

逢甲大學學生報告 ePaper

Kalman Filter 與 Fortran 應用於頻散曲線之研究

作者：林正紋¹ 蔡啟賢² 鄒經培³ 許惠綺⁴

系級：

¹逢甲大學土木工程學系助理教授

²逢甲大學土木工程學系研究所研究生

³逢甲大學土木工程學系研究所研究生

⁴逢甲大學土木工程學系研究所研究生

學號：²M9417789 ³M9417775 ⁴M9406456

開課老師：林正紋 老師

課程名稱：系統識別

開課系所：土木工程學系研究所

開課學年：九十四學年度 第二學期

摘要

表面波法在現場實驗方面，主要可以區分為兩大類，第一類為表面波頻譜法（Spectral Analysis of Surface Waves Method，簡稱 SASW 法），第二類則為連續表面波法（Continuous Surface Wave Method，簡稱 CSW 法）。逢甲大學土木系非破壞檢測實驗室在 2004~2006 年接受國家地震中心委託針對台北、新竹、苗栗、彰化、雲林、嘉義、台南、花東縱谷及宜蘭平原施行 SASW 非破壞性檢測，其間利用暫態表面波頻譜法以從事土體剖面之縱波與剪力波的檢測，經文獻回顧發現現場的背景雜訊過大是造成部份測站相位差開失敗的原因，而重車經過或風速干擾會產生現場低頻雜訊並加入主訊中，除了會降低多次衝擊試驗的相關係數值，更會導致低頻區之頻散曲線有異常跳動之現象。

關鍵字：Kalman Filter、頻散曲線、表面波頻譜法

目錄

一、研究背景與目的	1
二、表面波頻譜法	1
三、研究步驟	4
四、數據處理	5
五、實驗量測數據	6
六、MATLAB	8
七、比較計算結果	10
八、結論	10
九、參考文獻	11



一、研究背景與目的:

表面波法在現場實驗方面，主要可以區分為兩大類，第一類為表面波頻譜法 (Spectral Analysis of Surface Waves Method, 簡稱 SASW 法)，第二類則為連續表面波法 (Continuous Surface Wave Method, 簡稱 CSW 法)。逢甲大學土木系非破壞檢測實驗室在 2004~2006 年接受國家地震中心委託針對台北、新竹、苗栗、彰化、雲林、嘉義、台南、花東縱谷及宜蘭平原施行 SASW 非破壞性檢測，其間利用暫態表面波頻譜法以從事土體剖面之縱波與剪力波的檢測，在研究中發現震源形式、現場雜訊、相位差展開機制、低頻區相位差造成表面波頻散曲線異常等現象。長久以來國內外學者在表面波頻譜法的研究上亦常會出現頻散曲線之異常現象。

經文獻回顧發現現場的背景雜訊過大是造成部份測站相位差開失敗的原因，而重車經過或風速干擾會產生現場低頻雜訊並加入主訊中，除了會降低多次衝擊試驗的相關係數值，更會導致低頻區之頻散曲線有異常跳動之現象。雖然文獻上，表面波頻散曲線異常跳動現象已經找出部分原因，也有一些解決方法，但是至於背景雜訊對於表面波頻散曲線的深入研究以及雜訊之影響，則尚未有詳細之研究以及定論。

二、表面波頻譜法

表面波法在淺層震測法中佔有重要學術研究價值以及工程應用價值。表面波頻譜法是利用撞擊產生一寬頻震源，因此較穩態法節省試驗時間。撞擊震源常使用落錘或鐵鎚敲擊等方式產生，以替代使用

穩態震源產生器。撞擊產生之震波訊號由兩個與震源呈一直線排列的垂直接收器接收(CH1和CH2)，儀器配置如圖1，其中震源至第一接收器距離為R，兩接收器間距為D。

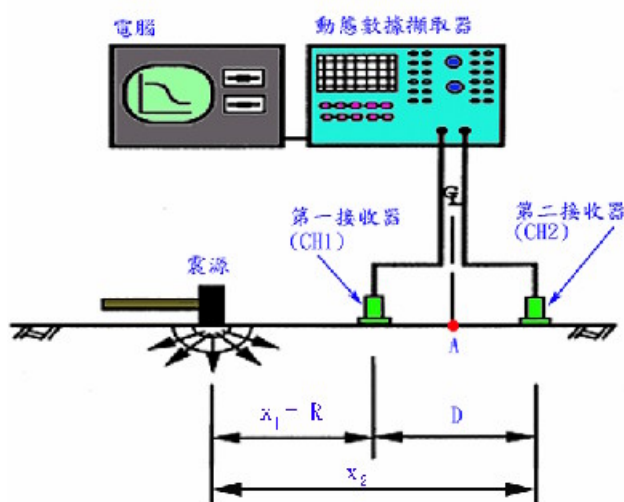


圖 1 表面波頻譜法儀器配置

接收器所獲得的加速度或速度時間域訊號 $y_1(t)$ 與 $y_2(t)$ ，經由快速富利葉轉換（Fast Fourier Transform，簡稱FFT）將時間訊號轉換至頻率域，可獲得頻譜訊號 $Y_1(f)$ 和 $Y_2(f)$ ，並以下列關係式計算交功率譜、自功率譜、相關函數，以評定多次敲擊訊號的相關性。若 k 為固定間距的總撞擊次數，而第 i 次敲擊下接收器CH1和CH2間之交功率譜（Cross- Power Spectrum）可寫成：

$$G_{12}(i) = Y_1^* \cdot Y_2$$

其中*表示共軛複數，而第 i 次敲擊下接收器CH1之自功率譜（Auto- Power Spectrum）：

$$G_{11}(i) = Y_1^* \cdot Y_1$$

第 i 次敲擊下接收器 CH2 之自功率譜：

$$G_{22}(i) = Y_2^* \cdot Y_2$$

其中交功率譜 G_{12} 為複數，而自功率譜 G_{11} 與 G_{22} 皆為實數。若在同一條件下進行 k 次敲擊，則為 CH1 和 CH2 間之平均交功率譜：

$$\bar{G}_{12} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k G_{12}(i)$$

\bar{G}_{11} 為 CH1 之平均自功率譜：

$$\bar{G}_{11} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k G_{11}(i)$$

\bar{G}_{22} 為 CH2 之平均自功率譜：

$$\bar{G}_{22} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k G_{22}(i)$$

因平均交功率譜 \bar{G}_{12} 為複數，若將 \bar{G}_{12} 定義為：

$$\bar{G}_{12} = G_{real} + iG_{img}$$

而兩接收器未展開之相位差 (Wrapped Phase Angle Difference) $\Delta\beta(f)$ 可以寫成：

$$\Delta\beta(f) = \tan^{-1}\left(\frac{G_{img}}{G_{real}}\right)$$

兩接收器展開後之相位差 (Unwrapped Phase Angle Difference)

$\Delta\phi(f)$ 可以寫成：

$$\Delta\phi(f) = \Delta\beta(f) - 360n$$

其中 n = 加或減 360° 的圈數。對某一頻率 f 的波傳時間 t ，可由下式計算：

$$t = \frac{\Delta\phi(f)}{360^\circ \times f}$$

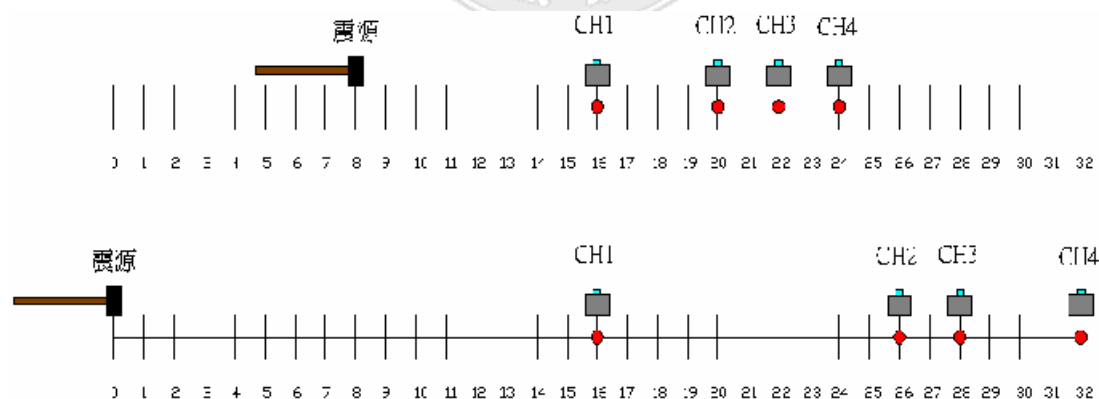
又兩接收器間距為 D ，故可計算出該頻率之雷利波視波速 V_{ra} ：

$$V_{ra} = \frac{D}{t} = \frac{360^\circ \times D \times f}{\Delta\phi}$$

三、研究步驟

為了達到研究目的，所使用的表面波頻譜法乃是採用衝擊式震源的暫態法，現場試驗地點主要逢甲大學育樂館前草坪。在試驗地點選擇一條測線及一個固定測點進行試驗，然後觀察及探討雜訊因素作用下對於頻散曲線上有何種改變及影響。

第一種擺設其震源距 CH1 距離 $R=8m$ ，CH1 與 CH2 兩接收器之間距 $D=4m$ ，因此 $R=2D$ ；CH1 與 CH3 兩接收器之間距 $D=6m$ ，因此屬於 $D < R < 2D$ ；CH1 與 CH4 兩接收器之間距 $D=8m$ ，因此 $R=D$ 。第二種擺設其震源距 CH1 距離 $R=16m$ ，CH1 與 CH2 兩接收器之間距 $D=12m$ ，亦屬於 $D < R < 2D$ ；CH1 與 CH3 兩接收器之間距 $D=12m$ ，亦屬於 $D < R < 2D$ ；CH1 與 CH4 兩接收器之間距 $D=16$ ，因此 $R = D$ 。



本階段係採用 6kg 大鎚由一人單獨敲擊，置於地面之鐵板作為震波來源，為了加強訊號的一致性，而每個接收器擺設方式皆敲擊 5 次。若儀器有感應上的問題，大多為以下幾項原因，諸如接收線損壞、電源電池耗盡或電源未開啟、未確實接線，以上都會導致訊號接收的異常。

四、數據處理

現場試驗各接收器所擷取之訊號傳輸至數據擷取器存檔。該數據為時間歷時與振幅能量的關係，稱之為「時間域訊號」(圖 2)。時間域訊號經由快速富利葉轉換為頻率與振幅能量的關係，則稱之為「頻率域訊號」(圖 3)，同時也可以獲得各頻率下各接收器所擷取的相位角。所得之頻率域資料透過相關係數分析法，可以用來判斷該間距各頻率下數據的良莠，經過篩選，將達到預設門檻值以上的數據於頻率範圍內，由低而高逐次計算接收器之間的相位差，之後再按頻率由低而高展開相位差，最後再計算各頻率下之相波速，並由頻率與波長的關係得到頻散曲線。

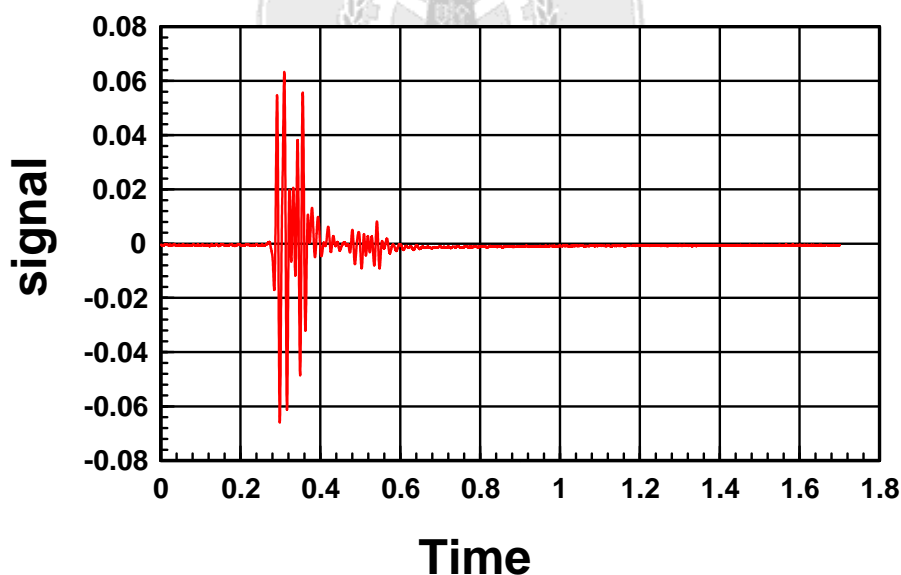


圖 2 時間域訊號圖

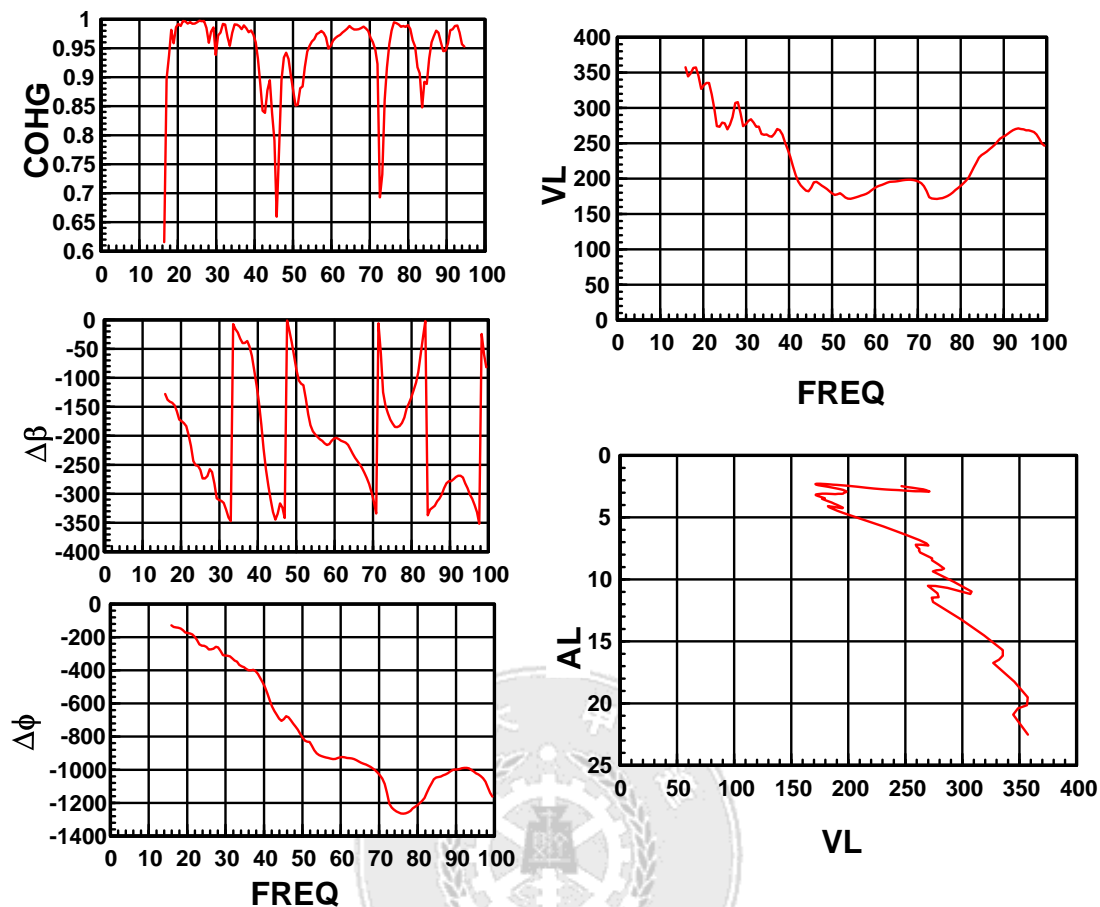


圖 3 頻率域訊號與頻散曲線

五、實驗量測數據

FREQ	JD(CR PV)	COHG	WPI1	UPI1	UCL1	AL1
1.34E+01	6.71E+01	5.71E 01	1.14E+01	1.14E+01	3.40E+03	2.54E+02
1.40E+01	6.72E+01	5.52E 01	1.72E+01	1.72E+01	2.35E+03	1.67E+02
1.50E+01	6.85E+01	7.37E 01	1.02E+02	1.02E+02	4.29E+02	2.81E+01
1.59E+01	5.78E+01	7.75E 01	0.42E+01	0.42E+01	5.43E+02	3.42E+01
1.65E+01	5.49E+01	7.16E 01	1.05E+02	1.05E+02	4.50E+02	2.73E+01
1.71E+01	4.98E+01	9.81E 01	1.31E+02	1.31E+02	3.75E+02	2.19E+01
1.77E+01	4.49E+01	9.73E 01	1.37E+02	1.37E+02	3.79E+02	2.11E+01
1.90E+01	4.28E+01	9.78E 01	1.41E+02	1.41E+02	3.74E+02	2.04E+01
1.99E+01	3.68E+01	9.92E 01	1.58E+02	1.58E+02	3.44E+02	1.82E+01
1.95E+01	3.32E+01	9.95E 01	1.70E+02	1.70E+02	3.30E+02	1.69E+01
2.01E+01	2.99E+01	9.97E 01	1.72E+02	1.72E+02	3.07E+02	1.67E+01
2.06E+01	2.49E+01	9.94E 01	1.75E+02	1.75E+02	3.41E+02	1.64E+01
2.14E+01	2.07E+01	9.96E 01	1.81E+02	1.81E+02	3.40E+02	1.59E+01
2.29E+01	1.71E+01	9.88E 01	1.98E+02	1.98E+02	3.20E+02	1.45E+01
2.26E+01	1.52E+01	9.93E 01	2.15E+02	2.15E+02	3.03E+02	1.34E+01
2.32E+01	1.57E+01	9.92E 01	2.36E+02	2.36E+02	2.83E+02	1.22E+01
2.36E+01	1.69E+01	9.89E 01	2.47E+02	2.47E+02	2.70E+02	1.17E+01
2.45E+01	1.71E+01	9.91E 01	2.55E+02	2.55E+02	2.76E+02	1.13E+01
2.50E+01	1.76E+01	9.94E 01	2.61E+02	2.61E+02	2.76E+02	1.18E+01
2.56E+01	1.73E+01	9.94E 01	2.72E+02	2.72E+02	2.71E+02	1.06E+01
2.62E+01	1.76E+01	9.97E 01	2.71E+02	2.71E+02	2.76E+02	1.05E+01
2.69E+01	1.76E+01	9.93E 01	2.77E+02	2.77E+02	2.79E+02	1.04E+01
2.75E+01	1.85E+01	9.85E 01	2.77E+02	2.77E+02	2.66E+02	1.04E+01
2.81E+01	1.82E+01	9.89E 01	2.76E+02	2.76E+02	2.93E+02	1.04E+01
2.87E+01	-2.01E+01	9.94E-01	-2.87E+02	-2.87E+02	2.68E+02	1.08E+01
2.95E+01	-2.29E+01	9.80E-01	-3.11E+02	-3.11E+02	2.71E+02	9.26E+00
2.99E+01	-2.02E+01	9.29E-01	-3.07E+02	-3.07E+02	2.61E+02	9.38E+00
3.05E+01	-2.52E+01	9.92E-01	-3.15E+02	-3.15E+02	2.79E+02	9.15E+00
3.11E+01	-2.40E+01	9.90E-01	-3.22E+02	-3.22E+02	2.78E+02	8.93E+00
3.17E+01	-2.28E+01	9.85E-01	-3.23E+02	-3.23E+02	2.83E+02	8.91E+00
3.24E+01	-1.92E+01	9.85E-01	-3.41E+02	-3.41E+02	2.73E+02	8.74E+00
3.30E+01	-1.86E+01	9.71E-01	-9.26E+00	-3.69E+02	2.57E+02	7.88E+00
3.46E+01	-1.85E+01	9.70E-01	-2.40E+01	-3.80E+02	2.40E+02	7.91E+00
3.54E+01	-1.81E+01	9.84E-01	-2.66E+01	-3.87E+02	2.55E+02	7.95E+00
3.61E+01	-1.60E+01	9.81E-01	-2.83E+01	-3.89E+02	2.61E+02	7.51E+00
3.65E+01	-1.50E+01	9.77E-01	-2.90E+01	-3.90E+02	2.67E+02	7.59E+00
3.68E+01	-1.60E+01	9.70E-01	-3.88E+01	-3.98E+02	2.61E+02	7.50E+00
3.66E+01	-1.57E+01	9.77E-01	-3.66E+01	-3.97E+02	2.66E+02	7.56E+00
3.72E+01	-1.56E+01	9.83E-01	-3.16E+01	-3.90E+02	2.70E+02	7.55E+00
3.78E+01	-1.58E+01	9.83E-01	-4.01E+01	-4.08E+02	2.72E+02	7.58E+00

Kalman Filter 與 Fortran 應用於頻散曲線之研究

3.91E+01	-1.12E+01	9.68E-01	-7.89E+01	-4.39E+02	2.56E+02	6.56E+00
3.97E+01	-1.29E+01	9.46E-01	-1.03E+02	-4.63E+02	2.47E+02	6.22E+00
4.03E+01	-1.55E+01	9.35E-01	-1.33E+02	-4.93E+02	2.35E+02	5.84E+00
4.09E+01	-1.81E+01	8.04E-01	-1.76E+02	-5.36E+02	2.20E+02	5.37E+00
4.15E+01	-1.73E+01	8.38E-01	-2.41E+02	-6.01E+02	1.99E+02	4.79E+00
4.21E+01	-1.37E+01	9.28E-01	-2.87E+02	-6.47E+02	1.87E+02	4.45E+00
4.27E+01	-1.09E+01	9.74E-01	-3.20E+02	-6.88E+02	1.81E+02	4.23E+00
4.33E+01	-9.37E+00	9.86E-01	-3.46E+02	-7.06E+02	1.77E+02	4.08E+00
4.39E+01	-8.80E+00	9.71E-01	-1.24E+01	-7.32E+02	1.73E+02	3.93E+00
4.46E+01	-1.03E+01	9.58E-01	-3.69E+01	-7.57E+02	1.70E+02	3.81E+00
4.52E+01	1.52E+01	8.74E+01	4.41E+01	-7.64E+02	1.70E+02	3.77E+00
4.58E+01	1.65E+01	7.60E+01	3.00E+02	-6.90E+02	1.09E+02	4.13E+00
4.64E+01	8.05E+00	9.22E+01	0.34E+02	-6.94E+02	1.93E+02	4.15E+00
4.70E+01	-4.52E+00	9.58E-01	-3.54E+02	-7.14E+02	1.90E+02	4.04E+00
4.76E+01	-3.80E+00	9.62E-01	-1.65E+01	-7.36E+02	1.86E+02	3.91E+00
4.82E+01	-4.86E+00	9.58E-01	-3.73E+01	-7.57E+02	1.83E+02	3.89E+00
4.88E+01	-6.41E+00	9.58E-01	-5.56E+01	-7.76E+02	1.81E+02	3.71E+00
4.94E+01	-8.09E+00	9.70E-01	-7.09E+01	-7.99E+02	1.79E+02	3.63E+00
5.01E+01	-9.88E+00	9.83E-01	-9.37E+01	-8.19E+02	1.77E+02	3.54E+00
5.07E+01	-1.23E+01	9.83E-01	-1.08E+02	-8.29E+02	1.76E+02	3.48E+00
5.13E+01	-1.44E+01	9.65E-01	-1.18E+02	-8.38E+02	1.76E+02	3.44E+00
5.19E+01	-1.46E+01	9.53E-01	-1.25E+02	-8.45E+02	1.77E+02	3.41E+00
5.25E+01	-1.29E+01	9.28E-01	-1.37E+02	-8.57E+02	1.76E+02	3.36E+00
5.31E+01	-1.08E+01	9.31E-01	-1.54E+02	-8.74E+02	1.75E+02	3.33E+00
5.37E+01	-9.15E+00	9.34E-01	-1.67E+02	-8.87E+02	1.74E+02	3.25E+00
5.43E+01	-7.59E+00	9.58E-01	-1.76E+02	-8.96E+02	1.75E+02	3.22E+00
5.49E+01	-5.98E+00	9.69E-01	-1.83E+02	-9.03E+02	1.75E+02	3.19E+00
5.55E+01	-5.06E+00	9.85E-01	-1.91E+02	-9.11E+02	1.76E+02	3.16E+00
5.62E+01	4.89E+00	9.80E+01	1.97E+02	-9.17E+02	1.76E+02	3.14E+00
5.68E+01	5.00E+00	9.92E+01	2.00E+02	-9.20E+02	1.78E+02	3.13E+00
5.74E+01	5.15E+00	9.93E+01	2.01E+02	-9.21E+02	1.80E+02	3.13E+00
5.80E+01	-4.45E+00	9.90E-01	-1.20E+02	-9.18E+02	1.82E+02	3.14E+00
5.86E+01	-3.78E+00	9.90E-01	-1.25E+02	-9.15E+02	1.84E+02	3.15E+00
5.92E+01	-2.92E+00	9.88E-01	-1.29E+02	-9.14E+02	1.87E+02	3.15E+00
5.98E+01	-2.53E+00	9.90E-01	-1.34E+02	-9.19E+02	1.89E+02	3.15E+00
6.04E+01	-2.61E+00	9.90E-01	-1.36E+02	-9.16E+02	1.90E+02	3.15E+00
6.10E+01	-2.87E+00	9.90E-01	-1.37E+02	-9.17E+02	1.92E+02	3.14E+00
6.16E+01	-2.69E+00	9.90E-01	-2.00E+02	-9.20E+02	1.93E+02	3.13E+00
6.23E+01	-1.92E+00	9.91E-01	-2.03E+02	-9.23E+02	1.94E+02	3.12E+00
6.29E+01	-8.04E-01	9.91E-01	-2.09E+02	-9.29E+02	1.95E+02	3.10E+00
6.35E+01	0.00E+00	9.89E-01	-2.16E+02	-9.36E+02	1.95E+02	3.08E+00
6.47E+01	-1.07E+00	9.90E-01	-2.30E+02	-9.51E+02	1.95E+02	3.02E+00
6.53E+01	-2.47E+00	9.92E-01	-2.41E+02	-9.61E+02	1.96E+02	3.00E+00
6.59E+01	-4.14E+00	9.92E-01	-2.45E+02	-9.65E+02	1.97E+02	2.98E+00
6.65E+01	-5.49E+00	9.85E-01	-2.50E+02	-9.70E+02	1.97E+02	2.97E+00
6.71E+01	-6.19E+00	9.72E-01	-2.58E+02	-9.78E+02	1.98E+02	2.94E+00
6.78E+01	6.00E+00	9.54E+01	2.68E+02	-9.86E+02	1.97E+02	2.91E+00
6.84E+01	7.00E+00	9.40E+01	2.70E+02	-9.90E+02	1.97E+02	2.89E+00
6.90E+01	-1.00E+01	9.44E-01	-2.87E+02	-1.01E+03	1.97E+02	2.86E+00
6.96E+01	-1.32E+01	9.42E-01	-2.96E+02	-1.02E+03	1.97E+02	2.84E+00
7.02E+01	-1.79E+01	9.22E+01	-3.05E+02	-1.03E+03	1.97E+02	2.81E+00
7.08E+01	-2.35E+01	8.58E-01	-3.18E+02	-1.04E+03	1.97E+02	2.78E+00
7.28E+01	-2.42E+01	7.40E-01	-1.44E+02	-1.22E+03	1.71E+02	2.35E+00
7.37E+01	-2.47E+01	8.86E-01	-1.67E+02	-1.24E+03	1.74E+02	2.37E+00
7.39E+01	-1.87E+01	9.47E-01	-1.70E+02	-1.25E+03	1.78E+02	2.36E+00
7.45E+01	-1.80E+01	9.77E-01	-1.84E+02	-1.26E+03	1.78E+02	2.28E+00
7.51E+01	1.00E+01	9.80E+01	1.09E+02	1.27E+03	1.78E+02	2.27E+00
7.57E+01	1.00E+01	9.92E+01	1.00E+02	1.27E+03	1.72E+02	2.27E+00
7.63E+01	-1.78E+01	9.74E-01	-1.88E+02	-1.27E+03	1.73E+02	2.27E+00
7.69E+01	-1.76E+01	9.86E-01	-1.87E+02	-1.27E+03	1.75E+02	2.27E+00
7.75E+01	-1.78E+01	9.78E-01	-1.81E+02	-1.26E+03	1.77E+02	2.28E+00
7.81E+01	-1.84E+01	9.78E-01	-1.71E+02	-1.25E+03	1.80E+02	2.30E+00
7.87E+01	-1.90E+01	9.84E-01	-1.58E+02	-1.24E+03	1.83E+02	2.33E+00
7.94E+01	-1.95E+01	9.91E-01	-1.49E+02	-1.23E+03	1.86E+02	2.34E+00
8.00E+01	-2.06E+01	9.90E-01	-1.35E+02	-1.21E+03	1.90E+02	2.37E+00
8.06E+01	2.24E+01	9.90E+01	-1.19E+02	1.20E+03	1.94E+02	2.40E+00
8.12E+01	2.35E+01	9.60E+01	1.02E+02	1.18E+03	1.98E+02	2.44E+00
8.18E+01	-2.51E+01	9.21E-01	-9.10E+01	-1.17E+03	2.01E+02	2.46E+00
8.24E+01	-2.59E+01	8.09E-01	-8.17E+01	-1.16E+03	2.04E+02	2.48E+00
8.30E+01	-2.65E+01	8.78E-01	-6.49E+01	-1.19E+03	2.09E+02	2.52E+00
8.36E+01	-2.77E+01	8.26E-01	-4.12E+01	-1.12E+03	2.15E+02	2.57E+00
8.42E+01	-2.75E+01	8.83E-01	-2.10E+01	-1.10E+03	2.20E+02	2.61E+00
8.48E+01	-2.56E+01	9.29E-01	-3.58E+02	-1.08E+03	2.27E+02	2.67E+00
8.55E+01	-2.88E+01	9.52E-01	-3.48E+02	-1.08E+03	2.32E+02	2.72E+00
8.61E+01	-2.23E+01	9.69E-01	-3.27E+02	-1.05E+03	2.37E+02	2.75E+00
8.67E+01	2.15E+01	9.71E+01	3.18E+02	1.04E+03	2.40E+02	2.77E+00
8.73E+01	2.07E+01	9.74E+01	3.10E+02	1.03E+03	2.44E+02	2.80E+00
8.79E+01	-1.20E+01	9.69E-01	-3.07E+02	-1.03E+03	2.46E+02	2.80E+00
8.85E+01	-1.28E+01	9.69E-01	-3.06E+02	-1.03E+03	2.49E+02	2.81E+00
8.91E+01	-1.93E+01	9.67E-01	-3.06E+02	-1.03E+03	2.50E+02	2.81E+00
8.97E+01	-1.91E+01	9.67E-01	-3.01E+02	-1.02E+03	2.53E+02	2.82E+00
9.03E+01	-1.87E+01	9.61E-01	-2.94E+02	-1.01E+03	2.57E+02	2.84E+00

9.09E+01	-1.86E+01	9.74E-01	-2.81E+02	-1.00E+03	2.62E+02	2.88E+00
9.16E+01	-1.81E+01	9.62E-01	-2.70E+02	-9.90E+02	2.66E+02	2.91E+00
9.22E+01	-1.79E+01	9.72E-01	-2.60E+02	-9.80E+02	2.71E+02	2.94E+00
9.28E+01	-1.76E+01	9.55E-01	-2.59E+02	-9.79E+02	2.73E+02	2.94E+00
9.34E+01	-1.80E+01	9.57E-01	-2.61E+02	-9.81E+02	2.74E+02	2.94E+00
9.40E+01	1.02E+01	9.59E-01	2.70E+02	9.90E+02	2.74E+02	2.91E+00
9.46E+01	-1.90E+01	9.69E-01	-2.79E+02	-9.99E+02	2.73E+02	2.88E+00
9.52E+01	-2.99E+01	9.63E-01	-2.93E+02	-1.01E+03	2.71E+02	2.89E+00
9.58E+01	-2.26E+01	9.62E-01	-3.02E+02	-1.02E+03	2.70E+02	2.82E+00
9.64E+01	-2.76E+01	9.30E-01	-3.10E+02	-1.03E+03	2.70E+02	2.86E+00
9.71E+01	-3.64E+01	8.73E-01	-3.31E+02	-1.05E+03	2.60E+02	2.74E+00
9.77E+01	4.10E+01	6.27E-01	4.05E+01	1.12E+03	2.51E+02	2.57E+00
9.83E+01	-3.71E+01	8.47E-01	-1.14E+02	-1.17E+03	2.37E+02	2.41E+00
9.89E+01	-3.33E+01	9.19E-01	-1.22E+02	-1.20E+03	2.37E+02	2.40E+00
9.95E+01	-2.98E+01	9.56E-01	-1.28E+02	-1.21E+03	2.37E+02	2.38E+00

六、MATLAB

1.系統識別演算法

Identification Algorithm

- Based on Recursive Least-Square Approach (or on the Kalman Filter),

❖ Estimation Model:

$$\begin{aligned} y_k &= \Phi_k \theta_k \\ \theta_{k+1} &= \Gamma_k \theta_k \end{aligned}$$

y_k : the measurement vector at time $k \Delta t$, Φ_k : the observation matrix at time $k \Delta t$,

θ_k : the system's parameter vector to be estimated, Γ_k : the system's transfer matrix.

$$\begin{aligned} \hat{\theta}_{k+1} &= \Gamma(k+1, k) \hat{\theta}_k + \mathbf{W}_{k+1} [\bar{y}_{k+1} - \Phi_{k+1} \Gamma(k+1, k) \hat{\theta}_k] \\ \mathbf{W}_{k+1} &= \bar{\mathbf{G}}_{k+1}^{-1} \Phi_{k+1}^T (\Phi_{k+1} \bar{\mathbf{G}}_{k+1}^{-1} \Phi_{k+1}^T + \mathbf{H}_{k+1}^{-1})^{-1} \\ \bar{\mathbf{G}}_{k+1}^{-1} &= \Gamma(k+1, k) [\mathbf{I} - \mathbf{W}_k \Phi_k] \bar{\mathbf{G}}_k^{-1} \Gamma^T(k+1, k) \end{aligned}$$

\mathbf{W}_{k+1} : the weighting matrix, $\bar{\mathbf{G}}_{k+1}^{-1}$: the adaptation gain matrix,

$$\Gamma = \mathbf{I}_{n \times n} \quad \mathbf{H} = \mathbf{I}_{m \times m} \quad \bar{\mathbf{G}}_1^{-1} = 10^9 \mathbf{I}_{n \times n} \quad \hat{\theta}_0 = 10^{-4} \{\mathbf{I}\}_{n \times 1}$$

➤ Problem: $\bar{\mathbf{G}}_{k+1}^{-1} \rightarrow 0$ as time progresses, therefore lose tracking capability!

2.MATLAB 程式碼

x = model(:,3);

[m,n] = size(model(1,3));

[p,q] = size(model(:,3));

I = eye(n);

```
h = eye(m);

t = eye(n);

w_1 = 10^(-9)*I*model(1,3)*h;

g_1 = 10^9*eye(n);

a_1 = 10^(-4)*ones(n,1);

g_2 = t*(eye(n)-w_1*model(1,3))*g_1*t';

w_2 = g_2*model(2,3)*inv(model(2,3)*g_2*model(2,3)' + inv(h));

a_2 = t*a_1 + w_2*(model(2,2) - model(2,3)*t*a_1);

a(1,1) = a_2;

for k = 2:p-1

    g_2 = t*(eye(n)-w_2*model(k,3))*g_2*t';

    w_2 = g_2*model(k+1,3)*inv(model(k+1,3)*g_2*model(k+1,3)' +

inv(h));

    a_2 = t*a_2 + w_2*(model(k+1,2) - model(k+1,3)*t*a_2);

    a(k,1) = a_2;

end

u = 1:p-1;

figure;

plot(model(u,1),a(u,1));
```

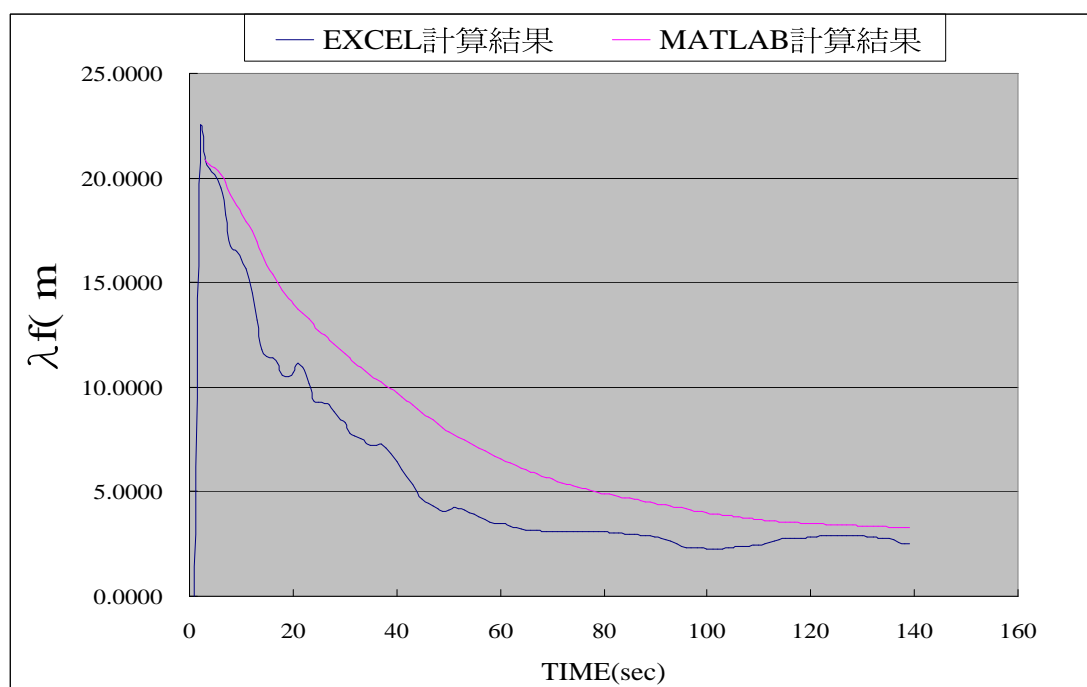
```
xlabel('time')
```

```
ylabel('a')
```

```
axis([0 1.37 2 21])
```

```
grid
```

七、比較計算結果



八、結論

這次報告所得結果，和學生們事前找老師討論時，當時老師所想的試驗情況和實際試驗所求目的不同，因此所得結果展現出來的圖形並未像和當時跟老師所討論希望我們做出的圖形雷同，所以學生們最後是利用 MATLAB 所畫出圖形和實驗數據以 EXCEL 出圖形來做比較，而由比較圖形可以看出，所用的 MATLAB 計算和實驗數據比較結果相似。

九、參考文獻

- [1] Nazarian S., and Stokoe, K. H., II, "Use of Surface Waves in Pavement Evaluation,"
Transportation Research Record 1070, 1986.
- [2] D. R. Hiltunen and R. D. Woods, "Variables Affecting the Testing of Pavements by the Surface Waves Method," Transportation Research Record 1260, 42-52, 1990.
- [3] V. Ganji, N. Gucunski, A. Maher, "Detection of Underground Obstacles by SASW Method - Numerical Aspects," J. of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 123, No.3, March, 212-219, 1997.
- [4] 莊杰龍, 「表面波相位差之強健性展開」, 逢甲大學土木工程學系碩士論文, 2005。



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.