月與青馬大橋同步完成，工程並無超支超時。汲水門橋當時為世界最長公路鐵路兩用斜拉橋，但首名位置只保持得一年而已。

### 汲水門橋 主跨 430 米 1997 年建成時 為世界最長公路鐵路兩用斜拉橋



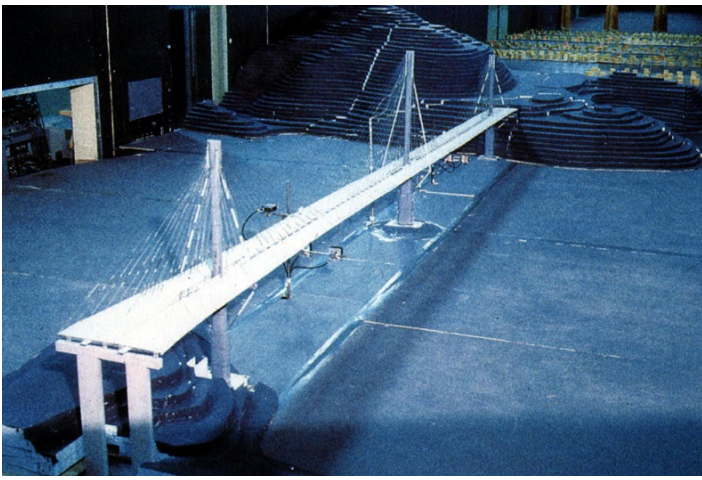
吊裝 500 噸橋身



## 汀九橋是世界首座三塔四跨斜拉橋

貫通香港南北的 3 號幹綫，北連深圳皇崗/香港落馬洲，沿新界西北部南下通過新界，九龍及西區過海隧道接香港島。汀九橋連接新界汀九處和青衣島，跨藍巴勒海峽。1993 年 12 月，政府從 11 家報名的國際承包商中，選擇 7 家合資格參加投標。合約也是‘設計和建造’形式。其後收到七份設計方案，都是斜拉橋形式。最低標價只是最高標價的 72.8%。汀九橋是世界首座三塔四跨斜拉橋，其中兩主跨為 448m 和 475m。橋特色是採用獨柱塔，而中間主塔頂向縱，橫兩方向射出斜索，增加橋塔的剛度，為新穎設計，簡單而美觀。工程在 1994 年 9 月展開，大橋在 1998 年 5 月按期並沒有超支，高質量地完成。

### 汀九橋 世界首座三塔四跨斜拉橋



全橋模型作風洞測試



背景為青馬大橋和汲水門橋

## 2000 年代，繼續興建世界級長大橋樑

### 昂船洲大橋的橋形經由國際性橋樑設計比賽選出

八號幹綫是連接大嶼山與沙田，行走東西主幹道路。其中昂船洲大橋跨越繁忙的葵涌貨櫃碼頭，位於香港港口顯著位置，受公眾注目，因而橋的外貌十分重要，所以決定用國際性橋樑設計比賽形式，選出最佳方案。1999 年 11 月收到世界各地由 103 間獨立公司組成的 31 支隊伍表示有興趣，反應熱烈。其後預審 16 隊進入第一階段比賽，每隊可提交兩個方案。後來收到包括來自內地的 27 個方案，相比之下，可以察覺到我國斜拉橋的經驗，已達世界一流水準，由世界知名，包括中國的橋樑專家和建築師，分別組成技術和美觀評審委員會。我則為技術委員會主席。評分原則是按技術/美觀為 70/30 之比。選取 5 個較優秀方案進入第二階段的比賽，1997 年 9 月選出冠，亞，季軍的作品，各得港幣一百萬，三十萬和二十萬獎金。冠軍方案由英國，瑞典和中國聯合體提出。是高 298m 單塔，主跨 1,018m 斜拉橋，工程在 2004 年 4 月開工，在 2009 年 4 月完成，為世界第二長斜拉橋，現降至第三位。但這並不容易啊。通過一個公開，公平的世界橋樑比賽，獲得外形美觀而技術性水準極高的昂船洲大橋，此為斜拉橋之技術突破。如果採用傳統的設計招標，業主只可能獲得保守的傳統方案。

昂船洲大橋 主跨 1,018 米  
世界第三長斜拉橋



蘇通大橋，主跨 1,088m，橋身與昂船洲大橋同樣在山海關裝配廠制造。

深圳灣公路大橋分別由香港，深圳方各自興建，香港方負責全綫維修及管理

屬於 10 號幹綫一部分的深圳灣公路大橋，是連接深圳與香港西部的新跨界通道。這條雙程三線分隔車道全長 5.5 公里，其中香港段長 3.5 公里，深圳段長 2 公里。大橋走綫成 S 形，旨在減低橋樑對后海灣水流的影響。以深圳/香港分界綫，採取各自建設，但兩地用同一設計標準。深圳段橋面由香港負責維修及管理，但橋柱仍由深圳方負責。兩段各有一座主跨 180m，傾斜的獨單索面斜拉橋，輕微傾斜的橋塔，互仰相方，像徵手把手，深港兩地緊密合作。兩地在維修規範有所不同，如香港段斜拉橋有 13 條斜拉索，考慮到更換任何一條拉索時，其它 12 條拉索可承擔所有的重力，不用封橋。深圳段只有 12 條斜拉索，而橋內維修通道小，又無通風設施系統，不利救護和維修保養。大橋在 2007 年 7 月通車。

深圳灣公路大橋公路向南伸展至藍地，全長 5.4 公里，大部分部段為預應力混凝土高架橋，橋旁大都有用透明塑膠板的隔音屏，減低噪音對鄰近居民的影響。這些隔音屏通常每六個月清洗一次，以保持清潔。

過境通道工程通常是香港段先完工



深圳灣公路大



深圳/落馬洲橋

## 2010 年代，添加跨境通路

### 港珠澳大橋加強香港與大灣區內城市聯繫，但香港段之工藝頗有改進空間

由粵港澳三地政府聯合興建的港珠澳大橋，連接珠海，香港及澳門三地，全長 55 公里，為世界最長之隧道及跨海橋的橋隧組合公路。工程在 2009 年 12 月開工，2018 年 5 月完工並在同年 10 月通車。大橋的香港連接段全長 12 公里，其中 1.6 公里為連接路，9.4 公里為跨海高架橋，1 公里為隧道。在 2021 年 5 月動工，也在 2018 年 10 月啟用。橋樑為預應力混凝土結構，最長跨 180m 跨大嶼山沙螺灣。水域通航孔主跨 150m，其他跨度多為 75m。建造方法採用節段拼裝。即混凝土橋身分很多節段，長約 2 至 2.5m，在工廠預制，再運到工地吊裝。多件節段然後拼裝成 75m 的橋身。這種建造方法在香港引用很多年，十分成熟。好處是減少在工地工序，節段構件比較細小和較輕，容易在市區運輸和吊裝。當年的觀塘繞道高架橋，荔枝角道天橋，昂船洲大橋引道，東區走廊加寬等很多工程都用這方法，十分成功。但在海上作業時，優點就不是優點了。假設節段長 2.5m，一段跨度為 75m 的海上橋，就需要 30 塊節段，也是說要吊裝 30 次，費時甚長。如果能利用海上運輸優勢，預制長 75m 橋身，吊裝橋身只須一次而已。此段高架橋共有 115 組橋跨，如能用‘一次到位’吊裝，自然可節省很多個月的建造期，可追回在 2011 年，因老婆婆提出有關環境評估報告的司法覆核而損失的寶貴時間！向西望港珠澳大橋的珠海段，29.6 公里長的海上高架橋，基本上都採用大型預製件，一次吊裝到位方法。他們連橋柱，橋樁帽都是預制而運到工地一次吊裝。這種少現場，多預制，少變化，多統一，少零散，多整體，工廠化的流水作業工藝是值得我們借鏡。在環保方面，他們的橋樁帽都藏在海底面下，不露海水中，這樣可減少阻礙水流並引致流沙沈積問題。在建造人工島方面，珠海段是用整體 22.5m 直徑，長 55m，重 550t 鋼圓筒，共用 120 個鋼圓筒，以打樁式圍成，只用 4 個月。香港段的人工島則先用 192 片鋼板樁，在現場一片片以打樁式拼接成一個 30m 直徑鋼圓筒，然後用 85 個鋼圓筒再圍成人工島。不但工期長，而且鋼板樁拼接質量不容易控制，產生不少問題，我有機會參與港珠澳大橋，珠海段沉管隧道之施工諮詢工作，隧道長 5.66 公里，在水下 40 多米安裝，為世界最深行車沉管隧道，在高質量下如期完成。從前過境通道工程，都是香港段先完工，待深圳段完工才能通車。這次在港珠澳大橋工程，則明顯是香港段遲完工，而且工藝大有改進之處，可見香港光環不再現，這是值得大家深思！

### 港珠澳大橋香港段



沿用傳統節段拼裝方法，可惜沒有利用海上可運輸大型構件優勢，整個橋面一次吊裝，以節省施工期

## 蓮塘/香園圍口岸連接公路，是香港及深圳間第 7 個陸路口岸

在 2013 年開工的道路工程，連接蓮塘口岸與粉嶺公路，為雙程雙線分隔公路。全長約 11 公里，包括 4.8 公里龍山隧道及 4.5 公里長的高架橋和公路。橋樑形式都是把預制混凝土箱型橋身節段運到工地吊裝，拼裝好再用預應力鋼束加拉力成整個橋身。工程在 2019 年 5 月啟用。口岸則在 2020 年 8 月 26 日正式開啟，適逢深圳經濟特區建立 40 周年。工程完成後，可實施港深跨境交通，‘東出東入，西出西進’的安排。

## 屯門赤鱗角連接路，可分流來回機場交通

通道提供來往新界西北與北大嶼山，機場以至港珠澳大橋直接路綫。也是不用通過青馬大橋往來機場的通道。建造工程在 2013 年 6 月展開。通路長 9 公里，其中隧道長 5 公里而 4 公里為海上高架橋。隧道是盾構式鑽挖的海底隧道，深入水平面以下約 60m，也是香港最長的行車隧道。橋樑建造並沒有利用海上可運輸超大形構件的優點，仍用陸上通用併裝預制混凝土橋身節段的方法，沒能縮短工期，十分可惜。全線在 2020 年 12 月通車。

## 2020 年代，引入新建造工藝

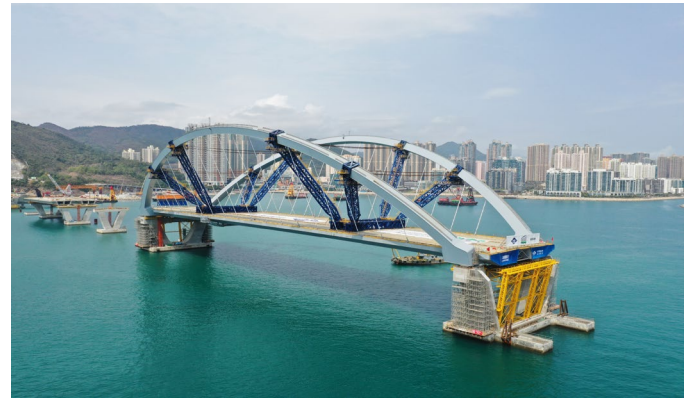
### 將軍澳跨灣連接路中的鋼拱橋吊裝方法新穎

隨著將軍澳新市鎮的發展，雖然有地鐵將軍澳線幫助，但經將軍澳隧道來往九龍的公路不足應付日益增加的交通流量。興建將軍澳跨灣連接路是急不容緩之事。連接路中約 1 公里橫跨將軍澳灣為海上高架橋，位置注目，所以在 2010 年舉辦橋形設計概念徵集比賽。從 6 個設計方案中選取得分最高方案。外形是拱向外翻的雙拱鋼拱橋，主跨 200m。兩旁附設單車徑，行人路及觀景台的雙向雙綫行車橋。結果公佈後引起不少非議，因為這種橋型在世界各地包括中國都建了不少，而在香港理工大學旁，在當時也興建同一橋型，橫跨漆咸道北的行人天橋！工程在 2018 年展開，計劃 2022 年完成。

中標的承建商利用海上容易運輸大件構件的有利條件，極力發揮大型預製件和吊裝一次到位的優點，這和港珠澳大橋珠海段所採用工藝相同。鋼拱橋兩端的連接橋身為預應力混凝土箱型樑，共 18 節，最長組件達 75m 並重 3,300t。是先在新會預制廠做好，用船運到香港，用特大型可吊 4,400t 的起重機躉船，一次吊裝。其他混凝土制 V 型橋柱及樁帽殼都用同一方法，一次吊裝。這較傳統現場澆築的方法，省時，環保，安全和高質量。

特別讚賞的是長 200m 重 10,000t 的鋼拱橋的建造和吊裝。整件橋身連雙拱都在長江邊的南通市裝配廠房內完成，再用特製鋼支架固定在下潛式躉船，沿海岸邊拖到香港，行了 8 日 8 夜。等到潮汐高時，把橋身拖至橋柱頂，到潮汐退時，橋身和躉船也隨海面下降而下降，這樣整座橋身就自然座落到橋柱頂的支承上，完全不用大型起重機船，整個過程不用半天，安全可靠。可說十分成功。為香港第一次。很多傳媒都爭取報導。當然事前精密計劃是成功的重要因素。這種利用潮汐高低來浮裝這麼大的橋樑，相信是中國首創，世界領先的。

## 將軍澳灣連接路



長 200 米，重 10,000 噸鋼拱橋利用潮汐，整體一次吊裝，省力省工期

長 75 米，重 3,300 噸混凝土橋身，整體一次吊裝

展望前景良好

香港是個國際大都會，充滿活力，不斷向前進。尤其是大灣區的成立和發展，帶動香港經濟，我們需要加強與大灣區的聯繫，興建更多的公路，鐵路，方便交通，自然需要興建更多橋樑。發展計劃包括以下多座大型橋樑；

## 啟德舊機場橋

在啟德舊機場跑道有多項發展計劃，其中郵輪碼頭已使用多年，但碼頭與官塘區的交通很不方便，需要興建連接路，方案有斜拉橋和拱橋選擇。

## 青衣至大嶼山連接路

項目剛開始可行性檢討研究，方案包括一座主跨約 1,900m 懸索橋和一座主跨約 500m 拱橋。

## 南北走向的十一號幹線（元朗至北大嶼山段）

幹線北接元朗，南至北大嶼山，包括 4 條隧道，連接青龍頭與北大嶼山的青龍大橋，及連接公路。主跨約長 1,400m 的青龍大橋為雙向各三車道大橋，為世界級長大橋樑。方案正在作進一步研究，大橋計劃在 2036 年通車。

## ‘明日大嶼願景’ 為香港新玫瑰園

在進行可行性研究的‘明日大嶼願景’方案，是在香港中部水域建造人工島，提供中長期發展的 1,000 公頃新增土地，建立規模等於中環八成面積的第三個核心商業區。並擴展基建實力，紓解新界西北交通擠塞，加強大嶼山通往世界和粵港澳大灣區的‘雙門戶’角式和香港經濟發展。為期 42 個月的研究顧問合約已於今年六月批出。相信項目會有不少可令橋樑界人士發展的機會。

## 香港成為現代橋樑博物館

現在遊客可以很暢懷地在青衣島山頂之觀景台欣賞青馬大橋，汲水門橋及汀九橋的大師作品。三座世界級長大橋樑，外形不同而優美，風格各異並互相比美，背景秀麗，實為難得一見。若干年後，他們可以把這三座橋與西面新鄰居青龍大橋作比較，加上昂船洲大橋，這五座世界級大橋可令香港變為現代化，新世紀的橋樑博物館。增加大眾對本地及來自世界各地參與建造這些橋樑的工程師，建築師和工人等技術人士的贊賞。

### 香港為現代橋樑博物館



### 青龍大橋計劃在 2036 年通車

#### 小結

香港過去建了不少橋樑並包括一些世界級橋樑，當然需要不少這方面的專業人士，人才何來？可幸香港是個國際城市，當工程量多時，可吸引各地人才到香港，並可同時訓練本地人才。當工程量少時，香港人才可以走出去，發揮專長。

例如 2008 年 5 月通車的蘇通大橋，主跨 1,088m，完工時為世界最長之斜拉橋，現降至第二位，我們為他們的施工顧問，內地稱諮詢單位，通過我們引進的全過程，智慧化幾何線形控制施工方法，改進內地的傳統方法，橋身線條平滑，提升施工質量，效果卓越，所有參與的人員都感嘆到該方法的強大，並受益於它的簡單和實用。在參加蘇通大橋通車十周年慶典時，在大橋展覽館內，可見當年我和其他專家組成員在紀念牆上留下的各人手印。

早在 1997 年，馬來西亞和印尼提意興建長達 127 公里的馬印大橋，但後因亞洲金融事件停閣。其後我參與內地某設計院工作，2009 年 8 月到馬來西亞、印尼及馬印大橋聯營公司見有關人士，介紹其中之馬六甲跨海通道。通道長 48.69 公里，相向各三行車道。我們完成的可行性研究報告及初步設計有全程為橋，橋隧混合和全隧道三個方案。全橋方案包括有 2,600m 主跨的懸索橋和 1,280m 主跨的斜拉橋，挑戰性十分高。工程費用估計為 125 億美元。同行有中國進出口銀行代表，答應可提供 85%



融資，當地中、英、馬、印尼文報章爭相報導。可惜後來印尼改選新總統，而相信工程對新加坡經濟有一定影響，工程其後再沒有提上桌面，十分可惜，但獲得的工程經驗難為可貴。希望將來工程有上馬的機會。

在 2012 年，我們為印尼一財團完成，巽他海峽大橋策略諮詢工作。這是來往蘇門答臘島與爪哇島之間的跨海大橋計劃，可連接近 2 億人口。大橋全長 27 公里，為雙向三車道高速公路，並容雙軌鐵路及輸送管（內有石油，天然氣，供水和電等），其中包括兩座主跨 2,200m 的懸索橋。投資估計為 250 億美元。對於建造這項重要工程在火山，地震頻發地方，風險很大，因而很多人有不同的意見，印尼新總統上任後，計劃也沒有進一步展開。

香港按‘小政府’概念，把青馬大橋及附近橋樑，隧道和道路組成‘青馬管制區’，以合約方式，批給私人公司，作管理，營運及維修，成效卓越。我們有把這經驗介紹到，印尼，印度等地。2010 年，我們作諮詢，幫助業主，編寫上海/崇明隧橋之營運養護手冊，並提供員工訓練，是內地首創。此橋隧通道長 25.6 公里，其中有 9 公里盾構隧道，直徑 15.43m 為當時世界最大直徑，和 16.6 公里為高架橋包括一座 730m 主跨斜拉橋，我們為隧道初步設計把關，施工期派駐地盤工程師幫業主解決問題，完工得工程質量最高獎。‘白玉蘭’獎。

為解決上海外灘交通極端擁擠問題，2007 年 7 月開始動工修建長 3.3 公里外灘隧道。隧道一側有 33 幢上海標誌的建築物，建成近百年，其中浦江飯店最近隧道處僅 1.7m，上海大廈距 2.8m。隧道另一側為黃浦江，隧道要穿過運行中地鐵綫，和一些地下行人通道。工程並要平移位於蘇州河與黃浦江交匯處的外白渡橋。此為中國第一座鋼桁架橋，由英國人在 1908 年建造。隧道工程十分困難，挑戰性特高，每個步驟不允許有一絲半毫的差錯。對付這些困難問題，香港工程界在建造地鐵及房屋多層地下室累積有豐富經驗。我們為業主把關，作隧道全過程施工風險管理諮詢，工程分段進行，每段都按實情制定施工風險管理指引，並提供訓練課程，工程在 2010 年 3 月順利完成。

## 後記

我近三十七年公職，大多和橋樑工作有關。從英國回來不久，我晚上在工專開辦橋樑工程短期課程，介紹橋樑工程和我主筆剛訂立的香港橋樑設計規範，大受歡迎，課程重覆十多次，若干年後，我在香港大學和珠海學院的碩士班，教授長大橋樑一科。這也回應了當日我申請獎學金的意願。

我與青馬大橋淵源甚長，並和大橋項目一齊成長。1979 年開始調任新職位，職稱青馬大橋工程師，隨即升為青馬大橋高級工程師，有機會走訪世界各地向建造長大橋樑的業主，顧問工程師和承建商等人取經。1983 年大橋設計完成，招標合約也做好。但政府以怕經濟過熱為理由，把項目閣置，只欠缺臨門一腳啊！1989 政府重提新機場及建設玫瑰園，大橋項目重生，我也升職為青馬大橋總工程師，大橋在 1997 年完成，我已升職為路政署助理署長至副署長，兼任青嶼幹綫工程管理處處長。期間負責青馬大橋，汲水門橋和汀九橋三座世界級大橋的興建，責任重大但極富挑戰性和工作滿足感。1997 年香港電台的鏗鏘集-橋橫水急，以我為引線，紀錄青馬大橋建造過程（可在 YouTube 看到）。同年，北京電視台，半小時特輯-給香港一個標誌，內容是圍繞我與青馬大橋的故事。2000 年我調升為土木工程署長，負責迪士尼主題公園基本建設，其中要在大嶼山竹篙灣處填海 280 公頃，約為機場 1/4 大。美國從來沒有過這麼大劃模的填海工程，所以迪士尼主題公園的高層有些擔心項目不能如期完成。他們在我未上任時，特別找我，我大派信心丸，解釋香港對填海十分有經驗，在工程管理方面，以青馬大橋為例，按工期，不超支並高質量完成，請他們放心，他們滿意而回，其後大家合作愉快，工程順利完成。我大部分工作經歷都是建橋，想不到公務生涯是以建造娛樂大眾的主題公園為結號。更意想不到的是當年填海而留作迪士尼主題公園將來擴建用的土地，在 2020 年用作興建‘竹篙灣檢疫中心’，可容納 3,500 個檢疫單位，為香港抗疫出一分力。

