

發行人：蔡克銓

本期主編：林子剛

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.ncee.org.tw>

九十四年九月出版

八十一年三月創刊·季刊

行政院新聞局局版臺誌第 10286 號

專題報導

黏性阻尼器

於橋樑隔減震之應用研究

一、前言

現今耐震設計之趨勢，除保障人員基本生命安全外，亦須兼顧結構物於震後之修繕、機具設備成本及營運等其他經濟層面之考量，故功能設計法便是基於如此的需求下孕育而生。結構控制技術可有效地提高結構之耐震能力，使結構物於承受地震侵襲時之行為及震後結構使用機能之保有較能符合預期設計要求，因此而被認為是滿足功能設計法的有效方法之一。

結構控制技術之發展已有一段時間，各種能量消散裝置也已大量地被工程界所採用[1, 2]，此類系統的特性係以其本身的能力分擔主體結構大量的能量消耗。減震系統可分為位移相依型與速度相依型兩種。位移相依型之減震裝置主要為仰賴消能構件之降伏來消散外來輸入能量，但因其具有儲存勁度，設計上須有較多之考量，且於地震來臨時，必須俟消能構件降伏後，方能發揮其消能之功用，無法如速度相依型之減震裝置於地震來臨時，能馬上發揮立即而有效之消能效果。其中又以黏性阻尼器之設計最為簡易，其特色為在一般結構之自然頻率範圍內不具有勁度或儲存勁度[3]，因此並不影響原來結構之自然頻率，且黏性阻尼器之阻尼力與速度同相，即與位移成 90° 之相位差，故構架上之阻尼器於結構體位移最大時，即樑柱系統受力最大時所提供的阻尼力最少，較不易造成結構體額外之負擔，故其設計流程相當簡易[4-7]。

液態黏性阻尼器理想的力學行為是阻尼力與相對速度相關且同相，其關係式如下：

$$F_d = c_d |\dot{u}|^\alpha \operatorname{sgn}(\dot{u}) \quad (1)$$

其中 F_d = 阻尼器產生之阻尼力； c_d = 阻尼器之阻尼常數； \dot{u} = 活塞運動速度； α = 非線性係數；當 $\alpha = 1.0$ 為線性黏性行為，而 $\alpha \neq 1$ (通常 $\alpha < 1.0$) 為非線性黏性行為。美國聯邦災變處理局 (FEMA, Federal Emergency Management Agency) 於 1997 年 10 月公布的 FEMA273 規範[4]，與 2000 年重新制定頒布之 FEMA 356[5]，已提出結構加裝液態線性黏性阻尼器之設計公式，MCEER (Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research) 報告中[6]也已提出液態非線性黏性阻尼器之設計公式如下：

$$\xi_e = \xi_0 + \xi_d \quad (2)$$

其中 ξ_e = 系統整體有效阻尼比 (含黏性阻尼器)； ξ_0 = 系統固有阻尼比； ξ_d = 黏性阻尼器裝置貢獻之阻尼比。式(2)中明確表示針對減震系統之結構物，其系統有效阻尼比 ξ_{eff} 可明確地分為兩部分計算：一為傳統空構架本身內含之系統阻尼比

目錄

● 專題報導

黏性阻尼器於橋樑隔減震之應用研究 1

● 實驗室動態

台灣傳統建築木構造榫卯接頭
力學行為研究 6

標竿鋼構樓房震動台測試 (一) 9

● 中心動態

2005 國科會候鳥計畫—海外第二代青年
及國內學生暑期實習 11

2005 抗震盃活動報告 12

● 出國會議報告

第一屆結構工程實驗進展國際研討會 15

● 研討會預告

提升亞太地區開發中國家建築物耐震能力
國際合作計畫 16

● 國際會議資訊

16

另一則為由減震或隔震系統提供之系統阻尼比 ξ_d 。線性與非線性黏性阻尼器貢獻之等效阻尼比分別如式(3)、(4)所示：

$$\xi_d = \frac{T \sum_j c_j \cos^2 \theta_j \phi_{rj}^2}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (3)$$

$$\xi_d = \frac{T^{2-\alpha} \sum_j \eta_j c_j \lambda \cos^{1+\alpha} \theta_j \phi_{rj}^{1+\alpha}}{(2\pi)^{3-\alpha} A^{1-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (4)$$

其中 ϕ_{rj} = 第一個振態第 j 個裝置兩端之水平相對位移；
 T = 系統第一振態週期； c_j = 第 j 層樓阻尼器之阻尼常數； θ_j = 第 j 層樓阻尼器之裝設水平傾斜角； α = 阻尼器非線性係數；
 η_j = 每層樓具相同阻尼常數之阻尼器數目； A = 對應於第 j 個自由度第一模態之正規化模態位移 ϕ_j (將頂層位移正規化為 1) 之頂層最大位移； λ 為參數。

根據 921 及其他地震的經驗中顯示，具柔性支承橋樑的地震力反應，其支承系統為一具破壞潛勢之橋樑傳力路徑。然而，由於支承系統的破壞，使得上部結構不再受大量的地震加速度輸入，因而減低橋樑之慣性力，致使橋柱不致於受到嚴重之損傷。當然，上部結構可能因支承系統之破壞而產生錯位之破壞(如圖一)，該橋樑也因支承錯位破壞而使得其它結構元件無任何之損傷。有鑑於此，若能於一般橋樑橡膠支承墊系統加入黏性阻尼器以增加系統之阻尼比，勢必可減少支承系統之負荷，因而減少上部結構錯位之可能性。另外，由於黏性阻尼器並不具勁度，不致於影響支承之柔性特性，因此原來支承所提供之柔性特性以減少橋樑之破壞潛能的優點亦可以保存。



圖一 國道 4 號中二高台中環線豐原高架橋樑支承錯位破壞情形 (921 地震)

圖二為美國加州橋樑 (91/I-5) 應用黏性阻尼器之實際案例 [8,9]。目前國內外的規範中並無相關之設計公式，由於橋樑系統各元件具不同之勁度、集中質量與阻尼比，其設計無法沿襲如式(2)之設計方式，因此本研究提出「複合阻尼比」[10]的概念，利用特徵植分析流程[11]建立一套黏性阻尼器應用於橡膠支承橋樑之合理可行的設計流程。



圖二 美國加州橋樑應用黏性阻尼器實例

二、含線性黏性阻尼器之橡膠支承橋樑系統設計

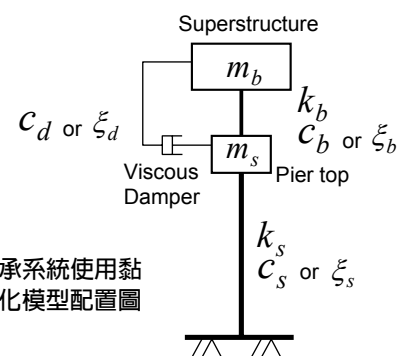
橋樑橡膠支承墊使用黏性阻尼器(如圖三)可簡化成如圖四所示之結構模型，在不考慮上部結構之柔性，以及土壤與結構的互制效應的假設條件下，其運動方程式為：

$$\begin{aligned} m_b \ddot{x}_b + c_b (\dot{x}_b - \dot{x}_s) + c_d |(\dot{x}_b - \dot{x}_s)|^\alpha \operatorname{sgn}(\dot{x}_b - \dot{x}_s) + k_b (x_b - x_s) &= -m_b \ddot{x}_g \\ m_s \ddot{x}_s - c_b (\dot{x}_b - \dot{x}_s) - c_d |(\dot{x}_b - \dot{x}_s)|^\alpha \operatorname{sgn}(\dot{x}_b - \dot{x}_s) + c_s \dot{x}_s - k_b (x_b - x_s) + k_s x_s &= -m_s \ddot{x}_g \end{aligned} \quad (5)$$

其中 x_b 、 \dot{x}_b 、 \ddot{x}_b = 上部結構相對地表位移、速度與加速度；
 x_s 、 \dot{x}_s 、 \ddot{x}_s = 橋柱相對地表位移；速度與加速度； \ddot{x}_g = 地表加速度；
 m_b = 上部結構質量； k_b = 橡膠勁度； c_b = 橡膠阻尼常數；
 m_s = 下部結構質量； k_s = 橋柱勁度； c_s = 橋柱阻尼常數； c_d = 阻尼器阻尼常數；當 $(\dot{x}_b - \dot{x}_s) \geq 0$ 時 $\operatorname{sgn}(\dot{x}_b - \dot{x}_s) = 1$ ，當 $(\dot{x}_b - \dot{x}_s) < 0$ 時 $\operatorname{sgn}(\dot{x}_b - \dot{x}_s) = -1$ 。



圖三 國內傳統橋樑應用黏性阻尼器實例



圖四 橋樑橡膠支承系統使用黏性阻尼器簡化模型配置圖

代入參數 $\omega_b^2 = k_b/m_b$, $\omega_s^2 = k_s/(m_b + m_s)$, 橋柱對整體系統質量比 $\gamma = m_s/(m_s + m_b)$, 勁度比 $R_s = k_b/k_s$, $\frac{\omega_b^2}{\omega_s^2} = \frac{R_s}{(1-\gamma)}$, $\alpha_1 = \omega_1^2/\omega_b^2$, $\alpha_2 = \omega_2^2/\omega_b^2$, $c_b = 2m_b\xi_b\omega_b$, $c_d = 2m_b\xi_d\omega_b$, $c_s = 2(m_b + m_s)\xi_s\omega_s$, 並進行系統之模態分析可得系統第一模態及第二模態阻尼比如下：

$$\xi_1 = \frac{c_{11}^*}{2m_{11}^*\omega_1} = \frac{(c_b + c_d)\alpha_1^2 + (1-\alpha_1)^2 c_s}{2\omega_1[m_b + (1-\alpha_1)^2 m_s]} \quad (6)$$

$$\xi_{d+b} = \frac{\alpha_1^2(1-\gamma) + \xi_s\sqrt{\frac{(1-\gamma)}{R_s}}(1-\alpha_1)^2}{\sqrt{\alpha_1}[(1-\gamma) + (1-\alpha_1)^2\gamma]} \quad (6)$$

$$\xi_2 = \frac{c_{22}^*}{2m_{22}^*\omega_2} = \frac{(c_b + c_d)\alpha_2^2 + (1-\alpha_2)^2 c_s}{2\omega_2[m_b + (1-\alpha_2)^2 m_s]} \quad (7)$$

$$\xi_{d+b} = \frac{\alpha_2^2(1-\gamma) + \xi_s\sqrt{\frac{(1-\gamma)}{R_s}}(1-\alpha_2)^2}{\sqrt{\alpha_2}[(1-\gamma) + (1-\alpha_2)^2\gamma]} \quad (7)$$

其中 ξ_s = 橋柱阻尼比； ξ_b = 橡膠阻尼； ξ_d = 阻尼器阻尼比。為求簡化以求得所需之阻尼器阻尼係數，初步設計時僅考慮第一模態，即取 $\xi_e = \xi_1$ ，將式整理成 ξ_{d+b} 如下：

$$\xi_{d+b} = \frac{\xi_e\sqrt{\alpha_1}[(1-\gamma) + (1-\alpha_1)^2\gamma] - \xi_s\sqrt{\frac{(1-\gamma)}{R_s}}(1-\alpha_1)^2}{\alpha_1^2(1-\gamma)} \quad (8)$$

其中 ξ_{d+b} = 橡膠和阻尼器的組合阻尼比，於線性阻尼器 ξ_d 可表示為 $\frac{c_d}{2m_b\omega_b}$ ，代入上式並整理出線性阻尼器所需提供的 c_d 值為：

$$c_d = 2m_b\omega_b \left(\frac{\xi_e\sqrt{\alpha_1}[(1-\gamma) + (1-\alpha_1)^2\gamma] - \xi_s\sqrt{\frac{(1-\gamma)}{R_s}}(1-\alpha_1)^2}{\alpha_1^2(1-\gamma)} - \xi_b \right) \quad (9)$$

由上式中可看出橋台與不同的橋柱，因 γ 、 R_s 、 α_1 及 ξ_s 的變化而影響其線性阻尼器阻尼常數之設計；然而，為了簡化設計，一般在合理的假設評估下，規則且對稱之橋樑系統可採用阻尼常數平均值設計（分別對應於橋台與橋柱）。

三、含非線性黏性阻尼器之橡膠支承橋樑系統設計

等效線性化之計算方式目前已提出有等能量 (Equal Energy Dissipation) [6] 與等平均功率 (Equal Average Power Consumption)

[7] 兩種方法，本研究採用等能量法之方式計算含非線性黏性阻尼器構架之等效阻尼比，假設非線性阻尼器與線性阻尼器提供相等之消能能力的觀念，將非線性黏性阻尼器特性予以等效線性化。

考慮一受正弦函數位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ 之單自由度系統，則非線性阻尼器於一個週期反應中所之之做功 W_D 如下：

$$W_d = \oint F_d du_d = \int_0^{2\pi/\omega} F_d \dot{u}_d dt = \int_0^{2\pi/\omega} c_d |\dot{u}_d|^{1+\alpha} dt = c_d \int_0^{2\pi/\omega} |\omega u_0 \cos \omega t|^{1+\alpha} dt \quad (10)$$

$$\xi_d = \frac{c_d \omega_b^\alpha (x_b - x_s)^{1+\alpha} \lambda}{2\pi k_b (x_b - x_s)^2} = \frac{c_d \omega_b^{\alpha-2} (x_b - x_s)^{\alpha-1} \lambda}{2\pi m_b} \quad (11)$$

其中 $x_b - x_s = \frac{x_b}{1 + R_s} = \frac{D}{1 + R_s}$ ，將式(11)代入式(8)則非線性阻尼器之阻尼常數為：

$$c_d = \frac{2\pi m_b (1 + R_s)^{\alpha-1} \xi_d}{\omega_b^{\alpha-2} D^{\alpha-1} \lambda} \quad (12)$$

其中 D 為橋樑上部結構相對地表位移。將式(13)代入式(9)可得：

$$c_d = \frac{2\pi m_b (1 + R_s)^{\alpha-1}}{\omega_b^{\alpha-2} D^{\alpha-1} \lambda} \left(\frac{\xi_e\sqrt{\alpha_1}[(1-\gamma) + (1-\alpha_1)^2\gamma] - \xi_s\sqrt{\frac{(1-\gamma)}{R_s}}(1-\alpha_1)^2}{\alpha_1^2(1-\gamma)} - \xi_b \right) \quad (13)$$

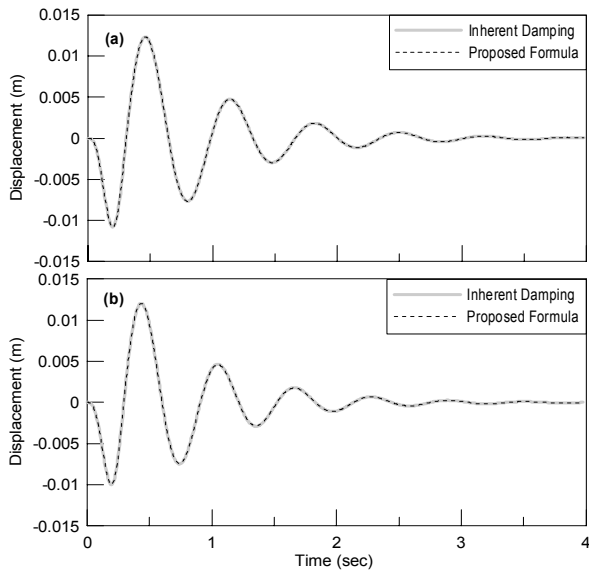
同理， γ 、 R_s 、 α_1 及 ξ_s 之不同影響上式非線性阻尼器阻尼常數設計；另外，由於其阻尼係數的決定與上部結構的設計位移 D 有關，因此亦與設計用輸入地震資料相關。

四、減震橋樑之阻尼器設計公式驗證

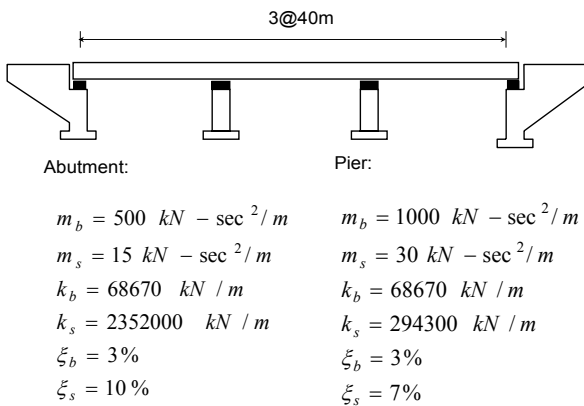
1. 自由振動分析-線性黏性阻尼器設計公式驗證

將橋樑在所考慮之振動方向視為一雙自由度結構，如圖四所示，並輸入一地表加速度脈衝，利用自由振動辨識阻尼比結果以驗證本文所提出之設計公式。本研究針對兩組不同之設計參數進行探討，其系統設計阻尼比為均 15%，由式(9)可計算線性阻尼器所需提供的 c_d 值，第一組為橡膠支承墊與橋柱具相同之元件阻尼比 ($\xi_b = 5\%$, $\xi_s = 5\%$, $c_d = 246 \text{ kN-sec/m}$)，第二組為橡膠支承墊與橋柱具不同之元件阻尼比 ($\xi_b = 3\%$, $\xi_s = 10\%$, $c_d = 2180 \text{ kN-sec/m}$)，由時間歷時反應之自由振動可進行阻尼比判定，並與未含阻尼器但系統內含阻尼比 (inherent damping) 為 15% 之系統反應比較，分析結果如圖五所示。

由以上自由振動辨識阻尼比結果可證明，由本文公式所設計出之結果，完全符合由結構內含阻尼比之結果，即完全相同於設計值。由此可證明式(9)所設計之線性阻尼器阻尼常數能符合設計的目標，並準確地提供系統設計的阻尼比。



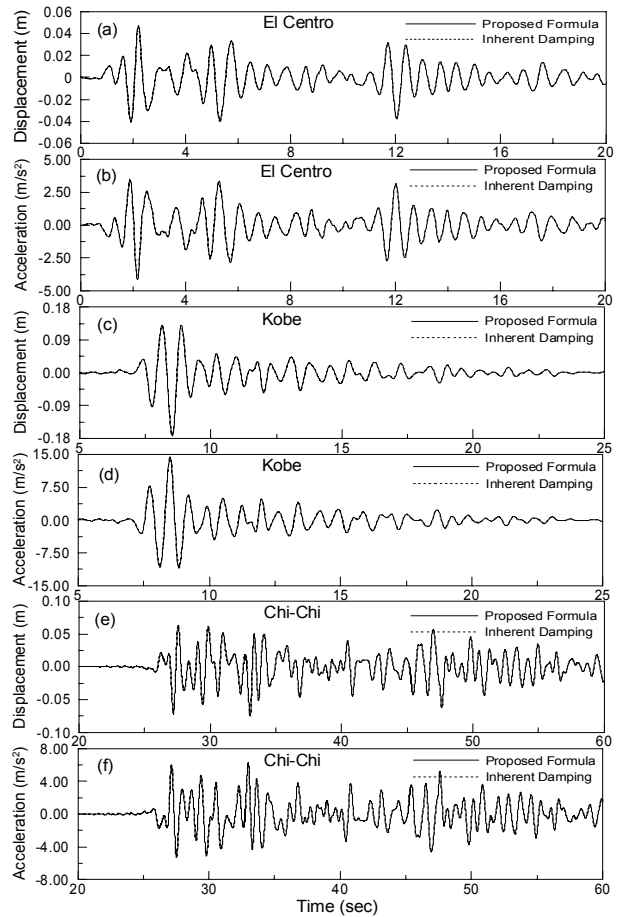
圖五 上部結構於自由振動下之位移反應比較
(a) 第一組設計參數；(b) 第二組設計參數



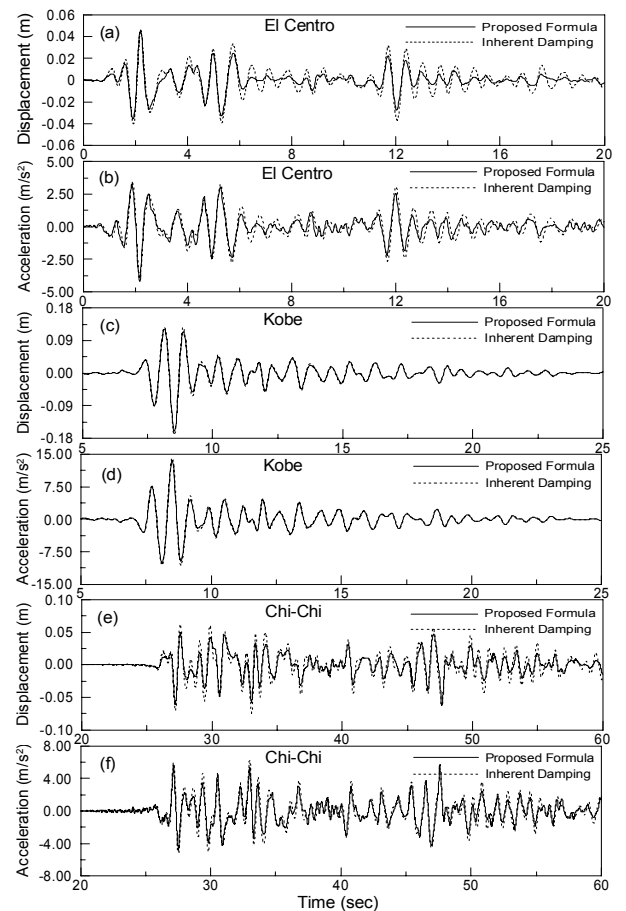
圖六 三跨連續橋樑系統模型及相關設計參數

2. 地震反應歷時分析-線性與非線性阻尼器設計公式驗證

本研究亦針對一座三跨之連續橋樑系統（如圖六）進行地震反應歷時分析，以進一步驗證本文所提出之設計公式。橡膠支承墊、橋柱與橋台之阻尼比分別設計為 3%、7% 及 10%，橋柱與橋台分別具有不同之質量與勁度特性，對應於系統設計阻尼比 15% 之橋樑系統而言，利用式(9)可計算出裝置於橋柱與橋台之線性阻尼器阻尼常數分別為 $243.3 \text{ kN} \cdot \text{sec} / \text{m}$ 及 $172.0 \text{ kN} \cdot \text{sec} / \text{m}$ ，相關元件於橋樑縱向之設計參數可參見圖六，橋樑縱向輸入地震資料分別為 El Centro、KOBÉ 及 TCU065 等 3 組地震資料。在假設系統仍保持彈性條件下，各地震之位移與加速度反應歷時如圖七所示，比較結果發現其完全符合由結構（空構架）內含系統性阻尼比為 15% 之結果，即完全相同於設計值。因此再次證明了本文提出之設計公式所設計之線性阻尼器阻尼常數，能符合設計的目標，並準確地提供橋樑系統設計的阻尼比。



圖七 系統設計阻尼 15% 時上部結構地震歷時反應比較
(應用線性黏性阻尼器)



圖八 系統設計阻尼 15% 時上部結構地震歷時反應比較
(應用非線性黏性阻尼器)

將非線性阻尼器應用於圖六之橋樑結構系統，由設計公式(13)可知，其阻尼係數的決定與上部結構的設計位移 D 有關。在設計非線性阻尼器時，將上述空構架內含系統阻尼比 15% 作地震歷時分析時所得之上部結構最大位移，設定為其非線性阻尼器之設計結構位移 D ，分別將 D 與設計 α 值 (α 設計為 0.4) 代入式(13)，可求得裝置於橋柱與橋台之非線性阻尼器係數 (如表一)，同樣進行 3 組地震資料之地震歷時分析，在假設系統仍保持彈性條件下，圖八為系統在地震下位移和加速度之歷時反應比較圖。因非線性阻尼的設計公式是由假設非線性阻尼與線性阻尼提供相等之消能能力的觀念而來，因此其時間歷時會與使用等效線性阻尼器有所差異，但由 3 組地震的歷時反應分析顯示，其加裝非線性阻尼器之結構位移比空構架內含系統阻尼比 15% 之位移 D 保守，但其最大位移與空構架內含系統阻尼比 15% 之位移 D 差異不大。由此可知式(13)之非線性阻尼器係數在設計位移 D 下，將能保守地設計出所需提供系統阻尼比之阻尼係數。

表一 系統設計阻尼 15% 時非線性阻尼器於不同地震下之阻尼常數設計值

Earthquake	N-S 1940 El Centro	JMA Station 1995 Kobe	TCU 065 1999 Chi-Chi
Maximum displacement D (cm)	4.63	17.05	7.44
Damping exponent α	0.4	0.4	0.4
Parameter λ	3.582	3.582	3.582
Damping coefficient at pier c_d ($kN - (\text{sec}/m)^{0.4}$)	1177.5	2575.5	1565.5
Damping coefficient at abutment c_d ($kN - (\text{sec}/m)^{0.4}$)	1025.0	2242.1	1362.9

五、結論

本研究針對使用橡膠支承墊之一般橋樑，進行使用黏性阻尼器之減震設計，以增加隔震橋樑之防震性能的相關分析研究。主要結論如下：

1. 利用複合阻尼比之概念 (各元件具不同之質量、勁度及阻尼比，如橡膠支承墊、橋柱及橋台)，本研究推導出使用黏性阻尼器應用於橋樑減震設計之公式，由設計公式及所擬設計之目標阻尼比可求得所需之黏性阻尼器阻尼係數，該設計公式並經由分析驗證其準確性及合理性。
2. 除了線性黏性阻尼器之設計公式推導與驗證外，本研究亦經由非線性黏性阻尼器與線性黏性阻尼器消散相等能量之假設，將非線性黏性阻尼器等效線性化，以求得其應用於橋樑減震設計之設計公式。由於該設計公式之阻尼係數的求得與橋樑上部結構最大位移反應相關，本研究進行多組實測地震資料之地震反應分析以驗證其設計之保守性。根據分析驗證顯示，利用非線性阻尼器與線性阻尼器相等消散能量的概念，可保守的預估系統之等效阻尼比。

參考文獻

1. Constantinou, MC, Soong, TT and Dargush, GF. Passive energy dissipation systems for structural design and retrofit. Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, New York, 1999.
2. Soong, TT and Constantinou, MC. Passive and active structural vibration control in civil engineering, Springer-Verlag, New York, 1994.
3. Constantinou, MC and Symans, MD. Experimental and analytical investigation of seismic response of structures with supplemental fluid viscous dampers. Report No. NCEER-92-0032, National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, New York, 1992.
4. FEMA 273/274, NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings. Federal Emergency management Agency, Washington, D.C., 1997.
5. FEMA 356, Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2000.
6. Seleemah, AA and Constantinou, MC. Investigation of seismic response of buildings with linear and nonlinear fluid viscous dampers. Report No. NCEER-97-0004, National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, New York, 1997.
7. Hwang, JS, Huang, YN, Yi, SL and Ho, SY. "Modification on design formulas for structures with supplemental viscous dampers" Report No. NCREE-04-009, National Center for Research on Earthquake Engineering, Taipei, Taiwan, 2004.
8. Makris, N and Zhang, J. "Seismic response analysis of a highway overcrossing equipped with elastomeric bearings and fluid dampers." *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 130, No. 6, pp. 830-845, 2004.
9. Zhang, J, Makris, N and Delis, T. "Structural characterization of modern highway overcrossings - case study." *Journal of structural Engineering, ASCE*, Vol. 130, No. 6, pp. 846-860, 2004.
10. Hwang, JS, Chang, KC and Tsai, MH. "Composite damping ratio of seismically isolated regular bridges," *Engineering Structures, the Journal of Earthquake, Wind and Ocean Engineering*, Vol. 19, No. 1, pp.55-62, 1997.
11. J. M. Kelly, Earthquake Resistant Design with Rubber, Springer, London, 1997.
12. Veletsos, AS and Ventura, CE. "Modal analysis of non-classically damper systems." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 14, pp. 217-243, 1986.
13. Pekcan, G, Mander, JB and Chen, SS. Design and retrofit methodology for building structures with supplemental energy dissipating systems. Report No. MCEER-99-0021, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, New York, 1999.

副主任 黃震興、助理技術師 汪向榮
台灣科技大學營建工程系碩士班研究生 曾義軒

台灣傳統建築木構造榫卯接頭力學行為研究

一、前言

台灣位處地震帶，古蹟與歷史建築等文化資產隨時受到地震的威脅，九二一地震造成中部許多古蹟建物的嚴重損傷，政府於地震後投入龐大的人力與經費進行受損古蹟的修復工作，還原與恢復古蹟的原貌以保存無價的文化財產，於此同時，古蹟的受震行為反應與耐震補強之議題亦逐漸受到關注，隨著文化資產保存法的修訂，古蹟修復於「必要時得採用現代科技與工法」，使新材料與新工法允許被適度地應用在古蹟的修繕工程中，以提昇傳統建物的耐震能力，給予古蹟與歷史建築耐震補強的空間，但如何在對古蹟文化保存影響最低的前題下，對古蹟適當、合宜地進行結構力學性能提昇與耐震能力補強之相關研究，目前國內仍然非常有限且是急待努力突破之課題。因此，國家地震工程研究中心於去年開始投入人力進行相關文獻資料之收集，並於今年開始著手進行木構造榫卯接頭之力學實驗研究，以求了解其特殊之力學特性，並構思與驗證可行之補強方案，目前本研究首批八組試體已完成其中五組測試，本文以下簡要說明實驗概況與初步實驗結果。

二、實驗試體規劃

本研究進行實尺寸傳統建築木構造梁柱榫卯接頭之力學行為研究，由於傳統寺廟等木構建築普遍採用杉木，因此試體製作採用直徑約為 32 公分之福州杉，於木材廠進行乾燥與加工，完成梁柱榫卯組裝後再運送至地震中心，首批試體進行直榫型式之接合研究。柱長為 130 公分，包括圓形柱及矩形柱，卯孔尺寸為長 30 公分 x 寬 10 公分 x 深 10 公分，為三分之一梁直徑或梁深，梁長為 90 公分、榫長 10 公分，變化梁斷面，包括圓形及矩形斷面，圓形梁再分為有、無榫肩兩種，故此批試體，如表一所示，共計四類試體，每類試體進行兩組試驗，合計八組試體。首批試體皆為三分之一梁深的直榫，除測試直榫接頭之力學行為，同時測試圓形斷面柱、梁若簡化為矩形斷面柱、梁是否影響接頭之行為反應。

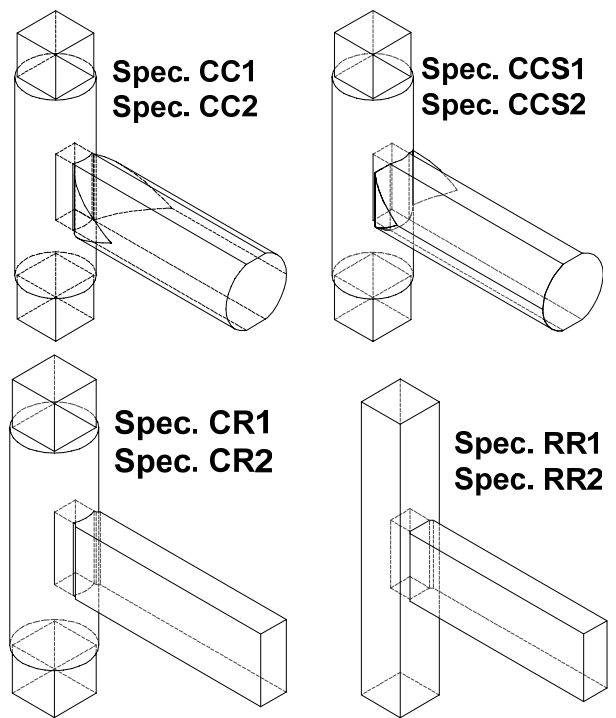
表一 試體規格表

試體名稱	CC1、CC2	CCS1、CCS2	CR1、CR2	RR1、RR2
試體特性	圓柱、圓梁 梁無榫肩	圓柱、圓梁 梁具榫肩	圓柱 矩梁	矩柱 矩梁
柱斷面尺寸 (公分)	圓形 直徑 30	圓形 直徑 30	圓形 直徑 30	矩形 20x20
梁斷面尺寸 (公分)	圓形 直徑 32	圓形 直徑 32	矩形 30x12	矩形 30x12

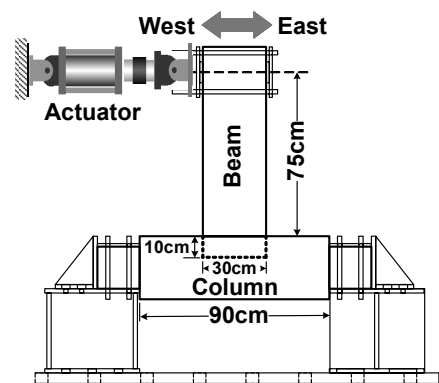
三、實驗構架與量測系統

試驗採取柱平躺，梁直立之配置方式，借由一組水平放置之油壓伺服致動器（250 kN）對梁施加反覆載重，以模擬榫卯接頭之受震反應，試驗構架如圖二及照片一所示。實驗採用位移控制，

給定反覆漸增之側向位移量，首先以側位移 0.25% 施作兩個週期，接下來分別以 0.5%、0.75%、1%、1.5%、2%、3%、4%、5%、6%、8%、10%、12%、15% 各兩週期，當完成 15% 側向位移階段後，再對試體施載各一週期的 12%、10% 及 8% 側向位移階段，以了解承受大變位量後，榫卯接頭之強度衰減情形，詳細加載歷時如圖三所示。試驗之量測配置如圖四所示，於柱上共配置三組位移計與三組角度計以量測柱身之位移量及旋轉量，於梁上共配置四組角度計及兩組位移計以量測梁身之變形情形。本試驗使用的資料收集系統為 THS-1100 高速資料集錄器配合高速 Switch Box SHW-50D 切換器及 Visual Logger 視窗化資料收集軟體。



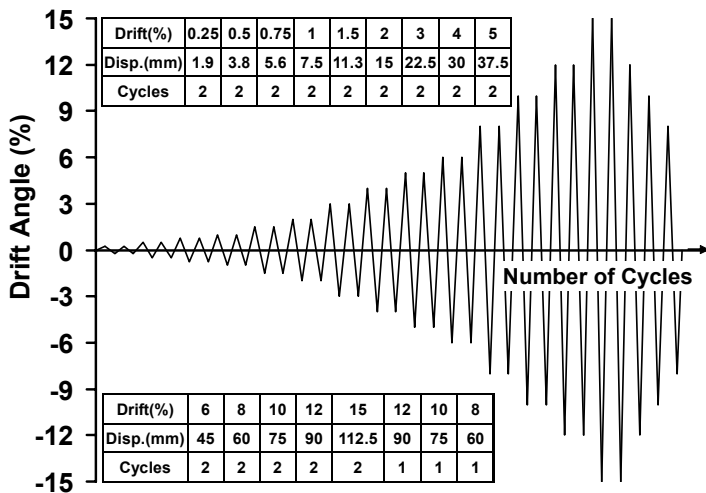
圖一 試體設計圖



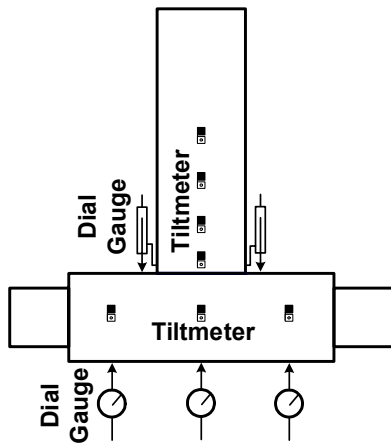
圖二 試驗構架



照片一 試驗構架

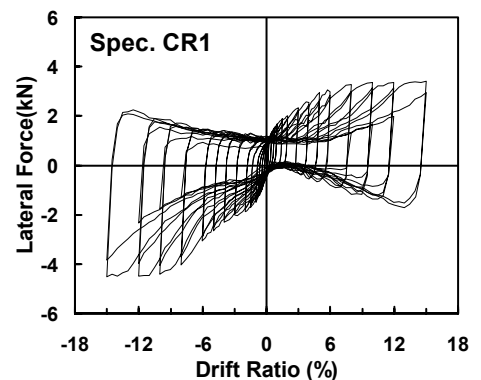
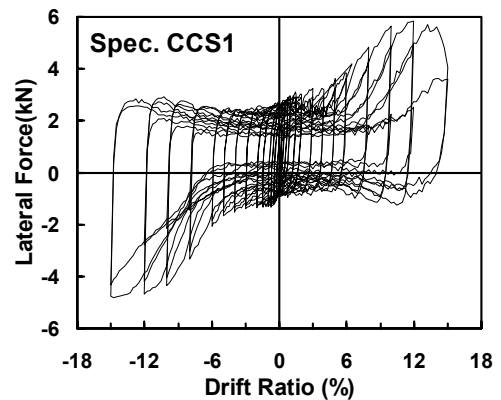
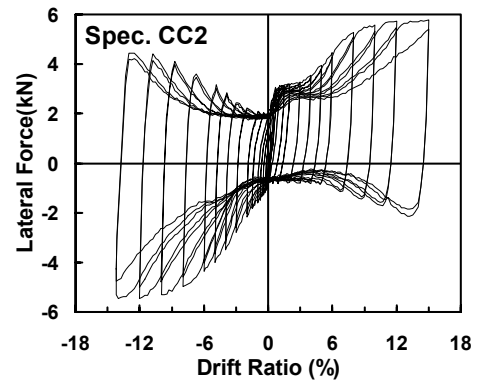


圖三 試驗加載位移歷程



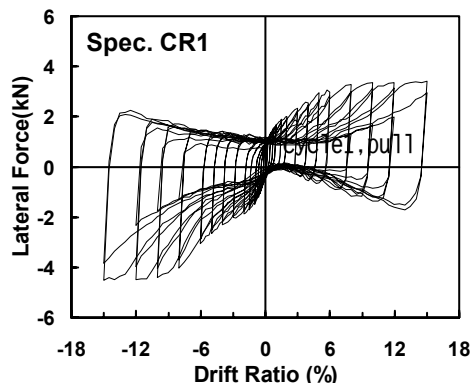
圖四 量測系統

由於木材為異向性材料且具有很大的變異性，在完成試體數目有限的情形下，尚無法斷定不同型式的梁柱斷面是否影響樺卯接頭的行為，但由實驗觀察發現一些共同的特性：(1)在反覆載重的初始階段（側位移 $\leq 1\%$ ），接頭強度還不會衰減，但隨著施載位移的加大，第二次施載時的強度衰減程度會愈大，第三次（即下一位移歷程的第一次）的曲線則與第二次接近，顯示當樺卯接頭在第一次擴大變形時會遭受較大阻抗，木材會產生擠壓變形，第二次以後要達到相同變位時可能僅剩樺頭與卯孔間的磨擦力在作用，因此樺卯接頭的殘餘強度會趨向一個定值，以試體 RR1 和 CR1 為例，其殘餘強度約為 1kN。(2)梁柱接頭的轉動並非以接面中心為支點，當油壓致動器往前推時（正向為東側），會以梁柱接頭的東側為支點轉動，另一側會被抬升，照片三可以清楚看到這個現象，顯示此乃直樺最容易發生的變形機制，當梁被拉回時，轉動支點則會逐漸轉移到西側，在以此為支點作反向轉動。試體 CCS1 相較於試體 CC2 有較複雜的接合面（圓梁有樺肩），預期會有較大的強度，但是因為該組試體的柱發生破裂，在反覆施載的過程中會有部分柱材被頂出，所以強度反不如 CC2；另外試體 RR1 在時驗過程中可以聽到木材有明顯之丕啪聲響，而其曲線也有反映出較明顯的鋸齒狀。

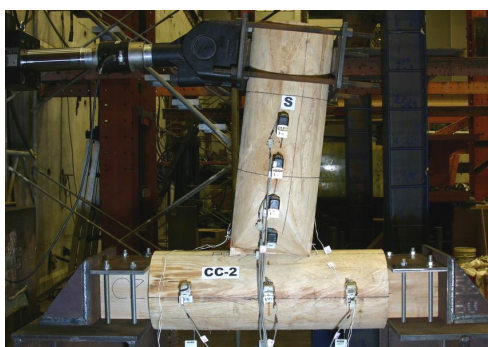


四、實驗初步結果

各試體之側向力與側位移角關係曲線如圖五所示，試體於大位移角時之整體變形曲線如照片二所示，而樺頭之變形情形示於照片三。圖五顯示三分之一梁深直樺之樺卯接頭允許產生相當大的變形，但所能抵抗的側力卻偏低，由於梁柱接頭並非固接型式，在已完成的五組試體中，最大側推力約為 6kN，僅達油壓伺服致動器容量的 2%左右，因此在維持足夠衝程的考量下，目前決定仍使用該組支致動器，但增購一組容量 20kN 的荷重計，以提高實驗數據的可靠性。



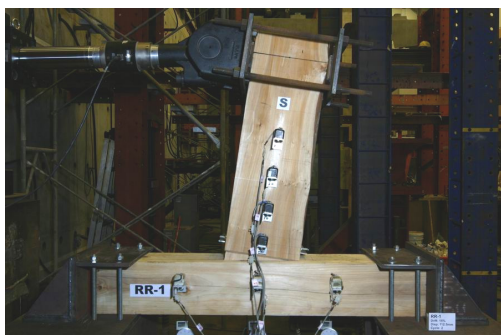
圖五 試體側向力與側位移角曲線圖



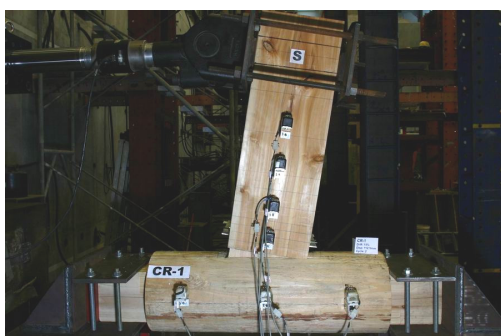
試體 CC2 於 drift12%, cycle1, push



試體 CCS1 於 drift15%, cycle1, push



試體 RR1 於 drift15%, cycle2, push

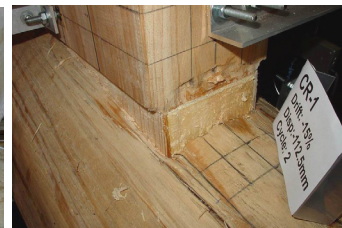


試體 CR1 於 drift15%, cycle1, push

照片二 試體整體變形



試體 CC2 於 drift15%, cycle1, pull



試體 CR1 於 drift15%, cycle2, pull



試體 CCS1 於 drift15%, cycle2, pull

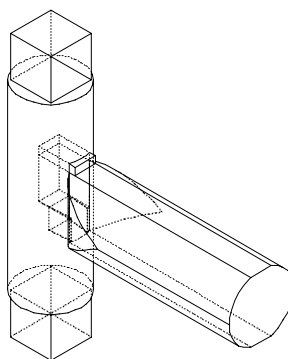


試體 RR1 於 drift15%, cycle1, pull

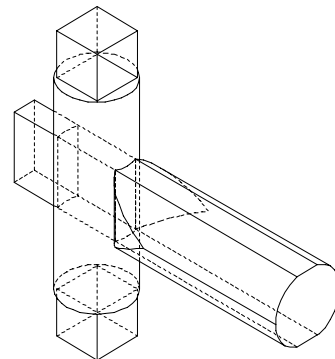
照片三 試體樺頭變形

五、後續研究規劃

本研究將持續完成首批試體測試，由於測試完畢試體並未發生嚴重破壞，因此將再次利用以進行補強研究，本研究亦同步進行有限元素分析，以模擬樺卯接頭受力行為，以期建立樺卯接頭之簡化力學模型。本研究選定踏步燕尾樺(圖六)及穿透直樺(圖七)兩種台灣寺廟常見的樺卯型式為後續研究目標，目前已完成試體設計並開始進行試體製作。



圖六 踏步燕尾樺試體設計圖



圖七 直樺試體設計圖

專案副研究員 林敏郎、助理研究員 林金祿
組長 黃世建、台大森林系助理教授 蔡明哲
台大森林系研究生 李佳章、李立豪、陳韻夫、高毓謙

標竿鋼構樓房震動台測試（一）

一、前言

結構健康診斷及損害評估為近二十多年來逐漸被地震工程研究人員所重視，此技術可應用於控制結構之系統識別及探討與修正數學模式之正確性。近十年來，國內外對於結構控制技術應用於地震工程中以強化結構耐震力之研究已日漸受到重視，實際應用實例亦蓬勃發展。耐震工程應用主要可分為被動隔震與消能技術、半主動控制、主動控制以及主動控制結合隔震或消能元件之混合控制 (hybrid control)，以在設計地震力作用下，使主結構仍能維持在彈性範圍內，大幅降低主結構本身之抗震需求及所需之韌性容量等設計因素。因為此一特性，結構控制技術極適合應用於韌性容量與耐震性普通不佳之老舊或古蹟建物的補強工作上。另外，在新建結構方面，結構控制對提升結構安全性及功能性等具有其獨特之優點。結構控制技術之應用首先下列諸項因素必須能確實掌握：(1)被控制結構本身之動力特性；(2)控制元件之動力行為及減震之效能；(3)結構所在工地及土壤動力特性；(4)土壤-結構-控制元件三者之互制行為。這些資訊將決定結構控制應用之成敗。

為整合結構健康診斷以及結構控制相關研究，國家地震工程研究中心特別提出『結構健康診斷與控制研究-大型結構實驗驗證』此一整合型研究計畫，共包含十五項子計畫，其中五項子計畫於本中心執行。此整合型計畫主要目標在建置一標稱結構體提供各子計畫進行有關結構健康診斷及控制在振動臺上之試驗研究及驗證。在結構系統識別模組之程式建立及驗證。有關系統之識別則着重整體及局部結構之損壞程度識別。而在結構控制研究中則着重在兩個方向：控制元件研發及控制效果之探討。同時於此計劃中將設法建立結構控制之設計準則。經由此整合型計畫，各子計畫之研究均採用相同之結構試體，並經由振動臺試驗進行相關研究，在成果之整合及比較更具有實用性。

本研究的目的是在於提供整合型計畫中所需的標竿結構。從重標竿結構的數值模擬分析、設計發包、震動台試驗至實驗資料庫建置，提出一套完整的標竿結構體資料，供整合型計畫下的各個子計畫使用。為達成上述目標，本研究首先由標竿鋼構樓房結構的設計開始，由於實驗目標在於進行非線性動力分析，因此採用非線性數值分析軟體 ABAQUS 來進行數值模擬分析。分析結果經過處理、解讀以及討論之後，決定出此標竿鋼構樓房的結構尺寸。結構尺寸決定後進行標竿鋼構樓房試體結構的細部設計，然後發包給廠商進行試體施作。2004 年六月標竿鋼構樓房結構試體完工後隨即於國家地震工程研究中心進行一系列的震動台測試。所有的震動台試驗資料經過整理後，最後建置成爲一資料庫，以供相關研究人員原參考使用。

二、標竿鋼構樓房結構設計與非線性數值模擬

本研究的目的是在於建構一標竿結構，並以震動台實驗的方式實際觀察與紀錄結構物的非線性行為反應。有鑑於此，試體結構的非線性數值模擬十分重要。此試體結構必須於震動台的能力極限下產生適當且明顯的非線性行為反應，以利後續運用研究。考量國家地震工程研究中心震動台的能力與全尺寸試體的需求性，

標竿結構的外觀尺寸訂爲長 3m、寬 2m、樓層高 3m、結構總高度 9m。每層樓靜重加活載重爲 6ton，結構總重 18ton。18ton 的試體結構總重爲震動台極限載重的 36%，可以讓震動台有更大的餘域來進行大震度的地震模擬試驗。

標竿結構試體的外觀尺寸決定後，緊接著進行各種不同型鋼尺寸桿件的非線性動力分析，以挑選出最適合的桿件斷面。本研究採用非線性有限元素分析軟體 ABAQUS 進行標竿結構的非線性數值模擬分析。結構材料非線性模型採用 EPP (Elastic-Perfect-Plastic) 模式。結構阻尼比爲假設爲 2%。有限元素分析主要爲兩部分：一爲模態分析，分析結構其振頻與振形。另一個重點爲非線性歷時分析，以地震加速度歷時輸入，分析整個結構的動態歷時反應。藉以觀察結構物桿件於地震力作用下是否有產生降服的現象、降服程度是否明顯以及結構整體的動態反應。

根據 ABAQUS 的分析結果，標竿樓房結構設計採用 H150X150X7X10 的型鋼作爲梁柱桿件。樓版則是以剛性接和之大小樑加上 25mm 鋼板所組合而成，以增加樓版的剛性，符合剛性樓版的假設。

三、標竿鋼構樓房結構震動台測試

本標竿鋼構樓房結構於 2004 年四月完成設計，五月完成發包，六月於國家地震研究中心之震動台上組裝完成並進行測試，共進行 Benchmark A、Benchmark B、Benchmark C、Benchmark C2、Benchmark C3、Benchmark C4 以及 Benchmark D 七種不同結構類型。每一組結構類型均進行 X 向與 Y 向共 14 組的震動台動態線性歷時測試。其中包含三組真實地震 (1940 年的 El Centro NS、1999 集集地震 TCU076 NS 與 TCU082 NS) 以及一組隨機震動，分別以兩種不同的震度進行測試。Benchmark A、Benchmark B 以及 Benchmark D 於線性震動台歷時測試後，立即進行非線性歷時測試，詳細測試流程與細節詳述於後。標竿結構的整體動態反應 (global response)，包含各樓層位移、速度以及加速度歷時資料均以適當的感測器量測並紀錄於資料收集系統。關鍵位置的應變歷時也有應變計做及時的紀錄。以上所有的實驗資料均收集於資料庫中，可供引用。

本次實驗共測試了七種不同的標竿結構，各種標竿結構的測試動機與其測試項目依序詳述如下：

Benchmark A：結構簡圖如圖一，其長向 (3m) 爲強軸方向，底部裝置底梁組，底梁組下方以四組荷重子與震動台相接。結構長向爲震動台的 X 向，短向爲震動台的 Y 向。Benchmark A 的測試目標在於測試標竿結構的非線性反應，由於此測試爲本系列震動台測試的第一例，因此非線性測試的流程採逐步增加地震震度 (PGA level)。本次實驗共採用三組地震紀錄 (1940 年的 El Centro NS、1999 集集地震 TCU076 NS 與 TCU082 NS) 以及一組隨機震動資料，分別於 X 向以及 Y 向進行兩種 PGA level 的線性試驗。

非線性試驗方面，採用的為 1940 年的 El Centro 地震紀錄，最大震度正規化為 300、500、1000、1500、1000、1200gals，每次測試間穿插一 50 gals 的隨機震動資料。由於此結構為第一次測試，因此採取此類漸進式的測試程序。實際震動台時，超過 1000gals 的測試由於地表位移超過震動台測試極限，因此必須做地震紀錄校正（以 0.5 Hz 之高通過濾器 High-pass filter 過濾），以減低地表位移。

Benchmark B：結構簡圖如圖一，與 Benchmark A 不同的是，Benchmark B 其長向（3m）為弱軸方向，底部裝置底梁組，底梁組直接與震動台相接。結構長向為震動台的 X 向，短向為震動台的 Y 向。Benchmark B 的測試目標在於測試標竿結構的非線性反應。其測試地震歷時同 Benchmark A。唯有了前一次測試的經驗，本次非線性震動台試驗最大震度正規化為 100、1000、500、300、100gals，每次測試間穿插一 50 gals 的隨機震動資料。分別模擬結構受主震以及餘震下的反應。Figure:2 為 Benchmark B 震動台測試照片。

Benchmark C1：結構與 Benchmark B 完全相同。測試目標在於測試標竿結構的無控制下之受震反應。供結構控制系統設計與測試比較用。實驗採用三組地震紀錄（1940 年的 El Centro NS、1999 集集地震 TCU076 NS 與 TCU082 NS）以及一組隨機震動資料，分別於 X 向以及 Y 向進行兩種 PGA level（50 gals 與 100gals）的線性試驗。Benchmark C1~C4 將使用同一系列的震動台試驗地震案例。

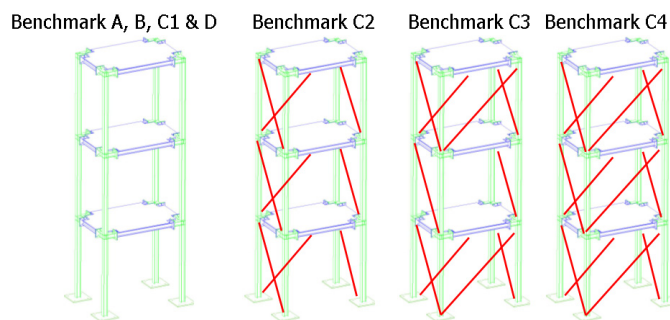
Benchmark C2：主結構與 Benchmark C1 相同，但於結構的三個立面裝置了九組剛性斜撐，由於結構長向的一側有斜撐，一側沒有斜撐，Benchmark C2 可以模擬結構物勁度偏心的行為。每一組斜撐由兩支 L 型鋼所組成，型鋼尺寸為 L 4 x 4 x 1/2（英制單位）。測試目標在於測試具勁度偏心之標竿結構的受震反應。供結構系統識別理論發展與驗證用。

Benchmark C3：主結構與 Benchmark C1 相同，其簡圖如圖一。與 Benchmark C1 不同的是其結構裝置了十組剛性斜撐，除二樓長向外其餘立面皆有斜撐，可以模擬結構物軟弱樓層的行為。Benchmark C3 的測試目標在於測試具軟弱樓層之標竿結構的受震反應。供結構系統識別理論發展與驗證用。

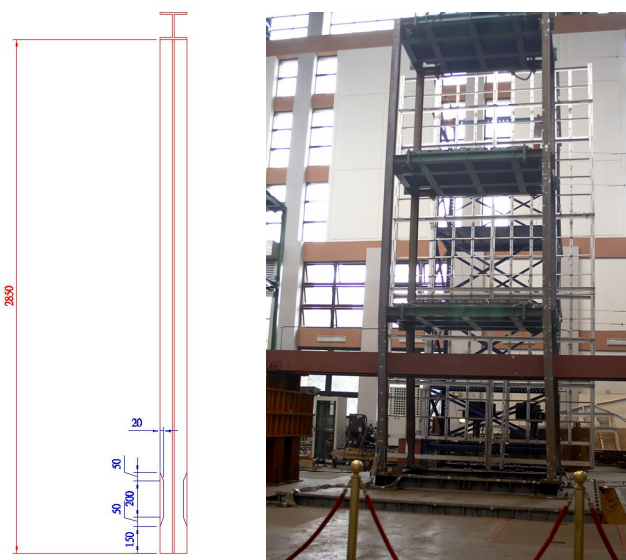
Benchmark C4：主結構與 Benchmark C1 相同，但是其結構裝置了十二組剛性斜撐，也就是說所有立面皆有斜撐。其測試目標在於測試具備完全斜撐（Fully-braced）之測試標竿結構的無控制下之受震反應。供結構控制系統設計與測試比較用。

Benchmark D：結構與 Benchmark B 相同，不同的地方在於其實驗後期會於一樓柱底的型鋼斷面做切割。切割設計圖說見圖二。Benchmark D 的測試目標在於測試具弱斷面之標竿結構非線性反應。實驗主要可以分為三部分：『Linear test 1』：原始結構，進行 14 組線性震動台試驗。『Linear test 2』：左側一樓柱底有弱斷面。左側兩支柱底有弱斷面，可以用以模擬結構物有局部破壞的狀態。進行 14 組測試。『Nonlinear test』：左側一樓柱底有弱斷面，用以模擬結構物有局部破壞的狀態下，受到強烈地震作用嚇得非線性行為反應。本次實驗的非線性測試採用 1999 集集地震 TCU082 NS 的地震紀錄，有了前兩次測試的經驗，本次實驗最大

震度正規化為 100、1000、500、300、100gals，每次測試間穿插一 50 gals 的隨機震動資料。分別模擬結構受主震以及餘震下的反應。圖二右圖為 Benchmark D 非線性震動台測試後的照片，由照片上可以明顯的看到結構物已經向左側產生永久變形。



圖一 標竿結構類型簡圖



圖二 weak element 設計圖(左)以及震動台測試後照片(右)

四、結論與展望

本研究的目的是在於以整合型計畫的方式進行結構健康診斷及控制相關之研究。藉由標竿結構的規劃、分析、設計、發包製作、震動台測試以及實驗資料統整的方式，一步步地建立標竿結構的線性與非線性地震歷時反應資料庫，供結構健康診斷及控制相關之研究人員應用。

由於首次進行標竿樓房結構震動台試驗研究，試驗結構類型、震動台輸入地震資料選取以及震動台試驗資料庫都還有很大的改善空間。後續的研究將針對不足處予以加強，同時以希望資料庫使用者能提供其寶貴意見，以充實標竿樓房結構相關研究內容。

副研究員 林沛陽、助理技術師 吳紀弘
助理研究員 游信源、國立台灣大學教授 羅俊雄

2005 國科會候鳥計畫－ 海外第二代青年及國內學生暑期實習

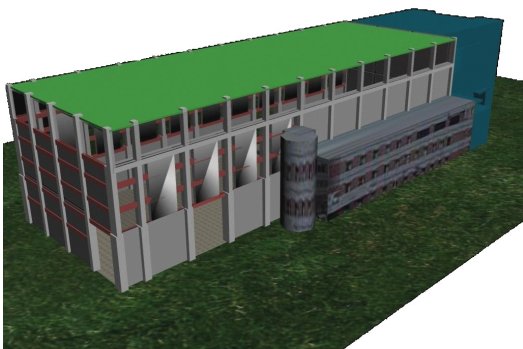
海外華僑不論身在何方，總對中華文化和台灣土地總是有著深厚的情感。過去數十年中，華僑在台灣社會的成長一直有著極深的影響與貢獻。然而，在海外出生的第二代華人卻受限於外在環境，沒有適當的機會來認識台灣的風土文物，更遑論及對這片土地有無感情了。

有鑑於此，國科會為促進海外第二代華人瞭解台灣，於今年首度舉辦「2005 科技台灣探索－候鳥計畫」，廣邀海外就讀大學之第二代華人青年，趁著暑假時期回國至各頂尖研究單位實習。在地震工程部分則有來自美國、加拿大及越南共五位華人至本中心參與實習活動。

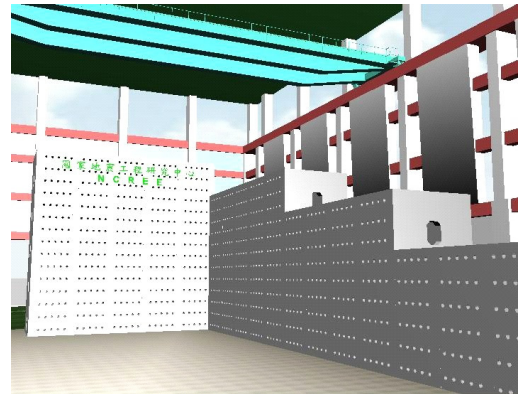
為促進海外學員增加與台灣學生互動機會，本中心於候鳥計畫執行前即對國內大專院校進行招募暑期實習事宜。總共招募台大、台科大、交大、中央及中興大學等七位優秀學生參與。且為能讓學員們充分瞭解國內地震工程研發狀況，配合中心研究團隊，規劃資訊組「國家地震中心虛擬導覽系統建置計畫」、震災模擬組「網路地理資訊系統技術之應用－地震防災資料庫展示與管理系統」、建物組「世界房屋百科－台灣和學員僑居地的校舍建築結構特性」共三組實習題目，各組由國內外學員共同參與，並可依自身興趣自由選組。以下就針對上述三組，就內容規劃、實習狀況與成果展現分項敘述之。

一、資訊組「國家地震中心虛擬導覽系統建置計畫」：

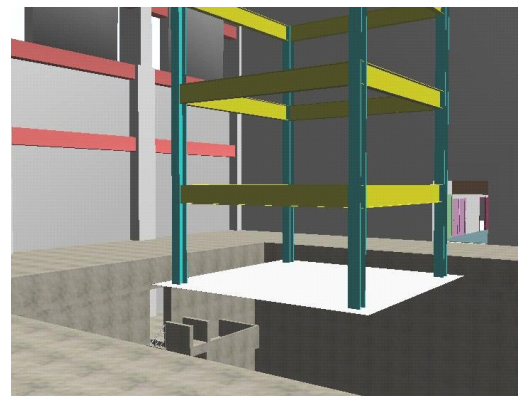
資訊組配合候鳥計畫所招募的兩位國內學員，參與本中心建立虛擬實驗室與數位導覽系統的研發計畫。兩位國內學員主要的工作是負責建立本研究中心大樓與實驗室的 3D 模型與場景。3D 幾何模型的建立，是虛擬實驗室與數位導覽系統中，最重要且最繁瑣的工作之一。學員們在短短一個月左右的時間，一方面學習 3D Studio Max 及 Microstation 等 3D 建模軟體的操作，另一方面，除了依據中心當初設計之平面及立面圖，建置主結構之外，並為求建模更完整，實地量測中心外圍場景之尺寸。在戶外實驗試體施工區域與停車場等區域，並實地拍攝場景影像資料，以供建模材質貼圖之用，使得中心 3D 模型更趨近真實，未來可讓進入中心導覽系統之使用者，有如身歷其境。圖一至圖四為本中心研究人員與兩位學員共同合作建立的 3D 模型與場景。



圖一 本中心大樓 3D 模型的外觀



圖二 實驗室反力牆場景



圖三 實驗室振動台周圍場景



圖四 NCEE 研究中心大門

二、震災模擬組「網路地理資訊系統技術之應用－地震防災資料庫展示與管理系統」：

1. 內容規劃：中心在地震工程方面的領域有相當豐富的資料庫，然而資料庫本身多以昂貴的資料庫軟體或地理資訊系統軟體儲存，且部分資訊因為智財權問題，無法公開全部資訊給學術研究單位使用或一般民眾瀏覽。有鑒於此，本中心積極規劃以網路技術開發地震工程資料展示平台，網路用戶端可利用網路瀏覽器，進行資料瀏覽、查詢、下載，一來用戶端不用擔心昂貴軟體的購置問題，二來資訊可有效且安全的管理與開放，藉以提供資料需求者獲取資訊之管道，也吸引民眾對地震工程與防震教育的認識。
2. 實習狀況：由於開發上述之展示系統，需要網路程式語

言、資料庫與地理資訊系統等三種領域之基礎，本組先期規劃三週的時間讓海內外學員對於上述三種領域有初步的認識，且循序漸進的做基礎作業。由於學員都很用心於作業的實作，且又勇於發問與溝通問題，三週的基礎練習結束後，都有很扎實的觀念與系統開發能力。在後兩週的系統開發上，震災模擬組並無刻意的主導系統架構，完全賦予學員們激盪創意的機會，學員也很樂意的暢談自己對於系統的想法與開發方向，並付諸於實作上。

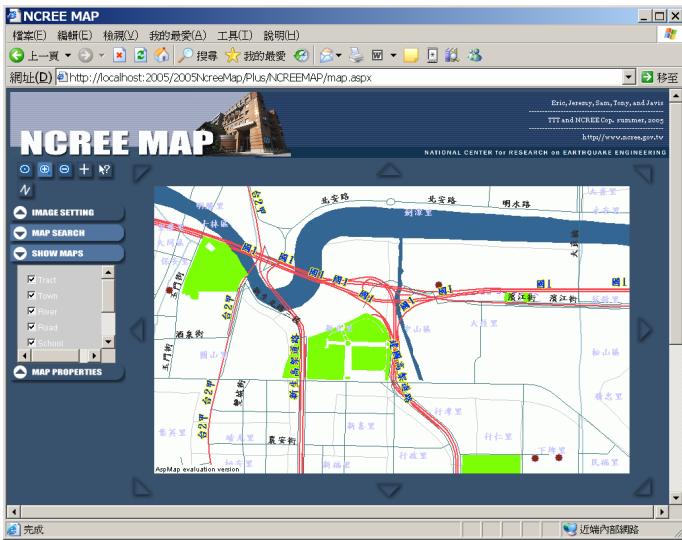
3. 成果展現：學員所開發的「地震防災資料庫展示與管理系統」提供台北市行政區界、醫院、公園、交通路網(橋梁與道路)、校舍、河川水系等資料的圖形化展示與管理之功能，且可以進行資料的查詢與最短路徑分析。值得順道一提的，雖然研習的時間只有短短的五週，但學員在技術上，可以從沒有相關概念的狀況到有能開發出系統，此外也體會到團體合作的可貴與力量，這趟候鳥之行對學員們是受益良多的。

三、建物組「世界房屋百科—台灣和學員僑居地的校舍建築結構特性」：

1. 內容規劃：為讓參與此計劃的海內外學員能夠運用在校學習的相關知識並融入工作中，得到實際了解台灣建築物的機會，建物組根據組上進行中的研究計劃，挑選出與教育部合作的校舍建築計劃來規劃此次工讀內容。讓學員們能在有限的實習期間對校舍結構有初步的認識及了解，並完成一份與世界房屋百科內容格式符合的成果報告。

2. 實習狀況：在為期五個星期的實習時間，工讀生們透過責任分工及互相合作的方式進行，除了完成實習目標外，也讓他們建立起不錯的友誼。

3. 成果展現：學員們從搜集資料、了解並整理出合適的資訊、再分別根據世界房屋百科的內容要求，完成一份有關台灣校舍建築特性的報告，並在最後的成果發表會上報告。



圖五 地震防災資料庫展示與管理系統



圖六 候鳥計畫國內外學員與中心同仁合影

助理技術師 李牧軒

2005 抗震盃活動報告

2005 年第五屆的抗震盃比賽在歷經 9 月 23、24 及 25 日三天的奮戰後，終於圓滿順利地劃下了句點。延續去年首創、獨立於高中與大專組之外的研究生組比賽，本屆的研究生組報名更是踴躍，使得本次競賽又因為更多的創意而增色了不少。此外，亦承襲第三屆的傳統，再度邀請了國際隊伍參賽，除了去年的英國、日本、美國與香港隊之外，今年更有來自馬來西亞、印尼等地的選手一同共襄盛舉，使得此次比賽增加不少趣味性且提升了國際交流的教育意義。比賽共有來自六個不同國家，總計有高中組 35 組、大專組 32 組以及研究生組 18 組的選手參賽。

今年來自國外的選手，除了比賽發源地、老面孔的英國布里斯托大學兩位教授 Wendy Daniel 及 Adam Crewe 帶領的高中、大專隊伍外，另外並有來自馬來西亞的高中隊伍、香港科技大學、日本京都大學、日本東京工業大學、美國 Washington University in St. Louis 與 Colorado School of Mines 等國勁旅參加本次競賽，其中香港科技大學的選手由於去年挑戰失利，今年則捲土重來，而

英國的選手們則設計出新穎絕佳的樓板隔震系統，好來個絕地大反攻！除此之外，初次挑戰美國聯隊則和台灣科技大學的同學攜手合作，信心滿滿地遠道而來參加研究生組的比賽，加上日本大學聯隊與英國布里斯托大學後，使得本次比賽除了參加隊伍數目在創新高之外，更具有國際化之規模。

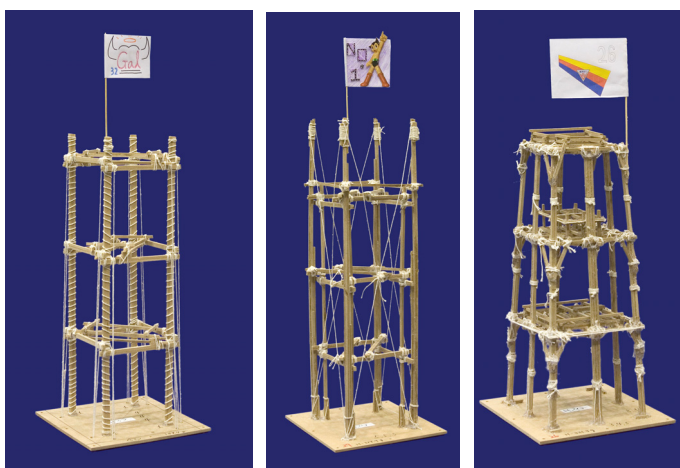
由於機會難得，承襲上屆研究生組傳統而另外在 9 月 23 日時舉辦了一場專屬於研究生組選手的研討會。在本中心柴駿甫博士與林沛揚博士的策劃、協助下，國內外各研究生參賽隊伍的選手分別介紹了自己隊伍模型的設計理念與隔減震的創意，並藉由參觀本中心所正在進行的研究，更是提升了國際交流的可能，也使得本次活動更具創新與教育意義。

在主要活動的第一天(9/24)，高中、大專組的選手必須在六個半小時內，以木條與棉繩加上熱熔膠與紙張，組合出至少四層樓的結構模型，模型上至少需加上 7.5 公斤的質量鐵塊，並通過裁判的嚴格審查後，才能在第二天(9/25)將模型安裝至振動台上，看

誰能用最少的材料抵抗最大的地震強度。至於研究生組的選手，則必須在比賽開始前，先行讓裁判審核自己所攜帶的材料並且登錄之，再於相同時間內製作出 2 跨 X1 跨的三層樓標準模型，通過秤重後再進行補強或隔減震的改造，而模型的每個樓層都必須個別放上 10 公斤的質量塊三組、總重 30 公斤的配重，才能在第二天參加振動台測試的考驗。

值得一提的是，由於本次研究生組的比賽講究的是創意的發揮，故除了簡單的規定外，都放手讓選手們自由發揮，這也使得會場上出現了諸如橡皮筋、麥芽糖、彈珠、菜瓜布、保麗龍、彈簧…等五花八門的材料與零件，參賽選手充分發揮巧思，更令本次活動增加了不少趣味性。

高中職組的比賽結果共有 13 組模型通過了地震強度 1000gal 的測試，其中最輕的模型重量為 338.6 公克，最重的模型重量為 1046.9 公克。最後獲得首獎的是第 32 組的方濟中學，隊長為林士然、隊員為賴潔男、葉倫孝、林家瑋，由葉勝宏老師指導，他們的模型重量為 338.6 公克，抵抗的最大地震強度為 1300gal；獲得貳獎的是第 29 組的治平中學，隊長陳儒台、隊員為蕭至成、莊依停、鍾婉君，由葉佳興老師指導，他們的模型重量為 614.1 公克，抵抗的最大地震強度為 1500gal；獲得參獎的是第 26 組的瑞芳高工，隊長吳宗璟、隊員為邱傳傑、楊偉晟、林家鉉，由翁明郎老師指導，他們的模型重量為 675.7 公克，抵抗的最大地震強度為 1400gal。



首獎：方濟中學

貳獎：治平高中

參獎：瑞芳高工

大專組的表現卓越，比賽結果共有 20 組模型通過了地震強度 1000gal 的測試，其中最輕的模型重量為 363.6 公克，最重的模型重量為 850.4 公克。最後獲得首獎的是第 10 組的台灣科技大學，隊長陳輝紘、隊員為林震亞、林揚、鄔定樺，由黃慶東老師指導，他們的模型重量為 363.6 公克，抵抗的最大地震強度為 1200gal；獲得貳獎的是第 14 組的中國文化大學，隊長林祐新、隊員為曾紹航、張婉婷、謝侑玲，由洪慶雲老師指導，他們的模型重量為 453.7 公克，抵抗的最大地震強度為 1400gal；獲得參獎的是第 31 組的東南技術學院，隊長金効謙、隊員為唐子堯、潘姿樺、陳筱尹，由杜嘉崇老師指導，他們的模型重量為 487.3 公克，抵抗的最大地震強度為 1500gal。

研究生組的表現亦是令人刮目相看！比賽結果共有 12 組模型通過了地震強度 750gal 的測試，其中使用材料最輕的模型總重

增加了 266 公克，由於比賽規則的修定，使得增加材料最多的模型總重則增加了 850 公克。最後獲得首獎的是第 14 組的香港科技大學，隊長歐文繼、隊員為 Baczkowski Bartlomiej Jan、何彥邦、黃健明，由張慕聖老師指導，他們的模型總共增加了 318 公克的重量，抵抗的最大地震強度為 1500gal；獲得貳獎的是第 5 組的成功大學土木工程研究所，隊長蔡宗翰、隊員為王繼慶、邱于倫、洪維良，由邱耀正老師指導，他們的模型總共增加了 425 公克的重量，抵抗的最大地震強度為 1500gal；獲得參獎的是第 6 組的成功大學建築研究所，隊長林裕鈞、隊員陳蒔沛、蘇櫻莉、林宜百，由姚昭智老師指導，他們的模型總共增加了 266 公克的重量，抵抗的最大地震強度為 750gal。



首獎：台灣科技大學 貳獎：中國文化大學 參獎：東南技術學院



首獎：香港科技大學



貳獎：成功大學土木研究所



參獎：成功大學建築研究所

最後結果出爐後，高中組方濟中學的選手以效率比優於大專組老大哥的成績，奪得了冠軍。從比賽結果可以發現，並不見得是要抵抗到最大地震震度的模型才是好的設計，而是在輕量化、創意與巧思中取勝。至於英國隊的選手則驕傲於他們的嶄新設計，以樓板隔震的巧思，只可惜其結構需要較多的材料而使得效率不彰，但是創意滿分；大專組的英國布里斯托大學

的設計更是不惶多讓，利用繩索的張力有效的加強了結構，試圖搶下冠軍頭銜，也藉由此競賽測試了他們的構想；另一隊日本聯隊則以不遜於去年的嶄新創意再度廣獲評審青睞，蟬連創意獎；研究生組的比賽則在奇想天外的創意縱橫後，由香港科技大學抱

走了首屆研究生組的冠軍大獎，這也是研究生組優勝獎盃第二度被海外隊伍給奪走。在比賽最後一次 1500gal 的測試中，僅存香港科技大學與成功大學的模型對決，儼然就是場中外大戰，最後兩隊都圓滿且皆大歡喜的順利通過測試。然而成功大學則在經過一番激戰後，順利地守住了第二名與第三名的獎盃。由於比賽過程精采刺激，各國隊伍皆一致好評，期盼來年帶著嶄新的創意與設計，再次迎接下次的挑戰。

高中組得獎名單：

首獎：方濟中學三年級，指導老師，葉勝宏；參賽學生：林士然、賴潔男、葉倫孝、林家瑋。

貳獎：治平高中三年級，指導老師，葉佳興；參賽學生：陳儒台、蕭至成、莊依停、鍾婉君。

參獎：國立瑞芳高級工業職業學校土木科二年級，指導老師，翁明郎；參賽學生：吳宗璟、邱傳傑、楊偉晟、林家鉉。

創意獎：高雄市立前鎮高中、中壢高中、Stroud High and Sir Thomas Rich's School。

創意獎：

大專組得獎名單：

首獎：台灣科技大學，營建系二年級，指導老師，黃慶東；參賽學生：陳輝紘、林震亞、林揚、鄔定樺。

貳獎：中國文化大學，建築系三年級，指導老師，洪慶雲；參賽學生：林祐新、曾紹航、張婉婷、謝侑玲。

參獎：東南技術學院，營建管理系，指導老師，杜嘉崇；參賽學生：金効謙、唐子莞、潘姿樺、陳筱尹。

創意獎：義守大學、Joint Team, Japan、University of Bristol。


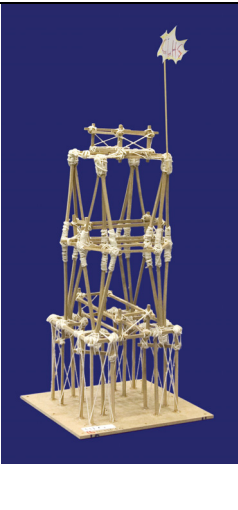

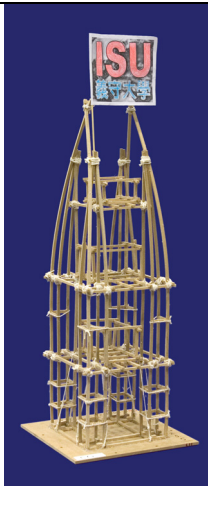
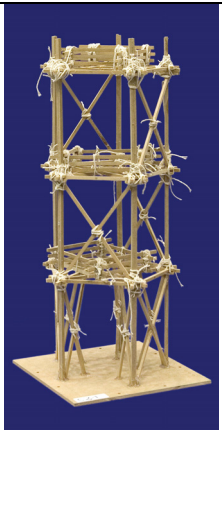
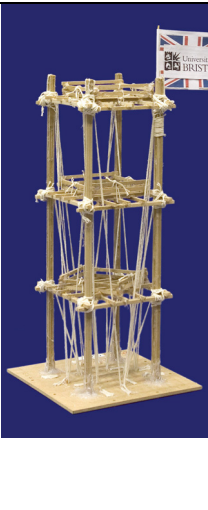
研究生組得獎名單：

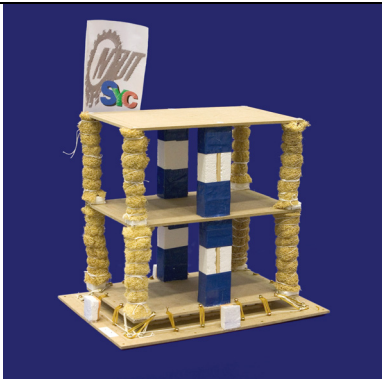


首獎：香港科技大學，指導老師，M.S. Cheung；參賽學生：歐文繼、BACZKOWSKI Bartłomiej Jan、何彥邦、黃健明。

貳獎：成功大學土木研究所，碩士班一年級，指導老師，邱耀正；參賽學生：蔡宗翰、王繼慶、邱于倫、洪維良。

參獎：成功大學建築研究所，碩士班二年級，指導老師，姚昭智；參賽學生：林裕鈞、陳蒔沛、蘇櫻莉、林宜百。

創意獎：台北科技大學、國立高雄第一科技大學、成功大學建築研究所。

高雄市立前鎮高中	中壢高中	Stroud High and Sir Thomas Rich's School	義守大學	Joint Team, Japan	University of Bristol
					

台北科技大學	國立高雄第一科技大學	成功大學建築研究所
		

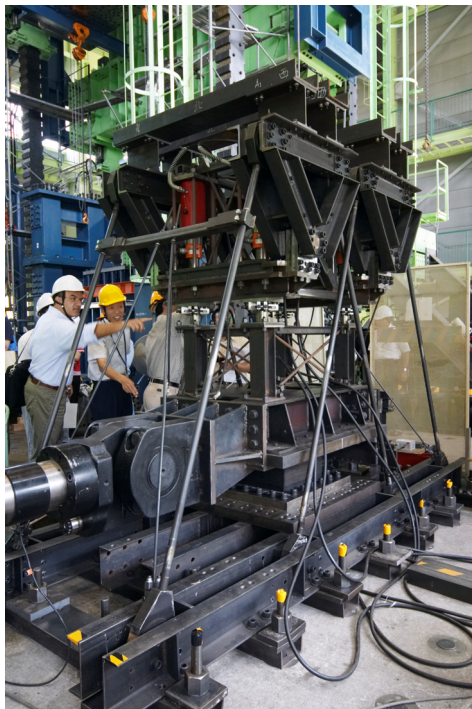
專案助理研究員 游信源

第一屆結構工程實驗進展國際研討會

The First International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering

第一屆「結構工程實驗進展國際研討會」(簡稱 AESE)為國際上在結構工程領域的許多知名的學者與專家所共同發起，為一個極具學術研究水準的研討會，會中針對各結構工程中的靜、動態試驗方法與實驗技術加以討論交流，主題包括新近結構實驗與量測技術發展、電腦控制實驗方法、複合實驗技術、尺寸效應與相似性、試驗程序標準化、實驗結果統計與設計應用、實驗資料庫與系統、結構實驗教學及其它相關實驗或量測技術等。

會中不少大陸或歐美學者針對快速擬動態試驗所需的數值運算技術提出研究成果，以有效解決該類試驗常易產生運算誤差累積及時間延遲等問題；另有不少日本學者提出新近實驗設計方法，例如愛知工業中心實驗室針對高阻尼橡膠支承墊擬動態試驗所設計可確保施加軸壓力不會產生彎矩的試驗機具(如圖一)，以及各種類型的靜、動態試驗方法下之構件性能表現等。



圖一 愛知工業中心實驗室所研發之新式支承墊試驗機具
(照片提供：林敏郎)

在本次會議中，本中心同仁亦向與會人員詳細介紹闡明今年在本中心所完成之大型挫屈束制鋼構架之三度空間擬動態實驗與分析結果、網路擬動態試驗技術研發及 RC 構架崩塌振動台試驗與分析等研究成果，引起不少與會人員之興趣與回響。

會中亦特別安排加州大學柏克萊分校 Mahin 教授於其專題演講中就地震模擬研究主題整體未來發展的大趨勢(Future Directions in Earthquake Simulation)發表以下看法：(1) 數位照相/攝影機陣列及無線量測技術的引進：Mahin 教授規劃了一個以 IEEE1394 作為傳輸規格的量測系統，整個系統由 40 多部高速、

中速及消費型照相/攝影機及雷射掃瞄器構成，可依電腦軟體控制其同步或不同步(先後依序啟動)以固定擷取頻率或可變擷取頻率(依控制程式設定)收錄受測試體各部反應值。(2) 更多先進數值模型的研發及驗證；(3) 新知識領域的開發(discovery of new knowledge)：如自回復結構系統的研發；(4) Information Technology 的引進：使資訊流通更為方便快捷，使需要該類資訊的研發人員快速取得，(5) 實驗及電腦模擬將更加倚賴電腦的協助，(6) 研發更為經濟快速的設計流程，(7) 耐震性能設計架構的未來趨勢將針對耐震安全及結構性能有更高的期許，(8) 耐震性能設計概念的落實需要更準確的結構性能評估方法，(9) 地震損失評估將更加強調地震對社會經濟面的衝擊。Mahin 教授的精闢見解使大家獲益良多，也對未來新研究課題的研擬有所啟發。

本次出國除參加研討會之外，其中行程包括參訪愛知工業中心的擬動態試驗，故本次參與研討會除了向與會者專家分享研究成果外，對本中心未來業務之推展及國際學術地位之提昇有相當大之助益，亦由本會議的論文集和各與會簡報內容可得知，擬動態實驗技術已是各實驗室之必備技術，而即時(real-time)的實驗技術也是許多重要實驗室所追求的技术重點，本中心應注意此方向人材與技術的培育。

主任 蔡克銓、副研究員 吳俊霖、副研究員 翁元滔
專案副研究員 林敏郎、副技術師 王孔君

~邀稿~

第四屆國際地震工程研討會 4th International Conference on Earthquake Engineering

國家地震工程研究中心將於明(2006)年10月12至13日假台北市福華國際文教會館舉辦第四屆國際地震工程研討會(本會議全程使用英文)。會議主軸著重在『加強地震工程前瞻研究之國際合作及防救災實務應用』，舉凡以下所列各項地震工程相關之研究課題，均歡迎投稿：工程地震學、大地工程、結構工程、先進科技、維生管線、非結構元件行為及儀器設備隔減震、耐震設計及規範、地震工程應用、地震災損評估、基礎建設減災、資訊及數值計算科技、地震勘災及海嘯、社會經濟議題、地震引致火災及其他重要課題等。有興趣投稿之專家學者請於2006年2月1日前利用4ICEE專屬網頁(<http://icee2006.ncee.org.tw/>)上傳不超過500字之論文摘要供審查之用，國家地震工程研究中心將於2006年4月1日前通知作者審查結果，獲接受論文請於2006年7月31日前利用4ICEE專屬網頁上傳論文全文。如需更多本研討會相關資訊，請至4ICEE專屬網頁閱覽或email 4ICEE秘書處(icee@ncee.org.tw)查詢。

提升亞太地區開發中國家建築物耐震能力國際合作計畫

The International Training Program for Seismic Design of Structures (ITP) 2005

從世界各地近二十年的重大地震災害調查資料分析，可以發現現在地震中的人員傷亡 90%以上是因為建築物耐震能力不足倒塌而引起。因此在地震工程應用的領域裡，如何進行建築物耐震設計與施工，提升建築物耐震能力，為減少地震災害最直接有效的方法。就結構物耐震設計作的規範與設計方法而言，目前以美、日、紐、加和我國較為完備。位於環太平洋地震帶或歐亞地震帶上，與我國同樣隨時遭受地震威脅的亞太地區開發中國家在建築物耐震設計的規範與設計方法仍然十分不足。國科會為回饋國際社會推動與開發中國家間之國際科技合作，計畫提出「研究暨培訓型國際合作規劃案」，本計畫擬配合此一規劃案，針對建築物耐

震設計，以短期研討會課程形式，邀請亞太地區開發中國家的政府官員與工程師共同參與，除協助提升其建築物耐震能力外，更進一步交換意見以增進台灣的國際交流。

本年度之國際合作計畫預定於民國九十四年十月二十三至十月二十八日共六天於國家地震工程研究中心舉辦。會中預計邀請十四國共二十九位具相關背景之人士進行短期研習活動。為進一步促成我國與各國工程界之交流，國內亦開放三十位名額供各方人士參與。關於本活動之最新訊息與報名詳情請參月本研討會網站：http://conf.ncree.org.tw/index_cht.aspx?conf_id=a0941024

專案副研究員 林子剛、助理技術師 李牧軒

國際會議資訊

6th International Conference on Shock & Impact Loads on Structures

December 7 ~ 9, 2005 Perth, W. Australia

Tel : (065) 67332922

Fax : (065)62353530

E-mail: cipremie@singnet.com.sg

Web Site: www.cipremier.com

100th Anniversary Earthquake Conference

April 18 ~ 22, 2006 San Francisco, California

Tel : (510) 451-0905

Fax : (510) 451-5411

E-mail: eeri@eeri.org

Web Site: www.eeri.org

Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering

June 14 ~ 16, 2006 Montreal, Canada

Tel : +1 (514) 340-3215

Fax : +1 (514) 340-4440

E-mail: info@icccbexi.ca

Web Site: <http://www.icccbexi.ca>

The Third International Conference on Bridge Maintenance, safety and Management (IABMAS'06)

July 16 ~ 19, 2006 Porto-Portugal

Tel : +351 253 510 200

Fax : +351 253 510 217

E-mail: secretariat@iabmas06.com

Web Site: <http://www.iabmas06.com>

Behaviour of Steel Structures in Seismic Areas Fifth International Conference (STESSA 2006)

August 14 ~17, 2006 Yokohama, Japan

Tel : +39-081-7682440

Fax : +39-081-5934792

E-mail: stessa06@unina.it

First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (1st ECEES)

September 3 ~ 8, 2006 Geneva, Switzerland

Tel : +41 22 839 84 84

Fax : +41 22 839 84 85

E-mail: ECEES2006@symporg.ch

Web Site: www.symoporg.ch

4th International Conference on Earthquake Engineering (4ICEE)

October 12 ~13, 2006 Taipei, Taiwan

Tel : +886-2-6630-0888

Fax : +886-2-6630-0858

E-mail: icee@ncree.org.tw

Web Site: <http://icee2006.ncree.org.tw>

13th Symposium on Earthquake Engineering (13 SEE-06)

December 19 ~ 21, 2006 Roorkee, India

Tel : +91 1332 76899/ 73560

Fax : +91 1332-85536

E-mail: 13see@iitr.ernet.in