

出國報告（出國類別：其他）

## 參加美國墾務局「水壩安全評估與檢查國際技術研討會」

服務機關：經濟部水利署中區水資源局

姓名職稱：副工程司 趙俊杰

派赴國家：美國

出國期間：民國 95 年 8 月 7 日至 8 月 17 日

報告日期：民國 95 年 10 月 23 日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

頁數：34 本文含附件：是

出國計畫主辦機關：經濟部水利署

報告名稱：參加美國墾務局「水壩安全評估與檢查國際技術研討會」報告

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：趙俊杰/經濟部水利署中區水資源局/副工程師/04-23320579

出國類別：其他

出國地區：美國

出國期間：民國 95 年 8 月 7 日至 8 月 17 日

報告日期：民國 95 年 10 月 23 日

分類號/目：

關鍵詞：美國、水庫安全

內容摘要：近年來世界多數國家對大壩安全性及操作維護檢查關注日益明顯提昇，美國墾務局負責 400 座以上水壩之正確操作、維護及結構安全檢查，95 年 8 月 7 日至 17 日於美國丹佛市舉辦大壩安全性評估與檢查國際技術研習會，提供國外專業人員研討，研討會提供參加人員瞭解水庫安全評估與檢查技術，透過國際交流分享專業經驗，並經由室內研討包含大壩設計、施工、操作養護及實地考察 Jordanelle Dam、Uppere Stillwater Dam、Deer Creek Dam 三座土壩及 Hoover Dam 混凝土重力壩安全評估檢查，提供專業人員理解及建立或加強水庫安全評估及檢測能力。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網（）

## 出國報告審核表

出國報告名稱：參加美國墾務局「水壩安全評估與檢查國際技術研討會」報告		
出國人姓名	職稱	服務單位
趙俊杰	副工程司	經濟部水利署中區水資源局
出國期間：95年8月7日至95年8月17日		報告繳交日期：95年10月23日
出國計畫主辦機關審核意見	<p><input checked="" type="checkbox"/>1.依限繳交出國報告</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>2.格式完整（本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>3.內容充實完備</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>4.建議具參考價值</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>5.送本機關參考或研辦</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>6.送上級機關參考</p> <p><input type="checkbox"/>7.退回補正，原因：<input type="checkbox"/>←不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/>↑以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/>→內容空洞簡略 <input type="checkbox"/>↓電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/>°未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔</p> <p><input type="checkbox"/>8.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：  <input type="checkbox"/>辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。  <input type="checkbox"/>於本機關業務會報提出報告</p> <p><input type="checkbox"/>9.其他處理意見及方式：</p>	
層轉機關審核意見	<p><input type="checkbox"/>1.同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/>全部 <input type="checkbox"/>部分_____（填寫審核意見編號）</p> <p><input type="checkbox"/>2.退回補正，原因：_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.其他處理意見：</p>	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「出國報告資訊網」為原則。

# 參加美國墾務局「水壩安全評估與檢查國際技術研討會」

## 目 次

壹、目的 .....	1
貳、過程 .....	2
一、水壩安全評估與檢查國際技術研討會議程表 .....	2
二、研討會內容重點摘要 .....	3
叁、心得及建議： .....	15
附件一、活動照片 .....	16

## 壹、目的：

本次研討會於 95 年 8 月 7 日至 8 月 17 日在美國科羅拉多州丹佛市墾務局辦公室舉行。十一天議程中共安排約 35 場議題，共有十二個國家二十五人參加此次研討會。

研討會分項會議 包含大壩設計、分析、安全評估，緊急應變處理、風險分析，水庫現地考察部分除實地參觀土壩及混凝土壩並進行簡易安全檢測操作。本次研討會結合理論分析研討及現地實際操作檢測並有機會與其他國家專業人士齊聚交換水庫經驗，在水庫安全評估及檢測技術受益良多。

## 貳、過程：(研討會重要議題摘要)

### 一、研討會議程

本次參加水壩安全評估與檢查國際技術研討會詳細議程如下表所示：

天	日期	時間	研討會內容	備註
第一天	8/7 (一)	上午	報到及開幕典禮 大壩安全歷史與概述 水庫操作與養護概述	
		下午	參觀墾務局工程與研發試驗室	
第二天	8/8 (二)	上午	大壩安全破壞模式之判別監測與評估 地質工程師在大壩安全之重要角色概述	
		下午	地震災害對大壩安全之探討 大壩之地震設計與分析	
第三天	8/9 (三)	上午	監測儀器設備在大壩安全之角色 土壩監測儀器概述	
		下午	混凝土壩監測儀器概述 監測數據之判讀與評估 日本、澳洲水壩管理心得分享	

第四天	8/10 (四)	上午	大壩機械設備之檢驗與測試 緊急設備準備之評估 大壩安全之風險分析與評估 大壩安全之早期警報系統	
		下午	緊急行動之計畫、演練與報告 大壩安全之水文考量	
第五天	8/11 (五)	上午	大壩附屬構造物檢視 土壩變形	
		下午	混凝土壩及附屬構造物變形	
第六天	8/12 (六)	全天	自費參加丹佛一日遊	
第七天	8/13 (日)	全天	早上離開丹佛，中午飛抵鹽湖城	
第八天	8/14 (一)	上午	大壩操作與維護及非動力檢驗	
		下午	現地參觀 Deer Creek Dam 及現場安全檢驗	
第九天	8/15 (二)	下午	現地參觀 Jordanelle Dam 及現場安全檢驗	
		下午	現地參觀 Upper Stillwater Dam 及現場安全檢驗	
第十天	8/16 (三)	全天	參觀 Bryce Canyon & Zion National Park	
第十一天	8/17 (四)	下午	現地參觀 Hoover Dam 及現場安全檢驗	
		下午	返回拉斯維加斯自由活動及參加閉幕晚宴	

## 二、研討會內容重點摘要

### 水庫操作與養護之概述

#### 一、簡介

美國墾務局（USBR）將水庫之操作與養護視為一體兩面，兩者雖為獨立作業然而卻是息息相關相互影響。長久以來美國墾務局（USBR）所抱定之政策即是當完成一項水庫建設時即將操作與養護責任移轉至地方政府用水機關負責而其則處於監督地位。

#### 二、操作

水庫完工後最常見之營運操作如每日例行流量量測，水庫或發電廠閘門操作及排放水量管制，以及各項監測儀器長期資料蒐集、整理與分析。然而一些似乎不易察覺的操作項目如洪水監測，結構行為之儀器監測，水庫設備安全之評估，年度營運計畫之準備，為確保機械設備能正常運轉、因應正常意外發生與緊急情況如洪水、地震或設備遭破壞時因應措施所執行的演練等等具有相同之重要性。

#### 三、養護

水庫最常見養護工作即是隨著水庫完成而進行主要修理與復原，裝備與設施之替換及設備之增加。例如包括水力發電機重新設置或升級，主要構建如閘門或活塞使用年限結束時的更換及自動控制系統之升級或替換。較少看見的例如抽水機設備周期性拆除、檢視及重建，裝備潤滑，計畫週期內的設備及裝備檢視，水庫閘門表面拋光與油漆、庫房正確清單之設備與裝置訂購與養護，與裝置、設備檢修和養護有關日復一日的活動。簡單言之，有計畫性之操作與養護是一個對水庫安全性廣泛而複雜的承諾與活動。

#### 四、水壩之操作與養護項目

談到水壩操作與養護，大部分都與構件之正常磨損及撕裂有關，這些修理包括復原甚至更換構件以確保水壩之功能。潛在缺點將影響設備使用年限，許多操作與養護工作或許不立即涉及水壩安全性但若是忽視這些工作

則一定會形成安全性顧慮。例如對壩址滲漏處不加以清除將會導致甚漏水流另找其他地方流出，對於土壩而言，將會在土壩底部或內部產生潮濕和泥沼澤警訊，而對混凝土壩正確基礎排水則可使水壩上浮壓力維持在可接受程度內。

墾務局為對所屬水利設施維修報告達成一致性，特別對養護工作做出以下之定義：養護是指為讓資產保持提供一定可接受程度所做的行為，包括預防性保養、正常修理或結構之更換及其他為保持資產維持提供一定服務水準及效果所做之活動但不包括擴大與原先設計相違之資產能力及升級設計。

## 水壩失敗案例之研討

水壩之破壞失敗在二十世紀已非新鮮事，世界上最早紀錄水壩失敗案例發生於 5000 年前的埃及 SADD EL-KAFARA 水壩。近一百多年來對於壩體設計準則及建造品質要求提高，依據歷史紀錄顯示在美國境內建造壩高 15 公尺以上之水壩失敗率由 1900~1930 之 1：22、1930~1960 之 1：350 及 1960~2000 之 1：1568 下降顯示建壩技術趨於成熟穩定。然而不幸的水壩失敗案例仍然存在，根據統計顯示 1/3 至 1/2 水壩失敗例子皆因溢洪道容量不足造成壩頂溢流而其他 1/3 則是未能控制壩堤或基礎滲漏引起，其餘的則是基礎或各樣原因造成。墾務局研究水壩失敗案例並從中探討失敗原因。

### (一) Sooth Fork Dam，Pennsylvania

1. Sooth Fork Dam 座落於賓州約翰鎮上游 14 公里橫跨 Conemaugh 河，於 1838~1853 建造完成，主要藉由渠道將水源由約翰鎮供應至匹茨堡。本水壩原由一家鐵路公司收購擱置十六年後由一家俱樂部收購並將水壩頂降低構築道路及在溢洪道上建造橋樑乙座及魚幕以供俱樂部會員釣魚方便。1889 五月 30、31 日一場暴雨使得水庫溢洪道因阻塞嚴重而壩頂溢流破壞造成水壩下游約翰鎮十分鐘內房屋沖毀造成 2200 人死亡。

## 2. 事故原因探討：

任何對水壩設計或修復工程之事務欠缺正缺觀念將會造成嚴重損害，疏忽了解溢洪道堵塞潛在危險將會造成壩頂溢流嚴重後果。

### (二) Austin Dam, Pennsylvania

1. Austin Dam 爲一 15 公尺高，壩軸長 166 公尺並於底部上有 1.2 公尺剪力筭深入岩床之巨型混凝土重力壩，座落於賓州 Austin 鎮上游約 1.6 公里之 Freeman Run 於 1909 年建造完成。1910 年第一次滿水位蓄水時壩體即向下游移動，下游面多處出現寬達 1.3 公分的裂縫。1911 年 9 月 30 日靠近中心斷面基礎上方揚起，大壩附近斷面斷裂及向下滑動造成 Austin 鎮 80 人死亡及百萬美元財物損失。

## 2. 事故原因探討：

沿著基礎或基礎內剪力抵抗不足將造成壩體滑動主因，所以對基礎剪力條件需詳加考量若忽略特別是第一次滿水位蓄水時可能導致嚴重災害結果。

### (三) St. Francis Dam, California

1. St. Francis Dam 爲一 62 公尺高混凝土重力壩 1926 年建於加州。本座水壩設計上於底部設計高度 6 公尺處基礎並未加寬，未進行基礎壓力灌漿及未設置伸縮縫且在水壩內未設置檢查廊道，整座水壩設計觀念令人懷疑。1928 年 3 月 12 日深夜水壩瞬間破壞當時水壩近乎滿水位並在 70 分鐘內水全部流失造成 450 人死亡。

## 2. 事故原因探討：

根據破壞分析結論顯示，最初右壩端下游坡面移動造成水壩上游面產生張力龜裂而導致不穩定上浮壓力最後造成崩塌。另一方面不適當的壩址選擇、設計及對造成危險警訊的忽略皆是導致壩體崩塌原因。

#### (四) Castlewood Dam, Colorado

1. Castlewood Dam 建造於 1890 年座落於丹佛櫻桃溪東南方 48 公里處為一 21 公尺高堆石壩。該壩溢洪道被設計為  $110\text{m}^3/\text{s}$ ，即使櫻桃溪當時已知最大流量紀錄為  $283\text{m}^3/\text{s}$ 。

2. 事故原因探討：

1933 年 8 月 3 日凌晨一點 Castlewood Dam 因一場暴雨而遭受溢流壩頂破壞，幸運的水壩操作人員目睹整體破壞過程而立即通知相通部門緊急疏散下游民眾雖然仍有 7 人死亡及百萬元財物損失但已屬不幸中之大幸。

不當的溢洪道設計、對壩趾潛在性破壞及磚石逐漸破壞疏於了解。

#### (五) Baldwin Hills Dam, California

1. Baldwin Hills Dam 座於洛杉磯山谷中為一高 71 公尺均質滾壓土壩建造於 1947~1951 年。壩中在襯砌層下設置暗渠以收集一切穿透襯砌層之滲漏水。

2. 事故原因探討：

1963 年 12 月 14 日上午 11:35 操作人員發現大量水流由排水系統流出操作工程師開始降水庫水位，下午一點左右滲漏水量大為增加並再降低水庫主壩上游面之襯砌層出現寬 1 公尺之裂縫，工人雖嘗試用砂包來阻止流水但功能不佳最後水庫的水全部流失。

此次發生之原因可歸納兩原因，(1) 沿著穿越水庫底下之一條斷層之附近油田壓力輸送管產生移動(2) 由於沿著斷層之斷層材料破裂及鬆動造層沉陷。總結此事件之發生則是對水庫坐落位置地質為詳細調查而影響到大壩安全性。

#### (六) Fontenelle Dam, Wyoming

1. Fontenelle Dam 建造於 1964 年位於 Wyoming 西部綠河為一高 39 公尺長 1.6 公里土石碾壓壩。其截水牆沿伸至岩床及沿心壕中心線有一列灌漿孔。本水壩建造期間在取水工溢洪道發現開放節理及岩

盤裂縫，這些裂縫深入至壩墩下游面而在溢洪道取水工一排灌漿孔以抵抗滲漏貫穿基礎，同時一個不能被貫穿之護坦由壩墩較低部分延伸至上游。

## 2. 事故原因探討：

1964年當水壩進行第一次蓄水時，當水位高約15公尺水庫下游600公尺處開始發生滲水現象，進一步之蓄水被停止直到滲流穩定至170L/S。水壩破壞原因可歸究以下數種原因：(1)基礎處理之重要性，圍堵之基礎方式將對腐蝕性材料填築產生不良。(2)水庫容量快速減少對壩體之重要性。

### (七) Teton Dam, Idaho

1. Teton Dam 為 93 公尺高，中間心層土壤與礫石築填壩由墾務局於 1975 年建造完成。基礎滲流控制是藉由 21 公尺深窄開挖心壕及中心心層單排護坦灌漿完成。水壩原計畫每日蓄水 0.3 公尺高，但由於急劇逕流造成水庫蓄水每日超過 1 公尺高因而導致壩體破壞。

## 2. 事故原因探討：

由破壞情形可結論為下列幾點因素：(1)在高度裂縫之岩床中單排之護坦灌漿無法有效控制滲流。(2)寬窄陡峭之心壕應開避免。(3)工程師在建造期間關鍵時刻應該親自到現場了解現況並依現場實況檢討及調整設計依據。(4)對有腐蝕性填築材料應慎加處理。

### 地震引起災害對大壩安全之研究

水庫主要功能在於蓄水供應民生一切所需然而壩體本身若遭受天然災害破壞嚴重時將導致生命財產損失，因此對壩體結構本身是否能抵抗地震保持其安全性將是一項重要研究。對於地震災害主要研究目的在於提供以下功能：

1. 研究並提供工程師在動力分析時使用之地面運動因素。
2. 對位於基礎中潛在性斷層評估。

任何地震災害分析其中包括兩大主要部分：

地震來源特性包括地質學及地震學兩大部分：

地質學部分包括

1. 地質特性、地理位置斷層形式深度最大震度及地震復發模式等。
2. 相關地質文獻資料研討、空照圖、地殼構造、地質地形繪製

地震學部分包括

1. 地震發生區域、地表破裂長度斷層區域、平均及最大位移資料之判讀、地表加速度及地震最大震度發生時間估算級地震復發模式與統計。

地震災害對水壩本身影響深遠，為確保水壩安全對於地震災害研究將視為水庫安全評估重要項目之一，對於可能性地震災害研究應包括地表運動及斷層位移兩大項，而可能性災害研究則是唯一能滿足此項問題之方法。

### 早期警報系統概述

早期警報系統為一種被設計提供當人民受洪水或壩體破壞威脅而能正確提供警告與安全疏散之警報系統。不管大小水壩一旦發生安全顧慮時如何在正確時機發出早期警報及有效疏散居民將災害降低至最小程度為水壩早期警報系統首要工作，為達成此一目標墾務局將早期警報時間與生命損失監推算以下公式：

1. 早期警告時間 < 15 分鐘時，生命損失 = 15%~75% × (水災危險區域人口數)。
2. 15 分鐘 < 早期警告時間 < 60 分鐘時，生命損失 = 2%~8% × (水災危險區域人口數)。
3. 早期警告時間 > 60 分鐘時，生命損失 = 0.2%~6% × (水災危險區域人口數)。

由上述公式得知愈早發出警告時間對於下游居民生命財產損失程度有明顯減少功效。

## 早期警報系統組成要素

早期警報系統依責任區分成水壩管理機關與當地行政機關兩大部門分別負責，水壩管理機關對其所管理之水壩負有偵測責任，對其責任區域洪水資訊及警告時間準確掌握為發布警報及安全疏散必需資料，特別決策準則必需發展成為早期警告系統之一部分以提供水壩管理者、操作者在面臨洪水或水壩安全失敗時一項施行依據而此系統也必須與緊急行動計畫結合

## 早期警報系統主要設計因素

一套完整早期警報系統需考慮以下設計因素才得完善，

1. 危險區域人口數。
2. 水壩下游災害危險結果推估。
3. 警告及疏散之能力。
4. 安全渠道之能力。
5. 排水流域之反應。
6. 壩體失敗危險性。
7. 財物損失風險

## 有效早期警報系統因素

1. 可信度高之資料。
2. 良好聯繫與合作關係。
3. 操作與養護計畫。
4. 更新與改善。

## 墾務局之早期警報系統態度

1. 使用非結構性方法減低與水壩相關缺點之風險。
2. 設計並提供更多的利益給經常發生水災及大壩失敗事件。
3. 設計提供其他失敗模式之警告系統。

## 墾務局之早期警報系統應用

1. 對所屬水壩均有緊急行動計畫。
2. 對所屬水壩均有自動偵測標準與方法，包含三或更多反應程度，詳細的通告程序。
3. 二十四小時全天候資料收集。

4. 對非上班時間異常事件發生時警告通告程序之提供。
5. 對資料採用衛星資料或無線電傳輸。

#### 墾務局之早期警報系統優點

1. 非結構性方法。
2. 相對結構性方法成本較低。
3. 資料可供作其他用途如灌溉、水質，水源供應及氣候應用。

#### 緊急行動計畫

水庫安全除依賴早期警告系統外，對於即將發生或已發生災還則必須有完整緊急行動計畫配合才能將生命財產損失將至最低。墾務局將緊急行動計畫區分緊急行動計畫、緊急演練及演練報告三大主題。

緊急行動計畫：

##### 1. 緊急行動計畫主要組成要素：

- (1). 一般指引包含說明或設施資訊。
- (2). 反應處理程序。
- (3). 事件指揮系統。
- (4). 決策準則。
- (5). 反應等級及區分。
- (6). 通知流程。
- (7). 預期發生行動。
- (8). 淹沒區域地圖。
- (9). 官方報告格式。
- (10). 通訊聯絡簿。
- (11). 支援廠商聯絡簿。

##### 2. 事件等級區分：墾務局將緊急事件發生及事件反應處理依其狀況分別分為下列各級並將其定義敘訴如下

##### 緊急事件分級

- (1). 一級狀況：緩慢發展狀況，大壩本身出現不平常狀況，雖有潛在性有害衝擊但尚不嚴重，但若是繼續發展則可能形成潛在性威脅。

- (2). 二級狀況：快速發展狀況，大壩開始變得不穩定且威脅到下游居民安全，必須通知危險區域居民並等候準備撤離。
- (3). 三級狀況：大壩破壞即將發生、正在發生、已經發生或正威脅生命財產，疏散危險區域居民。

#### 事件反應處理分級

- (1). 內部警戒反應處理：大壩本身發生狀況，進行內部檢查並通知壑務局及操作單位但尚不需發佈緊急狀況。
- (2). 一級反應處理：準備。
- (3). 二級反應處理：大壩未發生破壞亦不會立即發生破壞，通知下游危險地區居民準備撤離並啓動事件行動計畫。
- (4). 三級反應處理：大壩破壞情形非常嚴重，下游危險地區居民生命財產受到影響並需立即撤離並實施事件行動計畫。
- (5). 四級反應處理：大壩正受到破壞或已經破壞需立即疏散居民。

#### 緊急演練計畫：

- (1). 緊急演練計畫責任組織必須包括官方電力組織、當地緊急管理、健康醫療部門、法律執行部門、社會服務部門、消防、氣象、公共工程及公共運輸等部門。
- (2). 警告功能必須包含特殊作用警告系統、辨別如何獲得即將發生威脅正確時間點及建立公共安全消息宣傳方法。
- (3). 疏散功能必須包含描繪一般交通路線、建立交通控制方法、大眾避難安置地點、緊急運輸處理、對特殊居民如醫院、安養中心及監獄特殊民眾考量。
- (4). 準備淹沒區域地圖藉以預先判定高度危險地區及高度優先處理地區。

#### 緊急事件操練：

緊急行動計畫、緊急演練計畫皆是紙上談兵階段，即使計畫再完美若沒有實兵操練就無法從演練中找出缺失，所以緊急事件操練成爲維持水庫安全

重要一門重要課題。一項完美操練必須具備以下大項：

1. 明確方向：為期在演練中能有完美結果，回顧以往計畫及處理程序並讓各階層人員參與，從中確立操練方向。
2. 操練：對單一狀況測試以反應其功能同時加入現場實況藉以評估及改進整體系統之反應。
3. 靜態演練：藉此操練使所有參與人員形成一支協調一致有效力的團隊，練習中在新狀況未下達之前允許片刻休息，所有行動演練及議題討論皆以緊急事件為前提。對緊急事件進行問題與解決演練。
4. 實務演練：緊急事件模擬演練包括現況描述、訊息順序及演出者與模擬者間的聯繫。

墾務局將緊急事件操練分成五大演練課程其內容分述於下：

1. 總部建立：執行需求評估並自行評量本身執行演練之能力，定義演練之目標及範圍，直接與間接經費支出，目的之陳述及演練之宣布。
2. 演練之研發：指定演練主管、選擇演練團隊成員、確認參與者設備、明定目標與目的、劇本撰寫、事件主要程序列表及事件詳細研討。
3. 演練實施
4. 評估：對實施演練項目給予紀錄並在演練後予以評分及逐項檢討，並且在演練後對整體演練過程座口頭上簡短檢討。
5. 貫徹執行：演練過程中將最容易忽略部分列入下次演練評量項目內以達到缺失改進。

## 大壩安全性之危險分析與危險評估

危險分析應用於大壩安全性以獲得較佳理解何者導致大壩破壞？為工程人員判定量化依據。典型大壩安全性風險分析包括下列項目：

1. 破壞模式之判別：依據大壩結構體本身破壞模式分為滲漏、管湧、基礎破壞、溢洪道閘門及洪水地震等外部形式。

(1) 載重考量之決定頻率。

- i. 預估最有可能性之破壞。

- ii. 預估生命損失潛在性。
- iii. 計算風險及判定不確定等因素。
- iv. 結論檢視。
- v. 建議。

## 混凝土壩安全檢驗

混凝土壩比土壩更具耐磨力而其抵抗壩頂溢流能力也較土壩佳但其較少破壞徵兆可能引更嚴重之災難。一般混凝土壩分為重力壩、拱壩、扶壁式壩及混合型混凝土壩四種。

1.重力壩：壩體穩定度依賴本身巨大重量來支撐，對於大壩若有堅固岩盤當作基礎狀況最佳，一般主軸為直線但是時也會有曲線案例。沿著基礎滑動將是造成壩體不穩定主因之一。

2.拱壩：藉由懸臂式及拱壩將水載重傳遞到兩邊岩壁及基礎。再設計拱壩有下列幾項需加以注意（1）堅固岩盤地質探測斷層節點節理製（2）壩體本身重量並非水壩穩定最重要因素（3）由於斷面較薄所以基礎上浮力，水平裂縫不像重力壩嚴重，由於斷面較薄且較短滲流路徑所以滲流梯度較高（4）適合建造於 V 型峽谷（5）由於材料及多對稱所以拱壩對表面破壞較重力壩有較多的考慮。

3.扶壁式壩：藉由一連串扶壁支撐相當薄上游版或區線版支撐，並且其所承載載重藉由版或拱傳遞至基礎。每一扶壁可當成一重力壩來分析，而其設計良好之底板可安置於較軟基礎上。

## 壩體安全缺失

大壩安全受下列主要因素影響：

- 1. 低強度混凝土強度及耐磨力。
- 2. 低基礎強度穩定度及 防水性
- 3. 大壩本身不穩定性。
- 4. 經由大壩本身之滲漏。

	發生原因	影響結果	檢視依據
冰凍與溶凍作用	有吸引力骨材重複冰凍與溶凍	表面龜裂及破碎	典型龜裂、表面漸進破壞
鹼性骨材作用	水泥中之鹼與骨材中之二氧化矽作用。	龜裂、喪失結構完整性及水門粘合性。	表面白色沉澱物、有時結構表面嚴重變形
磺胺作用	低抗胺磺水泥，鄰近水中或泥土含胺磺	混凝土膨脹、龜裂、混凝土表面剝落	典型龜裂，碎裂
不良設計與建造	過期設計或建造方法、忽略、急躁不良工作技術。	低強度混凝土強度及耐磨力	典型龜裂，碎裂、表面及內部混凝土剝落
低強度骨材	低壓縮強度骨材、表面及內部混凝土剝落	低強度混凝土強度及耐磨力及	典型龜裂，壓力側混凝土破壞。

壩體安全檢查區域可略分為基礎橋台、上下游面、廊道及壩頂四部份

	檢查項目
基礎、橋台	龜裂、沉陷、位移
上、下游面	龜裂、因氣候、冰凍等引起之破壞或因壓力導致滲漏或潛在性不穩定
廊道	龜裂、節點位移、排水阻、龜裂或節點處之滲漏
壩頂	節點垂直差別位移

## 參、心得及建議：

1. 政府目前進行水庫工程興建時常遭受環保團體及民眾誤解以致計畫推動困難重重，除須加強有效溝通降低阻力外，加強對現有水庫之適當操作、養護不僅對水庫本身功能、壽命可維持一定程度水準，同時對下游民生命財產有所保障。
2. 台灣目前水庫部分興建年代已久，多數水壩下游為人口集中居住城鎮，加強平時養護及面臨突發緊急事件水庫管理單位與地方行政單位如何更有效及迅速配合因應為首要課題。
3. 目前國內對水庫安全評估並未正式公佈相關規範，為確實對水庫安全評估落實應儘早公佈「蓄水、引水建造物安全評估技術規範」

## 附件一、研討會活動照片

### 1. 參加國（共 12 個國家）

亞洲（4 個國家）：臺灣，中國，日本，印尼

歐洲（1 個國家）：冰島

大洋洲（1 個國家）：澳洲

美洲（2 個國家）：委內瑞拉，波多黎哥

非洲（3 個國家）：加納共和國，賴索托，安哥拉，

中東（1 個國家）：以色列

參加人數共 25 人。

### 2. 活動照片



照片 1 墾務局研討會場



照片 2 墾務局研討會場



照片 3 墾務局研討會場



照片 4 墾務局試驗室



照片 5 墾務局試驗室



照片 6 JORDENELLE DAM 俯視圖



照片 7 JORDENELLE DAM 出水工



照片 8 JORDENELLE DAM 地震觀測儀



照片 9 JORDENELLE DAM



照片 10 JORDENELLE DAM 邊坡保護



照片 11 JORDENELLE DAM 出水工閘門控制



照片 12 JORDENELLE DAM 尾水



照片 13 DEER CREEK DAM 溢洪道



照片 14 DEER CREEK DAM 溢洪道



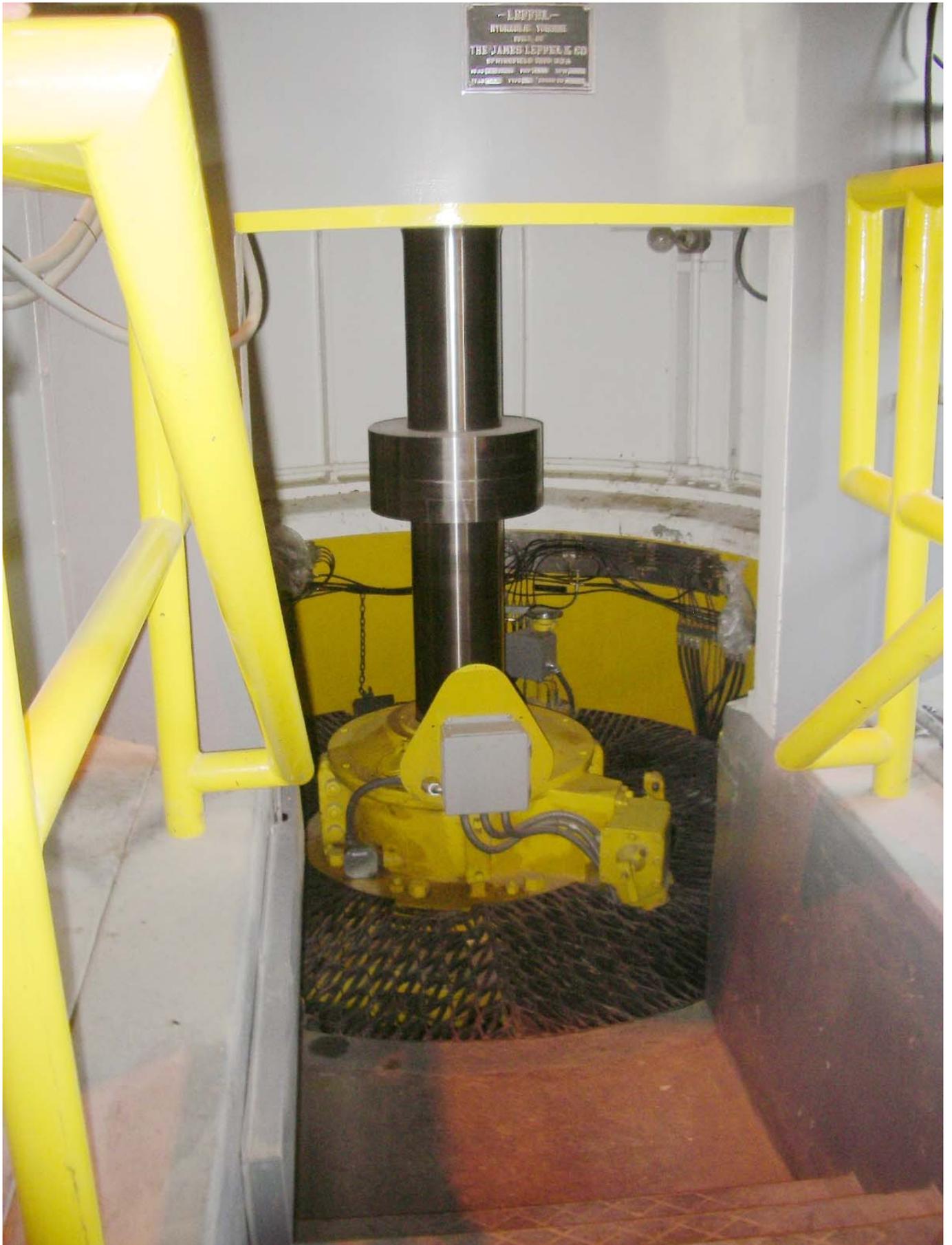
照片 15 DEER CREEK DAM 溢洪道



照片 16 DEER CREEK DAM 取水工攔污閘門



照片 17 DEER CREEK DAM 出水工



照片 18 DEER CREEK DAM 發電機渦輪



照片 19 DEER CREEK DAM 雨量計



照片 20 DEER CREEK DAM 雪量計



照片 21 UPPER STILLWATER DAM 正面圖（溢洪道）



照片 22 UPPER STILLWATER DAM 正視圖



照片 23 UPPER STILLWATER DAM 正面圖



照片 24 UPPER STILLWATER DAM 廊道入口



照片 25 UPPER STILLWATER DAM 廊道內部集水設備



照片 26UPPER STILLWATER DAM 廊道內部



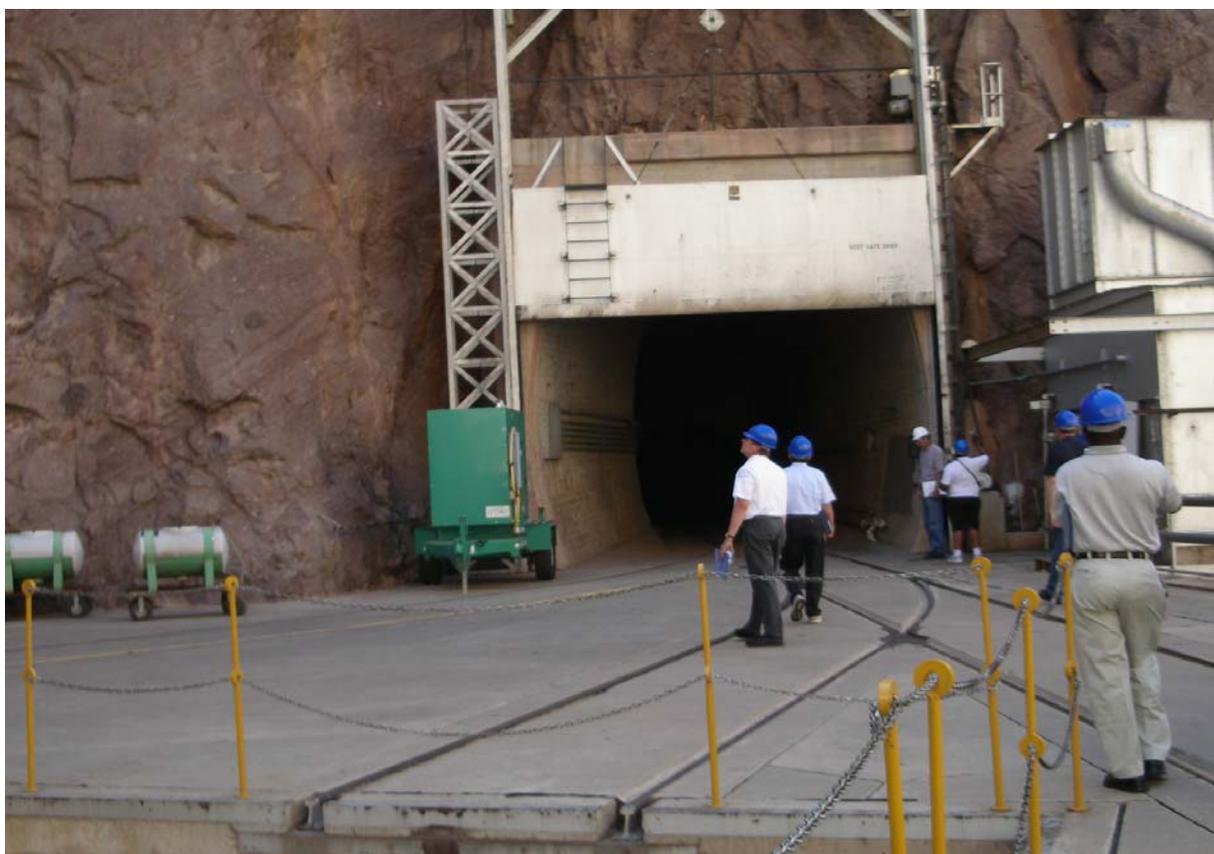
照片 27 UPPER STILLWATER DAM 出水閘門控制室



照片 28 HOOVER DAM 正視圖



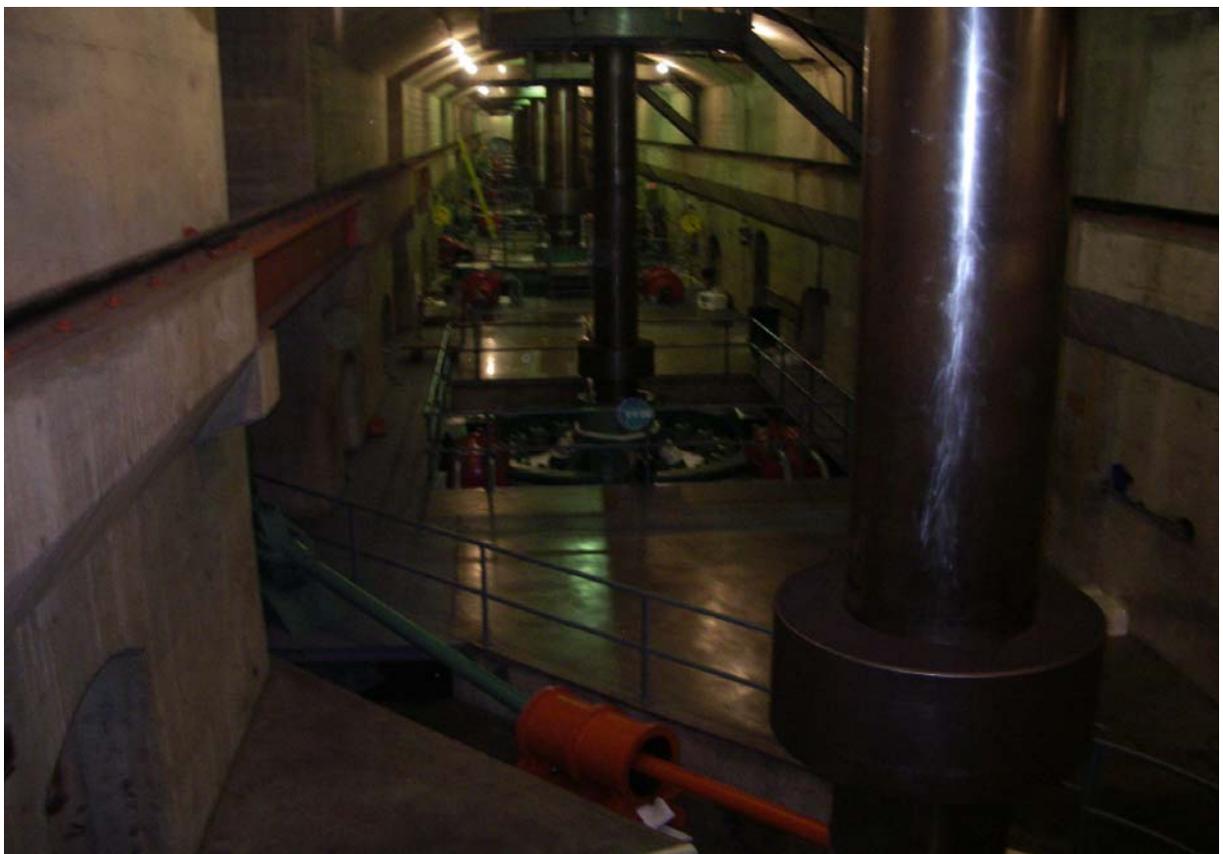
照片 29 HOOVER DAM 出水工



照片 30 HOOVER DAM 廊道入口



照片 31 HOOVER DAM 出水工



照片 32 HOOVER DAM 發電機渦輪



照片 33 HOOVER DAM 發電機



照片 34 HOOVER DAM 廊道檢查