

部定大學用書

海港工程學

國立編譯館部定大學用書編審委員會主編

凌士彥編著

編者

國立編譯館出版
正中書局印行

部定大學用書

海港工程學

(上册)

國立編譯館部定大學用書編審委員會編

江苏工业学院图书馆

凌士彦編著

藏书章

國立編譯館出版
正中書局印行



版權所有

翻印必究

中華民國五十九年十二月臺初版

中華民國六十二年十月臺二版

部定大學用書 海港工程學 (全二冊)

上冊 基本定價 平二元六角
精四元壹角

(外埠酌加運費滙費)

主編者	國立編譯館
編著者	凌士彥
出版者	國立編譯館
發行人	李潔
發行印刷	正中書局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

暫遷臺北市南昌路一段十二號

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍旺角洗衣街一五三號地下)

海風書店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號 (6503) 西

(1,000)

序

海港工程爲土木工程中最艱巨之一種工程。因其在海中深水以下施工，環境特殊而險惡，須對海洋氣象、船舶運修等知識有相當修養。工程設計牽涉學術範圍廣泛，除本門學術之外，須兼備結構、基礎、道路、橋梁、隧道等工程學術。進行此項工程，非有若干專家，積十數年以上之海港設計及施工經驗，主持策劃，難以應付裕如。

近幾年來本省經濟開發，有長足進步，國際貿易之進出口物資日增，海洋運輸浩繁，港口吞吐量逐漸飽和，新舊各港，陸續在增建與擴建之中，各方殷切需要大量港工人員參與其事。國內工程人員固不乏賢能之士，究屬不可多得，欲求肆應客觀環境需要，仍嫌供不應求。因此政府在若干場合，不得不拋巨金聘用外籍人員，耗費過當。外人同時藉機推銷該國器材，動輒花費美金千百萬元，抵消工程利益不知凡幾？長久循此途徑，似非上策。

爲期國人能負起將來築港重任，挽回國家權益，根本辦法，應從教育着手，在國內大專院校增開海港工程學分，列爲必修課程，加強學術研究，大量培植港工生力軍。畢業後參與各港港工訓練，繼續嚴加督導，配合實際設計、施工經驗，歷五年以上，庶可健全港工基本幹部。再遴選其中才智優秀者，在工餘期間，從事研究項目，交互批判與試驗，相機採擇實施，使相關學術，從融合貫通中獲得創新與發展。非如此，工程人員不足以自力更生，單獨負起領導築港重任。

我國迄今尚無海港工程完善教本問世。筆者承乏臺大等院校講述港工十年，自編教材講義，恒以取材顧此失彼，未臻完整爲憾。此次謬承國立編譯館之邀，囑編是項教本，爰將十年教課所得，重加修訂，益之以

2 海港工程學 (上)

廿餘年來生平從事港工實地經驗，輯成本書。配合目前一學期三學分之課程規定，分十六章，約四十餘萬字，每週平均教學一章，使學者對全部海港工程有一初完整之瞭解。

至於海港工程進一步研究，可分波浪、漂沙、碼頭、船塢、船閘、倉庫、防浪堤、港埠佈置等，每一部門皆可單獨編著專書，供兩三個學分教本，毋虞內容缺乏，亦為港工研究所需要，仍有待於學術界共同之努力。

本書匆促脫稿，不逮之處仍多，尙祈先進教正是幸。

凌士彥 謹識

五十九年五月於基隆港

海 港 工 程 學

目 次

(上 册)

- 第 一 章 港埠概述 1
- 一、港埠緒論——成因——種類——設備——船舶。
 - 二、海港設備數量估計——碼頭——航道——泊地
防浪堤——倉庫——修造船設備——腹地交通。
 - 三、築港資料調查——氣象——潮汐——地質——
漂沙。
- 第 二 章 海港波浪 40
- 一、概論——形狀——成因——分類。
 - 二、波浪基本理論——深水浪——淺水浪——表面
浪——浪高。
 - 三、深水波浪預估法——SMB 法——WILSON 法
——PNJ 法——颱風中心法——衰減波浪法。
 - 四、淺水波浪預估法——THIJSSSE SCHIJF 法——
STEVENSON 法。
 - 五、港址波浪預估法——波浪曲折——港外碎波
——波浪繞射法。
 - 六、波浪力量——沙弗奴浪力法——密力根浪方法
已碎波浪力。

2 海 港 工 程 學 (上)

七、港內波浪與浪力實測。

第 三 章 海埠佈置 (MASTER PLAN)87

- 一、緒論——佈置須配合條件——初步佈置——二次修正——三次修正。
- 二、防浪堤佈置——對港外功能——港內功能——本身條件。
- 三、港址選擇——選擇原則——選擇條件。
- 四、碼頭佈置——港區——形式——風浪——潮汐——施工法——各式碼頭佈置。
- 五、航道——泊地——迴船池——寬——深——海底地質。
- 六、倉庫佈置——通棧——倉庫——貨櫃改裝庫——油庫——冷藏庫——堆貨場。
- 七、修造船設備——乾塢——浮塢——滑道——昇船臺——修船碼頭——泊地——浮筒——簇樁。

第 四 章 防浪堤佈置 125

- 一、緒論——天然港——半人工港——人工港
- 二、防浪堤平面佈置——單突堤——雙突堤——島堤——混合堤——重堤。
- 三、防沙堤佈置——要則——到達水深——堤式。

第 五 章 防波堤之斷面構造 143

- 一、緒論——斜坡式——直立式——合成式——斜樁合成式。
- 二、斜坡堤構造——拋石——巨塊——型塊護面——斷面——高——寬——邊坡——塊重。

- 三、直立堤概論——優缺點——斷面——板樁堤
——空心方塊——巨塊——浮沉箱。
- 四、合成堤概論——低基合成——高基合成。
- 五、堤端構造——概論——各式堤端。
- 六、防沙堤構造——各式防沙堤。
- 七、陸堤——緒論——各式構造。

第六章 防浪堤設計..... 183

- 一、緒論——海堤——陸堤——防浪——防沙。
- 二、結構選擇——適宜環境。
- 三、斜坡防浪堤設計——概要——拋石堤——巨塊堤——菱型及鼎型型塊護面堤。
- 四、直立防浪堤設計——概論——斷面——浪力——穩定——方塊堤——沉箱堤——沉箱——浮游穩定。
- 五、合成式防浪堤設計——概論——低基合成堤——高基合成堤。
- 六、陸上防浪堤設計——潮小浪小處陸堤——潮小浪大處陸堤。
- 七、防沙堤設計——潮小浪小沙大處——潮中浪中沙大處——潮中浪大沙大處。
- 八、空氣防浪堤——理論——設計。

第七章 深水碼頭之斷面構造..... 227

- 一、緒論——重力式——版樁式——樁基擁壁式橋式——重力式斷面——版樁式斷面——樁基擁壁式斷面——橋式斷面。

- 二、重力式詳論——整塊式——開口沉箱式——方塊式——L型塊式——浮沉箱式。
- 三、版樁式詳論——概論——木板樁——R·C版樁——鋼版樁。
- 四、樁基擁壁式詳論——版樁在前——在後——不用版樁。
- 五、橋式詳論——排樁式——羣樁套筒式——樁基圓筒式——橋梁。

第 八 章 重力式深水碼頭岸壁設計…………… 267

- 一、概論——式樣選擇——穩定安全。
- 二、外力計算——種類——外力求法——彎力求法。
- 三、地震力——種類——庫倫法——郎金法。
- 四、基礎滑動穩定法——瑞典法—— ϕ 圈法。
- 五、重力式本身設計——整塊式——開口沉箱式——方塊式——浮沉箱式——L型塊式。

第一章 港埠概述

第一節 港埠緒論

一、海港成因

世界各國，每因各地區經濟情況與物資產銷之不平衡，必需發生物資交流以調劑之。大量物資流通之道，不外內陸腹地運輸與外洋海上運輸兩種。陸上腹地運輸，遠程而大量者，每多利用鐵路輸送。一條設備齊全而管理得法之雙軌標準鐵路，每日運輸量可達數十萬噸。但如有現成河道，而能終年通航者，運量比鐵路為大，且運費較鐵路低廉。因其無建築費投資之負擔，而維持費又較鐵路為省。惟天然河道，恆不易保持其終年航行水位，更不易如鐵路之隨需要而伸展，尤其在上流山岳地帶。因此，內陸大量運輸，仍以鐵路為主，雖然近代公路運輸有逐漸趕上趨勢。

至海上遠洋運輸，可以利用寬廣水深之天然海洋，無遠弗屆，而航道所費，不需分文，祇需船舶費用，是海洋運輸所以優於內陸運輸者一。且海輪甚大，其每噸貨物船運費用，包括造船費與維持費，比之陸運交通工具為減省，而壽命較長，是其優越之點者二。供海洋運輸船舶，普通為一萬噸至兩萬噸級，特大者至數十萬噸，船越大越經濟而安全，此優

2 海 港 工 程 學 (上)

越之點者三。因此，海洋運輸，日趨發達。

為發展海洋運輸，並與陸上交通相聯繫，不得不有海陸交通轉捩點——海港之設置。海港為海輪泊碇，藉供貨物裝卸、旅客上下、及船用補給，為水陸交通之樞紐，關係國計民生、社會經濟之繁榮至巨，故今日各國均予重視，而傾全力加以建設。

二、海港種類

海港種類甚多，各因其用途、位置、成因、潮差、冰凍等情況之不同分類如下：

(一) 依海港用途分：有商港、工業港、軍港、漁港、避難港、檢疫港、給煤港和加油港等。

(二) 依海港位置分：有沿海港、河口港、河港、湖港、沙濱港、岩濱港和珊瑚港等。

(三) 依海岸成因分：有天然港、人工港、和半人工港三種。

(四) 依潮位大小分：有高潮閉口式港(Closed dock)與低潮開口式港(Open dock)。高潮在六公尺以上者，為築港與貨物裝卸之經濟起見，恆採用閉口式港池，港口裝有船閘(Lock)。開口式港，港口不設船閘，終日開放，船舶可以隨時出入。因此，規劃築港時，在可能範圍以內，儘量避免採用閉口式。

(五) 依冰凍關係分：有凍港與不凍港兩種。

三、工商港設備

本書範圍，祇限於三千萬噸貨物吞吐量之大工商海港，而形式為低潮及中潮之開口式者。其重要設備，大致可分為下列七種：

(一) 碼 頭

築港之首要設備為碼頭，碼頭之作用，在於繫靠船舶、裝卸貨物，

使水陸物資交流。而碼頭又因其地點、用途、泊船種類、結構形式等，分爲若干種，待以後陸續敘述。

(二) 航 道

船舶由深海航行至碼頭邊船席位置所經過之水路稱爲航道。航道必須浚挖至相當寬度與深度，使深海至碼頭間船舶可以自由通過，並有容許進出迴轉之餘地。否則船隻無由交通，或者發生阻塞及安全問題，港埠設備等於虛設。

(三) 腹地交通

海港設備無論如何良好，若內陸腹地交通不能配合建立，則出口貨無法迅速自產地運至港口裝船輸出，形成出口不暢；進口貨在港口卸船起岸之後，無法迅速輸送至內陸腹地銷售，則腹地消費恐慌，港口反見壅塞。若此種情形維持稍久，結果非但貨不能暢其流，而資金積壓、金融失調、民生凋敝、促成工商倒閉、失業增加，而港口吞吐效能低落，自不待言。是故腹地交通，應與港埠吞吐，同一重要，相互配合建立，共存共榮。腹地交通有現成河道可資利用者，應儘可能設法利用之；凡大量遠距離運輸，爲水道所不能暢達者，應利用標準重軌鐵路運輸；近距離而零星輸送者，則以公路運輸較便。腹地交通之進出口運輸能量，應與港口吞吐能量相配合，而以能有較大數餘者爲宜。

(四) 防浪堤

海港港口面臨大海，在暴風季節，大海波浪必湧入港內。因此泊港船舶不能安寧，更難於卸駁貨物；靠碼頭船舶無法安全裝卸，甚或與碼頭碰撞，發生危險。則海港必因天氣影響，局部限制其使用，效能降低。船主爲避免危險與時間損失，將裹足不前，雖有良好設備，形同死港，又何取乎？爲解除此種困難，則應在港口適當位置，在海中建築防浪堤，阻止大部份海浪進入港內，小部份進港波浪，亦已減低其強度。使港內雖在惡劣天氣之下，水面依然安全，一切貨物裝卸工作照常進行。

4 海 港 工 程 學 (上)

且防浪堤之建立，非但可以阻浪；有時在淺海沙灘海岸，兼可阻擋隨波浪漂流入港之海沙，而作防沙堤之用，並形成安全航行港口。至於以防浪堤作為港區臨海一面之極限，圍成港區數用之水陸面積，亦屬防浪堤之另一用途。

(五) 泊 地

船舶可以日夜進出港區，但為安全計，尙少於夜間繼續領港、靠泊或駛離碼頭者，況船隻進出港口，須經檢查、檢疫、驗關等手續，需要相當時間與泊地以供停留。在業務繁忙港口，有時船到而碼頭或倉庫不空，必須拋錨等候，有時在暴風季節，非航行本港船舶，亦須進港避難。凡此等等，皆需相當廣濶水面之泊地，吃水浚挖够深，又不在航道範圍之內，供所有船舶暫時泊碇之用。

(六) 倉 庫

貨物由腹地運進港埠，多不能馬上裝船，必集有相當數量，或等候船期，方能裝船。候船、檢驗、報關等手續，亦須相當時日；在行政效率較低之港埠為尤甚。同時，卸船貨物內運，亦須經過檢驗、報關、候車及裝車等手續，需要相當日。是故進出港口貨物，皆需要在港區內停留一短暫時間，因此不得不在港區碼頭附近，建築通棧 (Shed) 與倉庫 (Warehouse)，以供物資儲轉。

(七) 修造船設備

海港之一切全為船舶運輸而設。海上船舶時有風浪損害，必須隨時加以檢查修理，以免海難。即使未遭海難，船舶亦須按時加以檢修，以策安全。因此船舶之修理設備，亦為港埠建設中之一環。若於修船之外，兼能造船，不僅可以充實海港，亦發展地方工業、繁榮社會之道也。否則所築之港，徒為外國船公司推廣業務，利權外溢，又何取乎？修造船主要設備之屬於港工者有乾船塢、浮船塢、修船滑道、及修船泊地和修船碼頭等。至於與造船有密切關係之鋼鐵工業、機械工業，與國家重工業

發展有關，不屬港工範圍，不予敘述。

四、船舶與海港

海港全部設備，幾乎直接間接全為船舶而服務。是故海洋輪船性能與其今後發展趨勢，對港工人員實有充分明瞭與相互配合之需要。茲將近 140 年來海洋輪船之尺碼及其性能之概況，列為表一，以供參考。一般海輪可分為客船、雜貨船、散裝乾貨船、油船與貨櫃船五種，其噸位尺碼詳海港工程學參考書。

根據表一所示，預估今後情勢，可得下列五種概念：

(一) 海輪噸位日趨增大

近 140 餘年來每艘海輪噸位，約平均增加 370 倍，船長增加 7.1 倍，船寬增加 7.4 倍，吃水增加 5.8 倍。但已接近飽和不遠。海輪噸位所以日趨加大，主要原因有五：

1. 海輪愈大，其每噸單位造船費愈低，而標準反愈高。
2. 海輪愈大，則每噸所需之航行動力愈小，而燃料亦省，維持費因之減少。
3. 海輪愈大，每船所需船員人數增加甚少，每噸管理費可以節省。
4. 海輪愈大，全部機械皆已安裝自動化操作，管理反較方便。
5. 油輪噸位增加最快，因有大量貨源，可採取快裝快卸技術，且亦為情勢所需要。

(二) 推論海輪增大趨勢

近百餘年來海輪尺碼增大趨勢，長與寬增加之幅度比吃水增加之幅度較大。因前者僅須顧及船舶本身之條件，而後者須取得世界各港口航道與碼頭之合作才行。今後海輪無論如何增加船身尺碼，以作者判斷，除無需進港裝卸之油輪外，船之吃水恐難超過 16M，最大進

表一 海輪性能

船名	噸位 (T)	船長 (M)	船寬 (M)	滿載吃水 (M)	碼頭深度 (M)	船速 (K)	主動種類	主動馬力	船員人數
	3,000	100	12	6.9	7.3	15.0	Diesel	3,400 b.h.p.	31~42人
	4,000	110	13.5	7.5	7.9	15.0	—	—	31~42人
	5,000	120	14.5	7.7	8.1	15.0	Diesel	6,400 b.h.p.	31~42人
	6,000	130	15.5	8.0	8.4	15.0	—	—	31~42人
	8,000	140	17.0	8.5	8.9	16.0	Diesel	8,800 b.h.p.	35~46人
	10,000	150	17.5	9.0	9.5	15.0	Diesel	8,250 b.h.p.	35~46人
	12,000	160	19.0	9.0	9.5	—	—	—	35~46人
	15,000	170	19.0	9.5	10.0	17.5	Turbine	15,000 s.h.p.	40~58人
	20,000	190	22.0	10.0	10.5	17.5	Turbine	15,000 s.h.p.	50~58人
	30,000	220	25.0	10.2	10.7	17.5	Turbine	18,500 s.h.p.	50~58人
	40,000	240	27.0	10.5	11.0	20.0	Turbine	19,000 s.h.p.	50~58人
	50,000	265	29.0	11.0	11.5	22.0	Turbine	20,000 s.h.p.	50~58人

80,000	315	36.0	11.2	12.0	28.5	Turbine	—
100,000	—	—	—	—	—	—	—
120,000	—	—	—	—	—	—	—
Queen Elizabeth	303	36.5	12.0	13.0	32.0	Turbine	246,000 h.p.
Queen Mary	298	36.1	11.8	13.0	—	Turbine	—
Normandé	300	35.8	11.6	13.0	—	Turbine	—
Bremen	274	31.0	10.3	12.0	—	Turbine	—
100,000	285	41.2	14.6	—	—	—	—
150,000	290	43.5	16.5	巨型油輪	—	—	29人
200,000	342	50.0	17.5	概不進港	—	—	—
212,000	326.0	48.2	19.3	靠岸裝卸	16.8	—	41人
300,000	335	52.0	22.5	油貨	—	—	—
Universe Ireland	330.0	53.1	24.1	—	14.9	—	—
Universe Japan	346	53.3	24.8	—	—	—	—
370,000	345.5	54.5	27.0	—	—	—	—
Gulf	—	—	—	—	—	—	—

港海輪噸位難超過十萬噸，否則因商船加大之所得，兩相權衡，抵不過各港口碼頭重建與航道泊地浚深之所失，況船舶太大，每處貨源與裝貨時間亦發生困難。將來最大船舶，首推油輪，因其無需進港裝卸油類可能達百萬噸級，其次將為礦砂船、煤炭船，其他船舶尚不能使用最大型者。

(三) 海輪將增加速度

海輪為增加其貨運能力，其加大噸位趨勢已日近飽和，而轉向從事增加航速方面。因對運輸能力而言，加速無異增加噸位。且主機亦因馬力愈大而標準愈高，單位造價愈小，為促成船速增加主要原因之一。由於原子動力利用於船舶，航運展開新趨勢，對築港佈置亦將發生有利之影響。

(四) 今後海輪噸位與船速增加，亦非全無止境，將受經濟觀點，貨源榮枯，裝卸技術速度與航行距離所限制。航運對象以貨物為主，旅運趨向航空，客船祇供海洋遊覽而已。

(五) 海輪燃料

為增加運貨艙位，並保持船舶清潔，易於養護維持，船用燃料，煤炭已為燃油所取代，此為近二十年之趨勢。

根據以上五種船舶動向之概念，而後作築港之規劃，亦知所以改進之道。

五、建築海港規劃

建築港埠本為便利水陸物資之聯運，兼為一種企業投資之經營，兩者之所繫，在於進出港口物資之吞吐。規劃築港，首應確知將來開港後，可能經過港口貨物之種類與數量，研究其設施應如何適應貨物運轉需要，便利服務，從而博取合理利潤，作為投資之報酬。同時更須研究與港口吞吐有關之腹地物資產銷情形，內陸交通狀況，而後方知築港宜如何