

發行人：蔡克銓

本期主編：林子剛、林瑞良

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>

九十八年三月出版

八十一年三月創刊·季刊

行政院新聞局局版臺誌第 10286 號

中華郵政北台字第 4690 號執照登記為

雜誌交寄

目錄

• 專題報導

貝氏診斷邏輯法之最佳化應用 1

• 研究動態

利用先進量測技術與訊號處理技術進行結構健康診斷與損壞評估 3

利用頻率響應函數改變量之結構健康診斷技術研發 5

• 國際交流

越南 IBST 短期訓練課程 7

第五屆海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會 7

• 研討會

鋼筋混凝土結構研討會 8

鋼結構耐震設計與分析研討會(台南場次) 8

專題報導

貝氏診斷邏輯法之最佳化應用

一、前言

「貝氏診斷邏輯法(Naive Bayes Algorithm)」,是建立在數學機率理論上的一種歸納分類法,基本概念源自於機率學之貝氏定理。考慮已發生之事件對未來可能發生事件之機率上的影響,一般以條件機率的形式表示,而前者稱為事前機率(Prior Probability),後者又稱為事後機率(Posteriori Probability),Naive Bayes 診斷邏輯法在土木結構物健康診斷的應用上,則是以數值結構模型模擬各種可能的結構破壞損傷,其輸出之結構反應資料經轉換成結構特徵序列(AR-ARX Expression Array)後計算序列數值之標準差與平均值。由於不同的破壞損傷條件下這兩者的值均不會相同,故可藉由已知的破壞情況推算一未知結構的損壞情況屬於或接近第幾類的最大可能機率值,進而得知目前結構物健康情況。貝式邏輯診斷法目前已被證實並成功應用在生物醫學領域,利用細胞 DNA 序列資料對不同之 DNA 排列圖像(pattern)進行多分類之癌症病例邏輯診斷。此生物感測式系統將可提供較傳統感測器更廣泛且可靠的資訊作為研判依據。另一方面,新開發的診斷邏輯亦可與過去成功開發之監控模組互相搭配。此一系統將可針對結構物之反應切換為強震或微震模組下進行即時結構物監測與運算功能並回傳精確可靠的損傷情況判斷。

最佳化(optimization)的方法在許多不同領域,如數學、應用科學、工程、經濟、統計學、甚至醫學都有廣泛的應用。解最佳化設計問題的程序包括三個階段:首先對其現有的問題建立起最佳化模型(optimization model),再以最佳化的數值方法對此模型求出最佳解,最後則是進一步分析、解釋、驗證這個數值結果。在近代的生物學的研究上,常常需要面對到大量研究的研究數據。為了分析這些資料,必須使用電腦技術。同時,新的理論出現後,也需要使用電腦技術來模擬或驗證理論。計算生物學正是利用近代電腦的數值計算能力,來進行生物學的研究。這個領域,處理的是極大量的資料與複雜的計算。需要的也不僅是電腦硬體,適合而有效率的軟體或演算方法更是計算生物學的重要條件。計算生物學中有許多的問題是屬於數學理論中的最佳化問題,而嘗試解決這些問題的計算方法,就稱為最佳化演算法。

最佳化演算法在過去電腦計算能力不強大時,並未被注意與重視,在解決所有工程問題時,皆用最原始數學推導的方式來進行。當近幾年來電腦之計算效能大幅進步,進而使得最佳化演算法被各領域之科學家與工程師所重視。最佳化的精神就在於,利用強大的電腦計算能力,僅需使用極短的時間,即可解的接近於理論數學推導所得的解,甚至可以比理論解得到更好的效果。一方面可以簡化科學計算之複雜度,另一方面亦可得到趨近甚至超越理論最佳解之值,這就是最佳化演算法所扮演之最重要角色。

二、原理

在所有的結構健康狀態特徵序列(AR-ARX Expression Array)中,每列序列對於貝氏診斷邏輯法的分類影響力不同,影響力越大的越能表徵出結構特徵序列之特

徵，而影響力小的反而有可能擾亂最後之分類結果，因此在推算破壞情況中，若要使分類後的答案及最大可能機率值更明顯時，勢必要對其結構特徵序列做最佳化的處理，而在 DNA Array Expression Data, Bayes Classification 中，以 Likelihood Selection 對結構特徵序列進行挑選最佳序列之動作。

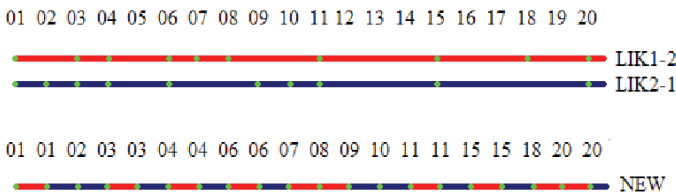
若以兩種破壞型式來進行分類時，可將破壞情形分為 M_1 與 M_2 ，其各序列之向量為 x_g ，而最佳化的過程中，其原意在於從結構特徵序列挑選出分辨率高的序列，以下將定義對於各序列之 \log likelihood scores。其定義如下：

$$LIK\ 1 \rightarrow 2 = \log p(M_1 | X_1) - \log p(M_2 | X_2)$$

$$LIK\ 2 \rightarrow 1 = \log p(M_2 | X_2) - \log p(M_1 | X_1)$$

對於貝氏診斷邏輯法來說，最理想的分辨率高之序列，其 LIK score 必須要遠大於零，也就是說，LIK score 越高者，其序列越能讓貝氏診斷邏輯法分類出越正確的破壞形式。

而在圖一中表示，各挑選出前十個 LIK score 最大的序列，以這順序再重新排序出一個新的結構特徵序列：

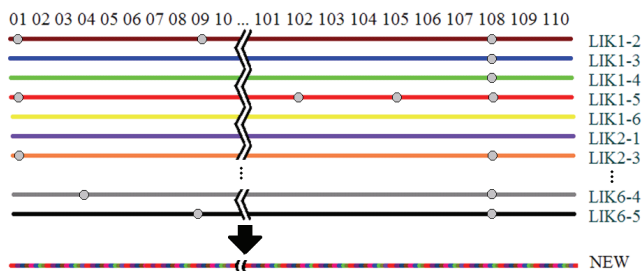


圖一 LIK score 挑選範例

三、實際實驗

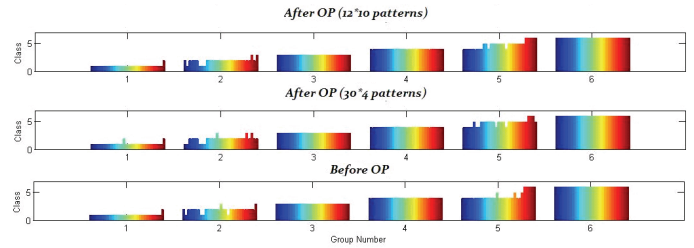
利用本年度九月份於國家實驗室地震工程研究中心 (NCREE) 執行之六層樓鋼結構實驗構架以鬆脫部分樓層螺栓模擬六組結構發生破壞損傷情況，分別為一樓與二樓螺栓鬆脫、一樓二樓與三樓螺栓鬆脫、二樓三樓與四樓螺栓鬆脫、三樓與四樓螺栓鬆脫、四樓五樓與六樓螺栓鬆脫、五樓與六樓螺栓鬆脫。而在三樓、四樓、五樓與六樓的樓層中，各都架設了紀錄速度變化的速度計以用來紀錄該樓層在地震歷時中的速度變化，資料庫則於每種破壞情況下採取以夜間微震試驗之地動結構動力反應資料庫所輸出之 30 筆相異數據，因此在轉換成結構健康特徵序列時，每個 Likelihood equation 各擁有三十個序列向量，合計 180 組數據。由於有六種破壞形式，每一個破壞形式對應其它破壞形式時，會有 $30(6*5)$ 個 Likelihood equation。

從圖二中可以發現，基本上分辨率高的序列（例：第 108 條）在每個 likelihood equation 都有非常高的 likelihood score，因此都在前四名內而被挑選出來組成新的結構健康特徵序列組合。



圖二 六種破壞形式下之最佳化挑選假想示意圖

最佳完後的新的結構特徵序列，再重新以貝氏診斷邏輯法去對序列做再一次的分類，並跟之前的結果比較，而訓練樣本資料與測試樣本資料庫都為六層樓破壞模式的實驗數據，最後結果如下圖所示（以五樓之速度計得到之檢測資料進行分析）：



圖三 最佳化前後之 ambient_data_V5 分類結果走勢圖

After OP(30*4patterns)之取法為挑選各 Likelihood Equations 之 Likelihood Score 前四高者。而 After OP (12*10 patterns)是亂數從 30 個 Likelihood Equations 中選取 12 個 Likelihood Equations，再取其前十辨識率高之序列。X 軸為六種破壞型式編號(訓練樣本資料)，Y 軸為分類出的結果(測試資料)，比較上圖中的最佳化前與最佳化後的關係，在第五種破壞 Case 中，最佳化前的情況，第五種破壞 Case 中平均起來被分類成第四種破壞型式，而在最佳化後，這種情況被明顯的改善，表示最佳化對於其顯著答案的產生是有所幫助的。因此可發現，在大多數模糊不清的判別狀況下，Likelihood Selection 能把最終分類答案清晰化，而不會導致分類結果參差不齊，最主要是因為在 Likelihood Selection 中，將辨識率高的序列挑選出來的這個動作使得最終結果能趨向於權重高的序列，因此資料若是越能表現出真正代表的結果，最佳化的效率相對起來也會越高。

四、結構與討論

在未來的研究中，將朝 Likelihood Selection 取的序列量訂出一個標準，從取零個的結構健康特徵序列到全取之結構健康特徵序列，假設最後分類的結果好壞，會呈現常態分佈的話，其中會有一個值使得 Likelihood Selection 取完之後的分析結果是全部取法中的最佳分析結果。因此未來將著重在分析各種 Likelihood Selection 的情況下，最後貝氏診斷邏輯法分類的結果分佈趨勢，進而找出最佳的 Likelihood Selection 選擇量，這種再度最佳化最佳化工具的方法，也可說是”二次最佳化”。

副研究員 林子剛、台灣大學土木工程學系 雷啓洋

利用先進量測技術與訊號處理技術進行 結構健康診斷與損壞評估

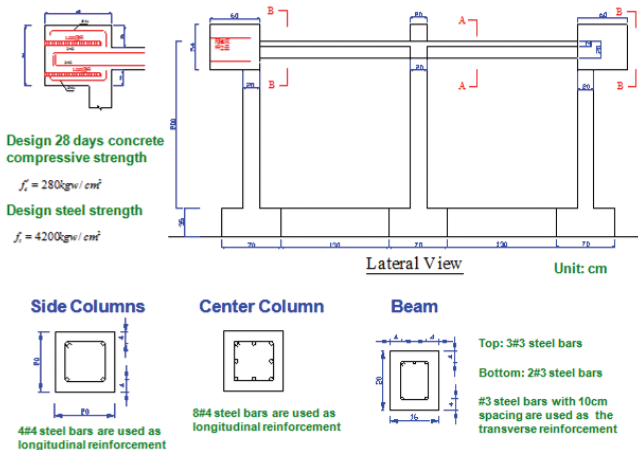
一、前言

由於台灣地區地形與氣候特殊，因此結構物經常受到許多天然與外在因素的影響，造成結構的損害，例如地震、颱風、河流沖刷與土石流等等。因此如何評估因天然災害而所導致的結構損害之程度，以及如何預防結構物破壞或倒塌所造成人命以及財產的損失，一直都是相當重要的課題。為了能夠準確的評估結構物的損害情況，我們必須要了解結構物可得的資訊（例如結構反應量測資訊、外力載重量測資訊、以及結構物設計資訊等等）以及結構物的損壞情況之關係。將來使用者便能夠透過結構物的量測訊號，評估與了解結構物的損壞情況，以利於後續決策的決定（例如預警、補強、拆除等相關決策的決定）。

為了解結構物的量測資訊與結構損壞情況之關係，在國家地震工程研究中心（NCREE）執行了六座一層樓之鋼筋混凝土構架之震動台試驗與反力牆試驗，實驗的過程中採用了光學量測、影像量測與微振量測等相關技術，以量測結構物的局部應變、轉角、位移與結構物全域的加速度以及位移資訊等等。所得之實驗結果與各項量測值，將來可應用於有關結構系統識別與結構模擬、結構損害評估與可靠度評估、以及結構健康診斷等相關研究。

二、試體設計與實驗流程

本實驗一共有六座設計完全相同之一層樓鋼筋混凝土構架，圖一為試體之詳細設計圖。試體之設計乃依據我國的設計規範做設計，其中柱高為 2m，樑跨度為 2m，板厚 7cm，於板上方增加額外的鉛塊 4tons，做為結構物之靜載重。混凝土設計強度為 210kg/cm²，鋼筋的設計強度為 4200kg/cm²，其中樑與柱之破壞模式皆設計為撓曲破壞。其中柱的尺寸為 20*20cm，中間柱採用 8 根 #4 鋼筋做為主筋，邊柱則採用 4 根 #4 鋼筋，箍筋為 #3 鋼筋間距為 10cm。樑的寬度 16cm 深 20cm，採用 #3 鋼筋做為主筋，箍筋為 #3 鋼筋間距為 10cm。基礎設計之勁度與強度相較於柱高出很多，因此可視為剛性。邊柱之樑柱接頭加大並用鉛板補強，以利於反覆載重時千斤頂之加載。



圖一 試體設計圖

表一為六座試體的實驗流程（試體一～試體六），試體一只進行反覆載重試驗，而試體二～試體六則進行了不同地震大小的振動台試驗，之後再進行反覆載重試驗。在振動台試驗中，各試體皆採用 TCU082 的地震作為強震的外力輸入。而在各試體強震實驗之前與之後，分別以高斯白訊（30gal）的振動作為地震力輸入，以量測結構物的微小振動狀態。而 TCU082 的地震，振動台最大只能輸出 1.3g。因此試體五於振動台試驗時，額外增加了 1.5tons 的鉛塊做為額外之靜載重，以模擬較大之地震輸入。各試體在振動台上所輸入的 TCU082 地震之地震力大小可參考表一。

表一 試體測試流程與 TCU082 強震地震力輸入規模

	振動台試驗	反覆載重試驗 (最大位移為 5% 層間變位比)	微振動量測 (速度與加速度)
試體一	無		
試體二	840 gal		
試體三	1310 gal		
試體四	1186, 668gal		
試體五 (額外靜載重)	1249 gal		
試體六	649, 800, 1065, 1125, 1027, 822, 602 gal		

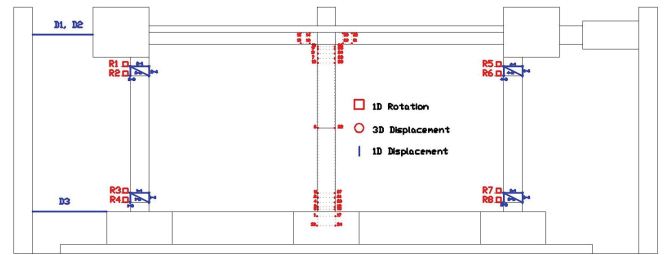
在振動台試驗後，各試體再進行反覆載重試驗。反覆載重試驗採位移控制，各試體皆採用相同的位移歷時進行測試，位移的大小則依據層間變位比來計算，分別以 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, ..., 5% 的層間變位比逐漸增加，每一個位移大小，反覆三個迴圈。而在反覆載重試驗之前後，六座試體皆進行結構物微振動量（包含速度與加速度）的量測，以了解結構物在不同損壞情況下其振動周期以及振動模態之形狀。

三、振動台試驗量測訊號

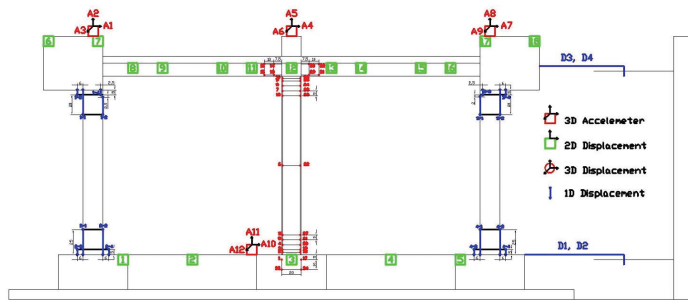
在試體的振動台試驗中，所量測的訊號如圖二所示，其中包括有：

1. 壓電材料的電壓值：試體中埋有壓電材料，振動台試驗的過程中，量測壓電材料電壓值的變化。透過量測訊號可幫助於了解結構物的損壞情況。
2. 加速度量測（A1～A12）：包含了 4 個位置的 3 維度加速度量測，透過量測訊號可得到結構物全域的加速度以及層間剪力等資訊，儀器架設可參考圖二(b)。
3. 大型 LVDT 位移計量測（D1～D4）：包含了 4 個位置的相對位移量測，分別位於基礎與邊柱柱頭。透過量測訊號可得到結構物的扭轉狀態、層間變位值以及殘餘變位值等等。
4. 小型 LVDT 位移計量測：包含了 16 個位置的相對位移量測，分別位於邊柱的柱頂與柱底，其儀器架設圖可參考圖二(c)。透過量測訊號可得到結構局部的變形情況。

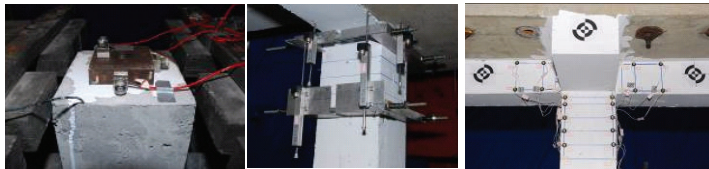
- 光學量測：包含了 34 個點的 3 維度位移量測，測點位於中間柱、樑以及基礎上，其儀器架設圖可參考圖二 (d)。其優點為可量測測點的 3 維度變形，且儀器架設容易。透過量測訊號可了解結構局部的變形（如柱的變形情況）。
- 影像量測：包含了 18 個點的 2 維度位移量測，其測點分布在基礎與樑上，透過錄影的資訊分析計算測點的 2 維度位移，其優點在於儀器架設方便以及可用來量測結構物的大變形（如當結構物倒塌時）。其量測之結果可供其他量測的資訊做參考與比較。



(a) 量測訊號之位置



(a) 量測訊號之位置



(b) 加速度計 (c) 小型位移計 (d) 光學與影像量測

圖二 振動台試驗量測儀器配置圖

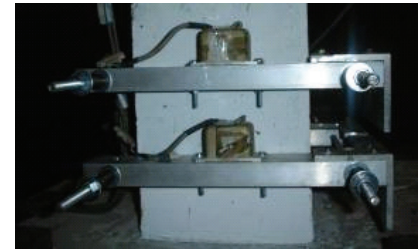
四、反覆載重試驗量測訊號

在試體的反力牆試驗中，量測的訊號如圖三所示，包括有：

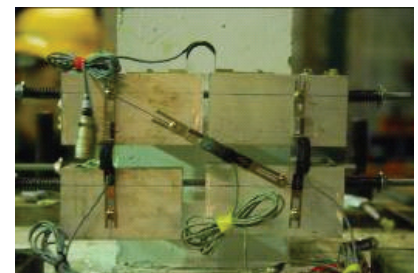
- 千斤頂的力與位移：透過量測訊號可了解結構物的容量區線與反覆載重行為特性。
- 拉線式位移計量測 (D1~D4)：包含了 3 個位置的相對位移量測，分別位於基礎與柱頭。透過量測訊號可得到結構物的扭轉狀態、層間變位值以及殘餘變位值等等。
- 影像量測 (柱底區的應變量測)：透過攝影的方式、配合影像分析之技術，可以得到某一區域的應變值變化，如圖三 (e) 灰色區域所示。
- 光學量測訊號：包含了 34 個點的 3 維度位移量測，如同振動台試驗的配置。
- 角度計量測訊號：包含了 8 個平面的轉角量測，儀器設置如圖三 (b) 所示。透過量測資訊可以了解結構物局部區域的轉角與曲率等等。
- PI gage 量測訊號：包含了 20 個位置的相對位移量測，儀器設置如圖三 (c) 所示。透過量測資訊可以了解結構物局部區域的變形狀況。

五、結論

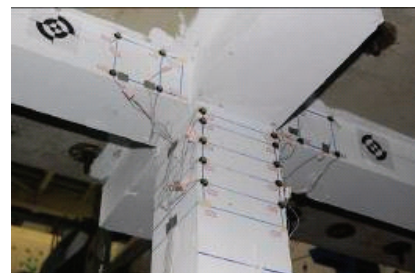
本實驗採用了六座一層樓的鋼筋混凝土試體，分別進行振動台試驗，微振動試驗以及反覆載重試驗。而在各試驗的過程中，



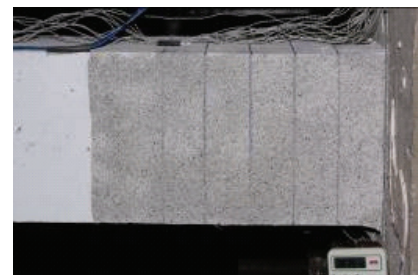
(b) 角度計



(c) PI gage



(d) 光學量測



(e) 影像量測

圖三 反力牆試驗量測儀器配置圖

許多先進之量測儀器應用於量測試體全域以及局部域的變形，其中包括應用了光學量測技術以及影像量測技術等等。本實驗提供了鋼筋混凝土在受到不同規模之外力加載下，結構全域以及局部的反應以及損壞情況，其結果可提供未來各研究議題豐富與寶貴的資訊，如結構模擬、結構系統識別、結構損壞評估等等相關議題，可利於提升結構健康診斷技術，以達到減少預防災害的目的。

副研究員 林沛陽、台灣大學博士 趙書賢
台灣大學教授 羅俊雄、台北科技大學副教授 廖文義

利用頻率響應函數改變量之結構健康診斷技術研發

一、前言

由於結構振動反應包含結構本身特性的訊息，因此利用量測結構振動反應來進行結構健康診斷，是近年來結構健康診斷技術中蓬勃發展的其中一個領域。本文即介紹利用結構振動反應之頻率響應函數之變化，作為結構健康診斷之研發成果。

以結構振動反應為基礎之結構健康診斷技術，其方法可大致分為三類，亦即時間域法、模態域法，以及頻率域法。時間域法係直接利用時間歷時訊號本身進行分析，例如利用自回歸滑動平均模型(Auto-Regressive and Moving Average Model)或是漢克矩陣(Hankel Matrix)的方法；模態域法必須由結構振動反應識別出結構模態相關之參數，以作為結構健康診斷之基礎，例如利用自然頻率(Natural Frequency)、模態(Mode Shape)與模態應變能(Modal Strain Energy)等的方法；頻率域法係將時間歷時轉換為頻率域後進行運算，並求得與結構損壞之關係，本文所使用之頻率響應函數即屬於此類之方法。此類方法不需進行系統識別，可避免高模態不易識別之困境，且由於頻率響應函數之資訊含量較模態之資訊頻率豐富，可提供更多的資訊或是更多的方程式求解，故本研究嘗試利用頻率響應之改變量進行結構健康診斷技術之研發。

二、理論推導與數值分析驗證

因土木結構體積與質量龐大，故一般應用於機械結構之人造單點或多點振動對於土木結構來說費用高昂，甚至無法進行，故利用地震以及交通振動等免費之振動源為一可行之替代方式。本研究由考慮結構受地震動下之結構動力方程式著手，求得頻率響應之改變量與結構損壞(勁度折減)之關係，並進行一系列之數值模型驗證與討論，得到以下結論：

(一) 由於頻率響應函數為頻率之函數，故可選取眾多頻率對應之頻率響應函數建立其與勁度折減之關係式，但非任意頻率均適用於求解勁度折減。經由原始訊號加入不同程度之噪訊比之探討，發現若可選取結構損壞後之自然振動頻率附近之頻率，可得到較佳之損壞識別結果。

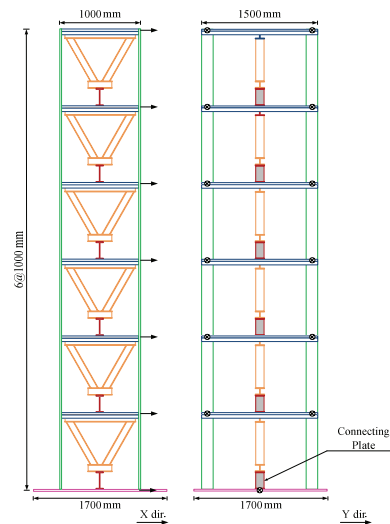
(二) 此方法必須先建置健康結構之頻率響應函數，以及健康結構之質量、阻尼與勁度矩陣。為了得到健康結構之質量、阻尼與勁度矩陣，一般傳統之方式採用建立數值模型之方式，並經由模型修正(Model Updating)之方式使其產生之反應與實際結構之反應相符，然而土木結構龐大複雜且不確定性高，較難藉由此一方式獲得一可靠之數值模型。為了避免上述困難，本研究所需之健康結構質量、阻尼與勁度矩陣可利用已被廣泛應用之次空間識別技術(Subspace Identification)求得，即可僅由量測訊號本身獲得本方法所需之結構系統矩陣，充分避免建立結構模型與模型修正應用於複雜土木結構所遭遇之困難，為此方法之優點。

(三) 不同自然振動頻率對應之頻率響應函數所求得之勁度折減量不盡相同，且有時因噪訊比過大而導致出現較為異常之勁度折減量，若直接將各個自然振動頻率所得之結果平均，其結果仍會受到異常值之影響。為避免此一問題，本研究提出一「結果

相似度標準方法」(Results Similarity Criterion)有效降低異常值之影響。

三、振動台試驗驗證

為進一步驗證本研究提出方法的可行性，本研究利用一四分之一縮尺之六層樓鋼構架(圖一)標竿結構，並設計三種不同尺寸之 T 型連接板(圖二)裝設於各樓層之間，利用替換與拆除 T 型連接板之變化來模擬各種不同程度之樓層勁度折減。

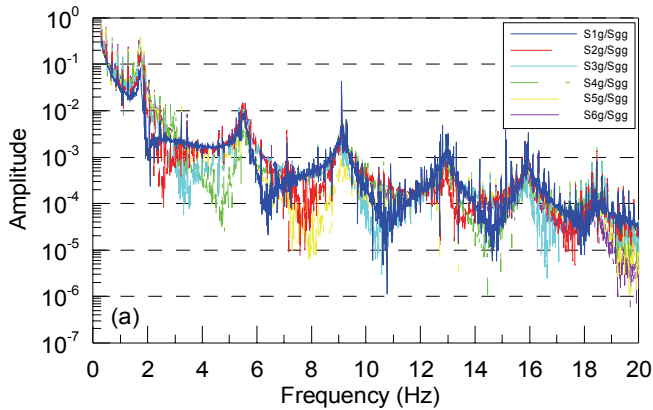


圖一 四分之一縮尺之六層樓鋼構架

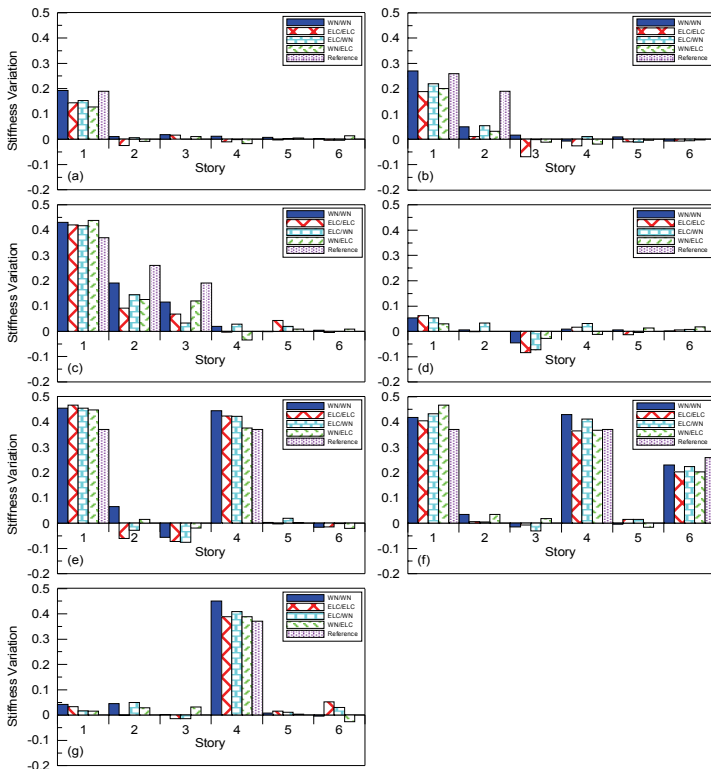
本研究之振動台試驗除一組健康狀態下之試驗作為參考外，共設計七組不同之損壞程度，包括三種破壞樓層由一樓延伸至二、三樓的漸進式破壞狀況，以及三種不連續樓層的分布式破壞狀況，另包含一種實際上未損壞，係作為本方法可避免偽陽性之驗證。上述試驗所得到之典型頻率響應函數如圖三所示，根據不同損壞狀況時所得到之頻率響應函數，以及健康狀態下試驗所得到之頻率響應函數與結構動態矩陣，利用本研究發展之理論，即可診斷出結構在上述各種不同損壞狀況之樓層勁度折減量，如圖四所示。



圖二 三種不同尺寸之 T 型連接板



圖三 振動台試驗所得之典型頻率響應函數



圖四 各種損壞狀況下之樓層勁度折減量診斷結果

為了提供診斷得到的勁度折減量之參考，本研究亦利用有限元素模型模擬 T 型連接板對於樓層的勁度折減量理論參考值，並將各樓層之勁度折減量理論參考值繪於圖四作為比較，值得注意的是由於 T 型連接板固定於各樓層係採用螺絲鎖緊之方式，而非焊接方式，故 T 型連接板之勁度貢獻量大致介於其變形為雙曲率或單曲率之間，本研究之理論參考值係取其平均。根據圖四中各種損壞情況所診斷之樓層勁度折減量，以及其與理論參考值之比較，顯示本研究所提出之方法可有效診斷各樓層勁度折減量，亦即藉由振動台試驗驗證其可行性頗佳。

四、結語

本研究提出一結構受到地震以及交通振動等免費振動源之下，根據頻率響應函數之變化來診斷結構勁度折減量之方法，並進行一系列之數值模型驗證以及振動台試驗驗證，確認本方法之可行性。由於本方法僅需利用少量頻率下之頻率響應函數即可，故非常適用於嵌入無線網路感測元件中，大幅降低無線網路元件所需傳輸之資料量，以減少無線傳輸消耗之電力，故本研究未來將朝此一方向持續研發。

助理技術師 許丁友
台灣大學教授 羅俊雄

生物啟發之感測與控制技術國際研討會

時間：2009 年 4 月 15 日至 17 日

地點：國家地震工程研究中心 101 演講廳

主辦單位：國家地震工程研究中心

贊助單位：行政院國家科學委員會、美國國家科學委員會

研討會主題：

1. 奈米與微米尺度之生物啟發之感測與控制技術(BSBA Technologies Pioneered at the Micro- and Nano-scales)。
2. 生物啟發或智慧型材料(Bio-inspired / Intelligent Materials)。
3. 生物啟發或智慧型之防災監測與預警系統 (Bio-inspired / Intelligent Monitoring and Warning Systems for Hazard Mitigation)。
4. 生物啟發與奈米感測醫療器材(Bio-inspired and Nano Sensing Medical Devices)。

本次研討會邀請的講員包括台灣、美國、英國、德國、香港、日本、韓國等國之學者專家，共同為生物啟發智慧型結構應用之研究課題，進行交流討論，會議結論將作為規劃我國未來推動相關計畫之重要參考依據。

更多關於研討會的最新資訊將公告於本中心網頁：

(<http://www.ncree.org>)。

聯絡人：林子剛、許丁友

電話：(02)6630-0888

越南 IBST 短期訓練課程

SIEUVIET CO., LTD 為越南一儀器設備商，因其出售振動台與油壓制動器等設備予越南 Institute of Building Science and Technology (IBST)，並須提供設備驗收試驗之試體設計圖與短期訓練課程，故 SIEUVIET CO., LTD 委請國家地震工程研究中心協助其進行上述工作。基於本中心積極參與國際合作，以推廣中心研究成果於國際舞台之宗旨，故協助 SIEUVIET CO., LTD 進行此項工作，並增進本中心人員之國際交流經驗。訓練課程於 12 月 23 日至 25 日於越南河內 IBST 會議室進行。

越南 IBST 是相當於國內建築研究所的單位，在 IBST 中有材料試驗室、耐火試驗室、風洞試驗室、土工試驗室等，而地震工程試驗室則為其新設立的試驗室，以因應越南政府發展地震工程的需求。IBST 總員工人數約為 300 人，在越南河內以外另有其他分部。IBST 參與此次課程的人數約為 15 人，由其 Institute of Building Structure 的主任 Dr. Nguyen Vo Thong 為代表，並有 IBST 人員進行現場英文翻譯為越南文的工作。由於 IBST 在地震工程領域仍屬初步發展階段，故課程主題為 Experimental dynamics for structures subject to earthquakes: fundamentals and application examples，儘量以概念性的介紹為主，使其認識地震工程試驗的基本全貌及其應用，並也藉此機會讓 IBST 了解本中心的研究成

果與相關活動，以促進未來 IBST 與 NCEE 進一步合作的機會。三天的訓練課程進行地相當緊湊與順利，值得一提的是與會人員對本中心研發的 PISA3D/GISA3D 軟體甚感興趣，尤其可自網站免費下載該程式與使用手冊，均覺得相當不錯。最後課程結束時，Dr. Nguyen 代表 IBST 贈送紀念品予本中心同事並全體合影留念(如圖一)。



圖一 全體合影留念

總結此次越南行程是相當順利與成功，不僅達成原訓練課程的目的，也讓 IBST 對本中心有相當的認識，為未來彼此的合作奠定良好的基礎。

副研究員 林瑞良、李政寬、助理研究員 陳家乾

第五屆海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會

近年來，隨著互訪頻率之提高，兩岸於土木工程方面的學術交流已有初步的基礎。在鋼結構領域方面，為使得海峽兩岸及香港在學術及業界能有更深入的交流，國家地震工程研究中心、上海同濟大學與香港理工大學於 2008 年 12 月共同舉辦「第五屆海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會」。本次會議是延續 1998 年在台北及高雄舉辦之「兩岸高層建築之規範、設計與施工研討會」以及 1999 年在上海舉辦之「海峽兩岸及香港鋼結構技術研討會」，於民國 2001 年將會議的名稱訂為「海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會」。本會議於台灣、大陸及香港三地輪流舉辦，有效地促進了兩岸三地學術界和工程界的交流與合作。為延續此會議創造的良好交流平台，2008 年於台灣舉辦第五屆，會議場地為台灣大學凝態科學暨物理學館國際會議廳。

台灣在九二一及三三一地震災害後已復舊與重建，鋼骨及混合鋼骨與混凝土的結構系統受到廣泛的重視與採用。本次會議於 2008 年 12 月 21 日開幕(圖一)，會中邀請中華民國鋼結構協會理事長陳正誠、台大土木系系主任張國鎮、國家地震中心主任蔡克銓、中國鋼結構協會秘書長劉萬忠、同濟大學教授李國強及香港理工大學教授陳紹禮蒞臨致詞。會中邀請了來自台灣、大陸及香港地區的二十餘名鋼結構學者專家，於學理、實驗、規範、設計、到施工各層面進行交流，包括鋼結構之理論創新、分析方法提出與改進、非線性設計方法及規範與實際工程應用等，研討內容並包括 2008 年奧運使用之數座新穎運動場館。本次會議並安排現地工程參觀，於璞真建設工地參訪，讓大陸及香港之專家學者親身

實際了解台灣工程施工現況。本次會議成功交流了台灣、大陸及香港三地鋼結構相關的研究成果與工程實務經驗，並增加了兩岸三地之間的情誼，與會者亦充分學習到海峽兩岸及香港於學術界及工程界鋼結構系統之最新理論與應用技術。關於本次研討會之各種資訊，請參考以下網頁：

https://conf.ncee.org.tw/index_cht.aspx?conf_id=A0971127



圖一 研討會貴賓及講員合照

專案助理研究員 游宜哲

鋼筋混凝土結構研討會

國內有許多建築、橋梁等結構物經逢九二一地震後受損嚴重，或甚至完全倒塌。勘災經驗中也顯示，台灣既有鋼筋混凝土(RC)結構之剪力強度相對脆弱，對人民生命財產的安全影響甚鉅。如何提升 RC 結構之剪力強度既耐震性能，減少震災損失實為當務之急。因此，了解 RC 結構受震後之剪力行為與耐震性能，將有利改善 RC 結構物之設計與分析。有鑑於此，國家地震工程研究中心於民國九十七年十二月十五日(星期一)，在國家地震工程研究中心演講廳(101室)，特別舉辦鋼筋混凝土結構研討會，而協辦單位則有中華民國地震工程學會、中華民國結構工程學會和台灣大學土木系。此研討會邀請到美國休士頓大學 Thomas T. C.

Hsu 教授就鋼筋混凝土結構剪力發表專題演講。Hsu 教授(圖一)於混凝土結構剪力與扭矩等研究領域上，有極傑出的成果，為土木工程領域之國際著名學者，同時在本次研討會中詳細回顧鋼筋混凝土結構剪力方面歷史發展，提供國內研究人員在鋼筋混凝土結構剪力效應方面完整之瞭解。除此之外，本研討會也邀請到美國中部地震中心(MAE)主任 Amr S. Elnashai 教授(圖二)就鋼筋混凝土橋梁受震後之行為發表演講。本中心藉此研討會的舉行，由重量級的國際知名學者，直接與工程師及專家學者進行演講座談(圖三)，對土木工程產業界與學術界，能有最實質的幫助與貢獻。



圖一 Thomas T.C. Hsu 教授



圖二 Amr S. Elnashai 教授



圖三 鋼筋混凝土研討會會議現場

專案副研究員 王仁佐

鋼結構耐震設計與分析研討會(台南場次)

國家地震工程研究中心、國立成功大學土木工程學系與內政部建築研究所於 2008 年 12 月 18 日，假成功大學卓群大樓之視聽教室共同舉辦「鋼結構耐震設計與分析研討會(台南場次)」。會中由國震中心蔡克銓主任率領其研究團隊，向近 80 名來自中南部工程界的朋友，分享國震中心近年來在鋼造建築結構耐震設計與分析方面的研究成果。會中探討包括國內傳統抗彎構架系統的設計與施工相關議題、特殊同心斜撐構架系統的設計與分析技術，與特殊鋼板剪力牆耐震結構系統的設計與分析方法介紹。

研討會議程內容包括六場專題演講，上午三場次所探討的議題均與抗彎構架系統有關。首先介紹於國震中心近年來有關鋼梁採用梁翼切削或梁翼加蓋板補強與箱型柱接合之梁柱接頭試驗成果，其中發現此國內工程界採用之抗彎梁柱接頭發生許多不被允許的破壞模式，其韌性變形能力有待提升，呼籲鋼構業界重視此現象。另一方面，配合交通大學新近完成的試驗與分析研究，說明梁柱接頭採用雙腹側立板加勁細節與補強於既有建築之實際應用例，及其用以提升既有超高層大樓耐震性能之研究成果。會中亦介紹國震中心的研究團隊於 2007 年底參加日本 E-defense 所舉辦一棟四層樓抗彎構架於震動台倒塌實驗前之受震反應預測比賽過程，並說明利用本中心所研發之結構非線性分析程式 PISA3D，與前後處理圖形介面軟體 GISA3D 程式，進行結構模型之建置、分析參數之選用，並分享參賽獲獎之經驗。

下午議程則是介紹兩項新型的耐震結構系統之研究成果，包括特殊同心斜撐構架與特殊鋼板剪力牆系統。首先藉國震中心最近進行之同心斜撐試驗與數值分析研究結果，說明特殊同心斜撐構架系統之受力變形特性、及各構件與接合之設計與施工細節，並建議可達預期韌性性能之耐震設計方法。最後介紹鋼板剪力牆構架的耐震行為、分析技術與設計方法，國震中心研究團隊亦藉此研討會對於國內鋼板剪力牆的耐震設計規範提出建議。希望透過本研討會，將耐震性能優異且富經濟性的特殊同心斜撐構架與特殊鋼板剪力牆系統介紹給國內工程界，讓工程師在進行鋼構造建築之結構設計時能有更多元的選擇，亦藉此提升國內建築物的耐震技術。若欲取得研討會之相關資訊歡迎與作者聯繫。



國震中心林志翰先生介紹特殊鋼板剪力牆構架之情形

副研究員 林克強、專案助理研究員 李昭賢