

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

（出國類別：出席國際研討會及考察）

2003年國際橋梁結構工程年 會及歐洲高速公路橋梁考察

出國人服務機關：交通部台灣區國道新建工程局

職 稱：副組長

姓 名：張文城

出國地點：比利時

出國期間：九十二年八月二十五日至九月三日

報告日期：九十二年十一月十日



64/009203552

工程局

Ministry of Transportation and Communications
Taiwan Area National Expressway Engineering Bureau

書名: 2003 年國際結構工程年會及歐洲高速公路橋梁考察

著（編、譯）者: 張文城

出版單位：交通部台灣區國道新建工程局

台北市大安區和平東路三段一巷一號

電話：(02)27078808

網址：www.taneeb.gov.tw

印刷商及電話

出版年月、版（刷）次

出國人員名單

姓 名：張文城

服務機關：交通部台灣區國道新建工程局

服務部門：結構組

職 稱：副組長

學 歷：

1、民國 73 年 9 月~77 年 6 月：國立台灣大學土木工程學系大地工程組
博士

2、民國 66 年 9 月~70 年 6 月：國立台灣大學土木工程學系學士

工作經歷：

1、民國 92 年 6 月~迄今：國道新建工程局結構組副組長

2、民國 90 年 6 月~92 年 6 月：國道新建工程局第三區工程處副處長

3、民國 87 年 11 月~90 年 6 月：國道新建工程局第二區工程處副處長

4、民國 86 年 7 月~87 年 11 月：國道新建工程局結構組副組長

5、民國 81 年 10 月~86 年 7 月：國道新建工程局第三區工程處頭城工務
所主任

6、民國 78 年 7 月~81 年 10 月：國道新建工程局結構組地工科科長

7、民國 77 年 7 月~78 年 7 月：聯合大地工程顧問公司正工程師兼科長

摘要

2003 年國際橋梁及結構工程年會係由 The International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) 所主辦，本次會議地點為比利時之安特衛普(Antwerp)，會議時間自 2003 年 8 月 27 日至 2003 年 8 月 29 日共三天，會議主題為「Structures for high-speed railway transportation」，惟會議內容除一般橋梁結構外，尚包括建築、車站、隧道、地工、軌道與環保工程等相關課題。

本次出國除參與會議外，亦參觀荷蘭與比利時境內之高鐵工地，包括荷蘭境內之 The Oude Maas tunnel 及 The Hollandsch Diep bridge 與比利時境內之安特衛普中央車站，該等工程正如火如荼施工中，特別是荷蘭之 Hollandsch Diep bridge 其規劃、設計與施工過程，更是此次大會所極力宣傳與標榜之主題，並被選為此次大會宣傳資料之封面照片。另外會議結束後亦前往荷蘭鹿特丹及阿姆斯特丹考察當地交通建設。

本次考察最主要的心得為大陸人士大量且積極的參與國際學術會議(大陸有九人，台灣僅有兩人)、預鑄構件(包括跨河橋梁基礎、施工圍籬基礎座墊等)的普遍使用以縮短工期、橋梁上構與墩柱型式的多樣性、高水準的橋梁設計與施工技術及高鐵工程對於景觀、環保與生態的重視等。本文將對前述之會議內容、考察過程及其心得詳加敘述。

目錄

出國人員名單	4
摘要	5
第一章 目的	7
第二章 過程	8
2.1 參加 2003 年國際橋梁及結構工程年會	8
2.2 荷蘭及比利時高速鐵路工地考察	16
2.2.1 荷蘭高鐵工地考察	17
2.2.2 比利時高鐵工地考察	24
2.3 荷蘭及比利時交通建設考察	29
2.3.1 比利時安特衛普	29
2.3.2 荷蘭鹿特丹	31
2.3.3 荷蘭阿姆斯特丹	32
第三章 心得	34
第四章 建議	36
第五章 附錄	37
附錄一、出國行程表	
附錄二、國際橋梁結構工程年會議程表	
附錄三、專題演講論文及作者	

第一章 目的

本次出國目的之一係以參加國際橋梁及結構工程協會(International association for bridge and structural engineering，簡稱 IABSE)所舉辦之年會為主，該年會今年之主題為「高速鐵路運輸之結構系統(Structures for high-speed railway transportation)」，不過會議主題實際上涵蓋了橋梁、隧道、建築、車站、地工、軌道工程及環保等議題，由於其涵蓋主題與本局高速公路建設之內容(除軌道工程外)甚為接近，故參加該會議可為本局啟發新的營建理念、引進新的材料及新的設計施工觀念。

本次出國之另一目的為藉由出席會議順道考察荷蘭及比利時鐵、公路橋梁之設計與建設，提供本局人員一實質歷練之機會，藉以提昇專業素質並開拓視野，以期有助於第三代高速公路之設計與施工。

第二章 過程

本次奉核定出國考察期間為 92 年 8 月 25 日至 92 年 9 月 3 日(詳附錄一)，不過為配合航機班次及當地行程安排，實際出國期間為 8 月 24 日至 9 月 5 日，故實際行程與原預定者略有調整。本章將分為三部份，分別說明參與 2003 年國際橋梁及結構工程年會、考察比利時與荷蘭高速鐵路工地及考察比利時與荷蘭交通建設之過程。

2.1 參加 2003 年國際橋梁及結構工程年會

2003 年國際橋梁及結構工程年會係由國際橋梁及結構工程協會(IABSE) 所主辦，本次會議地點為比利時之安特衛普(Antwerp)，會議時間自 2003 年 8 月 27 日至 2003 年 8 月 29 日共三天，詳細會議議程如附錄二所示。本次會議主題為「Structures for high-speed railway transportation」，惟會議內容除一般橋梁結構外，尚包括建築、車站、隧道、地工、軌道與環保工程等相關課題。

國際橋梁及結構工程協會創立於 1929 年，總部設立於瑞士蘇黎世，目前已有超過 100 個以上國家及 4100 位以上之個人會員參與。該會近年來經常擇一正在興建特殊或重大工程之都會辦理國際性研討會，2002 年於日本橫濱舉行，今年則於正在如火如荼進行高鐵建設之比利時安特衛普舉行。^移

安特衛普位於比利時北部靠近荷蘭邊界，人口約 45 萬人，為歐洲第二大港。由於興建中之比利時高速鐵路剛好由安特衛普之中央車站通過，且為維持原有車站之營運及保存具有百年以上歷史之車站建築，故約有 3 公里路段係以地下化方式通過車站。上述工程應是目前在比利時最重大之建設，因此本次年會乃選擇在安特衛普舉辦。

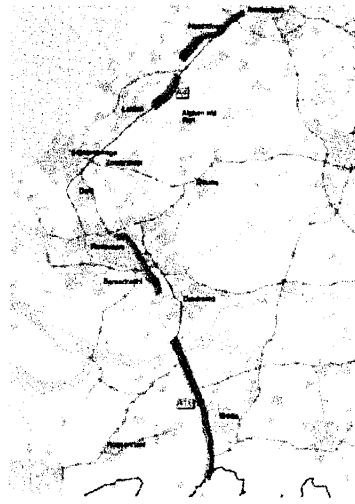
本次年會共收錄 170 篇論文，其中中國大陸、日本與韓國皆有 10 篇論文發表，台灣則僅有一篇，作者為亞新顧問公司經理，有趣的是該篇論文在正式的論文集裡，發表作者之國家被列為“China”，也就是在官方紀錄裡，台灣發表的文章數是零。另外值得一提的是，有關台灣高鐵的文章總共有六篇，除前述之亞新經理發表一篇外，其餘皆為外國人(即非中華民國國民)所發表，然睽之日本新幹線及施工中之韓國高鐵於本次大會中提出之相關論文，則皆由其國人所發表，即使如高鐵建設剛起步的中國大陸，亦發表了 10 篇與高鐵設計或施工有關之相關

研究。此種現象不知是台灣的經濟實力嚴重下滑，致無法參加國際重大會議？或是花了大把銀子的台灣高鐵建設技術尚未落地生根？

年會於 8 月 25 日下午開始，大會的議程為專題論文發表，8 月 26 及 27 兩日全天則皆為個人論文發表，閉幕式於 8 月 27 日下午 4 點舉行。在首日發表的七篇專題論文當中，五篇與橋梁之設計與施工有關，一篇與深層軟弱土壤之地盤改良有關(因高鐵經過很多軟弱地層)，最後一篇則與景觀與生態保護有關(詳附錄三)。由於荷蘭全國有三分之一土地低於海平面且大部分皆為一望無際的平原(詳如圖一)，高鐵的通過將造成嚴重的空間阻隔及噪音與視線上的污染，因此高鐵建設與經過路線周圍環境的融合與生態的保護，乃成為其規劃設計時須特別考量的重點之一，且為本次年會除橋梁結構外之宣傳主軸。

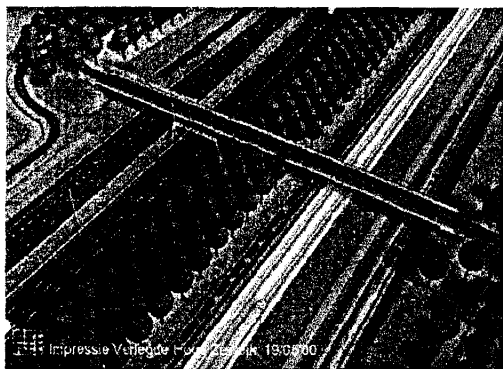


圖一、一望無際的荷蘭平原景觀

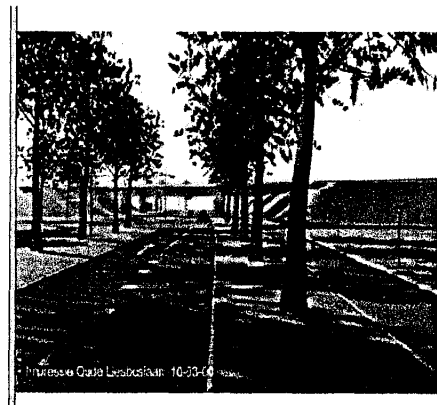


圖二、荷蘭境內高鐵路線沿既有公路系統施築路段(標示紅色者)

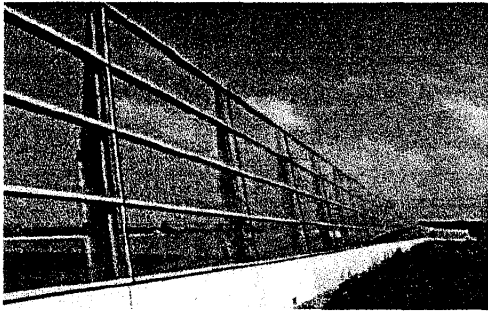
關於荷蘭境內高鐵工程與環境及生態的結合，其最主要的考量邏輯(philosophy)為與既有的公路系統結合並儘量接近地面高程(此似與台灣高鐵剛好相反)，圖二即為高鐵在荷蘭境內有二分之一以上長度沿既有公路系統施築的路段示意圖。此外在與地方道路橫交的路段，其路線中央皆廣為植生綠化(如圖三)，以增加整體的視覺效果，而若高鐵跨越地方道路，則儘量以單跨方式跨越，地方道路之線形並儘量予以直線化且廣以植生綠化(圖四)，以形成整個線形設計的一致性與開闊性。關於噪音污染的防治，則約有 40km 路段採用簡單穿透式的隔音牆，並儘量設置於路權邊界(如圖五)，以提高視覺穿透性及開闊性的效果。而生態保護除傳統性的穿越箱涵(culvert，詳圖六)外，在跨越河道的部分則將河岸儘量予以加寬(如圖七)，以利生物的穿越。此外全線並有兩處高鐵低於原地面的路段，原地面改以寬 100 公尺的混凝土平板方式跨越，以維持原有地面之生態(包括原有之水系)，並增闢綠地、公園與道路系統(如圖八，有點類似北二高埔頂假隧道)。另外在前往 The Oude Maas tunnel 參觀途中，沿 A16 號公路施築的數百公尺長之防落葉蓋版，亦令人印象深刻，如圖九所示，高鐵緊鄰公路而行，其後方為寬達數十公尺之樹林，該等樹林因高鐵經過理論上應予移除，以避免落葉影響高鐵行車安全，不過因樹林後方即為住宅區，居民居於噪音與景觀之考慮而群起反對，故最後選擇以 RC 蓋版覆蓋高鐵行車軌道上方，以符合行車安全之要求。



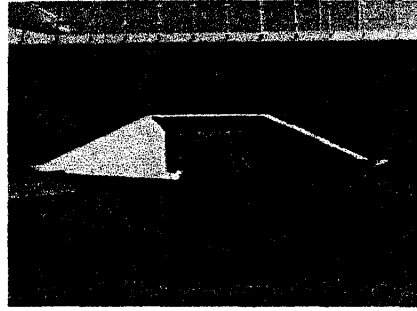
圖三、地方道路跨越高鐵中央分隔帶廣以植生



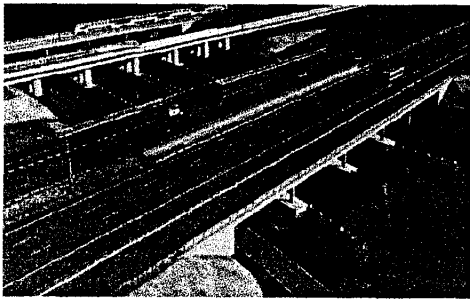
圖四、高鐵以單跨跨越地方道路將地方道路儘量予直線化處理



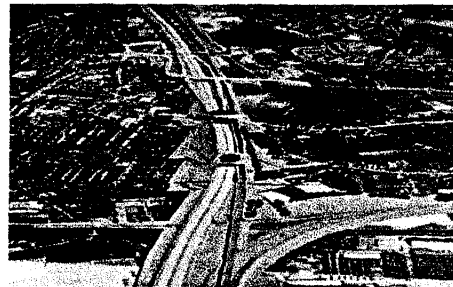
圖五、荷蘭高鐵穿透式隔音牆



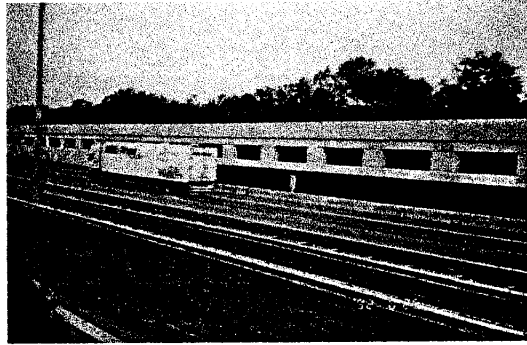
圖六、荷蘭高鐵野生動物穿越箱
涵



圖七、荷蘭高鐵河川跨越橋兩側河岸加寬
以利生物穿越

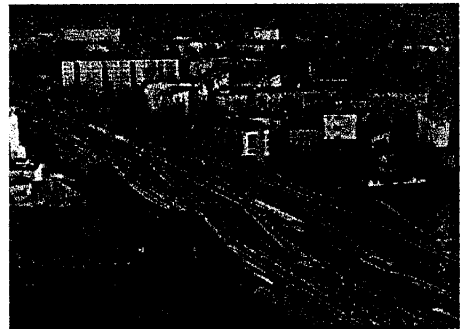
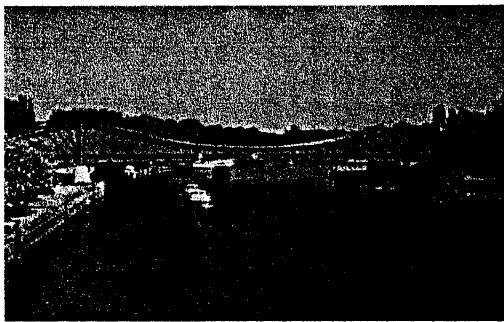


圖八、原地面以寬 100 公尺之 RC 面
版跨越高鐵以維持原有生態



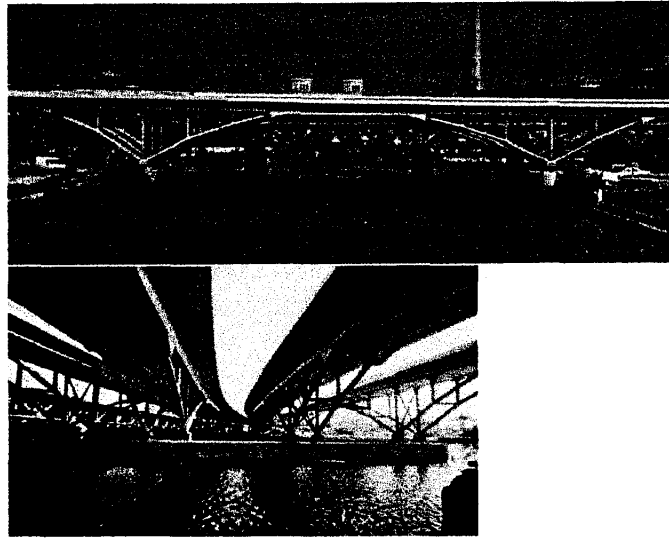
圖九、荷蘭高鐵沿 A16 公路之防落葉蓋版(貨櫃車後方)

歐洲由於河川通常都要兼具航運之功能，為避免橋梁過高，故常需將橋面版厚度儘量予以減小。圖十為德國境內跨越 The Havel river 之高鐵橋梁，該橋梁跨距為 72m，兩側橋面上配合彎矩分佈形狀設置了鋼腹版，以減小橋面版厚度，達到降低橋梁高度之目的。圖十一為德國另一傳統鐵路跨越橋，該橋梁跨越 The Humboldt harbour，主跨跨距 60m，兩側橋墩採用直徑 660mm 之鋼管，並剛接成拱形結構，除使景觀富於變化外，亦使 RC 橋面版厚度縮小為 1.7m。圖十二為另一位於西班牙跨越 The Ebro river 以節塊推進工法施工(如圖十三)之高鐵橋梁，該橋梁於橋面版兩側採用 RC 腹版並以寬 60cm 間距 6m 之 RC 肋條將兩腹版連結，以縮小橋面版之厚度，另為考量景觀與視覺效果，RC 腹版採用直徑 3.8m 間距 6m 之圓形透空設計，甚至連橋墩亦採用特殊之造型(如圖十四)，以維持整體景觀之一致性。

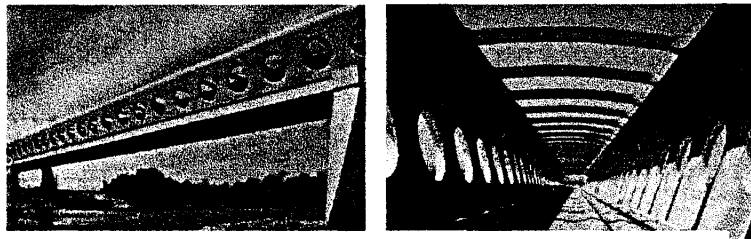


圖十、(a) 德國 The Havel river bridge 之彎矩形狀鋼腹版

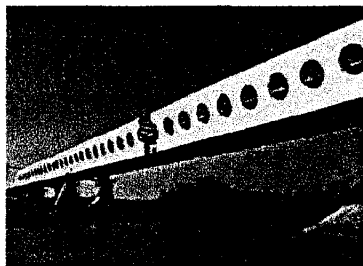
(b) 德國 The Havel river bridge 全景



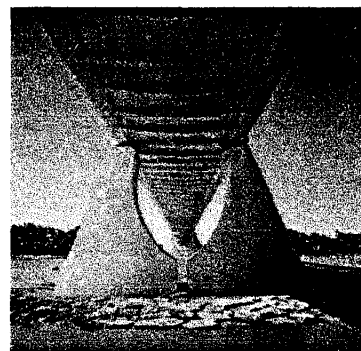
圖十一、德國 The Humboldthafen railroad bridge



圖十二、西班牙 The Ebro river bridge

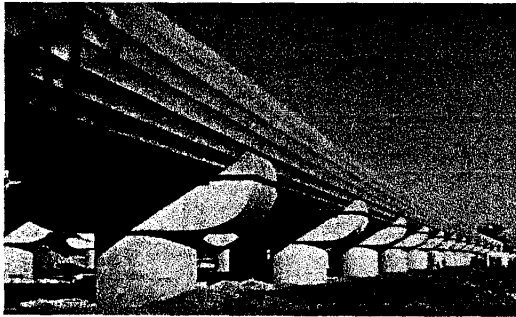


圖十三、西班牙 The Ebro river bridge 節塊推進閉合

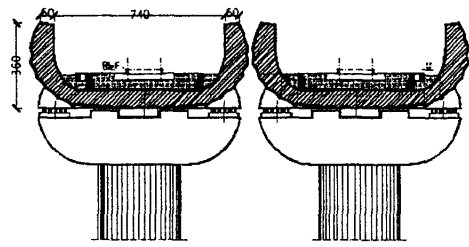


圖十四、西班牙 The Ebro river bridge 橋墩造型

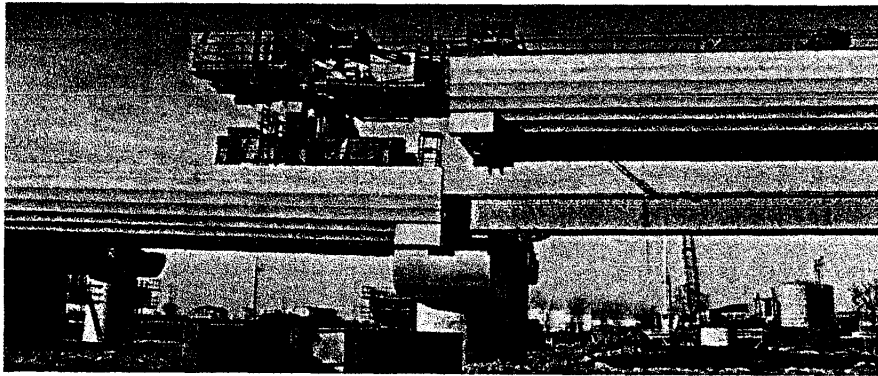
另外為考量景觀或減少噪音之衝擊，橋梁之造型亦常有特殊之考量。圖十五為西班牙之高鐵橋梁 The Modena viaduct，該橋梁由於靠近 The Modena 城，為減少噪音及視覺衝擊效果而採用 ω 型設計，高架橋總長 13km，標準跨距為 31.5m，單跨重約 900 噸之節塊採用預鑄方式於預鑄場製造完成後，再利用已完成之橋面拖運之現場吊裝(圖十六)。



圖十五、(a)西班牙高鐵 The Modena viaduct



(b) The Modena viaduct 斷面圖

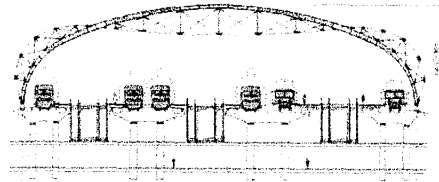
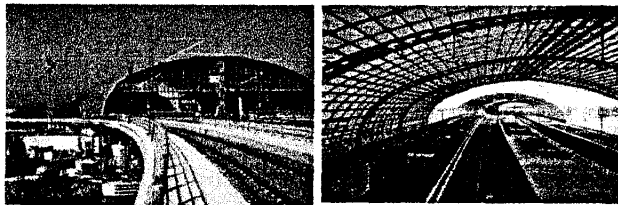


圖十六、西班牙 The Modena viaduct 全跨節塊吊裝

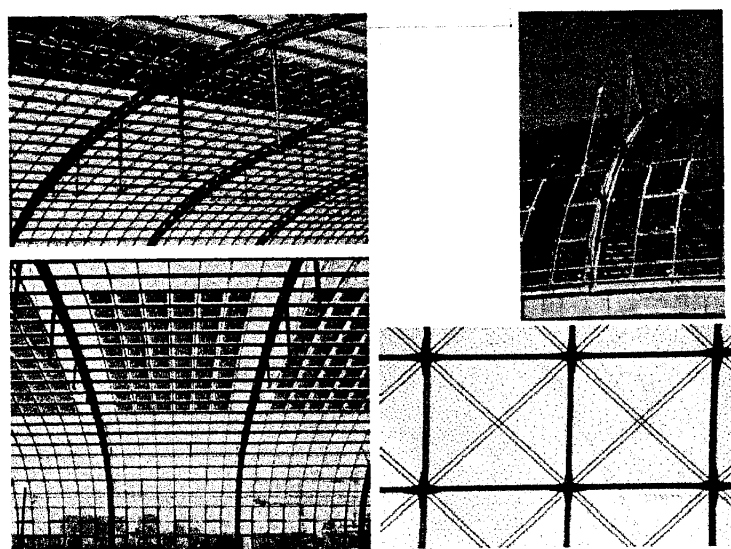
有關車站建築之景觀與結構亦值得一提，歐洲傳統的鐵路車站甚多為拱型鋼結構(如圖十七比利時安特衛普之中央車站)，通常該拱型屋頂會涵蓋全部月台，故須有相當大之跨距，而隨著交通運量的增加，月台數目及拱型結構之跨距隨之增加，拱型結構之高度也因而大幅提高。圖十八為德國 The new Lehrter Bahngof 車站月台之拱型結構，該月台全長 430m，跨距達 65m，可同時容納六個月台，為儘量降低該車站拱型屋頂結構之高度，故該拱型鋼構之拱頂乃配合應力之分佈予以加勁(如圖十八及十九)，而使拱型結構之高度下降至 12~16m 之間，以符合經濟與景觀之要求。



圖十七、比利時安特衛普中央車站月台拱形鋼構屋頂



圖十八、德國 The new Lehrter Bahnhof 車站



圖十九、德國 The new Lehrter Bahnhof 車站拱形鋼構屋頂配合應力分佈配置之家勁鋼材

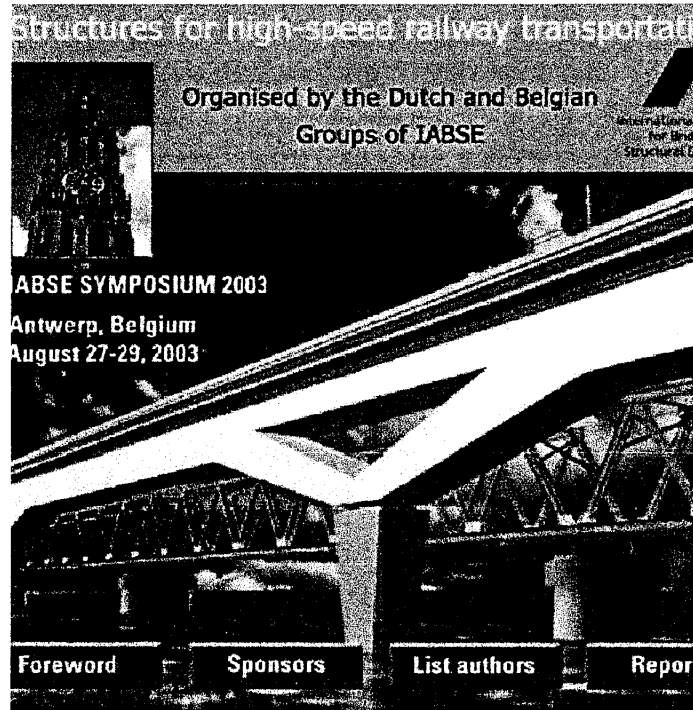
2.2 荷蘭及比利時高速鐵路工地考察

有關工地考察係分兩天分別至荷蘭與比利時之高鐵工地，荷蘭之工地為鹿特丹附近之 The Oude Maas tunnel 與 The Hollandash Diep bridge 等兩處，比利時則為安特衛普中央車站高鐵共構及地下化工程。

荷蘭及比利時之高速鐵路工程為目前歐洲正在進行中最重要之土木工程之一，該工程由荷蘭之阿姆斯特丹經由鹿特丹進入比利時之安特衛普至布魯賽爾，預定於 2006 年完工通車，設計時速 300km/h，屆時將可與目前營運中之德國、法國與英國之高鐵接軌，形成完整之高速鐵路網(約 3 小時可到巴黎，四小時可到倫敦)。

本次出國考察就荷蘭與比利時兩國比較，感覺上荷蘭的整體表現實在是超出比利時甚多。首先就出國前的資料收集而言，荷蘭在台辦事處在中文網站上對於有關該國相關資訊的介紹，幾乎巨鉅細彌遺(不過荷蘭在台辦事處現場服務的台灣籍職員其服務態度則幾乎令人吐血)，然比利時則幾乎付之闕如。其次在參加橋梁結構工程年會期間，荷蘭對於其高鐵建設成果之推銷更是不遺餘力，除於大會開

始有兩篇之專題報告外(地主國之比利時則無專題報告發表)，考察工地之一之 Hollandash Diep bridge 更被選為本次大會宣傳資料之封面圖片(如圖二十)。



圖二十、IABSE 2003 年年會封面(Hollandash Diep Bridge)

2.2.1 荷蘭高鐵工地考察

荷蘭位於比利時北部，東邊與德國接壤，面積比台灣略大，人口約 1500 萬，大概是因為從小讀歷史就知道荷蘭曾經佔據過台灣，另外台灣民謠“安平追想曲”也是家喻戶曉，因此感覺上對荷蘭似乎並不陌生。

荷蘭境內之高速鐵路長度約 100 公里，總建設經費約 53 億歐元(約新台幣 4000 億)，施工中之 Groene Hart tunnel 長度約 7 公里，為目前世界上斷面最大之潛盾隧道(直徑 14.5m)，另長度為 1.2km 之 Hollandash Diep bridge 完工後則將成

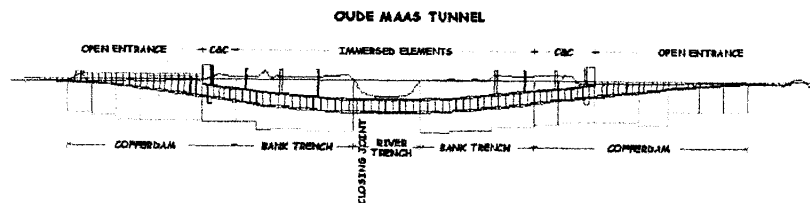
為荷蘭高鐵建設之地標。

2.2.1.1 The Oude Maas tunnel

The Oude Maas tunnel 位於鹿特丹附近，包括中央過河段、明挖覆蓋段及進口段全長約 2641m(詳圖二十一)，隧道內淨高約 7m，淨寬約 7.35m。由於 The Oude Maas 為荷蘭境內主要河川，經常有大船通行，為維持航運暢通，並避免採用高橋墩之橋梁，因此選擇以隧道方式通過。

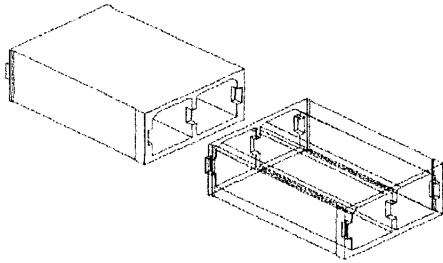


(b) 荷蘭 The Oude Maas tunnel 全景

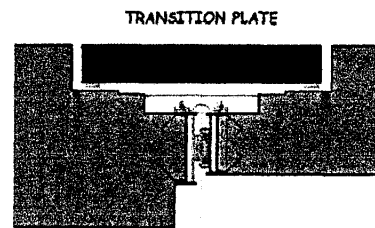


圖二十一、(a) 荷蘭 The Oude Maas tunnel 縱剖面配置圖

The Oude Maas tunnel 中央過河段係採用傳統沉埋方式施工，過河段共分爲七個單元，每個單元長 150m，重約 25000 噸，每個單元由六個長 25m 之節塊所組成。由於日後高鐵軌道將直接鋪設於節塊之混凝土面版上，故沉埋後節塊間之差異沉陷允許值僅爲 2mm，爲符合此規定，各節塊間乃採用公母榫之方式接合(如圖二十二)。施工時先將每一單元之六個節塊於預鑄廠接合後，再利用拖運船將該單元由 7 公里外之預鑄廠拖運至現場予以沉埋，各單元間之公母榫則於沉埋後方於現場澆製。此外由於沉埋段係將節塊直接沉放於河床上，而明挖覆蓋段則採用樁基礎，爲避免營運期間仍可能產生之過大之差異沉陷，故過河段與明挖覆蓋段間之接合，係設計一 Transition plate(如圖二十三)，版下兩端並設置千斤頂，以便能隨時調整兩端之沉陷差異。



圖二十二、公、母榫節塊示意圖



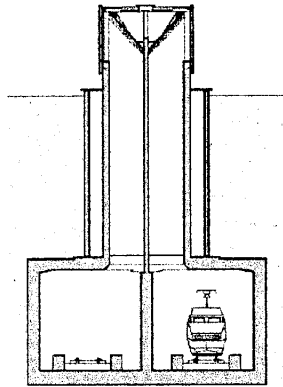
圖二十三、過河段與明挖覆蓋段接合處之 Transition plate

明挖覆蓋段係以直徑 100 公分之鋼管爲擋土設施，鋼管內部並灌置混凝土予以加勁(如圖二十四)，鋼管間並設置鋼版樁以達止水之效果。

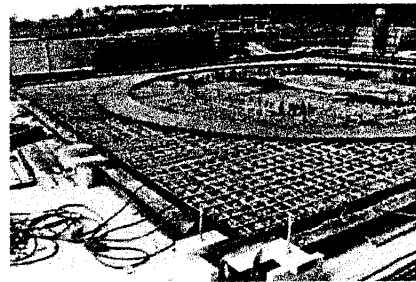
由於高速鐵路火車進入隧道時將產生極大之風壓，因此本隧道沿線乃設置了六處內徑 5.3m 之空氣減壓豎井(詳如圖二十一(a))，每處豎井並配合分離車道予以隔間(如圖二十五)。因隧道沉埋後可能產生沉陷，另外隧道亦可能有長期縱向方向之移動，然豎井本身因受到周圍土層之束縛而幾乎無法移動，前述之現象將導致豎井與隧道接合處產生過大之相對移動而破壞，故乃於空氣減壓豎井外圍再施築一 soilshaft (內徑 8.3m，詳如圖二十五)，並於其底部與隧道頂版接合處設計一滑動板(詳如圖二十六)，以克服前述相對移動現象可能造成之破壞。



圖二十四、明挖覆蓋段以鋼管樁及
鋼版樁為擋土及擋水設施



圖二十五、荷蘭 The Oude Maas
tunnel 之減壓豎井與外圍之
Soilshaft



圖二十六、Soilshaft 底部與隧道接合
處預埋之滑動板

2.2.1.2 The Hollandash Diep bridge

The Hollandash Diep 為荷蘭境內高鐵所通過最大之河川，因此其跨越橋在規設階段即被荷蘭當局設定為高鐵進入荷蘭之地標(類似二高之高屏溪橋)，由於荷蘭政府之極端重視，故於1998年先針對視覺與工程(Visual and engineering concept)舉行一設計競標(bridge design competition)，根據競標結果再完成參考設計(Reference design)及施工發包文件，由施工得標者進行最後之細部設計與施工。發包文件已規定該得標者可選擇「參考設計團隊(Reference design team)」為其細部設計者並付予該參考設計團隊一定之設計費用，得標者亦可自行進行細部設計而僅支付設計概念之使用費(Licence fee)，該使用費係以最後之工程費用為計算依據。

在高鐵預定跨越 The Hollandash Diep 處距離約 500m 附近，已有一高速公路(A16)跨越橋，另尚有一傳統之鐵路橋(Moerdijk railway bridge)距離則僅約 30m (詳圖二十七)，特別值得一提的是，Moerdijk railway bridge 於 1872 年開放通車時，為當時歐洲最長之橋梁，二次大戰後才改建為目前之鋼橋(如圖二十八)，故如何與該既存之鐵路橋與公路橋融合成整體景觀，為高速鐵路跨越時設計上考量之主要原則。



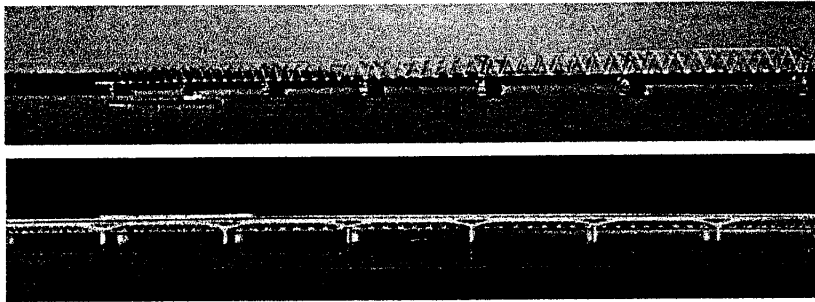
圖二十七、荷蘭高鐵跨 The Hollandash Diep River 處既有之 A16 號公路(近處)與鐵路



圖二十八、與高鐵跨越橋(左側)僅 30m 之隔之 Moerdijk 鐵路橋

Moerdijk railway bridge 橋墩跨距為 105m，故為了航運上的要求，新建的高鐵跨越橋亦必須符合此一限制。在設計競標時曾有各種不同型式之橋梁被提出，包括斜張橋、拱橋、梁橋(Beam bridge)及 V 形橋，最後在考量維持原 Moerdijk

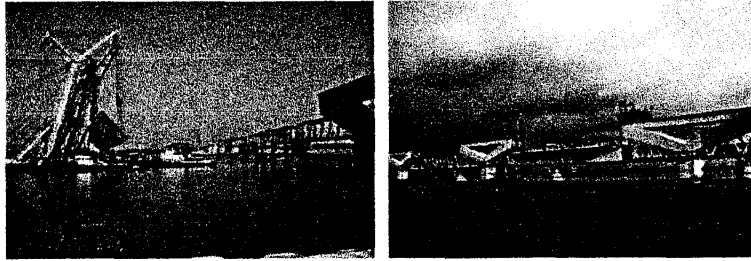
railway bridge 之視覺景觀的條件下，V 形橋脫穎而出。圖二十九為 V 形橋施工前及完工後，位於 A16 公路上遠眺既有之鐵路橋梁與新建高鐵橋梁之視覺效果，新建 V 形橋梁在橋墩處深度特別設計為與既有鐵路橋梁深度一致，以創造視覺效果之一致性。



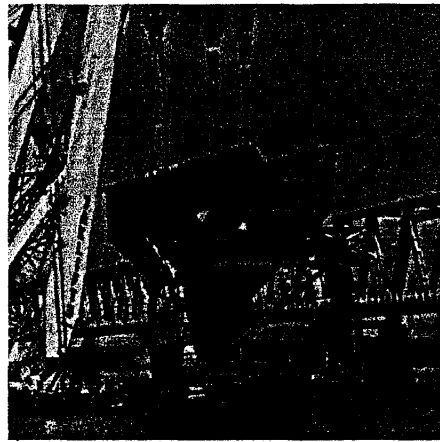
圖二十九、荷蘭高鐵 The Hollandash Diep bridge 施工前(上圖)與施工後視覺景觀比較

The Hollandash Diep bridge 共設計了 10 跨跨距 105m 之 V 形上構，及兩個 70m 長之邊跨，全長 1190m，分為兩個單元，上構箱型梁為鋼結構。每 105m 之鋼構係分成長 45m 之 V 形段(hammersection，重 500 噸)及長 60m 之中央段(fieldsection，重 400 噸) 兩個構件(如圖三十)以利吊裝，現場實際施工時僅花了 9 個月的時間即完成所有上構之吊裝作業。

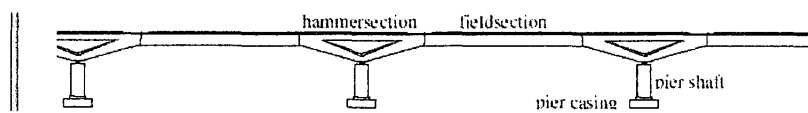
有關 The Hollandash Diep bridge 的下構設計與施工亦值得一提。圖三十一為下構之施工過程，首先將長 40m，直徑 3m 之中空鋼管樁打入河床內，其次將預鑄之中空方形 RC 橋墩基礎拖運至基樁上方，並下沉至設計高程，然後澆置混凝土將鋼管樁之上段與基礎下段予以固接，此後再將中空基礎內之河水抽乾(RC 基礎之側牆須預留使高於河面水位)，最後在現場澆置墩柱，完成下部結構。此設計最大的特色為採用大口徑之鋼管基樁及預鑄橋墩基礎，因此施工時可避免施築巨大之圍堰以維持船舶之通行，亦可避免臨時設施於冬季時遭強大之季風摧毀，對於工期之掌握有極大之效益。



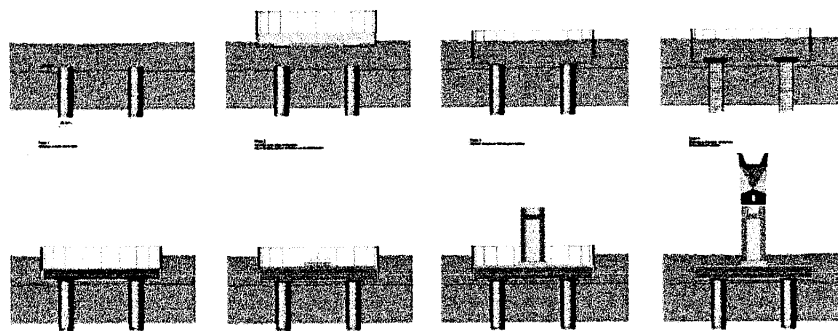
(c) Hammersection (左側) 與 Fieldsection 吊裝



(b) hammersection 現場吊裝



圖三十、(a) The Hollandash Diep bridge 將上構分隔為 hammer-sections 及 field-sections 以利吊裝



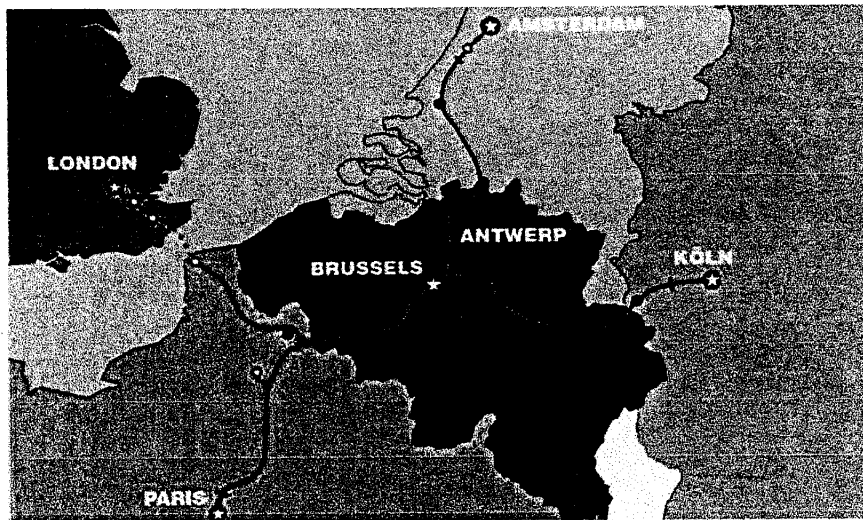
圖三十一、The Hollandash Diep bridge 下構施工流程示意圖

2.2.2 比利時高鐵工地考察

比利時位於法國北部，面積比台灣略小，人口約 1000 萬，首都布魯塞爾因為歐洲議會及共同市場總部所在地而聞名於世。目前施工中之荷蘭與比利時之高速鐵路，無論就長度或位置而言皆以比利時為主角，且未來歐洲高速鐵路網實際上係以布魯塞爾為中心點(如圖三十二)，往北接荷蘭，往南接法國並銜接未來之西班牙與葡萄牙高鐵網路，往東進入德國，往西則經由英法海底隧道進入英國。不過令人不解的是本次國際橋梁結構工程年會地主國雖然為比利時，且會議主題又為高速鐵路建設，但會議開會及工地參觀期間，有關比利時高鐵建設之相關資訊幾乎付之闕如，真是怪哉！

本次比利時考察之工地為安特衛普中央車站配合高鐵建設之地下化工程。安特衛普中央車站為百年以上之雄偉建築(如圖三十三(a))，該車站目前為一 end station (類似台北捷運之新北投車站)，地面一樓為人行通道及售票區，二樓則為傳統之鐵路車站，此次配合高鐵建設將擴建地下一、二樓為高鐵車站(如圖三十三(b))。地下化工程總長度約 3 公里，車站北段採用潛盾方式開挖，南段則配合托底工法採用半半明挖覆蓋工法施工，因為時間關係，本次僅參觀南段之托底工法。

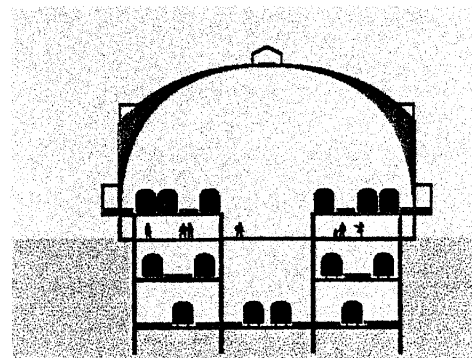
安特衛普車站南段原為土堤型式，高度僅數公尺，並以磚牆為擋土設施，磚造擋土牆上並建有一系列之拱頂磚造建築(如圖三十四)，由於該等磚造建築皆已有百年以上之歷史，被列為必須保護之古蹟，此外施工中亦必須維持原有鐵路之運輸，因此乃配合托底工法採用半半施工明挖覆蓋之工法。



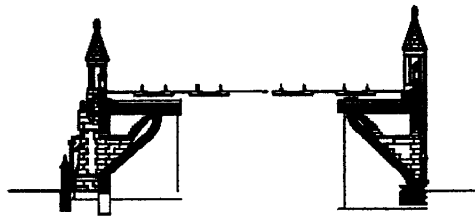
圖三十二、荷蘭與比利時高鐵網路



圖三十三、(a) 安特衛普中央車站



(b) 安特衛普中央車站配合高鐵地下化後之月台配置圖

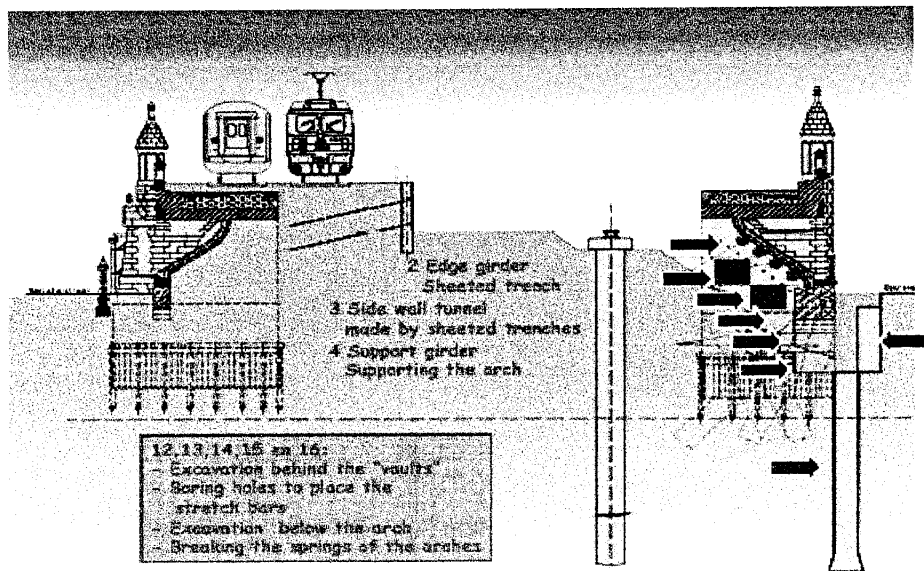


(b) 磚造建築與鐵路軌道相對關係示意圖



圖三十四、(a) 安特衛普中央車站拱頂磚造建築

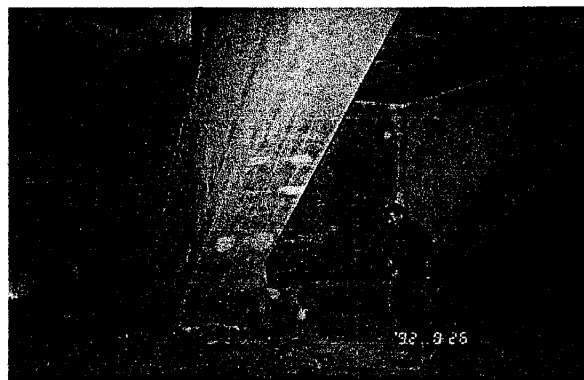
圖三十五為現場實際之施工過程，施工中最主要之考量重點為該等磚造建物位移之控制及其基礎之保護。由於當地施工空間狹窄，故為達此目的，開挖前先於緊鄰建物旁施作一 Sheeted trench (如圖三十六)，該 Sheeted trench 係以人工方式開挖，寬度 80 cm，每次開挖深度 60 cm，長 2~6 m，開挖後隨即以鋼管加以支撐，當開挖全部深度約達 25m 後即配筋並澆置混凝土，形成後續明挖工作時之擋土結構。原有軌道下明挖工作開始後，首要工作為先施作前述拱頂磚造建築之拖底基礎，如圖三十七係於原有基礎之兩側施作 RC 基礎，並施拉預力固定後再將原有基礎拆除。根據施工中之監測紀錄，採用前述之 Sheeted trench 及托底工法，既有結構之最大位移量為 29mm。



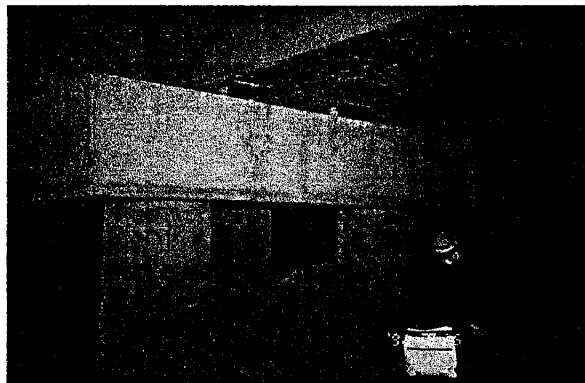
圖三十五、安特衛普高鐵地下化工程半半施工明挖覆蓋工法施工流程示意圖



圖三十六、安特衛普中央車站 Sheeted
trenchs 開挖



(b)安特衛普中央車站拱頂磚造建築新建托底基礎

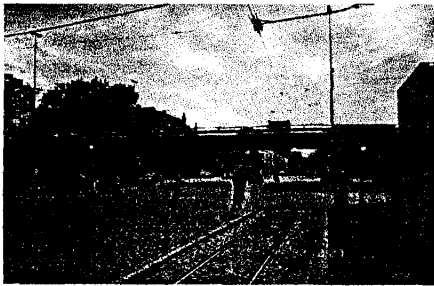


圖三十七、(a) 安特衛普中央車站既有軌道下
方新建托底基礎

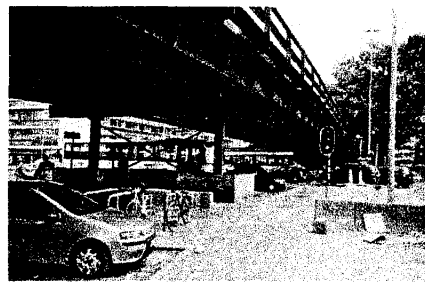
2.3 荷蘭及比利時交通建設考察

2.3.1 比利時安特衛普

安特衛普雖為歐洲第二大港，不過城市的規模比起布魯塞爾、鹿特丹或阿姆斯特丹皆相去甚遠，當地除高鐵外也沒甚麼重大或特殊之交通建設，不過仍借參與會議之便，順道了解一些基本建設。圖三十八為穿越安特衛普市區之主要交通幹道(類似台北市之建國南北路)，該跨越橋跨距約為 30 ~ 40m，由圖中可看出其橋墩僅為一簡單之輕型 H 型鋼所組成，相對於國內而言，恐怕比一些人行跨越橋的結構還要簡單。圖三十九為安特衛普之另一市區幹道，該道路為石頭路面，此種石頭路面在比利時與荷蘭相當普遍(如圖四十)，優點可能是不須經常維修，缺點則為噪音太大且路面較不平整，不過因連比利時皇宮前的道路也是用石頭路面，所以在現今環保優先的考量下，石頭路面或許有其競爭優勢。圖四十一為當地交通建設的施工圍籬，該圍籬的特色為基礎底座採用 RC 預鑄座墊，圍籬本身則採用輕型鐵絲網，故現場可配合實際動線迅速調整位置。



圖三十八、(a) 安特衛普市區幹道跨越橋全景



(b) 跨越橋墩柱結構



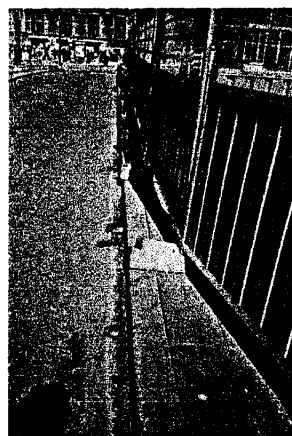
圖三十九、安特衛普市區石頭路面



圖四十、(a) 布魯塞爾市區石頭路面



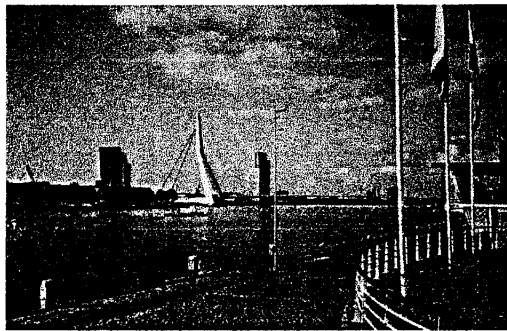
(b) 阿姆斯特丹市區石頭路面



圖四十一、安特衛普施工圍籬

2.3.2 荷蘭鹿特丹

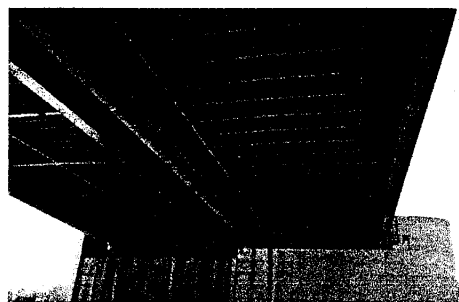
鹿特丹為歐洲最大港口，市內高樓大廈林立，是一個完全現代化的都市，比起比利時，其對於觀光業的推銷也遠遠有過之而無不及。鹿特丹市區為 The Nieuwe Maas river 穿過，沿 The Nieuwe Maas river 除河底隧道外，亦有不少造型新穎之橋梁跨越其上。圖四十二為跨越 The Nieuwe Maas river 之 The Brasmusbrug bridge，該橋梁為一單塔斜張橋，造型簡單優美，為鹿特丹之地標。沿 The Nieuwe Maas 另一有名之橋梁為 The Van Brienenoordbrug bridge (如圖四十三)，該橋梁位於鹿特丹對外主要交通幹道 A16 號公路上，為一上拱型結構，其主要特色為因應交通增加之需求而拓寬，且為維持橋梁景觀之一致性，故於緊鄰原有橋梁位置施作新橋(如圖四十四)，橋台亦緊靠而立，其施工困難度自然增加許多。此外由於歐洲河川跨越橋通常都須維持航運的功能，故必須將橋梁高度予以提高，另一方面為儘量降低橋梁高度，通常又會將橋面版之厚度儘量變小，此時便常需以橫梁來加強橋梁之橫向勁度(如圖四十四)。



圖四十二、鹿特丹 The Brasmusbrug bridge



圖四十三、鹿特丹 The Van Brienenoordbrug bridge

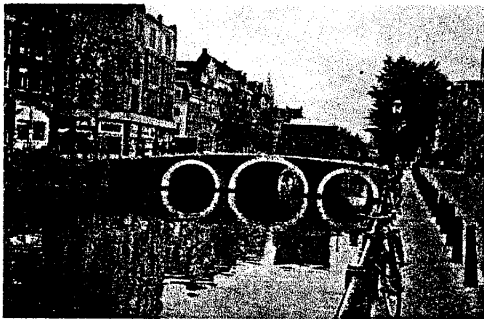


圖四十四、鹿特丹 The Van Brienenoordbrug bridge 新舊橋梁比鄰而立

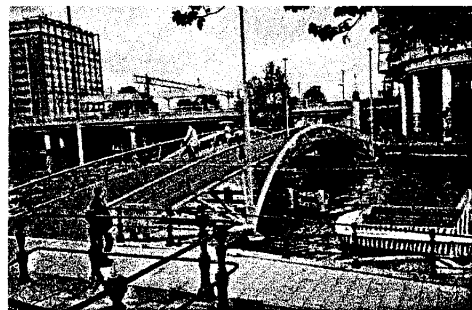
2.3.3 荷蘭阿姆斯特丹

阿姆斯特丹雖為荷蘭首都，且為一相當現代化之都市，但由於其地層土壤性質相當軟弱，故市內幾乎沒有摩天大樓或重大工程結構。阿姆斯特丹因建設在阿姆斯特河的堤防而得名，全市有一百多條人工運河及 1292 座橋梁，交織成美麗的水都風光。通常跨越運河的橋梁規模皆甚小(如圖四十五)，結構上並無特殊之處，不過有幾處橋梁其造型或有考參考之處。圖四十六為中央車站附近專為通往停車場之跨越橋，橋梁採用簡單之拱形鋼結構，單跨跨越運河，符合小而美的要求。圖四十七為另一處跨越橋，橋墩及其與橋面相接處採用多面形造型，使視覺上富有變化性。

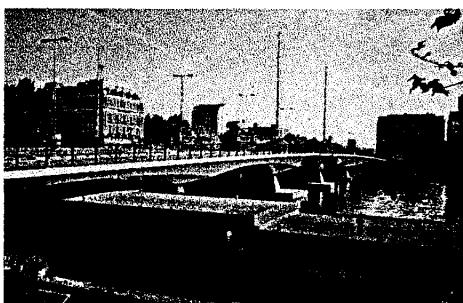
此外由於阿姆斯特丹之鐵路運輸相當發達，故有相當多之鐵路高架橋。圖四十八為位於車站之跨越橋，橋墩採用薄形之倒三角形結構，與一般傳統之方形或圓柱形加以區隔，以增加視覺之豐富性。另外阿姆斯特丹亦為荷蘭高鐵之起點，車站附近許多新的高架橋如雨後春筍般矗立，圖四十九為車站旁新建之高鐵高架橋，其橋墩為配合橋面版不同梁深之兩個結構單元，而採用高低及中間透空之設計，單看橋墩本身有點像藝術品，以增加視覺上之景觀效果。



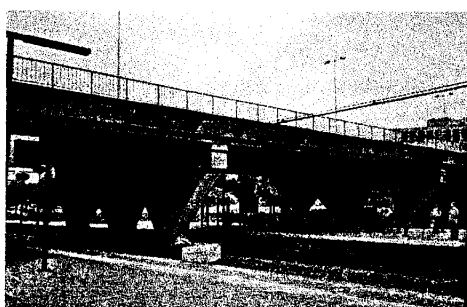
圖四十五、阿姆斯特丹運河跨越橋(一)



圖四十六、阿姆斯特丹運河跨越橋(二)



圖四十七、阿姆斯特丹運河跨越橋(三)



圖四十八、阿姆斯特丹鐵路跨越橋



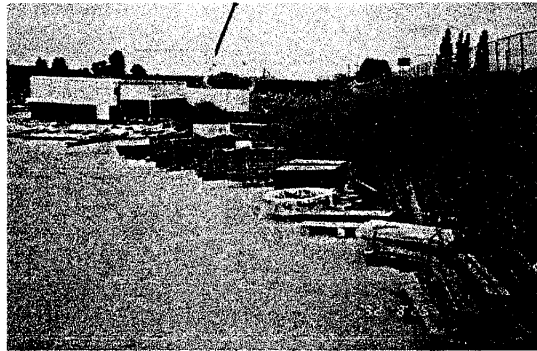
圖四十九、阿姆斯特丹高鐵高架橋

第三章 心得

1. 目前亞洲地區正在規劃、興建或營運中之高速鐵路工程包括中華民國，日本、韓國及中國大陸，本次年會日本、韓國及中國大陸皆有多篇文章發表並有多人員與會積極參與各項活動，而台灣僅有文章一篇及人員三人(其中一人為參展廠商員工)，甚至文章作者亦被列為“China”，令人不勝唏噓。
2. 有關台灣高鐵建設其規模與經費比起荷蘭與比利時皆有過之而無不及，然本次年會雖有多篇文章發表，惟僅有一篇為國人所寫，與其他國家專業人員積極參與其國家之高鐵建設，並提出其心得與建言之情形大相逕庭，此種現象實令人百思費解。
3. 比利時面積及人口都比台灣小，雖然因為布魯塞爾而聞名於世，且為此次年會之主辦國，不過就此次年會的表現及本人參觀當地交通建設的心得而言，實在是乏善可陳。尤其是年會期間，本人在會場所在地的中央車站附近，竟然前後被同一組人搶了兩次(所幸皆未得逞)，讓我對比利時的印象更是跌到谷底。另外由荷蘭人口中得知，比利時實際上是兩個國家，北半部人講荷蘭語，南半部人講法語，平常彼此間也不太往來，台灣如果每個國民都有足夠的民族自信心，相信國際地位應可遠遠超越比利時。
4. 比起比利時，荷蘭此次年會的表現實令人刮目相看，不愧為十七、八世紀的海上霸權國家，自有其優秀的傳統，而就此次與會與考察之心得，其國民普遍具有高度民族自信心，應為其成功之首要關鍵。
5. 藉由此次參與年會與考察了解，歐洲橋梁與結構的技術可說是相當先進，特別是橋梁與結構的造型，似乎皆可隨心所欲，頗值國人學習借鏡。
6. 荷蘭高鐵當局對於景觀、環境與生態的重視令人佩服，簡單的說就是不惜成本，以工程的手段配合，以滿足景觀、環境與生態上的要求，此與國內通常都以工程及經費為主要考量似有差別，孰是孰非似仍有討論之空間。
7. 荷蘭與比利時預鑄構件的大量使用亦令人印深刻，小至施工圍籬之基礎座墊，大至過河橋墩之基礎，對於工期之控制與當地交通之維持應有甚

爲正面之貢獻，此點應可爲國人設計與施工時之參考。

8. 荷蘭及比利時因地勢平坦，故甚少有地下工程，此次考察不論是比利時安特衛普中央車站地下化所採用之托底工法、半半施工明挖覆蓋工法及潛盾工法，或荷蘭 The Oude Maas tunnel 之沉埋工法，在台灣皆已相當普遍，實地參觀之後覺得他們的施工技術比起台灣並無獨到之處，不過他們的施工管理倒是頗值得學習，如圖五十工地的施工零件都會墊高，以避免與地面直接接觸，又如圖五十一參觀工地時所使用的裝備，也都有專門的處所整齊排放，給參訪人士極好之印象。



圖五十、The Oude Maas tunnel 工地施工零件堆置情形



圖五十一、The Oude Maas tunnel 參觀裝備收納情形

第四章 建議

1. 從發表文章之內容為檢視個人專業知識程度最好之方式，本局目前已進入第三代高速公路之建設階段，建議應鼓勵同仁將一、二高之相關經驗化為專業之文章，並儘量於具有一定水準之國內、外會議或期刊上發表，除可檢視同仁之真正專業能力外，亦可提升本局甚至國人之形象，可謂一舉數得。
2. 出國參與會議或考察，事前行程的安排與資料的收集甚為重要，可避免出國後突發狀況太多無法處理，甚至變成走馬看花，詬病於人，故建議爾後可將事先的行程規劃與資料收集列為出國人員出國前之考核重點，以收事半功倍之效。
3. 此次出國考察感覺荷蘭與比利時橋梁上構與墩柱之型式相當豐富，甚至已達藝術化之境界，此與本局之高速公路建設，施工承商常要求將上構與墩柱予以標準化剛好相反，個人的看法為，以目前的施工水準及品質要求，RC 結構的壽命或許可達百年以上，而百年以後的人類在看那時候百年建築時的心情，應是像我們現在在看羅馬競技場或中國萬里長城一樣，對於工程的雄偉與唯美給予讚嘆，而有多少人會去關心當時的建設工期與成本呢？因此若以百年建設的觀點出發，景觀與藝術的考量或許應凌駕於工期與成本之上。

第五章 附錄

附錄一： 出國行程表

附錄二： 國際橋梁結構工程年會議程表

附錄三： 專題演講論文及作者

附錄一

出國行程表

8 月 25 日（一）：台北 ~ 荷蘭阿姆斯特(Amsterdam，搭乘中華航空)

8 月 26 日（二）：阿姆斯特丹(搭乘中華航空)

8 月 27 日（三）：

 (1) 阿姆斯特丹 ~ 比利時安特衛普(Antwerp，搭乘火車)

 (2) 參觀安特衛普火車站高鐵共構與地下化工程

 (3) 參加國際橋梁結構工程年會

8 月 28 日（四）：參加國際橋梁結構工程年會

8 月 29 日（五）：參加國際橋梁結構工程年會

8 月 30 日（六）：

 (1) 參觀荷蘭高速鐵路工程(Oude maas tunnel 及 Hollandsch diep bridge)

 (2) 安特衛普 ~ 阿姆斯特丹(搭乘火車)

8 月 31 日（日）：週日

9 月 1 日（一）：參觀鹿特丹(Rotterdam)及阿姆斯特丹高鐵與公路建設

9 月 2 日（二）：阿姆斯特丹 ~ 台北(搭乘中華航空)

9 月 3 日（三）：阿姆斯特丹 ~ 台北(搭乘中華航空)

附錄二

國際橋梁結構工程年會議程表

IABSE SYMPOSIUM ANTWERP 2003 – PROGRAMME AT A GLANCE

	Tuesday, August 26	Wednesday, August 27	Thursday, August 28	Friday, August 29	Saturday, August 30
07.30 h					
07.45 h					
08.00 h					
08.15 h					
08.30 h		Registration	Registration	Registration	
08.45 h					
09.00 h					
09.15 h	TECHNICAL TOUR 1	TECHNICAL TOUR 1	Keynote Lectures	Keynote Lectures	TECHNICAL TOUR 1
09.30 h					
09.45 h			Coffee break - Posters	Coffee break - Posters	
10.00 h					
10.15 h			Concurrent Sessions	Concurrent Sessions	
10.30 h			1a 1b 1c	2a 2b 2c	
10.45 h					
11.00 h	Registration				
11.15 h			Presentations	Presentations	
11.30 h					
11.45 h			Short Pres.	Short Pres.	
12.00 h					
12.15 h			Lunch	Lunch	
12.30 h					
12.45 h					
13.00 h					
13.15 h					
13.30 h					
13.45 h			Concurrent Sessions	Concurrent Sessions	
14.00 h			3a 3b 3c	4a 4b 4c	
14.15 h	TECHNICAL TOUR 1	TECHNICAL TOUR 2	Presentations	Presentations	TECHNICAL TOUR 2
14.30 h					
14.45 h			Short Pres.	Short Pres.	
15.00 h			Coffee break - Posters	Coffee break - Posters	
15.15 h					
15.30 h					
15.45 h					
16.00 h					
16.15 h					
16.30 h					
16.45 h					
17.00 h					
17.15 h					
17.30 h					
17.45 h					
18.00 h					
18.15 h					
18.30 h					
18.45 h					
19.00 h					
19.15 h					
19.30 h					
19.45 h					

附錄三

專題演講論文及作者

Author	Title	Co-author
Keynote Presentations on themes		
<u>Dutoit D.</u>	<i>New evolutions for high speed rail line bridge design criteria and corresponding design procedures</i>	
<u>Tanabe M.</u>	<i>Dynamic interactions of Shinkansen train, track and bridge</i>	H. Wakui, H. Okuda, N. Matsumoto, M. Sogabe and Y. Tanabe
<u>Bucknall I.</u>	<i>New Eurocode requirements for the design of high speed railway bridges</i>	
<u>Schlaich J.</u>	<i>New structures for high-speed railways - bridges and sheds for stations</i>	H. Schober and S. Justiz
<u>Paulsson B.</u>	<i>Deep improvement of soft soils efficient method for foundation of High-Speed railway lines</i>	A. Smekal
<u>Esveld C.</u>	<i>Developments in high-speed track design</i>	
<u>Hoogenboom R.</u>	<i>Integrating the HSL and the A16 into the Noord-Brabant landscape</i>	
<u>Helmerich R.</u>	<i>Structural condition monitoring of a high-speed train crossing</i>	H. Kohlhoff, K.-D. Werner and J. Niemann