

「結構耐震評估與補強」系列簡報
2019.11.15 (五)

結構耐震補強：
審查重點及結果彙整表

鍾立來

涂耀賢、邱聰智、楊智斌、楊耀昇

國家地震工程研究中心

國立臺灣大學土木工程學系

國立成功大學土木工程學系

補強設計

既有樓房結構，耐震能力可能不足。

結構耐震能力詳細評估，得其耐震容量與需求比
(CDR, Capacity to Demand Ratio)

$CDR < 1$ ，耐震不合格，補強，提升耐震能力。

補強設計後，詳細評估，確認補強效益。

補強前後之詳細評估，
評估人員，檢核結果；
審查委員，審查結果。

補強設計：審查重點及結果彙整表

工址資料

震區

與斷層之距離

地盤分類

確認耐震需求設定之合理性

結構資料

補強之工法

一樓挑高之程度

樓地板面積之變化

結構總重量之變化

垂直構件承重之變化

補強設計：審查重點及結果彙整表

彈性勁度之資料

軟弱層之變化

振動週期 (經驗、動力、側推) 之變化

最大強度之資料

最大強度之變化

一樓及整體結構之層間位移

等效週期之變化

等效阻尼比之變化

破壞模式之變化

容量需求比之變化

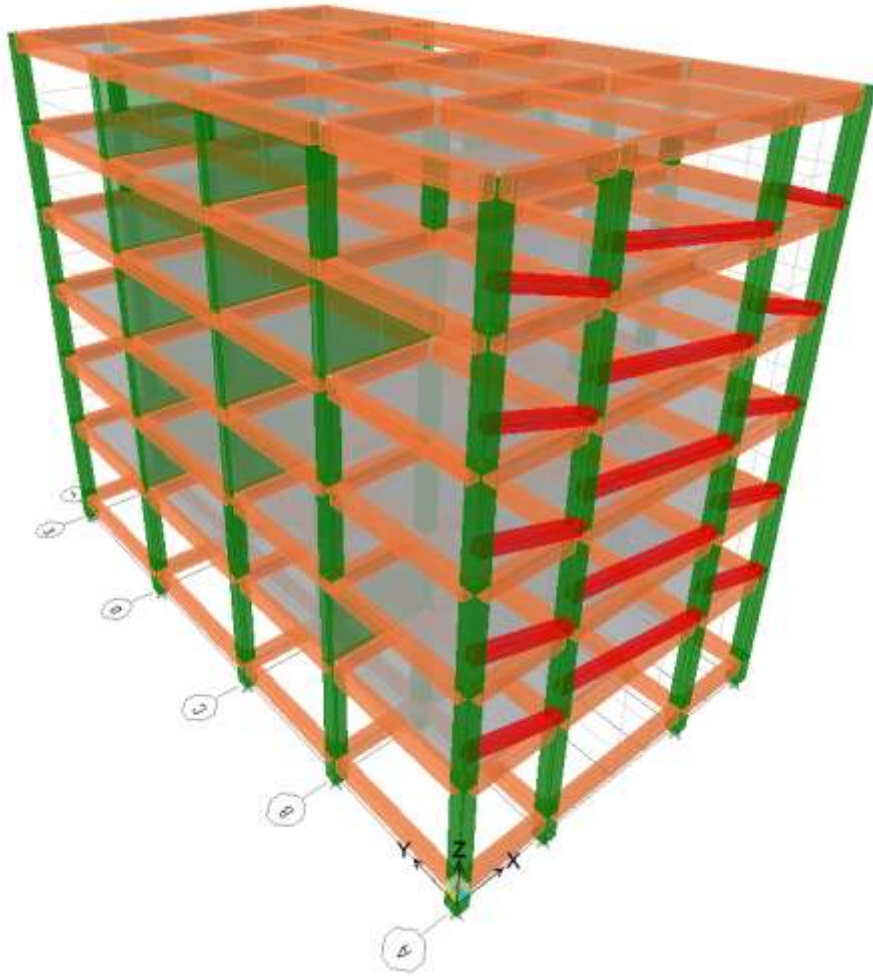
範例樓房

工址座落在花蓮縣花蓮市

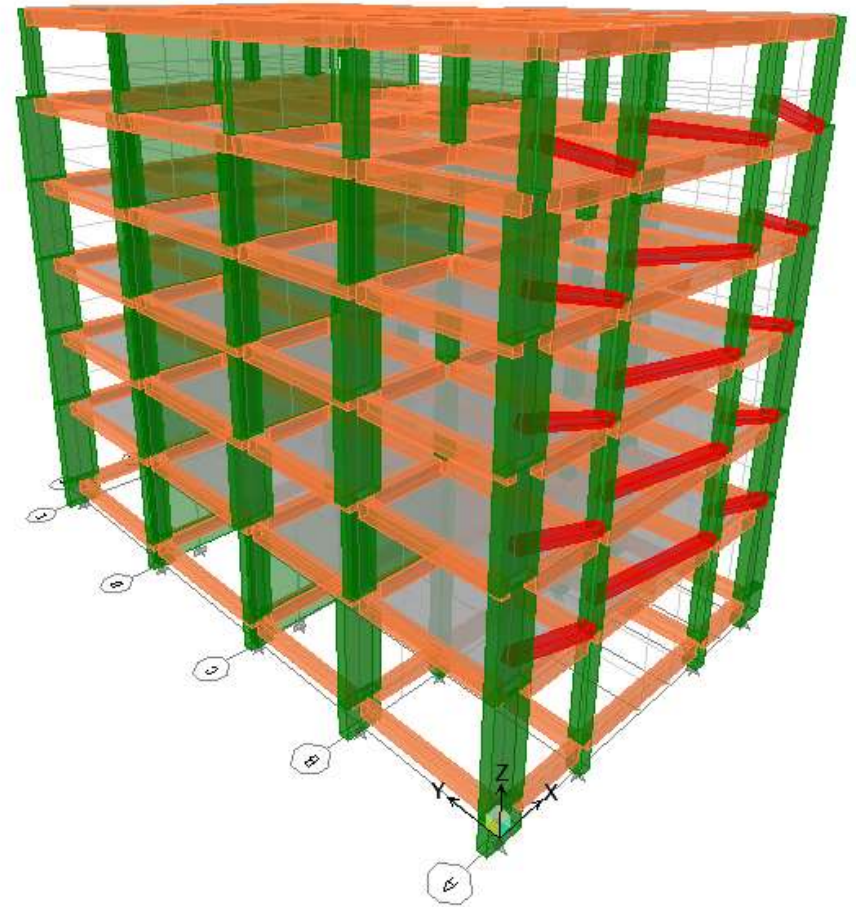
範例樓房：工址之資料

座落之震區	花蓮市	花蓮縣
震區短週期設計譜加速度係數 (g)	0.8	S_S^D
震區一秒週期設計譜加速度係數 (g)	0.45	S_1^D
反應譜等加速度段之近斷層調整因子	1.42	N_A
反應譜等速度段之近斷層調整因子	1.58	N_V
地盤分類 (第一、二、三類或臺北盆地)	三	
反應譜等加速度段之工址放大係數	1.0	F_a
反應譜等速度段之工址放大係數	1.10	F_v
工址短週期設計譜加速度係數 (g)	1.136	S_{DS}
工址一秒週期設計譜加速度係數 (g)	0.782	$S_{D1} = F_v N_V S_1^D$
工址反應譜短週期與中長週期之分界 (s)	0.7325	$T_0^D = S_{D1} / S_{DS}$
(設計) 目標最大地表加速度 (g)	0.4544	$A_T = 0.4 S_{DS}$

範例樓房：3D圖

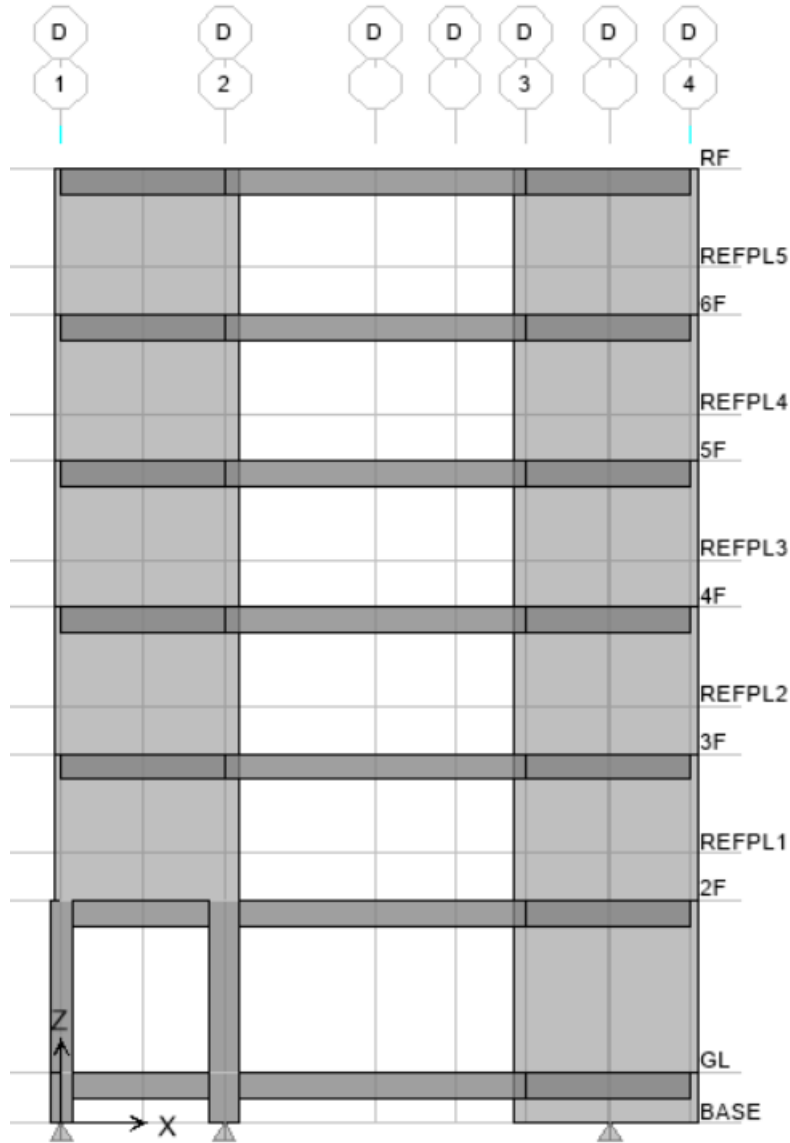


補強前

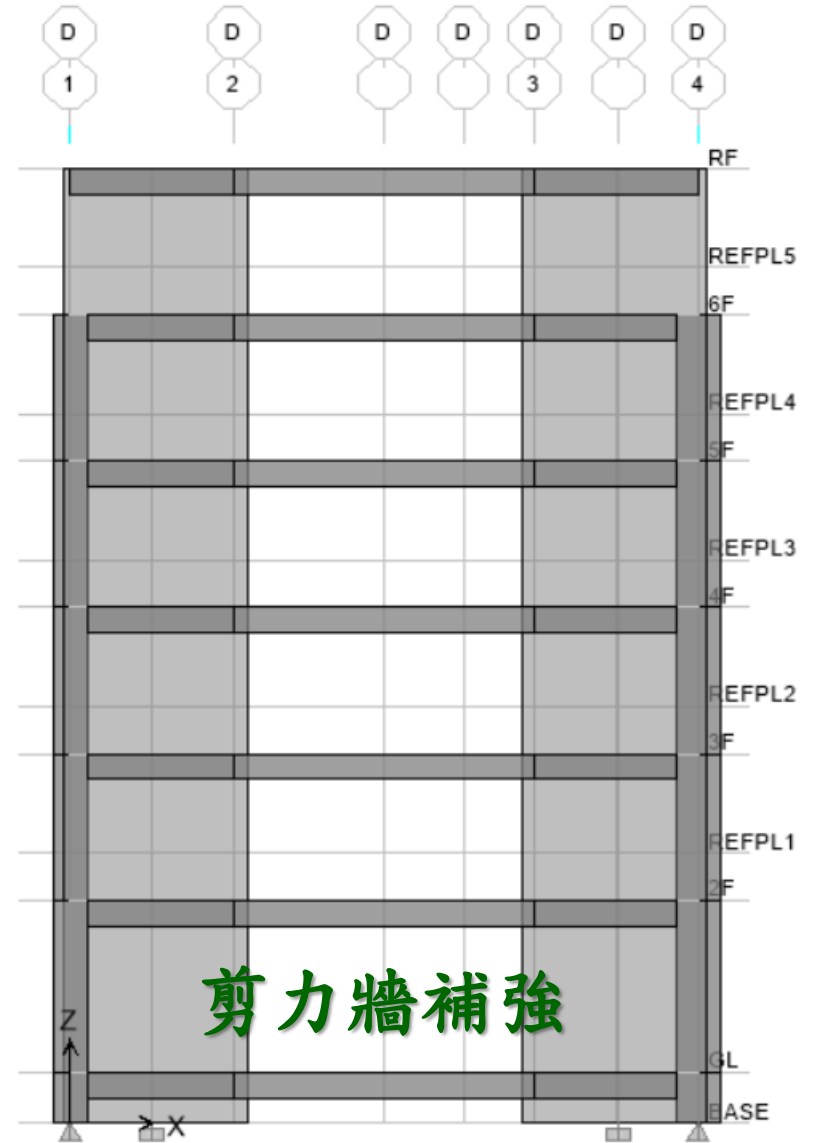


補強後

範例樓房：立面圖

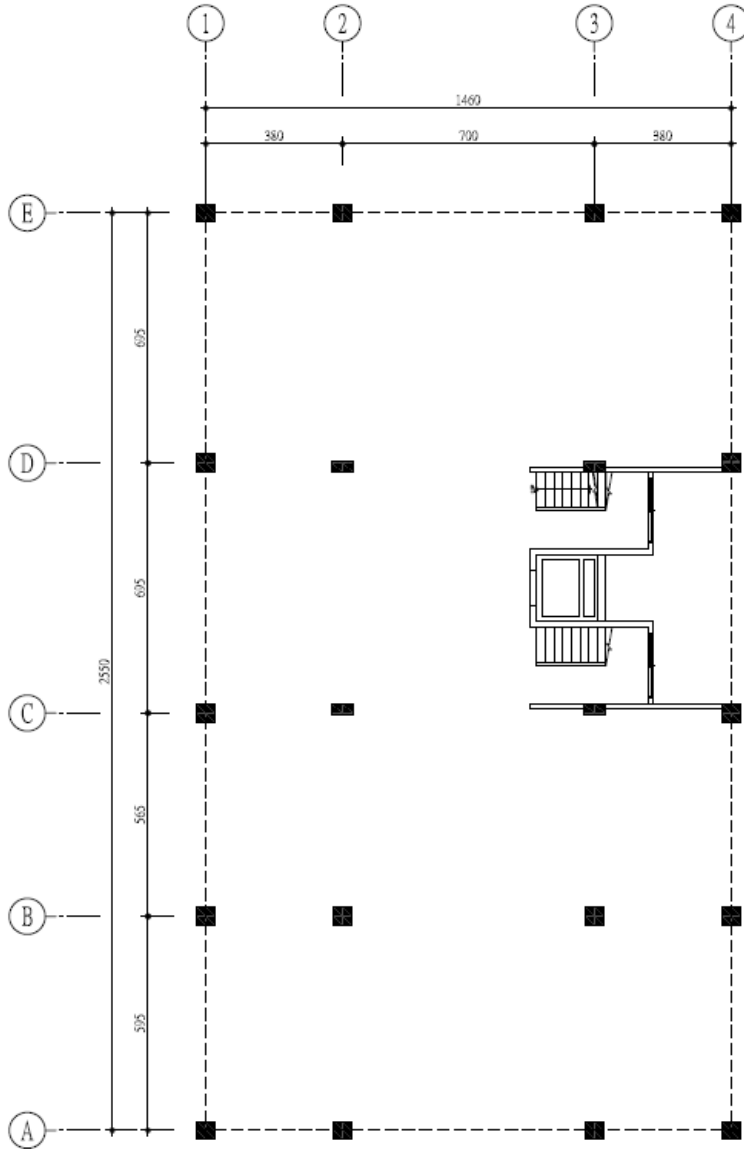


補強前

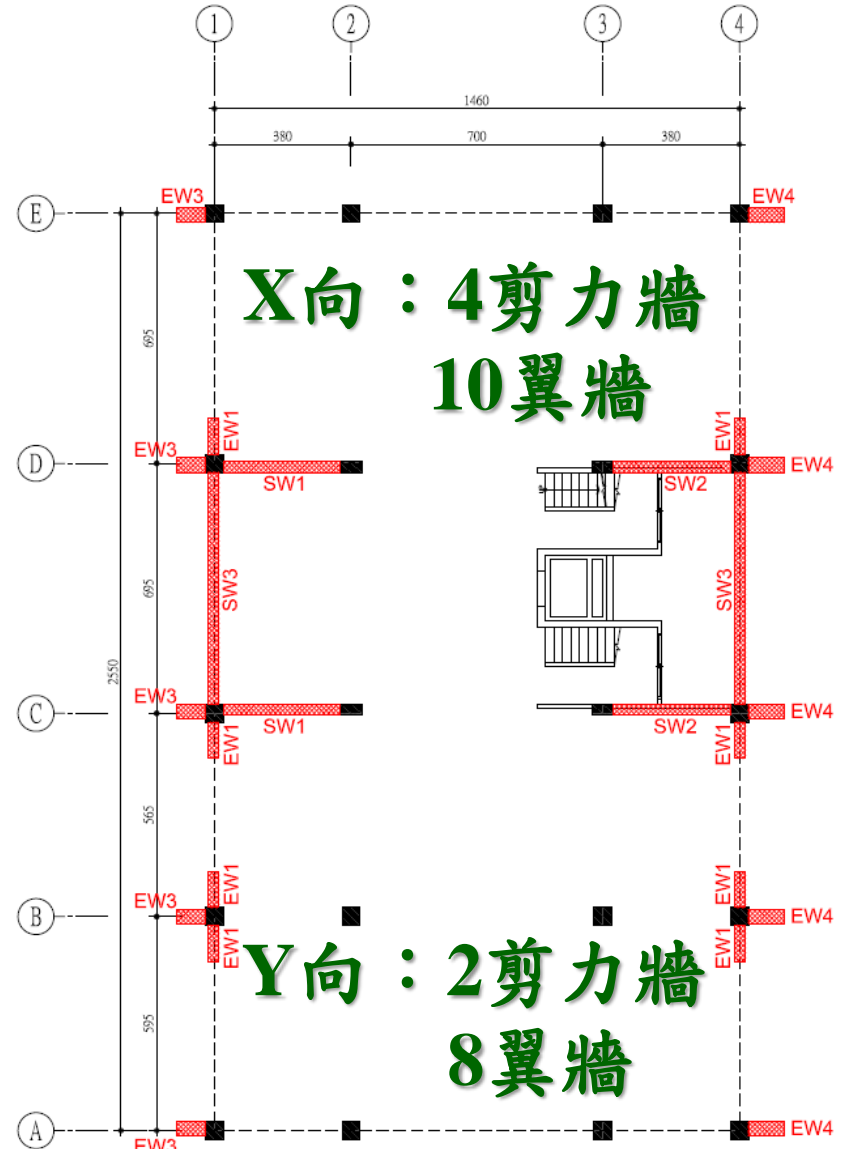


補強後

範例樓房：一樓平面圖

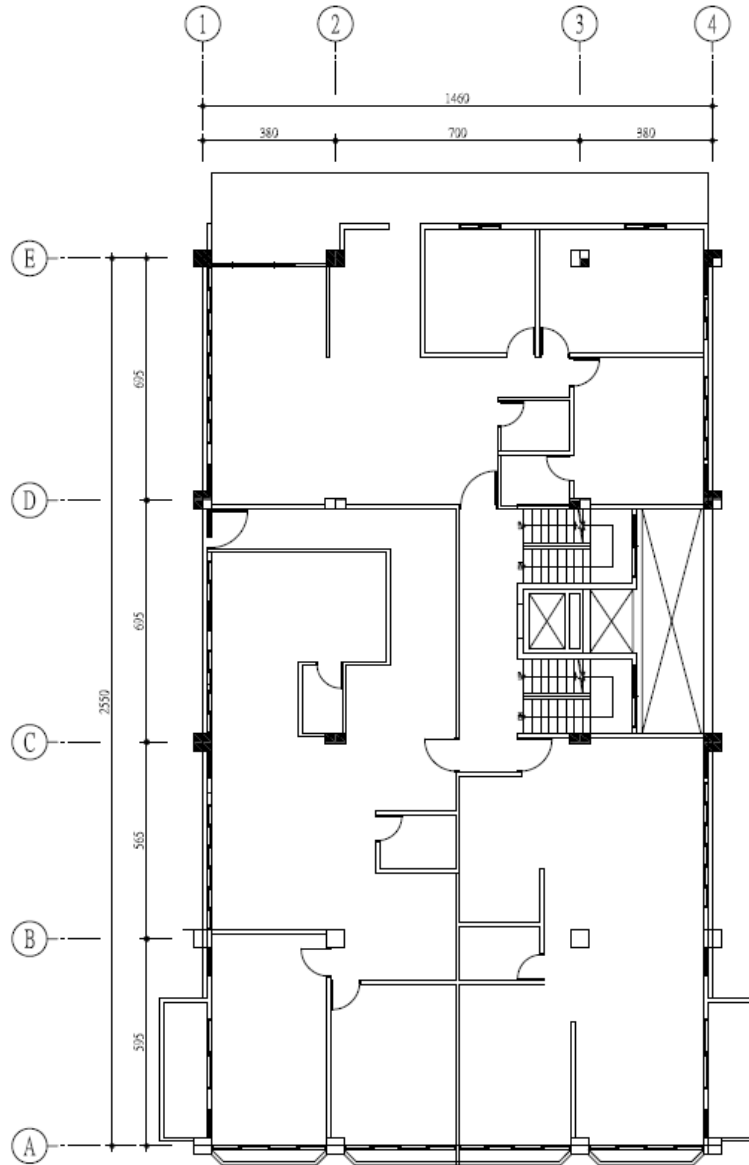


補強前

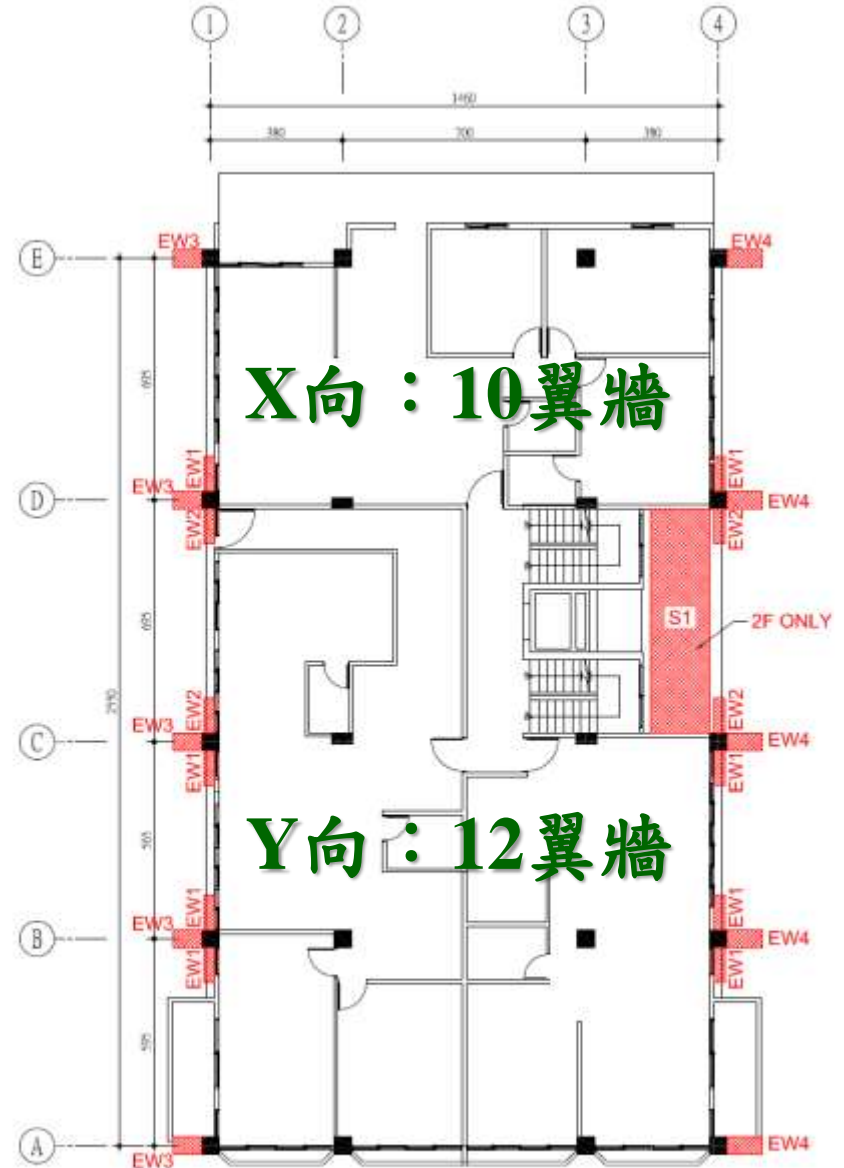


補強後

範例樓房：二樓平面圖



補強前



X向：10翼牆

Y向：12翼牆

補強後

範例樓房：補強前後結構之資料-1

	補強前	補強後	
補強方法(擴柱、翼牆、剪力牆等)	---	翼牆 + 剪力牆	
構造	RC	RC	
樓層數	6	6	N
樓高(基面以上) (m)	21	21	H
一樓樓層高 (m)	4	4	h_1
標準層樓層高 (m)	3.4	3.4	h_T
一樓及標準層樓層高度比	1.176	1.176	h_1/h_T
X向之最大尺度 (m)	15	15	L_X
Y向之最大尺度 (m)	26	26	L_Y
總樓地板面積(基面以上) (m ²)	2393	2393	A
總重量(基面以上) (tf)	2864	3076	W
單位樓地板面積之重量 (tf/m ²)	1.197	1.285	$w = W/A$
X向跨數	3	3	
Y向跨數	4	4	
一樓柱子數	20	20	N_C
一樓柱子斷面積 (m ²)	4.98	4.98	A_C
一樓X向RC牆數	2	14	N_{WX}
一樓X向RC牆斷面積 (m ²)	0.7896	7.617	A_{WX}
一樓Y向RC牆數	0	10	N_{WY}
一樓Y向RC牆斷面積 (m ²)	0	6.915	A_{WY}
一樓垂直構件(柱、牆等)斷面積 (m ²)	5.7696	19.512	A_{VM}
一樓單位斷面積之重量 (kgf/cm ²)	49.640	15.765	W/A_{VM}
一樓混凝土抗壓強度 (kgf/cm ²)	210	280	f'_c
一樓垂直構件正規化軸力	0.2364	0.0608	$W/f'_c A_{VM}$

範例樓房：補強前後結構之資料-2

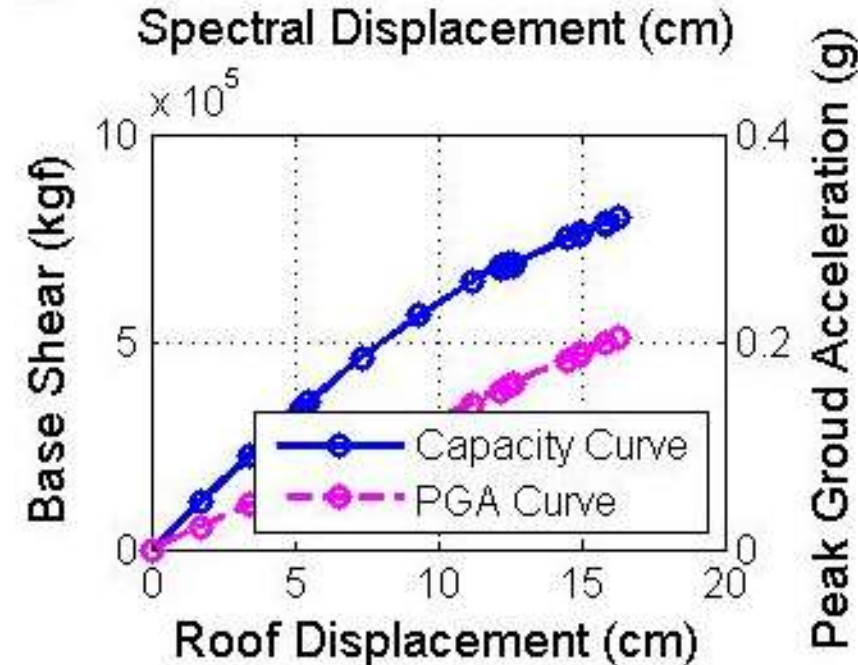
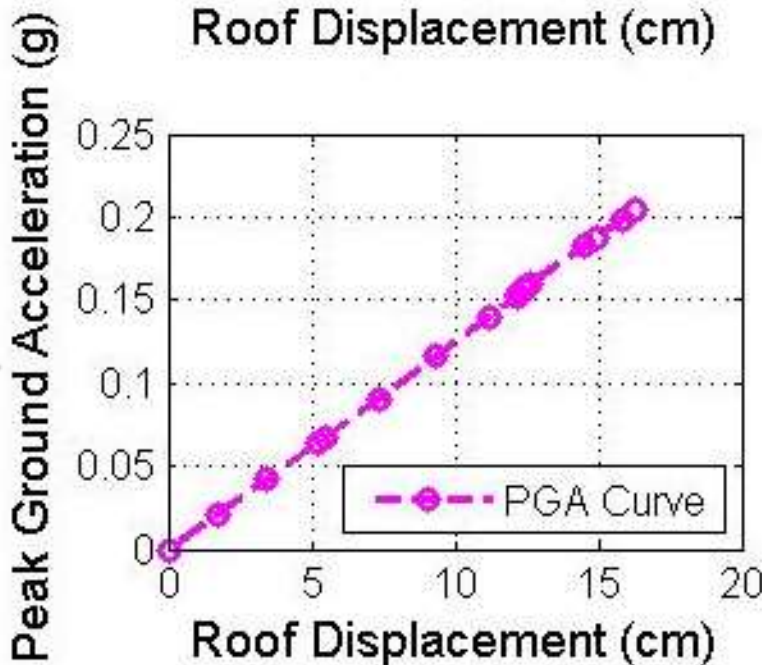
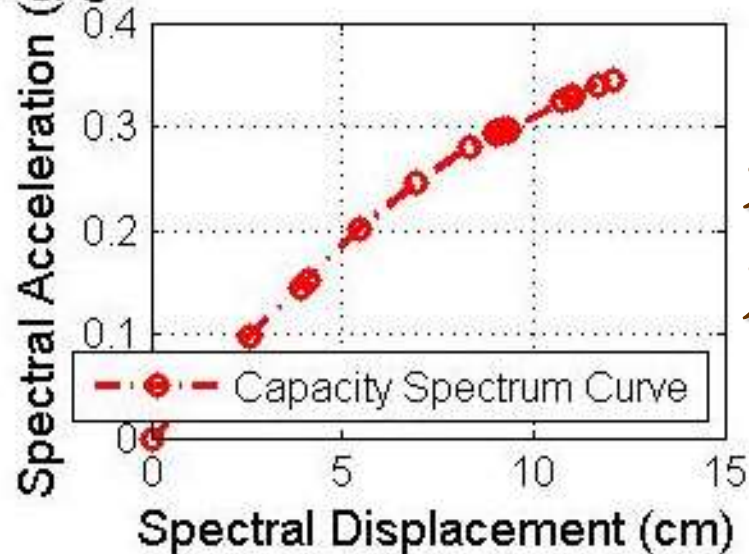
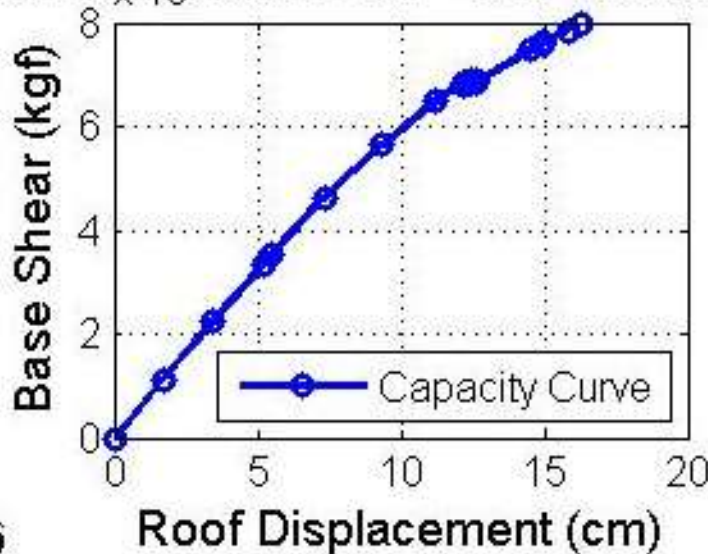
	補強前	補強後	
補強方法 (擴柱、翼牆、剪力牆等)	---	翼牆 + 剪力牆	
構造	RC	RC	
樓層數	6	6	N
樓高 (基面以上) (m)	21	21	H
一樓樓層高 (m)	4	4	h_1
標準層樓層高 (m)	3.4	3.4	h_T
一樓及標準層樓層高度比	1.176	1.176	h_1/h_T
X向之最大尺度 (m)	15	15	L_X
Y向之最大尺度 (m)	26	26	L_Y
總樓地板面積 (基面以上) (m ²)	2393	2393	A
總重量 (基面以上) (tf)	2864	3076	W
單位樓地板面積之重量 (tf/m ²)	1.197	1.285	$w = W/A$

範例樓房：補強前後結構之資料-3

	補強前	補強後	
X向跨數	3	3	
Y向跨數	4	4	
一樓柱子數	20	20	N_C
一樓柱子斷面積 (m ²)	4.98	4.98	A_C
一樓X向RC牆數	2	14	N_{WX}
一樓X向RC牆斷面積 (m ²)	0.7896	7.617	A_{WX}
一樓Y向RC牆數	0	10	N_{WY}
一樓Y向RC牆斷面積 (m ²)	0	6.915	A_{WY}
一樓垂直構件(柱、牆等)斷面積 (m ²)	5.7696	19.512	A_{VM}
一樓單位斷面積之重量 (kgf/cm ²)	49.640	15.765	W/A_{VM}
一樓混凝土抗壓強度 (kgf/cm ²)	210	280	f'_c
一樓垂直構件正規化軸力	0.2364	0.0608	$W/f'_c A_{VM}$

範例樓房：補強前之側推分析

Maximum Base Shear = 798496.9375 kgf



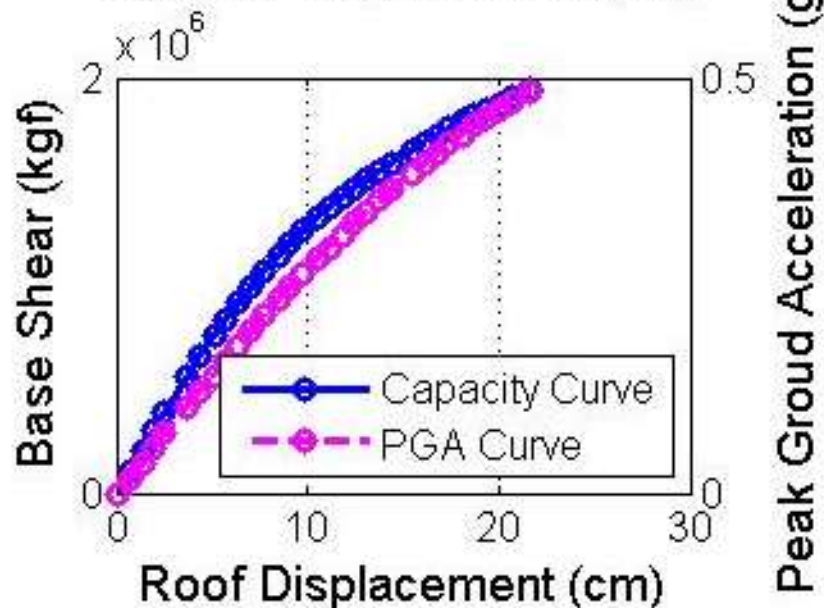
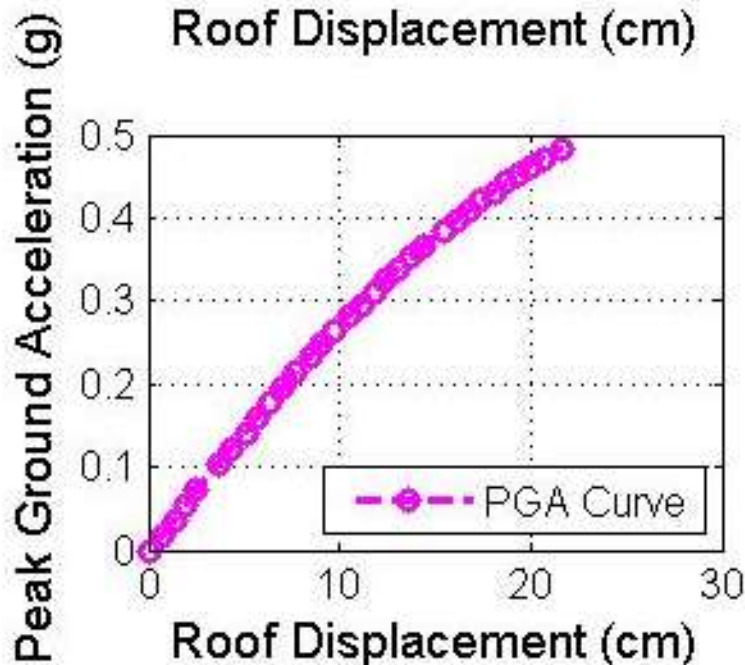
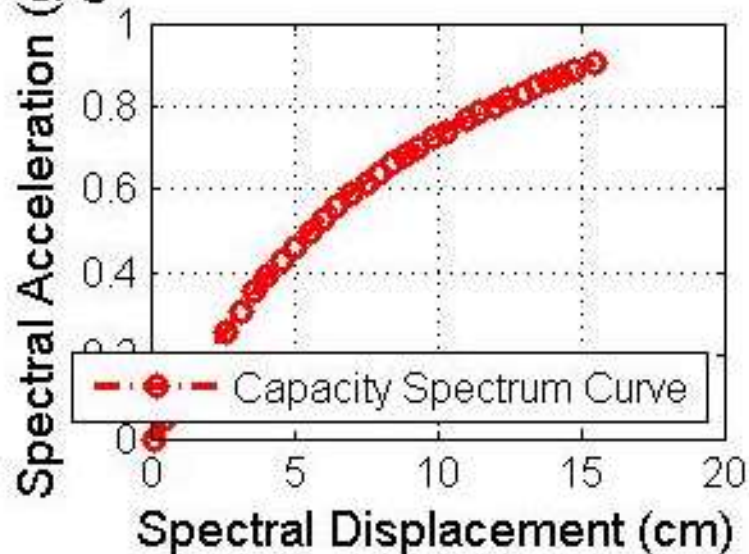
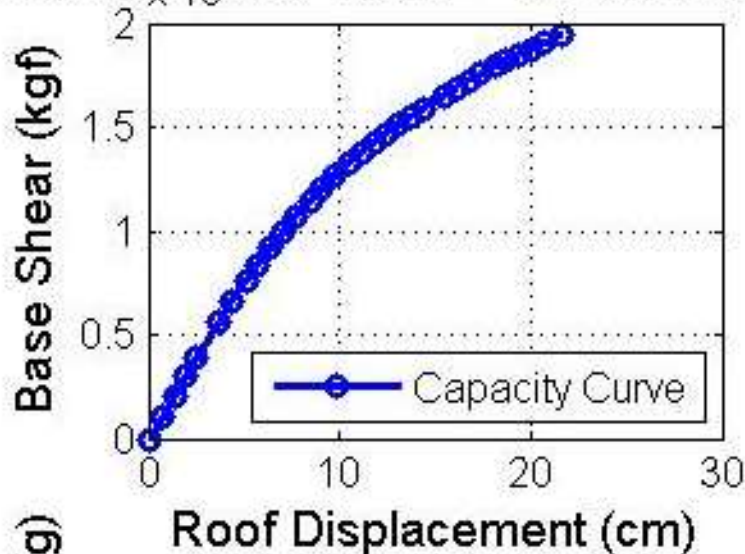
容量
曲線

容量
震譜

性能
曲線

範例樓房：補強前之側推分析

Maximum Base Shear = 1940672.875 kgf



容量
曲線

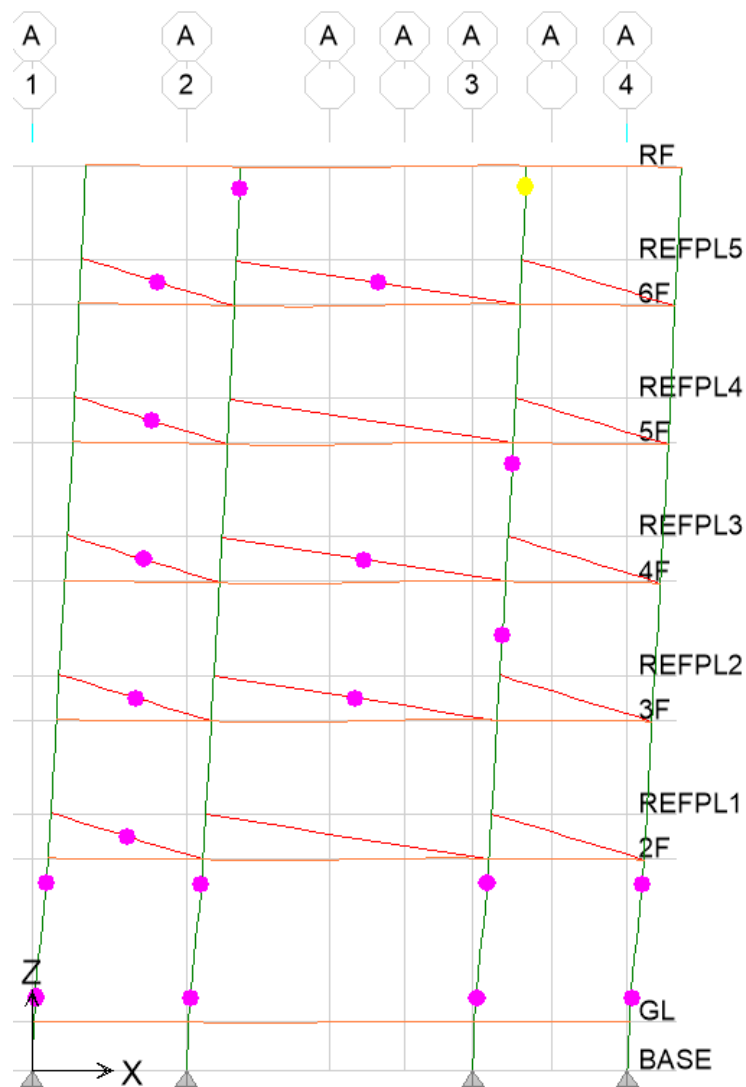
容量
震譜

性能
曲線

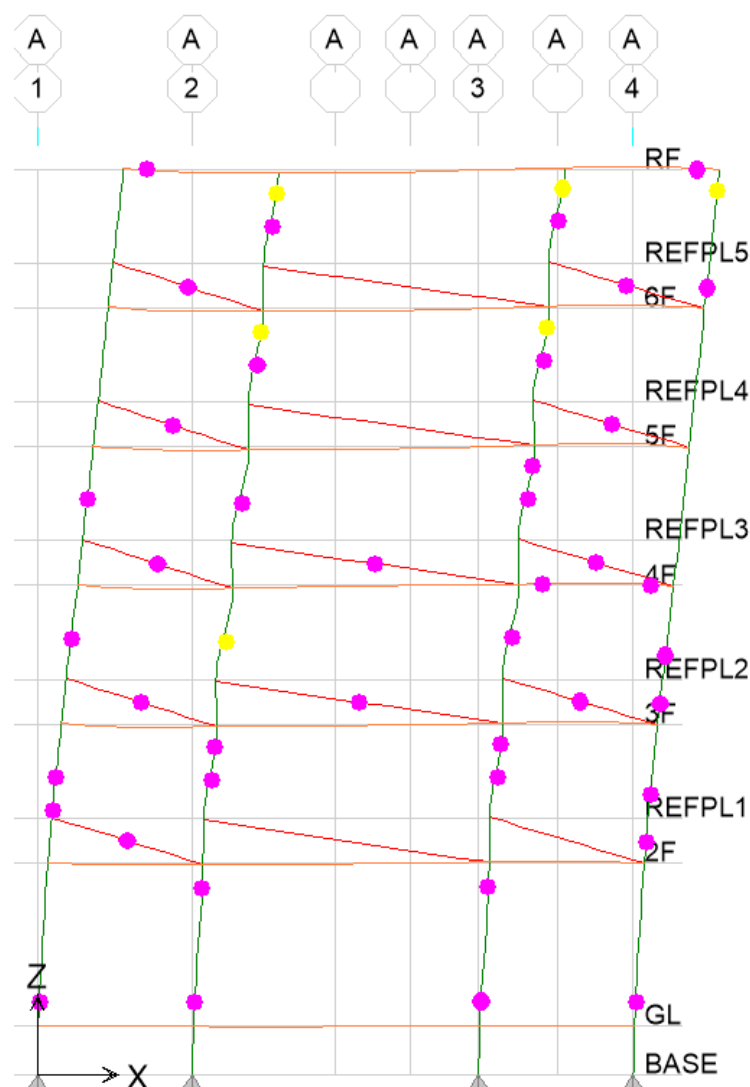
範例樓房：補強前後之勁度結果(+X)

	補強前	補強後	
一樓之彈性層間位移比 (%)	1.12	0.64	$D_1 = \delta_1/h_1$
屋頂之彈性位移比 (%)	0.79	1.05	$D_{RF} = \Delta_{RF}/H$
一樓及屋頂彈性位移比之比值	1.4184	0.6045	D_1/D_{RF}
一樓之彈性勁度 (tf/cm)	178.065	763.263	$k_1 = V_1/\delta_1$
二樓之彈性勁度 (tf/cm)	290.354	507.963	$k_2 = V_2/\delta_2$
一、二樓之彈性勁度比	0.6133	1.5026	k_1/k_2
設計規範之經驗基本振動週期 (s)	0.687	0.490	T_{Cod}
動力分析之基本振動週期 (s)	1.063	0.61	T_{Dyn}
動力及經驗週期比	1.5473	1.2449	T_{Dyn}/T_{Cod}
側推分析之彈性振動週期 (s)	1.0248	0.7614	T_{PO}
側推及動力分析之週期比	0.964	1.248	T_{PO}/T_{Dyn}
補強後前側推之彈性週期比	0.743		$T_{PO,A}/T_{PO,B}$

範例樓房：強度 V_{max} 之非線性鉸(+X)



補強前



補強後

範例樓房：補強前後之強度 V_{max} 結果(+X)-1

	補強前	補強後	
最大基底剪力 (tf)	798.5	1940.7	V_{max}
單位重量之最大基底剪力	0.279	0.631	V_{max}/W
最大基底剪力之上限 (tf)	977.5	2273.1	$V_{max,ub}$
最大基底剪力及其上限之比	0.8169	0.8538	$V_{max}/V_{max,ub}$
補強後前之最大基底剪力比	2.430		$V_{max,A}/V_{max,B}$
最大基底剪力時之一樓層間位移 (cm)	4.97	2.97	$\delta_{1,Vmax}$
最大基底剪力時之一樓層間位移比 (%)	1.243	0.743	$D_{1,Vmax} = \delta_{1,Vmax}/h_1$
最大基底剪力時之屋頂位移 (cm)	16.32	21.63	$\Delta_{RF,Vmax}$
最大基底剪力時之屋頂位移比 (%)	0.777	1.030	$D_{RF,Vmax} = \Delta_{RF,Vmax}/H$
最大基底剪力時一樓及屋頂位移比之比值	1.599	0.721	$D_{1,Vmax}/D_{RF,Vmax}$
最大基底剪力時之等效週期 (s)	1.186	0.809	$T_{PO,Vmax}$
補強後前最大基底剪力時之等效週期比	0.6821		$T_{PO,Vmax,A}/T_{PO,Vmax,B}$
最大基底剪力時之等效阻尼比 (%)	10.34	16.01	ζ_{Vmax}
補強後前最大基底剪力時之等效阻尼比的比值	1.5484		$\zeta_{Vmax,A}/\zeta_{Vmax,B}$
最大基底剪力時一樓柱子破壞(剪力或兩端撓曲)之數目	0	0	$N_{CF,Vmax}$
最大基底剪力時一樓柱子破壞(剪力或兩端撓曲)之比例	0	0	$N_{CF,Vmax}/N_C$
最大基底剪力時一樓RC牆破壞(剪力或兩端撓曲)之數目	0	0	$N_{WF,Vmax}$
最大基底剪力時一樓RC牆破壞(剪力或兩端撓曲)之比例	0	0	$N_{WF,Vmax}/N_W$
最大基底剪力時之性能最大地表加速度 (g)	0.204	0.483	$A_{P,Vmax}$ (g)
最大基底剪力時之容量需求比 (CDR)	0.449	1.063	$R_{CD} = A_P/A_T$

範例樓房：補強前後之強度 V_{max} 結果(+X)-2

最大基底剪力時	補強前	補強後	
最大基底剪力 (tf)	798.5	1940.7	V_{max}
單位重量之最大基底剪力	0.279	0.631	V_{max}/W
最大基底剪力之上限 (tf)	977.5	2273.1	$V_{max,ub}$
最大基底剪力及其上限之比	0.8169	0.8538	$V_{max}/V_{max,ub}$
補強後前之最大基底剪力比	2.430		$V_{max,A}/V_{max,B}$
一樓層間位移 (cm)	4.97	2.97	$\delta_{1,Vmax}$
一樓層間位移比 (%)	1.243	0.743	$D_{1,Vmax} = \delta_{1,Vmax}/h_1$
屋頂位移 (cm)	16.32	21.63	$\Delta_{RF,Vmax}$
屋頂位移比 (%)	0.777	1.030	$D_{RF,Vmax} = \Delta_{RF,Vmax}/H$
一樓及屋頂位移比之比值	1.599	0.721	$D_{1,Vmax}/D_{RF,Vmax}$

範例樓房：補強前後之強度 V_{max} 結果(+X)-3

最大基底剪力時	補強前	補強後	
等效週期 (s)	1.186	0.809	$T_{PO,Vmax}$
等效週期比	0.6821		$T_{PO,Vmax,A} / T_{PO,Vmax,B}$
等效阻尼比 (%)	10.34	16.01	ζ_{Vmax}
等效阻尼比的比值	1.5484		$\zeta_{Vmax,A} / \zeta_{Vmax,B}$
一樓柱子破壞之數目	0	0	$N_{CF,Vmax}$
一樓柱子破壞之比例	0	0	$N_{CF,Vmax} / N_C$
一樓RC牆破壞之數目	0	0	$N_{WF,Vmax}$
一樓RC牆破壞之比例	0	0	$N_{WF,Vmax} / N_W$
性能最大地表加速度 (g)	0.204	0.483	$A_{P,Vmax}$
容量需求比 (CDR)	0.449	1.063	$R_{C/D} = A_P / A_T$

補強設計：審查重點及結果彙整表

鍾立來、涂耀賢、邱聰智、楊智斌、楊耀昇 (2019)，「審查重點及結果彙整表(二)：結構耐震補強」，技師報，第1198期。

鍾立來、陳俊鴻、楊耀昇、邱聰智、涂耀賢 (2019)，「結構耐震評估：審查重點及結果彙整表」，技師報，第1180期。

邱聰智等 (2018)，「臺灣結構耐震評估側推分析法 (TEASPA V3.1)」，國家地震工程研究中心，研究報告NCREE-18-015。

楊耀昇、周維苓、鍾立來、賴勇安、邱聰智、賴昱志 (2018)，「結構耐震評估與補強設計結果之檢核(上)(下)」，技師報第1123及1124期。

鍾立來、陳俊鴻、楊耀昇、邱聰智 (2019)，「結構耐震設計與評估：以側推分析檢核軟弱層」，技師報，第1175期。

內政部營建署 (2011)，「建築物耐震設計規範及解說」。

補強設計：審查重點及結果彙整表

工址資料：耐震需求

結構資料：工法、挑高、重量、垂直構件之承重

勁度 (線彈性) 資料：軟層、彈性週期

強度 (極限) 資料：弱層、等效週期、等效阻尼比、
容量需求比

謝謝！

<https://youtu.be/HUPeptMjZQM>

Chung's group

<https://www.youtube.com/channel/UCkqFe9pQB9u5bYvmuRrIZTw>