

# 建築給水排水與制震之研究發展

姚昭智<sup>1</sup> 羅德章<sup>2</sup> 張始偉<sup>2</sup>

1 成功大學建築系教授 2 台灣給水排水研究學會 高雄海洋科技大學教授

## 報告內容

### 1. TAF 認證體系推展與建制

- 油脂截留器測試實驗室
- 總存水彎測試實驗室

### 2. 渦流強化總存水彎水-空氣流體動力現象研究

(Hydrodynamic performance of air-water flows in gully with vortex enhancement)

### 3. 震動管道水-空氣流體動態負載研究

### 4. 台灣管線震害案例分析 & 台灣機電抗震現況及未來展望

### 5. 專題總結



# 油脂截留器測試實驗室

有關我國國家標準 CNS14431 Q3001 「油脂截留器性能試驗法」之適用範圍、試驗條件及試驗結果判定之摘要如下：

【3.2每分鐘容許流量】【3.5標準總截留量】是檢測合格截留器之性能指標。

1.適用範圍：本標準適用於食品調理場所用之油脂截留器性能及其試驗方法。

2.檢驗方法：油脂截留器須進行70次測試，每次測試間隔原則上為10分鐘以內。

3.試驗條件：各次之試驗，均須依照下述條件。

3.1 油脂截留器之流入水為 $42 \pm 2^\circ\text{C}$ 之清水。

3.2 每次試驗時流入截留器之水量為截留器實容積之75%。

3.3 每次試驗從儲水槽流出定量試驗清水至截留器，時間為 $1 \text{分} \pm 5 \text{秒}$ 。

3.4 油脂截留器流入流量之表示方法為L/min。

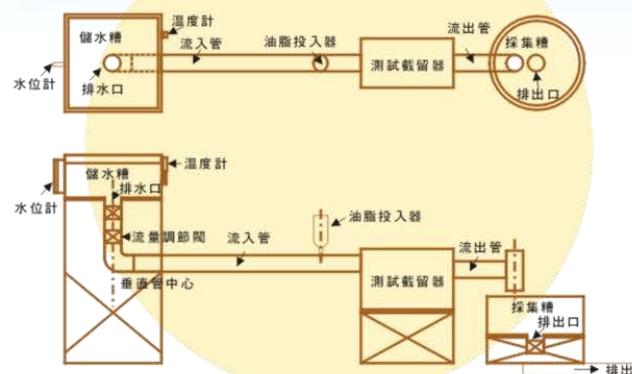
3.5 試驗用油脂採用CNS 2421【豬脂(食用)】

標準之豬脂並加熱至 $55 \pm 5^\circ\text{C}$ ，投入油脂量依投入水量而定，一般為5g/L。

4.試驗結果判定：油脂截留器連續操作70次之性能試驗結果，須高於下表所列之值，方屬合格品。

截留效率 %	
每五次平均截留效率E <sub>1</sub>	累積截留效率E <sub>2</sub>
85	90

油脂截留器性能試驗設備配置



# 發展油脂截留器性能測試之「軟體」及「硬體設備」

台灣給水排水設備實驗室

驗證作業通過國際ISO17025認可評鑑



社團法人台灣給水排水研究學會  
Taiwan Water Supply and Drainage Society



# 總存水彎測試實驗室

- 台灣給水排水設備實驗室，依據「歐洲標準EN-1253-1:2014 總存水彎性能測試法」正進行實驗室TAF認可實驗室增加項目建置，預計2017.07起，可接受政府機關、業者及消費者的委託，提供總存水彎性能驗證服務。

☞水封正負壓試驗

☞自淨能力試驗

☞流率試驗



# 水封正負壓試驗

## ⌘ 負壓試驗

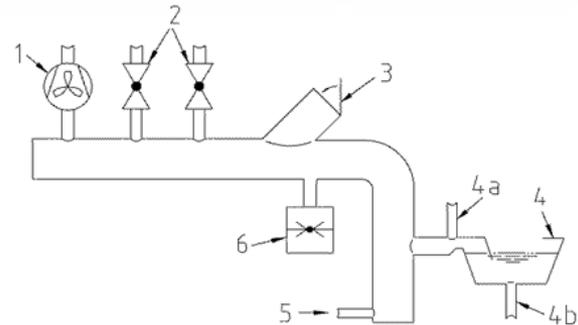
總存水彎水封在滿水位時，將管內壓力抽至負壓400Pa，然而緩緩開啟活葉平衡壓力。開啟時，水封因壓力變化將水抽出，該實驗限制開啟活葉五次內能緩和壓力變化抽水之問題。

## ⌘ 負壓試驗(水封水蒸發8mm)

模擬蒸發總存水彎水封8mm的水，將管內負壓力逐漸增加直至水封破封，法規限制該破封壓力必須小於負壓400Pa。

## ⌘ 正壓試驗

在水封滿水位時，將管正壓力逐漸增加直至水封破封，法規限制該破封壓力必於大於正壓400Pa。

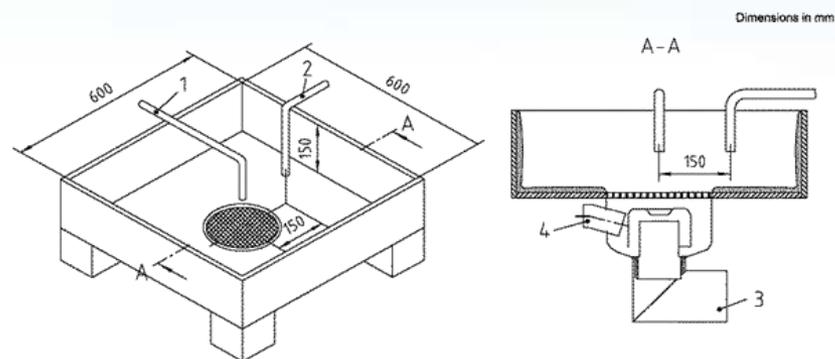


# 自淨能力試驗

## 自淨能力

將總存水彎安裝於法規所規定尺寸測試箱上，提供0.2l/s、0.3 l/s、0.4 l/s、0.6 l/s流率的水至測試箱，並在相同流率倒入200 cm<sup>3</sup> 玻璃珠(玻璃珠法規規定直徑 $5 \pm 0.5\text{mm}$ 、密度 $2,5 \text{ g/cm}^3$  至  $3,0 \text{ g/cm}^3$ )，然後提供相同速率水30秒。量測在規定時間內，所排出玻璃珠的體積。

法規規定流率於0.6 l/s時，必須排出50%的玻璃珠。



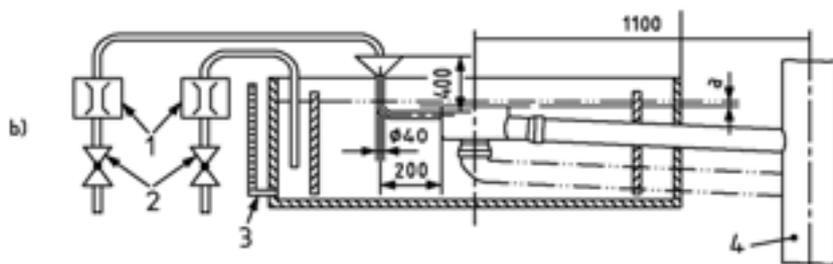
# 流率試驗

## 流率試驗

將總存水彎安裝於法規所規定尺寸測試水槽中，並依法規要求的流率提供落水口及側入水口，測試總存水彎的排水性能是否符合法規之規範。

法規流率規定如下：

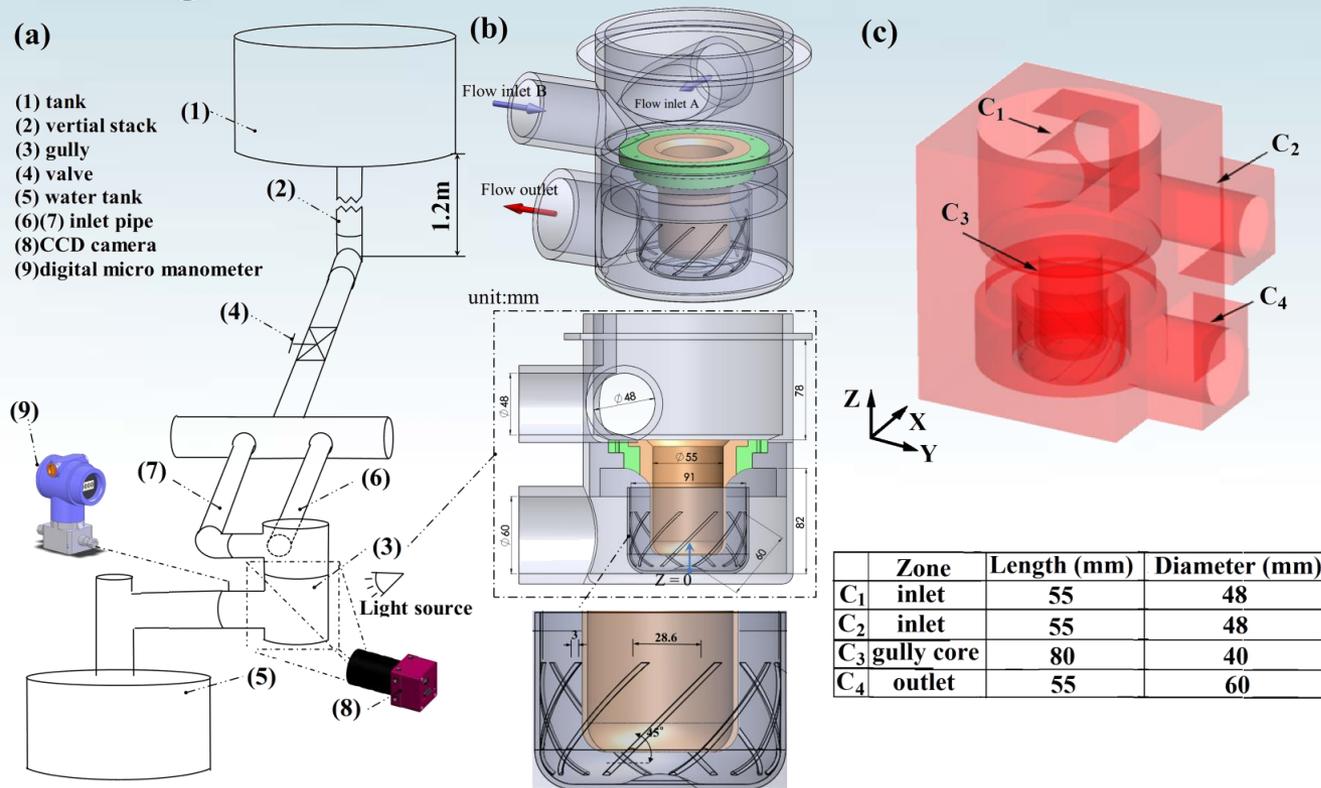
- 總存水彎排水管管徑小於等於DN63者
  - 1)  $q_{\text{floor}}$  如右表
  - 2)  $q_{\text{side}} \geq 0,8 \text{ l/s}$
  - 3)  $q_{\text{side}} = 0,8 \text{ l/s}$  and  $q_{\text{floor}} \geq 0,3 \text{ l/s}$  (a = 20 mm)
- 總存水彎排水管管徑大於等於DN70者
  - 1)  $q_{\text{floor}}$  如右表
  - 2)  $q_{\text{side}} \geq 0,8 \text{ l/s}$  (each side)
  - 3)  $q_{\text{side}}$  and  $q_{\text{floor}} = 0,8 \text{ l/s} + 0,6 \text{ l/s}$  (a = 20 mm)
  - 4)  $q_{\text{side1}}$  and  $q_{\text{floor2}} = 0,8 \text{ l/s} + 0,3 \text{ l/s}$



排水管管徑		落水口流率	
DN/OD	DN/ID	最小流率l/s	Head of water(mm)
32		0.4	20
	30	0.4	
40		0.6	
	40	0.6	
50		0.8	
	50	0.8	
63		0.8	
75		0.8	
	70	0.8	
	75	0.8	
90		0.8	
100		1.4	
	100	1.4	
110		1.4	
125		2.8	
	125	2.8	
	150	4.0	
160		4.0	

## 2. Hydrodynamic performance of air-water flows in gully with vortex enhancement

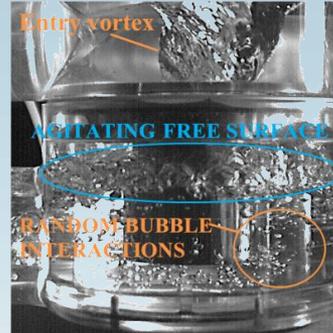
Motivation: reduction gully height with diminished effect on maximum flow rate using vortex generator



# Experimental results

Test gully without SGV

Twin entry  $Q_A+Q_B=65$  L/min

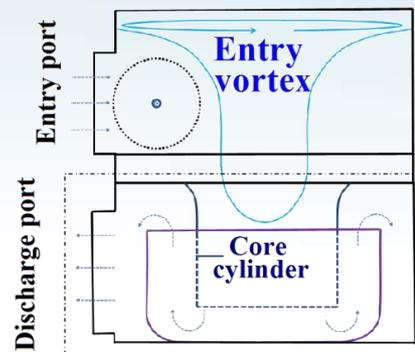


Test gully with SGV

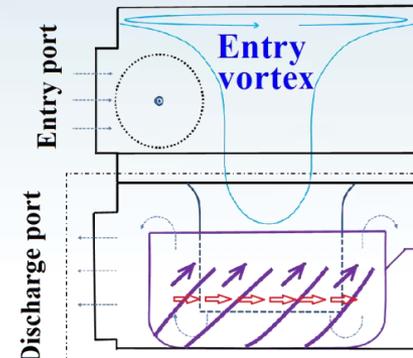
Twin entry  $Q_A+Q_B=70$  L/min



Conceptual flow structures determined from flow images collected from test gullies



Without SGV



With SGV



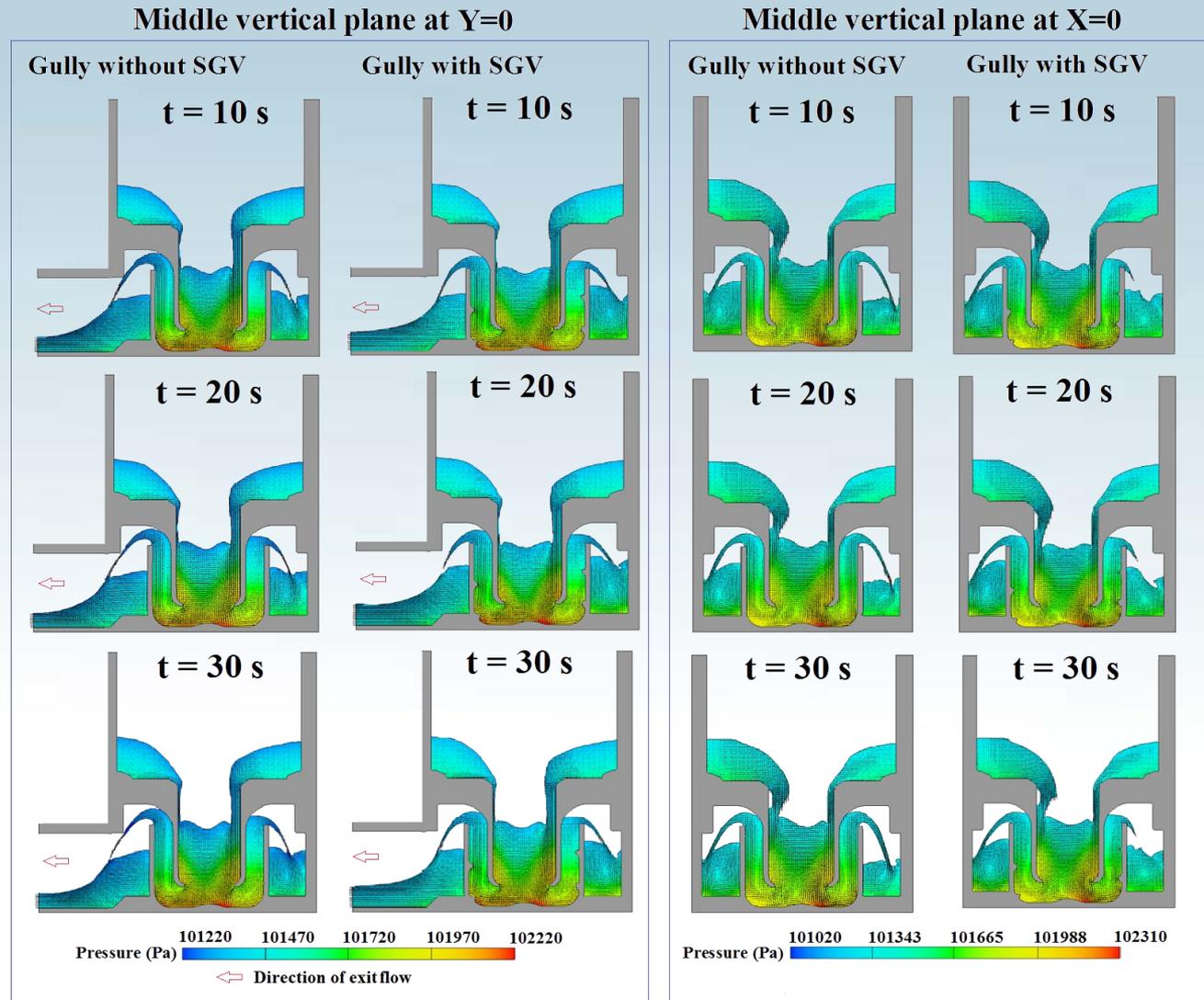
Vortical flow direction induced by angled ribs



Near-wall streams tripped by angled ribs

Air-water flow structures in test gully without SGV at  $Q_A+Q_B=65$ L/min and in test gully with SGV at  $Q_A+Q_B=70$ L/min.

# Numerical results



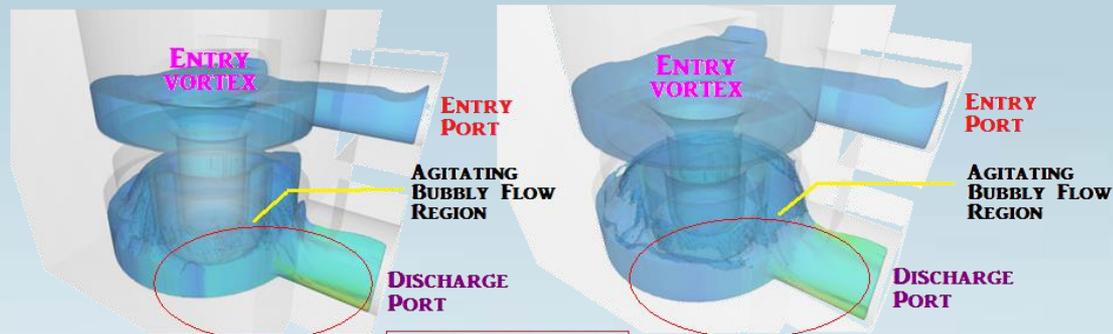
Distributions of instant fluid velocity and pressure over middle vertical planes of Y=0 and X=0 at  $t = 10, 20$  and  $30$ s with  $Q_1=Q_2=15$  L/min.

# Numerical results

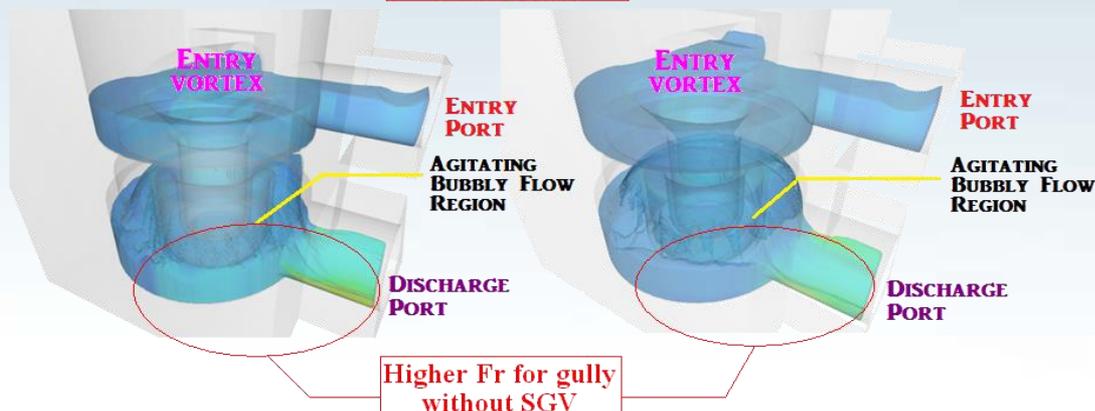
Gully without SGV

Gully with SGV

$t = 5s$



$t = 30s$



Higher Fr for gully without SGV

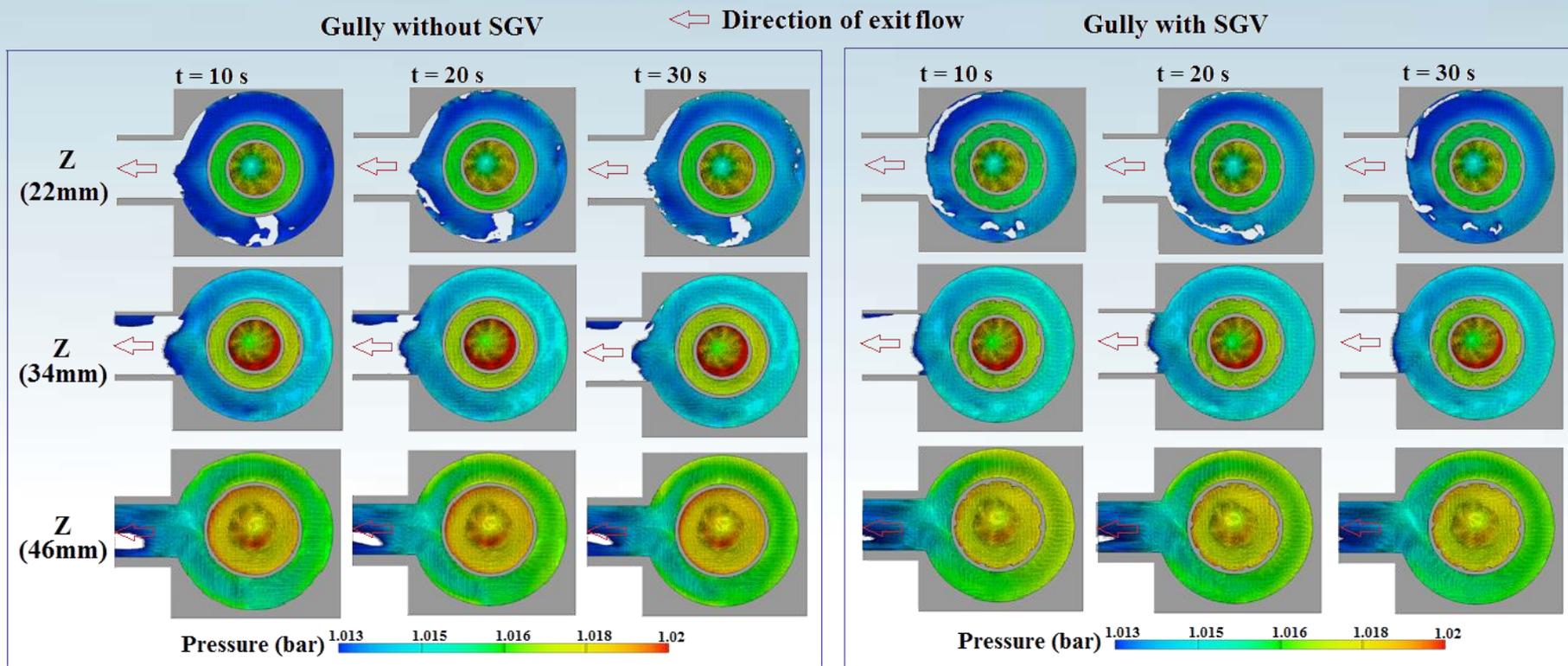
Higher Fr for gully without SGV



*Fr: ratio of inertial to gravitational forces for indicating relative resistances of submerged air bubbles moving through water stream.*

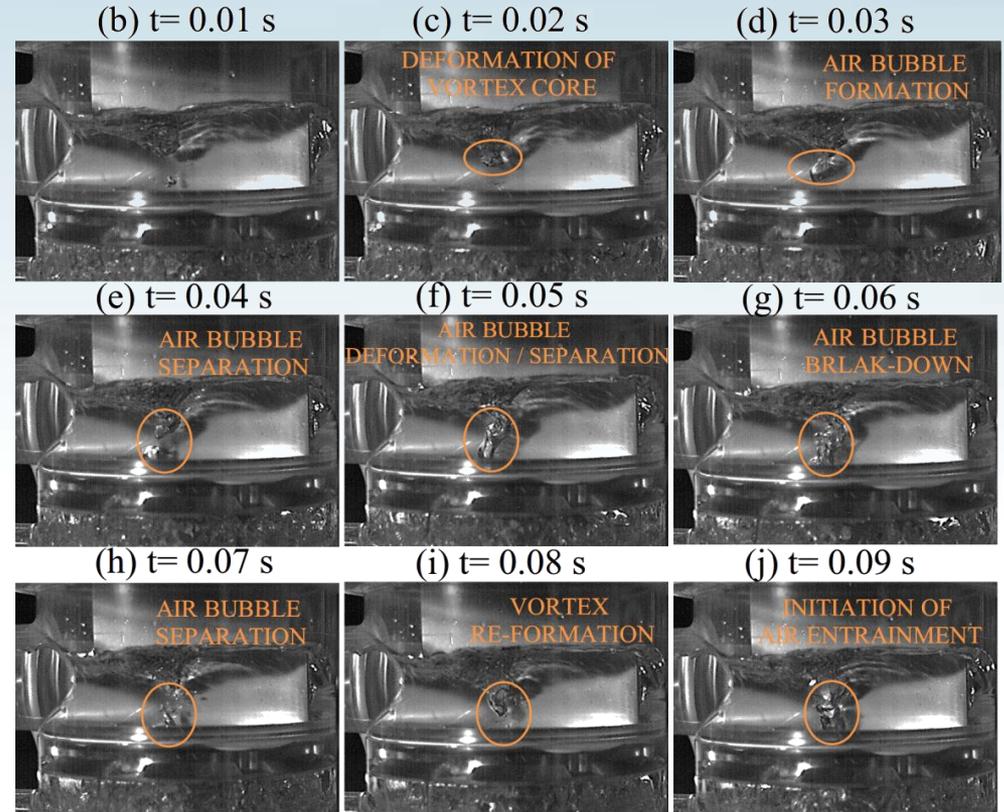
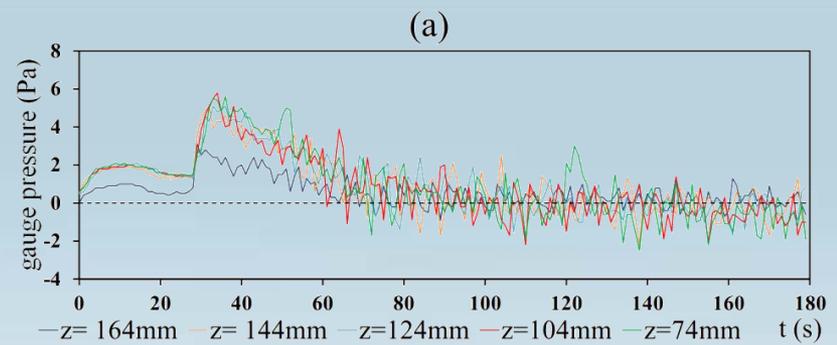
**Three dimensional distributions of instant Froude number reflecting the overall flow structures in gullies with and without SGV.**

# Numerical results



**Distributions of instant velocity and pressure contour for gullies with/without SGV over horizontal X-Y planes at Z=22, 34, 46mm.**

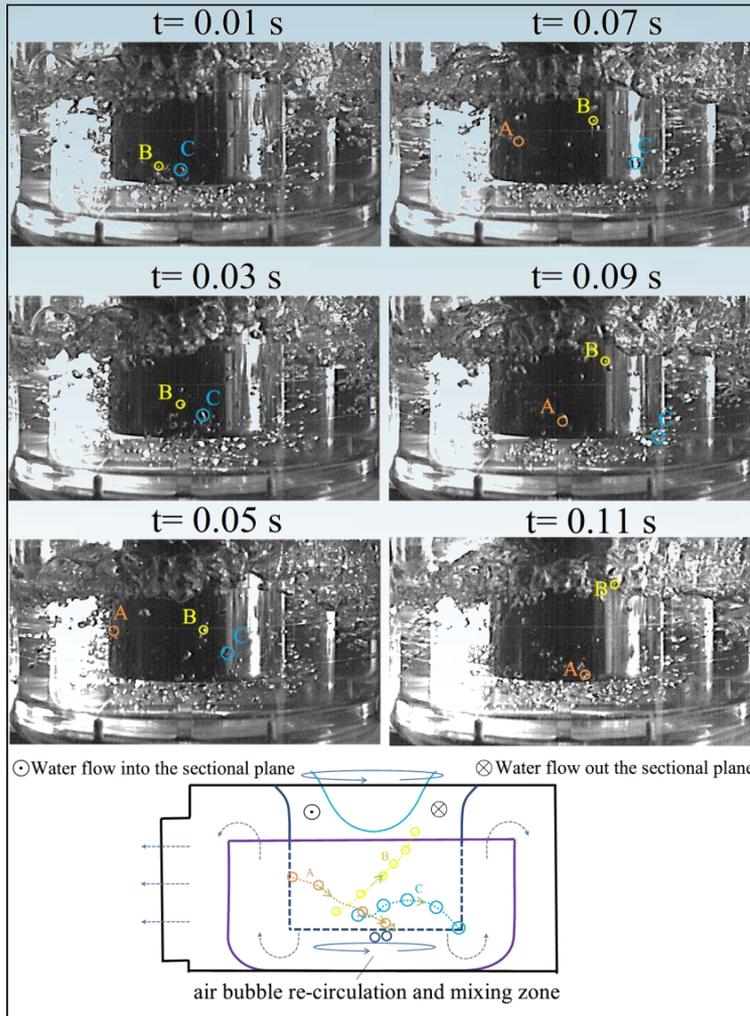
# Experimental results



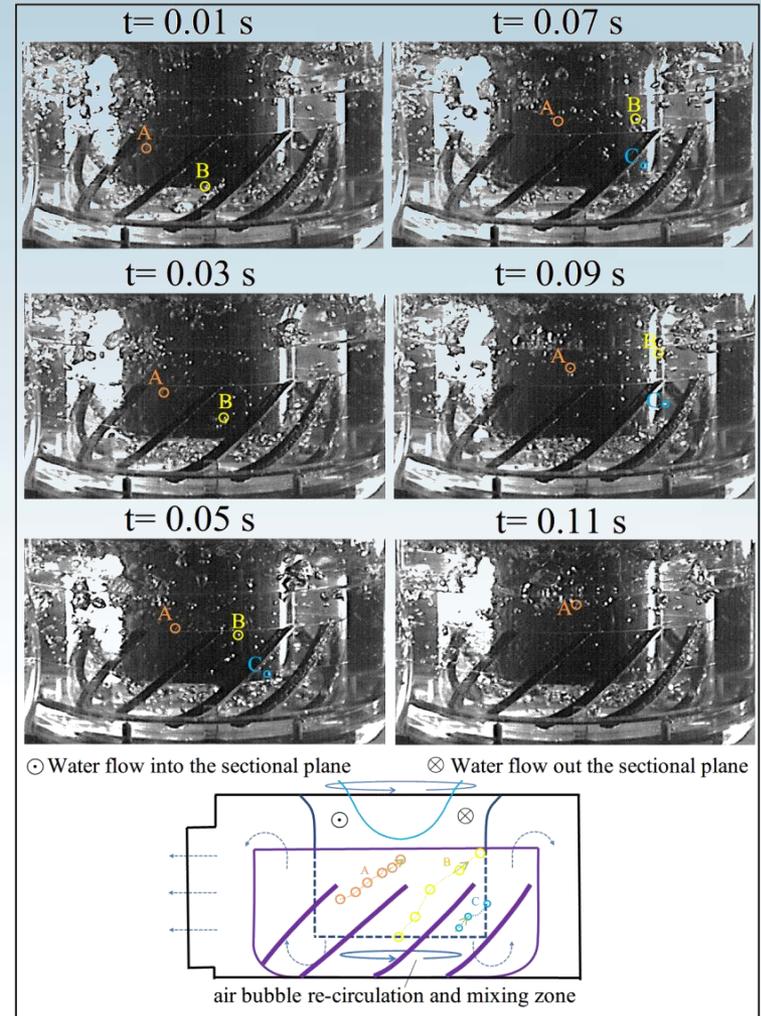
Temporal airflow pressure variations and corresponding flow snapshots demonstrating the process of air entrainment by entry vortex.

# Experimental results

Without SGV

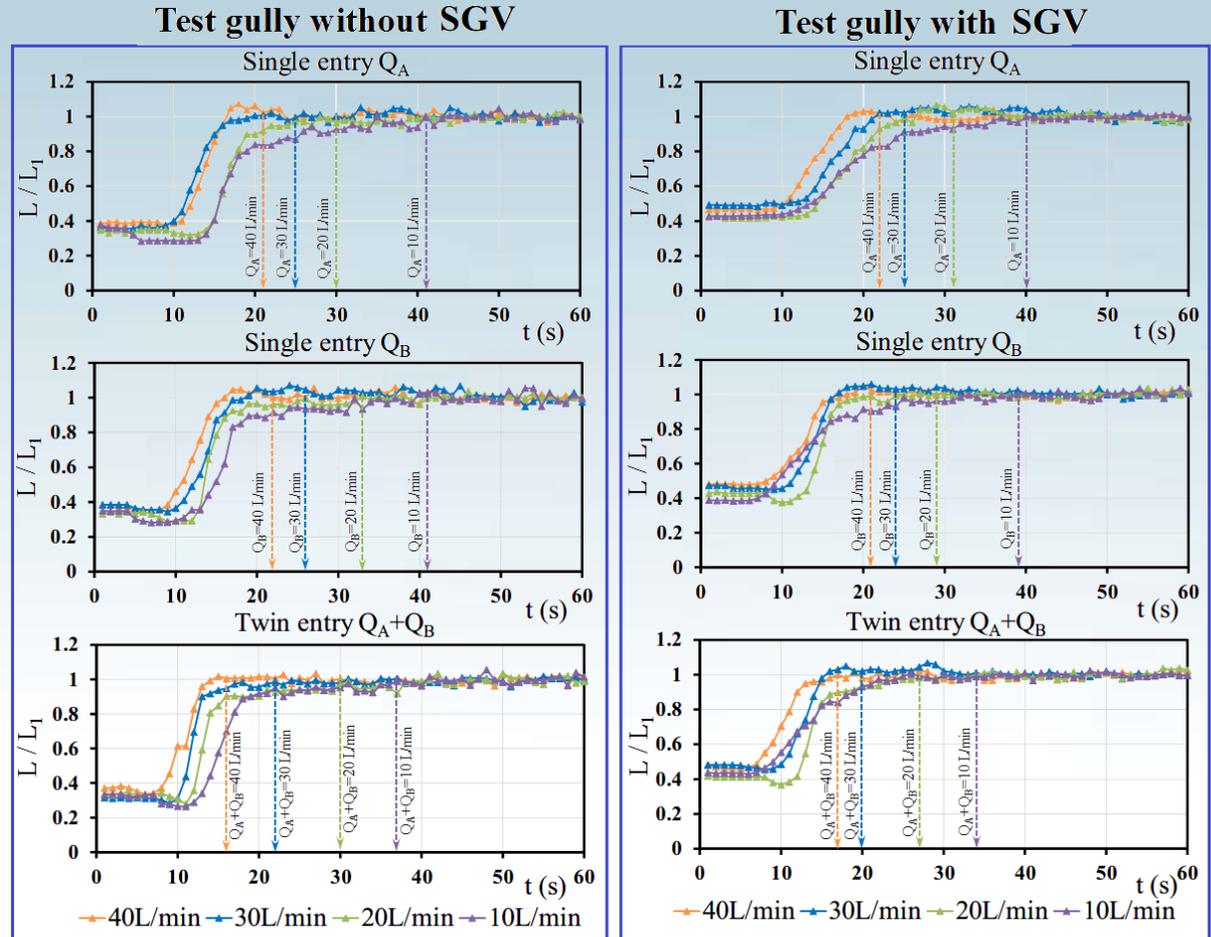


With SGV



**Drifting trajectories of air bubbles in test gullies without/with SGV.**

# Experimental results



Temporal  $L/L_1$  variations for test gullies without/with SGV at single/twin entry conditions.

**Maximum discharging rates with SGV at pressure head of 1.2m water-height are increased more than 7% from those without SGV.**

# 震動管道水-空氣流體動態負載研究

國立高雄海洋科技大學 羅德章 教授

$Q=10^5$  cms (流量)

The moving velocity of pipe:  $V=A\sin(2\pi ft)$  A: Amplitude; f=Frequency

Case	Moving type	A: Amplitude	F: Frequency
<i>Case1-1</i>	<i>Horizontal in the x-axis</i>	<i>0.2</i>	<i>2</i>
Case1-2	Horizontal in the x-axis	0.4	2
<i>Case2-1</i>	<i>Horizontal in the y-axis</i>	<i>0.2</i>	<i>1</i>
Case2-2	Horizontal in the y-axis	0.2	2
<i>Case3-1</i>	<i>Horizontal in the x-axis</i>	<i>0.4</i>	<i>1</i>
Case3-2	Horizontal in the x-axis	0.4	2
<i>Case4-1</i>	<i>Horizontal in the z-axis</i>	<i>0.4</i>	<i>1</i>

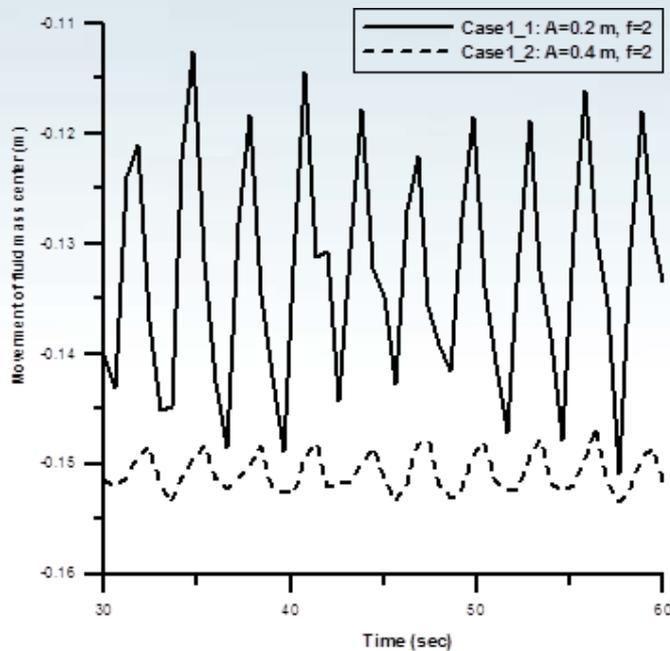
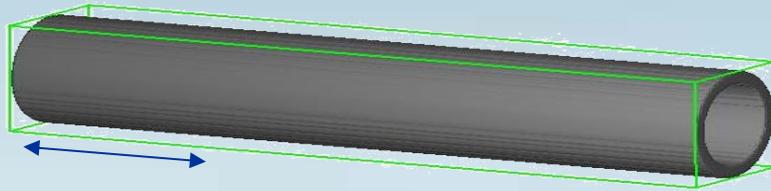
[影片](#)



社團法人台灣給水排水研究學會  
Taiwan Water Supply and Drainage Society

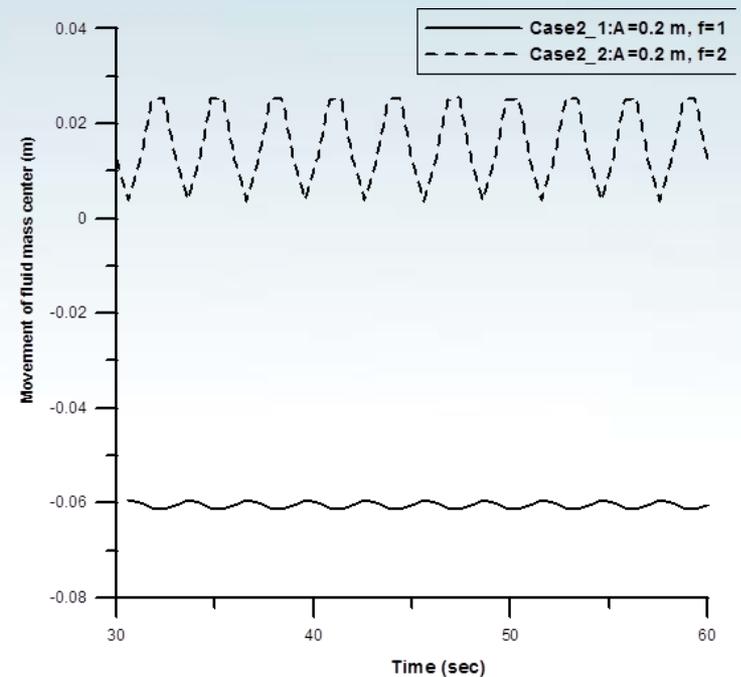
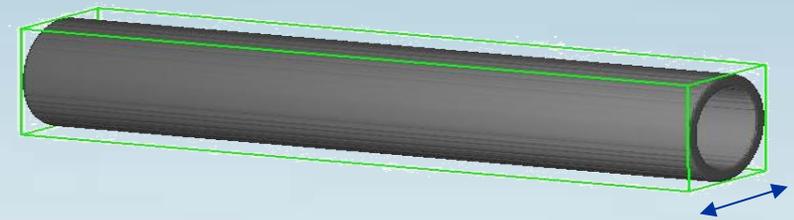


## Case 1



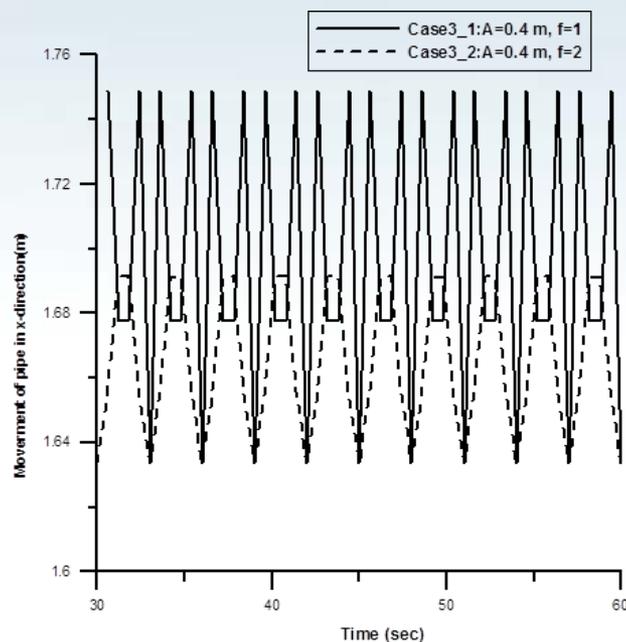
管流內流體質心在x軸方向隨時間的變化

## Case 2

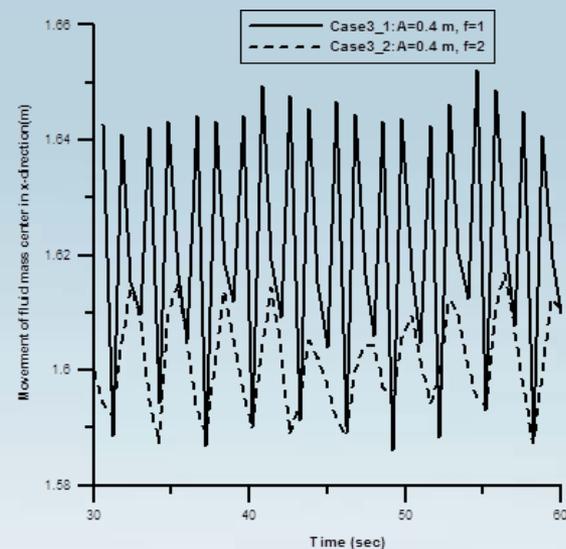


管流內流體質心在y軸方向隨時間的變化

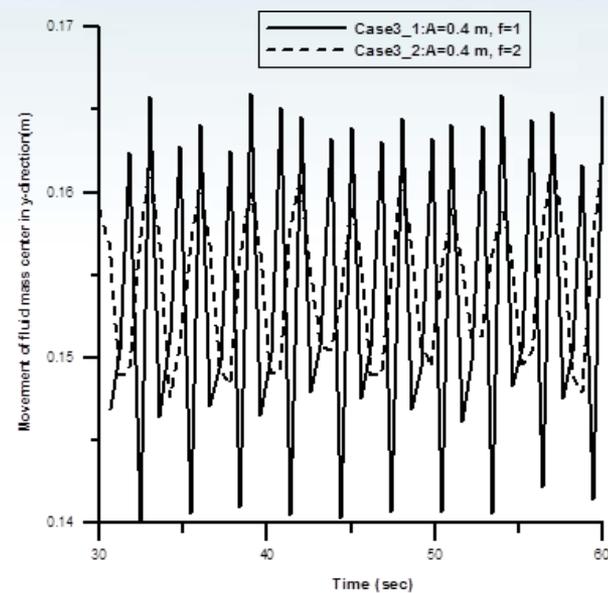
# Case3



管流運動質心(不含流體)隨時間移動方式

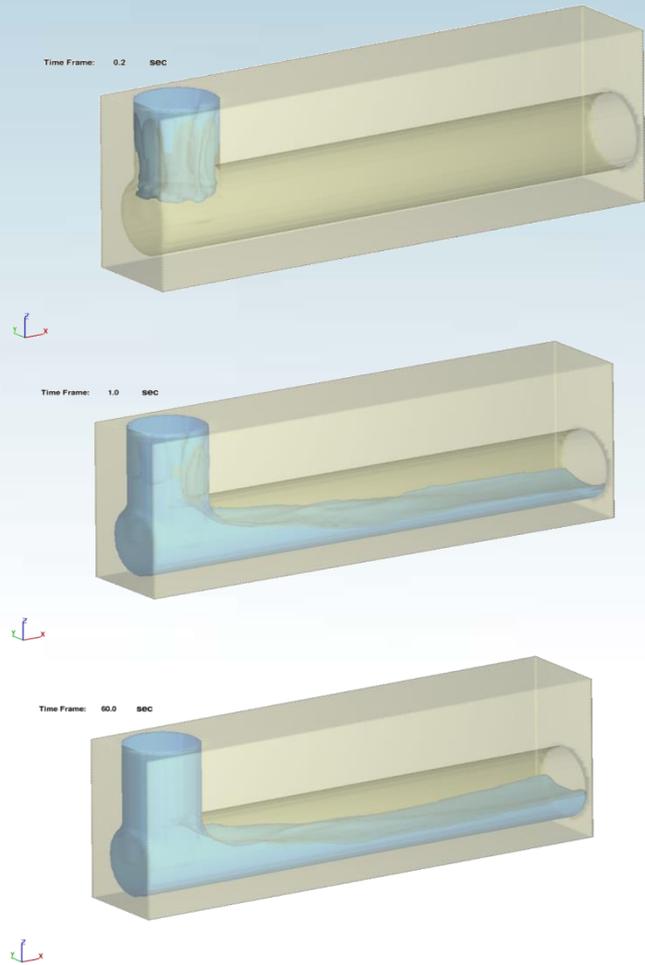


管流內流體質心在x軸方向隨時間的變化

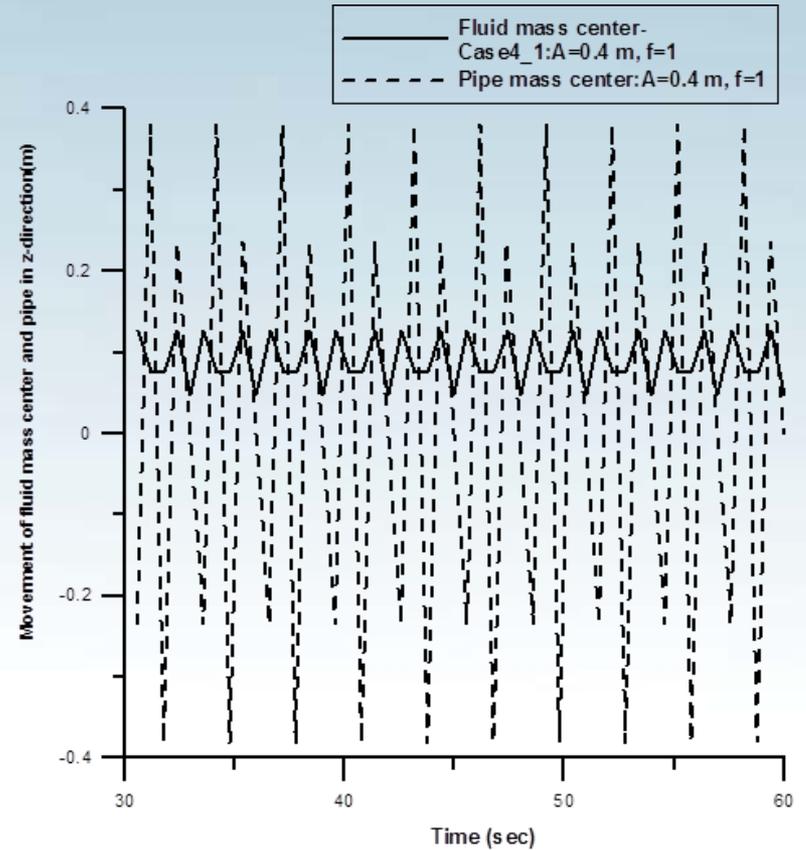


管流內流體質心在y軸方向隨時間的變化

# Case4



管流垂直方向運動之自由液面變化



管流垂直方向的運動與流體質心隨時間的變化圖



# 台灣管線震害案例分析

姚昭智

成功大學建築系教授  
台南，台灣

# 管線震害問題



- 室內積水
  - 影響震後空間的立即使用性
    - 醫院、政府行政單位、高科技工廠
  - 破壞潔淨環境要求
    - 醫院、高科技工廠
- 增加復原工作

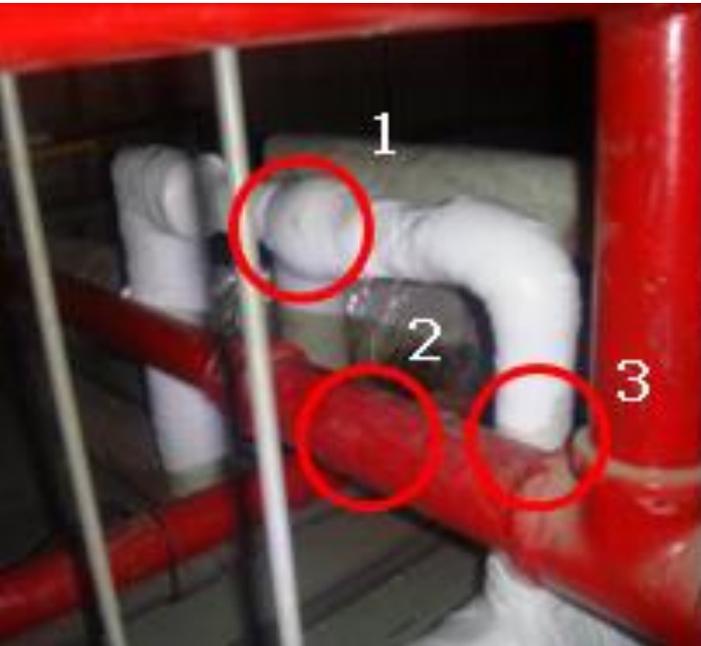


2013/6/2 南投仁愛地震

# 常見管線震害情形



空調系統之冰水管因為與消防管過於靠近，故冰水管於地震中撞擊消防管而受到損壞，導致室內嚴重淹水影響空間機能。



1.冰水管 2.消防管 3.撞擊點 4.受破壞之冰水管

# 常見管線震害情形



消防自動灑水系統耐震性不足斷裂造成漏水，導致懸吊式輕鋼架天花板吸水後載重過大而崩塌。



管線破裂處

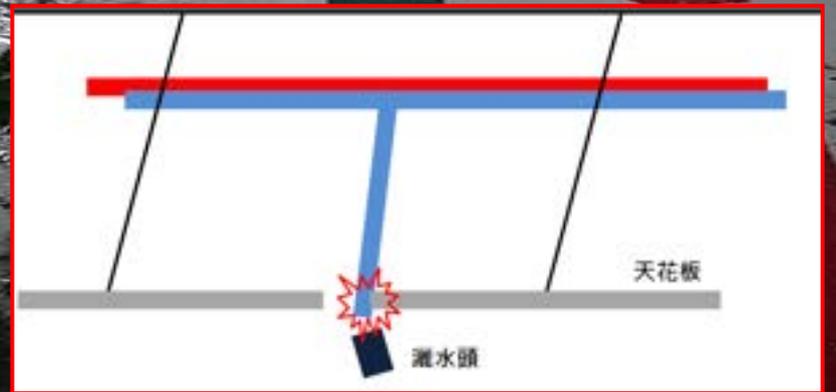


2013/6/2 南投仁愛地震

# 常見管線震害情形



- 消防灑水頭與天花板相互碰撞造成天花板擴孔
- 嚴重時會因灑水頭破壞而導致室內空間淹水。



2009/11/5 南投名間地震

# 常見管線震害情形



管線接點及管線吊桿耐震性不足影響消防管線正常運作。



管線破裂處



吊桿脫落

1999/9/21 南投集集地震

# 消防灑水系統耐震研究



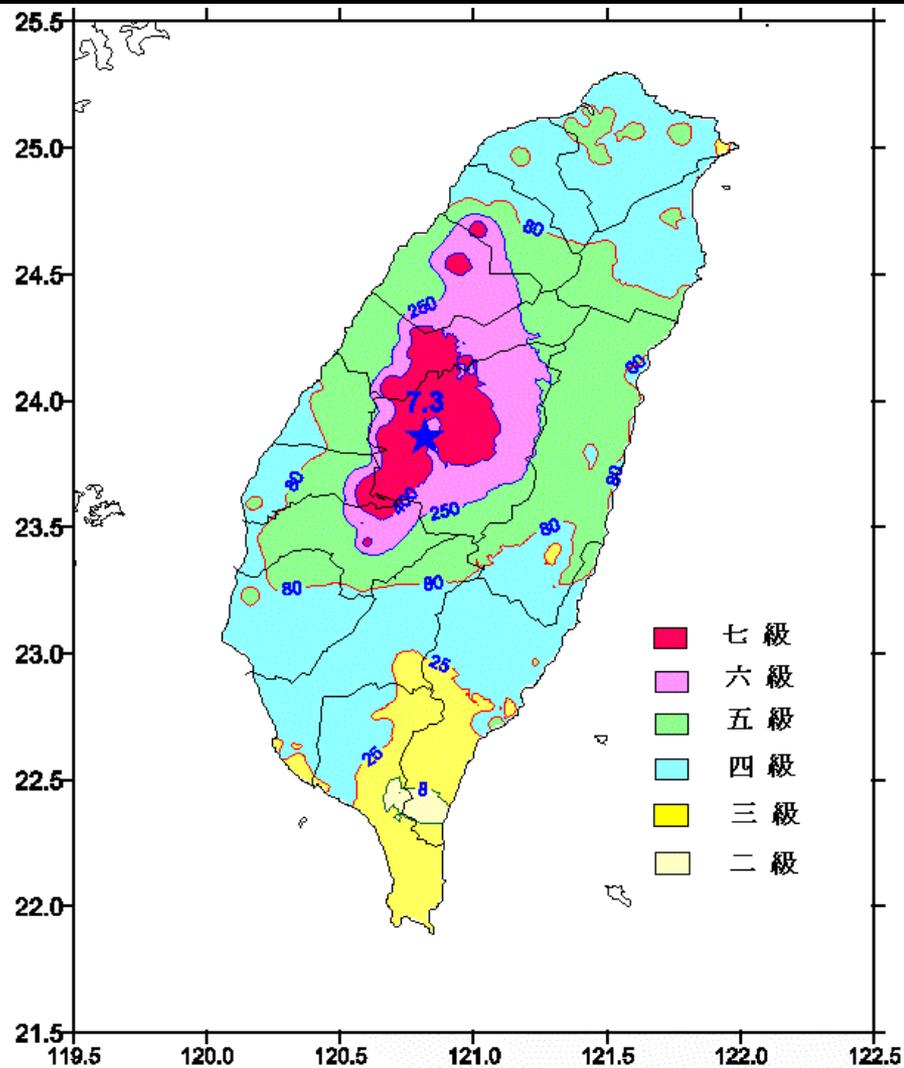
## 南投縣埔里鎮第四停車場消防灑水系統於兩次地震中遭到破壞

- 1999集集地震
- 2013仁愛地震



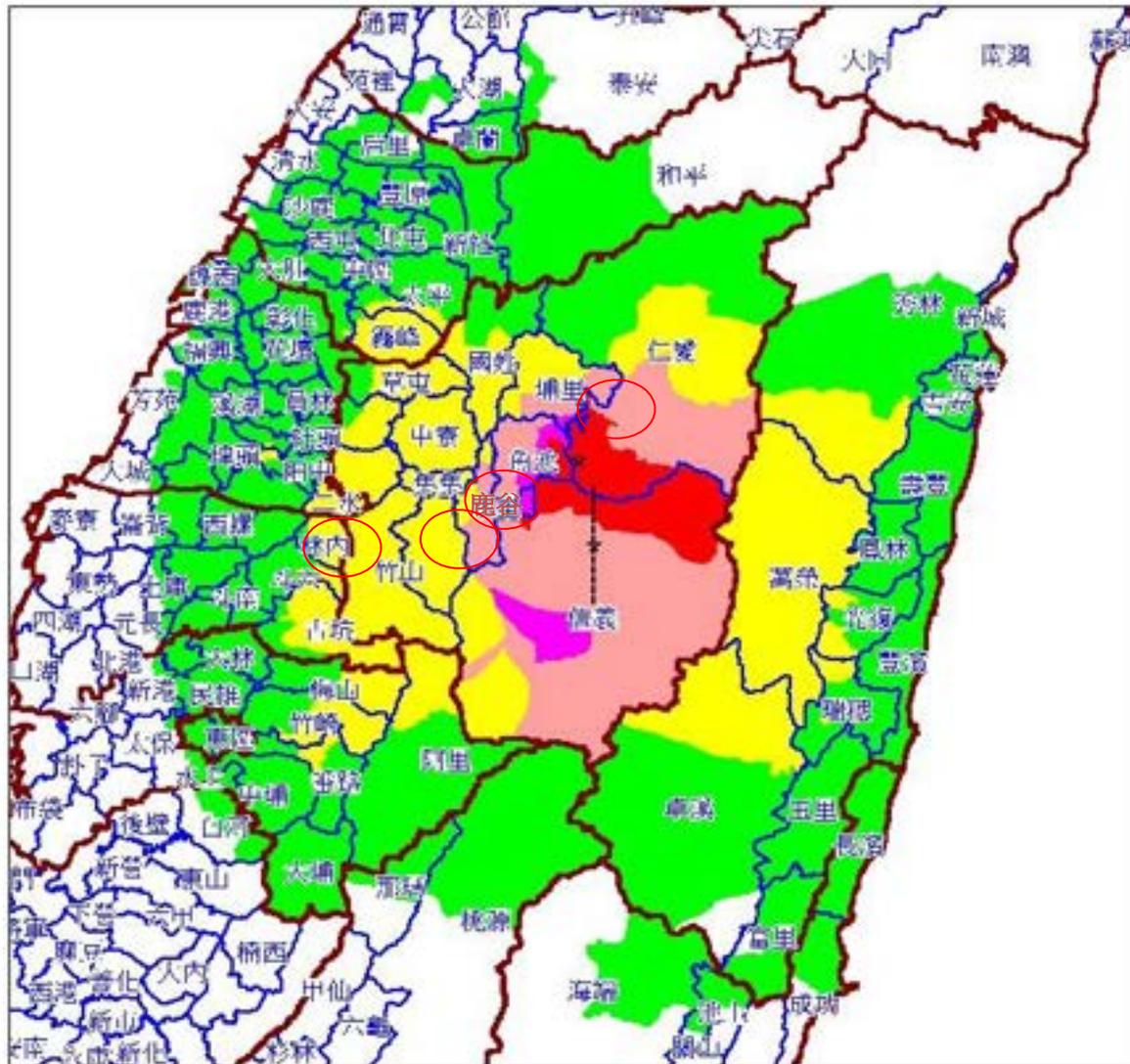


# 1999/9/21集集地震加速度分布



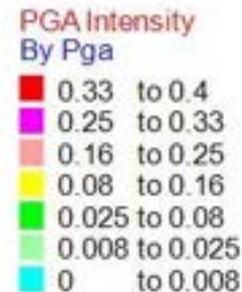


# 2013/6/2 仁愛地震地表最大加速度



日期：2013/6/2  
 時間：13:43:3.60  
 芮氏規模：6.30  
 震央經度：121.0000  
 震央緯度：23.8700  
 震源深度：10.00 公里

## 地表最大加速度



台灣地震損失評估系統  
Taiwan Earthquake Loss Estimation System



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

# 埔里鎮公有停車場



1999集集地震之破壞型式主要可分為「吊桿破壞」及「配管破壞」兩種。



# 消防灑水系統耐震研究



## 吊桿之安裝種類

1. 預埋式吊桿。
2. 膨脹螺栓式吊桿。
3. 火藥擊釘式吊桿。



# 消防灑水系統耐震研究



## 吊桿之破壞模式

### 1. 吊桿拔出。

#### a. 預埋拔出

b. 膨脹螺栓整個拔出

c. 火藥擊釘整個拔出

d. 連混凝土塊一起拔出

### 2. 吊桿斷裂。

a. 與上部天花板間銜接處造成剪斷

b. 與吊環相接處斷裂



# 消防灑水系統耐震研究



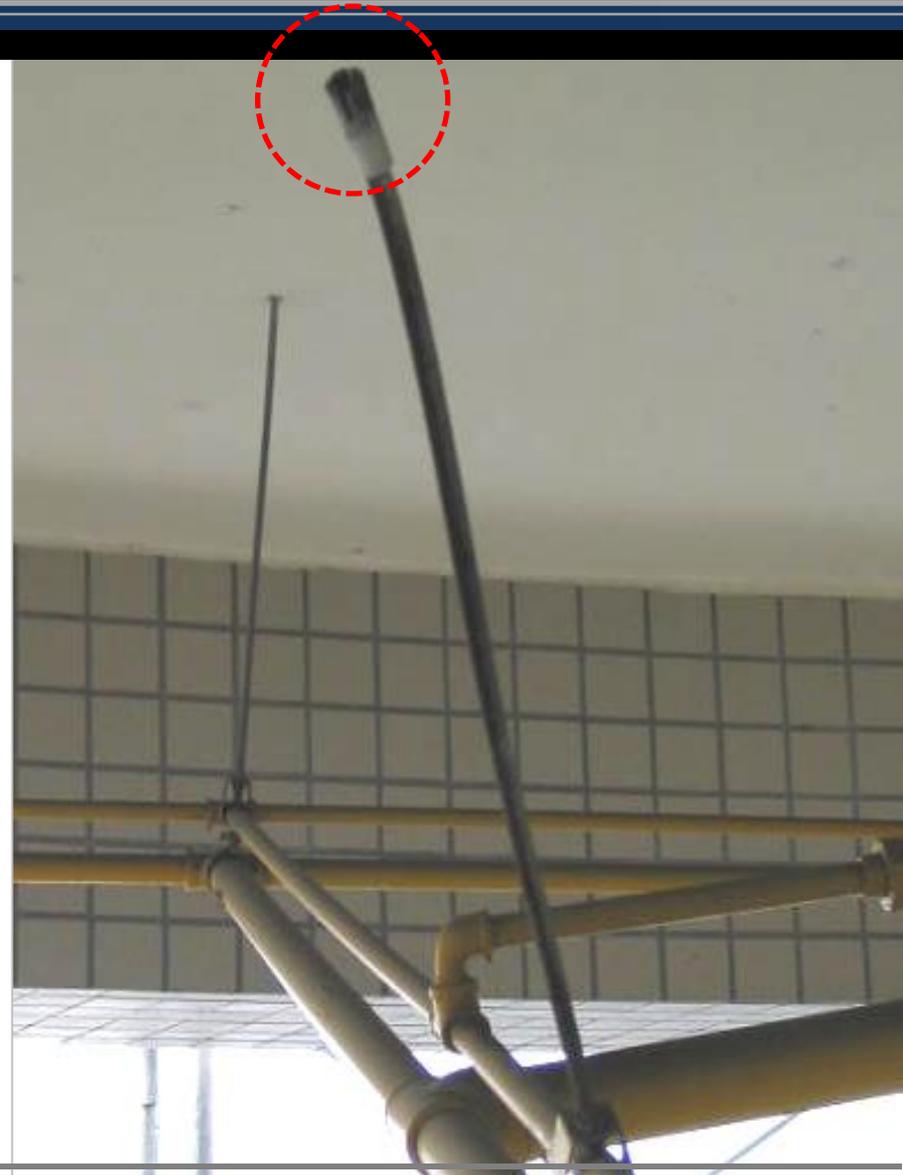
## 吊桿之破壞模式

### 1. 吊桿拔出。

- a. 預埋拔出
- b. 膨脹螺栓整個拔出**
- c. 火藥擊釘整個拔出
- d. 連混凝土塊一起拔出

### 2. 吊桿斷裂。

- a. 與上部天花板間銜接處造成剪斷
- b. 與吊環相接處斷裂



# 消防灑水系統耐震研究



## 吊桿之破壞模式

### 1. 吊桿拔出。

- a. 預埋拔出
- b. 膨脹螺栓整個拔出
- c. 火藥擊釘整個拔出**
- d. 連混凝土塊一起拔出

### 2. 吊桿斷裂。

- a. 與上部天花板間銜接處造成剪斷
- b. 與吊環相接處斷裂



# 消防灑水系統耐震研究



## 吊桿之破壞模式

### 1. 吊桿拔出。

- a. 預埋拔出
- b. 膨脹螺栓整個拔出
- c. 火藥擊釘整個拔出
- d. 連混凝土塊一起拔出**

### 2. 吊桿斷裂。

- a. 與上部天花板間銜接處造成剪斷
- b. 與吊環相接處斷裂



# 消防灑水系統耐震研究



## 吊桿之破壞模式

### 1. 吊桿拔出。

- a. 預埋拔出
- b. 膨脹螺栓整個拔出
- c. 火藥擊釘整個拔出
- d. 連混凝土塊一起拔出

### 2. 吊桿斷裂。

- a. 與上部天花板間銜接處剪斷
- b. 與吊環相接處斷裂



# 消防灑水系統耐震研究



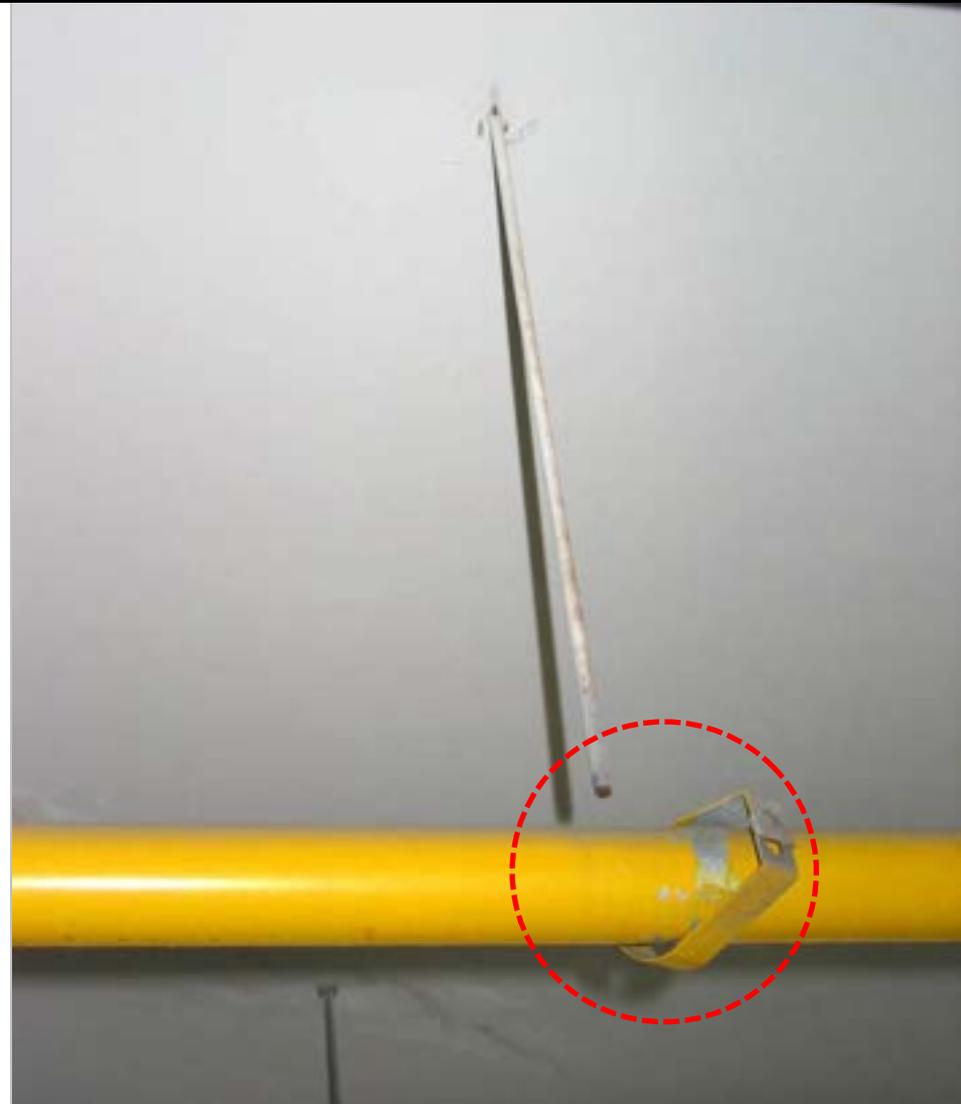
## 吊桿之破壞模式

### 1. 吊桿拔出。

- a. 預埋拔出
- b. 膨脹螺栓整個拔出
- c. 火藥擊釘整個拔出
- d. 連混凝土塊一起拔出

### 2. 吊桿斷裂。

- a. 與上部天花板間銜接處造成剪斷
- b. 與吊環相接處斷裂**





# 消防灑水系統耐震研究

## 吊桿之破壞統計

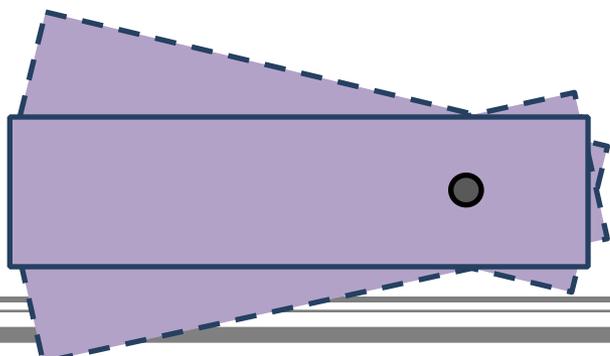
吊桿安裝 種類	破壞形式	破壞數目		實際數目 該懸吊方 式吊桿總 和	破壞比例		
		個數	總和		斷裂或拔出 的破壞機率	該懸吊方式佔 該懸吊總數破 壞機率	該懸吊方式 佔總數破壞 機率
預埋	吊桿斷裂	20	26	1592	1.26%	1.63%	0.86%
	吊桿拔出	6			0.38%		
膨脹螺栓	吊桿斷裂	25	38	1307	1.91%	2.91%	1.26%
	吊桿拔出	13			0.99%		
火藥擊釘	吊桿斷裂	7	15	124	5.65%	12.10%	0.50%
	吊桿拔出	8			6.45%		
總數		79		3023			2.61%



# 消防灑水系統耐震研究

## 小結

1. 預埋式吊桿較不容易破壞；火藥擊釘懸吊方式則最容易受到破壞。火藥擊釘懸吊方式統計上每10個之中就有1個受到破壞。
2. 預埋式吊桿雖較不容易破壞，但需事先有良好的施工計劃，否則往往事後還是需要以膨脹螺栓或是火藥擊釘方式作修改。膨脹螺栓式較預埋式容易被拔出。
3. 遠離建築物剛心(樓梯間)區域，其處吊桿較易產生破壞。原因係因愈遠離建築物剛心，地震力扭矩所造成的震動愈大。



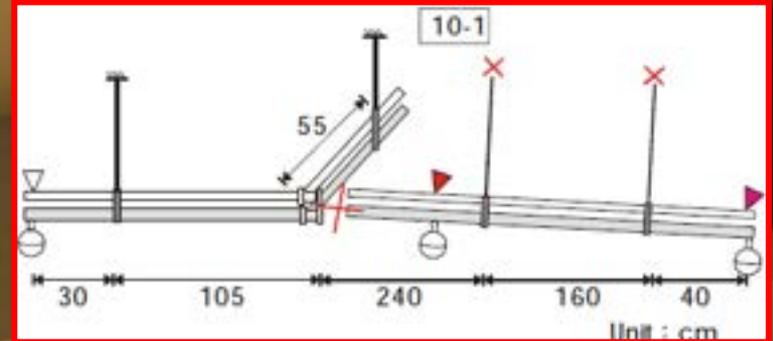
● 結構剛心

# 消防灑水系統耐震研究



## 配管之破壞模式

1. 單元局部斷裂。
2. 與手動啟動閥相接處之破壞。



# 消防灑水系統耐震研究



## 配管之破壞模式

1. 單元局部斷裂。
2. 與手動啟動閥相接處之破壞。



# 2013地震消防灑水系統損壞



## 配管破壞



# 2013地震消防灑水系統損壞



## 管線耐震措施

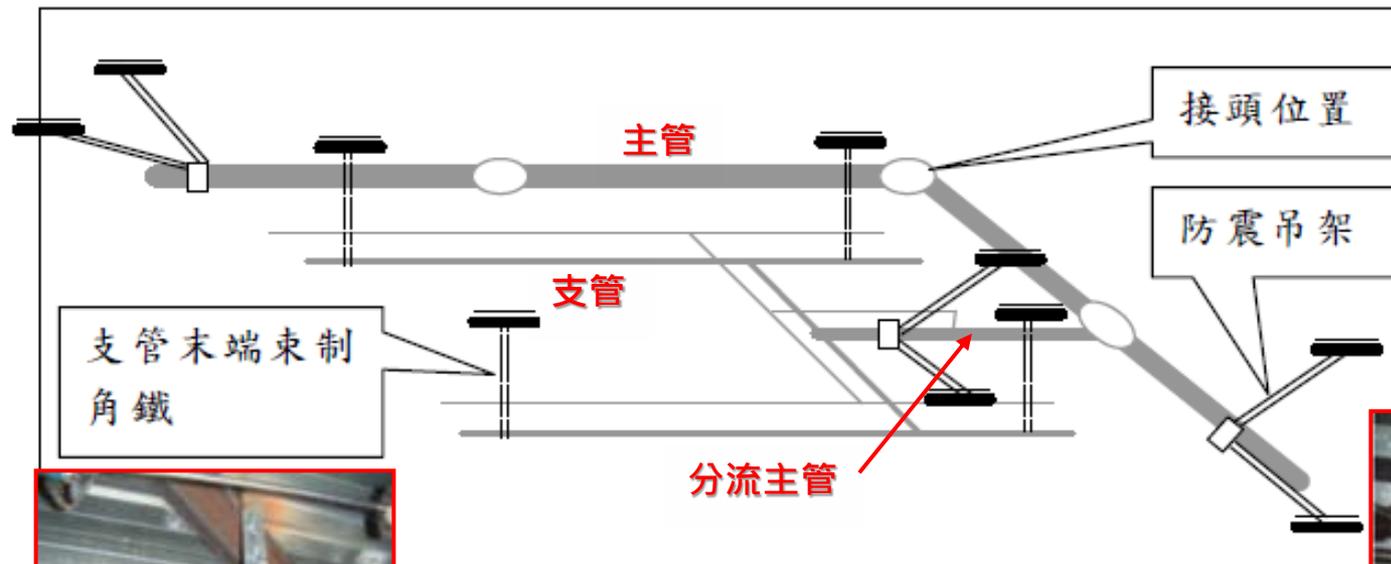


2013/6/2 南投仁愛地震

# 消防管線震動台實驗



依照埔里停車場管線配置方式，配合振動台實驗屋架尺寸，以兩種不同接頭型式(滾溝接頭及焊接接頭)分別進行振動台實驗。



滾溝接頭



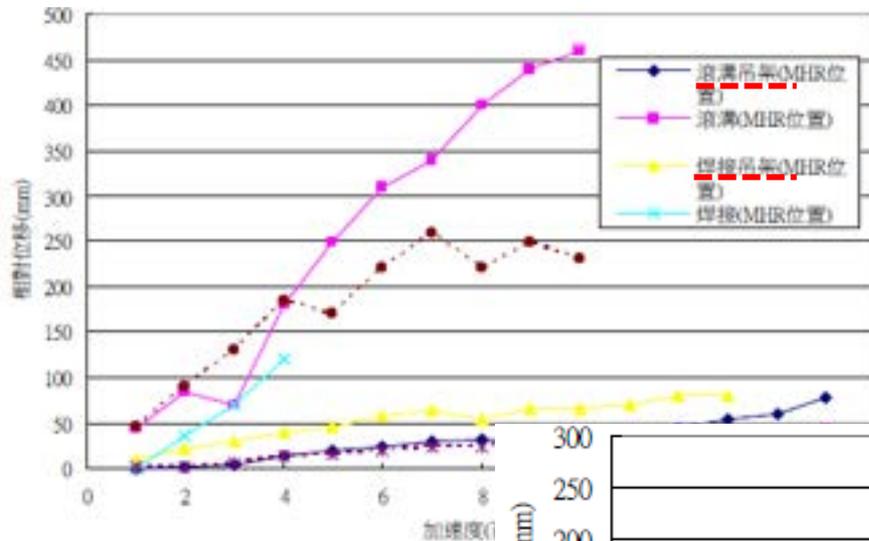
X、Y雙向防震吊架  
(TOLCO FIG.910型式)



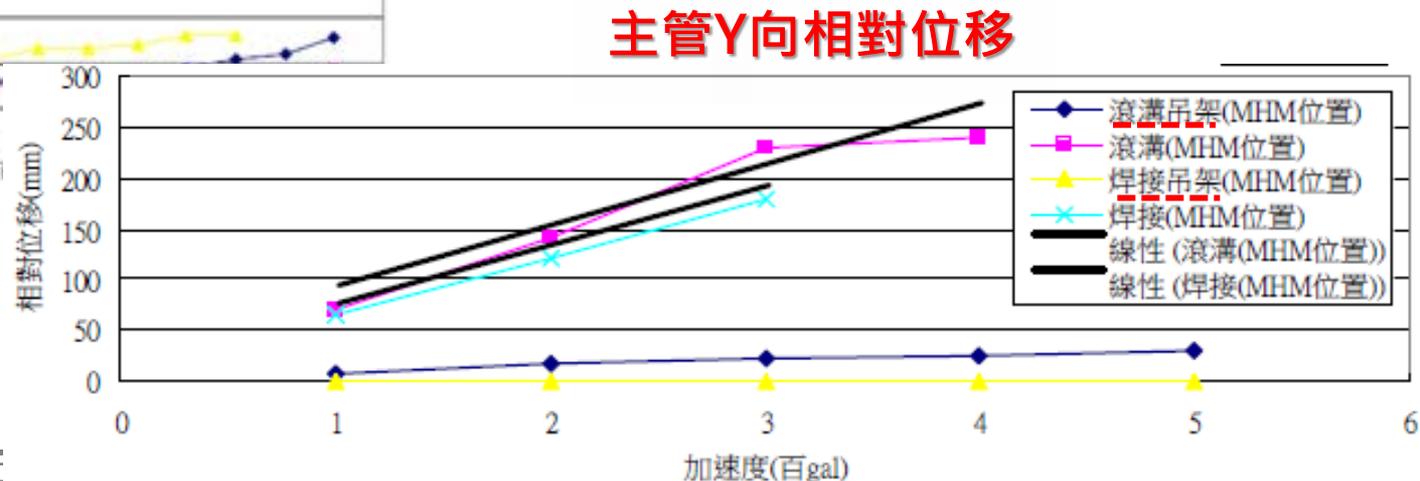
# 消防管線震動台實驗

## 實驗結果

1. 滾溝接頭及焊接接頭配管加裝上防震吊架後，配管之相對位移可降低5~10倍。



主管X向相對位移



主管Y向相對位移

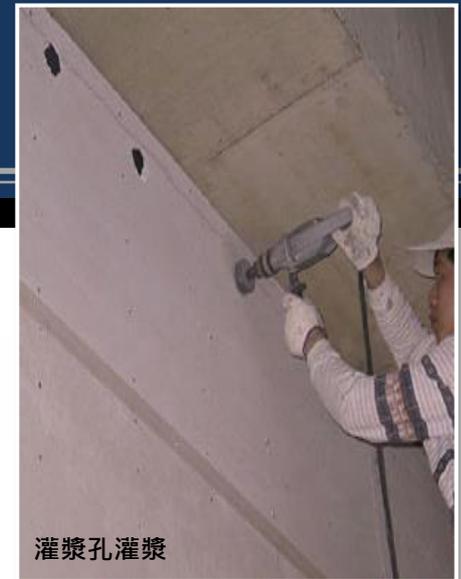
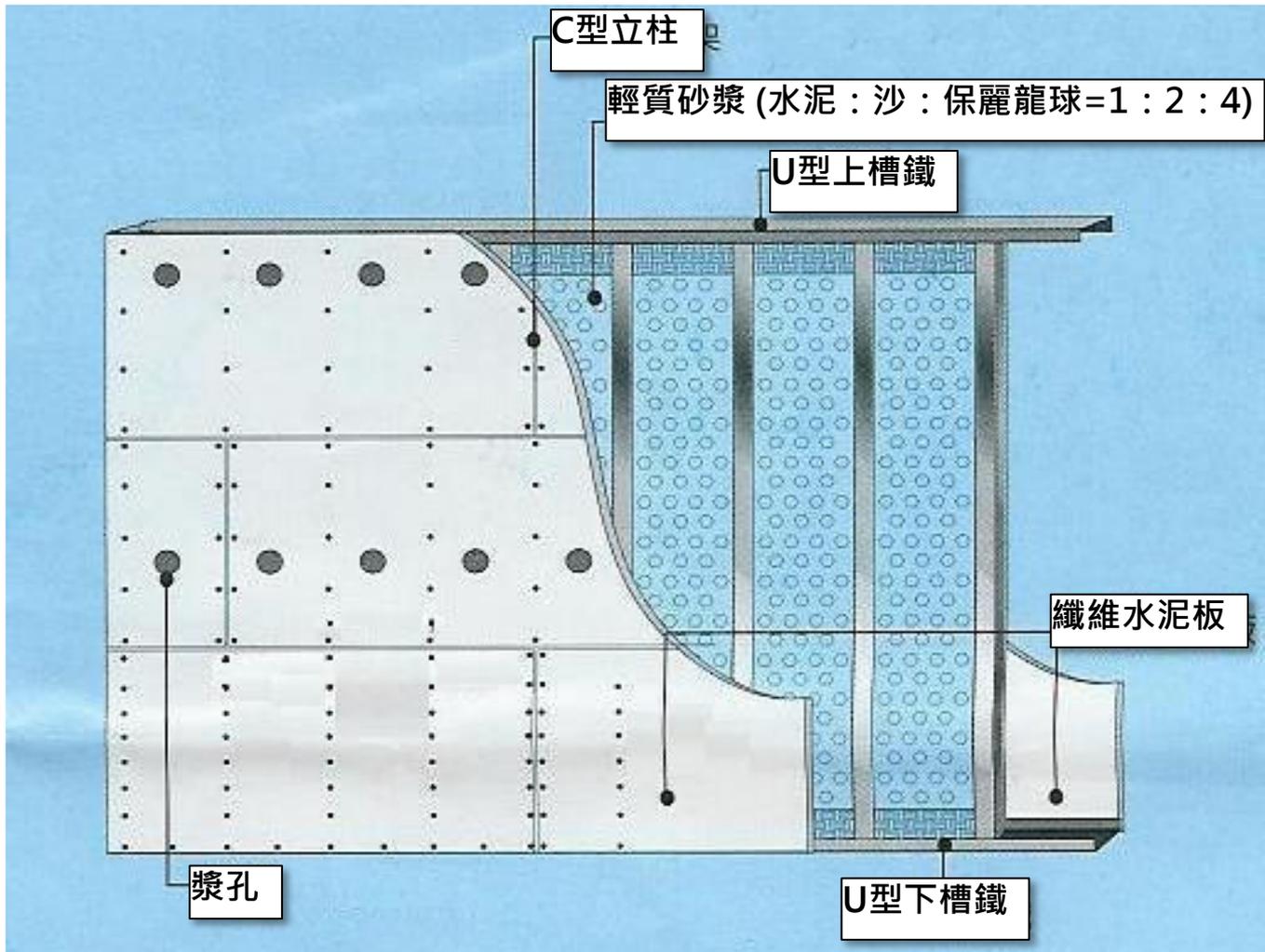


# 消防管線震動台實驗

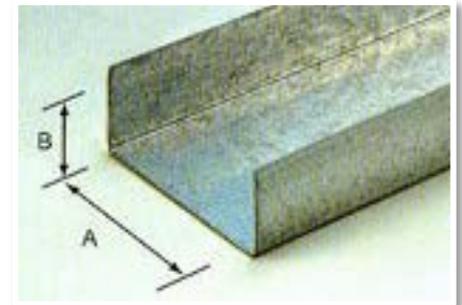
## 實驗結果

2. 所有試體中防震吊架搭配滾溝接頭與樓板相對位移量最低(滾溝接頭之消能效果在大加速度時特別明顯)。
3. 實驗顯示支管末端束制構件可有效降低支管處相對位移，提高支管之耐震能力。

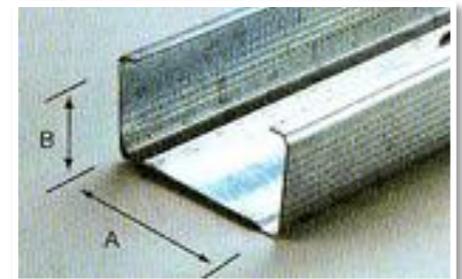
# 濕式輕隔間牆系統



C型立柱



U型槽鐵



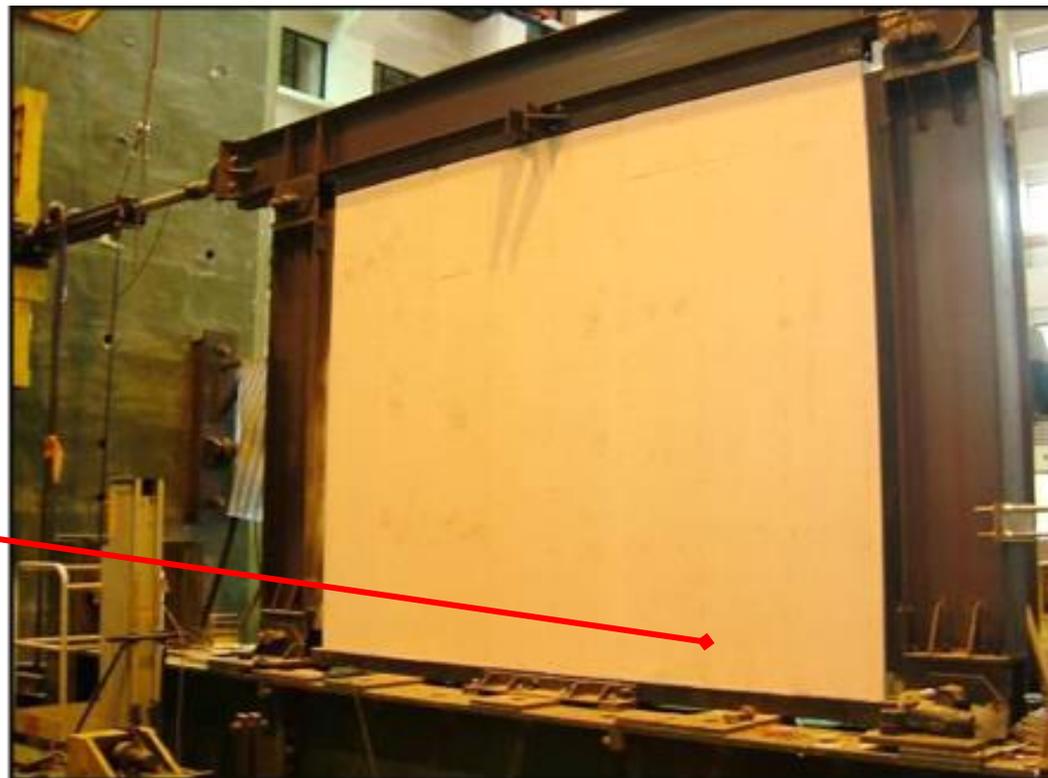
# 濕式輕隔間牆管線受損漏水

濕式輕隔間牆內之管線遭地震破壞，造成建築物室內空間淹水



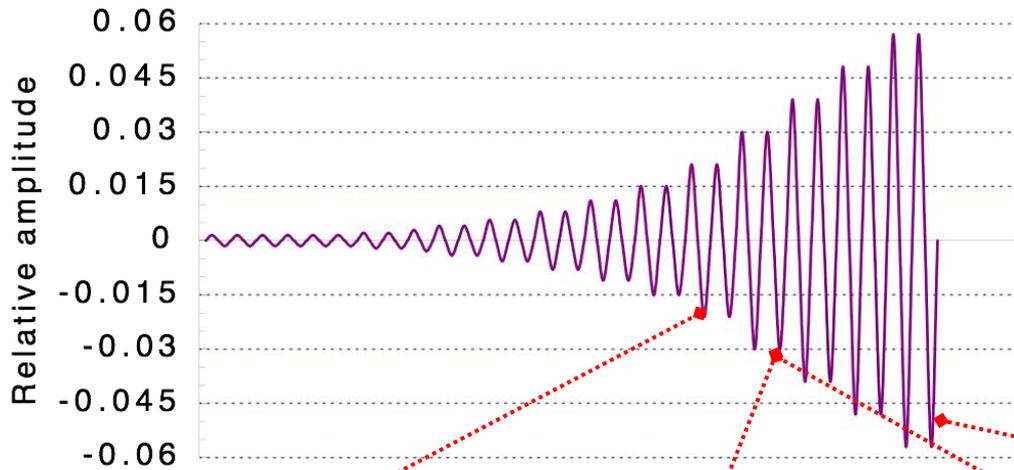
2006/12/26 屏東恆春地震

# 濕式輕隔間牆管線耐震實驗



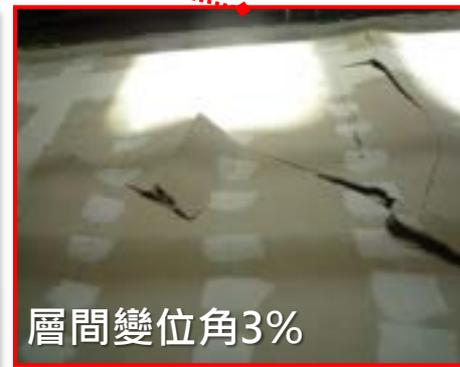
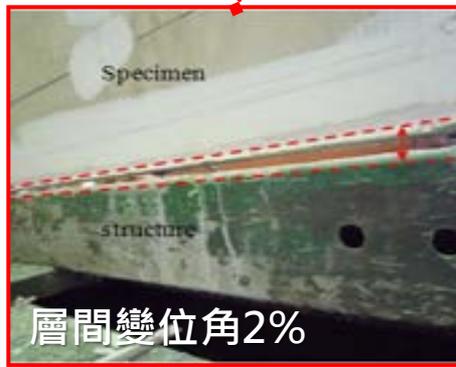
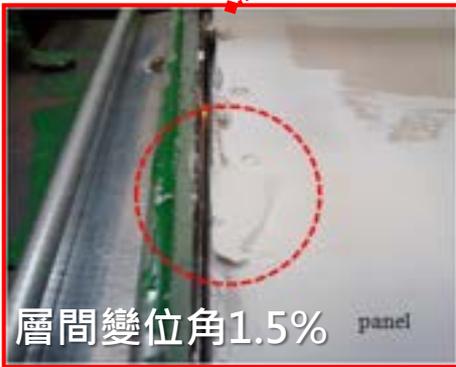
# 濕式輕隔間牆管線耐震實驗

loading history



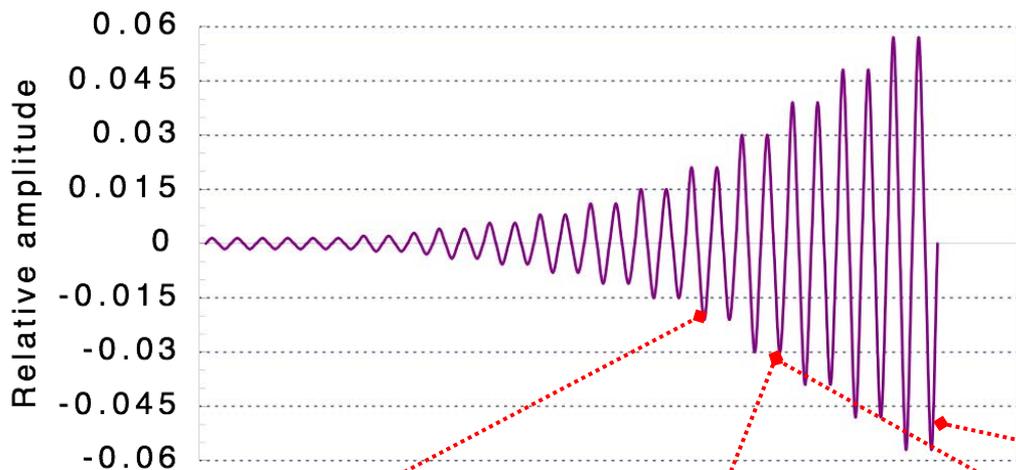
FEMA-461

層間變位角2%時水管遭剪斷

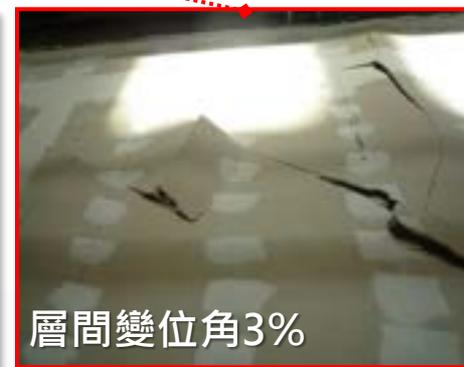
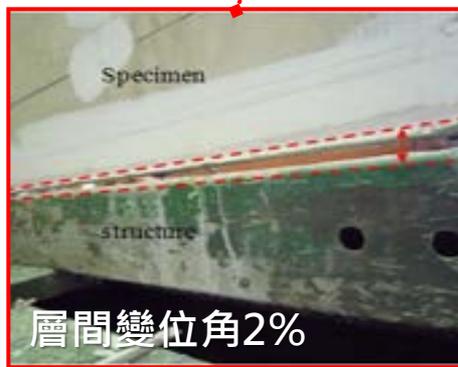
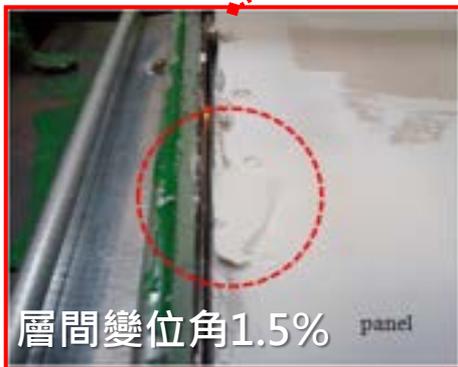
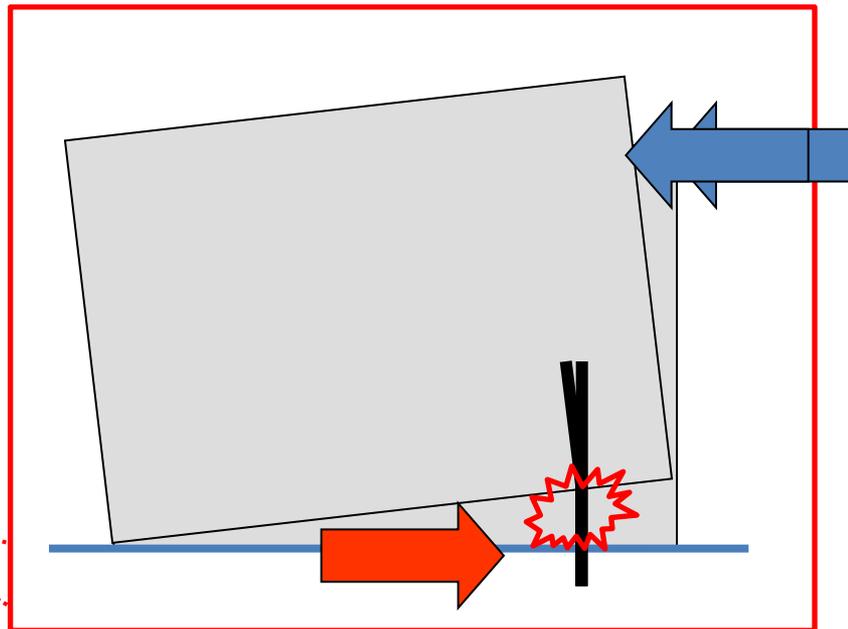


# 濕式輕隔間牆管線耐震實驗

loading history



FEMA-461



# 濕式輕隔間牆管線耐震實驗

以3公分厚之纖維陶瓷綿包覆PVC材質水管可將破壞延長至層間變位角4%。



# 結論

- 懸吊式管線因地震震動過大時，易致損壞。
  - 加設適當斜撐，可抑制震動量。
- 牆體內的水管要注意地震時被剪斷的可能性。

# 台灣機電抗震現況及未來展望

上述1999年9月21日集集地震和2013年6月2日仁愛地震造成南投埔里第4停車場機電系統損壞，及2016年2月6日高雄美濃地震台南維冠大樓搜救過程有發現許多患者是被管材壓住。這代表除了建築物主結構重要性，非結構機電設備系統對於人身安全也有莫大的影響。

因此，2016年4月，中國置華機電設備有限公司和台灣給水排水研究學會在台灣北區及南區舉辦兩場機電抗震專題技術交流會，針對台灣現今機電抗震相關法規及中國現今機電抗震技術進行研討。

日後，台灣給水排水設備實驗室將依據「FM Approvals 1950-2013抗震支吊架性能測試法」及「CJ/T 476-2015中國城鎮建設行業標準-建築機電設備抗震支吊架性能測試法」進行TAF認可增項實驗的建置及台灣機電制震相關法規推動。



# 專題總結-1



## 國際實驗室認證聯盟相互承認協議 - ILAC MRA

ILAC MRA: ( International Laboratory Accreditation Cooperation Mutual Recognition Arrangement) ·  
118個經濟體、91個認證機構 (2016.10為止) - 涵蓋歐,亞,美,非,澳五大洲。

Tested once, accepted everywhere.

TAF認可實驗室所簽發之測試報告,可為簽約國及組織直接接受,無需再經由國外之重複測試,減少國內廠商外銷之品質成本及交貨時間。

No	認證機構簡稱	經濟體	No	認證機構簡稱	經濟體	No	認證機構簡稱	經濟體	No	認證機構簡稱	經濟體	No	認證機構簡稱	經濟體
1	A-S-B	美國	21	CYS-CYSAB	賽普勒斯	41	INN	智利	61	OGA	瓜地馬拉	81	SAS	瑞士
2	A2LA	美國	22	DAC	阿拉伯聯合大公國	42	IPAC	葡萄牙	62	OLAS	盧森堡	82	SCC	加拿大
3	AAC'Analitica'	俄羅斯	23	DAkks	德國	43	IQMH	加拿大	63	ONA	巴拉圭	83	SLAB	斯里蘭卡
4	ACCREDIA	義大利	24	DANAK	丹麥	44	ISRAC	以色列	64	ONA	尼加拉瓜	84	SNAS	斯洛伐克
5	AIHA-LAP,LLC	美國	25	DPA	阿爾巴尼亞	45	JAB	日本	65	ONAC	哥倫比亞	85	Standards Malaysia	馬來西亞
6	Akkreditierung	澳洲	26	ECA	哥斯大黎加	46	JANAAC	牙買加	66	ONARC	古巴	86	SWEDAC	瑞典
7	ANAB	美國	27	EGAC	埃及	47	JAS-ANZ	澳洲	67	OSA	薩爾瓦多	87	TAF	台灣
8	ASCLD/LAB	美國	28	ema	墨西哥	48	KAN	印尼	68	OUA	烏拉圭	88	TUNAC	突尼西亞
9	ATS	塞爾維亞	29	ENAC	西班牙	49	KCA	吉爾吉斯	69	PAB	菲律賓	89	TURKAK	土耳其
10	BAB	孟加拉	30	ESYD	希臘	50	KOLAS	韓國	70	PCA	波蘭	90	UKAS	英國
11	BATA	波士尼亞與赫塞哥維納	31	FINAS	芬蘭	51	MINAS	蒙古	71	PJLA	美國	91	VLAC	日本
12	BELAC	比利時	32	GAC	阿拉伯	52	NA	挪威	72	PNAC	巴基斯坦			
13	BLA-DSS	泰國	33	HAA	克羅埃西亞	53	NAAU	烏克蘭	73	PNGLAS	巴布亞紐幾內亞			

# 專題總結-2

台灣給水排水研究學會  
理事長 張始偉

1. 依循TAF認證體系，持續推動油脂截留器性能測試與品保系統。
2. 依照歐盟測試規範，建置總存水彎性能測試實驗室，納入TAF實驗室體系，推展總存水彎認證系統。
3. 研究給水排水管路於地震狀態之空氣-水流體動力現象。分析液態流體受震後之動態響應(Dynamic responses)，評估流體動態負載之頻域特性。
4. 規劃建置給水排水系統制震性能測試實驗室，依循國際制震規範，將給水排水系統制震性能融入TAF認證體系，確保建築給水排水系統之制震性能。
5. 僅代表台灣給水排水研究學會再一次感謝中國大陸置華機電抗震集團王總裁的友好支持，為將來海峽兩岸的地震災害減損，共同盡一份有效的心力。



謝謝聆聽，敬請指教。

