



出國報告（出國類別：其他－出席國際會議）

出席第 26 屆臺美水資源技術合作 年會及考察

Attending the 26th Annual Meeting of TECRO-AIT
Water Resources Program



出國人員：經濟部水利署 賴伯勳副署長

經濟部水利署 曾國柱簡任正工程司

派赴國家：美國 猶他州鹽湖城、科羅拉多州丹佛

出國期間：102 年 11 月 3 日至 11 月 12 日

報告日期：103 年 2 月

目 錄

| | |
|---------------------|----|
| 目 錄..... | i |
| 摘 要..... | ii |
| 壹、前言及目的..... | 1 |
| 貳、行程規劃及代表團成員..... | 3 |
| 2.1 行程規劃..... | 3 |
| 2.2 水利署代表團成員..... | 7 |
| 2.3 美方代表團成員..... | 7 |
| 參、臺美水資源技術合作年會..... | 10 |
| 3.1 年會議程..... | 10 |
| 3.2 年會記事..... | 13 |
| 3.3 技術交流..... | 14 |
| 3.4 年會結論..... | 15 |
| 肆、水資源設施考察及單位參訪..... | 21 |
| 4.1 水資源設施考察..... | 21 |
| 4.2 單位參訪..... | 50 |
| 伍、結論與建議..... | 54 |
| 5.1 結論..... | 54 |
| 5.2 建議..... | 55 |

致謝

墾務局 UC Region 報導水利署代表團

摘 要

水利署代表團於 11 月 3 日由臺北啟程，經加州洛杉磯轉機抵達猶他州鹽湖城。11 月 4 日與 5 日由美國墾務局(USBR, United States Bureau of Reclamation)人員陪同參觀該局 Upper Colorado Region 於猶他州之四座水庫(Echo Dam、Jordanelle Dam、Deer Creek Dam、Upper Stillwater Dam)改善中工程及相關設施，11 月 5 日傍晚搭機抵達科羅拉多州丹佛市。11 月 6 日上午拜訪丹佛水公司(Denver Water)，觀摩該公司水庫維護管理及淤積處理經驗，並參觀其管理之 Strontia Springs Dam；下午由墾務局人員陪同參觀 Standley Lake Reservoir。11 月 7 日分別拜訪美國陸軍工兵團(USACE, U.S. Army Corps of Engineers) 風險管理中心(RMC, Risk Management Center) 及丹佛都市排水防洪局(UDFCD, Urban Drainage and Flood Control District)。11 月 8 日於墾務局技術服務中心參加第 26 屆(2013 年)臺美水資源技術合作年會。11 月 9 日及 10 日考察丹佛市區與周邊之都市排水與低衝擊開發(LID, Low Impact Development)設施，並參訪鄰近特殊地質構造區域場址。11 月 11 日搭機返國，於 11 月 12 日晚間返抵國門。

此次出國參加年會及考察，收穫相當豐碩，除了年會與墾務局雙方就 2013 年技術協助工作執行做一總結，並簽訂 2014 年合作之工作項目，延續雙方友好情誼，也藉由長期之技術與經驗交流，增進國內水庫安全管理與設施維護能力。行程中考察 6 座甚具代表性之水庫(溢洪道更新、壩體及基礎抗震能力提升、可潰式溢洪道、壩體滲水改善、水庫淤積處理、取水隧道水下施工等)，以及都市暴雨逕流管制與 LID 設施，美方之經驗及處理方式可作為本署在水庫安全管理及都會區排水與防洪規劃之參考。

壹、前言及目的

臺灣於1987年與美國內政部墾務局(USBR, U.S Bureau of Reclamation)簽訂「臺美水壩工程設計及施工之技術支援協議」，請美國墾務局對當時興建中的鯉魚潭、南化及牡丹等大型水庫之調查、設計與施工提供技術指導。該協議係透過我北美事務協調會(Coordination Commission of North American Affairs, CCNAA)與美國在臺協會(American Institute in Taiwan, AIT)簽署，依我方實際需要函請墾務局派遣專家來臺指導。之後於1992年為發展水資源技術合作之需要，將該協議名稱修訂為「臺美水資源發展技術支援協議」。

目前的臺美水資源技術合作協議係由駐美國臺北經濟文化代表處(TECRO)及美國在臺協會(AIT)分別代表經濟部與美國墾務局簽訂，包括「臺美水資源發展技術支援協議」第6號附錄之第1號修正，及「臺美水資源發展技術支援協議」第8號附錄第1號修正。第6號附錄以臺灣水庫之壩工及水資源相關工程技術協助、評論與諮詢為主，第8號附錄以發展適用於臺灣之河川復育技術、提供河川復育之技術評論與諮詢、執行數值模式之模擬研究並技術移轉予經濟部、發展適於臺灣之河川輸砂管理技術、提供技術訓練計畫為主。

第1屆臺美水資源技術合作年會於1988年由我方(臺灣省水利局，水利署前身)召開，之後由雙方輪流主辦。年會主要目的為促進臺美技術合作與經驗交流、檢討當年度工作執行成果及研商訂定後續年度合作事項。水利署與墾務局多年來藉由年會及互訪活動，已建立深厚友誼，也實際協助本署多項水利工程計畫順利執行，提升國內水利技術能力。

此次「第 26 屆臺美水資源技術合作年會」由美國墾務局主辦，本署派 2 位代表，並邀請學者及專家 6 位，共計 8 人組成代表團，由本署賴副署長伯勳率團赴美。本次出國目的，包括出席年會檢討 2013 年臺美合作計畫之執行成果、研商 2014 年技術合作工作項目，並考察當地水利設施，以提供國內水庫維護管理與都市防洪規劃之參考，同時也拜訪美國水利相關單位機構，瞭解其業務範圍及專精領域，以期未來本署與美方更多單位建立技術交流與合作，提升國際視野與分享經驗，促進我國水資源永續發展利用。

貳、行程規劃及代表團成員

2.1 行程規劃

此次赴美出席年會及考察參訪行程之規劃，以切合國內目前水資源面臨之問題及處理對策為原則。經本署召開數次會議討論後，選定以水庫設施維護與更新改善、都市暴雨逕流管理措施等兩項，為本次行程主軸。前者係因目前國內多數水庫興建完成迄今已達數十年，其設施維護、更新改善及安全管理至為重要；後者則是 2013 年 8 月份幾場颱風及豪雨，造成全臺南北數個都會區多處嚴重淹水，因此考察美國都會區之暴雨逕流管理，作為國內都市防洪規劃參考。

上述行程規劃方向確定後，本署即與美國墾務局密切聯繫，除出席年會外，墾務局安排參訪五座非常具代表性之水庫，包括位於猶他州之 Echo Dam(土石壩，改善工程施工中，提升抗震能力，溢洪道更新改善)、Jordanelle Dam(分區滾壓土壩，溢洪道設有可潰式堤)、Deer Creek Dam(分區滾壓土壩，加強抗震能力，壩下游坡面有公路橋樑跨越)、Upper Stillwater Dam(滾壓混凝土壩，壩體滲水改善，階梯式消能溢洪道)，以及位於科羅拉多州的 Standley Lake Reservoir(水力填築壩，取水隧道水下作業，鋸齒式溢洪道，RCC 階梯式消能工)。

本署並洽請旅居美國的科羅拉多大學丹佛分校郭純園教授，安排參觀及介紹丹佛市區與周邊之都市排水與逕流管理設施。郭教授並安排代表團拜訪丹佛水公司(Denver Water)，觀摩該公司水庫營維護管理及淤積處理經驗，參觀其管理之 Strontia Springs Dam，並安排拜訪丹佛都市排水防洪局(UDFCD, Urban Drainage and Flood Control District)，由該局介紹 2013 年 9 月科羅拉多州數十年來最嚴重水患，及該局建置之防災預警系統與該局之

防洪治水計畫。本署也利用年會行程中之時間，拜訪美國陸軍工兵團 (USACE, U.S. Army Corps of Engineers) 設於丹佛之風險管理中心(RMC, Risk Management Center)。

本次年會參訪之水庫設施位置詳圖 2.1 及圖 2.2，年會於墾務局設於丹佛市之技術服務中心(Technical Service Center)舉行，整體行程詳表 2.1。



圖 2.1 參訪猶他州水庫設施位置圖

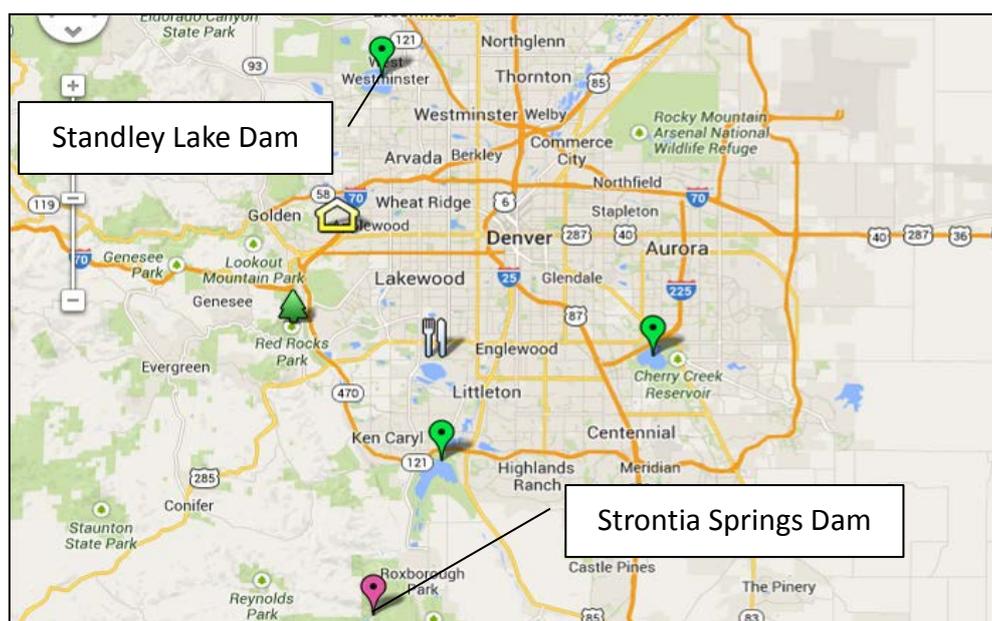


圖 2.2 參訪科羅拉多州水庫設施位置圖

表 2.1 年會及考察行程

Sunday, November 3, 2013

- 7:23 p.m. Arrive at Salt Lake City airport, Utah (to be met by Tom Hepler, Reclamation). Travel to Park City, Utah
- 9:00 p.m. Arrive at hotel, Park City

Monday, November 4, 2013 Field Trips in Utah State

- 7:30 a.m. Technical presentations at hotel prior to site visits, in Conference Room (Tom Hepler)
- 9:00 a.m. Leave hotel for Echo Dam construction site
- 9:30 a.m. Site visit to Echo Dam, with Mike Talbot, Upper Colorado Region
- 11:30 a.m. Lunch in Park City
- 1:00 p.m. Site visit to Jordanelle Dam, with Paul Pierpoint, Central Utah Water Conservancy District (CUWCD)
- 2:30 p.m. Leave Jordanelle Dam for Deer Creek Dam
- 3:00 p.m. Site visit to Deer Creek Dam, with Mark Rawle, Provo River Water Users Association (PRWUA)
- 4:30 p.m. Leave Deer Creek Dam
- 5:30 p.m. Return to hotel

Tuesday, November 5, 2013

- 7:00 a.m. Check-out of hotel and leave for Upper Stillwater Dam
- 9:30 a.m. Site visit to Upper Stillwater Dam, with Kevin Workman (CUWCD)
- 11:30 a.m. Lunch at dam
- 12:30 p.m. Leave Upper Stillwater Dam
- 3:30 p.m. Arrive at Salt Lake City airport
- 5:55 p.m. Fly to Denver
- 7:13 p.m. Arrive at Denver airport
- 8:30 p.m. Arrive at hotel, Denver

Wednesday, November 6, 2013 Field Trips in Denver

- 8:00 a.m. Pickup at hotel (Tim Randle, Reclamation)
- 9:00 a.m. Arrive at Kassler Center (Denver Water) for introductions
- 9:15 a.m. Presentation of “Forests to Faucets” (Don Kennedy)
- 9:45 a.m. Drive up Waterton Canyon to Strontia Springs Dam, with presentation of dam dredging project (Douglas Raitt)
- 10:00 a.m. Arrive at Strontia Springs Dam, continue presentation of dredging project during walk to dam (Visit hosted by Laura Orcholski of Denver Water Department)
- 10:30 a.m. Meet with dam caretaker Heath Stuerke and discuss dam operations
- 11:15 a.m. Leave Strontia Springs Dam
- 12:00 p.m. Return to hotel
- 1:00 p.m. Lunch
- 1:30 p.m. Site visit to Standley Lake Dam, with Jeff Allen and Jonathan Harris (Reclamation)
- 5:00 p.m. Return to hotel

Thursday, November 7, 2013

- 8:00 a.m. Pickup at hotel
- 8:30 a.m. Visit to Risk Management Center (US Army Corps of Engineers)
- 9:40 a.m. Leave RMC
- 10:00 a.m. Visit to Urban Drainage and Flood Control District (Ken Mackenzie), to learn about 2013 Colorado flood (with Ben Urbonas, UWRI)
- 4:00 p.m. Return to hotel
- 6:15 p.m. Pick up at hotel for transport to Annual Meeting Banquet with USBR (hosted by Reclamation)
- 9:00 p.m. Return to hotel

Friday, November 8, 2013

- (morning) The 26th Annual Meeting
- (afternoon) Technical presentations for experience sharing

Saturday, November 9, 2013

7:30 a.m. Breakfast at hotel

9:30 a.m. Visit Denver City Low Impact Development and Flood Control facilities

5:00 p.m. Return to hotel

Sunday, November 10, 2013

7:30 a.m. Breakfast at hotel

9:30 a.m. Visit Denver City and Colorado geological sites

5:00 p.m. Return to hotel

Monday, November 11, 2013

5:30 a.m. Checkout of hotel and leave for airport

8:30 a.m. Leave Denver

2.2 水利署代表團成員

本次水利署代表團由賴伯勳副署長率團，團員包括曾國柱簡任正工程師、交通大學林志平教授、臺灣大學游景雲助理教授、交通大學防災中心許永佳助理研究員、中興工程顧問社高憲彰副經理、中興工程顧問公司江政恩計畫主任與林家輝計畫主任等共 8 位團員，詳表 2.2。

2.3 美方代表團成員

美方代表則由內政部墾務局技術服務中心主任 Don Glaser 率領墾務局水資源、地工、壩工、工程施工、河川水利、泥砂、數值模擬等專業工程師及其國際合作部門主管與會，成員詳表 2.3。

表 2.2 水利署代表團成員

| 姓名 | 職稱 | 服務單位 |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 賴伯勳 Lai, Bor-Hsun | 副署長 Deputy Director-General | 經濟部水利署 Water Resources Agency Ministry of Economic Affairs |
| 曾國柱 Tseng, Kuo-Chu | 簡任正工程司 Senior Engineer | 經濟部水利署 Water Resources Agency Ministry of Economic Affairs |
| 林志平 Lin, Chih-Ping | 教授 Professor | 交通大學 National Chiao Tung University |
| 游景雲 You, Jiing-Yun | 助理教授 Assistant Professor | 臺灣大學 National Taiwan University |
| 許永佳 Hsu, Yung-Chia | 助理研究員 Assistant Researcher | 交通大學 National Chiao Tung University |
| 高憲彰 Kao, Hsien-Chang | 副經理 Deputy Manager | 中興工程顧問社大地工程研究中心 Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC. |
| 江政恩 Chiang, Chen-En | 計畫主任 Project Manager | 中興工程有限公司大地工程部 Geotechnical Engineering Department Sinotech Engineering Consultants, LTD. |
| 林家輝 Lin, Chia-Hui | 計畫主任 Project Manager | 中興工程有限公司水利及海洋工程部 Hydraulic and Ocean Engineering Department, Sinotech Engineering Consultants, LTD. |

表 2.3 美方代表團成員名單

| 姓名 | 職稱 | 服務單位 |
|------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Don Glaser | Director | Technical Service Center |
| Richard H. Ives | Director | Native American and International Affairs, Commissioner's Office |
| Leanna Principe | Contact Officer | International Affairs, Denver Office |
| Thomas E. Hepler | Civil Engineer Team Leader | Waterways and Concrete Dam Group, TSC |
| Jeff Allen | Construction Liaison Engineer | Technical Service Center |
| Jonathan Harris | Civil Engineer | Geotechnical Engineering and Embankment Dams Branch Group |
| Mark Vandenberg | Engineering Geologist | Technical Service Center |
| Tim Randle | Manager | Sedimentation and River Hydraulics Group, TSC |
| Yong Lai | Hydraulic Engineer | Sedimentation and River Hydraulics Group, TSC |
| Blair Greimann | Hydraulic Engineer | Sedimentation and River Hydraulics Group, TSC |

參、臺美水資源技術合作年會

3.1 年會議程

本屆臺美水資源技術合作年會於2013年11月8日在美國墾務局技術服務中心1樓會議室舉行，援往例上午為年會，下午為技術交流，議程分別如表3.1及3.2。年會議程主要包括2013年工作執行檢討，以及研商2014年工作項目兩部分；技術交流則由雙方分別簡報水利相關研究或執行案例(本屆美方3篇、我方4篇)，然後交換意見與分享經驗。

2013年工作執行檢討部分，第6號附錄工作內容為墾務局派遣專家來臺執行技術評論與諮詢，包括新山水庫、鳳山水庫蓄水位提升，以及曾文水庫、南化水庫防洪排淤隧道設計與施工。第8號附錄係以委辦計畫方式，由本署水利規劃試驗所委託墾務局執行，工作內容為：(1)河道沖淤模式開發；(2)異重流模式研究；(3)河川流域土砂管理技術；(4)潰壩、潰堤研究；及(5)提供技術訓練課程，為5年期(2013-2017)之計畫。墾務局原預定於2013年10月初提送第一年報告，惟受到美國聯邦政府暫停運作之影響，直到10月底始提出。3本報告分別為「River and Reservoir Modeling: Development and Application - 2013 Progress」、 「A Coupled Stream Bank Erosion and Two-Dimensional Mobile-Bed Model」及「A Two-Dimensional Layer-Averaged Turbidity Current Model」，均於本次年會中併同辦理成果審查。

本屆年會議程詳表3.1，技術交流議程詳表3.2。

表 3.1 年會議程

AGENDA FOR 26th ANNUAL MEETING
FRIDAY, NOVEMBER 8, 2013
HUNGRY HORSE CONFERENCE ROOM
TECHNICAL SERVICE CENTER, DENVER CO

- 9:00 a.m. **Introductions and Opening Remarks**
Don Glaser, Director, Technical Service Center, Reclamation
Bor-Hsun Lai, Deputy Director-General, WRA, Taiwan
Dick Ives, Director, Native American and International Affairs Office
- 9:15 a.m. **Report on the 2013 Appendix 8 Work**
Yong Lai and Blair Greimann, TSC, Reclamation
- 9:35 a.m. **Feedback on the 2013 Appendix 8 Work**
Kuo-Chu Tseng, Senior Engineer, WRA, Taiwan
- 9:45 a.m. **Discussion on the 2013 Appendix 8 Work**
- 9:55 a.m. Break
- 10:10 a.m. **Report on the 2013 Appendix 6 Work**
Tom Hepler, TSC, Reclamation
- 10:30 a.m. **Feedback on the 2013 Appendix 6 Work**
Kuo-Chu Tseng, Senior Engineer, WRA, Taiwan
- 10:40 a.m. **Discussion on the 2013 Appendix 6 Work**
- 10:50 a.m. **Discussion of the 2014 Calendar Year Work Items under Appendix 6
and Appendix 8 Agreements**
Kuo-Chu Tseng, Senior Engineer, WRA, Taiwan
- 11:20 a.m. **Summary Remarks**
Bor-Hsun Lai, Deputy Director-General, WRA, Taiwan
Don Glaser, Director, Technical Service Center, Reclamation
Dick Ives, Director, Native American and International Affairs Office
- 11:45 a.m. Lunch

表 3.2 技術交流議程

| Workshop on Water Resources Technical Presentations | |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1:00 p.m. | <p>Standley Lake Dam Spillway and Outlet Works Improvements Jeff Allen, TSC, Reclamation</p> |
| 1:25 p.m. | <p>Physically-Based Models for Embankment Dam Erosion and Breach Tony Wahl, TSC, Reclamation</p> |
| 1:50 p.m. | <p>Water Reuse: Past, Present, and Future Bob Jurenka, TSC, Reclamation</p> |
| 2:15 p.m. | Break |
| 2:30 p.m. | <p>Reservoir Sediment Management - Estimation of Sediment Yields from Landslide and its Post Failures Soil Loss in Shimen Reservoir Watershed - The Multi-purpose Operation of Shimen Reservoir During Typhoon Soulik: Flood Prevention, Water Supply, and Sediment Flushing Jiing-Yun You, Assistant Professor, National Taiwan University, Taiwan</p> |
| 3:20 p.m. | <p>Applications of Geophysics on Dam Safety and Sediment Transport Monitoring Chih-Ping Lin, Professor, National Chiao Tung University, Taiwan</p> |
| 3:45 p.m. | <p>Applications of Rainfall Triggered Landslide and Riverbank Retreat Modeling Yung-Chia Hsu, Assistant Researcher, National Chiao Tung University, Taiwan</p> |
| 4:10 p.m. | <p>Summary and Concluding Remarks Bor-Hsun Lai, Deputy Director-General, WRA, Taiwan Don Glaser, Director, Technical Service Center, Reclamation Dick Ives, Director, Native American and International Affairs Office</p> |

3.2 年會記事

年會由本署賴副署長伯勳與墾務局技術服務中心主任Don Glaser共同主持。首先由技術中心主任Don Glaser致歡迎詞，他強調墾務局與水利署多年來已建立良好的合作關係與友誼，年會更促進彼此互動與交流，期待雙方持續的合作獲致更多豐碩成果。接著由本署賴副署長致詞，表達水利署對於墾務局長久以來提供諸多技術協助之感謝，也感謝該局為此次年會行程之安排與解說，雙方未來持續合作，共同為水資源永續發展努力。接下來由雙方與會人員依序自我介紹後，議程開始。

年會議程上半段為2013年工作執行成果檢討，首先由墾務局技術服務中心Dr. Yong Lai (Sedimentation and River Hydraulics Group) 簡報臺美水資源技術合作第8號附錄2013年工作成果及進度，接著由本署曾國柱簡任正工程司簡報本署對墾務局完成之年度成果報告初稿之審查意見，隨後雙方針對工作進度及審查意見進行討論，並釐清相關問題。

依議程於上述第8號附錄簡報後短暫休息，此時恰巧遇到墾務局辦公區域火災防護演練，全體人員必須進行疏散撤離。墾務局利用此時間引領本署團員參觀技術服務中心水資源研究實驗室 (WRRL, Water Resources Research Laboratory)及大地力學試驗室，該中心除提供工程、研究、科學服務外，並從事於土木工程、環境工程、大地工程、基礎工程(水利、機械、機電工程)、水資源等領域之試驗工作。

參觀完WRRL後，繼續年會議程。墾務局由技術服務中心Mr. Thomas E. Hepler(第6號附錄美方負責人)進行第6號附錄2013年之技術協助工作簡報，本署由曾國柱簡任正工程司報告本署就墾務局來臺所提意見之回應，雙方也對此進行討論及意見交換。

接著由本署報告2014年擬與墾務局技術合作及需該局提供諮詢服務之工作項目，經雙方充分討論後，確定2014年臺美水資源技術合作之工作項目，並由本署賴伯勳副署長、墾務局技術服務中心主任Don Glaser共同簽署本次年會會議結論。

3.3 技術交流

年會下午進行技術交流，首先由墾務局技術服務中心 Mr. Jeff Allen 簡介 Standley Lake Reservoir 溢洪道與取水工改善工程。該取水工採用小型潛盾機在既有壩體下開挖取水隧道，其施工工具困難度與挑戰性；溢洪道採鋸齒形溢流堰 (labyrinth spillway)，及以滾壓混凝土 (Roller Compacted Concrete) 施作階梯式跌水工，為該工程另一特點。

接著由墾務局技術服務中心 Mr. Tony Wahl 簡報土石壩沖刷破壞之潰壩模式探討，從破壞概念至現有模式的選擇做一介紹，以及目前研究成果，該項研究將為未來第 8 號附錄執行時模式發展之參考。最後由 Mr. Bob Jurenka 就美國現有之水再生利用相關技術與觀念進行介紹，在過去常把再生水定位為次級使用之中水，目前已有直接回收利用(將回收水直接接回自來水系統使用)以及間接回收利用(將再生水注入天然河川系統與一般水源混和後，之後進行一般處理利用)案例，雖有部分成功案例，但仍需在使用觀念與技術上進一步突破。

我方首先由臺大游景雲教授針對水庫集水區泥砂管理進行兩個簡報，包括石門水庫泥砂來源的分析率定，及石門水庫於蘇力颱風期間多目標操作經驗-防洪、供水以及排淤最佳操作時間的選定。接著由交大林志平教授介紹臺灣目前地球物理探測技術於壩工安全以及泥砂監測相關技術的發展與實際運用情形，交大防災中心許永佳博士簡報該防災中心發展之崩塌地誘

發與河岸退縮模擬技術。

藉由研究與實際案例之簡報及討論，雙方在水資源技術水準與目前發展有所瞭解，尤其臺灣的水利問題有其環境與地理地質之獨特性，適當主題之技術交流將有助於未來執行雙方合作之深化與擴大應用。

3.4 年會結論

本次年會過程順利，依雙方簽署之結論，2014 年技術支援及諮詢服務工作如下：

第 6 號附錄

- (一) 石門水庫防洪排淤隧道及沖刷池設計技術諮詢
- (二) 曾文水庫防洪排淤隧道施工諮詢
- (三) 新山水庫及鳳山水庫水位蓄升計畫技術諮詢
- (四) 仁義潭水庫溢洪道災損修復技術諮詢
- (五) 潛在破壞模式分析教育訓練 (Potential Failure Mode Analysis)

第 8 號附錄

- (一) 河道沖淤模式開發
 - 1. 二維河道棲地模組擴充
 - 2. 三維動床數值模式開發
- (二) 異重流模式研究
 - 1. 三維數值模式網格自動生成程式開發
 - 2. 異重流三維數值模式開發
- (三) 河川流域土砂管理技術
 - 1. 高含砂水流數值模式開發
 - 2. 水庫排洪排砂對下游河道影響。

(四) 潰壩、潰堤研究

1. 潰壩(堤)一維數值模式開發;及
2. 潰壩(堤)二維數值模式開發

(五) 技術訓練課程 (擇一)

1. 堤防安全評估非破壞性檢測技術;或
2. 河道流量及合砂濃度全洪程觀測技術;或
3. 河相演變對河川棲地及其復育之影響



圖 3.1 年會進行情形



圖 3.2 墾務局簡報第 8 號附錄與第 6 號附錄



圖 3.3 參觀墾務局水資源研究實驗室

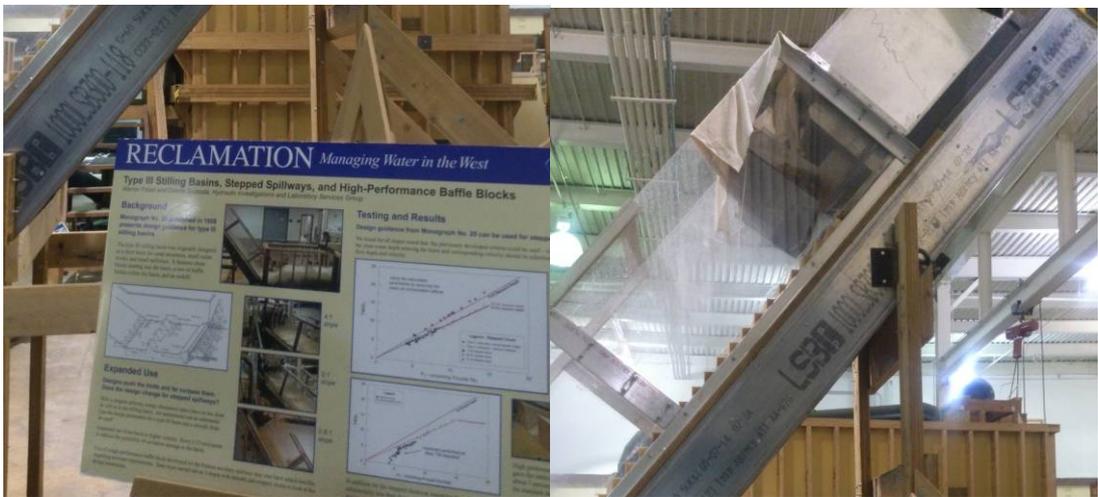


圖 3.4 階梯式消能水工模型及解說牌



圖 3.5 土工試驗室 MTS 壓力及岩石三軸試驗設備



圖 3.6 本署報告第 6 號附錄回應及交換意見



圖 3.7 TSC 主任 Don Glaser 與賴副署長伯勳簽署年會結論

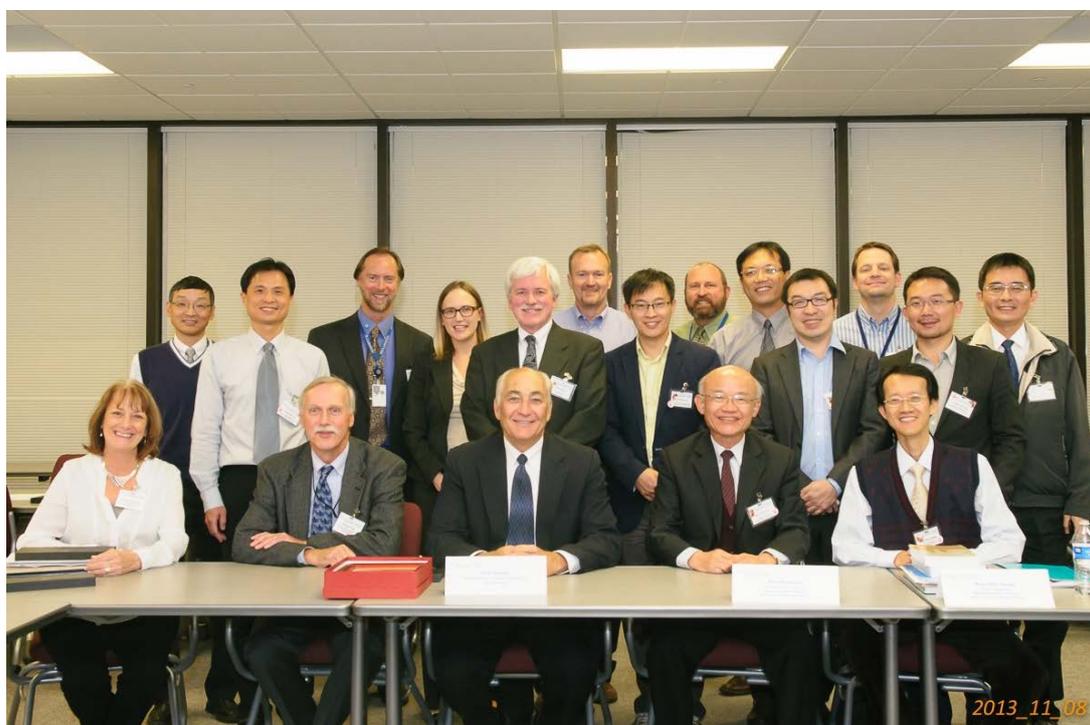


圖 3.8 會後雙方代表團合影

**2013 Water Resources Program
The 26th TECRO- AIT Annual Review Meeting
Conclusions**

The 26th TECRO-AIT Annual Meeting was held on November 8, 2013 at the Technical Service Center, Bureau of Reclamation (Reclamation), in Denver, Colorado, USA. Delegates of Water Resources Agency (WRA) and Bureau of Reclamation discussed various issues related to the work accomplished in 2013, potential work items in 2014 under Appendix 6 and 8 Agreements, and other matters. The meeting has reached the following conclusions:

1. Conclusions about the 2013 work accomplishment under Appendix 6:
 - After review and discussions, WRA accepted the technical review report of "2013 Work Scope Under Appendix No. 6: to the Agreement between TECRO and AIT for Technical Assistance and Cooperation for Water Resources" as the work accomplished in 2013. The final report will be delivered in February, 2014, by incorporating review suggestions of WRA.
2. Conclusions about the 2013 work accomplishment under Appendix 8:
 - After review and discussions, WRA accepted the draft progress report of "River and Reservoir Modeling: Development and Application – 2013 Progress", "A Coupled Stream Bank Erosion and Two-Dimensional Mobile-Bed Model" and "A Two-Dimensional Layer-Averaged Turbidity Current Model" as the work accomplished in 2013. The final report will be delivered in February, 2014, by incorporating review suggestions of WRA.
3. The following has been discussed and agreed upon concerning the potential work items for the calendar year of 2014:
 - (1) Appendix 6
 - A. Silt scouring pool type and efficiency evaluation of sediment-sludge tunnel of Shihmen Reservoir.
 - B. Construction consultation of sediment-sludge tunnel of Zsengwen Reservoir.
 - C. Water level rising project consultation of Xinshan and Fengshan Reservoir.
 - D. Spillway structure safety consultation of Renyitan Reservoir.
 - E. Training for Potential Failure Mode - case study of Xinshan Reservoir.

- (2) Appendix 8
 - A. River Restoration and River Sediment Management
 - a. 3D model development for flow and sediment transport modeling in rivers (2/5).
 - B. Turbidity Current
 - a. Develop a 3D mesh generation program based on automated approach.
 - b. 3D turbidity current model development (2/5).
 - C. Basin and Reservoir Sediment Management
 - a. Development of a sediment transport modeling module suitable for hyper-concentrated flow (2/5).
 - b. Consultation on the influence of the river morphology by flooding and desilting from reservoir.
 - D. Dam and Levee Breaching
 - a. Development of dam and levee breaching model (2/5).
 - E. Technical Training
 - a. Nondestructive testing technique for embankment safety analysis and evaluation.
 - b. The measurement techniques of the discharge and sediment for the whole flood hydrograph.
 - c. The influence of morphology on river habitation and restoration.

4. Proposals and Timelines

- (1) For Appendix 6, WRA will prepare a list of proposed work with technical details and suggested funding level by the end of May 2014. Reclamation will provide a proposal two months after the receipt of the list.
- (2) For Appendix 8, Reclamation will provide a proposal before the end of February 2014 for the 2014 work.

Authorizing Signatures

For Water Resource Agency, TAIWAN


Mr. Bor-Hsun Lai
Deputy Director-General
Water Resources Agency
Ministry of Economic Affairs

Date Nov 8, 2013

For Bureau of Reclamation, USA


Mr. Donald Glaser
Director
Technical Service Center
Bureau of Reclamation
U.S. Department of the Interior

Date 11/08/2013

圖 3.9 年會結論

肆、水資源設施考察及單位參訪

4.1 水資源設施考察

11月4日、5日考察位於猶他州之四座水庫，Echo Dam、Deer Creek Dam、Jordanelle Dam 以及 Upper Stillwater Dam。11月4日上午出發前，先由墾務局 Mr. Thomas E. Helper (第6號附錄領隊及連絡官)在飯店會議室為團員做簡報，讓大家對該四座水庫的現況及改善工程有基本認識，以利於現場時之討論。



圖 4.1 出發前簡報

1. Echo Dam

11月4日首先前往 Echo Dam，該水壩完工於1931年，為分區滾壓土石壩，壩高48.2公尺，壩頂標高1,698公尺，壩軸長575公尺，壩體積117.7萬立方公尺，水庫總容量9,120萬立方公尺，溢洪道設計排洪量425cms，弧形閘門4座，每座寬5.49公尺、高5.18公尺，出水工設計流量59.5cms，水力發電廠於1987年運轉，總發電量4,500瓩。

到達水庫後，先由工地主任對目前施作之改善工程進行約 15 分鐘簡介。由於水庫為早期興建，雖符合當時的設計標準和耐震要求，但壑務局 1998 年執行既有水壩安全評估計畫(Safety Evaluation of Existing Dams Program)評估結果，顯示該壩於地震下可能發生壩基礎液化、上下游壩坡失穩、壩體沉陷過大以致出水高不足、溢洪道基礎液化等潛在破壞模式。

經過分析、設計及環境影響評估，改善工程於 2012 年展開，包括：(1) 下游壩趾部設置剪力樁(Shear key)，以於地震作用下侷限壩坡之位移及壩基土壤之液化變形。其做法為將壩趾鬆散土體挖除至岩盤，並以抗震效果較佳之土料碾壓回填；(2) 上游壩坡培厚(berm)；(3) 下游壩殼培厚且壩頂加高 5 英尺等，如圖 4.3。

此外，溢洪道受震時亦可能發生基礎液化導致結構體破壞，因此更新溢洪道亦為本水庫的改善重點，其處理方案包括：(1) 溢洪道基礎進行噴射灌漿(jet grouting)以提高其抗液化能力；及(2) 既有溢洪道拆除重建等。

現場參觀時發現幾項值得注意之重點：(1) 工地主任對於壩體之潛在破壞模式及改善設計理念十分清楚，顯見由潛在破壞模式進行水壩風險管理及改善之觀念在壑務局內已成為標準流程；(2) 壩體改善工程進行之同時尚須兼顧水庫之供水功能及寒冬時冰雪之影響等，因此每一個作業環節均須經過與當地居民及管理單位協商討論，施工時程之掌控十分重要；(3) 本壩下游殼層培厚之設計與新山水庫類似，於新舊壩殼間沿舊壩坡面鋪設濾層(傾斜濾層)，壑務局並未於新設濾層內設置水壓計，但於新壩殼趾部設置數個檢查井(inspection well)，用以日後檢查水平濾層功能之用。代表團建議亦可考慮於傾斜與水平濾層交界處埋設水壓計並作自動化觀測，以彌補人力不足或寒冬時觀測問題，工地主任欣然表示將列入考慮。



圖 4.2 Echo Dam (更新前)

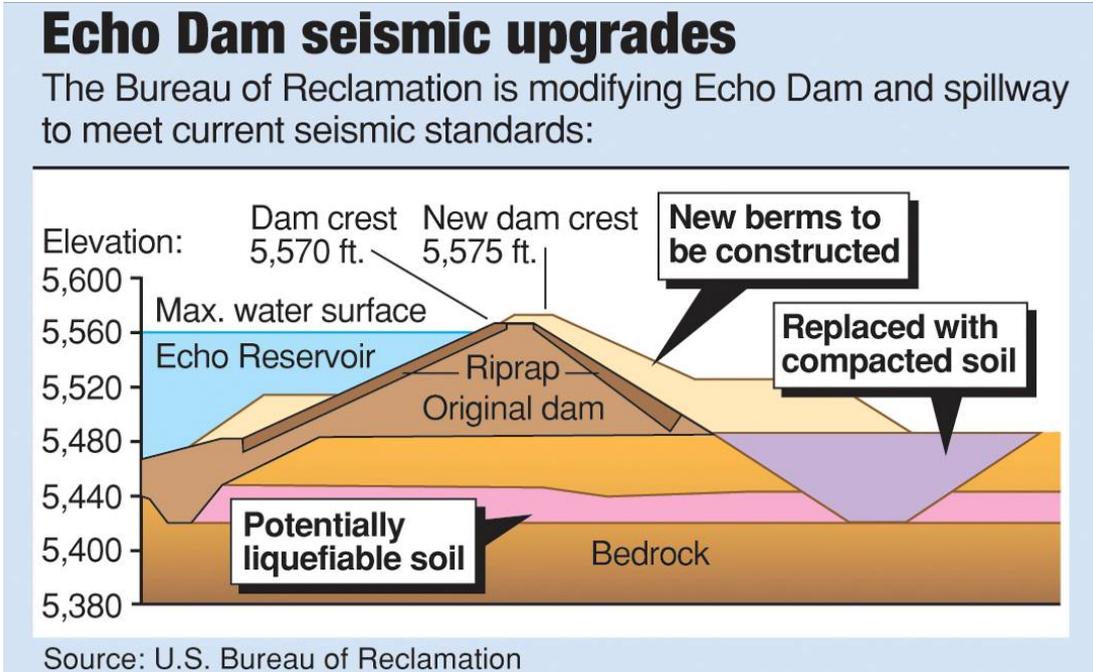


圖 4.3 Echo Dam 壩體改善工程



圖 4.4 工地主任介紹 Echo Dam 改善工程



圖 4.5 壩體上游新增培厚(berm)



圖 4.6 壩體下游培厚施工中



圖 4.7 Echo Dam 溢洪道更新改善(陡槽)



圖 4.8 Echo Dam 溢洪道更新改善(弧形閘門已拆除)

2. Jordanelle Dam

第二個參訪的 Jordanelle Dam，屬於比較近期完工的水壩。興建於 1987 年，1992 年完工，。為分區滾壓土壩，壩高 105.2 公尺，壩頂標高 1885 公尺，壩軸長 575 公尺，壩體積 1108 萬立方公尺，水庫總容量 4 億 4,467 萬立方公尺，供水標的為民生與工業用水。設計排洪量 186cms，出水工設計流量 102 cms，電廠於 2008 年開始運轉，總發電量 12,600 瓩 (12.6 MW)。代表團抵達水庫電廠後，操作人員進行本水庫介紹，隨後帶領至壩頂參觀相關設施。

本水庫特點為溢洪道設有緊急保險絲土堤(Emergency fuse plug spillway)，溢洪道入口段為無襯砌渠槽，接著是混凝土襯砌梯形渠槽，中間堆置一土堤，然後是混凝土陡槽。fuse plug 概念為土堤在超量洪水時可以被沖毀潰決，迅速將水庫水位降低至一定程度，通常用於溢洪道建設費用過於昂貴或閘門設置空間受限之狀況。

本水庫之 fuse plug 為土壤與卵石所堆置而成之土石堤，中間預留一凹槽作為溢流時之起始沖刷點，在水位低於凹槽高度時，該土石堤可發揮擋水效果，可適度提高蓄水量；但是在洪水大的時候，水位超過土堤凹點高程，土堤即因溢頂而沖毀，庫水由此開始迅速宣洩近而降低水位以維護壩體安全。採這樣的設計是因為此地區的洪水量不大，若採用自由式溢流設計可能會犧牲上部之蓄水空間，而採用閘門控制除增加設置成本外，亦將產生後續操作維護費用，因此 fuse plug 設計理念為因應少數可能洪水之條件下，可以適度提高水庫之蓄水量並減少工程及維護費用之設計。

目前國內採自由溢流設計之水庫雖為數不少，但其溢流堰高程、長度均已考量設計洪水量，因此幾無應用機會。未來如有興建小型水庫時，此種設計理念或可應用，以節省施工及維護費用。



圖 4.9 Jordanelle Dam (墾務局提供)



圖 4.10 Jordanelle Dam 分層取水工



圖 4.11 Jordanelle Dam 溢洪道入口段(無襯砌)



圖 4.12 Jordanelle Dam 溢洪道 fuse plug (往上游看)



圖 4.13 Jordanelle Dam 溢洪道 fuse plug (往下游看)

3. Deer Creek Dam

11 月 4 日最後參訪 Deer Creek Dam，本壩興建於 1938 年，1941 年完工，為分區滾壓土壩，壩高 71.6 公尺 壩頂標高 1,653 公尺 壩軸長 397 公尺，壩體積 215 萬立方公尺，水庫總容量 1 億 8,820 萬立方公尺，溢洪道設有 2 座弧形閘門，設計排洪量 340cms，出水管設計流量 42.5cms。電廠於 1958 年開始運轉 總發電量 4,950 瓩。

該壩改善原因與前述 Echo Dam 相同，也是壑務局既有水壩安全評估計畫(Safety Evaluation of Existing Dams Program)評估後認為其耐震能力不足而進行改善。其主要潛在破壞模式也是壩基礎土壤受震可能發生液化導致壩坡失穩及過大沉陷變形、溢洪道結構受震破壞。改善工作自 2003 年起分三階段進行，第一階段於 2003~2004 年進行，主要工作為：(1)於下游壩趾

部設置剪力樺(Shear key)，以於地震作用下侷限壩坡之位移及壩基土壤之液化變形、(2)配合 189 號公路改線以及增建橋梁工程，於大壩下游殼層下方加鋪一個 Berm，以做為橋樑基礎，同時提供壓坡作用，提高下游壩殼安定；第二階段工作於 2007 年展開，主要為溢洪道洩槽底版加厚(1 foot)補強；第三階段工作於 2007-2008 年辦理，主要工作為：(1)溢洪道閘門結構補強、(2)溢洪道側牆外側鬆散土壤挖除並以混凝土塊補強、以及(3)壩頂加高 5 feet 等，藉由上述設計提高大壩之抗震能力。



圖 4.14 Deer Creek Dam 改善施工中及完成後照片(墾務局提供)



圖 4.15 Deer Creek Dam 壩址基礎 Shear key 開挖完成
(<http://www.slcdocs.com/utilities/NewsEvents/news2003/news11182003.htm>)



圖 4.16 Deer Creek Dam 溢洪道、壩下游面及 189 號公路



圖 4.17 Deer Creek Dam 壩頂

5. Upper Stillwater Dam

11 月 5 日參訪 Upper Stillwater Dam，該壩興建於 1983 年，於 1987 完工，當時為全世界壩體積最大、壩高第 2 高的滾壓混凝土重力壩(RCC dam)，亦為 USBR 所興建之第 1 座 RCC 壩，壩高 94.5 公尺，壩頂標高 2,493 公尺，壩軸長 810 公尺，壩頂寬 8.84 公尺，壩體底寬 53.95 公尺 壩體積 114 萬立方公尺，水庫總容量 4,085 萬立方公尺，溢洪道設計排洪量 221cms(最大排洪量 425cms)，溢流段寬 182.88 公尺，採用階梯式消能，出水工設計流量 23.2cms。

本壩於設計階段之分析結果不需要設置收縮縫(contraction joints)，因此 RCC 施工時並無收縮縫。然而完工後不久，壩體卻出現多處貫穿上下游之裂縫(transverse cracks)形成上下游滲水通路，其後疑因基礎位移以及當地冬季低溫造成縫間之滲漏水結冰膨脹，導致這些裂縫逐漸擴大，雖安定分析結果認為各混凝土塊皆為獨立安全的塊體，不會造成大壩的破壞，但為減少庫水流失與影響社會觀感，因此進行改善。

改善工作起先是採用灌漿止水，壩體廊道高程以上用親水性聚胺脂灌漿、以下用水泥灌漿，但是效果不彰。後來改為在滲水量較小(例如每分鐘小於 20 加侖)之裂縫採用化學灌漿(PU 樹脂)，至於 3 處滲流量較大的裂縫則採用從壩頂至壩基施作阻水膜(membrane)之方式。為設置阻水膜，先從壩頂在垂直裂縫方向切割(利用一系列鑽孔)一道長 14 英尺、寬 4.5 吋之槽溝(slot)，然後吊放阻水膜，阻水膜為預焊之不鏽鋼浪板，運至工地於現場焊接延伸長度，吊放至預定深度(分別為 158、182、240 英尺)，並於槽溝兩端固定，再用熱瀝青與波特蘭水泥之混合料將槽溝回填。經採用此方式施工後，滲水情形已獲得顯著改善。

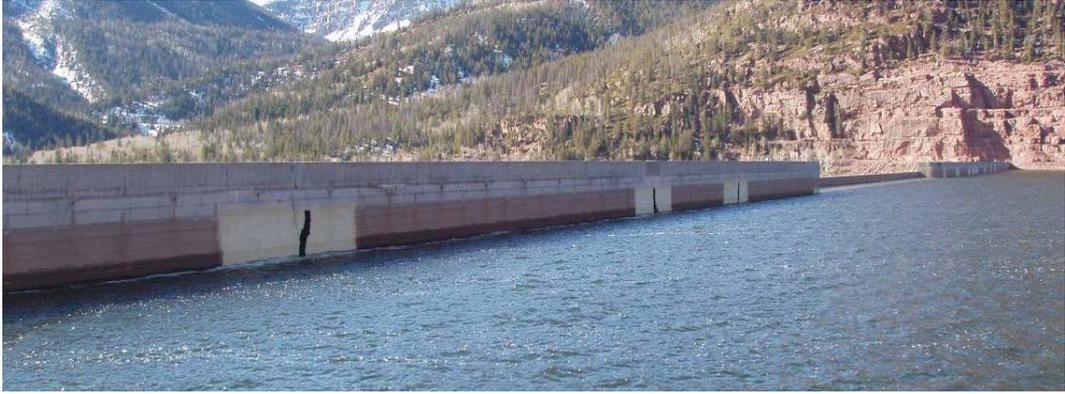


圖 4.18 Upper Stillwater Dam 上游面(可看到 3 處滲水改善)

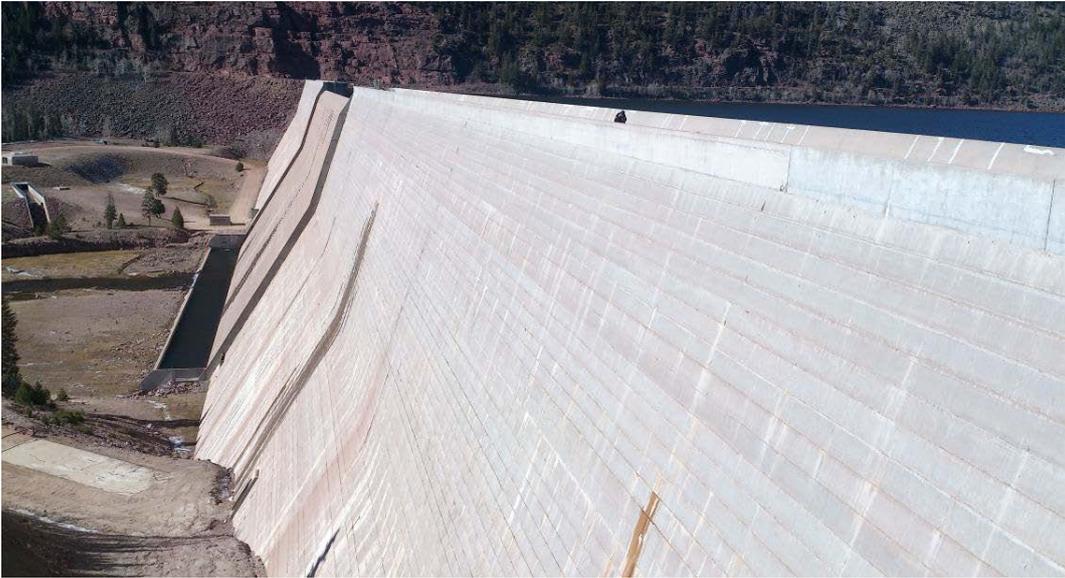


圖 4.19 Upper Stillwater Dam 下游壩面(可看到滲水處)



圖 4.20 Upper Stillwater Dam 下游壩面裂縫(壩頂往下看)

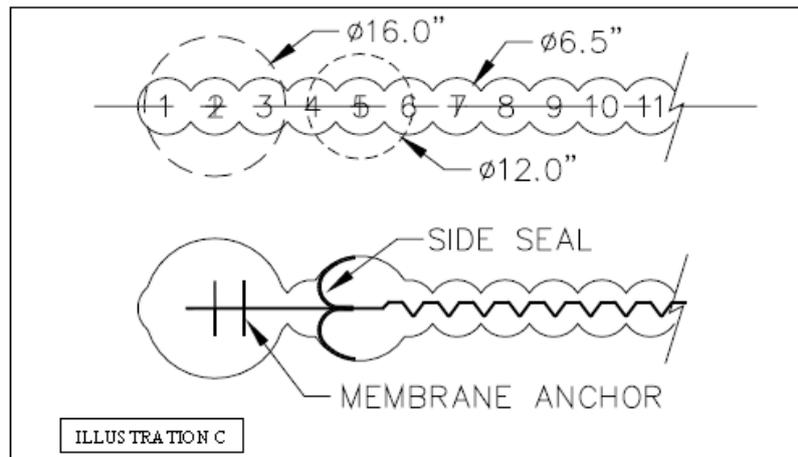
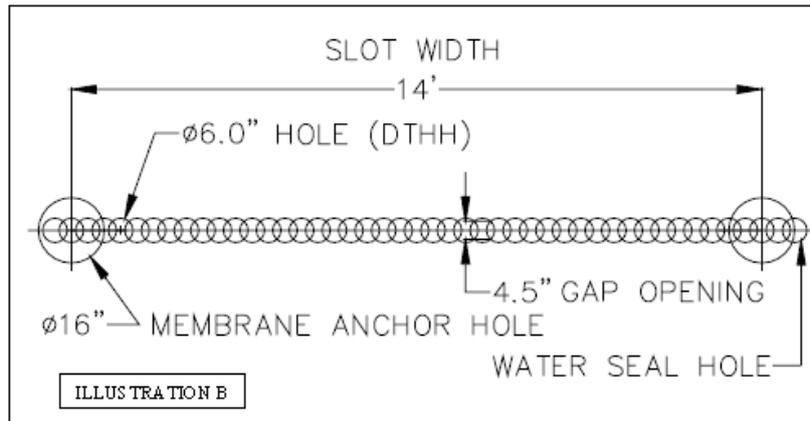


圖 4.21 裂縫處槽溝施工及防滲設計



圖 4.22 不鏽鋼阻水浪板吊放入槽溝

(http://www.nicholsonconstruction.com/techResources/caseStudies/PDF/UpperStillwater_CS_Web.pdf)



圖 4.23 Upper Stillwater Dam 階梯消能溢洪道與靜水池



圖 4.24 團員於 Upper Stillwater Dam 合影

5. Kassler Education Center 及 Strontia Springs Reservoir

11 月 7 日上午參訪丹佛水公司(Denver Water)之 Kassler Education Center，由 Denver Water 人員介紹森林火災對集水區的衝擊以及復育作為。簡報中指出 South Platte River 供應丹佛地區 80% 的水源，其集水區從 1996 年以來發生 8 次森林火災，其中 1996 年 5 月 Buffalo Creek 森林大火，燒毀 11,990 英畝(約 4,852 公頃)的林地，隨後而來的豪雨造成集水區地表沖刷及洪水，大量林木灰燼、土沙使得河道嚴重淤積；2002 年 6 月 Hayman Fire (該州有史以來最大的森林火災) 更燒毀了 137,220 英畝(約 55,530 公頃) 林地，使得問題更加惡化。

簡報介紹該公司進行的集水區復育工作，運用了各種生態工法，包括以草網及段木做攔砂壩(straw bale and log check dam)、將枯木橫置與坡面垂直(contour felling of trees)、噴植草種(hydro-seeding and hydro-mulching)、碎木鋪蓋(hydro-ax mulching)、除害伐(salvage logging)、利用現地堆石做攔砂壩(rock sediment dam)等，如圖 4.25。國內在集水區復育與水土保持，也已經朝盡量少用混凝土、多採用生態工法發展，美方的做法及使用機具雖與國內不盡相同，但其治理兼顧自然保育的觀念仍可與之互相參考學習。

Strontia Springs Reservoir 即位於 South Platte River，上述森林火災後的豪雨沖刷造成這座水庫嚴重淤積。Denver Water 於 2010 年 8 月開始進行水庫浚渫工程，除了撈除漂流木，並將水庫淤泥經由長達 7 英哩的管線抽至下游暫置區，預計清淤約 47.8 萬立方公尺。臺灣雖然不像美國有森林大火，但是由於地質較破碎、遇豪雨大量沖刷，水庫淤積程度遠較美國嚴重，而且因為土方暫置地有限、最終去化不易、難以空庫清淤等因素，要維持庫容比美國的水庫更加困難。

簡報結束後，Denver Water 人員帶領團員至 Strontia Springs Dam 參觀，本水壩 1983 年完工，為雙曲線混凝土薄拱壩，壩高 89 公尺，壩頂標高 1,837 公尺，壩頂長 198 公尺(含承座及輔助溢洪道)，壩體厚 30~10 英尺(壩底至壩頂)，水庫容量 970 萬立方公尺，水力電廠於 1986 運轉。參觀時，浚渫工程已完工，漂流木清理也已完成。本水壩於左壩座設有輔助溢洪道，也設有 fuse plug。水庫與國內翡翠水庫於 1991 年締結姊妹水庫。



圖 4.25 South Platte River 集水區復育生態工法(DW 提供)



圖 4.26 Strontia Springs Reservoir 漂流木及雜物(DW 提供)



圖 4.27 Strontia Springs Reservoir 分層取水工



圖 4.28 Strontia Springs Dam 下游面



圖 4.29 左壩墩輔助溢洪道之 Fuse plug



圖 4.30 團員於 Strontia Springs Dam 討論情形

6. Standley Lake Dam

11月7日下午參觀 Standley Lake Dam，位於丹佛西北方約 20 公里，落磯山融化的雪水經由渠道引至 Standley Lake 蓄存，為離槽水庫。水壩於 1912 年完工，壩長 1.6 公里，壩高 27.4 公尺，壩基為軟弱泥頁岩，壩體採水力填築式施工。當時是為農業灌溉而興建，但後來隨著周邊人口聚集發展，用水需求大增，於 1965 年壩體加高至 30.5 公尺，水庫容量增加為 52 萬立方公尺。如今除提供灌溉用水外，它已成為周邊市鎮 25 萬居民生活用水的主要水源，也提供民眾休憩場所。

本水壩完工後即陸續有邊坡不穩定問題，1970 年代因壩下游坡面發生滑動及壩頂產生裂縫，當局於壩下游面沿著壩址增設了培厚區；出水工壓力鋼管也因為壩體滑動及基礎潛變而接頭漏水，因此以內墊止水封修復，並且在閘閥室施設預力錨以避免位移繼續擴大，但隨著時間一久，這些預力錨也失去效果。

現場人員說明，為了水庫及下游居民安全，1999 年開始進行改善計畫，2002~2004 年施工，主要項目(詳圖 4.31)：

- (1)新建出水工：位於左壩墩，包括 2 條以小型 TBM 鑽掘的取水隧道(長 380 公尺、194 公尺，鋼管直徑 1.83 公尺)，新設豎井(深 30.48 公尺、內徑 10.67 公尺、混凝土襯砌厚 0.69m)，及 1 條以掘削機開挖的輸水隧道(長 293 公尺，鋼管直徑 2.64 公尺)。
- (2)新建鋸齒堰溢洪道及 RCC 消能工：為滿足 PMF 入流量，新建溢洪道設計流量 1,546 cms。溢洪道下游為 RCC 靜水池，然後 2 座跌水高度 3 公尺之 RCC 跌水工(寬約 54.9 公尺、長約 29 公尺)，再接著 5 座跌水高度 4.3 公尺的 RCC 跌水工(寬約 67.1 公尺、長約 32 公尺)。共計 7 座跌水工，跌水坡度為 2H:1V，側邊坡度則為 4H:1V(配合水道兩側坡度)。

(3)加寬既有壩下游坡培厚：使用約 99.4 萬立方公尺來自新建溢洪道的開挖料，將既有培厚加大，以提升壩體邊坡穩定。

(4)舊有出水工現地廢置：位於壩最大橫斷面，4 條長 183 公尺、直徑 122 公分的取水鋼管，以水泥封填，並設置排水濾層以避免沿鋼管滲水。舊有閘閥室及輸水管拆除。

美方人員介紹新建出水工程相當具有困難度與挑戰性，施工期間水庫仍需正常供水，並未降低水庫水位，此與國內石門水庫新建分層取水工之情形類似，惟本水庫取水隧道上游進口採用水下施工(lake tap)，石門水庫則是在水位降低時施作破鏡段。代表團進入豎井參觀，發現滲水量極少，其歸因於詳細的地質調查、善用 claystone 透水性低的特性，及縝密的規劃設計與施工始可順利完成。

新建溢洪道與國內鯉魚潭水庫溢洪道一樣都是鋸齒形溢流堰，其消能工採用 RCC 施工(強度低，造價便宜，因為很少溢流)、下游設置一系列跌水工及配合環境採生態河道之做法和觀念可提供國內參考。RCC 跌水工為階梯狀，每階高約 1 英尺，寬約 2 英尺，現場參觀時發現階梯邊緣剝落十分顯著，經現場人員解釋，跌水工完工後僅測試性溢流過一次，因此並非水流沖刷所造成，而係冬季凍融效應所致。

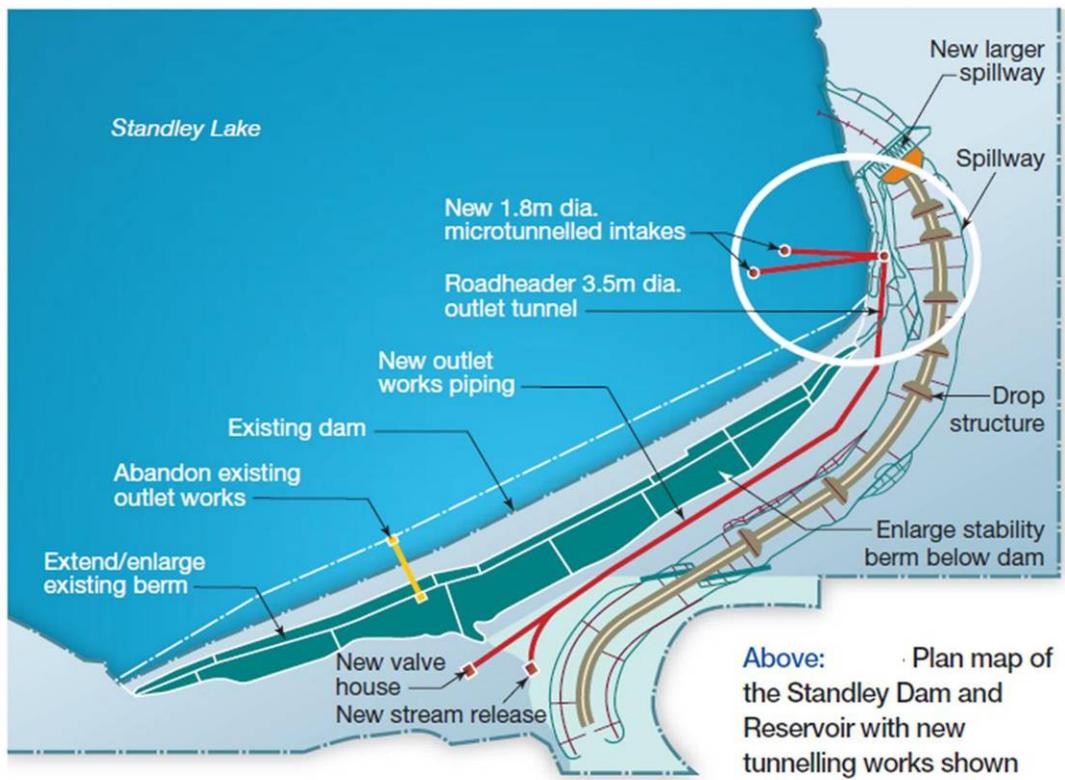


圖 4.31 更新改善工程平面位置

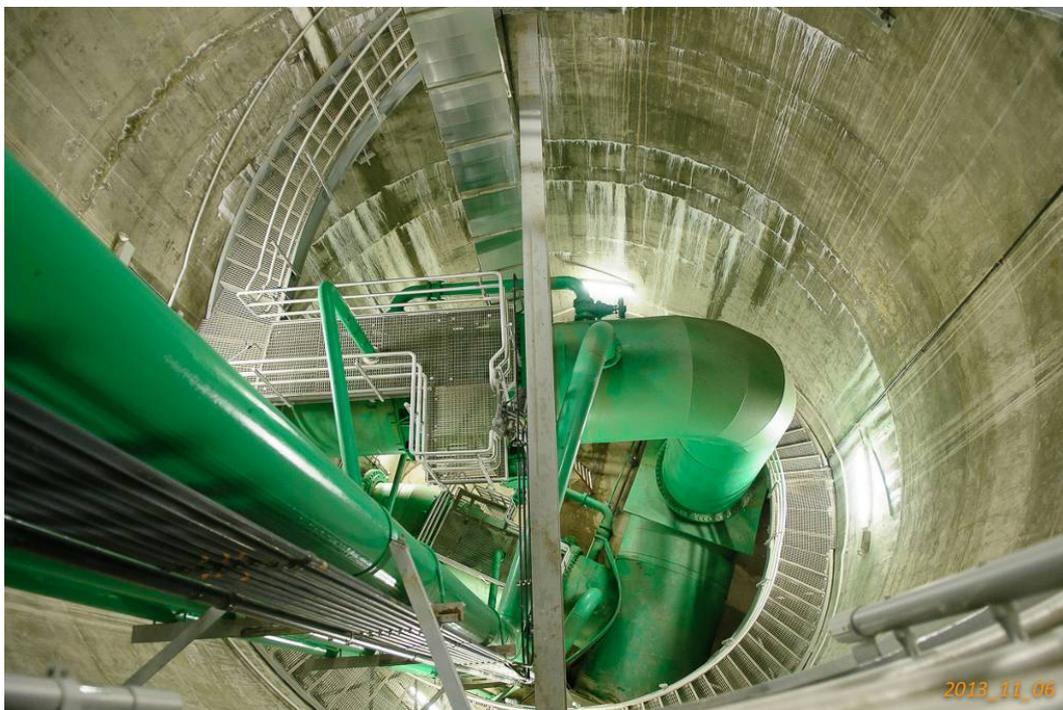


圖 4.32 豎井內之取水鋼管及輸水鋼管



圖 4.33 現場解說及討論



圖 4.34 鋸齒堰溢洪道(10 齒)



圖 4.35 溢洪道下游靜水池



圖 4.36 第 1、2 座 RCC 跌水工(圖右為下游方向)



圖 4.37 第 7 座 RCC 跌水工



圖 4.38 RCC 跌水工一景



圖 4.39 壩下游坡培厚區



圖 4.40 溢洪道下游河道(往上游看)

7. 低衝擊開發 (LID, Low impact development) 及都市防洪設施參觀

11月7日下午及9日參觀丹佛市區之 Rain Garden 及 LID 設施。低衝擊開發為透過貯存、滲透、蒸發及延遲逕流，並考量生態為基礎的都市暴雨管理方法，目的為減少地表逕流發生及減少土地開發對環境的衝擊。

LID 源自美國，國際上已廣泛推行多年，相關技術包括：生態滯留 (Bio-Retention) 或雨水花園 (Rain Garden)、樹箱過濾設施 (Tree Box Filters)、透水鋪面 (Permeable Pavers)、土壤改良 (Soil Amendments)、綠屋頂 (Green Roofs)、雨水桶 (Rain Barrels) 或蓄水池 (Cisterns) 等。增加出流時間與降低洪峰及總逕流量，LID 設施成本相對較低，且可帶來其他非常重要的附加價值，如涵養水源、美化城市、改善生態環境及降低都市熱島效應等。

本次參觀由科羅拉多大學丹佛分校郭純園教授帶領並介紹，透過現場觀察與解說，瞭解 LID 設施之功能及其規劃設計理念。本署近年來治水策略已納入滯洪、蓄洪、分洪等流域綜合治水思維，也對於都會區排水系統與滯洪、蓄洪設施之連接進行探討及規劃，本次參觀的美方案例，可提供本署規劃都會區排水及防洪空間之參考。



圖 4.41 郭純園教授說明 LID 雨水滯留設施



圖 4.42 都市滯洪池設計



圖 4.43 都市滯洪池出口設計



圖 4.44 LID 雨水花園設計(1)



圖 4.45 LID 雨水花園設計(2)



圖 4.46 LID 與公園設施結合施工

8. 特殊地質構造場址

11 月 10 日前往 Colorado Springs 附近的 Garden of the Gods 特殊地質構造場址參觀，Colorado Springs 與高雄市為姊妹市，因此區內飄揚著我國國旗。園區面積約 3300 英畝，遍佈的紅色砂岩形成於約 3 億 2 千萬年前，原本沉積在內陸淺海含大量鐵質的砂岩在 6 千萬年前隨著落磯山脈造山運動而隆起，經過長期強風暴雨侵蝕形成今日各種形狀的奇岩異石。

依所發掘之化石予以還原與推估，園區管理單位模擬當地 3 億年前、1 億 5 千萬年前、1 億年前、8 千萬年前、2 千 5 百萬年前之情況，製做地質剖面說明，並將名稱、解說及岩石實物現場陳列對照，讓參觀與學習者可以清楚了解此處地質與地理發展情形。現場目視所及，區內出露岩層屬於沉積岩，並以砂岩為主，富含鐵質，故呈現深紅色，砂岩組成顆粒有粗細兩種，粗細砂岩間層次分明，交錯層理顯著，顯見當時沉積環境之激烈變化。部分強度較低之岩層在歷經冰河時期侵蝕以及風吹、雨淋及凍融等作用，逐漸被侵蝕，最終形成現在所見的奇特景觀。



圖 4.47 Garden of the Gods 地質構造

4.2 單位參訪

1. 美國陸軍工兵團風險管理中心(USACE, RMC)

11月7日上午拜訪美國陸軍工兵團風險管理中心(USACE, RMC)，由該中心土木工程司主管 Mr. David Paul 接待，他先前任職於墾務局時，曾來臺為湖山水庫工程計畫提供技術諮詢。

會談過程首先由 Mr. David Paul 及本署賴副署長介紹雙方成員，接著由 David Paul 及工兵團水文工程中心(HEC, Hydrologic Engineering Center)工程師就 USACE 組織現況、RMC 之工作任務、HEC 研究之相關應用程式及未來發展等進行簡報。由其介紹可知，USACE 目前主要任務在於負責治理、管理、維護美國東部之水資源設施及堤防等防洪設施，故其對於河川防洪、排水治理、都市防災等領域，皆有豐富經驗。

RMC 之工作任務，主要為將風險管理概念應用於壩堰、堤防、都市防災等領域，其中在大壩安全管理方面之做法與墾務局類似，主要為風險告知(risk-informed)觀念之推廣，藉由潛在破壞模式(potential failure mode)評估，找出各壩之潛在缺陷及其可能後果，最後透過排序方式訂出各壩改善或調查之優先順序，以有效運用其經費，而上述概念亦應用於堤防之安全管理上。除了技術性的支援及服務外，該中心亦提供人員訓練等服務。此種成立以風險管理應用為導向之專責機構，來因應氣候變遷之衝擊，我國相關單位可以參考。

在該中心並遇到國內壩工界熟知的前墾務局專家 Mr. Kramer，他雖退休多年，但仍持續吸收新知，從早期傳統安全管理概念轉換至最新之風險告知管理概念，並於 RMC 授課，此種學無止境精神令人十分敬佩。

至於 HEC 則致力於應用程式開發與維護，研發之應用程式包含水文、

水理、河川輸砂、水文整合系統等領域，許多亦為國內各單位所常用，如 HEC-RAS、HEC-HMS，目前亦已結合 GIS 應用模組。

會談中本署表示，未來若有需要，可與 USACE 在河川堤防安全風險管理及都市防災等方面技術交流合作，美方亦表達相當意願。最後雙方致贈禮物，結束此一短暫拜訪。



圖 4.48 RMC 歡迎水利署代表團之告示牌



圖 4.49 RMC 為代表團介紹 USACE 組織及業務

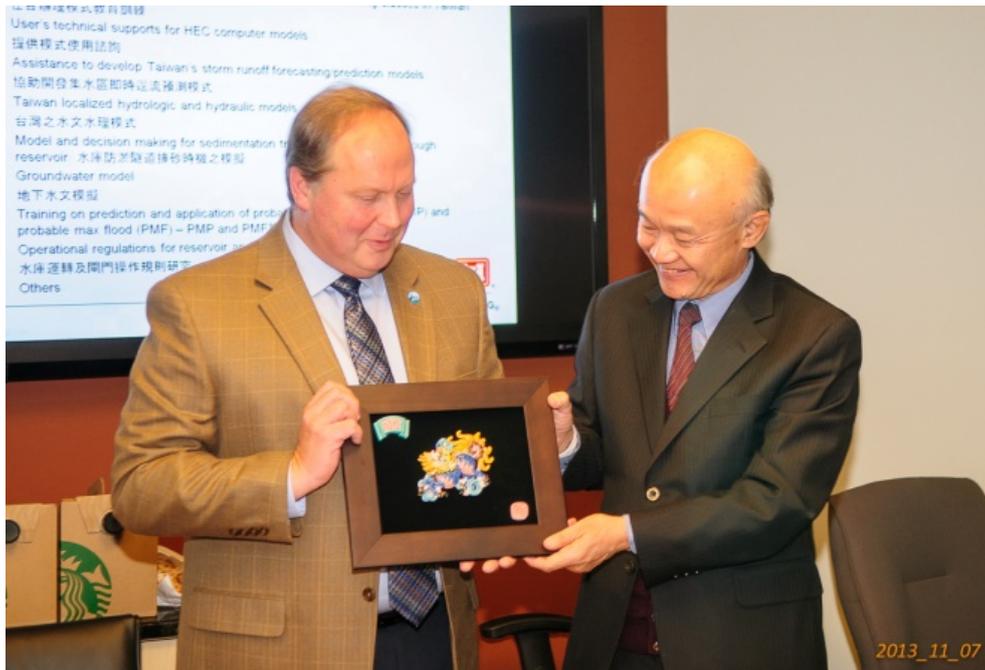


圖 4.50 賴副署長代表本署致贈小禮物予 RMC

2. 丹佛都市排水及防洪局(UDFCD, Urban Drainage and Flood Control District)

11 月 7 日並拜訪丹佛都市排水及防洪局(UDFCD)，由已退休前執行長 Ben Urbonas 及現任執行長 Paul Hindman 接待，並由 Ken 及 Kevin 為進行「2013 Colorado Flood」、「防災預警系統」、「Implementing the Master Plan」等三項簡報。簡報說明 2013 年 9 月丹佛發生的大洪水，造成嚴重災害，但也因為丹佛市已建有防災預警系統，故有效降低了市民生命及財產損失，當然在新市區規劃時，即執行全面水利防災治理主計畫(Master Plan)亦功不可沒，可作為我國都市防洪規劃及防災治理之借鏡。



圖 4.51 UDFCD 執行長致歡迎詞



圖 4.52 代表團聆聽 UDFCD 簡報

伍、結論與建議.

綜整本次年會行程及參訪心得，提出結論與心得建議如下。

5.1 結論

- (一) 本屆臺美水資源技術合作年會於 2013 年 11 月 7 日在美國墾務局技術服務中心舉行並圓滿完成。多年來美方對國內壩工及水資源相關工程提供諸多技術支援與協助，近幾年雙方並開始在河道輸砂、河川沖淤等數值模式研發與技術移轉方面發展合作，已有初步成果，對提升國內水利相關技術有相當助益。
- (二) 本次行程考察 6 座水庫設施，包括溢洪道之基礎改良及結構拆除更新、壩體及壩基耐震力提升、可潰式溢洪道、混凝土壩滲水改善、水庫淤積處理、取水工隧道水下施工等，壩型有土壩、土石壩、滾壓混凝土壩、水力淤填壩及拱壩，均相當具有代表性；此外，並考察丹佛都市暴雨逕流管理與低衝擊開發相關設施。美方之工程經驗及處理方式可作為本署及國內相關單位在水庫安全管理與都市防洪之參考。
- (三) 墾務局對於水庫及附屬設施之安全評估相當重視，尤其是在耐震能力方面，隨著耐震分析技術進步、新的地震紀錄與經驗累積，墾務局全面重新檢討各轄屬水庫之抗震能力，如評估發現抗震能力不足，即提報計畫籌措經費辦理改善。
- (四) 墾務局提送第 8 號附錄 2013 年委辦工作要求之 3 本期末報告初稿，「River and Reservoir Modeling: Development and Application-2013 Progress」、 「A Coupled Stream Bank Erosion and Two-Dimensional

Mobile-Bed Model」及「A Two-Dimensional Layer-Averaged Turbidity Current Model」，本署依年會結論予以認可。

- (五) 2014 年臺美技術合作工作項目，第 6 號附錄為「石門水庫排砂隧道及沖刷池技術諮詢」、「曾文水庫防淤隧道施工諮詢」、「新山水庫及鳳山水庫蓄升計畫技術諮詢」、「仁義潭水庫溢洪道安全評估技術諮詢」及「潛在破壞模式分析教育訓練」；第 8 號附錄為第二年度之「河道沖淤模式開發」、「異重流模式研究」、「河川流域土砂管理技術」、「潰壩、潰堤研究」及「技術訓練課程」。

5.2 建議

- (一) 臺灣位處環太平洋地震帶，而國內多數水庫完工迄今已數十年，設施老化現象無可避免，因此除依現行規定辦理水庫設施檢查及安全評估外，建議在耐震方面加強評估檢討，以確保水庫設施安全。
- (二) 國外已普遍應用潛在破壞模式分析 (Potential Failure Mode Analysis, PFMA) 於水壩安全評估，該方法係以破壞模式探討，找出最關鍵或風險最高的潛在問題，即予以改善。而傳統安全評估則是探討固定的項目及假設之極端情形，等狀況發生才處理，容易忽略可能之安全問題。建議本署將 PFMA 引進並於重要水庫試辦，強化國內安全評估技術能力。
- (三) 都市開發應將暴雨逕流管理納入規劃並落實執行，以減少對環境之衝擊。本署近年來治水策略已納入滯洪、蓄洪、分洪等流域綜合治水思維，也對於都會區排水系統與滯洪、蓄洪設施之連接進行探討及規劃。建議本署可多蒐集國外實際案例，並選派人員出國考察研習，吸取新知識，提供國內治水參考及規劃運用。

- (四) 美國工兵團風險管理中心與丹佛都市排水防洪局，兩單位在防洪排水、堤防設施風險評估、河川治理、都市暴雨逕流管理、低衝擊開發、都市防災等相關領域各有專長，建議本署可視業務需要邀請其來臺技術交流。
- (五) 本次出國行程事前經縝密規劃，結合本署當前業務需要，包括水壩設施安全與水庫清淤、仁義潭溢洪道災損修復、颱風豪雨造成都會區淹水等，由聯絡同仁洽墾務局安排合適參訪地點及提供解說；並且透過旅美郭純園教授安排訪問丹佛市水利機構，聽取丹佛 2013 年洪災經驗，考察都會區減(滯)洪池、低衝擊開發等設施，對於水利工程規劃、設計及施工知能提升有相當大助益。建議本署爾後可考量依任務性質需要，爭取經費增派參加臺美年會人員。

致 謝

本次出席臺美水資源年會及考察順利圓滿、收穫頗豐。謹此感謝美國墾務局精心安排水庫行程並派專人解說，尤其聯絡官 Mr. Tom Hepler 除行程介紹並安排住宿及交通接送，墾務局 Mr. Tim Randle、Mr. Yong Lai、Mr. Jonathan Harris、Mr. Jeff Allen 陪同部分行程，在此一併致謝。感謝科羅拉多大學丹佛分校郭純園教授安排代表團拜訪丹佛水公司及參觀該公司水庫清淤經驗，並安排拜訪丹佛都市排水防洪局，及行程中熱忱接待。感謝國科會駐休士頓台北經濟文化辦事處科技組特別助理莊維明小姐專程至丹佛關心本署代表團。感謝交通大學林志平教授、臺灣大學游景雲助理教授、交通大學防災中心許永佳助理研究員、中興工程顧問社高憲彰副經理、中興工程顧問公司江政恩主任及林家輝主任參與本署代表團，並於行程中提供協助及年會技術交流簡報論文。本署及水規所多位同仁協助出國資料、行政作業處理，謹此一併致謝。

墾務局UC Region報導水利署代表團參訪Echo

Reservoir <http://www.usbr.gov/uc/special/UCToday/2013/Vol-5-Issue21.pdf>

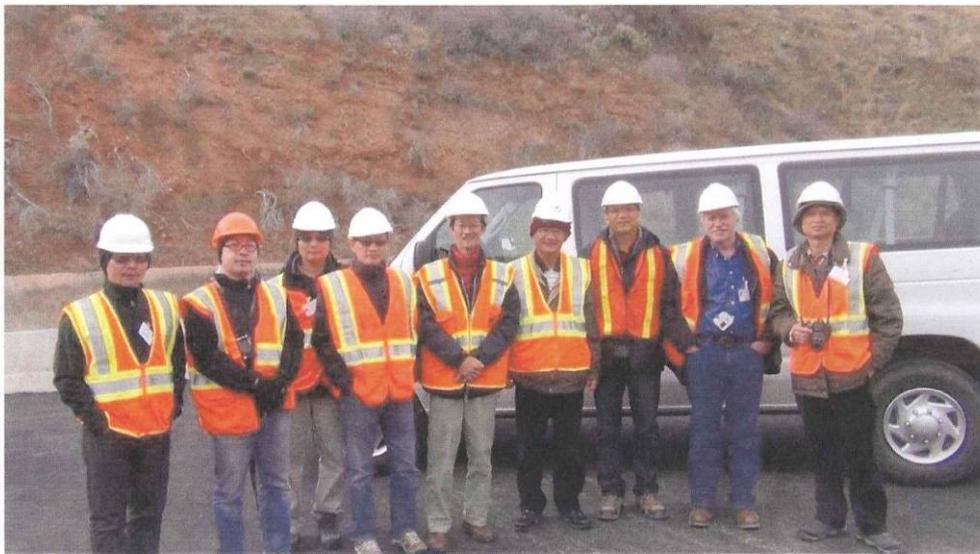
RECLAMATION

Managing Water in the West

December 2013
Upper Colorado Region



Taiwanese Engineers Visit to Echo Reservoir



By Mike Talbot
Resident Engineer
Provo Area Office

On November 4, 2013, an eight member delegation of engineers from Taiwan visited the Echo Dam project as part of a two-week visit to the United States. The team was led by Tom Hepler from the Denver office of Reclamation.

The team arrived on site about 10:00 am and were briefed by the resident engineer Mike Talbot, from Reclamations Provo Area Office. After a lengthy explanation and discussion of the drawings and project features the group was shown the newly constructed berm on the downstream side of the dam, and the spillway work from the stilling basin area below.

When the groups questions had been answered they were taken up onto the crest of the dam where the spillway work could be observed from above, and the newly constructed embankment, upstream berm, and crest could be observed and discussed.

After about 90 minutes the delegation departed the site en route to Upper Stillwater Dam.

[Return to UC Today](#)



U.S. Department of the Interior
Bureau of Reclamation