

# 降低營建人力需求構造研發 —多單元鋼管鋼網牆之強度與韌性

## --成果報告--

計畫編號：10915G0013

執行單位：國立臺灣科技大學

計畫主持人：陳正誠 教授

研究助理：

林曉芳、吳合鑫、葉泓毅



# 大綱



1. 前言

2. 試體設計及製作

3. 載重試驗

4. 結構分析參數

5. 結論



# 緣起

- 國內因少子化、營造產業人力缺乏，必須發展低勞力的營造工法。
- 國內具鋼網牆施工經驗及鋼管量產技術與設備。
- 「鋼管鋼網牆系統」結合鋼網牆與鋼管，增加牆內配筋量可具結構作用。

## 鋼管鋼網牆系統特性：

- ✓ 適用於低矮結構
- ✓ 節省人力及時間
- ✓ 沒有梁、柱桿件，樓版底面及牆面平整，使用者接受度高。





# 鋼管鋼網牆系統組成

鋼管支架



鋼網牆





# 鋼管鋼網牆施工情況

- 不使用傳統模板、不需拆模，施工快速，樓梯亦可採用。
- 可依據需求在牆上設置開口。



鋼管、鋼筋及骨架



抓漿網鋪設完成



灌漿完成之情況

# 人力需求分析

以一戶三層樓街屋為例：

- ✓ 樓地板面積134 m<sup>2</sup> (40.5坪)。
- ✓ 僅計算上部結構施工現場所需人力、工作日。
- ✓ 該案例以鋼管鋼網牆系統建造，傳統RC工法之數據為建造單位以過去之建造經驗估算。



## 鋼管鋼網牆

工項	工數	工作日
組立工	5	4
鋼網牆工	8	14
混凝土工	6	1
總和	138 工日	

## 傳統RC

工種	工數	工作日
鋼筋工	5	15
模板工(釘)	9	21
混凝土工	4	3
模板工(拆)	4	6
總和	300 工日	

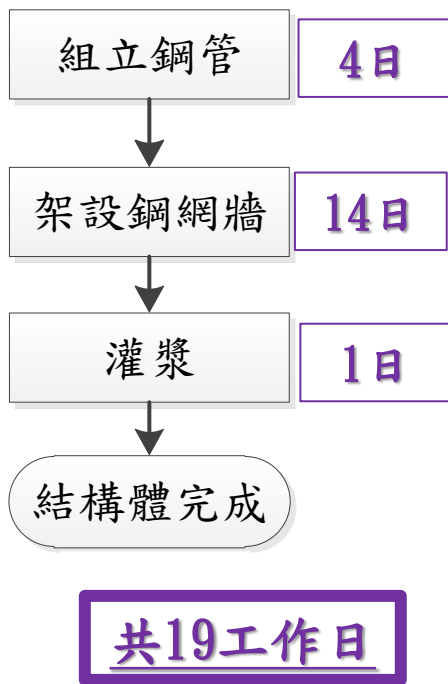
技術需求高  
最耗人力

- 節省162工日，  
節省54%人力需求。

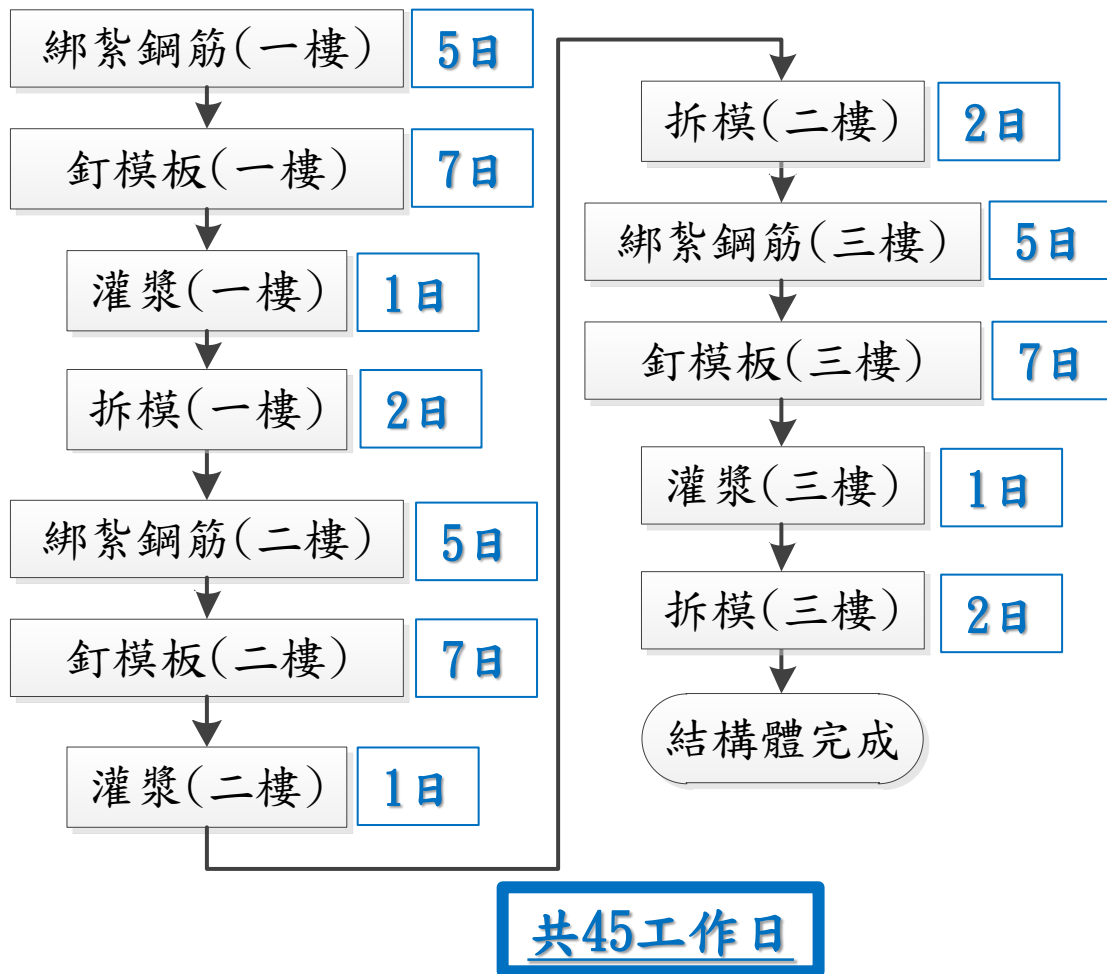


# 建造時間分析

## 鋼管鋼網牆



## 傳統RC



- 減少26個工作日，  
減少58%建造時間。

# 單位面積造價分析

- 鋼管鋼網牆：14,000元/m<sup>2</sup> (46,000元/坪)  
傳統RC：13,000元/m<sup>2</sup> (43,000元/坪)
- 目前鋼管鋼網牆高7%，數量多時應比傳統RC工法還低。

## 預估省工及環保效益

每年新建1~4層樓建物總樓地板面積約**1,425萬平方公尺**，  
假設其中有10%改用鋼管鋼網牆系統建造：

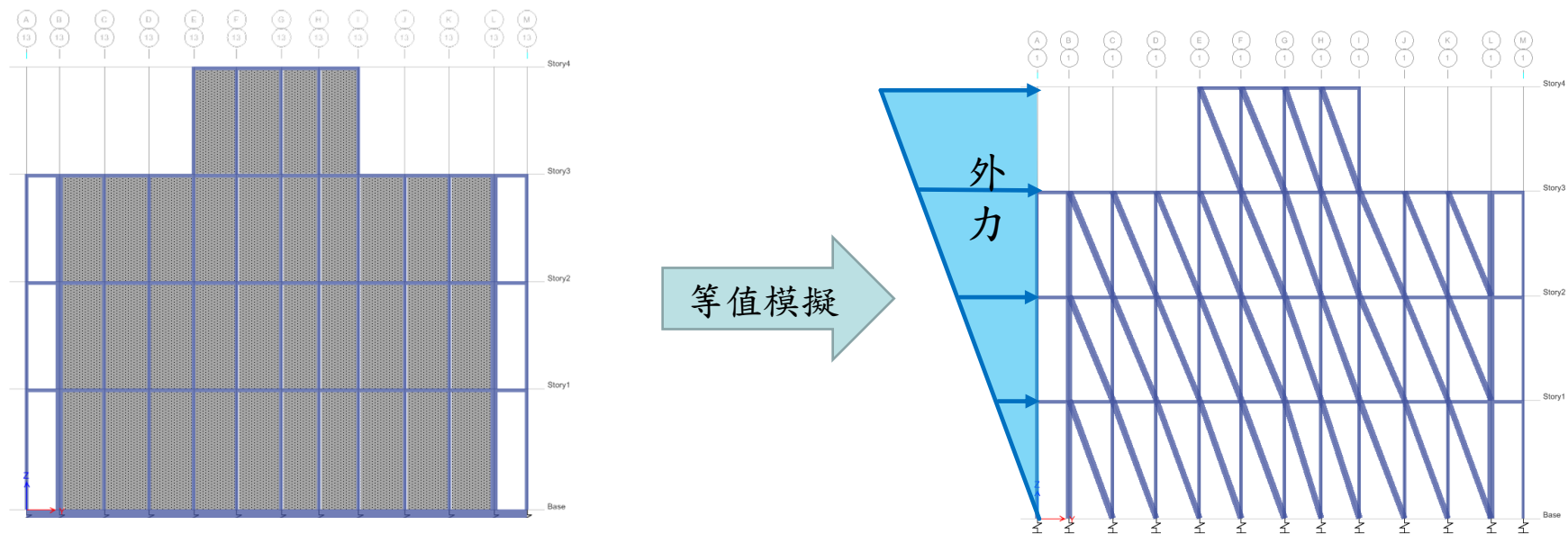
- ✓ 可降低171萬工日之人力需求，約等於整年降低**6,840個人力需求**。
- ✓ RC結構木模板使用量約105 kg/m<sup>2</sup>，一套模板以重複使用6次計，每年約可減少**2.5萬噸**的廢棄模板。



# 結構分析與等值斜撐

使用等值斜撐模擬鋼管鋼網牆需要檢核的項目：

1. 等值斜撐強度
2. 節點垂直剪力
3. 鋼管桿件強度



# 單一單元鋼管鋼網牆反復載重試驗 (2018)

探討問題：

- 等值斜撐模擬之有效斷面積、強度及勁度等。
- 鋼管鋼網牆系統之韌性容量 $R$ 。

試體編號	主控破壞模式	數量
W	牆腹混凝土破壞	2
R	垂直鋼管降伏	2
NTC100	節點垂直剪力破壞	1
NTC200		1

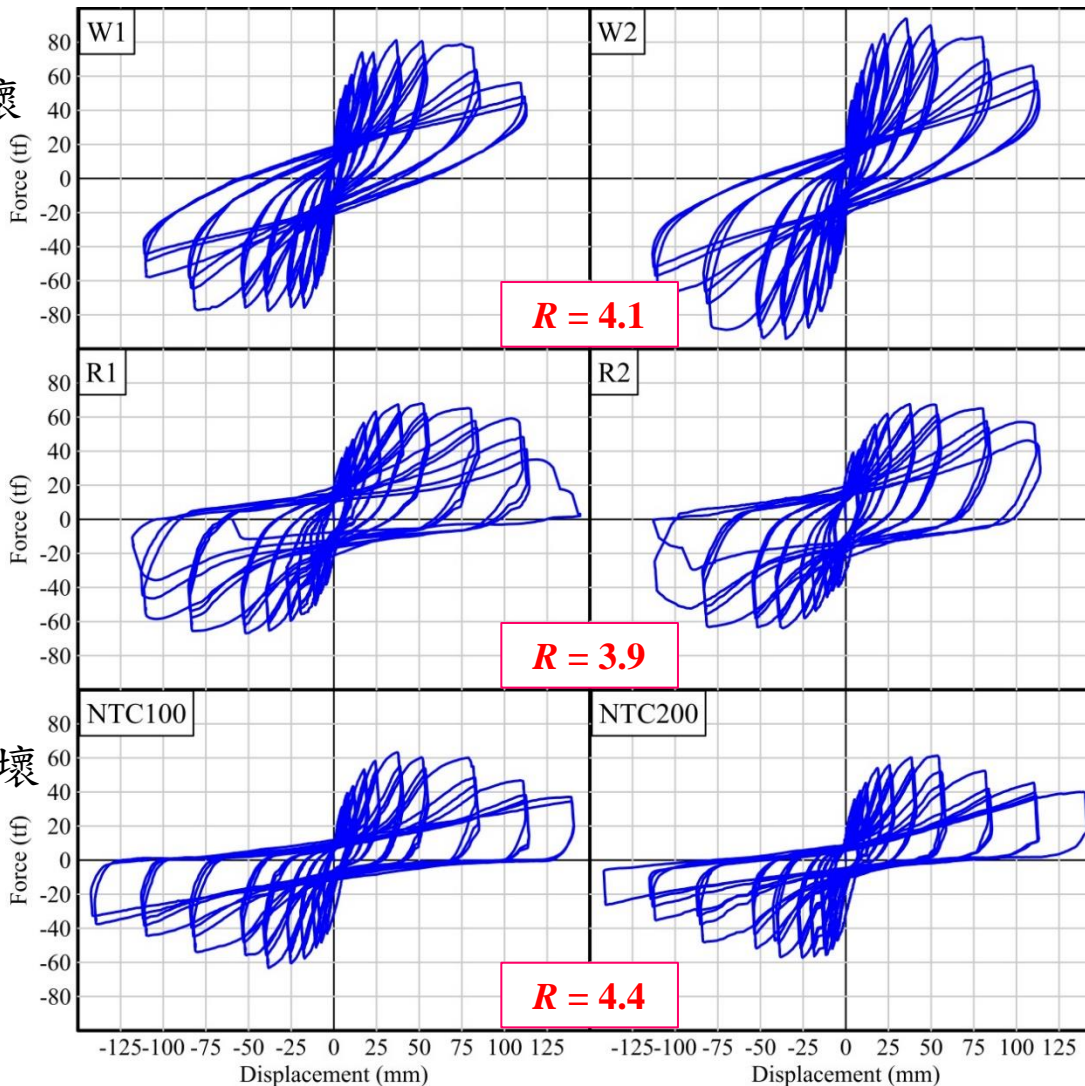




# 載重-位移遲滯迴圈

牆腹混凝土破壞

$$V_{\text{peak}} = 79.4 \text{ tf}$$
$$\mu = 10$$



牆腹混凝土破壞

$$V_{\text{peak}} = 93.8 \text{ tf}$$
$$\mu = 7.2$$

垂直鋼管降伏

$$V_{\text{peak}} = 67.4 \text{ tf}$$
$$\mu = 8.7$$

垂直鋼管降伏

$$V_{\text{peak}} = 65.3 \text{ tf}$$
$$\mu = 7.6$$

節點垂直剪力破壞

$$V_{\text{peak}} = 62.8 \text{ tf}$$
$$\mu = 8.6$$

節點垂直剪力破壞

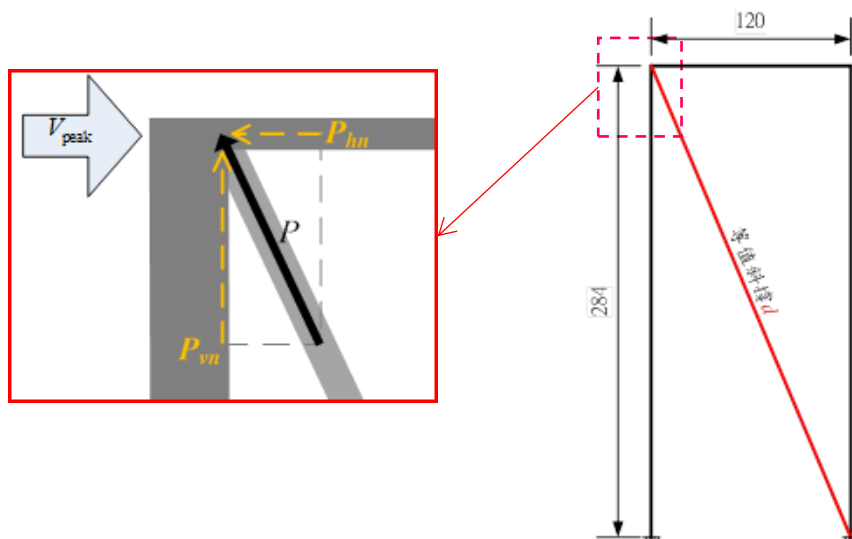
$$V_{\text{peak}} = 58.9 \text{ tf}$$
$$\mu = 11$$

• R值採用多少？

# 破壞模式及其對應強度

- 使用等值斜撐方法做結構分析及設計需要檢核3個項目。

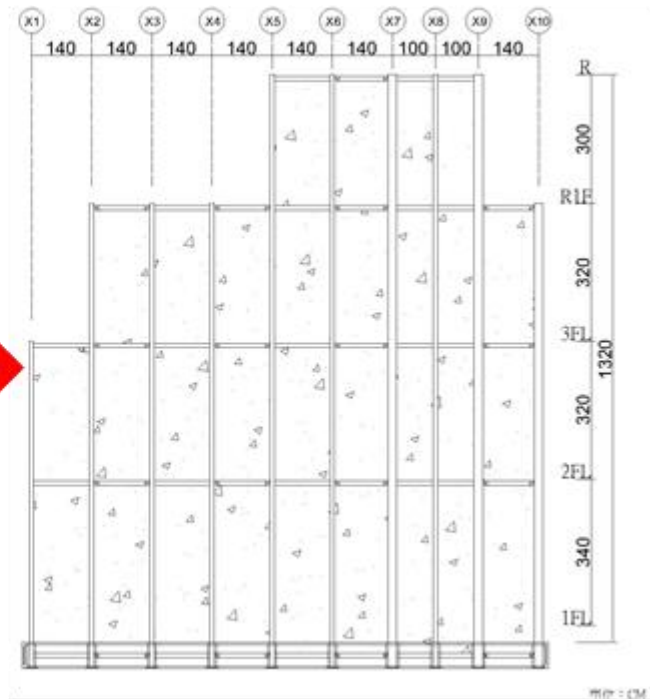
項目	強度	依據
等值斜撐	$P = f_c' \times A$ $A = td/\alpha$ $\alpha = 7.7$	試驗資料
節點垂直剪力( $P_{vn}$ )	145 tf	試驗資料
垂直鋼管	桿件強度	規範



$t$  : 牆體厚度  
 $d$  : 等值斜撐長度  
 $A$  : 等值斜撐面積  
 $\alpha$  : 等值斜撐寬度係數

# 本計畫研究範圍與目的

- 實際結構為多單元鋼管鋼網牆，需進一步探討多單元鋼管鋼網牆系統的強度與韌性，並進一步探討 $R$ 值使用3.2的可行性。
- 也進一步探討多單元鋼管鋼網牆以等值斜撐模擬之可靠性。





# 大綱

1. 前言

 2. 試體設計及製作

3. 載重試驗

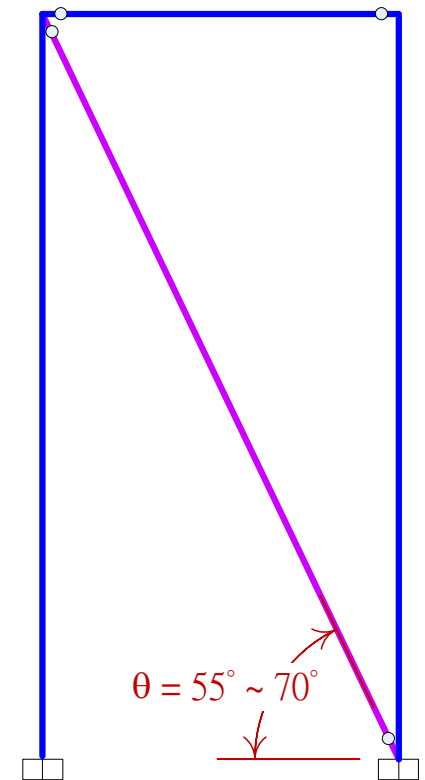
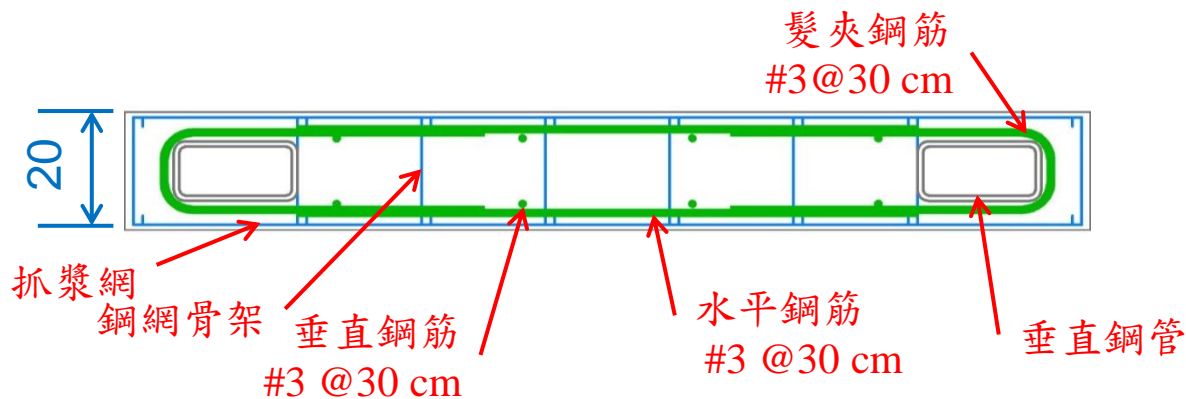
4. 結構分析參數

5. 結論



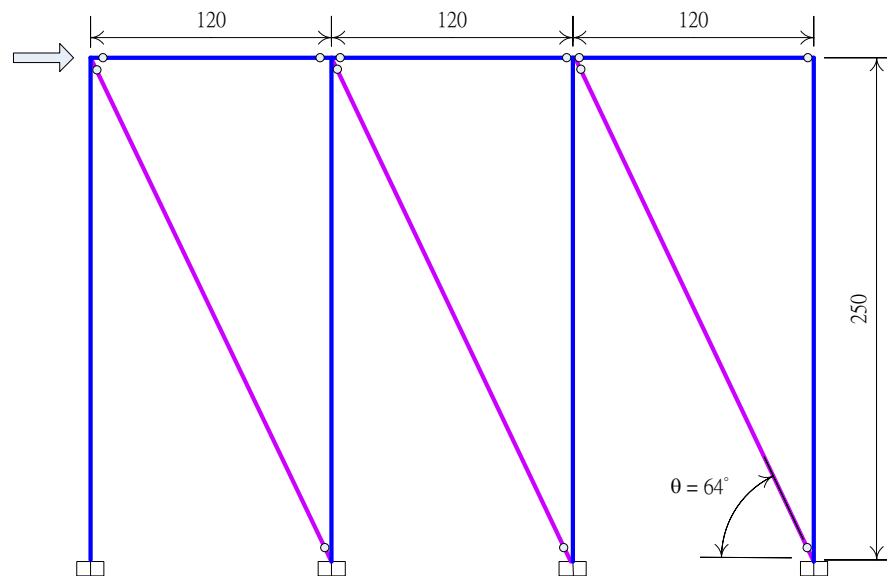
# 鋼管鋼網牆模組化系統

1. 高度：250~340 cm之間；寬度：120~160 cm之間；等值斜撐角度  $\theta$  在 $55^\circ \sim 70^\circ$ 之間。
2. 牆厚固定為20 cm。
3. 鋼管材質為STKR490或STKR400，斷面限制在RHS 200×100×9、RHS 200×100×6、RHS 100×100×6或RHS 100×100×4。（依結構分析結果選擇）
4. 鋼筋皆採用SD280之3號鋼筋，雙層雙向間距30 cm之配置方式。水平向端部使用髮夾筋。



# 多單元構架分析

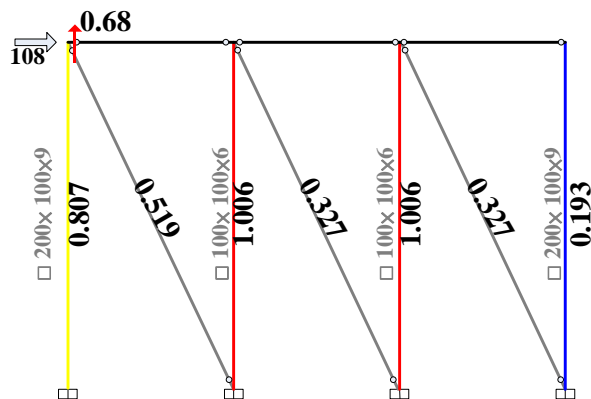
- ✓ 使用模組化鋼管鋼網牆系統。
- ✓ 樓層高採用250 cm，垂直鋼管跨距採用120 cm，等值斜撐角度64度。
- ✓ 水平鋼管端部使用簡易接頭，並視為鉸接。
- ✓ 分析構架：1層3跨、2層2跨、3層4跨。



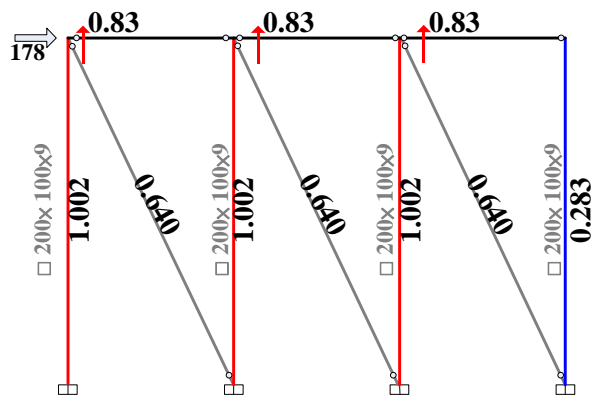


# 1層3跨構架

註：SR表示Strength Ratio



外柱：STKR490 RHS 200×100×9  
內柱：**STKR490 RHS 100×100×6**  
斜撐SR：0.52  
外柱SR：0.81  
內柱SR：1.00 ← 控制  
節點SR：0.68（最左側）  
**構架強度：108 tf**



外柱：STKR490 RHS 200×100×9  
內柱：**STKR490 RHS 200×100×9**  
斜撐SR：0.64  
外柱SR：1.00 ← 同時控制  
內柱SR：1.00 ← 同時控制  
節點SR：0.83  
**構架強度：178 tf (提升65%)**

- 1層多跨構架，內外柱使用相同斷面強度效率較高。
- 臨界桿件為垂直鋼管。
- 柱斷面不大於STKR RHS 200×100×9時，等值斜撐及節點垂直剪力不控制構架強度。

# 2層2跨分析

外柱：STKR490 RHS 200×100×9

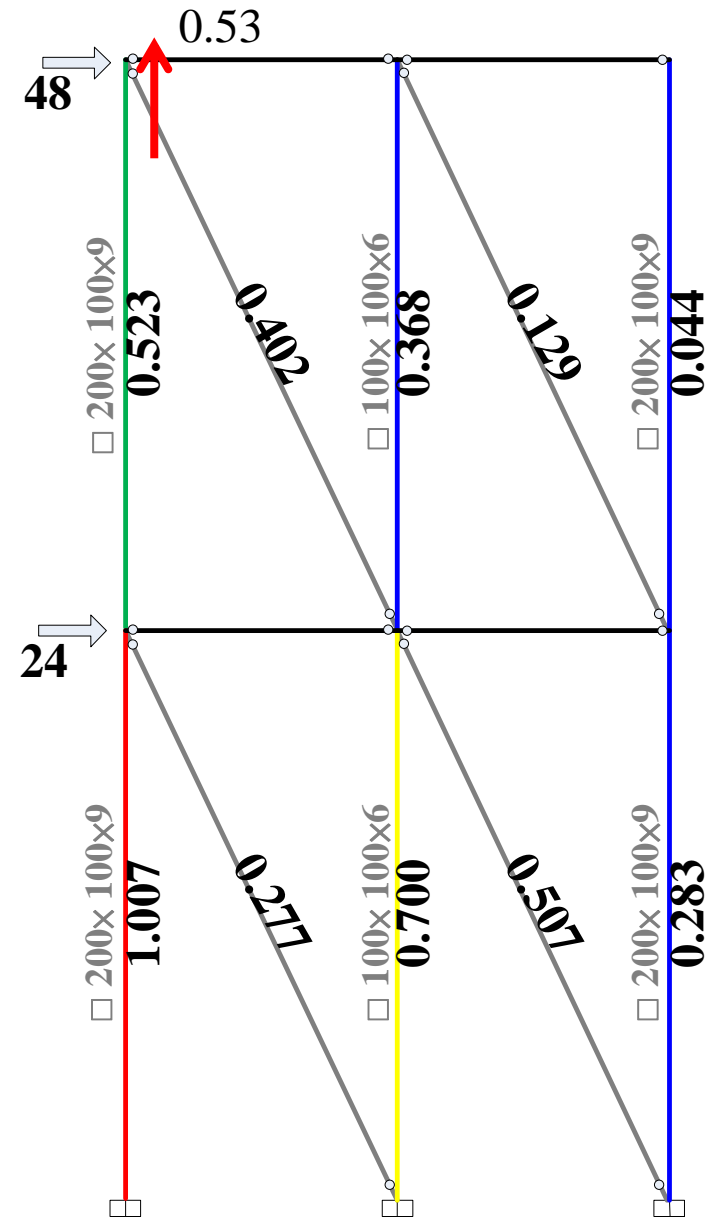
內柱：STKR490 RHS 100×100×6

斜撐 SR：0.51

垂直鋼管SR：1.00 ← 控制

節點SR：0.53

- 2層2跨時，中間之垂直鋼管受力較小，可使用較小斷面的鋼管。
- 破壞由第一層外柱控制。
- 最大節點垂直剪力發生在最上層邊跨角隅。



# 3層4跨分析

外柱：STKR490 RHS 200×100×9

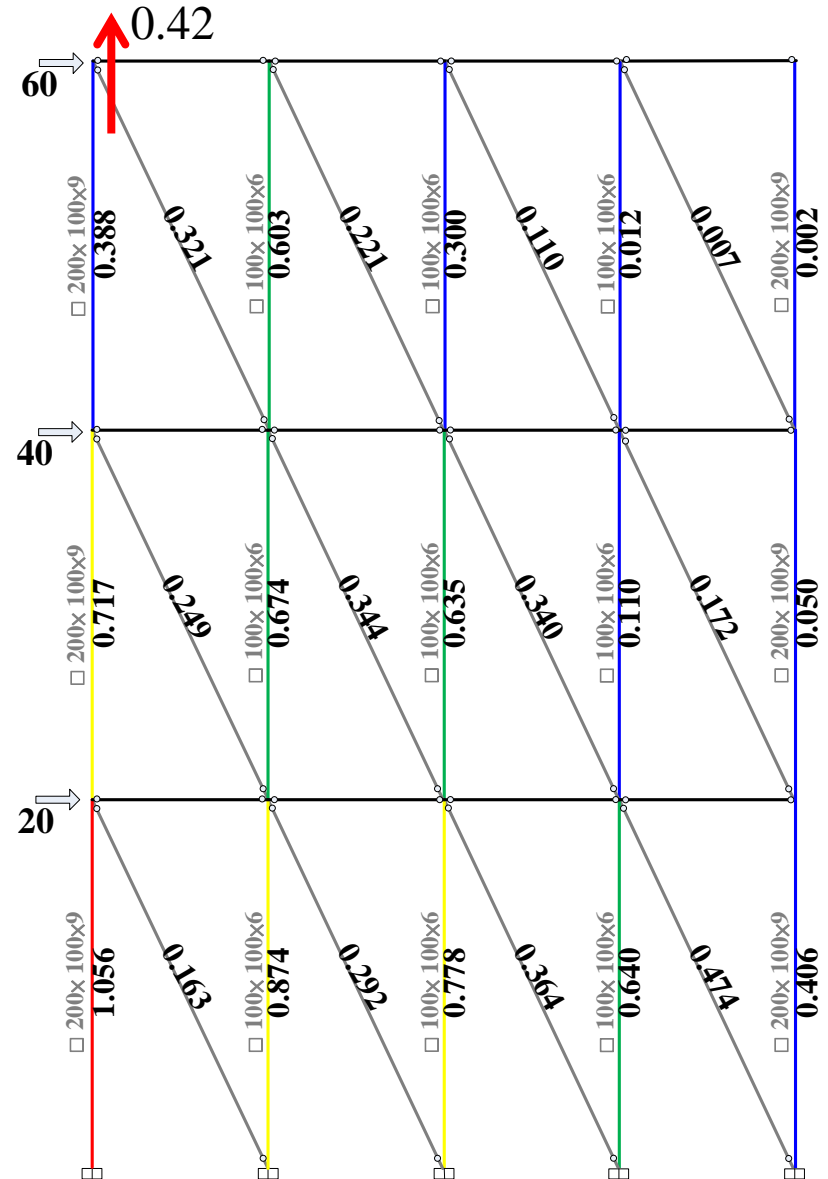
內柱：STKR490 RHS 100×100×6

斜撐 SR：0.47

垂直鋼管SR：1.06 ← 控制

節點SR：0.42

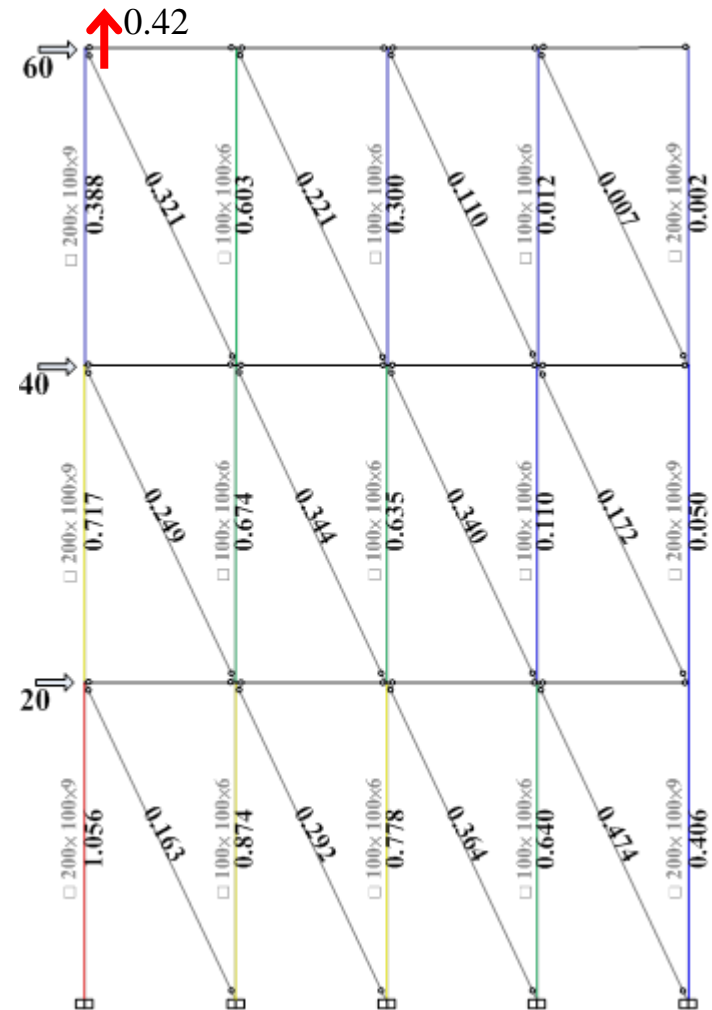
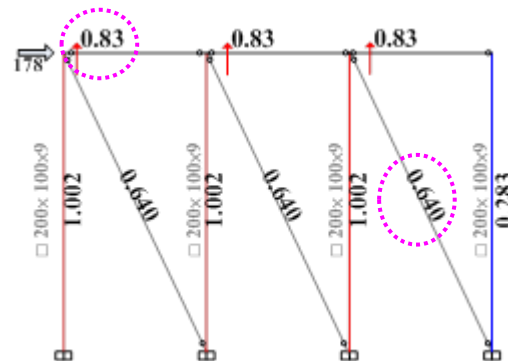
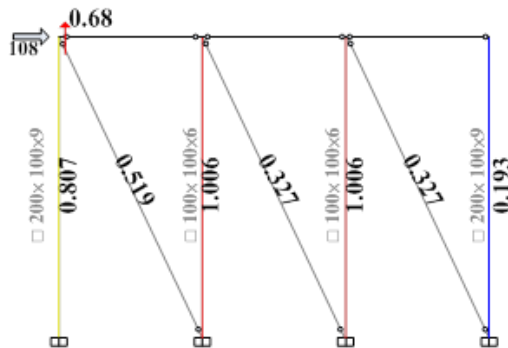
- 破壞由第一層外柱控制。
- 最大節點垂直剪力發生在最上層邊跨角隅。
- 多層多跨時，中間之垂直鋼管受力較小，可使用較小斷面的鋼管。





# 多單元等值斜撐構架分析結果彙整

- ✓ 一層多跨時，內柱與外柱使用相同斷面效率較高。
- ✓ 多層多跨時，內柱受力較小，可使用較小鋼管斷面，最大節點垂直剪力發生在最上層邊跨外側角隅。
- ✓ 多單元構架皆為垂直鋼管強度控制；節點垂直剪力之最大Strength Ratio為0.83；等值斜撐之最大Strength Ratio為0.64。



- 設計混凝土強度280 kgf/cm<sup>2</sup>。

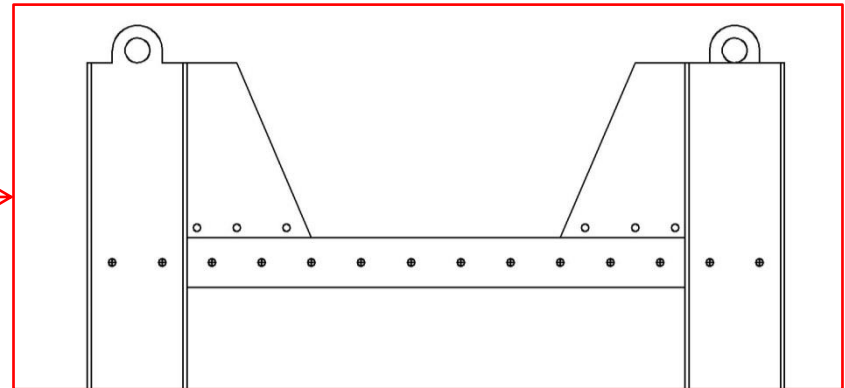
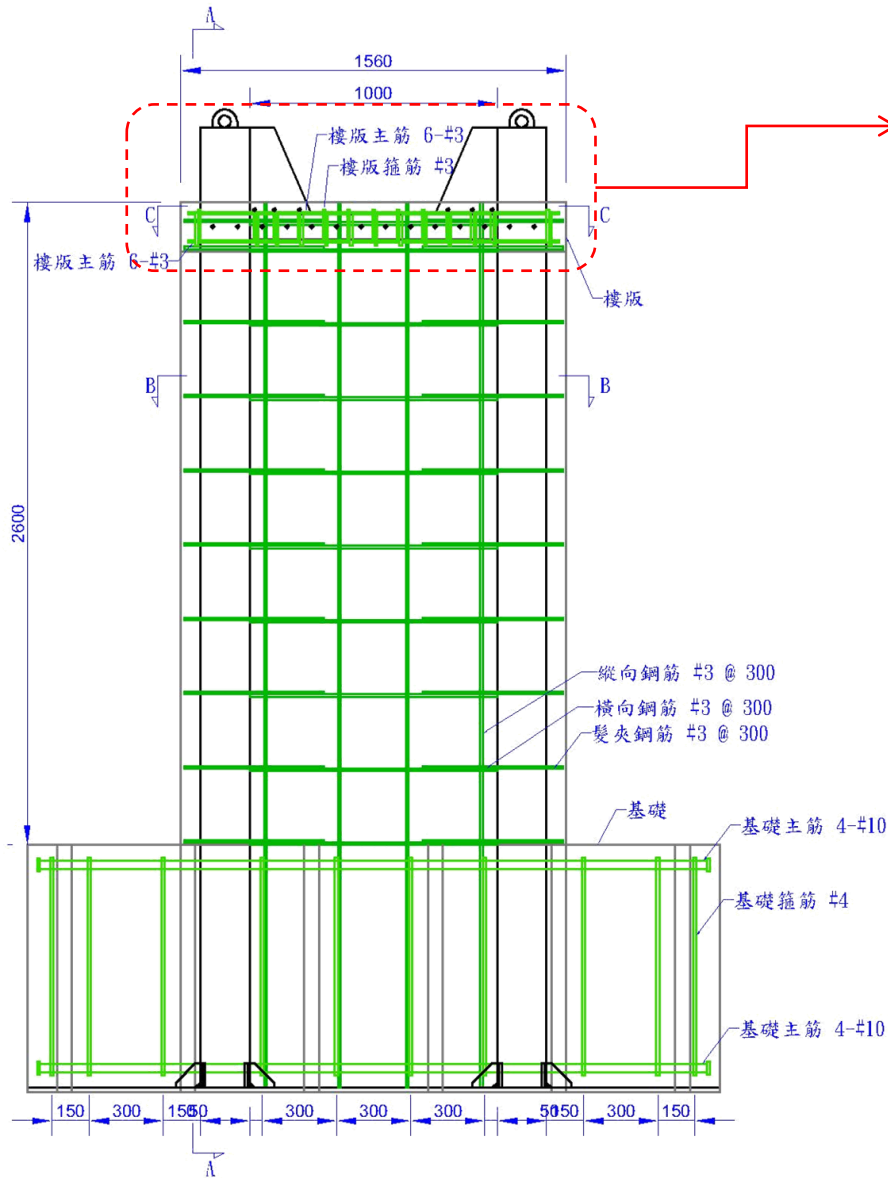
# 試驗計畫

- ✓ 等值斜撐強度、系統韌性及節點垂直剪力強度是由過去單一單元試體試驗結果得到，應再增加試驗組數，以增加其可靠性。
- ✓ 等值斜撐分析方法使用在多單元分析時之可靠性尚須試驗驗證。

試體編號	試體型式	設定破壞模式	數量
1x1W	1層1跨	牆腹混凝土破壞	1
1x1F		垂直鋼管降伏	1
1x1H		節點垂直剪力破壞	1
1x3	1層3跨	垂直鋼管降伏	1
2x2	2層2跨	垂直鋼管降伏	1

- 1層1跨試體比原計畫增加一個試體。

# 1x1W 試體設計



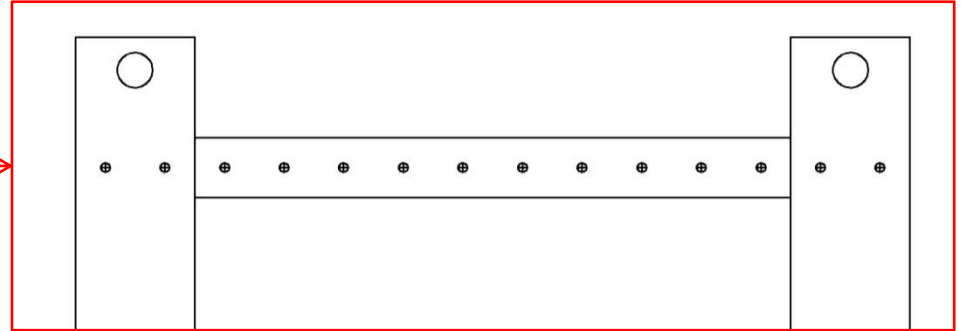
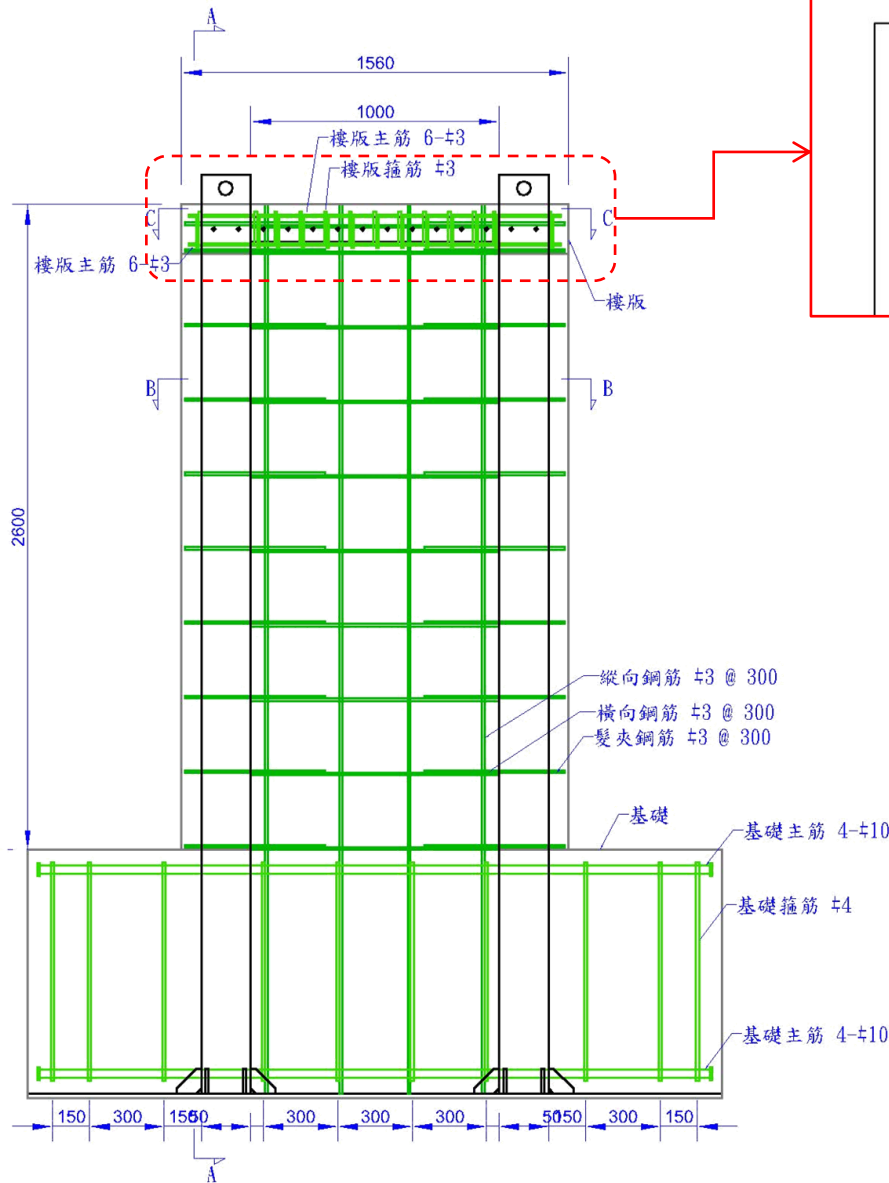
- 預期破壞模式為**牆腹混凝土破壞**。
- 水平鋼管端部採用銲接並增設加勁板，確保角隅承壓強度充足。
- 試體高度約3.9 m，對應樓層高約2.6 m，牆體厚20 cm，樓版厚20 cm。
- 柱心至心之距離1.2 m，整體寬度約2.8 m。

單位：mm

22



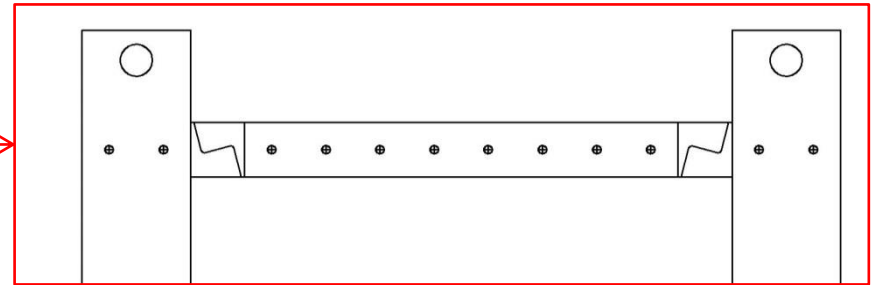
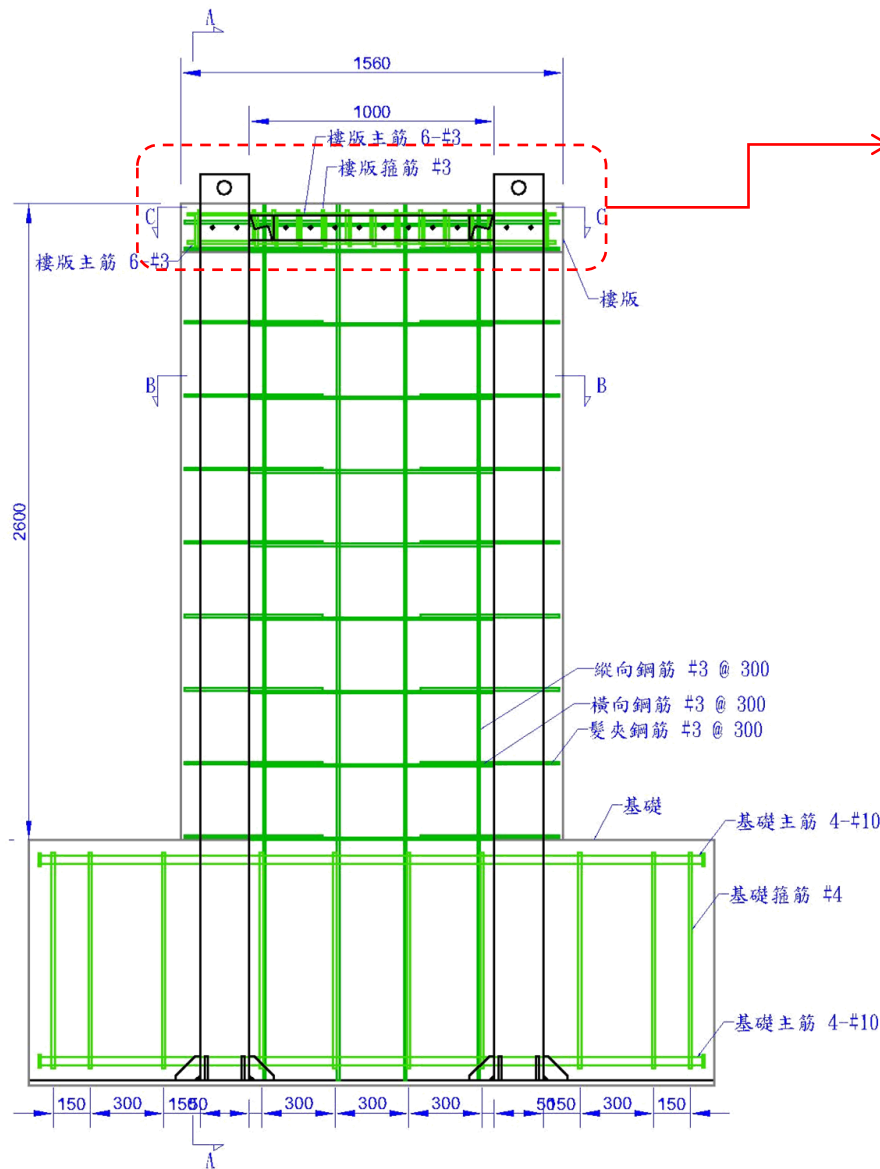
# 1x1F 試體設計



- 預期破壞模式為**垂直鋼管降伏**。
- 試體高度約3.6 m，對應樓層高約2.6 m，牆體厚20 cm，樓版厚20 cm。
- 柱心至心之距離1.2 m，整體寬度約2.8 m。
- 垂直鋼管使用STKR490 RHS 200×100×9，內填充混凝土。

單位：mm

# 1x1H試體設計

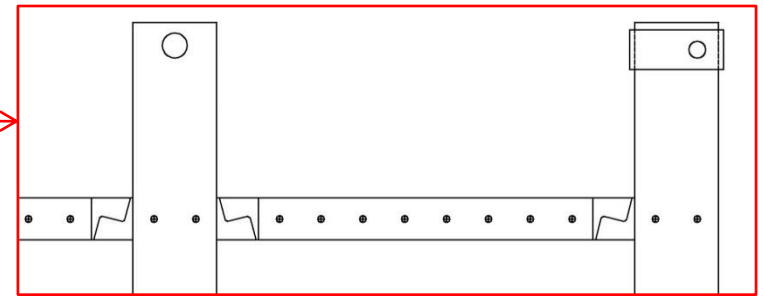
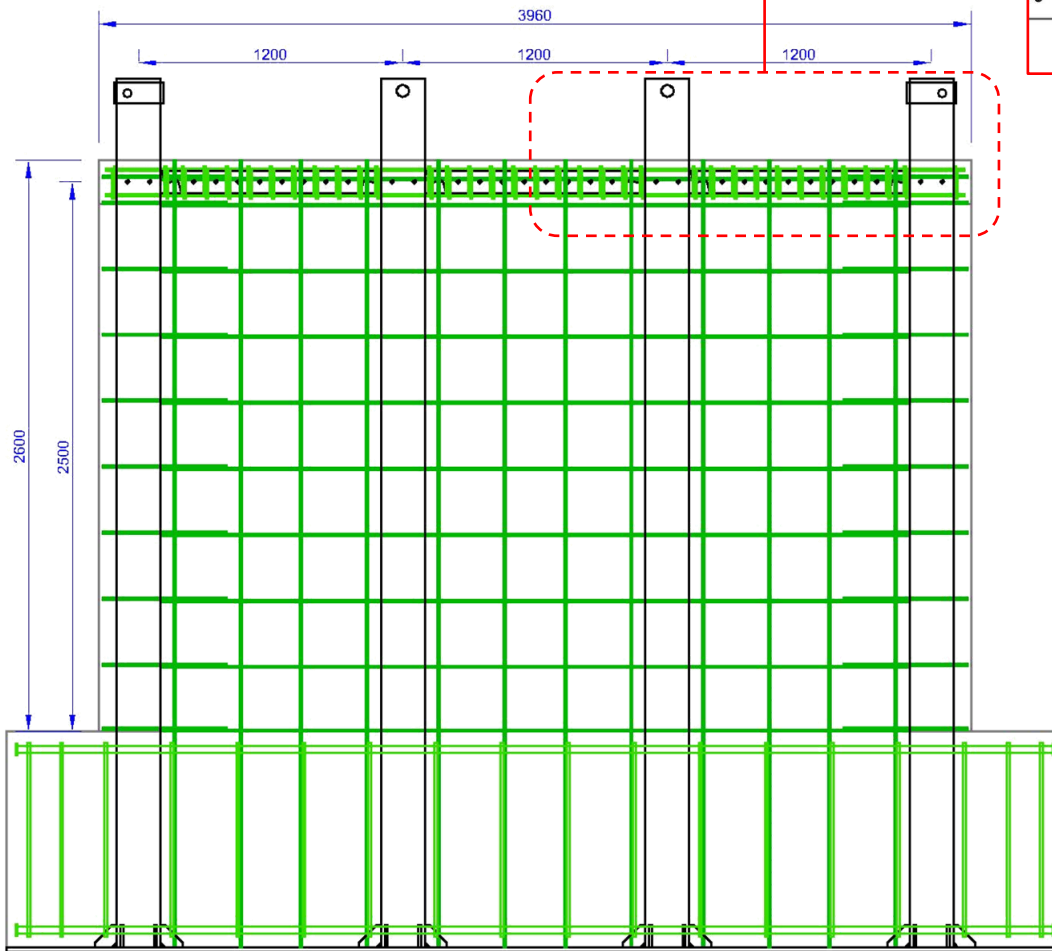


- 期破壞模式為節點垂直剪力破壞。
- 試體高度約3.6 m，對應樓層高約2.6 m，牆體厚20 cm，樓版厚20 cm。
- 柱心至心之距離1.2 m，整體寬度約2.8 m。
- 垂直鋼管使用STKR490 RHS 200×100×9，內填充混凝土。

單位：mm

24

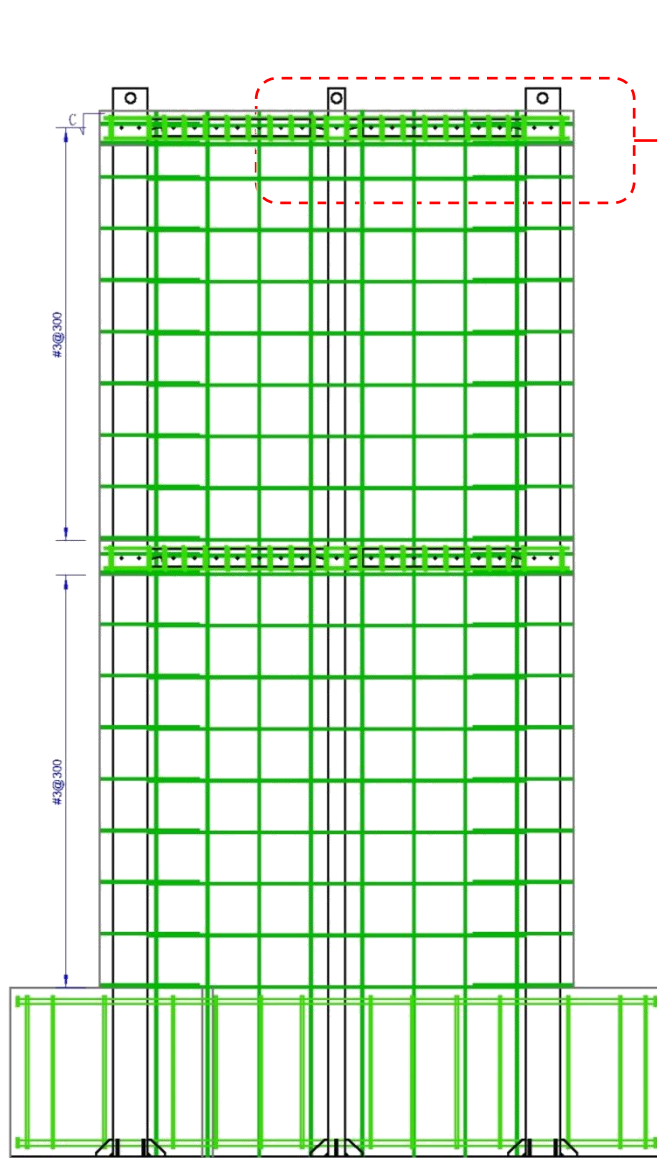
# 1x3試體設計



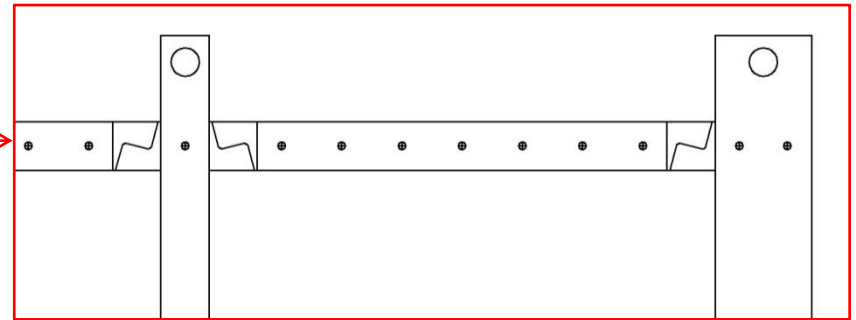
- 預期破壞模式為**垂直鋼管降伏**。
- 試體高度約3.6 m，樓層高2.6 m。
- 柱心至心之距離1.2 m，整體寬度約4.8 m。
- 內柱及外柱皆使用**STKR490 RHS 200x100x9**，內填充混凝土。

單位：mm

# 2x2試體設計



單位：mm



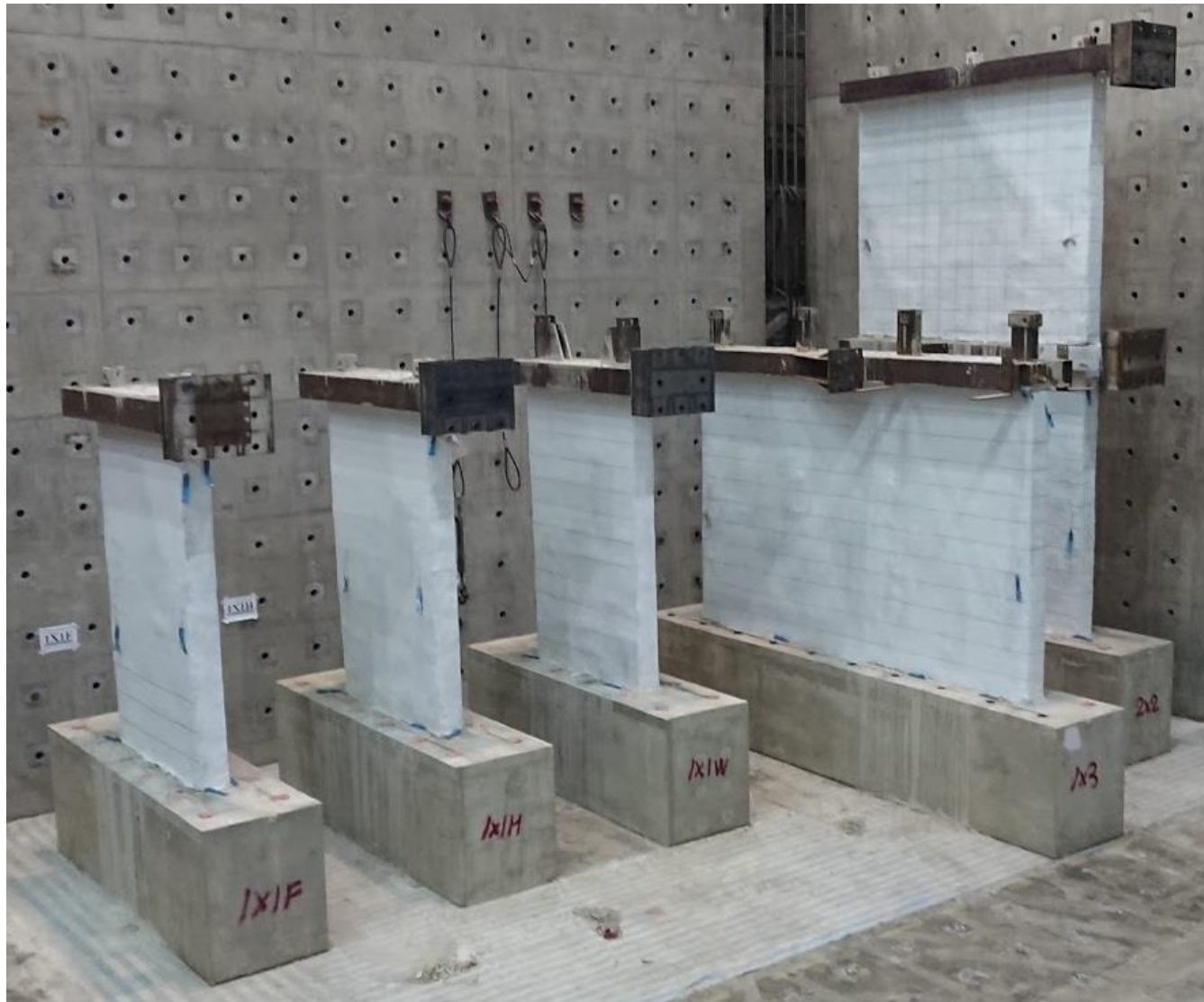
- 預期破壞模式為**垂直鋼管降伏**。
- 試體高度約5.8 m，樓層高約2.6 m，牆體厚20 cm，樓版厚20 cm。
- 柱心至心之距離1.2 m，整體寬度約3.7 m。
- 外柱使用STKR490 RHS 200×100×9，內柱使用STKR490 RHS 100×100×6，皆填充混凝土。



# 試體製作



# 試體製作完成



# 鋼材強度

試體	斷面	材質	降伏應力 MPa	極限應力 MPa
1×1W	RH 200×100×5.5×8	SN400YB	377	507
	PL 19t	SN400B	287	453
1×1F 1×1H 1×3 2×2	RHS 200×100×9	STKR490	477	547
2×2	RHS 100×100×6	STKR490	462	505

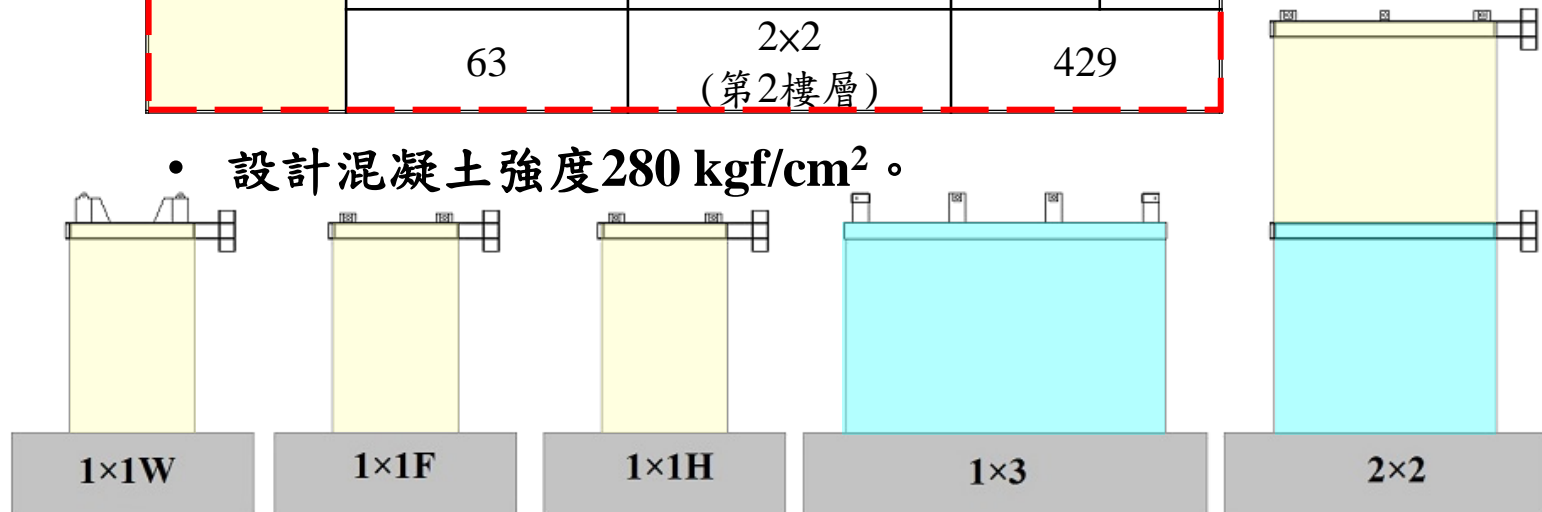
- 試體所用之SD280W 3號鋼筋降伏應力為 379 MPa，極限應力 為526 MPa。

# 混凝土材料強度

批次	齡期	對應試驗試體	強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	
1	48	1×3	228	228
	77	2×2 (第1樓層)	227	
2	41	1×1W	408	408
	49	1×1F	405	
	51	1×1H	412	
	63	2×2 (第2樓層)	429	


• 混凝土強度偏高。

• 設計混凝土強度280 kgf/cm<sup>2</sup>。





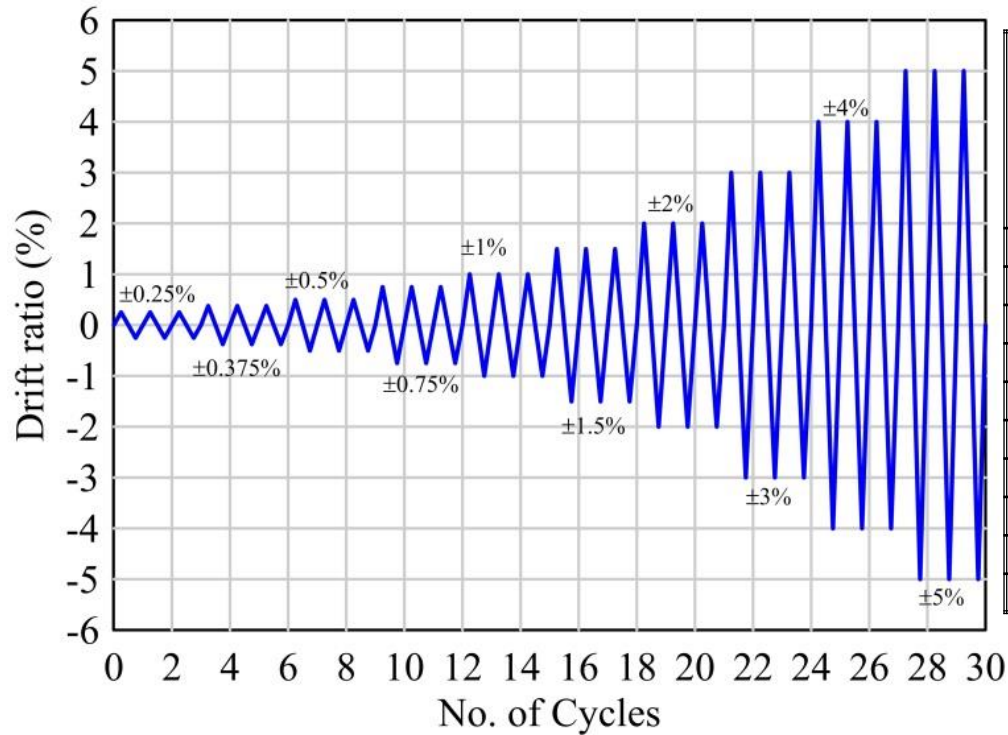
# 大綱

1. 前言
2. 試體設計及製作
-  3. 載重試驗
4. 結構分析參數
5. 結論



# 加載歷程

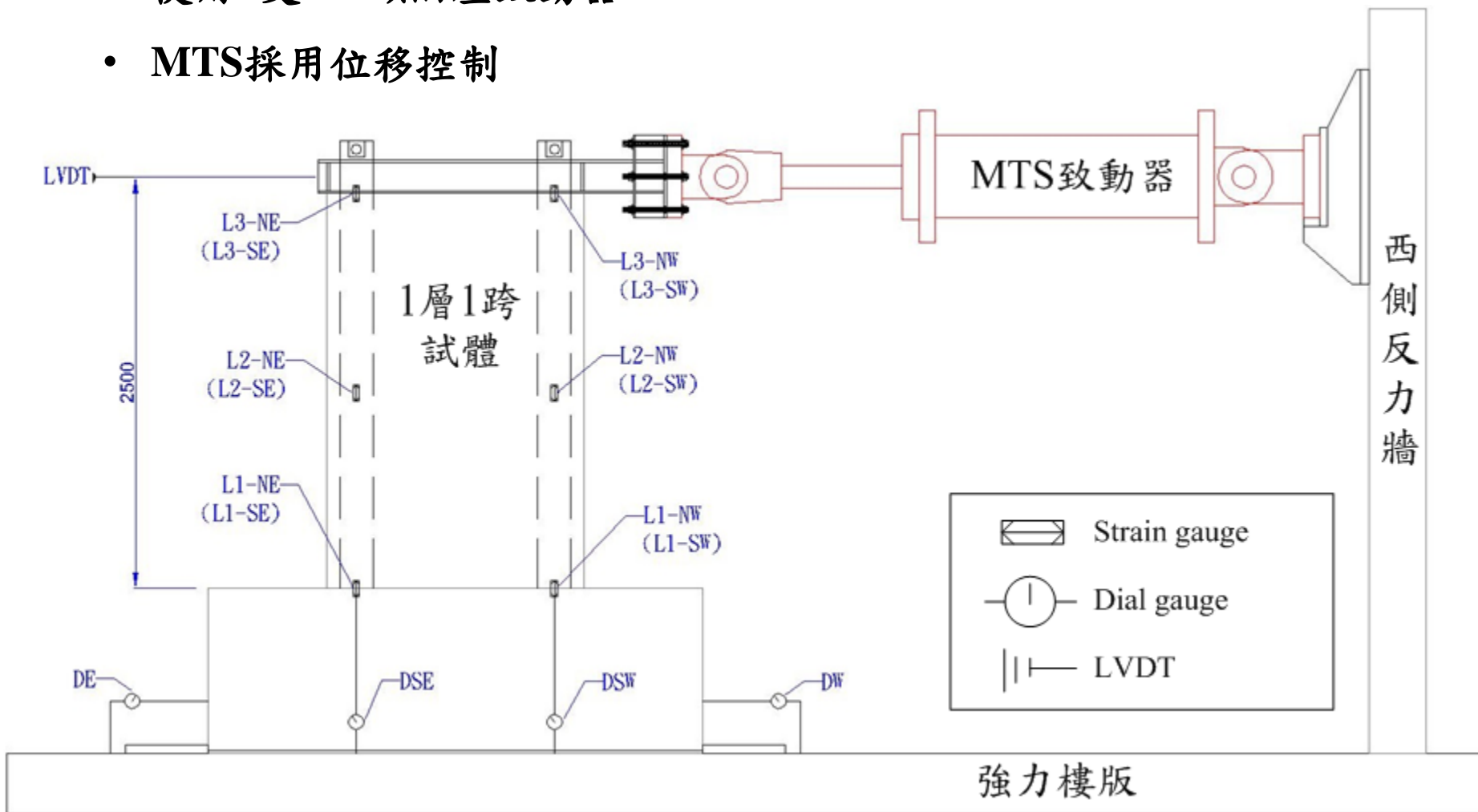
## Loading History



位移角 (%)	週期數	1層1跨試體 1層3跨試體		2層2跨試體	
		層間位移 (mm)	速度 (mm/sec)	樓頂位移 (mm)	速度 (mm/sec)
0.25	3	6.3	0.08	12.5	0.17
0.375	3	9.4	0.13	18.8	0.25
0.5	3	12.5	0.17	25.0	0.33
0.75	3	18.8	0.25	37.5	0.50
1.0	3	25.0	0.33	50.0	0.67
1.5	3	37.5	0.50	75.0	1.0
2.0	3	50.0	0.67	100	1.0
3.0	3	75.0	1.00	150	1.0
4.0	3	100	1.00	200	1.0
5.0	3	125	1.00	250	1.0

# 1層1跨試體 - 試驗裝置示意圖

- 使用1支200噸油壓致動器。
- MTS採用位移控制



# 1x1W 試體試驗情況

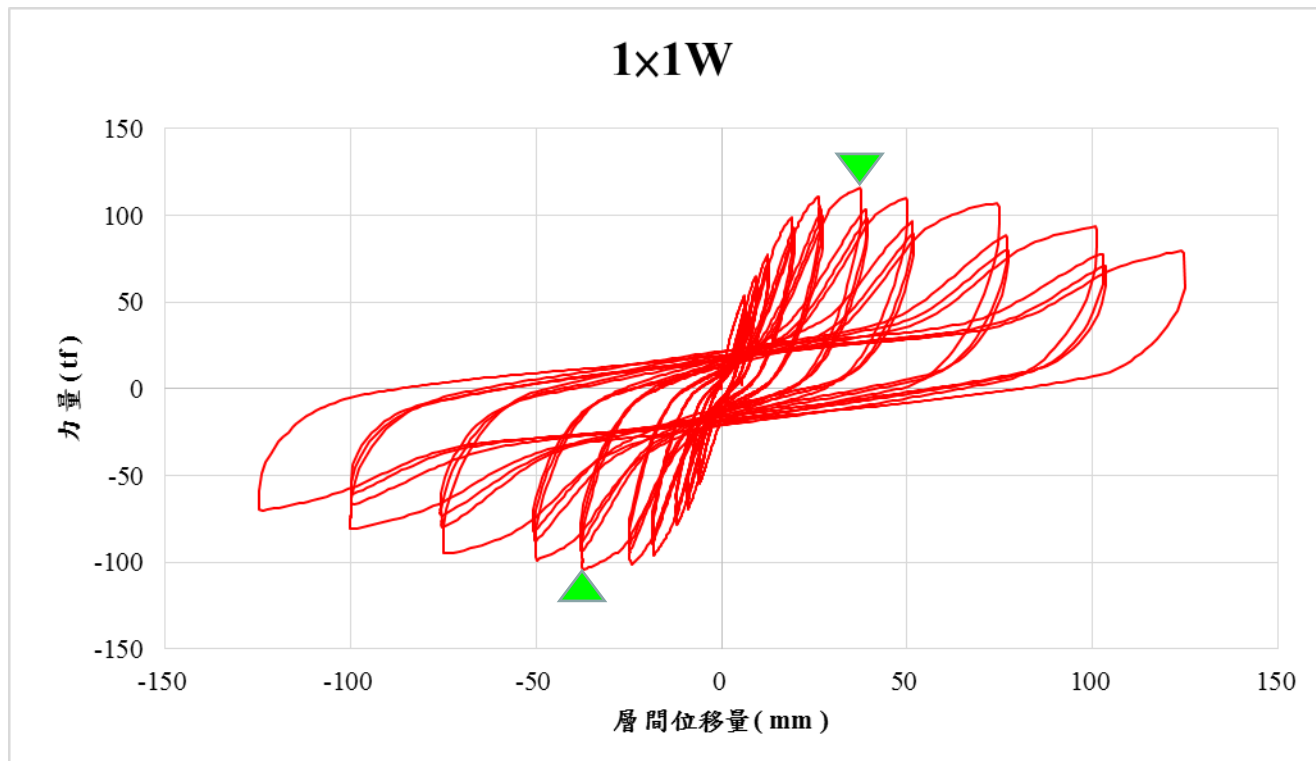


# 1×1W 遲滯迴圈

設計破壞模式：牆腹混凝土破壞

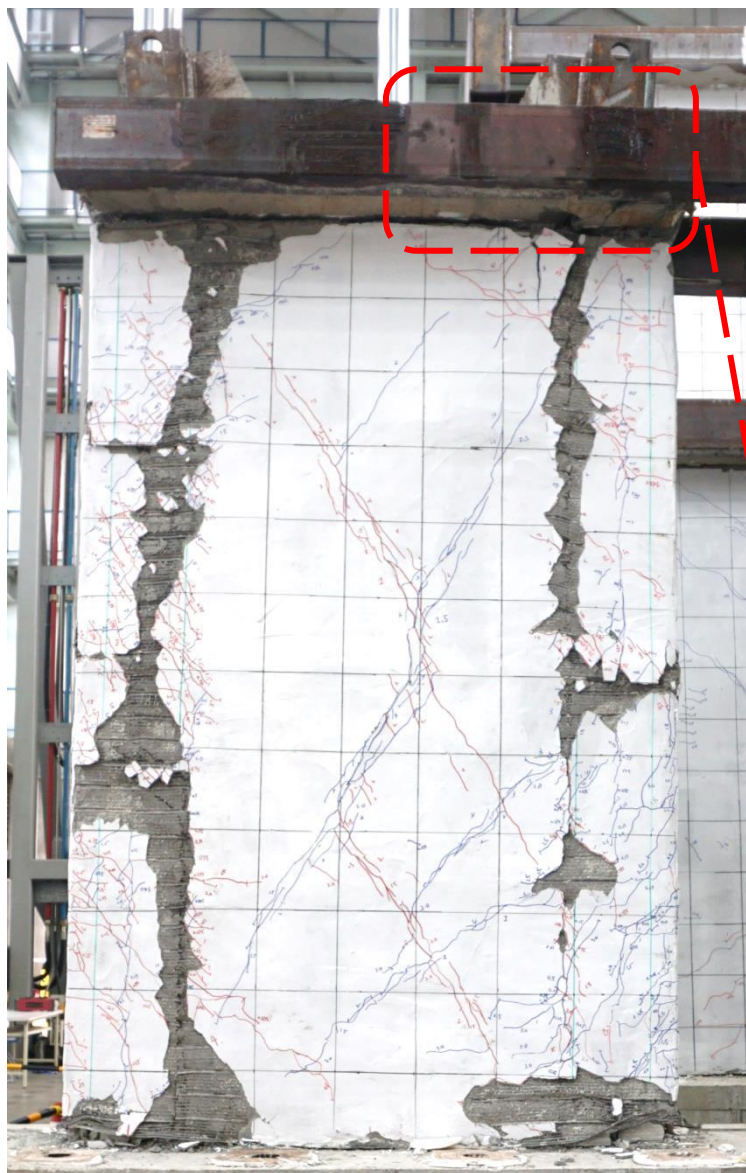
實際破壞模式：上水平桿件破壞

試驗最大強度：116 tf (1.5%) / -104 tf (1.5%)





# 1x1W 試體載重試驗結束破壞情況



- 界面剪力裂縫發展完全。
- 牆腹剪力裂縫發展完全，且角隅處混凝土也有壓碎，壓桿效應有發生。
- 由於混凝土強度過高(408 kgf/cm<sup>2</sup>)，樓版上方突出之垂直桿件變形，致使破壞模式轉為水平桿件破壞。

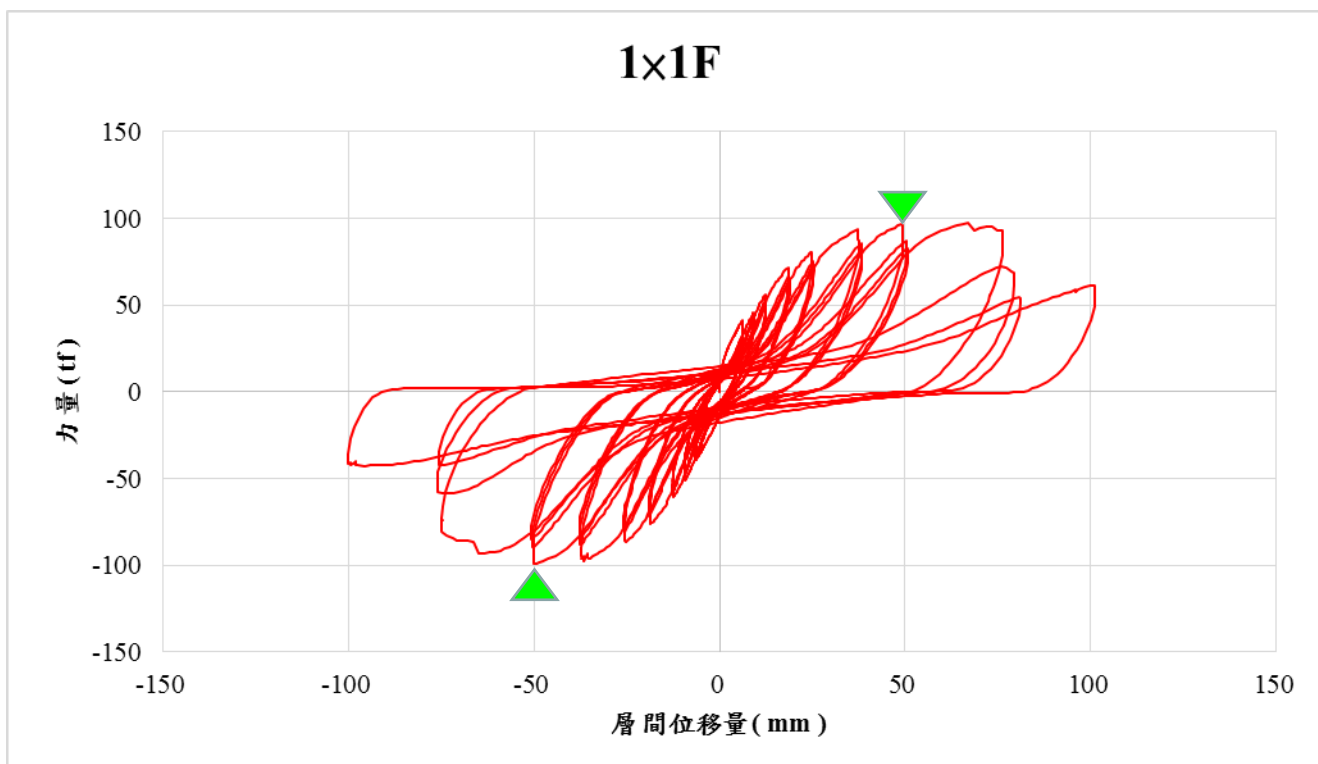


# 1×1F 遲滯迴圈

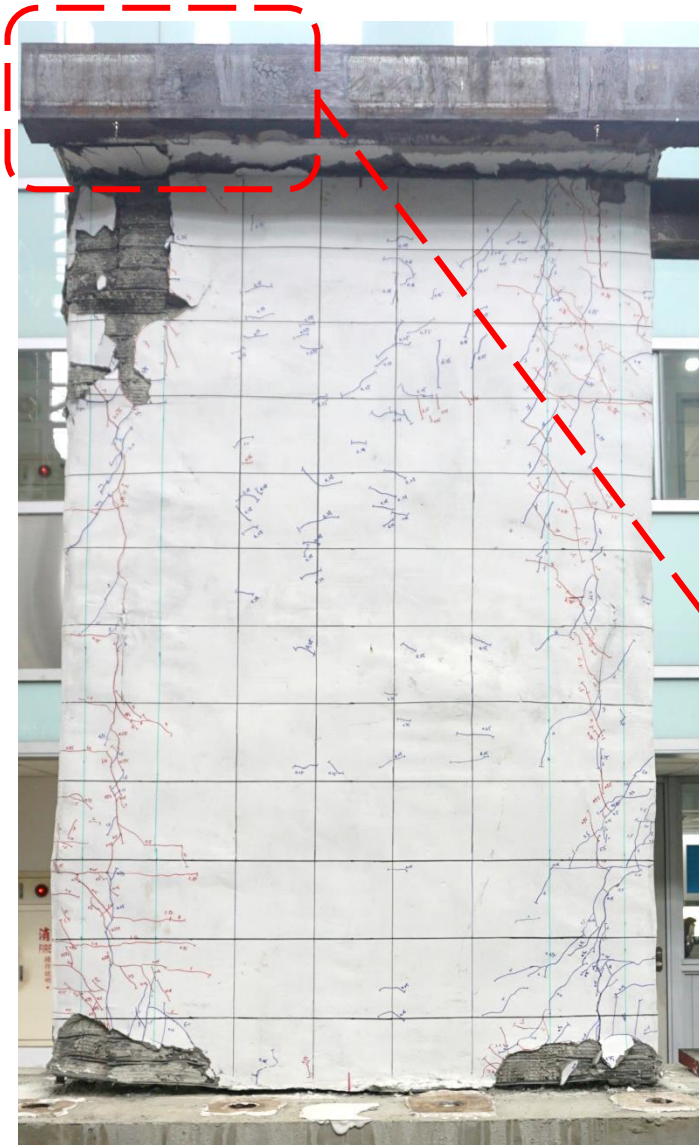
設計破壞模式：垂直鋼管降伏

實際破壞模式：結點垂直剪力破壞

試驗最大強度：97.4 tf (2.0%) / -99.2 tf (2.0%)



# 1x1F 試體載重試驗結束破壞情況



- 由於混凝土強度過高(408 kgf/cm<sup>2</sup>)，界面剪力裂縫發展不完全，牆腹也沒有剪力裂縫發展完全。
- 鑿除水平桿件與垂直桿件周圍混凝土後發現結點受到垂直剪力發生破壞。



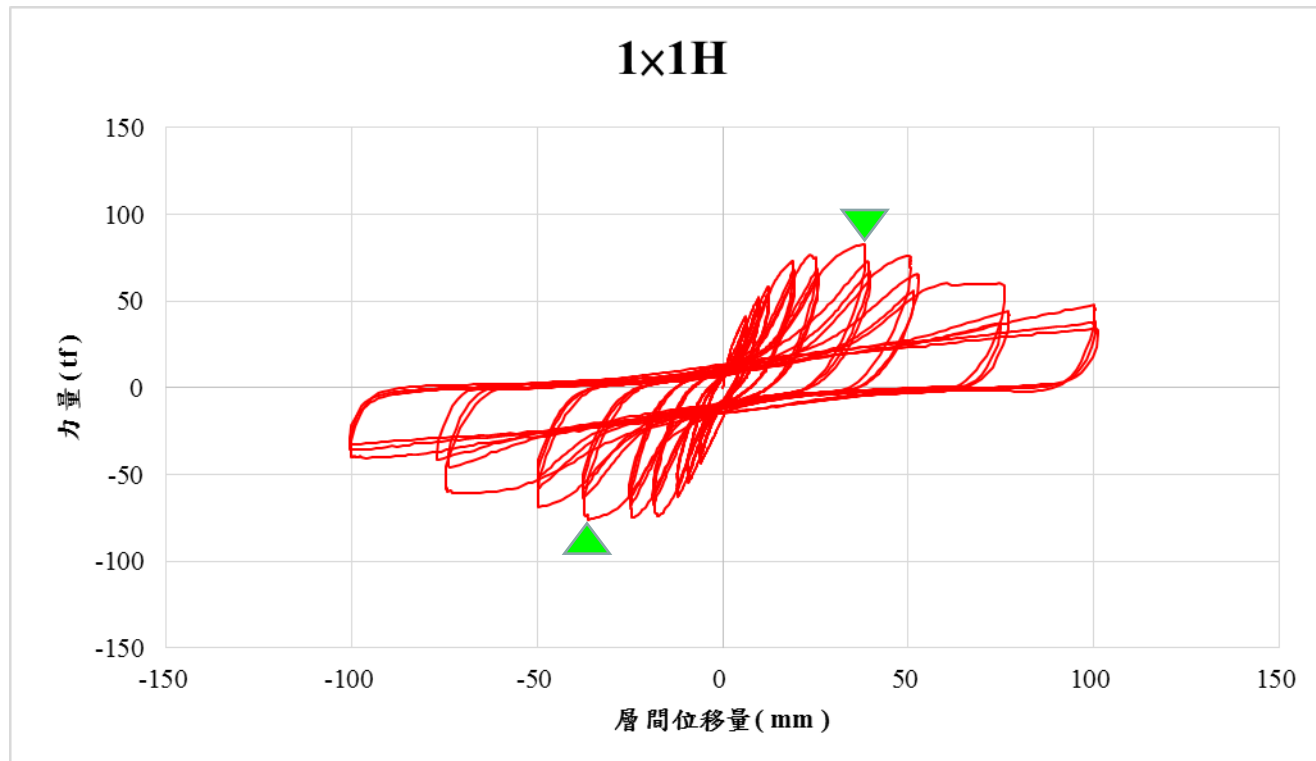


# 1×1H 遲滯迴圈

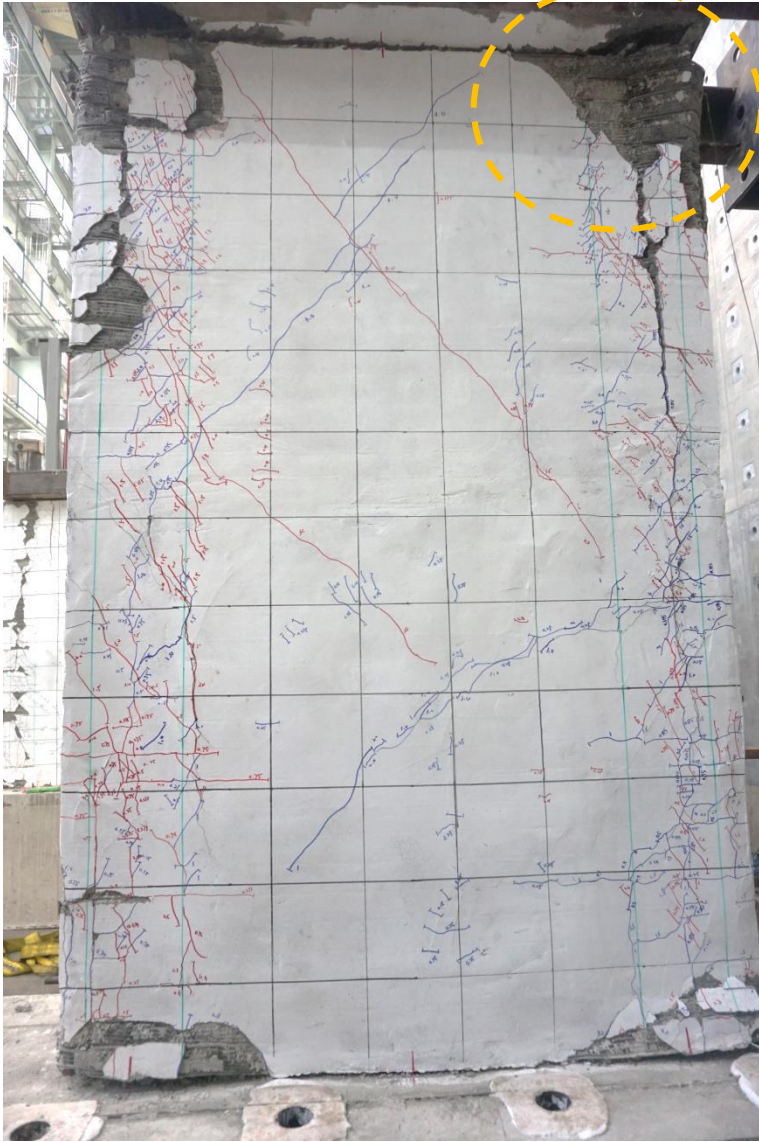
設計破壞模式：節點垂直剪力破壞

實際破壞模式：節點垂直剪力破壞

試驗最大強度：83.2 tf (1.5%) / -76.3 tf (1.5%)



# 1x1H試體破壞情況

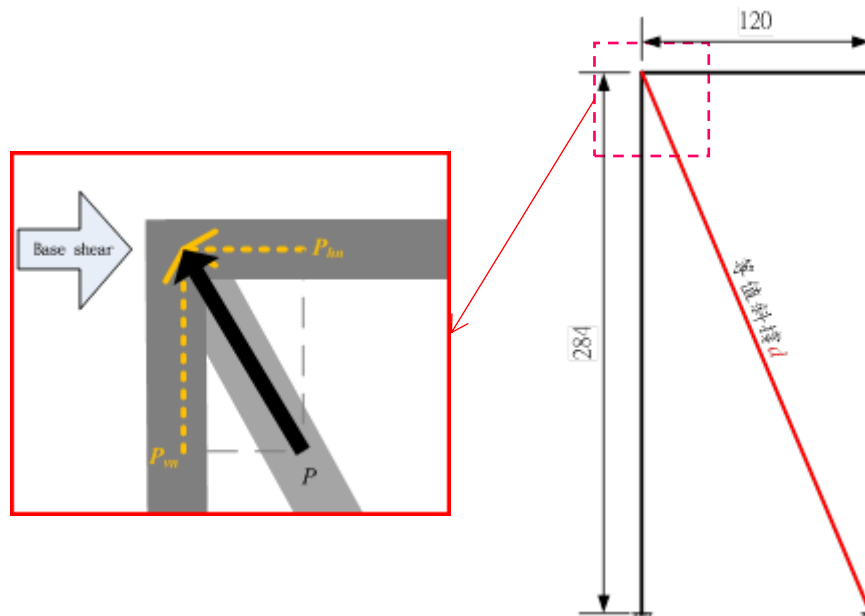


- 界面剪力裂縫及牆腹剪力裂縫發展不完全。
- 簡易接頭破壞。
- 破壞模式為節點垂直剪力破壞。



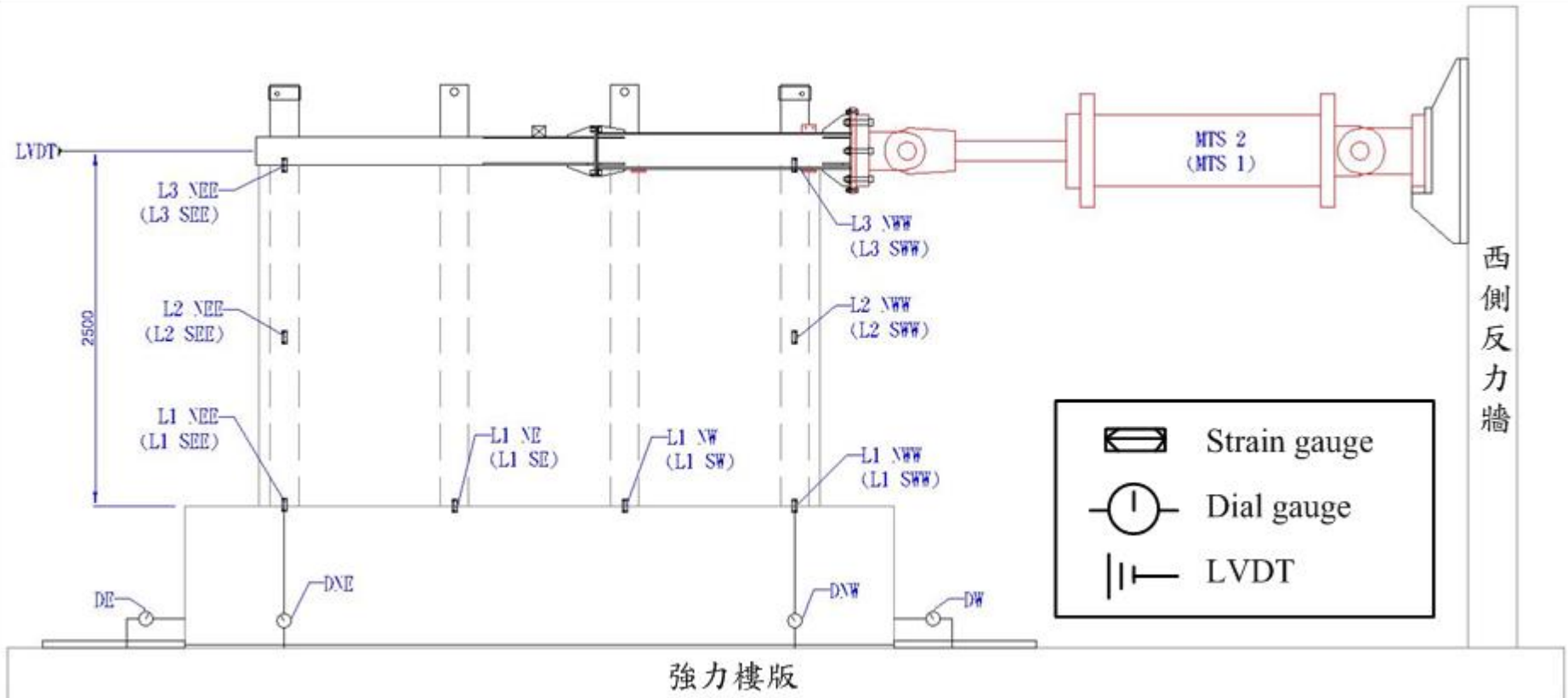
# 1×1H試體節點垂直剪力強度

試體	節點垂直剪力強度 (tf)	
NTC100	151	152
NTC200	139	
1×1H	166	



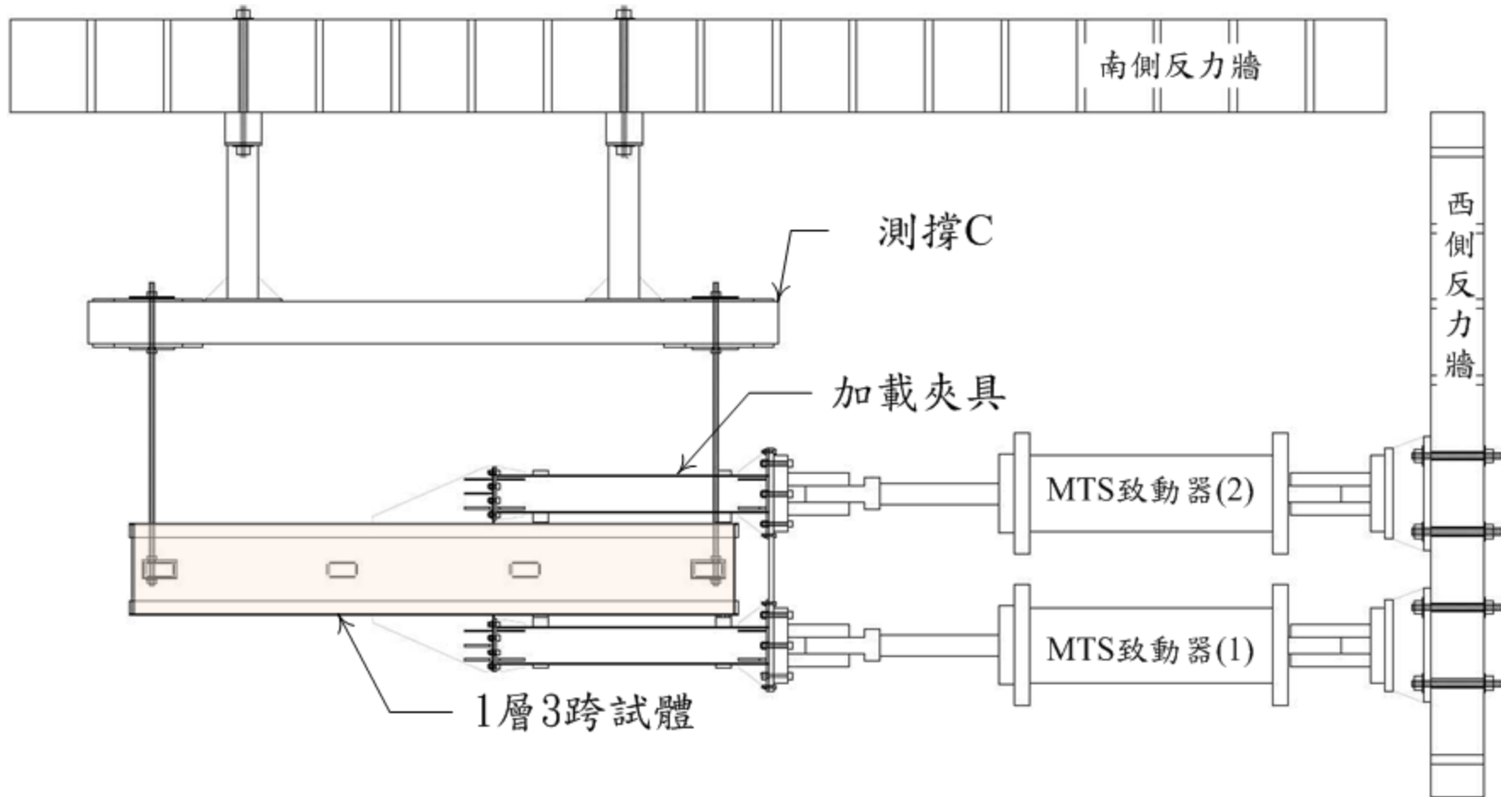
# 1x3試體試驗裝置

- 使用兩支200噸油壓致動器併聯共同施力。

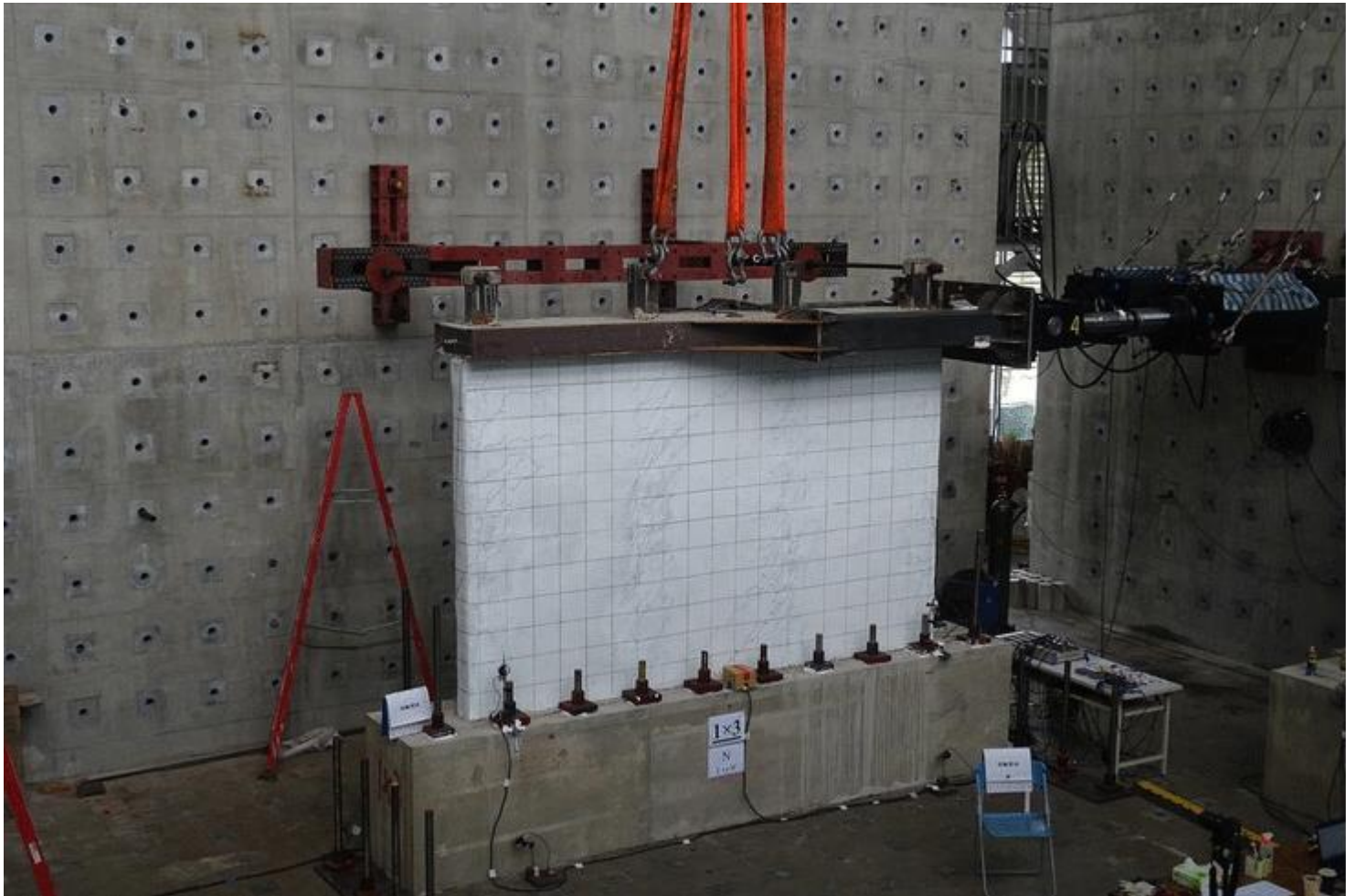


# 1x3試體試驗裝置

- MTS1及MTS2採用位移控制，位移量相同。
- 加載位置為樓版中央。



# 1x3 試體試驗情況

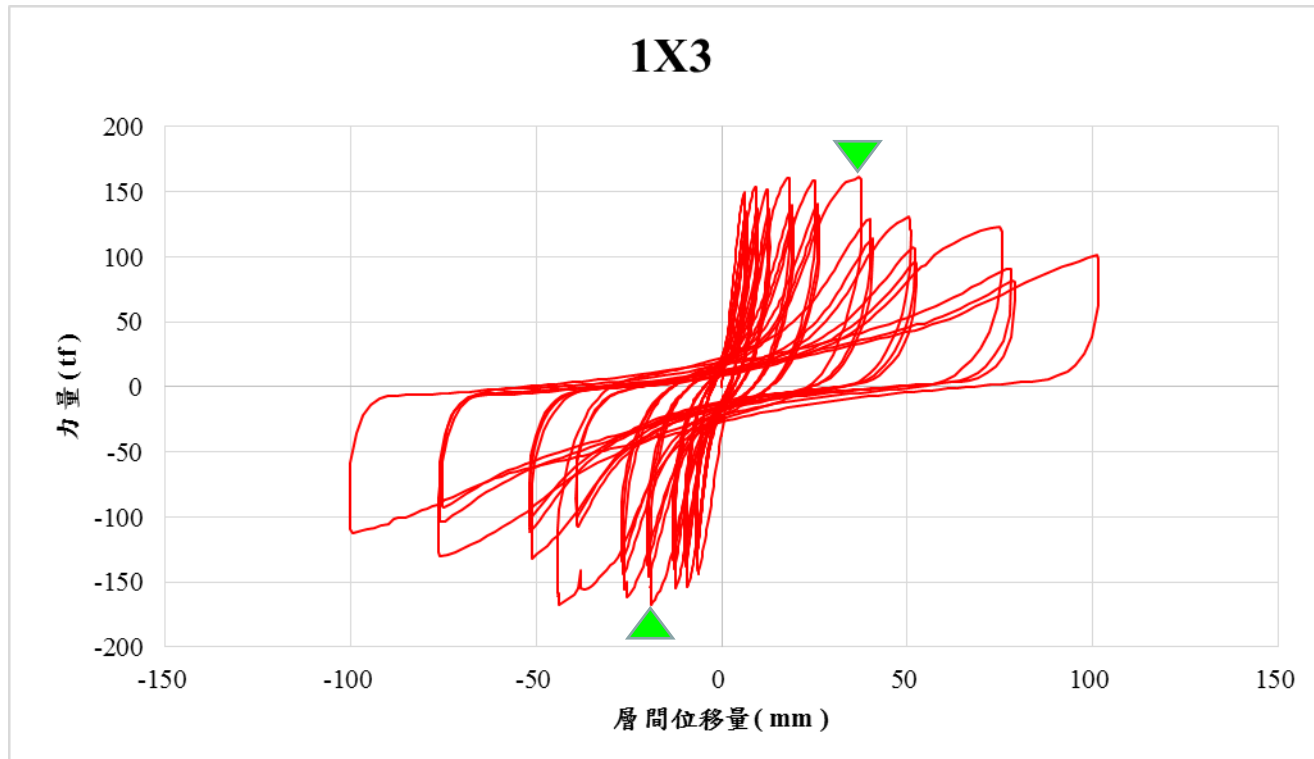


# 1x3 遲滯迴圈

設計破壞模式：垂直鋼管降伏

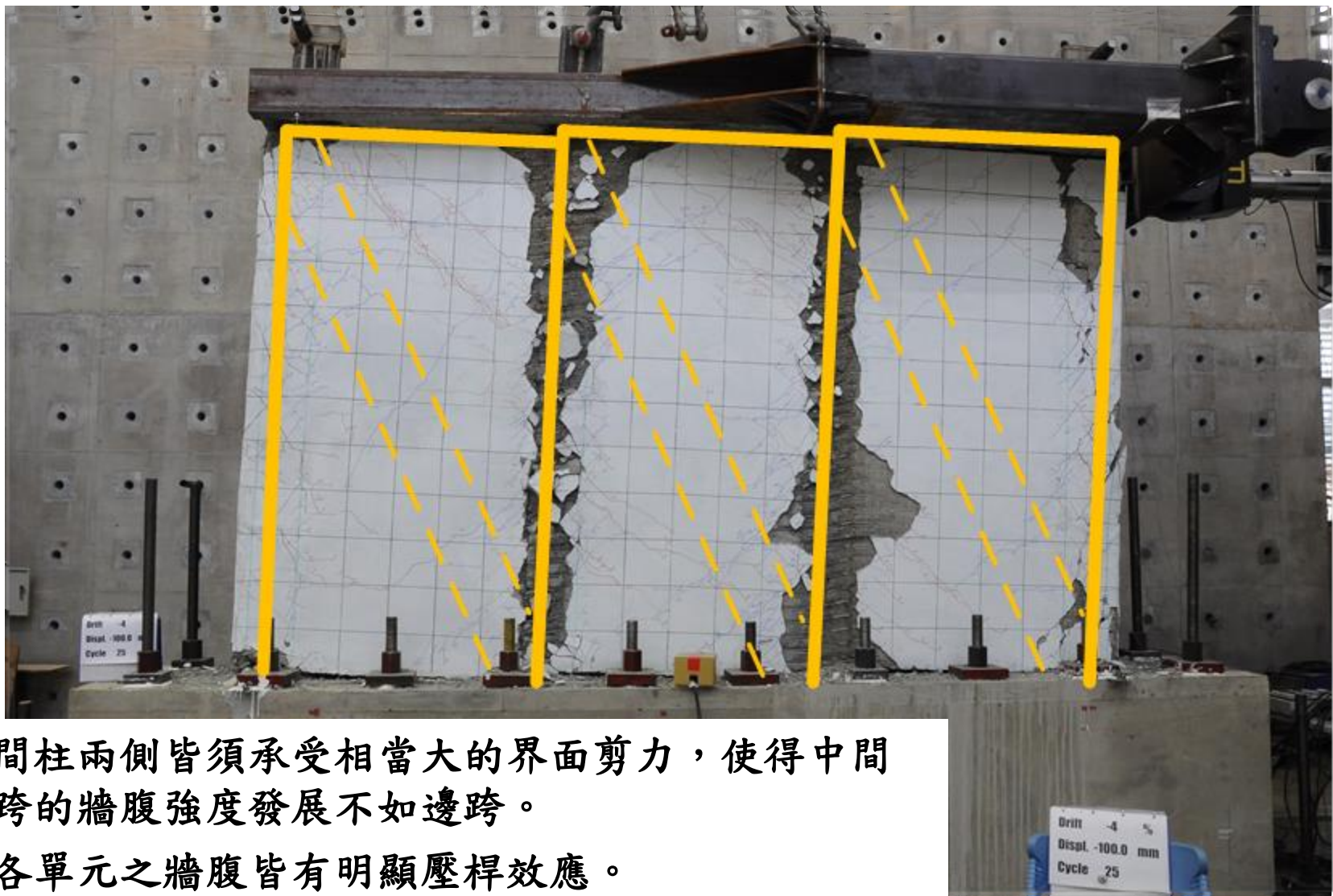
實際破壞模式：結點垂直剪力破壞

試驗最大強度：161 tf (1.5%) / -167 tf (0.75%)



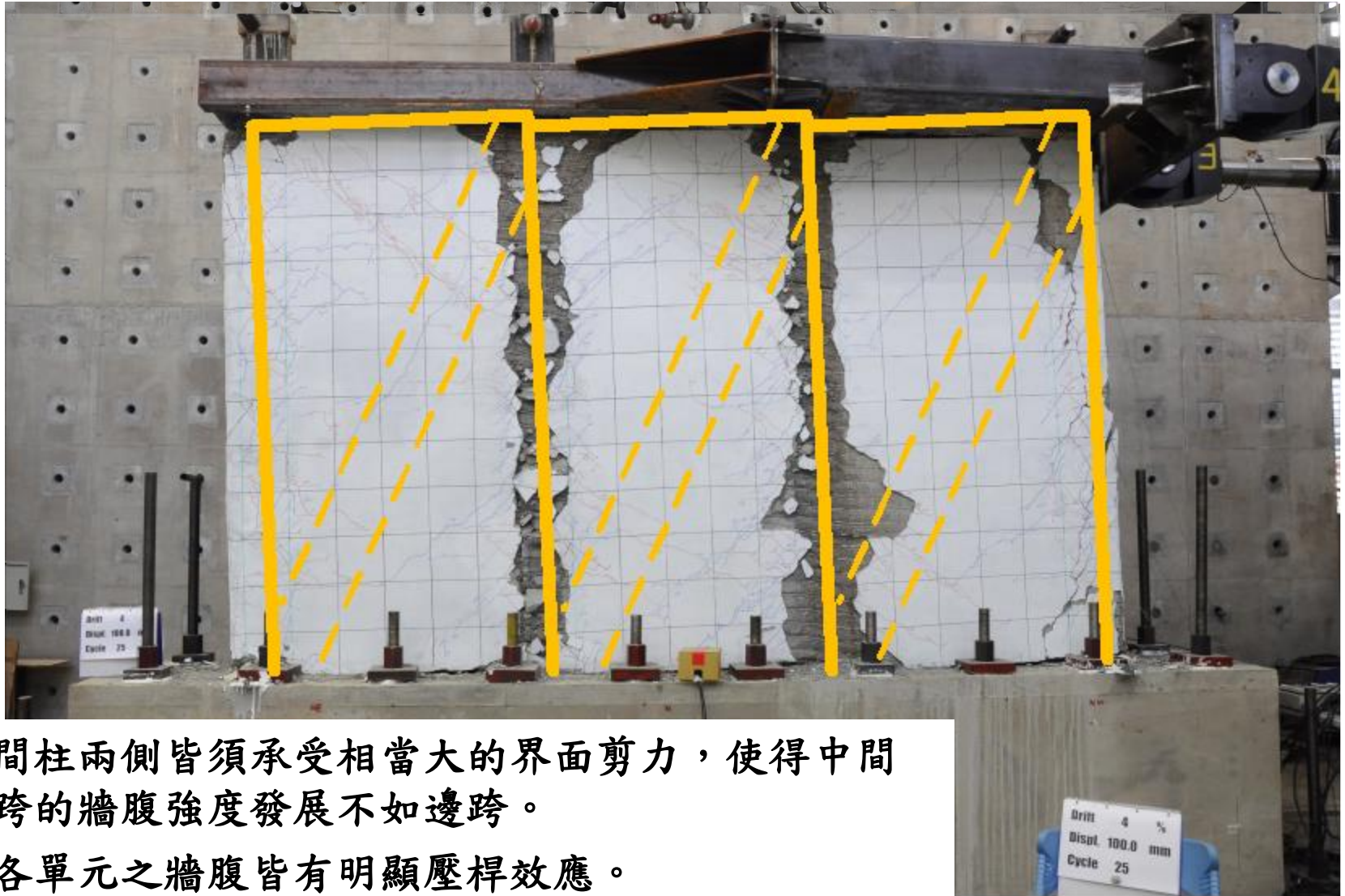


# 1x3 試體側向位移角4%受損情況



- 間柱兩側皆須承受相當大的界面剪力，使得中間跨的牆腹強度發展不如邊跨。
- 各單元之牆腹皆有明顯壓桿效應。
- 混凝土強度 $228 \text{ kgf/cm}^2$ 。

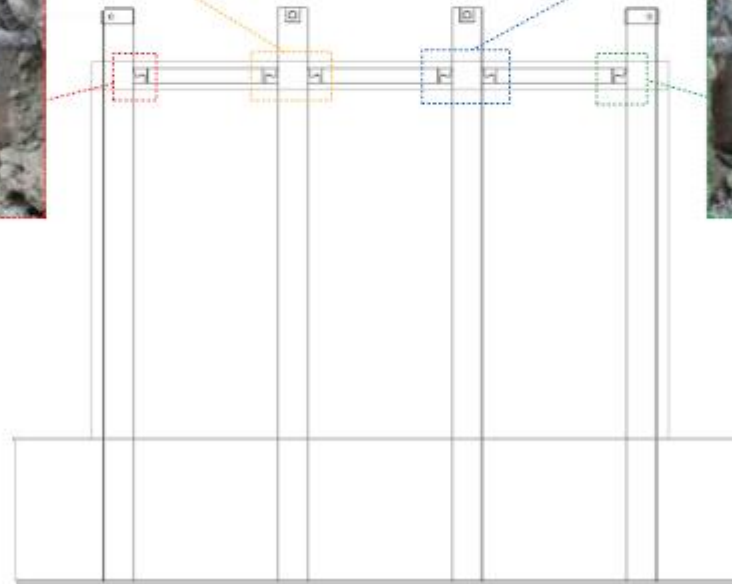
# 1x3 試體側向位移角4%受損情況



- 間柱兩側皆須承受相當大的界面剪力，使得中間跨的牆腹強度發展不如邊跨。
- 各單元之牆腹皆有明顯壓桿效應。
- 混凝土強度 $228 \text{ kgf/cm}^2$ 。



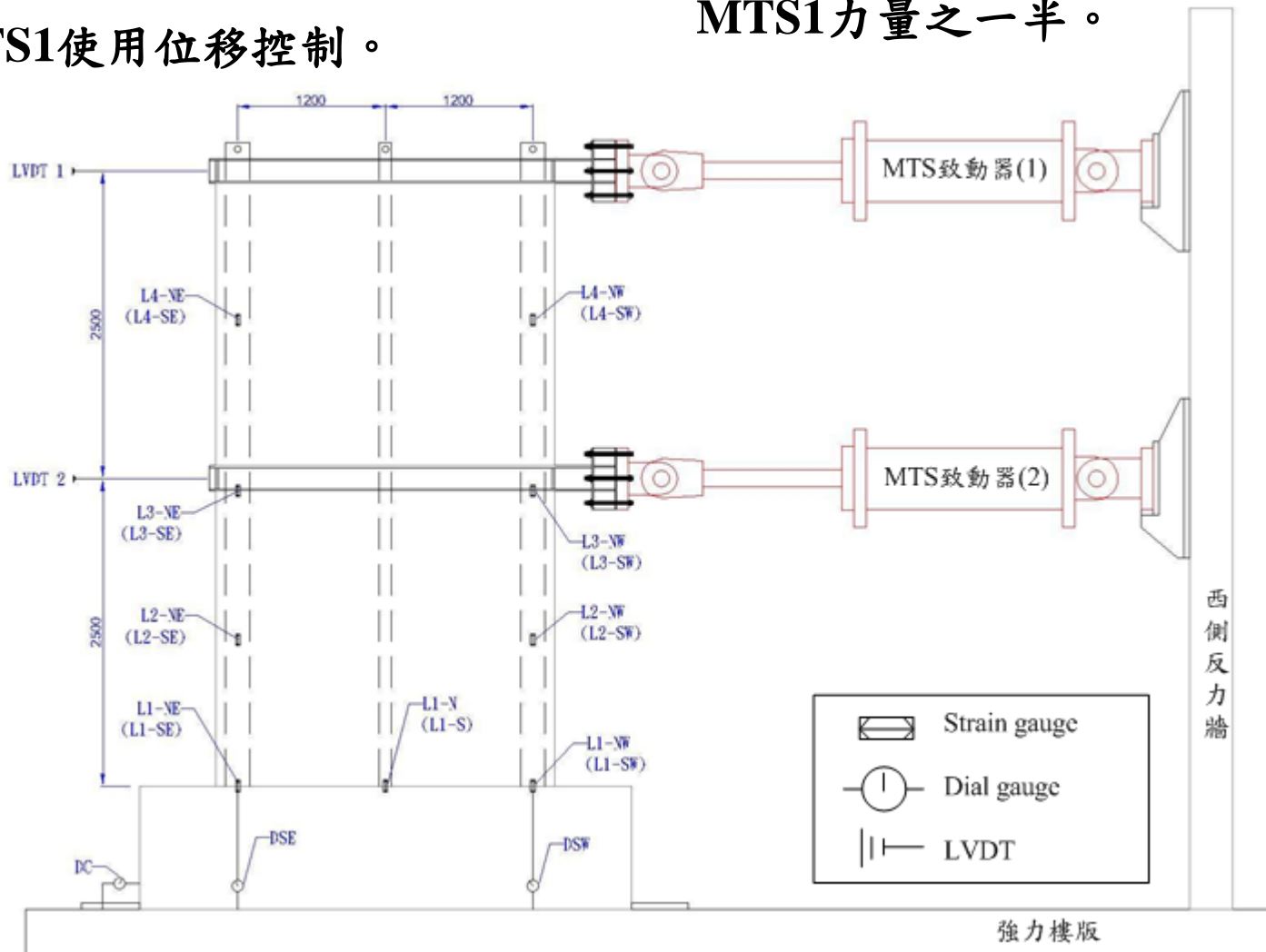
# 1x3 試體破壞情況



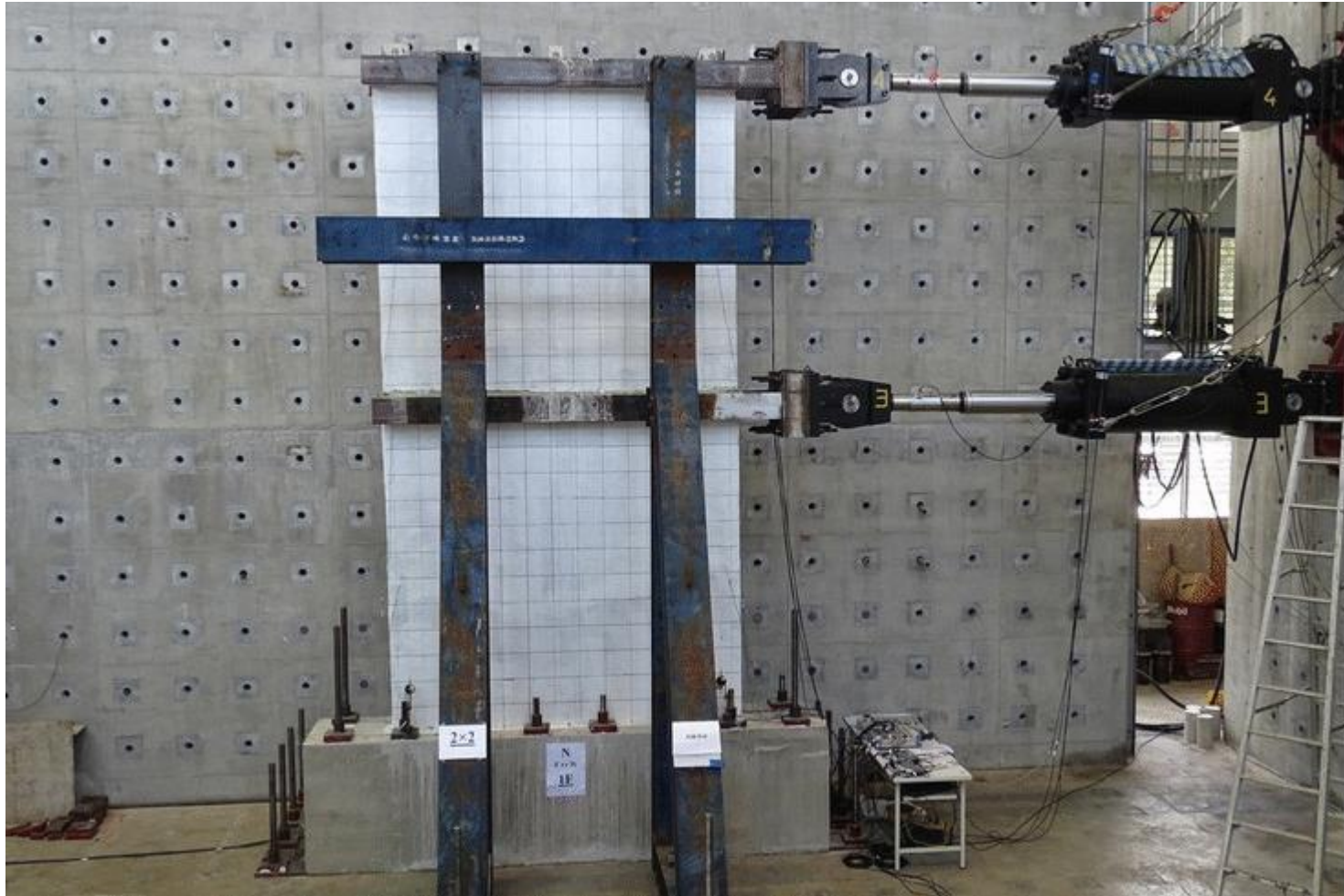
- 外側接頭破壞較內側嚴重。
- 推測此試體發生逐進式破壞。

# 2x2試體試驗裝置

- 使用兩支200噸油壓致動器。
- MTS2採用力量控制，力量為MTS1力量之一半。
- MTS1使用位移控制。



# 2x2 試體試驗情況



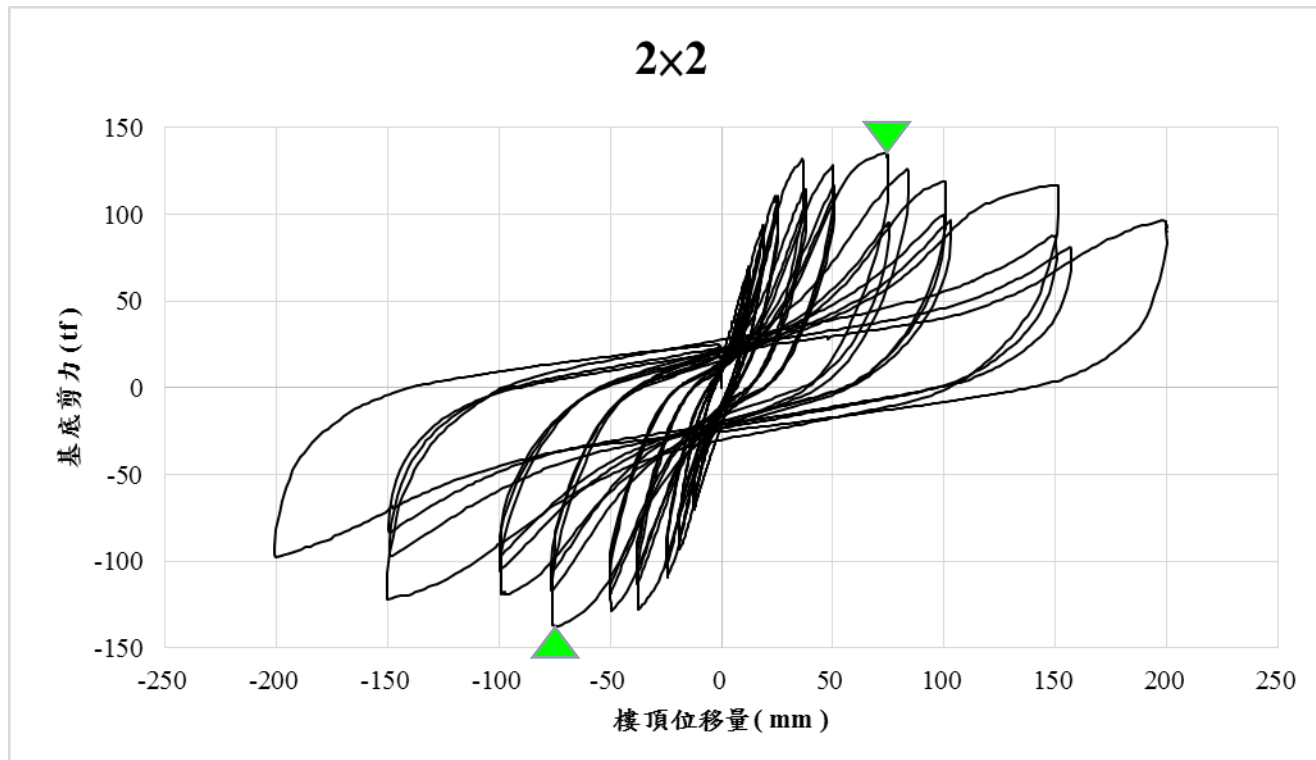


# 2x2 遲滯迴圈

設計破壞模式：垂直鋼管降伏

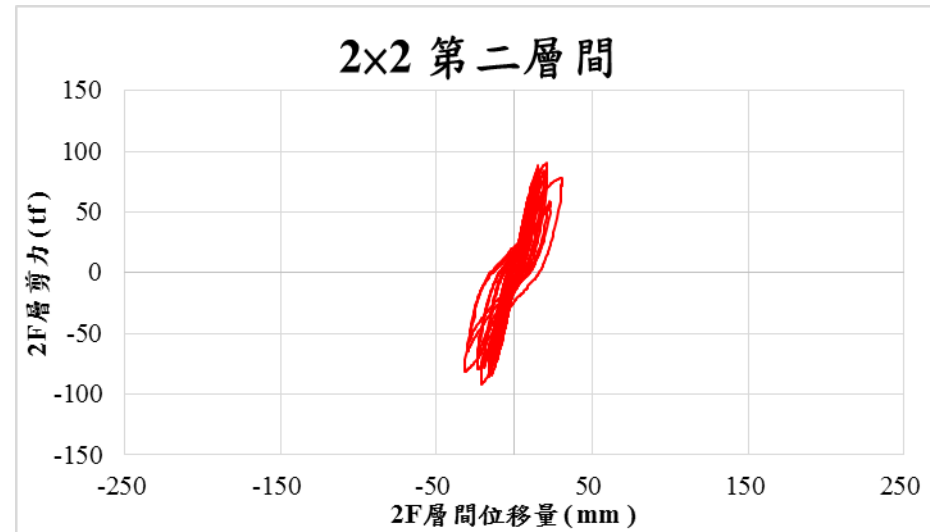
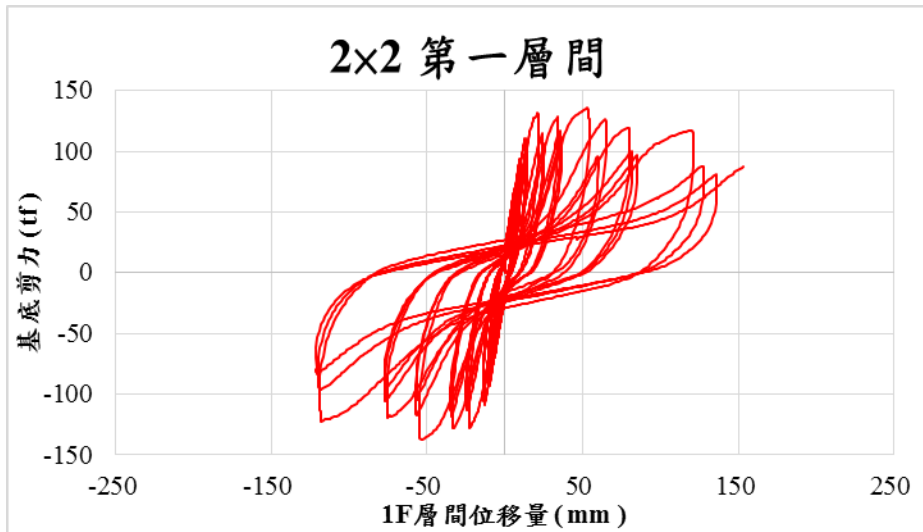
實際破壞模式：垂直鋼管降伏

試驗最大基底剪力：136 tf (1.5%) / -138 tf (1.5%)

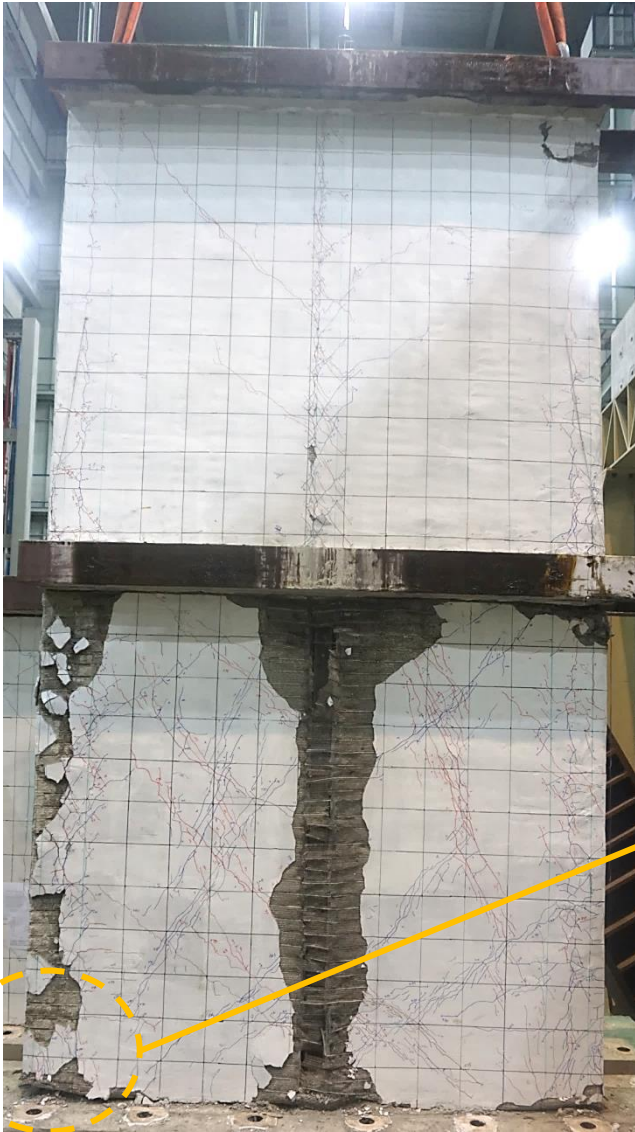


# 2x2 遲滯迴圈

消能集中在第一層間。



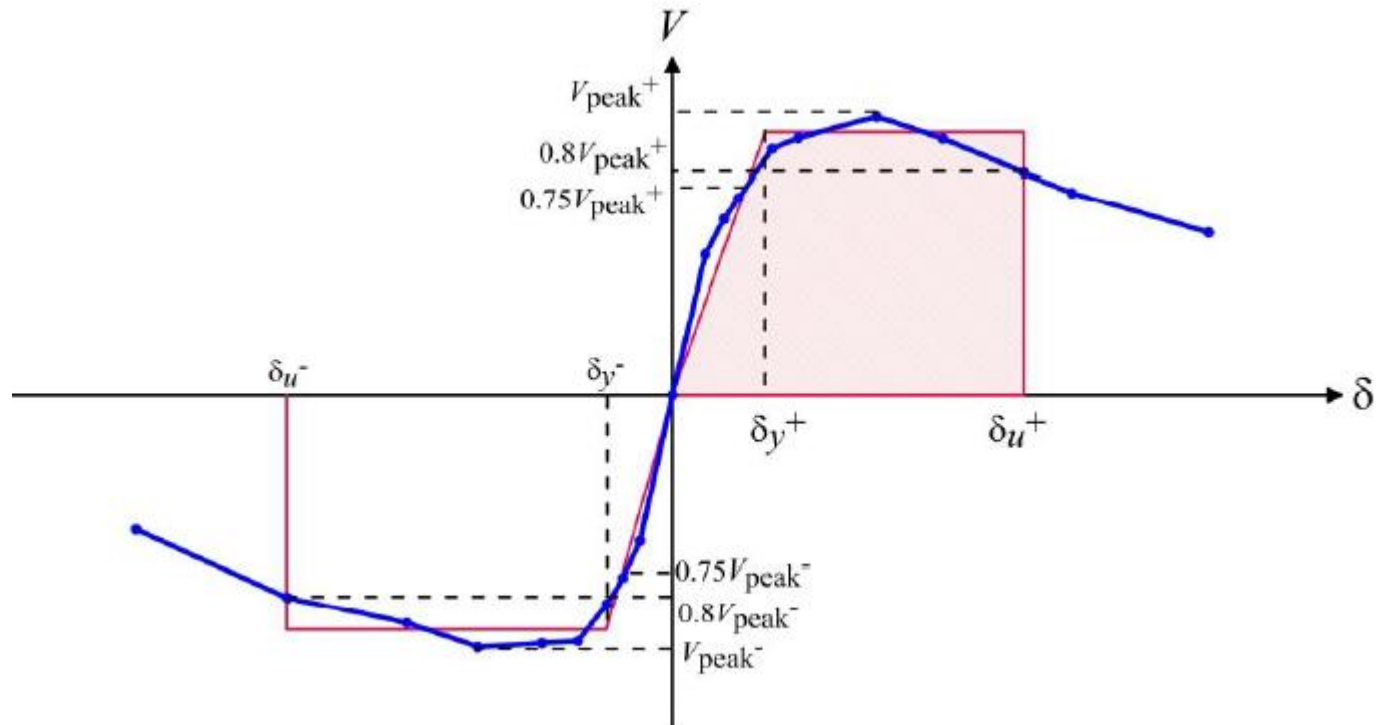
## 2x2 試體破壞情況



- 破壞集中在第一層。
- 第一層鋼管底部降伏，混凝土也有明顯破壞。
- 第二層混凝土強度 $429 \text{ kgf/cm}^2$ 。  
第一層混凝土強度 $228 \text{ kgf/cm}^2$ 。



# 包絡線示意圖

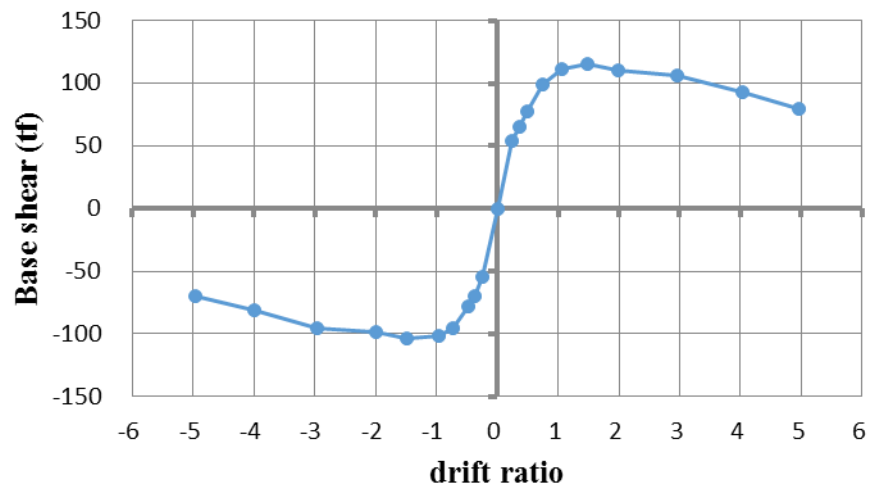


- 強度達 $0.75V_{\text{peak}}$ 前構架視為彈性，與原點連成之斜率為彈性勁度 $K_F$ 。
- 強度下降至 $0.8V_{\text{peak}}$ 時之位移為極限位移 $\delta_u$ 。
- 達 $\delta_u$ 前包絡線所圍成之面積代表構架消散能量，以等能量概念求出紅線所包覆之面積與之相等，得到構架降伏位移 $\delta_y$ 。
- 韌性 $\mu = \delta_u/\delta_y$ 。

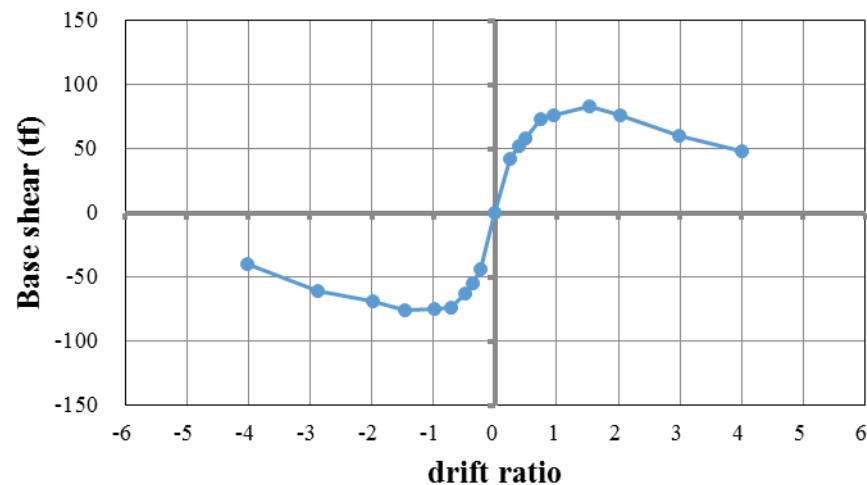


# 一層一跨試體遲滯迴圈包絡線

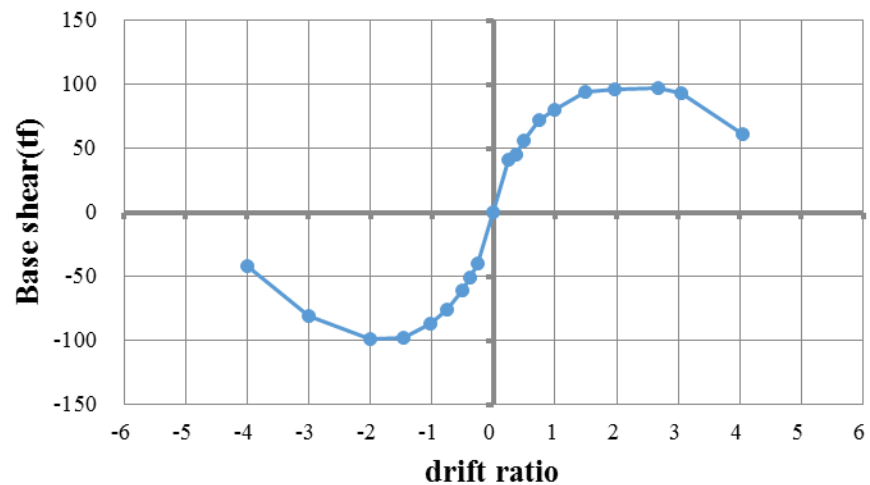
1x1W



1x1H

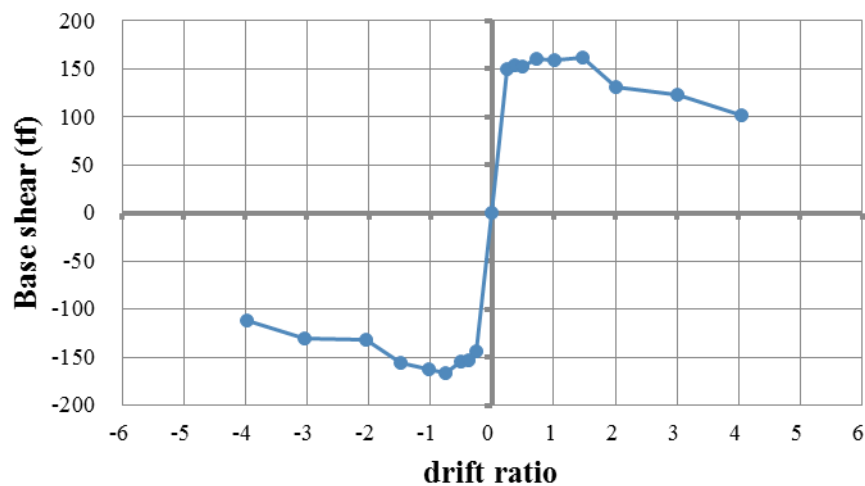


1x1F

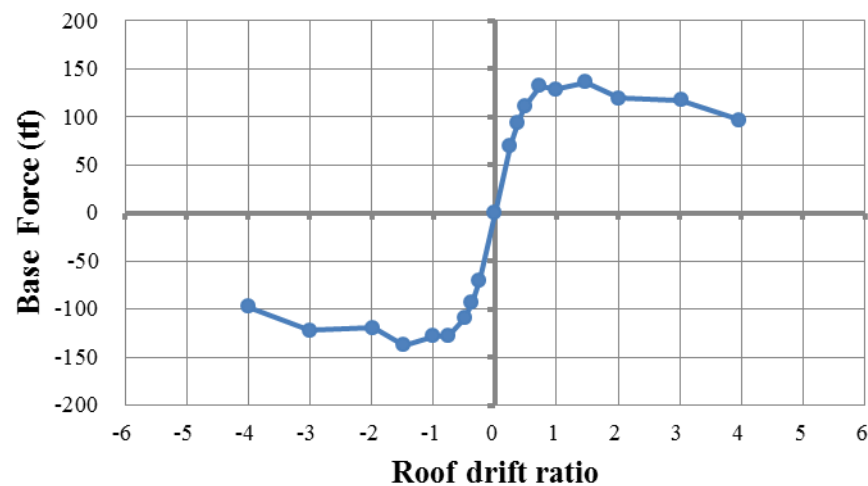


# 多單元試體遲滯迴圈包絡線

1x3



2x2



- 2x2為基底剪力與樓頂位移角之包絡線。

# 最大強度、位移及彈性勁度


試體 編號	$V_{peak}^+$	$V_{peak}^-$	$\delta_y^+$	$\delta_y^-$	$\delta_u^+$	$\delta_u^-$	$\theta_u^+$	$\theta_u^-$	$K_F^+$	$K_F^-$
	tf		mm		mm		%		tf/mm	
<b>1×1W</b>	116	-105	19.0	14.9	102	-95.4	4.08	-3.82	5.70	6.55
<b>1×1F</b>	97.4	-97.5	25.0	22.9	88.1	-75.8	3.52	-3.03	3.78	4.11
<b>1×1H</b>	82.7	-76.0	17.4	12.4	65.7	-72.1	2.63	-2.88	4.49	5.70
<b>1×3</b>	161	-167	6.12	7.30	55.5	-49.8	2.22	-1.99	24.8	21.3
<b>2×2</b>	136	-138	25.8	26.9	170	-175	6.80	-7.00	4.80	4.64
<b>W-1</b>	81.1	77.7	13.1	10.6	96.4	103	3.39	3.61	5.93	7.00
<b>W-2</b>	93.6	94.0	15.2	15.2	93.3	96.8	3.29	3.41	5.76	5.88
<b>R-1</b>	68.0	66.8	18.0	13.6	109	110	3.83	3.88	3.62	4.67
<b>R-2</b>	67.3	63.2	17.6	16.4	110	98.0	3.88	3.45	3.70	3.76
<b>NTC100</b>	63.2	62.4	17.4	8.98	95.3	89.5	3.36	3.15	3.39	6.35
<b>NTC200</b>	60.6	57.2	14.9	5.81	94.3	88.0	3.32	3.10	3.84	9.04

# 韌性、韌性容量及對應破壞模式

試體 編號	$V_{peak}$	$\delta_y$	$\delta_u$	$\theta_u$	$K_F$	$\mu$	$R$	破壞 模式
	tf	mm	mm	%	tf/mm			
<b>1×1W</b>	111	17.0	98.7	39.5	5.44	5.90	3.29	D
<b>1×1F</b>	97.5	24.0	82.0	3.28	3.95	3.42	2.41	B
<b>1×1H</b>	79.4	14.9	68.9	2.76	5.10	4.80	2.93	B
<b>1×3</b>	164	6.71	52.7	2.11	23.1	7.85	3.86	B
<b>2×2</b>	137	26.4	173	6.90	4.72	6.55	3.48	C
<b>W-1</b>	79.4	11.9	99.7	3.50	6.47	8.38	4.01	A
<b>W-2</b>	93.8	15.2	95.1	3.35	5.82	6.26	3.39	A
<b>R-1</b>	67.4	15.8	110	3.86	4.15	6.96	3.62	C
<b>R-2</b>	65.3	17.0	104	3.67	3.73	6.12	3.35	C
<b>NTC100</b>	62.8	13.2	92.4	3.26	4.87	7.75	3.80	B
<b>NTC200</b>	58.9	10.4	91.2	3.21	6.44	10.7	4.53	B

破壞模式分類：A-表示為牆腹混凝土壓碎、B-表示為結點垂直剪力破壞、C-表示為垂直鋼管降伏、D-其他。

# 大綱

1. 前言
2. 試體設計及製作
3. 載重試驗
-  4. 結構分析參數
5. 結論





# 等值斜稱設計強度

- 等值斜撐強度 ( $P_n$ ) 以W-1及W-2式體試驗數據而得。  
(2018, 台科大)

$$P_n = f_c' \times A$$

$$A = td/7.7$$

- 由於混凝土變異性較大，且試體數量不多，建議設計強度 ( $P$ ) 強度折減係數採0.65。

$$P = 0.65P_n$$

# 結點垂直剪力設計強度

結點接合方式	試體	結點垂直剪力強度	
簡易接頭	1X1H	148 tf	149 tf
	NTC100*	139 tf	
	NTC200*	160 tf	
銲接	1x1F**	194 tf	

\* 為2018年台科大之研究。

\*\*有效銲道長度為20 cm。

由於試體數量不多，建議設計強度 ( $P_v$ ) 強度折減係數採0.7。

- 結點使用簡易接頭  $P_v = 104$  tf。
- 結點使用銲接，且水平桿件斷面為100×100（有效銲道長度為20 cm）  
 $P_v = 136$  tf。
- 結點使用銲接，且水平桿件斷面為200×100（有效銲道長度為40 cm），依據試驗結果估算  $P_v = 204$  tf。

# 系統韌性容量

- 系統韌性容量 $R$ 以破壞模式為鋼管降伏之試體探討。
- 三組試體之 $R$ 值皆可達3.3以上。
- 考量試體與實際結構仍不盡相同，切當樓層數為3時，結構塑性變形與消能仍會集中於1樓，此時韌性容量還是會略微下降，為求保守，建議設計時 $R$ 值取3.0。

試體		韌性容量
單一單元	R-1*	3.62
	R-2*	3.35
多單元	2x2	3.48

\* 為2018年台科大之研究。

# 大綱

1. 前言
2. 試體設計及製作
3. 載重試驗
4. 結構分析參數
- ➔ 5. 結論



# 結論

在節省施工人力及及建造時間方面，概略的評估顯示：

1. 若國內每年興建之1~4層樓的房屋構造中有10%使用鋼管鋼網牆系統，則可降低建造人力54%，估計未來每年可減少6,840個人力需求。
2. 鋼管鋼網牆系統與傳統RC結構相比，可降低58%的建造時間，有效提升施工速度且施工現場管理容易及使用性佳等優點，具有相當高的發展潛力。
3. 目前鋼管鋼網牆系統與傳統RC工法相比，目前工程造價僅提高7%，但未來若使用量提高後造價應該可以比傳統RC工法還低。



# 結論

依據試驗與分析結果顯示：

1. 根據單一單元、二層二跨及一層三跨之試驗結果，建立等值斜撐分析方法，且將分析結果與試驗結果比較，發現所採用等值斜撐分析方法進行鋼管鋼網牆結構系統之設計為一可行的方式。
2. 等值斜撐強度  $P_n = f_c' \times A$ ，其有效面積  $A = td/7.7$ ， $t$  為牆體寬度， $d$  為牆體對角線長度，設計強度  $P = 0.65P_n$ 。
3. 水平鋼管與垂直鋼管連接可以採用簡易接頭或是直接銲接，採用簡易接頭之結點垂直剪力強度  $P_{vn} = 149 \text{ tf}$ ，適用於 RHS 100×100 及 RHS 200×100 鋼管；採用銲接且水平鋼管斷面為 RHS 100×100 之結點垂直剪力強度  $P_{vn} = 194 \text{ tf}$ ；採用銲接且水平鋼管斷面為 RHS 200×100 估算其垂直剪力強度為  $P_{vn} = 291 \text{ tf}$ ，設計強度  $P_v = 0.7 P_{vn}$ 。

# 結論

依據試驗與分析結果顯示：

4. 多單元鋼管鋼網牆構架分析結果顯示，系統中之臨界桿件皆為垂直鋼管。試驗數據顯示破壞模式為鋼管降伏之試體試韌性容量為3.35~3.62，以此建議結構設計時系統韌性容量 $R$ 可取3.0。
5. 另外設計時需注意，雖然鋼管內有填充混凝土，但考量鋼管底部之混凝土填充品質較難控管，因此建議忽略鋼管內混凝土對強度之貢獻。
6. 鋼管鋼網牆系統之開發，乃基於模組化之考量，研究成果之應用需要在所設定之範圍內，在符合本報告所設定材料、桿件尺寸、單元尺寸等限制下，本報告提出一設計方法及一個設計案例供工程師參考，惟工程師設計時應視實際結構之構造自行判斷、選擇適當之設計方法。

# 研究進度

工作項目	月次	第1個月	第2個月	第3個月	第4個月	第5個月	第6個月	第7個月	第8個月	第9個月	第10個月	第11個月	備註
文獻資料收集與整理		■	■	■									
試體設計				■	■	■							
試體製作						■	■	■					
側向載重試驗及數據收集								■	■	■			
試驗數據整理及分析									■	■	■		
報告撰寫及提出建議										■	■	■	
預定進度 (累積數)		6	11	22	28	39	44	56	67	83	94	100	

- 研究進度與預計進度相符。

# 參考文獻

1. 陳正誠、林曉芳，2017，「結構鋼管簡易接頭之受力行為及其在低矮樓層街屋之應用」，國立臺灣科技大學營建工程系暨研究所碩士論文。
2. 陳正誠、林曉芳，2018，「低勞力需求之鋼管鋼網牆街屋結構系統」，中華民國第十四屆結構工程研討會論文。
3. 陳正誠、林曉芳，2020，「鋼管鋼網牆之試驗結果」，中華民國第十五屆結構工程研討會論文。
4. 陳清泉、高健章、蔡益超、陳國顯，1984，「紅磚與磚牆力學特性之試驗研究」，國立臺灣大學地震工程研究中心。
5. 高健章、陳清泉、蔡益超，1985，「磚牆加強之鋼筋混凝土構架耐震能力試驗研究（二）」，國立臺灣大學地震工程研究中心。
6. 中華民國統計資訊網。
7. 內政部營建署，2001，「建築物耐震設計規範及解說」。
8. 內政部營建署，2001，「混凝土結構設計規範」。