

港灣報導季刊

第 71 期

交通部運輸研究所

中華民國九十四年六月

港 灣 報 導 第 七 十 一 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：黃德治

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、
蘇青和、單誠基、馬維倫

出版年月：每年二、六、十月

創刊年月：中華民國七十七年二月一日

定 價：100 元

本次出刊：520 冊

GPN：2007700020

ISSN：1019-2603

目 錄

台中港區包圍五百公頃大水域面積圍堤合攏施工概況介紹···	1
邱垂珍 台中港務局港埠工程處副處長	
上海洋山港近訊·····	9
徐忠猷 前花蓮港務局總工程司 (資料提供)	
台灣颱風災害資料庫建立與分析·····	11
李卓倫 國家災害防救科技中心佐理研究員	
謝馥揚 國立中興大學土木工程學系博士生	
淺談日本自然調和型漁港之海水交換機能技術·····	16
張瑞欣 台灣漁業及海洋技術顧問社總經理	
陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社工程部經理	
詹政祥 浩海工程顧問有限公司總經理	
林東廷 浩海工程顧問有限公司工程部經理	
海洋工程最新發展趨勢·····	29
邱永芳 交通部運輸研究所港灣技術研究中心主任	
林倣寬 中華顧問工程司 工程師	
當前港口面臨極大型貨櫃船的問題·····	35
張雅富 私立長榮大學經營管理研究所	
葉乃姝 國立高雄海洋科技大學航管系	
郭珮玲 國立高雄海洋科技大學航管系	

台中港區包圍五百公頃大水域面積 圍堤合攏施工概況介紹

邱垂珍 台中港務局港埠工程處副處長

一、前言

台中港位於台灣西海岸(詳圖 1)，是一個由沙灘上建造而成的人工港，除了為了防阻強風、巨浪的侵襲，以利船舶進、出港，至今(2005)年已築造總長度達 4,782 公尺的南北防波堤外，更須濬挖港口及南、北主航道及北泊渠與中泊渠使有足夠水深供船舶航行(詳圖 2a、2b)。為濬挖航道、北泊渠以及中泊渠所產生的泥沙數量，至 1995 年已產生數量高達 131,800,000m³之泥沙，台中港務局將這些泥沙悉數作為填築新生地之用，至同期所填新生地已廣達 2200 公頃，今天台中港舉目所見的廣大陸地，絕大部分均是以此方式產生。但在填築新生地前，須先建造海堤，以保護所填築的新生地的安全。至 1999 年底總共建造的海堤已超過 120,000m，建造這些海堤，常常需要面臨克服海堤合攏的難題，尤其台中港潮差又大，若遇到較大面積的合攏工作，真是一件艱辛的工作，若無周詳的計劃則無法順利達成目標。

台中港自 1973 年開始建港以來，完成了多次大大小小的海堤合

攏，其中以 1990 年；為煤輪航道濬通前所施工用以遮蔽本航道的海堤，因其所包圍的水域面積廣達五百公頃故本次海堤合攏最為艱鉅。茲特將該次海堤大合攏之資料整理；在此介紹，請諸位先進不佞賜教。

二、海堤施工概況

台中港建港工程是由 1973 年開始分年進行，1973 年至 1984 年，完成第一階段的高港區包括北、中泊渠及西一號之化學品碼頭在建港工程，並以南堤施工道路(在三十六號碼頭附近)聯接西碼頭區，(詳圖 2a)。

1985 年，台電公司開始在台中港進行火力電廠建廠工程，並建造 101 號與 102 號煤輪碼頭。為配合台電煤輪進港需求，必須濬通煤輪航道，在煤輪航道濬通前，首先需將南海堤由 4k 延伸至 9k(詳圖 3)，以確保煤輪航道及煤輪碼頭後線回填區的安全。海堤全長五公里，海域由水深+2m 至 -7m，分三標工程施工，全部採用拋石堤方式施工(詳圖 4)。施工程序如下：

1. 堤心石拋放(詳圖 5a、5b)。
2. 護坡塊石吊放(詳圖 6)。



圖 1 台中港位置圖

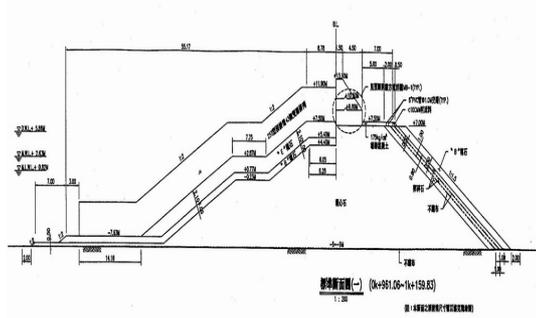


圖 4 海堤斷面圖

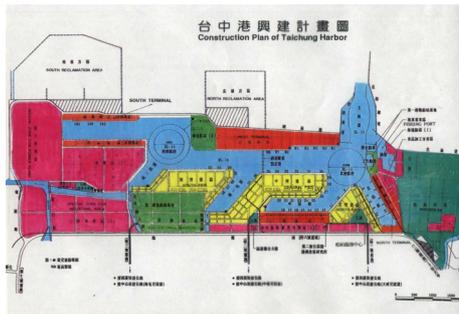


圖 2a 台中港原規劃圖



圖 5(a) 海堤堤心料拋放圖之一



圖 2b 台中港 2004 修正規劃圖



圖 5(b) 海堤堤心料拋放圖之二



圖 3 南海堤計劃圖



圖 6 塊石吊放

3. 消波塊吊放(詳圖 7)。
4. 陸測不織布鋪設(詳圖 8)以供回填沙，產生新生地。
5. 澆鑄胸牆，以阻抗風浪(詳圖 9)。

第一標工程長 1,200 m，於 1986 年 7 月 25 日開工；由 4k 向南推進，第二標工程全長 2,000 m，1987 年 1 月 20 日開工；由 9k 端點向北施工。第三標全長 1,800 m，聯接第一標及第二標。第三標於 1988 年 6 月 15 日開工，分別由一、二標兩端以陸拋端推進方式，向合攏口同時推進，在這個工程施工中，需面臨一次在台中港自建港以來也是台灣有史以來最大水域面積的海堤合攏，其所圍繞的水域面積廣達 500 公頃，又由於台中港潮差大，故其合攏工作之困難可想而知。將在本文詳加介紹。

三、台中港海堤施工環境

台中港是由沙灘上建造而成的人工港。所有的海堤均在沙灘上築造而成。本研究所施工的海堤水深由+2m ~ -6m。

3.1 潮位

H.H.W.L.	EL 5.86 m
M.H.W.L.	EL 4.45 m
M.W.L.	EL 2.63 m
M.L.W.L.	EL 0.82 m
L.L.W.	EL -0.55 m

3.2 海流

台中港的海流介於 40cm/s ~ 116cm/s 流速不大，不影響施工。

3.3 季風



圖 7 消波塊吊放



圖 8 不織布鋪設



圖 9(a) 澆製胸牆



圖 9(b) 澆製胸牆

台中港冬季從十一月至次年四月為季期。尤其於十二至次年二月季風強勁。海堤工程大多停止施工。但有時為了趕進度勉強施工。則石料損失嚴重。

3.4 颱風

對台中港造成最大破壞的颱風以第二路徑與第五路徑最為嚴重。而第二路徑若發生在九月以前；因受到中央山脈的屏障。造成破壞的機率不大。但九月以後因受到東北季風雙重的影響。常常對台中港造成破壞，例如 1975 年的貝蒂颱風及 1986 年的艾貝颱風均帶來相當大的破壞。當然亦有行怪異的颱風：如韋恩颱風、賀伯颱風及娜莉颱風等也給台中港帶來破壞。

四、煤輪航道海堤大合攏的施工實況

由以上資料顯示。潮差大、季風強又會遭受颱風的侵襲。不難了解台中港海堤施工的困難度。尤其本文所探討的海堤合攏。其所包圍的水域面積廣達 500 公頃。要克服季風、颱風風浪及一天兩次的漲落潮所造成的強大流速的影響，若以一般方法合攏必有困難。且亦頗為危險。因此須事先研究，規劃一安全可行的方法，方可使合攏工作順利完成。

4.1 本合攏所做的研究

因為初步預估若無其他措施本海堤合攏時合攏口潮水的流速將遠遠超過 5.7 m/sec(註)，難以覓尋足以克服如此大流速潮水的大塊石，因此決定

挖開臨時施工便道，以助宣洩部分水流，並以管涵建造一座連絡便橋，以便在海堤未合攏；道路未改道前，繼續維持化學品碼頭區的交通。依此原則做下列分析：

1. 不同潮位下，不同海堤合攏口寬度的流速。
2. 不同潮位下，不同臨時便道開口寬度的開口流速。
3. 同時在不同潮位下，不同海堤合攏口寬度與不同臨時便道開口寬度的兩個開口流速。
4. 選擇適當的石料。

4.2 研究的結果

1. 開口的流速受潮差的影響大於受開口寬度的影響。
2. 若沒挖開臨時便道，則海堤合攏口的流速將超過 5.78 m/sec。
3. 海堤合攏後連絡便橋的寬度 60 m 時在潮位為 5.64 m 時的流速為 3.38 m/sec。以上的分析詳表 1~3 及圖 10~11。

4.3 合攏步驟

步驟一：

為了配合台電公司火力電廠急需發電之需求，海堤工期甚緊，因此無法進行合攏口之流速實測研究，亦未針對所包圍的水域進行水深測量，前(4.2)節所述的研究，係僅將現有資料以經驗公式做概略的估算，所得結果恐略為粗略，為安全計，在合攏之前，先將由上游所排下的雨水捷流而不流入圍堤內，以降低合攏口之流量，期能使合攏工作更安全順利。

步驟二：

挖開施工便道並以管涵建造連絡便橋乙座，以便可宣洩部分水流；降低合攏口的流速，又可維持化學品碼頭區的交通。圖 12 是連絡便橋水流狀況。

步驟三：

在海堤以端進法由南北兩端向合攏口推進之同時，以海拋的方式，在預估合攏口的位置預先拋築一道長約一百公尺的潛堤(詳圖 13)，以進一步降低流量及減少合堤時陸拋石料的數量，以期在一潮次內將合攏口封死。

步驟四：

以 1~5 噸的塊石合堤，合堤時須事先在兩岸儲存足夠的塊石，俟潮水降至最低時，同時以卡車及推土機將石料推下一口氣將堤口封死(詳圖 14)。

五、結論

一、海堤合攏是在海堤施工常遭遇的難題，尤其大海域面積的海堤合攏更是艱鉅，且具有高度危險性，若事先不詳細規劃；草擬安全可靠的施工方法，除了合攏工作可能失敗外，亦有可能造成施工人員生命傷亡及工程財產的損失。

二、海堤合攏工作的規劃首先要了解：

1. 海堤合攏所包圍之海域面積。
2. 潮差情形。
3. 天氣海象狀況。

4. 海堤合攏時的預估流速。

5. 選擇適當的塊石料及施工方法。

三、1990 年煤輪航道海堤五百公頃水域面積大合攏的施工所採用的方法是：除先挖開施工便道，並築造一座連絡便橋，以便宣洩部分水流同時又可維持化學品碼頭的交通，又在合攏段以海拋方式拋築一座潛堤，再度降低合攏口的流速；再以 3~5 噸的塊石，成功地完成此台灣史上最大水域面積的大合攏，使台電火力電廠能如期發電。

四、因為須配合台電火力電廠發電之需，海堤工程工期甚緊，故無法進行合攏口之流速實測研究，水域內亦未進行水深測量，僅於施工前依現有的水深資料；以經驗公式推估。為防所得資料過於粗略，因此除了前項所述之措施外，並在合攏前先將上游排入的雨水捷流，降低圍堤內之流量，以確保合堤成功。

五、進行包圍大水域面積之海堤合攏工作，係具有危險性；除了為達合堤成功所做的必要措施外；亦須注意工作人員的安全。另外需注意的是，必須嚴格管制釣客在合攏堤頭垂釣，否則若堤頭被沖失，釣客有落水的危險。

註：流速僅依當時現有資料，以經驗公式推估，未進行合攏口流速實測，也無當時水深測量，資料稍為簡略。

表 1 不同潮差不同寬度下合攏口的流速

潮位		5.64 m					
流速 (m/sec)		合攏口角寬度 m					
		180	140	100	60	20	10
合攏口 水深感	-5m	0.83	1.06	1.49	2.45	5.10	5.73
	-4m	0.91	1.18	1.64	2.69	5.23	5.76
	-3m	1.03	1.32	1.83	2.97	5.35	5.78
潮位		4.64 m					
流速(m/sec)		合攏口角寬度 m					
		180	140	100	60	20	10
合攏口水深	-5m	0.71	0.92	1.29	2.12	4.55	5.17
	-4m	0.79	1.02	1.43	2.34	4.69	5.20
	-3m	0.89	1.15	1.60	2.61	4.81	5.22
潮位		3.74m					
流速(m/sec)		合攏口角寬度 m					
		180	140	100	60	20	10
合攏口水深	-5m	0.60	0.77	1.08	1.80	3.99	4.61
	-4m	0.67	0.86	1.21	1.99	4.13	4.64
	-3m	0.76	0.98	1.37	2.23	4.26	4.67

表 2 不同潮差下不同寬度下臨時道路的流速

潮位		5.64 m					
流速(m/sec)		臨時道路開口寬度					
		180	140	100	60	20	10
聯絡便橋 水深	-3m	1.02	1.31	1.82	2.98	5.41	5.86
	-2m	1.16	1.48	2.07	3.31	5.53	5.89
	-1m	1.33	1.71	2.37	3.70	5.64	5.91
潮位		4.64 m					
流速(m/sec)		臨時道路開口寬度					
		180	140	100	60	20	10
聯絡便橋	-3m	0.89	1.15	1.60	2.61	4.87	5.30
	-2m	1.02	1.31	1.82	2.93	4.99	5.33
	-1m	1.18	1.52	2.11	3.31	5.09	5.35
潮位		3.74 m					
流速 (m/sec)		臨時道路開口寬度					
		180	140	100	60	20	10
聯絡便橋	-3m	0.76	0.98	1.37	2.24	4.32	4.74
	-2m	0.88	1.13	1.57	2.54	4.44	4.77
	-1m	1.03	1.32	1.84	2.90	4.55	4.79

表 3 不同情況下的流速(m/sec)比較

合攏口寬度及深度：10m, -4m 臨時道路開口寬度及深度：60m, -2m							
潮位 (m)		5.64	4.64	3.74	2.77	1.80	0.90
合攏口	海堤單一合攏口	5.76	5.20	4.64	3.96	3.13	2.10
	加便道開口	5.34	4.80	4.24	3.56	2.72	1.67
	折減率	7.29	7.69	8.62	10.10	13.10	20.48
便道開口	便道單一開口	3.31	2.93	2.54	2.04	1.46	1.17
	海堤及便道到雙重開口	2.67	2.35	2.02	1.62	1.14	0.62
	折減率	19.34	19.80	20.47	20.59	21.92	47.01

表 4 流速(m/sec)與塊石重量的關係

合攏口寬度及深度：10m; -4.0m 臨時道路開口寬度及深度：60m; -2.0m							
潮位 (m)		5.64	4.64	3.74	2.77	1.80	0.90
海堤單一合攏口							
流速		5.76	5.20	4.64	3.96	3.13	2.10
塊石重量 (kg), (1:2 slope)		5,590	3,030	1,532	592	145	12.3
海堤及便道到雙重開口							
流速		5.34	4.80	4.24	3.56	2.72	1.67
塊石重量 (kg), (1:2 slope)		3,551	1,873	890	312	62	3.3

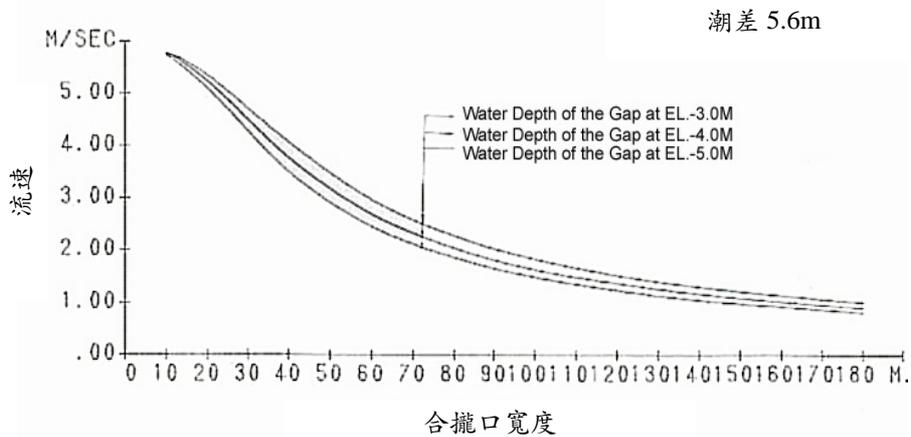


圖 10 潮差 5.64m 合攏口流速

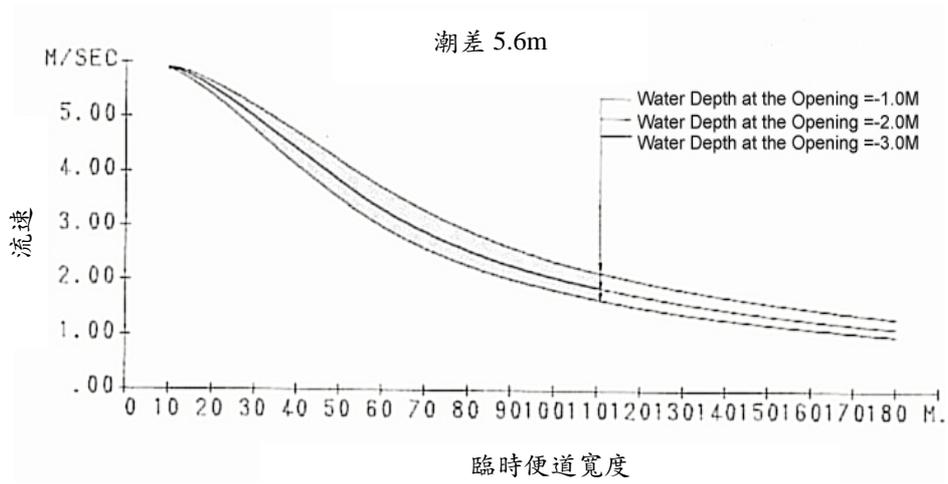


圖 11 潮差 5.64m 臨時便橋流速



圖 12 連絡便橋潮水宣洩之壯觀景象



圖 14 堤口合攏情形



圖 13 合攏口海拋潛堤

上海洋山港近訊

徐忠猷 前花蓮港務局總工程司 (資料提供)

上海港洋山深水港之船席

在大陸內外眾多輪船公司和碼頭公司為投資洋山深水碼頭而波濤洶湧之時，上海國際港務(集團)有限公司已搶在各家之前第一個得到洋山項目之經營權。

按照最新的規劃，洋山一期分為起步工程 5 個船席和四個後續工程，4 個船席兩個部分。據悉上海國際港務集團已鐵定得到洋山一期初期工程的 5 個船席，預計投資 80 億人民幣。

人民幣與台幣比率約 4 倍，80 億人民幣合台幣約 320 億台幣以上，每個船席約台幣 64 億以上，像洋山港務做深水船席，在台灣每座(包括一切設施)應當不足 10 億台幣，也就是說比台灣同樣船席貴 6.4 倍以上。

想想一個貨櫃 4'×4'×20'(TEU) 需收費多少？

在洋山港還有一項過橋費，從南匯到洋山有 23 公里棧橋，當場羊毛出在羊身上，怎麼能不收費呢？

每個 T.E.U 收費比黃埔江岸之貨櫃每 T.E.U 收費一定要貴好多倍，這些船商能承受的了嗎？

上海國際航運中心建設之報導

浦東國際機場第二條跑道 2005 年 3 月正式投入營運，洋山深水港區一期工程和長江口深水航道二期工程加快建設；浦東、虹橋兩大機場 2004 年旅客吞吐量有望達 3580 萬人次，上海港貨櫃吞吐量全年將達 1455 萬 TEU。

一條寬 60 米、長 3800 米的跑道，靜臥在浦東國際機場航站樓的東側，助航燈光已經安裝就緒。不遠處，與它平行的第一條跑道上，中外客機正在此起彼降。滑行道上，一架漆著袋鼠航徽的澳洲航空公司客機正等待起飛。機場二期飛行區工程部部长尹承林告訴記者：第一條跑道已經飽和，這第二條跑道可以起降世界上最大客機 A380，下個月將舉行校飛，2005 年 3 月 28 日將正式投入營運。

目前，上海在國際航運中心建設方面成效顯著。浦東、虹橋兩大機場一天的航班總量超過了 910 架次。數據顯示：到 11 月底，兩大機場旅客吞吐量到了 3302.14 萬人次，全年有望達到 3580 萬人次，比 2003 年成長了 1100 萬人次這相當於過去上海空港一年的旅客吞吐總量。

創下新紀錄的還有上海港。昨天零點，上海港貨櫃吞吐量 2004 年以來累計達到了 1411.4 萬 TEU，全年有望達到 1455 萬 TEU。截至 11 月底，上海港貨物吞吐量到了 3.47 億噸，超過了鹿特丹港同期的 3.31 億噸，而去年世界第一大港新加坡的全年貨物吞吐量為 3.48 億噸。

把上海早日建成國際航運中心，是上海市政府的重任。為此，上海一方面全力以赴，加快事業全局的洋山深水港區一期工程建設，一方面與交通部江蘇省共同努力，加快建設長江口深水航道二期工程，還於 2003 年初建成了外高橋四期貨櫃碼頭，為上海港增添了 100 萬 TEU 的吞吐能力，2004 年底還將建成外高橋五期貨櫃碼頭的主體工程，以紓解碼頭能力缺口的壓力。

上海港還積極實施“長江戰略”，透過投資參股、輸出管理、合作結盟等多種方式，拉動長江沿線城市的貨櫃事業發展，與長江沿線港口達到雙贏策略。2002 年，上海港國

際、國內貨櫃班輪為每月 1032 班，而 2004 年已經到了每月 1716 班，大大提升了上海港在全球貨櫃運輸網絡中的樞紐港地位。

上海還實施國家戰略的高度，全力打造亞太航空核心樞紐。與民航總局共同成立了推選上海航空樞紐聯合領導小組，編制了戰略規劃。

2004 年，北歐航空、奧地利航空等 8 家外航開了上海航線，使與上海通航城市達 80 個左右，多於國內通航城市，上海空港平均海 100 名旅客中，有 55 名國際旅客，多於國內旅客。～本文摘自上海文匯報導：「2004 年精彩上海年終專稿」

編者建言：上海港朝向國際航運中心發展之潛力不容小覷，未來將成為東亞地區重要的樞紐港，對台灣地區主要貨櫃港埠將形成強大的競爭壓力。面對此一競爭環境，國內港埠未來發展計劃，當未雨綢繆及早提出因應措施，強化營運策略，以便在激烈的港埠競爭環境中保持優勢之地位。

台灣颱風災害資料庫建立與分析

李卓倫 國家災害防救科技中心佐理研究員

謝馥揚 國立中興大學土木工程學系博士生

一、前言

台灣山坡地地勢陡峻、河川湍急，加上颱風豪雨頻傳，因此山坡地極易發生沖蝕及崩塌現象，有鑑於此，為了深入研究坡地災害發生特性，首要之務需有效且完整的建置全台坡地災害歷史資料庫。本研究之工作目標即是蒐集以往由降雨所引致之坡地災害紀錄資料，透過彙整分析全台坡地歷史災害發生時間、點位與災害規模等，以建立坡地災害資料庫，並利用中央氣象局、農委會水土保持局、交通部公路總局與行政院新聞局等單位發佈有關降雨與坡地災害紀錄之資料，進行資料正確性之比對。

二、建立災害資料庫

2.1 資料收集與整理

資料收集與確認乃是地理資訊系統最基礎的工作(林金樹，2004)，為了瞭解全國坡地災害發生狀況及分佈情形，延續過去資料庫之建置，持續蒐集自1959年至2004年共46年所有山坡地災害相關資訊，資料蒐集來源包括有農委會水土保持局公布之土石流災害紀錄、交通部公路總局道路通阻查詢系統、內政部消防署災情傳遞

資訊系統、台北縣市消防局勤務中心通聯記錄、各報章雜誌之報導、各災發發生事件專案報告書及相關單位地質調查報告書等。

2.2 資料庫建置成果與貢獻

本研究資料庫主要架構包括災害資料表、雨量站資料表、颱風豪雨資料表、災害資料表、雨量記錄表等。各主要架構內容如下所示：

1. 災害資料表：包含主索引編號、災害發生時間、發生地點、災害類型(代碼形式紀錄)、發生原因(與颱風豪雨資料欄位進行連結)、災害發生描述等記錄欄位。
2. 雨量站資料表：包括主索引編號、代碼、紀錄開始及結束時間、座標、高程等欄位。
3. 颱風豪雨資料表：參考中央氣象局提供之原始資料記錄，主要容包含主索引編號、颱風豪雨中英文名稱、開始及結束時間、颱風路徑、附註事項等欄位。
4. 雨量記錄：由本中心氣象組提供，並於資料庫中加入雨量站代碼及日期以利後續查詢動作。

在資料庫建置完成後，可藉由資料庫查詢系統輸入災害發生地點或是

時間，查詢出災害發生時之降雨量或是相關之颱風資訊，藉此降雨量進行潛在危險區域警戒值訂定之參考依據。

承續過去資料蒐集，刪除重複記錄或難以判定者，93 年度截至 12 月為止新登錄全國坡地災害歷史紀錄者共計有 2632 筆(含 93 年度以前案例)，總資料紀錄共達 3629 筆(1959~2004)，其災害位置分佈如圖 1 所示。茲將收集到之災害紀錄略分成三大災害類型，即土石流災害、邊坡破壞(包括落石、坍方、崩塌、地滑等)及其他災害(如橋樑損壞等)等三大類。並整理如表 1 所示。

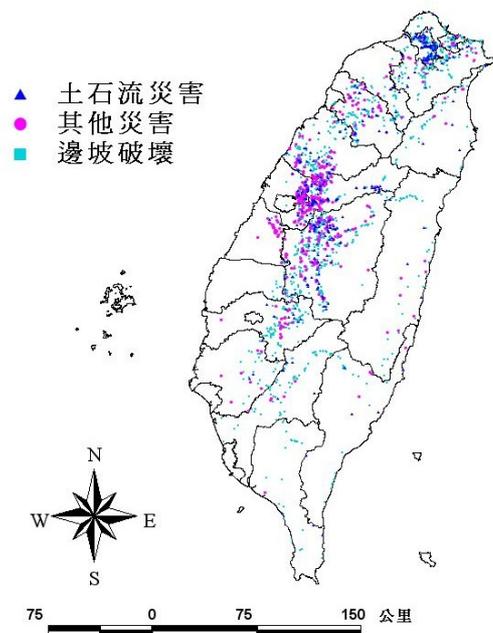


圖 1 93 年度新增全國坡地災害歷史紀錄圖層

由表 1 之統計結果，可得 93 年度新登錄各颱風災害事件發生次數比較

圖，如圖 2 所示，其中以敏督利風災(0702 水災)所帶來之坡地災害共 1347 筆為最多，由於敏督利颱風在北上期間引進強烈西南氣流，導致全台豪雨成災，造成各縣市多處山坡地災害，主要災害分佈以南投縣 506 處最多。而艾莉颱風亦挾帶豐沛雨量，造成全台發生多處山坡地災害，以新竹縣 49 處最多。

由表 1 結果，可得 93 年度各颱風豪雨事件各類型災害發生次數比重圖。

表 2 為民國 48 年至 92 年期間與 93 年度期間內各類型災害發生之筆數統計表；由表 2 可得 93 年度前後各類型災害發生筆數比較圖，如圖 3 所示。由表 2 及圖 3 可以看出，93 年度發生災害總筆數較歷年來皆高出許多，其反應出：

1. 93 年度侵台颱風平均次數(大小共 8 次)較歷年(1958~2003)平均次數(大約 4.5 次)高出許多，其中有幾個颱風皆挾帶豪雨而來，造成多處地區發生坡地災害。
2. 全台災害通報系統建置較以往完善，故災害統計資料亦較以往詳盡完備許多。

依據坡地災害資料庫中全國坡地災害歷史總紀錄(1959~2004)共 3629 筆，統計出全台各縣市坡地災害分佈數量資料如表 3 及圖 4 所示；由統計結果可知，災害分佈幾乎遍及全台，發生筆數以南投縣最多，而高雄市最少。

表 1 93 年度坡地災害資料庫新登錄分類統計表

年度	93 年度以前	93 年度				
		敏督利及 ○七○二水災	艾莉風災	海馬颱風及 ○九一○水災	納坦風災	南瑪都 風災
土石流災害	159	165	101	13	6	0
邊坡破壞	533	832	271	80	5	14
其他災害	30	350	40	28	4	1
統計	722	1347	412	121	15	15

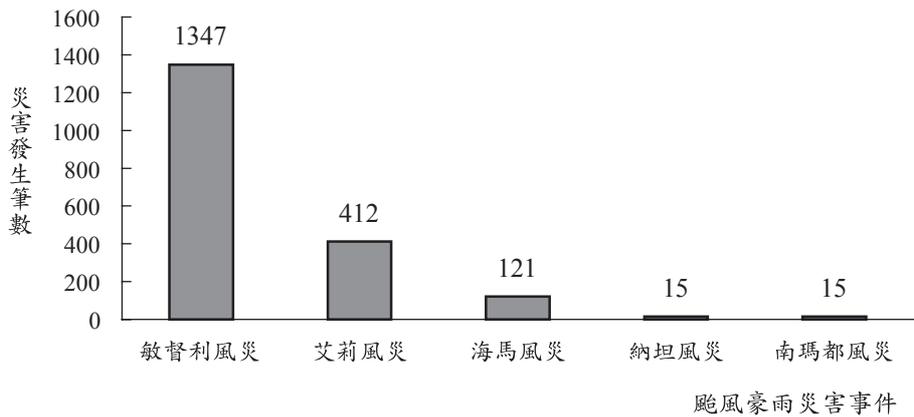


圖 2 93 年度各颱風事件坡地災害發生筆數比較圖

表 2 93 年度前後坡地災害發生統計表

災害類型	民國 48 年至 92 年	93 年度	總計
土石流災害	426	285	711
邊坡破壞	1195	1202	2397
其他災害	98	423	521
總計	1719	1910	3629

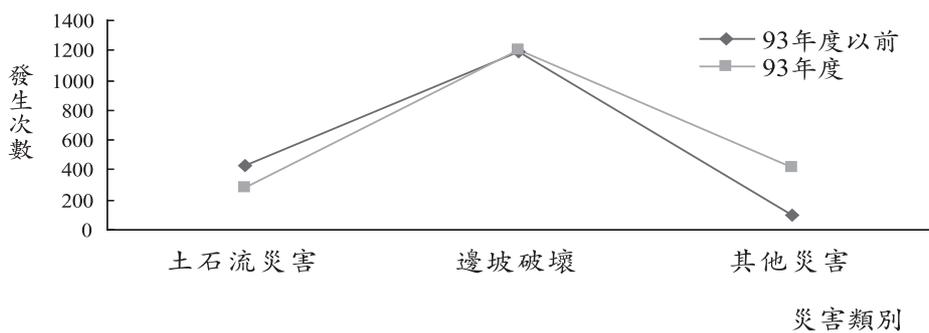


圖 3 93 年度前後各類型坡地災害發生筆數比較圖

表 3 全部坡地災害分佈資料(1959~2004)各縣市分佈數量統計表

縣市名稱	台北縣	台北市	基隆市	桃園縣	新竹縣	苗栗縣	台中縣	台中市	南投縣	彰化縣	嘉義縣	雲林縣	台南縣	高雄縣	高雄市	屏東縣	台東縣	花蓮縣	宜蘭縣
災害數量	267	321	75	44	108	284	508	66	1113	49	175	76	52	109	1	45	74	172	90

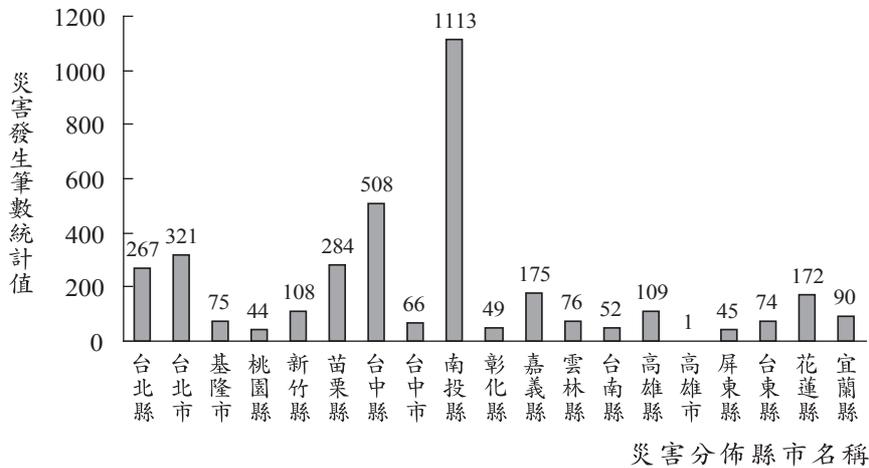


圖 4 各縣市坡地災害數量統計圖

三、未來資料庫開發方向規劃

3.1 連結屬性資料與空間單元

在一空間中，圖形資料庫之空間單元與該空間內所具有的屬性資料所代表之空間單元有時會不太一致，因此如何使屬性空間與空間資料所儲存之空間單元一致是未來研究之課題。例如在過去災害地區分佈，南投縣國姓鄉只能以一個多邊形空間單元去表現，但是國姓鄉中各鄰各村皆可能存有崩塌地，若欲全盤考慮土地開發與崩塌地關連性時，便需利用更小之空間單元為表現資料之基準，如何讓資料庫在使用時保持較高之彈性與價值便是未來需要進一步研究與規劃之課題。

3.2 資料不定期更新規劃

在以往，若是有一小部分地理資料變更，則整張地圖便需重新繪製，十分浪費人力與物力，在數值化地圖出現後，現代 GIS 可有效的將各種資料作有系統的組織，因此當某區域之地理單元發生變動時，管理者只需要將發生變動之區域資料更新即可，可在資料之更新工作上節省不少成本、時間與人力(林金樹，2004)；為了使資料更新臻盡完美，本研究擬於未來建立一套具有動態特質之資料庫(dynamic databae)，資料庫中圖層之空間資料與屬性資料可以隨時依據當時災害變動情形進行更新，使資料庫永遠維持在最新狀態，要達到此效果，

需事先規劃災害資料庫之各種資料更新計畫，及更新方法與時程。

參考文獻

1. 林金樹，『GIS 概論與 MajorGIS 快速入門』，新文京開發出版股份有限公司，2004,9，p.4~p.232。
2. 游繁結等，2003，土石流與崩塌觀測與警戒基準訂定模式整合研究(一)，國家災害防救科技中心年度報告，NAPHM 92-06，2003 年 11 月。
3. Aleotti P (2004) A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Engineering Geology*, 73: 247-265.
4. Caine N (1980) The rainfall intensity: duration control of shallow landslides and debris flows. *Geografiska Annaler. Series A, Physical*

淺談日本自然調和型漁港之海水交換 機能技術

張瑞欣 台灣漁業及海洋技術顧問社總經理

陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社工程部經理

詹政祥 浩海工程顧問有限公司總經理

林東廷 浩海工程顧問有限公司工程部經理

摘要

國內近年來積極推動公共工程採用生態工法，並將港灣工程列為第二期(94至96年)推動項目，惟相關研究開發與實施技術仍有待加強及建立。鄰國日本近年來亦面臨海岸環境衝擊問題，因此相當重視港灣工程建設與自然環境之和諧共生，並於1994年起加強實施「自然調和型漁港推進事業」，主要包括漁港構造物附加藻場、海水交換、人工干潟等機能。故本文旨在介紹日本漁港工程附加海水交換機能之技術(水產土木建設技術中心，2000)與實施概況，俾供國內推動港灣生態工法之參考。

一、前言

日本近年來為因應沿岸海域之流通、水產、休閒等多目的高度利用之需求，實施保全良好海水環境之改善對策，包括改善漁港水質污染問題等。漁港泊地由於海水易於滯留，受到陸域排入污水或水產蓄養產生之污

染等影響，易使港內水質、底質惡化，造成底層海水之溶氧降低，水產生物死亡等問題產生。亦即漁港泊地因海水交換率低，易堆積各種物質，而形成閉鎖性水域，致影響附近海域環境品質。

(一) 漁港水質污濁機制

漁港水質污濁主要受水域流動、負荷流入(包括外部負荷之流入、內部所生產負荷)及兩者相互作用所產生。

港內水域為確保良好穩靜度，一般與外海海水之交換較少，致港內水域流動小，因此在海水交換低之情況易產生下列現象：

1. 受到陽光長時間照射致水溫上昇。
2. 由後側陸域流入之污水持續維持高濁度濃度。
3. 雨水、河川及地下水之流入致鹽分濃度降低。
4. 外部流入及內部生產負荷之污濁物質蓄積。

又港內水域由於後側陸域之生活污水、水產加工廠排水、漁具洗淨水、

漁獲物污水等排入，及外海流藻之流入，在外部污濁負荷存在之情況，所流入污濁物質與流動狀況之相互作用下，港內水域易產生以下水質污濁現象：

5. 懸濁物之流入致透明度降低。
6. 溶氧濃度隨有機物分解而降低。
7. 由於營養鹽流入，以浮游植物為首之水生植物異常發生。
8. 底泥受有機物沉降而惡化。
9. 含豐富有機物底泥致底層溶氧濃度降低。
10. 由於底泥厭氣化，以浮游植物為首之水生植物隨無機態氮、磷之溶出而異常發生。
11. 有機底泥及海水之有機污濁而產生異臭。

上述水質污濁現象之相關性，如圖 1 所示。

(二) 水質改善檢討流程

改善漁港水質污濁現象之檢討流程(如圖 2)大致如下：

1. 蒐集分析對象漁港之自然、社會、經濟環境等，掌握基地相關發展狀況。
2. 檢討對象漁港水質污濁現象之種類與要因。
3. 設定對象漁港之環境目標。
4. 擬訂水質改善方案。
5. 利用數值模擬方法，計算水質負荷量之增減與漁港水容量對水質改善之關係，檢討水質改善方案成效。
6. 評估水質改善方案是否達成改善目標值。

7. 當擬訂之水質改善對策可符合水環境目標值，由振興水產、地域之觀點，確立水質改善實施計畫。
8. 水質改善計畫實施後，配合成效追蹤調查檢討與預期效果之差異，對原計畫進行必要之修正。

二、水質淨化技術

漁港水質之改善須掌握污染問題之來源與原因，選定適用之水質淨化技術，按擬訂之水質改善目標，組合個別水質淨化技術，研擬實施期程與符合經濟之最佳執行計畫。

(一) 技術分類

依水質污染負荷之來源，分別由法規、水處理設施整備、淨化手法等層面，採取適用之水質淨化技術，其分類如表 1 所示。

(二) 淨化手法

一般水質淨化常採用之技術手法包括物理、化學及生物等，其淨化原理、淨化方式及除去對象物質如表 2 所示。

1. 物理手法

所採用物理手法包括利用設施、設備之機械作用以除去對象物質，如沉澱、過濾作用；或藉海水交換方式導入稀釋水，降低營養鹽濃度以抑制浮游植物增殖，並促進對象水域之流動；或實施底泥浚渫、覆砂，以降低底泥中有機物、營養鹽之溶出與再上浮等。

2. 化學手法

化學手法包括利用藥劑、淨化材

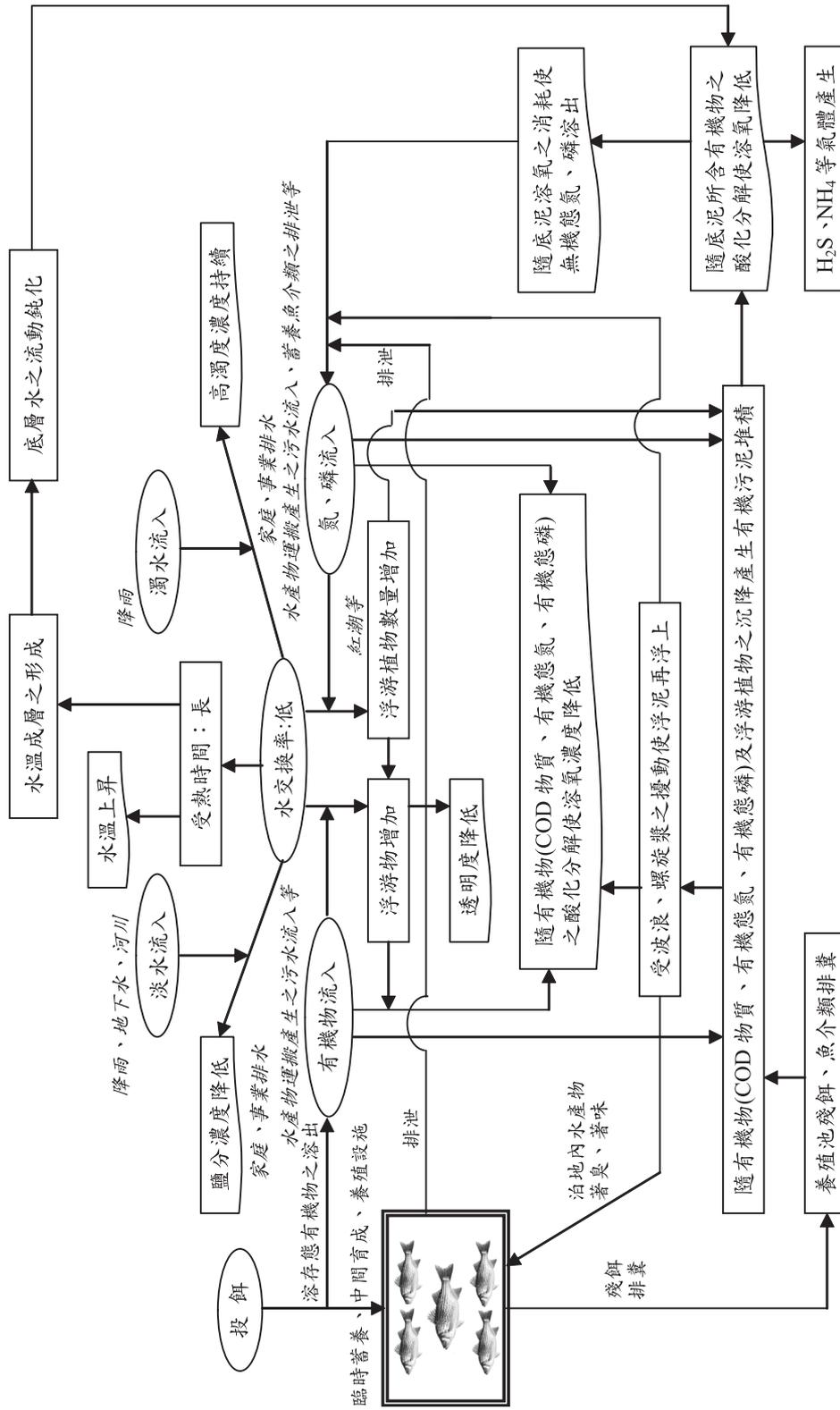


圖 1 水質污濁現象關連圖 (資料來源：水產土木建設技術中心，2000)

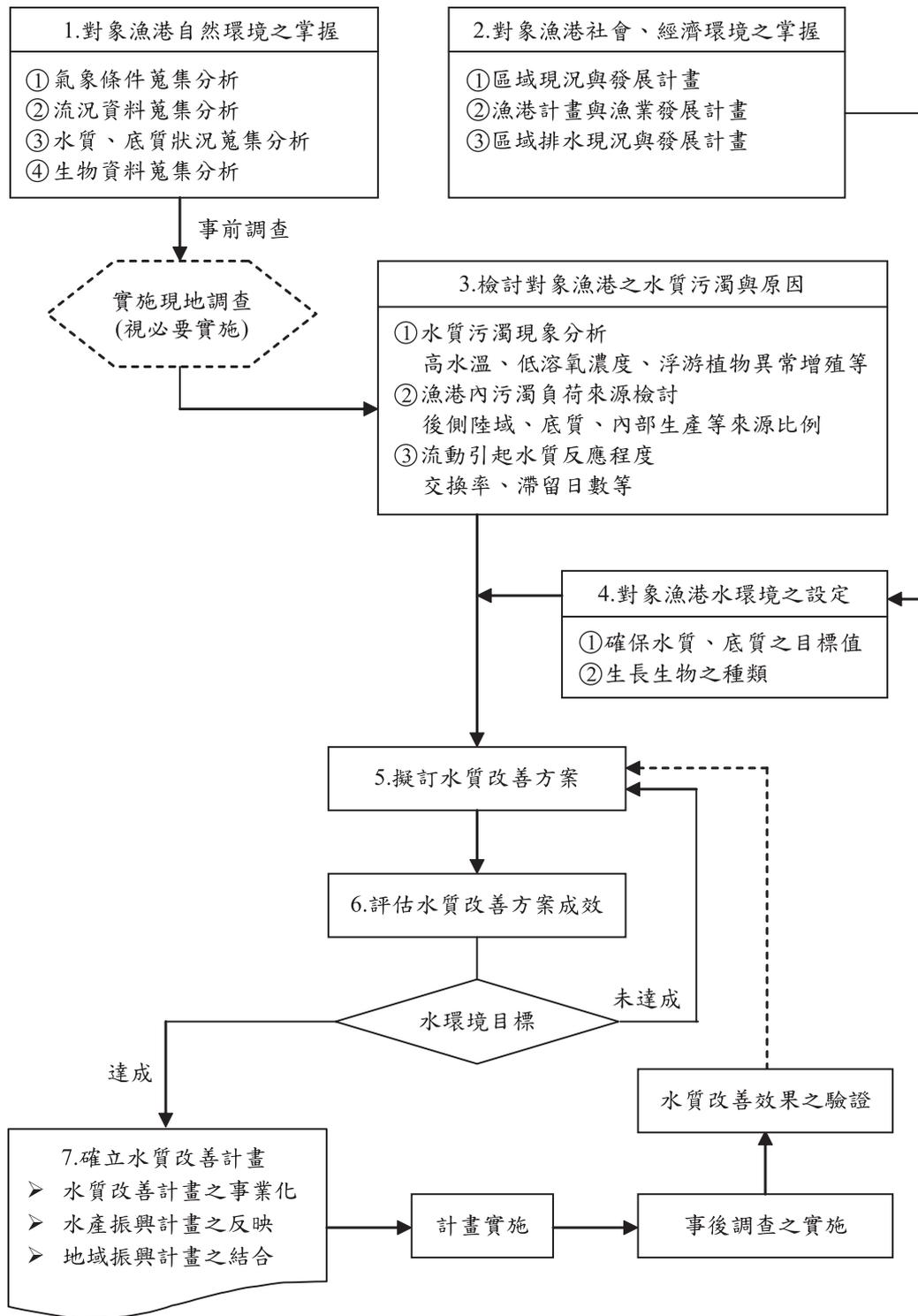


圖 2 漁港及周邊海域之水質改善檢討流程
(資料來源：水產土木建設技術中心，2000)

表 1 水質淨化技術對策之適用場合與淨化原理

對策場所	淨化方法	淨化原理	水質淨化技術	
背後地	法令限制	土地使用規定、耕作地使用規定、森林管理、清洗劑使用限制	-	
		污水排放規定、防止垃圾不法投棄	-	
	降低污染源	點源負荷之削減	下水道之排水處理 排水處理之高度化 淨水槽之設置	
		面源負荷之削減(農地、其他)	-	
	物理手法	水路之流路變更	流路變更	
土壤滲透處理		土壤滲透過濾		
河川內、取水水路利用(包括港)	法令限制	防止垃圾不法投棄	-	
	物理手法	清除貯留負荷	沉積物之浚渫 接觸沉澱水路之設置	
		直接淨化	過濾 滯水池、酸化池之設置	
			凝集沉澱處理	
	化學手法	直接淨化	吸著劑投入水路之設置	
	生物手法	直接淨化	水生植物利用 接觸酸化水路之設置	
泊地內(取水利用時)蓄養設施、中間育成設施、港	法令限制	防止垃圾不法投棄	-	
		水產養殖設施對策、水產業給餌對策	-	
	物理手法	降低內部負荷	底泥浚渫、覆砂	
		變更水理條件	海水交換工法 強制循環 導入稀釋水	
			供給氧氣	曝氣 強制循環
				回收浮游植物 遮斷日照
		化學手法	降低內部負荷	營養鹽不活性化處理 投入吸著劑
	直接淨化港內水質		凝集沉澱處理 接觸沉澱處理 接觸酸化處理 吸著處理	
			浮游植物制御	投入殺藻劑
			生物利用	水生植物利用 生態系制御
	生物手法	水濱之造成	-	

參考資料：1.水產土木建設技術中心(2000)
2.中川良文、井邊裕彦、金山進、三島豐秋(2001)

表 2 水質淨化手法之淨化原理、方式及除去對象物質

淨化手法	淨化原理		淨化方式	除去對象物質	
	淨化	原理			
物理手法	浮游物之分離	重力沉澱	滯水池	浮游物、浮游性有機物	
		接觸沉澱	傾斜板、不織布、充填材	浮游物、浮游性有機物	
		過濾	緩速、急速過濾	過濾砂	浮游物、有機物
			篩除	微濾網、長毛過濾	浮游物、浮游性有機物
	防止底泥污濁物質之溶出與再浮上		浚渫、被覆	有機物、營養鹽	
	稀釋		藉海水交換工法等稀釋水之導入	-	
	促進流動		藉海水交換工法等	-	
	曝氣、循環		曝氣循環裝置、曝氣裝置、循環裝置、噴水	-	
	水中生物制御		浮游植物、水生植物之回收	生命體之有機物	
	防止垃圾等流入		流入污濁防水布	垃圾、流藻等大型浮游物	
化學手法	凝集	凝集沉澱	添加無機、有機高分子凝集劑	浮游物、膠體物質	
		土壤滲透	灌溉法、溝渠法、滲透過濾法	浮游物、有機物、營養鹽	
	吸著	化學吸著	化學製品、自然物之使用	磷為主	
			藥劑散布	-	
	殺藻	散布藥劑	藉飛灰等被覆	-	
			鋁鹽等投入	底泥中之磷物質	
			灌溉法、溝渠法、滲透過濾法	浮游物、有機物、營養鹽	
生物學之酸化	吸著、吸收、分解	土壤滲透	浮游物、有機物、營養鹽		
		固定生物膜	浮游物、有機物、氮		
	植物同化、吸收	浮游生物	浮游物、有機物、氮		
		水生植物利用	浮游物、有機物、營養鹽		
生物系制御		微生物散布、特定生物之移入	-		

資料來源：水產土木建設技術中心(2000)

料之化學性質以淨化水質，如投入凝集劑以凝集沉澱水中之浮游、膠體物質；或藉由水域流動通過具有化學吸著性物質而除去水中污濁物等。

3. 生物手法

生物手法係利用生物特有之性質以除去水中污物或抑制生物增殖，如利用特定水生植物吸收營養鹽之特性除去水中營養鹽；或水流通過淨化材料表面所繁殖之生物膜能吸收營養鹽及分解有機物之特性；或於對象水域移入特定生物，活用生物特性以制御生物系等。

三、海水交換機能構造

一般為改善港內水質狀況，在工程上常採用物理手法，利用潮汐或波浪能量將外海海水導入泊地，以促進海水交換。日本針對防波堤、護岸為主所開發或研發中之海水交換型構造物主要有下列 11 類(如圖 3)：

1. 有孔堤

- (1) 水平通水路型
- (2) 水面附近設置型
- (3) 傾斜型
- (4) 孔口端部圓弧型
- (5) 附加突出部型
- (6) 混合管型
- (7) 附加貯水部型
- (8) 內部越波型
- (9) 鉛直管振動利用型

2. 多孔堤

- (1) 附加狹窄部通水管型
- (2) 中空型

(3) 縱條型

(4) 附加鉛直板雙重縱條型

3. 附加潛堤有孔堤

(1) 圓弧型潛堤

(2) 井桁型潛堤

(3) 高低段潛堤

(4) 潛堤一體碎波型

(5) 潛堤一體越波型

4. 消波塊被覆型有孔堤

5. 縱條孔前壁下部透過堤

6. 衝立式防波堤

7. 弁式有孔堤

8. 閘門式有孔堤

9. 傾斜板式防波堤(PSR 工法)

10. 鋼管式防波堤

11. 浮防波堤

四、推動實施概況

日本為改善漁港水質惡化，過去曾採取排水路改道入港外、排水處理設施與下水道整備、水質惡化小河川之改道、底泥浚渫及導入外海海水等對策，近年來則積極推動「自然調和型漁港推進事業」，以保全良好之沿岸水域環境。

(一) 已實施水質改善對策

據統計日本 1970~2000 年實施水質改善對策之 148 個漁港案例中(川口, 2002)，以採取海水導入工法者最多約佔 84%，其中又以設置導水管、消波堤居多，如表 3 所示。

(二) 自然調和型漁港推進事業

近年來日本為促進漁港建設與自然環境和諧共生，自 1994 年起推動

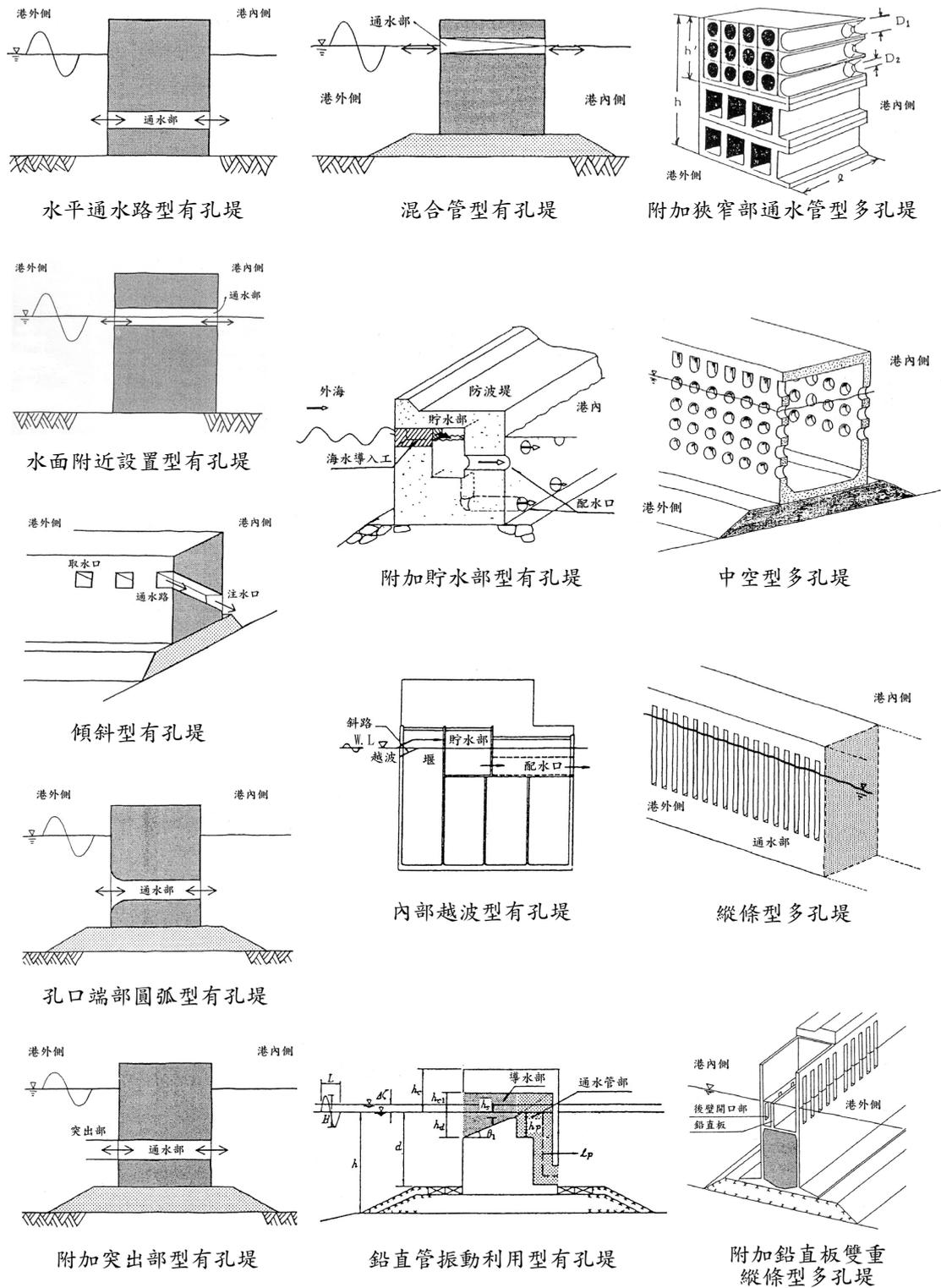
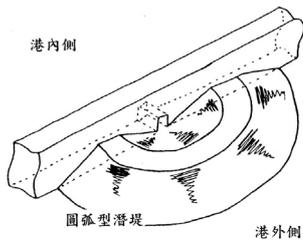
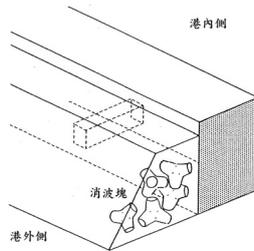


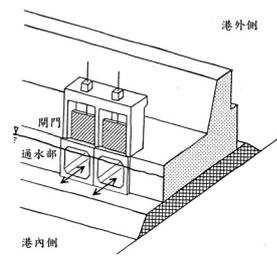
圖 3 海水交換機能構造物型態
 (資料來源：水產土木建設技術中心，2000)



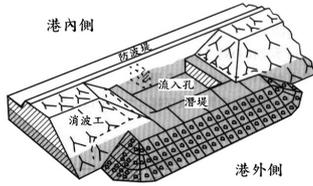
附加圓弧型潛堤有孔堤



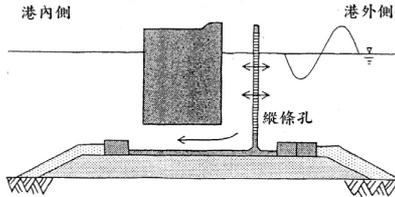
消波塊被覆型有孔堤



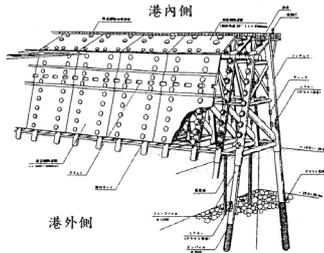
開門式有孔堤



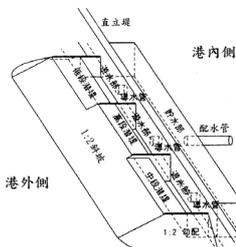
附加井桁型潛堤有孔堤



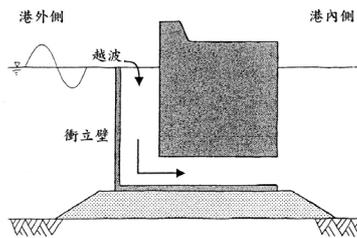
縱條孔前壁下部透過堤



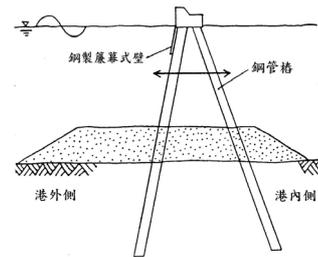
傾斜板式防波堤



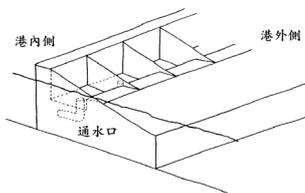
附加高低段潛堤有孔堤



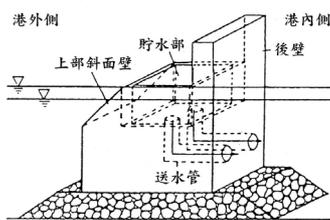
衝立式防波堤



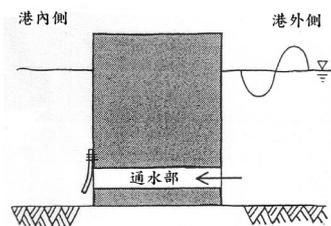
鋼管式防波堤



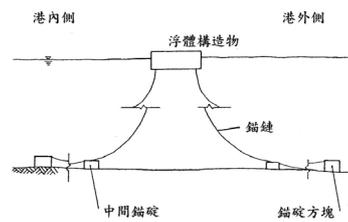
附加碎波型潛堤有孔堤



附加越波型潛堤有孔堤



弁式有孔堤



浮防波堤

圖 3(續) 海水交換機能構造物型態
(資料來源：水產土木建設技術中心，2000)

「自然調和型漁港推進事業」，至 2002 年全國實施之漁港數達 42 個，其中以附加海水交換機能為目的者計 16 個(全國漁港漁場協會，2003；焦等，2004)，僅次於附加藻場機能，所採用工法以設置通水路、導水管、附加潛堤有孔堤等為主，如表 4 所示。

五、結語

港內水域為確保穩靜度，在外廓設施之遮蔽下，一般與外海海水交換低且流動小，而形成閉鎖性水域，加上承受背後陸域廢水或相關事業污水等排入，易堆積各種物質，影響港內及附近海域水質環境。隨著海岸環境朝向多元利用及海域遊憩活動日益興盛之趨勢，未來海岸工程建設須進一步融入自然環境之一環，維護二者共生共存，並尊重民眾觀賞與親近不受污染海水之權利。因應生態工法之發展趨勢，未來港灣工程建設亦責無旁貸，其中促進港池海水交換可為考慮方向之一，對於淨化港內水質、促進水中生物多樣性及景觀親水皆有相當幫助。茲參考日本漁港工程實施附加海水交換機能之發展，部份經驗值得國內借鏡：

(一) 日本自 1994 年所實施之自然調和型漁港推進事業，可供國內港灣工程推動生態工法之參考，其中迄 2002 年所實施之海水交換機能案例僅次於藻場機能，可為考慮方向之一。

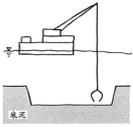
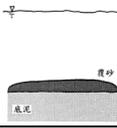
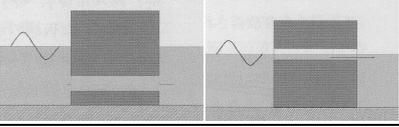
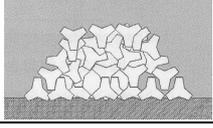
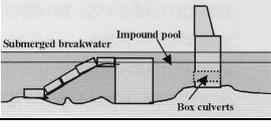
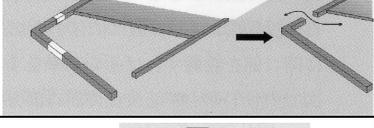
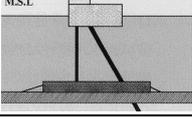
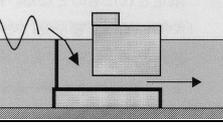
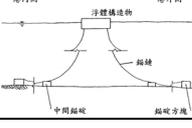
(二) 日本在海水交換型漁港構造物之研發上，結合現場調查、數值模擬及模型試驗等研究，以實務應用為主，已有相當豐碩成果，並於 2000 年編製完成技術手冊(水產土木建設技術中心，2000)供實務操作使用。

(三) 過去國內港灣外廓設施大多以防砂禦浪為主，如何促進海水交換且不影響港內穩靜度，亦是未來開發海水交換型構造物需一併考量之問題。

參考文獻

1. 社團法人水產土木建設技術センター，「自然調和型漁港づくり技術マニュアル－水質淨化技術」，2000 年 9 月。
2. 中川良文、井邊裕彦、金山進、三島豐秋，「漁港港内における水質汚濁機構とその對應策について－水質保全對策の立案手順と數值實驗モデルを用いた效果予測について」，第 46 回全國漁港建設技術研究發表會講演集，第 42～60 頁，2001 年 9 月。
3. 川口毅，「漁港泊地の水質の改善」，水產土木建設技術センター會報 No.64，第 2～7 頁，2002 年 11 月。
4. 社團法人全國漁港漁場協會，藻場造成型漁港構造物調查・設計ガイドライン，2003 年 8 月。

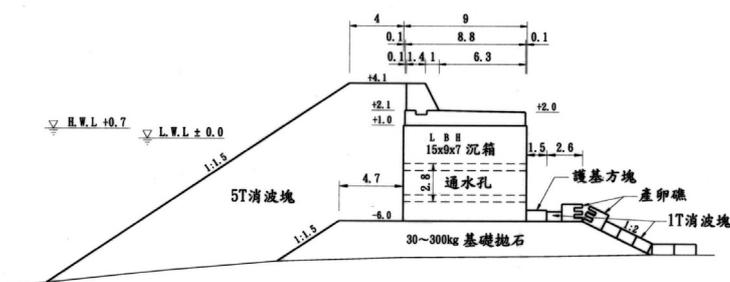
表 3 日本漁港泊地水質改善對策實施案例統計(1970~2000 年)

對 策 工 種 類		港 數	比例(%)
流入水路之改變		5	3.4
底泥對策	1. 污泥浚渫 	13	8.8
	2. 覆砂 	4	2.7
	3. 其他	2	1.3
	小計	19	12.8
導入外海海水	1. 設置導水管 	66	44.6
	2. 透過式消波塊堤 	30	20.3
	3. 附加潛堤及導水管 	14	9.5
	4. 拆除部份防波堤 	5	3.4
	5. 鋼管式防波堤 	5	3.4
	6. 異形沉箱 	3	2.0
	7. 浮防波堤 	1	0.6
	小計	124	83.8
合 計		148	100

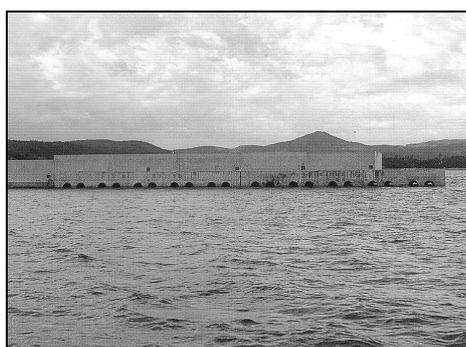
資料來源：川口毅(2002)

表 4 日本自然調和型漁港附加海水交換機能迄 2002 年實施概況

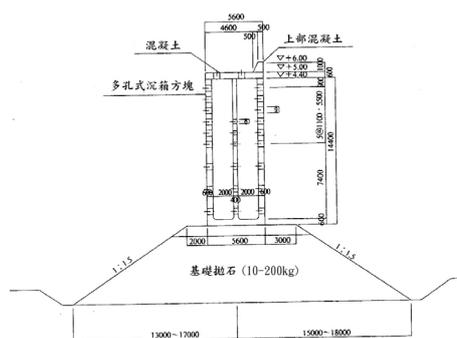
都道府縣	漁港名稱	指定年度	實施對象設施	工 法	附 圖
開發局	元地	1996	防波堤		
開發局	福島	1996	防波堤	水平通水路型有孔堤	(A)
開發局	樣似	1994	護岸		
北海道	鳧舞	1996	防波堤	附加潛堤有孔堤	
岩手	堀內	1994	防波堤	附加潛堤有孔堤	
秋田	金浦	1994	防波堤、護岸		
富山	四方	1994	防波堤	附加潛堤有孔堤	
石川	富來	1996	防波堤	管式消波透水堤	(B)
石川	庵	2002	防波堤		
石川	元目	1994	防波堤	附加潛堤有孔堤	
兵庫	坊勢	2001	防波堤		
島根	濱田	1994	防波堤、護岸	水平通水路型有孔堤	
廣島	沖浦	1997	防波堤	雙面多孔沉箱堤	(C)
香川	馬篠	1996	防波堤		
佐賀	向島	1996	防波堤		
長崎	有喜	1994	防波堤	附加通水溝被覆方塊堤	



(A)福島漁港水平通水路型有孔堤斷面圖



(B)富來漁港管式消波透水堤一景



(C)沖浦漁港雙面多孔沉箱堤斷面圖

參考資料：全國漁港協會(1997)、全國漁港漁場協會(2003)
水產土木建設技術中心(2001)

5. 社團法人全國漁港協會，ひと工夫した漁港構造物事例集，1997年12月。
6. 社團法人水産土木建設技術センター，「富來漁港 - 自然調和型漁港づくり推進事業の概要」，水産土木建設技術センター - 會報 No.60，2001年10月。
7. 焦正清、張瑞欣、陳炳祺、林東廷，「淺談生態工法於國內與日本港灣工程之發展」，港灣報導第67期，第17~26頁，2004年2月。

海洋工程最新發展趨勢

邱永芳 交通部運輸研究所港灣技術研究中心主任

林俶寬 中華顧問工程司工程師

一、海域環境工程

海域環境工程方面近年來生態研究也成為熱門話題，例如歐洲共同市場之跨國合作交流之研究，集合了 13 位來自英國、葡萄牙、法國、義大利及德國專家學者在大西洋深海 3500 公尺深處，自 2004 年起進行一連串 3 年以上之海洋生物及生態係與環境變遷之調查研究，題目為“Extreme Ecosystem Studies in the Deep Ocean: Technological Development EXOCET/D”。該研究團隊開發出一種無人駕駛之潛水載具如圖 1 所示，並研發出一套系統 EXOCET/D(詳如圖 2)，以觀

測、取樣、量測深海水域中生物棲息地之周遭環境含海域地形、地貌、生物種類數量及分佈，另檢視並實驗深海生態因人類活動，包括離岸深海開發、船難、污染、海拋等導致環境變遷而所受之影響性與變異性，作為未來海洋牧場或深水區開發時之參考。

而 EXOCET/D 系統主要包含以下幾個部分：

- 攝影影像與聲納探測紀錄
- 棲息地物理及化學成分分析
- 有機物之巨觀與微觀取樣實體
- 資料統計與分析
- 深海潛水載具之發展
- 科學驗證



圖 1 無人駕駛深海潛水載具

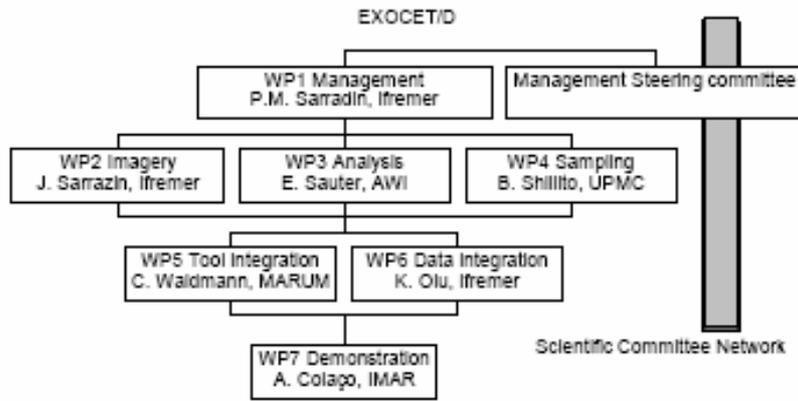


圖 2 EXOCET/D 系統圖

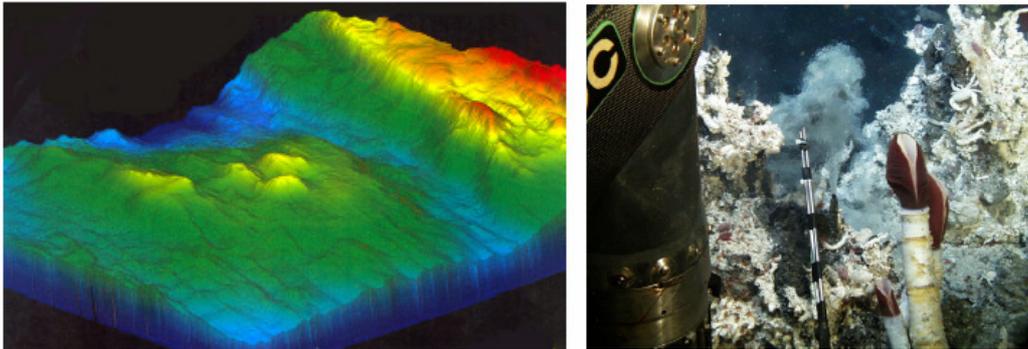


圖 3 EXOCET/D 系統研究初步調查成果

雖然該計畫 2004 年才開始進行，但初步所得成果已相當豐碩。未來國內如要進行海拋計畫時，其鄰近生態環境之調查研究，應可引為借鏡來建立本國生態調查之標準系統。

二、海底管線工程

由於國內原物料資源有限，且對外貿易又為台灣之經濟命脈，因此石化原料，液化天然氣及光纖通訊等皆須仰賴穿越海床之海地管線來傳輸，以減低運輸成本。因此強化海底管線能力和經驗，對未來相關海域工程也將是可發展之空間。基此特蒐集有關

海底管線工程之相關研究提供參考。

埃及開羅大學 Mostafa A.M. 教授在海地管線之研究已有十幾年之經驗，提出非線性動態波流交互作用對海底管線之影響「Nonlinear Interaction among Wave, Current and a Marine Pipeline over Rubble Protection」頗值得參考。此篇文章乃結合大地工程及海洋工程之學理方法，以邊界元素法模擬半埋入塊石基礎之管線所受的外力及管線附近因波浪引起之流場，再以修正之 Navier Stokes 方程式導入 Darcy's law 並以有限元素法模

場也隨波形及波高變化呈現反覆及上下運動，Mostafa 教授依此推斷管線下之淘蝕現象可能由此因素產生，因此在該文中建議以地工織物來預防淘

蝕。而這種工法在國內防波堤堤址保護工程中已多有採用，可見國內外對於海床基礎保護之看法頗為一致。

表 1 非線性入射波試驗條件

Wave height (H ₀ cm)	Wave period (T _s)	H ₀ /hn	h ₀ /gT ²
5	1,1.4,1.8,2	0.09	
7	1,1.4,1.8,2	0.13	0.055,0.028,
10	1,1.4,1.8,2	0.19	0.017,0.014
14	1,1.4,1.8,2	0.26	
18	1,1.4,1.8,2	0.33	

Values in bold refer to breaking wave conditions on the shelf

三、海岸工程

波斯灣南岸阿拉伯聯合大公國 (Abu Dhabi Emirate) 之 Umm Al Nar 電廠及海水淡化廠建於 1980 年代，為阿拉伯聯合大公國之主要海水淡化廠之一，電廠的每日發電量為 1000MW，而海淡廠之淡水產生量 9800 萬加侖/日。電廠併海水淡化廠之位於 Umm Al Nar 島上，距外海約 15 公里，屬於陸域型海島，位置及周遭環境如圖 6 ~ 圖 8 所示。近年來為配合都市發展之需求，海水淡化廠準備再增加每日約 6200 萬加侖之淡水產生量。基此淡化廠主管機關 (Abu Dhabi Water & Electricity Authority) 計畫分兩階段來研擬擴建海淡廠之可行性，計畫之第一階段為工程之可行性探討，第二階段則為水質調查分析與環境可行性探討。其中水質調查及分析部分由 Abu Dhabi Water & Electricity Authority

研究中心之 Khaled A. Mohamed 及 Mufeed Odeh 二位博士主持。

Umm Al Nar 海水淡化廠周圍除島嶼外，有大片淺水區、灘地、魚塢、住宅區及淡化廠排水渠道等，為一生態敏感區。其周圍水道除隨潮水漲落之潮流外，包括生活污水，養殖循環水等，夏季其間水溫高達 35°C，鹽度約為 46ppt。

為瞭解海淡廠周圍水域水質之情形，Mohamed 及 Odeh 氏以 Delft 發展之 3D 數值模式計算海淡廠鄰近水域包含阿拉伯灣之二維流場，由於風速對於水中溶氧量影響頗大，因此作者選定每日風場，二種長年風場：WNW-10m/s 及 E-6m/s 等三種條件，模擬含氧量、氯離子濃度、阿摩尼亞 (NH₃，水族生物相當敏感) 在排放口及 Umm Al Nar 島周圍水域之歷時變化情形。並依據現有之國際相關水質

標準(詳如表 2)檢核,海淡廠擴建後排放水是否合乎規定。

為瞭解海淡廠排放水對環境影響性,作者以數值模擬分析結果與標準值進行比較,並以“不合乎標準值之區域面積”來表示影響程度,其中水溫影響範圍最大,約 1972 公頃。但依據作者之說明,海淡廠擴建後,其周遭水道除排放口附近有較大影響外,其餘水質之追蹤標的-水溫、鹽度、

NH3 等皆在容許範圍。

遂依據此篇文章所闡述內容,可概略得知,國外目前所用在海岸工程方面之軟體及工程技術大約與國內相近,且在觀念上,亦先求出計畫區之流場分佈,然後再用具代表性之追蹤標的物進行數值模擬,而模擬結果再與環保標準作一比較,以瞭解計畫內容對環境之衝擊程度。

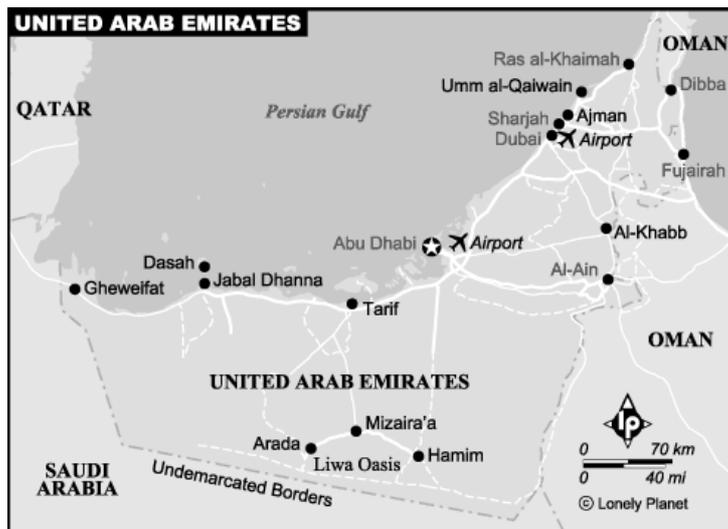


圖 6 阿拉伯聯合大公國及計畫區位置示意圖



圖 7 Umm Al Nar 電廠及海水淡化廠空照圖



圖 8 Umm Al Nar 電廠及海水淡化廠鄰近土地利用示意圖

表 2 各國海淡廠排放水水質標準

Substance	Country	WQ standard
Temperature	Egypt	$\leq 5C$ above mean annual
	Hong Kong	$\leq 2C$ above mean annual
	South Africa	$\leq 1C$ above mean annual
Salinity	Hong Kong	10 %
Oxygen	Egypt	≥ 4 mg/l
	Hong Kong	≥ 4 mg/l
	U.S.A.	90 % of natural value
Chlorine	U.S.A. (EPA)	$\leq 13 \mu\text{l}$ (limit value)
		$\leq 7.5 \mu\text{l}$ (target value)
Ammonia	Hong Kong	< 0.021 mg/l
	South Africa	< 0.024 mg/l

當前港口面臨極大型貨櫃船的問題

張雅富 私立長榮大學經營管理研究所

葉乃姝 國立高雄海洋科技大學航管系

郭珮玲 國立高雄海洋科技大學航管系

摘要

本文檢視極大型貨櫃船(Ultra Large Container Ship)的出現是否會成為當前港口作業的問題。從參考船舶的基本設計參數，像是船長、船寬、吃水及總容量/尺寸等，可衡量港口能否符合這些硬體條件才能為這類船舶提供彎靠服務。

由本文蒐集的初步資料分析，可推論此類船舶對於彎靠轉運樞紐港時，不論轉運中心有無經濟腹地，並沒有面臨轉運貨源問題。然而這類船舶出現的時機問題，依現行港口條件就對航商本身而言，就有充分地理由說明為什麼現今訂購的新船容量仍受到限制，使先前業者所預言的大型化貨櫃船舶，航商現有僅實際訂購營運的船容量約為 8,000~8,400TEU 左右。

一、前言

針對極大型貨櫃船(ULCS)對現今世界港口是否會形成問題，本文試進行問題的初步分析及評估時。首先應該要瞭解所檢視問題的限制與其範

圍。依據由英國勞式驗船協會定義所謂的極大型貨櫃船為設計 12,500TEU 貨櫃船，此船舶設計的主要項目如下：

- 全長 318 公尺
- 寬 57 公尺(22 列貨櫃能並列於甲板上)
- 吃水 負 14.5 公尺
- 航速 23-25 節
- 載重噸 160,000 噸
- 動力 81,000 千瓦

目前在船舶設計方面仍有一些問題，例如：推進力、速度、燃料消耗、振動、可操作性、貨櫃繫固等，這些問題必需在船舶準備投入市場營運前，由船舶設計師來解決。

目前歐洲—遠東線貿易量能容納過半數的超巴拿馬船隊，遠超越在 2000 年中期越太平洋航線使用的多數大型化船舶。因此，在這貿易區(至少在早期)對極大型船舶而言，國際性船公司選擇彎靠的港口數量仍是有限，這些船舶所經過每個區域，很可能出現港口沒有航商可以適合彎靠因此就跳過，就世界雖有許多港口向航商招手而言，它們並不具有何意義。

根據以上條件範圍，航商檢視調查彎靠港口的必要準則，像是船舶的全長、船寬、吃水及容量。將這些條件轉換成港口為了服務船舶所需符合資格：

- 船長與船席長度有關
- 船舶寬度與橋式起重機的實際伸出海面跨距有關
- 船舶吃水與港口水深有關
- 船舶可裝載貨櫃的最大容量與後線場用地大小有關
- 就整體而言，船型、迴船池、航道入口、拖船支援與貨櫃場設備有關

二、船舶長度造成的問題

從早期 1970 年代，航商開始引進第二及第三代貨櫃船，貨櫃碼頭以約 300 公尺標準船席長度為一般基準。船席長度須能符合早期超巴拿馬貨櫃船，到 1993 年最長約 275 公尺，船寬長度也開始增加，到了 1994 年最長船席也增加到 300 公尺。

經一般認定當今營運最大型貨櫃船，可容納 8,063TEU(建於 2003 年 4 月)的 SX 級東方海外(OOCL)深圳號及(建於 2003 年 6 月)的東方海外長堤號。在 2003 年至 2005 年間，幾家船公司宣佈訂購相同的船型。這些船公司包括了赫伯羅特、東方海外輪船公司、鐵行渣華、地中海航運、長榮、達飛，以及由德國船東所訂購 2 艘 8,400TEU 船舶。現在設計貨櫃船的設計有大型化趨勢：泛德國(pan-German)

設計的 8,000TEU 船舶(優於先前)，韓國設計 9,000~9,300TEU 的船舶(大陸中海集團曾於 2001 年訂購，但後來取消)，英國勞式驗船協會發起設計 12,500TEU 船舶，法國驗船協會的 Verimax 設計 12,500TEU，V.Z.M.設計 12,500TEU 船舶及 1996 年荷蘭麻六甲級 18,000TEU 船舶，其長度有 318 公尺。較其他貨櫃船而言，至今船身最長的是 1997 年麥司克 S 級船有 347 公尺，極大型貨櫃船長度為 381 公尺。

因貨櫃船船長有快速改變的趨勢，現今港口規劃實施中「船席」和「船席長度」環境已經不像以前一樣，因為單一船席通常是專用貨櫃碼頭。現在多數主要樞紐港提供多數 300 公尺直線型標準船席及由個別經營者來管理，以便極大化碼頭作業效率。儘管現在有些港口為了更適合服務超巴拿馬型船舶現代港口規劃實施中「船席」及「船席長度」條件，已使用約 350 公尺船席設計。

因為規劃中的上述概念，倘若僅要求港口的船席長度，那麼超巴拿馬型船舶長度就不是個關鍵因素。例如港口先前的實例，由直線碼頭所組成，例如碼頭有 900 公尺長，有 3 個標準船席各 300 公尺，皆可交換調派以下各種船型靠船：

- 2 艘極大型貨櫃船
- 3 艘巴拿馬型或
- 1 艘極大型貨櫃船和 1 艘巴拿馬型和 1 艘小型集貨船

三、船寬造成的問題

近來極大型船舶寬並未超過於 1996 年的 42.8 公尺，相當於甲板橫向裝載 17 列貨櫃。為了服務這些船舶，需要前伸臂跨距約 50 公尺的橋式起重機，實際上整個主要樞紐港提供的起重機，就 2000 年來說，約有 280 台前伸臂約 50 公尺的橋式起重機在運作。

極大型貨櫃船有 57 公尺船寬，可於甲板橫向裝載 22 列貨櫃。需要從靠岸側軌道起算前伸臂跨距 63-65 公尺的起重機(實際約 60-67.5 公尺)。觀察 2000 年前 2 個港口，美國波特蘭港和中東阿曼的沙拉拉港，首先設置前伸臂跨距約 60 公尺的橋式起重機，沙拉拉港為第一個港口設置前伸臂跨距最長 63.5 公尺的岸邊橋式起重機。

就 2001 年來說，有 80 台起重機能夠裝卸約 20 列寬的船舶，現在有很多港口設置前伸臂約 60 公尺的起重機。由於這些現象，在半數歐洲—遠東航線中，包括像鹿特丹港、佛列斯多港、蘇伊士運河貨櫃碼頭東塞得港(現今正在建設中)、沙拉拉港、丹戎帕拉帕斯港、香港、橫濱港。這些港口皆能裝卸 22 列寬的極大型貨櫃船及對未來超級轉運港有很強的競爭力。然而，到目前為止，仍然沒有港口能順暢裝卸 24 列的船舶。

由以上分析，很明顯能看出超級樞紐港希望為極大型貨櫃船服務而有所準備。然而，到目前(2005)為止，似乎仍不需要 24 列寬 18,000TEU 的麻六甲級船舶。

四、船舶吃水造成的問題

增大船型與港口需疏浚航道次數有密切關係，以及要審慎處理對環境保護的爭議，像面對當地居民的反對。極大型貨櫃船吃水為-14.5 公尺，而官方認為現今營運最大船舶為東方海外深圳號其吃水為-14.5 公尺。事實上，自 1997 年將第一艘麥司克 S 級的索文倫—麥司克投入市場後，貨櫃船最大吃水就不曾改變過很多。

近來很多一流貨櫃港最大水深為-14.5 公尺。由於這些在歐洲—遠東線運輸的港口具有很強的競爭力，進而成為超級轉運樞紐港。因此，這些港口樂意為這些船舶服務，但不包含疏浚這項服務，若需疏浚則航商要負擔一小筆費用。這些港口例如，像鹿特丹港、佛列多斯港、艾爾西拉斯港、吉歐陶洛港、東塞得港、沙拉拉港、丹戎帕拉帕斯港、新加坡港、香港、高雄港、釜山港及橫濱港。

對於一些傳統有較長的入口航道像紐約港，疏浚將會是個問題。然而，多數港口希望成為依海岸線為基礎而建超級轉運樞紐港，以及有較短的入口航道可進入深海，例如像阿曼的沙拉拉港和斯里蘭卡的漢班托塔港(Hambantota)。

五、容量所造成的問題

船舶運載量對碼頭後線作業區大小的需求亦會產生衝擊。隨著引進第三代貨櫃船最大載重量約 3,000TEU，在早期 1970 年有些港口，

例如香港每個 300 公尺長度的標準船席提供約 10-12 公頃的後線用地，後線用地深度約 400 公尺，這是主要貨櫃碼頭的設計基準。

約 1988 年時這些港口可勝任為貨櫃船服務，此時第一艘超巴拿馬型船舶出現了。增加超巴拿馬貨櫃船型，較大後線作業區域成為必要的。不必限定基準而使其發展，認為現今最理想區域的要求是每 450 公尺長船席提供約 22.5 公頃後線用地，例如後線用地深度約 500 公尺。此區域的要求需要視貨櫃裝卸及貨櫃堆積的機具種類來評估。實際上，認為 400 公尺深度可以作更多貨櫃集中堆放和利用資訊科技系統來作堆積及提領櫃作

業。

由於，新開發的城市區是圍繞在老舊傳統港口周圍，的確港口需更多作業腹地，那是很重要的事。然而，預計新型港口出現，使得為極大型貨櫃船服務將具更強的競爭力。例如，吉歐陶洛港、蘇伊士運河貨櫃碼頭東塞得港、沙拉拉港、丹戎帕拉帕斯港及加勒比海的自由港，都有尚未開發的場所。事實上，在歐洲由高度開發城市區圍繞傳統港口，在主貨櫃碼頭仍有深 500 公尺的後線用地。

六、由其他觀點來看可能的問題

為極大型貨櫃船服務的必要條件，在表 1 做出摘要。

表 1 港口服務極大型貨櫃船的要件

條 件	最佳要求(近似)
船舶大小(長 x 寬 x 吃水)	381(400) 公尺 x 57 公尺 x 14.5 公尺
船席長度 450 公尺	最小船席長度 900 公尺(或 3x300 公尺標準船席)
碼頭後線區域	22.5 公頃，每座碼頭 450 公尺長
碼頭區長度 500 公尺	岸側深 16 公尺
進出航道水深	18-19 公尺
進出航道寬度	250-300 公尺(單向)
迴轉港池	直徑 750-800 公尺
作業區寬度	750 公尺(碼頭雙側)，600 公尺(碼頭單側)
橋式起重機	每座碼頭 4-5 座，跨距 63-65 公尺
周轉時間	45 次/小時
容量	24 小時
儲存及提領系統	1.0 百萬 TEU
	以資訊科技系統支援

資料來源：Rizvi(2003)。

當然，以上條件不易立刻改善符合，尤其是入口航道寬度、迴船池直徑、在港口可使用拖船數量及馬力、貨櫃堆積及提領、貨櫃裝卸設備的選

擇和利用資訊科技(IT)作快速又可靠的資訊交換。

另外，港口擁有轉運及在各區域間運送貨物的路線交叉點之雙重角

色，如利用鐵、公路連接港口。但這問題與有關規定可解決和全面發展，而不是作業種類的基本改變。在歐洲—遠東國際海運航線發展的一些未開發地點的港口，似乎準備就要迎接這些挑戰及把握（利用）良機。

例如，為了服務極大型貨櫃船使其港口符合條件，蘇伊士運河貨櫃碼頭位於塞得港東部的港口，近來埃及有兩個世界一流碼頭合夥夥伴，為鹿特丹的歐洲貨櫃集團和哥本哈根的A.P 莫勒集團碼頭，持有 60% 股份。碼頭長 1,200 公尺(第一階段)，深 500 公尺(總面積 60 公頃)後線作業區，岸邊水深從-16.5 公尺增加到-17.5 公尺，9 台橋式起重機的前伸臂長能在甲板橫向裝載 22 個貨櫃(有 5 台已訂購)，起重機下有 6 個貨車道，不但有新型起重機和其他基礎建設，更有先進的資訊科技系統。沙拉拉港從事一項擴展計劃，包括 700 公尺長、深度為-16~-18 公尺的貨櫃碼頭和增建防波堤。

七、為何船型增加速度不如預期

由以上綜合分析說明，目前港口型態對極大型貨櫃船來說不是問題，例如轉運樞紐港雖沒有腹地，所以不能彎靠。若對港口來說這些船舶不會造成問題，就有疑問產生了：以大型貨櫃船的先前預言，為何到目前為止，還有停在約 8,000TEU 容量的船型存在？答案似乎在於航商而不是港口。這些船型仍未出現，原因是航商

對這些船舶是否會節省成本及有足夠的貨量來支持，仍有待研究。

預期貨櫃船型增加，主要決定於兩個前提：貿易量的增加和船舶有效約 80% 容量利用。的確貿易量劇烈地成長，甚至超越十年前，然而在貨櫃運送這行業是貨量越大越好，最好可以滿載。事實上，各航商的運能過多才是這行業的主要問題。雖然貿易量持續成長亦是如此。在定期船投資中，並不保證一定有合理投資回收的運費費率水準。

此外，在樞紐港概念以多數主航線船舶為重點進行了很多討論。而較少注意到集貨船連接樞紐港網狀系統中之小港口，然而，為了讓整體全球運輸系統有效運作，這些集貨船仍需要作業及有效率的港口服務。

不確定的經濟、低運費費率及艙位能量過剩的問題，當在 2002 年開始結合新的安全規章徵收貨櫃運輸稅捐。使不易瞭解的政治、經濟、現行局面下，在新徵兆下恐怖行動會增加新變化範圍。但有些人可能會說：「終止了長時間的不景氣，2003~2004 年將會看見成長的光芒初現。」

八、結語

因此當超大型貨櫃船靠泊港口後，無可避免地對現行貨櫃中心的貨櫃進出產生作業影響。就傳統貨櫃船所靠港口而言，港口因應船舶大型化作業效率因應措施之一，除機具效率提升、場地管理資訊化外，即貨櫃在

通過管制站(Gate)時，須能夠有快速、高效率的作業處理。可見至少在某些方面，這些新港口貨櫃中心的管理素質，要能夠符合大型化船舶作業需求。

總而言之，是航商方面，而不是港口能掌握將投入市場的極大型貨櫃船數量。的確現行港口在容納極大型貨櫃船作業仍將有一些問題，但還是要面對及技術自然演進以解決整個發展問題。若港口希望成為一個超級轉運樞紐港及在此競爭中生存，有必要隨船舶作業型態改變的條件，以提前趕上為極大型貨櫃船的彎靠服務。

參考文獻

1. Ashar, Asaf., 2000, “2020 Vision”, Containerisation International,

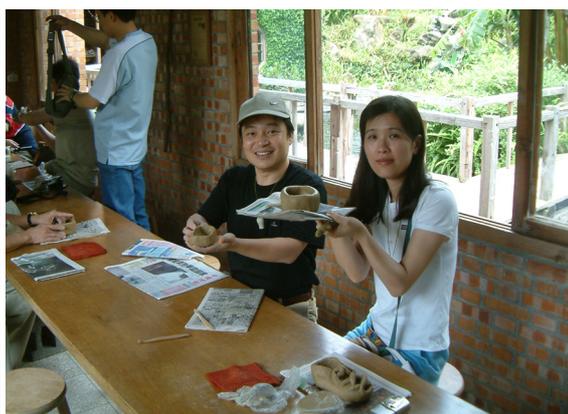
pp.35-39.

2. Baird, Alfred J., 1999, “Container Vessels of the Next Generation: Are Seaports Ready to Face the Challenge?”, Ports and Harbors, pp.15-23, September.

3. Baird, Alfred J., 2001, “Container Vessels in The New Millennium: Implications for Seaports”, Singapore Maritime & Port Journal, pp.162-181.

4. Rizvi, Zia H., 2003, “The Ultra Large Container Ship (ULCS): presenting new problems for ports?”, Port Technology International, pp. 41-44, Autumn.

港研中心自強活動



華陶玩陶『窯』內樂無窮



五月三義賞花、觀油桐

攝影：馬維倫

港灣報導徵稿簡訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 投稿者應保證所投稿件無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情勢負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。
3. 來稿經本刊接受刊登後，作者應附具著作授權同意書，同意非專屬授權予本刊做下述利用：
 - (1)以紙本或是數位方式出版。
 - (2)進行數位化典藏、重製、透過網路公開傳輸、授權用戶下載、列印、瀏覽等資料庫銷售或提供服務之行為。
 - (3)再授權國家圖書館或其他資料庫業者將本論文納入資料庫中提供服務。
 - (4)為符合各資料庫之系統需求，並得進行格式之變更。
4. 作者應保證稿件為其所自行創作，有權為前項授權，且授權著作未侵害任何第三人之智慧財產權。
5. 稿件每篇以八頁（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）。
6. 本刊每年刊行三期，分別於二月、六月、十月出版。如蒙惠稿請於每期出版前三十日寄交本刊。
7. 聯絡電話：(04)2658-7139 馬維倫
傳真電話：(04)2656-4415
E-mail：elisa@mail.ihmt.gov.tw
8. 歡迎賜稿，來稿請寄：
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