

結構耐震能力之初步評估 與簡易側推分析

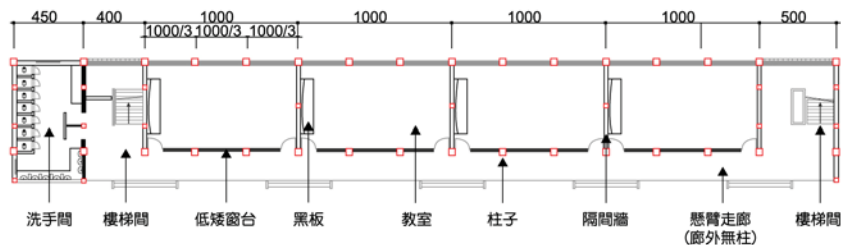
主講人：楊耀昇
April 25, 2014

承諾·熱情·創新

www.narilabs.org.tw

典型校舍結構特性

- 教室約長10m
- 教室柱梁跨數約2~3跨
- 多為單側懸臂走廊
- 沿走廊方向為弱向



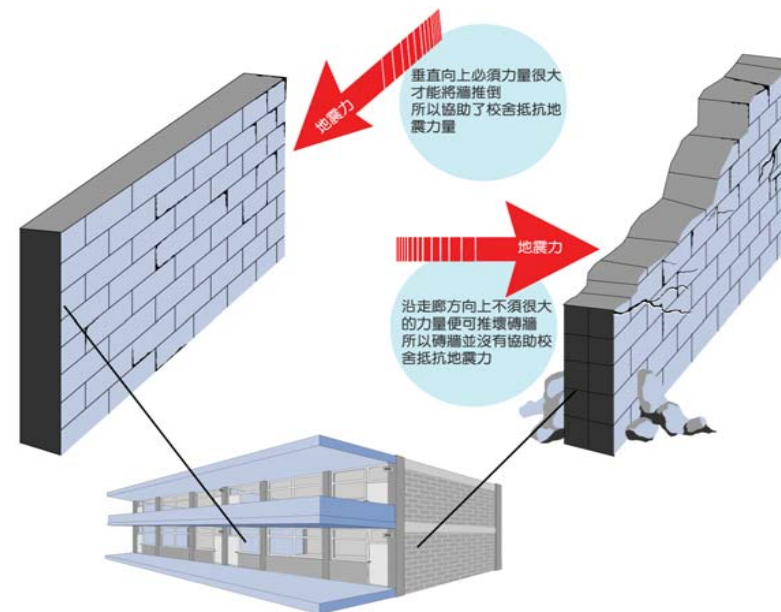
前言



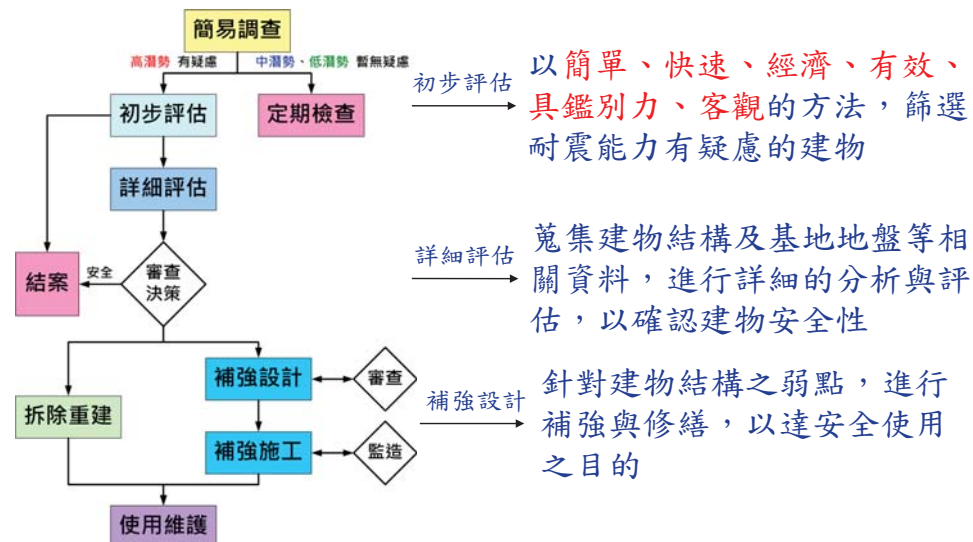
921集集大地震 1219花蓮地震 0304高雄甲仙地震

- 大地震造成建物損壞與人員傷亡
- 許多建物耐震能力明顯不足
- 須以耐震評估，篩選出耐震能力有疑慮之校舍進行補強

典型校舍結構特性



耐震評估程序



初步評估

校舍結構之特性

- 校舍結構之震害最為嚴重
- 結構系統類似
- 沿走廊為弱向
- 一樓弱層
- 弱柱強梁
- 混凝土強度偏低

校舍結構之耐震能力
取決於一樓之柱、牆

校舍之材料強度

根據統計分析

混凝土抗壓強度 $f'_c = 160 \text{ kgf/cm}^2$

鋼筋降伏強度 $f_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$

極限基底剪力強度

極限基底剪力強度 V_{bs}

$$V_{bs} = \beta V_{vm}$$

β ：側向強度折減係數

V_{vm} ：垂直構件之側向強度和

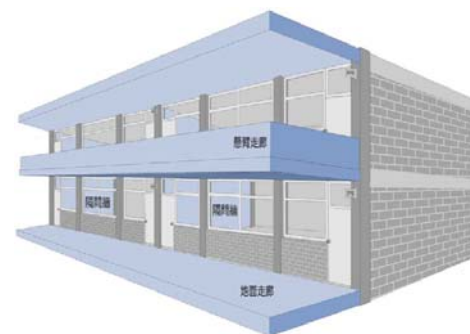
校舍之垂直構件

鋼筋混凝土柱

鋼筋混凝土牆

四面圍束磚牆

三面圍束磚牆



垂直構件之側向強度和

垂直構件之側向強度和 V_{vm}

$$V_{vm} = \tau_C A_C + \tau_{RCW} A_{RCW} + \tau_{BW4} A_{BW4} + \tau_{BW3} A_{BW3}$$

τ_C ：鋼筋混凝土柱單位斷面積之側向強度

A_C ：一樓鋼筋混凝土柱之斷面積和

τ_{RCW} ：鋼筋混凝土牆單位斷面積之側向強度

A_{RCW} ：一樓鋼筋混凝土牆之斷面積和

τ_{BW4} ：四面圍束磚牆單位斷面積之側向強度

A_{BW4} ：一樓四面圍束磚牆之斷面積和

τ_{BW3} ：三面圍束磚牆單位斷面積之側向強度

A_{BW3} ：一樓三面圍束磚牆之斷面積和

垂直構件單位斷面積之側向強度

鋼筋混凝土柱

$$\tau_C = \begin{cases} 1.8N_F + 4 \\ 1.08N_F + 2.4 \\ 2.6 \end{cases} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

教室柱

走廊柱

隔間柱

蘇耕立
(2008)

N_F ：樓層數

鋼筋混凝土牆 $\tau_{RCW} = 12 \quad (\text{kgf/cm}^2)$

四面圍束磚牆 $\tau_{BW4} = 3 \quad (\text{kgf/cm}^2)$

三面圍束磚牆 $\tau_{BW3} = 2 \quad (\text{kgf/cm}^2)$

側向強度折減係數

所有垂直構件未必會同時達到其極限側向強度，故折減其側向強度和。

側向強度折減係數 β

$$\beta = 0.9$$

蘇耕立
(2008)

最小設計水平總橫力 V

$$V = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W$$

耐設規範
式2-3

V ：最小設計水平總橫力

I ：用途係數

S_{aD} ：工址設計水平加速度反應係數

W ：建築物全部靜載重

α_y ：起始降伏地震力放大係數

F_u ：結構系統地震力折減係數

結構最小設計水平總橫力

最小設計水平總橫力 $V \geq \frac{S_{aD} I}{1.4\alpha_y F_u} W$

耐設規範
式2.1

$$\frac{1.4\alpha_y V F_u}{S_{aD} IW} \geq 1$$

耐震容量 $1.4\alpha_y V = V_{bs}$

耐震需求 $S_{aD} IW / F_u$

結構耐震需求

$$S_{aD} IW / F_u$$

用途係數

一般校舍，用途係數 $I = 1.25$ 。

緊急避難用校舍，用途係數 $I = 1.50$ 。

耐設規範
節2.8

結構耐震需求

$$S_{aD}IW/F_u$$

校舍全部靜載重，根據統計分析

蘇耕立(2008)

頂層單位樓地板面積之重量 $w_{\text{Roof}} = 750 \text{ kgf/m}^2$

其他地上樓層單位樓地板面積之重量

$$w_i = 900 \text{ kgf/m}^2, \quad i = 2, 3, \dots, N_F$$

校舍全部靜載重 W ，單位為 kgf

$$W = \sum_{i=2}^{N_F} w_i A_{Fi} + w_{\text{Roof}} A_{\text{Roof}} = \sum_{i=2}^{N_F} 900 A_{Fi} + 750 A_{\text{Roof}}$$

A_{Fi} , $i = 2, 3, \dots, N_F$ 第 i 層樓地板面積，單位為 m^2

A_{Roof} 頂層樓地板面積，單位為 m^2

結構基本振動週期 T

$$S_{aD}IW/F_u$$

剛構架、且無非結構剛性牆、剪力牆或加勁構材之鋼筋混凝土建築物其基本振動週期 T (單位為秒) 之經驗公式為：

$$T = 0.070 h_n^{3/4}$$

耐設規範
式2.10

若基面至屋頂面高度 h_n 相同，則鋼結構建築物之基本振動週期 T 較鋼筋混凝土長。

其他建築物，其基本振動週期 T (單位為秒) 之經驗公式為：

$$T = 0.050 h_n^{3/4}$$

耐設規範
式2.11

第一、二及三類地盤之設計反應譜

工址設計水平加速度反應譜係數 S_{aD} (單位: g)

$$S_{aD}IW/F_u$$

$$S_{aD} = \begin{cases} S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D), & T \leq 0.2T_0^D \\ S_{DS}, & 0.2T_0^D \leq T \leq T_0^D \\ S_{D1}/T, & T_0^D \leq T \leq 2.5T_0^D \\ 0.4S_{DS}, & 2.5T_0^D \leq T \end{cases}$$

耐設規範
表2-5(a)

$$T_0^D = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

建築結構之基本振動週期: T (unit: s)

建築結構之阻尼比: 0.05 (5%)

$$S_{DS} = F_a N_A S_S^D$$

$$S_{D1} = F_v N_V S_1^D$$

台北盆地之設計反應譜

$$S_{aD}IW/F_u$$

台北盆地之工址設計水平加速度反應譜係數 S_{aD} (單位: g)

$$S_{aD} = \begin{cases} S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D), & T \leq 0.2T_0^D \\ S_{DS}, & 0.2T_0^D \leq T \leq T_0^D \\ S_{DS}T_0^D/T, & T_0^D \leq T \leq 2.5T_0^D \\ 0.4S_{DS}, & 2.5T_0^D \leq T \end{cases}$$

耐設規範
表2-7(a)

建築結構之基本振動週期: T (unit: s)

建築結構之阻尼比: 0.05 (5%)

結構系統韌性容量 R $S_{aD}IW / F_u$

根據統計分析，得既有校舍之容許韌性容量 R_a

$$R_a = 2.2$$

耐設規範 節2.9

結構系統地震力折減係數 F_u

$$F_u = \begin{cases} \sqrt{2R_a - 1} + (\sqrt{2R_a - 1} - 1) \frac{T - 0.2T_0^D}{0.2T_0^D}, & T \leq 0.2T_0^D \\ \sqrt{2R_a - 1}, & 0.2T_0^D \leq T \leq 0.6T_0^D \\ \sqrt{2R_a - 1} + (R_a - \sqrt{2R_a - 1}) \frac{T - 0.6T_0^D}{0.4T_0^D}, & 0.6T_0^D \leq T \leq T_0^D \\ R_a, & T_0^D \leq T \end{cases}$$

耐設規範 式2.15

結構基本耐震性能

耐震容量需求比

(capacity and demand ratio, CDR)

$$R_{CD} = \frac{1.4\alpha_y V}{S_{aD}IW / F_u} = \frac{V_{bs}}{S_{aD}IW / F_u}$$

基本耐震性能 $E = 100R_{CD}$

結構現況調整因子

依結構系統及其現況，調整其側向強度和。

調整因子 $Q = q_1 q_2 q_3 q_4 q_5 q_6$

許丁友等
(2003)

平面及立面對稱性 q_1

軟弱層顯著性 q_2

裂縫銹蝕滲水等程度 q_3

變形程度 q_4

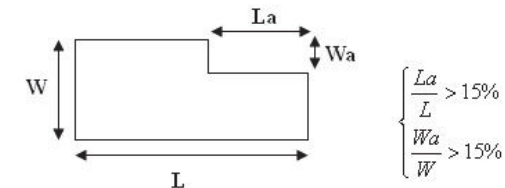
平面耐震性 q_5

短柱嚴重性 q_6

調整因子：平面及立面對稱性 q_1

若超過凹角部分於兩水平方向之結構尺寸同時大於沿該方向結構總長之15%以上者，具有凹角性，則

$q_1 = 0.95$ 。



耐設規範
節1.6
表1.2圖C1.2

若超過凹角部分於任一方向之結構尺寸不足沿該方向結構總長之15%，且無其他立面不規則之情況，則

$q_1 = 1.0$ 。

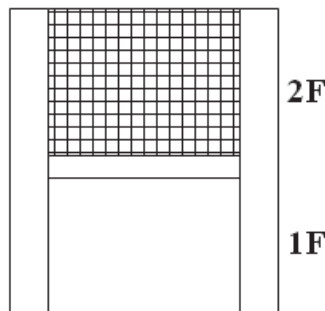
若該結構不具任何凹角，且無其他平面及立面不規則之情況，則 $q_1 = 1.05$ 。

調整因子：軟弱層顯著性 q_2

若2/3以上之牆體於下一樓層中斷，則 $q_2 = 0.8$ 。

若1/3至2/3之牆體於下一樓層中斷，則 $q_2 = 0.9$ 。

若1/3以下之牆體於下一樓層中斷，則 $q_2 = 1.0$ 。



耐設規範
表1.2

調整因子：裂縫銹蝕滲水等程度 q_3

若裂縫銹蝕滲水等情形較為嚴重，則 $q_3 = 0.9$ 。

若稍有裂縫銹蝕滲水等情形，則 $q_3 = 0.95$ 。

若無，不折減其耐震能力，則 $q_3 = 1.0$ 。



調整因子：變形程度 q_4

若有明顯的變形程度，即目視有明顯的變形及相對應之裂縫，則 $q_4 = 0.9$ 。

若無，則 $q_4 = 1.0$ 。

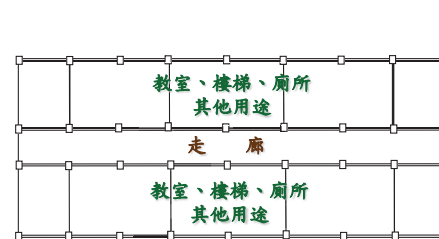


調整因子：平面耐震性 q_5

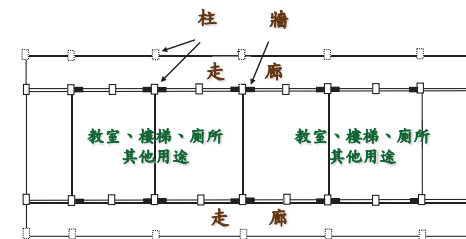
走廊外無柱或其他，其 $q_5 = 1.0$ 。

單走廊且廊外有柱或中間走廊，其 $q_5 = 1.1$ 。

雙走廊且廊外有柱，其 $q_5 = 1.2$ 。



中間走廊



雙走廊且廊外有柱

調整因子：短柱嚴重性 q_6

若校舍因窗台或氣窗造成短柱現象之柱根數達到全部柱根數之50%以上，則 $q_6 = 0.9$ 。

若不足50%，則 $q_6 = 1.0$ 。

因短柱具有方向性，在一方向為短柱，在另一方向未必為短柱。

結構耐震指標

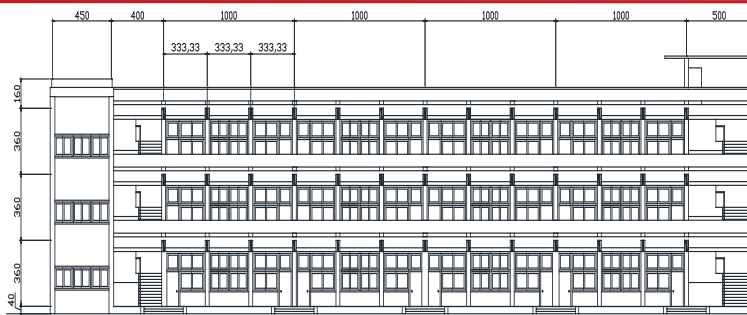
耐震指標

$$I_S = QE = 100QR_{CD}$$

性能目標最大地表加速度

$$A_p = \frac{I_s}{100} (0.4S_{DS})$$

案例



- 一字型典型校舍
- 單邊懸臂走廊
- 三層樓，每層3.6m
- 長向53.5m，短向10.2m
- 四間教室，每間教室長度10m，含三跨柱梁
- 樓梯位於建物兩側，廁所位於建物左側
- 地點位於台南市東區

案例



案例



- 每樓層各47根柱子，三層樓總計141根柱子
- 柱斷面共有C1 (50x30)、C2 (30x24)及C3 (36x36)等三種
- 校舍沿走廊方向無牆壁(三面圍束、四面圍束)

案例

樓層數 $N_F = 3$

教室柱單位斷面積之側力強度

$$\tau_{C1} = 4 + 1.8N_F = 9.4 \text{ kgf/cm}^2$$

教室柱之斷面尺寸 $A_{C1} = 50 \times 30 = 1500 \text{ cm}^2$

教室柱之根數 $N_{C1} = 32$

教室柱之側力強度和

$$V_{C1} = \tau_{C1} A_{C1} N_{C1} = 9.4(1500)32 = 451200 \text{ kgf} = 451.2 \text{ tf}$$

案例

樓層數 $N_F = 3$

隔間柱單位斷面積之側力強度 $\tau_{C2} = 2.6 \text{ kgf/cm}^2$

隔間柱之斷面尺寸 $A_{C2} = 30 \times 24 = 720 \text{ cm}^2$

隔間柱之根數 $N_{C2} = 13$

隔間柱之側力強度和

$$V_{C2} = \tau_{C2} A_{C2} N_{C2} = 2.6(720)13 = 24336 \text{ kgf} = 24.336 \text{ tf}$$

案例

樓層數 $N_F = 3$

走廊柱單位斷面積之側力強度

$$\tau_{C3} = 2.4 + 1.08N_F = 5.64 \text{ kgf/cm}^2$$

走廊柱之斷面尺寸 $A_{C3} = 36 \times 36 = 1296 \text{ cm}^2$

走廊柱之根數 $N_{C3} = 2$

走廊柱之側力強度和

$$V_{C3} = \tau_{C3} A_{C3} N_{C3} = 5.64(1296)2 = 14619 \text{ kgf} = 14.619 \text{ tf}$$

案例

- 垂直構件之側力強度和

$$\begin{aligned} V_{vm} &= \tau_C A_C + \tau_{RCW} A_{RCW} + \tau_{BW4} A_{BW4} + \tau_{BW3} A_{BW3} \\ &= V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} \\ &= 14619 + 451200 + 24336 \\ &= 490155 \text{ kgf} \\ &= 490 \text{ tf} \end{aligned}$$

案例

1. 平面及立面對稱性 q_1 (差=0.95、尚可=1.0、良=1.05)
樓梯間之屋突位於教室頂樓之後方，立面稍不規則，故平面及立面對稱性尚可。 $q_1 = 1.0$
2. 軟弱層顯著性 q_2 (2/3以上牆體中斷=0.8、1/3至2/3之牆體中斷=0.9、1/3以下之牆體中斷=1.0)
沒有牆體於下一樓層中斷，故屬1/3以下牆體中斷。 $q_2 = 1.0$
3. 裂縫鏽蝕滲水等程度 q_3 (嚴重=0.9、少許=0.95、無=1.0)
沒有裂縫鏽蝕滲水等情形。 $q_3 = 1.0$

案例

4. 沒有明顯之變形及相對應之裂縫。 $q_4 = 1.0$
5. 平面耐震性 q_5 (雙走廊且廊外有柱=1.2、單走廊且廊外有柱或中間走廊=1.1、廊外無柱或其他=1.0)
走廊外側僅有二根柱子，故視為廊外無柱。 $q_5 = 1.0$
6. 短柱嚴重性 q_6 (50%以上=0.9、50%以下=1.0；指窗台、氣窗造成之短柱現象)
短柱根數與柱全部根數之比值在50%以下。 $q_6 = 1.0$

$$\text{調整因子 } Q = q_1 q_2 q_3 q_4 q_5 q_6 = 1.0$$

案例

結構耐震指標

$$I_s = (0.354 \times NF \times (\tau_C \Sigma A_C + \tau_W \Sigma A_W) / ((-1 + 6 \times NF) \times (0.4 \times S_{ad}) \times A_f)) Q$$

$$NF = 3$$

$$\tau_C \Sigma A_C + \tau_W \Sigma A_W = V_{vm} = 490155 \text{ kgf}$$

$$\text{工址設計水平加速度係數 } S_{ad} = 0.7$$

$$A_f = 546 \times 3 = 1638 \text{ m}^2$$

$$\text{調整因子 } Q = 1.0$$

$$\text{耐震指標 } I_s = 66.76$$

現地試験



花蓮縣新城國中



雲林縣口湖國小



桃園縣瑞埔國小



台南縣關廟國小

混凝土抗壓強度

kgf/cm²

	初步評估	現地試験	初評/現試 (%)
新城國中	160	224	71.33
口湖國小	160	240	66.78
瑞埔國小	160	113	141.59
關廟國小	160	270	59.24

鍾立來等(2012)

主筋降伏強度

kgf/cm²

	初步評估	現地試験	初評/現試 (%)
新城國中	2800	4052	69.10
口湖國小	2800	2956	94.72
瑞埔國小	2800	3204	87.39
關廟國小	2800	3364	83.24

鍾立來等(2012)

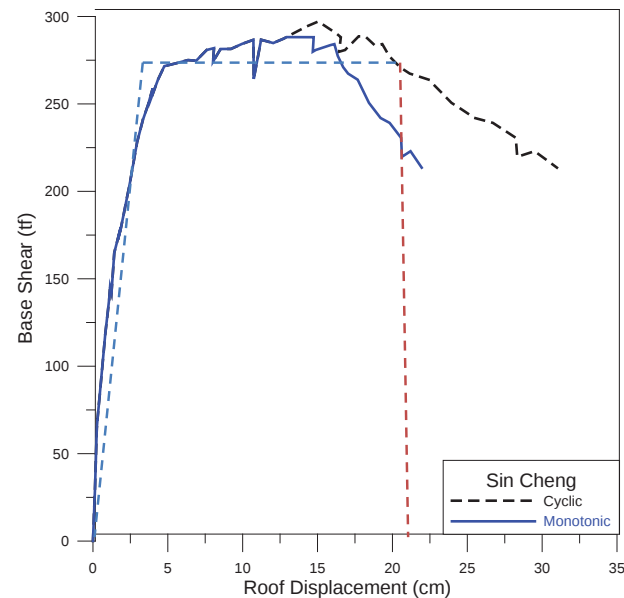
箍筋降伏強度

kgf/cm²

	初步評估	現地試験	初評/現試 (%)
新城國中	2800	4699	59.58
口湖國小	2800	3537	79.16
瑞埔國小	2800	4386	63.84
關廟國小	2800	3660	76.51

鍾立來等(2012)

極限基底剪力強度



極限基底剪力強度

tf

	初步評估	現地試驗	初評/現試 (%)
新城國中	199.20	288.20	69.12
口湖國小	159.60	209.47	73.91
瑞埔國小	140.80	117.71	119.6
關廟國小	87.24	142.79	61.10

鍾立來等(2012)

全部靜載重

tf

	初步評估	現地試驗	初評/現試 (%)
新城國中	514.80	499.56	103.05
口湖國小	276.21	251.59	109.8
瑞埔國小	331.45	313.73	105.7
關廟國小	285.12	257.84	110.6

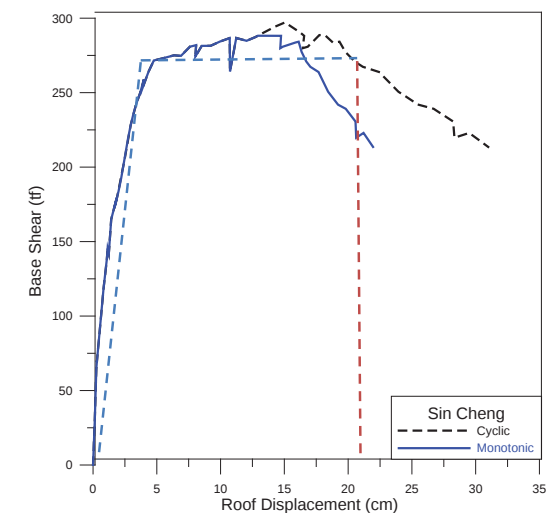
鍾立來等(2012)

結構基本振動週期 (現地試驗)

s

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1.5(W_{RF} + 0.25W_{2F})\Delta_{RF}}{1.25gV_{bs}}}$$

鍾立來等(2012)



結構基本振動週期

S

	初步評估	現地試驗	初評/現試 (%)
新城國中	0.3236	0.4084	79.2
口湖國小	0.2922	0.2720	107.4
瑞埔國小	0.3077	0.4370	70.4
關廟國小	0.3109	0.2905	107.0

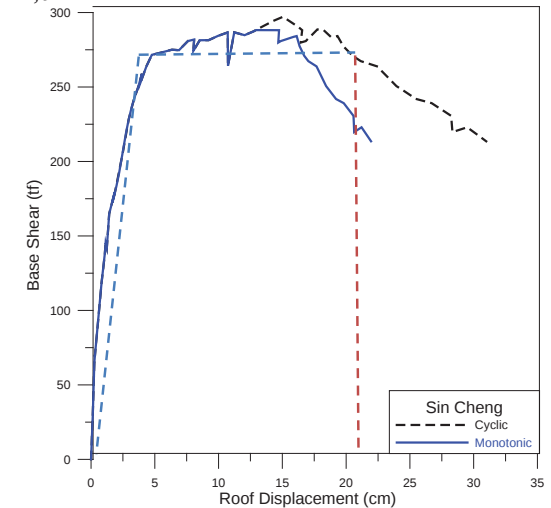
鍾立來等(2012)

容許韌性容量 (現地試驗)

$$\frac{1}{R_{EX}} = 1 - \sqrt{1 - \frac{2U_{V\Delta} \Delta_{RF,0.7Vmax}}{0.7V_{bs,EX} \Delta_{RF,u}^2}}$$

$$R_{a,EX} = 1 + \frac{R_{EX} - 1}{1.5}$$

鍾立來等(2012)



容許韌性容量

	初步評估	現地試驗	初評/現試 (%)
新城國中	2.2	4.519	48.7
口湖國小	2.2	3.143	70.0
瑞埔國小	2.2	3.343	65.8
關廟國小	2.2	6.106	36.0

鍾立來等(2012)

結構系統地震力折減係數

	初步評估	現地試驗	初評/現試 (%)
新城國中	1.844	2.835	65.04
口湖國小	1.844	2.299	80.21
瑞埔國小	1.844	2.385	77.32
關廟國小	1.844	3.348	55.07

鍾立來等(2012)

基本耐震性能

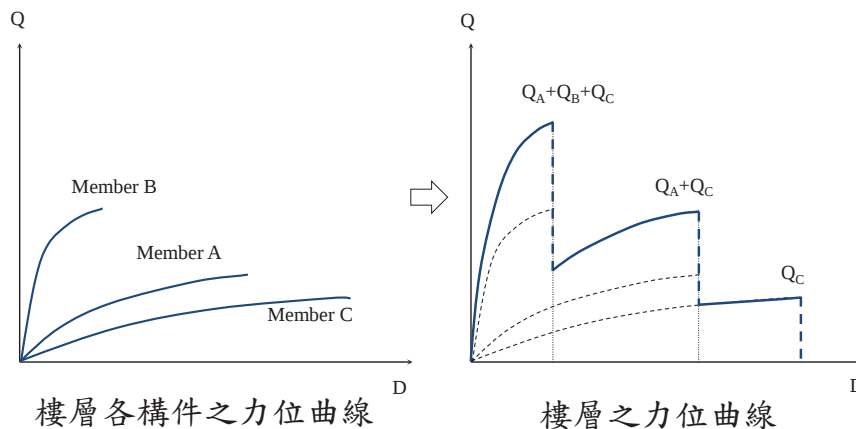
	初步評估	現地試驗	初評/現試 (%)
新城國中	50.2	115.2	43.58
口湖國小	90.8	218.8	41.49
瑞埔國小	94.9	108.5	87.47
關廟國小	64.5	211.9	30.44

鍾立來等(2012)

簡易側推分析

簡易側推分析

任意樓層之層剪力 = $\sum$ 該樓層各垂直構件之側向力
(在相同變位時之側向力)



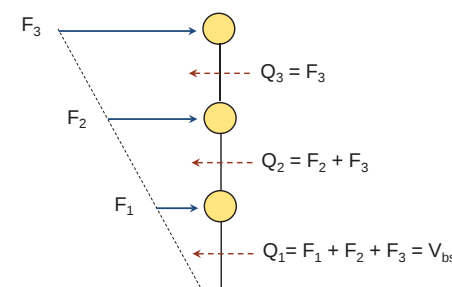
劉子暉等(2012)

簡易側推分析

將各樓層之「側力-側位移曲線」組合成容量曲線，即基底剪力-屋頂位移關係曲線

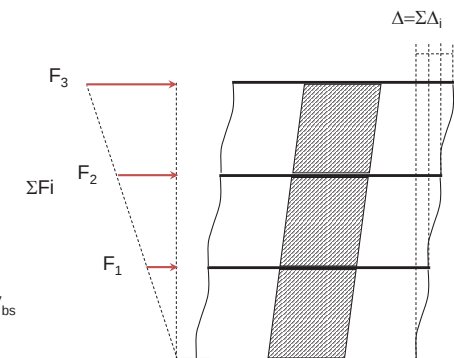
基底剪力

$$F_i = V_{bs} \times \frac{W_i H_i}{\sum_{i=1}^n W_i H_i}$$

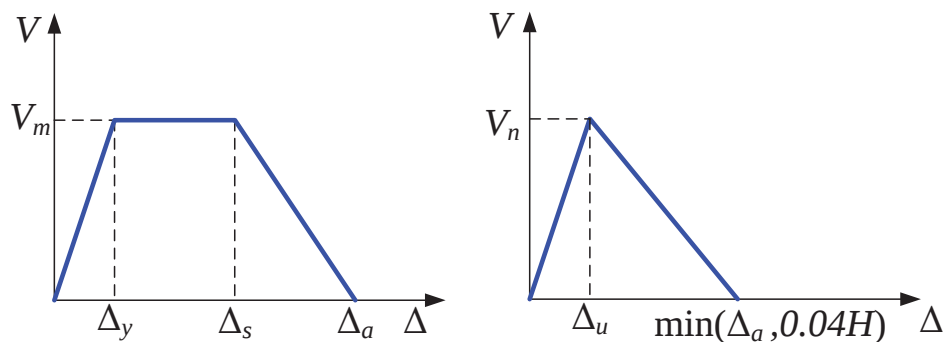


屋頂位移

$$\Delta_{\text{屋頂}} = \sum \Delta_{\text{樓層}}$$



垂直構件之側力與側位移關係



NCREE-09-023

柱彎矩破壞之側力與側位移關係

若柱子彎矩之側向強度低於其剪力之側向強度，即 $V_m < V_n$ ，則為撓剪或撓曲破壞。

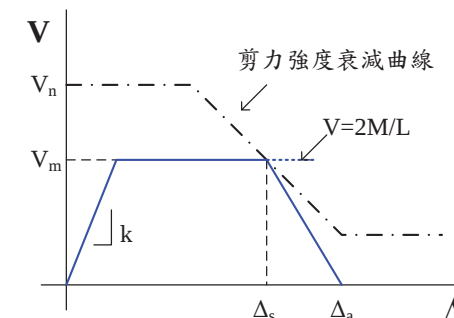
柱子彎矩破壞之側力 V 與側位移 Δ 關係，可以四點表示之。

第一點 $\Delta = 0, V = 0$

第二點 $\Delta = \Delta_y, V = V_m$

第三點 $\Delta = \Delta_{fs}, V = V_m$

第四點 $\Delta = \max(\Delta_{fs}, \Delta_a), V = 0$



NCREE-09-023

柱彎矩破壞之側力與側位移關係

第二點 $\Delta = \Delta_y = \frac{V_m}{k_c}, V = V_m = \frac{2M_n}{H_c}$

柱子之撓曲勁度 (kgf/cm) $k_c = \frac{12(EI)_c}{H_c^3}$

柱子之開裂撓曲剛度 (kgf-cm²) $(EI)_c = 0.35E_c I_g$

混凝土之彈性模數 (kgf/cm²) $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$

柱子總斷面對其中心軸之慣性矩 (cm⁴) I_g

NCREE-09-023

柱彎矩破壞之側力與側位移關係

第三點 $\Delta = \Delta_{fs}, V = V_m = \frac{2M_n}{H_c}$

由撓曲裂縫轉為剪力裂縫之側位移 Δ_s (cm)

$$\frac{\Delta_{fs}}{H_c} = \frac{3}{100} + 4\rho'' - \frac{v_m}{133\sqrt{f'_c}} - \frac{N_u}{40A_g f'_c} \geq \frac{1}{100}$$

剪力箍筋體積比 $\rho'' = \frac{A_v}{bs}$ 柱寬 (cm) b 柱深 (cm) h

間距 s 內之箍筋斷面積 (cm²) A_v

剪應力 (kgf/cm²) $v_m = \frac{V_m}{bd}$ 有效柱深 (cm) $d = 0.8h$

NCREE-09-023

柱彎矩破壞之側力與側位移關係

第四點 $\Delta = \max(\Delta_{fs}, \Delta_a)$, $V = 0$

軸向破壞時之側位移 Δ_a (cm)

$$\frac{\Delta_a}{H_c} = \frac{4}{100 \tan \theta + N_u s / (\phi_s A_v f_{yt} d_c \tan \theta)} \frac{1 + \tan^2 \theta}{1}$$

剪力裂縫與水平之夾角

$$\theta = \min(65^\circ, \tan^{-1} \frac{H_c}{h})$$

90度彎鉤對於箍筋

剪力強度之折減係數

$$\phi_s = \begin{cases} 1, & 0 \leq \mu < 2 \\ 1.15 - 0.075\mu, & 2 \leq \mu < 6 \\ 0.7, & 6 \leq \mu \end{cases}$$

柱子核心混凝土
之深度 (cm)

d_c

韌性比

$$\mu = \Delta_{fs} / \Delta_y$$

NCREE-09-023

柱剪力破壞之側力與側位移關係

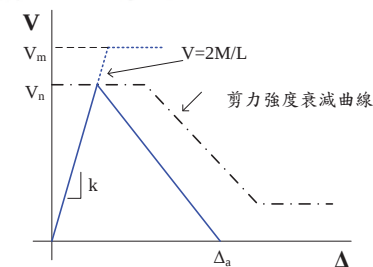
若柱子剪力之側向強度低於其彎矩之側向強度，
即 $V_n < V_m$ ，則為剪力破壞。

柱子剪力破壞之側力 V 與側位移 Δ 關係，
以三點表示之。

第一點 $\Delta = 0$, $V = 0$

第二點 $\Delta = \Delta_s$, $V = V_n$

第三點 $\Delta = \max[\Delta_s, \min(\Delta_a, 0.04H_c)]$, $V = 0$



NCREE-09-023

樓層剪力與樓層間側位移之關係

假設樓板面內為剛性，即同一樓板之節點間距
離不變，故樓層間之側位移與該樓層柱子之側
位移同。

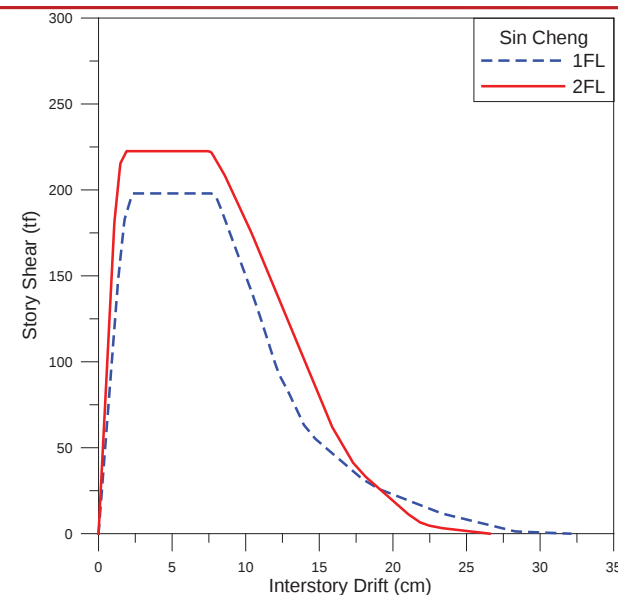
$$\Delta_{iF} = \Delta_{iF,j}$$

同一樓層之柱子呈並聯關係，故樓層之剪力乃
該樓層柱子側力之疊加。

$$V_{iF} = \sum_j V_{iF,j}$$

鍾立來等(2013)

樓層剪力與樓層間側位移之關係



$$\Delta_{1F} = \Delta_{1F,j}$$

$$V_{1F} = \sum_j V_{1F,j}$$

$$\Delta_{2F} = \Delta_{2F,j}$$

$$V_{2F} = \sum_j V_{2F,j}$$

鍾立來等(2013)

結構之容量曲線

結構之容量曲線為基底剪力 V_{bs} 與結構頂層側位移 Δ_{RF} 之關係。

若一樓為基底，結構之基底剪力 V_{bs} 即為其一樓之剪力 V_{1F} 。
 $V_{bs} = V_{1F}$

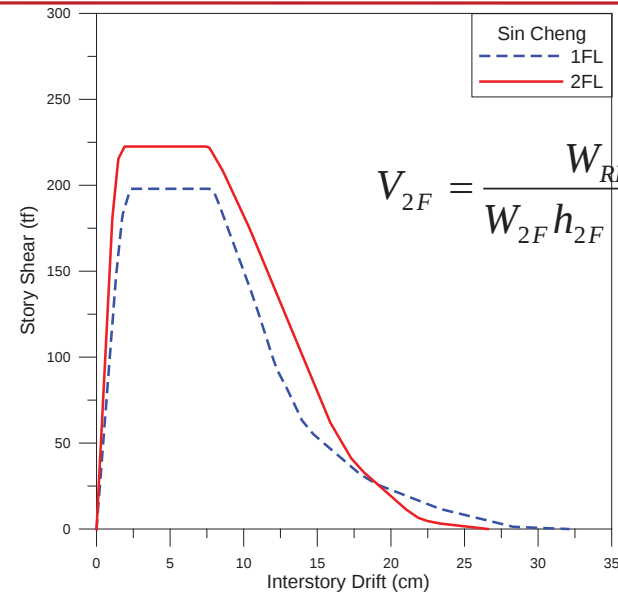
對應於基底剪力 V_{bs} ，第 i 層之剪力 V_{iF} 為

$$V_{iF} = \left[\frac{\sum_{k=i+1}^{n+1} W_{kF} h_{kF}}{\sum_{k=2}^{n+1} W_{kF} h_{kF}} \right] V_{bs}$$

$$\Delta_{RF} = \sum_{k=1}^n \Delta_{kF}$$

鍾立來等(2013)

結構之容量曲線



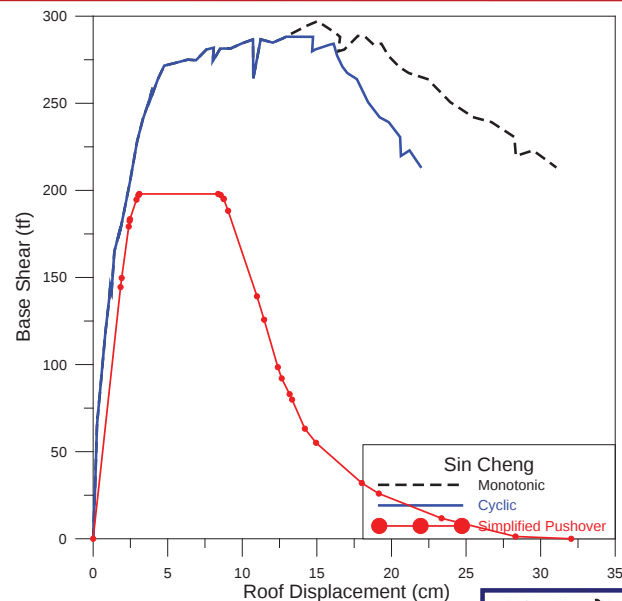
$$V_{1F} = V_{bs} \rightarrow \Delta_{1F}$$

$$V_{2F} = \frac{W_{RF} h_{RF}}{W_{2F} h_{2F} + W_{RF} h_{RF}} V_{bs} \rightarrow \Delta_{2F}$$

$$\Delta_{RF} = \Delta_{1F} + \Delta_{2F}$$

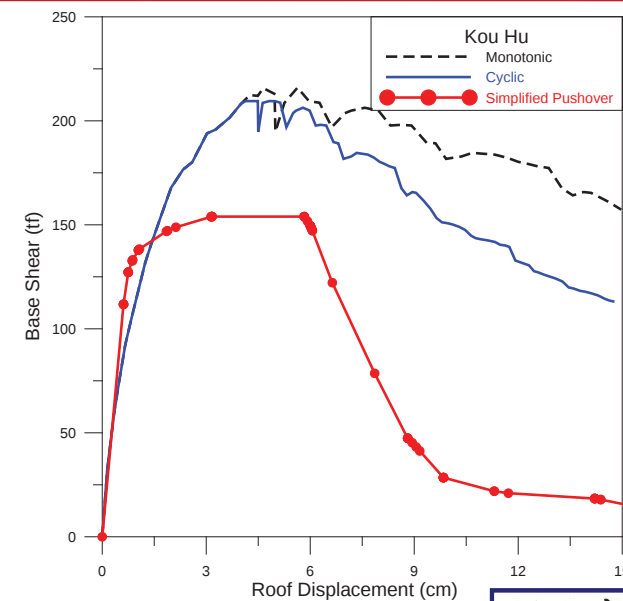
鍾立來等(2013)

花蓮縣新城國中



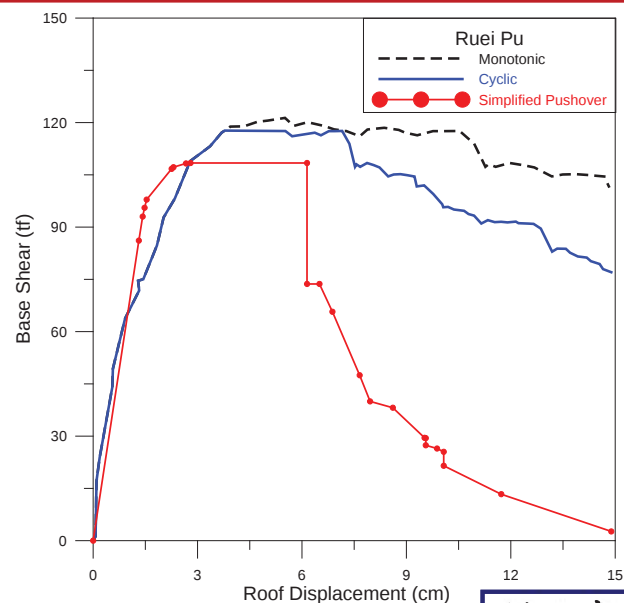
鍾立來等(2013)

雲林縣口湖國小



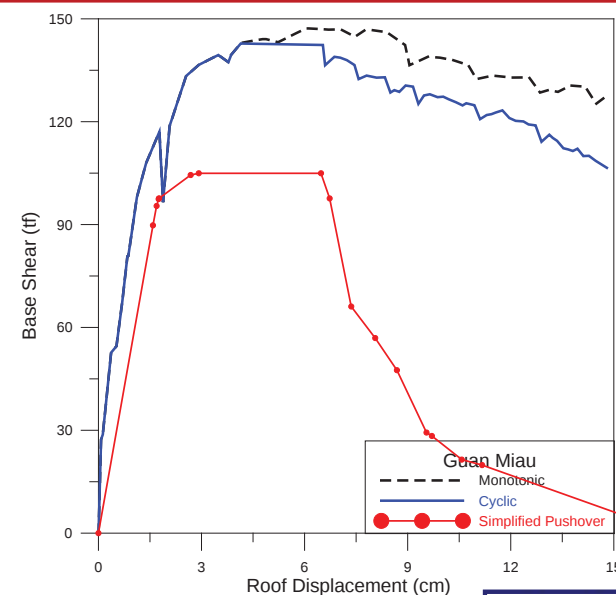
鍾立來等(2013)

桃園縣瑞埔國小



鍾立來等(2013)

臺南縣關廟國小



鍾立來等(2013)

參考文獻

許丁友、鍾立來、廖文義、邱建國、簡文郁、周德光 (2003)，「國民中小學典型校舍耐震能力初步評估法」，國家地震工程研究中心，研究報告NCREE-03-049。

蘇耕立 (2008)，「台灣中小學校舍結構耐震能力初步評估方法之探討」，國立台灣大學土木工程學系碩士論文，黃世建指導。

營建署 (2011)，「建築物耐震設計規範及解說」。

參考文獻

鍾立來、林琨偉、蘇耕立、黃世建、吳賴雲 (2012)，「國民中小學校舍結構耐震能力之初步評估及其統計分析」中華民國結構工程學會，結構工程，第二十七卷，第一期，第35~46頁。

鍾立來、吳賴雲、林琨偉、楊耀昇、連冠華 (2012)，「以現地試驗檢核校舍結構耐震能力之初步評估」，中國土木水利工程學會，中國土木水利工程學刊，第二十四卷，第三期，第299~311頁。

參考文獻

鍾立來、楊耀昇、顧丁與、賴勇安、黃鈞鼎、吳賴雲 (2013)，「既有校舍現地試驗之簡易側推分析」，中華民國結構工程學會，結構工程，第二十八卷，第二期，第3-29頁。

鍾立來等，「校舍結構耐震評估與補強技術手冊(第二版)」，國家地震工程研究中心，報告NCREE-09-023。

校舍結構耐震評估與補強技術手冊

鍾立來等，「校舍結構耐震評估與補強技術手冊」，國家地震工程研究中心，報告NCREE-08-023。

鍾立來等，「校舍結構耐震評估與補強技術手冊(第二版)」，國家地震工程研究中心，報告NCREE-09-023。

鍾立來等，「校舍結構耐震評估與補強技術手冊(第三版)」，國家地震工程研究中心，報告NCREE-13-023。

Taiwan Earthquake Assessment for Structures by Pushover Analysis, TEASPA



敬請指正！

非線性側推分析與 容量震譜法

主講人：葉勇凱

April 25, 2014

簡報大綱

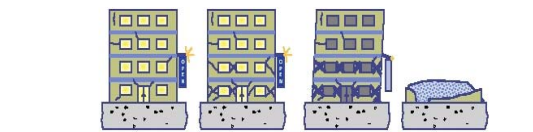
- 耐震評估程序
- 非線性側推分析
- 容量震譜法
- 建物含下部結構之分析需注意重點

耐震評估程序

- 設定建物耐震需求
依[建築物實施耐震評估與補強方案]，以工址回歸期
475年之設計地震地表加速度作為耐震需求
- 進行側推分析取得建物之容量曲線
建立非線性鉸、設定側向力豎向分配、非線性結構分析
- 以容量震譜法取得建物耐震容量
轉換容量震譜、建立性能曲線、設定耐震性能目標、
以性能目標地表加速度作為耐震容量
- 台灣目前採用容量震譜法作為耐震詳細評估方法
TEASPA: [校舍結構耐震評估與補強技術手冊]所採用
SERC: 台大蔡益超教授團隊所開發

非線性側推分析

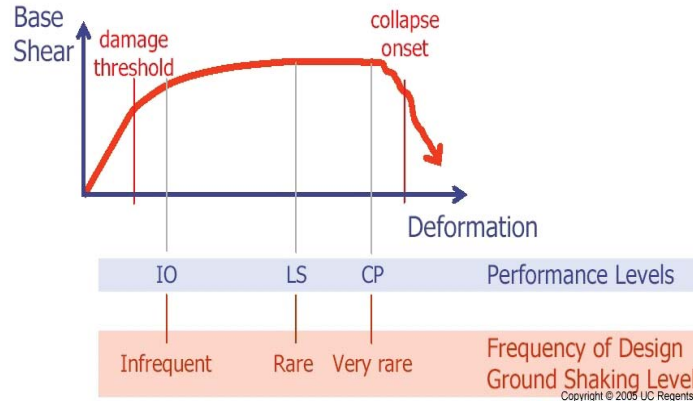
容量曲線-建物屋頂位移與基底剪力之關係曲線



建物位移與
損傷程度結合

屋頂最大位移
與強地動強度
之關係

以非線性靜力
分析近似模擬
非線性動力分
析之屋頂位移



以側推分析建立容量曲線

- 以非線性靜力分析代替非線性動力分析
工程師習慣設計反應譜且動力分析較為繁複
- 模擬動力分析之屋頂位移
屋頂非線性位移直接關係建物耐震能力
- 基於平面構架側推分析
平面不規則或較高樓層建物分析誤差較大
- 空間構架側推分析
簡單側推分析(Peter Fajfar)-與目前TEASPA做法一致
模態側推分析(AK. Chopra)
- 固定側力豎向分配
以單一等效模態作側力豎向分配

建物的非線性模型

- 構件非線性反應集中由非線性鉸表現
忽略了塑鉸長度與剪力跨度(Shear Span)的影響
- 以軸力、剪力及彎矩非線性鉸各自表現對應之破壞模式
非線性鉸性質由單柱反覆載重試驗取得
- 以垂直載重分析之構件軸力設定非線性鉸性質
垂直載重狀態可視為地震中之平均軸力狀態，且單柱試驗多在固定軸力之條件下進行

側力豎向分配與施載點

- 各樓層(剛性樓版)側力需施載於樓層質量中心
手冊三版不考慮額外之意外偏心，但質量中心位置應符合現況
- 側力分配係基於結構的等效模態

$$V_i = \frac{w_i \phi_i}{\sum_j w_j \phi_j} V$$

w_i 為建物樓層 i 的樓層重

ϕ_i 為建物等效模態於樓層 i 之振幅

正解 為建物側推過程樓層 i 之位移，但變化不固定，不易操作

ATC-40建議 為建物第一模態於樓層 i 振幅或倒三角形分量(手冊一、二版採用)

手冊三版採用 建物側推方向之主控模態於樓層 i 振幅在側推方向的分量

非線性靜力分析注意重點

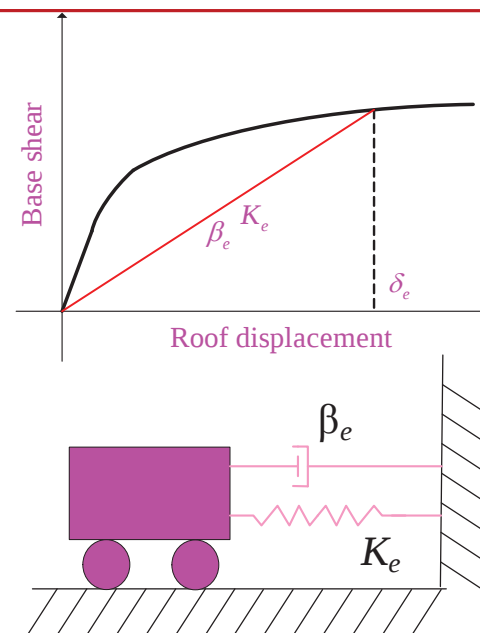
- 垂直載重包含靜載重與二分之一設計活載重
靜載重須反應於樓層質量，依現況分佈於樓層
- 側推分析緊接著垂直載重分析進行
側推分析的屋頂位移參考點必須設在質心點
- 檢查性能目標點的基底剪力值與非線性鉸狀態
若基底剪力值或非線性鉸狀態異常，需檢查分析模型

容量震譜法

靜力分析評估法



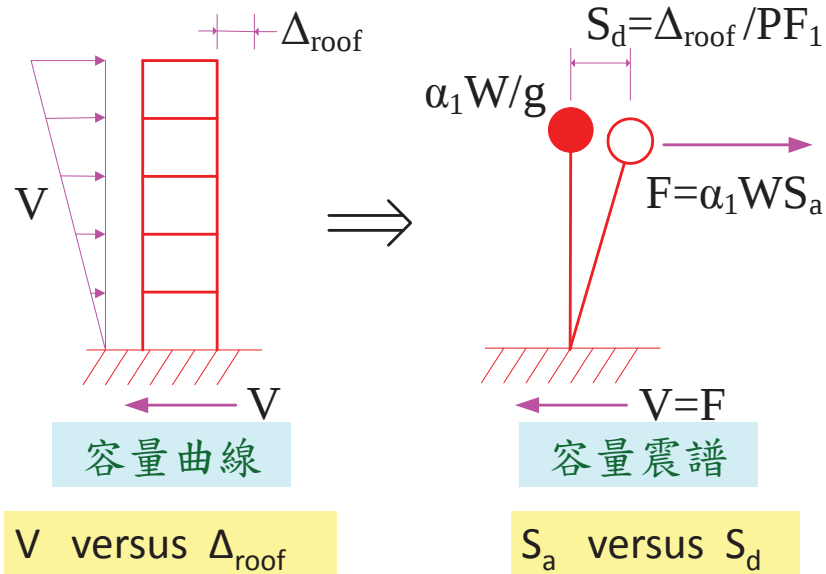
容量震譜法的等效單自由度系統



容量曲線上各點為具有不同的勁度與阻尼之單自由度等效彈性系統之反應

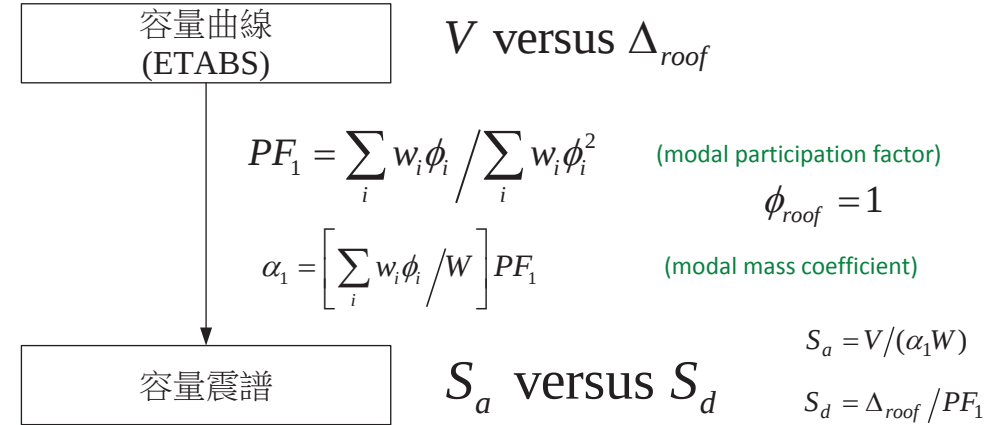
等效阻尼由單一遲滯迴圈消散的能量決定

多自由度系統轉換至單自由度系統



PF_1 與 α_1 由等效模態決定

基於平面構架理論模型



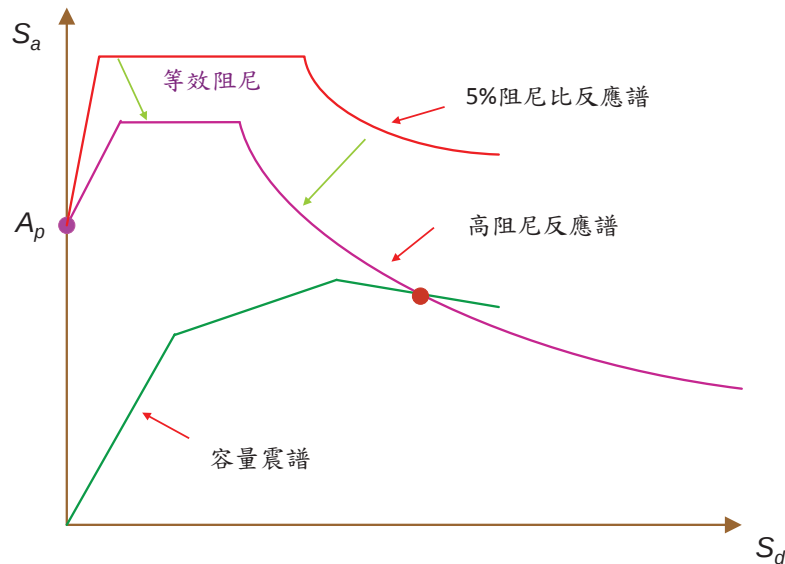
ϕ_i 為建物等效模態於樓層 i 之振幅

正解 為建物側推過程樓層 i 之位移，ETABS採用，但側推力沒有配合

ATC-40建議 為建物第一模態於樓層 i 振幅或倒三角形分量(手冊一、二版採用)

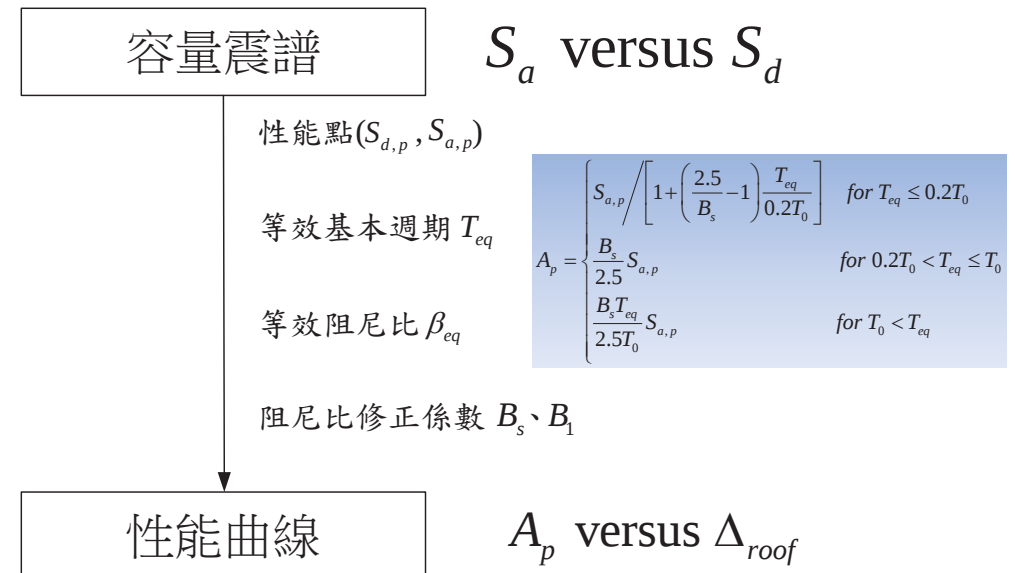
手冊三版採用 建物側推方向之主控模態於樓層 i 振幅在側推方向的分量

性能目標地表加速度之決定



● 性能目標地表加速度 ● 性能目標

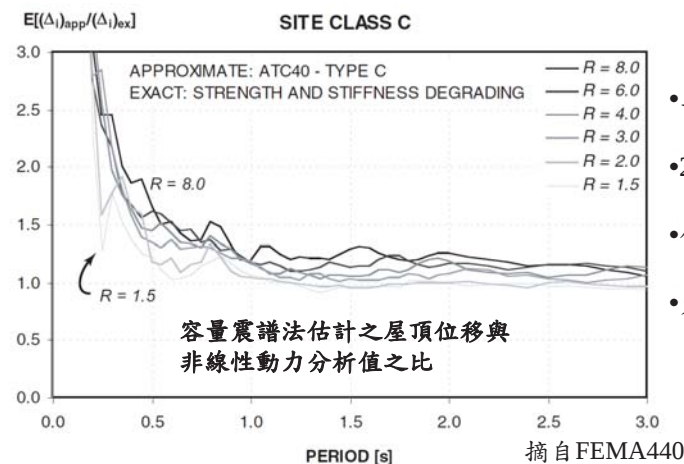
性能曲線之建立



容量震譜法誤差來源

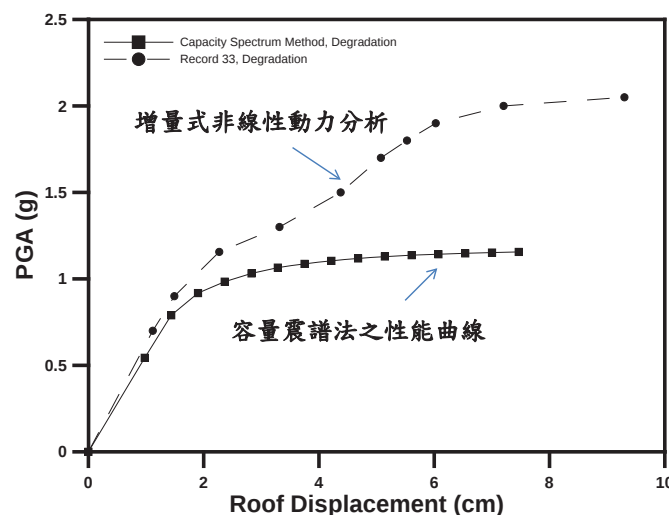
- 高估等效週期
結構的震時反應不會集中在長週期
- 高估遲滯圈形式對於結構反應的影響
完整遲滯圈消能在實際震時不易出現
- 對於低週期建物($T < 0.5\text{sec}$)評估結果過於保守
FEMA440報告以等效線性法(equivalent linearization procedure)改良ATC40的容量震譜法

容量震譜法於低矮型建物相當保守



- 單自由度模型
- 20筆地震紀錄平均值
- 使用地震紀錄反應譜
- 大R值對應低強度

- 對於低週期建物($T < 0.5\text{sec}$)評估結果相當保守



- 單自由度模型
- 使用設計反應譜
- 週期為0.17 Sec

參考 NCRE-13-007

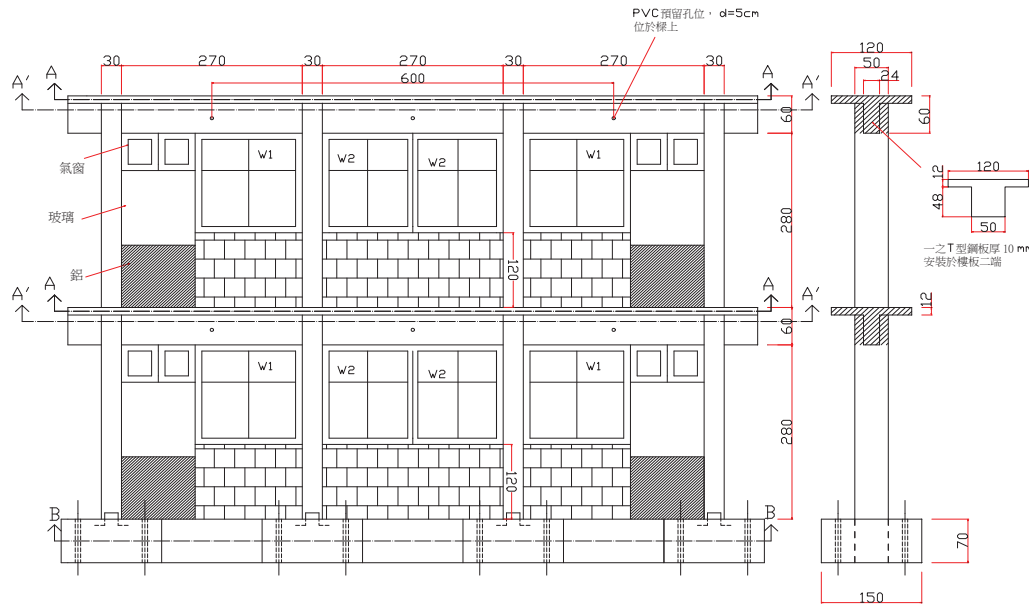
- 對於低週期建物評估結果相當保守

低矮型RC校舍耐震性能目標

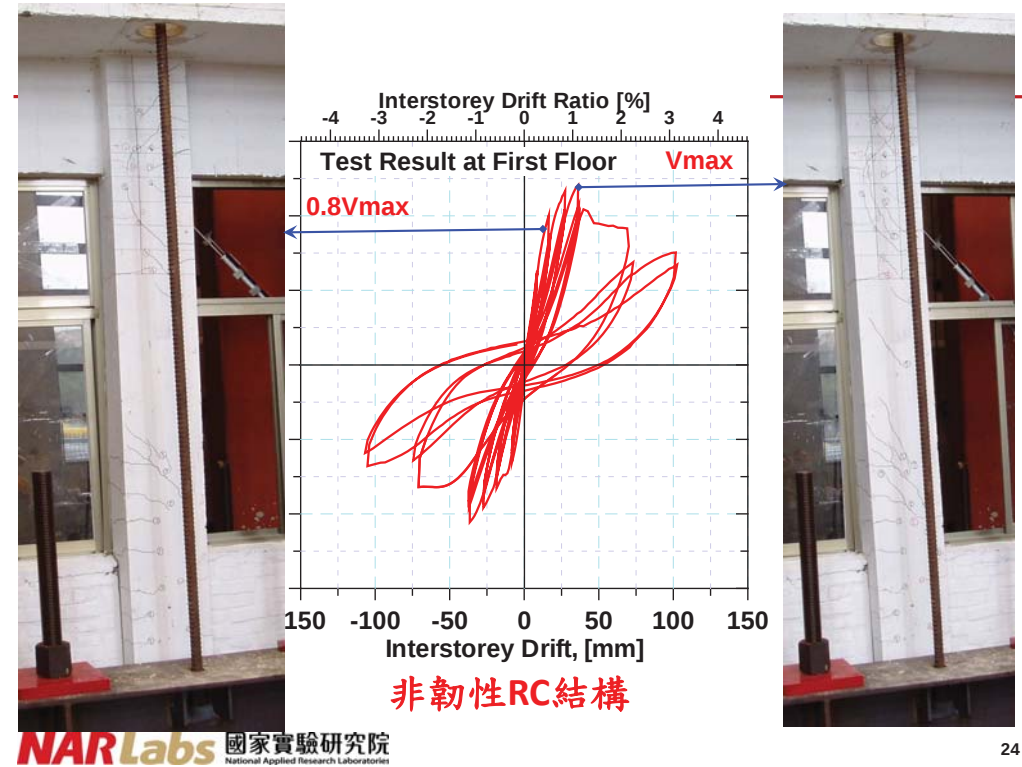
- 利用低矮(非韌性設計)RC校舍之試驗數據與觀察，判定其損傷狀態，進而決定475年回歸期設計地震層級之性能目標-於一般校舍允許中度損害以下

損害分級	損害情形描述	備註
結構無損	僅隔間磚牆等非結構元件出現小裂縫。	梁柱等主要結構元件無損，或僅有毛細裂縫(無須修復)。
輕微	結構元件出現小裂縫；如梁、隔間柱及窗台柱上下端。	結構元件之小裂縫寬度在0.3mm以下，且無任何裂縫延伸超過1/2構材面寬。構材受力已達降伏。
中度	隔間柱上下兩端，出現撓剪裂縫。窗台柱中間，出現剪力裂縫。	結構元件之裂縫寬度0.3-1.0mm。殘留層間變位(位移)比小於1%。
嚴重	隔間柱及窗台柱核心混凝土碎裂，箍筋鬆脫，主筋挫屈。	結構元件之裂縫寬度超過1.0mm。殘留層間變位(位移)比在1%-3%。
完全損壞	隔間柱及窗台柱嚴重損壞，柱核心混凝土嚴重碎裂脫離，喪失承載能力，部份或全部校舍有崩塌之可能。	結構柱喪失承載能力。殘留層間變位(位移)比超過3%。

典型校舍RC構架試驗



原型結構試驗前之狀態

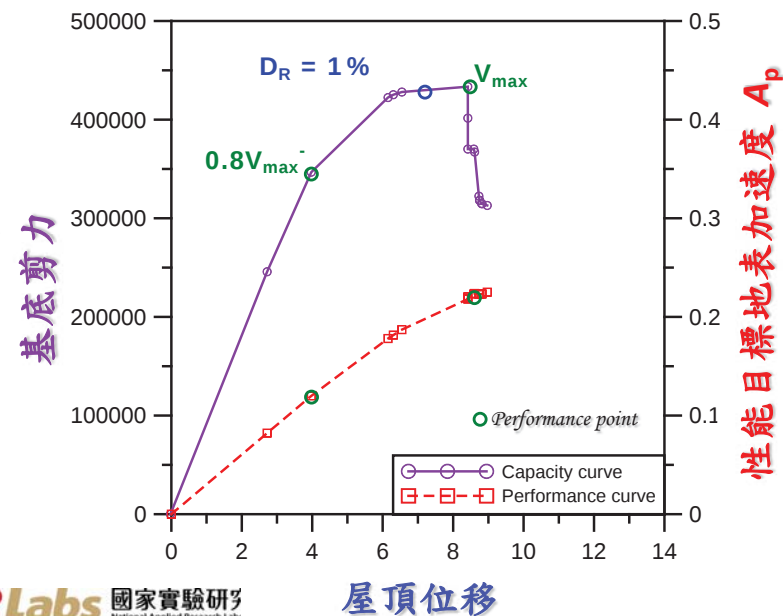


量化性能目標

	性能目標地表加速度 A_p			A_T
$I=1.25$ (一般校舍)	$V_{\max}$	$D_R^T = 2.0\%$	任一構件發生軸力破壞	$0.4S_{DS}$
$I=1.5$ (緊急避難用)	$0.80V_{\max}$	$D_R^T = 1.0\%$	任一構件發生軸力破壞	$0.4S_{DS}$

- 475年回歸期設計地震層級之性能目標
於一般校舍允許中度損害以下
於緊急避難用校舍允許輕微損害以下

分析所得容量曲線之性能點標示



耐震能力判定

性能目標地表加速度

	強度準則	位移準則
一般校舍	$V_{\max} = 433.42 \text{ tf}$ $A_p = 0.22g$	1.33% Story Drift (2.0% Story Drift)
緊急 避難用	$0.8V_{\max} = 346.74 \text{ tf}$ $A_p = 0.12g$	0.44% Story Drift (1.0% Story Drift)

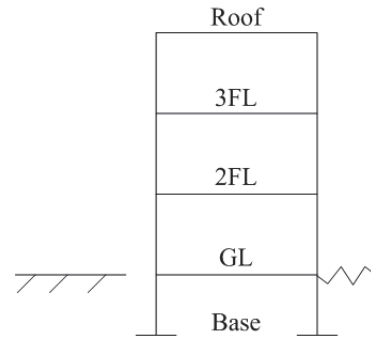
與475年設計地震等效地表加速度比較

若 $A_T = 0.4S_{DS} = 0.28g$ 則須補強

建物含下部結構之分析 需注意重點

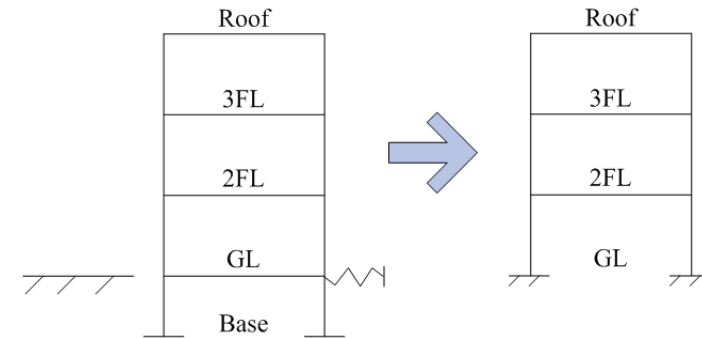
建物含下部結構之分析需注意重點

- 側推分析模型包含下部結構



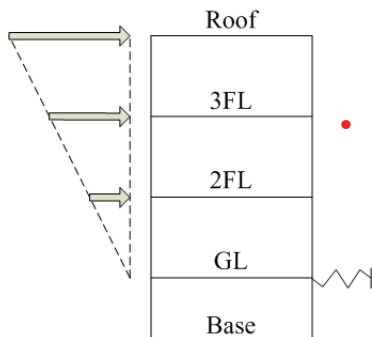
- 側向力如何分配?
- 容量震譜法的結構重量有無包含下部結構?

- 使用上部結構的主控模態
設定上部結構各樓層側力分配



$$V_i = \frac{w_i \phi_i}{\sum_j w_j \phi_j} V$$

- 以上部結構容量曲線進行容量震譜法



- ETABS輸出之基底剪力(Base Force)
為側力總和即為上部結構的基底剪力
- ETABS輸出之屋頂位移(Displacement)
須扣除GL層之位移
才是上部結構的屋頂位移

- 以上部結構模型計算

$$S_a = V / (\alpha_1 W)$$

$$S_d = \Delta_{roof} / PF_1$$

總結

- 以側推分析建立建物的容量曲線，模擬基底剪力與屋頂位移在地震中反應之包絡線
- 容量震譜法轉換容量曲線，以建立性能曲線
- 依據校舍結構試驗，由允許損傷狀態決定性能目標
- 以性能曲線結合性能目標，決定性能目標地表加速度
- 比較性能目標地表加速度與475年設計地震等效地表加速度，判定建物耐震能力是否足夠
- 含下部結構分析模型是以上部結構進行容量震譜法分析

NAR Labs 國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

報告結束
謝謝指教

承諾 · 熱情 · 創新

www.narilabs.org.tw

鋼筋混凝土建築物 耐震評估與補強講習會 非線性鉸性質之設定

主講人：邱聰智
April 25, 2014

承諾·熱情·創新

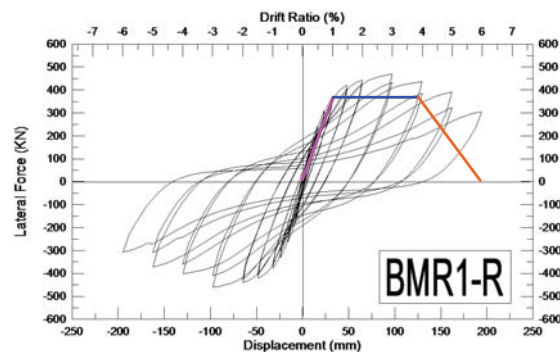
www.narlabs.org.tw

簡報大綱

- 前言
- 柱、梁桿件之模擬與設定
- 極短柱之模擬與設定
- 磚牆桿件之模擬與設定
- 窗台之模擬
- 非線性鉸設定常見之錯誤
- 結論

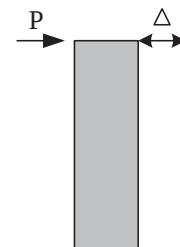
前言

Flexural Behavior of Column

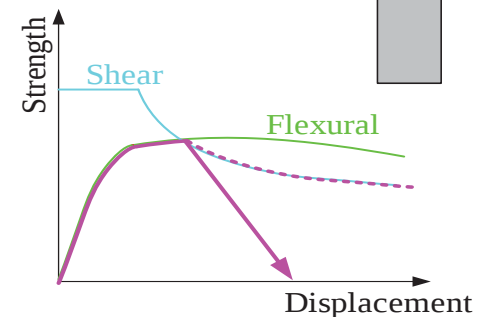


以三線段模擬：

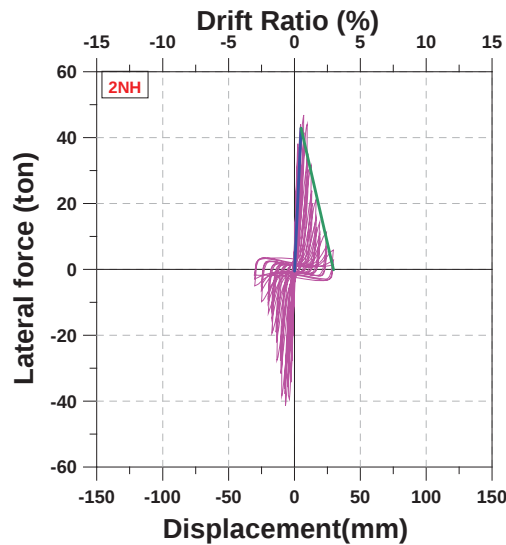
1. 彈性階段
2. 撓曲降伏
3. 剪力衰減



張國鎮、張宏輔，「鋼筋混凝土橋柱耐震分析與FRP補強之研究」，NCEE-99-030。



Shear Behavior of Column



1.彈性階段 2.剪力衰減



黃世建、黃益堂，「鋼筋混凝土極短柱受剪破壞之耐震行為曲線研究」，NCEE-08-027。

Taiwan Earthquake Assessment for Structures by Pushover Analysis (TEASPA)

✓ <https://www.facebook.com/groups/1420428518211927/>



□WIN 32

- [\[程式\] TEASPA 32位元\(版本 2014.4.25\).zip](#)
- [\[程式\] Windows 32位元電腦安裝 MCRInstaller 之下載連結](#)

□WIN 64

- [\[程式\] TEASPA 64位元\(版本 2014.4.25\).zip](#)
- [\[程式\] Windows 64位元電腦安裝 MCRInstaller 之下載連結](#)

TEASPA

- 柱梁構件非線性鉸程式: COLPH
- 磚牆構件非線性鉸程式: BWPH
- RC牆構件非線性鉸程式: SWPH
- 容量震譜轉換程式: PGA

輔助文字輸入檔(.txt)

- 手冊(13-023) 附錄B 耐震詳細評估輔助分析程式使用說明

BWPH → \$ BRICK WALL PROPERTIES

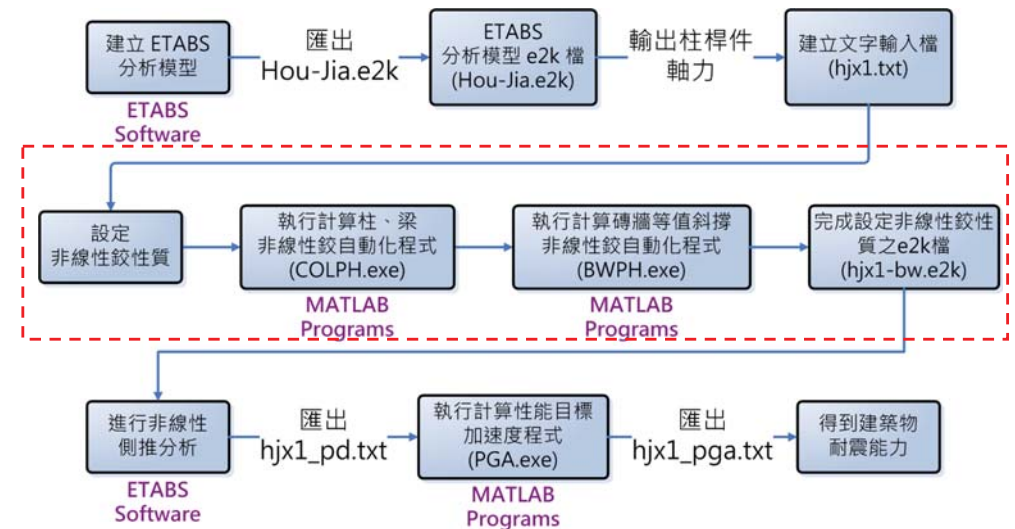
COLPH {
\$ BEAM PROPERTIES
\$ BEAM DATA
\$ COLUMN PROPERTIES
\$ COLUMN DATA
\$ AXIAL LOAD
\$ SECTION PROPERTIES

SWPH → \$ RC SHEAR WALL PROPERTIES

PGA {
\$ BUILDING PROPERTIES
\$ SITE SPECTRUM PARAMETER

TEASPA

側推分析流程-以ETABS為例



柱之破壞模式

撓曲、撓剪



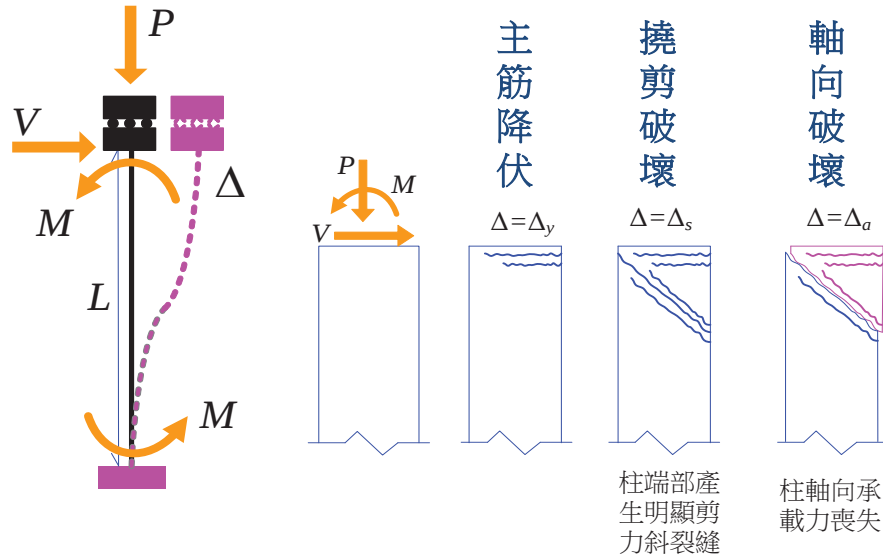
剪力



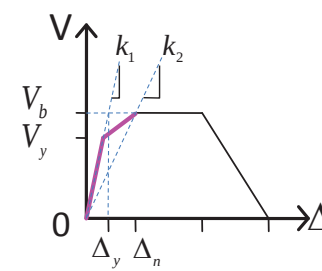
COLPH.EXE

柱、梁桿件之模擬與設定

雙曲率柱側變位之發展歷程

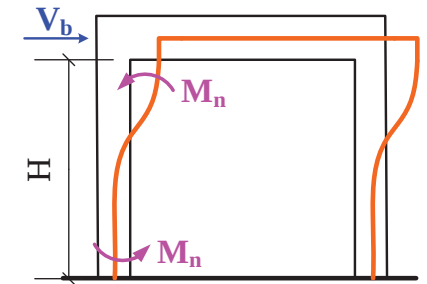


Load Deflection Curve due to Flexure



$$V_y = \frac{2M_y}{H}$$

$$k_1 = \frac{12 \times 0.7 E_c I_g}{H}$$

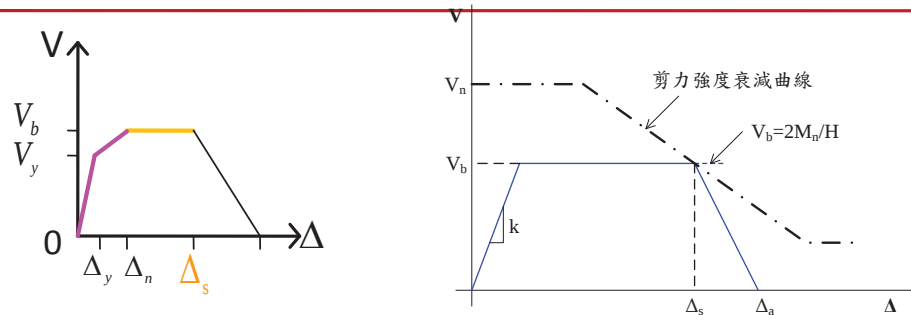


$$V_b = \frac{2M_n}{H}$$

$$k_2 = \frac{12 \times 0.35 E_c I_g}{H}$$

$$\Delta_y = \frac{V_b}{k_1} \quad \Delta_n = \frac{V_b}{k_2}$$

Load Deflection Curve due to Flexure



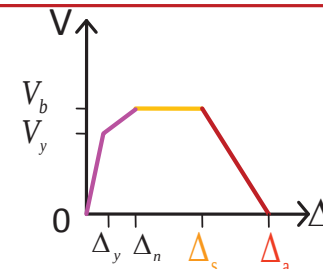
$$\Delta_s = \left(\frac{3}{100} + 4\rho'' - \frac{v_m}{133\sqrt{f'_c}} - \frac{P}{40A_g f'_c} \right) H$$

Where, $\rho'' = \frac{A_{st}}{bs}$ 為剪力箍筋體積比

$v_m = \frac{V_b}{bd}$ 為剪應力

Elwood & Moehle (2005)

Load Deflection Curve due to Flexure

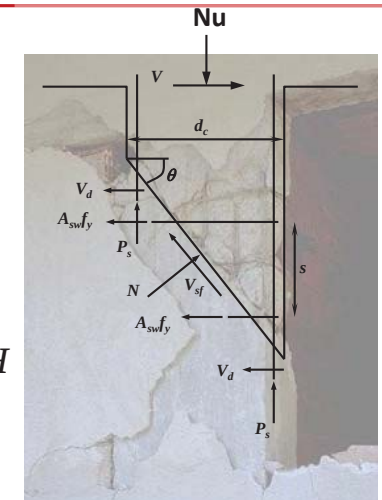


$$\Delta_a = \left(\frac{4}{100} \frac{1 + \tan^2 \theta}{\tan \theta + P \frac{s}{\kappa' A_{st} f_{yt} d_c \tan \theta}} \right) H$$

$\kappa' = 1.0$, for $\Delta_s / \Delta_y \leq 2$;

$\kappa' = 0.7$, for $\Delta_s / \Delta_y \geq 6$;

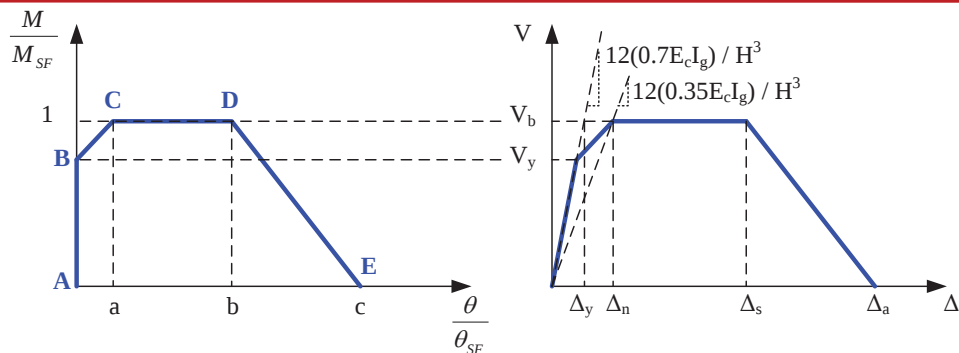
interpolation for Δ_s / Δ_y between 2 to 6.



Elwood & Moehle (2005)

d_c : 核心混凝土深度(箍筋中心到中心距離)

撓剪破壞非線性鉸參數



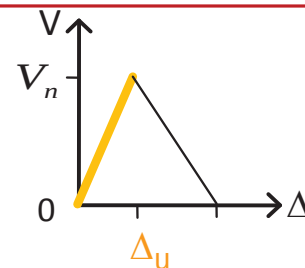
Point	Moment / SF	Rotation / SF
A	0	0
B	$\min(M_y/M_n, 0.95)$	0
C	1	a
D	1	b
E	0	c

$$a = \frac{\Delta_n}{H} - \frac{\Delta_y}{H} \quad b = \frac{\Delta_s}{H} - \frac{\Delta_y}{H}$$

$$c = \max\left(\frac{\Delta_a}{H}, \frac{\Delta_s}{H}\right) \quad \Delta_y = \frac{V_b}{k} = \frac{V_b H^3}{12(0.7E_c I_g)}$$

Moment SF	M_n
Rotation SF	1

Load Deflection Curve due to Shear



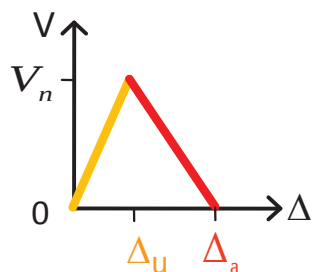
- Lateral strength of double curvature column
- Lateral stiffness of double curvature column
- Lateral displacement of yielding point

$$V_n = V_c + V_s$$

$$k_1 = \frac{12 \times 0.7 E_c I_g}{H}$$

$$\Delta_u = \frac{V_n}{k}$$

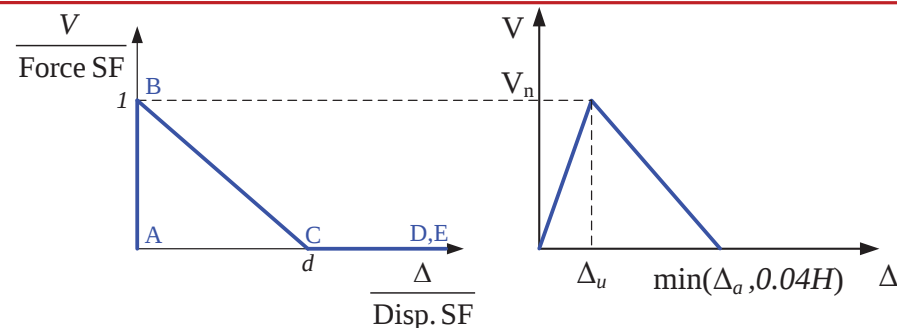
Load Deflection Curve due to Shear



$$\Delta_a = \left(\frac{4}{100} \frac{1 + \tan^2 \theta}{\tan \theta + P \frac{s}{\kappa' A_{st} f_{yt} d_c \tan \theta}} \right) H$$

$$\kappa' = 1.0, \text{ for shear failure}$$

撓力破壞非線性鉸參數

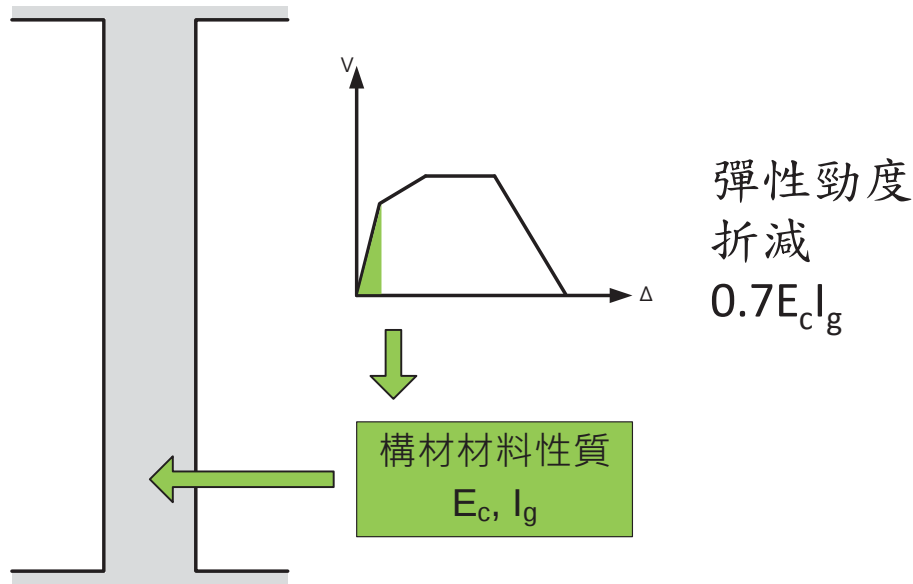


Point	Force / SF	Disp / SF
A	0	0
B	1	0
C	0	d
D	0	10d
E	0	10d

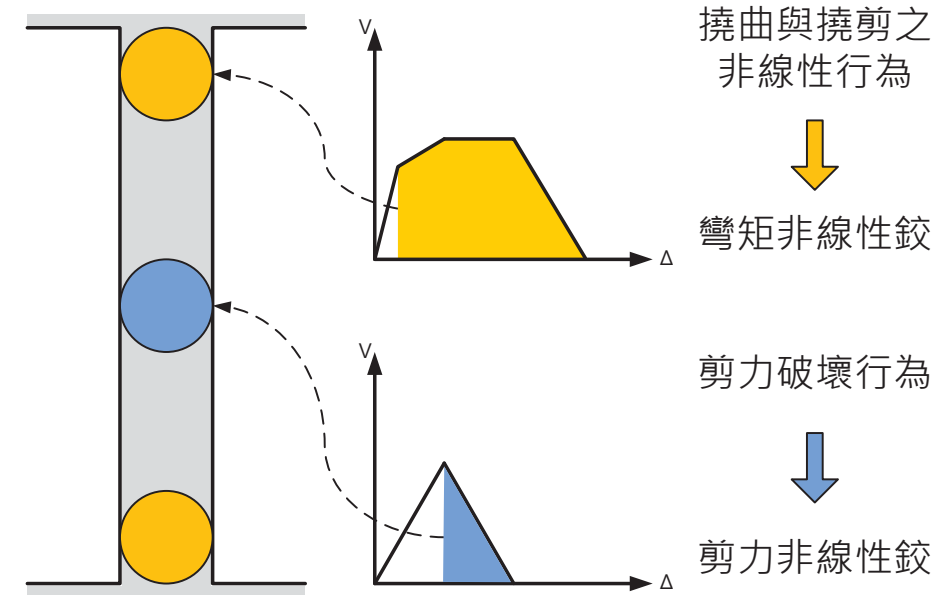
$$d = \min\left(\frac{\Delta_a}{H}, 0.04\right)$$

Force SF	V_n
Disp SF	H

柱彈性行為模擬



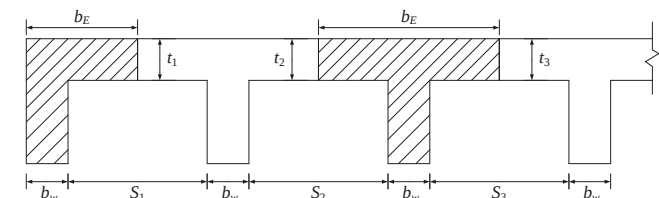
柱非線性行為模擬



梁之非線性鉸設定

- 校舍結構之梁常與樓板連接形成**T型梁**，因此梁的模擬應考慮**T型梁**之行為
- 技術手冊第二版依據**ASCE 41-06**所建議之**梁非線性鉸參數**進行設定
- 設定T型梁非線性鉸時，因斷面呈T型不對稱之緣故，必須注意其非線性鉸因正負彎矩的差異性，因其斷面呈T型不對稱之緣故

T型梁有效翼緣寬度



1. T型梁翼緣之有效版寬不得超過該梁跨度之1/4；梁腹每側懸出之有效翼緣寬度不得超過翼緣厚(版厚)之8倍或該梁與鄰梁間淨距之1/2。

$$b_E = \min(L/4, b_w + \min(8t_2, \frac{S_2}{2}) + \min(8t_3, \frac{S_3}{2}))$$

2. 梁僅一側有翼緣者，其有效懸出翼緣寬度不得超過該梁跨度之1/12、翼緣厚(版厚)之6倍或該梁與鄰梁間淨距之1/2。

$$b_E = \min(b_w + \frac{L}{12}, b_w + 6t_1, b_w + \frac{S_1}{2})$$

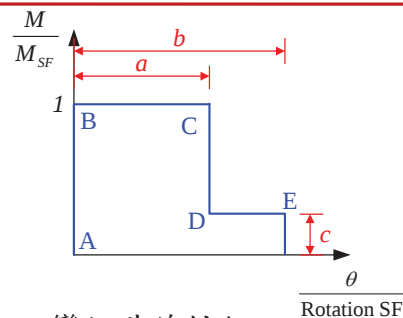
梁彎矩非線性鉸參數

$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	箍筋	$\frac{V}{0.27b_w d \sqrt{f'_c}}$	a	b	c
≤ 0.0	有圍束	≤ 3	0.025	0.05	0.2
≤ 0.0	有圍束	≥ 6	0.02	0.04	0.2
≥ 0.5	有圍束	≤ 3	0.02	0.03	0.2
≥ 0.5	有圍束	≥ 6	0.015	0.02	0.2
≤ 0.0	無圍束	≤ 3	0.02	0.03	0.2
≤ 0.0	無圍束	≥ 6	0.01	0.015	0.2
≥ 0.5	無圍束	≤ 3	0.01	0.015	0.2
≥ 0.5	無圍束	≥ 6	0.005	0.01	0.2

r : 梁斷面受拉鋼筋比

r_c : 梁斷面受壓鋼筋比

r_{bal} : 梁斷面產生平衡應變狀態之鋼筋比



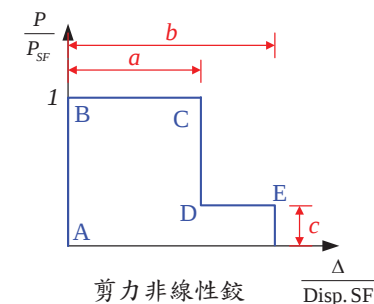
Points	Moment/SF	Rotation/SF
A	0	0
B	1	0
C	1	a
D	c	a
E	c	b

梁剪力非線性鉸參數

箍筋間距	a	b	c
箍筋間距 $\leq (d/2)$	0.003	0.02	0.2
箍筋間距 $> (d/2)$	0.003	0.01	0.2

d : 有效深度

(構材最外受壓纖維至受拉鋼筋斷面重心之距離)



Points	Force/SF	Disp/SF
A	0	0
B	1	0
C	1	a
D	c	a
E	c	b

極短柱之剪力強度

- 對於鋼筋混凝土構件之剪力強度，前版係參酌 [ACI 318](#) 公式以提出建議，但是，若為極短柱 (高寬比小於2者)，剪力強度之估算並不準確，恐 [高估鋼筋所貢獻之剪力強度](#)。
- 故本版採用 [軟化拉壓桿模式](#) (Softened Strut-and-Tie Model, SST)，作為前述剪力強度之計算，使極短柱剪力強度之估算，更趨合理。

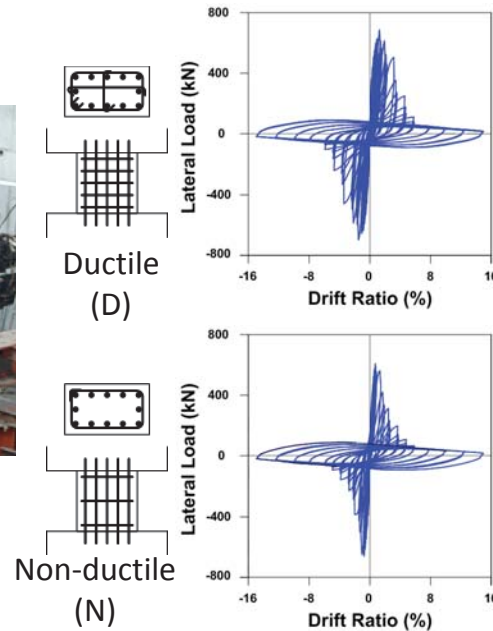
COLPH.EXE

極短柱之模擬與設定

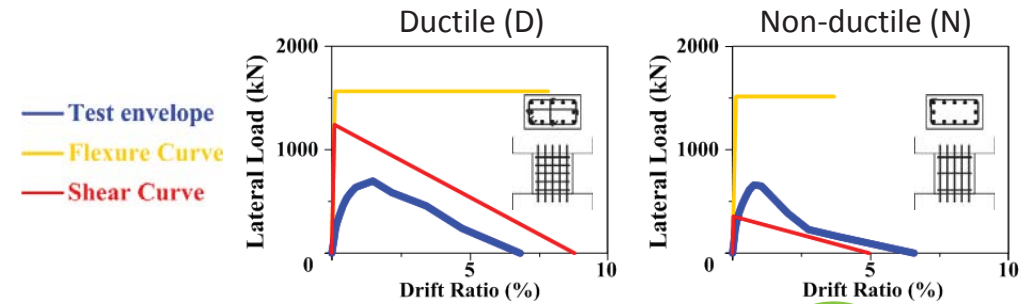
RC短柱受剪破壞之耐震評估研究



黃益堂、黃世建，「鋼筋混凝土短柱受剪破壞之耐震行為為曲線研究」，國家地震工程研究中心研究報告，NCEE 08-027，2008。

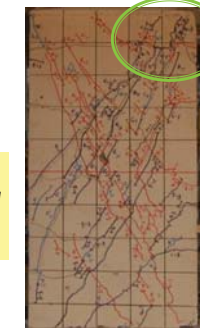


手冊二版評估結果

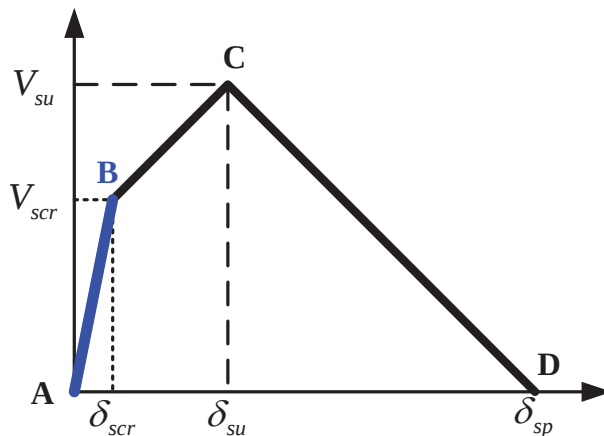


混凝土擠碎破壞

$$V_n = \frac{A_{st} f_{yt} d}{s} \cot \alpha + 0.17 \left(1 + \frac{N}{14 A_g} \right) \sqrt{f'_c} b d$$



極短柱之剪力非線性行為



B: 剪力開裂點

V_{scr} 以 ACI 牆開裂公式計算

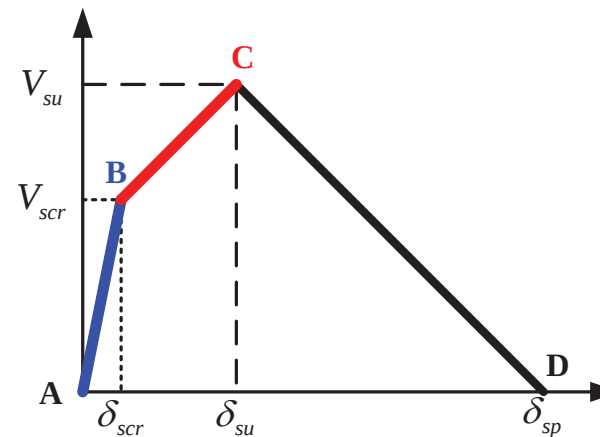
$$\delta_{scr} = \delta_{s,cr} + \delta_{f,cr}$$

$$\delta_{s,cr} = \gamma_{vh} H = \frac{2(1+\nu)}{E_c} \frac{1.2}{bh} V_{scr} H$$

$$\delta_{f,cr} = \frac{V_{scr} H^3}{12 E_c I}$$

$$I = 0.7 I_g$$

極短柱之剪力非線性行為



C: 剪力極限點

V_{su} 以 SST 計算

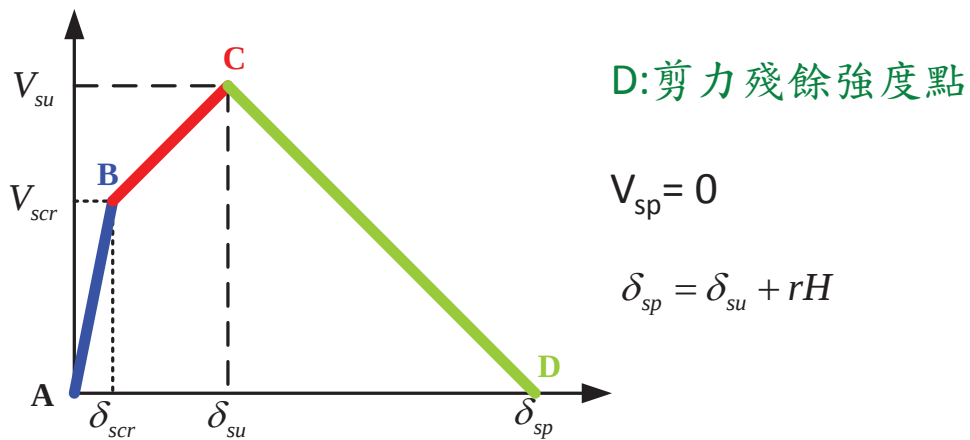
$$\delta_{su} = \delta_{s,su} + \delta_{f,su}$$

$$\delta_{s,su} = \gamma_{vh,su} H$$

$$\delta_{f,su} = \frac{V_{su} H^3}{12 E_c I}$$

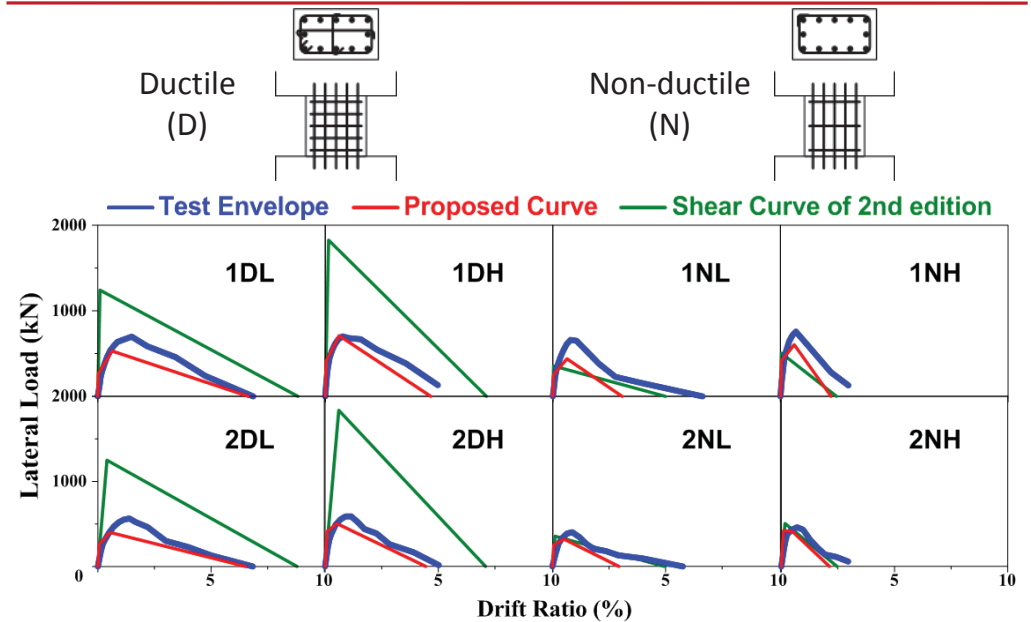
$$I = 0.35 I_g$$

極短柱之剪力非線性行為



位移係數 r 可參考ASCE 41-06 所建議之非線性轉角係數

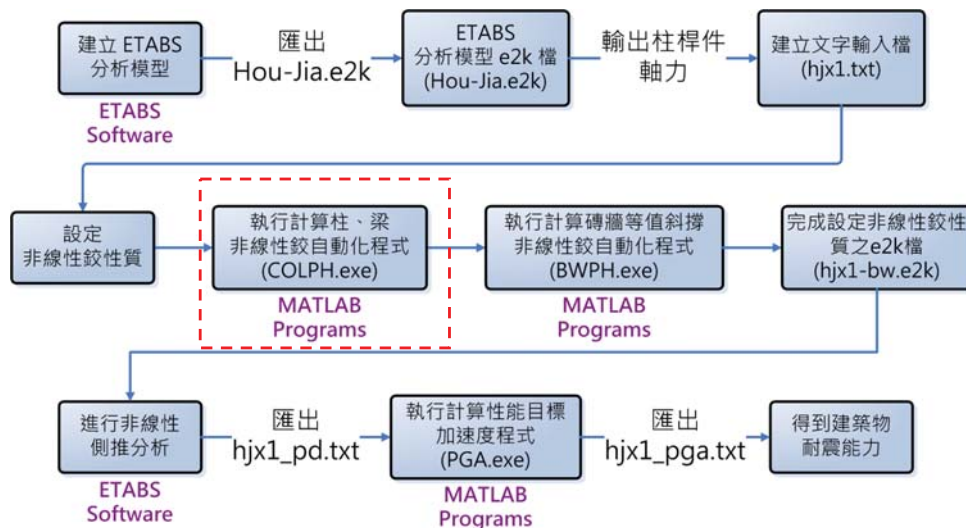
手冊三版:SST模型計算D區剪力行為



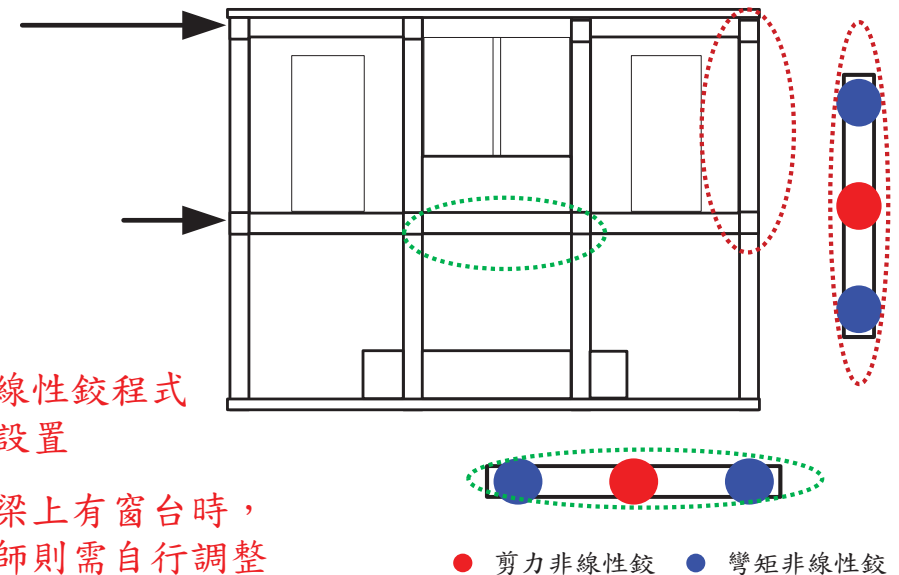
李翼安、邱聰智、蕭輔沛、黃世建，「鋼筋混凝土短柱受剪破壞之耐震評估研究」，結構工程期刊，第29卷第1期，2014年3月。

TEASPA

側推分析流程-以ETABS為例



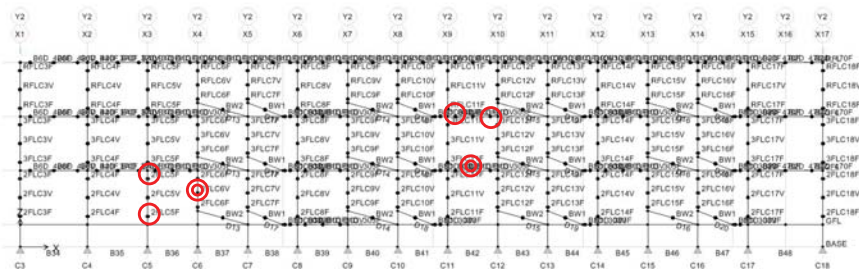
柱、梁之非線性行為模擬



非線性鉸之設定

各桿件非線性鉸設定情形

- 柱、梁：彎矩非線性鉸、剪力非線性鉸



- 彎矩非線性鉸
- 彎矩非線性鉸
- ⊙ 剪力非線性鉸
- ⊙ 剪力非線性鉸
程式自動設置

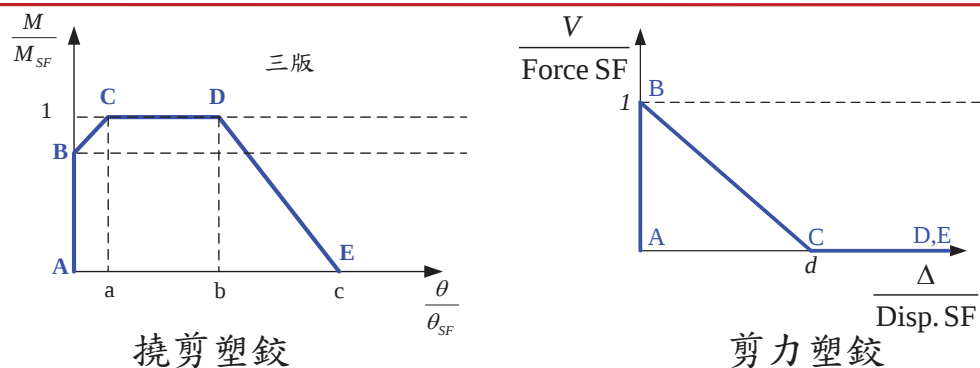
既有校舍補強對應475年設計地震之性能目標標準

用途分組 ^o	A_p ^o			A_T ^o
一般校舍 ^o ($I = 1.25$) ^o	V_{max} ^o	$D_r^T = 2.0\%$ ^o	垂直承載構件 發生軸向破壞 ^o	$0.4S_{DS}$ ^o
緊急避難用校舍 ^o ($I = 1.5$) ^o	$0.80V_{max}$ ^o	$D_r^T = 1.0\%$ ^o	垂直承載構件 發生軸向破壞 ^o	$0.4S_{DS}$ ^o

垂直承載構件發生軸向破壞係指：

各側推分析步中有柱構件之撓曲彎矩非線性鉸
到達E點或剪力非線性鉸超過C點時

垂直承載構件發生軸向破壞



軸向破壞	手冊2版	手冊3版
二端撓剪塑鉸	D點(橘色)	E點(紅色)
中間剪力塑鉸	C點(黃色)	C點(黃色)
手冊2版到B點時強度進入 Mn		
手冊3版到C點時強度進入 Mn		

BWPH.EXE

磚牆桿件之模擬與設定

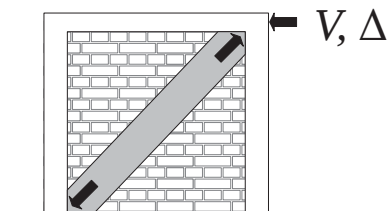
磚牆構件之非線性鉸計算

1. 磚牆行為之模擬

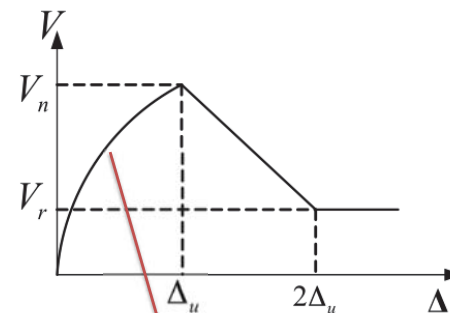
- 成大許茂雄教授進行一系列磚牆研究，建議磚牆可以一**等值受壓斜撐**進行模擬，該斜撐必須與磚牆具有相等之**勁度與強度**，其端點與構架**鉸接**。
- 以斜撐上之**軸力非線性鉸**表現磚牆之破壞行為。

2. 磚牆壓力非線性鉸計算依據

- 建築物磚構造設計及施工規範 (2008)

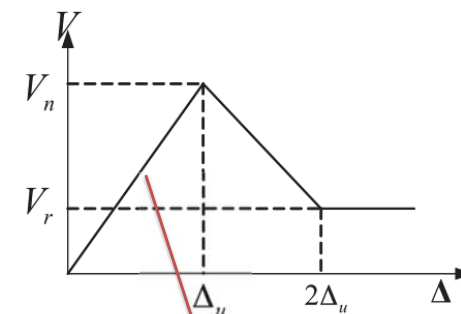


磚牆等值斜撐模型



(a) 建築物磚構造設計及施工規範
側向載重位移曲線

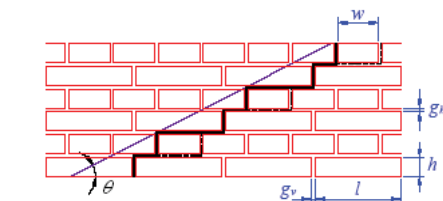
$$\frac{V}{V_u} = a_1 \left(\frac{\Delta}{\Delta_u} \right) + a_2 \left(\frac{\Delta}{\Delta_u} \right)^2 + a_3 \left(\frac{\Delta}{\Delta_u} \right)^3$$



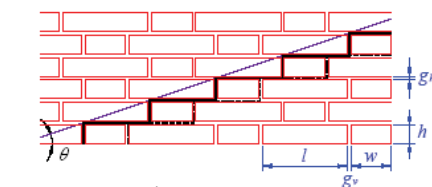
(b) NCEE: 建議曲線

$$E_u = 61.29 \eta_1 \eta_2 f_{bc}^{0.7} f_{mc}^{0.3}$$

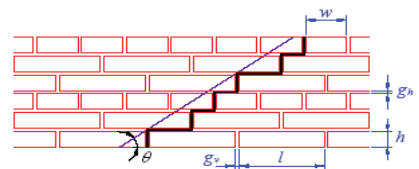
磚牆臨界破裂角



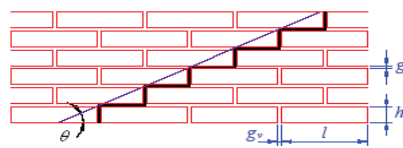
1. 英國式砌法 $\tan \theta = \frac{h + g_h}{w + g_v}$



2. 法國式砌法 $\tan \theta = \frac{2(h + g_h)}{w + l + 2g_v}$



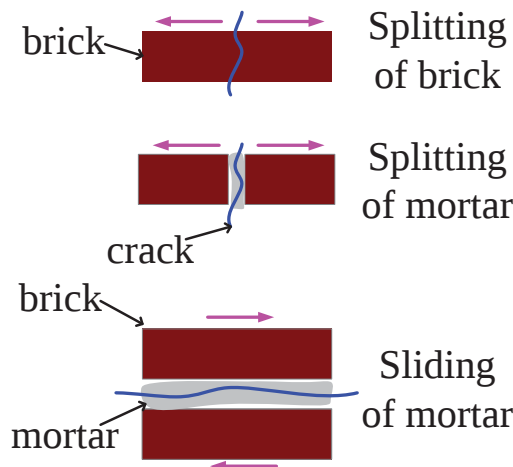
3. 二順一丁砌法 $\tan \theta = \frac{3(h + g_h)}{2(w + g_v)}$



4. 順砌法 $\tan \theta = \frac{2(h + g_h)}{l + g_v}$

理論上裂縫將會延灰縫間發展，實際上...

Cracks of brick masonry



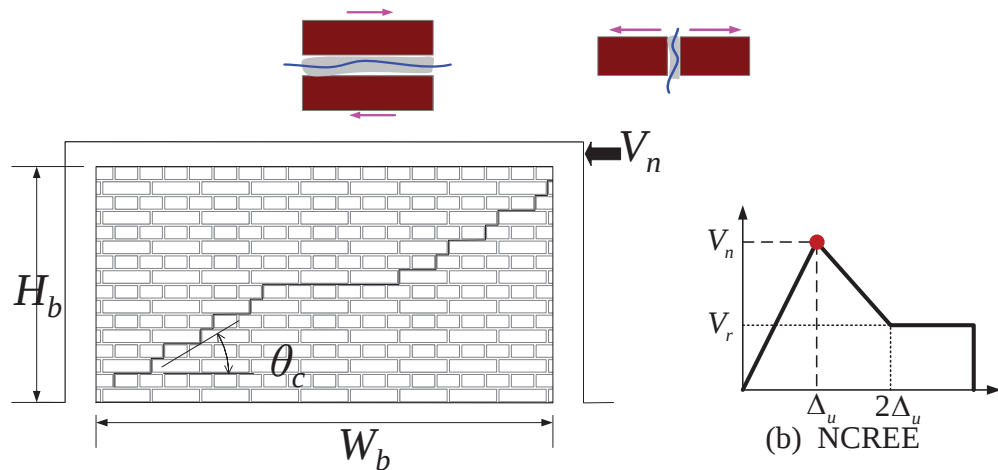
(Taiwan masonry building code, 2007)

1. 水平灰縫的滑移裂縫
2. 豎向灰縫的劈裂裂縫
3. 豎向劈磚的劈裂裂縫

四面圍束牆: Ultimate strength

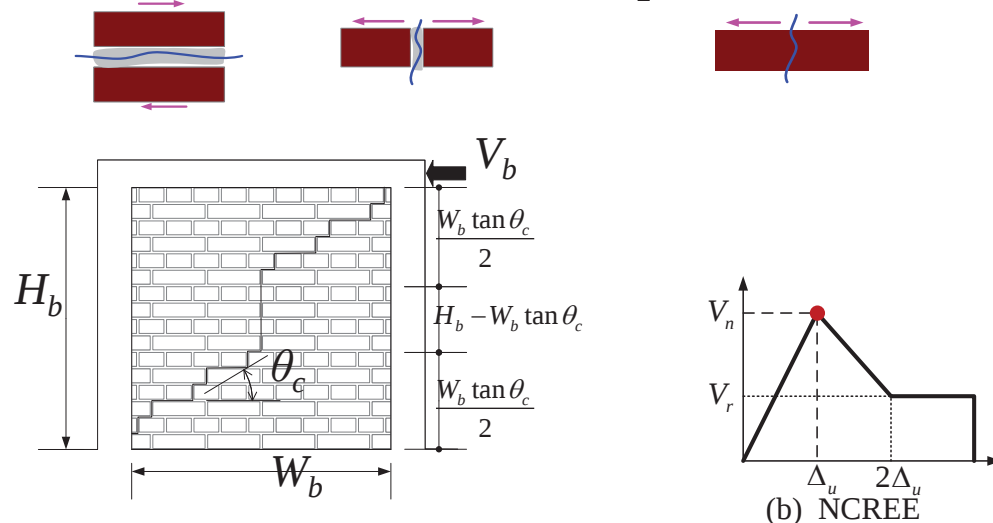
$$(H_b/W_b) \leq \tan \theta_c$$

$$V_n = \tau_f (W_b \times T_b) + 0.45 f_{mbt} (H_b \times T_b)$$



四面圍束牆: $(H_b/W_b) > \tan \theta_c$

$$V_n = \tau_f (W_b \times T_b) + 0.45 f_{mbt} (W_b \tan \theta_c \times T_b) + \frac{0.45 f_{mbt} + 0.45 f_{bt}}{2} [(H_b - W_b \tan \theta_c) \times T_b]$$

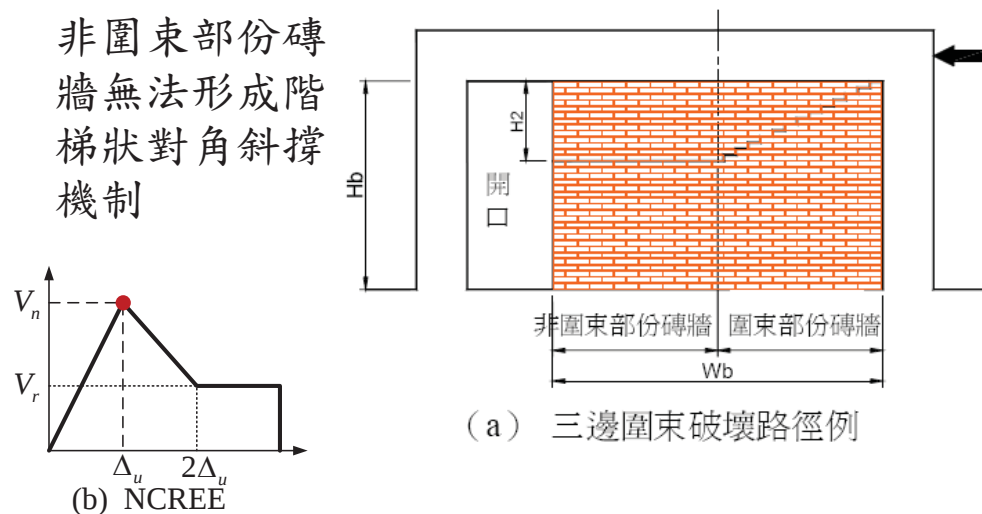


三邊圍束磚牆:

$$V_n = T_b \times (W_b \times \tau_f + H_2 \times 0.45 f_{mbt})$$

$$H_2 = 0.5 W_b \tan \theta \leq H_b$$

非圍束部份磚牆無法形成階梯狀對角斜撐機制



(a) 三邊圍束破壞路徑例

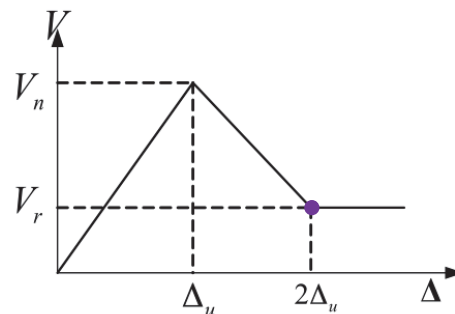
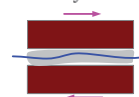
磚牆殘餘強度點之強度與位移

(A) 非窗台磚牆之殘餘強度為:

$$V_r = \tau_f \times T_b \times W_b \leq 0.6 V_n$$

(B) 窗台磚牆之殘餘強度為:

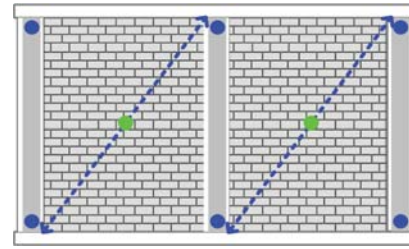
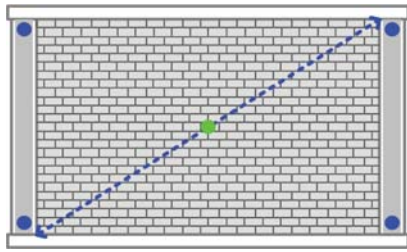
$$V_r = 0.7 \times \tau_f \times T_b \times W_b \leq 0.6 V_n$$



根據試驗之觀察，磚牆約在達到約兩倍水平極限位移時，磚牆強度會衰減至水平殘餘強度，

磚牆之最大水平位移可參考試驗結果並保守考慮取牆高之2.0%為限制

四面圍束磚牆實驗驗證



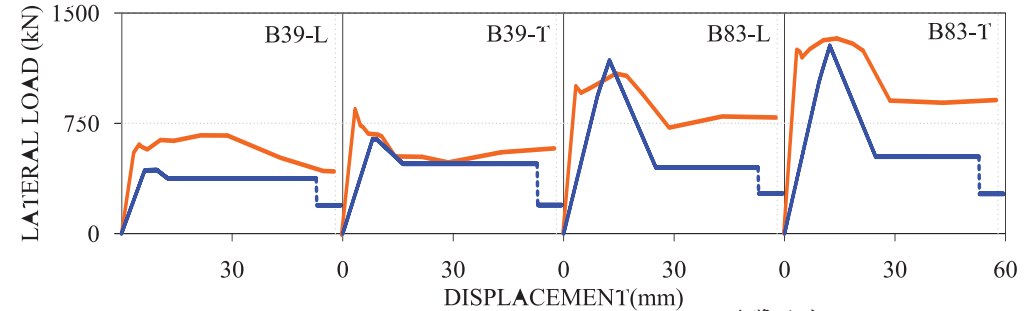
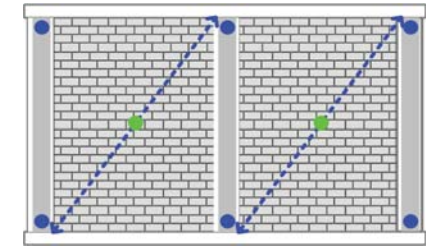
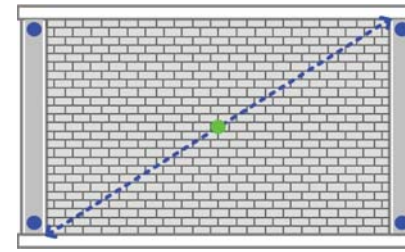
● 軸力非線性鉸

● 彎矩非線性鉸



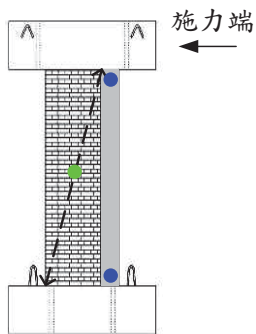
邱聰智、黃世建等，中華民國第十一屆結構工程研討會，2012年9月，Paper No. 13020

四面圍束磚牆實驗驗證

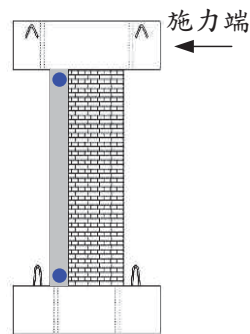


砂漿強度:
L為7MPa; T為10MPa

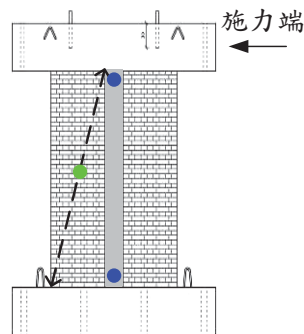
三面圍束磚牆實驗驗證



施力端



施力端



施力端

試體A、
試體AC、

試體C

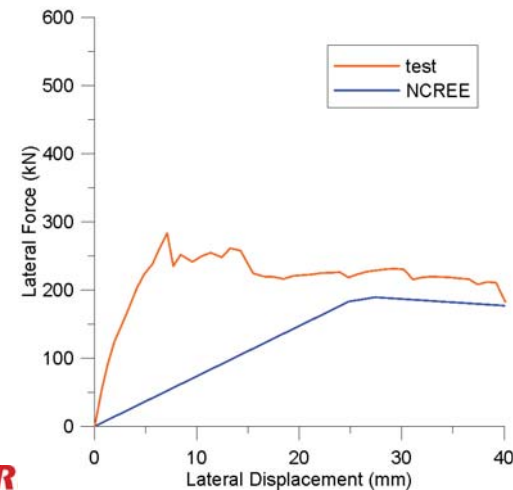
試體B、
試體BC、

● 軸力非線性鉸

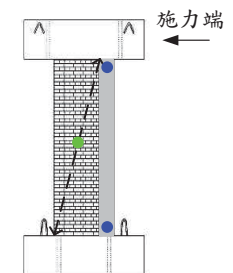
● 彎矩非線性鉸

試體A: 單向側推

$$\frac{V_{test}}{V_{cal.}} = 1.5$$



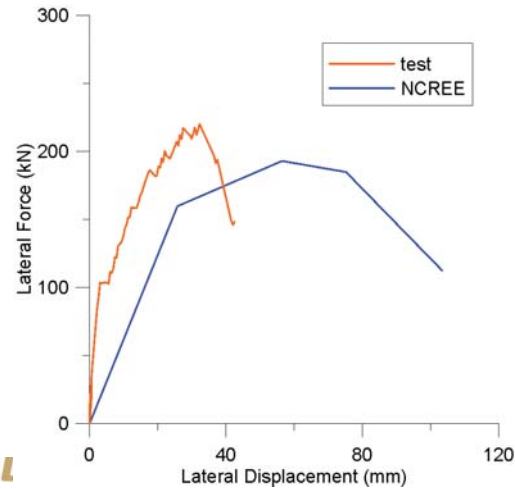
Yi-Hsuan TU (2011)



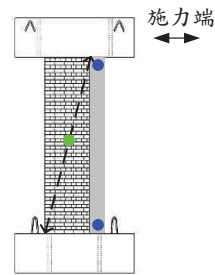
施力端

試體AC: 雙向側推

$$\frac{V_{test}}{V_{cal.}} = 1.14$$



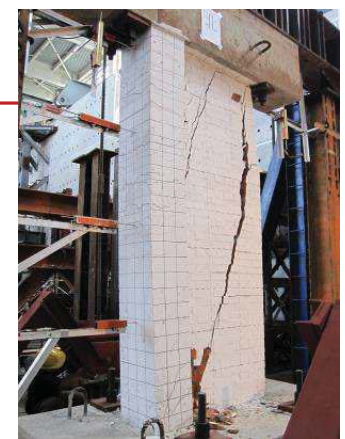
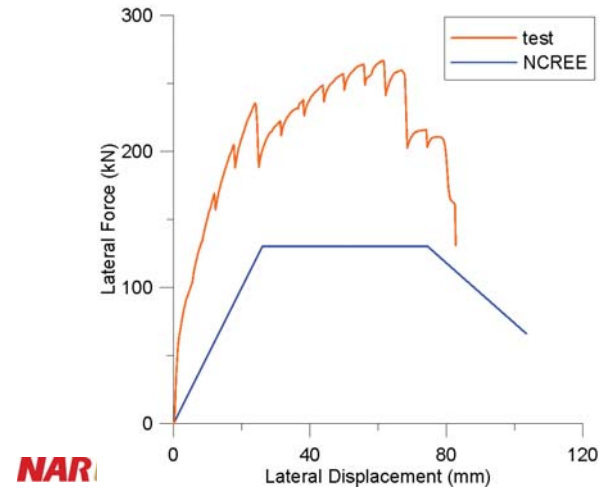
Yi-Hsuan TU (2011)



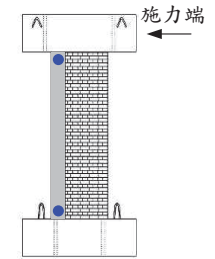
53

試體C: 單向側推

$$\frac{V_{test}}{V_{cal.}} = 2.05$$



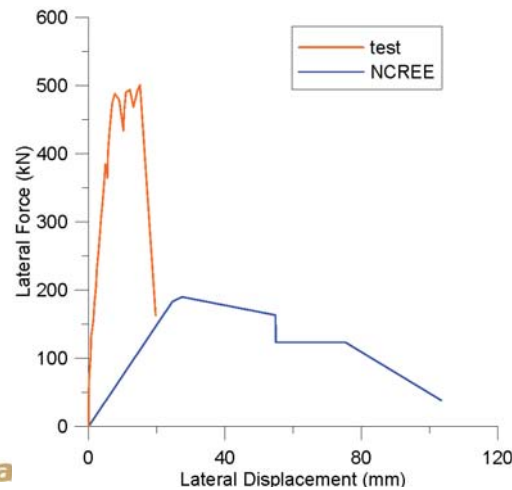
Yi-Hsuan TU (2011)



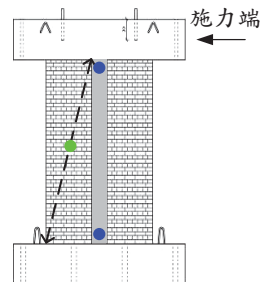
54

試體B: 單向側推

$$\frac{V_{test}}{V_{cal.}} = 2.64$$



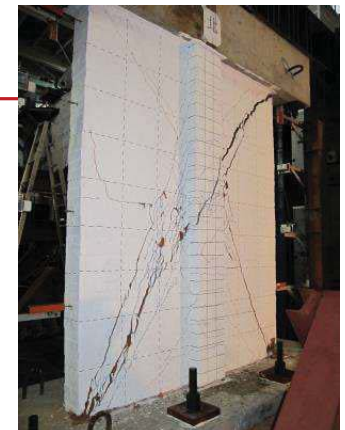
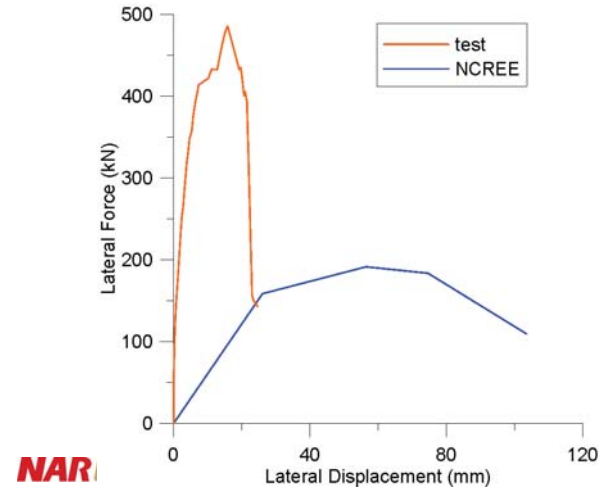
Yi-Hsuan TU (2011)



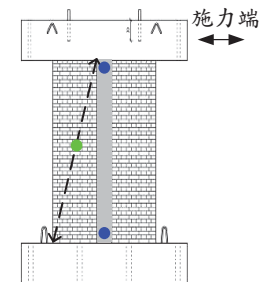
55

試體BC: 雙向側推

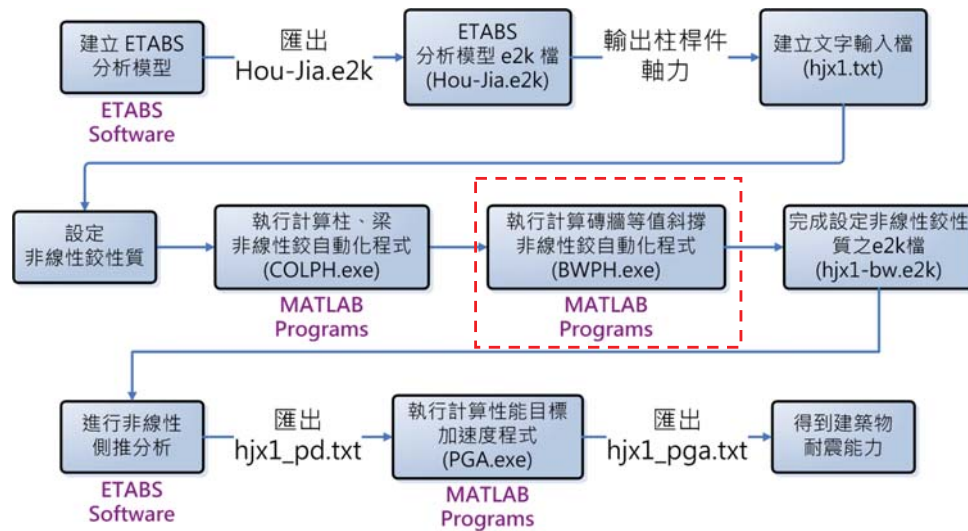
$$\frac{V_{test}}{V_{cal.}} = 2.54$$



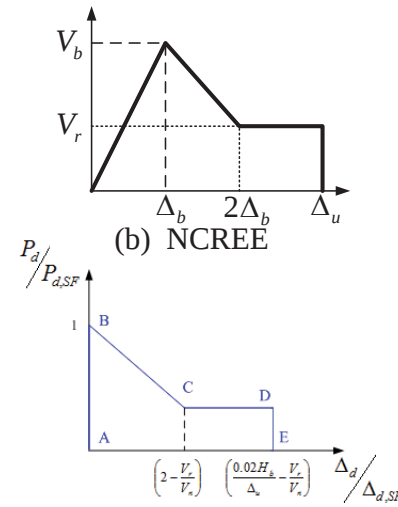
Yi-Hsuan TU (2011)



56



磚牆非線性鉸檢核 (BW6)



依據手冊建議公式檢算

Frame Hinge Property Data for BW6 - P

Edit

Point	Force/SF	Disp/SF
E-	0.	-3.0523
D-	-0.535	-3.0523
C-	-0.535	-1.465
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	0.	0.
C	0.	100.
D	0.	100.
E	0.	100.

☒ Hinge is Rigid Plastic
☐ Symmetric

Scaling for Force and Disp:

	Positive	Negative
☐ Use Yield Force	Force SF 57316.	57316.
☐ Use Yield Disp	Disp SF 1.246	1.246

Acceptance Criteria (Plastic Disp/SF)

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	100.	-100.
Life Safety	200.	-200.
Collapse Prevention	300.	-300.

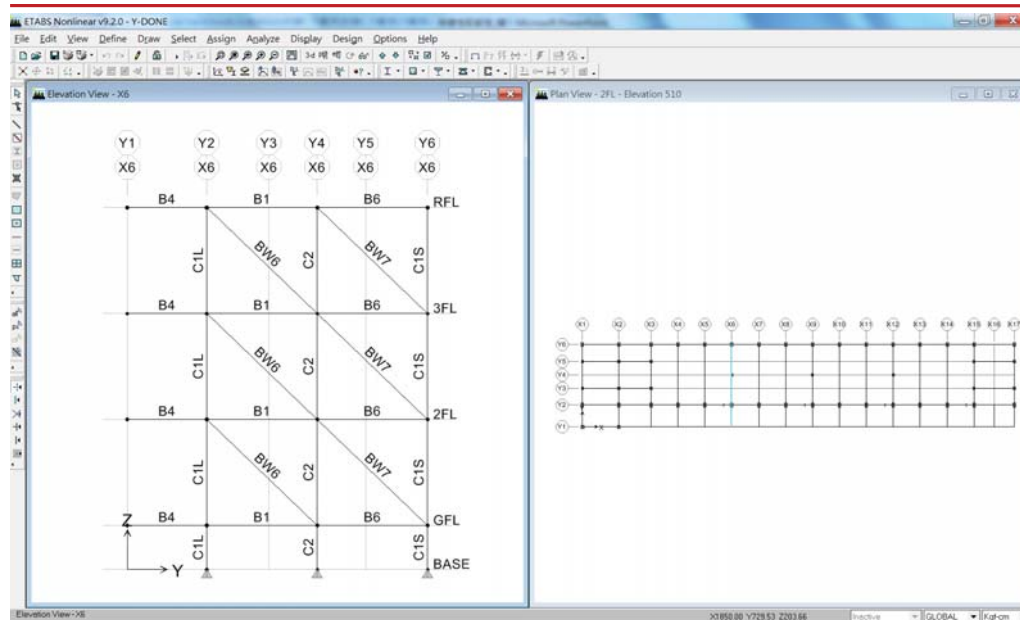
Type

☒ Force - Displacement
☐ Stress - Strain

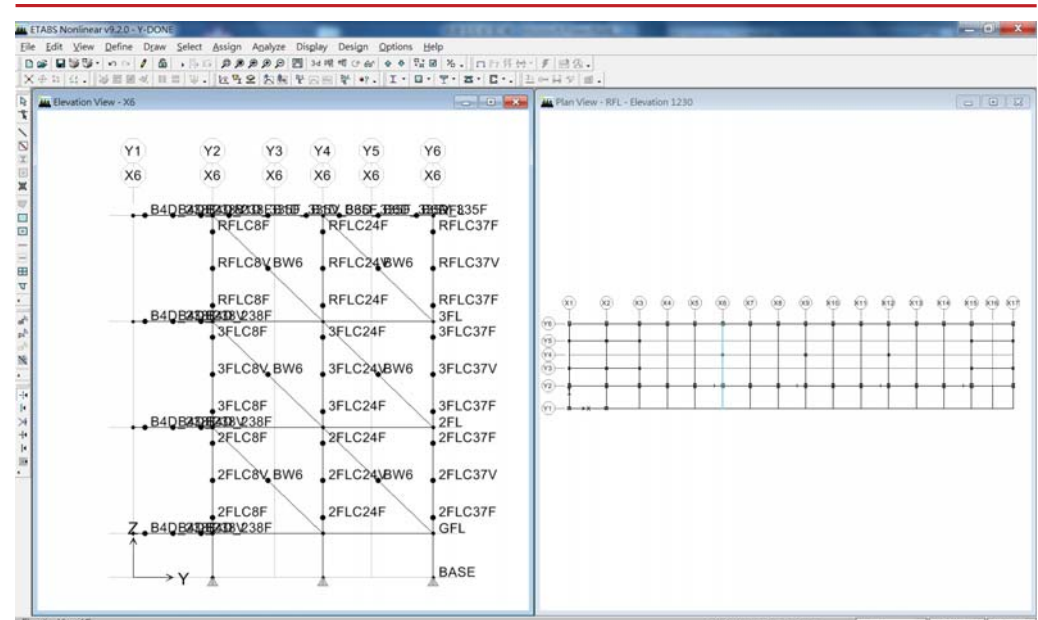
Hinge Length
☐ Relative Length

OK Cancel

案例操作- 建模(Y向)



案例操作- assign plastic hinge

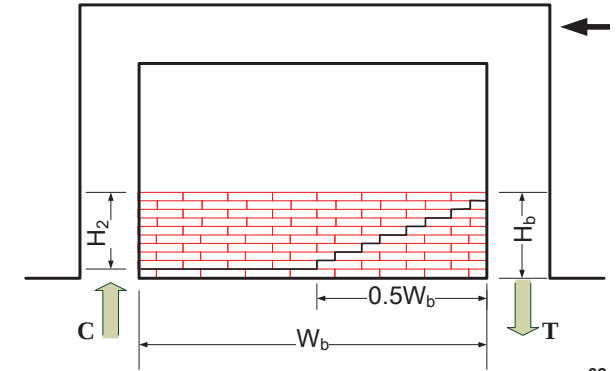
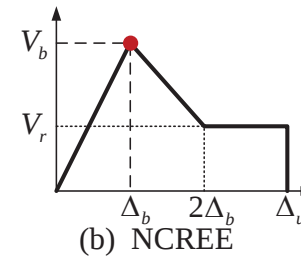


台度磚牆之水平剪力極限強度

$$V_n = T_b \times (W_b \times 0.7\tau_f + H_2 \times 0.45f_{mbt})$$

$$H_2 = 0.5W_b \tan \theta \leq H_b$$

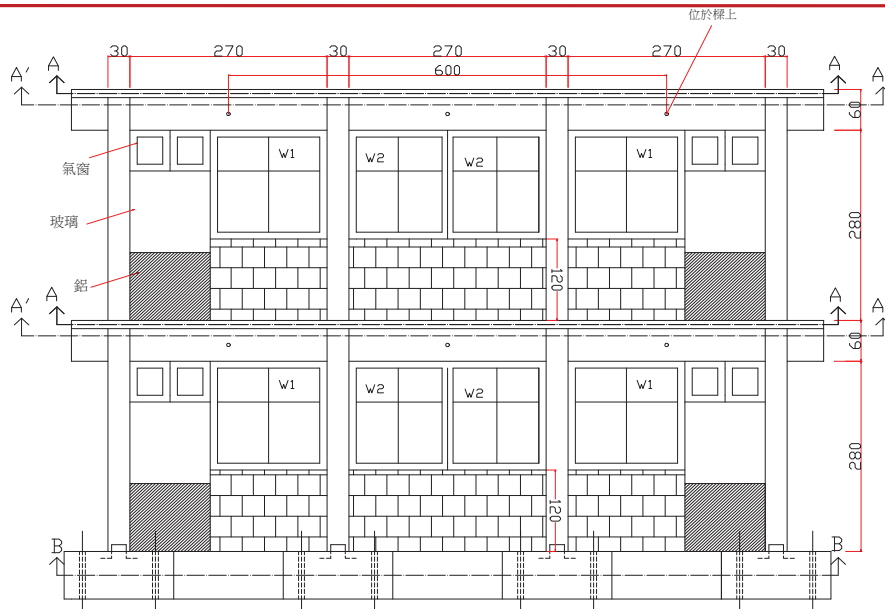
水平介面摩擦強度
將因垂直向拉應力的
介入而降低。



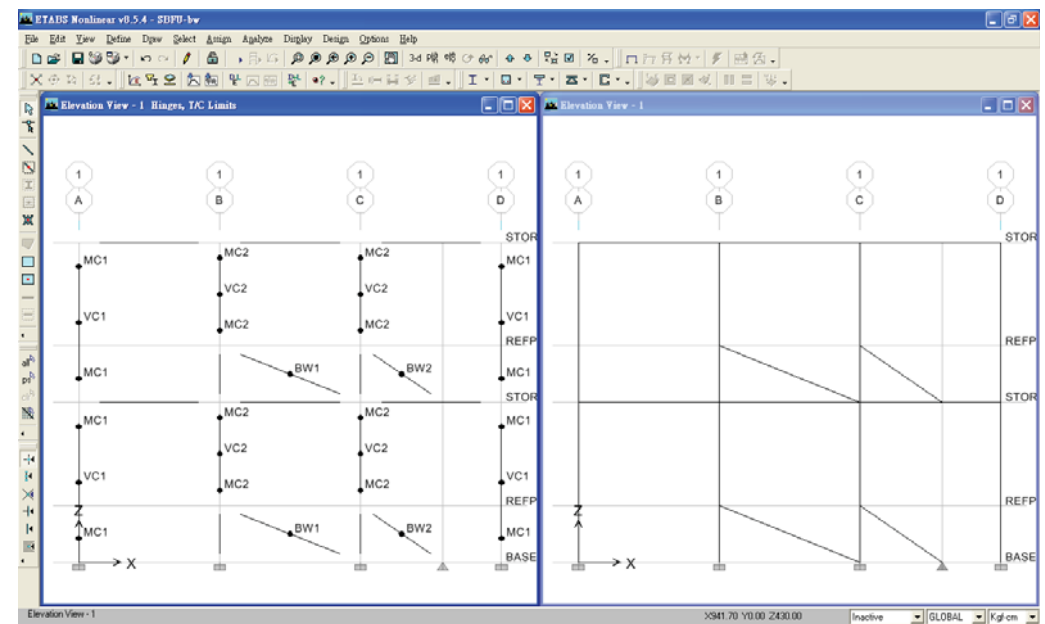
BWPH.EXE

窗台之模擬

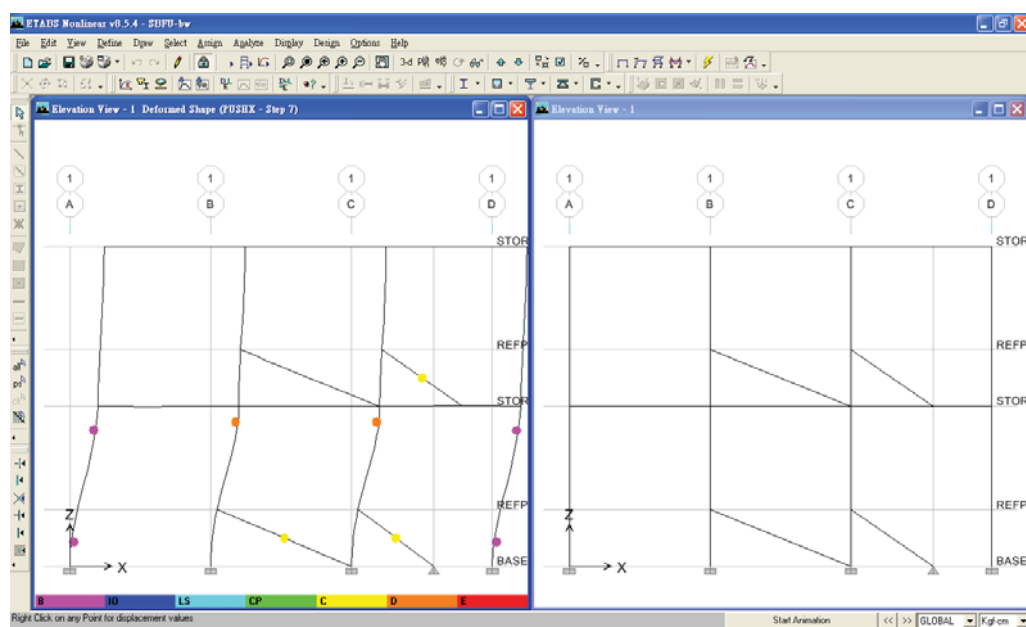
構架含台度磚牆示範例



方式一：台度磚牆等值斜撐

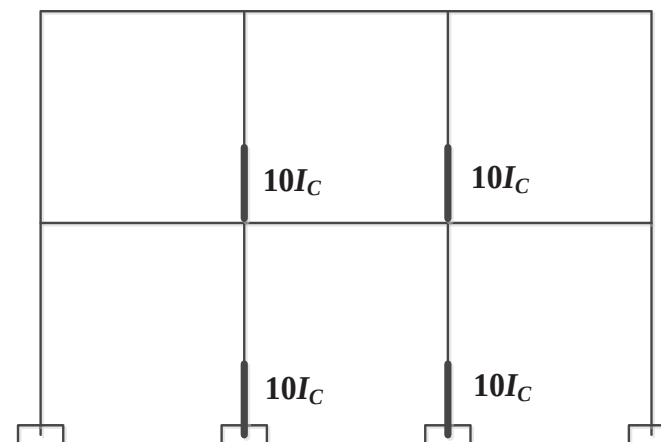


方式一：側推分析塑鉸發展

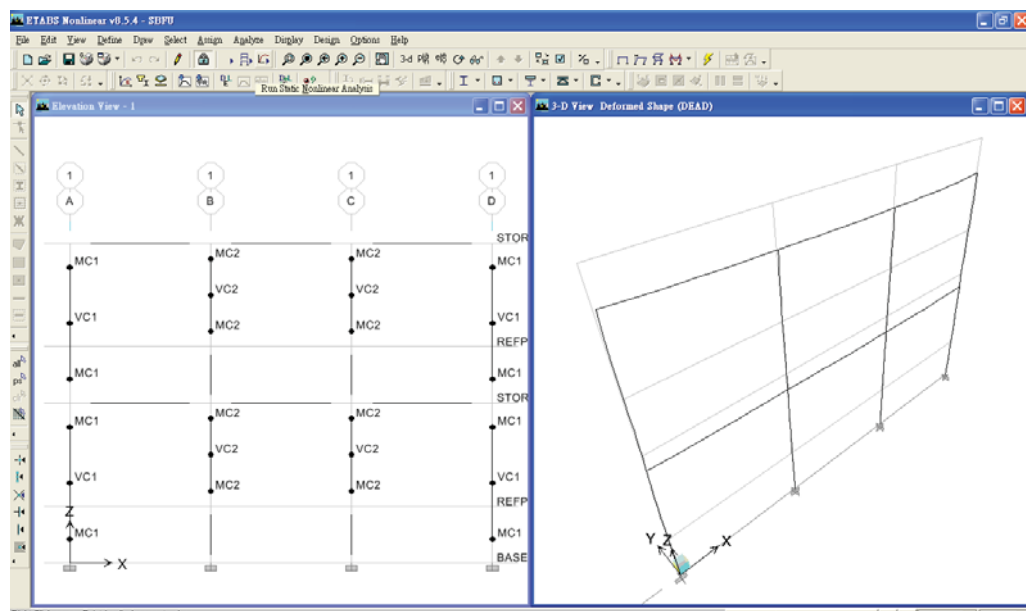


方式二：調整柱剛度 (EI)

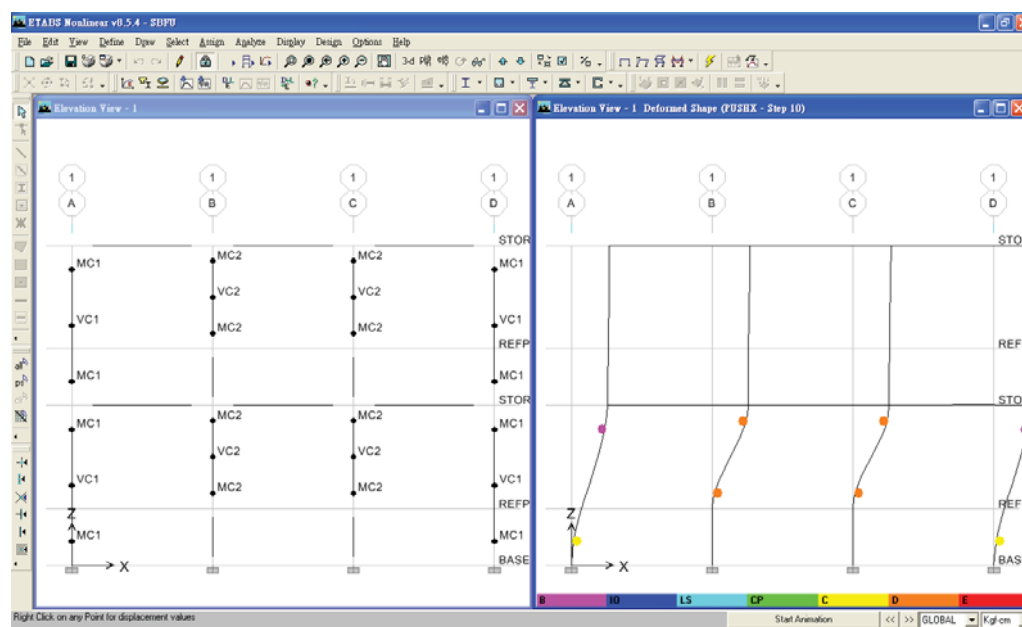
位於樓上



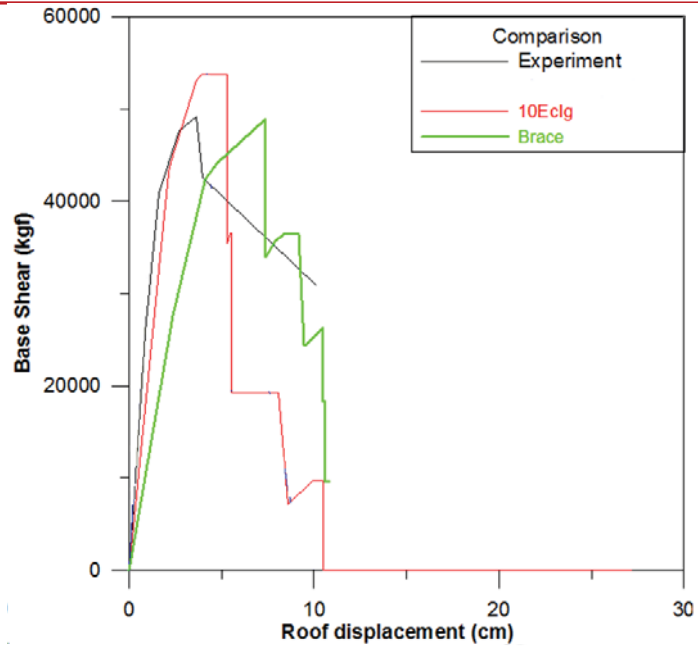
方式二：窗台柱非線性鉸模擬



方式二：側推分析塑鉸發展

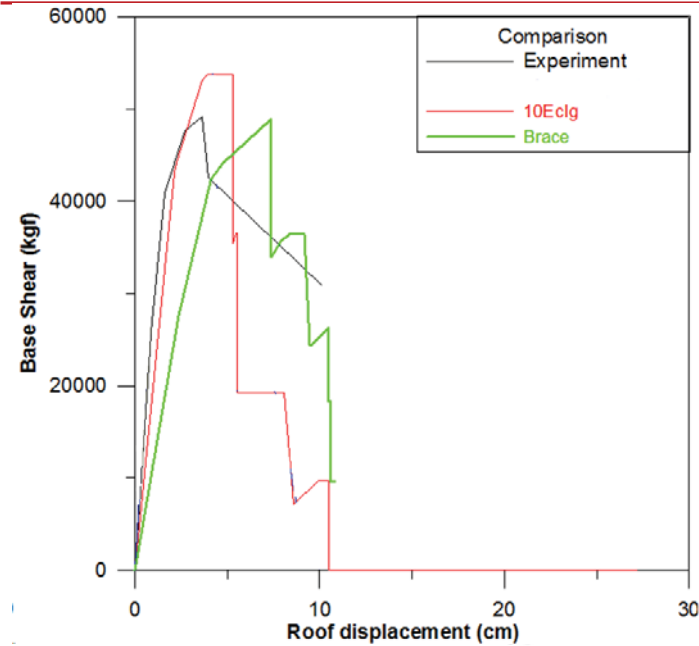


構架含台度磚牆分析結果



1. 窗台斜撐模型**強度**接近實驗值，但是**位移**偏大
2. 柱束制段剛度調整，**強度**超過實驗值。
3. 台度RC牆束制效應高。

構架含台度RC牆模擬方式建議

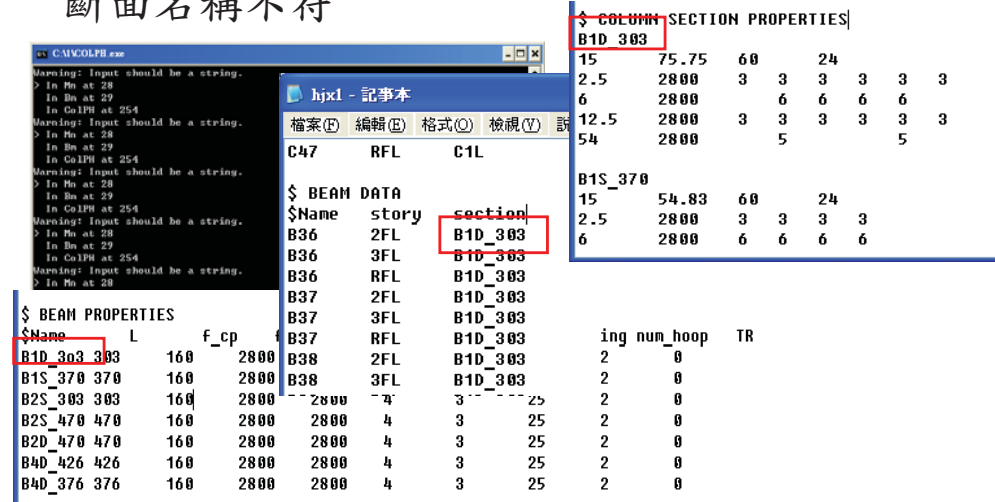


台度RC牆模擬方式建議:

1. 受台度牆束制段的柱， I_g 放大10倍
2. 以台度磚牆斜撐模擬， A 放大6倍

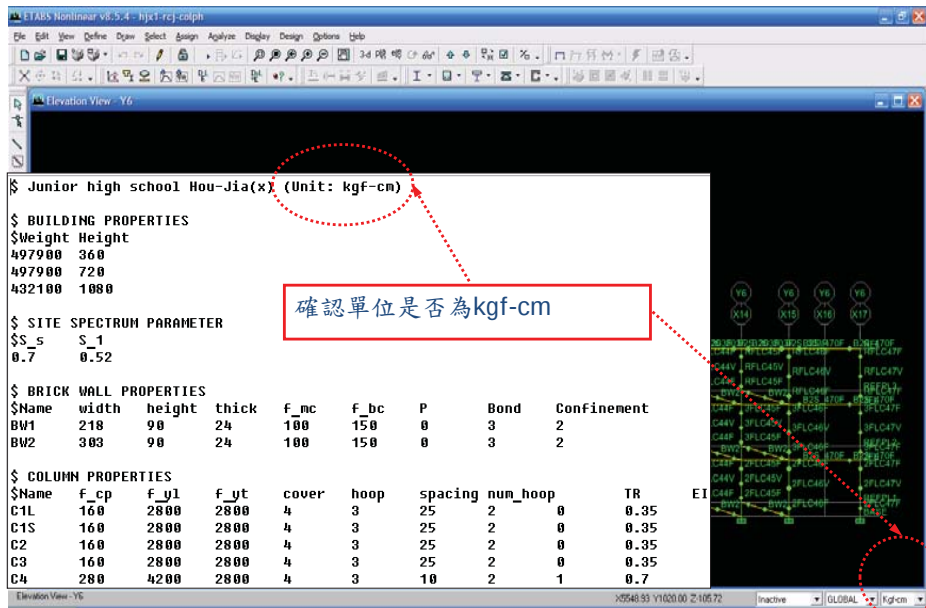
文字輸入檔中輸入錯誤

- 文字輸入檔中輸入錯誤—導致程式呼應前後斷面名稱不符



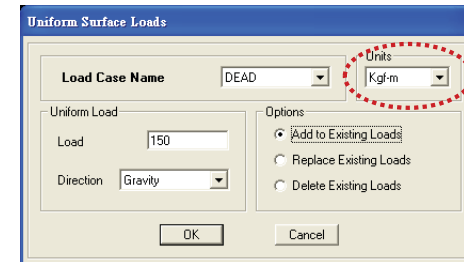
非線性鉸設定常見之錯誤

單位是否一致



柱承受之軸力

- 進行側推分析時，建議考慮之垂直載重應包含設計靜載重加上1/2設計活載重
- 本案例校舍設定1/2設計活載重為150kgf/m²



- 建築技術規則建築構造編第十七條
建築物構造之活載重，因樓地板之用途而不同，不得小於以下所列
教室：250 kgf/m²
圖書館：600 kgf/m²

建築物重量導致柱軸力檢核

- 輸出之柱軸力(靜載重加上1/2活載重)，建議其值可與 $0.1f_c'A_g \sim 0.3f_c'A_g$ 比較，以驗證建築物重量導致之柱軸力是否合理。若否則再檢查原結構模型及重量計算。

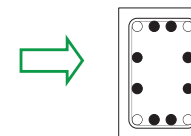
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Story	Column	Load	Loc	P	柱材質編號	f _c ' (kgf/cm ²)	A _g (cm ²)	0.1f _c 'A _g (kgf)	0.3f _c 'A _g (kgf)	柱軸力檢核 (0.1f _c 'A _g)	柱軸力檢核 (0.3f _c 'A _g)	
8	2FL	C1	DEAD	0	-11747.3	C3	160	1296	20736	62208	OK	OK	
17	2FL	C2	DEAD	0	-24923	C3	160	1296	20736	62208	NG	OK	
26	2FL	C3	DEAD	0	-17874.8	C1	160	1500	24000	72000	OK	OK	
35	2FL	C4	DEAD	0	-33741.2	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
44	2FL	C5	DEAD	0	-43135.9	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
57	2FL	C6	DEAD	0	-65213.9	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
72	2FL	C7	DEAD	0	-65374.4	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
83	2FL	C8	DEAD	0	-49759.8	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
96	2FL	C9	DEAD	0	-65400.1	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
111	2FL	C10	DEAD	0	-65452.9	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
122	2FL	C11	DEAD	0	-50188.8	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	
135	2FL	C12	DEAD	0	-65757.9	C1	160	1500	24000	72000	NG	OK	

柱性質模組

二版												
\$	NAME	f _{cp}	f _{yl}	f _{yt}	cover	hoop	spacing	num_hoop	TR	EI		
C1L	160	2800	2800	4	3	25	2	0	0.35			
C1S	160	2800	2800	4	3	25	2	0	0.35			
C2	160	2800	2800	4	3	25	2	0	0.35			
C3	160	2800	2800	4	3	25	2	0	0.35			

三版												
\$	NAME	f _{cp}	f _{yl}	f _{yt}	cover	hoop	spacing	num_hoop	TR			
C1L	160	2800	2800	4	3	25	2	0				
C1S	160	2800	2800	4	3	25	2	0				
C2	160	2800	2800	4	3	25	2	0				
C3	160	2800	2800	4	3	25	2	0				

(必須與ETABS上相同)



側力方向所切過的箍筋及繫筋根數

TR=1 良好圍束

TR=0 不良圍束

三版已不用輸入EI折減係數

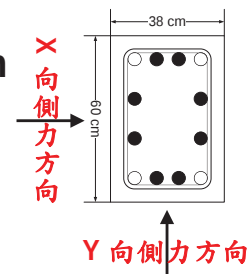
X 向與 Y 向輔助程式共用輸入檔

磚牆性質模組、柱資料模組、梁資料模組、柱梁斷面性質模組...等不同

X 向輸入檔												Y 向輸入檔											
\$ BUILDING PROPERTIES												\$ BUILDING PROPERTIES											
SWeight Height												SWeight Height											
289894 375												289894 375											
281674 750												281674 750											
222481 1125												222481 1125											
\$ SITE SPECTRUM PARAMETER												\$ SITE SPECTRUM PARAMETER											
S1 0.5												S1 0.5											
0.5 0.54												0.5 0.54											
\$ BRICK WALL PROPERTIES												\$ BRICK WALL PROPERTIES											
SWName width height thick f _{mc} f _{bc} S Bond Confinement												SWName width height thick f _{mc} f _{bc} S Bond Confinement											
BWK1 312 100 24 170 130 0 2 2												BWK1 980 375 24 170 130 0 2 4											
\$ COLUMN SECTIONS												\$ COLUMN SECTIONS											
SWName f _{cp} f _{yt} f _{yc} cover hoep spacing _{mm} hoop												SWName f _{cp} f _{yt} f _{yc} cover hoep spacing _{mm} hoop											
2FLCN 158 2800 2800 6 3 20 2												2FLCN 158 2800 2800 6 3 20 2											
2FLC4 158 2800 2800 6 3 40 2												2FLC4 158 2800 2800 6 3 40 2											
3FLCN 185 2800 2800 6 3 20 2												3FLCN 185 2800 2800 6 3 20 2											
3FLC4 185 2800 2800 6 3 40 2												3FLC4 185 2800 2800 6 3 40 2											
RFLCN 210 2800 2800 6 3 20 2												RFLCN 210 2800 2800 6 3 20 2											
RFLC4 210 2800 2800 6 3 40 2												RFLC4 210 2800 2800 6 3 40 2											
\$ COLUMN DATA												\$ COLUMN DATA											
SWName story section shape H L fromBtm												SWName story section shape H L fromBtm											
C1 2FL 2FLCN 2FLCN 375 315 0												C1 2FL 2FLCN 2FLCN 375 315 0											
C1 3FL 3FLCN 3FLCN 375 315 0												C1 3FL 3FLCN 3FLCN 375 315 0											
C1 RFL RFLCN RFLCN 375 315 0												C1 RFL RFLCN RFLCN 375 315 0											
C2 2FL 2FLCN 2FLCN 375 215 100												C2 2FL 2FLCN 2FLCN 375 215 100											
C2 3FL 3FLCN 3FLCN 375 215 100												C2 3FL 3FLCN 3FLCN 375 215 100											
C2 RFL RFLCN RFLCN 375 215 100												C2 RFL RFLCN RFLCN 375 215 100											
C3 2FL 2FLCN 2FLCN 375 215 100												C3 2FL 2FLCN 2FLCN 375 215 100											
C3 3FL 3FLCN 3FLCN 375 215 100												C3 3FL 3FLCN 3FLCN 375 215 100											
C3 RFL RFLCN RFLCN 375 215 100												C3 RFL RFLCN RFLCN 375 215 100											

柱、梁斷面性質模組不同

例如柱寬(b)為 38 cm，柱深(h)為 60 cm
分析 X 向時，h = 38，b = 60
分析 Y 向時，須修改為 h = 60，b = 38



旋轉90度

\$ COLUMN SECTION PROPERTIES												\$ COLUMN SECTION PROPERTIES											
2FLCN												2FLCN											
38 60												60 38											
8.25 2800 8 8 8 8												8.25 2800 8 8 8 8											
19 2800 8 8 8 8												22.75 2800 8 8 8 8											
29.75 2800 8 8 8 8												37.25 2800 8 8 8 8											
												51.75 2800 8 8 8 8											

結論

- 非線性鉸參數可依技術手冊內容自行計算後輸入，輔助分析程式可簡化非線性鉸設定之處理程序，惟使用者應瞭解共用輸入檔各欄位之定義
- 結構模型設定建立務必與現況接近，結果有異可以相關檢核確認
- 非線性鉸參數影響側推分析結果甚鉅，應確實檢視非線性鉸設定是否正確無誤

側推分析法之檢核要項

為能正確進行「現況」及「補強後」之詳細評估，下列檢核要項可供確認：

1. 結構系統模擬及設定
2. 柱軸力檢核
3. 非線性鉸參數檢核
4. 非線性鉸位置檢核
5. 屋頂最大位移點檢核
6. 最大基底剪力檢核
7. 破壞模式檢核
8. 性能目標地表加速度檢核

簡報結束，敬請指教

校舍基礎耐震補強設計原則

副研究員 蕭輔沛博士
April 25, 2014

承諾·熱情·創新

www.narlabs.org.tw

簡報大綱

- 前言
- 基礎模擬之建議
- 基礎設計之原則
- 柔性基盤之模擬
- 案例分析
- 結論與建議

簡報大綱

- 前言
- 基礎模擬之建議
- 基礎設計之原則
- 柔性基盤之模擬
- 案例分析
- 結論與建議

前言



參考規範

- 內政部營建署(2001)，「建築物基礎構造設計規範」。
- 日本道路協會(1996)，「道路橋示方書・同解說」。
- ATC (1996), Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, ATC-40 Report, Applied Technology Council, Redwood City, California, USA.

簡報大綱

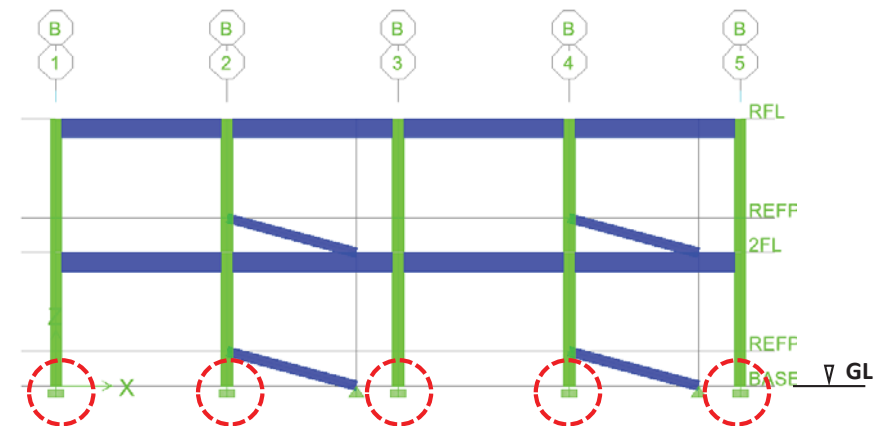
- 前言
- **基礎模擬之建議**
- 基礎設計之原則
- 柔性基盤之模擬
- 案例分析
- 結論與建議

基礎模擬方式之建議

- 概略模擬（剛性基盤）
 - A. 不模擬地梁，基礎設定為固接（手冊二版）
 - B. 模擬地梁，基礎設定為鉸接（原有基礎）
 - C. 模擬地梁，基礎設定為固接（補強基礎）
- 精細模擬（柔性基盤）
 - D. 模擬地梁，基礎設定為土壤彈簧

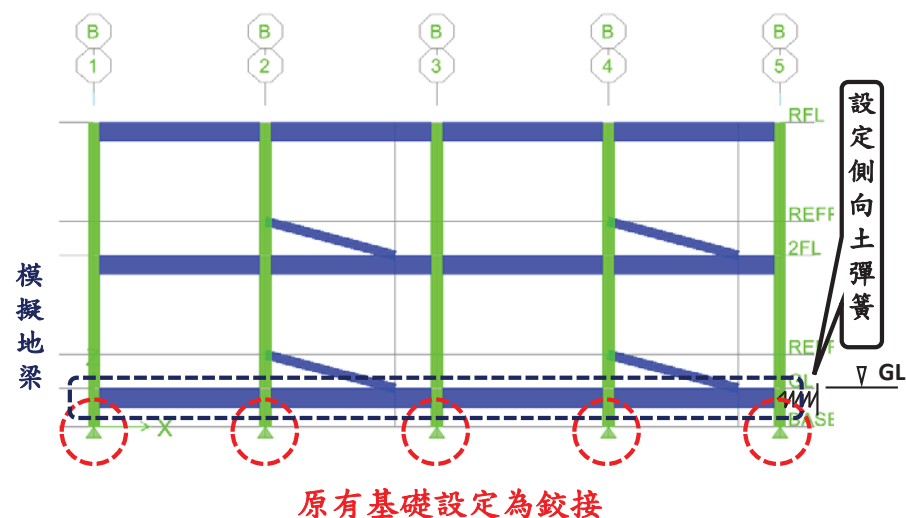


A. 不模擬地梁，基礎設定為固接 (手冊二版)

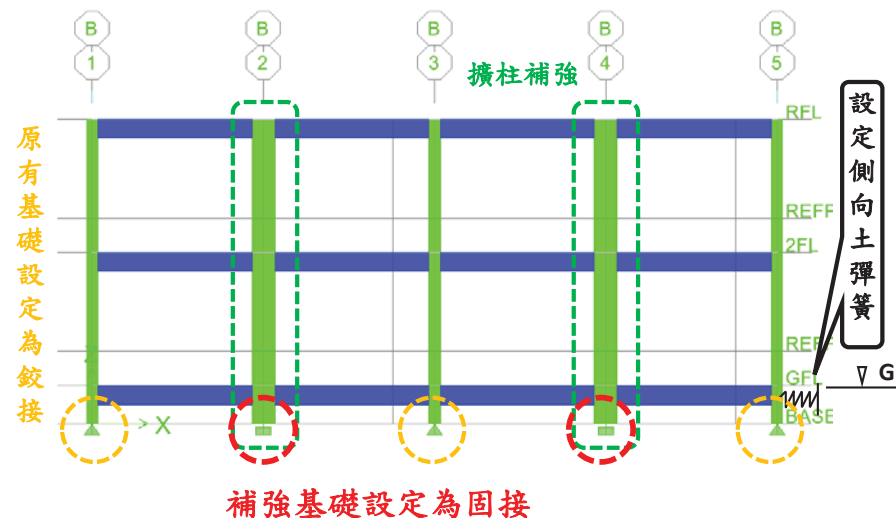


基礎設定為固接

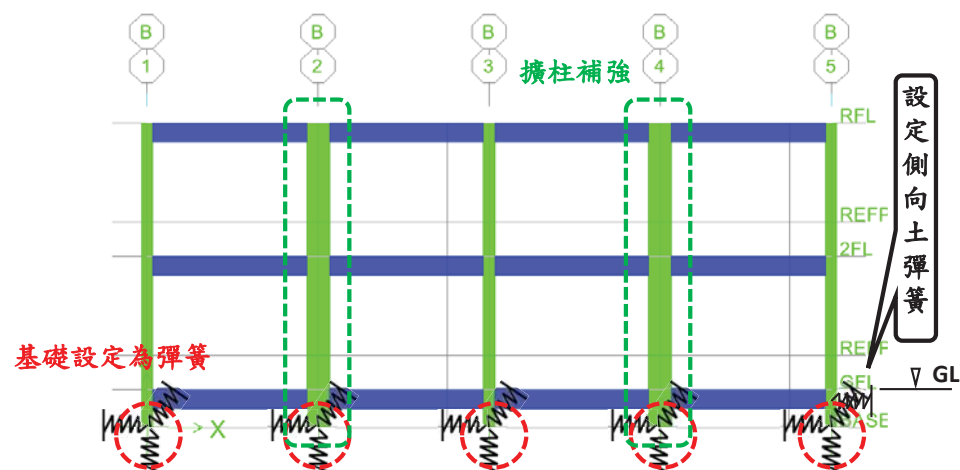
B. 模擬地梁，原有基礎設定為鉸接



C. 模擬地梁，補強基礎設定為固接



D. 模擬地梁，基礎設定為土壤彈簧



基礎不承受拉力之模擬：地梁下之基腳，可以<Tension / Compression Limits>指令設定拉力極限為0，僅能承受壓力。

簡報大綱

- 前言
- 基礎模擬之建議
- **基礎設計之原則**
- 柔性基盤之模擬
- 案例分析
- 結論與建議

設計外力

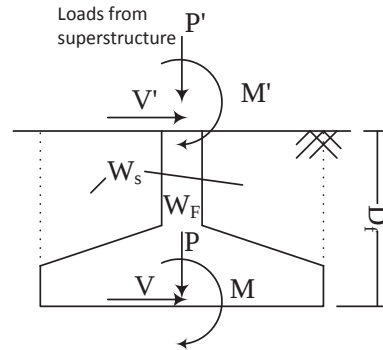
• 基礎設計外力 Q'

- 將上部結構基底假設為剛性基盤所得之基底力，直接作為基礎設計外力 Q' (P' , V' , M')
- 考量基礎底上方土壤重量 W_s 、基礎自重 W_F ，將

$$Q' (P', V', M') \Rightarrow Q (P, V, M)$$

• 工作應力法（結構設計除外）

$$Q \leq Q_a$$

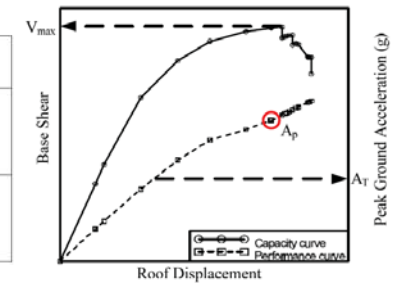


補強設計目標

- 補強設計整體目標：容量 $A_p \geq$ 需求 A_T
 - A_p ：補強後性能目標地表加速度
 - A_T ：工址設計地震（475年回歸期）之等效地表加速度

表 2.4 既有校舍補強對應 475 年設計地震之性能目標標準

用途分組	A_p			A_T
一般校舍	V_{max}	$D_r^T = 2.0\%$	垂直承載 構件發生 軸向破壞	$0.4S_{DS}$
緊急避難用校舍	$1/0.8 = 1.25$ $0.80V_{max}$	$D_r^T = 1.0\%$	垂直承載 構件發生 軸向破壞	$0.4S_{DS}$

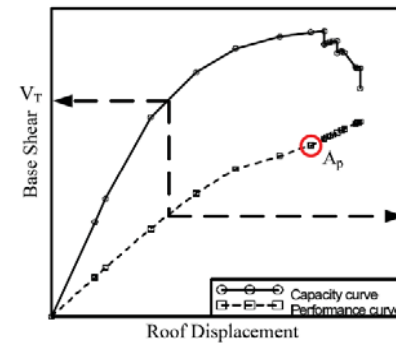


補強基礎設計原則

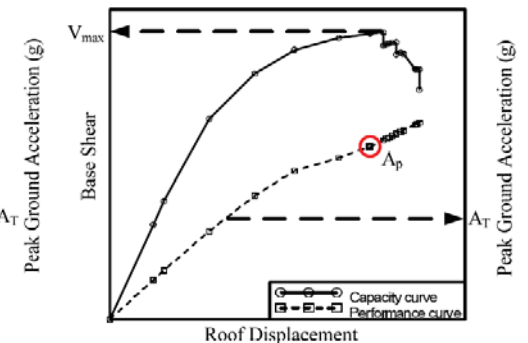
- 原則上應採用性能點時補強構件底部之反力(M、V、P)，以檢核該基礎之承载力。
- 如依前項原則設計結果之尺寸極大，無法配合實際施工時，應縮小補強構件尺寸，並分散補強構件位置，或降低超額補強計量。

設計外力（一般校舍）

- 可採用設計地震等效地表加速 $A_T = 0.4S_{DS}$ 對應性能曲線之基底剪力，做為檢核基礎承载力之需求。即採用 $V = V_T$ 時之柱底反力(M、V、P)去檢核基礎承载力。此時，補強後性能目標地表加速度 A_p 僅能等於 A_T 。其中， V_T 為性能目標地表加速度等於 A_T 時，所對應容量曲線中之基底剪力。



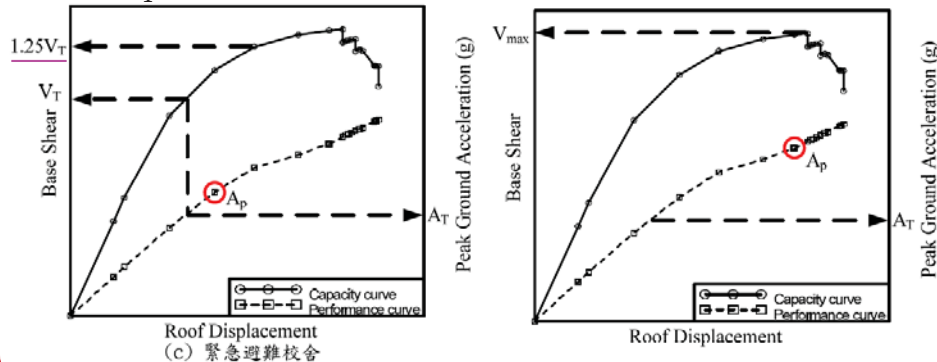
(a) 一般校舍



(b) 一般校舍

設計外力（緊急避難校舍）

- 可採用設計地震等效地表加速度 $A_T=0.4S_{DS}$ 對應性能曲線之基底剪力的1.25倍，做為檢核基礎承载力之需求。即採用 $V=1.25V_T$ 時之柱底反力(M、V、P)去檢核基礎承载力。此時，補強後性能目標地表加速度 A_p 僅能等於 A_T 。其中， V_T 為性能目標地表加速度等於 A_T 時，所對應容量曲線中之基底剪力。



設計檢核項目

- 支承力檢核
- 傾覆檢核
- 水平支承力檢核
- 基礎版結構設計

垂直支承力檢核

- 極限支承力

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma_2 D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5\gamma_1 B N_\gamma F_{rs} F_{rd} F_{ri}$$

- 淨極限支承力

$$q'_u = q_u - \gamma_2 D_f$$

- 容許支承力

$$q_a = q'_u / FS + \gamma_2 D_f$$

- 安全係數

- 常時載重：FS ≥ 3
- 短期載重：FS ≥ 2

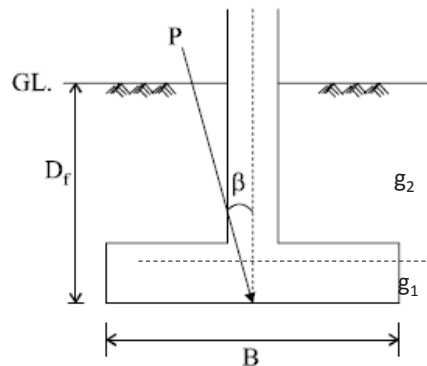


圖 4.3-1 淺基礎示意圖

偏心載重基礎

- 決定有效基礎大小

- 偏心距 $e=M/P$

- 單向偏心

- 有效接觸面積 $A' = B'L$
- 有效寬度 $B' = B - 2e_B$

- 雙向偏心

- 有效接觸面積 $A' = B'L'$
- 有效寬度 $B' = B - 2e_B$
- 有效長度 $L' = L - 2e_L$

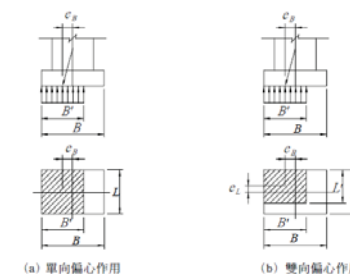


圖-解 4.3-2 長方形基礎之有效接觸面積

- 淨極限支承力

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma_2 D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5\gamma_1 B' N_\gamma^* F_{rs} F_{rd} F_{ri}$$

- F_{cs} 、 F_{qs} 、 F_{rs} 按有效接觸面積之 B' 或 L' 計算

- 容許支承力 $q_a = q'_u / FS + \gamma_2 D_f$

支承载力因數

表 4.3-1 支承载力因數

ϕ (度)	N_c	N_q	N_γ	N_γ^*
0	5.3	1.0	0.0	0.0
1	5.3	1.1	0.0	0.0
2	5.3	1.1	0.0	0.0
3	5.3	1.2	0.0	0.0
4	5.3	1.3	0.0	0.0
5	5.3	1.4	0.0	0.0
6	5.3	1.5	0.0	0.0
7	5.3	1.6	0.0	0.0
8	5.3	1.7	0.0	0.0
9	5.3	1.8	0.0	0.0
10	5.3	1.9	0.0	0.0
11	5.5	2.1	0.0	0.0
12	5.8	2.2	0.0	0.0
13	6.0	2.4	0.0	0.0
14	6.2	2.5	1.1	0.9
15	6.5	2.7	1.2	1.1
16	6.7	2.9	1.3	1.4
17	7.0	3.1	1.5	1.7
18	7.3	3.4	1.6	2.0
19	7.6	3.6	1.8	2.4
20	7.9	3.9	2.0	2.9

21	8.2	4.2	2.2	3.4
22	8.6	4.5	2.4	4.1
23	9.0	4.8	2.7	4.8
24	9.4	5.2	3.0	5.7
25	9.9	5.6	3.3	6.8
26	10.4	6.0	3.6	8.0
27	10.9	6.5	4.0	9.6
28	11.4	7.1	4.4	11.2
29	13.2	8.3	5.4	13.5
30	15.3	9.8	6.6	15.7
31	17.9	11.7	8.4	18.9
32	20.9	14.1	10.6	22.0
33	24.7	17.0	13.7	25.6
34	29.3	20.8	17.8	31.1
35	35.1	25.5	23.2	37.8
36	42.2	31.6	30.5	44.4
37	51.2	39.6	41.4	54.2
38	62.5	49.8	57.6	64.0
39	77.0	63.4	80.0	78.8
40以上	95.7	81.2	114.0	93.6

註： N_γ^* 為偏載重基礎使用

影響因素

表 4.3-2 各項影響因素之計算式 (Modified from Meyerhof, 1963)

提供支承载力項目		凝聚力 (c)	超 載 (q)	土重 (γ)
考慮影響項目				
形狀影響因素 (s)	$\phi = 0$ 法	$F_{cs} = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) \leq 1.2$	$F_{qs} = 1.0$	$F_{\gamma s} = 1.0$
	$(\phi \geq 10^\circ)$	$F_{cs} = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$	$F_{qs} = 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$	$F_{\gamma s} = 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$
埋置深度影響因素 (d)	$\phi = 0$ 法	$F_{cd} = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{B} \right) \leq 1.5$	$F_{qd} = 1.0$	$F_{\gamma d} = 1.0$
	$(\phi \geq 10^\circ)$	$F_{cd} = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{B} \right) \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$	$F_{qd} = 1 + 0.1 \left(\frac{D_f}{B} \right) \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$	$F_{\gamma d} = 1 + 0.1 \left(\frac{D_f}{B} \right) \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$
載重傾斜影響因素 (i)	$(\beta \geq \phi)$	$F_{ci} = \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2$	$F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2$	$F_{\gamma i} = 0$
	$(\beta < \phi)$			$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$

註：當 $\phi < 10^\circ$ 時使用 $\phi = 0$ 法，此時形狀與埋置深度影響因素均有上限值。

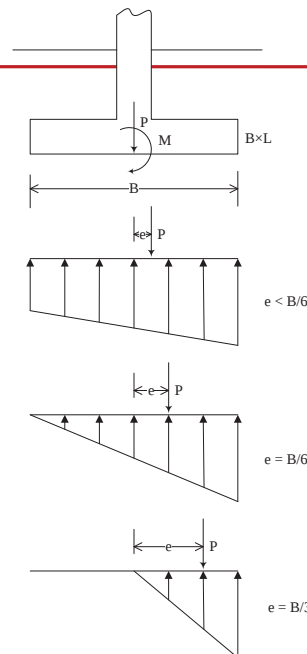
傾覆檢核

• 偏心量檢核

- 長期載重最大偏心量不得大於基礎版寬之 1/6
- 短期載重最大偏心量不得大於基礎版寬之 1/3

• 偏心量計算

- $e = M/P$



水平支承载力檢核

• 基礎底面摩擦阻力

$$R_f = N \tan \delta + A c_a$$

• 基礎版前側側向抵抗力

$$R_p = \alpha L (\sigma_p \Delta h) - L (\sigma_A \Delta h)$$

• 容許側向支承载力

$$R_a = \frac{R_f + R_p}{FS}$$

• 安全係數

- 常時載重：FS ≥ 1.5
- 短期載重：FS ≥ 1.2

基礎支承载力型式	基礎支承载力為土壤或軟岩	基礎支承载力為硬岩
基礎施工型式		
現場澆注	$\delta = \phi'$	$\delta = \phi' < 45^\circ$
預鑄	$\delta = (2/3) \phi'$	$\delta = (2/3) \phi' < 30^\circ$

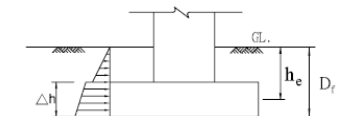


圖 4.6-1 基礎版前側之側向抵抗力分佈示意圖

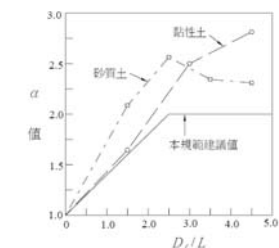


圖-解 4.6-1 α 值與 D_f/L 之關係曲線圖
(取自日本鐵道構造物等設計標準, 1997)

基礎結構設計

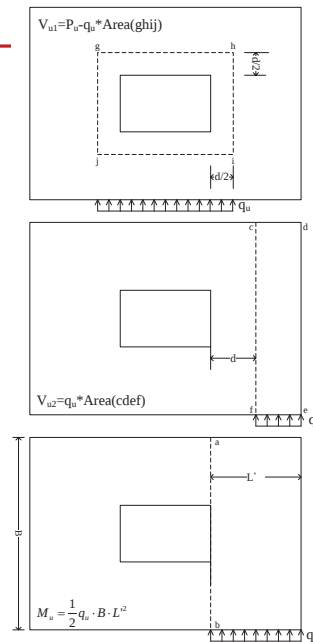
基礎版設計

Ex. $q_u = \frac{P_u}{B \cdot L}$

- 穿孔剪力
- 梁式剪力
- 撓曲應力
- 柱與基礎版之連接
- 鋼筋錨定

設計方法

- 強度設計法
- 係數化載重



各式淺基礎設計重點摘要

獨立基腳設計

- 決定容許土壤支承力 q_a
- 決定基腳尺寸
- 決定基腳厚度(檢核穿孔及梁式剪力)
- 設計撓曲鋼筋量
- 設計接合鋼筋量
- 檢核握裹力

牆基腳設計

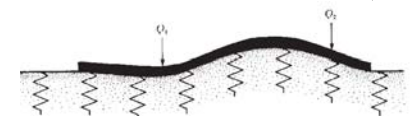
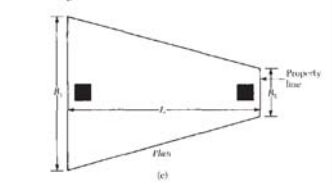
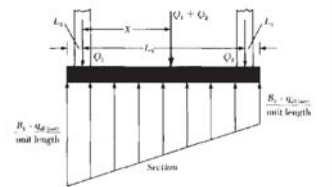
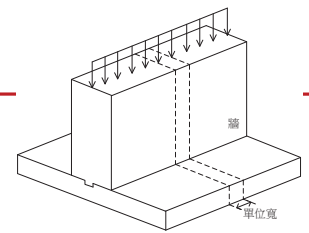
- 以單位寬度之獨立基腳來設計
- 基礎厚度分析時只需考慮梁式剪力

聯合基腳設計

- 基礎版結構設計時將縱向視為梁來設計，橫向則視為單一獨立基腳來設計。

筏式基礎設計

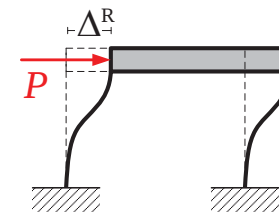
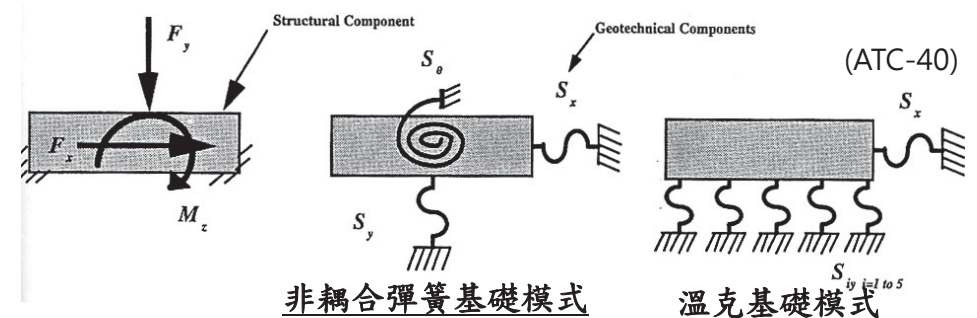
- 雙向分別以溫克基礎梁模式進行結構應力分析



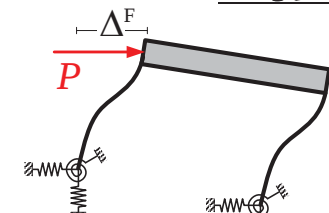
簡報大綱

- 前言
- 基礎模擬之建議
- 基礎設計之原則
- 柔性基盤之模擬
- 案例分析
- 結論與建議

柔性基盤分析之基礎模擬



剛性基盤模型



柔性基盤模型

柔性基盤分析： 剪力牆補強 基礎土壤彈簧 模擬方式之建議 (參考ATC-40)

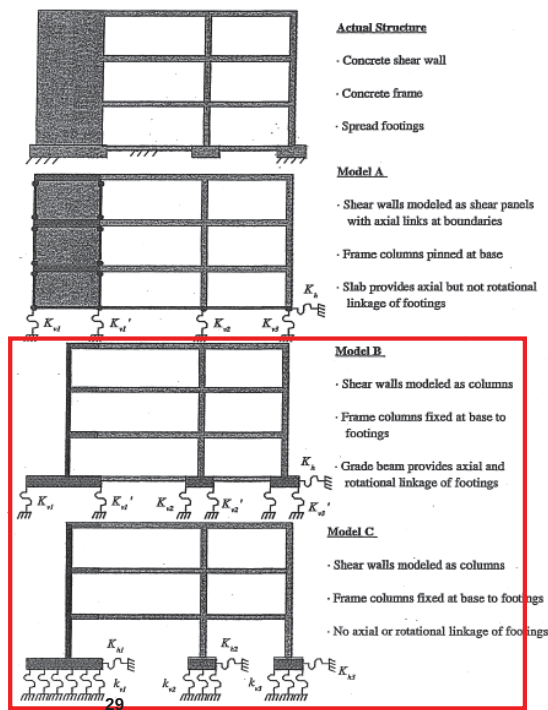
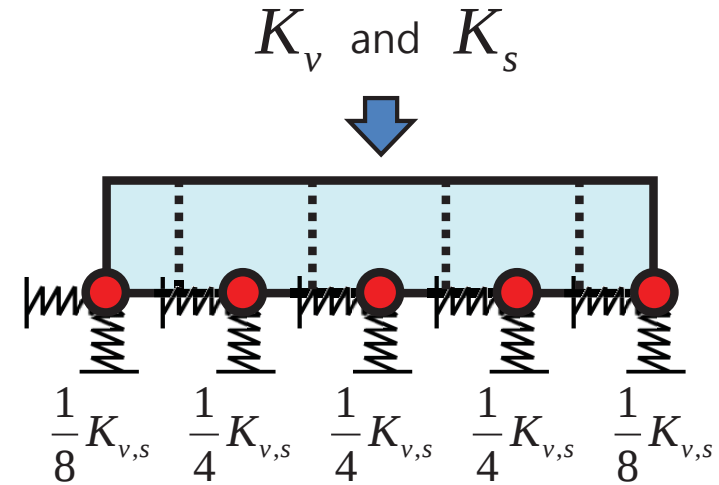
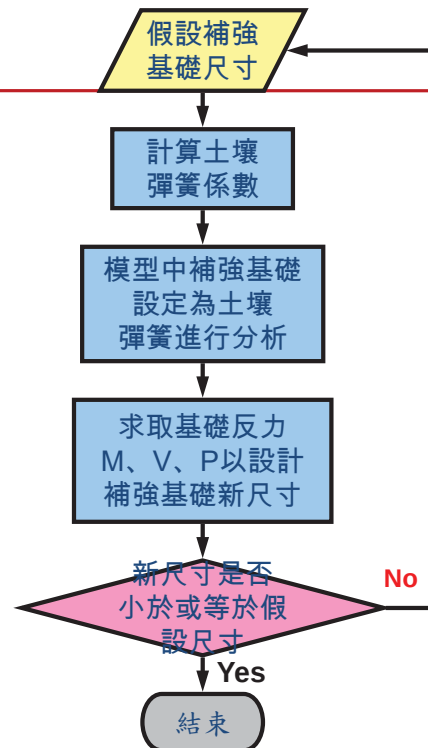


Figure 10-1. Global and Foundation Modeling Alternatives

剪力牆基礎土壤彈簧以溫克基礎模擬



基礎設定為 土壤彈簧之 建議流程



土壤彈簧係數之計算

土壤彈簧係數參考資料：

日本道路協會 — 道路橋示方書・同解説

$$(1) \quad k_v = k_{v0} \times \left(\frac{B_v}{30} \right)^{-3/4} \quad (kgf/cm^3)$$

$$k_{v0} = \frac{1}{30} \times \alpha \times E_0 \quad (\alpha = 2)$$

$$B_v = \sqrt{A_v} \quad A_v: \text{垂直方向之荷載面積}$$

$$E_0 = 25 \times N \quad (kgf/cm^3)$$

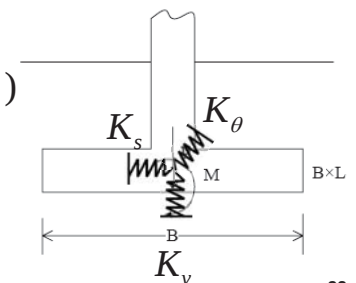
$$k_s = \lambda \times k_v \quad \lambda: \text{取} 1/3 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$(2) \quad K_v = k_v \times A_v$$

$$(3) \quad K_\theta = I \times k_v \quad (kgf - cm/rad)$$

$$I = \frac{L \times B^3}{12} \quad (cm^4)$$

$$(4) \quad K_s = k_s \times A_v$$



簡報大綱

- 前言
- 基礎模擬之建議
- 基礎設計之原則
- 柔性基盤之模擬
- **案例分析**
- 結論與建議

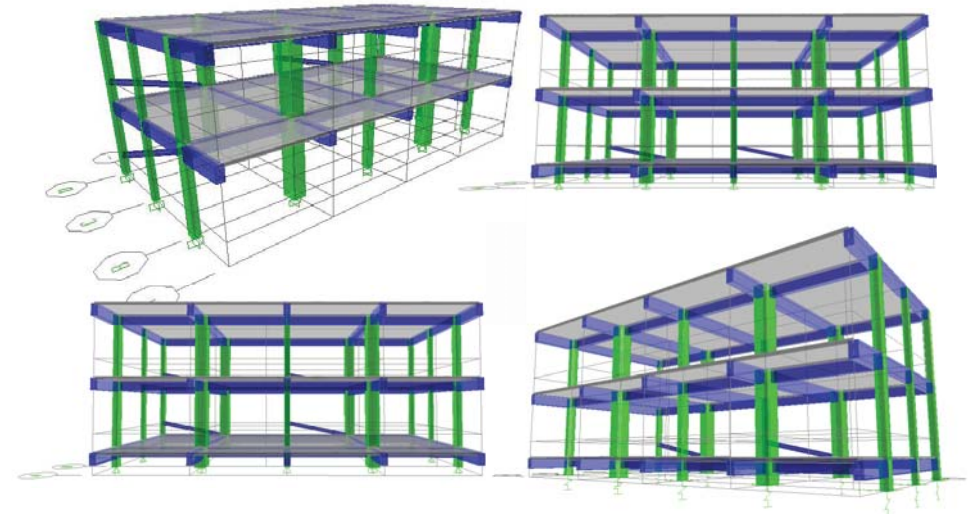
案例介紹 (2-Story)



地盤資料

- 既有基礎尺寸：1.5 m×1.5 m
- 地面至基礎版底面之深度：1 m
- 地盤土壤資料：
 - 1) $c=0$ ， $\phi=29^\circ$ ， $N=10$
 - 2) $c=0$ ， $\phi=35^\circ$ ， $N=20$
- 地梁處之側向土彈簧係數 S_B ：
 - 1) ∞
 - 2) 10^5 t/m
 - 3) 10^4 t/m

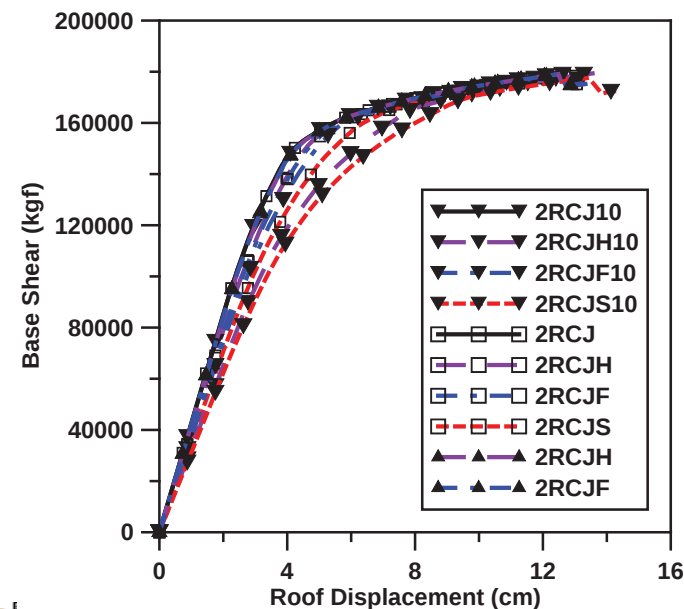
擴柱補強案例 (2-Story)



不同地盤特性之擴柱補強案例

編號	名稱	ϕ	N	$S_B(t/m)$	基礎
1	2RCJ10	29	10	10^4	A.固接
2	2RCJH10	29	10	10^4	B.鉸接
3	2RCJF10	29	10	10^4	C.固接
4	2RCJS10	29	10	10^4	D.彈簧
5	2RCJ	35	20	10^5	A.固接
6	2RCJH	35	20	10^5	B.鉸接
7	2RCJF	35	20	10^5	C.固接
8	2RCJS	35	20	10^5	D.彈簧
9	2RCJH ∞	35	20	∞	B.鉸接
10	2RCJF ∞	35	20	∞	C.固接

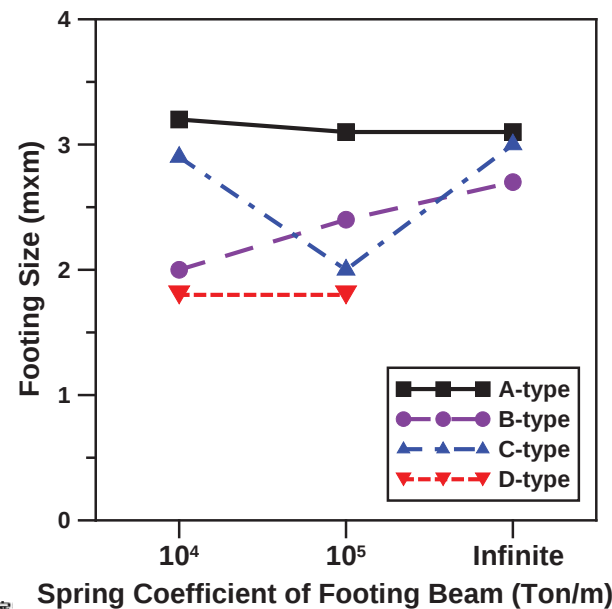
不同地盤特性之擴柱補強案例比較



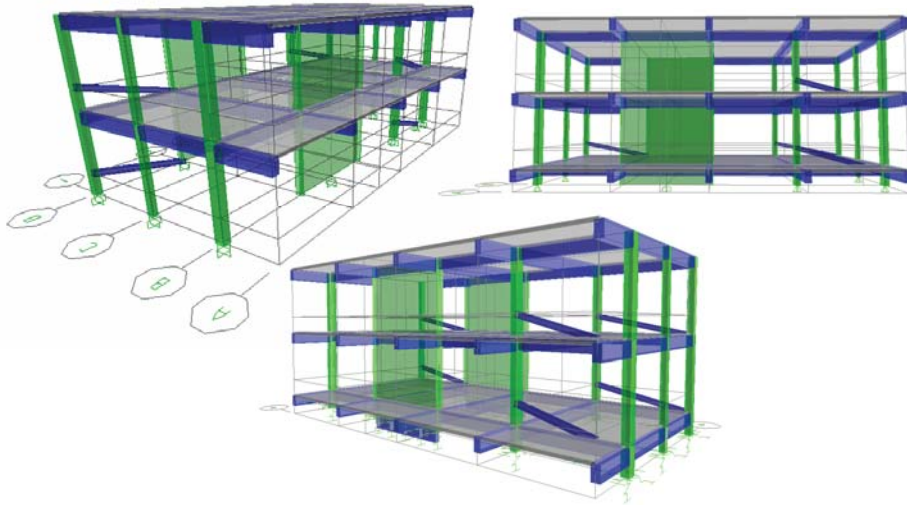
不同地盤特性之擴柱補強基礎比較

$S_B(t/m)$	編號	M (t-m)	V (ton)	P (ton)	B×L (m ²)
10^4	2RCJ10	79.18	30.6	70.04	3.2×3.2
	2RCJH10	0	-37.85	102.26	2×2
	2RCJF10	85.69	32.63	100.04	2.9×2.9
	2RCJS10	25.19	-13.53	105.76	1.8×1.8
10^5	2RCJ	79.18	30.6	70.04	3.1×3.1
	2RCJH	0	-62.21	101.11	2.4×2.4
	2RCJF	35.47	-29.31	99.8	2×2
	2RCJS	22.22	-26.78	104	1.8×1.8
∞	2RCJH ∞	0	-79.41	101	2.7×2.7
	2RCJF ∞	11.35	-87.06	99.53	3×3

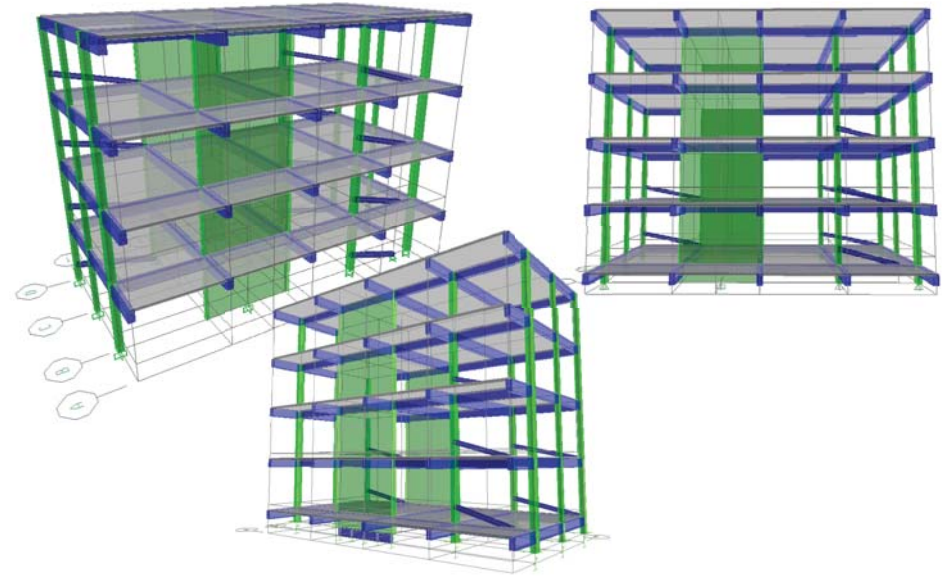
不同模擬方式對於基礎設計之影響



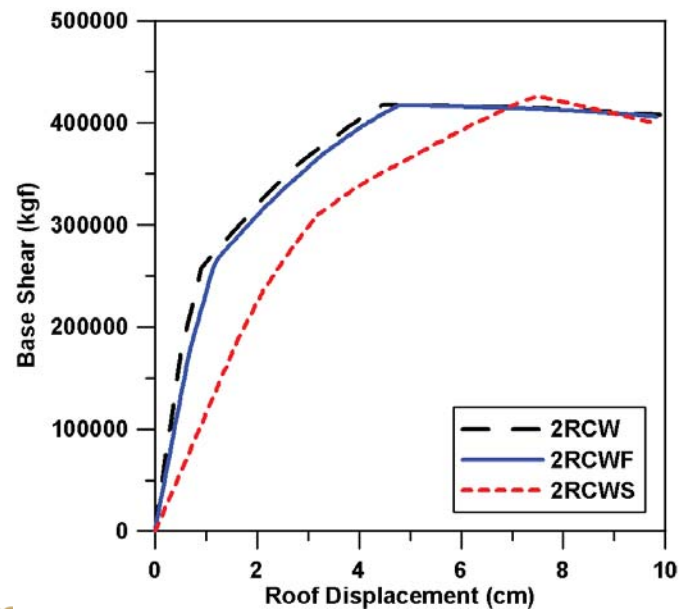
剪力牆補強案例 (2-Story)



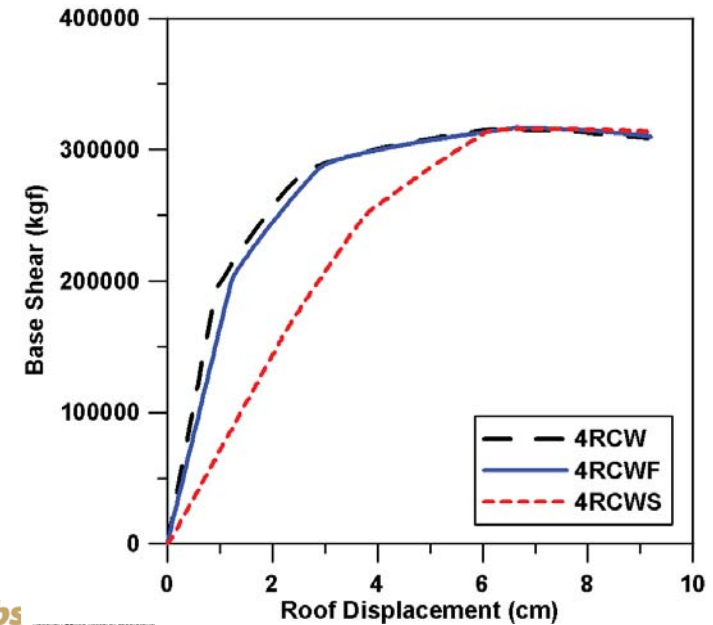
剪力牆補強案例 (4-Story)



剪力牆補強案例比較 (1/2)



剪力牆補強案例比較 (2/2)



剪力牆補強基礎設計之比較(1/2)

	剛性基盤		柔性基盤
	2RCW	2RCWF	2RCWS
M (t-m)	661.78	673.36	363.5
V (ton)	123.69	44.86	66.14
P (ton)	115.4	172.22	177.6
B×L (m ²)	17.0×3.0	12.0×3.0	7.0×3.0

(手冊二版)

※ 本範例設計剪力牆補強基礎，以 A_T 作為性能點進行設計。

剪力牆補強基礎設計之比較(2/2)

	剛性基盤		柔性基盤
	4RCW	4RCWF	4RCWS
M (t-m)	1170.63	1231.19	982.35
V (ton)	148.96	75.16	125.88
P (ton)	231.76	288.56	293.39
B×L (m ²)	16.0×3.0	13.0×3.0	11.0×3.0

(手冊二版)

※ 本範例設計剪力牆補強基礎，以 A_T 作為性能點進行設計。

簡報大綱

- 前言
- 基礎模擬之建議
- 基礎設計之原則
- 柔性基盤之模擬
- 案例分析
- 結論與建議

結論與建議 (1/2)

- 進行剛性基盤分析時，模擬地梁系統可減少基礎設計之尺寸需求。
- 根據柔性基盤模擬結果所設計之基礎尺寸，較剛性基盤之情況略小。
- 進行柔性基盤分析時，常以剛性基盤分析所得之基礎尺寸為初始值，進行疊代分析，整個分析過程會較為繁瑣。
- 工程師進行設計時，一般以剛性基盤模擬為主，當可取得詳細地盤資料或基礎柔性效應顯著時，可採用柔性基盤模擬。

結論與建議 (2/2)

- 剪力牆補強基礎設計原則：
 - 如設計結果之基礎尺寸極大，無法配合實際施工時，應縮小剪力牆尺寸或配置高度，並分散剪力牆位置，或降低超額補強計量。
 - 降低超額補強計量可採用設計地震等效地表加速 $A_T=0.4S_{DS}$ 對應性能曲線之基底剪力，做為檢核基礎承载力之需求。此時，補強後性能目標地表加速度 A_P 僅能等於 A_T 。
 - 循前述原則，進行剛性基盤分析所得基礎設計尺寸仍過大時，建議可在取得詳細地盤資料後，進行柔性基盤模擬。

報告結束
敬請討論

設計範例 擴柱與複合柱補強

沈文成

國家地震工程研究中心
助理研究員

April 25, 2014

承諾·熱情·創新

www.narilabs.org.tw

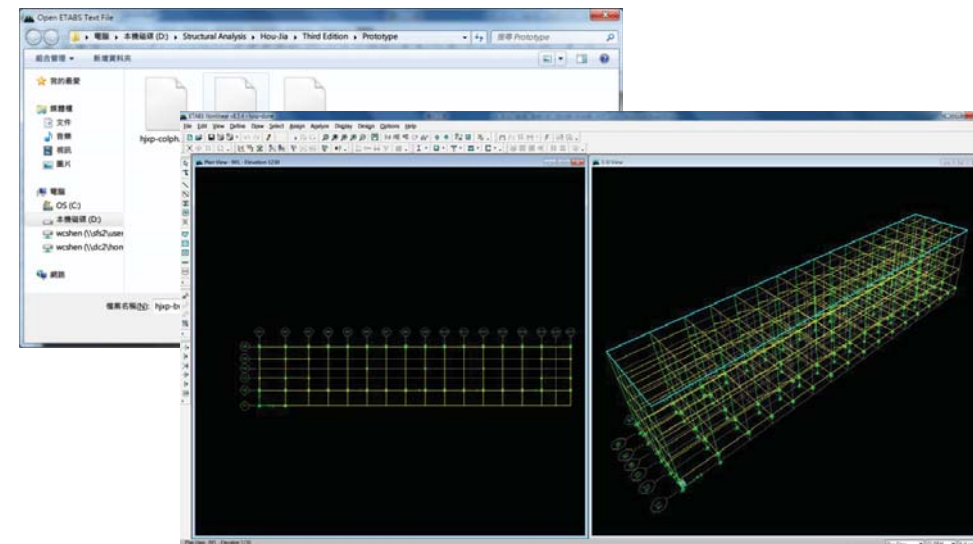
簡報大綱

- 擴柱補強介紹
 - 初步規劃與設計
 - 補強後之耐震能力
 - 結構分析模型
 - 輔助程式共用輸入檔
 - 非線性鉸之設定
 - 施工注意事項
- 複合柱補強介紹
 - 初步規劃與設計
 - 補強後之耐震能力
 - 結構分析模型
 - 輔助程式共用輸入檔
 - 非線性鉸之設定
 - 施工注意事項

補強前耐震能力評估

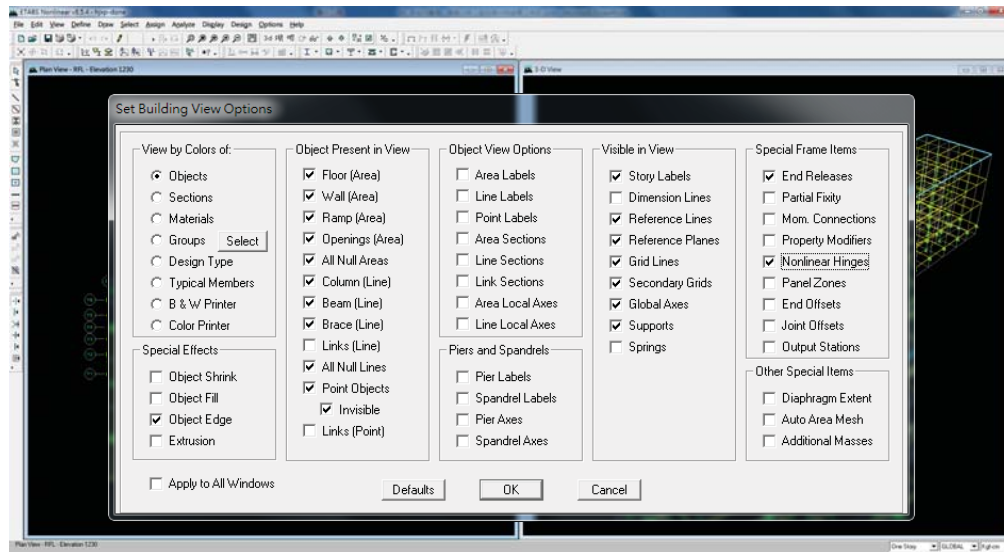
匯入已完成非線性鉸設定之模型檔

- File → Import → ETABS .e2k Text File



設定模型顯示非線性鉸

- View → Set Building View Options

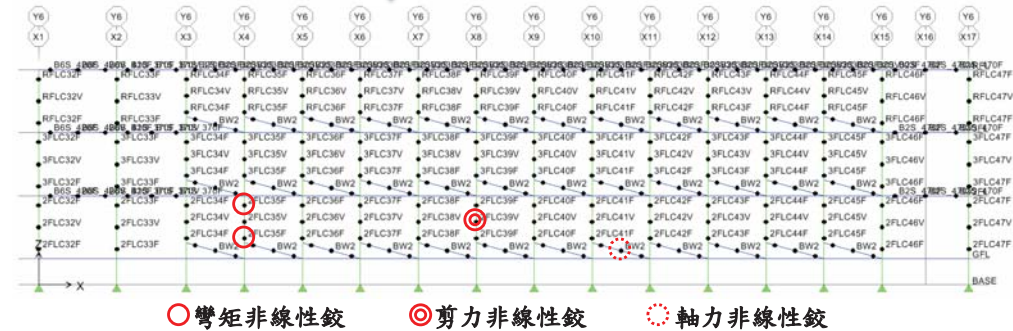
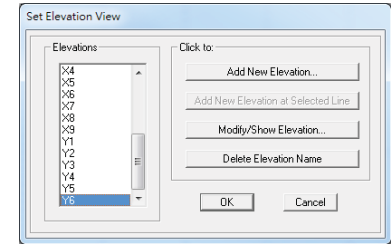


檢查非線性鉸設定位置

- View → Set Elevation View

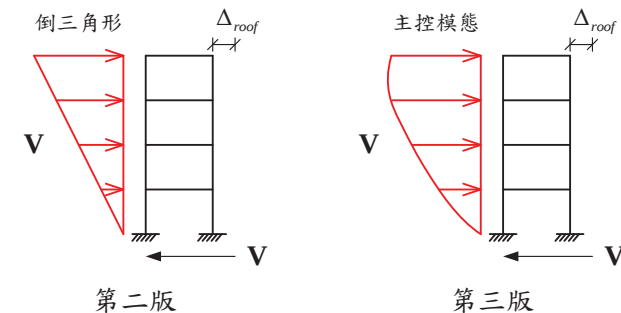
窗台下方梁
不設定非線性鉸

以 Y6 Frame 為例



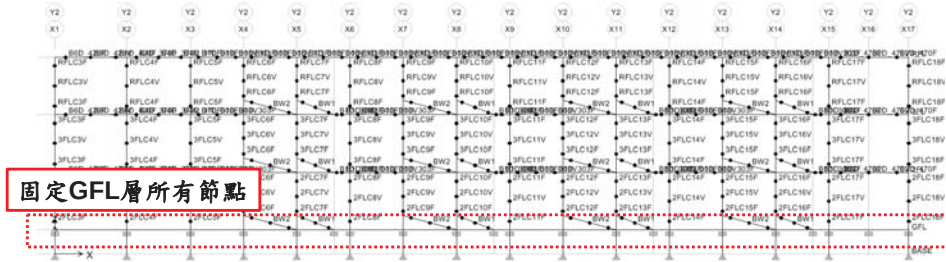
非線性側推分析之設定

- 以側推方向之主控模態進行地震力之豎向分配
- 各樓層側力之合力通過該樓層之質心
- 以屋頂層質心作為位移之監控點

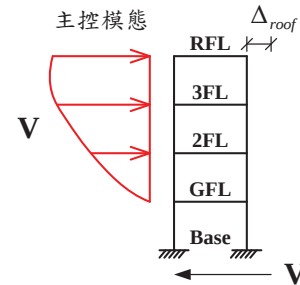


地震力豎向分配

各樓層主控模態

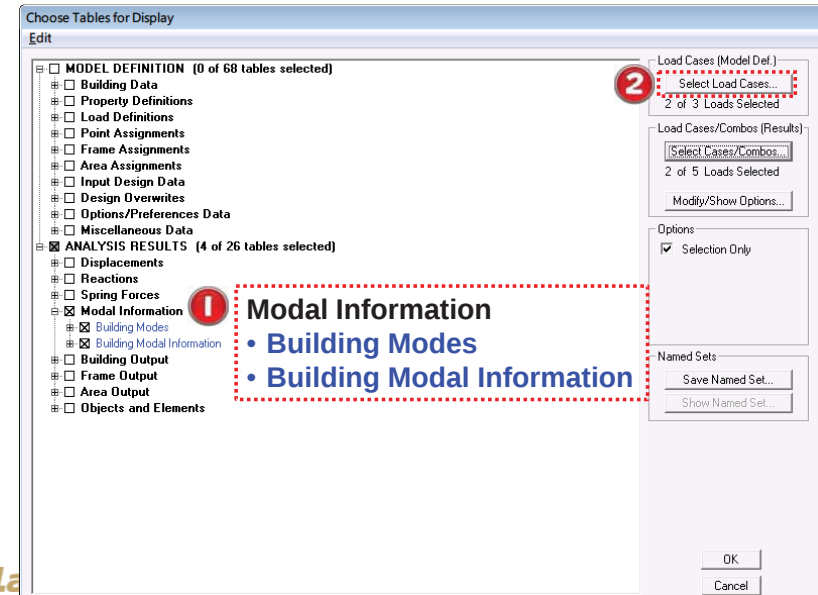


- 固定GFL層所有節點
- 以上部結構之主控模態設定各樓層之地震力分配
- 執行線性靜力分析
Analyze → Run Analysis



查詢主控模態

- Display → Show Tables



判定主控模態

- 選擇 Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	0.646132	65.4519	0.0025	0.0000	65.4519	0.0025	0.0000	0.0000
2	0.586875	0.1593	72.6143	0.0000	0.1593	72.6143	0.0000	0.0000
3	0.564028	4.5377	1.9873	0.0000	4.5377	1.9873	0.0000	0.0000
4	0.221671	6.6881	0.0000	0.0000	6.6881	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.187054	0.0020	9.4815	0.0000	0.0020	9.4815	0.0000	0.0000
6	0.181460	0.1061	0.1727	0.0000	0.1061	0.1727	0.0000	0.0000
7	0.145037	1.3237	0.0000	0.0000	1.3237	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.107143	0.0000	3.0979	0.0000	0.0000	3.0979	0.0000	0.0000
9	0.105114	0.0011	0.0270	0.0000	0.0011	0.0270	0.0000	0.0013
10	0.066876	0.6544	8.0791	0.0000	0.6544	8.0791	0.0000	0.0483
11	0.065981	1.3904	4.5358	0.0000	1.3904	4.5358	0.0000	0.0304
12	0.057499	19.6852	0.0019	0.0000	19.6852	0.0019	0.0000	0.0000

反之，當側推方向為 Y 向，
即查詢 UY 一欄中最大之
模態參與係數為何？

當側推方向為 X 向，查詢 UX 一欄
發現第 1 模態參與係數達 65.5%，
判定由第 1 模態主控

各樓層模態分量

- 選擇 Building Modes

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
RFL	D1	1	-0.0333	-0.0003	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00001
3FL	D1	1	-0.0270	-0.0001	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
2FL	D1	1	-0.0151	-0.0001	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
GFL	D1	1	-0.0010	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
RFL	D1	2	0.0017	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
3FL	D1	2	0.0013	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
2FL	D1	2	0.0007	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
GFL	D1	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
RFL	D1	3	0.0088	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
3FL	D1	3	0.0072	0.0047	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00002
2FL	D1	3	0.0040	0.0028	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00001
GFL	D1	3	0.0001	0.0006	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
RFL	D1	4	0.0293	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
3FL	D1	4	-0.0126	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
2FL	D1	4	-0.0332	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
GFL	D1	4	-0.0025	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
RFL	D1	5	-0.0006	0.0292	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
3FL	D1	5	0.0003	-0.0109	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
2FL	D1	5	0.0006	-0.0329	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
GFL	D1	5	0.0000	-0.0090	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000

側推方向為 X 向

依此模態之分量
設定地震力之豎向分配

非線性側推分析之設定 (Static Load Cases)

• Define → Static Load Cases

Define Static Load Case Names

1 新增廣義地震力 PUSHX (X 向) PUSHY (Y 向)

2 Modify Lateral Load...

3 地震力之豎向分配 分別輸入各樓層之[模態分量*質量]

4 不考慮額外偏心

Load Cases (Model Def.)

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
PUSHX	QUAKE	0	User Loads
DEAD	DEAD	1	User Loads
LIVE	LIVE	0	User Loads
PUSHX	QUAKE	0	User Loads
PUSHY	QUAKE	0	User Loads

User Seismic Loading

User Seismic Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ
RFL	D1	15.0341	0	0
3FL	D1	13.354	0	0
2FL	D1	6.2784	0	0

Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.) 0

非線性側推分析之設定 (Static Nonlinear/Pushover Case)

• Define → Static Nonlinear/Pushover Case

Define Static Nonlinear Cases

Case Name

Click to:

Add new Case...

Modify/Show Case...

Delete Case

OK

Cancel

1 第一個 Case 為 PUSH1 (力控制) 第二個 Case 為 PUSHX (位移控制) 第三個 Case 為 PUSHY (位移控制)

查詢質心點座標

• Display → Show Tables

Choose Tables for Display

1 Mass Data Table: Diaphragm Mass Data

2 Load Cases (Model Def.) Select Load Cases... 2 of 3 Loads Selected

Model Definition (1 of 70 tables selected)

- Building Data
 - Control Data
 - Story Data
 - Coordinate Systems and Grids
 - Point Coordinates
 - Line Connectivity
 - Area Connectivity
 - Diaphragm Connectivity
 - Mass Data
 - Table: Mass Source
 - Table: Diaphragm Mass Data
 - Table: Assembled Point Masses
 - Groups
 - Material List
 - Property Definition
 - Load Definitions
 - Point Assignments
 - Frame Assignments
 - Area Assignments
 - Input Design Data
 - Design Overrides
 - Options/Preferences Data
 - Miscellaneous Data
- ANALYSIS RESULTS (0 of 26 tables selected)
 - Displacements
 - Reactions
 - Spring Forces
 - Modal Information
 - Building Output
 - Frame Output
 - Area Output
 - Objects and Elements

Load Cases (Model Def.)

Select Load Cases... 2 of 3 Loads Selected

Load Cases/Combos (Results)

Select Cases/Combos... 2 of 5 Loads Selected

Modify/Show Options...

Options

Selection Only

Named Sets

Save Named Set...

Show Named Set...

OK

Cancel

查詢質心點座標

• 各樓層質心座標

Diaphragm Mass Data

Edit View

Diaphragm Mass Data

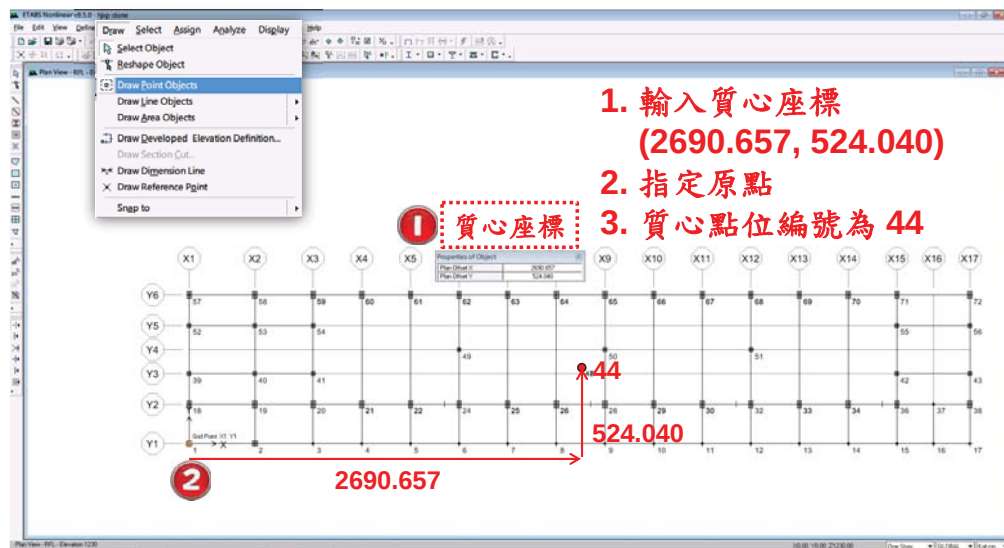
Story	Diaphragm	MassX	MassY	MMI	XM	YM
RFL	D1	420.8828	420.8828	1100391255.4	2690.657	524.040
3FL	D1	487.4551	487.4551	1238039266.1	2664.711	523.066
2FL	D1	487.4551	487.4551	1238039266.1	2664.711	523.066
GFL	D1	472.0451	472.0451	1190594614.6	2669.016	519.996

質心座標

OK

繪製屋頂層質心點位

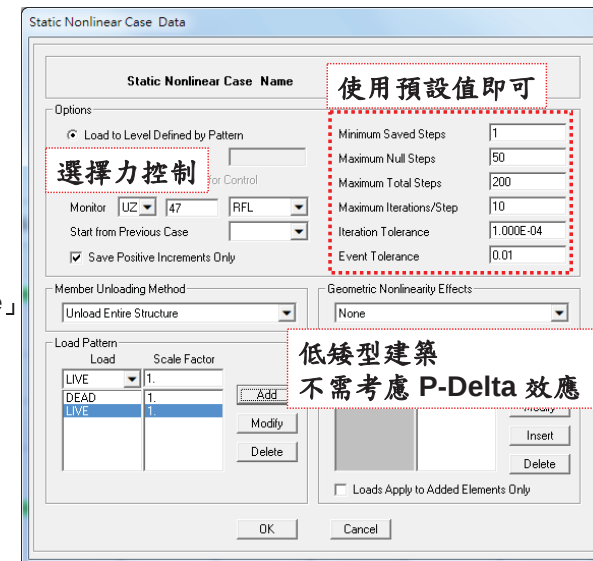
• Draw → Draw Point Objects



定義 PUSH1

依分析方向選擇 UZ
只儲存分析結果為正之步驟
建議選用「Unload Entire Structure」
可得較可信的結果

除建築物本身靜載重外
另有設計靜載重 (Live Load)



定義 PUSHX

• 側推方向為 X 方向

質心點位編號

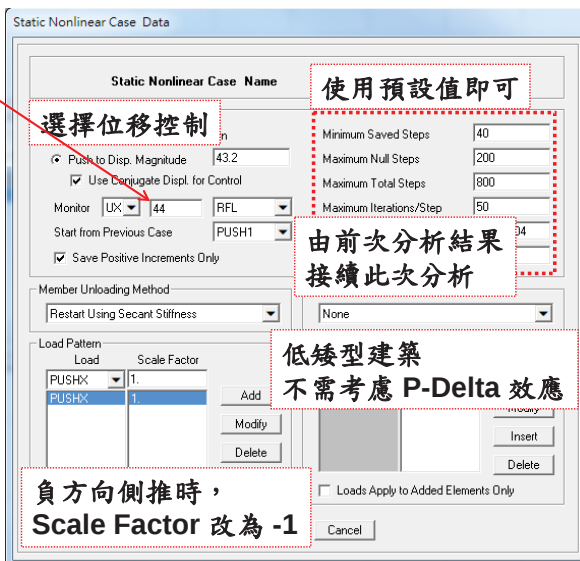
預設目標位移量為 $0.04 \times \text{總樓高}$

依分析方向選擇 UX

只儲存分析結果為正之步驟

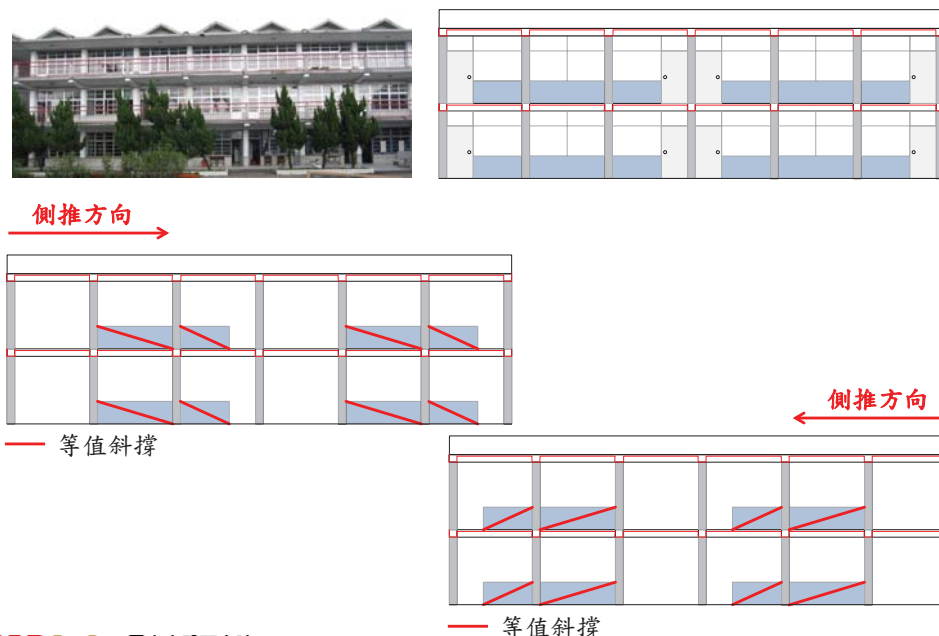
建議選用「Unload Entire Structure」
可得較可信的結果

Static Load Cases 新增之
地震力側向分佈 PUSHX

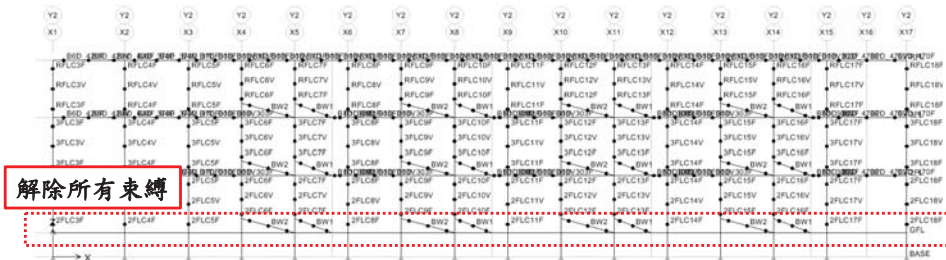


☆等值斜撐應依側推方向予以調整

依側推方向調整等值斜撐

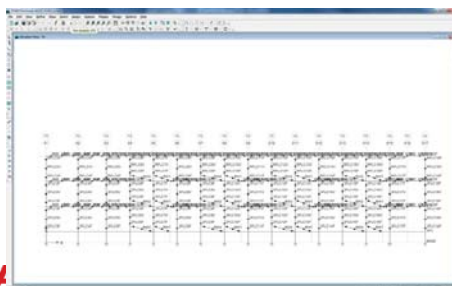


非線性側推分析



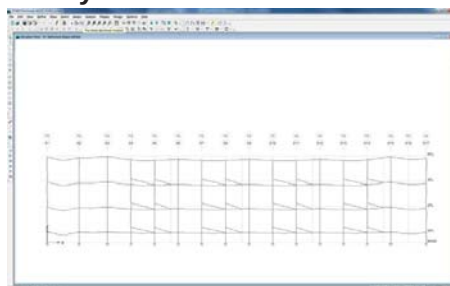
① 執行線性靜力分析

Analyze → Run Analysis



② 執行非線性側推分析

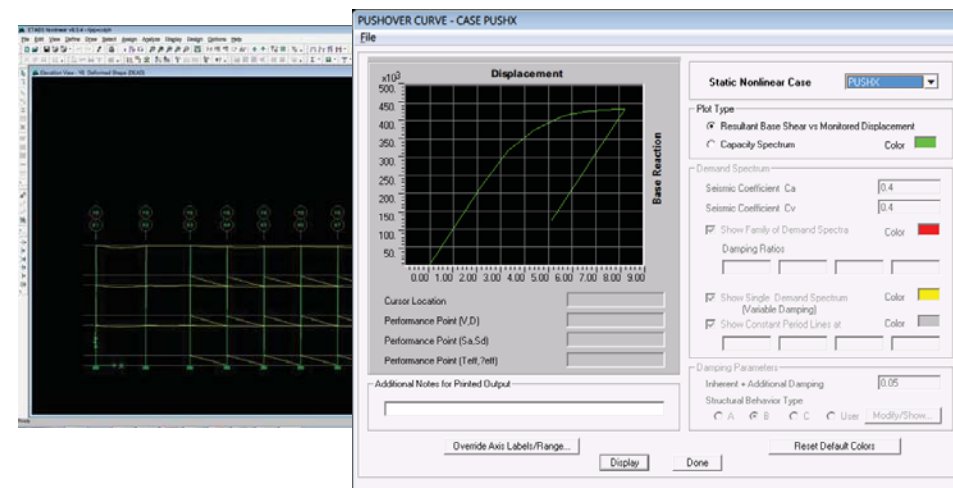
Analyze → Run Static Nonlinear Analysis



21

檢視容量曲線

• Display → Show Static Pushover Curve...



NARlabs 國家實驗研究院

22

輸出容量曲線

• File → Display Tables

匯出檔案 X_pd.txt

Print Tables to File...

PUSHOVER CURVE - CASE PUSHX

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	-0.0318	0.0000	848	13	0	0	0	0	0	0	861
1	1.0482	103339.2500	848	13	0	0	0	0	0	0	861
2	2.1282	206678.5000	847	14	0	0	0	0	0	0	861
3	2.5032	242557.0781	794	77	0	0	0	0	0	0	861
4	3.5868	332810.7813	730	111	0	0	0	20	0	0	861
5	4.6731	383368.0938	694	125	0	0	0	42	0	0	861
6	5.7594	417457.4375	685	126	0	0	0	50	0	0	861
7	5.9115	420679.5313	677	96	0	0	0	88	0	0	861
8	6.7579	430116.5625	677	88	0	0	0	96	0	0	861
9	6.8041	430414.2500	674	80	0	0	0	107	0	0	861
10	7.6105	433073.1250	672	82	0	0	0	104	3	0	861
11	7.9142	433697.0000	672	82	0	0	0	104	1	2	861
12	4.7658	131291.2969	861	0	0	0	0	0	0	0	861

最後一點屋頂位移增量為負值，應手動移除此列數據

NARlabs 國家實驗研究院

23

檢視容量曲線文字檔

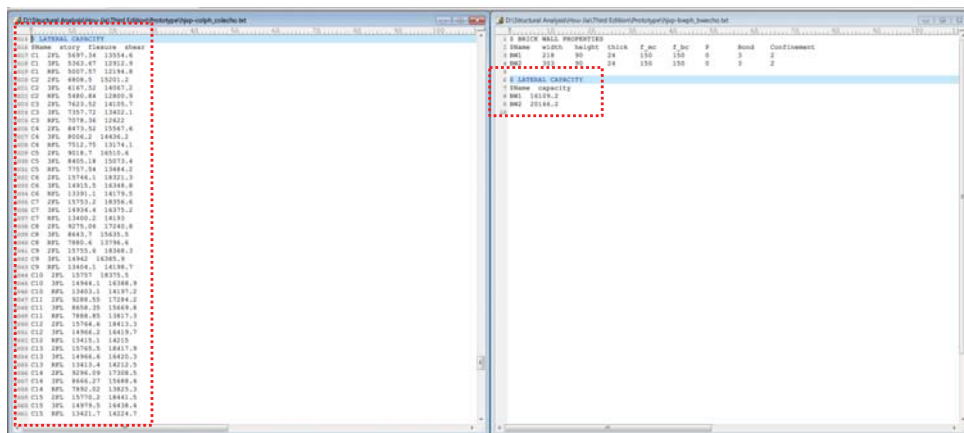


NARlabs 國家實驗研究院

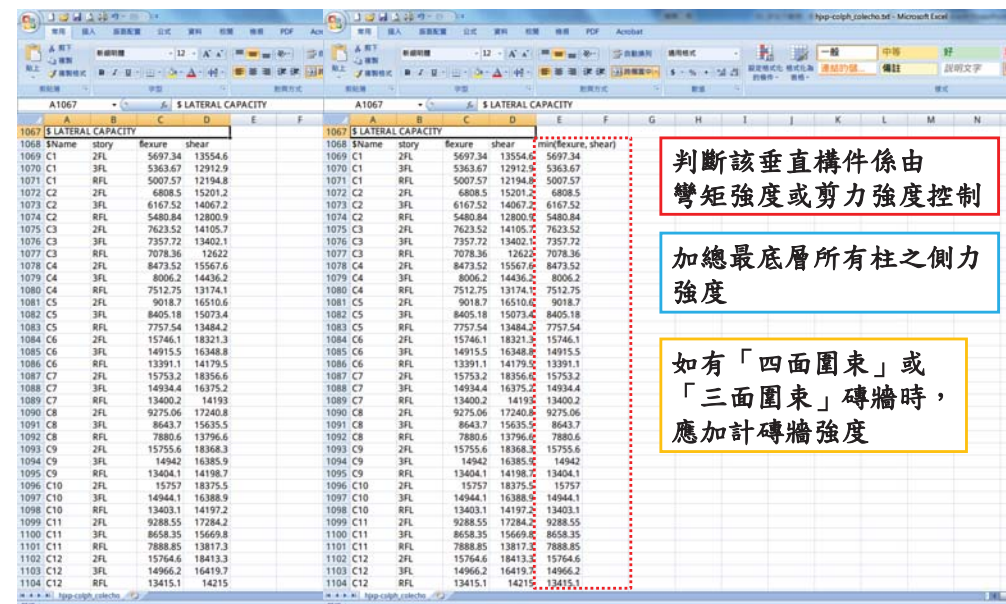
24

檢核側力強度是否合理

- 執行自動計算 RC 梁、柱 (COLPH.exe) 及磚牆等值斜撐 (BWPH.exe) 非線性鉸程式後出現 colecho 或 bwecho 文字檔可供檢核



垂直構件可抵抗之側力強度



判斷該垂直構件係由彎矩強度或剪力強度控制

加總最底層所有柱之側力強度

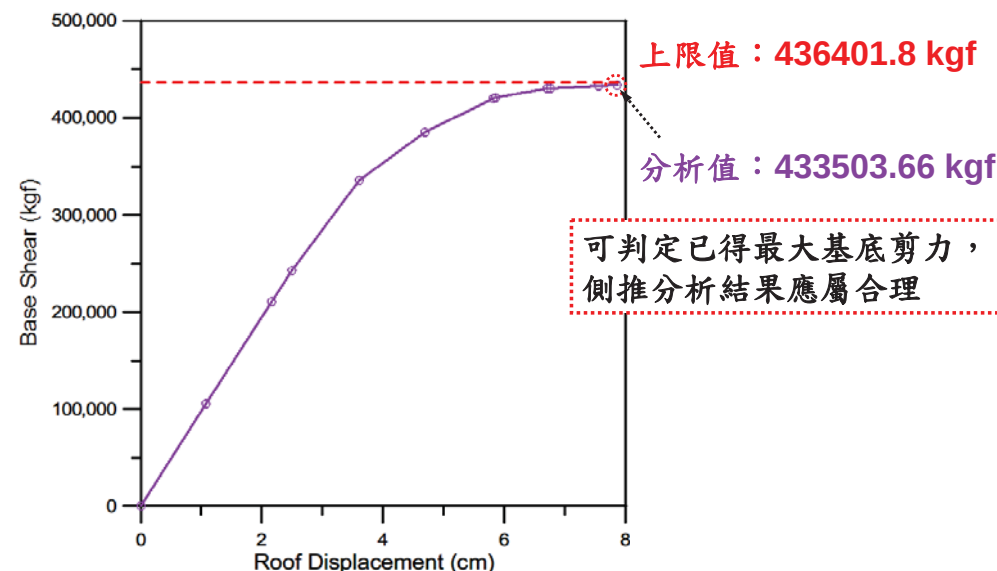
如有「四面圍束」或「三面圍束」磚牆時，應加計磚牆強度

最大側力強度之檢核

	撓曲強度	剪力強度	破壞模式	可抵抗側力強度
2FLC1	5697.34	13554.6	撓曲	5697.34
2FLC2	6808.5	15201.2	撓曲	6808.5
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
2FLC47	7644.14	13190.3	撓曲	7644.14
Σ 2FL Column Strength			436401.8 kgf	

V_{max} obtained by ETABS = 433503.66 kgf < 436401.8 kgf

容量曲線之檢核



上限值：436401.8 kgf

分析值：433503.66 kgf

可判定已得最大基底剪力，側推分析結果應屬合理

上部結構之屋頂位移

- RFL 層位移 - GFL 層位移 = 上部結構之屋頂位移

RFL 層位移

Story	Load	UX
RFL	PUSHX-0	0.0031
RFL	PUSHX-1	1.0831
RFL	PUSHX-2	2.1631
RFL	PUSHX-3	2.6994
RFL	PUSHX-4	3.7815
RFL	PUSHX-5	5.0292
RFL	PUSHX-6	6.0448
RFL	PUSHX-7	6.8583
RFL	PUSHX-8	6.9077
RFL	PUSHX-9	7.7914
RFL	PUSHX-10	8.0893

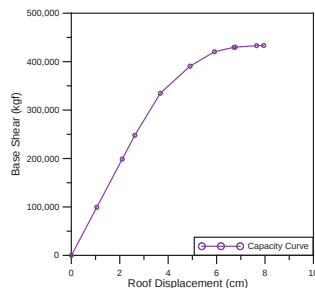
GFL 層位移

Story	Load	UX
GFL	PUSHX-0	-0.0003
GFL	PUSHX-1	0.0308
GFL	PUSHX-2	0.0619
GFL	PUSHX-3	0.0773
GFL	PUSHX-4	0.1052
GFL	PUSHX-5	0.1248
GFL	PUSHX-6	0.1356
GFL	PUSHX-7	0.1387
GFL	PUSHX-8	0.1388
GFL	PUSHX-9	0.1395
GFL	PUSHX-10	0.1397

上部結構之位移

Story	Load	UX
RFL-GFL	PUSHX-0	0.0034
RFL-GFL	PUSHX-1	1.0523
RFL-GFL	PUSHX-2	2.1012
RFL-GFL	PUSHX-3	2.6221
RFL-GFL	PUSHX-4	3.6763
RFL-GFL	PUSHX-5	4.9044
RFL-GFL	PUSHX-6	5.9092
RFL-GFL	PUSHX-7	6.7196
RFL-GFL	PUSHX-8	6.7689
RFL-GFL	PUSHX-9	7.6519
RFL-GFL	PUSHX-10	7.9496

上部結構之容量曲線



自動計算性能目標地表加速度程式 (PGA.exe)

◇檔案名稱可任意命名

- 請輸入阻尼修正係數 (既有校舍建築 κ 可設為 0.33) : **0.33 or 1/3**
- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名 (*.txt) : **X**
- 請選擇要使用 [1]自行定義 或 [2]ETABS 定義 或 [3]MIDAS 定義之 P-D 曲線檔 : **1**
- 請輸入 ETABS 定義之 P-D 曲線檔檔名 (*.txt) : **X_pd**
- 請輸入完成性能目標地表加速度計算之文字檔檔名 (*.txt) : **X_pga**

性能目標地表加速度

475 年回歸期設計地表加速度 $A_T = 0.4S_{DS} = 0.28g$

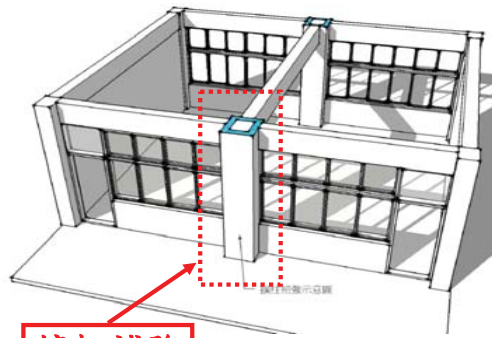
	強度準則	位移準則	軸力破壞準則
一般校舍	$V_{max} = 433.503 \text{ tf}$ $A_p = 0.215g$	Inter Story Drift RFL : $0.25\% < 2\%$ 2FL : $0.65\% < 2\%$ 1FL : $1.31\% < 2\%$	無

$$\text{Capacity-Demand Ratio} = A_p / A_T = 0.215g / 0.28g = 0.768 < 1$$

→ 案例校舍需進行耐震補強

擴柱補強介紹

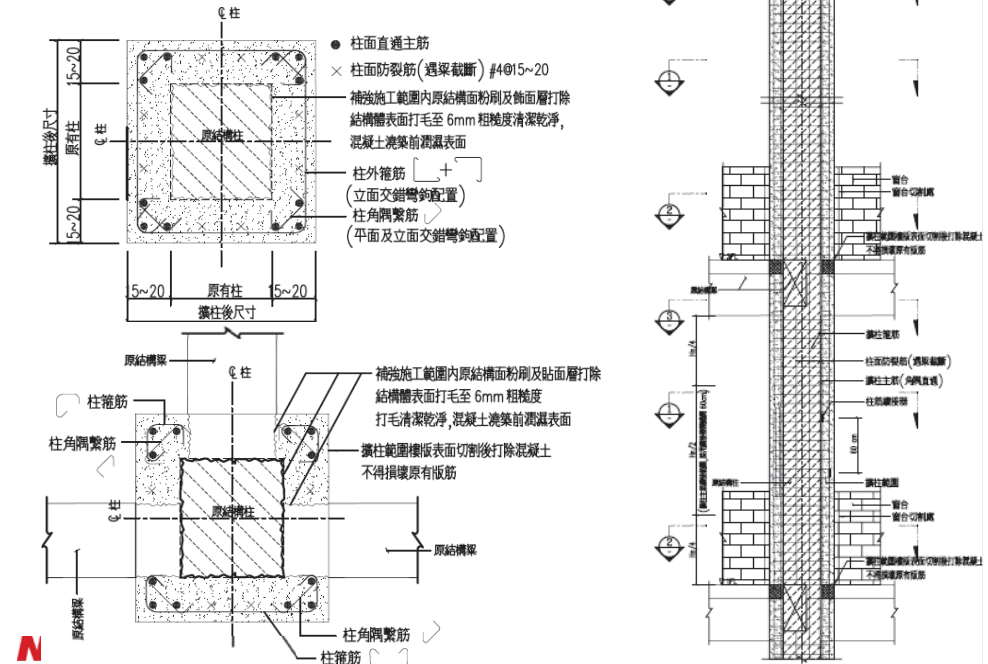
擴柱補強介紹



擴柱補強



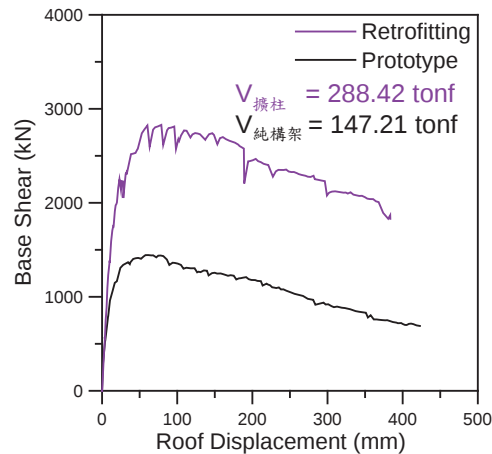
擴柱補強斷面示意圖



RC 擴柱補強之驗證

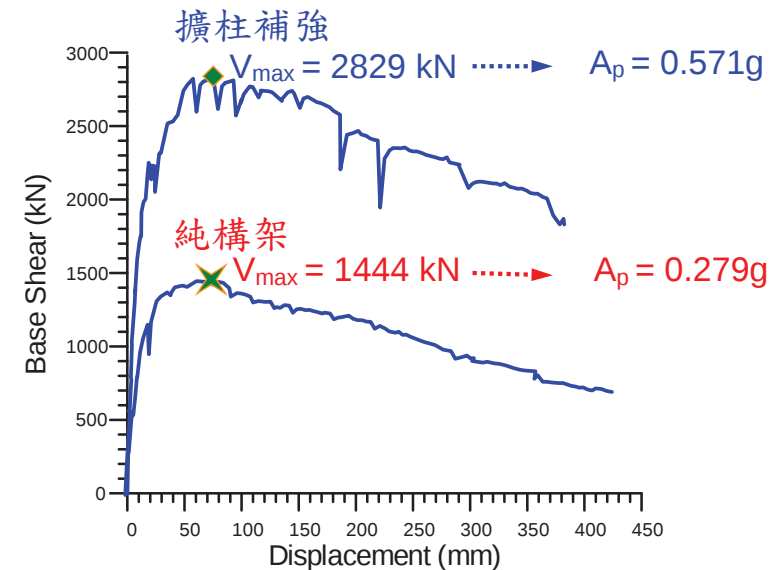
臺南市關廟國小現地試驗

RC 擴柱補強試體

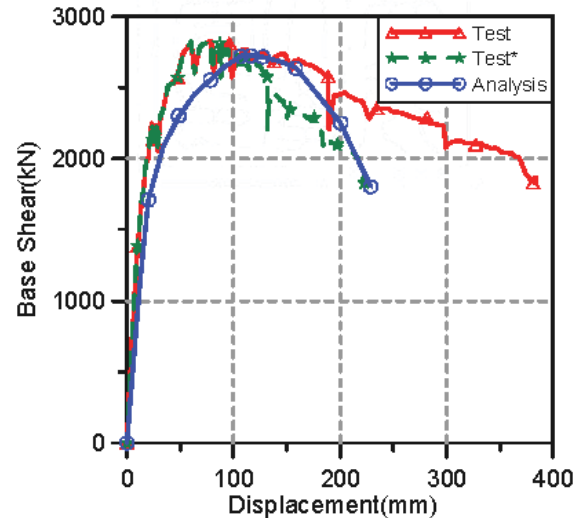


RC 擴柱補強費用為 1,800 元/m²
(未含門窗及裝修費用)

RC 擴柱補強之效益



RC 擴柱補強分析驗證



阮鈞平，(2008)「校舍建築 RC 擴柱補強現地試驗與分析」，
國立成功大學土木工程系碩士論文

初步規劃與設計

擴柱補強桿件數量

- 由分析結果得知，校舍結構物沿走廊方向最大側力強度 $V = 433,503 \text{ kgf}$ ，初步設計之基底剪力 $V^* = 564,562 \text{ kgf}$

$$\left(V^* = \frac{A_r}{A_p} \times V = \frac{1}{CDR} \times V \right)。$$

- 初步設計時假設最小柱軸重為 $43,354 \text{ kgf}$
- 原始柱斷面強度為 $V_0 = 9,109 \text{ kgf}$ 。
- 擴柱斷面之撓曲強度：

$$V_{bJ} = \frac{2M_n}{H} = 57,429 \text{ kgf}$$

- 擴柱斷面之剪力強度：

$$V_{nJ} = V_c + V_s = 63,253 \text{ kgf}$$

擴柱補強桿件數量

- 擴柱斷面之抵抗側力強度：

$$V_{RCJ} = \min(V_{bJ}, V_{nJ}) = 57,429 \text{ kgf}$$

- 補強強度增量為：

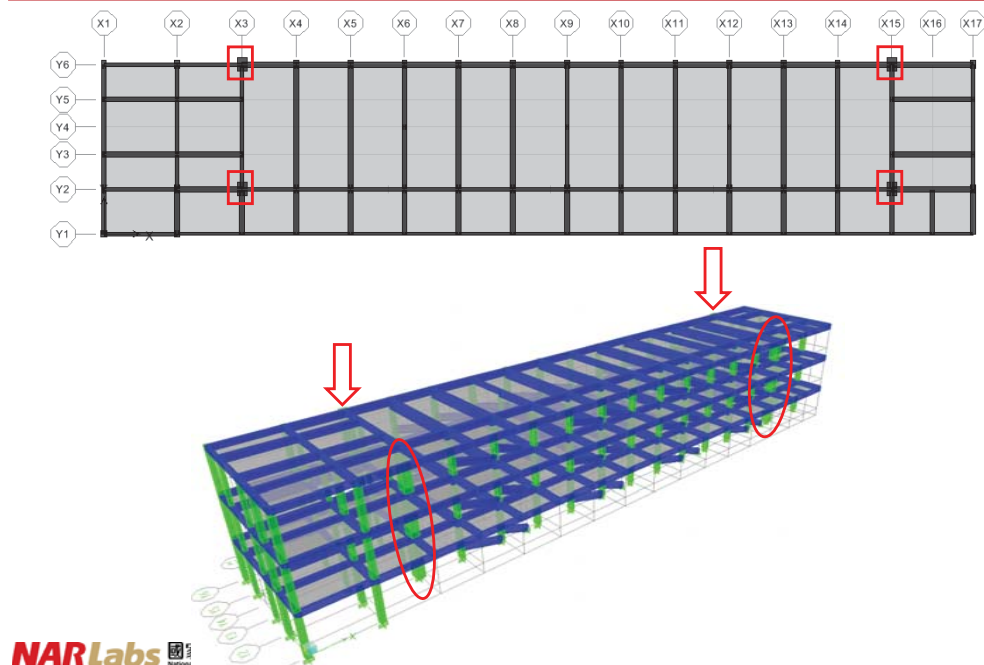
$$\Delta V_L = V_{RCJ} - V_0 = 48,410 \text{ kgf}$$

- 補強桿件數量計算求得：

$$N = \frac{V^* - V}{\Delta V_L} = 2.87$$

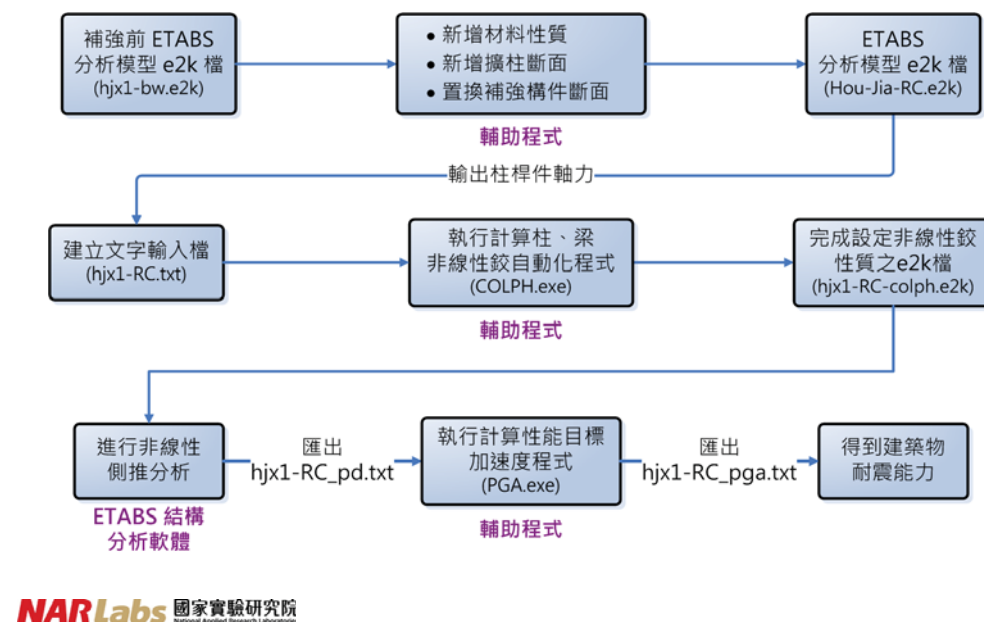
- 考慮安全性及對稱性下，建議採用 **4 根柱子** 進行擴柱補強。

選定之擴柱補強位置



41

補強後側推分析流程



42

擴柱補強後評估要項

- 結構分析模型：
 - 新增材料性質
 - 新增擴柱斷面、置換補強構件斷面、移除窗台斜撐
 - 修正非線性鉸性質 (搭配輔助分析程式)
- 輔助程式共用輸入檔：
 - 修正建築物樓層重量
 - 修正模態參與係數
 - 新增柱斷面、修正柱資料
 - 修正柱軸力資料
 - 新增柱斷面性質

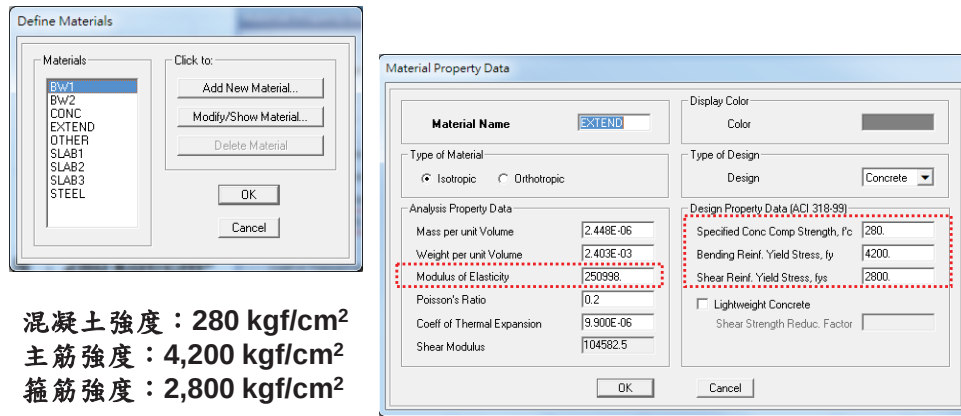
43

結構分析模型

44

1.新增材料性質

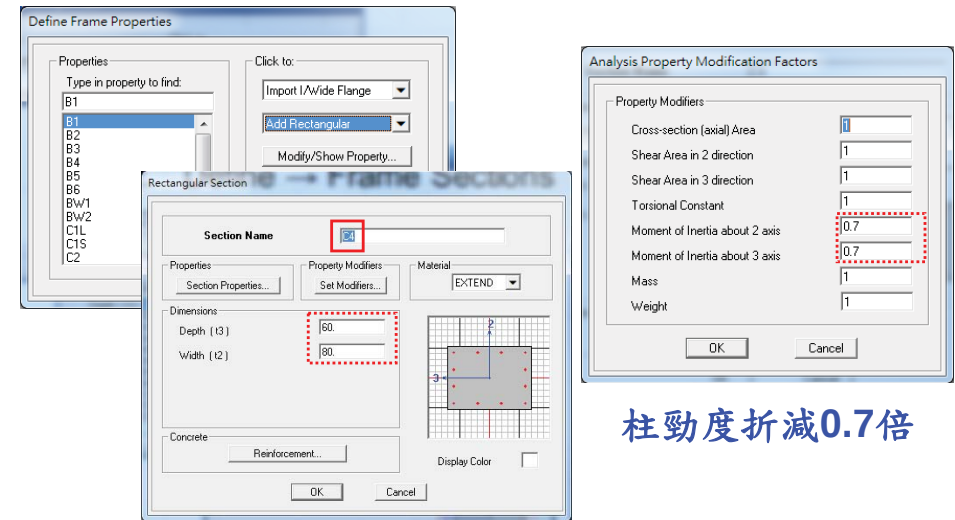
• Define → Material Properties



混凝土強度：280 kgf/cm²
主筋強度：4,200 kgf/cm²
箍筋強度：2,800 kgf/cm²

2.新增擴柱斷面

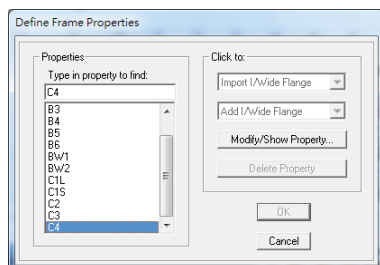
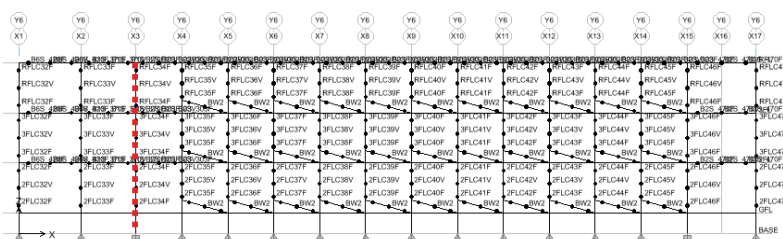
• Define → Frame Sections



柱勁度折減0.7倍

3.選定柱置換為擴柱斷面

- ① 選取需置換之柱桿件 (以 C34 為例)
- ② Assign → Frame/Line → Frame Section

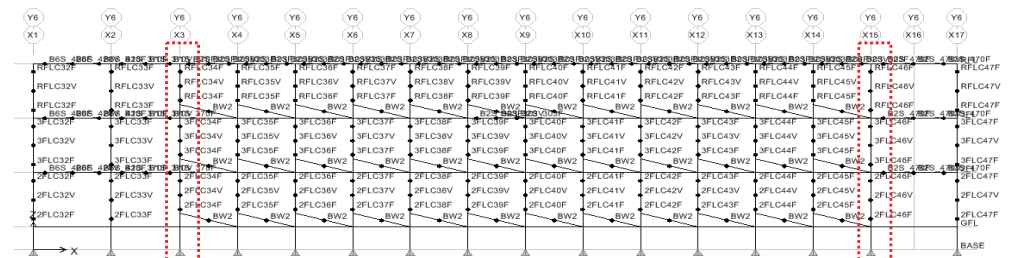


原有 C1S 柱斷面置換為 C4 擴柱斷面

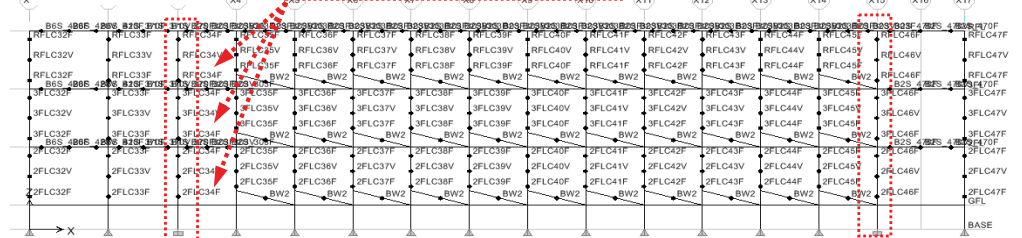
避免因刪除選定補強位置之原有柱而以繪製柱線方式新增擴柱而改變柱編號，造成輔助程式讀取錯誤柱資訊

擴柱補強位置

補強前 ↓ 柱斷面編號：C1S ⇒ C4

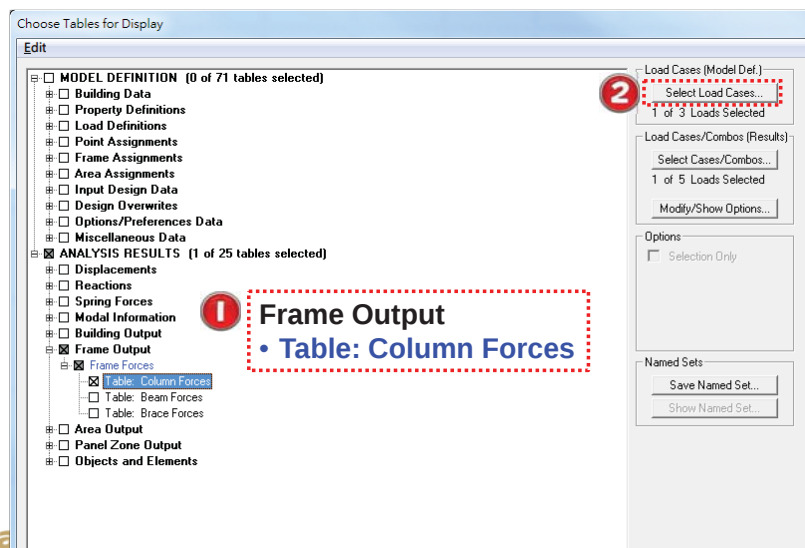


擴柱補強後 ③ 移除原有磚牆斜撐



4.檢視柱軸力資料

- 執行線性靜力分析 Analyze → Run Analysis
- Display → Show Tables



49

4.輸出柱軸力資料

Column Forces

Edit View

Story	Column	Load	Loc	P	V2
RFL	C1	DEAD	0.000	-4209.20	-616.28
RFL	C1	DEAD	157.500	-3718.70	-616.28
RFL	C1	DEAD	315.000	-3228.20	-616.28
3FL	C1	DEAD	0.000	-9178.80	-475.15
3FL	C1	DEAD	157.500	-8688.30	-475.15
3FL	C1	DEAD	315.000	-8197.79	-475.15
2FL	C1	DEAD	0.000	-13901.89	-405.51
2FL	C1	DEAD	157.500	-13411.39	-405.51
2FL	C1	DEAD	315.000	-12920.89	-405.51
GFL	C1	DEAD	0.000	-17935.37	-770.28
GFL	C1	DEAD	52.500	-17771.87	-770.28
GFL	C1	DEAD	105.000	-17608.37	-770.28
RFL	C2	DEAD	0.000	-7846.22	-353.99
RFL	C2	DEAD	152.500	-7371.29	-353.99
RFL	C2	DEAD	305.000	-6896.36	-353.99
3FL	C2	DEAD	0.000	-16858.58	-338.07
3FL	C2	DEAD	152.500	-16383.65	-338.07
3FL	C2	DEAD	305.000	-15908.72	-338.07
2FL	C2	DEAD	0.000	-25743.64	-266.75
2FL	C2	DEAD	152.500	-25268.71	-266.75

供輔助程式計算彎矩強度及剪力強度讀取使用

NAR Labs 國家實驗研究院

50

輔助程式共用輸入檔

輔助程式共用輸入檔 (一)

- 建築物性質模組 (修正 3 組)

單位: kgf-cm

\$ Weight Mode
497900 0.0126
497900 0.0268
432100 0.0352

與補強前不同

- 柱斷面模組 (新增 1 組)

\$ Name	f _{cp}	f _{yl}	f _{yt}	cover	hoop	spacing	num_hoop	TR
C1L	160	2800	2800	4	3	25	2	0
C4	280	4200	2800	4	3	10	2	1

- 柱資料模組 (修正 12 組)

\$ Name	story	section	shape	H	L	fromBtm
C5	2FL	C1L	C1L	360	300	0

→ C4 C4

輔助程式共用輸入檔 (二)

• 軸力資料模組 (全部修正)

單位：kgf-cm

\$ Story	Column	Loc	P
RFL	C1	0	-4119.07
RFL	C1	157.5	-3628.57
RFL	C1	315	-3138.07
3FL	C1	0	-8929.17
3FL	C1	157.5	-8438.67
3FL	C1	315	-7948.17
2FL	C1	0	-13536.9
2FL	C1	157.5	-13046.4
2FL	C1	315	-12555.9
GFL	C1	0	-17611.8
GFL	C1	52.5	-17448.3
GFL	C1	105	-17284.8
:	:	:	:

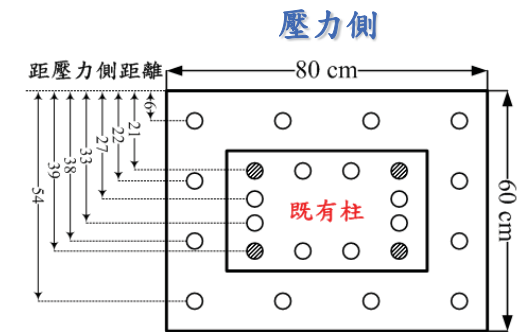
輔助程式共用輸入檔 (三)

• 柱、梁斷面性質模組 (新增 1 組)

單位：kgf-cm

\$ Section Properties

C4					
60	80				
6	4200	6	6	6	6
21.1	2800	7	6	6	7
22	4200	6		6	
27	2800	6		6	
33	2800	6		6	
38	4200	6		6	
38.9	2800	7	6	6	7
54	4200	6	6	6	6



非線性鉸之設定

自動計算 RC 柱、梁非線性鉸程式 (COLPH.exe)

◇檔案名稱可任意命名

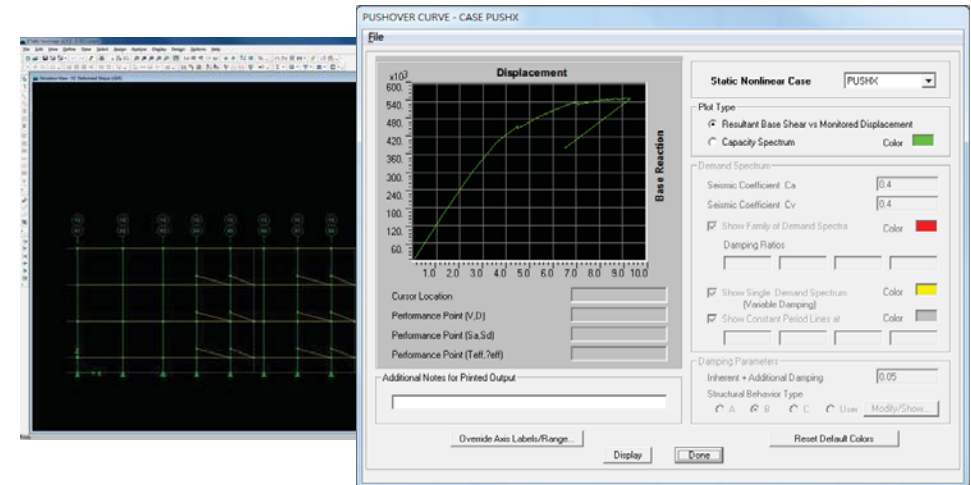
- 是否要考慮梁之非線性鉸？(Y/N)：Y
- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名 (*.txt)：X-RCJ
- 請輸入 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k)：X-RCJ
- 請輸入完成梁、柱非線性鉸計算後之 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k)：X-RCJ-colph

因未變動磚牆，故不須重新執行
『自動計算磚牆等值斜撐非線性鉸程式 (BWPH.exe)』

補強後耐震能力評估

檢視容量曲線

- Display → Show Static Pushover Curve...

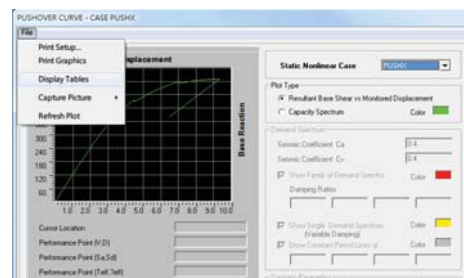


輸出容量曲線

- File → Display Tables

匯出檔案 X-RCJ_pd.txt

Print Tables to File...



Step	Displacement	Base Force	A-B	B-TO	TO-LS	LS-CF	CF-C	C-D	D-E	E-TOTAL
5	4.4897	454920.0938	719	123	0	0	0	7	1	0 850
6	4.4902	448656.4688	684	125	0	0	0	40	1	0 850
7	5.5699	495307.0313	652	141	0	0	0	56	1	0 850
8	6.6759	530758.3750	631	149	0	0	0	68	2	0 850
9	7.0478	538788.1250	628	152	0	0	0	68	2	0 850
10	7.0680	529910.5625	618	138	0	0	0	91	3	0 850
11	7.8291	542905.1875	618	138	0	0	0	91	3	0 850
12	7.8295	538247.4375	617	139	0	0	0	91	3	0 850
13	7.9154	541641.7500	613	121	0	0	0	113	2	1 850
14	8.3484	547233.0000	614	120	0	0	0	113	2	1 850
15	8.3489	544604.8125	604	117	0	0	0	126	1	0 850
16	8.7794	549256.3125	606	115	0	0	0	126	1	0 850
17	8.7801	547352.3750	604	117	0	0	0	126	1	0 850
18	8.8169	548187.5000	602	115	0	0	0	129	2	0 850
19	9.0641	550585.6875	604	113	0	0	0	129	2	0 850
20	9.0643	548098.6250	603	113	0	0	0	130	2	0 850
21	9.1464	549057.0000	598	112	0	0	0	135	2	0 850
22	9.3183	550819.6875	598	112	0	0	0	135	2	0 850
23	6.4683	378358.6563	850	0	0	0	0	0	0	0 850

最後一點屋頂位移增量若為負值，
應手動移除此列數據

自動計算性能目標地表加速度程式 (PGA.exe)

◇檔案名稱可任意命名

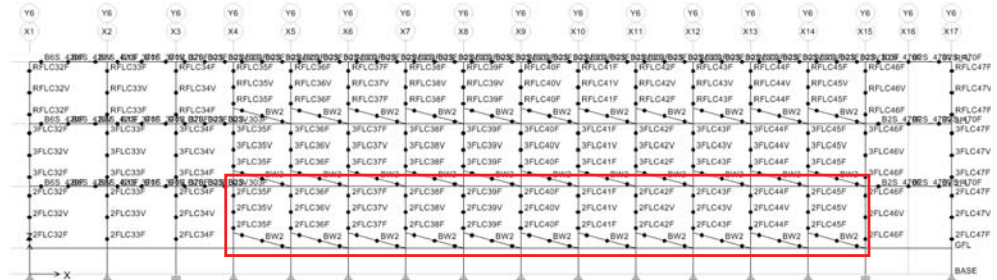
- 請輸入阻尼修正係數 (既有校舍建築 κ 可設為 0.33) : **0.33 or 1/3**
- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名 (*.txt) : **X-RCJ**
- 請選擇要使用 [1]自行定義 或 [2]ETABS 定義 或 [3]MIDAS 定義之 P-D 曲線檔 : **2**
- 請輸入 ETABS 定義之 P-D 曲線檔檔名 (*.txt) : **X-RCJ_pd**
- 請輸入完成性能目標地表加速度計算之文字檔檔名 (*.txt) : **X-RCJ_pga**

以切割隔離縫方式處理

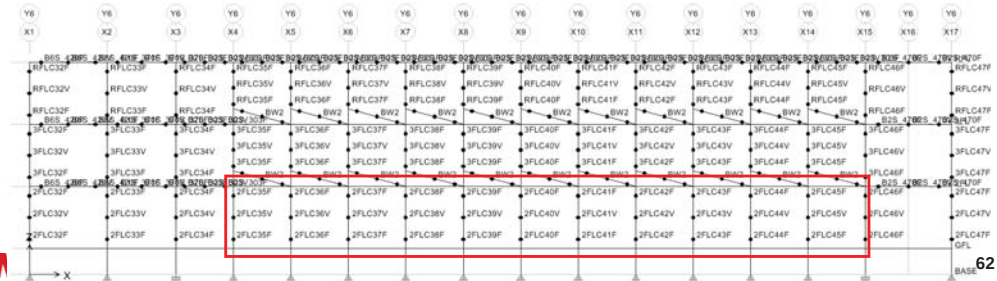
- 由於尚未滿足耐震合格標準($0.259g < 0.28g$)，在不改變補強桿件數量，且不需再次進行初步設計之原則下，建議可將最底層之窗台以**切割隔離縫方式處理**
- 將窗台束制之短柱逐一恢復成長柱，使柱不再受到窗台之束制，使原有結構物增加韌性，可有效提昇結構物之耐震能力

柱與窗台間切割隔離縫

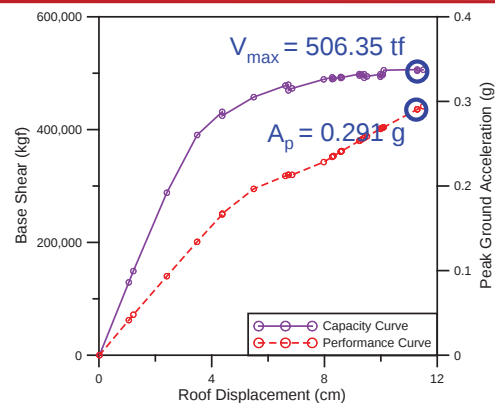
切割隔離縫前



切割隔離縫後



容量曲線與性能曲線



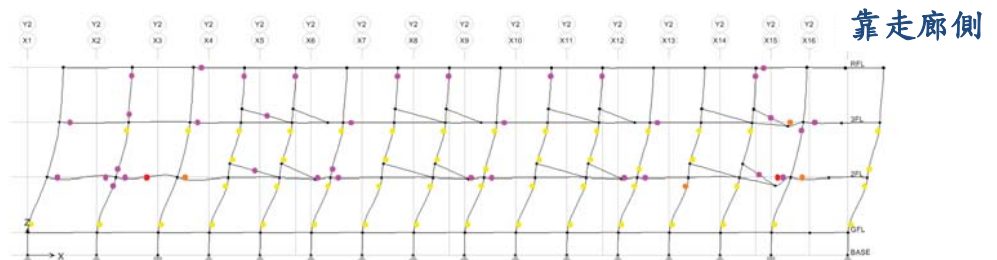
最大側力強度分析值為 506.35 tf
屋頂位移量為 11.29 cm

以切割隔離縫方式處理，
確實有助於結構物發揮韌性

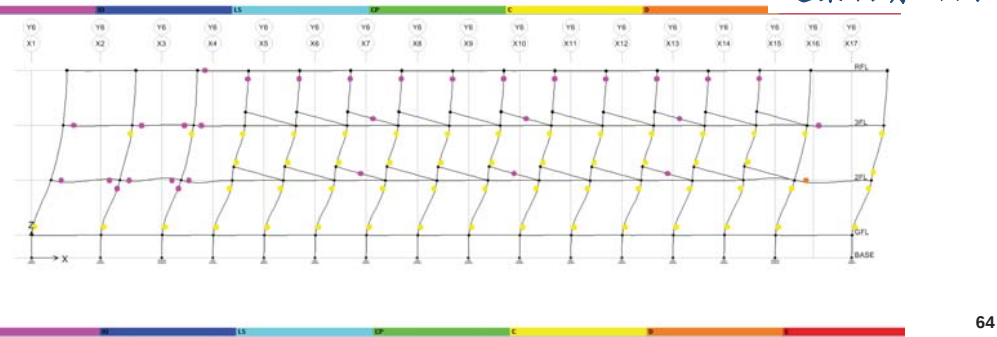
	強度準則	位移準則	軸力破壞準則
一般校舍	$V_{max}=506.35 \text{ tf}$ $A_p=0.291 \text{ g}$	1.73%	無

由**強度準則**決定性能目標地表加速度 A_p

非線性鉸發展圖



建築物背面側



施工注意事項

擴柱補強施工細節

- 混凝土澆置，最大粒徑不可超過**13mm**，混凝土澆築前潤濕原結構體表面，澆置時需以模外振動器配合施工。
- 澆置完成後敲除喇叭口附近混凝土，以無收縮水泥砂漿填實空隙。
- 建議可於磚造窗台與柱身保持**3cm**之隔離縫，並利用**彈性填充物(如海棉等)**填充及**防水填縫材**進行封邊處理。

擴柱補強施工細節

- 已開裂核心混凝土應清除，其餘表面裂縫需打毛(6mm粗糙度)，以利後續灌漿介面結合。
- 增設主筋部份，須以化學錨栓向下植筋於基礎或地梁內，向上遇到樓版均須貫穿。
- 敲除時不可損傷鋼筋，敲除完後以高壓空氣清理敲除粉塵及鬆動混凝土塊。
- 敲除時，若造成寬度大於0.3mm之裂縫需以EPOXY灌注，較大之缺損以EPOXY砂漿修補。
- 模版組立，上方預留喇叭口以利混凝土澆置。(交界面處須確實灌滿不可留空隙)

校舍耐震補強工程參考圖說下載

校舍耐震資訊網

Information Website for Seismic Assessment
and Retrofit of School Buildings



評定單位 | 調查學校 | 學校位置 | 學務單位 | 建築單位 | 工作團隊

校舍耐震資訊網

Information Website for Seismic Assessment
and Retrofit of School Buildings



評定單位 | 調查學校 | 學校位置 | 學務單位 | 建築單位 | 工作團隊

校舍耐震評估與補強相關文件

功能區畫

- 最新測繪
- 新舊圖則之知識
- 文件及照片片下載
- 電子地圖
- 校址與校園範圍
- 校區使用分區
- 詳細地籍權屬資料**
- 地籍圖件下載
- 地籍圖件查詢
- 評定計畫表
- 評定計畫書
- 相關說明

共同文件

- 評估與補強建議相關文件
- 評估補強參考量綱計算方式

補強文件

- 校舍修復方案
- **補強工程參考量綱與最低工作範疇**
- 補強工程費估計表(針對已評定與尚未評定)
- 補強工程費用下載

檢核表格

- 評估與補強效果驗收檢核表
- 學校人員簽認紀錄檢核表

評估報告

- 初步評估表-非定型校舍
- 初步評估表-定型型校舍
- 初步評估表-準定型校舍、校舍結構檢核與耐震能力初步評估表 (技術規範：NCRE--11-032)
- 初步評估表-半定型校舍

- 本評估表格係根據國立成功大學建築研究所第三十五屆碩士論文-「自式木造屋架建築耐震評估探討」，林宇隆 (2004)。
- 評估表格之詳細說明，可逕向建築專業領域成功大學專業領域下載查詢。

校舍結構耐震補強工程參考量綱

日期	項目	版本	檔案下載	維護人員
2011/04/16	總性	CJ-01	總性參考量綱	鄭榮信技師
2011/07/13	鋼骨	WW-01	鋼骨參考量綱	鄭榮信技師、許嘉惠技師
2011/07/13	剪力牆	WC-01	剪力牆參考量綱	鄭榮信技師、許嘉惠技師
尚未完成	鋼筋混凝土柱	-	鋼筋混凝土柱參考量綱	鄭榮信技師
尚未完成	磚造牆壁	-	磚造牆壁參考量綱	鄭榮信技師
2011/11/24	樓板	AN-01	樓板參考量綱	鄭榮信技師
尚未完成	鉛絲網鐵窗參考量綱	-	鉛絲網鐵窗參考量綱	鄭榮信技師
2012/05/30	施工計畫書	-	施工計畫書參考範本	黃光熙技師

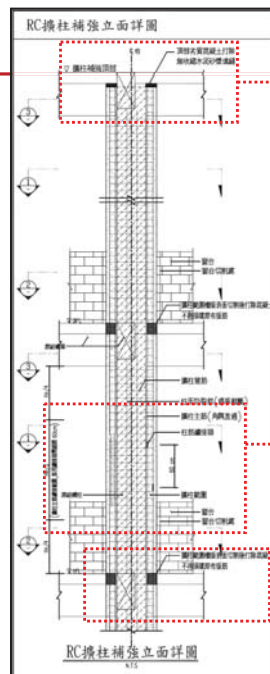
修繕工程

日期	項目	版本	檔案下載	維護人員
尚未完成	伸縮縫	-	伸縮縫參考量綱	吳東和技師
2011/01/11	開窗洞(窗戶、白窗、窗框外牆面、雨棚、樓梯)	DR-01	開窗洞參考量綱	劉錦輝技師
2011/04/07	門窗	HV-01	門窗參考量綱(有孔門窗) 門窗參考量綱(無孔門窗)	何麗蓮技師、魏朝龍技師
尚未完成	地坪	-	地坪參考量綱	何麗蓮技師
尚未完成	油漆	-	油漆參考量綱	劉景祥技師
尚未完成	磁磚	-	磁磚參考量綱	劉景祥技師
尚未完成	屋頂、公告欄	-	屋頂、公告欄參考量綱	黃光熙技師
尚未完成	牆面	-	牆面參考量綱	黃光熙技師

歷次會議

日期	會議名稱	工作紀要	相關資料下載
2011/04/12	第一次會議	-	會議紀錄
2011/05/04	第二次會議	-	-
2011/05/18	第三次會議	-	-
2011/06/02	第四次會議	-	-
2011/06/16	第五次會議	1. 確認努力維護範圍內容 2. 討論結構修護範圍內容 3. 討論結構修護經費內容	討論：總性結構性能之提升 討論：剪力牆結構性能之提升

最後修改日期: 2013-03-04 上開網頁含Creative Commons | © 2009-2013 NCRE 所有權利保留並依法登記 All Rights Reserved.

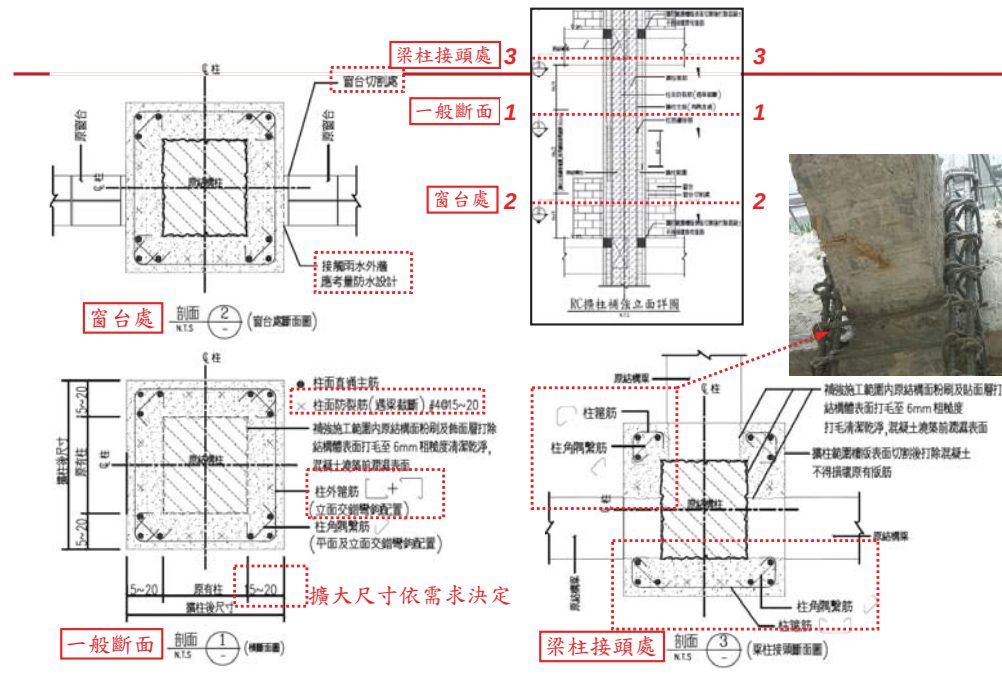
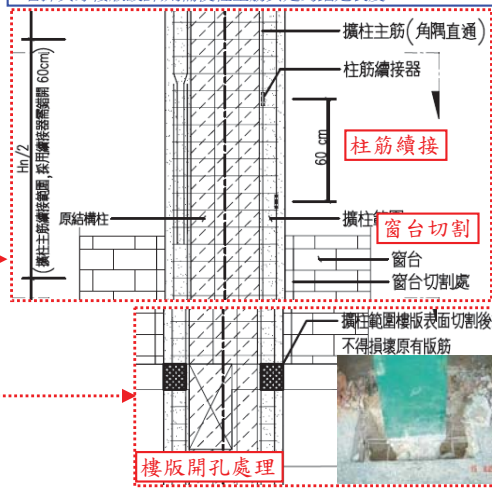


柱頂處理及配套措施

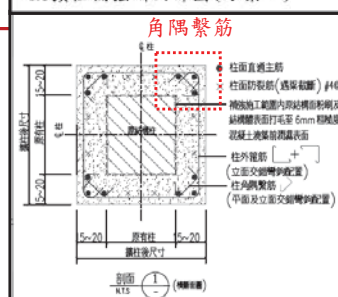
擴柱補強頂部

擴柱補強頂部設計說明

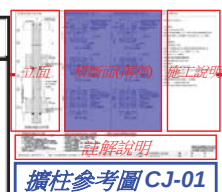
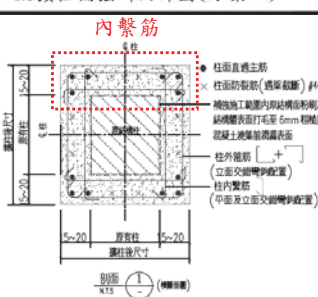
1. 補強柱頂不貫穿樓板係考量屋頂防水不易處理。
2. 採用不貫穿設計，分析時應較參數需配合修正為原有柱斷面條件。
3. 柱主筋頂部及混凝土澆築頂面亦可設置於梁底，版下空隙可採裝修方式自行設計(應注意避免裝修材料墜落)。
4. 若採貫穿樓板設計，則需使柱主筋具足夠錨定長度。



RC擴柱補強斷面詳圖(方案一)



RC擴柱補強斷面詳圖(方案二)



擴柱參考圖CJ-01

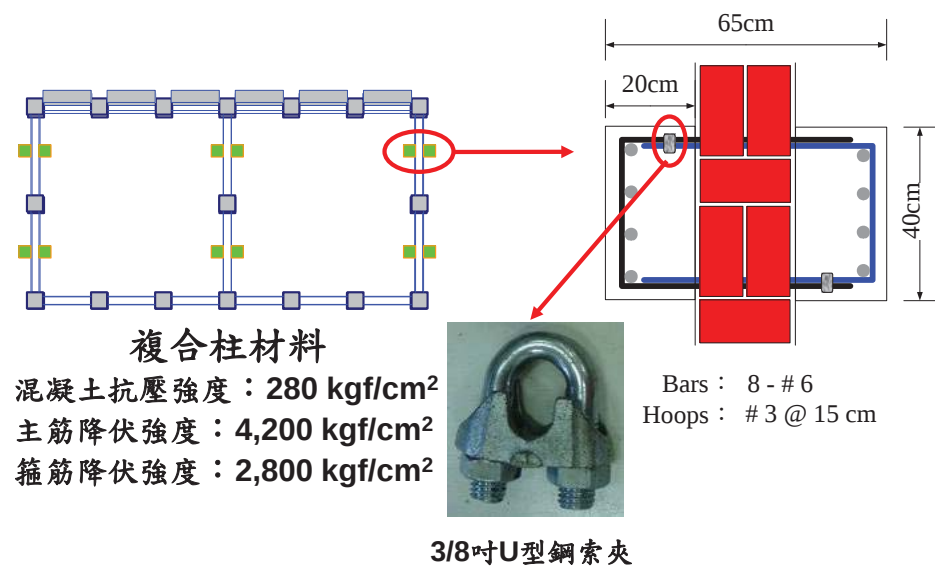


小結

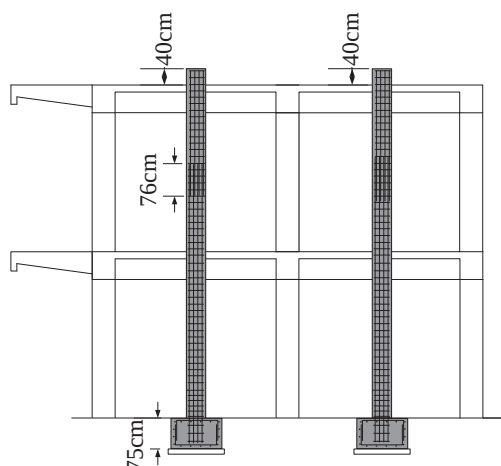
- 本案例校舍之評估分析結果顯示，經擴柱補強後，其耐震能力由 **0.215g** 提昇至 **0.291g**。
- 擴柱補強屬傳統之補強工法，**施工容易，無特殊工法，無特殊專利**，且經試驗驗證確實**經濟有效**。
- 由現地試驗結果顯示，經擴柱補強施工後，其耐震能力**提昇 87gals**，每平方公尺造價為 **1,800 元**。

複合柱補強介紹

複合柱補強斷面示意圖



複合柱補強立面示意圖

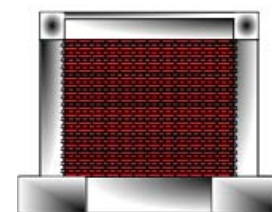


複合柱立面示意圖

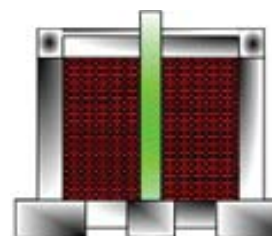


複合柱補強實景

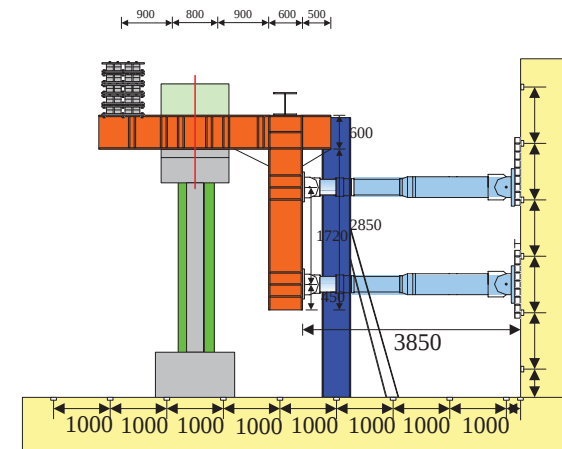
複合柱補強反覆載重試驗



未補強試體



複合柱補強試體



複合柱補強反覆載重試驗

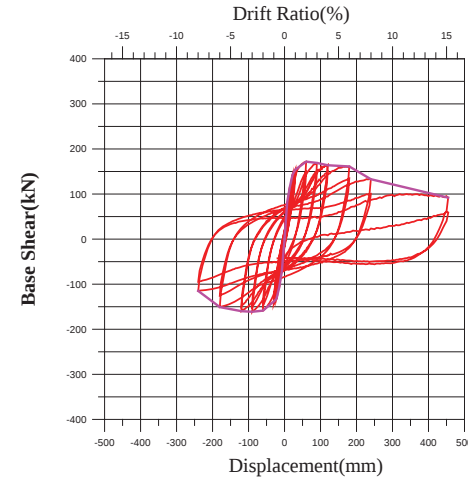


未補強試體

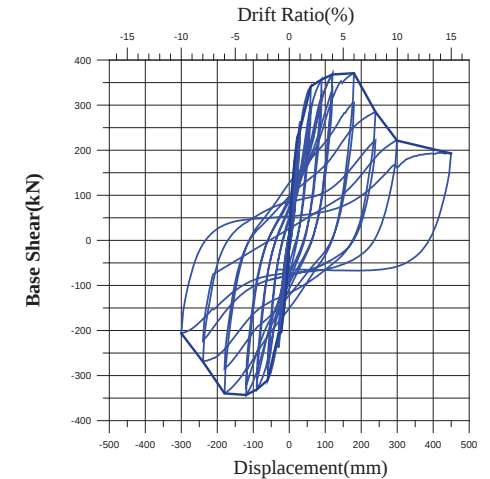


複合柱補強試體

複合柱補強反覆載重試驗結果比較

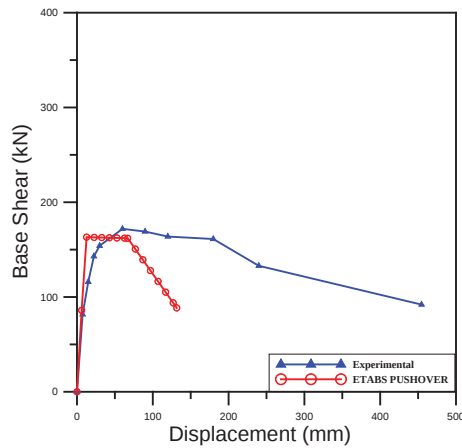


未補強試體

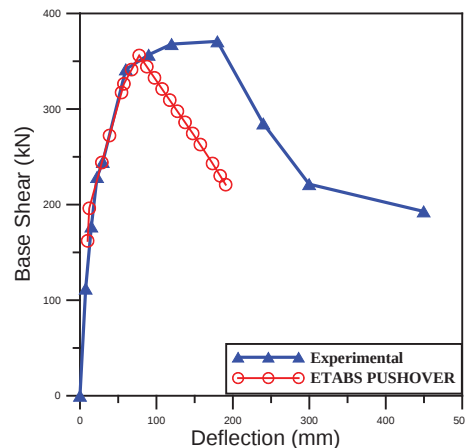


複合柱補強試體

反覆載重試驗與分析結果比較



未補強試體

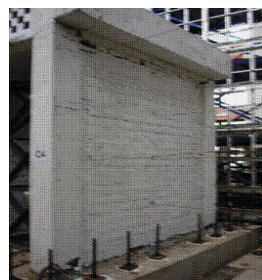


複合柱補強試體

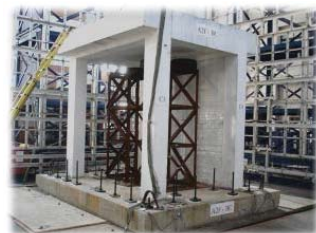
複合柱補強振動台試驗



複合柱補強振動台試驗

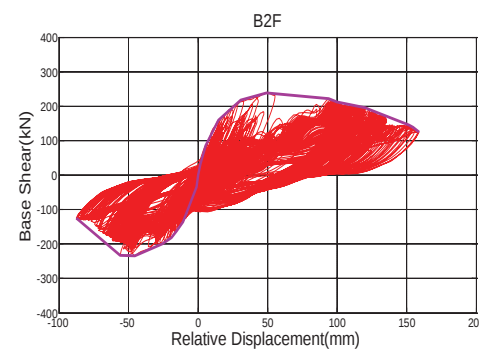


未補強試體

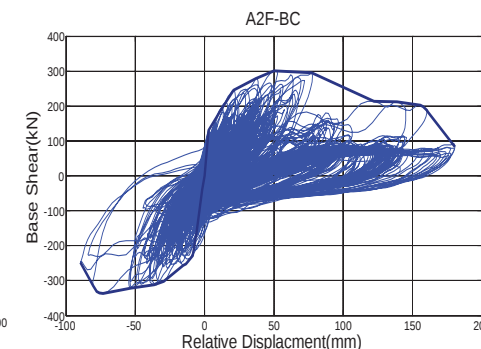


複合柱補強試體

複合柱補強振動台試驗結果

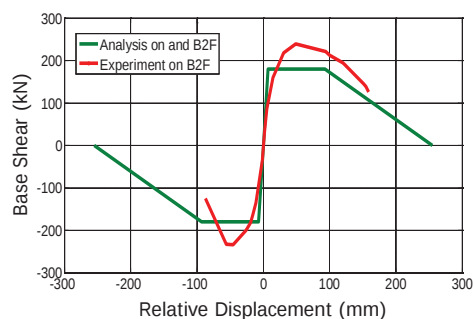


未補強試體

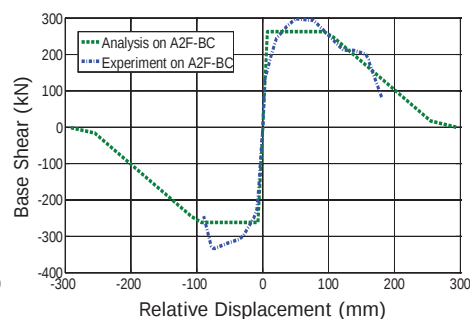


複合柱補強試體

複合柱補強振動台試驗分析結果



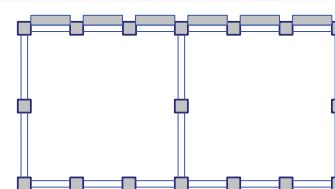
未補強試體



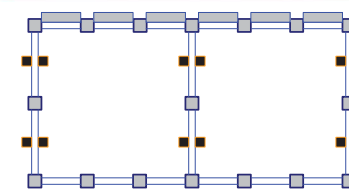
複合柱補強試體

瑞埔國小現地試驗

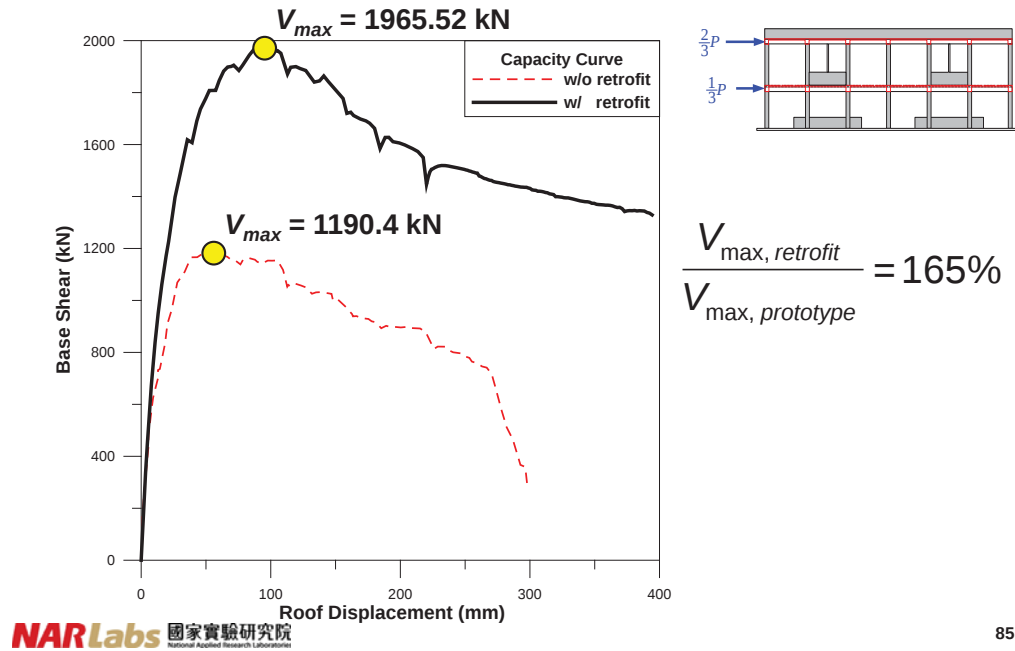
未補強試體



複合柱補強試體

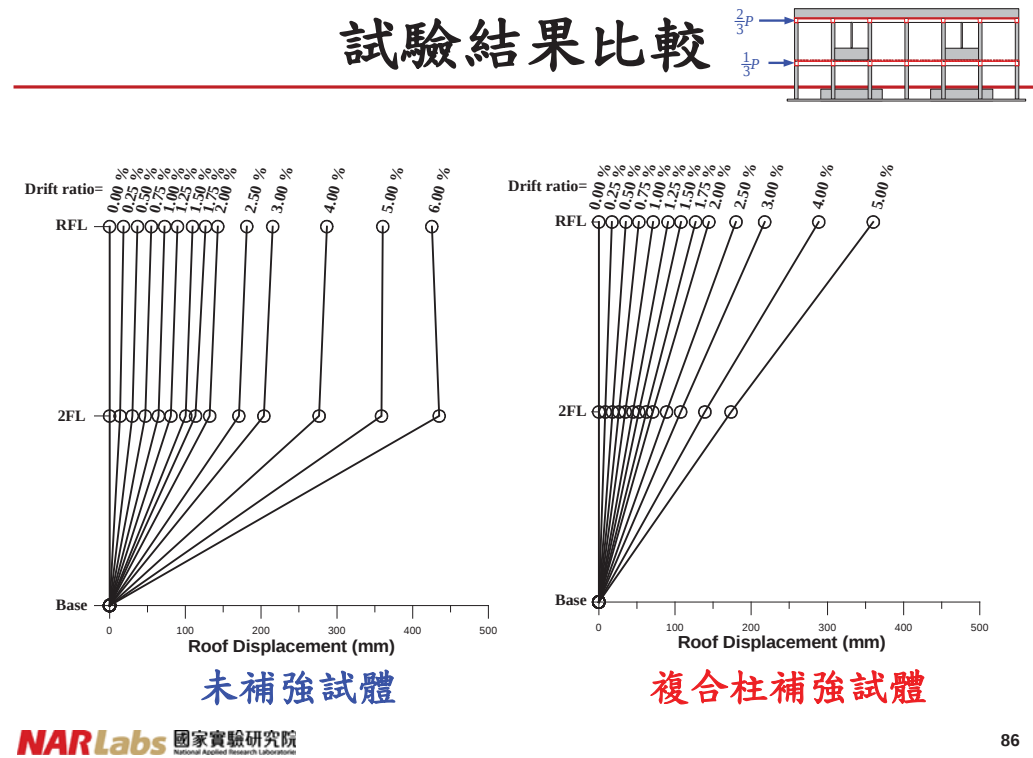


試驗結果比較



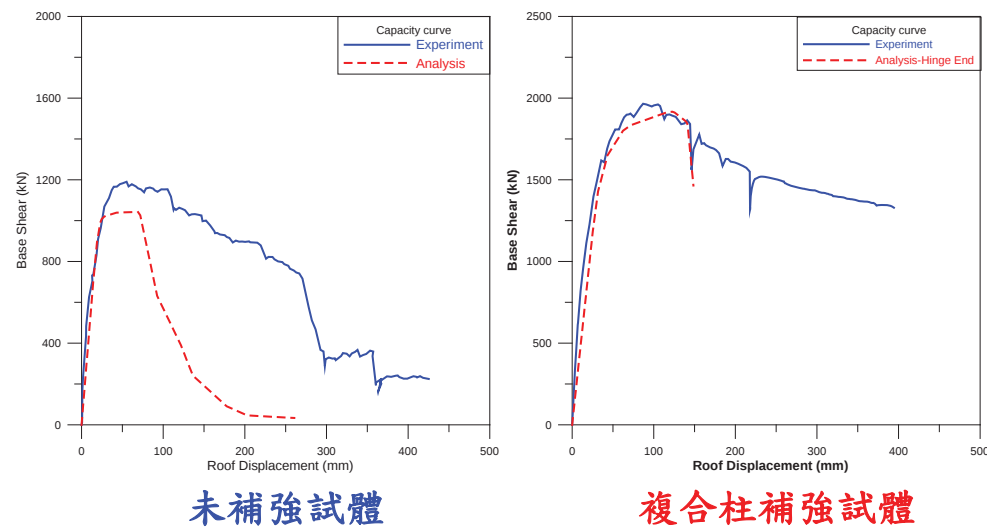
85

試驗結果比較



86

試驗與分析結果比較



87

初步規劃與設計

88

複合柱補強後評估要項

- 結構分析模型：

採用補強前之分析模型新增複合柱相關參數與設定，
不需重建模型。

新增之內容：

1. 新增材料性質 (補強構件之材料)
2. 新增複合柱等效斷面
3. 新增複合柱位置之格線 (Grid Line)
4. 新增複合柱非線性鉸參數，並完成設定

- 輔助程式共用輸入檔：

修正建築物樓層重量 (計入複合柱之自重)

修正模態參與係數

複合柱補強初步設計

- 複合柱斷面標稱彎矩 (軸力 $P=0$)

$$M_n = 2.72 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

- 複合柱之撓曲強度 (假設複合柱反曲點位於一半柱高)

$$V_{bCC} = \frac{2M_n}{H_c} = \frac{2.72 \times 10^6}{0.5 \times 300} = 18,133 \text{ kgf}$$

- 複合柱之剪力強度

$$V_{nCC} = V_c + V_s = 0.53 \sqrt{f'_c} b d + \frac{A_{st} f_{yt} d}{s} = 29,855 \text{ kgf}$$

複合柱補強初步設計

- 每根複合柱所能提供之側向強度

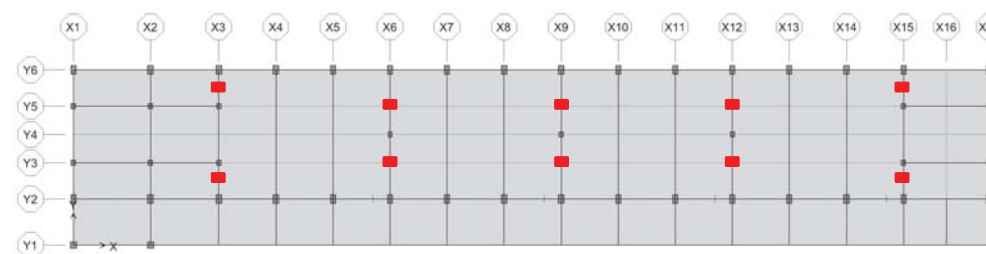
$$V_{CC} = \min(V_{bCC}, V_{nCC}) = 18,133 \text{ kgf}$$

- 沿走廊方向最大側力強度 $V = 433,503 \text{ kgf}$ ，
又案例校舍設定為一般用途，其耐震補強
需求為 $0.215g \rightarrow 0.28g$

- 複合柱補強根數：

$$N_{CC} = \frac{V^* - V}{V_{CC}} = 7.23 \Rightarrow \text{取複合柱根數為 } \underline{8} \text{ 或 } \underline{10} \text{ 根}$$

複合柱補強初步設計

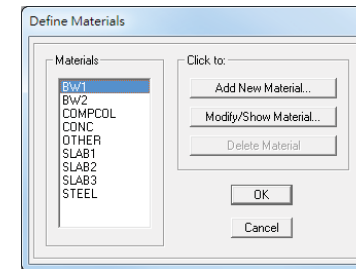


案例校舍平面圖

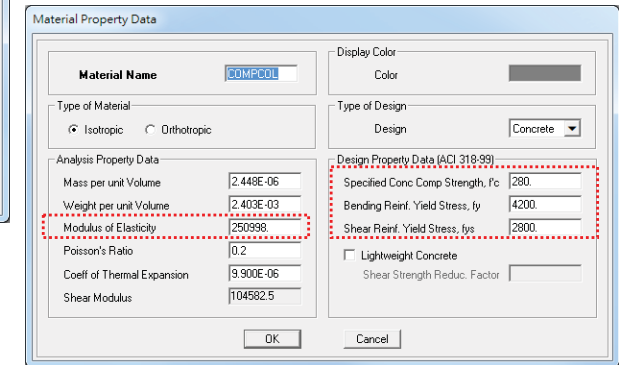
結構分析模型

新增材料性質

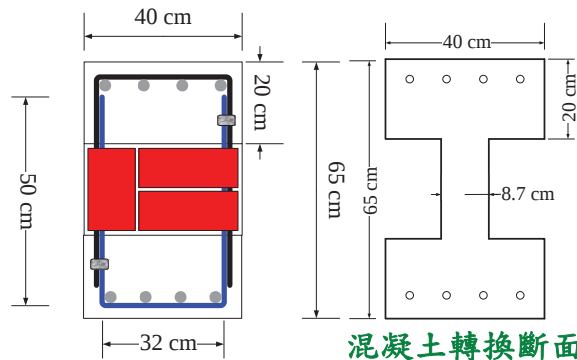
• Define → Material Properties



混凝土強度：280 kgf/cm²
主筋強度：4,200 kgf/cm²
箍筋強度：2,800 kgf/cm²



混凝土轉換斷面



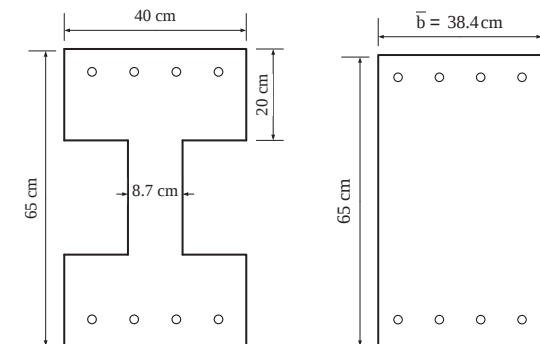
混凝土轉換斷面

紅磚彈性模數： $4442\sqrt{f_{bc}} = 4442\sqrt{150} = 54,400 \text{ kgf/cm}^2$

紅磚與混凝土之彈性模數比： $n = \frac{4442\sqrt{f_{bc}}}{15000\sqrt{f'_c}} = \frac{54400}{2.51 \times 10^5} = 0.217$

隔間磚牆轉換混凝土斷面寬度： $n \times 40 = 0.217 \times 40 = 8.7 \text{ cm}$

複合柱等效矩型斷面



混凝土斷面

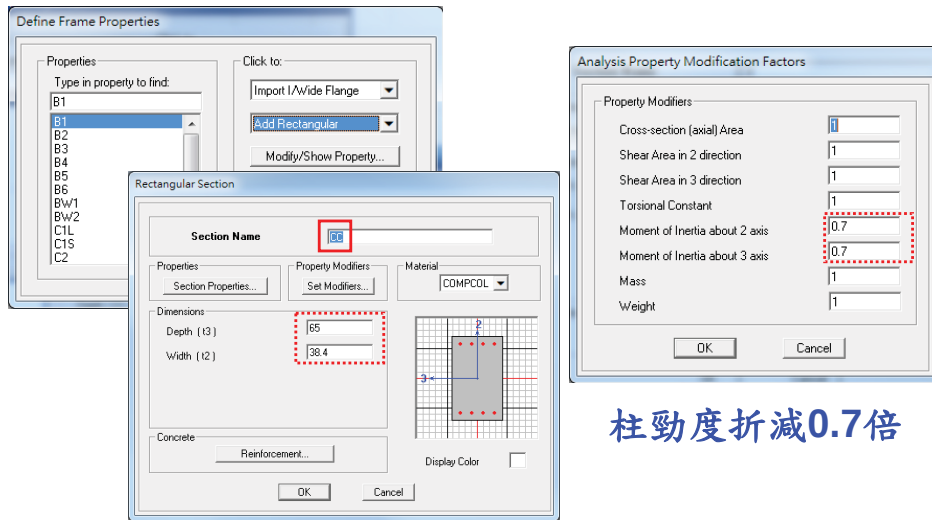
等效矩型斷面

$$I = \frac{1}{12} \times 40 \times 65^3 - \frac{1}{12} \times (40 - 8.7) \times 25^3 = \frac{1}{12} \times \bar{b} \times 65^3$$

→ 等效矩型斷面寬度 $\bar{b} = 38.4 \text{ cm}$

新增複合柱等效矩形斷面

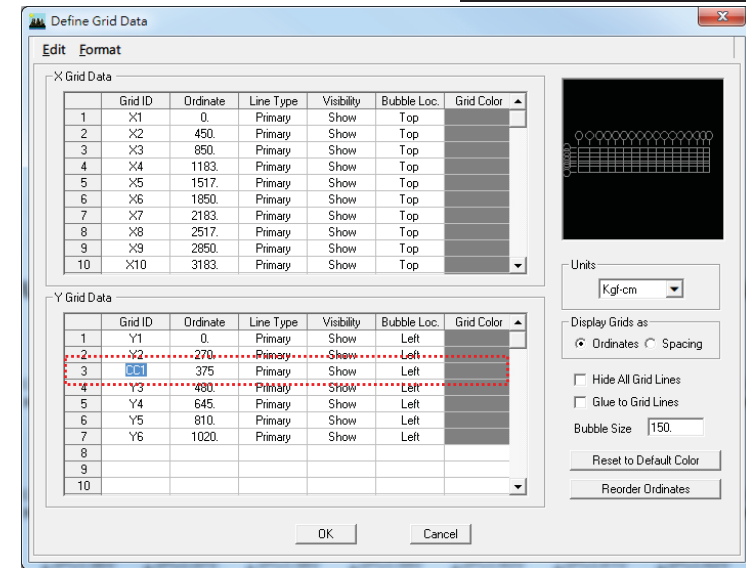
- Define → Frame Sections



柱勁度折減0.7倍

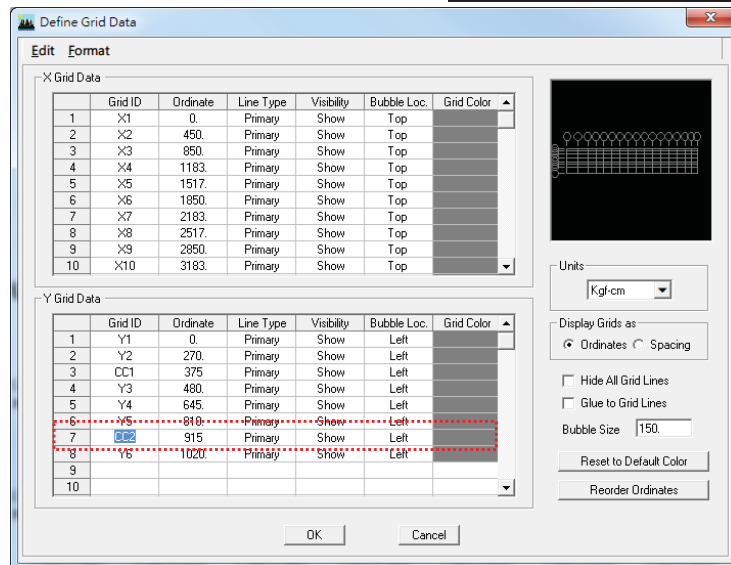
新增複合柱之Grid Line (CC1)

- 新增複合柱之Grid Line CC1 Y=375cm

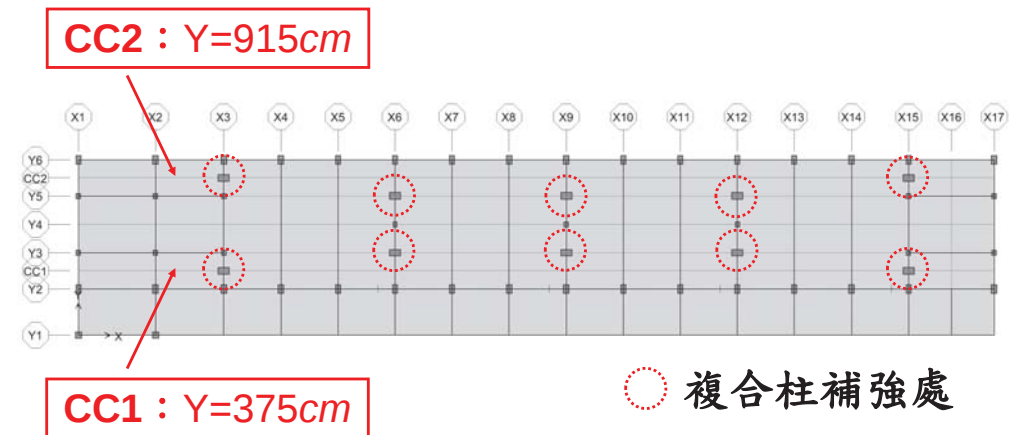


新增複合柱之Grid Line (CC2)

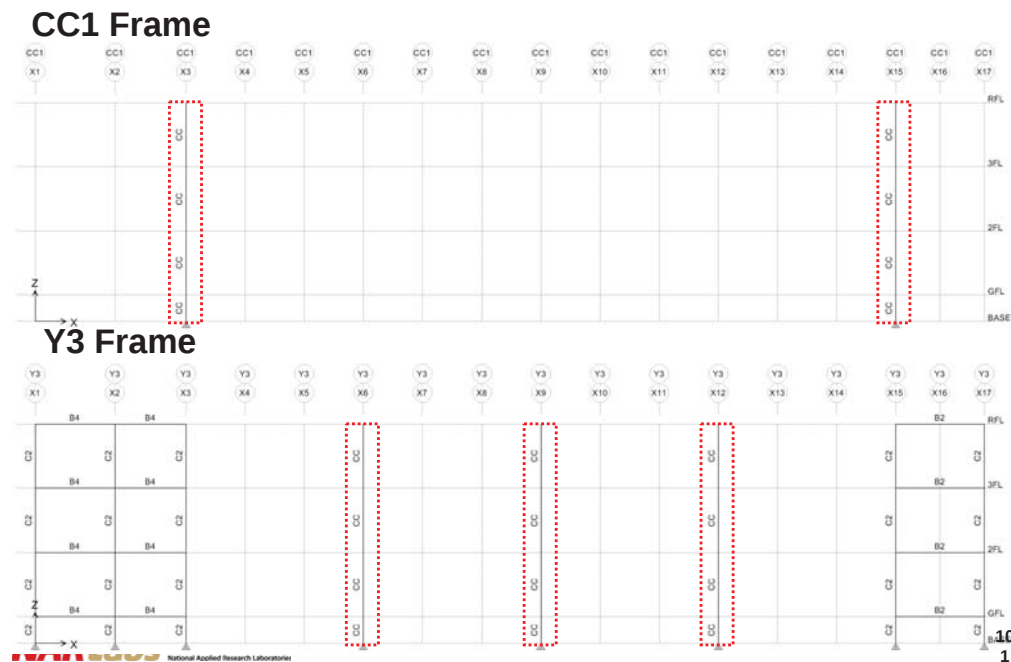
- 新增複合柱之Grid Line CC2 Y=915cm



新增複合柱位置

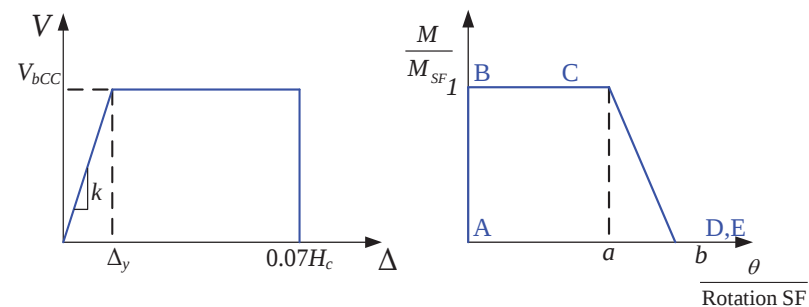


新增複合柱位置



非線性鉸之設定

複合柱之非線性鉸參數 - 彎矩



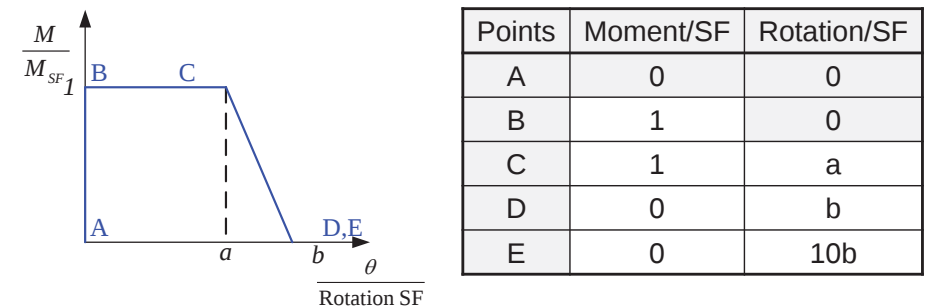
$$k = 12(0.7E_c I_g) / H_c^3 = 68,300 \text{ kgf/cm}$$

(複合柱淨高 $H_c = 300 \text{ cm}$)

$$V_{bcc} = 2M_n / H_c = 18,133 \text{ kgf}$$

$$\Delta_y = V_{bcc} / k = 0.266 \text{ cm}$$

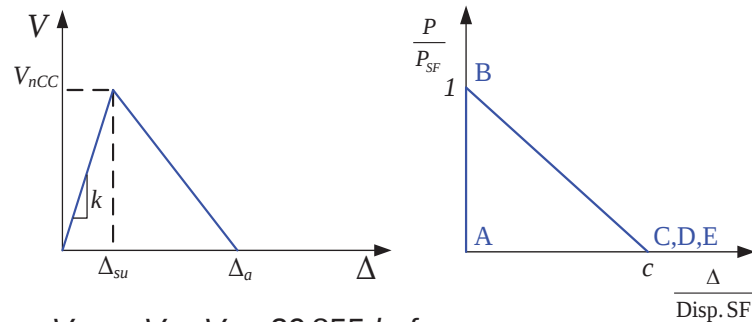
複合柱之非線性鉸參數 - 彎矩



$$a = [0.07H_c - (\Delta_f + \Delta_{fs})] / H_c = 0.0681$$

$$b = 0.07$$

複合柱之非線性鉸參數 - 剪力

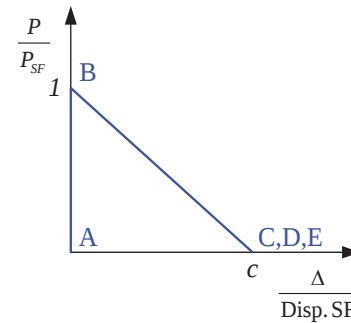


$$V_{nCC} = V_c + V_s = 29,855 \text{ kgf}$$

$$\Delta_{su} = \frac{V_{nCC}}{k} = 0.437 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_a}{H_c} = \frac{4}{100} \frac{1 + (\tan \theta)^2}{\tan \theta + P \frac{s}{A_{st} f_{yt} d_c \tan \theta}} = 0.1044$$

複合柱之非線性鉸參數 - 剪力



Points	Force/SF	Disp./SF
A	0	0
B	1	0
C	1	c
D	0	10c
E	0	10c

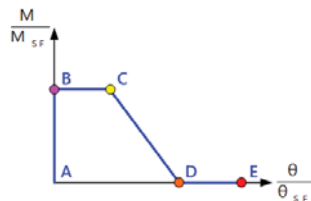
$$c = \min\left(\frac{\Delta_a}{H_c}, 0.04\right) = 0.04$$

複合柱非線性鉸參數

彎矩非線性鉸參數

Points	Moment/SF	Rotation/SF
A	0	0
B	1	0
C	1	0.0681
D	0	0.07
E	0	0.7

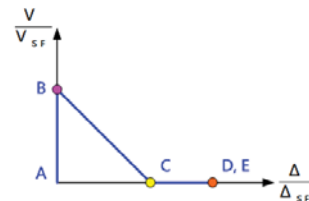
Moment SF = 2,718,344 kgf-cm
Rotation SF = 1



剪力非線性鉸參數

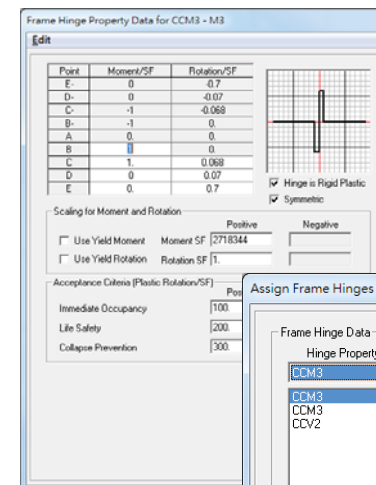
Points	Force/SF	Disp./SF
A	0	0
B	1	0
C	1	0.04
D	0	0.4
E	0	0.4

Force SF = 29,855 kgf
Disp. SF = 300 cm

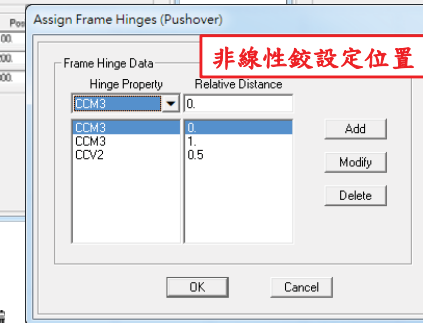
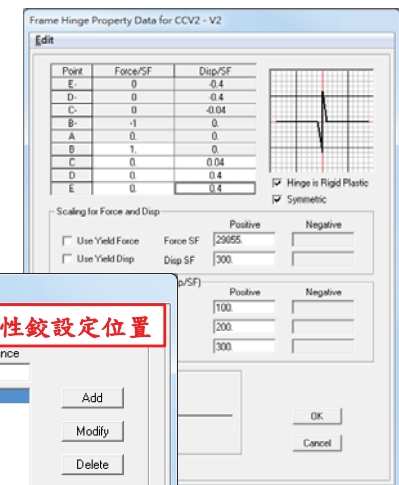


複合柱之非線性鉸設定

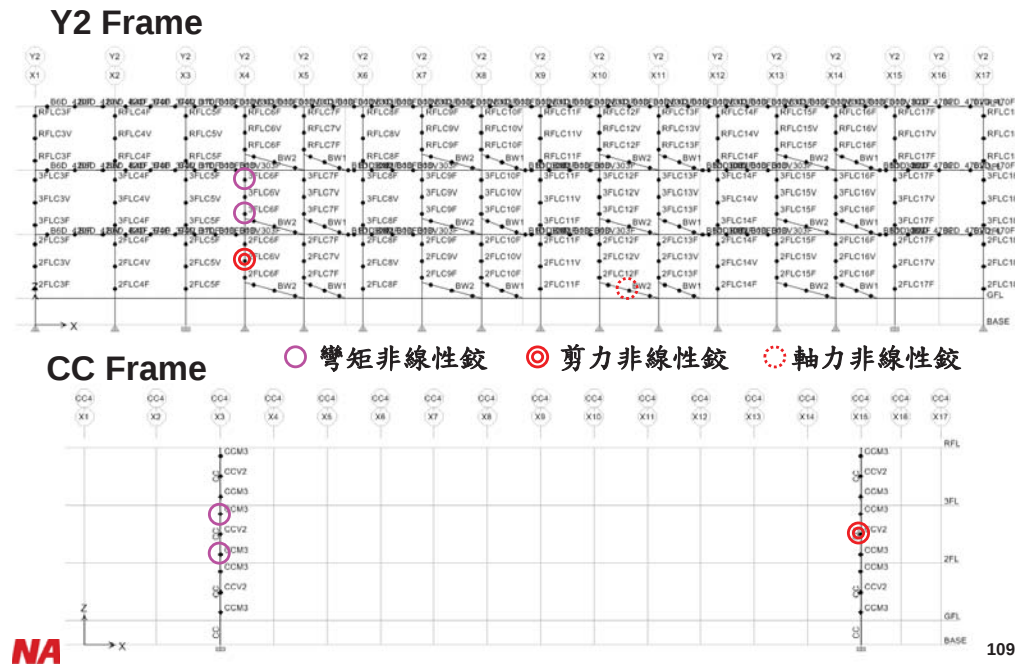
彎矩非線性鉸(CCM3)



剪力非線性鉸(CCV2)



設定複合柱之非線性鉸



109

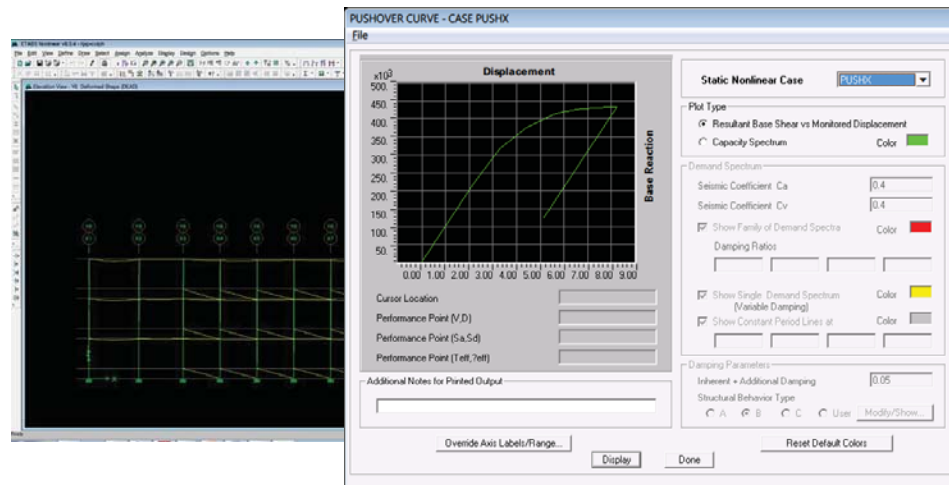
補強後耐震能力評估

NAR Labs 國家實驗研究院
National Applied Research Laboratories

110

檢視容量曲線

- Display → Show Static Pushover Curve...



NAR Labs 國家實驗研究院
National Applied Research Laboratories

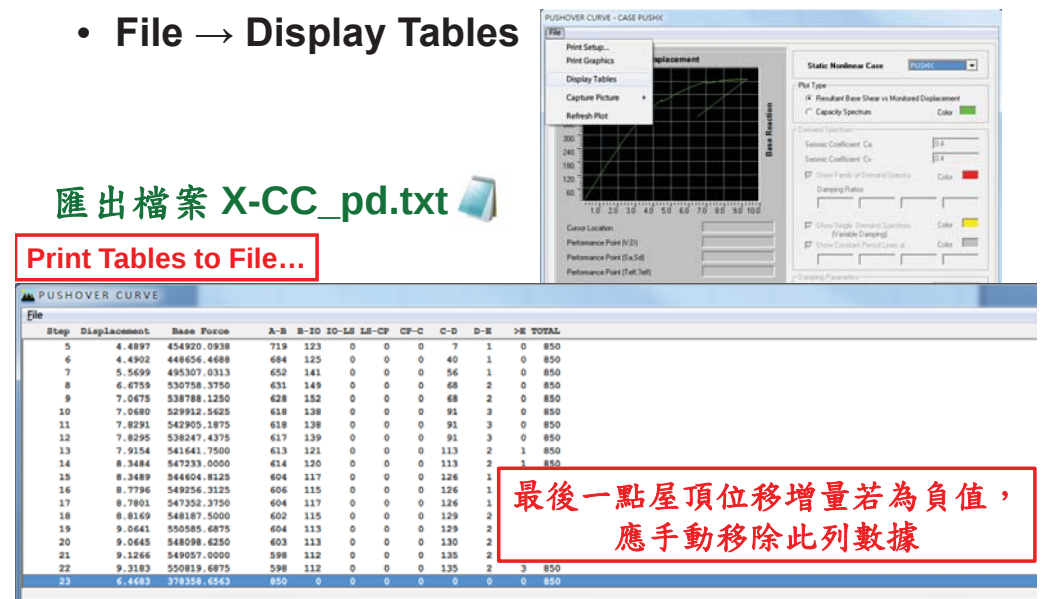
111

輸出容量曲線

- File → Display Tables

匯出檔案 X-CC_pd.txt

Print Tables to File...



最後一點屋頂位移增量若為負值，
應手動移除此列數據

NAR Labs 國家實驗研究院
National Applied Research Laboratories

112

輔助程式共用輸入檔

單位：kgf-cm

建築物性質模組

補強前

\$ Weight	Mode
479000	0.0151
479000	0.0270
413400	0.0333

補強後

\$ Weight	Mode
482200	0.0121
482200	0.0266
415000	0.0357

樓層重量增加

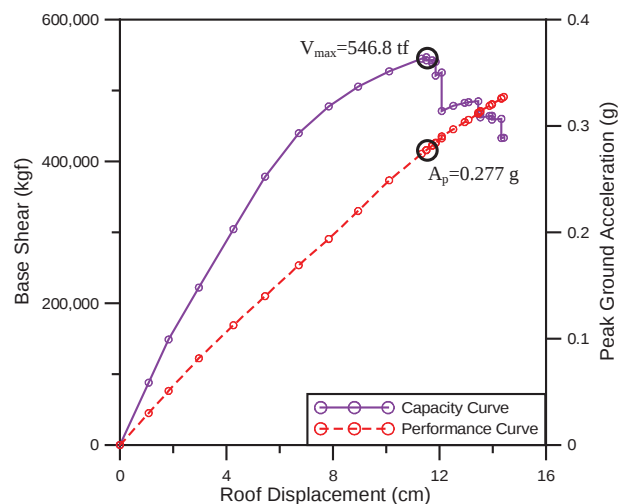
主控模態改變

自動計算性能目標地表加速度程式 (PGA.exe)

檔案名稱可任意命名

- 請輸入阻尼修正係數 (既有校舍建築 κ 可設為 0.33) : **0.33 or 1/3**
- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名 (*.txt) : **X-CC**
- 請選擇要使用 [1]自行定義 或 [2]ETABS 定義 或 [3]MIDAS 定義之 P-D 曲線檔 : **2**
- 請輸入 ETABS 定義之 P-D 曲線檔檔名 (*.txt) : **X-CC_pd**
- 請輸入完成性能目標地表加速度計算之文字檔檔名 (*.txt) : **X-CC_pga**

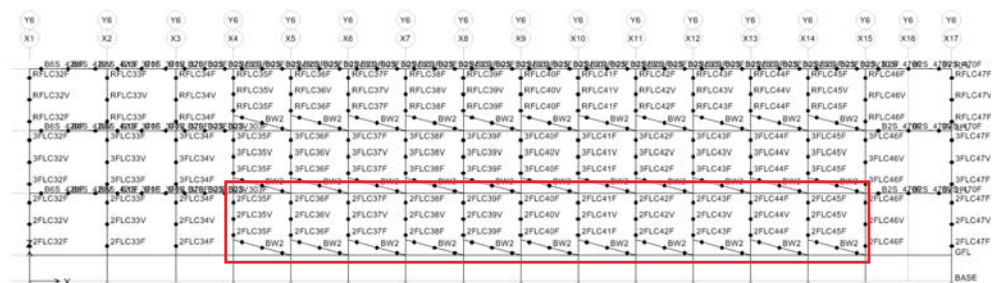
容量曲線圖及性能曲線對照圖



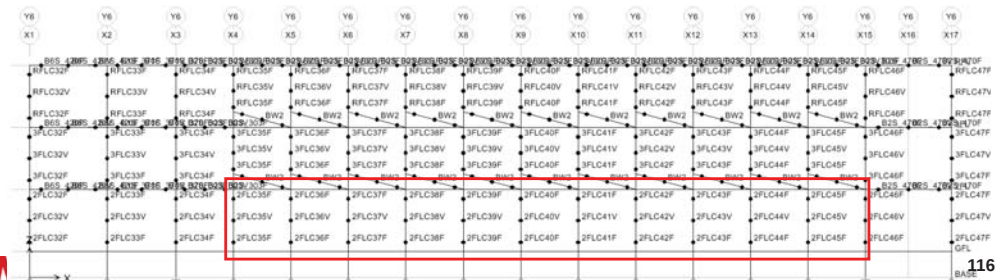
→ $A_p = 0.277 \text{ g} < 0.28 \text{ g}$ 尚未滿足耐震合格標準！

柱與窗台間切割隔離縫

切割隔離縫前

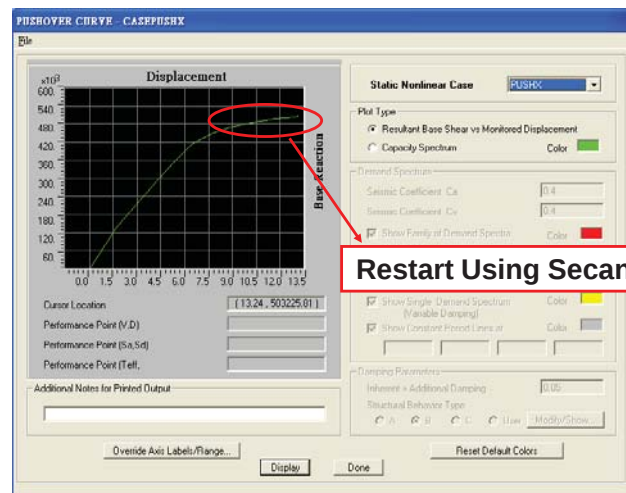


切割隔離縫後



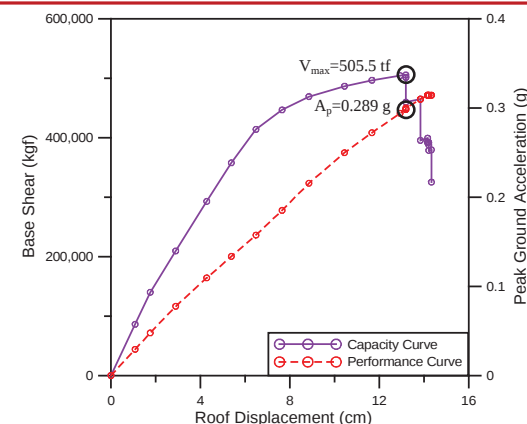
建築物容量曲線

- Display → Show Static Pushover Curve



Restart Using Secant Stiffness

容量曲線與性能曲線



	強度準則	位移準則	軸力破壞準則
一般校舍	$V_{max}=505.5 \text{ tf}$ $A_p=0.289 \text{ g}$	1.73%	無

施工注意事項

複合柱施工注意事項

- 箍筋位置鑽孔：以1吋鑽頭進行鑽孔，鑽孔後清潔孔內殘渣。當箍筋位置恰為原始校舍之梁位置時，則應避開梁主筋及箍筋，且至少須有一根門型箍筋通過梁腹中央。
- 樓版混凝土打除：打除複合柱範圍之樓版混凝土，但保留原始樓版之鋼筋。
- 複合柱範圍內之隔間磚牆表面粉刷層清除，磚牆表面可適度打毛至6mm粗糙度，並以高壓空氣清理及灑水以消除表面粉塵、細碎石。
- 複合柱兩門型箍筋對接後以U型鋼索夾固定，並對鋼索夾每一螺帽施以45N-m之扭力，以確保圍束之效果。相鄰門型箍筋之U型鋼索夾應交錯配置。

複合柱施工注意事項

- 混凝土之最大粒徑不可超過**13mm**，混凝土澆置前潤濕原結構體表面，澆置時需以模外振動器配合施工。
- 隔間牆下若有地梁基礎，則複合柱下端應於地梁下方**20cm**處以**90度**標準彎鉤進行錨定，彎鉤之伸出肢以朝向地梁方向包覆此地梁。
- 隔間牆下若無地梁基礎，可沿走廊方向新施作一地梁，或於隔間牆下方施作一獨立基腳，基腳埋入深度不小於校舍原有其他柱基腳之埋入深度。
- 複合柱主筋搭接應取低應力區內施作。

小結

- 經理論推導、數值模擬、實驗室試驗、現地試驗等一系列之驗證，隔間牆複合柱補強確實經濟有效。
- 耐震能力有效提升，在強烈地震下，不至於倒塌，確保師生安全。
- 不必拆除門窗，省工、省時又環保，為綠色工法。
- 設計簡單：複合柱為模組化之單元，僅需決定複合柱之根數，以符合耐震之需求。
- 增設之複合柱可將隔間磚牆之有效寬度減小，地震作用下隔間磚牆不易倒塌，增加後期之穩定性，故施作複合柱時，保留磚牆不敲除，僅以鑽孔施作。
- 補強經費便宜：瑞埔國小現地試驗補強經費約 NT\$800/m²/100gal。

參考文獻

- 鍾立來、吳賴雲、連冠華、曾建創、楊卓諺、黃裕哲，(2006)「校舍隔間磚牆增設複合柱補強效益之推垮分析及試驗驗證」，國家地震工程研究中心，報告編號NCREE-06-010。
- 鍾立來、吳賴雲、張宴維、連冠華、楊耀昇、張明禮，(2008)「校舍隔間磚牆增設複合柱補強振動台耐震試驗之研究」，國家地震工程研究中心，報告編號NCREE-08-017。
- 鍾立來、吳賴雲、楊耀昇、黃裕哲、連冠華、簡文郁、葉勇凱、黃世建、蕭輔沛、邱聰智，(2007)，「校舍隔間磚牆增設複合柱補強試體靜態單向側推現地試驗」，國家地震工程研究中心，報告編號NCREE-07-058。
- 鍾立來、吳賴雲、連冠華、曾建創、黃裕哲，(2008)「校舍隔間磚牆增設複合柱補強效益之推垮分析及試驗驗證」，結構工程，第二十三卷，第二期，第3至33頁。
- 鍾立來、吳賴雲、連冠華、張宴維、楊耀昇、張明禮，(2009)「校舍隔間磚牆增設複合柱補強振動台試驗之驗證」，結構工程，第二十四卷，第三期，第93-118頁。
- 楊耀昇、鍾立來、吳賴雲、連冠華，(2011)「校舍隔間磚牆增設複合柱補強現地試驗之研究」，中國土木水利工程學刊，第二十三卷，第四期，第371-384頁。

簡報結束
敬請指教

校舍結構耐震評估與補強 技術手冊講習會 (設計範例 - 翼牆、RC剪力牆補強)

主講人：涂耀賢
April 25, 2014

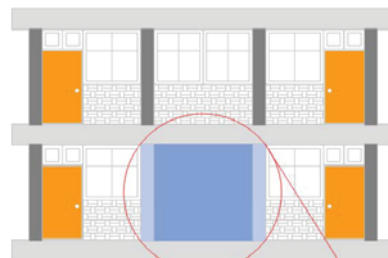
簡報大綱

- RC剪力牆補強
 - 翼牆補強
- 補強內容與目的
 - 結構分析模型
 - 輔助程式共用輸入檔
 - 非線性鉸設定
 - 補強後耐震能力
 - 小結

RC剪力牆補強

增設剪力牆補強

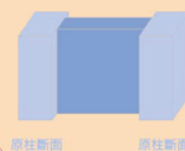
主要校舍耐震補強工法-剪力牆補強



優勢：

1. 以較少的補強量，達到足夠的耐震需求
2. 新增牆面可有效利用

剪力牆補強



注意事項：

對通風、採光影響極大，
應慎選配置地點



補強初步設計

標的物基本資料

- 三層樓之鋼筋混凝土建築物，每層樓高 **3.6 公尺**
- 教室外單側有走廊，且廊外無柱
- 長向長度為 **53.5 公尺**、短向為 **10.2 公尺**
- 長向有 **90 公分**高之窗台，教室間設置 **1B 隔間磚牆**
- 材料強度：混凝土抗壓強度 $f'_c = 160 \text{ kgf/cm}^2$
主筋與箍筋降伏強度 $f_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$

性能目標地表加速度

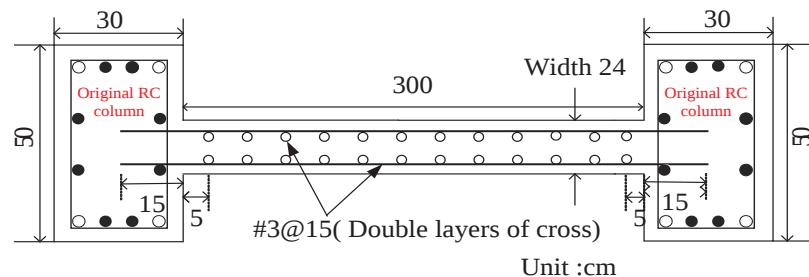
梁設非線性鉸	
強度準則	$V_{\max} = 433.503 \text{ tf}$ $A_p = 0.2148g$
位移準則	1.31% Story Drift (2.0% Story Drift)
軸力破壞準則	不控制

$$A_T = 0.4S_{DS} = 0.28g$$

一般用途之校舍，耐震補強需求為 **0.21g → 0.28g**

剪力牆斷面規劃與設計

- 剪力牆面內方向應與走廊方向平行。
- 剪力牆厚度應大於 15 cm，在此考量施工方便性，牆厚度**直接等於梁之寬度 24 cm**。
- 牆筋採用#3，降伏強度 4200 kgf/cm²，混凝土抗壓強度為 280 kgf/cm²，保護層 4 cm。



剪力牆斷面分析

- 2根邊界柱軸力 $P = 152,657 \text{ kgf}$
- 牆淨高 $H = 300 \text{ cm}$
- 牆斷面彎矩強度 $M_n = 80,974,600 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$

$$V_{bsw} = \frac{2M_n}{H} = 539,831 \text{ kgf}$$

- 牆斷面剪力強度

$$V_{su} = (K_h + K_v - 1) \zeta f'_c A_{str} \cos \theta = 311,417.72 \text{ kgf}$$

$$V_{sw} = \min(V_{bsw}, V_{su}) = 311,417.72 \text{ kgf}$$

補強桿件數量

- 補強前最大側力強度: $V = 433.50 \text{ tf}$
- 強度補強準則:

$$V^* = \frac{A_T}{A_p} V = \frac{0.28}{0.2148} \times 433.503 \times 10^3 = 565,087 \text{ kgf}$$

- 補強桿件所提供之側力強度增量:

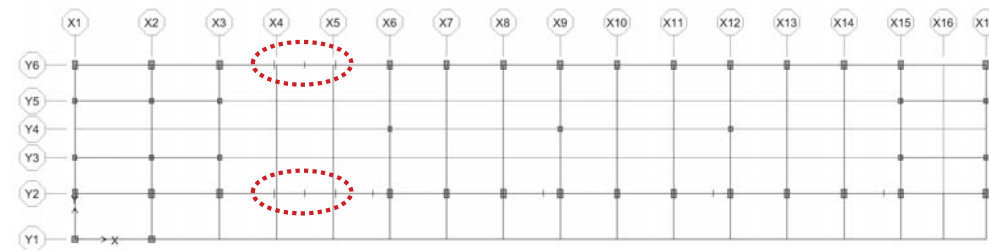
$$\Delta V_L = V_{sw} - 2V_0 = 293380.38 \text{ kgf}$$

- 補強桿件數量:

$$N = \frac{V^* - V}{\Delta V_L} = 0.45$$

剪力牆柱補強位置平面圖

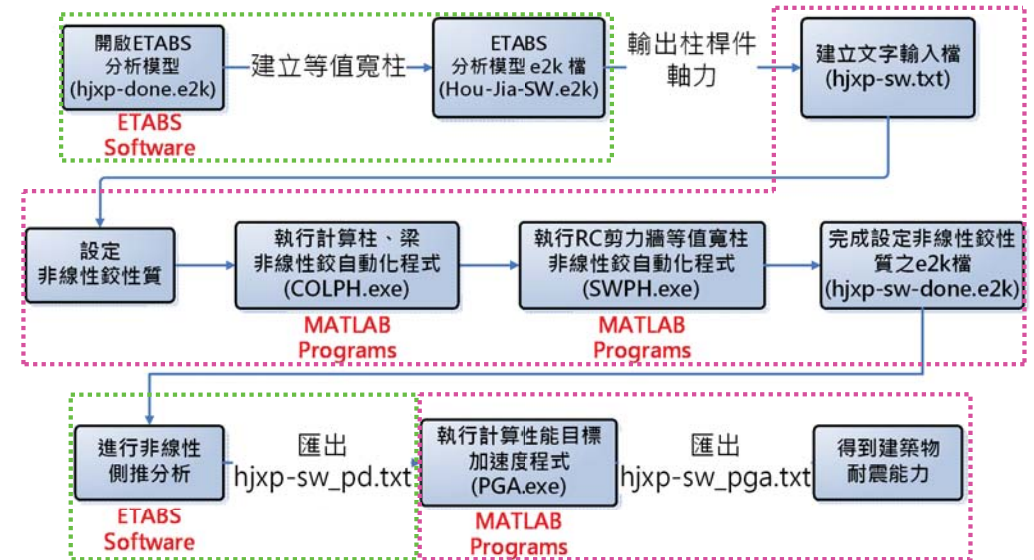
基於對稱性原則，**建議採用 2 片剪力牆補強**，參考原結構平面圖後選定 2 處剪力牆配置位置。



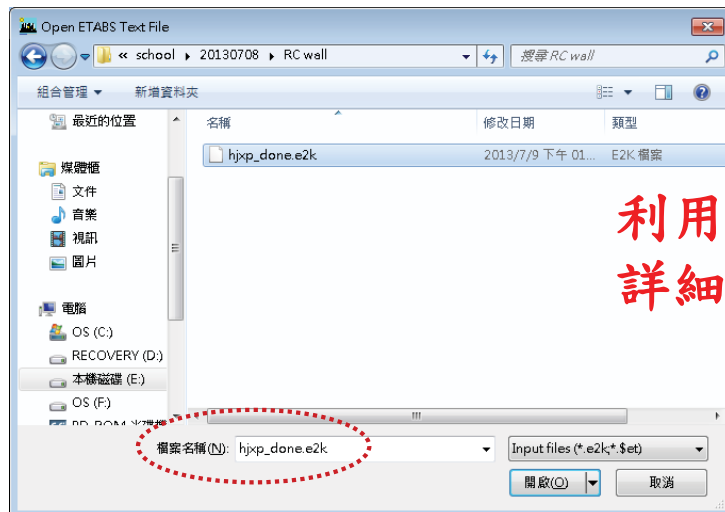
剪力牆補強處

結構分析模型

側推分析流程



剪力牆建模要項

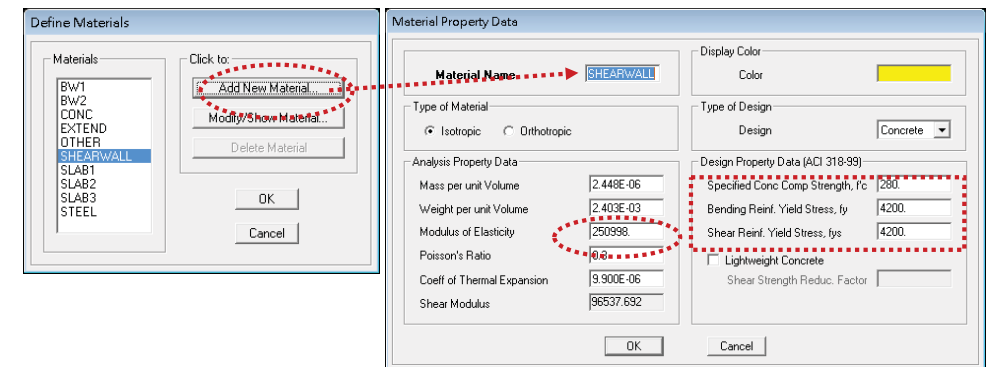


利用原型校舍
詳細評估模型

Import: hjxp-done.e2k

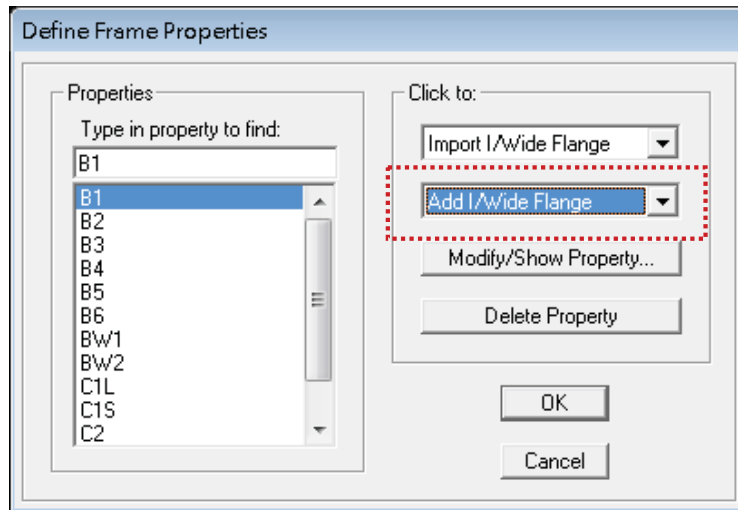
新增材料性質

- Define → Material Properties

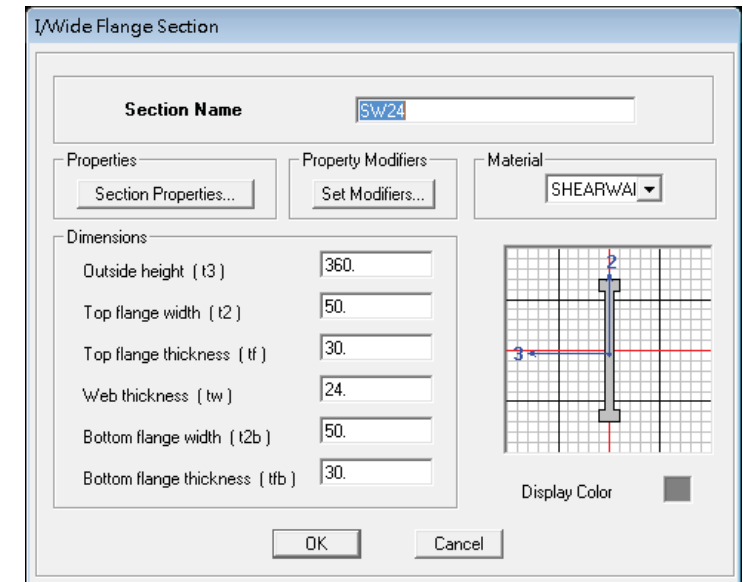
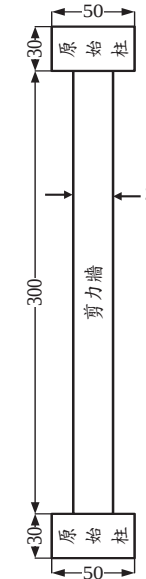


剪力牆建模要項: 建立等值斷面

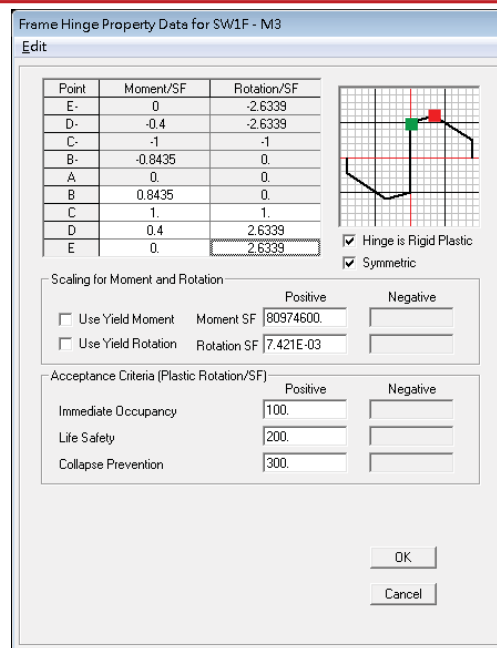
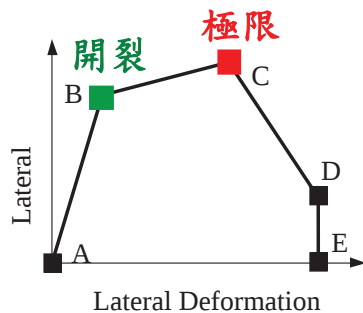
- Define → Frame Sections



剪力牆建模要項: 建立斷面



剪力牆建模要項: 建立斷面



剪力牆建模要項: 建立斷面

$$\frac{V_y H^3}{12E_c \times nI_g} + \frac{2(1+\nu) V_y H}{E_c m A_w} = \delta_{s,y} + \delta_{f,y} + \delta_{slip,y}$$

$$\delta_{s,y} = \gamma_{vh} H \quad (\text{降伏點剪變形})$$

$$\delta_{f,y} = \frac{V_y H^3}{12E_c I} \quad (\text{降伏點撓曲變形})$$

$$\delta_{slip,y} = \frac{d_b f_y^2}{8u E_s (d - a_c)} H \quad (\text{降伏點滑移變形})$$

剪力牆建模要項: 建立斷面

$$\frac{V_y H^3}{12 E_c \times n I_g} + \frac{2(1+\nu) V_y H}{E_c m A_w} = \delta_{s,y} + \delta_{f,y} + \delta_{slip,y}$$

ACI318-08建議，剪力牆未開裂撓曲剛度折減0.7

m待定義數

剪力牆建模要項: 建立斷面

Analysis Property Modification Factors

Property Modifiers

- Cross-section (axial) Area: 1
- Shear Area in 2 direction: 0.604695
- Shear Area in 3 direction: 0.604695
- Torsional Constant: 1
- Moment of Inertia about 2 axis: 0.7
- Moment of Inertia about 3 axis: 0.7

h:\xp-sw-done_swecho.txt - 記事本

RC SHEAR WALL PROPERTIES

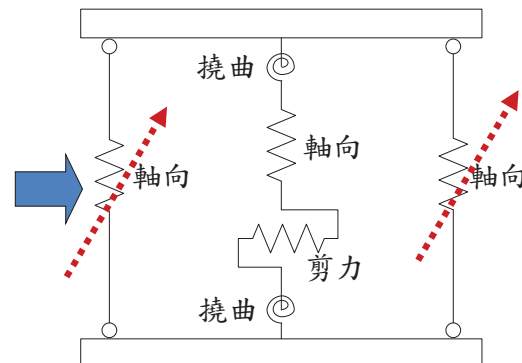
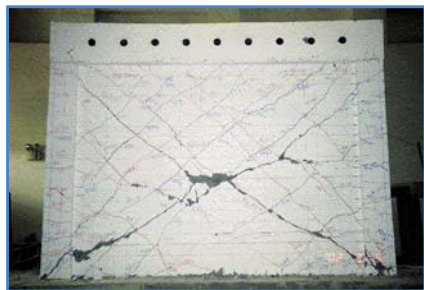
\$Name	section	f_c	H	Hn	lw	tw	Nu	Ig	db	f_y	dbh	f_yh
SW1	SW	280	300	300	360	24	152657	135900000	2.22	2800	0.953	4200
SW2	SW	280	300	300	360	24	89080	135900000	2.22	2800	0.953	4200

\$ CALCULATED RESULT

\$Name	flexure	shear	Mn	PHIu	My	PHIy	m of GA	n of EI
SW1	539830	311428	8.09746e+07	0.000100918	6.82988e+07	4.22929e-06	0.604695	0.7
SW2	473497	293777	7.10246e+07	0.000119087	5.83659e+07	4.14871e-06	0.585453	0.7

RC牆之等值寬柱模型

日本建築學會—鐵筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説



剪力牆建模要項: 新增柱線

- 加入參考線
- 繪製柱線

Edit Reference Lines

Location of Reference Line (Vertical)

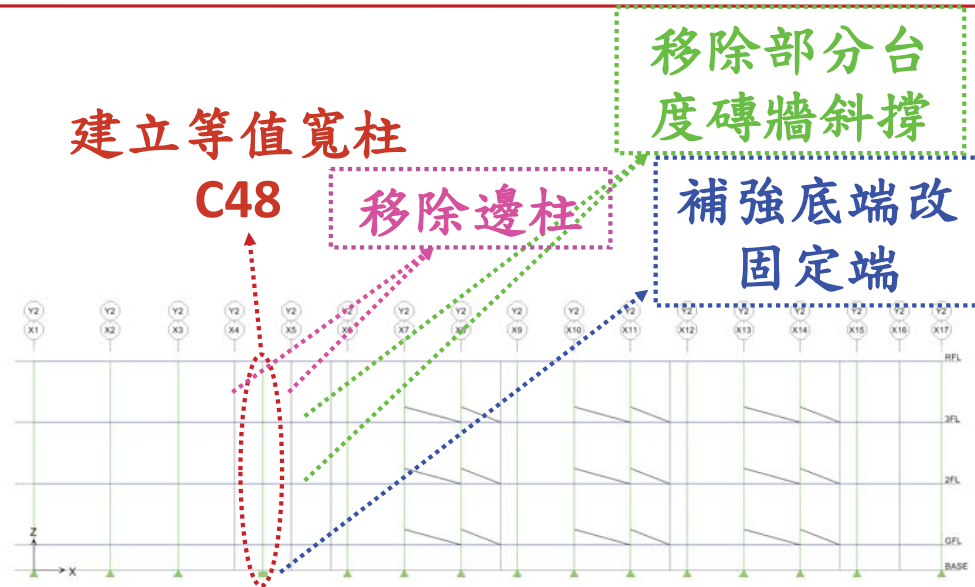
X-Ord	Y-Ord
1350	270
1350	1020
1750	270
2750	270
3750	270
4750	270

Buttons: Add, Modify, Delete, Delete All

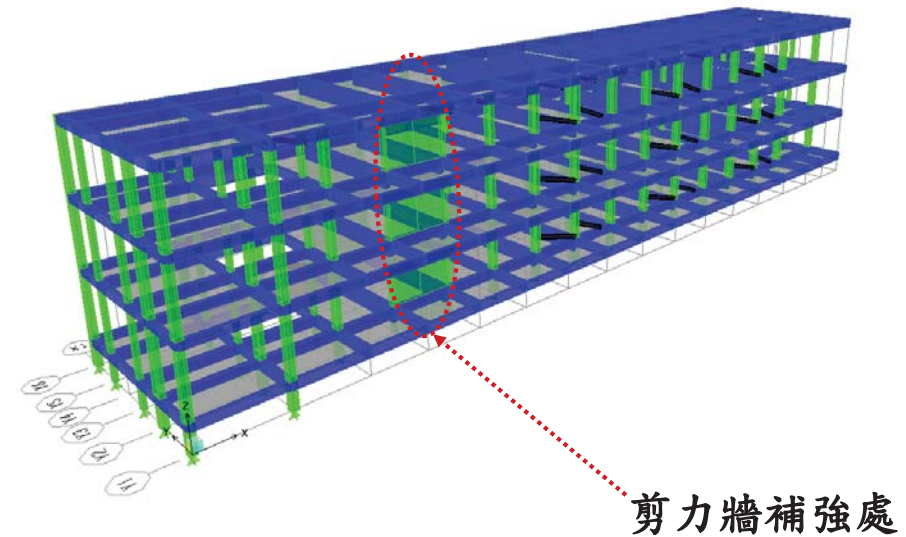
Change Units: cm

Buttons: OK, Cancel

剪力牆建模要項：新增柱線



ETABS結構分析模型3D立體圖



輸出重分配後的軸力

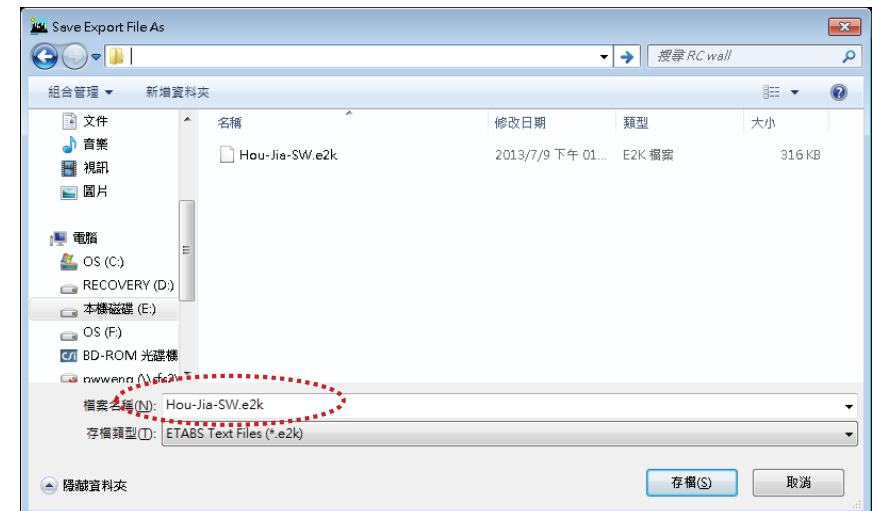
Run analysis → 重分配軸力

Column Forces

Edit View

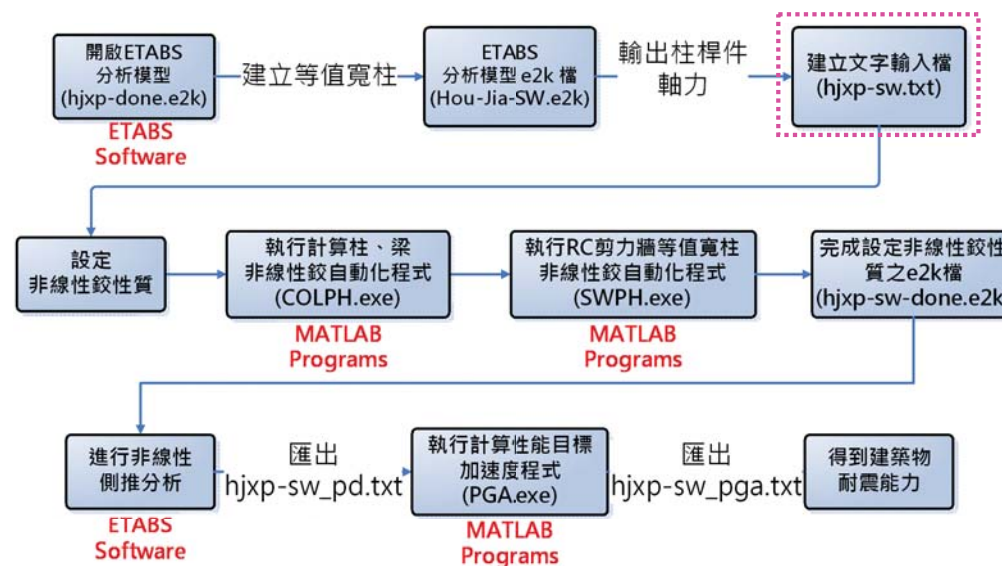
Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2
RFL	C1	DEAD	0.000	-4031.22	-572.09	-474.51	-1192.425	-70549.50
RFL	C1	DEAD	157.500	-3540.71	-572.09	-474.51	-1192.425	4185.81
RFL	C1	DEAD	315.000	-3050.21	-572.09	-474.51	-1192.425	78921.13
3FL	C1	DEAD	0.000	-8778.15	-444.45	-369.90	-1105.986	-59662.62
3FL	C1	DEAD	157.500	-8287.65	-444.45	-369.90	-1105.986	-1402.70
3FL	C1	DEAD	315.000	-7797.15	-444.45	-369.90	-1105.986	56857.20
2FL	C1	DEAD	0.000	-13322.24	-383.23	-323.03	-891.341	-50969.69
2FL	C1	DEAD	157.500	-12831.74	-383.23	-323.03	-891.341	-92.350
2FL	C1	DEAD	315.000	-12341.24	-383.23	-323.03	-891.341	50784.99
GFL	C1	DEAD	0.000	-17169.25	-744.61	-386.93	0.000	0.000
GFL	C1	DEAD	52.500	-17005.75	-744.61	-386.93	0.000	20313.95
GFL	C1	DEAD	105.000	-16942.25	-744.61	-386.93	0.000	40627.91
RFL	C2	DEAD	0.000	-8348.34	-648.96	-686.58	-1192.425	-100982.8
RFL	C2	DEAD	152.500	-7873.41	-648.96	-686.58	-1192.425	3720.91
RFL	C2	DEAD	305.000	-7398.48	-648.96	-686.58	-1192.425	108424.6
3FL	C2	DEAD	0.000	-17726.44	-521.21	-572.68	-1105.986	-88511.25
3FL	C2	DEAD	152.500	-17251.51	-521.21	-572.68	-1105.986	-1177.41
3FL	C2	DEAD	305.000	-16776.59	-521.21	-572.68	-1105.986	86156.45
2FL	C2	DEAD	0.000	-26956.98	-412.06	-471.83	-891.341	-70540.05
2FL	C2	DEAD	152.500	-26482.06	-412.06	-471.83	-891.341	1413.49

輸出.E2K檔



輔助程式共用輸入檔

側推分析流程



輔助程式共用輸入檔: 重量修正

hjxp.txt - 記事本

```

$ Junior high school HJ (x) (Unit: kgf-cm)

$ BUILDING PROPERTIES
Weight Model
479000 0.0151
479000 0.0270
413400 0.0333
    
```

X-SW - 記事本

```

$ Junior high school HJ (x) (Unit: kgf-cm)

$ BUILDING PROPERTIES
Weight Model
491956 0.0089
491956 0.0239
420424 0.0391
    
```

輔助程式共用輸入檔: 軸力修正

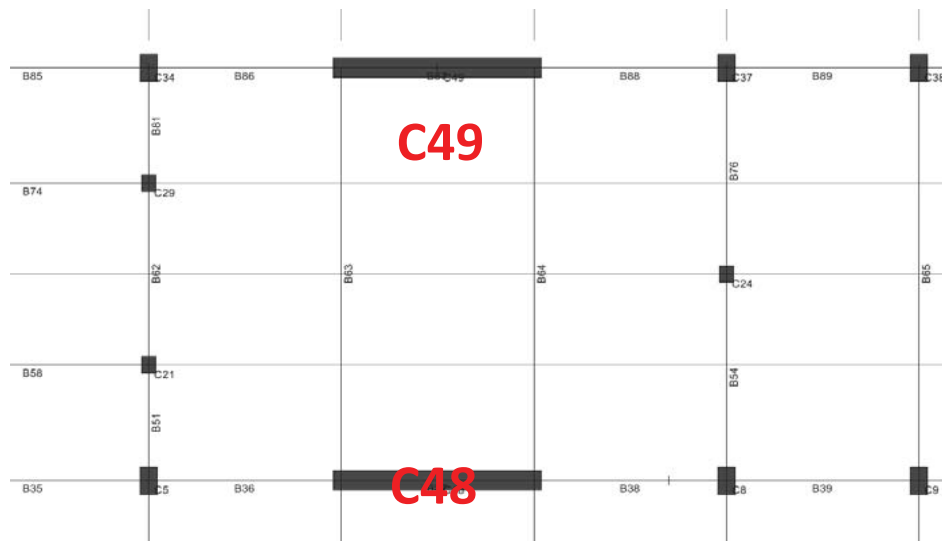
hjxp.txt - 記事本

\$Story	Column	Loc	P
RFL	C1	0	-3951.01
RFL	C1	157.5	-3460.51
RFL	C1	315	-2970.01
3FL	C1	0	-8683.67
3FL	C1	157.5	-8193.17
3FL	C1	315	-7702.67
2FL	C1	0	-13202.93
2FL	C1	157.5	-12712.43
2FL	C1	315	-12221.93
GFL	C1	0	-17276.86
GFL	C1	52.5	-17113.36
GFL	C1	105	-16949.86
RFL	C2	0	-7922.73
RFL	C2	152.5	-7447.8
RFL	C2	305	-6972.87
3FL	C2	0	-16997.25
3FL	C2	152.5	-16522.52
3FL	C2	305	-16047.39
2FL	C2	0	-25931.9
2FL	C2	152.5	-25456.97
2FL	C2	305	-24982.04
GFL	C2	0	-34509.36
GFL	C2	47.5	-34361.43
GFL	C2	95	-34213.5
RFL	C3	0	-5856.47
RFL	C3	157.5	-5288.76
RFL	C3	315	-4721.05
3FL	C3	0	-12503.45

hjxp-sw.txt - 記事本

\$Story	Column	Loc	P
RFL	C1	0	-3976.69
RFL	C1	157.5	-3486.19
RFL	C1	315	-2995.68
3FL	C1	0	-8644.17
3FL	C1	157.5	-8153.67
3FL	C1	315	-7663.17
2FL	C1	0	-12981.56
2FL	C1	157.5	-12491.06
2FL	C1	315	-12000.56
GFL	C1	0	-233.57
GFL	C1	52.5	-70.07
GFL	C1	105	93.43
RFL	C2	0	-8293.2
RFL	C2	152.5	-7818.27
RFL	C2	305	-7343.34
3FL	C2	0	-17568.67
3FL	C2	152.5	-17093.74
3FL	C2	305	-16618.81
2FL	C2	0	-26551.16
2FL	C2	152.5	-26076.23
2FL	C2	305	-25601.3
GFL	C2	0	-233.57
GFL	C2	47.5	-85.64
GFL	C2	95	62.29
RFL	C3	0	-6036.11
RFL	C3	157.5	-5468.4
RFL	C3	315	-4900.69
3FL	C3	0	-12787.16

輔助程式共用輸入檔: 剪力牆軸力



輔助程式共用輸入檔: 剪力牆軸力

• 軸力資料模組

單位: kgf-cm

\$ AXIAL LOAD

• Story Column Loc P

2FL C48 0 -152657 → Nu1

2FL C49 0 -89080 → Nu2

輔助程式共用輸入檔: 剪力牆性質模組

-SW - 記事本

編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

unior high school HJ (x) (Unit: kgf-cm)

BUILDING PROPERTIES

ight Modal

956	0.0089
956	0.0239
424	0.0391

ITE SPECTRUM PARAMETER

s S_1

0.52

RICK WALL PROPERTIES

me	width	height	thick	f _{mc}	f _{bc}	P	Bond	Confinement
218	90	24	150					
303	90	24	150					

C-SHEAR WALL PROPERTIES

me	section	f _c	H	H _n	lw	tw	Nu	lg	db	f _y	dbh	f _{yh}	nh	d
SW	280	300	300	360	24	24	152657	135900000	2.22	2800	0.953	4200	40	0
SW	280	300	300	360	24	24	89080	135900000	2.22	2800	0.953	4200	40	0

COLUMN PROPERTIES

me	f _{cp}	f _{yl}	f _{yt}	cover	hoop	spacing	num_hoop	TR
160	2800	2800	4	3	25	2	0	
160	2800	2800	4	3	25	2	0	
160	2800	2800	4	3	25	2	0	

輔助程式共用輸入檔: 剪力牆性質模組

X-SW - 記事本

編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

\$ Junior high school HJ (x) (Unit: kgf-cm)

\$ BUILDING PROPERTIES

\$Weight Modal

491956	0.0089
491956	0.0239
420424	0.0391

\$ SITE SPECTRUM PARAMETER

\$S_s S_1

0.7 0.52

\$ BRICK WALL PROPERTIES

\$Name	width	height	thick	f _{mc}	f _{bc}	P	Bond	Confinement
BW1	218	90	24	150				
BW2	303	90	24	150				

\$ RC-SHEAR WALL PROPERTIES

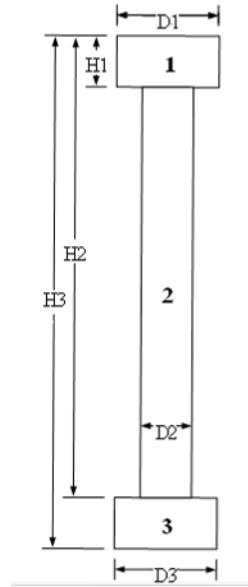
\$Name	section	f _c	H	H _n	lw	tw	Nu	lg	db	f _y	dbh	f _{yh}	nh
SW1	SW	280	300	300	360	24	152657	135900000	2.22	2800	0.953	4200	40
SW2	SW	280	300	300	360	24	89080	135900000	2.22	2800	0.953	4200	40

\$ COLUMN PROPERTIES

\$Name	f _{cp}	f _{yl}	f _{yt}	cover	hoop	spacing	num_hoop	TR
C1L	160	2800	2800	4	3	25	2	0
C1S	160	2800	2800	4	3	25	2	0
C2	160	2800	2800	4	3	25	2	0

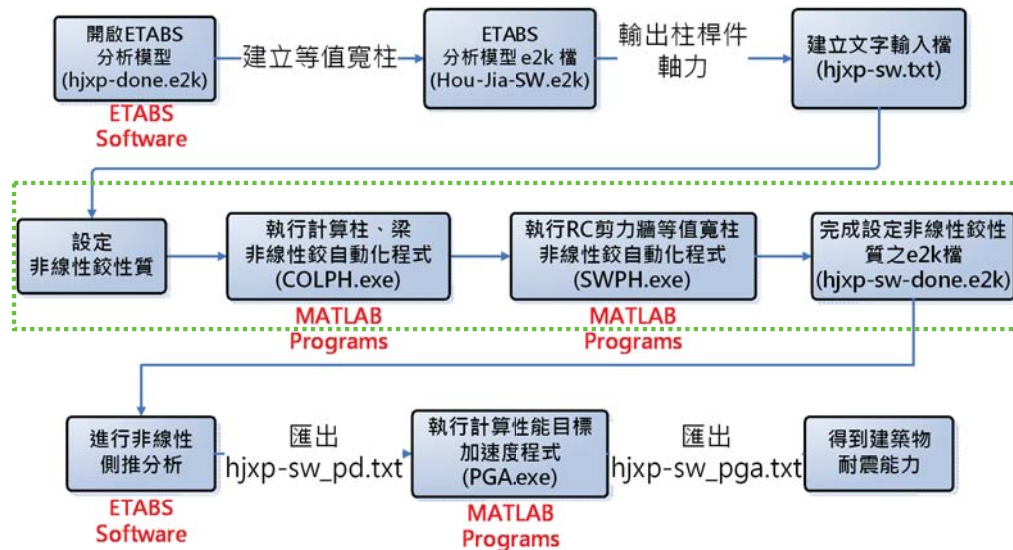
斷面性質(\$ SECTION PROPERTIES)

SW	D1	H2	D2	H3	D3
\$H1					
30	50	330	24	360	50
6	2800	7	6	6	7
12	2800	6			6
18	2800	6			6
24	2800	7	6	6	7
35	4200		3	3	
50	4200		3	3	
65	4200		3	3	
80	4200		3	3	
95	4200		3	3	
110	4200		3	3	
125	4200		3	3	
140	4200		3	3	
155	4200		3	3	
170	4200		3	3	
185	4200		3	3	
200	4200		3	3	
215	4200		3	3	
230	4200		3	3	
245	4200		3	3	
260	4200		3	3	
275	4200		3	3	
290	4200		3	3	
310	4200		3	3	
325	4200		3	3	
336	2800	7	6	6	7
342	2800	6			6
348	2800	6			6
354	2800	7	6	6	7



剪力牆非線性鉸計算與設定

側推分析流程



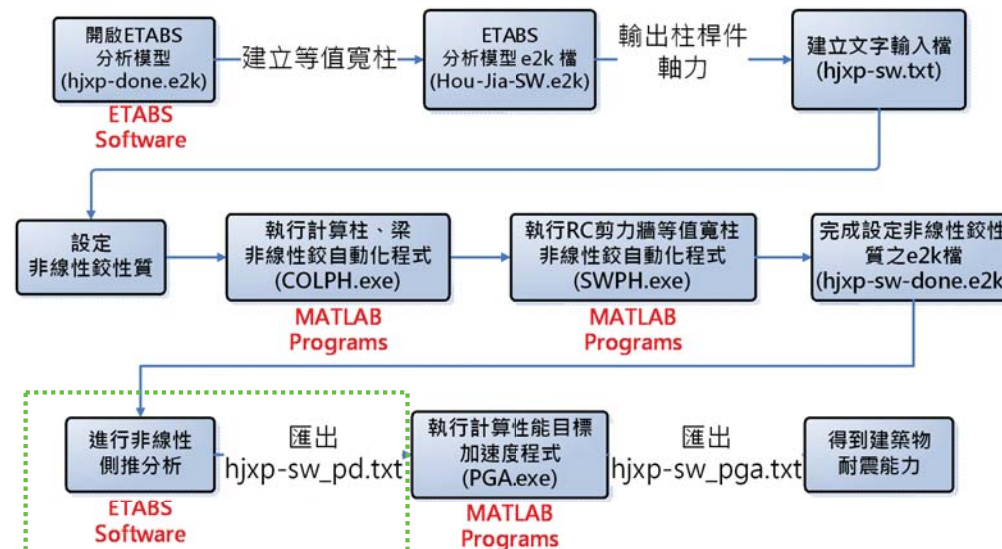
自動計算 RC 梁、柱非線性鉸程式

- 請問輸出為X方向還是Y方向之非線性鉸 (X:X方向； Y:Y方向) ? (X/Y):
X
- 是否考慮梁之非線性鉸? (Y/N)
Y
- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名(*.txt):
hjxp-sw
- 請輸入 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k):
hjxp-sw
- 請輸入完成梁、柱非線性鉸計算後之 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k):
hjxp-sw-colph

自動計算 RC 牆非線性鉸程式

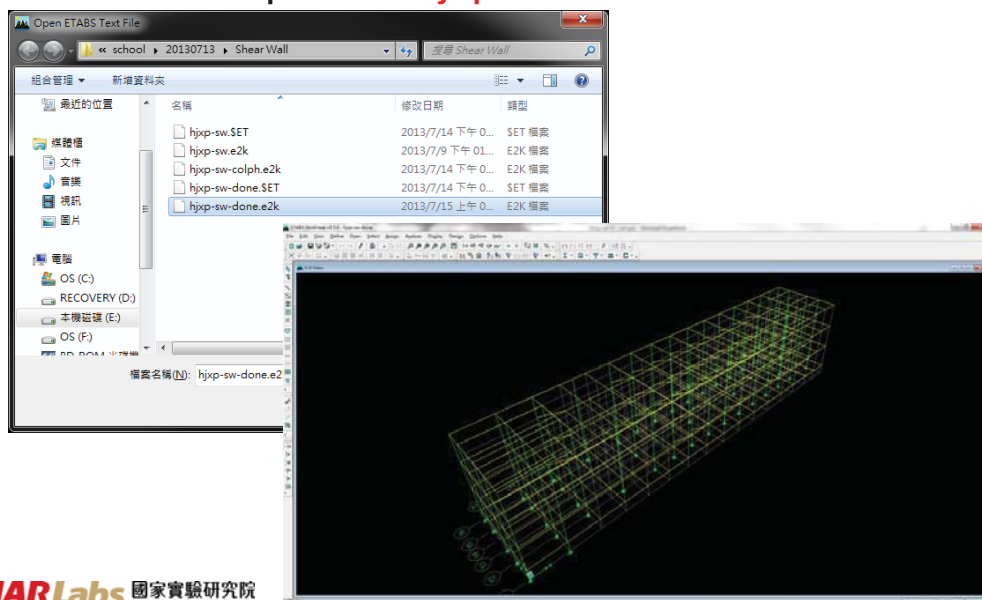
- 請問輸出為X方向還是Y方向之非線性鉸 (X:X 方向； Y:Y方向) ? (X/Y):
X
- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名 (*.txt):
hjxp-sw
- 請輸入已完成梁、柱及磚牆等值斜撐非線性鉸計算之 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k):
hjxp-sw-colph
- 請輸入完成RC剪力牆等值寬柱非線性鉸計算後之 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k):
hjxp-sw-done

側推分析流程

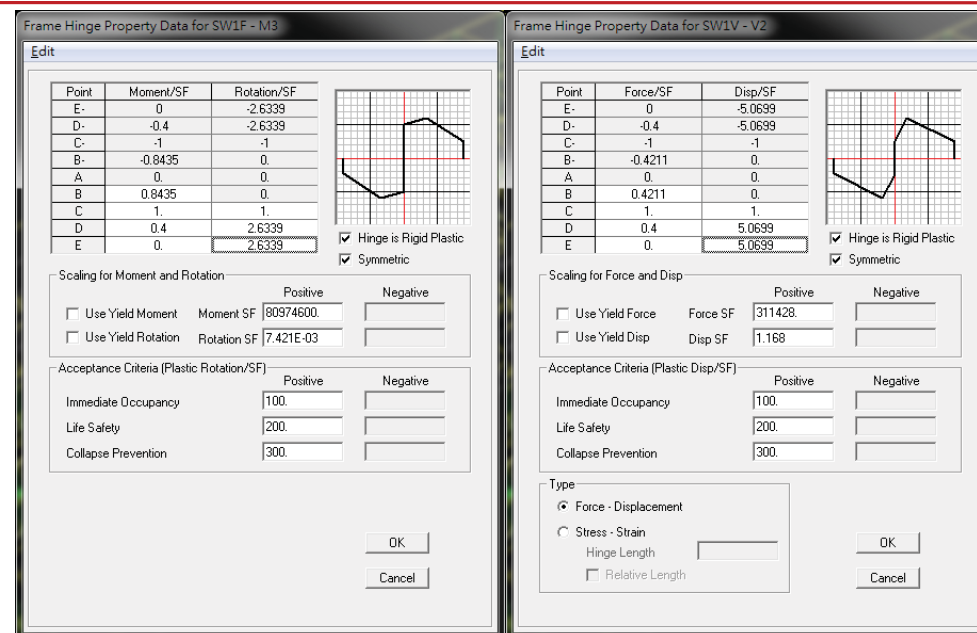


匯入已完成非線性鉸設定之模型檔

- File → Import → **hjxp-sw-done.e2k**



檢查剪力牆非線性鉸參數(SW1)



等值寬柱模型

● 剪力非線性鉸

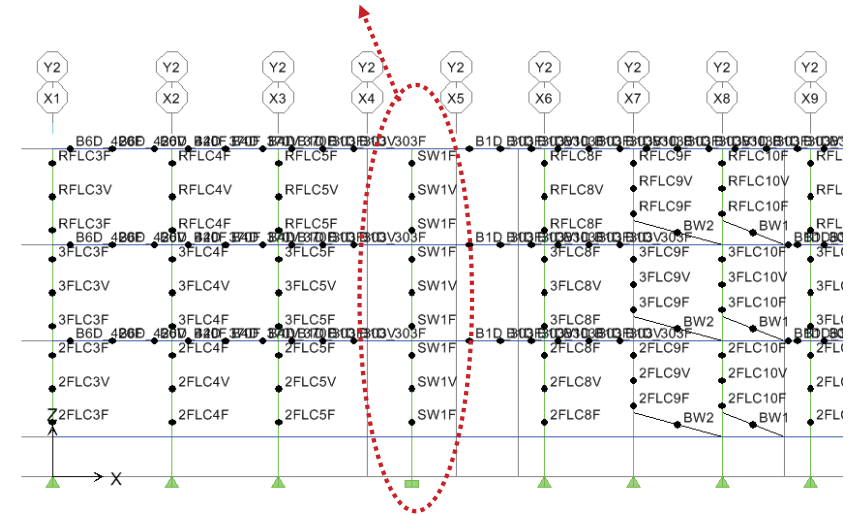
● 彎矩非線性鉸

剛性梁

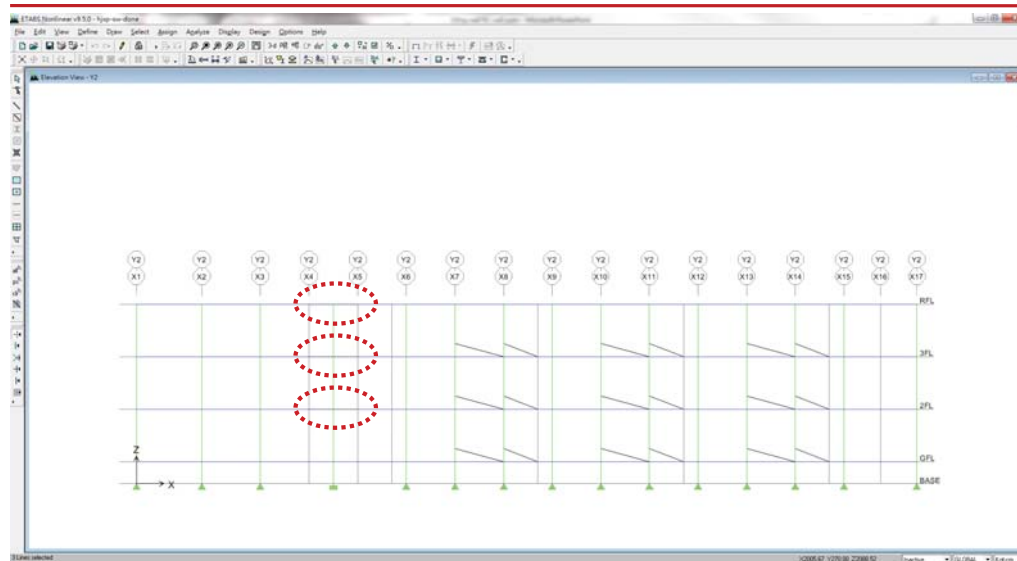
等值寬柱

指定剪力牆非線性鉸位置

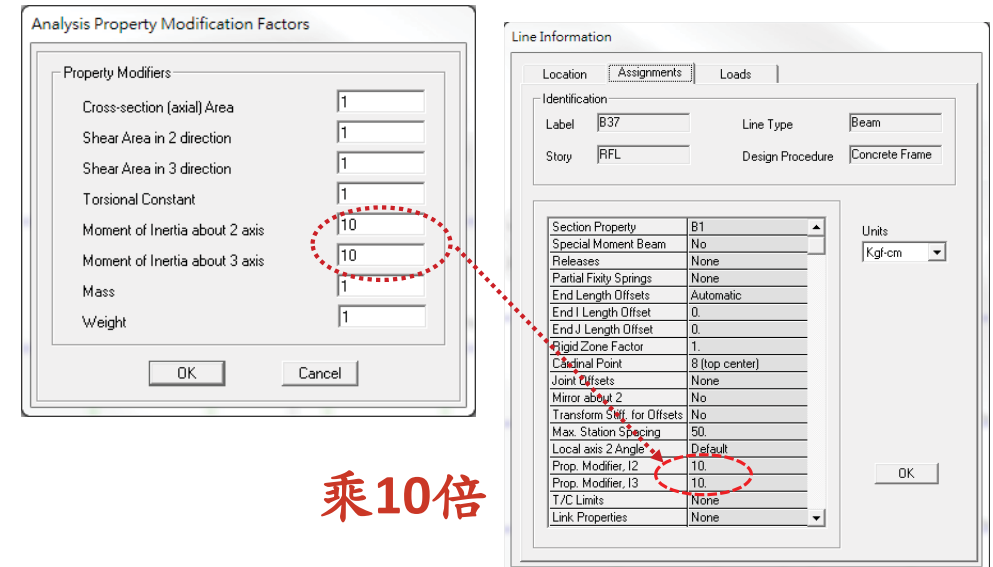
Assign shear wall hinge



剪力牆上的梁設為Rigid Beam



剪力牆上的梁設為Rigid Beam



乘10倍

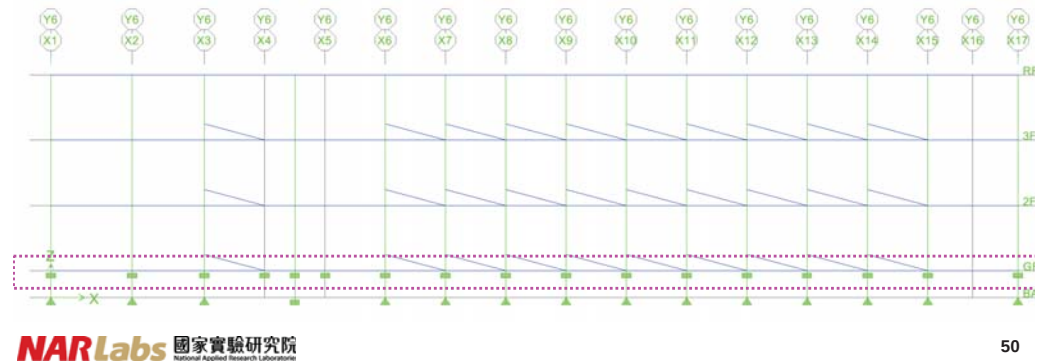
窗臺下的梁非線性鉸設定



窗台斜撐移除後，梁的非線性鉸應重置。

側推力設定 (push-x)

- GFL 整層FIXED
- Run static analysis
- Display\show tables\Modal Information



側推力設定 (push-x)

- modal mass ratio:
major mode of UX is mode 3

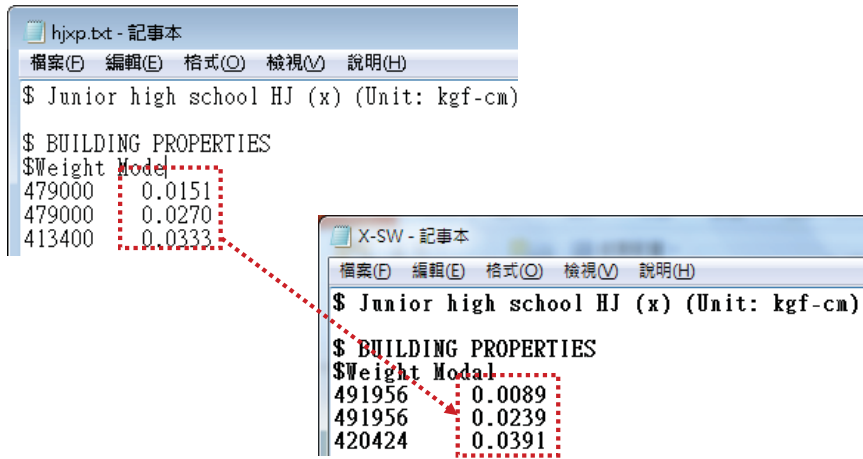
Mode	Period	UX	UY	UZ
1	0.582555	0.1476	75.7105	0
2	0.518566	1.3691	10.6884	0
3	0.354986	77.0595	0.0025	0
4	0.183612	0.018	10.1338	0
5	0.163037	0.2248	0.812	0
6	0.105313	0.0016	2.6009	0
7	0.095263	17.6987	0.0016	0
8	0.094319	0.7072	0.0503	0
9	0.052182	2.7737	0	0

側推力設定 (push-x)

- building modes:
major mode vector of mode 3 in UX

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY
RFL	D1	1	0.0016	-0.0338
3FL	D1	1	0.0011	-0.0253
2FL	D1	1	0.0004	-0.0115
GFL	D1	1	0	0
RFL	D1	2	0.0049	0.0128
3FL	D1	2	0.0033	0.0092
2FL	D1	2	0.0014	0.0045
GFL	D1	2	0	0
RFL	D1	3	0.0391	-0.0002
3FL	D1	3	0.0239	-0.0001
2FL	D1	3	0.0089	-0.0001
GFL	D1	3	0	0

輔助程式共用輸入檔: 模態修正



側推力設定 (push-x)

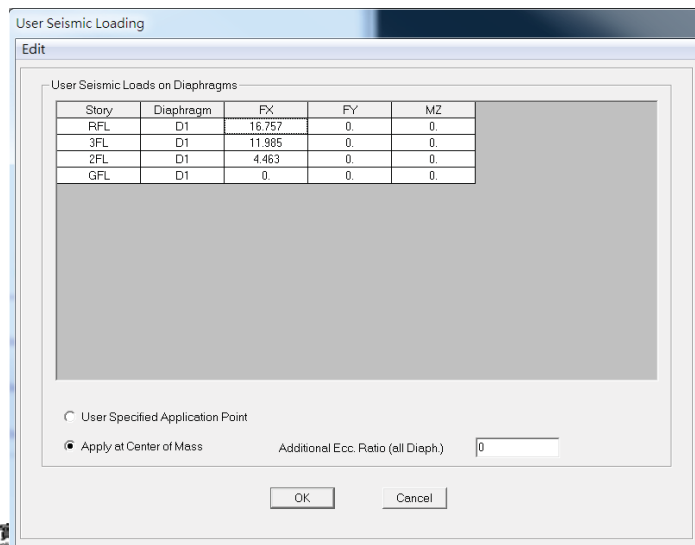
- User load vector:

$$\hat{F} = \hat{M} \begin{Bmatrix} \varphi_{34} \\ \varphi_{33} \\ \varphi_{32} \\ \varphi_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} m_{RFL} \times \varphi_{34} \\ m_{3FL} \times \varphi_{33} \\ m_{2FL} \times \varphi_{32} \\ m_{GFL} \times \varphi_{31} \end{Bmatrix}$$

Story	Diaphragm	MassX	MassY	mode	user load
RFL	D1	428.5668	428.5668	0.0391	16.757
3FL	D1	501.4844	501.4844	0.0239	11.985
2FL	D1	501.4844	501.4844	0.0089	4.463
GFL	D1	482.3729	482.3729	0	0.000

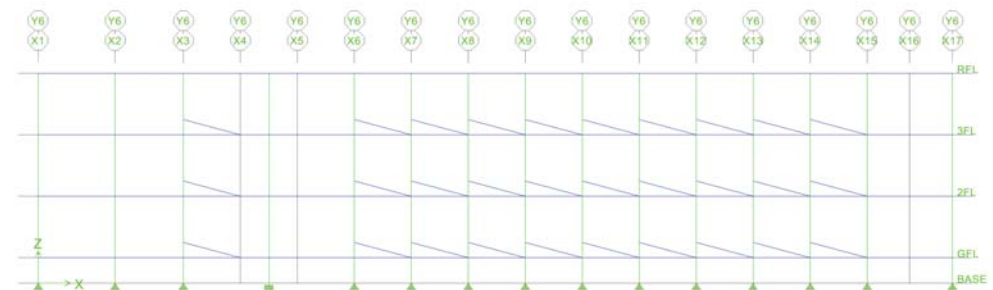
側推力設定 (push-x)

- User load vector:
Define\Static Load Cases\PUSHX



非線性側推分析

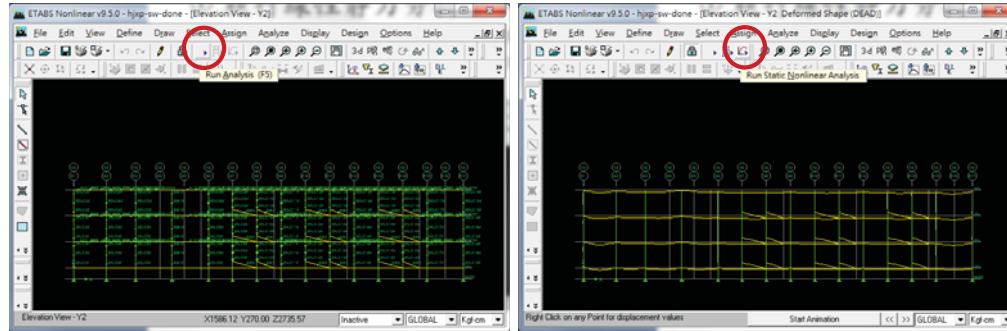
- GFL 整層 取消 FIXED
- Run static nonlinear analysis



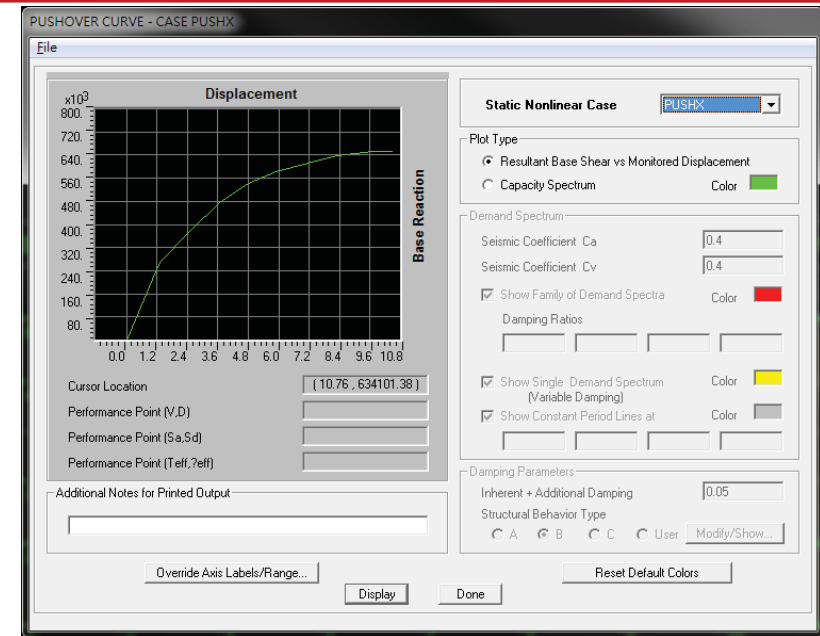
非線性側推分析

① 執行線性靜力分析
Analyze → Run Analysis

② 執行非線性側推分析
Analyze → Run Static Nonlinear Analysis



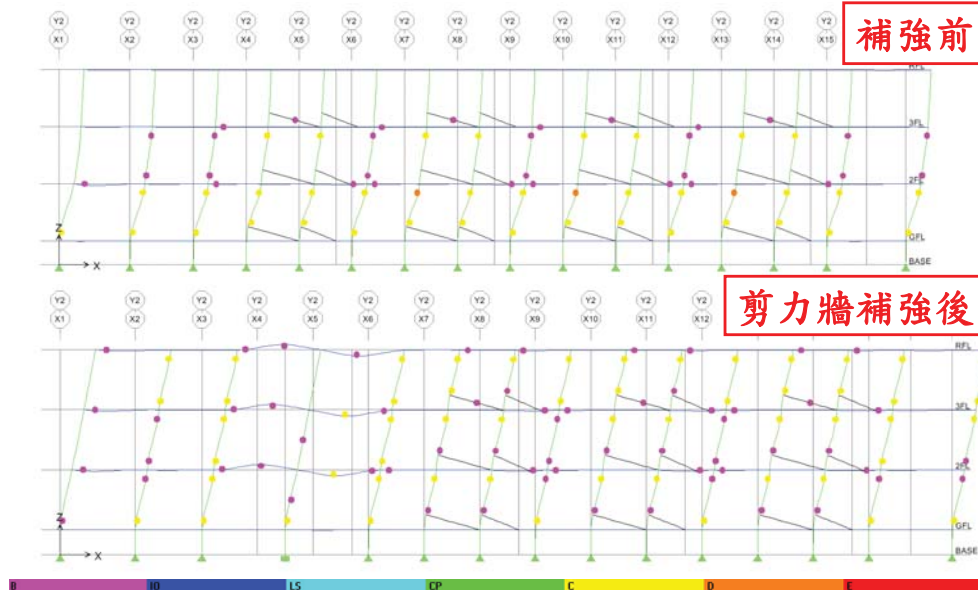
建築物容量曲線



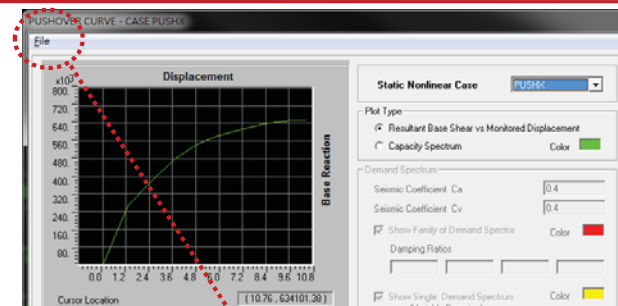
靠走廊側非線性鉸發展情況(Y2)

補強前

剪力牆補強後



沿走廊方向容量曲線



輸出推垮曲線:
hjxp-sw_pd.txt

PUSHOVER CURVE

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	-0.0013	0.0000	814	11	0	0	0	0	0	0	825
1	1.0126	216831.4375	810	15	0	0	0	0	0	0	825
2	1.3180	275587.4375	801	24	0	0	0	0	0	0	825
3	2.5857	394130.0938	769	56	0	0	0	0	0	0	825
4	3.6730	488381.9063	675	148	0	0	0	2	0	0	825
5	4.7620	556415.4375	624	171	0	0	0	30	0	0	825
6	5.8518	596755.8125	587	178	0	0	0	60	0	0	825
7	7.0454	627776.1875	554	194	0	0	0	77	0	0	825
8	8.1447	651409.5625	531	172	0	0	0	122	0	0	825
9	9.2447	666537.8125	526	153	0	0	0	146	0	0	825
10	9.7439	671729.8125	522	139	0	0	0	164	0	0	825
11	10.2696	672803.4375	522	129	0	0	0	174	0	0	825
12	10.4957	672994.2500	522	127	0	0	0	176	0	0	825
13	10.5434	673013.7500	825	0	0	0	0	0	0	0	825

修正屋頂位移

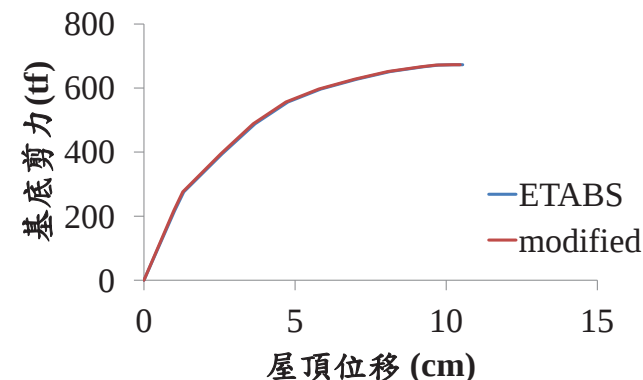
- Display\show tables\Displacements

屋頂位移須扣除
基面的位移，才
能作為上部結構
的變形

Story	Diaphragm	Load	UX
GFL	D1	PUSHX-0	-0.0007
GFL	D1	PUSHX-1	0.0283
GFL	D1	PUSHX-2	0.036
GFL	D1	PUSHX-3	0.0483
GFL	D1	PUSHX-4	0.0583
GFL	D1	PUSHX-5	0.0659
GFL	D1	PUSHX-6	0.0706
GFL	D1	PUSHX-7	0.0744
GFL	D1	PUSHX-8	0.0774
GFL	D1	PUSHX-9	0.0793
GFL	D1	PUSHX-10	0.0799
GFL	D1	PUSHX-11	0.0799
GFL	D1	PUSHX-12	0.0799
GFL	D1	PUSHX-13	0.0799

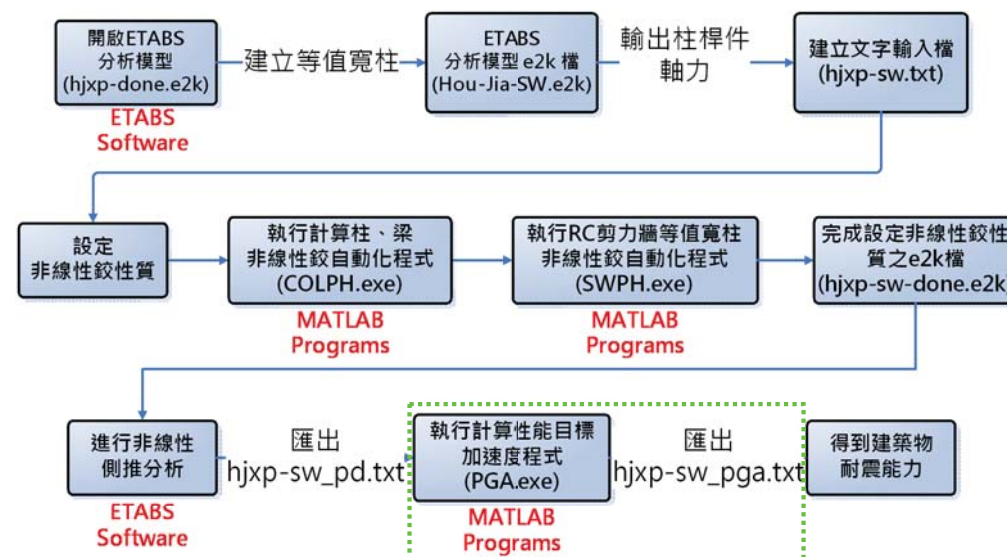
修正後PD曲線

- 基底變形量很小，修正後幾乎與原曲線重疊
- 若差異很大表示土壤彈簧係數很小，需檢核



補強後之耐震能力

側推分析流程



執行PGA.exe

- 請輸入阻尼修正係數k(既有校舍建築k可設為0.33) :

0.33

- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名 hjxp-sw

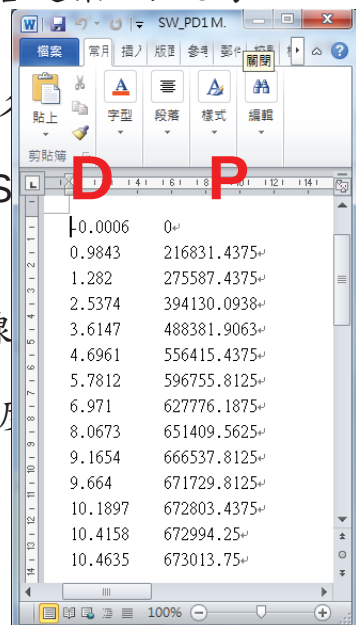
- 請輸入[1]自行定義或[2]ETABS之 P-D 曲線檔 :

1

- 請輸入 ETABS 定義之P-D曲線檔名 hjxp-sw_pd

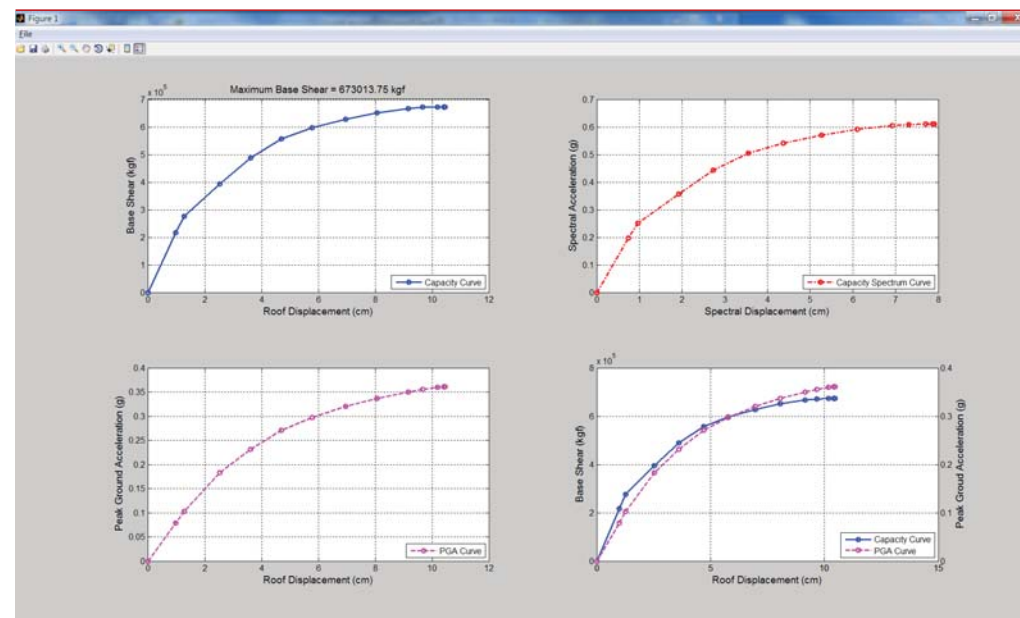
- 請輸入完成性能目標地表加速度名 (*.txt) :

hjxp-sw_pga



Displacement (cm)	Force (kgf)
0.0006	0
0.9843	216831.4375
1.282	275587.4375
2.5374	394130.0938
3.6147	488381.9063
4.6961	556415.4375
5.7812	596755.8125
6.971	627776.1875
8.0673	651409.5625
9.1654	666537.8125
9.664	671729.8125
10.1897	672803.4375
10.4158	672994.25
10.4635	673013.75

執行PGA.exe結果



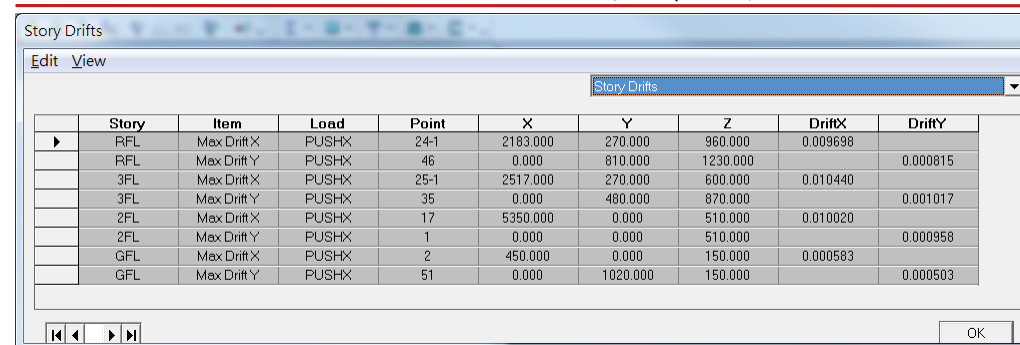
性能目標-強度準則

第13步產生最大強度

第13步對應的加速度

\$	PGA	DATA										
SS_a	S_d	A_e	BETA_0	BETA_eq	T_e	T_0	B_s	B_l	Force	Disp.	A_p	
0	0.000454	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.0006	0	
0.196727	0.744	0.073138	0	0.05	0.390122	0.742857	1	1	216831	0.9843	0.078691	
0.250035	0.969021	0.123403	0.011869	0.053917	0.394922	0.747423	1.02585	1.01958	275587	1.282	0.102599	
0.357586	1.91794	0.411694	0.12769	0.092138	0.464592	0.784225	1.27811	1.21069	394130	2.5374	0.182814	
0.443099	2.73223	0.737691	0.13921	0.095939	0.498143	0.78726	1.3032	1.2297	488382	3.6147	0.230978	
0.504824	3.54963	1.1251	0.162809	0.103727	0.531945	0.790488	1.34006	1.25932	556415	4.6961	0.270599	
0.541424	4.36982	1.55417	0.199766	0.115923	0.569912	0.790767	1.37299	1.28981	596756	5.7812	0.297348	
0.569568	5.26915	2.05374	0.234684	0.127446	0.610158	0.791018	1.4041	1.31861	627776	6.971	0.319893	
0.591011	6.0978	2.5346	0.25885	0.135421	0.644369	0.791186	1.42564	1.33855	651410	8.0673	0.337026	
0.604736	6.92782	3.03085	0.28449	0.143882	0.678986	0.791359	1.44848	1.3597	666538	9.1654	0.350379	
0.609447	7.3047	3.25964	0.295652	0.147565	0.69451	0.791432	1.45843	1.36891	671730	9.664	0.355533	
0.610421	7.70206	3.50201	0.311779	0.152887	0.712581	0.791537	1.4728	1.38222	672803	10.1897	0.35961	
0.610594	7.87296	3.60634	0.318564	0.155126	0.720341	0.79158	1.47884	1.38782	672994	10.4158	0.361188	
0.610612	7.90901	3.62836	0.319986	0.155595	0.721978	0.791589	1.48011	1.38899	673014	10.4635	0.361508	

性能目標-位移準則



Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
RFL	Max Drift X	PUSHX	24-1	2183.000	270.000	960.000	0.009698	
RFL	Max Drift Y	PUSHY	46	0.000	810.000	1230.000		0.000815
3FL	Max Drift X	PUSHX	25-1	2517.000	270.000	600.000	0.010440	
3FL	Max Drift Y	PUSHY	35	0.000	480.000	870.000		0.001017
2FL	Max Drift X	PUSHX	17	5350.000	0.000	510.000	0.010020	
2FL	Max Drift Y	PUSHY	1	0.000	0.000	510.000		0.000958
GFL	Max Drift X	PUSHX	2	450.000	0.000	150.000	0.000583	
GFL	Max Drift Y	PUSHY	51	0.000	1020.000	150.000		0.000503

最大樓層間位移比是否小於2% :

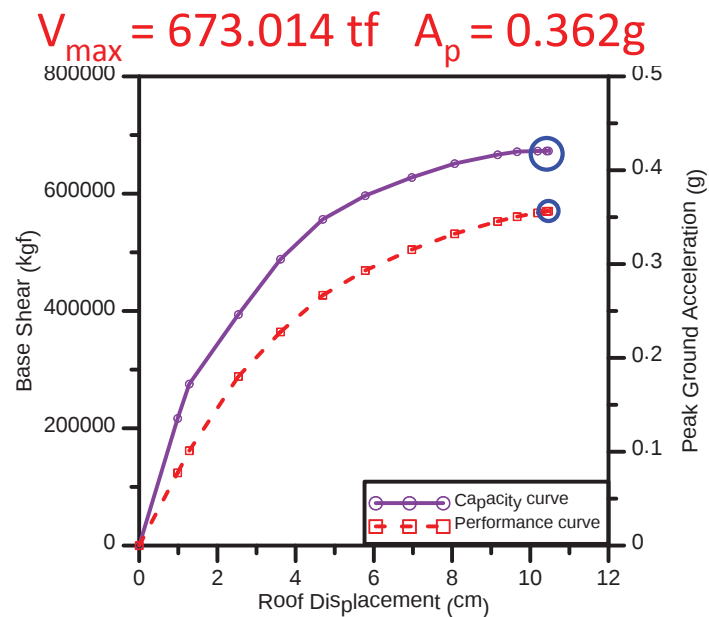
RFL : 0.97% < 2%

3FL : 1.04% < 2%

2FL : 1.0% < 2%

故目標性能點由強度準則控制

容量曲線及性能目標地表加速度圖



補強基礎設計

- 進行剪力牆補強之結構分析後，必須針對基礎進行檢核。
- 基礎之檢核時，無論校舍定義為一般校舍或緊急避難用校舍，均採用 $V=V_{\max}$ 時之柱底反力 (P 、 V 、 M) 去檢核基礎承载力。
- 若基礎承载力不足，則需進行基礎補強設計。

補強基礎設計(案例)



大漢技術學院管理館-江文卿教授提供

增設地梁與牆基

錨碇於既有地梁



RC牆補強施工實例



結論

- 剪力牆補強評估可採用等值寬柱模型
- 本案例經剪力牆補強後耐震能力由0.2148g提升到**0.362g**
- 剪力牆補強工法屬傳統補強工法，施工容易，無特殊專利，且造價便宜
- 可得知**破壞模式**、**破壞序列**、**補強效果**

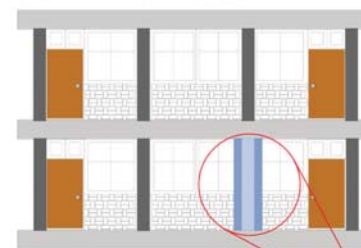
翼牆補強

補強內容與目的

增設翼牆補強

主要校舍耐震補強工法-翼牆補強

應用在加強走廊方向柱子的耐震能力。•

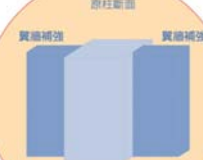


優勢：

1. 較不影響教室使用空間
以及走廊通行空間
2. 新增牆面可有效利用

注意事項：

1. 對通風、採光影響
2. 頂樓及新舊交界面易產生漏水問題





花蓮縣豐濱國小



花蓮縣鳳林國小

補強內容與目的

- 在結構物**弱向**增加翼牆的方式進行補強。
- 將**既有獨立柱**改變為**附加RC翼牆之柱**以**增加其強度與勁度**。
- 可提高柱構件的**剪力強度與勁度**，同時又因改變結構系統，將**原有柱構件剪力破壞模式**轉移到**梁非線性鉸撓曲破壞模式**，進而提昇整體結構韌性表現。

翼牆初步設計

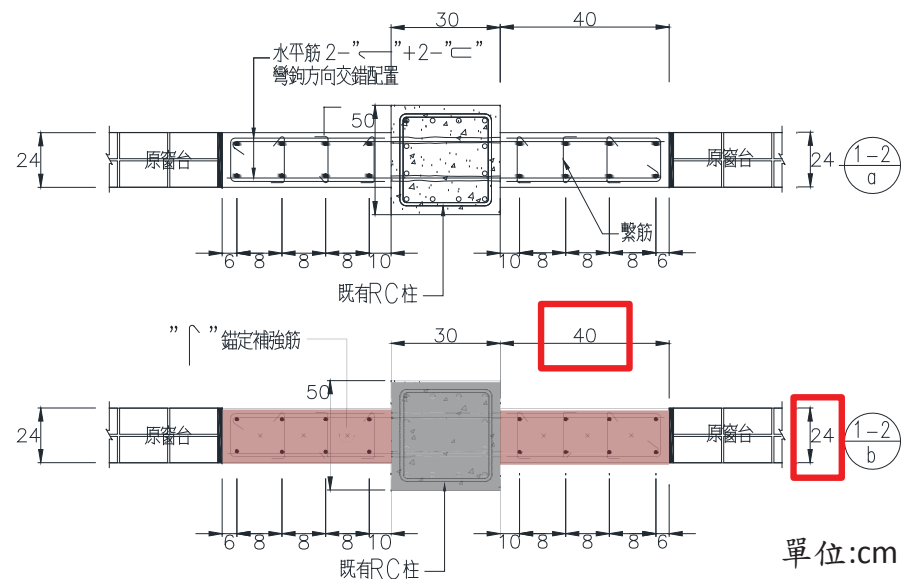
性能目標地表加速度

梁設非線性鉸	
強度準則	$V_{\max} = 433.503 \text{ tf}$ $A_p = 0.2148g$
位移準則	1.31% Story Drift (2.0% Story Drift)
軸力破壞準則	不控制

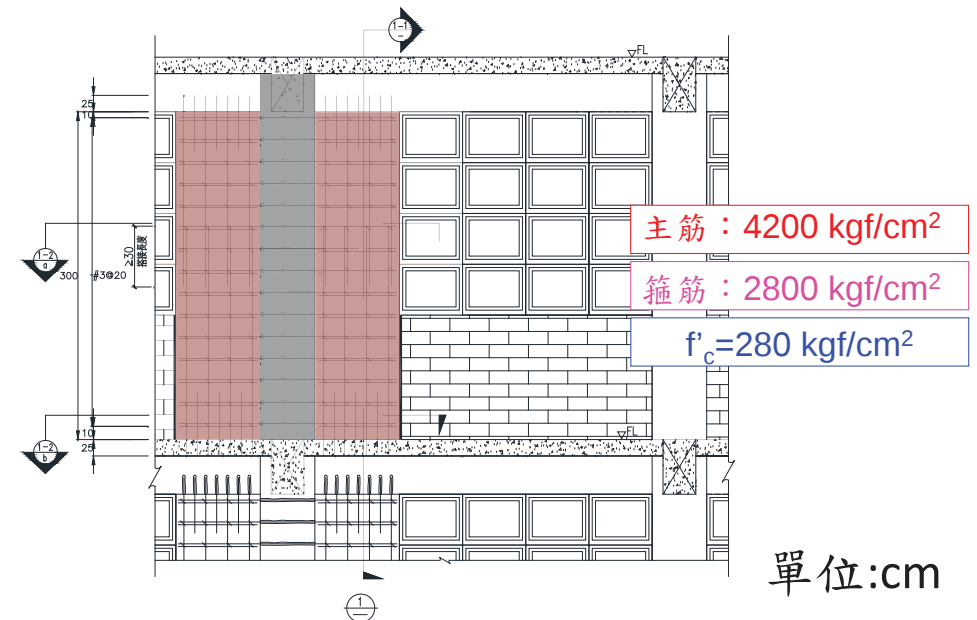
$$A_T = 0.4S_{DS} = 0.28g$$

一般用途之校舍，耐震補強需求為 **0.21g → 0.28g**

翼牆補強斷面示意圖



翼牆補強斷面示意圖



補強桿件數量

- 由分析結果得知，校舍結構物沿走廊方向最大側力強度 $V=433,503$ kgf，計算初步設計之基底剪力 $V^*=577,404$ kgf。
- 校舍原始柱斷面強度為 $V_0=9018.67$ kgf，假設柱軸重為 23,310 kgf。
- 翼牆斷面撓曲強度：

$$V_{bWW} = \frac{2M_n}{H} = 75,290 \text{ kgf}$$

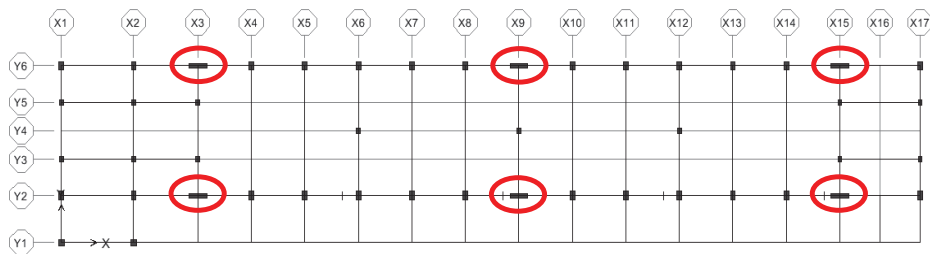
- 翼牆斷面之剪力強度：

$$V_{nWW} = V_c + V_s = 58,088 \text{ kgf}$$

補強桿件數量

- 翼牆斷面之抗剪力強度：
 $V_{ww} = \min(V_{bWW}, V_{nWW}) = 58,088$ kgf
- 補強強度增量為：
 $\Delta V_n = V_{ww} - V_0 = 49,070$ kgf
- 補強桿件數量計算求得：
 $N = \frac{V^* - V}{\Delta V_n} = 2.93$
- 由於翼牆斷面為剪力破壞控制，考慮安全性及對稱性下，建議採用6根柱子進行翼牆補強。

翼牆柱補強位置平面圖



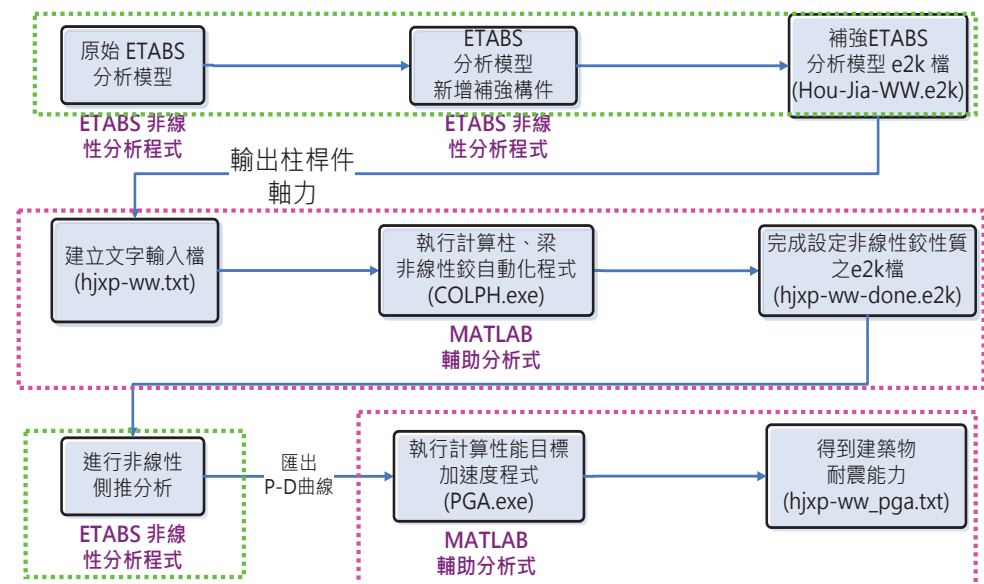
○ 翼牆補強處

施工細節

1. 將與RC翼牆相接梁柱部份的**粉刷層**移除乾淨後，依所需之**鋼筋量**植筋，待鋼筋與模板組立完成後灌漿即可。
2. 翼牆**垂直**主筋上部植筋於**梁內**，下部植筋於**基礎或地梁內**，**水平**主筋則植筋於**柱內**，若柱兩側皆有增設翼牆，則水平主筋亦可直接穿透過柱。
3. 有關植筋步驟，應依化學錨栓使用手冊規定施作，尤其應**注意植筋深度、間距與邊距**。
4. 澆置混凝土時，交界面處須確實灌滿不可留空隙，因此組立模板時，須於頂端須留喇叭口，待澆置完成以後再將頂端突出部份敲除。

結構分析模型

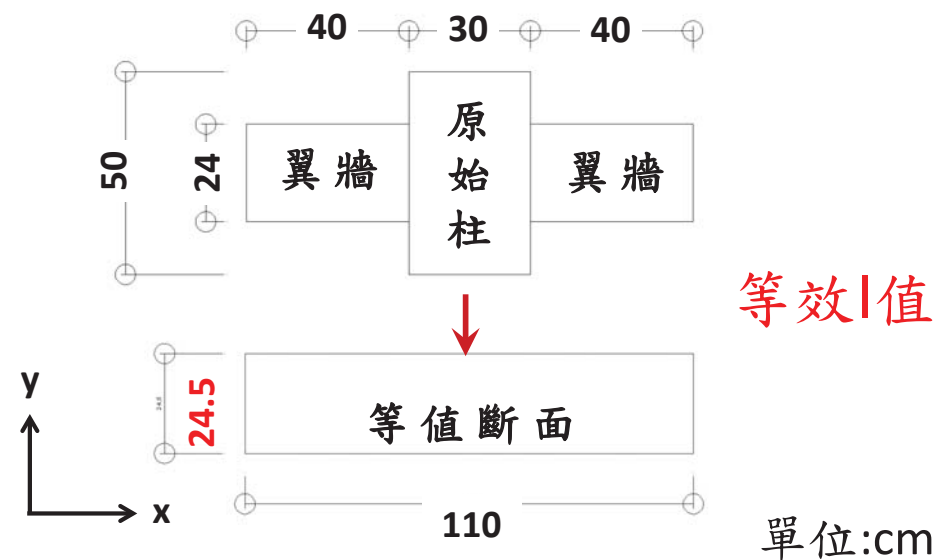
補強後側推分析流程



翼牆之結構模擬

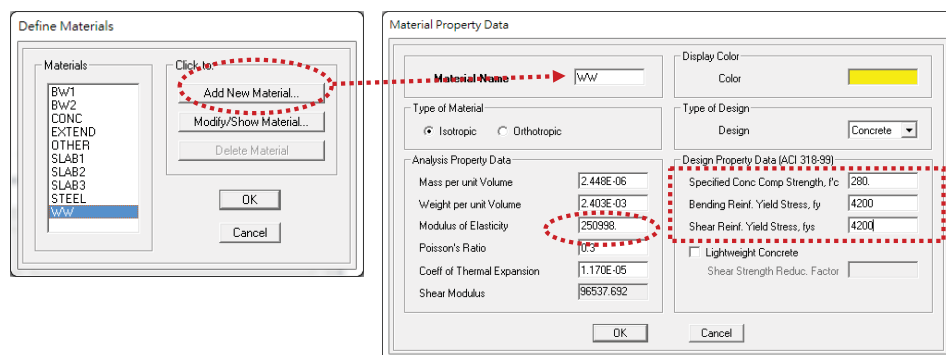
- 翼牆高寬比之判斷
 - $(H/W) < 2$
→ 以 **牆** 進行模擬
 - $(H/W) \geq 2$
→ 以 **柱** 進行模擬
- 本案例 $H=300\text{cm}$, $W=110\text{cm}$
 $H/W=2.7 > 2$
 因此以 **柱方式** 進行翼牆非線性鉸性質之計算。

等值斷面



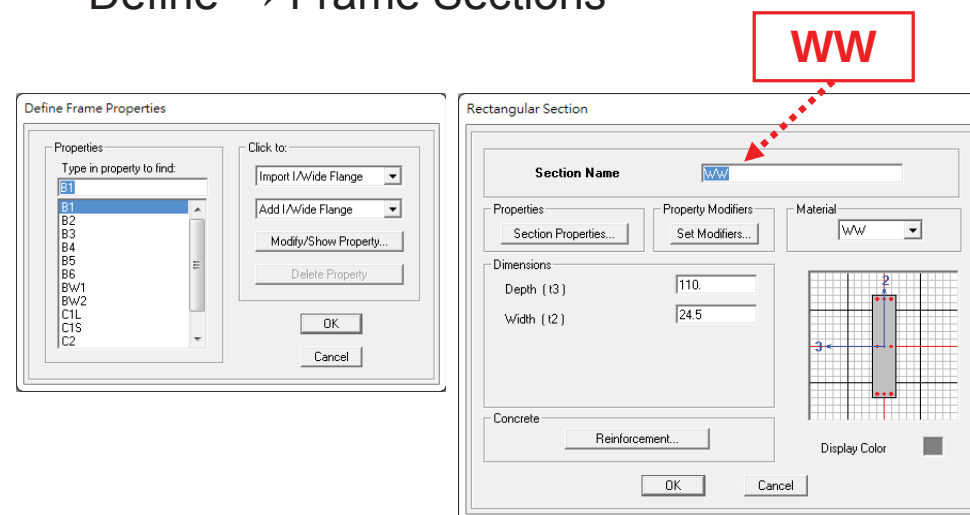
新增材料性質

- Define → Material Properties

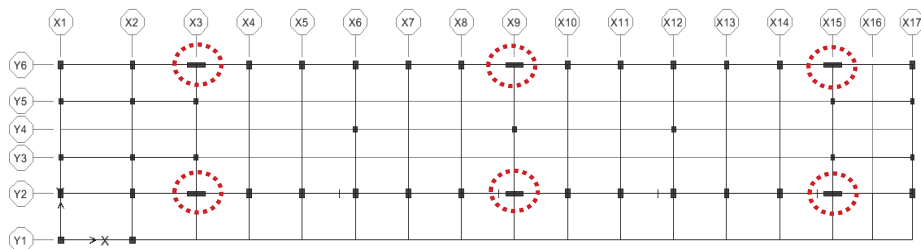


新增翼牆斷面

- Define → Frame Sections



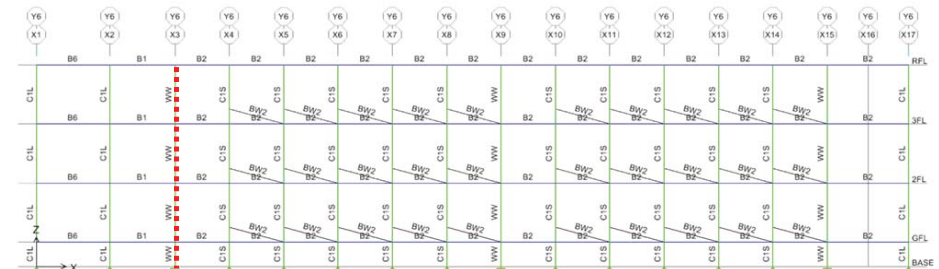
ETABS結構分析模型平面圖



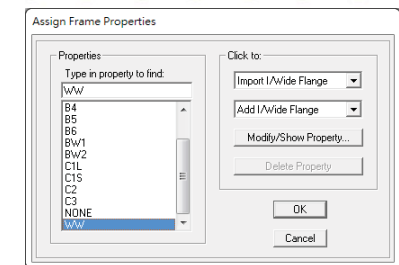
翼牆補強處，將原有柱斷面替換為新的斷面，
以避免柱編號改變

選定柱置換為翼牆斷面

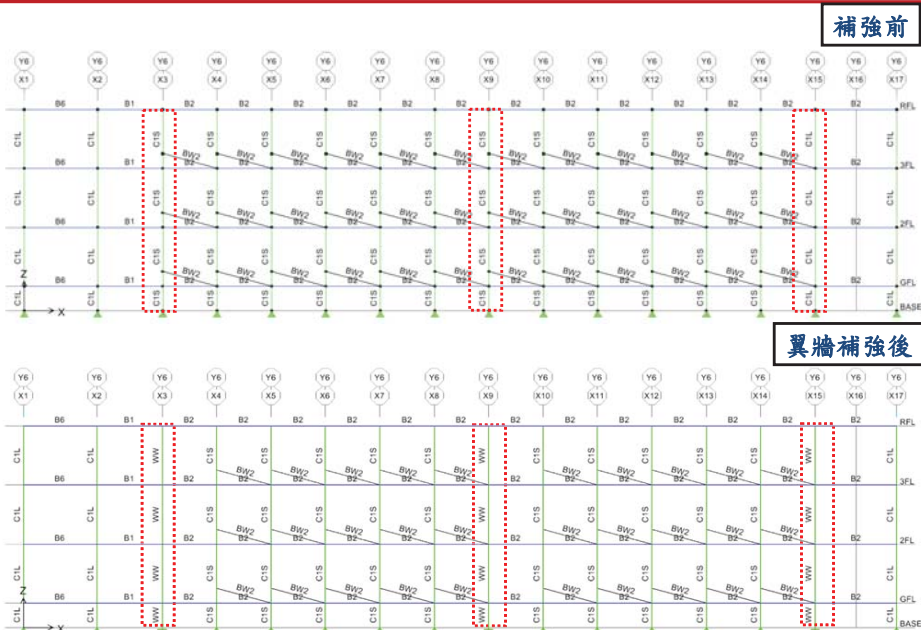
- 選擇需置換的柱桿件 (以 C34 為例)
- Assign → Frame/Line → Frame Section



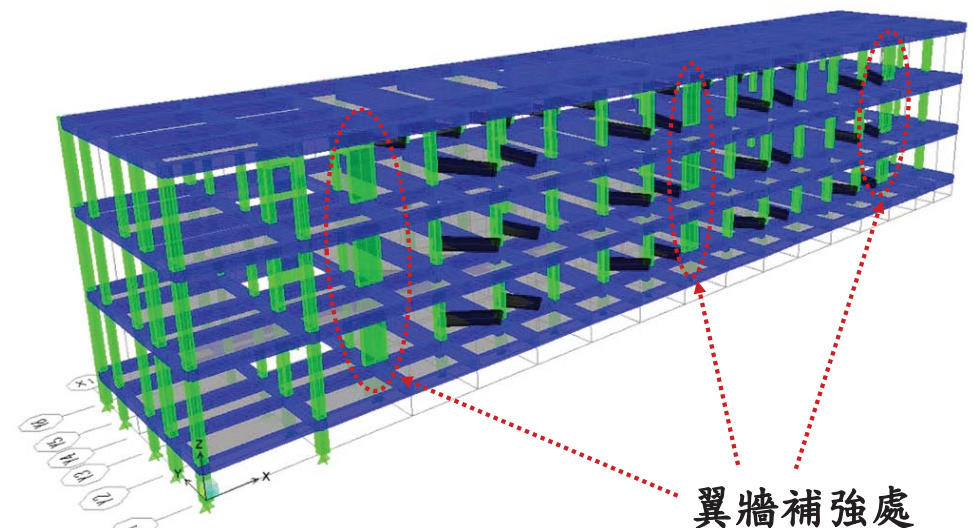
原有 C1S 柱斷面
置換為 WW 翼牆斷面



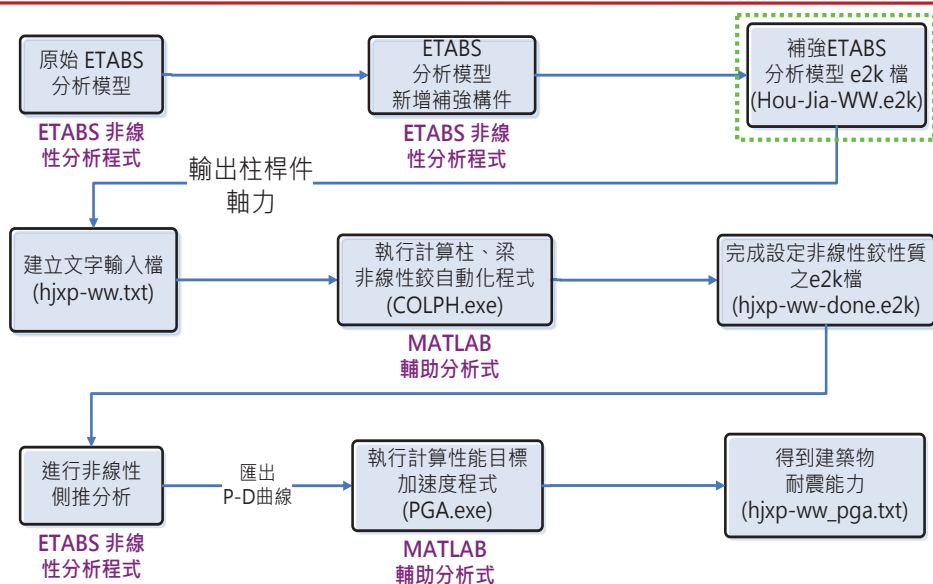
新增翼牆斷面位置



ETABS結構分析模型3D立體圖

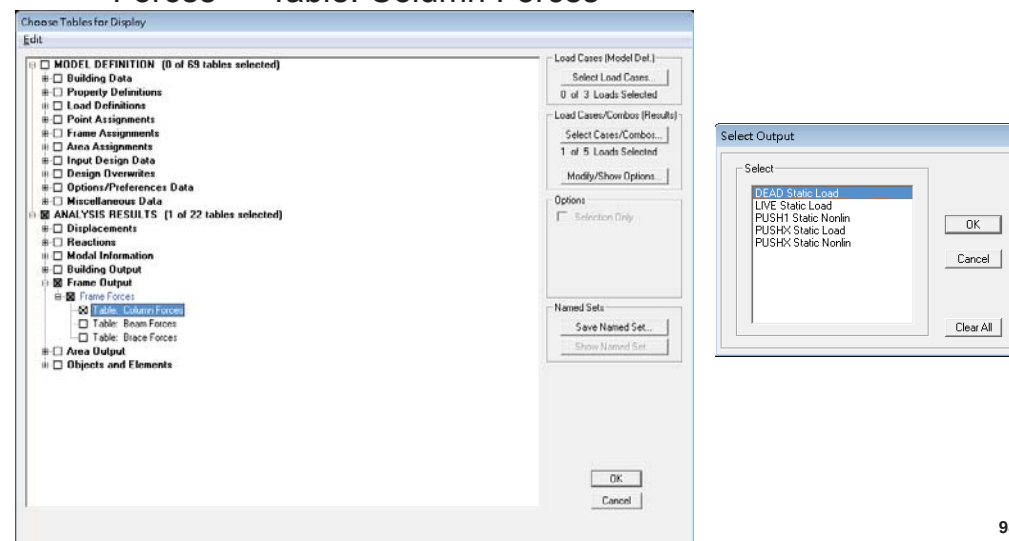


補強後側推分析流程



檢視柱軸力資料

- ① Analyze → Run Analysis
- ② Display → Show Tables → Frame Output → Frame Forces → Table: Column Forces



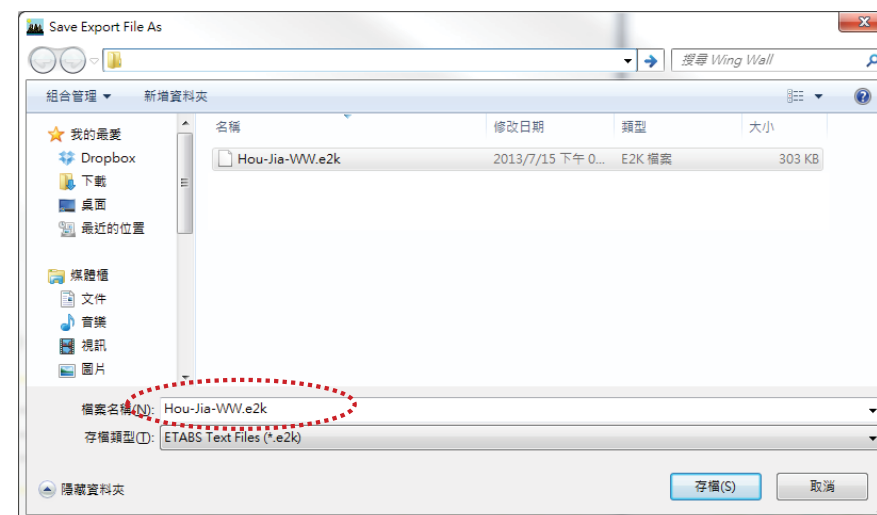
輸出柱軸力資料

Column Forces

供輔助程式計算彎矩強度讀取使用

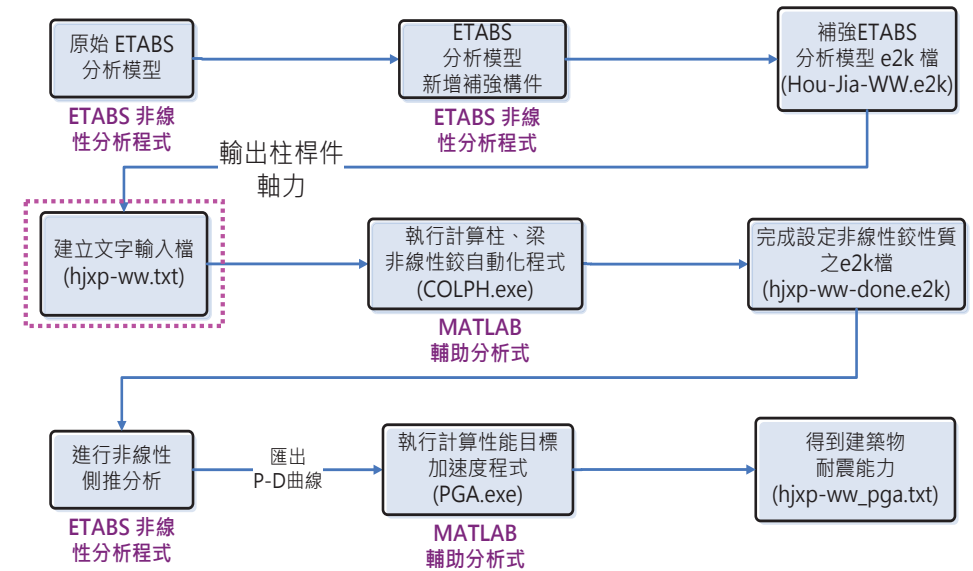
Member	Case	Load Type	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4
RFL C1	DEAD	0.000	-4064.92	-561.67	-483.42	
RFL C1	DEAD	157.500	-3574.42	-561.67	-483.42	
RFL C1	DEAD	315.000	-3083.92	-561.67	-483.42	
3FL C1	DEAD	0.000	-8875.98	-457.53	-397.20	
3FL C1	DEAD	157.500	-8385.48	-457.53	-397.20	
3FL C1	DEAD	315.000	-7894.98	-457.53	-397.20	
2FL C1	DEAD	0.000	-13337.13	-293.39	-259.58	
2FL C1	DEAD	157.500	-12846.63	-293.39	-259.58	
2FL C1	DEAD	315.000	-12356.13	-293.39	-259.58	
GFL C1	DEAD	0.000	-233.57	0.00	0.00	
GFL C1	DEAD	52.500	-70.07	0.00	0.00	
GFL C1	DEAD	105.000	93.43	0.00	0.00	
RFL C2	DEAD	0.000	-8222.97	-564.56	-663.23	
RFL C2	DEAD	152.500	-7748.04	-564.56	-663.23	
RFL C2	DEAD	305.000	-7273.11	-564.56	-663.23	
3FL C2	DEAD	0.000	-17569.02	-517.82	-587.45	
3FL C2	DEAD	152.500	-17094.10	-517.82	-587.45	
3FL C2	DEAD	305.000	-16619.17	-517.82	-587.45	
2FL C2	DEAD	0.000	-26730.71	-319.34	-363.96	
2FL C2	DEAD	152.500	-26255.78	-319.34	-363.96	

輸出.E2K檔



輔助程式共用輸入檔

補強後側推分析流程



輔助程式共用輸入檔 (一)

• 建築物性質模組

單位：kgf-cm

\$ Weight	Mode
488953	0.0112
488953	0.0250
418377	0.0341

• 柱性質模組

\$ Name	f cp	f yl	f yt	cover	hoop	spacing	num	hoop	TR
C1L	160	2800	2800	4	3	25	2	0	
WW	280	4200	2800	4	3	20	2	1	

• 柱資料模組

\$ Name	story	properties	section	H	L	fromBtm
C5	2FL	C1L	C1L	360	300	0
C5	2FL	WW	WW	360	300	0

輔助程式共用輸入檔 (二)

• 梁性質模組

單位：kgf-cm

\$Name	L	f cp	f yl	f yt	cover	hoop	spacing	num	hoop	TR
B1D_263	263	160	2800	2800	4	3	25	2	0	

• 梁資料模組

\$Name	story	section
B36	2FL	B1D_263
B36	3FL	B1D_263
B36	RFL	B1D_263

輔助程式共用輸入檔 (三)

• 軸力資料模組

單位：kgf-cm

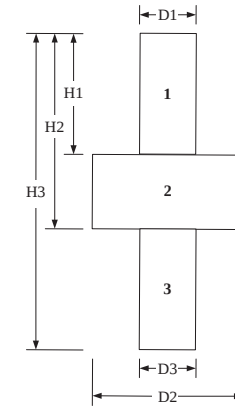
\$ Story	Column	Loc	P
RFL	C1	0	-4064.92
RFL	C1	157.5	-3574.42
RFL	C1	315	-3083.92
3FL	C1	0	-8875.98
3FL	C1	157.5	-8385.48
3FL	C1	315	-7894.98
2FL	C1	0	-13337.13
2FL	C1	157.5	-12846.63
2FL	C1	315	-12356.13

輔助程式共用輸入檔 (四)

• 柱、梁斷面性質模組

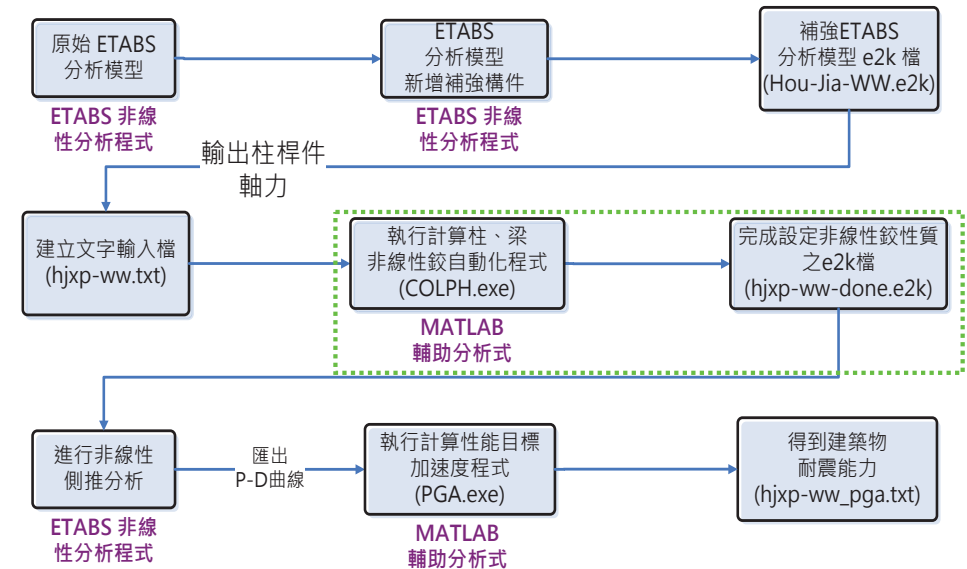
單位：kgf-cm

WW	----- 斷面名稱					
40	24	70	50	110	24	----- 斷面幾何尺寸H1 D1 H2 D2 H3 D3
6	4200		5	5		
14	4200		5	5		
22	4200		5	5		
30	4200		5	5		
46	2800	7	6	6	7	
52	2800	6		6		
58	2800	6		6		
64	2800	7	6	6	7	
80	4200		5	5		
88	4200		5	5		
96	4200		5	5		
104	4200		5	5		



非線性鉸計算與設定

補強後側推分析流程



自動計算 RC 梁、柱非線性鉸程式

- 請問輸出為X方向還是Y方向之非線性鉸 (X:X方向; Y:Y方向) ? (X/Y):

X

- 是否考慮梁之非線性鉸? (Y/N)

Y

- 請輸入輔助程式共用輸入檔檔名(*.txt):

hjxp-ww

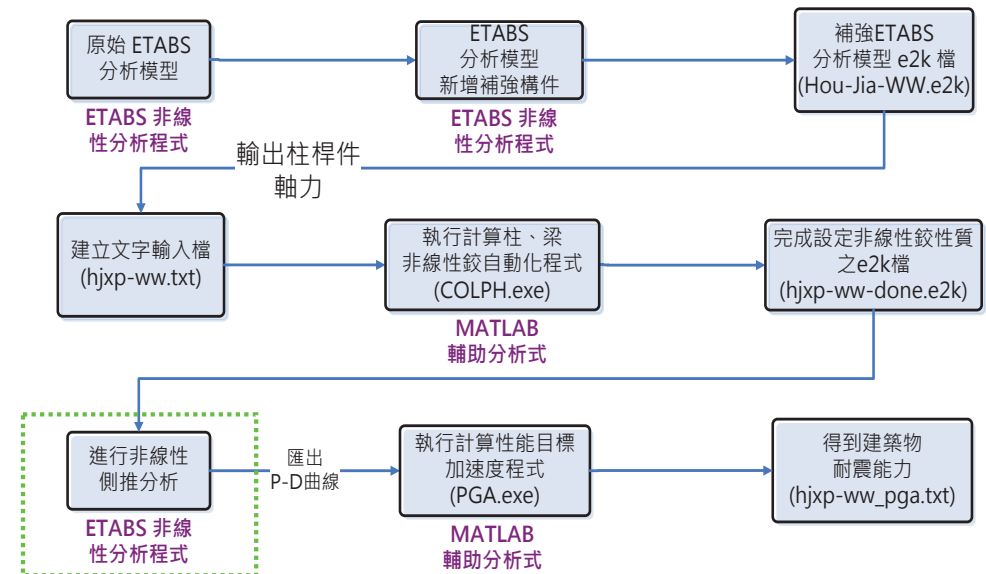
- 請輸入 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k):

hjxp-ww

- 請輸入完成梁、柱非線性鉸計算後之 ETABS 結構模型檔檔名 (*.e2k):

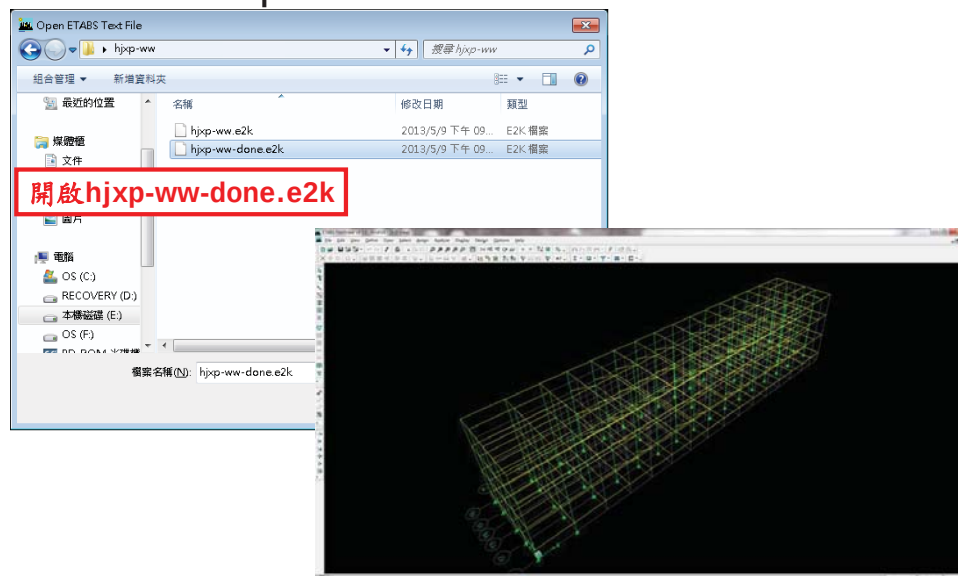
hjxp-ww-done

補強後側推分析流程



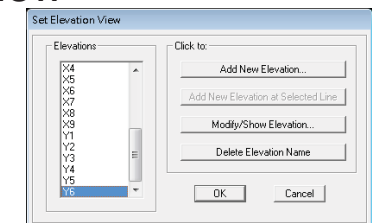
匯入已完成非線性鉸設定之模型檔

- File → Import → ETABS.e2k Text File

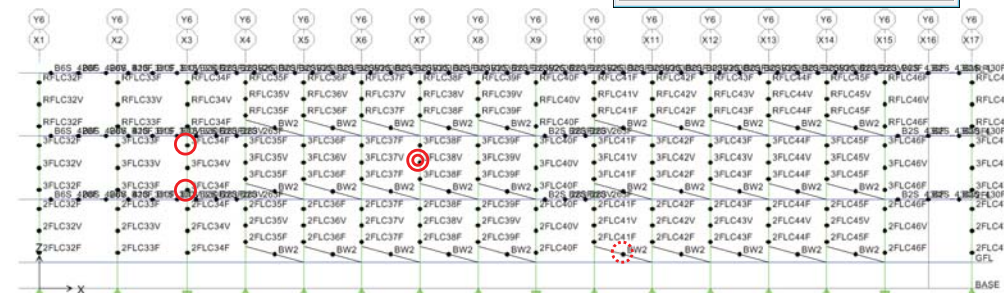


檢查是否完成非線性鉸設定

- View → Set Elevation View



以 Y6 Frame 為例



○ 彎矩非線性鉸

⊗ 剪力非線性鉸

⊖ 軸力非線性鉸

線性靜力分析

- 在經過執行梁與柱非線性鉸、等值斜撐非線性鉸之分析，以及至ETABS 程式中匯入e2k檔。
- 將GFL層將所有節點設定為**FIXED**。
- 於ETABS中 Run Analysis 執行**線性靜力分析**，並得到結構物的**模態資料**。



檢視模態資料

- Display → Show Tables → Analysis Results → Modal Information
- Modal Participating Mass Ratios
- Building Modes

Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	0.590465	0.2936	69.1633	0.0000	0.2936	69.1633	0.0000	93.2309
2	0.575286	8.1868	4.7322	0.0000	8.4804	73.8954	0.0000	6.1918
3	0.503440	62.4504	0.0479	0.0000	70.9308	73.9433	0.0000	0.0567
4	0.189255	0.0188	8.9497					
5	0.184094	0.9248	0.3684					
6	0.158534	8.8826	0.0025					
7	0.109669	0.0024	2.7576					
8	0.106088	0.1876	0.0733					
9	0.089651	3.6212	0.0003					
10	0.065366	0.0194	13.0971					
11	0.062524	0.4015	0.8077					
12	0.045850	15.0109	0.0001					

Building Modes

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX
RFL	D1	1	0.0047	0.0326	0.0000	0.00000
3FL	D1	1	0.0035	0.0247	0.0000	0.00000
2FL	D1	1	0.0016	0.0119	0.0000	0.00000
GFL	D1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000
RFL	D1	2	0.0129	-0.0150	0.0000	0.00000
3FL	D1	2	0.0095	-0.0119	0.0000	0.00000
2FL	D1	2	0.0043	-0.0057	0.0000	0.00000
GFL	D1	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000
RFL	D1	3	-0.0341	-0.0012	0.0000	0.00000
3FL	D1	3	-0.0250	-0.0011	0.0000	0.00000
2FL	D1	3	-0.0111	-0.0005	0.0000	0.00000
GFL	D1	3	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000
RFL	D1	4	0.0023	0.0274	0.0000	0.00000
3FL	D1	4	-0.0016	-0.0165	0.0000	0.00000
2FL	D1	4	-0.0024	-0.0239	0.0000	0.00000
GFL	D1	4	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000
RFL	D1	5	-0.0081	0.0095	0.0000	0.00000
3FL	D1	5	0.0058	-0.0057	0.0000	0.00000
2FL	D1	5	0.0086	-0.0105	0.0000	0.00000

檢視質量資料

- Display → Show Tables → Analysis Results → Building Output
- Building Output
- Center Mass Rigidity

Center Mass Rigidity

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY
RFL	D1	422.5310	422.5310	2691.030	524.211	422.5310	422.5310
3FL	D1	492.2627	492.2627	2666.307	523.999	914.7937	914.7937
2FL	D1	492.2627	492.2627	2666.307	523.999	1407.0564	1407.0564
GFL	D1	475.0097	475.0097	2669.924	520.509	1882.0661	1882.0661

側力之豎向分配設定

- Defien → Static Load Cases → PUSHX 選擇 User Loads
- PUSHX 選擇 User Loads → Modify Lateral Load..

Define Static Load Case Names

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
PUSHX	QUAKE	0	User Loads
DEAD	DEAD	1	
LIVE	LIVE	0	
PUSHX	QUAKE	0	User Loads

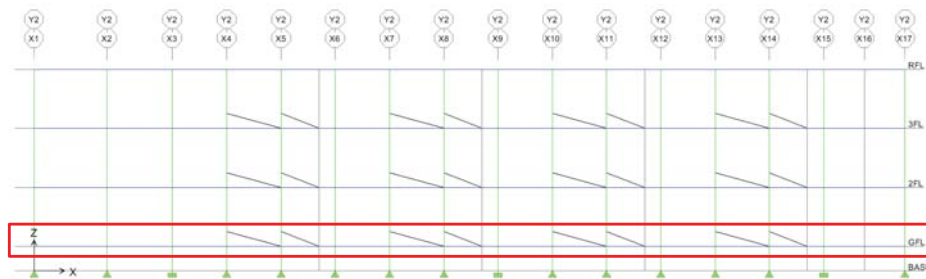
User Seismic Loading

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ
RFL	D1	14.4083	0.	0.
3FL	D1	12.3066	0.	0.
2FL	D1	5.4641	0.	0.

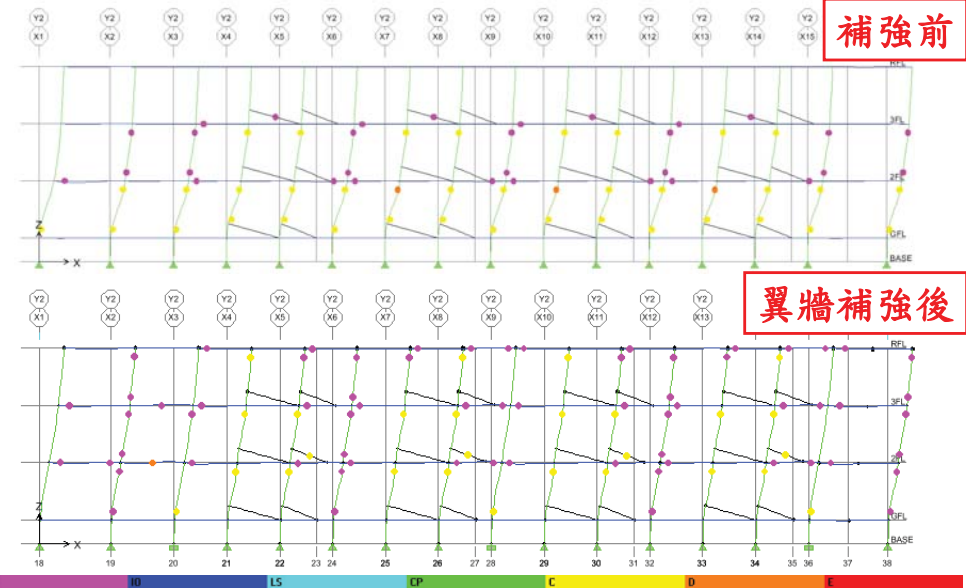
$$W_i \times \phi_i$$

非線性側推分析

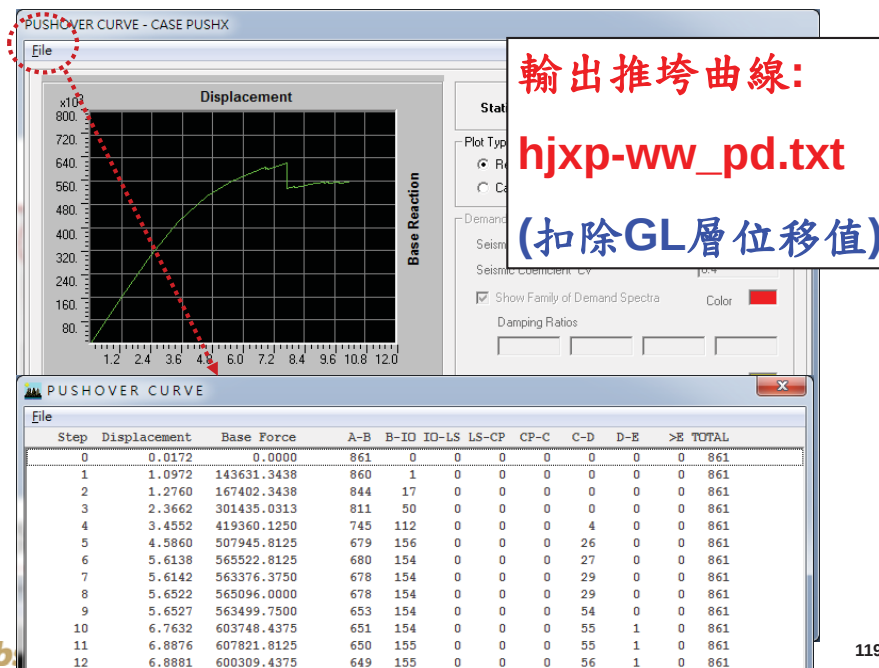
- 將側力之豎向分配依**模態資料**設定完成。
- 將GFL層所有節點釋放。
- 於ETABS中 Run Analysis 執行**非線性側推分析**，並得到結構物的**容量曲線**。



補強前後非線性鉸分布情形(Y2)

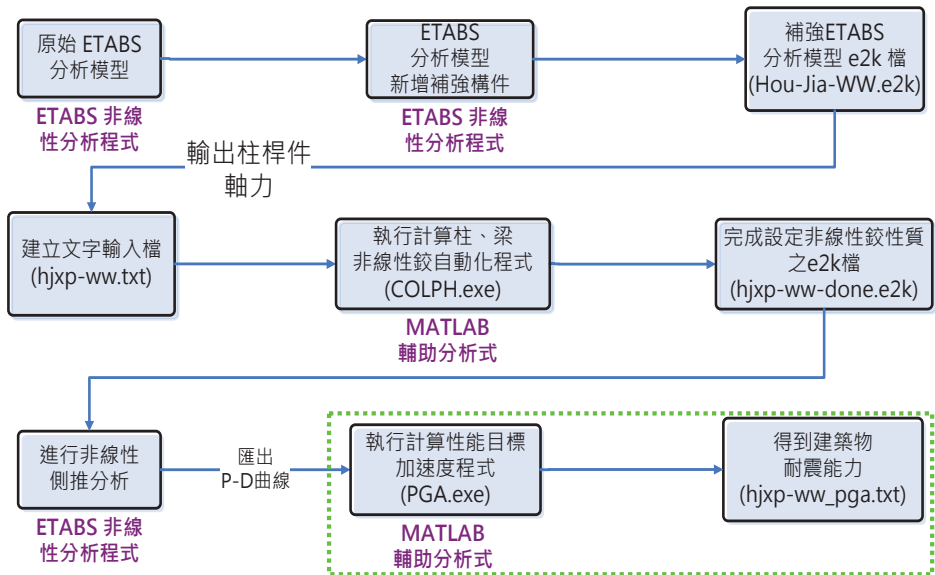


沿走廊方向容量曲線



補強後之耐震能力

補強後側推分析流程



計算性能目標地表加速度程式(PGA.EXE)

- 請輸入單一文字檔入檔檔名(*.txt)：

hjxp-ww

- 請選擇要使用 [3]MIDAS 定

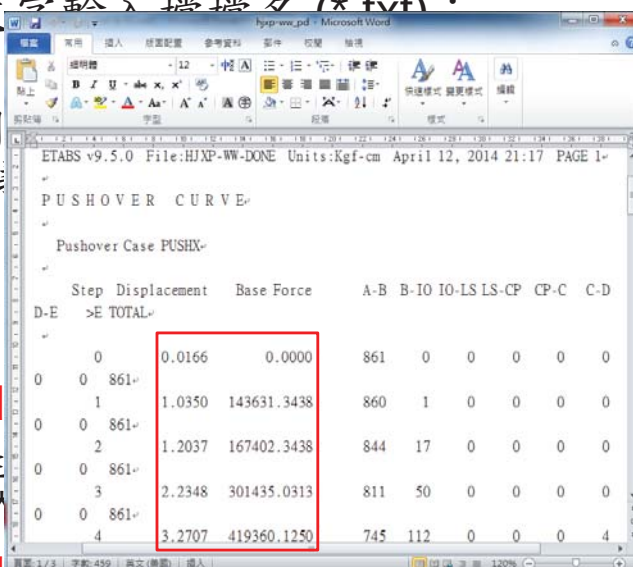
2

- 請輸入 ETAB (*.txt)：

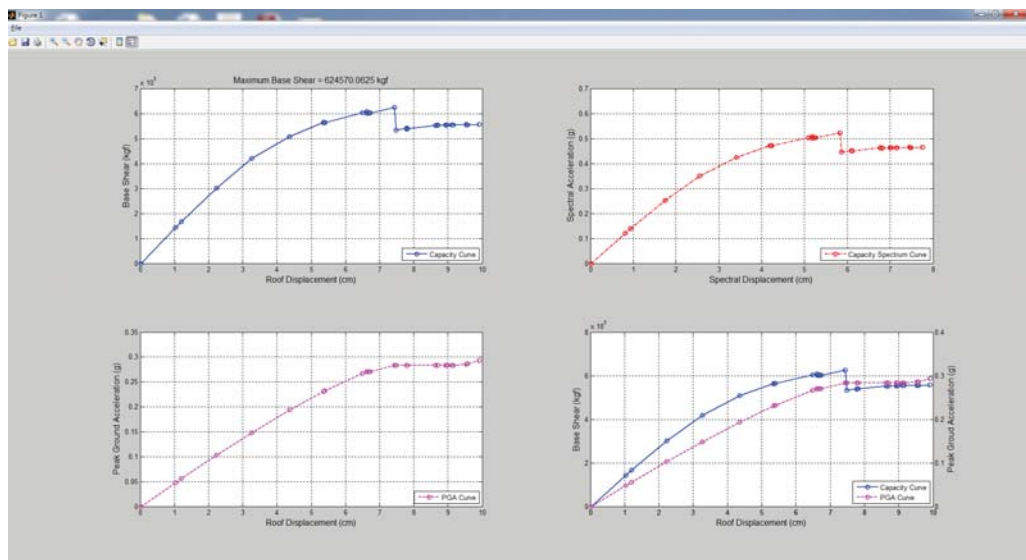
hjxp-ww_pd

- 請輸入完成性 文字檔檔名 (*)

hjxp-ww_pga



容量曲線圖及性能曲線圖



性能目標-強度準則

第17步產生最大強度

第17步對應的加速度

	\$S_a	\$S_d	\$A_e	BETA_0	BETA_eq	\$T_e	\$T_0	\$B_s	\$B_1	Force	Disp.	\$A_p
0	0	0.012996	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.0166	0
1	0.119954	0.810311	0.047821	0	0.05	0.52139	0.742857	1	1	143631	1.035	0.047982
2	0.139807	0.942388	0.064975	0	0.05	0.52083	0.742857	1	1	167402	1.2037	0.055923
3	0.251745	1.74965	0.223017	0.008049	0.052656	0.528859	0.745973	1.01753	1.01328	301435	2.2348	0.102463
4	0.350231	2.56066	0.467122	0.026565	0.058766	0.542431	0.752839	1.05786	1.04383	419360	3.2707	0.148198
5	0.424214	3.41591	0.798294	0.064807	0.071386	0.569254	0.765821	1.14115	1.10693	507946	4.3631	0.193636
6	0.472299	4.19952	1.14955	0.101322	0.083436	0.598187	0.776906	1.22068	1.16718	565523	5.364	0.23061
7	0.470507	4.20046	1.15	0.104253	0.084404	0.599392	0.777747	1.22706	1.17202	563376	5.3652	0.230937
8	0.471943	4.22967	1.16376	0.105676	0.084873	0.600556	0.778152	1.23016	1.17437	565096	5.4025	0.232227
9	0.47061	4.23053	1.16416	0.107887	0.085603	0.601468	0.778779	1.23498	1.17801	563500	5.4036	0.232477
10	0.504224	5.08907	1.58263	0.148667	0.09906	0.637313	0.789682	1.3238	1.2453	603748	6.5002	0.266996
11	0.507626	5.18544	1.63139	0.152492	0.100322	0.64116	0.790408	1.33087	1.25081	607822	6.6243	0.270233
12	0.501352	5.18732	1.63234	0.162541	0.103639	0.645276	0.790486	1.33982	1.2591	600309	6.6257	0.270233
13	0.503497	5.23234	1.65495	0.163221	0.103863	0.646688	0.790491	1.34043	1.25966	602879	6.6832	0.270233
14	0.502175	5.2332	1.65539	0.165404	0.104583	0.647592	0.790508	1.34238	1.26146	601295	6.6843	0.270233
15	0.503603	5.26209	1.66992	0.16572	0.104688	0.648456	0.79051	1.34266	1.26172	603005	6.7212	0.270466
16	0.502287	5.26279	1.67027	0.167884	0.105402	0.649348	0.790527	1.34458	1.2635	601430	6.7221	0.270466
17	0.521613	5.82555	1.95837	0.183959	0.110706	0.670409	0.790649	1.35891	1.27677	624570	7.4409	0.283529
18	0.445838	5.86438	1.97716	0.326215	0.157651	0.727558	0.791629	1.48566	1.39413	533839	7.4905	0.283529
19	0.451552	6.09824	2.08209	0.326093	0.157611	0.737214	0.791628	1.48555	1.39403	540680	7.7892	0.283529
20	0.44943	6.0991	2.08247	0.330682	0.159125	0.739005	0.791657	1.48964	1.39781	538140	7.7903	0.283529
21	0.45022	6.11906	2.09145	0.329985	0.158895	0.739563	0.791652	1.48902	1.39724	539086	7.8158	0.283529

性能目標-位移準則

Load	RFL 層間位移比	3FL 層間位移比	2FL 層間位移比
PUSHX-0	0.00	0.00	0.00
PUSHX-1	0.07	0.11	0.11
PUSHX-2	0.08	0.13	0.12
PUSHX-3	0.15	0.24	0.23
PUSHX-4	0.22	0.35	0.34
PUSHX-5	0.29	0.47	0.45
PUSHX-6	0.36	0.57	0.56
PUSHX-7	0.36	0.57	0.56
PUSHX-8	0.36	0.58	0.57
PUSHX-9	0.36	0.58	0.57
PUSHX-10	0.42	0.69	0.70
PUSHX-11	0.43	0.70	0.71
PUSHX-12	0.43	0.70	0.71
PUSHX-13	0.43	0.70	0.72
PUSHX-14	0.43	0.70	0.72
PUSHX-15	0.43	0.71	0.73
PUSHX-16	0.43	0.71	0.73
PUSHX-17	0.48	0.78	0.81
PUSHX-18	0.39	0.81	0.89

檢查最大基底剪力發生時
(第17步) 最大樓層間位移比是
否小於2%：

RFL : 0.48% < 2%

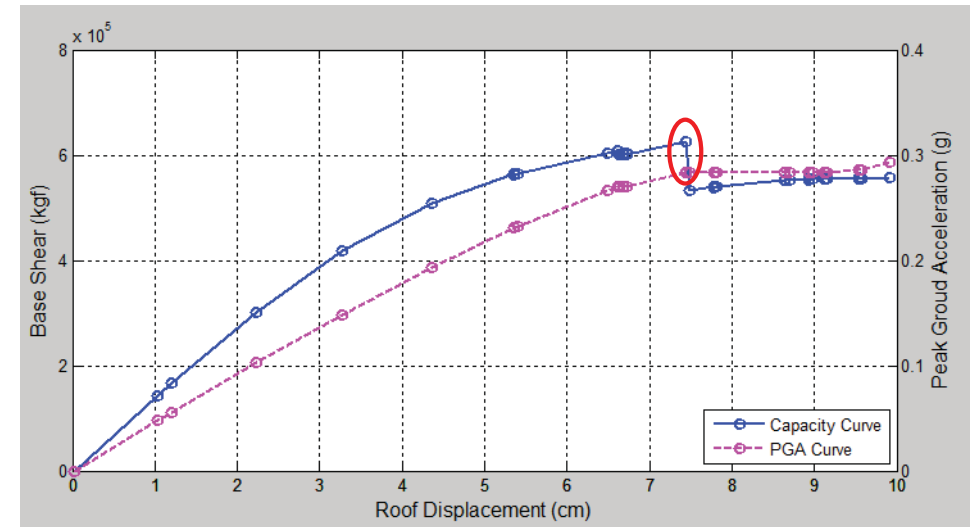
3FL : 0.78% < 2%

2FL : 0.81% < 2%

故目標性能點由強度準則控制

容量曲線及性能目標地表加速度圖

$$V_{\max} = 624.57 \text{ tf} \quad A_p = 0.283g$$



基礎補強設計注意事項

補強基礎設計

- 進行翼牆補強之結構分析後，必須針對翼牆之基礎進行檢核。
- 基礎之檢核時，無論校舍定義為一般校舍或緊急避難用校舍，均採用 $V=V_{\max}$ 時之柱底反力 (P 、 V 、 M) 去檢核基礎承载力。
- 若基礎承载力不足，則需進行基礎補強設計。

小結

- 該棟校舍結構物沿走廊方向**最大側力強度分析值為624.57tf**，而其**最大破壞地表加速度為0.283g**。
- 本案在**一般校舍用途**之下，所採之性能目標地表加速度為**0.283g**。
- 耐震規範要求為 $0.28g(0.4S_{DS})$ ，翼牆補強後之性能目標地表加速度**大於**設計最大地表加速度，此工法進行補強施工可行。

校舍結構耐震補強工程參考圖說

下載網址:

<http://school.ncree.org.tw/school/information/reference.php>

1. [擴柱參考圖說](#)
2. [翼牆參考圖說](#)
3. [剪力牆參考圖說](#)
4. [植筋參考圖說](#)

簡報結束，敬請指教