

# 位移型及速度型被動消能元件組合應用 案例介紹

---

 大彥工程顧問股份有限公司

楊培堅 總經理/結構技師

黃彥智 設計部協理/結構技師

# 大綱

---

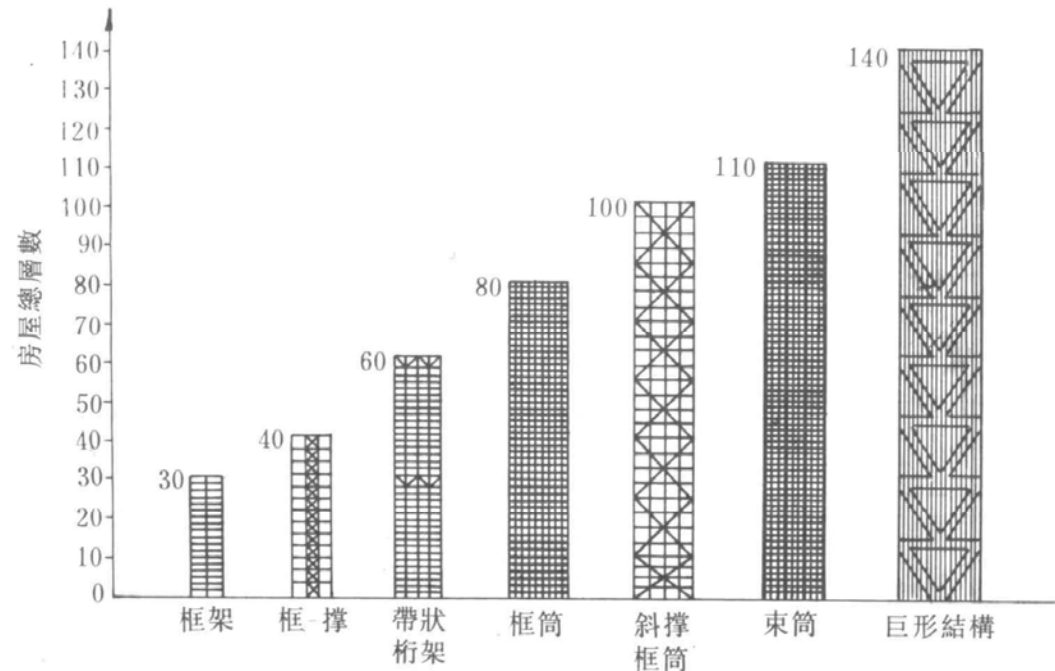
- 位移型與速度型制震器組合應用構想
- 應用案例一
- 應用案例二
- 施工安裝

---

# 位移型與速度型制震器 組合應用構想

# 位移型制震器使用目的

## 鋼結構樓層高度與結構系統關係圖

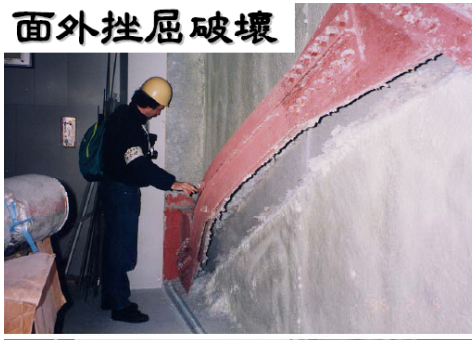


【資料來源】：  
劉大海、楊翠如，「高層建築  
抗震設計」，淑馨出版社

- 透過構架元件立體化、巨型化，來提高結構系統勁度與強度，以增加結構系統的效率。
- 配置斜撐達到構架元件立體化、巨型化的目的。

# 位移型制震器使用目的

## 傳統斜撐的問題



傳統鋼骨同心斜撐破壞  
實例(1995年阪神地震)

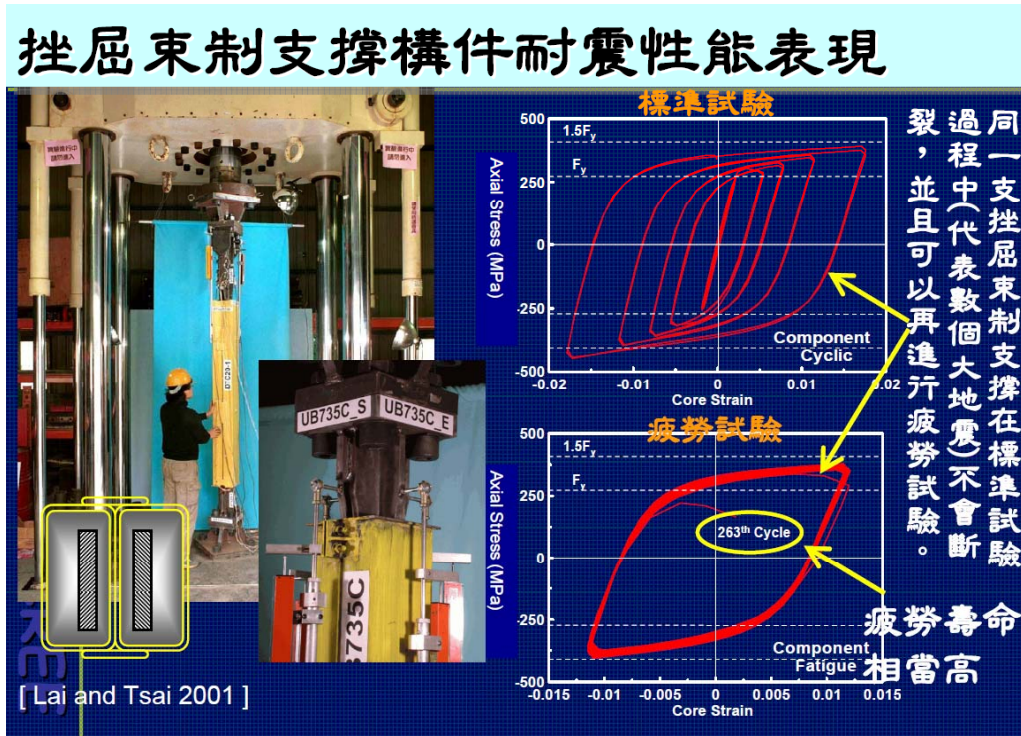


【資料來源】：  
蔡克銓，「槽接式挫屈束制支撐  
設計與應用技術研討會簡報」

- 傳統斜撐容易發生挫屈破壞，故韌性表現不佳。
- 為避免挫屈加大斷面，造成設計結果不經濟。

# 位移型制震器使用目的

## 挫屈束制斜撐(BRB)的特性



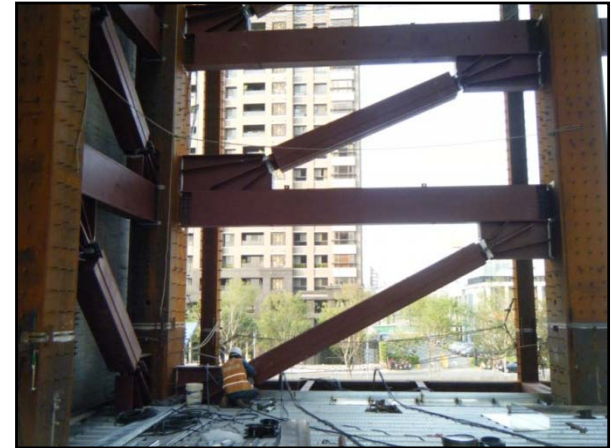
【資料來源】：  
蔡克銓，「槽接式挫屈束制支撐設計與應用技術研討會簡報」

- 受壓不會挫屈，全斷面均可降伏，構件效率佳。
- 受拉及受壓均可穩定消能，韌性表現佳。

# 位移型制震器使用目的

---

## 挫屈束制斜撐的種類



# 速度型制震器使用目的

---

日本311地震東京超高層建築反應影片



【資料來源】：Youtube 網站

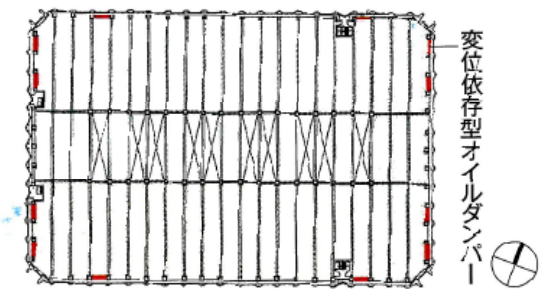
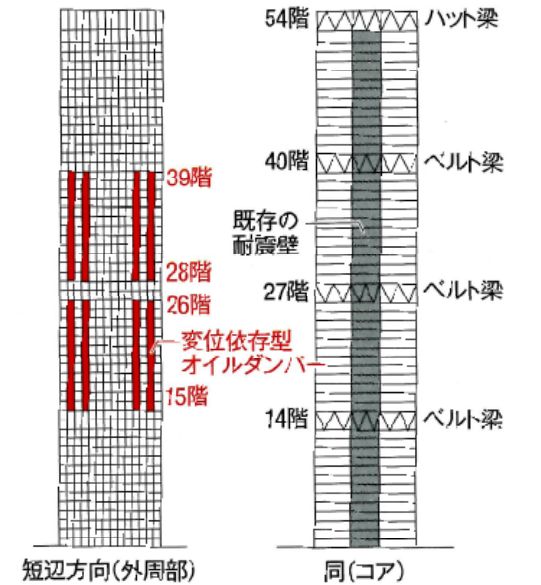


# 速度型制震器使用目的

## 日本311地震東京超高層建築反應



【資料來源】：  
“東日本大震災の教訓 都市・建築編 覆る建築の常識”・日経アーキテクチュア



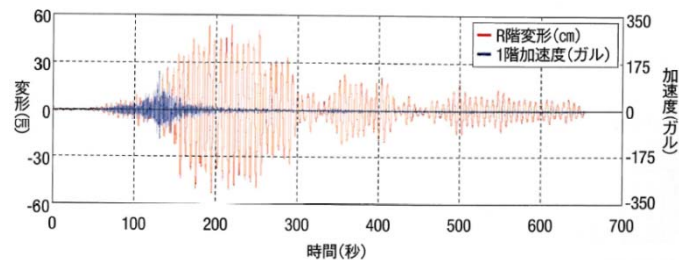
15～26階と28～39階の24フロアに、計288基を設置した。フロア単位では、固有周期が6.2秒の短辺方向に8基、5.2秒の長辺方向に4基だ

# 速度型制震器使用目的

## 日本311地震東京超高層建築反應

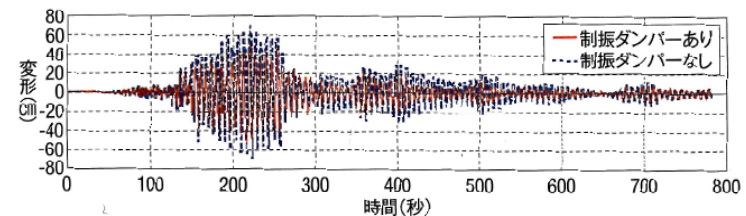
### 新宿センタービルでの観測結果

	震度階 (計測震度)	最大加速度 (ガル)			最大変位 (cm)	
		X (長辺)	Y (短辺)	Z (上下)	X (長辺)	Y (短辺)
R階		236.0	161.3	—	49.4	54.2
28階		112.7	171.3	—	26.3	33.3
1階	震度5弱 (4.5)	94.3	142.1	57.8	—	—



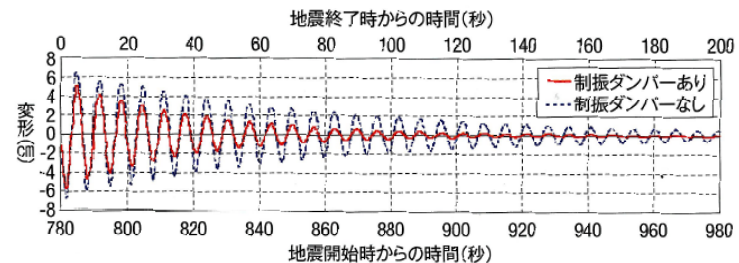
【資料來源】：  
 “東日本大震災の教訓 都市・建築編 覆  
 る建築の常識” ・日経アーキテクチュア

### 対策前後の比較 (R階短辺方向の変形)



最大変形は、制振ダンパーなしの場合が69.8cm (解析値)。ダンパーありでは54.2cm (観測値) で、22%の低減効果があった (資料：大成建設)

### 対策前後の比較 (R階短辺方向の後揺れ)



地震終了後、変形が地震終了時の振幅の2分の1以下になる時間を解析した。ダンパーなしの場合は50.2秒、ありの場合は24.5秒を要する。51%低減した (資料：大成建設)

- 因鋼骨結構物材料用量少，結構系統阻尼比低，故受震後建築物反應不易停止。
- 系統需配置額外阻尼，以提高系統阻尼比，加速受震反應停止。

# 速度型制震器使用目的

## 速度型制震器特性

- 制震器本身無勁度或低勁度，結構中裝置速度型制震器，對原結構勁度影響不大。
- 小變形即可發揮消能作用，故地震發生初期即可消散地震能量。

## 速度型制震器種類

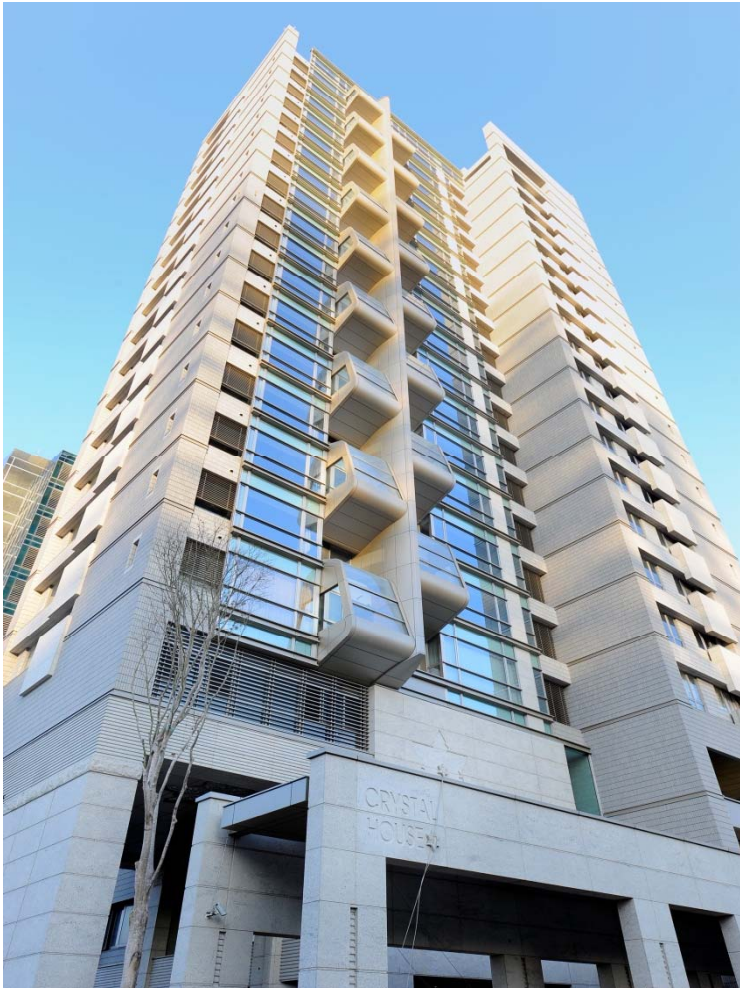


---

# 應用案例一



# 工程概要

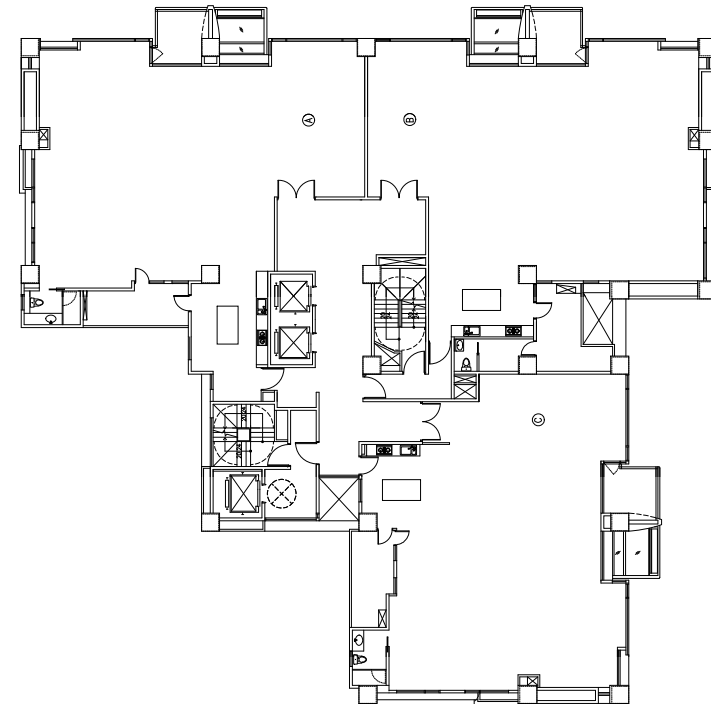
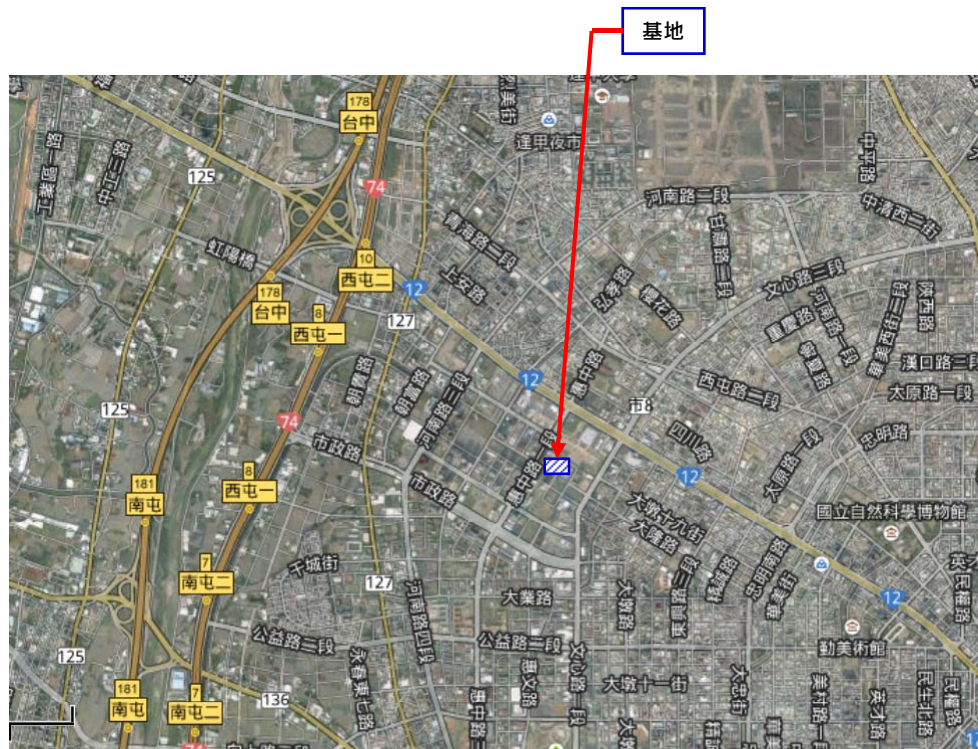


- 基地：台中市西屯區惠國段(新市政大樓旁)
- 樓層數：B4+22F
- 用途：住宅大樓
- 構造：SRC
- 結構系統：韌性抗彎矩構架加挫屈束制支撐(BRB)及VE制震器構成之二元系統
- 設計地震力：

中小度地震	0.067g
設計地震	0.288g
最大考量地震	0.371g

# 工程概要

## 基地位置與平面配置

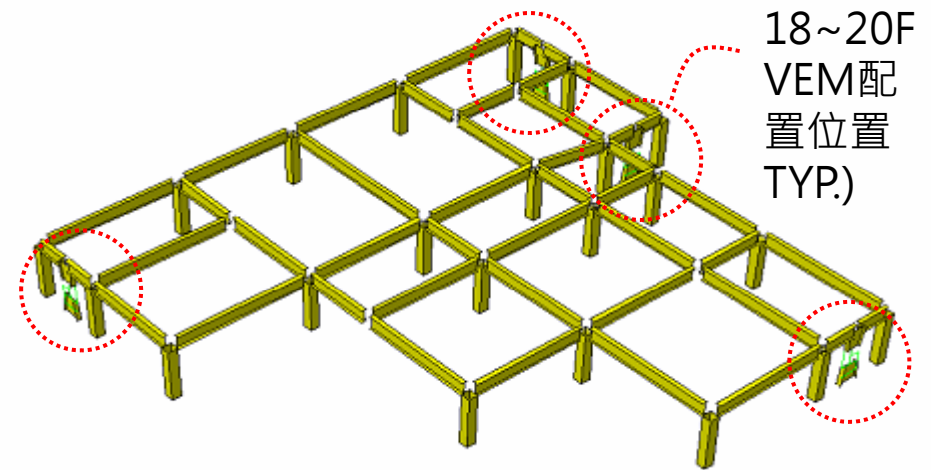
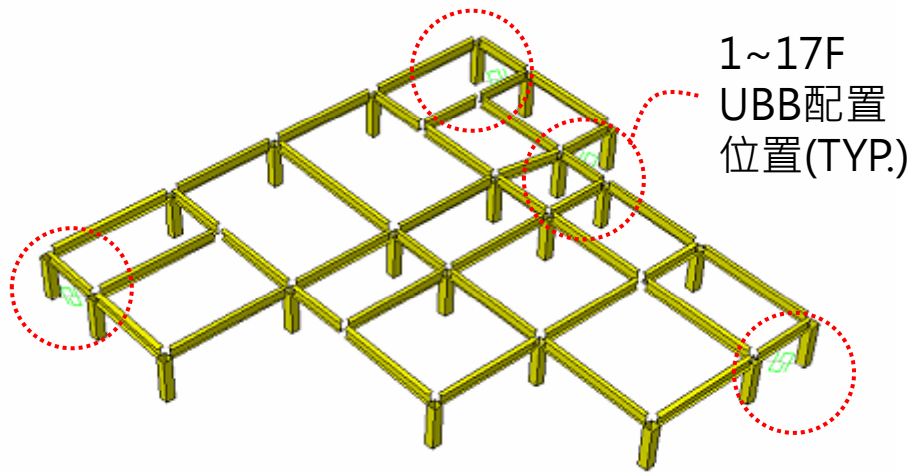


位移型及速度型被動消能元件組合應用案例介紹

# 工程概要

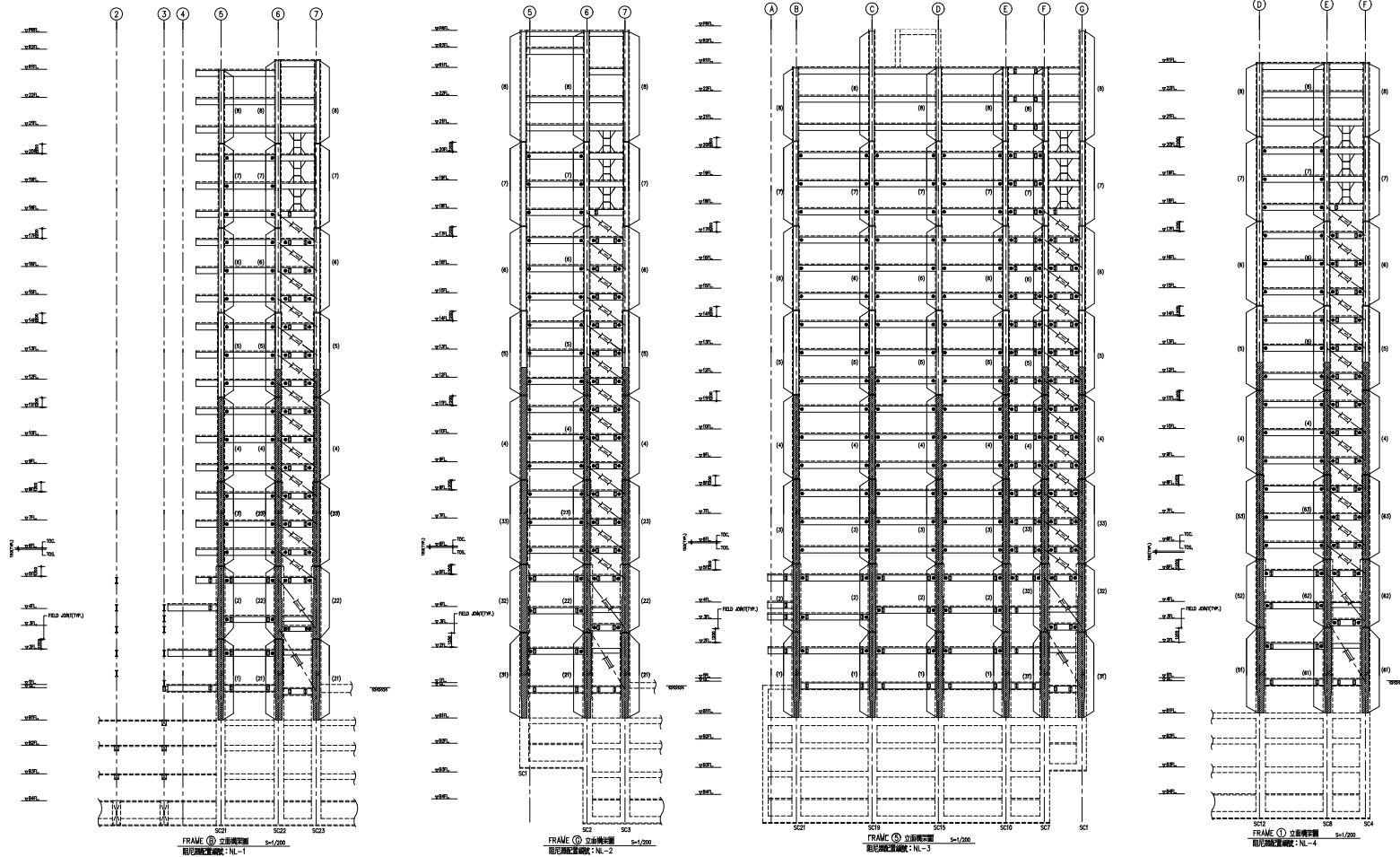
## 制震器配置

- 制震器係配置於地上一層至二十層樓間，其中由地上一層至十七層於兩方向共裝設60組挫屈束制斜撐(UBB)，於地上十八層至二十層於兩方向共裝設12組黏彈制震器(VEM)。



# 工程概要

## 制震器立面配置



位移型及速度型被動消能元件組合應用案例介紹



大彥工程顧問股份有限公司 16  
DAYAN ENGINEERING CONSULTANT CO., LTD.



# 工程概要

## UBB設計參數



Notes: -

1. Minimum Yield Force:  $P_y = A_c \times F_y$ , where  $F_y$  = minimum yield point / stress.
2.  $K_{eq}$ , equivalent stiffness at the length  $L_{wp}$ :  $K_{eq} = 1 / (1/K_c + 1/K_t + 1/K_j)$  for UBB, and where  $K_c = E \times A_c / L_c$ ,  $K_t = E \times A_t / L_t$  and  $K_j = E \times A_j / L_j$ , respectively,  $E = 21000 / \text{cm}^2$
3.  $L_c$ ,  $L_t$ ,  $L_j$  and  $L_{wp}$ ; refer to Figure 1 below.

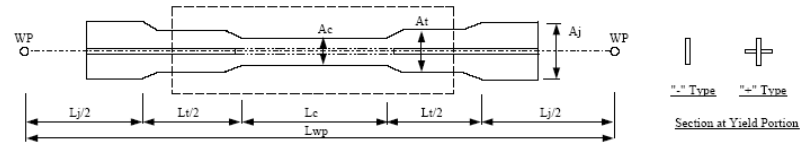


Figure 1 : Brace dimension:

	E (t/cm <sup>2</sup> )	L <sub>wp</sub> (mm)	A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>j</sub> (mm <sup>2</sup> )	L <sub>c</sub> (mm)	L <sub>t</sub> (mm)	L <sub>j</sub> (mm)	K <sub>c</sub> (t/m)	K <sub>t</sub> (t/m)	K <sub>j</sub> (t/m)	K <sub>eq</sub> (t/m)
UB1	2100	5700	6270	16896	19316	1515	1404	2781	86911	252718	145860	44805
UB2	2100	5700	7524	16896	19316	1515	1404	2781	104293	252718	145860	49017
UB3	2100	5700	9196	14916	19316	1515	1164	3021	127469	269103	134272	52608
UB4	2100	5700	10465	26425	30275	1515	924	3261	145059	600568	194963	73057
UB5	2100	5700	13335	26425	30275	1515	684	3501	184842	811294	181598	82309
UB6	2100	5700	15040	27200	32000	1515	726	3459	208475	786777	194276	89166
UB7	2100	5700	18000	26400	30400	1515	515	3670	249505	1076505	173951	93584
UB8	2100	7580	19575	31275	36675	2022	1831	3727	203301	358697	206647	79708
UB9	2100	7580	23175	31275	34875	2022	1618	3940	240690	405918	185882	83347
UB10	2100	8620	14625	41175	47475	2165	2618	3837	141859	330281	259832	71810
UB11	2100	8620	19575	30375	37575	2165	2283	4172	189873	279402	189136	70757

# 工程概要

## VEM設計參數



Productivity Residential Building  
VEM Damper Characteristic

Input Data	1st Order Natural Period of building		T (sec)	2.40	2.40	2.40
	VEM	Design Temperature	$\theta$ (deg C)		22	27
Deformation of VEM		$\delta$ (mm)		15	15	15
Thickness of VEM		d (mm)		5	5	5
Area of VEM		A (cm <sup>2</sup> )		20000	20000	20000
Calculation	Material Properties	Elastic Stiffness Coefficient	$G'$ (kN/cm <sup>2</sup> )	0.012	0.009	0.008
		Damping Coefficient	$c$ (kN*s/cm <sup>2</sup> )	0.004	0.002	0.002
		Loss Factor	$\eta$	0.796	0.692	0.592
		Total Stiffness Coefficient	$G$ (kN/cm <sup>2</sup> )	0.015	0.011	0.009
	Damper Stiffness	Damping Coefficient	$C_d$ (kN*s/cm)	141	98	70
		Elastic Stiffness	$K_d$ (kN/cm)	465	370	309
		Total Stiffness	$K$ (kN/cm)	594	450	359
		Maximum Shear Force	P (kN)	891	674	539

# 位移型制震器設計流程

---

## 挫屈束制斜撐(BRB)設計參考文獻

- 蔡克銓、魏志毓，「挫屈束制支撐構架之設計」，結構隔減震設計與施工研討會論文集，台北(2007)。
- 陳正誠，「純鋼構BRB之設計與施工」，鋼結構設計與施工技術研討會論文集，台北(2008)。

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 被動消能設計原則之規範條文說明

### 10.1.2 被動消能設計基本原則

本章所訂消能建築之設計基本原則為：對所有消能建築，要求在中小度地震下須完全保持彈性，且非結構元件無明顯損壞；在設計地震下，消能系統能正常發揮功能，而原結構體可容許產生降伏，但使用之韌性不得超過其容許韌性容量 $R_a$ 。在最大考量地震下，消能系統仍能正常發揮功能，而原結構體容許產生降伏，但使用之韌性不得高於規定之韌性容量 $R$ 。若未能符合10.3節有關可進行線性分析規定之消能建築物，則須依照10.4節之規定進行非線性動力分析。

### 10.4.3 容許層間相對側向位移角

消能建築須按其消能元件之有效阻尼比，計算出中小度地震之設計地震力，並檢核其在中小度地震作用下，各樓層層間相對側向位移角不得超過 0.005，計算位移時應計及平移與扭轉位移。

- 需檢核中小度地震、設計地震及最大考量地震作用下之設計結果。
- 設計結果須檢核內容如下：
  1. 構架構件反應(降伏狀態)。
  2. 制震元件反應(最大變形或最大受力狀態)。
  3. 結構系統韌性容量使用狀態。
- 由構架變形狀態判定結構性能。

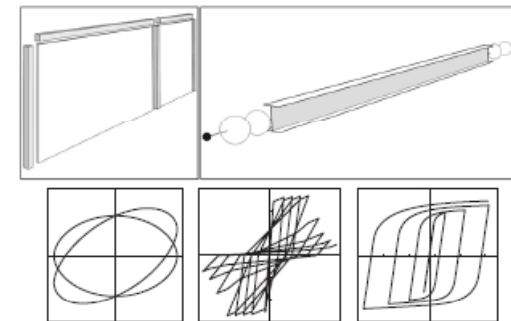
# 設計結果檢核-非線性歷時分析

分析程式：PISA3D

- 為物件導向非線性靜動態3D結構分析程式，可建立完全非線性之3D結構分析模型。
- 具備多種非線性材料，可模擬不同材料及構件之非線性行爲。
- 提供包括Beam-Column、Truss、Joint、Panel及Damper等5種元件。

*Platform of Inelastic Structural Analysis  
for 3D Systems*

**PISA3D**  
**Standard Edition R3.2**  
**User's Manual**



**Bo-Zhou Lin**  
**Yi-Jer Yu**  
**Ming-Chieh Chuang**  
**Keh-Chyuan Tsai**

*National Center for Research on Earthquake Engineering, Taiwan*  
*Department of Civil Engineering, National Taiwan University*  
All rights reserved, March, 2011

位移型及速度型被動消能元件組合應用案例介紹

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 結構構件模擬模式

- 柱梁構件：採Beam-Column Element 搭配Bilinear Material模擬。
- UBB：採Truss Element搭配Harding Material模擬。
- VEM：採Damper Element 模擬。

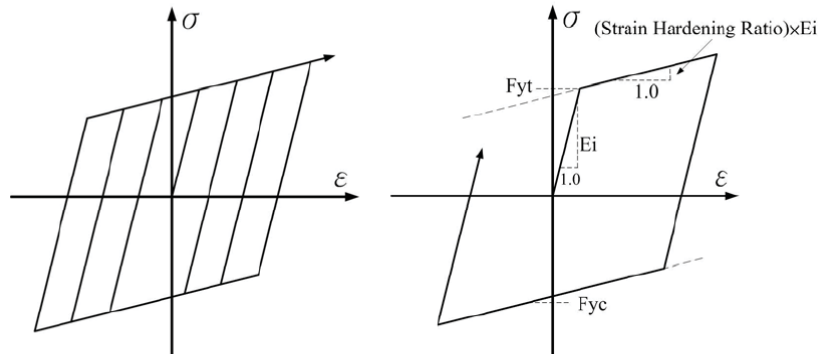
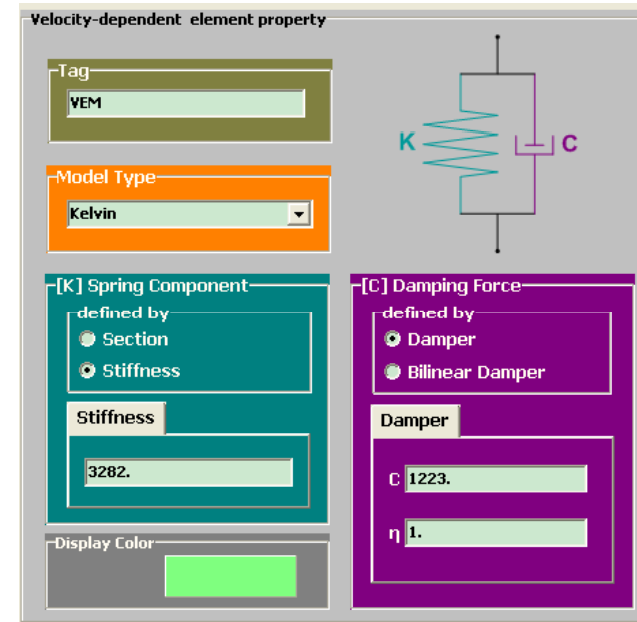


Fig. F02 Bilinear Material

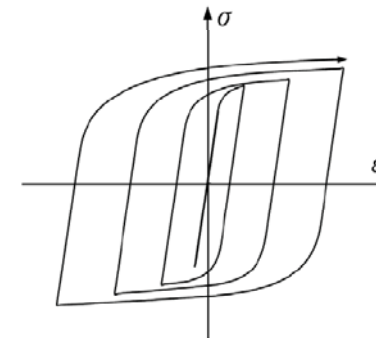
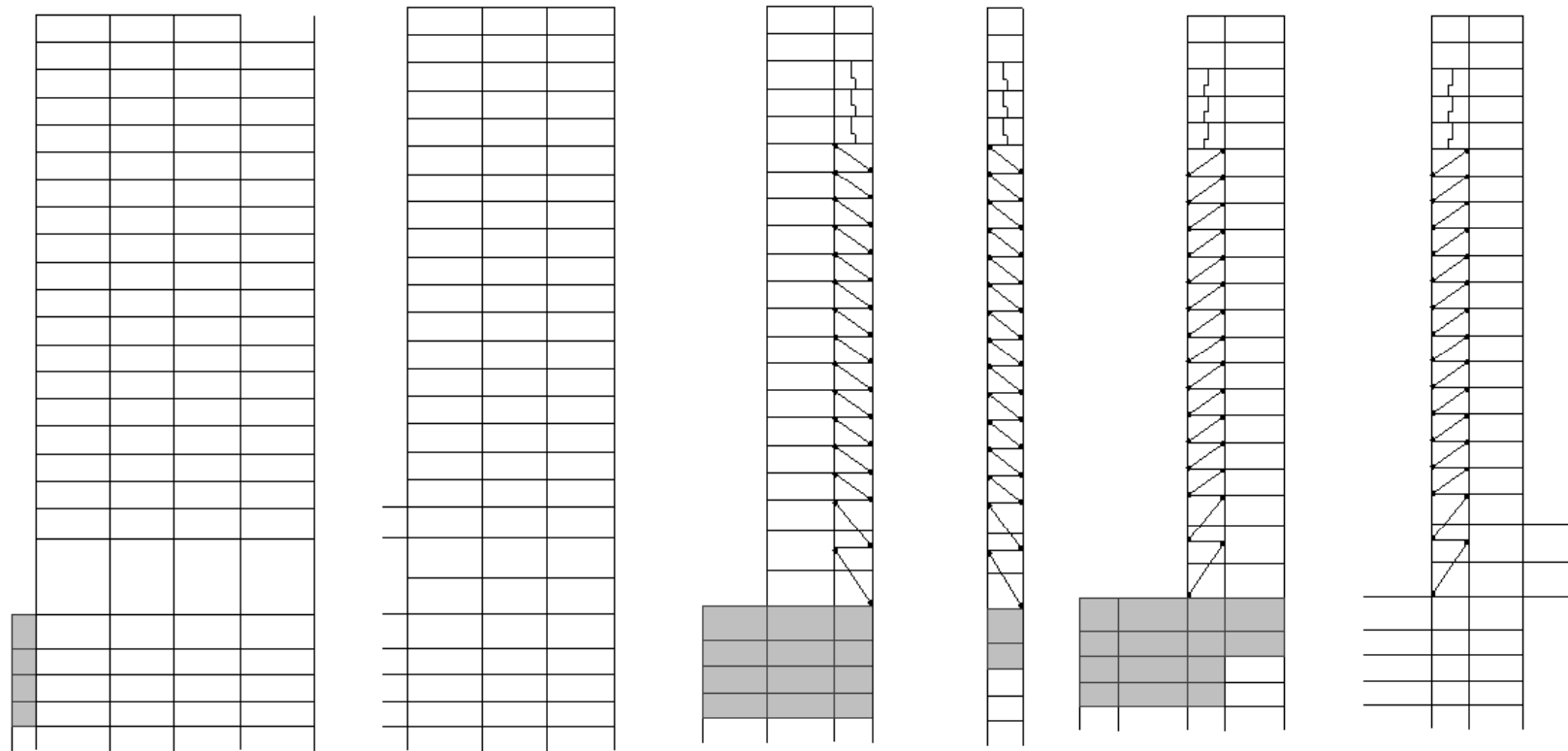


Fig. F03 Hardening Material

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 梁柱構件反應(中小度地震)

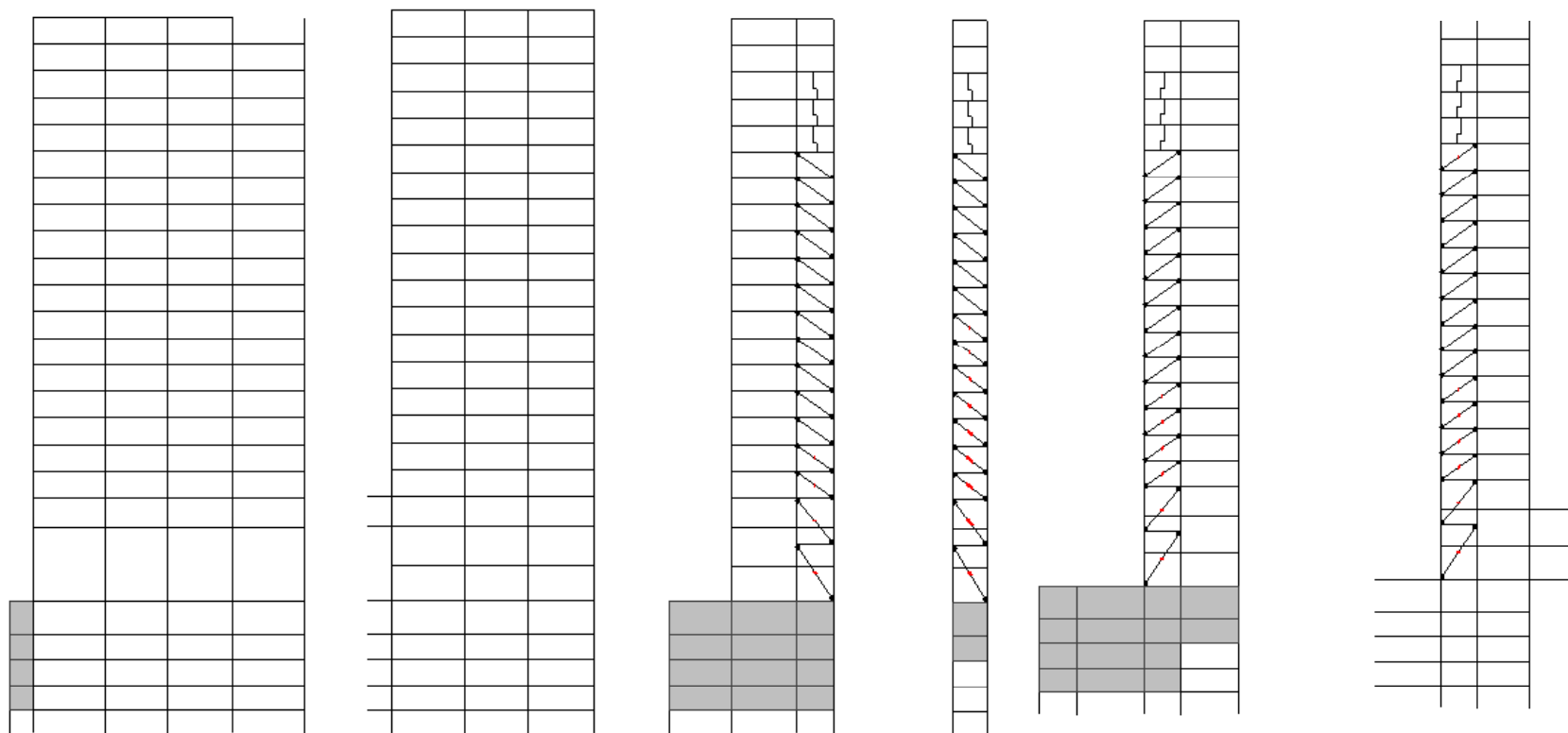


塑鉸分佈圖

○ □ — 0.001 Plastic Hinge

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 梁柱構件反應(設計地震)



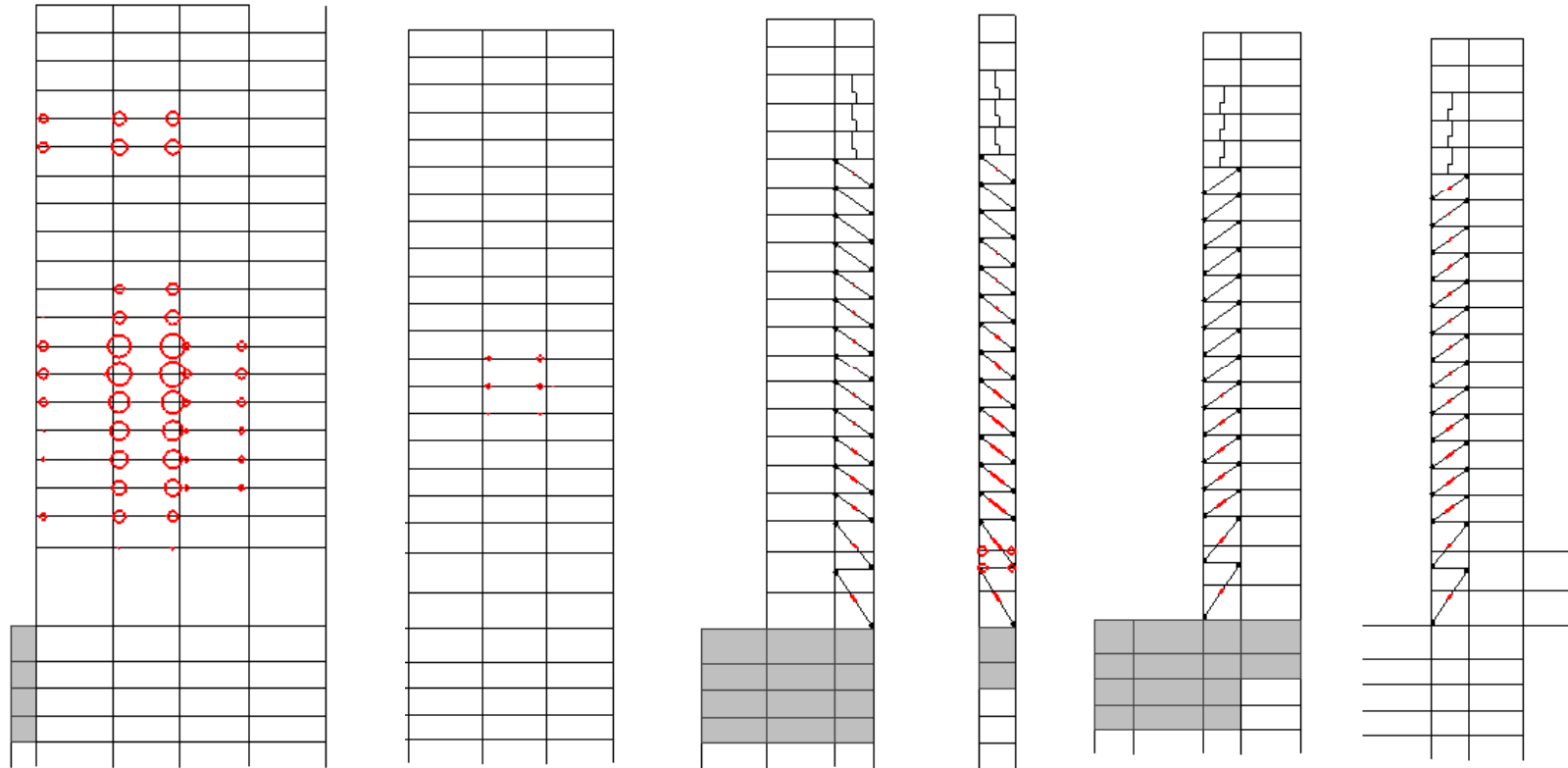
塑鉸分佈圖

○ □ — 0.001 Plastic Hinge



# 設計結果檢核-非線性歷時分析

梁柱構件反應(最大考量地震)

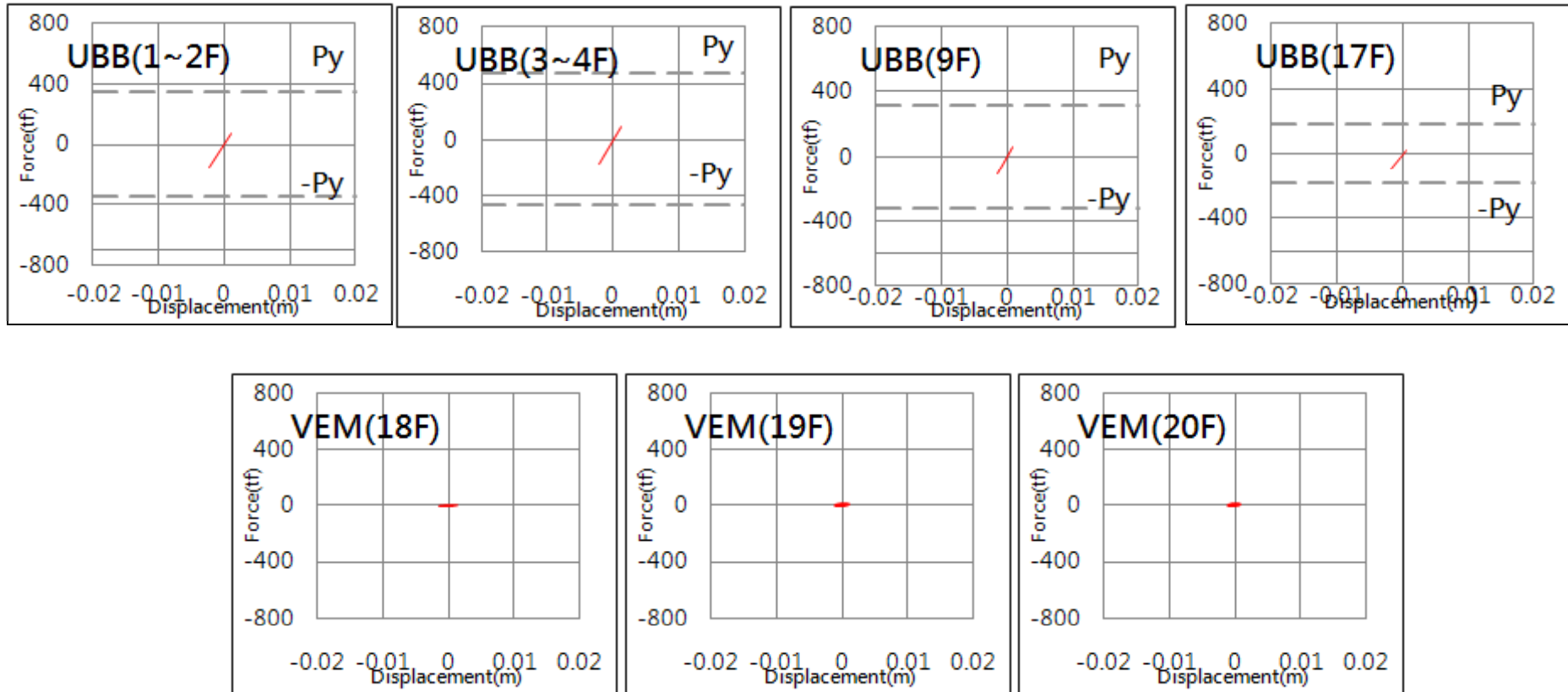


塑鉸分佈圖

○ □ — 0.001 Plastic Hinge

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

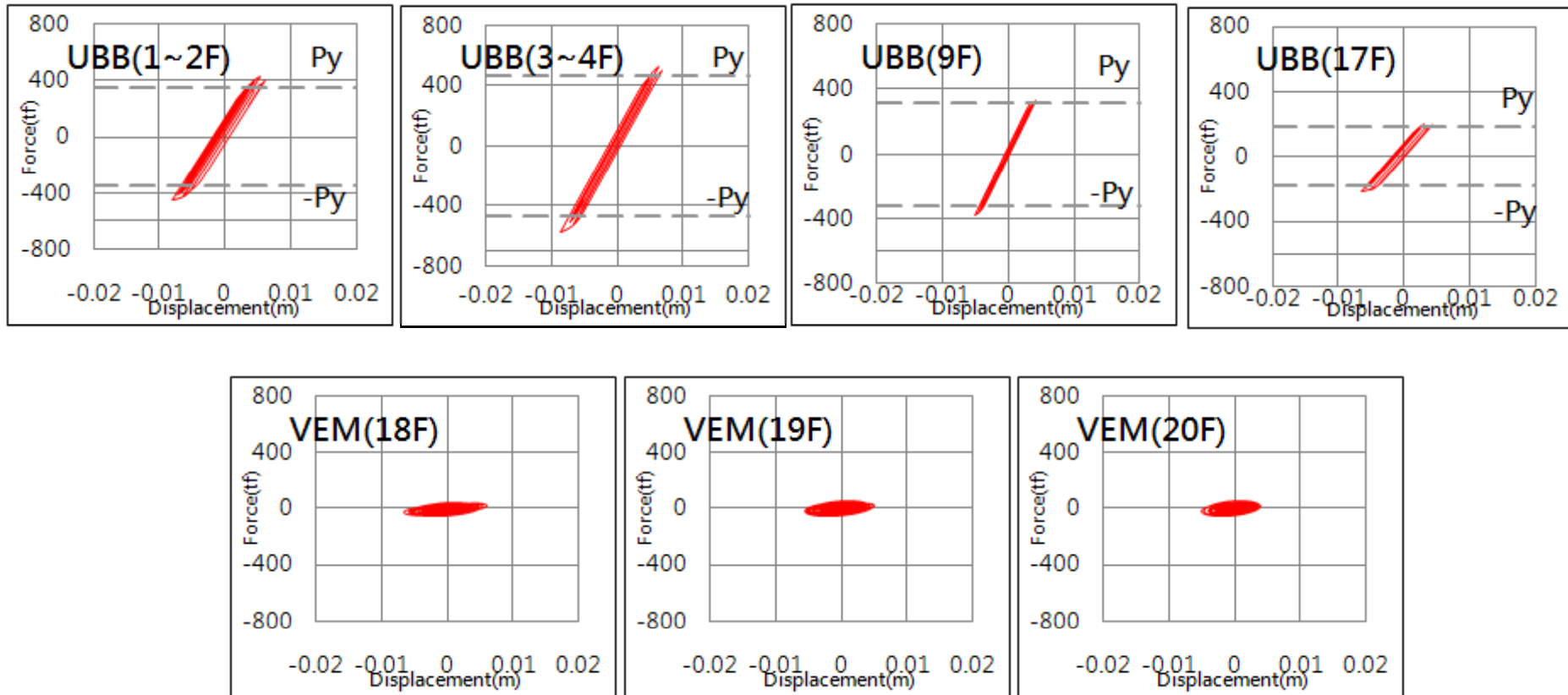
## 制震器反應(中小度地震)



## 制震器遲滯迴圈圖

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

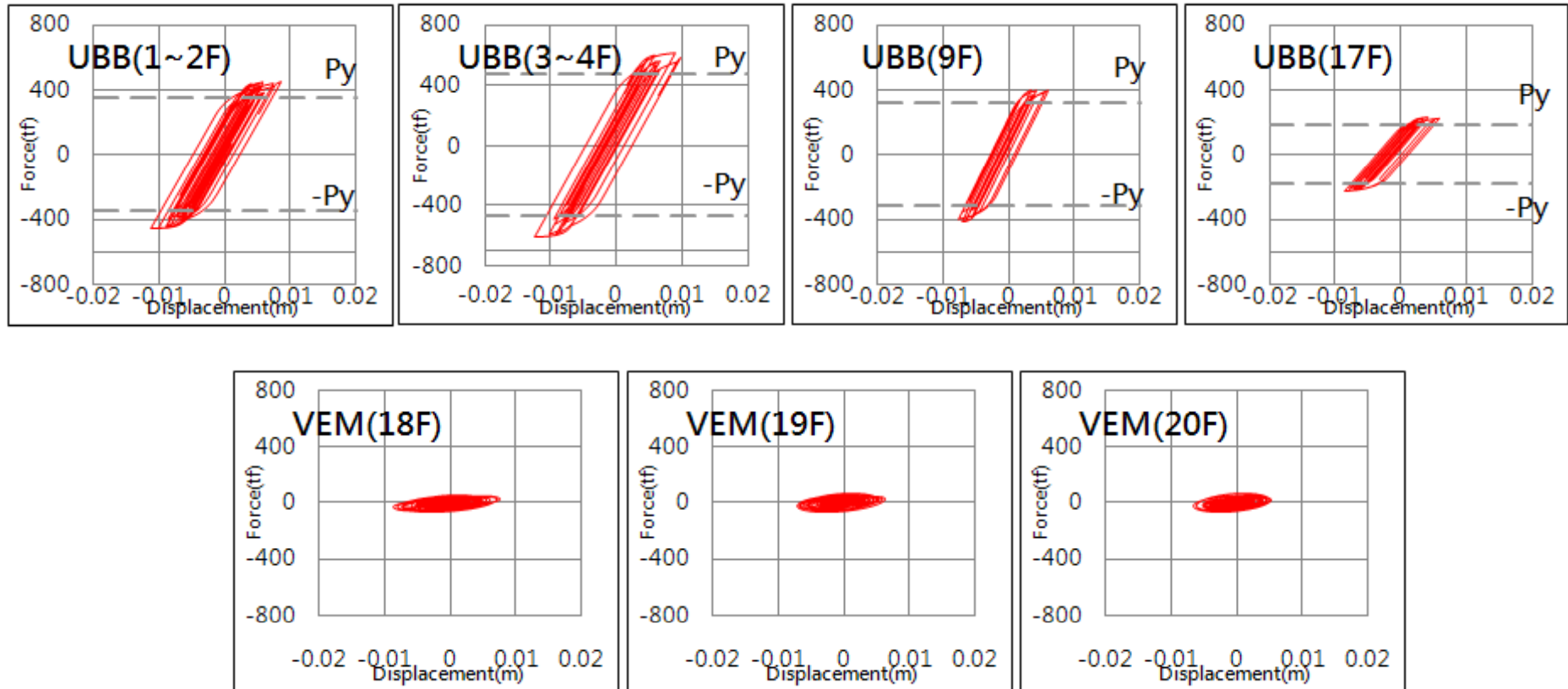
## 制震器反應(設計地震)



## 制震器遲滯迴圈圖

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 制震器反應(最大考量地震)



## 制震器遲滯迴圈圖

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 制震器設計容量之規範條文說明

相較於由最大考量地震計算所得之最大值，消能元件應能承受更大之位移（及速度，對速度型元件而言），位移（及速度）容量之增加與消能系統所提供的贅餘程度有關。

1. 建築物之某一樓層於其主軸方向若提供4組以上之消能元件，且在樓層剛心之兩側配置2組以上時，則所有消能元件須能承受經由最大考量地震計算出之最大總位移的1.3倍。惟速度型元件至少另須能承受經由最大考量地震計算出最大總速度的1.3倍所對應之力。
2. 建築物之某一樓層於其主軸方向若提供少於4組之消能元件，或在樓層剛心之兩側配置少於2組時，則所有消能元件須能承受經由最大考量地震計算出之最大總位移之2.0倍。惟速度型元件至少另須能承受經由最大考量地震計算出之最大總速度的2.0倍所對應之力。

### 10.4.2 中小度地震消能建築設計考慮

若消能建築採用位移型消能元件，須在第 2.10 節所規定之中小度地震作用下，主結構體及消能元件皆不得產生降伏。

- 制震元件之設計之容許變形及受力容量，需為最大考量地震作用下求得之最大變形或最大受力之1.3倍(或2.0倍)。
- 中小度地震作用下，位移型制震器不得降伏。

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

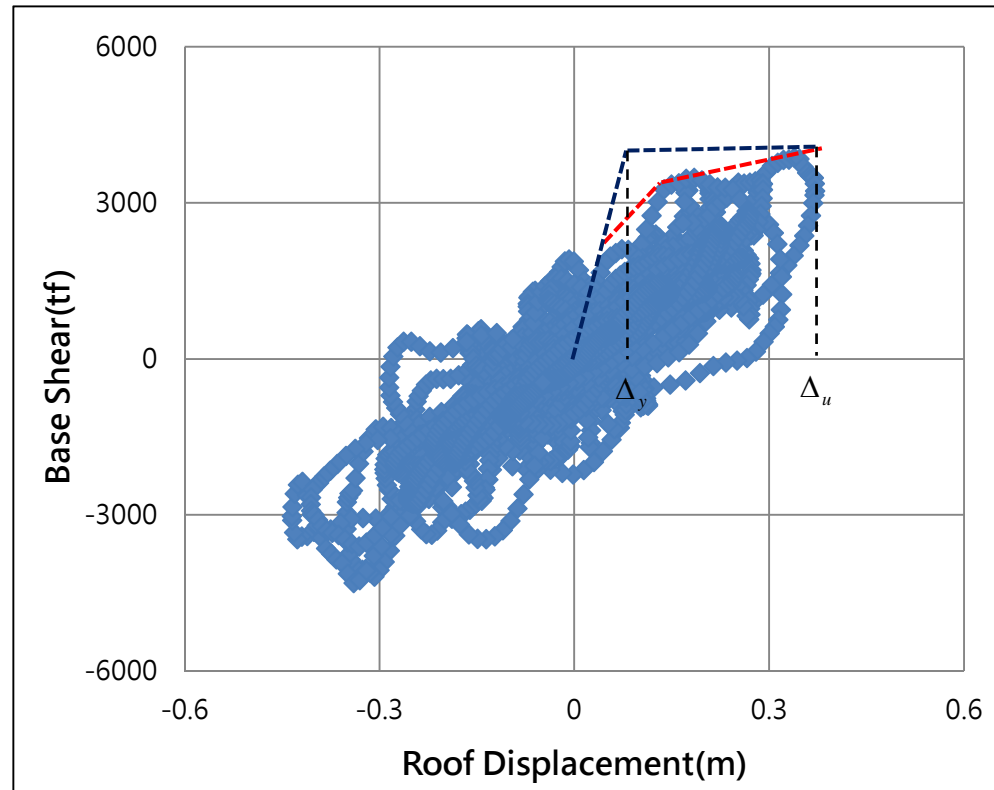
## 制震元件設計容量檢核

	X dir.	Y dir.	$\Delta_{max}$ (mm)	$\Delta_{all}$ (mm)	$\Delta_{max} / \Delta_{all}$
VE1	13.1	12.5	13.1	15.0	87%
UB1~UB3	10.2	10.7	10.7	30.3	35%
UB4~UB7	13.8	12.7	13.8	30.3	46%
UB8,UB9	16.7	16.6	16.7	40.4	41%
UB10,UB11	16.0	16.1	16.1	43.3	37%

- 本工程任一主軸方向均為2組制震元件，故制震元件之設計容量需為最大考量地震作用下求得之最大反應之2.0倍。
- 於地上一層至十七層裝設之UBB，其消能段長度UB1~UB7為1515mm，UB8及UB9為2022mm，UB10及UB11為2165mm，考量之容許軸向應變為 $\pm 2\%$ ，極限軸向應變為 $\pm 3\%$ ，故對應之容許軸向變形量分別為 $\pm 30.3\text{mm}$ 、 $\pm 40.4\text{mm}$ 及 $\pm 43.3\text{mm}$ ，極限軸向變形量分別為 $\pm 45.5\text{mm}$ 、 $\pm 60.7\text{mm}$ 及 $\pm 65.0\text{mm}$ 。
- 於地上十八層至二十層裝設之VE，每組之總剪力面積為 $2\text{m}^2$ ，採用單層厚度5mm之黏彈阻尼材料共四層，在最大剪應變300%時，容許變形量為 $\pm 15\text{mm}$ ，極限變形量為 $\pm 22.5$ ，容許最大剪力為113t，設計之環境溫度為 $27^\circ\text{C}$ 。

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

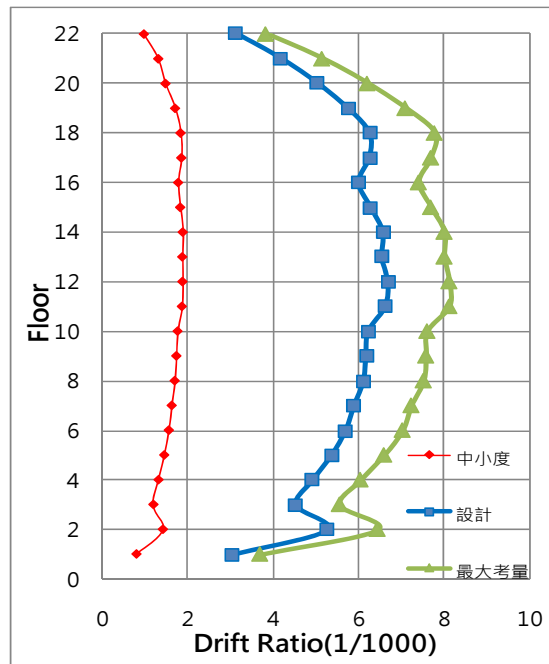
## 屋頂變位vs基底剪力圖



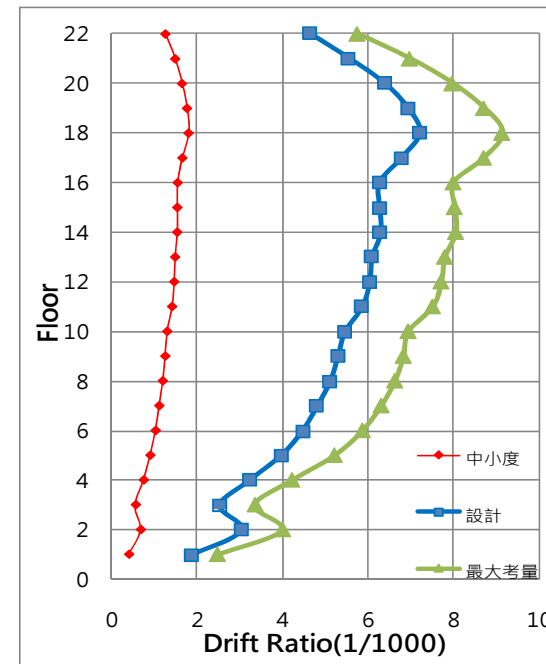
- 檢核最大考量地震作用下使用之韌性容量 $R=3$ ，小於規範規定韌性容量 $4.8$ 。

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 各層最大層間變位圖



X向層間變位角



Y向層間變位角



# 人造歷時說明

## 規範條文說明

### 3.6 歷時分析法

#### 3.6.1 輸入地震要求

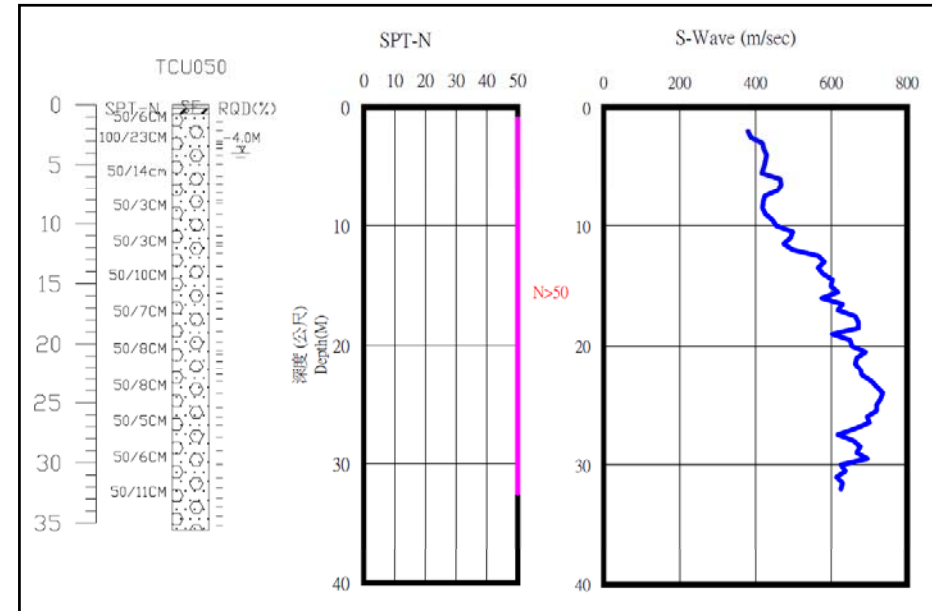
至少三個與設計反應譜相符之水平地震紀錄，其應能確切反映工址設計地震(或最大考量地震)之地震規模、斷層距離與震源效應。

針對任一個水平地震紀錄，計算其 5% 阻尼之反應譜。同時，調整地震紀錄使得位於  $0.2T$  至  $1.5T$  週期範圍內任一點之譜加速度值不得低於設計譜加速度值之 90% 及於此週期範圍內之平均值不得低於設計譜加速度值之平均值，其中  $T$  為建物基本模態之振動週期。

- 為使歷時之加速度反應譜與設計反應譜相符，歷時資料須採用人造歷時。
- 為使人造歷時可反映設計地震之規模、斷層距離與震源效應等，可選擇基地附近地質相符之測站，選用地震規模相近之地震紀錄資料，擷取其歷時特性製作人造歷時。
- 人造歷時之譜加速度值須檢核是否符合規範規定。

# 人造歷時說明

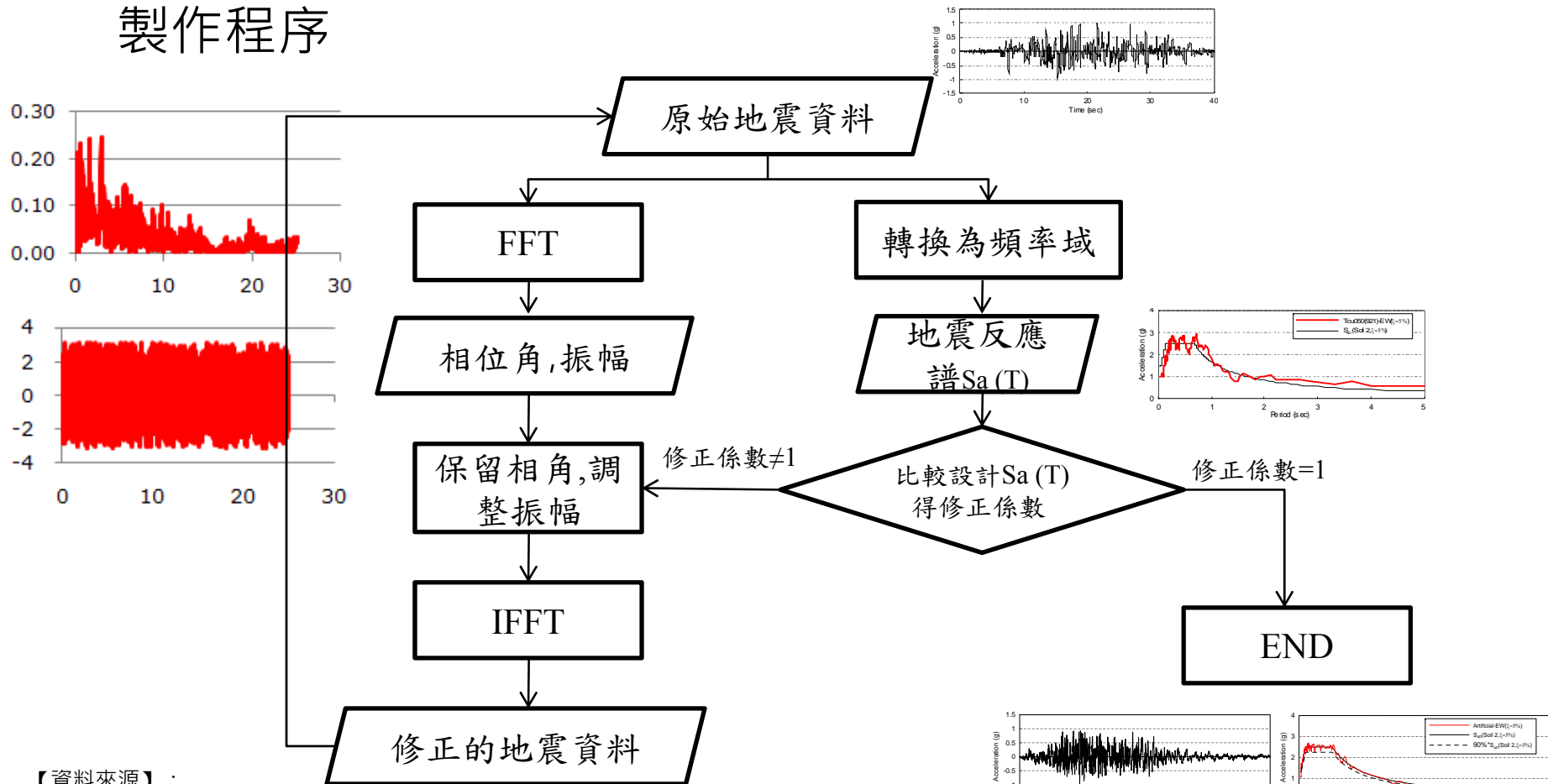
## 基地鄰近測站位置及地質狀況



- 參考之加速度歷時係以選擇921地震鄰近測站之紀錄，包括  
TCU050測站（西屯國小測站，與工址距離約2.2km）  
TCU051測站（忠明國小測站，與工址距離約1.4km）  
TCU056測站（黎明國小測站，與工址距離約1.3km）
- 比對測站地質狀況

# 人造歷時說明

## 製作程序

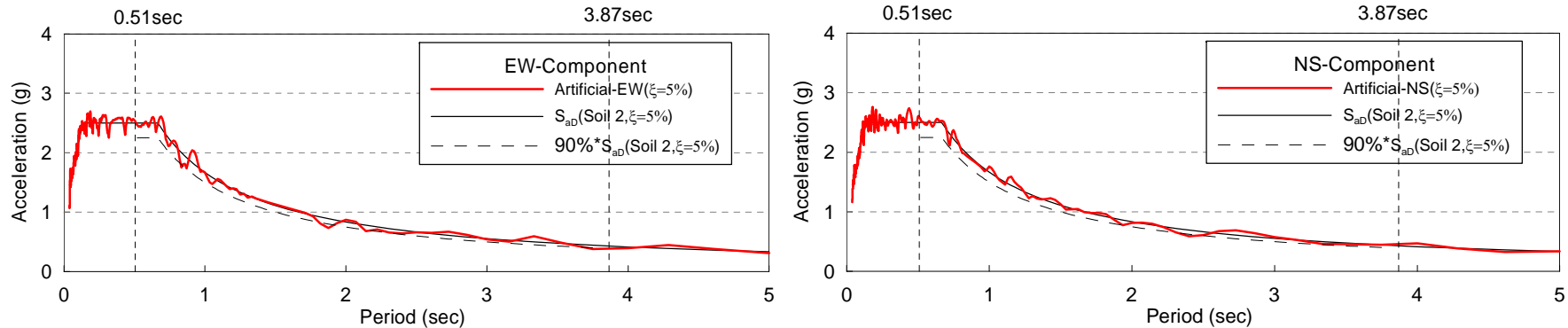


【資料來源】：

吳賴雲、鍾立來、陳家乾、楊培堅，「設計反應譜相符之人造地震紀錄」，中華民國結構工程學會，結構工程，第21卷，第1期，第3-10頁(2006)

# 人造歷時說明

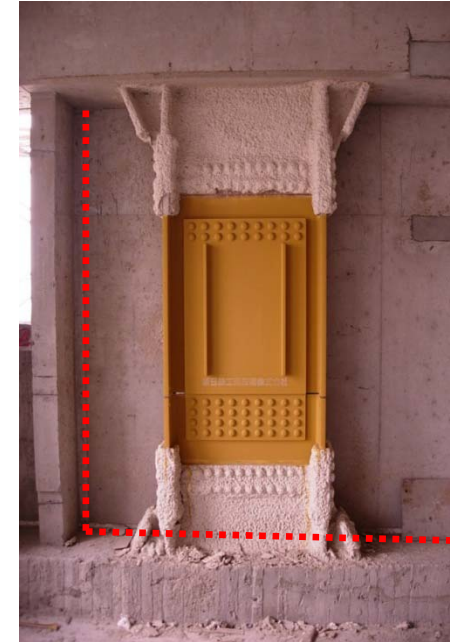
## 結果檢核



- 本案X及Y向之基本振動週期為 $T_x=2.532\text{sec}$ ， $T_y=2.577\text{sec}$ 。考慮歷時資料之檢核週期範圍，取 $0.2*\min(T_x,T_y)\sim 1.5*\max(T_x,T_y)=0.51\sim 3.87\text{sec}$ 。
- 圖中分別繪出輸入歷時5%阻尼之加速度反應譜、設計加速度反應譜及90%設計加速度反應譜，圖中兩向之加速度反應譜值於0.51~3.87sec週期範圍內，尚能滿足不得低於設計譜加速度值之90%之規定。
- 計算0.51~3.87sec週期之設計譜加速度值之平均值為0.98g，而東西向歷時之加速度反應譜於0.51~3.87sec週期之平均譜值為0.984g，南北向歷時之加速度反應譜於0.51~3.87sec週期之平均譜值為0.98g，均滿足不得低於設計譜加速度值之平均值之規定。

# 誘發縫設計及施工

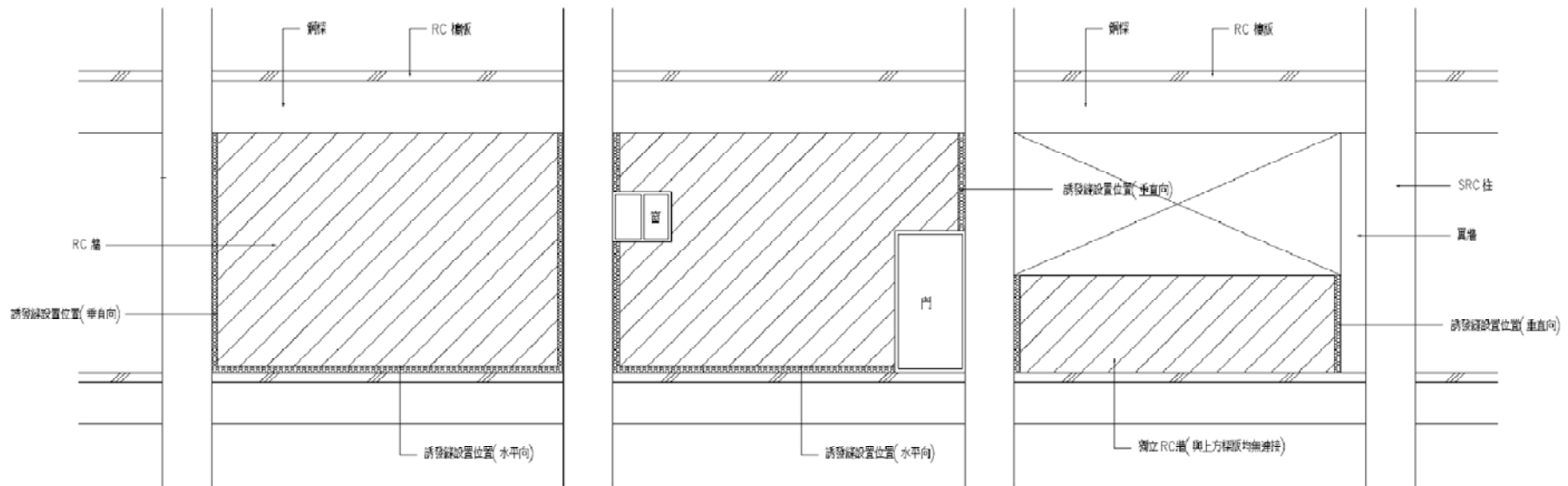
## 設置目的



- 非結構RC牆限制地震發生時的制震器變形，設置誘發縫可確保制震器的消能作用。
- 可避免樓層間牆量配置不均造成的軟弱層問題。
- 可減少RC牆受震後的斜向裂縫。

# 誘發縫設計及施工

## 誘發縫立面配置方式

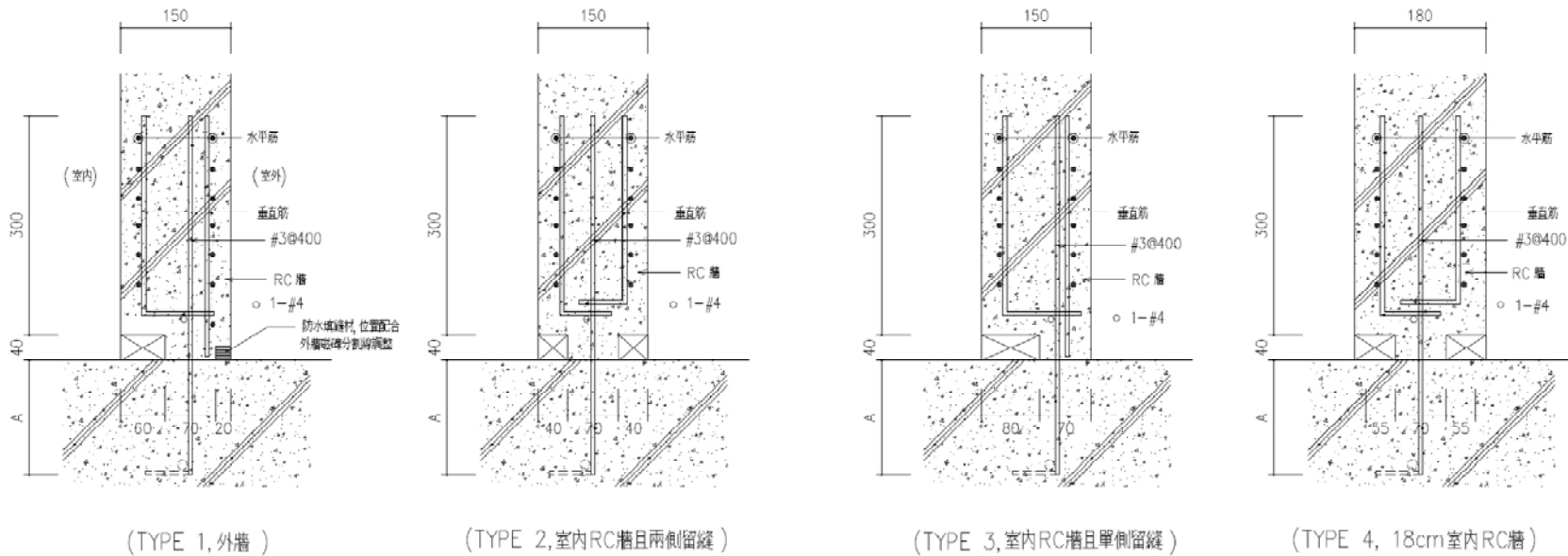


RC牆誘發縫設置立面示意圖

- 誘發縫設置方式須考量裂縫均發生於誘發縫位置後，RC牆面可維持穩定需求，故須保留其中一邊界不發生開裂。

# 誘發縫設計及施工

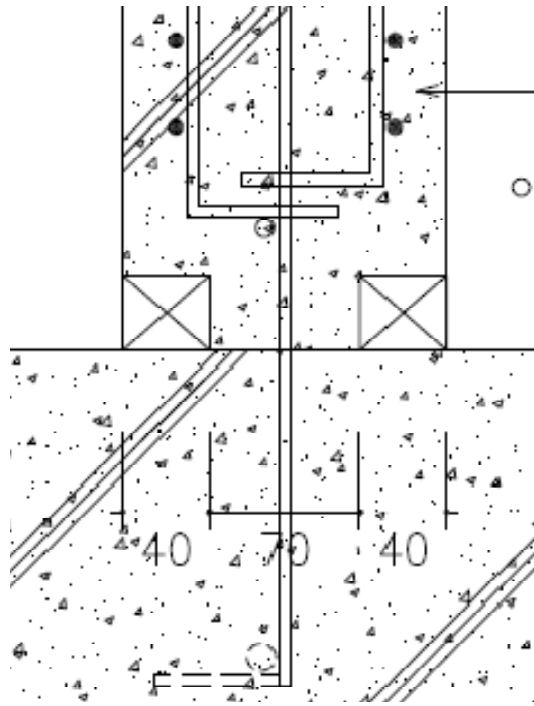
## 誘發縫剖面施作詳圖



- 誘發縫設置處之牆體強度降低，使RC牆受震後的裂縫發生在誘發縫的位置。
- 外牆處有防水考量者，需另作防水處理。

# 誘發縫設計及施工

## 誘發縫剖面施作詳圖



- 誘發縫設置處保留之牆厚須滿足防火時效規定。
- 依建築技術規則規定，非承重牆應具有半小時~一小時防火時效。
- 具一小時防火時效之牆規定：
  - (一)鋼筋混凝土造、鋼骨鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造厚度在7cm以上者
  - (二)鋼骨造而雙面覆以鐵絲網水泥粉刷，其單面厚度在三公分以上或雙面覆以磚、石或水泥空心磚，其單面厚度在4cm以上者。
  - (三)磚、石造、無筋混凝土造或水泥空心磚造，其厚度在7cm以上者。
  - (四)其他經中央主管建築機關認為具有同等以上之防火性能者。



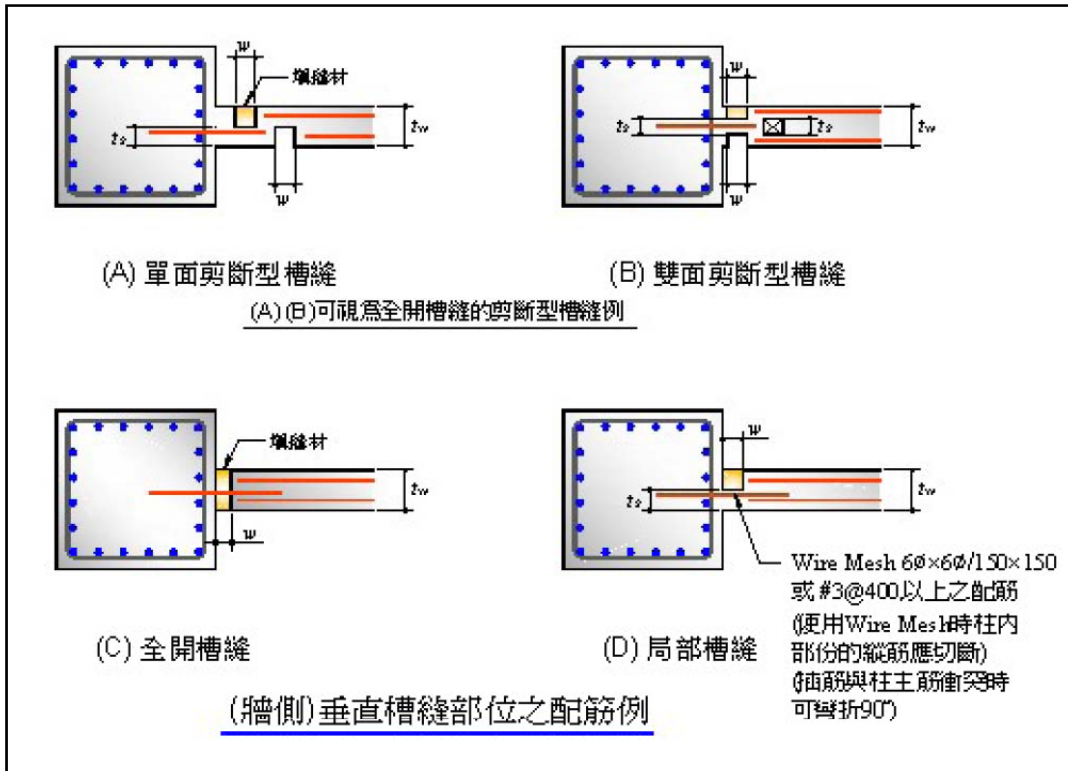
# 誘發縫設計及施工

## 單側開槽施作照片

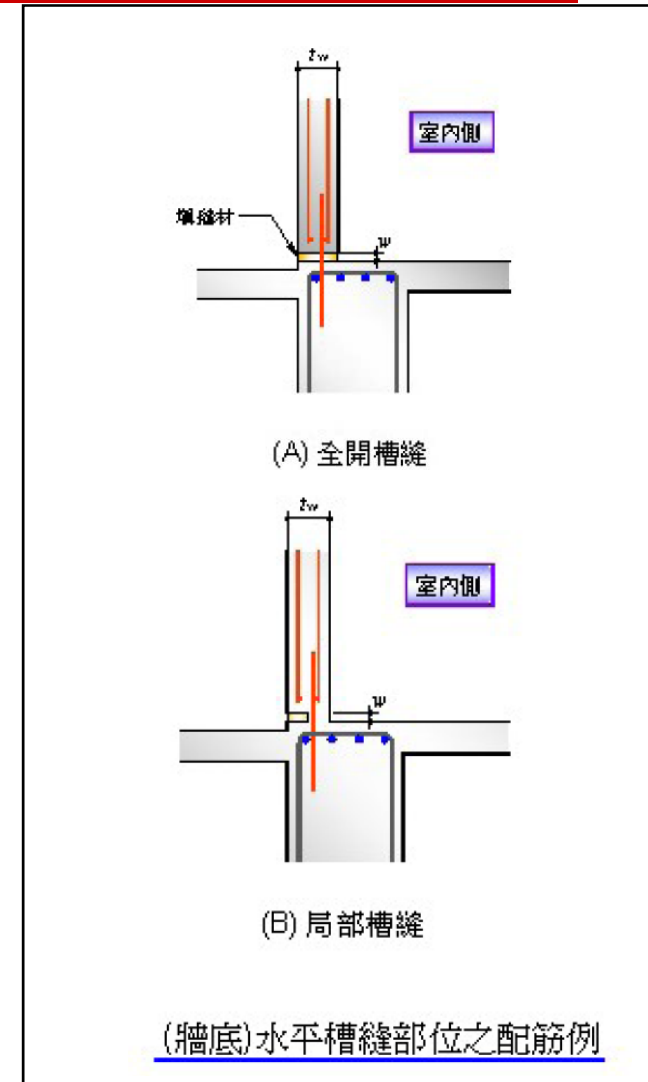


# 誘發縫設計及施工

## 日本建築學會建議作法



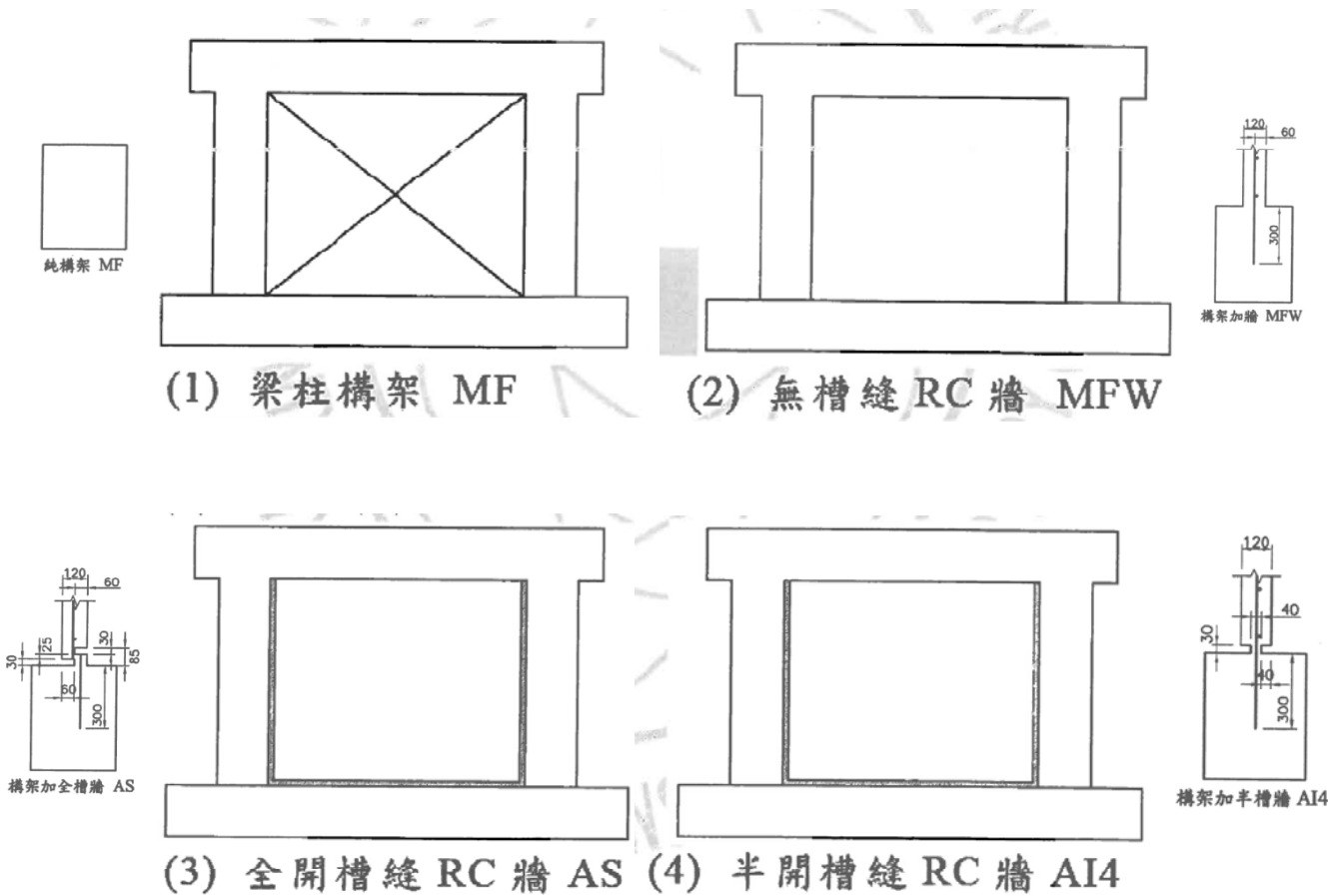
【資料來源】：  
永峻工程顧問，“鋼骨建築非結構牆參考手冊”，中華民國鋼結構協會



# 誘發縫設計及施工

## 雲科大誘發縫實驗及結果

【資料來源】：  
李宏仁，"建築構架含RC牆之耐震性能研究-非結構牆及槽縫牆行為"，內政部建築研究所委託研究報告



# 誘發縫設計及施工

## 雲科大誘發縫實驗及結果

【資料來源】：  
李宏仁，"建築構架含RC牆之耐震性能研究-非結構牆及槽縫牆行為"，內政部建築研究所委託研究報告

### ■ 無槽縫

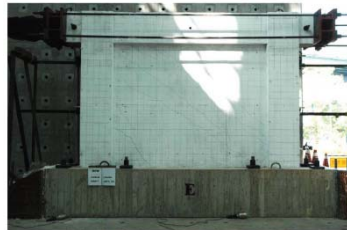


圖 4-7 MFW 試體層間變位 0.25% push (1<sup>st</sup>)之照片

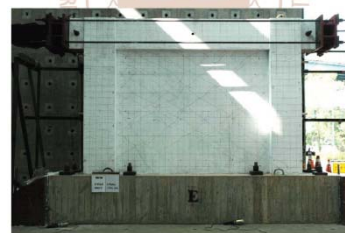


圖 4-8 MFW 試體層間變位 0.75% pull (3<sup>rd</sup>)之照片

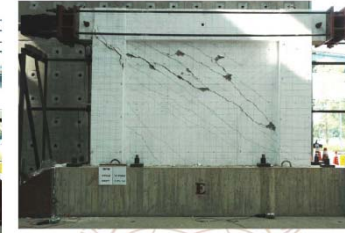


圖 4-9 MFW 試體層間變位 1.5% push (1<sup>st</sup>)之照片

### ■ 全開槽縫

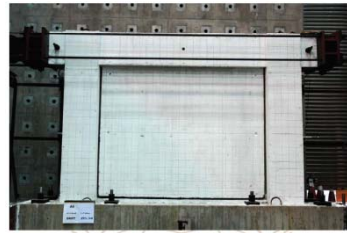


圖 4-12 AS 試體層間變位 0.25% pull (3<sup>rd</sup>)之照片



圖 4-13 AS 試體層間變位 1% pull (3<sup>rd</sup>)之照片

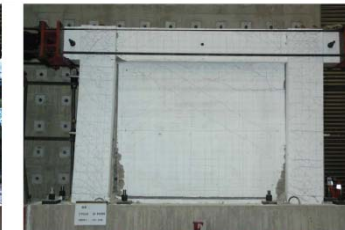


圖 4-14 AS 試體層間變位 3% push (1<sup>st</sup>)之照片

### ■ 半開槽縫

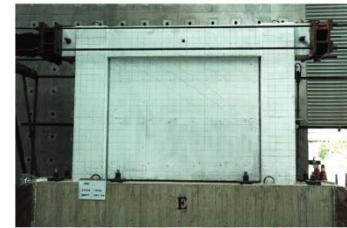


圖 4-17 A14 試體層間變位 0.25% pull (3<sup>rd</sup>)之照片



圖 4-18 A14 試體層間變位 0.5% pull (1<sup>st</sup>)之照片



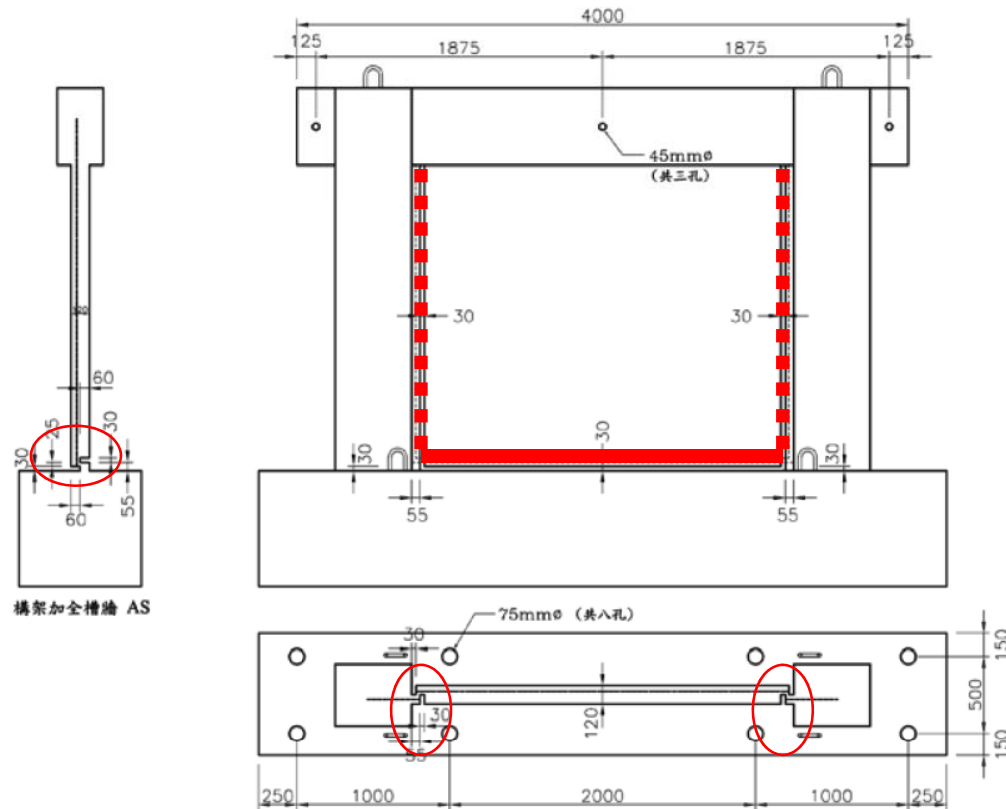
圖 4-19 A14 試體層間變位 3% 實驗結束之照片

位移型及速度型被動消能元件組合應用案例介紹

# 誘發縫設計及施工

## Z型槽縫(全開槽縫)作法說明

【資料來源】：  
李宏仁，"建築構架含RC牆之耐震性能研究-非結構牆及槽縫牆行為"，內政部建築研究所委託研究報告



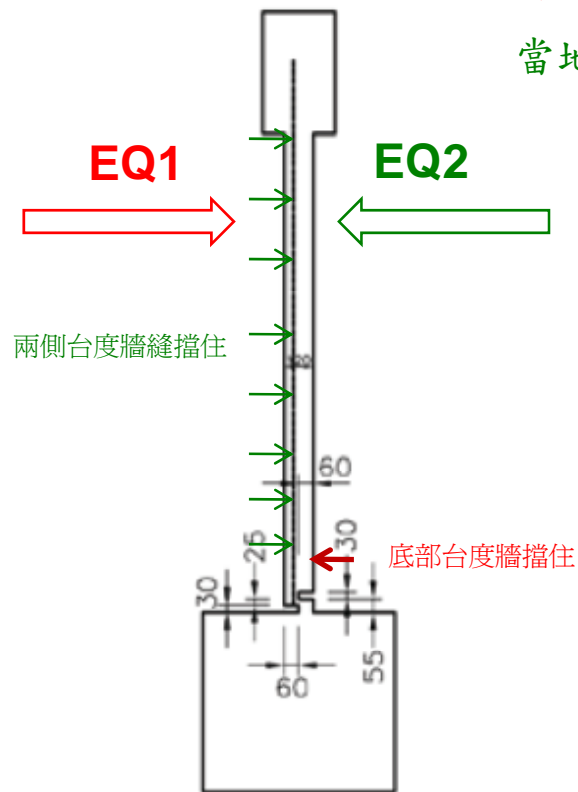
- 全開槽縫之水平縫及豎縫須分別留設於內、外不同牆面。

# 誘發縫設計及施工

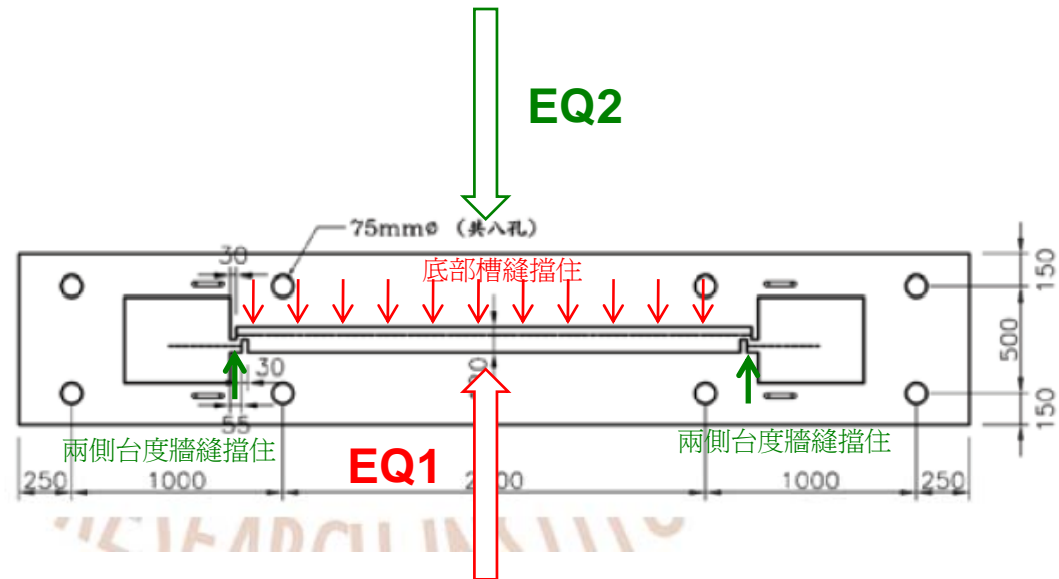
## Z型槽前後槽縫配置交錯原因

當地震力從EQ1方向來時，底部台度牆可提供反力，限制牆體移位

當地震力從EQ2方向來時，兩側台度牆可提供反力，限制牆體移位



(槽縫牆配置立剖圖)



(槽縫牆配置平剖圖)

# 等值線性靜力分析

## 做法說明

### ■ 分析程序

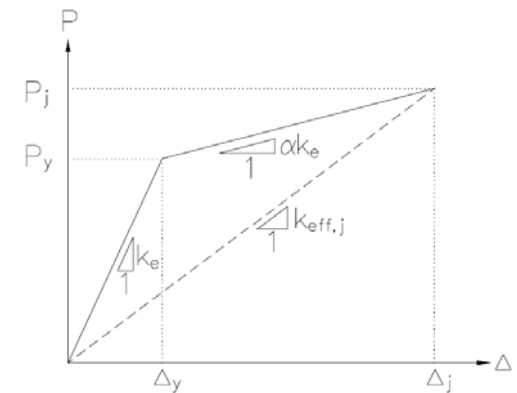
等值線性靜力分析係以“建築物耐震設計規範及解說”中第十章之“等值線性靜力分析程序”計算阻尼器提供之阻尼比，其估算步驟如下：

- (1) 假設一個消能建築之有效阻尼比，計算短週期與長週期之阻尼修正係數 $\beta_s$ 及 $\beta_l$ ，並計算側向作用力。
- (2) 利用此一修正後之側向作用力，代入地震力豎向分配公式計算該消能建築第 $i$ 樓層的水平作用力 $F_i$ 。
- (3) 利用線性分析模型計算第 $i$ 樓層相對於水平作用力 $F_i$ 的水平位移 $u_i$ ，並修正阻尼器在該水平位移下對應之有效勁度。
- (4) 利用計算所得之水平作用力與位移，依公式估算有效阻尼比。

$$\beta_{eff} = \beta + \frac{\sum_j W_{Dj} + \sum_i W_{Vj} + \sum_i W_{Fi}}{4\pi W_k} \quad (a) \quad W_k = \frac{1}{2} \sum_i F_i u_i \quad (b)$$

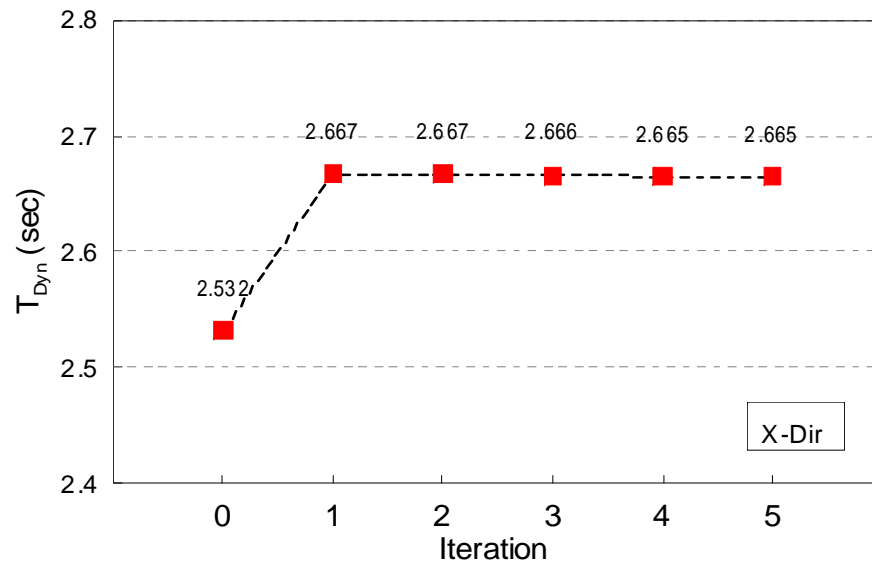
- (5) 將步驟(4)計算所得之有效阻尼比代入步驟(1)，作為初始假設值，並重複步驟(1)至(4)，直至步驟(1)使用的初始假設值與步驟(4)計算所得的有效阻尼比相等為止。

- 可做為減震效果(阻尼增量)初步評估。

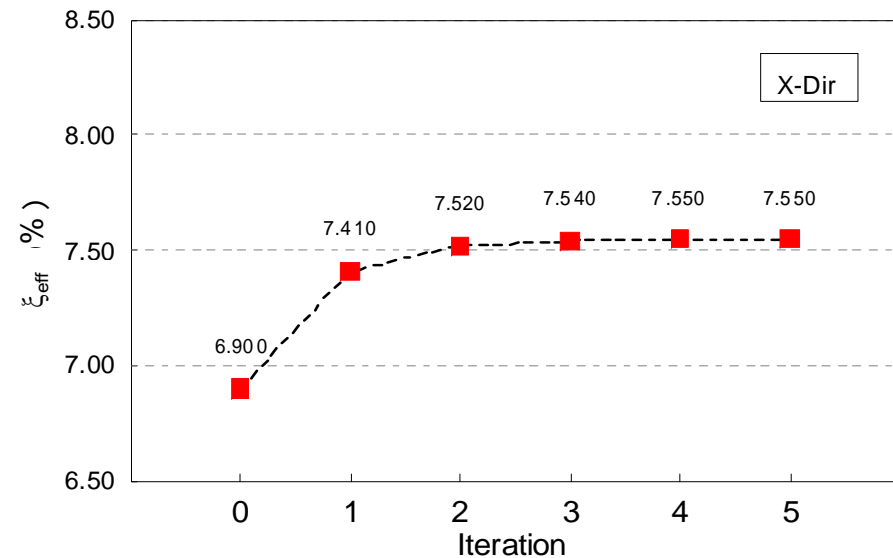


# 等值線性靜力分析

## 分析結果



等值線性靜力分析時X向動力週期  
 $T_{Dyn}$ 於迭代過程之變化

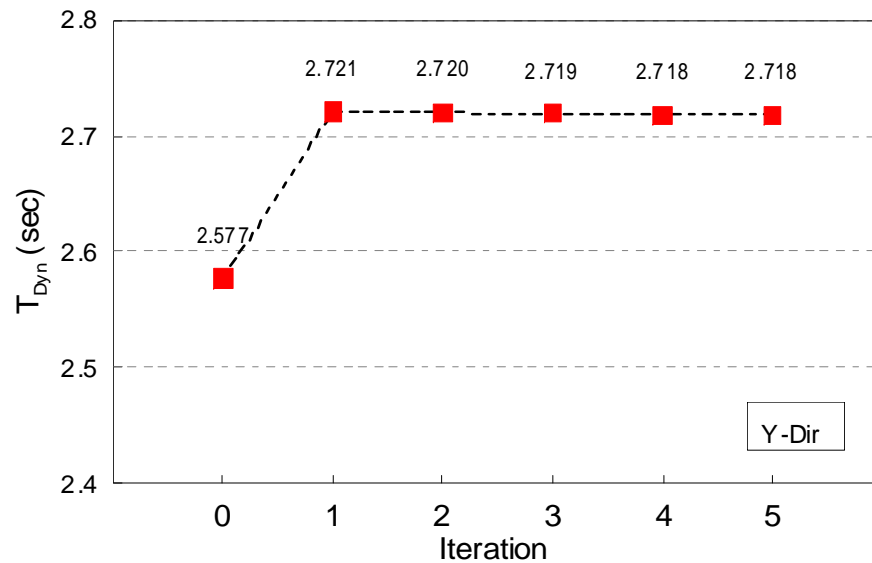


等值線性靜力分析時X向動力週期  
 $\xi_{eff}$ 於迭代過程之變化

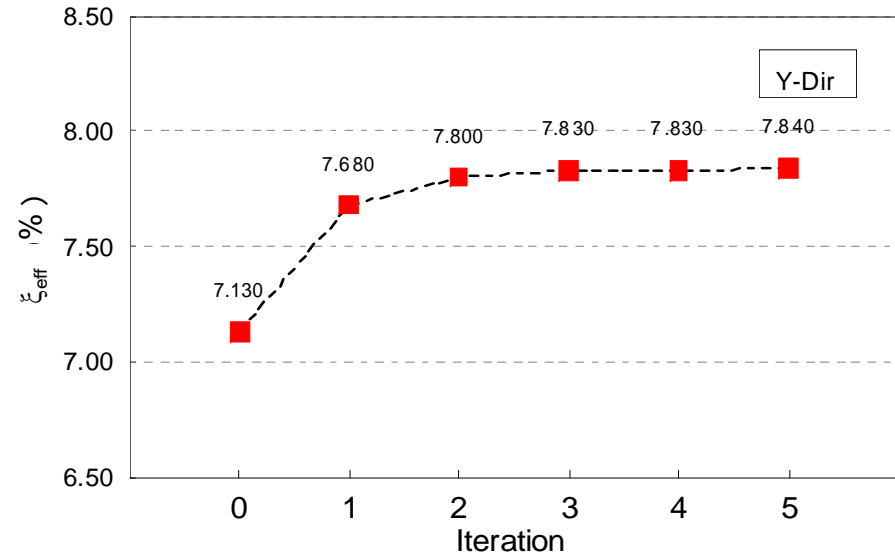


# 等值線性靜力分析

## 分析結果



等值線性靜力分析時Y向動力週期  
 $T_{Dyn}$ 於迭代過程之變化

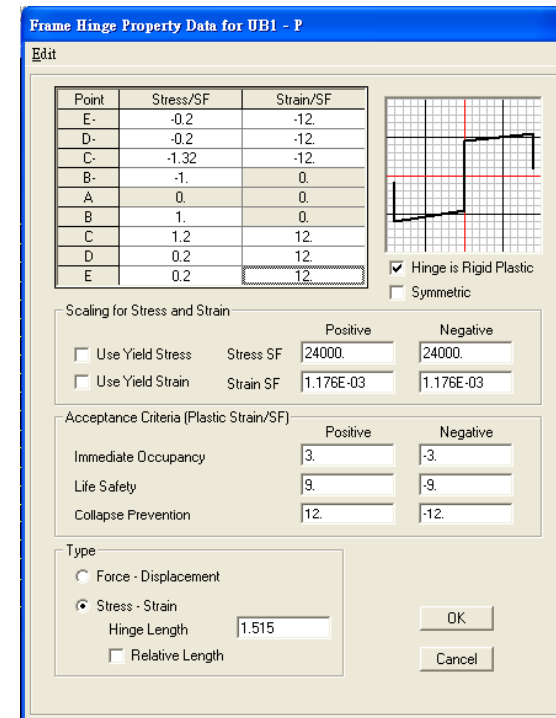


等值線性靜力分析時Y向動力週期  
 $\xi_{eff}$ 於迭代過程之變化

# 非線性靜力分析

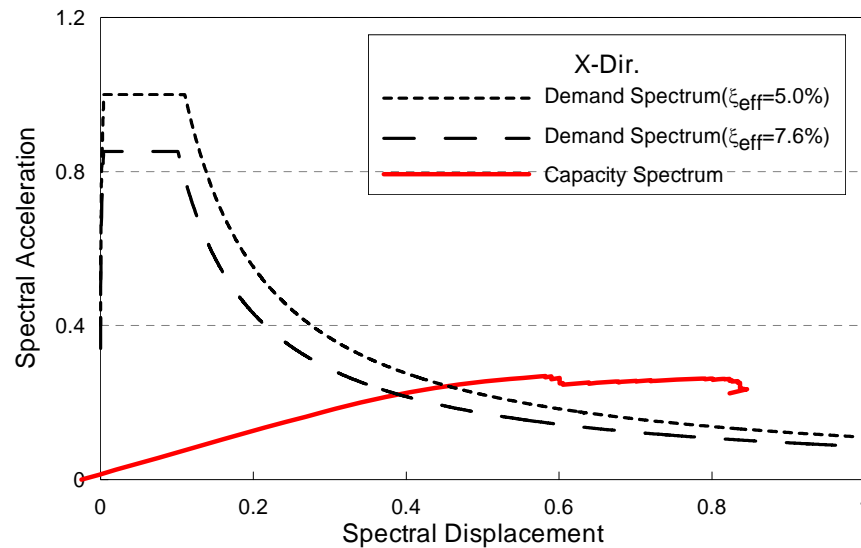
## 做法說明

- 以CSI-ETABS ( Version 8.4.5 ) 程式進行非線性靜力分析 ( Pushover Analysis ) 。
- 以容量震譜法求取性能點 。
- 檢核性能點變形量及塑鉸狀態 。
- **BRB**塑鉸定義：參照栗正暉先生等人於結構隔減震設計與施工講習會中發表之“含位移型消能器構架設計例”一文（民國93年7月，國家地震工程研究中心主辦）。

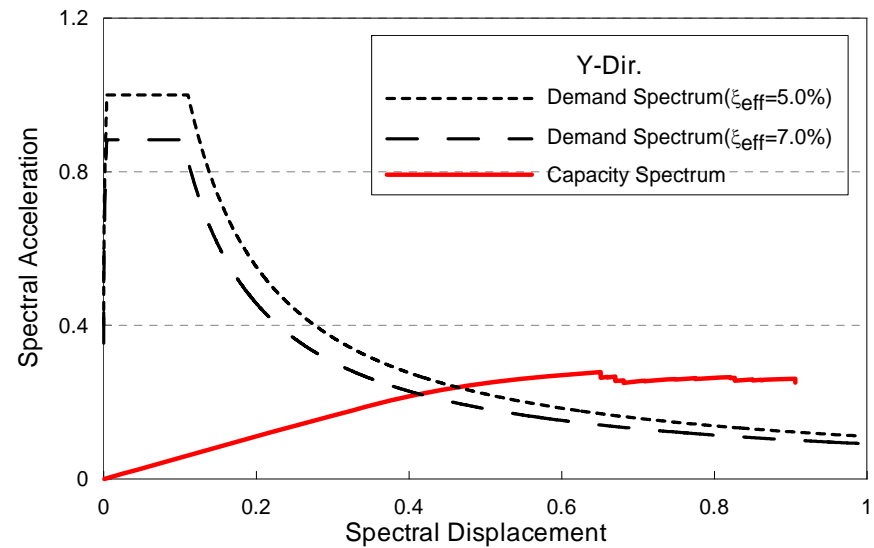


# 非線性靜力分析

## 分析結果-容量震譜與需求震譜曲線



容量震譜及需求震譜關係圖 (X向)



容量震譜及需求震譜關係圖 (Y向)

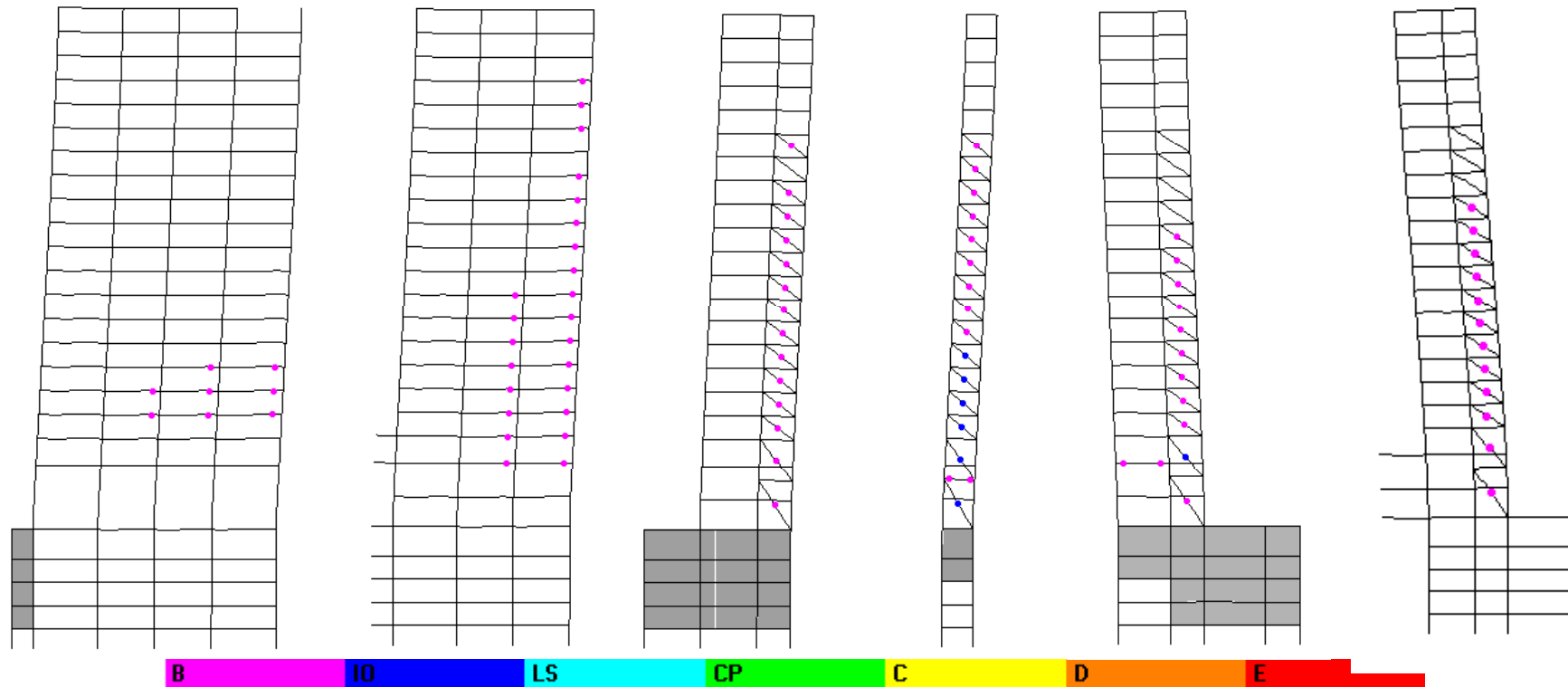
# 非線性靜力分析

## 分析結果-性能點各參數

參數	X 向	Y 向
$d_{pi}$	0.390	0.414
$a_{pi}$	0.221	0.221
$T_i$ (sec)	2.660	2.749
$\beta_{p_i}$	2.6%	2.0%
$\beta_{eff}$	7.6%	7.0%
$B_s$	1.174	1.132
$B_1$	1.132	1.100
$V_{base}$ (t)	4019.7	3892.7
$\Delta_{roof}$ (m)	0.551	0.589

# 非線性靜力分析

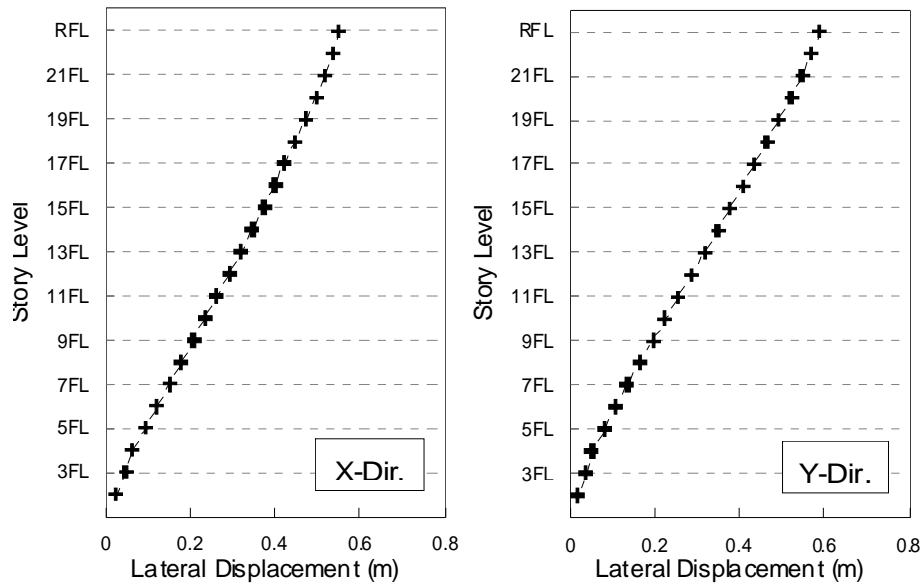
## 分析結果-塑鉸分布



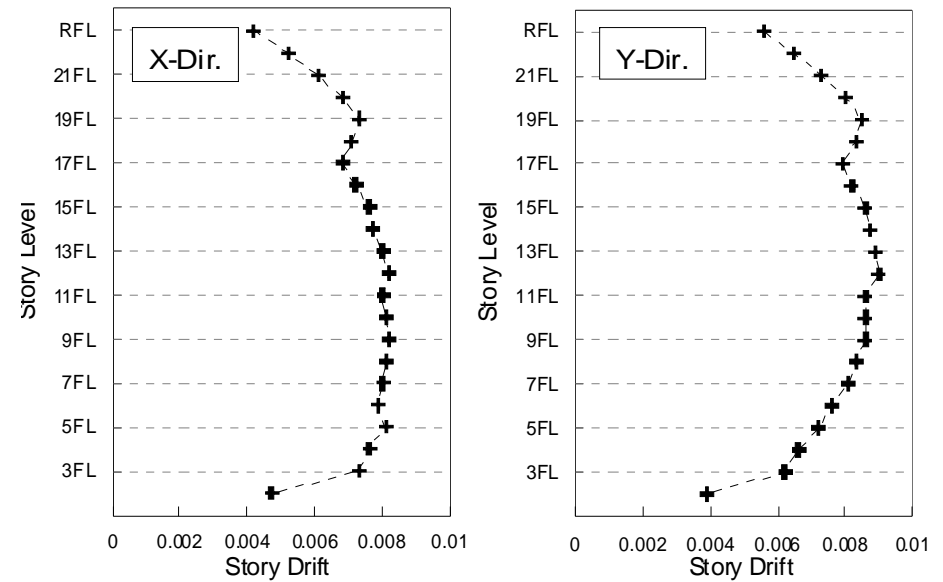
性能點對應之塑鉸分布圖

# 非線性靜力分析

## 分析結果-側位移及層間變位角



性能點對應之X及Y向樓層側向位移圖

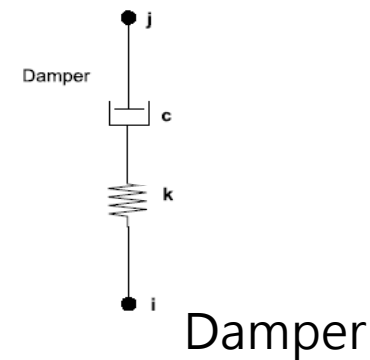
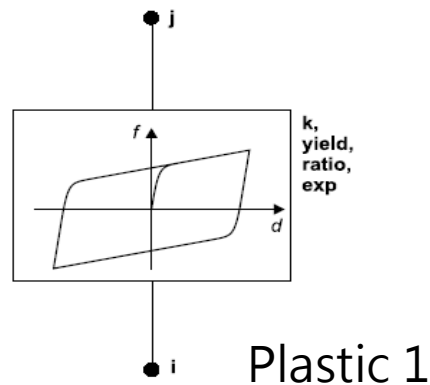


性能點對應之X及Y向樓層層間變位圖

# 非線性歷時分析(構架保持彈性)

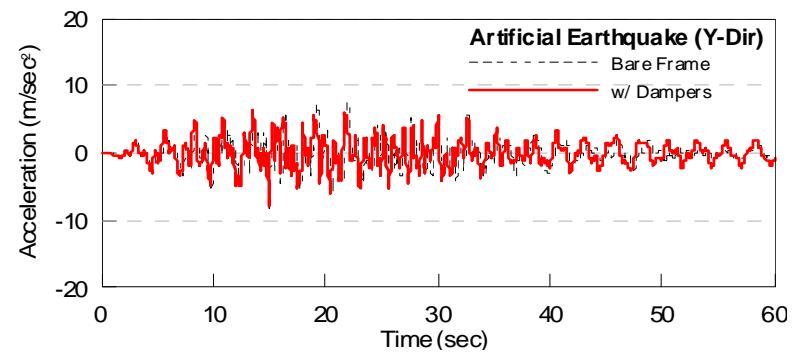
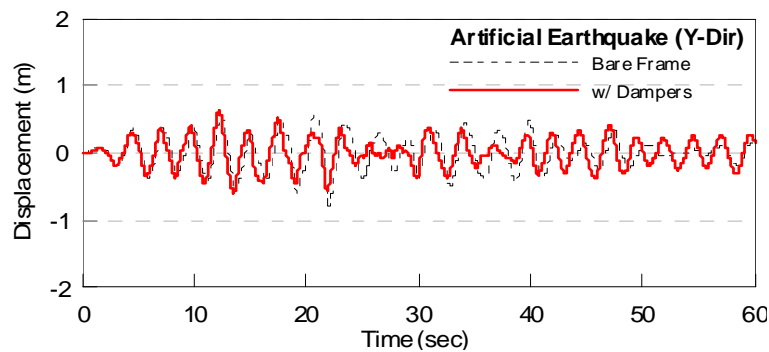
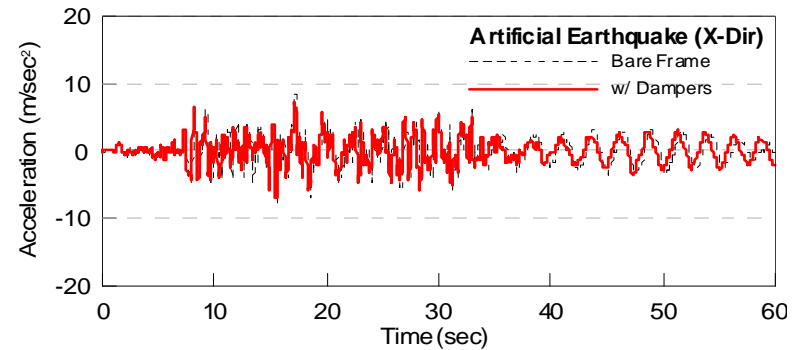
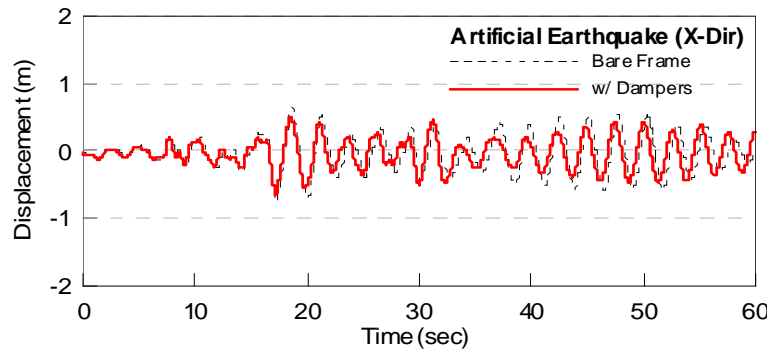
## 做法說明

- 以CSI-ETABS ( VERSION 8.4.5 ) 電腦程式進行非線性歷時分析。模型中構架均保持彈性。
- 可做為減震效果(構架反應)及制震元件反應的初步評估。
- 制震器以非線性元素模擬。使用如下：
  - 1.UBB之理論模式係利用CSI-ETABS及CSI-SAP2000程式中之Plastic 1元素來模擬。
  - 2.VE之理論模式係利用CSI-ETABS及CSI-SAP2000程式中之Damper元素組合來加以模擬Kelvin黏彈性模型。



# 非線性歷時分析(構架保持彈性)

## 分析結果-結構反應



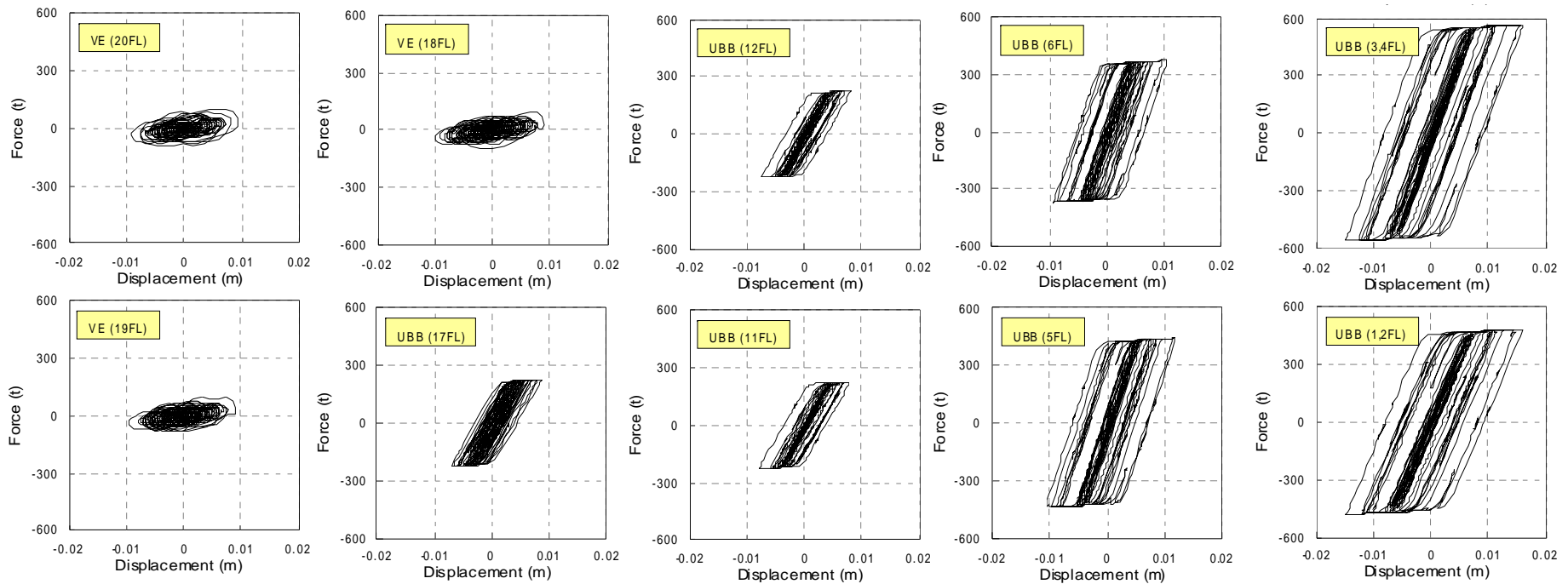
空構架與含阻尼構架在人造地震作用下之屋頂位移反應圖

空構架與含阻尼構架在人造地震作用下之屋頂加速度反應圖



# 非線性歷時分析(構架保持彈性)

## 分析結果-制震元件反應



制震器之遲滯迴圈

# VE制震器不同容許變位之性能比較

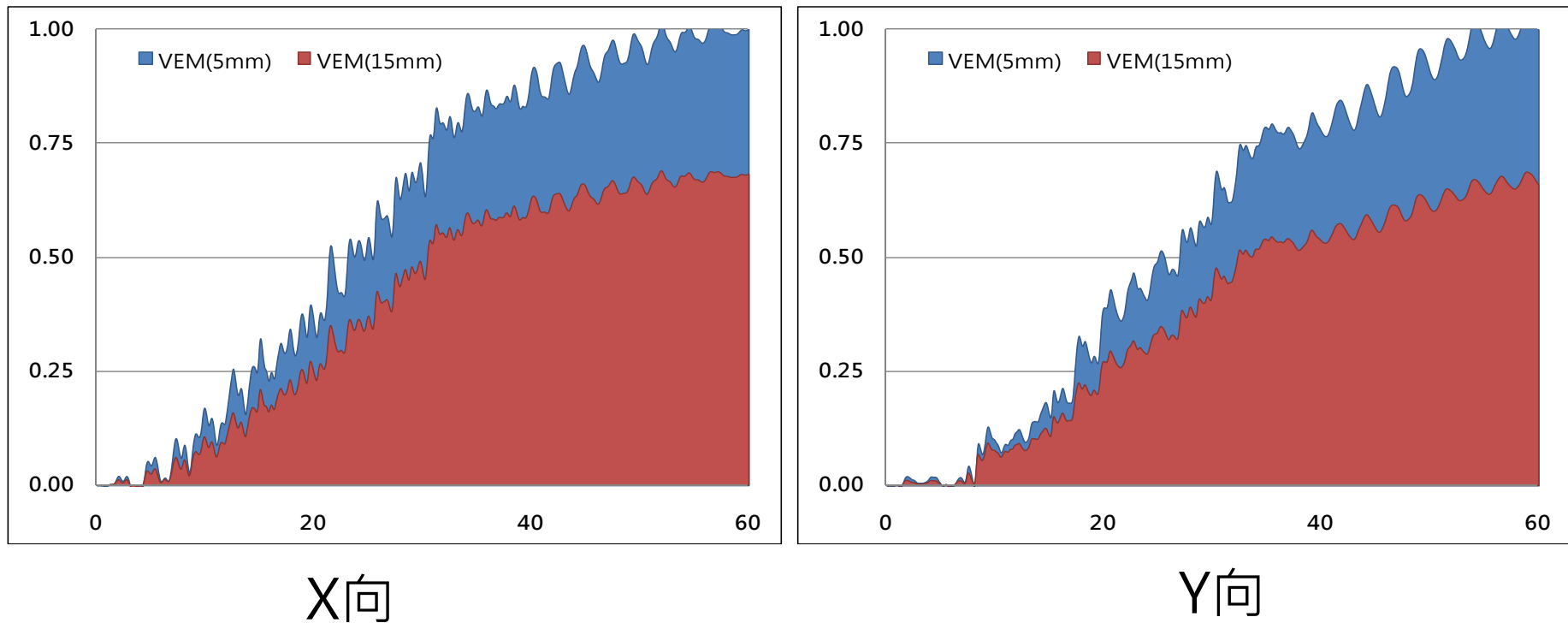
t=5mm及t=15mm VEM參數比較



VEM 阻尼器需求參數表			
厚度	(mm)	5	15
設計環境溫度	(°C)	27	27
容許變形量	(mm)	≥+15 ≤-15	≥+45 ≤-45
極限變形量	(mm)	≥+22.5 ≤-22.5	≥+67.5 ≤-67.5
容許最大剪力	(t)	≤113	≤113
阻尼係數 Cd	(kN-s/cm)	98	33
彈性勁度 Kd	(kN/cm)	370	123
耗損係數 $\eta$		0.692	0.692

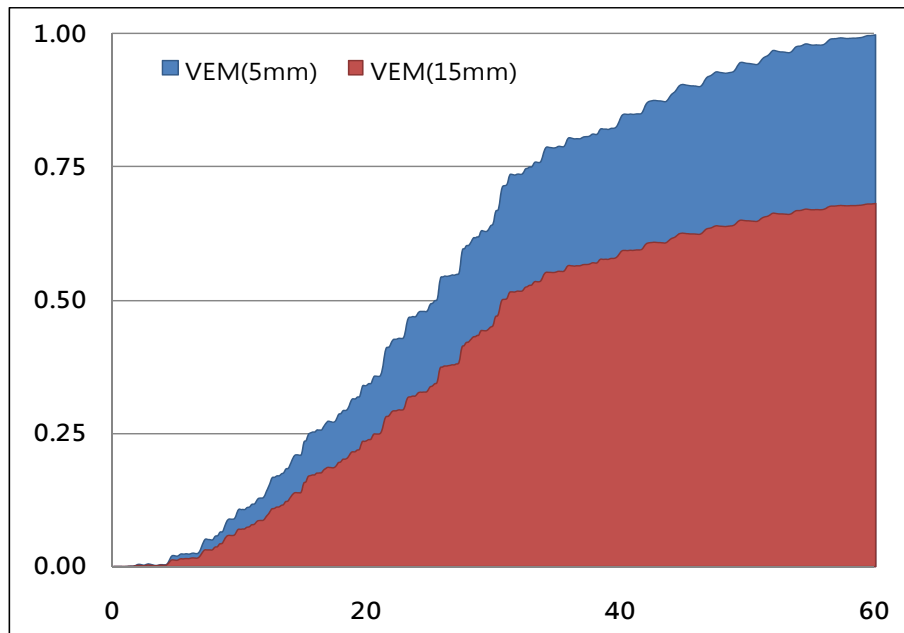
# VE制震器不同容許變位之性能比較

累積消能歷時圖比較(中小度地震)

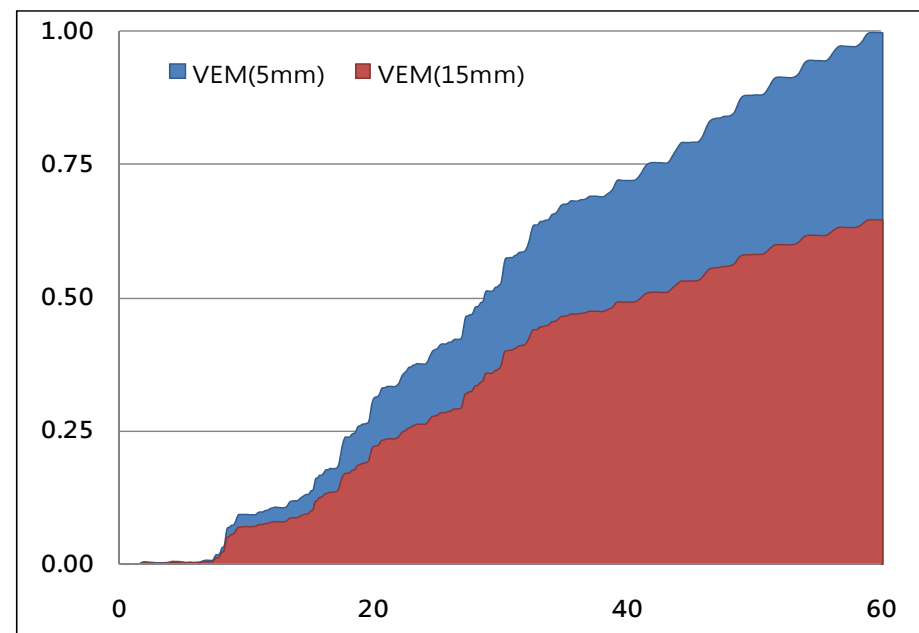


# VE制震器不同容許變位之性能比較

累積消能歷時圖比較(最大考量地震)



X向



Y向

---

# 應用案例二

# 工程概要

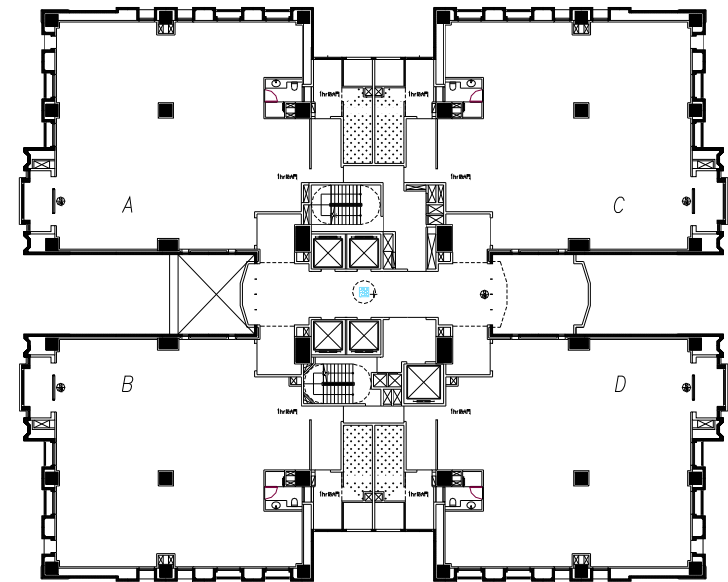
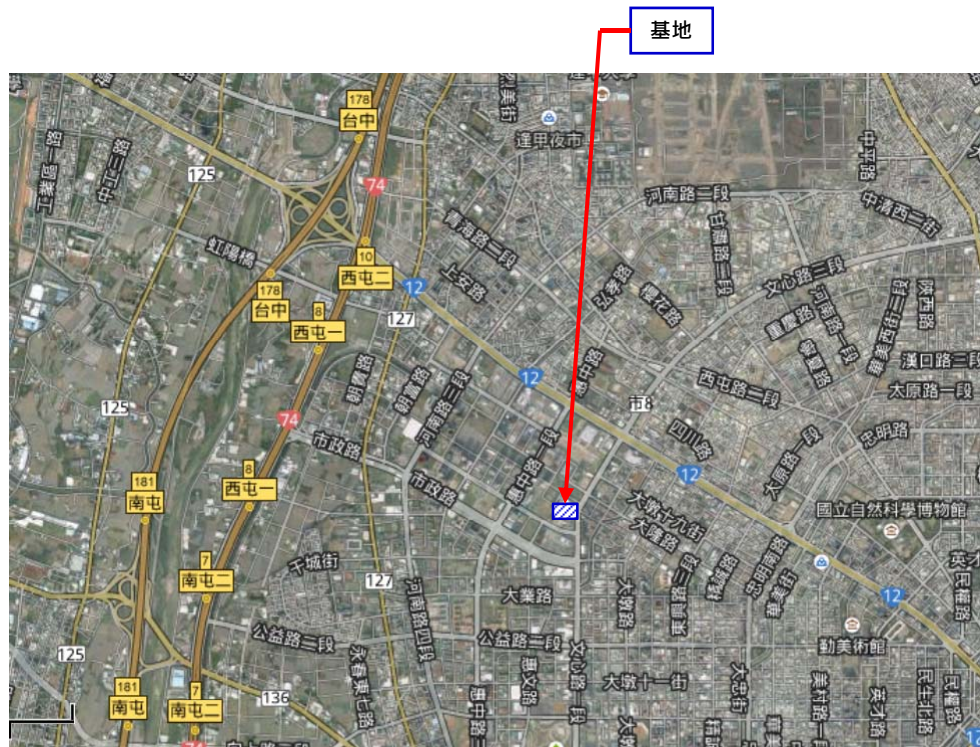


- 基地：台中市西屯區惠國段(新市政大樓旁)
- 樓層數：B4+39F
- 用途：住宅大樓
- 構造：SS
- 結構系統：韌性抗彎矩構架加挫屈束制支撐(BRB)及VE制震器構成之二元系統
- 設計地震力：

中小度地震	0.067g
設計地震	0.288g
最大考量地震	0.371g

# 工程概要

## 基地位置與平面配置

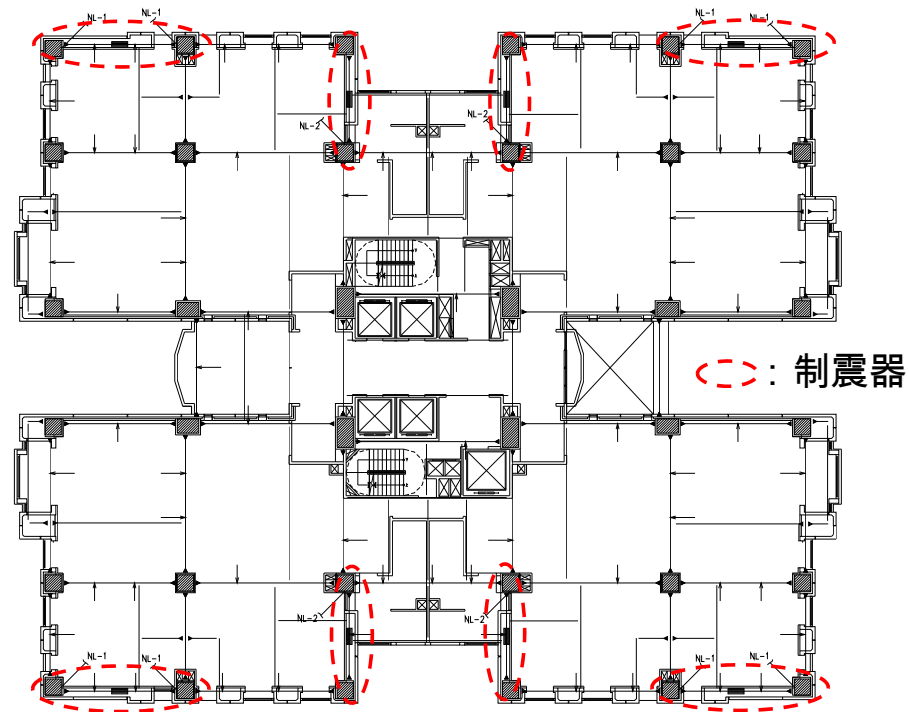


位移型及速度型被動消能元件組合應用案例介紹

# 工程概要

## 制震器配置

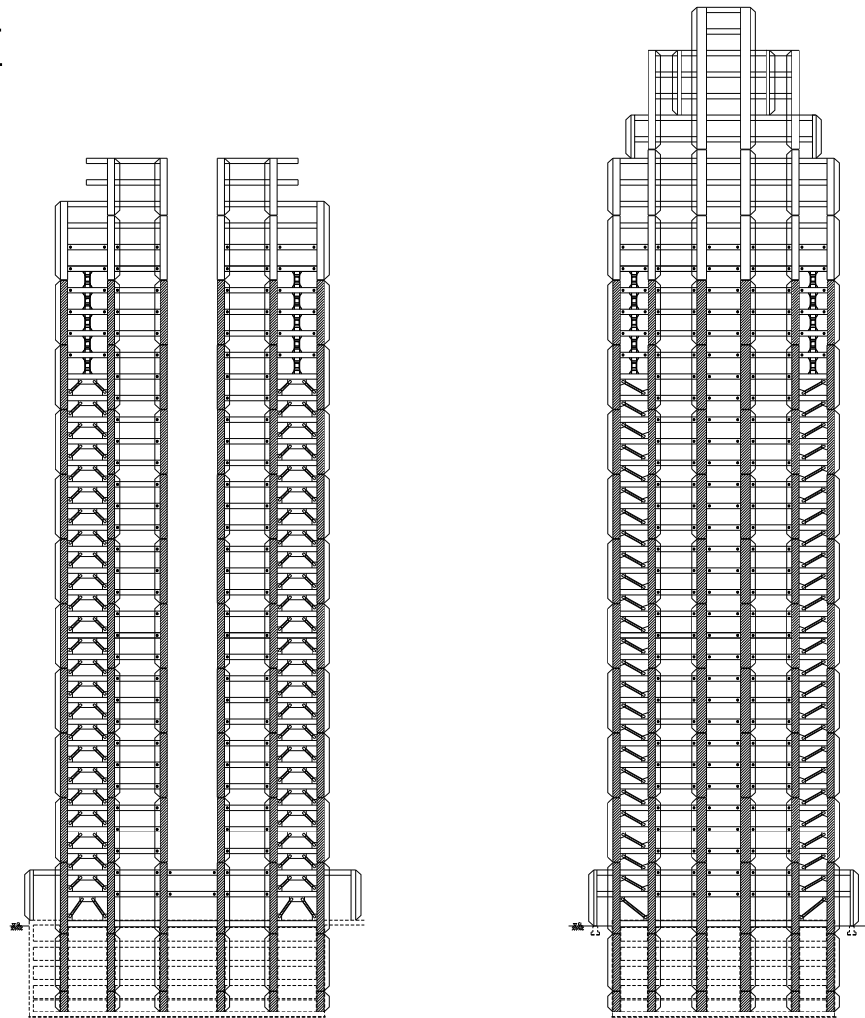
- 制震器係配置於地上一層至三十層樓間，其中由地上一層至二十五層於兩方向共裝設300組挫屈束制斜撐(UBB)，於地上二十六層至三十層於兩方向共裝設20組黏彈制震器(VEM)。





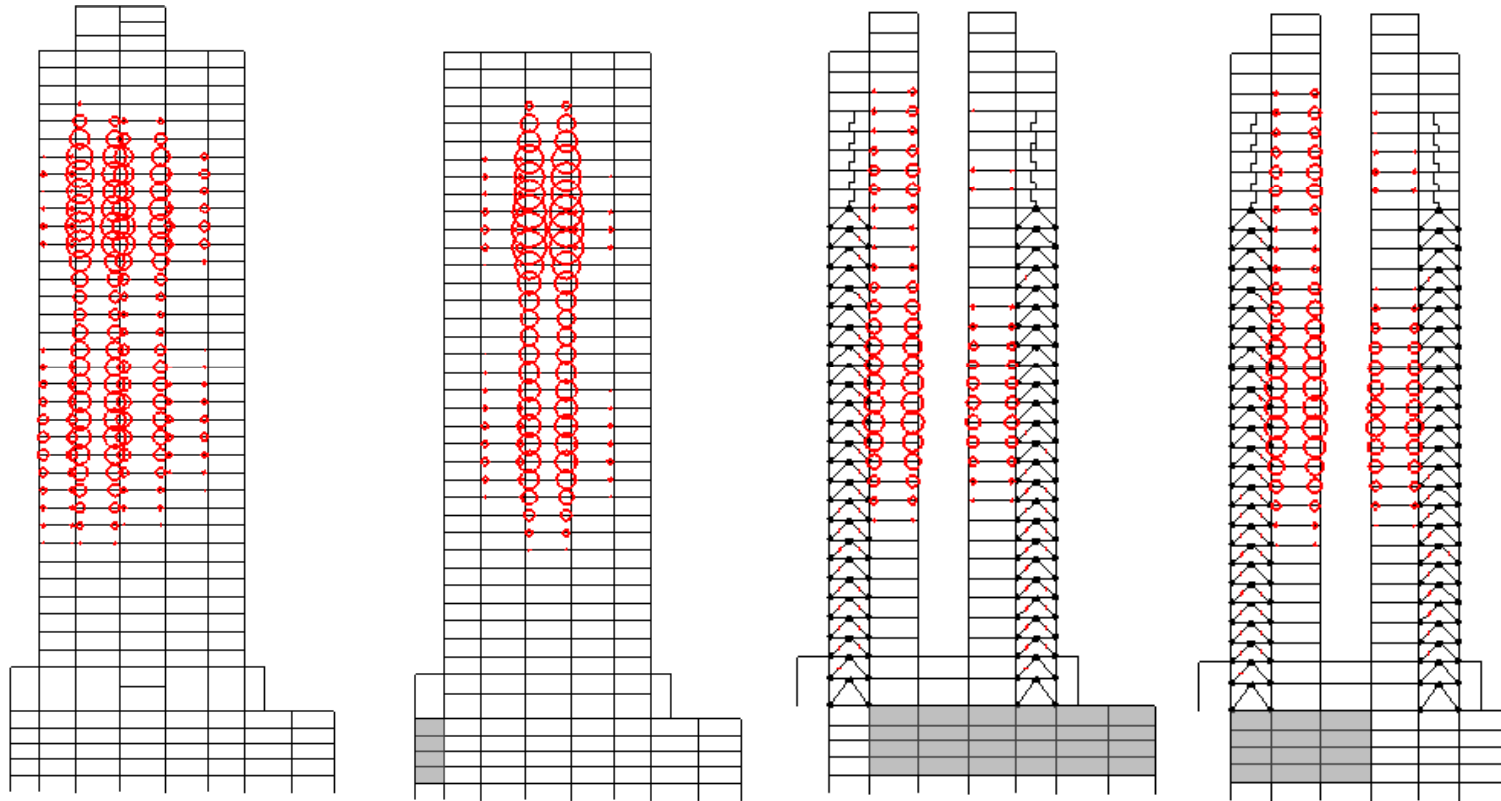
# 工程概要

## 制震器立面配置



# 設計結果檢核-非線性歷時分析

梁柱構件反應(最大考量地震)

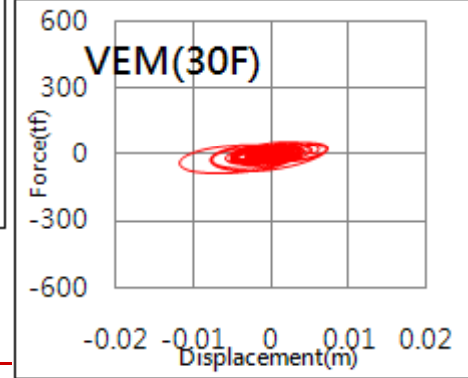
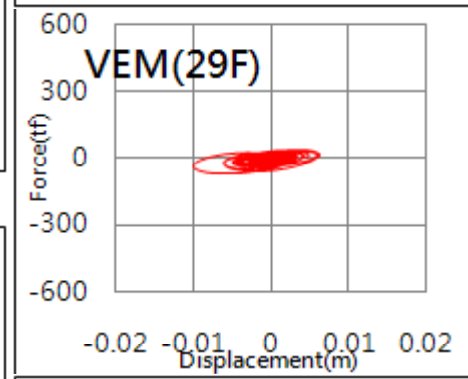
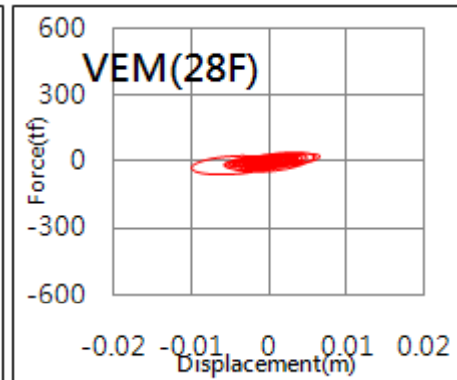
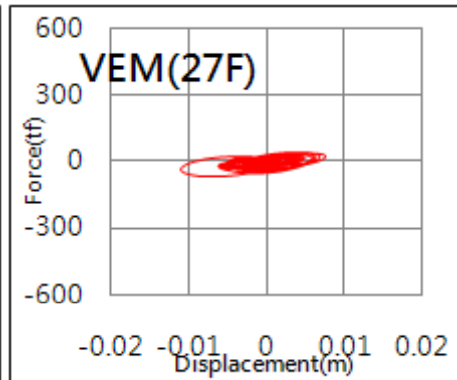
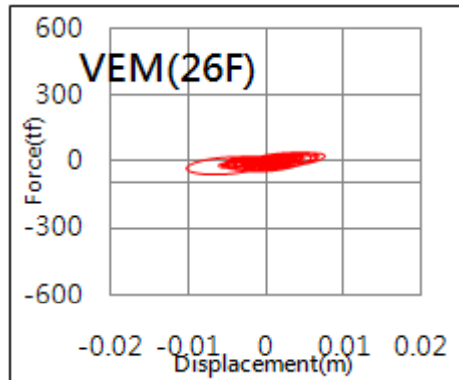
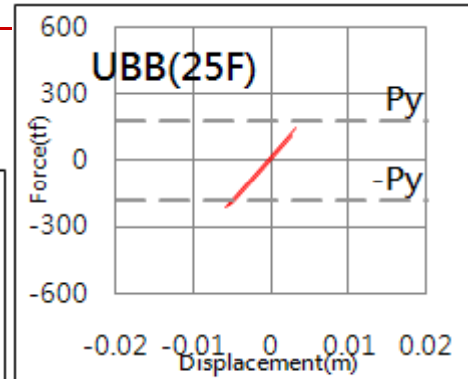
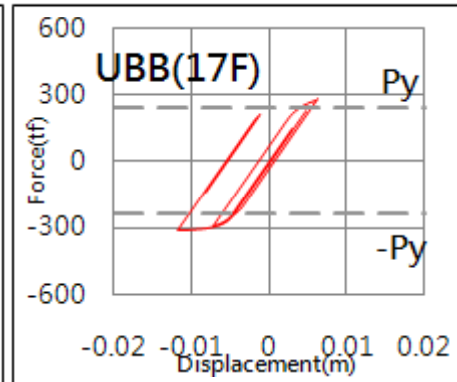
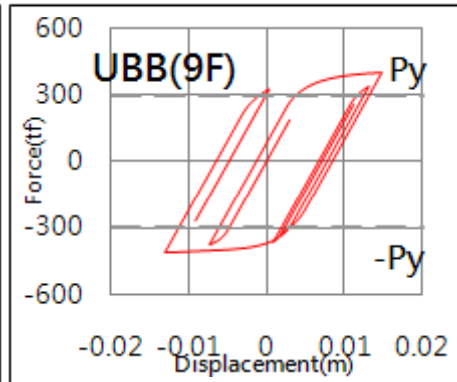
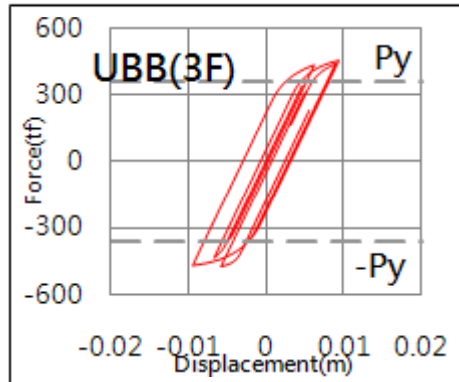


塑鉸分佈圖

○ □ - 0.001 Plastic Hinge

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 制震器反應(最大考量地震)



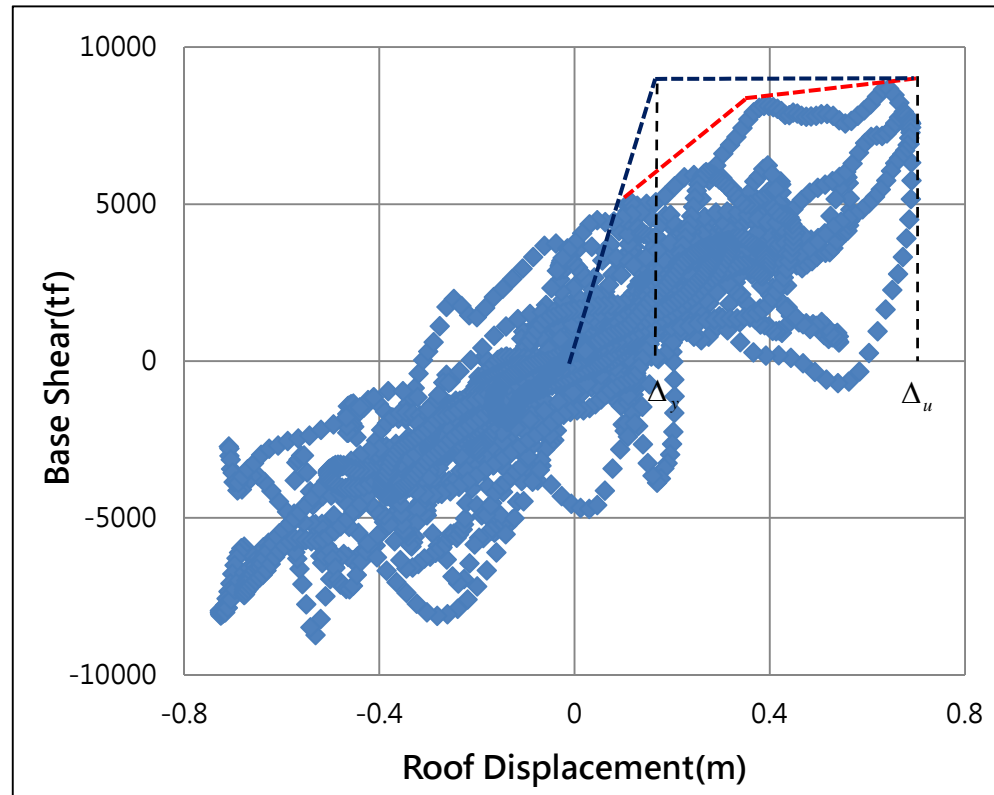
## 制震器遲滯迴圈圖

位移型及速度型被動消能元件組合應用案例介紹



# 設計結果檢核-非線性歷時分析

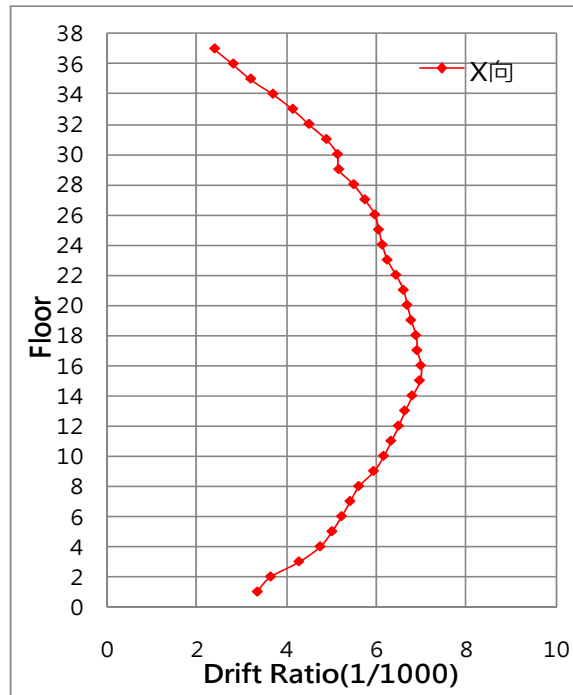
## 屋頂變位vs基底剪力圖



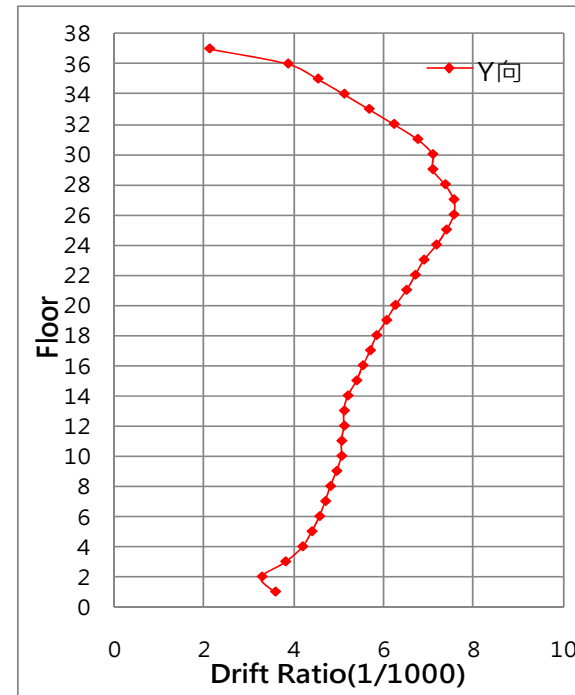
- 檢核最大考量地震作用下使用之韌性容量 $R=4.2$ ，小於規範規定韌性容量 $4.8$ 。

# 設計結果檢核-非線性歷時分析

## 各層最大層間變位圖



X向層間變位角



Y向層間變位角

---

# 施工安裝



# 施工安裝


## UBB施工安裝說明

### 1. 基本事項

Unbonded Braces 的安裝依照以下的基本事項實施

- (1) 原則上不可使 Unbonded Braces 受到撞擊或發生變形。
- (2) 以標準螺栓孔仍無法順利進行安裝時，應以電動工具將端板 (Gusset Plate) 擴孔，再進行安裝。
- (3) 阻尼器製品的精度以 JASS6 之規定為標準。

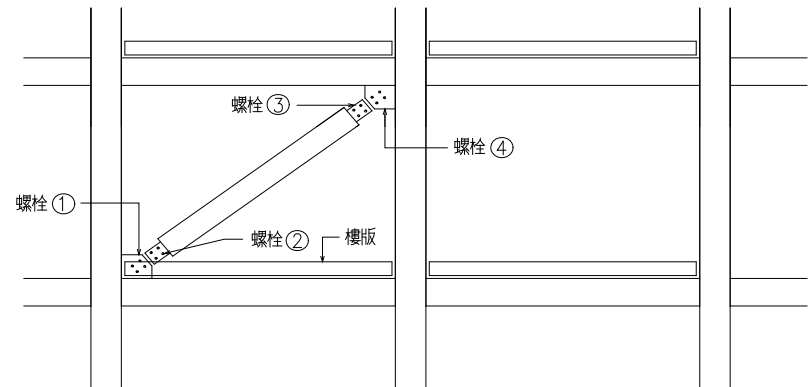
### 2. 安裝順序


Unbonded Braces 依照以下的順序安裝(詳圖 )

- (1) 鎖緊螺栓 ④
- (2) 臨時鎖固螺栓 ③
- (3) 臨時鎖固螺栓 ②
- (4) 臨時鎖固螺栓 ① → 配合柱梁定位作調整

此時，若螺栓 ① 插不進去則以電動工具將端板擴孔，鎖上螺栓 ①

- (5) 待相鄰柱梁接頭的接合皆完成後再將全部的螺栓鎖斷。



 安裝順序

# 施工安裝

---

## UBB施工安裝說明

### 3. 吊運方法

- a. 每一支 Unbonded Braces 都附有 2 個吊耳。請使用吊耳吊運。
- b. 安裝完成之後，這些吊耳並不需要切除。
- c. 一次吊運建議只吊運一支 Unbonded Braces。儘量不要同時吊運多支 Unbonded Braces。
- d. 吊運時不可於 Unbonded Braces 中央搭載其他物品。至於接頭兩端需要的接合板可以於吊運 Unbonded Braces 時於兩端螺栓孔一併吊運至預定樓層。
- e. Unbonded Braces 附有吊耳的面為上面。斜撐的安裝傾斜方向不影響 Unbonded Braces 的功能。

### 4. 螺栓鎖固

- a. 螺栓應使用符合設計圖說所要求性能、尺寸之高張力螺栓。
- b. Unbonded Braces 吊運至預定位置後，首先進行高張力螺栓的臨時鎖固。
- c. 高張力螺栓的鎖斷應在相鄰的柱梁接頭皆完成接合（焊接或螺栓鎖固）之後進行。



# 施工安裝

---

## UBB施工安裝說明

### 5. 超過容許誤差值之處理方法

- a. 螺栓孔發生錯孔現象時，應以電動工具將端板(Gusset Plate)擴孔，不可使用敲擊的方式勉強將螺栓插入，以免造成 Unbonded Braces 的殘留應力。
- b. 需要以電動工具擴孔時，建議先插入 Unbonded Braces 上方的螺栓，再進行下方螺栓孔的擴孔作業。如此可減少臨時設施與高空作業之危險性。

### 6. 其他注意事項

- a. 安裝中或安裝後均不可在 Unbonded Braces 的任何位置搭設臨時鷹架或以手焊條引弧。
- b. 在 Unbonded Braces 的附近作業時，應注意勿使建築物料或機具撞擊到 Unbonded Braces 導致變形。
- c. 施工廠商須於建築物竣工前提供阻尼器適當的包覆防護。
- d. 施工廠商若無法依照上述事項進行安裝時，需另行提送安裝計畫，送監造單位審查核可後始可施作。
- e. 需提供阻尼器適當之防火保護，使其滿足防火時效之相關規定

# 施工安裝

---

## VEM施工安裝說明

依照以下各項目之規定進行阻尼器的施工，同時必須確保充分的精度。

### 1. 粘彈性制振阻尼器安裝要領的基本概念

阻尼器的安裝必須依照以下的基本事項實施。

- (1) 原則上不可使粘彈性體發生變形。因此，為了吸收產品製造(安裝)的誤差，  
兩端的高張力螺栓接頭之中，將VEM構件的下端的螺栓孔採用擴大孔來配合。
- (2) 以上述(1)的擴孔仍無法順利進行安裝時，最多可將粘彈性體的面內方向  $e1=1.5\text{mm}$   
粘彈性體厚度方向  $e2=0.5\text{mm}$  定為調整變形之極限。
- (3) 阻尼器製品的精度以 JASS6 之規定為標準。

# 施工安裝

## VEM施工安裝說明

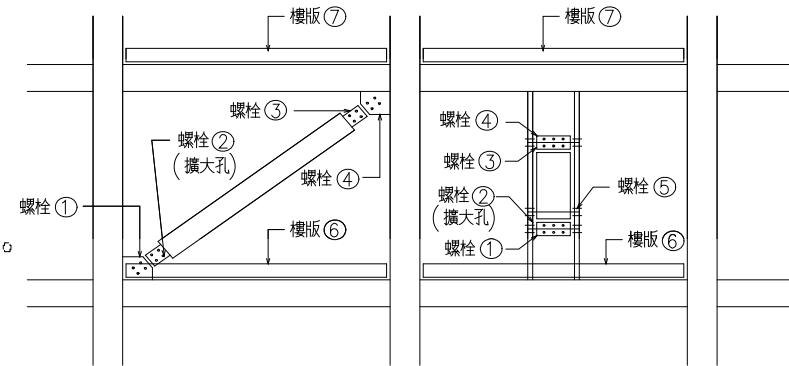
### 2. 粘彈性制振阻尼器（斜撐型、間柱型）的安裝順序

各阻尼器依照以下的順序安裝(詳圖 ②)

- (1) 鎖緊螺栓 ④
- (2) 臨時鎖固螺栓 ③
- (3) 臨時鎖固螺栓 ②(擴孔)。  
此時暫不插入螺栓 ①
- (4) 鋪設樓板 ⑥
- (5) 鋪設樓板 ⑦
- (6) 臨時鎖固螺栓 ① → 以調整尺寸( $a_1$ )作調整  
此時，若螺栓 ① 插不進去則鬆開螺栓 ⑤，鎖上螺栓 ①
- (7) 取下螺栓 ⑤
- (8) 待該樓層主體結構工程完成後再將全部的螺栓鎖緊。

與主體鋼構工程同時進行。

鬆開螺栓 ①，可以藉此減輕樓板重量的影響。



② 安裝順序

# 施工安裝

## VEM施工安裝說明

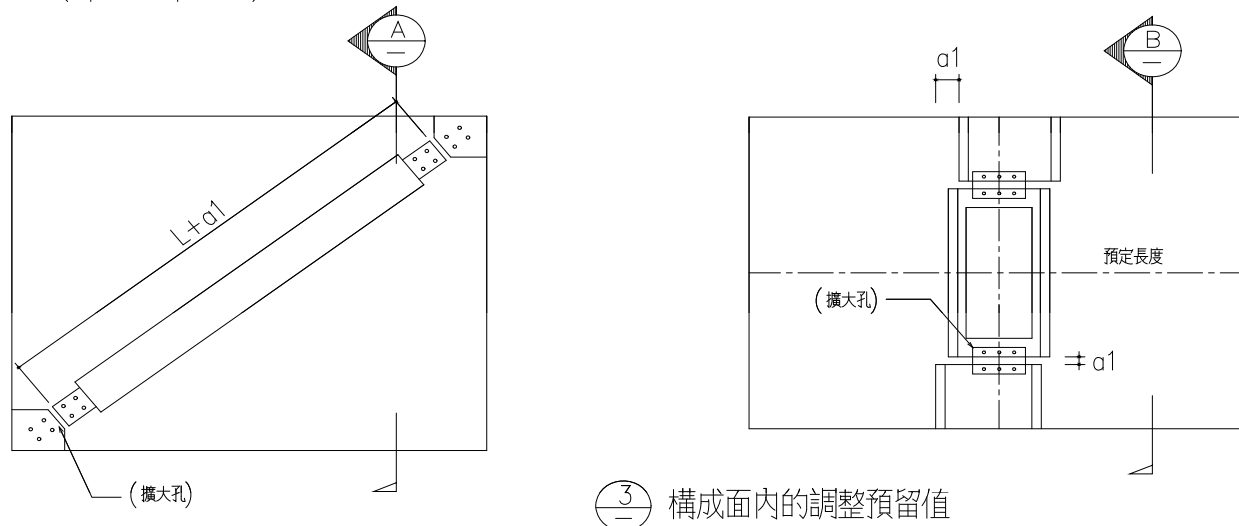
### 3. 關於粘彈性制振阻尼器(斜撐、間柱)的構成面(軸)內方向的預留調整尺寸

粘彈性制振阻尼器安裝時，必須注意在粘彈性體的積層部分不要有過大的力量作用在上面。

關於工地吊裝的調整，可以將阻尼器下端的高張力螺栓接頭的螺栓孔作成擴孔(螺栓孔徑+4.0mm)，將以下的長度作為預留調整尺寸。

構成面(軸)內方向的預留調整尺寸( $a_1$ ) = 伸長側 2.75mm、壓縮側 2.75mm  
(斜撐型：長度方向、間柱型：水平或鉛直方向)

但接合板 (splice plate) 的螺栓孔為標準孔。



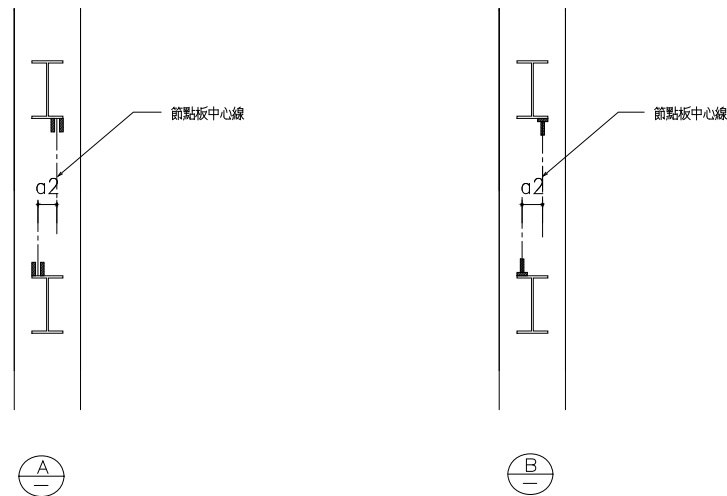
# 施工安裝

## VEM施工安裝說明

4. 關於粘彈性制振阻尼器(斜撐、短柱)的構成面外方向的預留調整尺寸

構成面外方向的容許偏心距離，在粘彈性體的積層部分使用以下的厚度變形量作為容許範圍(詳圖  $\textcircled{4}$ )。

構成面外方向的預留調整尺寸( $a_2$ ) = 2mm



$\textcircled{4}$  面外方向調整預留值

# 施工安裝

---

## VEM施工安裝說明

### 5. 關於施工時輸入阻尼器的熱能

施工時原則上不可對粘彈性制振阻尼器(斜撐、間柱)輸入焊接等的熱能。為配合施工，不得已而為之時，必須隨時檢討、確認。

### 6. 關於施工時阻尼器的吊耳位置

以吊車等機具吊運阻尼器搬動時，必須利用規定位置之吊耳吊運並不得使粘彈性體發生過度的變形。

### 7. 關於工地的阻尼器臨時放置

原則上阻尼器不可在工地作長時間的臨時放置。為配合施工，不得已而為之時，必須隨時檢討、確認，針對雨、風、日曬等作充分的保護。

### 8. 其他注意事項

- a. 施工廠商須於建築物竣工前提供阻尼器適當的包覆防護。
- b. 施工廠商若無法依照上述事項進行安裝時,需另行提送安裝計畫,送監造單位審查核可後始可施作。
- c. 需提供阻尼器適當之防火保護,使其滿足防火時效之相關規定

# 施工安裝

## VEM施工安裝說明

備註：

1. 粘彈性體的積層部分原則上必須不使其發生變形，如果因為意外的狀況導致粘彈性體發生構成面內方向的變形時，用以下的變形量作為容許範圍。

$$\begin{aligned}\text{構成面內的容許變形 (e1)} &= \text{粘彈性體厚度} \times \text{粘彈性體容許剪應變} \times 10\% \\ &= 5\text{mm} \times 300\% \times 10\% \\ &= 1.5\text{mm}\end{aligned}$$

2. 與構成面內方向相同的，粘彈性體的積層部分原則上必須不使其發生變形，如果因為意外的狀況導致粘彈性體的積層部分發生厚度方向的變形時，用以下的變形量作為容許範圍。

$$\begin{aligned}\text{厚度方向的容許變形 (e2)} &= \text{粘彈性體厚度} \times 10\% \\ &= 5\text{mm} \times 10\% \\ &= 0.5\text{mm}\end{aligned}$$

---

簡報完畢  
敬請指教

