



出國報告（出國類別：開會）

第 11 屆台美日自來水設施耐震對策 研討會

服務機關：台灣自來水公司

姓名職稱：徐俊雄 工務處處長

林武榮 第九區管理處工務課課長

派赴國家：美國(洛杉磯)

出國期間：108 年 10 月 7 日至 10 月 14 日止

報告日期：108 年 12 月 30 日

摘要

臺灣、日本及美國同屬環太平洋地震帶，大規模地震對於公共給水系統的傷害甚大，而公共給水系統係為關鍵基礎設施及為民生必需品，一旦受損將嚴重影響民生、醫療、消防救災等，故各國投入自來水系統耐震性與震後應變之研究，一向不遺餘力。為交流彼此技術與經驗，早期先由美國自來水協會研究基金會(AWWARF, America Water Works Association Research Foundation)與日本自來水協會(JWWA, Japan Water Works Association)成立平台，自 1999 年起，每 2 年由美、日兩國輪流主辦「美日自來水設施耐震對策研討會」。自第 3 屆起，擴大邀請英國及臺灣參與，針對自來水相關設施之系統效能分析、風險評估與管理、震後應變與復原、震害經驗與防治技術等議題，舉辦「台美日自來水設施耐震對策研討會」，邀請自來水學者及自來水協會人員參加並發表論文，期能相互學習、廣泛交流與增進情誼。

本次參訪交流，本公司參與人員計有工務處處長徐俊雄及筆者(第九區管理處工務課課長林武榮)，其它單位及參與者計有中華民國自來水協會會長郭俊銘及秘書長吳陽龍，台北自來水事業處宋奕穎工程師，國家地震工程研究中心劉季宇博士及葉錦勳博士，以及國家災害防救科技中心許志豪博士，一行共八人，先是第一天的技術參訪，分別由洛杉磯水電局(LADWP)簡報供水系統概述和地震應對程序，再由南加州大都會水務局(MWDSC)簡報供水系統概述和地震應對計劃，接著則前往山麓幹線實地考察耐震管線(ERDIP)現場施工狀況。第二、三天則是研討會報告發表，工務處處長徐俊雄於第二天發表“水池洩漏修復方法的研究”，第九區管理處工務課課長林武榮於第三天發表“台灣自來水公司於花蓮震災之緊急應變系統檢討”，第四天則是參訪 Diemer 淨水場。

目錄

一、參訪目的	3
二、參訪行程	5
三、參訪過程	11
四、參訪心得及建議	31
附件 1 簡報(LADWP) : Water System Overview	
附件 2 簡報(LADWP) : Strengthening the Distribution System with Earthquake Resistant Pipes	
附件 3 簡報(MWDSC) : Metropolitan' s System Reliability Strategy	
附件 4 山麓幹線耐震管線汰換平面圖	
附件 5 簡報(徐俊雄處長) : The Research of Repairing Method of Water tank Leakage	
附件 6 簡報 : A study on the behavior of a multiple-layered, fully-structural cured-in-place pipe in ultimate limit state in earthquakes	
附件 7 簡報(林武榮課長) : Review of TWC Emergency Response System for Hualien Earthquake Disaster	
附件 8 簡報 : Mitigation of Fault Displacement and Ground Subsidence for Large Diameter Pipeline	
附件 9 Diemer 淨水場簡報及介紹資料	

第 11 屆台美日自來水設施耐震對策 研討會

一、參訪目的

臺灣、日本及美國同屬環太平洋地震帶，大規模地震對於公共給水系統的傷害甚大，而公共給水系統係為關鍵基礎設施及為民生必需品，一旦受損將嚴重影響民生、醫療、消防救災等，故各國投入自來水系統耐震性與震後應變之研究，一向不遺餘力。為交流彼此技術與經驗，早期先由美國自來水協會研究基金會(AWWARF, America Water Works Association Research Foundation)與日本自來水協會(JWWA, Japan Water Works Association)成立平台，自 1999 年起，每 2 年由美、日兩國輪流主辦「美日自來水設施耐震對策研討會」。自第 3 屆起，擴大邀請英國及臺灣參與，針對自來水相關設施之系統效能分析、風險評估與管理、震後應變與復原、震害經驗與防治技術等議題，舉辦「台美日自來水設施耐震對策研討會」，邀請自來水學者及自來水協會人員參加並發表論文，期能相互學習、廣泛交流與增進情誼。

本公司針對水池漏水之修復方法深入探討，藉由本公司工務處處長徐俊雄於研討會發表“水池洩漏修復方法的研究”，期能將本公司探討後之修復工法與國外學者專家分享，並能獲得專業的回饋；台灣於 2016 年 2 月 6 日發生高雄美濃大地震，於台南發生重大災害，復於 2018 年 2 月 6 日發生花蓮大地震，於花蓮市發生嚴重災害，故經由本公司第九區管理處工務課課長林武榮發表“台灣自來水公司於花蓮震災之緊急應變系統檢討”，將本公司於花蓮地震後所採取之各項應變作為，如何有效降低民怨、加速復原效率，故能於震後七日即全面恢復供水，

並將震後檢討之各項精進作為，與各與會代表分享，期能展示本公司緊急應變能力及汲取外國經驗後更為精進。

二、參訪行程

本次會議及參訪時間為 108 年 10 月 7 日至 10 月 14 日，計停留美國洛杉磯六日，行程與內容如下：

第 11 屆台美日自來水設施耐震對策研討會行程

第 1 天 - 2019 年 10 月 7 日，星期一，台灣桃園→美國洛杉磯

第 2 天 - 2019 年 10 月 8 日，星期二，參訪

洛杉磯水電局 (LADWP) 供水系統概述和地震應對程序

南加州大都會水務局 (MWDSC) 概述和地震應對計劃

技術之旅：山麓幹線耐震管線 (ERDIP) 實地考察

第 3 天 - 2019 年 10 月 9 日，星期三，研討會(第一部分)

1. 註冊

7:30-8:30 洛杉磯水電局會議中心

2. 開幕式

8:30-8:35 洛杉磯水電局高級助理總經理 Richard Harasick 先生

8:35-8:40 南加州大都會水務局總經理 John Bednarski 先生

8:40-8:45 東灣市政公用事業區工程總監 Xavier Irias 先生

8:45-8:50 水研究基金會訂閱者服務總監 Brenley Mckenna 女士

8:50-8:55 長岡浩史博士，東京城市大學教授，日本水道協會地震委員會主席

8:55-9:00 中華民國自來水協會會長郭俊銘先生

3. 主題演講 (20 分鐘的演講，5 分鐘的問答時間)

10:15-10:35 休息 (20 分鐘)

9:00-9:25 南加州大都會水務局的 Winston Chai 先生 - “聖安娜河道口上游端管道的地震修復 - 大都會地震升級計劃的一個例子”
(美國)

9:25-9:50金澤大學宮島正勝教授- “ 2018 年北海道府東武大地震對飲用水供應系統的損害” (日本)

9:50-10:15國家地震工程研究中心劉季宇博士(Dr. Lae-Loi Chung) 博士- “從台灣以往的地震經驗中學到的供水系統經驗” (台灣)

4. 研討會第一部分 (15 分鐘的演示, 5 分鐘的問答時間)

第一節研究的新進展

主持人: Xavier Irias 先生 - 美國長岡浩志博士 - 日本

10:35-10:55台灣自來水公司的工務處處長徐俊雄- “水池洩漏修復方法的研究” (台灣)

10:55-11:15南加州大都會水務局的安德魯·布雷納德先生- “通過有限元建模對鋼管焊接接頭進行評估” (美國)

11:15-11:35Ashimori Industry Co. Ltd.的 Hiromasa Ishizeki 先生- “多層全結構現地更生管在地震時的極限狀態性能研究” (日本)

11:35-11:55科羅拉多州博爾德大學的Brad Wham教授- “管道系統地震響應的性能評估” (美國)

11:55-12:15JFE Engineering Corporation 的 Hayato Nakazono 先生- “SPF 沉降類型的案例研究” (日本)

12:15-13:15午餐

第二節風險分析技術

主持人: 宮島正勝博士 - 日本吳陽龍先生 - 台灣

13:15-13:35ImageCat Inc.的 Yaya Lee 博士- “地震情景開發, 用於洛杉磯市供水系統管線網絡的抗震性能和風險評估” (美國)

13:35-13:55國家地震工程研究中心劉季宇博士- “大高雄地區供水系統的地震風險評估” (台灣)

13:55-14:15南加州大都會水務局Mohsen Beikae先生-“蒙特卡羅模擬概率破裂危險分析越過活動斷層的生命線”(美國)

14:15-14:35日本水研究中心Sho Kurita先生-“日本供水設施和總管基於PI的抗震性評估”(日本)

14:35-14:55SPA Risk LLC的Charles Scawthorn先生-“地震風險評估後的火災：洛杉磯市對水系統抗震性和可持續性的努力”(美國)

14:55-15:15休息(20分鐘)

第三節減震措施

主持人：劉吉宇博士-台灣William Heubach先生-美國

15:15-15:35東灣市政公用事業區B. Tom Boardman先生-“更換露天水庫以提高可靠性”(美國)

15:35-15:55國家地震工程研究中心葉錦勳博士-“台北自來水事業處的配水管道更換策略研究”(台灣)

15:55-16:15東灣市政公用事業區Sean Todaro先生-“城市改造工-東灣市政公用事業區的大型水庫地震升級計劃”(美國)

16:15-16:35NJS.CO.栗原晃司先生 LTD-“水務設施抗震設計和加固方法的先進技術”(日本)

16:35-16:55東灣市政公用事業區Karl Tingwald先生-“平衡備用基礎設施的成本和彈性”(美國)

16:55-17:15Tualatin山谷水區的Michael Britch先生-“新供水系統設計中的抗震能力：從2011年東北地震和海嘯危機中汲取的教訓作為自然災害抗災能力框架”(美國)

17:25-17:35合影

第4天-2019年10月10日，星期四，研討會(第二部分)

5.研討會第二部分(15分鐘的演示，5分鐘的問答時間)

第四節管道的地震應對措施

主持人：Hayato Nakazono 先生 - 日本柴文 ston 先生 - 美國

8:00-8:20 久保田公司大田慶太先生 - “大直徑抗震球墨鑄鐵管的研究”（日本）

8:20 - 8:40南加州大都會水務局的陶鵬女士 - “緩解大口徑管道的斷層位移和地面沉降”（美國）

8:40 - 9:00東京都北村武男先生 - “關於在多摩南北線（暫定）開發項目中使用鋼管穿越彎曲型斷層的問題”（日本）

9:00-9:20台北自來水事業處宋奕穎先生 - “台北市推出 NS 型 DIP 試辦項目”（台灣）

9:20-9:40大阪市自來水局局長船橋康史先生 - “通過大阪市區的盾構施工增強輸水和輸水管道系統”（日本）

9:40-10:00栗本有限公司森本浩一先生 - “多次地震使液化地面大形變的地震型球墨鑄鐵管性能研究”（日本）

10:00-10:20休息（20 分鐘）

第五節抗震設計及其實踐

主持人：Michael Britch 先生 - 美國郭俊銘先生 - 台灣

10:20-10:40東灣市政公用事業區 Derek Pham 先生 - “聖萊安德羅上部水處理場氯接觸池的地震評估和替代分析”（美國）

10:40-11:00西雅圖公用事業公司 William Heubach 先生 - “西雅圖公用事業水主震設計標準”（美國）

11:00-11:20神戶市水務局藤田隆雄先生 - “努諾比基大壩的抗震性能評估”（日本）

11:20-11:40東灣市政公用事業區 Aaron Hope 先生 - “總體規劃抗震處理水系統”（美國）

11:40-12:00加州大學戴維斯分校的 Craig Davis 博士， “縱向永久性地面運動下的彈性回彈球墨鑄鐵管案例研究”（美國）

12:00-13:00午餐

第六節部門間的依賴

主持人：葉錦勳博士 - 台灣長岡浩志博士 - 日本

13:00-13:20札幌市水務局宇山飛香女士 - “東部伊武里地震對水利設施和管道的損害及對未來災難的預防措施”（日本）

13:20-13:40美國環境保護局 David Goldbloom-Helzner 先生 - “使用 EPA 的抗震產品提高美國水和廢水公用事業的抗震能力”（美國）

13:40-14:00名古屋市供水和排污局谷口繁茂先生 - “名古屋自來水場的地震對策：建立名古屋的防震供水系統”（日本）

14:00-14:20國家減災科學技術中心許志豪博士 - “水和電力系統對情景地震級聯效應的影響評估：以台灣新竹市為例”（台灣）

14:20-14:40仙台市水道局澤田敬介先生 - “應對東日本大地震造成仙台市水道局長期停電的對策”（日本）

14:40-15:00休息（20 分鐘）

第七節緊急應變和復原

主持人：徐俊雄先生 - 台灣Todd Le 先生 - 美國

15:00-15:20橫濱水務局水野直樹先生 - “關於如何在當地避難所中確保飲用水的考慮”（日本）

15:20-15:40中華民國自來水協會秘書長吳陽龍先生 - “制定防災用水費的規定”（台灣）

15:40-16:00日本自來水協會掛川惠理子女士 - “日本自來水協會相互支持系統”（日本）

16:00-16:20台灣自來水公司林武榮先生 - “台灣自來水公司於花蓮震災之緊急應變系統檢討”（台灣）

16:20-16:40新潟市水務局八哈俊也先生 - “提高新潟市抗震能力的活動”（日本）

6. 結束語

16:40-16:45Brenley Mckenna 女士 - 水研究基金會

16:45-16:50郭俊銘先生 - 中華民國自來水協會

16:50 -16:55長岡浩史博士 - 東京城市大學

7. 第十二屆水系統地震大會

16:55 -17:05藤本人誌先生-熊本市自來水務局

第 5 天 - 2019 年 10 月 11 日，星期五，參訪 Diemer 淨水場

第 6 天 - 2019 年 10 月 12 日，星期六，整理研討會及參訪資料

第 7、8 天 - 2019 年 10 月 13、14 日，星期日、一，

美國洛杉磯→台灣桃園

三、參訪過程

本次參訪各日活動內容分述如下：

(一)、第一天行程(2019年10月7日，星期一)：台灣桃園→美國洛杉磯

由花蓮出發前往出發桃園國際機場第二航廈，整裝及攜帶行李至登機櫃台報到，辦妥行李拖運等手續與出關檢查，並入候機室準備搭機，並與工務處處長徐俊雄、台北自來水事業處宋奕穎工程師，中華民國自來水協會秘書長吳陽龍，以及國家災害防救科技中心許志豪博士會合，中華民國自來水協會會長郭俊銘及國家地震工程研究中心劉季宇博士及葉錦勳博士則搭乘另班飛機前往，抵達洛杉磯國際機場(簡稱 LAX)後，由於出關人數眾多及美國安檢嚴格，故耗費約一個半小時方完成出關，由於人生地不熟且未先行安排接送事宜，故幾經轉折，同行五人抵達飯店入住休息時已經約凌晨 2 時。

(二)、第二天行程(2019年10月8日，星期二)：飯店→拜訪洛杉磯水電局 →山麓幹線耐震管線(ERDIP)實地考察→飯店

第二天早上起床整裝後，由於飯店冷氣振動聲音及時差因素，致一夜睡眠品質欠佳，不過即使如此，仍懷抱著興奮、學習的心態前往洛杉磯水電局辦公大樓，首先映入眼簾的是高聳的大樓(如圖一)，經由嚴謹的保全核對程序後，終於順利進入大樓內，接著分別由洛杉磯水電局(LADWP)及南加州大都會水務局(MWDSC)簡報說明其個別之供水系統概述和地震應對程序。



圖一 洛杉磯水電局辦公大樓

1. 簡報(LADWP)： Water System Overview(詳如附件 1)

首先簡報由洛杉磯市水電局(LADWP：Los Angeles Department of Water and Power)水資源部的策略規劃與科技分析科主管 Chiun-Gwo Simon Hsu 報告(如圖二)，今時 LADWP 服務區 472 平方英里或 1,222 平方公里，每天為超過 400 萬人提供水和電，每天輸送超過 4.67 億加侖的水 - 每年 523,100 英畝英尺(每天 17.7 億升，每年 645 MCM)，基礎設施則有 111 個壓力區，7,336 英里管道(11,800 公里)，209,800 個閘閥，60,900 個消防栓，740,000 個服務連接。為確保供水穩定，LADWP 著重於區域供應發展保育、住宅和商業保育回收、區域性暴風雨水收集、擴展地面水加強計畫、地下水盆地修復。針對地震的應變，可將需求暫時減少 25%，由 MWD 的鑽石谷湖，SWP 碼頭水庫和會員機構應急水庫可充分滿足 6 個月的供水需求，而全天候待命的承包商可以在短短兩週的時間內修復地震破壞。

如果切斷國家水利工程(State Water Project)和洛杉磯渡槽(LA Aqueduct)的供應，則在 Castaic 和 Pyramid 湖中的緊急儲存可以將水輸送到洛杉磯西部的 San Fernando 山谷，Calleguas 和 Las Virgenes。如果切斷了這些緊急水

源，則可以利用科羅拉多河渡槽(Colorado River Aqueduct)在 MWD 的系統中輸送 50 cfs (1.4 厘米) 的水以服務這些地區，直到可以進行維修為止。

如果 LAA 被切斷，LADWP 將在維修過程中使用 Bouquet 水庫向紐約市供水。另外，如果加利福尼亞高架渠在 Neenach 泵站以南(第一個 LAA - SWP 連接)完好無損，則可以安排將 LAA 水轉移到加利福尼亞高架渠中，以輸送到 MWD，然後可以安排通過 MWD 的連接向城市供水。



圖二 LADWP-Chiun-Gwo Simon Hsu 簡報

2. 簡報 (LADWP) : Strengthening the Distribution System with Earthquake Resistant Pipes (詳如附件 2)

緊接著由 LADWP，東河谷區的 Genevieve Han 和 Martin Lam 兩位工程師共同簡報(如圖三、四)，報告-藉由耐震管線強化配水系統，內容涵蓋 LADWP 現有供水系統漏洞、管網耐震評估、規劃、設計、採購流程、施工、挑戰性、經驗談、未來目標等，優先使用耐震管材之區域規劃評估要件首重醫療、消防等重要關鍵基礎設施供水區、及考量歷史性漏水和管道壽命、管網在斷層或液化區內或附近、直接幹線連接等，並針對美國現有及進口之各

種耐震管材及配件進行評估分析，瞭解其各項特性、使用限制及與現有系統的兼容性，未來主幹線使用耐震 DIP 計畫，目標將著重於改善品質控制流程、制定耐震管的設計標準和施工標準、持續與製造商合作以改善其產品、持續提升技術與創新、發展耐震管網。



圖三 LADWP- Martin Lam 簡報



圖四 LADWP- Genevieve Han 簡報

3. 簡報(MWDSC): Metropolitan's System Reliability Strategy (詳如附件 3)

再來則是由南加州大都會水務局(MWDSC: Metropolitan Water District of Southern California)工程服務團隊設備設計單位主管 Howard Lum 為我們簡報大都會水區的系統可靠性策略(如圖五), MWDSC 為水的批發商, 不直接服務一般民眾, 而是透過 26 個會員機構(包括洛杉磯)供水服務 1900 萬人, 供水範圍共 5,200 平方英哩(約 13,479 平方公里), 平均每日供水量約 179 億加侖(6,800 萬 CMD)。南加州的水資源 25%來自科羅拉多河、30%來自國家水利工程、45%來自洛杉磯渡槽、地下水、回收再利用、海水淡化及保育。當前 MWDSC 維持整體系統可靠性(尤其是地震可靠性)的策略主要為在所有可預見的水文條件下, 開發和維持足夠的供水組合, 以滿足全方位零售需求, 其中最為重大的資本投資計劃為內陸接管引水和鑽石谷湖蓄水項目, 內陸接管引水項目使得 SWP 東分公司的輸水能力增加了一倍以上, 而鑽石谷湖蓄水項目則使區域內地面存儲量幾乎翻倍。另外有關系統可靠性研究, 假設單個組件故障, 而瞭解 MWDSC 系統中容易因 7 天停機而導致服務中斷的區域, 並評估還原服務的選項, 例如各會員機構與 MWD 的替代連接管線、會員自有井和地面存儲、會員機構管線互連等, MWD 能夠將水重新引導到受災地區。另外 MWD 擁有自己的製造工廠設施, 可以製造和維修設備以及軋製鋼管, 這些能力最近已大大升級, 以加快緊急維修的速度, 目前能夠同時修復至少兩個大口徑的管道破裂。



圖五 MWDSC- Howard Lum 簡報

在簡報過後，由我方致贈 LADWP 及 MWDSC 禮物(如圖六~圖九)，以表達感謝之意，並留下合影照片(如圖十)。



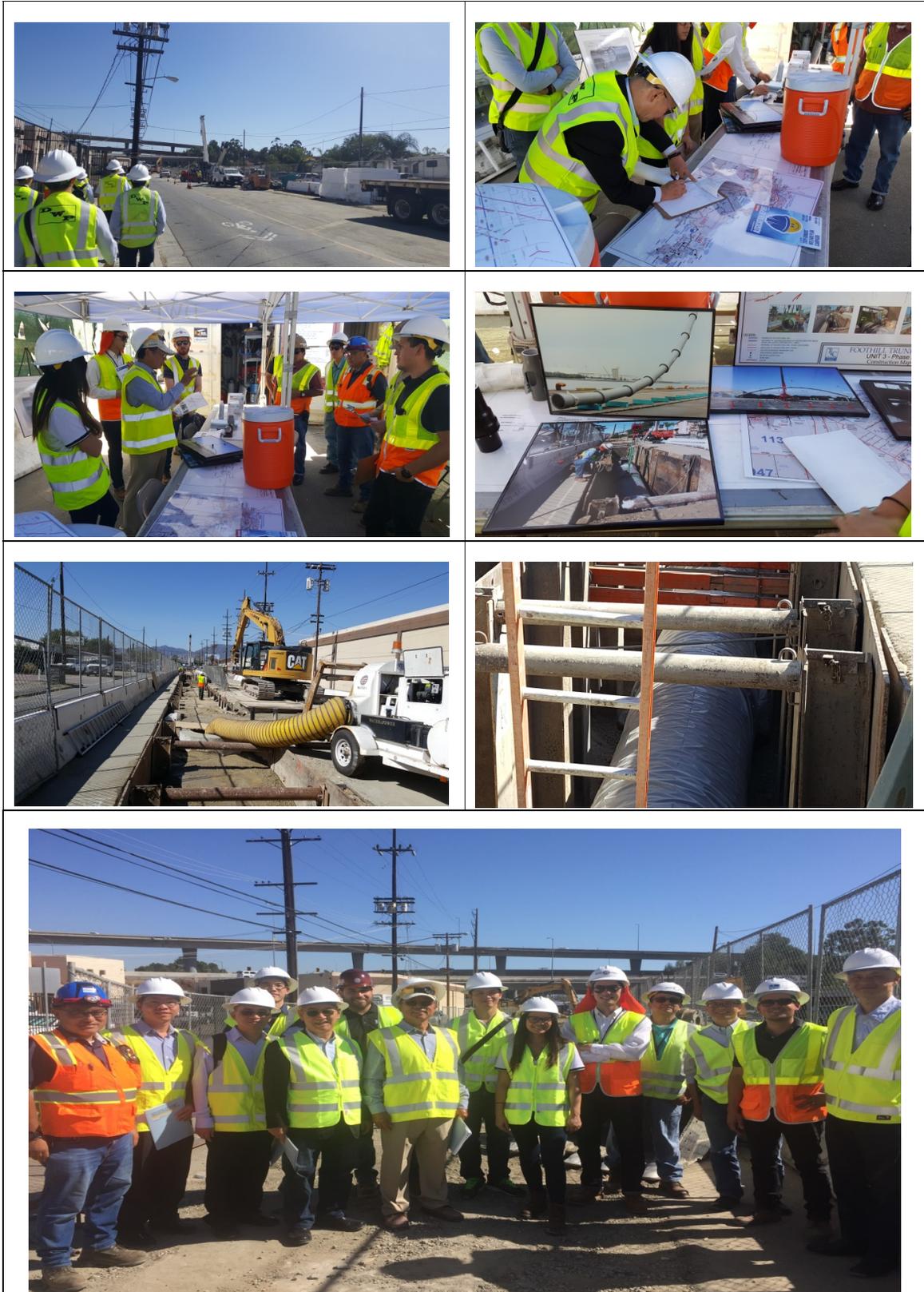
圖六~圖九 致贈 LADWP 及 MWDSC 小禮物



圖十 合影照片

4. 山麓幹線耐震管線(ERDIP)實地考察

目前辦理之山麓幹線耐震管線汰換平面圖詳如附件 4，現場參訪 (如圖十一~圖十七)，讓我們瞭解了山麓主幹線位於東部聖費爾南多谷地區，是洛杉磯最大的送水幹管之一，使用壽命已達 90 年之久，計畫預計由 2017 年起汰換 3 英里長的耐震管線，其中因須橫越地震斷層帶，所以 LADWP 向同樣易於發生地震的日本尋求創新解決方案-耐震延性鑄鐵管，這項投資計畫所費不貲，在未來的幾年內都將是 LADWP 重要的水基礎設施汰換項目之一，它最終目的在於加強系統可靠性，並確保向客戶提供最高品質的飲用水。



圖十一~圖十七 山麓幹線耐震管線汰換現場考察

(三)、第三天行程(2019年10月9日，星期三)：飯店→洛杉磯水電局自來水設施耐震對策研討會 →飯店

自來水設施耐震對策研討會開幕式首先由洛杉磯水電局高級助理總經理 Richard Harasick 先生、南加州大都會水務局總經理 John Bednarski 先生、東灣市政公用事業區工程總監 Xavier Irias 先生、水研究基金會訂閱者服務總監 Brenley Mckenna 女士、日本水道協會地震委員會主席(東京城市大學教授)長岡浩史博士，以及中華民國自來水協會會長郭俊銘先生等人致詞，研討會就此拉開序幕(如圖十八~圖二十三開幕式相關照片)。





圖十八~圖二十三 開幕式照片

緊接著上場的是三個主題演講，分別由南加州大都會水務局的 Winston Chai 先生演講” Seismic Rehabilitation of Upper Feeder Pipeline Santa Ana River Crossing – An Example of Metropolitan’s Seismic Upgrade Program”(聖安娜河道口上游端管道的地震修復-大都會地震升級計劃的一個例子)，以及金澤大學宮島正勝教授- “Damage to Drinking Water Supply System in the 2018 Hokkaido Iburi-tobu Earthquake”(2018 年北海道府東武大地震對飲用水供應系統的損害)，最後上場的是國家地震工程研究中心劉季宇博士- "Lessons on Water Supply Systems Learned From Past Earthquake Experiences in Taiwan" (從台灣以往的地震經驗中學到的供水系統經驗)，圖二十四~圖二十九為主題演講相關照片。



圖二十四~圖二十九 主題演講照片

緊接著的是研討會的第一部份，包括第一節研究的新進展、第二節風險分析技術、第三節減震措施，其中工務處處長徐俊雄於第一節研究的新進展發表“水池洩漏修復方法的研究”（簡報資料如附件 5），國家地震工程研究中心劉季宇博士於第二節風險分析技術發表“大高雄地區供水系統的地

震風險評估”，國家地震工程研究中心葉錦勳博士於第三節減震措施發表“台北自來水事業處的配水管道更換策略研究”，圖三十~圖三十五為徐處長等人發表之相關照片。



圖三十~圖三十五徐俊雄處長、劉季宇博士、葉錦勳博士發表之照片
 本日研討會中較令人印象深刻的是 Ashimori Industry Co. Ltd.的
 Hiromasa Ishizeki 先生所發表的”多層全結構現地固化管在地震時的極限狀

態性能研究”(“A study on the behavior of a multiple-layered, fully-structural cured-in-place pipe in ultimate limit state in earthquakes”), 其針對其公司產品 PALTEM 的極限拉伸、彎曲特性作一簡報(詳如附件 6), 首先簡介 PALTEM HL (軟管襯裡) 是一種通過使用氣壓將內襯從內向外插入管道的方法來修復管道, PALTEM HL 的特徵是一種由基礎軟管(帶擠壓覆蓋層的無縫編織外套)組成的結構, 該軟管經過各種加固層處理, 使其適應各種建築和工程條件, 這項技術是由 Ashimori 和 Tokyo Gas Co., Ltd. (日本最大的氣體供應商) 基於 Ashimori 的消防水帶製造技術共同開發的。根據 Ashimori 的 PALTEM HL 技術進行水管道修復, 使用了一種由合成纖維外套製成並覆蓋, 有彈性皮膚的堅韌, 無縫, 氣密和水密的軟管, 為現有的地下管線創建了新的襯砌管道, 具有出色的抗震性和極好的耐久性。通過 JWWA (日本水道協會) 的認證, 它也被證實可以輸送安全質量的水。迄今為止, PALTEM HL 技術已在日本和其他國家用於鋪設超過 450 公里的管道。

稱為多層全結構, 主要是因為其材料完成倒裝後由內而外分別是擠出樹脂、無縫編織滌綸外套、玻璃粗紗布強度層、外布層等四層組成防水基礎軟管, 而市面上管常見傳統式軟管並無強度層, 其名稱有背膠軟管(ABH)或現地固化內襯(CIPL), 而此差異性使其與既有管線更加的密合及具高強度, 故稱為多層全結構, 現地固化管線(CIPP)的工法係屬免開挖工法, 而非開挖管道修復的地震標準, 因為下水道及天然氣管線運用案例較多已分別制定了, 下水道: CIPP 的 1 級和 2 級分類和性能標準, 天然氣: CIPP 標準化用於地震密封, 而飲用水因為 CIPP 安裝記錄尚不足以進行標準化, 目前日本水道協會(JWWA)訂有“密封材料管道的安裝方法”, 及 ISO11295 亦有“背膠軟管的 C 級和 D 級襯裡”規範, 主要規範分為製造階段(保持樹脂, 加強層保護)、安裝階段(空氣倒置, 蒸汽固化)、使用階段(符合飲用水水質, 防止洩漏及腐蝕)。

而試驗的部份分為兩部份, 第一部份針對背膠軟管本體, 透過動態軸向

拉伸試驗及彎曲位移試驗，可發現用作 ABH (CIPL) 的基礎軟管在位移中脫粘，而脫粘部分仍可進一步移位並保持水密性，此一特性驗證了背膠軟管的性能可以適應節點位移。第二部份為對完全結構化的 CIPP 進行彎曲測試，試驗結論為 CIPP 中的基本軟管的性能與背膠軟管 (或 CIPL) 等效、CIPP 保持高達 10° 彎曲的強度、強度層抑制了非抗震接頭的彎曲位移、強度層破裂後，在一定位移內 CIPP 仍保持水密性。

有鑒於台灣都市區域市區道路地下管線密佈，或其它困難因素，將導致開挖埋設新管日漸困難，或是基於本產品之免開挖、速度快、耐震性等優異特性，未來本公司使用類此產品之趨勢勢不可免，應儘早引進類似產品讓有此需求之區處熟悉使用。

(四)、第四天行程(2019 年 10 月 10 日，星期四)：飯店→洛杉磯水電局自來水設施耐震對策研討會 →飯店

10 月 10 日恰好是台灣的國慶日，而本日上場的是研討會的第二部分，包括第四節管道的地震應對措施、第五節抗震設計及其實踐、第六節部門間的依賴、第七節緊急應變和復原，台北自來水事業處宋奕穎工程師於第四節管道的地震應對措施發表“台北市推出 NS 型 DIP 試辦項目”，國家減災科學技術中心許志豪博士於第六節部門間的依賴發表“水和電力系統對情景地震級聯效應的影響評估：以台灣新竹市為例”，而在第七節緊急應變和復原，由中華民國自來水協會秘書長吳陽龍先生發表“制定防災用水費的規定”，及筆者(台灣自來水公司林武榮)發表“台灣自來水公司於花蓮震災之緊急應變系統檢討”(簡報資料如附件 7)，圖三十六~圖四十一為許志豪博士等人發表之相關照片。



圖三十六~圖四十一 許志豪博士、吳陽龍秘書長、林武榮課長發表照片

本日研討會中較令我印象深刻的是第四節管道的地震應對措施中，南加州大都會水務局（MWDSC）Ms. Tao Peng 所發表的”大直徑管道的斷層位移和地面沉降的緩解”（“Mitigation of Fault Displacement and Ground Subsidence for Large Diameter Pipeline”），其簡報詳如附件 8，首先介紹大都會水務局的 830 英里管道多數大於 78 英寸，平均為 102 英寸，該研究背景主要緣起於 1935 年建造的 148 英寸混凝土管，因為抽取地下水導致地面沉

降，致使該管線洩漏已經重複了 50 多年，辦理多次維修以解決洩漏，1968 年用鋼管替換了 300 英尺的混凝土管，而內部密封件分別於 1996 年和 2017 年安裝，有關地面沉陷量，800 英尺內最大約達 5 英尺沉陷，而卡薩洛馬斷層(Casa Loma)附近的沉陷量為 0.8 英寸/年，卡薩洛馬斷層(Casa Loma)屬於 San Jacinto 斷層系統，能夠產生超過 7 級的地震，潛在位移可約達 1 英尺~13 英尺，端看係屬單一斷層破裂或多重斷層破裂。

地質災害現場調查使用到 4 個鑽孔、3 個表面波多通道分析切面(MASW Profiles)、1 條斷層溝，地質災害特徵研究主要是依靠邏輯樹方法，利用樹枝代表參數值及以權重定義值的分佈，來獲得主要參數中的不確定性，接著運用破裂源、滑移率、破裂長度、地震震級和復發等四個斷層位移參數代入斷層位移預測模型。而抗震設計標準，則採用估計的斷層位移及估計的沉陷量，沉陷率為 0.8 英寸/年，總共 5 英尺，歷時 75 年，總位移=斷層位移+沉陷量。最終採用的緩解策略為利用 防震球墨鑄鐵管 (ERDIP) 來吸收大位移量並允許管道保持完整，此 ERDIP 在日本超過 50 年的經驗，自 2013 年以來在美國和加拿大逐漸使用。計畫執行項目為將過斷層約 1000 英尺長的 148 英寸直徑的鋼管和混凝土管，更換為直徑 104 英寸的雙通道 ERDIP，設計可承受 13 英尺的水平位移和 3 英尺的垂直斷層位移以及 5 英尺的地面沉陷。經過 ERDIP 節點模擬以及 ERDIP 管道和斷層相互作用模擬(使用 GeoFoam 土工泡沫作為回填材料的建模優化)，最後進行 ERDIP 效能檢驗，得出三個結論：位移風險會在常規的連續管道中引起很大的應力、ERDIP 通過節點內的軸向運動和旋轉來吸收位移、管道系統可以結合 S 型接頭，軸環接頭和工程回填技術進而設計用於大位移量情境。

台灣近年來陸續發生台南及花蓮大地震，又因位處歐亞板塊之地質敏感區，因此過斷層或鄰近斷層之重要關鍵管線，應思考若強度較大地震來臨時可能之風險，依風險高低及管線重要性決定汰換為耐震管線之優先順序或是增設備援管線以預為因應，108 年本公司第六區管理處(台南)已試辦引進日

本 NS 型接頭耐震管線，廠商對此已有初步接觸，預定 109 年本公司第九區管理處(花蓮)亦將接續辦理，臺北自來水事業處則是 2016 年起開始試用，目前因僅試辦性質故需由日本進口管材，所以管材費用約較 DIP 貴約 4~5 倍，且因與 DIP 差異甚大，故尚需接受教育訓練後方能獲得設計、施工的門檻，經由實作一段時間方能一窺全貌，未來若全面採用，在地各材料廠商方有可能投資進而降低價格，惟事涉本公司整體財務狀況，尚需政策性的指示。

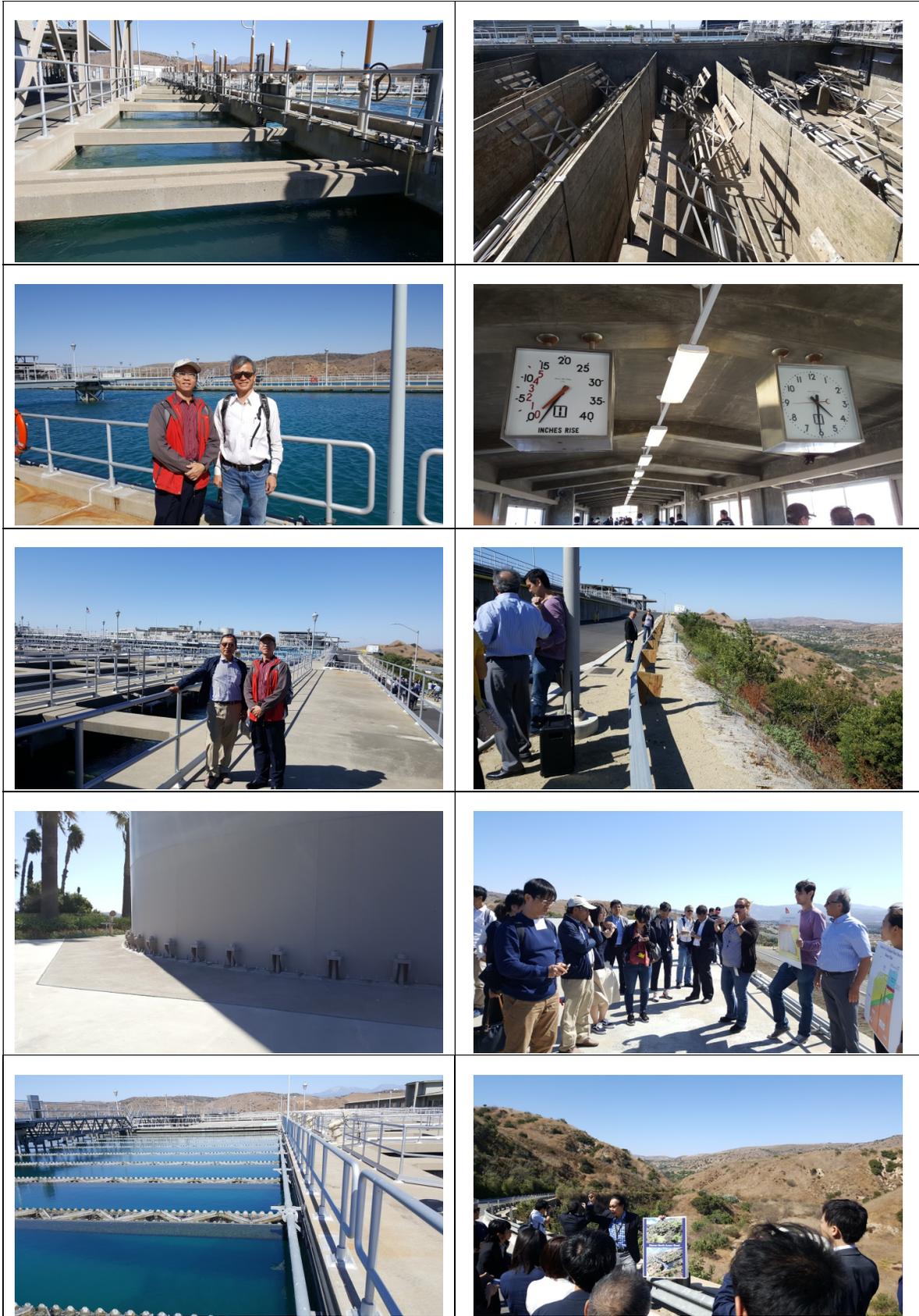
(五)、第五天行程(2019 年 10 月 11 日，星期五)：飯店→參訪 Diemer 淨水場→飯店

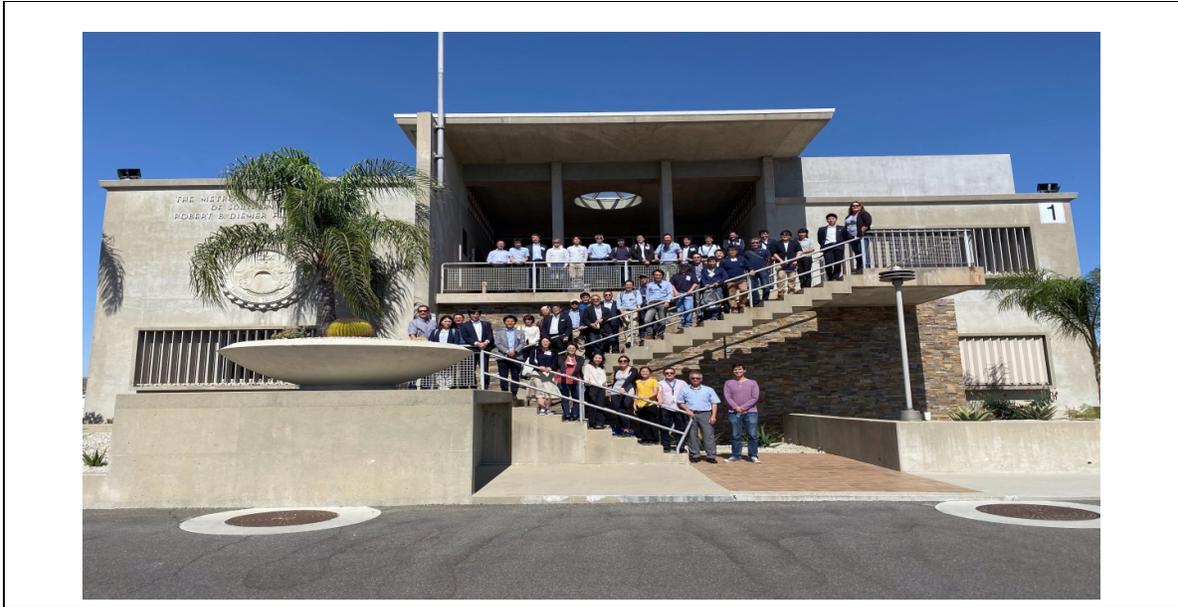
結束了二天的研討會後，主辦方特地安排我們參訪 Diemer 淨水場，該場以 Robert B. Diemer 的名字命名，他於 1929 年在大都會開始工作，最終升任總工程師及總經理，Diemer 場的日處理能力達 5.2 億加侖 (mgd)，是大都會的 5 個進行臭氧處理設施升級的處理場之一。該場建於 1961 年至 1963 年，位於洛杉磯以東約 37 英里處，海拔 820 英尺的奇諾崗(Chino Hills)，通過重力流將處理過的水提供給大都會的中央區，在大奧蘭治和洛杉磯縣地區為約 350 萬人提供服務。

該地點是通過移開寬闊的山脊頂部並將挖出的材料堆置在相鄰的溝壑中而形成的，以提供用於建造各種處理設施的大型基底層。自最初的建設工作完成以來，該場經歷了重大擴建，其中包括建設許多較小的設施，目前還增加了臭氧處理設施。由於附近的斷層所引起的嚴格地震標準，以及 Diemer 站點的地質特性，設計和建造都是個挑戰，透過參訪，讓我們得以一窺 Diemer 場地的挑戰性問題和主要設計注意事項、其附近的震源及選擇特定地點的加速設計標準、碾壓混凝土(roller compacted concrete)運用於基礎層、邊坡修復方法及設計考慮因素，以及設計過程中的支撐和施工問題，簡報相

關資料如附件 9，圖四十二~圖六十為參訪 Diemer 淨水場設施等相關照片。







圖四十二~圖六十 參訪 Diemer 淨水場設施等相關照片

(六)、第六天行程(2019年10月12日，星期六)：整理研討會及參訪資料

(七)、第七、八天行程(2019年10月13~14日，星期六、日)：美國洛杉磯
→台灣桃園

四、參訪心得及建議

- (一) 此次參加「第11屆台美日自來水設施耐震對策研討會」，為了投稿、製作簡報及上台發表，均需使用英語，而英語並非台灣官方語言，所以準備工作著實花了九牛二虎之力，所幸過程與結果均屬順遂，也讓我深覺獲益良多，對於爾後若想增加國際交流經驗的人，建議應提早強化外語能力。
- (二) 本公司願景為成為國際級自來水事業，除了持續專注本業技術發展外，亦應適時對外交流汲取它人長處或宣揚自身技術，實須仰賴語言的溝通無礙，故建議對於員工的外語能力培養亦應有所著墨，例如鼓勵投稿及參加國外期刊、國際研討會發表等，而鼓勵方式可以考慮採取補助經費、編列獎金或列入升遷評比成績計算等各種方式。
- (三) 此次研討會，美國及日本投稿發表篇數均明顯多於我國，日方參加人數甚至是我國的數倍，主要原因除了日方對此研討會的重視外，最主要的還是日本不論官方、半官方或是廠商均長期投注人力、物力、經費對於技術的鑽研，並且持續向外拓展市場、推銷產品和技術，此次會場僅有兩家廠商參展，展出的均是日方的耐震管材，且研討會亦有多篇報告與日方耐震管高度相關，尤其技術參訪實地考察山麓幹線施作情形，使用的也是日方的耐震管線，不禁對於日本的技術及其投入的心力再次的讚嘆。
- (四) 本公司前董事長，現任中華民國自來水協會會長郭俊銘，曾經提到，本公司全台各式各樣的淨水場，水源來自河川、水庫、地下水、鹽化水及海水等不同的水源，甚至是工業快速發展所帶來的水質污染問題，以及極端氣候、旱澇不均的供水風險等，因應這些危機發展的應對之道，其經驗與技術實已達國際水準，所缺者僅是對外的行銷，而近年來，台水在現任董事長魏明谷的帶領下以及持續地注入新血，各項業務透過臉書等媒體大力的行銷及宣導，近期更將系統性地導入知識管

- 理，將可讓全公司同仁間知識、經驗的累積及分享能夠更全面、更快速，期許未來藉由知識管理提高工作效率、增加服務效能，精進操作技能，進而提升研發創新能量。
- (五) 有鑒於台灣都市區域市區道路地下管線密佈，或其它困難因素，將導致開挖埋設新管日漸困難，具有免開挖、速度快、耐震性等優異特性的特殊產品，如多層全結構現地固化管(CIPP)，未來本公司使用類此產品之趨勢必勢不可免，可以考慮儘早引進類似產品讓有此需求之區處熟悉使用。
- (六) 台灣近年來陸續發生台南及花蓮大地震，又因位處歐亞板塊之地質敏感區，因此過斷層或鄰近斷層之重要關鍵管線，應思考若強度較大地震來臨時可能之風險，依風險高低及管線重要性決定是否汰換為耐震管線或其汰換優先順序，抑或增設備援管線以預為因應。