

# 蘭陽平原之區域場址效應

王乾盈 陳桂寶

國立中央大學地球物理研究所

## 摘 要

當震波進入盆地後，因小區域地質構造之影響產生很大的放大作用，為引起地震破壞的重要因素，沉積盆地對地震振動的放大效應，一直為地震學家及地震工程學家所重視，如1986年11月花蓮地震，卻引起台北中和華陽市場的倒塌，地震破壞之形態，令人驚訝。

為研究場址對震波放大的效應，本所在1991年5月至7月及1992年5月至7月在蘭陽平原，佈了二次臨時地震觀測網，由於測站均勻分佈於整個蘭陽平原，所得結果或能表現出蘭陽平原大範圍的振動特性。一般而言，蘭陽平原以鐵路西5 km為界，分為東西兩半，靠海之東半部有明顯的盆地放大作用，靠山之西半部，其礫石層很淺，放大作用與附近山區較為接近。本研究結果也和 SMART-1陣列所得作一比較，結果顯示羅東市附近對震波有局部放大的現象，其表現的震波放大特性相當一致。

## 資料收集與分析：

蘭陽平原位於台灣的東北部，為一沖積三角洲。在構造上蘭陽平原代表沖繩海槽的西端，沖繩海槽由日本延伸到臺灣的北端，最後向西進入臺灣，形成蘭陽平原。平原地形由西向東傾，水系由西向東流，上游以蘭陽溪沖積扇為主，至縱貫鐵路附近地勢平坦，河水容易氾濫，因此河床堆積頗為發達，全平原幾為沖積扇所覆蓋，所以是一個研究沉積盆地對地震波放大作用很好的地點。

為研究整個蘭陽平原對震波傳遞的影響，本研究小組於1991年5月至7月及1992年5月至7月佈了兩次臨時地震觀測網，測站均勻散佈於整個蘭陽平原。所用的記錄器為PDAS-100，感應器是速度型的L-4C。在佈站期間共收錄了104個地震，其中27個地震收到測站多，品質亦良好，可做為進一步研究使用，這些地震大都來自南方（花蓮之方向），少數來自東部外海，地震規模在3.0至5.0之間。

為瞭解測站場址對震波影響之特性，我們將每一測站收到之地震記錄經頻譜分析後，定出最大振幅所在之主要頻率，並將所有地震之主要頻率加以平均，求得每一測站特有之主要振動頻率。圖一表示不同場址主要振動頻率在蘭陽平原分佈之情形，可明顯看出以宜蘭市和羅東市一線以東附近，振動的主頻偏低，其中羅東市附近主頻約1.8Hz至2.0Hz，向海的方向更低，低至1.5Hz，但往山的方向（向西）則提高至2.5Hz，至於在山區的岩盤測站則主要振動頻在2.5Hz，或3.0Hz以上。此結果與溫（1988）使用SMART-1強震所求出的0.5Hz至2Hz間是震波放大的主要頻帶，相去不遠。在最大振幅分析方面，我們將南邊山上

之照安宮岩盤場址之振幅定為1，並求出所有測站相對最大振幅值，及 27個地震平均後之代表值，圖二為平均最大振幅值在蘭陽平原分佈之情形。因為大部分地震均來自南方，少部份來自東方外海，故振幅略向北遞減，不過圖二仍清楚表現出在宜蘭—羅東一線以東，即以鐵路西5km之一線為界，東半部有明顯的最大振幅放大現象，高到1.5倍，西半部則表現較為一致的岩盤性質振動特性。比較圖一及圖二可清楚看出東半部靠海之部份，振動頻率偏低，振幅則放大，表現出明顯的場址放大效應。

為了將場址效應從地震規模及震央距離的影響下分離出來，我們利用含場址效應之 Kanai 型態： $a_{ij} = r_i e^{b_2 M_j} (R_{ij} + b_4)^{-b_3}$  式中  $a_{ij}$  為最大震幅值， $M_j$  為第  $j$  個地震主規模， $R_{ij}$  為震央距離， $r_i$  則為第  $i$  個測站之場址效應。雖然 Kanai 衰減公式係用以分析強震（加速度型）資料，在此我們用速度型微震資料做分析，對蘭陽平原的場址效應仍有參考價值。我們將利用此公式分離出來各測站的場址效應畫成等值線，如圖三所示，此分離出來之場址效應表現出向海邊逐漸放大之趨勢，在宜蘭市及羅東市附近局部性的放大，另外在員山附近也有局部性急驟放大，這些放大作用都可與當地之小區域地表地質情形比較，亦即接近地表之鬆軟沖積層構造，明顯的控制了場址之放大作用。Kanai 型態的場址效應係取最大振幅值來分析，為了避免此結果受到方向性的影響，本文亦利用 Phillips and Aki (1986) 的方法分析尾波放大作用，研究場址效應對地震波放大作用的情形。Phillips and Aki (1986) 的處理方式，是在一條波線取很多的時窗(window)，經濾波後在每一時窗取一振幅值來處理，其優點可避免方向性的干擾，其所得結果應比 Kanai form 要來的精確。圖四表示此結果，此圖明顯指出東半部明顯的場址放大現象，與圖一、二之結果相似，而西半部似乎處在岩盤測站場址之情形。蘭陽溪所帶出礫石應到鐵路西 5 Km 一線為止，東半部則為海岸沖積平原影響之環境，現世沖積層厚達四百公尺，此海岸沖積層密切影響蘭陽平原之震波放大作用。

### 討論與結論：

雖然地震波由震源產生經波傳路徑至接收站是一複雜過程，不過本組兩年來在蘭陽平原所收集的資料，經各種方法的分析後，發現各種分析方法所得場址效應放大作用的結果，相似度頗高，且由一些研究結果(Tucker and King, 1984; Borchardt and Glassmoyer, 1992) 顯示在低應力(low strain)狀態下，場址對地震波的反應和在強震時場址對地震波的反應有很高的相似度。

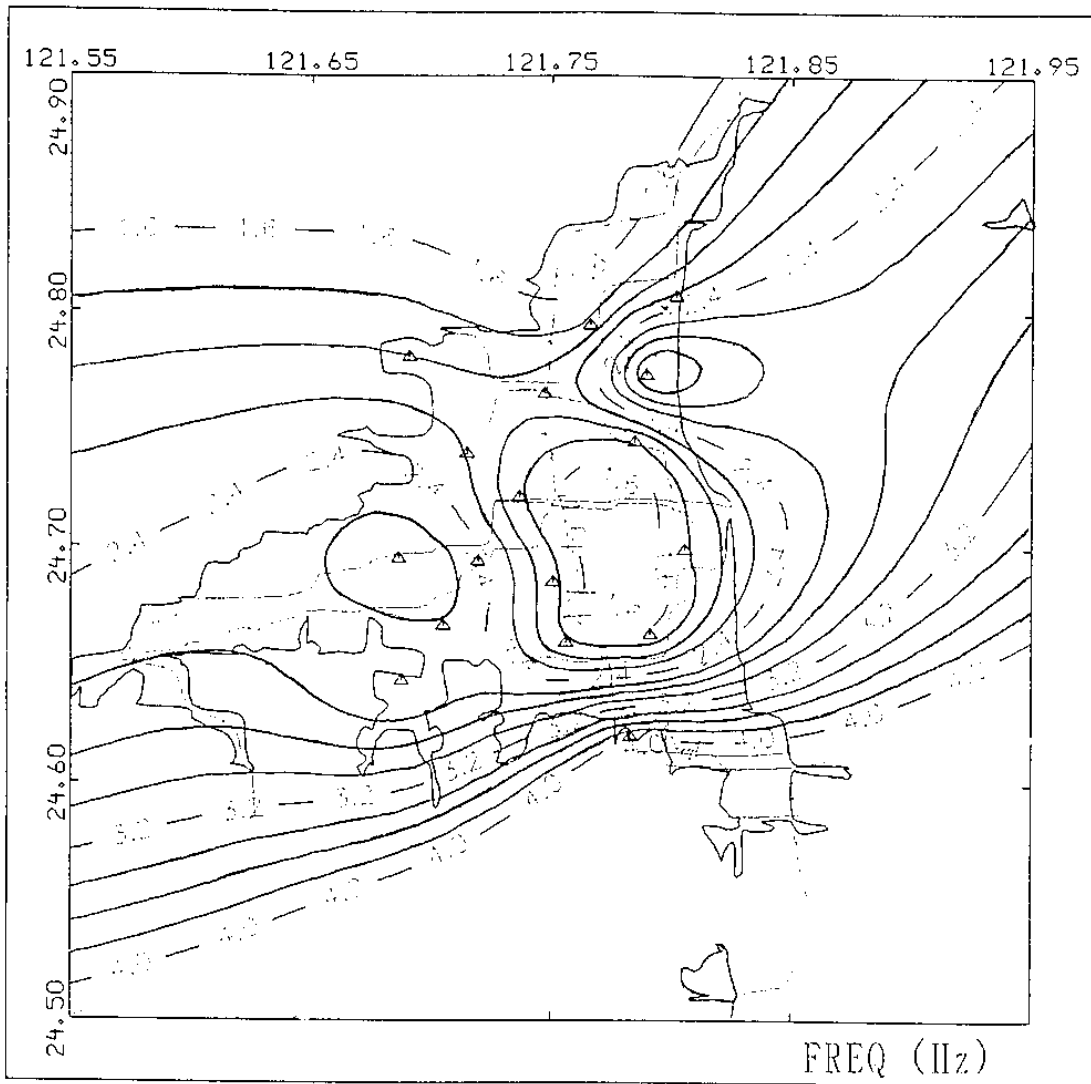
本組兩年所得的結果顯示羅東附近及其以東區域對震波有異常的反應，可能為蘭陽溪和冬山河的交錯沉積作用，加上海岸線的升降，而造成此地區淺層地層對震波的異常反應。

### 本研究獲得以下結論：

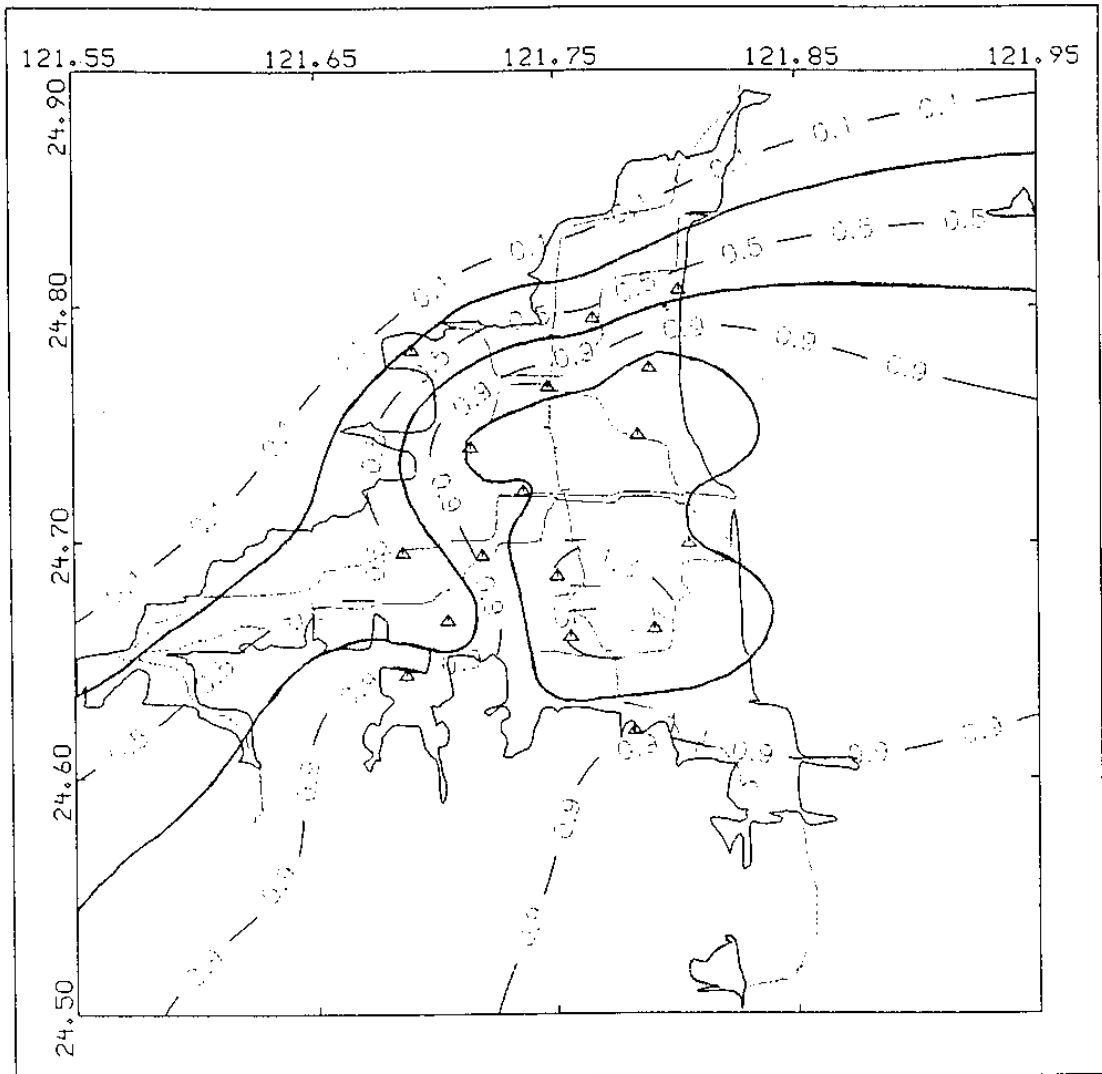
1. 蘭陽平原以鐵路西 5 km 為界，分為東、西兩半部，東半部為沖積平原，地表堆積厚達數百公尺以近世沖積層，土質鬆軟，表現出明顯的土層放大作用，場址效應主要頻率為 1.5 Hz，放大倍率為 1.5 至 2 倍，向海邊漸增，但宜蘭市、羅東市及員山附近有局部放大作用。
2. 西半部主要受沖積扇沉積作用，地表即有粗粒礫石，場址效應也明顯反映出近似岩盤測站之特性，主要振動頻率為 2.5 Hz，與附近山區之岩盤測站無大差異。

3. 以 Kanai 方式描述小區域之震波衰減並不合適，分離出來之場址效應只能看出大概的趨勢。場址效應可能無法單由震波記錄之最大振幅值完全表示。
4. 以不同頻率分析尾波內振幅變化，則可看出較為明顯的場址效應，在大量的統計分析中，或能找出較為合理的代表地區特性之場址效應。

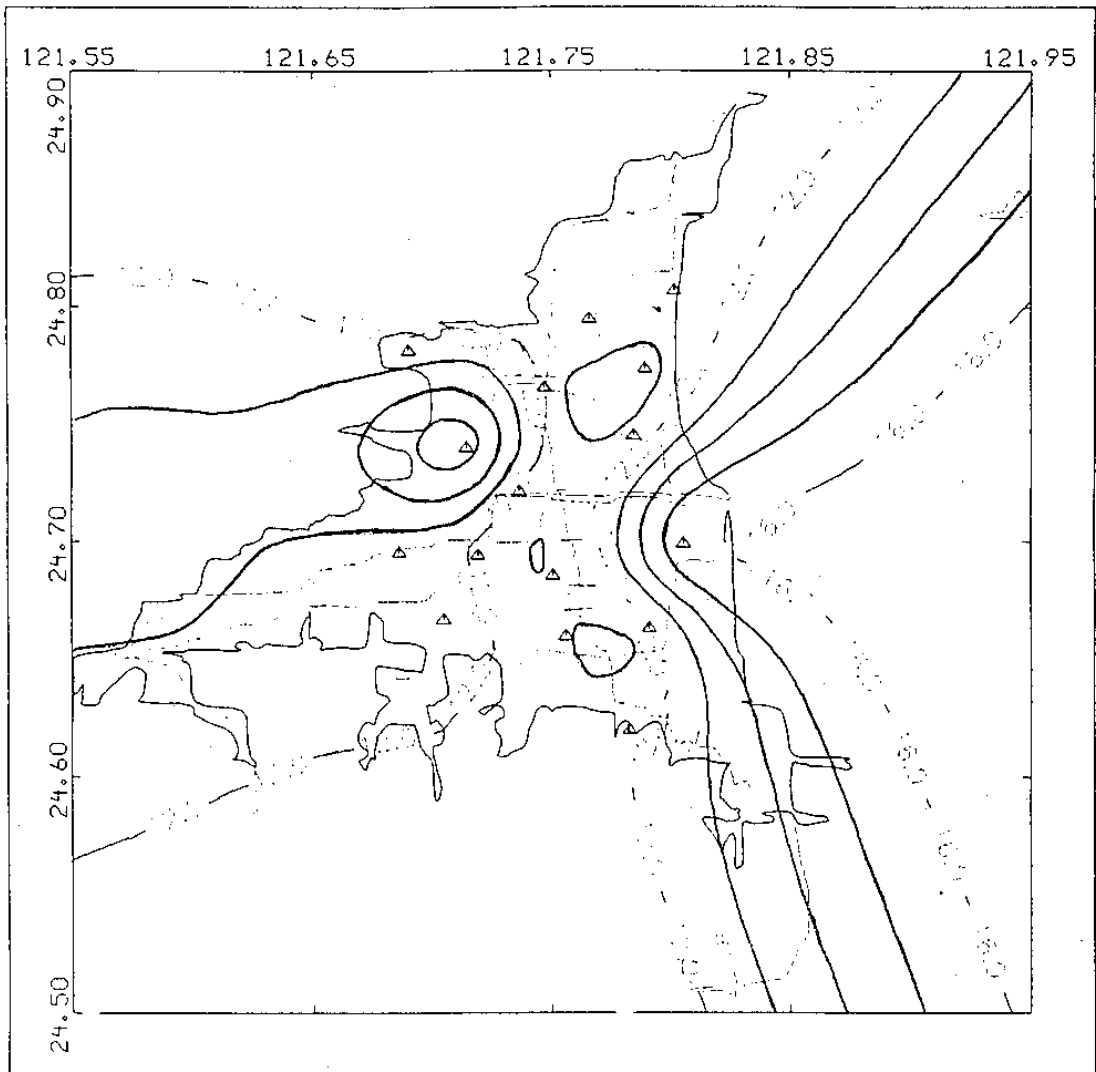
# DOMINANT FREQUENCY



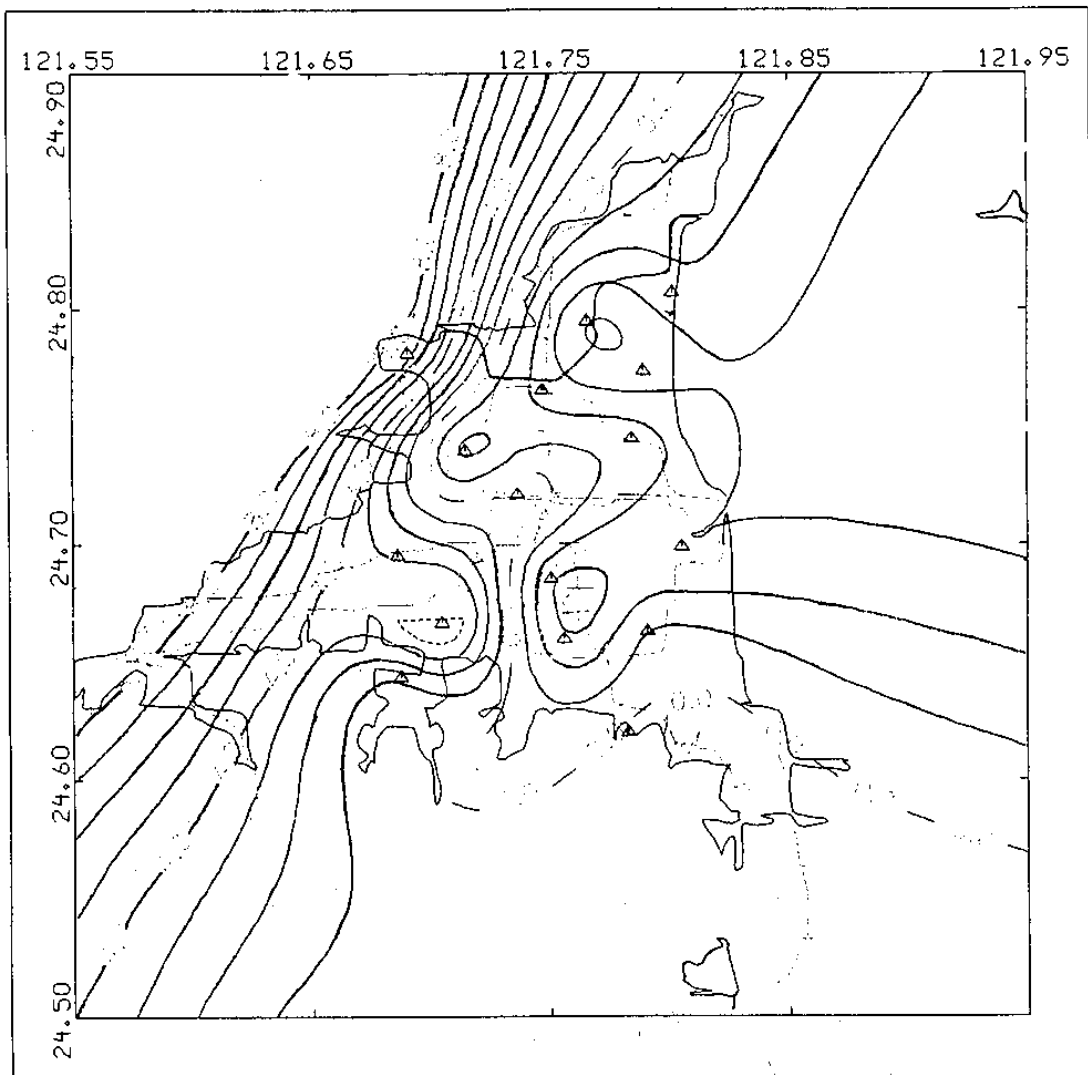
圖一 各測站主要頻率之等值曲線圖



圖二 27個地震平均後震波最大振幅放大之等值曲線圖



圖三 以Kanai衰減率所分離出之場址效應



圖四 以尾波所分離出之3Hz場址效應