國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

中華民國全國建築師公會
建築物軟弱層補強講習會

新建建物耐震弱層檢核

邱聰智　國立雲林科技大學 副教授
暨國家地震工程研究中心 合聘研究員

魏銪廷　國家地震工程研究中心 專案助理技術師

南區：114年10月31日 中區：114年11月7日 北區：114年11月14日

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　　大匠工程顧問有限公司

臺中市土木技師公會　　立信工程顧問有限公司

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

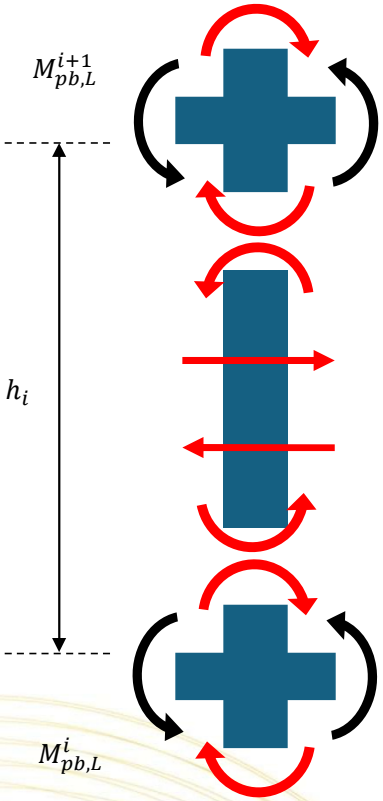
國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

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



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

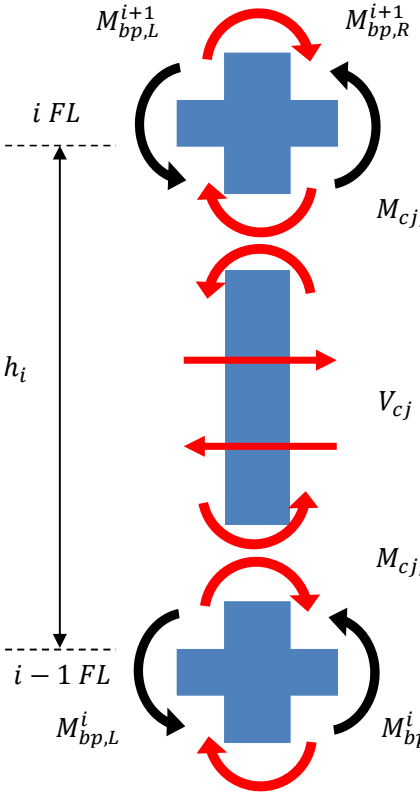
$$M_{cj,TOP} = \delta_{TOP} M_{ec,TOP}$$

$$V_{cj} = \frac{M_{cj,TOP} + M_{cj,BOT}}{h_i}$$

$$M_{cj,BOT} = \delta_{BOT} M_{ec,BOT}$$

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

- 勁度分配法



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

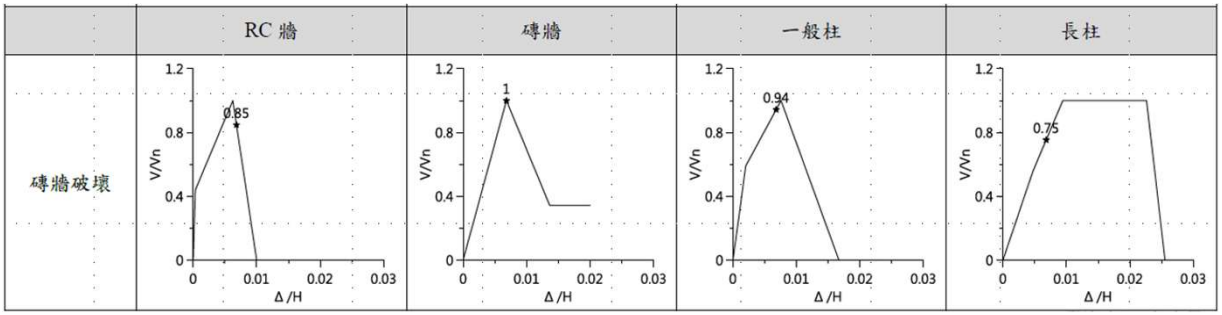
$$V_{cj} = \frac{M_{cj,TOP} + M_{cj,BOT}}{h_i}$$

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

中國土木水利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.

范揚志、鍾立來、楊卓諺、劉紹魁、洪維良、陳陸民，「直接彎矩平衡之極限基底剪力」，結構工程，第30卷，第3期，第53-66頁，2015年.

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

新建建物採強柱弱梁之設計

梁端破壞時的評估公式 ?

林煜衡，鋼筋混凝土結構物排除軟弱層之簡易設計方法，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，台北市 (2018)。

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

國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

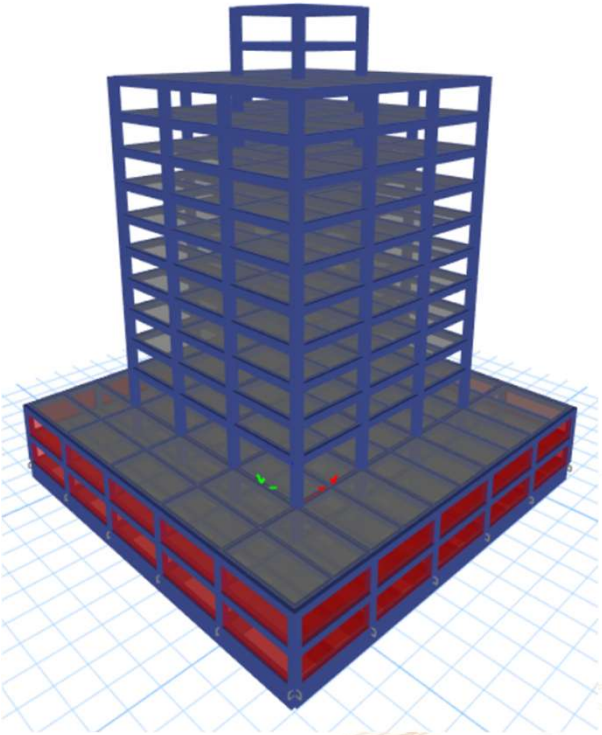
標的案例參考土木404-100設計示範例

建築概要

- ◆工程位於台中市中區
- ◆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：
  標準層高度為3.2 m
  1FL高度為4.5 m
  R1F、R2F高度為3 m

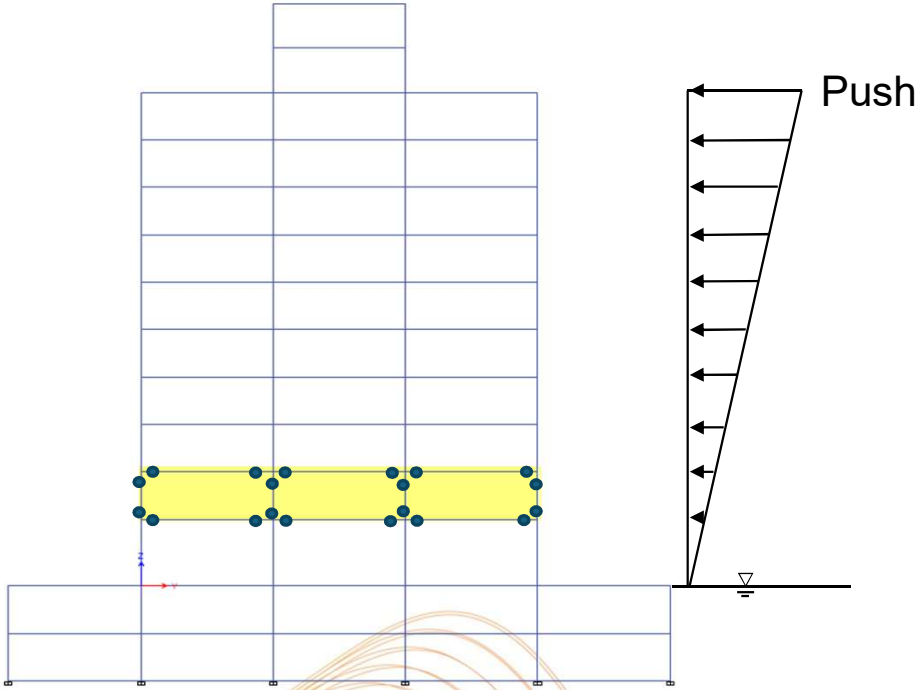
結構概述

- ◆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 kgf/cm^2



側推分析方法

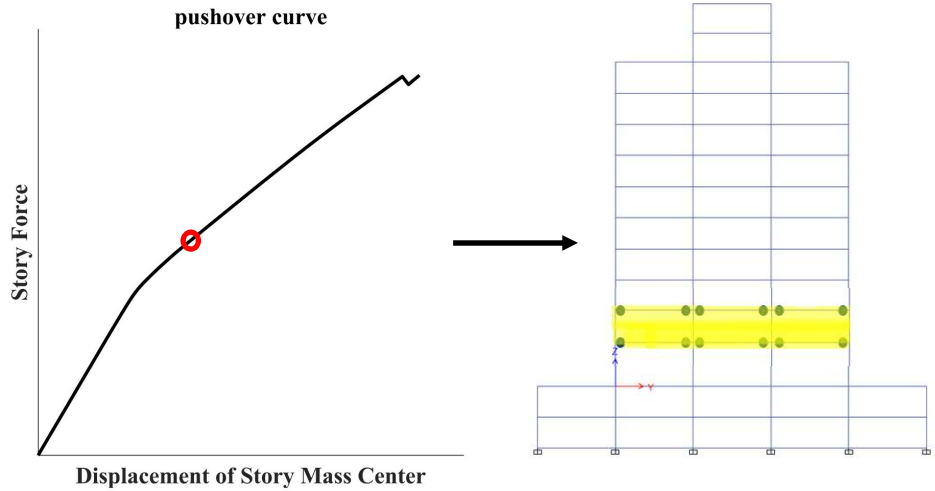
於目標樓層設置塑鉸，側推求該樓層極限層剪力



側推分析方法

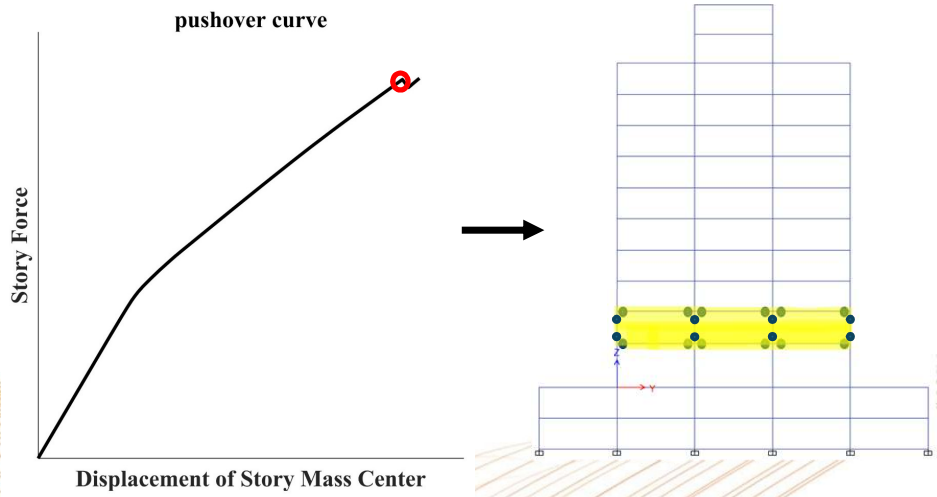
側推分析第一階段

梁端皆產生塑鉸



側推分析第二階段

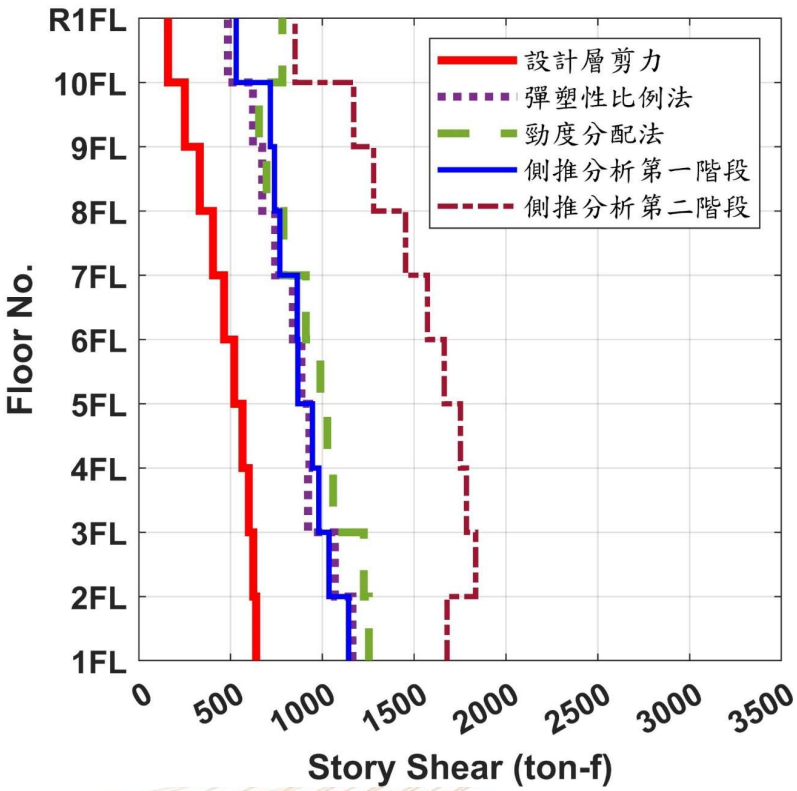
最大樓層剪力強度



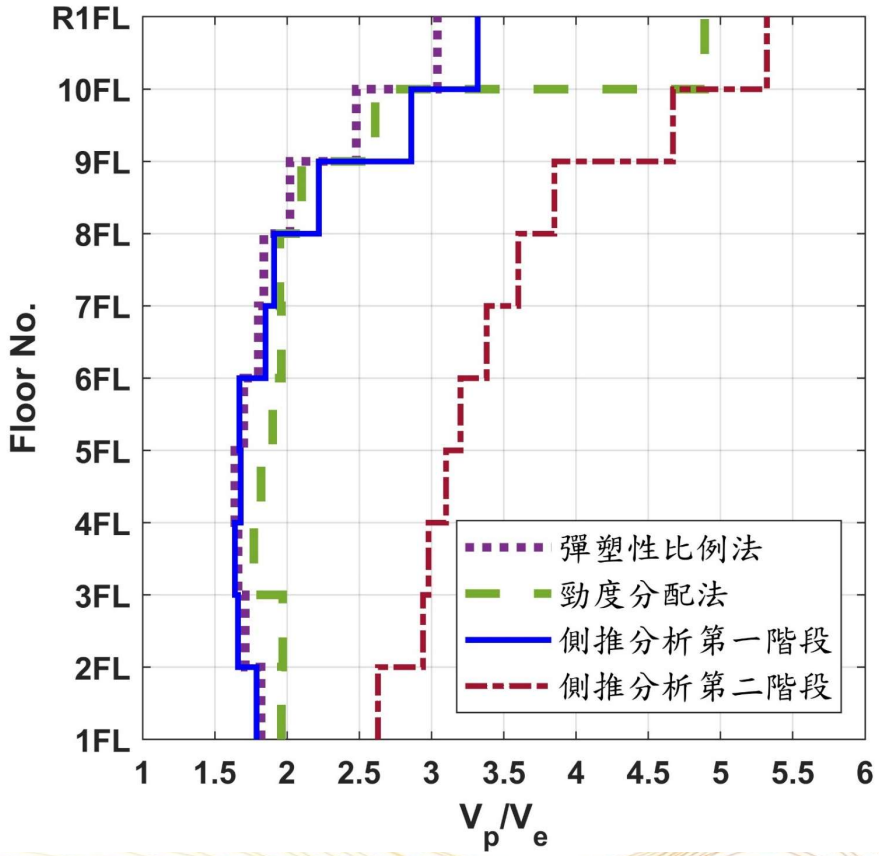
構架系統層剪力計算比較

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

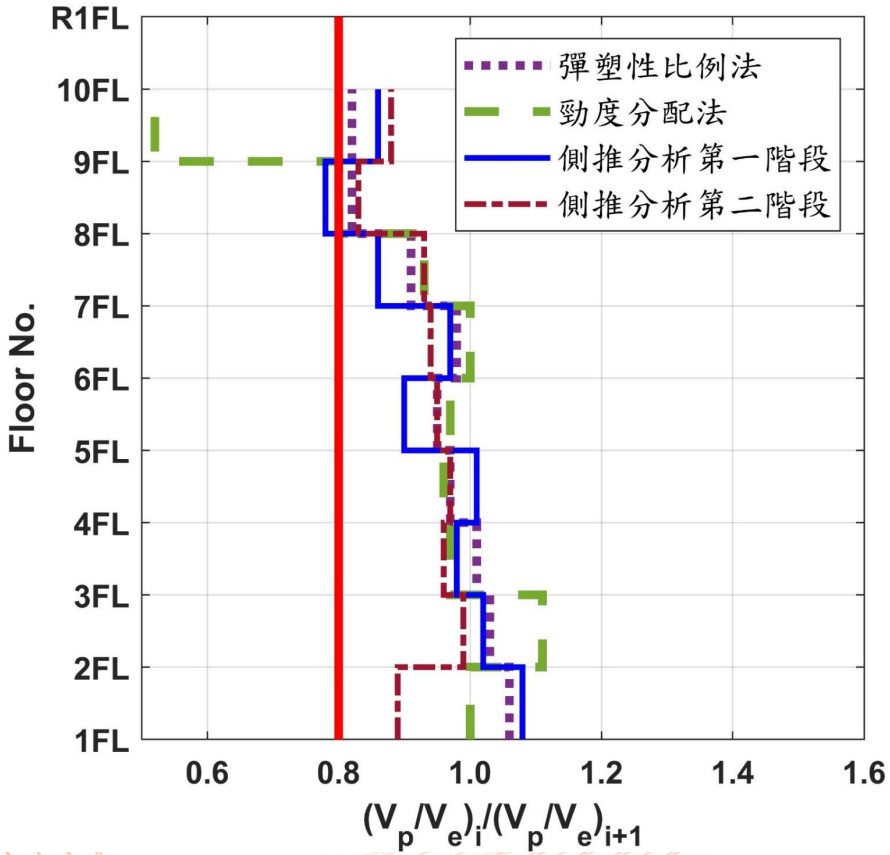
極限層剪力



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

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：

標準層高度為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

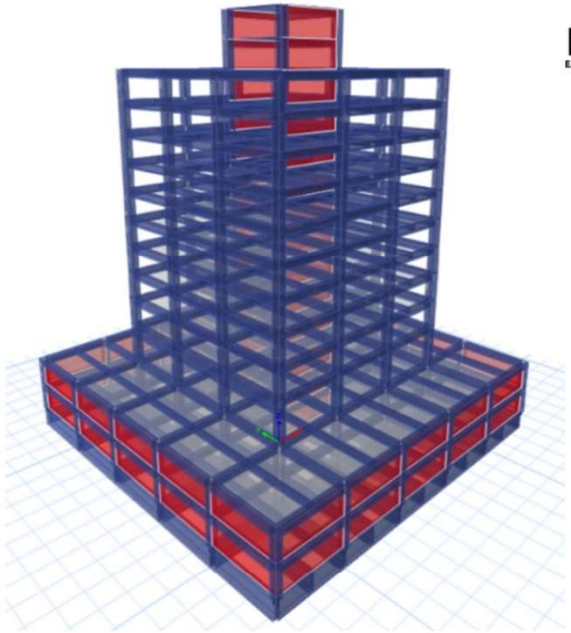
各樓層兩片剪力牆，厚度2FL~3FL為30 cm
4FL~5FL為25cm、其餘均為20cm

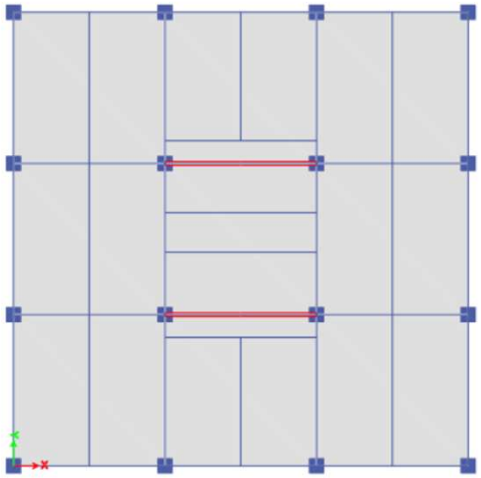
X向共3跨構架，柱心跨距為8 m

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 kgf/cm^2





結構牆極限側向強度計算方法

國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

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

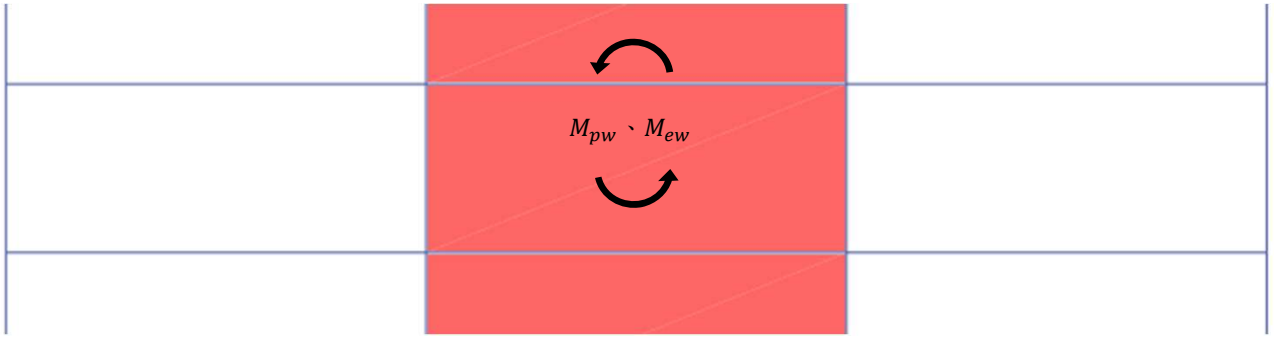
結構牆剪力控制之側向強度

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

結構牆極限側向強度計算方法

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

結構牆撓曲控制之側向強度 (土木404-100)



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

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

此法將結構牆與構架系統視為獨立分開計算強度

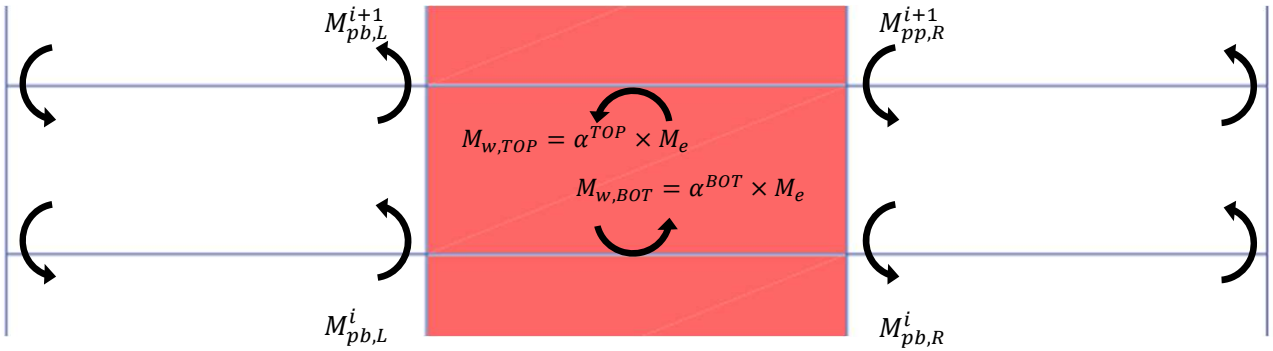
未考慮兩者間極限強度不會同時發生

結構牆極限側向強度計算方法

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

結構牆撓曲控制之側向強度 (彈塑性比例法)

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



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

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

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

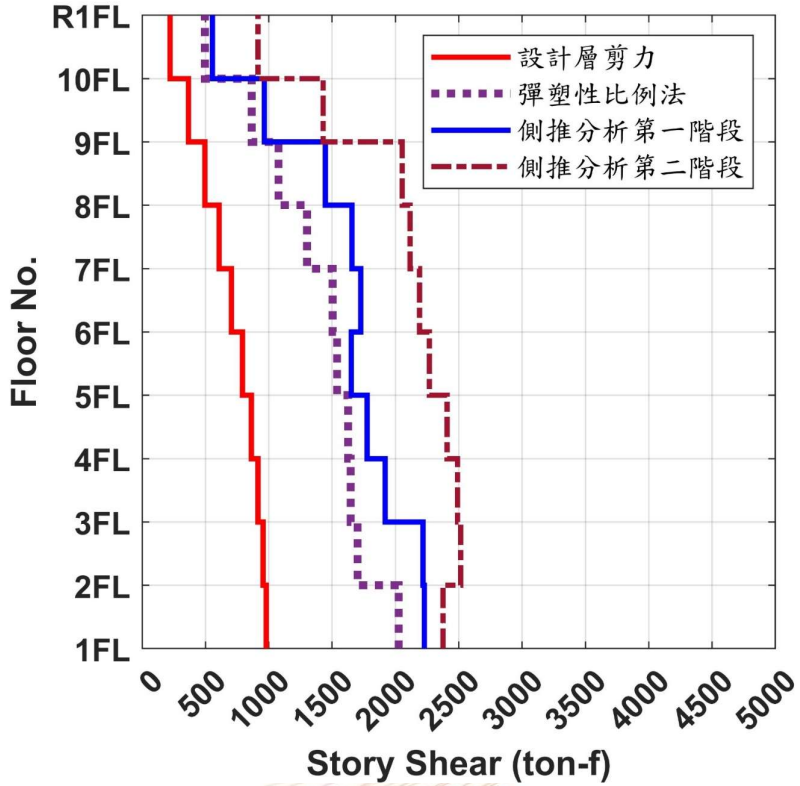
$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f_c'} + \rho_t f_y) A_{cv}$$

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

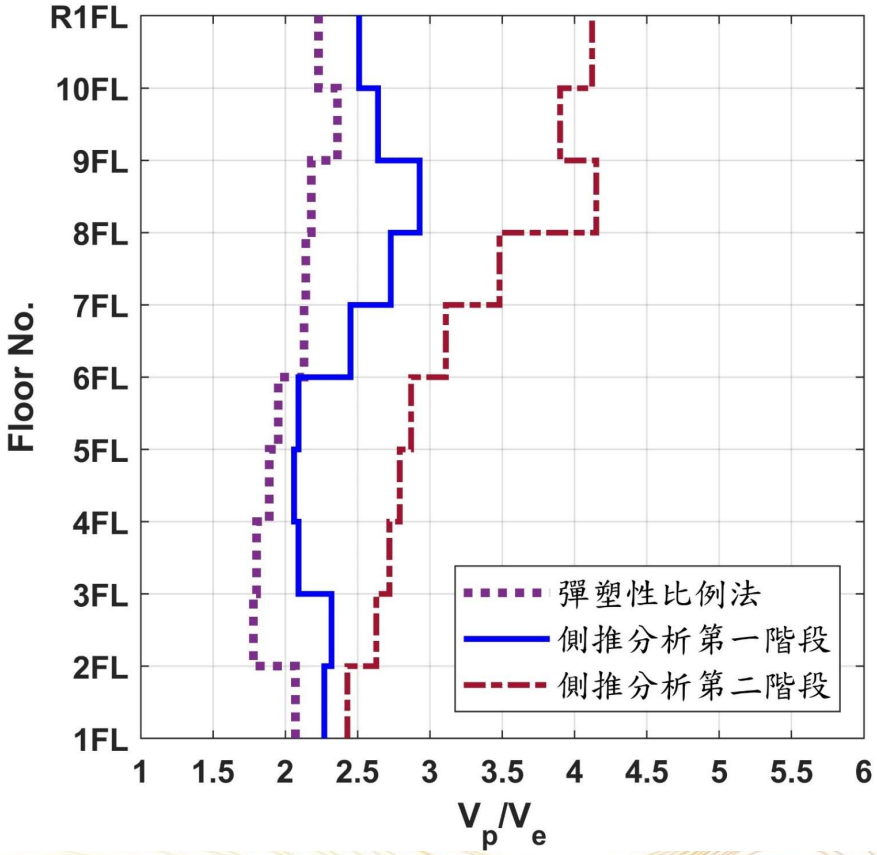
構架系統含結構牆層剪力計算比較

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

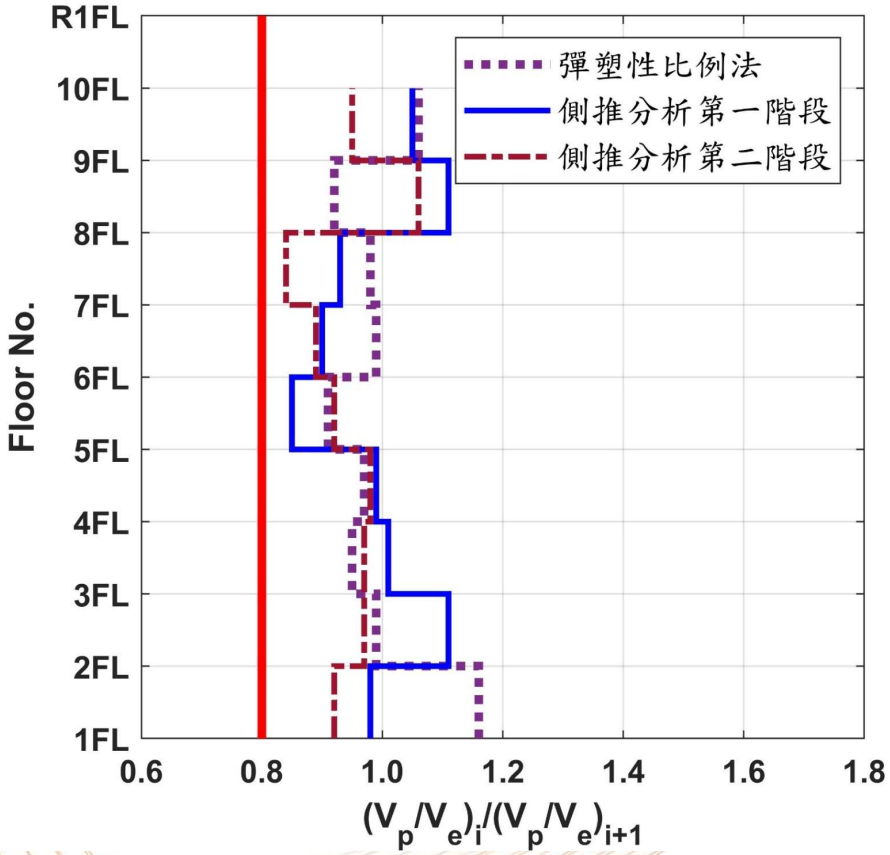
極限層剪力



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

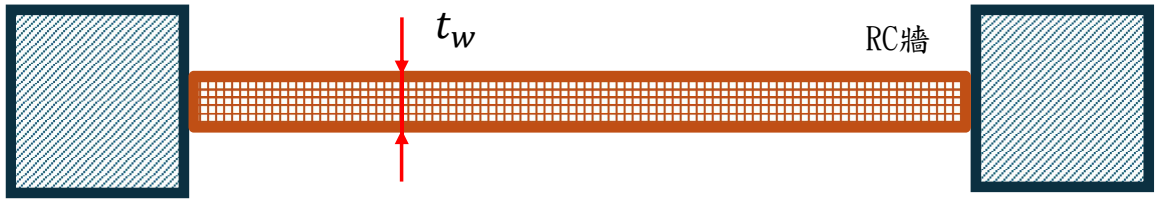
非結構RC牆之強度計算及模擬方法

強度參與係數

非結構RC牆研究標的案例介紹

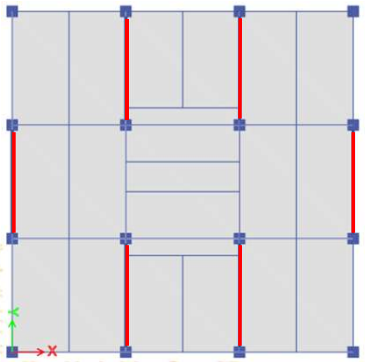
國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

非結構RC牆厚度及配筋

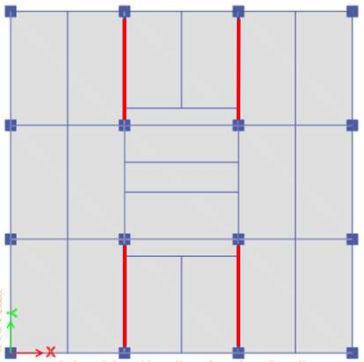


$t_w = 12cm$	D10@20cm雙向單層	$\rho_h = 0.297\%$
$t_w = 15cm$	D10@20cm雙向雙層	$\rho_h = 0.473\%$
$t_w = 20cm$	D10@20cm雙向雙層	$\rho_h = 0.355\%$

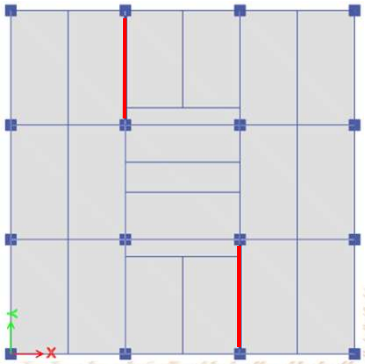
非結構RC牆配置位置



6片非結構牆配置



4片非結構牆配置



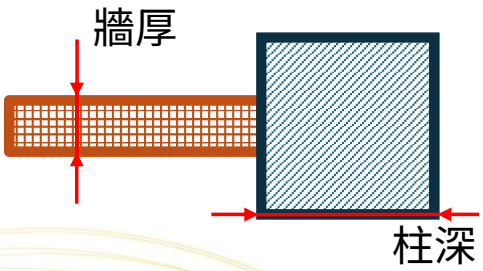
2片非結構牆配置

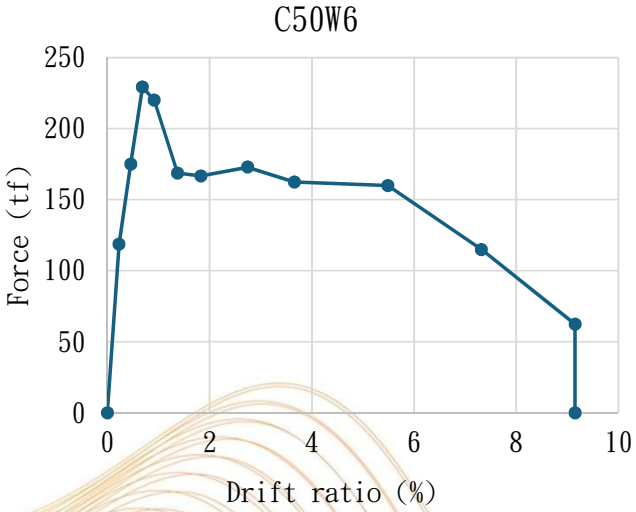
非結構RC牆之剪力強度計算

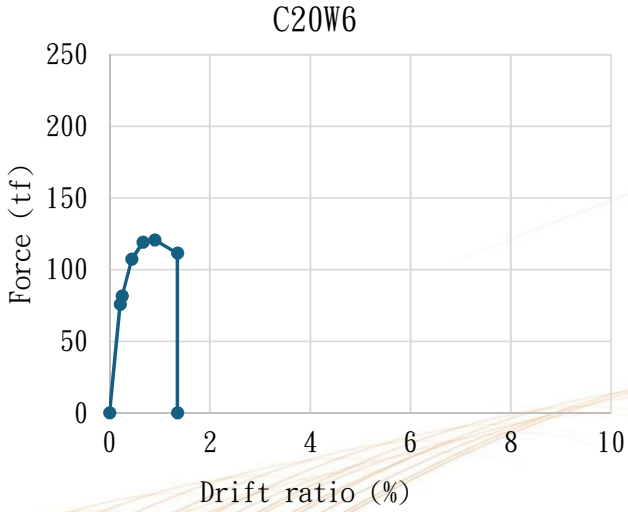
- RC牆之剪力強度評估公式
  - 建築物混凝土結構設計規範，新建設計所採用

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

- 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。

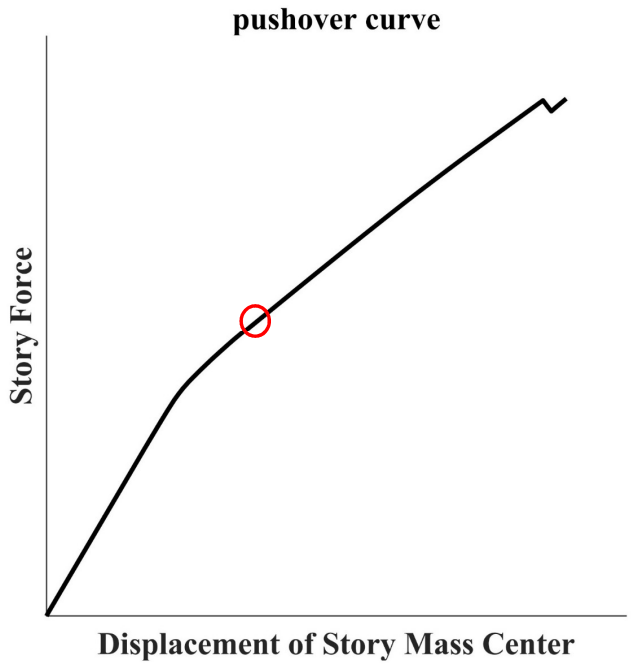


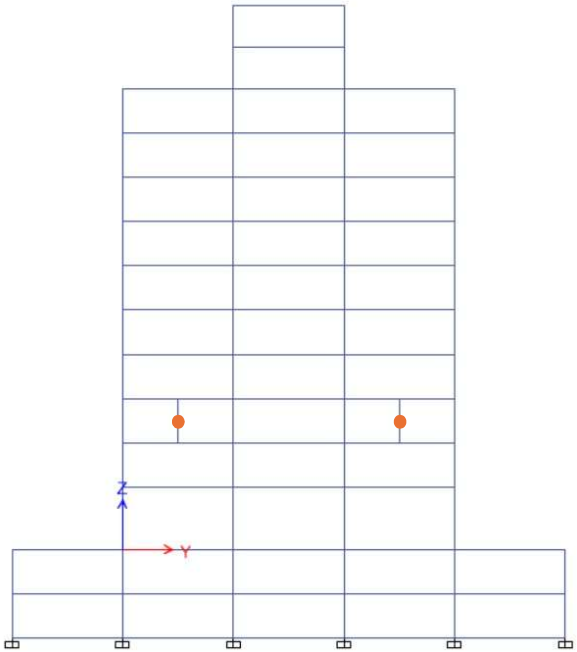




劉德賢，「RC牆板厚與邊界柱深相互間關係對構架耐震行為之研究」，國立交通大學土木工程系所，2016年.

非結構RC牆達最大強度時，構架系統之強度發揮比例

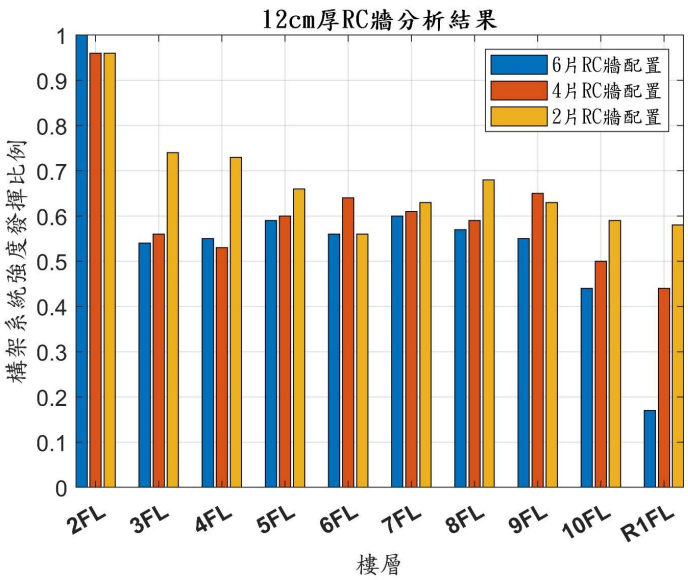


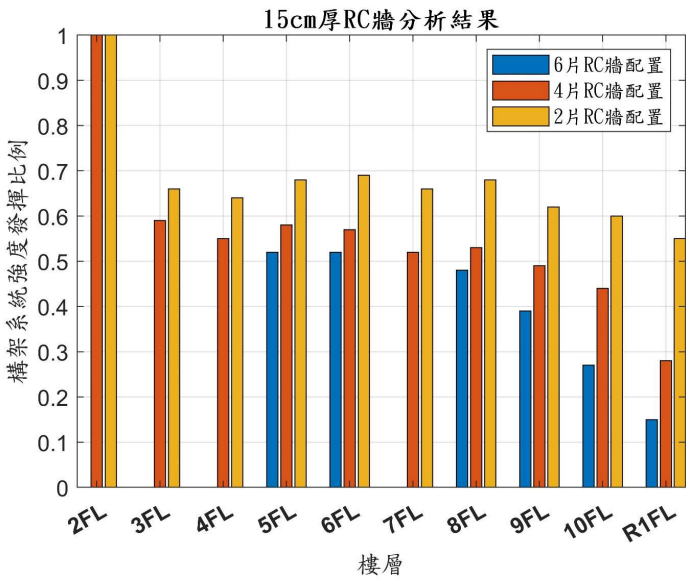


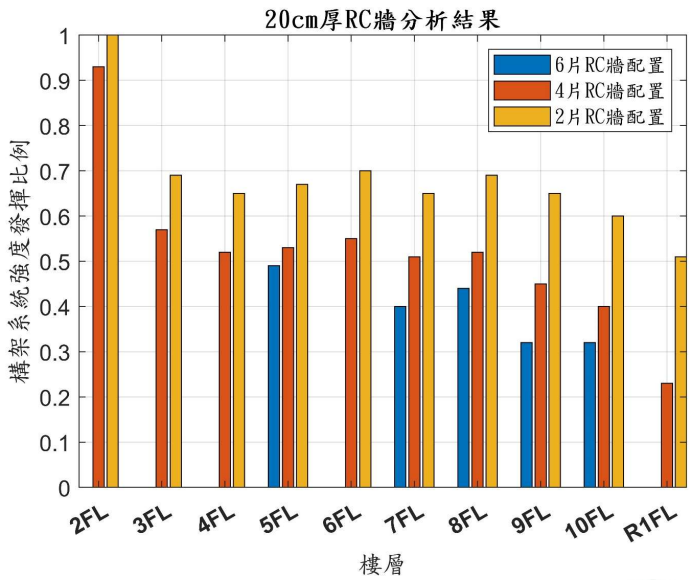
$$Story\ Force = V_{n,wall} + V_{frame}$$

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

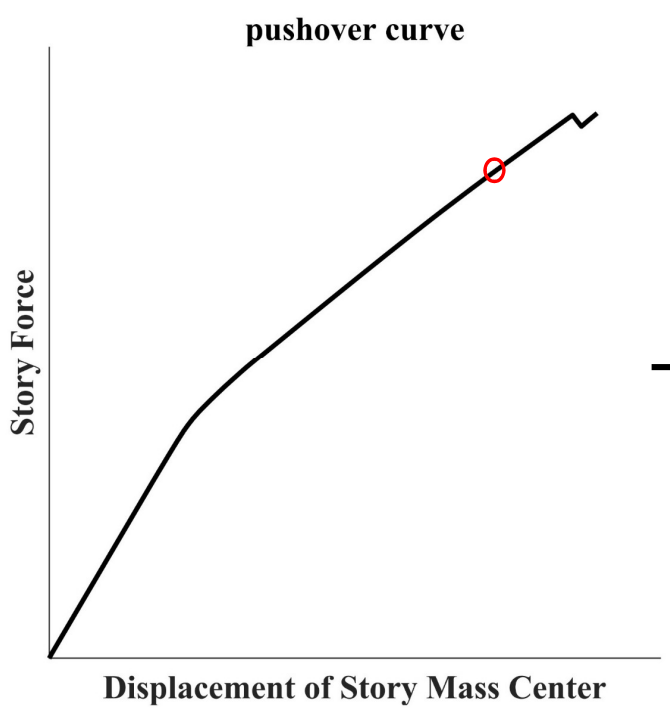


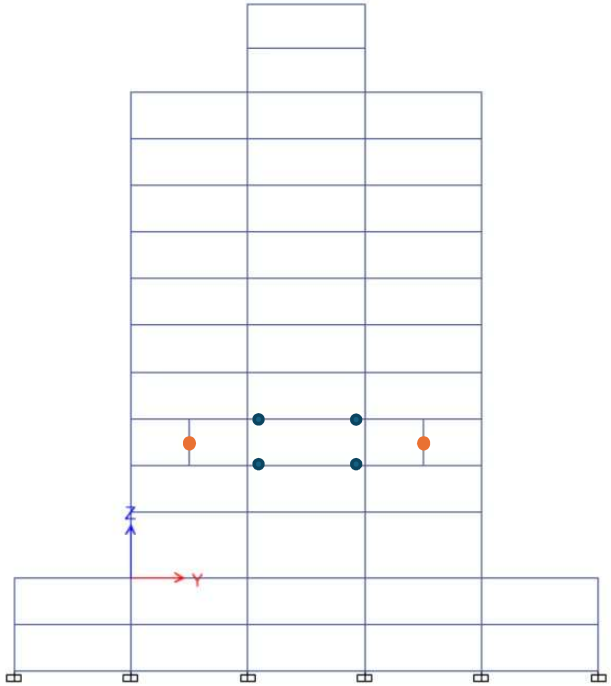




- 平均值 AVG=0.57
- 標準差 STD=0.17
- 本研究建議採 0.55

構架系統達極限狀態時，非結構RC牆之強度發揮比例

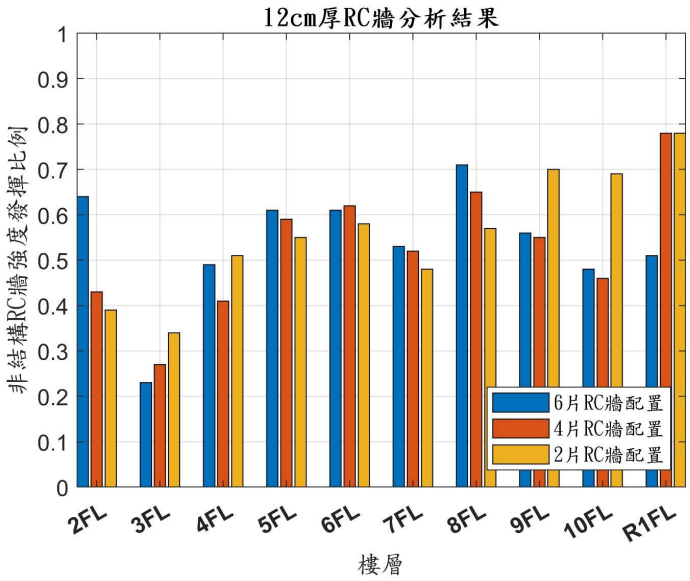


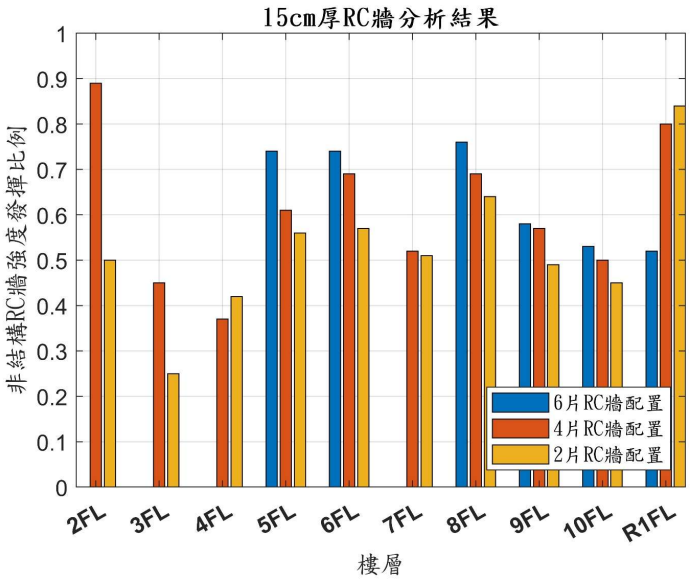


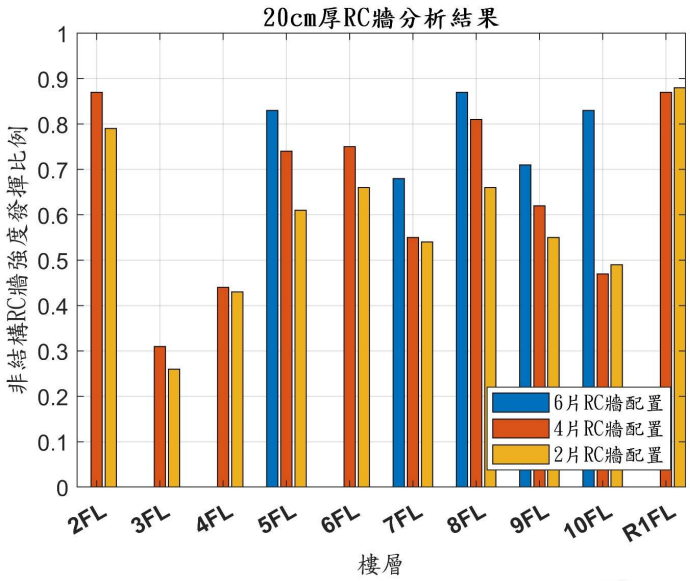
$$Story\ Force = V_{wall} + V_{frame}$$

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



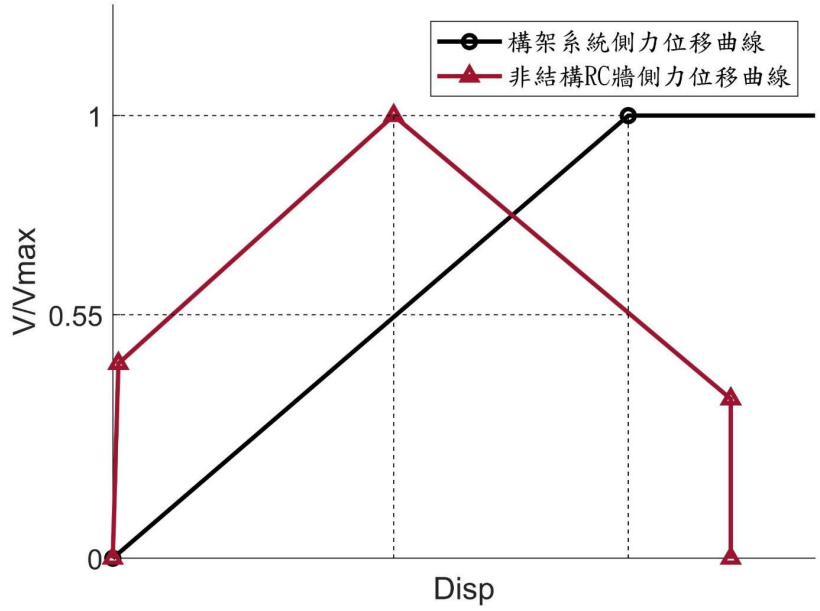




- 平均值 AVG=0.56
- 標準差 STD=0.16
- 本研究建議採 0.55

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



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

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

五、構架含磚牆之極限層剪力計算

研究標的案例介紹

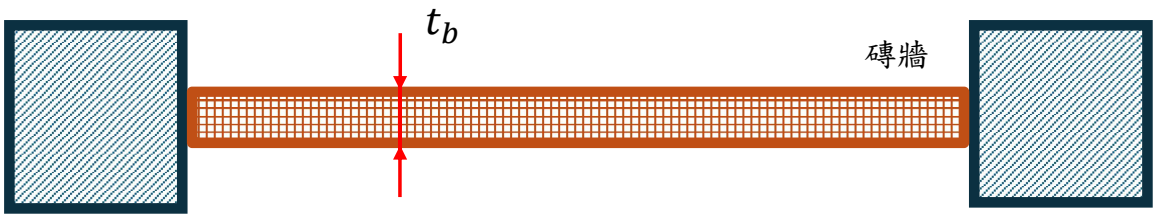
磚牆之強度計算及模擬方法

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

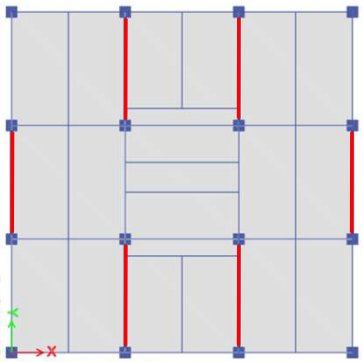
磚牆厚度及砌法



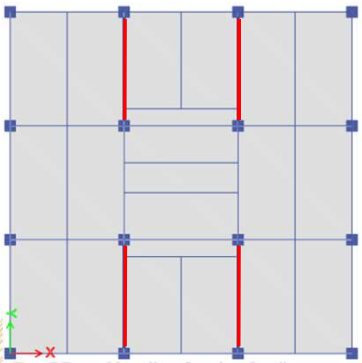
$t_b = 20cm$ (1B厚度)　一順一丁砌法

$t_b = 10cm$ (0.5B厚度)　順砌法

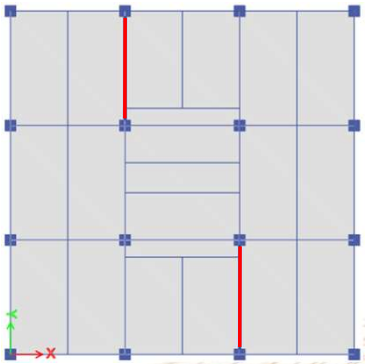
磚牆配置位置



6片磚牆配置

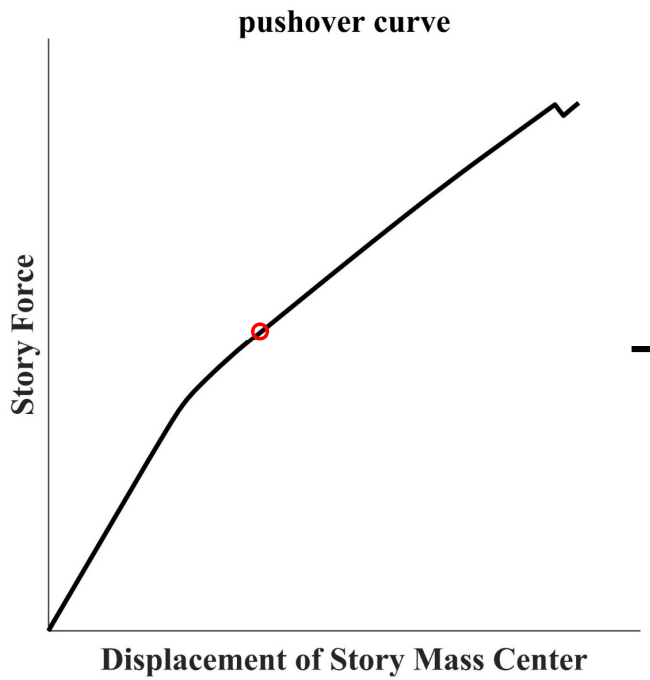


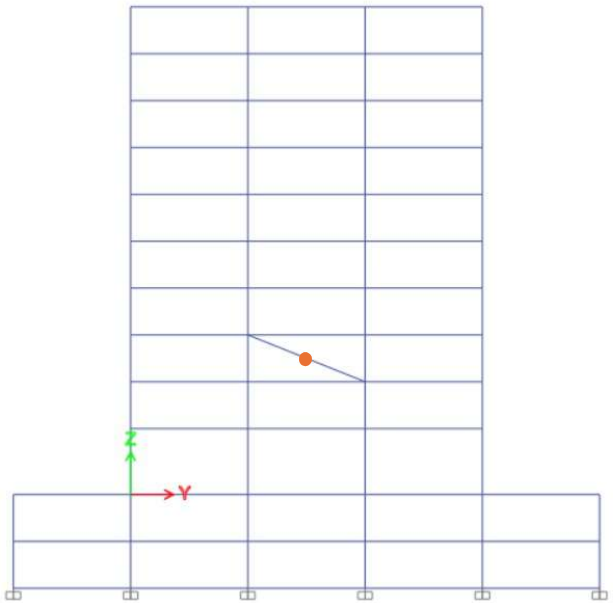
4片磚牆配置



2片磚牆配置

磚牆達最強度時，構架系統之強度發揮比例



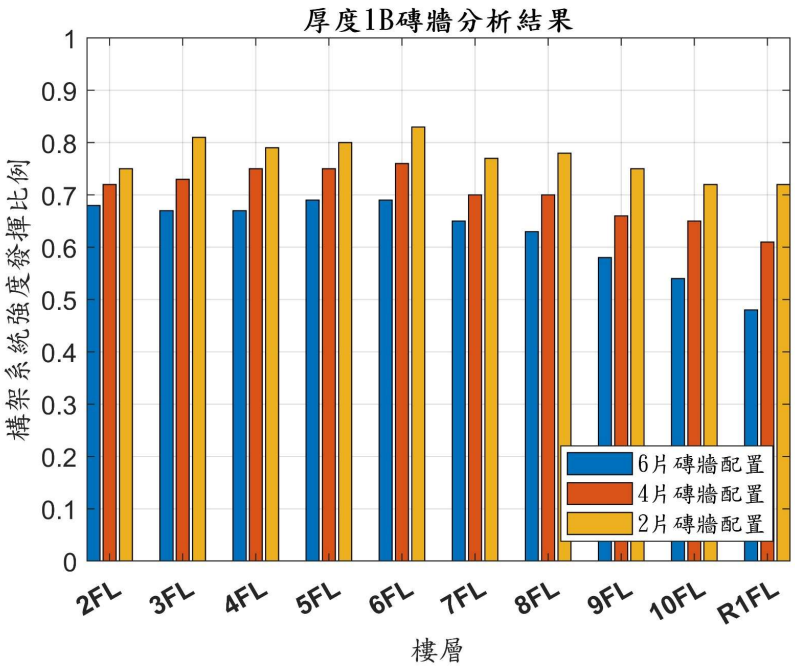


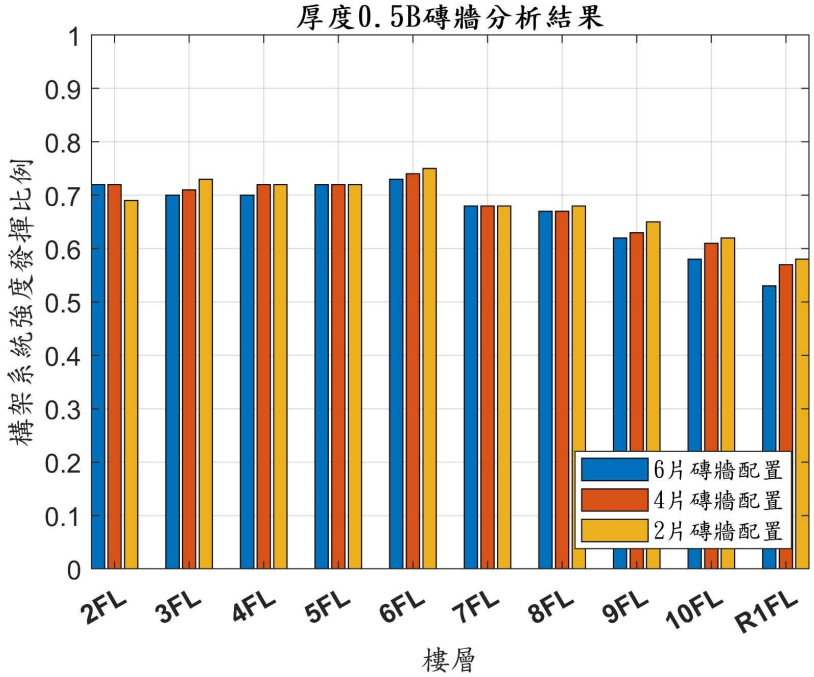
$$Story\ Force = V_{\mathrm{BW}} + V_{frame}$$

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

國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

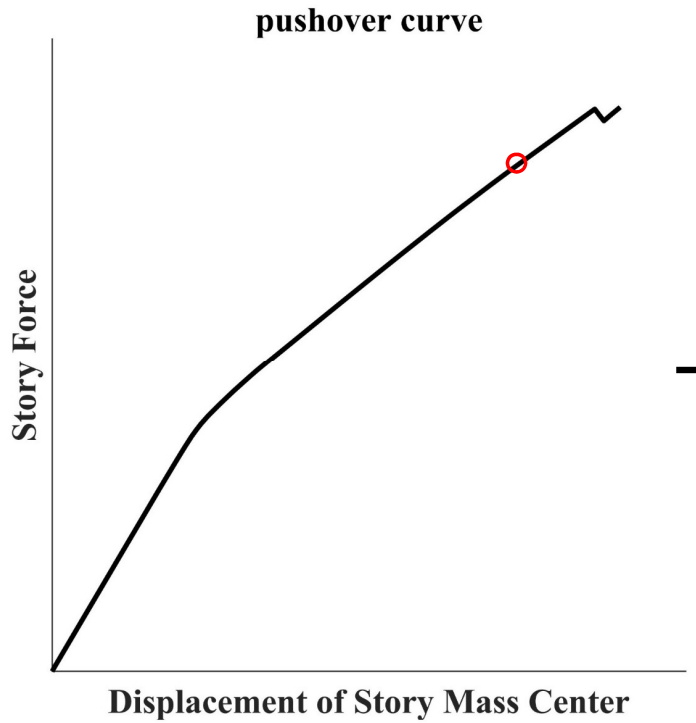


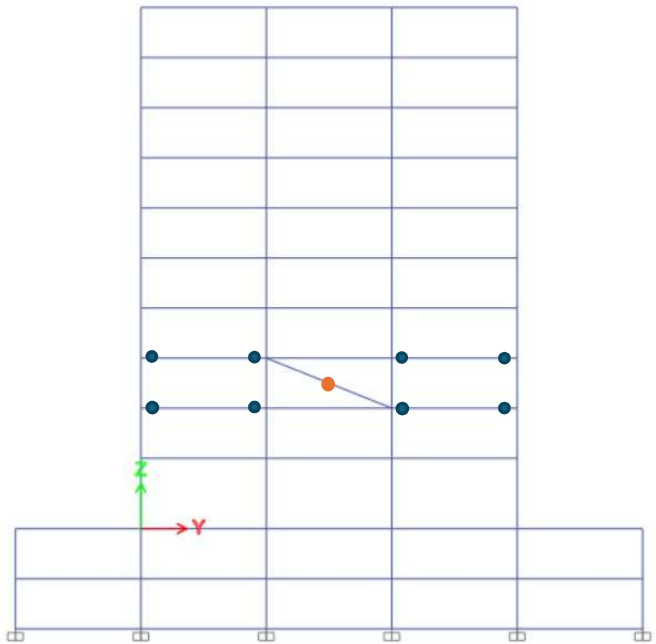


- 平均值 AVG=0.69
- 標準差 STD=0.07
- 本研究建議採 0.70

構架系統達極限狀態時，磚牆之強度發揮比例

國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH



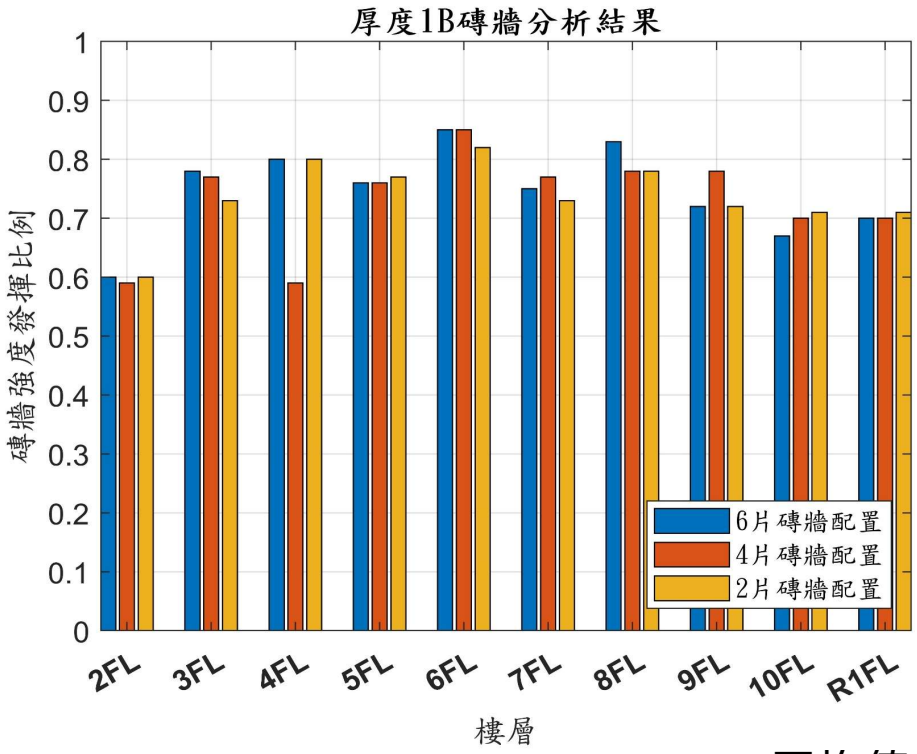


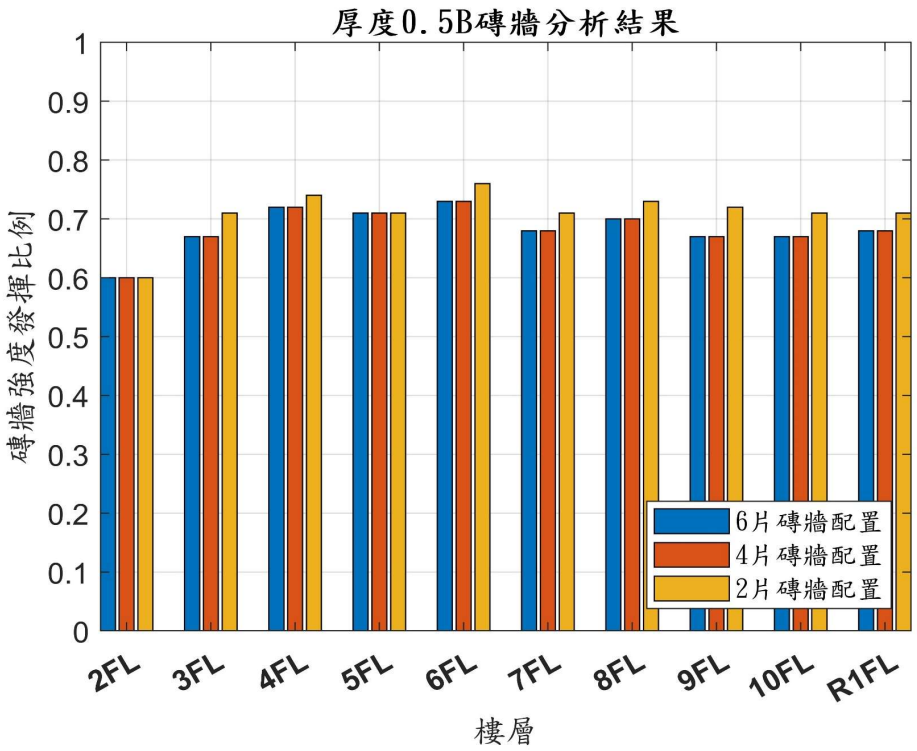
$$Story\ Force = V_{\mathrm{BW}} + V_{frame}$$

磚牆強度發揮比例$= \frac{V_{\mathrm{BW}}}{V_{n,BW}}$；$V_{n,BW}$ =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

國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH





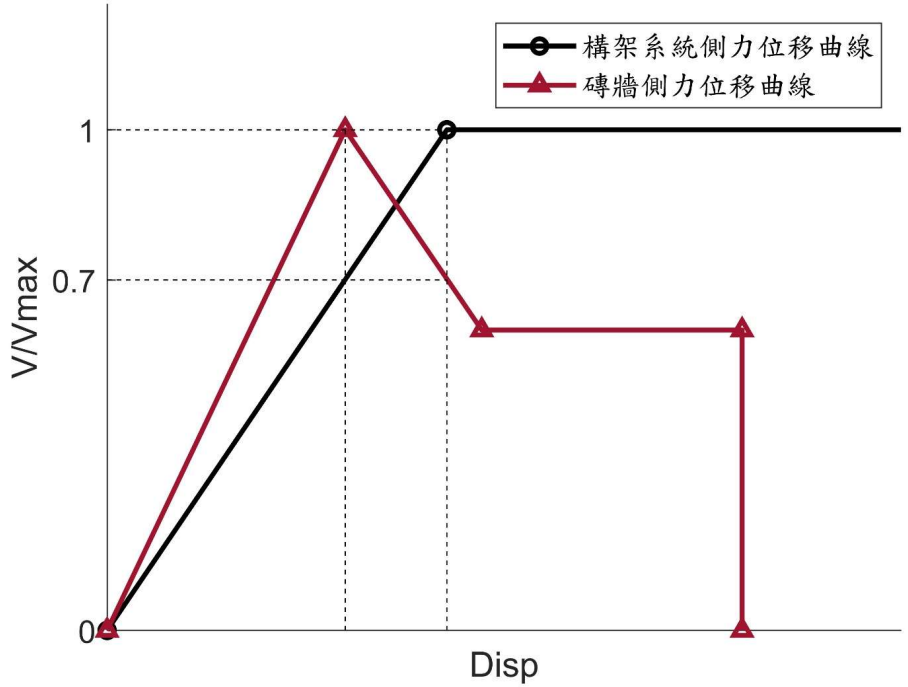
平均值 AVG=0.72

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



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

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

含非結構牆之極限層剪力評估公式

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

- 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

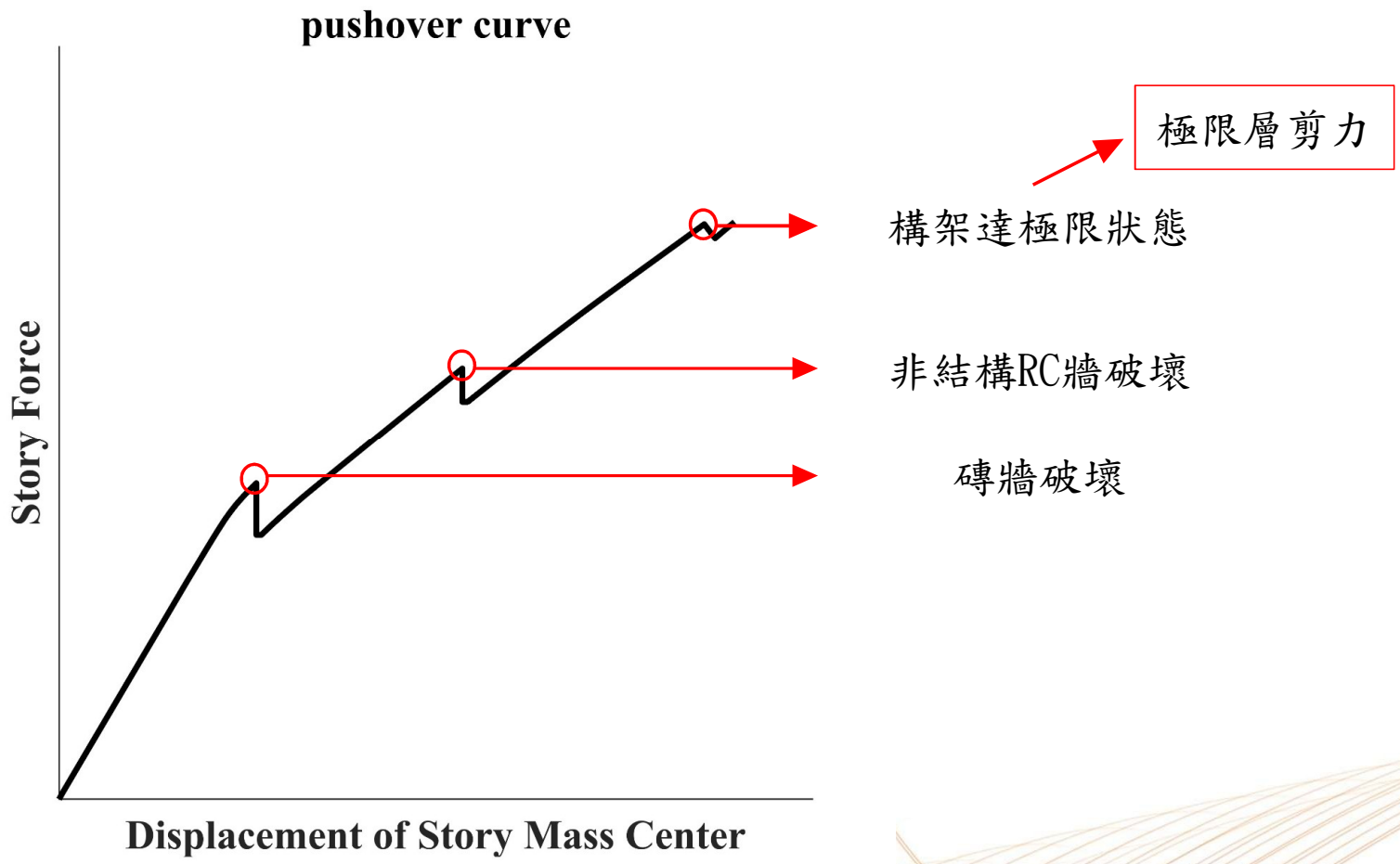
- 極限層剪力計算

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

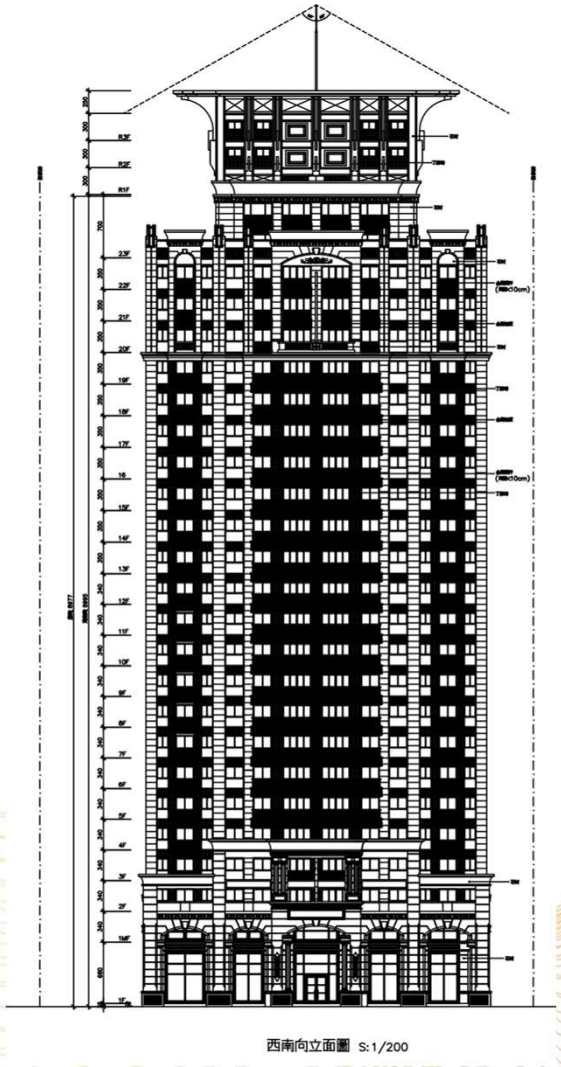
磚牆破壞 $V_{p3} = 0.70V_{frame} + 0.85\sum V_{RCwall} + \sum V_{BW}$

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


pushover curve
Story Force
Displacement of Story Mass Center
極限層剪力
構架達極限狀態
非結構RC牆破壞
磚牆破壞

六、案例計算

案例-二十三層樓新建建物



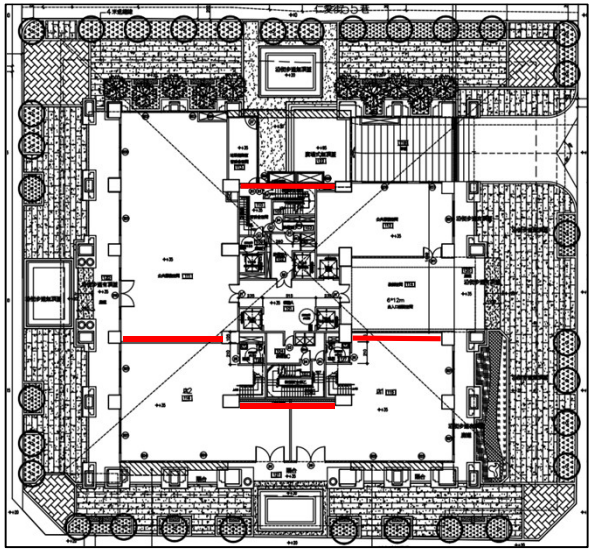
- 位於新竹市之二十三層樓新建建築物
- 地下四層、地上二十三層樓
- 總樓高為89.95公尺(不含屋突層)

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

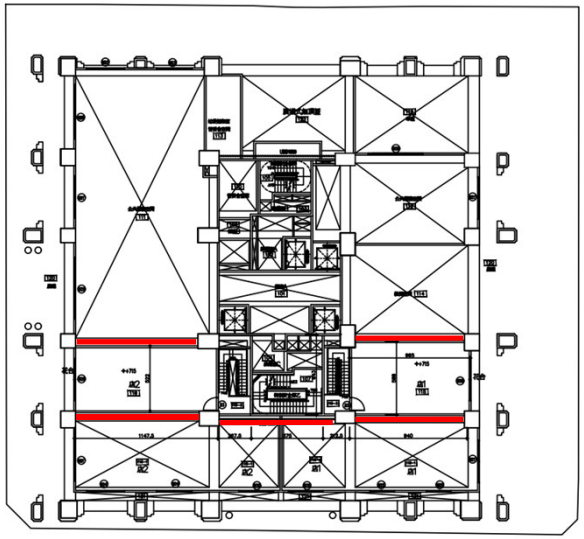
案例-二十三層樓新建建物

國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

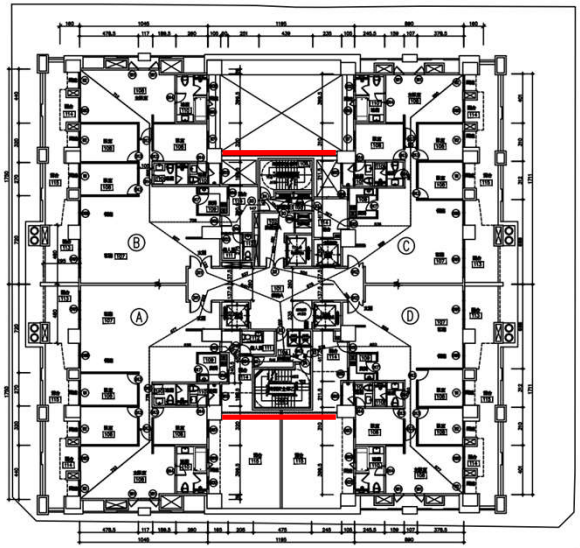
- 建築平面圖



1F建築平面圖



1MF建築平面圖



2F以上建築平面圖

案例-空構架極限層剪力計算

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

案例C 構架系統極限層剪力計算

層別	設計層剪力 V_{ei}(tf)	極限層剪力 V_{pi}(tf)	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
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-非結構RC牆極限層剪力計算

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

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-非結構RC牆側推檢核

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

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

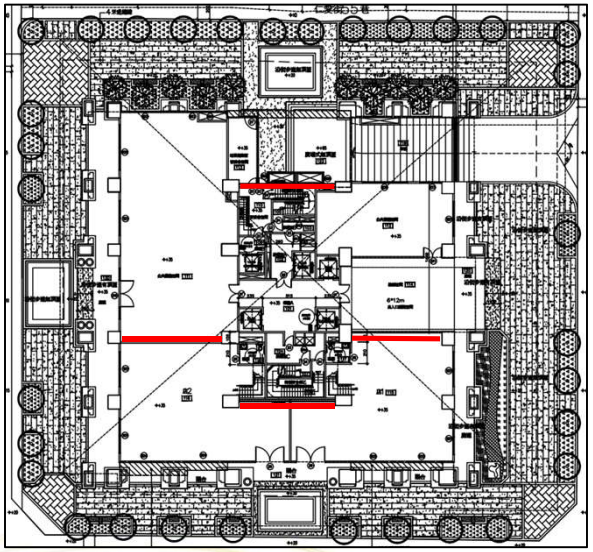
側推分析結果				
層別	設計層剪力 V_{ei}(tf)	極限層剪力 V_{pi}(tf)	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
2F	2548.53	5188.82	2.04	-
1MF	2558.97	5879.65	2.30	1.13
1F	2931.97	5971.29	2.04	0.89

研究計算結果與側推分析方法未檢核出弱層

計算方法較側推分析方法保守

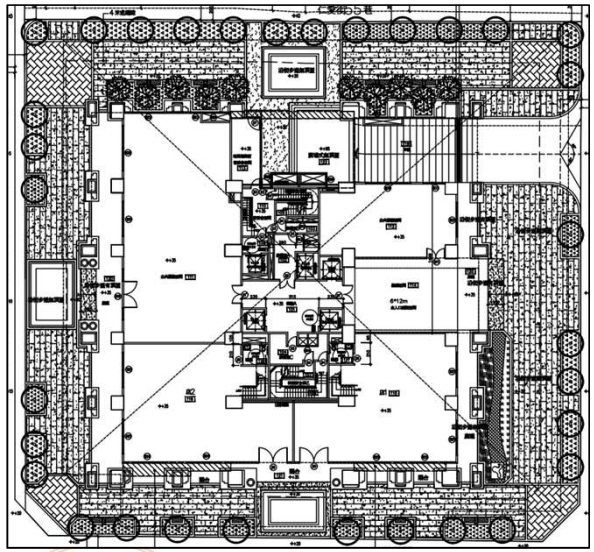
案例-二十三層樓新建建物忽略1F牆體

- 為檢核本方法是否可以有效發現弱層，將此二十三層樓之案例1F 原配置之RC 牆忽略不計，即假設1F 原配置之RC 牆因使用需求而拆除，1MF 以上之RC 牆仍納入計算，

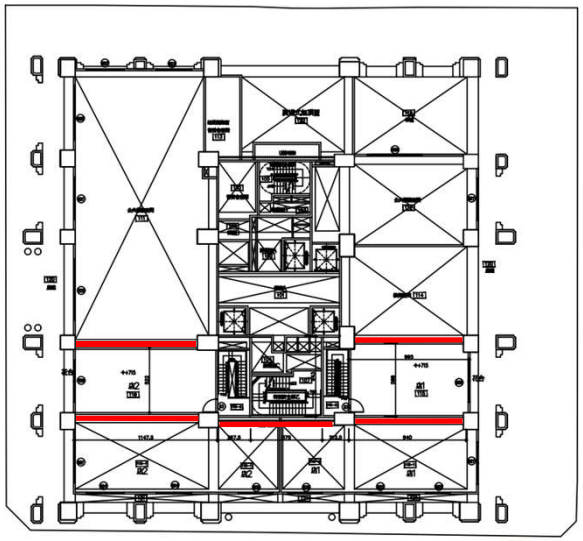


原1F建築平面圖

裝修後



1F建築平面圖



1MF建築平面圖

案例-空構架極限層剪力計算

構架系統極限層剪力計算

層別	設計層剪力 V_{ei}(tf)	極限層剪力 V_{pi}(tf)	$\frac{V_{pi}}{V_{ei}}$	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
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	0

案例-非結構RC牆極限層剪力計算

此結果並非案例現況

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

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	4448.43	-	4448.43	1.52	0.71

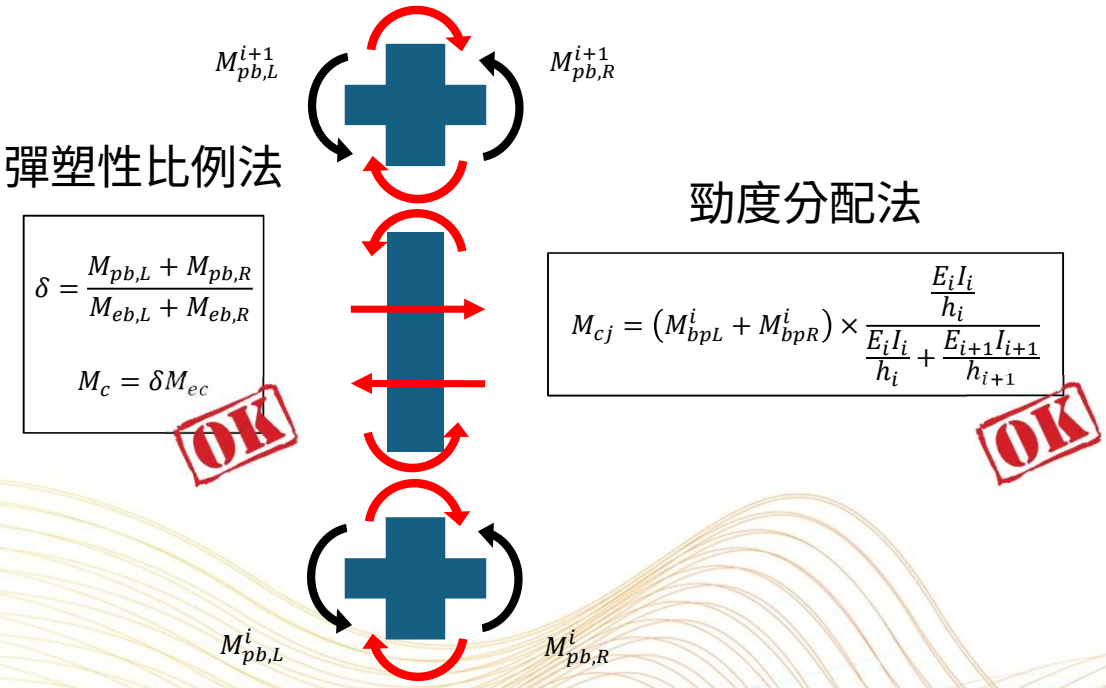
< 0.8
發現弱層

七、結論與建議

結論

一. 構架系統極限層剪力計算：

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

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

$$M_c = \delta M_{ec}$$

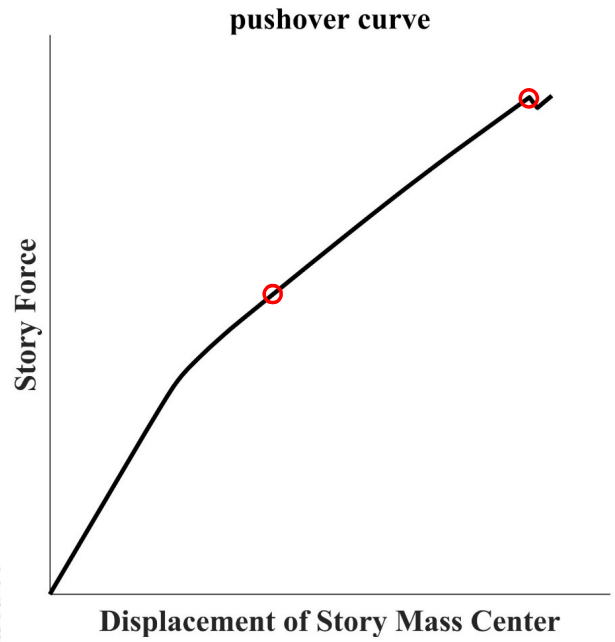
OK

勁度分配法

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

OK

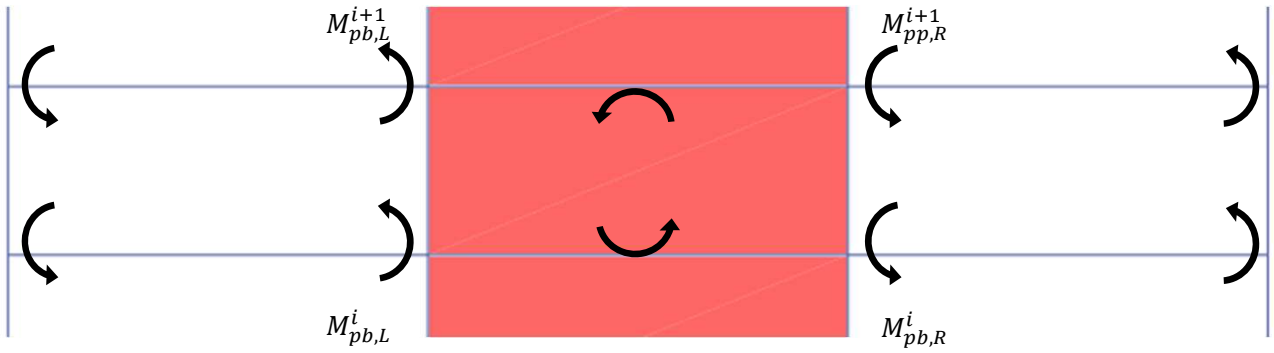
側推分析法



結論

二. 構架系統含結構牆極限層剪力計算：

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。



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

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

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

$$M_w = \alpha \times M_e$$

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

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

結論

三. 含非結構牆極限層剪力計算：

✓ 強柱弱梁建築

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。

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

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

結論

三. 含非結構牆極限層剪力計算：

✓ 弱柱強梁既有建築

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

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

林煜衡，鋼筋混凝土結構物排除軟弱層之簡易設計方法，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，台北市 (2018)。

結論

國家實驗研究院 NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

三. 含非結構牆極限層剪力計算：

✓ 弱柱強梁既有建築

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：

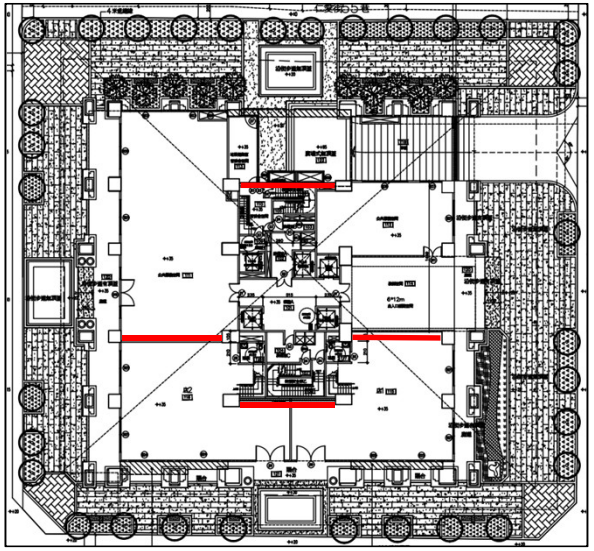
$$V_{p4} = 0.15 \times 30\sum A_{rcw} + 0.75 \times 5.5\sum A_{bw} + 0.80 \times 20\sum A_c + 10\sum A_{lc}$$

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

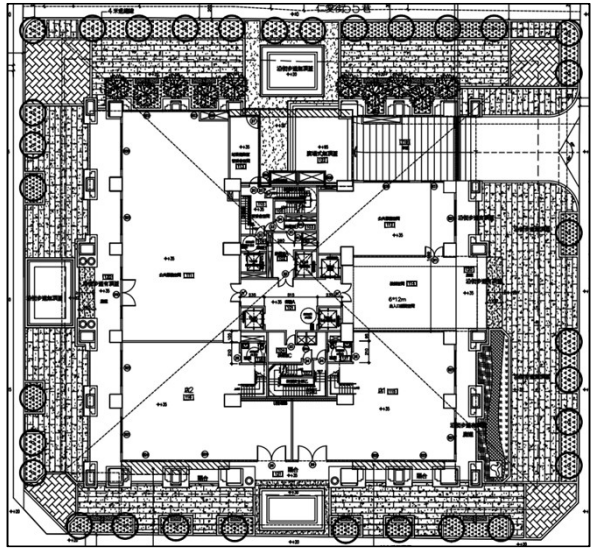
林煜衡，鋼筋混凝土結構物排除軟弱層之簡易設計方法，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，台北市 (2018)。

結論

四. 案例計算



裝修後



	$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$		$(\frac{V_p}{V_e})_i / (\frac{V_p}{V_e})_{i+1}$
1F	0.84		0.71

建議

1. 案例計算模擬弱層情境也凸顯台灣目前許多大樓會將底層打通以利進行商業行為，但此種做法會造成結構物於地震時產生弱層破壞的隱憂，建議工程師不只在進行新建設計時要進行極限層剪力檢核，於室內裝修若有更動非結構牆數量的需求時，也需仔細檢核極限層剪力，裝修後是否會出現弱層現象。

2. 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。

參考文獻

1. 邱聰智、魏銪廷、於積瑨、鍾立來、林敏郎、翁元滔、許庭偉、林育信、李仲彬，〈RC建築物極限層剪力強度檢核之技術〉，《中國土木水利工程學刊》第37卷第2期（2025），頁113-124。
2. 魏銪廷，RC建築物極限層剪力強度檢核之技術，碩士論文，國立臺北科技大學土木工程系土木與防災碩士班，2023。
3. 林煜衡，鋼筋混凝土結構物排除軟弱層之簡易設計方法，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，2018。

敬請指教