

發行人：張國鎮

本期主編：林旺春、楊卓諺

發行所：財團法人國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

地址：台北市辛亥路三段 200 號

電話：(02) 6630-0888 傳真：(02) 6630-0858

網址：http://www.ncree.org.tw

104 年 12 月出版

81 年 3 月創刊・季刊

目錄

●專題報導：重要結構與設備地震工程研究

垂直擾動對於斜面式滾動隔震支承水平隔震性能之影響探討 1

內嵌電磁式摩擦阻尼元件於滾動隔震支承之研究 3

考慮地盤種類之隔震黏滯阻尼比最佳化設計公式 4

三種現地型地震預警技術在台灣的性能比較 5

醫院耐震評估補強準則與設備簡易評估程式之研發 6

●特別報導

第二實驗設施興建進度報導 7

●中心活動

2015 抗震盃耐震創意大挑戰 7

2015 建築物耐震設計國際訓練班 8

●研討會

第四屆海峽兩岸地震工程青年學者研討會暨第六屆台灣邊界元素法會議 9

近斷層地震暨複合災害實驗技術及模擬國際研討會 9

國家地震工程研究中心

簡訊

2015.12 第九十六期

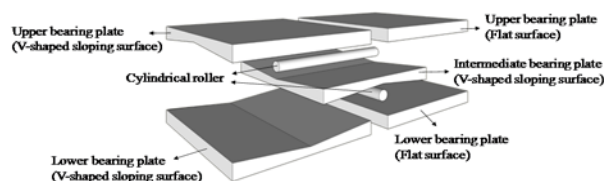
專題報導

《重要結構與設備之地震工程研究之一》

垂直擾動對於斜面式滾動隔震支承 水平隔震性能之影響探討

一、前言

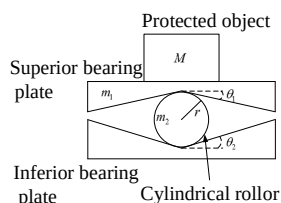
近年來在滾動式金屬隔震支承中，斜面滾動隔震支承的相關研究與應用持續被關注與探討，其由三組版元件(即頂版、中版與底板)與滾軸所組成，見圖一所示。本研究之目的，為假設斜面滾動隔震支承上版與下版的斜面角度為任意角度設計，推導其廣義運動方程式，藉由推導結果建立數值分析程式，並進行一系列之數值分析，以探討忽略斜面角度高次項與垂直向擾動對於隔震支承水平向傳遞加速度之影響。



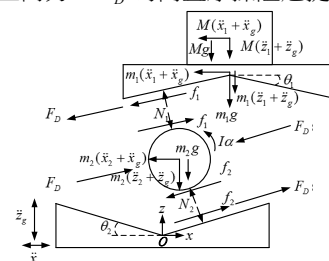
圖一 斜面滾動隔震支承示意圖

二、廣義運動方程式推導

圖二(a)為斜面滾動隔震支承之簡化模型示意圖(滾軸於兩任意斜率之 V 型斜面間進行滾動)， M 、 m_1 與 m_2 分別為設備、上版及滾軸質量； θ_1 與 θ_2 分別為上、下版斜面角度； r 為滾軸半徑。當滾軸在斜面上滾動時，考慮上版(或滾軸)於下版左、右兩側且兩相反滾動方向，其一運動情況如圖二(b)表示， g 為重力加速度； $\ddot{x}_g(\ddot{z}_g)$ 為水平(垂直)向加速度擾動輸入； $x_1(z_1)$ 、 $\dot{x}_1(\dot{z}_1)$ 與 $\ddot{x}_1(\ddot{z}_1)$ 分別為設備與上版相對於圖中 O 點之水平(垂直)向位移、速度及加速度反應； $x_2(z_2)$ 、 $\dot{x}_2(\dot{z}_2)$ 與 $\ddot{x}_2(\ddot{z}_2)$ 分別為滾軸相對於圖中 O 點之水平(垂直)向位移、速度及加速度反應； I 為滾軸轉動慣量； α 為滾軸轉動角加速度； $f_1(f_2)$ 為作用於上版與滾軸(滾軸與下版間)滾動摩擦力； $N_1(N_2)$ 為作用於上版與滾軸(滾軸與下版間)正向力； F_D 為內置摩擦阻尼提供之阻尼力。



(a) 靜止狀態



(b) 滾軸在斜面上運動

圖二 簡化模型自由體圖

依圖二(b)之自由體圖，可求解九個物理量，即精確廣義解(Exact Generalized Solutions)，其中設備與上版相對於 O 點之水平向傳遞加速度反應($\ddot{x}_1$)如下所示：

$$\ddot{x}_1 = \frac{-(\cos \theta_1 + \cos \theta_2)}{2(M + m_1)[1 + \cos(\theta_1 - \theta_2)]} \{2F_D \operatorname{sgn}(\dot{x}_1) + (M + m_1)[\ddot{x}_g(\cos \theta_1 + \cos \theta_2) + (g + \ddot{z}_g)(\sin \theta_1 + \sin \theta_2) \operatorname{sgn}(x_1)]\} \quad (1)$$

精確廣義解可能無法直觀地獲得相關物理資訊，初步假設 θ_1 與 θ_2 很小，其高次項可忽略。另外，在無垂直向擾動假設下，可獲得簡化廣義解(Simplified Generalized Solutions)，其中式(1)設備與上版相對於 O 點之水平向傳遞加速度反應，可簡化如下所示：

$$\ddot{x}_1 = \frac{-(\cos \theta_1 + \cos \theta_2)}{4(M + m_1)} [2F_D \operatorname{sgn}(\dot{x}_1) + (M + m_1)g(\sin \theta_1 + \sin \theta_2) \operatorname{sgn}(x_1)] - \ddot{x}_g \quad (2)$$

三、簡化廣義方程式之探討

為探討忽略斜面角度與垂直向輸入擾動對於水平向最大傳遞加速度的影響，以 25 組不同角度設計組合之斜面滾動隔震支承進行數值分析(見圖二(a))，斜面角度設計由 2° 以漸增 1° 變化至 6°，且不同設計組合皆具有一致的摩擦阻尼力設計 ($F_D = 301 \text{ N}$)。上方設備及上版總質量假設為 $1000 \text{ N-sec}^2/\text{m}$ 。考慮固定曲率半徑(R)之圓弧曲面範圍(d)為 21.6 mm，當斜面角度由 2° 以漸增 1° 變化至 6° 時，曲率半徑設計分別為 618 mm、206 mm、155 mm、124 mm、104 mm。數值分析水平單軸向(Unilateral)及雙軸向(水平與垂直單軸向，Biaxial)之輸入擾動採用三組真實地震紀錄與三組人造加速度歷時，並考慮不同之輸入加速度等級，見表一說明。

表一 分析輸入擾動

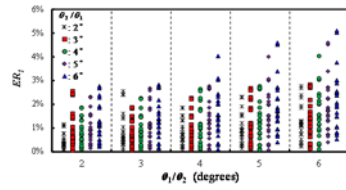
輸入擾動	地震紀錄說明 需求反應譜條件	輸入方向	輸入加速度等級 (g)			
				25%	50%	75% 100%
El Centro	IMPVALL/I-ELC180 IMPVALL/I-ELC-UP Imperial Valley, U.S., 1940/05/19	Unilateral	X	0.08	0.16	0.23 0.31
			Z	0.08	0.16	0.23 0.31
		Biaxial	X	0.08	0.16	0.23 0.31
Kobe	KOBEL/KJM000 KOBEL/KJM-UP Kobe, Japan, 1995/01/16	Unilateral	X	0.21	0.41	0.62 0.82
			Z	0.21	0.41	0.62 0.82
		Biaxial	X	0.09	0.17	0.26 0.34
ChiChi	CHICHI/CHY028-N CHICHI/CHY028-V Chi-Chi, Taiwan, 1999/09/21	Unilateral	X	0.19	0.38	0.57 0.76
			Z	0.19	0.38	0.57 0.76
		Biaxial	X	0.09	0.17	0.26 0.34
AC 156-1	RRS specified in AC156 Isolated equipment is placed at 3rd floor (8.75m in elevation) of a 7-story building (24m in height) at Taipei City	Unilateral	X	0.13	0.25	0.38 0.50
			Z	0.13	0.25	0.38 0.50
		Biaxial	X	0.06	0.13	0.19 0.25
AC 156-2	RRS specified in AC156 Isolated equipment is placed at 3rd floor (8m in elevation) of a 3-story building (12m in height) at Nantou County	Unilateral	X	0.25	0.50	0.75 1.00
			Z	0.25	0.50	0.75 1.00
		Biaxial	X	0.13	0.25	0.38 0.50
IEEE	RRS specified in IEEE Std 693TM-2005 for high performance level	Unilateral	X	0.25	0.50	0.75 1.00
			Z	0.25	0.50	0.75 1.00
		Biaxial	X	0.20	0.40	0.60 0.80

為能夠分別且清楚討論忽略斜面角度高次項與垂直向擾動對於水平向傳遞加速度反應的影響，以下定義兩個重要指標：

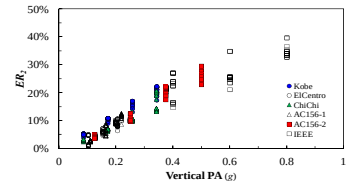
$$ER_1 = \frac{\max(|A_{UE}|) - \max(|A_{US}|)}{\max(|A_{US}|)} \times 100\% \quad (3)$$

$$ER_2 = \frac{\max(|A_{BE}|) - \max(|A_{UE}|)}{\max(|A_{UE}|)} \times 100\% \quad (4)$$

其中， ER_1 為忽略斜面角度高次項造成低估水平向最大加速度反應的指標； ER_2 為忽略垂直向擾動造成低估水平向最大加速度反應的指標； A_{UE} (A_{BE}) 與 A_{US} 分別為利用式(1)與式(2)預測水平單軸(雙軸)向擾動下之水平向加速度反應。

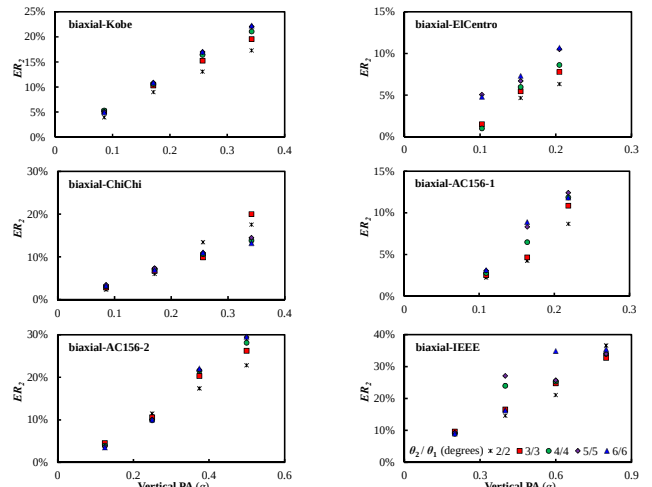


圖三 不同斜面角設計在所有水平單軸向擾動下 ER_1 值變化



圖四 所有不同輸入垂直加速度等級雙軸向擾動下 ER_2 值變化

圖三為不同斜面角度設計在水平單軸向擾動下 ER_1 值變化圖中可發現，斜面角度愈大， ER_1 值愈大，即忽略斜面角度高次項會造成水平向最大加速度反應更為低估，然其影響相當有限。在 unilateral-100%-ChiChi 擾動下，(θ_1, θ_2)=(6°, 6°)發生最大 ER_1 值僅約 5.10 %。因此，在工程實務分析與設計上，斜面角度高次項是可以被合理的忽略。圖四與圖五為在不同垂直向加速度等級雙軸向擾動下 ER_2 值變化，圖中可得垂直向加速度等級愈大， ER_2 值愈大，即忽略垂直向加速度會造成水平向最大加速度反應更為低估，其影響較斜面角度高次項更為顯著。在 biaxial-100%-IEEE 擾動下，(θ_1, θ_2)=(2°, 2°)發生最大 ER_2 值約為 36.59 %。因此，在工程實務分析與設計上，若垂直向擾動具一定程度的加速度值，為能夠獲得更準確且保守的結果，建議不可忽略垂直向擾動對於水平向加速度反應的影響。



圖五 (θ_1, θ_2)=(2°, 2°)、(3°, 3°)、(4°, 4°)、(5°, 5°)、(6°, 6°) 在不同輸入垂直加速度等級雙軸向擾動下 ER_2 值變化

四、結論與檢討

為獲得更完整的斜面滾動隔震支承性能設計方法，本研究推導滾軸於兩任意斜率之 V 型斜面間進行滾動之廣義運動方程式，並建立其數值分析模型，並進行一系列之數值分析研究，以探討忽略斜面角度高次項與垂直向擾動對於水平向傳遞加速度反應的影響。數值結果顯示，忽略垂直向擾動於水平向傳遞加速度預測之準確性上，較忽略斜面角度高次項扮演著更為重要之角色。因此，若垂直向擾動具一定程度的加速度值，本研究建議採用精確之廣義運動方程式，以獲得較為理想且保守之分析結果。

助理研究員 林旺春、研究員 汪向榮

內嵌電磁式摩擦阻尼元件於滾動隔震支承之研究

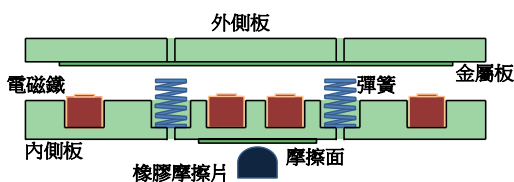
一、前言

斜面式滾動隔震支承使用重力達到自復位之目的，具有上部結構之水平向加速度反應為一定值之特性，透過內置的滑動摩擦阻尼消能機制，可有效地抑制隔震支承在受震時產生的位移反應，已被應用於提升科技廠房與珍貴文物之耐震能力。然而內置滑動摩擦阻尼會增大上部結構的加速度反應，進而無法達到最佳之隔震效果。

本研究發展內嵌電磁式摩擦阻尼元件，藉由控制摩擦面之正向力，間接地控制摩擦阻尼元件之摩擦力，以半主動控制的方法，有效率地提升隔震支承之行為，達到降低隔震支承的最大位移，但同時卻不增加上部結構的最大水平向加速度。研究的重點主要以提升前人研發的多軸連接斜面式滾動隔震支承之性能，將內嵌電磁式摩擦阻尼元件與既有之滾動式隔震支承進行結合，並藉由振動台實驗驗證其半主動控制之效果，以決定摩擦阻尼元件適用的控制律。

二、內嵌電磁式摩擦阻尼元件

內嵌電磁式摩擦阻尼之組成元件如圖一所示，包含外側板、內側板、電磁鐵、彈簧、金屬板、摩擦面板、以及橡膠摩擦片。此摩擦阻尼的機制原理為：(1)將彈簧置入內側板，將外側板與內側板鎖住，此時彈簧將受到壓縮而產生彈性能；(2)將側板彈簧位置的孔位對準滾軸並鎖上螺帽，此時側板與隔震支承是完全固定的狀態；(3)鬆開固定內外側板內的螺絲，此時因壓縮的彈簧造成之恢復力(預頂力)，可提供橡膠摩擦片與側板內層摩擦面之間所需之正向力；(4) 使用安裝於內側板之電磁鐵，並在外側板內側固定一塊金屬板，以電磁鐵與金屬板之磁吸力抵消彈簧之預頂力，以控制橡膠摩擦片與側板內層摩擦面之間所需之正向力大小，間接地控制摩擦阻尼力之大小。



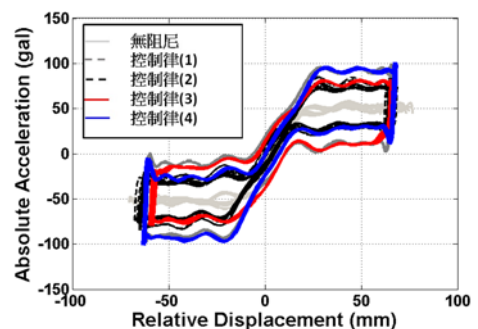
圖一 組成元件

三、振動台實驗驗證

為探討所發展之內嵌電磁式摩擦阻尼元件之性能，使用國家地震工程研究中心的小型振動台進行單軸向的驗證實驗。因實驗過程中需計算電磁鐵的控制電流大小，使用含數位轉類比的硬體裝置，以便將數位訊號轉成控制電磁鐵的控制命令。本實驗使用 dSPACE 進行計算內嵌電磁式摩擦阻尼元件的控制律、傳達控制命令至電磁鐵，以及蒐集加速規與位移計的量測訊號。此外，使用 VCCS 接收 dSPACE 的控制電壓訊號，經由線性轉換後輸出相

對應的目標電流，藉此控制電磁鐵磁吸力大小。

除了無阻尼的情形，本研究使用四種電磁鐵控制律，分別為(1) 磁吸力全程關閉，是阻尼最大的狀況；(2)磁吸力全程開啟，是阻尼力最小的狀況；(3) 上層板離開原點時開啟磁吸力，靠近原點時關閉磁吸力；以及(4) 上層板靠近原點時開啟磁吸力，離開原點時關閉磁吸力。實驗採用頻率 1 Hz、最大加速度 200 gal 的正弦波作為輸入地震波，藉此驗證此內嵌電磁式摩擦阻尼元件之性能。實驗取樣頻率為 200 Hz。實驗結果如圖二所示，在不加任何阻尼力的狀況下，當滾軸在斜面運行時，上部結構會有 50 gal 的固定加速度反應。當釋放彈簧預頂力且不開啟磁鐵，亦即在控制律(1)的情形下，遲滯迴圈變得飽滿，阻尼力消散隔震支承所受的地震能量，上層結構位移反應變小但加速度反應卻提高為 100 gal。當磁吸力打開時，即在控制律(2)的情形下，雖然遲滯迴圈較控制律(1)時縮小，然而卻能降低上部結構的加速度反應，且仍有效地降低最大位移反應。控制律(3)在上層板離開原點時開啟磁吸力，理論上此時加速度反應應與控制律(2)相同；同樣地控制律(3)在上層板靠近原點時關閉磁吸力，此時加速度反應應與控制律(1)相同。由圖二的行為可發現，控制律(3)的遲滯迴圈形狀確實依照預期發生變化；同樣的結果亦可在控制律(4)的實驗結果中發現。因此使用內嵌電磁式摩擦阻尼元件可確實地控制滾動隔震支承的受震反應。



圖二 含內嵌電磁式摩擦阻尼隔震支承的遲滯行為反應
(承受 1 Hz、200 gal 的正弦波地震)

四、結語

本研究改善既有的滾動式隔震支承裝置，藉由內嵌電磁鐵，使得側板摩擦阻尼裝置之正向力具備可控性，間接地控制摩擦阻尼力並改變隔震支承的受震行為。日後若能提升電磁鐵的規格，並導入現代控制理論，設計較複雜的控制器，應能使隔震支承具備更好的受震反應。

副研究員 陳沛清、研究員 汪向榮

考慮地盤種類之隔震黏滯阻尼比最佳化設計公式

一、光纖光柵過濾光波

現行於臺灣之耐震設計規範，以韌性設計為主，不過當破壞之構件位於主體結構時，修復將難以進行。在了解到韌性設計之不足及地震力如何造成結構物振動之原理後，即開始發展結構振動控制之方法－隔震。在黏滯型隔震系統中有兩個主要的參數，隔震週期以及隔震阻尼比，本文主要探討隔震阻尼比。而當隔震阻尼比越大，上部結構絕對加速度也越大，反之隔震阻尼比越小，上部結構絕對加速度亦越大，故隔震阻尼比實存在一最佳值，使得上部結構絕對加速度達最小值，此時之隔震阻尼比為黏滯型隔震系統之最佳隔震阻尼比。又因歷史文獻中所發展出之設計公式為利用白雜訊所設計，未考慮到地域及地盤，所以未必適用於臺灣，因此本文利用臺灣四類地盤之地震紀錄建立線性黏滯型隔震系統之最佳化隔震阻尼比設計公式。

由臺灣現行規範中可以看出不同地盤之差異，本文將一、二、三類地盤及臺北盆地之地震歷史紀錄作為地表加速度輸入。將隔震後之上部結構簡化為單自由度，並對應上部結構是否加裝阻尼分為無阻尼及含阻尼結構。設計公式之迴歸由無阻尼結構部分以變動隔震頻率、頻率比及質量比之順序，找出其與最佳隔震阻尼比之關係；進一步延伸至含阻尼結構分析則以無阻尼結構之設計結果搭配變動結構阻尼比，找出其與最佳隔震阻尼比之關係。觀察各類地盤在最佳參數之結果，再迴歸分析得到各類地盤之設計公式。

二、最佳化設計公式

本設計公式，考量到不同地盤特性，藉由遍及全台共 177 筆地震紀錄進行公式之迴歸。定義加速度比為隔震後上部結構之絕對加速度均方根除以未隔震之結構絕對加速度均方根，而使本加速度比最小化時所對應之阻尼比即為最佳阻尼比。另外，為簡化設計公式，考慮結構經隔震後為兩自由度之系統，並簡化系統參數：質量比 R_m 為上部結構重除以系統總重；頻率比 R_f 為上部結構頻率除以隔震頻率；亦需考慮上部結構之阻尼比 ζ_s 。公式於迴歸的過程中，發現台北盆地之外的三種地盤差異不大，故公式最後僅劃分為台北盆地與非台北盆地。上部結構不含阻尼迴歸結果如下二式：

非台北盆地(結構無阻尼)：

$$\zeta_{i,opt,undamped} = \left\{ \begin{aligned} &(-0.0597 + 1.1512R_m - 1.0438R_m^2) + (0.0817 - 0.4724R_m + 0.3716R_m^2)R_f \\ &+ (-0.0065 + 0.0306R_m - 0.0225R_m^2)R_f^2 \\ &+ (1.016 - 2.6924R_m + 2.9214R_m^2) + (-0.1668 + 0.7473R_m - 0.5881R_m^2)R_f \\ &+ (-1.615 + 4.441R_m - 3.9008R_m^2) + (0.3051 - 0.9813R_m + 0.6947R_m^2)R_f^2 \end{aligned} \right\} f_i$$

台北盆地(結構無阻尼)：

$$\zeta_{i,opt,undamped} = \left\{ \begin{aligned} &(0.4327 - 0.5894R_m) - (0.1493 - 0.1465R_m)R_f + (0.0091 - 0.0086R_m)R_f^2 \\ &+ (-0.7806 + 2.7737R_m) + (0.4932 - 0.4788R_m)R_f - (0.0249 - 0.0225R_m)R_f^2 \\ &+ (0.5924 - 1.978R_m) - (0.0861 - 0.164R_m)R_f \end{aligned} \right\} f_i^2$$

上兩式分別為台北盆地與非台北盆地，上部結構無阻尼之設計公式。若上部結構含阻尼，則需額外迴歸與上部結構阻尼比之關係，迴歸結果如下：

非台北盆地(結構含阻尼)：

$$\zeta_{i,opt,damped} / \zeta_{i,opt,undamped} = 1 + 0.5066\zeta_s + 9.188\zeta_s^2$$

台北盆地(結構含阻尼)：

$$\zeta_{i,opt,damped} / \zeta_{i,opt,undamped} = 1 - 0.0476\zeta_s + 6.4873\zeta_s^2$$

藉由上述公式，工程師可代入結構參數，求得對應工址之隔震最佳阻尼比，而所需代入之各項結構參數，皆為實務設計過程中可獲得之中間產物，無需額外進行特殊分析或建模。工程師可依此最佳阻尼比作為依據，再配合業主或建築師對諸如隔震位移等要求進行微調。

三、結語

隔震系統的使用日漸廣泛，但現行規範所提供之設計準則略顯複雜，且對於黏滯型隔震系統並無一套快速的設計方法，又因前人所提供之設計公式並無反映臺灣地盤之特性，故本文針對黏滯型隔震系統提出一套設計公式，以供工程師快速算得最佳化設計參數。

公式迴歸之過程中，考量三種地盤之公式差異不大，故將第一、二及三類地盤合併為一，視為非台北盆地，以簡化設計之流程。再以上部結構是否加裝阻尼，分類為無阻尼及含阻尼結構，無阻尼結構方面，由該結構之隔震層頻率 f_i 、結構頻率比 R_f 以及結構質量比 R_m ，即可求得無阻尼結構加裝黏滯型阻尼之隔震系統之最佳隔震阻尼比 $\zeta_{i,opt,undamped}$ 。含阻尼結構方面，可由前述三個參數加上結構阻尼比 ζ_s ，即可求得無阻尼結構加裝黏滯型阻尼之隔震系統之最佳隔震阻尼比 $\zeta_{i,opt,damped}$ 。故本文所提供之公式最多只需四個參數，即可求得最佳阻尼比 $\zeta_{i,opt}$ ，使用上相當簡單快速，並由實際案例進行模擬驗證，確認本文提出之最佳化設計公式均能發揮其隔震效益，且不至於使隔震層位移過大而失敗，因此本文所提最佳設計公式具有實務應用之參考價值。

助理研究員 楊卓諺

研究員 鍾立來

台灣大學研究生 范揚志、陸寶軍

三種現地型地震預警技術在台灣的性能比較

一、前言

區域型地震預警的盲區範圍較大，對於震央較近的地震往往無法提供有效的預警時間。由於台灣的地震威脅主要為內陸地震，不像日本的地震潛勢多半來自外海，因此現地型的地震預警技術對於台灣非常重要。目前台灣實務上常用的現地型預警技術主要為體波震源法(TauC-Pd-Attenuation, TPA)及位移門檻值法(Pd-Threshold method, PdT)，以及最近國震中心提出一個新的「支撐向量法」(Support Vector Machine, SVM 法)等三種現地型預警技術。本研究主要是利用中央氣象局強震資料庫 89,433 筆數據(Taiwan Strong Motion Instrumentation Program, TSMIP)，以及國家地震工程研究中心的現地測站資料 1,191 筆數據，驗證上述三種方法的準確率。

二、方法與結果

本研究使用之現地型地震預警技術之預測方法簡介如下：

1. 體波震源法 (Tsai 等，2009)

體波震源法主要基於三種回歸模型；首先，主導周期 TauC 和位移極值 Pd 是經由 P 波到達後的最大垂直地表加速度前三秒計算而來之參數，進而求得地震規模(M)和震央距離(R)，之後再利用 PGA 衰減率即可估算 PGA 值。

2. 位移門檻值法(Wu 和 Kanamori，2005)

該方法係認為 Pd 若大於 0.5 公分，代表該地震有可能造成災害，因此就應發出警報。該方法已應用於 P-alert 地震 P 波感測儀。

3. 支撐向量回歸法 (Hsu 等，2013)

該方法係利用 P 波到達後最大垂直地表加速度的前三秒，粹取得 6 種 P 波特徵，並利用 SVM 回歸模型推估 PGA 值。

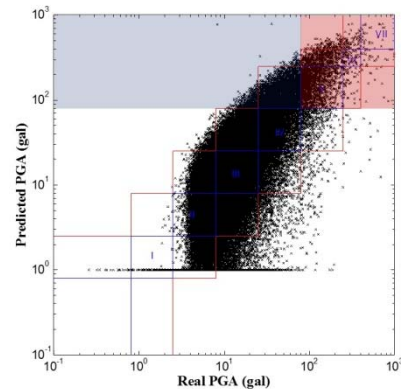
本項研究所使用之預測準確率(Predict Accurate Ratio, PAR)，係參考日本氣象廳(JMA)的定義，只考慮實際震度及預測震度 4 級以上的地震，若預估震度和實際震度相差小於或等於±1 級則視為準確預測，則預測準確率(%)即為預測準確的數量除以總事件個數，以此作為 TPA 法和 SVM 法之評斷基準(因 PdT 法沒有預估震度)。

另外兩項基準為高報率(False Alarm Ratio, FAR)和低報率(Missed Alarm Ratio, MAR)，可用於檢測所有地震預警方法發出警報的可靠性。本研究設定為震度 5 級以上發出警報，係考慮震度 5 級以上可能開始有震損發生。因此，若是實際震度<5 級且發出警報則被定義為高報(誤報，False Alarm)，但若是實際震度≥5 級但沒發出警報則被定義為低報(漏報，Missed Alarm)。FAR(%)即為圖一藍色區塊中所有地震事件數量與預測 5 級以上地震事件數量之比值。MAR(%)即為圖二藍色區塊中所有地震事件數量與實際震度 5 級以上地震事件數量之比值。

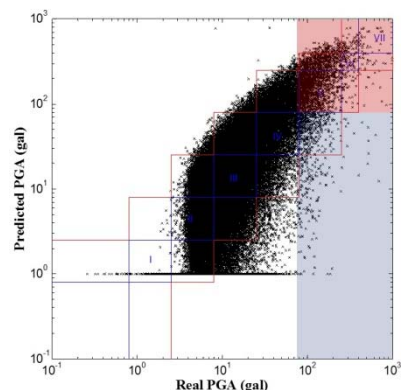
最後，為了比較上述 3 種方法，所以將 PdT 法之 Pd 門檻值

調低至 0.025cm，以便讓 3 種方法之 MAR 值相近，則此時比較 FAR 值即可瞭解三種方法所發出警報的可靠性。表一即為 SVM 法、TPA 法和 PdT 法使用 TSMIP 和 NCREE 現地測站地震資料驗證之預測結果比較。

結果顯示，若震度 5 級以上需發出警報，且三種方法之低報率(MAR)調整至一致時，不論是 TSMIP 或是 EEWs 現地測站地震資料的結果，SVM 法之高報率明顯較低。換言之，在這些方法中，SVM 法能提供最可靠及準確之地震預警。



圖一 SVM法運用 TSMIP 地震資料之預估 PGA 與實際 PGA 分布圖(藍色區塊為高報區)



圖二 SVM法運用 TSMIP 地震資料之預估 PGA 與實際 PGA 分布圖(藍色區塊為低報區)

表一 使用 SVM 法、TPA 法和 PdT 法之準確性比較

Database	TSMIP			NCREE on-site stations at schools		
Method	PAR(%)	FAR(%)	MAR(%)	PAR(%)	FAR(%)	MAR(%)
SVM	91.04	65.26	19.42	77.94	80.00	0.00
TPA	67.51	80.37	19.19	39.86	91.67	25.00
PdT (0.025cm)	-	85.02	18.06	-	93.86	0.00

研究員 許丁友、林沛陽

組長暨中央大學地球所教授 溫國樑

助理研究員 盧恭君、黃謝恭、江宏偉

專案助理研究員 賴韻如

第二實驗設施興建進度報導

一、前言

台灣地震頻繁、斷層密佈，由於近斷層地震具有大位移的特性，現有實驗設施無法模擬。為了研發近斷層的抗震技術，國研院建置國震中心第二實驗設施，其特色為擁有「高速長衝程地震模擬振動台系統」，可重現近斷層地震記錄，運用大型的結構實驗，驗證抗震工法的效能。該設施不僅能與國震中心台北本部的功能互補、南北呼應，成為國際地震工程研究重鎮；更可進一步和鄰近的內政部建築研究所防火實驗中心、風雨風洞實驗室，共同組成跨領域的防災研究群，為我國防災科技與產業貢獻心力。

二、第二實驗設施建築物興建進度

第二實驗設施基地位於國立成功大學歸仁校區東側校地內，將興建地下一層、地上三層之鋼筋混凝土搭配鋼構造之第二實驗設施建築體，分為研究棟與實驗棟。本案採統包方式進行，統包廠商為宏昇營造股份有限公司，另委託中興工程顧問股份有限公司協助本案工程專案管理及監造，自 2015 年 7 月份開始施工起，目前工程正進行至研究棟一樓結構體及實驗棟地下一樓結構體之鋼筋綁紮、模板組立與混凝土澆置(如圖一所示)。廠商預計將於 2016 年 4 月份完成研究棟施作，且將於 2016 年 7 月份完成實驗棟施作，最後將於 2016 年 10 月份竣工並取得使用執照。

三、第二實驗設施設備工作進度

第二實驗設施硬體設備包括(1) 高速長衝程地震模擬振動台系統、(2) 反力牆與強力地板試驗系統，以及(3)雙軸向動態試驗系統(BATS)。2015 年完成工作為：(1) 2015 年 1 月完成擬定設備招標規格與契約文件、(2)2015 年 2 月完成請購程序、(3)2015 年 3 月與 MTS Systems Corporation 完成議價程序並審查與核可工作執行計畫書、(4)進行振動台設計之細部審查、以及(5)進行雙軸向動態測試系統設計之細部審查。目前設備組件均在製造當中，國震中心擬於 2016 年 3 月派遣相關研究與技術人員赴美國進行廠驗並接受初步之教育訓練。

四、第二實驗設施工作小組

為使國震中心更多參與第二實驗設施土建與設備的設計及分析，在張國鎮主任的指示下，由鍾立來組長帶領一工作小組，團隊成員包含國震中心各組的研究人員，進行土建與設備的數值分析與系統識別研究，研究內容包括：(1) BATS 系統設計與分析、(2) 振動台面結構分析、(3) 反力質塊設計與分析、(4) 反力質塊系統動力分析、(5) 反力質塊空氣彈簧及阻尼器驗證、(6)反力牆結構分析、(7) 強力地板結構分析，以及(8) 基礎與結構體設計檢核等。工作小組的研究與分析成果將有利於研究人員更了解第二實驗設施之性能極限，對於未來規畫相關研究實驗以及發展先進實驗技術，有莫大實質上之裨益。

五、結語

第二實驗設施預期將於 2017 年完成後可供學術、政府與工程界進行近斷層地震效應與隔減震結構系統之相關研究，提升國家整體抗震能力並降低震災損失，落實提升地震工程研究與設施能量的目標。



第二實驗設施建築物興建施工現況

副研究員 蕭輔沛、陳沛清

中心活動

2015 抗震盃耐震創意大挑戰

國家實驗研究院與英國文化協會(The British Council)於 2015 年 9 月 18~20 日，假國研院地震工程研究中心，聯合主辦「2015 抗震盃—地震工程模型製作國際競賽」，推廣地震工程防災教育，鼓勵學生參與科學競賽激發創造力，提供國內年輕學子與各國精英同台競技的機會，提升我國年輕一代的國際視野與專業能力。

抗震盃自 2001 年起，迄今已歷經 14 屆競賽，國內外參賽學生總數超過 5,500 人。今年比賽，高中、大專、研究生組共有 95 支隊伍參賽，其中包含 30 支國外隊伍，總參賽人數將近 470 人。

另有約 30 位國外師生組團來台觀摩，更讓活動熱鬧不少。

活動一連舉行三天，首先由 9 月 18 日(五)「抗震盃研究生組國際研討會」揭開序幕，選手們在研討會中闡述模型設計理念，以及防震、隔震與減震消能的方法。9 月 19 日(六)為競賽活動之模型製作，各參賽隊伍必須在 6.5 個小時內完成模型製作，交由裁判審查並決定模型載重後，才能參加接下來的競賽。

9 月 20 日(日)活動正式開幕，國研院王作臺副院長、英國文化協會台北辦公室蘇小真處長、財團法人中興工程顧問社陳國慶

副執行長均蒞臨指導。競賽依序進行高中、大專與研究生組的模型競賽測試，高中、大專組依照樓層面積的大小，在模型上加載至少 7.5 公斤的鐵塊，研究生組則一律於每層樓加上 10 公斤、總計 40 公斤的鐵塊。今年在財團法人中興工程顧問社的贊助下，研究生組增設「隔減震創意獎」，由裁判團評選 3~6 支入圍隊伍，於其模型上安裝感測器，實際量測模型頂樓加速度，以了解其隔減震效果，效果最好的隊伍可獲得新台幣 10 萬元獎金！

今年國內隊伍表現傑出，在三組比賽中奪得兩個首獎，分別是高中組及研究生組由私立永年高級中學及國立臺灣大學奪冠，大專組則由香港科技大學（Hong Kong University of Science and Technology）獲得首獎。

高中組的私立永年高級中學整體結構設計方正，且特別加強 1 樓柱底與底板間的黏結，因此整體模型結構相當穩固，再加上善用棉繩和橡皮筋消散模型所承受之地震能量，因此獲得首獎佳績。高中組第二、三名分別由國立虎尾高級農工職業學校與國立台中高級工業職業學校獲得。

大專組第一名的香港科技大學過去曾多次來台比賽，均有不錯的表現。今年面對多國強勁對手的挑戰，以高樓層輕量化，並可承載約 25 公斤的重量的設計來爭取較高的加權分數，而且在測試過程中，在競賽規則規定的模型耐震設計目標值（800gal）中倒塌，在競爭激烈的大專組競賽中拔得頭籌。第二、三名則分別由明新科技大學與越南峴港大學獲得。

研究生組首獎與隔減震創新獎，均由台灣大學土木工程系獲得，該隊利用創新的斜面滾動隔震技術，以多滾軸在斜面上的滾動機制，穩定控制傳遞至上方結構模型的加速度反應；並輔以摩擦阻尼消散地震能量，有效控制隔震系統的位移反應。因此不論是在結構模型的耐震性能，或是確保其內部居住的舒適性與內部設備的功能性，均獲得極佳的成績與肯定。第二、三名則分別由香港科技大學及馬來西亞英迪國際大學（INTI International University, Malaysia）獲得。更多詳情請參閱 2015 抗震盃官網：<http://www.ncree.org/ideers/2015/>。



參賽模型在振動台上抵抗強震搖晃

副技術師 李牧軒

2015 建築物耐震設計國際訓練班

災害性地震長久以來都是環太平洋地震帶與歐亞地震帶造成嚴重人命與財產損失之主要天然災害。為協助位於這兩個地震帶上隨時遭受地震威脅的開發中國家提升耐震技術水準與耐震設計能力，以防制因地震所可能引致的災害，科技部科教發展及國際合作司持續補助經費，由國家地震工程研究中心舉辦「建築物耐震設計國際訓練班」，邀集西亞、東南亞及中南美國家具耐震設計相關經驗與背景之政府官員、工程師及研究人員，進行為期一週的課程，藉以宣導及推廣我國在耐震設計上的研究成果及工程實務經驗，並提供機會讓學員間能彼此分享經驗及交換意見。

「建築物耐震設計國際訓練班」自 2002 年起至 2014 年止已舉辦了十三屆，有來自 23 個不同國家，413 位學員參加。今年度第十四屆訓練班申請加入亞洲太平洋經濟合作會議(APEC)之訓練活動，報名情況相當踴躍，總計有 26 位來自 11 個國家的學員獲邀補助來台參與課程。此外，還有自費組團參加的馬來西亞學員，計有 25 位學員。這些學員分別來自多明尼加、瓜地馬拉、泰國、越南、印尼、約旦、馬來西亞、薩爾瓦多、海地、菲律賓與蒙古等十一個國家，共同參與為期一週之課程(圖一)。

本次訓練班在隆重之開幕儀式後，安排參觀本中心引以為傲的實驗場，並簡介本中心之研究工作，使學員對我國在地震工程上之研究成果及發展現況有深入瞭解；為促進各國學員間之交流，安排各國學員輪流介紹該國地震工程和防災相關現況，藉此瞭解各學員自身工作或研究領域，提供未來聯繫及合作發展之契機。本屆之訓練班共規劃了 19 場地震工程相關課程。第五日安排

學員至台中參觀受集集地震破壞之石岡水壩，以及具地震地質及地震工程豐富資訊之 921 地震教育園區，讓學員透過親身感受斷層錯動對建築物造成之破壞，瞭解耐震設計之重要性。

本次國際訓練班活動再一次順利達到強化國際關係及分享震災防制經驗之目的。最後，國震中心也對行政院科技部科教發展及國際合作司所提供之協助與經費補助，表達誠摯感謝之意。



圖一 ITP2015 全體參訓學員合照

助理研究員 林祺皓

第四屆海峽兩岸地震工程青年學者研討會暨 第六屆台灣邊界元素法會議

國家地震工程研究中心於 2015 年 10 月 18 日至 19 日，於國家地震工程研究中心會議室，與台大社科院梁國樹國際會議廳及台大土研大樓會議室，舉辦「2015 第四屆海峽兩岸地震工程青年學者研討會暨第六屆臺灣邊界元素法」，主辦單位為國家地震工程研究中心、台灣大學土木系、海洋大學 MSV 實驗室與中原大學土木系。大陸方面主辦單位為清華大學、同濟大學及浙江大學與哈爾濱工業大學等四間學校。本次參與會議臺灣學者共 86 人，臺灣產業界參加人員共 31 人，臺灣學校共 19 單位參加，臺灣業界共來自 5 個不同業界單位。大陸參加學者共 61 人，大陸學校共來自 14 不同學術單位，會議參加總人數高達 178 人。本次研討會主旨增加兩岸青年學者在地震工程學術與科技及工程實務方面之交流，彼此分享兩岸在地震工程領域之最新研究成果與經驗，共同克服地震工程領域的研究難題，促進兩岸的交流與科研合作。另一特色，本次會議與第六屆台灣邊界元素法共同舉辦，增加地震工程領域在工程計算力學，與邊界元素法等相關研究方法學術交流機會。本中心安排大陸學者參觀國家地震工程研究中心大型實驗室，921 地震博物館及中原大學土木系與中央大學大學力學實驗室，分享臺灣在地震工程科普教育及學校實驗室研究經驗。經由定期舉辦兩岸學術交流會議，使得本會議對兩岸青年學者地震工程學術交流影響力持續增大，且規模及與會人數歷年來不斷增加。本次會議已經成功與順利圓滿落幕，同時大會亦決議由同濟大學於 2017 年上海舉辦第五屆海峽兩岸地震工程青年學者研討會。



與會人員合照

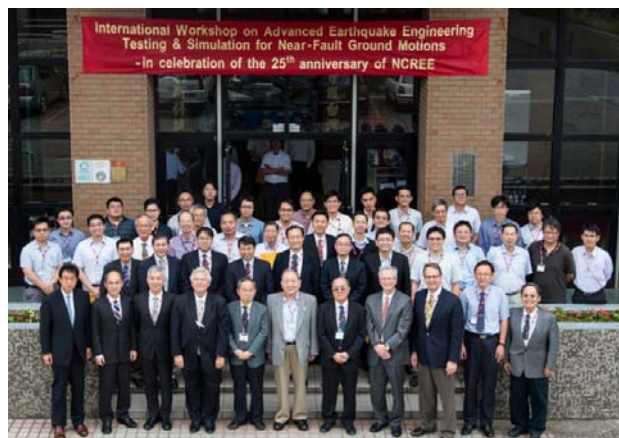
副研究員 王仁佐

近斷層地震暨複合災害實驗技術 及模擬國際研討會

「近斷層地震暨複合災害實驗技術及模擬國際研討會」(International Workshop on Advanced Earthquake Engineering Testing and Simulation for Near-Fault Ground Motions and Multiple Hazard Load Effects) 於今 (104) 年 11 月 19 至 20 日假國震中心 101 演講廳舉行；該研討會並慶祝國震中心成立 25 周年，共有約 110 位國內外專家學者與會，會中安排國外 11 位、國內 8 位資深教授進行特邀演講，於 11 月 20 日下午安排論壇，就「國研院國震中心第二實驗設施」未來近斷層地震暨複合災害研究議題之中長程規畫及願景與國內外專家學者進行意見交流與討論。研討會簡報資料及論壇建議事項彙整完成後，將於民國 105 年初公布於研討會網頁 <http://aeets2015.ncree.org.tw/>

依據經濟部中央地質調查所 102 年公布之斷層資料，台灣地區第一類活動斷層共 20 條，第二類活動斷層共 13 條，總計 33 條。據此，第一類活動斷層兩側 10 公里範圍內，有 250 萬棟建築物、超過 860 萬人曝險於近斷層地震威脅。為掌握國人受近斷層地震威脅的風險，科技部、國家發展委員會、國家實驗研究院與成功大學共同於成大歸仁校區建造「國研院國震中心第二實驗設施」，第二實驗設施臨近高鐵台南站，與內政部建築研究所之防火實驗中心、風雨風洞實驗室毗鄰，構築成防災研究園區，可有效整合國內研發人力與設備，進行符合台灣需求的地震工程研究，保護台灣民眾的家園安全，第二實驗設施預計於民國 105 年底完工，於 106 年啟用。

現有國震中心實驗設施包含 5mx5m 三軸向振動台、L 形反力牆強力地板以及 MATS 高軸力擬靜態測試設備，協助國震中心以及國內外產官學研單位在過去年間完成許許多多先進地震工程實驗，並為科技業者進行高端產品驗證測試。而第二實驗設施完工後，將包含 8mx8m 三軸向高速度長衝程振動台、一字形反力牆強力地板以及 BATS 高軸力高速度測試設備。研發工作是一項精益求精、不進則退的終生志業，第二實驗設施將能有效提供國內外產官學研單位進行新世代地震工程實驗。



研討會與會人員合照

第二實驗設施啟用研究規畫專案小組