

花蓮地震自來水系統震害與初步探討

劉季宇、葉錦勳、於積璿



國家地震工程研究中心
National Center for Research on Earthquake Engineering

承諾·熱情·創新

www.narlabs.org.tw

致謝

✦ 台水公司

● 第九區管理處(花蓮)

- ▶ 花蓮給水廠 歐栓玉廠長
- ▶ 花蓮給水廠 吳文祥股長
- ▶ 漏防課 張元隆課長

● 漏水防治處

供水系統別	系統供水能力 (立方公尺/日)	設計供水 人口數(人)
第九區管理處	225,120	330,800
0901花蓮	162,320	200,700
0908和平	3,570	1,600
0915水璉	420	1,200
0916鳳林	16,210	35,600
0922豐濱	2,400	3,000
0923瑞穗	7,200	15,500
0924富源	3,500	8,900
0926港口	1,600	800
0927玉里	20,400	50,300
0928富里	5,000	7,500
0931池南	1,800	3,900
0934松浦	700	1,800

← 主要災區

(台灣自來水公司
105年報)

NAR Labs

Committed Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統管線概況初版探討

5

花蓮系統自來水管線概況

類別	管徑(mm)	長度(Km)	占比(%)	總長(km)	占比(%)
導送水幹管 (800 mm或以上)	1,000	1.71	0.14	13.39	1.11
	900	0.49	0.04		
	800	11.19	0.93		
送水管 (500-750 mm)	700	0.57	0.05	63.87	5.30
	600	33.49	2.78		
	500	29.81	2.48		
配水管 (100-450 mm)	450	2.07	0.17	908.90	75.48
	400	55.03	4.57		
	350	4.99	0.41		
	300	90.7	7.53		
	250	11.92	0.99		
	225	3.33	0.28		
	200	256.92	21.34		
	180	0.39	0.03		
	150	54.11	4.49		
	125	18.62	1.55		
	110	3.32	0.28		
100	407.5	33.84			
給水管 (80 mm或以下)	-	218.02	18.11	218.02 (?)	18.11 (?)
合計		1,204.17	100.00	1204.17	100.00

DIP (76.5%), PSCP (23.2%), ...

DIP (79.3%), PSCP (14.9%), ...

DIP (58.9%), PVCP (29.8%), ...

PVCP (92.9%), HIWP (4.6%), ...

Committed Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統管線概況初版探討

6

花蓮系統自來水管線災損統計

類別	管徑(mm)	修漏數	管 材	修漏數
送水管	600	4	SP	3
	500	1	DIP	23
配水管	300~450	13	CIP	4
	100~250	135	HIWP	3
給水管	40~80	139	PVCP/PE	944
	<40	771	另件/其他	86
合 計		1,063	合 計	1,063

INGREE

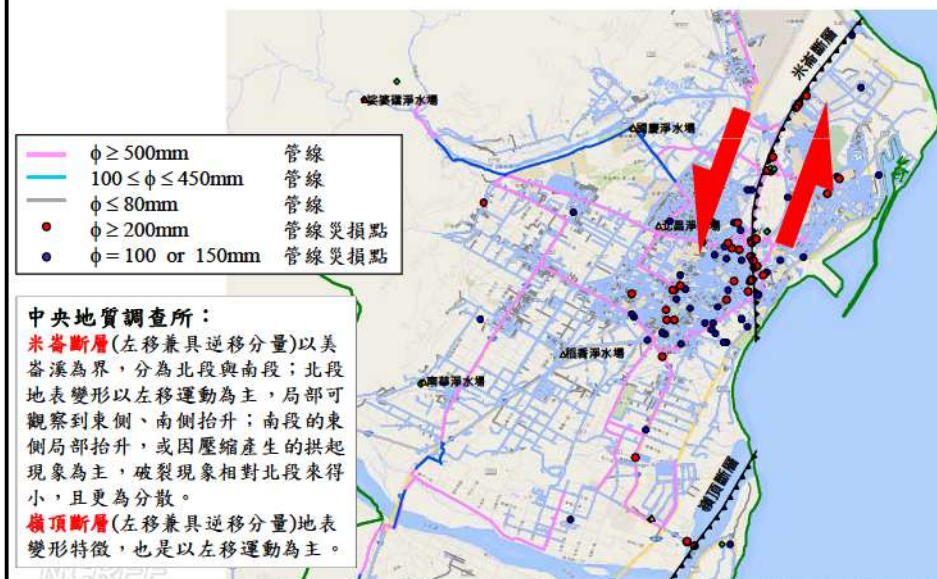
Combining Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水管線震害初步探討

7

花蓮系統自來水管線主要災損分布(1/3)



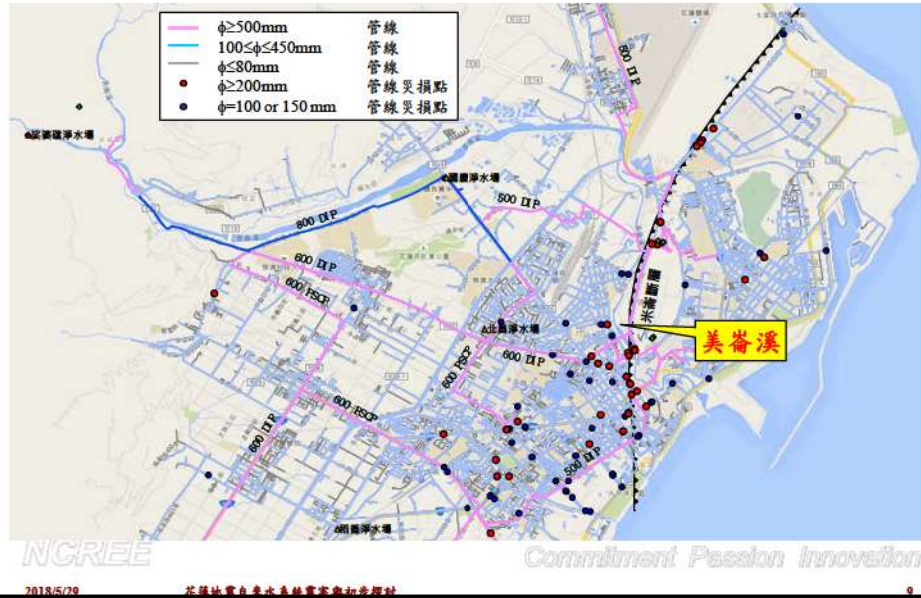
INGREE

2018/5/29

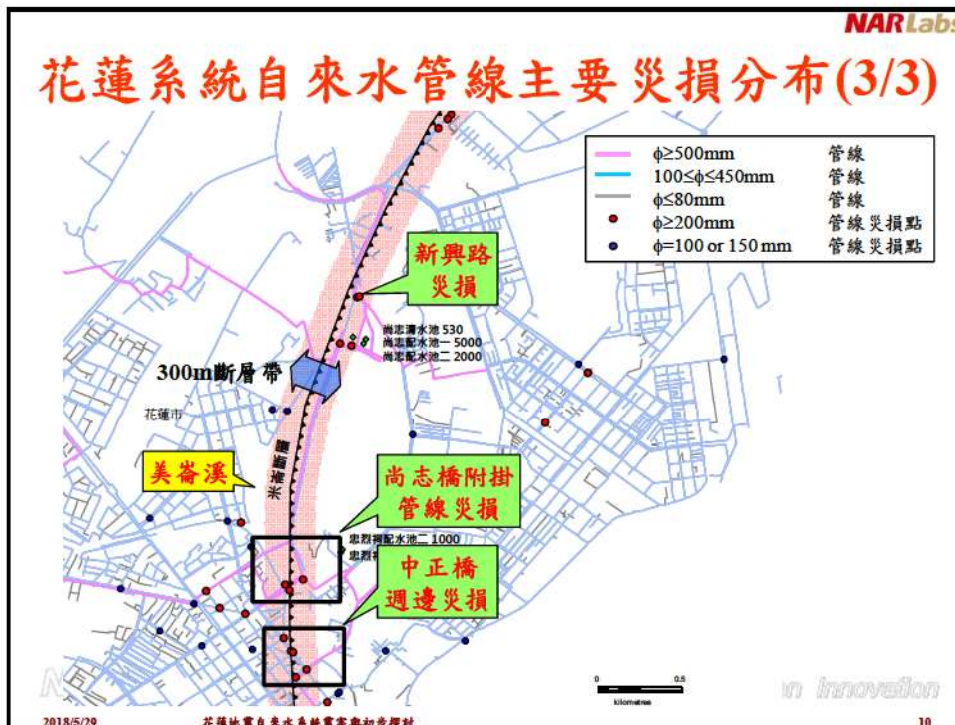
花蓮地區自來水管線震害初步探討

8

花蓮系統自來水管線主要災損分布(2/3)

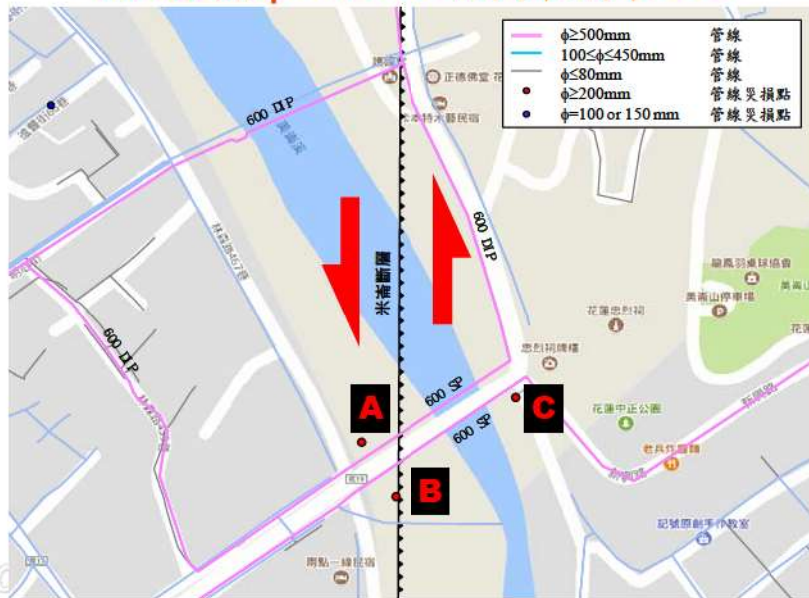


花蓮系統自來水管線主要災損分布(3/3)



花蓮系統主要送水管震害

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2



尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—A



NCREE

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查紀錄

13

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—A



NCREE

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查紀錄

14

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—A



2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害勘測紀錄

15

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—A



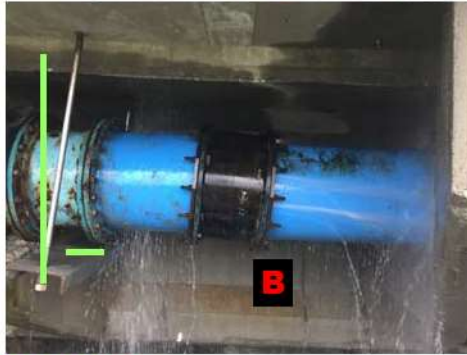
A處因餘震再度爆管，更換後另以鋼樁固定，再以LSC回填

2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害勘測紀錄

16

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—B



NCREE

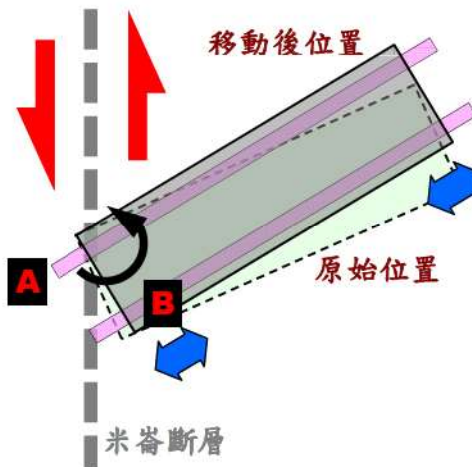
Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查與探討

17

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—B



Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查與探討

18

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—B



2018/5/29

花蓮地區自來水系統實地考察紀錄

19

尚志橋φ600mm附掛鋼管×2—C

- ✦ 橫向嚴重甩動，但似非接頭脫接原因
- ✦ 軸向拉脫



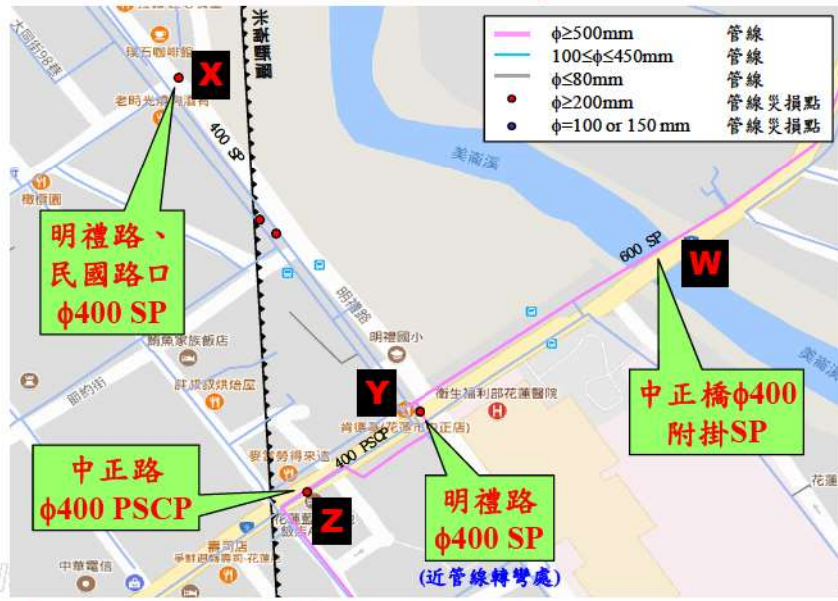
NCREE

2018/5/29

花蓮地區自來水系統實地考察紀錄

20

中正橋週邊



2018/5/29

花蓮地區自來水系統電氣檢點紀錄表

21

中正橋附掛φ400mm鋼管—排氣閥損壞



NCRE

ation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統電氣檢點紀錄表

22

明禮路民國路口地下箱涵 $\phi 400\text{mm}$ 附掛鋼管



NCRREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統改善與拓充工程

23

明禮路 $\phi 400\text{mm}$ 鋼管



1處擠壓挫屈，
另2處拉伸斷裂

NCR

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統改善與拓充工程

24

中正路φ400 PSCP



NCREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害初步探討

25

新興路φ500mm鋼管



NCREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害初步探討

26

新興路φ500mm鋼管



NCREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統管線勘測紀錄

27

新興路φ500mm鋼管



Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統管線勘測紀錄

28

大事記(1/2)

✚ 2018/02/06

- 23:50—地震發生

✚ 2018/02/07

- 00:40—開設緊急應變中心
- 停水約4萬戶
 - ▶ 花蓮大橋 ϕ 200mm附掛DIP (光華淨水場 \Rightarrow 壽豐鄉鹽寮村)破裂，停水100戶
 - ▶ 尚志橋 ϕ 600mm附掛SP \times 2 (砂婆礑淨水場 \Rightarrow 尚志淨水場)破裂，停水35,000戶
 - ▶ 富世淨水場內 ϕ 300mm原水管線破裂，停水4900戶
- 05:00—富世淨水場改取其他深井原水，4900戶恢復供水

NCR

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害調查報告

29

大事記(2/2)

✚ 2018/02/07

- 18:50—花蓮大橋附掛管線修復，鹽寮村100戶復水
- 15:30—尚志橋附掛管線脫接3處，其中1處已修復，但15:50因餘震再次脫接
- 23:00—發布新聞稿，停水戶數降為31,500戶

✚ 2018/02/08

- 00:30—尚志橋附掛管線搶修完成
- 07:30—新興路 ϕ 500mm SP (7000噸配水池 \Rightarrow 美崙、新城、順安地區)
- 17:30—發布新聞稿，停水戶數降為9,000戶

NGREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害調查報告

30

其他震害

花蓮大橋φ200mm附掛DIP



花蓮大橋φ200mm附掛DIP



NCR

Contribution Through Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查與探討

33

花蓮大橋φ200mm附掛DIP



直管扶持不足

NCREE

Contribution Through Innovation

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查與探討

34

辦公廳舍震害



NCREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害勘測紀錄

35

臨時供水站(車)整備



NCREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害勘測紀錄

36

聽音檢漏 閘栓操作



NCRÉE

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害初步探討

37

早期評估與應變

NCRÉE

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害初步探討

Commitment Passion Innovation

38

第一階段早期評估

地震災害潛勢評估結果
 需警戒的村里數(個): 79

自來水管線損害暨損失評估結果
 自來水管線災損評估結果

全台輸水管災損數(因震之數量範圍):	1 (0-1)	自水四區	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)
全台配水管災損數(因震之數量範圍):	120 (17-13)	自水五區	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)
管理區	輸水管災損數(因震之數量範圍)	配水管災損數(因震之數量範圍)	自水六區	0 (0-0)	0 (0-0)
北水	0 (0-0)	0 (0-0)	自水七區	0 (0-0)	0 (0-0)
			自水八區	0 (0-0)	0 (0-0)
			自水九區	1 (0-1)	120 (17-120)
			自水十區	0 (0-0)	0 (0-0)
			自水十一區	0 (0-0)	0 (0-0)
			自水十二區	0 (0-0)	0 (0-0)

新增文字

T7: 警戒階段
 _0206_2350_花蓮秀林外海10公里
 _M6.0_D10km_備亡
 5(0-5)_79村里警戒(國震中心提供)
 2018年2月8日, 週二, 23:57

T8: 警戒階段
 _0206_2350_花蓮秀林外海10公里_規模6.0_深度10公里_自來水管線災損推估數256_台水九區_256(國震中心提供)
 2018年2月8日, 週二, 23:57

2018/5/29 花蓮地震自來水管線震害初步評估 39

第二階段早期評估(1/2)

主震、餘震分布

2018/5/29 花蓮地震自來水管線震害初步評估 40

第二階段早期評估(2/2)

鄉鎮市區	災損數			總災損數 (含給水管)	修復 所需人時 (人時)	修復 所需金額 (千元)
	配水管 100-450mm	送水管 500-750mm	送水幹管 800mm以上			
花蓮市	87	1	0	176	3,481	3,473
吉安鄉	62	1	0	127	2,524	2,529
新城鄉	18	0	0	55	957	905
壽豐鄉	6	0	0	15	262	261
秀林鄉	5	0	0	12	205	203
總計	推估178 (實際148)	2 (5)	0 (-)	384 (1,063)	7,432	7,373

供水評估 單元	用戶數	日均 配水量	震後 配水率	送水管 震後 送水率	配水管網 震後 流失率	缺水率	缺水量	用戶 停水率	停水 戶數
花蓮 系統	84,103	92,196	1.00	0.62	0.20	0.50	46,346	0.42	34,903 (40,000)

NCGREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害初步評估

41

美濃地震震害(比較)

NCGREE

Commitment Passion Innovation

2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害初步評估

42

美濃地震永康區 $\phi 2000\text{mm}$ 送水管

- ✦ 開運橋西側下橋處，鋼管接PSCP管之特殊接頭損害
- ✦ 鋪設於1998年



tion Innovation

2018/5/29

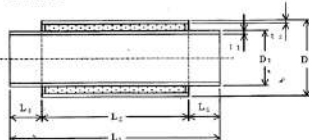
花蓮地震自來水系統震害調查紀錄片

43

美濃地震新化區忠孝路 $\phi 2000\text{mm}$ 送水管

- ✦ 沿台20線，長1,205m之WSP推進管(1998年)
 - 分段之雙層鋼管，填充混凝土
 - 銜接處之中壓環套管(廠製)，兩處發生圓周斷裂，拉開約5mm
 - 焊接C形斷面鋼環，進行修漏
 - 埋深約8m、土層為鬆軟黏土
 - 2/24修復並送水

標準構造圖



2018/5/29

花蓮地震自來水系統震害調查紀錄片

44

初步探討

重要觀察

✦ 橋梁、箱涵附掛管線

- 接頭脫接
- 下地接地下管線處接頭損壞

✦ 地下管線

- 斷層錯動，管體挫屈損壞

✦ 重要課題

- 橋梁、箱涵附掛管線之耐震設計
 - ▶ 地震動—慣性力、接頭伸縮及旋轉需求
 - ▶ 土層破壞(土壤液化、斷層錯動)—接頭伸縮及旋轉需求
- 斷層帶(寬度300m)範圍內管線之耐震設計

耐震對策—耐震可撓管(明管)



311地震
日本石卷地方廣域水道事業團
蛇田淨水場



NCREE

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查與探討

47

耐震對策—斷層帶耐震需求

功能分級	設計PGD
II	AD
III	1.5 AD
IV	2.3 AD

AD：平均錯動量
(average surface fault offset)

NCREE

2018/5/29

花蓮地區自來水系統震害調查與探討

48

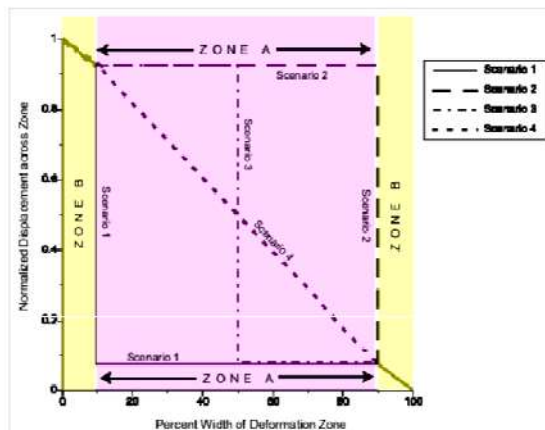


Figure 4-5. Deformation Pattern Across Fault (Strike Slip)

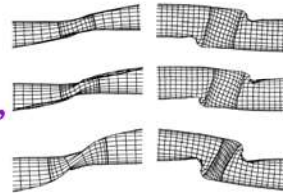
Commitment Passion Innovation

耐震對策—(常規)鋼管耐震設計

✦ 優異之耐震性管材

✦ 過斷層耐震設計建議

- 過逆斷層時，斜角愈小愈好，以降低受壓之應變
- 過平移斷層時，設法調整通過交角，產生張力(軸壓對管線較為不利)
- 斷層範圍內，管線維持直線線型及固定埋深
- 斷層範圍內，採較淺之管線埋深
- 斷層範圍內，降低管壁與土壤間摩擦力，例如施以堅硬光滑之被覆
- 斷層兩側各300公尺範圍內，管壁加厚
- 斷層兩側各300公尺範圍內，選用鬆軟或中等之粒質土壤作為回填土



ASCE (1984) - Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems.

NCR Commitment Passion Innovation

謝謝聆聽
敬請指教