

出國報告(出國類別：考察)

## 都市洪災風險分析研習

服務機關：經濟部水利署

姓名職稱：邱炫琦助理工程司

派赴國家：美國

出國期間：101年6月24日至7月2日

報告日期：100年9月



## 謝 誌

本次出國參訪感謝本署田副署長、曹副總工程司、李組長等長官們大力推薦，方能有機會獲選經濟部水利署 101 年度水資源作業基金出國計畫，特別感謝美國陸軍工兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)安排整個參訪行程，感謝研習課程教師 Charles E. Yoe 與 David A. Moser 教授「Risk Analysis for Water Resources Planning and Management」課程。並感謝課程同組夥伴 Justin、Thomas、Lora 等於研習過程中不吝指教及照顧。



# 目 錄

謝誌.....	1
目錄.....	I
表目錄.....	II
圖目錄.....	II
照片目錄.....	錯誤! 尚未定義書籤。
摘要.....	i
第壹章 目的.....	1
第貳章 過程.....	3
一、 行程.....	3
二、 參訪機關介紹.....	4
三、 水資源規劃及管理之風險分析研習.....	5
(一) 課程經過.....	5
(二) 課程內容簡介.....	6
第參章 心得與建議.....	12
第肆章 參考文獻.....	15

## 表 目 錄

表 1 參訪行程表 .....	3
-----------------	---

## 圖 目 錄

圖 1 水文工程中心位置圖 .....	4
圖 2 研習課程實錄 .....	6
圖 3 風險評價、風險管理與風險溝通之關係 .....	7
圖 4 洪災風險管理手段與可減低風險 .....	8
圖 5 估算風險的模型 .....	8
圖 6 描述風險可能發生的機率與結果的樹狀圖 .....	9
圖 7 常用的機率分佈曲線 .....	10
圖 8 精簡的 3x3 訊息描述法則(以炭疽熱舉例).....	11
圖 9 金門大橋改建告示牌 .....	13
圖 10 金門大橋海床地形與潮流測繪圖 .....	13
圖 11 UC Davis 校園湖泊 .....	14



## 摘 要

本次參訪主要目的為參加美國陸軍工兵團於 101 年 6 月 25 日至 6 月 29 日於位於美國加州 Davis 市之水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)所舉辦「水資源規劃及管理之風險分析訓練課程(Risk Analysis- WRP & M)」，學習風險分析及管理觀念應用於水資源及防洪工程，以及與相關程式之運用。

風險分析則包含三大主題，包括風險溝通、風險估算及風險管理。風險管理是一個過程，其步驟包含尋找問題及採取確認、評估、選擇、行動、監測與修正等行動來減少風險，並與未採取行動下的風險進行比較。。

Davis 市為一座大學城，依附著美國加州大學 Davis 分校而發展，校園南側的世界植物蒐集區圍繞著 2.3 公里的水道及三個湖區，其建造形式可作為我國於都市防洪工作，設置公園滯洪池之參考。

*關鍵字：洪災、風險管理、風險分析、水利工程中心*





## 第壹章 目的

近年由於氣候變遷及局部地區微氣候的影響，短延時的強降雨發生機率大增，並已在我國造成極大的影響，由以對人口密集的都市地區衝擊最大，因臺灣多數都市計畫之擬定都在民國 60 年代，當時多以現成環境為主，並以發展為導向，對於自然環境、災害潛勢區及防災需求等面向未納入考量，又都市地區人口密集度高，土地價值亦隨著經濟發展水漲船高，徵收不易，如何運用有限的空間提高都市自我防洪防災能力，便成為重要的課題。而在估算防洪工程興建規模與效益比例前，風險分析與管理則是重要的前置作業，故應借鏡先進國家經驗，尋求符合永續發展之治水對策，可供未來治水政策推動之參考。美國陸軍工兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)轄下之水利工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)主要研究領域為地表與地下水水文、河川水力與傳輸、水文統計與風險分析、水庫系統分析、規劃分析、及時控制與管理與其他相關之技術。USACE 訂於 101 年 6 月 25 日至 6 月 29 日於美國加州 Davis 舉辦「水資源規劃及管理之風險分析訓練課程(Risk Analysis- WRP & M)」，傳承洪災風險管理最新之觀念與技術，此為學習洪災風險管理觀念與技術之良好機會。

研習課程的目的主要是將風險分析及管理的觀念導入本署在進行防洪排水計畫方向，進而延伸至待建或現有構造物的維護管理與操作。風險分析是決策過程中重要的工具之一，用於評估方案執行與不方案執行的風險程度，與方案執行時如何減少財務與非財務損失的風險。透過此次課程的學習，可將風險分析的觀念應用於防洪工程，以應用於本署在防洪排水工程政策與計畫研擬的方向。



## 第貳章 過程

### 一、行程

赴美國加州 Davis 市參加 USACE 舉辦之「洪災風險管理分析技術研習」，學習洪災風險分析與管理技術，並與 HEC 的專家進行技術交流與經驗交換，參訪行程如表 1。

表 1 參訪行程表

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for Discussion)
6/24	台北→舊金山→Davis		路程
6/25-29	Davis	Hydrologic Engineering Center	1、參加「水資源規劃及管理之風險分析訓練課程 (Risk Analysis- WRP & M)」研習。 2、與美國陸軍工兵團水文技術中心進行技術交流與經驗交換。
6/30-7/2	返程 (Davis→舊金山→台北)		路程

## 二、參訪機關介紹

HEC 隸屬於美國陸軍工兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)轄下的水資源研究所(Institute for Water Resources, IWR)，位於加州 Davis 市，如圖 1。HEC 成立於 1964 年，主要的任務係將相關水利工程技術制度化。HEC 起初建立於 Sacramento 分區轄下的工程部，並開設相關訓練課程，隨後發展出一系列著名的 HEC 相關軟體，例如國內常用的 HEC-RAS。HEC 除了已經發展與出版一些水利工程與規劃分析領域的技術方法與文件外，更已研發超過 20 個主要軟體與相關支援工具，包含近期發展具有 GIS 功能的版本。HEC 因為相關軟體的研發而在國際頗負盛名。



資料來源：Harris, Jeff, 2011, Hydrologic Engineering Center Overview, Hydraulic Engineering Center, US Army Corps of Engineers

圖 1 水文工程中心位置圖

### 三、水資源規劃及管理之風險分析研習

#### (一)課程經過

本次參加的研習以五天的教室課程為主，形式上近似我國經濟部在新竹專業人才研究中心開設的訓練課程，參與課程的人員也以美國陸軍工兵團所屬各機構所派訓的人員為主，亦有少部份其他政府機構的人員(如 FAA、Little Rock 等)派遣前來受訓，故在背景及專業上皆有一定的程度，對風險分析的概念與運用皆有一定的瞭解及經驗。上課時間很紮實的從當地上午八點至下午五點，中午休息一個小時；上課方式除了傳統的投影片授課，亦實際在電腦上使用@RISK 軟體練習老師所設計相關水資源工程風險分析的練習題；課程一開始即有一個課前測驗，讓老師瞭解課程參訓人員對課程主題的瞭解程度，課程中依座位將參訓人員分成若干小組，上完一定的主題後即有一個測驗，讓小組成員合作與討論教師以水資源工程風險分析為主題的題目；課程尾聲有兩個考試，第四天下午有一個遊戲式的分組 PK，依老師所設計的題目作問答搶分，最後一天則替課程做一個結束，然後有一個課後筆試，題目則跟第一天的課前測驗一樣，目的則是幫助在訓練課程後對上課內容的瞭解，可說是相當用心及有效果，相關上課照片如圖 2。



圖 2 研習課程實錄

## (二)課程內容簡介

風險(Risk)是對於未來不確定事件發生機率(probability)與可能後果(consequence) 的量測,可表示為發生機率與後果的乘積( $Risk = probability \times consequence$ )。風險的內涵除了常用於災

害所造成的損失之外(hazards)，亦可用於獲得之潛勢(opportunities)。於是風險分析即對於那些我們不確定事情進行量測，進而幫助我們在不確定的狀況時作決策。風險分析包含三個主要部分，即風險評價(Risk Assessment)、風險管理(Risk Management)與風險溝通(Risk Communication)，其關係如圖 3。

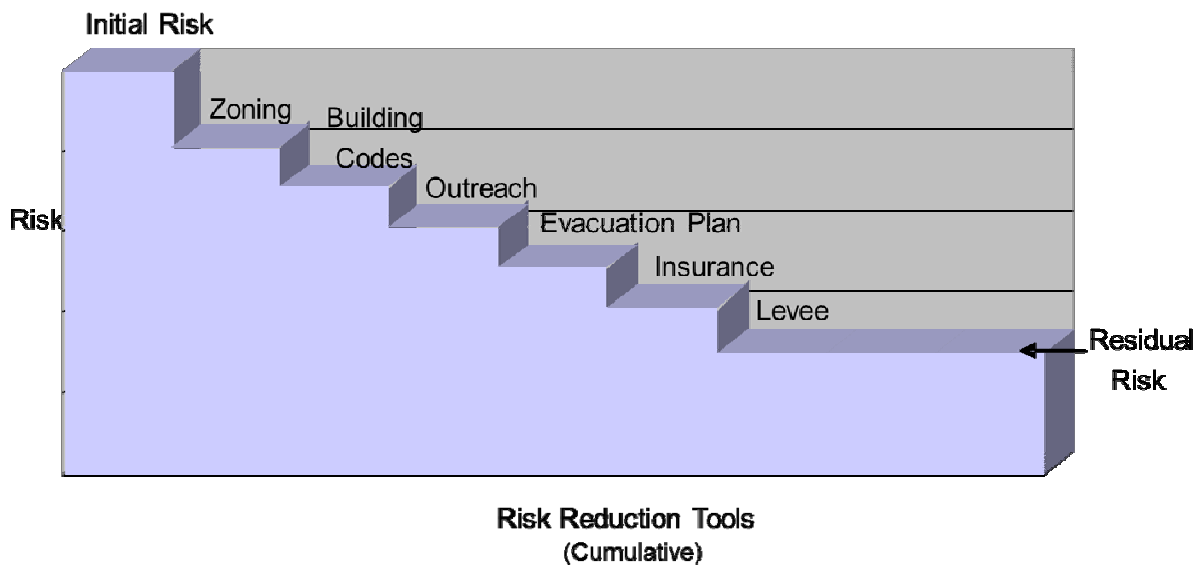


資料來源：Yoe, Charles, 2012, The Science of Risk: Overview of Risk Analysis, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

### 圖 3 風險評價、風險管理與風險溝通之關係

風險管理首先需要瞭解的是，問題是什麼、什麼問題是我們需要透過風險分析來回答的、什麼是可以透過風險管理手段來減少風險的衝擊、做什麼事情可以減少風險的範圍、什麼可以交換風險的選項、什麼是最好的方式來描述風險，以及風險管理的手段是否有用。而洪災的風險管理，所運用的手段大抵可以表示如圖 4，在經過規劃、建立防洪計畫、疏散計畫、洪災保險及興建堤防後，仍有還是有剩餘的風險存在。

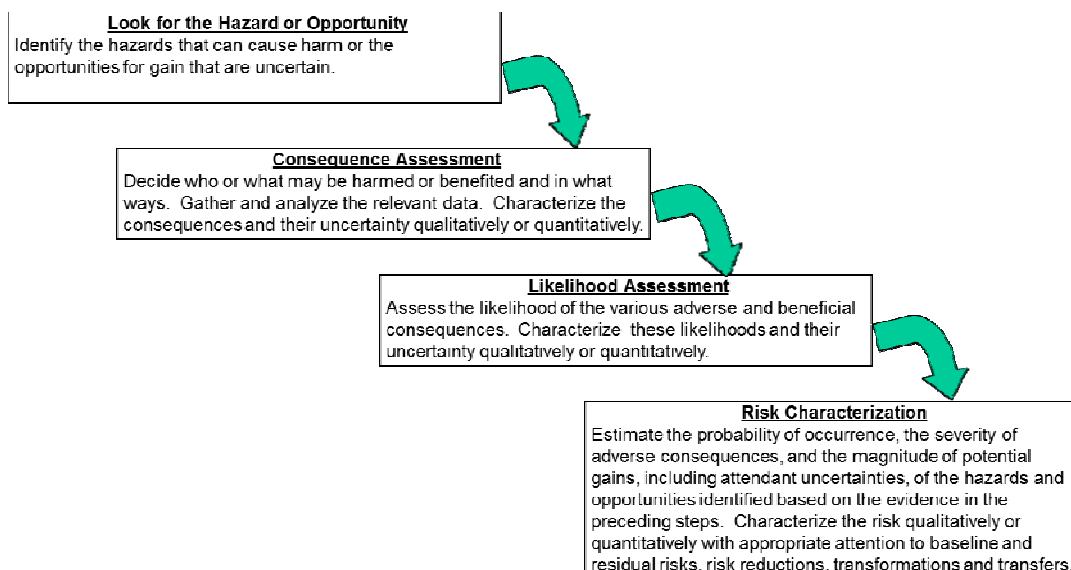




資料來源：Yoe, Charles, 2012, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

圖 4 洪災風險管理手段與可減低風險

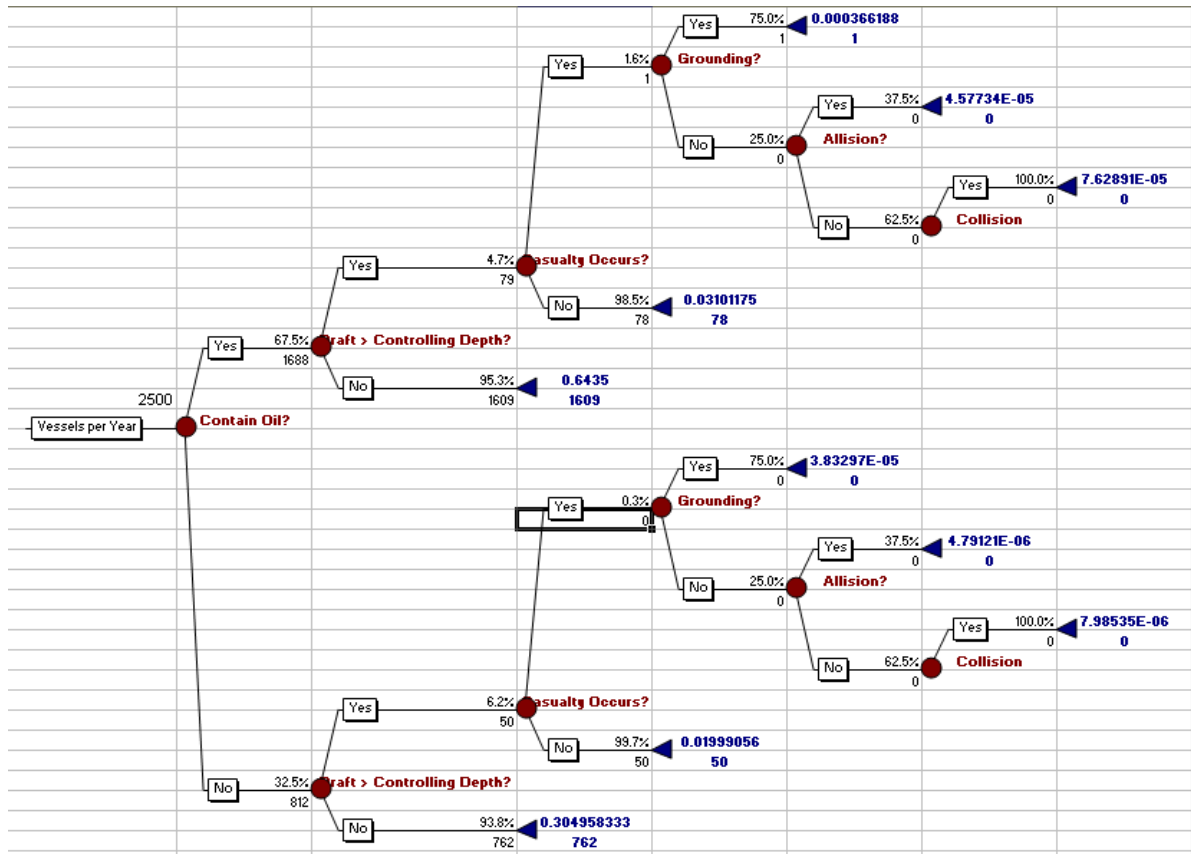
在估算可能發生的風險時，則要注意幾項大原則：什麼東西可能會出錯、風險是怎麼發生的、風險的可能性會有多大、可能的後果是什麼。而在估算風險的模型，基於解析與科學的步驟則包含以下四個：找尋不確定而可能發生的災害或機會、定性或定量的估算可能造成的結果、定性或定量的估算風險發生的可能性、計算風險發生的機率，步驟如圖 5。



資料來源：Yoe, Charles, 2012, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

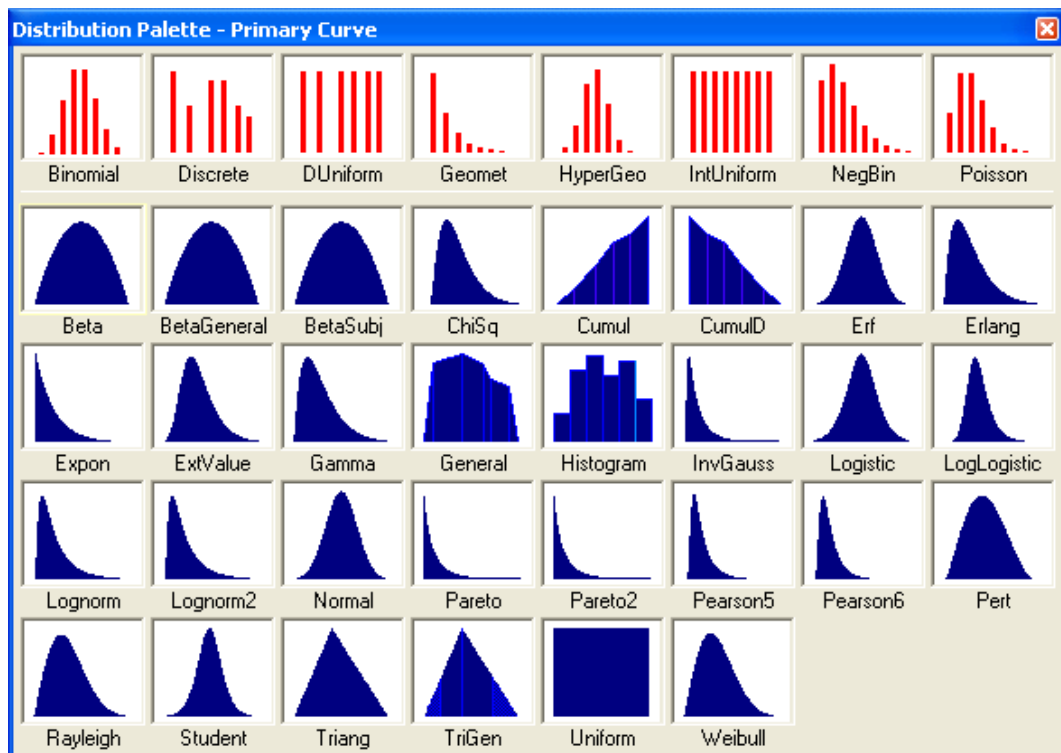
圖 5 估算風險的模型

在找尋風險可能造成的災害或機會、以及估算可能的結果時，所繪製出的圖像，就會像樹枝狀的分支，如圖 6 描述風險可能發生的機率與結果的樹狀圖。而估算風險發生的可能性時，則需要將所收集到的資料，選擇適合的機率分佈來描述(Choosing a Probability Distribution)以計算可能發生的機率，常用的機率分佈曲線如圖 7 常用的機率分佈曲線。



資料來源：Yoe, Charles, 2012, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

圖 6 描述風險可能發生的機率與結果的樹狀圖



資料來源：Yoe, Charles, 2012, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

圖 7 常用的機率分佈曲線

風險溝通是風險分析的一個重要基礎。在過程中的每一個階段，應適時的與內部及外部的利害關係人溝通。在溝通的過程中需要掌握的重點包括：我們為了什麼溝通、誰是聽眾、我們的聽眾想要知道什麼、經過溝通想要什麼結果、我們要如何進行溝通、我們如何聆聽以及我們如何回應。風險溝通的目的則在於減少疾病、受傷及死亡、減少實質及經濟的損失、建立支援及反應計畫、支援已經存在的計畫、避免浪費資源、讓決策者保持擁有足夠的資訊、澄清謠言、以及讓決策可以考慮到風險。在風險溝通中，可使用 3M's 的技巧，包括 3x3 的訊息描述法則(Message，如圖 8)、具備同理心的傳訊者(Messenger)、多元傳遞管道予多元聽眾(Media)。

<p><b>1. Anthrax is a disease that can affect people &amp; animals.</b></p>	<p><b>2. Anthrax occurs naturally in the soil.</b></p>	<p><b>3. Anthrax is both preventable and treatable.</b></p>
<p><b>1a</b> Anthrax is caused by bacteria that form spores.</p>	<p><b>2a</b> Anthrax occurs worldwide.</p>	<p><b>3a</b> Effective vaccines are available for livestock.</p>
<p><b>1b</b> The spores can be inhaled, swallowed or enter the skin (contact).</p>	<p><b>2b</b> Spores are resistant to many disinfectants.</p>	<p><b>3b</b> Vaccines for humans are developed &amp; can be used prior to or after exposure.</p>
<p><b>1c</b> Animals most commonly affected are cattle, sheep &amp; goats.</p>	<p><b>2c</b> Anthrax spores can survive for many years in soil without an animal host.</p>	<p><b>3c</b> Early treatment with antibiotics can be effective.</p>

資料來源：Yoe, Charles, 2012, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

**圖 8 精簡的 3x3 訊息描述法則(以炭疽熱舉例)**

## 第參章 心得與建議

我國防洪及水資源工作觀念及模式多師法美國，在防洪工程的規劃及設計上亦都先依風險評估結果排定擬辦工程之優先順序。惟我國對於風險分析的應用亦僅止於重現期的推估，對於更詳細深入的分析及計算、風險敏感度的影響、防洪手段是否能有效降低風險等並未作更深入的檢討與分析，實則可惜。也許是國內社會大眾的期盼多以急就章視野，故未能在更深入的探討。另外風險溝通是風險分析中重要的一環，甚至是風險管理的基礎。如何將正確的可能發生風險傳達社會大眾、利害關係人，正是我國最急需加強的地方，即使是美國官方，亦仍然做得不甚理想。溝通並非遷就，亦不能避重就輕，誇大其詞，風險溝通的方式與內容。跟隨著事件發生時的輕重緩急、溝通對象的理性與理解程度，而有現在我國社會風氣大多無法真正瞭解真相即隨風起舞，並不能理性的理解事情，如何能有效的做好風險溝通，實為一重要的課題，如同本署同仁大多為工程背景，工程經驗豐富卻略為不善言詞，如何在不同的情況下採取合宜的溝通的方法亦是重要的課題。我們常說：數字會說話。如何有效的運用數字、運用圖表，清楚的表達我們所要傳達的風險，讓民眾了解自己所必須面對的危險，或其實根本不危險，則是我們未來可以努力的方向。

本次參訪時藉由舊金山機場搭乘飛機出入境美國大門，於舊金山時利用空檔時間參觀了金門大橋(Golden Gate Bridge)，金門大橋在1951年時因為暴風的侵襲而有部分的損壞，官方在1953至1954年加強的大橋抗扭矩的能力。在金門大橋的南邊看台則擺放了相關的告示牌(如圖9、圖10)，不同於我國傳統的告示牌僅是功名錄或流水帳式的記載，美國將工程人員改建原由及原理清楚的寫在告示牌甚至做了小模型，讓來往的民眾清楚瞭解，其實可為我們可以學習效仿的對象，例如在我國現正推行易淹水地區水患治理計畫內興建的重要防洪設施

如抽水站、滯洪池，可設立類似告示牌，清楚記載防洪設施如何運作、保全對象為何、保護標準為何，一來可以清楚地傳達工程手段可降低風險到哪邊、剩餘的風險為何，一來可以讓民眾對於政府作為有感，達到真正的風險溝通。



圖 9 金門大橋改建告示牌

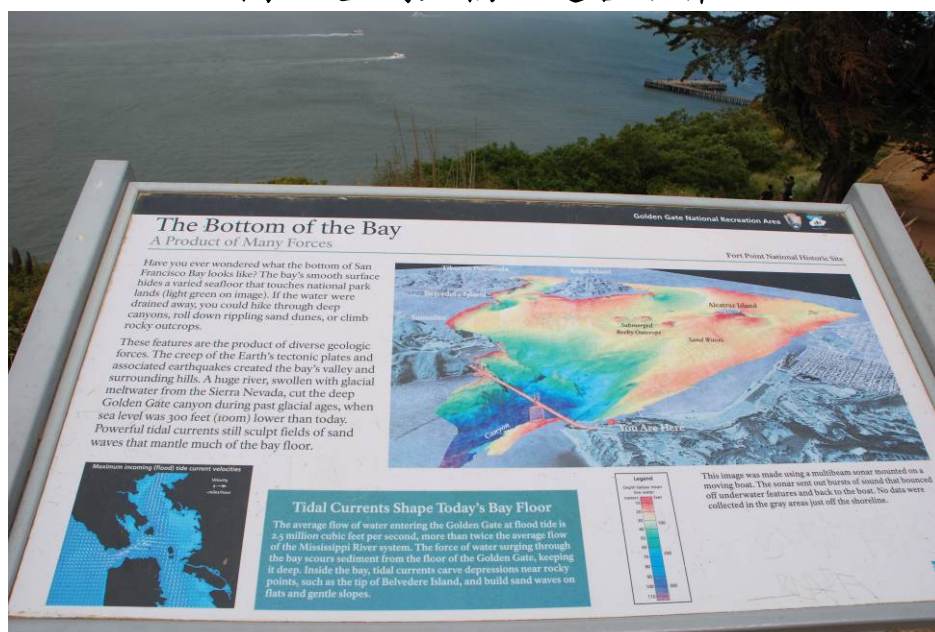


圖 10 金門大橋海床地形與潮流測繪圖

另外本次研習課程地點為加州 Davis 市，實際上為一座大學城，依附著美國加州大學 Davis 分校而發展，校園南側的世界植物蒐集區圍繞著 2.3 公里的水道及三個湖區(如圖 11)，其建造形式中間為水道，兩旁類似小山丘，河道旁設置為自行車道，因我國都市人口密集，若徵地設置滯洪池等防洪設施相當不易，如果參考 UC Davis 校區內這水道形式，即在公園中降挖空地，可作為小湖遊憩兼做蓄水，環湖可將土堤推高增加滯洪量並可兼作景觀小山，輔以環湖步道或自行車道，兼具美觀與防洪功能。



**圖 11 UC Davis 校園湖泊**

本參訪計畫主要以 5 天的課程為主，內容雖然豐富但因時間緊迫並未能參訪重要水利工程設施，實為可惜。建議可多延長 3~4 日，並以兩人一組做參訪搭檔，因為美國國土幅員廣大，若想參訪相關水利設施需到比較遠的地方公路發達，若兩人以上一組則可以租車方式參訪，並藉由討論互相學習成長，相信可以更有收穫。

## 第肆章 參考文獻

Yoe, Charles, 2012, The Science of Risk: Overview of Risk Analysis, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

Yoe, Charles, 2012, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.







廉潔、效能、便民



經濟部水利署

地址：40873 台中市南屯區黎明路二段 501 號

網址：<http://www.wra.gov.tw/>

總機：(04)22501250

傳真：(04)22501628