

港灣報導



季刊 第85期

要 目

- ❖ 大氣引致海嘯長波之研究
- ❖ 國際綠能港口發展趨勢
- ❖ 臺中港水質環境調查研究
- ❖ 山區道路崩塌風險潛勢評估-以臺14線為例
- ❖ 公路工程透水混凝土鋪面材料及施工規範之研擬
- ❖ 國際港埠協會(IAPH)假熱那亞舉行之2009年大會和重要決議

中 華 民 國 99 年 2 月 出 版

港灣報導季刊

第 85 期

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 2 月

港 灣 報 導 第 85 期

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548臺北市敦化北路240號

網 址：www.iot.gov.tw

電 話：(02)23496789

總 編 輯：黃德治

編輯委員：邱永芳、朱金元、林昭坤、何良勝、簡仲璟、
蘇青和、單誠基、馬維倫

出版年月：每年2、6、10月

創刊年月：中華民國77年2月1日

定 價：100 元

本次出刊：300冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

印 刷 者：承亞興企業有限公司

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485臺北市中山區松江路209號F1•電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042臺中市中山路6號•電話：(04)22260330

GPN：2007700020 ISSN：1019-2603

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

目 錄

一、大氣引致海嘯長波之研究 1

林立青 中研院環境變遷研究中心博士後研究員
梁茂昌 中研院環境變遷研究中心副研究員
張憲國 國立交通大學土木工程學系教授

二、國際綠能港口發展趨勢 9

何秉均 交通部基隆港務局 工務組設計科 幫工程司

三、臺中港水質環境調查研究 17

許弘芑 成功大學海洋環境中心助理研究教授
張 引 成功大學水工試驗所助理研究員
蔡立宏 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
徐如娟 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

四、山區道路崩塌風險潛勢評估-以臺14線為例 31

李維峰 國立臺灣科技大學專案副教授級專家
林秉賢 逢甲大學營建及防災研究中心研究助理教授
李漢鏗 逢甲大學水資源與保育程學系副教授
連惠邦 逢甲大學水資源與保育程學系教授

五、公路工程透水混凝土鋪面材料及施工規範之研擬 45

李明茹 仁德醫護管理專科學校助理教授
李明君 朝陽科技大學營建工程系教授
黃怡碩 朝陽科技大學營建工程系助理教授
邱垂德 中華大學土木與工程資訊學系教授
顏 聰 朝陽科技大學營建工程系特聘教授

六、國際港埠協會(IAPH)假熱那亞舉行之2009年大會 和重要決議 56

陳文樹 交通部

大氣引致海嘯長波之研究

林立青 中研院環境變遷研究中心博士後研究員
梁茂昌 中研院環境變遷研究中心副研究員
張憲國 國立交通大學土木工程學系教授

一、前言

本文所研究之天氣型海嘯長波(Meteo-tsunamis)，定義為非一般地震活動、海底的山崩或火山爆發等等所產生之海嘯，而是由大氣短時且劇烈變化所引致的海嘯長波，其具有近似海嘯之震盪週期及相當的振幅。根據逆氣壓效應(inverse barometer effect, IBE)，壓力差與水位的變化約成正比，但是所觀測到的水位變動可達數倍至數十倍的逆氣壓效應所造成的水位震盪。於近岸或港灣的影響甚鉅亦會造成港(灣)區船隻的航行安全或造成海岸溢淹的重大破壞。

往昔的大氣觀測資料與長週期水位震盪相關聯的有大氣重力波由過去約100年的水位觀測資料分析，天氣型的海嘯長波並非在任意的地方都可被觀測到，僅僅只在少數的水域發生(地中海、黃海、英吉利海峽、五大湖、日本九州沿岸、大西洋及紐西蘭沿岸等等)。根據發生的位置的不同而被給予不同的命名以代表長週期震盪的現象，如“rissaga”(Monserrat et al., 1991); “marubbio”(Candela et al., 1999); “milghuba”(Drago,

1999); “abiki”(Honda et al., 1908; Hibiya and Kajiura, 1982)。日本氣象廳則將此種事件稱為副振盪(secondary undulation)，自1960年迄今開始紀錄其相關水位異常事件(<http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/tide/gaikyo/explanation.html>)。過去歷史最大的上下振幅可達4公尺，該破壞性的事件發生於1979年的長崎灣。另外，於大氣的觀測數據中，可看到壓力的突升/降的傳遞在水位震盪的影響有密不可分的關係，如Jansa(2007)觀測到5-7hPa的大氣壓力突升以25m/s的速度向巴利阿裏群島(Balearic Islands)前進，並造成嚴重的港灣震盪及船隻的碰撞。Vilibic’ (2004)觀測到約8hPa的壓力差沿著義大利中部的亞得里亞海域(Adriatic Sea)傳遞，並於多個港灣造成0.2-0.7公尺的水位震盪。本文於水位觀測資料中發現約1.5公尺的水位震盪其週期則約為10-30分鐘，但此時並無相當的地震活動產生海嘯之報告，因此收集15sec及1min之取樣頻率的潮位計資料予以分析其長週期波動的特性。

二、分析方法

為調查海嘯長波於臺灣海岸的時空變化情形，本研究以氣象局(CWB)2008-2009之10個測站及港灣技術研究中心(HMTC)2005-2009之5個國際港之潮位測站進行資料分析，示如

圖1。氣象局之資料以每15sec進行水位的平均，港研中心之資料則為1 min之平均。以FFT分析潮位訊號，並以長波週期與紅噪音(Red-noise)頻譜之特徵性來說明長周波其的信賴度。

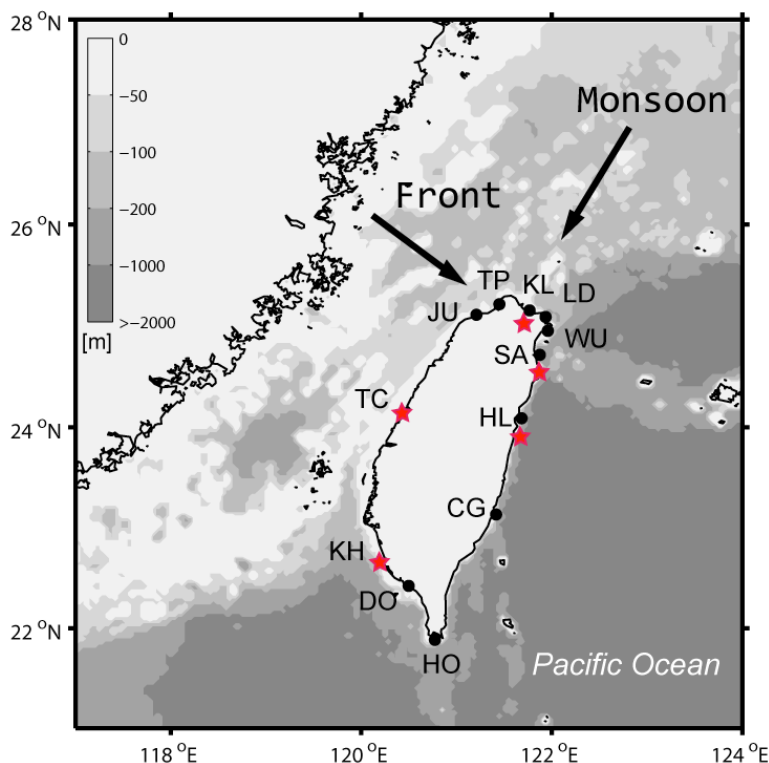


圖1 潮位計測站(圓點:CWB; 星號:MOTC)，大氣擾動事件:東北季風及冷鋒與臺灣海域地形圖。測站:JU(竹圍)、TP(臺北)、KL(基隆)、LD(龍洞)、烏石(WU)、SA(蘇澳)、HL(花蓮)、CG(成功)、HO(後壁湖)、DO(東港)、KH(高雄港及TC(臺中)。

而Hasselmann (1976)將一階自回歸過程(AR1)引入水位訊號並說明其紅噪音之特性。根據AR1的模式及虛無假設可說明AR1之訊號保有與原訊號的統計特性Gilman(1963)。因此紅噪音頻譜的在統計上可代表原始頻譜的特徵性，本文則以該特徵性作為信

賴水準的判定。紅噪音頻譜可定義如下式:

$$G = G_0 \frac{1 - \rho^2}{1 - 2\rho \cos(\pi f_i) + \rho^2} \quad (1)$$

其中 ρ 為AR1過程之參數， G_0 為原始頻譜能量， f_i 為原始頻譜之頻率。

三、觀測結果與分析

本研究為確定氣象局及港研中心之觀測結果之正確性，以基隆測站於2008年1月29日之事件為例，分別比較其水位變化之時序，示如圖2。兩者之時序變化一致，且於29日之12-14時水位有劇烈震盪，其上下振幅約為0.7公尺，振盪之週期則約為11及27分鐘兩個主要頻率，且兩主要頻率皆可通過通過99%的信賴檢定。顯示該長波之週期具有特徵性。另外，本文亦以連續小波(wavelet)及經驗模態分解

(EnsembleEMD, Huang et al., 1998; Wu和Huang, 2004)進行此種海嘯長波之信賴測試，皆通過95%以上之信賴。三種時頻分析方法所得到之水位振盪週期，其頻率上具有一致反應且具有相當的信賴水準，因此，長波的解析由不同的假設下之時頻方法，皆可仔細的辨識出其週期及其能量，所以本文在頻率的判定上應用Fourier法作為以下分析的基準方法。

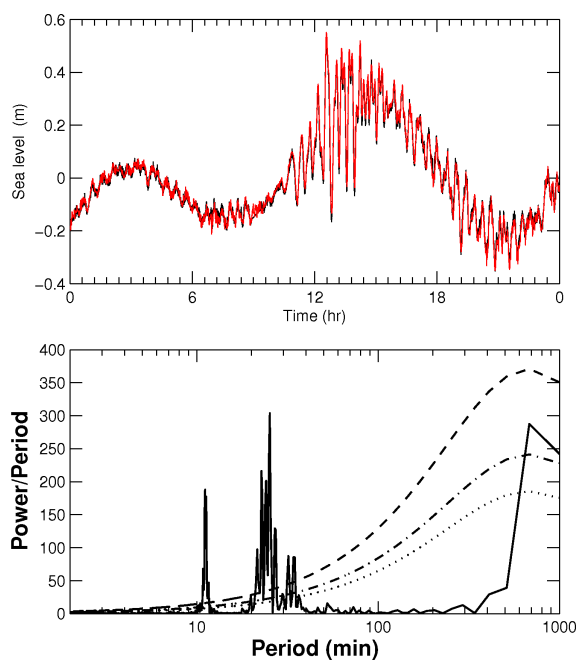


圖2 基隆測站(KL)於2009/1/29日事件之水位時序(黑線:CWB; 紅線:MOTC)與正規化相對頻率之FFT頻譜(--: 99%、- -: 95%及...: 90%信賴水準)

分析所有之潮位測站之數據，本文觀察到最大水位震盪事件共計三次，發生之時間為2007/4/2-3、2008/1/29-30及2009/3/5-6等。其中前兩次為強烈東北季風通過，2009/3月

則為冷峰通過臺灣，相對應之氣候事件示如圖3。由圖3可看出這兩種中尺度之大氣擾動可涵蓋整個臺灣區域。本研究並以高斯濾波方法將大於3小時以上之水位頻率濾除(屬於潮汐之振

盪)，以分析海嘯長波之時空特性，並示如圖4至圖6。從東北季風(圖4)及冷鋒(圖5)過境事件上，可以看出北部區域(JU(竹圍)至SA(蘇澳))的反應較大，在冷氣團事件中，JU(竹圍)及TP(臺北港)的上下振盪約為1.4公尺，KL(基隆)及WU(烏石)亦有超過0.5公尺的振盪。在其他的測站則約有0.2-0.5不等的振盪，相較於各測站的平均潮差，基隆側站的水位振盪約略等於其平均潮差，此意味著該長波振盪可能導致該區域之溢淹災害，竹圍及臺北則超過60%，顯示水位的震盪約可達到海嘯的能量的情況。而且連結到風速的

分布，強烈的東北季風發生在整個臺灣的水域，並持續1-2天。但在冷鋒過境時，水位振幅JU與TP則約為0.7公尺。另外，於圖6之2007年東北季風期間，臺中(TC)之水位上下振盪約為0.8公尺，基隆(KL)及高雄(KS)亦有約0.2-0.3公尺之振盪，東岸蘇澳(SA)及花蓮(HL)則僅為0.1公尺。但該年事件之觀測僅有5個國際港之水位觀測，對於臺灣周遭海域之時空變化無法得到如圖4之相關結論。因此，水位振盪的空間分布亦可反映到大氣擾動所作用的範圍，由此顯示中尺度的天氣變動確與長週期波有相當的關聯。

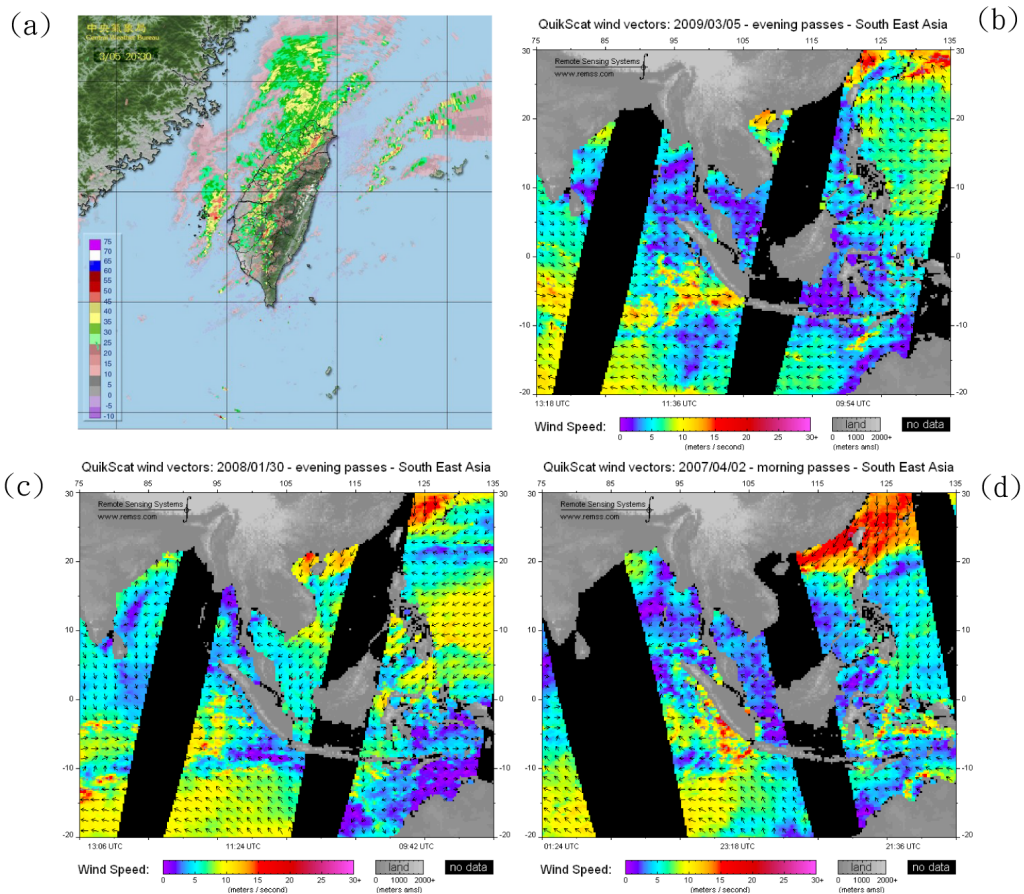


圖3 大氣擾動之氣候分析圖(圖a,b為冷峰事件之雷達回波及QuickScat衛星風速圖；圖c及d為2008及2007東北季風事件之QuickScat衛星風速圖)

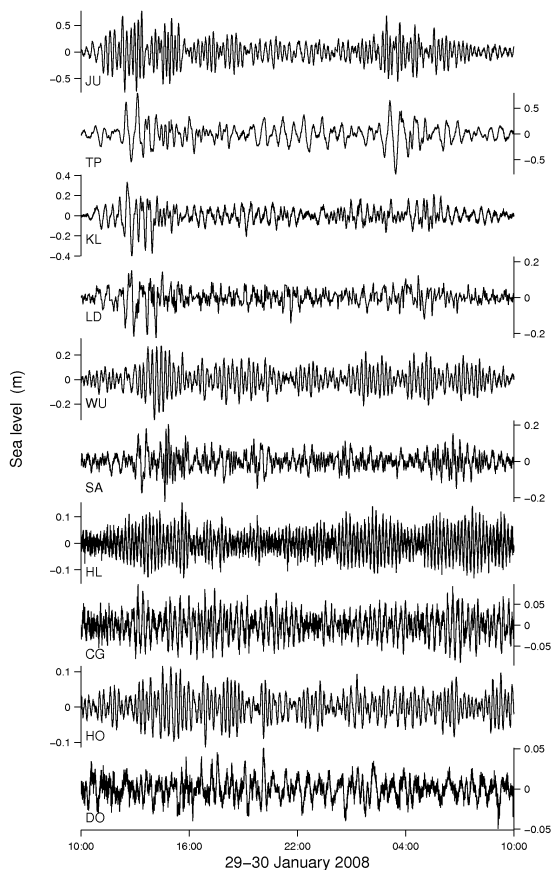


圖4 2008/1/28-29之各測站經高斯濾波後之水位時序(CWB測站)

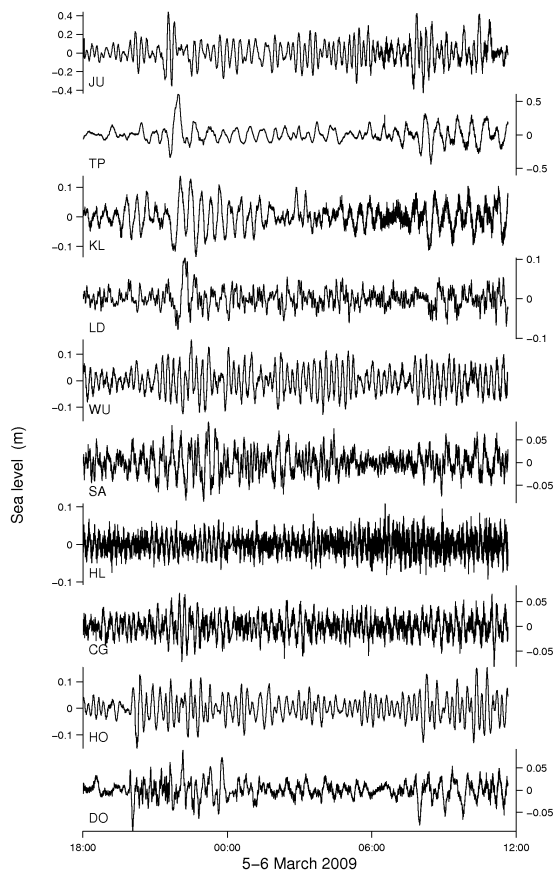


圖5 2009/3/5-6之各測站經高斯濾波後之水位時序(CWB測站)

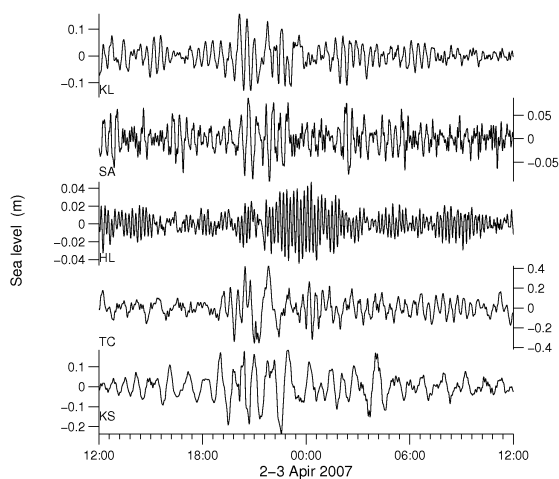


圖6 2007/4/2-3之各測站經高斯濾波後之水位時序(MOTC測站)

由於造成天氣型海嘯的原因有兩種主要的成：(1) Proudman 共振及(2) 因地形而產生的共振，Monserrat等人(2006)並將其定義為對水位變化所產生之外部及內部的作用力。Proudman 共振為大氣作用於水面的效應，當自由長波之波速約略等同大氣擾動(氣壓的變化)的移動速度時，該自由長波受到非線性的共振效應，其振幅則被激發至IBE效應所引致之水位的數倍，對於颱風暴潮之推算亦依據Proudman 共振之理論。另外，本研究以Merian適用於開闊型的海灣(港)之共振方程

式分析其自然共振周期，示如式(2)

$$T_n = \frac{4L}{(2n+1)\sqrt{gh}} \quad n=0,1,2,.. \quad (2)$$

其中， L 為矩形港灣的長度， h 港灣內之水深， g 重力加速度， n 為共振模態及 $\sqrt{gh}$ 為自由長波於該水深之波速(Sorensen, 2005)。由此本文得以分析海嘯長波周期與因地形之振盪週期之關係，以判定其是否受到港灣共振的激發之影響(Nakano 和 Unoki,

1962)。如圖7本研究將10-30分鐘之週期的長波振盪表示為方塊，其週期遠遠超過自然共振的第一個模態($n=0$)，相較於10-30分鐘的波動，短波(低於5分鐘，如三角形)之週期與高階($n>1$)的港灣共振態則有較大的關聯，亦可說明小於5分鐘的週期會受到地形或港灣形狀的影響，但此共振效應並不會激發10-30分鐘的長波。

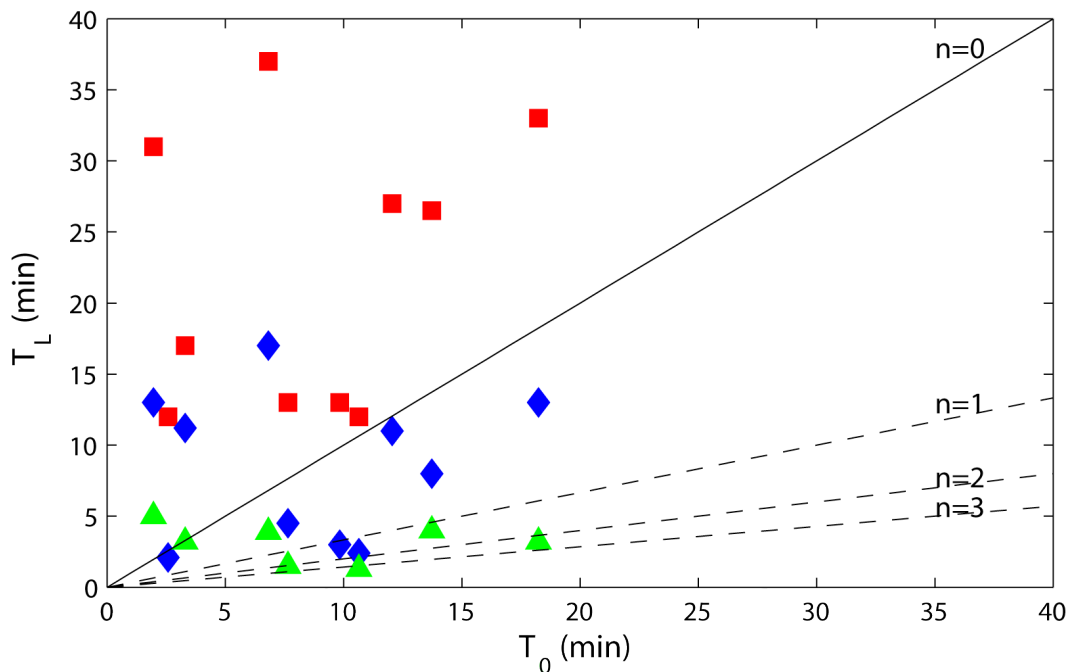


圖7 港灣共振週期與天氣型海嘯長波周期之關係(不含臺中及高雄之結果)

四、結 論

本文的長週期波動在不同的水深海域之近岸港灣都被觀測到，而且這是目前首次在深水的海域獲得10-30分鐘長波的觀測結果，若依Proudman效應來對照目前的結果，相同的大氣擾動可在寬闊的大陸棚及淺水海域(西

部)與深水且有限的大陸棚地形(東部)都可觀測到海嘯型長波的振盪。且 Vilibic(2008)提出往昔所觀測之結果其發生的水深約為20-200公尺，大陸棚之寬度則為50-500公里之區域。而外部的大氣擾動之移動速度約為15-30m/

s。就深水區域而言，依Proudman共振的條件，當水深為200公尺時其可能發生的起源則非常接近海岸(離岸約500公尺)。但是這樣的距離則可能無法有效的進行大氣至海洋的能量轉換(Hibiya,1980)，且該種海嘯型長波於大氣擾動(颱風及冷鋒)遠離海岸的過程中，水位仍有長週期波(10-30分鐘)

的反應。因此顯示Proudman理論並不全然支持本研究於陡變深水地形及大氣的擾動由海岸向深海之條件下所觀測結果。因此，Proudman效應加上地形之共振作用，目前並不足以說明於東部深水海域的結果，未來有待進一步的研究予以探討其及長波傳遞的機制。

誌 謝

本研究水位數據由「中央氣象局海象測報中心」及「港灣技術研究中心」提供，承蒙相關資料處理之協

助，使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. Candela, J., Mazzola, S., Sammari, C., Limeburner, R., Lozano, C. J., Patti, B., and Bonnanno, A. (1999) "The "Mad Sea" phenomenon in the Strait of Sicily," J. Phys. Oceanogr., Vol. 29, pp. 2210–2231.
2. Drago, A. F. (1999) A study on the sea level variations and the 'Milghuba' phenomenon in the coastal waters of the Maltese Islands, Ph.D. thesis, University of Southampton.
3. Foufoula-Georgiou, E., and Kumar P. (1995) Wavelets in Geophysics, 373 pp., Academic, San Diego, Calif.
4. Gilman, D.L., Fuglister, F.J., Mitchel Jr., J.M. (1963) "On the power spectrum of red noise," J. Atmos. Sci., Vol. 20, pp. 182–184.
5. Hasselmann, K. (1976) "Stochastic climate models: Part I. Theory," Tellus, Vol. 28, pp. 473–485.
6. Hibiya, T. and Kajiura, K. (1982) "Origin of 'Abiki' phenomenon (kind of seiches) in Nagasaki Bay," J. Oceanogr. Soc. Japan, Vol. 38, pp. 172–182
7. Honda, K., Terada, T., Yoshida, Y., and Isitani, D. (1908) "An investigation on the secondary undulations of oceanic tides," J. College Sci., Imper. Univ. Tokyo, 108 p.
8. Huang, N. E., Shen, Z., Long, S. R.,

- Wu, M. C., Shin, H. S., Zheng, Q., Yuen, Y., Tung, C. C. and Liu, H. H., (1998) "The Empirical Mode Decomposition and Hilbert Spectrum for Nonlinear and Non-Stationary Time Series Analysis," *Proc. Roy. Soc. Lond*, A454, pp. 903-995.
9. JANSÁ, A., MONSERRAT, S., and GOMIS, D. (2007) "The rissaga of 15 June 2006 in Ciutadella (Menorca), a meteorological tsunami," *Advan. Geosci.*, Vol. 12, pp. 1-4.
 10. Monserrat, S., Ibberson, A., and Thorpe, A. J. (1991) "Atmospheric gravity waves and the "rissaga" phenomenon," *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, Vol. 117, pp. 553-570.
 11. Monserrat, S., vilibic', I., and rabinovich, A.B. (2006) "Meteotsunamis: Atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band," *Natural Hazards Earth Syst. Sci.* Vol. 6, pp. 1035-1051.
 12. Vilibic', I., domijan, N., orlic', M., leder, N., and PASARIC', M., (2004) "Resonant coupling of a travelling air pressure disturbance with the east Adriatic coastal waters," *J. Geophys. Res.* Vol. 109, C10001.
 13. Vilibic, I. (2008), Numerical simulations of the Proudman resonance, *Cont. Shelf. Res.*, 28(4-5), 574-581.
 14. Wu, Z. and Huang, N. E. (2004) "A study of the characteristics of white noise using the Empirical Mode Decomposition method," *Proc. Roy. Soc. Lond*, A460, pp. 1597-1611.

國際綠能港口發展趨勢

何秉均 交通部基隆港務局工務組設計科幫工程司

一、綠能定義

綠色能源所泛指的潔淨能源，或舉凡對環境有利的能源產生方式，都可以稱之。綠能包括有水資源、太陽

能、風能、地熱及其它等之可利用能源產生電的方式。

二、綠能範圍

- (1) 水資源：下雨的雨水，從山地流入河川中，人們利用工程的方式，將河道阻塞，使水位提升，借此產生位能差，而用此位能差發電利用。另一種是利用不同河道高低差，藉穿鑿山嶺之隧道引水發電。目前臺灣地區的抽蓄水力有二座，分別市明潭廠及大觀廠，裝置容量合計260.2萬千瓦。此部分水資源再生能源分為慣常水力及其他兩部分。慣常水力部分：在臺灣地區的大、小水力電廠共有43座，依發電方式有川流式、水庫式及調整池式三類，裝置容量合計為193.8萬千瓦，淨尖峰能力為131.2萬千瓦。其他部分因裝置容量小，故暫不討論。
- (2) 太陽能：一般是指太陽光的輻射能量。利用此能量的方式有兩種，分別是光熱轉換和光電轉換兩種方式。光熱轉換是利用科技

的方式，將陽光聚合，並運用其能量產生熱水、蒸汽或電力。光電轉換又稱太陽能光電；亦即利用太陽能板直接曝曬於陽光下而產生直流電的裝置。此裝置多以半導體矽晶片所構成。簡單的太陽能板可供手表或計算計機使用。較大的太陽能板則可供房屋照明或併聯電網供電。如圖1。

- (3) 風能：利用風力推動風車旋轉發電機，稱為風力發電。風力發電機的種類有多翼型、錐型、轉輪型、雙翼螺旋槳型、雙翼型及三翼螺旋槳型。其優點是不會產生二次公害。缺點是風向和風力常常改變，造成風能無法集中的問題。臺灣各地的風力發電分布圖如圖2；共計12座風力發電廠共24.1萬千瓦，淨尖峰能力1.5萬千瓦。在近年來歐美各國積極投入風力發電發展情形下，風力發

電技術日新月異，且其發電成本逐年下降，傳統發電成本相當。在目前各種能源價格趨漲時代，各國爭相發展風力發電，至2007年底全球風力累積裝置容量已達9,400萬千瓦。

- (4) 地熱：地殼的厚度約三十公里，各地區厚度不同。臺灣位於歐亞大陸板塊、菲律賓板塊及太平洋板塊交界處。地震活動頻頻，也相對地有許多地熱資源可利用。直接利用地熱的方式是將地下水蒸汽送入汽輪機發電。或將地面水送入地下，產生蒸汽送入汽輪機發電。因臺灣位處環太平洋火山帶，故多處山區顯示具有地熱蘊藏。根據相關資料評估結果，臺灣近百處顯示具有溫泉地熱，

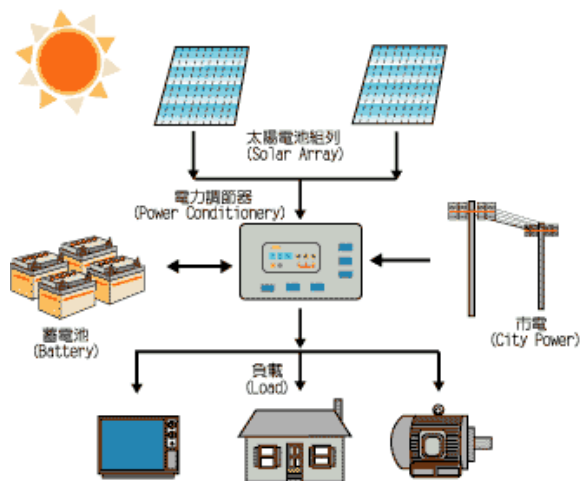


圖1 太陽能利用圖(摘自臺電簡報)

臺電公司多年來已進行各種再生能源之應用評估，選擇其中較具發展潛力的水力、風力、太陽光電、海洋溫差以及波浪發電等項目進行調查與研究。其中水力發電之開發工作，

較具開發地熱潛能者有26處，估計蘊藏100萬千瓦。其中大屯山區擁有的地熱資源較豐富，因屬火山性地熱泉，故酸性成分太高，成為發電利用之瓶頸。此外而清水及土場地區則蒸氣含量太少，較不具發電價值。

- (5) 其它：其它的綠色能源還包括海洋溫差發電、潮汐發電、波浪發電、洋流發電等，基本上都是利用海水的流動特性，推動水輪機帶動發電機而產生電流。

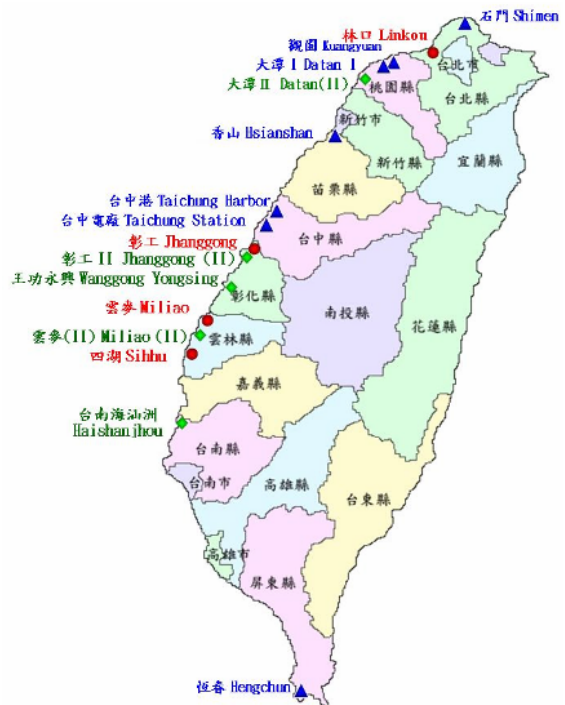


圖2 風力發電分布圖(摘自臺電簡報)

50多年來一直持續辦理從未間斷。風力發電為現階段經濟性較佳之再生能源，為開發重點；其他項目屬配合發展階段。

基隆港務局所轄的港有三，分

別是基隆港、臺北港及蘇澳港。三港主要的業務是港埠的營運及管理。上述水資源發電、地熱發電、海洋溫差發電、潮汐發電、波浪發電、洋流發

電等，均不是本局的本業，且投資過大，亦無相關的技術支援。能夠考慮就近利用的只有太陽能及風能發電方式。

三、綠能產值

在臺灣水資源發電從日據時代即是發電的主力，後因經濟發展，逐漸轉成備用發電機組，相關的產值每年可達數千萬千瓦。地熱利用、海洋溫差發電、潮汐發電、波浪發電及洋流發電等多為學術研究，在臺灣距離實務利用，尚有一段落差。

太陽能發電產值：據瑞士Bank Sarasin估計，全世界太陽能發電市場，每年以20%的速度成長。歐洲太陽光電聯合會也估計，全球太陽能產業在2010年前可達21.9GW，在2020年可達241GW，在2030年前可達1272GW，如此顯示全世界太陽能產業後勢看漲。

臺灣的日照充足，終年日照多在2200小時，恆春、臺南更高達2500小時。臺灣的太陽能總產能在2006年已躍居全球排名第五位。產值規模從2003年的新臺幣12億，至2007年的新臺幣400億，至2010年的新臺幣1,500億。太陽能光電廠的產能，在2008年為5MW，預估2010年為31MW，2015年為320MW，至2025年為1,000MW。

臺灣地區雖地處亞熱帶，惟因氣候因素，日照時間不如同緯度之其他地區，且臺灣本島地狹人稠，寸土寸金，夏秋期間颱風頻仍。目前世界

上太陽能電池設備投資費用仍相當昂貴，臺灣內部現階段太陽光電系統的主要相關產品仍以進口為主，導致成本偏高（裝置成本約為新臺幣19~26萬元/千瓦，發電成本約為12.2~25.1元/度），限制了臺灣地區太陽能發電之發展。

風力發電機之發電產值：在2008年風力發電累積裝置容量成長28.8%，全球累積容量為120,791MW。該年風力發電年度裝置容量成長36%，全球累積容量為27,056MW。其中累積裝置容量以美國最高(25,170MW)，德國次之(23,903MW)。全球風力發電未來展望預估在2010年達139,000MW，2030年達406,730MW。

臺電公司辦理的風力一期發電計畫有60部機，二期計畫有58部機，三期計畫有28部機。另離島風力發電計畫有8部機。三期共146部機，總計274.56MW；再加離島機組總共為162部機，總裝置容量288.46MW。統計至97年底，已商轉容量為179.76MW，含民營風場已商轉容量為379.06MW。

目前在臺灣地區風力發電產業關鍵瓶頸有二，分別是1. 缺乏主系統廠

商，自主性系統整合能力不足；自製關鍵零組件及系統缺乏國際測試認證技術能量。2. 風力發電機在國內市場規模仍小，難以支持國內廠商；欠缺運轉實績，不易建立自有品牌。

經濟部能源局原訂2010年風力推廣目標為2,159MW，於96年底下修為980MW，惟目前臺電及民間業者共規劃僅約556MW，與2010年目標仍有頗大差距。

四、國際綠能港口發展

為瞭解國際綠能港口發展現況，謹針對世界上多個港提出說明資料。這些個港口分別是英國的Talbot港、西班牙的Barcelona港、美國、加拿大……。各港對綠色港環保的努力及做為，分述如下：

英國的Talbot港：英國Talbot港(如圖3)計畫花費8.3億美元建造電廠。這個建造案將利用美國及加拿大進口的木屑，燃燒此木屑產生電力。電廠將於2010年春季前完成，可提供Wales一半的家庭用電所需，每年燃燒約有3,000,000噸的木屑。每年產生的木炭灰將有150,000噸，此木炭灰可用於農業改良土中。這港將對Welsh 協議，完成利用再生能源目標達成率70%的目標。



圖3 英國Talbot港圖

西班牙的Barcelona港：西班牙的Barcelona港的天然氣電廠選擇奇異公司的F級的氣渦輪機作為發電主力機種。此主力機為奇異STAG 109FB 混合周期系統，裝置容量為850MW。預定在2010年時，可完成其他相對機種，電力生產可達到5,000MW。

英國的Tyne港：在2014年，英國的Tyne港(如圖4)將建以木屑發電的電廠乙座。這座電廠裝置容量為295MW，每年消耗約240萬噸的木屑，24小時運費，全年無休。總經理Chris Moor表示：「我們的電廠會配合政府的環保綠色政策，在未來十年中，儘量利用環保替代能量。另一方面，我們將有裝置容量1,000MW的風力發電場。」North Tyneside 市長Linda Arkley另外表示：「我們將投資4億英鎊來辦理各項環保電廠的計畫。未來將間接產生300至400個工作機會。」



圖4 英國的Tyne港

美國的Vancouver港：美國的Vancouver港將利用B20生化柴油機。這個港的部份柴油起重機具將利用混合有20%的生化柴油及80%得柴油，此機具可用來處理玉米及糖。這一型的機具更環保，有助於本地自產生化燃料工業的發展。

美國威斯康辛州的Milwaukee港：這港的發電廠用一些工業設備將收集到的木頭廢棄物及其他生化燃料。這個港將以15年的時間，每年將花費85,100美元用於環保工作。

美國的Portland港：太平洋電力及波特蘭通用電力廠宣布將購買52.5萬千瓦的再生電力設備。未來另將投資風力發電設備，這設備可達到100千瓦。

美國的紐約港：紐約港為配合環境需求，將持續運送木屑及原子炭。預計2009年於長島港及PA港運送估計500,000噸的原料至歐洲。紐約港可為環保工作盡一份力量。

比利時Zeebrugge港：Zeebrugge港為比國境內主要的貨櫃港與roll-on/roll-off之運輸，散貨(如：鐵沙、煤

炭、穀物、肥料與沙石等)及傳統貨物為此港主要之運輸貨品。港東側防波堤上設有23座風力發電機，總裝置容量為17,500MW，所發出之電力可提供5000家庭使用。

加拿大安大略省的Alma港：Alma港的風力發電計畫將設置一座101.2 MW風場(如圖5)。這座風場的面積達4800公頃。這計畫將設置44個Siemens 2.3 MW Mark II型的風力發電機。每一個風力發電機裝置容量為2,300 kW。



圖5 加拿大安大略省的Alma港風場

美國佛羅里達州Bradenton的Manatee港：FB能源公司選Manatee港為投資1.85億美元為再生能源場所。此計畫可製造至少175個直接工作機會，亦可為美國帶進2百萬元稅收。這廠將設置60 MW電力設備，並利用生化能源為其材料，此舉可降低氣候變遷的衝擊。這建設將於2009年12開始，於2012年完成商業運轉。

美國Houston港：Houston港(如圖6)將以三年的時間將港區電源逐漸以環保的風力發電能源替代，替代率將達到5%的量，目前港的用電量約129MW。



圖6 美國Houston港

美國的Los Angeles港：在2009年末，舊金山港(如圖7)將由建於其世界船舶中心屋頂上的6,600 平方公尺太陽能板生產清潔電力。這建設成本高達1,350萬美元的計畫已核定。另三項計畫亦將於5年內完成，屆時可完成100,000平方公尺的太陽能板，裝置容量總共有10MW。所產生的電力可提供2,500個家庭使用。這樣的計畫不僅降低舊金山港對於石化燃料產生電力的需求，亦可以減少溫室效應的影響，更進一步每年可以造就周邊產業約有200至400個工作機會。有關單位表示，希望太陽能板於2010年時裝置容量達1.3GW，可取代20%的電力，在2020年時，能取代35%的電力。



圖7 美國的Los Angeles港

美國San Diego港：一種新的風力發電機葉片將於San Diego港做一測試(如圖8)。這型風力發電機葉片小於30公尺，不像一般風力發電機葉片是直線型，這型葉片像飛機機翼，有弧度，更適合旋轉。測試結果比傳統的葉片更可提高8%的電力。未來將於San Diego港設置三年，希望對風力發電機工業，有革命性的改變。



圖8 美國的San Diego港的風力發電機

德國漢堡港：漢堡位於易北河下游與其支流阿爾斯特河和比勒河的匯合處。面積795平方公里，人口250萬，是德國第二大城市，屬聯邦直轄。漢堡港口又是德國最大的港口，從北海來的海輪可溯河而上直達漢堡港；漢堡港設置有兩座實驗性的風力發電機(如圖9)，將來如運轉可達商業供電時，會考慮於適當地點設置。



圖9 德國漢堡港的風力發電機

五、基隆港、蘇澳港及臺北港綠能發展潛能

為加速綠色能源發展、塑造節能減碳新風貌，行政院於98年4月23日正式通過「綠色能源產業旭升方案」，積極推動臺灣產業朝向低碳及高值化發展，預估綠色能源產業產值可由97年的1,603億元增至104年的1兆1,580億元，約可提供11萬人就業機會。基隆港及蘇澳港的天候狀況相似，從交通部中央氣象局網站上公布的日照時數，以宜蘭農改場站的2008年為例，總時數為1,314小時，如再加上基隆東北季風的影響，則基隆港的總日照時數，將不足1,000小時。臺北港的總日照時數，以桃園測站估算，總時數為1,728.9小時。兩者的8月均無

資料，是以2007年8月之資料估算。三港的日照總時數均少於全年平均總日照數2,200小時。

以市面上最先進的太陽能光電池計算，每100平方公尺的裝設成本約為新臺幣400萬元，基隆港每月可節省電費約1,000元，蘇澳港每月節省電費約1,300元，臺北港每月節省電費約1,700元。基隆港的裝設成本回收年需至少400年，蘇澳港為307年，臺北港為235年。表一為三港的用電度數及電費，基隆港裝設面積約需達7.2公頃(半個基隆港第一突堤)，方可平衡電費，但裝置費用約高達288億元；臺北港約為34億元；蘇澳港約為16.5億元。

表一 基隆港務局97年三港用電統計

	用電度數	電費 元(未稅)	備註
基隆港	28,549,643	72,194,025	
臺北港分局	2,174,050	8,511,231	
蘇澳港分局	1,437,295	4,142,033	
合計	32,160,988	84,847,289	

以三港的昂貴土地及稀有的日照陽光而言，太陽能光電產業，顯然無法大顯身手，即便配合政策或環保宣傳，亦極易造成削足適履，省能不省錢的窘境。

根據中央氣象局在基隆地區的風速統計資料，從1971年至2000年平均風速為3.1公尺每秒；淡水地區的風速統計資料為2.6公尺每秒；宜蘭地區的

風速統計資料更低，僅有1.6公尺每秒。風力發電機運轉的風速必須大於2至4公尺每秒，但是風速太強，如高出於25公尺每秒，亦無法產生電力；當風速達14至16公尺每秒時，即達滿載發電。換言之，以三港所在地之風速，想要達到風力發電的商業運轉，其效率有限。

六、結語

以現今三個港所面臨的港區土地資源貧乏，其中以基隆港為最，利用這樣的有限資源設置太陽能光電場或風力發電場，所費不訾，效益有限。港務局本身的工作是港埠的經營管理，設置太陽能光電場或風

力發電場無法提高收益或提高經營效益，設置時確實需要三思。未來如設備機具價格大幅降低，或光電板發電效率大幅提高，或許有可能再研究設置之可能性。

參考資料

1. 中央氣象局統計資料網站。
2. 臺灣電力公司系統規劃處98年3月「太陽光電與風力發電之現況與展望」簡報。
3. 臺灣電力公司電源開發處97年12月「97臺電電源開發方案」。
4. 維基百科全書-風力發電場。
5. 維基百科全書-太陽能電池。
6. 行政院經濟建設委員會，臺灣經濟論衡，98年6月第7卷第6期。

臺中港水質環境調查研究

許弘筭 成功大學海洋環境中心助理研究教授
張 引 成功大學水工試驗所助理研究員
蔡立宏 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
徐如娟 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

一、前 言

海域水質環境攸關整個海域生態健全最重要的依據，品質佳的水質環境，提供海域動、植物生存必備條件，海域生物包括魚、蝦及貝類與藻類等生物，在穩定的生存環境條件下，維持生物鏈健全平衡的狀態。好的水質環境海域，亦提供民眾從事海岸或海洋休閒親水活動良好的休閒環境品質，亦能提升我國在國際的形象。臺灣四面環海，海岸線總長約一千五百餘公里，由於各種陸海空域活動之污染物質，包括：工商農漁業廢棄物、廢水、天然降雨以及遊憩活

動等，污染的水體有可能以河川匯流、大排或伴隨降水等方式進入海洋影響海域水質。此外，船舶排水亦可能為港池污染的來源。為能達到海洋環境永續發展的目標，本研究擬調查臺中港鄰港附近水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出臺中港鄰港附近海域水質分佈的特性、影響水質之因素以及與自然條件的相關性。本文之調查時間係選擇梅雨季節前後進行二次採樣調查，以觀察暴雨沖刷後之臺中港港域水質變化情形。

二、臺中港區概況

臺中港位於臺中縣梧棲鎮，港區範圍北起大甲溪南岸，南至大肚溪北岸，東以臨港路為界，西臨臺灣海峽，南北長12.5公里，東西寬2.5至4.5公里，總面積約3,793公頃，其中陸域面積佔2,820公頃，水域面積佔973公頃，包括商港、工業港及漁港三部份。

臺中港發展至今已興建之營運碼

頭共49座，總長度11,936公尺，貨櫃8座、客運1座、穀類2座、煤炭4座、管道8座、水泥3座、散雜貨21座、LNG1座及廢鐵1座。碼頭後線儲轉區之倉棧設施有雜貨通棧13座，水泥筒倉22座，堆貨場8處，貨櫃場3處，液體貨儲槽255座，可提供業者良好的投資環境，棧埠裝卸及倉儲業務多開放

民間投資經營，全港擁有許多自動化的裝卸倉儲設備，作業效率高。其地處於臺灣南北交通的中心，有快速道路連接清泉崗國際機場，有利海空聯

運；更位於上海到香港航運的中點，與大陸東南沿海各港呈輻射狀等距展開，距離最近，在未來兩岸直航具有最佳優勢。

三、臺中港鄰港水質調查分析

本研究係在臺中港鄰港區域進行海域水體環境品質調查，以瞭解臺中港鄰港環境品質之變化。選擇自北起大甲溪南岸，南至大肚溪口，南北縱長約15公里，共設置10個水質監測站，以調查臺中港鄰港海域環境品質。而調查時間選擇梅雨季節前後進行二次採樣，採樣時間分別為2009年4月29日與2009年6月25日。水質採樣之座標點位如表1，實測點位如圖1。梅雨季節前後之二次採樣調查，水質調查項目包括酸鹼值(pH)、水溫、鹽度(salinity)、透明度、

溶氧(dissolved oxygen)、生化需氧量(biological oxygen demand)、懸浮固體物(suspended solid)、總固體物(total solid)、大腸桿菌群(total coliform)、總磷(total phosphate)、氨氮(ammonia nitrogen)、亞硝酸鹽氮(nitrite nitrogen)及油脂(oil & grease)等共計13檢項。現場取樣後依不同分析項目，立即添加保存劑處理，加冰塊冷藏後運回實驗室進行分析。現勘之相片如圖2所示。本研究採樣監測結果詳如表2與表3。以下則將針對水質採樣之分析結果作說明。

表1 臺中港鄰港水質環境採樣點位座標

點位	位置	二度分帶 (TWD-67)		緯度 (WGS-84)		經度 (WGS-84)	
		X(E)	Y(N)	度	分	度	分
N1	大肚溪出口	197010	2677603	24	12.070	120	29.191
N2	安良港大排出口	198600	2681000	24	13.913	120	30.123
N3	梧棲大排	199400	2682900	24	14.944	120	30.592
N4	大甲溪出口	203800	2692300	24	20.045	120	33.174
N5	南迴轉池	197900	2682500	24	14.725	120	29.706
N6	南北向主航道	199500	2685400	24	16.299	120	30.645
N7	漁港	200200	2687600	24	17.492	120	31.055
N8	港口南側外海(-5m)	193500	2678900	24	12.765	120	27.115
N9	港口	195400	2688400	24	17.916	120	28.216
N10	港口北側外海(-10m)	199900	2693500	24	20.688	120	30.865

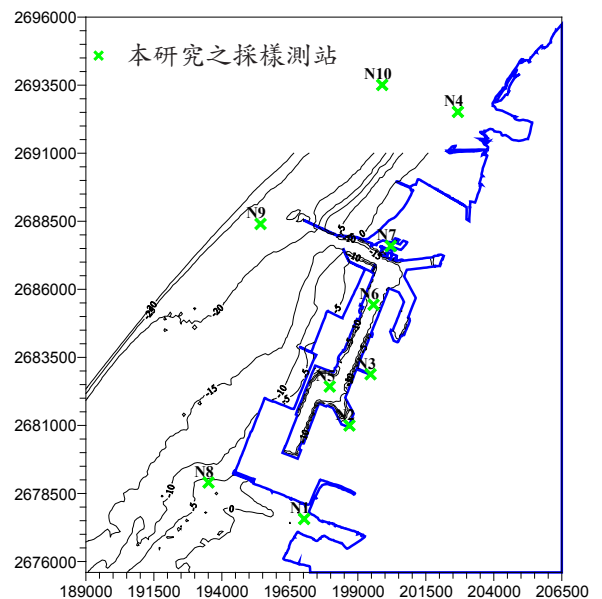


圖1 本研究海域水質採樣實測點位圖



梧棲大排(C6)



仁民中排(C5)



信民中排(C4)



安良港大排(C3)



龍安中排(C2)



N2



忠和中排(C1)



N3

圖2 現場勘察之相片

表2 第一次採樣(梅雨季節前)之調查結果 (2009年4月29日海域水質)

檢項及 方法 項目	pH	水溫 ℃	導電度 μmho/cm	鹽度 psu	透明度 m	透視度 cm	DO mg/L	DO 飽和度(%)
	NIEA W424.52A	NIEA W217.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C [⊗]	NIEA E220.50C	NIEA W221.50A	APHA 4500-O G	APHA 4500-O G
N1	8.1	26.4	18300	10.9	0.50	—	7.1	92.7
N2	8.3	25.3	50100	32.8	—	>30.0	10.6	128
N3	8.3	24.9	50500	33.1	—	>30.0	10.8	130
N4	8.3	25.8	39100	24.9	1.1	—	7.1	98.5
N5	8.3	25.3	50000	32.8	2.5	—	10.6	128
N6	8.2	24.6	50800	33.4	2.4	—	9.7	116
N7	8.3	25.9	51000	33.5	2.0	—	6.6	96.9
N8	8.2	25.7	47600	31.1	0.99	—	6.7	97.9
N9	8.3	26.0	50300	33.1	2.5	—	6.8	99.5
N10	8.3	25.9	47400	30.9	2.1	—	6.9	99.2
認證與否	⊙	⊙	⊙					
MDL	—	—	—	—	—	—	—	—
乙類	7.5-8.5	無	無	無	無	無	>5.0	

檢項及 方法 項目	BOD mg/L	大腸桿菌群 CFU/100mL	懸浮固體 mg/L	總溶解固體 mg/L	亞硝酸鹽氮 mg/L	氨氮 mg/L	總磷 mg/L	總油脂 mg/L
	NIEA W510.54B	NIEA E202.53B	NIEA W210.57A	NIEA W210.57A	NIEA W452.50C	NIEA W448.51B	NIEA W427.52B	NIEA W506.21B
N1	2.5	1.4×10 ⁴	32.0	14600	0.11	0.43	0.144	0.8
N2	4.2	40	14.6	39200	0.01	0.08	0.094	1.1
N3	2.8	6.1×10 ²	9.0	41000	<0.01(0.0065)	0.04	0.040	1.0
N4	4.5	30	14.2	28900	<0.01(0.0073)	0.05	0.043	0.9
N5	4.3	2.4×10 ²	8.2	42100	<0.01(0.0059)	0.08	0.033	<0.5
N6	4.1	4.2×10 ²	7.0	41300	<0.01(0.0044)	<0.04(0.03)	0.023	1.4
N7	3.1	<10	5.4	42800	<0.01(0.0062)	0.04	0.022	1.3
N8	3.6	2.4×10 ²	12.8	37600	0.02	0.08	0.043	1.4
N9	4.1	90	5.7	41300	<0.01(0.0082)	0.08	0.026	1.1
N10	3.8	<10	6.0	36700	<0.01(0.0068)	<0.04(0.03)	0.030	1.6
認證與否	⊙	⊙	⊙		⊙		⊙	⊙
MDL	2.0#	—	2.5#	2.5#	0.00031	0.012	0.0045	0.5#
乙類	<3.0	無	無	無	無	無	無	無

備註：1. 標示⊙者為本室經環保署認可之檢項。“⊗”代表該檢測方法係參考環境保護署環境檢驗所公告的方法。“—”表不必分析。“#”表定量極限。

2. 本報告書依據環保署「檢測報告位數表示規定」出具檢測數據。

3. 報告值標示為“<0.01()”(亞硝酸鹽氮)，<0.01為該檢項規定的報告位數，括號內數據表實際測值。

4. 報告值標示為“<0.04()”(氨氮)，0.04為該檢項之定量極限濃度，括號內數據表由外插方式求得之值。

表3 第二次採樣(梅雨季節後)之調查結果(2009年6月25日海域水質)

檢項及方法	pH	水溫 ℃	導電度 μmho/cm	鹽度 psu	透明度 m	透視度 cm	DO mg/L	DO 飽和度(%)	BOD mg/L
項目	NIEA W424.52A	NIEA W217.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C [⊗]	NIEA E220.50C	NIEA W221.50A	NIEA W455.50C	NIEA W455.50C	NIEA W510.54B
N1	8.1	29.8	49400	32.4	0.73	—	6.2	97.7	<2.0(0.9)
N2	8.2	29.8	49400	32.6	—	>30.0	6.6	103	<2.0(1.5)
N3	8.1	29.5	49400	32.6	—	>30.0	6.3	98.7	<2.0(0.9)
N4	8.2	30.6	43600	28.2	0.82	—	6.6	100	<2.0(0.4)
N5	8.2	29.9	49400	32.5	1.7	—	7.4	117	<2.0(1.2)
N6	8.2	29.2	49800	32.8	1.5	—	6.6	103	<2.0(0.4)
N7	8.1	31	49200	32.3	1.5	—	6.2	97.2	<2.0(0.7)
N8	8.1	30.2	49700	32.6	1.4	—	6.2	99.6	<2.0(1.2)
N9	8.1	31.7	49600	32.6	2.1	—	6.3	100	<2.0(0.8)
N10	8.1	31.4	50200	33	2.1	—	6.2	97.6	<2.0(0.8)
認證與否	◎	◎	◎						◎
MDL	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0#
乙類	7.5-8.5	無	無	無	無	無	>5.0		<3.0

檢項及方法	大腸桿菌群 CFU/100mL	懸浮固體 mg/L	總溶解固體 mg/L	亞硝酸鹽氮 mg/L	氨氮 mg/L	總磷 mg/L	總油脂 mg/L	礦物性油脂 mg/L
項目	NIEA E202.53B	NIEA W210.57A	NIEA W210.57A	NIEA W452.50C	NIEA W448.51B	NIEA W427.52B	NIEA W506.21B	NIEA W506.21B
N1	3.9×103	58.6	39300	<0.01(0.0093)	0.24	0.065	<0.5	—
N2	45	7.1	39700	0.01	0.23	0.09	<0.5	—
N3	3.3×102	7.4	39500	<0.01(0.0083)	0.3	0.053	4.4	1.5
N4	70	11.6	33900	<0.01(0.0055)	0.11	0.05	<0.5	—
N5	2.0×102	8.8	39400	<0.01(0.0080)	0.29	0.053	<0.5	—
N6	55	7.6	39400	<0.01(0.0076)	0.21	0.047	<0.5	—
N7	10	6.9	39400	<0.01(0.0069)	0.23	0.042	<0.5	—
N8	25	7.4	39800	<0.01(0.0100)	0.46	0.048	<0.5	—
N9	2.5×102	9.8	39600	<0.01(0.0072)	0.17	0.05	1	—
N10	<10	7.4	40100	<0.01(0.0036)	0.15	0.038	0.8	—
認證與否	◎	◎		◎		◎	◎	
MDL	—	2.5#	2.5#	0.00031	0.012	0.0045	0.5#	0.5#
乙類	無	無	無	無	無	無	無	無

備註：1. 標示◎者為本室經環保署認可之檢項。“⊕”代表該檢測方法係參考環境保護署環境檢驗所公告的方法。“—”表不必分析。“#”表定量極限。

2. 本報告書依據環保署「檢測報告位數表示規定」出具檢測數據。

3. 報告值標示為“<2.0()”(BOD)，2.0為該檢項的定量極限，括號內數據表實際測值。

4. 報告值標示為“<0.01()”(亞硝酸鹽氮)，<0.01為該檢項規定的最小表示位數，括號內數據表實際測值。

5. 亞硝酸鹽氮檢項，樣品編號W098062509(採樣點N8)，樣品濃度為0.009981mg/L。

6. 凡總油脂小於2.0 mg/L不測定礦物性油脂。總油脂大於等於2.0 mg/L者，則續測定礦物性油脂。

3.1 酸鹼度(pH)

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之pH值，在第一次採樣調查中皆符合乙類海域水質標準(7.5~8.5)，在第二次採樣調查中亦符合乙類海域水質標準，兩次採樣監測結果如圖3所示。在第二次採樣中之pH測值均低於第一次之測值，此可能

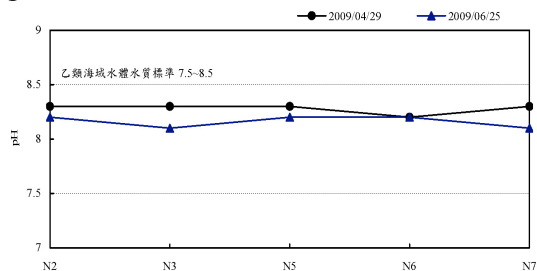


圖3 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質pH值結果圖

為第二次採樣在梅雨季節後，降雨稀釋了港域內之水質，造成第二次採樣中之pH測值稍低之原因。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、N10)之pH值，在第一次採樣調查中皆符合乙類海域水質標準，在第二次採樣調查中亦符合乙類海域水質標準，兩次採樣監測結果如圖4所示。

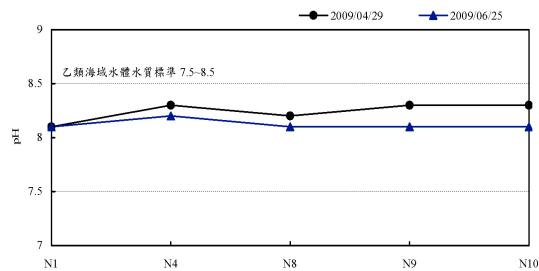


圖4 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質pH值結果圖

3.2 導電度(Conductivity)

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之導電度，在第一、二次採樣調查中皆在正常海水值45~55 mmho/cm之間，兩次採樣監測結果如圖5所示。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、N10)之導電度，第一次採樣調查時在N1(大肚溪出海口)發現導電度低於其他點位，在N4(大甲溪出海口)之導電度略低於其他點位，

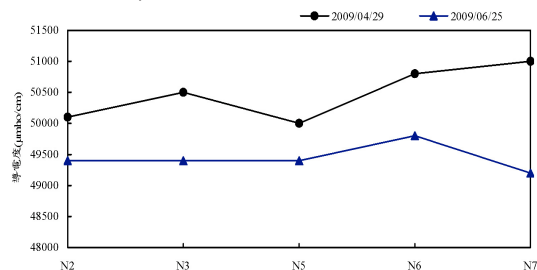


圖5 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質導電度結果圖

有被稀釋現象。第二次採樣調查時在N4(大甲溪出海口)之導電度略低於其他點位。兩次採樣監測結果如圖6所示。在第二次採樣中之港區內外之導電度測值均低於第一次之測值，此應為第二次採樣係在梅雨季節後，降雨稀釋了港域內之水質，造成第二次採樣中之導電度測值稍低之原因。此結果亦可由鹽度測值中獲得驗證。

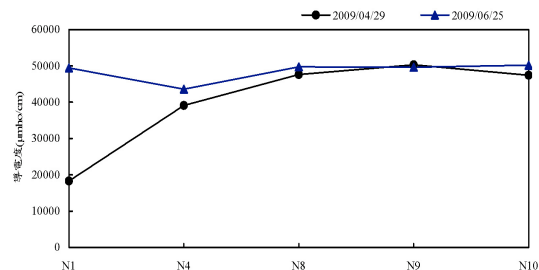


圖6 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質導電度結果圖

3.3 鹽度(Salinity)

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之鹽度，在第一、二次採樣調查中皆在正常海水值33-35 psu之間，兩次採樣監測結果如圖7所示。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、N10)之鹽度，鹽度變化的趨勢與導電度大致相似，第一次採樣調查時在N1(大肚溪出海口) 鹽度低於其他點

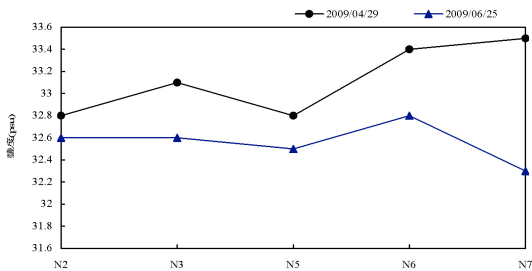


圖7 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質鹽度結果圖

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之溶氧結果，第一次採樣中各點位之溶氧值皆符合乙類海域水質標準(>5 mg/L)。測站N2、N3、N5與N6之溶氧值有過飽和現象，可能原因為港內有藻類過量繁殖，光合作用造成港內容氧偏高。第二次採樣中各點位之溶氧值亦皆符合乙類海域水質標準(>5 mg/L)，且無過飽和現象，兩次採樣監測結果如圖9所示。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、

位，在N4(大甲溪出海口)之鹽度略低於其他點位，有被稀釋現象。第二次採樣調查時在N4(大甲溪出海口)之鹽度略低於其他點位。兩次採樣監測結果如圖8所示。在第二次採樣中之港區內外之鹽度測值均低於第一次之測值，此應為第二次採樣係在梅雨季節後，降雨稀釋了港域內之水質，造成第二次採樣中之導電度測值稍低之原因。

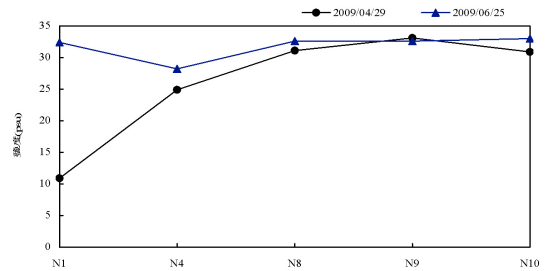


圖8 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質鹽度結果圖

3.4 溶氧

N10)之溶氧值，第一、二次採樣中各點位之溶氧值皆符合乙類海域水質標準(>5 mg/L)，且無過飽和現象。兩次採樣監測結果如圖10所示。在第二次採樣中之港區內外之溶氧值測值均低於第一次之測值，此應為第二次採樣係在梅雨季節後，降雨稀釋了港域內之水質，造成第二次採樣中之溶氧值測值稍低之原因。

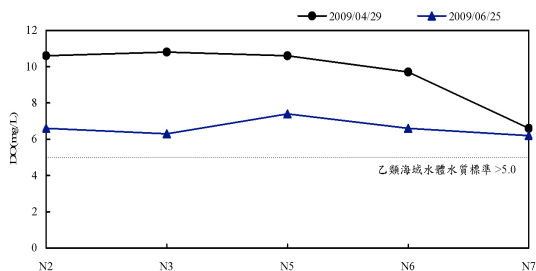


圖9 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質DO結果圖

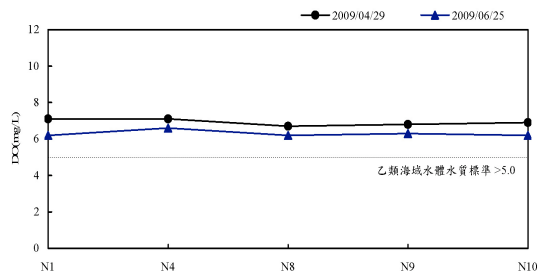


圖10 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質DO結果圖

3.5 生化需氧量

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之BOD，第一次採樣中除了N3測站外，均有超出乙類水質標準之情形。第二次採樣中各點位之生化需氧量值，均符合乙類水質標準之情形，兩次採樣監測結果如圖11所示。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、N10)之BOD，第一次採樣

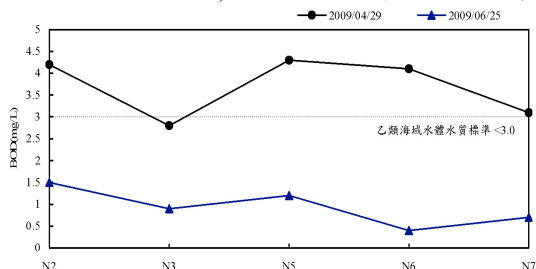


圖11 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質BOD結果圖

中，除了N1測站外，均有超出乙類水質標準之情形。第二次採樣中，各點位之生化需氧量值，均符合乙類水質標準之情形。兩次採樣監測結果如圖12所示。在第二次採樣中之港區內、外之BOD測值均低於第一次之測值，此應為第二次採樣係在梅雨季節後，降雨稀釋了港域內之水質，造成第二次採樣中之BOD測值稍低之原因。

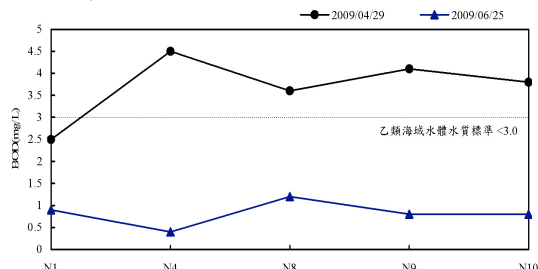


圖12 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質BOD結果圖

3.6 總磷(total phosphate)

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之總磷，總磷無乙類海域水質標準，甲類標準為0.05mg/L。在第一次與第二次採樣中，除了N2測站外，各測站之總磷測值皆均低於或等於甲類上限值，兩次採樣監測結

果如圖13所示。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、N10)之總磷，總磷無乙類海域水質標準，甲類標準為0.05mg/L。第一次與第二次採樣中，除了N1測站外，各測站之總磷測值皆均低於或等於甲類上限值，兩次採樣監測結果如圖14所示。

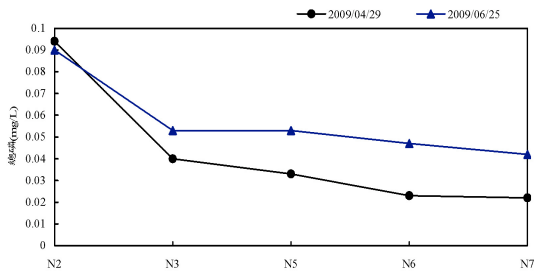


圖13 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質總磷結果圖

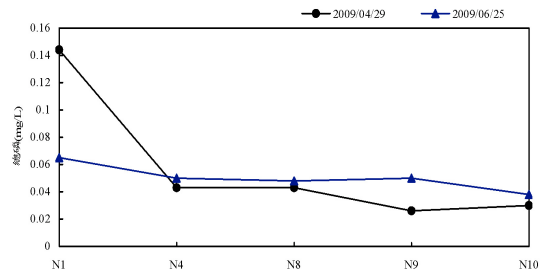


圖14 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質總磷結果圖

3.7 氨氮

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之氨氮，氨氮無乙類海域水質標準，甲類標準為0.3mg/L。在第一次採樣中，測站N2與N5稍微超出甲類海域水質標準；在第二次採樣中，各測站之氨氮測值皆均低於或等於甲類上限值，兩次採樣監測結

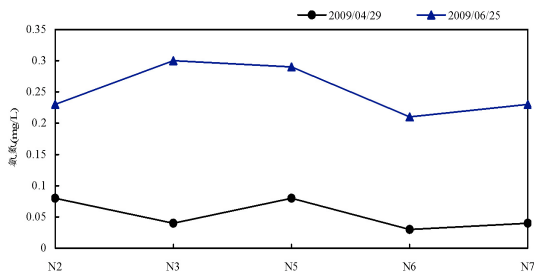


圖15 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質氨氮結果圖

果如圖15所示。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、N10)之氨氮，在第一次採樣中，測站N1、N8與N9超出甲類海域水質標準；在第二次採樣中，僅測站N8超出甲類海域水質標準，其於各測站皆符合甲類海域水質標準，兩次採樣監測結果如圖16所示。

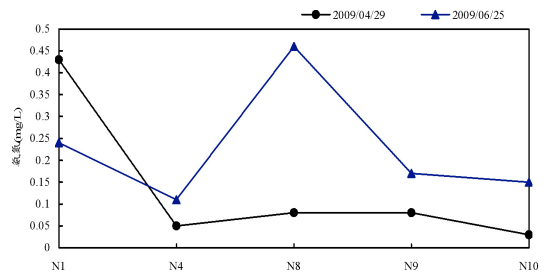


圖16 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質氨氮結果圖

3.8 總油脂

在港區內各海域測點(N2、N3、N5、N6、N7)之總油脂，第一次採樣中各點位之總油脂測值均在<0.5 ~ 1.6 mg/L之間，由於礦物性油脂為總油脂的一部份，因此各海域測點之礦物性油脂均符合甲類海域水質標準(< 2.0 mg/L)，無油污染之情形。第二次採樣

中除了N3測站之總油脂測值(4.4 mg/L)高出甲類海域水質標準外，其餘各點位之總油脂均符合甲類海域水質標準，無油污染之情形。因N3測站之礦物性油脂(1.5 mg/L)符合甲類海域水質標準(< 2.0 mg/L)，故N3測站之總油脂主要來源並非來自於船舶，而是動物性油脂所造成的。兩次採樣監測結

果如圖17所示。在港區外各海域測點(N1、N4、N8、N9、N10)之總油脂，在第一、二次採樣中各測站皆符合甲

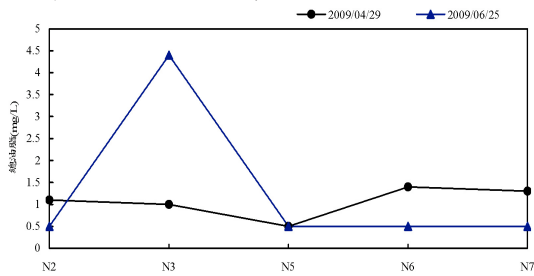


圖17 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區內海域水質總油脂結果圖

類海域水質標準，兩次採樣監測結果如圖18所示。

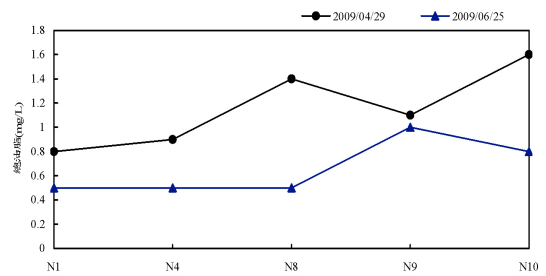


圖18 2009年兩次採樣(2009/04/29與2009/06/25)調查之港區外海域水質總油脂結果圖

四、海域水質統計分析

臺中港水質資料庫系統中計有河川水質、海域水質及底泥等三大類監測資料。其中河川水質監測項目共有21項，分別為：水溫、pH、溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、大腸桿菌、氨氮、有機氮、硝酸鹽氮、總磷、鉛、銅、鎘、鋅、六價鉻、錳、銀、汞、砷、硒及總凱氏氮。海域水質之監測項目共有12項，分別為：水溫、pH、鹽度、溶氧量、生化需氧量、礦物性油脂、大腸桿菌群、酚類、氨氮、總磷、氰化物及有機氮。底泥之監測項目共有9項，分別為：總有機物、砷、汞、鉛、鋅、銅、鎘、總鉻及平均粒徑。如此眾多的監測項目，若要掌握其整體趨勢，必需先將眾多之監測細項進行化約。在本研究中係利用主成份分析法將河川水質、海域水質及底泥眾多監測細項資料進行化約，圖19為將河川水質、海域水質及

底泥眾多監測細項資料進行化約之流程。主成份分析係由Pearson於1901年提出基礎理論所發展出之多變量統計方法。此多變量統計法之設計是在盡可能保留原始數據資訊的前提下，取若干線性組合，將多維且彼此間具有相關性之原始數據轉換為維數較少且相互獨立之主成份。

4.1 主成份分析結果

主成份分析屬多變量統計方法，其理念是在盡可能保留原始數據資訊的前提下，取若干線性組合，將多維且彼此間具有相關性之原始數據轉換為維數較少且相互獨立之主成份。經過線性轉換後之主成份具有下列特性：

- (1) 每一主成份為原始數據的線性組合。
- (2) 第一主成份必需能解釋最大的資

料變異量。

- (3) 接下來的第N個主成份能解釋扣除第一、第二...及第N-1個主成份後所剩餘的最大資料變異量。
- (4) 所有主成份加起來可百分之百解釋原始資料變異量。
- (5) 各主成份之間獨立無相關性。

在應用上，一般係選擇變異量解釋力超過5%之主成份，並將其視為獨立之新變數來進行分析。以下為臺中港河川水質、海域水質及底泥監測項目之主成份分析結果。

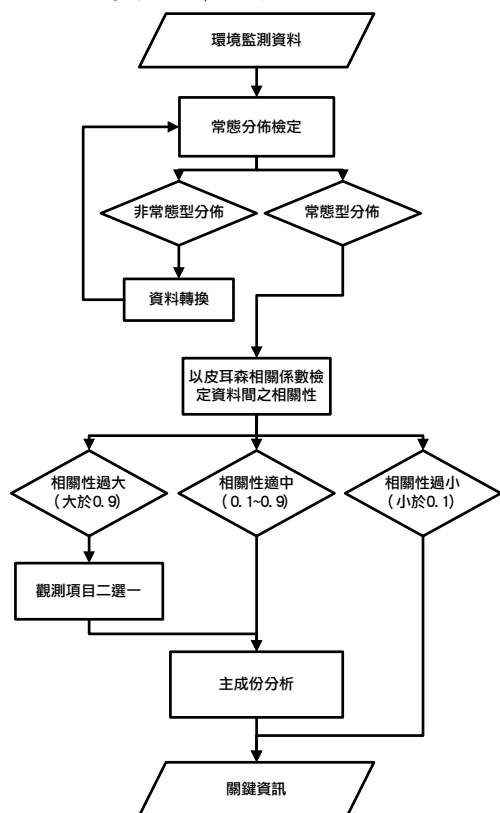


圖19 河川水質、海域水質及底泥監測資料化約之流程

4.2 河川水質監測項目主成份分析結果

經過相關性檢定，總共留下20個

河川水質監測項目進行主成份分析，分別為：水溫、pH、sqr_溶氧量、ln_生化需氧量、ln_懸浮固體、ln_大腸桿菌、sqr_氨氮、ln_有機氮、ln_硝酸鹽氮、ln_總磷、sqr_鉛、ln_銅、鎘、ln_鋅、ln_六價鉻、ln_錳、ln_銀、ln_汞、ln_砷及ln_硒。

表4為河川水質監測項目所有主成份之特徵值、解釋變異量百分比及累計解釋變異量百分比。由此表可看出，變異量解釋力超過5%之主成份共有7個，總共解釋了臺中港河川水質監測資料62.899%的變異。表5列出以上7個主成份與原始河川水質監測值間之線性方程式係數。

表4 臺中港河川水質主成份之特徵值、解釋變異量百分比及累計解釋變異量百分比

Component	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.849	14.244	14.244
2	2.771	13.855	28.099
3	1.715	8.573	36.672
4	1.584	7.921	44.593
5	1.349	6.747	51.340
6	1.219	6.097	57.437
7	1.092	5.462	62.899
8	.930	4.652	67.551
9	.876	4.381	71.932
10	.799	3.995	75.927
11	.725	3.624	79.551
12	.650	3.248	82.799
13	.634	3.168	85.967
14	.574	2.871	88.837
15	.484	2.419	91.256
16	.430	2.152	93.408
17	.401	2.006	95.414
18	.362	1.811	97.225
19	.321	1.607	98.832
20	.234	1.168	100.000

表5 臺中港河川水質變異量解釋力超過5%的7個主成份與原始河川水質監測值間之線性方程式係數

	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
水溫	-.082	-.019	-.067	-.253	.468	.253	-.535
Ph	.235	-.136	-.442	.039	-.150	.386	.418
sqr_溶氧量	.314	-.663	.063	-.035	.148	-.031	.160
ln_生化需氧量	-.057	.668	.057	-.023	-.375	.229	-.126
ln_懸浮固體	-.215	.339	.198	.145	-.303	-.153	.443
ln_大腸桿菌	.101	.424	-.352	.259	.065	.054	-.014
sqr_氮氮	-.474	.572	-.092	.059	-.115	-.035	-.052
ln_有機氮	-.036	.567	-.121	.135	.521	.241	.206
ln_硝酸鹽氮	.392	-.397	.287	-.037	.193	-.230	.261
ln_總磷	-.631	.114	.373	-.038	.316	-.058	.148
sqr_鉛	.179	.013	.346	.762	.153	.134	-.178
ln_銅	-.052	.176	.674	-.364	.101	.237	.067
鎘	.048	-.243	.205	.786	-.085	.018	-.181
ln_鋅	.460	.301	.588	-.054	-.150	.047	.048
ln_六價鉻	.209	.398	-.075	-.005	.466	-.426	.059
ln_錳	-.709	-.245	.276	-.028	-.063	.234	.064
ln_銀	.478	.141	.025	-.233	-.323	-.255	-.321
Ln_汞	.573	.308	-.061	.005	.183	.265	.257
Ln_砷	.071	.422	.059	.064	.058	-.538	.019
Ln_硒	.703	.250	.223	-.107	-.034	.270	-.098

4.3 海域水質監測項目主成份分析結果

經過相關性檢定，總共留下11個海域水質監測項目進行主成份分析，分別為：水溫、pH、鹽度、溶氧量、ln_生化需氧量、ln_礦物性油脂、ln_大腸桿菌群、ln_酚類、ln_氮氮、ln_總磷及sqr_氰化物。表6為海域水質監測項目所有主成份之特徵值、解釋變異量百分比及累計解釋變異量百分比。由此表可看出，變異量解釋力超過5%之主成份共有8個，總共解釋了臺中港海域水質監測資料88.186%的變異。表7列出以上8個主成份與原始海域水質監測值間之線性方程式係數。

表6 臺中港海域水質主成份之特徵值、解釋變異量百分比及累計解釋變異量百分比

Component	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.247	29.514	29.514
2	1.258	11.437	40.951
3	1.219	11.084	52.035
4	1.005	9.132	61.167
5	.975	8.862	70.029
6	.777	7.067	77.096
7	.669	6.082	83.178
8	.551	5.008	88.186
9	.485	4.411	92.597
10	.417	3.793	96.390
11	.397	3.610	100.000

表7 臺中港海域水質變異量解釋力超過5%的8個主成份與原始海域水質監測值間之線性方程式係數

	Component							
	1	2	3	4	5	6	7	8
水溫	0.148	-0.061	0.812	-0.036	0.258	0.416	-0.102	-0.126
pH	-0.61	-0.257	0.201	0.383	0.264	0.056	0.14	0.437
鹽度	-0.666	0.309	-0.028	-0.243	-0.316	0.062	-0.073	0.385
溶氧量	-0.667	-0.133	-0.111	0.284	-0.028	-0.011	0.522	-0.319
ln_生化需氧量	0.736	0.293	0.107	0.181	0.022	0.05	0.214	0.111
ln_礦物性油脂	0.29	0.777	0.094	-0.129	0.291	-0.192	0.278	0.033
ln_大腸桿菌群	0.605	-0.124	-0.17	-0.047	-0.302	0.499	0.365	0.182
ln_酚類	0.467	0.126	-0.159	0.749	0.054	-0.078	-0.229	0.082
ln_氨氮	0.733	-0.303	-0.173	-0.055	-0.174	-0.022	-0.07	-0.004
ln_總磷	0.463	-0.51	0.191	-0.251	0.219	-0.463	0.21	0.2
sqr_氰化物	-0.032	-0.058	-0.605	-0.196	0.693	0.295	-0.058	0.034

五、結論

本研究為針對臺中港附近海域進行水體採樣與分析，其工作範圍北起大甲溪南岸，南至大肚溪口，南北縱長約15公里。依據調查結果配合歷年水質資料，提出臺中港鄰近港附近海域水質分佈的特性、影響水質之因素以及與自然條件的相關性。由過去與本年度於臺中港鄰近港海域水質調查結果分析，可獲得下列幾點結論。

- (1) 本年度第一、二次海域水質調查結果，臺中港臨港海域水質多能符合所屬之乙類海域水體品質，但部份區域仍出現偶受生活污水方面之有機污染，無法符合水質標準，尤其是靠近河川、排水路之河口近岸海域，最易受到內陸污染排放所影響。
- (2) 本年度第一次海域水質調查結果，以生化需氧量測值有不符合

乙類海域水質之情形，除了N1與N3測站外均有超出乙類水質標準之情形。而港區內外之各點位之溶氧值皆符合乙類海域水質標準(>5 mg/L)。各測站之大腸桿菌群測值除了N1測站外皆均低於甲類上限值(1000 CFU /100 mL)。N1與N2測站之總磷測值高於甲類上限值，N3~N10測站之總磷測值皆均低於甲類上限值。港區外測站N1之氨氮超出甲類海域水質標準，其污染源應是來自大肚溪上游，排至河口後向外海擴散，故測站N8亦稍微超出甲類海域水質標準，港區內測站N2與N5亦稍微超出甲類海域水質標準，其污染源應是港區內之排水道路。本海域測點之礦物性油脂均符合甲類海域水質標準(< 2.0 mg/L)，無油污

染之情形。

- (3) 本年度第二次海域水質調查結果，港區內外所有測點生化需氧量測均符合乙類海域水質標準。港區內外之各點位之溶氧值皆符合乙類海域水質標準(>5 mg/L)，且無過飽和現象。各測站之大腸桿菌群均低於甲類上限值(1000 CFU /100 mL)。除了N1測站外，各測站之總磷測值皆均低於或等於甲類上限值。N3~N10測站之總磷測值皆均低於甲類上限值。在氨氮的部份，僅港區外測站N8超出甲類海域水質標準，其於各測站皆符合甲類海域水質標準。本海域測點之礦物性油脂均符合甲

類海域水質標準(< 2.0 mg/L)，無油污染之情形。

- (4) 在化約原始環境監測資料之維度時，主成份分析法對河川水質及海域水質成效較顯著。以河川水質而言，總監測項目由21項縮減為7項但仍可解釋原始變異量之62.899%；海域水質總監測項目由12項縮減為8項，可解釋原始變異量之88.186%%。相對而言，在化約底泥原始環境監測資料之維度時，主成份分析法對河川水質及海域水質成效較不顯著，只將原始資測項目由9項化約為7項，此7項主成份值可解釋原始變異量之96.639%。

六、參考文獻

1. Fischer, H. B., "Transport Models for Inland and Coastal Waters," Academic Press, New York, N.Y., 362-407 (1981).
2. 上境科技股份有限公司，93年度至97年度臺中港區環境調查監測分析報告正式報告書。
3. 環保署，海域環境分類及海洋環境品質標準，民國90年12月26日修正。

山區道路崩塌風險潛勢評估-以臺14線為例

李維峰 國立臺灣科技大學專案副教授級專家
林秉賢 逢甲大學營建及防災研究中心研究助理教授
李漢鏗 逢甲大學水資源與保育程學系副教授
連惠邦 逢甲大學水資源與保育程學系教授

一、前言

國內道路建設在過去多因考量地形之故，為維護人車安全而大量運用邊坡穩定工法，惟仍常因遭逢天然或人為災害導致崩塌，造成情節不等之災害、交通服務水準降低，甚至道路癱瘓的情形發生，因此有必要針對道路邊坡崩塌發生機制、防治效益評估方法與應用之研究課題投入心力，藉以提昇防、救災作業效能，並延展公路營運之服務年限，進而達成公路建設「永續經營」之政策。

目前中央氣象局業已完成臺灣地區四座氣象雷達的佈設，再配合分布於全臺的四百餘座氣象站與自記式雨量站，雨量預報準確度已大為提高。本計畫於過去之研究中，認為要建立適合區域性之正確崩塌因應對策與系統，與更

進一步妥善掌握道路邊坡之狀況，將預測道路沿線邊坡崩塌機率之機制與氣象局之雨量預報，以及現地之雨量計進行結合，配合基本環境的資料，將颱風豪雨期間提供動態之區域性道路邊坡崩塌危險程度，提高道路養護單位防救災效率和維修資訊。

因此，本研究之主要目的，在於利用過去幾年所持續蒐集與彙整的公路歷史崩塌資料的資訊，結合現地調查的成果，搭配山區道路沿線自然環境地文水文相關基本資訊，建立一套完整的崩塌預警分析系統，以瞭解山區道路沿線道路風險的區位與等級。此外亦透過評估模式的建立，分析降雨量與山區道路風險潛勢的關係，以作為各路段災害前後管理的依據。

二、國內道路上、下邊坡崩塌災害類型及規模

2.1 崩壞發生理論及因子

臺灣地區道路邊坡地質狀態複雜，綜合上述自然邊坡崩塌破壞型態，道路邊坡崩塌分類目前較通行者

為美國交通研究委員會(TRB, Special Report 247, 1996)之分類方式；一般而言，自然邊坡崩塌破壞之所有型式均可用材料及運動類型兩個名詞

分別予以簡化歸類並加以描述(如表2-1，依據型態所列簡要分類；首先描述材料，可區分為岩層(rock)、岩屑(debris)及土壤(earth)。岩層為較完整與尚未移動之堅硬塊體；工程土壤則區分岩屑與土壤，岩屑為粗粒料含量達到一定比例，如大於2 公釐粒徑含量在20-80%之間，但其他仍小於2 公釐者，土壤則為含有小於2 公釐粒徑之材料達80%以上者。再者則描述崩塌運動類型，邊坡崩塌依據運動型態區分為墜落(fall)、傾覆(topple)、滑動(slide)、側移(spreads)及流動(flow)等五種基本類型，且如兩種類型以上同時或先後發生則為複合型(complex)。

表2-1 邊坡崩塌簡要分類表

運動型態 Type of Movement	材料 Type of Material	工程土壤 Engineering Soil	
		粗粒料為主 Predominantly Coarse	細粒料為主 Predominantly Fine
墜落 fall	岩石墜落 Rock fall	岩屑墜落 Debris fall	土壤墜落 Earth fall
傾覆 topple	岩石傾覆 Rock topple	岩屑傾覆 Debris topple	土壤傾覆 Earth topple
滑動 slide	岩石滑動 Rock slide	岩屑滑動 Debris slide	土壤滑動 Earth slide
側移 spreads	岩石側移 Rock spreads	岩屑側移 Debris spreads	土壤側移 Earth spreads
流動 flow	岩石流動 Rock flow	岩屑流動 Debris flow	土壤流動 Earth flow

由上可知，坡面的崩壞形式相當多，但由於誘發崩塌的理論因子相當複雜，可以歸納以下說明

崩塌係指構成邊坡之土體或碎屑，受自然與人為因素影響失去平衡，在重力作用下沿斜坡面發生向下或向外運動者，稱之。破壞過程滑動體多遭受嚴重破壞，呈分崩離析狀，且滑動面於滑動後裸露於地表或易於判斷其位置；而導致崩塌發生的因素，一般可分為潛因(Inherent causes)與誘因(Initiating causes)。潛因是指

坡地本身的基本條件，主要由地質與地形特性所組成；誘因則泛指可誘發坡地崩壞之外在因素，如降雨、地震、人為擾動，崩塌可依形狀、滑動速度、滑動材料、滑動面深度等等分類，當土壤或岩石的抗剪強度不足以支撐上覆重量時，便會發生崩塌，而土壤或岩石的抗剪強度主要隨著加壓的速率、溫度、圍壓、孔隙水壓，以及岩層或邊坡的大小和形狀而改變。崩塌的發生可能是因為物體吸收水分，或是邊坡上方的承載量增加，因而導致的剪應力增加，也可能是因為原來的邊坡工程開挖或河流切割坡腳，致使坡度增加而威脅邊坡的穩定度。有許多學者試圖建立模式來推估崩塌地在空間上分佈的特徵，主要考量的因子包括崩塌地的地質、植生、坡度、坡形、坡向等，而大多未將沖蝕物質往河道移動的現象列入考慮。

Varnes(1984)針對崩塌滑動方式及崩塌滑動材料之崩塌滑動型態分為五類，分別是1.傾倒(topple)、2.落石(fall)、3.滑動(slide)、4.側移(spread)及5.流動(flow)等，如圖2-1所示。

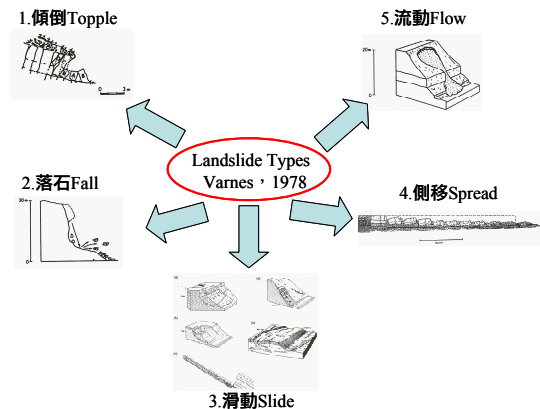


圖2-1 Varnes崩塌分類示意圖

2.2 上、下邊坡崩塌特性

崩塌的誘因甚多，除了降雨逕流以外，地下水的水位變化、上邊坡載重、下邊坡的河道沖刷或因為地震所引發的整體崩塌都是觸發不同類型崩塌的主要因素。可以從不同的層面進行以下幾點之探討：

1. 地層條件

根據統計分布，四條路線中，主要發生災害的區位地層，主要以桂竹林層、台地堆積層以及四陵砂岩等易破碎之地層，但綜觀這些易崩落區位的暴雨量皆不大，但是其他較不脆弱之地質，受到降雨沖刷之影響，坡面崩落的區位會影響崩落規模。

2. 坡面坡度

根據歷史資料蒐集成果與現地調查發現，坡面坡度主要決定崩落的量體崩落地點除了本身結構外多寡，當然坡度越陡，其所產生的崩塌型態就有所差異。坡度越陡，植生不易，坡面呈現裸露現象甚多。

3. 土地利用

由歷史基本資料可以知道，對於建築用地與果園的開闢對坡面穩定度影響甚大，因此土體涵養水源的能力較差，直接變為逕流沖刷，影響整體穩定。

對於下邊坡崩塌而言，此種崩塌除了本身載重過重外，底部基礎因為排水不良或逕流過大所造成的流失外，底部基礎若因為河道沖刷，容易造成掏空毀壞

而整體崩塌此種崩塌規模最大，易造成整個路基流失外，整體道路的復健最困難，替代道路亦不容易開闢。

2.3 崩塌潛勢判別

有關崩塌潛勢(Landslide Hazard)之定義，Varnes (1984)及 Guzzettiet al.(1999)對於崩塌潛勢之定義為「Landslide Hazard: the probability of occurrence, within a specified period of time and within a given area of a potentially damaging failure of a given magnitude」，將上述「崩塌潛勢」定義翻譯為「某地區於特定時間及規模之下，崩塌發生之可能性」。

Turner等(1996)提出管理流程，藉由調查崩塌地之特性、確認破壞模式、評估各破壞模式之風險、評估各破壞模式之災害影響、評估管理對策之風險、選擇管理對策，再藉由實際發生崩塌之統計及災害潛勢，以調整未來災前潛勢之評估及災前潛勢經由實際發生統計機率修正，以求得災後潛勢。

美國地質調查所(USGS)在2000年所出版的National Landslide Hazards Mitigation Strategy中指出，崩塌潛勢圖是建構機率式崩塌危害度圖及進行風險評估時不可或缺的基礎資料，報告中指出，一般而言，美國對於崩塌潛勢圖之製作尚未具備完善之統一標準，此報告中也具體建議美國應投入更多的資源進行崩塌潛勢圖之製作標準及指導方針之訂定。Lin(2004)利用無限邊坡推導降雨導致崩塌潛勢，並以溪頭作為研究地區，指出安全係數小於1但目前為實際發生崩塌者，為高潛勢區，以往的崩塌潛勢分析因資料取得及調查技術之限制，較少考慮所謂的促崩因子，但近年來遙測技術進

步，且山區交通亦日漸改善，對於特定颱風及地震事件之調查資料逐漸累積，因此利用地理資訊系統進行地震及豪雨誘發之崩塌分析之研究有逐漸增多之趨勢。

綜觀國內外之崩塌潛勢分析研究，不外乎以兩種原則進行分析，分別為統計(Statistics)與力學(Mechanics)兩種原則。以下針對過去前人對邊坡崩塌發生機制與崩塌潛勢分析之研究，進行文獻歸納與整理。

1. 邊坡崩塌發生機制

張石角 (1989)提出造成邊坡崩塌的因素相當複雜，大致可分為基因與誘因兩種。要在基因與誘因兩項因子的相互配合下，才會有崩塌的行為。誘因即在上述所指造成崩塌的主要機制；而基因乃指邊坡本身的內在因子，包括坡度、地表切蝕程度、岩質軟硬度、坡面之地質構造、土壤厚度等。

Fuchu et al. (1999)在火成岩地區的研究中發現，邊坡坡度介於30度至40度間最容易發生崩塌，而15度至30運用地理資訊系統結合邏輯斯迴歸進行崩塌潛勢之評估研究度間則為次之。而又因植生的發展有利於邊坡的穩定，因此在自然森林覆蓋之邊坡較少有崩塌的發生。

徐美玲 (1995)提出以穩定狀態的水文模式所計算出來的孔隙水壓以計算其與地形之關係，並提出結論—當上游集水區面積愈大之地點，其孔隙水壓上升愈快，又因孔隙水壓的上升，將會造成邊坡的抗剪強度降低，進而導致邊坡的不穩定。

李德河 (1996)針對阿里山公路低海拔路段的調查發現，自然邊坡發生崩壞處大約介於30度到70度間，其中以40度至44間最多，45度到59度間次之。而經過人工開後整地後的邊坡崩塌處較少，但崩塌地的發生坡度卻有降低的趨勢，以30度到34間最多。

Van Asch (1999)進行降雨型崩塌地之回顧時發現，降雨後所造成的淺層崩塌(1~2公尺深)，主要是受到降雨後土壤水飽和導致土體抗剪強度下降所造成；而深層崩塌(5~20公尺深)主要是受到地下水面上升導致滑動的孔隙水壓上升而產生崩塌。亦即豪雨過後大量之孔隙水壓上升，將容易導致崩塌的發生。因此當二地區有同等的上坡坡長，凹坡會較凸坡或直坡擁有較大之集水面積，因此山凹處較易聚集水流，常被評為邊坡不穩定之地區。然而真實中，地下水並非經常維持穩定狀態，因此簡言之，豪雨可能造成邊坡上淺層土壤的孔隙水壓上升，使土壤強度降低而引發崩塌。

林新皓 (2006)將學者Terzaghi(1950)、Brunsden(1979)、竹內篤雄(引自吳佐川，1993)及張石角(1989)、薛祖淇(2001)等人，對邊坡崩塌發生機制之相關研究歸納，彙整於下列數點。

- a. 降雨、降雪或人為影響增加土體的荷重，使邊坡的剪力增加；
 - b. 地震活動增加土塊瞬間之剪力；
- 運用地理資訊系統結合邏輯斯迴歸進行崩塌潛勢之評估研究

- c. 邊坡幾何形狀的改變，如河川的坡腳侵蝕及人為改變坡度、坡高及坡長等；
- d. 降雨造成邊坡內水文活動的改變，如孔隙水壓增加造成土體間抗剪強度的減少；
- e. 人為開挖後，土體支撐力減少；
- f. 土壤內外的風化作用；
- g. 滲流侵蝕，如溶解、管流等。

2. 統計方法

統計在崩塌潛勢分析的應用方法，主要是利用集水區內各種相關因子，針對崩塌發生與各項因子的相關性進行統計運算，經計算後獲得之結果進行參數迴歸分析，以建構崩塌與參數間的相關式。其中最常使用的方法為多變量分析。

李德河 (1999) 調查高雄市楠梓區邊坡結果共計 190 處邊坡 647 筆調查資料，分別以多變量統計分析法及類神經網路先建立邊坡破壞潛能分析模式，再配合全區潛感分析輸入因子資料庫之建立，進行邊坡破壞潛能分析，分析結果再根據航照崩塌地判釋資料進行檢驗。

陳時祖 (2000) 將南橫公路沿線影響公路邊坡穩定性之工程地質因子做一調查，並與崩塌地滑記錄比較後作統計分析，並用多變數分析以及類神經網路作一個定量式的評估以了解影響邊坡穩定之主要工程地質因子。

劉雲漢 (2001) 藉由實際判釋與計算子集水區內之各項地文因子運用地理資訊系統結合邏輯斯迴歸進行崩塌潛勢之評估研究及地貌特

性，找出其中之各項特徵變量，進行量化及標準化之工作。之後利用多變量分析中之群集分析方法，將賀伯颱風後發生土石流之 26 個子集水區分類為 4 群。並利用主成份分析之方法，將 6 項影響土石流發生之因子歸類為：流域規模與植生、流域崩塌侵蝕狀況及流域高程差這三項主成份。其中，又以集水區面積、主要河川長度及崩塌比例等三項影響因子最為相關。

3. 力學分析

崩塌地的產生，根據其本身的力學機制及環境面上的物理條件，探究發生的主要原因，來自於土壤的下滑力大於抵抗力。而目前國內外最常使用的崩塌潛勢分析模式，主要為切片分析法及無限邊坡理論兩種。以下針對此二種崩塌潛勢分析模式進行文獻之歸納彙整。

(1) 切片分析法

切片分析法是目前使用時間最久，應用範圍最廣且為工程界常採用之邊坡穩定分析方法。而不同的切片分析方法種類也相當的多，較常為一般分析上所使用的切片分析方法簡述如下：

Fellenius (1927) 提出普通切片法，並不考慮切片間之作用力，每一單獨切片之力平衡可由垂直及水平方向之平衡而得。

Bishop (1955) 提出 Bishop 簡化法，特點乃在於假設切片間之力為沿水平方向，亦即不考慮切片間之垂直剪力，但與嚴謹之切片法比較，誤差常在 0%~6% 間，

是工程界廣泛使用之分析法。

運用地理資訊系統結合邏輯斯迴歸進行崩塌潛勢之評估研究 Spencer (1967)認為由兩垂直方向的力平衡方程式推導出一安全係數 F_f ，亦由力矩平衡方程導出另一個安全係數 F_m ，並假設切片間剪力與正向力間有一關係式 $\tan \theta = XL/EL = XR/ER$ 存在，故其嘗試找出一個 θ 值使得 $F_f = F_m$ ，即為所求的安全係數。

Janbu (1973)提出Janbu簡化法，其假設與Bishop 簡化法相同，只考慮切片正向力作用而剪力為零，如此的假設造成所得的方程式數目多於未知數的數目，故雖其滿足了兩相互垂直方向的力平衡方程，但不滿足力矩平衡方程，此法特點在於可處理較複雜之土層情況，亦可用於對非圓弧形破壞面的分析。

(2)無限邊坡理論

主要依據力學的觀點，分析作用於無限邊坡均勻厚度土層上之土層推移力及其抵抗力，並以土層沿坡面之重量分量(土層之推移力)大於等於土層抵抗力作為判定崩塌發生之基準。本節中針對過去學者對於無限邊坡理論，進行其假設條件之研究文獻彙整。

Takahashi (1977)、Harris (1977)、Sidle (1985)、江永哲(1986)及林炳森(1993)等人，分別針對一無限邊坡厚度均勻之堆積土體，並且假設土體無粘聚性的情況，以靜力學平衡的觀點，考慮地下水

位與堆積面齊平。其中Takahashi (1977)、江永哲(1986)及林炳森(1993)考慮有地表逕流產生，故綜合邊坡厚度均勻之堆積土體與土體無粘聚性兩種情形，採飽和土體進行平衡分析，求得土石流發生之臨界坡度。

陳本康(2005)當斜坡為無凝聚性材料，邊坡之臨界破壞機制一般為淺層破壞滑動面，若斜坡內殘留土壤為相當薄且座落於較堅實之土運用地理資訊系統結合邏輯斯迴歸進行崩塌潛勢之評估研究層或岩盤上，臨界破壞機制之破壞滑動面，係沿著斜坡並平行於堅實土層或岩盤之平面，上述兩種情況之淺層平面滑動，一般稱為無限邊坡破壞，依照極限平衡法求安全係數的概念，當地下水滲流方向跟坡面平行時，推求坡地穩定平衡公式。

王昭雯(2005)在不考慮地表逕流之影響，以及地下水滲流方向與邊坡斜面土體平行等條件下，以無限邊坡理論為基礎，求得邊坡斜面土體崩壞係數關係式。

根據上述各項判別方法，將過去以往各路段的崩塌調查資料，結合崩塌地點自然物理環境特性，利用邏輯斯分析或是類神經評估方法，可將複雜的山崩潛勢，透過統計與分析，找出各項影響參數的關係，以作為潛勢評估的依據。回顧以往國內學者所利用的影響參數，不難發現，地形、地質、坡度、坡向、降雨量、岩性等相關自然環境參數作為潛勢評估參考數值，但其實還友其他易觀測的數值，

如崩塌的頻率、崩塌的量體、斷層的位置，甚至崩塌後人為進入的工程因子等，皆為影響崩塌發生的關鍵影響參數，藉此，本研究利用這些參數，

搭配現場調查，可作為本次評估的依據，其評估項目，以圖3-9呈現，不難發現，其項目可分為自然環境參數、人為影響參數以及其他統計參數。

三、評估方法之建立與應用

3.1 評估參數建立

根據上述回顧，本研究利用圖3-1之各項評估參數，透過前述公路局歷年搶修與復建工程記錄的登錄，配合自然環境資料與相關統計，將整個評估模式，利用邏輯斯迴歸之方法，將各項所需應用到的分析模式進行理論分析，並將各項分析理論之流程進行說明，以確立各項分析理論之完整性

及有效性。其分析流程如圖3-1所示。

根據上述流程，針對臺14線就這些資料(包含崩塌清除量體、崩塌地點、一日最大降雨量)以及所處環境之基本資料(坡度、坡向、地質、與河道位置、植生狀況)以及相關人為因子(工程設施、設施狀況)進行統計迴歸，並利用SPSS進行邏輯斯迴歸分析。

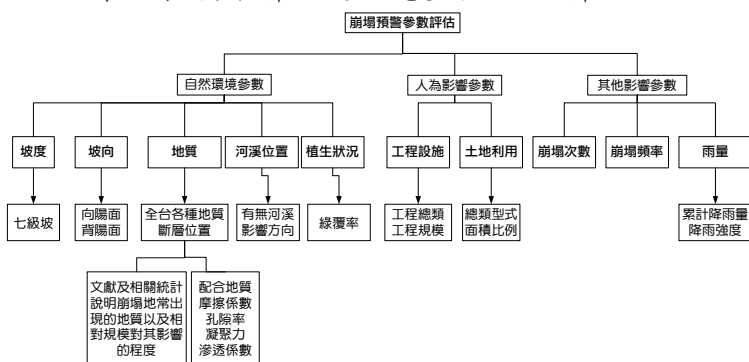


圖3-1 崩塌潛勢評估參數

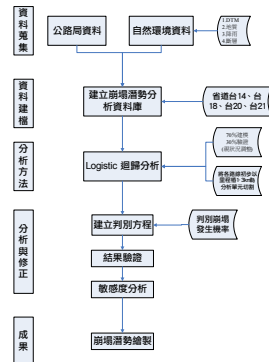


圖3-1 分析流程

一、自然環境參數

1. 坡度

針對道路上下邊坡200m的坡度進行統計，並將坡區區分為四個等級，0-20度、20-40度、40-60度以及60度以上，並將研究區予以統計，針對不同區間之最低門檻值以下所佔整個分析區的百分比作為該區間之權重評分。

2. 坡向

主要將研究區塊之平均坡向區分為八個方位，其中受太陽日照較多的東北方與北方坡面風化程度較大、其次為東南跟西北方，在其次為東西向，最後為西南跟南向，並按照所在位置之平均坡向，按照區位所佔比例給分。

3. 地質

其分級方式是以統計研究調查區內各類地質發生崩塌之比率為主，例如調查區域內所有崩塌地中，屬於同一地質M之崩塌面積相加為a，而研究區域內地質M之總面積為A，則此區域內地質M之崩塌率為 a/A 。再以地質種類為橫軸，崩塌率為縱軸，繪製地質種類柱狀圖，由地質種類柱狀圖找出較為明顯之落差處作為分界點，分為四個等級。如臺21線分級如下，並按照所佔比例給分：

第一級：三峽群及其相當地層；大桶山層，乾溝層，水長流層；達見砂岩。

第二級：沖積層；十八重溪層。

第三級：四稜砂岩，眉溪砂岩，白冷層；畢祿山層。

第四級：崩塌率小於等於瑞芳群及其他相當地層之地質。

4. 河溪位置

本向主要針對河道位置與道路邊坡關係，針對河道專灣攻擊腳與緊鄰道路(水平距離 $<200\text{m}$ 者)以及垂直貫穿與 $>200\text{m}$ 者予以區分，並按比例給分，前者0.8、再來0.6、0.4及0.2分

5. 植生狀況

針對現場調查成果，區分為極佳(原始林相或未開發者，植生超過80%者)、好(雖有開發但是植生超過60%者)、普通(植生覆蓋率介於30%-60%者)以及差($<30\%$ 者)進行評分，同樣以0.2、0.4、0.6以及0.8給分。

二、人為影響參數

1. 工程設施

針對現場調查成果，區分為良好(坡面狀況完善無殘泥者)、好(針對設施雖然老舊但歷經多次颱風降雨，只有些微土體流失者)、普通(有明顯土體流失狀況，但是尚未產生災害，可以透過簡易復舊完成復建)、損毀(則是受到降雨影響遂毀者)進行評分，以0.1、0.3、0.6以及0.9給分。

2. 現場狀況

針對現場調查成果，有無發生崩塌狀況進行評分，區分為嚴重崩塌道路已不存在、崩塌但是土砂清除即可通車、有崩塌地華路面皸裂等危險現象以及安全無虞者，以0.9、0.6、0.3以及0.1分評定。

三、其他參數

1. 崩塌次數

主要針對歷史災害的頻度進行統計，區分為高頻度(>10 次者)、中頻度(5-9次)，低頻度(1-4次)以及無發生崩塌者，以0.9、0.6、0.3以及0.1分評定

2. 崩塌總量體

由年歷次崩塌規模柱狀圖找出較為明顯之落差處作為分界點，分為四個等級。如臺21線過去分級如下，分別以0.9、0.6、0.3以及0.1分評定：

第一級： $>15,000\text{m}^3$

第二級：10,000m³~15,000m³

第三級：5,000m³~10,000m³

第四級：<5,000m³

3. 一日最大降雨量

由於降雨量在不同區域有其大小的分布，且每次災害發生的降雨量皆有所不同，針對分析區域，將發生災害的該場事件進行24小時最大降雨量進行統計，前25%者為高潛勢、25-50%為中潛勢，50-75%者為低潛勢剩餘者為微潛勢，並按照比例分別以0.9、0.6、0.3以及0.1分評定：

針對上述給分後之各項參數數入後，針對有發生崩塌者定義為1，無崩塌者定義為0，進行邏輯斯回歸，分為上邊坡與下邊坡，可得各區段之評分，最終將整體分數經過適當轉換，區分為高中低潛勢三個等級，並以不同雨量當作輸入參數，進行風險分析。

3.2 臺14線崩塌潛勢分析

坡面崩塌災害受到97年四個颱風的肆虐，造成本區多處坡面崩塌以及土石流的發生，使得本區多處道路中斷受阻，觀察本區坡面狀況，甚多道路下邊坡受到水流沖刷，產生邊坡基腳沖刷，進而使得坡面不穩定產生大規模崩塌，此外，上邊坡崩落堆積在路面的土砂亦有部分被傾倒到道路下邊坡，造成二次災害，為本區道路災害之一。

利用圖3-1流程以及上述各項參數進行邏輯斯迴規，利用所蒐集之民國85年-97年公路單位搶修復建紀錄以及相關自然環境資料進行統計，並以臺14線61-73K為示範評估路段，每500m

為一個分析單元，上下邊坡各延伸200m區分上下邊坡為分析單元，如圖3-2所示，其示範路段之坡度、地層分布則如圖3-3及圖3-4所示。

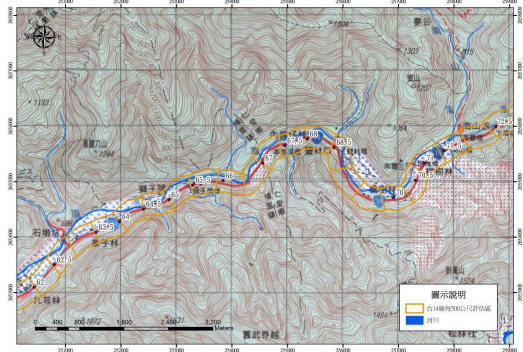


圖3-2 臺14線61-73K分析路段圖

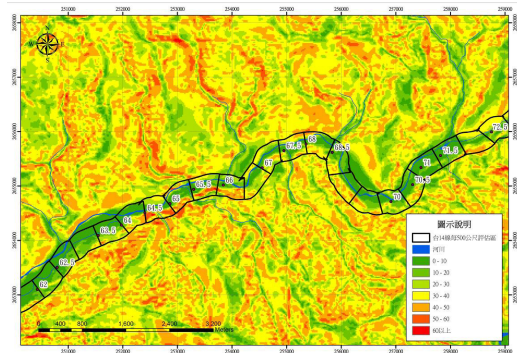


圖3-3 臺14線61-73K路段坡度

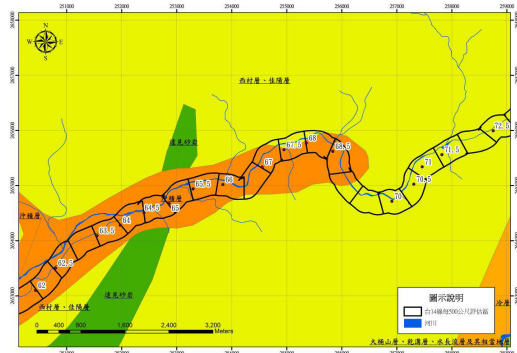


圖3-4 臺14線61-73K路段地層分布

利用三種不同累計降雨量100mm、250mm及350mm進行模擬，如圖3-5、圖3-6及圖3-7所示，觀察各路段上下邊坡崩塌潛勢狀況。臺14線61-73K此區段來說，此區段道路沿著

河谷行駛，兩邊高聳，下邊坡受順著河道沖刷側向支流沖刷威脅影響甚大，地層以沖積層及西村層為主，經降雨分析350mm累計降雨就可明顯看出上下邊坡的風險所在，利用前面幾集崩塌地分布狀況並且以98年度莫拉克颱風崩塌地判別區位最為驗證，法現在上下邊坡水平200m區段內有部分高風險區段已經發生崩塌，表示此模式的準確度有其可信之處。

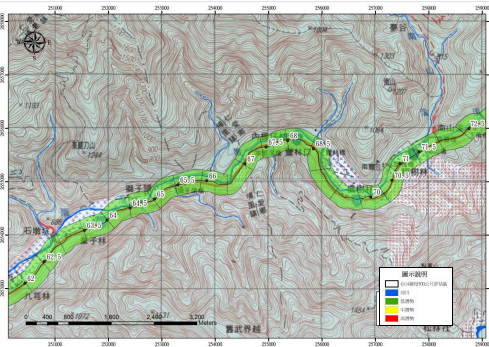


圖3-5 臺14路段100mm降雨道路危險度潛勢

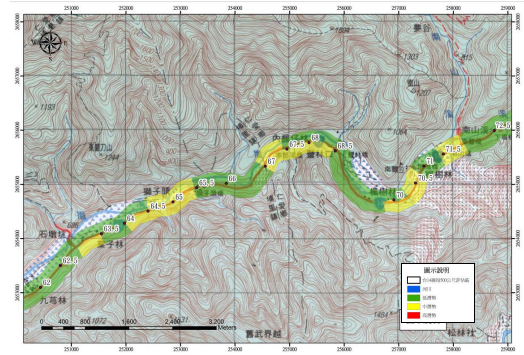


圖3-6 臺14路段250mm降雨道路危險度潛勢

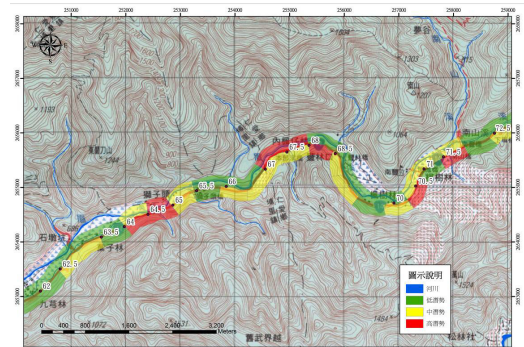


圖3-7 臺14路段350mm降雨道路危險度潛勢

四、臺14線調查與驗證

臺14線本路線橫越數個地層條件，所反應的崩塌區位與災害狀況各有所不同，從歷史崩塌記錄來看，本路段主要發生災害的區位地質主要集中在廬山層的破碎地質條件，其次為四凌砂岩跟乾溝層，如圖4-1及圖4-2所示。

如圖4-3-圖4-4所示，臺14線的主要崩塌區位座落在30-40K以及60-80K、85-90與95-98K之間，其中崩落次數最多為65-70K之間，再其次為37K及73K附近，但以65-70K的總崩落

量最多。觀察本區降雨特性，亦以65-70K區間最大，高達600mm以上。就下邊坡崩塌影響，多為緊鄰河道之區域，如62K及80K附近崩落長度最大，崩塌區域所處地質條件，多為地質條件差之乾溝層與廬山層為主。

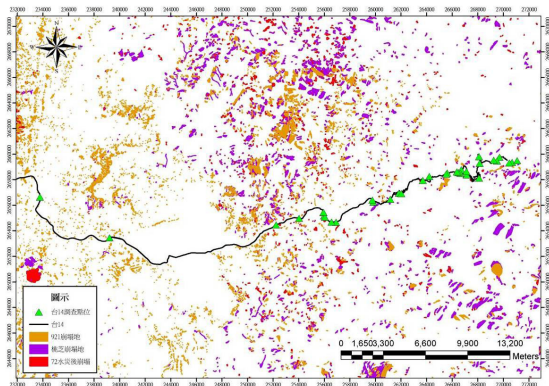


圖4-1 臺14線周邊坡面歷年崩塌分布

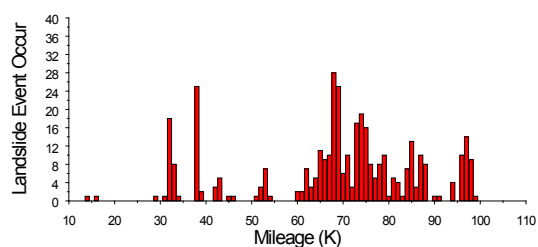


圖4-3 臺14各里程近十二年累計崩塌次數分布圖

圖4-5及照片4-1為臺14線現地調查成果區位以及現況照片，將本區在921大震後、91年桃芝颱風後、93年72水災後與98年莫拉克颱風後該區域崩塌地分布狀況，可以發現與圖3-7之崩塌區位極為相近，其高潛勢崩塌區位的吻合度相當高，驗證本區評估模式之準確度相當可信。

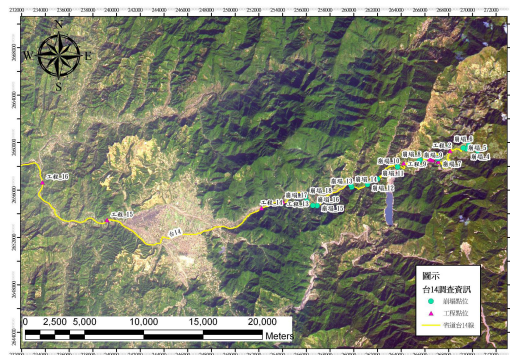


圖4-5 調查點位分布

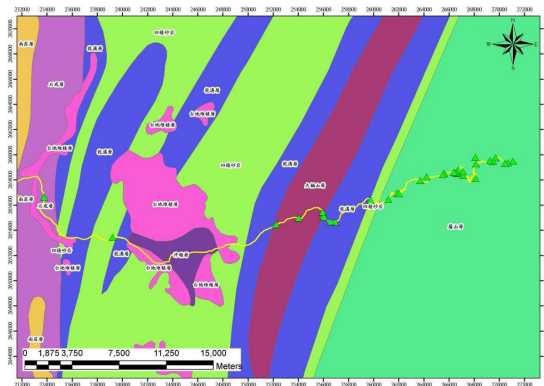


圖4-2 臺14線周邊地質分布

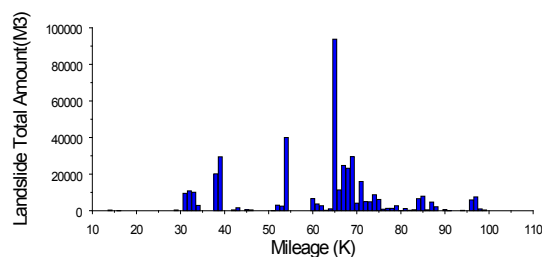


圖4-4 臺14各里程近十二年累計崩塌總量分布圖



照片4-1 臺14崩塌地照片

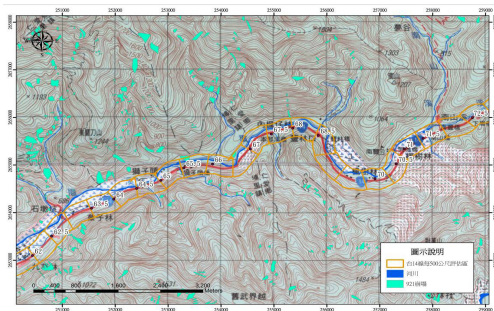


圖4-6 臺14路段921後崩塌地分布

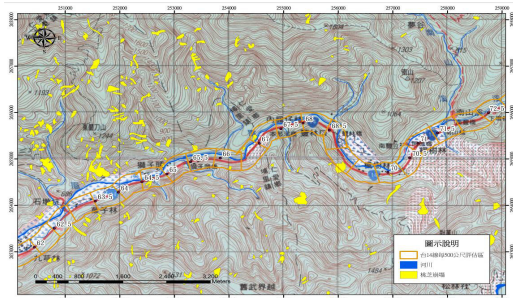


圖4-7 臺14路段桃芝颱風後崩塌地分布

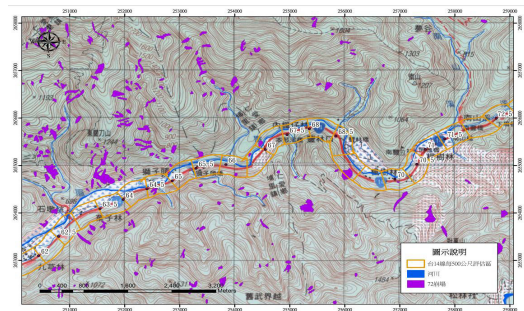


圖4-8 臺14路段72水災後崩塌地分布

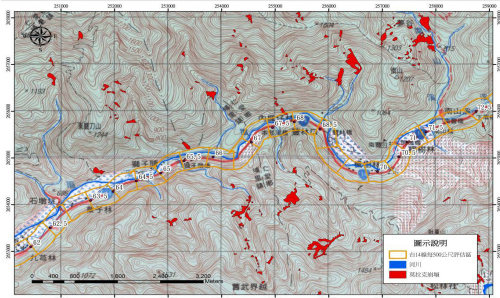


圖4-9 臺14路段莫拉克颱風後崩塌地分布

五、結論

本研究透過過去幾年對於山區道路歷史災害的資料收集，瞭解道路上下邊坡的崩塌地崩塌特性，並且結合自然環境基本資料與人為工程資料，整併成為一套考量各方面參數的評估模式，以降雨量作為考量因子，初步建立路段在不同降雨條件下之崩塌風險程度。本研究結論可歸納以下幾點結論：

1. 透過收集臺14線收集歷年搶修與復健工程資料並進行彙整並將本區域自然環境資料的收集與現地調查(每500m)
2. 針對省道臺14歷史資料的收集，將

崩塌區位與崩塌量體與崩塌頻度進行分析。

3. 透過邏輯司法提出風險潛勢區位之分析找出示範路段在不同累計降雨條件下之崩塌風險潛勢。
4. 利用自然環境資料與現地調查結果，提出道路區段穩定度與危害度之簡易評估模式，並且出圖展示其風險。

根據上述成果，可作為公路部門在行政管理與救災搶險上參考與機具配置之依據，亦可作為日後相關工法配置的參考依據。

參考文獻

1. Ives, J.D., and B. Messeri (1981) Mountain Hazards Mapping in Nepal: Introduction to an Applied Mountain Research Project. Mountain Research and Development, 1(3) : 223~230.
2. Keefer, D. K. (2004) Personal communication in meeting of Proceedings of international symposium on landslide and debris flow hazard assessment, Central Geological Survey, Taipei, Taiwan, Oct. 12th.
3. Keefer, D.K (2000) Statistical Analysis of an Earthquake-Induced Landslide Distribution-the 1989 Loma Prieta, California Event, Engineering Geology, 58 : 231~249.
4. Keefer, D.K. (1984) Landslides caused by earthquakes, Geol. Soc. Am. Bull. 95 : 406~421.
5. Takahashi, T. (1978), Mechanical Characteristics of Debris Flow, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol.104, No.HY8, pp.1153-1169.
6. Varnes, D.J. (1984) Landslide Hazard Zonation: A review of Principles and Practice, UNESCO Press, Paris, pp.63.
7. 王昭雯(2005)，山腹邊坡斜面土體崩壞及其土石流化模式之研究，逢甲大學水利工程學系碩士論文，第25-25頁。
8. 李維峰、張睦雄、董家鈞、劉桓吉、顏召宜，山區道路邊坡崩塌防治最佳化研究(二)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國93年。
9. 李德河、方世杰、林宏明(2004)，「颱風引致公路邊坡之破壞特性探討-以阿里山公路為例」，防災與國土永續發展研討會論文集，國科會工程處工程科技推展中心，第115~136頁。
10. 國立成功大學防災研究中心(1998)，「地質危險區公路及河川橋樑之維護管理與防救災對策之研擬~以臺十一線及二十一線為例」，臺灣省交通處公路局。
11. 莊政霖 (2006) 『斜面土體崩壞潛勢與土石流發生潛勢之相關研究』逢甲大學土木水利系研究所碩士論文。
12. 連惠邦(1996)，『溪床堆積土體崩壞模式及其土石流化之研究』，中華水土保持學報，第二十七卷第三期，第175-183頁。
13. 連惠邦、吳奇錫(2003)，『水力類土石流發生模式之研究』，中華水土保持學報，第三十四卷第四期，第369-379頁。
14. 連惠邦、趙世照(1996)，『溪床堆積土體崩壞模式及其土石流化之研究』，中華水土保持學報，第二十七卷第三期，第175-183頁。
15. 陳本康(2005)，『石門水庫集水區崩塌特性及評估研究』，中興大學水土保持學系研究所碩士論文。

16. 陳本康(2005)，石門水庫集水區崩塌特性及潛勢評估研究，國中興大學水土保持學系博士 文，第23-58 頁。
17. 林新浩(2006)，運用地 資訊系統結合 輯斯迴歸進 崩塌潛勢之評估研究56 逢甲大學 e-Thesys (96 學)
18. 廖洪鈞、梁樾、林三賢、李維峰、廖瑞堂，臺灣地區道路邊坡崩塌發生機制及防治效益評估方法研究與應用(二)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國92年。
19. 廖洪鈞、廖瑞堂、董家鈞、李維峰，臺灣地區道路邊坡崩塌災損擋土結構功能評估—現有破壞案例統計、分析，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國93年。
20. 廖洪鈞、蘇吉立、李維峰、陳天健、何應璋、董家鈞、魏佳韻，坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究(2/2)，交通部運輸研究所研究計畫成果報告，中華民國95年。
21. 廖瑞堂(2001)，「山坡地護坡工程設計」，科技圖書。

公路工程透水混凝土鋪面材料及施工規範之研擬

李明茹	仁德醫護管理專科學校助理教授
李明君	朝陽科技大學營建工程系教授
黃怡碩	朝陽科技大學營建工程系助理教授
邱垂德	中華大學土木與工程資訊學系教授
顏 聰	朝陽科技大學營建工程系特聘教授

一、前 言

近年來，都市洪災頻傳，人民生命財產損失慘重，政府亟思解決之道；其中推動永續或生態的概念於國內公共工程的設計與施工上，為重要改善天然災損的政策之一，有鑑於此，內政部營建署擬修訂「市區道路條例」，規定未來人行道鋪面材料應將生態與防災功能列入考量，並建議

鋪面材料使用透水混凝土【1&2】。

目前國內以打造永續臺灣為未來努力的目標，為解決水資源流失、環境生態破壞及熱島效應擴張，研擬本土化公路工程透水混凝土鋪面材料及施工規範實有其重要性。

二、透水混凝土回顧

2.1 透水混凝土定義

透水混凝土 (pervious concrete) 為一種多孔隙的複合材料，過去常被稱為孔隙混凝土 (porous concrete)，部分學者稱之為無細(骨材)混凝土 (no fines concrete)，可以視為一種骨材粒徑分佈在狹窄級配範圍內並且含(無)

微量細骨材加上不足量膠結漿體所構成的混凝土，透水混凝土最明顯的特性即質量輕且多孔隙。透水混凝土的構成由裹覆在骨材顆粒外層的不足量水泥漿體與骨材顆粒之間點接觸，相互黏結形成多孔隙結構體，在這種結構之下擁有良好的透水性能($K > 10^{-1}$)

³cm/sec)【1】，也因為多孔隙的特性而使得力學強度會受到限制，學者鄭與潘曾在2001年對無細混凝土進行抗壓試驗，所得抗壓強度約在1.5MPa至14MPa之間【2-3】。增加透水性則犧牲力學強度，兩者往往顧此失彼，但可以依照使用的需求，在透水性能與力學強度上作為取捨以及採取不同的設計。除上述透水性能以及力學強度特性之外，透水混凝土特性仍有許多由學者【1-5】研究結果發現透水混凝土亦是有低單位重(1600~2000kg/m³)、低成本、低乾縮量(水泥使用量減少)、低熱傳導係數(0.7kcal/m × hr × °C)、無析離現象及透水混凝土中的孔隙直徑平均大於1mm，因此無毛細水現象之特性。上述有關孔隙混凝土 (porous concrete) 與無細混凝土 (no fines concrete)在美國混凝土協會(ACI)中並無規範可依循，最近美國ACI 522R-06與ACI 522.1-08是有關透水混凝土與透水混凝土鋪面之規定，較上述嚴謹，其說明如下【4&6】：

- (1) 透水混凝土泛指零坍度、採用開放級配的混凝土材料。
- (2) 透水混凝土由水泥、粗骨材、少

量或無細骨材、摻劑與水等所組成。

- (3) 硬固透水混凝土內部含有連續孔隙，尺寸由0.08~0.32吋(0.2~8mm)；空隙含量18~35%；抗壓強度2.8~28MPa(400~4000psi)。
- (4) 透水混凝土特性為可使水分容易滲透，其鋪面的透水速率依骨材尺寸及混凝土密度而定，一般介於2~18 gal/min/ft²(81~730L/min/m²)或透水係數為K>0.1 cm/sec。

2.2 透水混凝土配比

透水混凝土配比材料對用水量非常敏感。太多用水會造成泌水或垂流現象，並填塞透水混凝土連接孔隙；太少用水則會造成材料在拌合機內團簇，並使得卸料速度減緩。太少的水量也會妨礙混凝土獲得適當養護，且可能產生表面裂縫。適當的配比混凝土具有高黏性可結球形，表面較平滑，如圖1(b)所示，圖1(a)與(c)分別代表太少水與太多水，因此，工地加水行為應嚴格管制與監督【2&5】。



圖1 透水混凝土不同含水量與是否結球行為：(a)太少水，(b)適量水，(c)太多水【5】

2.3 透水混凝土應用與案例

(1) ACI 透水混凝土應用案例

ACI 522R-06【4】透水混凝土應用範圍與適用性大致分為：(1)停車場的透水鋪面和步道，(2)大賣場室外的剛性透水鋪面，(3)溫室（green house）地版，用以防止積水，(4)輕量或具隔熱性能的結構牆體，(5)需具有良好吸音性能的鋪面、牆體及樓版，(6)都市道路、鄉村道路、公路及機場之底層（base course），(7)停車場及動物園區等之面層，(8)橋梁基座（embankments），(9)游泳池地版，(10)海濱結構和海堤，(11)污水處理場的污泥床，(12)太陽能儲存系統，(13)人工漁礁等，通常，上述透水混凝土都不加鋼筋補強。

(2) PCA 透水混凝土鋪面應用案例

PCA 透水混凝土鋪面應用【5】

案例說明包括：(A)奧勒岡州波特蘭動物園走道；(B)加州美橡樹 Miller 公園；(C)田納西州Chattanooga Finley體育館停車場；(D)加州Imperial海濱運動公園；(E)奧勒岡州天使山倉儲用地；(F)華盛頓州Bainbridge島彩色透水混凝土人行道；(G)喬治亞州Buford Large concrete停車場，如照片1至7所示。



照片1 奧勒岡州波特蘭動物園走道【5】



照片2 加州美橡樹Miller公園【5】



照片3 田納西州Chattanooga Finley體育館停車場【5】



照片4加州Imperial海濱運動公園
【5】



照片6華盛頓州Bainbridge島彩色透水
混凝土人行道【5】



照片5奧勒岡州天使山倉儲用地【5】



照片7喬治亞州Buford Large concrete
停車場【5】

三、透水混凝土鋪面材料及施工規範研擬

本節為透水混凝土鋪面材料與施工技術規範研擬初稿，內容共四節(通則、產品、施工、計量與計價)分述如下。

1 通則

1.1 本章概要

1.1.1 說明透水水泥混凝土鋪面(以下簡稱透水混凝土鋪面)工程中之材料配合設計、檢驗、施工及養護等相關規定。

1.1.2 透水混凝土鋪面應可使雨水直接滲入路基，具有使水還原於地下

之性能，可減輕排水設施負擔、延緩逕流量並可減緩熱島效應，進而達到生態效益。

1.1.3 透水混凝土鋪面強度低於一般傳統水泥鋪面，因此適用於輕交通量及低承載之路面，如人行道、停車場、廣場等，為考量透水成效，避免孔隙阻塞，鋪面應避免設於滲透係數低之土層(如黏土層)及裸露地有大量鬆散砂土等地區。依據ACI 522R-06透水混凝土適用範圍大致分為：(1)停車場的透水鋪面和步道，(2)大賣場室外的剛性透水鋪面，(3)溫室地

版，用以防止積水，(4)輕量或具隔熱性能的結構牆體，(5)需具有良好吸音性能的鋪面、牆體及樓版，(6)都市道路、鄉村道路、公路或機場之底層，(7)休憩園區，(8)人工漁礁等其它適宜使用結構物。

1.2 工作範圍

- 1.2.1 透水混凝土鋪面之一般設計及施工要求。
- 1.2.2 基層、底層、面層材料之鋪築及壓實。

1.3 相關章節

- 1.3.1 第02794章--透水性鋪面
- 1.3.2 第03052章--卜特蘭水泥
- 1.3.3 第03053章--水泥混凝土之一般要求

1.4 相關準則

- 1.4.1 中華民國國家標準(CNS)
- 1.4.2 美國混凝土協會 (ACI)
 - (1) ACI 522-06透水混凝土
 - (2) ACI 522.1-08透水混凝土鋪面規範
- 1.4.3 日本道路建設協會
 - (1) 排水性鋪裝技術指針

1.5 定義

- 1.5.1 透水混凝土鋪面係使雨水通過人工鋪築之透水混凝土面層，直接滲入路基，具有使水還原於地下之性能。透水混凝土為由水泥、粗粒料、少量或無細粒料、摻料與水等所組成。粗粒料為單

一粒徑粗粒料或級配顆粒介於9.5~19 mm或4.75~9.5 mm之間。並以一般波特蘭水泥為主要膠結料；除此之外，亦可使用卜作嵐材料如飛灰、爐石粉與矽灰亦應符合CNS 3036、CNS 12223與CNS12549相關規定。藉由粗粒料表面的水泥砂漿體，使粒料表面接觸互相膠結而發揮強度，同時形成多孔隙的結構體，提供透水功能。

1.6 施工所需資料送審

透水混凝土鋪面施工前應根據契約於規定日期內，根據契約所訂工期，承包商應編訂施工計畫書，品質管理計畫書及透水混凝土鋪面工程之基層、底層及面層所使用材料之配合設計報告書，提送工程司核定，施工中並應嚴格控制生產與施工品質及數量。

- 1.6.1 品質管理計畫書
- 1.6.2 施工計畫書
- 1.6.3 廠商資料
- 1.6.4 材料應提送樣品
- 1.6.5 各項檢驗及試驗報告

2. 產品

2.1 設計概要(註本節僅供設計參考，非施工強制規定)

2.1.1 透水混凝土(pervious concrete)

透水混凝土鋪面由下至上，分別由基層、碎石級配底層及透水混凝土面層等三層所構成，各層之規定性質需符合設計圖說，其原

則如下：

- (1) 基層：由原來土壤構成，土壤具有良好之透水性。
- (2) 碎石級配底層：一般的碎石級配底層。
- (3) 透水混凝土面層：厚度視使用需求而定，一般約為15cm厚。藉由配合設計與製程控制其特性以達適合之強度、高透水性、無析離等工程需求，抗壓強度約在800psi (5.6MPa)至4000psi (28MPa)之間。

2.2 材料之一般規定

2.2.1 底層材料

(1) 人行道

人行道的底層材料，使用一般碎石級配。通過ASTM 40號篩(孔徑0.425mm)的部份，塑性指數須小於6。

(2) 停車場、廣場等其他路面

底層材料可使用一般碎石級配，與人行道之底層材料相同，修正CBR，基層定為[20%]以上，底層定為[60%]以上，通過40號篩的部份，其塑性指數在基層定為[6]以下，在底層定為[4]以下，上鋪透水混凝土面層。

2.2.2 透水混凝土面層材料

- (1) 膠結材料：膠結材料可包含水泥與礦物摻料，水泥為主要膠結材料，水泥應符合CNS 61 [波特蘭水泥]相關規範，礦物摻料的添加主

要是要提高透水混凝土的性能，使用礦物摻料如矽灰、高爐石粉或飛灰等應符合CNS 3036、CNS 12223與CNS12549相關規定。

- (2) 粒料：粒料之品質需符合CNS 6298 A1026 道路用碎石之規定，粗粒料為單一粒徑粗粒料或級配顆粒介於9.5~19 mm或4.75~9.5 mm之間，國內常用碎石級配(6或7號)也納入使用範圍，其性質要求如下表所示。由於細粒料(砂)將填塞透水混凝土阻斷孔隙系統，細粒料與含泥量應受到限制。

項目	規 定
比重	2.45以上
吸水率	3.0%以下
磨損率	30.0%以下(洛杉磯)

- (3) 透水混凝土配比：典型透水混凝土主要是由水泥、粗骨材、少量細骨材、摻料與拌合水等所組成低坍度之拌合料，摻料之使用須符合本規範第03053章「水泥混凝土之一般要求」之有關規定辦理。透水混凝土空隙率範圍介於18至35%之間，28天抗壓強度範圍介於800至4000 psi (5.6至28 MPa)之間，典型透水混凝土透水係數範圍介於0.1至1.22 cm/sec，工地透水試驗應達400ml/15sec以上。水灰比或水膠比的選取

以能充份包裹骨材而不產生垂流現象為原則，通常介於0.25至0.45間，典型透水混凝土其單位重介於100 與125 lb/ft³ (1600 與2000 kg/m³)間。

2.3 工廠品質管理

水泥、粒料、摻料及新拌透水混凝土材料，應依中華民國國家標準（CNS）、美國州公路及運輸官員協會（AASHTO）或美國混凝土學會（ACI）最新修訂之試驗方法，若設計圖說無特別規定時，可依第03053章「水泥混凝土之一般要求」之規定，分別辦理材料之各項試驗。

3. 施工

3.1 透水混凝土之設計及基層、底層施工要求

(1) 施工計畫

透水混凝土鋪面之施工計畫類同普通混凝土鋪面工程之施工計畫，因細粒料與漿量較少，工作度差(接近零坍度)，水泥漿包覆骨材表面與空氣接觸面大，故施工時應「迅速」施作；須注意事項如下：

- A. 施工時避免逕流挾帶泥砂進入施工地點。
- B. 模板可使用木板或金屬模板，並且與鋪築路面厚度一致。模板需有足夠的承載力和穩定性以支撐路面及機

械設備荷重；現有水泥混凝土路面邊緣也可作為模板使用。

- C. 混凝土澆置完成後，施工車輛及重型機具均應限制進出，以確保混凝土的結構和滲透性完整。防止水由未完成施工區域或周邊路面漫流過透水混凝土版，設置適當形式的路邊緣石以防止透水混凝土版的邊緣過度磨損，並應清楚地標示透水混凝土區域。

(2) 路基

- A. 依照契約文件規定準備整理好路基。
- B. 在施工期間應盡可能管制交通荷重壓過整理好的路基。經施工車輛及機具滾壓過的路基，應視情況做必要的重新整理再壓實。
- C. 整理後的路基應經壓實且保持在正確的設計高程面。
- D. 鋪築混凝土鋪面前，應檢測路基的透水性；確認路基透水性符合契約文件的要求。
- E. 降雨時避免雨水進入工地。

(3) 基層與底層

- A. 在契約文件規定要鋪築基層時才鋪築，且應依契約文件要求的方法及材料鋪築基層。
- B. 人行道其底層用小型推土機或人工攤鋪，在適宜含水量情況下，用小型壓路機滾壓，須注意到適當的密度和

透水能力。

C. 停車場、廣場等其他路面

材料的析離影響底層的透水功能很大，因此在攤鋪時必須充分注意。因此，在攤鋪過程中，要注意滾壓的厚度，一層約為[20cm]，超過[20cm]時需要分[兩層]攤鋪，由於碎石所鋪成基、底層被視為儲水層，碎石須經清洗，另在鋪面層前，需要保持其底層表面清潔，防止被灰塵、泥土、垃圾等污染。

a. 基層：基層的材料，採用一般的碎石級配之規定，其施工要點如人行道底層，滾壓時使用雙輪或三輪壓路機進行壓實。

b. 底層：底層材料採用一般碎石級配之規定，可按照基層的施工方法進行。

3.2 透水混凝土面層

(1) 模板組裝

- A. 設置、組裝、及釘牢模板，以期混凝土硬固後的外觀尺寸能符合契約文件要求。
- B. 模板內側(與混凝土接觸側)應均勻塗 脫模劑。
- C. 可以用前次澆置混凝土的垂直面做為模板面。
- D. 鋪築寬度應依照契約文件的規定鋪築，且除非另有規定，否則鋪築寬度不得大於6

公尺。

(2) 運輸與澆置施工

運輸時間不宜過長，拌合卡車或攪拌車至現場後需迅速澆置，透水混凝土工作度較低(接近零坍度)，不適合泵送方式施工，為避免工作性喪失，可藉由拌合卡車或預拌車尾端直接卸料澆置透水混凝土。若天氣太熱，則拌合卡車可至工地再加強塑劑拌合。除非另有規定，否則應直接將透水混凝土卸出澆置在預先澆溼的路基或基層上；當點位較遠無法直接卸料在定位時，則應採用輸送帶運送混凝土至正確的點位上。

(3) 攤平施工

拌合卡車或預拌車需到達定位後再行下料，避免長距離移動拌合料。在攤鋪攤平階段，藉由耙子攤平透水混凝土，使完成面整平，以利壓實後表面美觀及方便使用。

(4) 壓實施工

- A. 進行攤鋪工作後，以架在模板兩端的鋪築機具(a form-riding paving machine)或震動刮板(vibrating screed)進行搗實整平新拌透水混凝土。其它修平機具則應在核可後才可以使用。
- B. 不得使用高能量振動棒，亦不要使用鋼製鏟刀或任何電動鏟飾機具，可以使用滑模

機(slipform equipment)進行澆置鋪築與成型鏟飾。一般使用平板振動機或振動刮板進行搗實整平後，再以滾筒採重力壓實方式進行，滾筒最小垂直壓力為10psi (0.07MPa)

C. 滾筒之寬度應大於施工面寬度，一般3.7m (12 ft)道面寬所使用大滾筒之重量約270kg至320kg (600至700lb)；小區域鋪面可使用較小滾筒之重量約90kg至140kg (200至300lb)，縱向滾壓之後，可再進行二次橫向滾筒壓密透水混凝土，以提高鋪面平坦度。

D. 修飾混凝土面，以使鋪築厚度及高程符合契約文件規定，角落外觀修飾必須在尚有工作度時迅速進行，可以鏟刀邊飾透水混凝土以改善角落外觀。上述澆置、平板振動機攤平搗實、滾筒壓密、修飾與工作縫處理應於透水混凝土混合料加水拌合開始計時至一小時內完成，若有使用緩凝劑或天氣濕冷許可條件下，可延長至90分鐘內完成。

(5) 接縫施工

除非另有規定，應依照契約文件內指定的位置、深度、及平面尺寸接縫施工。透水混凝土鋪面伸縮縫、施工縫及分隔縫可在施工中或施工後進行，僅有在鋪面版與建築物、基礎結構物、或人孔

結構物相接時，才可使用分隔縫；分隔縫的深度應達全部版厚，且應以隔絕材料填滿。伸縮縫間距應小於6公尺，以防止熱脹冷縮，於新拌混凝土鋪面壓實完成後製作伸縮縫，即在未完全硬固前進行切縫，切縫工具是一種特別設計滾筒切縫附有刀鋒，切縫深度約為1/4至1/3版厚，可進行橫向與縱向切縫。若使用一般鋸縫法，應待混凝土擁有足夠強度，鋸縫時不會引起毛邊或崩塌，且能在混凝土產生伸縮裂縫前鋸縫，其鋸出的最小接縫寬度應為3 mm，而採用提早進場的乾鋸刀鋸縫時，鋸縫深度應達25 mm 以上。

(6) 養護施工

一般混凝土的養護常使用漫淹方式澆水在表面，透水混凝土之養護因孔隙率關係，水份無法保持在表面，故常以厚度6mil(0.15mm)的厚聚乙烯塑膠布緊密覆蓋鋪面，為避免乾縮裂縫，只有在進行切割作業時，才可以將養護覆蓋塑膠布移開；塑膠布的最小寬度應能覆蓋整個鋪面寬度。初期淋水時水柱不得過強，一般要求透水混凝土鋪面滾壓夯實作完成後，應於二十分鐘內進行養護，透水混凝土滾壓後使用塑膠布覆蓋養護鋪面，避免泥

土、砂、鋸屑與細料污染或堵塞透水混凝土孔隙；一般要求透水混凝土鋪面應全程使用塑膠布覆蓋養護且至少養護7天後，工程司或建築師認可後方能對外開放交通。

3.3 檢測

施工前、中、後，對各層材料品質、鋪設厚度及透水性等均須加以檢測，以求符合規定。

- (1) 路基基層滲透性（工地透水試驗）宜於設計階段辦理，施工前對所用材料須就級配、潔淨、單位重、強度及透水係數加以檢測是否符合本規範2.2節材料之規定。
- (2) 施工中及完工須進行厚度、級配、平坦度、單位重及滲透性等項目檢測有關其頻率及標準要求範圍參考下表。

工 種	種	項 目	次 數	標 準 要 求 範 圍
施 工 前	路基基層	滲透性(工地透水試驗)	每隔 1000m ² 一次	設計階段辦理
	透水混凝土	配比與試拌	每配比一次	依設計圖說
施 工 中	路基基層	符合標準的滾壓	隨時	依設計圖說
	碎石底層	厚度	每隔 20m 一處	+24mm & -6mm
		含水量	隨時	依設計圖說
		壓實度	每 500m ² 一次	93%以上
	新拌透水混凝土面層	取樣(試體製作)	每隔 20m, 一處	依設計圖說
		級配	每 1000m ² 一次	依設計圖說
		單位重	每 1000m ² 一次	設計值之±80 kg/m ³
		外觀(重流與否)	隨時	視判斷
施 工 後	新拌透水混凝土面層	厚度	每隔 20m, 一處	+24mm & -6mm
		強度	每 1000m ² 一次	依設計圖說
		單位重	每 1000m ² 一次	設計值之±80 kg/m ³
		伸縮縫深度	每隔 20m 一處	±10mm
		滲透性(工地透水試驗)或 透水係數	每 500m ² 一次	400ml/15sec 以上 或 10 ⁻³ cm/sec 以上

3.4 管理與維護

- (1) 鋪面完工前四個月，每月檢視一次，往後每年檢視四次。

- (2) 於大雨後即刻檢視表面是否積水，若發現鋪面嚴重阻塞，需翻修。
- (3) 透水鋪面強度較弱，應設置告示牌禁止重型車進入，避免不當使用造成結構破壞。
- (4) 鋪面應避免堆置砂土及其它粒料或粉狀物料和含泥砂之車輪進入，以免破壞鋪面透水性。
- (5) 鋪面周圍地面應種植草皮，避免裸露地之砂土進入。
- (6) 鋪面若接受臨近地區排水，應視需要設置前處理設施，以去除漂浮物及沉渣，延長鋪面使用壽命。
- (7) 鋪面應於每年雨季來臨前檢測透水性，透水性降低至一定程度，應即進行清洗。
- (8) 鋪面每年清理兩次，使用吸塵及高壓水柱沖洗兩道程序。

4. 計量與計價

4.1 計量

以現場完成並經驗收之各種材料厚度以[立方公尺]為計量單位。

4.2 計價

付款應按契約詳細價目表所列之單價計付。單價包括一切人工、材料、機具、設備、運輸及其現場構築之透水混凝土鋪面工程所需之附屬工作，包括模板之供應與架設、伸縮縫之裝置等。

四、結論與建議

本文內容包括透水混凝土回顧和透水混凝土鋪面材料與施工技術規範研擬兩部分，可得到以下結論，供相關研究參考：

透水混凝土回顧與應用，收集ACI 透水混凝土應用案例和PCA 透水混凝土鋪面應用案例，極具參考價值，其中，應用於停車場與行人道鋪面已經成為焦點與喜好，未來應該投入更多的資源與研究於都市道路、公路及機場之底層、高速公路路肩、海

濱結構、人工潛(漁)礁和海堤等。

透水混凝土鋪面材料及施工規範研擬，極具參考價值，經座談會專家學者認定可送請公共工程委員會進行施工綱要規範審查。

透水混凝土鋪面工程可引用並符合ACI 522R-06與ACI 522.1-08新規範與試驗方法，未來應該投入的研究有現地試驗方法、非破壞試驗方法與觀測井對水質試驗之發展。

參考文獻

1. 邱永芳、朱金元、張道光、黃然、張建智、葉為忠(2006)，「透水混凝土應用於交通工程之研究(1/2)」，交通部運輸研究所研究計畫成果報告(計畫主持人黃然)，MOTC-IOT-95-H1DB007。
2. 邱永芳、張道光、李明君、顏聰、邱垂德(2007)，「透水混凝土應用於交通工程之研究(2/2)」，交通部運輸研究所研究計畫成果報告(計畫主持人李明君)，MOTC-IOT-96-H1DB004。
3. 李明君、顏聰、邱垂德、黃怡碩(2009)，「透水混凝土應用在港灣構造物設施與公路路面成效評估之研究(1/2)」，交通部運輸研究所研究計畫期末報告(計畫主持人李明君)，MOTC-IOT-98-H1DB005。
4. ACI Committee 522 (2006), Pervious Concrete.
5. Portland Cement Association (2004), Pervious Concrete Pavements.
6. ACI 522.1-08 (2008), Specification for Pervious Concrete Pavement.

國際港埠協會(IAPH)假熱那亞舉行之2009年大會和重要決議

陳文樹 交通部

一、IAPH之設立宗旨、會員和組織架構

「國際港埠協會」(IAPH, International Association of Ports & Harbors, 以下以IAPH稱之)是全球各港埠機構所熱衷參加、同時亦是對港埠機構而言最重要的國際性組織，為一非營利、非官方性質(non-profit & non-governmental)之組織。IAPH係以對仗之文句--「經由全球港埠創造全球貿易；經由全球貿易創造全球和平」(World Peace Through World Trade ; World Trade Through World Ports)作為自勉自勵之箴銘(motto)；其設立宗旨則載之於組織章程首條，乃--

- 藉由本協會諸會員的協同合作，提昇國際海港和海事產業的健全發展，並促進全球所有港埠之間能愈益密切聯繫，進而增益世界和平暨人類福祉。
- 鑒於海事貿易、航海運輸乃至於相關業務領域之法令規章，以及欲和港務機構聯繫之國際組織日益增多，爰籌設本協會俾確保港埠機構的共同利益，同時反映其意見。
- 就國際間海事貿易、航海運輸、港埠發展趨勢以及有關於此等產

業的法令規章，相互蒐集、分析、交換和傳遞資訊。

煞如眾所週知的「聯合國」，有人則將IAPH比喻成「地球村的聯合港」(the United Ports of the World)，係於1955年創設籌組而成，旨在促進海運、港埠業務的興盛繁榮暨相關海事事務的安全穩定，而我中華民國正是國際港埠協會的14個發起國之一。環顧當前大部分的國際組織，大都是設址於歐美國家，尤其是紐約、日內瓦或布魯塞爾等都市，而IAPH之總部卻是位於亞洲的日本東京，誠屬罕見之例。目前，IAPH共涵蓋有近90個國家(或地區)的230個正式會員(Regular Member)，以及逾百之協力會員(Associate Member)，除極少數設有商港的國家卻迄未有任何海港機構加入IAPH之外，幾乎擁有領海與海港的國家(或地區)皆會加入IAPH而成為會員。由於參加IAPH係以港務機構或航政管理單位、而非以國家作為成員，故一國有多個國際商港同時加入、共為會員的情形屢見不鮮。

IAPH的正式會員中，除了可以是港務機構外，也可以是各國的航政、港埠管理單位，甚至於中央部會層級者(如日本的運輸省)，而英國更以設址於倫敦的「英國港埠協會」(ABP，由23個港務機構合組而成)的名義加入、南非則以「港網」(PORTNET)的名義加入。以港口或港務事業營運團體加入為會員者，其性質亦有數種區分--有尚屬於趨近官方機構型態的港務管理局者(Administration Bureau或Authority)，此占最多數；有的已轉型為公司組織者(Corporation)，如澳洲雪梨商港公司、日本神戶商港棧埠會社；有的則是以協會(Association，也可譯稱作集團)或趨近公法人性質的「信託公司」(Trust)之名義加入，前者如新加坡的PSA集團，後者如巴基斯坦的喀拉噠港務信託公司以及印度的聯合港務信託公司。正式的會員之外，IAPH尚有逾百個協力會員(Associate Member)和數十個觀察員(Observers)。它們大部分是相關的海事協會、政府單位，或是學術機構、民間公司，型態尤為多元。舉其在國際間較負盛名者為例，諸如澳洲港埠海運協會(AAPMA)、歐洲海港組織(ESPO)、美洲港埠協會(AAPA)暨英國港埠協會(ABP)…等，皆是IAPH的觀察員。

IAPH雖係非官方性(non-governmental)之協會，但卻是五個國際性官方間之諮詢機構(inter-governmental bodies或譯稱為政府間機構)。IAPH議決之事項或其秘書處提

供之意見，對於全世界諸港埠機構以及上述五個國際性官方組織，一直有著甚為明顯的直接、間接之影響，彼等召集會議時亦會視需要透過IAPH的聯絡員(Liaison Officers)邀請IAPH之代表人員列席。以上五個國際性官方間之諮詢機構係分別為--

- 經濟暨社會理事會(ECOSOC, Economical and Social Council)
- 國際海事組織(IMO, International Maritime Organization)
- 國際貿易開發聯合會(UNCTAD, United Nations Conference on Trade and Development)
- 國際環境計畫(UNEP, United Nations Environment Program)
- 世界貿易組織(WTO, World Trade Organization)

其中的國際海事組織(IMO, International Maritime Organization)係聯合國轄下的專門機關，本部設址於英國倫敦。其前身是創立於1959年的「政府間海事諮詢組織」(IMCO, Inter-Governmental Maritime Consultative Organization)，1982年時改組為現之國際海事組織，仍位於倫敦；國際貿易開發聯合會係設立於1964年，亦為聯合國轄下之專門機關，旨在平衡未開發國家、開發中國家與已開發國家，乃至於南、北兩半球之貿易推進與興盛發展；國際環境計畫係聯合國轄下之組織，成立於1972年，旨在調和舉世重要環境規劃之機構。

IAPH的秘書處(Secretariat)係專責籌劃大會(conference)的召開，並將大會通過之議案移請執行理事會執行之，因為IAPH之總部係位於東京，故秘書處亦設於東京，且自IAPH設立以來的55年之間，其秘書長(Secretary General)俱由日籍港埠領域知名人士出任。決策理事會(Board of Directors)係IAPH制定決策(policy-making)的最高部門，並且在大會召開期間監督

會議妥善進行，依照決策理事會的規章(By-Law，或可譯為準則、內部規則)，理事會需在兩屆大會舉行之休會期間的中間時段召集「期中會議」(mid-term Board meeting)，議定重要之決策。執行理事會(Executive Committee)則負責執行大會和決策理事會通過之議案，並在大會休會期間辦理各種例行事務，其召集會議的次數，實尚明顯多於決策理事會。

二、IAPH於近十二屆舉辦之國際大會(conference)概況

自IAPH設立伊始的1955年起，迄2009年止，共舉行過26屆大會(conference)，首屆會議只有來自16個國家的126名代表與會，然而在召集第26屆會議時，已累增至來自全球70個港埠的首長和幕僚人員隆重與會(含工作人員在內，共有近約千名之出席者，但部分會員機構則未派員蒞會)，吾國基隆、臺中、高雄及花蓮四個國際港的港務局亦由首長級人員出席盛會。第1~3屆大會係間隔四年，爾後則每兩年舉辦一屆，因此亦可將大會改稱為雙年會，而且在大會召開之際，皆會併同辦理和港埠營運、世界海事貿易有關的展覽會。為避免空泛冗亂，自第9屆假新加坡召開大會起均訂有一個會議專題作為主軸。茲將最近12屆(即第15屆至第26屆)舉行大會的日期、地點和會議專題列示如附表。最近一屆、即第26屆大會係於

2009年5月假義大利的熱那亞(Genoa)舉行，以「走向世界，走向未來」為會議主題，並輔以5場專題研討，計為「全球氣候變化挑戰」、「港埠管理與策略」、「全球物流及港埠」、「保全、安全及環境保護」以及「港口未來與共存」等題旨，俾來自世界各國的會員機構，分享港埠新知與實務經驗；而第27屆大會，則預定於2011年，假韓國的釜山舉行。

在每兩屆大會的「中間年」，IAPH決策理事會則會循例舉行「期中會議」，例如在第22屆和第23屆大會之間的2002年5月19至24日，係假阿拉伯聯合大公國的阿布達比召開。另外之地區性會議如亞/大洋洲地區會議暨歐/非洲地區會議，亦皆會視需要召集。

附表 最近十二屆IAPH舉行大會的日期、地點和會議主題

屆次	日期	地點	會議主題
15	1987.5. 9-16	韓·漢城	從港埠觀點眺望21世紀
16	1989.4.22-28	美·邁阿密	港埠--世界各國相連的接點
17	1991.5. 4-10	西·巴塞隆那等	港埠的挑戰--現在暨將來
18	1993.4.17-24	澳·雪梨	港埠與世界經濟變化的衝擊
19	1995.6.10-16	美·西雅圖	新挑戰--新夥伴關係
20	1997.5.31-6.6	英·倫敦	從海事的既往到海事的將來
21	1999.5.15-21	馬·吉隆坡	經由港埠的合作發展世界貿易
22	2001.5.19-26	加·蒙特婁	2001年是水運年
23	2003.5.24-30	南非·德爾班	港口發展策略與保全
24	2005.5.21-27	中國大陸·上海	經濟全球化對港埠及船運業界發展之影響
25	2007.4.29-5.4	美·休士頓	物流基礎建設與港埠策略等六大項議題
26	2009.5.25-29	義·熱那亞	走向世界，走向未來

- 1: 會議舉辦地點並非即是港都，例如在馬來西亞的內陸型首都--吉隆坡舉行的第21屆大會時即然，該屆大會係由鄰近吉隆坡之Klang 港務局協辦。
- 2: 加拿大蒙特婁市曾是7th和 22nd 屆IAPH大會之所在地，而倫敦亦曾舉辦過兩屆大會。

三、IAPH第26屆大會(熱那亞大會)之兩項重要決議案

第26屆大會，不僅就「走向世界，走向未來」的會議主題深入研議外，亦就「全球氣候變化挑戰」等五項專題進行充分的討論，冀求擺脫世界性經濟貿易的低潮、預防危機再度爆發，同時經由港埠、海運事業所達成的物流功能，長保經濟局勢之穩定。另則鑒於全球氣候的劇烈變化，兼以港口對於溫室效應帶來的暖化現象具有其相當程度的影響力，使得IAPH於2008年4月假法國敦克爾

克(Dunkirk)召開的決策理事會中，已作成必須採取立即作為之決議，且因為2008年7月於荷蘭鹿特丹舉行的C40(city 40，乃由全球40個擁有港口的大城共同設立的組織)世界港口氣候會議中發布之「世界港口氣候宣言」(World Ports Climate Declaration)中，亦指出必須由IAPH肩負領導實施的重責。職是之故，熱那亞大會爰通過「港口應為經濟復甦做好準備」(Ports Preparing for Economic Recovery)

與「港口氣候行動」(Ports Climate Action)兩項重要決議案(Resolution)。茲將該兩項決議案說明如下--

1、「港口應為經濟復甦做好準備」決議案

由於全球經濟自2008年9月起迭遭大幅衰退，國際貿易顯著萎縮，以致2009年的前數月間，舉世多數港口的吞吐量較上年度同一時期降低了20~30%，而港埠對於當地、大區域乃至國家的經濟發展和貿易成長皆具有重大的關連，因此宜於此際投資建設並增置設施，改善內部管理以提升競爭力，使於景氣復甦時不會再因為場址設備不足而造成港埠的擁塞和漫長的等待，俟海運事業重回榮景時得以創新之風格服務託運業者，此一決議案的三項重點在於：

- 全球的港口應兼具前瞻的作法並付諸積極的行動，提高各該港口設備供船舶靠泊和貨物(櫃)裝卸的容許量(capacity)。
- 各國各層級的政府部門，必須以應對世界貿易未來發展的觀點，協助對境內港口的融資以利其推動必要的建設，並修訂法令和各種相關的管理規範，從而促進經濟景氣之復甦。
- 各國政府、非官方組織(NGO)和跨國之社群團體、企業機構，應藉由經濟和技術的交流合作，提供資源匱乏之開發中國家的港口，實質有效的支援協助(essential and effective assistance)。

2、「港口氣候行動」決議案

IAPH主張日趨惡化的溫室效應和任何攸關排碳量的作為，皆會若干程度的影響港口之發展；反之，港埠建設和海運事業亦對地球暖化之問題，有一定層面的關係。IAPH並曾在2008年11月宣示「世界港口氣候宣示」(WPCI, World Ports Climate Initiative)，大會之採用“Initiative”而非“Declaration”，乃顯示更具推動施行的決心，且責成各會員機構必須依據WPCI之內涵如許可之排碳量、改善設備、船舶環境指數…等項採取行動。包括IAPH在內，來自全球各地的多個官民團體則另於2009年12月在丹麥舉行「聯合國氣候變遷大會」(United Nations Climate Change Conference 2009)，以新的全球化機制和更具實用性的決議取代京都議定書之部分內容。至於第26屆的IAPH熱那亞大會，諸會員一致通過的港口氣候行動決議案之數項重點在於：

- IAPH既有涵蓋及於世界大多數國家(或地區)在內的會員，爰應對控制溫室效應有所貢獻，充分扮演國際社會組織力行環境保護的重要角色。
- 全球港口應遵循WPCI內涵以及IAPH港口環境委員會訂立的規範，履行任何有助於改善溫室效應的規定，以避免因氣候變遷對世界帶來的危害。
- 全球港口應為氣候變化和海平面上升可能產生的衝擊預作周全之綢繆，勿使全球物流系統造成斷鏈，IAPH港埠規劃與發展委員會

將協助諸會員機構從事必要的防範和準備。

- 港口管理機關應負起領導的重責，與港埠業務有關的所有社群團體和所有業者(如船公司、場站經營者和港埠設施使用者)共同合作，全力扼止各種不利於氣候環境的措施。

前國際港埠協會總裁O.C.Phang女士(任期2007.5-2009.5，註)過去亦曾數度挺身，敦促世界各港埠機構暨

海運業界，應劍及履及的施行相關防治措施，她並強調由City 40組織舉辦的「世界港口氣候會議」中，已展開了重要的步程，IAPH之會員們宜具有廣闊的世界觀，秉承能永續發展的胸襟，以有效防止日趨嚴重的全球暖化問題。第26屆之IAPH熱那亞大會期間，應邀蒞場之各界則對國際港埠協會多年來所領導的世界各國港埠機構，在環境生態保護題旨上所做的努力深表支持贊同，但各國嗣後仍將更加努力，以克服斯項問題。

四、第26屆IAPH大會舉辦地--義大利·熱那亞和其港埠

於2009年5月舉辦IAPH第26屆大會的義大利熱那亞(Genoa)，乃是一個位處地中海北岸並瀕臨熱那亞灣(Genoa gulf)，歷史極為悠久的著名古城，現今城內的熱那亞港亦是全義大利甚為重要、足可與另一個位於熱那亞灣東部的那不勒斯(Naples)港並駕齊驅之國際大港。始建於西元前3世紀羅馬帝國時代的熱那亞，因當地為亞熱帶地中海型氣候，故經年陽光普照、雨量充沛，冬季盛行北風但其他季節則大都是吹南風，以致海流潮汐穩定，自古海運即頗發達興盛，古昔之航商常依季風方向而訂定船隊出航或返航的時程。而古羅馬帝國與地中海沿岸殖民地間之調動部隊，或相互間的征討攻防，亦常係配合季風、潮向以行事。

中世紀時熱那亞係一個與威尼

斯、比薩等城邦並列齊名的獨立強盛海洋國家，且在地中海沿岸建立了好幾處的殖民地，於其國勢最強大的時期，熱那亞可掌控位於義大利半島西側的利古利亞(Ligurian)海以及科西嘉島(拿破崙出生地)。19世紀初期，由於拿破崙的征伐，使得熱那亞在1805年被併入為法蘭西帝國的一部分；之後，因為法蘭西帝國的沒落不振，熱那亞又在1815年被薩丁尼亞王國統治，並隨著薩丁尼亞王國之統一義大利半島，而在1861年成為義大利的大城。昔時，於19世紀中葉挺身鼓吹義大利統一建國理念的革命先驅--馬志尼(Giuseppe Mazzini)，便是出生於熱那亞名門醫家的傑出子弟。

熱那亞港的航道和泊船區水域面積，計有230萬平方公尺，每日平均潮差僅約0.2公尺，因而極適合闢建港埠

以供船舶停靠和裝載貨物，並建有連港鐵路專線，陸運十分便利。港區可劃分為老港區、新港區和油港區三部分，海岸線總長約30公里，有200座船席可供船舶停泊，裝卸設備齊全完備，約百艘的停泊貨船可同時進行裝卸。港埠內的倉庫及戶外堆置場，面積約150萬平方公尺，並有各種專用倉庫，像是貯放咖啡專用倉庫及冷藏庫等。配置於散裝貨物碼頭上的皮帶輸送機，可將貨物由船艙直接卸載至堆置場，以穀物為例，每小時得卸載600噸；貨櫃碼頭可供停靠具有龐大裝載容量的第三代貨櫃船，裝卸效率大致為每兩分鐘裝卸一個貨櫃，而近五年來每年的貨櫃吞吐量約為60萬TEU。為了因應貨櫃運輸發展的需要，全義大利最大產業集團之一之菲亞特企業，麾下的子公司--辛波特公司業已於本(21)世紀初，於熱那亞港新闢的渥爾特利貨櫃碼頭租下廣袤土地，並分階段大舉擴建泊位，俟全部的擴建計畫皆告底定，勢將可使港內的渥爾特利貨櫃作業區，成為歐洲規模最大的貨櫃碼頭。熱那亞港務當局，亦利用於2009年舉行的第26屆IAPH大會時，邀請蒞會貴賓共同觀睹熱那亞港的擴建情形，以及其經營的實況。

熱那亞亦是義大利的主要煉油中心之一，自中東地區購入、由大型油輪裝載的原油，先在泊靠油輪之碼頭，以每小時約6,000~10,000噸的卸載速度從事卸油至貯油槽；且在距離岸邊約1.2公里處尚有SPM平台浮筒，可供泊靠載重達50萬噸的超級油船，

藉由2,800公尺長的海底油管，將船內原油以每小時達1.4萬立方公尺的速度，泵運至港區的貯油槽。石油公司接著將暫存於港區的原油，以加壓設施和管路泵送到鄰近的煉油廠，提煉完成的油產品，得再經由輸油管道運輸至北邊的瑞士、奧地利或捷克等中歐內陸國家去銷售，並從煉油產業賺取大量的外匯。

自熱那亞港出口的貨物，主要為機器、卡車、化肥、食品、紡織品、拖曳機、金屬製品及煉油產品等；進口貨物則以酒、鹽、石油、煤炭、礦石、穀物、木材、廢鋼、紙漿、油脂、牲畜、磷灰石、油籽及化工原料等為主。熱那亞市係義國首要的造船工業中心，全義大利每年近乎2/3的船舶是於此建造下海的，而熱那亞港的船舶修護區尚可承攬各種船舶的修理，其最大的船塢足可容納10萬載重噸的船舶。石油化工、機器製造以及鋼鐵工業，皆是熱那亞當地頗為發達的產業，而其工業之發達實與繁榮的海運有極高的依存關係，這點倒和高雄市、高雄港彼此依存共榮、息息相關的情形甚為相近。此外，兼具悠久歷史文明的熱那亞，市內有相當多蘊涵中古世紀風味和史跡的教堂，同時亦是遠近馳名的觀光旅遊勝地，遊客可搭乘飛機抵臨距港口僅約5公里的國際機場，或自當地轉飛他處，十分便捷，而且由於熱那亞港和機場的距離極近，故對發展海空聯運亦有極大的裨益。

五、結 語

與全球諸港埠機構關係最密切的IAPH組織，乃一名聞海宇的國際組織，本文淺述未及之處，讀者可從電腦網路<http://www.iaph.or.jp>或<http://www.iaph.worldports.org>查詢細睹，俾對IAPH的功能暨運作，有更加深入的明瞭，並充分明瞭各國港埠的組織型態、營運狀況乃至於各國港務事業營運團體在國外的轉投資關係等，以增

加對於全球港埠經營動態的國際觀。

註：IAPH於2007年，假美國休斯頓市舉行的第25屆大會中，選出馬來西亞籍的巴生港務局(Port Klang Authority)華裔局長--O.C.Phang，出任該組織的總裁，亦為IAPH的首位女性總裁，任期2007-2009年。O.C.Phang甫就職時，即誓言要令IAPH在海運業具有更堅強的動力，且擴大會員將是其重要目標之一。

港 灣 報 導 徵 稿 簡 訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 投稿者應保證所投稿件無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情勢負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。
3. 來稿經本刊接受刊登後，作者應附具著作授權同意書，同意非專屬授權予本刊做下述利用：
 - (1) 以紙本或是數位方式出版。
 - (2) 進行數位化典藏、重製、透過網路公開傳輸、授權用戶下載、列印、瀏覽等資料庫銷售或提供服務之行為。
 - (3) 再授權國家圖書館或其他資料庫業者將本論文納入資料庫中提供服務。
 - (4) 為符合各資料庫之系統需求，並得進行格式之變更。
4. 作者應保證稿件為其所自行創作，有權為前項授權，且授權著作未侵害任何第三人之智慧財產權。
5. 稿件每篇以8頁（含圖）（4000~5000字）以內為原則，稿酬從優；請附磁片或E-mail，並請加註身分證字號及戶籍地址（含鄰、里）。
6. 本刊每年刊行3期，分別於2月、6月、10月出版。如蒙惠稿請於每期出版前30日寄交本刊。
7. 聯絡電話：(04)2658-7139 馬維倫
傳真電話：(04)2656-4415
E-mail：elisa@mail.ihmt.gov.tw
8. 歡迎賜稿，來稿請寄：
43542臺中縣梧棲鎮中橫十路2號
交通部運輸研究所港灣技術研究中心「港灣報導編輯委員會」收

ISSN 1019-2603



9 771019 260006

GPN 2007700020

定價 100 元