

中央氣象局109年天氣分析與預報研討會 防波堤沉箱垂直波壓與微動震度之安全監測建置

林受勳¹、李政達¹
港灣技術研究中心¹
交通部運輸研究所

摘 要

為港灣構造物遭受異常天候時安全考量，港研中心於臺北港外廓防波堤胸牆海側進行即時波壓觀測及陸側用速度儀(日本Tokyo Sokushin公司出產C-374V)測量沉箱所受微動震度速度。此速度計具X、Y、Z三方向資料量取作用在防波堤側面上之外力與運動特性有關，若能夠由資料推論作用其上之外力特性和相關性，是相當具有學術及工程實務價值。考量定外力和防波堤運動特性間關係建立後，長期監測此運動特性稍有改變，能夠診斷防波堤是否受到局部破壞而導致頻譜或時間序列改變結果，未來提供研究執行展示成果給港公司參酌使用，可做預警防範災害。

關鍵字：垂直波壓、微動震度、安全監測系統

2020 Conference on Weather Analysis and Forecasting **Establishing a wave vertical pressure & fretting for caissons safety and** **observation system of breakwater**

Lin, S.S.¹, Lee, C.D.¹
Harbor and Marine Technology Center¹,
Institute of Transportation, MOTC

Abstract

For the harbor structure is always safety when abnormal weather, a project of Taipei port, IHMT measured wave pressure data closely the sea side and collected velocity data by Tokyo Sokushin C-374V on the breakwater wall, such as: X, Y, Z, 3D velocity data for fretting of caissons. Therefore, the activity of wave and force provided about movement of characteristics, If we can be used to infer the characteristics and relevance of the external force acting on the side of the breakwater, it is considerable academic and engineering practical value. After considering setup the relationship between the external force and motion characteristics of breakwater, long-term monitoring of this motion characteristics will change slightly, which can diagnose whether the breakwater has been locally damaged and cause the spectrum or time series to change the results. In the future, the research and implementation results will be provided to the port of company for consideration. Do early warning to prevent disasters.

Key word: wave vertical pressure, fretting, safety and observation system

一、前言

本研究依據交通部運輸研究所港研中心代辦計畫
「臺北港(106-110年)海岸漂沙調查及海氣象與地形

變遷監測作業」之預定工作需要及作業內容辦理，進行港灣構造物微動測量、震度觀測、安全檢查等集錄模擬和處理分析，透過往昔研究主題探討有無地震時與大小波浪造成防波堤振動特性之差異，並分析波浪大小對於防波堤振動所造成的差異性，為有效監測即時資料及遠端監控現地監測儀器之狀態和參數設定操作，利用網路及監控電腦全天候連線至波壓計、地震儀監測站，可由3.5G遠端連線遠端波壓計與地震儀設備，進行監測儀器之參數設定和檢查狀態。自動擷取現地觀測資料，傳送至資料庫系統偵測現地觀測資料，即時傳回中心監控電腦或伺服器自動儲存建檔。



圖1 成果展示系統示意圖

二、測站建置、觀測與資料收集

1. 沉箱防波堤結構監測建置：

(1) 波壓計及安裝：波壓計購置12支，外徑符合內管夾具尺寸，需先安裝在波壓鋼管上，再放入防波堤固定管內。

(2) 波壓計規格：量測範圍0~3kgf/cm²、線性度±0.5%F.S、感應方式為壓阻式薄膜、輸出信號4~20mA、工作電源DC10~30V、防水等級IP68、材質SUS316L。

2. 信號轉換器及率定安裝：

(1) 購入12組信號轉換器，集中獨立於不鏽鋼防水箱內，輸入及輸出需有信號線接頭及信號線。

(2) 信號轉換器與波壓計，施作率定校正、調整輸出信號與波壓計成為一線性輸出。

(3) 信號轉換器規格：輸入信號4~20mA、輸出信號DC0~10V、精度±0.1%RO、線性度小於0.1%、具有歸零、增益調整功能，反應速度小於400ms。

3. 中央集錄器及安裝：

(1) 購入2台中央集錄器，放置於不鏽鋼防水觀測箱內，安裝時需施作自主檢查並作成記錄。

(2) 基本規格：類比數位轉換24位元(含)以上、輸入信號±10V差動輸入、取樣率20,50,100,200,500,1KHz(可自行選擇)、預置時間0~60秒(含)以上、後置時間

10~120秒(含)以上、記錄方式內建式記憶卡記錄容量32GB(含)以上、觸發邏輯OR, 2AND, AND, OFF至少有其中2項、記錄方式可觸發、定時及連續記錄、時間校正GPS及NTP、精度0.5ppm以內、乙太網路10 Base-T或100 Base-Tx、使用電源AC 110V或直流電源、操作溫度0℃~+50℃、防水保護等級IP67、具備儀器操作軟體及分析軟體。

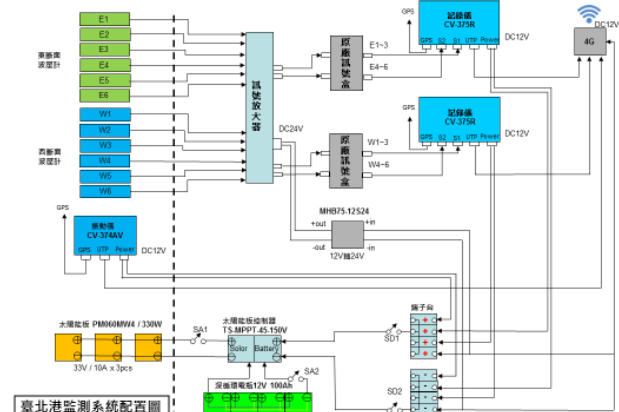


圖2 監測系統配置圖

4. 防波堤動態監測建置：

(1) 振動儀與安裝：振動儀1臺使用安裝於路側防波堤上觀測箱內和中央集錄器一併以無線網路傳送資料到資料庫電腦，安裝前需送回原廠檢查及校驗，並提供原廠測試報告。安裝完成後提出自主檢查記錄表，記載各項功能測試結果。

(2) 基本規格：感測器型式3軸向伺服型速度計、量測範圍0 ~±2cm/sec、頻寬0.1~70Hz以上、類比數位轉換24位元(含)以上、取樣率100,200Hz(可自行選擇)、預置時間：1~300秒(含)以上、後置時間10~300秒(含)以上、記錄方式內建式記憶卡、記錄容量32GB(含)以上、觸發邏輯OR, 2AND, AND, OFF至少有其中2項、記錄方式可觸發記錄和定時記錄資料、時間校正GPS及NTP、精度<0.62ppm、乙太網路：10 Base-T或100 Base-Tx、使用電源AC 110V或直流電源、操作溫度0℃~+50℃、防水保護等級≥IP65、具備儀器操作軟體及分析軟體。

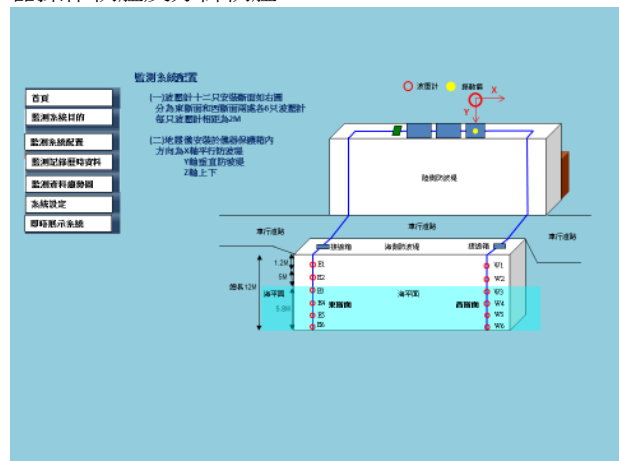


圖3 防波堤安裝觀測位置圖

5.供電系統設備及安裝：

- (1)太陽能板至少250W*3片，太陽能充電控制器MPPT型式*1只，100A/12V免加水電瓶* 4只。
- (2)太陽能板控制器和電瓶全部在獨立不銹鋼防水保護箱內，安裝於路側防波堤頂部水泥平臺上。
- (3)觀測箱及電瓶保護箱製作裝設監測儀器設備、太陽能板控制器和電瓶用，安裝在路側防波堤上平臺處，箱體材質為不鏽鋼，並具有防水隔熱功能。



圖4 臺北港防波堤結構物監測系統位置圖

6.港灣結構物監測系統軟體與資料庫建置：

- (1)遠端監測自動化傳輸資料建置：資料庫電腦內安裝遠端傳輸軟體，並設定連線觀測站即時自動收集現地監測波壓力及振動記錄資料。收錄波壓監測為24小時連續記錄，每20分鐘一筆記錄檔案，取樣率20Hz，單筆一軸向資料數為24000筆。振動儀為24小時連續記錄資料，每10分鐘一筆檔案記錄，取樣率200Hz，單筆一軸向資料數近12000筆。
- (2)資料庫系統建置：資料庫主架構及功能之品管作業依據「計畫之品管目標」進行每日作業，每月各觀測項目之品管通過率(通過資料品管之資料量/總調查資料量)需達70%。
- (3)最新監測資料：顯示視窗畫面臺北港波壓及振動儀的量測數據圖形，並展示監測警報燈號示警燈，紅、黃、綠3種燈號。



圖5 監測資料即時動態圖

(5)監測記錄歷時資料：顯示波壓、振動儀選項查詢。

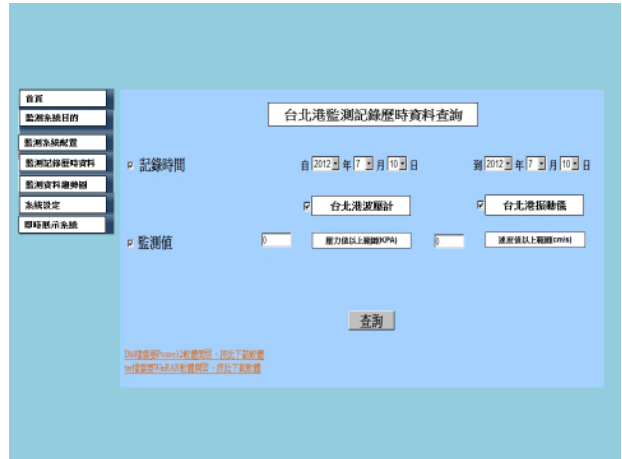


圖6 監測記錄歷時資料查詢圖

(6)監測資料趨勢圖：顯示波壓計和振動儀的選項功能，波壓計為12波道圖形，振動計為3波道圖形。

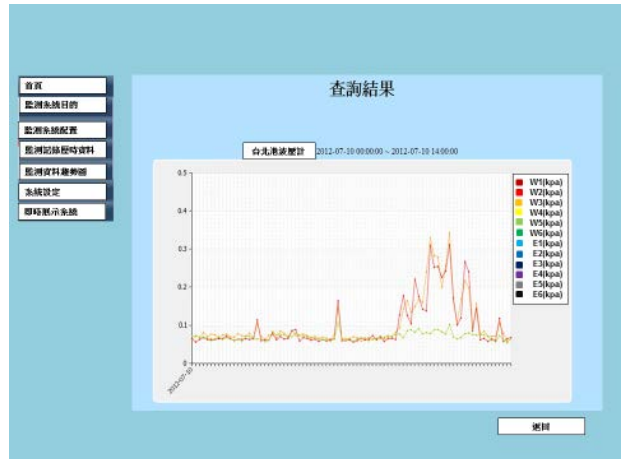


圖7 波壓監測資料趨勢圖

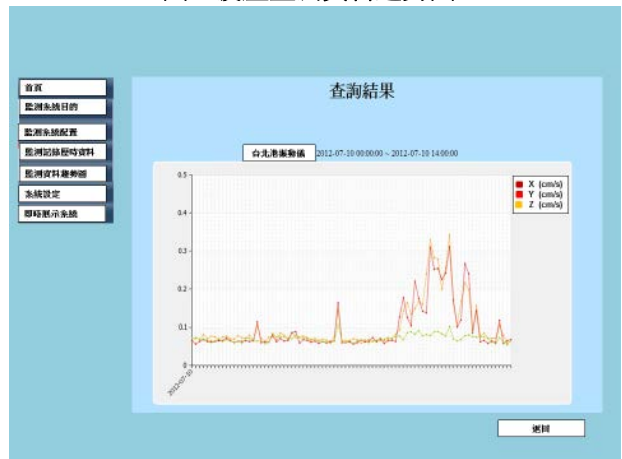


圖8 振動監測資料趨勢圖

三、防波堤振動的時頻分析

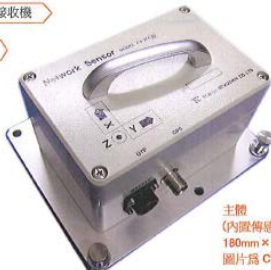
1.速度計網路傳感器：資料傳輸即時顯示內容包含量測、處理參數，定時回傳資料設定。自記式資料下載、資料格式轉換。即時回傳資料及歷史資料顯示。時間序列資料顯示3方向資料定義x為防波堤之堤

線，y為防波堤之法線，z為防波堤垂直向下方向。速度監測相關設定參數，取樣頻率為100Hz，連續記錄每10分鐘記錄1筆檔案資料，每小時有6筆數位值存檔資料。最大量測範圍是 $\pm 2\text{kine}(\text{cm}/\text{sec}^2)$ 。

由速度計進行
一般微動測量·地震觀測·健康檢查

- 大容量波形記錄、LAN 連接全功能傳感器
- 採用何型速度計，可觀測一般地震至中小地震
- 根據一般微動進行構造物的反映分析
- 一片 CF 卡可保存 30 天的連續記錄、160 小時的觸發記錄
- 一根 LAN 電纜(包含電源、同步)可連接數台傳感器 (CV-374BV)

裝載 CF 卡、GPS 接收機
 可連續記錄



主體
 (內置傳感器)
 180mm × 120mm × 100mm
 圖片為 CV-374BV

CV-374AV：可連接既存的網絡 MODEL
 (需要給主體供給 DC12V 電源)

CV-374AV：連接專用網絡的 MODEL，記錄需要一根 LAN 電纜。
 (電源供給、各種同步需要專用的 HUB 進行)

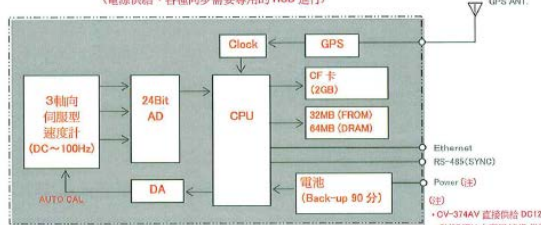


圖9 Tokyo Sokushin C-374V速度計示意圖

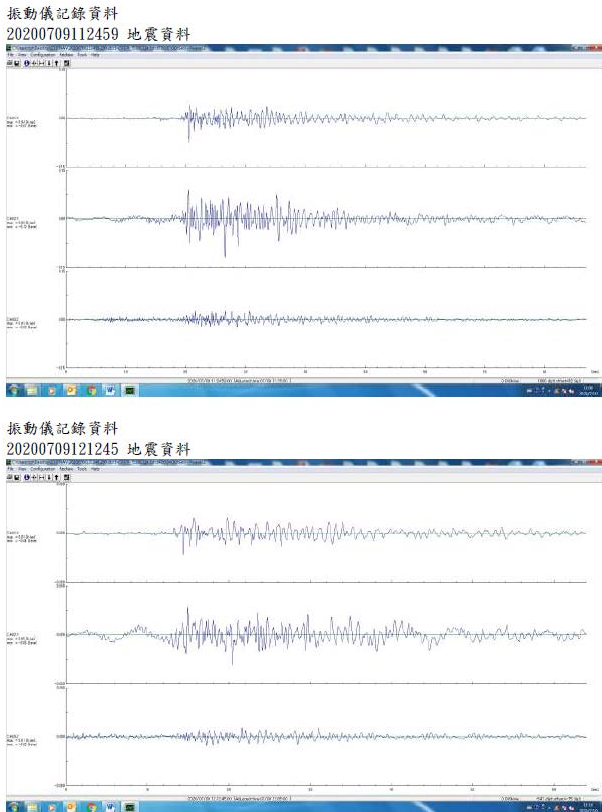


圖10 速度計針對地震時紀錄資料圖

2.速度頻譜(利用先前蘇澳港監測資料分析)：計算4個時段的x、y與z方向的加速度與速度所得之振幅頻譜(amplitude spectrum)可知3個方向加速度之頻譜在0.6Hz以下之各分量振盪比較多。

(1)當波浪比較大時，比較可知3個方向的速度頻譜都有明顯的主頻，都接近於0.1Hz。x方向速度的頻譜還是比其他y與z方向的速度頻譜大。

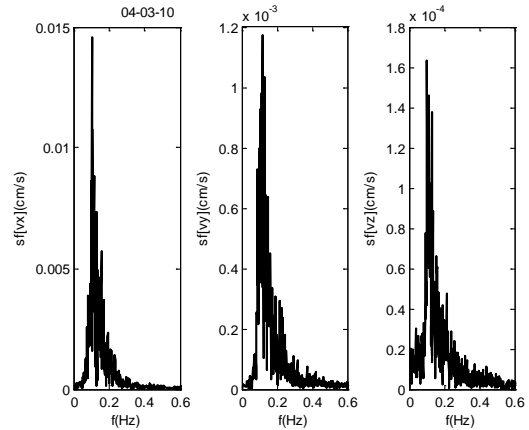


圖11 波浪作用時速度頻譜(8月4日3時10-20分)圖

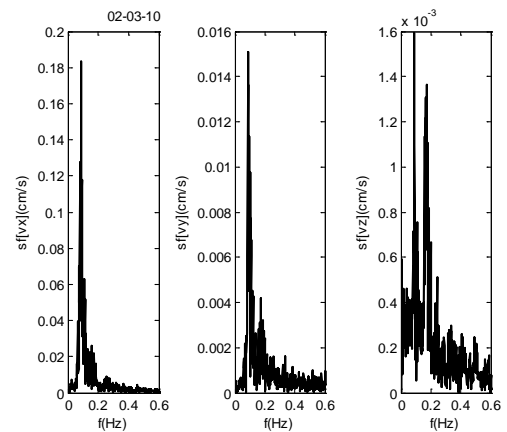


圖12 波浪作用時速度頻譜(8月2日03時10-20分)圖

(2)另外比較地震時的x方向速度主頻能量並不大於其它主頻能量。此結果因為地震發生時間只有短短1分鐘，以10分中資料所繪製之頻譜圖，無法顯示其地震所引發的較大振動。

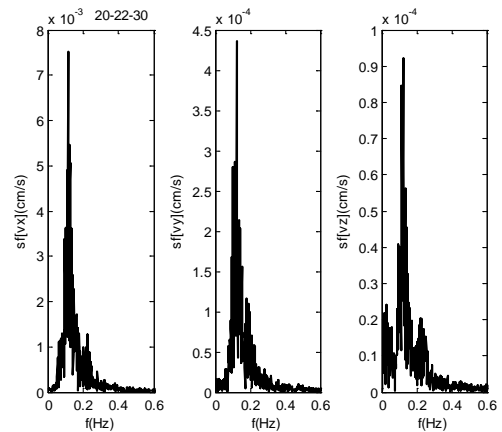


圖13 地震作用時速度頻譜(8月20日22時30-40分)圖

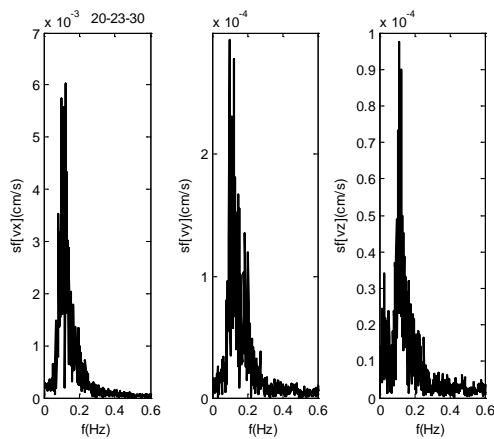


圖13 地震作用時速度頻譜(8月20日22時30-40分)圖

四、壁面波壓的分布特性

1. 壓力頻譜(利用先前蘇澳港監測資料分析)：壓力訊號取樣在整點前10分鐘，以10Hz時距計算，每個檔案有6000筆資料，壓力值減去平均值後的結果，單位為bar(即1bar=10⁵dyne/cm²)，此顯示壓力計波動壓力(主要是水位高低增減之靜壓力)。將所得3支壓力計訊號扣除平均值之壓力繪製頻譜圖。

2.) 由圖顯示主頻在0.08-0.12Hz附近，而0.2Hz以上之頻譜部分隨壓力計深度而衰減較快，然而主頻之頻譜高度卻沒有隨壓力計深度而遞減。

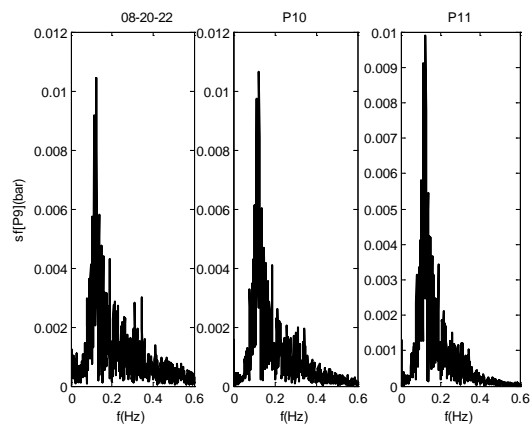


圖16 壓力頻譜(8月20日22時0-10分)圖

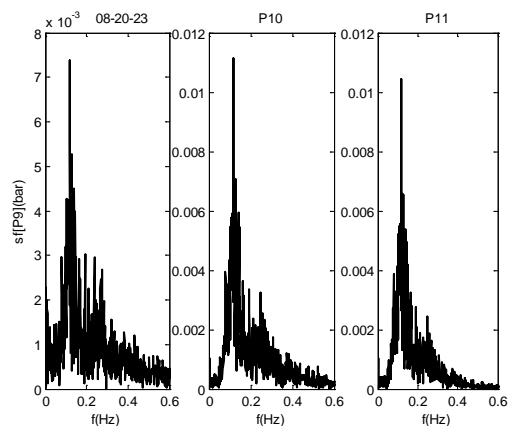


圖17 壓力頻譜(8月20日23時0-10分)圖

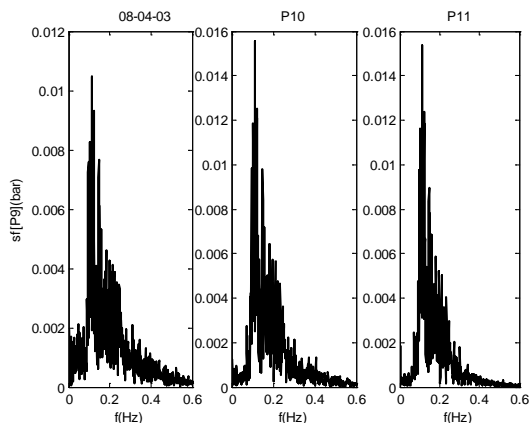


圖14 壓力頻譜(8月4日3時0-10分)圖

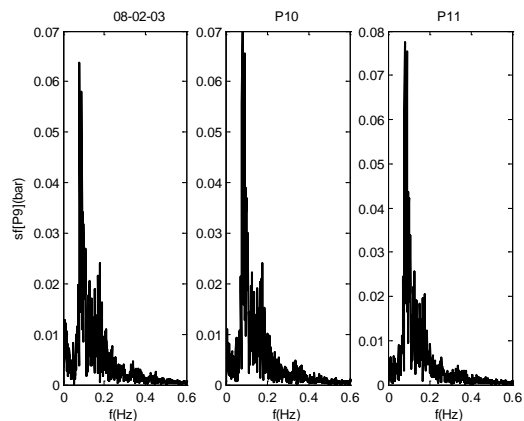


圖15 壓力頻譜(8月2日03時0-10分)圖

五、結論

1. 本系統選擇在防波堤上之速度及壓力資料進行時間序列特性、頻譜分析，以了解此防波堤振動及壓力垂直分布特性。
2. 速度時間序列資料可以明顯看出速度的振動特性及波壓大小，其與波浪大小比較有關係。
3. 防波堤法線之速度時序最大值(即波譜主能量)都比其他2個方向大約1個階量。
4. 由頻譜資料顯示防波堤法線之加速度、速度及壓力之主週期接近，此與實測之示性波浪週期接近。
5. 壓力時頻譜圖在頻率的局部極值及其的最大值位置顯示，壓力主週期與颱風期間的時頻譜圖的主週期結果，其與實測波浪及頻譜主週期相近。各情況的時頻譜圖的相鄰極值的時間距並不相同。
6. 防波堤因為相當重之物體，除非在波浪達到設計波浪外，在一般波浪作用下防波堤理應是不准滑動，因此造成防波堤振動而儀器可能靈敏且精準測得防波堤微振動是值得探討之學術問題。
7. 對於時頻分析技巧中，應可引用小波分析(wavelet)方法來處理時頻上問題，未來可以進行其他時間之資料分析，獲得更多結果方能得更代表性之結論。
8. 使用者管理系統及警示介面，提供分層授權系統管理功能。登入記錄查詢，提供管理者查詢登入者之

日期及時間。資料警示功能，將發送通知信email 給管理人員。

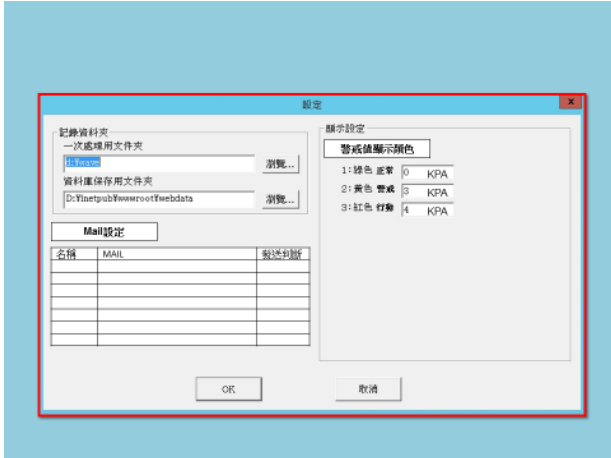


圖18 使用者管理系統及警示介面圖

9.系統資料庫之模組設備功能，可將資料透過GPRS 回傳到主機之數據匯入模組，解析並自動匯入系統資料庫中。



圖19 系統整體測試圖



圖20 系統資料庫之數據匯入模組圖

10.目前壓力計在防波堤沿線上有2m距離，嘗試偵測明顯相位差來反推波浪入射角度及波浪特性。本研究已根據往昔經驗改善2排壓力計在沿防波堤的距離相差應約10m以上，並藉由現場放大器率定計算。

Unit: BAR 3BAR=20mA=10V 備註：率定值水位取每0.5米一個區間至2米

位置	序號	0 米	0.5 米	1 米	1.5 米	2 米	檢測狀況
E1	181212021014	0 mv	0.171 mv	0.337 mv	0.504 mv	0.667 mv	Ok
E2	181212021015	0 mv	0.171 mv	0.339 mv	0.506 mv	0.670 mv	Ok
E3	C20032507005	0 mv	0.172 mv	0.338 mv	0.504 mv	0.669 mv	Ok
E4	C20032507002	0 mv	0.173 mv	0.338 mv	0.507 mv	0.671 mv	Ok
E5	C20032507007	0 mv	0.172 mv	0.339 mv	0.508 mv	0.669 mv	Ok
E6	C20032507009	0 mv	0.170 mv	0.337 mv	0.503 mv	0.669 mv	Ok
W1	181212021020	0 mv	0.171 mv	0.338 mv	0.505 mv	0.671 mv	Ok
W2	181212021021	0 mv	0.171 mv	0.339 mv	0.504 mv	0.669 mv	Ok
W3	C20032507004	0 mv	0.170 mv	0.338 mv	0.504 mv	0.670 mv	Ok
W4	C20032507001	0 mv	0.169 mv	0.336 mv	0.502 mv	0.666 mv	Ok
W5	C20032507003	0 mv	0.171 mv	0.338 mv	0.505 mv	0.671 mv	Ok
W6	C20032507008	0 mv	0.170 mv	0.337 mv	0.504 mv	0.671 mv	Ok

圖21 壓力計安裝及放大器率定紀錄表圖

參考文獻

- 1.東源科技工程有限公司、交通部運輸研究所(港灣技術研究中心)，2020：“臺北港防波堤結構物監測系統建置”，竣工報告。
- 2.東源科技工程有限公司、交通部運輸研究所(港灣技術研究中心)，2011：“101年蘇澳港南防波堤結構物監測系統維修及安全檢核機制建立工作”，第一期竣工報告(蘇澳港防波堤面監測系統改善)，第二期竣工報告(結構物監測系統展示軟體升級更新)。
- 3.陳蔚璋、張憲國，2011：“蘇澳港防波堤之現場波壓垂直分布與沉箱微振動特性之探討”，第三期竣工報告(安全檢核機制建立工作)。
- 4.郭一羽，「海岸工程學」，文山書局，第55~57頁(2002)。
- 5.Boccotti, P. and Lincei, A. N. (1989) Memorie VIII, On mechanics of irregular gravity waves, 11–170.
- 6.Bouws, E., Gunther, H., Rosenthal, W., and Vincent, C.L. (1985) Similarity of the wind wave spectrum in finite depth water: 1. Spectral form, Journal of Geophysical Research, 90, 975- 986.
- 7.Addison, P.S.(2002) The illustrated wavelet transform handbook, Institute of Physics, ISBN 0-7503-0692-0.
- 8.Daubechies, I. (1992) Ten Lectures on Wavelets, Society for Industrial and Applied Mathematics , ISBN 0-89871-274-2.
- 9.Viadyanathan, P. P. (1993) Multirate Systems and Filter Banks, Prentice Hall, , ISBN 0-13-605718-7.
- Wickerhauser, M. V. (1994) Adapted Wavelet Analysis From Theory to Software, A K Peters Ltd, ISBN 1-56881-041-5.
- 10.Christopher Torrence,C. and Compo, G. P. (1998) A practical guide to wavelet analysis, ISoftware and examples are available from the authors at URL:<http://paos.colorado.edu/research/wavelets/>.