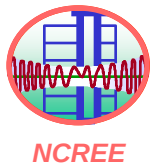


自來水系統耐震研究與應用

劉季宇



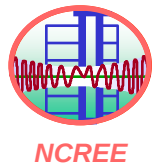
簡報大綱

+ 引言

+ 研究課題

- 自來水系統震損評估技術
- 自來水系統震損早期評估
- 自來水管線過斷層耐震分析
- 自來水管材耐震測試
- 自來水管線耐震設計需求

+ 結語



引言

自來水耐震研究

自來水系統地震損失評估技術及其應用



自來水管線設施耐震分析、設計、評估、補強與試驗



2010

2011

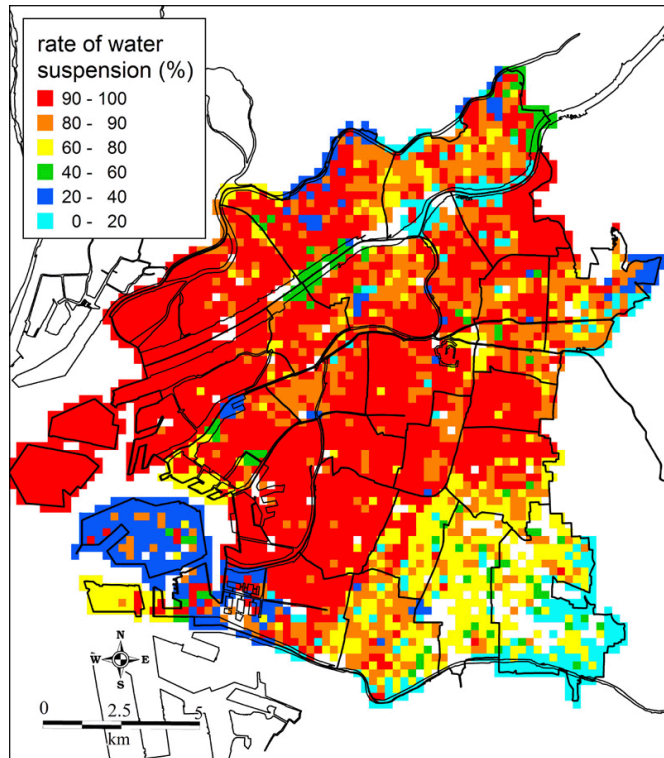
2012

2013

2014

自來水系統地震損失評估技術應用範例

大阪市水道局推估上町斷層
地震作用下缺水率分布(震後
24hr；採水理分析)

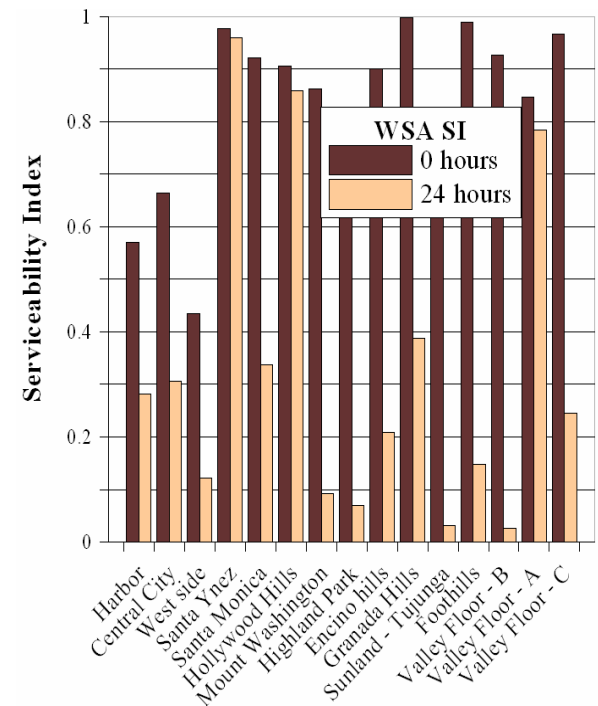
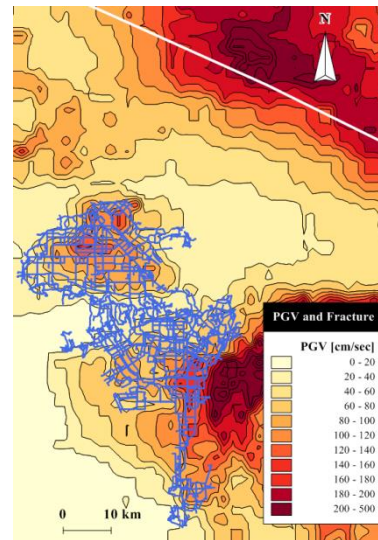
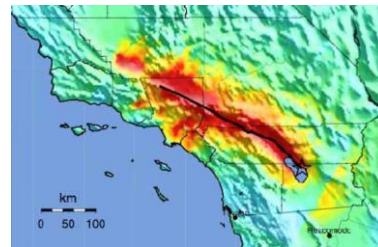


(Sagara et al., 2009)

洛杉磯水電部進行震災境況模擬

- M7.8 Southern San Andreas Fault earthquake
- Recurrence Interval: 150yr; elapsed time: 300yr

預估有\$87 Billion震後火災與\$53 Billion
營業中斷損失



震後0hr及24hr各區供水率
(採水理分析; Davis 2009)

自來水管材耐震試驗範例

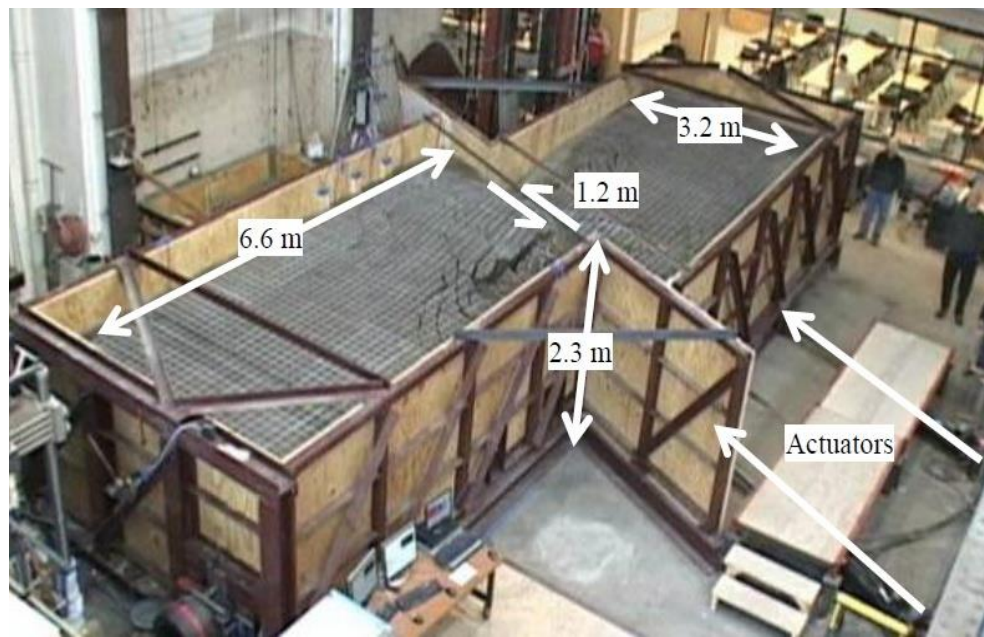
康乃爾大學自來水管材試驗裝置

右：撓曲試驗

下：地層錯動試驗系統



Development of High Seismic Performance Pipe for Crossing Active Faults, Nobuhiro Hasegawa, Toshio Imai and Nobuhisa Suzuki, **JFE Eng. Co.** (2009)



A Study of A Simple Design Method for Ductile Iron Pipelines Buried across a Fault, Shogo Kaneko, **Kubota Corp.** (2011)

管線耐震設計需求與容量

耐震容量

管材製造、研發

管線耐震安全

耐震需求

管線設計、採購

- 管材耐震性能分級、認證
- 管材耐震試驗標準程序
- 相關試驗設施

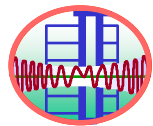
- 地下管線耐震設計規範
- 地震動、土壤液化災害潛勢圖(危害度分析)
- 管線耐震需求訂定

- ✚ 需求(demand)是指在設計地震下所需要材料強度，自來水管線因為地震動、斷層錯動或土壤液化而變形並受損，與地震危害度及工址特性有關
- ✚ 容量(capacity)是指材料本身所能提供之強度與變形

自來水系統地震損失評估技術

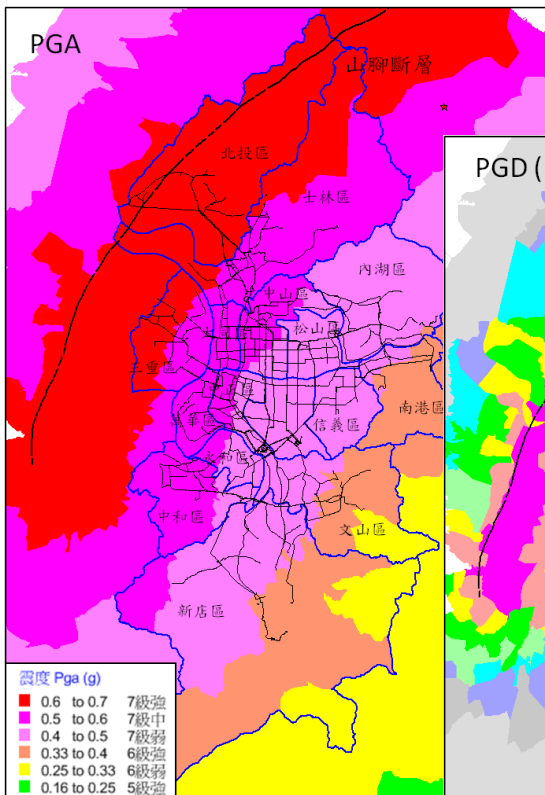
研究目的、現況與前瞻

- ✚ 旨於發展本土化的自來水系統地震損害與損失評估技術，供事業單位進行地震風險評估與管理之用
 - 自來水管線與設施
 - 自來水管網系統
- ✚ 已完成項目：
 - 自來水管線災損率檢討
 - 自來水管線災損點修復所需之隊-時、金額推估參數
 - 自來水管網水力分析
- ✚ 後續研究重點：
 - 重要設施如配水池、加壓站、水管橋之耐震易損性
 - 震後供(缺)水率分布與緊急用水需求推估

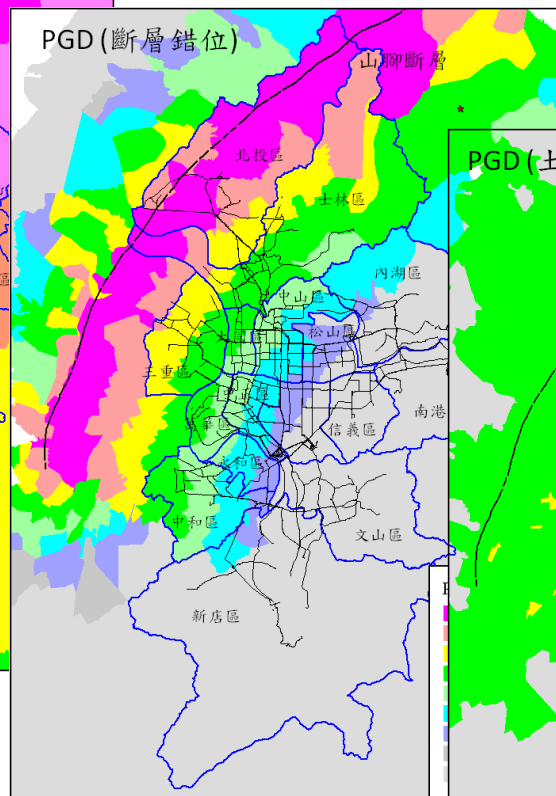


NCREE

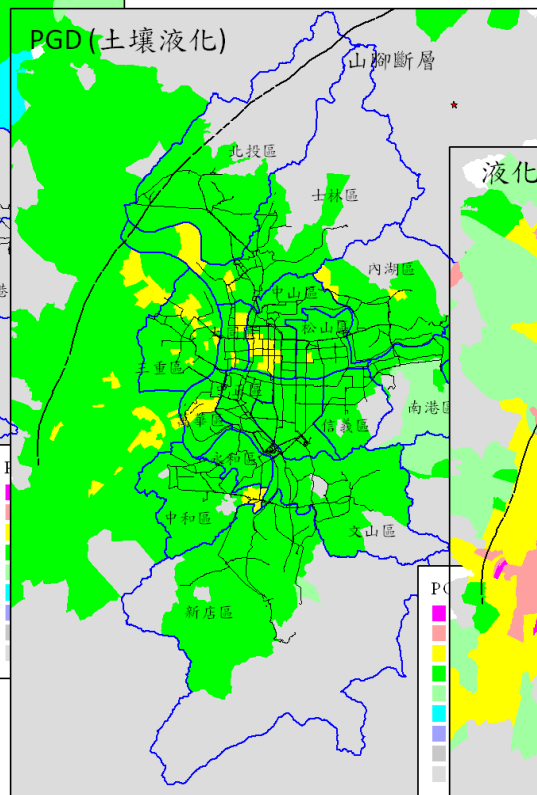
地震災害潛勢推估 山腳斷層M7.1模擬地震



最大地表加速度

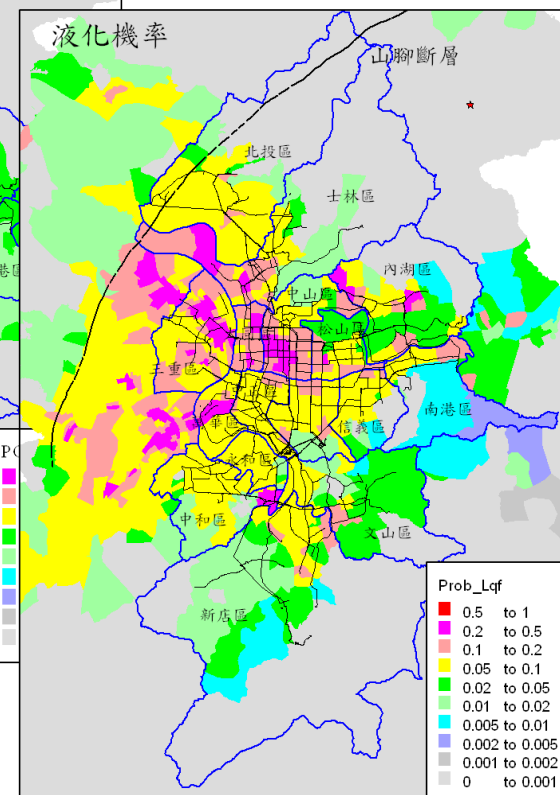


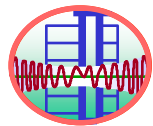
斷層錯動引致
地表永久位移



土壤液化引致
地表震陷位移

土壤液化機率





NCREE

自來水管網震後供水率推估技術

震源參數

地震事件

地震動參數衰減律
場址效應
斷層區域錯動量模式
液化敏感類別
地下水位...

地震災害潛勢分析

地表震動
推估

地表變形
推估

設備易損性模式
管線災損率經驗公式
斷電...

管線損壞
推估

設施
損壞
(失能)
推估

管線災損點
分佈推估

GIS空間分析
EPANET水理計算
前、後處理模組
圖形化使用者介面
...

受損管網水理分析

自來水震後供水率

輸入EPANET
管網資料

隨機模擬管線災損點

移除斷裂管線

[從管網圖形複本]

找出無供水子管網

[從管網圖形複本]

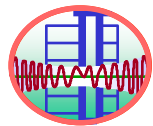
損壞管線模擬

[排除無供水子管網管線]

修改管網水理模型

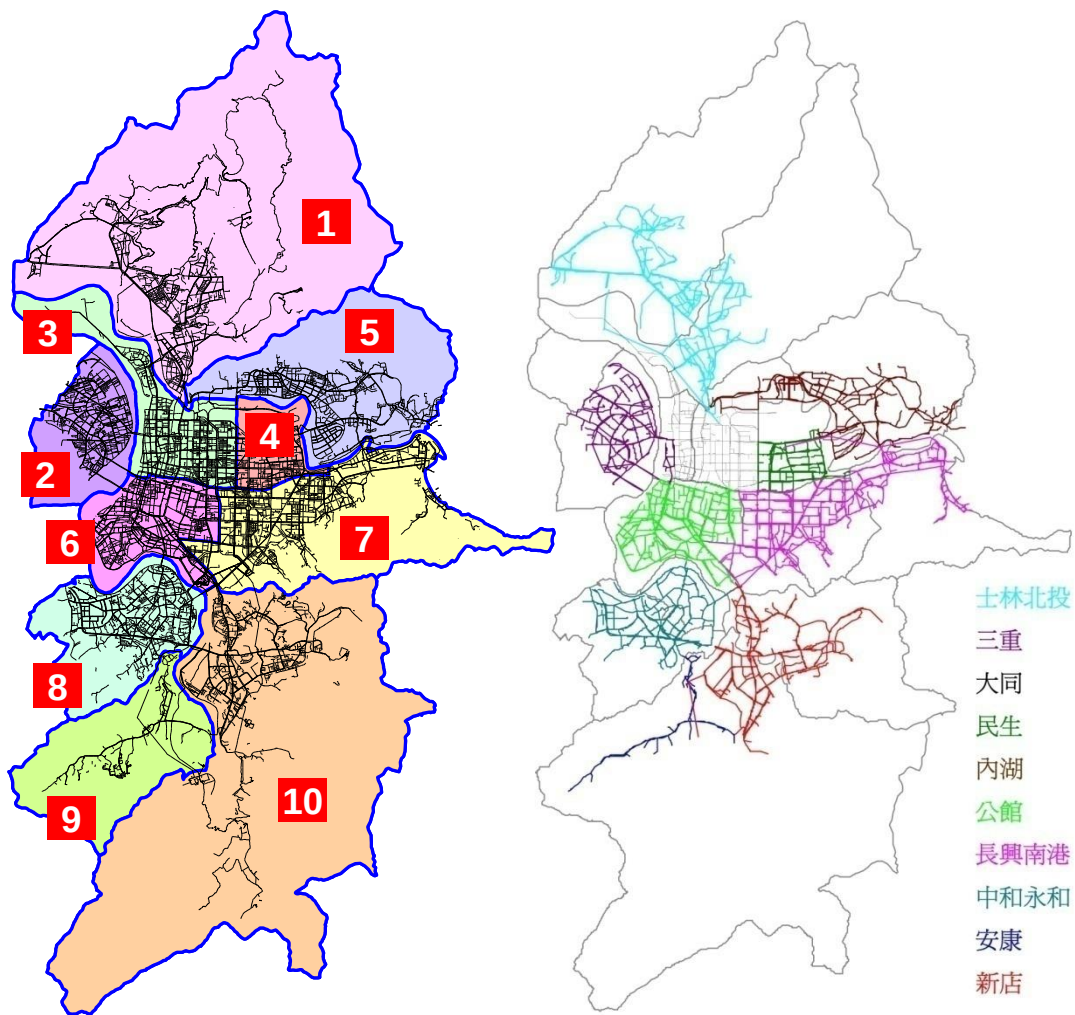
執行EPANET

啟動負水壓節點移除程序



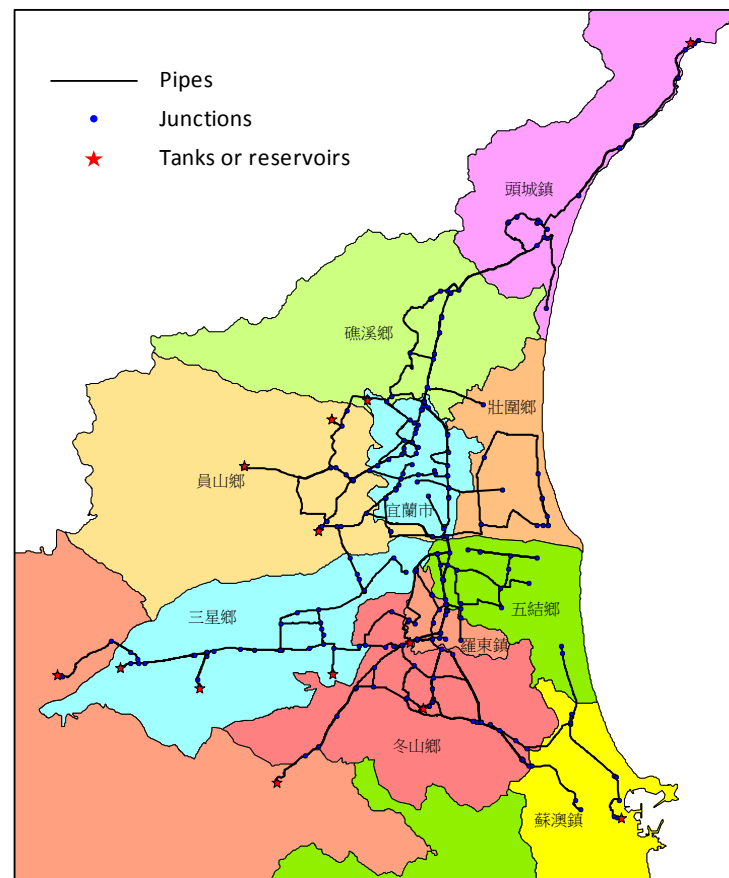
NCREE

自來水管網模型



北水處管網之供水分區

(左：套疊實際管線，右：套疊EPANET管網模型)



台水八區(宜蘭)之管網系統

自來水管線災損率與修正係數

中管徑PVCP管災損率公式：

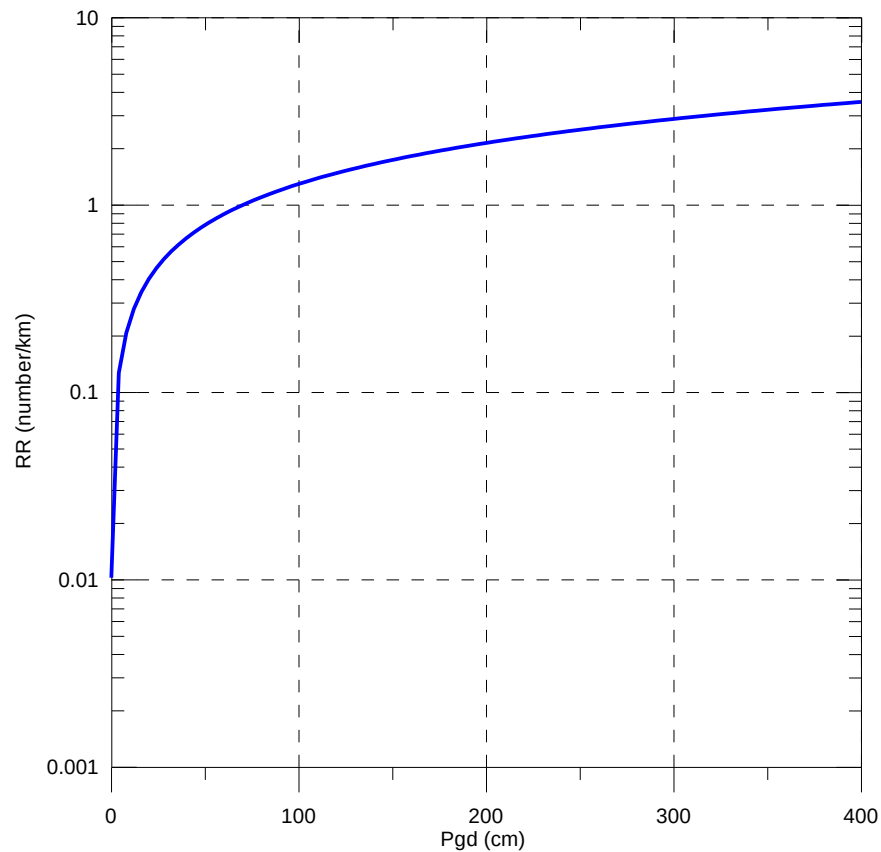
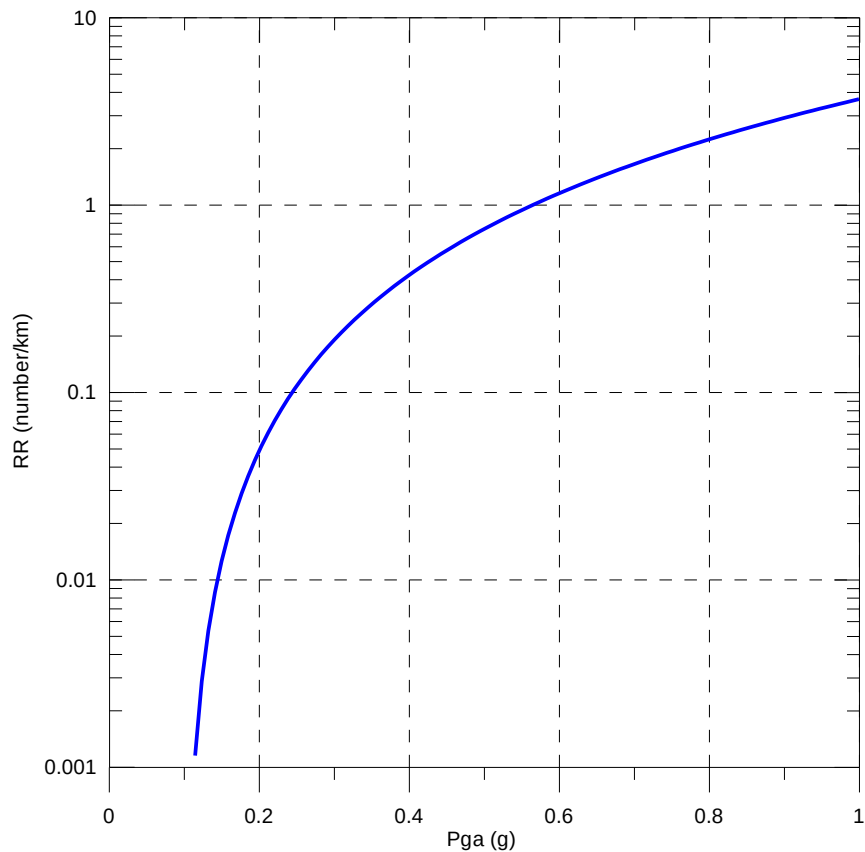
$$RR_0 = \max(RR_{PGA}, RR_{PGD(Fault)}) + RR_{PGD(Liquefaction)} \cdot p_{Liquefaction}$$

其他管線 $\Rightarrow RR = C \cdot RR_0$

管材、管徑修正係數(Miyajima et al., 2011)：

管材	代表管種	修正係數	管徑	管徑區間	修正係數
T2	DIP(K), SP, SSP, HDPE	0.63	S1	13-80mm	2.86
T3	PVCP(RR), PEP, HIWP	1.00	S2	100-250mm	1.00
T4	DIP(A)	1.25	S3	300-450mm	0.29
T5	CIP, PVCP(TS), MJP, PCCP	3.13	S4	500-800mm	0.14
T6	GIP, RCP, ACP, ABSP, LP, FRP	9.38	S5	900mm以上	0.07

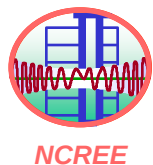
中管徑PVCP管災損率: RR_{PGA} 與 RR_{PGD}



$$RR_{PGA} = 4.501 \cdot (PGA - 0.1)^{1.97}$$

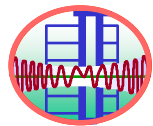
$$RR_{PGD} = 0.04511 \cdot PGD^{0.728}$$

(PGA in g, PGD in cm)



不同管材與管徑之損壞與損失模型

管徑	管徑範圍 (mm)	管材 (耐震性)	地表震動 損壞管線 斷裂機率	土層破壞 損壞管線 斷裂機率	修復所需金額 (單位：千元)		所需修理隊時 (單位：小時)	
					斷裂	滲漏	斷裂	滲漏
S5	900以上	T2	0.20	0.60	360	180	42	21
S5	900以上	T3	0.25	0.65	360	180	42	21
S5	900以上	T4	0.30	0.70	360	180	42	21
S5	900以上	T5	0.35	0.75	360	180	42	21
S5	900以上	T6	0.40	0.80	360	180	42	21
S4	500-800	T2	0.20	0.60	176	88	27	13.5
S4	500-800	T3	0.25	0.65	176	88	27	13.5
S4	500-800	T4	0.30	0.70	176	88	27	13.5
S4	500-800	T5	0.35	0.75	176	88	27	13.5
S4	500-800	T6	0.40	0.80	176	88	27	13.5
S3	300-450	T2	0.10	0.50	90	45	19	9.5
S3	300-450	T3	0.20	0.60	90	45	19	9.5
S3	300-450	T4	0.30	0.70	90	45	19	9.5
S3	300-450	T5	0.35	0.75	90	45	19	9.5
S3	300-450	T6	0.40	0.80	90	45	19	9.5
S2	100-250	T2	0.10	0.50	50	25	11	5.5
S2	100-250	T3	0.20	0.60	50	25	11	5.5
S2	100-250	T4	0.30	0.70	50	25	11	5.5
S2	100-250	T5	0.35	0.75	50	25	11	5.5
S2	100-250	T6	0.40	0.80	50	25	11	5.5
S1	10-80	T2	0.10	0.50	32	16	7	3.5
S1	10-80	T3	0.20	0.60	32	16	7	3.5
S1	10-80	T4	0.30	0.70	32	16	7	3.5
S1	10-80	T5	0.35	0.75	32	16	7	3.5
S1	10-80	T6	0.40	0.80	32	16	7	3.5



NCREE

山腳斷層模擬地震北水處管線災損推估



山腳斷層M7.1地震(d=10km) 災損推估



	斷裂數	滲漏數	總災損數	所需修理隊時(小時)	修復所需金額(千元)
北投區	890	452	1,342	11,172	52,512
士林區	224	423	647	4,321	20,972
三重區	141	296	437	3,038	14,696
中和區	125	278	404	2,541	12,395
中山區	136	261	397	2,773	13,752
大安區	110	218	328	2,283	11,385
中正區	121	268	389	2,448	11,941
新店區	270	880	1,150	8,800	38,800
萬華區	270	880	1,150	8,800	38,800
信義區	270	880	1,150	8,800	38,800
文山區	270	880	1,150	8,800	38,800
永和區	270	880	1,150	8,800	38,800
大同區	270	880	1,150	8,800	38,800
內湖區	270	880	1,150	8,800	38,800
松山區	64	127	190	1,282	6,275
南港區	25	59	84	549	2,695
總計	2,299	3,326	5,625	40,168	194,875

總災損數5,625個
 損失金額約2億元
 所需修理隊時40,168小時
 若以100個搶修小隊、每天工作10小時推算，約需1個多月的時間(40工作天)才能全面復水。

2012/12/05

自來水接續管線受震位移及滲漏之試驗研究案

38



不同震源深度比較(2/2)



CYCU

d = 10KM

	斷裂數	滲漏數	總災損數	修理隊時	修復金額
北投區	890	452	1,342	11,172	52,512
士林區	224	423	647	4,321	20,972
三重區	141	296	437	3,038	14,696
中和區	125	278	404	2,541	12,395
中山區	136	261	397	2,773	13,752
大安區	110	218	328	2,283	11,385
總計	2,299	3,326	5,625	40,168	194,875

d = 20KM

北投區	212	448	660	4,225	20,526
士林區	164	386	549	3,505	17,137
中和區	121	268	389	2,448	11,941
總計	1,521	3,208	4,728	31,598	155,123

d = 40KM

中山區	34	45	79	594	2,915
大安區	26	47	73	515	2,563
中和區	23	46	68	438	2,140
總計	303	539	841	5,829	28,569

2012/12/05

自來水接續管線受震位移及滲漏之試驗研究案

43



山腳斷層M7.1地震(d=10km) 管線汰換效益



	現有狀況		S3 置換成T2管材		S2、S3 置換成T2管材		S1、S2、S3 置換成T2管材	
	管損數	修復金額	管損數	修復金額	管損數	修復金額	管損數	修復金額
T3管材	201,711	89,419	4,970					
T4管材	14,676	1,331,203	376,753					
T5管材	101,921	662,266	101,983					
T6管材	2,575	10,719	1,280					
總長(m)	320,883	2,093,607	484,987					
內湖區	194	6,560	189	6,212	114	3,413	97	3,038
士林區	647	20,972	638	20,325	396	11,211	293	8,840
北投區	1,342	52,512	1,312	50,030	748	24,753	472	17,004
三重區	437	14,696	427	14,024	238	6,982	206	6,235
中和區	404	12,395	396	11,902	238	6,156	162	4,438
永和區	199	6,384	196	6,144	107	2,910	80	2,302
新店區	270	8,800	261	8,307	181	5,359	115	3,853
總計	3,625	194,875	5,498	185,938	3,135	94,311	2,232	72,411

2012/12/05

自來水接續管線受震位移及滲漏之試驗研究案

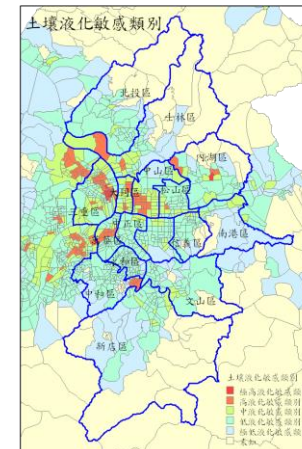
41



高土壤液化敏感類別區域之曝險量



CYCU



	極高液化敏感類別之村界		高土壤液化敏感類別之村界	
	管損數	修復金額	管損數	修復金額
T3管材	15,019	870	4,831	23
T4管材	5,353	124,908	57,871	147
T5管材	4	26,692	12,329	39,025
T6管材	203	12,314	12,517	12,517
S5管徑	37	9,246	9,284	9,284
總計(m)	20,616	152,469	96,592	169,269,846

2012/12/05

自來水接續管線受震位移及滲漏之試驗研究案

44

自來水加壓管流之水理分析原理

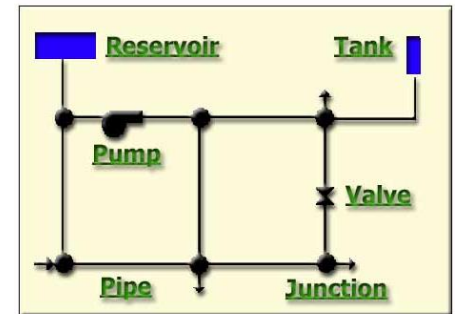
假設自來水管網具有 N 個一般節點、 N_F 個固定節點 (reservoirs或tanks)、 N_p 個管線(pumps為管線的一種)，則此問題有：

未知數

- 節點水頭： h_i (no. = N)
- 管線流量： q_{ij} (no. = N_p)

統御方程式

- 節點連續方程式 (no. = N , linear in q_{ij})
- 管線水頭損失方程式 (no. = N_p , nonlinear in q_{ij})
 - ▶ Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, or Chezy-Manning eqns.
 - ▶ minor loss



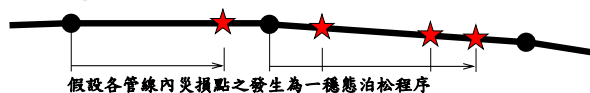
N nodes + N_p pipes

自來水受損管網之水理模型

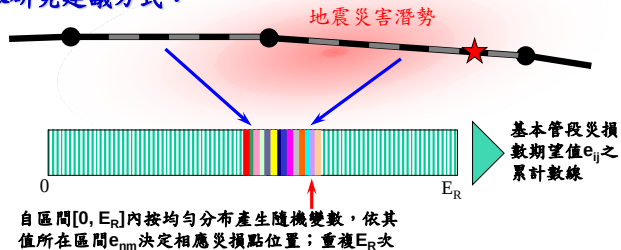


災損點位置決定方式

一般方式：



本研究建議方式：



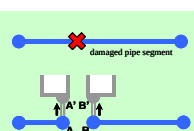
2013/10/09

自來水系統耐震研究與應用

19

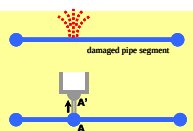


管線斷裂點、滲漏點水理模型



斷裂

1. 決定管線斷裂位置(以及其高程)
2. 移除原管線
3. 新增二節點A、B於斷裂位置
4. 新增二段Pipes(材質同原管線)，分別連接原管線端點與A、B二節點
5. 新增二節點A'、B'並指定為Reservoirs(賦予該斷裂位置之高程)
6. 再新增二段Pipes，分別連接節點A、B以及節點A'、B'
7. 指定步驟6新增之二段Pipes具有check valve以防止逆流



滲漏

1. 決定管線滲漏位置(以及其高程)
2. 移除原管線
3. 新增節點A於滲漏位置
4. 新增二段Pipes(材質同原管線)，分別連接原管線端點與節點A
5. 新增節點A'並指定為Reservoir(賦予該滲漏位置之高程)
6. 再新增一段Pipe連接節點A與節點A'
7. 指定步驟6新增之Pipe具有check valve以防止逆流
8. 指定步驟6新增之Pipe具有與滲漏型態(相應之滲漏面積)相符的管徑

2013/10/09

自來水系統耐震研究與應用

21



自來水管線損壞型式與發生機率

自來水管線滲漏與斷裂佔修理總數百分比

		DIP	CIP	PVCP	SP	HDPE	PCCP	MJP	RCP
管線滲漏		100	80	40	40	100	80	80	80
管線斷裂		0	20	60	20	0	20	20	20

自來水管材各種滲漏種類的發生機率

		DIP	CIP	PVCP	SP	HDPE	PCCP	MJP	RCP
拉脫		0.60	0.40	0.20	-	-	0.4	0.5	1.0
弧向裂縫		-	0.17	-	-	1.0	0.4	0.5	-
軸向裂縫		-	0.03	0.80	-	-	-	-	-
管壁局部脫落		0.25	0.30	-	-	-	0.2	-	-
管壁局部撕裂		0.15	0.10	-	1.0	-	-	-	-

2013/10/09

自來水系統耐震研究與應用

20



負水壓處理程序比較

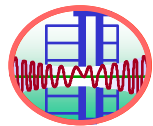
研究者	處理程序	說明
Shinozuka 等人(1981)	將所有負水壓節點以及所有與之相連的管線全部移除，再重新執行水理分析，如此不斷重複迭代，直到負水壓不再出現為止	須進行迭代，可能嚴重低估供水能力
Ballantyne 等人(1990)	假設出現負水壓之節點為沒有管流經過，直接以無法供水視之	不須進行迭代，計算簡單，較無低估供水能力之虞
Markov 等人(1994)	將所有負水壓節點區分為No-flow(負水壓最嚴重之節點)或是Partial-flow(其他節點)，前者直接移除，後者藉由調整管壁粗糙度而使節點壓力值修正為零，如此不斷重複迭代，直到負水壓不再出現為止	須進行迭代，說理困難且不保證有解(調整管壁粗糙度會出現不合理結果)
O'Rourke 等人(2006; GIRAFFE 軟體採用本方法)	從所有負水壓節點中選取負水壓最嚴重的一個節點，將之連同所有與之相連的管線一併移除，再重新執行水理分析，如此不斷重複迭代，直到負水壓不再出現為止	須進行迭代，一次只移除一個節點，其餘以管流重分配而決定之，結果更具代表性

進行迭代時，均須考慮移除孤立子(islands)的問題

2013/10/09

自來水系統耐震研究與應用

22

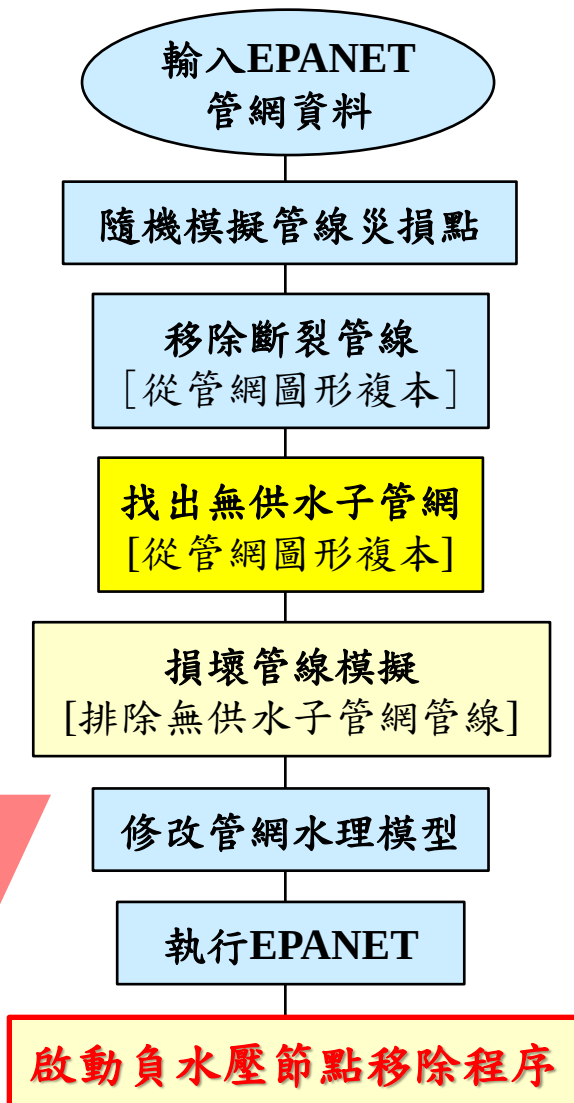


NCREE

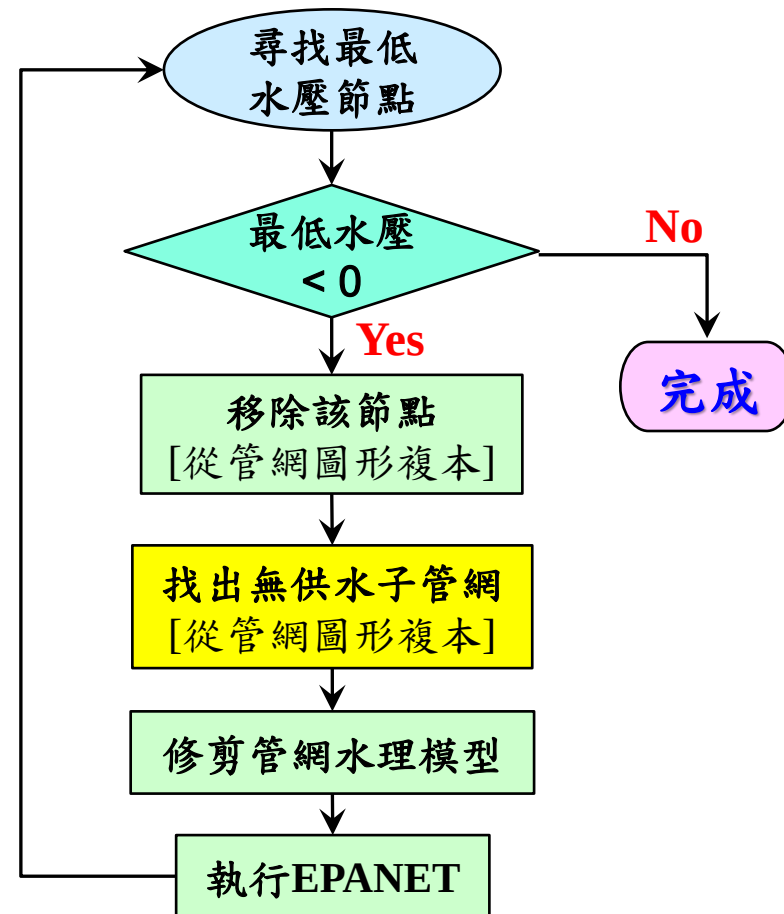
自來水系統震後服務效能分析

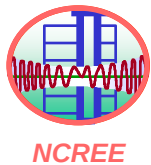
負水壓處理

受損管網水力分析



負水壓節點移除程序



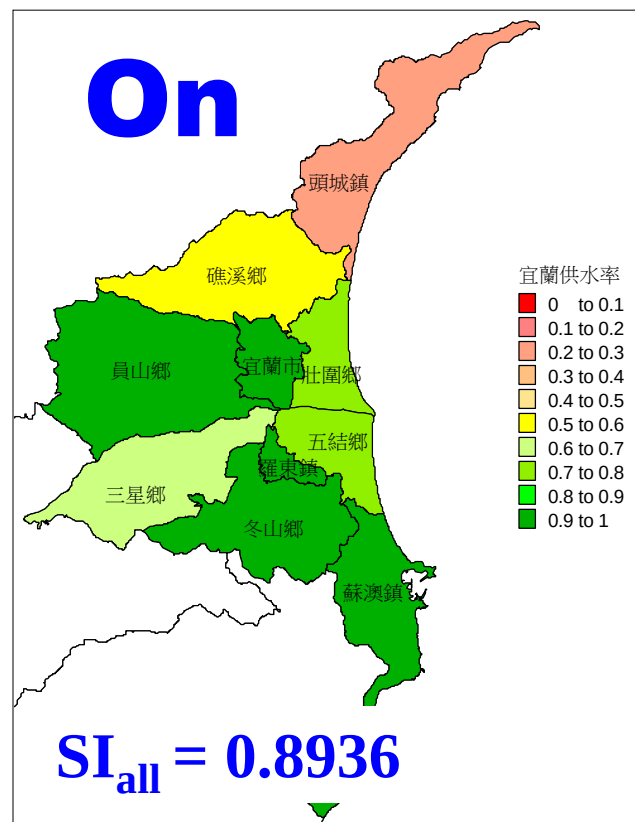
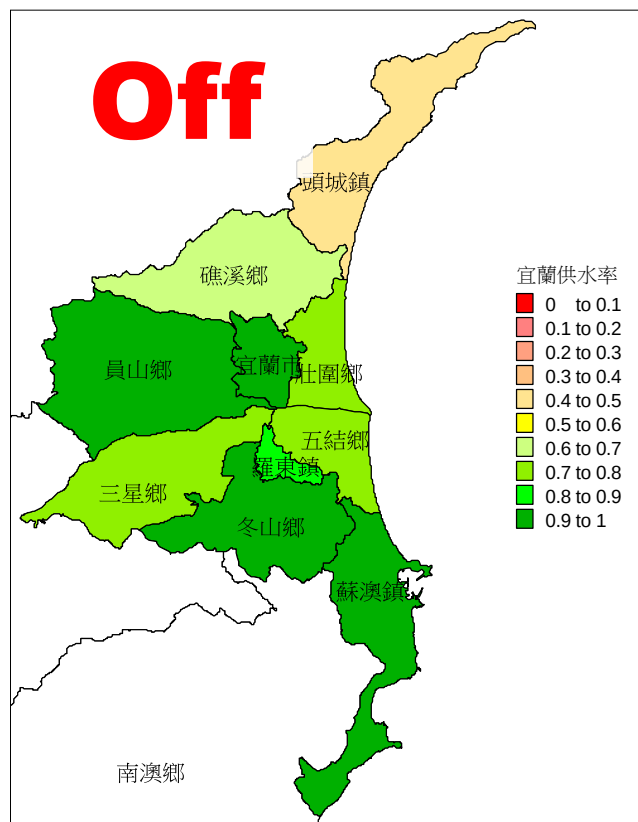


孤立子管網辨識

- ✚ 以圖論(Graph Theory)演算法辨識孤立子管網
- ✚ 導入BGL (Boost Graph Library)程式庫
 - BGL與EPANET程式庫合作：建立EPANET管網圖形複本
 - 依管網損壞情況或負水壓節點分布，修正管網圖形複本
 - ▶ 依管網圖形複本新增或移除Nodes與Links
 - 將修正後管網輸入BGL演算法(`connected_components`)
 - ▶ 得到孤立子管網數
 - ▶ 各節點依序標記所屬子管網之編號

宜蘭外海M7.1模擬地震事件(1/2)

- ✦ 蒙地卡羅法100次隨機模擬之平均震後供水率分布推估結果
- ✦ 頭城鎮震後供水率最低：0.2552 (On)、0.4346 (Off)
- ✦ 礁溪鄉震後供水率次低：0.5951 (On)、0.6664 (Off)
- ✦ 負水壓處理程序On或Off，結果趨勢一致：On < Off



宜蘭外海M7.1模擬地震事件(2/2)

供水率Max (44th模擬)

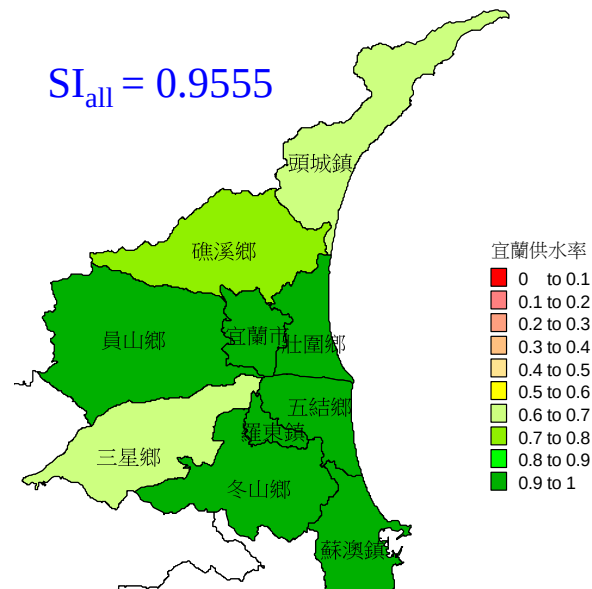
管線損壞
模擬後



負水壓節點
移除後



$SI_{all} = 0.9555$

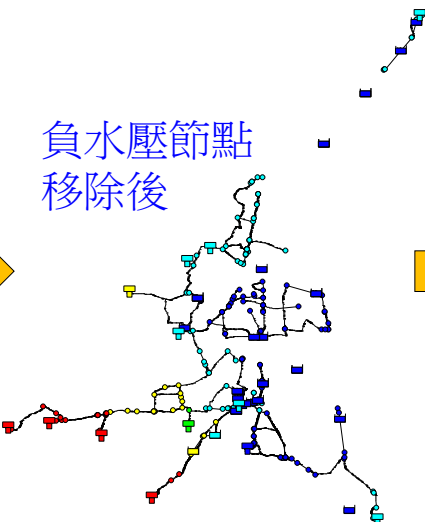


供水率Min (93th模擬)

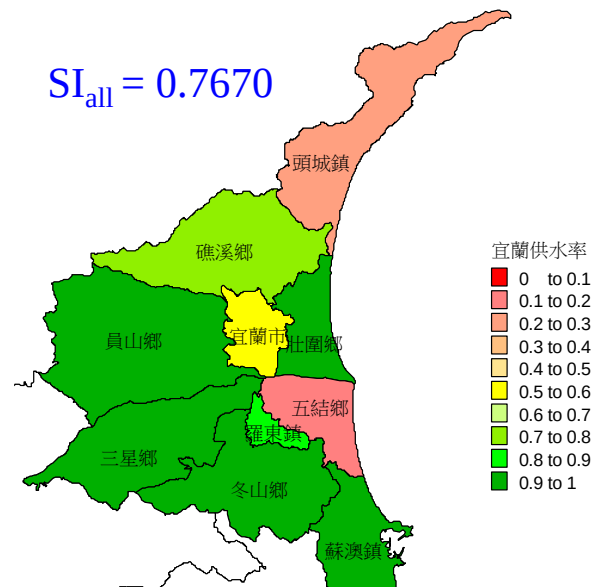
管線損壞
模擬後



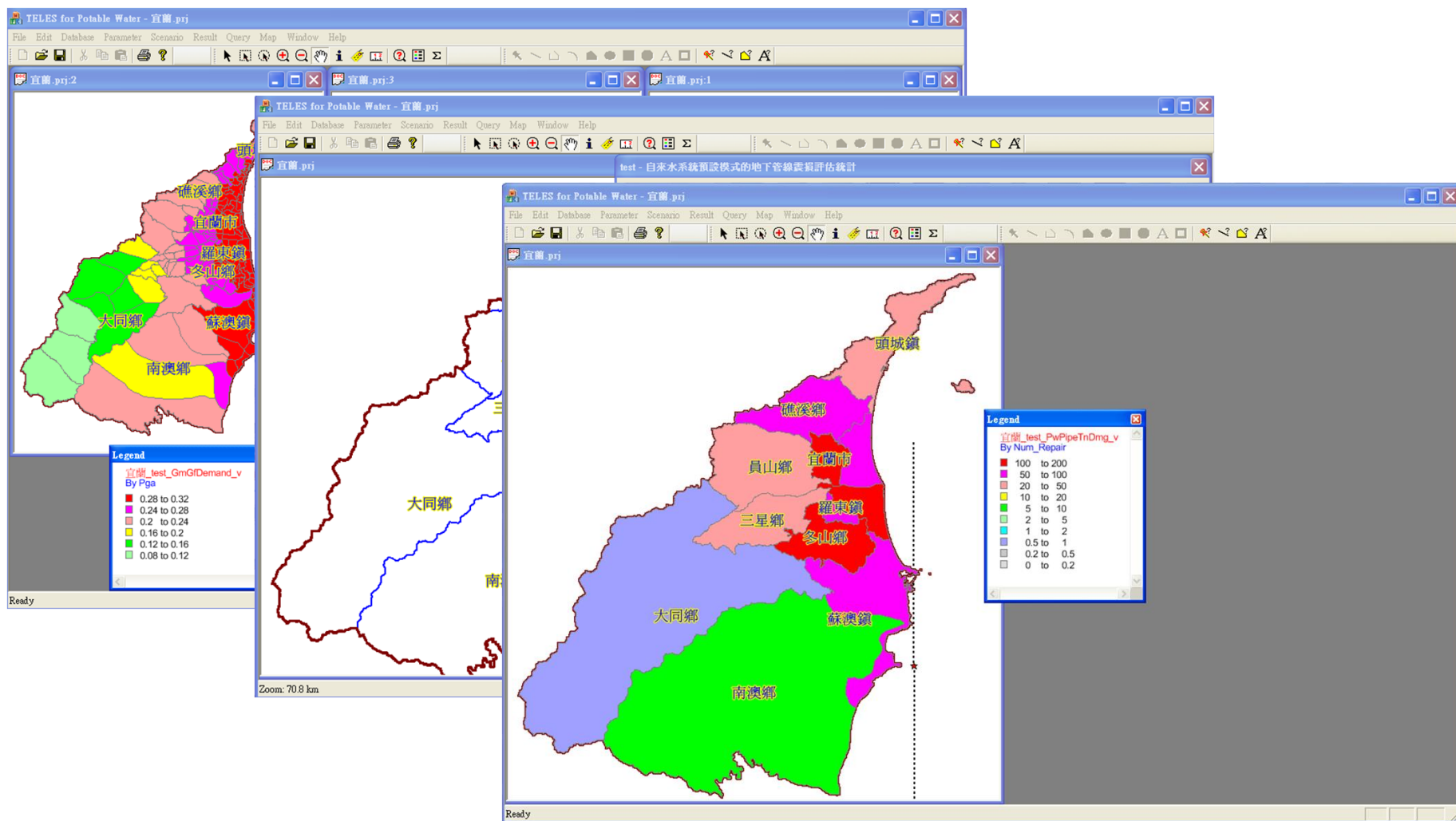
負水壓節點
移除後



$SI_{all} = 0.7670$



自來水管線系統地震損失評估GIS軟體

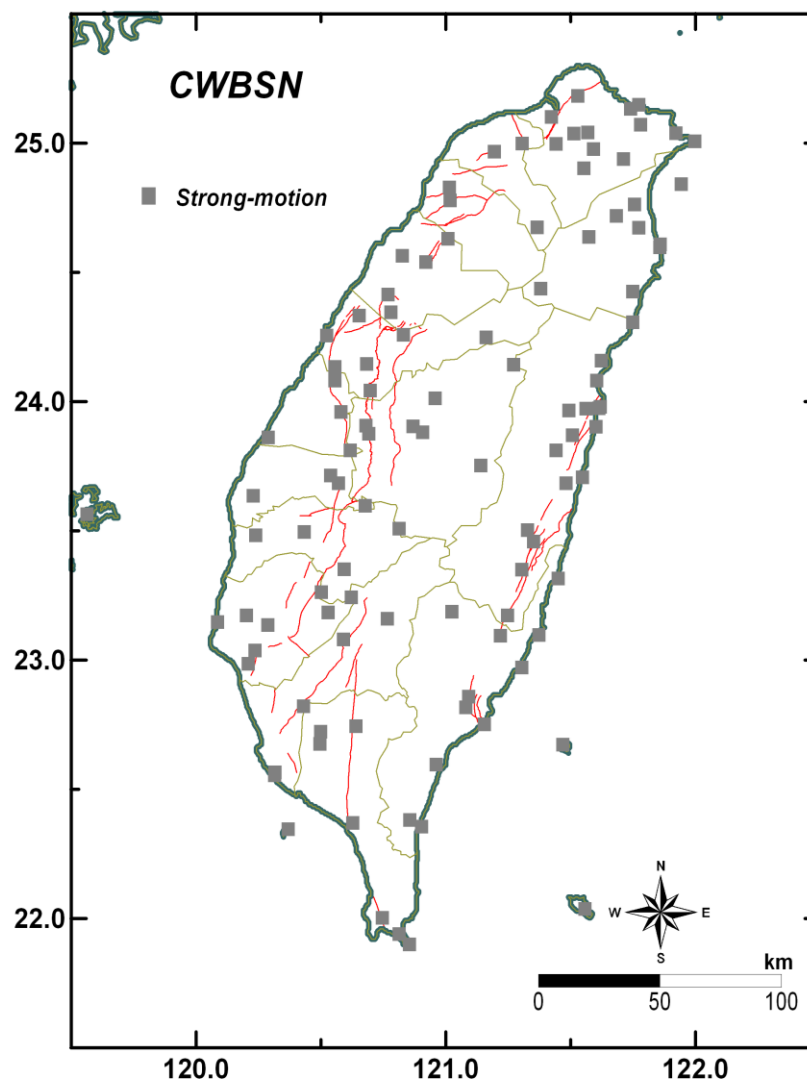
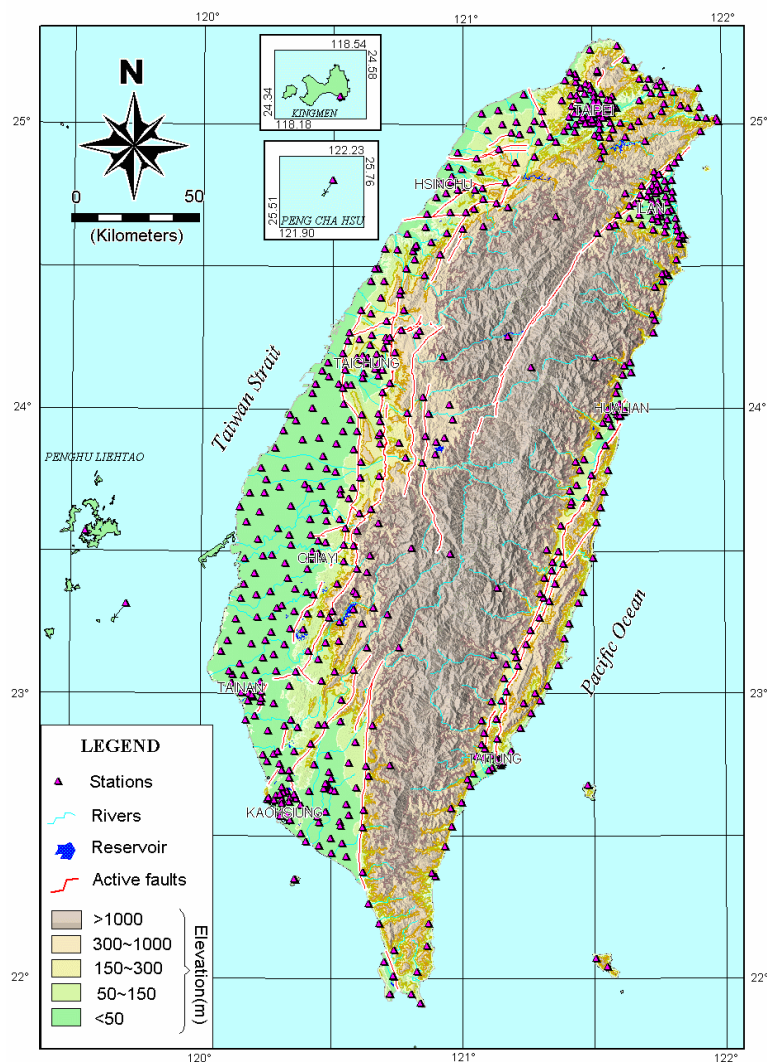


自來水系統震損早期評估

研究目的、現況與前瞻

- ✚ 旨於震後快速提供自來水系統的災情推估，協助主管機關與事業單位提升應變效率
 - 管線災損
 - 設施暴險
 - 地震早期損失評估資訊網
- ✚ 已完成項目：
 - 各區管線災損數、修復所需之隊-時、損失金額推估與通報服務(持續辦理)
- ✚ 後續研究重點：
 - 設施暴險資料庫收集彙整
 - 配合重要設施如配水池、加壓站、水管橋之耐震易損性研究成果，進行損害程度推估
 - Web-GIS資訊網與行動裝置App之雲端服務

中央氣象局強震測站與即時測站



809座強震測站，其中110座屬即時測站(中央大學李錫堤)

中央氣象局地震速報電子郵件

CWB-Final-Report

檔案(E) 編輯(E) 檢視(V) 工具(T) 郵件(M) 說明(H)

寄件者: soc@ss2.cwb.gov.tw
日期: 2006年12月26日 下午 08:52
收件者: chyeh@teles-2.ncree.gov.tw
主旨: CWB-Final-Report

Earthquake Final Report (Regional Network)
Central Weather Bureau (CWB), Taiwan, R.O.C.
This is Informal Information for Rapid
Dissemination, the Official Report will be
Broadcasted by CWB, Taiwan, R.O.C. at <http://www.cwb.gov.tw/>

Magnitude, ML=6.3
Origin Time:12/26/06 12:34:21.0 (UT)
Get Result Time ==> 12:56:49
Location: 22.40N 120.51E, Depth: 21.2 KM

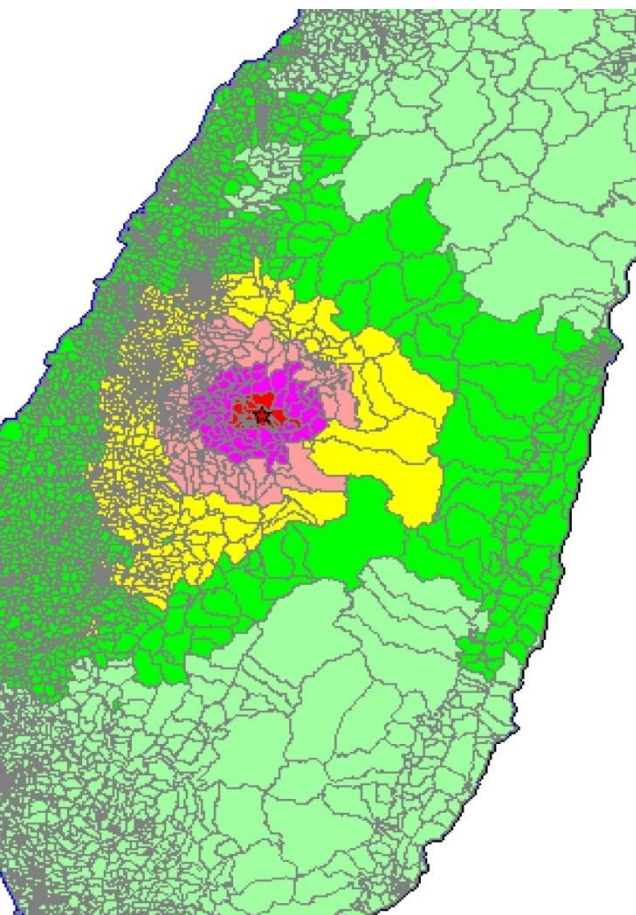
點震源資訊

Felt Region:

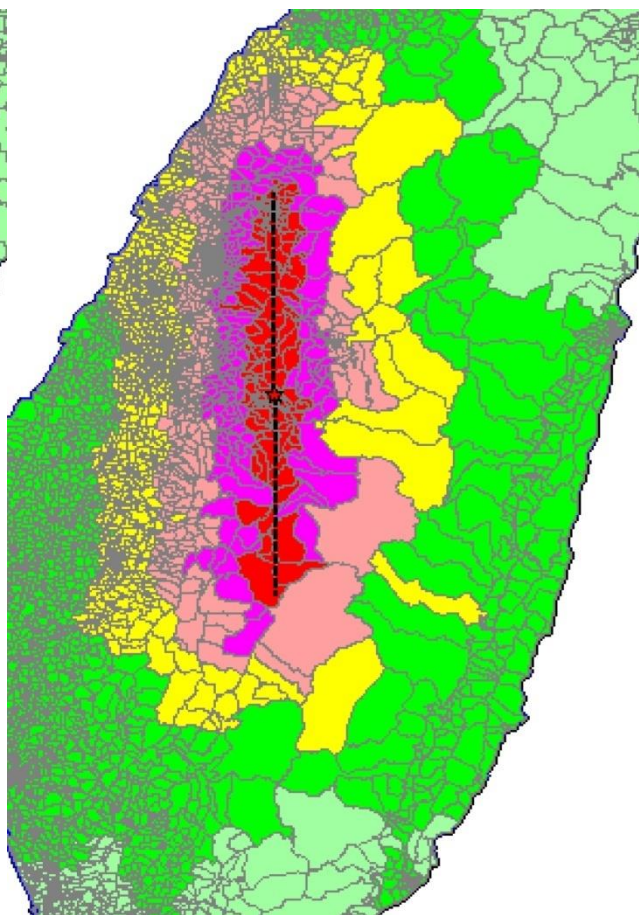
Sta.	Lat.	Lon.	Inter	PGA(gal)	R	PGA	EpDis
SCZ	22.37N	120.62E	4	56.8	54	11.6	
SPT	22.68N	120.49E	5	90.7	10		
SGL	22.73N	120.49E	5	81.4	67.2	35.7	
TAW	22.36N	120.90E	4	55.8	49.2	39.7	

即時測站之
PGA實測值

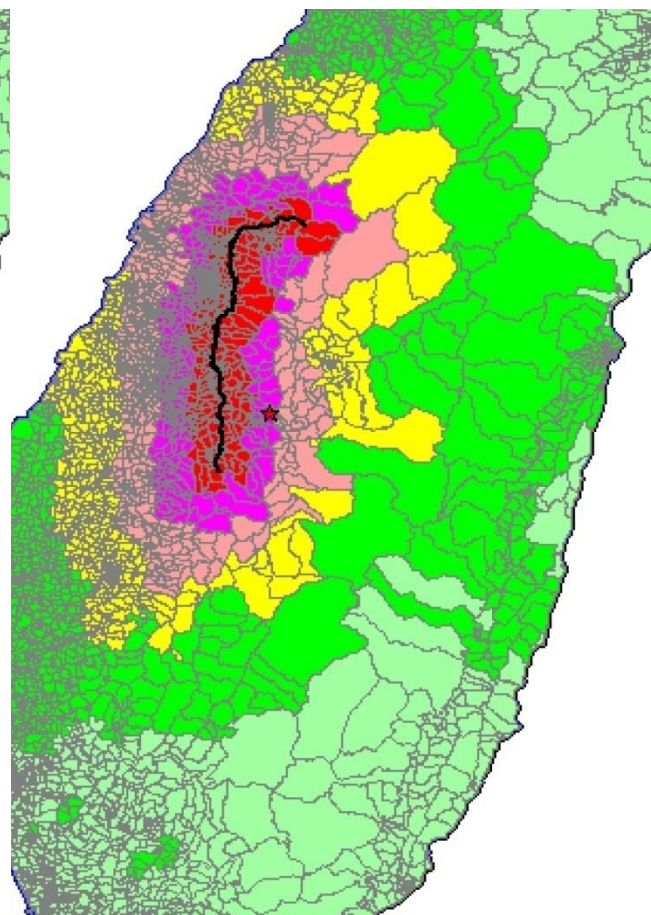
震源模型比較與震源參數辨識



點震源模型



線震源模型



活動斷層震源模型

921地震PGA震度分布推估

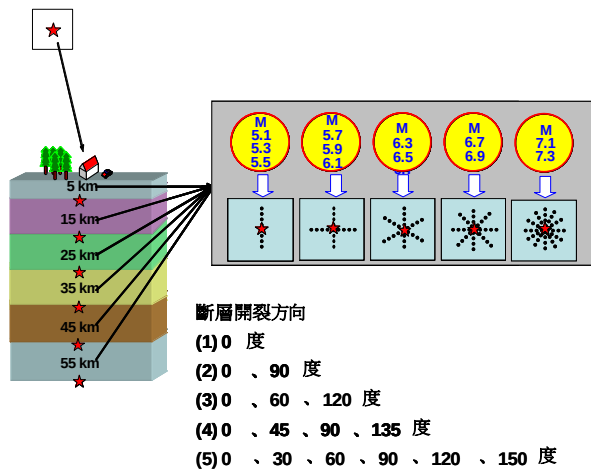
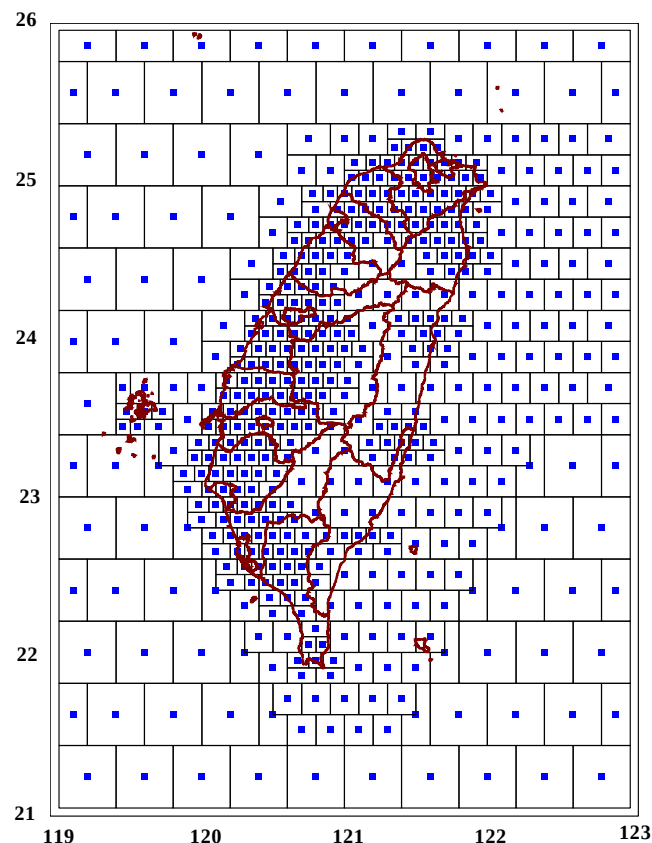
地震損失模擬資料庫(1/2) 區域震源

淺震源震源位置：

- 涵蓋區域：東經119°-123°、北緯21°-26°
- 震源深度：5, 15, 25公里
- 網格大小：0.4°×0.4°、0.2°×0.2°、0.1°×0.1°

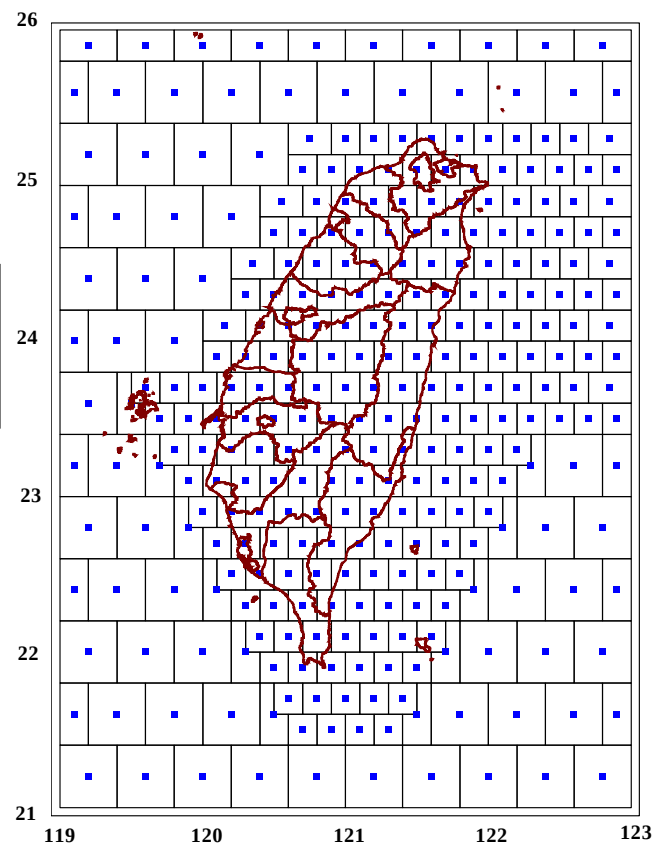
深震源震源位置：

- 涵蓋區域：東經119°-123°、北緯21°-26°
- 震源深度：35, 45, 55公里
- 網格大小：0.4°×0.4°、0.2°×0.2°



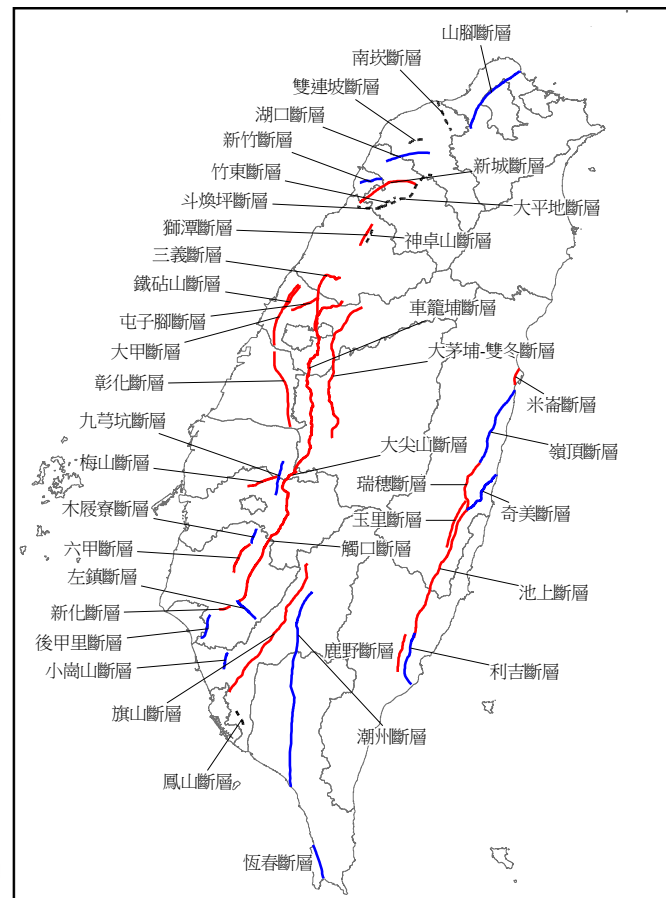
線震源模式

- 考慮各種地震規模(斷層長度)與斷層開裂方向
- 產生86,835個離散模擬地震事件



地震損失模擬資料庫(2/2) 活動斷層震源

- 中央地質調查所2000年公布各類活動斷層共42條，2010年公布33條，本研究經綜合考量，整理出**40條活動斷層**作為模擬地震事件之活動斷層震源
- 每條活動斷層皆考慮**震源深度為5公里**，**規模為6.5至7.5**，以0.1為增量，至少11個不同規模的模擬地震事件
- 總計考慮 **$40 \times 11 + 117 = 557$** 個模擬地震事件



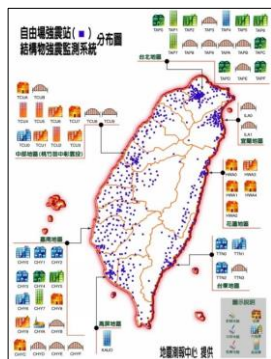
損失模擬資料庫、資訊網與APP之整合

以空間資料庫進行整合

- 早期損失評估結果匯入空間資料庫
- 資訊網展示評估結果
- 伺服器主動傳送資料庫之評估結果予應變人員

地震事件

中央氣象局強震監測網

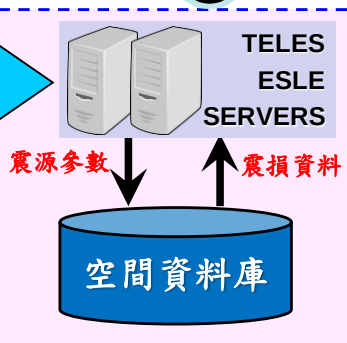


中央氣象局地震速報電子郵件



自來水系統
地震早期損失評估
雲端服務

行動通訊App資訊服務
Web-GIS資訊網站



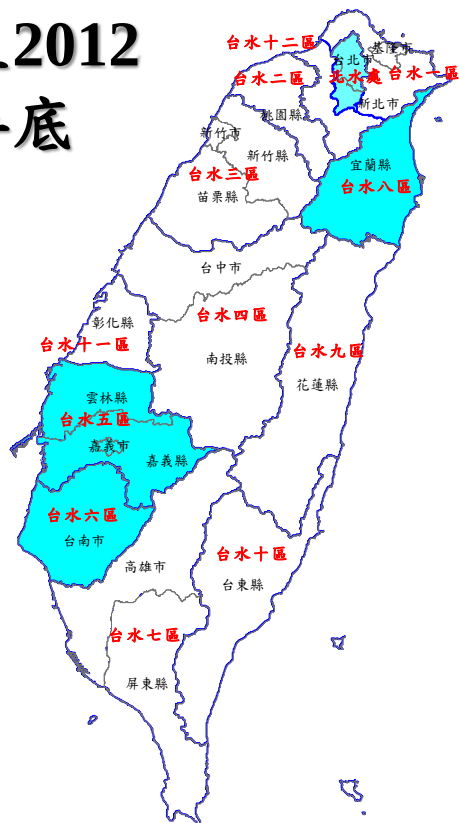
自來水系統
地震早期損失評估



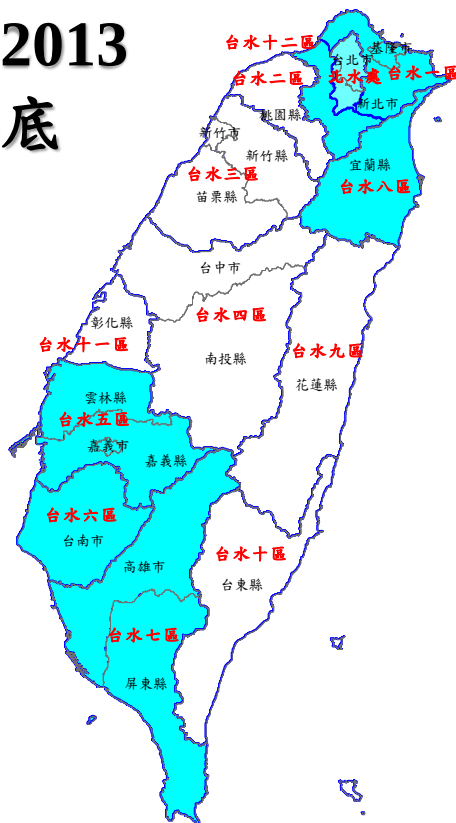
緊急應變作業

地震早期損失評估之服務規劃

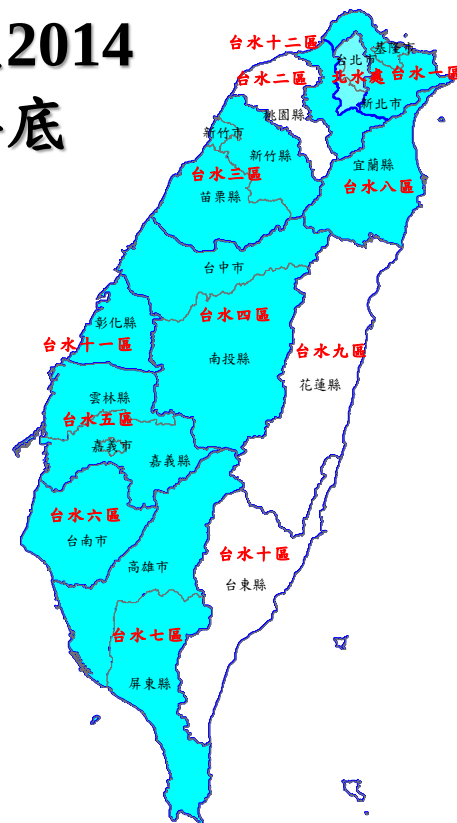
至2012
年底



至2013
年底



至2014
年底



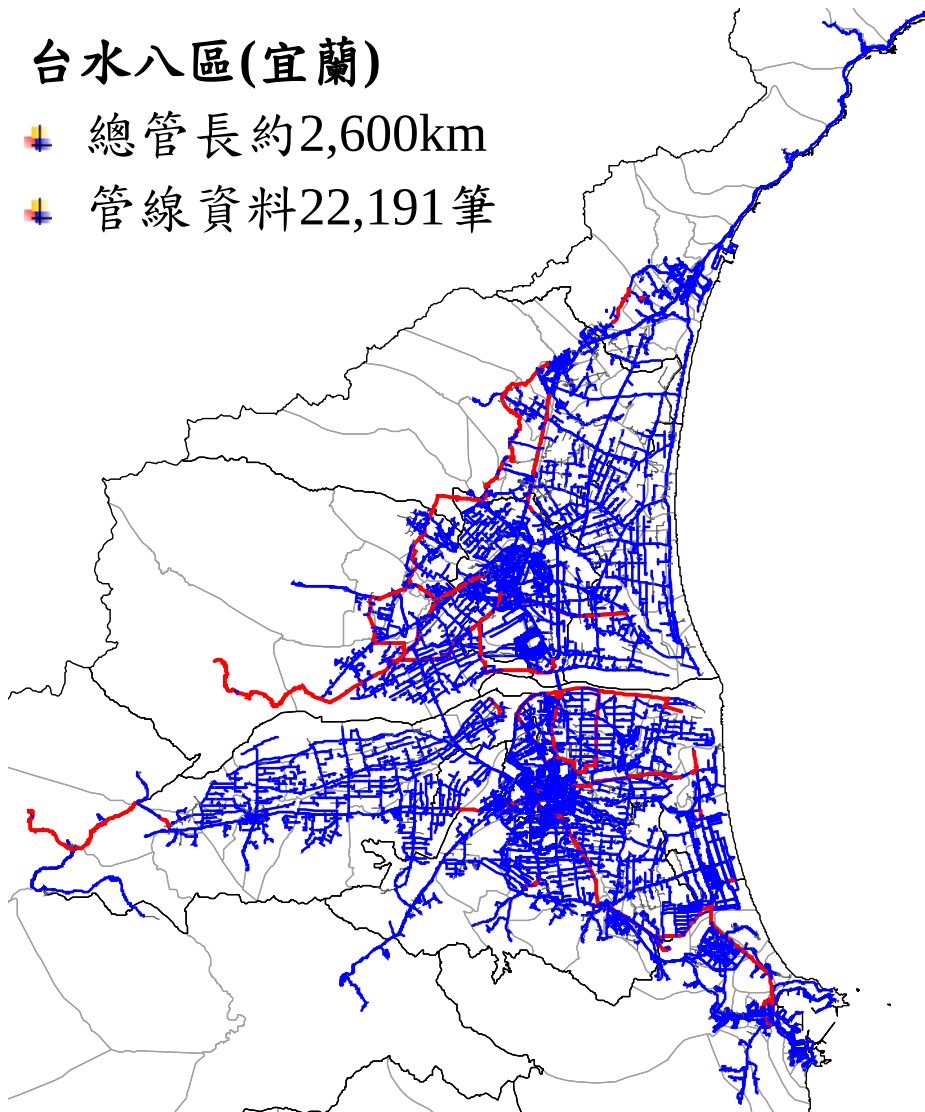
新增台水一區(新北市東、基隆市)、七區(高雄市、屏東縣)以及十二區(新北市西)，完成後之累計面積覆蓋率38.4%，人口覆蓋率58.7%

新增台水三區(新竹縣市、苗栗縣)、四區(台中市、南投縣)以及十一區(彰化縣)，完成後之累計面積覆蓋率68.2%，人口覆蓋率83.2%

自來水管線資料及其彙整、校正

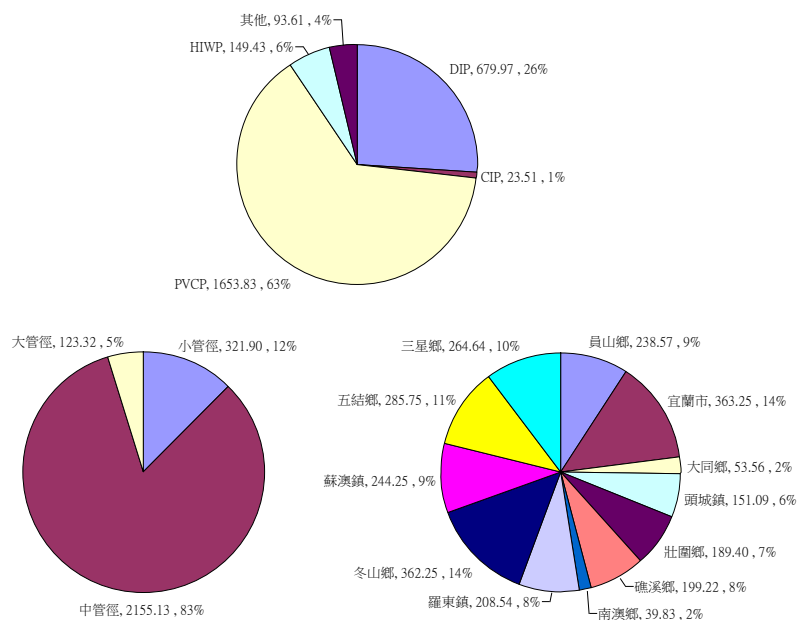
台水八區(宜蘭)

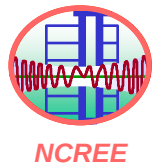
- 總管長約2,600km
- 管線資料22,191筆



管線GIS資料庫常見問題

- 資料庫格式、欄位名稱不同
- 管材、管徑、管長資料缺漏
- 管材代碼紊亂或錯誤
- 管徑、管長單位不一致或明顯錯誤
- 座標系統問題





早期評估手機簡訊

提供水利署、台水公司總管理處與北水處之簡訊格式

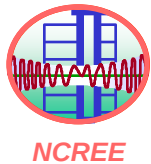
最大震度五級_0610_0500_宜蘭蘇澳外海54公里_規模6.4_深度62公里_
推估管線災損數0(0-0)_台水*區0_北水0_台水*區0_修復時間0(0-0)

提供北水處之簡訊格式

最大震度五級_0610_0500_宜蘭蘇澳外海54公里_規模6.4_深度62公里_
推估北水處管線災損數0(0-0)_**區0_**區0_**區0_修復時間0(0-0)

提供台水各區管理處之簡訊格式

最大震度五級_0610_0500_宜蘭蘇澳外海54公里_規模6.4_深度62公里_
推估台水*區管線災損數0(0-0)_**鄉鎮市區0_**鄉鎮市區0_**鄉鎮市
區0_修復時間0(0-0)



早期評估電子郵件

✚ 手機簡訊內容偏向簡單易懂，可瞭解大致災害規模，以決定後續之應變作為；**電子郵件內容**提供詳細報表，包含各鄉鎮之災損數量統計

✚ 未來可能運作模式：水利署(或國震中心)負責資料庫維護與伺服器操作，於震後主動發送手機簡訊及電子郵件，通報各單位推估結果

✚ 簡訊與郵件內容可客製化

根據中央氣象局之地震速報系統（電子郵件）：

日期：2012/6/10
時間：5:0:17.90
芮氏規模：6.40
震央經度：122.3900
震央緯度：24.4700
震源深度：61.90 公里
最大震度：5
震央在 宜蘭蘇澳外海54公里

台灣地震損失評估系統的推估結果：
需警戒的村里數 0

自來水管線災損推估結果

災損數 * (* - *) 個
修復時間 * (* - *) 隊-時

管理區處	災損數 (個)	修復時間 (隊-時)
北水	* (* - *0)	* (* - *)
台水五區	* (* - *0)	* (* - *)
台水六區	* (* - *0)	* (* - *)
台水八區	* (* - *0)	* (* - *)

*** 模擬地震事件 1； Scen_ID：qr67b9

震央經度：122.2000
震央緯度：24.5000
芮氏規模：6.70
震源深度：55.00 公里
斷層走向：北偏東 45 度
斷層長度：34.80 公里

以管理區處為單元之自來水管線災損統計：

管理區處	災損數 (個)	配水管災損數 (個)	輸水管災損數 (個)	修復時間 (隊-時)	修復費用 (千元)
台水8區	*,***	*,***	**,***	*,***	*,***

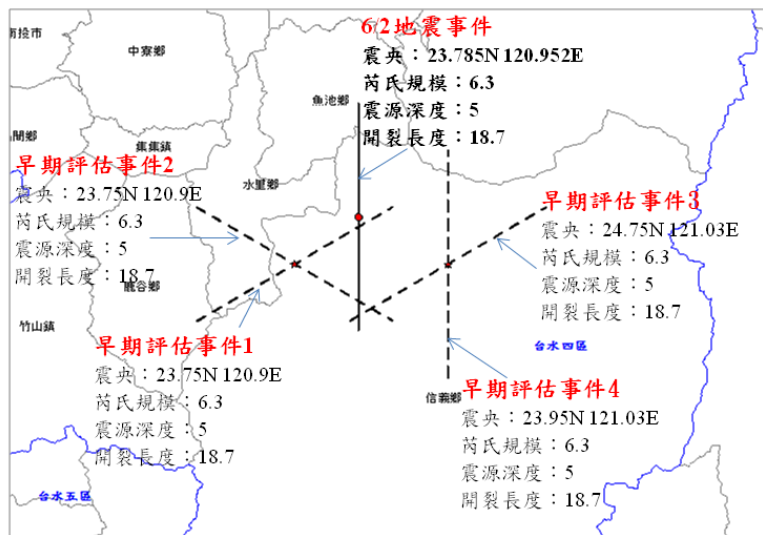
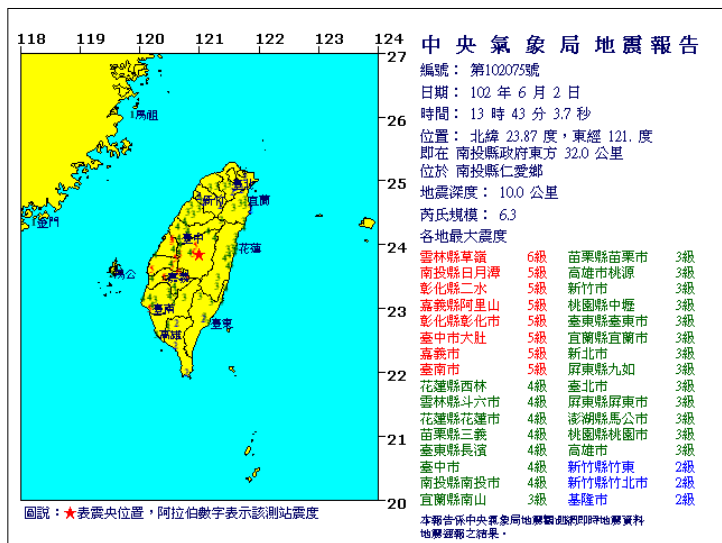
以縣市為單元之自來水管線災損統計：

縣市	災損數 (個)	配水管災損數 (個)	輸水管災損數 (個)	修復時間 (隊-時)	修復費用 (千元)
宜蘭縣	*,***	*,***	**,***	***	***

以鄉鎮區為單元之自來水管線災損統計：

鄉鎮區	災損數 (個)	配水管災損數 (個)	輸水管災損數 (個)	修復時間 (隊-時)	修復費用 (千元)
-----	------------	---------------	---------------	---------------	--------------

2013/06/02 南投地震測試



根據中央氣象局之地震速報系統（電子郵件）：

日期：2013/ 6/ 2

0602 地震	TELES模擬			實際災損		
	災損數	修理 時間 (隊-時)	修復 金額 (千元)	災損數	修理 時間 (隊-時)	修復 金額 (千元)
北水處	0	0	0	0	0	0
台水一區	0	0	0	0	0	0
台水五區	1	3	15.7	4	-	700
台水六區	0	0	0	0	0	0
台水七區	0	0	0	0	0	0
台水八區	0	0	0	0	0	0
總計	1	3	15.7	4	-	700

費用
(元)
333
165
114
43
30
29
22

自來水設施資料調查表

表 2.11 配水池耐震屬性資料調查表

配水池名稱			
管理單位			
管理廠所			
地址			
供水系統			
水位	高水位：____m 低水位：____m 溢流設計： ☐		
經緯度座標	N _____ E _____ (填至小數)		
結構材料	☐ 1 鋼筋混凝土 ☐ 2 預力鋼筋混凝土 ☐ 3 磚造 ☐ 4 鋼製 ☐ 9 其他 _____	結構型式	☐ 1 ☐ 2 ☐ 9
配置方式	☐ 1 地上，固持方式： ☐ 2 半地下，埋入深度：____m ☐ 3 地下 ☐ 4 高架，塔柱高：____m 支持構造：____ ☐ 9 其他：____	池體形狀	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 9
有效容積	____m ³	池體尺寸	長：____ 寬：____ 高：____
高程	____m	重力式出水	☐ 0
底版厚度	____cm	池壁厚度	____
頂版	☐ 0 無 ☐ 1 有，版厚：____cm	伸縮縫	☐ 0 ☐ 1
入、出水管	可維修空間： ☐ 0 無 ☐ 1 有 伸縮可撓接頭		
側壁邊柱	☐ 0 無 ☐ 1 有，最大柱距：____m	內柱梁/內壁	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2
耐震補強	☐ 0 無 ☐ 1 有 ☐ 2 規劃中，____年(民國)完成		竣工年

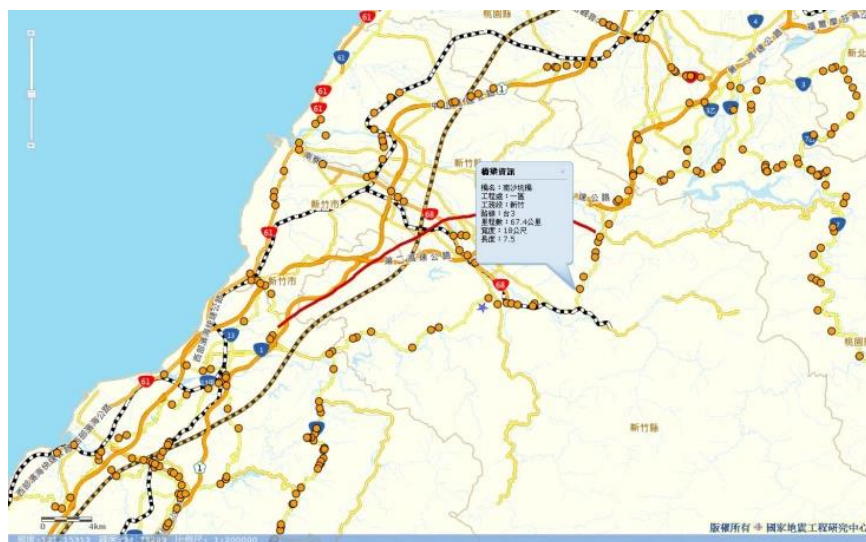
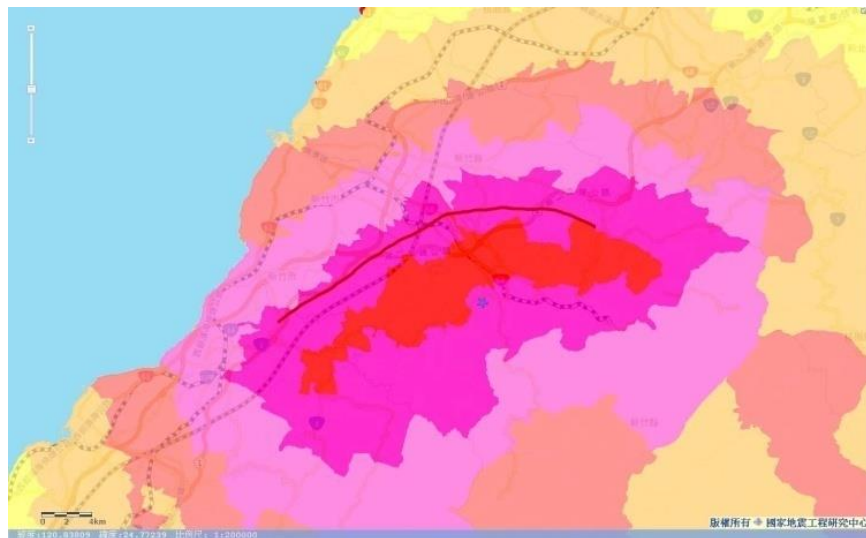
表 2.12 加壓站耐震屬性資料調查表

名稱	☐ 1 獨立加壓站，名稱：_____ ☐ 2 附屬加壓站	
管理單位		
所屬管理場所		
地址		
供水區域		
經緯度座標	N _____ E _____ (填至小數點後)	
加壓泵性能	出水管線一名稱：_____ 出水管線口徑：____mm 揚程：____m 加壓泵數：____具 機型： ☐ 1 豎軸式 ☐ 2 沉水式 ☐ 3 管中加壓 ☐ 9 其他，型式：____ 總馬力數：____Hp 總出水量：____CMD 用戶數：____戶	出水管線三_____ 出水管線口徑：____mm 揚程：____m 加壓泵數：____具 機型： ☐ 1 豎軸式 ☐ 2 沉水式 ☐ 3 管中加壓 ☐ 9 其他，型式：____ 總馬力數：____Hp 總出水量：____CMD 用戶數：____戶
加壓泵性能	出水管線二名稱：_____ 出水管線口徑：____mm 揚程：____m 加壓泵數：____具 機型： ☐ 1 豎軸式 ☐ 2 沉水式 ☐ 3 管中加壓 ☐ 9 其他，型式：____ 總馬力數：____Hp 總出水量：____CMD 用戶數：____戶	出水管線四_____ 出水管線口徑：____mm 揚程：____m 加壓泵數：____具 機型： ☐ 1 豎軸式 ☐ 2 沉水式 ☐ 3 管中加壓 ☐ 9 其他，型式：____ 總馬力數：____Hp 總出水量：____CMD 用戶數：____戶
出水管耐震接頭型式	☐ 0 無 ☐ 1 有，型式：____	
饋線數	☐ 1 單 ☐ 2 雙	加壓泵備用電源
耐震補強	☐ 0 無 ☐ 1 有 ☐ 2 規劃中，____年(民國)完成	

表 2.13 獨立水管橋耐震屬性資料調查表

橋梁名稱			
位置描述			
管理單位			管理處所
橋長：____m	跨數：____	單跨最大跨度：____m 最	
管線數：____	標稱管徑：____mm	竣工	
座標	橋頭經緯度 N _____ E _____ (填至小) 橋尾經緯度 N _____ E _____ (填至小)		
結構型式(簡支梁)	☐ 1 梁式橋 ☐ 2 吊橋 ☐ 3 拱橋 ☐ 4 桁架 ☐ 7 管梁(無加勁) ☐ 8 加勁管梁 ☐ 9 其他		
橋墩型式	☐ 0 無 ☐ 1 單柱式 ☐ 2 構架式 ☐ 3 壁式		
橋墩基礎	☐ 0 無 ☐ 1 全套管基樁 ☐ 2 直接基礎 ☐ 3 ☐ 4 沉箱基礎 ☐ 5 無法觀察 ☐ 9 其他		
管線束箍	☐ 0 無 ☐ 1 有，環梁式，單支水管環梁數：____ ☐ 2 有，其他型式：____		
跨越河川/道路	☐ 1 河川 _____ 河(溪) ☐ 2 道路 _____ 路(線) ☐ 9 其他 _____		
線形	☐ 1 直橋 ☐ 2 曲橋		
管材	☐ 1 鑄鐵管(CIP) ☐ 2 延性鑄鐵管(DIP) ☐ 3 ☐ 4 聚乙烯管(PVCP) ☐ 5 聚乙烯管(PEP) ☐ 9 其他 _____ (分段管請註明接頭)		
伸縮可撓接頭	☐ 0 無 ☐ 1 有，單支水管配置數：____，相鄰地下管		
耐震補強	☐ 0 無 ☐ 1 有 ☐ 2 規劃中，____年(民國)完成		

設施資料調查與早期暴險評估查詢展示



重災區定義： ☒ 依地表震動強度 ☐ 依活斷層距離

地表震動強度設定

一般建築物風險暴露

橋梁風險暴露

震度 6 級弱以上橋梁 ($\geq 0.25g$)

工程處-工務段 -路線 -

橋梁風險暴露分布圖

	橋名	工程處	工務段	路線	里程數 (KM)	寬度 (M)
檢視	老街溪橋	一區	中壢	台1	36.2	14.5
檢視	埔頂橋	一區	中壢	台1	34.4	30.0
檢視	水口橋	一區	復興	台7	1.6	9.2
檢視	崁津大橋	一區	復興	台4	29.9	21.0
檢視	第一預力橋	一區	復興	台3	35.7	16.5
檢視	旭橋	一區	復興	台3	34.7	16.0
檢視	頭寮橋	一區	復興	台7	5.7	7.5
檢視	溝仔溝三號	一區	復興	台7	8.8	7.5
檢視	百吉二號橋	一區	復興	台7	9.0	8.5
檢視	溝仔溝一號橋	一區	復興	台7	8.2	9.5

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...

共260筆資料

[\[設定排序\]](#) [\[下載Excel\]](#) [\[顯示欄位\]](#)

自來水設施震害與易損性曲線

HAZUS自來水設施損害狀態定義

損害狀態	損害情況描述		
	淨水廠	加壓站	儲水槽
DS1 無損壞	無	無	無
DS2 輕微損害	斷電停擺時間少於3天，數種設備損壞，沉澱池、加氯槽及化學藥槽輕微受損，水質可能受影響	斷電停擺時間少於3天，站體建物輕微損壞	槽體輕微損壞但仍維持功能，槽頂因水面晃動而輕微損壞，混凝土槽輕微開裂，鋼槽局部皺褶
DS3 中度損害	斷電停擺時間少於1週，數種設備嚴重損壞，沉澱池、加氯槽(未外洩)及化學藥槽相當程度受損，水質將受影響	斷電停擺時間少於1週，機電設備相當程度受損，站體建物中度損壞	槽體相當程度受損但僅略有漏水，鋼槽發生象腳挫屈但尚未漏水，混凝土槽中度開裂伴隨輕微漏水
DS4 嚴重損害	連接各水池與藥槽之管路均發生嚴重損壞，極可能導致淨水場關閉	站體建物嚴重損壞，水泵受損且不堪修復	槽體嚴重受損不再能夠儲水，鋼槽象腳挫屈開始漏水，混凝土槽剪裂破壞
DS5 完全損害	淨水場管路全損，濾水功能嚴重損壞	站體倒塌	槽體倒塌，儲水盡失

GIS資料庫建置

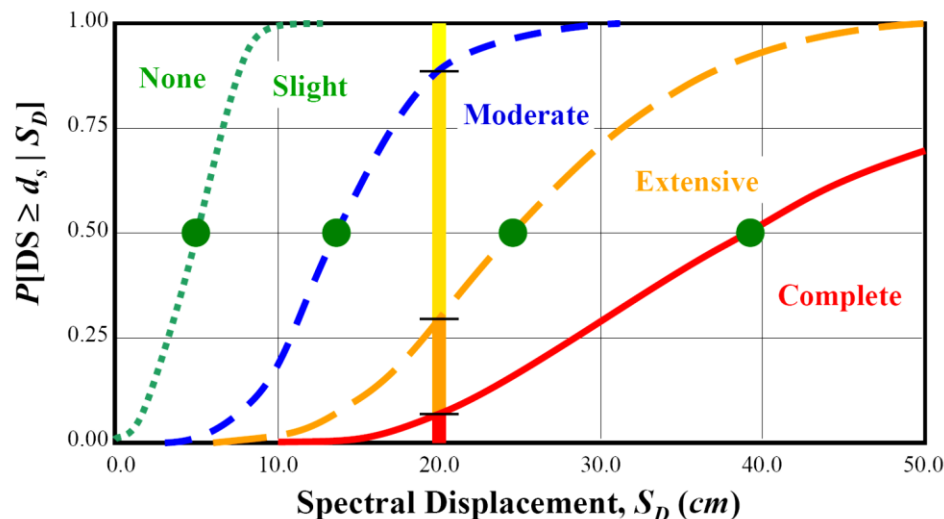
● 水管橋、配水池、加壓站等

結構分類

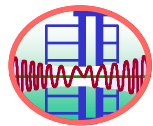
● 規模大小、結構型式等

損害狀態定義

易損性曲線參數初步研擬



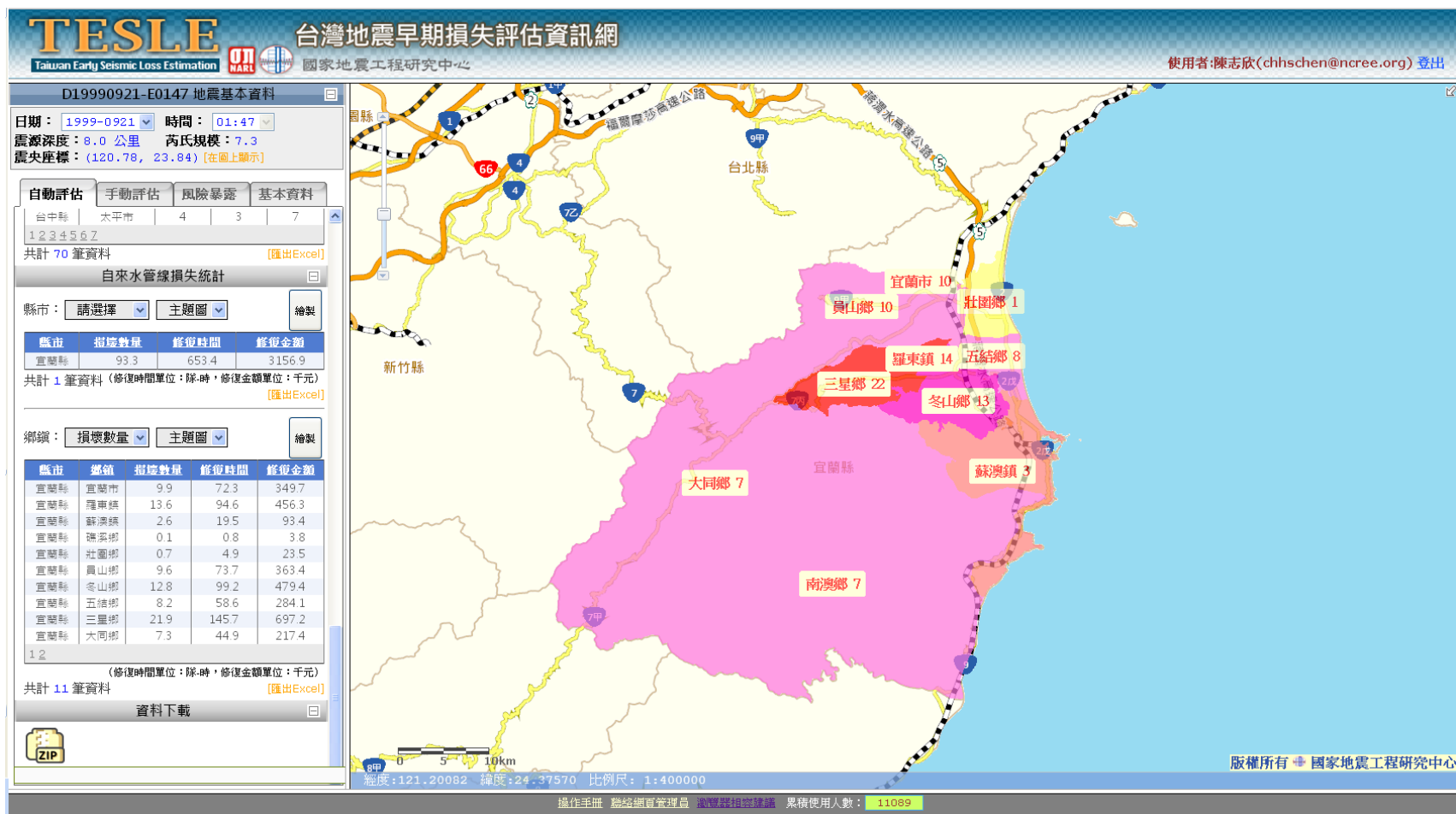
易損性曲線示意圖

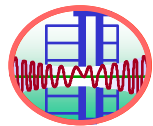


NCREE

地震早期損失評估資訊網(1/3)

震後立即提供自來水管線災損推估及相關基本資料之查詢與展示服務

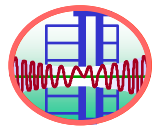




NCREE

地震早期損失評估資訊網(2/3)





NCREE

地震早期損失評估資訊網(3/3)

- ✦ 各類地圖混搭套疊，如自來水管線圖資，以輔助災情研判
- ✦ 整合Google Maps、Google Earth、Google定位服務、Google街景圖查詢等
- ✦ 提供分析輔助功能，如主題圖展示、雙視窗比較功能、統計分析、定位功能、距離量測、緩衝區功能、圖形標示等



自來水管線過斷層耐震分析

研究目的、現況與前瞻

+ 旨於發展過斷層自來水管線的耐震分析方法

- 鋼管
- 延性鑄鐵管

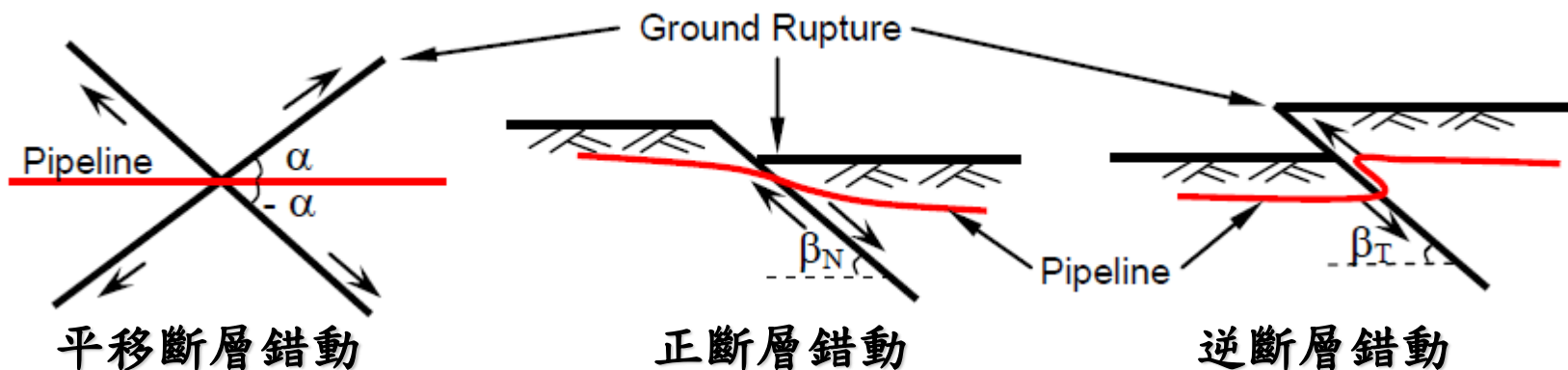
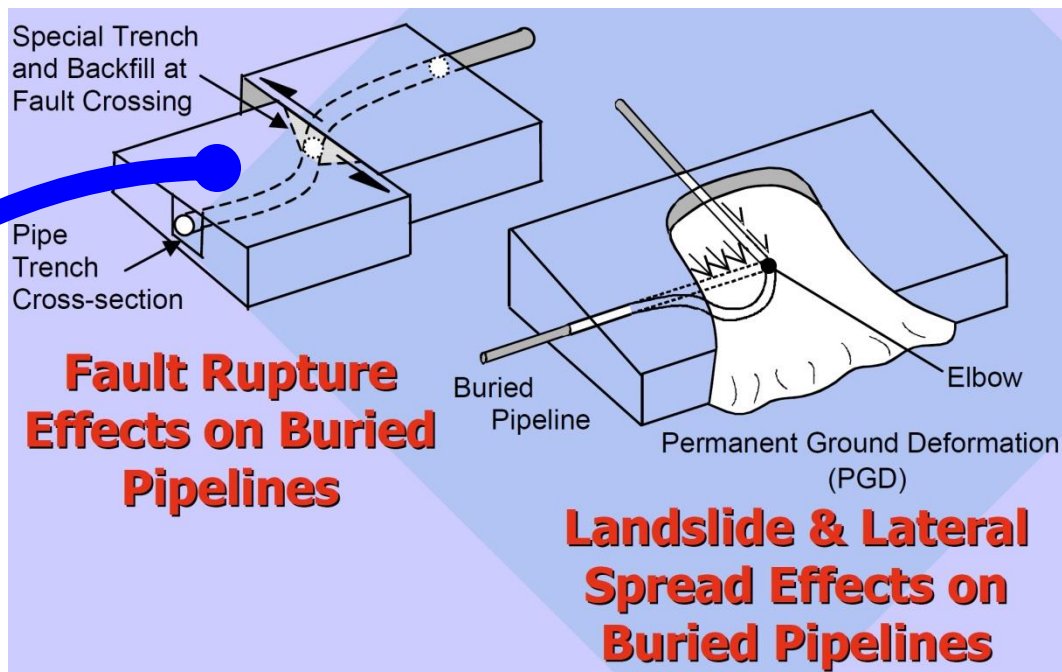
+ 已完成項目：

- 鋼管之大變形數值模擬、參數分析與縮尺試驗
- 延性鑄鐵管之初步數值模擬與參數分析

+ 後續研究重點：

- 過斷層實際管線之詳細耐震分析與對策研擬

土層變位與地下管線損壞示意圖



土壤-管線互制行為

管線與土壤參數

管徑 D

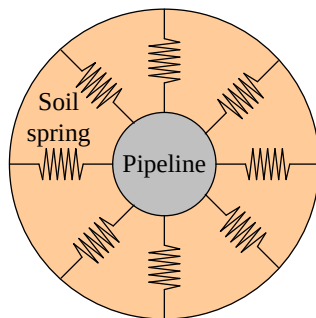
埋深 H

+

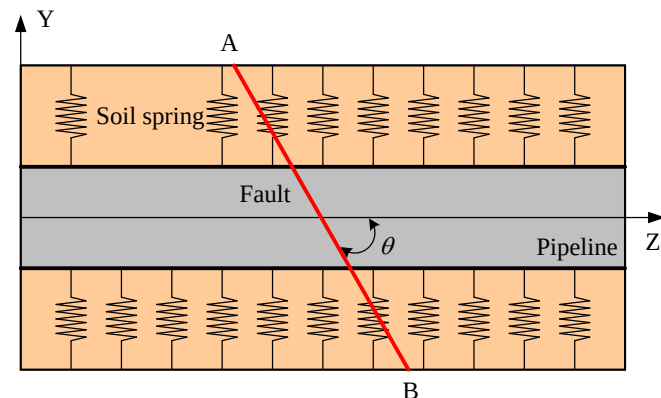
土壤摩擦角 ϕ

土壤凝聚力 c

土壤單位重 γ_s

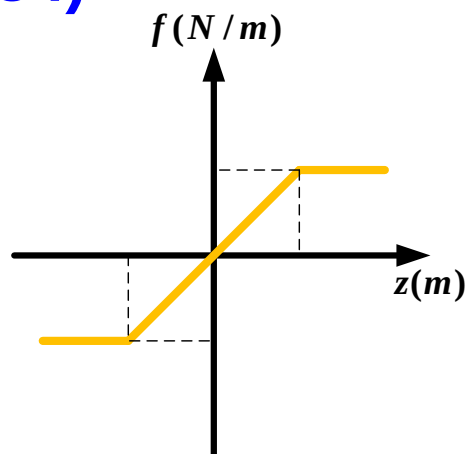


管線-土壤彈簧側視圖

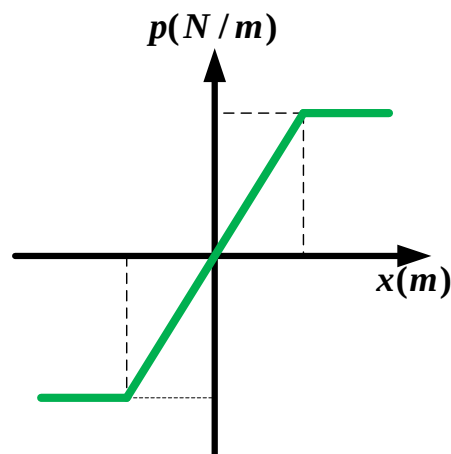


管線-土壤彈簧正視圖

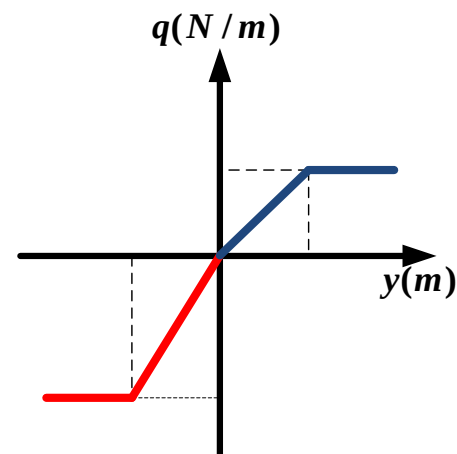
(ASCE, 1984)



軸向土彈簧

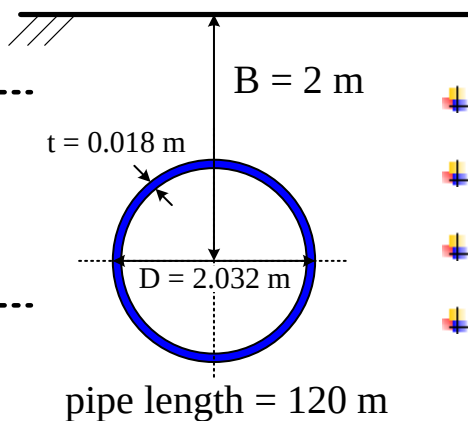
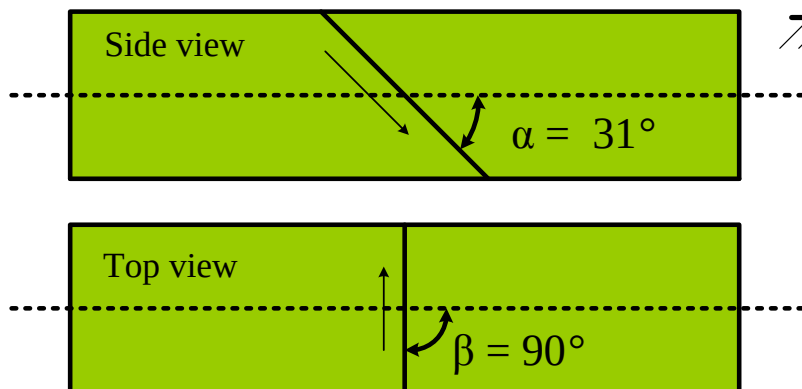


側向土彈簧

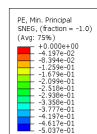


垂直向土彈簧

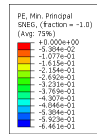
過新城斷層 $\phi 2000$ 鋼管案例分析(1/2)



- $\Delta_V = 2 \text{ m}$
- $\Delta_H = 0 \text{ m}$
- Friction coefficient = 0.7
- 連續鋼管



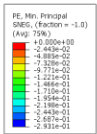
$t = 0.018 \text{ m}$



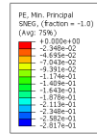
$t = 0.022 \text{ m}$

Non-uniform soil pressure

Non-uniform soil pressure



$t = 0.018 \text{ m}$

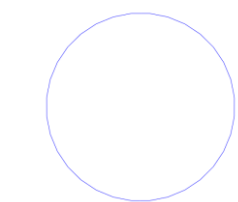


$t = 0.022 \text{ m}$

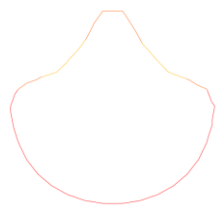
Uniform soil pressure

Uniform soil pressure

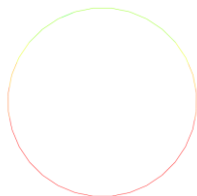
過新城斷層 $\phi 2000$ 鋼管案例分析(2/2)



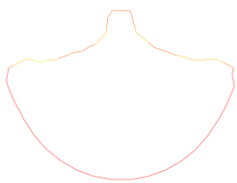
$\Delta = 0.125$ m



$\Delta = 0.787$ m



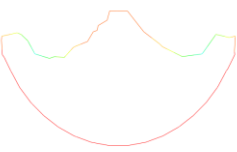
$\Delta = 0.262$ m



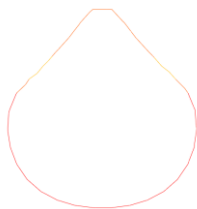
$\Delta = 1.236$ m



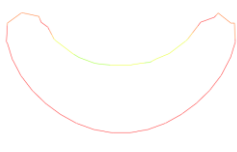
$\Delta = 0.298$ m



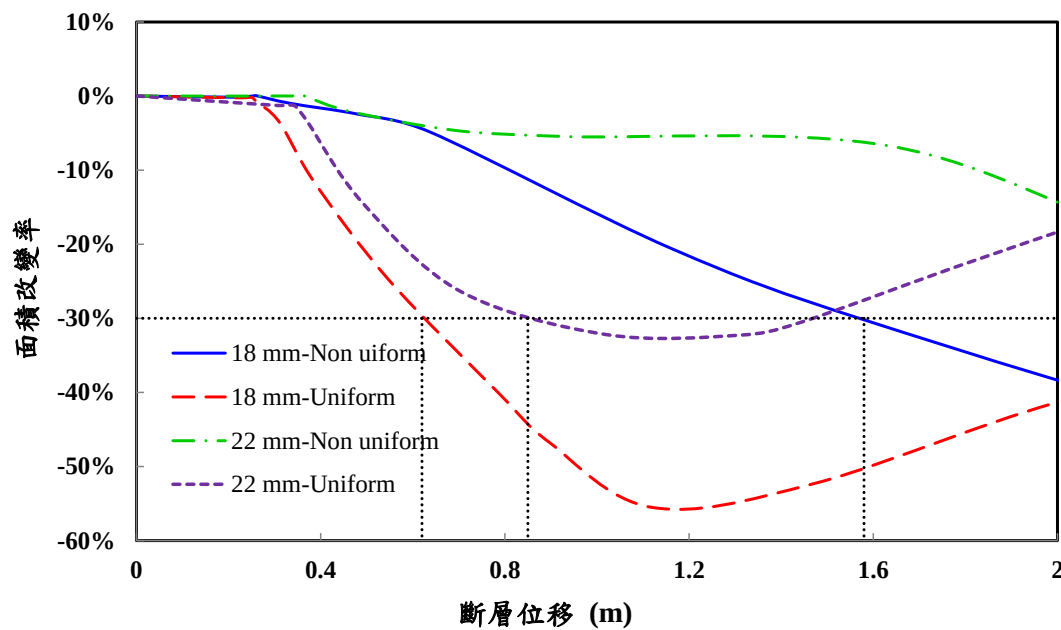
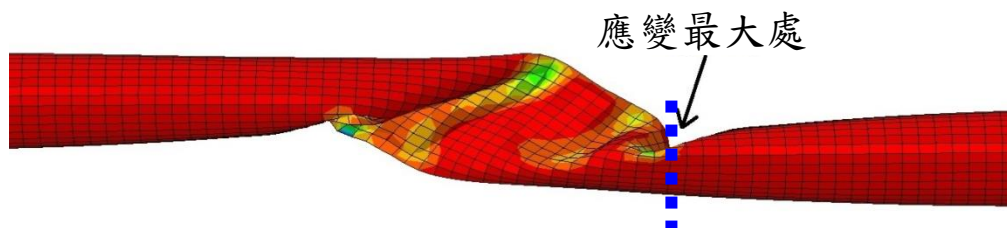
$\Delta = 1.698$ m



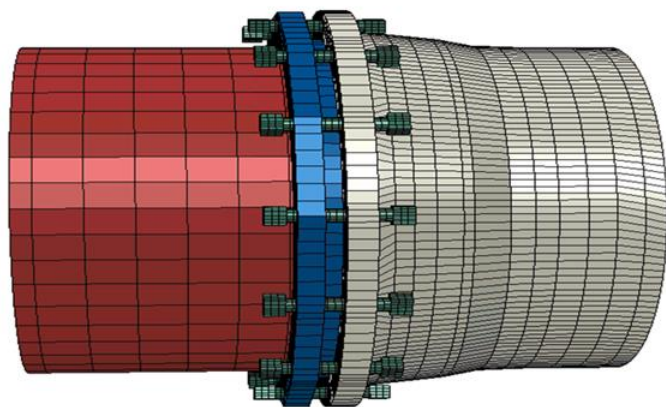
$\Delta = 0.518$ m



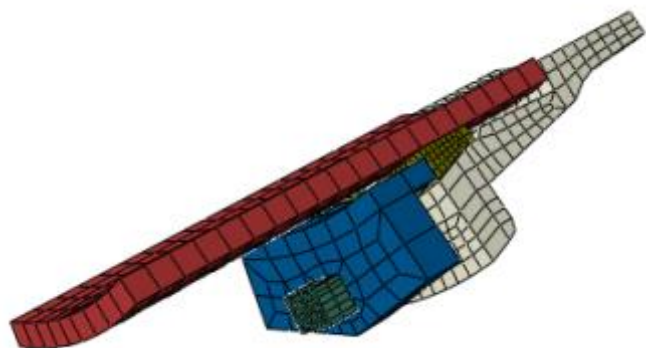
$\Delta = 2.000$ m



K型接頭延性鑄鐵管 有限元素分析



實體模型(撓曲行為)



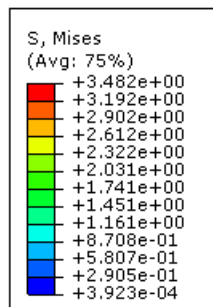
1/14模型(軸向拉壓行為)

基本假設：

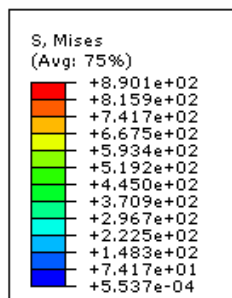
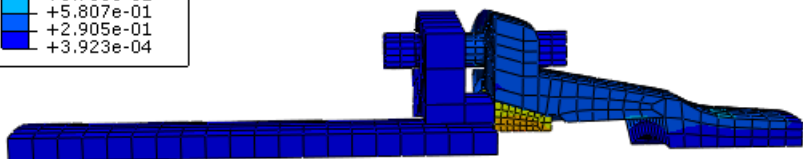
- ✦ 接頭各材料性質為均質、等向性；橡膠屬超彈性材料，變形時呈現非線性、超彈性行為
- ✦ 忽略管線接頭之偏心問題
- ✦ 考慮接頭管在幾何與荷重上具對稱性，因此針對 $\phi 600\text{mm}$ 接頭之軸向拉壓行為取1/14進行模擬，撓曲行為則取全尺寸進行模擬
- ✦ 採靜力分析

K型接頭延性鑄鐵管

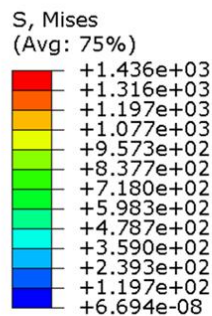
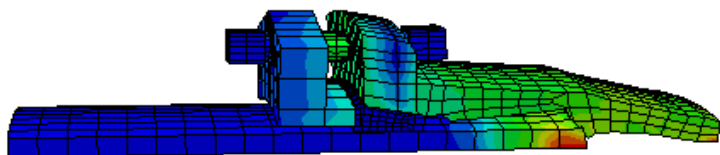
φ600mm 接頭數值模擬



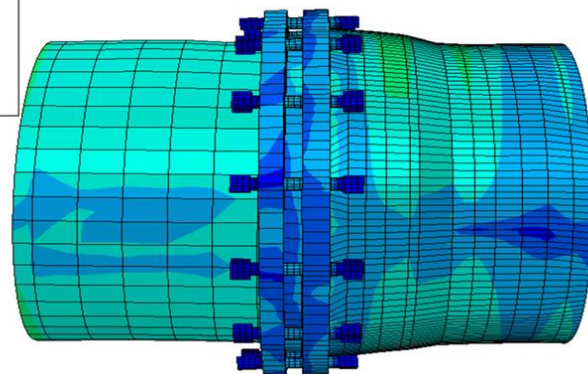
拉伸下之應力分佈



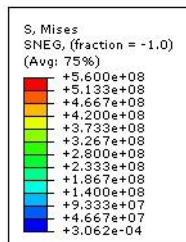
壓縮下之應力分佈



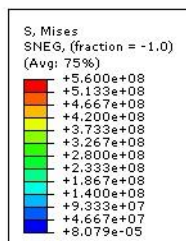
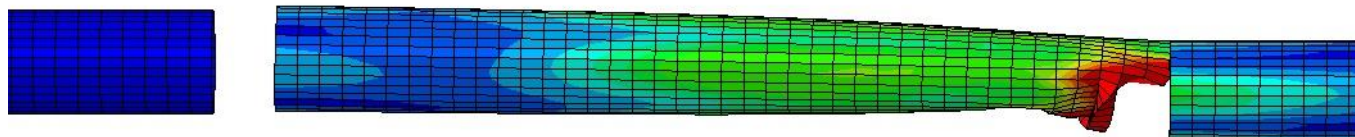
撓曲下之應力分佈



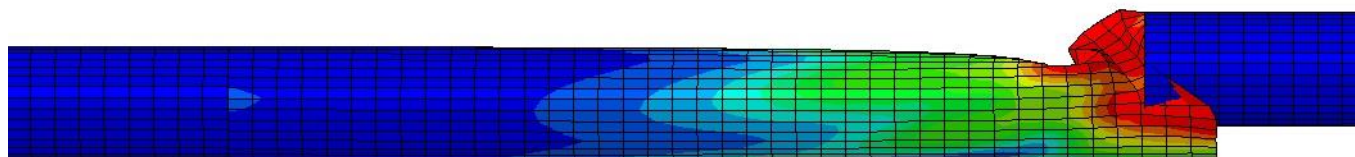
K型接頭延性鑄鐵管 過斷層分析



正斷層

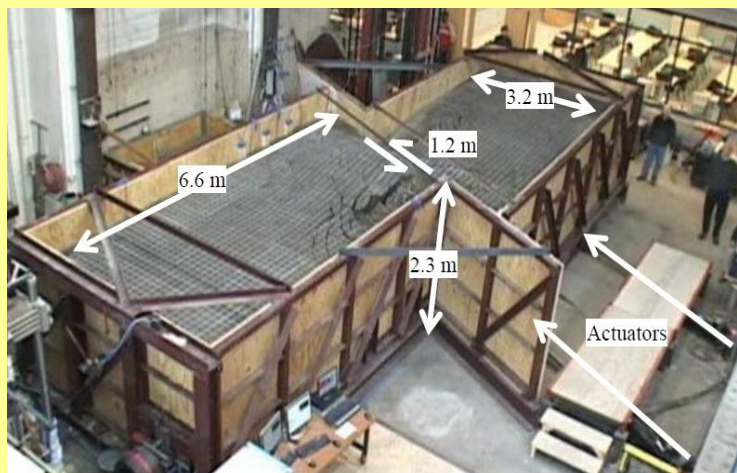


逆斷層



過斷層縮尺剪力箱試驗 國震中心林祖榕博士

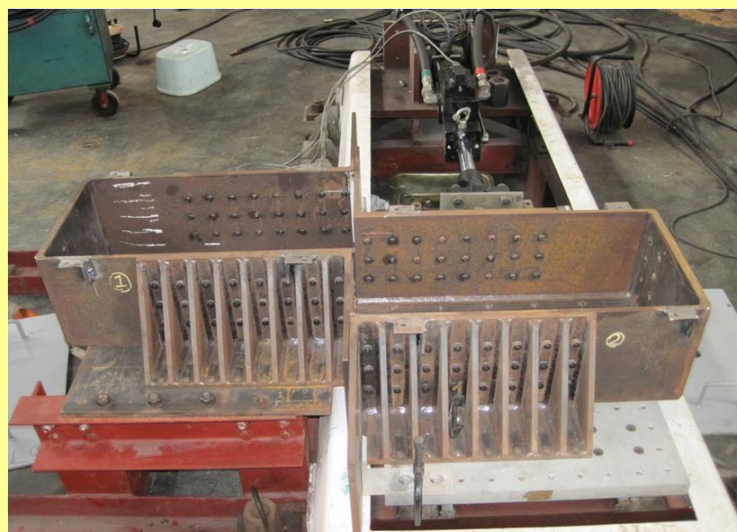
實驗設置 (氣囊施加額外土壓)



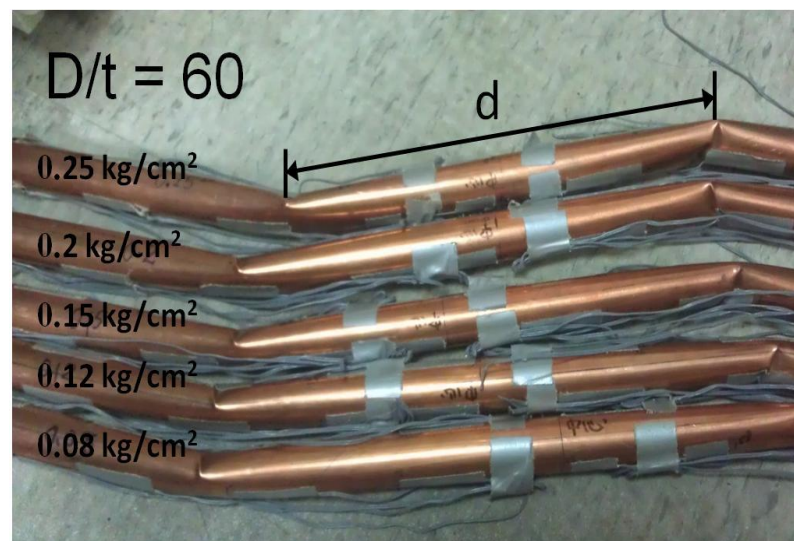
康乃爾大學實尺寸地下管線試驗



實驗結果 (銅管兩側發生挫屈)

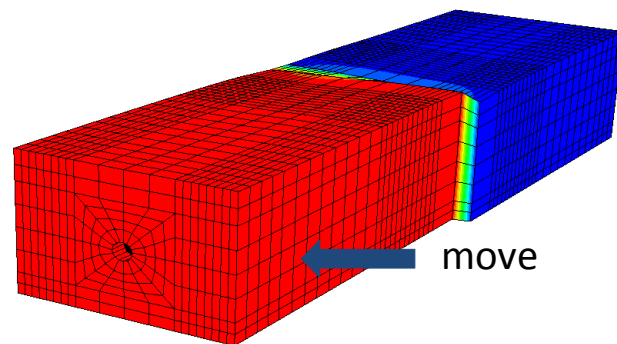
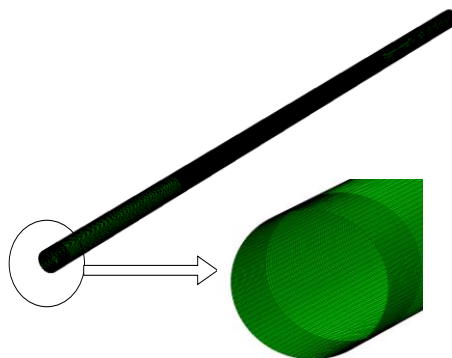
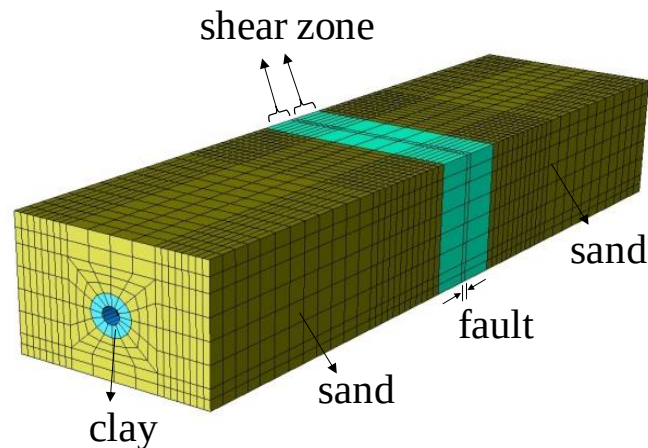


國震中心1/10縮尺剪力箱試驗

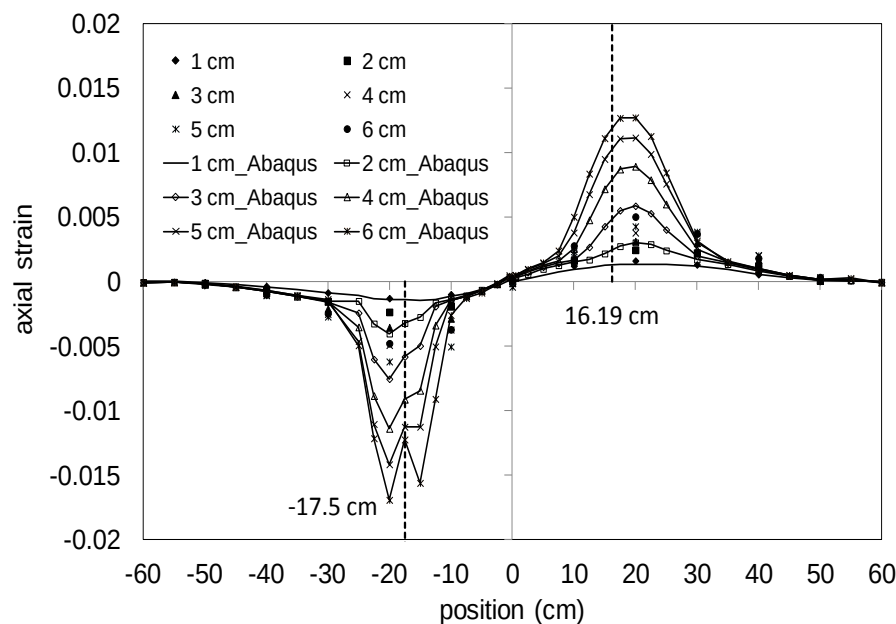
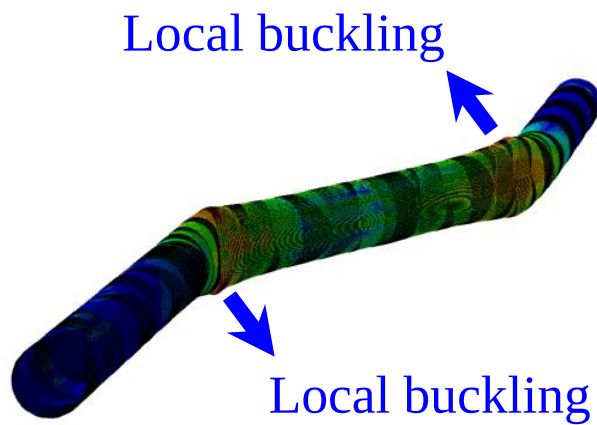


土壓越大，發生挫屈位置越靠近斷層處

過斷層數值模擬 國震中心林祖榕博士



管線兩端



自來水管材耐震測試

研究目的、現況與前瞻

- ✚ 旨於發展標準化的自來水管材耐震測試程序，以及賦予耐震等級的方法

- 延性鑄鐵管

- ✚ 已完成項目：

- 測試平台建置與驗證

- K型、A型、平口接頭管之測試實例

- 標準作業程序(草案，與ISO16134耐震分級相符)

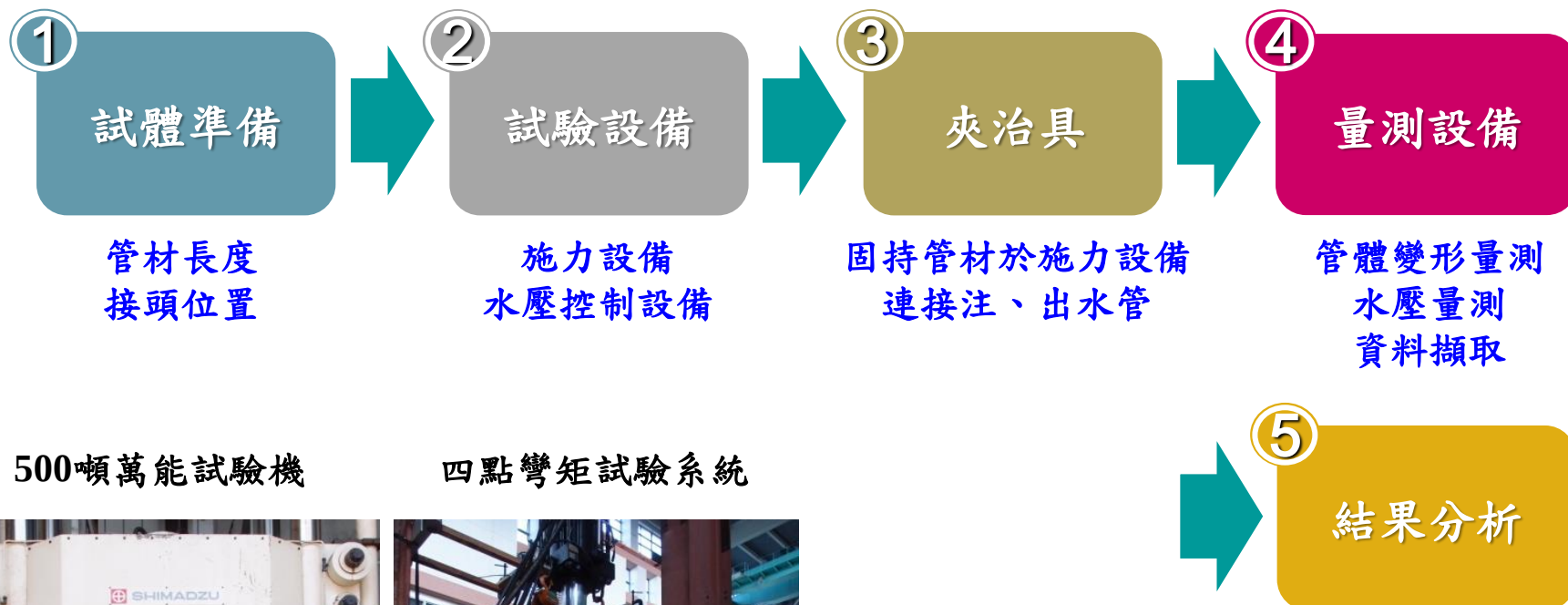
- 測試平台工作手冊(草案)

- 對外提供服務

- ✚ 後續研究重點：

- 推動第二測試平台建置

試驗程序



試體準備

管材長度
接頭位置

試驗設備

施力設備
水壓控制設備

夾治具

固持管材於施力設備
連接注、出水管

量測設備

管體變形量測
水壓量測
資料擷取

500噸萬能試驗機

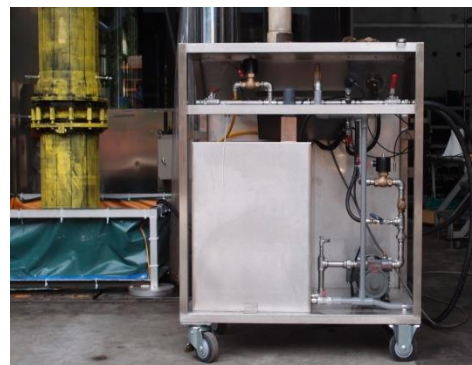
四點彎矩試驗系統

結果分析

ISO耐震等級

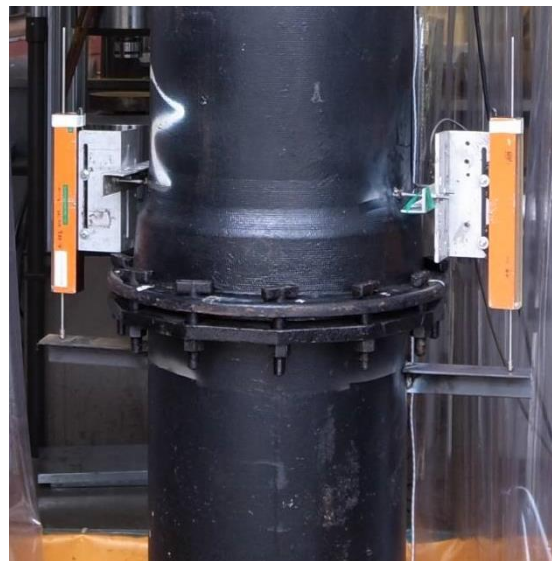
水壓控制系統

$8 \pm 0.5 \text{ kgf/cm}^2$



試體製備

- ✚ 使用管材：K型接頭延性鑄鐵管
- ✚ 標稱管徑：DN400
- ✚ 試體組合長度
 - 軸拉、壓試驗：1600mm (4DN)
 - ▶ 承口端長度：800mm (2 DN)
 - ▶ 插口端長度：910mm (2 DN + P)
 - 撓曲試驗：3160mm (8DN)
 - ▶ 承口端長度：1580mm (4 DN)
 - ▶ 插口端長度：1690mm (4 DN + P)
- ✚ 試體數量：6
 - DIP(K)400-T1 (軸拉試驗)
 - DIP(K)400-T2 (軸拉試驗)
 - DIP(K)400-C1 (軸壓試驗)
 - DIP(K)400-C2 (軸壓試驗)
 - DIP(K)400-B1 (撓曲試驗)
 - DIP(K)400-B2 (撓曲試驗)



ISO16134(2006) DIP管耐震分級

表 6 継手の評価基準

継手の区分

耐震継手はその継手性能から伸縮形と屈曲形に大別し、それぞれの継手性能から次のように分類、区分する。

(1) 伸縮形耐震継手

区分は以下の通りとし、伸縮性能区分と離脱防止性能区分との組合せとする。ただし、離脱防止性能がなくてもここに示す離脱防止性能に相当する余裕長を持つものは、それぞれの類、級に該当させることができる。

項 目	区 分	継手の性能
伸縮性能	S-1類	伸縮量 $\pm 0.01 \ell$ mm以上
	S-2類	" $\pm 0.005 \ell$ mm以上 $\pm 0.01 \ell$ mm未満
	S-3類	" $\pm 0.005 \ell$ mm未満
離脱防止性能	A級	離脱防止力 $0.3Dtf$ 以上
	B級	" $0.15Dtf$ 以上 $0.3Dtf$ 未満
	C級	" $0.075Dtf$ 以上 $0.15Dtf$ 未満
	D級	" $0.075Dtf$ 未満

注) ℓ : 管1本の有効長(mm)

D : 管外径(mm)、一般には呼び径とする。

(2) 屈曲形耐震継手

区分は以下の通りとし、屈曲性能区分と離脱防止性能区分との組合せとする。ただし、離脱防止性能がなくてもここに示す離脱防止性能に相当する余裕長を持つものは、それぞれの類、級に該当させることができる。

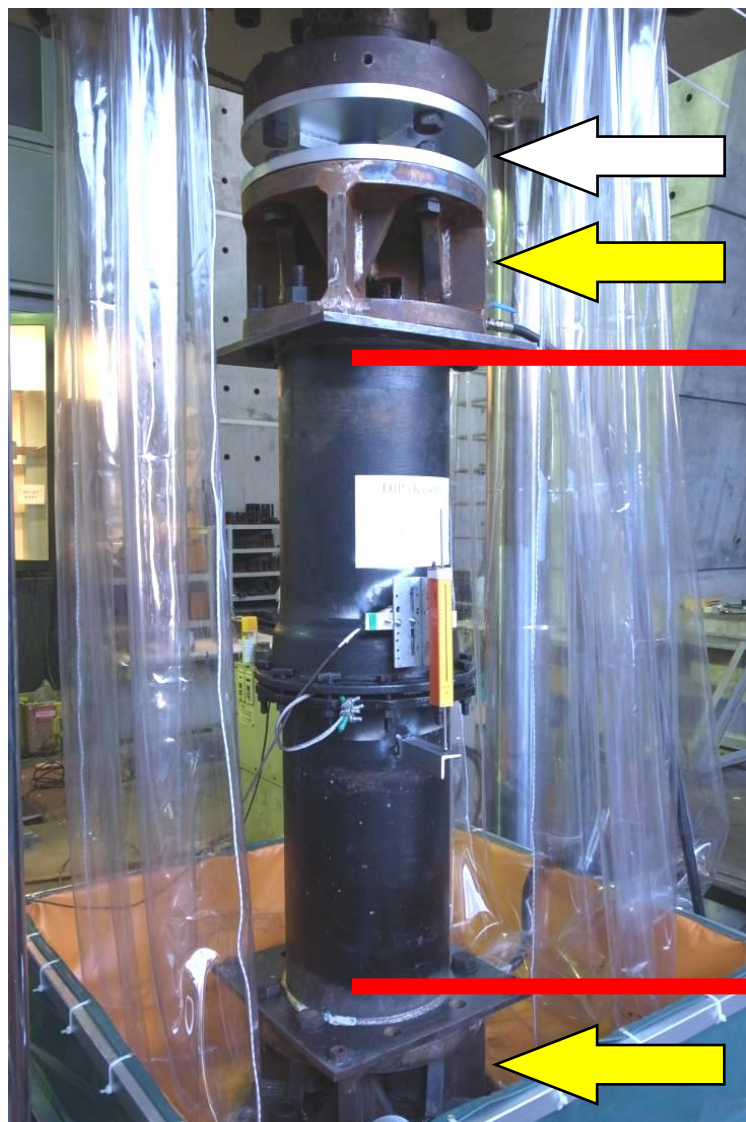
項 目	区 分	継手の性能
屈曲性能	M-1類	屈曲角度 $\pm 15^\circ$ 以上
	M-2類	" $\pm 7.5^\circ$ 以上 $\pm 15^\circ$ 未満
	M-3類	" $\pm 7.5^\circ$ 未満
離脱防止性能	A級	離脱防止力 $0.3Dtf$ 以上
	B級	" $0.15Dtf$ 以上 $0.3Dtf$ 未満
	C級	" $0.075Dtf$ 以上 $0.15Dtf$ 未満
	D級	" $0.075Dtf$ 未満

注) D : 管外径(mm)、一般には呼び径とする。

性能参数	等級	性能要求
伸長/壓縮率(e)	S-1	$e \geq \pm 1\%$
	S-2	$\pm 0.5\% \leq e < \pm 1\%$
	S-3	$e < \pm 0.5\%$
防脱力($F_{\max}$)	A	$F_{\max} \geq 3d$ kN
	B	$1.5d$ kN $\leq F_{\max} < 3d$ kN
	C	$0.75d$ kN $\leq F_{\max} < 1.5d$ kN
	D	$F_{\max} < 0.75d$ kN
接頭轉角容量(Θ)	M-1	$\Theta \geq \pm 15^\circ$
	M-2	$\pm 7.5^\circ \leq \Theta < \pm 15^\circ$
	M-3	$\Theta < \pm 7.5^\circ$
L : 標稱管長(mm) d : 標稱管徑(mm)		

JDPA, 2009, H21.07_NS形・SII形・S形
ダクティル鉄管管路の設計。

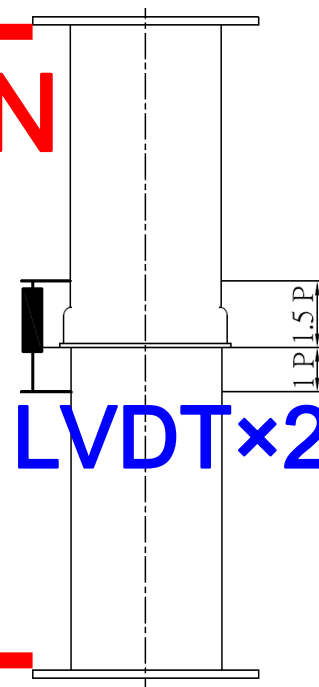
軸、拉壓試驗



50噸荷載計(軸拉用)

夾具(出水口)

4DN



LVDT×2

夾具(注水口)

軸拉試驗(1/2)

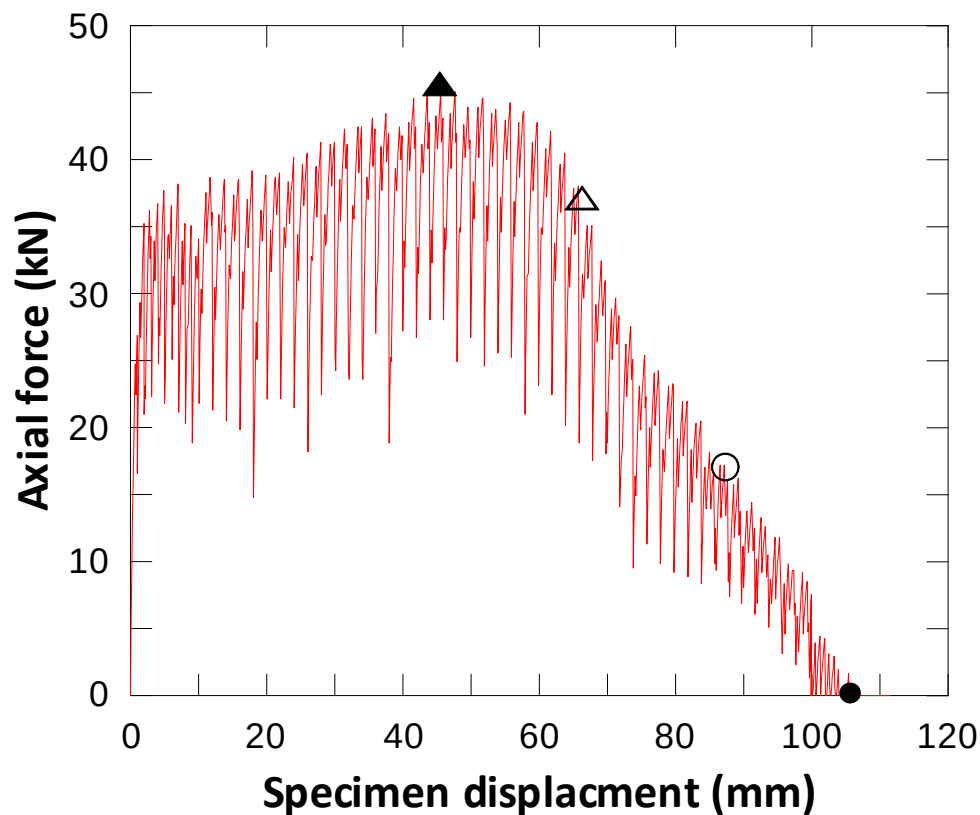


DIP(K)400-T1：試體變形至
111.45mm，北側開始漏水

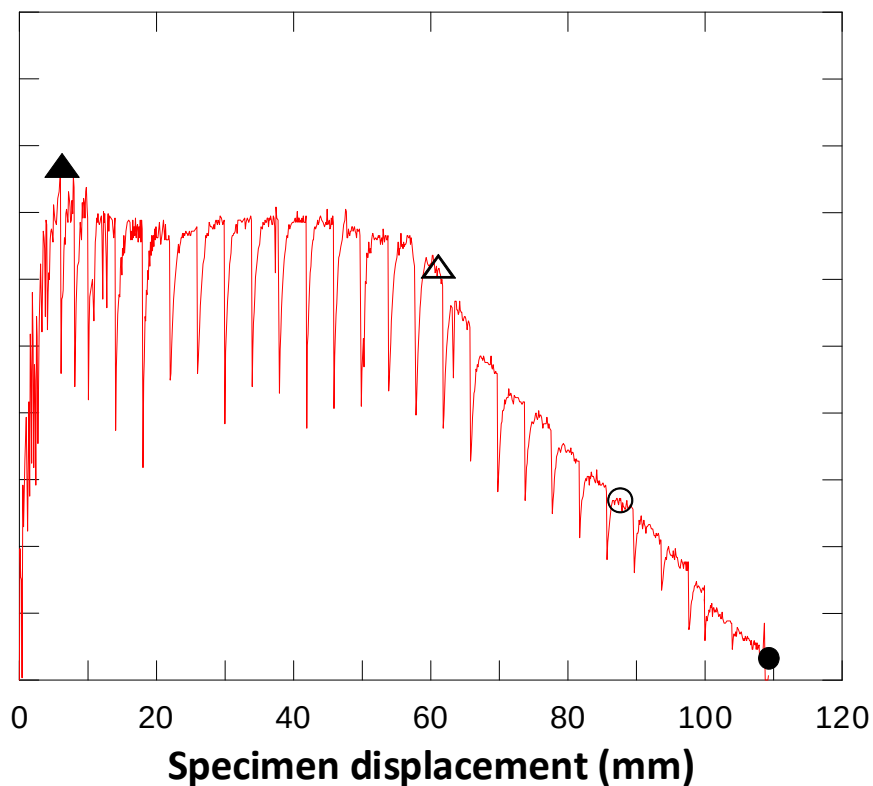
DIP(K)400-T2：試體變形至
109.25mm，南側開始漏水

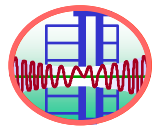
軸拉試驗(2/2)

DIP(K)400-T1



DIP(K)400-T2





NCREE

軸壓試驗(1/2)

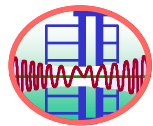


DIP(K)400-C1：試體變形至17.43mm時，挫屈處之東南側噴水



試驗後拆卸觀察，
接頭並無破壞，管
體於挫屈處之內側
有水泥脫落

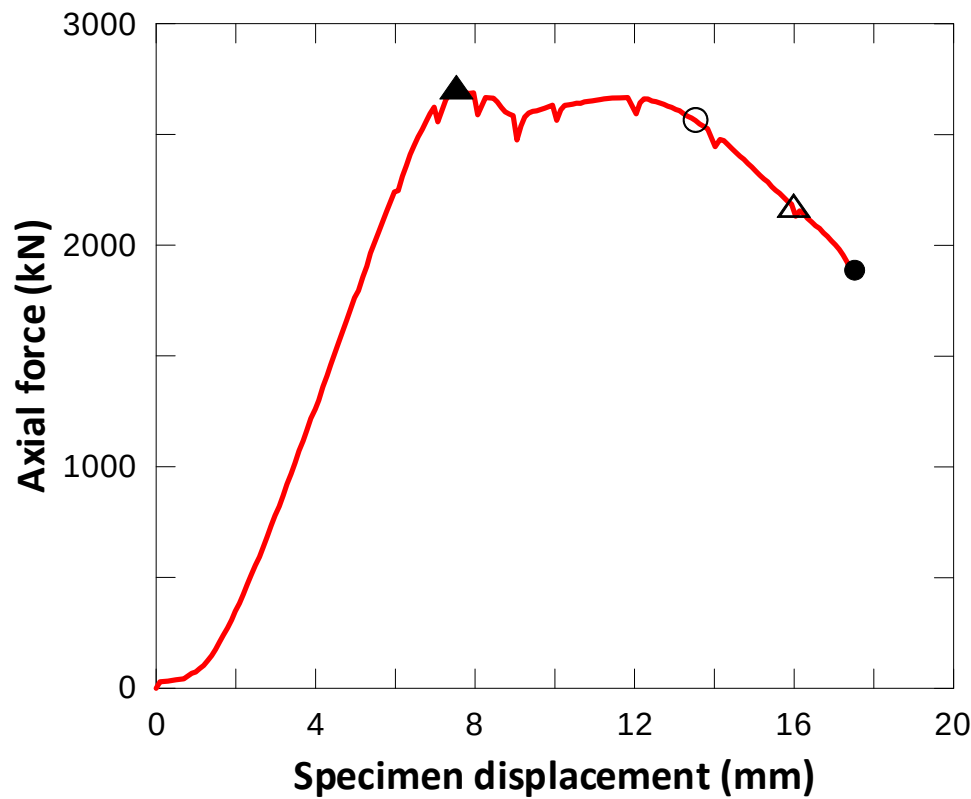
DIP(K)400-C2：試體變形至17.07mm時，挫屈處之西北側噴水



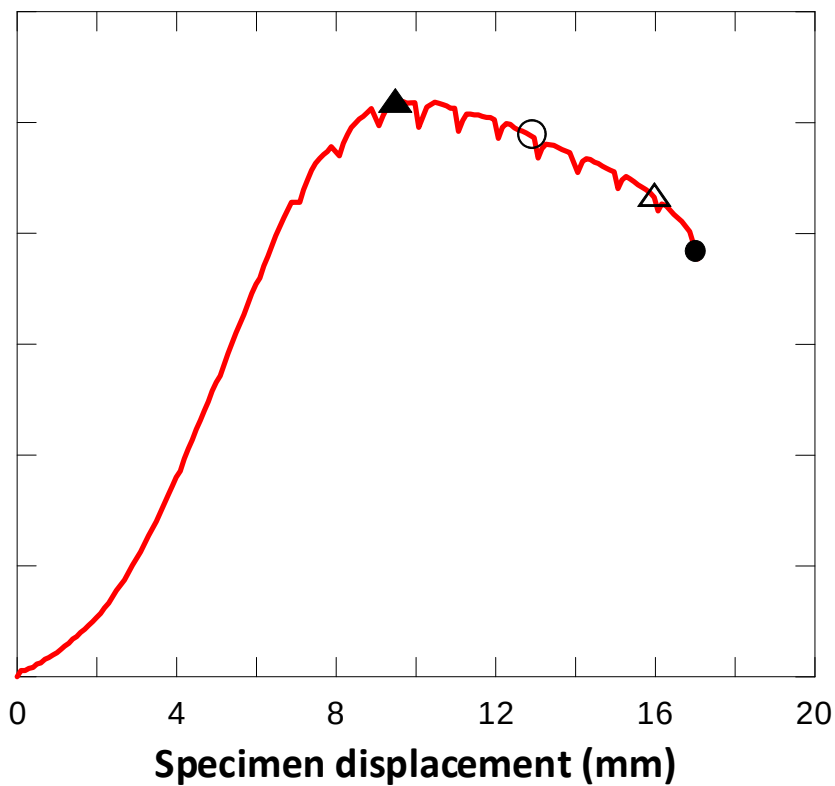
NCREE

軸壓試驗(2/2)

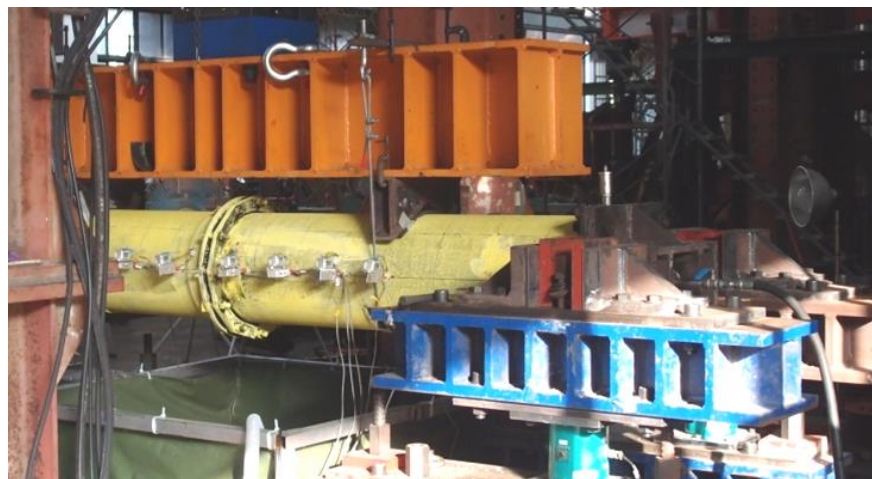
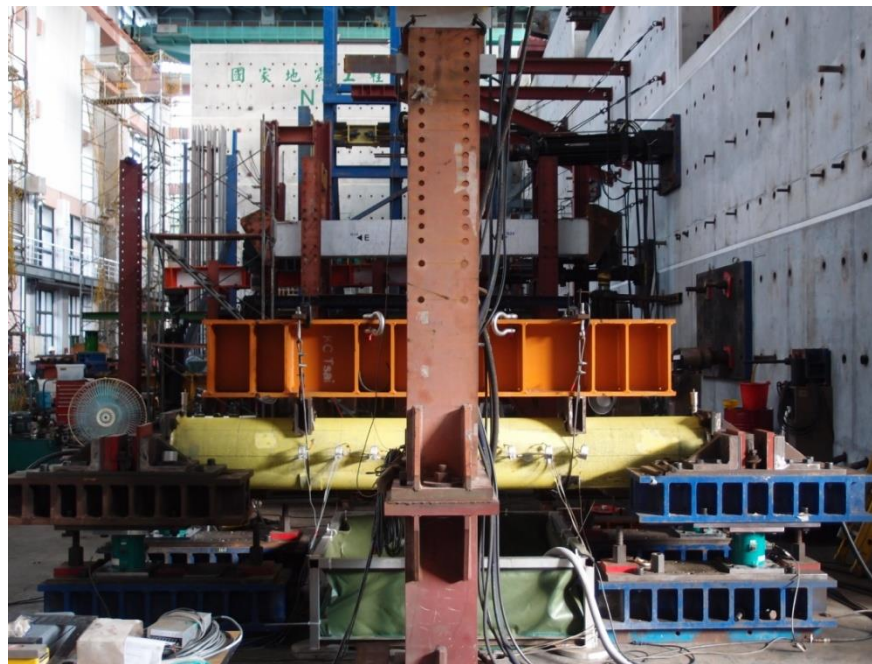
DIP(K)400-C1



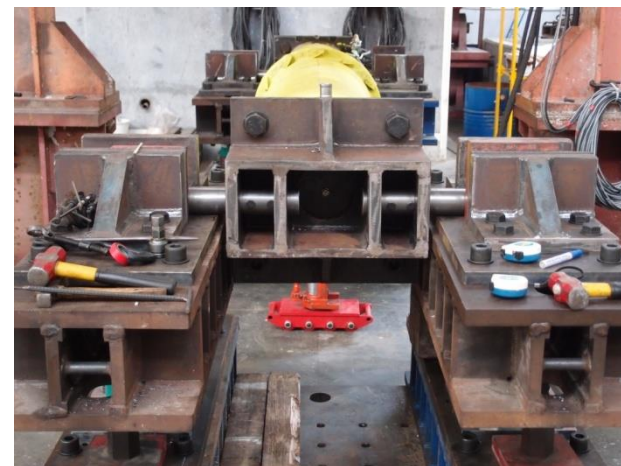
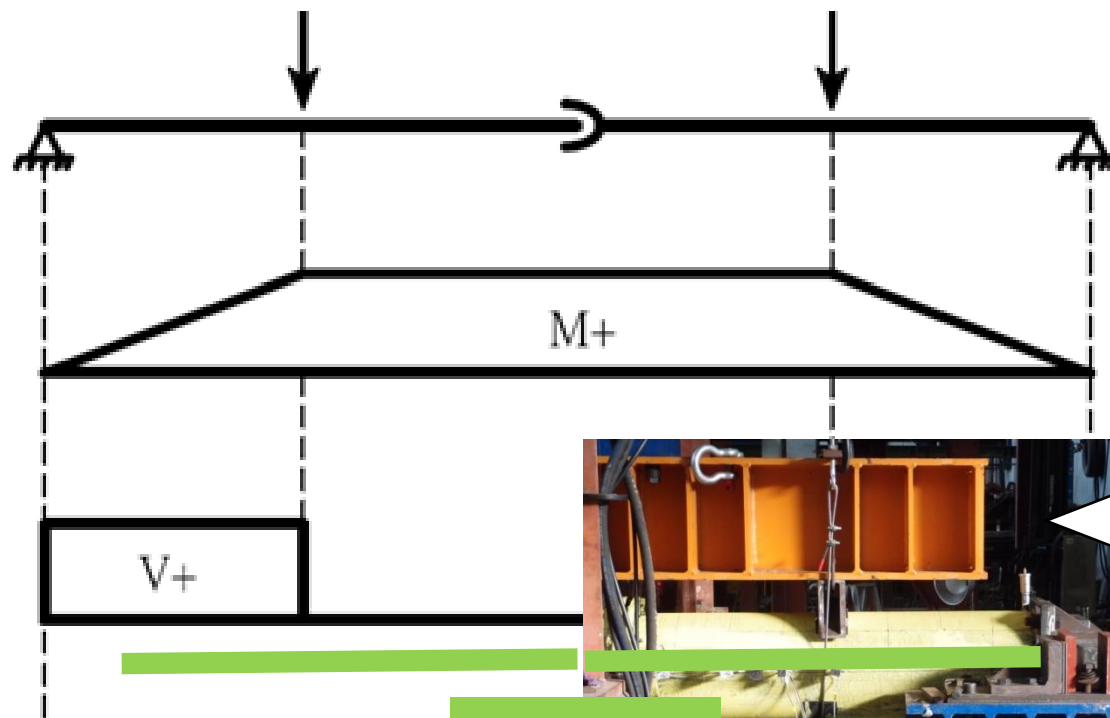
DIP(K)400-C2



撓曲試驗(1/3)



撓曲試驗(2/3)



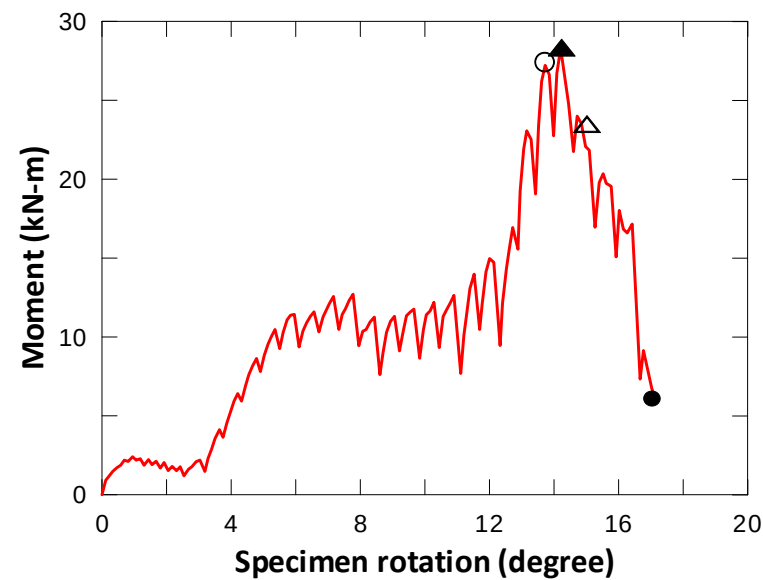
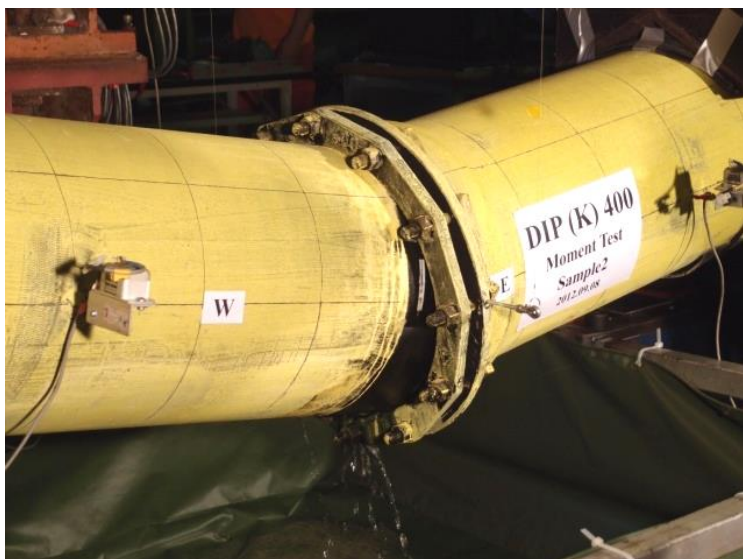
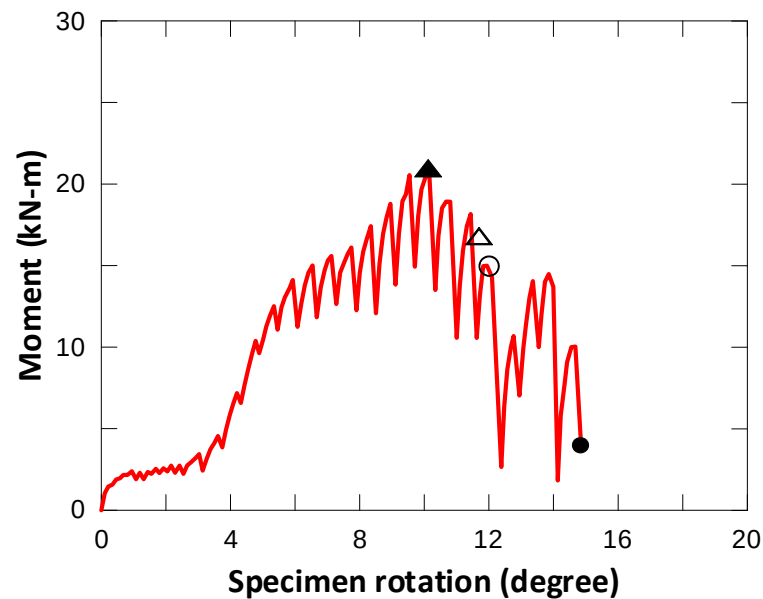
鉸支承



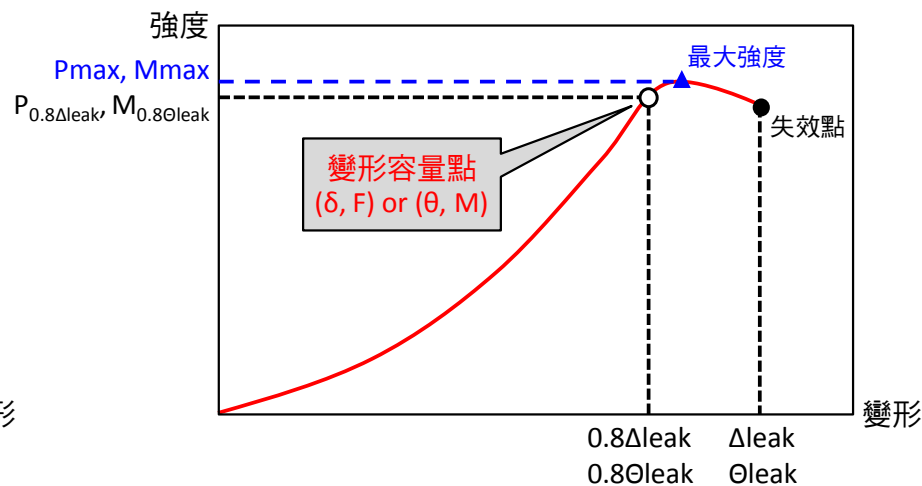
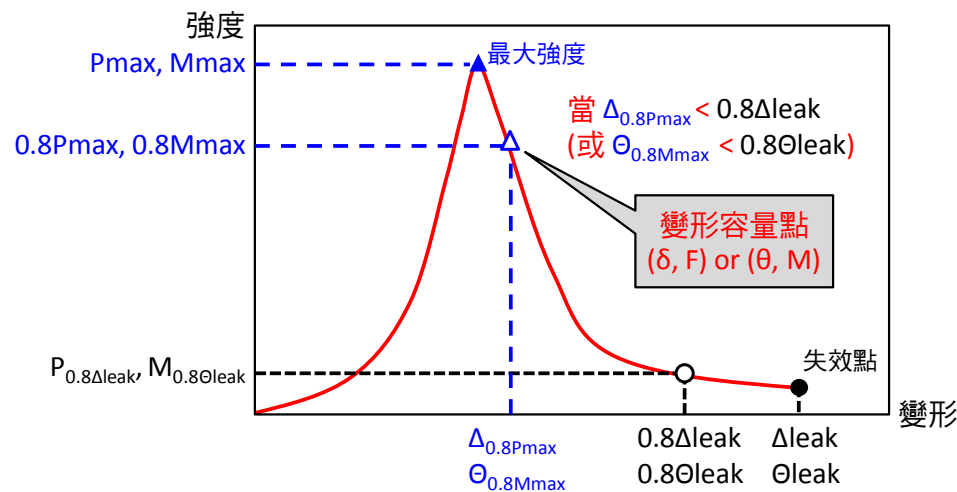
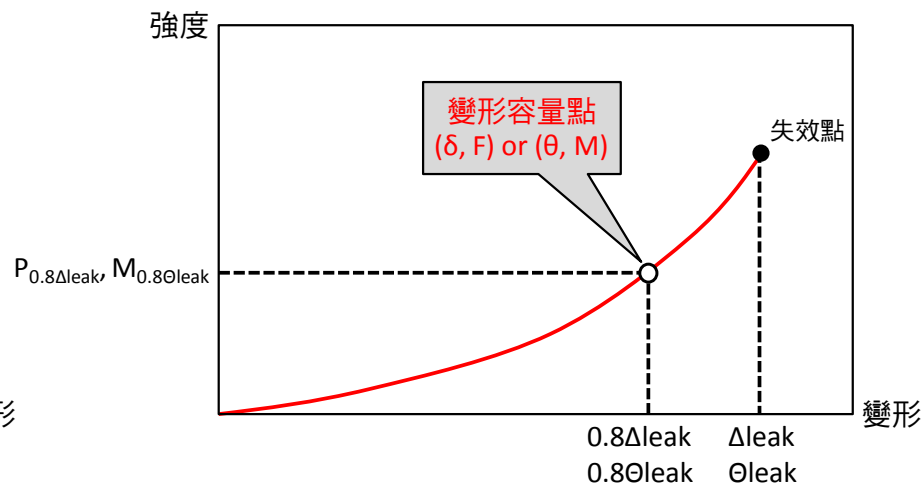
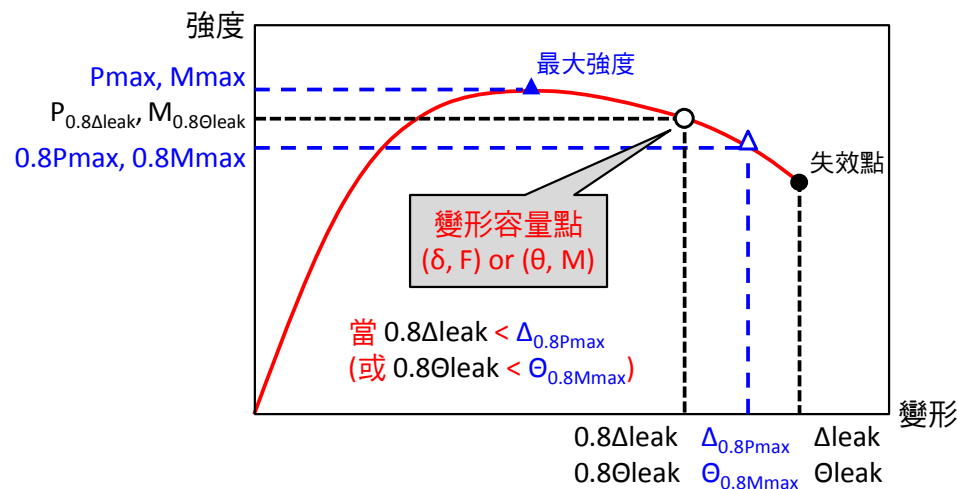
施力橫梁

50噸荷載計

撓曲試驗(3/3)



由試驗到分級 變形容量點之定義



左二圖：試體強度達峰值且下降至其0.8倍以下

右二圖：試體強度未達峰值，或達峰值但未下降至其0.8倍

DN400 K型接頭延性鑄鐵管 (D3K, t=7mm)耐震分級

參數	ISO耐震等級	DN400 參考值	軸拉試驗		軸壓試驗		撓曲試驗	
			T1	T2	C1	C2	B1	B2
軸向變形 容量 (mm)	S-1 (> ±1% L)	≥ 60	65.42	61.31				
	S-2 (±0.5~1% L)	30~60	S-1		S-3			
	S-3 (< ±0.5% L)	<30			20.66	19.82		
防脫力 (kN)	A (> 3d)	≥ 1200			(2698) (2594)			
	B (1.5~3d)	600~1200	D					
	C (0.75~1.5d)	300~600						
	D (< 0.75d)	<300	45.24	38.19				
接頭轉 角容量 (deg)	M-1	≥ ±15°						
	M-2	±7.5°~±15°					M-2	
	M-3	< ±7.5°						

DN400 A型與平口接頭延性鑄鐵管耐震分級

DN400 平口管耐震分級

DN400 A型接頭管耐震分級

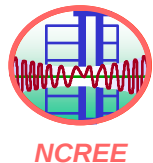
參數	ISO耐震等級	DN400參考值	軸拉試驗		軸壓試驗		撓曲試驗	
			T1	T2	C1	C2	B1	B2
軸向變形容量 (mm)	S-1 ($> \pm 1\% L$)	≥ 60						
	S-2 ($\pm 0.5 \sim 1\% L$)	30~60	S-3		S-3			
	S-3 ($< \pm 0.5\% L$)	< 30	9.28	5.19	22.73	1.67		
防脫力 (kN)	A ($> 3d$)	≥ 1200			2815*	*		
	B (1.5~3d)	600~1200	D					
	C (0.75~1.5d)	300~600						
	D ($< 0.75d$)	< 300	37.1	41.95				
接頭轉角容量 (deg)	M-1	$\geq \pm 15^\circ$						
	M-2	$\pm 7.5^\circ \sim \pm 15^\circ$					M-3	
	M-3	$< \pm 7.5^\circ$						

*ISO 16134未定義軸壓力之耐震分級

DN400參考值	軸拉試驗		軸壓試驗		撓曲試驗	
	T1	T2	C1	C2	B1	B2
≥ 60						
30~60	S-3		?			
< 30	0.33	0.36				
≥ 1200			*	*		
00~1200	D					
300~600						
< 300	243.5	223.4				
$\geq \pm 15^\circ$						
$\pm 7.5^\circ \sim \pm 15^\circ$					M-3	
$< \pm 7.5^\circ$						

震位移及滲漏之試驗研究案

30



自來水延性鑄鐵管耐震試驗標準作業 程序以及自來水管耐震試驗測試平台 工作手冊草案

1. 總則

1.1 目的

本試驗準則旨於規範自來水管材耐震能壓及撓曲試驗進行加載，根據受測管材之防容量，並參考 ISO 16134 之分類，判定受測管

1.2 依據

自來水法第三章第四十二條第一項、自第三條第六項(中華民國自來水協會，2006) Subsidence-Resistant Design of Ductile Iron 級、ISO 2531 Ductile Iron Pipes, Fittings, A Water Applications (2009)之試驗水壓規定。

1.3 適用範圍

自來水延性鑄鐵管(Ductile Iron Pipes)，1000 mm 之間，超過 1000 mm 者，得放寬試

1. 總則

1.1 試驗目標：試驗之實施，應依委託單位之需求，釐定試驗項目，並按「自來水延性鑄鐵管耐震試驗標準作業程序」之規定辦理。

1.2 試驗計畫：試驗實施前須擬定試驗計畫，內容應包含測試項目、方法、設備、程序及時程等。

1.3 試驗資料：試驗實施前應收集待測管材之製造廠商名稱、製造年月、規格圖錄、組裝程序等基本資料。

1.4 管材檢核：試驗進行前，須逐一確認送測管材之尺寸、規格及數量，是否與委託合約之記載相符。

2. 軸拉、軸壓試驗

2.1 試體製備

(1) 管體與端板檢核：試體應符合規定尺寸；試體兩端須焊接端板予以

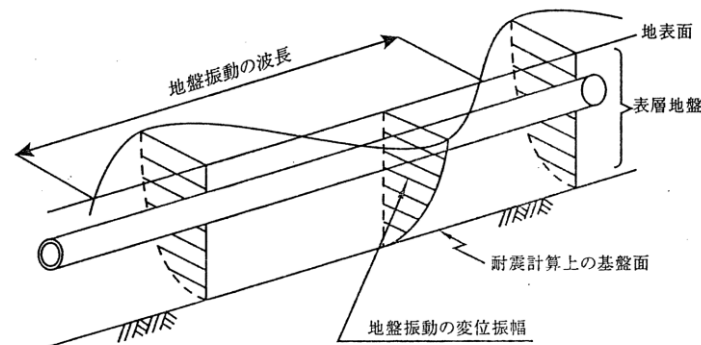
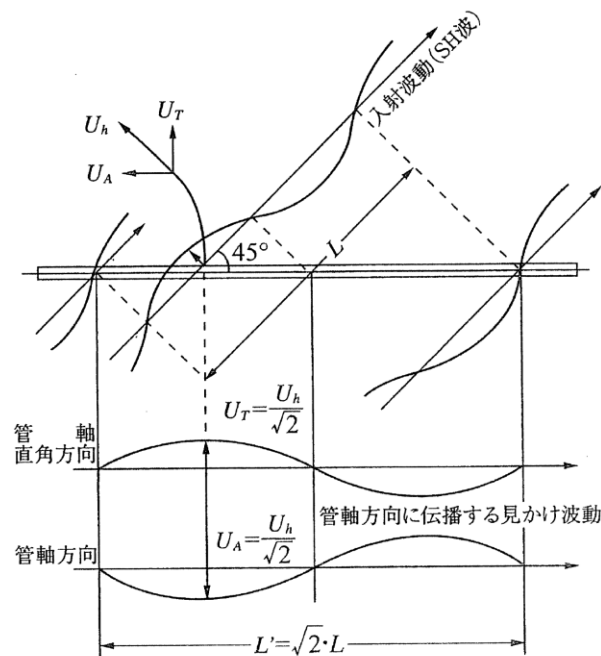
自來水管線耐震設計需求

研究目的、現況與前瞻

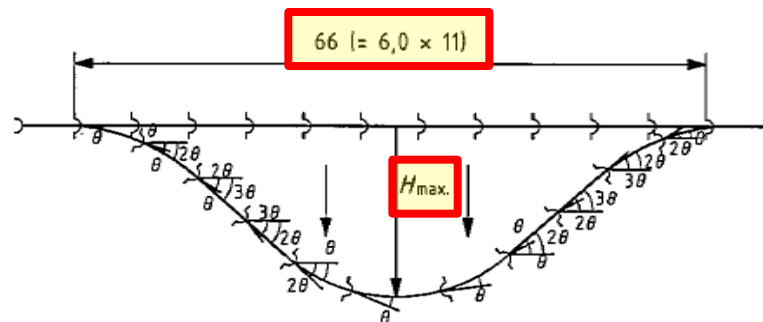
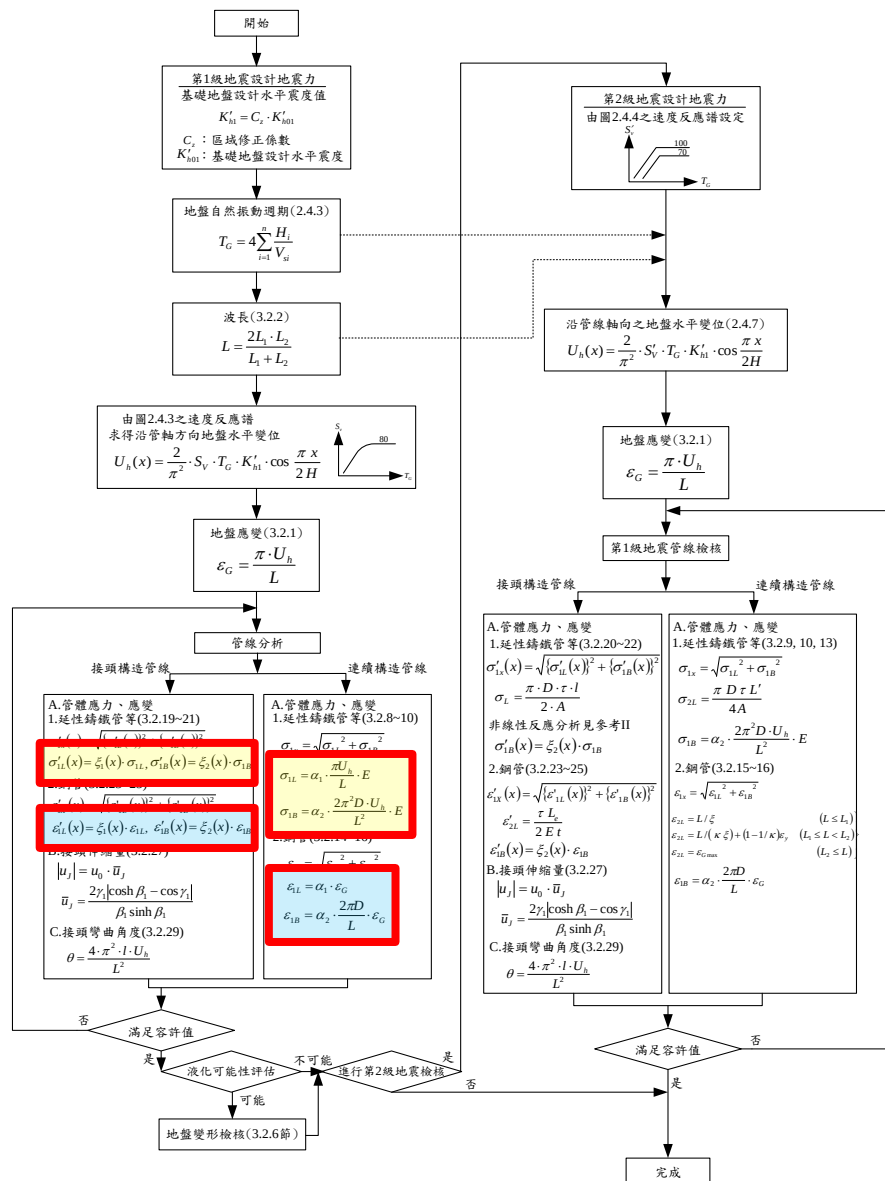
- ✚ 旨於訂定本土化的自來水管線耐震設計需求，作為未來管線耐震設計與管材選用之參考
 - 地震動
 - 土壤液化震陷
- ✚ 已完成項目：
 - 反應變位法檢核程序回顧
 - 地下管線耐震需求控制因子探討(地盤震動週期、最大地表速度、土壤液化敏感類別、震陷量等)
- ✚ 後續研究重點：
 - 自來水管線耐震需求研擬
 - 地下管線耐震設計相關之地震災害潛勢圖

地下管線耐震分析原理

- 自來水地下管線之設計，係採**反應變位法**(response displacement method)，此乃基於地震作用下地下管線與土層同步振動並受土層束制，相對於周遭土層可視為靜態反應
- 地震波定義為**入射角 45° 之SH剪力波**，以之概括所有入射角度且較大強度之地震波
- 以地震時之土層應變作為輸入，分析管線的變形及受力反應，並與管線(接頭)的變形及受力的容許值相比較，進行耐震設計或安全檢核



地下管線耐震分析步驟



ISO 16134 (2006) “Earthquake- and subsidence- resistant design of ductile iron pipelines.”

中華民國自來水協會(2013), 「自來水設施耐震設計及解說」, 台北。
日本水道協會(2009), 水道設施耐震工法規範與解說, 設計事例集。

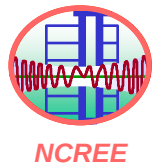
地下管線耐震設計相關之災害潛勢因子

- ✚ 在自來水地下管線設計需求的設定程序中，須知道管線的應力與應變；管線的撓曲和軸向應變的求取，又須知道管線所在工址的地盤震動週期 T_G 和最大地表加速度 V_{PG}
- ✚ 土壤引致的震陷量與土壤液化敏感類別、工址的最大地表加速度、地下水位和地震的規模有關，而土壤液化敏感類別又與工址之地質鑽探資料相關
- ✚ 相關的潛勢因子
 - 地震規模
 - 最大地表加速度
 - 地盤震動週期
 - 最大地表速度

結語

結語

- ✚ 台灣位處地震帶，小地震不斷，致命強震平均十餘年發生一次，可能造成嚴重傷亡與損失，必須因地制宜，及早因應
- ✚ 自來水系統耐震研究與應用之要點
 - 加強本土化之技術研發
 - 建置高品質之資料庫與應用模式
 - 落實產、官、學、研間之經驗交流與回饋



誌謝

- ✚ 經濟部水利署保育事業組
- ✚ 臺北自來水事業處
- ✚ 台灣自來水公司(含各區管理處)
- ✚ 中華民國自來水協會
- ✚ 經濟部水利署水利規劃試驗所
- ✚ 台灣世曦公司
- ✚ 中原大學土木系黃仲偉教授

謝謝聆聽
敬請指教

