

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 以阻隔結構減少特定振源所造成地盤振動之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-098-  
執行期間：98年08月01日至99年07月31日  
執行單位：國立交通大學土木工程學系(所)

計畫主持人：劉俊秀

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：丁進順  
碩士班研究生-兼任助理人員：林宣妤  
博士班研究生-兼任助理人員：李宗穎

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 12 月 28 日

## 一、 文獻回顧

在振動源(如高鐵高架橋墩)附近之環境振動對居住環境,高敏感度儀器或高科技生產設備(如晶圓廠,面板廠等),會產生一些影響。因此近年來,國內外在這方面都投入一些研究。此研究中在國外的部份,Woods and Jedele[1]考慮表面波之幾何衰減及土壤阻尼衰減之觀念,再根據現場實測資料,提出一簡單之振動衰減公式,劉俊秀利用解析解的方法求得基礎振動對附近地盤振動之影響[2]。Kaymia et al[3]利用次結構法,將高速鐵路路堤模擬成梁及彈性半空間模擬成動力勁度矩陣求解。Takemiya [4, 5]以蜂巢排列之群樁的方式,以阻隔高鐵橋墩基礎所產生振動波的傳遞。同時,Ahmad and AL-Hussaini[6], Dasgupta et al[7] 及麥永慶[8]以壕溝的方式阻隔振動波的傳遞。Yang and Hung [9]利用自行發展之無限元素(Infinite element)及有限元素法分析阻隔振動效果。

以上對阻隔振動的方式皆為挖壕溝或打排樁的方式。根據本人研究其阻隔效果不是很好。同時,其分析方法皆以有限元素法或邊界元素法做基礎,其計算時間較費時且計算精度亦較差。

本研究將以一新的思考模式來處理振動阻隔的問題。其方法為在振動源基礎與觀測點(圖一,C點)間放一阻隔結構,以期改變並減少觀測點之振動值。因此本分析方法將有兩個特色(1)必須考慮振動源結構基礎-土壤-阻隔結構三者之間的互制問題[10];(2)以解析解之方法求得觀測點之振動值[2, 11],而此解析解方法相對於有限元素法與邊界元素法,將有計算速度較快,計算精度較好之優點

## 二、 理論推導

層狀半空間土壤上之阻隔結構基礎與振動源結構基礎,如圖一所示。假設振動源結構基礎受上部結構之振動力為  $p_1 e^{i\omega t}$  (此為振動源結構動力分析所得之加於基礎上之外力),此  $p_1$  可為 6 個方向(3 個平移方向,3 個轉角方向)外力之任

一方向外力。為方便起見，下面之推導將省略  $e^{i\omega t}$ 。

根據文獻[10]，吾人可求得圖一兩基礎之動力勁度矩陣(Dynamic stiffness matrix or Impedance Matrix)I。由於基礎振動對  $\theta_1 = 0$  及  $\theta_2 = 0$ (圖一)之軸有對稱及反對稱互相獨立之兩種情況。I 矩陣可以為兩基礎之垂直振動， $\theta_1 = 0$  與  $\theta_2 = 0$  方向之水平振動及  $\theta_1 = \theta_2 = 90^\circ$  軸之翻轉振動(此為對稱情況)之動力勁度矩陣。另外 I 矩陣亦可以為兩基礎對  $z_1$ 、 $z_2$  軸之扭轉振動， $\theta_1 = \theta_2 = 90^\circ$  方向之水平振動，及  $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$  軸之翻轉振動(此為反對稱情況)之動力勁度矩陣。因此在此兩種情況下(對稱與反對稱)I 矩陣皆為 6x6 矩陣。

因此，兩基礎受振動外力與位移之關係可以下式表示

$$\begin{bmatrix} I_{11} & I_{12} & I_{13} & | & I_{14} & I_{15} & I_{16} \\ I_{21} & I_{22} & I_{23} & | & I_{24} & I_{25} & I_{26} \\ I_{31} & I_{32} & I_{33} & | & I_{34} & I_{35} & I_{36} \\ - & - & - & - & - & - & - \\ I_{41} & I_{42} & I_{43} & | & I_{44} & I_{45} & I_{46} \\ I_{51} & I_{52} & I_{53} & | & I_{54} & I_{55} & I_{56} \\ I_{61} & I_{62} & I_{63} & | & I_{64} & I_{65} & I_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \Delta_3 \\ - \\ \Delta_4 \\ \Delta_5 \\ \Delta_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ - \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix} \quad (1a)$$

或

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{11} & \bar{I}_{12} \\ \bar{I}_{21} & \bar{I}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\Delta}_1 \\ \bar{\Delta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{P}_1 \\ \bar{P}_2 \end{bmatrix} \quad (1b)$$

式中， $\bar{\Delta}_1$ ， $\bar{P}_1$  分別為振動源基礎所受之位移與外力， $\bar{\Delta}_2$ ， $\bar{P}_2$  分別為阻隔結構基礎之位移與外力(參考圖一)。

假設  $\bar{P}_2$  為 0 ( $\bar{P}_1$  為振源基礎之外力)，則式(1b)可解得  $\bar{\Delta}_1$  及  $\bar{\Delta}_2$  如下

$$\bar{\Delta}_1 = (\bar{I}_{11} - \bar{I}_{12} \bar{I}_{22}^{-1} \bar{I}_{21})^{-1} \bar{P}_1 \quad (2a)$$

$$\bar{\Delta}_2 = -\bar{I}_{22}^{-1} \bar{I}_{21} (\bar{I}_{11} - \bar{I}_{12} \bar{I}_{22}^{-1} \bar{I}_{21})^{-1} \bar{P}_1 \quad (2b)$$

而阻隔結構基礎之作用力  $\overline{P}_2$  可由假設阻隔結構之質量(m)與轉動慣量( $M_{xx}$  ,

$M_{yy}$  ,  $M_{zz}$ )之振動加速度求得如下：

在對稱的情況下， $P_4 = -\omega^2 m \Delta_4$  ,  $P_5 = -\omega^2 M_{yy} \Delta_5$  ,  $P_6 = -\omega^2 m \Delta_6$  。其中， $-\omega^2$  是由  $e^{i\omega t}$  對 t 微分二次而得，且  $\Delta_4$  ,  $\Delta_5$  ,  $\Delta_6$  分別為阻隔結構基礎在垂直方向  $z_2$  軸方向之總位移， $\theta_2 = 90^\circ$  (亦是 y 軸) 方向之翻轉角，及  $\theta_2 = 0^\circ$  (亦是 x 軸) 方向之水平位移。因此  $\overline{P}_2$  可表示為：

$$\overline{P}_2 = \begin{bmatrix} P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} -\omega^2 m & 0 & 0 \\ 0 & -\omega^2 M_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & -\omega^2 m \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_4 \\ \Delta_5 \\ \Delta_6 \end{bmatrix} = \overline{X} \overline{\Delta}_2^t \quad (3)$$

在反對稱的情況下， $P_4 = -\omega^2 M_{zz} \Delta_4$  ,  $P_5 = -\omega^2 M_{xx} \Delta_5$  ,  $P_6 = -\omega^2 m \Delta_6$  。

其中， $\Delta_4$  ,  $\Delta_5$  ,  $\Delta_6$  分別阻隔結構基礎  $z_2$  軸方向之轉角， $\theta_2 = 0^\circ$  方向之翻轉角

及  $\theta = 90^\circ$  方向之水平位移。因此  $\overline{P}_2$  可表示為

$$\overline{P}_2 = \begin{bmatrix} P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} -\omega^2 M_{zz} & 0 & 0 \\ 0 & -\omega^2 M_{xx} & 0 \\ 0 & 0 & -\omega^2 m \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_4 \\ \Delta_5 \\ \Delta_6 \end{bmatrix} = \overline{X} \overline{\Delta}_2^t \quad (4)$$

式(3)與式(4)中之  $\overline{\Delta}_2^t$  可表示成

$$\overline{\Delta}_2^t = \overline{\Delta}_2 + \overline{\Delta}_2^I \quad (5)$$

式(5)中  $\overline{\Delta}_2$  為振源基礎受外力  $\overline{P}_1$  作用下，若阻隔結構基礎之質量為0時，阻

隔結構基礎之振幅(如式(2b)所示)。 $\overline{\Delta}_2^I$  為阻隔結構基礎之質量振動所產生

慣性力  $\overline{P}_2$  (如式(3)或(4)所示)造成阻隔結構基礎之振動。

現在式(1b)可寫成

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{11} & \bar{I}_{12} \\ \bar{I}_{21} & \bar{I}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\Delta}_1 \\ \bar{\Delta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{P}_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

將式(3)或(4)代入(6)，並利用式(5)，(2a)及(2b)，吾人可求得

$$\bar{\Delta}_1 = -\bar{I}_{11}^{-1} \bar{I}_{12} (-\bar{I}_{22} + \bar{X} + \bar{I}_{21} \bar{I}_{11}^{-1} \bar{I}_{12})^{-1} \bar{X} (\bar{I}_{22}^{-1} \bar{I}_{21} (\bar{I}_{11} - \bar{I}_{12} \bar{I}_{22}^{-1} \bar{I}_{12})^{-1}) \bar{P}_1 \quad (7a)$$

$$\bar{\Delta}_2 = (-\bar{I}_{22} + \bar{X} + \bar{I}_{21} \bar{I}_{11}^{-1} \bar{I}_{12})^{-1} \bar{X} (\bar{I}_{22}^{-1} \bar{I}_{21} (\bar{I}_{11} - \bar{I}_{12} \bar{I}_{22}^{-1} \bar{I}_{12})^{-1}) \bar{P}_1 \quad (7b)$$

由式(5)，(2b)及(7b)即可求得在振動源結構基礎施加外力  $\bar{P}_1$  時，阻隔結構基礎所得之總振動

量  $\bar{\Delta}_2^{-1}$ 。同理，利用(5)，(2a)及(7a)，吾人可求得振動源基礎在  $\bar{P}_1$  作用下之總振動量如下：

$$\bar{\Delta}_1^{-1} = \bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_1^{-1} \quad (8)$$

根據文獻[2]，若基礎振動量  $\bar{\Delta}_1^{-1}$  與  $\bar{\Delta}_2^{-1}$  已知，則任意觀測點如圖一觀測點 C 之振動量即可求得

如下：

$$u = u_1 + u_2 \quad (9)$$

式中

$$u_1(r_1, \theta_1) = \sum_{n=0}^{\infty} L_n^s \int_0^{\infty} J_n Q \bar{D}_n P_{1,n}^s dk_1 + L_n^a \int_0^{\infty} J_n Q \bar{D}_n P_{1,n}^a dk_1 \quad (9a)$$

式中

$$J_n = \begin{pmatrix} J'_n(k_1 r_1) & 0 & (n/r_1) J_n(k_1 r_1) \\ 0 & k_1 J_n(k_1 r_1) & 0 \\ (n/r_1) J_n(k_1 r_1) & 0 & J'_n(k_1 r_1) \end{pmatrix} \quad (9b)$$

$$Q = \begin{pmatrix} -v' k_\beta^2 / \Lambda & k_1 (2\nu v' - 2k_1^2 + k_\beta^2) / \Lambda & 0 \\ k_1 (2\nu v' - 2k_1^2 + k_\beta^2) / \Lambda & -v k_\beta^2 / \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & -1/Gv' \end{pmatrix} \quad (9c)$$

$$\Lambda = G[4k_1^2 \nu v' - (2k_1^2 - k_\beta^2)^2] \quad (9d)$$

$$\bar{D}_n = \begin{pmatrix} (-D_{n+1}^T + D_{n-1}^T)/2 & 0 & (D_{n+1}^T + D_{n-1}^T)/2 \\ 0 & D_n^T & 0 \\ (D_{n+1}^T + D_{n-1}^T)/2 & 0 & (-D_{n+1}^T + D_{n-1}^T)/2 \end{pmatrix} \quad (9e)$$

$$D_{n+1}^T = \int_0^{a_1} r_1 J_{n+1}(k_1 r_1) h^T dr_1 \quad (9f)$$

$$D_n^T = \int_0^{a_1} r_1 J_n(k_1 r_1) h^T dr_1 \quad (9g)$$

$$D_{n-1}^T = \int_0^{a_1} r_1 J_{n-1}(k_1 r_1) h^T dr_1 \quad (9h)$$

對角矩陣  $L_n^s = \text{diag}[\cos n\theta_1, \cos n\theta_1, -\sin n\theta_1]$  及  $L_n^a = [\sin n\theta_1, \sin n\theta_1, \cos n\theta_1]$ ， $G$  為剪力模數(Shear Modulus)(式(9c)之  $Q$  為彈性半空間之  $Q$ ，若層狀半空間之  $Q$ ，可根據文獻[12]求得)，

$$v = \sqrt{k_1^2 - \omega^2 / c_p^2}, \quad v' = \sqrt{k_1^2 - \omega^2 / c_s^2}$$

$c_p$  與  $c_s$  分別為壓力波速及剪力波速， $k_1$  為在  $r_1$ ， $\theta_1$ ， $z_1$  座標系統之波數， $J_n(k_1 r_1)$

為第一種  $n$  次 Bessel 函數及  $J'_n(k_1 r_1) = dJ_n(k_1 r_1) / dr_1$ 。式(3e)中向量  $D_{n+1}^T$ ，

$D_n^T$  and  $D_{n-1}^T$  為式(1)中向量  $h^T$  之 Hankel Transforms。同理，阻隔結構基礎振動

在  $r_2$  位置(此  $r_2$  位置與式(9a)  $r_1$  位置為空間中相同的一點)所產生之振動量可表

示為：

$$u_2 = \sum_{m=0}^{\infty} \bar{L}_m^s \int_0^{\infty} \bar{J}_m \bar{Q} \bar{D}_m P_{2,m}^s dk_2 + \bar{L}_m^a \int_0^{\infty} \bar{J}_m \bar{Q} \bar{D}_m P_{2,m}^a dk_2 \quad (10)$$

式中矩陣  $\bar{L}_m^s$ ， $\bar{J}_m$ ， $\bar{Q}$  及  $\bar{D}_m$  與式(9)所定義相同(除了將  $\theta_1$ ， $r_1$  與  $k_1$  改成  $\theta_2$ ， $r_2$  與  $k_2$ )。

吾人必須注意式(9)中  $u_1$  及  $u_2$  分別為在  $r_1 - \theta_1 - z$  及  $r_2 - \theta_2 - z$  之圓柱座標系統，因此其相加必須經過一座標轉換之過程。又式(9)~(10)中之向量  $P$  為基礎-土壤互制曳引力之節點上的曳引力強度，而此互制曳引力假設為片段線性

(Piecewise Linear) 如文獻[2, 10, 11, 12]所示。此互制曳引力強度  $P$  在求得動

力勁度矩陣（式（1a）與（1b））的過程中即可求得。由於以上求解過程是在頻率域中求解，若在時間域中求解，只須利用 Inverse Fourier Transform。此即為當觀測位置 C 與振動源基礎之間有一剛性結構時之振動量。若觀測位置與振動源基礎間無結構阻擋時，則不須考慮結構-土壤-結構互制之情況。而只須考慮土壤-結構互制分析之波傳問題。其推導方式與上述推導方式相似，除了只須考慮振源基礎與土壤之互制曳引力(Traction) 之作用而得到觀測位置(圖一無阻隔結構基礎之情況下 C 點)之振動值  $u_1(r_1, \theta_1)$  (式(9a))，如文獻[2]所示。如此即可比較同樣觀測位置 C 點在兩種情況下之振動值，以了解有阻隔結構時，觀測位置 C 點振動量之改變。

### 三、 數值分析

兩箇大小相同之基礎如圖一所示，其無因次化之半徑

$$a_0 = \frac{a_1 \omega}{2\pi c_s} = \frac{a_2 \omega}{2\pi c_s} = 1.0, \text{ 其無因次化邊緣距離 } \bar{d} = \frac{d\omega}{2\pi c_s} = 0.125, \text{ 並在基礎}$$

$$\text{一之位置加一無因次化之單位外力 } \frac{F_V}{G_1 a_1 \lambda} = \frac{F_H}{G_1 a_1 \lambda} = \frac{M_R}{G_1 a_1^3 \lambda} = 1. \text{ 上式中, } G_1 \text{ 為}$$

土壤之剪力模數， $\lambda$  為剪力波長， $F_V$  為垂直外力， $F_H$  為水平外力， $M_R$  為彎矩外力。其數值結果表示於圖二~圖七。圖中之與振動中心之距離  $r$  已經以剪力波長  $\lambda$  無因次化，在各距離之振動位移值也以剪力波長  $\lambda$  無因次化，

$$\text{且第二基礎之質量無因次化為 } m = \frac{\bar{m}g}{\pi a_2^2 G_1} = 0, 1, 3, 5, 10, 20, 100, \text{ 式中 } \bar{m} \text{ 為第二}$$

基礎之質量， $g$  為重力加速度， $m=0$  之 case 代表第二基礎不存在。

圖二與圖三分別為單位無因次垂直力作用下，無因次化之水平位移  $|u_x|$  與垂

直位移  $|u_z|$ 。圖四與圖五分別為單位無因次化水平力作用下，無因次化之水

平與垂直位移。圖六與圖七分別為單位無因次化彎矩作用下，無因次化水平

與垂直位移。由此六箇圖，吾人可觀測到第二基礎之存在，對地盤振動確實

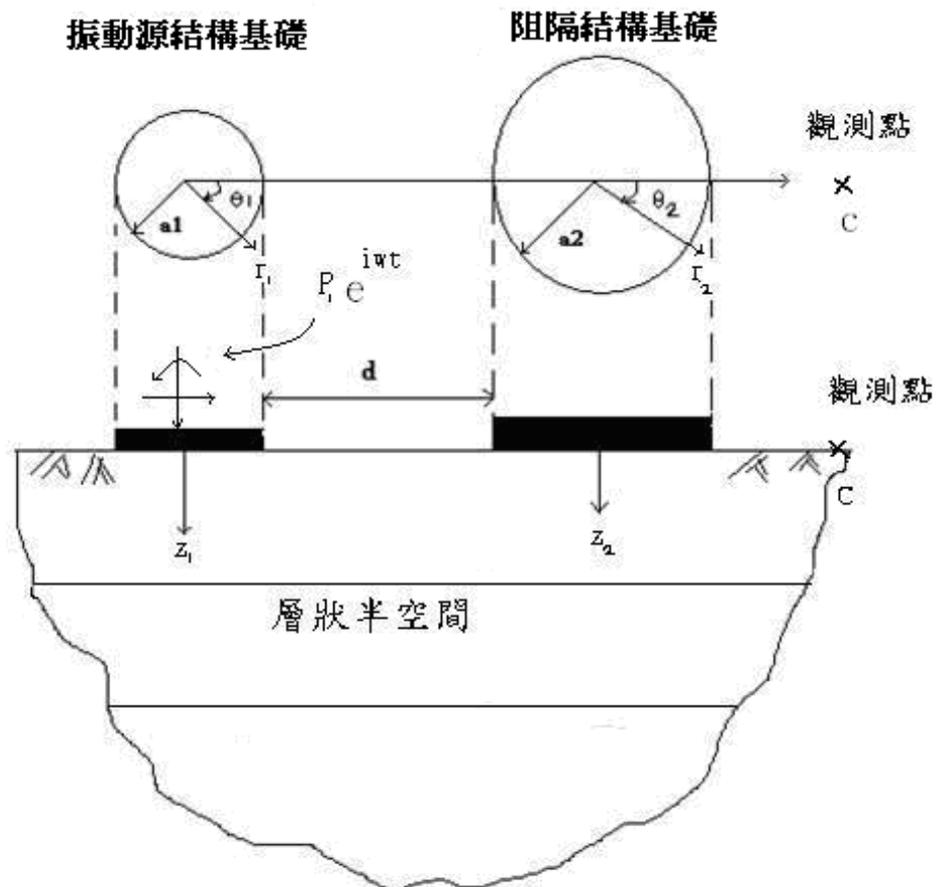
有阻隔作用，但第二基礎之質量大小對阻隔效果之影響似乎不大。

#### 四、 參考文獻

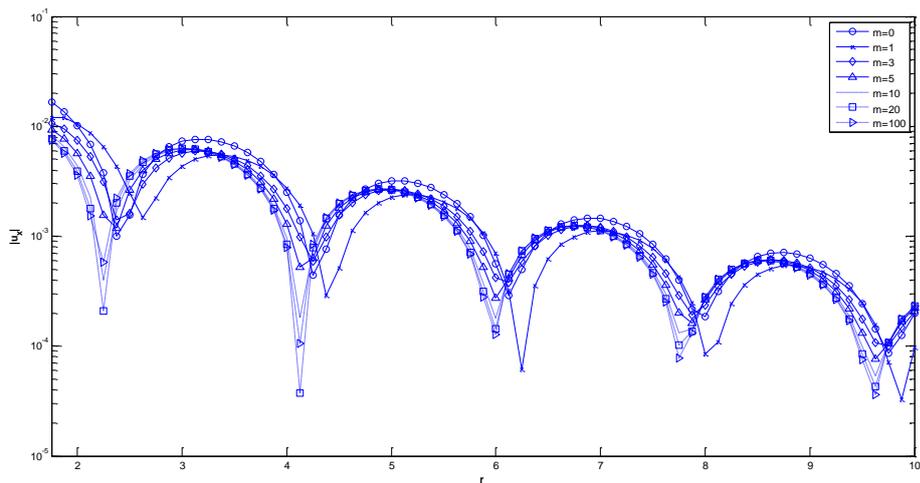
1. Richard D. Woods and Larry P. Jedgele. “Energy—Attenuation Relationships from Construction Vibrations” , *Vibration Problems in Geotechnical Engineering*, pp. 229-246, 1985.
2. Gin-Show Liou, “Vibrations Induced by Harmonic Loadings Applied at Circular Rigid Plate on Half-space Medium” , *Journal of Sound and Vibration*, , Accepted for Publication.
3. Amir M. Kaynia, Christian Madshus, and Peter Zackrisson, “Ground Vibration from High-Speed Trains: Prediction and Countermeasure” , *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 126, Issue 6, pp. 531-537, 2000.
4. Hirokazu Takemiya, “Simulation of track-ground vibrations due to a high-speed train: the case of X-2000 at Ledsgard” , *Journal of Sound and Vibration*, Vol .261, Issue 3, p. 503-526, 2003.
5. Hirokazu Takemiya, “Field vibration mitigation by honeycomb WIB for pile foundations of a high-speed train viaduct” , *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 24, pp. 69-87(19), 2004.
6. S. Ahmad, TM. Al-Hussaini, “Simplified design for vibration screening by open and in-filled trenches.” *J Geotech Engineering*, ASCE 117(1) (1991), 67-88.
7. B. Dasgupta, DE. Beskos, and IG. Vardoulakis, “Vibration isolation using open or filled trenches part 2 3D homogenous soil” *Comput Mech* (1990), 129-42.
8. 麥永慶，指導教授劉俊秀、王忠成博士，“以二維時間域邊界元素法分析地表幾何變化對波傳之影響”，國立交通大學，碩士論文，2002.

9. Yeong-Bin Yang, Hsiao-Hui Hung, "A parametric study of wave barriers for reduction of train-induced vibrations", International Journal for Numerical Methods in Engineering, vol. 40, 3729-3747(1997)
10. Gin-Show Liou "Dynamic Stiffness Matrices for Two Axial Symmetric Foundations", Earthquake Eng. Str. Dyn. Vol.23, 193-210, 1994.
11. Gin-Show Liou, G. C. Lee, R. L. Ketter "Analytic Solution for Dynamic Loading on Half-Space Medium", J. of Eng. Mech., ASCE, Vol.117, 1485-1495, 1991.
12. Gin-Show Liou, G. C. Lee "Impedance Matrices for Axial Symmetric Foundations on Layered Media", Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE, Vol. 9, 33-44, 1992.

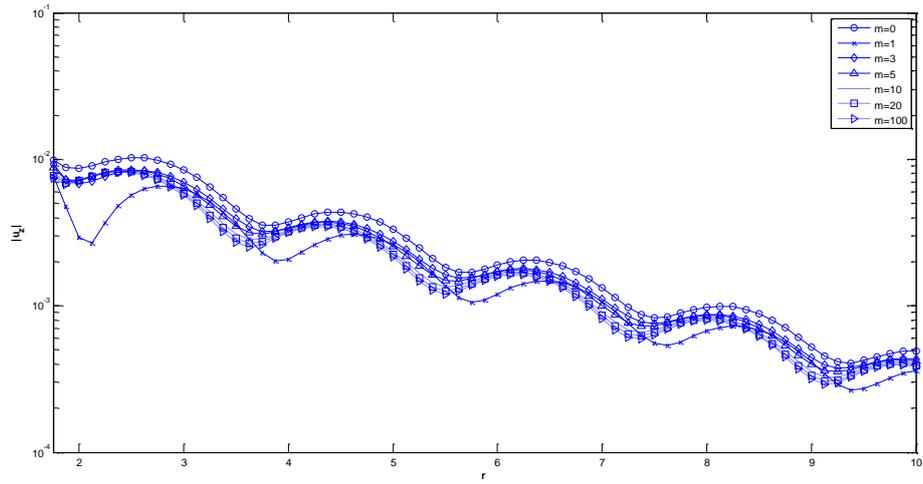
五、 圖形



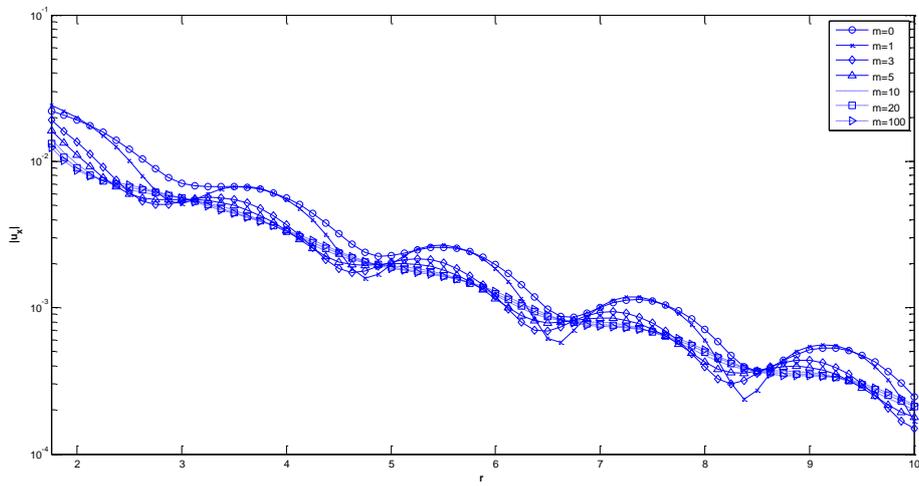
圖一：層狀半空間上兩基礎之示意圖



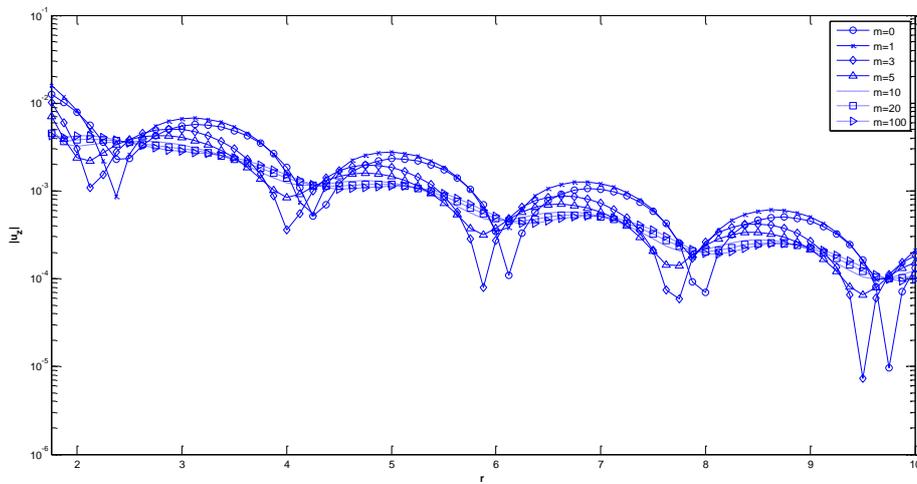
圖二. 垂直力作用下水平方向之位移



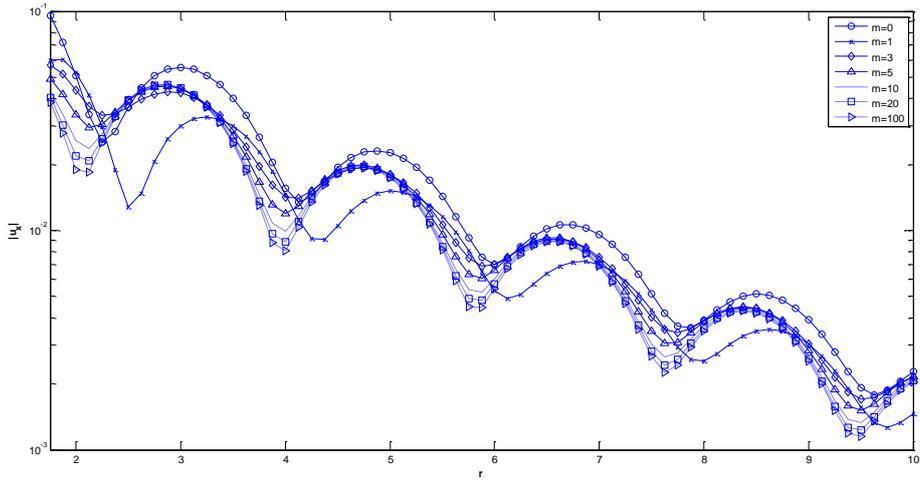
圖三. 垂直力作用下垂直方向之位移



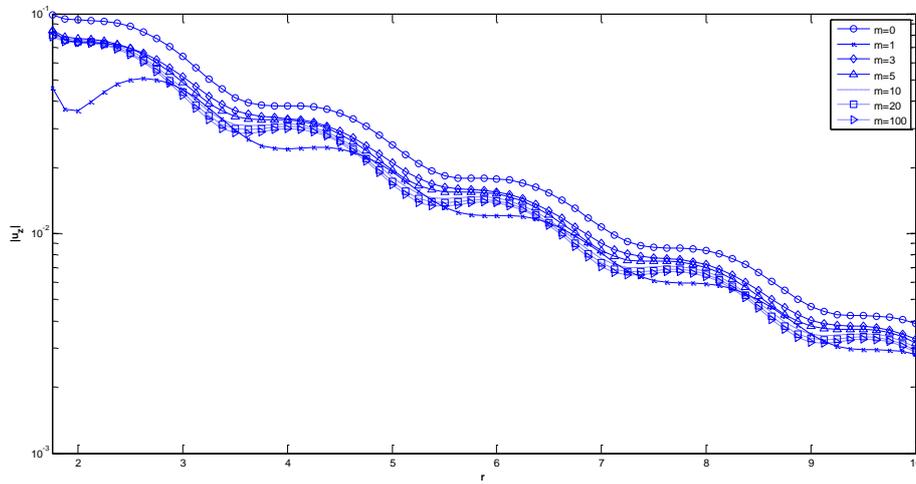
圖四. 水平力作用下水平方向之位移



圖五. 水平力作用下垂直方向之位移



圖六. 彎矩作用下水平方向之位移



圖七. 彎矩作用下垂直方向之位移

# 出席國際學術會議心得報告

2010 年 12 月 28 日

報告人姓名	劉俊秀	申請單位 (學生請加註系級)	土木系	職稱	教授
				電話	03-5131469
出國目的/發表 論文題目	Comparisons of Approximate Analysis Methods For Framed-Tube Structure Subjected to Lateral Loadings				
補助金額		經費來源	國科會		
<p>一、參加經過</p> <p>本人於四月十三日晚到達慕尼黑(Munich)，四月十四日早上為報到、開幕，keynote speakers 的演講，下午為慕尼黑的 city tour 參觀慕尼黑之特殊建築如世運會之運動場，BMW 之博物館，世足賽之足球場等。第二天及第三天為論文發表，包括三箇平行 oral presentation 及 poster presentation 同時進行。我的 oral presentation 被安排在第二天下午。</p> <p>二、心得</p> <p>本次會議約 200 多箇工程師、學者參與，其成員主要來自歐、美各國，台灣只有我參與，因此與各國學者互動良好。參加此次會議後，本人發現我們雖有國際知名的台北 101 大樓，但在建築結構方面的會議卻很少參加。如此將會造成我們國內對國際建築結構的形式及其發展的概念了解甚少，而國外之學者與工程師除了知道台北 101 大樓外，也甚少了解國內的發展情形，因此類似此次建築結構方面的會議，應鼓勵國內學者與工程師參加。本會議是一建築結構方面非常重要的會議。</p> <p>三、建議</p> <p>參加國際會議不一定只參加大型會議，參加類似此種小型且專門某一領域之會議，反而與國際知名的學者互動機會較多。所以有些專門領域之會議亦應鼓勵參加。</p> <p>四、攜回資料名稱及內容</p> <p>(1)Conference Proceedings(此為每篇文章只有二頁之長摘要(long abstract))</p> <p>(2)CD 之 Conference Proceedings(此為每篇完整之文章)</p>					

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2010/12/28

國科會補助計畫	計畫名稱: 以阻隔結構減少特定振源所造成地盤振動之研究
	計畫主持人: 劉俊秀
	計畫編號: 98-2221-E-009-098- 學門領域: 結構應力
無研發成果推廣資料	

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：劉俊秀		計畫編號：98-2221-E-009-098-					
計畫名稱：以阻隔結構減少特定振源所造成地盤振動之研究							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	撰寫中
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	無
---	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	



# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究提出阻隔地盤振動的另一種思考模式，亦即在振動源與觀測點間，置一結構以減少觀測點位置之振動值，

本研究之結果顯示，此種方法有效。因此本研究提供除了 Trench 的方式外，另一種阻隔地盤振動的方式。