

港灣報導



季刊 第70期

要 目

- ❖ 邊坡穩定數值模擬分析案例探討
- ❖ 港口貨櫃場進儲方式比較分析
- ❖ 高雄港區聯外道路鋪面材料之研究
- ❖ 淺談地震工程簡介
- ❖ 淺談日本環境共生型消波塊之發展
- ❖ 國內工業專用港之發展概況
- ❖ “Coastal Engineering Manual” 取代了
“Shore Protection Manual”

中華民國九十四年二月出版

港灣報導季刊

第 70 期

交通部運輸研究所

中華民國九十四年二月

港灣報導第七十期

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

邊坡穩定數值模擬分析案例探討	1
李卓倫 國家災害防救科技中心 佐理研究員	
港口貨櫃場進儲方式比較分析	8
張雅富 長榮大學經營管理研究所 博士生	
杜宇平 樹德科技大學工業管理系系主任	
高雄港區聯外道路鋪面材料之研究	16
林登峰 義守大學土木與生態工程學系 副教授	
鄭瑞富 義守大學土木與生態工程學系 助理教授	
淺談地震工程簡介.....	24
張景鐘 國立台灣海洋大學河海工程系 教授	
許文豪 國立台灣海洋大學河海工程系 碩士班研究生	
淺談日本環境共生型消波塊之發展	31
陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社規劃組 組長	
林東廷 浩海工程顧問有限公司 工程師	
國內工業專用港之發展概況	35
陳文樹 交通部郵政研究所 研究員	
“Coastal Engineering Manual” 取代了 “Shore Protection Manual”	41
單誠基 交通部運輸研究所港灣技術研究中心 研究員	

邊坡穩定數值模擬分析案例探討

李卓倫 國家災害防救科技中心 佐理研究員

一、前言

本研究以林肯大郡為案例，利用數值模擬方法經由颱風降雨延時、逕流入滲、地下水滲流、地下水變動及邊坡穩定之流程建立一套完整的邊坡穩定分析模式。並利用此建立之分析模式探討各種影響邊坡穩定之參數，例如滲透係數、地錨拉力、地錨長度等，期望能透過一系列之參數研究來瞭解各種參數在邊坡穩定性所扮演之角色。

二、分析程式

2.1 分析程式簡介

本研究採用 SEEP/W 及 SLOPE/W 軟體程式進行分析，SEEP/W 為有限元素法滲流分析程式，可用來模擬地下水在岩石和土層內之流動行為及地下水壓之分佈，利用一連續的水力傳導函數來模擬飽和區、過渡區及未飽和區之透水性，使滲流行為更能接近實際情況。SLOPE/W 程式利用極限平衡理論來計算邊坡之穩定安全係數，可分析非均質土層、複雜層次之土層、各種幾何形狀之滑動面和各種不同的孔水壓力分佈情況等。

三、研究流程與方法

3.1 研究流程及幾何模式之建立

圖一為研究流程示意圖。首先採用 SEEP/W 程式進行現地降雨滲流分析。隨之，將分析所得結果輸入 SLOPE/W 程式，模擬林肯大郡坡地破壞之機制。由分析結果可瞭解坡地由於降雨入滲引起地下水位變化對坡地地滑及變形之影響。最後，在確認坡地破壞的模式及機制後，即進行各項參數(包括滲流參數、地錨設計參數、土壤參數)對臨界滑動坡地可能造成之影響。

圖二為參考各專家學者調查報告整理之林肯大郡災區(一、二區)幾何模式示意圖：AB、PQ 及 AQ 段為本分析模式之邊界，BC、DE、FG、HI 及 JK 段為建築物基地及周圍地表混凝土覆蓋地區，CD、GH 及 IJ 段，擋土牆 KL 段等皆為不透水邊界。格樑護坡 LM 因混凝土覆蓋相對比例很小，故與上邊坡 MP 段皆視為透水邊界。

3.2. 材料滲流模式參數

SEEP/W 內建各種不同土石材料的含水量和水力傳導係數(滲透係數)之關係函數曲線，及體積含水量函數對孔水壓力關係曲線。分析時可選用與建議的土石材料最接近的函數曲線，再根據材料實際的飽和傳導係數值作適當的修正，最後即可決定分析所需之水力傳導係數~孔隙水壓關係曲線。

另依災變後之調查報告可知在擋土牆牆面高約 7m 處有滲水現象，故由滲水位置來推斷災變前地下水分佈約在離擋土牆趾部上方 7m 的位置。本研究在進行分析時即採用此地下水位分佈作為初始條件。

圖三為災變期間溫妮颱風之降雨歷線圖，將此數據輸入 SEEP/W 中作為降雨邊界條件之輸入資料，並輸入每一時階(t)之降雨深度 H(t)資料值，如此即可產生 H(t)~t 分佈關係圖如圖四所示。

3.3 材料強度模式參數

表一為整理林肯大郡相關研究報告各地層工程特性之範圍(內政部 1997、廖瑞堂等 1998 等)，其中，由

於缺乏災變發生前後地質調查、鑽探及材料試驗等基本資料，故利用其他文獻資料(胡劭敏 1979、Attewell 1974、Hoek 1977 等)建議的經驗值，再配合災變現況來推估滲透係數。

3.4 分析方法

(1) 降雨滲流穩定度分析

因林肯大郡是於降雨後才發生崩塌，於 SLOPE/W 中進行穩定度分析時應考慮地下水之影響，故於程式 PWP 功能中選用地下水壓模式，由 SEEP/W 中匯入某時階(t)之地水位資料(位置或壓力)，進行邊坡穩定度模擬，如此即可求得該時階相當之安全係數 FS(t)值。

表一 本研究基地材料參數範圍

	統體單位重 γ_t (KN/m ³)	凝聚力 c (KN/m ²)	內摩擦角 ψ (度)	滲透係數 k (mm/hr)	滲透係數 k (cm/sec)
頁岩	19.1	1.02~1.06	25~27	10 ⁻¹ ~10 ⁻³	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁷
砂頁炭互層	24.50	0.25~1.00	25~32	10 ⁻² ~10 ⁻⁴	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁷
砂岩	19.11~26	0.5~1.5	32~48	10 ⁻² ~10 ⁻⁴	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁸
砂岩(浸水)		0	27		
頁岩(浸水)		0	27		

(2) 邊坡穩定分析執行

同時採用 Bishop(1955,1960)、Janbu(1956,1973)與 Morgentern-Price (1965)等方法進行分析，切片間之作用力乃在側向力函數(Side Function)選項中，將函數設定為半正弦函數，滑動面選項採用完全人為設定之方式來設定滑動面，對邊坡之移動方向採用由右邊向左邊之方向，切片數目設定

為 30 片。

(3) 材料參數

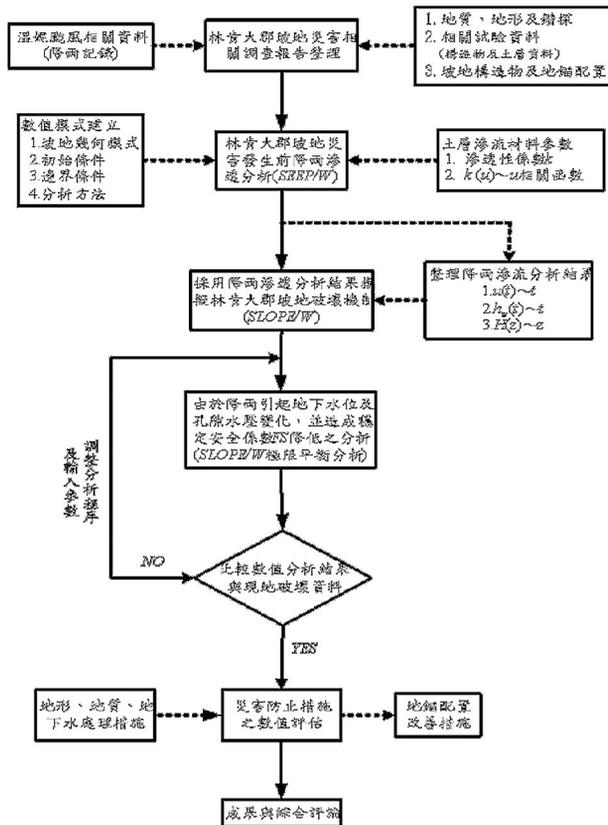
於幾何模式建立完成後，便可輸入相關之材料參數，表二為林肯大郡災變區 SLOPE/W 模擬之輸入參數值，表三為林肯大郡擋土牆與護坡格樑地錨自由段與錨碇段長度表。

表二 SLOPE/W 邊坡穩定分析輸入參數值

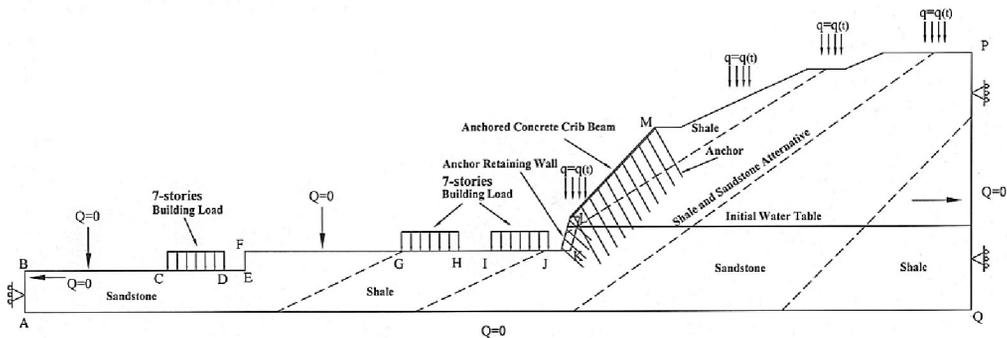
	統體單位重 γ_t (KN/m ³)	凝聚力 c (KN/m ²)	內摩擦角 ψ (度)
頁岩	19.1	1.02~1.06	25~27
砂頁炭互層	24.50	0.25~1.00	25~32
砂岩	19.11~26	0.5~1.5	32~48

表三 林肯大郡擋土牆與護坡格樑地錨自由段與錨碇段長度表

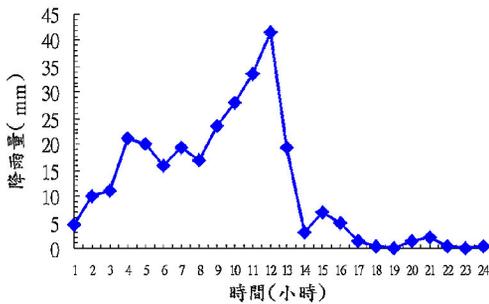
位置	設計單位提供 (閩鼎公司)	施工單位提供 (日昇公司)	抗拉試驗反推求得
格樑地錨	(10m)+5m	(10m)+5m	均已破壞無法校核
擋土牆地錨 (由下至上)	a (12m)+6m b (12m)+6m c (8m)+6m d (6m)+7m	a (13m)+5m b (13m)+5m c (10m)+5m d (10m)+5m	(8m)



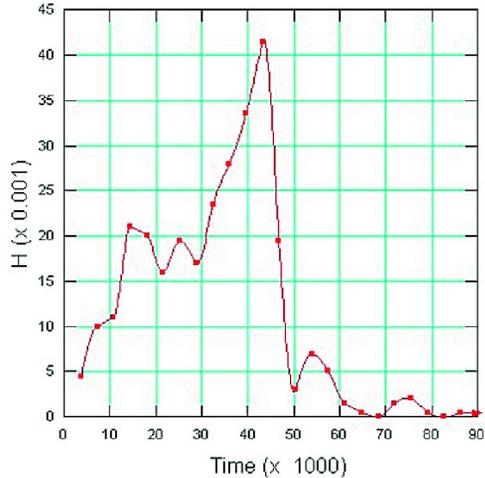
圖一 研究流程圖



圖二 林肯大郡災變區數值幾何模式及邊界條件示意圖



圖三 溫妮颱風之降雨歷線圖



圖四 溫妮颱風降雨歷線圖之轉換 $H(t) \sim t$ 曲線

四、邊坡穩定數值模擬

4.1 林肯大郡坡地災害發生區降雨滲流分析

滲流分析模擬結果顯示滲流水大多集中於表層風化頁岩及砂頁岩互層區，滲流係數值愈高，表示地層有較高之滲流速度場，亦即有較大之滲流梯度及滲流壓力。由於速度場之方向與層面方向大致平行，且其值偏高，此意味有較大之滲流壓力存在於上述兩區，對邊坡滑移之啓動有重大影響。且依據文獻資料溫妮颱風降雨延時第 8 小時與坡地災害發生時間相近，圖五顯示降雨滲流分析第 8 小時之地下水位推估位置及相當之滲流速度場。

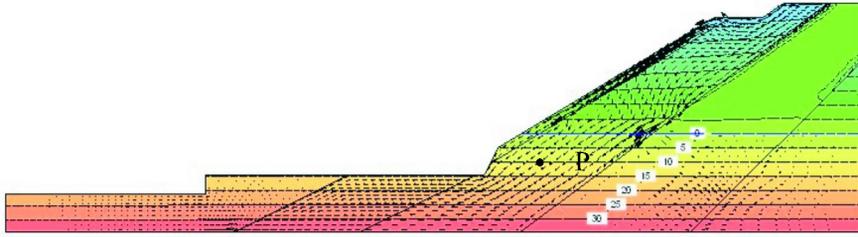
圖六為在砂頁岩互層中在初始地下水水位下方約 0.543m 處選取監測點 P 觀測壓力水頭在降雨期間的變化情形。由數值分析資料可知壓力水頭隨降雨時間延時逐漸增大，此暗示在降雨期間雨水入滲造成地下水水位逐漸上升，並提高壓力水頭及滲流壓力。此

為降雨導致邊坡開始滑動破壞之原因。

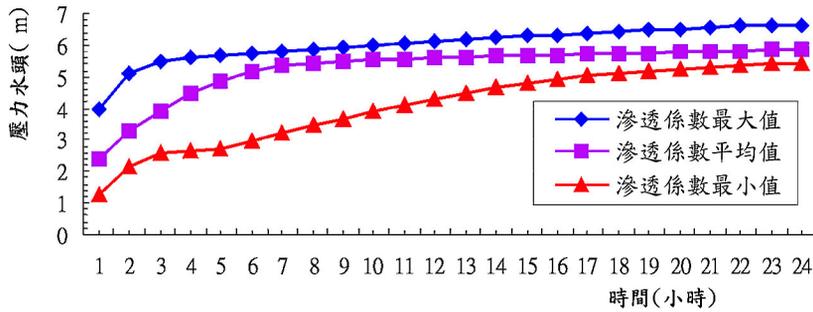
4.2 林肯大郡坡地災害發生區邊坡穩定分析

本節採用上節降雨及地下水滲流模擬之滲流壓力計算結果進行依時邊坡穩定分析(time-dependent slope stability)。由分析結果探討降雨延時、入滲及滲流對林肯大郡已完成整治坡地穩定性之影響。

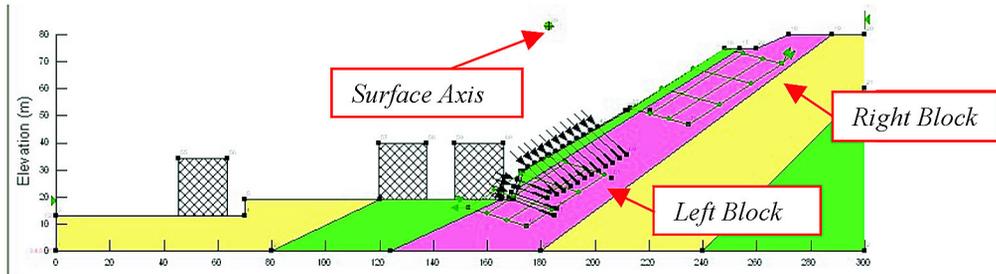
根據林肯大郡現地調查及學術研究結果幾可確定林肯大郡坡地災害屬於典型的塊體平面型滑動破壞如圖七所示，配合災後現地調查結果在常時地下水水位情況下分析潛在破壞面在無降雨時之 FS 值為 1.091 如圖八所示。降雨時下降為 0.972，可知降雨時地下水水位上升對邊坡穩定造成的不利影響。以下即採用最適潛在滑動面在降雨情況下之穩定性作為參數研究之初始參考狀態。隨之，改變坡地中之各項設計參數如地錨設計長度與設計拉力以及岩層強度參數等進行穩定分析。



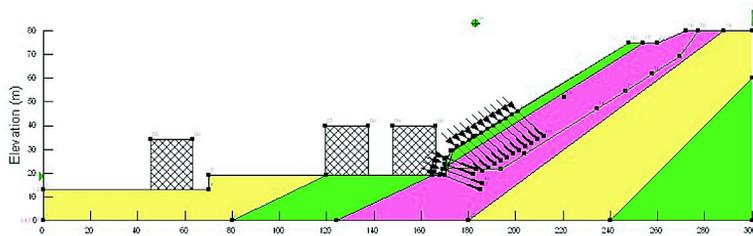
圖五 滲透係數最小值條件下第8小時地下水位分佈情形



圖六 砂頁岩互層地下水下監測點P 壓力水頭與降雨延時關係圖



圖七 塊體設定(Block Specified) 破壞模擬



圖八 參數研究潛在破壞面之選定 (FS=1.091)

4.3 參數研究數值變數設定與分析

本研究以地錨設計參數及岩層強度參數作為數值變數，以瞭解其對邊

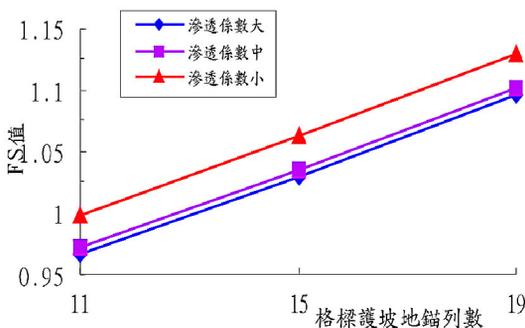
坡穩定之影響。根據分析結果地錨列數、地錨拉力及地錨總長度對邊坡穩定之影響如圖九至圖十一所示，分析

資料顯示 FS 值隨格樑護坡地錨列數及地錨拉力之增加而提高，林肯大郡實際地錨根數為 344 根，較原設計 468 根少很多，地錨根數不足可能是造成災變的原因之一。分析結果顯示增加地錨拉力對 FS 值的增加較明顯。

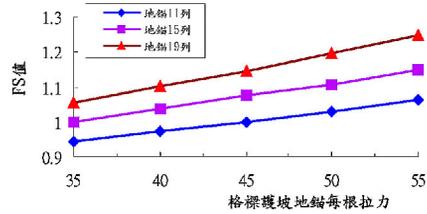
圖十一顯示地錨總長度需穿過潛在破壞面才能充分發揮錨定功能，本案例地錨總長度為 19m 及 24m 時錨碇段正好分別接觸或穿過潛在破壞面。

(4) 降雨延時與邊坡穩定性

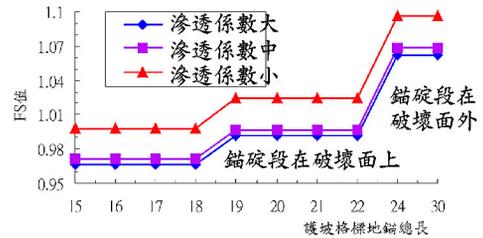
本基地降雨歷時對邊坡穩定性的影響分析結果如圖十二所示，分析資料顯示在降雨前邊坡穩定之 FS 值為 1.091，降雨 1 小時即大幅下降至 1.013，降雨第 8 小時 FS 值最低為 0.97，理論上邊坡應已完全崩坍破壞，惟實際上因影響邊坡穩定的因素極多，砂頁岩互層不連續面上之極限剪力變形乃以漸變方式累積，因此圖十二分析的安全係數值可能有相當的誤差，惟就其變化趨勢觀察，林肯大郡在降雨初期即達臨界破壞狀態，降雨第 8 小時最危險，實際坡地塊體全面性滑移亦延遲到降雨第 8 小時發生。



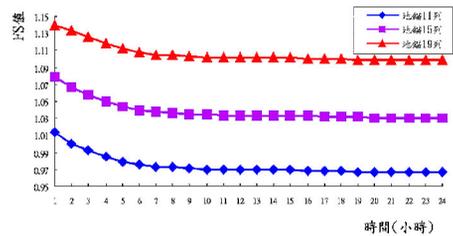
圖九 地錨列數與 FS 值變化關係圖



圖十 地錨設計拉力與 FS 值變化關係圖



圖十一 地錨總長度對 FS 值之影響圖



圖十二 降雨歷時各時間階之安全係數變化曲線

五、結論與建議

5.1 結論

綜合本研究之分析成果，可歸納下列結論：

- (1) 以林肯大郡坡地設計為例，格樑護坡地錨列數由 11 列增加至 19 列時，FS 值平均只增加約 13.3%，此意謂在先天穩定性不佳之邊坡，大量施作地錨錨碇工，並無法對穩定性之改善作當量的提升，由分析結果推斷，在改善邊坡穩定性時提高地錨設計拉力可能較增加地錨數量來得經濟。
- (2) 若地錨無法穿過破壞面則不論總長

度為何皆無穩定效果，因為地錨錨碇力並未納入安全係數的計算。此亦為林肯大郡坡地災害發生的主因之一。

(3)若增加地錨總長使錨碇段位於破壞面上，則將有部分錨碇段發揮作用，使 FS 值有相當提升。若持續增加地錨總長使錨碇段貫穿破壞面並錨碇於下方之岩層中，則因錨碇段與鋼絞線同時發揮作用，使 FS 值大幅提升。此後，無論總長度增加多少，FS 值數不再提升，因為錨碇力與鋼絞線抗剪力並未隨總長增加而加大，地錨除了應有足夠的設計拉力及數量外，錨碇段與潛在破壞面的位置關係對地錨功能是否能有效發揮有決定性的影響。

(4)林肯大郡坡地穩定分析結果顯示 FS 值在降雨 1 小時即大幅下降為 1.013，由此推斷林肯大郡在降雨初期即達臨界破壞狀態，但由於砂頁岩互層不連續面上之極限剪力變形乃以漸進方式累積，因此坡地塊體全面性滑移崩落才延遲到降雨第 8 小時發生。

5.2 建議

本研究雖已採用滲流分析結果來進行邊坡穩定分析，但並無法窺視邊坡在不穩定狀態下的變形模式情況，因此將變形分析納入整個分析流程將使邊坡更能真實呈現其不穩定的面貌。

參考文獻

1. 內政部營建署(1997)，“汐止林肯大郡邊坡坍塌災變調查報告”。
2. 胡紹敏(1979)，“砂岩與頁岩之邊坡穩定問題”六十八年邊坡穩定與坍方研討會。

3. 廖瑞堂，周功台(1998)，“林肯大郡邊坡坍塌災變原因之省思及後續整治建議”，*土工技術*，第 68 期，p41-54
4. 台灣省應用地質技師公會(1998)，*汐止林肯大郡邊坡坍塌災變後-檢視整體地盤及鑑定建物安全性及災變發生原因工程地質評估鑑定報告*。
5. 陳堯中、廖洪鈞、林宏達、陳志南(1997)，*汐止林肯大郡邊坡滑動災變原因鑑定報告*，台灣士林地方法院檢察署委託。
6. Attewell, P. B. & Farmer, I. W. (1974), *Principles of Engineering Geology*, John Wiley & Sons, INC., New York
7. Bishop, A.W. & Morgenstern, N. (1960), *Stability Coefficient for Earth Slopes*, *Geotechnique*, Vol.10, No.4, PP.164-169
8. Hoek, E. & Bray, J. W. (1977), *Rock Slope Engineering*, The Institution of Mining and Metallurgy, 2nd Ed., London.
9. Janbu, N., Bjerrum, J. & Kjaernsli, B. (1956), *Stabilitetsberegning for Fyllinger Skjaeringer for Morgenstern-Price Method of Analysis*, User's Manual No.14, University of Alberta Edmonton, Canada.
10. Morgenstern, N. R. & Price, V. E. (1965), *The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces*, *Geotechnique*, Vol.15, PP.79-93.
11. Spencer, E. (1967), *A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces.*, *Geotechnique* 17, N0.1, pp. 11-26.

港口貨櫃場進儲方式比較分析

張雅富 長榮大學經營管理研究所 博士生

杜宇平 樹德科技大學工業管理系系主任

一、前言

航商在計算全球航運總成本時，為求能有更低的港口作業成本，便採取將航線集中與僅靠泊少數樞紐港(Hub)方式，當貨櫃船舶逐漸朝向超大型化(8,000TEU 以上)發展時，使數以萬計的貨櫃開始擠入港口貨櫃中心。

如果貨櫃船型持續發展達到10,000TEU 以上時，因為船舶貨運量是由不同的地點所集中、儲轉；但受限於港口水深及碼頭佈置方式，不是每一個港口都能容納超大型貨櫃船作業。因此這些大型貨櫃船將只會停靠世界少數幾個能停靠的港口，並將其他小港貨櫃接駁集中至少數樞紐港。

由於貨櫃船型的增大將有需要一個合宜的貨櫃中心作業系統，使拖卡車和機具在某種貨櫃碼頭作業限制情形下(最短時間內的貨櫃進、出量)，讓貨櫃的儲轉方式能在轉運港口快速進出貨櫃中心。

而 Cullinane & Khanna(2000)在對超大型貨櫃船的研究建議中指出，碼頭作業、貨櫃進出與其他運具聯運效率是影響航商成本的因素之一。因此，本文認為超大型貨櫃船停靠港口

時，有關其貨櫃進出貨櫃中心的儲存方式，將會影響其碼頭作業效率，而貨櫃場地的作業方式選擇，未來有可能亦為重要的影響因素。

基於上述之研究說明，表示許多傳統港口正遭受貨櫃船舶尺寸不斷增大的影響，也特別意味著：

- (1)超大型貨櫃船對於使用較長船席與較大土地的需求，而後者則受到環境與其他限制。
- (2)使貨櫃中心場地已受限基本運輸設施倍增壓力，將造成交通瓶頸。

因此由前述的說明，期望透過本研究能達到以下的目的：

- (1)考量大型貨櫃船因營運成本高，故在港作業時間儘量縮短，所運送之大量貨櫃需要在貨櫃中心場地儲轉延滯最小的目標，以模擬適當的作業模式。
- (2)對港口的貨櫃中心場地作業運作，就貨櫃進出其場內作業方式提出研究建議，以供港口規劃貨櫃中心時之參考。

二、貨櫃中心作業探討

Cullinane & Khanna(2000)認為航商採用大型貨櫃船在少數港口作業

時，對港口衝擊是需要充足的碼頭、水深及起重機，而港口需要發展裝運中心(Load centers)觀念，讓超大型貨櫃船所帶來的貨櫃，能跟其它運具合作以快速進出港區，讓航商達到節省海上與陸上的運輸相關成本。

同時Baird(2001)根據其對航商的調查結果，也顯示港口要面對未來即將產生的影響情況是：

- (1) 承載量 10,000TEU-15,000TEU 的貨櫃船可能在 2010 年前投入市場。
- (2) 此種貨櫃船設計僅靠泊港外超大型貨櫃中心(Offshore transshipment mega-hubs)作業，因此航線將跳過許多傳統港口。

因此當超大型貨櫃船靠泊港口後，無可避免地對貨櫃中心的貨櫃進出方式產生作業影響。

貨櫃是經過許多環節的運輸體系來進行，其中港口的貨櫃中心是國際貨櫃在海上與陸上連接、轉運樞紐。Vis & de Koster(2003)認為當 8,000TEU 貨櫃船出現時，為讓這種大船有效率運作，有必要讓船在碼頭作業時間僅可能達到最少。其中碼頭作業主要有包括船舶到港、卸載計畫、貨櫃卸船、貨櫃搬運、堆疊、櫃場內搬運、其他運具、櫃場內搬運、堆疊、裝載計畫、貨櫃搬運、貨櫃裝船等作業的循環。

而為因應貨櫃運輸船舶大型化的趨勢，貨櫃碼頭應建設為高效率、大型化的現代化碼頭，此種碼頭具有以下特點(楊志剛，2001)：

- (1) 應有足夠的航道與港池水深

- (2) 碼頭後方應有寬廣陸域與集散場
- (3) 碼頭後方應有方便運輸疏運設施
- (4) 配備大型高效率的貨櫃裝卸設備
- (5) 提供現代化的通信指揮設施

而本研究認為其中不論是內陸運進貨櫃中心、碼頭船邊卸貨櫃中心或轉運出貨櫃中心等方式，都將會與櫃場作業方式有關。因為其中有關櫃場作業將與其他後續貨櫃運輸系統的連結息息相關，中間涉及個別的作業活動，因此需要加以規劃與控制，故良好的櫃場作業方式將有助於管理績效的提升。

無論是託運人的待裝貨櫃，還是從貨櫃船卸下要交運給收貨人的貨櫃，都必需經過貨櫃場(Container Yard, CY)的處理，所使用的裝卸機具包括門式機(軌道式、膠輪式)、跨載機、堆高機或移動式起重機等。

貨櫃場的作業績效端看貨櫃場作業能否順利流暢，貨櫃場的功能要視是以提供倉儲服務(Warehousing service)或快速轉運服務(Quick transit service)而定，前者提供貨主短期免費的儲放、而後者是改善相關的程序使貨櫃能快速進出貨櫃中心，而貨櫃場除了有裝卸場地的作用，還有貨櫃裝卸暫時儲轉(Buffer)場地的功能，不同的方法就會影響貨櫃中心的儲存容量及周轉率。

在非數學解析模式的研究方法中，近年來有學者利用決策支援系統(DSS)或模擬方式來解決貨櫃在貨櫃中心的運輸問題，例如香港的葵涌貨櫃碼頭是運用電腦模擬貨櫃的運送路

徑(Shabayek & Yeung, 2002)；而 Kia & Ghotb(2002)則是以電腦模擬不同裝卸技術對貨櫃中心容量的影響(以現行與假設的作業系統相比較)。Yun & Choi(1999)是以韓國釜山港東碼頭中心為例，假設一貨櫃作業系統，此系統包括碼頭、貨櫃場與閘口(Gate)、作業機具等，運用物件導向方法來模擬貨櫃中心的作業機具數與時間；這些方式均參考或引用模擬觀念與方法。

模擬(Simulation)是模仿真實系統的行爲。它是在作業研究中廣泛使用的一種富有彈性、效力及可預視的技術工具，這項技術包括使用電腦來模仿(模擬)整個過程或系統的運作。當使用模擬作為研究工具時，其設計步驟是先完成一些初步分析來發展系統(包括它的運作程序)的一個粗略系統設計，然後利用模擬來進行特定設計的步驟，以便估計各個子系統的觀測值。使用這種方法發展並選擇細部設計後，這系統便可能在實際使用中對最終設計進行微調。

基本上當隨機系統太過複雜，初期以致難以用數學模式切入分析時，便可先採用模擬來解決。系統設計的目的是希望系統的運作能達到最佳化，以尋找系統元素及決策變數的最佳組合，以期達成設定績效指標的最佳化。

三、研究方案設計

(一)貨櫃中心作業說明

貨櫃中心的貨櫃作業可由兩部份

組成，一是收櫃作業(Receipt operation)將出(轉)口櫃運經閘口至碼頭貨櫃場；二是提櫃作業(Delivery operation)將進(轉)口櫃由碼頭貨櫃場運經閘口至內陸集散站，其中收櫃作業與提櫃作業都有其本身的作業程序，因此須分別加以簡要說明。

(1)收櫃作業：通常是由貨櫃拖車從內陸集散站經公路運送至貨櫃中心。

- 1.在閘口處司機需繳交貨櫃文件以供檢查、驗證抵達時間等。
- 2.司機將貨櫃文件交由辦事員輸入電腦，由控制中心指派儲放位置。
- 3.司機將貨櫃運送至指定位置，由控制中心指派起重機拖車卸場地。

(2)提櫃作業：通常是由貨櫃拖車從貨櫃中心經公路運送至內陸集散站。

- 1.在閘口處司機需繳交船公司提領貨櫃文件以供檢查等。
- 2.司機將貨櫃文件交由辦事員輸入電腦，由控制中心找出貨櫃儲放位置，指派起重機至儲位提櫃。
- 3.司機接受指派至指定地點等候貨櫃由場地裝車後駛離場地。

因此由以上說明在實務上是將貨櫃依其目的地分為出口櫃(含轉運)、空櫃(快速檢查通過)及進口櫃(含轉運)、空櫃(快速檢查通過)。

(二)模擬系統設定

由於影響貨櫃中心內部作業之因素頗多，故為確立使用電腦模擬的分析範圍，並適當簡化模擬之複雜程度，故本研究以船邊卸櫃進場作業後

出閘口模擬為限，由貨櫃中心作業方式加以整理成為三個主要作業相關子系統如圖 1：

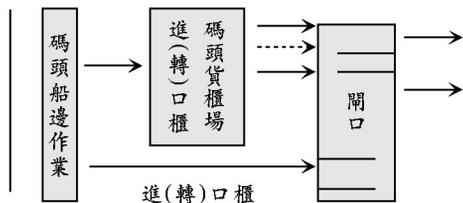


圖 1 貨櫃中心作業

本研究使用 Extend 電腦軟體，以貨櫃中心內三個主要作業子系統(船邊作業、貨櫃場作業、閘口作業)，模擬其貨櫃中心的作業各子系統相聯接之情況。

為了模擬貨櫃中心之真實作業情況，本研究參考高雄港 M 船公司之船期表，就相同的模擬變數條件如滿載靠港全船卸 40%、岸邊起重機數、進(轉)口及空櫃比例，以三艘貨櫃船(9,000TEU 一艘，6,000TEU 兩艘)在三個月之固定航班靠碼頭作業，分別設計三種貨櫃中心作業方式加以模

擬。模擬循環時程為 9,000TEU 貨櫃船每兩週靠港作業一次，兩艘 6,000TEU 貨櫃船每週各靠港作業一次。9,000TEU 貨櫃船卸櫃效率為 120TEU/Hour，兩艘 6,000TEU 貨櫃船卸櫃效率各為 80TEU/Hour；以上每航次碼頭全程作業時間限制均為 30 小時內完工。

(三)模擬方式說明

(1)作業方式 1—將三艘貨櫃船依其靠港定期作業排程所卸貨櫃，分別將空櫃、進(轉)口櫃之優先進貨櫃場作業次序機率值各訂為 0.2 與 0.8，並依通過貨櫃場時給予通過指定閘口的屬性值，貨櫃再依屬性值之不同，分別通過指定的閘口，每個閘口通過延遲時間會依通過貨櫃分類之不同(空櫃、進口與轉口櫃)，而有不同的閘口作業延遲時間(0.5、1、1.5 分鐘)設定。其模擬架構圖如圖 2。(註：實務以卸船空櫃量較少，空櫃因櫃內無貨物放行較進、轉口櫃快)

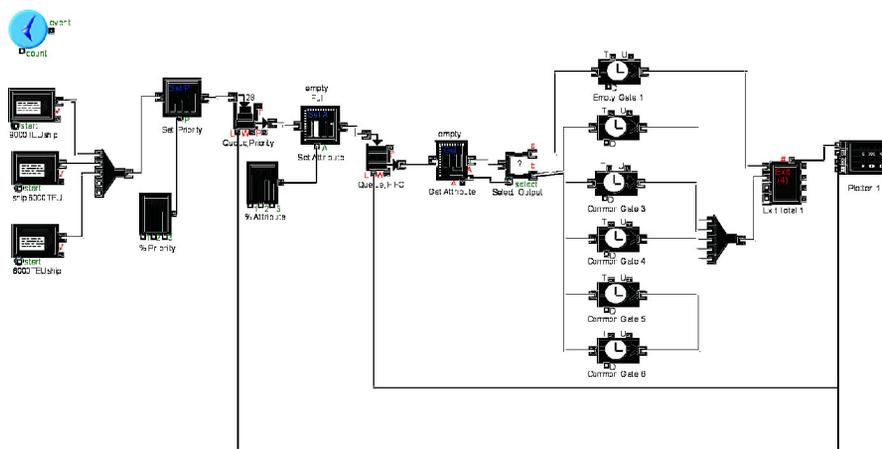


圖 2 貨櫃中心作業方式模擬架構 1

(2)作業方式 2—同上述分別將空櫃、進(轉)口櫃之優先作業進貨櫃場次序機率值各訂為 0.2 與 0.8，接著再次依通過進口與轉口櫃之分類各給予機率值各為 0.4 與 0.6，之後所有貨櫃再依所給予屬性值之不同分別

通過指定的開口，每個開口通過延遲時間會依通過貨櫃分類之不同(空櫃、進口、轉口櫃)，而有不同的延遲時間(0.5、1、1.5 分鐘)設定。其模擬架構圖如圖 3。

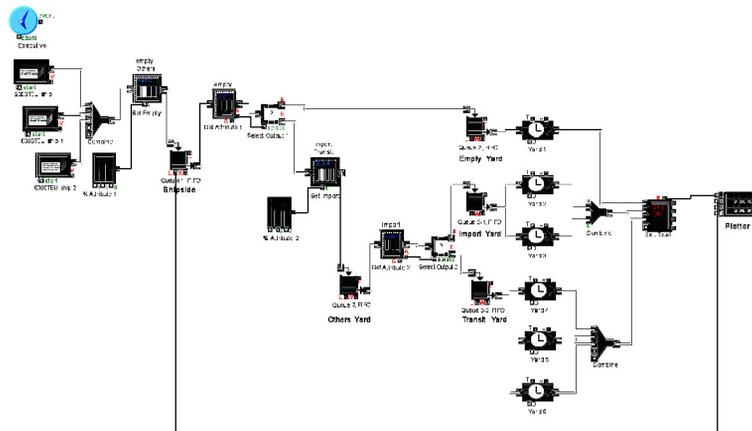


圖 3 貨櫃中心作業方式模擬架構 2

(3)作業方式 3—延續前面的模擬架構，將三艘貨櫃船依其靠港定期作業排程所卸貨櫃，分別將空櫃、進口與轉口櫃之進貨櫃場優先作業次序機率值各訂為 0.2、0.32 與 0.48，此模式與前述不同處，當三種屬性的貨櫃進入不同的貨櫃場儲放一定時間(1 小時、0.5 天、3 天)儲存後

提領離開，離開貨櫃場之後所有貨櫃再依所給予屬性值之不同分別通過指定的不同開口，每個開口通過作業延遲時間會依通過貨櫃分類之不同(空櫃、進口、轉口櫃)，而有不同的延遲時間(0.5、1、1.5 分鐘)設定。其模擬架構圖如圖 4。

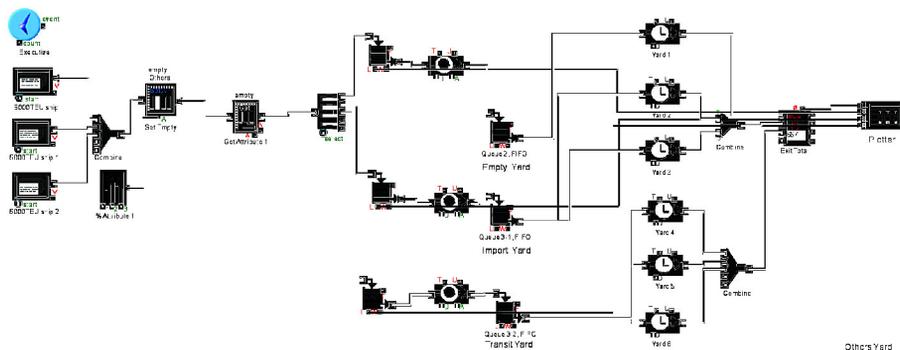


圖 4 貨櫃中心作業方式模擬架構 3

四、分析與討論

作業模式 1 與 2 是將卸船貨櫃依其空櫃、進口櫃、轉口櫃之屬性，在出貨櫃場時將其分流進入指定的開口，模式 1 與 2 皆設 6 個開口。但是模式 1 佈置為 1 個空櫃專用通過開口、5 個進口櫃、轉口櫃共用通過開口。模式 2 佈置為 1 個空櫃專用通過開口、2 個進口櫃專用通過開口、3 個轉口櫃專用通過開口。模擬結果如圖 5、6 所示，圖 6 紅線顯示卡車有等候線延滯現象。在同一模擬時間及條件內，兩個模式通過之各類貨櫃總數皆

為 87,040TEU，且無等候延遲發生，但模式 1 佈置的空櫃通過數為 17,518TEU 會優於模式 2 空櫃通過數為 16,360TEU，亦表示模式 1 佈置的進(轉)口櫃通過數會少於模式 2 進(轉)口櫃通過數。

模式 3 之模擬結果如圖 7，此模式由於設定在空櫃、進口櫃、轉口櫃在貨櫃場有不同儲放時間，會造成船邊卸進貨櫃場有很大的紅色等候線產生，以致離開貨櫃場通過開口數大幅下降，但會與轉運之快速通過之需求特性相抵觸。

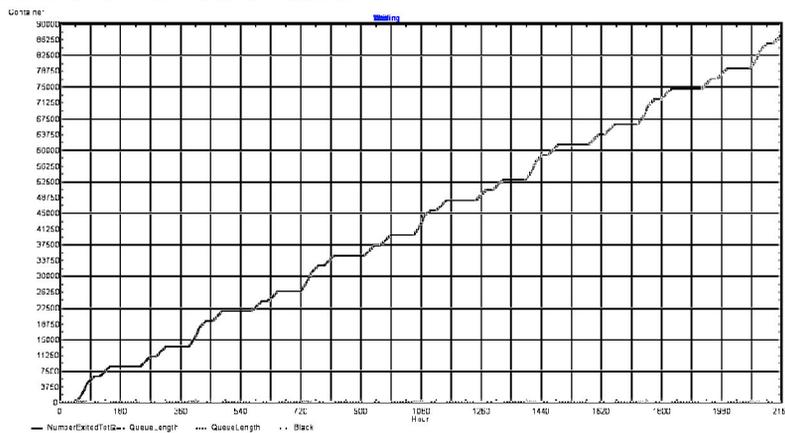


圖 5 作業方式 1 模擬結果輸出

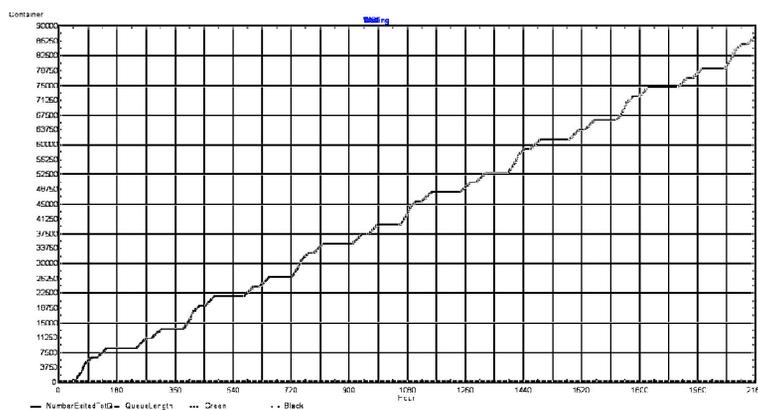


圖 6 作業方式 2 模擬結果輸出

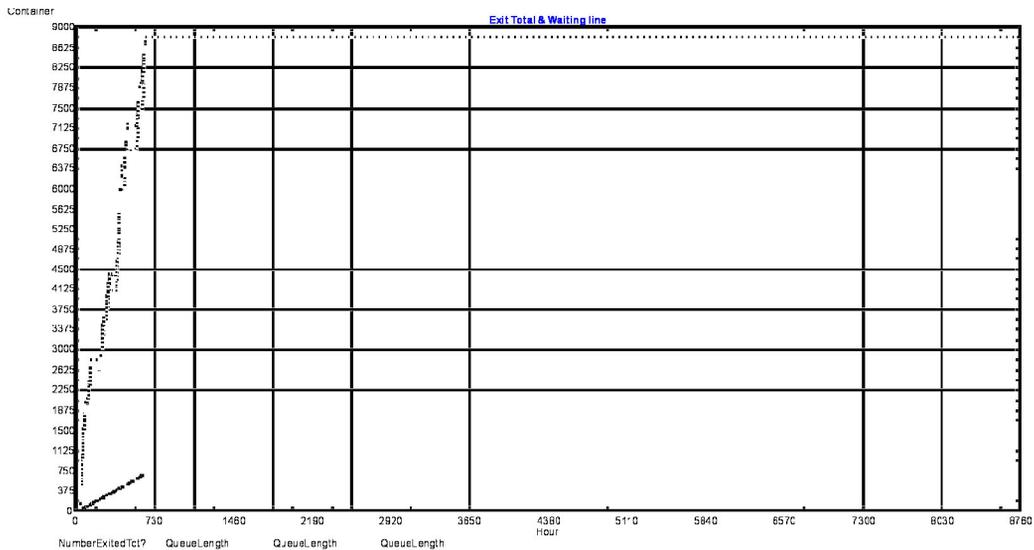


圖7 作業方式3 模擬結果輸出

註：圖 5~7 之縱軸為離開貨櫃數，橫軸為作業小時數)

由模擬方案(三艘船)的三個月航班安排模擬結果，如圖 5 與 6,7 所示，顯示 2 艘 6,000TEU、1 艘 9,000TEU 的不同組合航班，卸櫃作業開工後如能按貨櫃屬性(空櫃、進口櫃、轉運櫃)先加以分流，特別是在進貨櫃場前的時段，方案 1 與 2 的作業在船邊卸櫃至貨櫃場子系統方面都沒有產生滯留碼頭現象。而由於貨櫃船隊靠港作業時間的不同航班安排，為避免前一航次作業的貨櫃滯留碼頭，影響下一航次的作業，因此使貨櫃場需具有供各類貨櫃暫時進場儲存駐留功能，故其貨櫃場的面積與作業路徑規劃需考量因素，主要是船型規模組合及船期安排。

方案 3 的貨櫃場出櫃模擬方式主要分為直接通過、儲存一小時與 0.5 天、儲存三天各種儲存作業方式，前者為短暫的貨櫃場存放即提領，後者

為較長不同天數的存放後再提領，故在貨櫃場會增加較多的翻櫃搬移動作及延滯時間，頗能符合實務上之作業情況，由圖 7 之模擬輸出結果，可看出多日儲存方式會減少貨櫃出櫃場至開口數量。而開口的通過作業時間若過長則將會影響貨櫃場的出櫃數量，為配合大量貨櫃的提櫃出場，每個開口的單位貨櫃量監視通過時間建議不應高於 1.5 分鐘(現行每部車通過約為 4 分鐘)，或應保持共用開口開放數量組合及前方卡車等候線長度的彈性。同時貨櫃場的作業機具及場地組合，其貨櫃場總作業能量須能夠配合接納來自船邊一定時間內的卸櫃通過與儲存數量，以達到提供作業緩衝等候的功能。

五、結語

目前港口尚無超大型貨櫃中心作

業實例，故本研究先以假設的貨櫃中心條件為模擬演練對象，選定部份電腦模擬參數(例如進口、空櫃比例；船型及航班；貨櫃場儲存時間等)後採用逐步調整試誤方式。因此無法就實例與模擬結果作一比較實為一項限制，但如與現行船舶作業相較，仍可藉此發現未來超大型貨櫃船的作業瓶頸以供後續研究內容之進一步改進。

在貨櫃中心的運作中，整個區位實際動線佈置會影響船邊每個橋式起重機數及在卸貨櫃的作業時間，並不會如本研究所設定會為較一致的時間分配，因此如果未來在子系統內部作更細緻模擬時，應將貨櫃通過路徑時間長短及每個作業機具時間順序分別納入考慮，模擬結果會近似真實情況。

參考文獻

1. 皮拖科技，2003，Extend 動態模擬應用軟體使用手冊，台中。
2. 楊志剛主編，2001，國際集裝箱多式聯運實務與法規，人民交通出版社，北京。
3. 潘昭賢、葉瑞微譯，2002，作業研究(下)，滄海書局，台中。
4. Baird, Alfred J., 2001, "Container Vessels in The New Millennium: Implications for Seaports", Singapore Maritime & Port Journal, pp.162-181.
5. Culliane, Kevin., Khanna, Mahim., 2000, "Economies of scale in large containerships: optimal size and geographical implications", Journal of Transport Geography, Vol.8, No.3, pp.181-195.
6. Kia, M., Ghotb, E. Shayan, F., 2002, "Investigation of port capacity under a new approach by computer simulation", Computers & Industrial Engineering, Vol.42, No.2-4, pp.533-540.
7. Vis, Iris F.A. & de Koster, Rene ., 2003, "Transshipment of containers at a container terminal: An overview", European Journal of Operational Research, Vol. 147, No.1, pp.1-16.
8. Shabayek, A.A., 2002, "A Simulation model for the Kwai Chung container terminals in Hong Kong", European Journal of Operational Research, Vol. 140, No.1, pp.1-11.
9. Yun, W.Y., Choi, Y.S., 1999, "A simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach", International Journal of Production Economics, Vol.59, No.1-3, pp.221-230.

高雄港區聯外道路鋪面材料之研究

林登峰 義守大學土木與生態工程學系副教授

鄭瑞富 義守大學土木與生態工程學系助理教授

一、前言

高雄港為世界五大商用港之一，貨物運輸量極大。高交通量之重車行駛於港區與市區道路上，對現有道路鋪面形成嚴重負荷，再加上南台灣夏季溼熱多雨之因素，致使傳統瀝青混凝土路面易造成車轍變形與剝脫損壞之情形，危害鋪面結構及行車安全，且降低鋪面服務壽命及服務水準。

高雄市新生路及漁港路為高雄港區聯外道路系統中，連接高雄港區與中山高速公路之主要幹道。依據高雄市政府新建工程處交通量調查顯示新生路(漁港路—金福路段)及漁港路交通量為每小時 2600pcu，而大貨車與聯結車所佔比例各為 39.3% 與 41.6%，可知本路段之重型車所佔比例相當高。重型貨櫃車及聯結車行駛於道路鋪面與路口處因煞車及啓動時之摩擦作用，使傳統瀝青混凝土路面形成嚴重之龜裂與車轍，危害道路結構安全，因此鋪面需要經常重複進行加封工程，影響運輸效率與行車安全。

高雄市政府新建工程處於新生路(漁港路—金福路段)及漁港路拓寬工

程中，研擬採用石膠泥瀝青混凝土(Stone Mastic Asphalt, SMA)，增加鋪面抗車轍能力及減少龜裂損壞，以改善目前鋪面成效不佳之情形。

依據相關研究顯示採用 SMA 鋪面，可延長重車行駛之路面的使用年限，並降低路面維修養護成本。但目前缺乏 SMA 相關技術規範，因此需要就 SMA 配比設計、拌合及施工作業程序，研擬一套標準技術規範，以提供工程實務應用。

二、石膠泥瀝青混凝土

石膠泥瀝青混凝土為一種以高比例粗粒料的開放級配，攪拌高瀝青含量與填充料所拌合而成之瀝青混凝土，由於粗粒料佔了大部分的比例，經歷實後粗顆粒碎石相互緊密連鎖接觸(Interlock)，形成一堅實的骨架結構，可將車輛衝擊載重有效地傳遞到路基，因此 SMA 具有相當良好的穩定性，而高含量之瀝青及填充料則可增強瀝青混凝土之耐久性。

SMA 已在歐洲使用二十年，主要原因是其對耐久性的改善和抗車轍與裂縫，現在 SMA 也在美國很多地區使用。SMA 材料性質包括骨材、纖維

材料、力學性質以及鋪面成效之研究成果顯示 SMA 力學性質優於傳統瀝青混凝土。

綜合歐洲、日本、加拿大與美國相關研究與鋪設之經驗顯示。SMA 為一開放級配，高品質碎石契合、纖維素的添加為其主要特性。由於粗粒料骨架間的契合及顆粒間的接觸而對車轍有良好的抵抗；經由增加含油量而改進了對裂縫的抵抗；同時由於厚結合料薄膜使空隙率減至最小而增加其耐久性，且降低對老化的敏感性。另外在 SMA 之瀝青膠泥需通常加入添加劑如纖維、羊毛纖維或聚合物，以提高瀝青在拌合及鋪築時在高溫下的穩定性。這一要求的原因是由於 SMA 之瀝青含量較傳統密級配瀝青混凝土高，更由於 SMA 級配料其粒料之表面積較傳統密級配瀝青混凝土低很多。又由於高溫下瀝青膠泥之黏滯度較低，於拌合運送到工地，及鋪築過程時瀝青膠泥會有經拌合料流出的現象。在瀝青膠泥內摻入添加劑，可增加瀝青在高溫時之稠度，防止此一現象的發生。

國內對於 SMA 的研究方面，林志棟等君[1]分析台灣鋪面材料性質，建議 SMA 採用 AC-20 或更高等級之瀝青膠泥，粒料應具較佳品質且顆粒應較為立體，並需檢驗其扁平率，另建議以石粉填充料增加抗剝脫能力，添加纖維抑制垂流現象。

林志棟等君[2]研究 SMA 與傳統密級配瀝青混凝土馬歇爾配合設計，SMA 粗粒料應試驗乾搗單位重

VCA_{DRC}，進行馬歇爾試驗依據 VCA 及 VMA 決定設計級配，再根據空隙率 V_a 決定瀝青用量，最後對 SMA 配合設計結果進行抗剝脫試驗及垂流試驗。

林秉祁等君[3]研究發現 SMA 材料規範較為嚴格，台灣地區之鋪面材料而言未必全部適用。在瀝青膠泥上應以 AC-20 或更高等級之瀝青為適用材料，粒料則需檢驗其扁平率後才能使用，填充料以石粉為主，並需添加纖維等添加物。於配合設計方面，以馬歇爾配合設計為藍本，參考配合美國 NCAT 配合設計法檢驗之理念，初擬台灣地區適用之 SMA 配合設計法。

蕭志銘等君[4]比較 SMA 石膠泥瀝青混凝土、傳統密級配瀝青混凝土與多孔性瀝青混凝土三者。傳統密級配瀝青混凝土因細粒料比例高，使粗粒料間連結不佳，承受荷重後易產生滑動而形成車轍；多孔性瀝青混凝土，因具有 20 % 左右的孔隙有助排水，不過瀝青易老化。SMA 雖與排水級配極為相似，但粗骨材間由瀝青、纖維穩定添加劑、無機填充料及少量細粒料填充，所以孔隙較少，粗骨材內鎖而能承受較大荷重。

莊坤湖君[5]研究添加之纖維長度對 SMA 的抗剪強度有明顯增加，但考慮纖維製作、攪拌性、加勁效果，取 6cm 最為合適。由鬆散狀纖維與團丸狀纖維的比較試驗發現。鬆散狀纖維的拌合均勻性優於團丸狀纖維，且吸油能力較強。

綜觀上述，SMA 確實具有優於傳統密級配瀝青混凝土的能力，適合應用於高雄港區聯外道路高承載及胎壓交通環境下。

三、SMA 鋪面試驗路段

本研究於高雄港區聯外道路重車行駛之新生路(漁港路—金福路段)及漁港路 SMA 鋪面試驗路段。進行 SMA 試驗道路鋪築前及鋪築後之各項試驗。試驗項目包括：

3.1 鋪築前試驗項目

現地道路試驗：

- (1) 路面破壞評估。
- (2) 抗滑儀試驗。
- (3) 高低平坦儀試驗。
- (4) 車轍量測。

實驗室試驗：

- (1) 粒料物性試驗
- (2) 瀝青膠泥物性試驗

3.2 鋪築後試驗項目

現地道路試驗：

- (1) 抗滑儀試驗。
- (2) 高低平坦儀試驗。
- (3) 車轍量測。

實驗室試驗：

- (1) 鑽心試體單位重。
- (2) 回彈模數試驗。

四、SMA 材料與配合設計

本節摘要分析說明試驗路段有關 SMA 鋪面材料與配合設計試驗結果。

4.1 粒料篩分析

本研究試驗路段，粗骨材採用 3 分與 2 分碎石料，細骨材為碎石砂與

填充料。粗細骨材篩分析結果粒徑分佈如圖 1。由圖 1 中顯示試驗路段之粗骨材（# 4 篩以上）約佔 70% 左右，其餘為細骨材。由粒徑分佈來看，粗骨材部份大致位於規範中間值，細骨材部分較趨近於上限值，拌合時應注意骨材配料比例，不可超出規範要求之範圍。

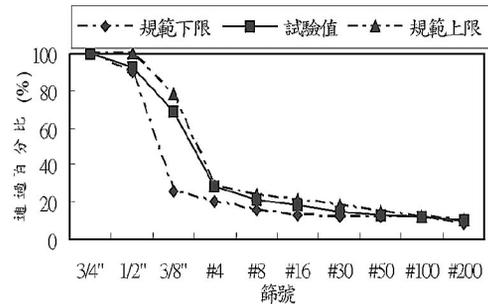


圖 1 級配料粒徑分佈

4.2 馬歇爾試驗分析

本研究經由粒徑分佈曲線計算粗細骨材用量比例，並夯製馬歇爾試體，進行單位重、穩定值、流度值、VMA、空隙率與 VFA 試驗。本研究 SMA 試體製作，參照德國製作試體方式，採雙面各打擊 50 下。

表 1 最佳含油量決定

項目	含油量(%)	平均
最大穩定值	5.9	6.1
最大穩位重	6.3	
4% 空隙率	6.4	

含油量之決定主要考慮最大穩定值含油量、最大單位重含油量、空隙率規範中間值含油量三個因素。設計含油量即根據上述三種因素之含油量平均值而得。依據表 1 計算結果，本研究推算最佳含油量為 6.1%。

石膠泥瀝青混凝土尚有一項特別因素需審慎考慮，即 VCA_{DRC} 與 VCA_{mix} 之關係。 VCA_{DRC} 為單純粗骨材在搗實狀態下之孔隙率，此時粗骨材間達到互鎖作用， VCA_{mix} 為瀝青混合料壓實狀態下粗骨材孔隙率。為確保混凝土骨材之互鎖能力， VCA_{mix} 須小於 VCA_{DRC} 。相反地，若 VCA_{mix} 大於 VCA_{DRC} ，則表示粗骨材被填充的細骨材、填充料與瀝青撐開隔絕，粗骨材無法形成互鎖作用，也就不具有 SMA 應有之效能。

VCA_{DRC} 之計算應先依 AASHTO T19 求得粗骨材乾搗單位重，再以下列公式計算 VCA_{DRC} 。本研究試驗路段 VCA_{mix} 小於 VCA_{DRC} 符合要求。

$$VCA_{DRC} = \frac{G_{CA} \times \gamma_w - \gamma_s}{G_{CA} \gamma_w} \times 100$$

式中， G_{CA} 粗骨材虛比重

γ_s 粗骨材乾搗單位重

γ_w 水之單位重(998kg/m³)

此外， VCA_{mix} 之計算方式如下：

$$VCA_{mix} = 100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{CA}} \times P_{CA} \right)$$

式中， G_{CA} 粗骨材虛比重

G_{mb} 壓實後混合料虛比重

P_{CA} 粗骨材佔混合料百分比

4.3 粗骨材形狀對瀝青混凝土力學性之影響

本研究針對 SMA 粗骨材之扁平率和破碎面兩部分進行研究分析。首先於實驗室以人工選取不同扁平率(1:2、1:3、1:5)和破碎面(1面、2面、3面)之粗骨材，按照 SMA 鋪面設計之

骨材級配配料並製作試體，進行回彈模數試驗與浸水剝脫試驗。試驗結果顯示，以扁平率較小者(1:2 及 1:3)與破碎面較多(3面)，其粗骨材之間所形成的互鎖機制較佳。

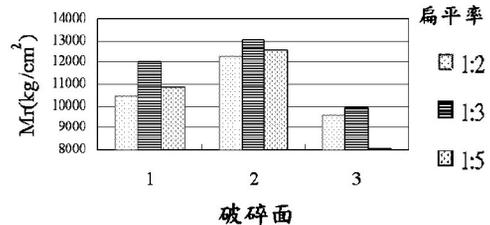


圖 2 浸水前破碎面、扁平率與回彈模數之關係

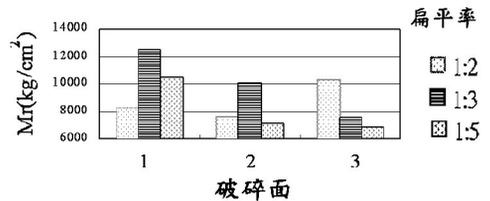


圖 3 浸水後破碎面、扁平率與回彈模數之關係

圖 2 為未做浸水剝脫前之回彈模數(Mr)值，橫軸線為破碎面，不同條組代表不同扁平率。由圖可看出在未浸水剝脫前的 Mr 值，各扁平率在不同的破碎面中，皆以破碎面兩面有較佳的表現，其次為破碎面一面，破碎面三面以上為最低。由於破碎面兩面之骨材通常為近似長方體，且在其最大表面積的兩個面為破碎面，即以骨材整體而言，骨材之破碎表面積的比率為三者中最高，因此骨材間稜角相互接觸面積也最大，相對 Mr 值也為三者間最高。各破碎面在不同的扁平率中，皆以扁平率 1:3 為較佳，其次為扁平率 1:2，扁平率 1:5 則為最差。扁平率 1:2 及 1:3 之骨材，由於形狀較接近似正方體，骨材間契合度較佳，且扁平率低的骨材，其孔隙率也

會較低，因此 Mr 值也相對的較高。

圖 3 為浸水剝脫後之 Mr 值，由圖 3 可看出在浸水剝脫後的 Mr 值，各扁平率在不同的破碎面中，皆比未做浸水剝脫前略為下滑，以破碎面一面有較佳的表現，其次為破碎面兩面，破碎面三面以上為最低。在浸水後由於骨材間有效應力降低，使得 Mr 值略為下滑，其中以破碎面一面之骨材，通常其粒料之形狀較似正方體，骨材排列較為緊密，所以所受浸水剝脫影響較小，而破碎兩面之骨材形狀較似長方體，受影響為其次，破碎面三面以上之骨材，形狀大部份為不規則粒形，其骨材間孔隙亦為三者中最大，因此浸水剝脫後所受影響為最大。各破碎面在不同的扁平率中，以扁平率 1:3 為較佳，其次為扁平率 1:2，扁平率 1:5 則為最差，與未做浸水剝脫前相較，Mr 值略為下滑些許，其中破碎面三面以上中在扁平率 1:2 之值為三種扁平率中最高，推測可能由於破碎三面以上之骨材粒形通常較不規則，所以產生端異值。

粗骨材粒形成效顯示以扁平率 1:3 與破碎面二面狀態下，對於瀝青混凝土提供良好抗破裂能力與承載力，對回彈模數的維持有很大助益。

五、SMA 施工與鋪面成效

5.1 SMA 施工

瀝青混凝土路面的成效與嚴格的品管控制及現場鋪築工作有密切關聯。本研究於鋪築前即針對廠內之石材進行健性、洛杉磯、扁平率及破碎

面等相關試驗，以避免因材料不良而導致鋪築後路面成效之不佳。

為因應高雄炎熱的天氣，所以採用黏度高的 CNS 改質三型的瀝青膠泥，以增加粒料包裹的黏結力。為了防止冒油現象與骨材表面的瀝青膜流失，本研究添加 0.4% 的木質纖維於 SMA 中，以作為穩定添加劑。

此外，現場鋪築過程中，本研究駐廠人員每日早晚於熱料斗進行 SMA 混和料的檢驗，檢驗項目則有洗油、篩分析及馬歇爾試驗與粒料間的孔隙率，藉由嚴格的品管控制，以降低鋪面材料之變異性。本研究量測溫度發現，SMA 在拌和廠溫度介於 170°C~180°C。瀝青混合料經鋪裝機鋪築，滾壓後路面溫度約為 80°C 左右。

鋪築完成後，於現場進行鑽心取樣進行壓實度試驗，試驗結果顯示鋪築 SMA 之路段壓實度達 96% 以上。

5.2 抗滑度試驗

圖 4 為漁港路南下外側車道抗滑值分佈，由圖中顯示，初期乾燥狀態 BPN 值，與歷經 1 年後檢測之 BPN 值差異性小其值介於 80 至 100 間。在潮濕狀態下之 BPN 值分佈，初期 BPN 值與經 6 個月後檢測之 BPN 值分佈趨勢相近，其 BPN 值差距甚小，而在 1 年後檢測 BPN 值中明顯低於初期及半年之 BPN 值，所以可知漁港路南下車道縱向抗滑程度在潮濕狀態下隨時間增加有較顯著下降趨勢，由此可知縱向抗滑程度下降受車輛長時間行駛磨耗影響甚大，而在乾燥環境下抗滑程

度變化性小。

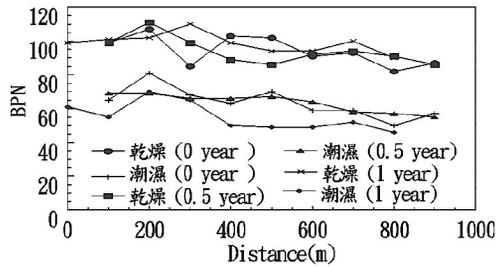


圖 4 漁港路南下外車道抗滑值

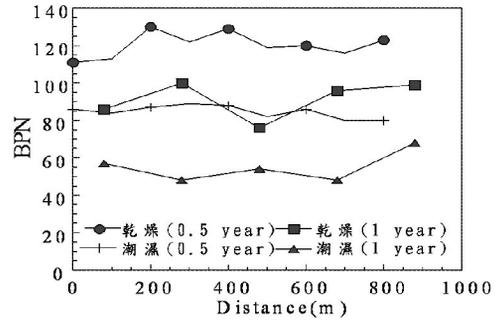


圖 6 漁港路北上外側車道抗滑值

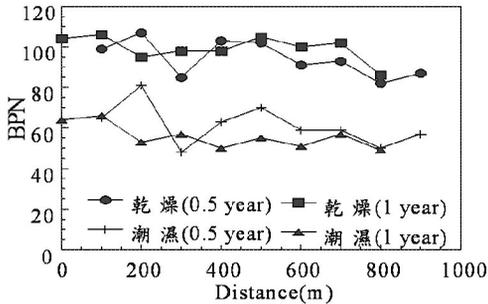


圖 5 漁港路南下外側車道橫向抗滑值

圖 5 為橫向抗滑值分布，其所取之位置與輪跡處呈垂直狀藉此可知車輛行駛間橫向抗滑程度受影響情形，圖中乾燥狀態 6 個月 BPN 與經 1 年檢測後 BPN 值分佈趨勢相近，由此顯示乾燥狀態下橫向抗滑程度受交通量影響甚小，其值分佈約略介於 80 至 100；而潮濕狀態下仍以 6 個月抗滑值優於經 1 年後檢測抗滑值，亦由圖中得知潮濕狀態 1 年後 BPN 值介於 60 上下，6 個月之 BPN 值則在 60 至 80。綜觀圖 4、圖 5 得知，乾燥狀態下 BPN 值抗滑程度維持一穩定趨勢，同時在潮濕狀態 BPN 值受時間及車輛行駛量影響，抗滑程度呈顯著下降趨勢。

圖 6 為漁港路北上外車道抗滑值分布圖，由圖可知在乾燥環境下，BPN 值以 6 個月較高於 1 年後之 BPN 值且值間差距約略 20，由此顯示此車道抗滑程度隨時間增加明顯減少趨勢；而在潮濕環境下，BPN 值仍以 6 個月之值高於 1 年後之值，其值間差距亦約略 20。所以由圖 4、圖 6 中南下車道及北上車道比較下得知，抗滑程度衰減以北上車道較為顯著，其路面狀況以南下車道較為良好。由圖 7 中可知，在新生路東向車道抗滑值分布顯示，乾燥狀態 BPN 值所呈現趨勢未隨著時間增加變化增增大，BPN 值介於 80 至 100 間；亦由潮濕狀態中得知，6 個月後與 1 年後之 BPN 值分佈趨勢相近，值接近於 60。所以可顯示出東向外側車道路面抗滑程度佳。圖 8 為新生路西向車道 BPN 值分佈情形，由乾燥狀態下所呈現 BPN 值得知，6 個月後 BPN 值分佈些微起伏而 1 年後檢測之 BPN 值分佈趨勢趨於平穩，在潮濕狀態下，6 個月與 1 年後檢測 BPN 值分佈相近，由此顯示車到在潮濕情況下抗滑程度受時間增加影響甚小，進而可得知此車道抗滑程度

仍維持一穩定最佳狀況。綜觀圖 7 與圖 8 可得知，東向及西向外側車道抗滑成效隨時間增加仍為持一最佳狀況。

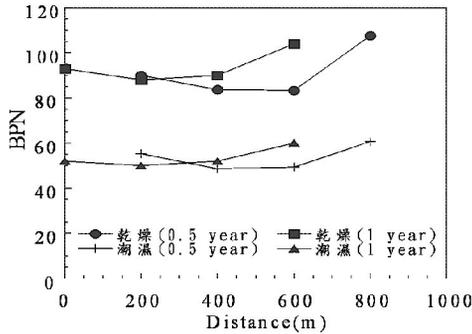


圖 7 新生路東向外側車道抗滑值

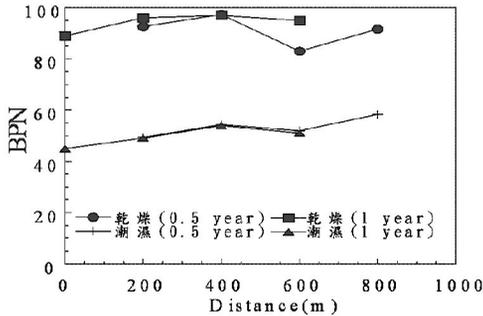


圖 8 新生路西向外側車道抗滑值

5.3 平坦度試驗

本研究於新生漁港路完成 SMA 鋪築後，開放交通約半年後進行高低平坦儀試驗，檢測道路平坦程度。車道檢測以各路段外側車道為主。漁港路開放交通半年後平坦度之鋪面服務指數 PSI 北上車道為 2.56，南下車道為 3.51，平坦性屬於良好程度。新生路施測成效 PSI 東向車道為 3.64，西向車道為 3.09，全路段平坦性屬於良好。以整體平坦度來看，SMA 能提供良好抗車轍能力。

5.4 實驗室回彈模數

本研究於新生漁港路進行鑽心取

樣，試體攜回實驗室進行回彈模數試驗與浸水剝脫試驗。

新生路鑽心試體浸水前後的回彈模數試驗結果，浸水前回彈模數範圍落在 10000~15000kg/cm² 居多，最高者達 19000 kg/cm² 左右，浸水後瀝青混凝土受水分浸蝕之影響，骨材間已有水分潤濕，回彈模數均明顯降低，降幅約 20%，回彈模數仍保有 10000 kg/cm² 以上顯示 SMA 鋪面能有效吸收應力變形，降低殘留應變。浸水剝脫比值之評估，比值分析主要研判瀝青混凝土回彈模數損失程度，一般以 0.75 為合格標準，比值愈高表示瀝青混凝土抗變形能力愈佳，且耐久性愈長久。新生路 SMA 鋪面剝脫比值如圖 9 所示，大部分高於 0.8，最高者超過 0.9，且均大於 0.75 標準，顯示新生路 SMA 鋪面在環境作用下具良好彈性性質，開放交通半年後品質顯著。

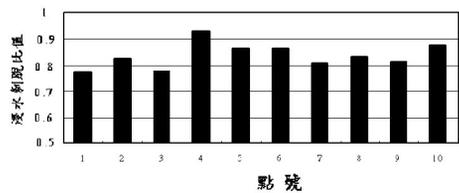


圖 9 新生路鑽心試體回彈模數浸水剝脫比值

漁港路鑽心試體浸水前後回彈模數試驗結果，浸水前回彈模數大約在 10000~20000kg/cm² 之間，最低者約 6000 kg/cm² 左右；浸水後回彈模數亦明顯降低，降低幅度約 20~30% 之間，大體上仍有 10000 kg/cm² 的程度。漁港路鑽心試體回彈模數浸水剝脫比值如圖 10 所示，以 0.8~0.9 佔多

數，均符合 0.75 以上標準，顯示漁港路 SMA 鋪面彈性模數成效良好。

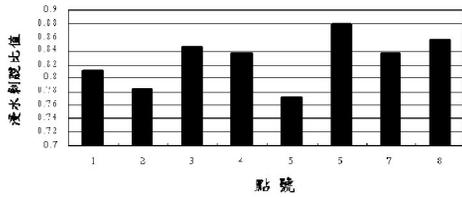


圖 10 漁港路鑽心試體回彈模數浸水剝脫比值

六、結論與建議

1. 由鋪面成效檢測評估顯示，SMA 鋪面提供重車環境下抗變形與承受荷重作用，從抗滑、車轍、平坦度、撓度試驗等結果均指出能有效降低輪跡變形，並可提升整體道路結構強度，維持良好路面服務水準。
2. SMA 鋪面材料中骨材形狀與瀝青混凝土回彈模數之關係，不同的破碎面中，以兩面破碎面有較佳的表現，其次為破碎面一面，破碎面三面以上為最低。
3. 骨材扁平率中以 1:3 較佳，其次為扁平率 1:2，扁平率 1:5 則為最差。扁平率 1:2 及 1:3 之骨材，由於形狀較接近似正方體，骨材間契合力較佳，且扁平率低的骨材，其孔隙率也會較低，因此回彈模數也相對的較高。
4. 浸水剝脫試驗結果得知新生路與漁港路 SMA 鋪面剝脫比值均大於 0.75，其中大部分均高於 0.8 以上，最高者達 0.9 左右，SMA 鋪面在環境作用下具良好彈性性質，減少荷重作用之殘留應變。

5. 瀝青廠應設置存放纖維的計量筒槽，當 SMA 粒料於拌合時，纖維的添加方式才能自動化的配料，以避免因人為的疏忽，使得纖維添加工作不確實，而影響瀝青混和料品質。

參考文獻

1. 林志棟，林秉祁，蘇育民，潘承緯，"台灣地區石膠泥瀝青混凝土 (SMA) 配合設計方法之擬定"，第十一屆鋪面工程學術研討會論文集，PP35~PP42，中華民國九十年八月。
2. 林志棟、陳世晃、王睿懋、林秉祁，"石膠泥混合料配比設計"，SMA 石膠泥瀝青混凝土特輯，pp. 27-47，民國九十年六月。
3. 林秉祁、林志棟，"台灣地區推動 SMA 可行性之研究—以新竹試鋪道路為例"，第二屆鋪面工程師生研究成果聯合發表會論文集，中央大學，民國九十年七月十一日。
4. 蕭志銘、方楷逸，"石膠泥瀝青混凝土"，SMA 石膠泥瀝青混凝土特輯，pp. 4-12，民國九十年六月。
5. 莊坤湖，"SMA 中瀝青馬蹄脂高溫性能分析"，第十一屆鋪面工程學術研討會論文集，PP71~PP84，中華民國九十年八月。
6. 高雄市政府工務局養護工程處，"九十年度高雄市重車行駛幹道等鋪面材料研究"，2001 年。

淡談地震工程簡介

張景鐘 國立台灣海洋大學河海工程系 教授

許文豪 國立台灣海洋大學河海工程系 碩士班研究生

一、前言

台灣地區位處於環太平洋地震帶上，平均每年發生之地震達數千次，有感地震超過百次，根據統計二十世紀初至今，近百個地震在台灣地區造成人命身亡及財產損失。其中規模六之地震約有二十次，規模七之地震三次。而在民國 88 年發生的 921 大地震，規模達七點三，所造成之災情嚴重，雖然人類之科技一直在進步中，但迄今為止，對於地震之發仍然無法準確的預測及控制，因此地震往往會造成各地建築物損傷或人員傷亡，所以我們必須認識地震發生的原因，以及災害的防制，並針對建築物進行耐震設計，降低地震發生時的人員傷亡。

二、認識地震與災害防治

1. 地球的構造

地球內部可分為下列三部分：

A. 地殼 (crust)：平均厚度約為三十五公里。陸地地殼較海洋地厚，例如西藏高原下的地殼厚七、八十公里，而海洋地殼平均為五~八公里。

B. 地函 (mantle)：約從地殼下部至二千九百公里。

C. 地核 (core)：分為內核與外核。自地函的下限至五千一百公里稱為外核，再由外核的下限至地球中心，稱為內核。

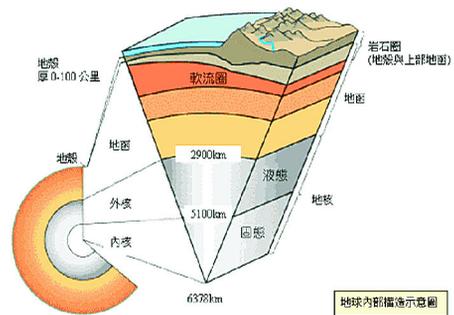


圖 2-1 地球構造示意圖

2. 地震發生的原因

地震可分為自然地震與人工地震 (例如：核爆)。

一般所稱之地震為自然地震，依其發生之原因又可分為：

- A. 構造性地震
- B. 火山地震
- C. 衝擊性地震 (例如：隕石撞擊)

其中又以板塊運動所造成的地殼變動 (構造性地震) 為主。

由於地球內有一種推動岩層的應力，當應力大於岩層所能承受的強度

時，岩層會發生錯動 (dislocation)，而這種錯動會突然釋放巨大的能量，並產生一種彈性波(elastic waves)，我

們稱之為地震波(seismic waves)，當它到達地表時，引起大地的震盪，這就是地震。

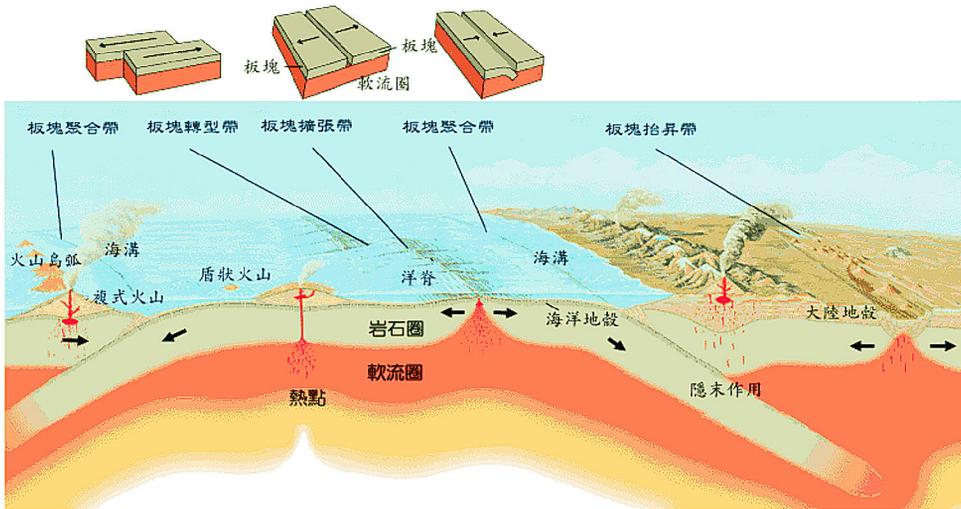


圖 2-2 板塊運動造成之地殼變動

3. 斷層的分類

許多大地震發生後，常出現地表破裂的現象，究竟是斷層引發地震抑或地震造成斷層，目前尚無科學上的定論但是，斷層經常是地震釋放能量的地方。

- A. 正斷層。
- B. 逆斷層。
- C. 平移斷層。
- D. 正斷層和平移斷層的組合。
- E. 逆斷層和平移斷層的組合。

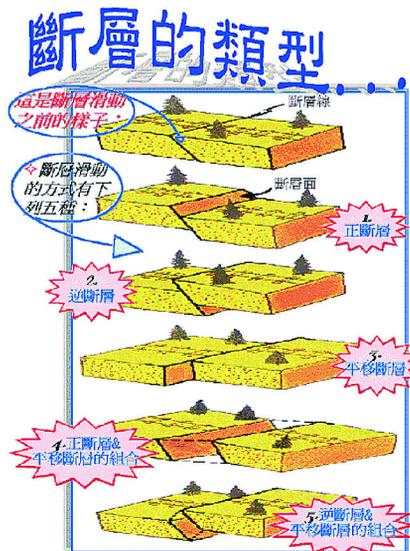


圖 2-3 斷層的類型



圖 2-4 霧峰光復國中操場斷層經過地表隆起

4.震央與震源

震源(Focus)：地震錯動的起始點。

震央(Epicenter)：震源在地表的投影點。

震源位置的推求

$$T = \frac{S}{V_S} - \frac{S}{V_P} = \left(\frac{1}{V_S} - \frac{1}{V_P} \right) \cdot S$$

$$\therefore S = \left(\frac{1}{V_S} - \frac{1}{V_P} \right)^{-1} \cdot T$$

S = 震源至觀測站之距離

VS = 橫波傳播速度 (S 波)

VP = 縱波傳播速度 (P 波)

VS 與 VP 的推求

$$V_P = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\sigma)}}$$

T = 縱波與橫波到達時間差

VP 與 VS 其比例常數約為 1.7

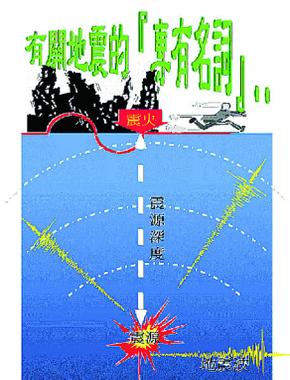


圖 2-5 震央與震源示意圖

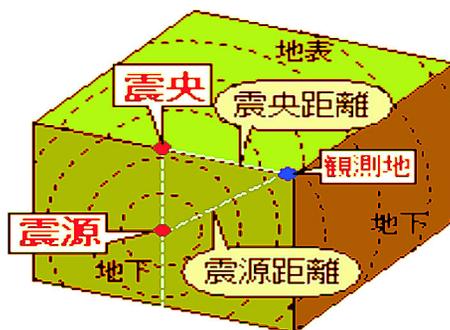


圖 2-6 震央與震源相互關係

5.淺層地震、深層地震

A.在 0 - 30 公里者稱為極淺地震

B.在 31 - 70 公里間者稱為淺層地震

C.在 71 - 300 公里間者稱為中層地震

D.在 301 - 700 公里之地震為深層地震



圖 2-7 震源深度示意圖

6.主要的地震波

地震波可分為兩大類：

體波 (body wave)：

依波動性質之不同又分為

P 波 (縱波或壓縮波)

S 波 (橫波或剪力波)

表面波 (surface wave)：

主要可分為：

洛夫波 (Love wave)

雷利波 (Rayleigh wave)

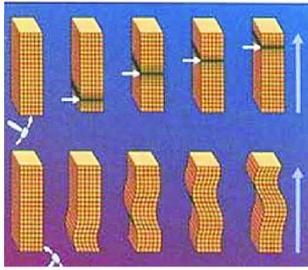


圖 2-8 P 波與 S 波示意圖

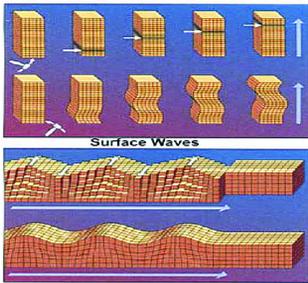


圖 2-9 洛夫波與雷利波示意圖

7.地震規模

芮氏地震規模(Richter Scale) 1935 Prof. Richter 根據地震波最大振幅推算出來。M 每增加 1.0，地震所釋放的能量增加約 30 倍。規模 M=6.0 地震所釋放的能量，相當於二次大戰日本廣島的一顆原子彈爆炸。M = 8.2 地震相當 1000 個廣島原子彈能量。

芮氏地震規模推算

$$M = \log \left(\frac{A}{A_0} \right) = \log A - \log A_0$$

M = 芮氏地震規模

A = 以 Wood-Anderson 地震儀在距離震央 100 公里測站所觀測之最大振幅

A₀ = 標準地震(M = 0)，A₀ = 10⁻³ mm



圖 2-10 原子彈爆炸情形

8.地震震度

地震震度(Intensity Scale)定性描述一場地震的大小，表示地面的震動或建築物破壞程度。

我國震度級數原本共分七級(0-6 級)，但是九二一大地震的震度已經遠超過原來的設定，因此在 89 年 6 月將震度分級改為八級，第七級的名稱為「劇震」。

台灣地震分級表

第零級	無感地震，只有儀器能觀測得到，人體無感覺。
第一級微震	人靜止時或對地震敏感者可以感受得到。
第二級輕震	門窗輕搖，一般人均能感受得到。
第三級弱震	房屋搖動，門窗格格作響，懸物搖擺，盛水動蕩。
第四級中震	房屋搖動甚烈，不穩物傾倒，盛水達容器八分滿者濺出。
第五級強震	牆壁龜裂，煙囪牌坊傾倒。
第六級烈震	房屋受損、門窗扭曲變形，開車困難，出現噴沙噴泥現象。
第七級劇震	房屋倒塌、道路崩壞、橋梁斷落、山崩地裂、地層陷落，同時容易引起火災等二次災害

9.台灣地震帶之分布情形

台灣地震帶主要有三

- A. 西部地震帶
- B. 東部地震帶
- C. 東北部地震帶

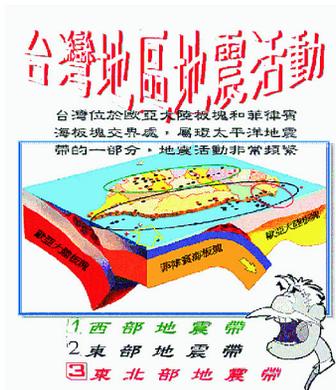


圖 2-11 台灣地區地震帶分佈圖

三、耐震設計原理

1.台灣建築物耐震標準的分區

台灣地區震區
 地震甲區 0.33g
 地震乙區 0.23g

表 3.1 規模與最大加速度對照表

規模(M)	最大加速度	地震歷時
5.0	0.09g	2 sec
5.5	0.15g	6 sec
6.0	0.22g	12 sec
6.5	0.29g	18 sec
7.0	0.37g	24 sec
7.5	0.45g	30 sec
8.0	0.5g	34 sec
8.5	0.5g	37 sec



圖 3-1 台灣地區震區分佈圖

2 結構耐震動力分析

$$M \cdot x'' + C \cdot x' + K \cdot x = F(t)$$

$F(t)$ = 地震力

M = 結構質量(Mass)

C = 結構阻尼(Damping)

K = 結構勁度(Stiffness)

x = 位移

x' = 速度

x'' = 加速度

3.耐震設計準則

耐震設計之基本原則，係使建築物在中度地震時保持在彈性限度內，大地震時容許產生塑性變形，但韌性需求不得超過容許韌性容量。大地震時若限制建築物須保持彈性，殊不經濟，因此容許建築物在一些特定位置如梁之端部產生塑鉸，藉以消耗地震能量，並降低建築物所受之地震力，乃對付大地震的經濟做法。為防止崩塌，建築物產生的韌性比不得超過容許韌性容量。耐震設計的另一目標，在使建築物於中度地震時能保持在彈性限度內，使地震過後，建築物沒有任何損壞，以避免建築物需在中度地

震後修補之麻煩。

安全 + 經濟

A. 弱震不壞

B. 中震可修

C. 強震不倒



圖 3-2 台中王朝大樓 921 地震倒塌情形



圖 3-3 台中金巴黎社區 921 地震倒塌情形

4. 結構防震新趨勢

$$EI = ES + EK + ED$$

EI = 地震輸入能量

ES = 彈性應變能

EK = 動能

ED = 阻尼消散能量

當地震使得建築物的結構受地震力擾動時，若能適時提供控制力或吸能裝置以降低地震對結構產生的震動，將能減少地震力對建築結構體產生的破壞。地震發生時，消滅地震對建築物產生的外力影響，可分為兩種：

A. 防止因地震力影響，造成建築物產

生加速、共振、加大位移變形現象，因此採在結構體中預先裝置能吸收地震能量，減少構件塑性破壞的發生。一般稱為被動式消能系統。

B. 利用高感應器，在因風力或地震波到達建築物前而發生的微動時，利用設置在建築物內的裝置來抵消地震力或風力。

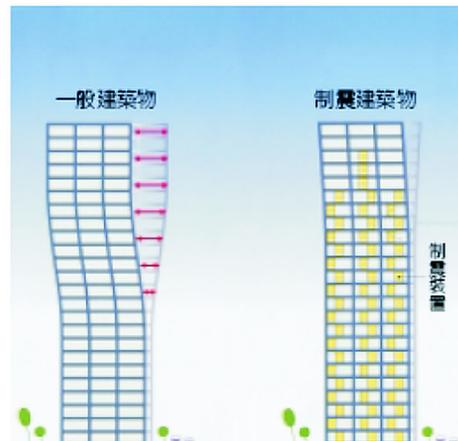


圖 3-4 一般建築物與制震建築物之比較

5. 結構耐震設計基本要求

A. 基地遠離斷層帶和鬆軟基礎

B. 建築平面、立面規則對稱

C. 合理的耐震結構系統

D. 處理好非結構之構件

E. 材料與施工品質

6. 建築物簡易安全檢查法

A. 樑、柱外觀是否有扭曲變形現象

B. 樑、柱接頭處是否有明顯交叉裂縫

C. 樑、柱龜裂縫寬度超過 0.2 公分

若無以上現象，建築物安全

7. 動力反應分析與地震反應譜之運用

結構物在大地震作用之下，若整體結構反應仍然維持在彈性階段，則所需構材斷面將相對的增大，除無法

滿足經濟需求之外，因結構勁度高也勢必引致較高的地震力，當結構物不具有韌性，則一旦結構體承受超出其

彈性限度的外力作用時，結構物很可能會造成瞬間的脆性破壞，無法發揮預警的功能。

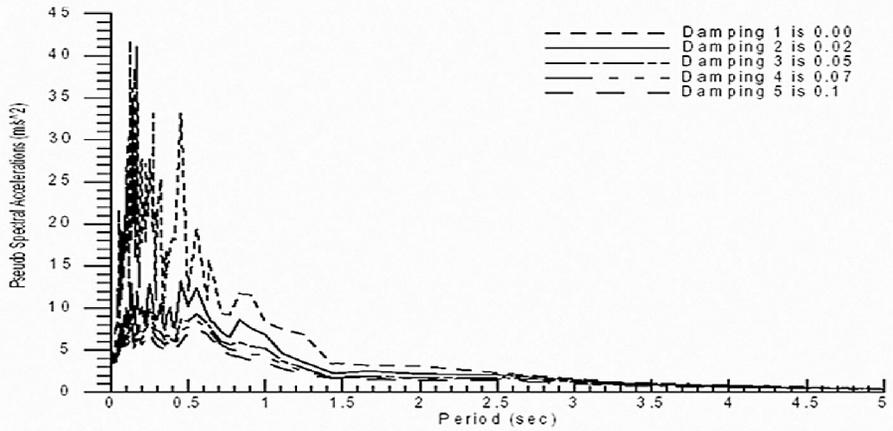


圖 3-5 地震之加速度反應譜

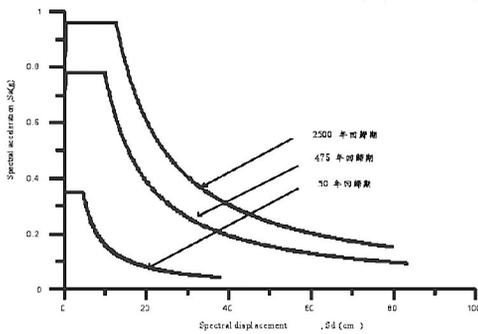


圖 3-6 地震設計頻譜

8. 結構物的韌性(非彈性變形)

- A. 藉由非彈性變形的能力來吸收地震能量
- B. 滿足結構安全性與經濟性等方面的需求
- C. 整體結構破壞之前可充分提供危險警訊

耐震設計訂定設計地震力時，已考慮建築物之韌性容量而將設計地震力折減。因此建築物應依韌性設計要求設計之，使其能達到預期之韌性容量。建築物之設計風力若大於設計地震力，構材應按風力產生內力設計，惟有關耐震之韌性設計及其他相關規定，仍應按規定進行。

建築物之耐震設計，由於考慮韌

性，事實上在進行彈性分析設計時所用的設計地震力，其對應的地表加速度頗低。因此，構材之設計若由風力控制，並不意味無需進行耐震韌性設計。當地震較大時，構材還是會降伏，仍需設計具有韌性，以抵抗更大的地震。

參考文獻

1. 剛本舜三，「地震工程學」，科技圖書股份有限公司。
2. 李景亮、梁英文，「結構耐震設計」，文笙書局股份有限公司
3. 建築物耐震設計規範及解說修訂，內政部建築研究所研究計畫成果報告
4. 內政部建築研究所 <http://www.abri.gov.tw/>
5. 交通部中央氣象局 <http://www.nfa.gov.tw/>
6. 國家地震工程研究中心 <http://www.ncree.gov.tw/>
7. 台灣地震數位知識庫 <http://kbteq.ascc.net/>
8. 地震測報中心 <http://scman.cwb.gov.tw>

淺談日本環境共生型消波塊之發展

陳昌生 台灣漁業及海洋技術顧問社規劃組組長
林東廷 浩海工程顧問有限公司工程師

原為二次大戰法軍用於阻擋德軍坦克防禦工事之混凝土塊體，戰後清理戰場將其拋置於防波堤周圍，未料消波效果甚佳，而開啓消波塊應用時代之來臨。

一、前言

近年來國內由於開發建設需求殷切與環境保護愈趨重視，天然石料尤其是大塊石之開採與取得日益不易，而混凝土工業之發達適取代部份天然石材不足之窘境。以水利工業為例，舉凡河川、港灣、海岸工程等大量使用消波塊，足見其影響。依據郭與簡(2002)指出，現今圍繞台灣地區之海堤保護工法長達 542.4 公里，而台澎金馬海岸線總長為 1,600 公里，硬性保護工法約佔 34.9%，除自然岩石海岸外，台灣海岸幾乎被海堤或消波塊等混凝土結構物所包圍。因此不少關心海岸環境人士憂心忡忡消波塊氾濫現象，疾呼政府重視此一環保問題。對於混凝土消波塊與比鄰天然海岸恰成強烈對比，嚴重破壞視野景觀，且阻礙民眾之親海權等常為人所垢病之現象，郭(1998)提出部份改善建議：「防波堤消波塊吊放時應避免表面粗

糙亂拋，力求基礎穩定、整齊排列及上層倒置等施工改善方法，並開發具有消波又能符合環境與美觀外型之環保消波塊。」。

21 世紀為國際環境之世紀，重視工程建設與環境和諧共生已是時代發展潮流，對於消波塊之合理使用與改善措施等課題，值得吾人重視與檢討。

二、消波塊機能與演進

由於消波塊之澆置、運輸、吊放等施工便利，被大量應用於海岸、港灣工程，具有減少波浪反射、波壓力、波浪溯上、越波量及保護基礎等機能。在環境保育與永續發展之趨勢下，近年來消波塊之存在性與合理性亦受到各界多方質疑，不過在尚無其他適當替代措施之情況下，一時之間恐難以完全捨棄不用，而仍有其存在之必要與價值。為因應整體環境之變化，未來消波塊除消波性能及維護國土安全外，亦應積極謀求改善常為人垢病之缺點，進一步兼具生態、景觀等機能，促進海岸環境之和諧與共生共榮。

三、環境共生型消波塊

日本在開發與環境並重之潮流中，自1984年起塑造適合其國情、天然地勢環境之近自然河川工法、自然調和型工法等。近年來並將觸角延伸至海岸消波塊之改善，改良傳統消波塊之形狀、外觀及材質，俾能與海岸環境更加融合，並稱此改良型消波塊為「環境共生型消波塊」，歸納其附加機能主要分為生態型與景觀型兩種。

(一) 生態型消波塊

消波塊具有類似岩礁之功能，適於作為海洋生物著生之基質，常見海藻、貝類等海洋生物附著其表面，成為魚介貝類棲息、育成、隱蔽及產卵場所，形成豐富生態系，如圖1所示。

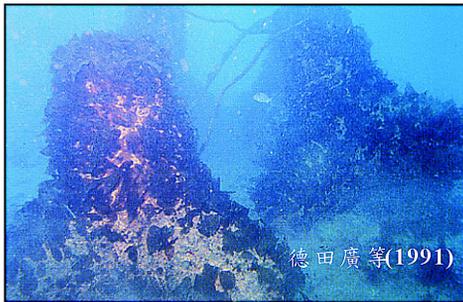


圖1 消波塊具生態效果

消波塊表面經特殊設計與處理等改良，使更符合對象生物之生態特性，往往較天然岩礁具有更佳生態效果，如凹凸處理、鋪設纖維網、塗抹藥劑或使用輕量多孔質混凝土等(郭，2004)。

1. 凹凸處理

將消波塊表面設計成凹凸形狀，如附加凹槽或突起物(如圖2~圖4)，以增加表面稜角更接近天然岩礁構造，其周邊形成之渦流易於海藻孢子之捲入著生。所附加凹槽利於大型海藻及生物之著生，其寬度、深度及角度等須視對象海藻之根部大小與對象生物之種類而定，已開發之型塊凹槽大小如寬10cm、深6cm(新潟縣高千漁港)，寬5~7cm、深12cm(島根縣濱田漁港)等例。



圖2 關西國際機場護岸之生態型消波塊



圖3 濱田漁港防波堤之生態型消波塊



圖 4 改良型三柱消波塊

2. 鋪設纖維網

於消波塊模具內側鋪設促進海藻發育之纖維網，混凝土澆製後於消波塊表面形成類似凹凸狀，而易於海藻著生(如圖 5)，並可於纖維網上預植海藻孢子或幼苗，加速藻場之形成。



圖 5 消波塊表面加設纖維網

3. 塗佈海藻增殖塗料

於消波塊表面塗佈海藻增殖塗料，如硫酸一鐵液劑，可促進海藻之著生與繁茂。

4. 輕量多孔質混凝土

消波塊材料採用輕量多孔質混凝土，其表面微小連續孔隙適合甲殼類、多毛類之生息場所，且具透水性可促進生態環境之調和。惟其強度較小、重量較輕，在工程設計上須預加考慮。

(二) 景觀型消波塊

為促進消波塊與附近天然海岸環境之調和，仿天然岩礁之形狀與色系，改良消波塊之外觀與顏色。在實施手法上，主要利用造型模板與調色混凝土澆製消波塊(如圖 6)，並使用於低潮位以上，以收改善景觀效果。

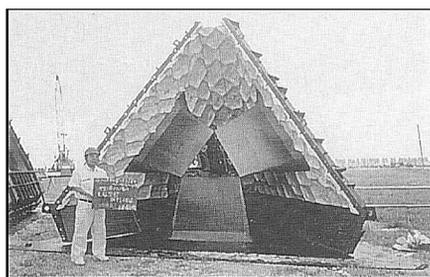


圖 6 外川漁港離岸堤之景觀型消波塊

四、結語

因應整體環境變化與世界發展潮流，維護地球環境之永續發展為地球村成員之共同責任，謀求工程建設與自然環境之和諧共生已是必行方向，海岸工程建設亦責無旁貸。

消波塊崛起於二次大戰後，具有國土保安與防護海岸結構物安全之功能，在長期累積使用下亦帶來破壞環境景觀與妨礙民眾親海等負面影響，而時遭垢病。在未有其他替代措施可完全取代消波塊之情況下，為改善消波塊常見缺失問題方面，日本已著手研發環境共生型消波塊，開發技術亦日趨成熟。

國內近年來在消波塊之使用上亦面臨相關質疑與排斥，如何在保護海岸與環境和諧取得平衡，仍有待各界努力。政府近年來積極推動公共工程採用生態工法，並相繼投入相關研究工作，應用實例亦日益增多。未來在

消波塊之改善研究上固可參考日本經驗，更重要的是發展適合本土環境之環保消波塊，以符合國內實際需求，亟待港灣工程界共同努力。

參考文獻

1. 郭金棟、簡仲和，「台灣海岸防護對策研究」，經濟部水利署，91年7月。
2. 郭金棟，「台灣地區海岸災害防治之展望」，港灣報導季刊第43期，第1~7頁，87年1月。
3. 郭一羽，「漁港工程生態工法」，生態工法於漁港工程之發展研討會資料集，中華大學水域生態環境研究中心，93年12月。
4. 德田廣、川嶋昭二、大野正夫、小河久朗，海藻の生態と藻礁，株式會社綠書房，1991年9月。
5. 社團法人全國漁港協會，ひとした工夫漁港構造物事例集，1997年12月。

國內工業專用港之發展概況

陳文樹 交通部郵政研究所研究員

一、工業專用港

由中央工業主管機關管理的「工業專用港」，目前既經興建完成、已開始或行將營運者計有位於雲林縣的麥寮港與位於花蓮縣的和平港，既經核定尚在施工中者有桃園縣的觀塘港，計畫之中者則有雲林四湖港、台南濱南港和桃園大觀港。它們雖僅是專用港但港域面積、航道水深卻有可能較諸國際商港為大為深。至於並未定名為港、但係單獨掘闢整建而具有小型港口規模，可供停靠原料船的工業專用碼頭在台灣更是屢見不鮮，尤以台電、中油兩大國營事業所自建、自管的工業專用碼頭最為大家所熟稔，這些專用碼頭的航道水深往往超逾一般商港的碼頭，而其泊船區

第三十七條（工業專用港或工業專用碼頭之設置）

第二十三條編定完成之工業區內，中央工業主管機關基於政策或衡量興辦工業人之經營需要，得報請經濟部會商交通部，經行政院核定設置工業專用港或工業專用碼頭。

第三十八條（工業專用港或工業專用碼頭區域之劃定及指定）

工業專用港或工業專用碼頭區域之劃定，由中央工業主管機關陳報經濟部會商交通部、內政部及有關機關後，報請行政院核定之。

工業專用港或工業專用碼頭之指定，由中央工業主管機關陳報經濟部會銜交通部，報請行政院核定後公告之。

第三十九條（工業專用港或工業專用碼頭之使用）

的面積也還常大於一般的漁港。

「工業專用港」係於十餘年前我國為進一步發展石化工業甫創設、形成的，乃訂定於「促進產業升級條例」之內、並於民國八十年元月一日正式施行，當時因「獎勵投資條例」即將廢止失效而接續制定的促進產業升級條例（以下亦簡稱為促產條例），僅於條例內第卅條之中對於工業專用港有粗略的界定，此即「工業專用港法條」。其後促產條例歷經民國 84~92 年的數次修正，現則於條例第五章「工業區之設置」第 37~49 條中有明確的規範，其相關於「工業專用港」暨「工業專用碼頭」之條文內容列載如下。（註）

工業專用港或工業專用碼頭不得供該工業區專用目的以外之使用。

第四十條（工業專用港或工業專用碼頭相關設施之租用）

工業專用港得由中央工業主管機關興建營運，或經濟部核准由公民營事業投資興建及經營管理，並取得相關設施及建築物之所有權，自行管理維護。

興辦工業人興建之工業專用港內專用碼頭或工業專用碼頭之相關設施及建築物，由各該興辦工業人興建後取得其所有權，並自行管理維護。

第四十一條（權利金之收取）

經濟部依前條核准由公民營事業投資興建及經營管理工業專用港，應訂定經營期限，並得向其收取權利金。

前項權利金之收取相關事項，應於投資興建協議書中明定，並解繳經濟部工業區開發管理基金。

第四十二條（工業專用港或工業專用碼頭之登記）

工業專用港及工業專用碼頭內土地，應登記為國有。但與興辦工業人建廠用地相連且為經營所必需之工業專用港內專用碼頭或工業專用碼頭用地，得由各該興辦工業人向中央工業主管機關申請租用。

第四十三條（租約之終止）

工業專用港或工業專用碼頭內土地，中央工業主管機關基於政策需要或因承租人違反投資興建協議，得終止租約收回土地及相關設施、建築物。

前項基於政策需要提前終止租約者，中央工業主管機關除給予營業損失補償外，其經許可興建之相關設施及建築物，承租人得請求按其興建完成時經中央工業主管機關認定之價格，扣除折舊後之餘額補償之。

承租人因違反投資興建協議終止租約者，其興建之相關設施及建築物，不予補償。

第四十四條（緊急事故或特殊需要之使用）

航政主管機關遇緊急事故或應特殊需要，必要時，得有償調度使用工業專用港或工業專用碼頭設施，港埠或碼頭設施所有權人不得拒絕。

前項設施，於緊急避難時應無償提供使用。

第四十五條（設施使用費、管理費、服務費之收取、計算）

工業專用港由中央工業主管機關興建營運者，得向使用者收取設施使用費、管理費及其他服務費。

工業專用港由公民營事業興建，提供使用時，公民營事業得向使用者收取設施使用費；中央工業主管機關得向使用者收取管理費及其他服

務費。

工業專用碼頭由興辦工業人興建，自行使用時，中央工業主管機關得向使用者收取管理費及其他服務費。

前三項設施使用費、管理費及其他服務費，其費率及計算方式，應由中央工業主管機關報請經濟部會商交通部核定。

第四十六條（施工進度嚴重落後及工程品質違失之處分）

公民營事業或興辦工業人投資興建工業專用港、工業專用港內專用碼頭或工業專用碼頭，於興建期間若有施工進度嚴重落後、工程品質重大違失情事，中央工業主管機關得為下列之處分：

一、限期改善。

二、逾期不改善或改善無效者，令其立即停止全部或一部之興建，並報請經濟部廢止其投資興建及經營管理之核准。

第四十七條（未依核定計畫營運或專用使用之處分）

公民營事業或興辦工業人經營管理工業專用港、工業專用港內專用碼頭或工業專用碼頭，未按核定計畫營運或違反專用目的使用者，除應處新臺幣二百萬元以上一千萬元以下之罰鍰外，中央工業主管機關並得為下列之處分：

一、限期改善。

二、逾期不改善或改善無效者，令其於一定期間內停止全部或一部之營運，並報請經濟部廢止其投資興建及經營管理之核准。

中央工業主管機關依前項處分時，應採適當措施，繼續維持運輸服務；必要時，並得予強制接管營運；其接管營運辦法，由經濟部定之。

中央工業主管機關進行第一項查處時，警政、航政、海關或有關機關應提供必要之協助。

第四十八條（工業專用港或工業專用碼頭之規劃、管理等之準用）

工業專用港或工業專用碼頭之規劃建設、管理、經營及安全，除本條例規定者外，準用商港法第五條、第十條、第十六條、第十七條至第二十一條、第二十三條至第二十六條、第二十九條、第三十條第三項、第三十一條至第三十四條、第三十七條至第四十八條之規定。

中央工業主管機關得將工業專用港或工業專用碼頭之管理，委託商港管理機關辦理。

第四十九條（經營管理辦法之訂定）

工業專用港及工業專用碼頭經營管理辦法，由經濟部會同交通部擬訂，報請行政院核定後發布施行。

在 84 年進行的促產條例修正過程是增加原條例第卅條的內文，87 年的修正促產條例則未更動第卅條的「工業專用港或碼頭」法條，倒是在 88 年的修正時大幅將「工業專用港或工業專用碼頭法條」一口氣的從單條切劃並擴增為十三條，91 年再就前述十三條的其中兩條、即第 43 條和第 48 條補充更加完備之內容。較特別的是，或許是鑒於麥寮工業港曾因發生疑涉允讓商船泊靠、卸貨，而導致台中港碼頭工人工會前往抗議之爭端，為避免類似事端重演但中央工業主管機關即經濟部工業局卻又未有充足的人力、經驗得以防範因應，遂特地於第 48 條第二項中訂定「中央工業主管機關得將工業專用港或工業專用碼頭之管理，委託商港管理機關辦理」之條文。

有不少的海事學者，支持委託商港管理機關以管理工業專用港或工業專用碼頭，蓋港埠對國家而言是極重要的資源，本即宜由單一會轄下的商港管理機關統籌管理為宜，並較符合使用者在同一費率架構下繳付費用的標準，我國係僅於促產條例當中規範有於其它國家所極罕見的工業專用港，予以事業有較寬鬆、便利的措施和較低廉的費用(如可免依商港法第七條，繳納商港建設費)以應用港灣、碼頭資源，固然是為發展產業而開設的特別優惠，且可由事業主自行投資興建、節省國家的建港支出，唯由不同部會對本質相近的商港和工業港施行雙軌式管理畢竟不甚合適，至於軍港

和漁港則因本質功能和商港顯有差別，故可免由商港管理機關逕管。另則有專家表示，容可將商港、工業專用港和工業專用碼頭，乃至於軍港、漁港和遊艇碼頭...等合併在內，訂立於一部完整詳盡的「港口法」之中，此確係一頗具宏觀的見地，部分國家或地區即是訂立有港口法以匡衡各種不同功能的港別，且還訂立有用以規範工業、企業專用碼頭的專章，有些國家所制訂的港口法甚且還詳盡到如何規範外國敦睦艦隊來訪時停泊於軍港區之細節，也有少數嚴明反對核武的國家更明文限定外國核子動力軍艦進入其港區的時間和相關作為。或許在稍俟一段時期，各界認為此一訴求已趨成熟或已有實際需要時，則可真正邁進研擬、制定之階段。

國內兩座已建竣的工業專用港，為雲林縣麥寮港與花蓮縣和平港，各皆進入營運階段有數年光景了，茲將麥寮港與和平港的概況陳述如下--

二、麥寮工業專用港

麥寮工業港是國內率先由企業興建的港口，也是全國最深的港口、航道水深達廿四公尺，得讓廿六萬噸型的油輪進出港區，迄今已營運超過四年。從促產條例中的相關條項衡析之，其開發模式和興建高速鐵路所採行的"BOT"型態略似，但則不盡相同。與大陸廈門港相距祇有 110 哩的麥寮工業港是專供台塑六輕暨離島工業區廠商使用，亟具發展優勢。港域面積為 476 公頃之麥寮港、約和台中

港相近，現已開發完成的麥寮港，第一階段之年吞吐量可達 6,000 萬公噸，近乎台中港及基隆港之總和，而鄰近的遼闊空地則可作為發展工業用的腹地。

政府早在民國七十六年即核准台塑公司的「六輕」、即第六個輕油裂解計畫，台塑公司最後係於八十年選定在雲林麥寮地區建廠，以每年可提煉兩千一百萬噸原油、生產一百五十萬噸乙烯為目標，並興建相關的石化工廠、重機廠汽電共生電廠以及發電容量可達四百廿萬千瓦的火力發電廠，同時還在當地闢建一座六輕特區專用的工業港。整個投資於六輕建設的總額在八十年時估算為新台幣三千億元，誠為舉世罕見的大手筆。部分工廠早已於八十六年時完工並陸續生產，現在特區內仍係呈現邊建廠、邊生產的景象。六輕計畫所在的麥寮鄉，位於雲林縣西北端的濁水溪出口處，沿海岸線向西延伸之地原屬退潮時可見沙地、但漲潮時卻會被海水淹沒的沙洲，故須先從事抽砂填海、造陸夯實的「海埔新生地擴建計畫」，該項造陸工程也是全世界少有的浩大工程，大概祇有荷蘭曾出現過比之還大的填海造陸工程，連近年內日本和香港所完成的新機場造陸工程也未有如此廣袤的結果。所有的造陸面積廣達 2,107 公頃，相當於全台北市的 8% 或全台灣的 0.058%；所用的填砂量達 9,364 萬立方公尺。工程單位係將麥寮港泊船區和深水航道下之海沙，抽取作為填造工廠陸地區的大量用沙，使

得闢港和造陸兩大工程同時「互補進行」，可說是兼有一舉兩得的效益。

與造陸同時進行者乃是打樁之工程，俾陸地可以堅實穩固，承受在陸地上建廠的負重。打樁總長度達兩百萬米，在本塊用地之上所建的工廠多達卅九座，單是各種配管的累算長度即逾三千公里，為台灣本島南北總長的七·五倍。造地之面積加上原有的陸地面共為 2,596 公頃，足足有目前林園、大社和頭份三個著名石化工業區面積總和的四倍以上。全部之裂解工廠建竣後，每日將可提煉四十五萬桶的原油，以年度作總計，則可達三百八十四萬噸的輕油產量。伴隨著六輕的建設開發，雲林縣政府亦進行一項佔地廣達三千公頃的新市鎮開發方案，不僅可引進就業人口，平衡過去經年以來雲林鄉和雲林縣長期人口外移至其它縣市之現象，尚可經由此一重新造鎮的擘劃讓麥寮當地改頭換面，蛻變為一個兼具海景田園之美、港灣渠道之便暨工商建設之富庶都城，讓原本偏處海陲荒陬的麥寮鄉確能一躍成為全國首善的石化工業重鎮。

三、和平工業專用港

擁有九座碼頭的和平方工業港是屬於內挖式港口，蓋其位處和平溪出海口之沖積平原上且該處海岸陡降、潮流湍險，未便朝外構建防波堤，遂改為朝內抽沙浚挖使港區得與外海相通，並浚建出一條寬兩百公尺、長一千二百公尺的航道好讓船舶進出港

區。港內水深達十六公尺，有 104 公頃寬的港域，可想而知工程施工階段抽出之海沙將是何等的龐多，計有一千八百五十萬立方公尺，最大的裝卸吞吐量為每年一千九百萬公噸，築港經費高達一百億元，是花東兩縣在上(廿)個世紀內繼建造花蓮港之後，另一可觀的大型港埠交通建設，而這種內挖式的建港工程則是全球罕見的施工型態。為因應花蓮和平工業港之開放營運，原所投資興建及獲得授權、可從事經營管理的台泥集團已於當地成立和平分公司，從事港務上的管理業務。

花蓮縣的工業原是以大理石的開採、加工為主，較大的單一工廠則是位於花蓮、吉安兩市交界處的中華紙漿廠（台灣最大的紙漿廠）與立霧溪北邊的數處水泥廠，餘之產業則是以農業和農產加工為主。在經濟部核准擇定於花蓮縣秀林鄉的和平村設立「水泥專業區」、且台泥公司在此建造一座號稱是舉世最大的水泥工廠後，當地的發展變遷已有大幅改觀。是座新建的水泥廠係安置有三套年產量各可達二百七十萬公噸的旋動窯爐，故最高年產量得達到八百一十萬公噸。水泥廠的第一套爐業於八十九年點火生產，發電廠的兩部機組則分別在近期間加入台電公司的並聯供電網、供電範圍可涵蓋及於蘭陽平原和花東縱谷，而和平工業港則早在首座碼頭建成後即開始有船舶運載貨物在此靠泊裝卸。和平專業區也自建廠築港的總經費中提撥百分之八投注於環

保綠化工作，進入生產營運階段後每年亦將編列預算，專用於綠化和環境美化的領域。

秀林鄉內的和平村是毗鄰宜蘭縣的南澳鄉，算是花蓮縣最北端的邊境區，而整個和平水泥專業區的三大主體則是水泥工廠、工業港和發電廠。不但製成的水泥要從港口輸出，發電用的煤料也是端賴自本港口輸入。此外，發電廠和水泥廠之間也有相當的依存互惠關係--電廠發出的電力提供水泥廠作為動力，煤料燃燒過後的煤灰也可充作水泥的添加物；而水泥廠生產過程中的餘熱則被導送至電廠的鍋爐前端去預熱已經過研磨的煤粉，俾可迅速引燃煤粉並讓其完全釋出熱能。專業區的設立，確可使其主體的水泥工廠廠房、港口俱能發揮最大的效用。環顧花蓮市之郊區，本即有座台泥公司的水泥廠、宜蘭縣蘇澳鎮亦然，俟和平水泥廠全部量產後，花、宜兩縣之水泥生產量將逾台灣水泥總產量的二分之一，暫不論此一採礦以生產巨量水泥的狀況是否為一光榮的記錄，以及對生態環境上的衝擊，和平工業港的開發和發電廠的肇建，對提供民眾就業機會和彌應當地的用電需求則有立竿見影的效益。

註：最近一次、即於民國 92 年 02 月 06 日修正的促進產業升級，係修正其第二條，修正後之條文為 -- 促進產業升級，依本條例之規定；本條例未規定者，適用其他有關法律之規定。

但其他法律規定較本條例更有利者，適用最有利之法律。

“Coastal Engineering Manual” 取代了 “Shore Protection Manual”

單誠基 交通部運輸研究所港灣技術研究中心 研究員

前言

被視為海岸工程界重要的參考書"Shore Protection Manual" 簡稱(SPM) 1984年版後就沒有更新版，取而代之是"Coastal Engineering Manual" 簡稱(CEM)問世。

首先就 Shore 與 Coastal 定義先釐清。Shore 泛指海岸潮間帶範圍；Coastal 泛指 Coastal Zone 範圍就非常大。分為行政管理的可行性—陸域包括海岸因子(海水、鹽分、海象等)影響所及的範圍，海域包括自然或人為作用的海水區域；沿海地區—陸域包括平均高潮線往內陸推移至第一條稜線或三公里所涵蓋之區域，依海岸地理特性分別認定，海域包括平均高潮線往海洋延深至 30m 等深線所涵蓋之區域。

CEM 回顧

背景 過去 30 年，美國陸軍工兵兵團(USACE)和世界大部份地區都依據 SPM 從事海岸工程實作。可是 SPM(最早於 1974 年發行，1984 更新)不再能反應最新技術和海岸變遷與工程上知識。美國政府官書出版局出售

SPM 每套 US\$85，目前已絕版。為發展較現代的技術文獻加入過去規劃、設計、建造、維護海岸計畫案所有手段和步驟，1990 年代中期美國政府委託海岸和水利實驗室(CHL)開始 CEM 籌備工作。

出版目的

CEM 目的是提供一個單一、全面性技術文獻配合不同手段和程序用於規劃、設計、建造和維護海岸計畫。這工程手冊將包括海岸演進基本的原則、計算海岸規劃和設計參數的方法、和指導如何有系統導入海岸地區淹水、海岸保護、航道計畫的研究。CEM 有意提供比 SPM 更寬廣能含蓋全面海岸工程。新部份如航道和港口設計，浚挖和海拋，結構物修理和更新，濕地和低能海岸保護，風險分析，現場儀器安裝，數值模擬，工程程序等。

內容組成

CEM 包含二大項：科學根據和工程根據。科學根據部份包括“海岸水利動力學”，“海岸漂沙過程”和“海岸地質學”。這是工程部份依據

的基礎。海岸水利動力學部份帶領讀者從波浪理論基本原理和海洋波浪產生，波浪由深海進入淺海行進至海岸產生之變化，和海岸發生互相作用。水位變換和海流都包括在內。海岸漂沙過程部份包括沿岸和向離岸輸送同時沙洲和風吹沙輸送過程。海岸地質部份包括地貌學，海岸分類，和地貌動力學在沙質海岸演變程序。CEM 內二個工程根據部份包括“海岸計畫之規劃與設計”和“海岸計畫要件設計”是一種計畫方法(project approach) 導向而非 SPM 所強調單一結構物設計方法。

CEM 寫作水準難易度適合大學土木工程畢業生和沒有受過海岸工程相關課程訓練的海岸-河口科學家。雖然編撰使用者都是 USACE 從事海岸計畫人員，但期望這手冊如前身，也能受到全世界海岸工程師、學界和工業界廣泛使用。CEM 將參考全世界先進技術並盡可能在手冊中呈現，不限地區、不限美國基本海岸工程議題或經驗。

技術小組過去負責規劃、籌備 CEM 的每篇(Part)議題。章節(Charter)部份是 CHL 的海岸專家執筆或外面特定領域專家顧問們執筆由 CHL 專家監督。小組會議和包括研究學著、執業海岸工程師和 USACE 使用者審查在 CEM 定稿上扮演指導角色。第 I-IV 篇和附錄 A 於 2002 年 5 月 16 日以 USACE 引導文獻正式出版。第 V 和 VI 於 2002 稍後完成。

CEM 供下載文獻

2003 年 7 月 31 日-更正後第二和第三篇重新貼上。第五篇正式成為美國陸軍工兵兵團指導文獻。但沒有提到第六篇。

第 I 篇 前言(INTRODUCTION)

第 I-1 章 前言(Introduction)

第 I-2 章 海岸多樣性(Coastal Diversity)

第 I-3 章 海岸工程之歷史(History of Coastal Engineering)

第 I-4 章 海岸工程手冊(The Coastal Engineering Manual)

第 II 篇 海岸水力動力學(COASTAL HYDRODYNAMICS)

第 II-1 章 波浪力學(Water Wave Mechanics)

第 II-2 章 氣象和海象(Meteorology and Wave Climate)

第 II-3 章 近岸波浪估算(Estimate of Nearshore Waves)

第 II-4 章 碎波帶水力動力學(Surf Zone Hydrodynamics)

第 II-5 章 水位與長波(Water Levels and Long Waves)

第 II-6 章 潮口水力動力學(Hydrodynamics of Tidal Inlets)

第 II-7 章 港灣水力動力學(Harbor Hydrodynamics)

第 II-8 章 水力動力學分析和設計條件(Hydrodynamics Analysis and Design Condition)

第 III 篇 海岸漂沙過程(COASTAL SEDIMENT PROCESSES)

- 第 III-1 章 海岸漂沙特性(Coastal Sediment Properties)
- 第 III-2 章 沿岸漂沙輸送 (Longshore Sediment Transport)
- 第 III-3 章 向離岸漂沙輸送過程 (Cross-shore Sediment Transport Processes)
- 第 III-4 章 風吹沙輸送(Wind-Blown Sediment Transport)
- 第 III-5 章 黏性漂沙之侵蝕、輸送及沉積(Erosion, Transport, and Deposition of Cohesive Sediments)
- 第 III-6 章 碎波帶外漂沙輸送(Sediment Transport Outside the Surf Zone)
- 第 IV 篇 海岸地質(COASTAL GEOLOGY)
- 第 IV-1 章 海岸術語及地質環境(Coastal Terminology and Geologic Environments)
- 第 IV-2 章 海岸分類和地貌學(Coastal Classification and Morphology)
- 第 IV-3 章 海岸地貌動力學(Coastal Morphodynamics)
- 第 V 篇 海岸計畫之規劃與設計(COASTAL PROJECT PLANNING AND DESIGN)
- 第 V-1 章 規劃及設計程序(Planning and Design Process)
- 第 V-2 章 工址特性(Site Characterization)
- 第 V-3 章 海岸保護計畫(Shore Protection Projects)
- 第 V-4 章 養灘設計(Beach Fill Design)
- 第 V-5 章 航道計畫(Navigation Projects)
- 第 V-6 章 潮口和港灣漂沙管理(Sediment Management at Inlets/Harbors)
- 第 V-7 章 適合環境提昇的海岸工程 (Coastal Engineering for Environmental Enhancement)
- 第 V-8 章 美國聯邦政府在災害減輕扮演角色(The Federal Government Role in Hazard Mitigation)
- 第 VI 篇 海岸計畫要件設計(DESIGN OF COASTAL PROJECT ELEMENTS)
- 第 VI-1 章 海岸計畫要件設計介紹(Introduction to Coastal Project Element Design)
- 第 VI-2 章 海岸構造物型式和功能 (Types and Functions of Coastal Structures)
- 第 VI-3 章 工址特有設計條件(Site Specific Design Conditions)
- 第 VI-4 章 材料和施工方面(Material and Construction Aspects)
- 第 VI-5 章 設計基本原理-第一部份 (Fundamentals of Design-Part1)
- 第 VI-5 章 設計基本原理-第一部份 (Fundamentals of Design-Part2)
- 第 VI-5 章 設計基本原理-第一部份 (Fundamentals of Design-Part3)
- 第 VI-6 章 信賴性設計(Reliability in Design)
- 第 VI-7 章(進行中) 設計實例(Design of Specific Project Element-case Studies, in progress)
- 第 VI-8 章 海岸計畫監測、維護和修理(Monitoring, Maintenance and

Repair of Coastal Projects)

附錄 A 海岸術語辭彙(GLOSSARY OF COASTAL TERMINOLOGY)

下載網址

www.hydraulicengineering.tudelft.nl/public/ct4300/

這是荷蘭 Delft 維護的，有關 CEM 的資料要比 CHL 的新而且好用。

電子版 CEM

電子版 CEM 不是美國官書局出版，是民間公司 Veri-Tec, Inc (www.veritechinc.com)出版。

主要特色：

1. 若列印出超過 3000 頁包括許多彩色圖片
2. 70 個程式化(Live/ programmed)例題和超過 400 個程式化公式
3. 計算後可輸出報表或圖
4. 可搜尋各名詞、參考資料、例題、圖表等
5. 公制英制均可

6. 可與海岸工程設計與分析系統程式 (Coastal Engineering Design & Analysis System)聯結

7. 如果是 PE 版，有互動式公式、圖表可用，售價 US\$1850.00；如果是 SE 版，無前述功能，售價 US\$275.00，但有 hardware key

8. 定期更新

後記

美國陸軍工兵兵團(USACE)是美國陸軍幕僚單位，總部設在華盛頓 D. C，團長在五角大廈任職。工兵兵團由 34,600 文職和 650 軍職人員組成。海岸和水利實驗室(CHL)屬於工兵研究發展中心(ERDC)七個實驗室之一，ERDC 是工兵兵團成員之一。海岸工程手冊可免費下載，隨時更新，這背後的驚人實力無怪乎可以整合全世界海岸工程研究。本文主要翻譯海岸和水力實驗室有關 CEM 介紹之網頁內容，並參考『港灣構造物設計講習班』論文集中心蔡瑤堂總經理大作『美國港灣構造物設計準則介紹』。

