

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

利用單站頻譜比法探討軟弱沉積谷地的場址特性 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 99-2221-E-020-027-
執行期間：99年08月01日至100年07月31日
執行單位：國立屏東科技大學共同科

計畫主持人：徐文信
共同主持人：盧俊愷

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 100 年 10 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ☒ 成果報告
☐ 期中進度報告

利用單站頻譜比法探討軟弱沉積谷地的場址特性

Study the site effect in the soft alluvial valley by using the H/V ratio

計畫類別：☒ 個別型計畫 ☐ 整合型計畫

計畫編號：NSC-99-2221-E-020-027

執行期間：99 年 8 月 1 日至 100 年 7 月 31 日

執行機構及系所：國立屏東科技大學土木工程系

計畫主持人：徐文信 助理教授

共同主持人：盧俊愷 教授

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☒ 精簡報告 ☐ 完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

☐ 赴國外出差或研習心得報告

☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告

☐ 出席國際學術會議心得報告

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年☐ 二年後可公開查詢

中 華 民 國 100 年 10 月 25 日

中文摘要

影響地震動發生的原因主要有震源效應、波傳路徑效應以及場址效應等，尤其當震波遇到沖積層軟弱沉積盆地時會產生放大效應，這是波傳效應遇到不規則界面產生的散射現象；為簡化分析，不規則軟弱沉積盆地的形狀簡單為半圓形，葉等人以複合法處理反平面問題的峽谷散射的頻率域問題，獲得相當良好的成果。複合法以 Mei 於 1980 年提出的變分原理為基礎，結合有限元素以及 Lamb 級數展開，配合映射函數處理含軟弱沉積盆地不規則的區域，可有效處理不規則沉積盆地的散射問題。現將複合法推廣至平面問題的峽谷散射問題，僅需將基函數改成平面應變問題中的 Lamb 級數解，利用改良式最速陡降法可處理複雜的積分項，即可解得頻率域中的垂直位移以及水平位移。鑒於場址效應是地震工程中相當重要的研究，利用頻率域中解得的垂直位移和水平位移，配合單站頻譜比法即可估算場址效應，對於沖積層軟弱沉積盆地的放大效應能有進一步的量化貢獻，同時可模擬不同入射角對單站頻譜法的影響。

關鍵詞：複合法、散射、半圓形軟弱沉積谷地、場址效應、單站頻譜比法

Abstract

The magnitude of ground motion from earthquakes include source effect, path effect and site effect. The irregular alluvial valley, may affect significantly the amplitudes of incident seismic waves. For a simplification case, we investigate the amplification of the semi-cylindrical alluvial valley subjected to incident *P* waves and Rayleigh surface wave. The results are obtained by using the hybrid method which is based on a variational formalism

proposed by Mei. The hybrid method involving combining the finite element and series expansion method is implemented to solve the scattering problems in frequency domain in anti-plane problems. For solving the in-plane problem, the expansion function of the series representation is constituted of basis function, each basis function is constructed by Lamb's solution and satisfies both traction free condition at ground surface and radiation condition at infinity. The series representation is an integral form and obtained by the modified steepest descent method. In this study the vertical displacements and horizontal displacements in the frequency domain, and the H/V ratio method is used to discuss to site effect of the semi-circular alluvial valley. Then the amplitude of H/V peak gives an estimate of the site effect factor.

Keywords: hybrid method, scattering wave, half-circular alluvial valley, site effect, H/V ratio

二、報告內容

1. 前言

影響地震動的因素主要涵蓋震源效應(source effect)、波傳路徑效應(path effect)以及場址效應(site effect)，其中因局部地質所引起的場址效應往往是造成地震災害嚴重與否的關鍵，尤其已知沉積谷地或軟弱沖積層有所謂放大效應，地震振幅常被顯著放大而造成災害，如1986年5月20日花蓮地區發生規模6的地震，卻使得台北地區產生嚴重傷害，就是顯著的盆地效應的影響，因此場址效應的研究探討不僅屬於地震學的範疇，對地震工程而言也是相當重要的研究課題，尤其在建築物的耐震設計，所在位置的場址效應是設計者重要的參考依據，用以降低地震發生時所帶來的災害。

2. 研究目的

探討場址效應時經常使用「雙站頻譜比法」，但使用雙站頻譜比法必須要有鄰近岩盤測站的紀錄作為比對參考。在實際應用上，有些場址附近並不易尋得岩盤測站，況且有些地震的規模不一定會在岩盤測站上留下明顯的紀錄，因此Nakamura提出「單站頻譜比法經驗式」[4]，利用微地動資料估算場址效應。單站頻譜比法將場址效應近似為表面水平向的傅氏譜和表面垂直向傅氏譜的比值，因此利用同一測站所得的資料即可評估場址效應。與雙站頻譜比法相較，因不需要岩盤的紀錄比對，在現地應用上更為方便。

傳統的單站頻譜比法單站頻譜比法多直接應用於場址效應的分析，及配合實際量測的時域訊號，利用傅立葉轉換(Fourier transform)將時域訊號轉至頻率域再進行計算，時域訊號的截斷則以 S 波抵達時間配合矩形視窗擷取，同時為減低震波在不同方向所造成的差異性，將東西向及南北向的頻譜值取均方根作為水平向的頻譜，再取相對於垂直向頻譜求其比值，以降低震源及路徑可能產生的影響。

本研究擬從理論探討場址效應，嘗試由頻率域探討單站頻譜比法，應用已發展成熟的複合法，假設平面應變的狀態下，單一固定頻率入射波對不規則地形(如峽谷或沉積谷地)產生擾動，於

地表面上可計算頻率域的位移反應(包含水平位移及垂直位移)，由於係單一頻率，因此透過傅立葉轉換的性質可將位移反應轉得加速度反應，即可應用單站頻譜比法的定義計算得修正值 S_M ，同時可更換不同類型的入射波(P 波，Rayleigh表面波)，檢討單站頻譜比法是否可消除震源效應。同時也可計算堅硬岩盤以及軟弱沉積土的頻譜，檢視雙站頻譜比法以及單站頻譜比法的異同性。

3. 文獻探討

一般探討場址效應時經常使用「雙站頻譜比法」，因在地表觀測所得之加速度記錄可近似為三種效應(震源效應、波傳路徑效應以及場址效應)在時間域之摺積(convolution)結果，轉換至頻率域可表示為

$$A(f) = S(f) \times P(f) \times G(f) \quad (1)$$

其中 $A(f)$ 為加速度觀測記錄之傅氏譜(Fourier spectrum)， $S(f)$ 代表震源效應之傅氏譜， $P(f)$ 代表路徑效應之傅氏譜， $G(f)$ 代表場址效應之傅氏譜。為探討地表測站的場址效應，可利用附近的岩盤測站，利用觀測紀錄的傅氏譜可寫成

$$\frac{A_s(f)}{A_b(f)} = \frac{S_s(f) \times P_s(f) \times G_s(f)}{S_b(f) \times P_b(f) \times G_b(f)} \quad (2)$$

其中下標 s 表為沖積層測站， b 表為岩盤測站， $A_s(f)$ 與 $A_b(f)$ 分別代表沖積層測站與岩盤測站的水平向傅氏譜。若震央距遠大於沖積層測站與岩盤測站間之距離，則沖積層測站與岩盤測站將具有相近的震源效應與路徑效應，兩者可相

消不計，因此兩測站之加速度頻譜比值即可代表觀測點的場址效應。即

$$\frac{A_s(f)}{A_b(f)} = \frac{G_s(f)}{G_b(f)} \quad (3)$$

此為雙站頻譜比法。但使用雙站頻譜比法受限於：

- (1)必須要有鄰近岩盤測站的紀錄作為比對參考；
- (2)地震的規模必須在岩盤測站上留下明顯的紀錄以供比對；

因此在實際應用上並不方便。為此 Nakamura 提出「單站頻譜比法」[11, 12]，利用微地動資料估算場址效應。單站頻譜比法將場址效應近似為表面水平向的傅氏譜和表面垂直向傅氏譜的比值，利用同一測站所得的資料即可評估場址效應。與雙站頻譜比法相較，因不需要岩盤的紀錄比對，在現地應用上更為方便。

Nakamura 提出的經驗法則原先只設定應用於微地動資料上，而 Lermo 等人[8, 9]則將單站頻譜比法推廣應用至分析強震資料；Lachet 等人[7]則從理論計算驗證單站頻譜比法，根據學者們使用後的經驗顯示，單站頻譜比法對於第一共振主頻的估計可行，但單站頻譜比法的比值與地震規模、震源及測站的距離相關，且單站頻譜比法無法估計地震引起的非線性場址效應，但整體而言，單站頻譜比法在應用上相對方便，且可提供經驗式以利工程師判斷，因此更應針對此法的理論進行檢討分析。

國內外關於單站頻譜比法的研究甚多，如陳政治的碩士論文主題及利用單站頻譜比法探討南投世紀霧峰地區土壤液化之特性[30]；此外，由中央大學地球物理所的溫國樑博士所指導的一系列論文，均針對單站頻譜比法提出詳盡的應用，如蘇敬怡擷取 S 波和尾波的頻譜比值，探討這兩種波的場址效應係數的相關性，應用於探求蘭陽

平原的局部場址效應[25]；謝宏灝則以井下測站的雙站頻譜比法的分析探討與單站頻譜比法的比對，同時利用單站頻譜比法可觀察強地動會造成非線性效應[26]；葉俊岑以單站頻譜比法探討集集地震造成的土壤非線性反應，並從頻譜的變化過程觀察到土壤液化的現象[27]；古美玲則利用單站頻譜比法探討高屏地區的場址效應[28]；張肇華採用三維動力有限元素分析模式，模擬土層受微地動的時域反應，以探討 Nakamura 方法估算的土層第一模態之適用性[31]；劉冠鈺以微地動探測埔里盆地的場址效應[32]；王貞琇從台北信義區場址效應的研究驗證利用微地動方法量測沖積層的場址效應是可靠的地球物理方法[33]；陳佳彰利用微地動探討桃竹苗地區的場址效應以及利用 K_g 值評

估液化潛能[34]；林士棋則應用於台北盆地的場址分析和評估液化潛能[35]；陳信文以 2006 年發生在屏東恆春外海的地震分析高屏地區的場址效應[36]；林哲民針對台灣西部平原進行微地動陣列量測和高密度微地動測量，求得淺層剪力波速度構造及場址效應[40]；以及郭俊翔則針對微地動特性的研究與應用提出更精確的推求簡歷波塑剖面的方法[41]。以上研究均為單站頻譜比法的應用，驗證單站頻譜比法提供了一個研究場址效應快速且有效的方法。國外則有 Bodin 等人[1]應用單站頻譜比法分析 Tennessee 的沉積谷地的頻譜響應；Sylvette 等人[2]從 1D 模型分析單站頻譜比法的理論；Delgado 等人[3, 4]則應用於分析西班牙地區的 Segura 河谷；Hartzell 等人[5]應用於分析華盛頓地區；Panou 等人[15]應用於分析希臘的 Thessaloniki 地區；Parolai 等人[16]應用於分析德國的 Cologne 地區；Teves-Costa 等人[19]則是利用微地動紀錄探討層狀沉積土層的行為模式顯示；單站頻譜比法結合微地動量測的應用以及對於評估場址效應的貢獻。

假設一沉積盆地承受震波後的反應，這類問題可視為震波的散射問題，此方面的研究可追溯到 1970 年代，由 Trifunac 首先處理二維半圓形峽谷以及半圓形沉積盆地的散射問題[1, 2]，但 Trifunac 所考慮的是最簡單的情況，即反平面問題中 SH 波的入射問題。因此可利用級數展開的技巧

求得結果。近年來 Yeh 等人改良 Mei[12]提出的變分原理，發展出結合有限元素以及級數展開的複合法[22-24]，以有限元素網格切割不規則區域，級數使用的基函數則滿足輻射條件，徐文信等人利用複合法求得一系列不規則地形承受 SH 波擾動後的結果[8, 9, 17, 18, 29, 37-39, 42-52]，並與級數解的結果比對後相符。

針對更複雜的平面問題，利用複合法的精神，可將反平面問題的研究成果推廣至平面問題，文獻[39]考慮形狀簡單的半圓形峽谷承受固定頻率的 P 波入射，可計算得地表的垂直向位移以及水平向位移，應用單站頻譜比法，探討在不同頻率以及不同角度的 P 波入射下的修正後場址效應 S_M 。

4. 研究方法

本文針對半圓形沉積谷地，利用複合法計算地表的水平位移以及垂直位移，以單站頻譜比法計算修正後的場址效應，探討沖積層軟弱沉積谷地的場址效應 S_M 。

單站頻譜比法之原理簡述如下，由雙站頻譜比法可知，場址效應可表為

$$S_T = \frac{S_{HS}}{S_{HB}} \quad (4)$$

其中 S_{HS} 為沖積層測站記錄之水平向傅氏譜， S_{HB} 為岩盤測站記錄之水平向傅氏譜。Nakamura 認為微地動的震源主要在地表附近，由於受到近地表地層傳遞的表面波影響，在地表測站收錄的垂直向振幅會大於地下岩盤測站的記錄，因此震源所造成的影響可近似地表地層傳遞的表面波所造成的垂直向放大效應來表示。若以 S_{VS} 代表地表地震動之垂直向傅氏譜， S_{VB} 為岩盤測站的垂直向傅氏譜。則來自震源的垂直向放大效應可

近似為 E_s ，即

$$E_s = \frac{S_{VS}}{S_{VB}} \quad (5)$$

為除去震源的效應 E_s ，將第(4)式除以第(5)即可得修正值 S_M 為

$$S_M = \frac{S_T}{E_s} \quad (6)$$

或

$$S_M = \frac{S_{HS}/S_{VS}}{S_{HB}/S_{VB}} \quad (7)$$

若假設 $S_{HB}/S_{VB} = 1$ ，則場址效應可近似為

$$S_M = \frac{S_{HS}}{S_{VS}} \quad (8)$$

此即為單站頻譜比法之經驗式。對於 $S_{HB}/S_{VB} = 1$ 之假設，Nakamura 曾利用井下資料證實之。另外，當參考測站為岩盤時， S_{HB}/S_{VB} 亦會近似為 1。[6]

以上紀錄均為針對加速度反應譜計算，由傅氏轉換可知：

$$\mathcal{F}\{\ddot{f}(t)\} = -\omega^2 F(\omega) \quad (9)$$

考慮單頻的情況下，在頻率域中加速度的振幅等於位移的振幅乘以頻率的平方，顯示單一頻率下，兩組加速度的比值相當於位移的振幅比值，因此透過第(13)式可將(12)式的近似公式改寫為：

$$S_M = \frac{S_{HS}}{S_{VS}} = \frac{|u_x|}{|u_z|} \quad (10)$$

其中 $|u_x|$ 和 $|u_z|$ 為固定測站在固定頻率擾動下所得的水平和垂直位移量。

透過單一頻率平面波入射，確保震源效應以及路徑效應的一致，由單頻波傳的特性，觀測點得到的水平位移以及垂直位移比等同於水平向加速度以及垂直向加速度的比值，因此可由單站頻

譜比法的定義直接計算修正值 S_M ，即場址效應的參數。

5. 結果與討論

如圖 1 所示，若考慮半圓形沉積谷地，對 z 軸為對稱形式，沉積谷地的半徑為 $2a$ ，考慮入射 P 波的無因次頻率 $\eta = \omega a / \pi C_s$ ，剪力波波速以及半無限域的密度分別為 $C_s = 1$ 以及 $\rho = 1$ ，沉積谷地的材質假設 $\rho/\rho^0 = 1.5$ ， $\mu/\mu^0 = 6.0$ ，半無限域和沉積谷地的泊松比(Poisson's ratio)均為 $1/3$ ，可得沉積谷地的波速為外域場波速的一半，顯示沉積谷地的材質較為軟弱。 P 波的入射角度分別為 0 、 $\pi/6$ 、以及 $\pi/3$ ，無因次頻率 η 從 0.1 計算至 2.0 。 x/a 為針對半圓形沉積盆地的半徑 a 進行無因次化的距離， $|u_x|$ 和 $|u_z|$ 則分別為地表的水平以及垂直位移。

若地表無沉積谷地存在時， P 波入射引致的地表反應與的入射頻率無關，僅與入射角度有關，入射角度為 0 時的 $S_M = 0.00$ ，當入射角度為 $\pi/6$ 時的 $S_M = 0.55$ ，入射角度為 $\pi/3$ 時的 $S_M = 1.24$ ，顯示地表的條件相同時，每一處的場址效應均等。

以變分原理為基礎所演化的複合法已廣泛應用於解決不規則地形承受波傳擾動的反應。針對半圓形沉積谷地承受單頻 P 波擾動後的垂直位移及水平位移如圖 2 以及圖 3 所示，計算修正後的場址效 S_M ，結果如圖 4 所示。分別顯示不同入射角

度 0 、 $\pi/6$ 及 $\pi/3$ ，無因次頻率 η 從 0.1 至 2.0 ，各位置在不同頻率下的 S_M 值。

為探討特定位置上的場址效應，由圖 4 可知，在較低頻的情況下 ($\eta = 0.1 \sim 1.0$)，沉積谷地內部於 $\eta = 0.7 \sim 0.9$ 之間的 S_M 值有異常放大的現象，因此分別將 $\eta = 0.7 \sim 0.9$ 的垂直向位移以及水平向位移繪製於圖 5 至圖 7。產生較大的 S_M 值的原因可能有二，有較大的水平位移或較小的垂直位移。由圖中可觀察得入射角度較小時，水平位移較垂直位移為大，因此會造成較大的 S_M 值，以入射角度為 $\pi/6$ 時，垂直位移較水平位移為大，此時產生較大 S_M 值的情況僅出現於 $|u_z|$ 接近於 0 的地點，可觀察得盆地內部有幾個點的水平位移接近於 0 ，顯示這個位置也會產生較大的 S_M 值，由圖 9 可比對出這些位置都是可能產生放大場址效應的地點。

當有沉積谷地存在時，因地表的不規則會導致能量會被阻隔以及軟弱沉積谷地內部有位移放大的現象，肇因為地震波產生相消性或相長性干涉，因此會產生位移放大或減少的現象。由圖 3 及圖 4 可觀察，水平位移 $|u_x|$ 隨入射角度增加有大

於垂直位移 $|u_z|$ 的趨勢，顯示場址效應近似值 S_M 應隨入射角度增加而減少，與文獻[13]針對峽谷分析的結果相反，但因垂直位移在某些頻率以及某些地點會有接近於 0 的狀況而導致 S_M 急遽增大，這些特殊的頻率與位置應有進一步探討以及比對實驗紀錄驗證的價值。

由於 P 波入射最大角度為 60° ，因此可透過 Rayleigh 表面波入射軟弱沉積谷地進行計算分析，可得結果如圖 9 至圖 11 所示，因此可全面的評估軟弱沉積谷地產生的場址效應。

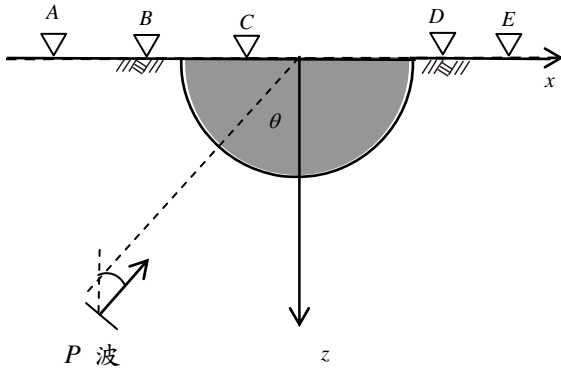


圖 1 彈性半無限域區域含半圓形沉積谷地承受 P 波入射示意圖。

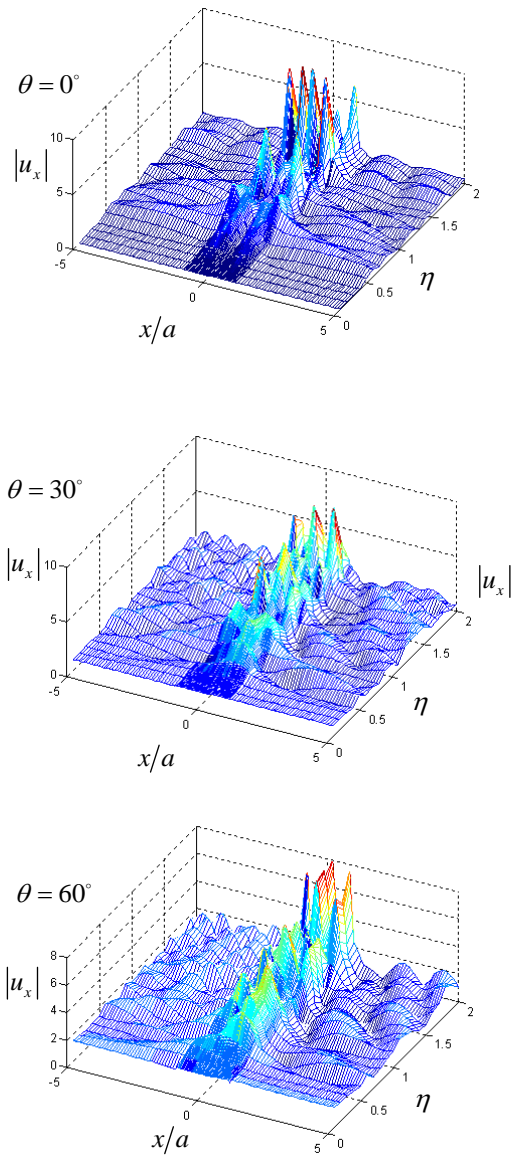


圖 2 不同頻率 η 的 P 波入射半圓形沉積谷地的地表水平位移。

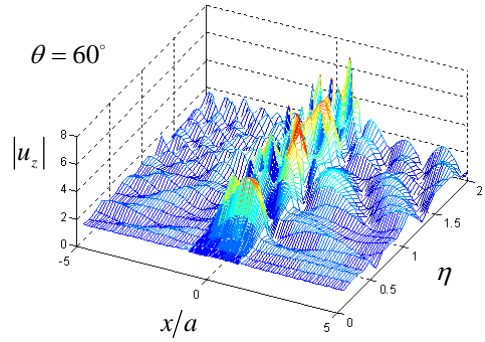
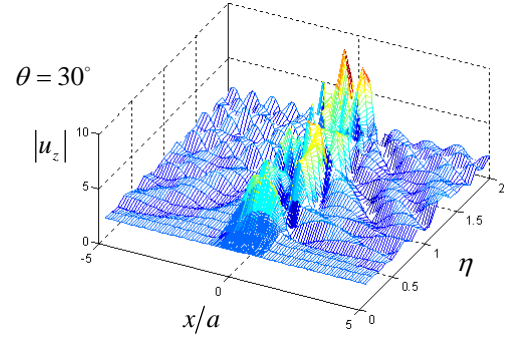
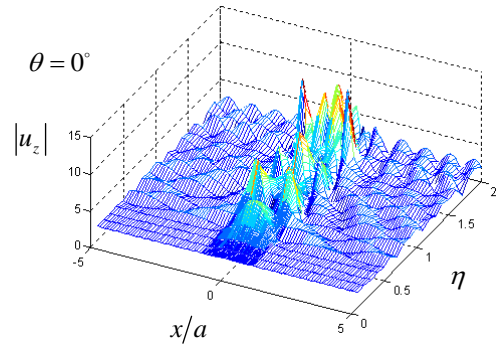
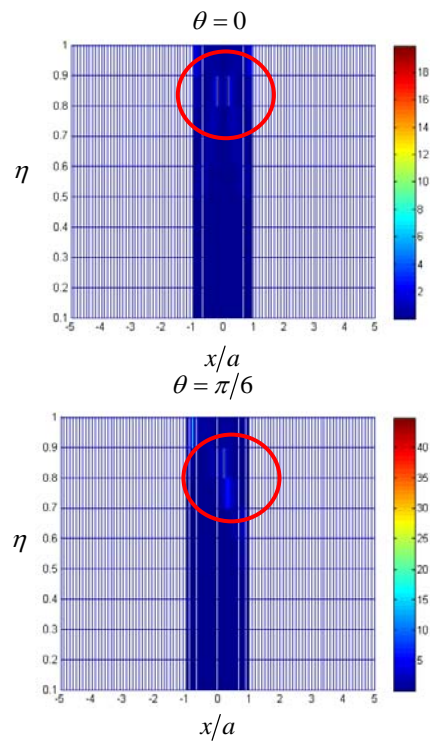


圖 3 不同頻率 η 的 P 波入射半圓形沉積谷地的地表垂直位移。



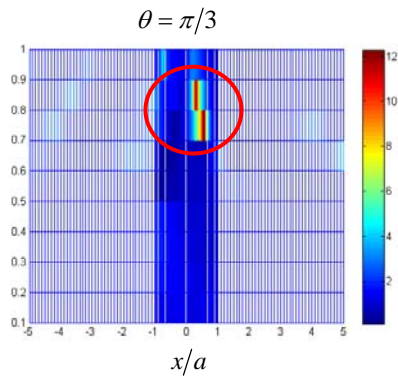


圖 4 不同頻率 η 的 P 波於不同的入射角作用下所得的場址效應近似值 S_M 。

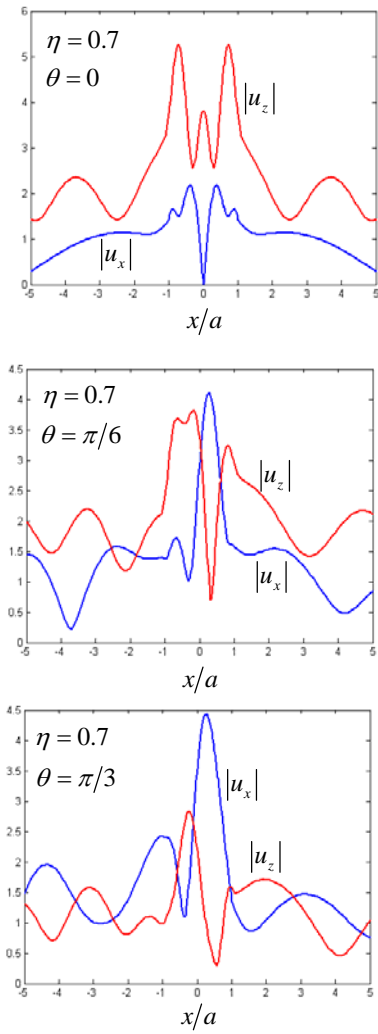


圖 5 無因次化頻率 $\eta = 0.7$ 的 P 波於不同的入射角作用下所得的位移。

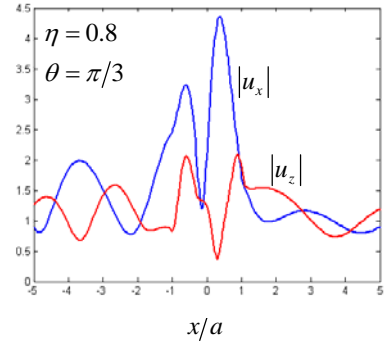
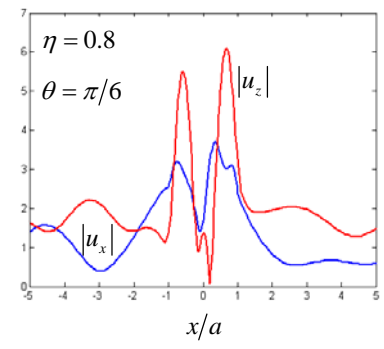
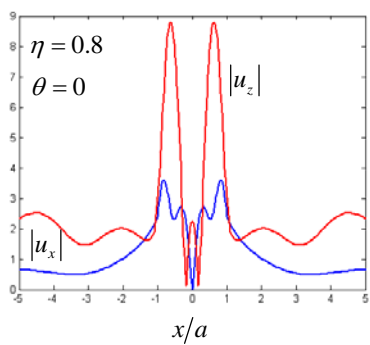


圖 6 無因次化頻率 $\eta = 0.8$ 的 P 波於不同的入射角作用下所得的位移。

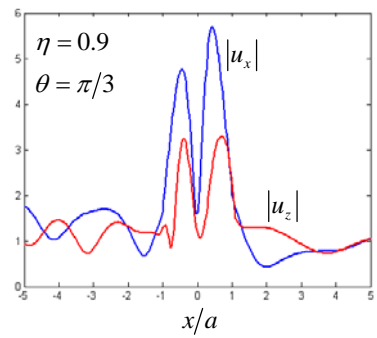
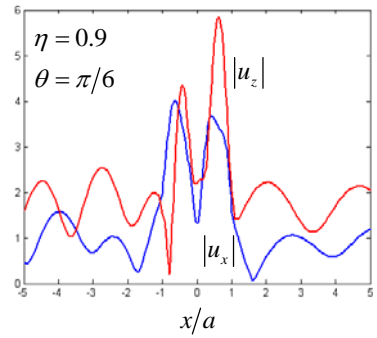
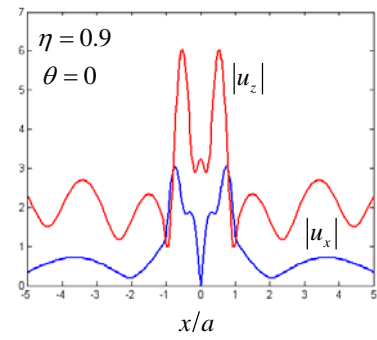


圖 7 無因次化頻率 $\eta = 0.9$ 的 P 波於不同的入射角作用下所得的位移。

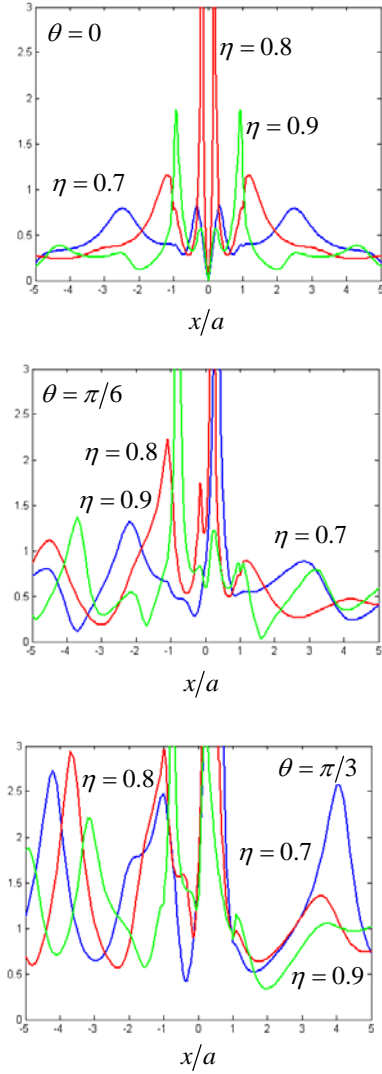


圖 8 頻率 $\eta = 0.7 \sim 0.9$ 的 P 波於不同的入射角作用下所得的場址效應近似值 S_M 。

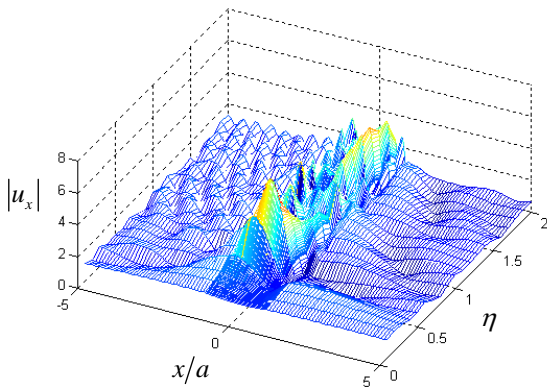


圖 9 不同頻率 η 的 Rayleigh 表面波入射半圓形沉積谷地的地表垂直位移。

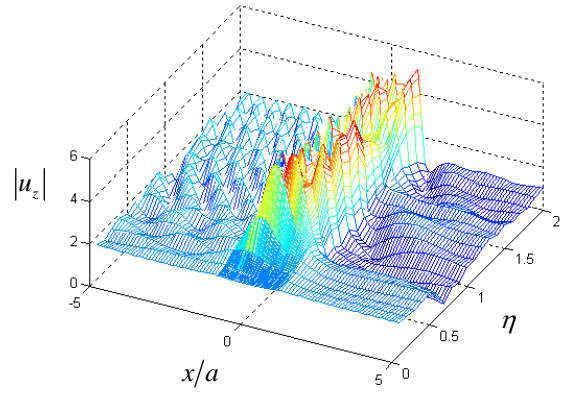


圖 10 不同頻率 η 的 Rayleigh 表面波入射半圓形沉積谷地的地表水平位移。

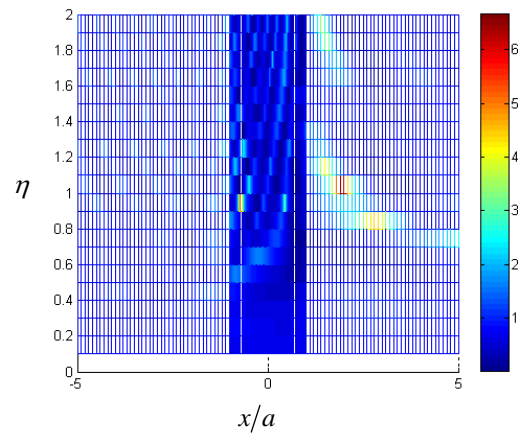


圖 11 不同頻率 η 的 Rayleigh 表面波作用下所得的場址效應近似值 S_M 。

6. 參考文獻

1. Bodin, P., Smith, K., Horton, S. and Hwang, H., "Microtremor observations of feep sediment resonance in metropolitan memphis, Tennessee," *Engineering Geology*, 2001, 62, 159-168.
2. Bonnefoy-Claudet, Sylvette., Cornou, C., Bard, P. Y., Cotton, F., Moczo, P., Kristek, J., and Fah, D., "H/V ratio : a tool for site effects evaluation. Results from 1-D noise simulations," *Geophys. J. Int.*, 2006, 167, 827-837.
3. Delgado, J., Casado, C. L., Estevez, A., Giner, J., Cuenca, A., and Molina, S., "Mapping soft solids in the Segura river valley(SE Spain) : a case study of microtremors as an exploration tool," *Journal of Applied Geophysics*, 2000, 45, 19-32.

4. Delgado, J., Casado, C. L., Estevez, A., Giner, J., Cuenca, A., and Molina, S., "Microtremors as a geophysical exploration tool : applications and limitations," *Pure and Applied Geophysics*, 2000, 157, 1445-1462.
5. Hartzell, S., Carver, D., Cranswick, E., and Frankel, A., "Variability of site response in Seattle, Washington," *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2000, 90, 5, 1237-1250.
6. Huang, H. C. and T. L. Teng, "An evaluation on H/V ratio vs. spectral ratio for site response estimation using the 1994 Northridge earthquake sequence," *Pure and Applied Geophysics*, 1999, 156, 631-649.
7. Lachet, C. and P. Y. Bard, "Numerical and Theoretical Investigations on the Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique," *J. Phys. Earth*, 1994, 42, 377-397.
8. Lee, J. W., Shyu, W. S. and Chen, J. T., "Resonance and Focusing of an Elliptical Harbor by Using the Null-Field BIEM and Hybrid Method," Joint International Workshop on Trefftz Method VI and Method of Fundamental Solution II, Department of Applied Mathematics, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan, March 15-18,, 2011(與本計畫有關)
9. Lee, J. W., Shyu, W. S., and Chen, J. T., "SH-wave scattering by a semi-elliptical hill using a null-field boundary integral equation method and a hybrid method," The 34th National Conference on Theoretical and Applied Mechanics, November 19-20, 2010, National Yunlin University of Science and Technology. (與本計畫有關)
10. Lermo, J., Chavez-Garcia, F. J., "Site effect evaluation using spectral ratios with only one station", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1993, Vol. 83, No.5, 1574-1594.
11. Lermo, J., Chavez-Garcia, F. J., "Are microtremor useful insite response evaluation?", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1994, Vol. 84, No.5, 1350-1364.
12. Mei, C. C. 1980, "Boundary Layer and Finite Element Techniques Applied to Wave Problem," *Acoustic, Electromagnetic and Elastic Wave Scattering – Focus on the T-Matrix Approach*, edited by Varadan, V. V. and Vardan, V. K., Pergamon, New York.
13. Nakamura, Y., "A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremors on the Ground Surface," 1989, *QR, of RTRI*. 30, 25-33.
14. Nakamura, Y., "Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications," 2000, *I2WCEE*, 2000, 1-8.
15. Panou, A. A., Theodulidis, N., Hatzidimitriou, P., Stylianidis, K. and Papazachos, C. B., "Ambient noise horizontal-to vertical spectral ratio in site effects estimation and correlation with seismic damage distribution in urban environment : the case of the city of Thessaloniki(Northern Greece)," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2005,25, 261-274.
16. Parolai, S., Richwalski, S. M., Milkereit, C., Bormann, P., "Assessment of the stability of H/V spectral ratios from ambient noise and comparison with earthquake data in the Cologne area(Germany)," *Tectonophysics*, 2004, 390, 57-73.
17. Shyu, W. S. and Teng, T. J., "SH-wave Scattering at a Trapezoid Hill and a Semi-Cylindrical Alluvial Basin by Hybrid Method," The International Workshop of Energy, Environment and Architecture Engineering (EEAE2001), Xianning, China, April 16-18,, 2011(EI) (與本計畫有關)
18. Shyu, W. S., "SH-wave Scattering at a Semi-Cylindrical Hill and a Semi-Cylindrical Alluvial Basin by Hybrid Method," Joint International Workshop on Trefftz Method VI and Method of Fundamental Solution II,

- Department of Applied Mathematics, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan, March 15-18,, 2011(與本計畫有關)
19. Teves-Costa, P., and Matias, L., "Seismic behaviour estimation of thin alluvium layers using microtremor recordings," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 1996, 15, 201-209.
 20. Trifunac, M. D., "Surface Motion of a Semi-Cylindrical Alluvial Valley for Incident Plane *SH* Waves," *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1971, Vol. 61, No. 6, pp. 1755-1770.
 21. Trifunac, M. D., "Scattering of Plane *SH* Waves by a Semi-Cylindrical Canyon," *Earthquake Engineering and Structure Dynamics*, 1973, Vol. 1, pp. 267-281.
 22. Yeh, C. S., Teng, T. J., Shyu, W. S., and Liao, W. I., "A Hybrid Method to Solve the Half-Plane Radiation Problem-Numerical Verification," 2000, *2000 ASME Pressure Vessels and Piping Conference*.
 23. Yeh, C. S., Teng, T. J., Shyu, W. S., and Liao, W. I., "A Hybrid Method for Wave Diffraction by a Semi-Cylindrical Alluvial Valley," *The First International Conference on Structural Stability and Dynamics*, 2000, Dec. 7-9, Taipei, Taiwan, 189-198.
 24. Yeh, C. S., Shyu, W. S., Teng, T. J., and Liao, W. I., "*SH* Wave Scattering at a Semi-Elliptical Canyon by Hybrid Method," 2007, *The 20th KKCNN Symposium on Civil Engineering*, Oct. 4-5, Jeju, Korea, 25-30.
 25. 蘇敬怡, 2000, 利用S波與尾波探求蘭陽平原局部場址效應, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
 26. 謝宏灝, 2001, 利用井下地震儀陣列探討單站頻譜比法之應用, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
 27. 葉俊岑, 2001, 利用單站頻譜比法探討集集地震造成之土壤非線性反應, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
 28. 古美鈴, 2001, 高屏地區場址效應之探討, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
 29. 徐文信, 2002, 震波在含夾物半平面之散射行為, 國立台灣大學土木工程研究所博士論文。
 30. 陳政治, 2002, 探討南投市暨霧峰地區土壤液化之特性, 國立中正大學應用地球物理研究所碩士論文。
 31. 張肇華, 2002, Nakamura方法估算土壤第一模態頻率之適用性研究, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
 32. 劉冠鈺, 2002, 以微地動探測埔里盆地之場址效應, 國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
 33. 王貞琇, 2004, 台北市信義區場址效應之研究, 國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
 34. 陳佳彰, 2005, 利用微地動探測桃竹苗地區之場址效應, 國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
 35. 林士棋, 2006, 利用微地動探測台北盆地之場址效應, 國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
 36. 陳信文, 2007, 以恆春地震探討高屏地區之場址效應, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
 37. 徐文信, 鄧崇任, 葉超雄, 廖文義, 2008, "利用複合法計算SH波在不規則峽谷的散射反應" 中華民國力學學會第三十二屆全國力學會議, 國立中正大學機械工程學系, 2008, 11月28-29.
 38. 徐文信, 鄧崇任, 葉超雄, 廖文義, 2008, "利用複合法計算SH波在凸起地形的散射反應" 98年電子計算機於土木水利工程應用研討會, 中華大學土木與工程資訊學系, 2009, 9月3-4.
 39. 徐文信, 陳政治, 鄧崇任, 葉超雄, 2009, "單站頻譜比法分析半圓形峽谷的場址特性," "2009「屏東科技大學」暨「北京科技大學」第四屆學術交流研討會, 2009年11月6日, 國立屏東科技大學。
 40. 林哲民, 2009, 台灣西部平原之淺部速度構造、場址效應及三為震波模擬, 國立中央大學地球物理研究所博士論文。
 41. 郭俊翔, 2009, 微地動特性的研究及應用,

國立中央大學地球物理研究所博士論文。

42. 徐文信, 施博仁, 鄧崇任, 廖文義, 2010, "SH波在不規則沉積谷地散射與傳播的時域訊號分析," 第十屆結構工程研討會, 99年12月1-3日, 國立台北科技大學。(與本計畫有關)
43. 徐文信, 施博仁, 鄧崇任, 廖文義, 2010, "SH波在凸起地形散射與傳播的時域訊號分析," 九十九年中華民國力學學會第三十四屆全國力學會議, 99年11月19-20日, 國立雲林科技大學。(與本計畫有關)
44. 陳政治, 徐文信, 鄧崇任, 葉超雄, 2010, "利用單站頻譜比法探討軟弱沉積盆地的場址特性," 2009土木與生態工程研討會, 99年1月22日, 義守大學土木與生態工程學系。(與本計畫有關)
45. 徐文信, 鄧崇任, 葉超雄, 廖文義, 2010, "利用複合法計算SH波在不規則沉積谷地的散射反應," 2009土木與生態工程研討會, 99年1月22日, 義守大學土木與生態工程學系。(與本計畫有關)
46. 徐文信, 鄧崇任, 2011, "利用複合法計算SH波在半圓形軟弱山丘及沉積谷地的散射反應," 2011年兩岸垃圾暨防災科技學術研討會 屏東科技大學/北京科技大學第六屆學術交流研討會, 2011年10月12日, 屏東科技大學, 屏東, 台灣。(與本計畫有關)
47. 徐文信, 盧俊愷, 何宜澤, 2011, "剪切型結構建立於半圓形沉積谷地承受擾動後的行波分析," 2011年兩岸垃圾暨防災科技學術研討會 屏東科技大學/北京科技大學第六屆學術交流研討會, 2011年10月12日, 屏東科技大學, 屏東, 台灣。(與本計畫有關)
48. 徐文信, 黃鈺程, 廖偉迪, 陳坤延, 2011, "二維沉積谷地的被動隔振研究," 2011年兩岸垃圾暨防災科技學術研討會 屏東科技大學/北京科技大學第六屆學術交流研討會, 2011年10月12日, 屏東科技大學, 屏東, 台灣。(與本計畫有關)
49. 徐文信, 黃鈺程, 廖偉迪, 陳坤延, 2011, "二維沉積谷地的被動隔振研究," 2011年兩岸垃圾暨防災科技學術研討會 屏東科技大學/北京科技大學第六屆學術交流研討會, 2011年10月12日, 屏東科技大學, 屏東, 台灣。(與本計畫有關)
50. 徐文信, 陳坤延, 廖偉迪, 黃鈺程, 2011, "二維凸起地形的被動隔振研究," 2011年兩岸垃圾暨防災科技學術研討會 屏東科技大學/北京科技大學第六屆學術交流研討會, 2011年10月12日, 屏東科技大學, 屏東, 台灣。(與本計畫有關)
51. 廖偉迪, 徐文信, 黃鈺程, 陳坤延, 2011, "二維不規則峽谷的被動隔振研究," 2011年兩岸垃圾暨防災科技學術研討會 屏東科技大學/北京科技大學第六屆學術交流研討會, 2011年10月12日, 屏東科技大學, 屏東, 台灣。(與本計畫有關)
52. 徐文信, 鄧崇任, 施博仁, 廖文義, 2011, "利用複合法計算SH波在不規則山丘及半圓形沉積谷地的散射反應," 2011年「電子計算基於土木水利工程應用研討會」, 2011年9月1-2日, 高雄, 台灣。(與本計畫有關)
53. 盧俊愷, 徐文信, 何宜澤, 2011, "剪切型結構承受擾動後的行波分析," 2011年「電子計算基於土木水利工程應用研討會」, 2011年9月1-2日, 高雄, 台灣。(與本計畫有關)

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）

地震災害的分析中，場址效應的影響存在，但難有評估的方式，近年來已有多篇文獻利用單站頻譜比法估算場址效應，並有多個例子估計基態的共振主頻，但場址效應的放大倍率則難以利用單站頻譜比法做可靠的預估，且單站頻譜比法的理論依據較為簡單，目前的方法多半利用時間域訊號進行頻譜分析後再結合單站頻譜比法，本報告以單頻地震波的擾動結果直接進行分析，發現若 H/V 的比值過大，除表示地震對該處的影響較大，但也可能為該處的垂直位移相當小導致的結果，尤其單一頻率的橫波(S 波)可能造成地表垂直位移接近零的狀態，而先前的文獻多已 S 波抵達時間進行分析，此處顯示以 S 波作為單站頻譜比法的主要考量似有進一步探討的必要。

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/10/25

國科會補助計畫	計畫名稱：利用單站頻譜比法探討軟弱沉積谷地的場址特性
	計畫主持人：徐文信
	計畫編號：99-2221-E-020-027-學門領域：大地工程

無研發成果推廣資料

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：徐文信			計畫編號：99-2221-E-020-027-				
計畫名稱：利用單站頻譜比法探討軟弱沉積谷地的場址特性							
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	0%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	10	0	60%		本報告提出的分析方法複合法的應用層面廣泛，本年度發表相關應用的研討會文章共計 10 篇，分別為 Joint International Workshop on Trefftz Method VI and Method of Fundamental Solutions II, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, March 15-18, 1 篇 100 年電子計算基於土木水利工程研討會，2 篇 2011 兩岸綠色暨防災科技學術研討會(屏東科技大學北京科技大學第六屆學術研討會)，6 篇 35 屆力學會議，1 篇
		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	1	0	30%	篇	SH wave scattering at a trapezoid hill and a

							semi-cylindrical alluvial basin by hybrid method, Wen-Shinn, Shyu, Tsung-Jen, Teng, Consumer Electronics, Communications and Newworks, April 16-18, 2011(EI) IEEE Catalog Number: CFP1153N-PRT ISBN: 978-1-61284-470-1
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	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%		

其他成果 (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。)	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）

SH wave scattering at a trapezoid hill and a semi-cylindrical alluvial basin by hybrid method, Wen-Shinn Shyu, Tsung-Jen Teng, April 16th-18th, Xianming, China, EEAE, 2011(EI)

IEEE Catalog Number: CFP1178M-PRT ISBN: 978-1-4244-9745-4

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）

地震災害的分析中，場址效應的影響存在，但難有評估的方式，近年來以多篇文獻利用單站頻譜比法估算場址效應，並有多篇文獻估計基態的共振主頻，但場址效應的放大倍率則難以利用單站頻譜比法做可靠的預估，且單站頻譜比法的理論依據較為簡單，目前的方法多半利用時間域訊號進行頻譜分析後再結合單站頻譜比法，本報告以單頻地震波的擾動結果直接進行分析，發現若H/V的比值過大，除表示可能為地震對該處的影響，但也可能為該處的垂直位移相當小導致的結果，尤其單一頻率的橫波可能造成地表垂直位移接近零的狀態，而先前的文獻多已S波抵達時間進行分析，此處顯示已S波作為單振頻譜比法的考量似有進一步探討的必要。