

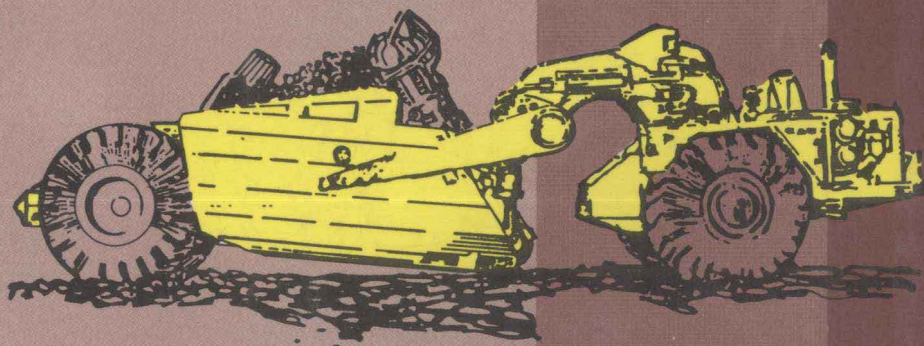
部編大學用書

土木工程施工學

下 冊

國立編譯館 主編

汪 燮 之 著



大中國圖書公司印行

土木工程施工學

(港灣工程・隧道工程・路面工程)

下 冊

國立編譯館 主編
汪燮之 著

大中國圖書公司印行

版權所有
翻印必究

土木工程施工學(下)

著者：汪 燮 之
著作權：國 立 編 譯 館
所有人：薛 永 成
發行人：薛 永 成
出版者：大 中 國 圖 書 公 司
印刷者：大 中 國 圖 書 公 司

台北市重慶南路一段66號
電 話：3311433
郵政劃撥：0002619-7號

登記證：局版台業字第0653號

中華民國七十六年四月初版

基本定價：九元五角

自序

土木工程學一書，自上中兩冊先後於民國七十四年六月及七十五年三月出版後，下冊於今亦將出版，計三冊共約一百四十餘萬言，內容包涵地面、地下及水上各項土木工程，個人窮四年餘時間與精力，於完成台灣地區蘇澳港及翡翠水庫兩項重大工程之後，再行完成此一文字上之重大工程，內心之慶幸，自不待言，惟土木工程施工，博大精深，尤以施工機具，日新月異，而施工方法每亦因應機具之更新而改進，故本書所述，僅係目前一般之範例，為讀者提供施工之基本構想，俾能舉一反三，於實際應用時，應依照工程性質及可獲得機具，參照本書有關施工構想，審慎研訂施工之計畫，方可據以執行。

本冊頁數過多，為免增加書本厚度以致翻閱困難起見，所有參考文獻及中英文名辭索引，均未予附錄，尚請見諒。

本書係由作者個人獨力撰著，因此，掛一漏萬，勢所難免，而錯失更難望全無，尚請讀者予以指正。

作者於民國三十六年由故鄉辭別慈母負笈來台後，即與慈母海天遙隔凡四十年，近聞已於十餘年前去世，至深悲悼，深感未能承歡膝下，克盡孝道，致令慈母孤苦半生，含恨而逝，先父雖於民國三十八年逃亡來台，亦於民國五十年辭世，思慕之情無時或釋，苦思無以為報，謹以此書，敬獻於先父母在天之靈。

榮民工程事業管理處副處長
國立台灣大學土木系兼任教授

汪燮之

中華民國七十六年三月

土木工程施工學

下冊目錄

第八章 港灣工程施工	1~470
第一節 介 說	1
第二節 有關資料之搜集及研判	5
1 氣象資料	5
2 河流水文及海象資料	10
3 地質資料	16
4 採石場資料及其開採權之取得	17
5 混凝土用骨材石場之調查	18
6 沉箱填料資料之調查與研判	19
7 其他資料之調查與研判	19
第三節 港灣工程施工規劃	20
1 介 說	20
2 規劃基本原則	20
3 港灣工程構造物型態	21
4 主要材料數量及其供應方法	32
5 施工進度表	39
6 混凝土預鑄構體使用時間分配	44
7 混凝土使用時間	48
8 浚渫時間分配表	59
9 沉箱渠尺寸及其結構	62

2 土木工程施工學 下冊

10. 主要機具類型、數量及使用時間	72
11. 施工場地分配	114
12. 施工人力及其組織	131
13. 遞耗材料與大宗小型機具	169
14. 工程費用之估算	179
第四節 堆石防波堤施工	202
1 介 說	202
2 堤心石料拋填	203
3 過濾層鋪設	213
4 封層鋪設	217
5 堆石堤封頂	228
6 堆石堤封頭	230
7 混凝土型塊	234
第五節 沉箱防波堤施工	262
1 關係施工之沉箱特性	262
2 沉箱基礎施設	293
3 沉箱製作	322
4 沉箱下水方法	338
5 沉箱水中儲存	381
6 沉箱之拖航	382
7 沉箱之安放	390
8 沉箱回填與封頂施工	399
9 混凝土堤頂及胸牆施工	401
第六節 碼頭施工	402
1 介 說	402
2 棧橋碼頭施工	403

3.	沉箱碼頭施工	406
4.	混凝土塊碼頭施工	415
5.	坂樁碼頭施工	419
第七節	浚 渫	421
1.	介 說	421
2.	岩石海（河）底浚渫	422
第八節	港灣工程用水上設備	462
1.	介 說	462
2.	拖 船	463
3.	吊桿船	465
4.	混凝土拌和船	469

第九章 隧道工程施工 471~782

第一節	介 說	471
1.	一般說明	471
2.	基本要件	471
3.	配合設施	472
第二節	岩石隧道施工	472
1.	一般說明	472
2.	隧道開挖工作面	473
3.	洞口防護	474
4.	爆破開挖法施工	498
5.	無爆破開挖法施工	607
6.	隧道混凝土襯砌施工	624
第三節	土質隧道施工	654
1.	一般說明	654

2	矢板法與導栓法	654
3	管推進法	663
4	潛盾機隧道施工法	667
第四節	沉埋管隧道施工	729
1	一般說明	729
2	沉埋管隧道施設之主要條件	729
3	沉埋管隧道施設原理	730
4	沉埋管佈置	732
5	沉埋管之設計	736
6	沉埋管之拖航	740
7	基礎浚挖	742
8	沉埋管之製作及下水	742
9	沉埋管之壓艙	748
10.	沉埋管之下沉	752
11.	沉埋管下沉時位置之校正	758
12.	沉埋管之坐底	762
13.	沉埋管隧道之水密措施	771
14.	沉埋管拖放前之準備及艙裝	777

第十章 路面工程施工 783~861

第一節	介 說	783
1	一般說明	783
2	路面斷面	783
第二節	路基及基層	785
1	一般說明	785
2	路基土質改良	786

3. 基 層	789
第三節 路 肩	790
第四節 柔性路面	791
1. 一般說明	791
2. 柔性路面厚度	791
3. 柔性路面材料	798
4. 瀝青路面配比設計	810
5. 瀝青料與骨材之拌和	812
6. 柔性路面施工	818
第五節 剛性路面	832
1. 一般說明	832
2. 剛性路面之路基	833
3. 剛性路面之基層	834
4. 剛性路面接縫	835
5. 剛性路面厚度	838
6. 純混凝土或鋼筋混凝土路面施工	848
7. 鋼纖維混凝土路面	859

土木工程施工學

下 冊

第八章 港灣工程施工

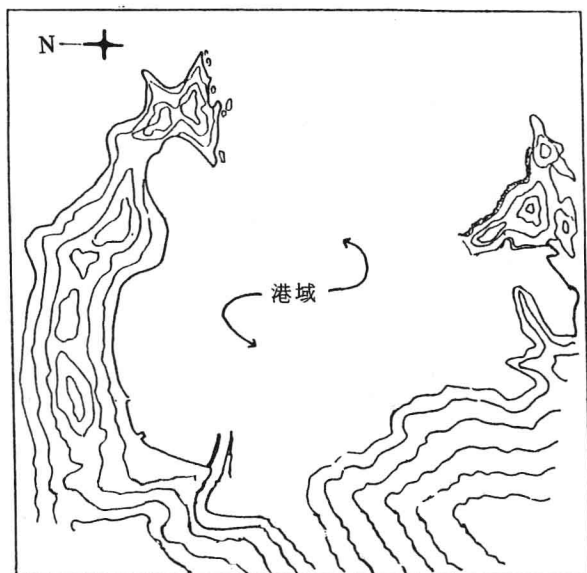
第一節 介 說

所謂港灣 (harbor)，其由河流 (river) 水域所形成者稱河港，由海岸水域所形者稱海港，無論其為河港或海港，要皆以人工施設構造物，而使灣內水域平靜可資船隻航行及停泊之場所，通稱之為港灣。

港灣工程不同於一般陸上土木工程，其結構物大多位於水中，為因應水中施設結構物之需要，在結構物型態上多為重力式 (gravity type) 構型，在結構物構造上多為預鑄構體 (precast elements) 組合，而在施工上更為動態作業，因此，其工地佈置、施工方法及作業機具等等，在在與陸上工程不同，故本書專列一章予以敘述。

在敘述港灣工程施工作業之前，首先必須認識港灣之佈局，然後由佈局中瞭解各結構物之性能及其型態，進而作施工之必要安排。

港灣就佈局而言，可分為天然港灣 (natural harbor) 及人工港灣 (artificial harbor) 兩種，所謂天然港灣，即在天然地形上已具有港灣之形式，即有三面陸地環繞而僅一面為開口之水域，且水域面積甚大，可資興建碼頭 (wharves) 用以停泊船隻，而一面之開口甚為狹小，可資防堵外海波浪 (waves) 侵襲，是為天然港灣，圖 1-1 所示為一半天然港灣之典型地形 (因其開口甚大，仍須人工加建防波



圖一 半天然港灣典型地形

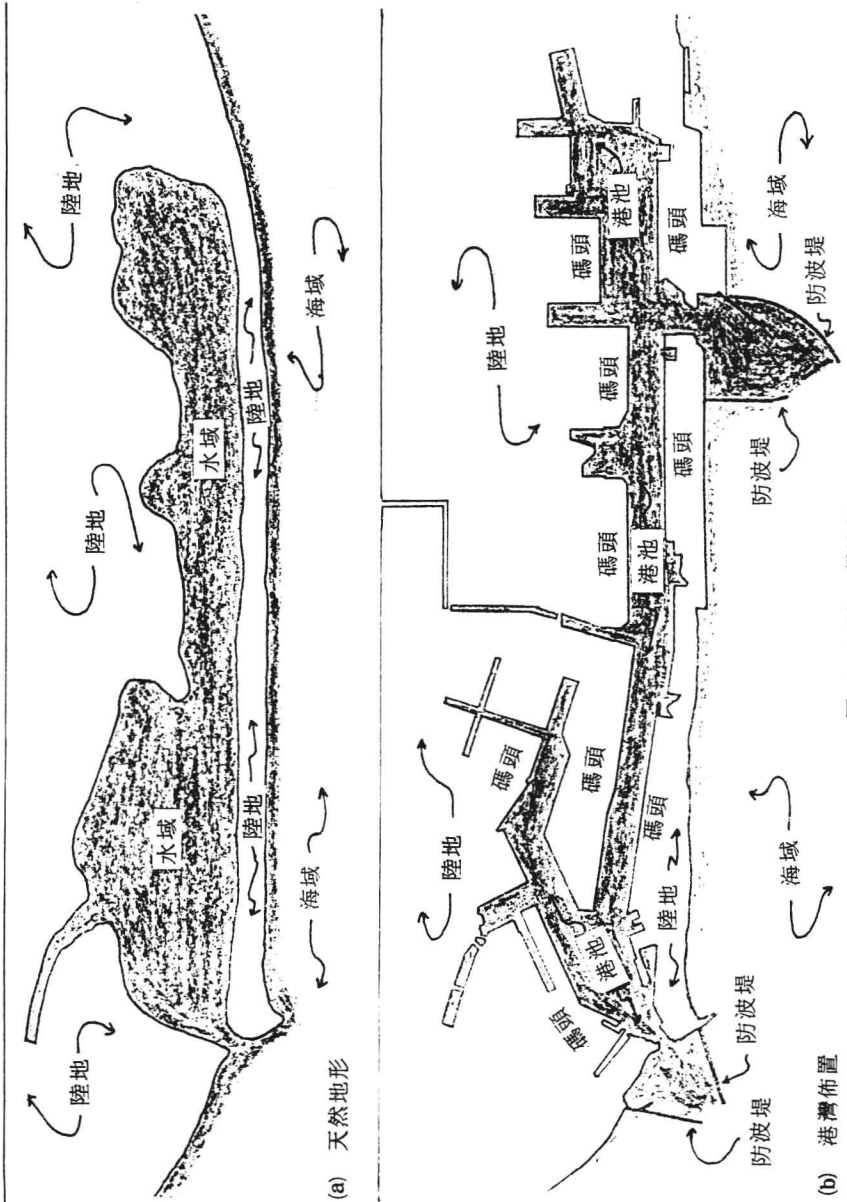
堤以防堵海浪，故稱半天然港灣），圖二所示為一天然港灣之典型地形，圖二中之(a)為未建港前地形，(b)為建港後目前之佈置，該兩處目前均已發展成相當規模之商港，尤以後者之規模已列入世界十大港灣之列，因其岸地平坦，極易擴展之故。所謂人工港灣，係指一淺水區域，以挖掘渠道（channels）以資船隻航行、築造防波堤（breakwaters）以資防堵海浪、興建碼頭以資船隻停泊及碼頭背側填方以形成場地以資興築道路堆棧等等人工設施所形成之港灣，如圖三所示，即為一完全以淺灘興建之人工港灣。

由前列各圖中，吾人知一港灣之形成，必須包括下列各項主要工程：

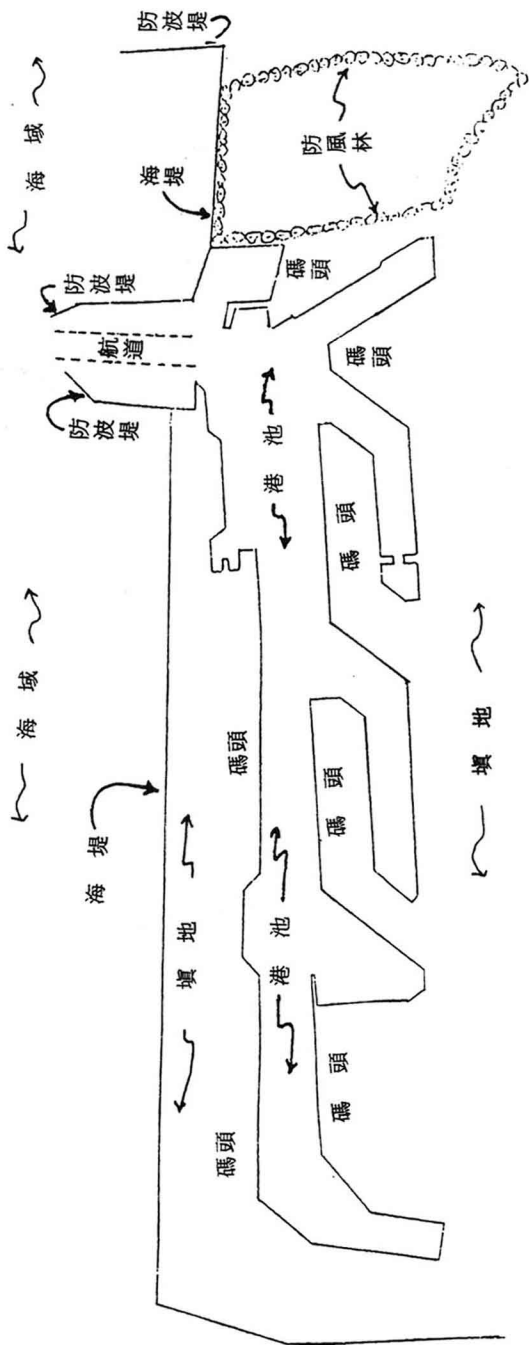
防波堤工程：用以防堵海浪。

碼頭工程：用以停泊船隻。

浚渫工程（dredging）：用以浚深航道。



圖二 天然港灣範例



圖三 人工港灣範例

填方工程 (filling) : 用作陸上運輸及儲存場地。

上列四項主要工程項目，除浚渫一項外，其餘三項，或因結構本體構型需要，或因結構安全防護需要，常需大量石塊或混凝土預鑄型塊 (shaped concrete blocks) 以為消波 (wave dissipation) 之用，因此石塊及混凝土型塊常為港灣工程中不可或缺之材料。

港灣工程，除浚渫工程全部為水下作業外，其餘各工程，其完成階段，莫不須於水上作業，因此當地氣象與河川水文或海象等資料，必須於施工前詳細調查，徹底瞭解後，方可進行施工規劃。

由於港灣工程所用混凝土及石方數量均甚龐大，故對當地水域航道及陸上道路情況及其現有交通狀況，均須事先調查明瞭，俾可選擇適當且經濟之運輸方法。

又由於混凝土結構體大多須要預鑄，加以所需方石亦須預為儲存，俾於水上作業季節來臨時，能及時使用，因此，此等預鑄及儲存場地，亦必須事先預作安排。

儲存之混凝土預鑄構體及石方，於開始使用後，多須由陸上搬運至船上，方可於水上作業，因此，工地必須置備此等物品上船用之碼頭，俾便船隻可以停靠裝卸物料，故臨時裝卸碼頭亦為港灣工程所必需。

其他如預鑄構體之吊運及水上作業之船機等等重型機具之置備，亦非陸上工程所可比擬，故施工前，必須通盤規劃，然後依規劃置備所需各項機具，庶不致作業時工具不濟，事倍功半。

第二節 有關資料之搜集及研判

1. 氣象資料

(1)一般說明：

港灣工程施工關係氣象者，有雨與風兩方面，大雨天氣固不能作業，強風天氣尤不可作業，否則極易發生危險，因此雨與風為必須事先調查明瞭，並作為計算工作日數之依據。

(2)雨：

就雨天而言，一年中應分為雨季（raining season）、旱季（dry season）及颱風季（typhoon season）等三個時期，通常雨季中雖可能天天下雨，但雨量多不大，大體而言，港灣工程施工作業，應無大礙，僅較不方便而已，惟偶亦有一、二日雨勢強勁，無法作業，故在此季節中，可以60~70%之日數為工作天（working day），而其餘日數為非工作天，但常可利用此等時間施作機具之保養，惟工程進度表（schedule）上，仍不計算為工作天。旱季原則上除機具保養時間外，均可作為工作天。至颱風季常非每日均有風雨，僅於颱風來臨或鄰近時帶來狂風豪雨，故應依過去歷年記錄，推估在此季中，平均一月約有幾天颱風，扣除此颱風日數及機具保養時間外，其餘時間，仍可作為工作天，惟颱風時風力影響遠大於雨，故多以風力影響為計算作業天依據。以上雨季、旱季及颱風季在時間上之劃分及其有關之記錄資料，均應向當地或附近氣象機關洽取，然後據以分析研判。

(3)風：

港灣工程位置，無論其為河口（estuary）或海岸（sea shore），均面對廣濶空際，故其風力多較一般陸地為大，而港灣之水上作業，尤受風力影響，即使港灣工程之陸上作業，亦因多須使用高架設備如吊車（crane）等，受風力之限制亦大，通常港灣工程多對其水上陸上作業與港區風速做如下之限制：

- (a)當風速（wind velocity）達到每小時24公里亦即風壓（wind pressure）達每平方公尺28公斤時（約為四級風），所有陸

上高架作業，應即停止。

(b)當風速達每小時 10 公里亦即風壓每平方公尺 5 公斤時，水上打樁作業應即停止。

當風速達每小時 24 公里時，一般水上作業，應即停止。

風壓與風速之關係式為：

$$P = C V^2$$

式中之 P = 風壓 單位為公斤 / 平方公尺

V = 風速 單位為公里 / 小時

C = 常數 = 0.0483

一般風速多以表一所列之蒲福風速表 (Beaufort wind scale) 為準。

施工前，必須向當地氣象機關洽取風速紀錄，尤須注意其在時間上之分佈，即在各季或各月中之分佈，如風速大於前述作業規定標準之日數較該月或該季之雨天為多時，應以日曆天扣除風速過大之日數為工作天，倘風速過大之日數較少但超過該季或該月雨天總數 $\frac{1}{2}$ 時，應以該季或該月天數酌加 $1 / 10$ 風速過大之日數為準。

風速除依取得記錄參照前述標準做為工作天計算依據外，施工時，並應密切注意氣象預報，隨時做防範準備，因風來去無踪，而風速過大時，不僅不能作業，更可能對水上及陸上設備造成損害，故須特別注意。

週期性之風如季候風 (monsoon)，每年定時來臨，並定向吹刮，台灣之季候風約在 12 月來臨至次年 3 月終了，通常稱此季節為季候風季節 (monsoon season)，其風向為東北風，風力約在 4 ~ 8 級 (蒲福風級表) 之間，常非竟日吹刮，約為 4 ~ 20 小時不等，但在此季候風季中，每月亦常可發現有 3 ~ 8 天風平浪靜，故在季候風季節，亦不能全部視為水上不能工作之非工作天，但可工作之日數甚少，且

表一 蒲福風級表

蒲福風級	名稱	高出地面十公尺之風速 (公里/小時)		風級	標準說明	海上浪高 (公尺)*
		每公尺	時速			
0	無風 Calm	0-0.4	<1.5	靜, 煙直上	海面如鏡	-
1	軟風 Light air	0.3-1.5	1.5~9.6	炊煙可表示風向, 風標不動	海面有鱗狀波紋, 波峯無泡沫	0.1(0.1)
2	輕風 Light breeze	1.6-3.3	64~9.6	風拂面, 樹葉有聲, 普通風標轉動	微波明顯, 波峯光滑未破裂	0.2(0.3)
3	微風 Gentle breeze	3.4-5.4	11.2~16.0	樹葉及小枝搖動, 旌旗招展	小波, 波峯開始破裂, 泡沫如珠, 波峯偶泛白沫	0.6(1)
4	和風 Moderate breeze	5.5-7.9	17.6~25.6	塵沙飛揚, 紙片飛舞, 小樹幹搖動	小波漸高, 波峯白沫漸多	1(1.5)
5	清風 Fresh breeze	8.0-10.7	27.2~33.6	有葉之小樹搖擺, 內陸水面有小波	中浪漸高, 波峯泛白沫, 偶起浪花	2(2.5)
6	強風 Strong breeze	10.8-13.8	35.2~43.2	大樹枝搖動, 電線呼呼有聲, 舉傘困難	大浪形成, 白沫範圍增大, 漸起浪花	3(4)
7	疾風 Near gale	13.9-17.1	44.8~52.8	全樹搖動, 迎風步行有阻力	海面湧突, 浪花白沫沿風成條吹起	4(5.5)