

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：參訪)

國科會工程處土木學門赴日參訪

出國報告書

(NSC91-2217-E005-001)

出國人：成功大學土木系	李德河教授
中央大學土木系	張惠文教授
中興大學土木系	林炳森教授
高雄應用科技大學土木系	許琦教授
立德管理學院環管所	林宏明教授
國科會工程處	唐又新先生

行政院研考會/省 (市) 研考會 編號欄
A0/c09106051

出國地點：日本 -

出國時間：90年12月10日

至12月19日

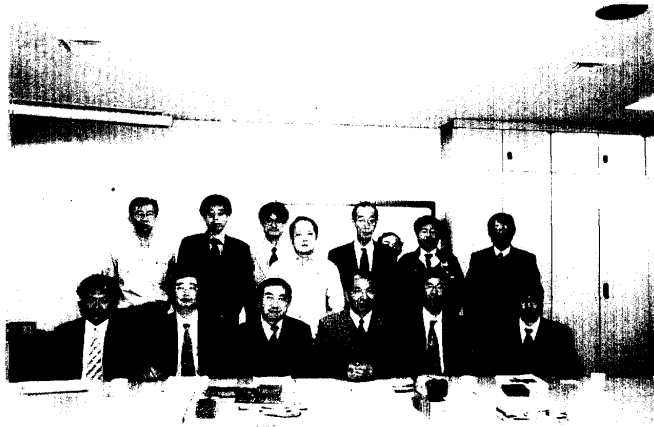
報告日期：91年3月5日

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：參訪)

國科會工程處土木學門赴日參訪

出國報告書

(NSC91-2217-E005-001)



出國人：成功大學土木系	李德河教授
中央大學土木系	張惠文教授
中興大學土木系	林炳森教授
高雄應用科技大學土木系	許琦教授
立德管理學院環管所	林宏明教授
國科會工程處	唐又新先生

出國地點：日本

出國時間：90年12月10日
至12月19日

報告日期：91年3月5日

國科會工程處土木學門赴日參訪出國報告書

目 錄

壹、參訪大綱與心得.....	2
1.1 參訪目的.....	2
1.2 參訪期間.....	2
1.3 參訪行程.....	2
1.4 參訪心得.....	3
1.5 適合我國發展的土木科技.....	10
貳、日本電力中央研究所參訪紀要.....	12
2.1 電力中央研究所簡介.....	12
2.2 參訪試驗室.....	12
2.3 結論與建議.....	20
參、國土技術政策總合研究所及土木研究所參訪紀要.....	21
3.1 機構介紹.....	21
3.2 參訪實驗室.....	26
3.3 結論與建議.....	36
肆、清水建設株式會社技術研究所參訪紀要.....	38
4.1 清水建設株式會社現況.....	38
4.2 技術研究所之介紹.....	38
4.3 參訪試驗室.....	40
4.4 結論與建議.....	48
伍、地震災區參訪與大都市之地下水問題研討會.....	49
5.1 地震災區參訪.....	49
5.2 大都市之地下水問題研討會.....	54
5.3 東京都廳防災中心.....	62
5.4 新幹線、捷運、輕軌電車與省力化軌道.....	65
陸、結語與感想.....	68

壹、參訪大綱與心得

1.1 參訪目的

1. 瞭解日本土木科技最新研發動向
2. 瞭解日本營建產業之革新趨勢
3. 找尋適合我國發展之土木科技

1.2 參訪期間：91 年 12 月 10 日至 12 月 19 日

1.3 參訪行程

12 月 10 日(星期二) 台北 BR2198(09:00) → 東京成田機場(12:55)

12 月 11 日(星期三) 上午 09-11 東京都廳防災中心
下午 13-14 我孫子研究所(電力中央研究所)
下午 14-15 計算科學研究室
免震與挫屈實驗室
大型造波水槽
下午 15-17 混凝土構造高速裝置
高溫高壓岩力試驗設備
大型水風洞試驗設備
離心機設備
下午 17-18 綜合討論

12 月 12 日(星期四) 國土技術政策總合研究所及土木研究所

上午 10-12 河川水理實驗室
海洋沿岸實驗室
試驗道路
下午 13-16 填土試驗室
砂防模型試驗室

下午 16-17 綜合討論

12月13日(星期五) 東京大學、清水建設株式會社技術研究所

上午 09-11 東京大學

下午 13-16 清水建設岩力試驗室、地工離心機試驗室、無聲響與
電磁環境實驗室、自然生態保護試驗區、新技術開發
之展示室

下午 16-17 綜合討論

12月14日(星期六) 東京→大阪(新幹線)

12月15日(星期日) 參訪淡路島阪神地震博物館

參訪明石大橋

12月16日(星期一) 參訪阪神地震災區參訪(仁川地滑)

12月17日(星期二) 大都市之地下水問題研討會

12月18日(星期三) 大都市之地下水問題研討會

12月19日(星期四) 大阪 BR2131 (12:55) →台北(15:00)

1.4 參訪心得

本次參訪對象包含日本國土建設息息相關之產、官、研三界。產業界以清水建設(Shimizu Corporation)為代表，官界代表如交通省國土技術政策總合研究所(National Institute for Land and Infrastructure Management, NILIM ;以下簡稱國總研)、東京都廳防災中心，而研究界包括獨立法人土木研究所(Public Works Research Institute, PWRI)與電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry)。另外，亦順道大阪、神戶與京都等地參觀1995年的阪神地震災害復建，並參加大都市之地下水問題研討會。綜合參觀內容以及與日方相關人士訪談，獲得以下主要心得，概述如下：

1. 日本土木科技最新研發動向
2. 日本國土交通省組織再造
3. 日本營建產業之革新趨勢

1.4.1 日本土木科技最新研發動向

參訪日本電力中央研究所、國土交通省國總研、土木研究所與清水建設後，就所見所聞加以整理，提出日本土木科技最新研發動向，特別是在大地、防災科技方面的研究，以供有興趣者參考。

(1) 研究單位普遍化:

參訪筑波新開發之科學城內的國總研與土木所，在此科學城內就設有40幾個國家級研究中心。走入國總研、土木所、我孫子與清水技術研究所，所見均是一棟棟大面積、高跨度、多設備的研究單位。從海洋到深山、從工程到生物、從環境到生態、從地盤到太空等均有研究單位，也均有研究群在默默的為人類文明而努力。

(2) 實驗設施大型化:

參觀各實驗室最令人驚嘆的是普設有100噸、500噸、1000噸大型、動態抗壓機，大型地震模擬平台、離心機與高溫高壓岩力試驗設備等。更令人羨慕的是參訪研究單位有些實驗設備有兩套以上，例如電力中央研究所的我孫子研究所就有四套岩石高溫高壓實驗設備。

(3) 研究經費多金化:

從參訪單提供2002年所編列研究預算與研究人員加以分析，可發現電力中央研究所每員約需執行1,500萬台幣的研究經費，國總研約1,400萬元，土木研究所約500萬，而私人企業的清水建設技術研究所亦有105萬元之多。反觀國內，產、官、研所投入研究的經費似乎少了許多！

(4) 人才培養系統化:

由參訪單提供2002年所提研究人力員額分析，可發現電力中央研究所研究人員633人，國總研約251人，土木研究所約151人，而私人企業的清水建設技術研究所亦有220位之多。然而，各研究單位不僅大舉雇用研究人員外，更重要的是福利薪資均相當優渥，無怪乎研究人員往往一待就是20、30年。另外，近年來也大量聘用年輕的博士研究員，俾以為研發事業進行世代交替做好準備。

(5) 技術創新實用化:

據參訪單位的組織均設有R&D企劃部門（清水技術研究所）或企劃部（國總研與土木所）以規劃技術研發的短、中、長程方向，並對研發成果加以考核與推展。因此，研究計畫大多能達成政策支援、技術基準擬定與技術推廣等層次，同時易將之產品化。例如：核廢料處置技術、海岸侵蝕防治技術、安全健康住宅、道路ITS建構與免震結

構技術等均是實用化為技術創新的研究指向。

(6) 國土防災資訊化:

日本國土建設與防災已走入資訊化階段，研究成果已經成為國土開發、政策擬定與實施的重要參考指標，而且也開始慢慢普及，並漸漸成為日本人生活資訊的一環。例如國總研發展之「即時防災資訊系統」，可提供洪水、地震、坡地等災害之即時資訊，而有利於防災工作。

(7) 地工技術新穎化:

地工分析不再是使用現成的套裝軟體而已，而是發展以非線性「地」與「工」的互制之三維度分析技術為主。有鑒於此，發展出3D液化分析準則（清水技術研究所）、Hybrid Seismic Testing System, HSTS（電力中央研究所）與雷射、光纖坡地監測技術（土木研究所）等。

(8) 營建作業自動化:

營建業因易受氣候影響，不但影響工期也增加成本。為此，清水建設結合4D CAD的設計、管理與建造系統，且在現場構建會爬升的外罩屋，並於最頂層設置操控室，在內則利用架設之各式天車，再配合焊接機器人，自動吊裝、焊接與組裝，進而構成可供全天候自動施工系統，不但可節省工期、降低成本，而亦為未來建築方式建立一個展新的模式。

(9) 都市再生自然化:

「自然共生，以物為本」是日本土木技術的新走向，例如國總研所打造美麗又舒適的東京灣便是一個好例子。另外，削減超限開發負荷，以回復自然淨化機能的自然共生型國土建設政策與研究亦正在研發中，不久將來將成為都市再生、都市建設之基準。

(10) 居住空間安全化:

無聲音室、防磁居室與生態屋頂等均在創造一個安全、舒適、健康的居住空間，因此日本國總研或清水建設均投入大量的人力與經費為打造明日之居而努力。此外，免震建築之研發、新耐震設計基準之檢討均在為居住安全而努力。

(11) 交通建設ITS化:

構建良善的物流系統環境、增加物流效率、減少物流成本與提高物流的便利性，日本正為此而打造「多模式物流運輸系統（Multi-modal Transport System, MTS）」以利物暢其流。另外結合

道路災害管理、交通情報支援(VICS)、無線通信(ETC)、智慧公路(Smartway)、自動簽證(Automatic Identification System, AIS)與步行者ITS、支援道路(Advanced Cruise-assist Highway System, AHS)等子系統而架構之智慧運輸系統(Intelligent Transport System, ITS)亦被積極研發。

(12)成果推廣教育化:

土木科技研究成果之推展，不僅在創造「美而安全，且又有活力的國土」，亦是在教育廣大群眾認識土木，進而愛惜我們生活的這片土地。為此，參訪的研究單位大多設有成果展示或模型解說室，例如國總研的河床侵蝕模型、砂防模型教室，清水建設的氣囊式離岸堤、抗液化基礎模型等實驗裝置，以利成果推廣與社會教育。

1.4.2 日本國土交通省組織再造

國土交通省為了日本國土的總合、有系統的利用、開發與保全，以整合社會資源來推展交通政策，乃於2001年1月6日起將北海道開發廳、國土廳、運輸省以及建設省加以組織再造。再造後的國土交通省係在國土交通大臣下設本省與外局兩大部局，而國土技術政策總合研究所屬於本省部局裡的施設機關，而土木研究所則隸屬外局部的獨立行政法人。

日本國土交通省為活化人民生活、活力社會經濟與創就「美而安全，且有活力的國土 (beautiful and safe national land)」，於平成13年(西元2001年)4月1日起，將國土交通省土木、建築與港灣技術研究所加以組織再造。除讓原交通省的土木、建築與港灣技術研究所成為獨立行政法人外，另在交通省下增設公部門的國土技術政策總合研究所，俾利統合國土利用、開發、保全、與社會資源有關的技術發展，以強化全國的研究能力，提升研究成果之應用，並擬定各相關研究領域的中、長期研究目標。

國總研其研究發展方向較偏重政策性軟體方面，主要遵奉下列三大指導方針：

(1)政策支援、(2)技術基準擬定與(3)技術支援；而土木研究所則較偏重硬體方面，負責調查與研究一般私人機構無法完成但又關係公眾福祉之科技工作調查與研究。其詳細組織請參見第二章。

考察國土交通省位在筑波科學城內之國總研與土木所，可發現其具有以下幾點特色：

(1)組織分工，研發互助：

國土交通省本部局之施設機關包括：國土交通政策研究所、國總研、國土交通大學校與航空保安大學校等四個機關，除有利於人才培養外，亦可藉由國土交通政策、技術之研究，縱向支援政府施政之策劃與施實，橫向則可用以指導各獨立行政法人的技術研發與成果推展，而獨立行政法人亦有助與社會接軌，並可作為予地方公共團體等技術指導的窗口。換言之，國土交通省組織再造具有縱向貫通、橫向連結之「又分工又合作」的組織，而利於國家技術政策與研究達成整體化。

(2)事權統一，資源集中：

國總研與土木所同位於筑波科學城內，占地面積有120餘公頃，且亦設有各種大型與精密的設施。如是，藉由地域的整合，而有利於人力、儀器、材料等資源之相互支援外，更將原隸屬於國土廳、運輸省以及建設省等不同單位的研究機構加以重組，使歸屬於同一主管機構，而可達成避免資源分散、重復投資、事權不統一與管理不容易等缺失外，亦有益於政策支援、技術基準擬定與技術支援之三大目標的達成。

(3)政策支援，成果實用：

國總研與土木所等每個研究發展案可說是經由政策與技術需求之詳實研究而擬定，不但目標明確，而成果大多能落實於政策的實施或技術的提升，例如：自然共生型流域圈、都市再生，ITS (Intelligent Transport Systems) 的建構、即時災害情報技術、新耐震設計基準的檢討與CSG(Cemented Sand Gravel)的設計方法開發等。

(4)培養人才，世代交替：

有系統的進行研究人才的培養，除送研究人員至國外留學、研習外，出席國際會議、考察國際化技術動向亦是重要栽培手法。另外，為能人盡其才，以每人每月平均高達約台幣20餘萬元的薪資與每個研究員約需執行1000萬台幣的計畫預算案來培養其研究能力外，並藉由確實進行研究成果評估以及嚴格要求研究成果發表來確保研究品質，俾以達成人才培育，世代交替，且為國家競爭力做好準備。

(5)有省思力，無抄襲風：

在國總研與土木所的綜合討論中，國總研海洋沿岸實驗室調查發現：日本海岸每年最大約以5m的速度被侵蝕著，從自然法則言，砂灘

要形成一定要有砂源，不能把土砂阻攔在陸地。故水土保持與海岸間如何達到一個平衡點，要從總量管制來考量，此外日本人強調自然共生，而不迷信生態工法，尤其從政府到業界均投入巨額資金、人力於創新研究，而不盲目抄襲之省思力與研發心，亦是一大特色。

1.4.3 日本營建產業之革新趨勢

清水建設株式會社(Simizu Corporation)為世界最大的營造公司，主要的營業對象除日本國內之外，近年來積極擴展海外市場，其分公司已遍佈全世界。該公司由清水喜助創立於1804年，至今已有200年的歷史，其資本額為743億日圓，年營業額約1兆4千5百億日圓。清水建設能永續經營 200 年而不衰，其技術研究所(Institute of Technology)扮演著重要角色。此技術研究所直屬總公司，負責研發(Research & Development)、顧問(Consultation)、委託研究(consigned research)等三大角色，另為因應時代之脈動設有育成中心(Incubation Center)與創新中心(Innovation Center)，至於其他組織請參見第四章。

參訪清水建設技術研究所可深刻體察到日本營建產業的革新趨勢如下：

(1)研究實用化：

清水技術研究所自 1945 年至 2002 年止先後研擬 83 個研發方向，並據以開發出數百種新技術，其中以 1980~1986 年間研發最多新技術，顯見日本此期間建設與創新需求。至 1998 年後日本雖然還是處於經濟不景氣之際，然清水研究所尚列有 34 項研發方針，而且每個研究成果均具有實用性，例如：隔震、制震與減震等三項技術、球型抗震技術與 Tense-Grid Truss 大空間結構技術等研發，均以實用需求為導向的研究。

(2)技術產品化：

知識經濟的時代，研究要以創新為導向外，更重要的是要將技術產品化。如是方能減少成本，佔有市場，進而擁有財富。因此氣囊式離岸堤、抗液化基礎工法、三維液化解析系統與全天候自動化施工系統，均是清水行銷海內外的技術產品，

(3)分析四維化：

神戶大地震造成港邊設施破壞嚴重，例如有棟公寓緊鄰海堤而建，而當地震來臨時，護堤因液化而破壞，進而導致公寓損毀。對此，

清水建設發展出三維度液化解析系統用以分析土壤結構互制問題。另外，隧道岩盤與支撐系統的互制模擬程式，亦是清水建設積極研發的分析工具，而結合 4D CAD 的設計、管理與建造系統更是具有前瞻性的品牌產品。

(4)生產自動化:

比較高科技與營建產業的最大區別乃為高科技在精密廠房內自動化生產，而能快速成長；相反地，營建業易受氣候影響工期而增加成本。為此，清水建設結合 4D CAD 的設計、管理與建造系統，利用在現場構建會爬升的外罩屋，並於最頂層設置操控室，在內利用架設之各式天車，再配合焊接機器人，自動吊裝、焊接與組裝，進而構成可供全天候自動施工之建屋系統。如此，不但可節省工期、降低成本，而亦為未來建築方式建立一個嶄新的模式

(5)居家健康化:

無聲響室與電磁環境實驗室的研究，主要在創造安全、舒適與健康的居家環境，以免人員受磁波、聲響噪音之影響外，亦可保護重要資訊（例如個銀行交易資料）被有心者擷取發射訊號而盜走。如此免於身、心、靈恐懼與危害之健康化居家空間，亦是清水建設革新研究之重要主題。

(6)環境生態化:

清水建設在灰色冰冷的水泥世界裡，打造自然生態區的建築屋頂，以創造建築空間生態化的構想，恰與我國以物為本的關懷心相契合，亦是綠建築的一環，而值得引以為用。然而在抄襲之前，宜對台灣與日本氣候條件、營建品質的差異進行本土技術研發，而不宜冒然抄用，否則「屋漏忽逢連夜雨，滴答水聲亦不斷」！

(7)革新果斷化:

清水建設最近積極對育成與創新的工作獨下功夫，不但成立創新與育成兩個中心外，更投入巨額資金與人力於奈米科技之應用、電磁波防護、新能源開發以及技術產品化等領域的研發工作，而此亦可供我土木建築產、官、學界之借鏡。

(8)夢想太空化:

人類夢想有朝一日能移民外太空，因而亦衍生人們對外太空建築之興趣。而自認為全世界最大建設公司之清水建設，亦不落人後的為人類太空夢而努力，於是在清水技術研究所中，設有太空研究室以研發太空建築。甚至構想在月球上建立基地，並利用月球資源以及與地

球大氣層的氫氣來製造月球混凝土。此混凝土不但可用於建造太空建築之用外，亦可銷售予有需求之廠商。

1.5 適合我國發展的土木科技

我國位在歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊交叉擠壓處、造成地形陡峭、地質破碎、斷層綿密、地震頻發外，且又加上海島型氣候，颱風豪雨多而集中，使得我國的洪災、乾旱、地震與坡地等災害更甚於日本百倍。然而為確保台灣永續發展，尋找適合我國發展的土木科技應是刻不容緩之事。有鑒於此，以下就參訪日本產、官、研之心得以及我國現況，提出幾點建議，以供參考。

(1) 成立國土建設部，統合國土建設事宜：

從日本國土交通省的組織再造中，將原先土木、建築與港灣技術三個研究所各自成為獨立行政法人，而在交通省下再成立國總研。這種縱、橫向的整合，有利於達成政策支援、技術基準擬定與技術支援三大目標。反觀，我國國土交通建設或研究單位，有歸屬內政部者、有隸屬經濟部者、亦有附屬教育部者外，尚有農委會、國科會亦控管。除單位多而事權不統一外，易衍生重複投資以及管理考核不易等缺失外，研究亦當難有成果，更難落實到政策支援、技術基準擬定與技術支援三大目標。因鑒於除舊蔽、立新局以應因時代之需求，建請參考日本國土交通省組織再造模式，成立國土建設部，以統合有限的國家資源，打造無限美麗且又有活力的新台灣。

(2) 北中南台灣三地，建立大型研究機構並提高研究經費：

從日本筑波科學城內，即擁有40幾個國家級研究中心，尤其國總研與土木所占地面積有120餘公頃，且亦設有各式各樣大型與精密研究大樓與設施。由於地域的整合，而有利於相互支援外，更有益於三大目標的達成。反觀，我國不但缺乏科技研究城，即使國家級研究中心，亦大部份附屬於各大學居多。除資源分散，管理不易外，且又由教授、專家兼任，不但研究課題缺乏政策性評估與指導，常成為為提計畫而整合的團隊來提計畫，並由同儕評分，其結果的公正性常受質疑外，研究成果更難以落實到政策。因此，為正本清源，為提升國家競爭力，建請在南、中、北台灣各成立一個國家級之不同性質的國土建設相關研究所，以整合現有或增購大型、精密試驗設備並提高研究經費，全力為打造創新科技而努力。如是，不但可創造就業機會，亦

可達成研究才培養之目標。

(3)以物為本研發心，創自然共生環境：

勿以人為本，更不要有人定勝天的狂傲情結，不要誤認凡事僅要試驗、計算安全就以為無問題；然而阪神、車籠埔大地震，滿山蒼痕，生靈屠戮。有鑒於此，日本人體驗到工程應本著「自然共生，以物為本」的重要，而此亦是日本土木技術的新走向，且亦將落實到都市再生、都市建設之政策基準。

(4)實用性研究築基，創新性研發育成：

參訪日本的產、官、研各機構之組織均設有R&D企劃部門（清水技術研究所）或企劃部（國總研與土木所）以規劃技術研發的短、中、長程方向，並對研發成果加以考核與推展。因此，研究計畫大多能達成政策支援、技術基準擬定與技術推廣等層次，同時易將之產品化。另外，清水建設最近積極對育成與創新的工作獨下功夫，不但成立創新與育成兩個中心外，更投入巨額資金與人力在奈米科技之應用、電磁波防護、新能源開發以及技術產品化等領域的研發工作，而此亦可供我土木建築產、官、學、研各界之借鏡。

(5)防災資訊生活化，國土建設科技化：

日本國土建設與防災已走入資訊化階段，研究成果已經成為國土開發、政策擬定與實施的重要參考指標，而且亦開始普及，並漸成為日本人生活資訊的一環。另外，結合GIS、GPS與RS所打造「多模式物流運輸系統(Multi-modal Transport System, MTS)」與智慧運輸系統(Intelligent Transport System, ITS)亦被積極研發，以達到物暢其流之目標。

(6)人力培育系統化，研發推展社會化：

土木科技研究成果之推展，不僅在創造「美而安全，且又有活力的國土」，亦是在教育廣大群眾認識土木，進而愛惜我們生活的這片土地。因此研發成果宜向民眾教育宣導，以培養其國土建設與防災之智識，進而避免政策推動之抗爭。另外，在知識經濟風光的時代，人才是我國提升競爭力的最佳利器，國土建設研究人才應有系統的加以培育，以提升創新研究力外，並為世代交替作準備。

貳、日本電力中央研究所參訪紀要

2.1 電力中央研究所簡介

電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry)創立於1951年，設有8個研究所與一個赤城試驗中心，即①經濟社會研究所、②狛江研究所(電力系統、電氣絕緣…等)、③我孫子研究所(地圈環境、大地與地震工程…等)、④橫須賀研究所(電機工程、能源與機械工程)、⑤傳播與資訊研究所(Communication & Information Research Laboratory)、⑥核能資訊研究所、⑦人文因素研究所(Human Factor)、⑧低量放射線研究所，平成14年度(2002年)研究總經費335.5億日圓，折合台幣約94億，研究專題有784件，報告書有566件，論文發表1376篇，研究人員633人，我們此次參訪的是與大地工程較有關聯之我孫子研究所，由副所長西好一博士接待，底下設有8個研究部，即①地圈環境部、②地盤耐震部、③材料構造部、④流體科學部、⑤環境科學部、⑥生物科學部、⑦應用生物部、⑧核能廢棄物處理部，共有208名人員，研究專題有309件。

2.2 參訪試驗室

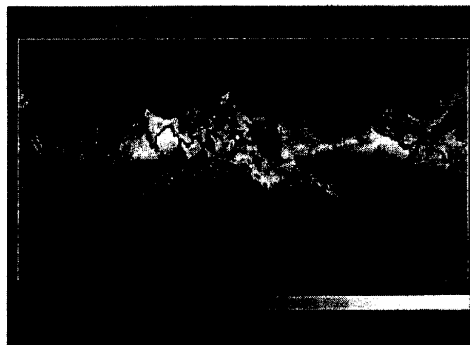
2.2.1 計算科學研究室(Computer Science Facility)

由環境科學部筒井主任研究員介紹，目前與美國共同研究溫室效應與其他氣候變化對全球環境之影響，以成功的發展出3-D之數值分

Predicting global warming

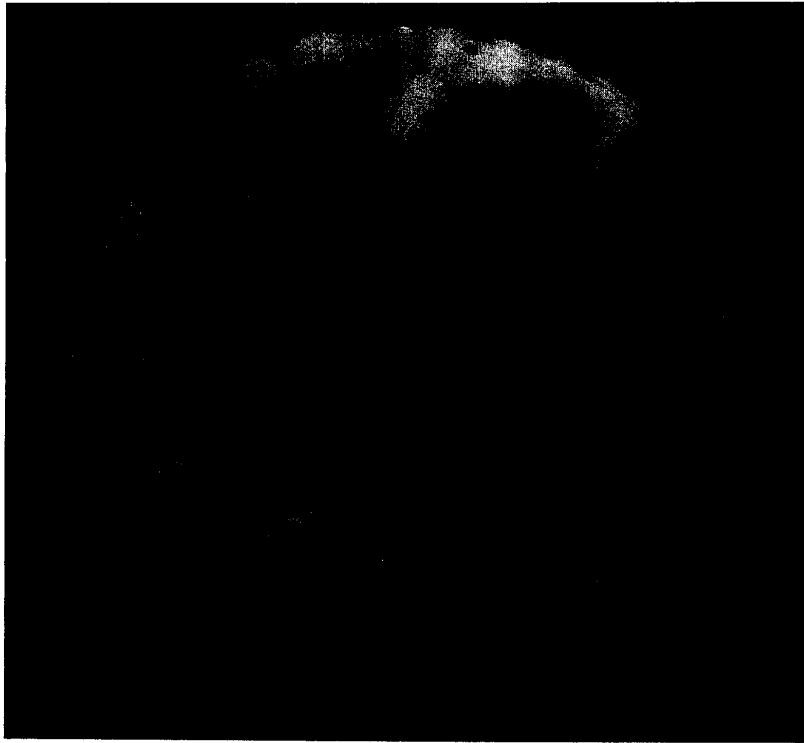
There is widespread concern that the advance of global warming will greatly impact the global environment through weather changes and other factors. In order to predict changes in tropical cyclones and ocean currents that accompany global warming, we have developed a numerical model jointly with a research center in the US, and are working to better understand the global warming phenomenon.

High-resolution atmospheric models (right panel: spatial resolution 90-km mesh) allow us to trace changes in the amount of vapor in the atmosphere (the white area in the center of the panel) and predict tropical cyclones



照片 2.2-1 3-D 數值分布圖

析模式，如照片 2.2-1、2.2-2 所示。其他研究方向還有如何減少 CO₂ 之排除量…等，請參考攜回之資料(我孫子研究所之研究介紹)。



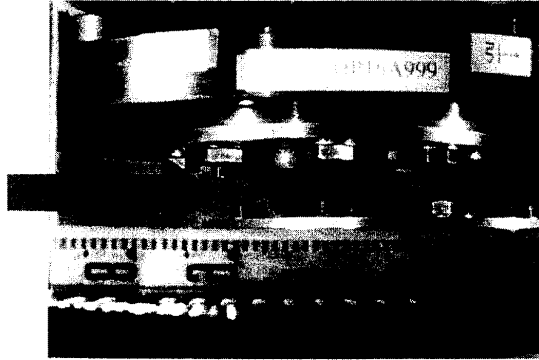
照片 2.2-2 全球大氣變化模型圖

2.2.2 免震與挫屈實驗室(Seismic Isolation & Buckling test Facility)

由地震耐震部松田主任研究員介紹，有 Aging Testing 設備，溫度可控制在 20°C~150°C，頻率 0~30Hz，可進行 2-D 與 3-D 之動態試驗；免震係利用 LRB(Laminated Rubber Bearing or Rubber Sheets and Steel Plates)作為材料，可將水平地震力減少至 1/3~1/2，如照片 2.2-3 所示。我國國家地震中心亦作了不少免震方面之研究，例如摩擦單擺系統、鉛心橡膠支承墊、高阻尼橡膠支承墊、油壓阻尼器…等之結構隔震或消能技術。動態挫屈試驗設備(Dynamic Buckling Facility)，可進行新材料之抵抗挫屈特性評估。

Reducing earthquake vibrations

By placing laminated rubber bearings made up of rubber sheets and steel plates under a building, the horizontal seismic force can be reduced to 1/3~1/2 of the original effect. By using loading tests and simulations to evaluate the behavior of seismic isolation devices such as these, we are trying to develop a new seismic isolation system.



We are also developing laminated rubber bearings for 3-dimensional seismic isolation system that will reduce vertical earthquake response and horizontal.

照片 2.2-3 免震試驗

2.2.3 大型造波水槽(Large Scale Wave Test Facility)

大型造波水槽寬 3.4m、高 0.6m、長 205m，為世界之第三大水槽，如照片 2.2-4 示。可模擬海下地震所引發之海嘯現象(Tsunami)，曾研究 1995 年北海道發生 32m 高之海嘯(比例為 1:100)對電廠之影響。

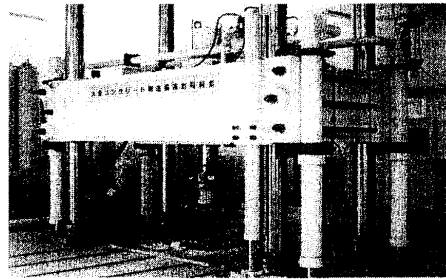


照片 2.2-4 大型造波水槽

2.2.4 混凝土構造高速載荷裝置(High-Speed Hydraulic Actuator Testing System)

由材料構造部，松尾主任研究員介紹，最大容量 1200kN(靜態荷重)、800kN(動態荷重)，為世界最高相數之加壓設備(40500 相數/秒)，如照片 2.2-5 所示。最大速度為 100cm/sec (Holding Time 20 sec)、最大位移量 ± 125 mm、最大頻率 20Hz，可觀察混凝土構造之破壞行為。

コンクリート構造高速載荷裝置

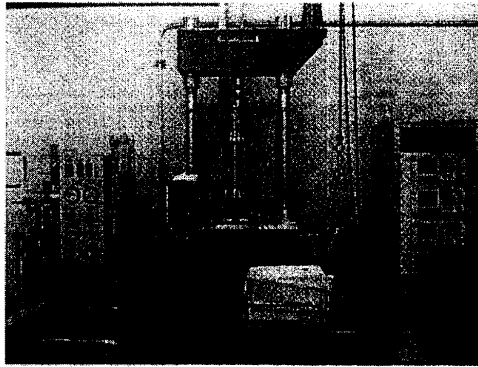


大地震などを想定したさまざまな条件下において、大容量・高精度で高速載荷が可能な設備
最大容量：1200kN 最大速度：100cm/sec.

照片 2.2-5 混凝土構造高速載荷裝置

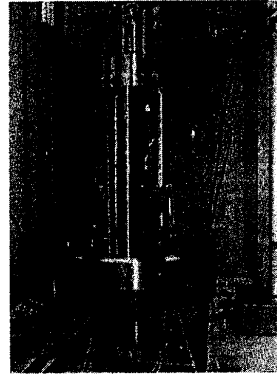
2.2.5 高溫高壓岩力試驗設備(High Temperature Rock Mechanics Testing System)

如照片 2.2-6、2.2-7 所示。由地圈環境部，岡田主任研究員介紹，可評估深層岩盤作為貯存核能廢料之可行性，此三軸室最大圍壓 20Mpa，最高溫度 200°C，可量測試體荷重與變形(如照片 2.2-8 所示)，試體尺寸為 50mm，高度 100mm，其造價為日幣 1400 萬，最近研究在 60°C 下，砂岩之內磨擦角 φ 較常溫下略低，而泥岩反而增加，如照片 2.2-9 所示，我國成大與交大亦有高溫高壓三軸設備。



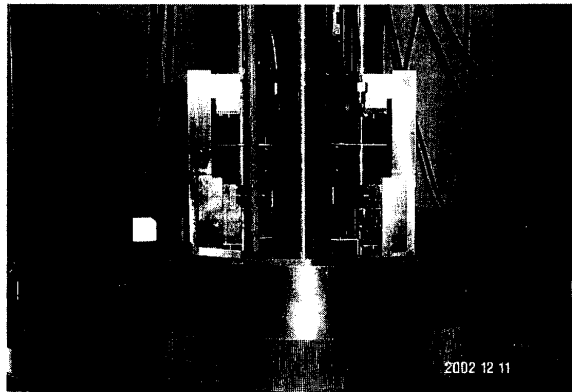
Loading System: Hydraulic Servo Type

照片 2.2-6 高温高压岩力試験設備

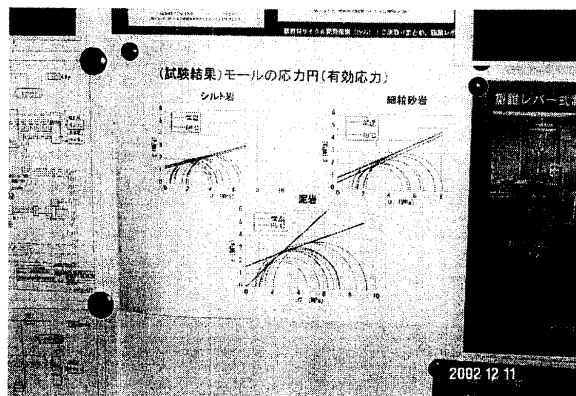


High Temperature Triaxial Cell

照片 2.2-7 高温高压岩力
試験設備



照片 2.2-8 三軸室

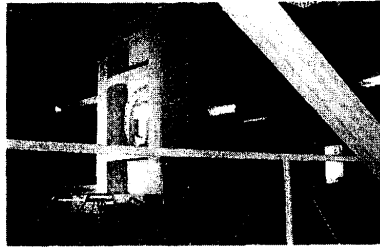


照片 2.2-9 試験結果

2.2.6 大型水風洞試驗設備 (Large Boundary-Layered Vertical Water Tunnel Facility)

如照片 2.2-10 所示。由流體科學部田中部長介紹，其特色為利用水取代風進行試驗，可探討低流速下之行為，如圖 2.2-1 與圖 2.2-2 所示。

大型水風洞



水路内に様々な模型を設置し、模型周りの流れの可視化や流速、圧力の測定を行うための大型水路
 テストセクション：幅2m×奥行き2m
 最大流速：10m³/sec.

照片 2.2-10 大型水風洞試驗設備

Large boundary-layered vertical water tunnel facility

Schematic of the water tunnel

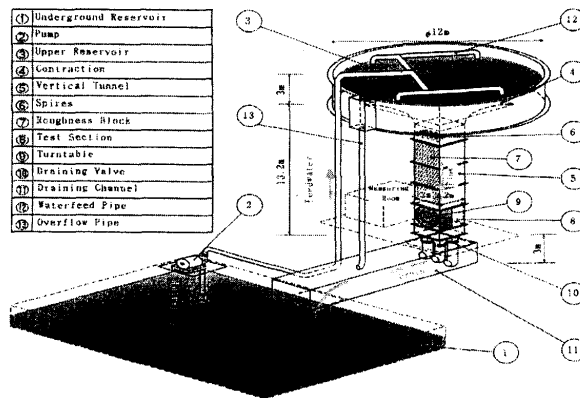


Fig.1 Schematic of large boundary-layered vertical water tunnel facility

Technical Specifications

Test section : 2.0m×2.0m
 Contraction section area ratio : 9:1
 Maximum flow rate : 10 m³/sec.

Capacity of upper reservoir : 300m³
 Turntable : ϕ 1.6m

圖 2.2-1 大型水風洞試驗

Table 1 A consideration between a wind tunnel/and the water tunnel

	Wind Tunnel	Water tunnel
Working fluid	Air	Water
Tunnel type	Suction type	Gravitational draining type
Test section Height $H \times$ Width W	5m \times 6m	2m \times 2m
Length L	30m	10m
Max. flow velocity U_{max}	20m/sec.	2.5m/sec.
Reynolds number Re $Re = \frac{\text{Inertia force}}{\text{Viscous force}}$ $= \frac{\rho \cdot U^2}{\mu \cdot U/H} = \frac{UH}{\nu}$	6.6 $\times 10^6$	5.0 $\times 10^6$
ν : Kinematic viscosity (Dynamic viscosity μ /Density ρ)	1.5 $\times 10^{-6}$ m ² /s at a normal temperature	1.0 $\times 10^{-6}$ m ² /s at a normal temperature

Table 2 Various water tunnel of gravitational draining type

	Test section	Max. flow rate [m ³ /s]	Max. flow velocity [m/s]
CRIEPI (Japan)	2m \times 2m	10.0	2.5
ONERA-TM2 (France)	0.45m \times 0.45m	0.34	1.7
ONERA-TM3 (France)	0.8m \times 0.8m	0.042	0.065
Wright-Lab. (USA)	0.61m \times 0.61m	0.096	0.26

Example of flow visualization

Photo.1 shows an example of flow visualization around the topographical model. Fig.2 shows a variation of flow velocity around the topographical model estimated by PIV (Particle Imaged Velocimetry).

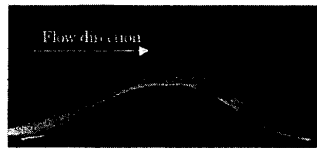


photo.1: Flow visualization

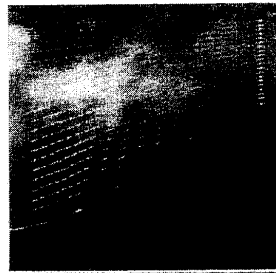
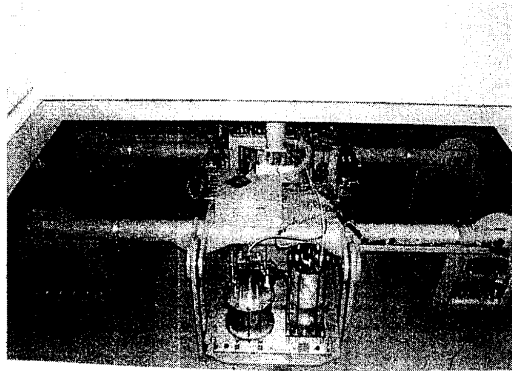


Fig.2 Variation of flow velocity around the topographical model estimated by PIV

圖 2.2-2 大型水風洞試驗

2.2.7 離心機設備(Geotechnical Centrifuge)

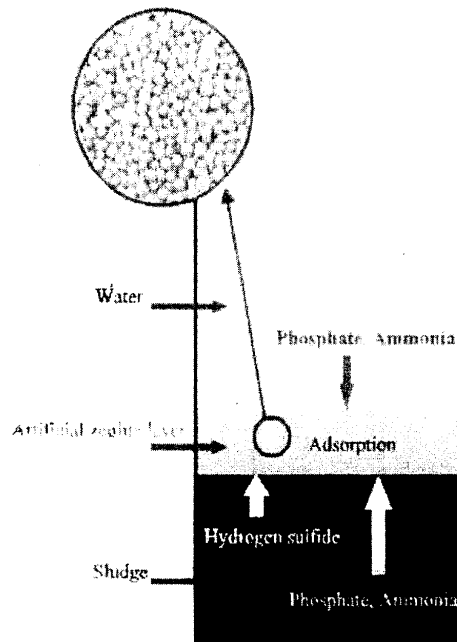
如照片 2.2-11 所示。由地盤耐震部田中幸上席研究員介紹，其最大優點為縮小時間或荷重…等比尺，探討時間或荷重…等因素之影響，例如滲流與壓密問題，此設備之有效半徑為 1360mm，最大離心加速度為 200g(靜態)，最大施加荷重為 100kg，我國中央大學亦有離心機設備。



照片 2.2-11 離心機設備

Beneficial use of fly ash

We are working on ways to recycle fly ash from coal-fired power plants and use it as a resource, such as in concrete and artificial zeolite.



Artificial zeolite (picture left) made from fly ash is effective in adsorbing nitrogen, phosphorus and hydrogen sulfide. It can be used to clean up eutrophic, enclosed water areas.

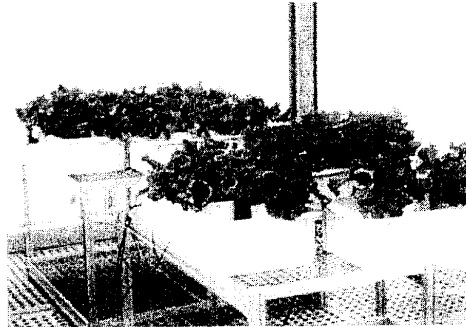
圖 2.3-1 燃燒煤炭所剩之底灰

2.3 結論與建議

1. 我孫子研究所之地盤耐震部正在發展 Hybrid Seismic Testing System，研究經費約日幣七億，可克服傳統震動台，擬動態試驗與數值分析之缺點，可獲得全尺寸(Real Size)且代表現場結構物行為之成果。此種嘗試在現有之硬體設備上以軟體來提供其功能，亦即研究之精緻化與深入化值得我們學習。
2. 在砂土層液化防治工法方面有礫石柱法(Stone Column)，動力夯實法(Dynamic Compaction)…等地盤改良工法，但礫石柱法效果較不明顯。
3. 資源再利用與環境污染整治技術之研發：例如燃燒煤炭所剩之底灰，可作為淨化水質與增加混凝土耐久性(見圖 2.3-1)。培育可吸附重金屬的植物，如煙草、稻、菠菜…等，可淨化受重金屬污染之土壤，如圖 2.3-2 所示。
4. 日本在核能廢料之儲存與再利用方面：與瑞典合作研究如何安全儲存核廢料防止污染，並利用核廢料再發電可連續利用，如圖 2.3-3 示。未來在能源利用方面還是以核能發電為主，因為石油與煤礦有限，只要安全問題小心做好，核能發電將是較經濟之方案。

Creating plants with new traits

We have succeeded in creating a high iron content crop by introducing a ferritin gene through artificial gene recombination. We will apply this technology to produce heavy metal accumulators with modified ferritin. They may help to clean up polluted soil.

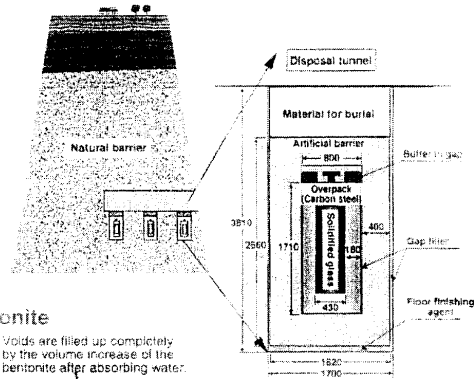


Ferritin is a protein that stores iron. We have introduced it into lettuce (picture above) and analyzed its DNA.

圖 2.3-2 培育可吸附重金屬的植物

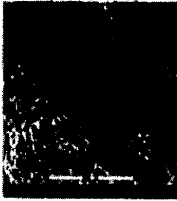
Isolating radioactive waste by a multiple barrier system

We have been developing methods to dispose of radioactive wastes in deep geological formations and isolate them by a multiple barrier system to reduce the release of radionuclides to the biosphere. We have been studying the physical and chemical properties of materials used as a barrier to facilitate the design and construction of a reasonable barrier system.



Observation of swelling behavior of bentonite

sand particle (the minute particles on the sand) (void particle are bentonite)



Before water is supplied

The process of void filling by the increased volume of bentonite can be observed.



While water is supplied

Voids are filled up completely by the volume increase of the bentonite after absorbing water.



After water is supplied

Bentonite is a kind of clay material. When it absorbs water, its volume becomes 5 to 10 times greater. To use it as a buffer material around radioactive waste and/or a backfill material for tunnels, we are studying to identify its characteristics.

圖 2.3-3 核能廢料之儲存與再利用

5. 開發新能源方面：日本研究以地熱發電已有 20 年，成功地利用地下 500 公尺之地熱將水氣化作為發電，今年更與澳洲進行合作。

參、國土技術政策總合研究所及土木研究所參訪紀要

3.1 機構介紹

國土交通省的兩個有名的研究所，國土技術政策總合研究所 (National Institute for Land and Infrastructure Management, NILIM) 及土木研究所 (Public Works Research Institute, PWRI)，位於東京北方之茨城縣筑波市，與有名的筑波大學同在一新開發之科學城內，而在本科學城內設有 40 幾個國家級研究中心。國總研與土木所占地面積近 120 餘公頃，幅員遼闊外，設備亦多為大型，如水工模型、風洞、大型土槽、試車道、實物大隧道、車輛撞擊試驗場等，如圖 3.1-1 所示。此外尚有土石流及水流沖蝕教學設備等，可對參觀者提供良好的觀念教育。

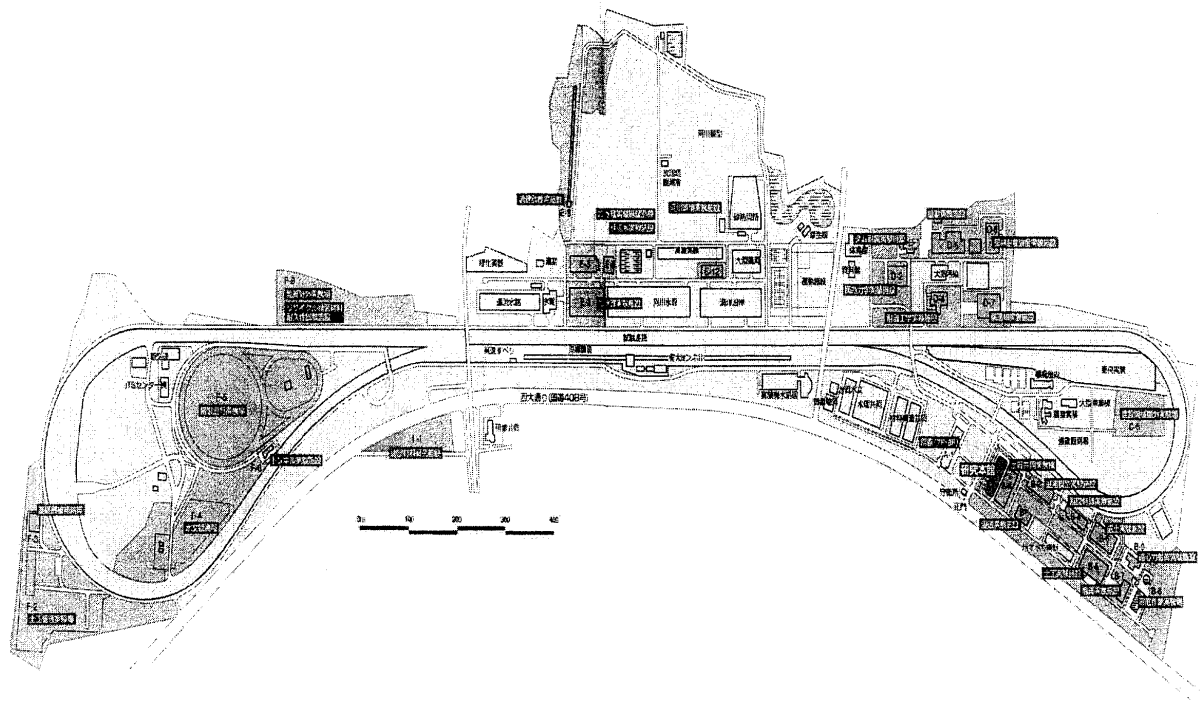


圖 3.1-1 國總研及土木研究所配置

3.1.1 國總研

國土技術政策總合研究所（國總研）為創就「美又安全且有活力的國土（beautiful and safe national land）」，於平成 13 年（西元 2001 年）4 月 1 日起，將國土交通省土木、建築與港灣技術研究所加以組織再造，而分成公部門的國總研與獨立行政法人的土木、建築與港灣空港技術研究所，俾利統合國土利用、開發、保全與社會資本有關的技術發展，以強化全國的研究能力，提升研究成果之應用，並擬定各相關研究領域的中、長期研究目標。同時，冀望整合國土交通省行政部門國總研後，可使國家技術政策的研究達成「一體化」。詳如圖 3.1-2 所示。

國總研研究發展方向主要如下：

(1) 政策支援

國土技術政策的規劃與立案，例如 ITS(Intelligent Transport Systems)的普及與推廣研究發展。

(2) 技術基準擬定

相關技術基準法令之研究與發展，例如河川防砂技術基準、港灣設施的技術基準等。

(3) 技術支援

直轄事業之執行、管理等必要研發與地方公共團體等技術指導，例如環境評估手冊研製、災害時現場技術指導等。

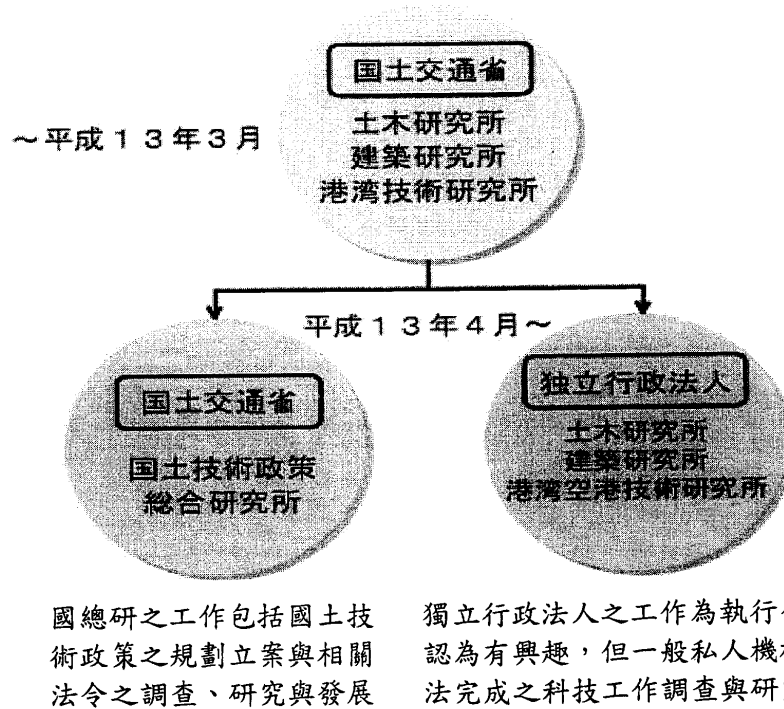


圖 3.1-2 國總研組織再造示意圖

經由組織再造，國總研之組織為所長下設有三個管理部門（總務、企畫與管理調整部）、十個研究部門（環境、下水道、河川、道路、建築、住宅、都市、海洋沿岸、港灣與機場研究部）、三個研究中心（總合技術政策、高度情報化[資訊]、危機管理技術研究中心），如圖 3.1-3 所示。

組織內人員含指定職 3 員、行政職 141 員與研究職 251 員名，共 395 員。每年預算計約有人事費 30 億日、研究經費 122 億日與設施

整備費 1.4 億円。平均每人每月平均約支薪新臺幣 18 萬元，每個研究人員每年約需執行研究經費約新臺幣 1,360 萬元。

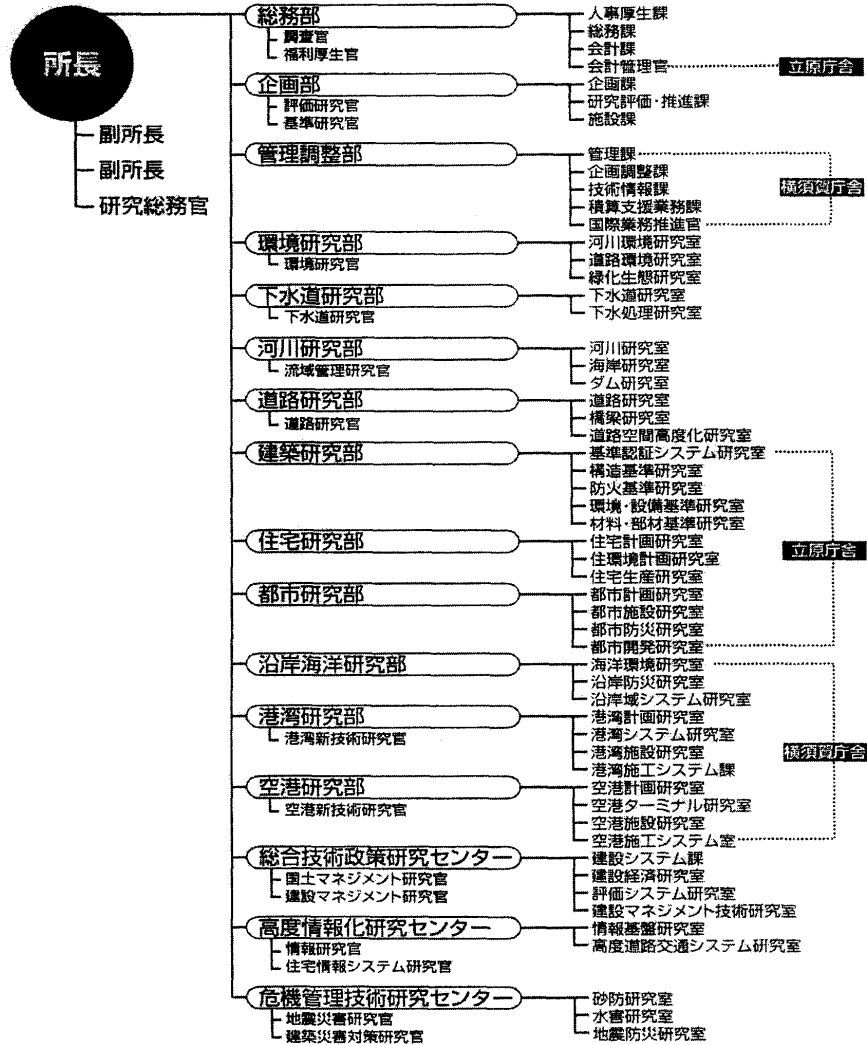


圖 3.1-3 國總研組織

3.1.2 土木研究所

獨立法人土木研究所主要任務為有關土木技術之調查、試驗、研究與發展，並指導與研究成果的推廣。土木研究所的組織如圖 3.1-4 所示，其係由理、監事下轄一所（新潟試驗所）、二官（研究調整官

與地質官)、三部(總務部、企畫部與技術推進本部)以及七群(材料地盤研究群、耐震研究群、水循環研究群、水工研究群、土砂管理研究群、道路技術研究群與構造物研究群)。其中新潟研究所並不在筑波總部，而係位於新潟以利研究道路積雪對交通影響。

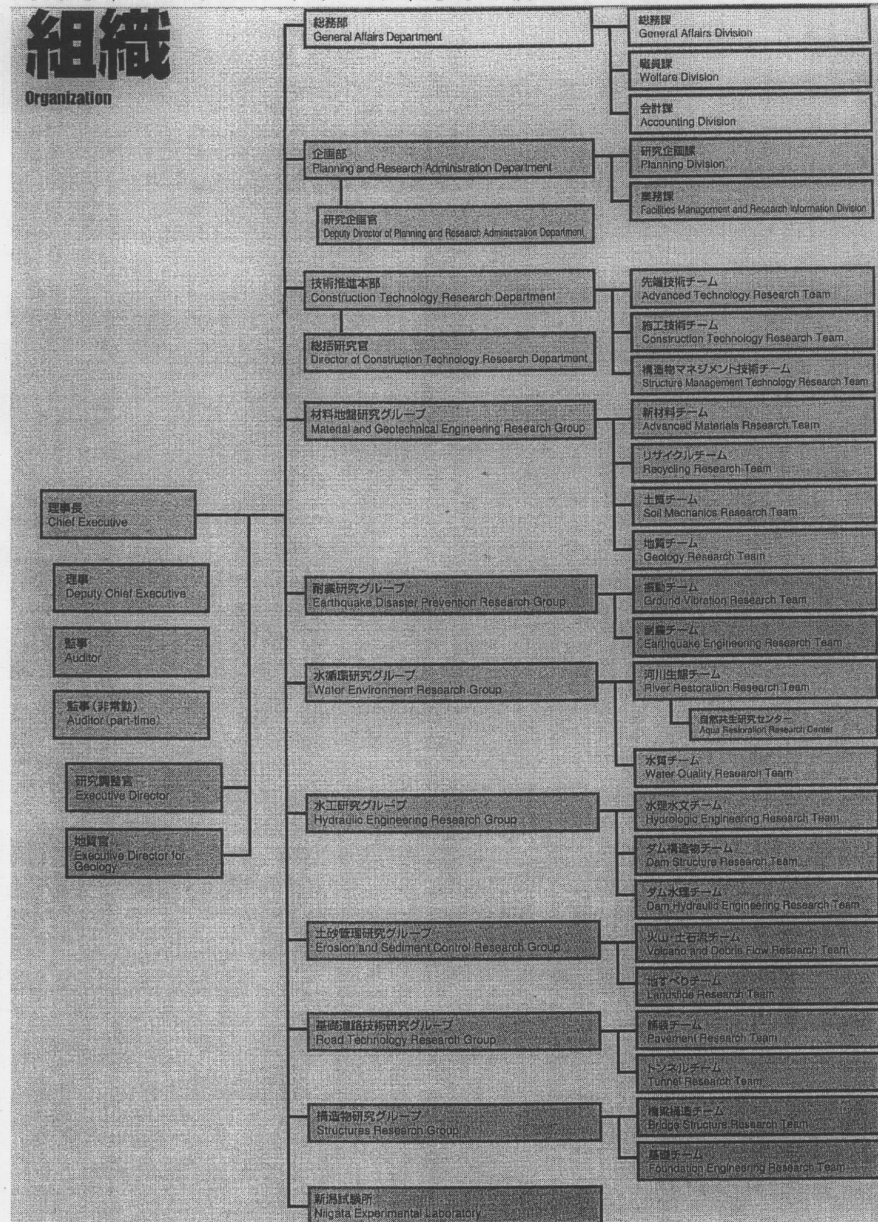


圖 3.1-4 獨立法人土木研究所組織

土木研究所 2002 年（平成 14 年）之組織內人員共 219 人，包括一般職 65 人、全勤職 216 人與研究職 151 人、其他 3 人。2002 年的預算計約 61.28 億日圓，其中營運費 49.35 億日圓（含一般費 22.29 億日圓），施整備費 4.37 億日圓。平均每人每月平均約支薪新臺幣 24 萬元，每個研究人員每年約需執行研究經費約新臺幣 500 萬元。

3.2 參訪實驗室

3.2.1 河川水理實驗室

河川研究室，從事政策的企劃、立案與有關技術基準（河川構造物的調查、計畫、設計與施工等）之策定、河道規劃、河川構造物的危險度評估與對策提出、土砂材料的監測技術、河道特性與河川環境等關係研究。

河川產出現象係水流、土砂運動、植生、構造物等總合之複雜事項，難以用計算機模擬。因而在河川研究室下特設有：河川水理實驗設備、河川模型試驗設備與水理共同實驗大樓，以利進行各式水理模型試驗。

本次參觀為河川水理實驗設室，其為一寬 50m、長 200m，且屋頂加蓋之室內實驗室，如圖 3.2-1 所示。在此室內現設有 5 個河道模型與 4 個實驗水道，並設有造波機等機械設備。另外，在西側連接有 50m×40m×3m 的水槽，以供給各試驗之用水。

該實驗室目前正在進行 1/50 縮尺之「斐伊川放水路模型」試驗，以研究分流點的寬度、形狀與沈砂池大小尺度關係。研究基於最大流量 4500ton/sec 的百年計畫洪水量考量，因此實驗流量採用模擬平時的 25ton/sec，洪水時則用常時之 200 倍。

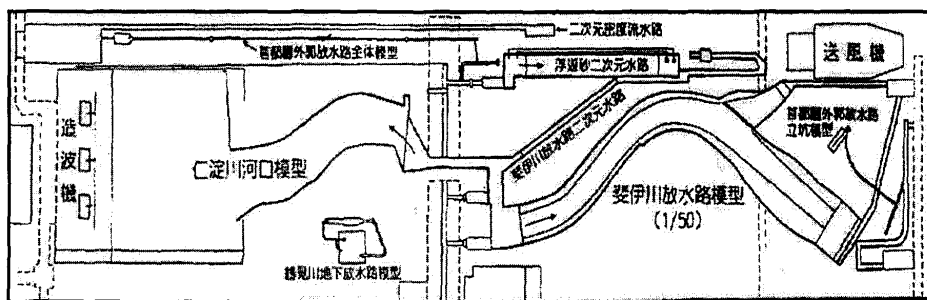
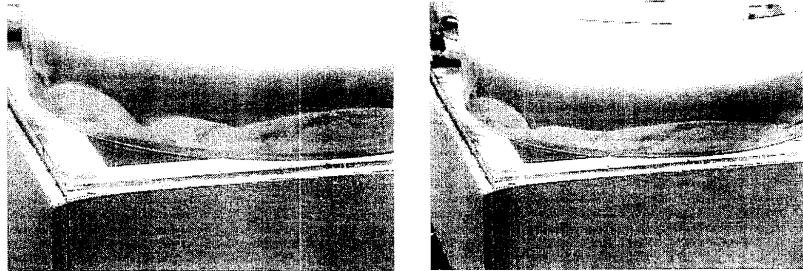


圖 3.2-1 河川水理實驗室平面配置

此外值得一提係該實驗室展示一小型流速對河床影響的模型實驗裝置，展現出流速小，河床波長小；反之，流速大，河床波長大，照片 3.2-1 所示。然而本裝置可供教學用外，亦使參訪者易於理解，深具意義。



(a) 水速較慢

(b) 水速較快

照片 3.2-1 流速對河床影響的模型實驗

3.2.2 海洋沿岸實驗室

海岸研究室主要在政策的企劃、立案與有關技術基準（河川構造物的調查、計畫、設計與施工等）之策定，主要從事海嘯、海岸侵蝕之危險、現地觀測、水理模型實驗、數值解析等與海岸保全有關研究。另外，尚有河口、沿岸域的自然環境的調查、再生與保護等技術之研發。

海岸研究室主要實驗設備包括：海洋沿岸實驗室 (Coastal Hydraulic Laboratory) 與波浪實驗水道 (Wave Channels)。海洋沿岸實驗室亦屬室內實驗室（參考照片 3.2-2），其規模如同河川水理實驗室，其主要設施有：

- (1) 造潮（波）裝置：長 35m×寬 30m×深 0.5m。
- (2) 不規則波平面水槽：長 24m×寬 30m×深 1.0m，最大造波高可達 0.3m。
- (3) 漂砂實驗水道：長 140m×寬 2m×深 5.0m，可供濱海變形、堤防破壞機制等實驗。
- (4) 不規則波水道：長 140m×寬 0.6m×深 1.5m，可供低天端 (Low-crest) 離岸堤相關諸元之實驗。



照片 3.2-2 海洋沿岸實驗室

3.2.3 試驗道路

試驗道路隸屬道路研究部，主要線形如圖 3.2-2 所示，其諸元如下：

- (1) 全長：6.152km。
- (2) 寬度：17.75m (3.75m×3 車道)。
- (3) 東直線道：密粒瀝青鋪裝，直線長 693m。
- (4) 西直線道：混凝土與多孔質彈性鋪裝 (透水性路面)，直線長 2,192m。
- (5) 南環道：密粒瀝青鋪裝，半徑 222.5m，設計速度 120km/h，最大傾斜角 27 度。
- (6) 北環道：密粒瀝青鋪裝，半徑 147.5m，設計速度 100km/h，最大傾斜角 28 度。
- (7) 附屬設備：實尺隧道實驗設備 (長 700m，400m 屬 RC 造，300m 為鋼構造，可供火災、照明等試驗，如照片 3.2-3 所示)、實體車高速打滑現象實驗設施、屋外標誌實驗設施與照明實驗設施。

本實驗道路主要提供實驗內容，包括：

- (1) 有關道路幾何構造實驗。
- (2) 道路行走安全性相關實驗。

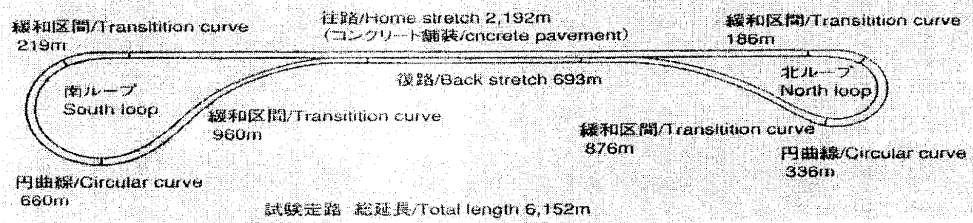


圖 3.2-2 試験道路





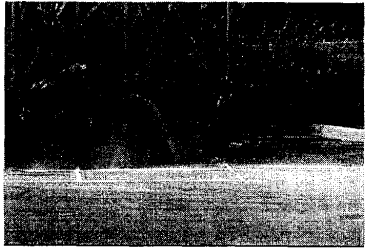

照片 3.2-3 實尺隧道實驗設備

- (3) 道路標誌相關實驗。
- (4) 道路照明相關實驗。
- (5) 道路噪音相關實驗。
- (6) 高度道路交通系統(ITS 相關實驗)。
- (7) 隧道內通風、照明、防災相關實驗。

另外，本次參訪巧遇道路研究部正進行小型車撞擊道路標誌、護欄等柱狀物之試驗。從事此試驗動機係因撞擊柱狀物雖僅佔車禍的35%，但死亡率高達 65%，而擬以消能設施來減少死亡率。雖然本實驗已於二週前試驗過，但消能桿設得太低，撞擊飛出，而效果較不佳，故此次將其提高 10cm，再重新試驗。實驗結果如表 3.2-1 所示，顯示：

表 3.2-1 小車撞擊試驗結果

撞擊時間(sec)	現象描述	相片
0.317	撞擊到消能桿	(a)
0.450	撞至半弧設施，消能桿飛出。	(b)
0.584	小車開始後退，引擎蓋掀起。	
0.851	後退止，引擎蓋掀至最高。	(c)
1.284	前進、後退二次，但不很明顯，並停止。	(d)

	
相片(a)	相片(b)
	
相片(c)	相片(d)

3.2.4 填土試驗室(Earth Structure laboratory)

本實驗室屬材料地盤研究群之研究室，其主要有大型土槽、滲透實驗槽以及沈陷實驗裝置，規格與可供實驗內容簡述如下：

- (1) 大型土槽：試驗床約 20m 長×20m 寬×5m 高，二側配置貯水槽，其上設有降雨模擬機，可提供模擬 10~100mm/h 的降雨量，如圖 3.2-3 所示。本槽可供土工構造物滲透之安定性檢討的實驗使用。

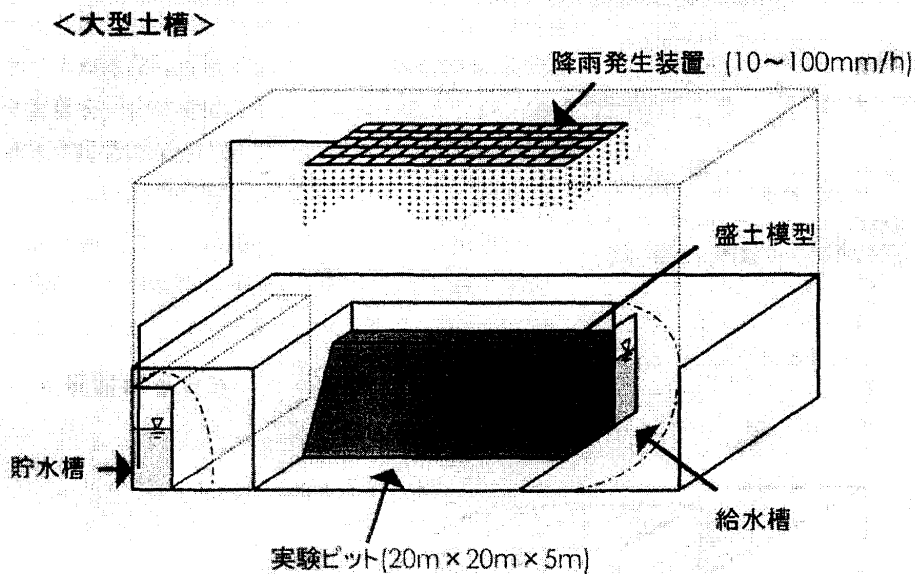
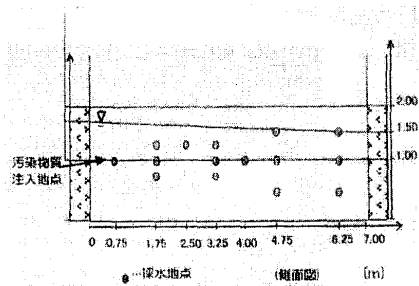


圖 3.2-3 大型土槽

- (2) 滲透實驗槽：試驗床約 8m 長×18m 寬×2.5m 高，周圍亦配置貯水槽，可提供模擬污染物於地盤中移動特性探討，如圖 3.2-4 所示。
- (3) 沈陷實驗裝置：長 8m×寬 1m×高 3m 的土槽，槽底配置 16 支油壓千斤頂，由馬達控制，並可有 30cm 升降，可提供地中管線、管線與人孔接頭等因地盤沈陷引致破壞行為之試驗，如圖 3.2-5 所示。



汚染物質の地盤中の移動特性に関する

実験概要

<実験ピット>

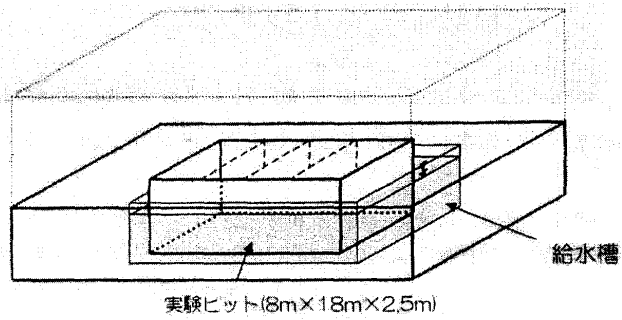


図 3.2-4 滲透実験槽

<地盤沈下発生装置>

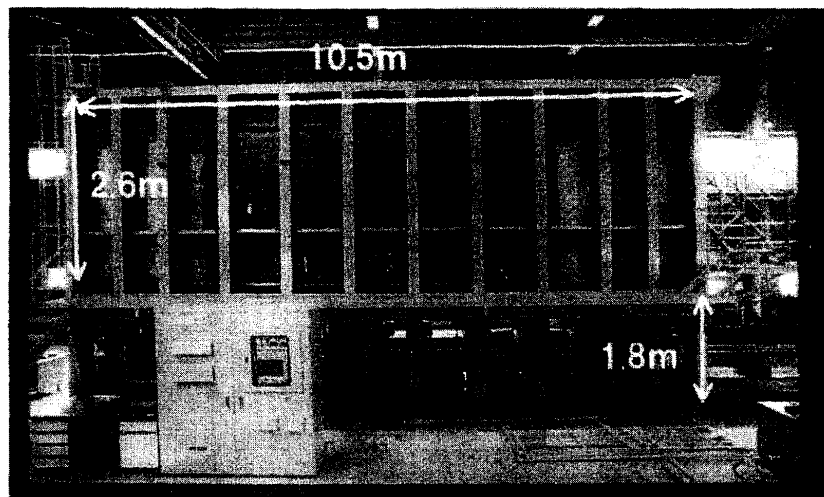
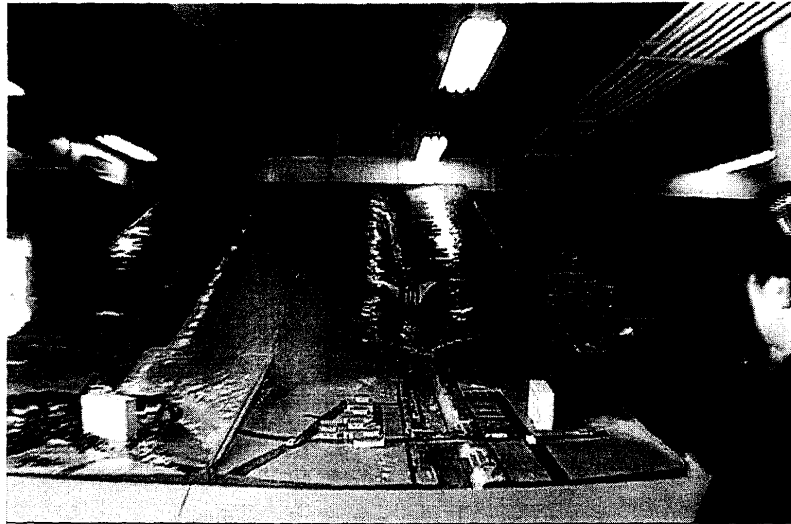


図 3.2-5 沈陥実験装置

3.2.5 砂防模型試驗室

本室主要以土石模型與災害相片來展示砂防之重要性，其中更以土石災害模擬裝置來解釋：有砂防與無砂防置製造成房屋、橋樑破壞災害的差異性最具震撼力。因為從照片 3.2-4 中可明顯看出左側無砂防裝置者破壞嚴重，而有砂防裝置者毫髮無損。



照片 3.2-4 土石模型

3.2.6 國總研河川研究部之研究方向與成果

(a) 海岸研究室

主要研究方向：

- (1) 自然力活用於海岸侵蝕對策；例如海岸侵蝕實態調查、砂或礫灘的形成過程以及變遷關係研究以及河口、沿岸區域土砂動態與砂灘系統的開發等。
- (2) 海嘯、瀑浪的機制與對策：堤防破壞機制相關實驗、瀑浪(storm surges)危害度評估法的開發、海嘯(tsunami)對構造物周圍洗掘的相關實驗與潮位準確性評估等相關解析。
- (3) 河口、沿岸區域生態保全：海岸生物及其棲息環境關係解析、海灘保全的環境保全成效調查。

主要研究成果：

- (1) 海岸侵蝕實態調查結果顯示日本海岸侵蝕率在 3.8~10m/yr，可說相當嚴重。
- (2) 砂灘寬與植生帶寬具有正比關係，換言之砂灘越大植生帶越寬。

(b) 壩工研究室

主要研究方向：

- (1) 政策支援：水資源管理、建壩技術、壩與貯水池管理與運用、參與國際組織。
- (2) 技術基準：有關壩工技術基準之擬定與修改。
- (3) 技術支援：有關壩工技術支援與指導。

主要研究成果：

- (1) 建壩技術：壩形與 CSG(Cemented Sand Gravel) 的設計方法開發。
- (2) 壩與貯水池管理與運用：水庫自動操作開發、土砂管理技術、氣候變動及應運用技術與資料庫建構。

(c) 道路研究室

主要研究方向：

- (1) TDM 相關研究：TDM 事例資料庫、交通調查之效率化、評估模式建構等。
- (2) 多樣化資訊的道路規劃、設計技術的確立。
- (3) 步行者 ITS(Intelligent Transport Systems) 的構築。
- (4) 道路空間再構築法的提案。
- (5) 道路安全監查制度的確立。
- (6) 道路橋樑技術基準的性能規定化。

主要研究成果：

- (1) 交通調查的效率化：開發出 IT 交通調查系統，活用 GPS、PHS 提高調查效率。
- (2) 道路橋樑技術基準的性能規定化：修訂本成 14 年 3 月「道路橋樑標示方書・同解說」。
- (3) 道路空間再構築法的提案：步行者 ITS、道路空間再構築及交通安全對策等。

3.2.7 土木研究所地盤研究群之研究方向與成果

(a) 土質研究團隊

主要研究方向：

- (1) 邊坡危險度評估與穩定性研究。
- (2) 地盤環境的保全相關研究。
- (3) 堤防的穩定評估與強化對策相關研究。
- (4) 軟弱地盤相關研究。
- (5) 構造物周邊地盤的穩定評估之相關研究。
- (6) 發泡混合土的利用推廣的相關研究。

主要研究成果：

- (1) 發展光纖邊坡監測系統、活用 GIS 於坡地管理評估。
- (2) 建立地下水污染的影響予測法以及汙染土壤穩定化等保全技術。
- (3) 短纖維混合加勁土可強化堤防的耐雨能力。
- (4) 提出氣泡混合土工法、土的流動化處理工法。

(b) 地質研究團隊

主要研究方向：

- (1) 地球環境評估、預測與創造。
- (2) 地質災害的預測與調查。
- (3) 岩盤地盤的調查方法與評估法。
- (4) 岩石材料的有效利用。

主要研究成果：

- (1) 1995 年兵庫縣南部地震淡路島出露斷層調查。
- (2) 開發以氣軌(air tracer)追蹤岩盤裂縫連通性調查法。
- (3) 含濁沸石與無含者對水泥強度影響(含濁沸石抗候性較佳)。

3.2.8 土木研究所土砂管理研究群之研究方向與成果

(a) 地滑研究團隊

主要研究方向：

- (1) 大變位地滑發生區的相關條件之研究。

- (2) 地滑等邊坡災害時之緊急監測技術開發。
- (3) 地滑止滑樁的機制及合理設計之相關調查。
- (4) 地滑對策工法的規劃、設計、施工方法之相關調查。
- (5) 岩盤邊坡調查法與監測試驗。

主要研究成果：

- (1) 提出大變位地滑發生區移動特性分類法。
- (2) 開發出雷射、光纖監測技術。
- (3) 地滑止滑樁之 3D 解析法提出及用於設計之程序說明。
- (4) 在岩盤邊坡持續監測與引入崩壞型態、規模、穩定分析檢討。

(b)火山、土石流研究團隊

主要研究方向：

- (1) 山腹坡地受侵蝕性、考慮植被狀態變化產出微粒土砂生產量的數值解析法研究。
- (2) 深層崩壞、地滑引致土石危險溪流之相關調查。
- (3) 火山地區泥流氾濫模擬。
- (4) 火山活動伴隨泥流發生危險度評估與規模預測方法之研究。
- (5) GIS 用於土砂災害之資訊管理系統構建。

主要研究成果：

- (1) 發展出細粒土砂產出、流出之解析、預測及經濟效果評估法。
- (2) 完成深層崩壞引致土石流危險溪流調查。
- (3) GIS 活用於火山活動推移、泥流、氾濫區域變化的迅速編釋處理。
- (4) GIS 導入火山噴火災害及對應於土砂災害資訊管理系統提出 10 分內更新短時間降雨預測土砂災害警戒避難。

3.3 結論與建議

兵法云：知己知彼，百戰不殆。參訪日本國土交通省國總研與土木研究所，並參考國內現況，提出下列自我省思，冀能對我國有所助益。

1. 從日本國土交通省的組織再造中，將原先土木、建築與港灣技術三個研究所各自成為獨立行政法人，而在交通省下再成立國總研。這種橫向整合，有利於達成政策支援、技術基準擬定與技術支援三大目標。反觀，我國國土交通建設或研究單位，有歸屬內政部者、有

隸屬經濟部者、有附屬教育部者外，尚有農委會、國科會亦要控管。除單位多而事權不統一外，易衍生重複投資、重複浪費；因而研究當難落實到政策。

2. 從日本筑波科學城內，即擁有 40 幾個國家級研究中心，尤其國總研與土木所占地面積有 120 餘公頃，且亦設有各式各樣大型與精密研究大樓與設施。由於地域的整合，而有利於相互支援外，更有益於三大目標的達成。反觀，我國不但缺乏科技研究城，即使國家級研究中心，亦大部份附屬於各大學居多。除資源分散，管理不易外，且又由教授、專家兼任，不但研究課題缺乏政策性評估與指導，常成為為提計畫而整合團隊來提計畫，並由同儕評分，其結果的公正性常受質疑外，研究成果更難以落實到政策。因此，為正本清源，提升國家競爭力，建請在北、中、南台灣各成立一個國家級之不同性質的國土建設相關研究所，以整合現有或增購大型、精密試驗設備，全力為打造創新科技而努力。如是，不但可創造就業機會，亦可達成研究人才培養之目標。在知識經濟風光的時代，人才是我國提升競爭力的最佳利器。
3. 從日本國土交通省國總研與土木所提供年預算分析，每人每月平均薪資約台幣 20 餘萬元，每個研究員約需執行 1000 萬台幣的計畫預算案。反觀，我國研究員平均薪資約 5、6 萬多，國科會所給的研究計畫補助費 30、40 萬，但預算少了就會影響品質。有鑒於經濟不景氣，更需投入研究經費，以創第一，促使我國經濟快速揚升，故研究經費不宜刪減。
4. 由參訪國總研與土木所的綜合討論中，國總研海洋沿岸實驗室調查發現：日本海岸每年最大約以 5m 速度侵蝕，相同地在砂防(砂防者，我國的水土保持工程)模型試驗室或土木所材料地盤研究群亦說明從自然法則言，若把土砂阻攔在上游，則下游無砂源補充容易受到掏刷，水土保持與海岸間如何尋找一平衡點，要從總量管制來考量。故目前日本大部份採用透過型防砂壩來進行設計，在土石流來臨時可防止災害發生；在平時細顆粒土砂又可從開口間流下達到自動清淤與補充下游土砂之效果。
5. 本次參訪過程中，並未見日本人強調「生態工法」，而是工程方法與生態公法並重。當然，純由道法自然而言，生態工法是應遵循的哲理。但不可因生態景觀而偏廢工程專業；當然國土建設規劃設計亦不可忘記自然生態，畢竟工程會改變自然，但好的設計依然亦可

創就生態。故如何取得中庸平衡之道，應因地制宜，不該全部用景觀規劃替代工程設計，另外在上游建壩時，為降低對自然生態之影響，日本正從事 CSG(Cemented Sand Gravel)設計方法之開發，儘量降低壩的高度與採用現地自然材料來興建，以減少對自然生態之衝擊。

肆、清水建設株式會社技術研究所參訪紀要

4.1 清水建設株式會社現況

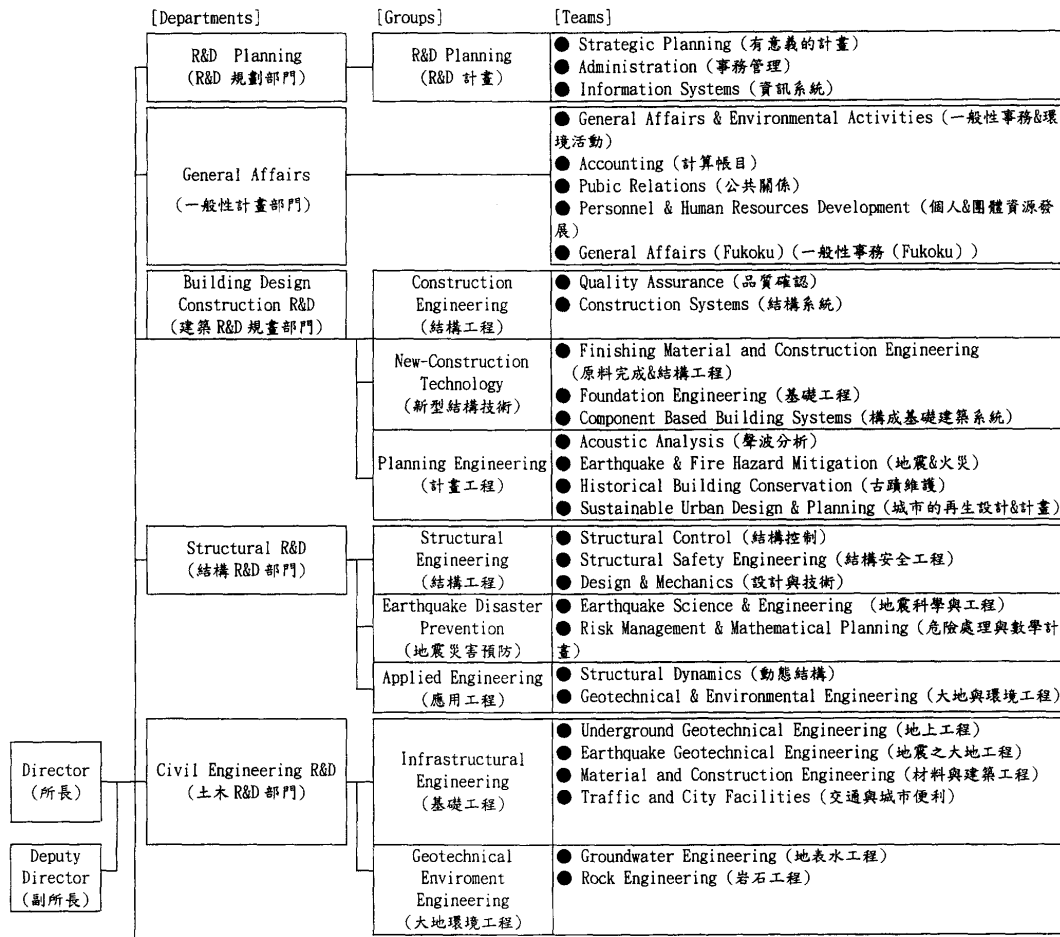
清水建設株式會社(Shimizu Corporation)為世界最大的營造公司，主要的營業對象除日本國內之外，近年來積極擴展海外市場，其分公司已遍佈全世界。台灣的高雄永安天然氣儲槽即為清水建設的重要工程成就。該公司由清水喜助創立於 1804 年，至今已有 200 年的歷史，其資本額為 743 億日圓，年營業額約 1 兆 4 千 5 百億日圓，從業員工計 15,000 人，公司內擁有博士 138 人，技師 450 人，一級土木施工管理技士 1,927 人，一級建築士 2,868 人。專長之工程技術包括污水處理場、隧道、水壩、潛盾隧道、港灣、地下槽池、鷹架、開挖、擋土工、地盤改良、基礎工程、土工、混凝土、安全觀測與綜合系統等，領域非常廣泛。

4.2 技術研究所之介紹

由副所長田藏隆博士介紹：清水建設株式會社(Shimizu Corporation)已有 200 年歷史，係東京都最大的建設公司，也是世界第一大。日本建設公司在昔日景氣時買了很多土地，而在不景氣下發生財務危機，但清水建設經過很大的努力處理，現在已沒有此問題了！清水建設除在日本國內外廣設分公司，並能維持 200 年而不衰，技術研究所(Institute of Technology)扮演著重要之角色。此技術研究所直屬總公司，負責研發(Research & Development)、顧問(Consultation)、委託研究(consigned research)等三大角色，而為因應時代之脈動有時會調整部門組織。最新的部門組織如圖 4.2-1 所示。

技術研究所之組織係於所長下設置 R & D 規劃部門、一般工作 (general affairs) 部門、4 個 R & D 部門 (建築、結構、土木、工程)、技術知識管理部門外，另設有育成中心 (Incubation Center) 與創新中心 (Innovation Center)。除此七部二中心外，並再設有太空、流體、地下與核能工程等四個獨立的研究群。

清水建設技術研究所現有研究員 220 位，具博士學歷者有 90 人，建築佔 44%、土木佔 22%、地質 (物理) 佔 16% 以及力學、化學、電子各分別佔 5%、6%、7%。表 4.2-1 為清水技術研究所近年來人員以及預算表，從該表可發現清水建設研發經費並不因經濟不景氣而緊縮，反而略有增加。就以 2001 年來說，總研發預算高達 8.2 億日圓，平均每個研究人員每年需執行研究經費約新臺幣 105 萬元。



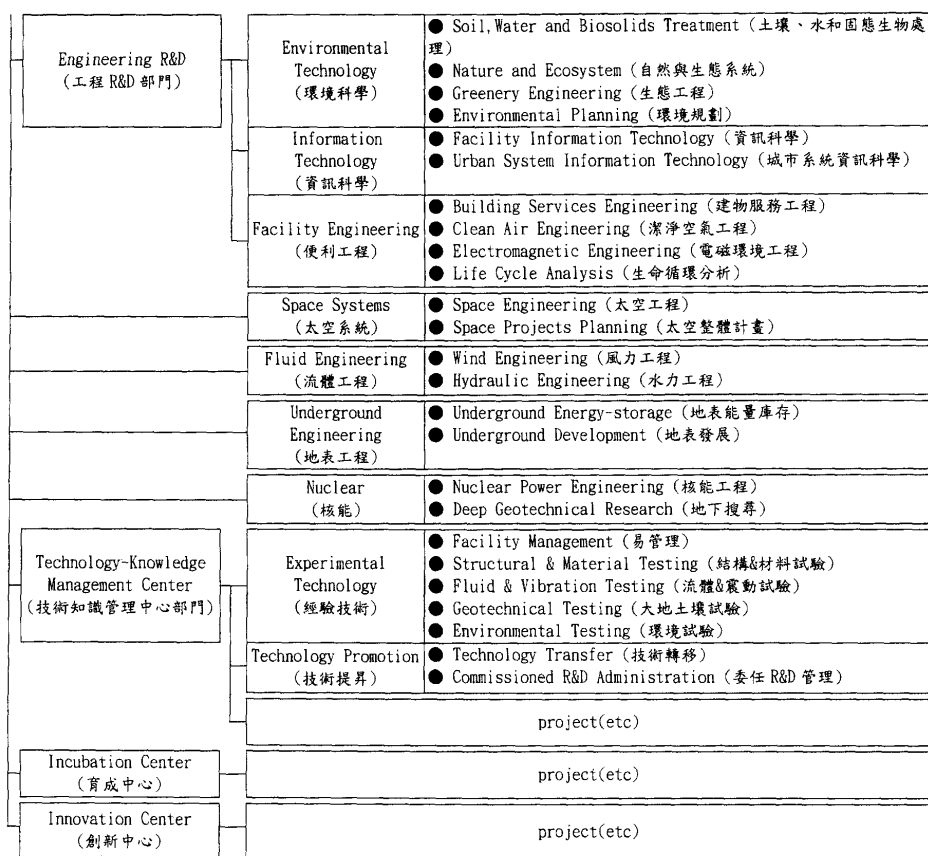


圖 4.2-1 清水建設技術研究所組織

表 4.2-1 清水建設技術研究所歷年編制員額及預算

年代	1985	1990	1995	2000	2001
員額(人)	268	333	356	366	324
R&D 部門預算(億円)	3.1	5.7	6.0	6.4	6.1
總 R&D 預算(億円)	8.8	16.0	12.6	8.6	8.2

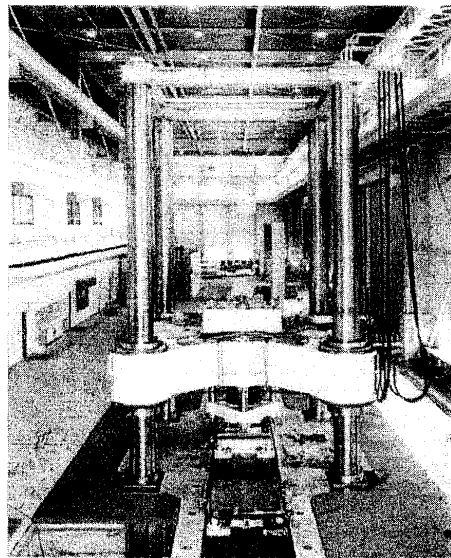
4.3 參訪試驗室

為達成研發、顧問與委託研究等三大目標，並因應時代之脈動，技術研究所設置有 17 個實驗室，亦即：結構實驗室(Structural Testing Laboratory)、多功能實驗室(Multipurpose Testing Laboratory)、振動試驗室(Vibration Testing Laboratory)、風洞試驗室(Wind Tunnel Testing Laboratory)、岩力試驗室(Rock

Testing Laboratory)、清靜室實驗室(Clean Room Laboratory)、超清靜室實驗室(Ultra-Clean Room Laboratory)、水利試驗室(Hydraulics Testing Laboratory)、音響實驗室(Acoustics Laboratory)、環境模擬實驗室(Environmental Simulation Laboratory)、水環境實驗室(Water Environmental Testing Laboratory)、生物工程實驗室(Bioengineering Laboratory)、低溫實驗室(Cryogenics Laboratory)、火災實驗室(Fire Testing Laboratory)、土工離心試驗室(Geotechnical Centrifuge Laboratory)、振動控制試驗室(Vibration Control Testing Laboratory)、電磁環境實驗室(Electromagnetic Environment Laboratory)。以下就技術研究開放供參觀之實驗室簡要介紹如下:

4.3.1 岩力試驗室

本試驗室三台高剛性多目的之大型萬能試驗機(MTS)最特出(照片 4.3-1),其各項性能如表 4.3-1 所示。有這三台設備不但可進行岩石三軸、單軸抗壓等傳統試驗外,其高達 $800\text{kg}/\text{cm}^2$ 的圍壓系統更令我們羨慕,亦使高圍壓岩石三軸試驗成為可行。另外, $-100\sim 300^\circ\text{C}$ 的溫度控制系統,更可用以研究核廢料儲存場岩石受高壓、高溫的力學與擴散行為等研究。



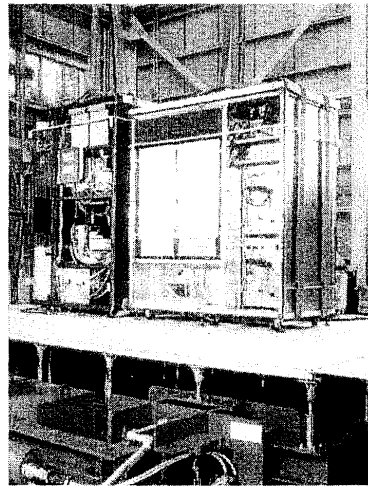
照片 4.3-1 大型萬能試驗機

表 4.3-1 大型萬能試驗機諸元

名稱	MTS1	MTS2	MTS3
荷重能力	450t	270t	50t
圍壓系統	800kg/cm ²	800kg/cm ²	800kg/cm ²
溫控系統	0~300°C	無	-100~300°C
試體尺寸	Φ300×800mm	Φ100×200mm	Φ50×100mm

4.3.2 振動試驗室

本振動試驗室最大特色係擁有目前全日本建設業界最大的三維度振動台（照片 4.3-2 所示），其係由 8 台油壓加振機(Actuator)與 4m×4m 寬之平台所構成，除能正確模擬地震時的振動外，96 頻道計測系統裝備更能大量而快速收集試驗資料，亦是一項重要的技術。



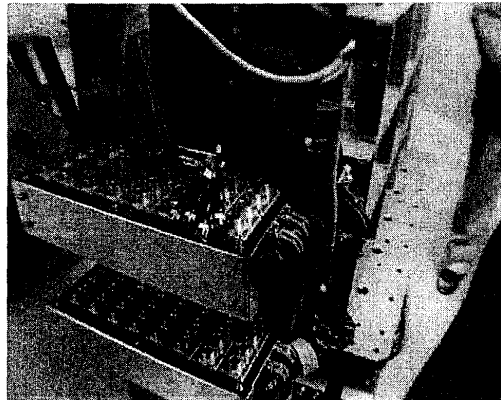
照片 4.3-2 三維度振動台

4.3.3 地工離心機試驗室

離心試驗機（照片 4.3-3）為構造物與地盤的模型加以高速旋轉用以克服重力加速度之相似性問題，而此往往是高性能的振動台所無法達到者。但神奇的是清水技術研究所的離心機吊物箱是一部電磁式振動台(如圖照片 4.3-4 所示)，因而克服振動台無法滿足重力加速度相似性的問題。本試驗室離心機的重要配件如表 4.3-2 所示。



照片 4.3-3 離心試驗機



照片 4.3-4 電磁式振動台

表 4.3-2 離心機的重要配件

配件	項次	離心機部份	振動台部份
動力系統		油壓式	電磁式
吊物箱		單邊式	-
有效半徑		3.11m	-
最大加速度		50g	15g
最大荷重		300kg	-
頻率		-	40~400Hz

4.3.4 無聲響與電磁環境實驗室

無聲響室地板是以鋼網與吸音材所組成外，並在上下四週亦佈滿凹凹凸凸之吸音材，且漆以藍色漆。電磁環境實驗室主要在研究磁波輻射，除可保護人員免於磁波影響外，亦可保護重要資訊，例如銀行

交易資料、國防資料不被有心者擷取輻射訊號。防磁的技術竅門是將建物的門、窗改成雙層玻璃內夾一層銀所構成，即可將輻射波減至 $30d\beta$ 以下。

4.3.5 自然生態保護試驗區

本自然生態保護區係設置在屋頂，除展示空中花園的建構，並考量屋頂的防水性外，更希望在水泥都市叢林建構自然生態區，讓人與萬物取得諧和，如照片 4.3-5 所示。

屋頂生態保護區是以單位重 $100\sim 200\text{kg}/\text{m}^2$ 的輕量土來鋪填，其下佈置防水材、水管與織布，並利用毛細現象讓植被直接吸收，而達成無需費心照顧之需求。



照片 4.3-5 屋頂的自然生態保護區

4.3.6 新技術之開發

清水技術研究所簡報資料顯示自 1945 年來至 2002 年止先後研擬 83 個研發方向，並據以開發出數百種新技術，其中以 1980~1986 年間研發最多新技術，顯見日本此期間建設與創新需求。至 1998 年後雖然日本還是處於經濟不景氣之際，然清水研究所尚列有 34 項研發方針，此舉顯示日人體驗到越不景氣更需投入創新的研究，俾為未來景氣做好準備。本報告僅就本次參訪看到之新技術開發成果簡述如下：

4.3.6.1 氣囊式離岸堤(Flexible Submerged Breakwater)

氣囊式離岸堤是利用以水治水的原理，亦即離岸遠處之海床上置放一些囊袋，並在袋內灌注入適當的水量，當海浪沖擊碰撞囊袋因其柔性變形產生消能作用，囊袋後方的波浪因而變小，也不會產生碎波現象。另外，值得一提之優點係當有船隻欲通過囊袋處，可藉由抽放囊袋內的水，而保持航道運行通順，待有大浪預報再灌注入水即可。其原理簡單，操作方便，而具創意。

本工法現已用於長崎海域，全長達40m。照片4.3-6為氣囊式(水床)離岸堤模型試驗，左側來水波浪大，經過囊袋後右側水浪便變得很小。



照片 4.3-6 氣囊式(水床)離岸堤模型

4.3.6.2 抗液化基礎工法

鬆軟地盤極易因地震而發生液化，進而危害到大樓安全。為此，清水建設所研發出地盤改良與基樁併用工法，並在展覽室構建一小型模型進行模擬試驗，俾利訪客容易瞭解該公司的研發成果。

試驗模型係於兩圓筒內放置砂土，其中一筒是未夯實的鬆砂，另一筒為夯實緊密砂及基樁併用，且各於其上放置一棟高樓模型，如照片4.3-7所示。另外，並同時搥打圓筒之側面以產生震波來模擬地震。從試驗結果顯示右側鬆砂立即液化，而高樓也瞬間倒塌，相反地左側高樓則安然無恙，顯現出本工法的有效性。



照片 4.3-7 抗液化基礎工法

4.3.6.3 三維液化解析系統

神戶大地震造成港邊設施破壞嚴重，例如有棟公寓緊鄰海堤而建，而當地震來時護堤因液化而破壞，進而導致公寓損毀。對此，清水建設發展出三維度液化解析系統用以分析土壤結構互制問題。

對護堤破壞引起公寓損毀的問題，可於護堤與公寓間打設排樁，以便強迫破壞面沿排樁方向發展，而不會向公寓建築處發展，如此即可避免公寓的損壞，如圖 4.3-1。

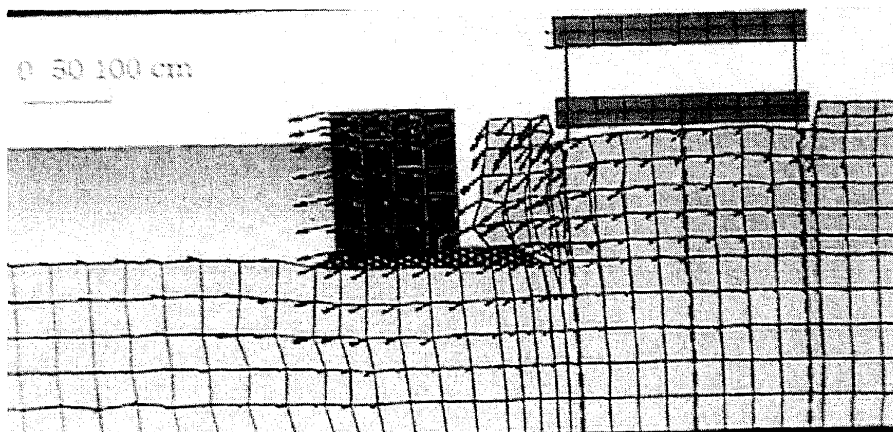


圖 4.3-1 三維液化解析護堤液化問題

4.3.6.4 全天候自動化施工系統

傳統建築施工係在戶外為之，因而易受氣候影響，不但延誤工期亦增加成本。為此，清水建設結合 4D CAD 的設計、管理與建造系統，利用在現場構建會爬升的外罩屋，並於在最頂層設置操控室，在內利用架設之各式天車，再配合焊接械器人，自動吊裝、焊接與組裝，進而構成可供全天候自動施工系統，如此，不但可節省工期、降低成本，亦為未來建築方式建立一個嶄新的模式，如照片 4.3-8 所示。

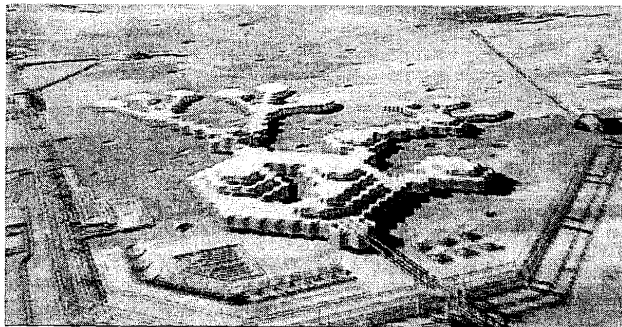


照片 4.3-8 全天候自動化施工系統

4.3.6.5 太空建築

人類夢想有朝一日能移民外太空，因而衍生人們對外太空建築之興趣。自認為全世界最大建設公司之清水建設，亦不落人後的為人類太空夢而努力，於是在技術研究所中，亦設有太空研究所以研發太空建築。

太空建築之構想係在月球上建立基地，並利用月球資源以及地球大氣層的氫氣來製造月球混凝土。此混凝土不但可用於建造太空建築之用外，亦可銷售予有需求之廠商，如照片 4.3-9 所示。



照片 4.3-9 建造於月球上之太空建築

4.3.6.6 育成與創新中心

清水建設最近積極對育成與創新工作獨下功夫，不但成立創新與育成兩個中心外，並積極從事新能源開發、奈米技術與應用研究，且對隔離噪音、放射能處理、空氣品質改善、技術產品化等均加以投入人力研發，並獲得不錯的成果。

4.4 結論與建議

參訪清水建設技術研究所，並參考國內現況，提出下列省思，冀能對我國土木工程能有所助益。

1. 參訪清水建設技術研究所過程中，可體察到該公司對於許多先進研究並不願意多提，例如詢問奈米科技在研究什麼？日本人給我們的答案是：「明年你來了，再告訴你」。但對日本人的敬業又保密之精神，不得不令人敬佩，此亦是值得教育我們的學梓。
2. 一個建設公司能永續發展 200 年，其不惜鉅資投入研發追求「創第一新產品，賺第一輪錢財」必是重要原因之一。反觀，我國土木工程業者不是抄短線，就是抄襲、盜用別人智慧財，政府又未積極輔導。難怪十大建設到今，尚無一家建設公司、營造業、顧問公司能如同清水建設般的佈局全球，更難怪我國大型營建市場到處是外國營建兵團或其傭兵的天下。
3. 清水建設將屋頂建構成為自然生態區的構想與以物為本的關懷心相契合，亦是綠建築的一環，並值得引以為用。但其前提必須提升整體營造品質，否則以目前國內屋頂常漏水的情況，冒然引用將可能會造成「屋漏忽逢連夜雨」！另外，台灣與日本氣候條件亦有差異，宜進行本土技術研發成熟再鼓勵實施，否將不知他山之石，焉能攻錯呢？
4. 清水建設最近積極對育成與创新的工作獨下功夫，不但成立育成與創新兩個中心外，更投入鉅額資金與人力在奈米科技之應用、電磁波防護、新能源開發以及技術產品化等領域的研發工作，而此亦可供我土木工程產、官、學界之借鏡。

伍、地震災區參訪與大都市之地下水問題研討會

5.1 地震災區參訪

日本在我國發生 921 地震前亦曾發生芮氏規模(Richter Scale)7.2 的阪神大地震(1995)，其震央位於淡路島江崎燈臺附近，沿野島斷層產生之地裂延伸至富國市全長約十公里，沿斷層最大位移約 2 公尺。此地震直接造成 6,400 人死亡，40,092 人受傷，房屋毀損共達 248,412 棟，移置災民約 340,000 人，其中因地震所衍生之地質災害有地表錯動位移、液化所引起之地盤下陷問題、住宅區旁之邊坡滑落等災害。然而日本在震後重建及災區復興工作執行得有聲有色，對於同樣遭遇強震侵襲的我國，是相當值得參考學習的地方，茲將參訪之地震災害紀念館、地滑資料館與明石大橋，說明如下：

5.1.1 淡路島北淡町地震災害紀念館

依據災害調查之結果顯示阪神大地震的發生主要是沿著毗鄰神戸市旁的高取山、須磨、蘆屋、甲陽及諏訪山等活動斷層群發生。而大多數的死傷、房屋倒塌、與落下物均發生於此帶狀區域，且餘震亦集中在災區範圍內。因此破壞性地震的發生與活動斷層分佈情形實有密切相關。其中，北淡町震災紀念館(如照片 5.1-1 所示)即位於野島斷層上。

從現地的地表錯動情形來看，阪神地震的規模比起集集地震所造成的地表錯動情況來說並不大，但是我們到現場所感受到的是他們對於震後重建工作的用心與對於現況的保存的努力。值得一提的是，在錯斷之斷層上興建一紀念館以保留地層斷層之痕跡(如照片 5.1-2、5.1-3 所示)以及斷層附近之建築物，並有解說看板(如照片 5.1-4 所示)。在來紀念館的路上，經過受到地震洗禮的大阪市中心，沿途上看不到地震所留下的半絲痕跡，看不到民眾對於大自然抱怨，反而是大家積極努力推動都市的再生，短短幾年內原本一片廢墟的地方卻展現其重生後的新風貌，讓人為之驚嘆。震後的復建過程中，對於一切的歷史資料雖無法一一保存，僅能選取較重要且具代表性的地方進行重點保留。震災斷層紀念館不僅可作為當年歷史的證據，提醒大家要記取教訓，同時對於存活下來的人們卻是個永恆的回憶。

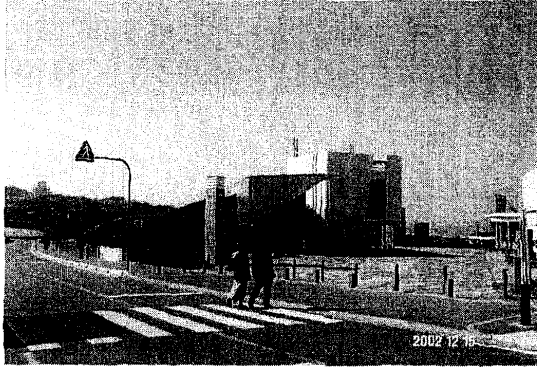


圖 5.1-1 北淡町震災紀念公園

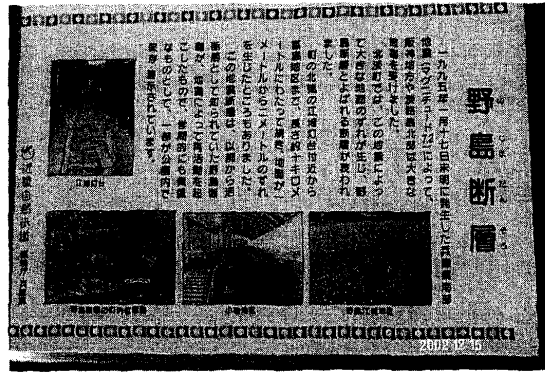


圖 5.1-4 解釋看板

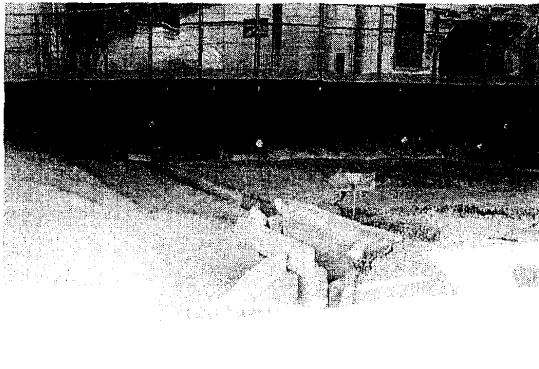


圖 5.1-2 野島斷層造地表
開裂情形

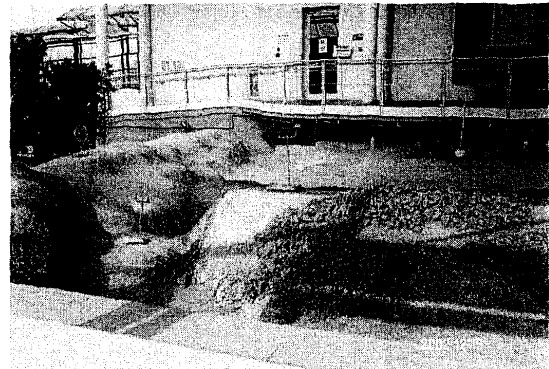


圖 5.1-3 野島斷層造
開裂情形

此外，在淡路島上部份國道的路段以及高速公路全線為了維護大雨中使用者的安全，必要時會實施「禁止通行」的管制，以防止因降雨過大，道路邊坡發生崩壞及落石而損及道路使用者的安全。其所用之管制基準如「國道 28 號」二個路段(分別為 1.8 公里及 2.9 公里)就設定為連續降雨量為 160mm。而「神戶淡路鳴門自動車道」全長 89 公里，其禁止通行的基準是連續降雨量達 250mm 以上，每小時降雨量在 40mm 以上。

以降雨量來做為公路，特別是山區公路的管制基準，在國內已有相關研究在進行，如對阿里山公路、南橫公路等。但實際上被公路單位拿來做為管制基準者，則尚無前例，值得國內公路單位參考。

在 921 集集大地震後，光復國中這地方的歷史價值與教育意義遠比北淡町震災紀念館還要出色，目前雖已指定為保護區域；但應儘速

興建地震博物館，積極保存具有價值的景觀，以避免震後的寶貴遺跡被破壞殆盡。再加上當時一味的只求快速復原，有些震後的寶貴遺跡均已破壞殆盡，即使光復國中這地方，雖指定作為保護區域，但在這種復原效率下，自然景觀的喪失，將是無可避免的。雖然積極保存具有價值性的景觀是很重要，不過建設後的保存與管理才是最重要的工作。

5.1.2 仁川百合野町地滑資料館

神戶仁川的百合野町山區在地震時，於仁川的右岸邊坡發生大規模的地滑，坡面上的住宅十多棟在瞬間下滑並衝到波底下小溪以及對岸，其崩壞範圍長、寬各約 100 公尺，崩坍土方量達 10 萬立方公尺，不但堰塞仁川的河道，同時下邊坡住宅區共有 13 戶遭土石掩埋，造成 34 人死亡的災害。

經過災後的重建，兵庫縣公園砂防課為瞭解整治工法的成效，在坡地上設置自動化的監測預警系統(如照片 5.1-5 所示)，整合傾斜儀、地下水位計、地震儀、雨量計等設備，而監控中心則設置在地滑資料館中。

兵庫縣公園砂防課除進行坡地整治外，為讓民眾瞭解土砂災害成因及防治的重要性，在原地設置地滑資料館(如照片 5.1-6 所示)，將相關之地滑資料、崩壞機制、觸發原因及整治方法，利用模型、影片、圖說資料配合現地的整治情形，完整而詳實的保存下來。這地區在整

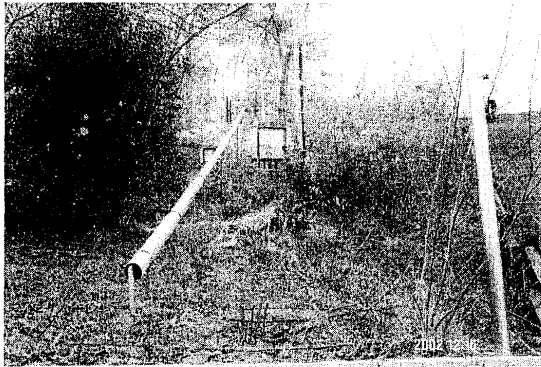


圖 5.1-5 自動化記錄之地滑計圖 5.1-6 仁川百合野町地滑資料館

治後規劃成公園，平時可供作民眾休閒遊憩的場所，亦可作為土砂災害現地教學參觀之用。

此次參觀後，對於日本方面在資料整理與保存上所下的功夫，留下相當深刻的印象，他們在整治此坡地災害後，除在原地建成紀念公園外，並將相關資料完整作成圖說資料陳列於現場，且對於每一種監測儀器均有完整的介紹，這樣不但可讓民眾瞭解政府所做的一切，同時，亦可提供一相當良好的示範教學環境(如照片 5.1-7 所示)。我們在集集地震後所產生的土砂災害相當多，如草嶺大崩山、九份二山等之規模可說是相當的大且具特色，可以將散落在國內各研究單位的資料加以整合與建檔，並設立地滑資料館供一般民眾參觀，使其瞭解土砂災害防治之重要性。

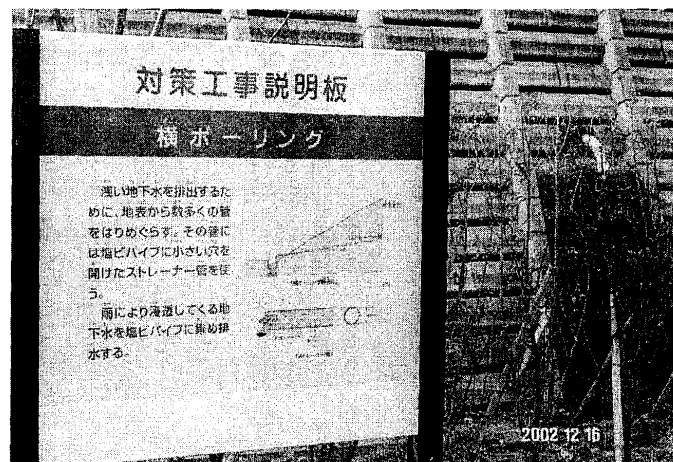


圖 5.1-7 地滑區整治工法之看板

日本在土砂災害防治技術方面，可由監測系統與防治工法上來看，其相關之監測系統如地滑計、水位計等在國內工程界均已普遍使用，如我國梨山地區之地滑整治，即建立完整的監測系統。但是目前國內較缺乏的是在地滑監測的預警值界定，雖然目前已有相關之文章發表，但是均因缺乏長期的研究，故至目前為止仍採用國外的結果，尚無國內的研究成果。而工法上，可以看出日本方面對於坡面植生亦很重視，但是他們並未因此全盤否定工程方法，亦即要視現地狀況而定，配合現地的景觀，即該植生就植生，但重要的河堤或地質較破碎的坡面，仍可看到噴漿護坡或是水泥框架工法(如照片 5.1-8、5.1-9 所示)。反觀國內，在推動所謂綠色工法時，有些不重視因地制宜的情形，僅一味強調植生工法而完全否定工程方法的需求性，這均是值得國內主管單位再深思的問題。

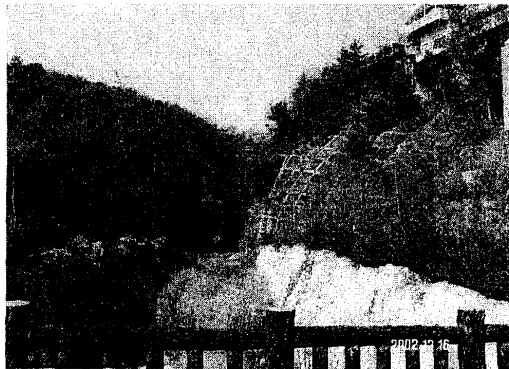


圖 5.1-8 仁川百合野町地滑區
整治後之情形

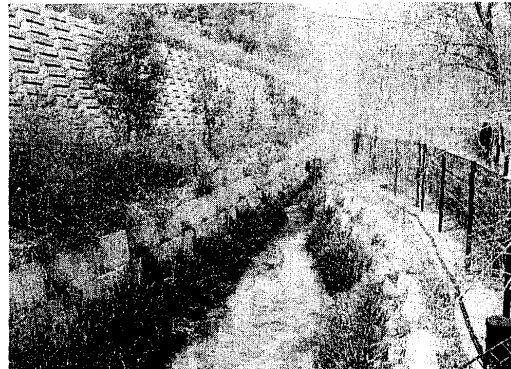


圖 5.1-9 地滑區排水溝整治情形

5.1.3 明石大橋

明石大橋橫跨於神戶與淡路島間之明石海峽而得名，全程長 3911 公尺，其主徑間為 1991 公尺，如圖 5.1-10 所示。其係從 1955 年開始進行規劃及現地調查，於 1998 年完工，且於 1995 年施工期間曾遇上阪神·淡路大地震，而造成更大的關注。

明石大橋係由 290 條 1.122m 直徑之主鋼索所建造的斜拉橋，如圖 5.1-11 所示。主鋼索是由 127 條 6cm 直徑之次鋼索所結合成，而主鋼索總共用鋼量約有 6 萬噸。其他結構用料統計如表 5.1-1 所示。

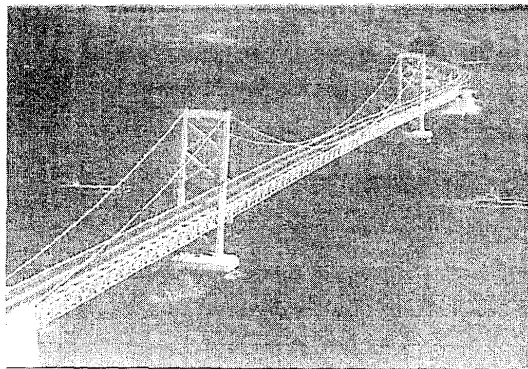


圖 5.1-10 明石大橋

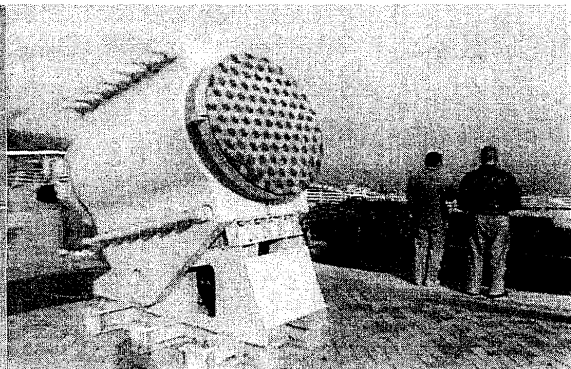
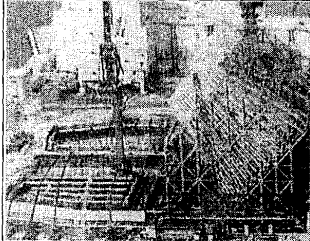
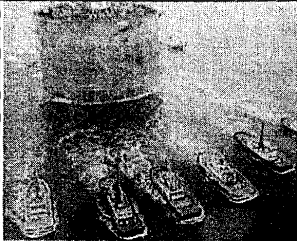
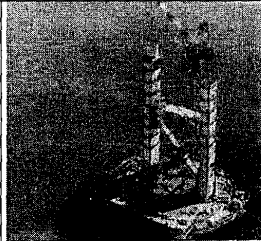
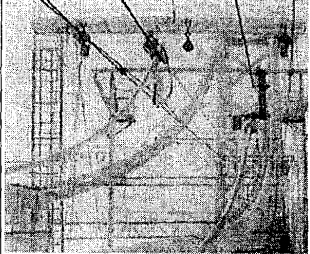
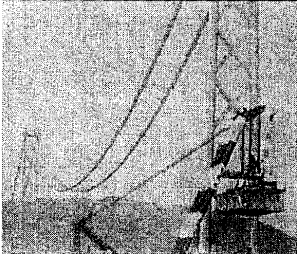
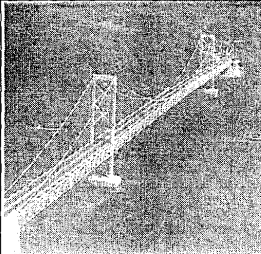


圖 5.1-11 明石大橋主鋼索

表 5.1-1 明石大橋結構用料統計

項目	圖示	材料	數量
錨座	(a)	混凝土	775,000m ³
主塔基礎	(b)	鋼套管	31,000t
		混凝土	676,000m ³
主塔	(c)	鋼料	48,000t
鋼索	(d)	鋼料	60,000t
補剛性桁架	(e)	鋼料	88,000t
總計		混凝土	1,431,000m ³
		鋼料	227,00t

		
(a) 錨座	(b) 主塔基礎	(c) 主塔
		
(d) 鋼索	(e) 補剛性桁架	明石大橋

5.2 大都市之地下水問題研討會：

12月17日李德河教授及林宏明教授受邀請到「大都市的地下水問題」研討會的主辦單位之一「地域地盤環境研究所」內進行專題演講，演講的題目是「台灣的地質構造」。同時受邀請演講的學者尚有二位，一位是中國同濟大學朱合華教授，一位是泰國朱拉隆功大學 (Chulalongkorn University) 的 Dr. Wanchai Teeparaksa，分別演

講上海與曼谷之地質環境與地質災害問題。三位演講者皆是隔天 2 月 18 日將在「大都市的地下水問題」研討會受邀發表論文的學者。

由於事前李德河教授與林宏明教授充分準備相關的地質資料，所以演講者能將台灣的地質構造衍變，斷層分佈以及台灣的岩石種類和台北盆地的地質、地層構造詳細說明。更由於所準備的資料完整而精彩，因此演講後有地質工程師向李德河教授要影印演講的內容。

演講會在三位學者針對台北、上海、曼谷的地質狀況詳細發表後結束。會後將於 2003 年 3 月 16 日~23 日於日本京都、大阪舉辦的第 3 屆世界水論壇(The 3rd World Water Forum)的主辦人員亦至會場，邀請三位演講者在第 3 屆世界水論壇由日本負責的 Session—"Regional groundwater issues of the urban areas developed on lowland"中發表演講。成功大學李德河教授受邀擔任的講題是"Groundwater Problems in Taipei"，發表的日期預定是 2003 年 3 月 18 日下午。

「大都市地下水問題研討會」係於 12 月 18 日在大阪舉行，由地下水地盤環境研究協議會、地域地盤環境研究所及日本地下水理化學研究所主辦。其中，地下水地盤環境研究協議會係由產官學界於平成 5 年(1993) 6 月組成之共同體，其成立之目的為收集、整理都市地區地下水行為之資訊，並提供各產業界之利用。本協議會設置地盤災害、地下水補注、地下水水質研究委員會，以解決地下水與地盤之各種問題，再將其研究成果藉由研討會之舉行，回饋給協議會會員。

上述之邀稿論文為此次「大都市地下水問題」研討會的重點。事實上，除日本之外，世界各國亦常存在各種各樣的地下水問題，如亞洲的上海、台北、曼谷等大都市，位於軟弱的沖積平原上，與日本同樣地有因超抽地下水導致地盤下陷的問題或施工中因地下水所發生的相關問題。與會人員在會中交換彼此的經驗及研究成果，對未來的地下水處理及研究方向之訂定有甚大的助益。

5.2.1 投稿論文

七篇的投稿論文較集中於大阪平原的地下水問題，其標題如下：

- (1) 大阪平原廣域地下水模擬模式之構築
- (2) 影響大阪平原地下水因素之統計分析
- (3) 以水質調查與分析探討大阪平原淺層地下水之流動路徑
- (4) 地下水鹽化伴隨吸、脫著性之研究

- (5) 考量地下水位變動歷史之都市周邊軟弱地盤沉陷預測
 - (6) 補注工法之地下水流動保全對策案例
 - (7) 地下水位上升導致基礎地盤之不穩定性與沉陷之評估
- 上述論文之主要內容簡述於以下各小節。

5.2.1.1 大阪平原廣域地下水模擬模式之構築

本文作者為株式會社 Newjack 的與田敏昭、大阪大學大學院的阿部信晴、大阪市立大學大學院的三田村宗樹、信州大學工學院的中屋真司與（財）地域地盤環境研究所的飯田智之。「大阪平原廣域地下水模擬模式之構築」為「地下水地盤環境研究協議會」所設置「地下水涵養研究委員會」的研究活動之一。本地區的地盤下陷逐漸成穩定狀態，大阪平原的地下水模擬對防災、資源及社會基盤整備工作甚有助益。本文將地層結構模式化，設定模擬所需之各種條件，檢討在建構完成之模式中實施同定計算模式之妥當性。

5.2.2.2 影響大阪平原地下水因素之統計分析

本文作者為岐阜大學產官學融合中心的神谷浩二、(株)帝國建設顧問公司的宇野尚雄及日本鋪道(株)的宮田勝朗。文中敘述大阪平原自 60 年代前半限制地下水抽水量後，地下水位開始回升，近年來雖然回升量不大，但卻持續增加，有可能對地下工程造成影響。為探討維持大阪平原適當地下水位的做法，本文以統計學的「單純模式」，探討補注、抽水與觀測水位的關係，亦即由觀測值之統計，找出影響地下水位的要因。由分析結果發現，對淺層之沖積層而言，降雨及北部地區之淺層抽水對上町台地西側之地下水位有絕對性的影響，而東側淀川附近的觀測地下水位也有相同的情形。至於較深的大阪層群砂礫層，淀川東西兩側之地下水位均受到降雨之補注，而大阪市與北部地區之深層則受抽水很大的影響。

5.2.2.3 以水質調查與分析探討大阪平原淺層地下水之流動路徑

本文作者為信州大學工學院的中屋真司與大阪市立大學大學院的三田村宗樹。文中提及目前以大阪平原全區為對象之地下水補注與流動狀態的研究甚為少見。為有效利用水資源，有必要調查地下水之

補注區、流動狀態與流動路徑等。本文以由水質分析結果，調查研究大阪平原全區之地下水流動路徑為目的，檢討以分析既有資料預估上述各種地下水行為之可能性。文中以地球統計學方法，分析 1997 年 30 點地下取水點之位置座標、取水深度及主要溶存成分之濃度數據，推算廣域的主要溶存成分之空間分布。由此濃度之空間分布，理出地下水流動狀態之相關資訊。

5.2.2.4 地下水鹽化伴隨吸、脫著性之研究

本文作者為大阪工業大學的青木一男與不動建設(株)的日置和昭。文中提及超抽地下水引起地下水之鹽化為大都市地下水質之重要問題。地下水一旦經鹽化污染後，須經相當長的時間方可完全淨化。本研究為探討已鹽化之地下水在淨化過程中之時間延遲現象，進行各種相關之實驗與分析。首先以二種試樣進行鹽水浸透過程(即吸著過程)及淨化過程(即脫著過程)之試驗，量測各過程中鈉離子之吸著量，再將此鈉離子吸著量以 Freundlich 式予以公式化，確認其化學遲滯性之存在。其次，將此吸、脫著現象導入移流分散解析中，再根據 Freundlich 吸著等溫線將延遲係數 R 予以公式化，確認其非線性，並證明低濃度域之淨化需相當長的時間。

5.2.2.5 考量慮地下水位變動歷史之都市周邊軟弱地盤沉陷預測

本文作者為大阪大學大學院的阿部信晴與大阪大學工學院的中川誠司。本文以大阪市九條地盤沉陷與地下水位觀測所的資料進行沉陷分析，檢討彈塑性壓密分析方法對地下水位變動的軟弱地盤沉陷問題之適用性。由分析結果得知，如適切地選取地盤參數，彈塑性壓密分析方法可用以評估地下水位變動的軟弱地盤之沉陷量。如打算以控制地下水的方法降低地下水位，須正確地評估地盤之應力歷史。

5.2.2.6 補注工法之地下水流動保全對策案例

本文作者為東京都土木技術研究所的佐佐木俊平、東京都建設局道路建設部的岡村秀人與東京急行電鐵(株)鐵道事業部的關高。文中敘述東京急行電鐵目黑線在目黑車站與洗足車站間有一連續的立體交叉工程，其中約 1.9 公里的地下工程係以明挖工法施工。因為施工的長度大，且橫斷河谷低地，須檢討擋土壁對地下水流動或周圍地

盤之影響。事前檢討的工作包括：地盤調查的滯水層評估、地下水位觀測的地下水流動方向調查、滲流分析的擋土壁遮斷滯水層的可能性評估等。除事前檢討工作外，擋土壁施工中所採用的臨時措施之補注工法及其相關之抽水或注水系統或水井構造等均加以檢討。由於進行慎密的分析並採用適當的對策，因此目前擋土壁幾已近完工階段，但周圍的地下水位並無多大變化。

5.2.2.7 地下水位上升導致基礎地盤之不穩定性與沉陷之評估

本文作者為茨城大學的安原一哉、村上哲、滿山聖及水資源開發公園的出尾陽一。文中採用雙曲線法評估地下水位上升引起基礎地盤之沉陷。分析中著眼於地下水位上升使基礎地盤呈現之過壓密狀態，並考慮剪應力比之增加。以此預估公式，詳細檢討砂質地盤及黏土地盤因地下水位上升所受的影響。由分析結果得知，地下水位上升導致之支承力降低量在砂質地盤比黏土地盤顯著，且剛性比愈小者沉陷量愈大。

5.2.3 邀稿論文

邀稿論文共計 8 篇，其標題如下：

- (1) 世界水問題與第 3 屆世界水會議
- (2) 課題提起
- (3) 大阪之地下水問題
- (4) 上海之地下水問題
- (5) 名古屋都市圈之地下水問題
- (6) 台北之地下水問題
- (7) 曼谷之地下水問題
- (8) 東京之地下水問題

上述論文之主要內容簡述於以下各小節。

5.2.3.1 世界水問題與第 3 屆世界水會議

本文作者為第 3 屆世界水會議事務局局長尾田容章。文中列舉世界的水相關問題，諸如水資源不足、水質污染與衛生問題、水的災害、

水與環境、地下水、水與氣候變動、水的紛爭、水與社會等，並且介紹解決此類問題的國際動向。其次提及世界水會議的設立經緯、使命與相關之活動。

5.2.3.2 研討課題彙整

本文作者為財團法人地域地盤環境研究所的橋本正，亦是討論會的主導者。橋本針對此次各都市地下水問題之邀稿論文與討論之主題及關鍵字彙整如下：

- (1) 工業用水等大量抽水導致之地下水位降低與地盤下陷之歷史
本主題包括：
地下水之抽取與利用之歷史
地下水位變動之歷史
地盤下陷之歷史
地下水水質之歷史
- (2) 回升後高地下水位之相關問題與對策
地下水位降低工法
止水工法
復水工法
地下水流動保全工法
浮力增加造成既有地下結構物上浮與損傷之顧慮與對策
- (3) 地下水流動之整體掌握
地下水位觀測
水質調查
抽水試驗
地下水流動之模擬分析
- (4) 地下水相關之地盤災害
施工中地下水之湧水災害
地震引起之災害
- (5) 地下水管理之未來展望
地下水觀測網與觀測系統之整備
地下水資訊之資料庫化與GIS化
適當之地下水位、適當抽水量與地下水利用法規之整備

5.2.3.3 大阪之地下水問題

本文作者為大阪府土木部の戶上拓也與財團法人地域地盤環境研究所的橋本正。

大阪平原與關東平原或濃尾平原同樣地因戰前、戰後的大規模工業用抽水，造成大規模的地下水位下降，因而發生嚴重的地盤下陷，抽水限制成功後，地下水位逐漸上升，地盤不再持續下陷。最近，則因高地下水位反而使建設工程發生災變的案例逐漸增多，須投入更多的人力與物力。而且因為地下水位上升導致浮力或水壓力的增大，以致在低地下水位時期完成的地下構造物逐漸有上浮或漏水的危險。地震時高地下水位亦為土壤液化的主因，因此開始有以人工方式降低地下水位的構想。從有效利用地下水的觀點來看，適當的抽水可調整地下水位，當然其前題是不得再發生地盤下陷。

本文首先介紹大阪地區地下水之抽取情況、地下水位與地盤下陷之歷史，並敘述大阪之滯水層構造、各滯水層地下水位變動與滯水層之連續性、水理參數等。其次探討地下水相關問題與對策，包括地下水流動保全工法、地下水位降低工法、止水工法、地下水位回升造成之上浮、液化等之各種問題與對策。最後論及地下水之管理，包括相關研究協議會之成立及設置地下水資料庫等。

5.2.3.4 上海之地下水問題

本文作者為上海同濟大學地下建築與工程學系教授朱合華。文中敘述上海的地質與水理情況、地層下陷災害、經濟損失等。為解決超抽地下水及地層下陷所造成的問題，上海曾採取數種措施，如沿黃埔江築牆、設抽水站、限抽地下水、進行地下水補注等。為探討地層下陷問題，專家們曾採用傳統的理論進行分析，但並未獲得滿意的結果，可能是因受壓水層深度大以及正進行大型公共建設等原因有關。

5.2.3.5 名古屋都市圈之地下水問題

本文作者為國土交通省中部地方整備局河川情報管理官國枝重一。文中首先敘述濃尾平原的概況、地盤下陷災害、調查研究體制、地盤下陷的歷時變化、對策與改善情況，最後談及最近的地盤下陷情況與今後的課題。

5.2.3.6 台北之地下水問題

本文作者為成功大學土木系教授李德河與胡邵敏。首先說明台北盆地的地層構造、地下水利用履歷、水位回升後的對策工法與各種相關問題。其次列舉台北捷運施工時所發生且與地下水有關的災變。最後敘述地下水管理未來的展望，指出應進一步調查地下水水質，並充實地下水之相關資料。

5.2.3.7 曼谷之地下水問題

本文作者為曼谷 Chulalongkorn 大學的土木系教授 Wanchai Teeparaksa。曼谷市的海拔不滿 2 公尺，常遭受水災，地質亦甚軟弱。本文敘述地下水的情況、地層下陷的原因及所產生的災害。文中亦刊出當地的地層下陷相關照片，足以顯示地層下陷的嚴重性。

5.2.3.8 東京之地下水問題

本文作者為東京都土木技術研究所的川島真一。東京的面積有 2,200km²，人口約 1,200 萬，為一超大型的都市。為維持都市功能，事實上存在很多問題，地下水問題即為其中之一。過去為供應工業用水，曾大量抽取地下水，造成大規模的地盤下陷，甚至有的地方還低於海平面，如今實施各種地下水抽水管制，地下水位逐漸上升，但因地下結構物所受的浮力逐漸增加，反而造成新的問題。文中敘述地下水位觀測的現況、地下水位變動狀況、地下水位變動的影響。

5.2.4 結論跟建議

本年度的研討會是該協議會主辦的第九屆研討會與過去八屆研討會有所不同之處是本屆研討會除了早上發表公開徵文並經審查通過的論文外，下午並邀請國外及日本國內專家、學者進行專題論文演講以及專題討論。早上發表的論文有七篇，主要是談論地下水質、地下水鹽化、地下水補注、地下水位變動的影響，其中關於地下水管制後水位上升及其影響最為與會人士所重視。下午則以「大都市的地下水問題」為重心的邀請演講，除了日本三大都會區—東京、大阪、名古屋的地下水問題被提出發表外，並有中國上海、我國台北及泰國曼

谷三大亞洲都會區之地下水問題的論文提出報告。台北的地下水問題是由成功大學李德河教授受邀發表，內容包括台北盆地的地層構造、地下水利用歷史、地下水位變動歷史、地盤下陷情形，以及地下水位管制等，最後並提到地下水位回昇後所引起的地盤災害問題及解決方法以及未來的地下水管理展望。

上海的地下水問題則由中國同濟大學朱合華教授擔任發表，曼谷的地下水問題則由泰國朱拉隆功大學的 Dr. Wanchai Teeparaksa 提出。在各大都會區的地下水問題論文發表後，發現台北市的地下水變動情形與大阪市等日本的都會區非常類似。亦即在都市人口增加、工商業發達時，大量的地下水包括自含水層及受壓含水層的地下水被超量使用，以致地下水位快速下降並引起地盤下陷。惟當政府對地下水的的使用以法令加以管制後，地下水位便快速回昇，地盤下陷情形逐漸減緩甚至停止。但是回昇的地下水位亦引發其他的問題，如對既有構造物基礎的浮力是否增加，地震時地層液化的可能性是否提升，對地下開挖工程是否帶來更多的難題如漏水掏空、地表陷落、損鄰事件等都值得一一加以探討。

5.3 東京都廳防災中心

東京都廳之防災中心〈Tokyo Metropolitan Disaster Prevention Center〉為現代化之建築物，45層，高度202m，於1991年完工(見照片5.3-1)，可承受1923年之大關東地震(Great Kanto Earthquake)，若停電時可自行發電，提供三天之電力；若有其它供應能源補充，則可繼續充電。防災中心設於8樓與9樓，內有：

- (1) 防災指揮總部 Disaster Prevention Headquarters (照片5.3-2)，200in 大銀幕可即時轉播災情現況及發生位置，面積413m²可容納107人。
- (2) 夜間緊急連絡室(Night-time Emergency Communication Office) 採三班制，每班四人輪值，故無論晚上或休假皆24時輪值。
- (3) 指令情報室(Emergency Instruction and Information Office) 為防災中心之心臟，面積329m²，為蒐集災害資料、研擬防救災對策、地震災害分析…等(見照片5.3-3)。
- (4) 聯絡室(Communication Office)，有自設通訊網，當一般通訊系統斷時，可用小笠原諸島提供之衛星通訊(Satellite circuit)，值得一提的是頂樓有直昇機停機坪(Rooftop heliport)，可運送人員與物質(見照片5.3-4)。

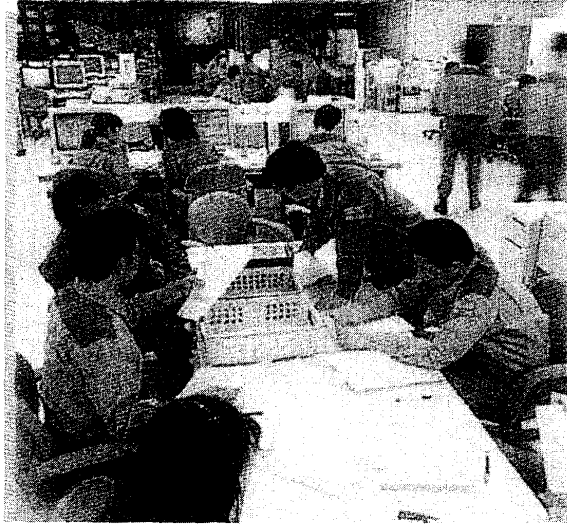


照片 5.3-1 東京都廳之防災中心
Tokyo Metropolitan Disaster Prevention Center

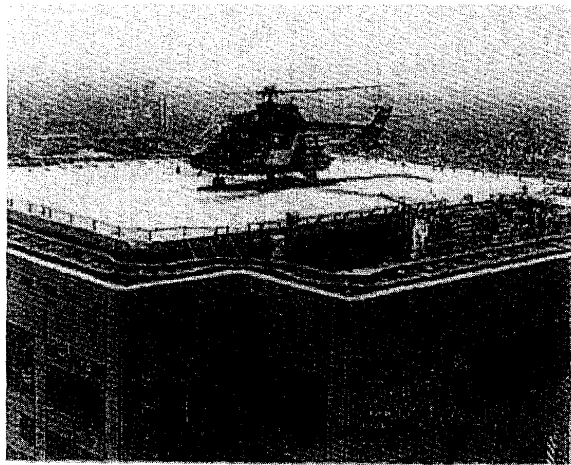


照片 5.3-2 防災指揮總部 Disaster Prevention Headquarters

國內國科會分別與台北市(89年5月)及嘉義市(91年3月)政府合作，運用防災科技研發成果，協助地方政府進行淹水潛勢分析及淹水境況模擬、坡地災害潛勢與危險度分析、地震災害損失評估系統應用…、防救災專責機構及體系規劃建立…等工作，已有雛型但限於經費在軟體與硬體方面上有很多改善空間(見圖 5.3-1)。



照片 5.3-3 指令情報室
Emergency Instruction and Information Office



照片 5.3-4 直昇機停機坪 Rooftop heliport

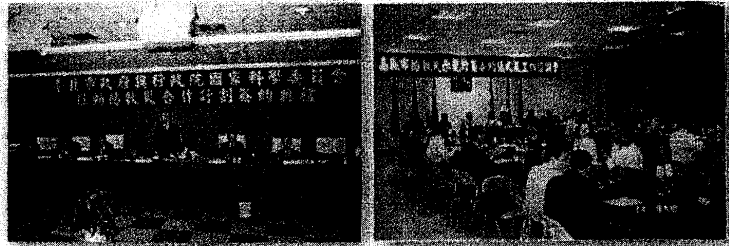


圖 台北市於民國90年5月17日簽訂合作協議

圖 嘉義市於民國91年3月14日簽訂合作協議

國科會分別與台北市及嘉義市政府合作，運用防災科技研發成果，協助地方政府進行淹水潛勢分析及淹水境況模擬、坡地災害潛勢與危險度分析及監測系統規劃、地震災害損失評估系統應用、災害管理決策支援系統建置、防救災專責機構及體系規劃建立等工作，並擬訂具整體性與前瞻性之地區災害防救計畫。

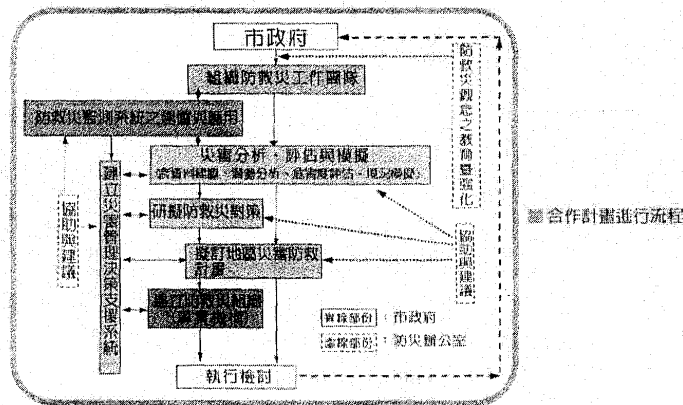


圖 5.3-1 地區災害防救計畫示範計畫

5.4 新幹線、捷運、輕軌電車與省力化軌道

參訪相關研究機構的同時，乘搭車之便，沿途察看日本鐵路軌道的現況，並積極收集資料，如照片 5.4-1 至照片 5.4-9，其主要之目標在瞭解版式軌道之設置情形，以作為國內軌道改善工程之參考。

台灣鐵路自清朝劉銘傳興建迄今業已百餘年，其間台鐵於鐵路電氣化時配合工程進行重軌化，惟亦有 20 餘年歷史，雖然台鐵在例行維修時或新建工程時更新了部分軌道系統，但整體而言軌道已十分老

舊，各種材料均已達到使用年限，以任何維修手段，花再多養護成本，均無法提供良好的狀況供列車安全快速的運行其上，故有必要將軌道予以全面更新。



照片 5.4-1 東京都捷運系統
丸之內線軌道



照片 5.4-2 東京都 JR 山手線軌道



照片 5.4-3 東京都 JR 常盤線
軌道



照片 5.4-4 東京都 JR 常盤線軌道

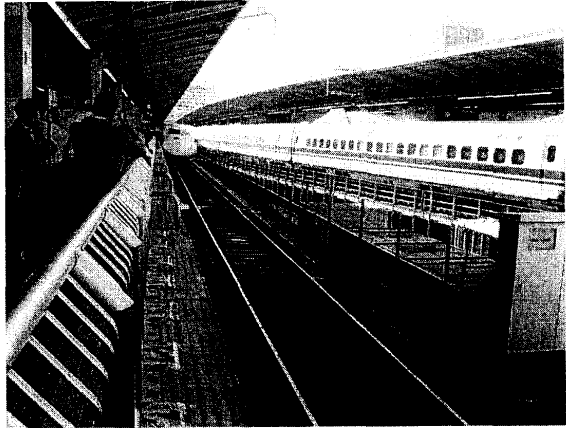
台鐵現有的軌道須全面更新，但全世界軌道系統型式眾多，台鐵應選擇採用何種型式之軌道為一急迫的問題。由於人工成本日益增加，台鐵又因人事成本偏高而連年虧損，故基本上應依循世界潮流，採用省力化軌道以減少維修及養護人力，且施工期間必須不影響日常營運，亦即在現有軌道上更新系統，此狀況與東線鐵路拓寬工程類似，亦即穿著衣服改衣服。又若能利用台鐵現有之軌道結構及舊料，

僅小幅修改其軌道結構即可達到更新為省力化軌道之目的豈不是兩全其美？事關百年大計，有必要詳細研究審慎評估。

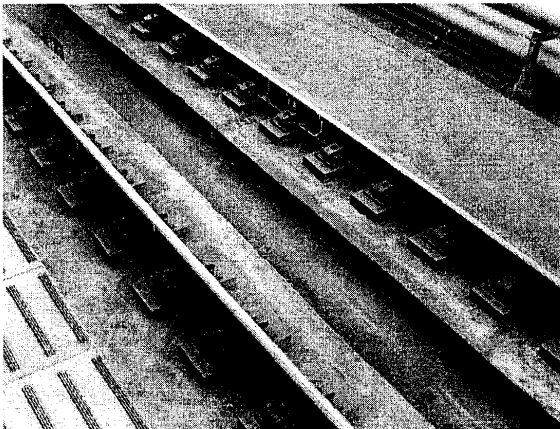
世界各軌道系統中有關無道碴或少道碴之省力化軌道，大多使用於混凝土支承結構體上(如橋樑或隧道)，而各式省力化軌道系統各具優劣點，各國為適應其當地環境與施工計術之限制均予以改良，故皆不盡相同，但多數系統均成功應用於其本國之鐵路系統，甚或成為該國之標準系統。



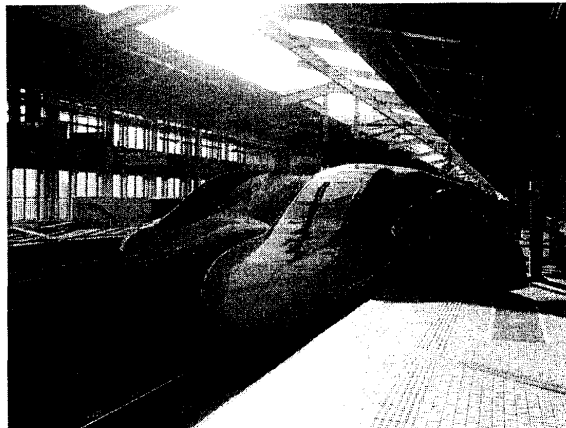
照片 5.4-5 東京都 Monorail 軌道



照片 5.4-6 東京車站新幹線
軌道之一



照片 5.4-7 東京車站新幹線
軌道之二



照片 5.4-8 新大阪車站新幹線
軌道

目前世界各國都有採用版式省力化軌道的趨勢，但在日本則尚未普遍，目前只有新幹線及都市捷運系統等採用之。

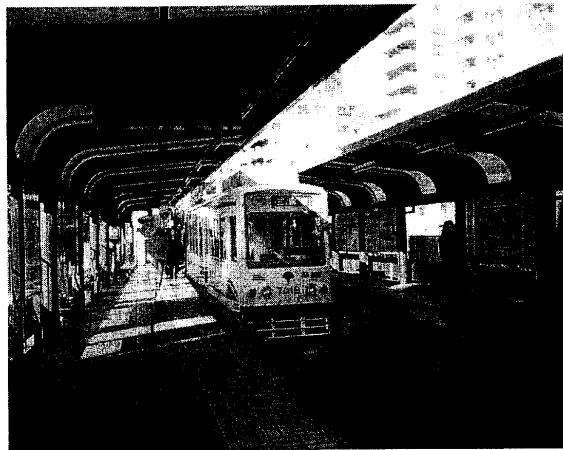
日本自西元 1995 年開始研究無道碴省力化的版式軌道，並陸續發展有 PC 枕直結式軌道、E 型鋪裝軌道、土路基框型軌道、SU 灌漿補強型鋪裝軌道、TC 型省力化軌道及梯狀型之縱向軌枕等無道碴道床省力化軌道，其目的乃在儘量減少軌道之養護，以節省人力、物力、財力，達到安全、經濟及耐用的目標。

我國鐵路電氣化已將近二十年，當年全面汰換軌道，現在又到更換軌道的時候，省力化軌道雖可減少維護費用，但是由於技術未臻成熟，費用亦高，是否全面更換，仍應檢討。

照片 5.4-10 表示東京都都電的軌道，這是一種較為古老的軌道電車，但因甚為簡便，如規劃、設計得宜，對都市交通及景觀應有特殊的效果。



照片 5.4-9 大阪市區捷運軌道



照片 5.4-10 東京都都電軌道

陸、結語與感想

本次國科會土木學門日本學術參訪團，由於事前準備及協調工作完善，加上各成員之努力與合作使得此次之訪問雖然行程緊迫，但皆能順利完成預期目標且收穫豐碩。

綜合此次參訪過程，可得以下數項之感想：

1. 日本接待單位在規劃及招待參訪團的工作上做得適得其份，在事前的協調、溝通上亦非常的仔細、充分，顯示出日本公、民營機

構處事方式值得參考。

2. 在電力中央研究所所見到的儀器設備，在我國亦應可見到，惟其對儀器的深入使用以及儀器的精密化則是我國相關單位可以參考之處。如高溫高壓試驗設備，國內成大、交大亦多具備，但是如電力中央研究所將之形成一研究室並投入經費則屬少見。又如震動台，國內國家地震中心亦有三維震動台，但電力中央研究所卻已看出震動台的極限，因此嘗試以解析方法輔助震動台試驗，嘗試在現有的硬體設備上以軟體來提升其功能，亦即研究的精緻化及深入化應是我國可以再加改進之處。
3. 核能發電的概念：日本雖是一曾受到原子彈攻擊過的國家，但其發展電力時，並未將核能發電排除在外，反而十分積極規劃核能的和平使用—核能發電。日本在考慮能源的長久需求及自身能源的供給面後，很理性的接受核能為其發電的主要手段。我國的能源供給情形比日本還差，似乎更應理性的討論核能的使用可能性，當然核能發電所需要的安全維護更是不可忽視。
4. 耐震設備的研發：日本亦是一地震頻發的國家，耐震結構的研究、減震、免震設備的研發及推廣皆是世界前茅，此亦值得同是地震國的台灣多加學習之處。
5. 地質災害防治的研發：日本亦是一地質災害時常發生的國家，土石流、邊坡崩壞、地滑、洪水等則是每年必定發生的災害。國內在賀伯颱風後對土石流的防治研究下了很大功夫，也開始有所成效，但日本對土石流的研究已有數十年，成果與經驗皆豐碩，值得我國學習之處頗多。但是公路邊坡破壞之預警、防治則在國內尚無完整的執行體系，除學術單位可加緊研究外，公路單位亦應加緊配合，以提升公路使用者的安全。
6. 環境污染整治以及資源再利用技術的研發：民間建設公司之清水建設已開始研究如何使用結構物的屋頂進行保水、降溫、綠化的研究，國土交通省的土木研究所也在研究可以吸附重金屬的植生以及使用生態法來處理微地區的環境包括氣溫及水質等，清水建設也研究如何將混凝土構造物拆除下來的廢棄混凝土塊加以分解成骨材及砂土以供資源的重新利用。

我國現階段在環境保護、資源再利用的理論上及國民的接受性上大概與日本不相上下，惟實際研究、推廣以及行政方面的支援則尚有

改善的空間，值得共同努力。

總之，本次日本學術參訪團在團員的努力、合作以及日本接待單位的親切、用心下，學習、觀摩很多，並獲致學術交流及國際友誼，圓滿達成任務，最後並對國科會在經費上之支助僅致謝忱。

攜回資料

1. 電力中央研究所研究成果資料。
2. 國土交通省國土技術政策總合研究所資料。
3. 國總研河川研究部海岸研究室成果資料、ダム研究室成果資料、河川研究室水理模型實驗成果資料、道路研究部成果資料。
4. 獨立行政法人土木研究所技術資料。
5. 獨立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ(土質) 成果資料、材料地盤研究グループ地質チーム成果資料、土砂管理研究グループ地すべりチーム成果資料、土砂管理研究グループ火山・土石流チーム成果資料。
6. Material and Ground Research Group, Public Works Research Institute (Geotechnical Research Program), 2002.
7. 清水建設株式會社技術研究所研究成果資料。
8. 大都市之地下水問題研討會論文集，大阪市 2002。
9. 東京都廳防災資料中心資料，2002。
10. 國土交通白書，國土交通省編輯協力，2001。