

RC建築物樓層剪力強度檢核技術

計畫主持人：鍾立來 榮譽顧問

研究團隊：邱聰智、翁元滔、林敏郎、於積璿、魏銷廷

報告者：魏銷廷

致謝

本研究承蒙以下單位提供之經費及研究案例，並參與討論協助完成本研究，特此一併致上謝意。

- 臺中市結構工程技師公會
- 臺中市土木技師公會
- 立信工程顧問有限公司
- 大匠工程顧問有限公司

目錄

一. 緒論

二. 構架系統之極限層剪力計算

三. 構架系統含結構牆(二元系統)之極限層剪力計算

四. 構架系統含非結構RC牆之極限層剪力計算

五. 構架系統含磚牆之極限層剪力計算

六. 案例計算

七. 結論與建議

一、緒論

研究動機與目的

研究內容及方法

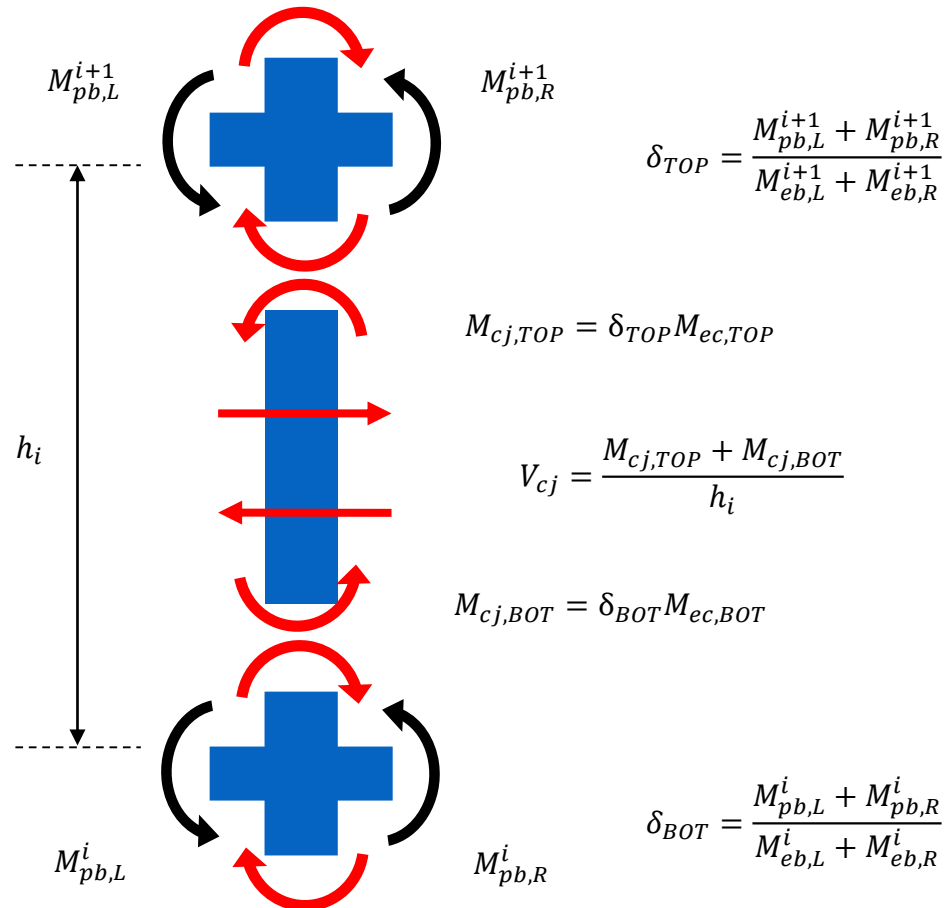
研究動機與目的

建築物耐震設計規範及解說改版

100年版規範2.17節	111年版規範2.17節
須檢核極限層剪力強度者，包括所有二層樓以上之建築物； 另若建築物之下層與上層之總牆量斷面積(含結構及非結構牆)的比值低於80%者 ，計算極限層剪力強度時須計及非結構牆所提供之強度。	須檢核極限層剪力強度者，包括所有二層樓以上之建築物。計算極限層剪力強度時須計及非結構牆所提供之強度。
100年版2.17節解說	111年版2.17節解說
含非結構牆結構物的極限層剪力強度如何計算，雖然應考慮牆及構架之極限強度於地震時通常不會同時到達之情況。 但由於檢核之目的僅在將因非結構牆所造成之弱層的現象檢核出來，所以計算含非結構牆極限層剪力強度時可分別計算構架及非結構牆的強度，然後直接相加而得該層之極限層剪力強度。由於柱、RC剪力牆、非結構RC牆與磚牆破壞時單位面積對應能承擔的剪力不同，因此以RC剪力牆的面積為基準，RC柱、非結構RC牆與磚牆之有效面積要分別乘以0.5、0.4與0.25。	含非結構牆結構物的極限層剪力強度如何計算，應考慮牆及構架之極限強度於地震時通常不會同時到達之情況。

新建建物極限層剪力評估方法

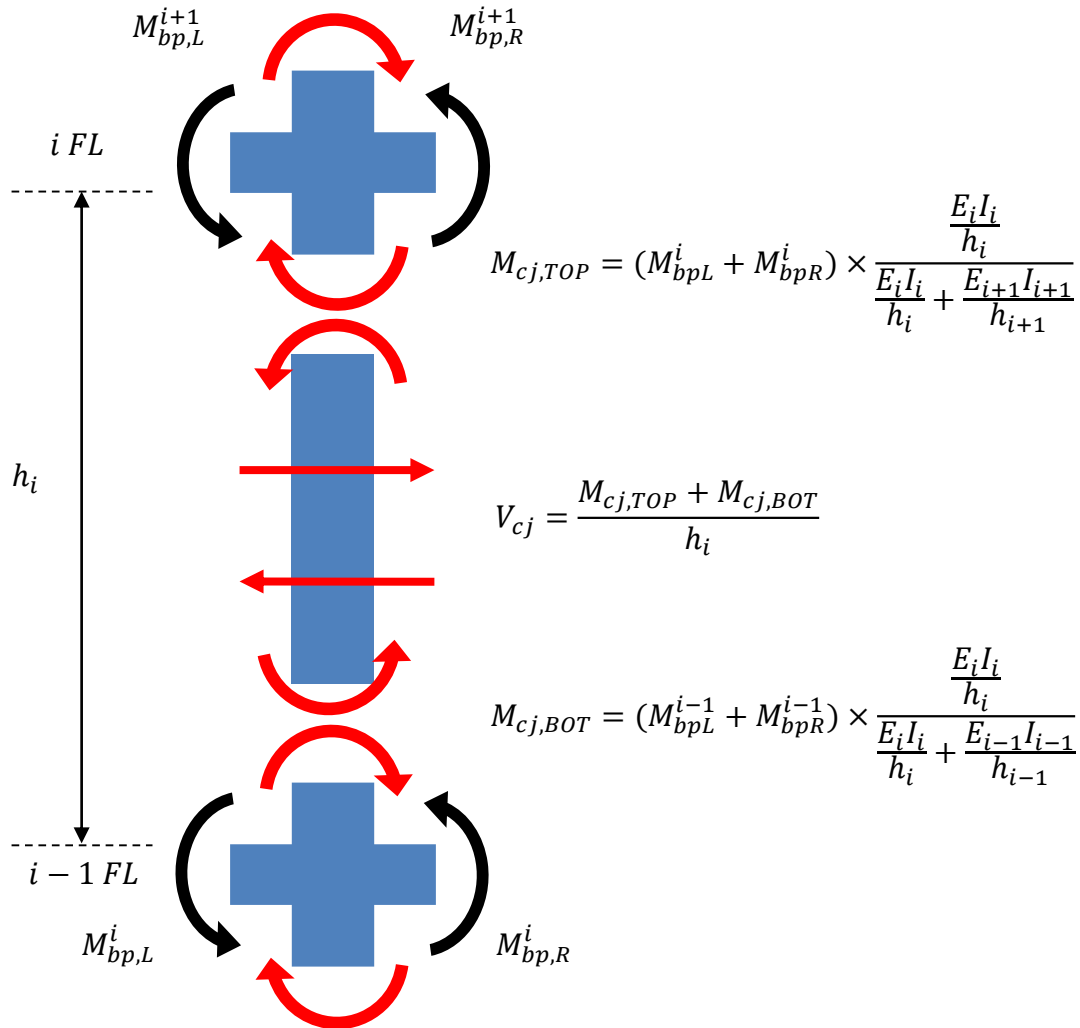
- 彈塑性比例法



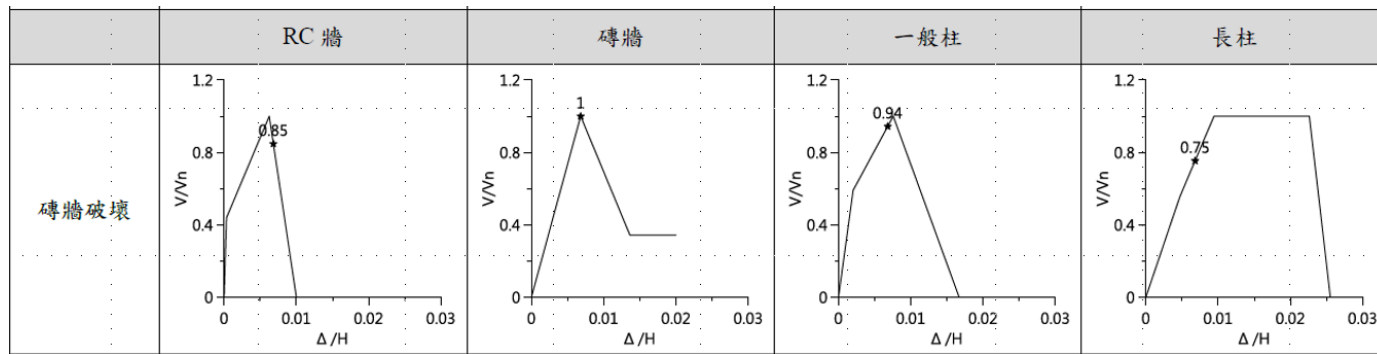
中國土木工程學會混凝土工程委員會, 混凝土工程設計規範之應用(土木404-100). 2012, 臺北.

新建建物極限層剪力評估方法

- 勁度分配法



非結構牆評估方法



(1) RC牆破壞時 $V_1 = \tau_{rcw} \sum A_{rcwi} + 0.90 \times \tau_{bw} \sum A_{bwi} + 0.90 \times \tau_c \sum A_{ci} + 0.70 \times \tau_{lc} \sum A_{lci}$

(2) 磚牆破壞時 $V_2 = 0.85 \times \tau_{rcw} \sum A_{rcwi} + \tau_{bw} \sum A_{bwi} + 0.95 \times \tau_c \sum A_{ci} + 0.75 \times \tau_{lc} \sum A_{lci}$

(3) 一般柱破壞時 $V_3 = 0.65 \times \tau_{rcw} \sum A_{rcwi} + 0.95 \times \tau_{bw} \sum A_{bwi} + \tau_c \sum A_{ci} + 0.85 \times \tau_{lc} \sum A_{lci}$

(4) 長柱破壞時 $V_4 = 0.15 \times \tau_{rcw} \sum A_{rcwi} + 0.75 \times \tau_{bw} \sum A_{bwi} + 0.80 \times \tau_c \sum A_{ci} + \tau_{lc} \sum A_{lci}$



破壞集中於豎項構材

適用於既有建物及弱柱強梁設計之大樓

新建建物採強柱弱梁之設計
梁端破壞時的評估公式？

二、構架系統之極限層剪力計算

研究標的案例介紹

側推分析方法

各方法計算結果比較

研究標的案例介紹

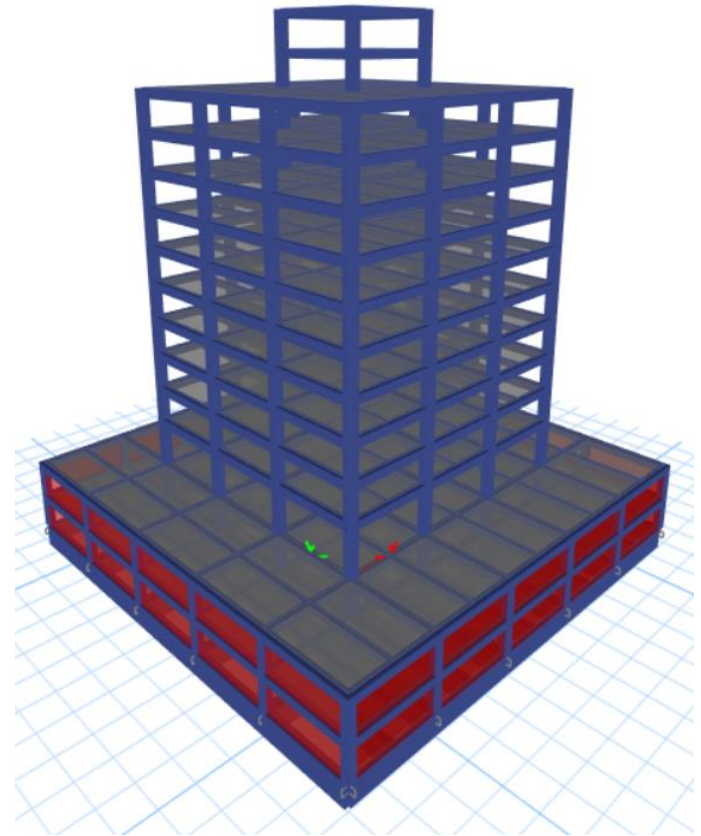
標的案例參考土木404-100設計示範例

• 建築概要

- ◆工程位於台中市中區
- ◆主要建築物為地下2層地上10 層之結構物
- ◆地上總高度為39.3m（含屋突）
- ◆樓層高度分別為：
B2 FL~B1FL、 2FL~10FL 各層高度均為3.2 m
1FL高度為4.5 m
R1F、R2F高度為3 m

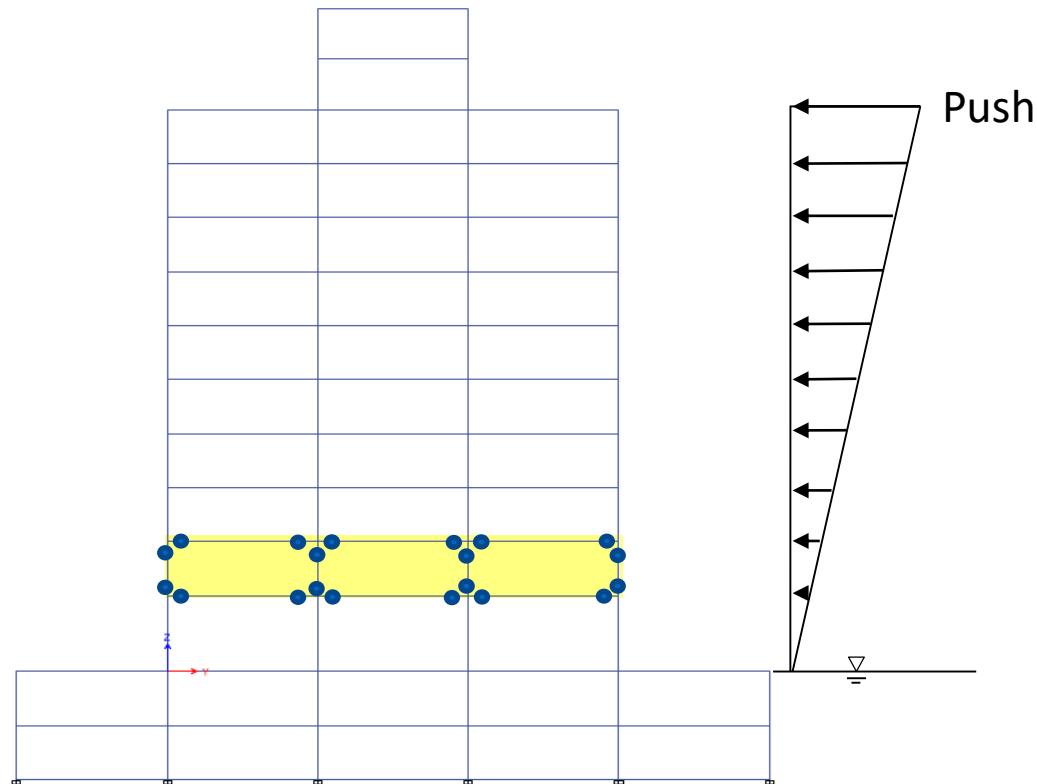
• 結構概述

- ◆本結構物採用韌性抗彎矩構架
- ◆X向共3跨構架，柱心跨距為8 m
- ◆Y向共3跨構架，柱心跨距為8 m
- ◆基面以下於各向皆超挖1跨（8m）
- ◆混凝土材料： $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$



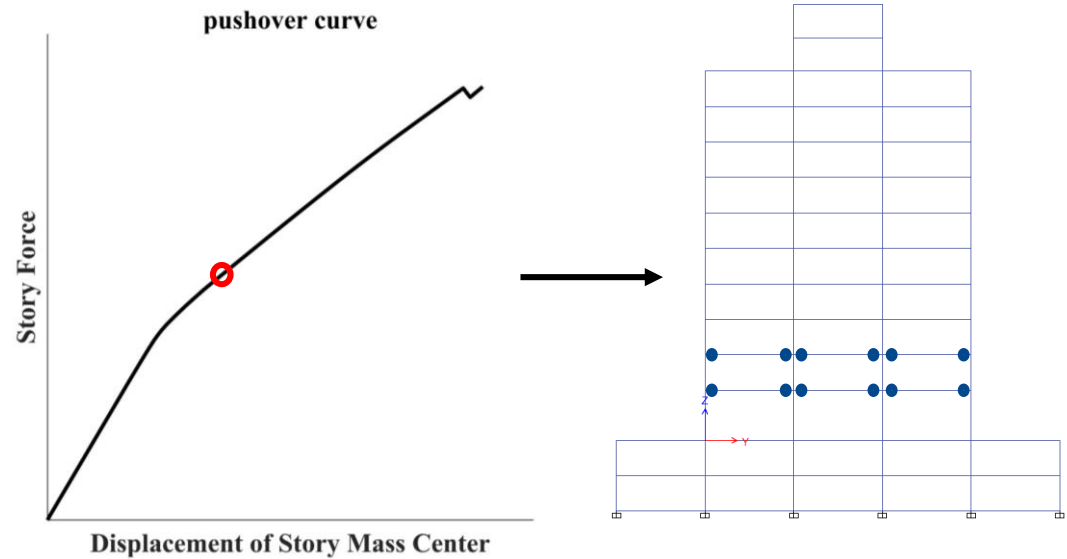
側推分析方法

- 於目標樓層設置塑鉸，側推求該樓層極限層剪力

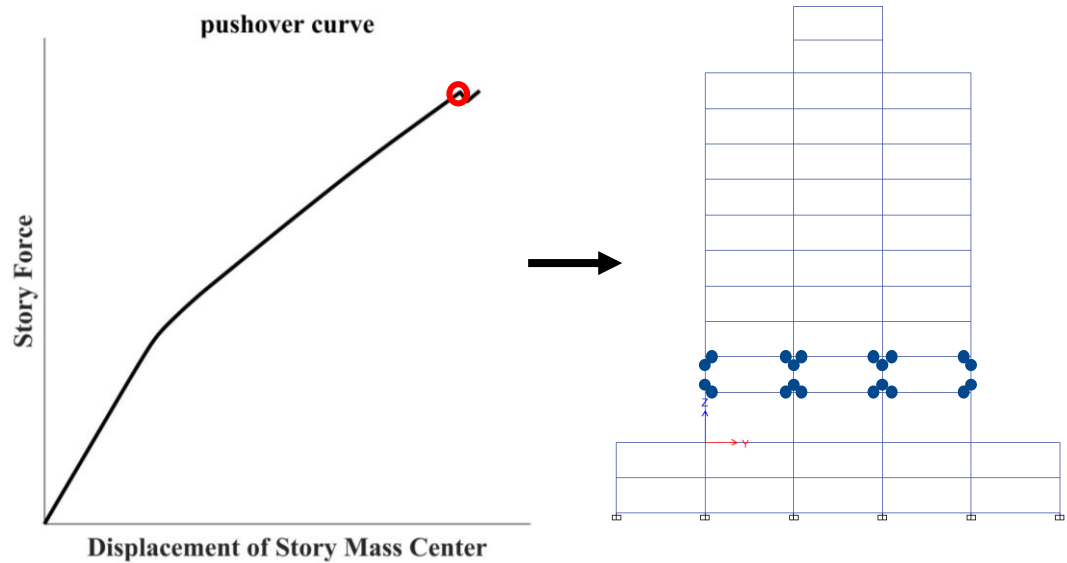


側推分析方法

側推分析第一階段
梁端皆產生塑鉸



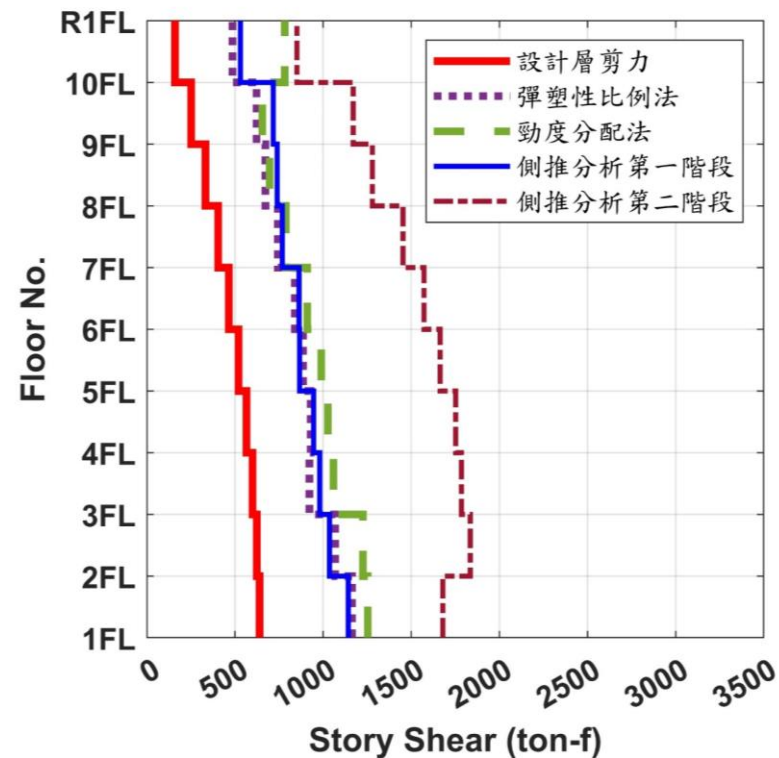
側推分析第二階段
最大樓層剪力強度



構架系統層剪力計算比較

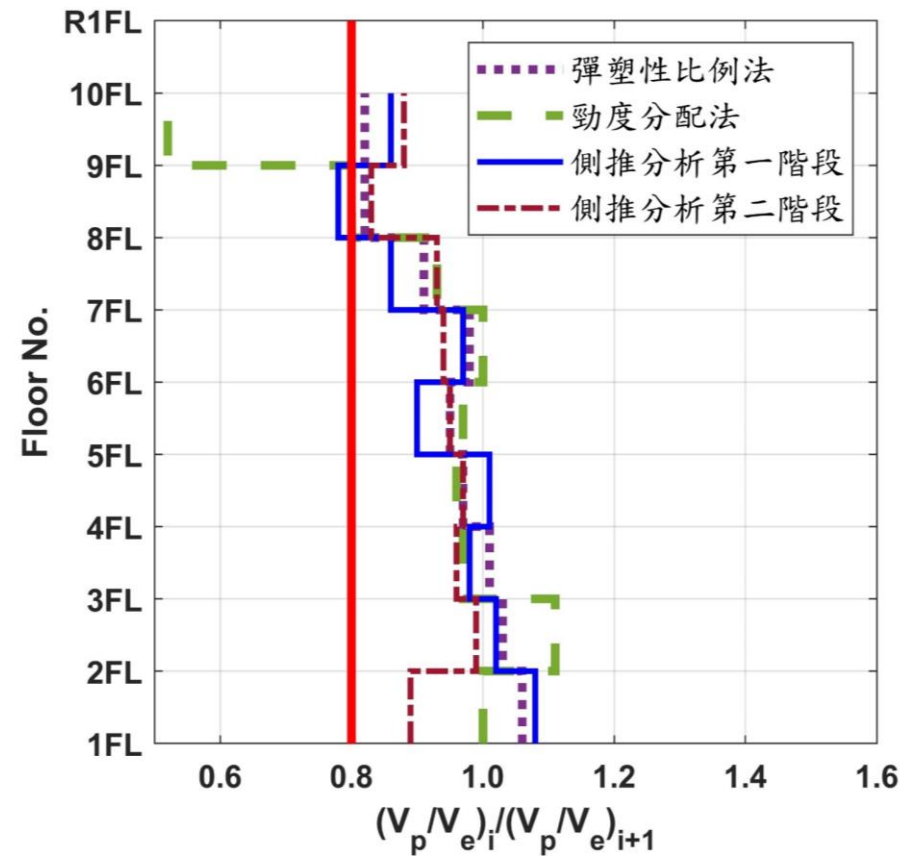
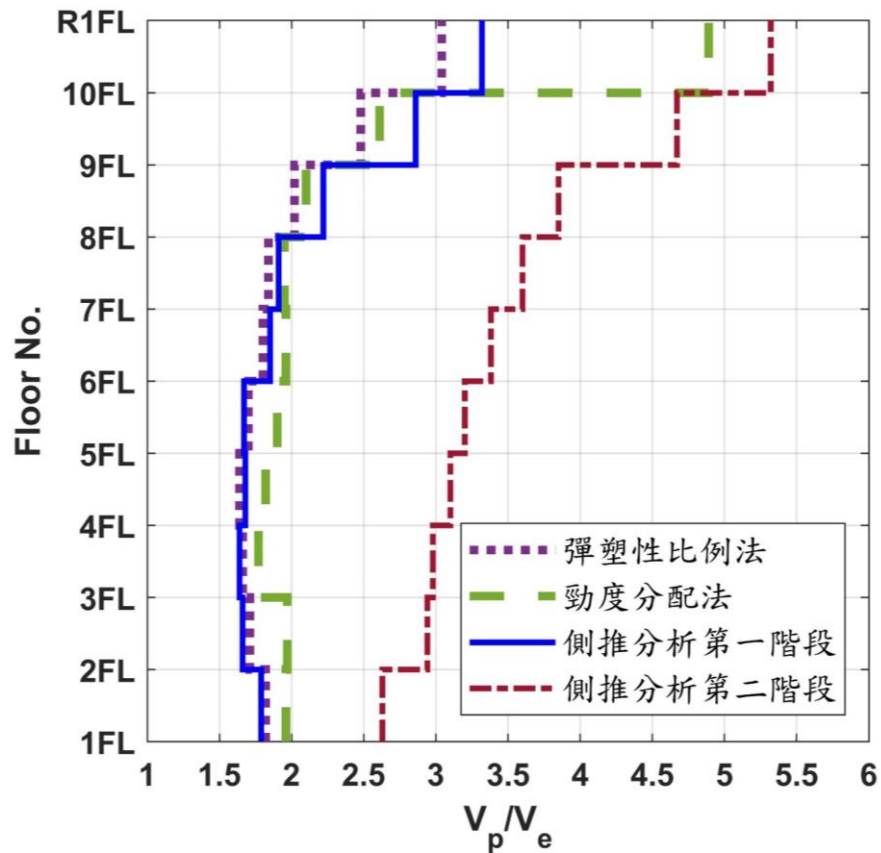
樓層	彈塑性比例法 V_p (tf)	勁度分配法 V_p (tf)	側推分析 第一階段 V_{push1} (tf)	側推分析 第二階段 V_{push2} (tf)
R1FL	484.89	781.79	530.15	850.66
10FL	622.45	654.50	717.55	1170.46
9FL	672.43	696.37	738.65	1279.18
8FL	741.94	786.85	769.21	1452.81
7FL	839.54	910.47	862.75	1572.06
6FL	886.00	989.65	866.10	1663.54
5FL	928.35	1026.95	945.40	1751.22
4FL	992.12	1059.10	979.81	1785.17
3FL	1067.97	1226.26	1035.32	1833.87
2FL	1163.24	1252.90	1142.42	1679.71

極限層剪力



構架系統層剪力計算比較

規範2.17節弱層檢核



三、構架含結構牆之極限層剪力計算

研究標的案例介紹

結構牆極限側向強度計算方法

側推分析方法

各方法計算結果比較

研究標的案例介紹

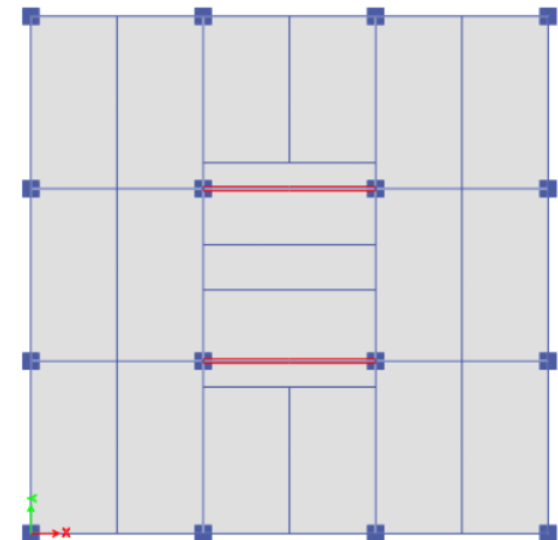
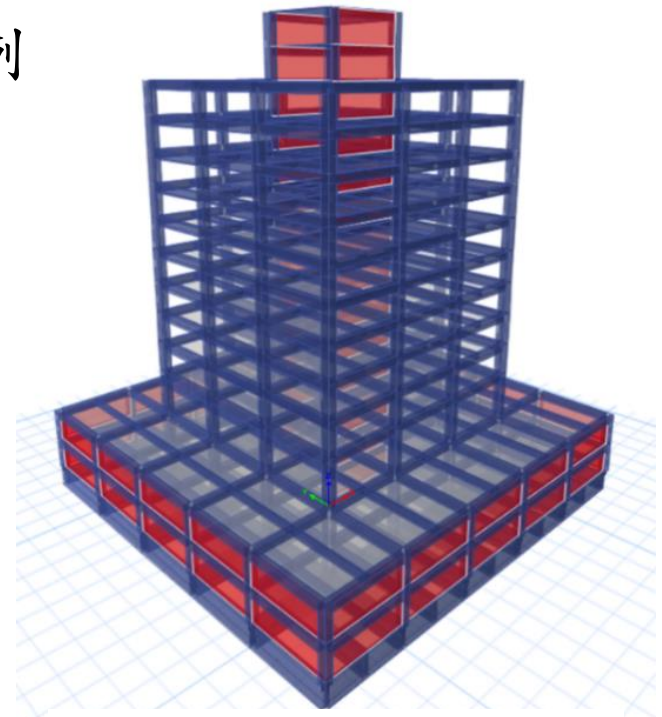
標的案例參考土木404-100設計示範例

• 建築概要

- ◆ 工程位於台中市中區
- ◆ 主要建築物為地下2層地上10 層之結構物
- ◆ 地上總高度為33.3m
- ◆ 樓層高度分別為：
B2 FL~B1FL、 2FL~10FL 各層高度均為3.2 m
1FL高度為4.5 m
R1F、R2F高度為3 m

• 結構概述

- ◆ 本結構物採用韌性抗彎矩構架與剪力牆之二元系統
- ◆ 各樓層兩片剪力牆，厚度2FL~3FL為30 cm
4FL~5FL為25cm、其餘均為20cm
- ◆ X向共3跨構架，柱心跨距為8 m
- ◆ Y向共3跨構架，柱心跨距為8 m
- ◆ 基面以下於各向皆超挖1跨（8m）
- ◆ 混凝土材料： $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$



結構牆提供之層剪力

- 結構牆極限狀態可分為撓曲控制及剪力控制
- 撓曲控制： $V_M < V_n$
- 剪力控制： $V_M > V_n$
- 需考慮結構牆及構架之極限強度不會同時發生

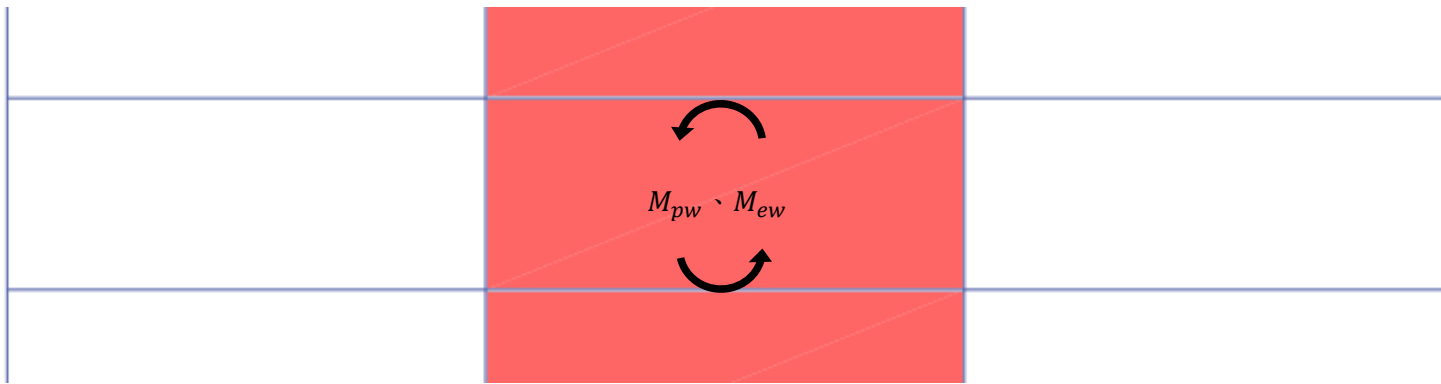
結構牆剪力控制之側向強度

$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) A_{cv}$$

結構牆極限側向強度計算方法

結構牆撓曲控制之側向強度

- 土木404-100之算法：



$$\alpha = \frac{M_{pw}}{M_{ew}} \quad V_M = \alpha \times V_{ew} \quad V_{wall} = \min(V_M, V_n)$$

$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) A_{cv} \quad V_p = V_{frame} + \sum V_{wall}$$

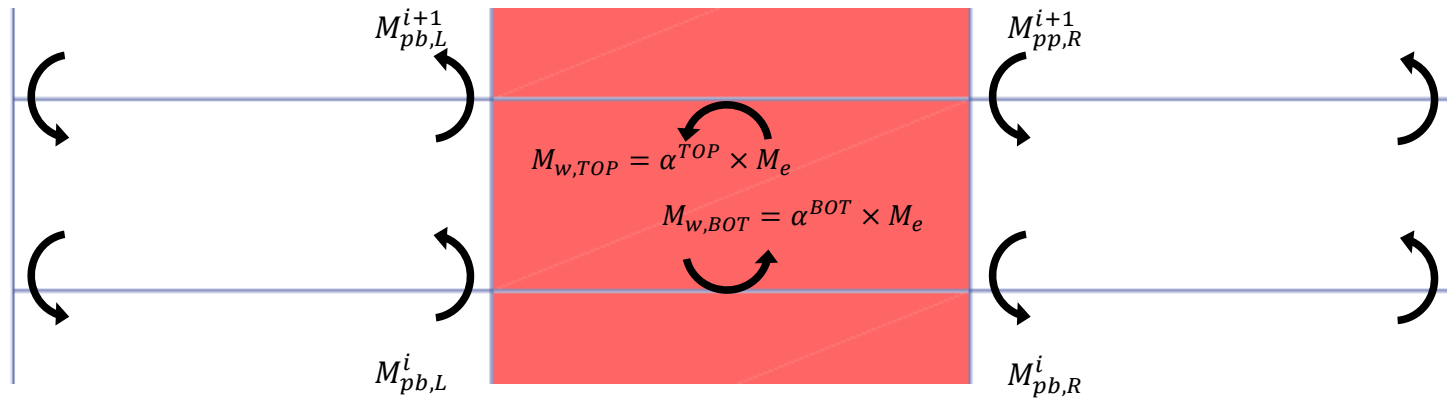
此法將結構牆與構架系統視為獨立分開計算強度
未考慮兩者間極限強度不會同時發生

結構牆極限側向強度計算方法

結構牆撓曲控制之側向強度

- 彈塑性比例法

$$\alpha^{TOP} = \frac{M_{pb,L}^{i+1} + M_{pb,R}^{i+1}}{M_{eb,L}^{i+1} + M_{eb,R}^{i+1}}$$



$$\alpha^{BOT} = \frac{M_{pb,L}^i + M_{pb,R}^i}{M_{eb,L}^i + M_{eb,R}^i}$$

$$V_M = \frac{M_{w,TOP} + M_{w,BOT}}{h}$$

$$V_{wall} = \min(V_M, V_n)$$

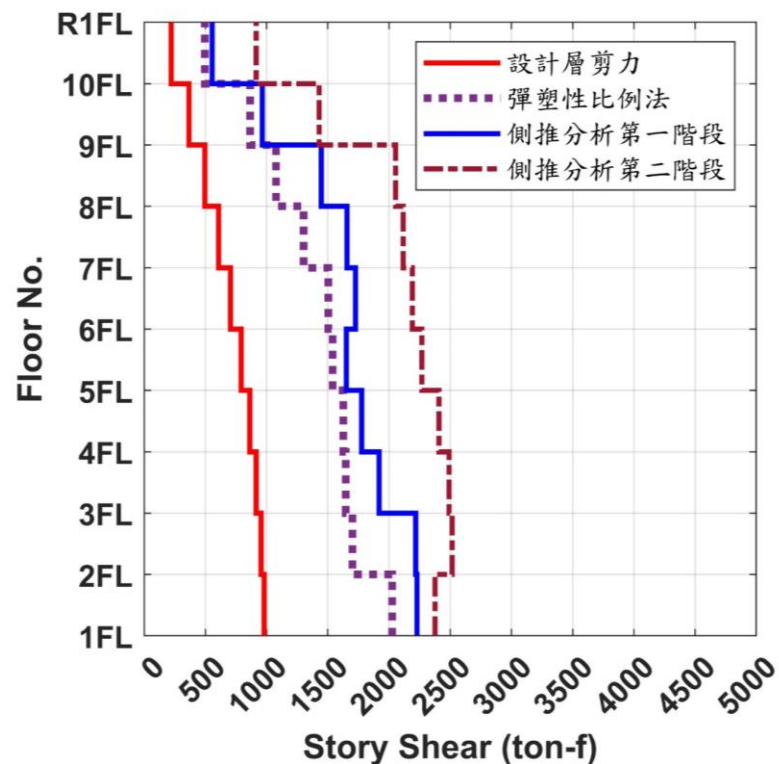
$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) A_{cv}$$

$$V_p = V_{frame} + \sum V_{wall}$$

構架系統含結構牆層剪力計算比較

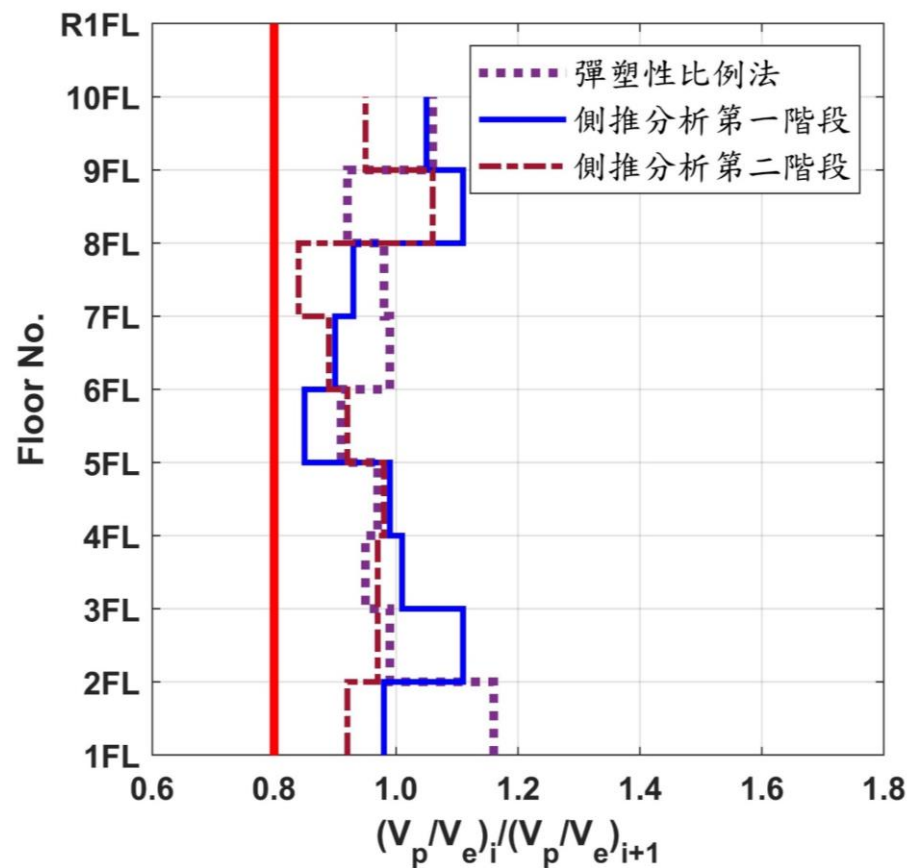
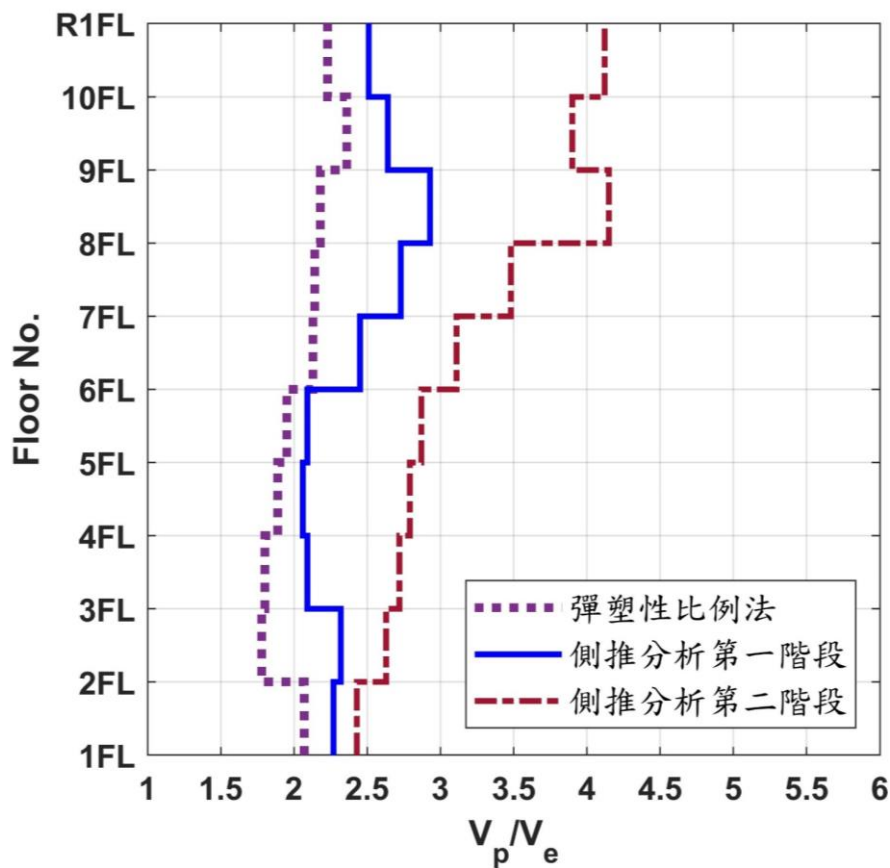
樓層	彈塑性比例法 V_p (tf)	側推分析第一階段 V_{push1} (tf)	側推分析第二階段 V_{push2} (tf)
R1FL	496.25	556.53	915.78
10FL	865.29	965.39	1428.07
9FL	1076.09	1446.63	2053.25
8FL	1300.90	1655.74	2116.36
7FL	1502.86	1725.88	2191.52
6FL	1539.30	1652.30	2267.50
5FL	1626.94	1776.81	2407.62
4FL	1646.43	1917.13	2490.13
3FL	1702.27	2217.62	2514.37
2FL	2026.40	2227.31	2375.67

極限層剪力



構架系統含結構牆層剪力計算比較

規範2.17節弱層檢核



四、構架含非結構RC牆之極限層剪力

計算

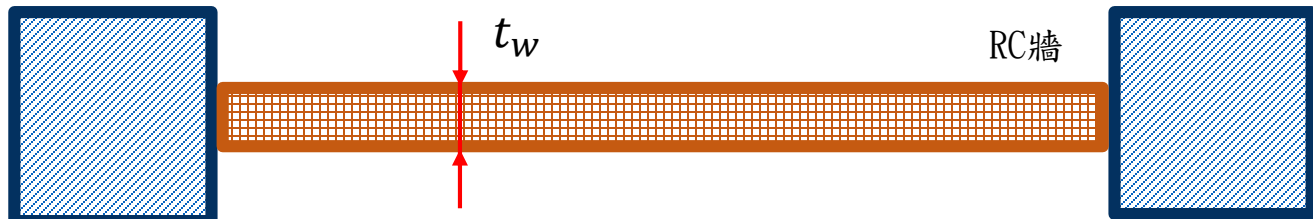
研究標的案例介紹

非結構RC牆之強度計算及模擬方法

強度參與係數

非結構RC牆研究標的案例介紹

非結構RC牆厚度及配筋

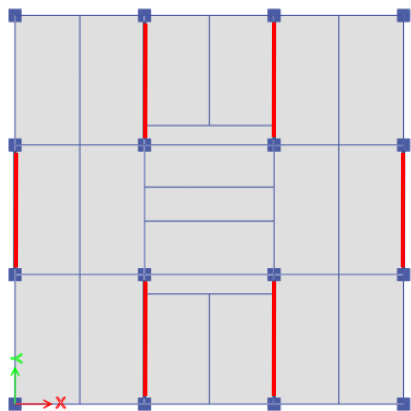


$t_w = 12cm$ D10@20cm雙向單層 $\rho_h = 0.297\%$

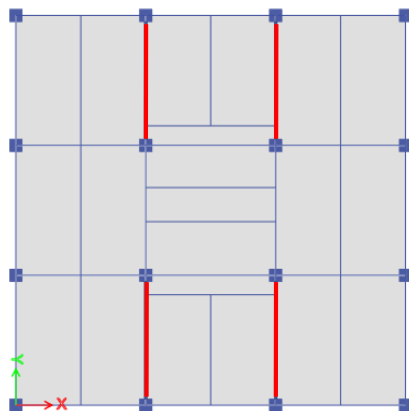
$t_w = 15cm$ D10@20cm雙向雙層 $\rho_h = 0.473\%$

$t_w = 20cm$ D10@20cm雙向雙層 $\rho_h = 0.355\%$

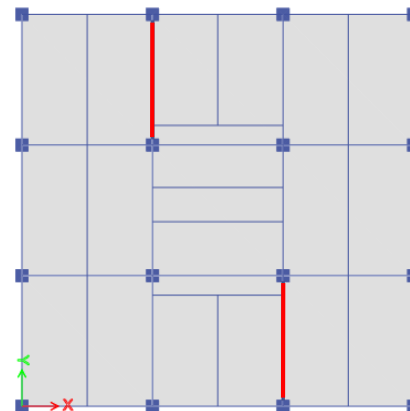
非結構RC牆配置位置



6片非結構牆配置



4片非結構牆配置



2片非結構牆配置

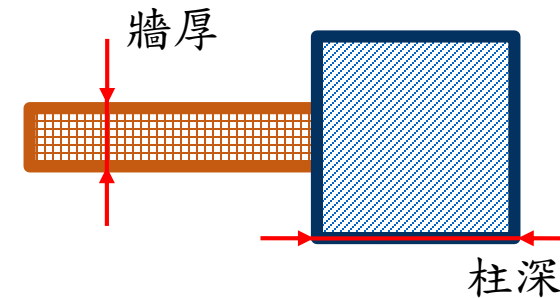
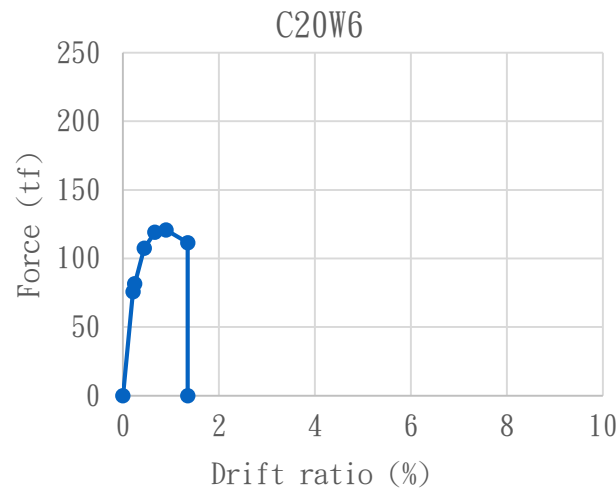
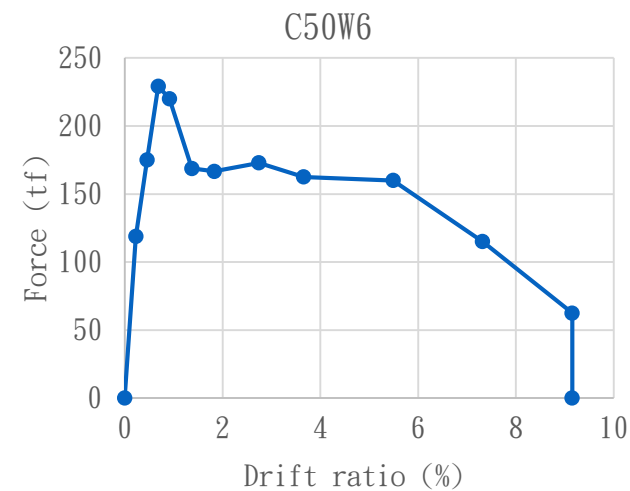
非結構RC牆之剪力強度計算

- RC牆之剪力強度評估公式

- 建築物混凝土結構設計規範，新建設計所採用

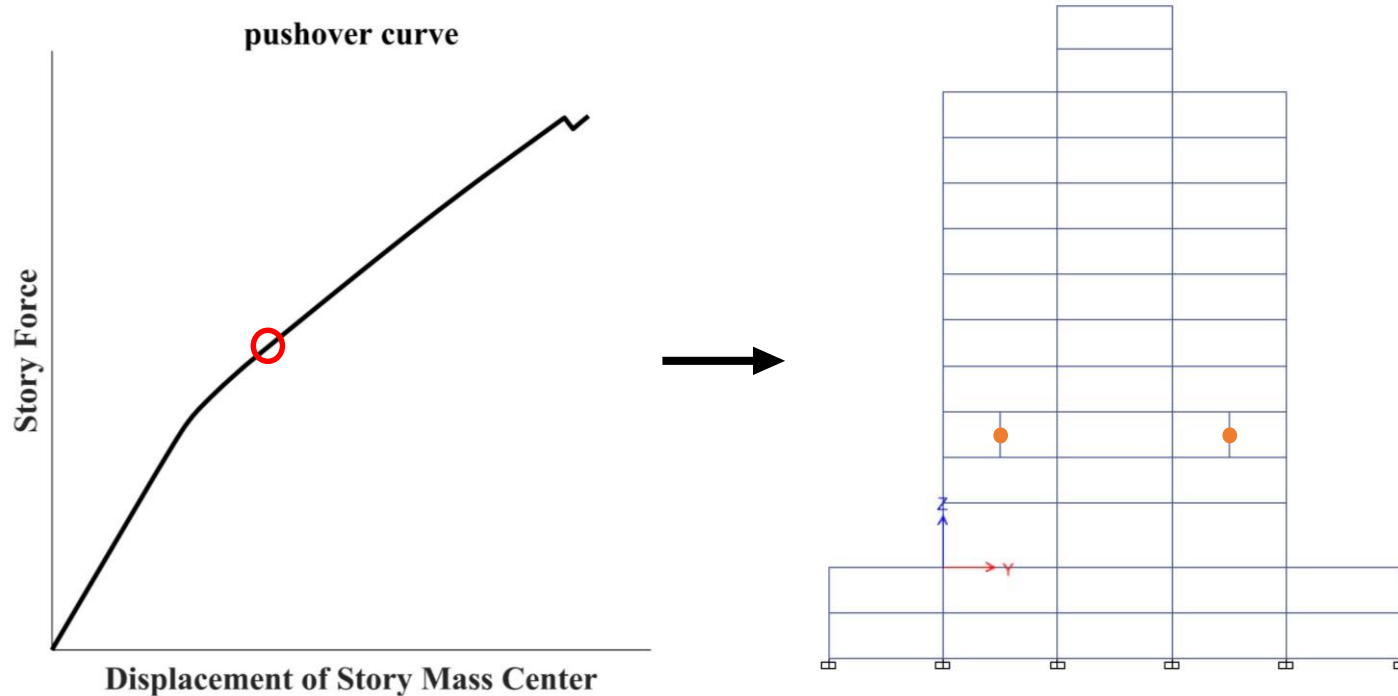
$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) A_{cv}$$

- 本章討論之非結構RC牆係指設計階段時未在結構分析模型評估，且柱深高於4倍牆厚，而不至大幅折減結構系統之韌性。



劉德賢，「RC牆板厚與邊界柱深相互間關係對構架耐震行為之研究」，國立交通大學土木工程系所，2016年。

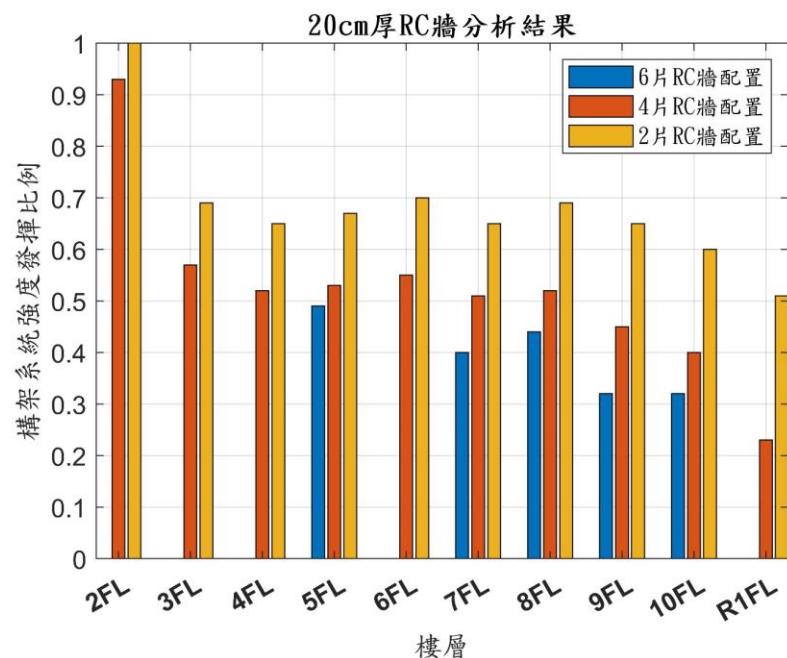
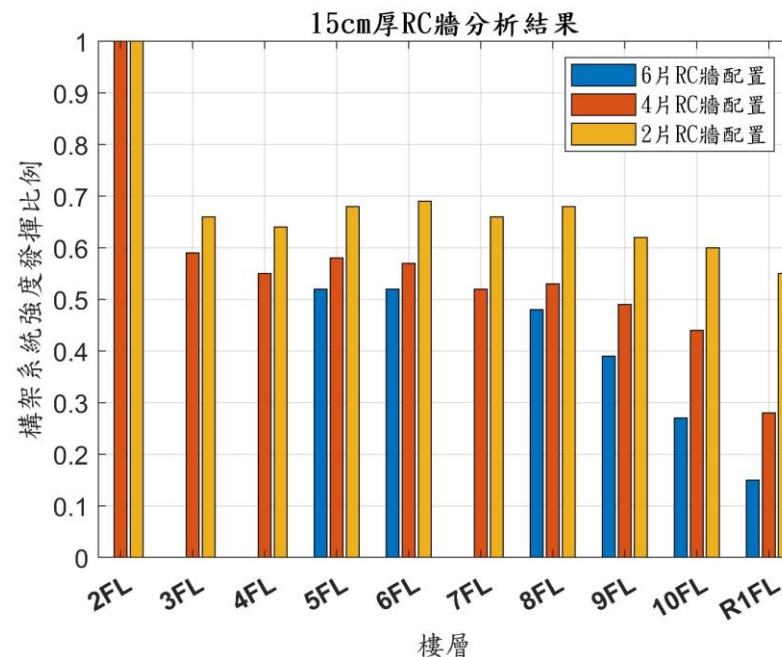
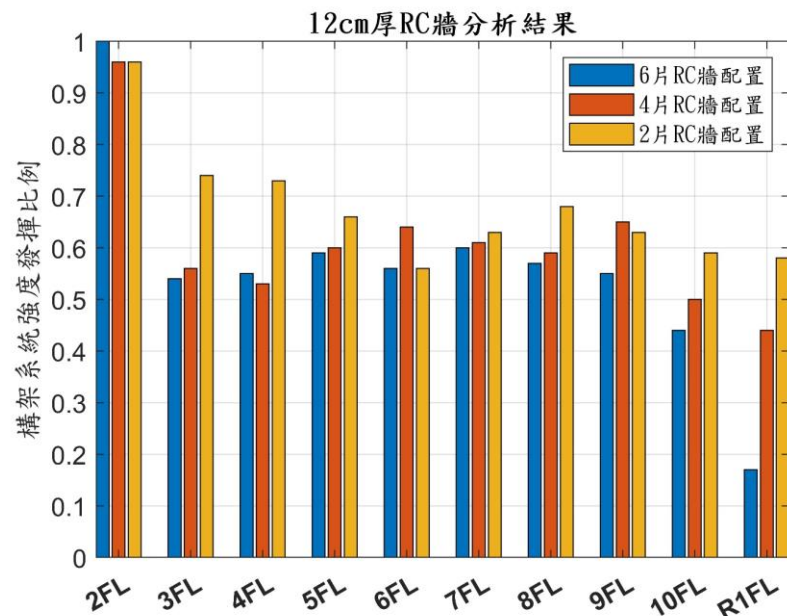
非結構RC牆達最大強度時，構架系統之強度發揮比例



$$Story\ Force = V_{n,wall} + V_{frame}$$

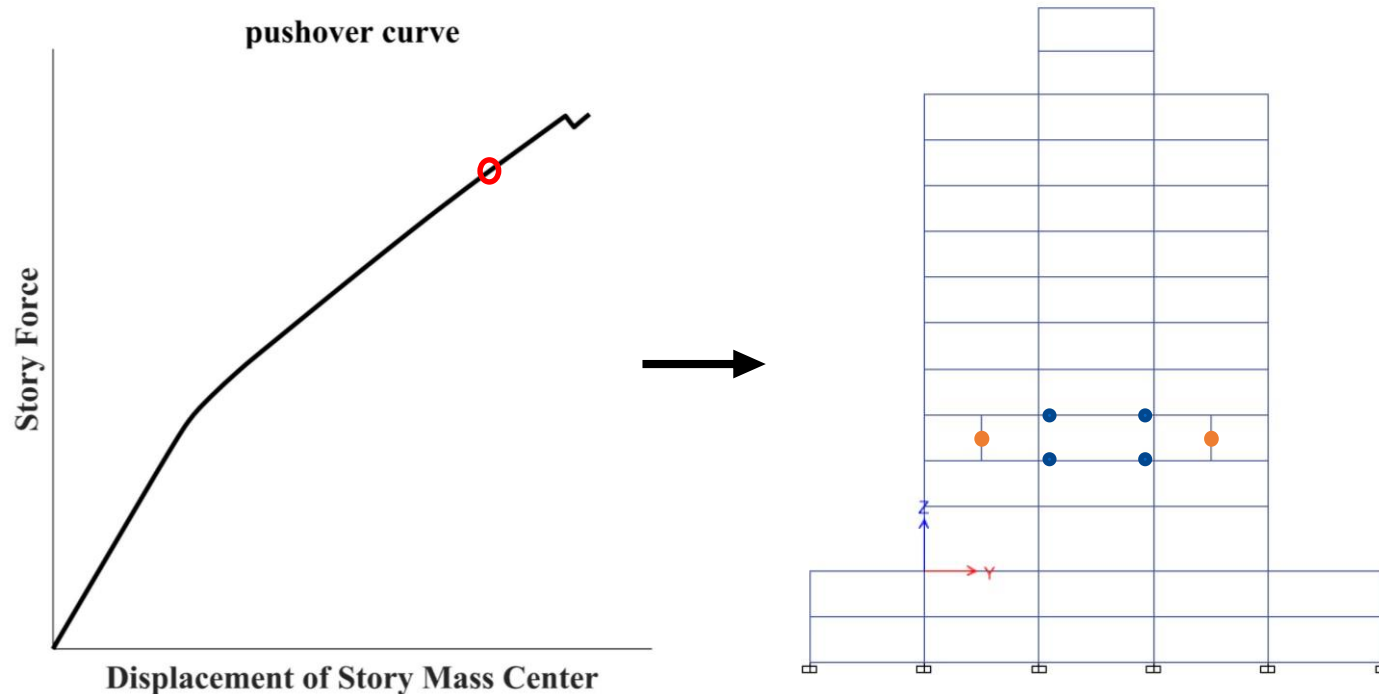
構架系統強度發揮比例 = $\frac{V_{frame}}{V_{p,frame}}$; $V_{p,frame}$ = 構架系統極限狀態層剪力

非結構RC牆達最強度時，構架系統之強度發揮比例



- 平均值 $AVG=0.57$
- 標準差 $STD=0.17$
- 本研究建議採 **0.55**

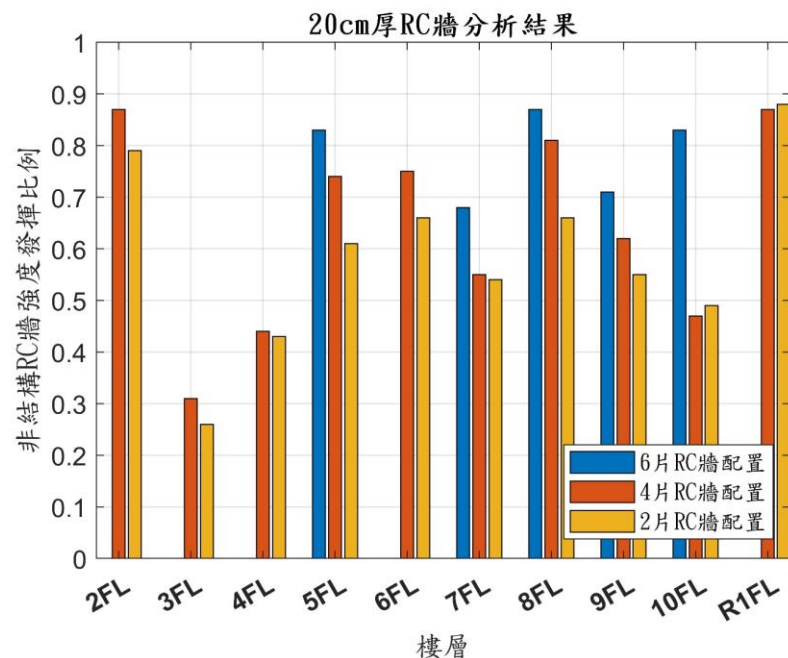
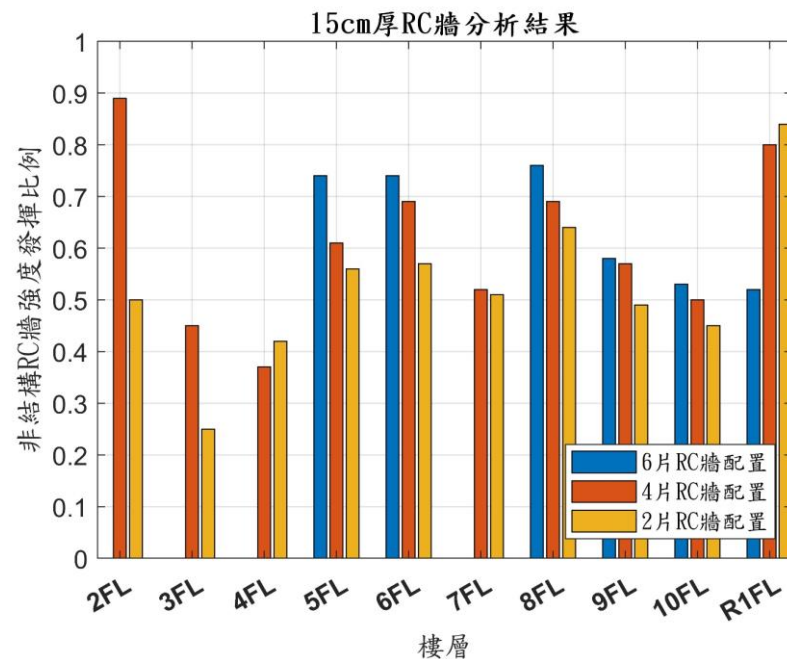
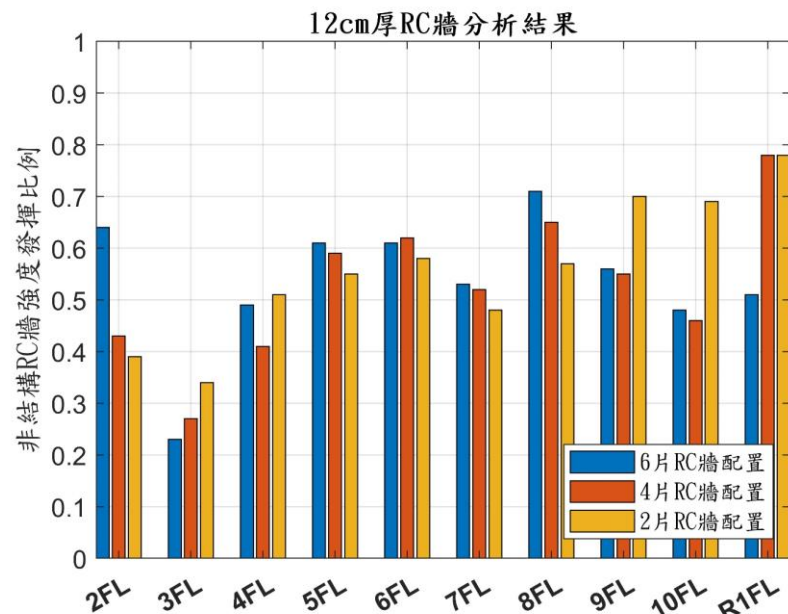
構架系統達極限狀態時，非結構RC牆之強度發揮比例



$$\text{Story Force} = V_{\text{wall}} + V_{\text{frame}}$$

$$\text{RC牆強度發揮比例} = \frac{V_{\text{wall}}}{V_{n,\text{wall}}}; V_{n,\text{wall}} = \text{RC牆最大強度}$$

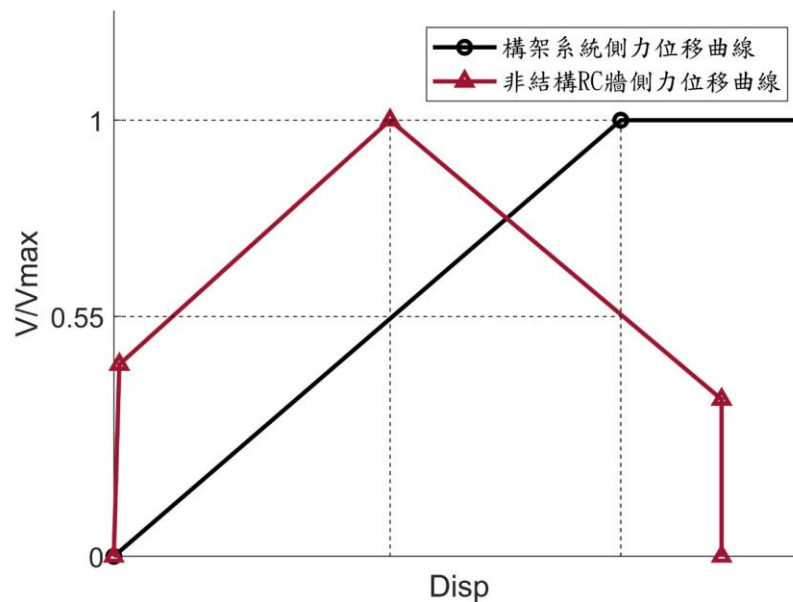
構架系統達極限狀態時，非結構RC牆之強度發揮比例



- 平均值 $AVG=0.56$
- 標準差 $STD=0.16$
- 本研究建議採 **0.55**

構架含非結構RC牆之極限層剪力計算

強度參與係數建議值		
	構架	非結構RC牆
構架破壞	1.00	0.55
非結構RC牆破壞	0.55	1.00



$$\text{構架達極限狀態} \quad V_{p1} = V_{frame} + 0.55 \sum V_{RCwall}$$

$$\text{非結構RC牆破壞} \quad V_{p2} = 0.55 V_{frame} + \sum V_{RCwall}$$

五、構架含磚牆之極限層剪力計算

研究標的案例介紹

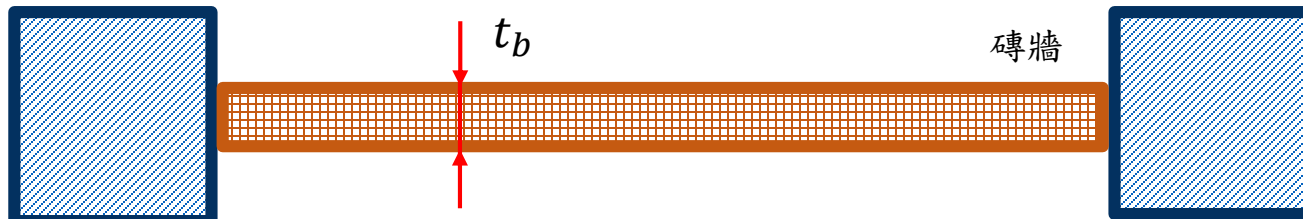
磚牆之強度計算及模擬方法

強度參與係數

含非結構牆之極限層剪力評估公式

磚牆研究標的案例介紹

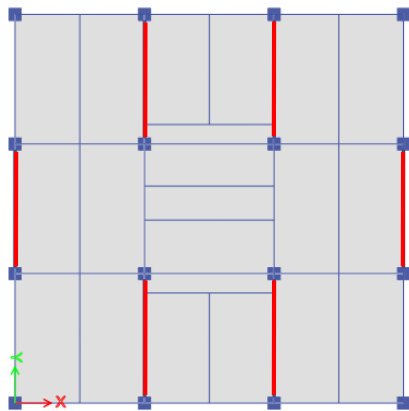
磚牆厚度及砌法



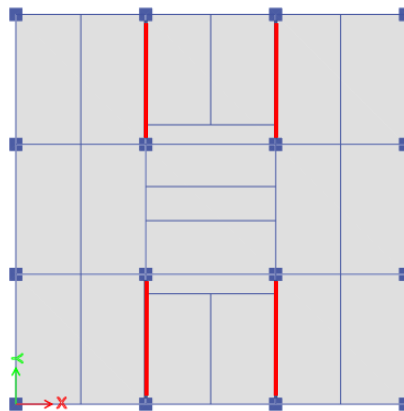
$t_b = 20cm$ (1B厚度) 一順一丁砌法

$t_b = 10cm$ (0.5B厚度) 順砌法

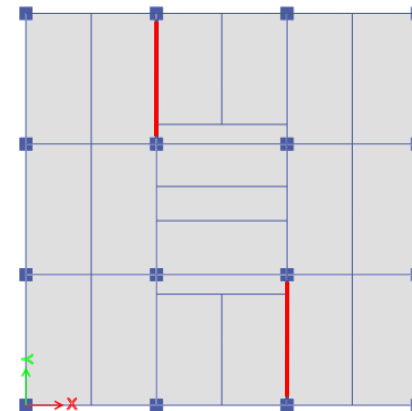
磚牆配置位置



6片磚牆配置

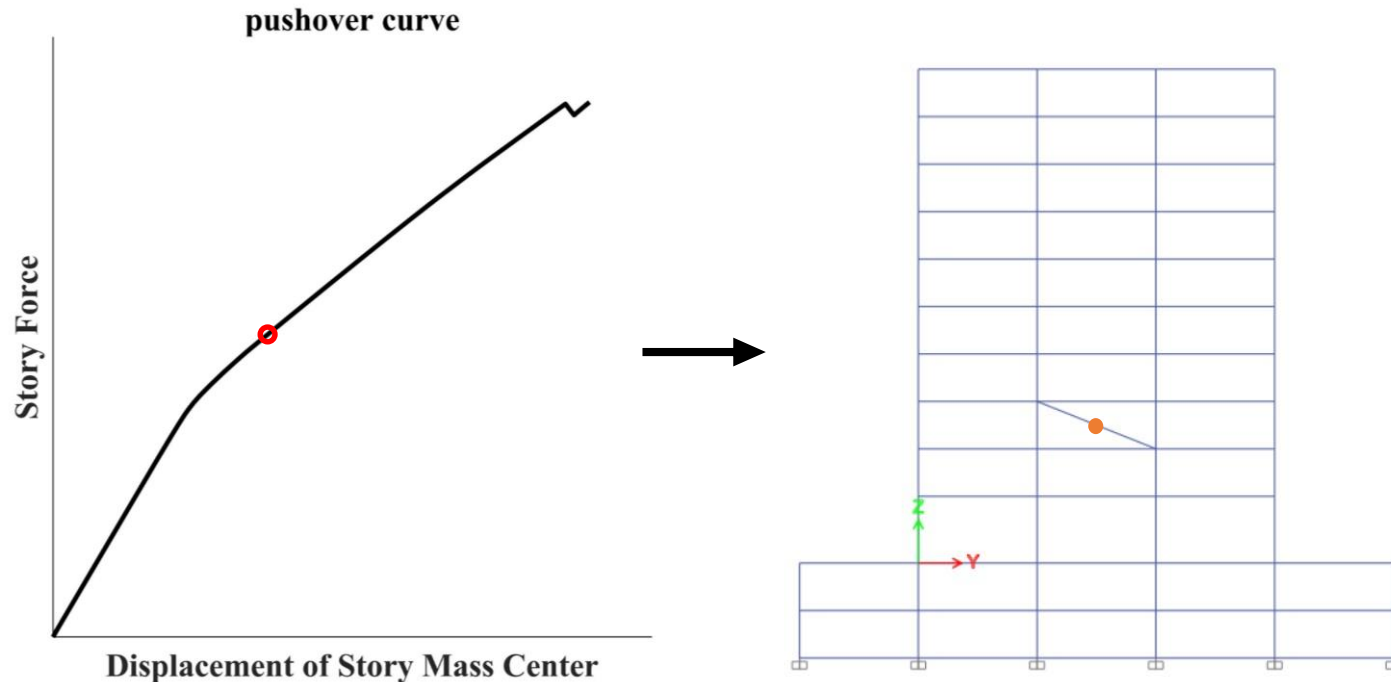


4片磚牆配置



2片磚牆配置

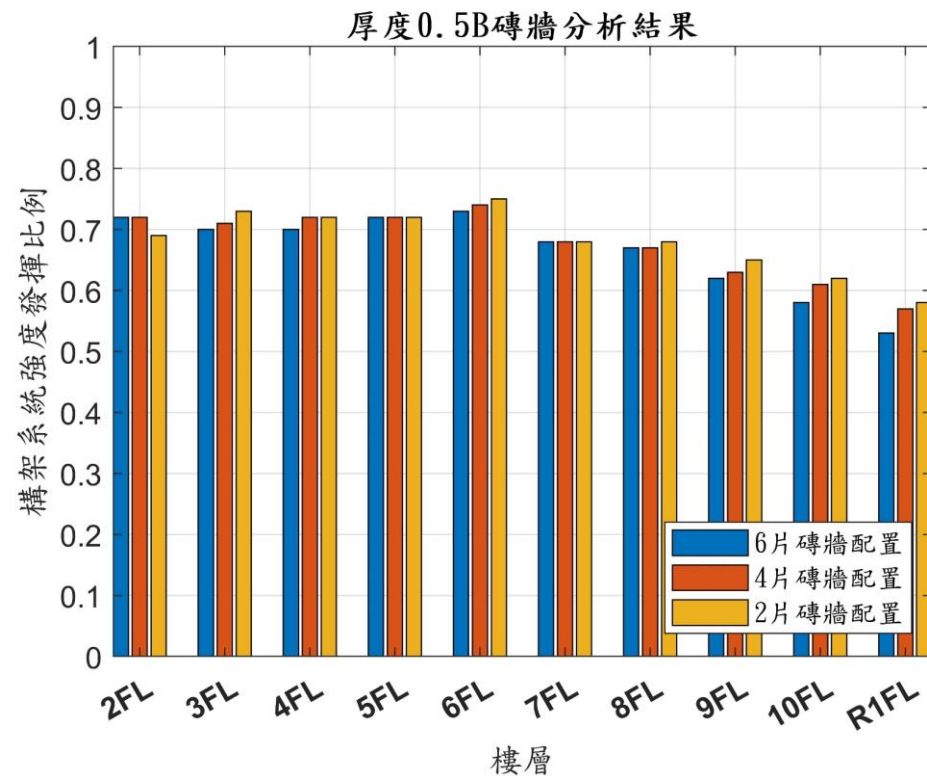
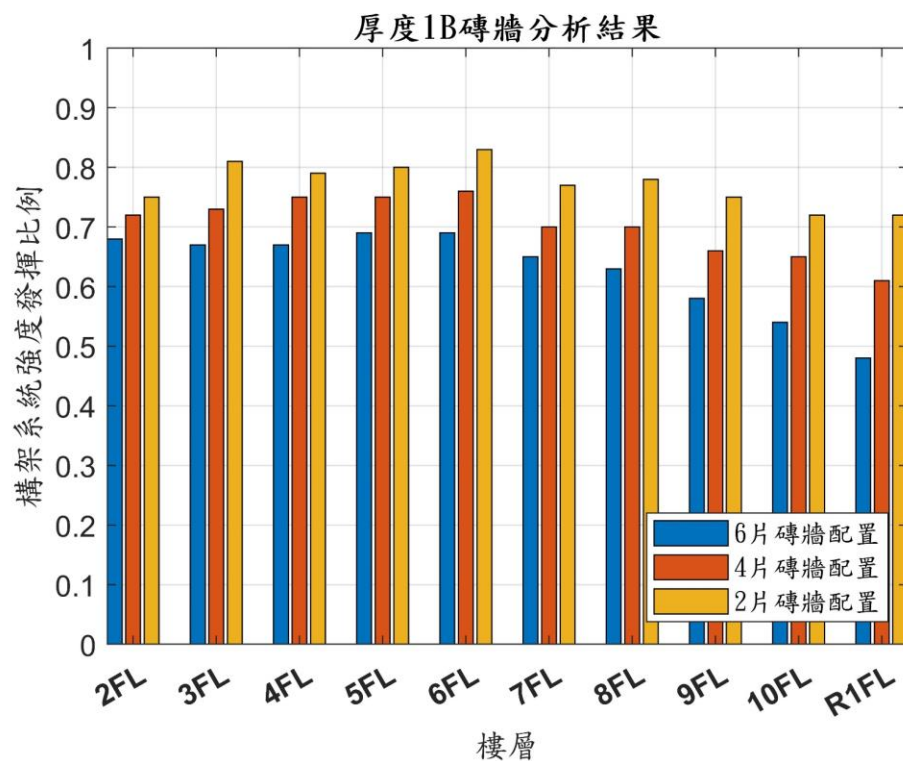
磚牆達最強度時，構架系統之強度發揮比例



$$Story\ Force = V_{BW} + V_{frame}$$

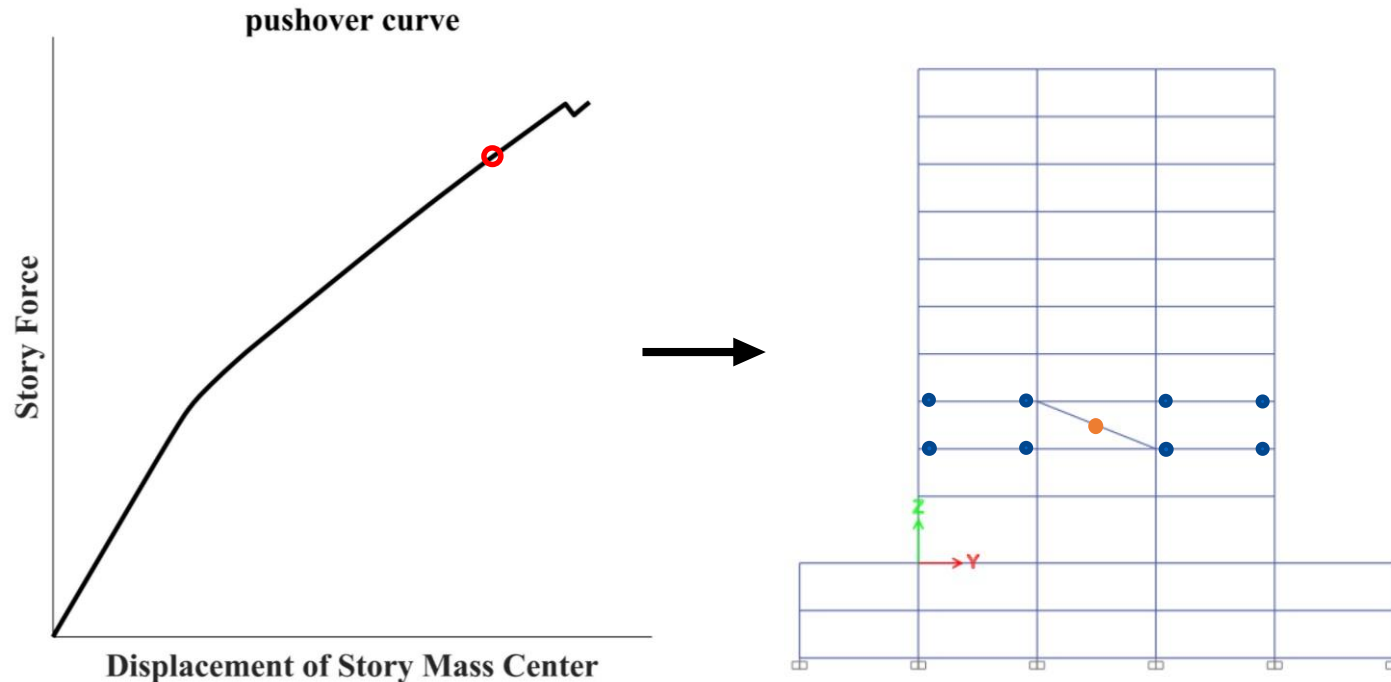
構架系統強度發揮比例 = $\frac{V_{frame}}{V_{p,frame}}$; $V_{p,frame}$ = 構架系統極限狀態層剪力

磚牆達最大強度時，構架系統之強度發揮比例



- 平均值 $AVG=0.69$
- 標準差 $STD=0.07$
- 本研究建議採 **0.70**

構架系統達極限狀態時，磚牆之強度發揮比例

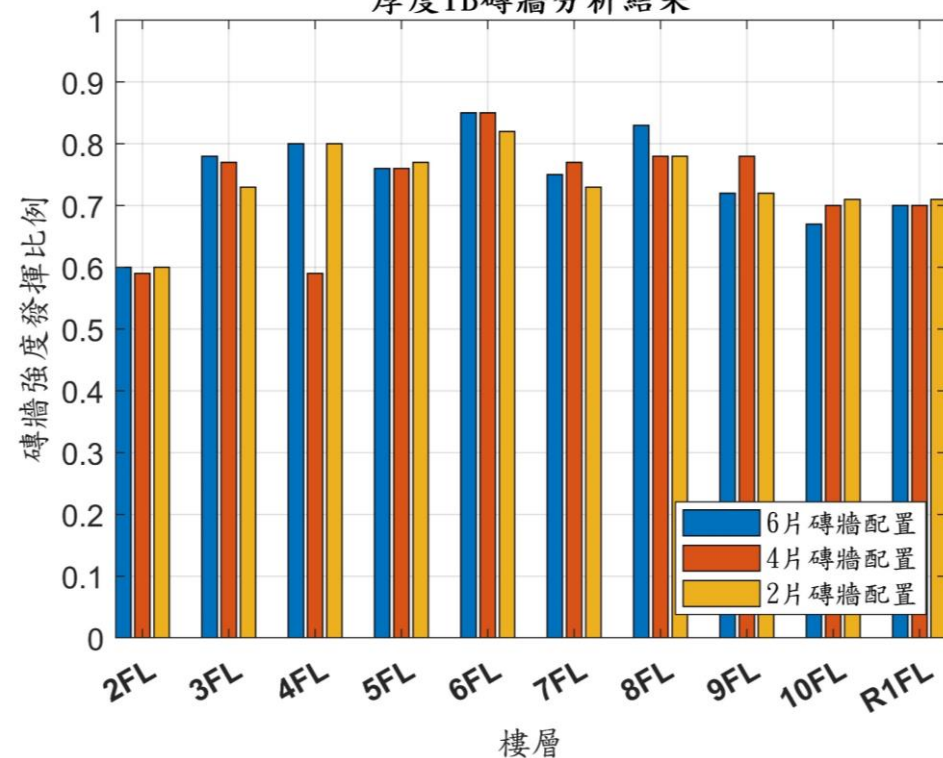


$$Story\ Force = V_{BW} + V_{frame}$$

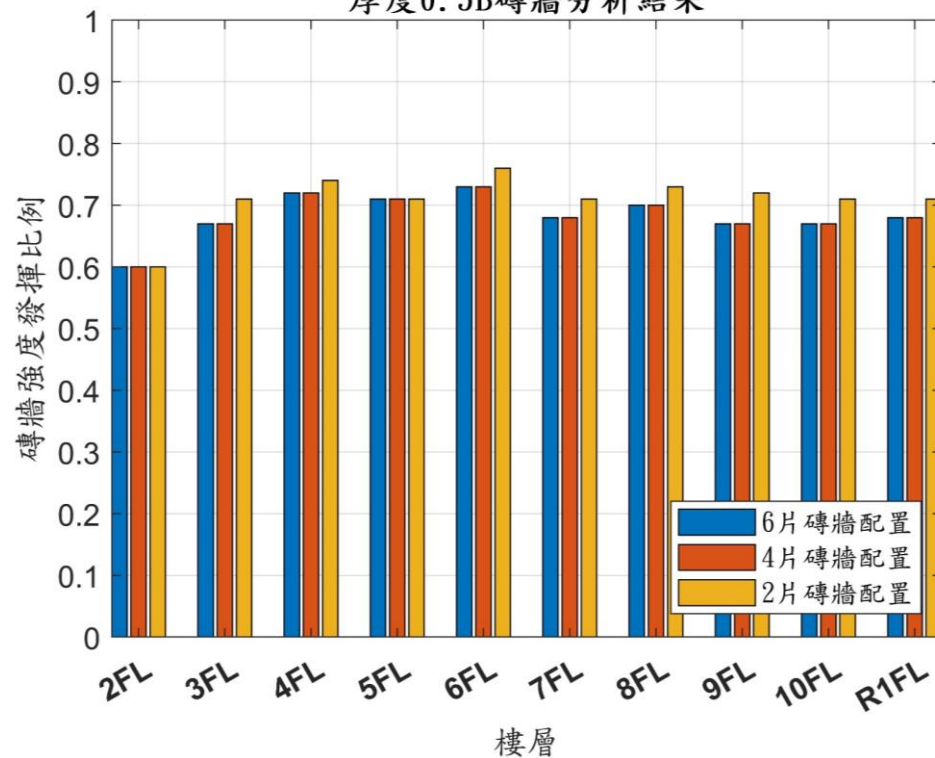
$$\text{磚牆強度發揮比例} = \frac{V_{BW}}{V_{n,BW}}; V_{n,BW} = \text{磚牆最大強度}$$

構架系統達極限狀態時，磚牆之強度發揮比例

厚度1B磚牆分析結果



厚度0.5B磚牆分析結果

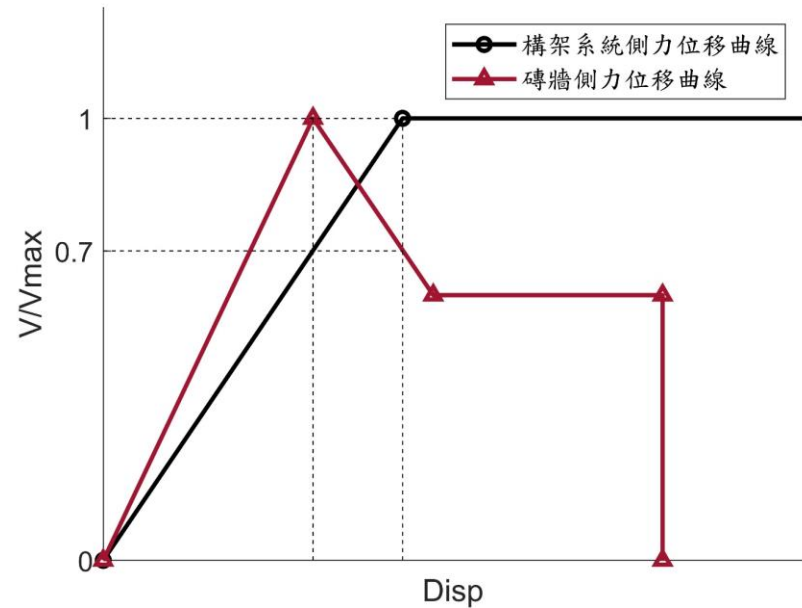


- 平均值 $AVG=0.72$
- 標準差 $STD=0.05$
- 本研究建議採 0.70

構架含磚牆之極限層剪力計算

強度參與係數建議值

	構架	磚牆
構架破壞	1.00	0.70
磚牆破壞	0.70	1.00



$$\text{構架達極限狀態} \quad V_{p1} = V_{frame} + 0.70 \sum V_{BW}$$

$$\text{磚牆破壞} \quad V_{p3} = 0.70 V_{frame} + \sum V_{BW}$$

含非結構牆之極限層剪力評估公式

- 強度參與係數

強度參與係數建議值			
	構架	非結構RC牆	磚牆
構架破壞	1.00	0.55	0.70
非結構RC牆破壞	0.55	1.00	0.90
磚牆破壞	0.70	0.85	1.00

- 極限層剪力計算

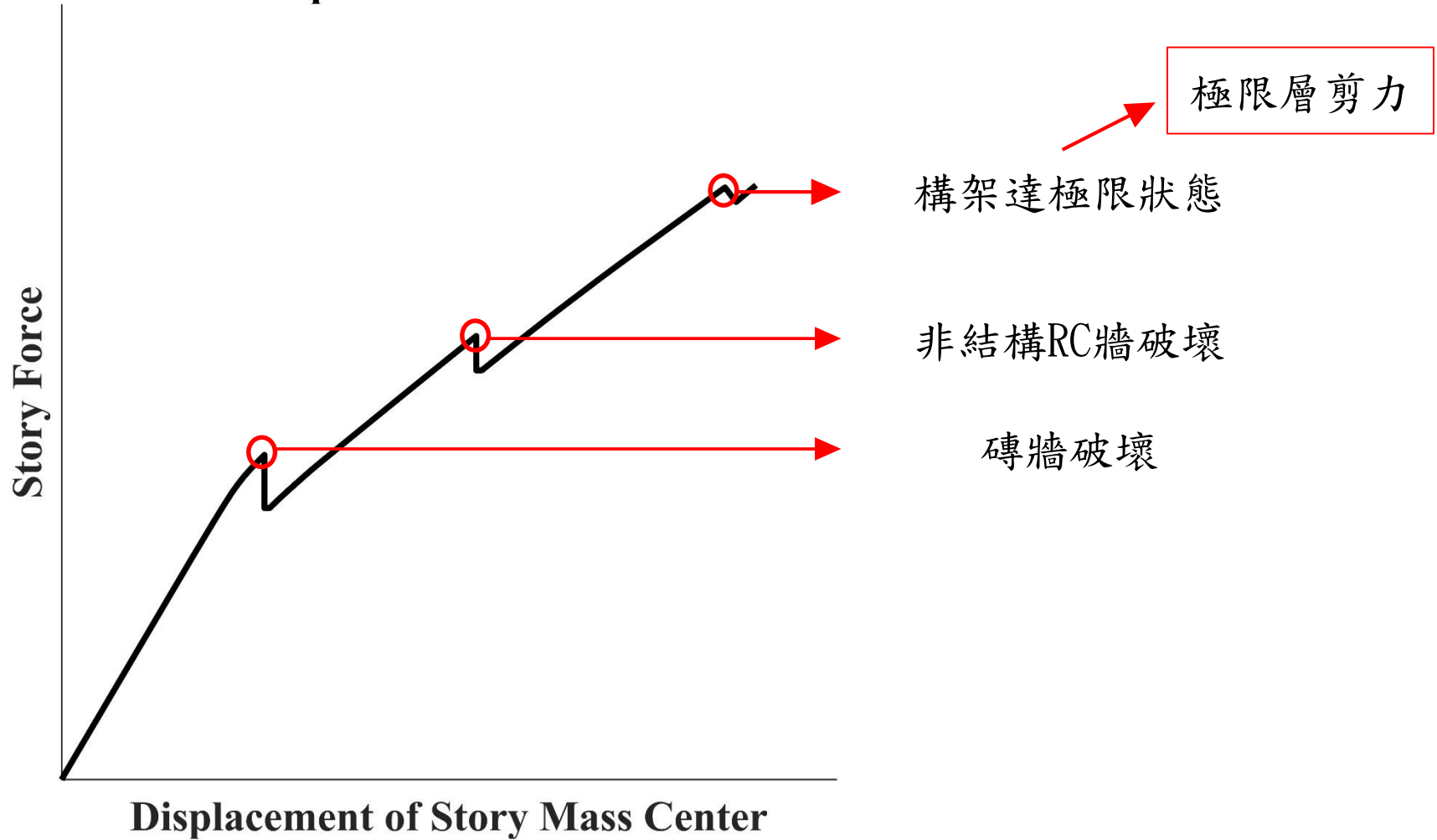
$$\text{構架達極限狀態} \quad V_{p1} = V_{frame} + 0.55 \sum V_{RCwall} + 0.70 \sum V_{BW}$$

$$\text{非結構RC牆破壞} \quad V_{p2} = 0.55 V_{frame} + \sum V_{RCwall} + 0.90 \sum V_{BW}$$

$$\text{磚牆破壞} \quad V_{p3} = 0.70 V_{frame} + 0.85 \sum V_{RCwall} + \sum V_{BW}$$

$$\text{極限層剪力} \quad V_p = \max(V_{p1}, V_{p2}, V_{p3})$$

pushover curve



六、案例計算

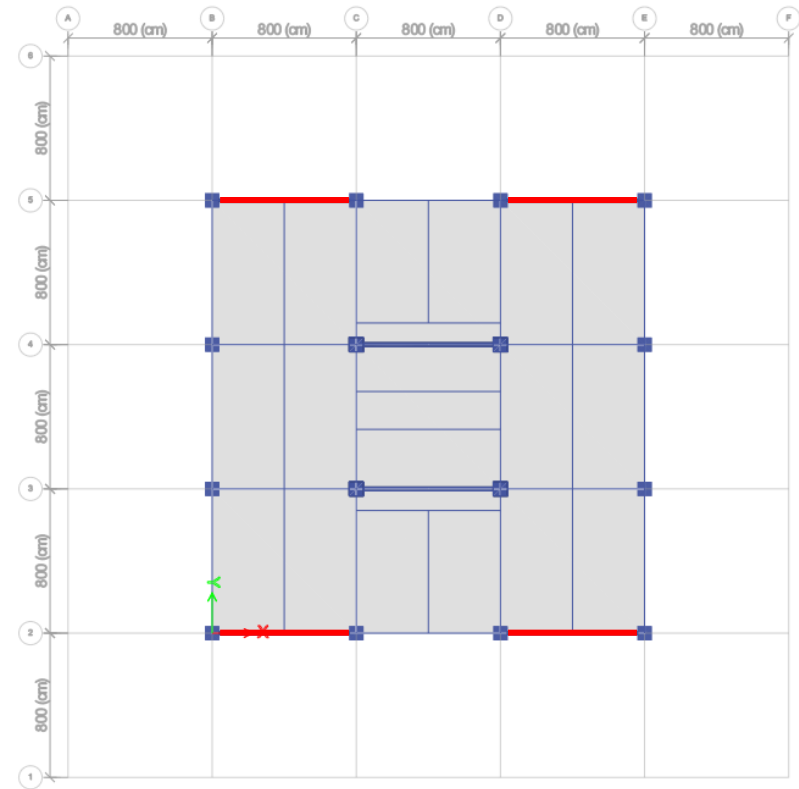
案例A-土木404-100設計示範案例

案例B-十二樓既有建物

案例C-二十三層樓新建建物

案例A-土木404-100設計示範案例

- 二元系統配置非結構RC牆
- 每層樓配置4片15cm厚非結構RC牆
- 4片非結構RC牆提供 1150.84 tf



- 結構牆層剪力採彈塑性比例法計算，再與構架系統疊加
- 公式中 V_{frame} 應可包含二元系統之層剪力

案例A-二元系統含非結構RC牆極限層剪力計算

- 以 3FL 為例

3FL 二元系統極限側向強度 $V_{frame} = 1702.27 \text{ tf}$

3FL 非結構RC牆側向強度 $V_{RCwall} = 1150.84 \text{ tf}$

構架達極限狀態 $V_{p1} = V_{frame} + 0.55 \sum V_{RCwall}$

$$V_{p1} = 1702.27 + 0.55 \times 1150.84 = 2335.24 \text{ tf}$$

非結構RC牆破壞 $V_{p2} = 0.55V_{frame} + \sum V_{RCwall}$

$$V_{p2} = 0.55 \times 1702.27 + 1150.84 = 2087.09 \text{ tf}$$

極限層剪力 $V_p = \max(V_{p1}, V_{p2}) = 2335.24 \text{ tf}$

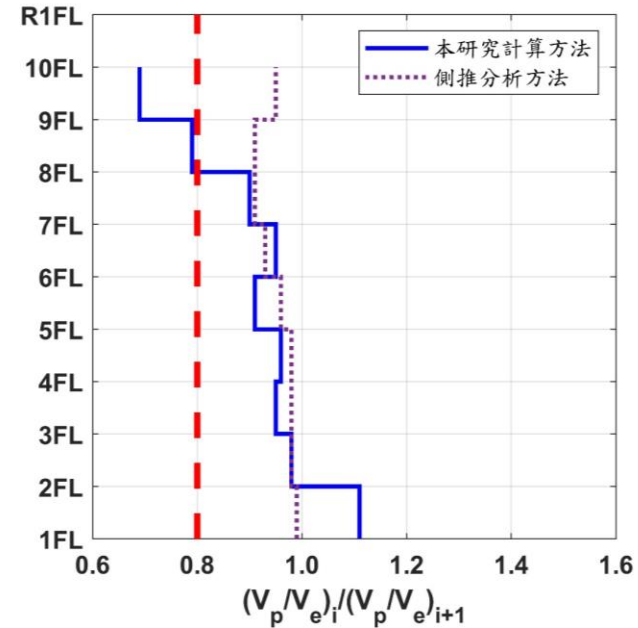
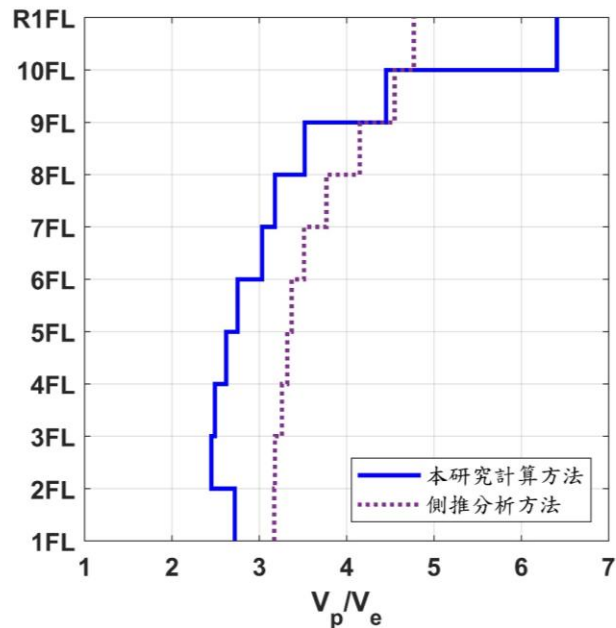
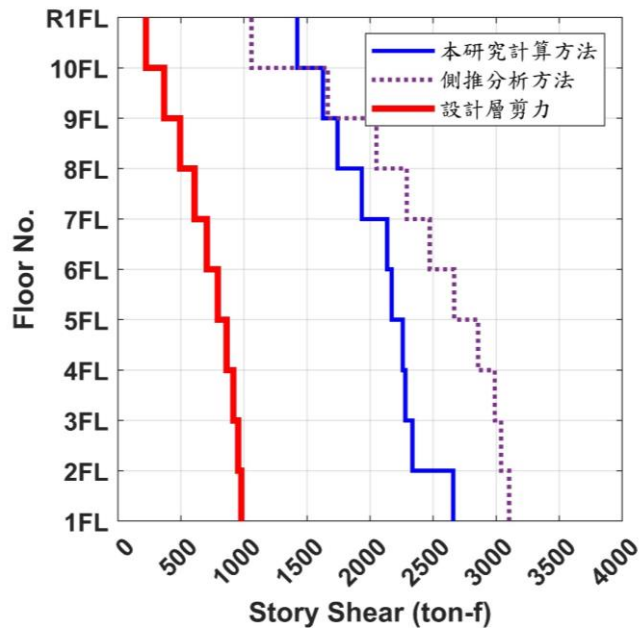
案例A-二元系統含非結構RC牆極限層剪力計算

層別	RC牆配置	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	研究計算			側推分析		
			極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
R1FL	有	222.15	1423.78	6.41	-	1059.00	4.77	-
10FL	有	365.92	1626.75	4.45	0.69	1663.68	4.55	0.95
9FL	有	494.41	1742.69	3.52	0.79	2049.89	4.15	0.91
8FL	有	607.61	1933.86	3.18	0.90	2291.49	3.77	0.91
7FL	有	705.53	2135.83	3.03	0.95	2473.30	3.51	0.93
6FL	有	791.33	2172.26	2.75	0.91	2667.58	3.37	0.96
5FL	有	861.41	2259.91	2.62	0.96	2856.25	3.32	0.98
4FL	有	915.80	2279.39	2.49	0.95	2987.73	3.26	0.98
3FL	有	954.30	2335.24	2.45	0.98	3038.69	3.18	0.98
2FL	有	979.26	2659.36	2.72	1.11	3101.75	3.17	0.99

研究計算結果與側推分析方法一致

皆無檢核出弱層

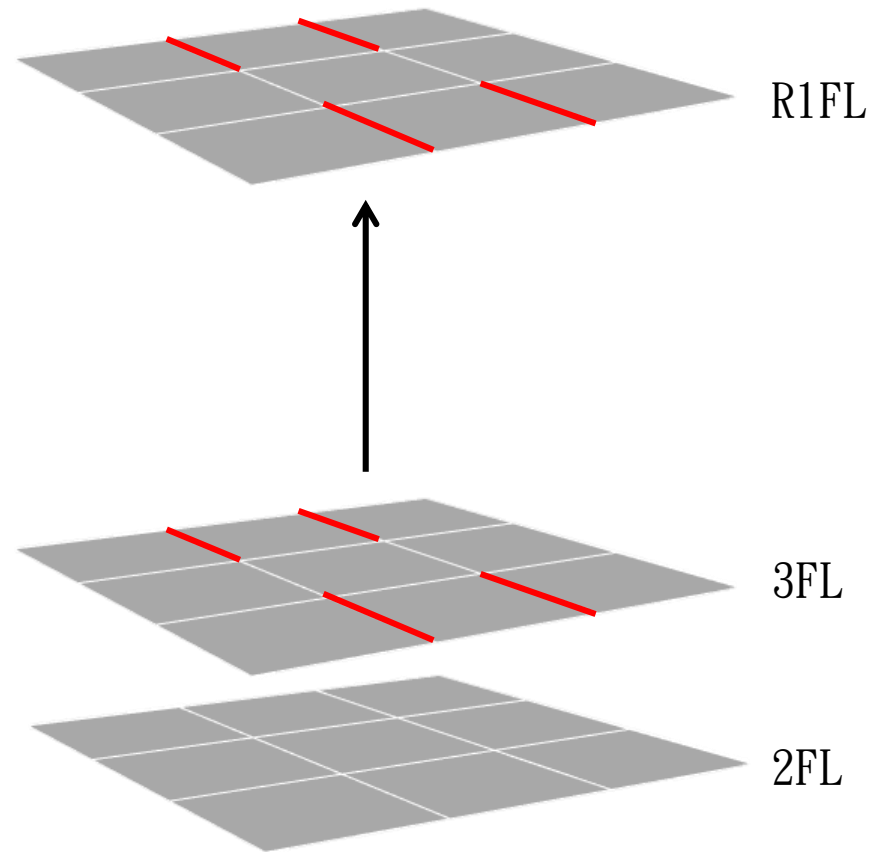
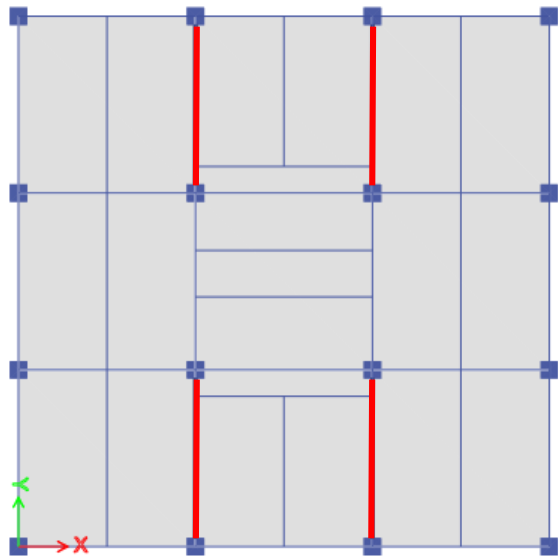
案例A-二元系統含非結構RC牆極限層剪力計算



研究計算結果與側推分析方法一致
皆無檢核出弱層

案例A-土木404-100設計示範案例

- 每層樓配置4片15cm厚非結構RC牆或1B磚牆
- 配置於案例中3FL~R1FL
- 2FL底層無牆體配置
- 4片RC牆提供 1150.84 tf
- 4片磚牆提供 214.38 tf



案例A-構架系統計算

層別	設計層剪力 $V_{ei}(\text{tf})$	極限層剪力 $V_{pi}(\text{tf})$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
R1FL	159.75	484.89	3.04	-
10FL	250.75	622.45	2.48	0.82
9FL	332.07	672.43	2.02	0.82
8FL	403.72	741.94	1.84	0.91
7FL	465.70	839.54	1.80	0.98
6FL	520.01	886.00	1.70	0.95
5FL	564.36	928.35	1.64	0.97
4FL	598.78	992.12	1.66	1.01
3FL	623.15	1067.97	1.71	1.03
2FL	638.95	1163.24	1.82	1.06

案例A-含非結構RC牆極限層剪力算例

- 以 3FL 為例

3FL 構架系統極限側向強度 $V_{frame} = 1067.97 \text{ tf}$

3FL 非結構RC牆側向強度 $V_{RCwall} = 1150.84 \text{ tf}$

構架達極限狀態 $V_{p1} = V_{frame} + 0.55 \sum V_{RCwall}$

$$V_{p1} = 1067.97 + 0.55 \times 1150.84 = 1700.93 \text{ tf}$$

非結構RC牆破壞 $V_{p2} = 0.55V_{frame} + \sum V_{RCwall}$

$$V_{p2} = 0.55 \times 1067.97 + 1150.84 = 1738.22 \text{ tf}$$

極限層剪力 $V_p = \max(V_{p1}, V_{p2}) = 1738.22 \text{ tf}$

案例A-非結構RC牆極限層剪力計算

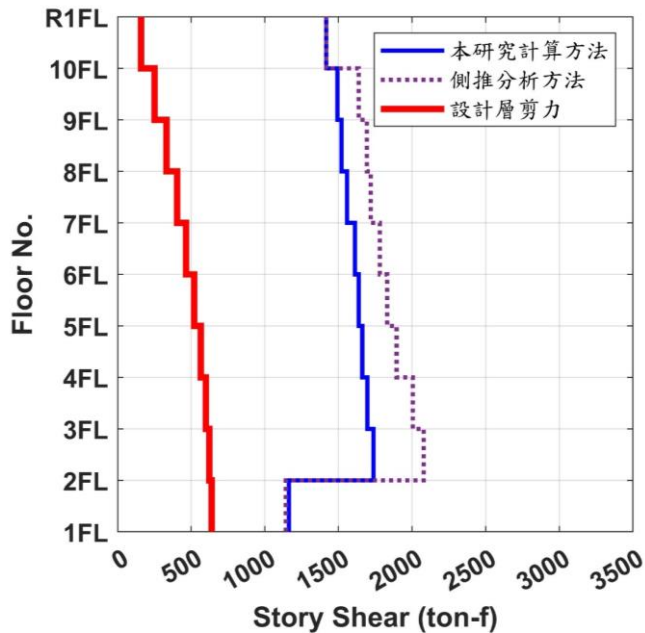
層別	RC牆配置	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	研究計算			側推分析		
			極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
R1FL	有	159.75	1417.53	8.87		1416.93	8.87	-
10FL	有	250.75	1493.19	5.95	0.67	1638.10	6.53	0.74
9FL	有	332.07	1520.68	4.58	0.77	1692.86	5.10	0.78
8FL	有	403.72	1558.91	3.86	0.84	1718.17	4.26	0.83
7FL	有	465.70	1612.59	3.46	0.90	1781.37	3.83	0.90
6FL	有	520.01	1638.14	3.15	0.91	1830.66	3.52	0.92
5FL	有	564.36	1661.43	2.94	0.93	1895.18	3.36	0.95
4FL	有	598.78	1696.51	2.83	0.96	2005.32	3.35	1.00
3FL	有	623.15	1738.22	2.79	0.98	2079.27	3.34	1.00
2FL	無	638.95	1163.24	1.82	0.63	1142.42	1.79	0.54

研究計算結果與側推分析方法一致

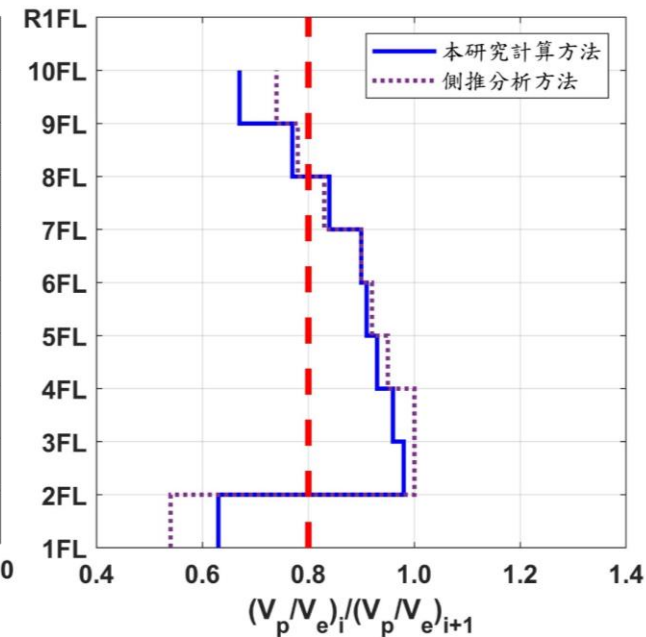
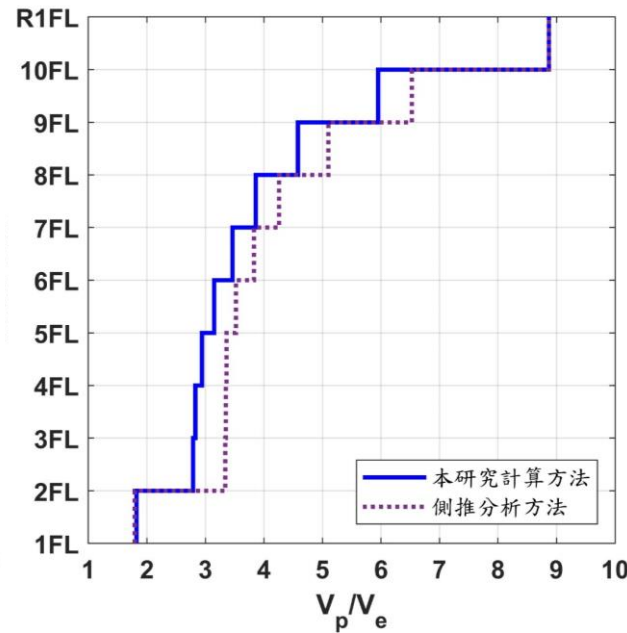
皆於2FL檢核出弱層

案例A-非結構RC牆極限層剪力計算

極限層剪力



規範2.17節弱層檢核



研究計算結果與側推分析方法一致
皆於2FL檢核出弱層

案例A-磚牆極限層剪力計算

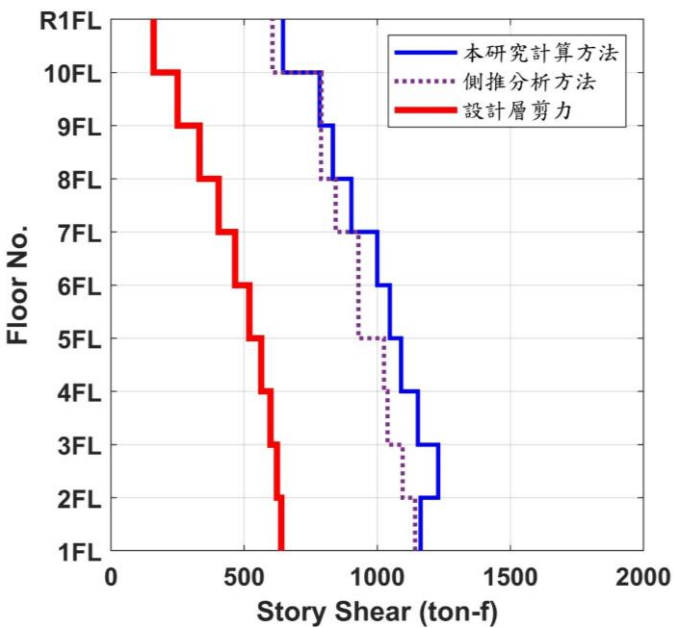
層別	磚牆配置	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	研究計算			側推分析		
			極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
R1FL	有	159.75	634.95	3.97		606.75	3.80	-
10FL	有	250.75	772.52	3.08	0.78	790.17	3.15	0.83
9FL	有	332.07	822.50	2.48	0.80	789.29	2.38	0.75
8FL	有	403.72	892.01	2.21	0.89	843.72	2.09	0.88
7FL	有	465.70	989.60	2.12	0.96	929.48	2.00	0.96
6FL	有	520.01	1036.06	1.99	0.94	929.79	1.79	0.90
5FL	有	564.36	1078.41	1.91	0.96	1025.04	1.82	1.02
4FL	有	598.78	1142.18	1.91	1.00	1038.40	1.73	0.95
3FL	有	623.15	1218.03	1.95	1.02	1095.00	1.76	1.01
2FL	無	638.95	1163.24	1.82	0.93	1142.42	1.79	1.02

研究計算結果與側推分析方法一致

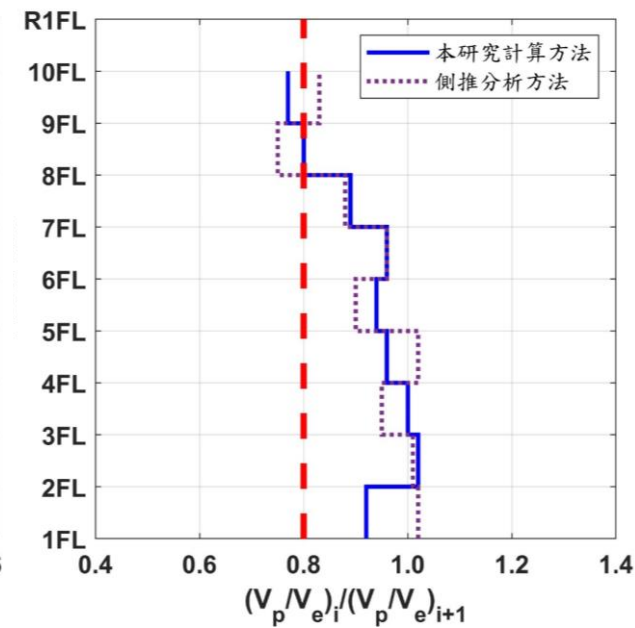
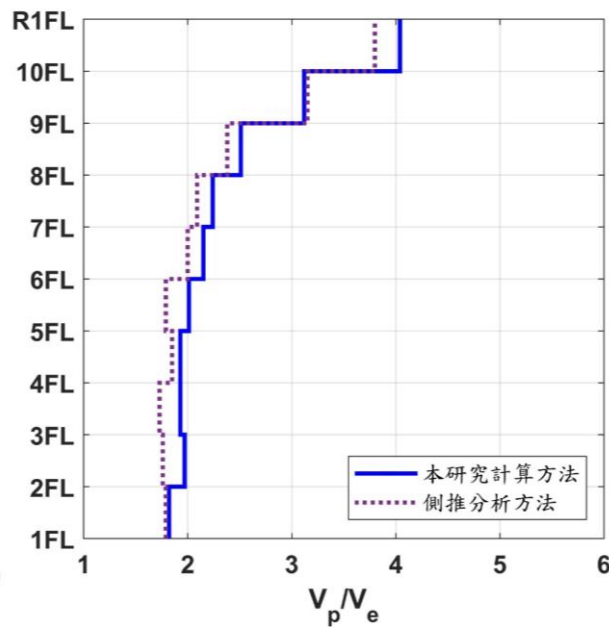
皆未檢核出弱層

案例A-磚牆極限層剪力計算

極限層剪力



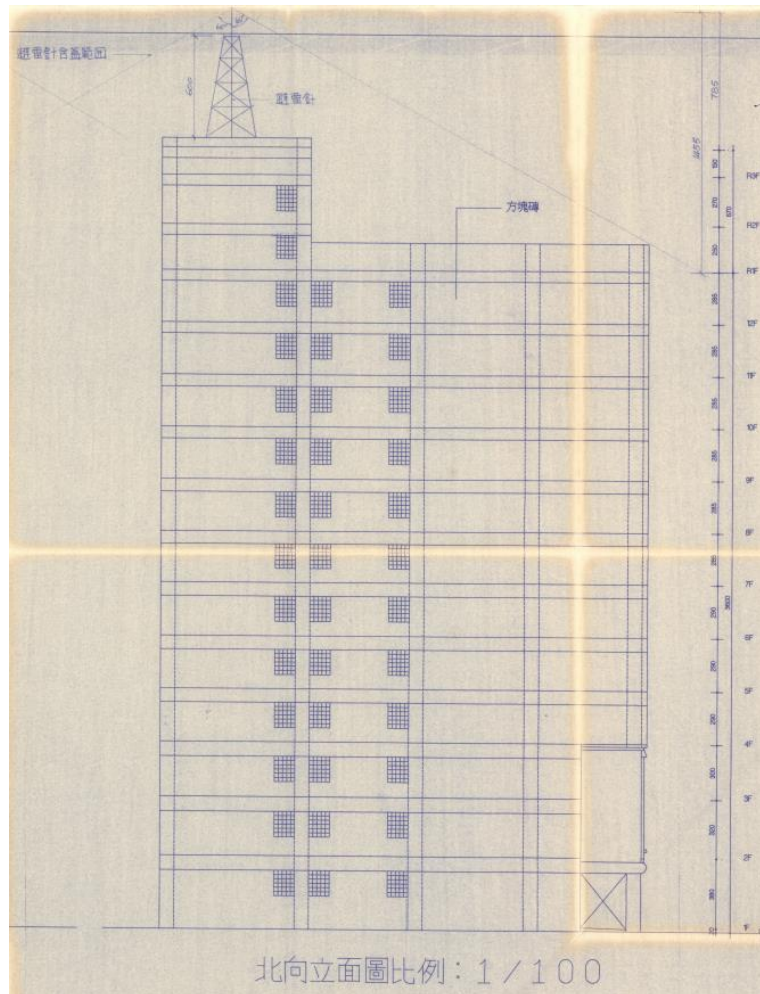
規範2.17節弱層檢核



研究計算結果與側推分析方法一致
皆未檢核出弱層

案例B-十二樓既有建物

十二層樓之商辦大樓，使用執照年份為民國85年

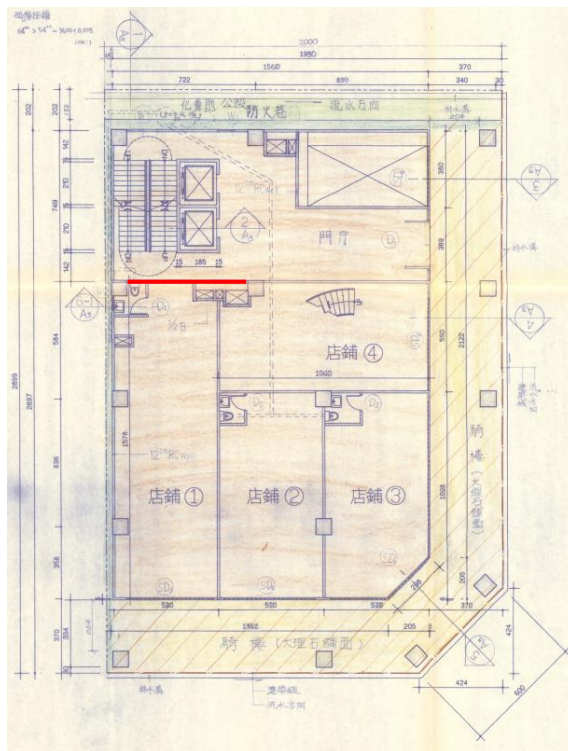


層別	樓高(m)	用途
12F	2.85	辦公室
11F	2.85	
10F	2.85	
9F	2.85	
8F	2.85	
7F	2.85	
6F	2.9	
5F	2.9	
4F	2.9	
3F	3.0	
2F	3.2	商業空間
1F	4.0	

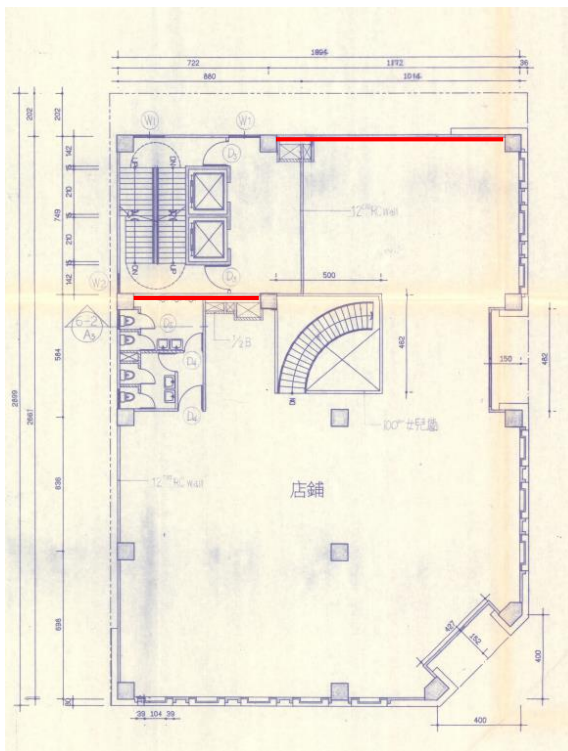
案例B-十二樓既有建物

- 建築平面圖

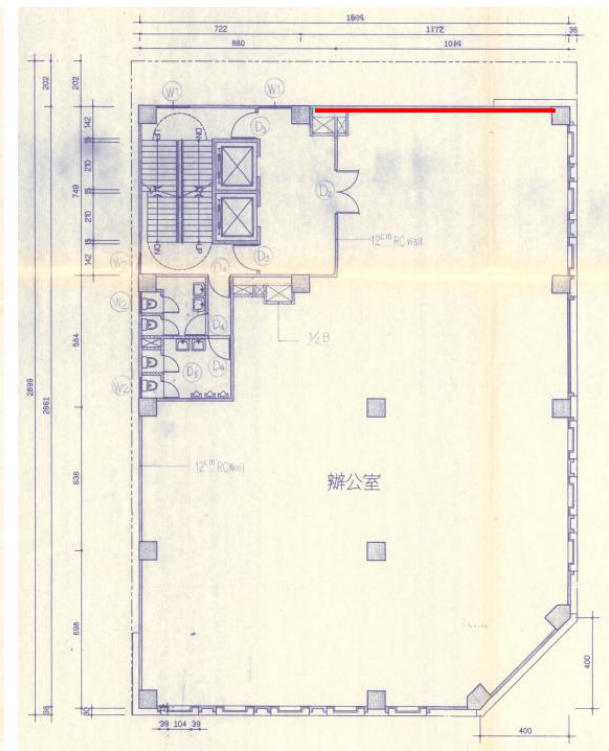
12cm厚RC牆



1F建築平面圖



2F建築平面圖



3F以上建築平面圖

案例B-極限層剪力計算

案例B 構架系統極限層剪力計算

層別	設計層剪力 $V_{ei}(\text{tf})$	極限層剪力 $V_{pi}(\text{tf})$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$\left(\frac{V_p}{V_e}\right)_i / \left(\frac{V_p}{V_e}\right)_{i+1}$
12F	209.12	512.41	2.45	-
11F	330.53	680.75	2.06	0.84
10F	441.72	833.33	1.89	0.92
9F	542.27	998.45	1.84	0.98
8F	632.43	1188.83	1.88	1.02
7F	712.16	1301.88	1.83	0.97
6F	783.01	1396.94	1.78	0.98
5F	842.99	1560.43	1.85	1.04
4F	892.09	1593.52	1.79	0.96
3F	930.33	1656.34	1.78	1.00
2F	957.11	1849.21	1.93	1.09
1F	973.01	1650.12	1.70	0.88

層別	非結構RC牆剪力強度 (tf)
12F	299.20
11F	299.20
10F	299.20
9F	299.20
8F	299.20
7F	299.20
6F	299.20
5F	299.20
4F	299.20
3F	299.20
2F	482.45
1F	183.25

案例B-含非結構牆計算結果

層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	主控破壞構件		極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
		構架系統 V_{p1}	非結構RC牆 V_{p2}			
12F	209.12	676.97	581.03	676.97	3.24	-
11F	330.53	845.31	673.61	845.31	2.56	0.79
10F	441.72	997.89	757.53	997.89	2.26	0.88
9F	542.27	1163.01	848.35	1163.01	2.14	0.95
8F	632.43	1353.39	953.06	1353.39	2.14	1.00
7F	712.16	1466.44	1015.24	1466.44	2.06	0.96
6F	783.01	1561.50	1067.51	1561.50	1.99	0.97
5F	842.99	1724.99	1157.44	1724.99	2.05	1.03
4F	892.09	1758.08	1175.64	1758.08	1.97	0.96
3F	930.33	1820.90	1210.18	1820.90	1.96	0.99
2F	957.11	2114.56	1499.52	2114.56	2.21	1.13
1F	973.01	1750.90	1090.82	1750.90	1.80	0.81

案例B-以側推分析檢核

本研究計算結果				
層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
3F	930.33	1820.90	1.96	0.99
2F	957.11	2114.56	2.21	1.13
1F	973.01	1750.90	1.80	0.81

側推分析結果				
層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
3F	930.33	2129.93	2.29	
2F	957.11	2382.63	2.49	1.09
1F	973.01	2534.00	2.60	1.05

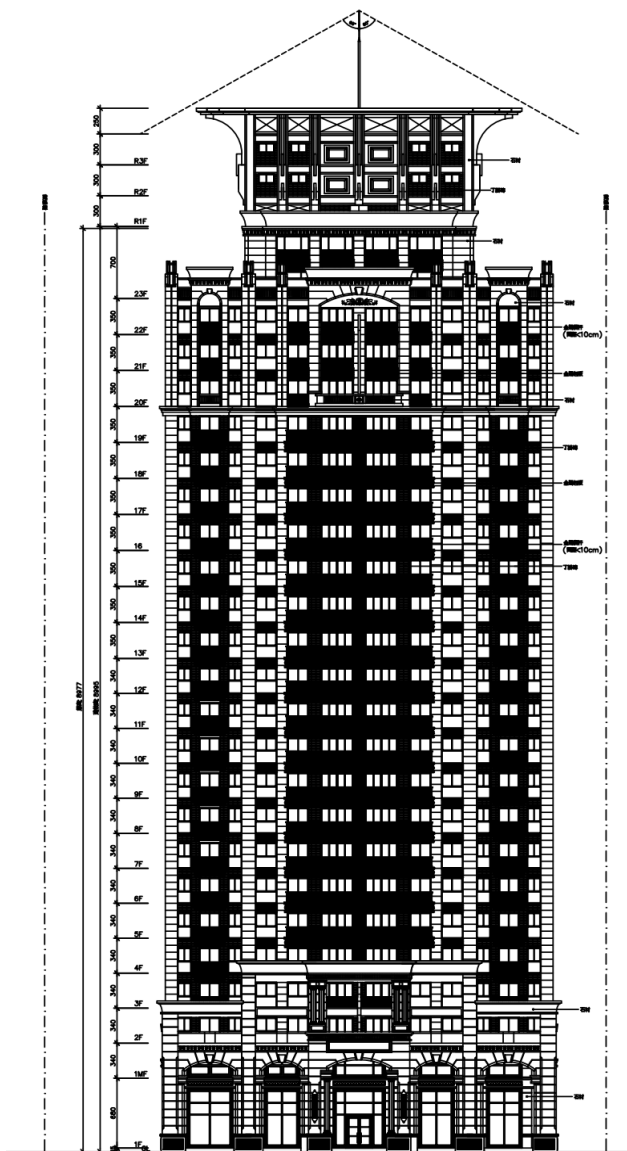
研究計算結果與側推分析方法一致

皆未檢核出弱層

且計算方法較側推分析方法保守

案例C-二十三層樓新建建物

- 位於新竹市之二十三層樓新建建築物
- 地下四層、地上二十三層樓
- 總樓高為89.95公尺(不含屋突層)

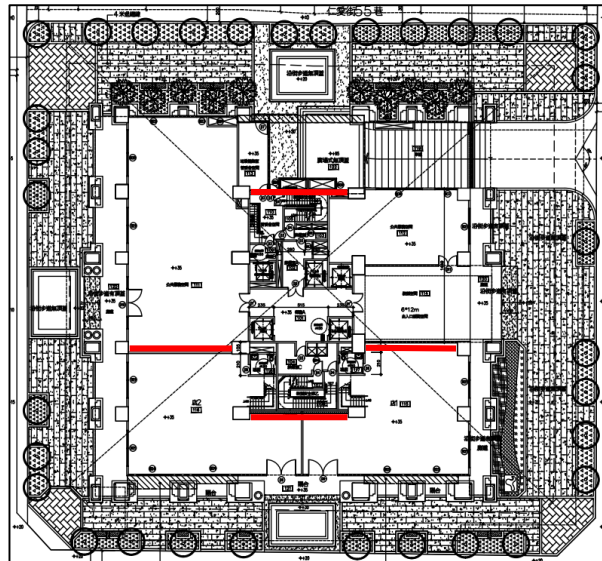


西南向立面圖 S: 1/200

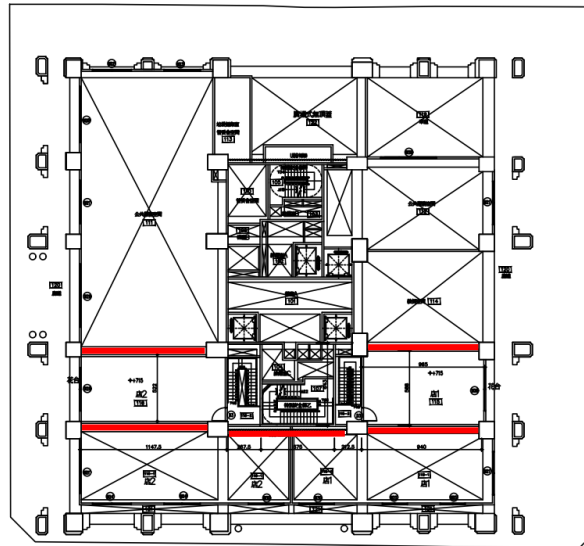
樓層	高度(m)	用途
PRF	--	屋頂平台
R1F~R3F	3.00	梯廳、機房、水箱
23F	7.00	管委會、梯廳
13F~22F	3.50	集合住宅、梯廳
1MF~12F	3.40	集合住宅、梯廳
1F	7.15	管委會、店鋪
B1F	3.85	防空避難空間、機房、 停車空間
B2F~B4F	3.30	停車空間、機房

案例C-二十三層樓新建建物

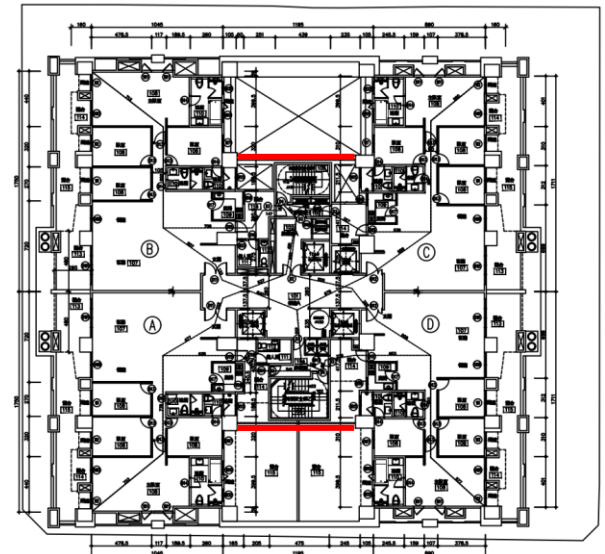
- 建築平面圖



1F建築平面圖



1MF建築平面圖



2F以上建築平面圖

案例C-空構架極限層剪力計算

案例C 構架系統極限層剪力計算

層別	設計層剪力 $V_{ei}(\text{tf})$	極限層剪力 $V_{pi}(\text{tf})$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
11F	2155.82	3601.39	1.67	1.00
10F	2222.69	3711.62	1.67	1.00
9F	2283.53	3841.51	1.68	1.01
8F	2338.35	3955.87	1.69	1.01
7F	2387.15	4082.31	1.71	1.01
6F	2429.93	4140.30	1.70	1.00
5F	2466.68	4189.07	1.70	1.00
4F	2500.06	4278.21	1.71	1.01
3F	2525.95	4394.73	1.74	1.02
2F	2548.53	4665.59	1.83	1.05
1MF	2558.97	4284.64	1.67	0.91
1F	2931.97	4448.43	1.52	0.91

層別	非結構RC牆剪力強度 (tf)
11F	719.13
10F	719.13
9F	719.13
8F	719.13
7F	719.13
6F	719.13
5F	719.13
4F	719.13
3F	719.13
2F	719.13
1MF	2161.26
1F	1436.33

案例C-非結構RC牆極限層剪力計算

層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	主控破壞構件		極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
		構架系統 V_{p1}	非結構RC牆 V_{p2}			
11F	2155.82	3996.91	2699.89	3996.91	1.85	1.00
10F	2222.69	4107.14	2760.52	4107.14	1.85	1.00
9F	2283.53	4237.04	2831.96	4237.04	1.86	1.00
8F	2338.35	4351.39	2894.86	4351.39	1.86	1.00
7F	2387.15	4477.83	2964.40	4477.83	1.88	1.01
6F	2429.93	4535.82	2996.29	4535.82	1.87	1.00
5F	2466.68	4584.59	3023.12	4584.59	1.86	1.00
4F	2500.06	4673.73	3072.15	4673.73	1.87	1.01
3F	2525.95	4790.25	3136.23	4790.25	1.90	1.01
2F	2548.53	5061.11	3285.21	5061.11	1.99	1.05
1MF	2558.97	5473.33	4517.81	5473.33	2.14	1.08
1F	2931.97	5238.41	3882.97	5238.41	1.79	0.84

案例C-非結構RC牆側推檢核

本研究計算結果				
層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
2F	2548.53	5061.11	1.99	1.05
1MF	2558.97	5473.33	2.14	1.08
1F	2931.97	5238.41	1.79	0.84

側推分析結果				
層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
2F	2548.53	5188.82	2.04	-
1MF	2558.97	5879.65	2.30	1.13
1F	2931.97	5971.29	2.04	0.89

研究計算結果與側推分析方法一致

皆未檢核出弱層

且計算方法較側推分析方法保守

案例C-磚牆極限層剪力計算

層別	磚牆剪力強度 (tf)
11F	132.12
10F	132.12
9F	132.12
8F	132.12
7F	132.12
6F	132.12
5F	132.12
4F	132.12
3F	132.12
2F	132.12
1MF	396.92
1F	355.32

案例C-磚牆極限層剪力計算

層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	主控破壞構件		極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
		構架系統 V_{p1}	磚牆 V_{p2}			
11F	2155.82	3693.87	2653.09	3693.87	1.71	1.00
10F	2222.69	3804.10	2730.25	3804.10	1.71	1.00
9F	2283.53	3934.00	2821.18	3934.00	1.72	1.01
8F	2338.35	4048.35	2901.23	4048.35	1.73	1.00
7F	2387.15	4174.79	2989.74	4174.79	1.75	1.01
6F	2429.93	4232.78	3030.33	4232.78	1.74	1.00
5F	2466.68	4281.56	3064.47	4281.56	1.74	1.00
4F	2500.06	4370.69	3126.87	4370.69	1.75	1.01
3F	2525.95	4487.21	3208.43	4487.21	1.78	1.02
2F	2548.53	4758.07	3398.03	4758.07	1.87	1.05
1MF	2558.97	4562.48	3396.17	4562.48	1.78	0.95
1F	2931.97	4697.15	3469.22	4697.15	1.60	0.90

案例C-磚牆側推檢核

本研究計算結果

層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
2F	2548.53	4758.07	1.87	1.05
1MF	2558.97	4562.48	1.78	0.95
1F	2931.97	4697.15	1.60	0.90

側推分析結果

層別	設計層剪力 $V_{ei}(tf)$	極限層剪力 $V_{pi}(tf)$	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
2F	2548.53	4461.63	1.75	-
1MF	2558.97	4733.15	1.85	1.06
1F	2931.97	4825.45	1.65	0.89

研究計算結果與側推分析方法一致

皆未檢核出弱層

七、結論與建議

結論

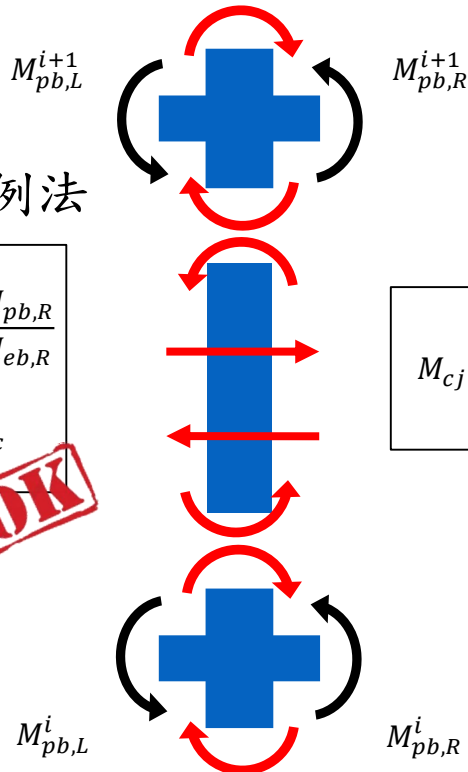
一. 構架系統極限層剪力計算：

1. 本研究以側推分析方法驗證，彈塑性比例法及勁度分配法之簡易算法，仍可得到與非線性側推分析第一階段相符之結果。

彈塑性比例法

$$\delta = \frac{M_{pb,L} + M_{pb,R}}{M_{eb,L} + M_{eb,R}}$$
$$M_c = \delta M_{ec}$$

OK

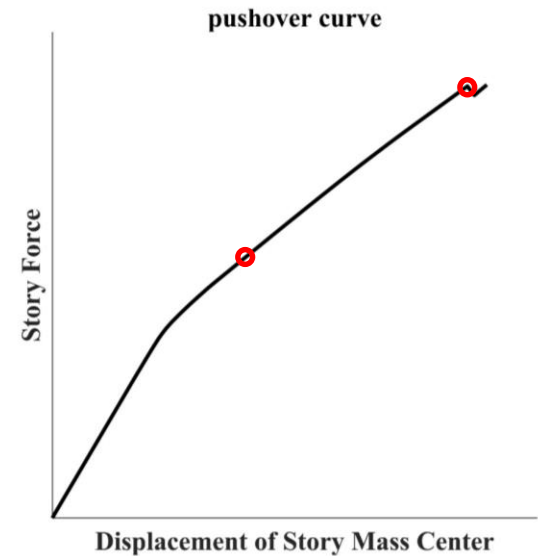


勁度分配法

$$M_{cj} = (M_{bpL}^i + M_{bpR}^i) \times \frac{\frac{E_i I_i}{h_i}}{\frac{E_i I_i}{h_i} + \frac{E_{i+1} I_{i+1}}{h_{i+1}}}$$

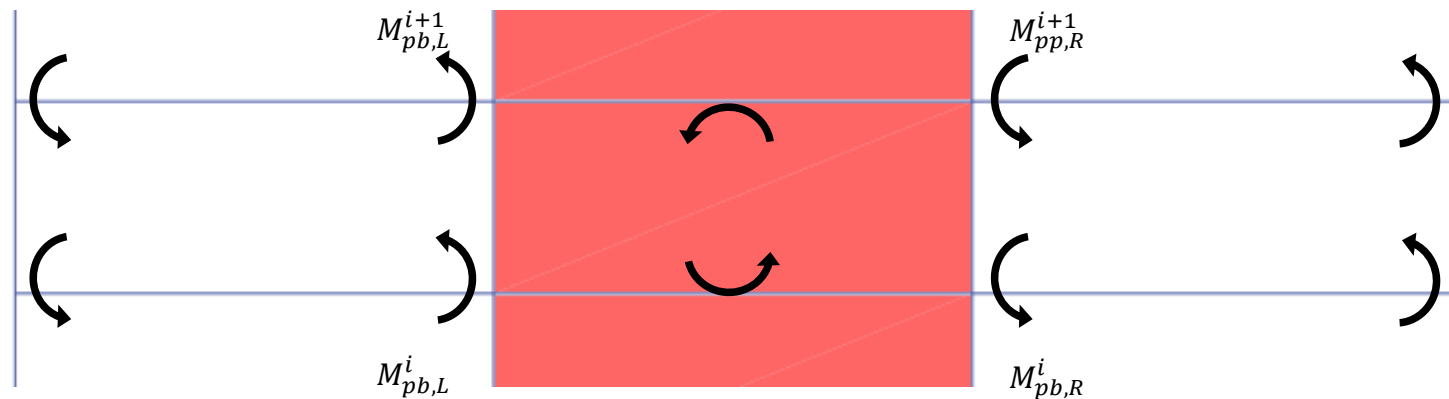
OK

側推分析法



二. 構架系統含結構牆極限層剪力計算：

1. 本研究以側推分析方法驗證，彈塑性比例法計算層剪力之結果較側推分析第一階段保守，可作為極限層剪力計算之方法。



$$\alpha = \frac{M_{pb,L} + M_{pb,R}}{M_{eb,L} + M_{eb,R}}$$

$$M_w = \alpha \times M_e$$

$$V_M = \frac{M_{w, TOP} + M_{w, BOT}}{h}$$

$$V_n = (\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) A_{cv}$$

$$V_{wall} = \min(V_M, V_n)$$

$$V_p = V_{frame} + \sum V_{wall}$$

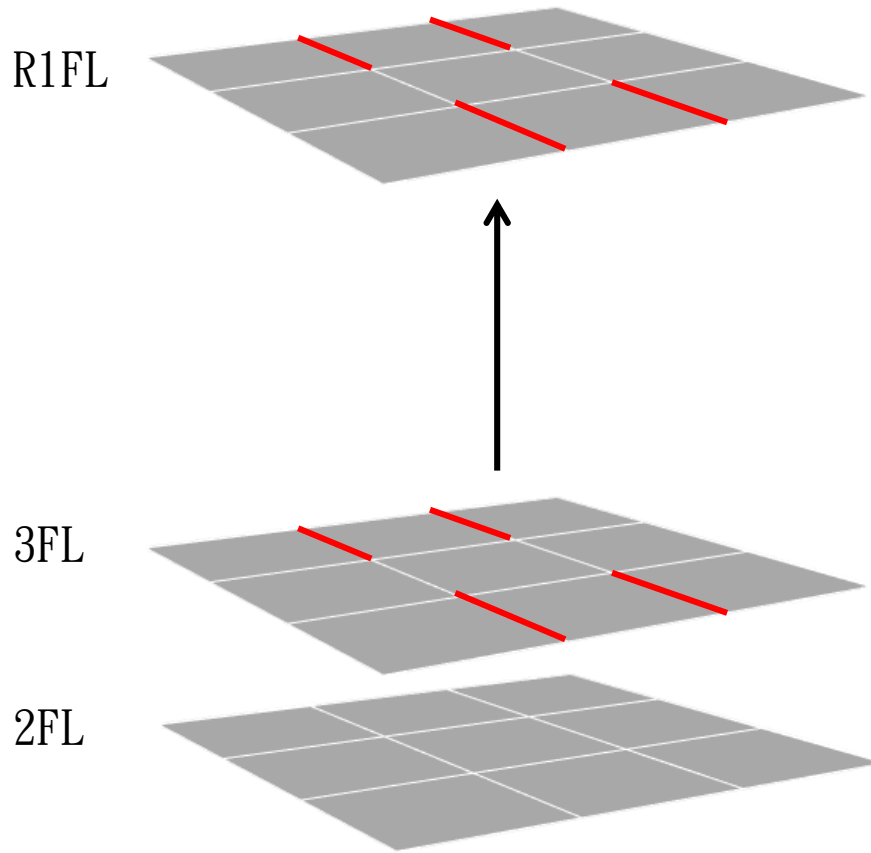


三. 構架含非結構牆極限層剪力計算：

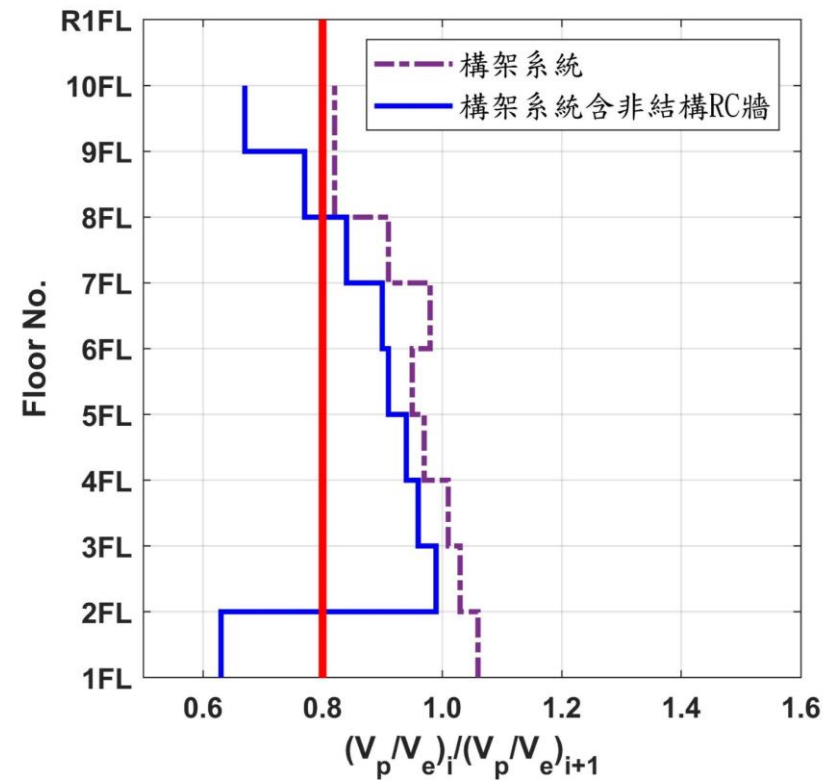
1. 考慮其各構件極限強度並不會同時發生，計算不同極限狀態之樓層極限層剪力強度，並以其中最大值為該樓層之極限層剪力強度。

構架達極限狀態	V_{p1}	=	$V_{frame} + 0.55 \sum V_{RCwall} + 0.70 \sum V_{BW}$
非結構RC牆破壞	V_{p2}	=	$0.55V_{frame} + \sum V_{RCwall} + 0.90 \sum V_{BW}$
磚牆破壞	V_{p3}	=	$0.70V_{frame} + 0.85 \sum V_{RCwall} + \sum V_{BW}$
極限層剪力	V_p	=	$\max(V_{p1}, V_{p2}, V_{p3})$

四. 案例計算：



案例A



結論

五. 簡易層剪力評估方法：

弱柱強梁既有建築

強度參與係數

平均單位面積抗側力強度

單位面積抗側力強度 (kgf/cm^2)		五層樓 以下	十層樓 以上
柱	一般柱	9	20
	長柱	5	10
RC牆	無開口	22	30
	開口	18	25
磚牆	四面圍束	5.5	5.5
	三面圍束	3.8	3.6

強度參與係數		RC牆 α_{rcw}	磚牆 α_{bw}	一般柱 α_c	長柱 α_{lc}
五層樓 以下	RC牆破壞	1.00	0.90	0.75	0.55
	磚牆破壞	0.95	1.00	0.80	0.65
	一般柱破壞	0.85	0.80	1.00	0.80
	長柱破壞	0.70	0.55	1.00	1.00
十層樓 以上	RC牆破壞	1.00	0.90	0.90	0.70
	磚牆破壞	0.85	1.00	0.95	0.75
	一般柱破壞	0.65	0.95	1.00	0.85
	長柱破壞	0.15	0.75	0.80	1.00

參考文獻：鍾立來、邱聰智等人，「單棟大樓階段性補強技術手冊及示範案例規劃設計監造(評估與設計技術篇)」，內政部營建署委託研究計劃期中報告，台北，2019。

五. 簡易層剪力評估方法：

弱柱強梁既有建築

以十層樓以上建築物為例

RC牆破壞時：

$$V_{p1} = 30 \sum A_{rcw} + 0.90 \times 5.5 \sum A_{bw} + 0.90 \times 20 \sum A_c + 0.70 \times 10 \sum A_{lc}$$

磚牆破壞：

$$V_{p2} = 0.85 \times 30 \sum A_{rcw} + 5.5 \sum A_{bw} + 0.95 \times 20 \sum A_c + 0.75 \times 10 \sum A_{lc}$$

一般柱破壞時：

$$V_{p3} = 0.65 \times 30 \sum A_{rcw} + 0.95 \times 5.5 \sum A_{bw} + 20 \sum A_c + 0.85 \times 10 \sum A_{lc}$$

長柱破壞時：

$$V_{p4} = 0.15 \times 30 \sum A_{rcw} + 0.75 \times 5.5 \sum A_{bw} + 0.80 \times 20 \sum A_c + 10 \sum A_{lc}$$

$$\text{極限層剪力：} V_p = \max(V_{p1}, V_{p2}, V_{p3}, V_{p4})$$

五. 簡易層剪力評估方法：

強柱弱梁既有建築&新建建物

強度參與係數建議值			
	構架	非結構RC牆	磚牆
構架破壞	1.00	0.55	0.70
非結構RC牆破壞	0.55	1.00	0.90
磚牆破壞	0.70	0.85	1.00

構架達極限狀態：

$$V_{p1} = V_{frame} + 0.55 \sum V_{RCwall} + 0.70 \sum V_{BW}$$

非結構RC牆破壞：

$$V_{p2} = 0.55V_{frame} + \sum V_{RCwall} + 0.90 \sum V_{BW}$$

磚牆破壞：

$$V_{p3} = 0.70V_{frame} + 0.85 \sum V_{RCwall} + \sum V_{BW}$$

$$\text{極限層剪力：} V_p = \max(V_{p1}, V_{p2}, V_{p3})$$

建議

- 本研究提出之含非結構牆之極限層剪力強度評估算法為一簡易算法，提供工程師於設計時快速進行極限層剪力強度檢核工作，若工程師需要更精確之結果進行評估，仍建議工程師依照實際設計需求以側推分析方法進行檢核，並驗證本方法之有效性及合理性。

敬請指教