

報告類別：出國報告

## 中華民國自來水協會

### 參加『2015第9屆台美日自來水設施 耐震對策研討會』出國報告

報告人：中華民國自來水協會秘書長 吳陽龍  
臺北自來水事業處總工程司 王銘搏  
臺北自來水事業處工程師 張峻維

出國地區：日本仙台市

出國期間：104年10月13日至104年10月18日

報告日期：104年10月30日

# 參加『2015第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會』 出國報告

## 出國報告摘要表

報告名稱	參加『2015第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會』 出國報告
報告人員	吳陽龍、王銘搏、張峻維
出國期間	104年10月13日至10月18日
出國地點	日本仙台
心得建議	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. 台灣與美西、日本同屬環太平洋地震帶，屢受地震的侵襲而造成災害，自來水供水系統為重要的生命線，如何確保其安全及降低供水系統的損壞及影響，是極為重要的課題，已辦理9屆的台美日自來水設施耐震對策研討會，藉由國際間產、官、學界之交流，不斷的互相吸收相關知識及經驗交流，均獲益匪淺。</li><li>2. 台灣近幾年擬定長期性的供水系統汰換及改善計畫並積極推動中，初步的成果，除了在漏水率降低的成效外，也因汰換成耐震管材而提升系統的抗震能力，而各供水區的相互支援機制、供水備援系統的逐步建置，擴建淨水設備備戴能力、設置緊急維生供水設施與演練等，亦應逐步推動，相信多一分準備在真正地震來臨時定可有效降低損害，對供水安全多一分保障。</li><li>3. 由於地層錯動所造成供水系統損壞最為嚴重，前發生在台灣是集集大地震就是明顯的例子，台灣的地理及地質條件造就斷層多，供水系統管線穿越斷層的機會也多，因此設計時應慎重考量因地層錯動所可能發生的變位及影響，有必要採用適當的設計、以降低或避免損壞發生。此次研究會有甚多論文探討管線穿越斷層的設計及案例，現場也有管線專業廠商介紹其穿越斷層的產品，可作為日後設計採用的參考。</li></ol>	

4. 地震往往造成山區地質條件的變動，遇強降雨易造成山崩，往往引起原水濁度飆高，進而影響自來水的淨水處理及供應，今年8月蘇迪勒颱風、9月杜鵑颱風，所帶來的強降雨及山崩造成原水濁度高達2、3萬度，超出淨水場的處理能力，淨水場因而停止進(出)水，造成台北供水區部分地區受影響或區域停水。在極端氣候已逐漸成為常態情況下，未來類似情形可能會經常發生，自來水單位應未雨綢繆；東京水道局對災害事故於事前預作規劃，模擬緊急事故發生時的狀況及演練救災事宜，以利問題發生時能提供即時有效的決策，使能迅速和有效地恢復正常及安全之供水，可供自來水單位學習參考。
5. 參加國際會議，尤其專題性的研討會，除了可掌握國際最新趨勢與認識同行專家，透過發表論文與討論，接受來自於國際同儕的審議與寶貴意見，更有助於對討論專題的了解及提升本身的智能，對日後推動或執行相關業務也會有一定的助益；本協會可結合國內自來水相關領域的專家學者就某一共同有興趣的議題進行深入討論，藉以提升自來水技術水準及協助解決自來水面臨的相關問題。
6. 主辦單位日本水道協會及仙台水道局的全力動員及準備，讓會議得以完滿進行，獲得與會人員的高度肯定並留下極佳的印象，2017年第10屆台美日自來水設施耐震對策研討會將由台灣主辦，本協會將結合國內相關單位通力合作，預先做好準備工作，全力辦好研討會，使與會者能感受我們的用心與努力。

## 目錄

一、緣起及目的.....	4
二、行程及概要.....	5
三、活動內容.....	6
1. 預備會議及開幕 .....	6
2. 專題演講(Keynote Speech) .....	10
3. 論文報告 .....	12
4. 專題討論及耐震產品展示 .....	32
5. 技術參訪 .....	35
6. 閉幕及晚宴 .....	38
四、心得與建議 .....	40

## 附件

- (一) 「第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會」專題演講資料
- (二) 「第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會」台、美、日各國發表研究論文資料

## 一、緣起及目的

自來水設施為水資源系統之一環，亦為維生系統中極重要的一部分，人類如長期無水可喝，將無法生存。地震時如自來水設施遭受損壞，其損壞將不僅是構造物之破壞，更藉由震後災區生活用水缺乏或消防用水不足等障礙，進而引起火災擴大或疾病流行等二次災害，因此震災後自來水之維生供應能力，將直接或間接影響地震防災及救災工作之成效，另地震後如何應變、救急、持續供水等風險管理，是一項亟待深思之課題。

臺灣、日本及美國同屬環太平洋地震帶，各種天然災害中，尤以大規模地震對公共給水系統的危害甚鉅，各國無不積極投入自來水系統耐震性與震後應變之研究。為交流彼此技術與經驗，透過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)為平台，自 1999 年起，每 2 年美、日兩國輪流主辦「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從業人員參加並發表論文，期能廣泛交流、相互學習與增進情誼。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、震後應變與恢復、震害經驗與防治技術等議題研討。

2015年「第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會」於日本仙台市舉行，由日本水道協會及仙台市水道局主辦，計大約100名學者、專家及政府官員與會，其中台灣由中華民國自來水協會、國家地震中心、中央防災中心、臺北自來水事業處、台灣自來水公司及台灣世曦公司派員參加，其目的期望透過與美國及日本等地震各方面的專家，對跨部門地震緊急應變作為（包含水/電/醫療/通訊/等）、多重複合災害和極端事件的減災方案、災情預測及復原最佳化之規劃等互相交換經驗及學習，以期日後對國內在地震防災、減災及救災工作上有所助益。

## 二、 行程及概要

本次行程係赴日本仙台市參加「第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會」，並簡報台灣自來水設施最新耐震研究成果。行程自民國104年10月13日起至104年10月18日止，共計6日，行程及活動摘要如下表：

日期	活動概要
10月13日	台北中正機場-東京成田機場轉JR赴仙台
10月14日	報到、開幕及Keynote Presentation，下午技術參訪
10月15日	論文發表會及晚宴
10月16日	論文發表會及專體討論、閉幕
10月17日	仙台-東京
10月18日	啓程返台

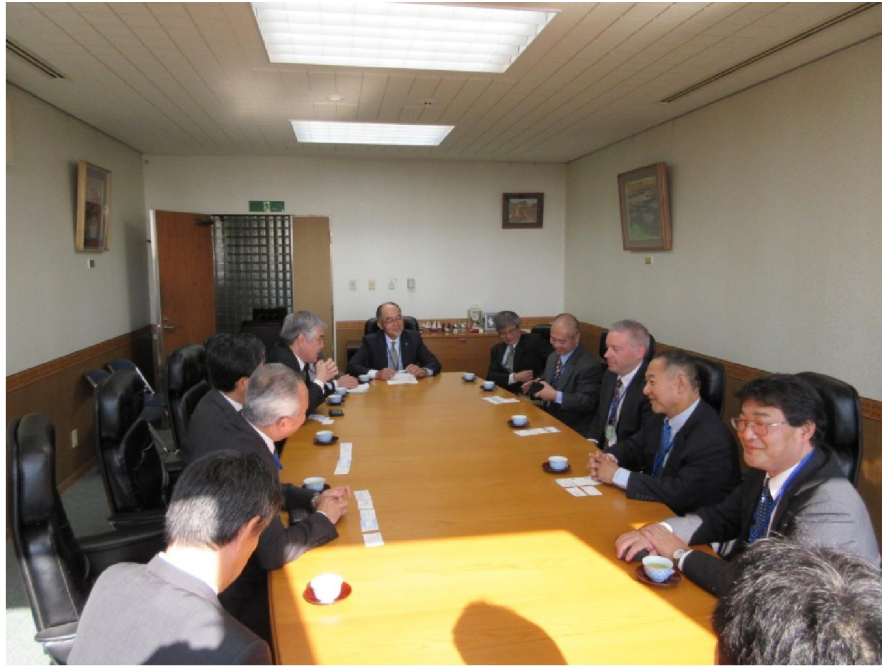
### 三、活動內容

#### 1. 預備會議及開幕

本次會議假仙台市水道局本部(如圖一)舉行，開幕前各國代表先舉行會前會(如圖二)，互相介紹及確認開會程序(如表一)，隨後與仙台市水道局長見面及謝謝其支持主辦本次研討會(如圖三)，開幕式九點開始，由日本水道協會理事長 Mr. OZAKI(如圖四)及仙台水道局長 Mr. KIKKAWA 致開幕詞及歡迎詞後開始由各國代表發表專題演講 (Keynote Presentation)，會後全體與會人員合影留念(圖五)。



圖一：仙台市水道局全景



圖二：各國代表會前會



圖三：與仙台市水道局長吉川先生合影



圖四：日本水道協會理事長致開幕詞



圖五：全體與會人員合影

表一：研討會程序表

**9th WRF/JWWA/CTWWA Water System Seismic Conference**

**Programs**

October 14<sup>th</sup> – 16<sup>th</sup> 2015

Sendai Waterworks Bureau

**Organized by: WRF, CTWWA, JWWA      Co-organized by: Sendai Waterworks Bureau**

	8:30 - 8:45	Registration
<b>- Opening Ceremony -</b>		
	8:45 - 8:55	Making a courtesy call on Director-General
	9:00 - 9:10	Opening Remarks (JWWA and Sendai City Waterworks Bureau)
	9:10 -	Key Note Presentation
	10:20	Departure to the lunch venue
	11:45 - 12:45	Luncheon & Transfer
<b>- Technical Tour -</b>		
	13:00 - 3:30	Hiyori-yama Park in Ishinomaki City Watching the bay area from the top of the hill.
	14:00 -15:00	Ishinomaki District Water Supply Authority
	15:15 - 16:15	Transfer
	17:15	Arrival at the JAL city Hotel
	18:00 -0:00	Banquet at the Hotel (JWWA hosts)
<b>- Oral session 1 -</b>		
	9:00 - 10:15	Presentation 15min × 5
	10:15 - 10:45	Coffee Break
	10:45 - 12:00	Presentation 15min × 5
	12:00 - 13:00	Lunch
<b>- Oral session 2 -</b>		
	13:00 - 14:15	Presentation 15min × 5
	14:15 - 15:45	Coffee Break & Poster Session (Core time)
	15:45 - 17:00	Presentation 15min × 5
	17:00 -	Transfer (Free bus service)
	18:00 - 20:00	Banquet (KIRIN Beer Sendai factory)
<b>- Oral session 3 -</b>		
	9:00 - 10:15	Presentation 15min × 5
	10:15 - 10:45	Coffee Break
	10:45 - 12:00	Presentation 15min × 5
	12:00 - 13:00	Lunch
<b>- Group Discussion -</b>		
	13:00 - 14:30	Group Discussion
	14:30 - 15:00	Coffee Break
<b>- Wrap up -</b>		
	15:00 - 16:30	Discussion and Wrap up

## 2. 專題演講(Keynote Speech)

- (1) 『Fault Crossing Pipeline』 - 由日本金澤大學  
Mr.Masakatsu Miyajima主講

主要收集及說明各國在斷層挫動造成的自來水設施及管線的破壞狀況，提醒在設計時要先了解斷層的位置，事先評估可能挫動產生的位移量，進而加以設置保護措施。

- (2) 『Have We Adequately Mitigated Inter-sector Dependencies of our Critical Infrastructure』 - 由 East Bay Municipal Utility District 的Mr.Xavier Irias 主講(如圖六)

主要探討地震災害發生後如何確保自有維生系統的運作，並以其公司East Bay Municipal Utility District為例，說明其公司推動每一用戶依自己的情況及需求，設置緊急發電機及準備24~72小時的油料、3~14天的食物及飲用水，並讓民眾將之視為防災的基本常識(Common Knowledge)。

- (3) 『Toward Sustainable Water Supply System in Seismic TAIWAN』 - 由中華民國自來水協會吳秘書長陽龍主講(如圖七)

在地震威脅和全球極端氣候變化，如何強化自來水供水系統，建立能因應氣候變遷及地震威脅之緊急應變能力是目前世界各國無法避免之挑戰，但我們可以盡我們所能，加強自來水系統，從源頭開始一步一步做好充分的準備，去面對即將到來的挑戰，提出台灣目前策略及作法：

- A. 加強水源地之水土保持，降低沖刷影響及原水濁度
- B. 提升自來水設施耐震設計標準，提升設施耐震能力
- C. 穩定可靠之供水系統，加強災害應變機制及演練
- D. 增加淨水處理設備，提高濁度急劇變化的應變能力
- E. 建立設施備援系統，提升供水安全及調配機能
- F. 改善及強化管網系統，降低漏水率並提升整體耐震能力



圖六：美國代表Mr. Xavier Irias 專題演講



圖七：吳秘書長陽龍專題演講

### 3. 論文報告

本次研討會論文發表30篇(如表二)，主要分類如下

- A. 管線耐震行為之研究- 5篇
- B. 管線穿越斷層之對策研究- 5篇
- C. 自來水設施耐震設計分析- 5篇
- D. 防震減災計畫- 5篇
- E. 緊急應變計畫- 5篇
- F. 災情預測系統- 5篇

代其中台灣代表共有10篇論文發表，其中臺北自來水事業處(北水處)、台灣自來水公司(台水公司)、國家災害防救科技中心(災防中心)的代表都有不錯的表現(如圖八、九、十、十一、十二)，各篇論文除接受專家檢視外，同時進行意見交流，透過與國際專家直接會談，可了解國際自來水設施耐震方面最新研究成果、應用、及未來發展方向，以利我國相關技術發展，茲就主要論文分述。



圖八：北水處工程師主講” Introduction to the Earthquake Resistance Capacity Assessment and Reinforcement of Taipei Water Department Office Building”



圖九：北水處張峻維工程師主講：“Seismic Assessment of Steel Chemical Storage Tanks”



圖十：台水公司林國清副處長主講“The Damage Water Supply Facility for Repair or Reconstruction”



圖十一：台水公司黃裕堂工程師主講：” The Earthquake Damage and Reinforced Method of Combined Water Tank”



圖十二：國家防災中心吳佳容研究員主講” The Application of Taiwan Earthquake Impact Research and Information Application (TERIA) Platform for Lifeline System”

表二：論文發表一覽表

表二：論文發表程序表

<b>October 15, 2015</b>	
<b>Topic 1: Pipeline behavior in Earthquake Events</b>	
<b>Chair: Kimiyasu Ohtake</b>	
9:00	<a href="#"><u>– The Damage Analysis of Distribution Pipes in Artificial Ground –</u></a> (Shu Kikuchi, Sendai City Waterworks Bureau)
9:15	<a href="#"><u>– Non-linear Pushover Analysis of Water Pipelines under Soil Liquefaction –</u></a> (Lap-Loi Chung, National Center for Research on Earthquake Engineering)
9:30	<a href="#"><u>– The Abnormal Behavior of Water Supply Systems Just after Earthquakes in Case of Saitama City –</u></a> (Akihisa Ishida, Kanazawa University)
9:45	<a href="#"><u>– New Study on Soil Liquefaction Susceptibility Categories –</u></a> (Chin-Hsun Yeh, National Center for Research on Earthquake Engineering)
10:00	<a href="#"><u>– Fragility Models that Reflect Pipe Damage in the Seismic 2014 Napa M 6.0 Earthquake–</u></a> (John M. Eidinger, G&E Engineering Systems Inc.)
<b>Topic 2: Countermeasures for Fault Crossing Pipelines</b>	
<b>Chair: Yu-Tang Huang</b>	
10:45	<a href="#"><u>– Design and Seismic Prevention of Water Main crossing Faults Cases in Taiwan –</u></a> (Jiunn Liang Lin, CECI Engineering Consultants, Inc., Taiwan.)
11:00	<a href="#"><u>– Research of Earthquake Resistant Ductile Iron Pipe (ERDIP) for fault crossing –</u></a> (Keita Oda, KUBOTA Corporation)
11:15	<a href="#"><u>– Seismic Upgrades to an Existing 180 MGD Water Treatment Plant near the San Andreas Fault –</u></a> (Calvin Huey, San Francisco Public Utilities Commission)
11:30	<a href="#"><u>– Development of Low-reaction Type of Steel Pipe for Crossing Fault –</u></a> (Hayato Nakazono, JFE Engineering Corporation)
11:45	<a href="#"><u>– Seismic Enhancement Framework and Screening of Critical Water Mains, A Proposal –</u></a> (Gee-Yu Liu, National Center for Research on Earthquake Engineering)
<b>Topic 3: Seismic Programs for Water Supply System</b>	
<b>Chair: Gordon L. Johnson</b>	

13:00	<a href="#">– Introduction to the Earthquake Resistance Capacity Assessment and Reinforcement of Taipei Water Department Office Building –</a> (Yu-Ting Kuo, Taipei Water Department)
13:15	<a href="#">– Report on the seismic reinforcement work of Sagamihara Sedimentation Basin –</a> (Tomomi Suzuki, Yokohama Waterworks Bureau)
13:30	<a href="#">– The earthquake damage and reinforced method of combined water tank –</a> (Yu-Tang Huang, Taiwan Water Corporation)
13:45	<a href="#">– Seismic Resistance Design of the Higashiyama No.3 Service Reservoir –</a> (Yasuhiko Sugiyama, Waterworks and Sewerage Bureau, City of Nagoya)
14:00	<a href="#">– Seismic Assessment of Steel Chemical Storage Tanks –</a> (Chun-Wei Chang, Taipei Water Department)
<b>Topic 4: Mitigation Program of Seismic Damages</b> <b>Chair: Toru Tomioka</b>	
15:45	<a href="#">– Seismic Countermeasures and Strategies for Public Relations in Kobe City Waterworks Bureau –</a> (Takahiro Yamaguchi, Kobe City Waterworks Bureau)
16:00	<a href="#">– Seattle Public Utilities – Water System Seismic Vulnerability Mitigation. The Sequel –</a> (William F. Heubach, Seattle Public Utilities)
16:15	<a href="#">– Tokyo Waterworks’ Earthquake Countermeasures: Towards Earthquake-resilient Water Services in Tokyo –</a> (Kaoru Mochizuki, Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government)
16:30	<a href="#">– Mitigation of Potential Impacts of Large Seismic Events on a Regional Water Supply Conveyance System –</a> (Gordon L. Johnson, Metropolitan Water District of Southern California)
16:45	<a href="#">– TSS Tokyo Water’s Efforts for Earthquake Disaster Measures –</a> (Yoshinari Kawase, TSS TOKYO WATER CO., LTD.)
<b>October 16, 2015</b>	
<b>Topic 5: Preparedness and Resilient Programs to Earthquake Events</b> <b>Chair: Carol C. Wu</b>	
9:00	<a href="#">– Implementing a Seismic Resilient Pipe Network as Part of a Resilience Program in Los Angeles –</a> (Craig Davis, Los Angeles Department of Water and Power)

9:15	– <a href="#">Evaluation of Fire Protection Capacity in Disasters Based on Disaster Resilience Curve</a> – (Nagahisa Hirayama, National Institute for Environmental Studies)
9:30	– <a href="#">The Estimated losses and Preparedness Strategy for Emergency Water Supply of Fire Fighting and Life Supporting in a Rupture Scenario of the Shanchiao Fault</a> – (Ban-jwu Shih, National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan)
9:45	– <a href="#">Water Sector Emergency Preparedness and Response Standards &amp; Resources – How an All-Hazards Approach Supports Seismic Preparedness and Response</a> – (Jian Zhang, Water Research Foundation)
10:00	– <a href="#">Niigata as a temporary water works relay base: support for teams in a major seismic disaster</a> – (Etsuro Kawase, Niigata Water Supply Bureau)
<b>Topic 6: Information System and Resilient Programs to Earthquake Events</b> <b>Chair: John M. Eidinger</b>	
10:45	– <a href="#">Emergency Planning and Response Damage Prediction Modeling to Mitigate Interdependency Impacts on Water Service Restoration</a> – (Serge V. Terentieff, East Bay Municipal Utility District)
11:00	– <a href="#">The Damaged Water Supply Facility for Repair or Reconstruction Evaluation Program, Case Study of Nao-Guan Service Reservoir at Taichung, Taiwan</a> – (Kuo Ching Lin, Taiwan Water Corporation)
11:15	– <a href="#">Development of the New Disaster Information System of Osaka Municipal Waterworks Bureau</a> – (Hajime Nishikawa, Osaka Municipal Waterworks Bureau)
11:30	– <a href="#">The Application of Taiwan Earthquake Impact Research and Information Application (TERIA) Platform for Lifeline Systems</a> – (Carol C. Wu, National Science and Technology Center for Disaster Reduction)
11:45	– <a href="#">Damage of water works facilities caused by the Great East Japan Earthquake and future problem for reconstruction in Otsuchi town</a> – (Kimiyasu Ohtake, NJS CO.,LTD)

(1) 管線耐震行為之研究：

John M. Eidinger(G&E Engineering Systems Inc)以美國加州Napa市2014年遭遇之地震規模6.0地震為例，地震後之漏水及火災消耗之消防用水，造成水廠每日之出水量為平日之200%或更高；此外恢復地震前供水需要較平日漏水維修更多的人力及金錢，需要及早規劃因應，此外因自來水設施損壞造成之水污染應建立警示機制。

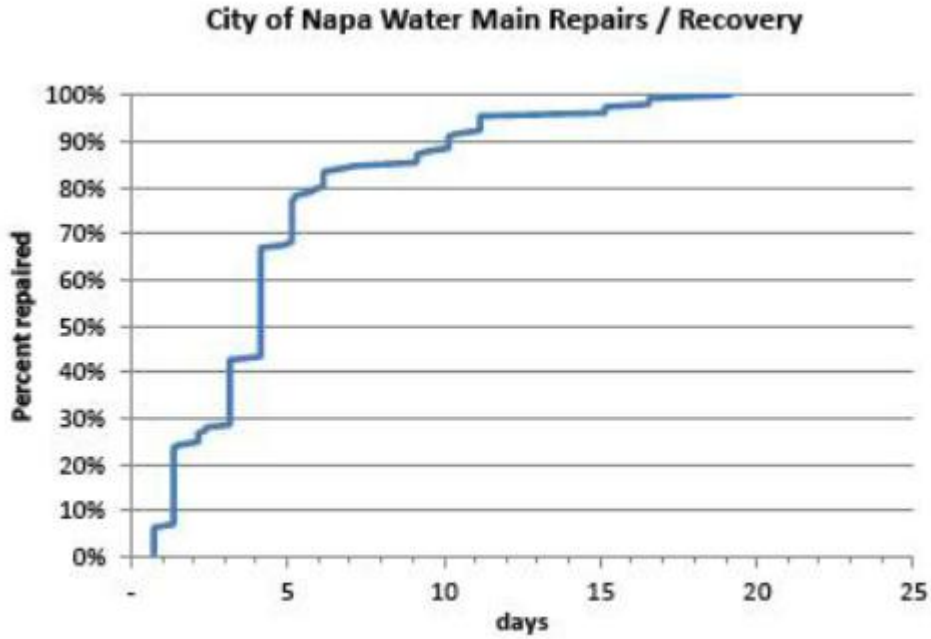
表三列出美國加州Napa市自來水管管材種類、管齡及其長度，其中管齡40年以上管線佔全長59%，由於該市管齡偏高，平均每年每一英里約0.21~0.26處漏水，具Napa市自來水業務主管部門報告，該市鑄鐵管(CI) 即使沒有地震仍有相當高的洩漏率，脆弱的供水系統加重該市地震後之漏水。

圖十三6顯示該市地震後供水服務的恢復速度，以該次地震規模6的地震，耗時約5天恢復70%供水，約17~18天方能完全恢復供水。

表三：美國加州Napa市的管種及長度

Age (years)	PVC	DI	CI	AC	RCCP	STL	Total	Pct of Total
< 20	6,600	225,600				100	232,300	13%
20-40	24,300	370,500	83,400	14,100		100	492,400	28%
40-60		12,300	466,700	167,200	9,900	59,800	715,900	40%
60-80			173,100			100,400	273,500	15%
80-100			55,100				55,100	3%
> 100			10,300				10,300	1%
Total	30,900	608,400	788,500	181,300	9,900	160,400	1,779,500	100%
	2%	34%	44%	10%	1%	9%	100%	

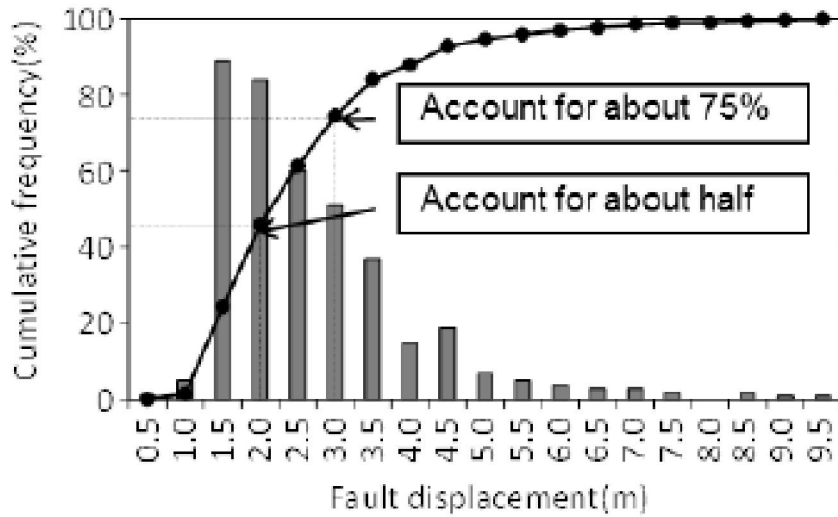
Table 1. Length of Water Pipe Mains – Napa (Feet)



圖十三：美國加州 Napa市的管網災害搶修回復狀況

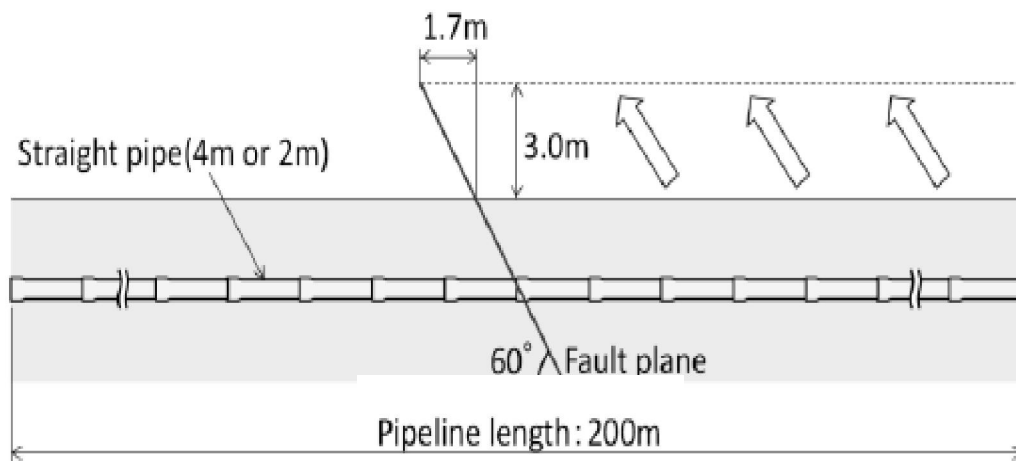
(2) 管線穿越斷層的對策

日本 Keita Oda(KUBOTA Corporation 久保田公司)發表該國針對2005~2015年間發生389次地震進行統計分析，發現其中斷層錯動達3公尺(垂直距離)以下之次數佔75%， 2公尺(垂直距離)以下之次數佔50% (如圖十四)。

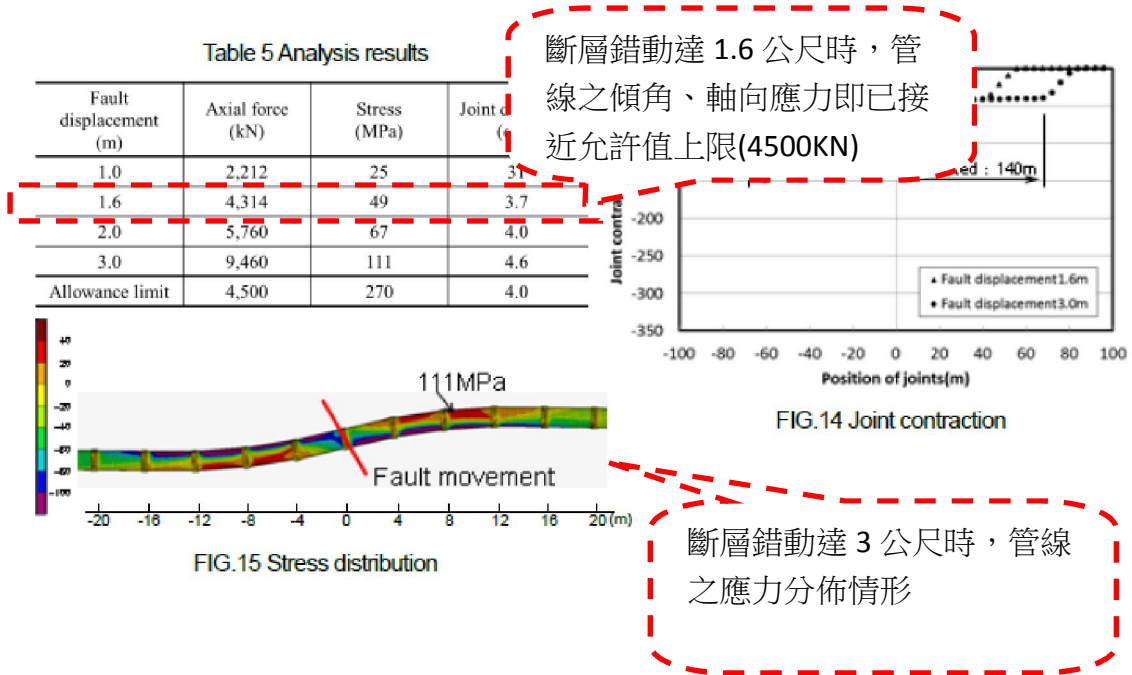


圖十四：日本斷層錯動位移長度頻率關係圖

當以 $\Phi 1500\text{mm}$  US-Type 延性鑄鐵管以有限元素法進行分析，分析之數值模型詳如下圖十五，分析之各項基本參數及標稱強度，經分析在此假設條件下，斷層錯動達1.6公尺時，管線之傾角、軸向應力即已接近允許值上限(如圖十六)。

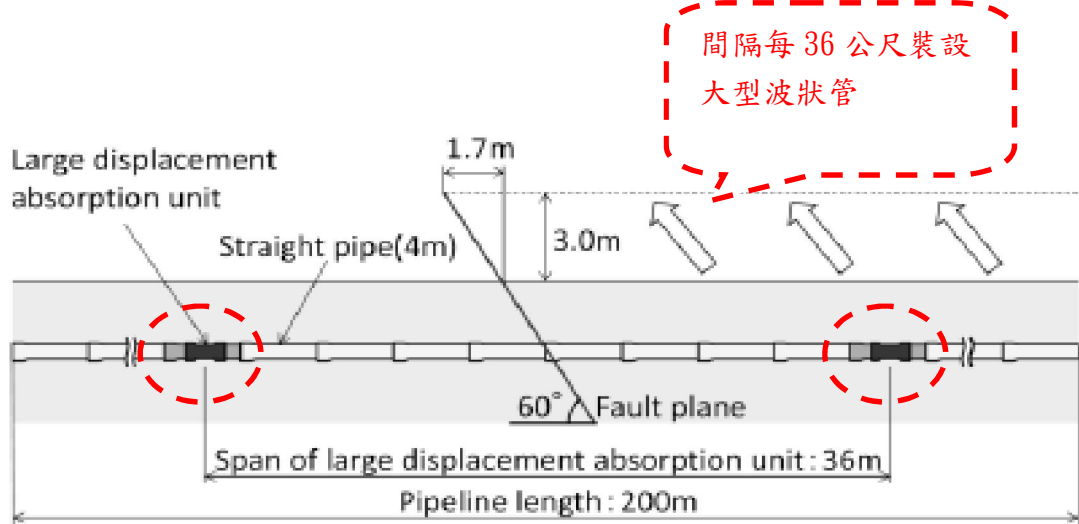


圖十五：1500mm US-Type 延性鑄鐵管在斷層錯動分析圖



圖十六：斷層錯動管線的應力情形

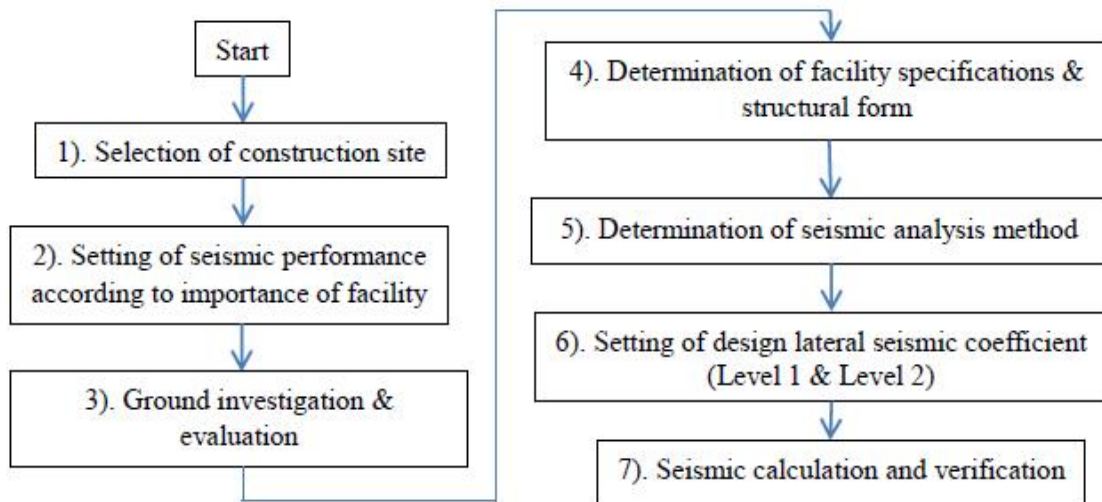
為了避免當斷層錯動達1.6公尺以上，管線之傾角、軸向應力超過近允許值造成管線漏水或結構破壞，間隔每36公尺裝設大型波狀管等允許大變形量之管件時，當斷層錯動達3公尺以上時，管線之傾角、軸向應力尚不至於超過允許值(詳下圖十七)。



圖十七：裝置大型可撓管示意圖

(3) 鋼筋混凝土蓄水池之耐震設計：

Yasuhiko Sugiyama(Waterworks and Sewerage Bureau, City of Nagoya名古屋)發表依日本水道協會“Guideline to and Explanation of Seismic Construction Method of Water Supply Facilities-2009”(簡稱“JWWA Guideline 2009”),鋼筋混凝土蓄水池之耐震設計流程如下(圖十八)：



圖十八：蓄水池防震設計流程圖

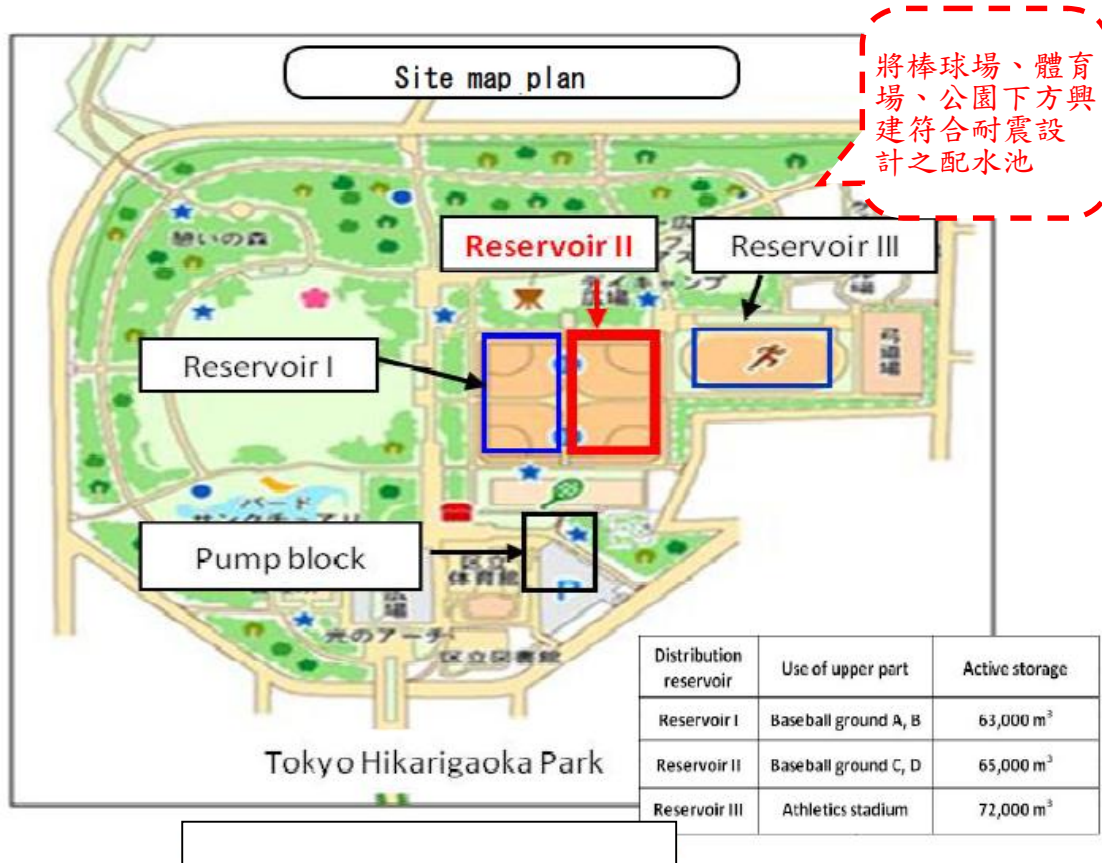
- (1) 選擇適當的蓄水池位址
- (2) 依蓄水池的重要性、預期地震發生之強度，及允許之破壞程度決定所需耐震強度。
- (3) 地質調查及評估，包含液化潛能分析、岩盤深度及其承受強度等。
- (4) 決定蓄水池的規格及結構型式。
- (5) 決定地震分析的方法。
- (6) 設定所需側向地震係數。
- (7) 地震力的分析及驗（逐項檢視彎曲壓應力、彎曲張應力、彎矩、剪力等是否符合規範）。

(4) 防震減災計畫：

Kaoru Mochizuki (Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government 東京都水道局) 發表有關因應311強震東京水道局重新研擬了東京供水總體規劃，由於2011年3月11日，在東日本發生地震規模9有史以來規最大地震，造成東北地區巨大破壞，造成大約257萬戶無自來水，即使在庇護所也有停水情形。

在2012年4月，東京市政府模擬當此地震發生在東京時，損失將大於以往估計之地震強度，最大地震強度將達到7級，且大部分區域將達到6以上強度，東京灣沿岸有可能發生2.6公尺以上海嘯。在這種情況下，在2015年二月，東京水道局重新研擬了東京供水總體規劃，提供地震後可機動調整之供水服務，以便更迅速和有效地恢復正常及安全之供水。

A. 和供水站之改造(如圖十九、二十)



圖十九：東京Hikaregaoka公園增設防災蓄水池示意圖

以鋼條強化蓄水池側  
牆之耐設強度

Shear reinforcement: improving the earthquake resistance by inserting reinforcing steel bars from the sides to increase the amount of reinforcing steel.



強化基腳之耐震強度

Concrete deck-slab reinforcement: improving the earthquake resistance of posts by casting concrete to the bases of posts



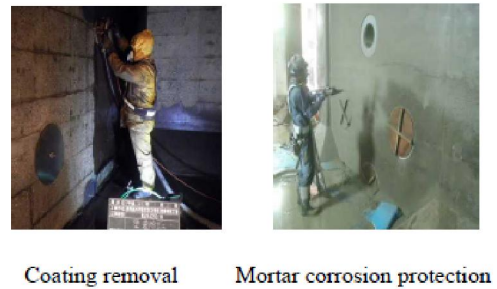
強化伸縮縫,減少地  
震時結構碰撞

Installation of flexible expansion joints: The joints compensate the displacement due to earthquakes, thereby reducing impacts on structures.



內部防蝕保護: 卜移除  
差劣混凝土後粉刷防蝕  
砂漿

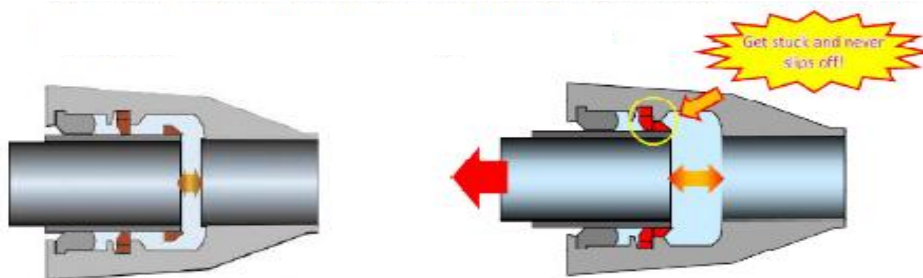
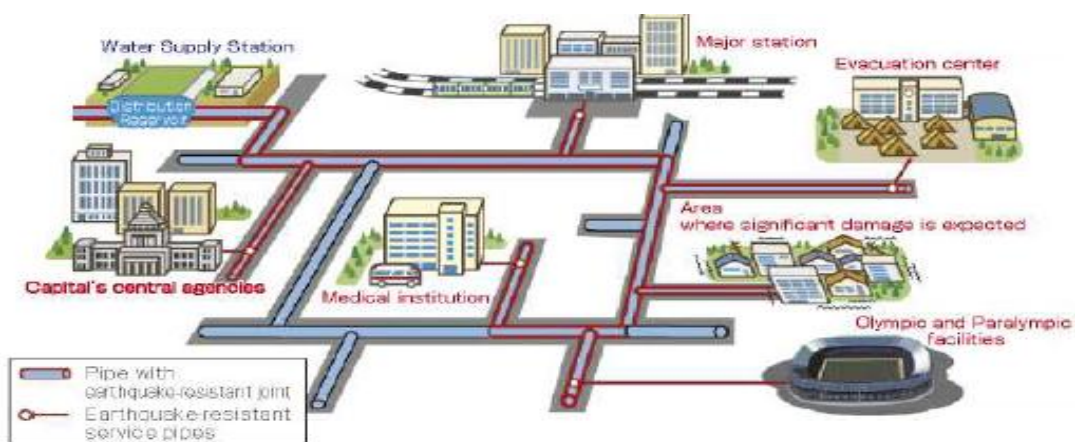
Inner corrosion protection: removing deteriorated internal coating and repairing it with mortar.



圖二十：蓄水池改善工程圖

B. 施供水管線使用耐震接頭(如圖二十一)

鑒於地震造成自來水管脫管，影響供水及救災，東京都目前正實施為期10年之管線接頭強化計畫，預計抽換長達5,000公里之管線為耐震接頭，經統計至2014年3月，具抗震接頭之管線長度已佔整體之35%，目標到2025年3月可達整體之59%



圖二十一：重要設施供水管線使用耐震接頭示意圖

### C. 源輸送系統之自來水設施確保穩定供水

東京都自來輸送至各淨水場的原水系統，各自來自不同的河川水源或水庫，為增加各淨水場原水來源的安全穩定，增設不同水源的連絡輸水管路（如圖二十二）

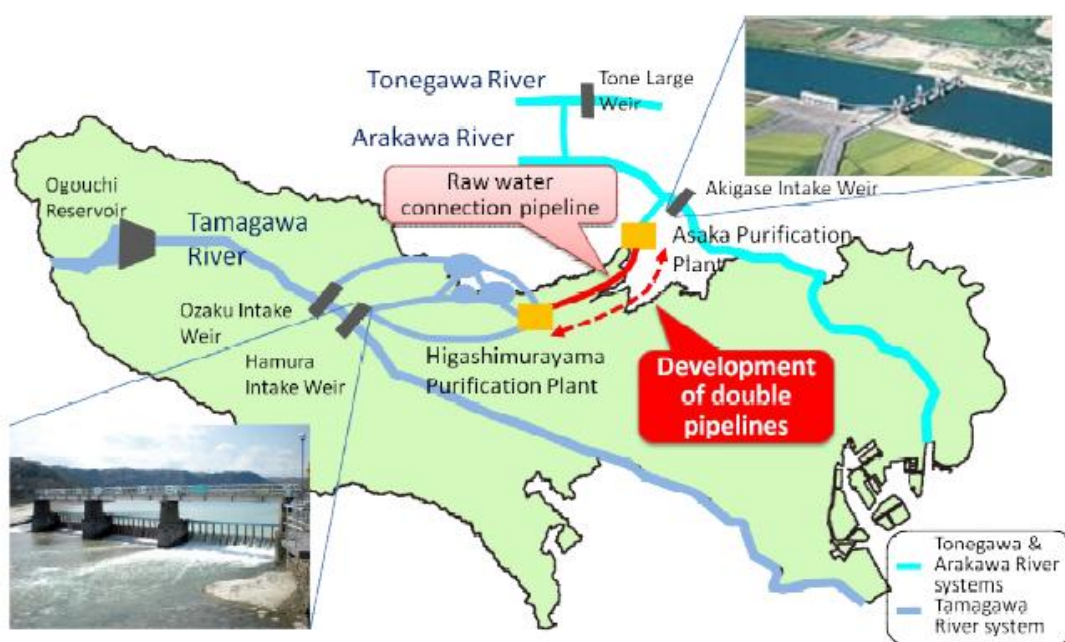
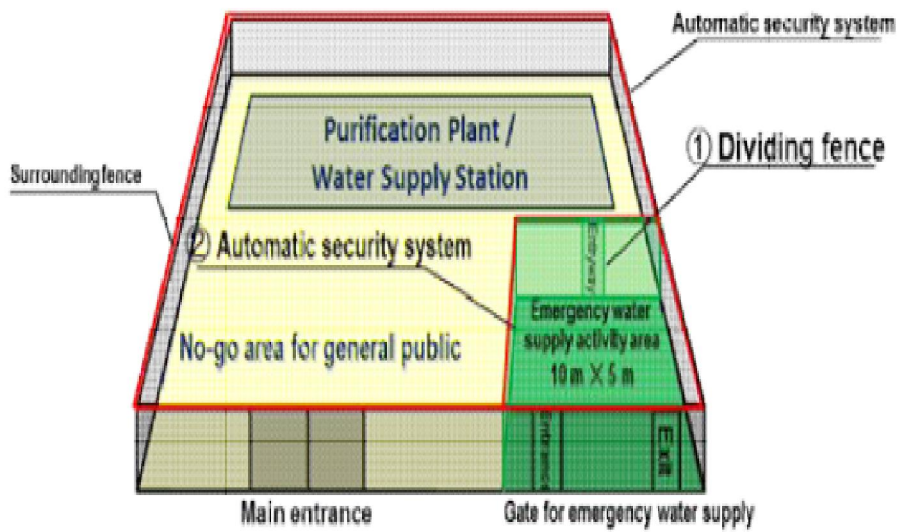


Figure 9. Duplexing of conveyance facilities

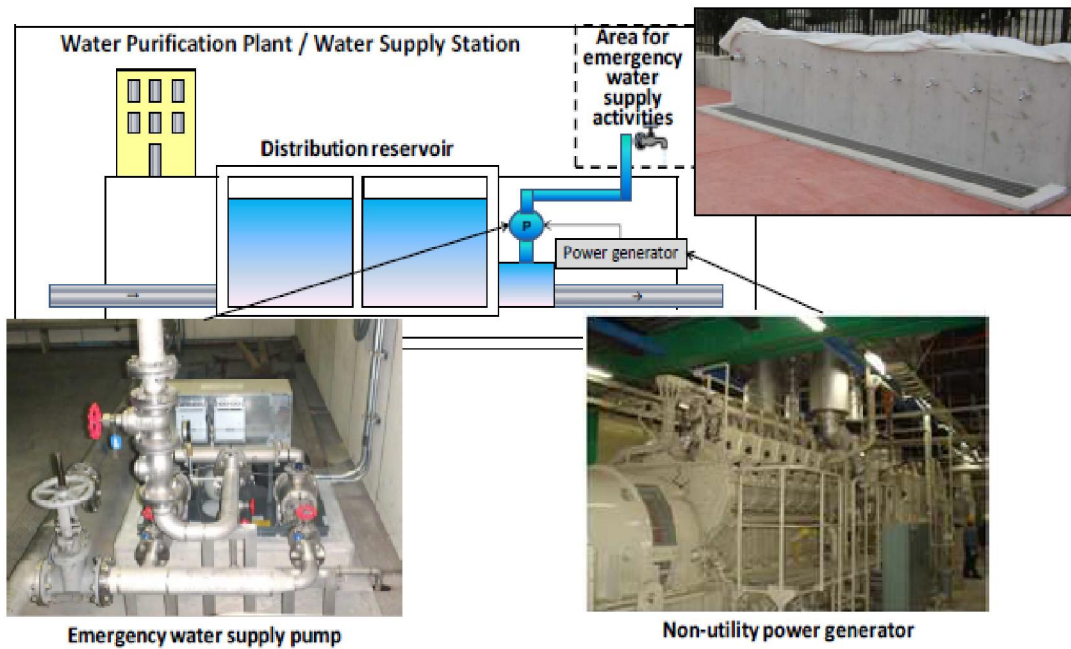
圖二十二：東京都各淨水場增加雙原水系統示意圖

#### (4) 建立緊急維生供水系及取水站

在在淨水場增加設置緊急維生供水區及各配水池加壓站增加緊急發電機及緊水供水馬達（如圖二十三），以提供緊急用水。同時加強演練及提供民眾緊急取水站的相關教育訓練（如圖二十四）。



Area for emergency water supply activities



圖二十三：淨水場及配水池加設緊急維生設備圖



Temporary hydrant



Information board of the emergency water supply base



Permanent hydrants



Experience of setting up temporary hydrants



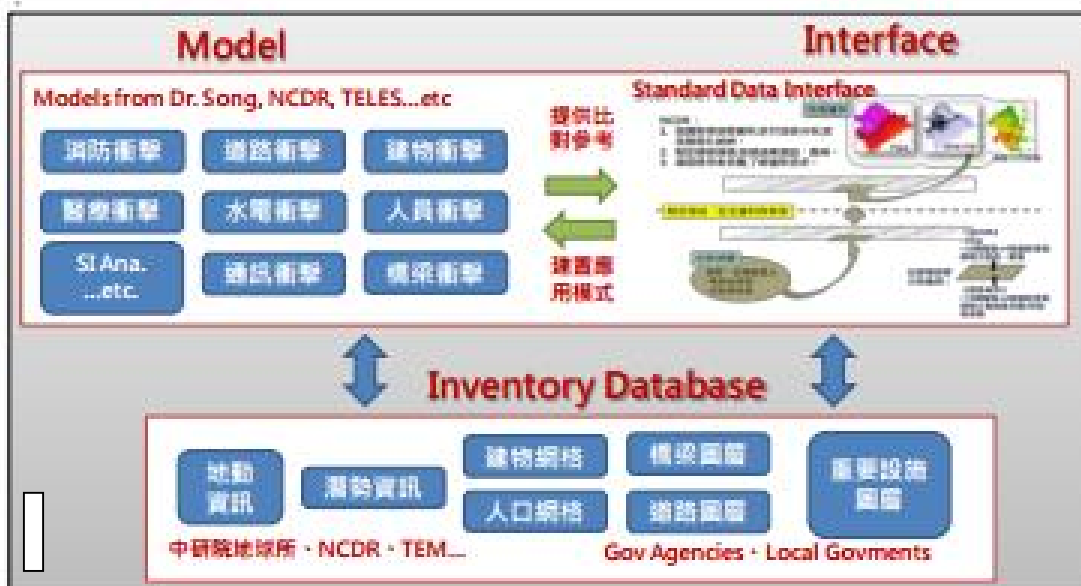
Checking of water flow

圖二十四：提供居民維生取水站及相關教育訓練

- D. 自來水機構、協力廠商簽訂合作契約或備忘錄十，支援供水、機具、人工、材料等

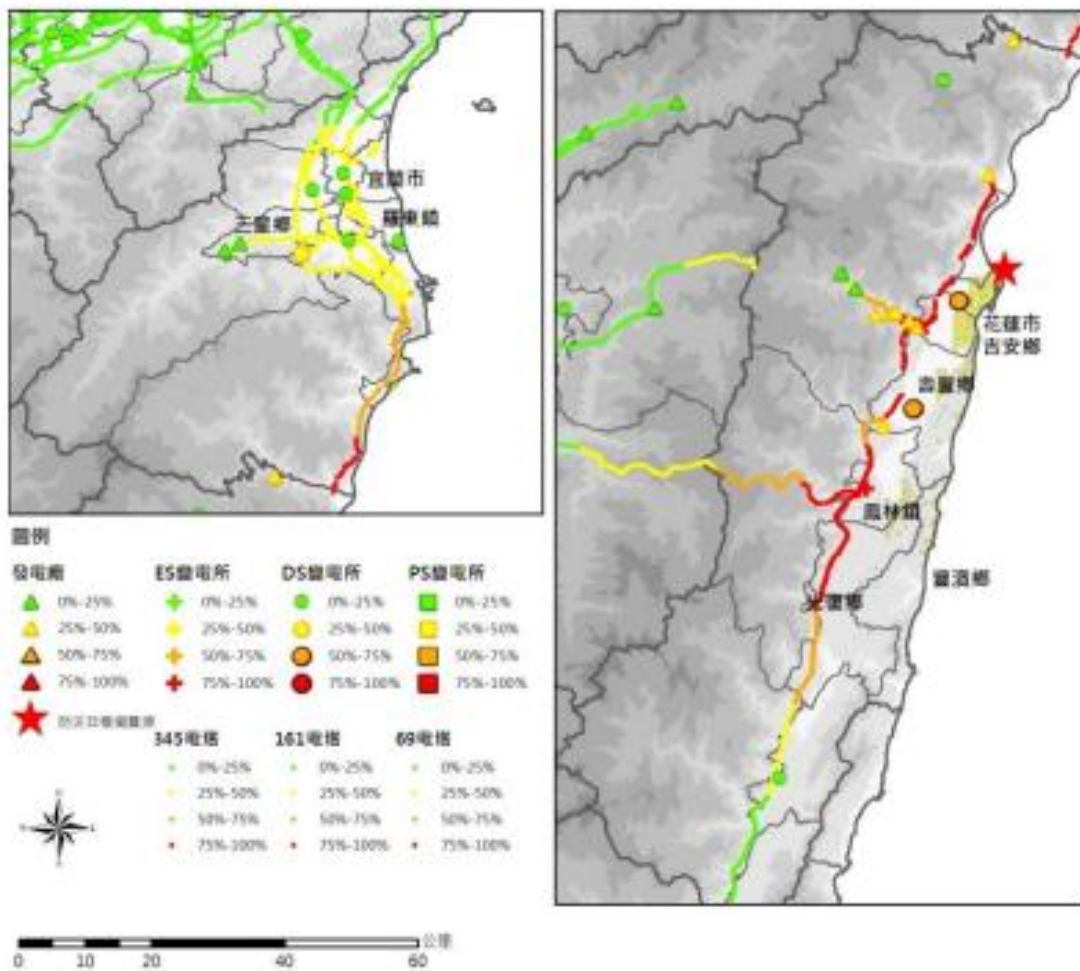
## (5) 災情預測系統

國家災害防救科技中心吳佳容研究員發表我國「地震衝擊研究與資訊應用平台」，該平台係結合地理空間資訊以及物理運算模式，設計一套整體性的地震衝擊評估自動化流程及平台環境，進而導入資訊系統的模組化設計開發方式，開發一個具有彈性與擴充性之地震災害衝擊平台，透過此平台的建置，能快速地提供地震災害研究者更完整的評估數據，以利後續之決策參考。現階段已完成建物、人員傷亡、橋梁、道路、電力系統、供水系統等直接衝擊分析模組，模擬地震發生之建物與人口的可能災害情境，透過衝擊分析結果之統計與 GIS 展示，提供震後疏散避難與緊急救援的空間性趨勢，做為防災政策規劃參考之依據(如圖二十五)

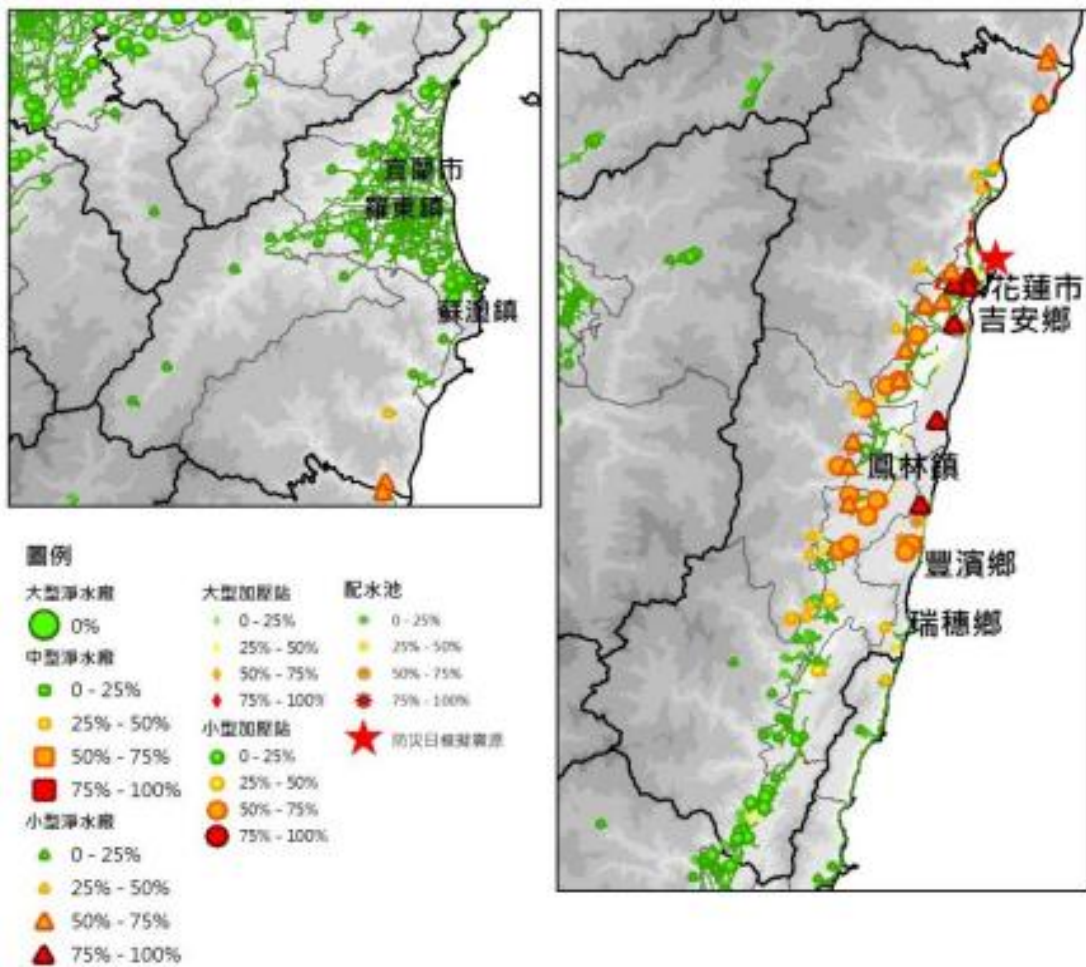


圖二十五：地震災害衝擊評估與資訊應用平台概略架構圖

以花蓮為例據評估結果顯示在震央附近有多處發電廠、變電所及電塔等設施遭受不同程度的損壞，並利用末端管網推估因電力中斷而導致的影響人口及分布情形。供水設施部分，依據評估結果顯示多處小型淨水場、小型加壓站及配水池損壞，而停水受影響的鄉鎮以花蓮市、吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鄉、豐濱鄉較為嚴重(如圖二十六、二十七)。



圖二十六：電力衝擊評估圖



圖二十七：供水衝擊評估圖

#### 4. 專題討論 (Group Discussion) 及耐震產品展示

參加國際學術會議，除了可以了解目前最新的研究趨勢與發表論文，接受國際同儕的審議外，更重要的是參與專業技術討論與認識同行專家。其中，認識同行專家尤其重要，同行專家可以提供寶貴資訊與諮詢意見，並可就某一雙方共同有興趣的議題進行深入討論，對於提升我國的學術水準將有莫大助益。而在會議上積極參與專業討論更是認識同行專家最有效的途徑之一。

本次專業技術討論設定三大主題：1. Pipeline Technologies. 2. Seismic Technologies and Preparedness. 3. BCP and Resilient Programs，並將人員依所發表的論文內容及背景分成三組(如表四)，透過各國專家學者發言，就所討論的議題可互相了解國際自來水設施耐震方面最新研究成果、應用、及未來發展方向，以利我國相關技術發展。

本次研討會有不少跟抗震、耐震及救災有關的廠商參加並且於現場其最新的展品，如DIP防震接頭(如圖二十八)及攜帶型緊急取水站(如圖二十九)，讓與會人員除了學術研究也具有實物的了解。

表四：專體討論分組表

Pipeline Technologies (3F)		Seismic Technologies (4F)		BCP and Resilient Programs (5F)	
Shu Kikuchi	J	Hiroshi Nagaoka	J	Hajime Nishikawa	J
Akihisa Ishida	J	Tomomi Suzuki	J	Nagahisa Hirayama	J
Keita Oda	J	Satoshi Inada	J	Kaoru Mochizuki	J
Nobuhiro Hasegawa	J	Etsuro Kawase	J	Yoshinari Kawase	J
Masakatsu Miyajima	J	Kimiyasu Ohtake	J	Hiroyoshi Honjo J	J
Yasutaka Uchimiya	J	Yoshiaki Asaka	J	Kazumasa Hashiyada	J
Takahiro Yamaguchi	J	Ban-jwu Shih	T	Yang Long Wu	T
Lap-Loi Chung	T	Kuo Ching Lin	T	Yu-Ting Kuo	T
Chin-Hsun Yeh	T	Carol C. Wu	T	Yu-Tang Huang	T
Jiunn Liang Lin	T	Ming-Fuw Wang	T	Chun-Wei Chang	T
Gee-Yu Liu	T	Serge V. Terentieff	U	John M. Eidinger	U
Craig Davis	U	William F. Heubach	U	Xavier Irias	U
Calvin Huey	U	Gordon L. Johnson	U	Jian Zhang	U
Kazuyuki Sakai	J	Hiroataka Honda	J	Toru Tomioka	J



圖二十八：日本DIP鑄管學會展示耐震接頭的耐震能力示意



圖二十九：攜帶型緊急取水站

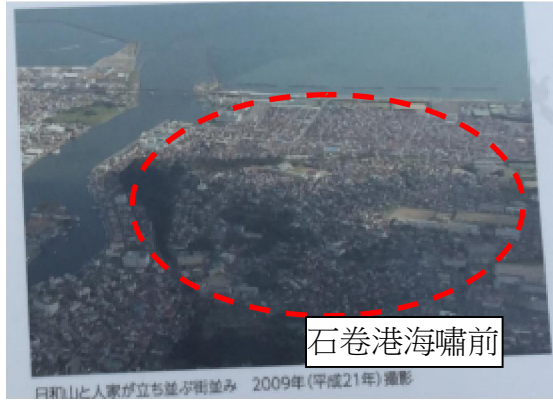
## 5. 技術參訪

首先參訪石卷市受311地震引起之海嘯影響區域，其中石卷港(圖三十)自江戶時代(西元16世紀)發展迄今已有4百餘年，由於當時沒有妥善的城市規劃，居住環境隨人口成長逐漸飽和，呈現擁擠之狀況，在311地震發生前，人口已達到11萬人，受311地震引起之海嘯影響，港口有約3千餘戶受到海嘯及火災損毀，2038人死亡，377人失蹤，原址將計畫改建為防災紀念公園，此外石卷市(圖三十一)本身受海嘯侵襲面積達73平方公里，佔該市13.2%，造成全市3178人死亡，20,038座橋梁全毀，13,046座橋梁半毀，房屋毀損達76.6%，最大沉陷可達1.2公尺。

其後參觀石卷市水道企業團(圖三十二)，聆聽有關自來水設施毀損(如圖三十三)、復原經過，及其緊急應變措施，此外石卷市災後復建計畫除原有設施復原外，尚包括擴充淨水場區及機房，以增加額外淨水能力，此外易受海嘯侵襲區域，重新檢討其都市規劃，增加防海嘯的高堤道路(如圖三十四)並建構公營災害庇護所



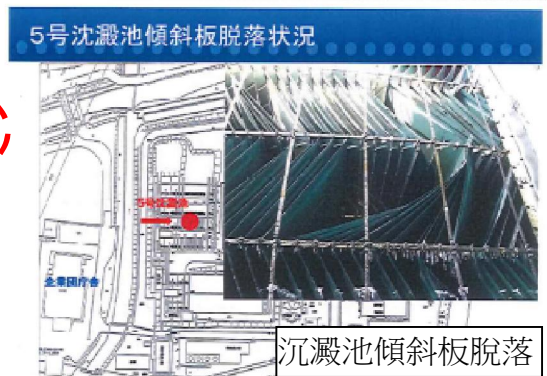
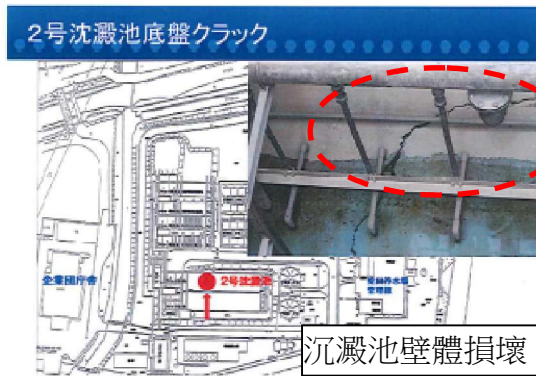
圖三十：參觀石卷市自來水廠



圖三十一：石卷港海嘯前後對照圖



圖三十二：石巻市海嘯前後對照圖





圖三十三：自來水設施損壞情形

## 復興計画と概要

### 構成市及び県・国の震災復興計画

#### 防災集団移転

居民於臨時供水站取水

#### 高盛土道路の建設

全国支援車輛



津波により壊滅的な被害を受けた地域の復旧は、構成市及び県・国の復興計画に併せて施設及び配水管等の整備を進める事となる。

70

易受海嘯侵襲區域重新檢討其都市規劃，設計高堤道路及緊急避難處所，並將重要設施移往內陸

圖三十四：防災都市計劃設置高堤道路

## 6. 閉幕及回請晚宴

10月16日研討會圓滿結束後即舉行閉幕典禮，同時宣佈2017年台美日自來水設施耐震對策研討會將在台灣舉行，由吳秘書長上台致詞謝謝主辦單位的用心成功的主辦此次研討會並歡迎大家2017年能攜眷到台灣參加，除參加研討會外亦可品嚐台灣美食、欣賞美景，我們將善盡主之誼努力辦好2017年的研討會活動。閉幕典禮完後所由與會團員與仙台市主辦同仁一起合影留念（如圖三十五）。同時我們也準備一些小禮物（由台水公司、北水處、國家災防中心提供）送給與會人員及主辦單位（圖三十六）。

回請晚宴是台美日自來水設施耐震對策研討會的一項傳統，由於與會員均未繳交任何費用，所由會場、設備、餐點及服務人員均由主辦國負擔，因此非主辦國會安排一個晚宴，聯合回請與會人員，晚宴於10月15日設於仙台市麒麟啤酒場附設餐廳，由美國自來水協會與中華民國自來水協會聯合作東，與會人員均賓主盡歡。



圖三十五：所有團員與仙台水道局主辦人員合影



圖三十六：吳秘書長與台水公司、北水處及國家災防中心代表致贈與會人員小禮物

#### 四、心得與建議

1. 台灣與美西、日本同屬環太平洋地震帶，屢受地震的侵襲而造成災害，自來水供水系統為重要的生命線，如何確保其安全及降低供水系統的損壞及影響，是極為重要的課題，已辦理9屆的台美日自來水設施耐震對策研討會，藉由國際間產、官、學界之交流，不斷的互相吸收相關知識及經驗交流，均獲益匪淺。
2. 台灣近幾年擬定長期性的供水系統汰換及改善計畫並積極推動中，初步的成果，除了在漏水率降低的成效外，也因汰換成耐震管材而提升系統的抗震能力，而各供水區的相互支援機制、供水備援系統的逐步建置，擴建淨水設備備戴能力、設置緊急維生供水設施與演練等，亦應逐步推動，相信多一分準備在真正地震來臨時定可有效降低損害，對供水安全多一分保障。
3. 由於地層錯動所造成供水系統損壞最為嚴重，前發生在台灣的地集大地震就是明顯的例子，台灣的地理及地質條件造就斷層多，供水系統管線穿越斷層的機會也多，因此設計時應慎重考量因地層錯動所可能發生的變位及影響，有必要採用適當的設計、以降低或避免損壞發生。此次研究會有甚多論文探討管線穿越斷層的設計及案例，現場也有管線專業廠商介紹其穿越斷層的產品，可作為日後設計採用的參考。
4. 地震往往造成山區地質條件的變動，遇強降雨易造成山崩，往往引起原水濁度飆高，進而影響自來水的淨水處理及供應，今年8月蘇迪勒颱風、9月杜鵑颱風，所帶來的強降雨及山崩造成原水濁度高達2、3萬度，超出淨水場的處理能力，淨水場因而停止進(出)水，造成台北供水區部分地區受影響或區域停水。在極端氣候已逐漸成為常態情況下，未來類似情形可能會經常發生，自來水單位應未雨綢繆；東京水道局對災害事故於事前預作規劃，模擬緊急事故發生時的狀況及演練救災事宜，以利問題發生時能提供即時有效的決策，使能迅速和有效地恢復正常及安全之供水，可供自來水單位學習參考。
5. 參加國際會議，尤其專題性的研討會，除了可掌握國際最新趨勢與認識同行專家，透過發表論文與討論，接受來自於國際同儕的審議與寶貴意見，更有助於對討論專題的了解及提升本身的智能，對日後推動或執行相關業務也會有一定的助益；本協會可結合國內自來水相關領域的專家學者就某一共同有興趣的議題進行深入討論，藉以提升自來水技術水準及協助解決自來

水面臨的相關問題。

6. 主辦單位日本水道協會及仙台水道局的全力動員及準備，讓會議得以完滿進行，獲得與會人員的高度肯定並留下極佳的印象，2017年第10屆台美日自來水設施耐震對策研討會將由台灣主辦，本協會將結合國內相關單位通力合作，預先做好準備工作，全力辦好研討會，使與會者能感受我們的用心與努力。

附件：

- (一) 「第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會」專題研講資料
- (二) 「第9屆台美日自來水設施耐震對策研討會」台、美、日各國發表研究論文集