

# 港灣報導



季刊 第64期

## 要 目

- ❖ 雷達技術在近海量測的發展現況
- ❖ 對“從另一觀點來解決花蓮港之共振問題”之討論
- ❖ 淺談日本新形式防波堤之發展
- ❖ 港灣業務費率碼頭碇泊費計費單位改制對船舶進出港行為之影響 — 台中港個案研究
- ❖ 海洋中最大型人工魚礁軍艦礁之優點及設計施工方法之演進（第二、三階段）
- ❖ 新加坡資訊流發展 — 以港口EDI發展為例
- ❖ 高雄港新增之姊妹港 — 杜拜港的營運動態及日後發展

中華民國九十二年四月出版

ISSN 1019-2603



9 771019 260006

GPN 2007700020

定價 63 元

# 港灣報導季刊

第 64 期

交通部運輸研究所

中華民國九十二年四月出版

# 目 錄

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 一、雷達技術在近海量測的發展現況.....                                                          | 1  |
| 湯世燦 鎂創科技股份有限公司 顧問                                                              |    |
| 劉決弘 鎂創科技股份有限公司 副總經理                                                            |    |
| 二、對“從另一觀點來解決花蓮港之共振問題”之討論.....                                                  | 9  |
| 馬平亞 Prof., College of William and Mary                                         |    |
| 三、淺談日本新形式防波堤之發展.....                                                           | 15 |
| 陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社規劃組組長                                                          |    |
| 林東廷 台灣漁業及海洋技術顧問社正工程師                                                           |    |
| 四、港灣業務費率碼頭碇泊費計費單位改制對船舶進出港行為<br>之影響 - 台中港個案研究.....                              | 28 |
| 王棟華 國立台灣海洋大學航運管理研究所副教授                                                         |    |
| 葉啟明 台中港務局港務組技士                                                                 |    |
| 五、海洋中最大型人工魚礁 - 軍艦礁之優點及設計施工方法<br>之演進 (第二、三階段 - 爆破沉放作業與國內、外爆破沉放技術<br>之比較探討)..... | 42 |
| 蘇棋福 僑龍工程顧問股份有限公司總經理                                                            |    |
| 六、新加坡資訊流發展 - 以港口 EDI 發展為例 .....                                                | 54 |
| 張雅富 交通部高雄港務局研發組專員                                                              |    |
| 七、高雄港新增之姊妹港 - 杜拜港的營運動態及日後發展.....                                               | 59 |
| 陳立中 中華郵政公司技術處高級技術員                                                             |    |



# 雷達技術在近海量測的發展現況

湯世燦 鎂創科技股份有限公司 顧問  
劉決弘 鎂創科技股份有限公司 副總經理

## 一、簡介

近年來，高頻雷達已經成為以陸地為裝設點而能捕捉近海海況的最佳遙測儀器。我們曾在 1996 年的”港灣報導”中介紹過高頻雷達的操作原理及當時的應用。本文則是再將此一技術在該文發表後迄今的期間，在全世界之研究發展狀況加以補充說明；同時，也介紹其它雷達技術在海岸環境之應用。

## 二、高頻雷達

一般而言，高頻雷達的使用頻率是 3M 到 30 MHz，其對應換算的雷達波長是 100 到 10 m。如圖 1 所示，當徑向的海面波之波長正好是雷達波波長一半的整數倍時，由海面反射回來的高頻雷達波就會發生布拉格(Bragg)散射，或稱布拉格共振。

$$\lambda_w = n\lambda / 2 \dots\dots\dots(1)$$

公式(1)中， $\lambda_w$  是布拉格波的波長(布拉格波為散射雷達波的海面波)， $\lambda$  是雷達波的波長， $n$  是整數。公式(1)適用於設置於岸邊的高頻雷達系統。

都卜勒頻移的公式如下：

$$f_D = 2V / \lambda \dots\dots\dots(2)$$

公式(2)中， $V$  是目標物沿著逼近雷達波方向(徑向)的速度分量。由於布拉格波是寄附於表層海流上，因此

$$V = \pm \sqrt{g\lambda_w / 2\pi} + U \dots\dots\dots(3)$$

公式(3)中， $g$  是重力加速度， $U$  是表層海流在徑向上的速度分量，正負號則要依深重力海波對雷達入射波逼近還是後退的狀況而定(如為逼近則取正號)。

當  $n=1$  時，公式(1)、(2)、(3) 可合併為

$$f_D = \pm \sqrt{g / \pi\lambda} + 2U / \lambda \dots\dots\dots(4)$$

因此布拉格波對都卜勒頻移的貢獻則如圖 2 中的兩個波峰所示。公式(4)等號右邊的第二項是海流所造成的都卜勒頻移。所以透過都卜勒頻移的第一階布拉格線，可以算出海流的徑向速度分量。典型的都卜勒頻譜如圖 2 所示，而其中的兩個明顯波峰稱為第一階的布拉格線。

同時，請注意波浪造成的都卜

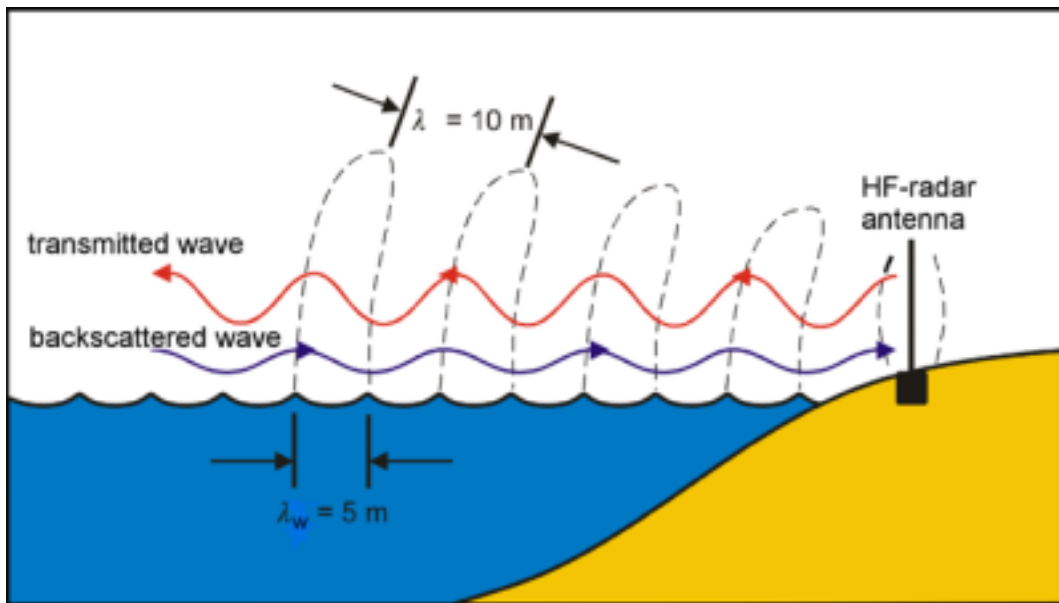


圖 1 被海面波散射的雷达波(虚线是表示布拉格共振发生之处)

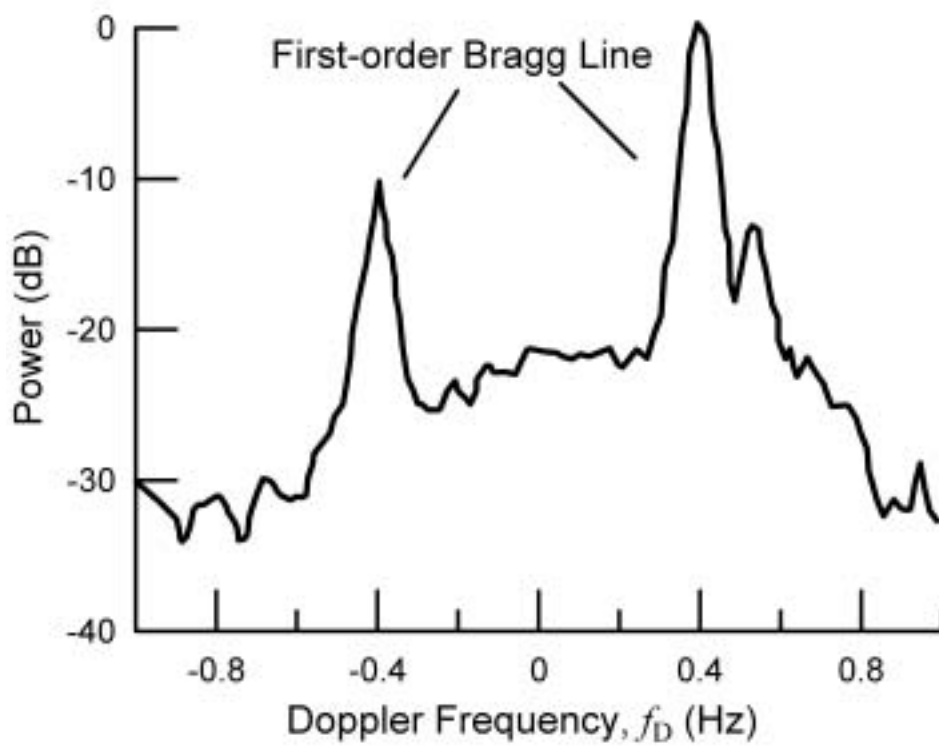


圖 2 雷达的都卜勒频谱，这可以用来推估各种海洋参数。

勒頻移是與雷達波波長倒數的平方根成正比，而海流造成的頻移則與雷達波波長的倒數成正比！

其它的微小波峰主要是由其它複雜的海況所形成，如何利用這些微小波峰推導出其它海洋參數則描述於下列各節中。

#### • 表層海流

由於高頻雷達波對海面的穿透很淺，因此可以使用都卜勒頻譜來量測表層海流。如前所述，第一階布拉格線所對應的頻移( $f_D$ ，由量測得到)扣除布拉格波所造成的都卜勒頻移( $\sqrt{g\pi/\lambda}$ ，為一已知量)所殘餘的頻移量可用來推算海流(公式(4))。為了能夠獲得此一海流向量，我們得視想知道的量測範圍及解析程度，佈建兩個或多個相距 8-40 公里的雷達。在過去，由高頻雷達所推導出的海流數據在同一地點也曾利用聲波式都卜勒海流儀 (acoustic Doppler current profiler，簡稱為 ADCP) 所量得之數據作比較。ADCP 是裝設於船上，而 OSCAR (Ocean Surface Current Radar) 則是裝設於陸地的高頻雷達。Chapman 及 Graber 在 1997 年曾比較這兩套系統量得的海流數據，發現兩者的均方根差是 14.8 cm/s，其數據如圖 3 所示。一般而言，以陸地為裝設點的高頻雷達系統可以在長距離模式，解析度在 2-3 km 狀況下，其量測範圍可達 16-70 km。如果增加雷達頻率，解析度可以縮小

到 300 m，但量測距離必須變短。因為雷達波的穿透深度與其頻率有關，而推導出的表層海流為表面到  $\lambda/8\pi$  深度的加權平均值 (Stewart and Joy, 1974)。時至今日，高頻雷達在求得各種天候情況下的各種空間與時間的海流參數上，已經變成一個實用的工具了。而其推導出的海流參數更可廣泛用於研究各種海岸現象，如：潮汐、海岸噴流、海岸湧升流及渦流等。

#### • 海面風

風向可由逼近或遠離布拉格線的比率所推導。其原理是由如下的風波能量分佈公式所推導出來的

$$G(\theta) = A \cos^s(\theta/2) \dots \dots \dots (5)$$

公式(5)中， $A$  是常數， $\theta$  是風向與雷達波的夾角， $s$  是能量擴散因子，大約為 2-4 之間。風能相對於風向的極座標圖如圖 4 的上半部所示。由公式(5)，可以知道最大的風波能量是在順著風的方向上。因為正都卜勒頻率或負都卜勒頻率的波峰主要是由逼近或遠離的波浪所造成。所以根據公式(5)，波峰比值會等於波能的比值，因此風向即可推導出來。圖 4 的下半部即可看出在不同風向時，其都卜勒頻譜的變化。

由雷達所推導出的風向與浮筒方式所量得之風向是相當一致的。Fernandez 等人於 1997 所做的風向比較如圖 5 所示。

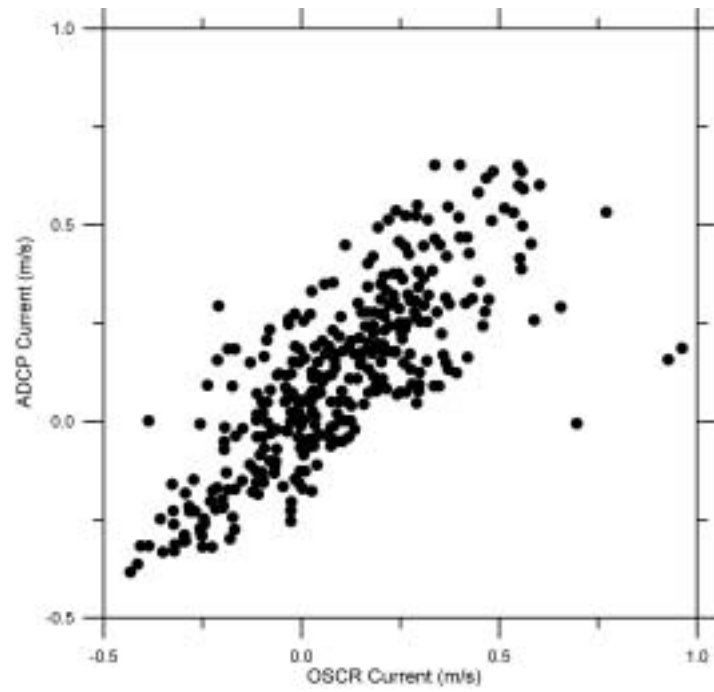


圖 3 由 ADCP 及 OSCAR 兩套系統推算得到的海流比較  
(取材自 Chapman and Graber, 1997)

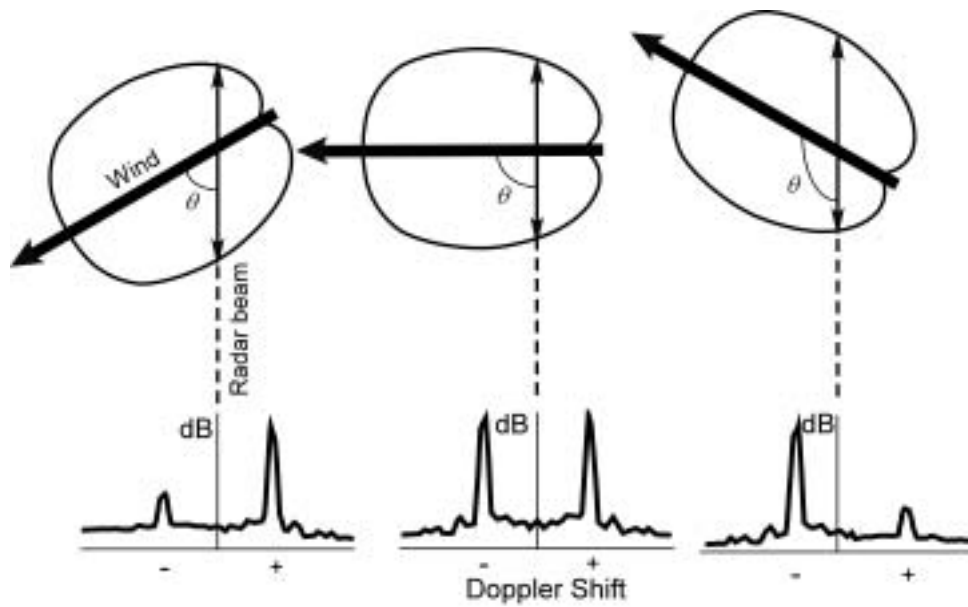


圖 4 在不同風向時，其都卜勒頻譜的變化。雷達波(虛線處)上方的箭頭是代表逼近或遠離的波。

另外，近年來也有人嘗試用多頻率雷達系統來做風速的量測。如 Vesecky 等在 2002 年即使用多頻率雷達在 4.8、6.8、13.4 及 21.8 MHz 下測量幾個有效深度的海流，首次發現利用浮筒所測得的風速與雷達所推算的風剪力相關。量測結果顯示標準誤差為 1 m/s，不過其前提是僅限於風勢主控的海面才適用。

#### • 海波

使用高頻雷達測量海波並不是那麼直接。由於海波的複雜性，在公式(1)中，當  $n$  大於 1，即高階的

布拉格波對雷達波造成散射時，也就是高階的布拉格波有較長的波長，在給定的風場及波場內，由假定的風浪模型可以推估都卜勒頻譜。反之，要由都卜勒頻譜去推估風波參數則是一件相當困難的事，需要靠解出非線性積分方程式才能求得。Waytt 在 1997 年使用 Pierson-Moskowitz 頻譜模式而展示了如何用高頻雷達，來推導出頻率 0.05 到 0.4Hz 範圍之頻譜。

目前已有幾種商用雷達被用於實際運作及學術研究用，如：

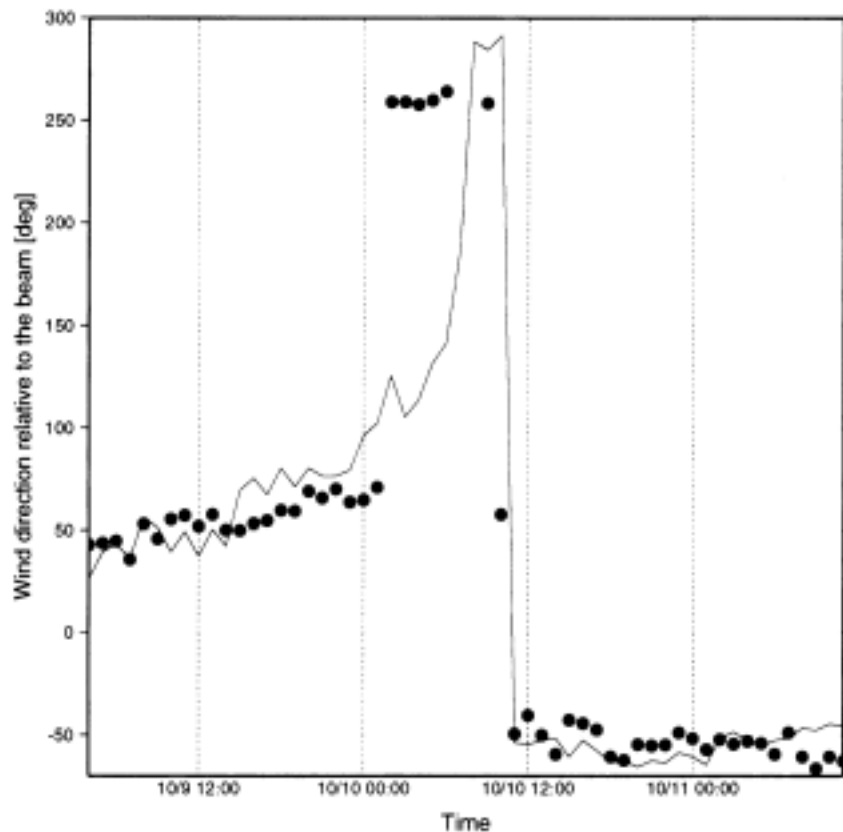


圖 5 Fernandez 等人於 1997 所做的風向比較。實線是浮筒方式所量之風向，黑色圓點是高頻雷達所推導出的風向。

CODAR (Coastal Ocean Dynamics Application Radar) 或 OSCAR 等，唯 OSCAR 已不在市場上出現。為了在價格上更有競爭力及功能的多樣性，許多其它的高頻系統陸續在做新天線的設計或處理邏輯的改善中 (Trizna, 2002)。

### 三、微波雷達

雖然海表面波浪散射微波(頻率約為 GHz) 的機制相當複雜 (Skolnik, 2001)。Borge 等人在 2000 年以傳統的 X-頻帶船用雷達得到海面狀態的波浪參數，如：波長、週期及波向等。雷達影像與雷達波被海面漣波散射之散射波習習相關。透過幾次的空間掃描，這些雷達影像可以對應出海面的時間與空間狀態。由於線性重力波在海流  $u$  的散佈關係是

$$\omega = \pm(\tanh kh)^{1/2} + k \cdot u \dots\dots\dots(6)$$

公式(6)中， $\omega$  是波浪的圓周頻率， $k$  是海浪的波數， $h$  是水深。將雷達影像在  $\omega - k$  空間解析時，所得到的散佈關係與公式(6)比較，可推算出水深及海流。Young 在 1985 年認為經由適當的比例處理過的影像譜，可以推估波浪譜。要由雷達影像推算出有用的海洋參數，需要大量的運算過程。目前可以使用的商品為 German GKSS 研究中心所開發的 WaMoS (Wave Monitoring System)。WaMoS 是一具快速的運

算器，可以提供即時的海面波譜量測。由這些頻譜，可以算出其它重要的海面參數，如：波浪高度、週期與流向等。根據其書面規格，波浪高度的準確度可達 10%，波浪方向可達 $\pm 5^\circ$ ，流速可達 $\pm 5$  cm/s，流向可達 $\pm 2^\circ$ 。

### 四、研發方向

- 海流剪力

多頻率的高頻雷達在頻率較高的部份有機會可以獲得海流剪力 (current shear)。不過，雷達所推算出來的海流是以穿透深度為基礎的加權平均，其有效量測深度是與布拉格波的影響深度有關，因此這一領域仍是一個進行中的研究課題。

- 船舶辨識

Bogle 及 Trizna 在 1976 年研究認為小型船隻的雷達截面 (cross section，簡稱為 RCS) 在高頻雷達上可以觀察到，所以 RCS 的量測可以提供船舶辨識與追蹤的機會。目前 Trizna 於 2002 年已開發了一套頻率為 3M-30 MHz，其中可設定 256 種頻率的高頻雷達系統。

- 河流主流

Costa 等人在 2002 年說明 1999 到 2000 年期間，美國地質調查局 (United States Geological Survey，簡稱 USGS) 與美國華盛頓大學的應用研究實驗室 (Applied Research

Laboratory at the University of Washington)合作，首先進行了河流主流(stream flow)的量測研究。他們使用了一具頻率為 10GHz 的都卜勒微波雷達來量測水流，而利用 100 MHz 的低頻透地雷達 (ground penetrating radar, 簡稱 GPR)來量測水道截面。水流可以藉由比較發射及散射後長達 30.5 秒的訊號算出。GPR 可以對土壤發射雷達波，部份會穿透，部份則會反射。河流的深度可以藉由雷達發射訊號與訊號反射回來的時間差來推算。主流的平均流速大約是表面水流的 85%。用 ADCP 來量測，其流量推估值相當一致。不過在使用單一雷達系統進行河流主流的量測上，由於實際物理現象仍然非常複雜，所以實驗結果仍不算成功。

## 五、結語

以陸地為裝設點的高頻雷達技術在日常使用上，不管在量測小範圍或大範圍的海流參數已經相當成熟。雖然高頻雷達所推導的流速可用於研究各種近海環境，但是如何選擇一套適合人口稠密地區使用的量測系統仍是一個重要的課題。由於處理的複雜性，由都卜勒頻譜算出風速、海流剪力及波浪參數的技術仍在不斷的研究中。

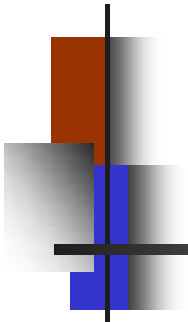
將低成本的船用雷達用於海岸研究是相當吸引人的。船用雷達的

X 頻帶(8-12GHz)及 S 頻帶(2-4GHz)之散射機制仍有人在持續研究。由取得的雷達影像在  $\omega - \mathbf{k}$  空間解析可以獲得有用的波浪及海深測量資訊。利用此一技術所能量測的範圍較高頻雷達的範圍要小。

## 參考文獻

1. Bogle, R.W. and D. B. Trizna, Small boat HF radar cross-sections. *NRL Memorandum Rep.* 3322, 1976.
2. Borge, J., Gonnzález, Hessner, K., Reichert, K., and Soares, C., Estimation of sea state directional spectra by using marine radar imaging of sea surface. *Proc. ETCE/OMAE2000 Joint Confer. Energy for the New Millenium*, New Oreleans, LA, 2000.
3. Chapman, R.D. and H.C. Graber Validation of HF radar measurements. *Oceanography*, 10, 76-9, 1997.
4. Costa, J.E., R.T. Cheng, F.P. Haeni, N.B. Melcher, K.R. Spicer, W.J. Plant, W.C. Keller, and K.Hayes, Looking to the future: Non-contact methods for measuring streamflow. *Hydraulic Measurements and Expermimental Methods Confer.*, Estes Park, CO, 2002.

5. Fernandez, D. M., H. C. Graber, J.D. Pauden, and D. E. Barrick, Mapping wind direction with HF radar. *Oceanography*, 10, 93-95.
6. Skolnik, M. I. *Introduction to Radar Systems*, McGraw-Hill, New York, NY, 2001.
7. Stewart, R.H. and J.W. Joy, HF radio measurement of surface currents. *Deep-Sea Res.*, 21, 1039-49, 1974.
8. 湯世燦、陳秀文、丁傳文，高頻雷達在近海海況的應用。 *臺灣報導*, 36, 7-16, 1996.
9. Teague, C.C. and J.F. Vesecky, A comparison of multifrequency HF radar and ADCP measurements of near surface current during COPE-3. *Inter. Geo. and Remote Sensing Symp.*, Toronto, Canada, 2002.
10. Trizna, D. B., Affordable bistatic-monostatic HF radar for remote sensing of ocean currents & waves & ship tracking & classifications. *Private Communications*, Imaging Science Research, Inc., Burke, VA, 2002.
11. Vesecky, J. F., J. Drake, C. C. Teague, E. L. Ludwig, K. Davidson and J. Paduan, Measurement of wind speed and direction using multifrequency HF radar. *Inter. Geo. and Remote Sensing Symp.*, Toronto, Canada, 2002.
12. Young, I. R., W. Rosenthal, and F. Zimer, A three dimensional analysis of marine radar images for the determination of ocean waves directionality and surface currents. *J. Geophys. Res.*, 90, 1049-59, 1985.



## 編者的話

---

首先在此感謝前花蓮港務局總工程司徐忠猷先生提供有關花蓮港共振問題的寶貴意見及建議(請參閱第63期[港灣報導季刊]—從另一觀點來解決花蓮港之共振問題)。

同時感到更欣慰的是我們得到海外學者專家對本刊的回響與支持，這也是我們創辦「港灣報導季刊」的初始意義，提供一個國內外港灣工程界同仁交換工作經驗與心得的園地。

馬平亞教授是美國 School of Marine Science / Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary 傑出學者。此次對徐先生的文章提出討論(參見後附原文)，其論述頗為深入精闢。文中並討論花蓮港域長波之量測方法及如何透過數值模擬計算來探討港內之共振問題。其諸多建議事項，值得學界參考。

註：1. 尊重作者原意，本文以英文刊登。

2. 文內author為徐先生，writer為馬教授。

3. 圖號從9編起是延續徐先生前文有八張圖之故。

# 對 “ 從另一觀點來解決花蓮港之共振問題 ” 之討論

Jerome P.-Y. Maa

Prof., School of Marine Science/Virginia Institute of Marine Science,  
College of William and Mary, Gloucester Point, VA 23062, USA  
email: maa@vims.edu

## INTRODUCTION

The author (formal Chief Engineer, Mr. Hsu) is a well-respected senior engineer in Taiwan, especially in the harbor and coastal engineering disciplines. The writer still remembers some very useful advisors he had received from the author while he was a student in Taiwan. The author's idea on changing the cross section of the existed breakwater to reduce wave reflection, and thus, the long wave resonance in Hualien Harbor, however, may not be a good deliberation. For this reason, the writer would like to point out the reason, and suggestions on how to possibly solve the problem.

## EFFECT OF CHANGING CROSS SECTION ON EXISTED BREAKWATERS

It is well known that long wave reflection is hard to be eliminated. This is because of the large wavelength. Any change in the cross section of the existed breakwater would only have a slope of 50 m long, see Figs. 4 and 5. This is rather small when compared with the long period wavelength, and thus, hardly to have any improvement on the elimination of wave reflection.

The wave length of long period waves ( $T = 144 - 158$  seconds, see Table 1) is controlled by water depth, and can be calculated as  $(gd)^{1/2}T$ , where  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $T$  is the wave period, and  $d$  is the water depth. Consider the averaged longest wave period of 150 s and a water depth of 10 m, the wave length would be 1485 m. If we use this number to represent the wave length and plot a diagram (Fig. 9) to show the relative scales, it would be easy to understand why the relatively short slope (50 m) suggested by the author will have no effect to eliminate wave reflection.

In Fig. 9, the horizontal and vertical scales are different to reveal the relatively importance of water depth and wavelength. If we normalize the wave height to be one, then the water depth would be much larger than what was shown in Fig. 9, and the 50 m slope on the harbor side of the breakwater is actually becoming a nearly perfect vertical wall. Now it is easy to see why any change on the existed breakwater would be useless. This is nothing to do with how to

modify the cross section of the breakwater. It is the short slope that cannot be seen by the long waves, and thus, do not have any effect on the elimination of wave reflection.

Plotted on the top right corner in Fig. 9 is a short period wave ( $T = 12$  seconds with wave length around 120 m). Compared with this length (120 m), the author suggested modification (50 m slope) will certainly have some effect to eliminate wave reflection. Unfortunately, it is the 150 s waves we are worried about.

In Mr. Hsu's article, we see that the resonance occurred at many frequencies. It is worth to point out that the resonance occurred at 150 seconds is the worst one, also because of the large wavelength. Even for a 0.5 m wave amplitude, the horizontal water movement would be about 25 m, and thus, can lead vessels to collide on quays, or collide with each others. If the harbor resonance problem for this period can be solved, all other short periods would be relatively easy to handle.

## POSSIBLE SOURCES OF LONG WAVES

In general, long period waves can be generated because of the extreme large open sea, in this case, the Pacific Ocean. Long Period waves can also be generated because of nonlinear effects that can be simulated using linear wave theory. The author revealed that both sources are possible (see the first page of Mr. Hsu's article), and here the write would like to demonstrate the source from non-linear effect. The article also revealed that the resonance was an old problem for the Hualien Harbor. Although during the planning period (Roughly from 1980 to 1985) for the 4<sup>th</sup> phase extension, this resonance problem had never been serious discussed, at least not in the China Engineering Consultant where the writer was also participated in the project. Nevertheless, this problem should not be ignored anymore since the Hualien Harbor is the fourth major harbor in Taiwan.

Longuet-Higgins and Stewart (1964) pointed out that waves with similar frequencies and travel in the same direction can be responsible for generating much long period infragravity waves. An example of using two wave trains with wave length of 100 m and 95 m and wave height of 2 m each in deep water to generate long period waves is given in Fig. 10. In this particular example, the induced infragravity waves have a wavelength of 1900 m in deep ocean, and the corresponding wave period is about 35 s. The infragravity waves were locked with the two primary waves until they are disengaged. When propagated into shallow water, this particular infragravity wavelength will be reduced to 345 m for a 10 m water depth. For this particular period, the only resonance problem will be at #10 wharf (Table 1). Considering the unlimited possible combination that can happen in the Pacific Ocean, infragravity waves at deep water with long wave period up to 150 seconds is not impossible. For example, two wave trains

with wavelength of 350 m and 345 m can generate infragravity waves with wave length of 24 km (i.e.  $T = 124$  s) in deep water. Notice that in this example, the deepwater condition do not meet for the infragravity waves, and thus, the theory needs to be modified. Nevertheless, it demonstrates the possibility to generate all kind of long period waves in the Pacific Ocean off shore from the Hualien Harbor. That may explain why the resonance happened so frequently.

The next logical question would be “how to measure these long waves and establish a warning system?” Using offshore buoy, it is not difficult to observe the wave groupness, and calculate the coming infragravity waves. It is also possible to observe the infragravity wave directly by using a high accuracy pressure transducer (0.005% of the full scale reading accuracy) with a relatively long observation duration, e.g., 1 Hz sampling rate with 40 minutes observation. The high accurate pressure transducer is necessary and available from market. A choice of 16 bits analog to digital conversion is also necessary for the large dynamic range. The choice of water depth for the deploy site, however, is rather flexible because a large water depth will filter out high frequency waves but not the infragravity waves.

## APPROACH FOR ACQUIRING POSSIBLE SOLUTIONS

The last question would be “can this resonance problem be solved ultimately?” The writer cannot address this question at this time, but would like to contribute in how the approach should be in order to acquire a reliable answer.

It is hard, if not impossible, to use any physical model for studying harbor resonance problem. This is simply because of the scale problem and the difficulty to generate long waves in laboratory. Numerical simulation is probably the only feasible approach. It is not to say, however, numerical simulation is easy because the elliptic mild slope equation must be solved for a relatively large domain (e.g., 30 x 20 km) with high resolution (5 - 8 m grid size).

It is also necessary to point out that using only one or two numerical models to simulate the harbor resonance and possible remediations is dangerous because of unknown bugs, accuracy, and limitations for each model. Thus, it is suggested to uses all well established numerical models with a mutually agreed bathymetrical data, resolution, study domain, boundary conditions, and input conditions. Of course, each model may have their own strength for a particular process, and that should be allowed for their own advantages. The basic parameters, however, have to be the same in order to compare results from each model. Only by going through this rigorous comparative study, and the mutually agreeable results can be claimed as the reliable results. Considering the cost of any engineering remediation would be on the order of  $10^8$  NT dollars, if not more, the cost for the suggested study (on the order of  $10^6$  NT dollars) would be well justified.

It may be a little over-designed if specified the reflection coefficient,  $R$ , to be exactly 1.0 (*i.e.*,  $R = 1.0$ ) for long waves, but it will be severely under-designed if using a not-so-small wave reflection coefficient, *e.g.*,  $R = 0.9$ . It is understood that a 100% total reflection is impossible, but for long waves, the reflection coefficient is close to 1 and any value less than 0.95 is highly doubtful. Wave energy loss from bottom friction is another factor to reduce resonance. But again, the objective is not to use an unrealistic large bottom friction to reduce resonance, but to find out what should be the true solution. For this reason, calibration with available measurements shall be done first to provide a reasonable ranges of reflection coefficient and bottom friction coefficient.

## CONCLUSIONS

The writer believes the policy on “IT IS BETTER TO BE SAFE THAN SORRY” should be applied for harbor planning. It is sad that we already have to said “WE ARE SORRY” twice, and hope no more mistakes on the possible improvement and other new projects, especially after we know the mechanism, and at least, the approach to address the problem.

## REFERENCES

Longuet-Higgins M.S., and R.W. Stewart, 1964, “Radiation Stresses in Water Waves; a Physical Discussion with Applications,” *Deep-Sea Research*, 11, 529-562.

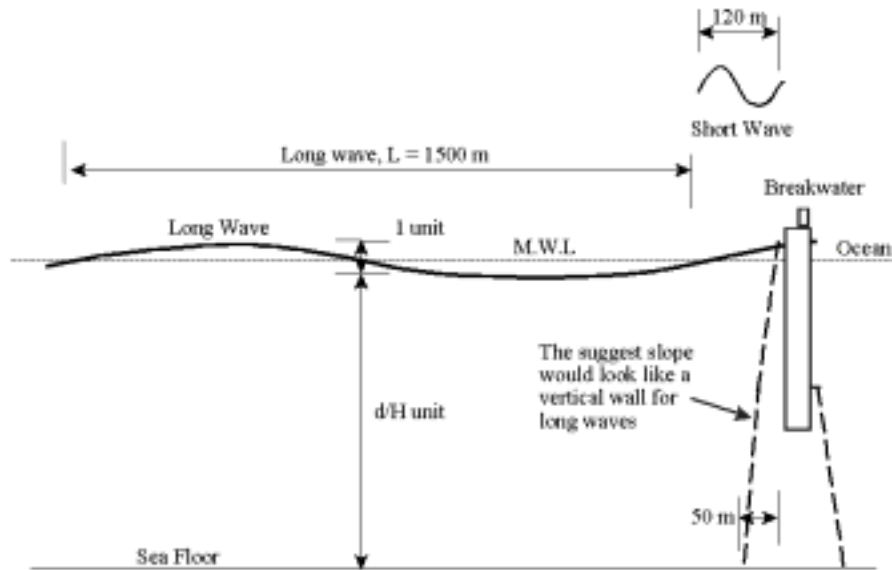


Fig. 9. A Sketch to Show Why It Is Hard to Eliminate Long Wave Reflection.

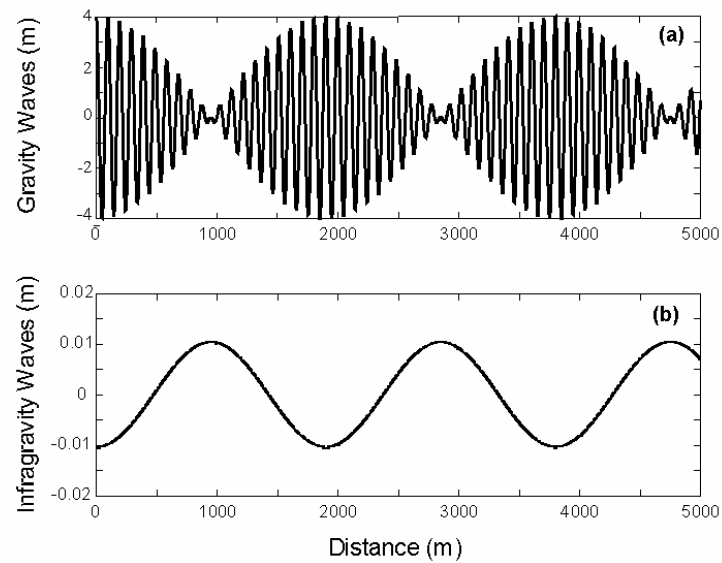


Fig. 10. An Example to Show the Generation of Long Period Waves. (a) Two SourceWavetrains with wave length of 100 m and 95 m and wave height of 2 m each, and (b) induced infragravity waves.

# 淺談日本新形式防波堤之發展

陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社規劃組組長

林東廷 台灣漁業及海洋技術顧問社正工程師

## 摘 要

防波堤為防禦外海惡劣海象條件，確保水域與繫靠設施安全之港灣基本設施，隨著時代之發展，各項經濟開發逐漸向海洋擴展，防波堤朝向深水化，同時為順應海洋休閒活動之興起及維護海洋資源之永續利用，愈加重視防波堤建設與海岸環境之和諧共生。因應時代發展需求，防波堤之開發一直為港灣工程界所關注與研究對象，諸如考量特殊海域環境、消波機制、新幾何形狀、新材料應用、機能多元化等特性，促進新形式防波堤之蓬勃發展。故本文旨在介紹日本自 1970 年代以後之新形式防波堤發展情形，包括開發緣起、構造種類、開發概況等，俾供國內港灣工程技術之參考。

## 一、前言

防波堤為港灣之外廓設施，主要具有屏障港域穩靜，維持港口水深，防止漂砂侵入港內等功能，隨著人類擴展海岸空間之利用，防波堤逐漸深水化，所面臨之水深、波浪、地質等

自然條件更具挑戰性，消波型、耐波安定型、軟弱地盤型等防波堤因應而生，且為順應海洋休閒活動之興起及海岸自然環境之保全等時代趨勢，防波堤設計亦逐漸導入兼具親水、海水交換、景觀及生態等機能，朝向自然調和型防波堤發展。從防波堤之發展歷史而言（東亞建設工業，1999），大致簡述如下：

### （一）防波堤之起源

最原始之防波堤係利用天然石塊堆填於海底而成，早於西元 1 世紀，羅馬皇帝 Torayanusu 於義大利 Chibetabekia 所建設之堆石堤為最早紀錄。於古代埃及、希臘、羅馬等地中海國家，已出現類似現代構造型式之拋石堤、直立堤、混成堤等，此外亦有沉船防波堤、開孔防波堤等特殊防波堤。

### （二）防波堤構造之變遷

防波堤近代化始於 1781 年在法國 Shieruburu 所建設之大防波堤，最初係將粗石塊置入梯形模板中而成，經反覆受到災害考驗之嘗試錯誤，改變構造為拋石堤、混成

堤等，歷時約 70 年於 1853 年完成。而典型混凝土方塊被覆堤之成功例為法國 Maruseiyu 外港防波堤，於 1845 年開始建造，延長 5,000 公尺以上。

### (三)近代日本防波堤

明治以後，西歐港灣技術傳入日本，由於自然環境惡劣，低基混成堤成為現代主流。廣井勇為近代防波堤之先驅者，於 1895 年小樽港北防波堤建設時，採用傾斜方塊被覆堤。

沉箱為 1840 年代西歐所提案技術，由初始之木製，演變為鋼製、鋼筋混凝土構造，外形、重量亦不斷擴大。日本港灣工程最先使用沉箱構造者為神戶碼頭（1907 年），至 1910 年代小樽港、留萌港等防波堤亦開始採用。

## 二、開發緣起

日本主要代表性防波堤之形式包括混成堤、消波塊被覆堤、傾斜堤等，如圖 1 所示。典型之混成堤（圖 1A）係以沉箱安置於拋石基礎上，沉箱則是由鋼筋混凝土所製成之大型格艙，經內填砂及澆置混凝土上部工而成，此形式於 1960 年代以後應用於第一線防波堤建設相當多。消波塊被覆堤（圖 1B）係改良混成堤，於沉箱海側拋放異形消波塊，以提高防波堤之消波機能，於 1960 年代後半起漸為普遍採用。傾斜堤（圖 1C）為北

美及歐洲北部之主要防波堤形式，在日本則是應用於水深較淺之海域。

至 1970 年代初期開始，為因應下列各種情勢與建設條件之變化（沿岸開發技術研究中心，1994），遂促進新形式防波堤之開發。

### (一)嚴峻海域建設條件

防波堤於大水深波浪條件嚴苛或地盤條件惡劣場所之建設機會增多。

### (二)與周邊海域環境相調和愈益重要

隨著海域之高度利用，防波堤建設須與周邊海域環境和諧共生，謀求降低反射波，提高海水交換機能，並考慮景觀上之影響。

### (三)抗浪構造物需求之提高

由 1970 年代後半開始至 1980 年代，海洋空間之利用大幅擴大，防波堤不僅為港灣進出之門戶，亦是利用廣大海域之防浪設施，駕馭波浪與海域之構造物。

### (四)市民要求開放防波堤之潮流

過去防波堤基於安全因素並未對市民開放，1980 年代後半開始，海濱旅館之開發逐漸興盛，為便利市民能夠享受海洋樂趣，遂有親水防波堤之需求。

## 三、構造種類

基於經濟、安定及與周邊海域環境相調和等目的之新形式防波堤開發，係於 1975 年左右開始後持續進行。新形式防波堤或改良混成堤，或

設計新形式沉箱構造,主要發展之構造種類分述如下(沿岸開發技術研究中心,1994)。

#### (一)直立消波構造

直立消波構造主要結合透過型之前壁與不透水之防波堤堤體所構成直立消波沉箱,利用遊水室以消減波能,具有低反射波與較佳耐波安定性。最初發展受限於結構強度問題,多應用於波浪較小之場所,逐漸地亦擴大利用至波浪嚴苛之海域。

#### (二)斜面構造

斜面構造沉箱因作用於斜面上波力之垂直向下分力,有助於提高耐波安定性,並具有減低堤底承載力之效果,如梯形沉箱、半圓形沉箱、上部斜面沉箱等,惟應用上須考慮越波較大及堤頂較高等特性。

#### (三)透過構造

一般混成堤除沉箱間之空隙外,多屬不透水構造,而透過型沉箱構造具海水交換機能,改善港內水域環境效果,惟應用上須考慮透過波增加之問題。

#### (四)圓筒構造

圓筒沉箱係具簡單結構而能夠抗禦大波力之構造,且圓筒之曲線造形具有較佳視覺景觀之優點。

#### (五)長大構造

一般沉箱長度大多在 20 公尺以下居多,而長大沉箱則有倍數以

上之長度,如高知縣高知港之防波堤沉箱長達 100 公尺,對於斜向入射波浪之作用波力具平滑化效果而減低波力,惟應用上須考慮沉箱底部與拋石基礎接密度較大及沉箱結構強度等問題。

#### (六)內置消波塊構造

透過型沉箱內放置消波塊,類似直立消波構造之消波機能,具有減低反射波效果,同時消波塊重量能增加沉箱安定性,惟應用上須考慮消波塊之移動對沉箱壁體破壞問題。

#### (七)波能變換裝置

消波塊被覆堤與直立消波沉箱能將波浪能量轉變為渦流,最後以熱之形式消散而達到消波效果。具有波能變換裝置之防波堤構造,即有效利用波能轉換為電能,並具有消波機能。

#### (八)水平版構造

於水中設置水平版,利用版上下之波浪位相差,水平版上淺化碎波作用,水平版兩端產生渦流造成能量損失等機制,以消減波能。為利用碎波作用亦有將水平版傾斜安置,或設置多重水平版以控制反射率。水平版在應用上亦有結構設計問題,惟不失為一種不會阻礙流動之透過性且優美之構造。

#### (九)堤頂、堤面消波構造

防波堤常有越波情形,有效利

用堤頂、堤面以消滅越波之傳達波，如直立消波構造之透過壁與遊水室，或於堤頂設置突起之消能構造等。

#### (十)低承載堤構造

於黏土質地盤，採用低承載負荷沉箱，利用堤底及基樁之摩擦力以抵抗滑動，為因應軟弱地盤之有利構造。

#### (十一)椿構造

棧橋式防波堤屬特殊防波堤之一，簾幕式或鋼管防波堤等適用於波浪相對較小處，亦有上部採透過構造、消波構造或雙重構造者。

#### (十二)浮體構造

浮體構造為以前即存在之特殊防波堤之一，通常應用於內灣波浪小、水深大之海域較多，近年來逐漸開發抗高波浪、長週期波之浮體構造物。

#### (十三)新材料

通常沉箱為鋼筋混凝土構造，亦有預力混凝土者，及進一步結合鋼板、鋼骨材料之設計等，近年來亦考慮使用橡膠、液狀化砂等新材料以減衰波浪之新防波方式。

### 四、開發概況

日本為一海島國家，近年來因應新港灣整備與海洋開發計畫之需要，必須面對與克服大水深、高波浪、軟弱地盤等惡劣自然條件，遂促進各種防波堤之開發，背後結合水工

學、地質工學、構造工學等領域專家之投入參與，促成新形式防波堤之蓬勃發展。日本自 1970 年代展開新形式防波堤之研發，迄今仍持續進行中，茲以主要開發成功邁入實用化之防波堤為例，說明該國近年來新形式防波堤之開發概況。

#### (一)曲面開孔沉箱堤

##### 1 構造型式

曲面開孔沉箱堤係由沉箱主體與前側縱條狀開孔曲壁所構成之遊水室組合而成，分為基本型與複合型二種構造型式，如圖 2A 所示。

##### 2 構造特徵

具有低反射、耐波安定性佳及優美景觀等特徵，適用於大水深、高波浪之海域。

##### 3 開發案例

於 1979 年實際應用於秋田縣船川港南防波堤，屬基本型構造，如圖 2B 所示。

#### (二)多重凹曲面沉箱堤

##### 1 構造型式

多重凹曲面沉箱堤主要於沉箱上部設置三段凹曲面壁所組成，亦有於開口部設計條狀透過壁以消波，分為基本型、消波型二種型式，如圖 3A。

##### 2 構造特徵

具有低反射、耐波安定性佳等特徵。

##### 3 開發案例

已實際應用於和歌山縣下津港，屬基本型構造，如圖 3B。

### (三)半圓形沉箱堤

#### 1 構造型式

半圓形沉箱堤係由半圓形曲壁與底版所組成之中空堤身構造座落於拋石基礎上，依曲壁開孔狀況，分為基本型、前面消波型、透過型及背面消波型等四種構造型式，如圖 4A。

#### 2 構造特徵

具有低反射、耐波安定性佳、海水交換及優美景觀等特徵，適用於高波浪、軟弱地盤之海域。

#### 3 開發案例

於 1993 年實際應用於宮崎縣宮崎港，屬背面消波型構造，半徑為 9.8 公尺，如圖 4B。

### (四)雙重圓筒沉箱堤

#### 1 構造型式

雙重圓筒沉箱堤係由內、外兩側圓筒所組成，其外側圓筒壁為開孔構造與內側圓筒構成遊水室，以發揮消波機能，如圖 5A。

#### 2 構造特徵

具有低反射、耐波安定性佳及優美景觀等特徵，適用於大水深、高波浪之海域。

#### 3 開發案例

已實際應用於三重縣長島港（圖 5B）、鳥取縣境港（圖 5C）、京都府舞鶴港（圖 5D）等。

### (五)梯形沉箱堤

#### 1 構造型式

梯形沉箱堤係由梯形之沉箱座落於拋石基礎上所構成，如圖 6A。

#### 2 構造特徵

梯形斜面構造可降低反射率，提高耐波安定性及分散基礎承載力，適用於大水深、高波浪、軟弱地盤之海域。

#### 3 開發案例

已實際應用於福島縣小名濱港，如圖 6B。

### (六)下部梯形上部開孔沉箱堤

#### 1 構造型式

下部梯形上部開孔沉箱堤係由上部為雙重橫條狀開孔壁所構成遊水室之梯形沉箱，座落於拋石基礎上，如圖 7A。

#### 2 構造特徵

下部梯形沉箱增加滑動抵抗，減輕基礎所受承載負荷，而上部遊水室可消減反射波，適用於大水深、高波浪之海域。

#### 3 開發案例

已實際應用於岩手縣釜石港之離岸防波堤，該堤址水深達 -60m，沉箱高 30 公尺，為當前世界最大之沉箱式混成堤，如圖 7B。

### (七)上部斜面沉箱堤

#### 1 構造型式

上部斜面沉箱堤為具有斜面上部構造之沉箱混成堤，如圖

8A。

## 2構造特徵

上部斜面構造可減小水平波力，且向下垂直波力有助堤體之安定，減少堤體寬度與重量，適用於大水深、高波浪之海域。

## 3開發案例

已實際應用於新潟縣新潟東港西防波堤，如圖 8B。

## (八)波能利用型防波堤

### 1構造型式

波能利用型防波堤主要於沉箱內設置空氣室、機械室等，沉箱上部構造分為直立式與斜面式二種，其中上部斜面型係考量消減波力之機能（如圖 9A）。

## 2構造特徵

利用波浪起伏所帶動之氣流，經由空氣室之上部噴嘴將空氣氣流導入機械室之渦輪發電機產生電能。

## 3開發案例

已實際應用於山形縣酒田港，屬空氣渦輪式發電，如圖 9B。

## (九)軟弱地盤著底式防波堤

### 1構造型式

軟弱地盤著底式防波堤係將輕重量之堤體置於軟弱地盤上，依上部構造型式分為基本之倒 T 型與消波機能之倒  $\pi$  型，於水平抵抗力不足之情況，可併用基樁使用，如圖 10A。

## 2構造特徵

堤體重量輕且分散於底板，減輕地盤承載負荷，節省於地質不佳環境建造防波堤之費用與工期，適用於淺海、低波浪、軟弱地盤之海域。

## 3開發案例

已實際應用於熊本縣熊本港之南防波堤，屬樁基倒  $\pi$  型構造，如圖 10B。

## 五、結語

日本近年來防波堤之發展相當蓬勃，兼具安定、消波、生態、親水、景觀等機能之新形式防波堤相繼被開發成功，促進港灣工程設計與施工技術之進步。綜觀日本 1970 年代以後之防波堤發展歷程，部份經驗可供國內參考借鏡：

### (一)開發模式結合產官學界共同參與

新形式防波堤之開發常結合政府、學術機構、民間企業及技術顧問機構等單位之力量，例如半圓形防波堤之研發即結合運輸省港灣技術研究所、(財)沿岸開發技術研究中心及相關產業（五洋建設、大部工業、東亞建設工業、東洋建設、PI-ESU 混凝土、若築建設等株式會社）等組成共同研究小組，由基礎試驗研究、波力計算公式推估，至現場實地驗證應用，歷時約八年（1985—1993 年）開發完成。

### (二)致力耐波安定、低反射、海水交

換、景觀及生態機能防波堤之開發  
因應防波堤興建地點之特殊  
海域環境條件，開發適合之耐波安  
定性防波堤，且為維護海岸自然環  
境之永續利用，致力於低反射、海  
水交換、景觀及生態機能之自然調  
和型防波堤之開發，應是日本近年  
來發展新形式防波堤之特色。

(三)克服斜面、曲面施工技術，促進幾  
何造形防波堤之開發

傳統防波堤多採直立堤形  
式，如直立式之沉箱、上部構造及  
胸牆等，近年來克服斜面、曲面不  
易施工之技術，善用幾何造形堤體  
之低反射性、耐波安定性、較佳景  
觀性等優異特點，開發出梯形沉  
箱、半圓形沉箱、雙重圓筒沉箱等  
新形式防波堤。

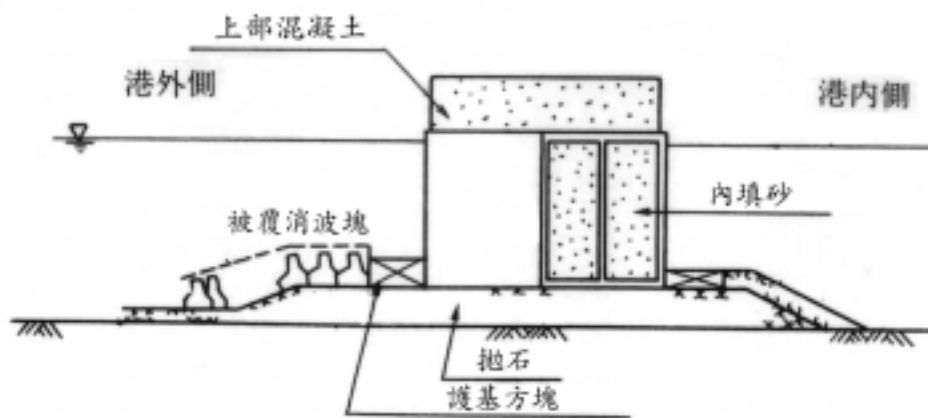
(四)施工機械能力之提升，促進沉箱施  
工技術之突破

在大型起重機船之輔助下，突  
破傳統沉箱浮游、拖航及沉放之施  
工方式，進入沉箱吊放施工之新里  
程，克服異形沉箱、開孔沉箱不易  
海上拖航沉放之施工困境。例如下  
津港多重凹曲面沉箱堤之施工，即  
使用 3,500 噸之起重機船吊放重  
達 2,000 噸之堤體（圖 11A）；宮  
崎港半圓形沉箱堤之施工，使用  
2,050 噸之起重機船吊放 1,000 餘  
噸之半圓形沉箱（圖 11B）；舞鶴  
港雙重圓筒沉箱堤之施工，亦利用

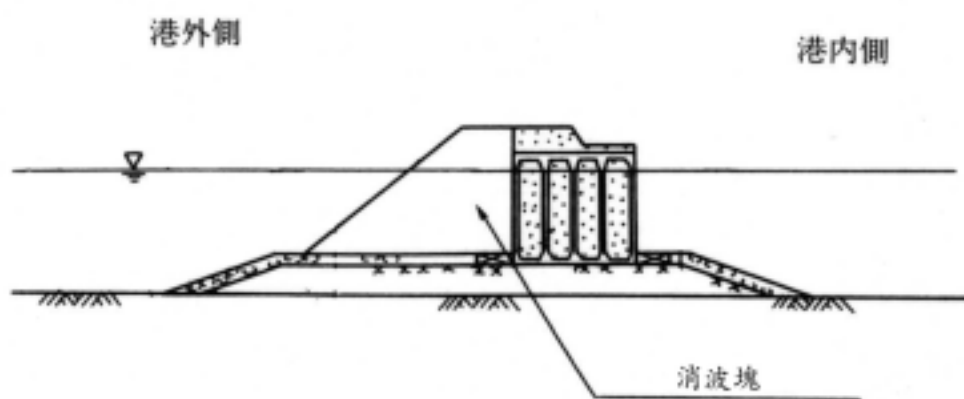
大型起重機船輔助吊放雙重圓筒  
沉箱（圖 11C）。

參考文獻

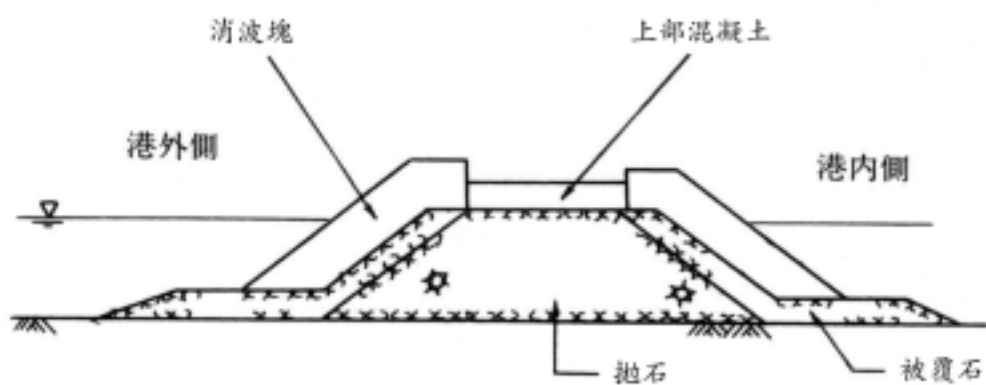
1. 東亞建設工業網站，  
<http://www.toa-const.co.jp/>。
2. 財團法人沿岸開發技術研究中  
心，新形式防波堤技術マニュアル，1994 年 4 月。
3. 社團法人日本埋立浚渫協會網  
站，<http://www.umeshunkyo.or.jp/>。
4. 土木學會海岸工學委員會，日本の  
海岸とみなと（第 2 集），1994 年  
10 月。
5. 山下廣行、石松欣三、油谷進介、  
世山博，「半圓形ケーソン式防波  
堤の現地實證試験」，テクニカル  
レポート，Vol.33，No.10，第 22  
29 頁，1995 年 10 月。
6. 海岸研究會，ふるさとの海岸づく  
りアイデア集，1991 年 10 月。
7. 國土交通省東北地方整備局網  
站，<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/>。
8. 網站 <http://www.2ken.motnet.go.jp/>。
9. 林東廷，「淺談自然調和型防波堤  
之發展」，土木水利季刊（已接  
受）。
10. 林東廷，「淺談半圓形防波堤之發  
展」，海洋技術季刊第一卷第二  
期，第 31～37 頁，90 年 8 月。
11. 交通部，港灣構造物設計基準－防  
波堤設計基準及說明，84 年 12 月。



(A)混成堤



(B)消波塊被覆堤



(C)傾斜堤

圖1 日本主要代表性防波堤 (參考文獻 2, P.2)



(A)構造型式 (參考文獻 2., P.6)

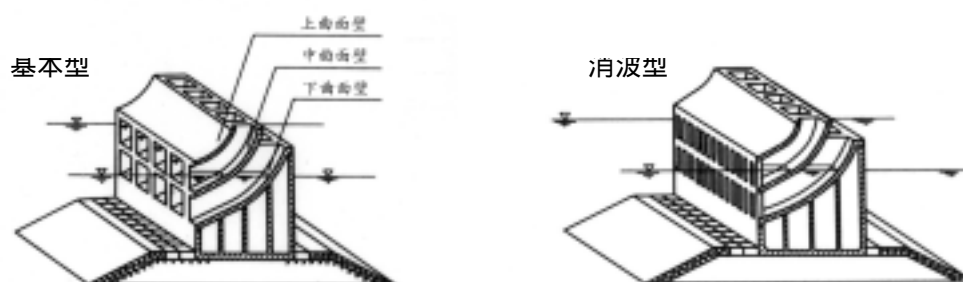


( <http://www.umeshunkyo.or.jp> )

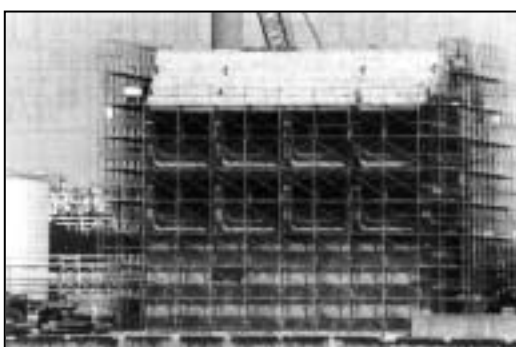


( 參考文獻 4., P.164 )

(B)秋田縣船川港  
圖2 曲面開孔沉箱堤



(A)構造型式 (參考文獻 2., P.40)



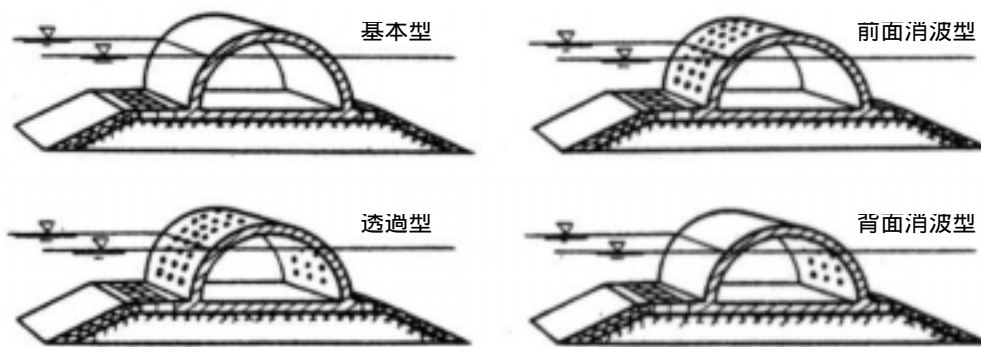
( 參考文獻 2., P.58 )



(B)和歌山縣下津港

( 參考文獻 4., P.162 )

圖3 多重凹曲面沉箱堤



(A) 構造型式 (山下廣行等, 1995)



(B) 宮崎縣宮崎港 (滑川伸孝提供)

圖4 半圓形沉箱堤



(A) 構造型式 (參考文獻 2.)



(B) 三重縣長島港 (參考文獻 6., P.68)

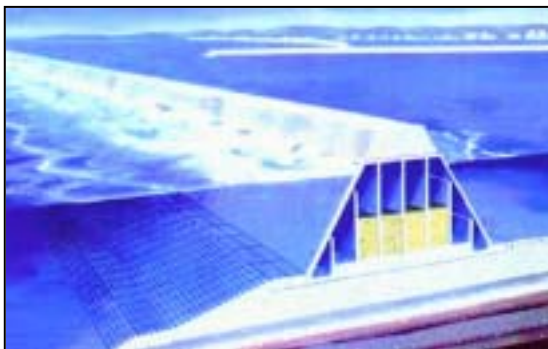


(C) 鳥取縣境港 (參考文獻 4., P.161)



(D) 京都府舞鶴港 (<http://www.toa-const.co.jp/>)

圖5 雙重圓筒沉箱堤



(A)構造型式 ( <http://www.pa.thr.mlit.go.jp/> )



(B)福島縣小名濱港 ( <http://www.toa-const.co.jp/> )

圖6 梯形沉箱堤



(A)構造型式 ( <http://www.2ken.motnet.go.jp/> )



(B)岩手縣釜石港 ( 參考文獻 4., P.159 )

圖7 下部梯形上部開孔沉箱堤



(A)構造型式 ( 參考文獻 11., P.2-24 )



(B)新潟縣新潟東港 ( 參考文獻 4., P.163 )

圖8 上部斜面沉箱堤

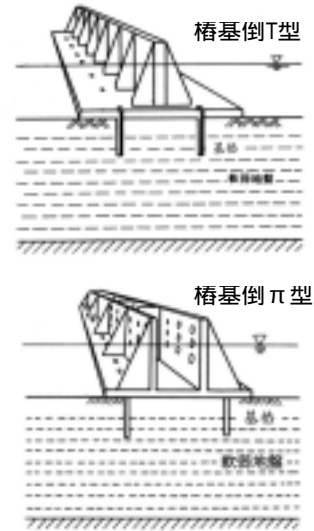
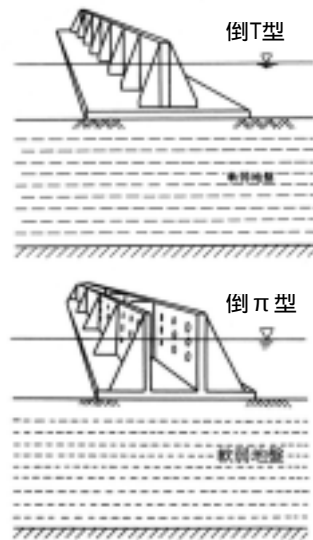


(A)構造型式 (參考文獻 2.)



(B)山形縣酒田港 (參考文獻 4., P.166)

圖9 波能利用型防波堤



(A)構造型式 (參考文獻 2., P.63)



( <http://www.umeshunkyo.or.jp> )



(參考文獻 4., P.165)

(B)熊本縣熊本港

圖10 軟弱地盤著底式防波堤



(A)和歌山縣下津港之多重凹曲面沉箱吊放 (參考文獻 2, P.59)



(B)宮崎縣宮崎港之半圓形沉箱吊放 (滑川伸孝提供)



(C)京都府舞鶴港之雙重圓筒沉箱吊放 (<http://www.toa-const.co.jp>)

圖11 沉箱吊放例

# 港灣業務費率碼頭碇泊費計費單位改制對船舶 進出港行為之影響 - 台中港個案研究

王棟華  
葉啟明

國立台灣海洋大學航運管理研究所副教授  
台中港務局港務組技士

## 摘要

港埠事業經營者提供其港埠設施與勞務為到港船舶提供相關服務，基於使用者付費之原則，以取得合理的報酬利潤，而其收取費用的標準就是港務局所訂定的港埠費率。

港灣業務費率碼頭碇泊費乃是針對船舶佔用碼頭裝卸客貨所收取之費用，我國各國際商港港灣業務費率碼頭碇泊費項目自八十七年元月一日起，由「按日計費」改為「按時計費」的計費單位改變。這項計費方式變革的政策目標在於促使港埠費率合理化及促使船舶有效裝卸儘速離港，以提高碼頭週轉率。

本文運用統計學上卡方適合度檢定方法，檢定碼頭碇泊費在改制後航商的碇泊行為是否隨之改變，即趨向於完工後立即開航，自行調整縮短碇泊時間以節省碼頭碇泊費的支出。

研究發現，港灣業務費率是影

響船舶進出港行為的重要因素，在碼頭碇泊費計費單位改制後各類船舶的進出港行為都隨之改變。

## 一、前言

港埠費率是港口管理當局或作業單位的管理工具，適當的費率訂定模式可以改善港埠作業效率、降低港埠營運成本及避免港埠資源的浪費，甚至可增加政府財政收入及提高港埠的競爭能力。

碼頭碇泊費乃是對船舶佔用碼頭裝卸客貨所收取之費用，計費的辦法甚多，有依船舶總噸位大小計日或計時收費，有依船舶長度大小計日或計時收費，有依船舶佔用碼頭長度計日或計時收費。

依台灣省國際港港埠業務費率表規定，船舶碇泊碼頭時間是以船舶第一根纜繩帶上碼頭起算，以迄船舶最後一根纜繩離開碼頭為止，但其在計費單位則以每船每日計算，即在每一日曆日船舶不論碇泊碼頭時間之長短皆以一艘日計費。

台灣地區國際商港碼頭碇泊費

之費率與鄰近國家及歐美各國際港口相較之下並不高，惟因計費單位係以每船每日為單位，致經常遭航商詬病為不合理之處有：

(一) 航商成本增加：船舶一旦碇泊即最少需繳納一日之碇泊費，對碇泊時間較短之船舶而言，並不公平。若碇泊跨日，即使只有少數幾小時，亦需增加一天碇泊費，雖然費率表有跨日碇泊但未滿12小時者仍以一日計費之規定，但對航商而言，顯然並不公平。

(二) 港務局收入不當增加：在船席周轉率高的碼頭，尤其是常發生在貨櫃碼頭、化學品碼頭，因其裝卸速率高，一日當中可能靠了兩至三條船，船舶離泊後，下一條船若於同一日靠泊該碼頭，則港務局在該座碼頭將產生同一天計收兩日甚至三日碇泊費的情形。

交通部為提升港埠競爭力，針對港埠費率港灣業務費率碼頭碇泊費的計費方式，自民國八十七年元月一日起由原先「每船每日」改制為「每船每小時」的重大改變，其改革內容如下：

(一) 一般船舶碼頭碇泊費：計費單位由「每船每日」改為「每

船每小時」，其費率依原按日計算之費率除以廿四再提高30%。

(二) 貨櫃輪碼頭碇泊費：計費單位由「每船每日」改為「每船每小時」其費率依原按日計算之費率除以廿四再提高100%。

台灣地區各國際商港港灣業務費率碼頭碇泊費計費方式，由「每船每日」改變為「每船每小時」的費率變革，雖然是著眼於港埠業務費率之合理化，但因為碼頭碇泊費的收取涉及了兩個層次的問題，一為船舶噸位大小，另一為船舶佔用碼頭的時間。由於船舶噸位大小已在費率表分級中明定，對航商而言費率已經固定，在追求總成本節省來增加競爭力的前提下，惟有縮短船舶碇泊時間的數量，以節省碼頭碇泊費，其反應在船舶進出港的行為上將有以下幾種現象：

(一) 船舶裝卸作業完畢後，若立即開航，則航商可節省後續之碇泊成本，不同改革前按日計費，仍需支付當天之全日碇泊費。在此前提下，航商會自行調節縮短其碇泊時數。

(二) 船舶若進港後無法立即開工作業，如仍需要在碼頭邊等候貨物或是因該時段為碼頭

工人休息時段並不開工作業，在最低營運成本的原則考量下，航商勢必安排在港外錨泊區等待，俟不利因素消失後再行進港，以節約碼頭碇泊費。

## 二、理論

由於港灣業務費率碼頭碇泊費乃是針對船舶佔用碼頭裝卸貨物所收取之費用，理論上如果費率表上計費單位相同則航商的感受是相同的，基於航商這樣的日出而作，日落而息的習慣，則航商安排船舶進出港之行為基本上是不變的。

在統計分析上，對於實際次數分配與理論次數分配是否配合適當，可依卡方檢定進行適合度檢定，卡方檢定法檢定適合度，是依 Pearson 近似式進行。

所謂 Pearson 近似式為：

$$\chi^2_{(k-1)} = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$
，上式中  $o_i$  為樣本第  $i$  組之實際次數， $e_i$  為同組之理論次數， $i = 1, 2, 3, \dots, k$ 。因

$$\sum_{i=1}^k o_i = \sum_{i=1}^k e_i = n$$
，只要  $k-1$  組理論次數決定後，剩下一組的理論次數為  $n - \sum_{i=1}^{k-1} e_i$ ，也就確定了，故自由度  $V = K - 1$ 。

卡方檢定的理論基礎：虛無假

設  $H_0$  為“此實際次數分配來自於或適合理論次數分配”，當實際次數分配不是來自於或適合某理論次數分配時，各組實際次數  $o_i$  與理論次數  $e_i$  必相去甚遠，即  $|o_i - e_i|$  大。 $o_i$  與  $e_i$  相差愈大，統計量  $\chi^2$  值愈大，應拒絕虛無假設  $H_0$ ，認為實際次數分配與理論次數分配的配合不適當，故此檢定應為右尾檢定，亦即顯著水準  $\alpha$  置於自由度  $V = K - m - 1$  之卡方分配右端，當

$$\sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} = \chi^2 > \chi^2_{(1-\alpha, V)}$$
時，拒絕虛無假設  $H_0$ 。

由於港灣業務費率碼頭碇泊費由「每船每日」改制為「每船每小時」計費單位時，航商為節省碼頭碇泊費的支出勢必會自行調整並縮短船舶在碼頭時間，安排船舶於卸貨完畢後立即出港，船舶之出港行為會隨之改變。

基於這種船舶出港行為的改變，我們將一天 24 小時以每一小時劃分為一個時段，則在一天中船舶的出港時間可劃分成 24 個時段，針對在每一個時段出港的船舶艘數進行統計，按照人們日出而作，日落而息的習慣，航商安排船舶出港行為基本上是不變的，但是在碼頭碇泊費計費單位改變後，航商安排船舶出港行為是否隨之改變呢？我們用前述的卡方檢定的理論進行適合

度檢定。

首先我們將碼頭碇泊費改制前在各時段出港船舶艘數加以統計，並計算每一個時段出港船舶艘數所佔的百分比；第二步同樣的將碼頭碇泊費改制後的各時段出港船舶艘數加以統計，各時段出港船舶艘數就是卡方檢定的實際次數  $o_i$ 。至於理論次數  $e_i$  的求法為：將碼頭碇泊費改制後出港船舶艘數的總數，依碼頭碇泊費改制前各時段出港船舶艘數所佔的百分比加以分配到各時段（理論次數 = 改制前每一時段出港艘數所佔比例（%）× 改制後出港總艘次）。

最後對於碼頭碇泊費改制後出港船舶艘數與碼頭碇泊費改制前各時段出港船舶艘數分配是否配合適當，再依卡方檢定進行適合度檢定，檢定碼頭碇泊費改制前後船舶之出港行為是否隨之改變。

### 三、資料來源

為達成研究目的，本研究由台中港船舶資料動態檔蒐集最近十年（81 年 1 月至 90 年 8 月）台中港船舶之船舶種類、到港時間、進港口時間、靠碼頭時間、離碼頭時間、出港口時間等初級資料加以分類、整理並彙總如附表一所示，以船舶種類分貨櫃船、穀類船、油輪（含化學品）散雜貨船分成四類，以統計方法之卡方適合度檢定，檢定碼

頭碇泊費改制前後船舶碇泊行為是否有顯著性差異存在，以探討航商的出港行為在碼頭碇泊費改制後是否隨之改變，即趨向於完工後立即開航，自行調整縮短碇泊時間以節省碼頭碇泊費的支出。

### 四、實證結果

#### （一）船舶出港行為

為分析碼頭碇泊費改制後，航商之出港行為是否隨之改變，本節以統計方法之卡方適合度檢定方法，檢定碼頭碇泊費改制後各時段出港船舶艘數與改制前各時段出港船舶艘數分配是否配合適當，再依卡方檢定進行適合度檢定，檢定碼頭碇泊費改制前後船舶之出港行為是否隨之改變。

##### 1. 貨櫃輪：

附表二為台中港碼頭碇泊費改制前後貨櫃船各時段出港艘數卡方適合度檢定表，統計檢定假設如下：

（1） $H_0$ ：碼頭碇泊費改制前後貨櫃船各時段出港艘數相等

（2） $H_1$ ： $H_0$  為不真

查表  $\chi^2_{0.05}(23) = 35.17$

結論： $\chi^2 = 759.34 > \chi^2_{0.05}(23)$ ，棄卻  $H_0$  之假設，接受  $H_1$ ，即碼頭碇泊費改制前後貨櫃船在各時段出港艘數不相等。

##### 2. 穀類船：

附表三為台中港碼頭碇泊費改制

前後穀類船各時段出港艘數卡方適合度檢定表，統計檢定假設如下：

(1)  $H_0$ ：碼頭碇泊費改制前後穀類船在各時段出港艘數相等

(2)  $H_1$ ： $H_0$  為不真

查表  $\chi^2_{0.05}(23) = 35.17$

結論： $\chi^2 = 29.36 < \chi^2_{0.05}(23)$ ，不能棄卻  $H_0$  之假設，即碼頭碇泊費改制前後穀類船在各時段出港艘數相等。

### 3. 油輪：

附表四為台中港碼頭碇泊費改制前後油輪各時段出港艘數卡方適合度檢定表，統計檢定假設如下：

(1)  $H_0$ ：碼頭碇泊費改制前後油輪出港時間在各時段的出港艘數相等

(2)  $H_1$ ： $H_0$  為不真

查表  $\chi^2_{0.05}(23) = 35.17$

結論： $\chi^2 = 182.34 > \chi^2_{0.05}(23)$ ，棄卻  $H_0$  之假設，接受  $H_1$ ，即碼頭碇泊費改制前後油輪在各時段出港艘數不相等。

### 4. 散雜貨船：

附表五為台中港碼頭碇泊費改制前後散雜貨船各時段出港艘數卡方適合度檢定表，統計檢定假設如下：

(1)  $H_0$ ：碼頭碇泊費改制前後散雜貨船在各時段出港艘數相等

(2)  $H_1$ ： $H_0$  為不真

查表  $\chi^2_{0.05}(23) = 35.17$

結論： $\chi^2 = 1,223.11 > \chi^2_{0.05}(23)$ ，棄卻  $H_0$  之假設，接受  $H_1$ ，即碼頭碇泊費改制前後散雜貨船各時段出港艘數不相等。

由上述之實證結果分析可得到以下之結論：碼頭碇泊費由「每船每日」改制為「每船每小時」計費後，除穀類船外，其他各類船舶（貨櫃船、油輪及散雜貨船）之出港行為會隨之改變。

### (二) 船舶碇泊行為

為分析碼頭碇泊費改制後，航商之碇泊行為是否隨之改變，本節將以船舶在碼頭碇泊時間之變化進行比較分析。

影響船舶在碼頭碇泊時間的因素眾多，一般歸納起來有裝卸效率、裝卸機具、碼頭工人的人力配置、碼頭工人的作業效率、靠碼頭不作業時間等等，如所蒐集資料如期間太長則變數太多，而且這項政策變革一旦實施航商之行為應會即時有所反應。

又台中港棧埠作業資料並未建立完整的電腦資料檔，致蒐集及分析困難，所以本研究以計費方式改

變實施前後一年同期的船舶碇泊碼頭資料進行實證研究，其中包括船舶總噸、貨物裝卸量、碇泊碼頭時間等指標進行比較分析。附表六為台中港碼頭碇泊費改制前後船舶碇泊資料比較表，說明如下：

#### 1. 貨櫃輪：

以平均總噸位及平均裝卸量而言，87 年均比 86 年微幅減少，減少比例分別為 2.86 % 及 3.12 % 降幅約略相當，但碇泊時間則由 11.7 小時減少為 10.4 小時，降幅高達 11.1 %。顯示碼頭碇泊費改制實施前後碇泊時間減少之比例遠遠大於平均總噸位及平均裝卸量減少之幅度。

#### 2. 穀類船：

以平均總噸位及平均裝卸量而言，87 年均比 86 年減少減少比例分別為 5.80 % 及 8.07 %，但碇泊時間則由 116.1 小時減少為 99.9 小時，降幅為 13.95 % 大於平均總噸位及平均裝卸量。顯示碼頭碇泊費改制實施前後碇泊時間減少之比例遠大於平均總噸位及平均裝卸量減少之幅度。

#### 3. 油輪：

以平均總噸位及平均裝卸量而言，87 年均比 86 年減少，減少比例分別為 6.50 % 及 0.14 %，顯示來港船舶之船型變小但其平均每船的貨物裝卸量變化不大。在

碇泊時間方面則由 24.8 小時減少為 23.3 小時，降幅為 6.05 %。

顯示碼頭碇泊費改制實施前後碇泊時間減少之比例與平均總噸位減少幅度相當，但與平均裝卸量比較起來則有相當之降幅。

#### 4. 散雜貨船：

以平均總噸位及平均裝卸量而言，87 年均比 86 年減少，減少比例分別為 3.75 % 及 1.97 %，但碇泊時間則由 82.5 小時減少為 77.7 小時，降幅達 5.82 %。顯示碼頭碇泊費改制實施前後碇泊時間減少之比例均大於平均總噸位及平均裝卸量減少之幅度。

綜上所述，不論是貨櫃船、穀類船、油輪或是散雜貨船看來，碼頭碇泊費由「每船每日」改按「每船每小時」為計費單位，並提高每單位的單價後，船舶作業完畢後，若立即開航，則航商可節省後續之碇泊成本，因改制前按日計費，仍需支付當天之全日碼頭碇泊費，航商不會急於離港。在收費方式改變後，航商已自行調節縮短其碇泊時數，確實達到提高散雜貨船船席週轉率之效果。

### 五、結論

本文以探討港灣業務費率碼頭碇泊費計費單位改制對台中港船舶出港行為之影響，研究結果，得到以下二點結論摘要如下：

- (一) 由實證結果顯示碼頭碇泊費計費單位改變後，貨櫃船、油輪及散雜貨船在船舶出港行為及船舶碇泊行為，都有顯著性改變，顯然已達成改制前所預期的政策目標。
- (二) 本研究中關於碼頭碇泊費改變後對穀類船出港行為之影響的實證研究中，發現穀類船的出港行為並無顯著的改變。但如以船舶在碼頭碇泊時間與平均總噸位及平均裝卸量等指標意義比較，顯示穀類船在碼頭碇泊費改變後已影響了航商之碇泊行為，其已自行調節縮短碇泊時間，確實達到提高穀類船席週轉率之效果。

處臺灣技術研究所，民國 82 年 6 月，頁 5 - 1 5 - 18。

5. 陳基國，「基隆港貨櫃船靠泊時間模式與經營政策效果檢定之研究」，國立台灣海洋大學航運管理研究所碩士在職專班統計方法與資料分析上課研討資料。
6. 交通部台中港務局會計室，「交通部台中港務局營運統計資料簡要手冊」，民國 86 年 90 年。

## 參考文獻

1. 中華民國運輸學會，「台灣省國際商港港埠費率制度之研究」，台灣省政府交通處委託，民國 83 年。
2. 王鐘雄，「港埠定價理論之回顧與重新思維 - 以基隆港貨櫃輪港灣費率為例」，海運學報，第八期，民國 90 年，頁 73 79。
3. 財團法人中華民國港埠服務社，「台灣省港埠費率研究報告」，台灣省政府交通處委託，民國 62 年 12 月。
4. 鄧有義，「港埠費率」，港埠經營管理研習會論文集，台灣省交通

附表一 台中港碼頭碇泊費改制前後各時段船舶出港艘數分布統計表

| 出港時間時段別 | 貨櫃船         |                              |                   |             | 穀類船         |                              |                   |             |
|---------|-------------|------------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------------|-------------|
|         | 改制前<br>出港艘數 | 改制前<br>出港艘數所佔<br>比例<br>( % ) | 改制後<br>理論出<br>港艘數 | 改制後<br>出港艘數 | 改制前<br>出港艘數 | 改制前<br>出港艘數所佔<br>比例<br>( % ) | 改制後<br>理論出<br>港艘數 | 改制後<br>出港艘數 |
| 0~1     | 318         | 3.735                        | 351               | 423         | 57          | 9.178                        | 43                | 36          |
| 1~2     | 434         | 5.098                        | 479               | 364         | 36          | 5.797                        | 27                | 23          |
| 2~3     | 388         | 4.557                        | 428               | 329         | 23          | 3.703                        | 17                | 9           |
| 3~4     | 388         | 4.557                        | 428               | 334         | 5           | 0.805                        | 4                 | 5           |
| 4~5     | 298         | 3.500                        | 329               | 296         | 3           | 0.483                        | 2                 | 2           |
| 5~6     | 292         | 3.430                        | 322               | 268         | 6           | 0.966                        | 5                 | 6           |
| 6~7     | 326         | 3.829                        | 360               | 234         | 6           | 0.966                        | 5                 | 2           |
| 7~8     | 221         | 2.596                        | 244               | 510         | 2           | 0.322                        | 2                 | 3           |
| 8~9     | 191         | 2.243                        | 211               | 426         | 5           | 0.805                        | 4                 | 5           |
| 9~10    | 338         | 3.970                        | 373               | 338         | 6           | 0.966                        | 5                 | 2           |
| 10~11   | 205         | 2.408                        | 226               | 308         | 3           | 0.483                        | 2                 | 4           |
| 11~12   | 280         | 3.289                        | 309               | 339         | 9           | 1.449                        | 7                 | 10          |
| 12~13   | 299         | 3.512                        | 330               | 357         | 17          | 2.737                        | 13                | 9           |
| 13~14   | 371         | 4.358                        | 410               | 300         | 22          | 3.542                        | 17                | 24          |
| 14~15   | 270         | 3.171                        | 298               | 308         | 32          | 5.153                        | 24                | 22          |
| 15~16   | 471         | 5.532                        | 520               | 467         | 57          | 9.178                        | 43                | 32          |
| 16~17   | 488         | 5.732                        | 539               | 507         | 47          | 7.568                        | 35                | 26          |
| 17~18   | 448         | 5.262                        | 495               | 469         | 47          | 7.568                        | 35                | 37          |
| 18~19   | 305         | 3.582                        | 337               | 308         | 25          | 4.025                        | 19                | 24          |
| 19~20   | 348         | 4.087                        | 384               | 449         | 33          | 5.314                        | 25                | 28          |
| 20~21   | 403         | 4.733                        | 445               | 525         | 31          | 4.991                        | 23                | 28          |
| 21~22   | 505         | 5.932                        | 558               | 548         | 47          | 7.568                        | 35                | 45          |
| 22~23   | 472         | 5.544                        | 521               | 482         | 42          | 6.763                        | 32                | 35          |
| 23~24   | 454         | 5.333                        | 501               | 512         | 60          | 9.661                        | 45                | 49          |
| 總計      | 8,513       | 100                          | 9,398             | 9,401       | 621         | 100                          | 469               | 466         |

附註：改制後理論出港艘次 = 改制前出港艘次所佔比例 ( % ) × 改制後出港總艘次

資料來源：台中港船舶動態資料檔案，本研究整理。

附表一 台中港碼頭定泊費改制前後各時段船舶出港艘數分布統計表（續一）

| 出港時間時段別 | 油輪（含化學品）    |                              |                   |             | 散雜貨船        |                              |                   |             |
|---------|-------------|------------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------------|-------------|
|         | 改制前<br>出港艘數 | 改制前<br>出港艘數所佔<br>比例<br>（ % ） | 改制後<br>理論出<br>港艘數 | 改制後<br>出港艘數 | 改制前<br>出港艘數 | 改制前<br>出港艘數所佔<br>比例<br>（ % ） | 改制後<br>理論出<br>港艘數 | 改制後<br>出港艘數 |
| 0~1     | 175         | 3.088                        | 138               | 144         | 246         | 2.453                        | 184               | 86          |
| 1~2     | 244         | 4.305                        | 193               | 199         | 185         | 1.845                        | 138               | 87          |
| 2~3     | 127         | 2.241                        | 100               | 168         | 127         | 1.266                        | 95                | 72          |
| 3~4     | 112         | 1.976                        | 88                | 139         | 101         | 1.007                        | 75                | 78          |
| 4~5     | 81          | 1.429                        | 64                | 108         | 74          | 0.738                        | 55                | 64          |
| 5~6     | 99          | 1.747                        | 78                | 100         | 59          | 0.588                        | 44                | 47          |
| 6~7     | 172         | 3.035                        | 136               | 140         | 85          | 0.847                        | 63                | 76          |
| 7~8     | 276         | 4.870                        | 218               | 236         | 107         | 1.067                        | 80                | 257         |
| 8~9     | 318         | 5.611                        | 251               | 297         | 166         | 1.655                        | 124               | 360         |
| 9~10    | 456         | 8.046                        | 360               | 279         | 426         | 4.249                        | 318               | 352         |
| 10~11   | 287         | 5.064                        | 227               | 200         | 459         | 4.578                        | 342               | 222         |
| 11~12   | 246         | 4.340                        | 194               | 164         | 394         | 3.929                        | 294               | 255         |
| 12~13   | 208         | 3.670                        | 164               | 149         | 363         | 3.620                        | 271               | 374         |
| 13~14   | 256         | 4.517                        | 202               | 201         | 532         | 5.306                        | 397               | 456         |
| 14~15   | 235         | 4.146                        | 186               | 171         | 550         | 5.485                        | 410               | 439         |
| 15~16   | 317         | 5.593                        | 250               | 224         | 581         | 5.794                        | 434               | 539         |
| 16~17   | 291         | 5.135                        | 230               | 198         | 785         | 7.829                        | 586               | 700         |
| 17~18   | 343         | 6.052                        | 271               | 209         | 951         | 9.485                        | 710               | 701         |
| 18~19   | 214         | 3.776                        | 169               | 160         | 718         | 7.161                        | 536               | 548         |
| 19~20   | 263         | 4.640                        | 208               | 210         | 839         | 9.368                        | 626               | 538         |
| 20~21   | 216         | 3.811                        | 171               | 194         | 639         | 6.373                        | 477               | 364         |
| 21~22   | 255         | 4.499                        | 201               | 229         | 653         | 6.513                        | 487               | 388         |
| 22~23   | 211         | 3.723                        | 167               | 167         | 513         | 5.116                        | 383               | 271         |
| 23~24   | 265         | 4.676                        | 209               | 188         | 473         | 4.717                        | 353               | 207         |
| 總計      | 5,667       | 100                          | 4,475             | 4,474       | 10,026      | 100                          | 7,482             | 7,481       |

附註：改制後理論出港艘次 = 改制前出港艘次所佔比例（ % ）×改制後出港總艘次

資料來源：台中港船舶動態資料檔案，本研究整理。

附表二 台中港碼頭泊費改制前後貨櫃船各時段出港艘數卡方適合度檢定表

| 出港時間時段別 | 改制後實際出港<br>艘數( $O_i$ ) | 改制後理論出港<br>艘數( $e_i$ ) | $\frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$ |
|---------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 0~1     | 423                    | 351                    | 14.77                       |
| 1~2     | 364                    | 479                    | 27.61                       |
| 2~3     | 329                    | 428                    | 22.90                       |
| 3~4     | 334                    | 428                    | 20.64                       |
| 4~5     | 296                    | 329                    | 3.31                        |
| 5~6     | 268                    | 322                    | 9.06                        |
| 6~7     | 234                    | 360                    | 44.10                       |
| 7~8     | 510                    | 244                    | 289.98                      |
| 8~9     | 426                    | 211                    | 219.08                      |
| 9~10    | 338                    | 373                    | 3.28                        |
| 10~11   | 308                    | 226                    | 29.75                       |
| 11~12   | 339                    | 309                    | 2.91                        |
| 12~13   | 357                    | 330                    | 2.21                        |
| 13~14   | 300                    | 410                    | 29.51                       |
| 14~15   | 308                    | 298                    | 0.34                        |
| 15~16   | 467                    | 520                    | 5.40                        |
| 16~17   | 507                    | 539                    | 1.90                        |
| 17~18   | 469                    | 495                    | 1.37                        |
| 18~19   | 308                    | 337                    | 2.50                        |
| 19~20   | 449                    | 384                    | 11.00                       |
| 20~21   | 525                    | 445                    | 14.38                       |
| 21~22   | 548                    | 558                    | 0.18                        |
| 22~23   | 482                    | 521                    | 2.92                        |
| 23~24   | 512                    | 501                    | 0.24                        |
| 總計      | 9,401                  | 9,398                  | 759.34                      |

附註：改制後理論出港艘次 = 改制前出港艘次所佔比例（%）×改制後出港總艘次

資料來源：台中港船舶動態資料檔，本研究整理。

附表三 台中港碼頭泊費改制前後各類船舶各時段出港艘數卡方適合度檢定表

| 出港時間時段別 | 改制後實際出港<br>艘數( $O_i$ ) | 改制後理論出港<br>艘數( $e_i$ ) | $\frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$ |
|---------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 0~1     | 36                     | 43                     | 1.14                        |
| 1~2     | 23                     | 27                     | 0.59                        |
| 2~3     | 9                      | 17                     | 3.76                        |
| 3~4     | 5                      | 4                      | 0.25                        |
| 4~5     | 2                      | 2                      | 0.00                        |
| 5~6     | 6                      | 5                      | 0.20                        |
| 6~7     | 2                      | 5                      | 1.80                        |
| 7~8     | 3                      | 2                      | 0.50                        |
| 8~9     | 5                      | 4                      | 0.25                        |
| 9~10    | 2                      | 5                      | 1.80                        |
| 10~11   | 4                      | 2                      | 2.00                        |
| 11~12   | 10                     | 7                      | 1.29                        |
| 12~13   | 9                      | 13                     | 1.23                        |
| 13~14   | 24                     | 17                     | 2.88                        |
| 14~15   | 22                     | 24                     | 0.17                        |
| 15~16   | 32                     | 43                     | 2.81                        |
| 16~17   | 26                     | 35                     | 2.31                        |
| 17~18   | 37                     | 35                     | 0.11                        |
| 18~19   | 24                     | 19                     | 1.32                        |
| 19~20   | 28                     | 25                     | 0.36                        |
| 20~21   | 28                     | 23                     | 1.09                        |
| 21~22   | 45                     | 35                     | 2.86                        |
| 22~23   | 35                     | 32                     | 0.28                        |
| 23~24   | 49                     | 45                     | 0.36                        |
| 總計      | 466                    | 469                    | 29.36                       |

附註：改制後理論出港艘次 = 改制前出港艘次所佔比例（%）×改制後出港總艘次

資料來源：台中港船舶動態資料檔，本研究整理。

附表四 台中港碼頭泊費改制前後油輪各時段出港艘數卡方適合度檢定表

| 出港時間時段別 | 改制後實際出港<br>艘數( $O_i$ ) | 改制後理論出港<br>艘數( $e_i$ ) | $\frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$ |
|---------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 0~1     | 144                    | 138                    | 0.26                        |
| 1~2     | 199                    | 193                    | 0.19                        |
| 2~3     | 168                    | 100                    | 46.24                       |
| 3~4     | 139                    | 88                     | 29.56                       |
| 4~5     | 108                    | 64                     | 30.25                       |
| 5~6     | 100                    | 78                     | 6.21                        |
| 6~7     | 140                    | 136                    | 0.12                        |
| 7~8     | 236                    | 218                    | 1.49                        |
| 8~9     | 297                    | 251                    | 8.43                        |
| 9~10    | 279                    | 360                    | 18.23                       |
| 10~11   | 200                    | 227                    | 3.21                        |
| 11~12   | 164                    | 194                    | 4.64                        |
| 12~13   | 149                    | 164                    | 1.37                        |
| 13~14   | 201                    | 202                    | 0.00                        |
| 14~15   | 171                    | 186                    | 1.21                        |
| 15~16   | 224                    | 250                    | 2.70                        |
| 16~17   | 198                    | 230                    | 4.45                        |
| 17~18   | 209                    | 271                    | 14.18                       |
| 18~19   | 160                    | 169                    | 0.48                        |
| 19~20   | 210                    | 208                    | 0.02                        |
| 20~21   | 194                    | 171                    | 3.09                        |
| 21~22   | 229                    | 201                    | 3.90                        |
| 22~23   | 167                    | 167                    | 0.00                        |
| 23~24   | 188                    | 209                    | 2.11                        |
| 總計      | 4,474                  | 4,475                  | 182.34                      |

附註：改制後理論出港艘次 = 改制前出港艘次所佔比例（%）×改制後出港總艘次

資料來源：台中港船舶動態資料檔，本研究整理。

附表五 台中港碼頭泊費改制前後散雜貨船各時段出港艘數卡方適合度檢定表

| 出港時間時段別 | 改制後實際出港<br>艘數( $O_i$ ) | 改制後理論出港<br>艘數( $e_i$ ) | $\frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$ |
|---------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 0~1     | 86                     | 184                    | 52.20                       |
| 1~2     | 87                     | 138                    | 18.85                       |
| 2~3     | 72                     | 95                     | 5.57                        |
| 3~4     | 78                     | 75                     | 0.12                        |
| 4~5     | 64                     | 55                     | 1.47                        |
| 5~6     | 47                     | 44                     | 0.20                        |
| 6~7     | 76                     | 63                     | 2.68                        |
| 7~8     | 257                    | 80                     | 391.61                      |
| 8~9     | 360                    | 124                    | 449.16                      |
| 9~10    | 352                    | 318                    | 3.64                        |
| 10~11   | 222                    | 342                    | 42.11                       |
| 11~12   | 255                    | 294                    | 5.17                        |
| 12~13   | 374                    | 271                    | 39.15                       |
| 13~14   | 456                    | 397                    | 8.77                        |
| 14~15   | 439                    | 410                    | 2.05                        |
| 15~16   | 539                    | 434                    | 25.40                       |
| 16~17   | 700                    | 586                    | 22.18                       |
| 17~18   | 701                    | 710                    | 0.11                        |
| 18~19   | 548                    | 536                    | 0.27                        |
| 19~20   | 538                    | 626                    | 12.37                       |
| 20~21   | 364                    | 477                    | 26.77                       |
| 21~22   | 388                    | 487                    | 20.13                       |
| 22~23   | 271                    | 383                    | 32.75                       |
| 23~24   | 207                    | 353                    | 60.39                       |
| 總計      | 7,481                  | 7,482                  | 1,223.11                    |

附註：改制後理論出港艘次 = 改制前出港艘次所佔比例（%）×改制後出港總艘次

資料來源：台中港船舶動態資料檔，本研究整理。

附表六 台中港碼頭碇泊費改制前後船舶碇泊碼頭資料比較表

| 項目<br><br><br><br>船舶<br>種類 | 86 年（碼頭碇泊費改<br>制前） |                  |             |                            | 87 年（碼頭碇泊費改<br>制後） |                  |             |                            | 變化比例（ % ）        |             |                            |  |
|----------------------------|--------------------|------------------|-------------|----------------------------|--------------------|------------------|-------------|----------------------------|------------------|-------------|----------------------------|--|
|                            | 艘<br>數             | 船<br>舶<br>總<br>噸 | 裝<br>卸<br>量 | 碇<br>泊<br>碼<br>頭<br>時<br>間 | 艘<br>數             | 船<br>舶<br>總<br>噸 | 裝<br>卸<br>量 | 碇<br>泊<br>碼<br>頭<br>時<br>間 | 船<br>舶<br>總<br>噸 | 裝<br>卸<br>量 | 碇<br>泊<br>碼<br>頭<br>時<br>間 |  |
| 貨櫃船                        | 2,262              | 12,621           | 13,400      | 11.7                       | 2,441              | 11,698           | 12,982      | 10.4                       | - 2.86           | - 3.12      | - 11.1                     |  |
| 穀類船                        | 124                | 33,010           | 30,865      | 116.1                      | 121                | 31,097           | 28,375      | 99.9                       | - 5.80           | - 8.07      | - 13.95                    |  |
| 油輪                         | 1,124              | 10,358           | 6,495       | 24.8                       | 1,215              | 9,685            | 6,486       | 23.3                       | - 6.50           | - 0.14      | - 6.05                     |  |
| 散雜貨船                       | 1,855              | 14,686           | 15,280      | 82.5                       | 1,856              | 14,136           | 14,979      | 77.7                       | - 3.75           | - 1.97      | - 5.82                     |  |

附註：1. 上表內之船舶總噸之統計量為平均值

2. 單位：艘數：艘，船舶總噸：Gross Tonnage，裝卸量：計費噸，碇泊碼頭時間：艘  
小時

資料來源：台中港船舶動態資料檔案，本研究自行計算整理

## 海洋中最大型人工魚礁－軍艦礁之優點及設計施工方法之演進(第二、三階段－爆破沉放作業與國內、外爆破沉放技術之比較探討)

蘇棋福 僑龍工程顧問股份有限公司總經理

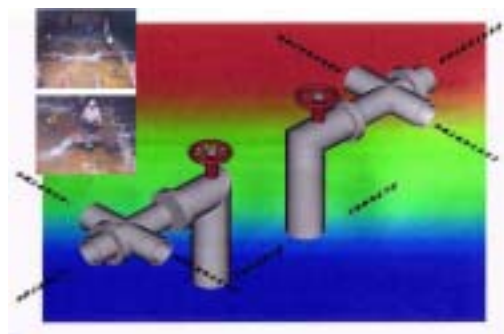
### 摘要

我國自民國 89 年首次投放萬安(521)、及凌雲(522)兩艘軍艦礁後，由於為國內首次對千噸級大型船礁進行投放經驗，並無任何沉放技術之輔助作業參考，故採取人工海底門閥開啟沉放方式如照片-1。雖然任務尚稱圓滿達成，且其聚魚效果經一年多來的海底潛水調查結果，發現其效果極佳。但對於傳統上以海底門開啟方式進行投放作業而言，若沉放時造成單邊傾側則對沉放後其聚魚效益將有相當程度之折損。該施工法不論在爭取海上投放時效、技術操作以及外在天候風浪變數的掌握等皆不易有效控制；甚或有些除役艦在交接前早已將海底門焊死造成無法開啟水閥進行浸水，更遑論要達成穩定垂直沉放之目標。我國在首次投放軍艦礁前，業經漁業署派員考察美國聖地牙哥投放軍艦做為海上潛水休閒觀光目的之作業過程後，本公司再度專程派員前往加拿大與曾經參與該次投放作業之爆破工程師 MR. Gebriel 請益爆破作

業技術。由於對爆破材料及爆破技術被視為商業機密，故不對外公開。但經其指教後對利用爆破沉放過程及作業應注意之事項亦受益匪淺。

本公司為促使 90 年度三艘軍艦礁能有效及確實的掌握技術之改進及提昇，並經數月期間之相關爆破爆材收集、研究及諮詢相關國內外廠商後，最後確定採用應用聚能切割爆破技術方式進行軍艦礁之沉放作業，雖然 90 年度由於爆材進口適逢美國 911 事件無法達成切割索之順利進口，但在不得已狀況下大膽嘗試採用由國立成功大學資源所以一般工業用硝胺炸藥，依爆破聚能原理研製成之爆破切割盒進行沉放。雖然其使用藥量及切割的精確度上未盡如切割索來得理想，但在沉放後對軍艦礁沉放時間及穩定垂直沉放情形與設計時預估值比對下，卻已能達到完全精準的掌控目標。此項重大收穫也因此建立了對 91 年度的另 8 艘軍艦礁採用柔性切割索進行海上沉放十足的信心。本篇將對 90 年

度及 91 年度軍艦礁之 8 艘(90 年度 3 艘, 91 年度 8 艘之前 5 艘)先後兩次以國內、外不同的爆材進行海上沉放作業做為比較, 並對其爆破原理及作業後之各項優缺點進行探討。由於篇幅關係並將於下一篇再對爆破作業之安全距離範圍、環境生態之影響及國外爆破安全規章法令與軍艦礁爆破沉放時之安全程度比較以及爆破技術應用於其他海洋工程展望做一檢討總結, 希冀能借此機會使爆破方法推廣運用於海洋工程上, 不論在技術之突破或國內日後訂定安全規章上或環境影響參考等多少有所助益。



照片 1 軍艦礁以海底門閥沉放方式圖

## 一、前言

爆破在海洋工程上之應用, 國內一般觀念皆停留在海底岩礁爆破挖除工作及一些爆破影響較大而不必很精準岩石工作之印象中。近年來環保意識已成為施工上必要之先決考慮因素, 而國內對爆破施工前對環境的影響性、安全性

及破壞程度大都無法提供較詳細的數據評估。故對爆破施工而言, 若非不得已時才勉強使用, 一般則可免則免。而事實上國外對爆破技術之發展如精密爆破切割、海上平台基座之拆除(國際規定至少需切除到海底下 1~1.5m 以下)以及海上鑽油鉗頭之切割拆除等近年來在技術上已有突破性的發展; 如爆破切割精準度亦可達到 $\pm 5\text{mm}$  之誤差, 並且在施工之安全距離上亦從一般爆破需保持至少 100m 外的施工安全距離已允許縮小至十至二十公尺內, 甚或者如鑽油平台亦可直接在台上直接深入基座底部直接施工切除; 再者如鋼鐵廠之爐壁鐵渣爆破清除, 能直接在貼壁按置爆材而不損傷爐壁將殘留在爐壁之殘銑順利清除達到清爐之效果等等; 皆顯示爆破技術在工程上之應用已漸由一般較粗略之爆破施工提昇到高精準之爆破切割水準。而爆破施工方法亦依各種實際狀況而有各種不同的爆破施工方法, 本篇主要敘述軍艦礁工程先後於 90、91 年度採用國內、外之兩種切割爆材進行海上沉放作業之成果及技術分析檢討; 茲介紹如下:

## 二、爆破切割

### (一) 爆破沉放的目的

利用爆破方式將船壁瞬間內開孔使其快速浸水達成預期穩定沉放的效果,為一種水中爆破技術之目標,由於軍艦礁其船壁均成直立狀態在裝置炸藥時不易固定,且一般炸藥引爆後都以飛散方式進行,若爆破物背面無足以抵抗爆破力量的遮擋物協助,欲直接對堅厚如船壁之鋼版令其達成爆破的效果,完成預期在規定範圍內的切割船體,的確是一件高難度的任務。

進行軍艦礁沉放時使用爆破方法主要的目標為,為使礁體在進行沉放時避免外力影響因素過大,而能讓船礁穩定的直立沉放座落於預定位置,而不使其有單邊傾側現象發生,達到沉放預期之效果。

利用爆破方法不但一方面可完成在岸上作業時所不能進行的對船水線以下之船壁開孔切割以增加船礁之孔隙率,同時亦可迅速達到沉放的目的,通常此種施工法大都利用於當船礁礁體方塊係數小(即船底太尖),或為節省沉放時間儘量減少外力因素(如風力、流力)影響時,使沉放作業能充分的掌握其沉放時間及穩定度。

## (二)聚能原理

今假設一圓柱形藥柱裝藥進行鋼板爆破,當爆炸後,其爆炸力量沿近似原藥柱垂直表面方向一直向四周飛散,因此作用於鋼板的

部分僅僅是在藥柱的端部而已,亦就是說作用面積等於裝藥端部面積而已;若於圓柱藥柱設置一錐孔時,當進行爆破時爆破波力前進到錐體部分時其爆轟力量則沿著錐孔內表面重直的方向飛出。由於飛出速度相等,藥形對稱,爆轟力量聚集在軸線上,匯集成一股速度和壓力都很高的氣流,稱為聚能如圖 2-1 ;因此爆破時能量可藉能量的集中在鋼板的較小面積上,就形成了更深的孔,這種藉錐孔設置來提高小面積爆破能量集中作用,即為聚能原理的基礎。

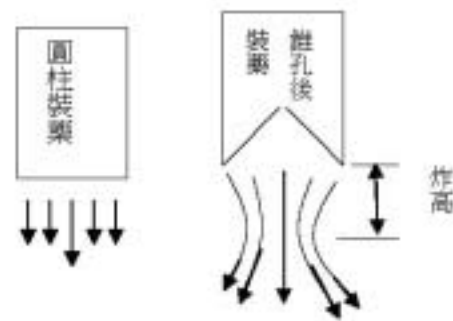


圖 2-1 一般爆破與聚能爆破能量流動比較

因此由錐孔後裝藥進行爆破其能量向軸線匯聚時的情形,可歸納有兩種因素作用:

1. 爆破質點以一定速度沿近似垂直於錐面的方向向軸線匯聚,使能量集中。
2. 爆破後的高壓在匯聚時在軸線處形成更高的壓力區,高壓迫使

爆破能量向周圍低壓區膨脹,使能量得以發散。

由上述兩個因素作用下,可發現爆後其能量流並不能無限的集中,僅可在離裝藥柱端面某一距離處達到最大的集中,隨後又迅速地飛散開了,因此必須適當的選擇其炸高(stand-off)才能充分利用聚能效應。

一般地說,對於聚能作用,能量集中的程度可用單位體積能量(E:能量密度)來衡量。爆破時其波能量密度可用下式表示:

$$E = \rho \left[ \frac{P}{(n-1)\rho} + \frac{\mu^2}{2} \right] = \frac{P}{n-1} + \frac{1}{2} \mu^2 \rho \quad (1)$$

式中: E - 爆破波能量密度

$\rho$  - 爆破波降面密度, kg/m<sup>3</sup>

P - 爆破波降面壓力, Pa

$\mu$  - 爆破波降面質點速度, m/sec

n - 多方指數

當 n 為 3 時,  $P=1/4 \cdot \rho_0 D^2$ ,

$\rho=4/3 \rho$ ,  $\mu=D/4$

代入(1)式得:

$$E=1/8 \cdot \rho D^2 + 1/24 \cdot \rho_0 D^2 \quad (2)$$

式中:  $\rho_0$  - 炸藥密度, Kkg/m<sup>3</sup>

D - 炸藥密度, m/s

式中第一項為位能佔總能量 3/4,第二項為動能佔總能量 1/4;而在聚能過程中,動能是可以集中,位能則不能集中反而起發散作

用,所以若單靠帶錐孔之圓柱裝藥來聚能,其聚能流的能量集中程度不是很高,故必須設法把聚能儘可能轉換成動能的形式,來提高能量的集中程度。

### (三)聚能切割盒方法-國內研製

硝胺炸藥為國內常用的工業用炸材,若利用一銅質藥型罩加強爆破能量轉換成動能來聚集爆破能量亦可達成爆破切割的目的。由於 90 年度軍艦礁工程原預計採用柔性切割索做為爆破沉放炸材,適逢美國 911 事件無法順利進口該材料。故在時間緊迫的壓力下經評估採用由國立成功大學資源所研製成之切割盒做為替代炸材,其效果亦足以達到穿透鋼板達 15mm~20mm 的效果,如照片 2-4。惟其爆破切割之精確度確實較難以掌控。由於尚有部份藥量未能集中於藥型罩內故所造成周邊受爆波能量發散之影響比較大,且藥用量依實際經驗一艘軍艦礁做 32 孔之爆破孔需炸藥量達 200kg 左右,若以每個開孔大小 1.6m×0.7m 計,則每孔裝藥量約為 5~6kg,即每米約需 1kg 以上的裝藥量;而其真正聚集之動能用藥量亦僅為銅質藥型罩內之部份佔總藥量之 30~35% 左右,換句話說即有 65%~70%之餘藥量產生發散性之爆

炸，對船體周邊環境產生破壞力為其主要缺點。雖然如此，此亦為我國對聚能爆破切割應用於鋼板切割之成功先例，也因此對軍艦礁在進行海上沉放作業時在設計階段就能精準的掌握沉放時間之估算及讓船艏部能預期的先行俯傾沉放之設計配置。

為了減少藥罩外剩餘藥量擴散爆炸後之影響，國立成功大學資源所將切割盒再加以改良後以 PTX 炸藥材代替硝胺炸藥，則已可將裝藥量從 1kg 多減少至 500g 以下，使藥罩外剩餘藥量更減低至一倍以上。雖然切割盒屬硬性切割盒，但其在炸高(stand off)的調整範圍彈性較大，性能上亦較實用。

90 年度軍艦礁沉放採用切割盒時，因為首次使用國內研製之產品，對爆破之影響控制較難掌握。但為操作安全起見，將爆破安全距離規定拉至 100~150 公尺範圍左右，參觀船隻則隔離至 200m 距離，施工狀況良好。



照片 2-2 國內研製改良型切割盒



照片 2-3 改良型切割盒鋼版試割情形



照片 2-4 90 年度軍艦礁切割盒安裝情形



照片 2-5 鎮海軍艦礁海底沉放情形  
(四)切割索

切割索乃依據上述聚能原理而能精準的切割鋼鈹材而設計出之一種低藥量、高爆炸力材料，儒上述原理，若在錐孔柱表面加一個藥型罩(如銅、玻璃等)，則在爆破波能推動罩壁向軸線運動過程

中,就將能量傳遞給了藥型罩。由於罩的可壓縮性很小,因此內能增加很少,能量的極大部分轉變成動能形式,這樣就可避免高壓膨脹引起的能量分散而使能量更為集中。而在鋼板切割時其切割之深度

亦因不同炸高(stand-off)而切割成不同深度,通常最有效的炸高(stand-off)為藥形罩之 2.0~2.5 倍。而根據美國 Accurate Co.,以銅罩製成之切割索其炸高及切割深度之分佈資料如下表:

表 3-3 一般切割索藥量與切割深度關係表

| Core Load<br>Grains/Foot*(In.) | Width**<br>(In.) | Height**<br>(In.) | Approx. Gross<br>Weight(Lbs./Ft.) | Approx<br>Standoff(In.) | Penetration at<br>(In.)Optimum Standoff |
|--------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| 100                            | .28              | .25               | .07                               | .20                     | .25                                     |
| 150                            | .35              | .31               | .20                               | .20                     | .30                                     |
| 250                            | .45              | .38               | .22                               | .35                     | .40                                     |
| 400                            | .48              | .53               | .31                               | .37                     | .55                                     |
| 600                            | .68              | .58               | .51                               | .60                     | .70                                     |
| 900                            | .76              | .68               | .70                               | .66                     | .85                                     |
| 1,200                          | .89              | .92               | .96                               | .75                     | 1.00                                    |
| 2,000                          | 1.15             | 1.04              | 1.31                              | .75                     | 1.50                                    |
| 3,200                          | 1.43             | 1.23              | 1.66                              | 1.00                    | 1.70                                    |
| 4,400                          | 1.81             | 1.41              | 2.50                              | 1.25                    | 2.25                                    |
| 10,500                         | 2.56             | 1.78              | 4.30                              | 2.00                    | 3.50                                    |

由上表可知,一般船壁厚度約在 1.5cm 以內,使用 600 容量藥型罩即可切割船壁。本年度(91)自香港引進之切割索實際裝藥量則為 150g/m,以每艘 32 孔每孔 4m(1mx1m)計一艘軍艦礁沉放時炸藥裝藥量僅為 19.2kg 而已,而起爆有效的炸高(stand-off)亦僅為 2mm 高度,換句話說以 2mm 左右之貼膠即可輕易完成安裝。

一般使用切割索的優點有:

1. 線形條狀,安裝容易固定方便。
2. 具柔撓性可安裝於具曲線不平之面板。

3. 用藥量少,切割精密度準確。
4. 爆破噪音,煙塵小,環境影響度甚小。
5. 爆破時安全距離不需太遠,一般在 50M 範圍內導爆即可。



照片 2-6 切割索試割安裝情形

### 三、浸水時穩定沉放時間估算

在決定使用爆破開孔沉放施工方法後，設計時需先對沉放時間進行估算再於沉放時進行核對以正確掌握沉放時間，同時為確實達到艙部微俯垂直且下沉的要求對爆破開孔的調整亦需進行檢討。首先仍先假設以傳統的人工海底門閥進行沉放時做沉放時間估算後，再對爆破開孔浸水量及縱向穩定俯仰差進行沉放時間之估算，分述如下：

以 90 年度軍艦礁工程中之慶陽艦 909 為例，其海底門閥分別分佈於前後爐、機艙左右舷共 8 處，尺寸：φ 12"

(本艦於交接時所有海底門皆已於電焊封死，故試算僅供設計時參考比較)

#### 1. 海底門浸水估算

8 處 (#1, #2 機、爐艙左右側各一處共 8 處)

尺寸：φ 12"x8

根據 Duvuant 排水量公式：

$$Q = \mu D (2/3 \delta + d) * (2g(\delta + h))^{1/2}$$

其中：

Q = 流量 (m<sup>3</sup>/sec)

μ = 扇門粗糙所產生流出係數

(0.6~0.95) 取 μ = 0.7

D = 扇門內側寬度

d = 基礎床版水位高度 (m)

取平均吃水 0.5m (以壓艙底至機艙面距離計)

g = 重力加速度 = 9.8m/sec<sup>2</sup>

h = 接近流速水頭 = v<sup>2</sup>/g 0

δ = 內外水位差

$$\begin{aligned} \text{故 } Q &= 0.7 * (2/3 * 12" * 2.54/100) \\ &\quad * (2/3 * 0.5 + 0.5) * (2 * 9.8 * 0.5)^{1/2} \\ &= 0.7 * 0.3048 * 0.83 * (9.8)^{1/2} \\ &= 0.556 \text{ m}^3/\text{sec} \\ &= 1.03 * 0.556 = 0.57 \text{ 噸/sec} \\ QT &= 1.03 (L * B * D * k) - W_0 \\ &= 4970.06 \end{aligned}$$

計算預計安全時間約需：

$$\begin{aligned} QT/Q * 8 \\ &= (4970.06) / (0.57 * 8) \\ &= 1083.65 \text{ sec} \\ &= 18.06 \text{ mins, 約 } 18.6 \text{ 分鐘} \end{aligned}$$

#### 2. 以爆破開孔方式估算

(左右兩舷底側 1.20m x 1.6m 開孔各 16 孔共 32 孔) 則

$$\begin{aligned} Q &= 0.7 * (1.6) * (2/3 * 0.5 + 0.5) \\ &\quad * (2 * 9.8 * 0.5)^{1/2} \\ &= 0.7 * 1.6 * 0.833 * (9.8)^{1/2} \\ &= 2.92 \text{ m}^3/\text{sec} \\ &= 1.03 * 2.92 \\ &= 3.01 \text{ 噸} \end{aligned}$$

$$QT/Q * 32 = 4970.06 / 3.01 * 32 = 52 \text{ sec}$$

爆破切孔作業時採由艙至艙部延遲秒差導爆，因此每孔浸水量時序延遲以 2~3 秒計，則 3x16 (單邊) = 48 秒故預計沉放時間為 52+48=100 秒=1 分 40 秒左右。

#### 3. 縱向穩定(俯仰差)估算

由上述估算沉放時間不到二分鐘故對船體受風力、波力

因素所造成之橫向不穩定及自由液面影響不大故可不予計算，但對船體如何能以艏部微傾沉降及每一段時間浸水程度及何時達到完全吃水，則需以縱向穩定計算估算，以 909 慶陽軍艦礁為例依縱向重心為中心以每船側前後平均配置 8 個切割孔單側共為 16 孔，兩側則共為 32 孔(實際配置時為達到艏部微傾效果以前 9 後 7 分佈較佳)說明如下：

(1)經查原船舶參數求出 TPI  
(每吋吃水噸數)

| TPI                     | 船長<br>(呎) | 船寬<br>(呎) | p 值  | 水切面係數 p  | p 值  |
|-------------------------|-----------|-----------|------|----------|------|
| 24.97                   | 376.66    | 39.78     | 0.70 | 0.70 陽字號 | 0.70 |
| TPI=A/420=24.97         |           |           | 陽字號  | 0.75     | 陽字號  |
| A 水切面面積=p(LXB)= 10488.5 |           |           | 0.80 |          |      |
|                         |           |           | 0.85 |          |      |

(2)求出 MTI (每吋吃水俯仰差)

| 縱向重心      | TPI   | MTI    | k 值   | k 值   |
|-----------|-------|--------|-------|-------|
| 艏前 7.2'   | 24.97 | 454.63 | 29.00 | 28.00 |
| L=181.13' |       |        |       | 29.00 |
|           |       |        |       | 30.00 |
|           |       |        |       | 31.00 |

(3)爆破開孔浸水俯仰差

=艏(舳、艮)時間進水量 TPI 吃水呎吋+艏(舳、艮)時間進水量 MTI 吃水呎吋

a. 兩側各 16 孔其爆破時序為每孔 3 秒計算

b. 16 孔平均間隔開孔則間隔長  
l = 船長

L (16+1)

c. 縱向重心 L=8l

(參考 Booklet)

d. 以艏至艮向順序編號 1~16 左右孔

(4)結果

由試算表 3-1 當未爆破浸水時船吃水為 16.6 呎，經開孔浸水後由上半頁可知，以每 3 秒為單位浸水量逐步估算則當兩側 1~16 孔完全浸水時需約  $48/2=24$  秒左右，此時船舶吃水差以 0.16 吋下沉(各孔之逐次浸水量如表所示)，一直歷時至約 93 秒即 1 分 33 秒至船身高度 24.49 呎與前節估算之 1 分 40 秒相近。

經實際沉放時間則為 1 分 58 秒左右，其他如岳陽艦估算時間為 1 分 51 秒實際沉放為 1 分 30 秒左右，而鎮海艦估算時為 7 分 6 秒實際沉放亦僅為 9 分 10 秒左右，除該艦相差約 2 分鐘左右外(註 1)，幾乎所有軍艦礁使用爆破沉放(不論使用切割盒或柔性切割索)其估算沉放時間與實際沉放時間皆相差僅在半分鐘之間，充份掌握了沉放之時效，且在施工上亦大大提昇了其安全性，尤其在本年度使用柔性切割索進行爆破施工後其操作安全距離亦拉近至 40m 內還相當安全：

註 1:鎮海艦因船體太大重輕載時  
超過七千多噸故其肋骨較  
密，實際開孔數雖相同及但

開孔大小平均約 70\*60 間故  
沉放時間較長與設計時預估  
時間相差較多出 2 分鐘。

表 3-1 909 慶陽軍艦破損沉放試算表

| 開孔編號  | 艏吃水(單位:噸) |         |        |        |        |        |        |       | 艉吃水(單位:噸) |        |        |        |        |        |         |         |
|-------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|       | 1         | 2       | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8     | 9         | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15      | 16      |
| 力臂時間  | d=L-1     | d=L-2   | d=L-3  | d=L-4  | d=L-5  | d=L-6  | d=L-7  | d=L-8 | d=L-9     | d=L-10 | d=L-11 | d=L-12 | d=L-13 | d=L-14 | d=L-15  | d=L-16  |
|       | 158.97    | 136.82  | 114.66 | 92.50  | 70.35  | 48.19  | 26.03  | 3.88  | 18.28     | 40.43  | 62.59  | 84.75  | 106.90 | 129.06 | 151.22  | 173.37  |
| 力矩    | 957.02    |         |        |        |        |        |        |       |           |        |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 823.64  |        |        |        |        |        |       |           |        |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 590.26 |        |        |        |        |       |           |        |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 596.87 |        |        |        |       |           |        |        |        |        |        |         |         |
| Q/Fwd | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 433.49 |        |        |       |           |        |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 290.11 |        |       |           |        |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 156.73 |       |           |        |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 23.35 |           |        |        |        |        |        |         |         |
| 30    | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 130.03    |        |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 90.05     | 243.42 |        |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 90.05     | 252.35 | 776.80 |        |        |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 90.05     | 252.35 | 414.24 | 510.18 |        |        |         |         |
| 42    | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 90.05     | 252.35 | 414.24 | 576.34 | 643.56 |        |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 90.05     | 252.35 | 414.24 | 576.34 | 738.44 | 776.94 |         |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 90.05     | 252.35 | 414.24 | 576.34 | 738.44 | 900.54 | 930.33  |         |
|       | 1206.73   | 1044.63 | 882.54 | 720.44 | 558.34 | 296.24 | 234.15 | 72.05 | 90.05     | 252.35 | 414.24 | 576.34 | 738.44 | 900.54 | 1042.63 | 1043.71 |

1. L=縱向重心位置(船長)-T/2=(376.86/2)-T/2= 181.13

2. B=開孔間隔-船長/(16+1)=376.66/17= 22.16

| 艏吃水             |                 |                  | 艉吃水   |       |       |                 |                 |                  | 時間(sec) | 每兩孔進水量Q<br>(左右兩舷各一孔)<br>=3.01 T/tons<br>=6.02 T/tons |
|-----------------|-----------------|------------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|------------------|---------|------------------------------------------------------|
| 吃水量(1)<br>Q/TF1 | 俯仰角(2)<br>Q/RT1 | 吃水(3)<br>(1)+(2) | 艏吃水   | 平均吃水  | 艉吃水   | 吃水量(3)<br>Q/TF1 | 俯仰角(4)<br>Q/RT1 | 吃水(5)<br>(3)+(4) |         |                                                      |
|                 |                 |                  | 16.4' | 16.5' | 16.6' |                 |                 |                  | 0       |                                                      |
| 0.020           | 0.175           | 0.195            | 16.60 | 16.70 | 16.8  |                 |                 |                  | 3       |                                                      |
| 0.040           | 0.372           | 0.412            | 17.01 | 16.90 | 16.8  |                 |                 |                  | 6       |                                                      |
| 0.060           | 0.569           | 0.599            | 17.61 | 17.20 | 16.8  |                 |                 |                  | 9       |                                                      |
| 0.080           | 0.677           | 0.757            | 18.36 | 17.58 | 16.8  |                 |                 |                  | 12      |                                                      |
| 0.100           | 0.784           | 0.885            | 19.35 | 18.02 | 16.8  |                 |                 |                  | 15      |                                                      |
| 0.121           | 0.882           | 0.983            | 20.32 | 18.52 | 16.8  |                 |                 |                  | 18      |                                                      |
| 0.141           | 0.910           | 1.051            | 21.38 | 19.04 | 16.8  |                 |                 |                  | 21      |                                                      |
| 0.161           | 0.929           | 1.089            | 22.37 | 19.54 | 16.8  |                 |                 |                  | 24      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 22.53 | 19.69 | 16.83 | 0.020           | 0.020           | 0.040            | 27      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 22.69 | 19.82 | 16.87 | 0.040           | 0.061           | 0.101            | 30      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 22.85 | 19.99 | 16.94 | 0.060           | 0.132           | 0.192            | 33      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 23.01 | 20.23 | 17.03 | 0.080           | 0.232           | 0.313            | 36      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 23.18 | 20.54 | 17.14 | 0.100           | 0.362           | 0.463            | 39      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 23.34 | 20.94 | 17.27 | 0.121           | 0.522           | 0.643            | 42      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 23.50 | 21.45 | 17.42 | 0.141           | 0.712           | 0.853            | 45      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 23.66 | 22.08 | 17.59 | 0.161           | 0.921           | 1.082            | 48      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 23.82 | 22.29 | 17.75 | 0.181           |                 | 0.181            | 51      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 23.98 | 22.40 | 17.91 | 0.181           |                 | 0.181            | 54      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 24.14 | 22.56 | 18.07 | 0.181           |                 | 0.181            | 57      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 24.30 | 22.72 | 18.23 | 0.181           |                 | 0.181            | 60      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 24.46 | 22.88 | 18.39 | 0.181           |                 | 0.181            | 63      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 24.62 | 23.04 | 18.55 | 0.181           |                 | 0.181            | 66      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 24.78 | 23.20 | 18.71 | 0.181           |                 | 0.181            | 69      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 24.94 | 23.36 | 18.87 | 0.181           |                 | 0.181            | 72      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 25.10 | 23.52 | 19.03 | 0.181           |                 | 0.181            | 75      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 25.26 | 23.68 | 19.19 | 0.181           |                 | 0.181            | 78      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 25.42 | 23.84 | 19.35 | 0.181           |                 | 0.181            | 81      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 25.58 | 24.00 | 19.51 | 0.181           |                 | 0.181            | 84      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 25.75 | 24.17 | 19.68 | 0.181           |                 | 0.181            | 87      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 25.91 | 24.33 | 19.84 | 0.181           |                 | 0.181            | 90      |                                                      |
| 0.181           |                 | 0.181            | 26.07 | 24.49 | 20.00 | 0.181           |                 | 0.181            | 93      |                                                      |

## 四、沉放後效益評估

### 1. 時間估算的掌握

經估算後以慶陽艦為例設計時估計約需 1 分 33 秒而實際沉放時間則為 1 分 58 秒左右，其他如岳陽艦估算時間為 1 分 51 秒實際沉放為 1 分 30 秒左右，而鎮海艦估算時為 7 分 6 秒實際沉放亦僅為 9 分 10 秒左右，除該艦相差約 2 分鐘左右外，幾乎所有軍艦礁使用爆破沉放(不論使用切割盒或柔性切割索)其估算沉放時間與實際沉放時間皆相差僅在半分鐘之間，充份掌握了沉放之時效，且在施工上亦大大提昇了其安全性，尤其在本年度使用柔性切割索進行爆破施工後其操作安全距離亦拉近至 40m 內還相當安全：

相關歷年來軍艦礁投放之成果比較一覽表參見下表 4-1。

### 2. 爆破開孔之精準度

經過兩次以不相同切割炸材進行軍艦礁沉放作業後，第一次三艘爆破開孔之精準度切割施作其開孔切割線性誤差度比較大，且有撕裂之現象，其藥型罩外剩餘的藥量爆破擴散度，對船體結構稍許有所破壞。本年度使用柔性切割索後已陸續沉放前 5 艘軍艦礁，由於該炸材聚能效果得以完全發

揮在藥型罩內故切割後之誤差僅在 $\pm 5\text{mm}$  以內，除此之外對船體本身結構幾乎毫無任何損傷，其精確度之高另人讚賞，而在船體呈曲線而非平直的平面上其可彎曲度更是讓施工上不用考慮有漏割之情形發生。

### 3. 海域環境影響

對爆破沖擊波、超壓、噪音及施工時之安全距離估算，由於我國目前尚無標準法令規定故經上述估算並參照國外爆破安全規章檢核，皆能符合於標準安全範圍以內，本次由於侷限於經費限制，未能依實際沉放現場進行各項環境監測是為憾事，但在進行柔性切割試炸時，國立成功大學資源所曾於現場 40m 距離內進行三次之振動(三軸向 PPV 值)與噪音之監測，其中噪音值換算在 50m 施工距離內其分貝值 62.4~63.2dB 間，皆在 90dB 範圍內。比設計時之估算值更加安全，因此更確定爆破切割應用於軍艦礁之沉放施工是一項極有效又安全之一種施工方法。

## 五、結語

軍艦礁製作在國外的發展從摸索到成熟階段歷經十幾年來，其中亦有失敗經驗，國內自民國 89 年開始著手進行軍艦礁之製作，在短短

的第三年內已成功的將製作過程中最困難的沉放技術克服，在施工技術得以克服之際，由於國內爆破施工相關環境等法令尚未完整，因此對軍艦礁再下一個課題應該是對爆破技術的安全性探討、環境生態影響的評估及未來精密爆破技術應用於海洋工程之可行性等，進一步探討與實踐，當然由於國內國情關係對爆破技術的發展多年來受到許多條件限制因此，相對的遠比國外發展落後太多，且相關文獻法令亦尚不過全完整，今後實有賴每位專家先進及學者共同努力；希冀借此薄淺拙見尚能發揮拋磚引玉效果，使爆破技術的應用在國內能更上一層樓，是為甚幸。

資料來源：

1. “ 穩定性與俯仰差 ”，羅守平 (1996)
2. “ Project Yukon ” ,San Diego Sea World Foundation
3. “ 沿岸漁場整備開發事業構造物設計指針 ”，日本水產資源保護協會
4. “ 柔性切割索切割試驗報告 ”，國立成功大學資源所張瑞麟教授，蘇義松博士
5. “ 工程爆破實用手冊 ” 劉殿中 (1999)
6. “ 希望與榮耀-90 年度軍艦礁工程專輯 ”，行政院農委會漁業署



圖 4-1 91 年國內第一次成功使用柔性切割索爆破沉放情形

表 4-1 歷年來軍艦礁投放之成果比較一覽表

| 軍艦別                                                                                                                                                              | 投放方式       | 預計沉放時間   | 實際沉放時間    | 沉放狀況 | 預期沉放掌控效果 | 聚魚效果 | 技術缺失改進檢討                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|-----------|------|----------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 萬安艦 521                                                                                                                                                          | 海底門閘浸水沉放   | 6 分 12 秒 | 57 分 46 秒 | 直立   | 不易控制     | 良好   | - 浸水時間太長影響沉放穩定<br>- 人工啟動作業人員撤離危險性較高<br>- 自由液面影響大                                                                                                            |
| 凌雲艦 520                                                                                                                                                          | 海底門閘浸水沉放   | 5 分 48 秒 | 2 時 5 分   | 側立   | 不易控制     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 岳陽艦 905                                                                                                                                                          | 爆破沉放(硝酸炸藥) | 1 分 51 秒 | 1 分 30 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   | - 沉放時效確實穩定掌控<br>- 爆破開孔太過粗糙<br>- 硝酸炸藥爆破塵硝太大<br>- 炸藥力周邊影響範圍太大<br><br>- 沉放時效確實穩定掌控<br>- 具柔撓性施工簡易<br>- 開孔切割誤差 +/-5mm<br>- 塵硝小, 操作安全距離> 50 m<br>- 環境影響低於爆破安全規章以內 |
| 慶陽艦 909                                                                                                                                                          | 爆破沉放(硝酸炸藥) | 1 分 33 秒 | 1 分 58 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 鎮海艦 192                                                                                                                                                          | 爆破沉放(硝酸炸藥) | 7 分 6 秒  | 9 分 10 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 當陽艦 911                                                                                                                                                          | 爆破沉放(切割索)  | 3 分 31 秒 | 3 分 38 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 武勝艦 867                                                                                                                                                          | 爆破沉放(切割索)  | 1 分 43 秒 | 1 分 58 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 居庸艦 866                                                                                                                                                          | 爆破沉放(切割索)  | 1 分 43 秒 | 1 分 30 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 中榮艦 210                                                                                                                                                          | 爆破沉放(切割索)  | 3 分 20 秒 | 4 分 18 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 大同艦 921                                                                                                                                                          | 爆破沉放(切割索)  | 1 分 14 秒 | 2 分 06 秒  | 直立   | 控制範圍     | 良好   |                                                                                                                                                             |
| 91 年度五艘艦於 90 年度切割孔超過肋骨寬會影響船體結構, 影響軍艦礁之壽命, 故爆破開孔依船體肋骨寬度調整; 平均開孔大小為 40cmx40cm~40cm~60cm 間; 各開孔數各為: 當陽 42 孔、武勝 36 孔、居庸 36 孔、中榮 50(其中 10 孔為內部艙間開孔)兩舷側共開 40 孔、大同 42 孔 |            |          |           |      |          |      |                                                                                                                                                             |

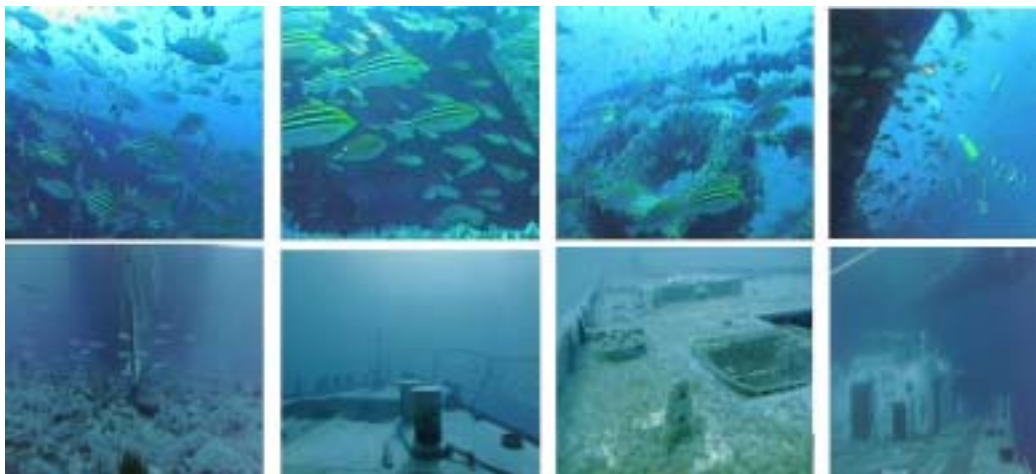


圖 4-2 90 年度 3 艘軍艦礁投放後聚魚效果

# 新加坡資訊流發展 - 以港口 EDI 發展為例

張雅富      交通部高雄港務局研發組專員

## 一、前言

新加坡港擁有現代化的裝卸設施，它能夠使一般標準的貨櫃船，平均作業時間花費在 10 小時內，而相較於在其他港口作業時間，可能在 20 小時以上甚至更多，主要是因為新加坡的「TRADENET」電腦網路系統，在開工之前船方就已把船上艙單以電子資料型式傳送給在新加坡的代理業者。當使用「TRADENET」系統時，代理業者可在兩個小時內取得進口許可、辦理結關及預付貨物卸貨的各項費用，同時取得此艘船出口貨物的出口許可，結合新加坡港其他資訊系統服務，過去船隻在新加坡港作業滯留很久的日子已經結束，因為國際物流現在已經是時間緊湊的運輸服務配合。

## 二、貿易文件之重要性

現代商業在交易的過程中，常伴隨一些資訊並交換，例如誰來承運這些貨物、貨物的價值、起訖位置等，還有何時到達及離去的資訊。廠商在出貨時關心誰來運送這些貨，還有誰來代理收受這些貨物，同樣的其他代理業、運輸業、船公司、銀行、保險

公司、港務局、海關等，對於整個交易過程中所涉及的文件內容依各自需要也予以擷取，所以在整個交易過程中除了貨物的移轉外，中間也有不少關於各項費用、稅金及貨物買賣過程中付款所需的資訊移轉。而貿易文件通常有海關艙單、提單、信用狀、海關申報書及各式各樣的收據和報表，在一些忙碌的港口例如新加坡等，早期通常辦理這些文件的手續是花時間又煩瑣的。

依新加坡貿易發展局(Trade Development Board, TDB)的經驗談，在 1987 年貿易發展局每天處理的申請約為 1,000 餘件，而這個數目還不斷的增加中。而貿易發展局只是整個貿易體系的一環而已，其中尚有海關、港務局等單位的參與，每個單位又有各自規定的文件，每一件貨物進口或出口手續的完成，單是 TDB 最少需要四種文件，這還不包括海關、港務局、銀行等單位的文件，比較複雜的案件有時需要 20 種以上的文件。船務代理公司和運輸業都要帶者各項文件到各機關服務中心跑一趟，向政府官員及各項業務的承辦員

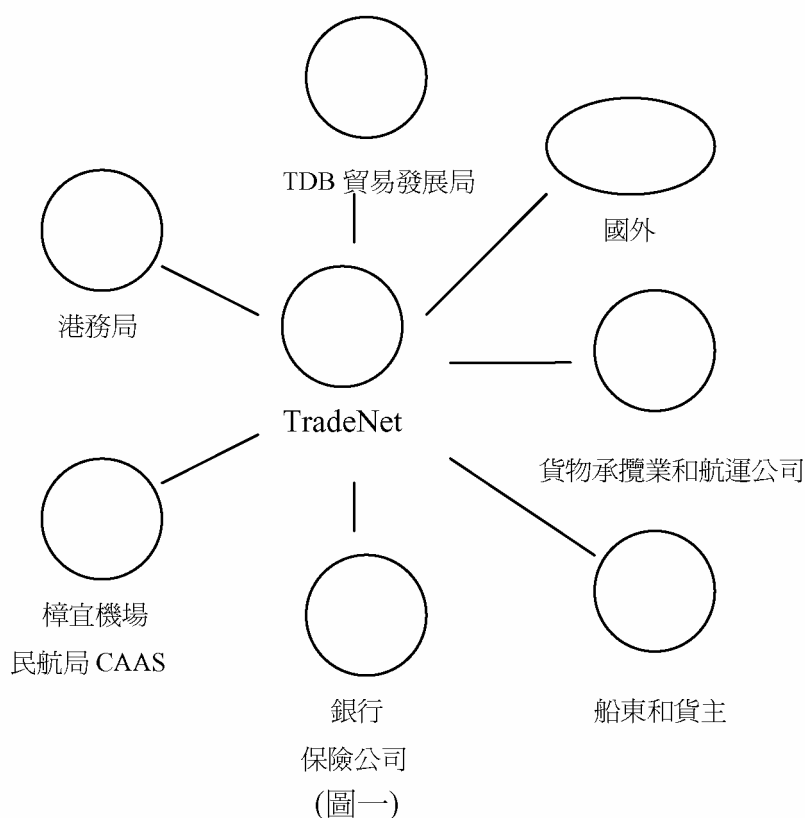
當面辦理申請手續，一般整個手續完成要兩天左右，其中的人力時間花費是相當高昂。據瑞典和美國研究其國內辦理各項貿易文件的成本，估計人力時間成本約佔整個貨物運輸成本的 4~7%。

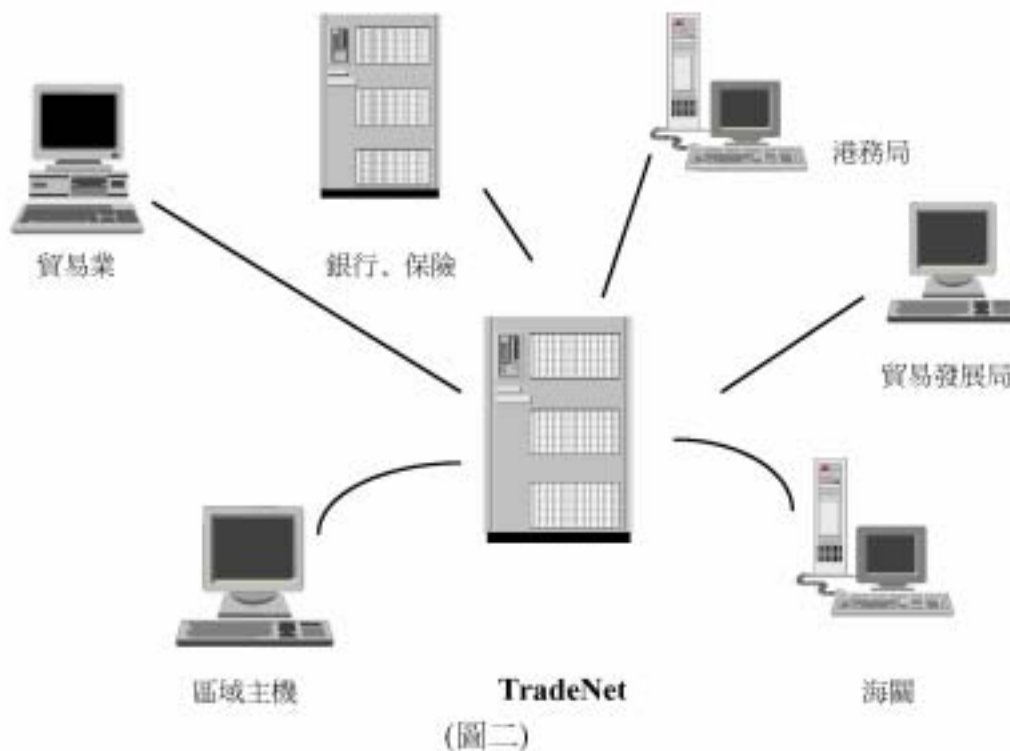
而據英國的研究很多貿易文件在第一次申辦時，會因為文件內容不正確而被退回，這似乎意味者大部份的手續要再辦一次。如果新加坡要想成功必須在各方面想辦法提高競爭力，特別是在政府最大的業務量 - 對外貿易部分。這表示必須降低商業交易成本；而製作各項貿易文件的成本，約佔貨物運輸成本的 4~7%部分正是首先要節省的地方，政府應用電

腦改善文件作業的想法便油然而生。

### 三、TRADENET 系統

TRADENET 支援電子資料交換 (EDI)，提供電腦與電腦間在公共制訂的規格標準下，以彼此交換電子商業文件資料。TRADENET 系統連接新加坡貿易團體的會員，最後以 EDI 來作資料交換（如圖一），TRADENET 系統的公用程式是在所有權屬於新加坡網路服務公司（Singapore Network Service Pte. Ltd. SNS）的 IBM 大型主機上執行（如圖二），經由向電信局租用電話線路撥接 (Dial-up) 此系統，每個新加坡貿易團體的會員可以用個人電腦或系統終端機與 TRADENET 系統連線。





通常使用者像航運業在自己的電腦將各項 TRADENET 應用表格資料輸入，可透過這 EDI 轉換界面，將航運業原始輸入資料轉換成 EDIFACT（國際電子文件標準），通訊軟體會將 EDIFACT 電子文件傳送至 TRADENET 的大型主機上。在這大型主機上，資料交換界面會接受資料，判定資料的格式、表單種類及誰需要這些資料，典型的例子如貿易發展局和海關核發船運至新加坡貨物的進口許可等，或是自新加坡的出口許可。相關的資料都會送到適宜的地方，如貿易發展局、海關及其他相關貿易所要求單位如港務局、機場等，系統的應用管理程式會儲存下每一筆交易的紀錄以供日後查詢用，前端

系統（Forward System）並將使用者所使用 TRADENET 系統的資訊量印製最後帳單。TRADENET 系統不僅是供貿易發展局、海關及其他相關貿易所要求單位使用，同樣也提供資訊供機場和港口當局連線使用。TRADENET 系統也有能力支援金融交易的需要，例如貨主可以透過他的銀行帳戶將運費轉帳至船公司的帳戶，此系統本身亦直接支援 GIRO 國際銀行資金交易系統。

#### 四、TRADENET 起源

在 1980 年代由於環境因素和政策改變，引發建置 TRADENET 系統的討論，根據電腦化委員會（Committee on National Computerization, CNC）提出的建議指出：新國應在未

來發展資訊科技（Information Technology, IT）以提升競爭力。

NCB 成立的第一個主要工作是政府單位作業電腦化計畫，促使各部門電腦化並擴展應用技術基礎，教育訓練的工作也同樣顯注，這些奠定日後進行各項工作的基礎。在 1985 年經歷了不景氣的衝擊，引起對整個國家未來經濟發展的關心，特別是未來發展目標，一個高階層的委員會專責研究此項觀點，並且強調增進對外貿易為主要目標，並將資訊科技決定引用至機場和港口單位，同時促進 TRADENET 系統發展的主要因素是新加坡的主要航運競爭對手－香港，也在 1986 年建立稱為 Hotline 以貿易為導向的 EDI 電子資料交換系統，稍後又更名為 TradeLink(貿易通)。

貿易是一項非常複雜的流程，常含有許多團體所關心的申請表格，不是一個單位設立一套電腦系統便可以解決，不管如何做都先要在各個團體間先達成協議才行。有鑑於此，新加坡經濟發展局（Economic Development Board, EDB）和國家電腦局（National Computer Board, NCB）攜手共同討論如何解決這項問題，它們整合各個單位所需要到資料項目並確定自動化作業流程觀念，藉由科技的支援改變現行的作業程序，許多機關公司不同的作業和協議，都必須藉由流程合理化以簡化作業程序，最後完成自動化的文書流

程。這項工作最大的挑戰不在技術問題而在政策上面，TDB 是主管貿易管理機關自然需大力參加此項活動，海關、新加坡港務局、新加坡民航局當然也被邀請加參與發展 TRADENET 系統，它們知道如 TRADENET 系統發展成功，參與連線作業的機關公司將會在數量上非常大，每個單位除了保留必要項目外必須儘量減少貿易文件的數量，自動化的文書流程預計將立刻提升新加坡對外貿易競爭力，最後終於達成一致的協議，一貫作業的處理程序開始了，非常重要的第一步是發展一套既詳細又正確的處理程序以供遵循。

## 五、發展結果

TRADENET 的使用效果開始被注意，是因為每個商業文件的處理時間大幅減少，從原先的一天到四天縮短為 10 到 15 分鐘，大部份的商業文件經由電腦處理平均只要 10 分鐘，對於此網路的使用者而言這實在是令人印象深刻。MSAS 國際貨運公司是一家全球性貨運服務公司，其新加坡分公司談到使用經驗時說：「TRADENET 對生產力的改善令人注目，整個資料運轉速度非常快，使我們的貨物能很快送抵顧客手上。過去經常需派辦事員以快遞方式將文件送到機場或市區辦公室，現在不需要如此處理，辦事員可以待在辦公室處理其他事務，也使卡車的調配更加靈活。最重要的；我們可以改善對顧客

的服務品質，更有效控制卡車和機具及人力資源運用，TRADENET 已變成公司營運重要的一部份」。

#### ● TRADENET 直接效益

當所有 TRADENET 正式的成本分析及實施規劃完成後，數種運輸業的商業報表只被保留 25-35%，顯示其簡化表件的效果相當顯注。TRADENET 透過資訊系統與港口和機場相連接，使船舶和飛機的停留時間大幅減少，例如新加坡港務局設置一套複雜的電腦系統來管制船隻進出，並配合港口機具設施作船席調配（例如貨櫃起重），同時對裝卸作業流程來作最適安排。此套系統同時也配置在自由貿易區（Free-Trade Zone）以利貨物在區內、海關倉庫、機場與港口間的進出，由於整體設計的幫助使新加坡成為世界最有效率的貿易中心。

#### ● TRADENET 衍生效益

TRADENET 連接新加坡所有企業也使 EDI 加值服務蓬勃發展，SNS 所創造的不僅是一個 TRADENET 組織，同樣也發展許多加值型網路服務，TRADENET 現已提供 GIRO 國際銀行電子支付系統，系統除供海關和稅務局使用外，也在擴充容量以接納其他的使用者。此外 TRADENET 提供許多種國際商業文件交換服務，例如發票、訂貨單、送貨單等等單據，這些多傾向如及時（Just-in-Time）存貨控制和直接發貨運送的運用，TRADENET 也同時連接國際貿易協會。

除了貿易層面，SNS 同樣將 EDI 網路服務推廣至健保、法律、零售業及製造業等應用方面。對於製造業而言類似的網路也提供如電腦輔助設計（CAD）資料的傳送交換，而零售業也透過銷售點（Point-of-Sale）的終端機與供應商以網路相連接。新加坡一開始發展 EDI 時就從各個經濟層面來思考，以創造有利企業經營的環境，藉以提升全體企業之競爭力。對於廠商而言，其實中間文件資料的流程並不太關心，它關心的是如何將貨物送到目的地和集早收到貨款，而透過標準化的資料格式及作業程序使商業活動能更有效率，新加坡 TRADENET 無論從政府機關的便民服務或發展國家經濟的觀點來看，實際上已達到其預期效益。

#### 參考資料

1990 by the President and Fellows of Harvard College. Harvard Business School Case 9-191-009.

## 高雄港新增之姊妹港 - 杜拜港的營運動態及日後發展

陳立中      中華郵政公司技術處高級技術員

杜拜港係在 1991 年時，由杜拜大公國內的拉塞港(Port Rashid)和加巴阿里港(Port Jebel Ali)合併而成的，兩港位置相距卅五公里；西元兩千之千禧年，又併入關稅局和原已行之有年之加巴阿里自由貿易區，成為效能愈加完善的大港。

### 一、「阿拉伯聯合大公國」的地理形勢和最大港 - 杜拜

阿拉伯聯合大公國(United Arab Emirates，以下簡稱 U.A.E. 係位於波斯灣東南岸，由阿布達比(Abu Dhabi)、杜拜(Dubai)、夏爾迦(Sharjah)、阿吉曼(Ajman)、歐姆庫溫(Umm Al Quwain)、拉斯海瑪(Ras Al Khaimah)及富吉拉(Fujairah)七個大公國構組而成的聯邦國家，上述七邦原本均是英國的保護地並於 1971 年 12 月脫離英國共組為新國，七邦因係俱由瀕臨海岸之城市演進而來的國家，故皆以原都城之名作為國名。全部面積為 84,000 平方公里的 U.A.E，國境呈狹長新月之形狀，東與東南面與阿曼接壤，其中的富吉拉邦還貫穿阿曼王國而擁有瀕臨阿曼灣的海岸線，今 U.A.E 東北端扼控荷莫茲海峽的岬角地帶仍

為阿曼所有，也使得阿曼王國的陸地領域呈現不連續之狀態；西及南部與沙烏地阿拉伯為鄰，因內陸係人跡罕至的沙漠區，故 U.A.E 與阿曼、沙烏地阿拉伯的國界迄今猶未明確劃分；西北邊已甚接近同樣以豐富油產著稱的半島國--卡達和海島國--巴林，但彼此陸地並不相連，須以海空運通航往來；北部則為瀕臨波斯灣的六百餘公里長海岸線。

總面積為台灣 2.33 倍的 U.A.E，僅沿岸地帶及若干綠洲地區可適合人居，沿岸淺海處座落有甚多島嶼、珊瑚礁與小型海灣，由新達加半島(Shindaga)形成的杜拜灣，灣內更是盛產魚類及珍珠。全國人口主要集中於阿布達比、杜拜及夏爾迦三大城，真正屬 U.A.E 本國籍者祇有 40 餘萬人，大都信奉回教之桑尼派，另來自西亞、南亞和東南亞的外籍勞工則佔約 160 萬，唯不少的印度人則已掌控有經濟實權。上世紀六 0 年代，當地仍是英國勢力範圍區時，便因發現石油而亟受國際重視，贊納和達斯島分別是 U.A.E 的陸上與海上原油出口中心，港都暨第一大城--杜拜和首都--阿布達比俱已發展成為高樓

林立的現代化都市，國民所得在廿世紀末時已告突破兩萬美元，是西亞地區最富裕的國家，而杜拜也是西亞地區交通最繁忙的轉運中心。

杜拜係位於阿布達比東北邊約 180 公里之處，兩城之間有靠海岸而建的快速公路相連，因 U.A.E 一向與歐美等西方國家頗為親善，故常有國際性會議假 U.A.E 的杜拜和阿布達比舉行，例如國際港灣協會 (IAPH) 在第廿二和第廿三次大會之間的「期中理事會」，便係於 2002 年 5 月 19-24 日，假阿拉伯聯合大公國召開，而同年 4 月則曾先於阿聯舉行過屬 IAPH 之下的 亞/大洋洲地區會議。杜拜既已屬國際知名大城，且入出境和在此轉運的旅客甚多，甫於三年之前特別在距離海岸線約莫三公里的近海海域上，建竣一座取名為「阿拉伯塔」(the Arabic Tower，如附圖)的海上旅館，再以橋樑將旅館和陸地聯通以供行車，旅館頂端還有機坪可供直升機起降，得為身分特殊的貴賓作快捷的空中輸運服務。建館前係先在填築近約兩平方公里且高出海面六米的用地，填成的新地尚需打入九百根的基樁以使地基穩固，之後甫在該趨近於圓形的「人造島」上搭蓋建該座外觀有若一艘帆船，計有三百廿一公尺高的巨型豪華旅館，得謂是杜拜乃至於整個阿拉伯聯合大公國最有名的

地標。旅客若是居住在旅館的上層客房，且自行攜備有望遠鏡的話當可眺望波斯灣和阿曼灣以及夾於兩灣間的「荷莫茲海峽」之美麗海景，再要遇到晴朗無雲的好天氣，更可瞧見和 U.A.E. 隔海相望的伊朗以及位於其西邊的另個阿拉伯國家--卡達。

## 二、杜拜港和高雄港締結為姊妹港之經過

繼與美國聖地牙哥港等全球十二個著名港埠締結為姊妹港後，高雄港務局又於民國 92 年 1 月 13 日假高雄市金典酒店，與阿聯大公國的杜拜港締盟結為第十三個姐妹港，典禮由高雄港務局局長黃清藤與杜拜港務局局長塔尼雅共同主持，這也是高雄港在中東地區的第一個姊妹港，雙方將在航運、經貿發展和港灣經營管理上合作交流，並互換港旗和取自兩港口的瓶裝水作為紀念。兩港之締盟為姊妹港，乃是源起於前述在 2002 年 4 月黃局長應邀前往阿聯大公國的阿布達比參加國際港埠會議、亞/大洋洲地區會議，並於會後順赴杜拜港拜訪時達成的共識，後數經協商終於順利達致此一締盟之目標。

黃局長於典禮致詞中表示，杜拜港雖仍維持為公營港埠之體制，但則以高超的效率和發達完備的資訊作業聞名國際港埠和航運業界，已連續八年獲得中東地區最佳港口及最佳

貨櫃營運港之美譽，並且早在 1986 年前即已於港區內率先設置自由貿易區，目前計有兩千多家企業駐於港區內營運。和高雄港同樣以貨櫃裝卸運輸為首要重點業務的杜拜港，迄今今年一月計有十四個貨櫃碼頭，碼頭總長度達三千八百公尺，部分碼頭的最大水深可逾十四公尺，為全球排名第十五的貨櫃港，去年的貨櫃裝卸量已突破四百萬 TEU，達 4.19 百萬 TEU，詳如附表所示。因其港務、關務和自由貿易區之事務已實施一元化管理，故杜拜港之各類建設、營運與港埠費率等，早即俱可由港務局自行訂定，擁有極高的自主性，俾能彈性因應海運市場的迅速變化，使得杜拜港得在短期內發展為業務龐大的港埠和轉口港，並躍為中東地區經貿發展最輝煌的商業中心。

### 三、近期營運概況與日後之發展

杜拜港係在 1991 年時，由杜拜大公國內的拉塞港(Port Rashid)和加巴阿里港(Port Jebel Ali)合併而成的，兩港位置相距卅五公里；西元兩千之千禧年，又併入關稅局和原已行之有年之加巴阿里自由貿易區，成為效能愈加完善的大港。杜拜港現係為國營公司的事業型態體制，英文的正式名稱乃 “Dubai Ports, Customs & Free Zone Corporation”，並常簡稱為 “Dubai

Ports Authority” 或 DPA，公司的最高決策機構--董事會，現係由會中擔任「執行主席」職務的 Sultan Ahmed Bin Sulayem 先生所領導，並由董事之一的港務局長--Bin Thaniah 肩負經營管理重任。若論在全球所有國際港埠的貨櫃裝卸年度排行名次，杜拜港曾於 1999 年時居於全球第十三之最佳排名，後雖被馬來西亞的巴生港等港埠超越，唯近幾年來整個杜拜港的貨櫃裝卸年度成長率大抵係維持於 6-8%。為應對不斷增加的貨櫃裝卸作業上之需求，杜拜港在 2000 年和 2002 年共增購七部的超級巴拿馬級貨櫃起重機，現是各貨櫃碼頭功能最佳的吊運新利器。

年代較久的拉塞港和較晚建成、但卻後來居上的加巴阿里港，各有 35 座和 67 座的船席，並各有總長度為 1,400 公尺的五個貨櫃碼頭和總長度為 2,400 公尺的九個貨櫃碼頭；倘以貨櫃裝卸作業區的範圍而言，拉塞港和加巴阿里港的面積各是 431,860 m<sup>2</sup> 和 1,025,000 m<sup>2</sup>，後者約為前者的 2.4 倍。本二港口均是舉世馳名的深水港，拉塞港的最深碼頭水深即達十三公尺，乃專供巨型貨櫃船停靠用；加巴阿里港更是尤有過之，其中兩座編號為第 16 和 17 的最深碼頭，水深更可達十六公尺，亦專供停靠超級貨櫃船用，另有四座專供停靠超級油輪和液化天然氣載運船的碼

頭，水深亦達十五公尺，放眼全球，確實罕見其匹。

除備受重視的貨櫃裝卸業務外，杜拜港對於其它多類的散裝貨物、大宗貨物以及進口車輛等特殊貨物的裝卸搬運亦皆同等注重，並備有總共達 890 個的冷凍貨櫃接合充電據點，以確保裝運的食品不致因天氣炎熱而變質損壞。由於設施的完善和管理上的週全詳盡，致杜拜港甫於不久前獲致英國的「倫敦金屬交易所」選定為中東地區四種非鐵系金屬的最優等運銷據點，該四種非鐵系金屬為鉛、鎳和 A 級銅料、特殊等級鋅料，未久之後將會再納入銀料。杜拜港設有一商品貨運處，配備分離式的 40 部拖車和 146 部車板，專責於拉塞港區、加巴阿里港區和全 U.A.E. 境內的大型貨物集散處之間，從事全年無休的卡車貨物運輸，杜拜港此一原以海運裝卸為主的事業竟兼營卡車陸運業務，乃一獨特的情形。另杜拜港內亦分建有數處可航行至鄰近各國的客運輪船站，客輪梭行往來的主要國家有巴林、卡達、阿曼和波斯灣對岸的伊朗、伊拉克。

迅速確實的資訊處理，是杜拜港備受航運業界和客戶讚許的項目之一，裝設在杜拜港的 Atlas DGPS 系統 (Atlas Differential Global positioning system，衛星定位精確圖示系統)，係配合規劃場地之軟體

程式共同運作，應用無線電數位終端機(RDT, Radio Digital Terminal)即時傳達電腦系統運算出之訊息，甚至可將貨櫃跨載機的位置定位顯示於管理調度站的電腦螢幕上，並得以準確至一公尺以內。藉由此一設施，調度站得將跨載機等各式機具停放於最適當之地點以執行任務，當每一個工作事項行將完成時，下一個工作環節便已預先準備妥當，因而能提高設施的利用率，減少機器設備的添置數量以及操作人員的員額。

在對客戶的服務上，杜拜港務局轄下的資訊系統處並自行設計出一套名為 " My DPA " (My Dubai Ports Authority，即「我的杜拜港」)航管資訊系統，本系統得與客戶、航商、相關政府部門以及自由貿易區內諸廠商連線使用，客戶得利用資訊處提供、設計的艙單文件系統和簡明作業流程，加速貨物的運輸、裝卸和通關，同時得詳實追蹤貨物在全球各地的流向。該航管資訊系統在拉塞港和加巴阿里港，各設有一部得專責運算處理的主機，兩主機係以高速寬頻的電腦網路相銜連，定期切換使用，且設若使用中之一部倏然發生停頓或中止之差池，可立即啟動另一部備援用的主機，確保整個系統的順暢不輟。

設於加巴阿里港區內的自由貿易區，係圍繞著加巴阿里港的貨櫃裝

卸站而劃設的，俾可便於各項檢驗查核作業，在 1986 年的設立初期，港務當局等部門不僅即於區內備有整關完妥的空地，建妥的廠房倉庫以待租用，且道路、水電等相關設施亦都甚為完備，故成立的第一年之內即有超過百家的跨國企業進駐運作，迄今共有包括我國宏碁公司在內逾百國家的約 2,300 個公司在內部設廠經營，是中東最大的生產行銷體系特區，在當地產製的商品得運銷至全球各地。凡自外國進口至自由區的物料和於自由區產製的成品俱得獲享免稅的優惠，一如我國的加工出口區，在結匯方面也未有任何限制，另則因 U.A.E. 有逾八成的外國籍人口，工作所須的勞力幾乎是仰賴需定期進出國境的外勞提供，故移民局在該自由區內設置有龐大的部門專責其事，舉凡與外勞工作或生活上有關的事項如換理國際駕照、健保卡乃至於檢驗僱主出示的保證信函，都是由移民局承負審驗之責。

戰爭對阿聯或杜拜港則是極大的威脅，近廿年來所陸續爆發的兩伊戰爭、1990 年多國對伊拉克展開的「沙漠風暴」行動，以及自 2003 年起情勢即甚緊張的美伊對抗等衝突，俱不免對杜拜港的營運產生若干層面的影響，因此阿聯常於由諸阿拉伯國家舉行的會議或論壇上，甚為殷切的運用外交努力尋求化解紛爭，俾

可長保波斯灣的穩定發展。

#### 四、結語

阿拉伯聯合大公國既是「波斯灣之入口」、「中東的門戶」，也是東方、西方兩大地理區的交匯處，長途的貨物海運和旅客空運常會在此轉運或轉機，因而阿聯雖是由七個瀕海城邦國組成的蕞爾小國，但地理位置上的重要性卻極重要，且其國民的生活型態受宗教信仰的束縛較為寬鬆，遠不若伊朗或沙烏地阿拉伯那般的嚴格，兼以和各陣營國家咸俱友善交往，乃能自獨立肇建國家起即因豐盛的油礦和著名的海空運業務而享譽全球。再者，由於阿聯內杜拜港之轉口貿易向極發達熱絡，故亦為我國在中東的最大出口國，至於杜拜之能在阿聯各瀕海城鎮當中，脫穎而出成為第一大港和大城，不但是拜天然的灣澳形勢和鄰近的豐沛油礦，尚有一大原因乃是擁有顯比別的城鎮充足的水源，從南方阿曼海岸延伸而來的哈查山脈阻擋住來自海洋上的水氣，匯聚於山腳地底之下，成為珍貴的水源以涵潤散布於平地的片片綠洲，昔時並得以之種植椰棗和兼作放牧之用，現則作為民生與工商給水，不足之用水則需藉由淨化回收、海水淡化以及自國外運進等管道來添補。

地利上的優勢便利和多元包容的社會結構，使杜拜吸引了極多的外籍人士前來定居謀生，目前外籍人士

約佔杜拜總人口數的三分之二，即使是來自宗教信仰或政治主張互相衝突對立地區的不同族裔，在杜拜也都能融入當地民風，和諧共處。杜拜的當地人大都擔任公職或公司企業的中高層幹部，引進的外勞則從事基層或勞力性工作。在外銷原油和發展商務帶來的豐富營收挹注之下，杜拜一

直朝向更為繁榮 更加完善的大都會去邁進，市政和州邦當局則次第投入大規模的公共建設俾帶動城市的持續開發，包含擴建杜拜港的計畫在內、不少的建設係以 2010 年作為完成的階段，屆時杜拜將可達成蛻變為嶄新市鎮的目標，成為波斯灣沿岸愈加明亮耀眼的美麗大城。

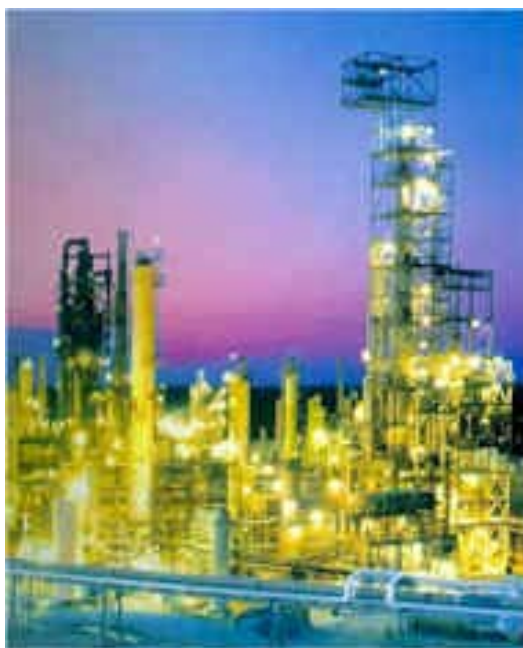
(本文附圖載自 [dpa.co.ae](http://dpa.co.ae)、[iaphworldports.org](http://iaphworldports.org) 和 [worldlanguage.com](http://worldlanguage.com) 等網路)



杜拜港的代表徽章



加巴阿里港的貨櫃裝卸和儲存專區，以及 VTMS 航管設施



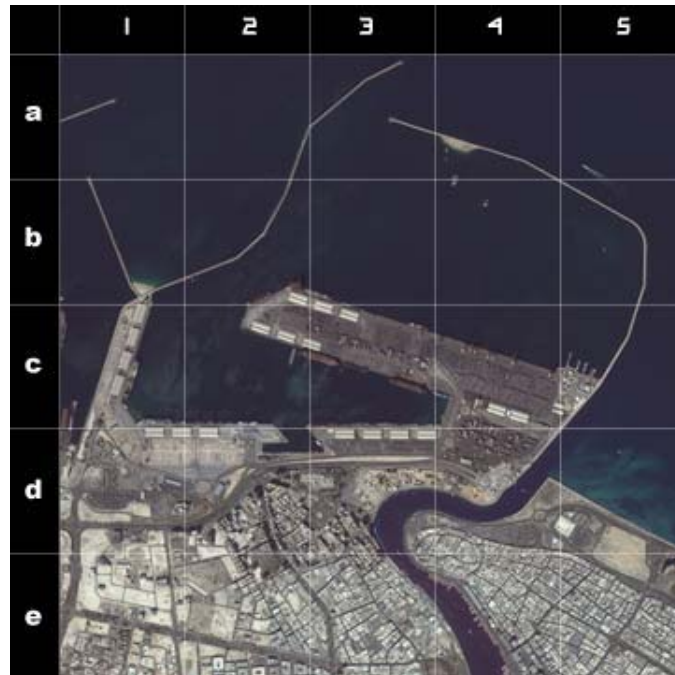
位於拉塞港和自由貿易區內的裝卸區、石化廠區和海關櫃檯



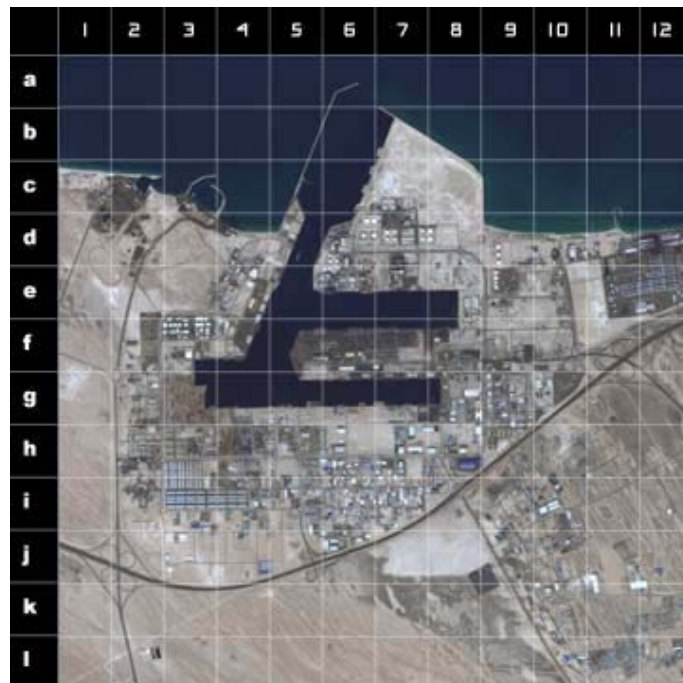
阿拉伯聯合大公國的地理圖示



位於杜拜海邊，一座人工填造島上的帆船外形「阿拉伯塔」大飯店



拉塞港鳥瞰圖



加巴阿里港鳥瞰圖

| Container Cargo                   |         |          |               |         |                   |
|-----------------------------------|---------|----------|---------------|---------|-------------------|
| 2002 年 1-12 月，杜拜港的貨櫃進港、出港和轉運數量詳情表 |         |          |               |         |                   |
| Container TEUs Year 2002          |         |          |               |         |                   |
| Month                             | Inbound | Outbound | Transshipment | Total   | Container Tonnage |
| Jan                               | 86477   | 66115    | 157750        | 310342  | 2423313           |
| Feb                               | 87452   | 58531    | 147928        | 293911  | 2301862           |
| Mar                               | 85737   | 74024    | 171132        | 330893  | 2609739           |
| Apr                               | 92782   | 67862    | 164827        | 325471  | 2593113           |
| May                               | 101940  | 77074    | 173964        | 352978  | 2698853           |
| Jun                               | 95666   | 71042    | 155947        | 322655  | 2478577           |
| Jul                               | 106885  | 79907    | 178137        | 364929  | 2792135           |
| Aug                               | 104564  | 81087    | 184859        | 370510  | 2834962           |
| Sep                               | 101893  | 78919    | 175798        | 356610  | 2752432           |
| Oct                               | 109361  | 85860    | 190579        | 385800  | 3045036           |
| Nov                               | 107166  | 77919    | 180617        | 365702  | 2919717           |
| Dec                               | 116217  | 85847    | 212404        | 414468  | 3233434           |
| Total                             | 1196140 | 904187   | 2093942       | 4194269 | 32683173          |

# 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. 稿件每篇以八頁（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）。
4. 本刊每年刊行四期，分別於一月、四月、七月、十月出版。如蒙惠稿請於每期出版前三十日寄交本刊。
5. 聯絡電話：(04)2658-7133 錢爾潔  
傳真電話：(04)2656-4415  
E-mail：annachien@mail.ihmt.gov.tw
6. 歡迎賜稿，來稿請寄：  
台中縣 435 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

## 港 灣 報 導 第 六 十 四 期

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市 105 敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw

電 話：(02)23496789

總 編 輯：林大煜

編輯委員：邱永芳、李豐博、張金機、林昭坤、朱金元、何良勝、簡仲璟、  
單誠基、錢爾潔

出版年月：每年一、四、七、十月

創刊年月：中華民國七十七年二月一日

定 價：63 元

展 售 處：交通部運輸研究所 電話：(02)23496789

GPN：2007700020

ISSN：1019-2603