

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：出席國際會議及考察)

出席「二〇〇三年國際先進鋼、混凝土、複合材料及
鋁結構物研討會(ASSCCA'03)」及考察高速公路報告

出國人：交通部台灣區國道新建工程局
第三區工程處副處長 陳國隆

出國地點：澳洲

出國期間：九十二年六月二十二日至六月三十日

報告日期：九十二年九月

94/09203027

交通部台灣區國道新建工程局

Ministry of Transportation and Communications
Taiwan Area National Expressway Engineering Bureau

摘 要

2003 年國際先進鋼、混凝土、複合材料及鋁結構物研討會於 6 月 23 日至 25 日假澳洲雪梨 The Powerhouse Museum 之會議中心舉辦，研討之內容共分為十個議題，計 35 國 194 篇論文於 4 個會場研討之，議題分別如下：

- 「鋼構造物(Steel)」、
- 「鋁構造物(Aluminium)」、
- 「結構分析(Analysis)」、
- 「耐火結構(Fire)」、
- 「薄殼結構(Shells)」、
- 「複合結構(Composite)」、
- 「鋼管填充混凝土結構(Concrete filled tubes)」、
- 「混凝土結構(Concrete)」、
- 「耐震力結構(Seismic)」、
- 「結構物修復(Retrofitting)」。

本報告將就上述議題內容要點作一介紹。另於雪梨市及布利斯班市一帶考察公路及其相關建設所蒐集之資料將一併於報告中作一說明。

目 錄

目錄.....	I
表、圖及照片目錄.....	II
一、前言.....	1
二、行程紀要.....	2
三、研討會及考察內容.....	4
(一)研討會內容.....	4
(二)考察內容綜述.....	10
1.雪梨港灣大橋.....	10
2.雪梨歌劇院.....	13
3.澳洲公路建設情形.....	16
四、綜合心得與建議.....	52
五、附錄.....	55
附錄 1：地圖及開會地點.....	55
附錄 2：論文目錄及作者.....	59
六、謝誌.....	70

表目錄

表 1. 2003 年 ASSCCA 會議議程表.....	8
表 2. 2003 年 ASSCCA 論文發表統計表.....	9

圖目錄

圖 1. 雪梨市區域地圖.....	25
圖 2. ANZAC Bridge 位置圖.....	30
圖 3. 布利斯班市區域地圖.....	31
圖 4. 布利斯班市中心地圖.....	31

照片目錄

照片 1. 雪梨港灣大橋&雪梨歌劇院.....	25
照片 2. 雪梨港灣大橋之桁架結構.....	26
照片 3. 雪梨港灣大橋之水平桁架結構.....	26
照片 4. 雪梨港灣大橋之鉸接基座.....	27
照片 5. 雪梨港灣大橋之塔樓夜景.....	27
照片 6. 雪梨歌劇院(1).....	28
照片 7. 雪梨歌劇院(2).....	28
照片 8. 雪梨歌劇院(3).....	29
照片 9. ANZAC Bridge.....	30
照片 10. Gateway Bridge 懸臂施工.....	32
照片 11. Gateway Bridge 淨高 55m.....	32

照片 12.	Gateway Bridge 主跨 260m.....	32
照片 13.	Gateway Bridge 橋寬 22m 梁深 15m.....	33
照片 14.	Story Bridge.....	33
照片 15.	Story Bridge 側視.....	34
照片 16.	Story Bridge 夜景.....	34
照片 17.	Victoria Bridge	35
照片 18.	Victoria Bridge 側視.....	35
照片 19	Victoria Bridge 側壁垂直飾條.....	36
照片 20	Victoria Bridge 夜景.....	36
照片 21	Highway 橋梁以簡單 PC 梁橋居多.....	37
照片 22	立體交叉橋梁採鋼鈹梁型式.....	37
照片 23	高速公路之少數跨越橋採斜張橋.....	38
照片 24	採 drop-in span 結構型式之跨越橋.....	38
照片 25	開放式橋台護坡 & RC 護欄線條修飾.....	39
照片 26	封閉式橋台擋牆表面之色彩造型 & RC 護欄線條修飾.....	39
照片 27	高速公路以 AC 路面居多.....	40
照片 28	高速公路之剛性 PC 路面.....	40
照片 29	高速公路之剛性 PC 路面在過橋段採 AC 鋪面.....	41
照片 30	擋土牆之表面色彩 & 造型.....	41
照片 31	RC 板隔音牆色彩處理.....	42
照片 32	RC 板隔音牆圖案處理.....	42
照片 33	木板隔音牆.....	43

照片 34	隔音牆圖案彩繪處理.....	43
照片 35	高速公路速限以 100km/hr 為原則.....	44
照片 36	高速公路部份路段標示速限 110km/hr 或 90km/hr (緊急電話 & CMS 服務設施).....	44
照片 37	高速公路收費站.....	45
照片 38	電子收費車道對交通車流無影響.....	45
照片 39	車上裝設電子收費感應器.....	46
照片 40	中央分隔帶之 RC 護欄.....	46
照片 41	路堤段外側 W 型金屬護欄.....	47
照片 42	路堤段外側 RC 護欄.....	47
照片 43	橋梁段採透空型金屬護欄.....	48
照片 44	標誌鋼構架桿件輕巧.....	48
照片 45	標誌鋼構架桿件簡潔.....	49
照片 46	CMS 鋼構架桿件簡潔.....	49
照片 47	橋下空間開闊並與遊憩區整體配設(1).....	50
照片 48	橋下空間開闊並與遊憩區整體配設(2).....	50
照片 49	橋柱搭配橋下空間及建物作色彩配設.....	51
照片 50	橋柱外側搭配橋下空間及人行步道作導流配設.....	51

一、前言

「2003 年國際先進鋼、混凝土、複合材料及鋁結構物研討會」(Advances in Structures, Steel, Concrete, Composite and Aluminium-ASSCCA'03)由澳洲主辦，於 6 月 23 日至 25 日假雪梨 The Powerhouse Museum 之會議中心舉辦，研討之內容共分十個議題，分別如下：「鋼構造物(Steel)」、「鋁構造物(Aluminium)」、「結構分析(Analysis)」、「耐火結構(Fire)」、「薄殼結構(Shells)」、「複合結構(Composite)」、「鋼管填充混凝土結構(Concrete filled tubes)」、「混凝土結構(Concrete)」、「耐震力結構(Seismic)」、「結構物修復(Retrofitting)」，計 35 國 194 篇論文於 4 個會場同時研討。

澳洲的交通建設完善，有關公路的建造技術亦有值得我國借鏡之處，而 ASSCCA 研討會是交換知識與經驗的最好機會，本局派員參加此項國際間先進結構物研討會可了解先進結構物的發展趨勢及結構物相關之分析、設計、施工與技術新知，對國道結構物建造工程技術之提昇頗有助益。

二、行程紀要

本屆「2003年國際先進鋼、混凝土、複合材料及鋁結構物研討會」(ASSCCA'03)是將原每4年舉行一次，今年由雪梨大學籌辦之「第5屆鋼與鋁結構物國際研討會」(ICSAS)與每3年舉行一次，今年由新南威爾斯大學籌辦之「第7屆鋼、混凝土與複合結構物國際研討會」(ASCCS)合併舉辦之國際研討會，仍由上述兩所大學共同負責籌辦。本國際研討會地點位於澳洲之雪梨，該都市為澳洲之最大都市(都會區人口約400萬)，觀光業發達，以雪梨港灣大橋、雪梨歌劇院等都市地標及美麗遊艇港灣自然勝景著名(參附錄1)，開會地點為位於雪梨著名景點達令港(Darling Harbour)區域之動力屋博物館(The Powerhouse Museum)的會議中心舉辦。雪梨距台北飛行時數約9.5小時，並有2小時時差，而雪梨北方約1000公里之布利斯班是澳洲第三大城，交通建設亦十分發達，便一併安排參訪以了解澳洲的交通建設情形。赴澳洲開會及考察期間自92年6月22日至92年6月30日共計9天，有關行程摘要如下：

日 期	星 期	行 程	活 動 內 容
6 月 2 2 日	日	台 北 — 雪 梨	去 程
6 月 2 3 日	一	雪 梨	參 加 研 討 會
6 月 2 4 日	二		
6 月 2 5 日	三		
6 月 2 6 日	四	雪 梨	考 察 公 路 建 設
6 月 2 7 日	五	布 利 斯 班	考 察 公 路 建 設
6 月 2 8 日	六		
6 月 2 9 日	日		
6 月 3 0 日	一	布 利 斯 班 — 台 北	返 程

三、研討會及考察內容

(一)研討會內容

本次會議場所位於雪梨達令港區域之動力屋博物館(The Powerhouse Museum)之會議中心。博物館所在地原來是一座大型電廠，後改為雪梨最大的博物館，收藏展品超過 38 萬件，館內有五個主題區，展出內容從人類最早的瓦特蒸氣引擎、最古老的蒸氣火車，到可以動手做實驗的科學遊戲，衛星及太空衣等，甚具參覽性。

本次會議研討內容共分為十個議題，計有 35 國 424 位作者所完成之 194 篇論文發表(論文目錄參附錄 2)，以 3 天時間同時於 4 個會場研討之(會議議程參表 1，論文統計表參表 2)，每位與會者均可依個人興趣專長選擇適合自己的議題參加，以下將本次 ASSCCA'03 會議各項議題內容摘要說明如下：

1. 鋼構造物(Steel)

- 藉由先進的結構分析、實驗研究來進行鋼構接合點(connection)在不同受力情況下其行為之探討或設計
- 鋼材斷面或接合點有關疲勞(fatigue)載重之探討
- 鋼構桿件穩定(stability)、挫屈(buckling)及受力後行為之結構分析及實驗研究
- 有限元素分析(finite element analysis)應用於鋼構接合

點及殘餘應力之預測

2. 鋁構造物(Aluminium)

- 鋁構造物在受力下之挫屈(buckling)行為探討及實驗分析
- 鋁製橋梁之設計及特性
- 鋁構造物之疲勞(fatigue)行為

3. 結構分析(Analysis)

- 閉合及開放斷面薄壁鋼梁在受力下之分析方法
- 彈塑性大撓度分析
- 二層架構較先進的二階分析(second-order analysis)
- 鋼及混凝土複合剛架之非線性分析
- 運用有限元素法(finite element method)對加勁鋼材進行分析

4. 耐火結構(Fire)

- 應用各種分析探討多層鋼構架建築、各類鋼材、柔性鋼鉸接合點在火中之各種力學行為分析及相關設計之應用
- 應用 Rankine approach 來預測受力鋼柱之臨界耐火溫度

5. 薄殼結構(Shells)

- 薄殼結構物受風力之瑕疵(imperfection)敏感度，邊界條件的穩定性影響

- 局部支撐(locally supported)薄殼分析
6. 複合結構(Composite)
- 鋼及混凝土複合梁之受力行為、相關分析及實驗研究
 - 複合結構接合點之桿件實驗及相關分析
 - 複合梁橋(波浪型鋼腹板之 PC 梁、鋼鈑梁+PC 橋面板、”鋼底腹鈑+預鑄橋面板”複合箱梁)之相關實驗結果及分析探討
7. 鋼管填充混凝土結構(Concrete filled tubes)
- 填充混凝土鋼管柱結構行為研究及相關探討
 - 中國近來有關填充混凝土鋼管結構(高樓、拱橋)之發展現況及相關探討
8. 混凝土結構(Concrete)
- 高強度混凝土結構之行為研究
 - 高性能混凝土之特性研究
 - 混凝土結構裂縫及變形之數值模式及功能對應服務時間之數值模擬分析
9. 耐震力結構(Seismic)
- 各類材料(RC, SRC, CFT, RCFT)之柱結構、梁柱剛架結構及梁柱接合點受震力後結構行為分析及相關探討
 - 先進之耐震力結構保護技術
 - 各型結構物受地震力之實驗、破壞分析及其行為探討
10. 結構物修復(Retrofitting)

- 鋼、混凝土梁柱經 CFRP(carbon fiber reinforced polymers-碳纖加勁複合材料)補強後之結構行為探討
- RC 建築經 CHS(circular hollow section-圓管鋼構件)斜撐加勁之耐震補強實驗研究

上列各議題中，我國共有 2 篇文章，皆為交通大學計 5 位作者共同發表，分別為屬於”結構分析(Analysis)”議題之 Lateral-torsional buckling analysis of a doubly symmetric thin-walled beam under axial force and bending moment(對稱雙薄壁梁承受軸力及彎矩下之側向扭轉挫屈分析)及屬於”鋼管填充混凝土結構(Concrete filled tubes)”議題之 Behavior of steel beam to circular CFT column connections(鋼梁與混凝土填充圓型鋼管柱之接頭行為探討)

從表 2 之論文發表統計表，有關”鋼結構物”(Steel)類之論文篇數最多(49 篇，佔全部論文數之 25%)，主要係由於本次 ASSCCA'03 國際結構研討會係由兩個結構研討會所合併舉辦，而原先之兩個結構研討會皆有鋼結構物之議題，故鋼構比重增加之故。

在所發表論文中，部份論文內容與國道建設有直接而密切的關係，例如鋼與混凝土複合梁之橋梁建造、鋼管填充混凝土拱橋以及 CFRP 之橋梁補強等實務案例及研究都值得國內工程師進一步來了解及應用。

ADVANCES IN STRUCTURES

Steel, Concrete, Composite and Aluminium

Proposed Conference Program

Sunday 22nd June 2003		Tuesday 24th June 2003	
5:30 pm – 7:00 pm	Pre-registration & Welcome Cocktail Party The Terrace Room Novotel Hotel, Darling Harbour 100 Murray Street, Pyrmont	8:30 am	Arrival Tea/Coffee
		9:00 am	Keynote Presentation
		9:50 am	4 Concurrent Sessions
		10:50 am	Morning Tea/Coffee
		11:20 am	4 Concurrent Sessions
		12:50 pm	Lunch
		2:00 pm	Keynote Presentation
		2:45 pm	4 Concurrent Sessions
		3:50 pm	Afternoon Tea/Coffee
		4:20 pm	4 Concurrent Sessions
		5:50 pm	Sessions close for the day
Monday 23rd June 2003		Wednesday 25th June 2003	
7:45 am	Guide to venue If you would like to walk with a guide to the conference venue, please meet in the foyer of the Novotel.	8:30 am	Arrival Tea/Coffee
8:00 am	Conference Registration (Powerhouse Museum Level 3) Arrival Tea/Coffee	9:00 am	Keynote Presentation
		9:50 am	4 Concurrent Sessions
		10:50 am	Morning Tea/Coffee
		11:20 am	4 Concurrent Sessions
		12:50 pm	Lunch
		2:00 pm	Keynote Presentation
		2:45 pm	4 Concurrent Sessions
		3:50 pm	Afternoon Tea/Coffee
		4:20 pm	4 Concurrent Sessions
		5:30 pm	Closing Ceremony
		5:45 pm	Conference sessions conclude
		7:00 pm	Conference Dinner Dockside Cockle Bay Wharf, Darling Harbour
8:45 am	Opening Address Keynote Presentation		
9:50 am	4 Concurrent Sessions		
10:50 am	Morning Tea/Coffee		
11:20 am	4 Concurrent Sessions		
12:50 pm	Lunch		
2:00 pm	Keynote Presentation		
2:45 pm	4 Concurrent Sessions		
3:50 pm	Afternoon Tea/Coffee		
4:20 pm	4 Concurrent Sessions		
5:50 pm	Sessions close for the day		
7:30 pm	Harbour Cruise Aquarium Wharf, Darling Harbour		

表 1. 2003 年 ASSCCA 會議議程表

類別 國名	Keynote Lecture	Steel	Aluminium	Analysis	Fire	Shells	Composite	Concrete filled tubes	Concrete	Seismic	Retrofitting	合計
日本	1			2			4+(1)	4+(2)	1+(1)	11+(1)	2	25+(5)
英國	1	3		1	2		2+(2)			(1)	1	10+(3)
美國	1	4+(1)	1	2			(1)		1	3+(3)		12+(5)
義大利	(1)	2	2	1		1	1		1	2+(2)		10+(3)
法國	(1)											(1)
芬蘭	1											1
澳洲	1	13+(1)		5	1	1	5+(3)	1+(2)	6+(1)	1+(2)		34+(9)
葡萄牙		2+(1)	1	1						(3)		4+(4)
荷蘭		1+(1)	2		1							4+(1)
伊朗		1		2				1				4
韓國		2					2	2		1		7
印度		1		1				2	1	2		7
德國		2	3		1	1						7
南非		1							1			2
中國		4+(2)		2			(1)	4+(3)	2+(1)	1+(1)		13+(8)
加拿大		3								1+(1)	(1)	4+(2)
斯洛維尼亞		1										1
智利		1										1
沙烏地阿拉伯		(1)										(1)
巴西		1								(1)		1+(1)
新加坡		(1)			3		2	(1)		(1)		5+(3)
羅馬尼亞		1								1		2
馬來西亞		1										1
匈牙利		1								(1)		1+(1)
波紫那			(1)									(1)
波蘭			(1)									(1)
比利時				1			1					2
台灣				1				1				2
紐西蘭					1					(1)		1+(1)
阿曼					1				1			2
埃及							1			1	(1)	2+(1)
泰國								1				1
瑞士									(1)			(1)
捷克									1			1
孟加拉										1		1
合計	6	49	10	19	10	3	22	20	17	34	4	194

註1：() 內數字係表示與他國作者共同發表之論文數

註2：論文合計35國，424位作者

表 2. 2003 年 ASSCCA 論文發表統計表

(二)考察內容綜述

本次參訪地澳洲是世界最小的大陸，最大的單一島嶼(面積達 768.23 萬平方公里，與美國本土相當)，最年輕的國家之一(西元 1901 年才脫離大英帝國獨立建國)。西元 1770 年英國科克船長在東澳升起英國旗幟後，澳洲就成為英國在南半球的屬地，1788 年至 1868 年澳洲成為英國流放犯人的海外監獄(其間 1793 年亦開始第一批自由移民)，1901 年獨立建國後制定白澳政策，直至 1972 年白澳政策結束後才又開放接納亞洲移民，活絡了原有濱海城市的生命力，再加上內陸擁有廣大礦產資源及澳洲本土一直未受戰火侵襲，國內各項建設得以持續不斷，使得澳洲能邁入已開發國家之列。澳洲地廣人稀，人口約 1,900 萬(澳洲面積比台灣大 215 倍，人口尚不及台灣)，有七成人口住在沿海的主要城市，為了連接這些城市，交通建設亦十分完善，本次參加研討會後亦順道參訪雪梨及布里斯班兩個地區的相關建設，茲就參訪內容綜述如下。

1. 雪梨港灣大橋(Sydney Harbour Bridge)

雪梨市號稱是世界上最漂亮的海港城市，雪梨港灣大橋除了因雪梨港灣的週遭美景為大家熟知外，近來更因雪梨歌劇院(Sydney Opera House，參下節說明)的搭配而更為世界知名(參圖 1 及照片 1)。這座 1932 年完工

通車，橫跨雪梨港，擔任雪梨南北兩區(北方為高級住宅區，南方為雪梨商業中心)運輸動脈以鋼鐵建造的桁架式拱橋，總跨度 503m，是目前世界上跨度第三大的鋼拱橋(昔完工時為世界第二大鋼拱橋，與早它一年完工的第一大鋼拱橋之美國紐澤西州 Bayonne Bridge 跨度少 0.6m)，其目前之橋寬 48.8m 則被金氏世界紀錄列為世界上最寬的橋。在這橋面上，佈設了 8 線車道，2 條火車軌道，1 條人行步道和 1 條腳踏車專用道，堪稱是全功能的橋，而當初橋梁建造在設計之時已對橋基及相關構件預留了未來增加載重的承載容量，讓日後為因應人員通行量增加所後設之火車配置得以完成。

由於雪梨灣將雪梨市從中分開，形成南北兩區，從 19 世紀以來，當地就開始有人倡議要修橋，或是挖海底隧道，來連接兩地以利快捷交通運輸，由於工程浩大，經費太高，計劃一再拖延，一直到 1922 年新南威爾斯政府終於推出國際標，決定建造橋梁。雪梨港灣大橋是由一家英國公司 Dorman Long 得標負責施工(由其合作之設計顧問公司 Ralph Freeman 負責設計)，總造價 2000 萬澳幣，在 1924 年開始動工，於 1932 年完工。港灣大橋的造型係採曲線流暢優美的拱門型，雪梨人稱此橋為”大衣架”(coat hanger)。港灣大橋在建造過程中共用了約 3.84 萬公噸的鋼料，600 萬根鉚釘，3 萬公升

的油漆。由於本橋位處海灣，鋼材易受鹽份侵蝕，大橋完成至今油漆保養工人每天都須從事橋梁保養作業，目前由北往南的汽車過橋時，須支付過路費以提供大橋維修保養費用（此橋每年須花上 300 萬澳幣的保養費）。

雪梨港灣大橋的桁架式拱橋型式，其拱體結構係由上、下兩個拱弦(top chord & bottom chord)組成(參照片 2)，拱弦間另以一垂直桿件及傾斜桿件等構材來加勁，兩個拱弦在水平向亦皆有交錯式桁架桿件連結(參照片 3)來加強抗風穩定性。橋面結構亦為桁架式(truss)結構，以垂直繫桿將橋面上的車輛載重及橋面結構本身之自重傳遞至拱體結構，拱體結構中之下拱弦(bottom chord)於靠近兩側橋塔時係穿到橋面桁架下方，以鉸接(hinged support)(參照片 4)方式將橋體所受之水平力及垂直力導入橋塔之基座中。橋體兩側之橋塔除了基座提供作為橋梁之基礎外，塔樓本身並不承受橋體荷重，主要係作為橋梁之裝飾作用(參照片 5)，塔樓內部亦為一小型博物館，介紹大橋的建造故事。

本橋由於規模龐大，車子駛經橋面時其巨大結構視覺的浮現讓人覺得有些迷惘及震懾(參照片 4)，而回想 80 年前的工程人員，在昔時施工設備及技術仍多所限制的條件下，以 8 年的施工來克服這天然海灣障礙完成這偉大的橋梁仍著實讓人十分敬佩。

近年來雪梨市南北兩區交通流量仍日益增加，為了減輕雪梨港灣大橋的運輸負荷，必須另闢交通幹線，為了避免在目前雪梨港灣大橋旁另建跨越海灣橋梁而影響了景觀，最後係在橋下附近另興建海底隧道(參圖 1)，雖然造價較高但能維持雪梨港灣大橋的周遭環境勝景，仍十分值得。

2. 雪梨歌劇院(Sydney Opera House)

雪梨歌劇院幾乎是無人不知，無人不曉的建築，它是雪梨或許是全澳洲的地景標誌(參照片 6~8)。歌劇院所在位置是位於雪梨港內的班尼隆角(Bennelong Point，參圖 1)上，原先是個小島隔著淺淺的水灘與澳洲大陸相望，後來歌劇院作地基及平台施工時才以工程手段將其與港區陸塊鋪設在一起。

1950 年代澳洲新南爾威斯州政府決定要建一座國家歌劇院來代表雪梨的精神，為了讓歌劇院能成為國際性建築，新南威爾斯州政府於 1956 年以開國際標的做法，向全世界著名建築師徵求設計藍圖，在 32 個國家 233 位競爭者中，丹麥建築師裘安.約農(Jorn Utzon)於 1957 年獲得歌劇院設計競賽頭獎。Jorn Utzon 的設計之所以能打敗其他競爭者的原因，就是他的設計創新風格，打破當時建築界對空間應用的觀念。他的設計主要是幾個蜆殼型屋頂，向前後張開，有點像迎風飽張的船

帆，特殊的外觀獨一無二，給人們很多想像的空間，故也有人說它像橘子瓣或說它像是恐龍蛋。

雪梨歌劇院於 1959 年動工，原本州政府計畫以 700 萬澳幣在 5 年內竣工，但最後卻花了 14 年時間總經費高達一億元澳幣，才在 1973 年開幕啟用。雪梨歌劇院的建造費用初期係從各種慈善活動中來籌募基金，後來州政府以出售彩券來籌募更多的建設費用，尤其是出售彩券讓歌劇院後來在碰到施工困難，工期拖長時仍能順利進行下去。

Jorn Utzon 在歌劇院建造的第一、二期(1959~1966)為主持建築的總工程司，惟充滿後現代感的歌劇院，在當年引發許多澳洲人走上街頭抗議，這燙手山芋使得歷任政府幾乎受牽連垮台，前衛的設計原本就不易被認同，施工不易且超出預算，保守人士看這花錢又奇特的建築，力促停止或更改設計，大肆抨擊原創設計師，Jorn Utzon 與州政府間的意見衝突也愈來愈嚴重，最後於 1966 年 Jorn Utzon 辭去總工程司的工作離開了雪梨，當初並誓言不再踏入澳洲。以當時世俗眼光，不能接受這樣的作品是可以理解的，但設計歌劇院的遠見眼光，卻非常人所能比擬，不愧為二十世紀傑出的建築代表，歌劇院現在已經成為南半球最耀眼的勝景，也是全世界遊客必朝聖之地。1973 年 10 月 20 日由英國女皇伊莉

莎白二世主持開幕，開幕當天，據報導船隻雲集雪梨港，煙火囂天，活動長達三個月之久，而歌劇院的創造者 Jorn Utzon 卻無緣出席這場世紀盛會，澳洲政府曾於 2000 年雪梨奧運邀請他回雪梨，但 Jorn Utzon 至今卻依然恪守他當初誓言並未回到澳洲。

歌劇院 14 年的建造(1959 年~1973 年)可分為三期，第一期由 1959 年 3 月至 1963 年，主要是建造地基及平台，有些深基礎甚至打到海床下 23m 深。在這時期，Jorn Utzon 也針對歌劇院最難作之蜆殼形屋頂構思其施工方式，其最後解決方法係採用”球體法”，即在地面上用水泥蓋一座等體積的半圓球體，然後再按每個屋頂的比例，在同一半圓球體的拱形部份進行切割，就像切蛋一樣來製造出殼型，一塊塊的「橘子瓣」殼型，再用鋼架將它們逐一架高。

在歌劇院的第二期工程自 1963 年至 1966 年間，Jorn Utzon 逐漸將工程中最困難的屋頂工程依前述構想施築完成。Jorn Utzon 並從瑞典進口了 100 多萬片可防灰塵累積的白色鈹瓦片鑲在歌劇院蜆殼型的屋頂上，讓歌劇院在陽光下更顯亮麗。

歌劇院的第三期工程自 1966 年至 1973 年間，由哈爾(Peter Hall)、托特(Lionel Todd)與李德莫(David Littlemore)三人所組織的財團繼續完成，後續工程並將

重點放在歌劇院的內部裝潢上，將這座歌劇院的空間利用發揮到極致，工程中不斷有新問題，也不斷透過實驗小心施工，以克盡全功。

Jorn Utzon 是歌劇院的設計創作者，也參與了 14 年工期之前半段計 7 年有關歌劇院最困難土木建築硬體造型的施工，雖然他於 1966 年離開雪梨後未再回到澳洲，1999 年應 Sydney Opera House 信託監管委員會的要求，Jorn Utzon 同意撰寫一份設計原理報告，作為未來對該建築群修繕工作的指南，可見 Jorn Utzon 對這座二十世紀的傑出建築仍有著眷戀，也希望這樣特殊的建築除了發揮它的文化功能外，也能永遠光鮮亮麗讓世人親近及欣賞。

3. 澳洲公路建設情形

澳洲雖然立國時間較短，但國內物產豐富政治安定，經濟建設及科技水準一直在穩定環境中持續發展，故交通網路建設亦十分發達，惟澳洲廣大國土中內陸土地大都是荒原漠地，有七成人口住在沿海的主要城市，故高速公路系統也大抵是環繞著陸塊外圍佈設。本次參訪的主要區域在澳洲東岸的雪梨至布利斯班一帶，茲就所參訪相關公路建設情形，以下列各項綜述如下：

(1) 橋梁工程

澳洲除了雪梨港灣大橋聞名於世外，其餘茲就所見較

為著名或具特色之橋梁及相關工程作一介紹。

A. ANZAC Bridge

ANZAC Bridge(或 Glebe Island Bridge)係位於 49 號 Highway 從雪梨市西側之 Pyrmont 區跨過海域 Blackwattle Bay 至對岸 Rozelle 區(參圖 1, 2)之三孔雙塔式雙面鋼纜型式斜張橋(參照片 9)，由於橋址所鄰近之雪梨市西側之 Fish Market 為一旅遊區域，基於景觀考量，採鑽石型橋塔之斜張橋來佈設。橋梁相關資料如下：

橋長配置：140m+345m+140m=805m

施工期間：1992 年~1996 年

造價：澳幣 8,000 萬

承商：Boulderstone Hornibrook

Freyssinet(cable, formwork, & prestressing)

ANZAC=Australia & New Zealand Army Corps

B. Gateway Bridge

Gateway Bridge 橋寬 22m (6 車道)，全橋長約 1.6km，位於布利斯班市區東側之 Gateway Motorway(連接布利斯班市北側之 Bruce Highway 及東南側之 M1-Pacific Motorway)上，其主橋跨越 Brisbane River (參圖 3)，為一採雙柱式橋墩以懸臂工法施工之三孔變斷面預力混凝土連續梁橋

(參照片 10~13)，完工時其 260m 之主跨徑為世界上跨徑最長之預力混凝土梁橋，並保持了 15 年的世界紀錄，該橋梁採用之單箱室預力箱型梁(single cell box)至今仍為世界最大之預力梁箱室(在橋墩上之箱室尺寸為 15m 深，12m 寬)。本橋係連接布利斯班市國際及國內機場之重要道路，也是布利斯班市北連接陽光海岸(Sunshine Coast)南接世界知名之黃金海岸(Gold Coast)的重要幹道。以該橋之航道跨徑需求，應適合採斜張橋或拱橋型式，惟橋址鄰近機場，受飛行航高限制，故以大跨徑之懸臂梁橋來設計。由於橋體規模在世界懸臂預力梁橋型中具有重要地位，且該橋設計施工亦獲得國際諸多獎項及肯定，故 Gateway Bridge 也成為布利斯班市的知名地標。本橋造價達澳幣 1.4 億元，而往來本橋之車輛必須繳交通行費(參後節(6)收費系統介紹)以支付建橋費用也是本段高速公路特有的作法(澳洲高速公路系統原則上不收取通行費)。橋梁相關資料如下：

橋長：1.6km

主跨徑：260m

橋寬：22m (6 lanes)

梁深(max)：15m

淨高：55m

施工期間：1980 年~1986 年

造價：澳幣 1.4 億元

設計公司：Mc Donald Wagner & Priddle

Losinger Construction AG (deck of main span)

承商：Transfield Constructions

NRS AS (formwork)

C. Story Bridge

Story Bridge 位於布里斯班市 1 號 Highway 跨越 Brisbane River(參圖 4)，為一鋼桁架懸臂橋 (truss steel cantilever bridge，參照片 14~16)，是二次世界大戰期間興建橋齡已達 63 年之橋梁，由於維護適當至今仍提供良好運輸功能。

橋梁相關資料如下：

主跨：281.6m

總長：1375m

淨高：30.4m

drop-in span：94m

施工期間：1935 年~1940 年

造價：澳幣 323 萬

設計公司：John Job Crew Bradfield

承商：Evans Deakin

M R Hornibrook Pty Ltd. (聯合承攬)

D. Victoria Bridge

Victoria Bridge 位於布里斯班市從南岸公園(South Bank Parklands)跨越 Brisbane River 至北區市中心(參圖 4)之變斷面預力混凝土連續梁橋(參照片 17~18)，其施工方式看似採場鑄懸臂工法，惟實際上該橋係於河床打基樁架設臨時支撐架來施築預鑄預力混凝土橋體，中央跨部份係以 drop-in span 的方式來完成。整個橋梁線條簡潔優美，梁體側壁蓄意以垂直飾條並加上表面塗裝來營造景觀效果(參照片 19)，而夜間的橋體照明設計及水面倒影有如臥波長龍，使得橋址附近鮮明亮麗，對市容景觀甚有助益(參照片 20)。橋梁相關資料如下：

淨高：11.4m

通車：1969 年

設計公司：Co-Ordinator Generals Department

承商：Hornibrook Construction Pty Ltd.

E. Highway 橋梁型式

所見 Highway 橋梁以簡單預力混凝土梁橋居多(參照片 21)，對於有立體交叉之橋梁則採用鋼鈹梁橋型式(參照片 22)，上述有關橋型之選擇與國內理念相差不多，惟澳洲部份高速公路之跨越橋亦有較特

殊之小型斜張橋型式(參照片 23)。另澳洲高速公路跨越橋所見到 drop-in span 的型式(參照片 24)，在國內近來高速公路的設計則基於耐震防止落橋及伸縮縫服務性的考量而未再採用。

F. 橋台型式

部份開放式橋台護坡(參照片 25)及封閉式橋台擋牆表面(參照片 26)的型式及材質與國內常用之設計有所不同，其表面之飾條、色彩或造型，就景觀而言仍具參考價值。

(2)路面工程

澳洲高速公路路面以瀝青混凝土(AC)路面居多(參照片 27)，亦有部份路段以剛性(PC)路面鋪築(參照片 28)，剛性路面之路段在遇有橋梁結構時則仍以瀝青混凝土路面來鋪設(參照片 29)，此情形與目前國內高速公路之現狀及設計理念是一致的。

(3)擋土牆工程

澳洲 Highway 擋土牆型式(含橋台之擋土牆)除了一般 RC 擋土牆外，加勁式擋土牆型式亦常可見，除了滿足結構及地工功能須求外，加勁式擋土牆多種面板的型式及色彩設計(參照片 30)，讓開車用路人常有活潑愉悅的視覺感受，這一點值得國內工程師在設計結構體時，除了設計符合功能實用經濟的考量外，亦

可多思考一些景觀搭配的事宜。

(4) 隔音牆工程

澳洲 Highway 隔音牆型式所見計有經色彩或圖案處理之 RC 板隔音牆(參照片 31, 32)及木板隔音牆(參照片 33)居多，部份隔音牆另以圖案彩繪方式來進行美化(參照片 34)。

(5) 交通管理

澳洲的汽車是靠左行駛，市區及城鎮的最高時速為 60km/hr，鄉間幹路及高速公路一般最高時速為 100km/hr(參照片 35)，除非另有標誌來標明速度(90km/hr 或 110km/hr，參照片 36)。

(6) 收費系統

澳洲高速公路一般不收費(惟 Gateway Motorway 之 Gateway Bridge 除外)，此點與國內不同。Gateway Bridge 長 1.6km 由於橋高及橋長均甚具規模，造價甚高(參上述(1).B.節介紹)，故高速公路在橋梁南側之路工段設有雙向收費站，以收取通行費來支付建橋費用及提供橋梁維護費用。收費站每向計有 4 列人工收費車道，2 列自動投幣車道，2 列電子收費車道(參照片 37)。使用電子收費車道之駕駛人，由於通過收費站時不須停車，對交通車流沒什麼影響(參照片 38)，惟車上須另裝設電子感應器(參照片 39)，而國內高速

公路亦已進行電子收費相關測試，未來電子收費系統應是國內高速公路收費必然發展且較為進步的收費方式。

(7) 交通工程

高速公路於路工段之外側及中央分隔帶護欄，有 W 型金屬護欄及 RC 護欄(參照片 40~42)，橋梁段之護欄則多採透空性較高的雙管式金屬護欄(參照片 43)，讓開車用路人能有較開闊視野及欣賞到高速公路外之景緻，另跨越高速公路之跨越橋護欄多採 RC 護欄，而護欄外側之飾條設計(參照片 25，26)讓高速公路用路人亦能有較佳視覺感受。另澳洲高速公路之標誌鋼構架設計與國內不一樣，標誌鋼構架僅係提供附掛標誌牌面，無照明設施，故亦不須要維修步道及爬梯等物，整個標誌鋼構架與國內比較顯得甚為輕巧及簡潔(參照片 44，45)，惟因無牌面照明，用路人夜間開車是否會受影響，值得進一步了解。

(8) 交控工程

澳洲高速公路的 CMS(資訊可變標誌)(參照片 36，46)及緊急電話(參照片 36)等交控設施與國內高速公路情形相似，惟 CMS 鋼構架設計較為簡潔。

(9) 橋下空間配設

澳洲 Highway 進入都會區時，由於區域之行人

通行、商業活動或休閒活動較多，常可見到橋下空間能作適當的搭配利用(參照片 47~50 之相關說明)。台灣地狹人多，公路建設之土地取得不易，部份人口聚集較密之橋梁區段，若能在不妨害橋梁安全及橋梁維管單位進行維護作業下讓橋下空間能充份搭配利用，則不失為兼顧交通需求及地方發展的良好作業模式。



圖 1. 雪梨市區域地圖



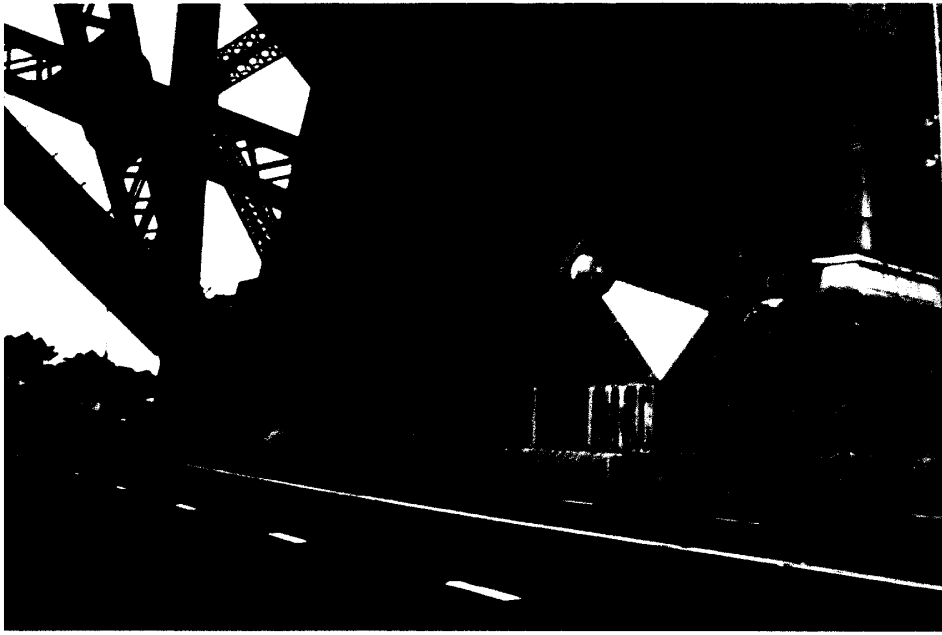
照片 1. 雪梨港灣大橋 & 雪梨歌劇院



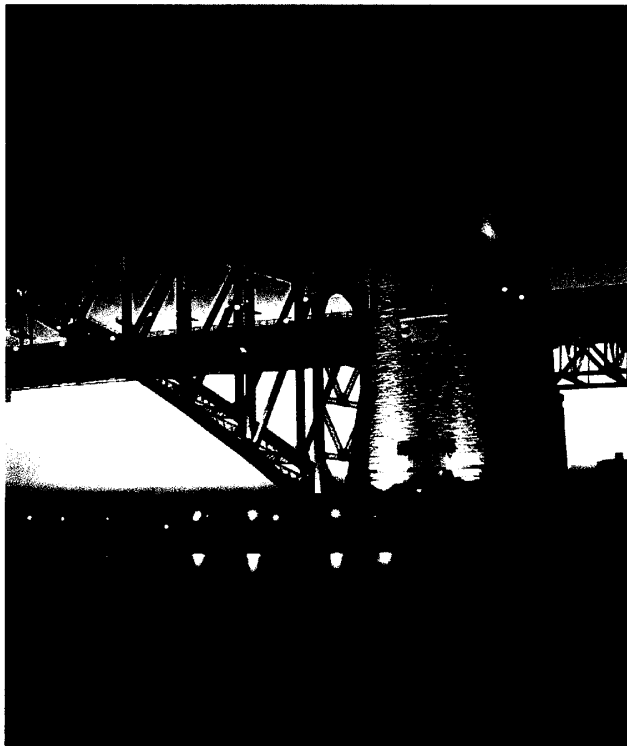
照片 2. 雪梨港灣大橋之桁架結構



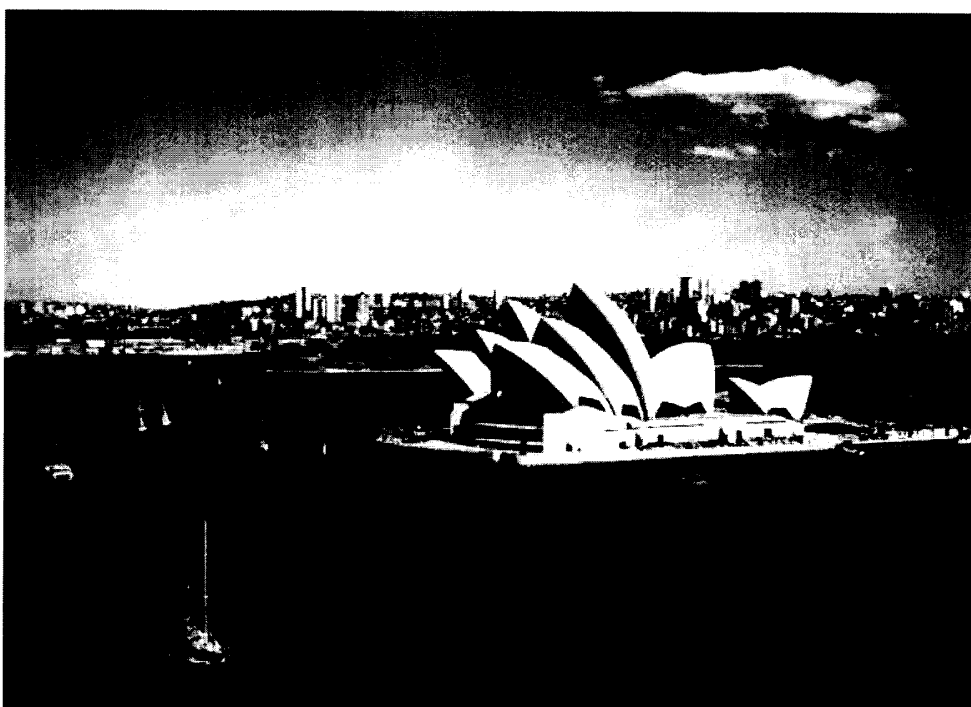
照片 3. 雪梨港灣大橋之水平桁架結構



照片 4. 雪梨港灣大橋之鉸接基座



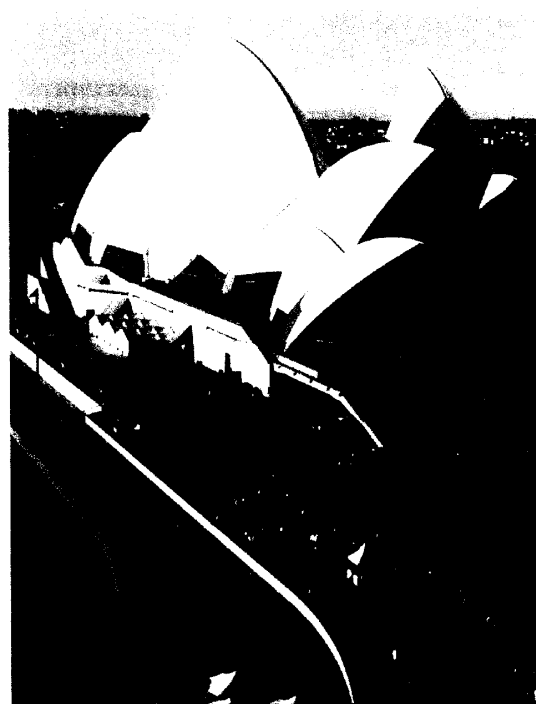
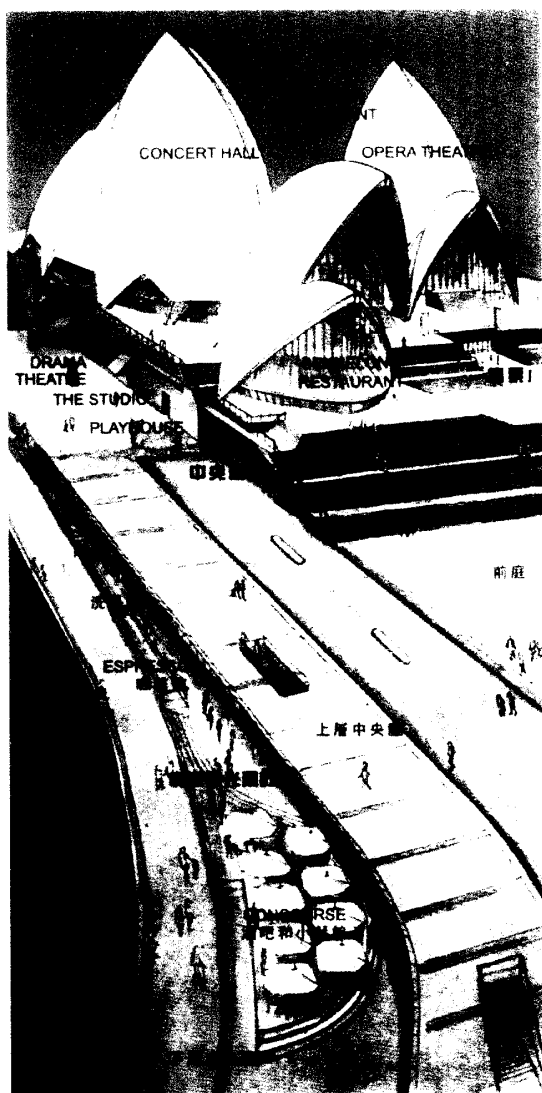
照片 5. 雪梨港灣大橋
之塔樓夜景



照片 6. 雪梨歌劇院 (1)



照片 7. 雪梨歌劇院 (2)



照片 8. 雪梨歌劇院 (3)

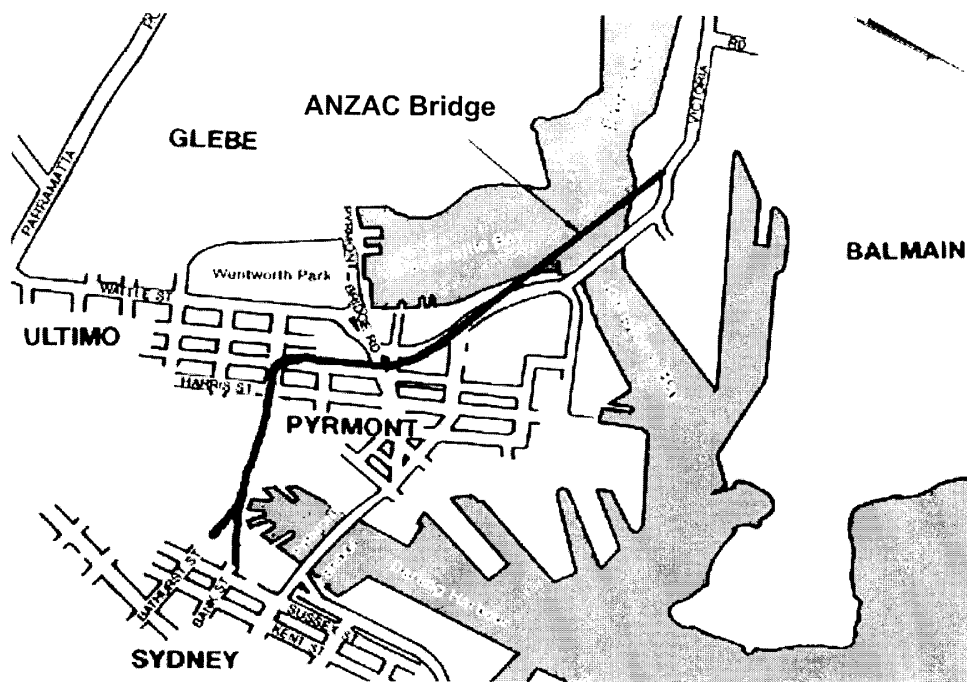


圖 2. ANZAC Bridge 位置圖



照片 9. ANZAC Bridge

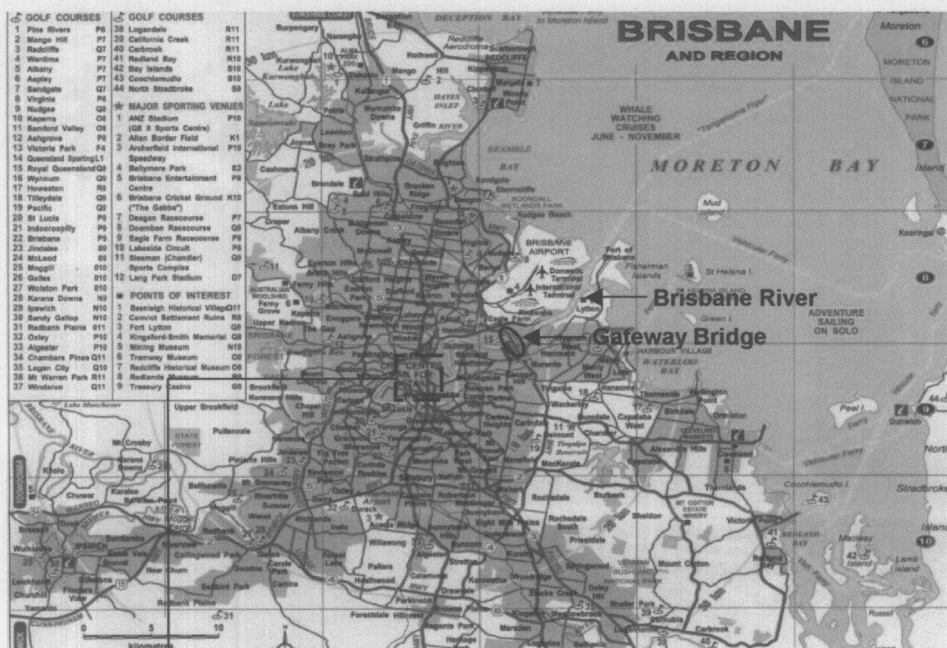


圖 3. 布利斯班市區域地圖

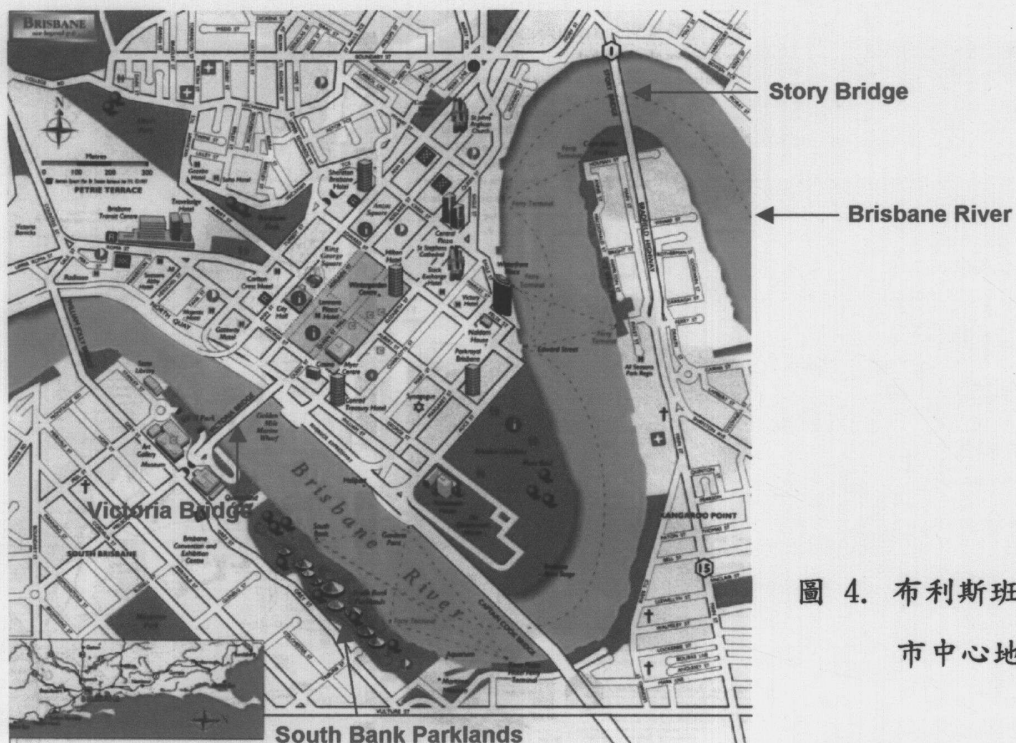
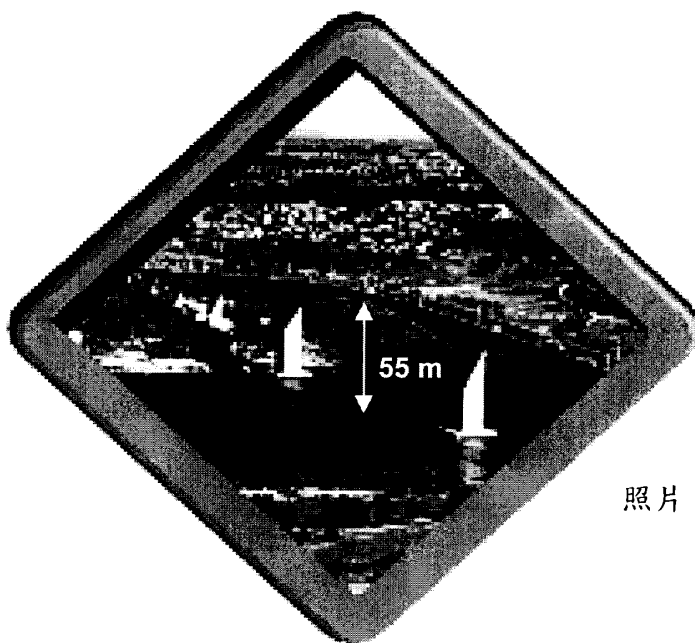


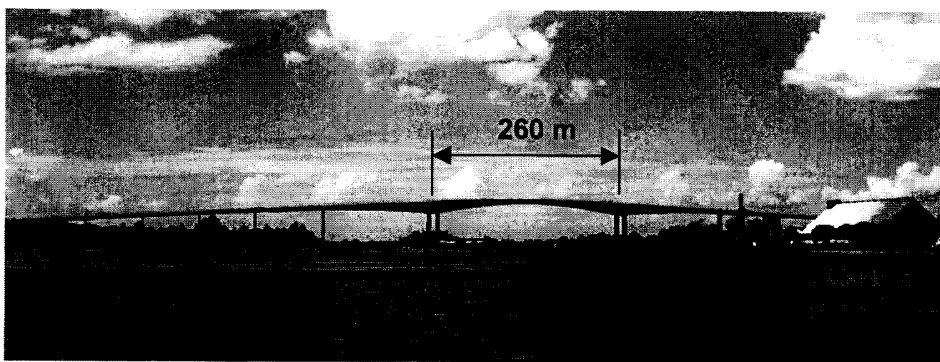
圖 4. 布利斯班
市中心地圖



照片 10. Gateway Bridge 懸臂施工



照片 11. Gateway Bridge
淨高 55 m



照片 12. Gateway Bridge 主跨 260 m



照片 13. Gateway Bridge 橋寬 22m 梁深 15 m



照片 14. Story Bridge



照片 15. Story Bridge 側視



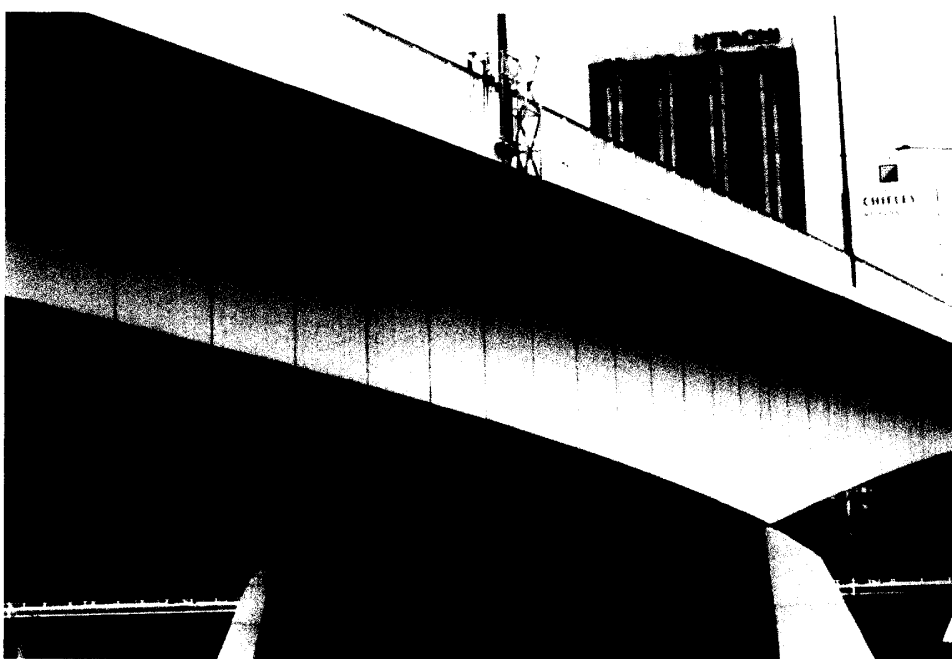
照片 16. Story Bridge 夜景



照片 17. Victoria Bridge



照片 18. Victoria Bridge 側視



照片 19. Victoria Bridge 側壁垂直飾條



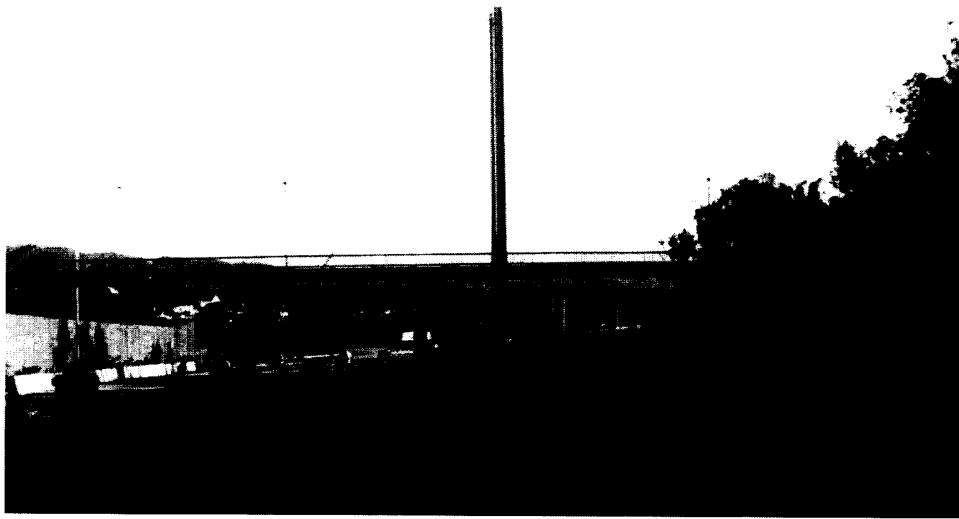
照片 20. Victoria Bridge 夜景



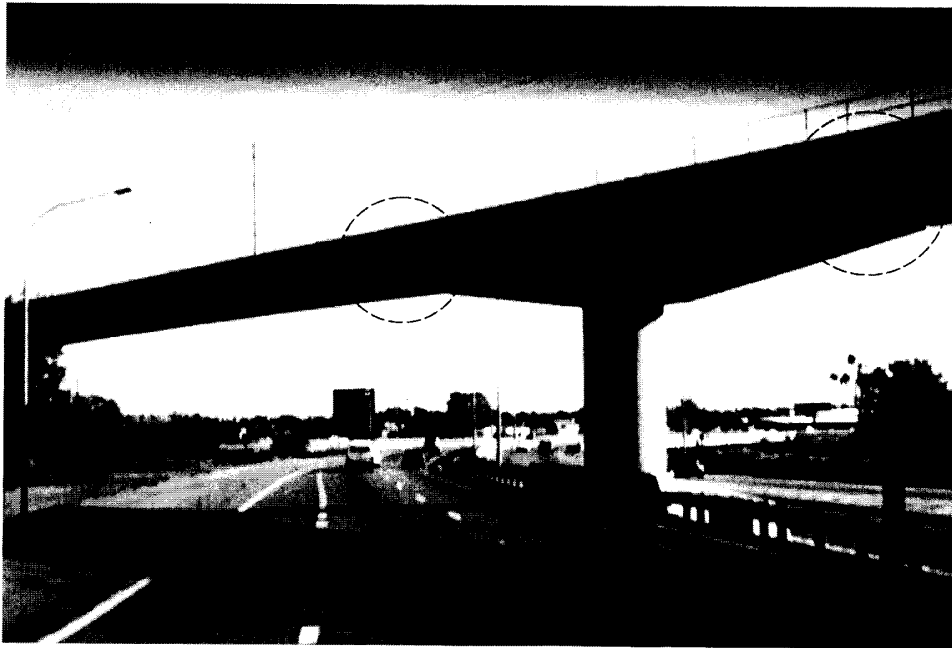
照片 21. Highway 橋梁以簡單 PC 梁橋居多



照片 22. 立體交叉橋梁採鋼鈹梁型式



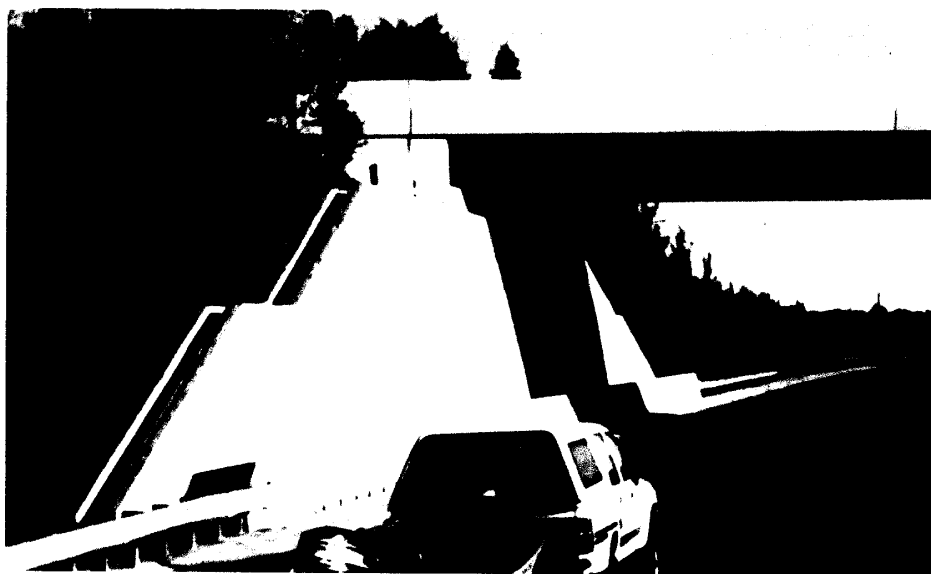
照片 23. 高速公路之少數跨越橋採斜張橋



照片 24. 採 drop-in span 結構型式之跨越橋



照片 25. 開放式橋台護坡 & RC 護欄線條修飾



照片 26. 封閉式橋台擋牆表面之色彩造型 & RC 護欄線條修飾



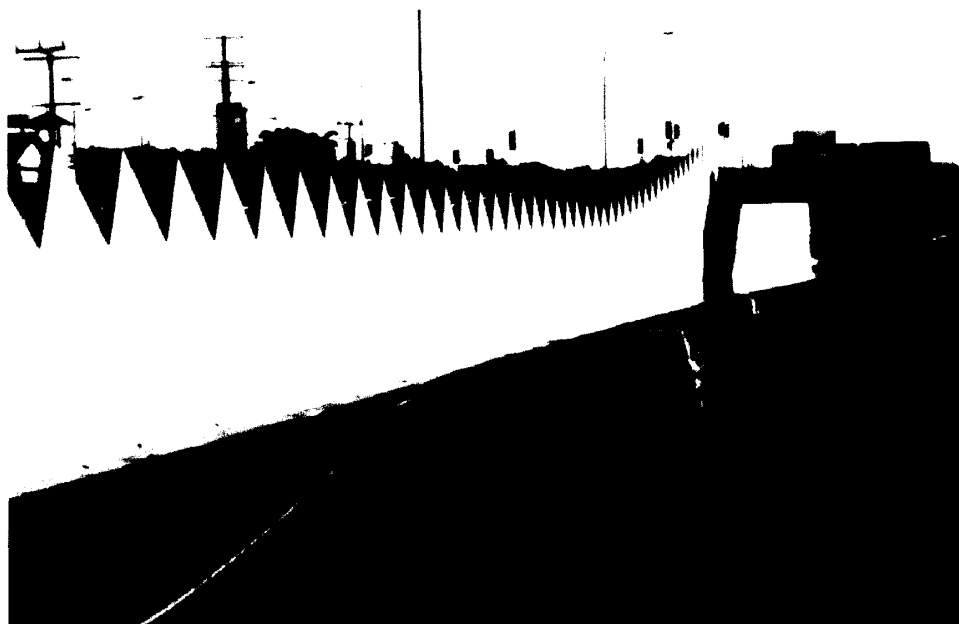
照片 27. 高速公路以 AC 路面居多



照片 28. 高速公路之剛性 PC 路面



照片 29. 高速公路之剛性 PC 路面在過橋段採 AC 鋪面



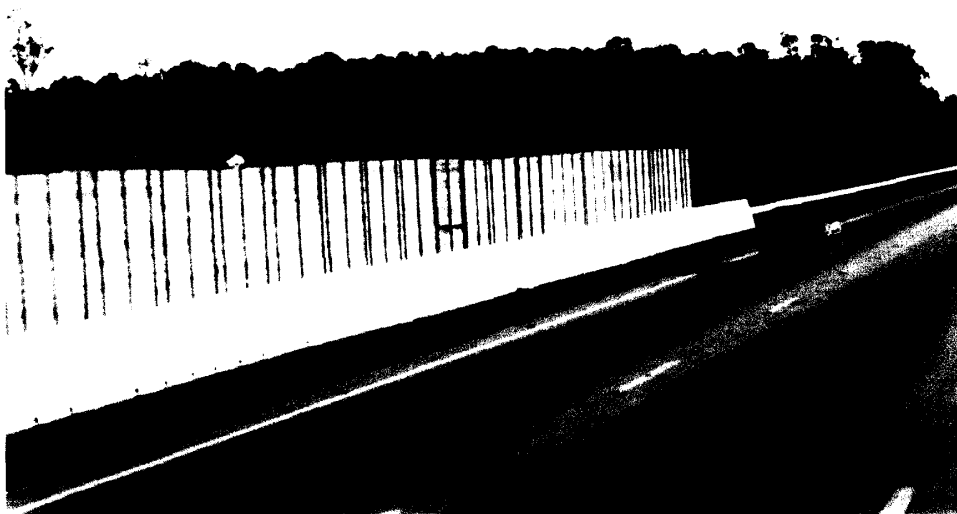
照片 30. 擋土牆之表面色彩 & 造型



照片 31. RC 板隔音牆色彩處理



照片 32. RC 板隔音牆圖案處理



照片 33. 木板隔音牆



照片 34. 隔音牆圖案彩繪處理

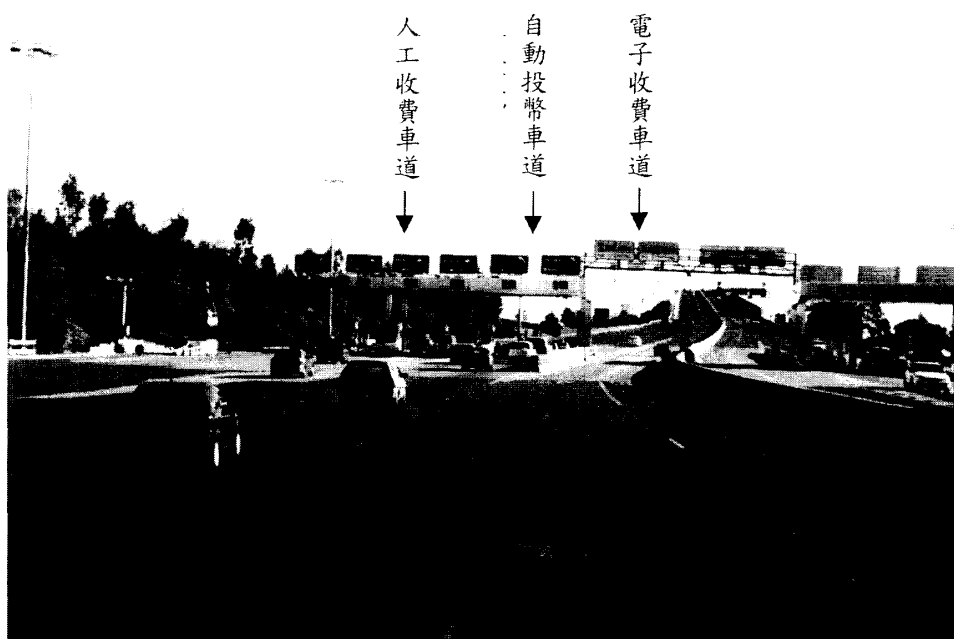


照片 35. 高速公路速限以 100 km/hr 為原則



照片 36. 高速公路部份路段標示速限 110 km/hr 或 90 km/hr

(緊急電話 & CMS 服務設施)



照片 37. 高速公路收費站



照片 38. 電子收費車道對交通車流無影響



照片 39. 車上裝設電子收費感應器



照片 40. 中央分隔帶之 RC 護欄



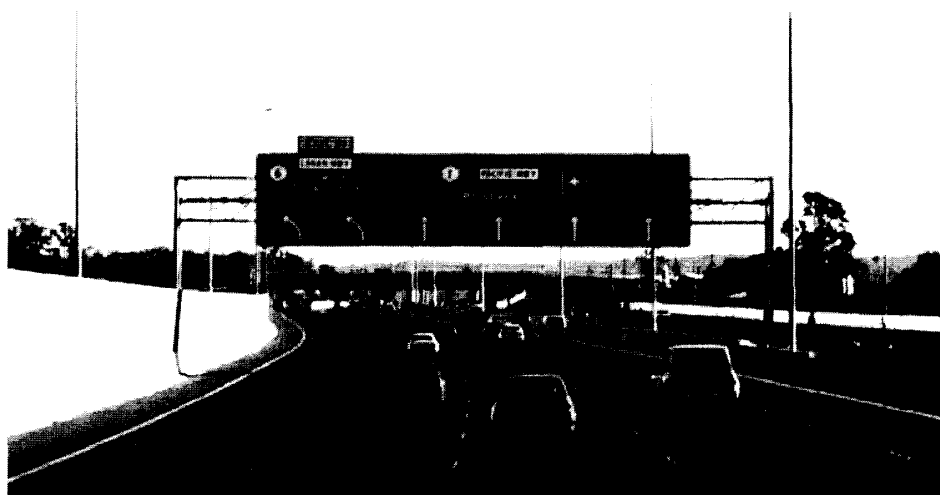
照片 41. 路堤段外側 W 型金屬護欄



照片 42. 路堤段外側 RC 護欄



照片 43. 橋梁段採透空型金屬護欄



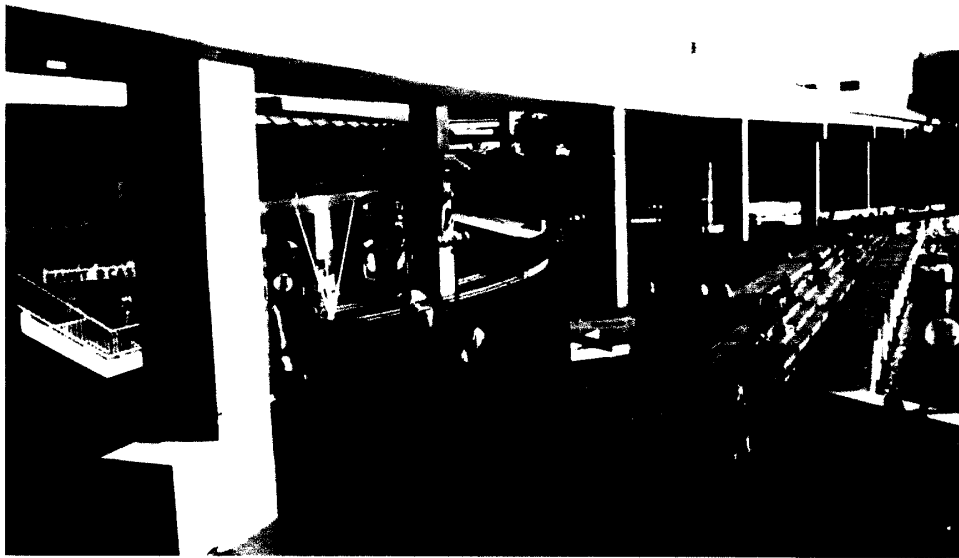
照片 44. 標誌鋼構架桿件輕巧



照片 45.標誌鋼構架桿件簡潔



照片 46. CMS 鋼構架桿件簡潔



照片 47. 橋下空間開闊並與遊憩區整體配設 (1)



照片 48. 橋下空間開闊並與遊憩區整體配設 (2)



照片 49. 橋柱搭配橋下空間及建物作色彩配設



照片 50. 橋柱外側搭配橋下空間及人行步道作導流配設

四、綜合心得與建議

ASSCCA 年會為國際結構工程資訊與技術交流的重要會議，國際上各項結構工程相關領域的發展現況、最新技術與研究成果及工程實例應用等都能為各國相關專家學者所吸取並對該國後續之工程任務及品質提昇繼續作出貢獻。本次參加 ASSCCA 年會及考察澳洲公路建設收穫良多，茲將相關心得建議綜述 5 點如下：

1. 本次會議計有 35 國 194 篇論文發表，由論文發表的數量可以反映該國對結構工程的技術水準，依所發表的數量來看，澳洲由於係主辦國計有 43 篇論文(佔全部論文之 22%)為最多外，其餘諸多先進國家之論文發表數均佔較多數，這其中值得注意的是中國大陸發表 22 篇論文，與其它先進國家相較並不遜色，而參加會議亦人數眾多，反觀我國論文數僅 2 篇實屬偏少，而我國近年來派員出席國際重要工程組織年會之人數及經費亦日趨減少，值得國內結構相關學者專家及政府部門大家再重視。
2. 對國道結構建造工程技術之提昇而言，本次年會所發表論文議題中之複合結構(Composite)有進一步了解之價值。日本所發表波浪型鋼腹板 PC 梁之複合橋梁，在日本已有諸多研究及工程實際案例，由於其上構重量輕可減少橋柱、基礎板尺寸及深基礎之數量，對位於強震區之山區

橋梁可減少坡址開挖並降低施工對山區環境的衝擊，符合目前國內重視環境的要求，而下構減小亦可減少施工時間及平衡鋼腹板工料較高之工程費而使得該複合材料橋梁與純 PC 橋相較具有競爭力，而該複合材料之橋梁工法日本多採平衡懸臂工法施作，該吊裝工法國內橋梁承商亦多熟稔，故該複合材料橋梁值得國道相關設計施工單位進一步深入了解未來國道山區橋梁應用該型橋梁之可行性。

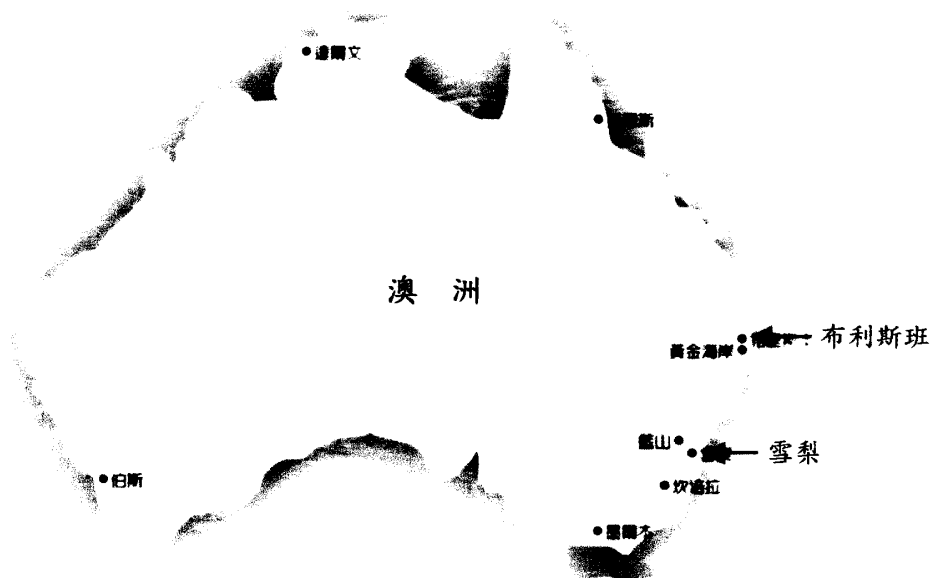
3. 由另一個論文議題鋼管填充混凝土結構(Concrete filled tubes)的論文中，可了解國際上已有諸多國家將該類結構應用於拱橋建造。鋼管填充混凝土拱橋具有下列 4 項特色，包含適用於 100~400m 的大跨徑橋孔，施工快速，基礎地質條件較其他 RC 拱橋更具適應性及外型優雅美觀。目前國道建設中並未有該類橋體結構，未來如有跨越山區深谷或河川等地形而有大跨徑的需求時，值得進一步研討鋼管填充混凝土拱橋應用於國內的適用性。
4. 雪梨港灣大橋及雪梨歌劇院這兩座雪梨重要的公共工程建設不僅相得益彰，互相襯托，是雪梨的地標更成為世界耀眼的勝景。尤其是雪梨歌劇院原計劃 5 年的工期最後以 14 年的艱辛施工方得完成，經費也暴增為原計劃的十餘倍，而設計者及昔日澳洲政府在建造期間都受到民意強烈批判的極大壓力而致離職及幾乎垮台等，都讓重

大公共工程的主辦人員及機關在建設過程中責任重大角色困難的特性表露無遺。當重大工程面臨困境時，工程人員及主辦機關當以雪梨劇院的建造歷程自勉並面對挑戰，戮力完成任務，也期望國內重大的公共工程建設，工程人員及主辦機關亦能有讓國人甚或國際人士刮目相看並留下耀眼成績的作品。

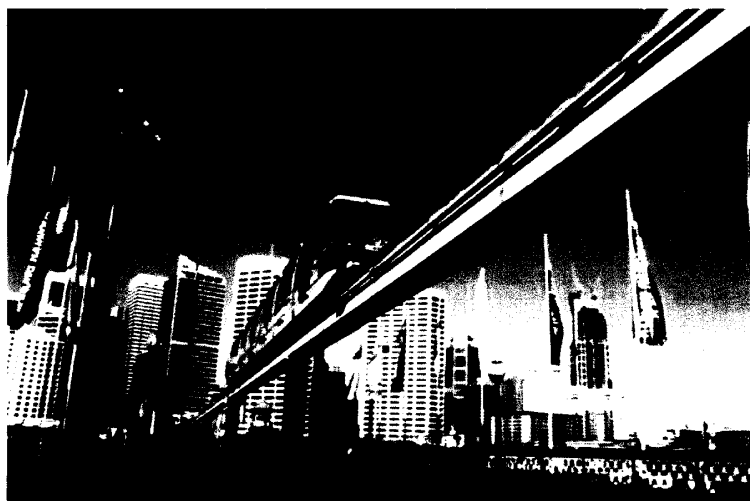
- 5.以本次澳洲高速公路建設的考察所見，國內的高速公路在近幾年來所表現的建設水準與澳洲比較並不遜色，而在景觀的考量上，澳洲高速公路的部份作法仍值得國內工程界借境，例如重視擋土牆面景觀處理，跨越橋 RC 護欄的外側面修飾，主線橋梁採透空型金屬欄杆增加開車用路人對路線外側景緻的視野及輕巧簡潔的標誌鋼構架設計等，都可讓國內設計單位再行檢討。另澳洲高速公路已啟用之電子收費系統亦值得國內相關工程人員進一步了解。

五、附 錄

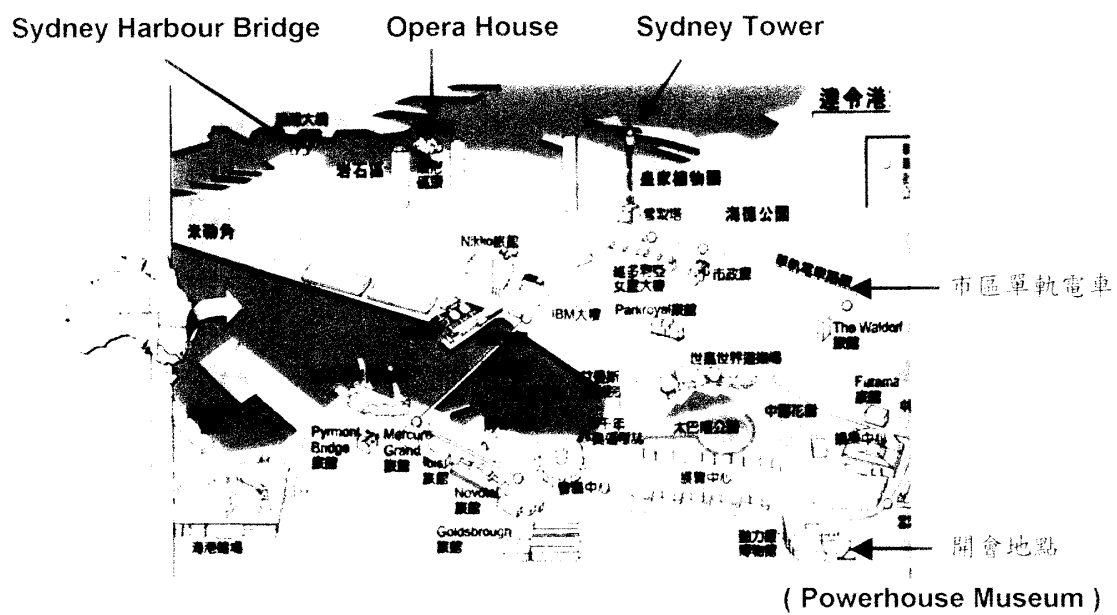
附錄 1：地圖及開會地點



澳洲主要都市位置圖



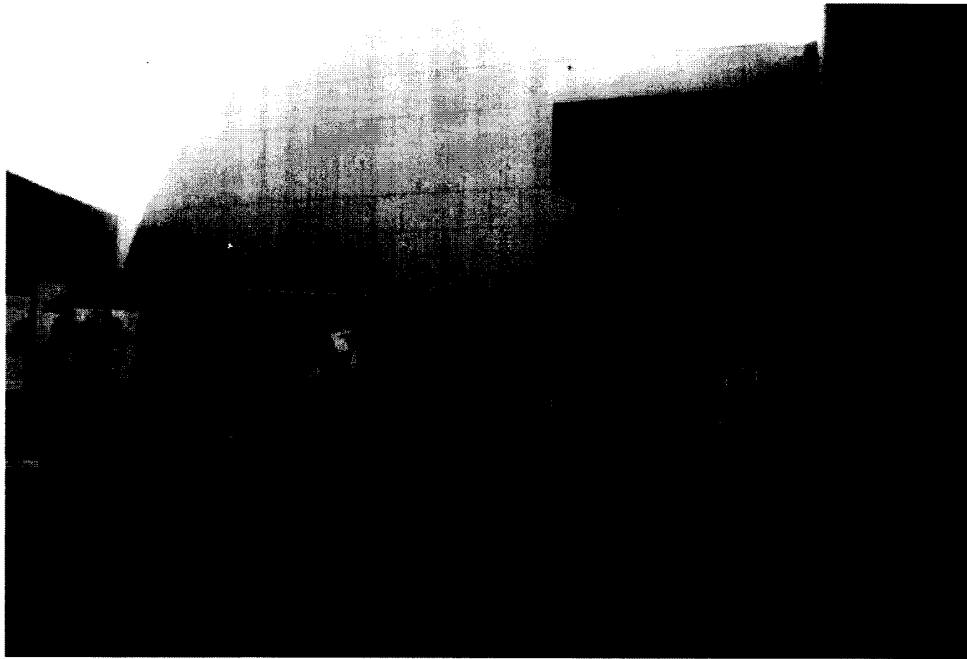
雪梨市區單軌電車



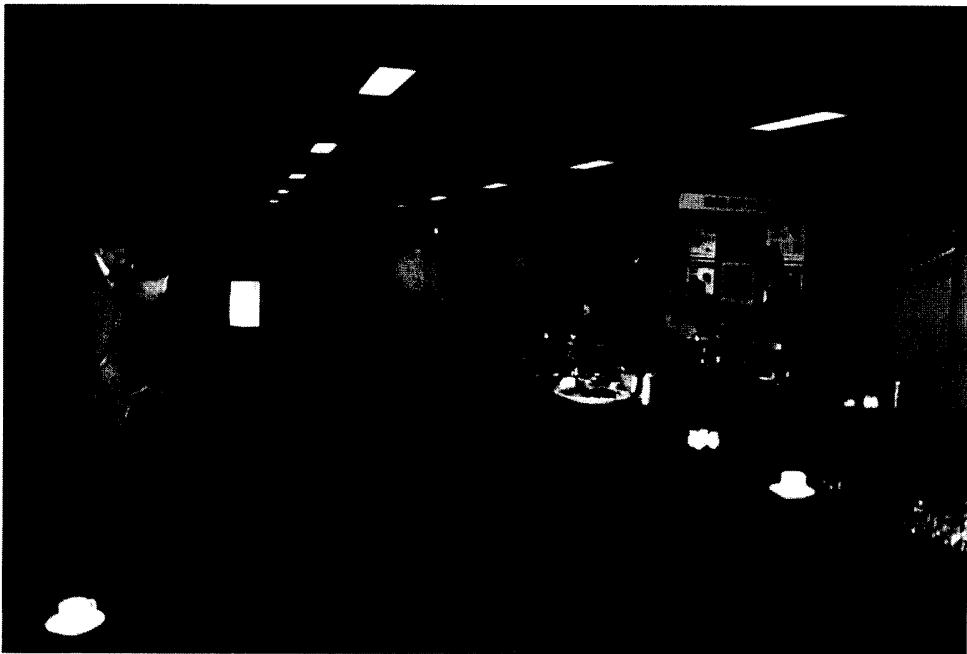
雪梨市中心地圖



雪梨市鳥瞰



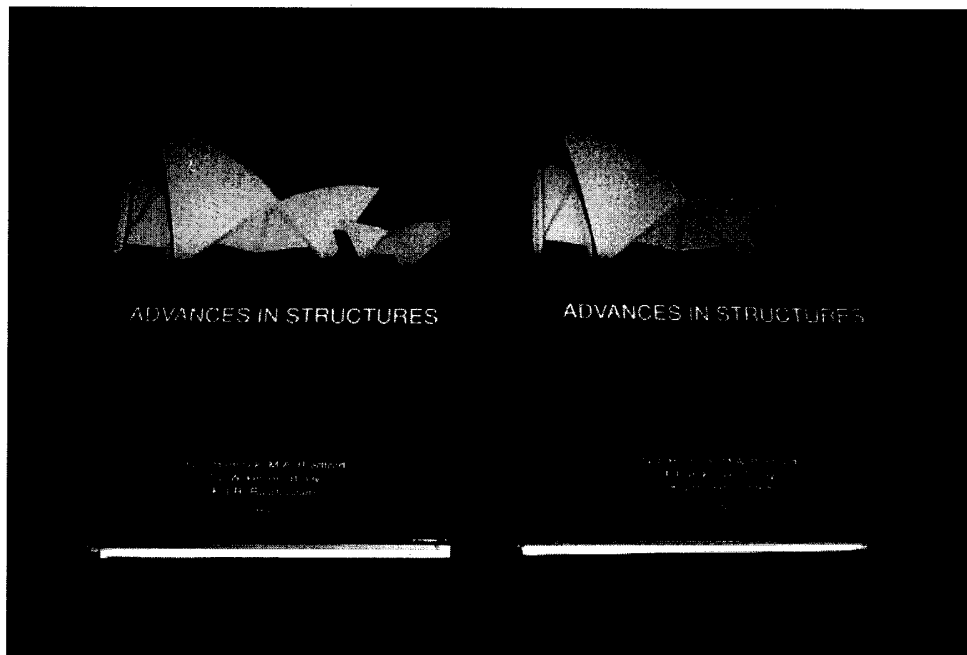
Powerhouse Museum



Powerhouse Museum 會議室外交誼廳



Powerhouse Museum 會議室



研討會資料

附錄 2：論文目錄及作者

Advances in Structures, Hancock et al. (eds)
© 2003 Swets & Zeitlinger, Lisse, ISBN 90 5809 588 6

Table of Contents

Preface	XVII
Acknowledgements	XIX
Volume 1	
<i>1 Keynote lectures</i>	
Strength and stiffness of CFT semi-embedded type column base <i>S. Morino, J. Kawaguchi, A. Tsuji & H. Kadoya</i>	3
Eurocode 4 for buildings <i>D. Anderson</i>	15
Seismic design of trussed girder systems <i>R.T. Leon, U.S. Kim & T.V. Galambos</i>	29
Composite steel-concrete systems with slim floor beams: structural performance and design considerations <i>R. Zandonini, F. Gadotti & E. Fedrizzi</i>	35
Influence of initial imperfections on the behaviour of lipped channel columns at high temperatures <i>O. Kaitila & P. Mäkeläinen</i>	45
Analysis and design of cable supported roof structures <i>K. Kayvani</i>	57
<i>2 Steel</i>	
Experimental and numerical evaluation of the deformation capacity of bolted end plate connections modelled by welded T-stubs <i>A.M. Girão Coelho, F.S.K. Bijlaard & L. Simões da Silva</i>	69
Nonlinear response of bolted end-plate steel connections <i>G.G. Amiri & M. Jamalzadeh</i>	77
Experimental study on the mechanical and clamping properties of F13T grade high strength bolts <i>J.H. Kim, H.S. Woo & S.M. Choi</i>	83
Block shear failure of bolted steel single angles in tension <i>M. Gupta & L.M. Gupta</i>	89
European technical approvals for prefabricated tension rod systems <i>K. Kathage</i>	95
Behaviour of beam-to-column minor axis connections – a comprehensive investigation <i>C.W. Chin, S. Sarkar & K.S. Virdi</i>	101
Behavior and design of multi-row extended end-plate moment connections <i>E.A. Sumner & T.M. Murray</i>	113
Moment-rotation relationships of thin endplate connections in steel beams <i>I.O. Adegoke & A.R. Kemp</i>	119

Fatigue life prediction based on acoustic emissions <i>T.M. Roberts & M. Talebzadeh</i>	125
Load levels for high-cycle fatigue response in welded thin cold-formed square hollow section (SHS) T-joints under in-plane bending <i>F.R. Mashiri, X.L. Zhao & P. Grundy</i>	131
Fatigue crack initiation and propagation in thin-walled CHS-to-SHS T-joints <i>L.W. Tong, X.L. Zhao, F.R. Mashiri, P. Grundy & H.Z. Zheng</i>	137
Lateral-torsional stability of prismatic and tapered steel beams: assessing the influence of pre-buckling deflections <i>A. Andrade & D. Camotim</i>	143
Elastic stability of partially restrained short steel I-section members in flexure <i>M. Pircher, M. Gläsle & R.Q. Bridge</i>	151
Tests of very high strength (VHS) circular steel tubes in bending <i>H. Jiao & X.L. Zhao</i>	157
Coupled local-lateral buckling of I-beams, a finite element model <i>C.P. Poon & H.R. Ronagh</i>	163
A closed-form solution for the distortional buckling of I-beams <i>H.R. Ronagh, M.L.H. Ng & C.P. Poon</i>	169
Impact resistance of structural hollow sections <i>N. Koteski & J.A. Packer</i>	175
A 490 yield-stress steel for liquified-gas vessels <i>J.V. Tuma, D. Kmetič, R. Celin & S. Ažman</i>	181
Prediction of fracture initiation in structural steel using tensile testing <i>L.C.A. Folch</i>	189
Adaptability of the building design codes to the design with high strength steel <i>S.-W. Im & I.-H. Chang</i>	195
Wind-induced load capacity analysis of long-span steel arch bridges under construction <i>J. Cheng, R.-C. Xiao, M. Xia & J.-J. Jiang</i>	201
Spatial stability experiment on a semicircular steel arch <i>D.B. la Poutre, H.H. Snijder & J.C.D. Hoenderkamp</i>	207
Optimal shape design of non-uniform stiffened steel beams with buckling and frequency constraints <i>S.A. Alghamdi & J.P. Leiva</i>	213
Consideration of initial imperfections for members subjected to axial compression and bending <i>J. Lindner, T. Glitsch & S. Heyde</i>	221
Industrial steel racks: tests, design and codes <i>N. Baldassino & R. Zandonini</i>	229
Developments in the pallet program <i>R.G. Beale & M.H.R. Godley</i>	237
Analysis and behaviour of steel storage rack columns <i>A.M.S. Freitas, M.S.R. Freitas, F.T. Souza & A.M. Oliveira</i>	245
Stability testing of sub-assemblages of high rise steel storage racks <i>E. Harris & G. Hancock</i>	251
Design of washerless bolted connections in thin sheet steels <i>J. Zhang & C.A. Rogers</i>	257

Finite element analysis of structural knee-joints for cold-formed portal frame <i>M.M. Pham, J.E. Mills & Y. Zhuge</i>	263
Knee joints in portal frames constructed from thick cold-form channel members <i>J.E. Mills</i>	269
Structural behaviour of self-piercing riveted connections in G300 and G550 thin sheet steels <i>S.R. Moss & M. Mahendran</i>	275
Deformation characteristics of lapped connections between cold-formed steel purlins of Z sections <i>K.F. Chung & H.C. Ho</i>	281
Design of cold-formed steel channel columns with complex stiffeners using direct strength method <i>J. Yan & B. Young</i>	289
Tests of cold-formed steel plain angle columns <i>B. Young</i>	295
Compression tests of cold-reduced high strength steel channel columns failing in the distortional mode <i>D. Yang & G.J. Hancock</i>	303
GBT post-buckling analysis of cold-formed steel members <i>N. Silvestre & D. Camotim</i>	309
Interactive buckling of thin-walled cold-formed members <i>D. Dubina, I.F. Szabo & V. Ungureanu</i>	317
Finite element predictions of residual stresses in cold-formed sections <i>W.M. Quach, J.G. Teng & K.F. Chung</i>	325
Advances in direct strength design of thin-walled members <i>B.W. Schafer</i>	333
New design provisions for sections containing unstiffened elements with stress gradient <i>M.R. Bambach & K.J.R. Rasmussen</i>	341
End-one-flange loading with an overhang: web crippling capacity <i>M.W. Holesapple & R.A. LaBoube</i>	347
Design of cold-formed steel bearing stiffeners <i>S.R. Fox & R.M. Schuster</i>	351
Recent research in steel structures at The University of Sydney <i>T. Wilkinson</i>	357
Moment-rotation behaviour of a re-entrant decking of high strength steel: experiment and nonlinear finite element analysis <i>A.M. Akhand, M.S.A. Karim & W.H.B.W. Badaruzzaman</i>	363
Design method of light-gauge composite floor beams <i>L. Dunai, Sz. Erdélyi & S. Ádány</i>	371
Numerical modeling of thin-walled cold-formed steel C-sections in bending <i>G. Della Corte, A. De Martino, L. Fiorino & R. Landolfo</i>	379
Analysis and testing of cold-formed steel beams <i>C. Yu & B. Schafer</i>	387
Design of profiled sandwich panels subject to local buckling effects <i>N. Pokharel & M. Mahendran</i>	397

3 Aluminium

Buckling behaviour of thin-walled aluminium and stainless steel columns using Generalised Beam Theory <i>R. Gonçalves & D. Camotim</i>	405
---	-----

A new buckling curve formulation for aluminium alloy elements <i>M.A. Gizejowski, A.M. Barszcz & K.M. Nikonowicz</i>	413
Buckling experiments and FE simulations on complex aluminium extrusions <i>J. Mennink, F. Soetens, H.H. Snijder & B.W.E.M. van Hove</i>	421
Determination of strength characteristics of aluminum honeycomb material subjected to out-of-plane compression using finite element analysis <i>V. Aaron, A.H. Adibi-Sedeh, H. Nagarajan & B. Bahr</i>	427
A new classification criterion for aluminium cross-sections <i>G. De Matteis, R. Landolfo & M. Manganiello</i>	433
Aluminium bridges, actual designs and prospects <i>F. Soetens, B.W.E.M. van Hove & J. Mennink</i>	443
Fatigue behavior of crossing MIG and friction stir welds in aluminium 6082 T6 <i>D. Kosteas & C. Radlbeck</i>	449
NDE and quality control of structural adhesive joints <i>D. Kosteas & M. Michaloudaki</i>	453
Calibration study for the Eurocode ENV 1999 for aluminium design <i>D. Kosteas & C. Radlbeck</i>	461
Experimental analysis of aluminium T-stubs: tests under cyclic loading <i>G. De Matteis, G. Della Corte & F.M. Mazzolani</i>	467

4 Analysis

Torsional modeling of thin-walled beams with open and closed cross-sections <i>K. Saadé, B. Espion & G. Warzée</i>	477
Elastoplastic large deflection analysis of curved steel I-beams <i>M. Shugyo</i>	485
Coupled bending-torsion natural frequencies of non-symmetrical steel joists with taper <i>S. Talukdar</i>	491
Lateral-torsional buckling analysis of a doubly symmetric thin-walled beam under axial force and bending moment <i>K.M. Hsiao, H.H. Chen & C.C. Lin</i>	497
Stability behavior of closed cross-section thin-walled prismatic members in the framework of Generalized Beam Theory <i>P. Simão & L. Simões da Silva</i>	503
The overall load-bearing capacity of Tube-and-Couple Scaffolds <i>G.-Q. Li & H.-F. Ao</i>	511
Advanced, second-order and modified first-order analyses for design of 2-bay portals <i>L.X. Fang & S.L. Chan</i>	517
Buckling load of unbraced rigid-frame with slender columns <i>I. Mitani, T. Katahira & Y. Ohtani</i>	521
The influence of column base connections on the stability of slender frame structures <i>H.H. Lau, M.H.R. Godley & R.G. Beale</i>	527
Large deflection analysis of structures with continuous and discrete restraints <i>J. Petrolito & K.A. Legge</i>	535
Case studies of the structural response of a number of framed-tube high-rise buildings <i>S.S. Mahini & H.R. Ronagh</i>	541

Reliability implications of advanced analysis in design of steel frames <i>S.G. Buonopane, B.W. Schafer & T. Igusa</i>	547
Non-linear behaviour of steel-concrete composite frames with partial shear connection <i>C. Faella, E. Martinelli & E. Nigro</i>	555
Office floor vibration control using a TMD <i>A.J. Baxter & T.M. Murray</i>	563
Logarithmic decrement of damping in reinforced and partially prestressed concrete beams – new prediction formulas <i>S.H. Chowdhury & Y.C. Loo</i>	569
Structural design of Sydney's tallest residential building <i>O. Martin, K. Kayvani & L. Marengo</i>	575
Exact solutions for vibration of stepped circular Mindlin plates <i>L. Zhang & Y. Xiang</i>	581
Post local buckling of simply supported skew and trapezoidal plates <i>A.R. Shahidi, M. Azhari & M.M. Saadatpour</i>	587
Static and vibration analysis of stiffened plates by the finite element method <i>M.M. Saadatpour, K. Esteki & M. Azhari</i>	593
 5 Fire	
Fire design of multi-storey steel-framed buildings considering realistic natural fires <i>J. Zehfuß & D. Hosser</i>	601
Scenario-based design of structures exposed to accidental fires <i>J.Y.R. Liew</i>	607
A new calculation method for lateral torsional buckling of steel beams with non-uniform temperature distributions in fire <i>Y.Z. Yin & Y.C. Wang</i>	613
Performance of unprotected steel and composite steel frames exposed to fire <i>P. Moss, A. Buchanan & C. Wastney</i>	619
Multi-storey steel-framed buildings with composite slab flooring: finite element modelling of fire behaviour <i>A.J. Breunese, L. Twilt & J.H.H. Fellingner</i>	629
Numerical modelling of the behaviour of bare-steel and composite flexible end-plate connections at elevated temperature <i>K.S. Al-Jabri</i>	635
Performance of normal and high-strength reinforced concrete walls in fire <i>R. Ongah, P.A. Mendis & J.G. Sanjayan</i>	643
Behaviour and design of cold-formed thin-walled steel stud wall panels exposed to fire on one side <i>M. Feng, Y.C. Wang & J.M. Davies</i>	651
Strain development in steel columns under elevated temperatures <i>K.H. Tan, Z.F. Huang & S.K. Ting</i>	659
Rankine approach for critical temperature predictions of axially-and-flexurally restrained steel columns <i>Z.F. Huang & K.H. Tan</i>	665

6 Shells

Imperfection sensitivity of medium-length silos under wind load <i>M. Pircher</i>	673
Locally supported shells with longitudinal stiffeners above the supports <i>H. Pasternák & S. Komann</i>	677
Influence of boundary conditions on the instability of circular cylindrical shells <i>F. Guarracino & A. Giordano</i>	683
Author index	691

Volume 2

1 Composite

Partial interaction behaviour of continuous composite steel-concrete beams <i>R. Seracino & C.T. Lee</i>	697
Evaluation of finite elements for the study of the ultimate behaviour of steel-concrete composite beams <i>A. Dall'Asta & A. Zona</i>	703
Effects of partial shear connection in semi-continuous composite beams <i>B. Uy & D.A. Nethercot</i>	711
Double skin composite panels subject to static and impact loads <i>A. El-Badawy, R. Cairns & H. Wright</i>	717
Local and post-local buckling of steel-concrete composite panels under combined states of stresses <i>Q.Q. Liang, B. Uy, H.D. Wright & M.A. Bradford</i>	723
Shear resisting mechanism and shear strength equation for full and open sandwich beams <i>M.A. Rahman & T. Ueda</i>	729
Experimental behaviour of composite beams under hogging bending <i>H.Y. Loh, B. Uy & M.A. Bradford</i>	737
Modeling of semi-rigid composite joints <i>H.D. Wright, Y. Wang & R. Cairns</i>	745
Systemic improvements to structural steel decking <i>M. Patrick & R. Grey</i>	751
Built-up columns encased in concrete <i>R. Venugopal, N.E. Shanmugam & J.Y.R. Liew</i>	759
Testing elements of moment resisting connections for composite frames <i>A.P. Gardner & H.M. Goldsworthy</i>	765
Ultimate shear strength of perforated rib shear connector <i>K. Fujii, H. Iwasaki & N. Fujimura</i>	771
Web-side-plate steel and composite framing connections <i>M. Patrick, P.A. Berry & A.T. Wheeler</i>	777
Development of bolted end plate connections for steel reinforced concrete composite structures <i>Y. Xiao, J.C. Anderson & Y. Wu</i>	785

Experimental study on steel-concrete composite plate girders <i>N.E. Shanmugam & K. Baskar</i>	793
Experiments on prestressed concrete decks in two-girder composite bridges <i>P.G. Lee, T.Y. Yoon, Y.J. Kim & B.S. Kim</i>	801
Girders with corrugated steel webs: buckling modes and numerical modelling <i>E.Y. Sayed-Ahmed</i>	807
Experimental study on open box bridges with precast decks <i>C.-S. Shim, H.-K. Ryu, S.-P. Chang & C.-H. Chung</i>	813
A study on global and local behavior in continuous composite girder bridge and its analysis by multi-scale method <i>A. Nakajima, I. Saiki & T. Asai</i>	819
Analysis of variability of the long-term deflection of a new kind of composite bridge deck <i>S. Staquet, B. Espion & H. Detandt</i>	825
Fatigue durability of composite girder bridge with channel-shaped precast PC deck slabs <i>S. Hino, K. Yamaguchi, T. Ohta & T. Tsutsumi</i>	833
Advances in prestressed concrete bridges with external prestressing <i>T. Aravinthan, Y. Hamada & K. Uehira</i>	841

2 Concrete filled tubes

Research study on the structural performance of concrete filled steel tubular beam-columns <i>T. Fujimoto, T. Demizu, H. Ueda, H. Tanaka, K. Nishiuchi & T. Fukumoto</i>	849
Locally unstable tubular columns with concrete in-fill <i>N.E. Shanmugam, B. Lakshmi & B. Uy</i>	857
Interaction buckling of concrete filled columns using high strength steel <i>M. Mursi, B. Uy & M.A. Bradford</i>	863
Structural behavior of slender steel tubular columns infilled with fiber reinforced concrete <i>S.R. Gopal & P.D. Manoharan</i>	871
Experimental study on concrete filled double tubular steel columns under axial loading <i>K. Uenaka, M. Hayami, H. Kitoh & K. Sonoda</i>	877
Concrete filled steel tubes: determination and visualization of cross-section behavior <i>N. Anwar & M.T. Junaid</i>	883
Investigation into the behavior of a novel steel section for concrete filled tubular columns under axial and cyclic loadings <i>K. Abedi, H. Afshin & A. Ferdousi</i>	891
Tests and mechanics model for concrete-filled double skin steel tubular stub columns <i>Z. Tao & L.H. Han</i>	899
Recent developments in concrete-filled steel tubular structures in China <i>L.H. Han & X.L. Zhao</i>	907
Rapid development of CFST arch bridges in China <i>S. Zhou & S. Chen</i>	915
The advantages of concrete filled steel tubes (CFST) applied in residential buildings <i>S.T. Zhong</i>	921
Behavior of steel beam to circular CFT column connections <i>C.C. Chen & S.H. Lo</i>	927

Load–deformation relations of diaphragm-stiffened connections between H-shaped beams and circular CFT columns <i>K. Nakada & A. Kawano</i>	935
A moment–rotation curve for CFT square columns and steel beams according to reliability analysis <i>E.J. Cha, S.M. Choi & Y. Kim</i>	943
A moment–rotation curve for CFT square columns and steel beams <i>S.D. Hong, S.M. Choi & Y. Kim</i>	951
Flexibility of beam to column connections in hollow construction <i>R.A. Prabhavathy, G.M.S. Knight & A. Rajaraman</i>	961
Strengthen behaviour of reinforcing bar in CFT structures <i>H.-J. Wang, H. Wei, A. Hasegawa, Y. Shioi & Z.-Q. Huang</i>	967
Eccentricity ratio effects on the behavior of eccentrically loaded CFST columns <i>C. Baochun & H. Hiroshi</i>	973
Equation of ultimate N–M interaction curve of circular CFT column <i>Y. Sun & K. Sakino</i>	979
Eccentrically loaded high strength concrete-filled square steel tubes <i>S. Zhang, L. Guo & H. Tian</i>	987
 3 Concrete	
Design of RC solids using stress analysis <i>S. Foster, P. Marti & N. Mojsilović</i>	997
Mesomechanical model for the fracture process of concrete <i>J.G. Teng, W.C. Zhu & C.A. Tang</i>	1003
Properties of adjusted density high-performance concrete <i>R. Sri Ravindrarajah & W. Jones</i>	1011
Parametric study on the computational behaviour of hollow beams designed using the Direct Design Method – numerical factors <i>A.S. Al Nuaimi</i>	1017
Effect of longitudinal steel on ductility of a R.C. flexural member: a direct approach <i>D. Maity & Shweta</i>	1023
Slab cracking control in composite decks by means of fractionated castings <i>L. Dezi, F. Gara, G. Leoni & A. Vitali</i>	1029
Bond test of lapped rebars and concrete: some preliminary results <i>H.Y. Leung, S. Kitipornchai, R.V. Balendran & W.C. Tang</i>	1035
Effects of high strength concrete and reinforcement on column slenderness <i>A. Wheeler, R. Bridge & W. Marsden</i>	1043
Examination of cover spalling in high strength columns <i>S. Bae & O. Bayrak</i>	1049
Behavior of high-strength concrete columns subjected to blast loading <i>T.D. Ngo, P.A. Mendis, D. Teo & G. Kusuma</i>	1057
Shrinkage cracking in restrained reinforced concrete members <i>S. Nejadi & R.I. Gilbert</i>	1065
Time-dependent cracking and deformation in reinforced concrete structures – a numerical model <i>K.T. Chong, R.I. Gilbert & S.J. Foster</i>	1073
Numerical simulation of performance of concrete structures as a function of service time <i>T. Shimomura & K. Maruyama</i>	1081

Tensile creep study of repair material at early age <i>Y. Cai, T. Esaki & Y. Yuan</i>	1087
Non-conventional structural forms for concrete sludge digesters <i>A. Zingoni & D. Murambadoro</i>	1093
Behaviour of fibre reinforced RPC deep panels <i>J.Y.L. Voo, S.J. Foster, R.I. Gilbert & N. Gowripalan</i>	1101
Additional CFRP non-prestressed reinforcement in concrete structures <i>P. Štěpánek, T. Vaňura, L. Podolka & I. Švaříčková</i>	1107

4 Seismic

Experiments and analytical simulation of bare-type CFT column bases <i>T. Li, A. Kawano, L. Li & M. Itoh</i>	1117
The effect of cyclic loading on the bond strength of concrete plugs embedded in tubular steel piles <i>A. Nezamian, R. Al-Mahaidi & P. Grundy</i>	1125
Seismic retrofit for rectangular R/C columns by steel and CF jackets <i>K. Yoshimura, K. Kikuchi, M. Kuroki, J.H. Wang & T. Itai</i>	1131
The influence of distribution of masonry infill panels on the seismic response of R.C. framed structures <i>M.A. Tantry, A. Gupta & A. Madan</i>	1139
Study on behavior of twin-column RCFT pier under horizontal cycling load <i>A. Hasegawa, H. Wei, H.-J. Wang & Y. Shioi</i>	1145
Rectangular reinforced concrete columns subjected to simulated seismic displacements <i>O. Bayrak & S.A. Sheikh</i>	1153
Nonlinear seismic response of reinforced concrete structures <i>I. Anam, Z.N. Shoma & A.R. Talukder</i>	1161
Strength and deformation characteristics of slender SRC beam-column frames <i>T. Fujinaga, I. Mitani & Y. Ohtani</i>	1169
Importance of composite steel concrete structures in earthquake resistant design – a critical review <i>N. Munirudrappa & N.S. Kumar</i>	1177
An advanced seismic protection technology: the damped cable system <i>S. Sorace & G. Terenzi</i>	1185
Energy limit method for strength design of reinforced concrete beams <i>S. Marjanishvili</i>	1193
Seismic behavior of steel encased reinforced concrete beam-columns <i>L. Li, J. Sakai & C. Matsui</i>	1201
Method of judging collapse of SRC and RC columns failed by shear and axial force <i>Y. Uchida & Y. Uezono</i>	1209
Experimental behaviour of end plate minor-axis steel and composite joints under cyclic loading <i>L.C. Neves, L. Simões da Silva & P.C.G. da S. Vellasco</i>	1217
Application of rational end cross members consisting of composite structure for seismic restrainers in earthquake to steel girder bridges <i>H. Kobayashi, K. Egashira, S. Kiso, H. Kitoh & K. Sonoda</i>	1225
Large scale tests on composite beam-to-column connections under cyclic loading <i>L. Calado, A. De Luca, E. Mele & R. Pucinotti</i>	1233

Behavior of bare type column base connection in steel reinforced concrete structures <i>K. Sadasue, D. Fujiwara & K. Minami</i>	1243
Study on two types of joints of steel-concrete composite beam and reinforced concrete column <i>J. Weishan, M. Hongwei, H. Jiping, L. Ying & Y. Qingrong</i>	1251
Cyclic analysis of PR steel frames with composite reinforced concrete infill walls <i>G.A. Rassati, J.F. Hajjar, A.E. Schultz & C.K. Shield</i>	1259
Influence of partially-restrained connections on the overall seismic behavior of steel-concrete composite frames: a mechanical modeling approach <i>I. Clemente, S. Noé & G.A. Rassati</i>	1267
Analytical design model for seismic shear strength of beam-column joints in reinforced concrete buildings <i>S.A. Attaalla</i>	1275
Earthquake resistance performance of flexible–stiff mixed structure for effective use of high-strength steel <i>S.H. Oh & I.H. Chang</i>	1279
Seismic behaviour and design procedures for steel V-braced frames <i>A.M. Remennikov & W.R. Walpole</i>	1287
Probabilistic displacement-based seismic design of SDOF system <i>G. Jiong, L. Yong & H. Hong</i>	1293
Seismic torsional response of single-storey steel structures with flexible roof diaphragms <i>R. Tremblay, C.A. Rogers & C. Nedisan</i>	1299
Cyclic behavior of buckling-restrained brace members – numerical study and experiment <i>T. Usami, A. Kasai & M. Kato</i>	1307
Brittle fracture of beam-column welded joints containing defects <i>K. Dale, Y. Kurobane, K. Azuma & T. Iwashita</i>	1313
Reliability of full-strength end-plate connections: design criteria and Monte Carlo simulation <i>V. Piluso & G. Rizzano</i>	1319
Experimental study on the cyclic behavior of bolted end-plate connections <i>L. Calado, L. Dunai & N. Kovács</i>	1327
Seismic performance of multi-story frames incorporating composite shear walls <i>T. Hitaka, K. Sakino & T. Yamaguchi</i>	1333
Seismic behavior of composite shear walls failed in overturning collapse mechanism <i>K. Sakino, T. Hitaka & T. Takahashi</i>	1339
The cyclic response of reinforced concrete shear walls <i>R. Sturt, M. Willford, T.C.K. Molyneaux, A. Mole & L. Kawidjaja</i>	1345
Damage analysis of reinforced concrete panels under cyclic shear <i>R.A. Hindi & M.Y. Mansour</i>	1351
Seismic performance of cold-formed steel framed houses with wall-stud shear walls <i>L.A. Fülöp & D. Dubina</i>	1359

5 Retrofitting

Strengthening steel sections using carbon fibre reinforced polymers laminates <i>D. Lam & K.A. Clark</i>	1369
Flexural behaviour of reinforced concrete beams retrofitted using CFRP strips <i>E.Y. Sayed-Ahmed, N.G. Shrive & A.H. Riad</i>	1375

Experimental study on seismic retrofit for existing R/C building by using CHS bracing <i>K. Miyagawa, R. Kinoshita, T. Fujinaga, Y. Ohtani & I. Mitani</i>	1383
Ductility improvement mechanism of concrete columns by wrapping of FRP sheets <i>K. Maruyama, T. Shimomura, T. Shinbo & Y. Nakai</i>	1391
Author index	1399

六、謝 誌

本次奉派至澳洲開會及考察的期程正值國內受到 SARS 傳染病侵襲的期間，由於國際航線班機受到影響，考察行程的安排一直到出國前一週方得確定，行程的安排及在澳洲考察期間感謝任職於澳洲太平洋電力公司的岑悅貴先生費心協助使得開會及考察行程得以圓滿完成。