

出國報告（出國類別：參訪）

日本土木水利工程領域
研究機構參訪報告

服務機關：行政院國家科學委員會 工程技術發展處

姓名職稱：陳榮治 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：2009.09.23～2009.09.30

報告日期：2009.12.24

參訪摘要

日本鄰近台灣，其環境與台灣相近，均屬於地少人稠。隨著經濟的發展，都會地區超高層建築的興建及各種公共工程的興建正在方興未艾，因此日本土木工程建設非常興盛。由於制度設計得宜，日本有許多具規模世界級的研究中心。

此外，日本土木工程界也產生許多世界級的大公司，這些世界級的大公司均設有研發部門，其研究經費及設備相當充足，因此許多不錯的成果產出。此外，日本長岡技術科學大學的產學合作相當進步，許多研究課題及制度相當值得台灣借鏡。本次除參訪相關機構外，更於行前擬定防災、救災、智慧化生活空間等相關議題，以定點深入學習方式，取經於日本防災科學研究機構及相關大學。

參訪團組成

歐章煜（學門召集人，台科大 營建）

陳榮治（學門經理，國科會 工程處）

林其璋（結構 專家，中興 土木）

顏上堯（交通 專家，中央 土木）

朱聖浩（結構 專家，成大 土木）

黃 然（材料 專家，海大 河海）

黃安斌（大地 專家，交大 土木）

曾惠斌（管理 專家，台大 土木）

江維華（建築 專家，台科大 建築）

邱建國（生命週期 專家，台科大 營建）

目次

<u>主題</u>	<u>頁次</u>
參訪摘要	2
參訪團組成	3
1. 參訪目的與主要參訪單位介紹	5
1-1 日本長岡技術科學大學	5
1-2 獨立行政法人防災科學技術研究所	7
1-3 建築研究所	8
1-4 鹿島技術研究所	9
2. 學術機構參訪心得	11
3. 大地水利領域參訪心得	13
4. 土木材料科學參訪心得	16
5. 建築設計相關心得	17
6. 結構工程參訪心得	20
7. 資訊技術與管理於防救災工作之應用心得	26
8. 交通運輸心得	30
9. 參訪心得及建議事項	32
10.參訪延伸之『極端氣候下之複合性災害防治之研究方向』規劃	33

1. 參訪目的與主要參訪單位介紹

1-1. 日本長岡技術科學大學（新潟縣 長岡市）

該大學具有下列特性：

(1) 該大學具有前瞻性的制度設計：

- (A) 長岡技術科學大學，是日本國立工科系單科大學，教員人數約 220 名、大學部學生約 1300 名、碩博士班約 1000 名；規模不算大，但外界給予很高的評價。其理由要歸功於該大學卓越的瞻性制度設計。
- (B) 近年來，日本各大學積極引進社會貢獻理念與產學合作制度，該大學早在 30 年前創校時就已獨創性採用，作為治理學校之方針，長期以來績效卓著，確立日本大學推展產學合作之典範。
- (C) 被選定為「有特色的大學教育」
文部科學省為改善日本高等教育，於 2003 年訂定「有特色的大學教育支援計畫」並開始加以推動。是年，該大學以「實務訓練(長期實踐型實習)與教育效果」提出申請，很快就通過審核而被選定為「有特色的大學教育」。(全國提出申請計 664 件，通過者有 80 件。)

(2) 該大學具有很高的研究潛力：

- (A) 由於該大學的研究環境優良且設備充實，從全國吸引了很多優秀教員，2/3 來自東京大學、東京工業大學、京都大學等一流的綜合大學，而只有 1/3 來自企業。
- (B) 2 個研究計畫被選定為「21 世紀卓越中心(COE)計畫」
「21 世紀 COE 計畫」是，日本文部科學省為了扶植具有國際競爭力之世界頂尖級大學，自 2002 年起開始經由全國 726 所國公私立大學間之競爭，重點支援具高度研究潛力之大學以形成世界級研究教育據點。每一個 COE 計畫，於核定的 5 年內每年支援 1~5 億日圓。該大學自 2002 年起，連續二年有「混

合超機能材料創造與國際據點形成」、「綠色能源革命促成環境再生」等 2 個計畫，均分別獲選為「21 世紀 COE 計畫」。(註：東京大學有 28 個 COE 計畫，東京工業大學有 12 個 COE 計畫)

(C) 該大學的研究潛力，以傳統的競爭性經費衡量：

科學研究費補助金的申請得到金額，超過各縣市的綜合大學，平均每位教員的申請得到經費，在工科系大學中排行第 3 位。

2005 年度科學技術振興調整費，全國採用的 64 件研究題目中，該大學就佔有四件。

新能源及產業技術總合開發機構(NEDO)的產業技術研究助成費所採用的件數中，該大學僅次於產業技術總合研究所、東京大學、東京工業大學、京都大學等，而居第 9 位。

歸納長岡科技大學土木及環境工程系依研究領域分成七群：

- (a) 規劃與環境工程
- (b) 水力與災害防治
- (c) 結構工程
- (d) 環境資訊工程
- (e) 環境保護工程
- (f) 環境規劃與社會工程
- (g) 數學群

混凝工程研究範圍包括混凝土性質，耐震設計及混凝土結構耐久性等。另外，該校亦進行能源材料如太陽能電池、燃料電池的電極材料的研發與新型鋪面研究等。該系在工程材料領域的試驗設備除新鋪面材料試驗機外與國內一般大學土木系設備相當。

1-2. 獨立行政法人防災科學技術研究所（茨城県 天王台）

1959年9月於日本所發生之伊勢灣颱風造成超過五千人以上之死亡(含失蹤人數)，為此日本政府進行防災體系之檢討，並於1963年4月成立該研究所(當時名為國立防災科學技術中心)，至今年4月已滿46週年。該研究所之基本目標為：於災害中保全人命，並活用災害所得之教訓以發展對災害具足夠應變能力之社會。

主要研究部門及中心分為：

1. 地震研究部

研究項目：利用於日本全國各地所設制之地震觀測網以取得地殼活動資訊，並建立高精度之日本列島地殼活動預測模型，以提高地震發生之預測精度。

2. 火山防災研究部

研究項目：火山噴發預測與火山防災。

3. 水·土砂災研究部(土石流)

研究項目：主要針對豪雨、強風、土石崩落、洪水與潮浪等可能發生災害之防止或減輕為前提,進行相關自然現象之研究與災害發生預測。

4. 防災系統研究中心

研究項目：各研究部之成果整合以強化對社會之貢獻。

5. 雪冰防災研究中心

6. 兵庫耐震工學研究中心（世界最大之實尺寸三維震動破壞實驗設施

(E-Defense)。從事與鋼骨建築及橋樑構造物耐震試驗研究。

1-3. 建築研究所（東京都 港区）

建築研究所成立於 1942 年 12 月(當時為大藏省所屬之建築研究室)，為日本國內唯一與建築・都市・住宅相關之國立試驗研究機關(2001 年已改為獨立行政法人機構)，主要進行研究開發、災害發生時之對應技術發展與國際地震工程研修等工作。工作目標如下：

實現安全・安心之高品質社會與生活

實現具永續性之社會與生活

重新構築能對應社會構造變化之建築與都市

藉由資訊技術活用使建築生產合理化及協助消費者之選擇

建築・住宅之二氧化碳減量對策(2008 年)

該研究所依研究對象或範圍亦可分為：

1. 結構研究組：建築物之結構安全性、修復性與機能性研究。
2. 環境研究組：省資源・省能源・健康・舒適之建築與住宅研究。
3. 防火研究組：火災特性、材料・構件・構法之高溫下反應及避難等研究。
4. 材料研究組：除與建築相關之材料研究外，建築物維持・改修材料及高品質・高機能材料之研發。
5. 建築生產研究組：建築生產系統開發(包含性能滿足、施工技術等)。
6. 住宅・都市研究組：循環型與成熟型社會之住宅・都市研究研究。
7. 國際地震工程中心：地震災害減輕・防止之基礎及應用研究，並協助發展中國家人員之耐震相關技術訓練等。

主要研究課題包括：

- (a) A study of the combustion examining method of materials for building construction (利用 Cone Calorimeter method 評估 12 種壁紙黏於矽酸鈣板或石膏板熱釋放率)；
- (b) Evaluation tensile strength of structural components for fire resistance design under fire condition (主要探討高溫下 SS400 鋼材的降伏強度與抗拉強度的變化)；
- (c) Development of Advanced Technologies for Recycling Building Materials and Components；
- (d) Development of technology for reducing construction project costs, including external

- costs ;
- (e) Study on Environmental Impact of Chemical Substances Included in Building Materials ;
 - (f) R&D project to develop technologies to reduce the waste in the process of dismantling wooden buildings ;
 - (g) Feasibility Study on Stochastic Evaluation Method of Durability and Degradation in Existing Wooden Houses ;
 - (h) Evaluation of the Long-Term Durability Performance of Artificial Light-Weight Concrete ;
 - (i) Evaluation and estimation of the performance of wooden structures under different service classes ;
 - (j) Evaluating Method for Basic Performance of Adhesive Strength between Concrete and Finishing Materials ;
 - (k) A Study on Evaluation of Existing surface layers of External Walls for suitable application of various Refurbishment Methods ;
 - (l) Prediction of the property of concrete based on the cement hydration mechanism ;
 - (m) Influence of fine aggregate quality for concrete 等。

1-4. 鹿島技術研究所 (東京都 新宿區)

1949年4月鹿島建設(創立於1840年)繼承當時日本民間唯一之建設技術研究機關「財団法人建設技術研究所」，並投入鹿島建設之技術與研究團隊進而成立該研究所，也是日本第一間由民間建設公司所成立之建設技術研究所。至今成立約滿六十週年，為日本戰後高度經濟成長下非常重要之民間研究開發機構，所內人員超過三百人，且每年研發經費超五千萬美元，主要負責工作為：提供鹿島建設相關工程新技術、接受外界委託從事相關研究、與其他學術機構合作共同研發新技術、為鹿島建設解決各項工程技術問題、辦理相關訓練計劃、定時發表研究成果。

研究組織共分為：

1. 先端・電子機械組
2. 地球環境・生物組
3. 都市防災・風環境組
4. 土質基礎・岩盤構造組
5. 地下水・地盤環境組

6. 土木結構組
7. 土木材料組
8. 建築環境組
9. 建築結構組
10. 建築生產組
11. 建築分析組

其中與工程材料有關的研究項目不少，包括 Kajima 耐震補強壁材、工程水泥質複合材料(engineering cementitious composites, ECC)、高層建築用高強度混凝土、煤灰再生製成多功能人造粒料、資材物流合理化系統、生態磚—再生建築材料、使用於大型壩體的滾壓混凝土(roller compacted concrete, RCC)、ECC 施工法、高耐久性混凝土(EIEN, Earth Infinity ENvironment) (high durability concrete with special admixtures, carbonation curing)、連續壁 (Super-Crete Diaphragm Wall)用高強度高流動混凝土、補強用超高強度纖維混凝土、瀝青鋪面工法、黏土—砂礫石混合土(Bentonite-sand mixture with gravel)及滲透型防水材料 (high performance water repellent agent of concrete)等。

2. 學術機構參訪心得

2009/9/24 參觀位於 Niigata 之長岡科學技術大學 Department of Civil and Environmental Engineering 之土壤力學試驗室，內有先進之動三軸試驗與 ring shear 試驗設備，部分儀器有能力進行非飽和土壤試驗。

日本長岡科技大學位於新潟，是日本國立工科系單科大學，教員人數約 220 名、大學部學生約 1,300 名、碩博士班約 1,000 名。長岡科技大學的規模不算大，但外界給予很高的評價，尤其其產學相當優良。有鑑於台灣土木水利工程的學術研究工作必須加強產學合作，因此促成土木水利工程學門將參訪長岡科技大學列為行程之一。

近年來，日本各大學積極引進社會貢獻理念與產學合作制度。長岡科技大學早在 30 年前創校時就已獨創性採用，作為治理學校之方針，長期以來績效卓著，確立日本大學推展產學合作之典範。文部科學省為改善日本高等教育，於 2003 年訂定「有特色的大學教育支援計畫」並開始加以推動。是年，長岡科技大學以「實務訓練(長期實踐型實習)與教育效果」提出申請，很快就通過審核而被選定為「有特色的大學教育」。

長岡科技大學的主要特色為師資相當優良，由於該大學的研究環境優良且設備充實，從全國吸引了很多優秀教員，其中 2/3 來自東京大學、東京工業大學、京都大學等一流的綜合大學，而有 1/3 的教員來自企業。來自這些國立大學的教員大部分具有工作經驗，有實務工作經驗的應徵者比較有機會受到教學單位的青睞，也間接的促成教師的教學不至於偏離產業太遠。

長岡科技大學對學生的教育有兩個特色，其一為要求學生在畢業前必須至企業實習 (Intern) 半年，其二為所有大學部的學生均可以進入研究所就讀攻讀碩士學位。每年企業實習的名額由校本部、系所主管及系所教師共同努力向企業界爭取而來。學生至企業實習期間，學校也會派教師共同指導，以監督學生的實習工作，確認學生能夠在企業獲得良好的學習。由於進入長岡科技大學的大學部學生均可進入研究所就讀，因此大學部學生在進入研究所之前，均可認真、放心的至企業界實習以學習企業界的技術及管理，學生不用擔心是否能夠考上研究所的問題。

由於長岡科技大學學生企業界實習的配套相當好，因此非常受到學生、家長及社會的支持。剛開始時，企業界實習的名額尚須爭取。由於該校已經建立 Intern 相當的知名度，因此目前企業界實習的名額相當充裕。

長岡科技大學的學生至企業界實習的制度，造成該校畢業學生相當受到企業界的歡迎。經過企業界實習訓練的學生進入研究所後，由於大略知道企業界的經營實務及技術實務，他們所進行的研究自然而然偏向實務。長岡科技大學的教師們更由於學生企業界實習的關係，與企業界的關係更而緊密，因此自然而然產生許多的產學合作案子。不但可以增

進教師們的實務，更可以對學校有額外的經費貢獻。長岡科技大學的產學合作及學生的實務之所以能夠這麼著名的原因，主要要歸功於該大學卓越的瞻性制度設計。

國內許多大學也逐漸重視學生的企業界實習及產學合作。政府界及國科會也不斷鼓吹產學合作的重要性。然而國內學生常常囿於必須準備研究所考試，以致於大四下學期前，大部分的時間均花在考研究所的準備，甚至於在補習班準備研究所的入學考試。因此若要能讓學生在大學期間，就能夠培育實務工作經驗或動手做的能力，除了學校的實驗課程必須有所加強之外，更重要的是要設計出一套制度，以便能夠讓學生願意參加企業界實習。在此制度實施初期，系所教師也必須多花一些心力，以便能為該單位爭取足夠的企業界實習名額。



3. 大地水利參訪心得

(1) 位於 Tsukuba 之防災科學技術研究所(NIED)

由 Dr. Naoki Sakai 帶領參觀該中心之大型降雨試驗設備（照片 3-1）。試驗面積 44 m x 72 m 最大降雨強度每小時 200 mm，可在室內製造高度 10 m 以上之土坡，以測試降雨對邊坡穩定之影響。可以用支架（照片 3-2）設立淺層邊坡破壞，或建立實心模型邊坡（照片 3-3），實心模型邊坡有 4 面，每一面可以使用不同土壤性質來製作邊坡。降雨設備可以移動，以配合模型邊坡之位置。邊坡內安裝監測儀器，感測破壞時其內部孔隙水壓與移動之變化。



照片 3-1 大型降雨試驗設備在降雨強度 200 mm/hr 下之景象

Dr. Sakai 提供其所著作”Model tests of collapse of unsaturated slopes in rainfall”(Sakai & Sakajo, 2008) ，”Study on prediction of flow movement of shallow landslide based on discontinuous deformation analysis” (Sakai et al., 2008) 以及”Study on prediction of failure and flow movement of shallow landslide based on discontinuous deformation analysis” (日文) (Sakai & Miki, 2009)等論文。這些論文展示應用此一研究設備所得研究成果，以及作者如何將物理模型試驗與數值模擬結合來研究降雨對非飽和土壤邊坡穩定之影響。在台灣遭逢八八水災之後，這些研究議題與方法非常值得國內學者借鏡。

Dr. Sakai 也指出，如果我們向 NIED 提出要求，他們可以考慮與我國學者合作，或使用此一世界少有之研究設備。



照片 3-2 淺層邊坡破壞模型支架



照片 3-3 實心模型邊坡

(2) 鹿島建設所屬之技術研究所

由 Susumu Tsuchiya(土屋進)常務執行役員負責主講日本的治水對策。本演講指出日本與台灣河川都有降雨量高而洪水竄流時間短之特性，都市發展人口集中使得雨水更不易滲入地層，而經常造成洪水並容易受土石流災害之影響。日本提出全方位治水對策，包括河川對策與流域對策。一方面建立堤防與疏浚等工程，一方面建力抽水站，滯洪池

與地下蓄水設施，設立多功能調節地，增加滲水鋪面，使用輪中堤，超級堤防等方法，並以數個城市做案例解釋其功效。土石流救災使用無人操作施工機具做道路搶修等危險工程，值得借鏡。但 Susumu Tsuchiya 常務執行役員基於著作權之考量，不願意提供其演講書面資料。

鹿島建設所屬之技術研究所擁有 100 GT 之離心機物理模型試驗設備，以及與離心機匹配單向度之振動台，可做動態受載之模擬。但鹿島建設基於商業機密考量不允許現場拍照。

日本關於治水技術值得國內學習。關於隧道施工相關之離心機物理模型試驗，鹿島建設有豐富之經驗，可以藉由合作研究而取得或共同研發核心技術。鹿島建設接待人員指出，如果國內有意願可以與鹿島建設在台灣之代理，中鹿營造股份有限公司接洽，提出經費與合作研究之申請。

參考資料：

- [1]. Sakai, N., and Sakajo, S., 2008. "Model tests of collapse of unsaturated slopes in rainfall" Proceedings, Landslides and Engineering Slopes, Chen et al. (eds), Taylor & Francis, pp.907-912.
- [2]. Sakai, N., Ikei, H., and Miki, S., 2008. "Study on prediction of flow movement of shallow landslide based on discontinuous deformation analysis" Proceedings, International Mini-Symposium for Numerical Discontinuous Analyses, Hawaii, pp.63-71.
- [3]. Sakai, N., and Miki, S., 2009. "Study on prediction of failure and flow movement of shallow landslide based on discontinuous deformation analysis", 應用力學論文集, Vol.12, pp.461-468(日文)。

4. 土木材料科學參訪心得

日本土木材料領域有諸多技術與應用值得我們學習，經過本次實地參訪日本四個機構及審酌國內產業需求與研究機構的研究能量後，摘錄此議題之建議研究方向或項目：

1. 防止建築物水泥質複合材料表面發生氣孔、開裂與白華技術之研究
2. 鋼筋混凝土結構物劣化檢測與修補技術研發
3. 營建材料資源回收生態創新研究
4. 創新廢棄物材料加值利用與品質提升研究
5. 纖維灰與天然纖維應用於營建材料之研究
6. 建築材料再使用(re-use)、再生利用(recycling)及更新使用(renewable)策略研究
7. 新型混凝土(new concrete)在土木結構上應用之研究
8. 新型混凝土用防水材料研發
9. Metakaolin 與其他礦物摻料對外來水泥水化物中氫氧化鈣含量的影響
10. 補強用超高強度纖維混凝土研發
11. 生態水泥研發
12. 工程水泥質複合材料研發

5. 建築設計相關心得

本次參訪涵蓋土木學門之不同領域，有三個主要部分與建築有密切之關係，包括財團法人建築研究所、鹿島建設株式會社與表參道的當代建築。

財團法人建築研究所(Building Research Institute)位於東京東北方的筑波，緊臨著名的筑波大學，所內下設兩個行政單位與七個研究單位，研究單位涵蓋結構工程、環境工程、火害工程、材料與構件、集合住宅與都市設計、地震工程。本次的現場參觀涵蓋多種火害試驗與各種尺寸規模之地震與結構破壞試驗，火害試驗包括幾種中小型之構件耐火試驗機、一個具有大型集熱(煙)罩/量熱設施的全尺寸開放性火災試驗場、以及一個連結風洞的火災試驗場。後兩者相較於台灣現有的實驗設施而言較為特殊，但由於火災風洞試驗是以小型木構造建築與山林火災(適用於乾燥地區)為主要對象，對台灣的建築目前的現況而言較無具體意義，而全尺寸開放性火災試驗場的大型集煙罩/量熱設施的寬度可達 10 米，可進行相當大尺寸之開放性火災試驗，國內內政部建築研究所現有的大型量熱裝置為 10 mw，亦可進行類似的試驗。

此外，火災試驗場皆配有大型空氣排放淨化器，讓試驗不至影響周邊環境之空氣品質，國內的各相關實驗皆可做為借鏡，以降低空氣污染的影響。相關試驗亦可看到綠色建材建材的使用，例如與東南亞國家合作的竹筋預鑄混凝土構件等。



照片 5-1 風洞火災實驗室



照片 5-2 全尺寸開放性火災試驗場



照片 5-3 超大型空氣排放淨化器



照片 5-4 竹筋預鑄構件

鹿島建設公司於 1840 年由鹿島岩吉創立，歷經多次改組後於 1930 年正式成立，並於 1949 年首創企業設立建築相關研究單位——鹿島建設技術研究所(Kajima Technical Research Institute, KaTRI)，目前公司的總員工達 9,000 名左右。該公司曾參與日本與國際上許多重要工程，例如日本第一棟超高層大樓霞關大樓(1968 年)、東京電力福島核能電廠(1967 年)、關西國際機場(1994 年)、明石海峽大橋(1998 年)、西武球場(1999 年)等等，建築與土木工程營造經驗豐富，並具有相當優良的技術與能力，在高層建築、交通建設、核電廠建設和水利建設方面的技術方面頗為著名。目前該公司的研發重點之一為各類環保建材，例如廢棄混凝土回收利用技術。該公司對於技術研發相當的重視，是台灣營建產業普遍缺乏的企業核心能力，以至於營建與建築相關產業技術提升幅度較為緩慢。

表參道之丘(Omotensando Hills)的更新案為日本東京都市更新的代表性成功案例，該案融合了既有建築與新建的新穎建築，讓著名的商業區有了新的面貌。表參道原是明治神宮創建時正面的參道與道路的通稱，位於東京都澀谷區附近，而道路的部份則稱表參道通。表參道之丘由著名的日本建築師安藤忠雄設計，該案的基地內有一棟同潤會青山公寓，原本是表參道著名的景點，是關東大地震後收容災民的避難所，也是當時凝土技術應用的代表性建築，具有文化價值與時代意義，並經常成為電視電影的場景。然而隨著時代的變遷，該公寓在時尚名店林立的表參道上顯得格格不入，因此拆除與保留的意見都被提出來。安藤忠雄在表參道之丘的設計中，對於既有建築與環境相當尊重，設計中巧妙地將既有的建築與新建的部份融合在一起，行道樹也成為設計的元素，整體設計看似簡單無華，卻內涵豐富的文化意涵與良好的構思，因此被稱為最不商業化的商業建築。表參道之丘除保留一棟有的公寓外，新建部分也在下層的名店上設置兩層的住宅，各自出入但功能上也不受到相互的限制，在造形與植栽的應用上也與後方的住宅區達到良好的融合，核心的挑空部份也順應基地的坡度做出從底層一路環繞到頂層的連續坡道。對於國內進行相關都市更新與建設，本案可提供相當好的典範。



照片 5-5 順應基地的坡度以坡道串聯出商店街



照片 5-6 建築上下分離的住家與名店



照片 5-7 與背後住宅區的巧妙結合



照片 5-8 同樣位於表參道的伊東豐雄設計案

本次日本參訪的行程緊湊且獲益良多，對於日本的技術研發能力與態度印象深刻，民間企業對於研發與研究相當重視，如此才能提升產業的技術與競爭能力，提升營建品質。在設計與建造的過程中，對於環境與文化必須予以尊重，在進步的過程中延續文化的價值與精神，融入技術與人文，才能真正創造良好的工程與設計。

6. 結構工程相關心得

日本受天然災害之侵襲與台灣十分相似，夏季有頻繁的颱風，整年均可能有強烈的地震。此次參訪日本防災及救災學術及研究單位的活動，以了解日本在防災與救災上之應變措施設備及方法。在受地震與颱風侵襲下，橋梁及建築結構的安危評估，是本次參訪的一項重點，在參訪的四個單位中均十分重視此項議題，本節之報告將以此項重點加以說明。

參訪對象在結構工程上的設施說明：

(1) 長岡科學技術大學

長岡科學技術大學在日本的研究單位中並非表現最優的大學，但其在產學合作上卻有很優異的表現，其大學部之學生均要進入業界半年，學習實務之經驗，而本次參訪長岡大學之目的即在了解其產學合作之運作方式與長處。隨行人員有機會參訪其土木系，土木系有一棟結構試驗室，如照片 6-1 所示，含一高約 4 m 之 L 形反應牆，在照片 6-1 中亦顯示一鋼架在反力牆前能施加軸力，並可配合反力牆上之油壓器施加側力。而地上之鋼筋則是由老舊混凝土結構中取出，將測試其仍具有之抗張能力。

(2) 日本建築研究所

日本建築研究所之平面圖如照片 6-2 所示，其試驗室主要研究之對象有 (1) 防火、(2) 結構安全、(3) 綠建築材料、及 (4) 舒適的生活環境。結構領域之議題有防火及結構安全，亦是建築研究所之重點項目。一行人首先參觀其防火研究設施，照片 6-3 是獨棟的火災及風洞實驗室，試驗室能由後方之風扇產生強風以試驗結構物失火後在風場下之行為，模擬結構物受野火燃燒散播之實況。另一大棟之建築物約 100 m × 70 m 長寬及 30 m 高，內有多個火災試驗設備(如照片 6-4 所示)，能模擬實物結構在火災現場之行為。本試驗室較注重火災燃燒及傳播之研究，而火災中結構受力之力學研究是此試驗室較缺乏的。在日本建築研究所結構試驗室中，有一長周期及大變位(2.5 公尺)單向振動台(如照片 6-5 所示)，最大可加載至 1.5 G 之地震力，主要在研究長周期地震作用下之結構振動行為。本研究所亦有一座相當高(約 15 m)之反力牆，可做高樓建築之振動試驗，照片 6-6 顯示一棟樓某層之建築物在受側力下之振動反應，樓層之層數則由綠色鋼架施加之軸力決定。其它較小型之試驗一包括含纖維混凝土之研究，加勁磚牆之研究及含竹子加勁混凝土之研究(主要用在東南亞，盛產竹子之地區)。

(3) 防災科學技術研究所

防災科學技術研究所主要研究地震及水災之防治，本研究所在日本各地大量裝置量測地震加速度之儀器，收集各地之地震反應，並加以監控。本所亦使用電腦軟體模擬地震由震央如何傳播到各處，及評估各處之震度及受災之狀況。本所日前新建一台六個自由度 15 m × 20 m 之振動台，能將整個實體建築放置在台上，模擬地震之效應，如照片 6-7 所示。本所亦有一棟大型之暴雨試驗場(如照片 6-8)，可模擬大雨下(15~200 mm/每小時)之各種試驗，例如邊坡之滑動等等。

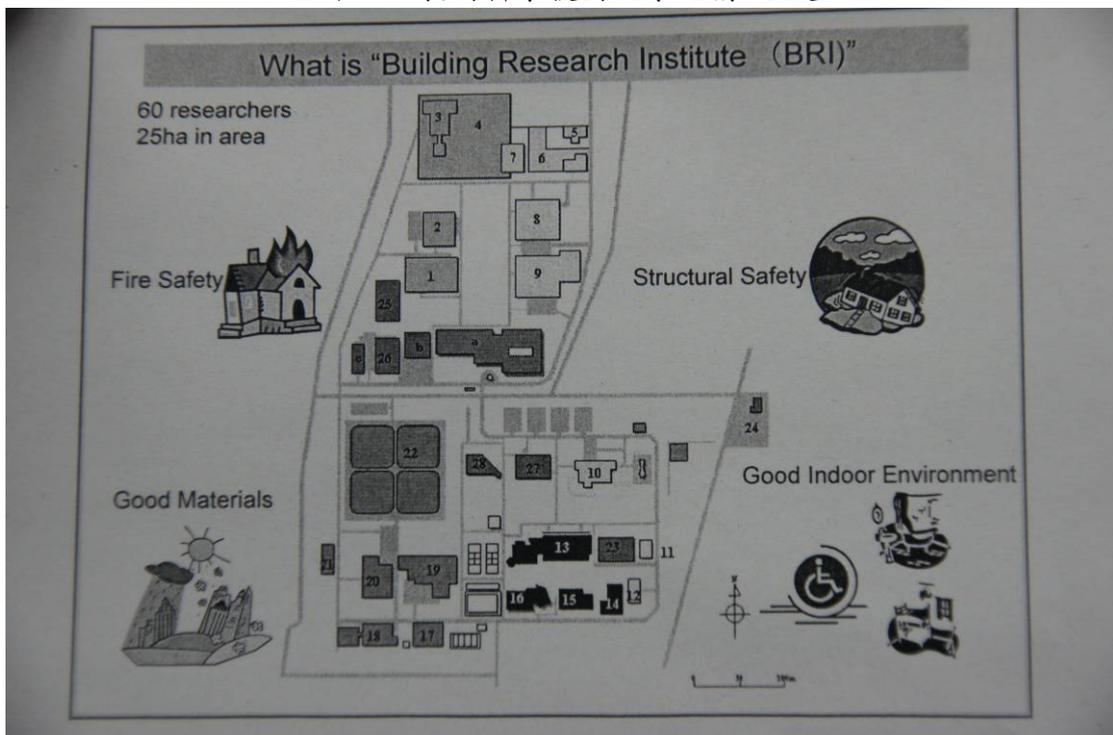
(4) 鹿島建設所屬之技術研究所

鹿島建設為日本最大之土木建築營造公司，其下設有一技術研究所，執行該公司之創新及研發工作。在結構的領域上，該所研發出防治地震的裝置能有效降低建築物在地震作

用之振動，例如鉛心橡膠支承及消能阻尼器等等。該所亦有一大型風洞能模擬強風下結構物所受之風壓及該結構物對環境風場之影響(如照片 6-9)。亦如其它單位，本所亦有大型反力牆及加載設備，可執行結構物受地震下之行為。此次訪問中該研究所特別為本訪問團舉辦一演講，題目為日本治水對策，對大都會治水，減災對策、土石流、及地震堰塞湖方面，有深入之說明。



照片 6-1 長岡科學技術大學結構試驗室



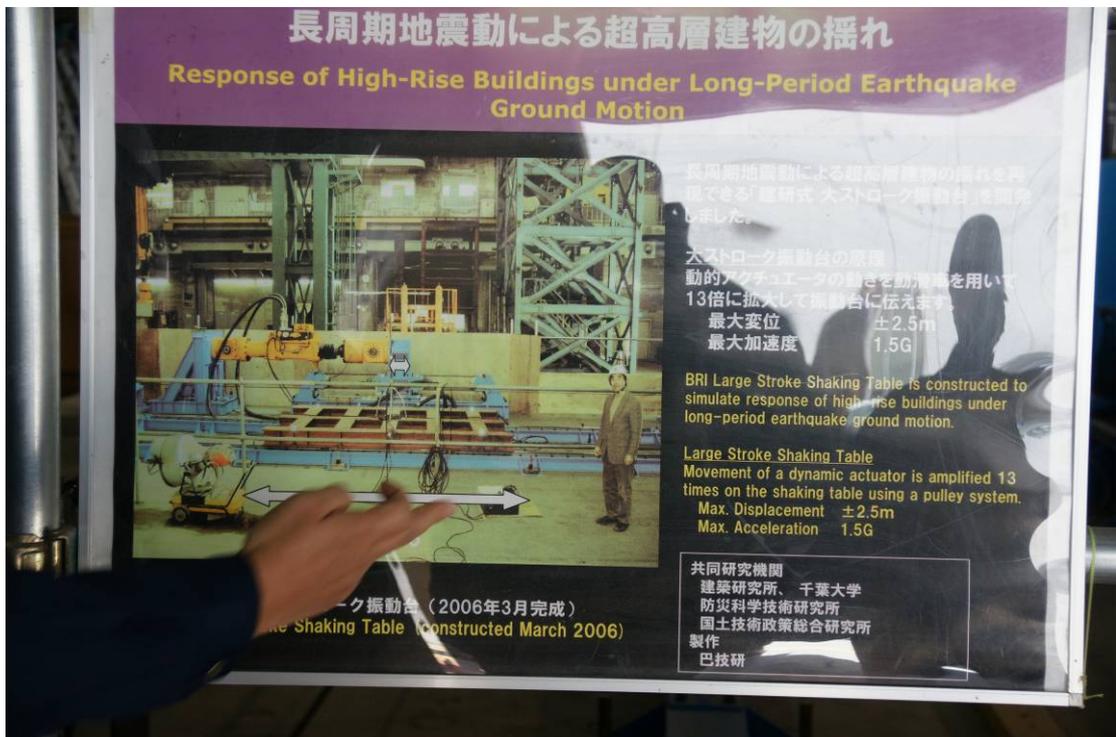
照片 6-2 日本建築研究所之平面圖



照片 6-3 日本建築研究所獨棟的火災及風洞實驗室



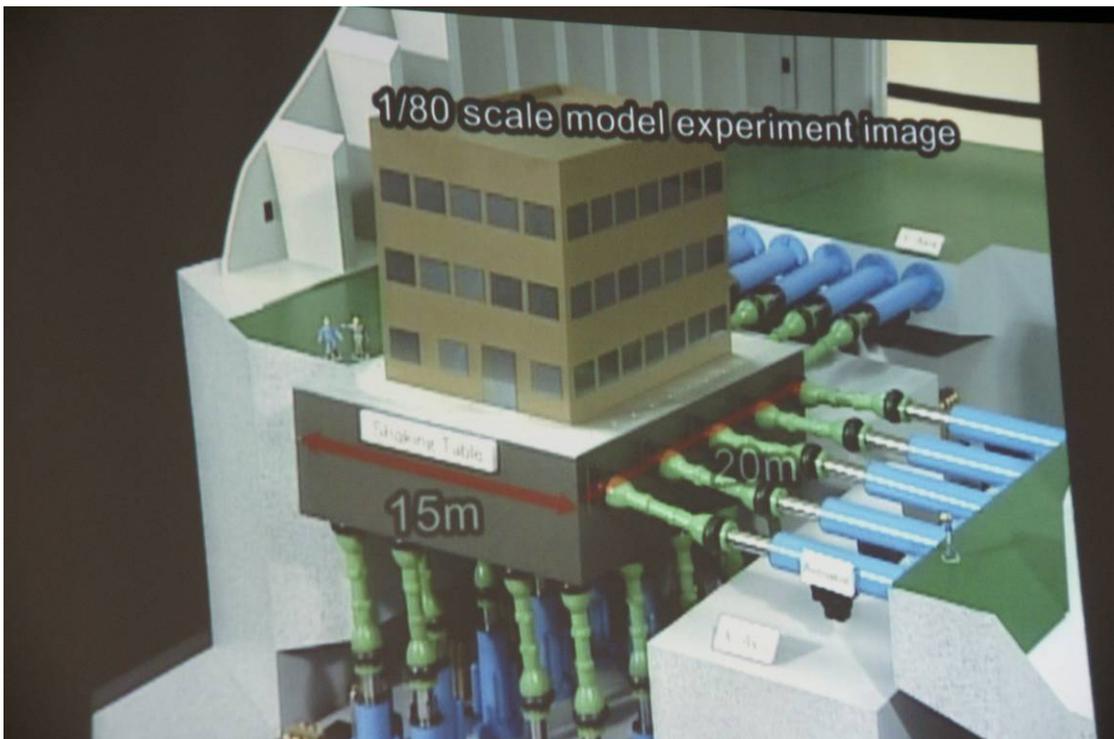
照片 6-4 日本建築研究所火災試験設備



照片 6-5 日本建築研究所長周期及大變位(2.5 公尺)單向振動台



照片 6-6 日本建築研究所之反力牆



照片 6-7 防災科學技術研究所新建六個自由度 15 m×20 m 之振動台



照片 6-8 防災科學技術研究所之大型暴雨試驗場



照片 6-9 鹿島建設所屬之技術研究所大型風洞試驗室

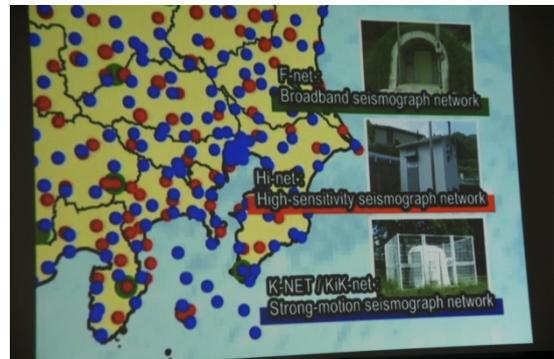
7. 資訊技術與管理於防救災工作之應用

從此次的日本考察可以發現日本以整合的角度進行結合防救災研究機構及相關政府部門，有系統的整合防災業務的技術。並有效地整合及建立災害潛勢分析、災害危險度分析、災害境況模擬等要項組成的防救災科技，提供相關機關擬定合理有效的防救災計畫，並就防救災體系來健全日本災害防救體系的運作，由日本防災科學技術研究所的相關研究就可了解日本如何藉由各單位共同的成效，來輔助及進行災害防救運作系統的修正與補強。

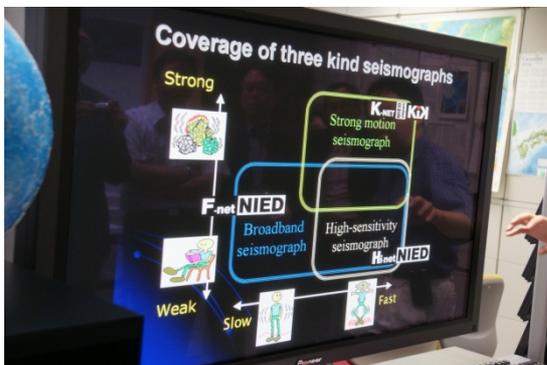
由考察過程中，可以發現日本防救災害體系運用大量地現階段先進資訊及通訊技術與管理於災害防救，目前日本防災科學技術研究所有多個成熟的系統運作中，包括地震觀測網及多維度資訊整合系統，其中地震觀測網包括強震觀測網、高感度地震觀測網、廣帶域地震觀測網及其波型整合分析系統，多維度資訊整合系統及整合即時及歷史資訊來建立災害的預測。分述如下。



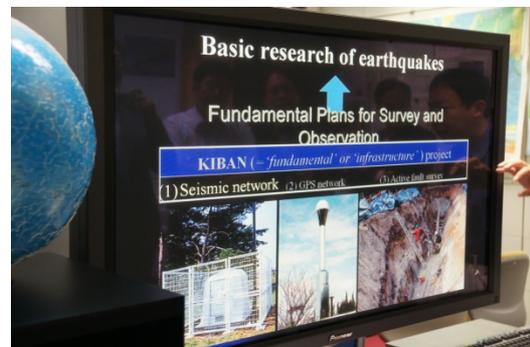
照片 7-1 歐召集人與日本防災所主管



照片 7-2 地震觀測網



照片 7-3 K,Hi, F-net 三地震網



照片 7-4 各網的建置與 GPS 定位連接

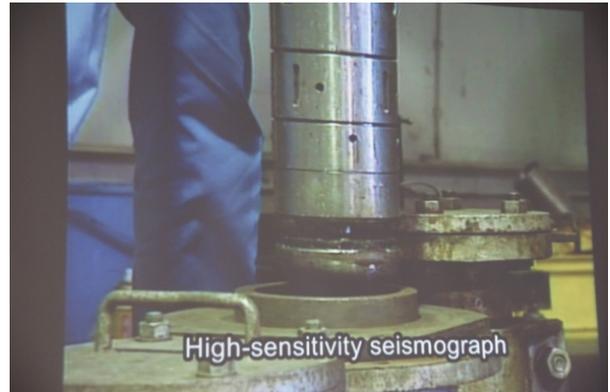
(1) 高感度地震觀測網(High-sensitivity Seismograph Network, Ni-net)

於日本各地有人口中高密度發生多人常覺得頭暈的地方，在其地下 100 米設置監測網絡以組成的高靈敏度地震儀，監控及即時發佈「緊急地震速報」。高感度地震觀測網之主要目的：(a) 監控地震發生的地下基礎和地震現象；(b) 在此基礎上預測和了解地震地面運動。

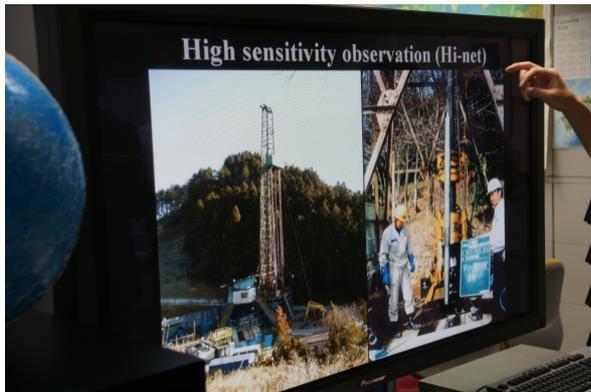
主要措施：觀測地震與高靈敏度的地震儀及地震觀測地面寬帶檢波（全球定位系統連續觀測）和監視及調查在陸地和沿海活動斷層。



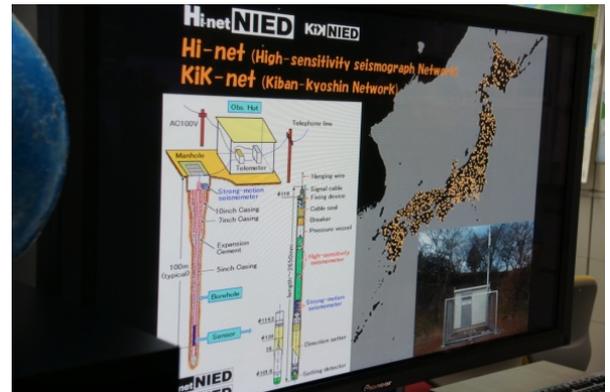
照片 7-5 Hi-net 設施



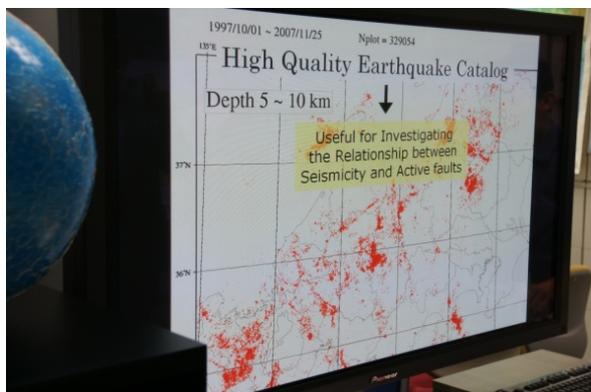
照片 7-6 Hi-net 觀測儀



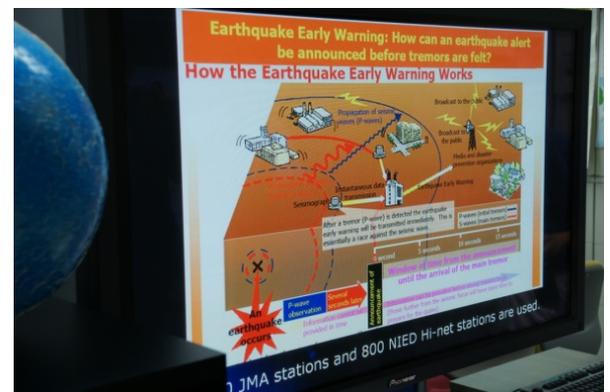
照片 7-7 Hi-net 設施建置圖



照片 7-8 Hi-net 地下結構



照片 7-9 Hi-net 設施分佈圖



照片 7-10 Hi-net 地震預報系統

(2) 強震觀測網 (Strong-Motion Seismograph Networks, K-net)

強震觀測網(K-Net) 為防災研究所科學技術廳(獨立行政法人)經營涵蓋日本全國 1000 以上強震觀測點組成的強震觀測網，是強大地記錄及監測震動觀測網絡。其包括震動觀測台網及高新技術網觀測網絡，每個測站包括一個強有力的動作地震儀安裝在地面的觀察點。所蒐集數據與觀測網絡的即時資訊是日本地震災害和風險評估的損害的主要來源。強震觀測設施(3 米×3 米大小)，耐天候性高，有 Snowproof 的玻璃鋼保護，特別在大雪地區的承受積雪設計等堅固安全的設計。有電力和電話設施及相關必要資訊及通訊設備，如圖所示。



照片 7-11 K-net 設施



照片 7-12 K-net 觀測儀

此外，每個設施觀察到土壤普查資料，獲得並記錄強震的特點。一有地震便立即發送強震觀測記錄觀察到強震觀測中心的資訊網站設施，且即時開放給一般公眾。也可以從這個網站，得到從觀測井測得的土壤日誌及土壤普查數據。K-NET 全程記錄強震的起源至結束，過程中協助當地消防部門和當地政府信息網絡系統的即時資料。此外，K-NET 的強震記錄有助於提高防災知識和防災意識，例如地震和災害規劃和城市學校抵禦地震教育，及高抗震結構設計荷載配置的相關研究。



照片 7-13 K-net 設施及其觀測站分佈

(3) 廣帶域地震觀測網 (Broadband Seismograph Networks, F-net)

廣帶域地震觀測網(F-Net)主要是記錄慢移動的地震波，日本全國有 70 個循環觀測網絡準確記錄地震資訊，其設施包括一個地震儀安裝在豎井中、其地下結構物和估計地震機制的裝置等設備。其基本目標是促進研究有助於減輕地震災害造成的地震。



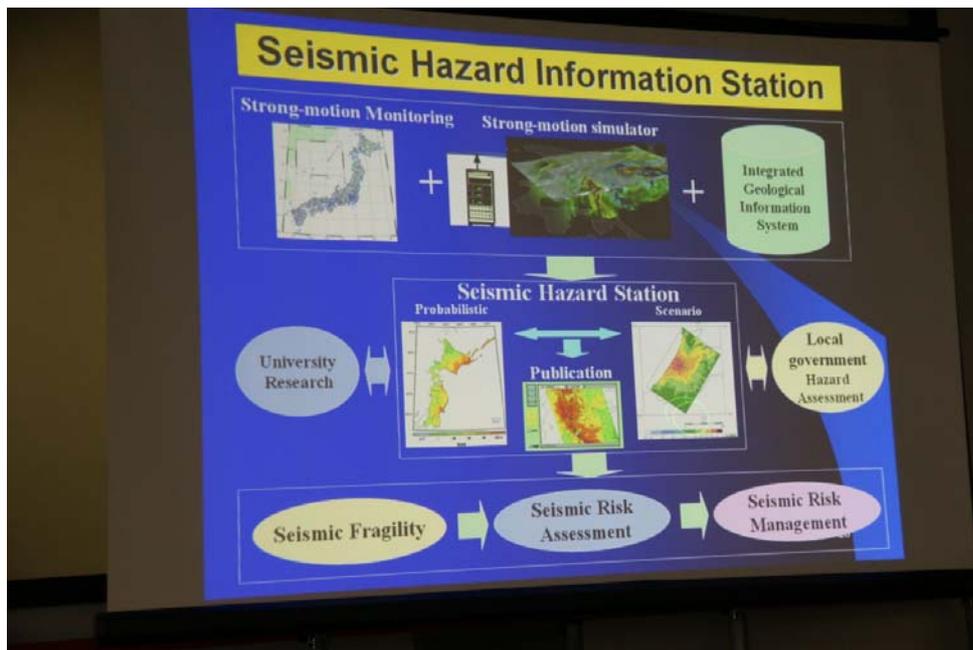
照片 7-14 F-net 設施



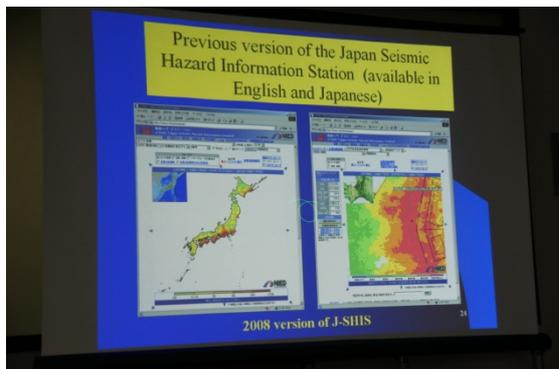
照片 7-15 F-net 觀測儀

(4) 多維度資訊整合(Mapping)系統及整合即時及歷史資訊來建立災害的預測

多維度資訊整合(Mapping)系統，即地圖地震預報是組合“地震概率預報圖”和“設定地震地面運動預測圖”兩種以上相關資訊的預報系統用來評估地震危險性及程度。這是高度應用影像技術及機率分析軟體整合而成的地震預報系統，其主要應即時及歷史資訊來建立災害的預測。於日本防災研究所中有一整合資訊觀測及分析室，如圖所示。



照片 7-16 多維度資訊整合(Mapping)系統架構圖



照片 7-17 地震預報系統



照片 7-18 地震資訊觀測室

8. 交通運輸心得

本考察團因住宿處位於東京車站附近，需透過軌道或公路運輸到達上述四個單位，因此亦同時考察東京地區的軌道或公路運輸系統，發現其效率頗佳，有不少特色可為台灣參考。茲列舉較具特色之處如下：

1. 東京地區大部分車站的軌道運輸系統係以共構方式經營，以提升旅客的轉運效率。如東京車站的地鐵（含公家都營及 Metro 私營）、日本鐵道(JR) 及新幹線（高鐵）等三鐵共構在一起，並透過票證整合及有效的室內步行運輸系統，可讓旅客在不同軌道運輸系統間有效地轉運以完成其旅次。另外，為維持轉運的效率，各車種的到離站準點性甚高，本考察團在此次的考察中，未發現有延誤或脫班的情形。此外，東京車站內亦設長短途客運的據點，可整合軌道及公路運輸系統，以利旅客轉運之用。照片 8-1 為東京車站之外觀。
2. 在公路系統的設計上，由於日本地狹人稠（類似台灣地區），因此為有效地使用有限的陸地面積，其高速公路設計的車道寬一般較台灣的車道寬為小（台灣的高速公路系統類似美國系統，標準車道寬為 3.67 公尺），路肩寬一般亦較小（約 2 公尺左右），部分路段甚至無路肩而代以臨停灣之設施，以供緊急停車之用。在配合較窄的車道使用上，日本的大型車的車寬設計上亦較台灣為小。至於一般道路的設計理念亦類似上述，停車位的寬度亦較小，以有效地使用土地面積。此外，一般日本駕駛者相當遵守交通規則，本考察團在此次的考察中，未發現有交通違規的情形發生。
3. 在東京市區（含車站內部），由於行人的流動量甚大，因此行人步道系統的設置頗為完善，此可區隔車流，提升行人的安全。另外，行人道上的黃色導盲磚的設置相當普及（即使使用率不高），顯示對殘障者的行動甚為重視。此外，由於自行車的使用頗為普遍，且由於地方的面積有限，因此自行車皆行駛於行人步道上，而不行駛於一般車道上，以避免與車流發生衝突，造成危險。
4. 參觀鹿島建設技術研究所的救災作業中，發現該公司有利用無人操作（利用遠端遙控）的機具及運具進入災區搶修相關設施，此可提高搶修的安全性，降低搶修人員的傷亡。



照片 8-1 東京車站

除上述觀察之特色可為台灣之參考外，本考察團亦發現東京地區的運輸系統亦有些許小問題，可為台灣的借鏡：

1. 有不少的地鐵站中，發現僅有往上之電梯，而缺乏往下之電梯，此對提重行李者或腳有殘障者之行進，頗為不便。
2. 行人道上的行人大部分靠左行走，部分人行道亦有靠左的標誌，以提醒行人行進的方向。然而，我們亦發現有少數階梯或人行道有靠右行走的標誌，此容易造成行人資訊的混淆與行進間衝突的發生。
3. 自行車與行人共用人行道的作法，可能是因地狹所致，但對行人的安全及舒適感頗有負面的影響。好在一般自行車使用者皆很注意行人的行走，所以此次考察未發現有自行車與行人之間的事務發生。

9. 參訪心得及建議事項

日本為已開發國家，但仍然深受地震及颱風災害所苦。因此，其在地震及風災之防治與研究下投入大量人力及經費，例如興建世界最大之地震颱風及暴雨場等等。而其私人營造公司也投入大量人力物力進行研發工作。但歷年來之地震及颱風仍然多少都會在日本造成災害，若其不投入這此研究及防治，則地震與颱風造成之災害必定遠大於目前之狀況，其防災、救災及減災之研發投資，頗值得我們借鏡。日本在地震及颱風之研究與防治上主要有：

- (1) 建立大型試驗場，例如地震振動台，暴雨域，大型風洞及火災試驗場等等，使對地震、火災及風災之預測及結構物災害之境況模擬更為準確，重視實作是日本的長處。
- (2) 在各處裝置大量的地震加速度計，日夜監控地震活動狀況，並使用預警系統，在地震發生之後，當地震波還未到達之前，進行防治工作。
- (3) 使用模擬軟體，模擬地震由震央傳播之方式，及評估各處之震度及災害，如此可預先準備更精準之防災工作。
- (4) 私人營造公司積極發展有效之地震防制裝置，減少結構物受地震作用下之損壞。

台灣與日本在地震及颱風之災害上非常類似，而兩國在災害研究與防治上亦類似，茲提出以下之建議以供各界參考：

- (1) 台灣在國家地震中心有大型之地震試驗場，在各學校亦有相同之設施，在房屋受地震之研究上應可滿足，但對大型之橋梁試驗卻缺少適合之試驗場地，而研究單位亦少有此方面之結構試驗與研究。然而橋梁為主要之公共建設，破壞後之影響遠大於建築物之破壞。故國內大型結構試驗室之建立應優先考慮橋梁試驗。
- (2) 應建立台灣本土之地震之傳達模擬及受災評估軟體，在地震未來之前評估受災狀況，更可模擬最佳之救災流程。其次地震預警系統之建立亦有其必要。
- (3) 台灣土木建築公司或顧問公司在研發之投資上遠少於日本，因此設計之案例均較保守，尤其在橋梁上之設計，有時侷限於經費上之考量，常使用多橋墩，短跨徑之橋型，因而造成洪水時橋梁基礎損壞或倒塌，因此應鼓勵業界投入研發或鼓勵研究單位多從事實務之研究，例如大跨徑橋梁之研究等等。
- (4) 台灣建築及橋梁之設計規範逐年更新，目前已相當嚴謹，按照規範設計及施工之案例應有一定之標準。對老舊橋梁及建築物之檢測及加固或可再予加強，如此在大地震或大洪水下，不致有過多之建築物或橋梁受損。
- (5) 自動化無人操控重機具跨領域計畫
- (6) 創意防災警示預警系統設計跨領域計畫
- (7) 防災救災用太空包開發跨領域計畫

10. 參訪延伸之『極端氣候下之複合性災害防治之研究方向』規劃

因應莫拉克颱風導致 88 水災，土木水利工程學門在災害發生後立刻籌組 88 水災專案勘災計畫，並於勘災任務結束後迅速召開勘災結果會議，集思廣益。9 月中旬組團赴日參訪主要防災、救災單位，融合兩國間文化與技術差異，返國後立即召集各勘災分組召集人進行會議，擬定研究議題，以期達成科技防災之最終目的。

專案研究計畫名稱訂為「極端氣候下之複合性災害防治之研究—莫拉克颱風的經驗與教訓」。這是因為水災的災害防治研究相當困難，有時具有危險性（特別是現地踏勘）。由於全球暖化的關係，這種規模的災害可能成為常態，發生於台灣任何一個地方；而過去的防災研究並沒有考慮全球暖化下如此大規模的災害再者。為了吸引更多的研究者投入本領域的研究，有必要設立專案研究計畫，以集中心力，大規模的進行本項研究，以達到真正的防災及減災成果。

彙整各界意見與根據勘災成果，歸納出細部研究方向如下：

- (1) 極端降雨引致坡地土砂災害之特性與機制研究
- (2) 坡地災害之監測與防治研究
- (3) 降雨引致土砂災害之災損、風險與避難之分析研究
- (4) 極端氣候條件之水文分析與水利設施（海堤、河堤、水庫...）脆弱度(或安全)評估及調適策略研究
- (5) 缺水與乾旱期間備用水源與環境衝擊研究
- (6) 極端氣候條件下河口海岸地區災害防治與對策研究
- (7) 開發中下游橋梁的沖刷監測技術。
- (8) 改良橋梁構件完整性檢測技術。
- (9) 建立流域特性與封橋水位關係。
- (10) 完成洪水位與橋基穩定評估模式。
- (11) 快速獲取災區全域之高品質、多時序之光學與雷達影像並建立判釋系統，以掌握災害全局。
- (12) 快速獲取重點地區之三維地形與地物資訊。
- (13) 提升基礎資料之建置與整合能量，強化災害分析與評估系統。
- (14) 複合性災害防救體系組織與作業流程再造。
- (15) 複合性災害之永續營建與生命週期成本管理。
- (16) 複合性災害之工程重建規劃、設計與預算管理。

研究成果以極端氣候下的災害為主，預計成效如下：

- (1) 極端氣候下有效的防救災整合系統
- (2) 極端氣候土石流防制及監測系統
- (3) 極端氣候上游橋樑設計技術
- (4) 極端氣候中下游橋梁的沖刷監測技術。
- (5) 極端氣候條件之水文分析與水利設施評估及調適策略研究。
- (6) 快速獲取災區全域之高品質、多時序之光學與雷達影像及災害判釋系統。