

94-5-297(2)

MOTC-IOT-93-EBB006

港灣構造物設計基準修訂

(下冊)



交通部運輸研究所
榕聲工程顧問有限公司
合作辦理

中華民國九十四年二月

94-5-297(2)

MOTC-IOT-93-EBB006

港灣構造物設計基準修訂

(下冊)

著者：曾志煌、翁國和、徐順憲、李賢華、陳素惠、
蕭清木、錢中弘、張勝評、余宗鴻、鍾沛穎、
孫宏華、洪麗珍

交通部運輸研究所
榕聲工程顧問有限公司
合作辦理

中華民國九十四年二月

港灣構造物設計基準修訂 / 曾志煌等著. -- 初
版. -- 臺北市：交通部運研所, 民 94
面; 公分
參考書目：面
ISBN 986-00-0557-5(上冊：平裝). - ISBN
986-00-0558-3(下冊：平裝)

1. 海岸工程 - 設計 - 標準

443.3023

94003725

港灣構造物設計基準修訂(下冊)

著 者：曾志煌、翁國和、徐順憲、李賢華、陳素惠、蕭清木、錢中弘、
張勝評、余宗鴻、鍾沛穎、孫宏華、洪麗珍
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：台北市敦化北路 240 號
網 址：www.iot.gov.tw / 中文版/圖書服務/本所出版品
電 話：(02)23496789
出版年月：中華民國九十四年二月
印 刷 者：萬達打字印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 200 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定 價：全套二冊 600 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組 • 電話：(02)23496880
三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓 • 電話：(02)23617511
三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓 • 電話：(02)25006600
國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1 • 電話：(02)25787542
五南文化廣場：台中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330
新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號 • 電話：(04)7252792
青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓 • 電話：(07)3324910

GPN：1009400558

ISBN：986-00-0558-3(平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣構造物設計基準修訂(下冊)			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 986-00-0558-3(平裝)	政府出版品統一編號 1009400558	運輸研究所出版品編號 94-5-297(2)	計畫編號 93-EBB006
本所主辦單位：運輸工程組 主管：曾志煌 計畫主持人：曾志煌 研究人員：翁國和 聯絡電話：(02)2349-6819 傳真號碼：(02)2545-0427	合作研究單位：榕聲工程顧問有限公司 計畫主持人：徐順憲 研究人員：李賢華、陳素惠、蕭清木、錢中弘、張勝評、余宗鴻、鍾沛穎、孫宏華、洪麗珍 地址：台北市信義路四段168號3樓之1 聯絡電話：(02)2702-4252 傳真號碼：(02)2702-4271	研究期間 自93年3月 至93年12月	
關鍵詞：防波堤、碼頭、設計基準			
<p>摘要：</p> <p>交通部出版之『港灣構造物設計基準』分別於民國八十五及八十六年頒布『防波堤設計基準及說明』及『碼頭設計基準及說明』，距今已有八年以上時間，期間交通部雖曾於八十九年因應九二一地震修訂部份條文，交通部運輸研究所亦曾於九十一年度進行『耐震設計修訂』之研究，惟隨著時空環境之改變，此一設計基準之內容及編排方式實有必要進行檢討，期使我國港灣基準規範能符合當前世界港灣潮流及國內規劃設計所需，促進國家之港灣建設發展。</p> <p>本次基準修訂之主要變動如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 將原先之「基準」及「基準說明」合併，以方便查閱。 2. 將港灣構造物設計基準—「碼頭」部份與「防波堤」部份合併，不再各印單行本，防波堤部份列為第七篇。 3. 增加「第四篇—預鑄混凝土構件」及「第六篇—水域設施」，其他章節順延，將原分散於碼頭工程及防波堤工程之相關內容加以調整。 4. 將設計基準內所使用之單位改為SI制，以便與國際工程界接軌。 5. 耐震設計部份依新版「建築物耐震設計規範及解說修訂草案」之規定予以大幅修訂。 			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
94年2月	512	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>限閱 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>(解密【限】條件：<input type="checkbox"/>年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密， <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE : Revision on the Design Standards of Port Structures(VOL.2)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-0558-3 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009400558	IOT SERIAL NUMBER 94-5-297(2)	PROJECT NUMBER 93-EBB006
DIVISION: Engineering Division DIVISION DIRECTOR: Tseng, James C.H. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tseng, James C.H. PROJECT STAFF: Wung, Howard G.H. PHONE: 8862-23496822 FAX: 8862-25450427			PROJECT PERIOD FROM March, 2004 TO December, 2004
RESEARCH AGENCY: James Shyu & Associates PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shyu, Shuen-shian PROJECT STAFF: Lee, Hsien-hua , Chen, Su-hui , Shiau, Chin-mu , Chien, Chung-hung, Yu, Chung-hung ADDRESS: 3F-1,168, Sec. 4, Hsin-Yi Road, Taipei, Taiwan PHONE: 8862-27024252			
KEY WORDS: Breakwater, Wharf, Design Standard			
ABSTRACT: <p>It has been more than 8 years since the release of the “Design Standards for the Breakwater” and “Design Standards for the Wharf” in 1996 and 1997. Due to the 921 earthquake and other research, although part of the standards were slightly modified in 1999 and 2002, the revision of the design standards is a necessity to cope with the trend of the practical design work and promote the port construction industry of Taiwan.</p> <p>The main items modified in this study are as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The “standard” and “standard explanation” are merged together in considering easy reading. 2. The content of the “Wharf” and “Breakwater” are merged together and becomes a single copy, and the “Breakwater” is edited as chapter 7 of the merged copy. 3. Chapter 4 – Concrete Members and Chapter 6 – Water Basin are newly added materials. The sequence of the original standards is adjusted accordingly. Parts of the contents in the original standards are modified as well. 4. The unit adopted in the present design standard is modified to SI system. 5. The Earthquake Resistance Design is modified in accordance with the building code. 			
DATE OF PUBLICATION February 2005	NUMBER OF PAGES 512	PRICE 300	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物設計基準修訂

總目錄(上冊)

前言

第一篇 通則

第一章 一般說明.....	1-1-1
第二章 國際單位系統(SI).....	1-2-1

第二篇 設計條件

第一章 概說.....	2-1-1
1.1 設計條件.....	2-1-1
1.2 影響設計因素.....	2-1-2
第二章 船舶.....	2-2-1
2.1 船舶尺寸.....	2-2-1
2.2 船舶所產生之外力.....	2-2-4
2.2.1 概要.....	2-2-4
2.2.2 船舶靠岸所產生之衝擊作用力.....	2-2-4
2.2.3 繫泊中船舶搖動所產生之作用力.....	2-2-8
2.2.4 作用於繫船柱之拉力.....	2-2-12
第三章 風.....	2-3-1
3.1 風.....	2-3-1
3.1.1 概要.....	2-3-1
3.1.2 風之定義.....	2-3-1
3.1.3 梯度風.....	2-3-1
3.1.4 海面風速.....	2-3-2
3.2 風力.....	2-3-3

第四章 波浪.....	2-4-1
4.1 設計波.....	2-4-1
4.1.1 概要.....	2-4-1
4.1.2 設計波之定義.....	2-4-2
4.1.3 波之性質.....	2-4-3
4.2 設計用波浪之決定方法.....	2-4-9
4.2.1 決定設計用波浪之基本方針.....	2-4-9
4.2.2 求設計用波浪各因素之過程.....	2-4-10
4.2.3 設計波對波壓公式之適用.....	2-4-11
4.3 吹風區域波浪之推算.....	2-4-11
4.4 波浪觀測分析.....	2-4-11
4.5 淺水波之變形.....	2-4-11
4.5.1 概述.....	2-4-11
4.5.2 波浪因素因水深不同之變化.....	2-4-12
4.5.3 波浪之折射 (Refraction).....	2-4-17
4.5.4 波浪之反射.....	2-4-18
4.5.5 波浪之繞射 (Diffraction).....	2-4-20
4.5.6 碎波.....	2-4-22
4.5.7 設計波高及波長.....	2-4-24
4.6 越波量.....	2-4-29
4.6.1 波浪遡升高.....	2-4-29
4.6.2 風對越波量之影響.....	2-4-33
第五章 波力.....	2-5-1
5.1 概論.....	2-5-1
5.2 作用於直立壁之波力.....	2-5-2
5.2.1 作用於直立壁之波力性質.....	2-5-2
5.2.2 作用於直立壁之重複波力及碎波波力.....	2-5-3
5.2.3 擊碎波力.....	2-5-11
5.2.4 作用於消波塊覆蓋堤的波力.....	2-5-13

5.2.5 作用於直立消波塊堤之波力	2-5-15
5.2.6 作用於直立消波沉箱之波力	2-5-16
5.2.7 作用於上部斜面堤之波力	2-5-18
5.2.8 考慮法線形狀影響之波力計算	2-5-18
5.3 覆面石與消波塊所需質量	2-5-20
5.3.1 斜坡堤覆面石與消波塊所需質量	2-5-20
5.3.2 合成堤堤基覆面石與消波塊所需質量	2-5-25
5.4 作用於海中結構物之波力	2-5-28
5.4.1 概要	2-5-28
5.4.2 Morison 公式 < 修正 >	2-5-29
第六章 潮位及暴潮位	2-6-1
6.1 概論	2-6-1
6.2 天文潮	2-6-1
6.2.1 概要	2-6-1
6.2.2 天文潮位定義	2-6-1
6.3 颱風暴潮位	2-6-2
6.4 設計潮位	2-6-2
6.5 潮位基準換算 < 新增 >	2-6-3
第七章 水流 < 修訂 >	2-7-1
7.1 概論	2-7-1
7.2 作用於水中結構物之水流力 < 修訂 >	2-7-1
7.3 水流對披覆材料之安定分析 < 新增 >	2-7-3
第八章 作用於浮體之外力及其搖動	2-8-1
8.1 概論	2-8-1
8.2 作用於浮體之外力	2-8-1
8.3 浮體之搖動及繫留力	2-8-1
第九章 地質	2-9-1
9.1 概論	2-9-1
9.2 基地地質調查	2-9-1

9.2.1 調查要求.....	2-9-1
9.2.2 調查方法之選擇.....	2-9-4
9.3 土壤物理性質.....	2-9-5
9.3.1 概要.....	2-9-5
9.3.2 土壤單位體積重量.....	2-9-5
9.3.3 土壤分類.....	2-9-7
9.3.4 土壤透水係數.....	2-9-7
9.4 土壤工程性質.....	2-9-9
9.4.1 彈性常數(Elastic Constants).....	2-9-9
9.4.2 壓密特性.....	2-9-10
9.4.3 土壤之剪力特性.....	2-9-15
9.4.4 土壤動態性質.....	2-9-16
9.5 N 值.....	2-9-17
9.5.1 概要.....	2-9-17
9.5.2 適用範圍.....	2-9-17
9.5.3 影響砂值土 N 值之因素.....	2-9-17
9.5.4 N 值在使用時應注意之事項.....	2-9-18
第十章 耐震設計.....	2-10-1
10.1 耐震設計之目標.....	2-10-1
10.2 非剛性構造物之設計地震力.....	2-10-2
10.2.1 概要.....	2-10-3
10.2.2 震區水平譜加速度係數.....	2-10-3
10.2.3 工址水平譜加速度係數.....	2-10-7
10.2.4 近斷層區之工址水平譜加速度係數.....	2-10-9
10.2.5 工址設計與最大考量水平譜加速度係數.....	2-10-13
10.2.6 用途係數.....	2-10-14
10.2.7 起始降伏地震力放大倍數與結構系統地震力折減係數.....	2-10-15
10.2.8 中小度地震與最大考量地震之設計地震力.....	2-10-15
10.2.9 結構物地震時水體作用之力.....	2-10-16

10.2.10 地震力之分布.....	2-10-17
10.3 剛性結構物之設計地震力	2-10-17
10.4 垂直地震力	2-10-18
10.5 動力分析方法.....	2-10-18
10.5.1 概要.....	2-10-19
10.5.2 設計水平加速度反應譜係數	2-10-19
10.5.3 結構動力分析模式	2-10-20
10.5.4 多振態反應譜疊加法.....	2-10-20
10.5.5 歷時分析法	2-10-21
10.6 地震時之動土壓	2-10-23
10.7 地震時之動水壓	2-10-23
10.8 載重組合	2-10-24
10.9 結構物之韌性設計.....	2-10-25
10.9.1 概要.....	2-10-25
10.9.2 塑鉸產生後之構材內力	2-10-26
10.9.3 構材之韌性設計	2-10-26
第十一章 砂質土壤之液化	2-11-1
11.1 概論	2-11-1
11.2 影響土壤液化之因素	2-11-1
11.2.1 相對密度.....	2-11-1
11.2.2 地表震動強度與延時.....	2-11-1
11.2.3 最初應力狀況.....	2-11-1
11.2.4 土層之地質年代特性.....	2-11-2
11.2.5 土壤特性.....	2-11-3
11.2.6 土層排水情況.....	2-11-3
11.3 地質調查.....	2-11-3
11.4 需進行液化評估之土層.....	2-11-3
11.5 砂質土壤液化潛能之評估與判定	2-11-4
11.5.1 簡易判斷法	2-11-4

11.5.2 經驗準則法	2-11-6
11.5.3 試驗分析法	2-11-12
11.6 極軟弱黏土層及沉泥層之判定	2-11-16
11.7 土壤液化安全係數之選擇	2-11-16
11.8 土壤液化之防治與處理	2-11-17
11.8.1 土壤液化之防治原理	2-11-17
11.8.2 土壤液化處理方法之選擇	2-11-18
參考文獻	2-11-19
第十二章 土壓及水壓	2-12-1
12.1 土壓	2-12-1
12.1.1 概要	2-12-1
12.1.2 常時土壓	2-12-1
12.1.3 地震時之土壓	2-12-4
12.1.4 土壓係數參考值	2-12-6
12.2 水壓	2-12-7
12.2.1 概要	2-12-7
12.2.2 殘留水壓	2-12-7
12.2.3 地震時之動水壓	2-12-8
第十三章 載重	2-13-1
13.1 概論	2-13-1
13.2 自	2-13-1
13.3 裝載載重	2-13-1
13.3.1 概要	2-13-1
13.3.2 常時裝載載重	2-13-1
13.3.3 地震時裝載載重	2-13-2
13.3.4 不均佈裝載載重	2-13-2
13.4 活載重	2-13-2
13.4.1 概要	2-13-2
13.4.2 汽車、火車及拖車等	2-13-3

13.4.3 裝卸機械.....	2-13-3
13.4.4 群眾.....	2-13-3
第十四章 摩擦係數.....	2-14-1

第三篇 工程材料

第一章 概說.....	3-1-1
第二章 鋼鐵材料.....	3-2-1
2.1 鋼鐵材料之規格及性質.....	3-2-1
2.2 鋼鐵材料設計用常數.....	3-2-1
2.3 設計強度.....	3-2-3
2.3.1 概要.....	3-2-3
2.3.2 結構用鋼鐵材料.....	3-2-3
2.3.3 鋼樁及鋼管板樁.....	3-2-3
2.3.4 鋼板樁.....	3-2-3
2.3.5 鑄鍛鋼材.....	3-2-5
2.3.6 銲接及螺栓接頭.....	3-2-6
2.4 防蝕.....	3-2-6
2.4.1 概要.....	3-2-6
2.4.2 腐蝕現象.....	3-2-6
2.4.3 鋼材腐蝕速率.....	3-2-7
2.4.4 防蝕方法.....	3-2-8
2.4.5 鋼材之維護管理.....	3-2-13
第三章 混凝土.....	3-3-1
3.1 概論.....	3-3-1
3.2 極限強度設計.....	3-3-1
3.2.1 安全係數.....	3-3-1
3.2.2 極限狀態之檢核.....	3-3-4
3.3 耐久性.....	3-3-6
3.3.1 概要.....	3-3-6

3.3.2 耐久性設計應考慮項目	3-3-6
3.3.3 施工接縫.....	3-3-7
3.3.4 保護層	3-3-8
3.3.5 拉力裂縫.....	3-3-8
3.4 材料.....	3-3-8
3.4.1 概要.....	3-3-8
3.4.2 水泥.....	3-3-8
3.4.3 水	3-3-9
3.4.4 粒料.....	3-3-9
3.4.5 摻料.....	3-3-9
3.4.6 氯離子含量規定.....	3-3-9
3.4.7 鋼材.....	3-3-9
3.5 混凝土品質	3-3-10
3.5.1 概要.....	3-3-10
3.5.2 一般原則.....	3-3-10
3.5.3 混凝土配比	3-3-11
3.5.4 混凝土施工	3-3-11
3.6 水中混凝土	3-3-11
3.7 預力混凝土	3-3-12
3.8 容許應力.....	3-3-12
3.8.1 概要.....	3-3-12
3.8.2 混凝土規定強度.....	3-3-13
3.8.3 混凝土容許應力	3-3-13
3.8.4 鋼筋容許應力	3-3-13
3.8.5 容許應力之提高.....	3-3-13
3.9 混凝土結構維護管理.....	3-3-13
第四章 石料.....	3-4-1
4.1 概論.....	3-4-1
4.2 拋石料.....	3-4-1

4.3 背填料.....	3-4-1
--------------	-------

第四篇 預鑄混凝土構件

第一章 沉箱.....	4-1-1
1.1 概要.....	4-1-1
1.2 尺寸之決定.....	4-1-1
1.3 浮游安定.....	4-1-2
1.4 設計外力.....	4-1-4
1.4.1 概要.....	4-1-4
1.4.2 載重係數及載重組合 < 依日本基準修正 >.....	4-1-4
1.4.3 製作時外力.....	4-1-9
1.4.4 下水及浮游時外力.....	4-1-9
1.4.5 拖航時外力.....	4-1-11
1.4.6 安放時外力.....	4-1-12
1.4.7 完成後外力.....	4-1-13
1.5 構材設計.....	4-1-17
1.5.1 外牆.....	4-1-17
1.5.2 隔牆.....	4-1-18
1.5.3 底版.....	4-1-18
1.5.4 其他.....	4-1-18
1.5.5 版之解析.....	4-1-18
第二章 L 型塊.....	4-2-1
2.1 一般.....	4-2-1
2.2 尺寸之決定.....	4-2-1
2.3 作用於結構體載重.....	4-2-1
2.3.1 一般.....	4-2-1
2.3.2 作用於構件之土壓.....	4-2-2
2.3.3 載重分割法.....	4-2-2
2.4 結構設計.....	4-2-3

2.4.1 概要.....	4-2-3
2.4.2 前牆.....	4-2-3
2.4.3 前趾.....	4-2-3
2.4.4 底版.....	4-2-3
2.4.5 扶壁.....	4-2-4
2.5 施吊部位之設計	4-2-4
第三章 空心方塊.....	4-3-1
3.1 一般.....	4-3-1
3.2 尺寸之決定	4-3-1
3.3 作用於構件體載重.....	4-3-2
3.3.1 概要.....	4-3-2
3.3.2 內填料土壓	4-3-2
3.3.3 載重分割法	4-3-2
3.4 結構之設計	4-3-2
3.4.1 概要.....	4-3-2
3.4.2 前牆.....	4-3-3
3.4.3 後牆.....	4-3-3
3.4.4 側牆.....	4-3-3
3.4.5 隔牆.....	4-3-3
3.4.6 底版.....	4-3-4
3.5 施吊部位之設計	4-3-4
3.6 空心方塊安定計算.....	4-3-4
第四章 方塊.....	4-4-1
4.1 概要.....	4-4-1
4.2 方塊接合部之形狀及尺寸	4-4-1
4.3 施吊部份設計.....	4-4-1

第五篇 基礎

第一章 概說.....	5-1-1
-------------	-------

第二章 淺基礎承載力	5-2-1
2.1 概論	5-2-1
2.2 砂質土基礎承載力	5-2-1
2.3 黏性土層之基礎承載力 < 新增 >	5-2-4
2.4 多層土壤之基礎承載力 < 修訂 >	5-2-6
2.4.1 多層地盤之承載力計算	5-2-6
2.5 承受偏心傾斜載重之基礎承載力	5-2-7
2.5.1 概要	5-2-7
2.5.2 Bishop 圓弧滑動分析法	5-2-7
2.5.3 經驗法則	5-2-10
第三章 深基礎承載力	5-3-1
3.1 概論	5-3-1
3.2 垂直承載力	5-3-1
3.2.1 概要	5-3-1
3.2.2 砂質土基礎側面抵抗	5-3-1
3.2.3 黏性土基礎側面抵抗	5-3-2
3.3 水平承載力 < 新增 >	5-3-3
3.3.1 水平方向地盤反作用力分佈的假設	5-3-4
3.3.2 垂直總力在偏心內之條件	5-3-4
3.3.3 底部之垂直總力不在偏心內時	5-3-6
第四章 樁基礎承載力	5-4-1
4.1 概論	5-4-1
4.2 樁之軸向容許承載力	5-4-1
4.2.1 概要	5-4-1
4.2.2 標準軸向容許承載力	5-4-2
4.2.3 單樁軸向極限承載力	5-4-2
4.2.4 依樁載重試驗推算軸向極限承載力	5-4-2
4.2.5 依靜力承載公式推算軸向極限承載力	5-4-3
4.2.6 依打樁公式推算軸向極限承載力	5-4-4

4.2.7 樁材容許壓應力之影響	5-4-4
4.2.8 接樁折減.....	5-4-4
4.2.9 細長比折減	5-4-4
4.2.10 表面負摩擦力檢討	5-4-5
4.2.11 基樁間距.....	5-4-5
4.2.12 群樁承载力	5-4-6
4.2.13 基樁沉陷量檢討	5-4-6
4.3 樁之軸向容許拉拔力	5-4-7
4.3.1 概要.....	5-4-7
4.3.2 標準軸向容許拉拔力	5-4-7
4.3.3 單樁軸向最大拉拔力.....	5-4-9
4.3.4 推算基樁軸向容許拉拔力應考量事項	5-4-9
4.4 樁之橫向容許承载力	5-4-11
4.4.1 概要.....	5-4-11
4.4.2 單樁行為推定	5-4-11
4.4.3 以橫向載重試驗推定單樁行為	5-4-12
4.4.4 以分析方法推定單樁行為.....	5-4-12
4.4.5 以既有資料推定單樁行為.....	5-4-30
4.4.6 斜組樁橫向承载力	5-4-30
4.4.7 群樁效果之考量	5-4-32
4.4.8 荷重性質的相關考量 < 新增 >	5-4-32
4.4.9 其他橫向承载力 < 新增 >	5-4-33
4.5 設計概論.....	5-4-34
4.5.1 設計原則.....	5-4-34
4.5.2 載重分配.....	5-4-34
4.5.3 樁材容許應力	5-4-34
4.6 細部設計.....	5-4-34
4.6.1 施工時載重檢討	5-4-34
4.6.2 樁頭與上部結構連結設計.....	5-4-34
4.6.3 接樁.....	5-4-38

4.6.4 樁端.....	5-4-38
4.6.5 鋼管樁管厚及材質之變更 < 新增 >	5-4-38
4.6.6 其他設計上注意事項 < 新增 >	5-4-39
第五章 基礎沉陷.....	5-5-1
5.1 土壤垂直內應力	5-5-1
5.1.1 概要.....	5-5-1
5.1.2 集中載重所引起之土壤垂直內應力	5-5-1
5.1.3 線形載重所引起之土壤垂直內應力	5-5-2
5.1.4 帶狀載重所引起之土壤垂直內應力	5-5-2
5.1.5 面載重所引起之土壤垂直內應力	5-5-6
5.2 即時沉陷.....	5-5-13
5.2.1 概要.....	5-5-13
5.2.2 垂直集中載重所引起之沉陷	5-5-13
5.2.3 垂直線形載重所引起之沉陷	5-5-14
5.2.4 均佈帶狀載重所引起之沉陷	5-5-14
5.2.5 均佈圓形載重所引起之沉陷	5-5-15
5.2.6 均佈長方形載重所引起之沉陷	5-5-15
5.3 壓密沉陷.....	5-5-16
5.3.1 概要.....	5-5-16
5.3.2 最終壓密沉陷量.....	5-5-16
5.3.3 壓密沉陷之時間變化.....	5-5-18
5.4 側向變位 < 新增 >	5-5-19
5.5 不均勻沈陷 < 新增 >	5-5-20
5.5.1 不等沈陷的起因與種類	5-5-20
5.5.2 不等沈陷的對策.....	5-5-20
5.5.3 簡易推斷港灣區域的海埔新生地發生不等沈陷的方法.....	5-5-21
第六章 斜面之安定	5-6-1
6.1 概論.....	5-6-1
6.2 斜面安定分析法	5-6-2

6.2.1 概要.....	5-6-2
6.2.2 圓弧形滑動面	5-6-2
6.2.3 直線形滑動面	5-6-9
第七章 地盤改良 < 本章新增 >	5-7-1
7.1 概論.....	5-7-1
7.2 換土工法.....	5-7-4
7.2.1 設計順序.....	5-7-4
7.2.2 設計須注意事項	5-7-5
7.3 排水工法.....	5-7-6
7.3.1 設計順序.....	5-7-6
7.3.2 預壓填土高度及寬度之決定	5-7-8
7.3.3 排水工法之設計	5-7-10
7.4 橫向震動壓密法	5-7-17
7.4.1 設計順序.....	5-7-17
7.4.2 適用範圍.....	5-7-18
7.4.3 橫向震動壓實樁之設計	5-7-20
7.5 壓實砂樁法	5-7-22
7.5.1 設計之順序	5-7-22
7.5.2 壓實砂樁法之設計	5-7-23
7.5.3 改良後地層土壤之強度試驗	5-7-24
7.5.4 粘性土壤地層之改良.....	5-7-24
7.6 點井法.....	5-7-24
7.6.1 設計順序.....	5-7-24
7.6.2 點井法之實用範圍	5-7-24
7.6.3 調查.....	5-7-25
7.6.4 設計.....	5-7-26
7.7 紙樁排水法 (Paper drain method).....	5-7-32
7.7.1 紙樁法之適用範圍及與砂樁之比較	5-7-32
7.7.2 紙樁法之設計	5-7-33

7.8 其他改良方法.....	5-7-37
7.8.1 藥液灌注工法	5-7-37
7.8.2 石灰工法.....	5-7-45

港灣構造物設計基準修訂

總目錄(下冊)

第六篇 水域設施

第一章 概說.....	6-1-1
第二章 航道.....	6-2-1
2.1 法線.....	6-2-1
2.1.1 概述.....	6-2-1
2.1.2 航道曲線之半徑.....	6-2-2
2.2 航道與港口之寬度.....	6-2-4
2.3 航道水深.....	6-2-8
第三章 泊地.....	6-3-1
3.1 概述.....	6-3-1
3.2 停泊面積.....	6-3-2
3.3 操船水域面積.....	6-3-4
3.3.1 轉船場.....	6-3-4
3.3.2 繫泊及解纜水域.....	6-3-5
3.3.3 泊渠.....	6-3-7
第四章 小型船渠.....	6-4-1
4.1 概說.....	6-4-1
第五章 木材處理水域.....	6-5-1
5.1 概說.....	6-5-1
5.2 水面木材整理場.....	6-5-1
5.3 貯木池.....	6-5-2
第六章 航道標誌.....	6-6-1
6.1 概述.....	6-6-1
6.2 防波堤燈塔.....	6-6-2

第七篇 防波堤工程

第一章 概說.....	7-1-1
1.1 防波堤規劃之基本原則.....	7-1-1
1.2 防波堤之佈置.....	7-1-2
第二章 設計之基本原則.....	7-2-1
2.1 設計條件.....	7-2-2
2.1.1 潮位.....	7-2-2
2.1.2 風.....	7-2-2
2.1.3 波浪.....	7-2-2
2.1.4 水深及地盤條件.....	7-2-3
2.1.5 地震.....	7-2-3
2.1.6 其他.....	7-2-3
2.2 斷面型式.....	7-2-3
2.3 施工法.....	7-2-7
2.4 工程費.....	7-2-7
第三章 基本設計.....	7-3-1
3.1 基本斷面之假定.....	7-3-1
3.1.1 直立堤.....	7-3-1
3.1.2 合成堤.....	7-3-2
3.1.3 斜坡堤.....	7-3-4
3.1.4 消波塊覆蓋堤.....	7-3-4
3.1.5 直立消波塊堤.....	7-3-5
3.1.6 消波沉箱堤.....	7-3-6
3.1.7 上部斜面沉箱堤.....	7-3-7
3.2 外力計算.....	7-3-8
3.2.1 波力.....	7-3-8
3.2.2 靜水壓.....	7-3-8
3.2.3 浮力.....	7-3-8
3.2.4 自重.....	7-3-8

3.2.5 地震力	7-3-9
3.3 安定計算	7-3-9
3.3.1 直立部之安定計算	7-3-9
3.3.2 堤基部之安定計算	7-3-9
3.3.3 堤體整體之安定計算	7-3-18
3.3.4 堤頭、轉角處之安定計算	7-3-19
第四章 細部設計	7-4-1
4.1 直立堤	7-4-1
4.1.1 沉箱式直立堤	7-4-1
4.1.2 方塊式直立堤	7-4-2
4.1.3 空心方塊直立堤	7-4-3
4.1.4 混凝土單塊直立堤	7-4-3
4.2 合成堤	7-4-3
4.3 斜坡堤	7-4-5
第五章 防波堤與漂沙對策設施	7-5-1
第六章 防波堤之管理與維修	7-6-1

第八篇 碼頭工程

第一章 概說	8-1-1
1.1 概論	8-1-1
1.2 碼頭規模	8-1-1
1.3 碼頭佈置	8-1-1
1.4 碼頭結構	8-1-2
第二章 碼頭相關事項	8-2-1
2.1 船席長度與水深	8-2-1

2.2 碼頭面高程	8-2-3
2.3 碼頭前趾界限	8-2-4
2.4 設計水深	8-2-5
第三章 碼頭之結構型式	8-3-1
3.1 結構斷面基本型式	8-3-1
3.2 結構斷面型式選定應考慮事項	8-3-14
第四章 重力式碼頭	8-4-1
4.1 設計原則	8-4-1
4.2 作用於壁體之外力與載重	8-4-1
4.2.1 概要	8-4-1
4.2.2 壁體定義	8-4-2
4.2.3 上載載重	8-4-4
4.2.4 壁體自重	8-4-4
4.2.5 土壓力及殘留水壓力	8-4-4
4.2.6 浮力	8-4-4
4.2.7 地震力	8-4-5
4.2.8 船舶拉力	8-4-5
4.2.9 船舶衝擊力	8-4-5
4.2.10 地震時的動水壓 < 新增 >	8-4-6
4.3 安定計算	8-4-6
4.3.1 概要	8-4-6
4.3.2 壁體滑動檢討	8-4-6
4.3.3 壁體傾覆檢討	8-4-7
4.3.4 基礎承载力檢討	8-4-8
4.3.5 軟弱基礎之檢討	8-4-9
4.4 背填石料之土壓減輕效果	8-4-10
4.4.1 概要	8-4-10
4.4.2 背填石料設置目的	8-4-10
4.4.3 背填石料之形狀及其土壓減輕效果	8-4-10

4.5 細部設計	8-4-11
4.5.1 概要	8-4-11
4.5.2 壁體	8-4-12
4.5.3 背填及防止漏砂設施	8-4-12
4.5.4 壁體接合部之形狀及尺寸	8-4-12
4.5.5 上部結構	8-4-13
4.5.6 附屬設施	8-4-13
第五章 板樁式碼頭	8-5-1
5.1 設計原則	8-5-1
5.1.1 板樁的設計法 < 修訂 >	8-5-1
5.1.2 各設計法概要	8-5-1
5.1.3 地盤液化及動態分析	8-5-3
5.2 作用於板樁之外力	8-5-3
5.2.1 概要	8-5-3
5.2.2 土壓力及殘留水壓力	8-5-3
5.2.3 船舶拉力	8-5-7
5.2.4 船舶衝擊力	8-5-7
5.2.5 地震時的動水壓 < 新增 >	8-5-7
5.3 板樁設計	8-5-7
5.3.1 概要	8-5-7
5.3.2 拉桿裝設位置	8-5-8
5.3.3 板樁入土長度	8-5-8
5.3.4 作用於板樁之彎矩	8-5-9
5.3.5 板樁容許應力	8-5-10
5.4 拉桿設計	8-5-10
5.5 圍梁設計	8-5-12
5.6 錨碇設施設計	8-5-12
5.6.1 概要	8-5-12
5.6.2 選擇錨碇設施型式	8-5-13

5.6.3 錨碇設施設置位置	8-5-14
5.6.4 錨碇版設計	8-5-17
5.6.5 錨碇直樁設計	8-5-20
5.6.6 錨碇斜組樁設計	8-5-20
5.6.7 錨碇板樁設計	8-5-20
5.7 細部設計	8-5-22
5.7.1 概要	8-5-22
5.7.2 上部結構	8-5-22
5.7.3 板樁與拉桿及圍梁之連接	8-5-24
5.7.4 拉桿	8-5-25
5.7.5 錨碇設施與拉桿之連接	8-5-27
5.7.6 角隅部份	8-5-27
5.7.7 防止沖刷設施	8-5-27
5.8 軟弱地盤上板樁式碼頭之設計	8-5-28
5.9 圓弧滑動檢討	8-5-28
第六章 圓筒式碼頭	8-6-1
6.1 鋼板樁圓筒式碼頭	8-6-1
6.1.1 設計原則	8-6-1
6.1.2 作用於鋼板樁圓筒之外力	8-6-1
6.1.3 圓筒壁體剪力變形檢討	8-6-5
6.1.4 圓筒壁體安定檢討	8-6-13
6.1.5 地盤承载力檢討	8-6-21
6.1.6 圓筒壁體滑動檢討	8-6-21
6.1.7 圓筒頂端變位檢討	8-6-21
6.1.8 圓弧滑動檢討	8-6-23
6.1.9 圓筒佈置	8-6-23
6.1.10 板樁拉力計算	8-6-23
6.1.11 T型板樁設計	8-6-24
6.1.12 細部設計	8-6-24

6.2 置放式鋼板圓筒碼頭	8-6-25
6.2.1 設計原則.....	8-6-25
6.2.2 作用於鋼板圓筒之外力	8-6-26
6.2.3 圓筒壁體剪力變形檢討	8-6-27
6.2.4 圓筒壁體安定檢討	8-6-28
6.2.5 鋼板圓筒前趾承载力檢討.....	8-6-31
6.2.6 圓筒鋼板厚度計算	8-6-32
6.2.7 圓筒佈置.....	8-6-33
6.2.8 細部設計.....	8-6-33
6.3 埋入式鋼板圓筒碼頭	8-6-33
6.3.1 設計原則.....	8-6-33
6.3.2 作用於鋼板圓筒之外力	8-6-34
6.3.3 圓筒壁體剪力變形檢討	8-6-34
6.3.4 圓筒壁體安定檢討	8-6-34
6.3.5 圓筒壁體滑動檢討	8-6-34
6.3.6 地盤承载力檢討	8-6-34
6.3.7 圓筒頂端變位檢討	8-6-34
6.3.8 圓弧滑動檢討	8-6-35
6.3.9 圓筒佈置.....	8-6-35
6.3.10 圓筒及圓弧鋼板厚度計算.....	8-6-35
6.3.11 接頭部份與補強構件.....	8-6-36
6.3.12 細部設計.....	8-6-36
第七章 棧橋式碼頭	8-7-1
7.1 概論	8-7-1
7.1.1 靜態分析.....	8-7-1
7.1.2 動態分析.....	8-7-1
7.2 直樁棧橋式碼頭	8-7-2
7.2.1 設計原則.....	8-7-2
7.2.2 棧橋單元大小及基樁配置.....	8-7-2

7.2.3 上部結構相關尺寸	8-7-4
7.2.4 繫船柱及防舷材配置	8-7-5
7.2.5 作用於棧橋之外力	8-7-5
7.2.6 海底面設計相關事項	8-7-8
7.2.7 基樁設計	8-7-10
7.2.8 擋土護岸設計	8-7-19
7.2.9 圓弧滑動檢討	8-7-19
7.2.10 細部設計	8-7-19
7.3 斜樁棧橋式碼頭	8-7-24
7.3.1 設計原則	8-7-24
7.3.2 棧橋單元大小及基樁配置	8-7-24
7.3.3 上部結構相關尺寸	8-7-24
7.3.4 繫船柱及防舷材配置	8-7-26
7.3.5 作用於棧橋之外力	8-7-26
7.3.6 海底面設計相關事項	8-7-26
7.3.7 基樁作用力及斷面之決定	8-7-26
7.3.8 法線方向結構分析	8-7-29
7.3.9 基樁入土深度	8-7-29
7.3.10 擋土護岸設計	8-7-30
7.3.11 圓弧滑動檢討	8-7-30
7.3.12 細部設計	8-7-30
第八章 平版樁基式碼頭	8-8-1
8.1 設計原則	8-8-1
8.2 決定平版高度及寬度	8-8-1
8.3 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力	8-8-3
8.3.1 概要	8-8-3
8.3.2 土壓力	8-8-3
8.3.3 殘留水壓力	8-8-4
8.4 板樁設計	8-8-5

8.4.1 板樁入土深度	8-8-5
8.4.2 板樁斷面.....	8-8-5
8.5 平版設計	8-8-5
8.5.1 作用於平版之外力	8-8-5
8.5.2 平版結構設計	8-8-7
8.5.3 平版承載基樁設計	8-8-8
8.6 壁體安定檢討.....	8-8-9
8.7 圓弧滑動檢討.....	8-8-10
第九章 其他型式碼頭	8-9-1
9.1 直立消波式碼頭	8-9-1
9.1.1 設計原則.....	8-9-1
9.1.2 消波式碼頭配置原則.....	8-9-1
9.1.3 選定結構型式	8-9-1
9.2 自立式板樁碼頭	8-9-3
9.2.1 設計原則.....	8-9-3
9.2.2 作用於板樁之外力	8-9-4
9.2.3 板樁斷面.....	8-9-4
9.2.4 板樁入土長度	8-9-5
9.2.5 板樁頂端變位量檢討	8-9-5
9.2.6 施工中外力檢討	8-9-7
9.2.7 圓弧滑動檢討	8-9-7
9.2.8 細部設計.....	8-9-7
9.3 斜樁錨碇式板樁碼頭	8-9-7
9.3.1 設計原則.....	8-9-7
9.3.2 作用於板樁之外力	8-9-7
9.3.3 作用於板樁與斜樁連結點之水平力及垂直力	8-9-8
9.3.4 板樁及斜樁斷面	8-9-8
9.3.5 板樁及斜樁入土長度.....	8-9-9
9.3.6 細部設計.....	8-9-9

9.4 前斜樁式板樁碼頭.....	8-9-9
9.4.1 設計原則.....	8-9-9
9.4.2 棧橋單元大小及基樁配置.....	8-9-10
9.4.3 上部結構相關尺寸	8-9-10
9.4.4 板樁岸壁設計	8-9-10
9.4.5 棧橋設計.....	8-9-10
9.4.6 基樁入土深度	8-9-12
9.4.7 細部設計.....	8-9-12
9.5 雙重板樁式碼頭	8-9-13
9.5.1 設計原則.....	8-9-13
9.5.2 作用於壁體之外力	8-9-13
9.5.3 雙重板樁壁體設計	8-9-13
9.5.4 細部設計.....	8-9-16
9.6 圓柱或腳柱式棧橋碼頭.....	8-9-16
9.6.1 設計原則.....	8-9-16
9.6.2 圓柱或腳柱設計	8-9-16
9.6.3 擋土護岸設計	8-9-16
9.6.4 細部設計.....	8-9-17
9.7 橋墩式棧橋碼頭	8-9-17
9.7.1 設計原則.....	8-9-17
9.7.2 橋墩設計.....	8-9-17
9.7.3 擋土護岸設計	8-9-17
9.7.4 細部設計.....	8-9-17
9.8 離岸式碼頭	8-9-17
9.8.1 設計原則.....	8-9-17
9.8.2 配置及相關事項	8-9-18
9.8.3 設計外力及載重	8-9-18
9.8.4 腳柱設計.....	8-9-20
9.8.5 大樑設計.....	8-9-20
9.8.6 擋土護岸設計	8-9-21

9.8.7 圓弧滑動檢討	8-9-21
9.8.8 附屬設備.....	8-9-21
9.8.9 細部設計.....	8-9-21
9.9 繫、靠船台	8-9-22
9.9.1 設計原則.....	8-9-22
9.9.2 繫、靠船台配置.....	8-9-22
9.9.3 作用於繫、靠船台之外力.....	8-9-24
9.9.4 基樁式繫、靠船台	8-9-25
9.9.5 鋼板圓筒式繫、靠船台	8-9-25
9.9.6 沉箱式繫、靠船台	8-9-25
9.10 浮碼頭.....	8-9-26
9.10.1 設計原則.....	8-9-26
9.10.2 浮碼頭興建位置及配置	8-9-26
9.10.3 浮箱設計.....	8-9-29
9.10.4 錨鏈設計.....	8-9-35
9.10.5 錨碇設施設計.....	8-9-40
9.10.6 連絡橋及引橋設計	8-9-42
9.11 繫船浮筒.....	8-9-44
第十章 連接結構物	8-10-1
10.1 設計原則	8-10-1
10.2 水深變化段	8-10-2
10.3 不同結構之連接	8-10-2
10.4 角隅結構.....	8-10-2
10.4.1 概要.....	8-10-2
10.4.2 板樁結構與板樁結構連接之角隅結構.....	8-10-3
10.4.3 鋼板樁結構與自立式板樁結構連接之角隅結構.....	8-10-4
10.4.4 其他角隅結構.....	8-10-4
第十一章 附屬設施.....	8-11-1
11.1 概論.....	8-11-1

11.2 繫船設施	8-11-1
11.2.1 概要	8-11-1
11.2.2 繫船柱及繫船環配置	8-11-1
11.2.3 船舶拉力	8-11-2
11.3 防撞設施	8-11-2
11.3.1 概要	8-11-2
11.3.2 防舷材配置	8-11-3
11.3.3 船舶靠岸及繫泊所產生之作用力	8-11-3
11.3.4 防舷材選擇	8-11-4
11.4 安全設施	8-11-4
11.4.1 概要	8-11-4
11.4.2 防止船侵入設施	8-11-4
11.4.3 柵欄	8-11-4
11.4.4 標誌及標示	8-11-4
11.4.5 車擋	8-11-5
11.5 服務設施	8-11-5
11.5.1 概要	8-11-5
11.5.2 照明設施	8-11-5
11.5.3 旅客上下船設施	8-11-5
11.5.4 車輛上下船設施	8-11-5
11.5.5 給水設施	8-11-6
11.5.6 加油及供電設施	8-11-6
11.5.7 公廁及電話	8-11-6
11.5.8 標誌及標示	8-11-6
11.6 其他設施	8-11-6
11.6.1 概要	8-11-6
11.6.2 排水設施	8-11-7
11.6.3 階梯及爬梯	8-11-7
11.6.4 救生設備	8-11-7
11.6.5 消防設備及警報裝置	8-11-7

第十二章 曳船道.....	8-12-1
12.1 設計原則.....	8-12-1
12.2 選擇設置位置.....	8-12-1
12.3 曳船道相關事項.....	8-12-2
12.3.1 各部份高程.....	8-12-2
12.3.2 長度及岸上面積.....	8-12-3
12.3.3 海側水深.....	8-12-3
12.3.4 滑道坡度.....	8-12-3
12.3.5 滑道海側泊地面積.....	8-12-3
12.4 海側壁體及滑道鋪面.....	8-12-3
12.4.1 海側壁體.....	8-12-3
12.4.2 滑道鋪面.....	8-12-3
12.5 側壁.....	8-12-4
第十三章 岸肩.....	8-13-1
13.1 設計原則.....	8-13-1
13.2 岸肩形狀.....	8-13-1
13.2.1 寬度.....	8-13-1
13.2.2 坡度.....	8-13-2
13.3 鋪面設計.....	8-13-2
13.3.1 鋪面型式.....	8-13-2
13.3.2 載重條件.....	8-13-2
第十四章 裝卸機械基礎.....	8-14-1
14.1 設計原則.....	8-14-1
14.1.1 概要.....	8-14-1
14.1.2 裝卸機械基礎型式.....	8-14-1
14.1.3 容許沉陷量.....	8-14-2
14.1.4 設計流程.....	8-14-2
14.2 作用於基礎之外力.....	8-14-2
14.3 使用基樁之基礎設計.....	8-14-4

14.3.1 混凝土樑.....	8-14-4
14.3.2 基樁承載力	8-14-4
14.4 不使用基樁之基礎設計.....	8-14-4
14.4.1 對碼頭影響檢討	8-14-4
14.4.2 混凝土樑.....	8-14-4
第十五章 碼頭維護與管理	8-15-1
15.1 概論	8-15-1
15.2 沉箱式碼頭之維護與管理	8-15-1
15.2.1 變化狀況.....	8-15-1
15.2.2 檢測	8-15-1
15.2.3 維修	8-15-2
15.3 板樁式碼頭之維護與管理	8-15-3
15.3.1 變化狀況.....	8-15-3
15.3.2 檢測	8-15-3
15.3.3 維修	8-15-4
15.4 棧橋式碼頭之維護與管理	8-15-4
15.4.1 變化狀況.....	8-15-4
15.4.2 檢測	8-15-5
15.4.3 維修	8-15-5

第九篇 專門碼頭

第一章 貨櫃碼頭.....	9-1-1
1.1 設計原則	9-1-1
1.1.1 概要.....	9-1-1
1.1.2 貨櫃碼頭位置選擇應考慮事項	9-1-1
1.1.3 決定貨櫃碼頭規模與設施配置應考慮事項.....	9-1-1
1.2 碼頭設施設計.....	9-1-2
1.2.1 碼頭長度及碼頭水深.....	9-1-2
1.2.2 繫船設施.....	9-1-3

1.2.3 防撞設施.....	9-1-3
1.3 陸上設施設計.....	9-1-4
1.3.1 岸肩.....	9-1-4
1.3.2 貨櫃起重機.....	9-1-4
1.3.3 貨櫃場.....	9-1-5
1.3.4 貨櫃集散倉棧.....	9-1-6
1.3.5 維修站.....	9-1-6
1.3.6 管理中心.....	9-1-7
1.3.7 出入口(GATE).....	9-1-7
1.3.8 其他附屬設施.....	9-1-7
第二章 渡輪碼頭.....	9-2-1
2.1 設計原則.....	9-2-1
2.2 碼頭設施設計.....	9-2-1
2.2.1 碼頭長度及碼頭水深.....	9-2-1
2.2.2 繫船設施.....	9-2-2
2.2.3 防撞設施.....	9-2-3
2.2.4 防止沖刷設施.....	9-2-3
2.3 車輛上下船設施設計.....	9-2-3
2.3.1 概要.....	9-2-3
2.3.2 寬度、長度、坡度及曲率半徑.....	9-2-3
2.3.3 附屬設施及標識等.....	9-2-4
2.3.4 車輛上下船設施活動部份設計.....	9-2-5
2.4 旅客上下船設施設計.....	9-2-5
2.4.1 概要.....	9-2-5
2.4.2 寬度、長度、坡度及附屬設施.....	9-2-6
2.4.3 旅客上下船設施活動部份設計.....	9-2-7
2.5 其他設施設計.....	9-2-7
2.5.1 概要.....	9-2-7
2.5.2 道路.....	9-2-7

2.5.3 人行道	9-2-8
2.5.4 停車場	9-2-8
2.5.5 旅客候船室	9-2-8
2.5.6 安全設施.....	9-2-8
附錄一 本次修訂內容摘要.....	A-1
附錄二 第一次座談會專家學者意見回應表.....	B-1
附錄三 第二次座談會專家學者意見回應表.....	C-1
附錄四 期中報告專家學者審查意見回應表.....	D-1
附錄五 期末報告專家學者審查意見回應表.....	E-1
附錄六 簡報資料.....	F-1

圖目錄

第二篇 設計條件

第二章 船舶

圖 2-1.1 船舶之主要尺寸	2-2-1
圖 2-2.1 船舶靠岸示意圖	2-2-7
圖 2-2.2 長軸方向轉動半徑與 C_b 之關係	2-2-7
圖 2-2.3 風力計算示意圖	2-2-10
圖 2-2.4 流壓係數 C	2-2-11

第三章 風

圖 3-1.1 低氣壓與高氣壓之吹風方向(北半球)	2-3-2
---------------------------------	-------

第四章 波浪

圖 4-1.1 設計波擬定流程圖.....	2-4-1
圖 4-5.1 微小振幅波之變形.....	2-4-17
圖 4-5.2 Greslou-Mahe 之反射率實驗結果	2-4-19
圖 4-5.3 等坡度之反射率	2-4-20
圖 4-5.4 繞射與折射配合之例	2-4-21
圖 4-5.5 波浪折射與繞射之例二.....	2-4-22
圖 4-5.6(a) 碎波帶內示性波高計算圖.....	2-4-25
圖 4-5.6(b) 碎波帶內示性波高計算圖.....	2-4-25
圖 4-5.6(c) 碎波帶內示性波高計算圖.....	2-4-25
圖 4-5.6(d) 碎波帶內示性波高計算圖.....	2-4-25
圖 4-5.6(e) 碎波帶內示性波高計算圖.....	2-4-26
圖 4-5.7(a) 碎波帶內最大波高計算圖.....	2-4-26

圖 4-5.7(b) 碎波帶內最大波高計算圖.....	2-4-26
圖 4-5.7(c) 碎波帶內最大波高計算圖.....	2-4-26
圖 4-5.7(d) 碎波帶內最大波高計算圖.....	2-4-27
圖 4-5.7(e) 碎波帶內最大波高計算圖.....	2-4-27
圖 4-5.8 淺化係數計算圖	2-4-27
圖 4-5.9 碎波帶內示性波高最大值計算圖	2-4-28
圖 4-5.10 示性波高最大值出現水深計算圖	2-4-28
圖 4-5.11 規則波之碎波臨界波高計算圖.....	2-4-28
圖 4-6.1 垂直壁之 h_R 推算圖	2-4-31
圖 4-6.2 複合斷面與假設坡度	2-4-31
圖 4-6.3 坡面上之遡升高度.....	2-4-32
圖 4-6.4 由碎波點向陸地側堤防之遡升高度.....	2-4-32
圖 4-6.5 波浪入射角度與遡升高度之關係.....	2-4-33
圖 4-6.6 風對越波量水平分佈梯度之影響.....	2-4-34

第五章 波力

圖 5-2.1 波壓分佈圖.....	2-5-3
圖 5-2.2 波浪入射角之取法.....	2-5-4
圖 5-2.3 負波壓分佈.....	2-5-6
圖 5-2.4 有基腳時之揚壓力	2-5-6
圖 5-2.5 考慮部份碎波壓之 $sainflou$ 波壓分佈	2-5-7
圖 5-2.6 廣井式之波壓分佈.....	2-5-9
圖 5-2.7 波壓與揚壓力之分佈.....	2-5-10
圖 5-2.8 消波塊充分覆蓋時之波壓分佈.....	2-5-13
圖 5-2.9 消波塊充分覆蓋時之波壓分佈 (森平式)	2-5-15
圖 5-2.10 安定檢討時之波壓分佈	2-5-16
圖 5-2.11 安定性檢討時所用波壓分佈.....	2-5-17

圖 5-2.12 作用於上部斜面沈箱堤.....	2-5-18
圖 5-3.1 合成堤之標準斷面與符號.....	2-5-26
圖 5-3.2 防波堤之法線形狀或波向之影響.....	2-5-26

第九章 地質

圖 9-2.1 地質調查與設計之關連示意圖.....	2-9-2
圖 9-4.1 變形模數之種類.....	2-9-10
圖 9-4.2 壓力與孔隙比關係圖.....	2-9-12
圖 9-4.3 壓密之進行狀態.....	2-9-13
圖 9-4.4 平均壓密度與時間係數之關係.....	2-9-14

第十章 耐震設計

圖 10-2.1 沿面板縱向施加之設計地震力示意圖.....	2-10-17
圖 10-2.2 沿面板法線側向施加之設計地震力示意圖.....	2-10-17

第十一章 砂質土壤之液化

圖 11-1.1 液化潛能分析流程圖.....	2-11-2
圖 11-5.1 土壤粒徑與土壤液化分析圖.....	2-11-5
圖 11-5.2 液化潛能判定示意圖.....	2-11-6
圖 11-5.3 不同垂直有效覆土應壓力之 C_N 值.....	2-11-8
圖 11-5.4 應力折減因子深度之關係圖.....	2-11-11
圖 11-5.5 不同細料在地震規模 7.5 級下 $SPT-(N_1)_{60}$ 值與抗液化強度之關係.....	2-11-11
圖 11-5.6a 不同細料在地震規模 5.25 級下 $SPT-(N_1)_{60}$ 值與抗液化強度之關係.....	2-11-13
圖 11-5.6b 不同細料在地震規模 6 級下 $SPT-(N_1)_{60}$ 值與抗液化強度之關係.....	2-11-13
圖 11-5.6c 不同細料在地震規模 6.75 級下 $SPT-(N_1)_{60}$ 值與抗液化強度之關係.....	2-11-14

圖 11-5.6d 不同細料在地震規模 8.5 級下 SPT-(N ₁) ₆₀ 值與抗液化強度之關係	2-11-14
---	---------

圖 11-5.7 C _r 與相對密度 D _r 之關係圖	2-11-16
---	---------

第十二章 土壓及水壓

圖 12-1.1 土壓力計算示意圖	2-12-1
-------------------------	--------

圖 12-2.1 殘留水壓計算示意圖	2-12-7
--------------------------	--------

圖 12-2.2 動水壓分佈圖	2-12-8
-----------------------	--------

第三篇 工程材料

第二章 鋼鐵材料

圖 2-4.1 深度方向腐蝕分佈示意圖	3-2-7
---------------------------	-------

圖 2-4.2 腐蝕修護設計流程	3-2-15
------------------------	--------

第四篇 預鑄混凝土構件

第一章 沉箱

圖 1-1.1 沉箱設計流程	4-1-1
----------------------	-------

圖 1-3.1 沉箱之浮游安定	4-1-3
-----------------------	-------

圖 1-4.1 防波堤沉箱前壁之設計載重	4-1-5
----------------------------	-------

圖 1-4.2 防波堤沉箱後壁之設計載重	4-1-6
----------------------------	-------

圖 1-4.3 防波堤沉箱側壁之設計載重	4-1-6
----------------------------	-------

圖 1-4.4 碼頭沉箱常時內部載重	4-1-7
--------------------------	-------

圖 1-4.5 碼頭沉箱浮遊時外部載重	4-1-7
---------------------------	-------

圖 1-4.6 防波堤沉箱底版設計載重	4-1-8
---------------------------	-------

圖 1-4.7 碼頭沉箱底版之設計載重	4-1-9
---------------------------	-------

圖 1-4.8 作用於外牆之水壓	4-1-10
------------------------	--------

圖 1-4.9 作用於底版之外力.....	4-1-11
圖 1-4.10 沉箱拖航時之拉力.....	4-1-12
圖 1-4.11 作用外牆內部之土壓.....	4-1-14
圖 1-4.12 作用於沉箱外牆之內部載重示意圖.....	4-1-15
圖 1-4.13 外牆與隔牆脫離檢討所採用之載重.....	4-1-16
圖 1-4.14 底版與隔牆脫離檢討所採用之載重.....	4-1-17
圖 1-5.1 三邊固定一邊自由版.....	4-1-20
圖 1-5.2 四邊固定版.....	4-1-21

第二章 L 型塊

圖 2-1.1 L 型塊設計流程.....	4-2-1
-----------------------	-------

第三章 空心方塊

圖 3-1.1 空心方塊設計流程.....	4-3-1
圖 3-6.1 空心方塊壁面摩擦抵抗計算示意圖.....	4-3-5

第四章 方塊

圖 4-2.1 方塊凹凸形楔樁示意圖.....	4-4-1
-------------------------	-------

第五篇 基礎

第二章 淺基礎承載力

圖 2-2.1 承載力係數.....	5-2-2
圖 2-2.2 連續基礎下面地層之塑性平衡狀態.....	5-2-4
圖 2-2.3 載重強度與沉陷量關係示意圖.....	5-2-4
圖 2-3.1 黏土地盤承載力係數 N_{co} 及形狀係數 n	5-2-5
圖 2-4.1 圓弧滑動分析多層地層之承載力.....	5-2-6
圖 2-5.1 Bishop 法之載重條件示意圖.....	5-2-9
圖 2-5.2 底面反力計算示意圖.....	5-2-13

圖 2-5.3 基礎地盤載重分佈示意圖	5-2-14
圖 2-5.4 三建法之載重條件示意圖	5-2-15
圖 2-5.5 片山• 內田法承载力係數計算圖	5-2-17
第三章 深基礎承载力	
圖 3-3.1 垂直合力在偏心內時	5-3-4
圖 3-3.2 垂直合力不在偏心內時.....	5-3-7
第四章 樁基礎承载力	
圖 4-4.1 \bar{N} 值與橫向抵抗常數 K_s 之關係	5-4-15
圖 4-4.2 N 值與橫向抵抗常數 K_c 之關係	5-4-15
圖 4-4.3 依載重試驗推算橫向抵抗常數.....	5-4-16
圖 4-4.4 基樁行為(樁頭自由樁, $h=0$).....	5-4-26
圖 4-4.5 基樁行為(樁頭固定樁, $h=0$).....	5-4-26
圖 4-4.6 基樁行為(樁頭自由樁, $h>0$).....	5-4-26
圖 4-4.7 基樁行為(樁頭固定樁, $h>0$).....	5-4-26
圖 4-4.8 斜組樁之軸向力	5-4-31
圖 4-5.1 樁基礎設計流程	5-4-35
圖 4-6.1 挫屈應力度(G_{max})與板厚/直徑 $[T/2r]$ 的關係	5-4-40
第五章 基礎沉陷	
圖 5-1.1 集中載重引起之土壤垂直內應力影響係數值	5-5-2
圖 5-1.2 線型載重引起之土壤垂直內應力影響係數值	5-5-3
圖 5-1.3 均佈帶狀載重引起之土壤垂直內應力影響係數值	5-5-3
圖 5-1.4 直線狀應力分佈	5-5-4
圖 5-1.5 由均佈帶狀載重所產生之土壤垂直內應力增量.....	5-5-5
圖 5-1.6 梯形載重引起之土壤垂直內應力影響係數值	5-5-7
圖 5-1.7 三角形載重合成之梯形載重	5-5-7

圖 5-1.8 均佈圓形載重引起之土壤垂直內應力影響係數值	5-5-8
圖 5-1.9 均佈長方形載重引起之土壤垂直內應力影響係數值	5-5-9
圖 5-1.10 長方形分割法範例.....	5-5-10
圖 5-1.11 Newmark 影響圖	5-5-12
圖 5-2.1 均佈長方形載重隅角點沉陷量影響值	5-5-16
圖 5-3.1 壓密沉陷量計算示意圖.....	5-5-17
圖 5-3.2 平均壓密度與時間係數之關係.....	5-5-19
圖 5-4.1 樁埋設距離與沈陷率之關係	5-5-21
 第六章 斜面之安定	
圖 6-2.1 圓弧形滑動面斜面穩定計算	5-6-2
圖 6-2.2 定常滲透流狀況下滑動之計算.....	5-6-5
圖 6-2.3 地震力.....	5-6-6
圖 6-2.4 Bishop 法斜面積穩定計算.....	5-6-8
圖 6-2.5 直線形滑動面斜面穩定計算	5-6-9
 第七章 地盤改良	
圖 7-2.1 換土寬度與換土深度之關係	5-7-5
圖 7-3.1 排水工法之設計流程	5-7-7
圖 7-3.2 排水法說明	5-7-9
圖 7-3.3 砂樁用砂級配曲線實例.....	5-7-11
圖 7-3.4 n 值計算圖	5-7-13
圖 7-3.5 粘土層達到 80%壓密所需日數.....	5-7-13
圖 7-3.6 水平壓密度計算表.....	5-7-15
圖 7-3.7 漸增載重之條件	5-7-15
圖 7-3.8 $F(n)$ 與 N 之關係.....	5-7-17
圖 7-4.1 橫向震動法之設計流程.....	5-7-18
圖 7-4.2 原地層之粒徑與壓密後最小 N 值之關係.....	5-7-19

圖 7-5.1 壓實砂樁之設計流程	5-7-22
圖 7-6.1 點井法之設計流程.....	5-7-24
圖 7-6.2 點井法之適用範圍與土壤粒徑分佈.....	5-7-25
圖 7-6.3 水位降低曲線.....	5-7-28
圖 7-6.4 假想井之半徑.....	5-7-29
圖 7-7.1 U_h 與 T_h 之關係(算術座標) 高木俊介製 $\lambda = de/du$	5-7-34
圖 7-7.2 U_h 與 T_h 之關係(座標)	5-7-35
圖 7-7.3 紙樁間距 d 與 m 之關係	5-7-36
圖 7-7.4 壓密度與 g 之關係	5-7-36
圖 7-8.1 各種注入材料之粘性增加狀態.....	5-7-42
圖 7-8.2 各種藥液膠凝前所能滲透之範圍	5-7-43
圖 7-8.3 各種注入材料之注入可能範圍.....	5-7-43
圖 7-8.4 構築上水壁之注入方式.....	5-7-44
圖 7-8.5 石灰工法之設計流程	5-7-48
圖 7-8.6 使用生石灰樁之地層壓密.....	5-7-49
圖 7-8.7 生石灰樁之直徑 d_i 與間距 D_p 之關係.....	5-7-50
圖 7-8.8 石灰混合處理機示意圖.....	5-7-51

第六篇 水域設施

第二章 航道

圖 2-1.1 曲線航道	6-2-3
圖 2-1.2 船尾迴旋	6-2-3
圖 2-2.1 船舶之吸引與排斥作用.....	6-2-5
圖 2-2.2 雙向航行航道寬度圖	6-2-6
圖 2-3.1 船舶航行時之各種擺動.....	6-2-10

第三章 泊地

圖 3-2.1 泊地停泊方式	6-3-3
圖 3-3.1 轉船場水域	6-3-5
圖 3-3.2 順向靠岸	6-3-6
圖 3-3.3 逆向靠岸	6-3-6
圖 3-3.4 解纜	6-3-7
圖 3-3.5 泊渠寬度	6-3-8

第四章 小型船渠

圖 4-1.1 橫靠	6-4-1
圖 4-1.2 縱靠	6-4-2
圖 4-1.3 複式縱靠	6-4-2

第六章 航道標誌

圖 6-1.1 防波堤燈塔標準型式	6-6-1
圖 6-2.1 各防波堤燈塔強度檢討圖	6-6-3
圖 6-2.2 標準型防波堤燈塔之基礎	6-6-4
圖 6-2.3 地理學的可視距離	6-6-5
圖 6-2.4 光線之經由路徑	6-6-5
圖 6-2.5 光學的可視距離	6-6-6

第七篇 防波堤工程

第二章 設計之基本原則

圖 2-2.1 重力式防波堤之種類	7-2-4
圖 2-2.1(a) 拋石斜坡堤	7-2-8
圖 2-2.1(b) 拋消波塊斜坡堤	7-2-8
圖 2-2.1(c) 沉箱式直立堤	7-2-8
圖 2-2.1(d) 方塊式直立堤	7-2-9

圖 2-2.1(e) 空心方塊直立堤	7-2-9
圖 2-2.1(f) 混凝土單塊直立堤	7-2-9
圖 2-2.1(g) 沉箱式合成堤	7-2-10
圖 2-2.1(h) 方塊式合成堤	7-2-10
圖 2-2.1(i) 空心方塊合成堤	7-2-10
圖 2-2.1(j) 混凝土單塊合成堤.....	7-2-11
圖 2-2.1(k) 消波塊覆蓋堤.....	7-2-11
圖 2-2.1(l) 直立消波塊堤.....	7-2-11
圖 2-2.1(m) 消波沉箱堤	7-2-12
圖 2-2.1(n) 上部斜面沉箱堤	7-2-12
第三章 基本設計	
圖 3-3.1 斜坡部之滑動面.....	7-3-10
圖 3-3.2 直線滑動面.....	7-3-11
圖 3-3.3 斜坡堤標準斷面.....	7-3-12
圖 3-3.4 護坡塊重量計算圖.....	7-3-15
圖 3-3.5 護面塊重量計算圖 (比重修正係數)	7-3-16
圖 3-3.6 護基以及拋石基礎覆蓋石之安定係數	7-3-18
第四章 細部設計	
圖 4-1.1 凹凸形楔樁.....	7-4-2
圖 4-2.1 護基方塊的形狀.....	7-4-5
第五章 防波堤與漂沙對策設施	
圖 5-1.1 港內水域淤積型態.....	7-5-2
圖 5-1.2 航道淤積型態.....	7-5-3
圖 5-1.3 防砂堤之佈置例	7-5-5
第六章 防波堤之管理與維修	

圖 6-1.1 沉箱式防波堤主要受損連鎖	7-6-1
----------------------------	-------

第八篇 碼頭工程

第一章 概說

圖 1-1.1 碼頭設計流程	8-1-1
----------------------	-------

第二章 碼頭相關事項

圖 2-1.1 船纜配置示意圖	8-2-1
-----------------------	-------

圖 2-3.1 碼頭前趾界限示意圖	8-2-5
-------------------------	-------

第三章 碼頭之結構型式

圖 3-1.1(a) 沈箱重力式碼頭斷面示意圖	8-3-3
-------------------------------	-------

圖 3-1.1(b) L 型塊重力式碼頭斷面示意圖	8-3-3
---------------------------------	-------

圖 3-1.1(c) 方塊式重力式碼頭斷面示意圖	8-3-4
--------------------------------	-------

圖 3-1.1(d) 空心方塊重力式碼頭斷面示意圖	8-3-4
---------------------------------	-------

圖 3-1.2 板樁式碼頭斷面示意圖	8-3-5
--------------------------	-------

圖 3-1.3(a) 鋼板樁圓筒式碼頭斷面示意圖	8-3-6
--------------------------------	-------

圖 3-1.3(b) 置放式鋼板圓筒碼頭斷面示意圖	8-3-6
---------------------------------	-------

圖 3-1.4(a) 直樁棧橋式碼頭斷面示意圖	8-3-7
-------------------------------	-------

圖 3-1.4(b) 斜樁棧橋式碼頭斷面示意圖	8-3-7
-------------------------------	-------

圖 3-1.5 平板樁基式碼頭斷面示意圖	8-3-8
----------------------------	-------

圖 3-1.6 直立消波式碼頭斷面示意圖	8-3-9
----------------------------	-------

圖 3-1.7 自立式板樁碼頭斷面示意圖	8-3-10
----------------------------	--------

圖 3-1.8 斜樁錨碇式板樁碼頭斷面示意圖	8-3-11
------------------------------	--------

圖 3-1.9 前斜樁式板樁碼頭斷面示意圖	8-3-12
-----------------------------	--------

圖 3-1.10 雙重板樁式碼頭斷面示意圖	8-3-13
-----------------------------	--------

圖 3-1.11 圓柱式棧橋斷面示意圖	8-3-15
---------------------------	--------

圖 3-1.12 橋墩式棧橋斷面示意圖.....	8-3-16
圖 3-1.13 離岸式碼頭斷面示意圖.....	8-3-17
圖 3-1.14 繫、靠船台斷面示意圖.....	8-3-18
圖 3-1.15 浮碼頭斷面示意圖.....	8-3-19
圖 3-1.16 繫船浮筒斷面示意圖.....	8-3-20

第四章 重力式碼頭

圖 4-1.1 重力式碼頭設計流程.....	8-4-1
圖 4-2.1 重力式碼頭之壁體範圍示意圖.....	8-4-3
圖 4-2.2 方塊式碼頭滑動檢討時壁體範圍示意圖.....	8-4-3
圖 4-2.3 方塊式碼頭傾覆檢討時壁體範圍示意圖.....	8-4-4
圖 4-2.4 重力式碼頭浮力作用範圍示意圖.....	8-4-5
圖 4-4.1 重力式碼頭背填石料形狀示意圖.....	8-4-11
圖 4-5.1 作用於上部結構之船舶衝擊力.....	8-4-14

第五章 板樁式碼頭

圖 5-1.1 自由端點法.....	8-5-2
圖 5-1.2 固定端點法.....	8-5-2
圖 5-1.3 板樁式碼頭設計流程.....	8-5-4
圖 5-2.1 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力.....	8-5-5
圖 5-2.2 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力.....	8-5-6
圖 5-3.1 作用於板樁之外力.....	8-5-10
圖 5-6.1 錨碇版設置位置.....	8-5-15
圖 5-6.2 錨碇直樁設置位置.....	8-5-15
圖 5-6.3 錨碇斜組樁設置位置.....	8-5-16
圖 5-6.4 作用於錨碇版之外力.....	8-5-17
圖 5-6.5 版樁之主動土壤破壞面與錨碇版之被動土壤破壞面在地表面下相交時之土壓分佈圖.....	8-5-19

圖 5-6.6 短錨碇板樁假想土壓分佈圖	8-5-21
圖 5-7.1 作用於上部結構之船舶拉力	8-5-23
圖 5-7.2 作用於上部結構之船舶衝擊力	8-5-23
圖 5-7.3 板樁與拉桿及圍梁之連接示意圖	8-5-25
圖 5-7.4 拉桿(Tie Rod)斷面示意圖	8-5-26
圖 5-7.5 鋼索(Tie Wire)斷面示意圖	8-5-26

第六章 圓筒式碼頭

圖 6-1.1 鋼板樁圓筒式碼頭設計流程	8-6-2
圖 6-1.2 作用於鋼板樁圓筒之土壓力(剪力變形檢討時使用).....	8-6-3
圖 6-1.3 作用於鋼板樁圓筒背面之土壓(重力式壁體安定檢討時使用)	8-6-4
圖 6-1.4 作用於圓筒內填料地震力之震度分佈	8-6-5
圖 6-1.5 圓筒平面形狀及換算壁體寬度	8-6-6
圖 6-1.6 圓筒壁體剪力變形檢討應考慮之外力及抵抗力.....	8-6-7
圖 6-1.7 抵抗力矩與入土比之關係.....	8-6-8
圖 6-1.8 中間回填土之斷面設定.....	8-6-9
圖 6-1.9 圓筒壁體換算壁高.....	8-6-11
圖 6-1.10 圓筒剪力變形之檢討	8-6-13
圖 6-1.11 回填土土壓	8-6-13
圖 6-1.12 作用於埋入式鋼板圓筒之外力分佈.....	8-6-15
圖 6-1.13 水平地盤反力分佈例	8-6-16
圖 6-1.14 埋入式鋼板圓筒變位示意圖	8-6-17
圖 6-1.15 地盤反力及壁體變位示意圖	8-6-18
圖 6-1.16 T 型板樁斷面示意圖	8-6-24
圖 6-1.17 平版結構設計示意圖	8-6-25
圖 6-2.1 置放式鋼板圓筒碼頭設計流程.....	8-6-26

圖 6-2.2 傾覆抵抗係數計算圖	8-6-31
圖 6-3.6 圓筒與圓弧接頭結構斷面示意圖	8-6-36

第七章 棧橋式碼頭

圖 7-2.1 直樁棧橋式碼頭設計流程	8-7-3
圖 7-2.2 裝載載重與活載重分佈示意圖	8-7-7
圖 7-2.3 碼頭後線重力式擋土結構物位置示意圖	8-7-9
圖 7-2.4 假想地表面示意圖	8-7-9
圖 7-2.5 棧橋基樁配置及水平力作用點示意圖	8-7-12
圖 7-2.6 基樁樁頭彎矩分佈示意圖	8-7-14
圖 7-2.7 基樁樁頭軸力分佈示意圖	8-7-17
圖 7-2.8 兩端固定的單向版的有效寬度	8-7-20
圖 7-2.9 等分佈荷重的換算	8-7-21
圖 7-2.10 部分佈荷重的換算	8-7-21
圖 7-2.11 靜載重與活載重作用於樑之彎矩	8-7-22
圖 7-2.12 棧橋平面內之荷重方向	8-7-23
圖 7-2.13 樁頭埋入圖例	8-7-23
圖 7-2.14 鋼筋混凝土結構樁頭接合圖例	8-7-24
圖 7-3.1 斜樁棧橋式碼頭設計流程	8-7-25
圖 7-3.2 斜組樁中心線與各斜組樁距離示意圖	8-7-27

第八章 平版樁基式碼頭

圖 8-1.1 平版樁基式碼頭設計流程	8-8-2
圖 8-3.1 作用於平版樁基式碼頭板樁之土壓及殘留水壓	8-8-3
圖 8-3.2 平版寬度較小時作用於板樁之土壓力	8-8-5
圖 8-5.1 作用於平版之外力	8-8-7
圖 8-5.2 平版結構設計示意圖	8-8-8
圖 8-6.1 平版樁基式碼頭壁體示意圖	8-8-10

第九章 其他型式碼頭

圖 9-1.1 直立消波式碼頭設計流程	8-9-2
圖 9-2.1 自立式板樁碼頭設計流程	8-9-3
圖 9-2.2 作用於自立式板樁碼頭板樁之外力	8-9-4
圖 9-2.3 自立式板樁碼頭板樁頂端變位量	8-9-6
圖 9-2.4 土壓分佈假定	8-9-6
圖 9-3.1 斜樁錨碇式板樁碼頭設計流程	8-9-8
圖 9-4.1 前斜樁式板樁碼頭設計流程	8-9-11
圖 9-5.1 雙重板樁式碼頭設計流程	8-9-14
圖 9-9.1 繫、靠船台設計流程	8-9-23
圖 9-10.1 浮碼頭設計流程	8-9-27
圖 9-10.2 浮碼頭各部份名稱	8-9-28
圖 9-10.3 浮箱各部份名稱	8-9-28
圖 9-10.4 浮箱承受偏心載重時之穩定計算	8-9-33
圖 9-10.5 浮碼頭錨鏈設計示意圖	8-9-38
圖 9-10.6 浮碼頭錨碇混凝土方塊設計例	8-9-42
圖 9-10.7 連絡橋調節塔結構示意圖	8-9-45
圖 9-11.1 繫船浮筒型式示意圖	8-9-45
圖 9-11.2 沉錘錨鍊式繫船浮筒設計流程	8-9-46

第十一章 附屬設施

圖 11-3.1 防舷材設計流程	8-11-3
------------------------	--------

第十二章 曳船道

圖 12-1.1 曳船道斷面示意圖	8-12-1
-------------------------	--------

第十四章 裝卸機械基礎

圖 14-1.1 裝卸機械基礎設計流程	8-14-3
---------------------------	--------

表目錄

第一篇 通則

第二章 國際單位系統(SI)

表 2.1 SI 單位換算表	1-2-1
----------------------	-------

第二篇 設計條件

第一章 概說

表 1-2.1 不同耐用年限 L_1 及迴歸期 \bar{T}_1 之遭遇機率 E_1	2-1-6
---	-------

第二章 船舶

表 2-1.1 大型船舶尺寸參考表 <修訂>	2-2-2
------------------------------	-------

表 2-1.2 小型船舶尺寸參考表 <修訂>	2-2-3
------------------------------	-------

表 2-2.1 船舶作用於繫船柱之拉力	2-2-12
---------------------------	--------

第三章 風

表 3-1.1 梯度風與海面風之關係	2-3-3
--------------------------	-------

第五章 波力

表 5-3.1 C.E.R.C.建議拋石之 K_D 值(堤身部)	2-5-25
--	--------

表 5-3.2 慣性力係數 <新增表格>	2-5-30
----------------------------	--------

第六章 潮位及暴潮位

表 6-5.1 各港水準零點與聯勤陸上水準系統換算表	2-6-3
----------------------------------	-------

第七章 水流

表 7-1.1 拖曳力係數	2-7-2
---------------------	-------

第九章 地質

表 9-2.1 地質調查分類	2-9-2
----------------------	-------

表 9-2.2 以調查目的為區分之調查方法及調查內容	2-9-4
表 9-3.1 土壤統一分類法	2-9-8
表 9-5.1 砂質土之 N 值與 Dr , ϕ 之關係	2-9-18
表 9-5.2 砂質土之 N 值與 ϕ 之關係	2-9-18

第十章 耐震設計

表 10-1.1 各型碼頭在 475 年回歸期地震作用下最大容許值	2-10-2
10-2.1(a) 臨海鄉鎮之 S_s^D 、 S_1^D 、 S_s^M 與 S_1^M 值	2-10-4
10-2.1(b) 臨海且鄰近斷層鄉鎮之 S_s^D 、 S_1^D 、 S_s^M 與 S_1^M 值	2-10-7
表 10-2.2(a) 短週期結構之工址放大係數 F_a (線性內插求值)	2-10-8
表 10-2.2(b) 長週期結構之工址放大係數 F_v (線性內插求值)	2-10-8
表 10-2.3 地盤分類表	2-10-8
表 10-2.4 中央地質調查所調查第一類活動斷層性質表	2-10-10
表 10-2.5(A) 近車籠埔斷層調整因子 N_A 與 N_V	2-10-11
表 10-2.5(B) 近獅潭與神卓山斷層調整因子 N_A 與 N_V	2-10-11
表 10-2.5(C) 近屯子腳斷層調整因子 N_A 與 N_V	2-10-12
表 10-2.5(D) 近新化斷層調整因子 N_A 與 N_V	2-10-12
表 10-2.5(E) 近花東地區(含米崙、玉里、池上與奇美)斷層調整因子 N_A 與 N_V	2-10-13
表 10-2.6(a) 一般工址或近斷層區域之工址設計水平譜加速度係數 S_{aD}	2-10-14
表 10-2.6(b) 一般工址或近斷層區域之工址最大水平譜加速度係數 S_{aM}	2-10-14
表 10-2.7 用途係數	2-10-14
表 10-5.1 短週期與長週期結構之阻尼比修正係數 B_s 與 B_1	2-10-20
表 10-5.2 一般工址設計水平加速度反應譜係數 S_{aD}	2-10-20

第十一章 砂質土壤之液化

表 11-5.1 地震規模轉換因子.....	2-11-10
第十二章 土壓及水壓	
表 12-1.1 土壓係數參考值	2-12-9
第十三章 載重	
表 13-2.1 材料之單位體積重量	2-13-2
第十四章 摩擦係數	
表 14-1.1 靜止摩擦係數	2-14-1
表 14-1.2 場鑄混凝土與不同地盤堅之滑動摩擦係數 <新增> ...	2-14-1

第三篇 工程材料

第二章 鋼鐵材料

表 2-1.1 中國國家標準鋼鐵材料.....	3-2-2
表 2-3.1 鋼樁、鋼管板樁容許應力	3-2-4
表 2-3.2 鋼板樁容許應力	3-2-5
表 2-3.3 鋼板樁與結構用鋼鐵材料之容許應力之比較	3-2-5
表 2-4.1 鋼材單面腐蝕速率	3-2-8
表 2-4.2 裸鋼材之陰極防蝕初始時之防蝕電流密度(mA/m ²)	3-2-9
表 2-4.3 陰極防蝕工法之防蝕率.....	3-2-10

第三章 混凝土

表 3-2.1 安全係數	3-3-2
表 3-3.1 混凝土保護層厚度之要求	3-3-7
表 3-3.2 鋼筋混凝土容許裂縫寬度	3-3-8

第四章 石料

表 4-3.1 背填料設計參考值.....	3-4-2
-----------------------	-------

第四篇 預鑄混凝土構件

第一章 沉箱

表 1-4.1 沉箱設計之載重係數及載重組合	4-1-4
表 1-4.2 防波堤沉箱前壁(外港側)之設計載重	4-1-6
表 1-4.3 防波堤沉箱後壁(內港側)之設計載重	4-1-6
表 1-4.4 防波堤沉箱側壁(垂直法線方向)之設計載重	4-1-7
表 1-4.5 碼頭沉箱外牆之設計載重	4-1-7
表 1-4.6 防波堤沉箱底版在波力作用時之載重分類	4-1-8
表 1-4.7 防波堤沉箱底版之設計載重	4-1-8
表 1-4.8 碼頭沉箱底版之設計載重	4-1-9
表 1-5.1 三邊固定一邊自由版之計算圖表(X 方向六等分, Y 方向四等分)	4-1-22
表 1-5.2 三邊固定一邊自由版之計算圖表(X 方向八等分, Y 方向四等分)	4-1-29
表 1-5.3 四邊固定版之計算圖表(X、Y 方向四等分).....	4-1-36

第五篇 基礎

第二章 淺基礎承載力

表 2-2.1 基礎型狀係數	5-2-2
表 2-5.1 Bishop 法之安全係數	5-2-10

第三章 深基礎承載力

表 3-2.1 黏性土平均黏著力	5-3-3
------------------------	-------

第四章 樁基礎承載力

表 4-2.1 標準軸向容許承載力安全係數	5-4-2
表 4-3.1 標準軸向容許拉拔力安全係數	5-4-8

表 4-4.1 基準樁特性	5-4-17
表 4-4.2(a) 基準曲線(S 型地盤 . 樁頭自由樁).....	5-4-18
表 4-4.2(b) 基準曲線(S 型地盤 . 樁頭固定樁).....	5-4-19
表 4-4.2(c) 基準曲線(C 型地盤 . 樁頭自由樁).....	5-4-20
表 4-4.2(d) 基準曲線(C 型地盤 . 樁頭固定樁)	5-4-21
表 4-4.3 橫方向地盤反力係數	5-4-24
表 4-4.4 n_h 值.....	5-4-24
表 4-4.5 群樁基樁之間距	5-4-32
表 4-5.1 樁材容許應力	5-4-36

第七章 地盤改良

表 7-1.1 軟弱土壤之力學經驗值.....	5-7-1
表 7-3.1 鋪砂厚度	5-7-12
表 7-4.1 粒徑與透水係數之概略值	5-7-26
表 7-6.1 抽水機性能	5-7-32
表 7-8.1 注入計劃調查實施應辦項目及內容.....	5-7-41
表 7-8.2 透水係數(K)與注入有效範圍(R)之關係	5-7-43
表 7-8.3 土壤與石灰添加量之關係.....	5-7-49

第六篇 水域設施

第二章 航道

表 2-2.1 巴拿馬運河所需最小寬度.....	6-2-4
表 2-2.2 各類船舶所需航道寬度.....	6-2-6
表 2-2.3(a) 日本港灣航道寬度	6-2-7
表 2-2.3 (b) 其他國家港灣航道現狀	6-2-7

第三章 泊地

表 3-3.1 美國泊渠概略標準.....	6-3-9
-----------------------	-------

第六章 航道標誌

表 6-2.1 標準型防波堤燈塔設置條件	6-6-2
----------------------------	-------

第七篇 防波堤工程

第三章 基本設計

表 3-3.1 各種塊石及混凝土塊之 K_d 值.....	7-3-14
---------------------------------	--------

表 3-3.2 日本使用消波塊之 K_d 值.....	7-3-16
-------------------------------	--------

第四章 細部設計

表 4-2-1 各種護基方塊需要之厚度	7-4-4
---------------------------	-------

第五章 防波堤與漂沙對策設施

表 5-1.1 半永久性淤積防止對策所用之結構物	7-5-4
--------------------------------	-------

第六章 防波堤之管理與維修

表 6-1.1 沈箱式防波堤檢查度對象及檢查項目	7-6-2
--------------------------------	-------

表 6-1.2 受損之評估.....	7-6-4
--------------------	-------

第八篇 碼頭工程

第二章 碼頭相關事項

表 2-1.1 各類大型船舶船席尺寸參考表.....	8-2-2
----------------------------	-------

表 2-2.2 各類小型船舶船席尺寸參考表.....	8-2-3
----------------------------	-------

表 2-2.1 碼頭面高程參考值.....	8-2-4
-----------------------	-------

表 2-2.2 臺灣主要港口碼頭面高程參考值(民國 83 年製表).....	8-2-4
--	-------

第三章 碼頭之結構型式

表 3-1.1 碼頭結構斷面基本型式分類	8-3-1
----------------------------	-------

第七章 棧橋式碼頭

表 7-2.1 計算彎矩的連立方程式係數表	8-7-17
-----------------------------	--------

第十一章 附屬設施

表 11-2.1 曲柱配置參考表	8-11-2
------------------------	--------

第十三章 岸肩

表 13-2.1 岸肩寬度參考值	8-13-1
------------------------	--------

表 13-3.1 岸肩作業機械載重條件.....	8-13-3
--------------------------	--------

第十五章 碼頭維護與管理

表 15-2.1 重力式碼頭定期檢測項目參考表	8-15-2
-------------------------------	--------

表 15-3.1 板樁碼頭定期檢測項目參考表.....	8-15-3
-----------------------------	--------

表 15-4.1 棧橋式碼頭定期檢測項目參考表	8-15-5
-------------------------------	--------

第九篇 專門碼頭

第一章 貨櫃碼頭

表 1-2.1 貨櫃輪碼頭長度及水深參考表	9-1-3
-----------------------------	-------

第二章 渡輪碼頭

表 2-2.1 渡輪碼頭長度及水深參考表	9-2-2
----------------------------	-------

表 2-2.2 小型渡輪碼頭長度及水深參考表	9-2-2
------------------------------	-------

表 2-3.1 車輛上下船設施車道寬度參考表	9-2-4
------------------------------	-------

第六篇 水域設施

第一章 概說

水域設施之規劃應求船舶停泊與航行安全及貨物裝卸便利為目的。除地形、地質、氣象與船型外，並應充分考慮已有之設施而作適當週詳之配置。因此對航道與港口等外廊有關設施，須考慮船舶所必須保有之水域面積並考慮港內水面之穩定。

1. 水域設施乃指航道、泊地、船渠與貯木池等而言。
2. 當計劃航道、港口及航行所需水域面積時，應廣徵航業界及引水人等，各方面有關人員之意見。
3. 港內水面須經常保持穩靜，但事實上於天候惡劣時保持水面充分穩靜並非易事，港內之波高若能保持在 0.5~1.0 公尺以下，尚可裝卸貨物及保持港內水上船隻之交通，故水域設施之配置及設計之決定，通常以風速達每秒 10~15 m 之強風時，亦可保持上述限度之波高為目標。
4. 小型船渠於天氣惡劣時多利用作為避難所。放在天氣惡劣時，亦須保持充分穩靜，應以波高不超過 0.5 公尺為目標。又對盪漾 (Seiche) 之防止亦應注意，方不致有使繫船纜索拉斷等事故發生。
5. 大型船舶尤以貨櫃船遭遇波高小而週期長之波浪侵襲時，貨物裝卸亦發生困難，故對長波須特別注意。
6. 油類化學品等危險物品及木材之裝卸設施，原則上應與一般設施隔離，設置專用地區。
7. 港埠規劃以 10 萬噸級以上大型船舶為對象時，水域設施必須參考以往之實例，並同時充分考慮此類大型船舶之性能，使用拖船之性能、航道標誌之配置、以及航行管制方法等。本篇所述若用於大型船舶，須酌情予以適當修正。
8. 港內水域利用計劃：
規劃港灣時須按吞吐量及自然條件，擬定港內水域之利用計劃。計劃時應注意下列各點：

(1) 航道與泊地應明確劃分，泊地設在較平穩之處。

- (2) 航道應儘量避免彎曲。
- (3) 轉船場不設在船舶航行交通量頻繁之航道上，應設於泊地附近。
- (4) 大小船舶之航道最好分開，航道避免交叉，出港與入港之航道最好分開。
- (5) 載運危險品與石油船舶用之泊地須與港中交通頻繁之區域隔離。石油用管線輸送，其管道亦須不通過主要港區。
- (6) 港內應備有檢疫與等候碼頭之船舶之泊地。
- (7) 港內並應備有造船下水、修船、燃料補給、練習船、停航船、廢船等之水面與泊地。
- (8) 港灣污染如何排除防止，事先須加考慮。
- (9) 超大型船隻之碇泊地須安置在最外圍鄰近港口之處，勿使進入內港。
- (10) 港灣決不能待全部完成後再行啟用，一部份未完成之填築工程常擾亂已完成港區之通航及平穩須加注意。
- (11) 現有水域利用計劃不得妨碍將來港灣之擴展。

第二章 航道

2.1 法線

2.1.1 概述

航道為自深海經過港口而達碼頭邊之水道，亦即船隻通航利用之水面，包括主航道、支航道及轉船場三種。航道之法線、寬度與水深，係依據風、浪、潮流、潮汐、地形、地質等之影響，及船隻尺寸、位置之關係而決定，並應盡量減少曲線之設置。

1. 風與潮流之方向與航道接近垂直時，對行船影響殊大。放在風與潮流較強之地域必須慎重考慮此等因素之影響。
2. 波浪對船舶之影響，小船以側面來襲波浪，大船以由後方來襲波浪之影響較大。尤以在港口附近船舶減速航行，而又遭受船後來襲波浪，使船與波浪之相對速度變小，舵向之操作變成困難。因此在港口附近之航道法線應避免船舶進港時在後方 45° 範圍以內有自後來襲之波浪。
3. 船舶進港時，為避免風與潮流等之影響，必須保持某種程度以上之航速。故自港口至碼頭之航道長度即停船安全距離至少應等於 5 倍船長以上之長度。
4. 決定航道法線，除上述第(2)項外應參考類似港灣之設計實例，同時徵詢當地富於經驗之引水人等之意見。此外，應研究該港航道標誌配置狀況及航行管制與航道分隔方法，以及是否使用拖船等。
5. 跨越航道架設橋樑時，橋下應確保充分之淨空。決定淨空一般除考慮通過船舶之船桅高度外，另尚須注意下列事項：
 - (1) 潮汐
 - (2) 船舶航行時之艙艙吃水差
 - (3) 波高

(4) 駕駛者之心理影響。

6. 橫越航道埋設海底之管線，原則上應埋入航道底 4m 以下，以免被船錨損壞。如不能達到此標準，管線應充分保護，並設「禁止拋錨區域」之標誌於兩岸，提醒引水人與船上人員注意。
7. 漁港之航道位於碎波帶者居多，在暴風雨時亦需維持使用。法線之決定最好參照當地漁會及漁船駕駛人之經驗與意見。
8. 航道之法線不可與桓風風向平行或垂直。

2.1.2 航道曲線之半徑

航道曲線之最大交角以不超過 30 度為原則。若超過 30 度時以船長 4 倍以上之長度為半徑繪與航道中心線相切之圓弧，再以此圓弧為中心線，兩側保持所需寬度，定其邊線，必要時並作內側加寬。

1. 交角超過 30 度以上曲線之法線，若雙向航道之寬度為 L 時，如圖 2-1.1 (a) 所示作內側加寬。又若航道有充分之寬度時，如圖 2-1.1 (b) 所示，不必加寬。
2. 船舶在航行中將舵轉靠一方轉向時，船隻逐漸脫離原航線，形成螺旋形迴轉。當 90 度至 180 度反向後形成近似圓形之迴旋運動，至 360 度時，脫離原航線偏在轉向側某距離處。此種迴旋運動中船體重心之軌跡稱為迴旋圈 (Turning Circle)。迴旋圈之大小以最大縱距 (Max. Advance) 與最大橫距 (Max. Transfer) 表示之，一般以船長之倍數表示之，如圖 2-1.2 所示。商船以最大舵角 35 度航行時迴旋直徑為 5L 至 7L，最大縱距約與最終迴旋徑 (Final Diameter) 相等，即為 4L 至 6L。航道之彎曲部份，半徑採用此迴旋徑之半，即 3.5L，另加「船身側移」(Kick) 及其他餘裕，取 4L 以上為標準。
3. 轉舵初期，船尾偏轉迴旋方向相反側之現象稱為「船身側移」(Kick)，當船首轉向達 11.25 時為最大。此時船身側移原航線外之距離，約達船長之 $\frac{1}{4}$ 。船身側移至迴旋方向相反側之航行

距離約為船長 2 至 3 倍，自此乃進入轉向側，轉入迴旋圈，迴旋情形如圖 2-1.2。

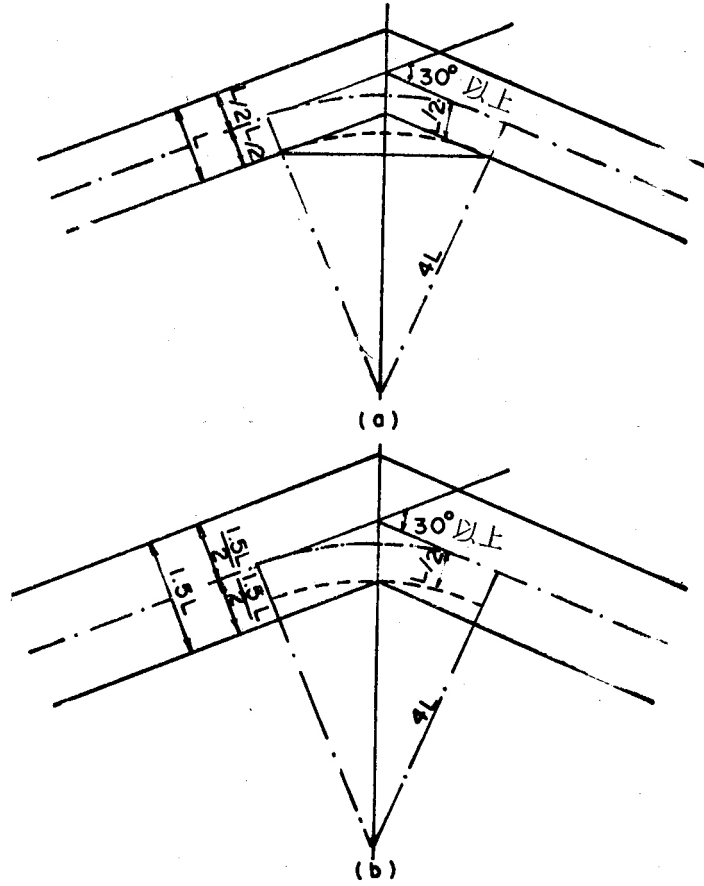


圖 2-1.1 曲線航道

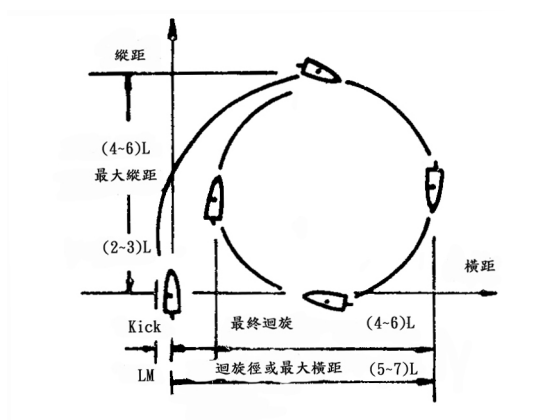


圖 2-1.2 船尾迴旋

2.2 航道與港口之寬度

決定航道與港口寬度時，應就船舶之船型、通航量、地形、氣象、海象、單向或雙向航行、有無拖船協助等，作充分之考慮研究。

1. 船舶在航道上應禁止併航及超船，但在雙向航道上得允許之。通航量較多之港口，須制定雙向航行之規定並計劃開闢副航道。
2. 航道之寬度一般規定如下：
 - (1) 雙向航道—船長之 1 倍至 1.5 倍或船寬之 3.6 倍再加 90 m。
 - (2) 單向航道—穩靜且潮流與航道平行時，船長之 0.5 倍以上，或船寬之 0.45 倍再加 90 m。若情況特殊如受地形限制或可使用拖船時可酌予縮小。

表 2-2.1 巴拿馬運河所需最小寬度

船舶條件			所需最小寬度	
船型 (DWT)	船寬	船長	空載時	滿載時
16,500	21 m	160 m	120 m	125 m
25,000	25 m	192 m	136 m	148 m
30,000	26 m	201 m	146 m	154 m
40,000	31 m	224 m	155 m	163 m

表 2-2.1 所示，為在加勒比海 (Caribbean Sea) 會議，美國工兵團所發表之巴拿馬 (Panama) 運河所需要之最小寬度，可資參考。

3. 航行中為避免發生事故臨時下錨時引起船舶之旋轉，通航量較多之港灣應採用較 2 項所規定更大之航道寬度。
4. 港內與港外之航道若准許並航或超船，必須考慮兩船相互吸引作用，與駕駛者之心理影響因素。
5. 兩船之相互吸引為兩艘船相接近時，因本船以外船隻之存在，致船體周圍水流發生變化，而互相受力矩 (Moment) 之作用。船對向航行時力矩向外作用，又所受作用力之時間較短影響亦較小。同向

航行時所受作用力之時間長，又距離愈近作用力愈大，故有撞船之危險。

船舶間之吸引與排斥作用，兩船接近航行時，因船艏之流速小，壓力大，船舷之流速大，壓力小，此部份之水流向船艏部，又因船艏推進器之作用，橫方向有吸入流，常將小船吸至船艏碰撞。一般兩艘船同向或對向航行時之吸引與排斥作用如圖 2-2.1。

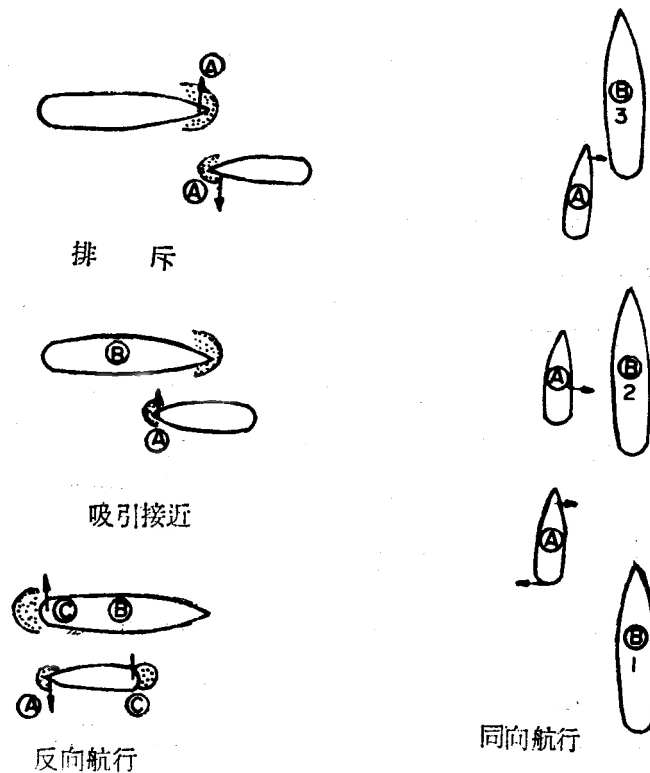
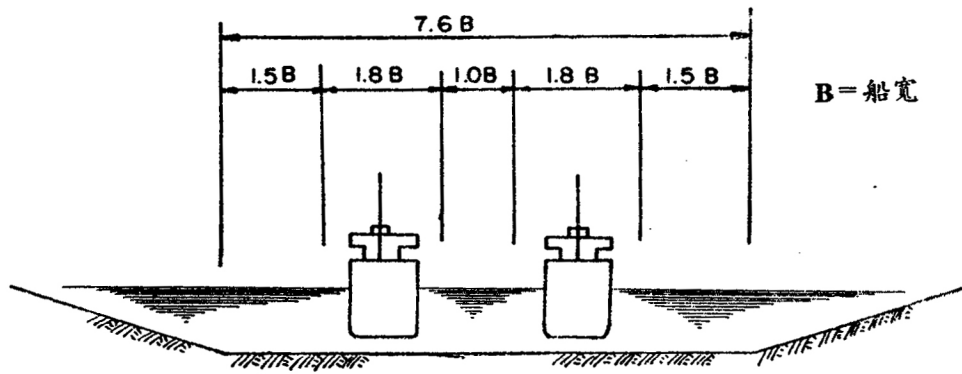


圖 2-2.1 船舶之吸引與排斥作用

6. 一般港口之有效寬度與航道寬度採取相等寬，但亦有為求港內較平靜而將港口寬度予以縮小者。有關外廊設施之配置參考第九篇防波堤。

一般航道寬度如圖 2-2.2。

7. 根據船舶類別可概估所需之航道寬度如表 2-2.2。



1

圖 2-2.2 雙向航行航道寬度圖

表 2-2.2 各類船舶所需航道寬度

船舶噸位(DWT)	航道寬度(m)	摘要
50 以下	約 30	
50~500	50	
500~5,000	100	
5,000~10,000	150	
10,000~50,000	200~250	
50,000~100,000	300	

8. 外國之航道現狀

(1) 日本：如表 2-2.3 (a)

(2) 其他地區：如表 2-2.3(b)。

9. 港口寬度一般為進出港最大船舶之長度 1 至 1.5 倍，另考慮外海之自然條件，酌予增減。即一般應考慮普通 20-50 年發生頻率之暴風雨波浪，無論任何波向來襲，在港內繫留設備前面之波高不得大於 1.0~1.5 公尺，在船渠內應在 0.3 公尺以下。

10. 為保護港內平靜，港口寬度應慎重研究。若港內水域不廣，水深不大時，港口寬度應酌予減小。一般每 1 公尺港口寬度需有 6,000 m² 之港內泊地面積。

表 2-2.3(a) 日本港灣航道寬度

船舶大小(總噸數)	有效寬度(m)
10,000 T 以下	200~300
5,000~10,000 T	150~200
100~5,000 T	100~150
100~1,000 T	80~100
100 T 以下	50~80

(註)港內小船渠採用 30 m 左右為宜。

表 2-2.3 (b) 其他國家港灣航道現狀

港名	現狀		備考
	水深 (m)	寬度 (m)	
Iskenderun (Turkey)	-7.6	170	
Blystl (U.K.)	-8.1	100	
Belfast (U.K.)	-8.4	120	
Cark (Eire)	-9.0	100	
Geelong (Australia)	-9.0	90	單行航道，拖船 2 隻
Paradeep (India)	-9.0	150	
Mobjle (U.S.A.)	-9.6	150	
Esquimalt (Canada)	-9.6	120	
Abidjan (Ivory Coast)	-10.0	300	
Singapore	-10.0	250	
Kareare (India)	-10.0	200	
Galveston (U.S.A.)	-10.2	420	
Los Angeles (U.S.A.)	-10.5	200	
Amsterdam (Netherland)	-10.5	110	
Aden (Aden Colony)	-10.8	180	
Suez Canal (U.A.R.)	-11.0	99	
Houston (U.S.A.)	-11.1	300	
Bremen (W. Germany)	-11.7	100	
Long Beach (U.S.A.)	-12.0	350	港口-13.5 m，220m
Amsterdam (Netherland)	-13.0	110	

(註)1 現狀：1966 年 4 月當時之航道。

2.3 航道水深

航道水深採用與船席相同之水深為原則。但如港外船舶以經常速度航行之航道，又如波浪、風、潮流等特強之航道，潮差極大之航道及超大型船之航道，應考慮下列因素加餘裕水深。

- 因波浪作用之船身擺動。
- 船舶之前後吃水差 (Trim)。
- 船舶之伏航 (Squat)。
- 海底地質。
- 操船之難易。

1. 船席之水深請參閱第六篇第二章 2.1 節「船席尺寸」。
2. 船舶在航行中因載貨前後吃水差、伏航等引起船體伏沉現象。但在港內航道，船舶以低速航行，故其水深標準可採用船席相同水深。
3. 因波浪使船舶發生之伏沉量，一般估列如下：

小船或中型船舶約為最大波高之 $\frac{2}{3}$ 。

大型船舶約為最大波高之 $\frac{1}{2}$ 。

4. 載貨及航行所產生之船艏與船艉之吃水差稱為載航吃水差 (Trim)。通常載貨情形下且以低速航行時船艏伏沉，若以高速航行，船艉有伏沉之傾向。若船速在每小時 6 海浬以下時，可以船長乘 0.0025 計算，所增加之吃水與航速之平方成正比，並與船底至航道底之淨空有關。淨空大伏沉度大，淨空小即伏沉度小。
5. 在淺水水域或航道斷面較小之水域，船舶航行時船側之水位降下，以致產生船舶下沉現象，稱為伏沉，斯時行船顯較困難，有時損壞船舵。
6. 其他擺動現象：

船舶航行時受波浪作用產生下列各種船體擺動現象，其中前二項與決定水深有關，後兩項僅供參考，參閱圖 2-3.1。

(1) 船身升降 (heaving)，船體隨波浪之起伏而上下升降。

- (2)船身俯仰 (Pitching)，當船舶航行方向與波浪前進方向一致時，船艏俯下仰上之現象。
- (3)搖滾 (Rolling)，當船舶航行垂直於波浪之前進方向，且船體正處於波峰附近時，船體左右搖動。
- (4)偏航 (Yawing)，當航向與波向成斜交時船艏常受波浪影響，而呈左右甩擺現象。
- (5)平擺 (Swaying)，當船向垂直波向時，船體受波浪影咎而左右水平擺動。
- (6)浪推 (Surging)，船舶頂浪航行時若遇大浪使船體稍呈倒退之現象。
- (7)航道之計劃水深以 0.5 m 為單位表示。
- (8)航道水深應以航行船舶吃水深加各種餘裕水深值。地質因素亦應考慮，石質港底應再附加 50~100 cm 餘裕，硬質岩底應加 100 cm 以上為宜。
- (9)一般港口與航道之水深除考慮加以載航吃水差餘裕外，尚須加最大波高之 $\frac{2}{3}$ ，及滿載吃水作為設計水深。或滿載吃水加潮高與最大波高 $\frac{1}{2}$ 為設計水深，對於石質港底再加上條所述附加水深。
- (10)航道水深可比照港口水深，視波浪情況略予減少。

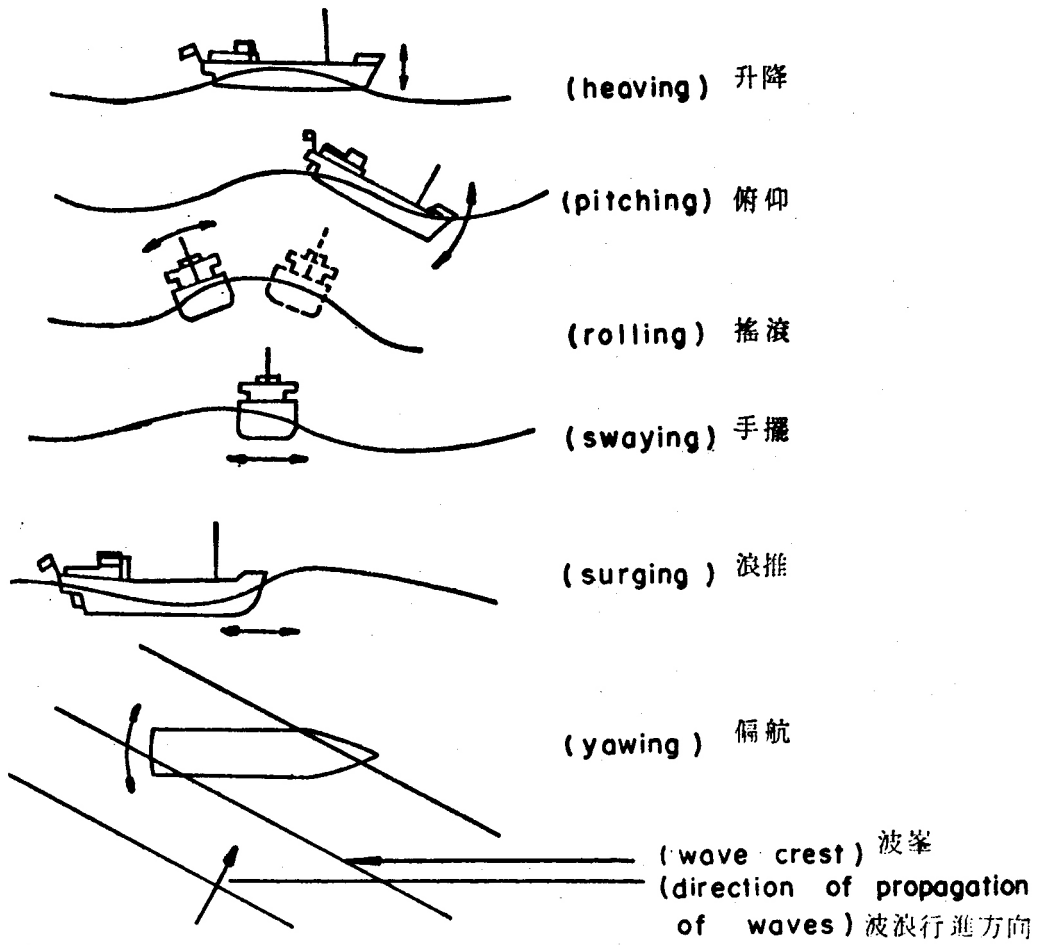


圖 2-3.1 船舶航行時之各種擺動

第三章 泊地

3.1 概述

泊地為使船隻航行操船方便，繫泊安全平穩並貨物裝卸便利，必須具有平靜與廣闊之水面，並需有充分之水深，同時海底地質須為適於拋錨之處所。

1. 依其利用目的可分為三類：

- (1) 操船水面—轉船場。
- (2) 繫留水面—浮筒泊地。
- (3) 錨地。

2. 大小及形狀：

泊地之配置應依風、波浪、潮汐、潮流、地形、地質等影響，以及船隻之尺寸等，並考慮能順利且安全操船與繫留而決定之。

3. 通常商船之推進器為右迴旋單推進器，此等裝備之船舶在無風無潮又有充分吃水之標準狀態下有如表 3-1.1 之傾向。一般船舶右旋轉容易操作；但如左旋轉操作即相當困難。

表 3-1.1 舵在中央時船頭轉向之方向

要 目 影 響 力		從停止		航進中		從前進	從後退
		前進	後退	前進	後退	後退	前進
綜合 影響	船與轉 向方向	左轉	右轉 (顯著)	前進式左轉 (傾向)	右轉 (顯著)	右轉 (顯著)	左轉 (傾向)
	可否以 舵修正	可	否	可	無相當之 後退力者 則不可	/	/

4. 泊地水深可採用船席水深，參照第六篇第一章 2.1 節「船席尺寸」部份。

5. 因海底地質不同致錨碇力亦異，參照第六篇第九章 9.10.5 節「錨之設計」。

3.2 停泊面積

一般船舶之停泊方式及所需要之錨地面積如下標準(參閱圖 3-2.1)：

- 單錨停泊需以 $(L+60) \sim (L+90)$ m 為半徑之圓所包含之面積。
- 雙錨停泊，需以 $(L+45)$ m 為半徑之圓所包含面積。
- 單浮筒停泊，需以 $(L+25)$ m 為半徑之圓所包含之面積。
- 雙浮筒停泊，需以 $(L+50)$ m 與 $(L/2)$ m 為邊之長方形所包含之面積。

另有四錨及單浮筒加兩錨停泊方式。

1. L 為船長，本節所述停泊需要面積，未包括行船所需面積在內。
2. 單錨停泊船舶所需錨鍊長度，若海底地質良好，在通常之風與潮流情況下為水深之 4~7 倍，而水深 10m 時船之迴轉半徑為 $(L+60)$ m。

海底地質不良時，應增長錨鍊，使一部份錨鍊沉落海底下，以增強錨之附著力，此增多之長度為 30 m。另地質不良時應改用浮筒繫留。

3. 受風力影響所需錨鍊長度，依錨鍊之大小及船型等而異。在風與潮流較強處以及惡劣天氣之避難場所，其停泊面積由下述之半徑計算即屬安全。

風速 20 m/sec 時： $(3D+90)$ m

風速 30 m/sec 時： $(4D+145)$ m

式中 D =水深 (m)

4. 雙錨停泊如圖 3-2.1 (b) 在船前拋放兩個錨。
5. 雙浮筒停泊如附圖 3-2.1(d)，以船前及船後均繫於浮筒，方

可以雙錨代替其中一個浮筒，或四錨代替兩個浮筒。
 雙浮筒停泊時，其浮筒配置必須使船身與風及潮流方向平行。

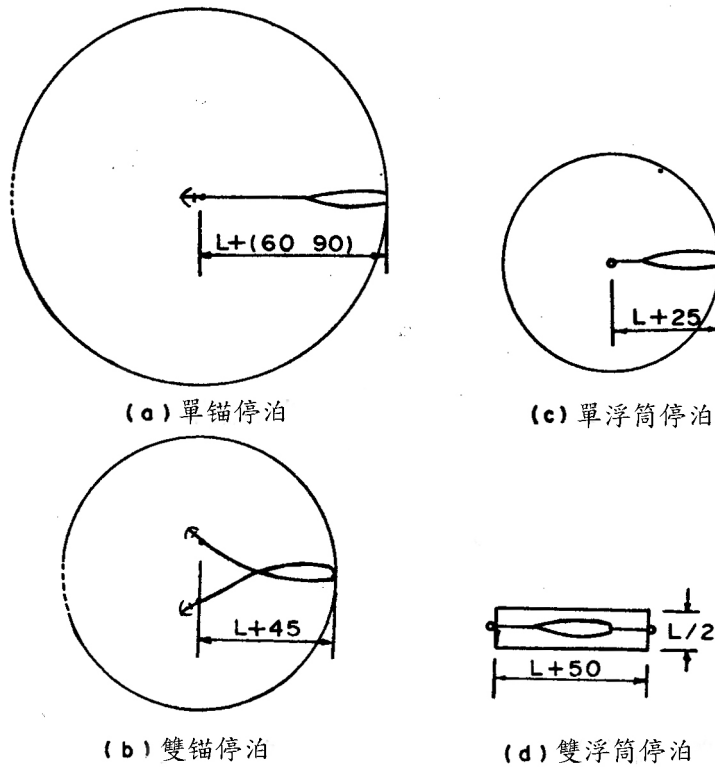


圖 3-2.1 泊地停泊方式

6. 裝載油類等危險品之船舶，其停泊所需面積必須較上列者加大。
7. 閉口港泊地無外海波浪之侵入，可不採用佔面積甚大之單錨停泊法，使用雙浮筒或繫留樁，所佔面積約為前者之 $1/20$ 。
8. 最佳錨地地質為硬粘土、沙夾粘土、沙夾卵石等，可使地層與錨爪之間產生足夠抓著，固定船舶免生移位。軟泥及岩石地質均不適宜錨碇。
9. 雙浮筒及繫樁停泊所佔水面甚小，每平方公里水面可泊 80 艘左右。但海岸港面臨大洋，波浪較大。又若遇颱風，船

身所受之波力與風力，小者數百噸大者千噸以上，浮筒及繫樁無法承受，斷樁流筒後果堪慎。故此情形應用圖 3-2.1 (a) (b)方法。

3.3 操船水域面積

3.3.1 轉船場

應考慮有無拖船以及風與潮流等影響，並需能夠安全操船之廣闊水面。

1. 轉船場之面積需要下列數值：

- 自行掉頭—直徑 $3L$ 之圓。
- 由拖船掉頭—直徑 $2L$ 之圓。

如因受地形限制，可利用錨碇或風與潮流時，可減少至下列各值：

- 自行掉頭—約直徑 $2L$ 之圓。
- 由拖船掉頭—約直徑 $1.5L$ 之圓。

2. 自航掉頭，不利用錨與風及潮流時其所需水域如圖 3-3.1，其順序如下：

- (1)船停航，引擎開慢速前進，舵儘量向左轉。
- (2)船前進引擎開慢速後退，舵儘量向左轉。
- (3)船停止航行。
- (4)船本身後退，引擎開慢速前進，舵儘量向左轉。
- (5)船停止航行。
- (6)船本身前進，舵儘量向右轉。

此時所需操船水域，依船型而異，約需 $3L$ 直徑之轉船場。

3. 掉頭方向一定之轉船場，縮小水域船舶方可掉頭。

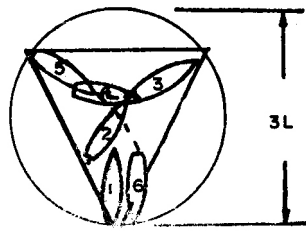


圖 3-3.1 轉船場水域

3.3.2 繫泊及解纜水域

航道與碼頭間供船舶泊靠所需水面稱為繫泊及解纜水域，航道與碼頭間距離之決定，必須考慮使用拖船與否以及風與潮流等影響，以對船舶之繫泊及解纜之作業不致發生困難，為基本原則。

1. 一般為期港灣設施之有效配置及利用，船舶之繫泊及解纜水域之面積常計劃使與航道在同一水面內，但船舶航行頻繁之處亦有分開計劃者。
2. 繫泊水面係指船舶在碼頭與岸壁繫留時所需佔用之水面，能安全繫泊，且能順利裝卸貨及作出海準備等活動，需要十分廣大及確保穩定之水面。
3. 船頭與港口方向相反靠岸稱為順向靠岸。無風無潮流時順向靠岸所需水域如圖 3-3.2(a) 及 (b)。因船左旋轉掉頭較困難，故左舷靠岸時進入角度需稍微加大。
又船頭受風與潮流等影響時，船身將因而移動，故較無風無潮流時應於離開較遠處即向預定位置進入，其操船水域如圖 3-3.2(c) 及 (d)。由陸側受風及受潮流等影響，需要用拖船，但操船水域與船頭受風時無多大差異。
4. 船頭向港口方向靠岸稱為逆向靠岸。逆向靠岸受海側吹來之風及潮流影響應利用其靠岸，所需之水域如圖 3-3.3。此種靠岸方式對左舷靠岸或右舷靠岸無多大差

異。

5. 解纜所需之水域，若無風及潮流如圖 3-3.4。由陸側受風及潮流時操舵較易，但由海側受風及潮流時，必須使用拖船。

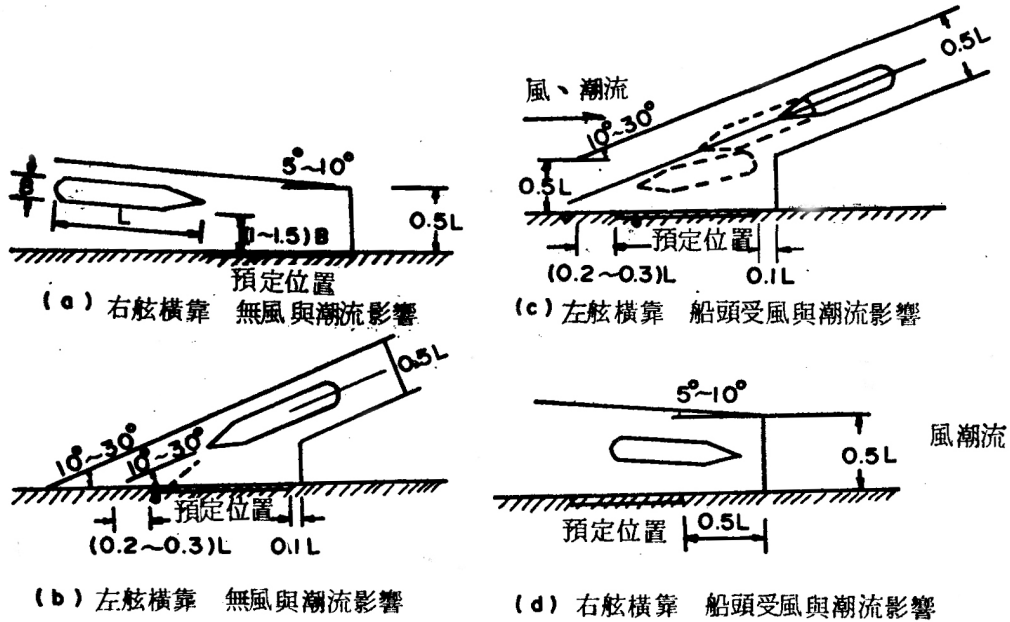


圖 3-3.2 順向靠岸

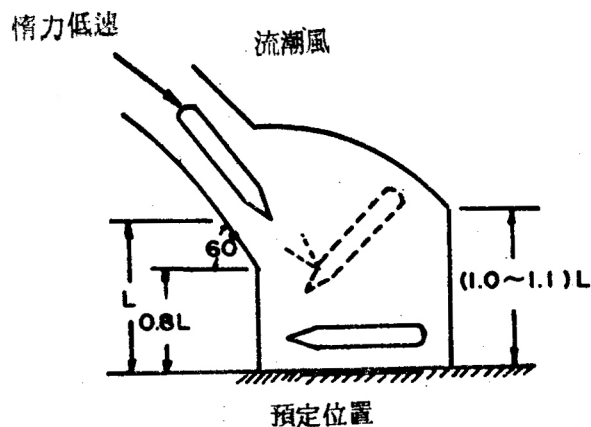


圖 3-3.3 逆向靠岸

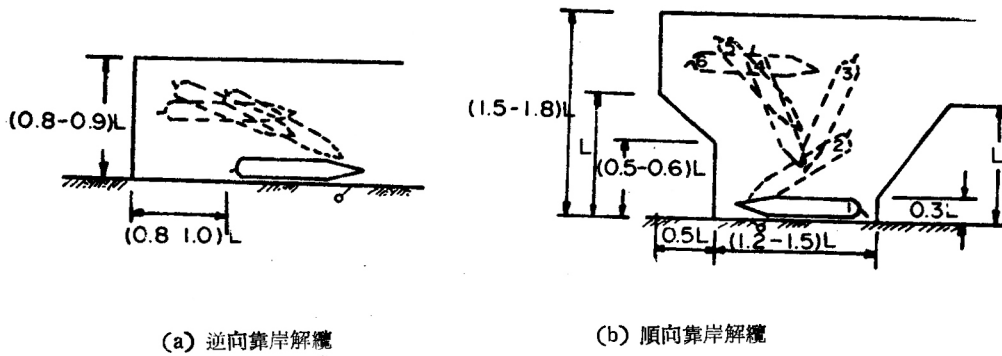


圖 3-3.4 解纜

3.3.3 泊渠

泊渠之寬度，應考慮船型與船席及是否使用拖船決定之。

1. 在突堤式碼頭之港內，兩突堤間之水面稱為泊渠。
2. 多數突堤碼頭並列時，泊渠之寬度原則上一般採用下列數值(L 為船長)：
 - (1) 一座突堤長度在 3 船席以下時—L。
 - (2) 一座突堤長度在 4 船席以上時—1.5L。
3. 突堤長度在 3 船席以下時，船舶採用順向靠岸方法繫泊，解纜時不掉頭，以倒退退出突堤外者，寬度為 L 即可操船。
4. 突堤長度在 4 船席以上時，考慮船在渠內掉頭，其寬度必須採用 1.5L。
5. 泊渠最內部用作小船停泊區時，需按其通航量加餘裕寬。
6. 由於特殊原因，無法將水域擴大，而突堤長度在 2 船席以下使用拖船時可使用以下之最小寬度：

$$4B+6b$$

式中，

B=船寬 (m)

b=拖船之船隻 (m)

7. 突堤長度僅為 I 船席，即泊渠兩側僅各靠泊一艘船時，泊渠寬應為 4B 以上（不使用拖船，以 $B = \frac{L}{7} \sim \frac{L}{8}$ 計算）。
8. 泊渠之寬度亦可如圖 3-3.5 所示之計算法。

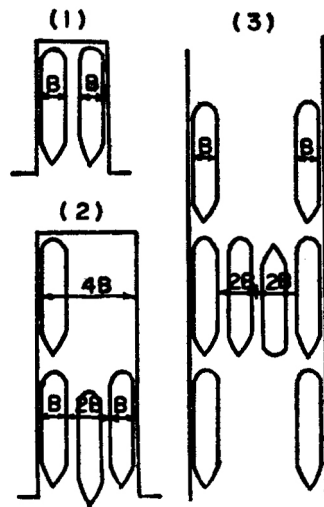


圖 3-3.5 泊渠寬度

圖 3-3.5 中，各泊渠寬度如下：

$$\text{圖(1)} = 2B + (10 \sim 20\text{m})$$

$$\text{圖(2)} = 4B + (10 \sim 20\text{m})$$

$$\text{圖(3)} = 6B + (10 \sim 20\text{m})$$

可見泊渠寬度並不十分寬大。

若船隻之外檔在水上裝卸貨物時應酌加寬 $\frac{B}{2}$ m。

泊渠寬度另可參考表 3-3.1。

表 3-3.1 美國泊渠概略標準

泊渠縱深 (m)	泊渠寬度 (m)
152	72
303	91
455	109

第四章 小型船渠

4.1 概說

小型船渠為使小型船舶停泊安全，必須確保平靜廣潤之水面及充分之水深。又拖船及交通船之船渠配置應儘量靠近作業貨輪，且陸上交通方便之處所。

1. 小型船渠為應小型船隻停靠之需，有時須另以堤岸等保護之。
2. 小型船渠之面積，須按容納船舶之數量以及航道及轉船場等所需面積決定之。此外須估計臨時避難船舶之數量，酌予加大。
3. 型船舶之標準佔有面積，依據日本方面之調查資料如下
 - (1) 橫靠一以 $1.2Lm$ 及 $(B+1)m$ 為邊之長方形面積。
 - (2) 縱靠一以 $2.5Lm$ 及 $(B+3)m$ 為邊之長方形面積。
 - (3) 複式縱靠一以 $(L+5)$ 及 $(B+3)m$ 為邊之長方形面積。
4. 橫靠如圖一 4-1.1 之繫靠法，複式橫靠之佔有面積亦相同。
5. 縱靠如圖一 4-1.2，至海底錨鍊之範圍為其佔有面積。
6. 複式縱靠如圖 4-1.3 之繫靠法。
7. 小型船渠甚易因港內之局部風浪或港口侵入之波浪而引起盪漾，須計算自然振動週期(TN)，若週期 $T=TN$ 時，其振隔可至無限大。
8. 小型船渠之形狀以不因盪漾影響，使船舶互相摩擦及切斷纜索等事故發生，而慎重決定之。為防止引起事故，可將形狀作成複雜性或設置斜坡比較有效，方可用港內小型防波堤保護之。

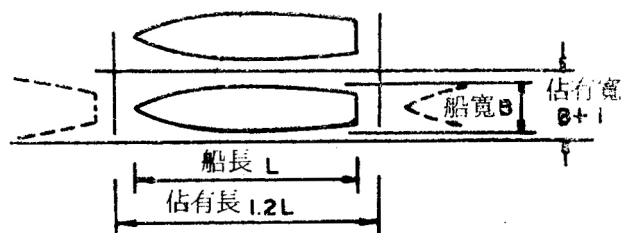


圖 4-1.1 橫靠

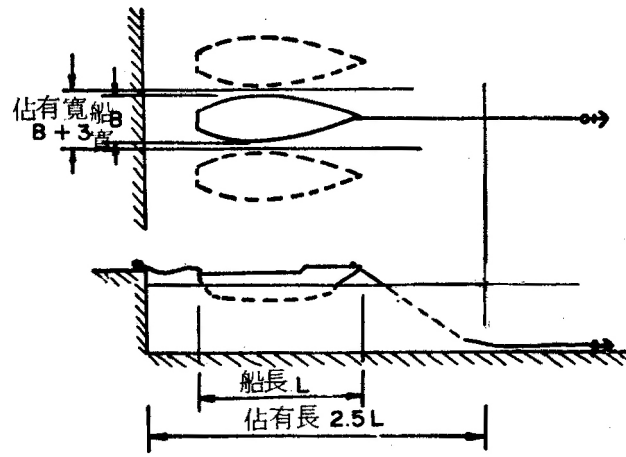


圖 4-1.2 縱靠

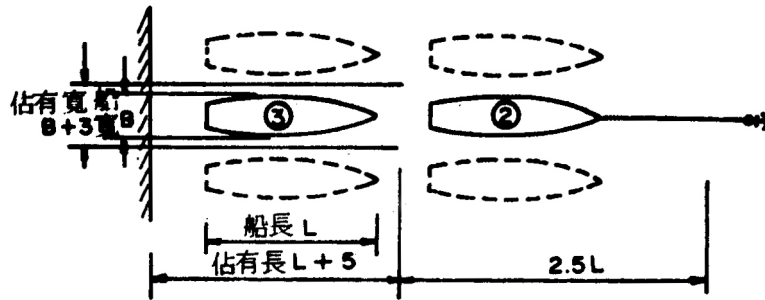


圖 4-1.3 複式縱靠

第五章 木材處理水域

5.1 概說

木材卸船泊地與水面木材整理場及貯木池等，應使易於處理與貯存木材，故應具有平靜及充分廣闊之水面積。

1. 木材處理水域之配置，必須防止木材漂流，以避免妨害一般船舶之航行。木材卸船用泊地與木材整理水域及貯木池之連絡水路，以不橫交主航道及泊地為要。
2. 淡水貯木池可以防止木材之蟲害，故較海水貯木池有利，應設法設置於港內。
3. 設小型防波堤以防木材于大風浪時漂浮至港內其他地區，雖所受波力有限，但須考慮木材對防波堤之衝擊力。

5.2 水面木材整理場

水面木材整理場之水深，以-2.0m 為標準。但可能輸入海洋木筏之港灣以-4.0m 為準。

又其面積應符合(5-2.1)式之要求。

$$A_s = \frac{W_n f}{365 a w} \quad (5-2.1)$$

式中，

A_s =水面木材整理場面積(m^2)

W =每年木材輸入量(t)

a =利用率約為 0.8 左右

w =單位面積容納能力(t/m^2)

n =整理期間(日)

f =集中度

1. 水面木材整理場，為卸入泊地木材之分類用水域，計劃時整理期間普通以 25 天計算。

2. 單位面積之木材容納能力，普通南洋材為 $0.6t/m^2$ ，北西洋材為 $0.2t/m^2$ 。
3. 集中度依據過去每月渡動實績，年間平均與尖峰時之比。南洋材及美材為 1.4~1.7，北洋材為 2.5 左右。若依日波動時集中度更高。
4. 木材在水中分類整理後運至陸上成裝船。

5.3 貯木池

貯木池之面積要符合(5-3.1)式之要求

$$A_p = \frac{WN}{12\alpha w} \quad (5-3.1)$$

式中，

A_p =貯木池面積 (m^2)

W =每年木材輸入量(t)

α =利用率約為 0.8 左右

w =單位面積容納能力(t/m^2)

N =貯木期間(月)

1. 貯木期間通常可以 2 個月計算。
2. 單位面積木材容納能力與木材整理場相同。

第六章 航道標誌

6.1 概述

1. 航道標誌之分類可分為光波、音波、電波標誌等可有下列各種：

(1) 夜標 (Night Mark)—如燈塔、燈竿、導航燈、掛燈浮標、燈船等。

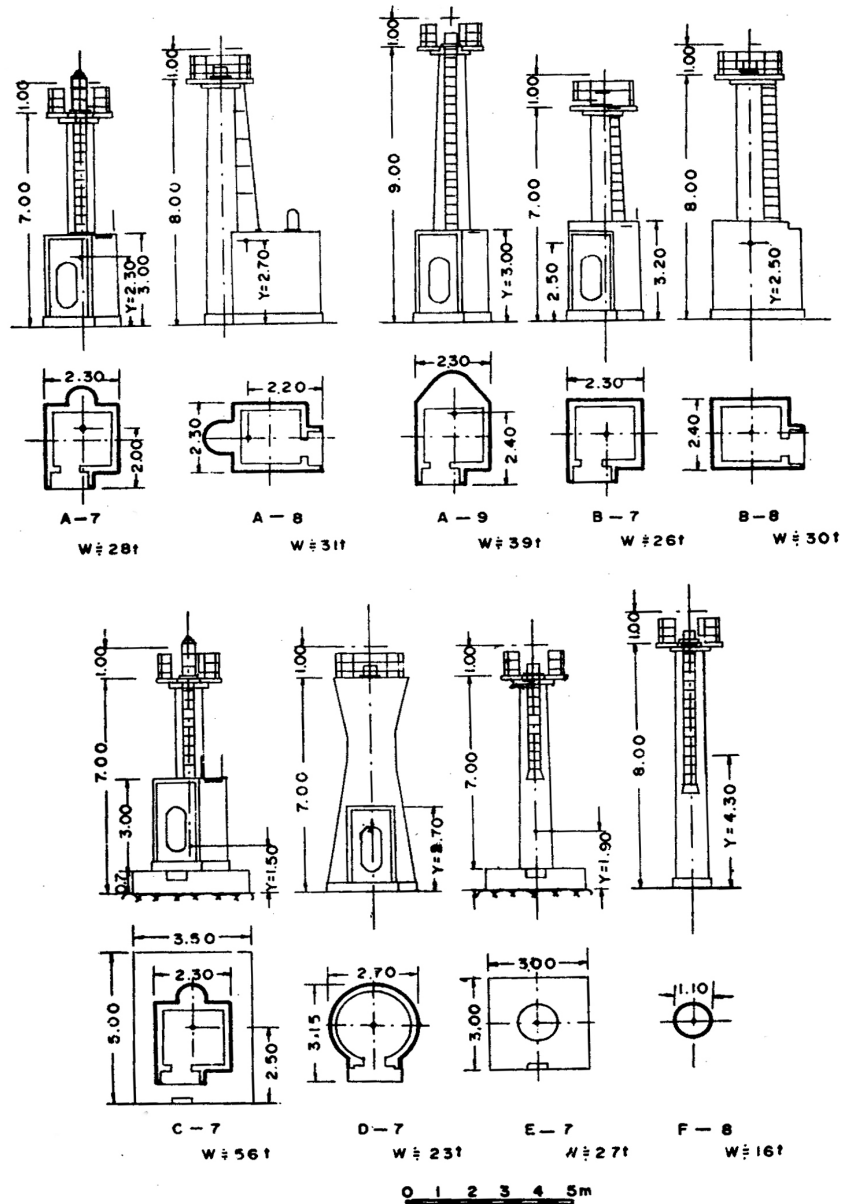


圖 6-1.1 防波堤燈塔標準型式

- (2)日標 (Day-Mark) —如立標(陸上)、導標(陸上)、浮標(水上)等。
- (3)霧信號 (Fog Singnal) —如霧笛、霧鐘、霧砲、爆破信號、水中信號等。
- (4)無線電方位信號—如 Raidio beacon,. Radio compass 等。
- (5)其他信號—如船舶通航信號、潮流信號等。
- 防波堤與航道浚渫等工程而需設立航道標誌時，於計劃時應與海關等有關單位協調。
 - 航道標誌為確保航道安全，指示港口與航道之位置及障碍物，並使船舶在航行中確認自身位置之設備。不論任何標誌，慣例上在船舶進港時在船首右方者，用紅色或紅光，在左方用綠色或綠光。均用白光時，右方用偶數閃光，右方用奇數閃光，以資辨別。

6.2 防波堤燈塔

- 防波堤燈塔型武之選擇，以防波堤構造有無控制室而定。其高度則視防波堤之頂高與氣象、海象等因素而決定。
- 日本採用防波堤燈塔之標準型式如圖 6-1.1 所示，可資參考。各型式之採用條件，一般依據表 6-2.1。表內 A-7 所示數字(7)係防波堤堤頂至塔頂之高程。

表 6-2.1 標準型防波堤燈塔設置條件

防波堤構造	是否有管制室	波高		
		0-3 m	3-4 m	4-6 m
混凝土堤	有	A-7	A-8	A-9
堆石堤	有	C-7	—	—
混凝土堤	無	—	F-8	—
堆石堤	無	E-7	—	—

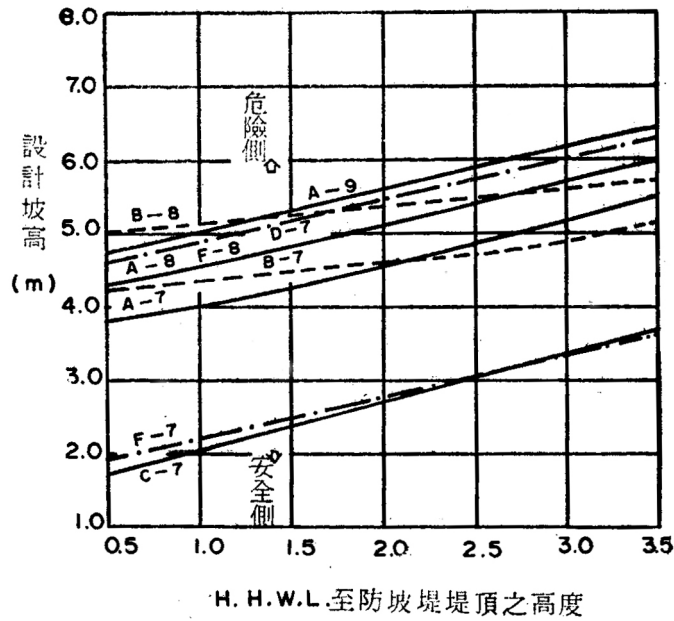


圖 6-2.1 各防波堤燈塔強度檢討圖

3. 以圖 6-2.1 檢討防波堤斷面之結果，而無適當之標準式時，得提高防波堤堤面高度或堤身基礎或作特種燈塔設計。
4. 標準型防波型燈塔之重量如表 6-2.2。

表 6-2.2 防波堤燈塔重量

形式	重量 (t)	形式	重量 (t)	形式	重量 (t)
A-7	26	B-7	26	D-7	23
A-8	31	B-6	30	E-7	27
A-9	39	C-7	56	F-8	16

5. 圖 6-1.1 與圖 6-2.2，為防波堤燈塔基礎，圖 6-1.1 中之 C 型及 D 型為拋石堤用，F 型需設直徑 250cm 之基礎槽。
6. 設置防波堤燈塔之堤頭部份，為求建塔後之安全起見，須提高預留燈塔之基礎槽。又應作靠船設施，供燈塔日後維護管理之用。
7. 斜波堤堤頭部份須研究是否採用混凝土塊或沉箱。因無電源，燈光微弱，故依港灣之利用狀況或環境，可以考慮加強燈光設施。

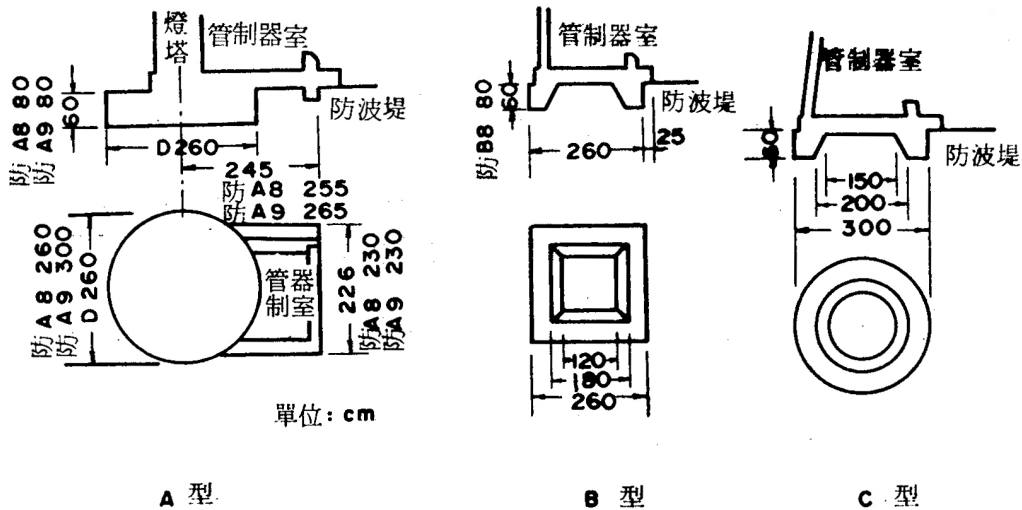


圖 6-2.2 標準型防波堤燈塔之基礎

8. 防波堤堤頭部份必須寬 4m 以上，長 6m 以上，高度為高潮面 (H.H.W.L.) 上 0.5m 以上。

9. 燈光高度之決定

從燈塔之光源發出之光線，到達之可視距離與下列因素有關：

- (1) 光源之高度與觀測者之高度。
- (2) 光源之光度，單位燭光。
- (3) 大氣對光線透過率之良否，即傳播係數之大小。

假設光度及透過率為一定，燈光之可視距離可由燈光之高度與觀測人眼球高度決定，稱為地理學可視距離。因光線經過大氣時折射，故地理學可視距離並非為一直線。

設燈光離海面上高度為 $H(m)$ ，觀測者離海面上高度為 $h(m)$ 即地理學的可視距離 L (海浬) 如(6-2.1)式。可參考圖 6-2.3 與圖 6-2.4。

$$L=2.083(\sqrt{H} + \sqrt{h}) \quad (6-2.1)$$

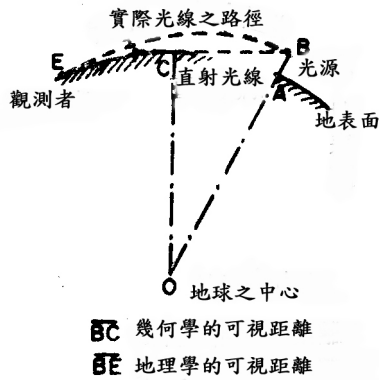


圖 6-2.3 地理學的可視距離

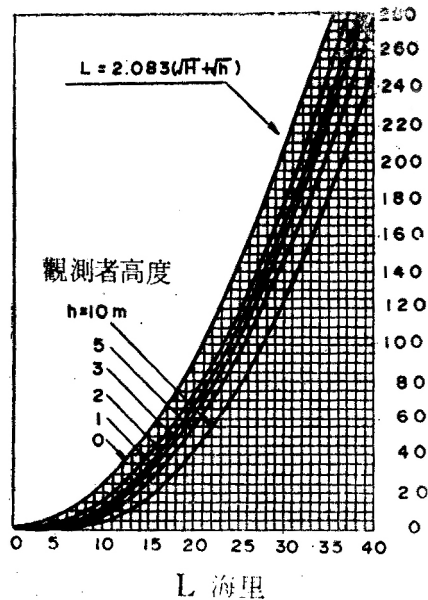


圖 6-2.4 光線之經由路徑

10. 燈光光度之決定

某點之光度除與離光源距離之二次方成反比減少外，大氣中之水滴、煙塵等微粒子之反射及吸收亦影響使其更減弱。若光度降低至一定限界以下，肉眼將不感受其光亮。

此最低可視限界之光度 (E)，依據相距一海裡，傳播係數為 1.00 時等於 0.67 燭光之光源以 E=0.67 海裡燭光 (SeaMile Candle) 表示之。

此可視限界經決定，在一定天候下求光度強度時，最遠距離亦可

求出，稱為光學的可視距離。

設光源光度為 I ，光源與觀測者之距離為 L ，大氣傳播係數為 T ，即

$$I = \frac{EL_2}{T_L} \quad (6-2.2)$$

採用 $E=0.67$ (海涅燭光)，繪出 T, I, L 等之關係如圖 6-2.5。

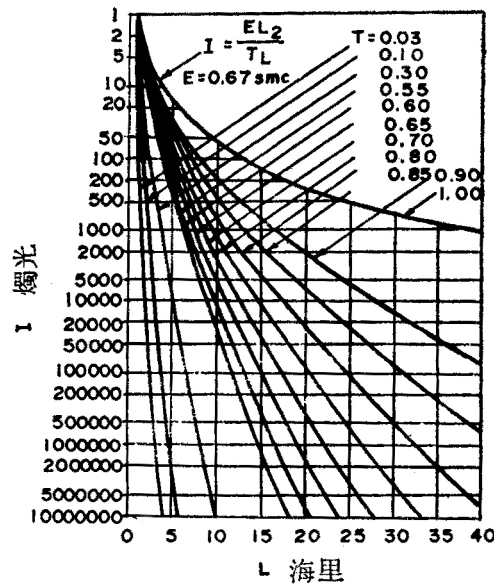


圖 6-2.5 光學的可視距離

T 值在晴天時約為 $1 \sim 0.87$ ，薄霧時約為 $0.027 \sim 0.0007$ 。

設採用 $T=0.65$ ，表示天氣近於全晴之晴天。

根據圖上可求得：

晴天時 $T=0.65$ ， $L=10$ 海裡，即光源需 5000 燭光，若 $L=15$ 海裡，光源光度增至需 2,000,000 燭光之強度。若 $T=0.03$ ，即薄霧時，採用強達 2,000,000 燭光之強度，可視度亦僅能達 3.5 海裡。故惡劣天氣時，應使用霧笛、警報器、音響標誌(信號)等。

由上述光學的可視(光達)距離，可知受天候影響變化範圍甚大。故釐訂光源強度時，將環境之氣象因素加以考慮，通常應較大於

$T=0.65$ 計算所得之 I 值為宜。一般晴天時燈塔之光學的可視距離值，較地理的可視距離值為大(即理論上光達距離大於實際可視距離)。

第七篇 防波堤

第一章 概說

規劃防波堤時，須充分考量其與水域設施、繫靠設施以及其他設施間之關係，同時防波堤構築後對附近水域、設施、地形、流況、其他環境之影響以及該港之未來發展方向等均應加以充分考量。

防波堤規劃之基本原則，應檢討防波堤之佈置、對週圍地形之影響、對水域環境之影響。

為決定防波堤之佈置，參考第六篇[水域設施]之相關規定，依需要應檢討自然條件、港內靜穩度、操船之容易度、港內水質、建設費以及維修費、港灣之將來發展計畫。

1.1 防波堤規劃之基本原則

1. 防波堤之功能為確保港內之靜穩、維持水深、防止海岸之破壞及保護港灣設施以及背後土地免受波浪、暴潮、海嘯等之影響。所以防波堤係具多功能者，因此，在規劃時須考慮其功能能否充分發揮。
2. 規劃防波堤時，須充分考慮其對附近水域、設施、地形、流況等之影響而決定其配置及斷面，通常防波堤所引起之影響如下：
 - (1) 在砂質海岸設置外廓設施時，由於周圍會產生淤積或侵蝕，因而引起地形變化。
 - (2) 隨防波堤之構築，在港外側，由於反射波將使波浪增大。
 - (3) 在港內側，由於新設防波堤之繞射、越波、反射波及局部發生之波浪，或隨港內水域形狀之改變所致副振動之發生等亦有可能擾亂港內靜穩度。
 - (4) 隨防波堤之構築，而使周邊潮流或河川之流入狀況改變，而致局部水質惡化。
3. 由於防波堤若破壞，將對港內船舶、繫泊設施以及背後設施等之安全有重大影響，因此，防波堤之設計以及施工時，除須充分檢討其安全性外，亦須充分考慮將來之維修，如有經費上之考量，可考慮

允許局部破壞來維持堤身之完整性。

1.2 防波堤之佈置

為決定防波堤之佈置，依需要應檢討自然條件、港內靜穩度、操船之容易度、港內水質、建設費以及維修費、港灣之將來發展計劃。防波堤之主要目的為維持港內之靜穩。使船舶能安全航行、繫泊、順利裝卸，以及保護港內設施，因此佈置應考慮以下事項：

1. 防波堤之法線應能對最多最強之波浪，產生有效遮蔽。
 - (1) 港口應儘量減少波浪之入侵，且應避開波浪最多最強之方向。
 - (2) 港口應具不妨礙航行之有效寬度及容易航行之方向，使船舶得以安全進出。港口有效寬度，並非單指港口防波堤構造物間之水面直線距離，乃指具有一定水深之航道寬度而言。
 - (3) 港口附近之潮流流速應儘量小，橫過港口潮流之速度，一般應為 2~3 節以下。
 - (4) 航道及泊地應能減少防波堤產生之反射波及集中波之影響。
 - (5) 確保充分之水域面積，使船舶得以安全停泊與裝卸。但上述功能亦有彼此矛盾者，例如，為使港內之靜穩港口寬愈狹窄愈好，但將使航行不便，另外，最多方向之波浪與最強波浪之方向常不一定一致。此類情形須綜合檢討船舶之使用條件、工程費、施工維修之難易等而決定。
 - (6) 有關港內所需靜穩度可以下表作為參考：

船型	裝卸臨界波高
小型船	0.3 m
中大型船	0.5 m
超大型船	0.7~1.5 m

註：小型船：未滿 500 總噸

超大型船：大於 50000 總噸

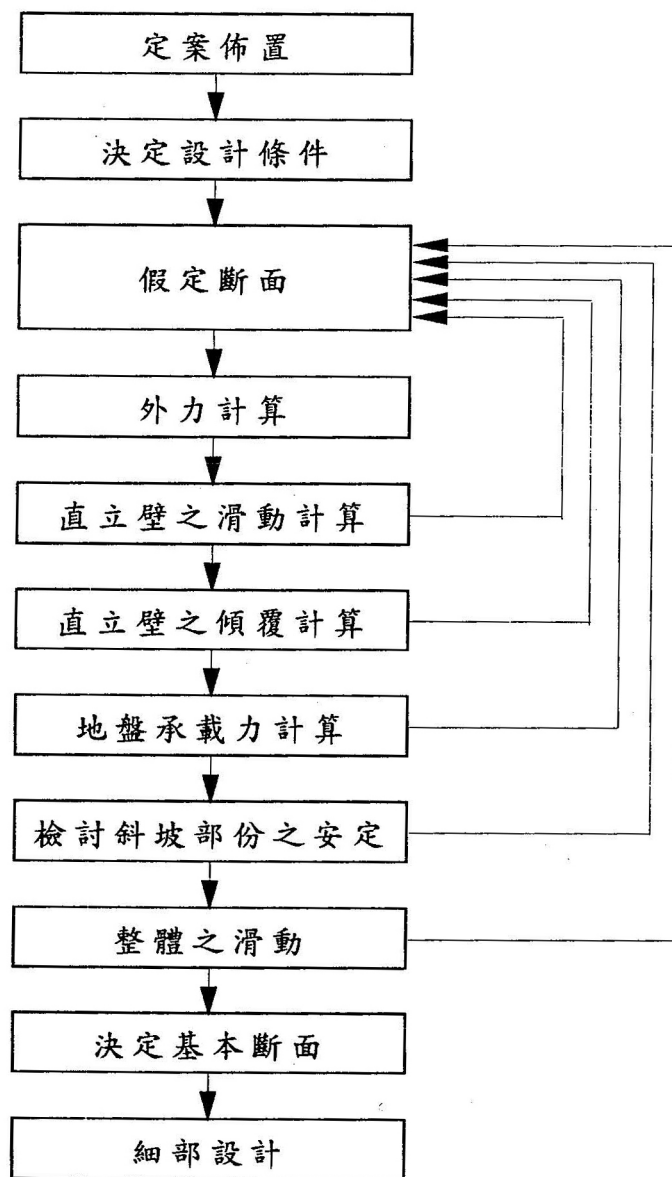
2. 須留意港內外海水之交換。
3. 防波堤建設時，須考慮自然條件、施工條件，並應檢討其經濟性，特別要考慮以下之事項：
 - (1) 避免使波浪集中之佈置。
 - (2) 避開地質不良之地區，並儘量選擇容易施工之位置。
 - (3) 儘量利用半島或島之有利地形。
 - (4) 在砂質海岸應採用漂沙不易進港之佈置。
 - (5) 應考慮防波堤完成後對附近地區之影響。
4. 防波堤之配置應不妨害港灣之將來發展。
5. 在暗礁之週圍除受折射之影響波高增大外，在陡坡上之防波堤亦有可能受衝擊波力作用，因此，防波堤設置在淺灘上或其後時，反而需要更大的結構物，應予注意。
6. 孤立於外海之島式防波堤，其長度若為侵襲波波長之數倍以下時，因受兩端繞射波之影響，防波堤背後之波高分佈會有相當的變動而影響水域穩定性。

第二章 設計之基本原則

防波堤設計應考慮下列各項因素：

1. 設計條件
2. 斷面型式
3. 施工法
4. 工程費

防波堤之斷面設計，一般依以下順序進行。



2.1 設計條件

2.1.1 潮位

波力之計算所採用之潮位，為對結構物為最危險時之潮位。

防波堤斷面與基本水準位、朔望平均高低潮位、平均水位、以往最高(低)潮位、大潮高潮位、各地中等潮位等關係，必須確實明瞭，基本水準位與施工用基準位之關係亦需瞭解。另外如有暴潮持續時間及發生或然率等資料則更佳。計算波力時之設計潮位，在不受暴潮影響之港灣用朔望平均高低潮位，受暴潮影響之港灣，將上述資料加上適當之偏差即可，且以對結構物最不安定之狀況檢討。對於圓弧滑動之計算，多採用朔望平均高低潮位，對沉陷計算時，一般多採用平均水位。有關潮位及暴潮位之相關規定依第二篇第六章辦理。

2.1.2 風

風之資料主要為進行波浪推算所需，另外亦為設置燈塔時計算風壓所必需。相關規定依第二篇第三章辦理。

2.1.3 波浪

防波堤之設計時所採用之波浪，應依實測抑或推算所得之波浪資料加以適當地統計處理，並考慮波浪之變形而加以設定。

設計時所需考慮波浪之各種因素為波高、波向、波長、週期等，波浪之持續時間雖亦影響防波堤穩定之因素，惟目前仍未充分明瞭。因此，關於面對外海防波堤之損害，特別是堤基部之損害，係受長時間波浪往復作用之影響，應予注意。又施工中結構物可能受損，故必需決定施工時波浪之各種因素。

有關設計波之決定、碎波、設計波高及波長等相關規定依第二篇第四章辦理。

2.1.4 水深及地盤條件

水深為決定防波堤之設置深度，因此最好能有不同時期之水深圖，以便掌握該地區之水深變化；地盤條件影響基礎之安定，應作充分之地質調查。

防波堤之設置水深，對結構物之型式、施工性及經濟性有很大的影響，因此在設計時應有充分的水深測量資料。地盤則以堤身安定所須之地盤強度與計算堤體下陷之壓密特性較為重要，在設計時海底深度、地層斷面、各層單位體積重量、內摩擦角、粘著力、預壓荷重、體積壓縮係數、壓密係數等應由土壤試驗決定。若缺乏鑽探資料易造成設計條件之錯誤判斷，因此在進行土質調查時，所需之鑽孔數及鑽孔深度必需注意。

2.1.5 地震

水深較深時，應考慮地震之影響。

2.1.6 其他

防波堤構築後若有可能產生沖刷、侵蝕、淤積時，應考慮其可能產生的影響。此外，在水深較深時應考慮地震之影響。

必要時應考慮風壓、土壓、地震力、船隻之牽引力、撞擊力、漂流物之撞擊力，水流等之影響。各種材料之相關規定依第三篇辦理，計算時所採用之摩擦係數參考第二篇第十四章。

2.2 斷面型式

選擇防波堤之斷面型式時，應考慮各種斷面型式之特性，且必須就下列各項做比較研究後決定之。

- (1) 佈置條件
- (2) 自然條件

- (3)利用條件
- (4)施工條件
- (5)工程費
- (6)工 期
- (7)重要性
- (8)材料供應條件
- (9)維修之難易

重力式防波堤之種類可依斷面型式分類如下，**相關預鑄混凝土構件**
參考第四篇說明：(圖 2-2.1)

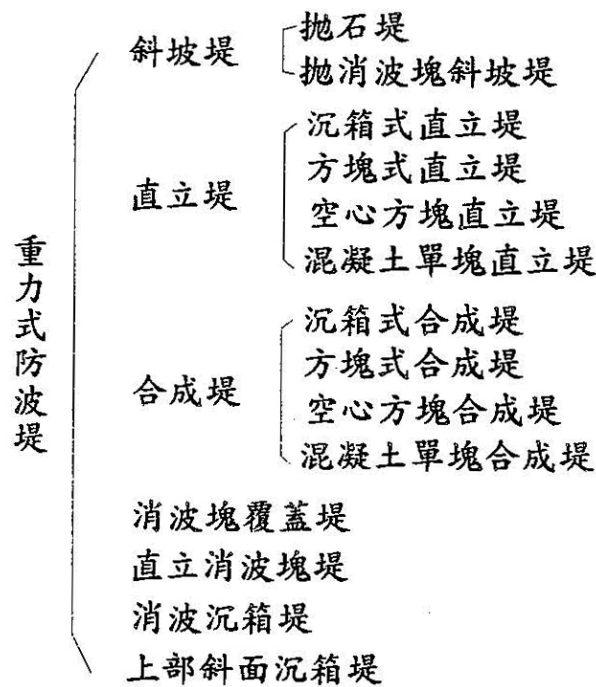


圖 2-2.1 重力式防波堤之種類

1. 斜坡堤

斜坡堤是以塊石或消波塊堆成者，堤身兩側成斜面，使波浪衝上斜坡時受斜坡表面凹凸不平之阻礙及堤身之孔隙使波能減衰，並阻其侵內堤內水域，以維護水面穩靜。斜坡堤依所用材料可分為下列各類：

(1)拋石斜坡堤

因受石塊大小限制，僅適用於波力較小之處。如用於波力較大之處。在坡面上應加放消波塊保護層。

(2)拋消波塊斜坡堤

採用重量大之消波塊可獲得堤身需要之安定度。施工時需要廣大之消波塊製作場地。

2. 直立堤

壁面垂重要安放於海底之結構物，最主要為反射波之動能，此種型式稱為直立堤。

各種直立堤構造之特性：

(1)沉箱式直立堤

此種以沉箱作為主體，且成為整體之結構物。故對抗波力作用甚強。沉箱可以乾工法製造，施工確實，故可縮短在海上之工作天。沉箱內可用廉價之材料填充，以節省工程費。缺點為需沉箱製造設備，大型起重機等之巨大費用。同時沉箱之下水、搬運、安放等受水深之限制。又氣候不良天數較多之處其工作天受限制。沉箱安放後應在短時間內填充並澆築封頂混凝土，否則易受波浪之衝擊而破壞。又施工較複雜，如基礎之整平、拋石、沉箱安放、填充砂料、澆築上部混凝土等各項工程項目繁多。

(2)方塊式直立堤

該型以混凝土方塊疊積成為主體。優點為施工確實與容易。施工設備亦簡單。缺點為方塊與方塊間不能完全結合成為一體，比沉箱缺乏整體性。施工時海上工作期間較長，需要製造大量方塊之工地。如表下層不成為一體時，地盤反力之分佈實際如何不甚明瞭。

(3)空心方塊直立堤

用中空型塊，塊體內填充石料或混凝土即成為直立堤。優點為底部摩擦較沉箱大，抗滑動安全率高。堤體內用價廉材料填實，可節省工程費。缺點為缺乏整體性，又對開底直立堤之計算方法尚未

確定。

(4) 混凝土單塊直立堤

係現場澆注之混凝土單塊堤。優點為可成為堅強之結構物，基礎雖不平，現場亦可施工，不需要複雜之施工設備。惟該堤僅使用於地層堅固之處，故檢定岩質地盤甚為重要，因疏忽此點而肇致災害之實例甚多。又對水中混凝土之施工不易切實控制，易生不良之後果，故應特別注意。缺點為如將來需要搬移時，不能再加利用。該型直立堤不能伸大型防波堤之用，僅用於水深較淺或規模較小之防波堤。

3. 合成堤

合成堤為上部直立堤下部拋石堤所組合而成。直立堤部份放置於拋石堤之頂部，拋石堤同時作為直立堤部份之基礎。與波高相比斜坡拋石面較淺時，與斜坡堤之功能相近。反之，水較深波高較小則與直立堤之功能相似。因兼具拋石堤及直立堤之優點，適用於水深波力大之處所。合成堤依直立堤部份型式可分為下列各種：

- (1) 沉箱式合成堤
- (2) 方塊式合成堤
- (3) 空心方塊合成堤
- (4) 混凝土單塊合成堤

4. 消波塊覆蓋堤

直立堤及合成堤前面拋消坡塊時，即成為消波塊覆蓋堤。

5. 直立消波塊堤

此為將一般之混凝土單塊製作成各種型式之直立消波塊所堆置而成，亦有單體者，由於型式種類很多，因此須充分調查其消波特性而使用。

6. 消波沉箱堤

將沉箱前牆開孔並設置一消波室即成消波沉箱堤，主要功能為減

輕反射及堤體重量。

7. 上部斜面沉箱堤

將沉箱高於水面部份及胸牆混凝土改成斜面即成上部斜面沉箱堤，主要係利用作用於直立堤之波力與斜面之波力不同時發生以減小作用於堤體之水平力，因上市全性較高，但相對越波所致港內傳遞波較大。

2.3 施工法

防波堤依構造型式之不同而有各種不同之施工法，在設計時應考量其在施工上之難易，所需機具設備及施工場地等。

2.4 工程費

工程費為影響防波堤建造之一重要因素，特別在合成堤堤基高程之決定時，堤基拋石所需之工程費及對堤體寬度之影響，對整體工程費有很大之影響，應詳加檢討。

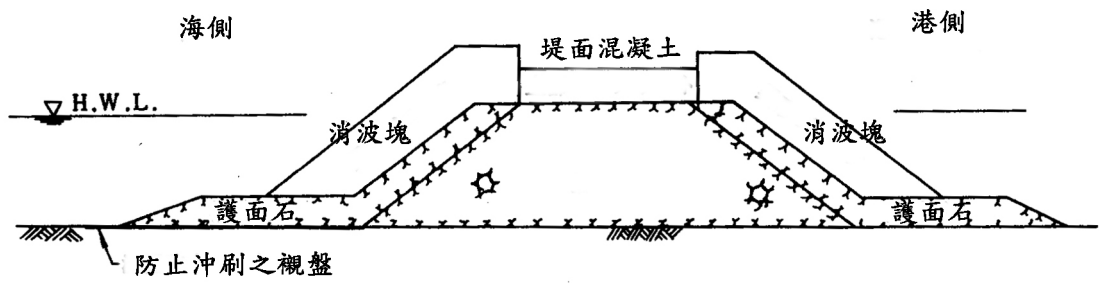


圖 2-2.1(a) 拋石斜坡堤

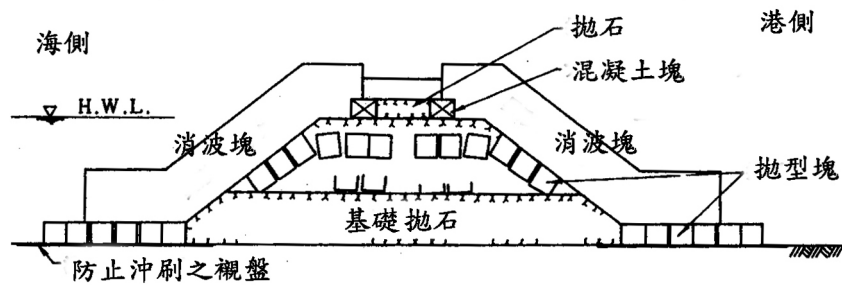


圖 2-2.1(b) 拋消波塊斜坡堤

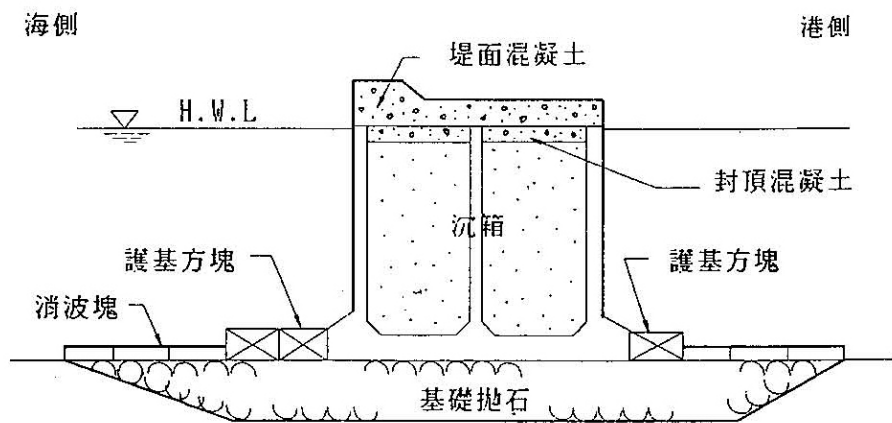


圖 2-2.1(c) 沉箱式直立堤

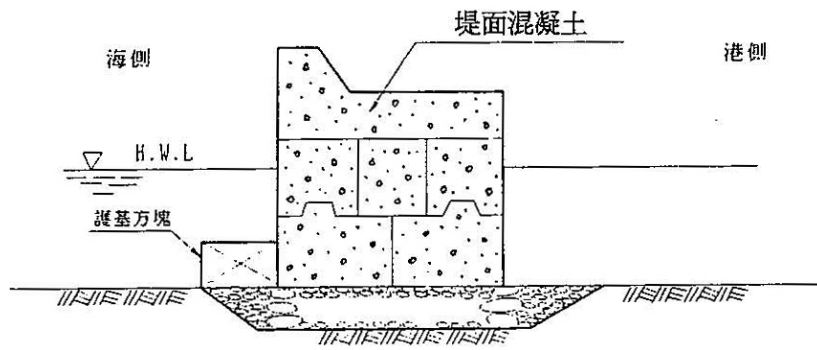


圖 2-2.1(d) 方塊式直立堤

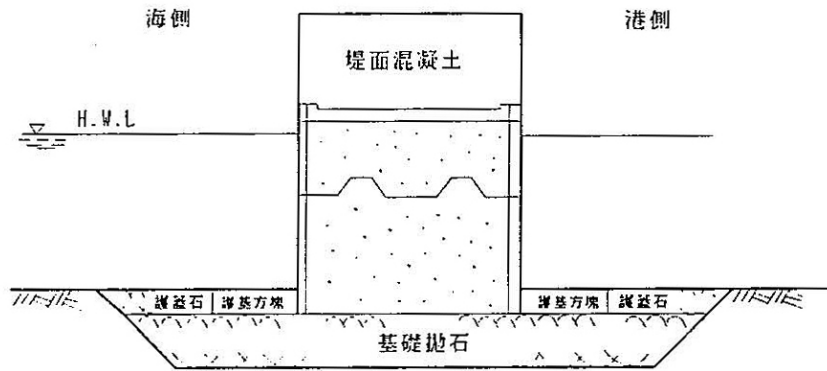


圖 2-2.1(e) 空心方塊直立堤

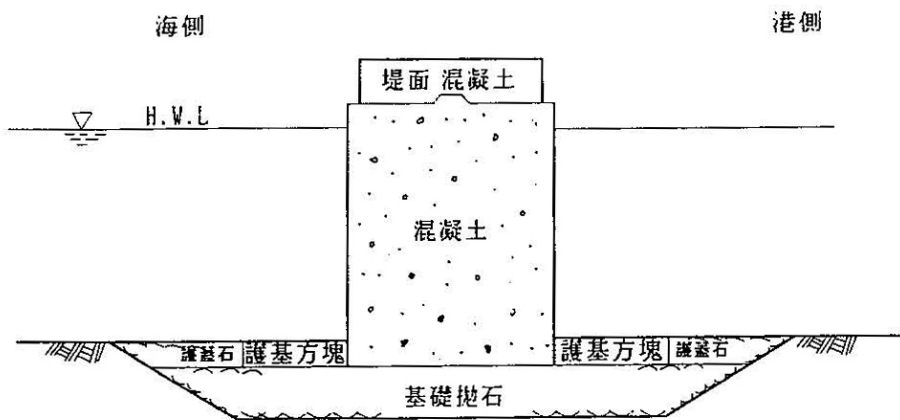


圖 2-2.1(f) 混凝土單塊直立堤

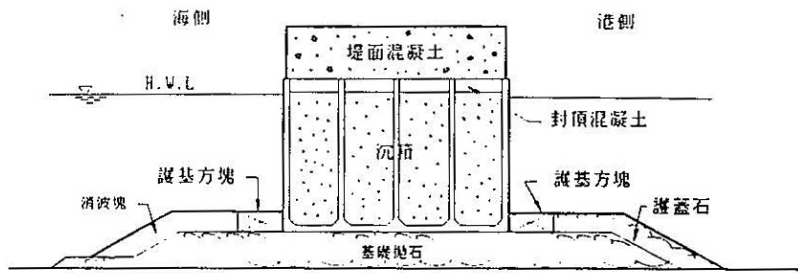
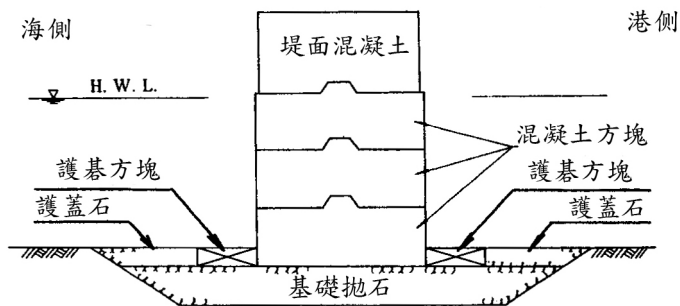


圖 2-2.1(g) 沉箱式合成堤



(d) 方塊式合成堤

圖 2-2.1(h) 方塊式合成堤

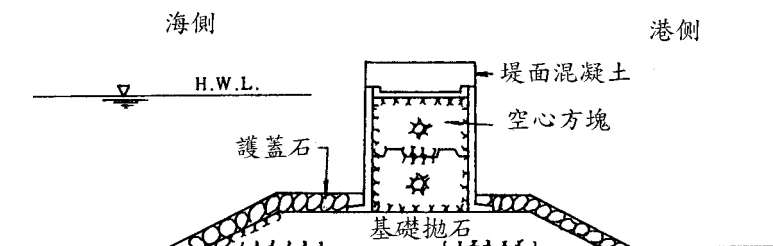


圖 2-2.1(i) 空心方塊合成堤

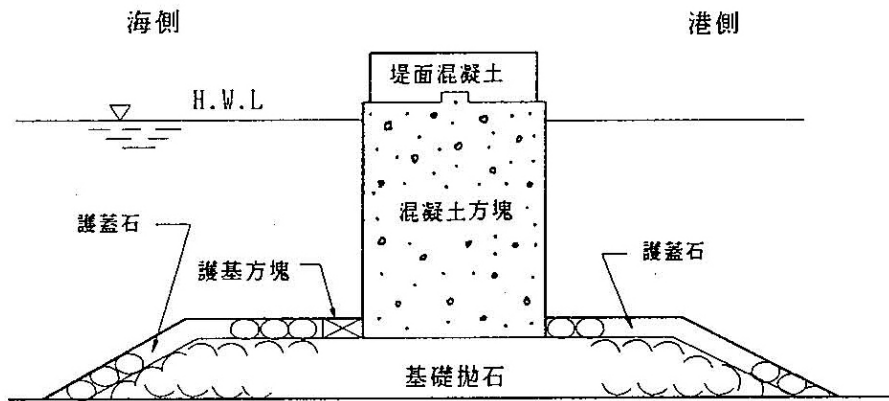


圖 2-2.1(j) 混凝土單塊合成堤

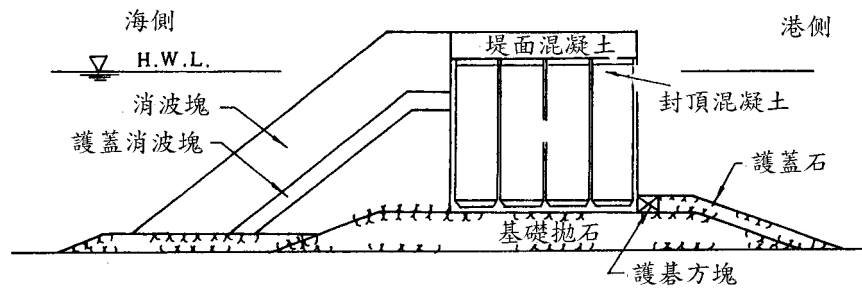


圖 2-2.1(k) 消波塊覆蓋堤

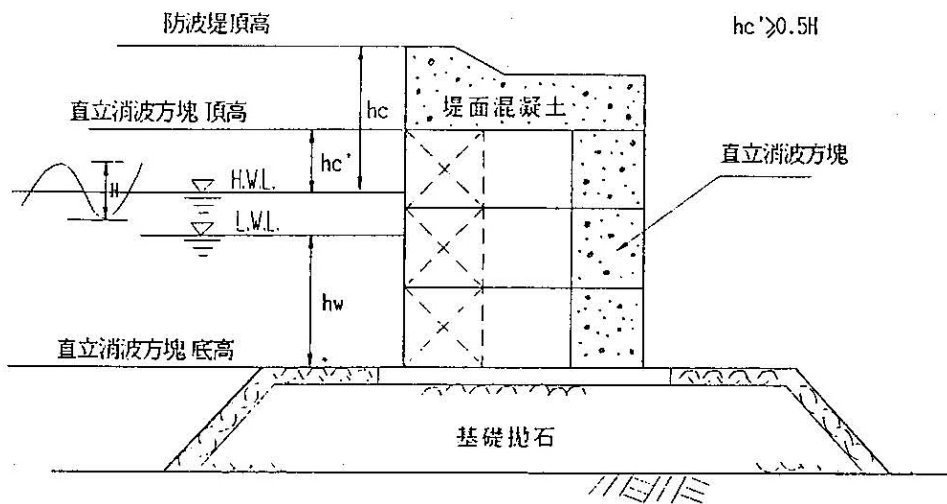


圖 2-2.1(l) 直立消波塊堤

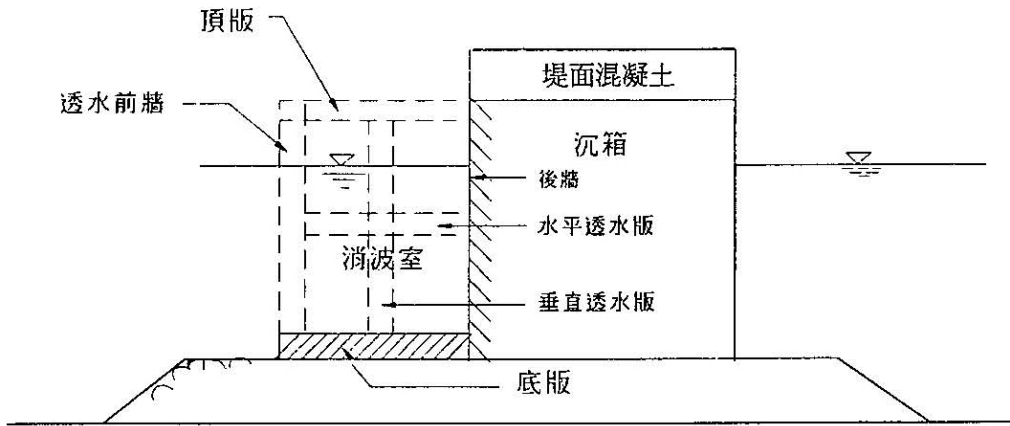


圖 2-2.1(m) 消波沉箱堤

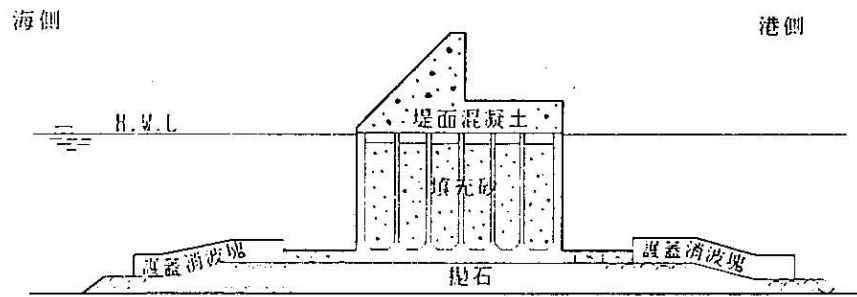


圖 2-2.1(n) 上部斜面沉箱堤

第三章 基本設計

3.1 基本斷面之假定

3.1.1 直立堤

1. 堤頂高

直立堤之堤頂高應在朔望平均高潮位加上示性波高($H_{1/3}$)之 0.6 倍以上。

(1)堤頂高程應考慮港內之利用，所需要之靜穩度、利用天數以及背後港灣設施之保護等而決定。

(2)現有防波堤大多以下列數值為標準而決定堤頂高：

a. 大型船出入之港灣，若防波堤背後水域廣闊，且容許少量之越波，同時不需考慮暴潮之影響時，堤頂高取朔望平均高潮位上 $0.6H_{1/3}$ 即可。

b. 防波堤背後之泊地停泊船舶為小型船隻，而且泊地面積狹小，須阻止越波之侵入時，堤頂高取朔望平均高潮位上 1.25 的 $H_{1/3}$ 。

(3)大型船隻出入之港灣，即使防波堤背後水域廣闊，若接近設計波之波浪來襲頻繁，且持續時間長，以朔望平均高潮位上 $0.6H_{1/3}$ 之堤頂高，因越波之影響將使港灣之活動受限，這種情況最好堤頂高能較朔望平均高潮位上 $0.6H_{1/3}$ 為高。

(4)在須考慮暴潮影響之港灣，可由過去之記錄，將朔望平均高潮位加上暴潮偏差作為設計潮位以求取堤頂高。

(5)為保護海水浴場之防波堤或其他如為取水使用等特殊用途之防波堤，應充分了解防波堤設置之目的，而決定頂高，此時採用較本章為低之值亦可。

2. 堤面場鑄混凝土厚度

波高 2 公尺以上時，堤面場鑄混凝土厚度至少應有 1 公尺以

上；波高小於 2 公尺時，堤面場鑄混凝土厚度最少須在 50 公分以上。

雖然決定直立堤堤面場鑄混凝土厚度之方法仍未確立，但如太薄將會受損，初步值可經由實例決定。堤體為方塊時上部混凝土有壓頂作用，對防止方塊之移動甚為有效，故宜採用重實之混凝土。

3. 堤體寬度

堤體所需寬度依據作用波壓力而決定。

4. 其他

方塊型直立堤最上層之方塊、空心方塊以及沉箱頂部之高度為便於堤面施工，至少須在平均水面以上。

沉箱頂之高度較低時，沉箱安放後填砂以及吊放混凝土蓋版，頂部混凝土之打設作業將受限制，因此通常取朔望平均高潮位以上之高度。

3.1.2 合成堤

1. 堤頂高

直立堤部份之堤頂高依照直立堤(3.1.1)之方法決定，但若堤基可能產生沉陷之情況，應加上餘裕，提高頂高，或採用容許加高又不影響安全之結構。

通常防波堤下陷有下列各種原因

- (1)基礎地盤之壓實下陷。
- (2)基礎石料被吸出。
- (3)拋石基礎向橫側方向滑動。
- (4)因拋石與方塊之重量而使堤基陷入地層。
- (5)防波堤本身及砂質地盤之壓密。

其中(1)項可由「地盤沉陷」求取。(2)(3)(4)(5)則隨直立堤部份之重量，拋石層之厚度等而變化。預加厚度之方法，有將拋石

層加厚法或頂部加厚等，設計時須充分考量其利弊得失。

2. 堤基

- (1) 堤基之頂高，應檢討施工條件及經濟性後選擇一最適宜之高度。
- (2) 堤基厚度最少須在 1.5 公尺以上，以避免沖刷之影響。
- (3) 堤基之堤肩寬度，在港外側依波高之情況採用足夠之寬度，波浪較大之處最少應在 5 公尺以上。港內側堤肩寬度採用港外側寬度之 2/3 即可。
- (4) 除水深極深之堤基部份，或波浪小且有充分之堆石重量處之外，在直立堤海側應至少安放兩個以上之護基方塊，陸側應至少放置一個以防止沖刷，護基方塊應緊靠直立堤。
- (5) 堤基部之形狀，可能會導致異常強大衝擊波壓作用於直立堤之危險，因此最好能採不發生衝擊波壓之堤基形狀，堤基部之頂面應儘可能的深，此對直立壁之安定較有利，另外，堤基部之厚度可使直立堤之荷重分佈較廣，所以應將直立堤之基礎整成水平，此外堤基可防止波浪之沖刷效果，原則上厚度應在 1.5 公尺以上。堤基部之堤肩寬度，除應確保堤體之圓弧滑動及對偏心傾斜載重能滿足安全率外，在波浪較大處，港外側至少須有 5 公尺以上之寬度。而堤基之坡度，係由安定計算決定，港外側坡度緩於 1:2，港內側坡度緩於 1:1.5。

3. 堤面場鑄混凝土厚度

堤面場鑄混凝土厚度或沉箱安放高程以及堤體高程依直立堤(3.1.1)為準。

4. 堤體寬度

堤體所需寬度依據作用波壓力而決定。

5. 其他

- (1)為增加直立堤之滑動抵抗亦有在背後堆放石塊之情形，此時，因越波很容易引起散亂，因此石塊須互相楔牢，必要時，可用混凝土方塊或消波塊加以覆蓋。
- (2)基礎地盤軟弱，很明顯地下陷或拋石陷入地層量多時，應改良地盤，如拋石底部用沉床，以分散堤體重量等。

3.1.3 斜坡堤

1. 堤頂高

堤高依照直立堤(3.1.1)。

2. 堤體寬度

- (1)堤寬在採用消波塊時，以三個以上並排為準。
- (2)越波嚴重時，堤頂部之覆蓋材會不安定，因此須有充分堤寬，本文之值為對應於 $0.6H_{1/3}$ 程度之堤高所應有之堤寬。雖然如此斜坡堤之堤寬，隨覆面保護材料之特性、波浪條件等而不同，應以水工模型試驗加以確定。
- (3)堤寬除應滿足安定計算上所需寬度外，並應考慮施工上方便。

3. 護坡坡度

護坡坡度應由安定計算決定，拋石堤之以港外側坡度緩於 1：2，港內側坡度緩於 1：1.5，消波塊覆蓋時 1：1.3~1：1.5 之例較多。另外，在港外斜坡之坡度與覆蓋材之重量改變時，此改變點應在靜水面下 $1.5H_{1/3}$ 以下。

4. 其他

斜坡堤之基礎依需要應設置防止沖刷及吸出設施。

3.1.4 消波塊覆蓋堤

1. 堤頂高

(1) 直立壁之頂高，參照直立堤(3.1.1)。消波塊覆蓋堤與直立堤、合成堤相比，越波及傳遞波將較小。

(2) 消波塊之頂高，最好能與直立堤之頂高相同。

a. 消波塊對減低波壓、減少越波及傳遞波反射波有相當效果，為掌握此種效果，應以模型試驗來判斷。

b. 消波塊之頂高若較直立部之頂高低很多時，有可能使甚大之波力作用於直立部，相反，若較直立部之頂高太多，頂端之消波塊將會不安定。

2. 堤面場鑄混凝土厚度

堤面場鑄混凝土厚度以及沉箱等之安放高度，依直立堤(3.1.1)。堤基之厚度依合成堤(3.1.2)之方法決定。

3. 堤體寬度

(1) 消波塊覆蓋部之堤寬，以消波塊二個以上並排為準。

(2) 消波塊之施工頂部，若消波塊未能完全覆蓋於直立部時，此部份可能會有甚大之波力作用，應予注意。

4. 其他

在消波塊之基部附近，依情況應設置防止沖刷及吸出設施。

3.1.5 直立消波塊堤

1. 直立消波塊堤，須充分調查其消波性能，選定適當的消波塊，依需要進行水工模型試驗而設計。

(1) 直立消波塊堤為將具有消波功能之特殊方塊(直立消波塊)加以直接堆積成消波塊式直立堤或合成堤。由於現有各種直立消波塊被開發，因此使用時須充分調查其消波功能等，而選擇適當之型塊。

(2) 直立消波塊堤之反射率，隨波浪之週期有較大之不同，因此須充分考慮其影響而加以決定。決定反射率時，最好進行水工模型試驗，但亦可參考以往實驗值而加以決定。

(3) 直立消波塊堤，除一體構造之大型方塊外，一般使用於波高較小之內灣或港內。

2. 堤頂高

(1) 直立消波塊堤之堤頂高，除參考直立堤(3.1.1)外，並應考慮為滿足其功能所需之高度以及消波設施之高度後決定。消波設施之頂高，應考慮消波效果而決定。

(2) 直立消波塊堤與合成堤相比，雖然越波以及傳遞波較小，但較消波塊覆蓋堤為大，因此堤頂高須充分考慮堤後側之利用條件而決定。另外，決定堤頂高時，須確保頂部混凝土施工上所需之厚度。

3. 其他

直立消波塊堤之消波效果，隨直立消波塊部之頂端以及下端之高度而變化。但是，至少頂端高應在朔望平均高潮位加上設計示性波高($H_{1/3}$)之 0.5 倍以上。另外下端深度最好能在朔望平均低潮位下，加上設計示性波高($H_{1/3}$)之 2 倍以上之深度。

3.1.6 消波沉箱堤

1. 消波沉箱堤，須充分調查消波功能後選定合適之構造，應進行水工模型試驗而設計。

(1) 消波沉箱為前面有透水牆與消波室，藉此發揮消波效果之沉箱。隨各部份尺寸，可組合形成多種之構造。在選擇消波沉箱構造型式時，須對構造物之消波功能、耐波性等特性加以充分調查，並考慮設計條件、利用條件、工程費等，而選擇適宜的構造物。

(2) 消波沉箱堤在選擇適當的構造時，一般與現有之直立堤相比，具有以下之特長：

- a. 可減輕反射波。
- b. 減輕越波、傳遞波。

- c. 可減緩波力，特別是對高基等以往沉箱堤會有強大衝擊碎波力作用之場合，消波沉箱堤之場合，波力不會明顯增加。此外，促進氣泡之混入、海水之曝氣能力，消波室可當作魚礁使用等特長。
2. 由透水牆與消波室所形成消波部份之構造及尺寸，須考慮該構造物之消波特性，潮位變化等，使消波對象波之反射率在目標反射率以下。
3. 消波對象波浪條件之決定

消波沉箱堤一般為減輕反射波為目的而採用之場合較多，但消波之目的必須明確，再據此決定消波對象之波浪條件以及目標反射率。特別是消波沉箱堤之反射率隨波浪之週期會有顯著之變化，因此，波高、週期之特性須加以調查、決定消波對象波浪之條件。
4. 消波部尺寸之決定
 - (1)消波部之構造以及尺寸，除消波功能外，與越波、傳遞波及波力亦有關係，須考慮這些特性加以決定。
 - (2)消波沉箱的反射率，除波浪、潮位、水深之條件外，隨前面透水牆之構造、消波室之寬度、消波室之高度與上部有無封版，以及堤基之高度等而變化，須充分檢討此影響，使欲消波之波浪反射率，能在目標反射率以下，而適當地決定消波部之構造尺寸。由消波功能面上來說，消波室頂端予以提高或開放為佳。

3.1.7 上部斜面沉箱堤

上部斜面沉箱堤，須對波浪的傳遞特性等加以充分調查，選定適當形狀，應進行水工模型試驗等而設計。

1. 上部斜面沉箱堤除可減少水平波力外，同時主要為利用作用於斜面壁之波力使堤體安定之防波堤。

2. 由於上部斜面堤與通常之直立堤相比，傳遞波高較大，因此須考慮港內靜穩度而決定堤頂高，上部斜面沉箱堤在朔望平均高潮位上 $1.0H_{1/3}$ 之堤頂高相當於直立堤之 $0.6H_{1/3}$ 程度。

3.2 外力計算

防波堤之安定計算時，須考慮波力、靜水壓、浮力、自重等外力，必要時亦應檢討地震力。

以外力而言，除波力之外，隨需要應考慮風力、地震力、動水壓、漂流物之衝撞力、土壓等。堤頭設置燈塔時，須考慮作用於燈塔之風壓力、地震力。

3.2.1 波力

作用於防波堤之波力，應考慮防波堤之型式、海底地形、水深以及波浪之各項因素，而以水工模型試驗或依第二篇第五章[波力]之相關計算公式加以計算。

3.2.2 靜水壓

堤內外之靜水面有高差時，應考慮相當於水位差之靜水壓。

3.2.3 浮力

靜水面以下之堤體應考慮浮力，另外，堤內外之靜水面有高差時，將兩側之水位相連，浮力為作用於該連線水面以下之堤體。

3.2.4 自重

堤體之自重，以假設斷面各材料之單位體積重量加以計算。

3.2.5 地震力

地震時之動水壓，以考慮堤體之傾覆以及基礎承载力之安定計算時為標準。

1. 地震時之動水壓，依下法計算。

在水中之結構物及結構物內部部份空間或全部盛以水時，須考慮地震時的動水壓力。

(1)動水壓力之計算，須考慮結構物之特性，結構物之剛性，整體之安定條件等。

(2)結構物內部的空間盛以液體時，須考慮該液體之動態壓力。

(3)現在所用的動水壓力計算法係依據定常振動所求得的動水壓力。若考慮其他外力等的相位關係時，設計上須採用不規則振動求取其動水壓力。

2. 作用於堤體之動水壓力

作用於堤體之動水壓力參考第二篇之 12.2.3[地震時之動水壓]之相關公式計算。

3.3 安定計算

3.3.1 直立部之安定計算

直立堤之安定計算參考第八篇第四章 [重力式堤防]之安定計算相關公式。

基礎承载力之檢討包括(1)作用於堤體之底面反力：參考第四篇之 2.5.3[經驗法則]中結構物底面反力之相關公式計算；(2)基礎承载力：參考第二篇[淺基礎承载力]之相關公式計算。

3.3.2 堤基部之安定計算

1. 合成堤以及斜坡堤，須檢討堤基部之整體滑動、部份滑動及材料重量

滑動之檢討以對通過港內側所有之直線滑動面進行(如圖 3-3.1)，滑動之安全率應在 1.2 以上。此時所須考慮之外力為波力、靜水壓、浮力、自重。

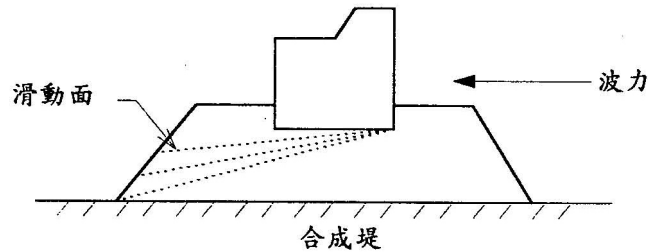


圖 3-3.1 斜坡部之滑動面

當假設直線滑動面時，對直線滑動面之破壞安全率可以式 (3-3.1)計算(如圖 3-3.2)

$$F = \frac{\sum \{CL + (W' \cos \alpha - P \sin \alpha) \tan \phi\}}{\sin \alpha \sum W' + \cos \alpha \sum P} \quad (3-3.1)$$

式中，

F：滑動安全率

C：土壤之黏著力(kN/m²)

ϕ ：土壤之內部摩擦角(度)

L：分割片之底邊長(m)

W'：分割片之有效重量(水中部份為水中重量)(kN/m)

α ：分割片之底邊傾斜度

H：作用於斜面之水平力(水壓、地震力、波壓等)(kN/m)

直線滑動之安全率，以平時 1.2 以上，地震時 1.0 以上為標準

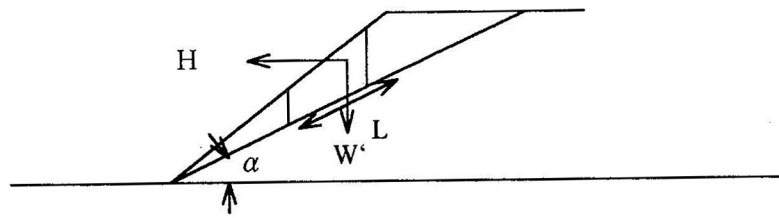


圖 3-3.2 直線滑動面

2. 覆蓋塊石所需重量以及層厚

覆蓋塊石除應對波力有充分安全之重量外，並應有使內部材料不被吸出之厚度。

覆蓋層非為亂拋，而為整放及砌石之時，可由主管工程師之判斷加以決定所需重量，亂拋時，層厚以 2 層為標準。

(1) 斜坡堤之覆蓋材料所需重量，可依 Hudson 公式計算求出。

受波力作用之斜坡面結構物之表面斜坡，護坡塊石或型塊所需重量可依式(3-3.2)加以計算。

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad (3-3.2)$$

式中，

W ：拋石亦或混凝土塊之最小重量(kN)

γ_r ：塊石或混凝土塊之空中單位體積重量(kN/m³)

S_r ：塊石亦或混凝土塊對海水之比重 $S_r = \gamma_r / \gamma_w$

α ：坡面與水平面之角度

γ_w ：海水之單位體積重量(kN/m³)

H ：設計波高，為構造物設置水深處之示性波高($H_{1/3}$)

K_d ：依覆蓋材及破壞率所決定之係數。但是對在靜水面下 1.5H 深之覆蓋石可以採用比式 3-3.13 為輕之重量。(如圖 3-3.3)

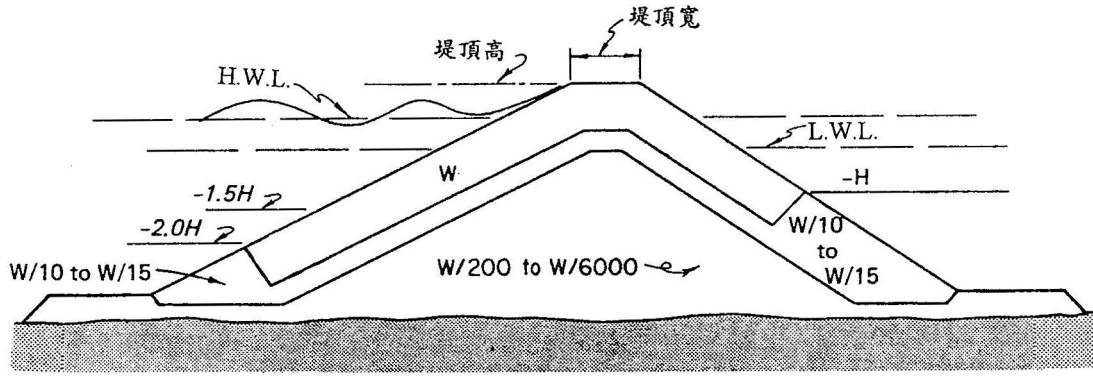


圖 3-3.3 斜坡堤標準斷面

a. 設計波高

由於本計算式為根據規則波之試驗結果所提出者，因此，對於實際之不規則波之作用適用性，究竟應使用何種波高即為一問題，但在拋石抑或型塊所構成之結構物中，並非由不規則波群之最高波 H_{max} ，之單一波之作用而導致破壞，而係由大小波浪之連續作用而逐漸形成破壞，此與以往之實績相比較，Hudson 式之波高 H ，應代表不規則波群之規模。因此應採用坡面設置位置之示性波高為準。但當水深在相當深水波高之 0.5 倍以下時，可以使用相當深水波高之 0.5 倍水深處之示性波高。

b. K_d 值及破壞率

係數 K_d 在 Hudson 式中為表示拋石或型塊之種類、堆積方式、波浪特性等之影響係數，其值隨這些因素而變化，同時隨容許破壞程度亦會不同。因此，設計採用之 K_d 值，須根據模型試驗之結果加以適當決定。但在採用示性波相對應之規則波的試驗結果與不規則波試驗結果相比較時，不規則波之作用較規則波較具破壞之傾向，因此試驗應以不規則波進行。

破壞率為在充分之作用時間內，目標區域內之石塊或型

塊之移動總數或傾覆個數之百分比，表 3-3.1 為美國陸軍工程兵團海岸工程研究中心(CERC)之 1984 年版之各種覆蓋材之 K_d 建議值。圖 3-3.4 為 Hudson 公式之護坡材料重量計算圖。圖 3-3.5 為對單位體積重量不同之材料所應考慮之修正係數。

至於目前在日本，根據實際港灣工程所採用之 K_d 值(堤身部)加以整理如表 3-3.2。由於不考慮堆放層數或堆放方式，以及不區分碎波及非碎波，因此即使是同一種混凝土塊其 K_d 值有一適用範圍。

c. 堤頭部重量之加成

由於堤頭部承受各方向來襲之波浪，所以斜坡覆蓋材往背面傾覆翻倒之危險較大，因此，堤頭部所使用之拋石及混凝土消波塊須使用較 Hudson 式計算值為大之重量。雖然 Hudson 建議堤頭部拋石應增加 10%、混凝土塊增加 30%之重量，但此種程度依然不足，至少須使用較 Hudson 式之重量大 1.5 倍之拋石以及混凝土塊。

d. 水面下覆蓋材重量

由於斜坡堤水面下波浪作用較弱，因此在靜水面下 $1.5H_{1/3}$ 以下處可使用重量較小之覆蓋材。

e. 對波向之修正

有關波向之影響檢討例較少，尚未充分了解，故除以試驗加以確認者外，通常對波向不加以修正。

f. 混凝土塊之強度

異型混凝土塊除對設計波之作用須確保所要之重量外，型塊本身亦須有充分之結構強度。

g. 暗礁上消波塊之安定性

暗礁上消波塊之安定性受暗礁斜坡寬度之距離以及暗礁上之水深等之影響很大，因此須充分考慮而設計。

h. 頂端高程低的斜坡堤之安定性

背後無壁面之支撐，而且堤頂高程低之斜坡堤之消波塊，頂端面特別於背後側之消波塊容易破壞須特別注意。

i. 陡坡上之消波塊的安定性

海底坡度陡同時又有呈卷狀之碎波時，隨消波塊之形狀會有強力之波力作用，須將此加以考慮，而進行適宜之檢討。

表 3-3.1 各種塊石及混凝土塊之 K_d 值

名稱	層數	堆積法	堤身		堤頭		坡度 $\cot \theta$
			K_d		K_d		
			碎波	未碎波	碎波	未碎波	
塊石 圓滑塊石	2	亂拋	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5~3.0
圓滑塊石	3	亂拋	1.6	3.2	1.4	2.3	1.5~3.0
菱角塊石	2	亂拋	2.0	4.0	1.9 1.6 1.3	3.2 2.8 2.3	1.5 2.0 3.0
菱角塊石	>3	亂拋	2.2	4.5	2.1	4.2	1.5~3.0
菱形塊及 (Twtrapod) 四角塊 Quadripod	2	亂拋	7.0	8.0	5.0 4.5 3.5	6.0 5.5 4.0	1.5 2.0 3.0
鼎形塊 (Tribar)	2	亂拋	9.0	10.0	8.3 7.8 6.0	9.0 8.5 6.5	1.5 2.0 3.0
鼎形塊	1	整砌	12.0	15.0	7.5	9.5	1.5~3.0
道拉斯塊 (Dolos)	2	亂拋	15.5	31.8	8.0 7.0	16.0 14.0	2.0 3.0
修飾方塊 (Modified cube)	2	亂拋	6.5	7.5	-	5.0	1.5~3.0
六腳塊 (Hexapod)	2	亂拋	8.0	9.5	5.0	7.0	1.5~3.0

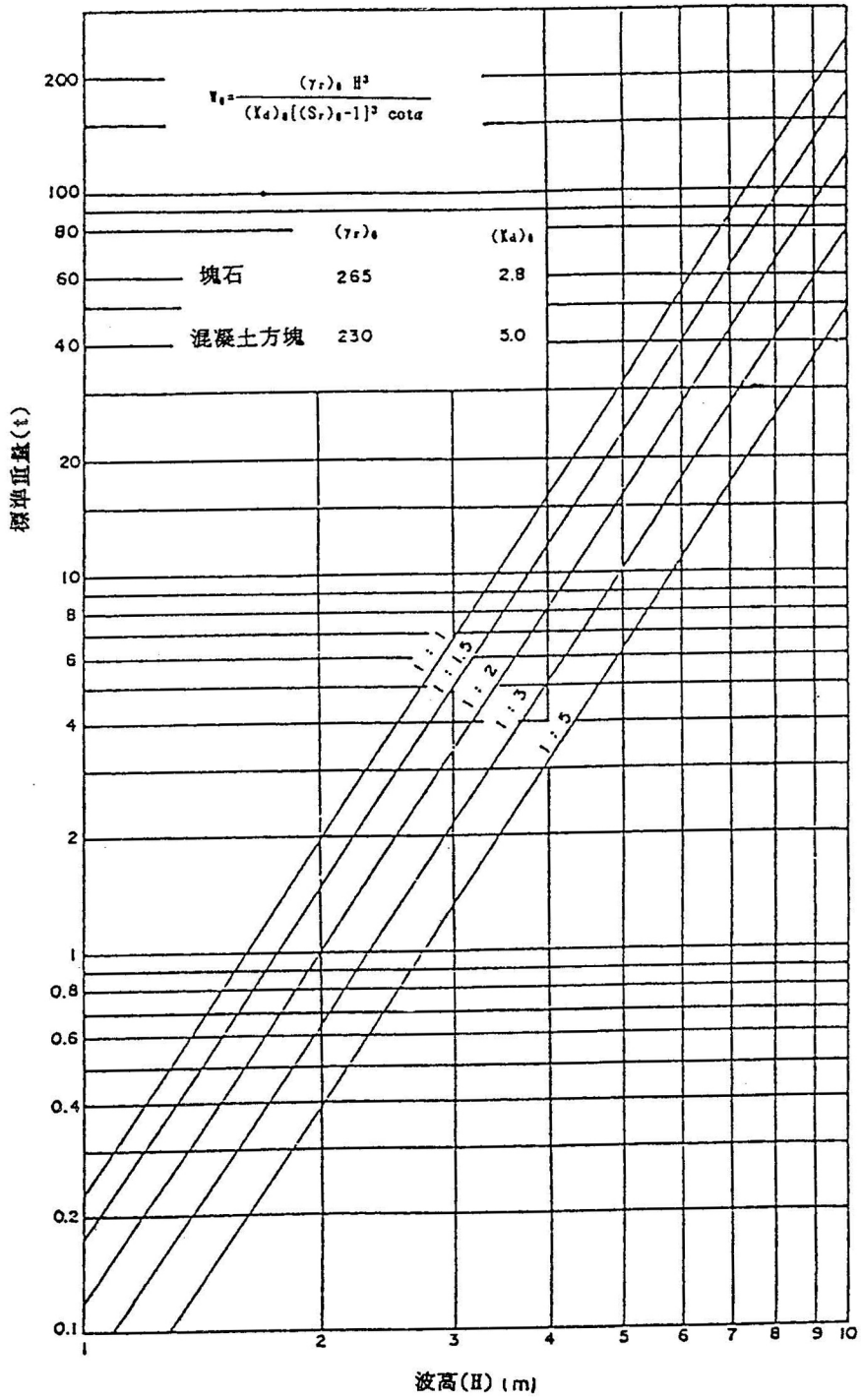


圖 3-3.4 護坡塊重量計算圖

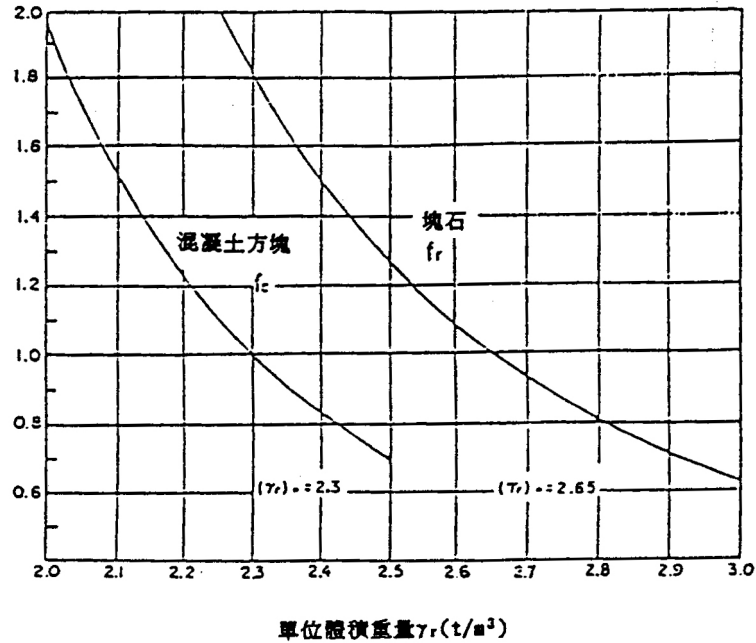


圖 3-3.5 護面塊重量計算圖（比重修正係數）

表 3-3.2 日本使用消波塊之 K_d 值

名稱	K_d 值範圍
中空三角形塊	7.6
菱形塊	7.2~8.3
道拉斯塊(Dolos)	20.0~22.0
六腳塊	7.2~8.1

(2) 合成堤拋石基礎之覆蓋石以及方塊所需重量

合成堤拋石基礎覆蓋材為維持安定所需之重量，依波浪因素及設置水深、拋石基礎厚度、前肩寬、斜坡坡度等之基礎形狀、覆蓋材之種類及堆積方式等而不同，特別在波浪之因素與拋石基礎形狀對 Hudson 式之影響甚為顯著，應將此加以考量，須以符合條件之模型試驗結果亦或根據合適之計算式加以計算，亦須充分注意波浪之不規則性影響。

合成堤之拋石基礎覆蓋材所需重量可依式(3-3.3)加以計算。

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (3-3.3)$$

式中，

W：石塊或混凝土塊所需重量(kN)

γ_r ：石塊或混凝土塊之空氣中單位體積重量(kN/m³)

S_r ：石塊或混凝土塊對海水之比重 $S_r = \gamma_r / \gamma_w$

H：設計波高

N_s ：因波浪條件、拋石基礎形狀、覆蓋材之特性等而決定之安定係數。通常應依條件而以模型試驗加以決定，或以圖 3-3.6 或由 Tanimoto 公式估算之。

$$N_s = \max \left\{ 1.8 \cdot 1.3 \frac{1-k}{k^{1/3}} \frac{h'}{H^{1/3}} + 1.8 \exp \left[1.5 \frac{(1-k)^2}{k^{1/3}} \frac{h'}{H^{1/3}} \right] \right\}$$

$$\text{式中：} K = \frac{\frac{4\pi h'}{L'}}{\sinh\left(\frac{4\pi h'}{L'}\right)} \sin^2\left(\frac{2\pi B_1}{L'}\right)$$

h' ：塊石所在位置水深

L' ：為在 h' 處之波長

此公式為在作坡面覆蓋材之安定性檢討時，所使用之公式。依美國陸軍工程兵團海岸工程研究中心，Brebner & Donnelly 將其作為直立堤之拋石基礎所需重量計算之基本式後被廣泛地使用。由於在理論上之驗證具有相當程度之可靠性，因此可以此式作為計算合成堤拋石基礎覆蓋材所需重量之計算。但安定係數的 N_s 隨水深、波浪條件、拋石基礎形狀、覆蓋材之特性等而不同，因此須依條件以模型試驗等加以決定，另外，設計計算所使用之波高通常為示性波高，模型試驗應以不規則波來作。

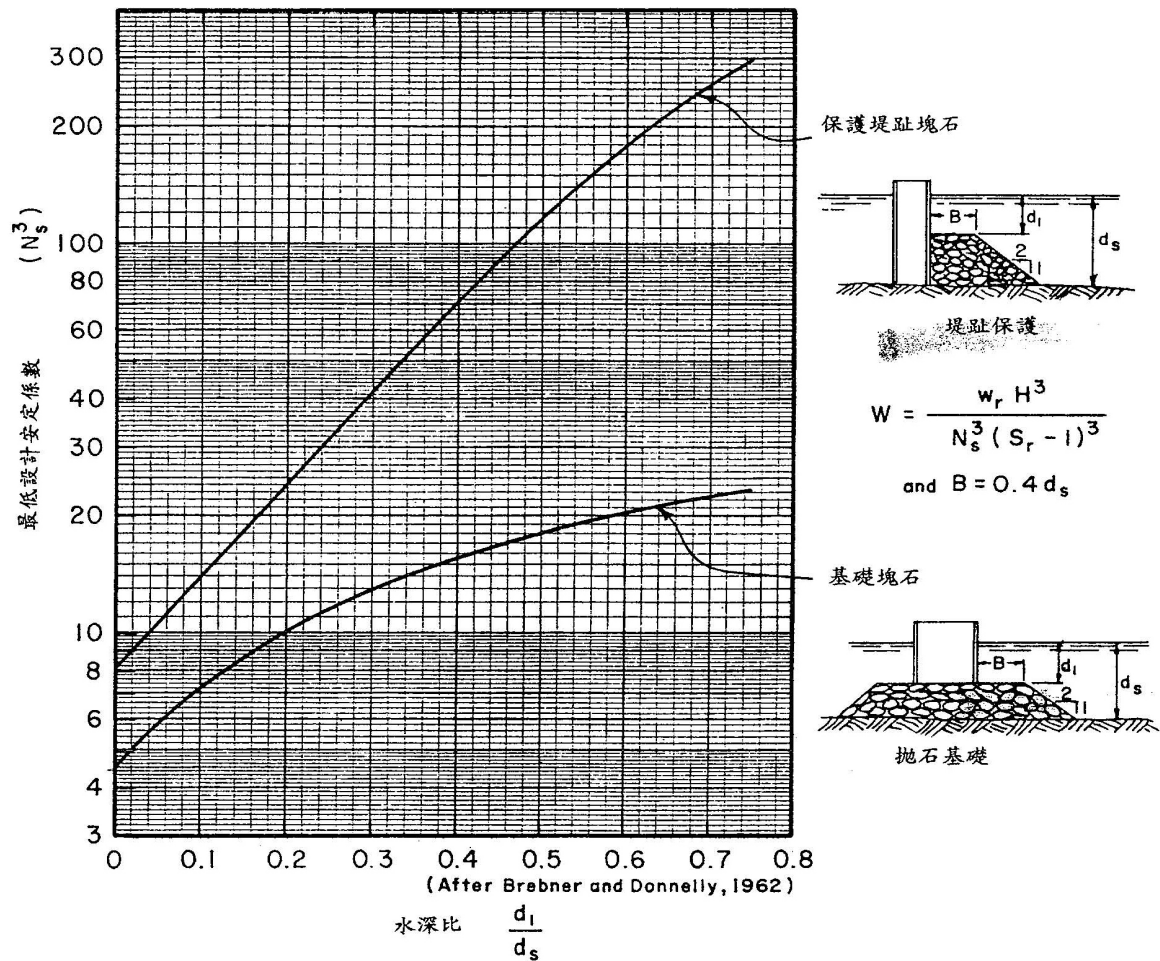


圖 3-3.6 護基以及拋石基礎覆蓋石之安定係數

3. 內部材料所需重量

合成堤覆蓋材下之拋石及型塊所需重量，以覆蓋材重量之 1/20 以上為原則，其下之石塊重量，則再為其 1/20 以上為原則。但斜坡堤應在 1/10~1/15 以上為佳。

3.3.3 堤體整體之安定計算

在軟弱地層上構築防波堤時，須對堤體進行圓弧滑動以及沉陷之檢討，若不安定時，則進行地層改良等對策。

1. 圓弧滑動之安全率，在不受波壓作用時為 1.3 以上，受波壓作用時為 1.0 以上為準。另外，對受波壓時之圓弧滑動，若能以 Bishop

法確認偏心傾斜載重之安定性時不必檢討。

2. 堤體整體安定計算所採用之潮位，為其安全率最小時之潮位。
3. 沉陷量

雖然防波堤即使發生沉陷對其功能並無影響，但在現實上，因返復荷重所致之殘留變位之累積，會產生較大之不均勻沉陷危險，將導致堤體之損傷，因此依需要應進行沉陷之檢討。

基礎地層僅由砂層構成，雖會有瞬間沉陷，但此種沉陷大多為在施工中所發生，而基礎地層存在黏土層時，完成後因壓密沉陷將持續慢慢進行，不論如何，當結構物為大型時，沉陷亦將變大，將損害結構物之功能，特別隨沉陷，結構物之傾斜太大時，此種傾向更強，瞬間沉陷所致構造物之傾斜量，可以假設地層之彈性係數，將地層當作彈性體來檢討，壓密沉陷所致構造物之傾斜量應依壓密理論之計算法加以檢討，另外為進行詳細之解析時，可用有限元素法進行數值解析。

3.3.4 堤頭、轉角處之安定計算

1. 堤頭之消波塊以及覆蓋方塊，應較堤幹部之覆蓋材料重量為大。

直立堤或合成堤之堤頭部與堤幹部相比，由於基礎之沖刷與作用之波力仍有不明之處，覆蓋材之重量，最好採用較堤幹部為大。另外，斜坡堤或消波塊覆蓋堤之堤頭應採用較堤幹部大 1.5 倍以上之覆蓋材構築成圓形。

2. 在軟弱地層時，亦應檢討防波堤法線方向之滑動。此時，可考慮側向摩擦抵抗，但安全率以 1.3 以上為標準。
3. 堤頭設置燈塔時，須就作用之地震力、波力以及風壓力進行安定計算。

堤頭部設置燈塔時，應使燈塔設置後堤體仍屬安全。另外為維持燈塔之功能，亦應考慮設置必要之附屬設施。

4. 轉角處之設計時，須考慮波高之增大。

在轉角處之直立堤、合成堤之法線形狀，除能使波浪集中外，由法線各方來之反射波之重合，使周邊之波高增加，亦有造成受害之例，因此在決定法線形狀以及安定計算時，須充分檢討。

第四章 細部設計

4.1 直立堤

通常直立堤在細部設計時應考慮以下事項：

1. 沉箱及空心方塊之封頂混凝土厚度通常應有 30cm 以上，在波浪較大之處應有 50cm 以上。
2. 應考慮堤體混凝土與堤身之一體性，法線方向每隔 10m 至 20m 間隔應設伸縮縫；若為沉箱型式時，應在每座沉箱間設一伸縮縫。
3. 方塊式直立堤使用之方塊製作應大型化，尤其最下層之方塊，應以一個不設置伸縮縫之方塊為原則。
4. 就安定性而言，空心方塊最下段加設基腳較為有利。
5. 混凝土單塊直立堤堤面應每 10~20m 間隔設置伸縮縫，以防止堤頂或壓頂混凝土因收縮及不均勻沉陷而發生之龜裂。

4.1.1 沉箱式直立堤

1. 沉箱隔艙普通用強度較低之混凝土、混凝土方塊、石塊、石子與砂粒、礦渣等材料填充，惟應考慮工程費、施工條件、自然條件等因素而決定。通常填充料採用砂較多，但應注意其表面應被封頂混凝土完全覆蓋。礦渣依其種類會有吸水、膨脹之現象，因此採用礦渣時，須注意材質及處理方法。
2. 封頂混凝土之厚度，應考慮波浪條件，施工條件而決定，本節所示之值為由過去之實例所決定，若波浪條件惡劣且以封頂混凝土之狀態長期放置時，取 1.0m 以上；在波浪較大處如採用預鑄混凝土塊封頂時，其與沉箱孔隙間所填充之場鑄混凝土會被波浪掏走，隔間填充之砂亦會被吸出。故應在封頂下面鋪 30cm~50cm 厚之碎石層為宜。
3. 堤面場鑄混凝土應與堤身打成一體。波力強處應採用品質好之混凝土(強度在 1.75kN/cm^2 以上)。同時為增加沉箱與堤面場鑄

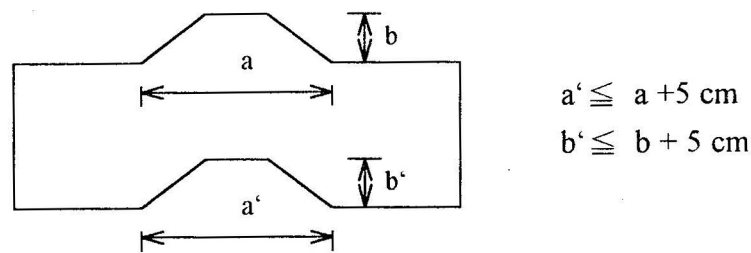
混凝土之一體性，應使堤面混凝土嵌入沉箱內或設凹凸楔樁，或在接縫埋入鋼筋或型鋼為宜。

4. 直立堤之基礎極易被沖刷，故在基礎非岩盤處，護基保護設施應徹底而完善。若基礎為岩盤，一般多用麻袋混凝土填平，所採用之混凝土每方之水泥用量應在 300kg 以上。

5. 沉箱設計依第四篇第一章規定辦理。

4.1.2 方塊式直立堤

1. 方塊有水平與傾斜兩種疊法，一般以施工容易之水平疊法為多，但亦有在侵蝕作用與下陷嚴重或水深較淺之處採用傾斜疊法。此時，應俟方塊完全下陷後再進行堤面混凝土施工。水平疊法應注意上下之接頭互相錯開，以確保堤之一體性。傾斜疊法之傾斜角度通常與水平成 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。
2. 防波堤法線方向之縱斷面其接頭必須錯開。
3. 為防止方塊滑動，方塊頂面與底面通常作成凹凸形楔樁如圖 4-1.1 所示。突出寬度多為 50cm，突出高度為 20cm。防止方塊滑動之方法，才可將方塊預留孔，俟方塊疊成後插入鋼筋或舊鋼軌，然後再灌入混凝土或水泥砂漿。



凹型樁座與凸型樁頭間之間縫以不大於 5cm 為原則

圖 4-1.1 凹凸形楔樁

4.1.3 空心方塊直立堤

1. 空心方塊用強度較低之混凝土或石子填充，若用混凝土填充，則空心方塊直立堤可成為一整體性之結構。
2. 空心方塊疊成二層時缺乏整體性，故儘量以一層為宜。若需疊成幾層時，可在橫斷面之水平接縫將空心塊之牆作成凹凸形狀使上下充分楔合。
3. 小型者可用起重船或搬運船施工，惟大型者需利用漂浮法，或特殊之設施助浮曳航。
4. 用石子填充時，為防止石子被淘出，空心方塊亦有置底板者。

4.1.4 混凝土單塊直立堤

1. 澆鑄混凝土之方法有數種，如用管灌水中混凝土法、預壘混凝土法、利用乾施工法等。如不利用乾施工法時，應儘量採用可確保良好混凝土品質之工法。
2. 基礎為岩盤時，稍有凹凸之情形亦無妨，惟應除淨岩盤之砂、石片與海草等，俾與混凝土密接，模板接觸部份應削平俾得良好之接觸。如基礎為甚堅之地盤，且凹凸難以鑿平時，可依照其形狀就地架立模板，使堤底澆築時有良好之接合。

4.2 合成堤

1. 直立堤部份請參照直立堤。
2. 拋石堤部份，應使拋石堆放緊實，以減少安放直立堤後之沈陷。
3. 防波堤因沖刷作用而受災之例甚多，故波浪較大處計算結果認為必要時，或有沖刷可能之處，應作防止沖刷之對策或護面保護。防止沖刷之方法有下列各種：堆石、堆方塊、鋪瀝青襯墊、鋪(不)織布、沉床、鋪柏油砂坡面等保護坡面。
4. 為使直立堤能直立安放，堆石縫內應填入小石子以求基礎之平整。

如基礎凹凸情形嚴重時，對沉箱底版將有不良影響，所以基礎整平寬度在直立堤兩側需適當加寬。如有護基方塊及覆蓋石時，該部份亦需整平。

5. 在排放保護基礎的方塊時，在直立堤靠海側排放 2 個，靠陸側排放 1 個為佳。
6. 保護基礎的方塊的間隔如過大，預防沖刷、吸出的效果會降低，故間隔率在 10% 較為適當。
7. 保護基礎用的方塊所需的厚度可以式 4-2.1 求得。

$$t / H_{1/3} = d_f (h' / h)^{-0.787} \quad (4-2.1)$$

式中，

t：保護基礎用的方塊所需的厚度(m)

d_f：堤底為 0.18，堤頂為 0.21(m)

h：設計水深(m)

h'：堤部頂端水深(不含方塊)(m)

適用範圍在 h'/h=0.4~1.0 間

保護基礎用之方塊可依式 4-2.1 求得所需厚度，再參照表 4-2.1 中的方塊規格求得。

方塊形狀的規格實例如圖 4-2.1 所示。

表 4-2-1 各種護基方塊需要之厚度

護基方塊所要厚 t(m)	尺寸 ℓ (m)Xb(m)Xt(m)	質量 (t/個)	
		有孔型	無孔型
0.8 以下	2.5X1.5X0.8	6.23	6.90
1.0 以下	3.0X2.5X1.0	15.64	17.25
1.2 以下	4.0X2.5X1.2	24.84	27.60
1.4 以下	5.0X2.5X1.4	37.03	40.25
1.6 以下	5.0X2.5X1.6	42.32	46.00
1.8 以下	5.0X2.5X1.8	47.61	51.75
2.0 以下	5.0X2.5X2.0	52.90	57.50
2.2 以下	5.0X2.5X2.2	58.19	63.25

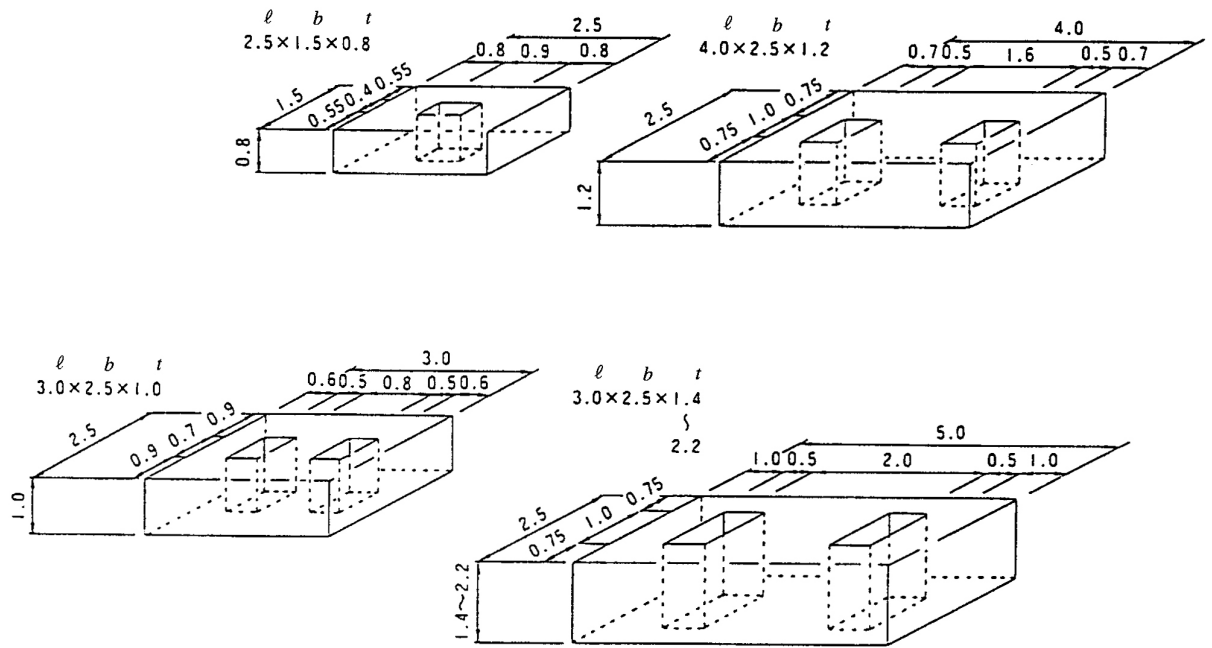


圖 4-2.1 護基方塊的形狀

8. 有關於港灣內側的護基方塊，在設計時須考量到港灣內的波浪、施工時的波浪及越波的影響。港灣內側的護基方塊迄今為止少有受損，故可採用較港灣外側的護基方塊較輕的方塊。在以往的設計中，多採用約港灣外側護基方塊一半質量的製品。但不可低於港灣內波浪及施工時波浪所需質量。
9. 消波塊披覆堤的港灣外側的護基方塊，亦應考量到未施作消波工程的空置期間，對於施工時的波浪所需之護基方塊的規格可以式 4-2.1 求得。
10. 為使拋石能堆放緊實，集中在天氣晴朗時拋放較佳，亦可減少直立堤施作後產生之沈陷量。

4.3 斜坡堤

1. 斜坡堤之基礎依需要應設置防止沖刷及吸出設施。斜坡基礎有沖刷危險時，應在該處作保護設施，諸如堆塊石、堆方塊、鋪設瀝青襯墊、鋪(不)織布、沉床等。

2. 通常拋方塊或拋石斜坡堤上設置結構物時，結構物之基礎應以小石或小型混凝土塊填充。
3. 斜坡堤表面施工時應留意使表層覆蓋材料互相楔合，尤其堤頂工作應特別細心施工。
4. 斜坡堤甚易被波浪衝擊以致塊石散落，故平時應注意維護補修工作之執行。
5. 為防止沙之滲透可在斜坡堤內部設置版樁、方塊等方式，抑或採用粒徑分佈範圍較大之石料作為堤心料或拋於港內側之坡面。
6. 用柏油砂覆蓋時，其配合比應考慮施工場所、自然條件，依所須之流動性及強度進行配合試驗而決定。
7. 地盤軟弱之處，堆石或方塊數量因下陷或楔入地層，因此所需數量應較原斷面增多。惟地盤良好之處，由於波浪衝擊使堆石散落或壓實，仍須考慮增加拋石量。

第五章 防波堤與漂沙對策設施

當港口及航道有淤積之可能時，須充分調查引起淤積之各種可能原因，了解淤積之型態，並依淤積對策所可能引起之各種影響及其經濟可行性加以考慮後，才決定適當對策。

另外，由於防波堤之建造，使得附近波浪及海流之分佈產生變化，將使部份地區發生侵蝕現象，應預作對策。

1. 淤積之原因

漂沙、飛砂以及河川流下之土砂等，侵入航道、泊地等港灣水域而沉澱、堆積、淤淺水深，妨害港灣功能之現象稱為淤積，但是航道中如航道之邊坡破壞等，雖在航道中無實際之土量增減，但因邊波之土砂使航道淺化而產生淤積之地區。

淤積主要為以下之原因所產生：

- (1) 漂沙之侵入、堆積(主要為波浪所產生，亦有因流所生)
- (2) 河川流下土砂之沉澱、堆積
- (3) 飛砂之飛入、堆積
- (4) 該地區內土砂移動，堆積場所之變化
- (5) 港內擾亂所致土砂移動，航道之邊坡破壞等

2. 淤積之型態

在防波堤等所包圍水域之淤積型態，隨淤積土砂之發生原因，土砂侵入之經過與型態，以及土砂堆積之型態等，可分成如圖 5-1.1 般。就每一種型態，其淤積對策之考量各有不同。同時對於港外航道與非遮蔽水域之淤積，亦有以下所述之各種型態。亦即：

- (1) 波浪為主要外力之砂質地層，在挖掘深度較淺寬度較窄之航道上如圖 5-1.2(a)般，航道之淤積隨鄰近地區之沖刷而引起較多。
- (2) 底質為浮泥質之海底，航道之挖掘深度較淺之航路如圖 5-1.2(b)般，淤積為較均等之情形較多。
- (3) 與周圍海底相比，在挖掘很深之航路如圖 5-1.2(c)所示，航道底部之

淤積較大。

(4) 通常將自然沙洲加以清除所挖掘之航道，會有自然沙洲復元之傾向而產生淤積。

3. 淤積對策工法之種類

淤積對策工法有以下幾種：

- (1) 以防波堤等任何設施構築半永久性之防止淤積設施。
- (2) 以任何設施抑或砂阱集中浚滌，將土砂予以有效阻擋之浚滌。
- (3) 依需要將自然堆積砂予以浚滌。

第(1)項所示之結構物，通常有表 5-1.1 所示者。另外依第(2)項所示之工法設置者，除餘裕挖掘抑或在河口港上游部以砂阱集中浚滌者外，亦有迂迴排砂法。

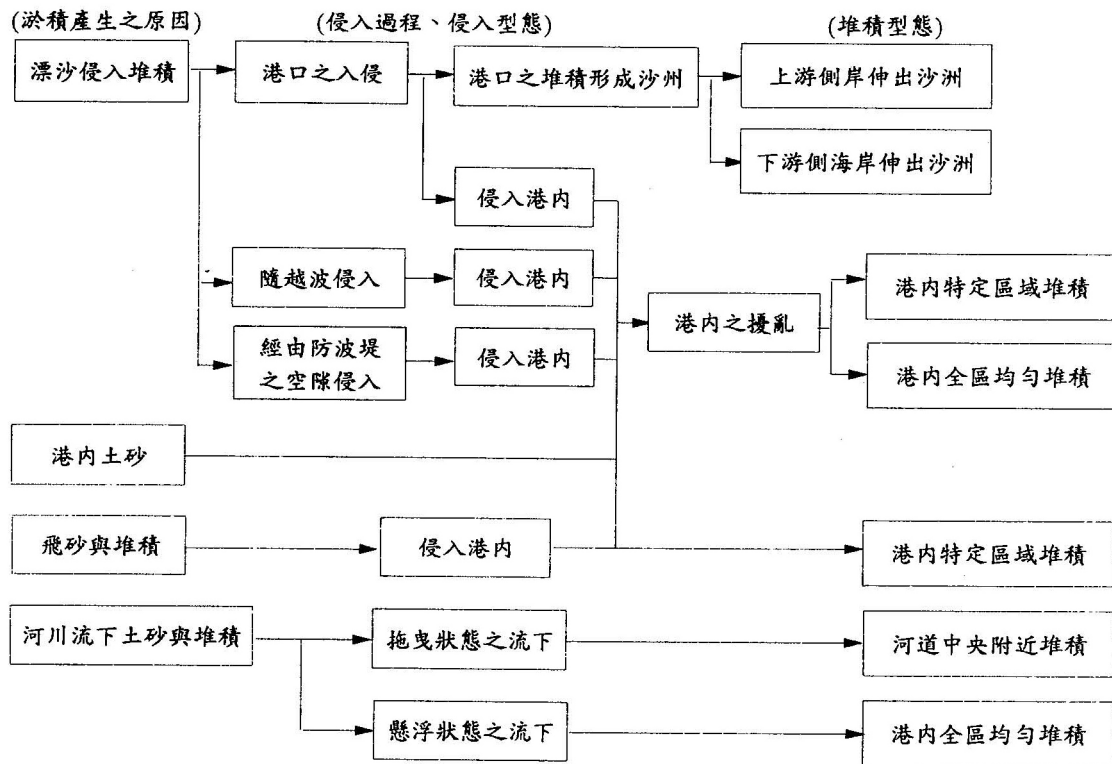
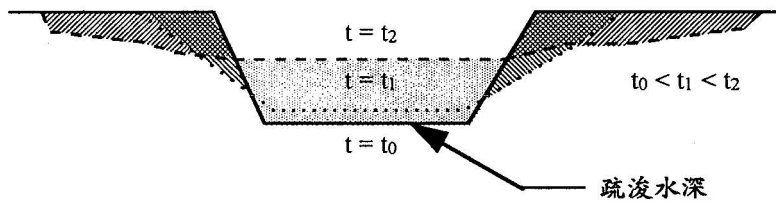
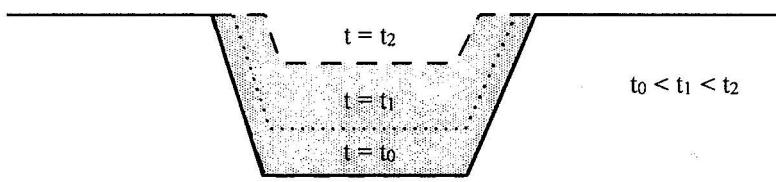


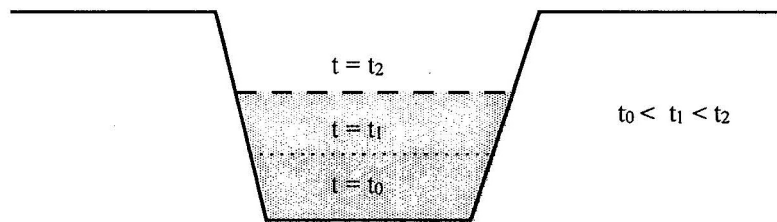
圖 5-1.1 港內水域淤積型態



(a)



(b)



(c)

圖 5-1.2 航道淤積型態

表 5-1.1 半永久性淤積防止對策所用之結構物

防止對象	防止方式	結構物名稱或措施
防止沿岸漂砂	防止由港口之入侵	防波堤、突堤群(導流堤)
	防止由越波之入侵	防波堤的加高
	防止透過侵入砂	防砂工
防止河川流下土砂	河川拖曳力之增加	導流堤
	防止流下土砂侵入	
	減少流下之土砂	水土保持
防止飛砂	減少飛砂	植栽、防砂林
	防止飛砂侵入	防砂柵欄

4. 淤積對策工法之選擇

在選擇淤積對策工法時，對淤積之型態以及產生原因應充分調查，並參考過去之實例而加以決定，或以動床模型試驗檢討，另外淤積對策工程對週邊環境之影響也須加以充分考慮。

5. 侵蝕之原因

由於漂砂移動使灘線後退，此種現象稱為侵蝕，此類海岸稱為侵蝕海岸，侵蝕主要為以下之原因所產生：

- (1) 河川流出土砂之減少
- (2) 沿岸漂沙受阻
- (3) 海岸結構物導致附近海況之變化
- (4) 地形上之原因
- (5) 地震或地層壓密所致地層下陷

6. 侵蝕對策工法之種類

- (1) 海堤及護岸
- (2) 丁壩
- (3) 離岸堤
- (4) 人工養灘

7. 防波堤之佈置

砂岸港之防波堤自然兼具防砂之功能，甚難將其功能加以分離，在本節中除特別考量防砂功能者外，仍以防波堤稱呼。防波堤之佈置應考慮事項如下：

- (1) 當地漂沙之特性以及所應有之遮蔽功能，加以適當地佈置。
- (2) 沿岸漂沙上游側之防波堤通常應考慮以下事項而決定：
 - ① 由海岸伸出時應儘可能與海岸線垂直並延伸到碎波帶外。
 - ② 越過碎波帶水深後堤身轉折，使其作為防波堤以遮蔽波浪，同時利用反射波、沿堤波之作用等，使漂沙往港口相反方向運行(圖 5-1.3)。
- (3) 為防止土砂由沿岸漂沙之下游海岸帶入港內，應在沿岸漂沙之下游側設置防砂設施。
- (4) 除以上所述之外，港內之航道附近等，依狀況須在適當位置設置防沙設施，而防沙設施應依海岸工學設置之。

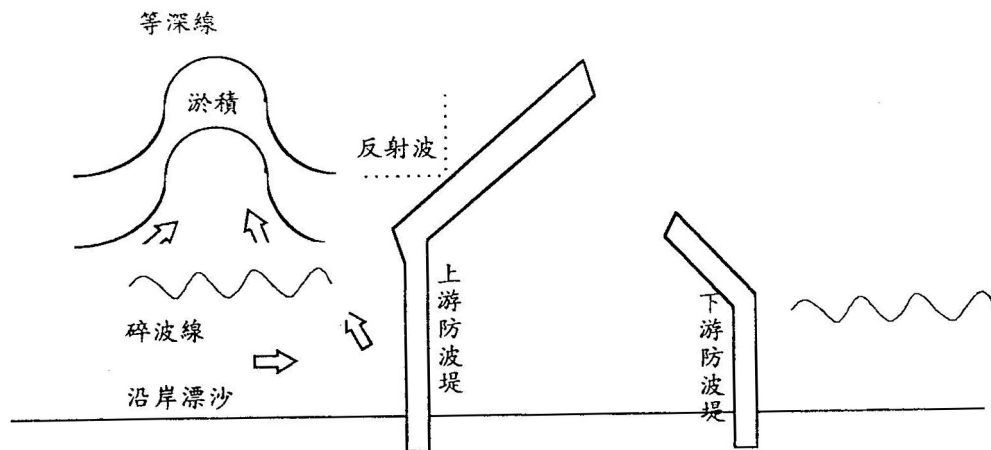


圖 5-1.3 防砂堤之佈置例

第六章 防波堤之管理與維修

防波堤會因受波浪等之短期或長期作用，導致受損以及材料之劣化而使安定性及功能降低，必須隨時予以管理及適時地進行維修。

防波堤之管理維修，除災害復舊外，應經常加以巡查注意。如能對防波堤之受損情形及型態進行調查分析，可易於瞭解受損發生之原因。反之將其放置不管，則可能導致防波堤災害之發生，故定期檢查其是否有受損，以期早日尋求對策至為重要。

本說明係以沉箱式防波堤為對象予以敘述，至於其他型式之堤體，亦可依此原則考量。

1. 受損現象之發生過程

防波堤產生受損之連鎖過程可以圖 6-1.1 表示。

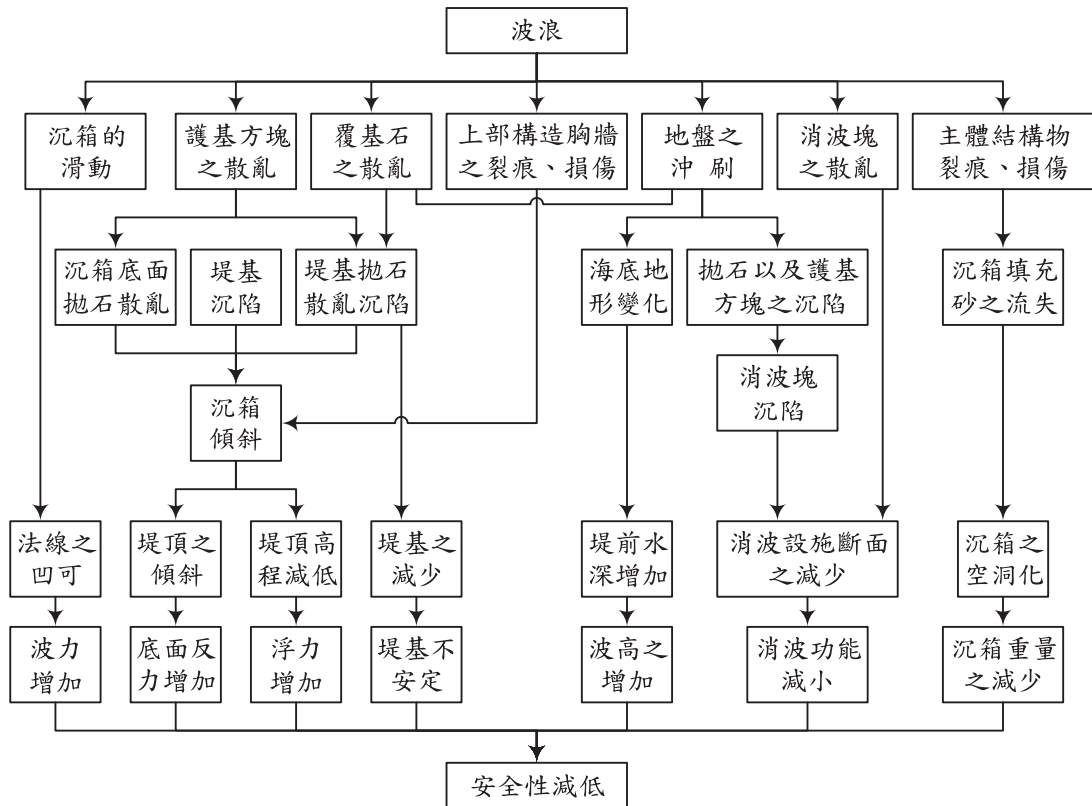


圖 6-1.1 沉箱式防波堤主要受損連鎖

防波堤典型受損之過程，有因波浪而導致堤基覆蓋部或拋石基礎之散亂、沉陷，引起沉箱傾斜、沉陷及堤面胸牆混凝土之破壞，導致頂高不足，消波塊或覆基方塊與沉箱碰撞使沉箱側牆受損，填充砂流出等。設有消波塊時，因波力使消波塊散亂、沉陷，再者因消波塊之移動、沉陷所致作用於沉箱之波壓變大，形成沉箱滑動。無消波塊時，因波力之作用使拋石堤基海底地盤被沖刷，而致堤基斜面被破壞，隨此破壞使拋石堤基產生受損，導致主體之沉陷及傾斜。

沉箱受波力作用產生滑動，致法線凹凸，進而波力集中增大，造成嚴重滑動及其他相關破壞。

2. 檢查項目之設定

(1) 沉箱式合成堤為在海床上，由堤基及堤體等不同結構部份所構成，各種不同構造之受損相互有所關連，因此除將此因果關係予以明確外。檢查之時機、查檢之難易度等均須考慮，而選定最有效率且經濟之檢查項目。

此外以防波堤構築之目的而言，所謂沉箱式防波堤最終階段之受損，應為防波堤遮蔽功能之大幅減小，依此觀點可將沉箱主體之受損、頂部混凝土之受損、消波塊之變形等視為最終階段受損對象，須加以確實掌握。

(2) 受損檢查對象及檢查項目之例如表 6-1.1。

表 6-1.1 沉箱式防波堤檢查對象及檢查項目

檢查對象	位置	檢查項目
上部構造之裂縫、剝離、損傷	上部構造	裂縫深度(長度)鋼筋有無露出
沉箱之滑動、傾覆、沉陷		移動、沉陷、傾斜
沉箱之滑動、剝離、損傷	沉箱主體	裂縫深度(長度)鋼筋有無露出
拋石基礎之沉陷	護基方塊	沉陷、移動
	覆蓋石	同上
	拋石基礎	同上
消波塊之沉下散亂	消波塊	同上
海床之沖刷	拋石基礎斜坡前	沖刷

3. 檢查方法及限制

- (1) 由於防波堤之受損大都發生在水中，因此在選定檢查方法時，須注意以下之事：
 - a. 可精確測定受損之情形。
 - b. 採用一般簡單之量測儀器即可完成之方法。
 - c. 良好之作業性及安全性。
- (2) 由於受損檢查為以海上作業為主，同時海面下之調查工作佔大部分，因此所受之限制大致如下：
 - a. 由於使用潛水伕及船舶較多，氣象及海象條件應良好。
 - b. 由於現場潮流及混濁之影響，潛水伕之作業困難。
 - c. 測點或變位量測定之基準點之確認等，將會隨潛水伕之不同產生人為差異，故資料之統一性取得較難。

4. 評估之考量

如圖 6-1.1 所示，防波堤之受損狀況，由於堤基之受損或波力之增大，將使堤體之安定性減低，此即需以安定性之觀點加以評估，另外堤體或消波設施之沉陷顯著時，由於傳遞波將變大，即需由港內靜穩度之觀點加以評估。

一般容許受損極限可由結構物之安全觀點及以維修之經濟性觀點來評估，但隨海域之特性，各受損發生之平均年數資料實無法取得，同時在防波堤之受損發生時，如何計算安全率之減低甚為困難，因此以下依據構造之安全性，以受損之進行速度作為判斷基準，將評估標準訂為四級(如表 6-1.2):

- A：為持續性之受損
- B：為非持續性之受損
- C：為僅外觀上或美觀上之觀點所生問題之受損
- D：為無受損者

5. 對策

- (1) 檢查指標超過容許界限時，補修對策之選擇，須考量各部位之受損與維持防波堤整體功能之前題下，考量補修效果、經濟性、施工性

加以綜合評估而作選擇。

- (2) 對堤體之受損而言，可考慮增加抵抗力之工法或減少波壓之工法，以及此二種之組合法。
- (3) 覆面石塊、護基方塊之受損補修，由於回復原狀可防止新增受損，因此應為最合理而有效者。
- (4) 消波塊之受損原則上亦以回復原狀為主，但亦可如前以增加堤體之抵抗工法考量之。
- (5) 主體、上部構造等之裂縫、剝離、破損可採用注入法加以補修。

表 6-1.2 受損之評估

評估區分	受損之範圍	受損程度、進行速度	補修方針	
A	AA	包含設施之主要部份，大部份產生大的受損。	結構物之大部份破壞，缺乏安定性設施功能顯著下降。	立即全面復舊。
	A1	設施之主要部份發生廣範圍之受損。	堤體之安定性減低如果再有微略受損將產生破壞。	立即進行防止受損發生對策，並補修受損範圍。
	A2	設施之主要部份發生部份異狀。	堤本身之安定性減小，隨著受損之進行，可能使受損規模擴大。	防止受損措施，並於適當時期予以完全補修。
	A3	設施之主要部份及其他部份有輕微受損發生。	現狀對堤之安全無影響，但隨受損之進行將危及安全。	受損防止措施並監視其後之情形。
B	B1	設施之主要部份有微小之受損。	堤本身之安定無影響，但對設施之功能有所損害。受損不再進行。	使其不對功能產生障礙，並加強監視。
	B2		堤本身之安定及功能均無損害，同時受損亦不再進行。	加強監視，依情況進行外觀修補。
C	C1	設施之主要部份以外有輕微之異狀。	異狀輕微雖不再受損，但外觀上受損顯著。	進行外觀補修並於各次檢查時進行重點檢查。
	C2		異狀輕微，亦無再受損之可能，外觀上亦無問題。	定期檢查時，重點檢查。
D	無異狀。	無異狀。		

第八篇 碼頭工程

第一章 概說

1.1 概論

碼頭係為提供船舶安全靠離岸、順利裝卸貨物及旅客上下船之設施，其規模、配置、種類、結構等均依此原則而決定。

碼頭設計流程如圖 1-1.1 所示。

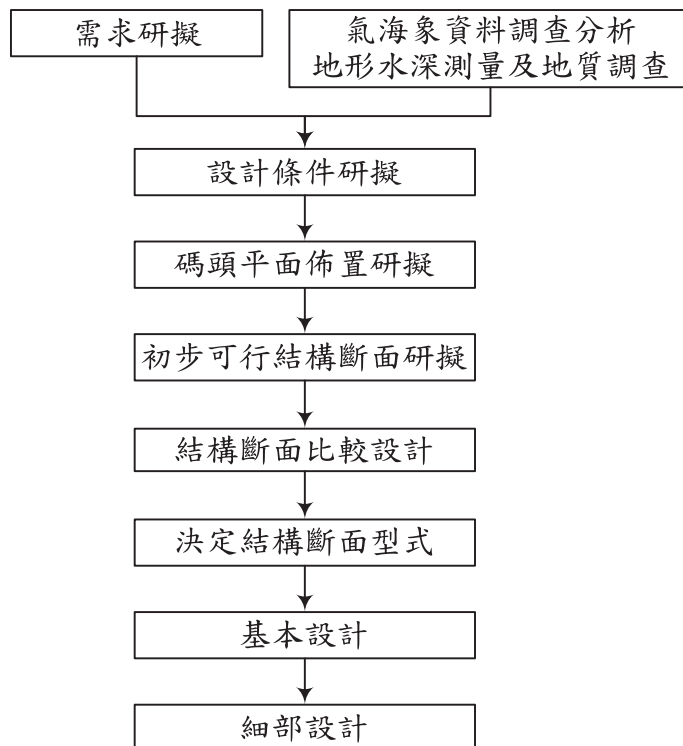


圖 1-1.1 碼頭設計流程

1.2 碼頭規模

碼頭之規模須掌握使用該港之客貨數量、種類、載貨狀況及水陸運輸狀況，並充分考慮將來運量之增加、船舶之大型化等因素而決定。

1.3 碼頭佈置

碼頭之佈置須考慮氣象、海象、地形、地質等，使船舶易於靠離碼

頭，並考量陸上運輸、後線腹地利用等之相互關係而決定之。

有關碼頭位置之選擇，特別是下列碼頭，須考量各種條件後，加以選定。

- 外海停泊設施，應不妨礙船舶之航行及停泊。
- 供車輛渡船、水翼船、氣墊船、客輪等使用之碼頭，應與危險品區隔離，為方便旅客之使用，須設有足夠之候船室、停車場等設施。
- 為保護生活環境品質，如氣墊船及其他會產生嚴重噪音之船舶，與裝卸時會產生嚴重噪音之碼頭，均應與住宅、學校、醫院等區隔離。
- 為保全生活環境的需要，危險品碼頭，應與住宅、學校、醫院等隔離，而且對危險品之溢出等意外事件須易於處理。危險品碼頭與其他碼頭及航行船舶等均須保持足夠之安全距離。
- 為保全生活環境品質，裝卸時可能會產生飛塵及臭味之碼頭，應與學校、住宅、醫院等區隔離。

1.4 碼頭結構

碼頭結構型式選擇，須考量自然條件、使用條件、施工條件、工期及工程費等因素，就各種結構型式特性，選擇適宜之碼頭結構型式。

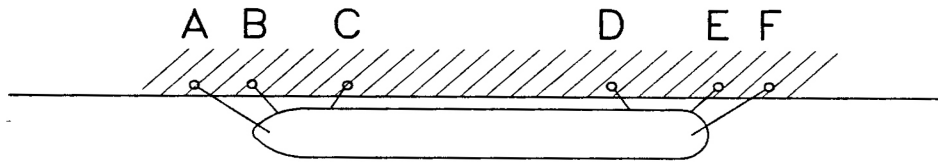
本篇第三章將說明主要碼頭結構型式斷面，第四章以後，將針對各種碼頭設計逐章說明。

第二章 碼頭相關事項

2.1 船席長度與水深

碼頭船席計畫長度及水深，應考慮計畫靠泊船型之長度及吃水，以船舶能安全且順利靠泊及裝卸為原則。

船席長度係考慮船舶橫向停泊時所須之長度而決定。船舶橫靠碼頭時，其一般之船纜配置如圖 2-1.1 所示。其中，頭纜及艏纜具有防止船之前後移動及維持船之橫向繫靠雙重目的，因此，頭纜及艏纜之繫纜角度，以與碼頭法線維持約 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 為宜，基此船席所須之餘裕長度約為船寬。



- A：頭纜(Head Line)
- B：前橫纜(Forward Breast Line)
- C：前倒纜(Forward Spring Line)
- D：後倒纜(Aft Spring Line)
- E：後橫纜(Aft Breast Line)
- F：艏纜(Stern Line)

圖 2-1.1 船纜配置示意圖

在遮蔽良好之水域，船席水深係考慮船舶滿載吃水，再加上滿載吃水 10% 之值為標準，在此船席水深之基準面以第二篇第六章 6.1 節[天文潮]中所規定者為準。

大型及小型船舶碼頭，無計畫靠泊船型時，船席長度設計者可分別參考表 2-1.1 及 2-1.2 所列之值。唯應注意小型船舶之船型尺寸偏差很大。

表 2-1.1 各類大型船舶船席尺寸參考表

種類	噸數	長度(m)	船席水深(m)	種類	噸數	長度(m)	船席水深(m)
客輪	(GT)			油輪	(DWT)		
	2,000	110	4.5		1,000	80	4.5
	4,000	140	5.5		2,000	100	5.5
	7,000	160	6.5		3,000	110	6.5
	10,000	190	7.5		5,000	130	7.5
	20,000	220	9.0		10,000	170	9.0
	30,000	260	9.0		15,000	190	10.0
	50,000	310	9.0		20,000	210	11.0
渡輪	70,000	340	9.0	30,000	230	12.0	
	(GT)			50,000	270	14.0	
	400	60	3.5	70,000	300	16.0	
	700	80	4.0	90,000	300	17.0	
	1,000	90	4.5	汽車輪	(GT)		
	2,500	130	5.5		500	90	4.5
5,000	160	6.5	1,500		120	5.5	
10,000	180	7.0	3,000		150	6.5	
貨輪	(DWT)				5,000	170	7.5
	1,000	80	4.5		12,000	210	9.0
	2,000	100	5.5	18,000	240	10.0	
	3,000	110	6.5	25,000	260	11.0	
	5,000	130	7.5	液化瓦斯船	(GT)		
	10,000	160	9.0		1,000	90	5.5
	12,000	170	10.0		2,000	110	6.5
	18,000	190	11.0		3,000	130	7.5
	30,000	240	12.0		5,000	150	8.5
	40,000	260	13.0		10,000	190	10.0
	55,000	280	14.0		15,000	210	12.0
	70,000	300	15.0		20,000	230	13.0
	90,000	320	16.0		30,000	260	14.0
	100,000	330	17.0		50,000	310	15.0
150,000	370	19.0	駛上駛下輪	(GT)			
貨櫃輪	(DWT)				700	100	4.5
	30,000	250		12.0	1,500	130	5.5
	40,000	300		13.0	2,500	150	6.5
	50,000	330		14.0	4,000	180	7.5
	60,000	350	15.0	6,000	200	8.0	
				10,000	230	8.5	

註：1. 渡輪為航距 300 公里以下之船舶尺寸。

2. 客輪尺寸包括日本國內客輪及國際客輪，其中 2 萬噸(含)以上為國際客輪尺寸。

表 2-1.2 各類小型船舶船席尺寸參考表

種類	碼頭長度	碼頭水深	船舶等級	種類	碼頭長度	碼頭水深	船舶等級
貨船	m	m	DWT	運砂船	m	m	DWT
	55	3.5	300		45	3.0	200
	65	4.0	600		50	3.5	300
油駁船	m	m	DWT	拖船	60	4.0	500
	40	3.0	200		m	m	GT
	50	3.5	400		35	3.0	100
客輪	60	4.0	600	船	40	4.5	200
	m	m	GT		45	5.0	300
	40	2.0	100		50	6.5	500
	50	2.5	300				
	60	3.0	500				

碼頭於裝卸易燃性危險品時，碼頭上之裝卸作業地點，至少須距離裝卸船舶之油槽、鍋爐等使用火苗處所 30 公尺以上。在危險品滲漏時無起火之慮的地形或結構物時，上述之距離可減至 15 公尺左右。

碼頭於裝卸易燃性危險品時，裝卸船舶至其他停泊船舶至少須保持 30 公尺以上之距離。而附近航行之船舶亦須在遠離 30 公尺以上之距離航行，以策安全。上述距離可依裝卸船舶之大小，與附近停泊及航行船舶之種類、大小、擁擠狀況等狀況適度的增減。

於決定碼頭船席長度時，須考慮上述易燃性危險品之作業限制，適度調整船席長度。

2.2 碼頭面高程

碼頭面高程，應綜合考量計畫靠泊船型、該地之潮差、暴潮位、波浪、工程費及地盤下陷等因素，以貨物能順利裝卸，同時可避免碼頭設施受災為原則，而慎重決定之。

碼頭面高程雖依當地潮差而有所不同，但一般以 H.W.L.(朔望平均高潮位)為基準，設計者可參考表 2-2.1 及 2-2.2 所列之值。但在有暴潮、波

浪及地盤下陷之處，須充分考量該等因素之影響。

表 2-2.1 碼頭面高程參考值

碼頭水深	潮差大於 3.0m	潮差小於 3.0m
大型碼頭 (水深大於 4.5m)	H.W.L.上 0.5~1.5 m	H.W.L.上 1.0~2.0 m
小型碼頭 (水深小於 4.5m)	H.W.L.上 0.3~1.0 m	H.W.L.上 0.5~1.5 m

表 2-2.2 臺灣主要港口碼頭面高程參考值(民國 83 年製表)

港口名稱	碼頭面高程	H.W.L.	N.W.L.	L.W.L.	備註
基隆港	EL.+3.0m	+1.15m	+0.9m	+0.67m	
台中港	EL.+6.2m	+4.64m	+2.77m	+0.90m	民國 86 年賀伯颱風最高潮位已超過 +6.2m
高雄港	EL.+2.6m	+1.13m	+0.74m	+0.42m	
花蓮港	EL.+4.0m	+1.13m	+0.83m	+0.34m	
蘇澳港	EL.+3.0m	+1.4m	+0.93m	+0.48m	
安平港	EL.+2.3m	+0.93m	+0.65m	+0.37m	
馬公港*	EL.+4.0m	+3.09m	+1.79m	+0.43m	
註：表中數字為 H.W.O.S.T 或 L.W.O.S.T					

2.3 碼頭前趾界限

碼頭海側之壁面及前趾之形狀，以船舶靠岸及停泊時不碰撞為原則。

碼頭之前趾界限可參考圖 2-3.1 所示之界限，圖中所示之界限，對船舶靠岸時之橫向搖動、停泊時之縱搖、上下擺動等均無特別之考慮，於設計時須加以留意。

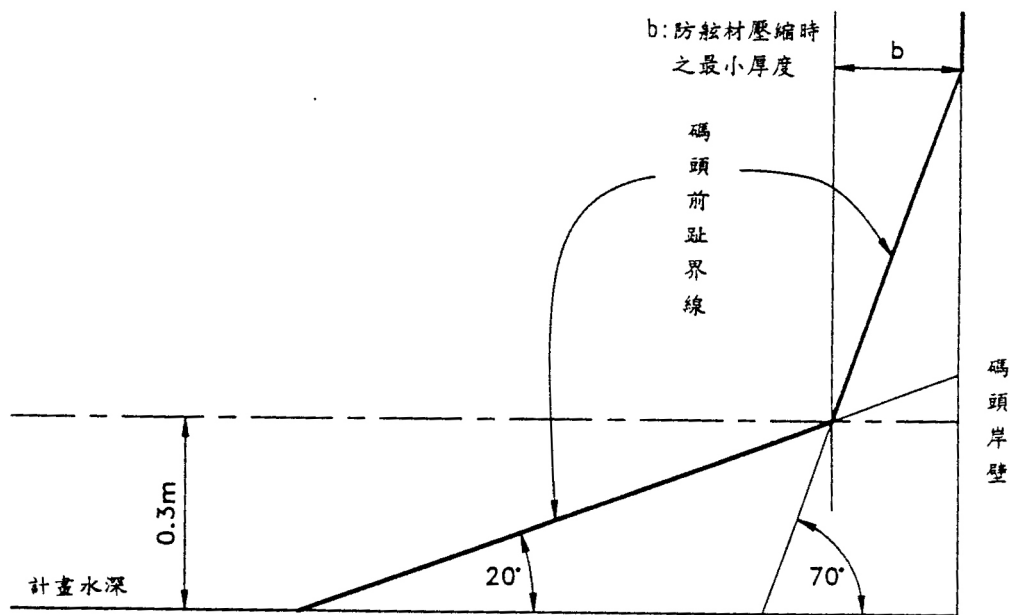


圖 2-3.1 碼頭前趾界限示意圖

2.4 設計水深

設計水深應依碼頭之計畫水深，考慮碼頭之結構型式、現地之水深、施工方法、施工精度及碼頭前方之沖刷淤積狀況等因素後決定之。

為了確保結構物之穩定，通常設計水深並不與計畫水深同值。一般而言，設計水深為計畫水深與餘裕水深之和。在此餘裕水深則視碼頭結構型式、現地水深、施工方法、施工精度、及沖刷淤積狀況等之不同而異，故設計水深須考慮上述各項因素後決定之。

碼頭前水域因海流或特定船舶之推進器作用等因素，可能產生大量沖刷時，此時沖刷深度不視為餘裕水深，而應以覆蓋石塊或混凝土塊等於海底面予以保護。

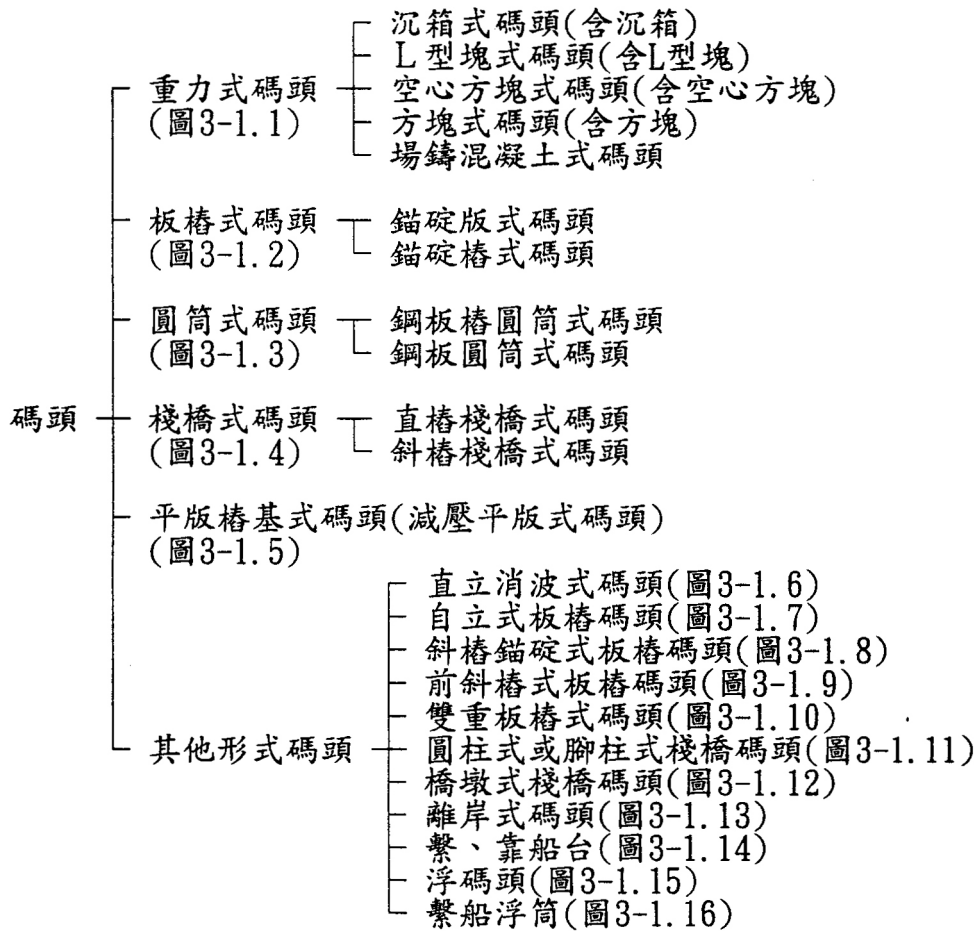
第三章 碼頭之結構型式

3.1 結構斷面基本型式

碼頭結構斷面依其結構型式分類如表 3-1.1 所示。

各型式碼頭斷面例示意如圖 3-1.1~3-1.16 所示，圖中所示斷面僅係參考斷面，設計者可依使用目的、設計條件等，依本篇各章所述設計基準適度調整斷面，以切合實際之需要。

表 3-1.1 碼頭結構斷面基本型式分類



1. 重力式碼頭

靠自重穩定之結構物，如沉箱式、方塊式、L型塊式、空心方塊

式、場鑄混凝土式等，斷面例示意如圖 3-1.1。

2. 板樁式碼頭

靠板樁埋入海底之被動土壓與後拉之錨碇設施形成之結構物，斷面例示意如圖 3-1.2。

3. 圓筒式碼頭

靠圓筒內填料自重及剪力強度抵抗外力之結構物，如鋼板樁圓筒式、置放式鋼板圓筒、埋入式鋼板圓筒等，斷面例示意如圖 3-1.3。

4. 棧橋式碼頭

靠基樁之強度抵抗外力之結構物，如直樁棧橋式、斜樁棧橋式等，斷面例示意如圖 3-1.4。

5. 平版樁基式碼頭

利用平版減少版樁所承受之水平力，並配合基樁強度抵抗外力之結構物，斷面例示意如圖 3-1.5。

6. 直立消波式碼頭

為重力式之一種，利用碼頭上部之消波室減少波能，斷面例示意如圖 3-1.6。

7. 自立式板樁碼頭

屬無錨碇之懸臂式板樁碼頭，斷面例示意如圖 3-1.7。

8. 斜樁錨碇式板樁碼頭

板樁背側打設斜樁，以支承背填砂土之結構物，斷面例示意如圖 3-1.8。

9. 前斜樁式板樁碼頭

板樁利用基樁斜撐之結構物，斷面例示意如圖 3-1.9。

10. 雙重板樁式碼頭

靠雙排鋼板樁間內填料之剪力強度抵抗外力之擋土結構物，斷面例示意如圖 3-1.10。

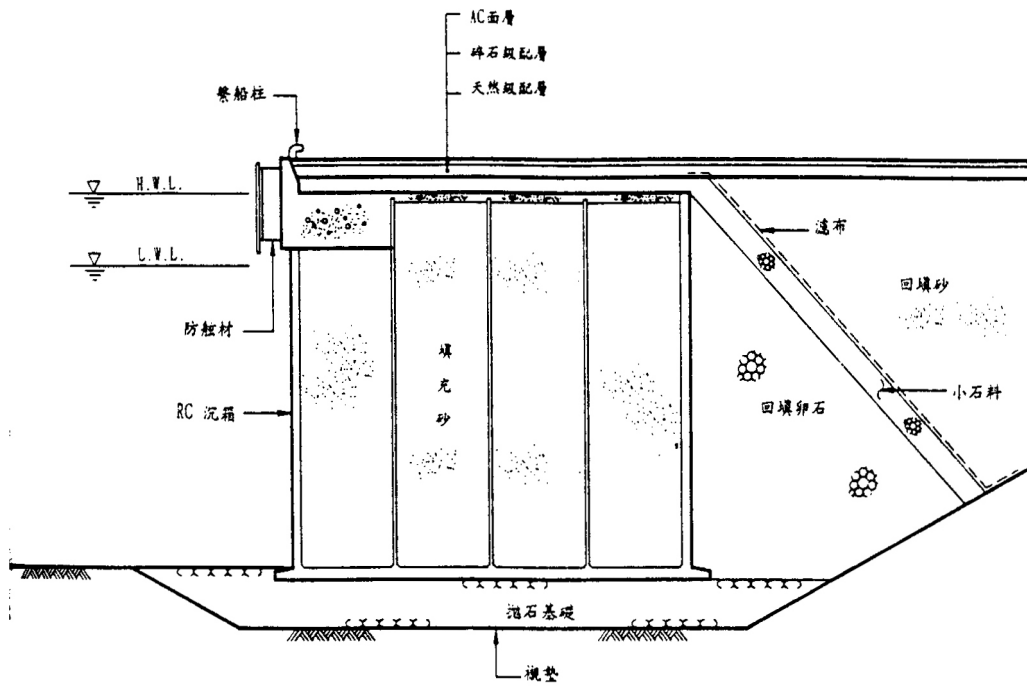


圖 3-1.1(a) 沉箱重力式碼頭斷面示意圖

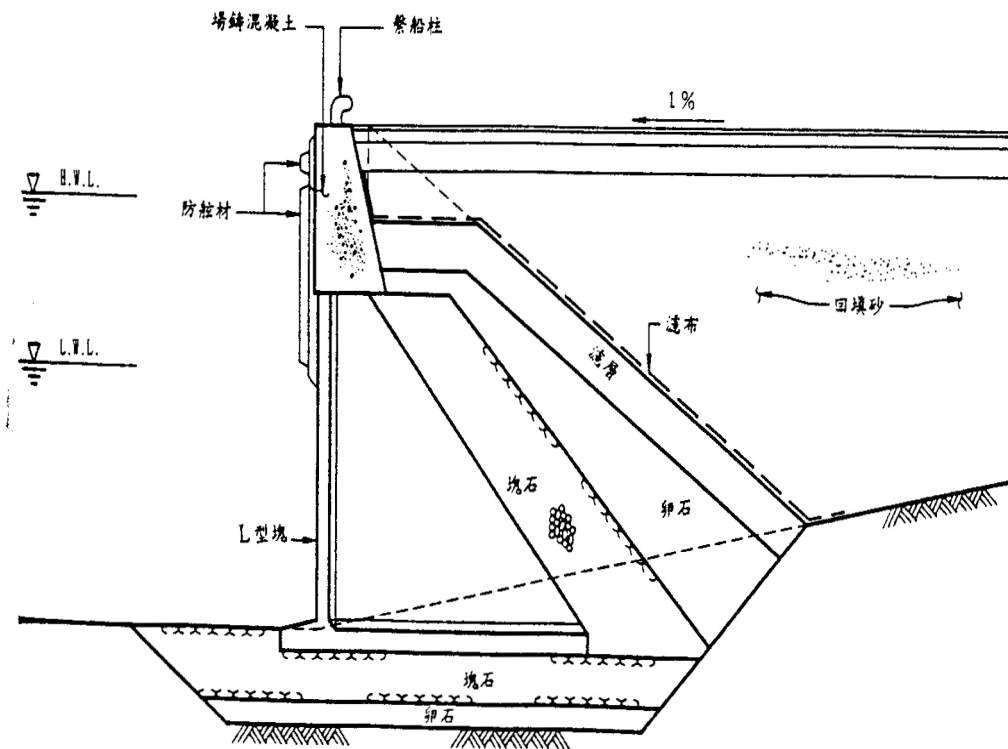


圖 3-1.1(b) L 型塊重力式碼頭斷面示意圖

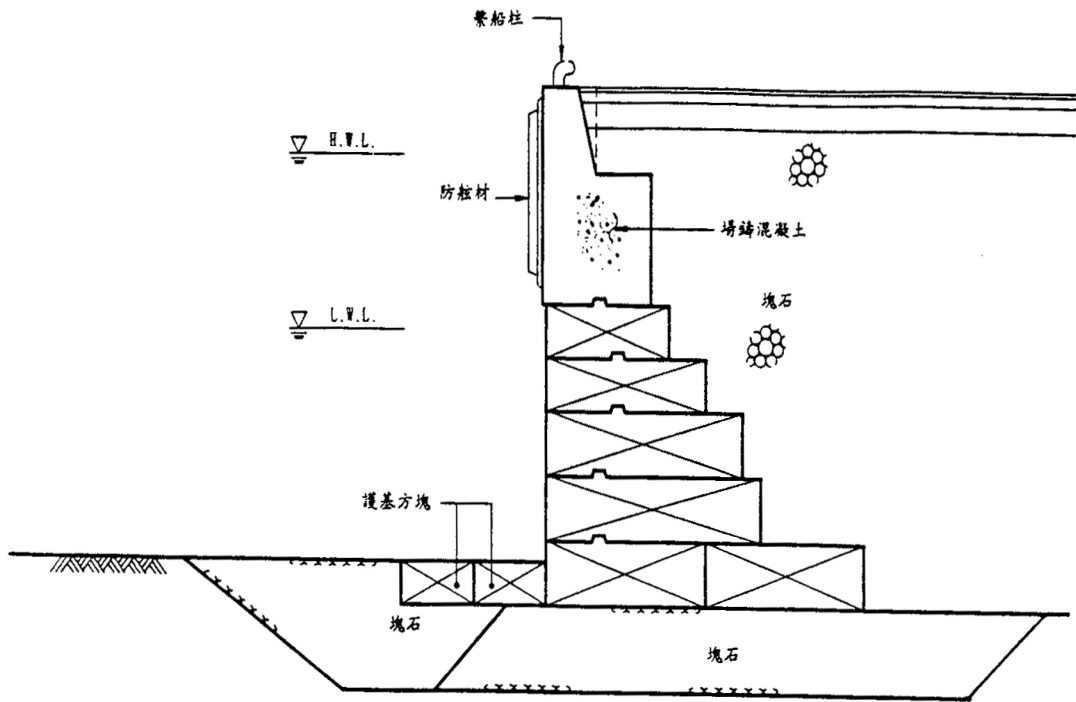


圖 3-1.1(c) 方塊重力式碼頭斷面示意圖

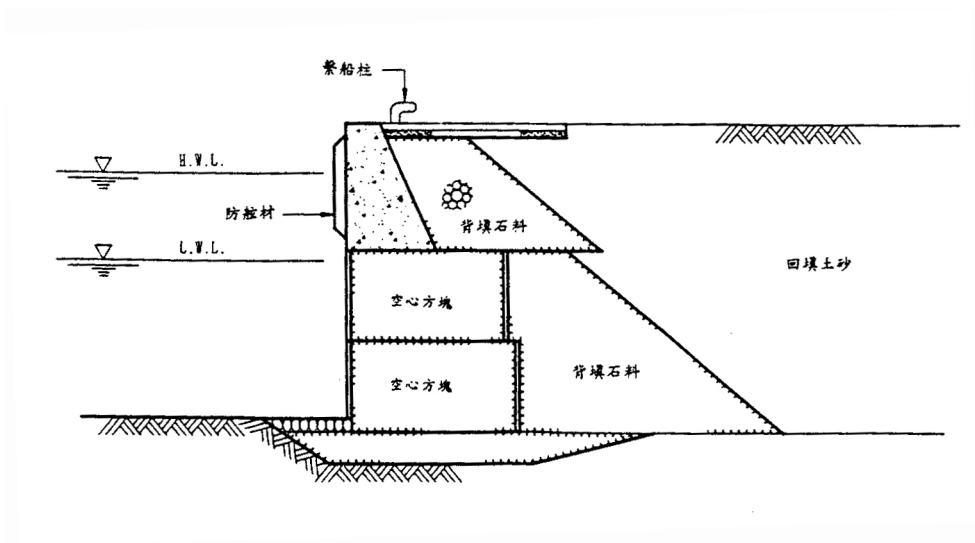


圖 3-1.1(d) 空心方塊重力式碼頭斷面示意圖

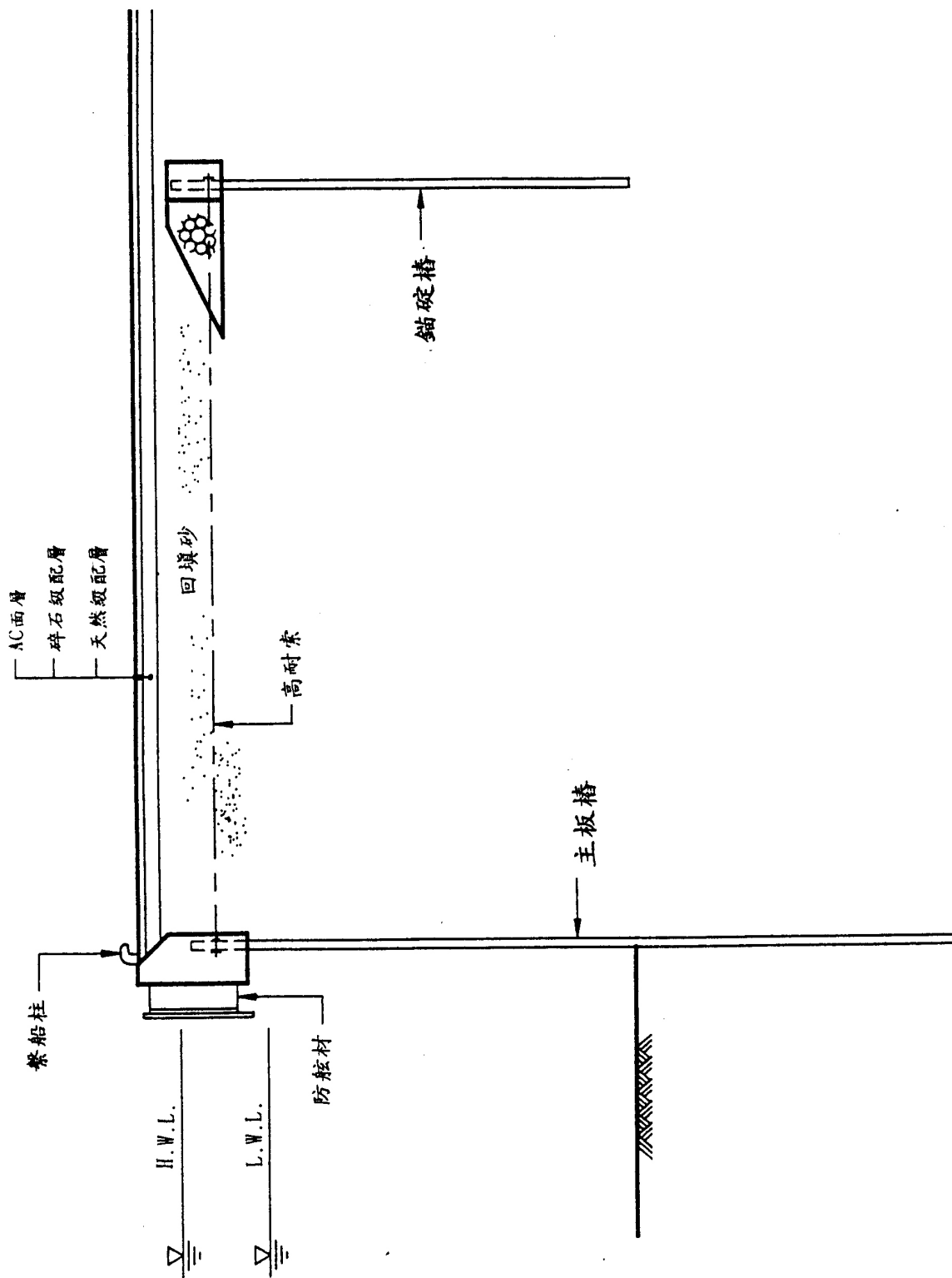


圖 3-1.2 板樁式碼頭斷面示意圖

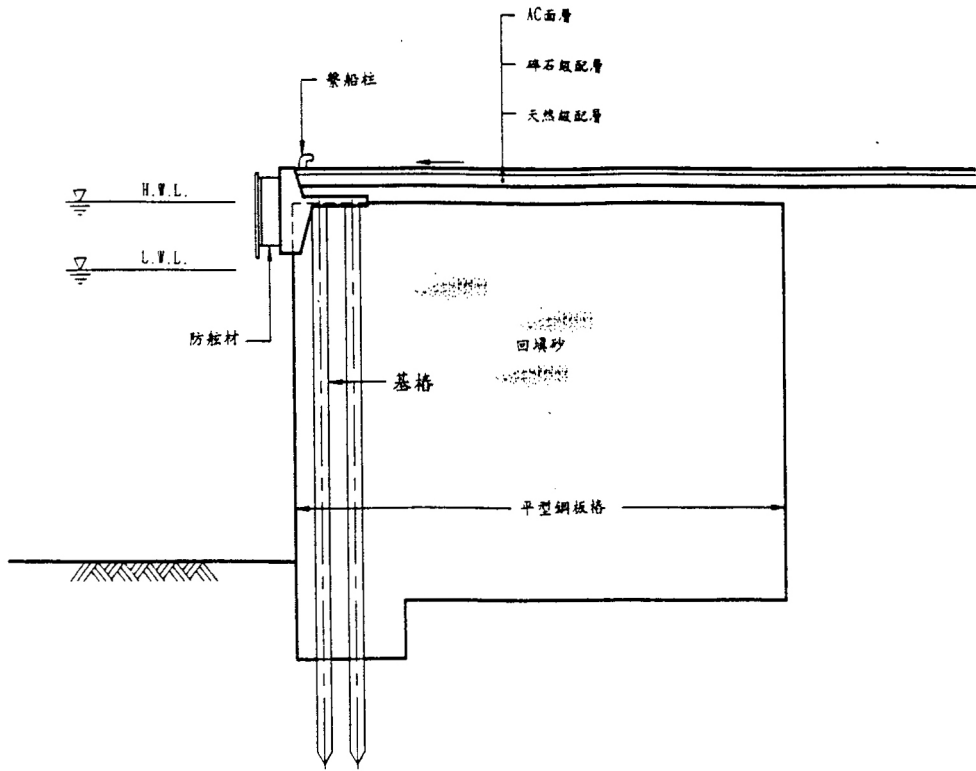


圖 3-1.3(a) 鋼板樁圓筒式碼頭斷面示意圖

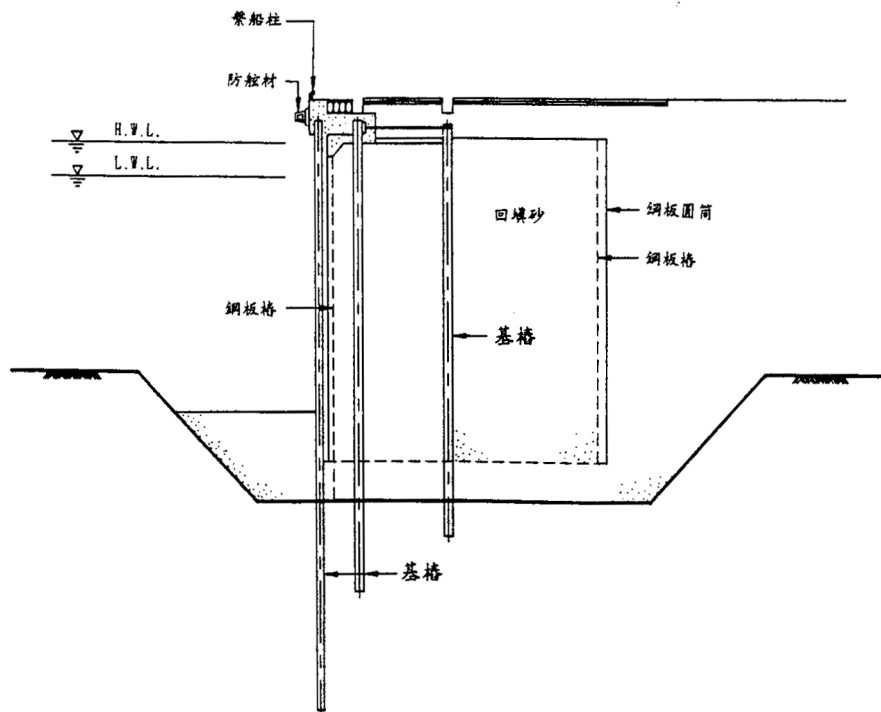


圖 3-1.3(b) 置放式鋼板圓筒碼頭斷面示意圖

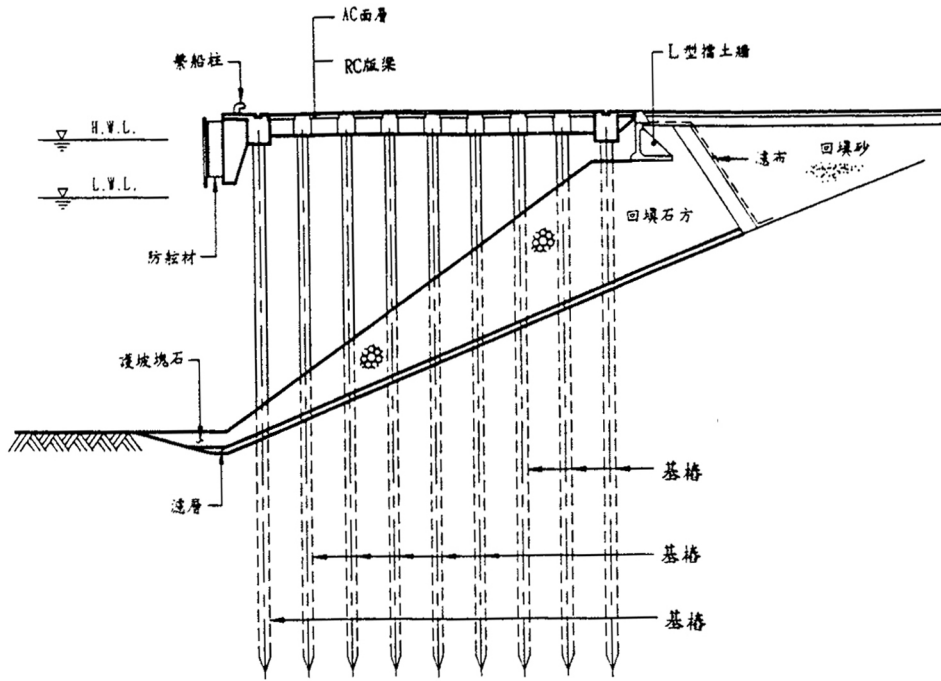


圖 3-1.4(a) 直樁棧橋式碼頭斷面示意圖

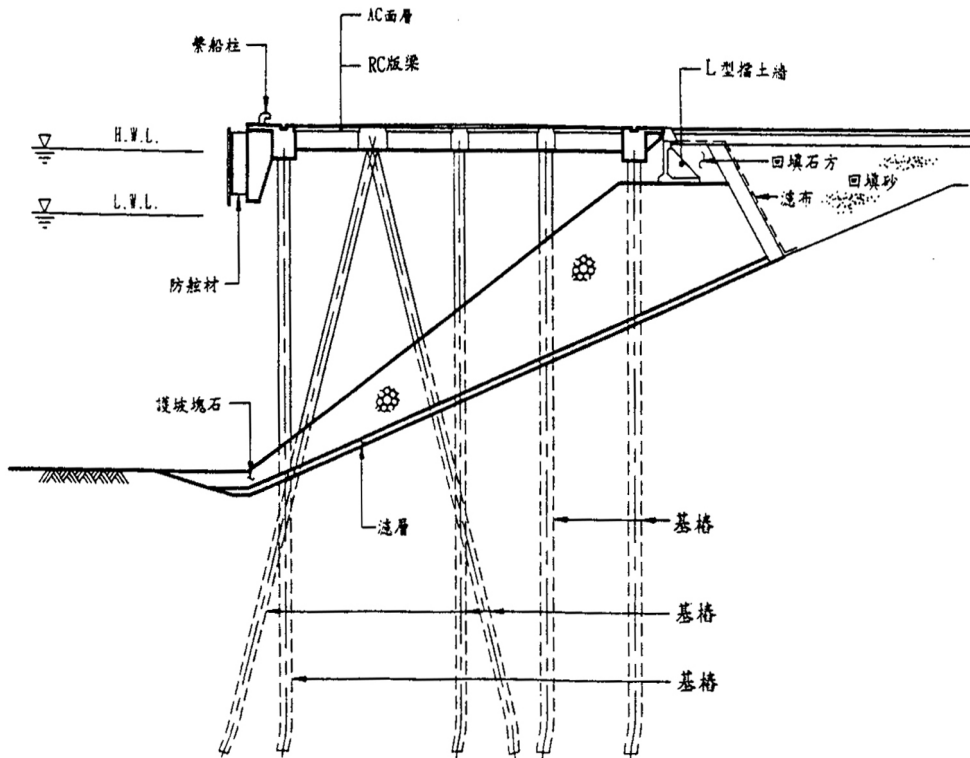


圖 3-1.4(b) 斜樁棧橋式碼頭斷面示意圖

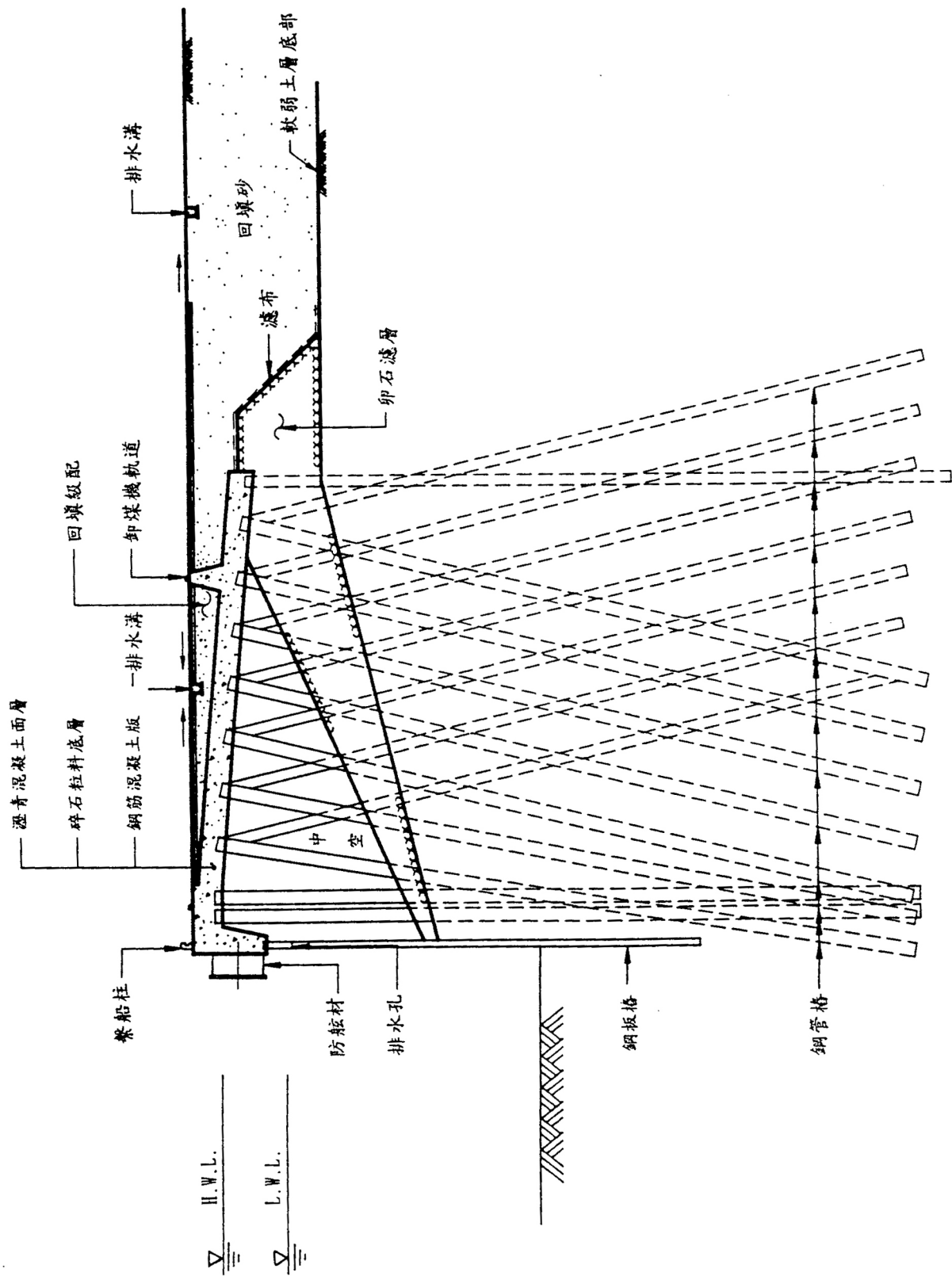


圖 3-1.5 平板樁基式碼頭斷面示意圖

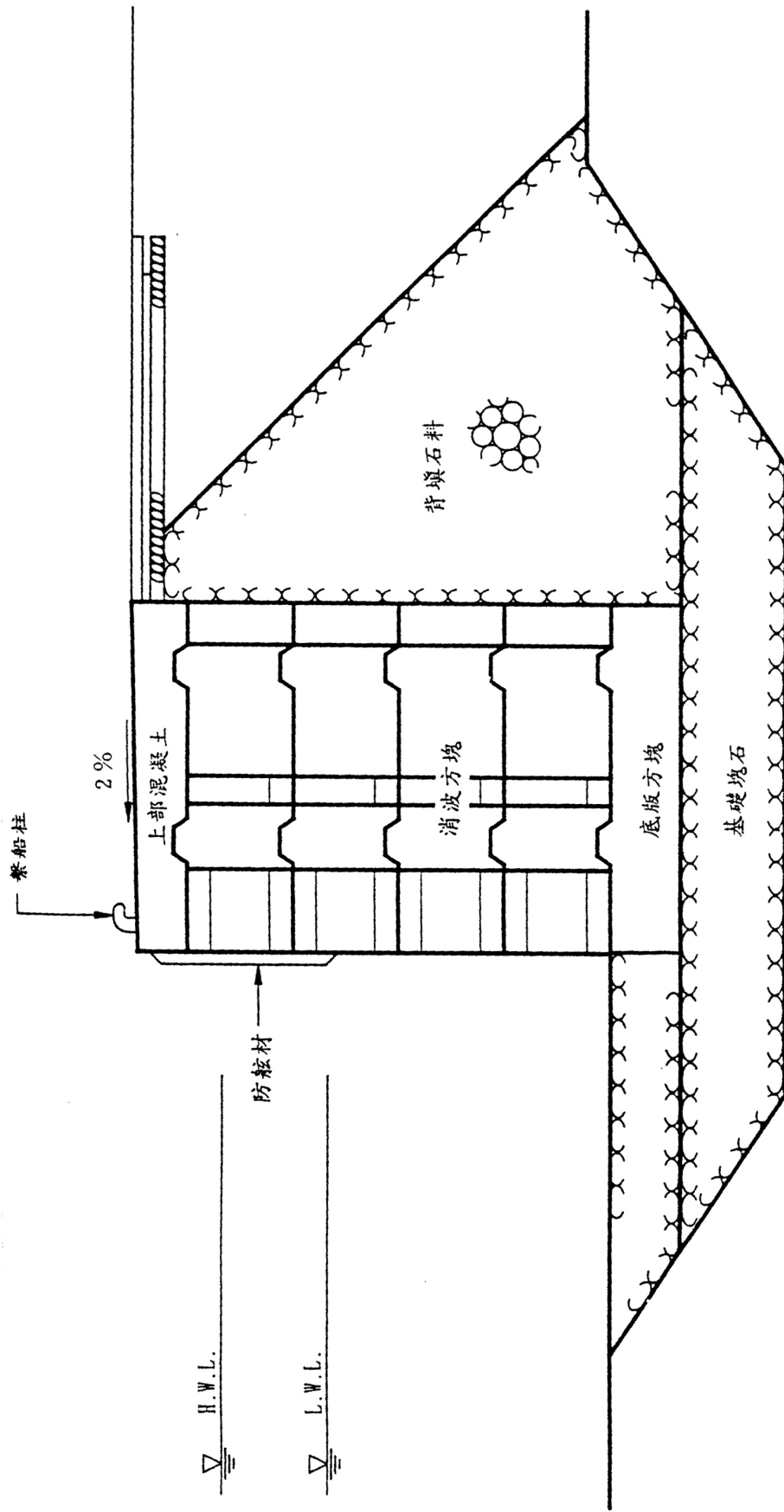


圖 3-1.6 直立消波式碼頭斷面示意圖

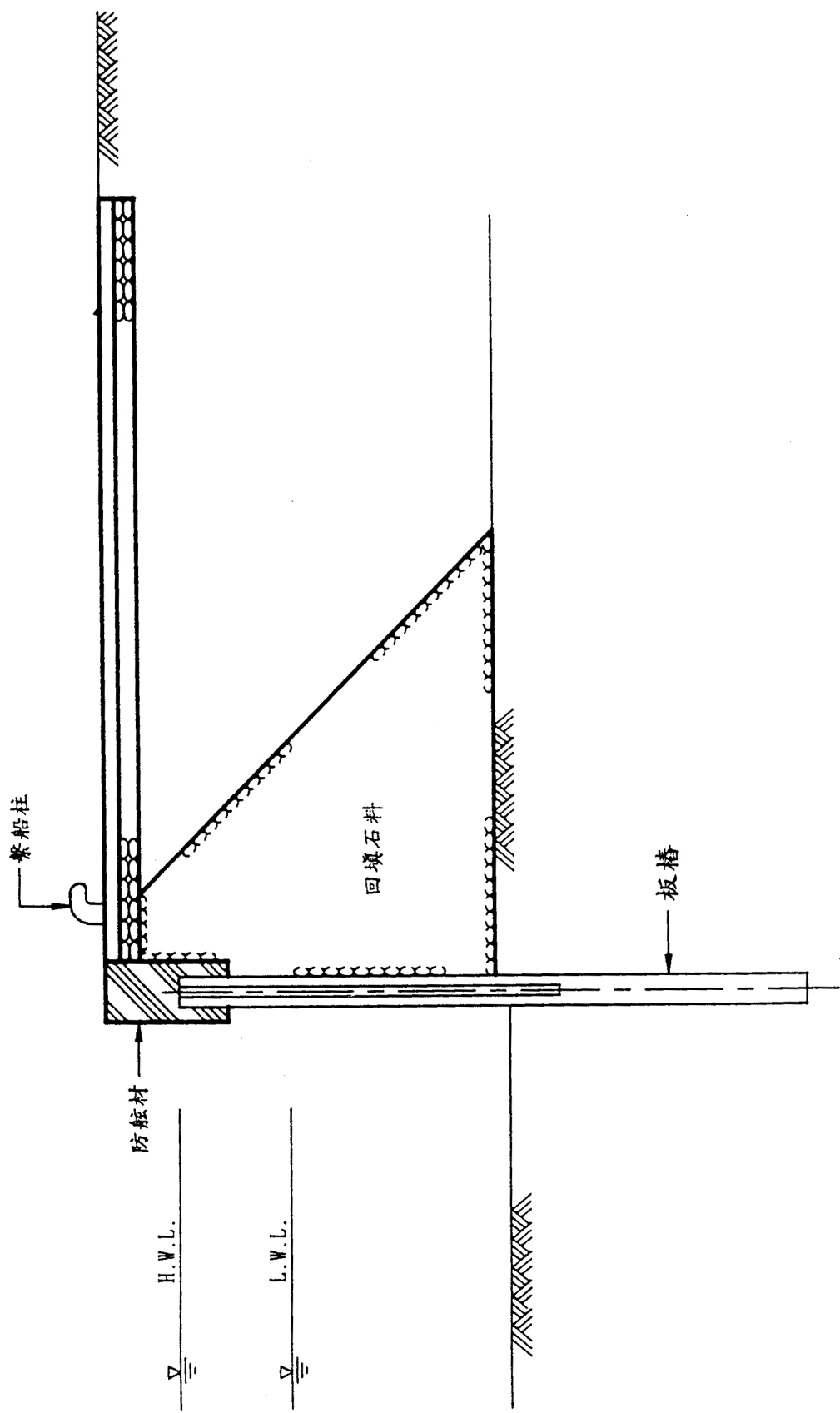


圖 3-1.7 自立式板樁碼頭斷面示意圖

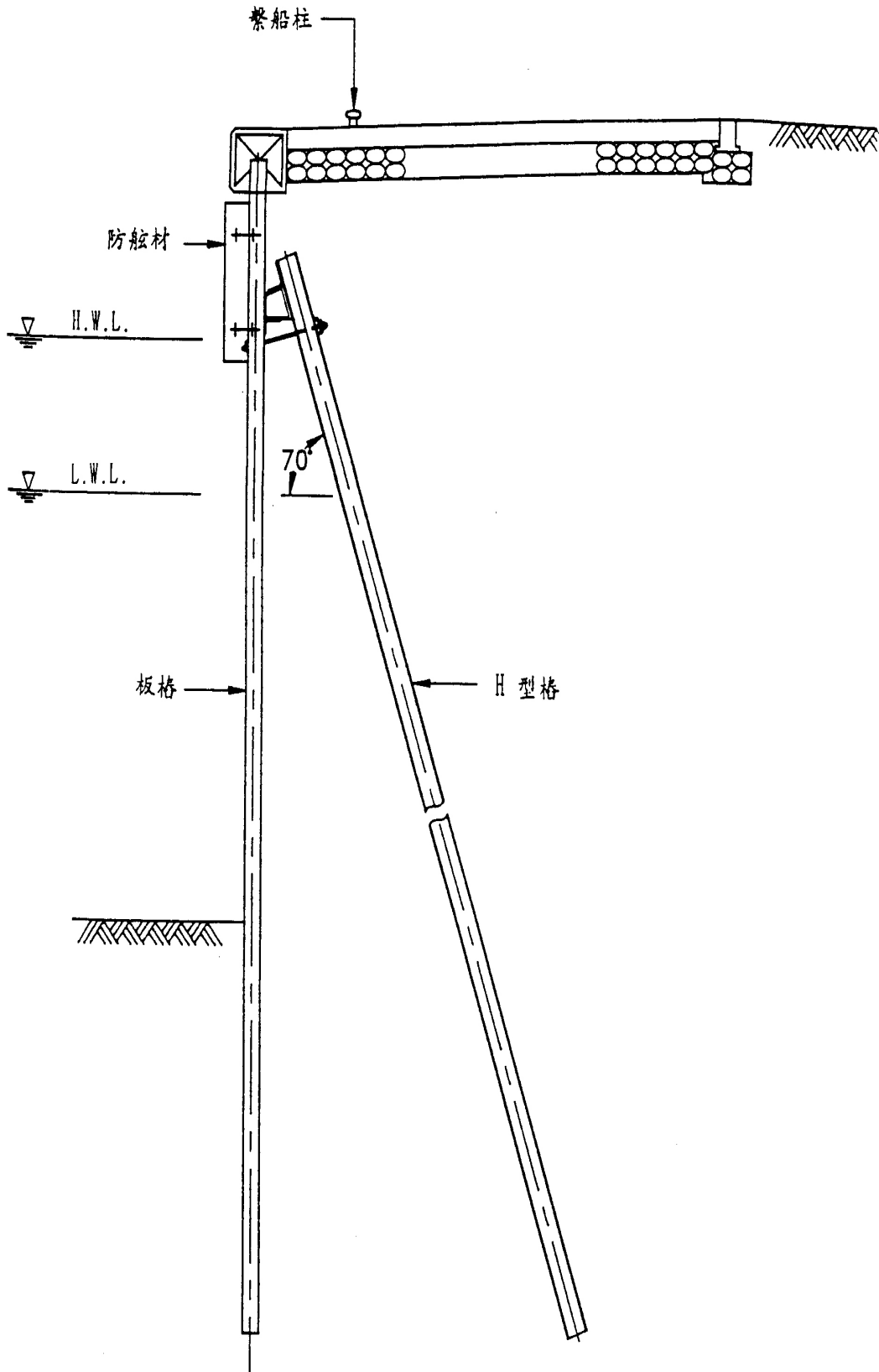


圖 3-1.8 斜樁錨碇式板樁碼頭斷面示意圖

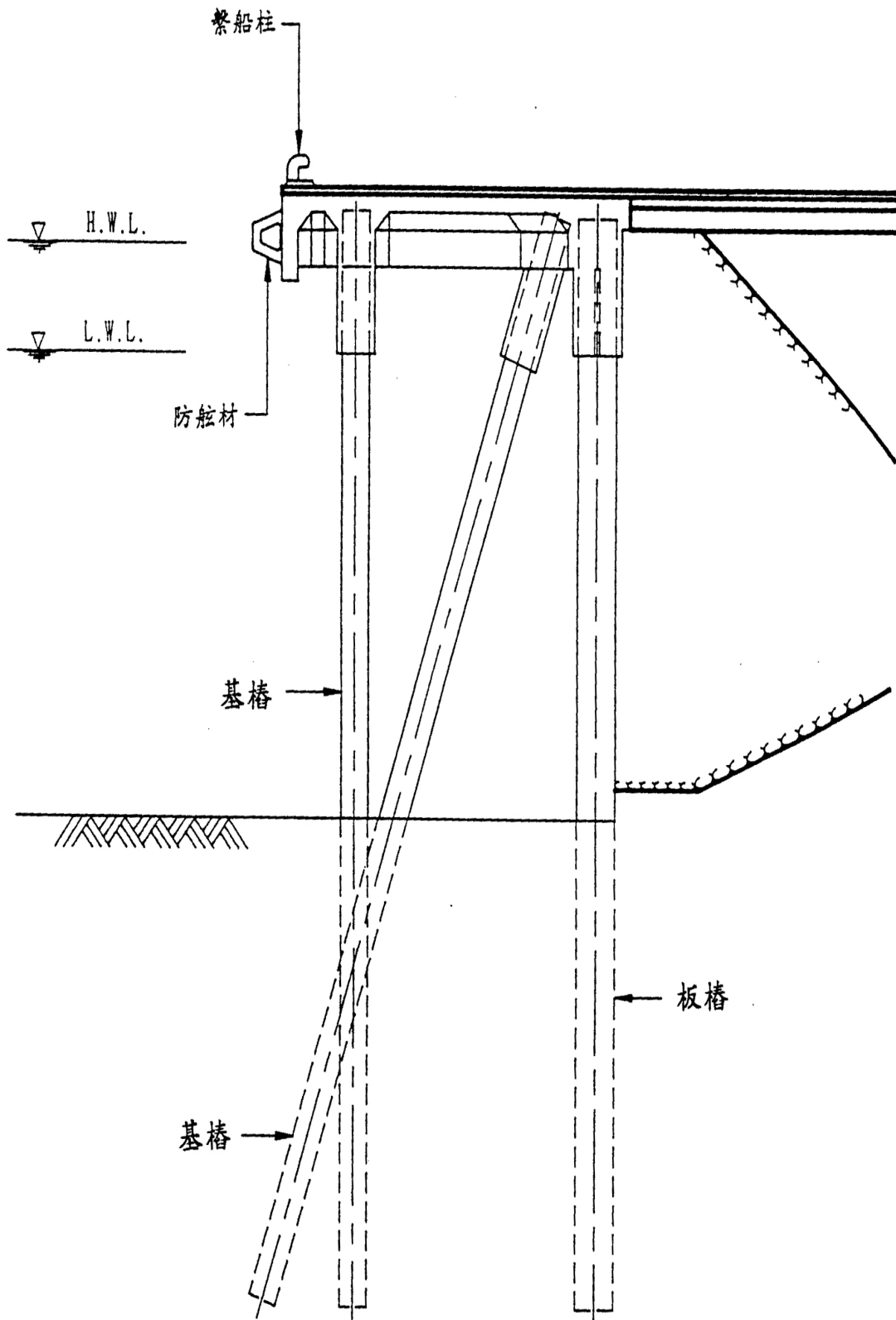


圖 3-1.9 前斜樁式板樁碼頭斷面示意圖

11.圓柱式或腳柱式棧橋碼頭

利用剛性較大之結構物作為上部結構之棧橋式碼頭，斷面例示意如圖 3-1.11。

12.橋墩式棧橋碼頭

水中部份採用墩座式，上部結構採用鋼構或預力樑方式之結構型式，斷面例示意如圖 3-1.12。

13.離岸式碼頭

為節省擋土結構或其他目的，將碼頭興建於離岸邊相當距離之一種碼頭形式，斷面例示意如圖 3-1.13。

14.繫、靠船台

為數個離岸設置之獨立結構物，各獨立之結構物則以連絡橋或以小船相通，斷面例示意如圖 3-1.14。

15.浮碼頭

利用浮箱作為碼頭之一種形式，斷面例示意如圖 3-1.15。

16.繫船浮筒

以浮筒於泊地繫碇之一種形式，斷面例示意如圖 3-1.16。

3.2 結構斷面型式選定應考慮事項

選定碼頭斷面型式時，應考慮各種結構型式之特性，且必須就下列各項條件作比較研究後決定之。

- 自然條件
- 使用條件
- 材料
- 施工條件
- 維護
- 工程費
- 工期
- 其他

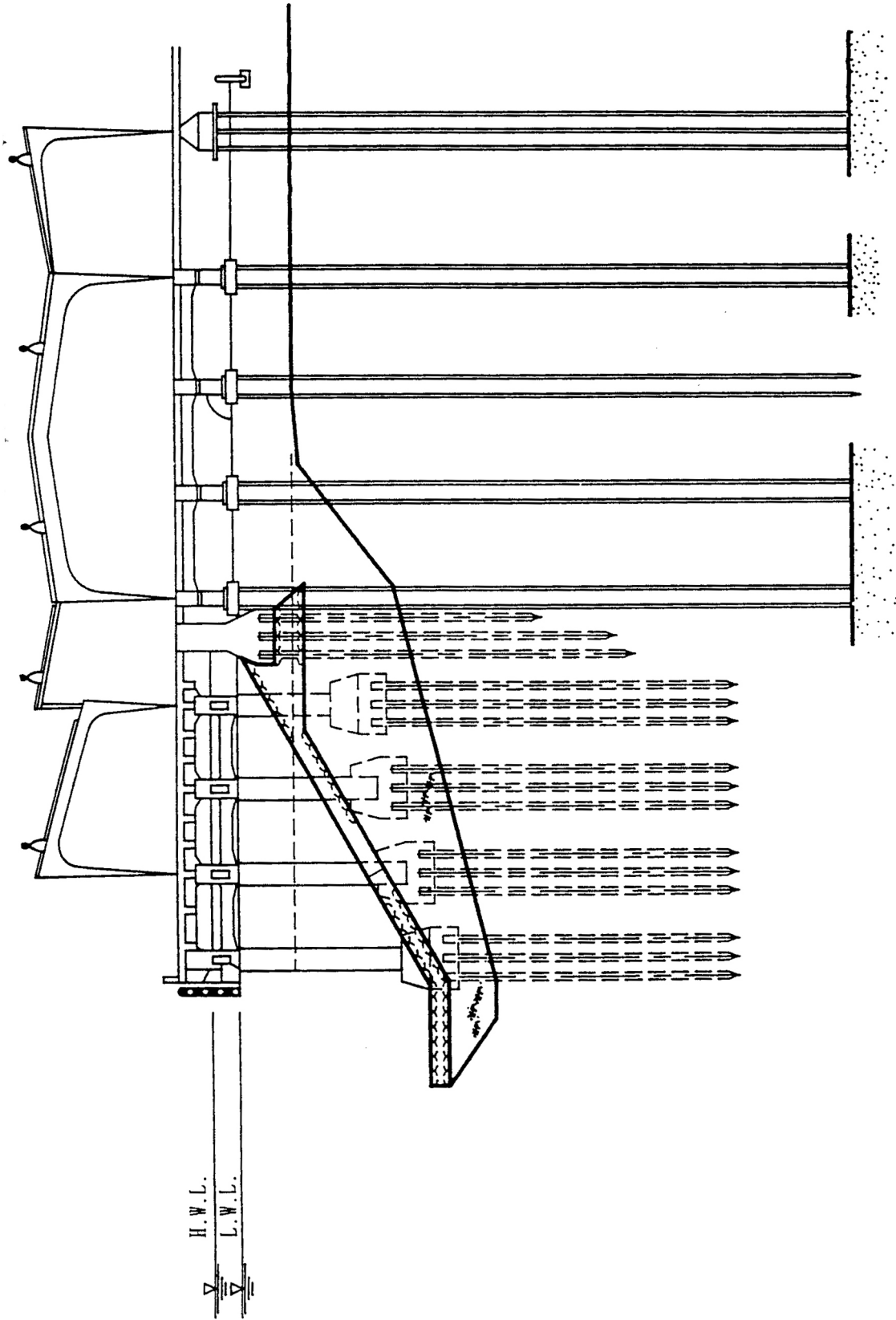
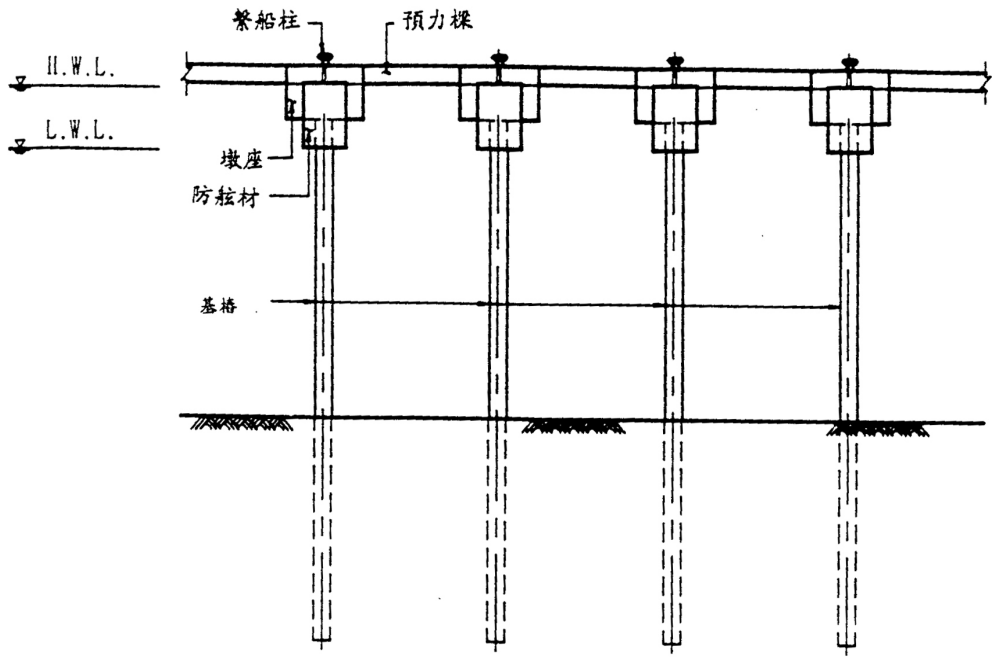
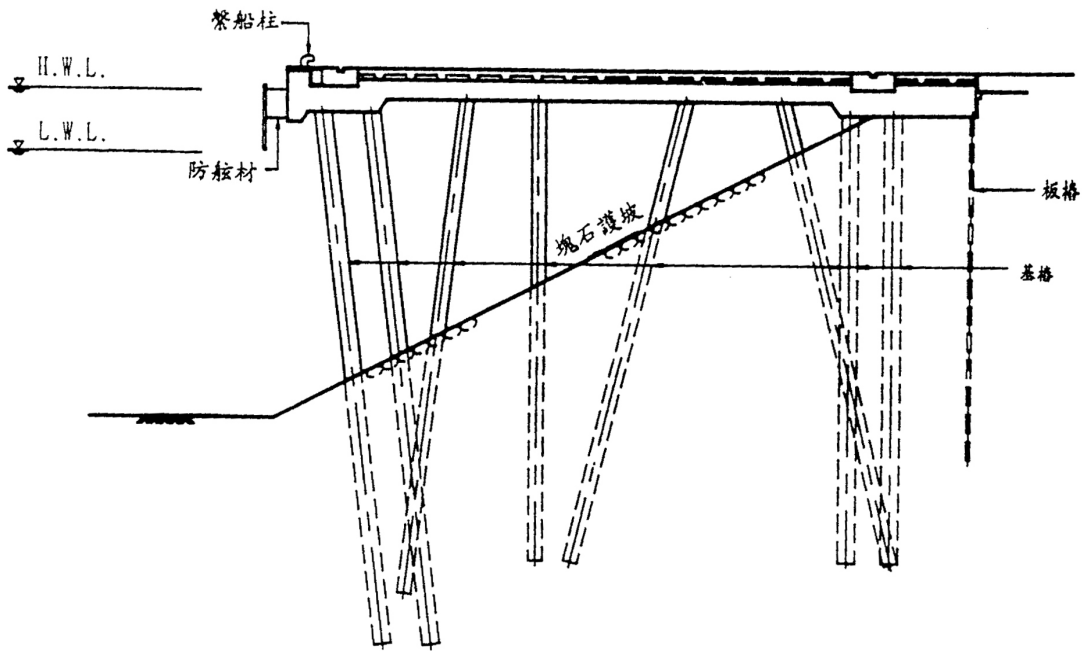


圖 3-1.11 圓柱式棧橋斷面示意圖



正視圖



斷面圖

圖 3-1.12 橋墩式棧橋斷面示意圖

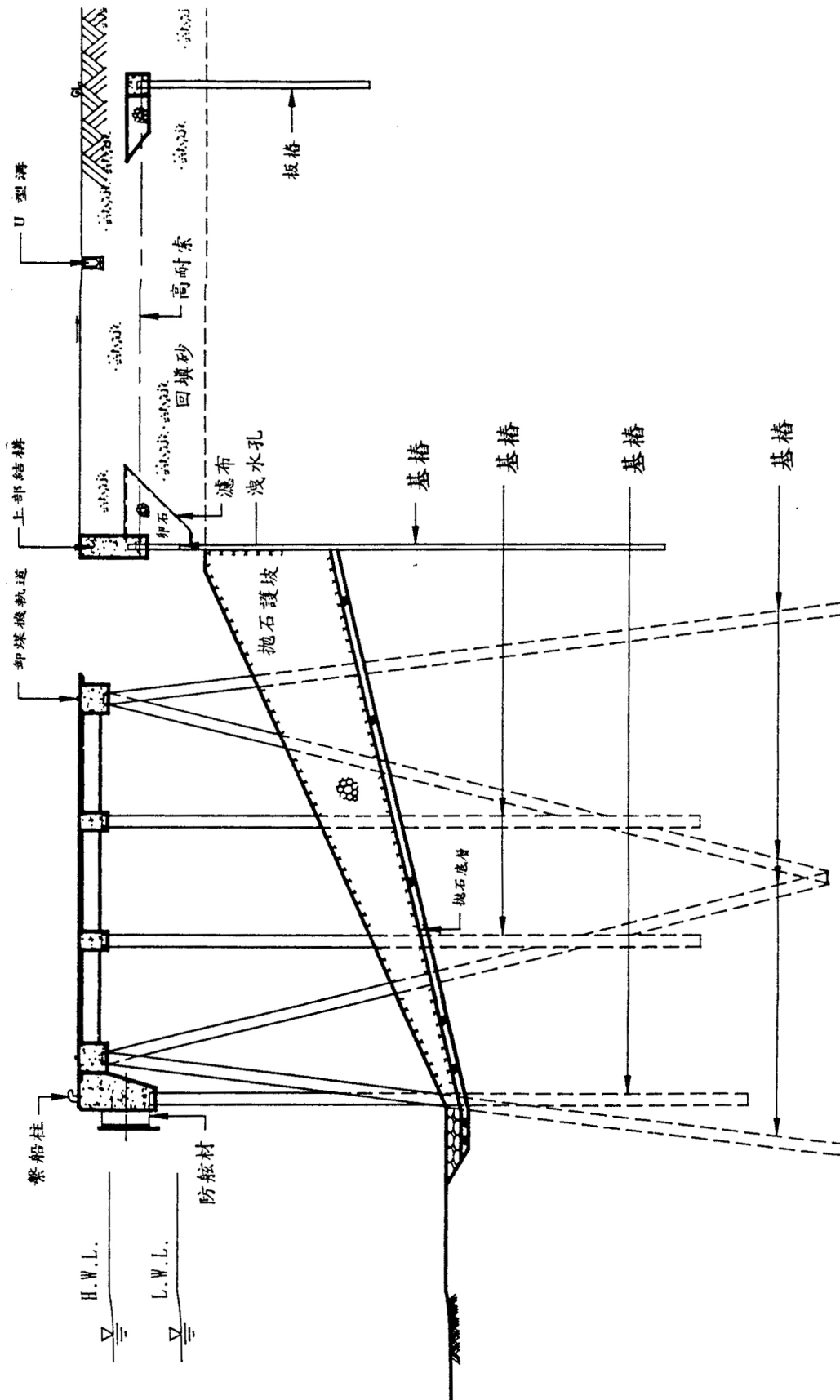
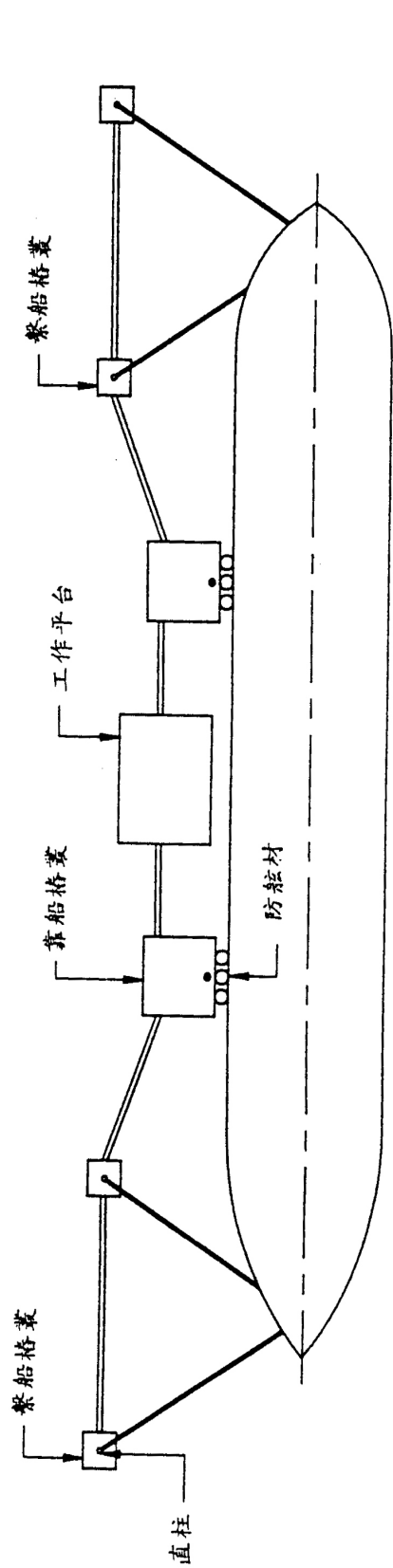
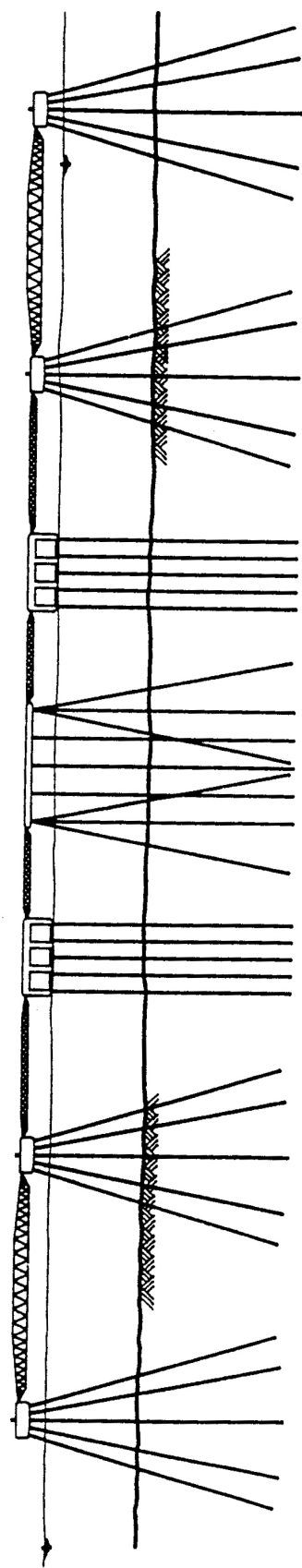


圖 3-1.13 離岸式碼頭斷面示意圖



平面圖



立面圖

圖 3-1.14 繫、靠船台斷面示意圖

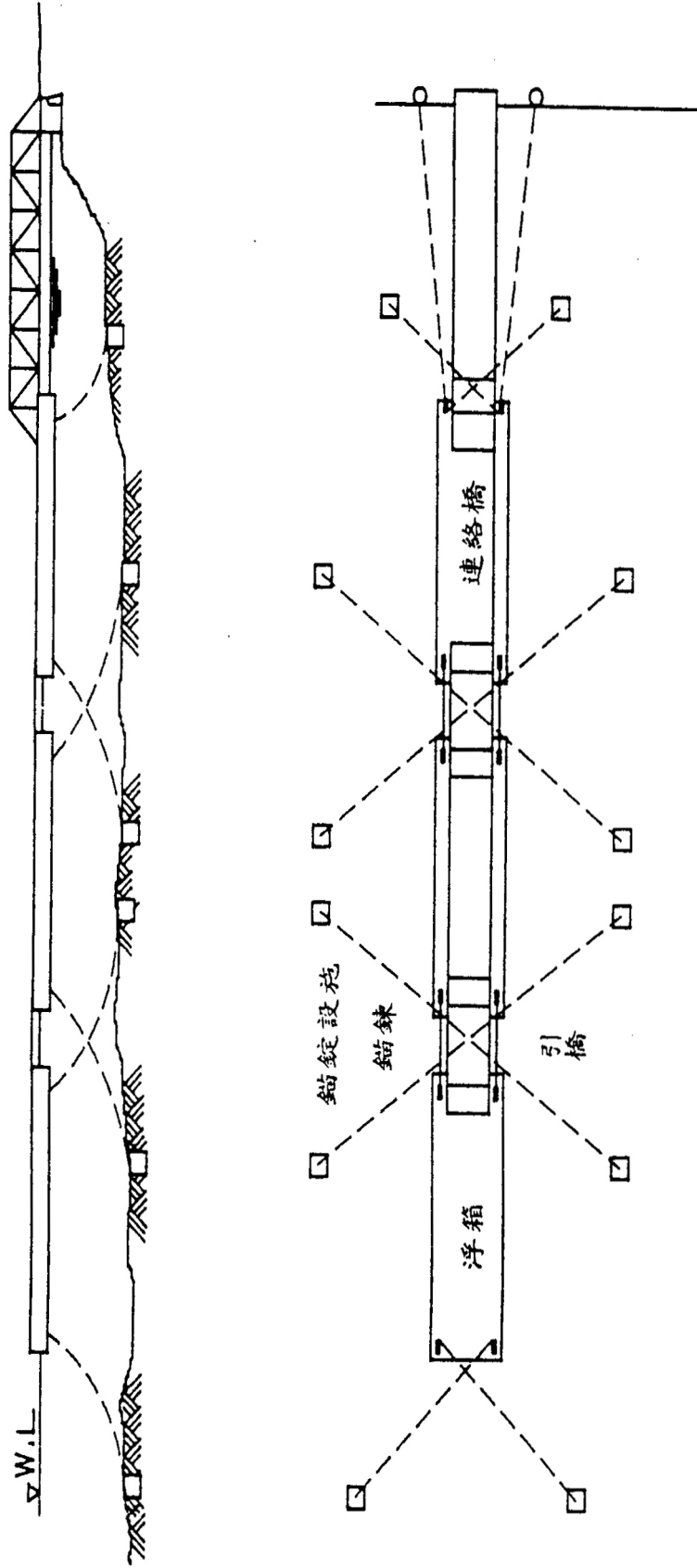


圖 3-1.15 浮碼頭斷面示意圖

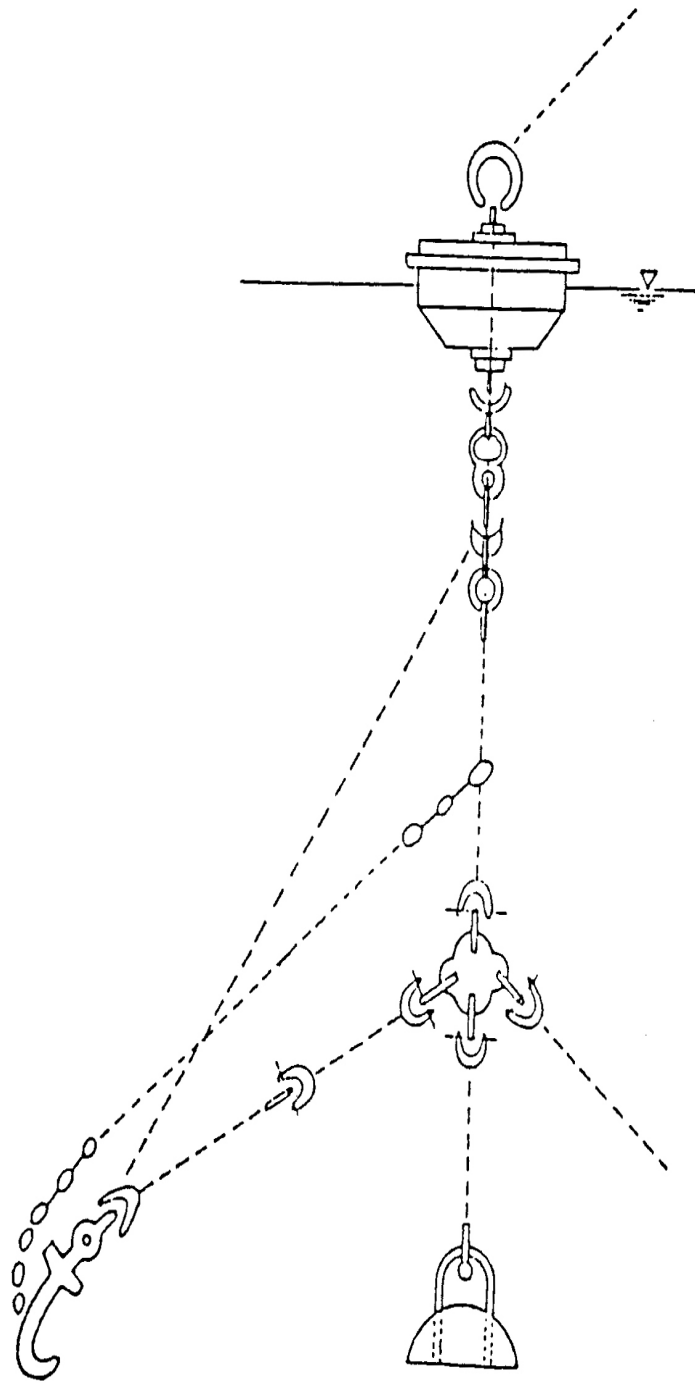


圖 3-1.16 繫船浮筒斷面示意圖

自然條件主要為土壤之力學性質、地震、波浪、港內盪漾、潮位、水流等。特別是土壤之力學性質，為選擇碼頭型式之主要決定因素。特別是於軟弱地盤上興建碼頭時，一般宜採用較輕之結構型式，必要時應依需要進行地盤改良。

使用條件係指碼頭使用上之限制，其受靠岸船舶種類、處理貨物種類及數量、裝卸形態、設計之防舷材反力、載重、碼頭之容許變位等所控制。

例如處理大量散貨時，若碼頭備有專用裝卸機械時，則可考量無須設置岸肩，而採用以吸收船舶衝擊力為主之繫靠船台式碼頭。碼頭設有起重設備軌道時，則宜採用變位較小之結構型式。

碼頭工程一般多為海上工程，施工將受到各種因素之限制，亦即除風雨、氣溫等影響外，波浪、潮汐、水流之影響亦甚巨，作業時間因而受限。施工時引致之海水污濁，往往亦形成環保問題，故於設計時亦須考量周圍的環境狀況。同時由於海中施工精度較差，及其確認亦較為困難，因此，施工方法宜充分檢討，同時施工設備亦影響結構型式之選擇，亦有檢討之必要。

綜合考慮以上各種條件，並檢討工期及工程費後，選定最適宜之斷面結構型式。

第四章 重力式碼頭

4.1 設計原則

重力式碼頭依其壁體型式，可概分為沉箱式碼頭、L型塊式碼頭、方塊式碼頭、空心方塊式碼頭及場鑄混凝土式碼頭等。本章所述設計法，適用上述各種重力式碼頭。

重力式碼頭設計流程，如圖 4-1.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.1。

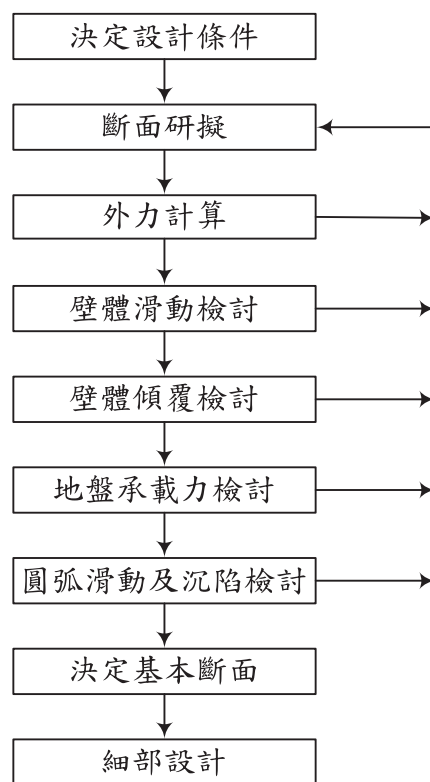


圖 4-1.1 重力式碼頭設計流程

4.2 作用於壁體之外力與載重

4.2.1 概要

作用於重力式碼頭壁體之外力與載重，須考慮下列各項：

- 上載載重

- 壁體自重
- 土壓力及殘留水壓力
- 浮力
- 地震力
- 船舶拉力
- 船舶衝擊力
- 地震時的動水壓

4.2.2 壁體定義

重力式碼頭之壁體如圖 4-2.1 所示，係指通過碼頭後趾垂直面海側之部份。

通常方塊間均設有凹凸榫，故有楔合作用，但在安定檢討時，不計其效果。方塊式碼頭每一水平層面均須作結構之安定檢討，其各層壁體之取法如下：

1. 滑動檢討時

如圖 4-2.2 所示，在擬檢討之平面上，將方塊後趾垂直面海側之部份視為壁體計算之。

2. 傾覆檢討時

在擬檢討之水平面上，置於海側之方塊，及其上方第一個方塊其後趾垂直面海側之部份視為壁體計算之。如圖 4-2.3 所示，於計算傾覆抵抗力矩時，不計方塊 B 及其上方背填土 A 之重量。

3. 基礎承載力檢討時

可採用同本節圖 4-2.1 所示之壁體範圍，檢討基礎承載力。為確保足夠之基礎承載力，最下層方塊應以採用單塊式方塊為佳。

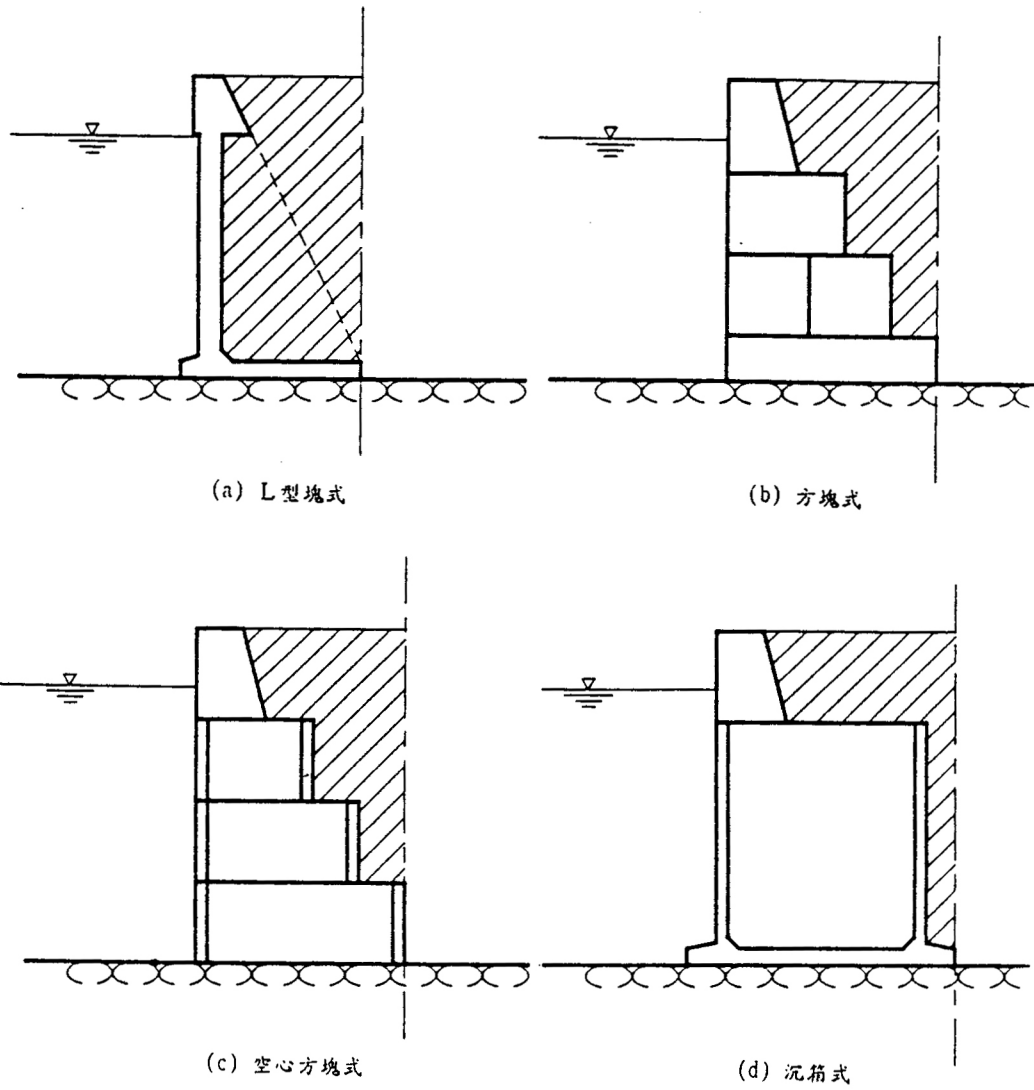


圖 4-2.1 重力式碼頭之壁體範圍示意圖

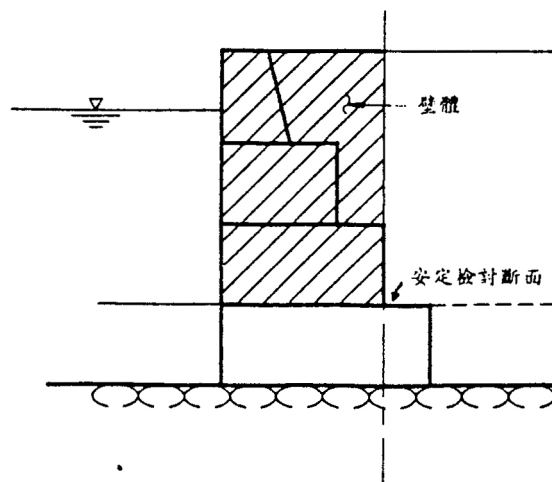


圖 4-2.2 方塊式碼頭滑動檢討時壁體範圍示意圖

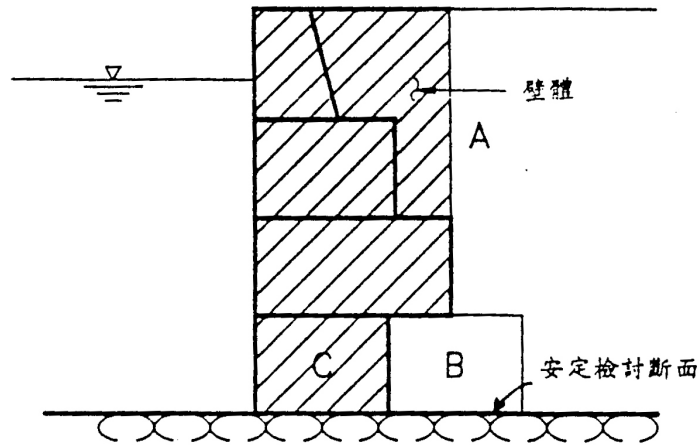


圖 4-2.3 方塊式碼頭傾覆檢討時壁體範圍示意圖

4.2.3 上載載重

作用於碼頭面之上載載重，依第二篇第十三章[載重]規則計算。

4.2.4 壁體自重

壁體自重，依第二篇第十三章 13.2 節[自重]規則計算。

4.2.5 土壓力及殘留水壓力

作用於壁體之土壓力及殘留水壓力，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算。

於計算殘留水壓時，殘留水位以朔望平均低潮位(L.W.L.)以上至朔望平均高潮位(H.W.L.)潮差之 1/3 為標準。上述殘留水位標準值(潮差之 1/3)係碼頭背填料透水性良好時之參考值，若背填料透水性不良或預測其透水性會降低時，則須採用較大之殘留水位。殘留水位於波浪波谷作用於碼頭壁面時增大，但於設計碼頭岸壁時，可不考量因波浪波谷作用而增加之殘留水位。

4.2.6 浮力

浮力計算範圍如圖 4-2.4 所示，以壁體在殘留水位下之部份計算。

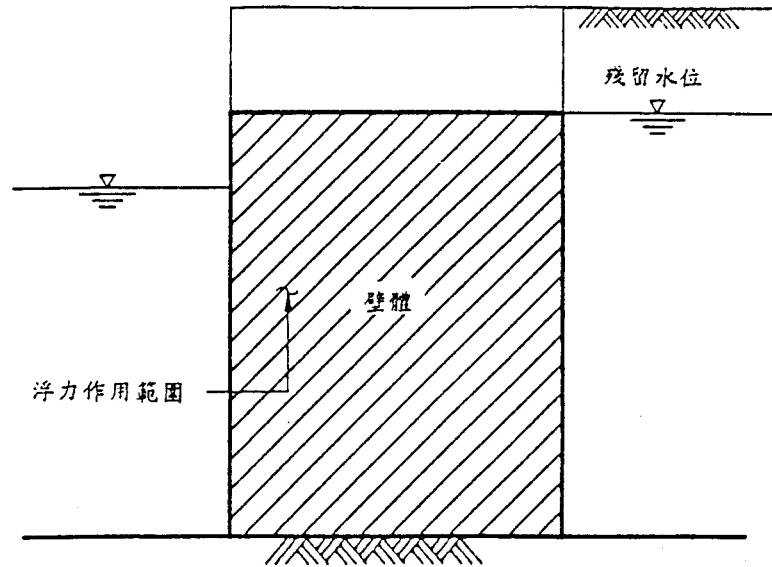


圖 4-2.4 重力式碼頭浮力作用範圍示意圖

4.2.7 地震力

地震力依第二篇第十章[耐震設計]規則計算。在機率上而言，與地震力同時發生可能性很小之外力與載重，如下列外力與載重，於進行地震安定計算時，可不予考量。

- 船舶之拉力
- 颱風時或裝卸狀態下裝卸機械之反力
- 群眾載重

4.2.8 船舶拉力

船舶作用於繫船柱之拉力依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

4.2.9 船舶衝擊力

船舶衝擊力一般均由上部結構之自重及背填土壓予以抵抗，故設計壁體結構時可不予考量，但在設計上部結構時，船舶之衝擊力則須加以考量。

船舶衝擊力依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

4.2.10 地震時的動水壓 <新增>

地震作用於船舶之動水壓力依第二篇第十章 10.7 節[地震時的動水壓]規則計算。

4.3 安定計算

4.3.1 概要

重力式碼頭之安定計算，應檢討下列各項：

- 壁體滑動
- 壁體傾覆
- 基礎承载力
- 圓弧滑動及沉陷

4.3.2 壁體滑動檢討

1. 概要

重力式碼頭之壁體滑動安定，須檢討常時及地震時之安定狀況，其須滿足下式：

$$S.F. \leq \frac{\mu \cdot W}{P} \quad (4-3.1)$$

式中，

S.F.：安全係數

μ ：壁體底面與基礎之摩擦係數

W：作用於壁體之垂直合力(kN/m)

P：作用於壁體之水平合力(kN/m)

2. 安全係數

重力式碼頭滑動安定之安全係數，常時以大於 1.2，地震時以大於 1.0 為標準。

3. 摩擦係數

壁體底面與基礎之摩擦係數，請參考第二篇第十四章[摩擦係數]。

空心方塊其壁體與基礎之摩擦係數，應分別考量空心方塊與內填料對基礎之摩擦係數。如內填料為石料時，為方便使用，摩擦係數可採用 0.7。

4. 垂直合力

作用於壁體之垂直合力包括壁體自重(必須扣減浮力)、土壓力之垂直方向分力等，但不包括上載載重。

為防止碼頭前基礎被沖刷，在碼頭前方為保護所拋放之護基方塊等，不計算其對壁體滑動之抵抗。

5. 水平合力

作用於壁體之水平合力包括下列三項：

- 承受上載載重時，作用於壁體後側土壓力之水平分力。
- 殘留水壓力。
- 地震時之安定計算除上述外力，須再加上作用於不扣除浮力壁體重量之地震力。此時土壓力為地震時土壓力之水平分力；此外碼頭上若有裝卸機具時，必須考慮裝卸機具所產生之水平力。

4.3.3 壁體傾覆檢討

1. 概要

重力式碼頭之壁體傾覆安定，須檢討常時及地震時之安定狀況，其須滿足下式：

$$S.F. \leq \frac{W \cdot \bar{x}}{P \cdot \bar{y}} \quad (4-3.2)$$

式中，

S.F.：安全係數

W：作用於壁體之垂直合力(kN/m)

P：作用於壁體之水平合力(kN/m)

\bar{x} ：垂直合力作用力臂(m)

\bar{y} ：水平合力作用力臂(m)

2. 安全係數

重力式碼頭傾覆安定之安全係數，常時以大於 1.2，地震時以大於 1.1 為標準。

4.3.4 基礎承載力檢討

1. 概要

重力式碼頭之壁體，依其結構型式為淺基礎或樁基礎，檢討其基礎承載力。

重力式碼頭因壁體為易於發生沉陷或傾斜之結構，故其基礎設計須滿足碼頭不致因壁體之沉陷或傾斜，而影響其功能。

2. 淺基礎承載力

以淺基礎檢討時，作用於壁體底面之力係為垂直載重與水平載重之合力，依第五篇第二章 2.5 節[承受偏心載重及傾斜載重承載力]規則檢討。

計算壁體底面反力時，須假設壁體不承受與承受上載載重兩種狀況，分別檢討基礎承載力。

壁體拋石基礎厚度，依基礎承載力、壁體安放所須之整平精度等因素而定。其最小厚度以下列之值為準。

船席水深小於 4.5m 之碼頭，拋石基礎厚度為 0.5m 以上，且須為拋石直徑的 3 倍以上。

船席水深大於 4.5m 之碼頭，拋石基礎厚度為 1.0m 以上，且須為拋石直徑的 3 倍以上。

3. 樁基礎承載力

採用樁基礎之結構型式時，依第五篇第四章 [樁基礎承載力] 規則檢討基礎承載力。

在易於沉陷之地層採用樁作為基礎支撐時，若壁體底部直接與樁接觸時，壁體底部與樁頂易產生間隙而不穩定，且背填料易於流出，故樁頂宜以拋石覆蓋，再安置碼頭壁體，但於計算樁的承載力時，則可視為壁體底板直接安置於樁頂。

4.3.5 軟弱基礎之檢討

1. 概要

設計重力式碼頭時，若基礎地盤軟弱時，須檢討下列事項：

- 圓弧滑動檢討
- 基礎地盤沉陷量

2. 圓弧滑動檢討

拋石基礎厚度不厚，且拋石基礎地盤軟弱時，應依第五篇第六章 [斜面之安定] 規則進行圓弧滑動檢討。

3. 沉陷量計算

基礎沉陷乃因增加載重而發生，故應進行地質調查，並依第五篇第五章 [基礎沉陷] 規則估算基礎地盤沉陷量，並據此提高碼頭拋石基礎高度，或調整碼頭面之高程，以達預定設計高程。另因不均勻沉陷，易導致接縫、上部結構、碼頭鋪面等之破壞，於設計時應予注意。

4.4 背填石料之土壓減輕效果

4.4.1 概要

重力式碼頭若採用良質之石塊、碎石或礫石作為背填料時，可減小作用於碼頭壁體之土壓強度。

4.4.2 背填石料設置目的

重力式碼頭壁體後側設計背填石料，其目的如下：

- 因內摩擦角之增加，減小作用於壁體之土壓力。
- 因透水性之增大，減小作用於壁體之殘留水壓。
- 防止碼頭後側背填土砂之流失。

4.4.3 背填石料之形狀及其土壓減輕效果

1. 背填石料形狀為三角形時

如圖 4-4.1(a)所示，由通過壁體底面後趾之垂直線與地表面之交點，其後側背填形狀設計為與背填料之安息角 α 相等角度之三角形時，可視為壁體後側全部為背填石料計算土壓。

2. 背填石料形狀為長方形時

三角形之背填角度較背填料之安息角為陡時，或採用其他異形之背填形狀時，應換算為等面積長方形，依下法計算背填料土壓減輕效果。

如圖 4-4.1(b)所示，長方形背填石料之效果，可視為如下：

- (1)長方形之寬 b 大於壁體高度時，可視為與圖 4-4.1(a)三角形效果相同。
- (2)長方形之寬 b 等於壁體高度 $1/2$ 時，則受背填石料與回填土砂之平均土壓。
- (3)長方形之寬 b 小於壁體高度 $1/5$ 時，則無減少土壓之效果。

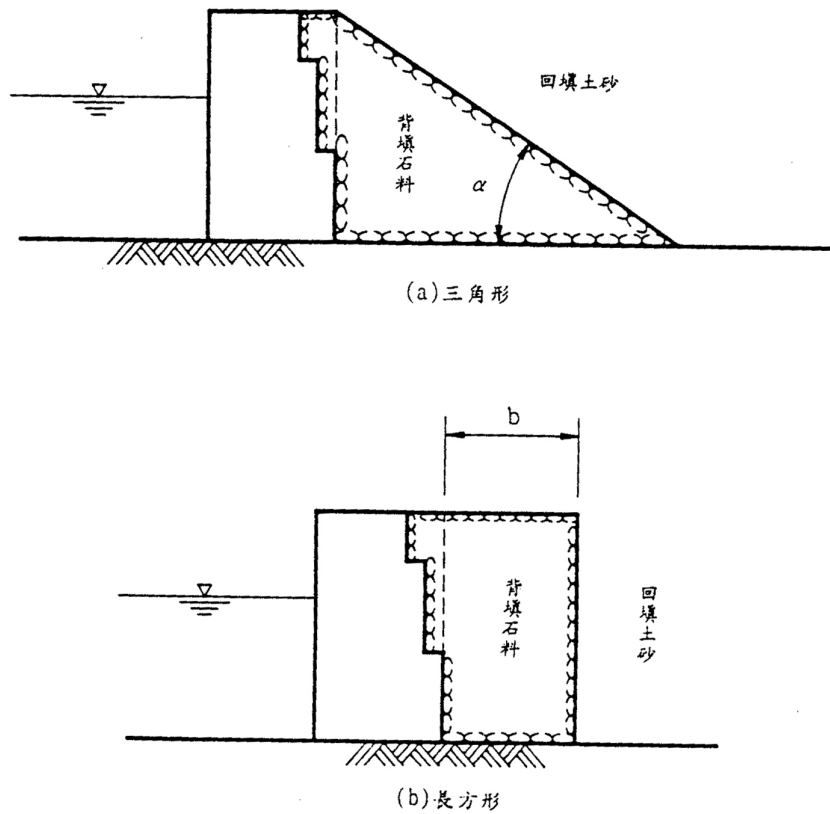


圖 4-4.1 重力式碼頭背填石料形狀示意圖

4.5 細部設計

4.5.1 概要

重力式碼頭之細部設計，主要為下列各項：

- 壁體
- 背填
- 防止漏沙設施
- 壁體接合部之形狀及尺寸
- 上部結構
- 附屬設施
- 其他

4.5.2 壁體

壁體為構成重力式碼頭之主要部份，故須有充分之強度，以抵抗外力作用，壁體除可採用場鑄混凝土外，一般設計均採用預鑄混凝土，如方塊、沉箱、L型方塊…等。

壁體採沉箱或空心方塊時，其封頂混凝土之厚度以 20cm 為標準。但若於施工期須承受波浪作用時，封頂混凝土厚度，以大於 30cm 為原則，碼頭前示性波高大於 2m 時，以大於 50cm 為原則。

4.5.3 背填及防止漏砂設施

重力式碼頭若採用良質之石塊、碎石或礫石作為背填石料時，可減小作用於碼頭壁體之土壓強度。背填石料宜採用形狀相互配合之級配石料以增加其效果，易於風化之石料則不可作為背填石料。

因殘留水位之高低變化，背填土砂會逐漸流入背填石料空隙中，致使碼頭面之基礎下陷，且降低背填石料減小土壓之效果，故在背填石料與背填土砂之間須加填濾料或鋪設地工織布，以阻止回填土砂進入背填石料中。

重力式碼頭在接縫處及基礎拋石之上，必要時須加鋪地工織布，或採其他適當措施，以防止背填土砂由方塊之接縫或基礎拋石的孔隙間漏出。

4.5.4 壁體接合部之形狀及尺寸

為增加壁體互相接合之整體性及防止壁體滑動，壁體頂面與底面通常作成凹凸形楔樁，其設計請參考本章 4.9 節之內容。為防止壁體滑動，亦可預將壁體預留孔洞，俟壁體疊成後，填充混凝土，或插入鋼筋或舊鋼軌後灌入混凝土，如開孔太小效果不大，孔太大則破壞壁體之結構。另為防止壁體之滑動亦可採用異型方塊。

4.5.5 上部結構

於設計上部結構時，應考量各種附屬設施之安裝，必要時應預埋安裝附屬設施之基座。

於進行上部結構設計時，須考慮作用於繫船柱、防舷材等之作用力。於進行結構安定檢討時，船舶之拉力及衝擊力可視為異常狀況處理。

於進行繫船柱安裝處上部結構之安定檢討時，僅考慮可視為一整體之上部範圍之重量。於考慮範圍之上部重量不能維持安定時，須以補強鋼筋加強，該部份鋼筋須與主體結構的鋼筋相互連接，使作用於上部結構之力可傳遞至本體結構。

於進行防舷材安裝處上部結構之安定檢討時，僅考慮可視為一整體之上部範圍之重量。

於上部結構與本體結構以鋼筋連結處安裝防舷材時，由於不可預期有足夠之位移以產生被動土壓抵抗船舶衝擊力，故於設計時應考慮船舶衝擊力全部由連結鋼筋予以抵抗。

於進行上部結構斷面設計時，如圖 4-5.1(a)所示，可假設作用於上部結構之船舶衝擊力，於作用寬度 b 之範圍內為線性分佈，其作用則如圖 4-5.1(b)所示。於垂直方向，可視上部結構為懸臂梁予以檢討；於水平方向，可視上部結構為連續梁或簡支梁予以檢討。

4.5.6 附屬設施

重力式碼頭附屬設施主要為下列各項，附屬設施依本篇第十一章[附屬設施]規則設計。

- 防舷材
- 繫船柱
- 輪擋
- 給、排水設施
- 階梯、爬梯等
- 其他

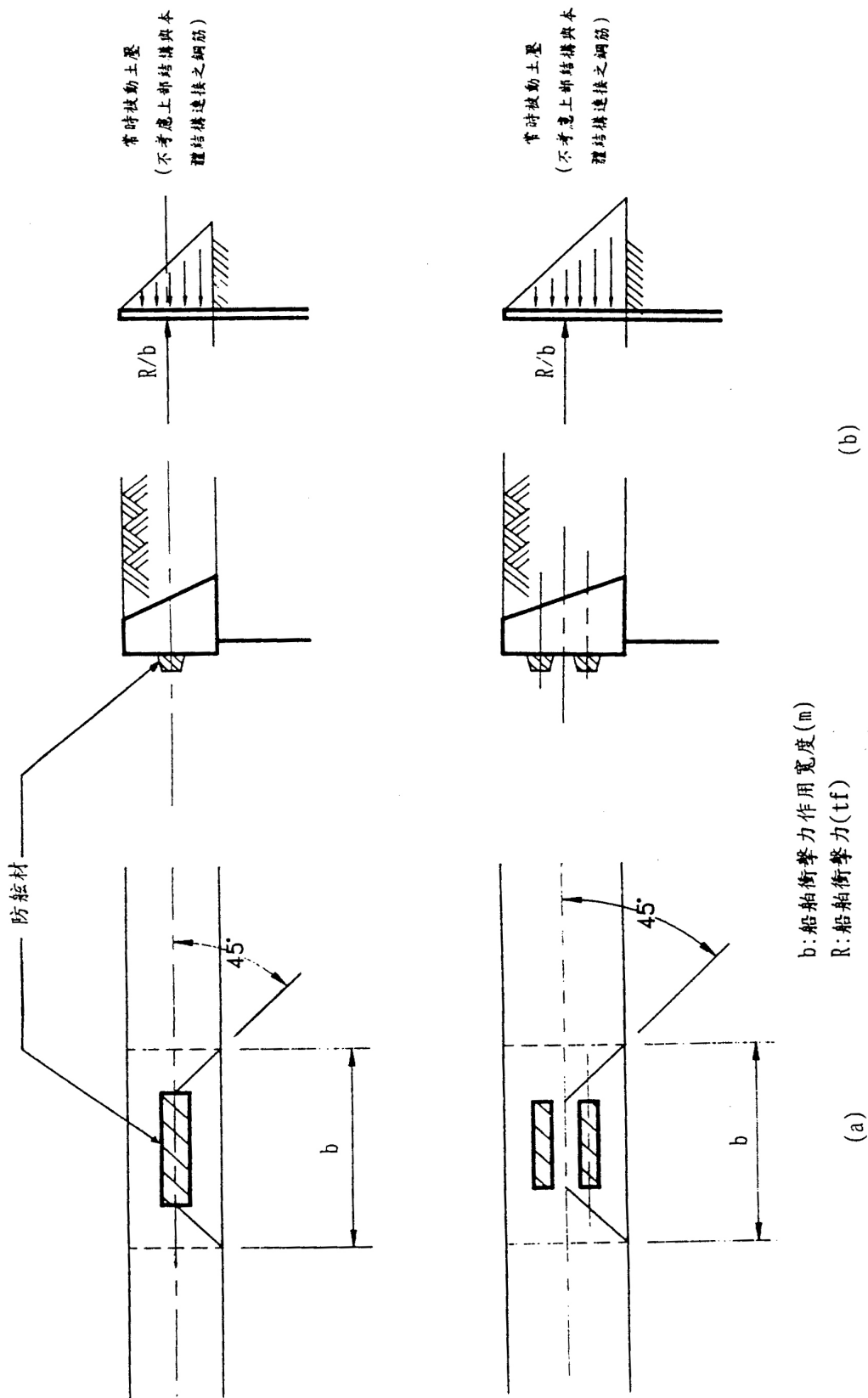


圖 4-5.1 作用於上部結構之船舶衝擊力

第五章 板樁式碼頭

5.1 設計原則

5.1.1 板樁的設計法 <修訂>

1. 古典土壓力理論

- 自由端點法 (Free earth support)
- 固定端點法 (Fixed earth support)

2. 入土部分視為彈性支撐設計法

- P.W.Rowe 法

5.1.2 各設計法概要

1. 自由端點法 (Free earth support)

此方式是將板樁的樁趾視為自由端。亦即為將入土部下端的彎矩假設為零的解法。作用在板樁的土壓及彎矩，一般多將之假設為如圖 5-1.1。

入土長度是作用在拉桿設置點的主動土壓及被動土壓與彎矩取得平衡後求得。拉桿的張力是依主動土壓及被動土壓的差求出。

2. 固定端點法 (Fixed earth support)

此方式是假設板樁樁趾視為固定端。意即在海底面下的某深度處有一板樁的撓曲線的反曲點，假設反曲點及板樁下端之間為負彎矩。又一般將作用在板樁下端的被動土壓假設為集中力。作用在板樁的土壓及彎矩如圖 5-1.2 所示。

固定端點法的解法中，最普及性的解法為撓曲線法。撓曲線法為，假設一入土長度，且以入土部下端的撓曲線與垂直線的接點描出撓曲線，並不斷地調整入土長度至拉桿設置點的撓曲=0 為止，再求出此時作用於板樁之力量。

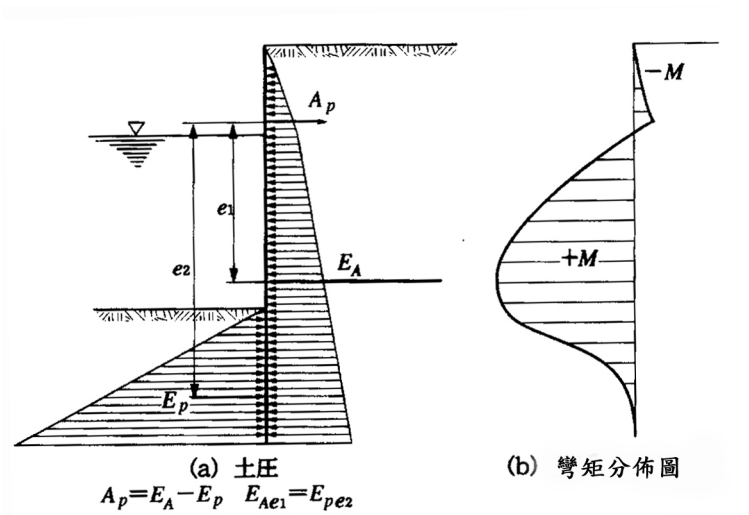


圖 5-1.1 自由端點法

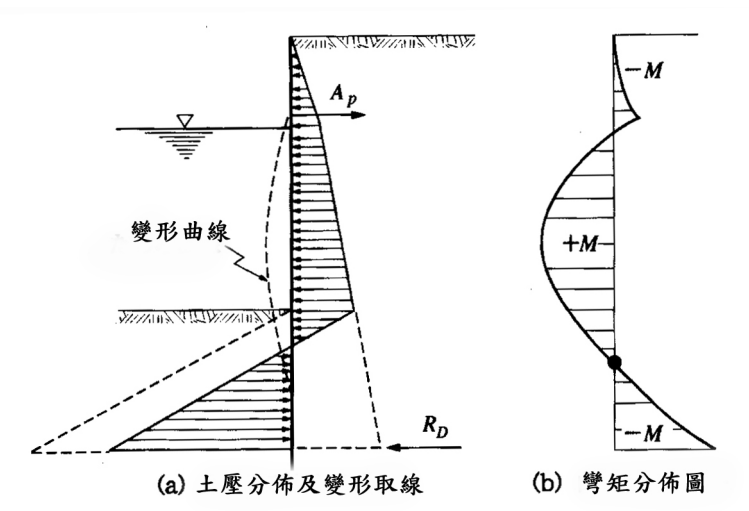


圖 5-1.2 固定端點法

3. P.W.Rowe 法

Rowe 的方法為，板樁入土部分的被動土壓不依據古典土壓理論，而是當作板樁的橫向變位及依海底面起與深度成比例的地盤反作用力，將板樁視為彈性結構，來求出解答。此計算方式雖複雜，但一般認為以此方式計算出的結果，與實驗較吻合。

石黑為使此計算更為簡便，將在砂質土地盤的入土部，上端設為非固定端（拉桿材的設置點＝鉸接點），下端設為非受限制端，整理出在計算上所需之各係數的計算圖表。

5.1.3 地盤液化及動態分析

假設地盤發生液化時，原則上則應採取液化因應對策。但因現場條件，無法採取液化對策時，及必須檢核地震時的變形時，另進行動態分析較為適當。

本章所述設計法，適用打設於砂質地層或硬粘土地層，具錨錠設施之鋼板樁碼頭。

鋼筋混凝土板樁碼頭，除板樁設計一般採固定端點法(Fixed Earth Support)外，其他可參考本章所述鋼板樁碼頭設計法。

於軟弱地盤設計具錨錠設施之板樁碼頭，須依本章第 5.8 節[軟弱地盤上板樁式碼頭之設計]，及本章第 5.9[圓弧滑動檢討]規則設計。

板樁式碼頭設計流程，如圖 5-1.3 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.2。

5.2 作用於板樁之外力

5.2.1 概要

作用於板樁碼頭之外力，須考慮下列各項：

- 土壓力：板樁岸側之主動土壓力、板樁入土部份海側之被動土壓力
- 殘留水壓力
- 船舶拉力
- 船舶衝擊力
- 地震時的動水壓

5.2.2 土壓力及殘留水壓力

作用於板樁之土壓力及殘留水壓力，如圖 5-2.1 所示，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算。

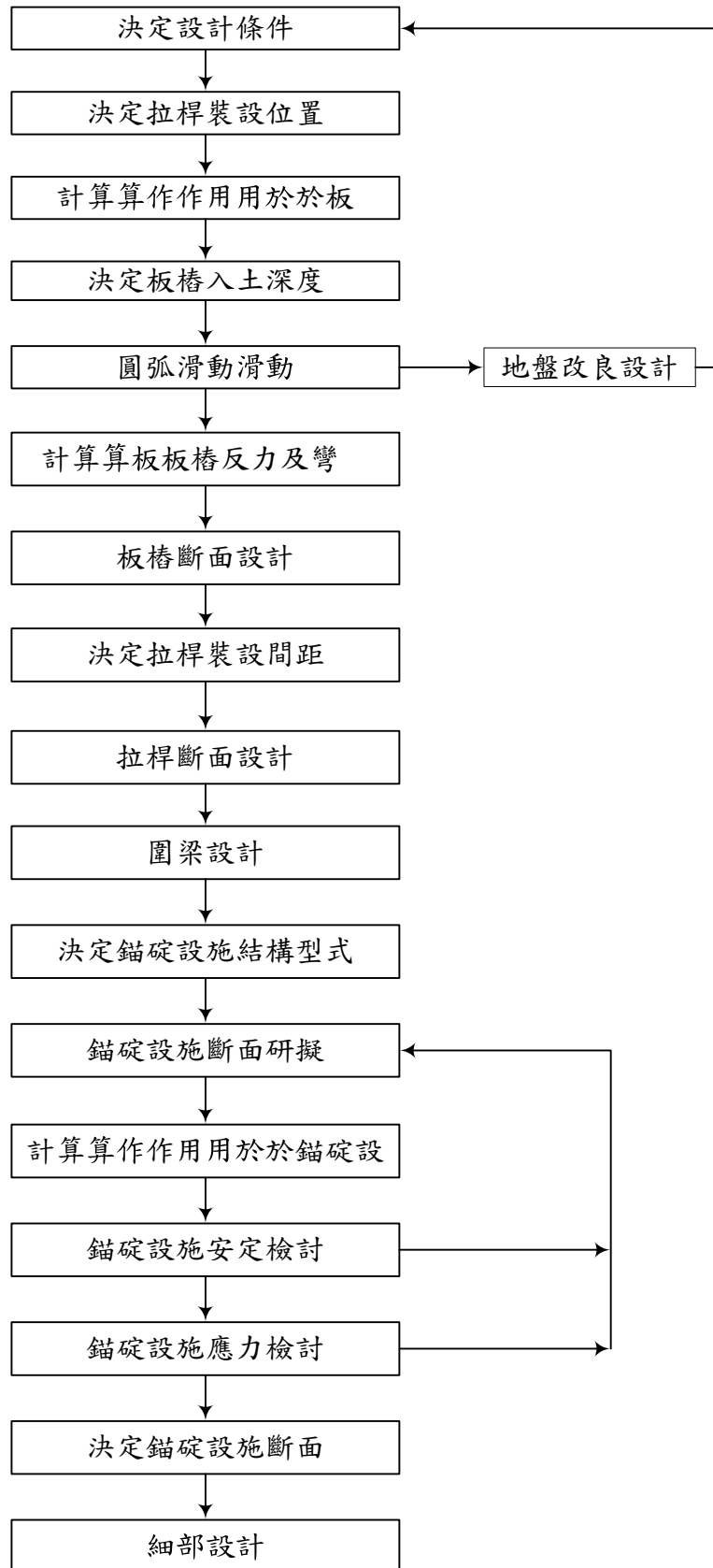
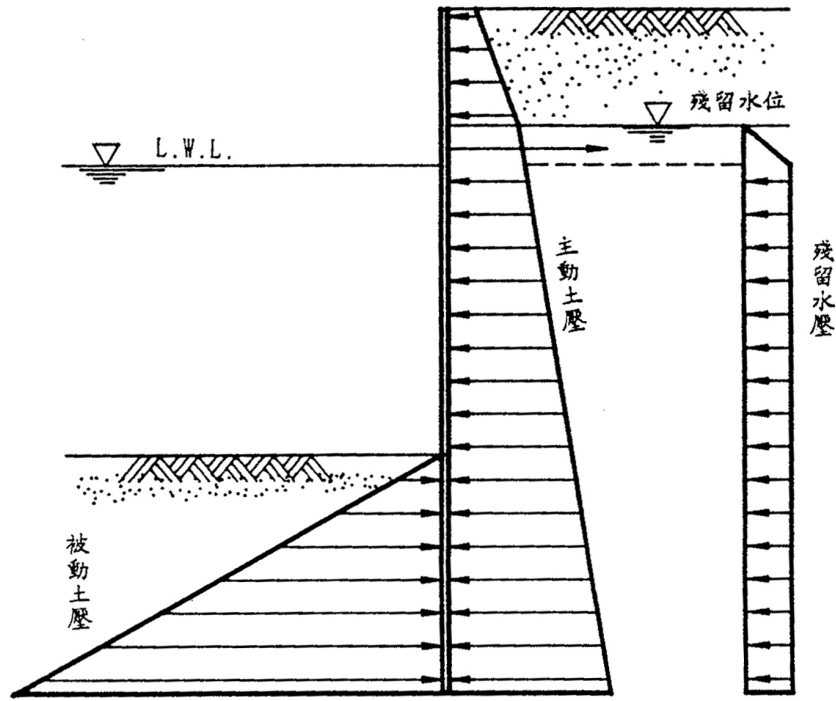
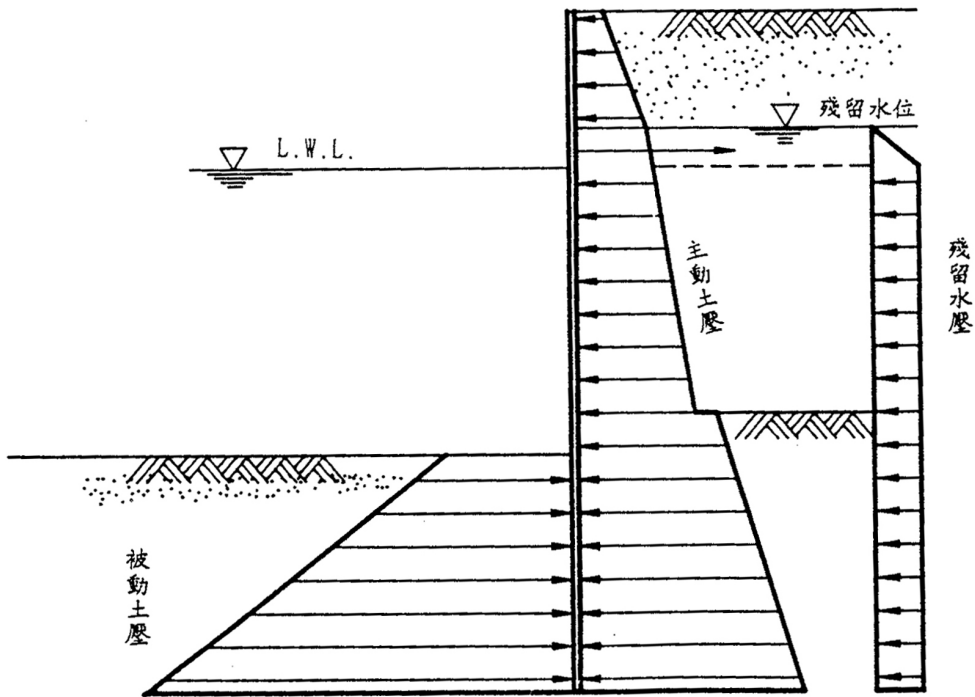


圖 5-1.3 板樁式碼頭設計流程



(a) 砂質地盤



(b) 硬粘土地盤

圖 5-2.1 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力

於計算殘留水壓時，殘留水位依地盤土質及板樁接縫情形等而異，於鋼板樁碼頭殘留水位，以朔望平均低潮位(L.W.L.)以上至朔望平均高潮位(H.W.L.)潮差之 2/3 為標準，或參考同一港區類似結構物之殘留水位。然打設於粘土層之鋼板樁，其殘留水位可能高達與 H.W.L.相同，須特別加以留意。

而實際情況之土壓會隨壁體的變位而變化，作用在板樁壁的土壓會因施工方式（打設板樁後，再回填土方，或打設板樁後，浚挖板樁的前方土方）、拉桿設置點的板樁的橫向變位、板樁的入土長度、板樁的剛性及海底地盤的性質等變化，故並不一定會如圖 5-2.1 分佈。

採用 Rowe 的方式來計算板樁的穩定性時，假想土壓及殘留水壓如圖 5-2.2，並假想在板樁前方，產生對應於地盤反作用力係數的反作用土壓及靜止土壓。

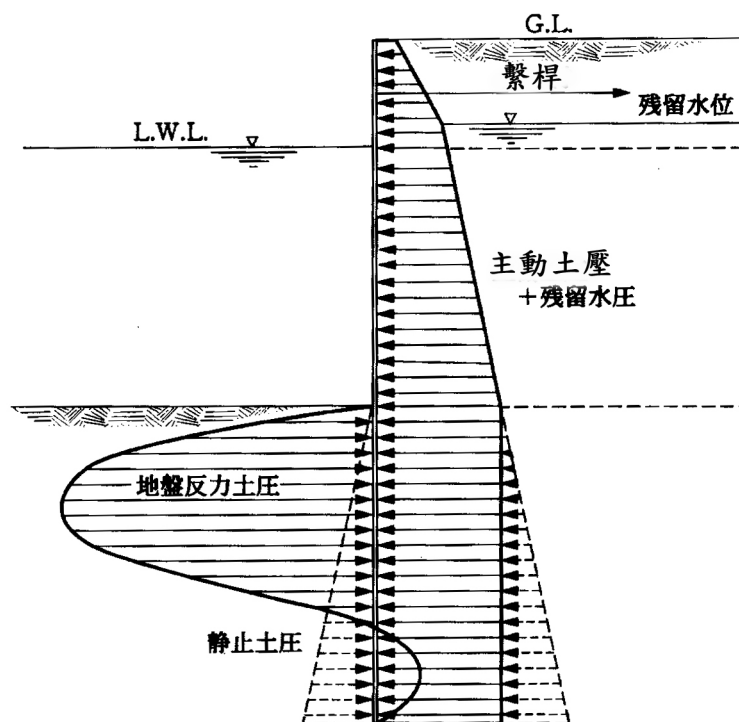


圖 5-2.2 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力

碼頭上設置裝卸機械時，須考慮裝卸機械本身重量及裝載載重所產生之土壓力。

於砂質地盤，計算作用於板樁土壓力所用之壁面摩擦角，一般於主動土壓採用 15° ，被動土壓則採用 -15° 。

於計算被動土壓時，所採用之海底面，即船席設計水深，須考量因超挖或船舶推進器之作用等因素，形成船席設計水深較計畫水深為深之狀況。船席設計水深詳本篇第二章 2.4 節[設計水深]所述。

5.2.3 船舶拉力

繫船柱基礎如單獨設置時，則板樁不必考慮船舶拉力。如將繫船柱設置於板樁碼頭之上部結構時，須於設計上部結構、拉桿及圍梁中加以考慮。

船舶作用於繫船柱之拉力依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

5.2.4 船舶衝擊力

船舶衝擊力，一般於設計上部結構時考量。

船舶之衝擊力依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

5.2.5 地震時的動水壓 <新增>

地震作用於船舶之動水壓力依第二篇第十章 10.7 節[地震時的動水壓]規則計算。

5.3 板樁設計

5.3.1 概要

板樁斷面，應依計算外力所造成之最大彎矩，求得板樁所受應

力應小於材料之容許應力。

拉桿裝設位置，應考量工程費及施工難易等而定。

5.3.2 拉桿裝設位置

作用於板樁之彎矩，有隨拉桿裝設位置降低而減小之趨勢，因之板樁斷面可減小，入土長度亦可縮短。相對地作用於拉桿之拉力將會增大，因此須加大拉桿斷面與錨錠設施。於決定拉桿裝設位置時應考量此等因素。

如施工前之地面甚高，若將拉桿裝設位置降低時，將增加挖土及回填之費用及工期，於決定拉桿裝設位置時，亦應考量此因素。

拉桿及圍樑裝設方法，於水中作業較為困難，故拉桿裝設位置，建議在 L.W.L.(朔望平均低潮位)以上至 H.W.L.(朔望平均高潮位)潮差之 2/3 內裝設為宜。

5.3.3 板樁入土長度

1. 概要

板樁入土長度，須滿足下式：

$$S.F. \leq \frac{M_p}{M_a} \quad (5-3.1)$$

式中，

S.F.：安全係數

M_p ：被動土壓力對拉桿裝設點之力矩(kN-m/m)

M_a ：主動土壓力與殘留水壓力對拉桿裝設點之力矩
(kN-m/m)

2. 板樁入土長度計算方法

板樁入土長度，可依下述試算法決定之，即拉桿位置決定後，先假設一板樁入土長度，依本章 5.2.2 節[土壓力及殘留水壓力] 規則計算主動土壓力、被動土壓力及殘留水壓力，再計算被

動土壓力對拉桿裝設點之力矩 M_p ，及主動土壓力與殘留水壓力對拉桿裝設點之力矩 M_a ，並依(5-3.1)式計算安全係數，如計算之安全係數過高或不足，重新假設一板樁入土長度，依上述步驟再次檢討其安全係數，直至滿足為止。

3. 安全係數

板樁入土長度之安全係數如下：

- 砂質土常時以大於 1.5，地震時以大於 1.2 為準。
- 粘性土常時及地震時均以大於 1.2 為準。

4. 軟弱地盤檢討

板樁打設於粘性土壤時，板樁入土長度除滿足(5-3.1)式外，尚須滿足下式。如因海底地盤軟弱，不能滿足下式時，須採適當方法改良地盤，或改用其他結構型式。

$$4c > W + \sum(\gamma_i \cdot h_i) + \gamma_w \cdot h_w \quad (5-3.2)$$

式中，

c ：板樁入土部份土壤凝聚力(kN/m^2)

W ：上載載重(kN/m^2)

γ_i ：自地表至海底面第 i 層土壤之單位體積重量，殘留水位以下採水中單位體積重量(kN/m^3)

h_i ：第 i 層土壤厚度(m)

γ_w ：海水單位體積重量(kN/m^3)

h_w ：殘留水位高差(m)

5.3.4 作用於板樁之彎矩

如圖 5-3.1 所示，作用於板樁之最大彎矩，係假設板樁為以拉桿裝設位置及海底面為支承之簡支梁，而以海底面以上之土壓力及殘留水壓力為載重計算之。

板樁之鋼性較大或海底地盤較軟弱時，板樁彎矩之零點可能降至海底面以下，故實際上板樁承受之最大彎矩較圖 5-3.1 之假想簡支

梁所求得之值為大。此時，應改良海底地質，或另以固定端點法(Fixed Earth Support)設計法、自由支撐式(Free Earth Support)設計法或其他設計法檢討。

於計算作用於板樁之彎矩時，所採用之海底面，即船席設計水深，須考量因超挖或船舶推進器之作用等因素，形成船席設計水深較計畫水深為深之狀況。船席設計水深詳本篇第二章 2.4 節 [設計水深]所述。

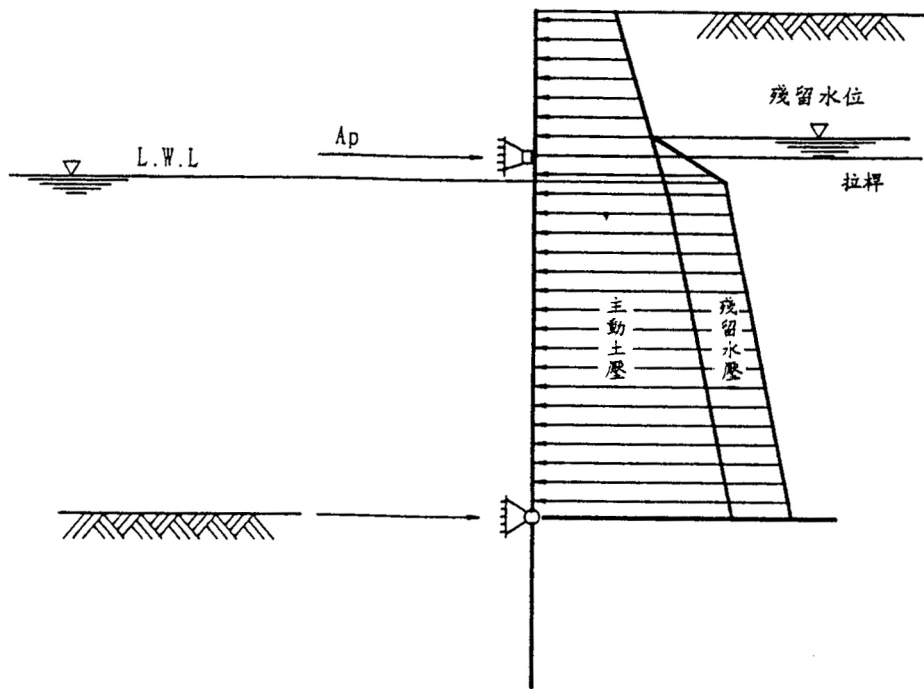


圖 5-3.1 作用於板樁之外力

5.3.5 板樁容許應力

板樁之容許應力及鋼材之防蝕，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。

5.4 拉桿設計

拉桿斷面之決定，應依計算外力所造成之拉力，求得拉桿所受應力應小於材料之容許應力。

作用於拉桿之拉力，依下式計算。

$$T = A_p \cdot L \cdot \sec\theta \quad (5-4.1)$$

式中，

T：拉桿之拉力(kN)

A_p ：依本章 5.3.4 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，拉桿位置之支承反力(kN/m)

L：拉桿之安裝間距(m)

θ ：拉桿與水平面所成之夾角(度)

板樁上部結構設置有繫船柱，且作用於繫船柱之船舶拉力可傳達至拉桿時，作用於繫船柱附近拉桿之拉力將增大，其增加值可將上部結構，視為以拉桿當作彈性支承之梁計算。但為求計算簡單，可假設船舶拉力由繫船柱附近之四支拉桿平均分擔，則作用於拉桿之拉力可由下式計算之。考慮船舶拉力時之拉桿容許應力強度，可視為與地震時相同。

$$T = (A_p \cdot L + \frac{P}{4}) \sec\theta \quad (5-4.2)$$

式中，

T：拉桿之拉力(kN)

A_p ：依本章 5.3.4 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，拉桿位置之支承反力(kN/m)

L：拉桿之安裝間距(m)

P：作用於一座繫船柱船舶拉力之水平分力。船舶作用於繫船柱之拉力依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

θ ：拉桿與水平面所成之夾角(度)

拉桿之容許拉應力強度，常時為降伏點(Yielding Point)應力強度之 40% 以下，地震時為降伏點應力強度之 60% 以下為標準。於計算拉桿拉應力時，應扣除拉桿預估鏽蝕量後之斷面計算，鏽蝕量估算詳第三篇[工程材料]中相關規則。

鋼索(如高耐索)之容許拉應力強度，常時其破壞強度除以容許拉應力

強度之安全係數以大於 3.8，地震時以大於 2.5 為標準。

5.5 圍梁設計

圍梁(Wale)斷面之決定，應依計算外力所造成之最大彎矩，求得圍梁所受應力應小於材料之容許應力。

作用於圍梁之最大彎矩，依下式計算。

$$M = \frac{T \cdot L}{10} \quad (5-5.1)$$

式中，

M：作用於圍梁之最大彎矩(kN-m)

T：作用於拉桿之拉力(kN)

L：拉桿之安裝間距(m)

作用於拉桿之拉力，依本章 5.4 節[拉桿設計]公式(5-4.1)計算。板樁上部結構設置有繫船柱，且作用於繫船柱之船舶拉力可傳達至拉桿時，作用於拉桿之拉力，依本章 5.4 節[拉桿設計]公式(5-4.2)計算。

為減輕作用於圍梁之應力及防止鏽蝕，應儘量將圍梁埋設於上部混凝土結構內，否則須以扣除預估鏽蝕量後之斷面計算應力，鏽蝕量估算詳第三篇[工程材料]中相關規則。

圍梁之容許應力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。

5.6 錨碇設施設計

5.6.1 概要

選擇錨碇設施型式時，應考慮各種錨碇型式特性，並比較相關條件後決定之。

錨碇設施設置位置及設計，依所採用之錨碇設施型式，採適宜分析方法決定並設計之。

5.6.2 選擇錨碇設施型式

1. 概要

選擇錨碇設施型式時，應考慮各種錨碇型式特性，並比較下列各項條件後決定之。

- 工程費
- 工期
- 施工方法
- 容許變位量
- 施工前之地面高程
- 材料取得難易
- 其他

2. 錨碇設施基本型式

錨碇設施基本型式可分類如下：

- 錨碇版
- 錨碇板樁
- 錨碇直樁
- 錨碇斜組樁

3. 錨碇設施型式選擇應考慮事項

採用錨碇版時，須考慮混凝土模板是否容易組立。一般而言，較大型之錨碇板，常須構築圍堰抽降水位，再予施工。小型之錨碇板則可採預鑄，並以吊車搬運至現場埋設。

碼頭後側錨碇設施施工處之地面較高，有利於鋼板樁在陸上打設時，採用錨碇板樁，不但施工容易且可縮短工期。

錨碇設施埋設處之土壤如係飽和砂質土，因地震時表層易產生液化現象，故錨碇設施安定性易受影響。此時宜採用入土較深之錨碇直樁或錨碇斜組樁。有關地震時砂質土之液化現象，請參考第二篇第十章[砂質土壤之液化]。

作用於拉桿之拉力，與錨碇設施受力時之變位量有關，通常

錨碇斜組樁之變位量較小，錨碇板樁及錨碇直樁之變位量較大。於設計時，須考量地震時錨碇板樁及錨碇直樁之變位量。

錨碇設施埋設處之海底較深時，宜採用錨碇斜組樁或用錨碇直樁。

若錨碇設施設置位置因碼頭後側設施受到限制時，宜採用錨碇斜組樁。

於碼頭後側背填土砂可能發生沉陷之地區，採用錨碇斜組樁時，樁除承受軸力外，尚承受彎矩之作用，於設計時應加以注意。

5.6.3 錨碇設施設置位置

1. 錨碇版

如圖 5-6.1 所示，決定錨碇版設置位置之步驟如下：

- (1)自海底面繪製版樁之主動土壤破壞面。
- (2)自錨碇版下端繪製錨碇版之被動土壤破壞面。
- (3)以上述二土壤破壞面不得在地表下相交為原則，決定錨碇版設置位置。

2. 錨碇直樁

如圖 5-6.2 所示，決定錨碇直樁設置位置之步驟如下：

- (1)自海底面繪製版樁之主動土壤破壞面。
- (2)將拉桿與錨碇直樁之連接點當作地面，並將錨碇直樁視為樁頭自由之直樁，求得彎矩第一零點深度 L_{m1} 。
- (3)自錨碇直樁與拉桿之連接點下 $L_{m1}/3$ 處，繪製錨碇直樁之被動土壤破壞面。
- (4)以上述二土壤破壞面不得在錨碇直樁與拉桿連接點之水平面下相交為原則，決定錨碇直樁設置位置。
- (5)為安全計，錨碇直樁設置位置，宜設置於較上述步驟決定之位置稍向後移。

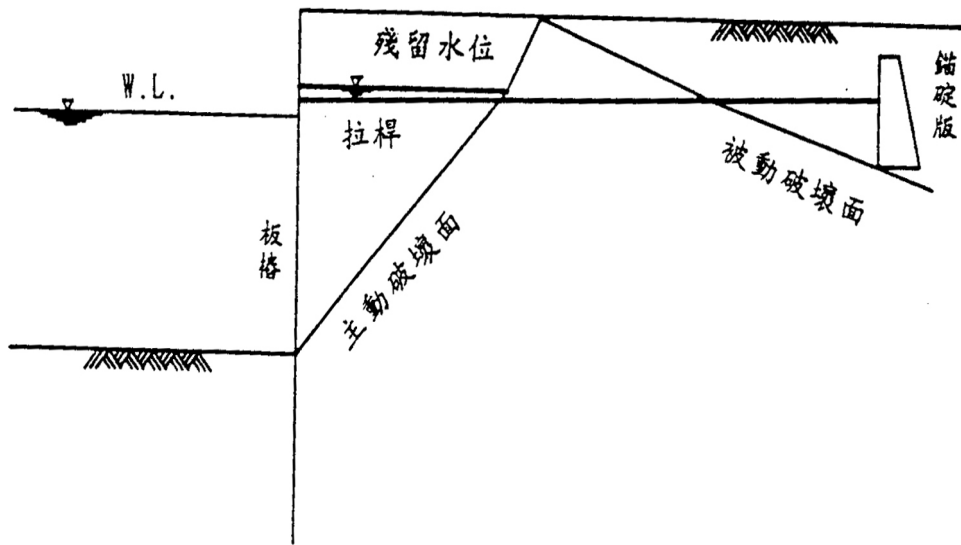


圖 5-6.1 錨碇版設置位置

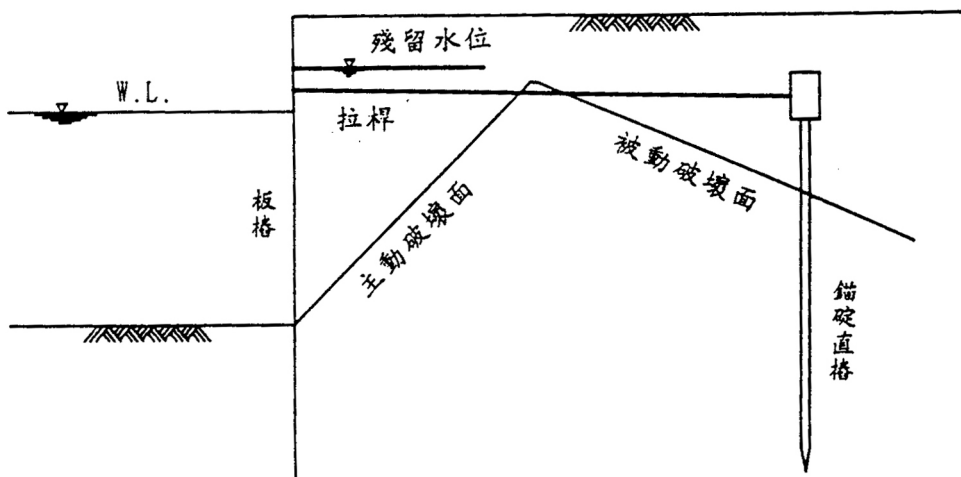


圖 5-6.2 錨碇直樁設置位置

3. 錨碇板樁

決定錨碇板樁設置位置之原則如下：

- (1) 如錨碇板樁可視為長樁時，其決定方法同錨碇直樁。
- (2) 如錨碇板樁不可視為長樁時，將拉桿與錨碇板樁之連接點當作地面，並將錨碇板樁視為樁頭自由之直樁，求得彎矩第一

零點深度 L_{m1} ，假設錨碇板樁長度為至拉桿與錨碇板樁連接點下 $L_{m1}/2$ 處，即假設拉桿與錨碇板樁連接點下 $L_{m1}/2$ 處下方之板樁不計其作用，依錨碇版設置位置決定方法決定錨碇板樁設置位置。

4. 錨碇斜組樁

如圖 5-6.3 所示，決定錨碇斜組樁設置位置之步驟如下：

- (1) 自海底面繪製版樁之主動土壤破壞面。
- (2) 錨碇斜組樁以設置於上述土壤破壞面後側為原則。

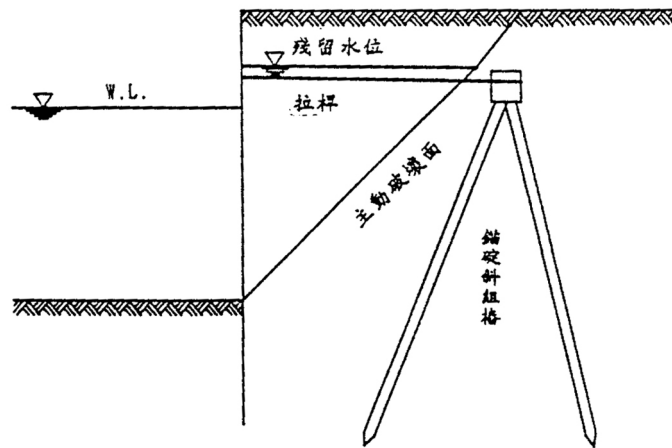


圖 5-6.3 錨碇斜組樁設置位置

5. 相關計算式

- (1) 土壤破壞面，依第二篇第十一章[土壓與水壓]相關公式計算。繪製被動土壤破壞面之壁面摩擦角採用 -15° 。
- (2) 錨碇直樁與錨碇板樁之彎矩第一零點，依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承载力]相關公式計算。
- (3) 錨碇板樁可否視為長樁，依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承载力]相關規則研判。

A_p ：依本章 5.3.4 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，
拉桿位置之支承反力(kN/m)

E_a ：作用於錨碇版之主動土壓力(kN/m)

(2)安全係數

錨碇版安定之安全係數，常時以大於 2.5，地震時以大於 2.0 為準。

(3)土壓力

計算作用於錨碇版之主動土壓力時，應考慮其上載載重，如圖 5-6.4 所示。於計算作用於錨碇版之被動土壓力時，上載載重則不予考慮。

作用於錨碇版之土壓，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算。

計算土壓力所用之壁面摩擦角，對主動土壓採用 $+15^\circ$ ，對被動土壓則採用 0° 。但如錨碇版受拉桿向上拉力之分力，壁面摩擦與平常之被動土壓相反而向上作用，致被動土壓減小，此時壁面摩擦角應採用 $+15^\circ$ 。

如圖 5-6.5 所示，依本章 5.6.3 節[錨碇設施設置位置]所述，自海底面所繪製版樁之主動土壤破壞面，與自錨碇版下端所繪製錨碇板之被動土壤破壞面，如在地表面下相交時，應視作用於破壞面交點以上垂直面之被動土壓力不發生抵抗作用，故其應由公式(5-6.1)中扣除。如二破壞面在殘留水位以上相交時，其應扣除之被動土壓力，依下式計算之。

$$\Delta E_p = \frac{K_p \gamma \cdot h_f^2}{2} \quad (5-6.2)$$

式中，

ΔE_p ：應扣除之被動土壓力(kN/m²)

K_p ：被動土壓係數

γ ：土壤單位體積重量(kN/m³)

h_f ：地表面至破壞面交點之深度(m)

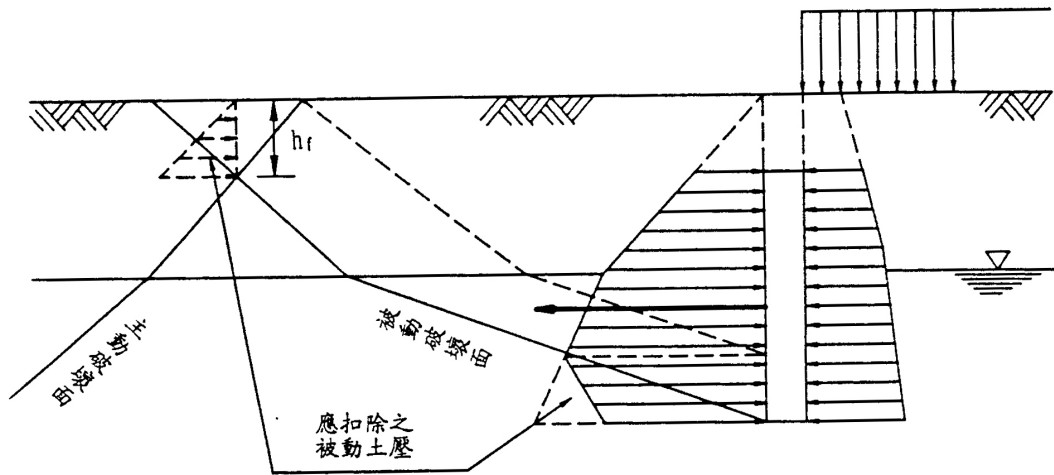


圖 5-6.5 版樁之主動土壤破壞面與錨碇版之被動土壤破壞面在地表面下相交時之土壓分佈圖

2. 錨碇版斷面設計

(1) 概要

錨碇版斷面，依下述公式(5-6.3)(5-6.4)計算之最大彎矩，求得錨碇版應力應小於材料之容許應力。

(2) 作用於錨碇版之彎矩

已知錨碇版高度、拉桿之安裝間距，及作用於拉桿之拉力，於計算錨碇版最大彎矩時，可將土壓力視作均佈載重，水平方向假設錨碇版為連續梁，垂直方向假設錨碇版為懸臂版，以下列近似式，計算錨碇版最大彎矩。

錨碇版承受水平方向最大彎矩之範圍，以拉桿安裝位置為中心，於錨碇版 $2b$ 高度內，此處 b 係指拉桿安裝位置錨碇版厚度。

$$M_h = \frac{T \cdot L}{12} \quad (5-6.3)$$

$$M_v = \frac{T \cdot h}{8 \cdot L} \quad (5-6.4)$$

式中，

M_h ：水平方向之最大彎矩(kN-m)

M_v ：單位長度上垂直方向之最大彎矩(kN-m/m)

T ：依本章 5.4 節[拉桿設計]公式(5-4.1)或(5-4.2)計算所得之拉桿拉力(kN)

L ：拉桿之安裝間距(m)

h ：錨碇版高度(m)

(3)容許應力

錨碇版之容許應力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。

(4)錨碇版與拉桿連接位置

錨碇版與拉桿連接位置，可以土壓合力之作用點或錨碇版高度之中點為準。

5.6.5 錨碇直樁設計

錨碇直樁，可視為承受拉桿拉力作用之直樁，依第五篇第四章[樁基礎承载力]相關規則設計。

如自海底面所繪製之版樁主動土壤破壞面，與自錨碇直樁與拉桿之連接點下 $L_{m1}/3$ 處所繪製之錨碇直樁被動土壤破壞面，於錨碇直樁與拉桿連接點之水平面下相交時，可將錨碇直樁與拉桿連接點之水平面視為假想地表面，於假想地表面上無土壤存在設計錨碇直樁。

5.6.6 錨碇斜組樁設計

錨碇斜組樁，可將作用於拉桿之拉力視為外力，依第五篇第四章[樁基礎承载力]相關規則設計。

如斜組樁之一部份，突出自海底所繪製版樁之主動土壤破壞面時，在計算斜組樁之承载力時，則不計土壤破壞面以上樁之承载力。

5.6.7 錨碇板樁設計

錨碇板樁之設計原則如下：

1. 如錨碇板樁可視為長樁時，其設計方法同本章 5.6.4 節[錨碇直樁

設計]所述設計法。

2. 如錨碇板樁不可視為長樁時，將拉桿與錨碇板樁之連接點當作地面，並將錨碇板樁視為樁頭自由之直樁，求得彎矩第一零點深度 L_{m1} ，如圖 5-6.6 所示，假設土壓力作用範圍由拉桿與錨碇板樁連接點起至其下 $L_{m1}/2$ 處，依本章 5.6.3 節[錨碇板設計]所述設計法設計之。

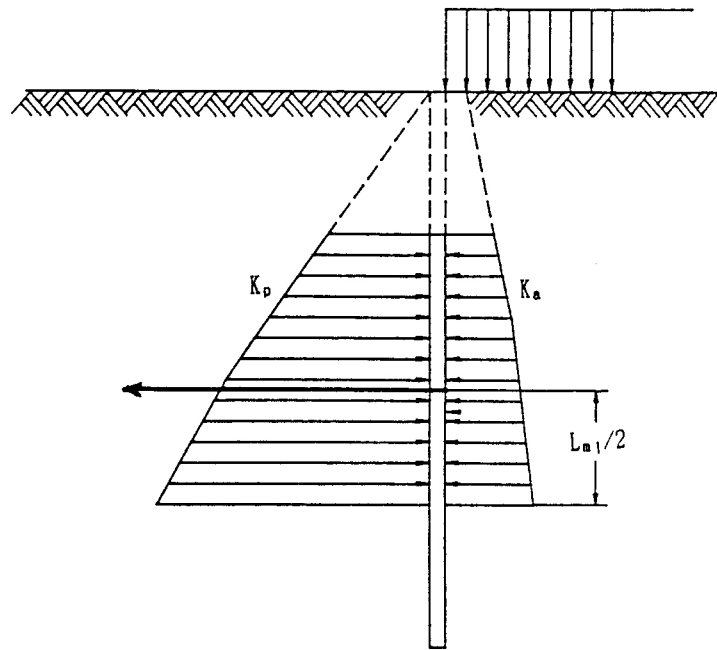


圖 5-6.6 短錨碇板樁假想土壓分佈圖

錨碇直樁與錨碇板樁之彎矩第一零點，依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承載力]相關公式計算。

錨碇板樁可否視為長樁，依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承載力]相關規則研判。

錨碇板樁須裝設圍梁，使拉桿之拉力能均勻傳達至錨碇板樁，圍梁之設計，依本章 5.5 節[圍梁設計]規則設計之。

5.7 細部設計

5.7.1 概要

板樁式碼頭之細部設計，主要為下列各項：

- 上部結構
- 板樁與拉桿及圍梁之連接
- 拉桿
- 錨碇設施與拉桿之連接
- 角隅部份
- 防止沖刷設施

5.7.2 上部結構

1. 設計概要

- (1)板樁上部結構一般採鋼筋混凝土結構，於垂直方向可視為以板樁頂端為固定支點，並以土壓力為載重之懸臂梁設計之；於水平方向，可視上部結構為彈性支承梁設計之。
- (2)上部結構於設置有繫船柱處之作用外力，除背填主動土壓力外，尚須考慮船舶拉力。
- (3)上部結構於設置有防舷材處之作用外力，須考慮船舶衝擊力及被動土壓力。
- (4)地震時之外力，僅考慮地震時之主動土壓力即可。

2. 船舶作用力

如圖 5-7.1(a)及 5-7.2(a)所示，假設船舶拉力及船舶衝擊力係作用於寬度 b 之上部結構時，則其作用方式如圖 5-7.1(b)及 5-7.2(b)所示。船舶作用於繫船柱之拉力及船舶作用於防舷材之衝擊力，依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

於計算主動土壓時，應考慮上載載重之影響；於計算被動土壓時，則不考慮上載載重之影響。計算主動土壓時，壁面摩擦角

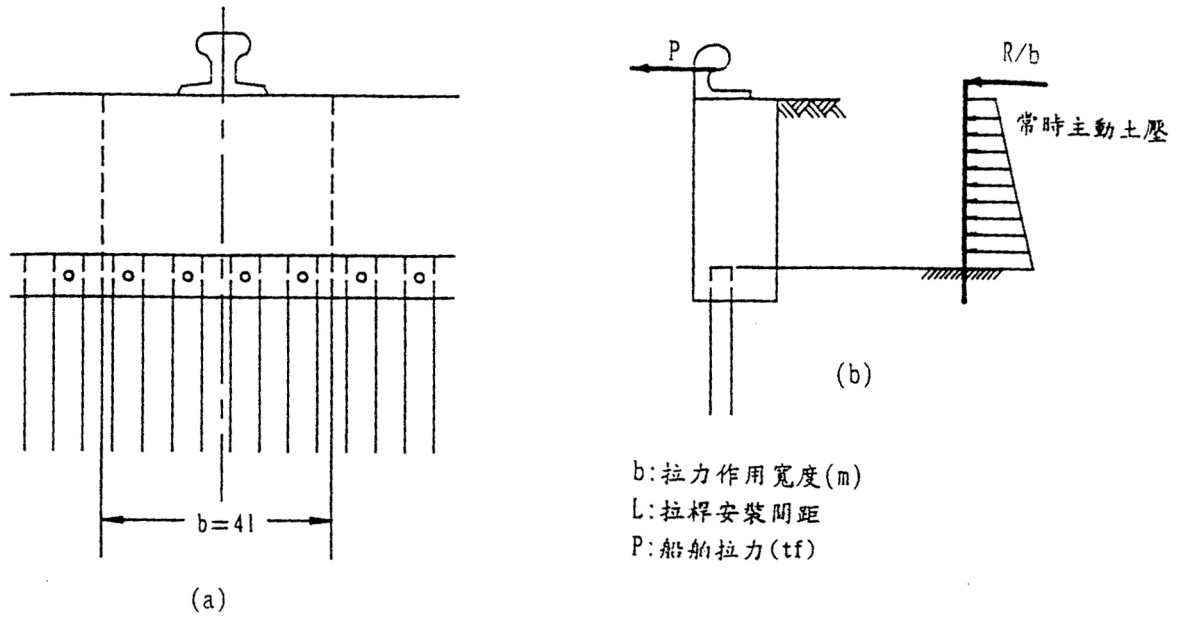


圖 5-7.1 作用於上部結構之船舶拉力

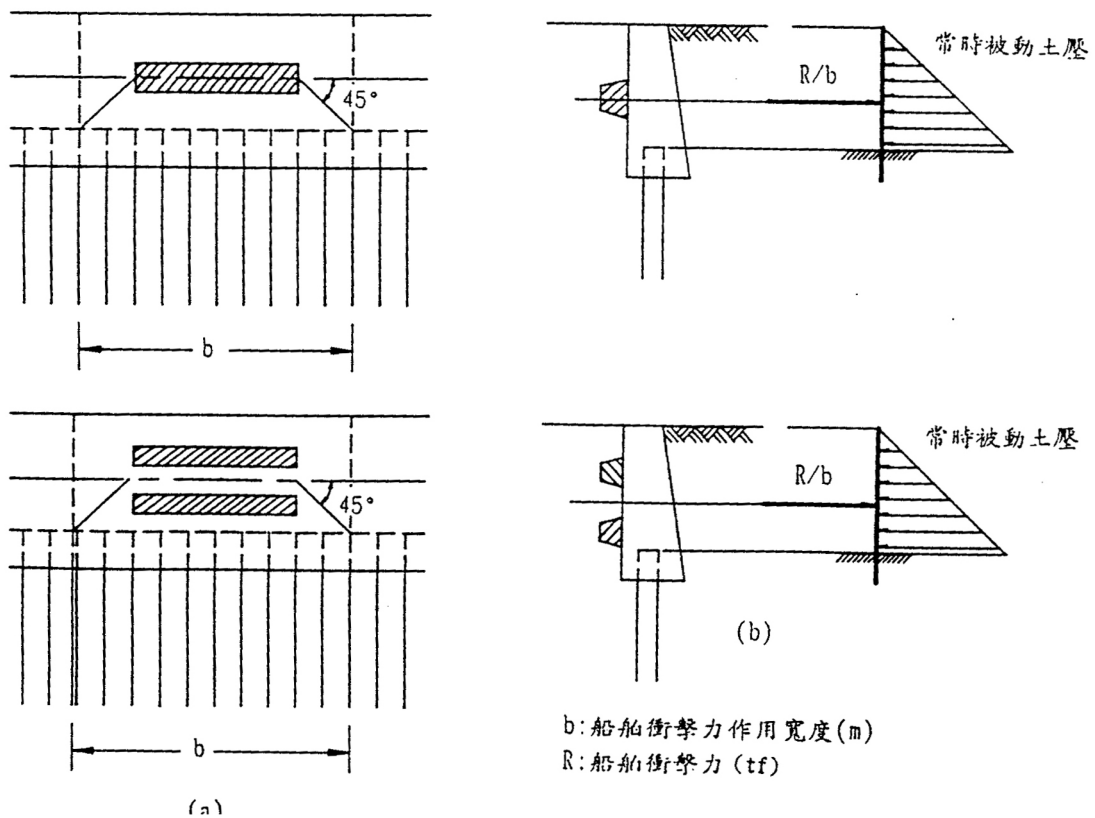


圖 5-7.2 作用於上部結構之船舶衝擊力

採用 15° ；計算被動土壓時，壁面摩擦角採用 0° 。

考慮船舶拉力及船舶衝擊力時，碼頭上部結構所用材料之容許應力，可採用地震時材料容許應力。

3. 其他

板樁頂端須埋入上部結構內相當深度，且板樁須與上部結構鋼筋焊接，務使作用於上部結構之彎矩能傳達至板樁。

5.7.3 板樁與拉桿及圍梁之連接

1. 概要

板樁與拉桿及圍梁之連接，在設計時務使作用於板樁岸壁之水平作用力經過圍梁並安全均勻傳至各拉桿上。

2. 連接方式

板樁與拉桿及圍梁之連接方式，如圖 5-7.3 所示，板樁頂部水平方向之圍梁，可利用板樁及拉桿連接之，圍梁一般採用槽形鐵，亦可採用角鐵或 I 形鐵。圍梁裝設之位置如圖 5-7.3 側面圖所示，可安裝於板樁之前或之後均可。

板樁與拉桿之連接方法，如圖 5-7.3 所示，板樁鑽孔後，將拉桿穿過，在二者之間夾以適當角度之支承版，再用螺栓鎖緊。

3. 螺栓斷面設計

圍梁如安裝於板樁背側，且不埋入上部結構中時，板樁與圍梁連接用螺栓斷面依下式計算之。惟實際斷面應再加上預估鏽蝕厚度。

$$A = \frac{A_p \cdot L_w}{n \cdot \sigma_a} \quad (5-7.1)$$

式中，

A：螺栓斷面積(cm^2)。

A_p ：依本章 5.3.4 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，拉桿位置之支承反力(kN/m)。

L_w ：圍梁與板樁之連接間距(m)，如在拉桿中間處連接圍

梁時，其連接間距為拉桿間距之 1/2。

n ：每連接處之螺栓支數(支)。

σ_a ：螺栓之容許拉應力(kN/cm^2)，常時為降伏點應力之 40%，地震時為降伏點應力之 60%。

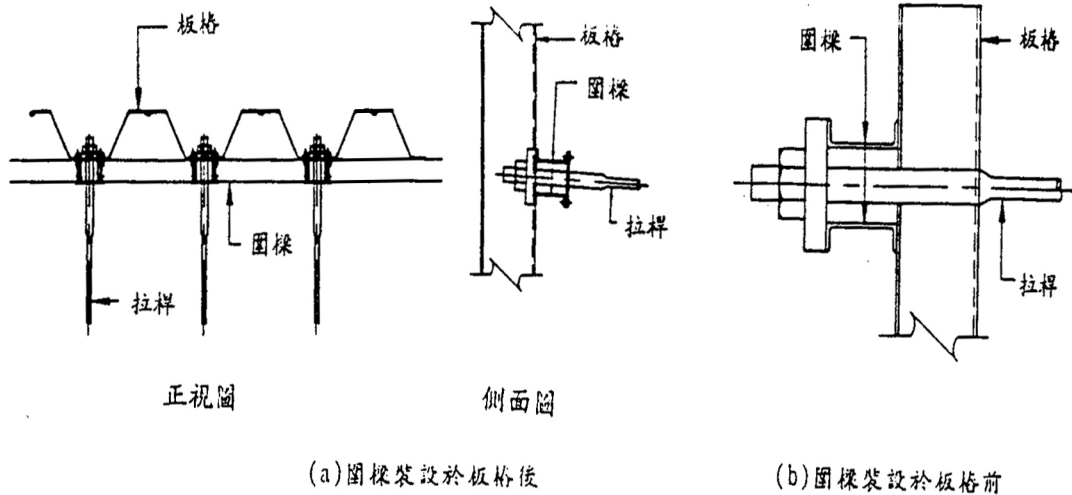


圖 5-7.3 板樁與拉桿及圍梁之連接示意圖

5.7.4 拉桿

1. 概要

設計拉桿時，務使作用於拉桿之拉力能安全傳至錨碇設施上。若因背填土砂沉陷，使拉桿有承受彎矩之慮時，於設計時亦須加以處理。

2. 拉桿(Tie Rod)

(1) 拉桿斷面示意如圖 5-7.4，拉桿於接頭處裝有絞緊器，以調節拉桿之長度。

(2) 若因背填土砂沉陷，使拉桿有承受彎矩之慮時，須於靠近拉桿與板樁及錨碇設施連接處附近，加裝連接環，連接環應儘可能靠近拉桿與板樁及錨碇設施連接處。

- (3)拉桿經製螺紋後，其斷面積減小，故拉桿於螺紋部份須加粗，使螺紋谷部之直徑不小於拉桿直徑，如未加粗拉桿時，拉桿斷面積應以螺紋谷部之直徑計算之。
- (4)設計時，為確保絞緊器、連接環及螺帽…等附屬品，在拉桿破壞前不致損壞，於設計絞緊器、連接環與拉桿連接處、連接環插銷及螺帽等之最小斷面時，應考慮應力集中現象，故應將計算所得之應力值，加計 10%~20%。
- (5)拉桿及絞緊器、連接環及螺帽…等附屬品容許應力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。

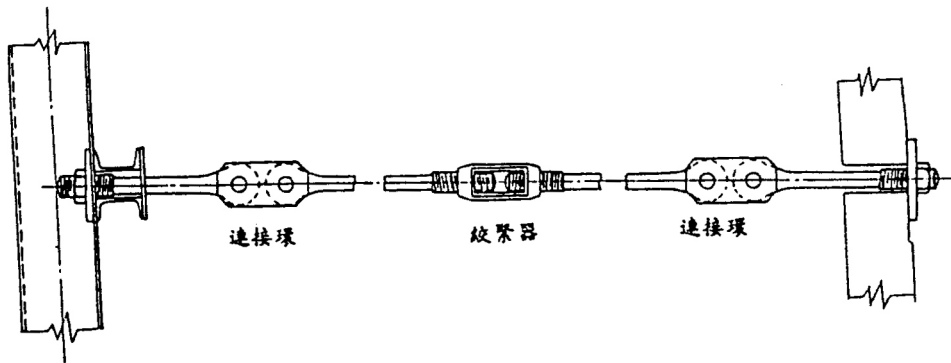


圖 5-7.4 拉桿(Tie Rod)斷面示意圖

3. 鋼索(Tible 或 Tie Wire)

- (1)鋼索斷面示意如圖 5-7.5，於鋼索兩端欲鎖緊之部位直接製成螺紋，使其具有同拉桿絞緊器之功能，因此於設計時須考慮其固定長度。同時此部份須與拉桿絞緊器相同，在設計時，應確保其最小斷面在鋼索破壞前不致損壞。

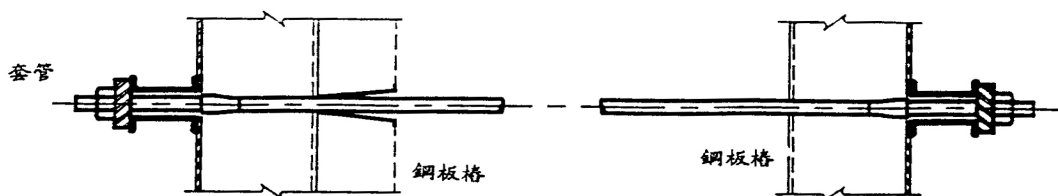


圖 5-7.5 鋼索(Tie Wire)斷面示意圖

- (2)鋼索尾端所用之套管，如無特殊防蝕考量時，須於安裝好後完全埋設於上部結構混凝土中，並且不得將套管切斷。
- (3)鋼索於碼頭角隅部份交叉時，必須計算鋼索之下垂量，避免鋼索相互接觸。

5.7.5 錨碇設施與拉桿之連接

錨碇設施與拉桿之連接，在設計時務使作用於拉桿之拉力能安全均勻傳至各錨碇設施上。

錨碇直樁或錨碇斜組樁與拉桿之連接方式，可在錨碇樁頂端法線方向設置連續梁，再將拉桿連接於連續梁即可。連續梁可視為承受拉桿拉力及樁之反力等載重設計之。

裝設拉桿時，將拉桿穿過錨碇版或錨碇樁頂端連續梁預留之洞孔，依裝置角度墊以適當之支承版後，以螺帽固定之。

拉桿與錨碇設施連接處，承受拉力及剪力作用，於設計時須予考慮，以決定錨碇版或錨碇樁頂端連續梁厚度及支承版之大小，錨碇版或錨碇樁頂端連續梁與拉桿連接處，應加設分配應力之鋼筋，以便將拉桿之拉力，平均傳達至錨碇版或連續梁。

錨碇板樁與拉桿之連接，依本章 5.7.2 節[板樁與拉桿及圍梁之連接]規則設計。

5.7.6 角隅部份

板樁式碼頭之角隅部份，於地震時特別容易受損，故須特別加強。角隅部份依本篇第十章[連接結構物]規則設計。

5.7.7 防止沖刷設施

板樁式碼頭前水域，因海流或特定船舶之推進器作用等因素，可能產生大量沖刷時，應以覆蓋石塊或混凝土塊等於海底面予以保護。

5.8 軟弱地盤上板樁式碼頭之設計

於軟弱地盤上設計板樁式碼頭，應以本章第 5.3 節[板樁設計]、5.4 節[拉桿設計]、5.6 節[錨碇設施設計]所述設計法及其他設計法，予以綜合比較檢討。

此處所謂軟弱地盤，係指海底地盤軟弱以及板樁之鋼性較海底地盤之地盤反力係數為大時。

軟弱地盤上板樁入土長度之設計法，除本章 5.3[板樁設計]所述之方法外，尚有固定端點法(Fixed Earth Support)、自由支撐式(Free Earth Support)等設計法。

但淺水碼頭採用鋼筋混凝土板樁時，可將本章 5.3[板樁設計]所述方法下端支承點，移至主動土壓力與殘留水壓力和，等於被動土壓力之深度。在普通砂質土或硬粘土地層上有軟弱之薄土層時，上述下端支承點則放於軟弱土層下方。

5.9 圓弧滑動檢討

興建於軟弱地盤上之板樁式碼頭，應檢討板樁下端之圓弧滑動。圓弧滑動檢討依第五篇第六章[斜面之安定]規則進行檢討。

研判可能發生圓弧滑動之不穩定地層，應採適當方法改良地盤，或改採不受圓弧滑動影響之其他結構型式，增加板樁入土長度並非完善之方法。

第六章 圓筒式碼頭

6.1 鋼板樁圓筒式碼頭

6.1.1 設計原則

本章 6.1 節[鋼板樁圓筒式碼頭]所述設計法，適用於以鋼板樁打設之圓筒式碼頭。

鋼板樁圓筒式碼頭設計流程，如圖 6-1.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.3(a)。

6.1.2 作用於鋼板樁圓筒之外力

1. 概要

作用於鋼板樁圓筒之外力與載重，須考慮下列各項：

(1)作用於圓筒之外力

- 土壓力：圓筒背後之主動土壓力
圓筒前面之被動土壓力
圓筒內填料之土壓力
- 殘留水壓力
- 作用於壁體之地震力及動水壓力
- 壁體之重量
- 上載載重

(2)作用於上部結構之外力

①水平力

- 土壓力之水平分力
- 殘留水壓力
- 作用於上部結構、上部結構上土砂及上載載重之地震力
- 船舶之衝擊力及拉力

②垂直力

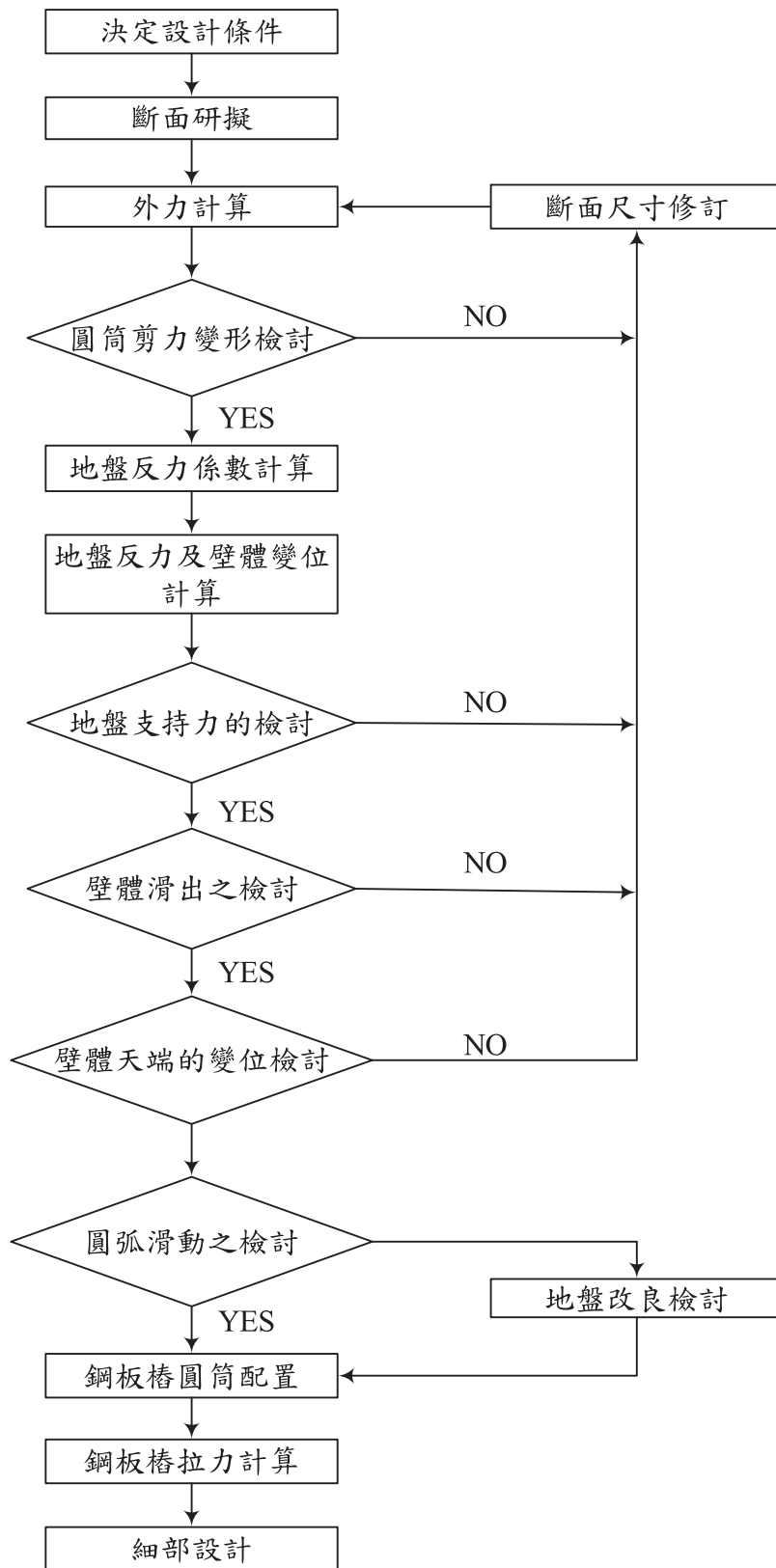


圖 6-1.1 鋼板樁圓筒式碼頭設計流程

- 上部結構自重、上部結構上土砂重量及上載載重
- 土壓力之垂直分力

2. 土壓力及殘留水壓力

作用於圓筒及上部結構之土壓及殘留水壓，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算。

壁體背後海床面以上部份為主動土壓作用區域，海床面以下部份，當進行圓筒之剪力變形分析時，係考量海床面下土壤之主動土壓(參考圖 6-1.2 及 6.1.3)，檢討整體之安定性時則考量背填土之重量及上載荷重所產生之土壓力。依據模型試驗之結果顯示，海床下圓筒入土部份之變位量較小，此一部份之作用力可視為靜止土壓力之荷重，在振動試驗中，此一部份之土壤承受圓筒為抵抗傾倒所產生之作用力，因此在設計時，此一部份之土壓力主要為考量回填土之重量及上載荷重所產生之常時土壓並以(6-1.1)式進行計算。

$$P_{ac} = 0.5(\sum(r_i \cdot h_i) + w) \quad (6-1.1)$$

式中，

P_{ac} ：作用於圓筒背後海底面下之土壓(kN/m²)

γ_i ：第 i 層背填土之單位體積重量(kN/m³)

h_i ：第 i 層背填土之厚度(m)

w ：上載載重(kN/m²)

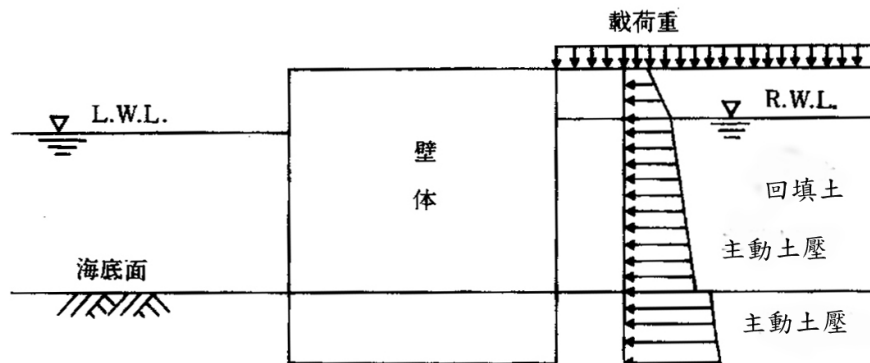


圖 6-1.2 作用於鋼板樁圓筒之土壓力(剪力變形檢討時使用)

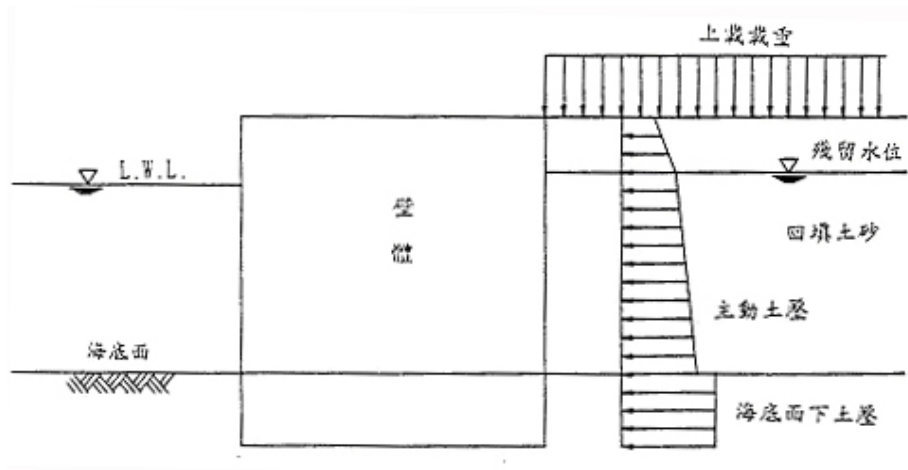


圖 6-1.3 作用於鋼板樁圓筒背面之土壓(重力式壁體安定檢討時使用)

3. 地震力

作用於上部結構、上部結構上回填土砂及上載載重之地震力，依第二篇第十章[耐震設計]規則計算。

圖 6-1.4 所示，計算作用於圓筒內填料地震力，其所用震度在海底面以上部份採用設計震度，在海底面以下部份，則以海底面下 10m 處之震度為零，自海底面以下，設計震度隨深度比例遞減，海底面下 10m 以下則不考慮地震力。於此可不考慮作用於上載載重之地震力。

4. 自重及上載載重

上部結構、上部結構上土砂自重及作用於碼頭面之上載載重，依第二篇第十三章[載重]規則計算。

5. 船舶衝擊力及拉力

作用於上部結構之船舶衝擊力及拉力，除特殊狀況外，一般可不予考慮。

船舶作用於防舷材、繫船柱之衝擊力及拉力，依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

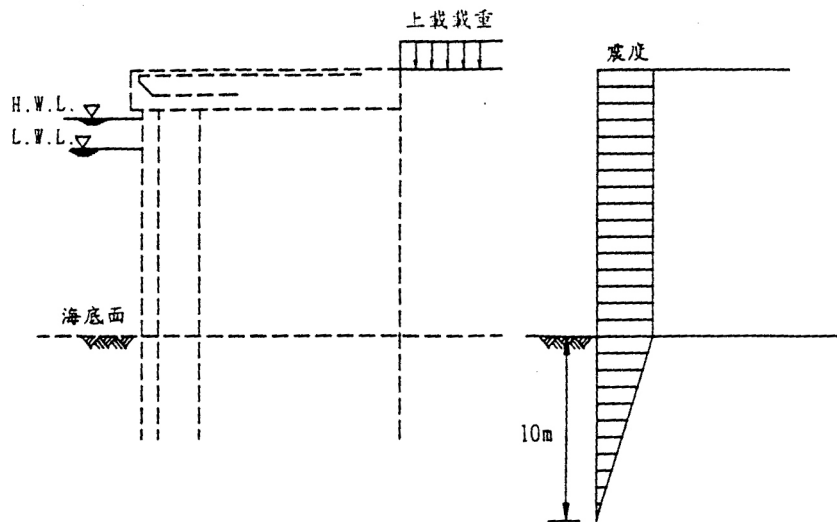


圖 6-1.4 作用於圓筒內填料地震力之震度分佈

6.1.3 圓筒壁體剪力變形檢討

1. 概要

壁體剪力變形之檢討，一般以常時作用荷重進行檢討。鋼板樁圓筒內之回填土因受圓筒外殼侷限，一般將圓筒外殼與回填土視為一體，將圓筒壁體之變形忽略。根據模型試驗結果，圓筒即使承受較平時荷重及地震荷重還大的外力時，圓筒大量變形仍可接受，換言之，一般認為鋼板樁圓筒內之回填土應不致產生剪力破壞。但在圓筒的直徑極小，回填土之強度較低時，則無法滿足剛性體之基本假設，在此一情形下須對圓筒在常時荷重下進行剪力變形之檢核。

2. 換算壁體寬度定義

換算壁體寬度係將圓筒之曲線形前壁、隔壁及後壁均改為直線之假想壁面，其水平斷面積須保持與原來之曲線形斷面積相同而求得之壁體寬度。圖 6-1.5 示三種型式圓筒之換算壁體寬度。

換算壁體寬度須滿足壁體剪力變形之關係式如 (6-1.2) 式及 (6-1.3) 式所示。

$$M_d F \leq M_r \quad (6-1.2)$$

$$M_d'F \leq M_r' \quad (6-1.3)$$

式中，

M_d ：圓筒底部之變形力矩 (kN-m/m)

M_d' ：於海底面之變形力矩 (kN-m/m)

M_r ：圓筒底部之抵抗力矩 (kN-m/m)

M_r' ：圓筒內回填土於海底面之抵抗力矩 (kN-m/m)

F ：安全係數，變形力矩及抵抗力矩之安全係數，一般採用 1.2 以上為準。

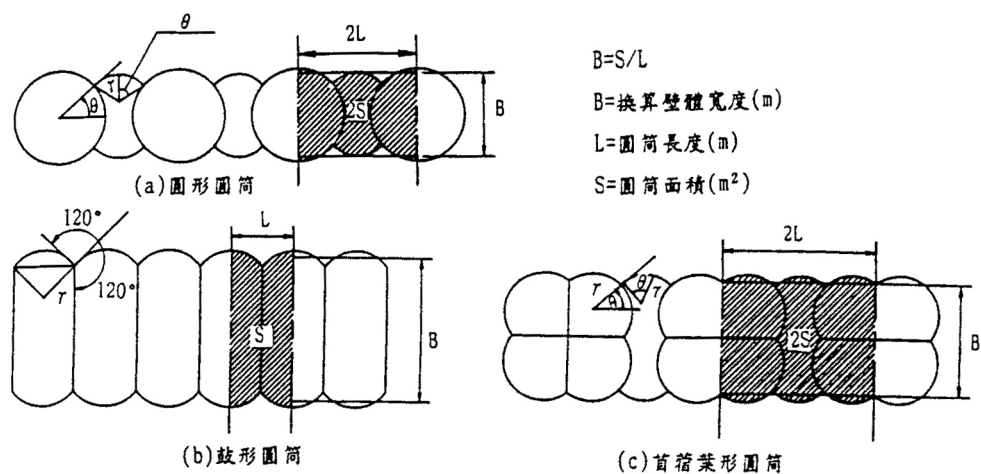


圖 6-1.5 圓筒平面形狀及換算壁體寬度

3. 設計水深

於砂質地盤，所採用之海底面，即船席設計水深，須考量因超挖或船舶推進器之作用等因素，形成船席設計水深較計畫水深為深之狀況。船席設計水深詳本篇第二章 2.4 節[設計水深]所述。

4. 變形力矩計算

變形力矩之計算，係以圓筒底部及海底面上之主動土壓、殘留水壓及被動土壓等外力計算作用於圓筒底部及海底面之力矩。

計算圓筒壁體背後之主動土壓力所致之變形力矩，僅計算由碼頭面至海底面止土壓力之水平分力所致之變形力矩，土壓力之

垂直分力則不予考慮，惟上載載重之影響應予以計入(參考圖 6-1.6)。

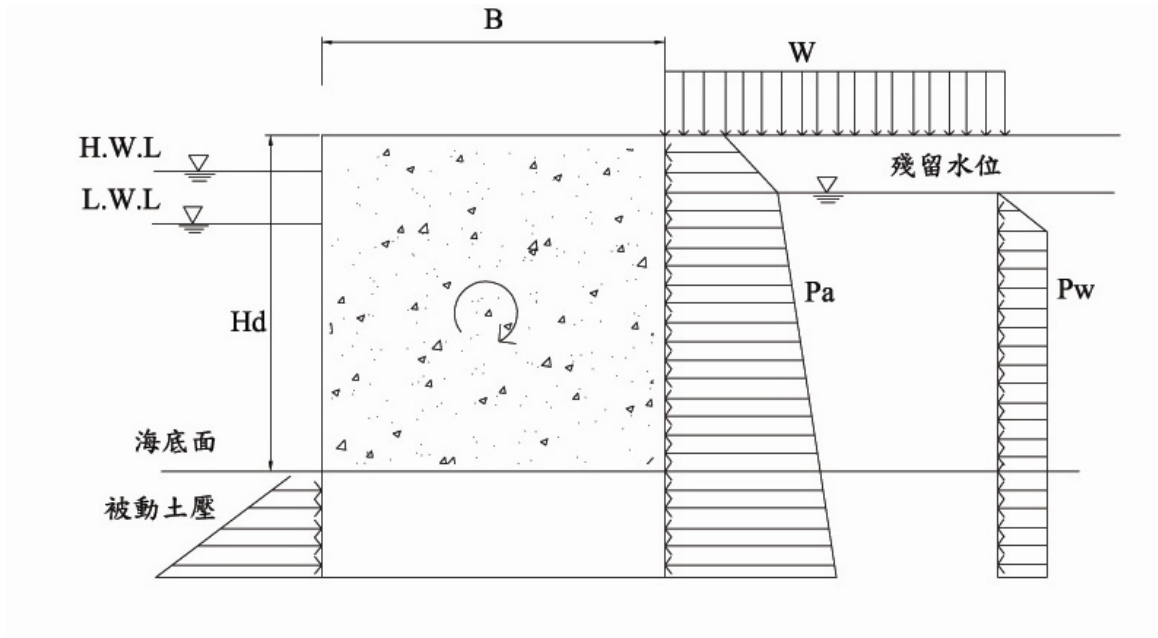


圖 6-1.6 圓筒壁體剪力變形檢討應考慮之外力及抵抗力

5. 抵抗力矩計算

- (1)抵抗力矩須考量圓筒之構造特性及壁體之變形情形，採用適當之計算方式。
- (2)係參考圖 6-1.7 所示，另可依 (6-1.4) 式計算圓筒底部之抵抗力矩與圓筒入土比之關係。

$$M_r = (M_{r0} + M_{rs}) \cdot (1 + \alpha \cdot D/H) \quad (6-1.4)$$

式中，

M_r ：圓筒底部之抵抗力矩(kN-m/m)

M_{r0} ：圓筒底部回填土之抵抗力矩(kN-m/m)

M_{rs} ：圓筒底部接頭摩擦力之抵抗力矩(kN-m/m)

D ：入土長度(m)

H ：圓筒壁高(m)

α ：入土比(D/H)對應之放大係數，放大係數 α ，一般

採用 1.0。由模型試驗結果所推導之公式，其理論並不十分清楚。圖 6-1.7 試驗結果之下限值與 1.0 十分接近，可採用作為計算值。

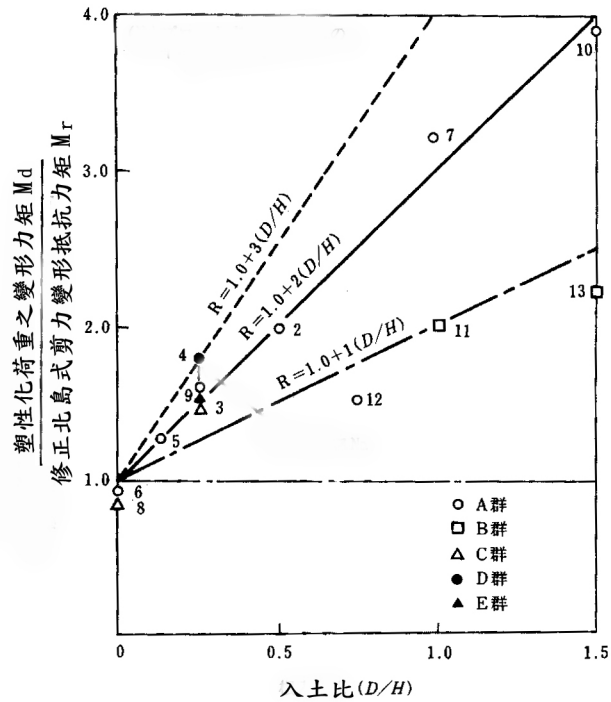


圖 6-1.7 抵抗力矩與入土比之關係

(3) 中間回填土之抵抗力矩計算

圓筒底部中間回填土之抵抗力矩之求解，可參考圖 6-1.8 之土壤破壞面之假設，圓筒前面產生主動破壞面，圓筒背部則產生被動破壞面，此時主、被動破壞角及土壓力可依式 (6-1.5) 計算。

$$\left. \begin{aligned}
 \text{主動破壞面} \quad \xi_a &= \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \\
 \text{被動破壞面} \quad \xi_a &= \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \\
 \text{主動土壓} \quad P_a &= K_a \cdot \gamma h, \quad K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \\
 \text{被動土壓} \quad P_p &= K_p \cdot \gamma h, \quad K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}
 \end{aligned} \right\} (6-1.5)$$

式中，

ψ ：中間回填土之內摩擦角(度)

剪斷面之土壓所產生之力矩可依圖 6-1.8 及式(6-1.6)計算。

$$M_{ro} = \int_0^d (P_p - P_a)(d-x) \cdot \frac{2}{3} \tan \theta dx \quad (6-1.6)$$

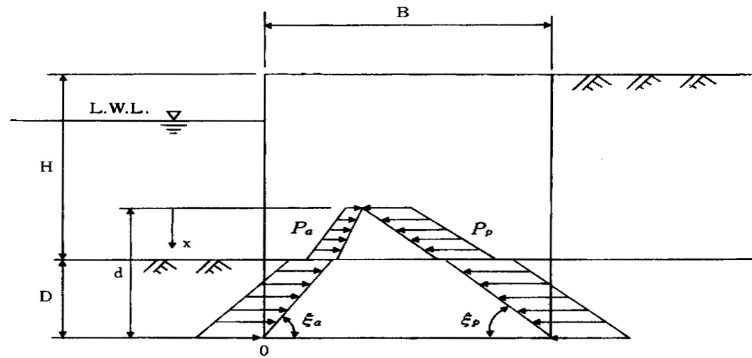


圖 6-1.8 中間回填土之斷面設定

當原地盤與回填土之土壤參數不同時，破壞角及其土壓會因土層變化而產生較大之變化，此時式(6-1.6)之計算將十分繁雜。如地盤及回填土之內摩擦角差距小，或入土比大使得崩壞面不會到達回填土時，可以(6-1.7)簡略式計算之。

$$M_{ro} = \frac{1}{6} r_0 \cdot R_o \cdot H_o^3 \quad (6-1.7)$$

式中，

$$R_o : \frac{2}{3} v_0^2 (3 - v_0 \cos \phi) \tan \phi \sin \phi$$

γ_0 ：圓筒內填料之換算單位體積重量 (kN/m^3)

H_o ：換算壁高 (以圓筒內填料重量計算抵抗力矩之假想壁高) (m)

$$H_o = \frac{1}{r_0} \sum r_i \cdot h_i \quad (6-1.8)$$

式中，

γ_i ：圓筒內第 i 層填料之單位體積重量
(kN/m^3)

h_i ：圓筒內第 i 層填料之厚度(m)

v_0 ： B/H_0

B ：換算壁體寬度(m)

(4)接頭摩擦力之抵抗力矩計算

接頭摩擦力之抵抗力矩可以(6-1.9)式計算：

$$M_{rs} = \frac{1}{6} \gamma_0 R_s H_s^3 \quad (6-1.9)$$

式中，

$$R_s : \frac{3}{2} V_s f \tan \psi$$

H_s ：換算壁高（以板樁接頭間摩擦力計算抵抗力矩
之假想壁高）(m)

V_s ： B/H_s

B ：換算壁體寬度(m)

f ：板樁接頭間摩擦係數，一般採用 0.3。

為簡化板樁接頭摩擦力所致抵抗力矩之計算，圓筒內填料土壓分佈，可簡化如圖 6-1.9，圖 6-1.9(a)及 6-1.9(b)分示實際之土壓分佈及換算土壓分佈，依圖 6-1.9(b)所示之換算壁高 H_s 及內填料換算單位體積重量 γ_0 計算所得之土壓合力，應等於依圖 6-1.9(a)所示之土壓合力。依此原則，換算壁高 H_s 可依下式計算。

$$H_s = 2 \sqrt{\frac{\Sigma P_i}{r_0 \tan \phi}} \quad (6-1.10)$$

式中，

H_s ：換算壁高(m)

P_i ：圓筒內第 i 層填料之土壓力合力(kN/m^3)，計算內
填料土壓時，土壓係數採用 $0.5 \tan \phi$

γ_0 ：圓筒內填料換算單位體積重量(kN/m³)

ϕ ：圓筒內填料之內摩擦角(度)

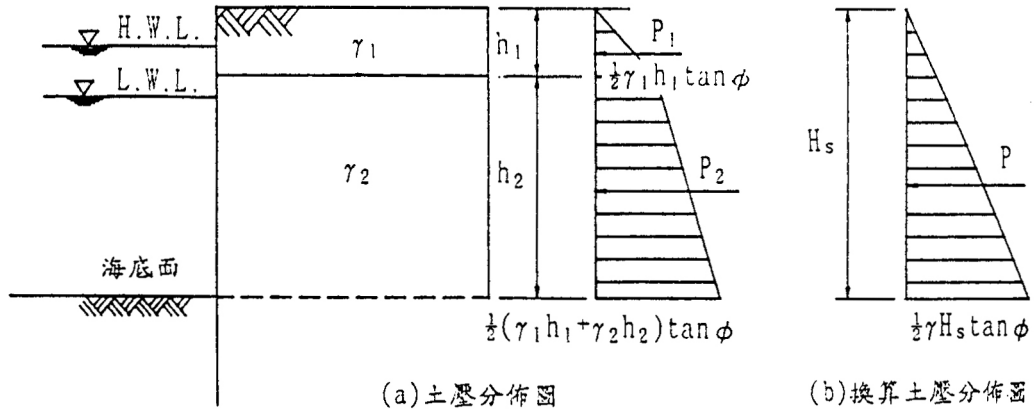


圖 6-1.9 圓筒壁體換算壁高

(5) 回填土在海底面之抵抗力矩可依式(6-1.11)及式(6-1.12)求解。

$$M_r' = \frac{1}{6} r_0 R_0' H_0'^3 \quad (6-1.11)$$

式中，

$$R_0' : V_0'^2 (3 - v_0' \cos \phi') \sin \phi'$$

M_r' ：板樁在海底面之抵抗力矩(kN-m/m)

H_0' ：換算壁高（以圓筒內填料重量計算抵抗力矩之假想壁高）(m)

$$H_0' = \frac{1}{r_0} \sum r_i' h_i' \quad (6-1.12)$$

r_i' ：海底面上第 i 層回填土之單位體積重(kN/m³)

h_i' ：海底面上第 i 層高度(m)

v_0' ：B/H₀'

ψ' ：海底面上回填土的內部摩擦角

(6) 回填土強度之增加對圓筒之剛性提高有相當大之助益，因此，採用品質較佳之回填土對圓筒之穩定性將有正面之效益。

回填土如採用粘土材料時，由於粘土之行為尚有不明之處，粘性土壤之塑性較砂質土壤為大，對結構物有不利之影響。因此回填材料應儘量避免採用粘性土壤。

在粘性土壤之地層中施作圓筒時，圓筒之安全性係以圓筒前面之地盤變形所決定，不足以中間回填土之剪力變形來決定。因此壁體內有粘性土壤存在時，其抵抗力矩之分析可比照砂質土壤辦理。

中間回填土之抵抗力矩 M_{r0} 及鋼板樁接頭間之摩擦力之抵抗力矩 M_{rs} ，可依式(6-1.13)及式(6-1.14)計算。

回填土含有粘性土壤時之抵抗力矩，目前並非十分清楚，圓筒剪力變形之檢討可參考圖 6-1.10，除了海底面及圓筒底部須進行剪力變形檢討外，粘土層之下端之剪力變形也須加以檢討，剪力變形檢討時之安全係數不得小於 1.2。

$$M_{r0} = \int_0^d (P_p - P_a) \cdot (d - x) dx \quad (6-1.13)$$

$$P_a = K_a \cdot rh - 2c\sqrt{K_a}, \quad K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$P_p = K_p \cdot rh - 2c\sqrt{K_p}, \quad K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

式中，

ϕ ：回填土之內部摩擦角 (°)

c ：回填土之內部凝聚力 (kN/m²)

$$M_{rs} = \frac{2}{3} (P_1 + P_2 + P_3) fB \quad (6-1.14)$$

式中，

P_1, P_2, P_3 ：如圖 6-1.11 中作用於各層回填土的合力 (kN/m)

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_c$: 如圖 6-1.11 中各層回填土的單位體積重量
(kN/m^3)

h_1, h_2, h_c : 如圖 6-1.11 中各層回填土的厚度(m)

K_s : 回填土中砂質土的土壓力係數 $K_s=0.6$

K_c : 回填土中黏性土的土壓力係數 $K_c=0.5$

B : 換算壁體寬度(m)

f : 鋼板樁接頭間之摩擦力係數 0.3

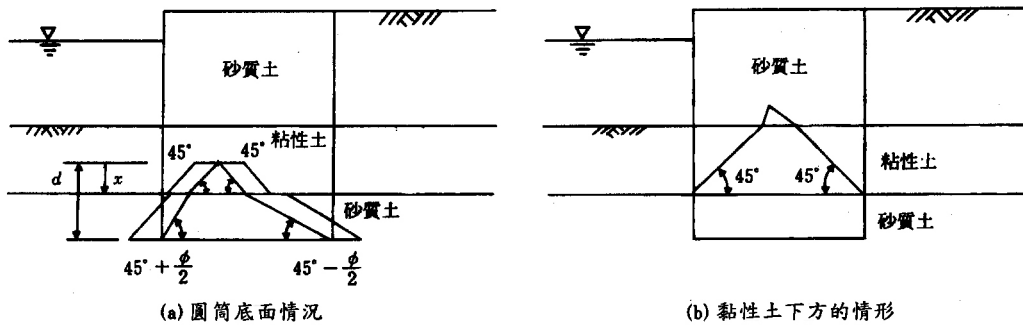


圖 6-1.10 圓筒剪力變形之檢討

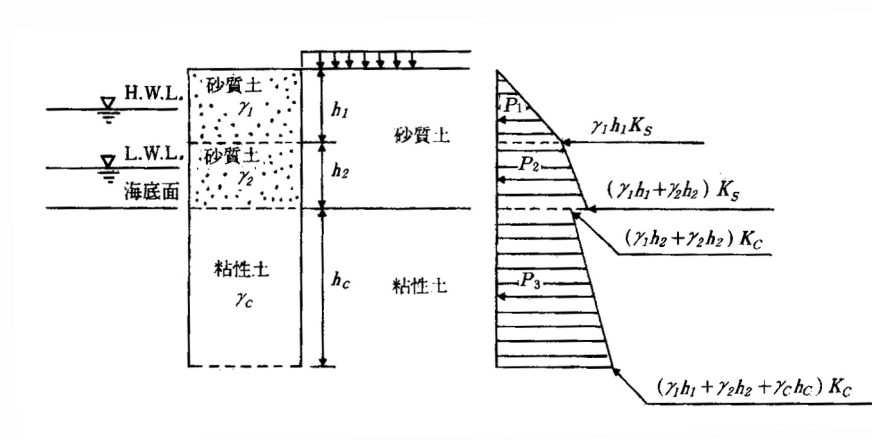


圖 6-1.11 回填土土壓

6.1.4 圓筒壁體安定檢討

1. 概要

埋入型鋼板圓筒，可視為由彈性地盤支撐之重力式壁體，以

求取地盤反力及圓筒變位。為確保圓筒重力式壁體之安定，地盤反力及圓筒變位應小於其容許值。

2. 地盤反力及圓筒變位量計算

(1) 概要

埋入型鋼板圓筒入土部份之地盤反力與圓筒壁體變位量，可將作用於圓筒壁體外力，視為由地盤反力及圓筒壁面垂直摩擦抵抗支撐予以計算。

(2) 地盤反力

地盤反力於不超出地盤彈性範圍內，其值可視為等於地盤反力係數與變位量之乘積。

(3) 地盤反力係數

地盤反力係數包括地盤水平反力係數、垂直於圓筒底面之垂直地盤反力係數及水平剪力強度常數。此等地盤反力係數可依地質調查結果，依下述方法計算之。

a. 水平地盤反力係數 K_h

水平地盤反力係數，可參考第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承載力]中橫山所提方法，依下式估算之。

$$K_h = 0.002 \cdot N \quad (6-1.15)$$

式中，

K_h ：水平地盤反力係數(N/cm^3)

N ： N 值

b. 垂直地盤反力係數 K_v

圓筒壁體底面之垂直地盤反力係數，可假設其與圓筒底面水平地盤反力係數相同。若地盤係由不同性質之地層組成時，垂直地盤反力係數原則採用圓筒底面地盤之值，但圓筒底面下有極軟弱之地盤時，則應慎重考量其影響。

c. 水平剪力強度常數 τ_f

圓筒底面之水平剪力強度常數，可依下式計算之。

$$\tau_f = \lambda \square k_v \quad (6-1.16)$$

式中，

τ_f ：水平剪力強度常數(N/cm³)

λ ：水平剪力強度常數與垂直地盤反力係數之比值

k_v ：垂直地盤反力係數(N/cm³)

依以往之研究， λ 值約為 1/2~1/5，鋼板樁圓筒碼頭， λ 值可採用 1/3。

(4)外力分佈

鋼板樁圓筒碼頭，其作用外力、地盤反力及壁面摩擦抵抗等分佈如圖 6-1.12 所示。

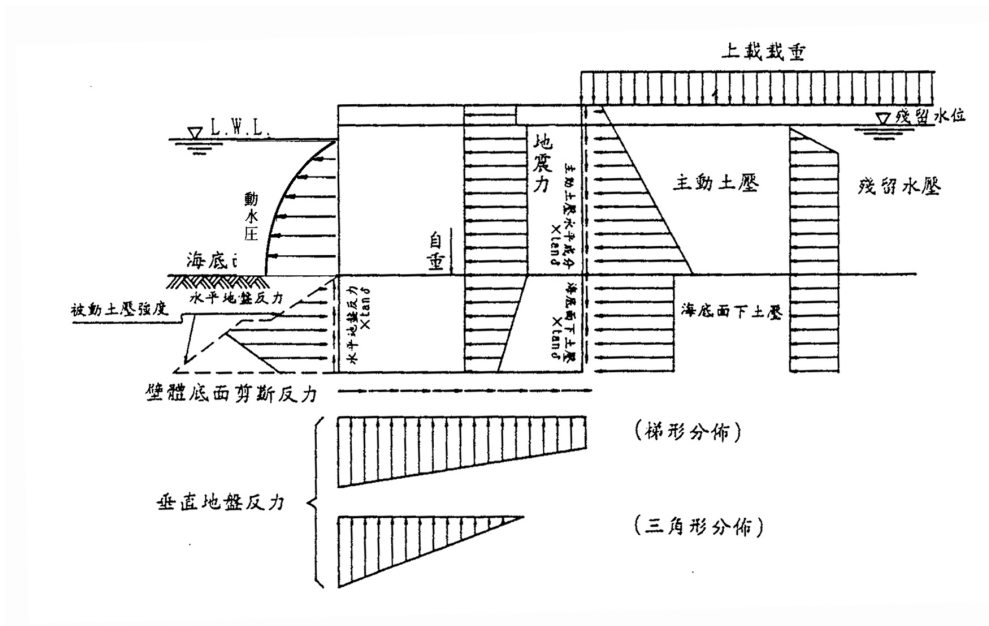


圖 6-1.12 作用於埋入式鋼板圓筒之外力分佈

a. 水平地盤反力

水平地盤反力 = 水平地盤反力係數 · 壁體變位量

水平地盤反力須考慮地盤之塑性，其值不大於被動土壓，計算被動土壓時，壁面摩擦角採用 -15° 。圖 6-1.13 示水平地盤反力已達被動土壓強度時之地盤反力分佈。

b. 垂直地盤反力

垂直地盤反力 = 垂直地盤反力係數 · 壁體變位量
圓筒底面垂直地盤反力為梯形或三角形分佈。

c. 壁面垂直摩擦抵抗力

壁面垂直摩擦抵抗力
= 水平土壓力或水平地盤反力 · $\tan \delta$

圓筒壁面垂直摩擦抵抗力，如圖 6-1.12 所示，於海底面上為水平土壓力與 $\tan \delta$ 之乘積，於海底面下為水平地盤反力與 $\tan \delta$ 之乘積。 δ 為壁面摩擦角。

d. 壁體底面剪斷反力

壁體底面剪斷反力 = 水平剪力強度常數 · 壁體變位量

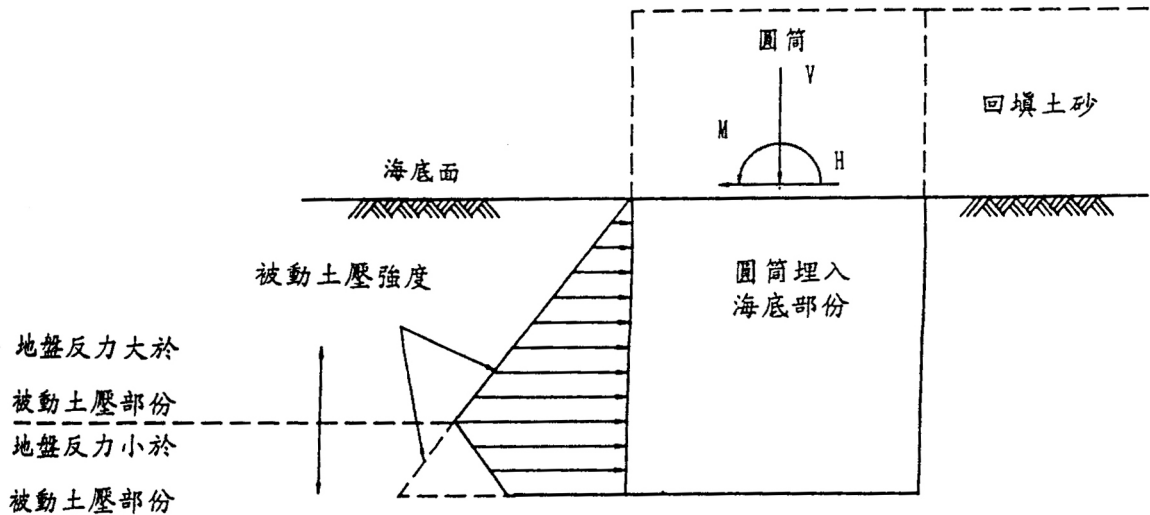


圖 6-1.13 水平地盤反力分佈例

(5)圓筒變位量

如圖 6-1.14 所示，圓筒受外力作用時，以 O 點為旋轉中心旋轉。若旋轉中心 O 點位於圓筒內時，通過旋轉中心 O 點水平面下之圓筒後側壁面將產生水平地盤反力。

如圖 6-1.12 所示，埋入型鋼板圓筒變位量，可將作用於圓筒壁體外力 (H、V、M)，視為由水平地盤反力、圓筒壁體底面垂直地盤反力、圓筒壁體壁面垂直摩擦抵抗力，及壁體底面剪斷反力支撐予以計算之。

作用於圓筒壁體外力，應考慮下列各項：

H：水平力，包含土壓力及殘留水壓力

V：垂直力，為圓筒壁體壁自重

M：水平力與垂直力合力，對圓筒壁體於海底面中心點之力矩。

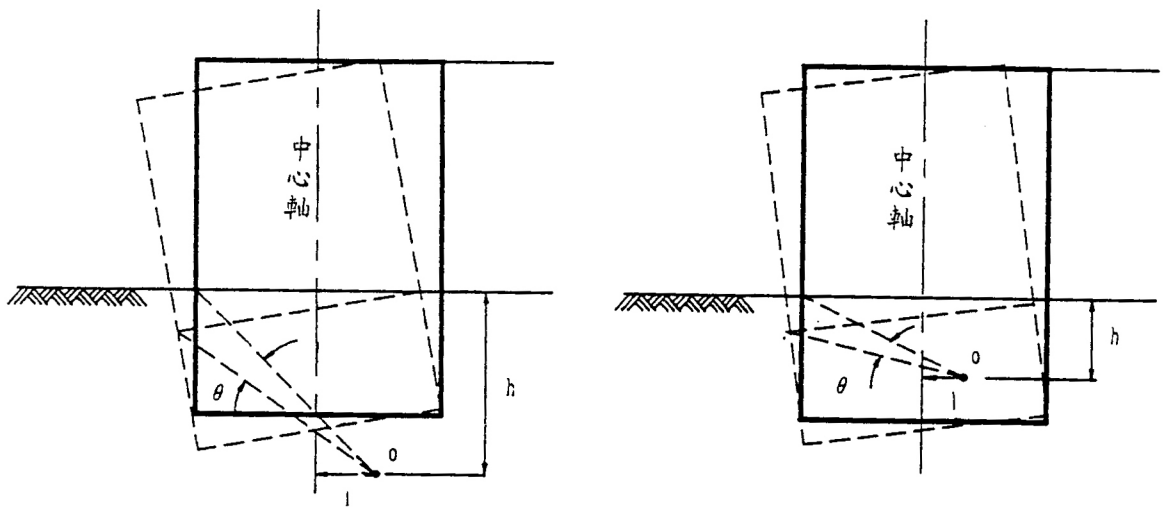


圖 6-1.14 埋入式鋼板圓筒變位示意圖

(6)地盤反力及壁體變位計算式

a. 垂直地盤反力為梯形分布時

當地層之土壤可分為 n 層時，壁體中央之水平及垂直地盤反力及其力矩之計算模式如圖 6-1.15，並依

(6-1.17)~(6-1.26)式計算。

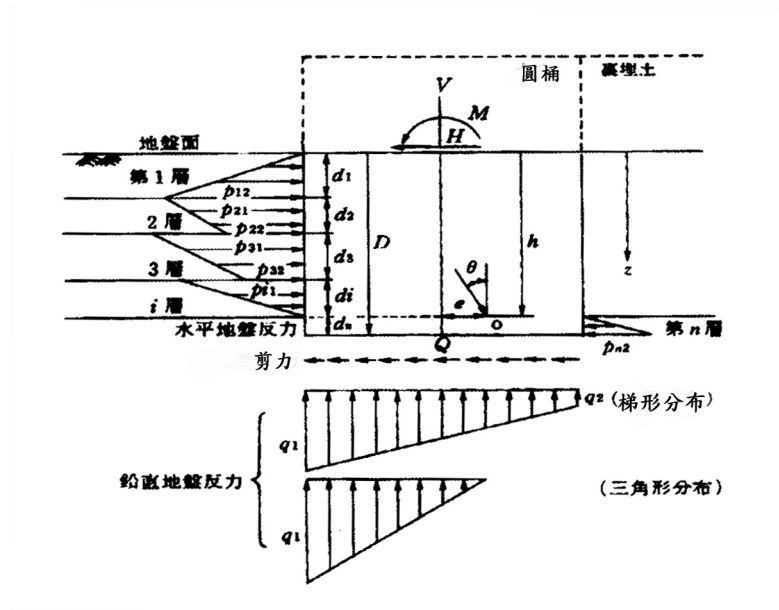


圖 6-1.15 地盤反力及壁體變位示意圖

(a) 水平地盤反力(kN/m)

$$P_{12} = K_{H1}(h-d_1) \theta$$

$$P_{21} = K_{H2}(h-d_1) \theta$$

$$P_{22} = K_{H2}(h-d_1-d_2) \theta$$

$$P_{i1} = K_{Hi} \left(h - \sum_{j=1}^{i-1} d_j \right) \theta$$

$$P_{i2} = K_{Hi} \left(h - \sum_{j=1}^i d_j \right) \theta$$

$$P_{n1} = K_{Hn} \left(h - \sum_{j=1}^{n-1} d_j \right) \theta$$

$$P_{n2} = K_{Hn} \left(h - \sum_{j=1}^n d_j \right) \theta$$

(6-1.17)

(b) 垂直地盤反力(kN/m²)

$$q_1 = K_v(e+B/2) \theta$$

(6-1.18)

$$q_2 = K_v(e - B/2) \theta$$

(c) 壁體底面之剪力(kN/m)

$$Q = K_s(h - D)\theta A \quad (6-1.19)$$

(d) 壁體之水平變位(m)

$$\delta z = (h - z) \theta \quad (6-1.20)$$

(e) 壁體的旋轉角(°)

$$\theta = \frac{MK_1 + HK_3}{K_1K_4 - K_2K_3} \quad (6-1.21)$$

(f) 壁體旋轉中心深度(m)

$$h = \frac{MK_2 + HK_4}{MK_1 + HK_3} \quad (6-1.22)$$

(g) 壁體中心軸與壁體旋轉中心之距離(m)

$$e = \frac{1}{K_v A} \left\{ \frac{V}{\theta} - h \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \tan |\delta_i| + \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan |\delta_i| \right\} \quad (6-1.23)$$

式中，

$$K_1 = \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i + K_s A$$

$$K_2 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \right\} + K_s AD$$

$$K_3 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} + \frac{B}{2} \tan \delta_i \right) \right\} + K_s AD$$

$$K_4 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left[\frac{d_i^2}{3} + \sum_{j=1}^{i-1} d_j \sum_{j=1}^i d_j + \frac{B}{2} \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan \delta_i \right] \right\} + K_s AD^2 + \frac{1}{12} K_v A^3$$

但是，水平地盤反力作用在前壁時，其壁面摩擦角 δ 為負值，作用在後壁時， δ 則為正值。

b. 垂直地盤反力為三角形分布時

(a) 垂直地盤反力(kN/m²)

$$q_1 = K_v \left(e + \frac{B}{2} \right) \theta \quad (6-1.24)$$

(b) 壁體底面之剪力(KN/m)

$$Q = K_s (h-D) \Theta A' \quad (6-1.25)$$

式中，

$$A' = e + \frac{B}{2}$$

(c) 壁體中心軸到旋轉中心之距離(m)

$$e = \sqrt{\frac{2}{K_v} \left\{ \frac{V}{\theta} - h \sum_{i=1}^n K_{H_i} d_i \tan |\delta_i| + \sum_{i=1}^n K_{H_i} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan |\delta_i| \right\}} - \frac{B}{2} \quad (6-1.26)$$

式中，

$$K_1 = \sum_{j=1}^n K_{H_j} d_j + K_s A'$$

$$K_2 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{H_i} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \right\} + K_s A' D$$

$$K_3 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{H_i} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} + \frac{B}{2} \tan \delta_i \right) \right\} + K_s A D$$

$$K_4 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{H_i} d_i \left(\frac{d_i^2}{3} + \sum_{j=1}^{i-1} d_j \sum_{j=1}^i d_j + \frac{B}{2} \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan \delta_i \right) \right\} + K_s A' D^2 + \frac{1}{6} K_v A'^2 (B - e)$$

式中，

V：於作用壁體之垂直力 (kN/m)

H：於作用壁體水平力 (kN/m)

M：作用於壁體地盤面中心點之力矩(kN•m/m)

D：入土長度(m)

d_i：各層地盤厚度(m)

B：換算壁體寬度(m)

K_{Hi} ：各層地盤之水平地盤反力係數 (kN/m³)

K_v ：壁體底部之垂直地盤反力係數 (kN/m³)

K_s ：壁體底部之水平剪力 (kN/m³)

A ：壁體底部與法線方向平行之單位長度面積 (m²/m)

A' ：垂直地盤反力作用於壁體底部與法線方向平行之單位長度面積(m²/m)

6.1.5 地盤承載力檢討

圓筒底面之垂直地盤反力，應小於海底地盤容許承載力。

海底地盤容許承載力，依第五篇第二章[淺基礎承載力]相關規則計算。

6.1.6 圓筒壁體滑動檢討

為確保鋼板樁圓筒碼頭滑動安定，圓筒壁體底面剪斷反力應小於地盤之容許剪斷抵抗力。

地盤容許剪斷抵抗力，依下式計算。

$$Q_a = \frac{1}{F}(W + P_v)\tan\phi \quad (6-1.27)$$

式中，

Q_a ：容許剪斷抵抗力(kN/m)

W ：圓筒壁體重量(kN/m)

P_v ：作用於圓筒前壁與後壁土壓力之垂直分力(kN/m)

ϕ ：壁體底面土壤內摩擦角(度)

F ：安全係數，常時以大於 1.2，地震時以大於 1.0 為準。

6.1.7 圓筒頂端變位檢討

鋼板圓筒頂端之水平變位量，以不超過容許變位量為原則。圓

筒頂端容許變位量，以不影響碼頭使用為原則。

1. 港灣構造物之各港變位量主要係考量以下之因素

(1) 結構物之穩定性

碼頭與護岸之穩定性以現行之評估方法，重力式構造物之變位及變形並未結合在一起，基樁及鋼板樁構造物之變形則由土壤所控制，要求得十分精確之數值並不容易，構造物之容許變位量依其結構型式而有相當差異。例如重力式構造物發生很大變位時，其穩定性與未發生變位時並未有太大之差異，鋼板樁及基樁構造物發生較大之變位或變形時，其穩定性將大幅降低。

(b) 機能

碼頭及護岸因功能之不同其容許變位量亦有所差異，沉箱式碼頭即使發生 20-30 公分之水平變位亦不致影響其靠泊功能，護岸之可容許之變位量須考量其止水性及堤頂高程以防止越波之發生。

(c) 經濟性

如以較大之設計震度進行結構物之設計，則其經費將大幅提昇，可能之災損也較低，設計時與須考量建設經費及遭破壞之修護費用，皆須加以考慮以取得最佳之妥協，依此原則，設計時須同時考量結構物之容許變位量與建造費用以取得最佳之投資效益。

(2) 基於以上之考量，容許變位量可分為兩個階段，一為構造物之功能沒受到影響，而結構體也不須進行維修之較小容許變位量，以及第二階段變位量較大影響其功能及必須進行維修之容許變位量。設定此等容許變位量須考量構造物之重要度及耐用年限，主力式及鋼板樁構造物頂端變位量以第二階段之容許變位量考量其水平變位量與圓筒壁體高度之比值，一般控制在 1.5% 以下。

6.1.8 圓弧滑動檢討

海底地盤與圓筒背後土壤之內摩擦角大於 30° 時，可不檢討圓弧滑動。圓弧滑動面以不通過圓筒為原則。

6.1.9 圓筒佈置

圓筒佈置，應以其水平斷面積與依換算壁體寬度計算所得之水平斷面積相等為原則。換算壁體寬度採用本章 6.1.3 節[圓筒壁體剪力變形檢討]，或本章 6.1.4 節[圓筒壁體安定檢討]所得之壁體寬度。

6.1.10 板樁拉力計算

板樁斷面，依計算之板樁拉力，應小於材料容許拉力。

作用於板樁之拉力，依下式計算。

$$T = [(r \cdot H_0 + w)K_i + r_w \cdot h_w]R \quad (6-1.28)$$

式中，

T：板樁拉力(kN/m)

K_i ：圓筒內填料之土壓係數， $K_i=0.6$

γ ：圓筒內填料之換算單位體積重量(kN/m³)

γ_w ：海水單位體積重量(kN/m³)

H_0 ：換算壁高(m)，詳本章 6.1.3 節[抵抗力矩計算]公式(6-1.8)

h_w ：圓筒內水位與碼頭前水位差(m)

R：圓筒半徑(m)

w：上載載重(kN/m²)

板樁容許拉力，以日製 12.7mm 及 9.5mm 厚平型鋼板樁(其爪抗拉強度分別為 6000KN/m 及 4000KN/m)為例，其容許拉力分別為 2000KN/m 及 1500KN/m。其他國家產製之平型鋼板樁，可依其爪抗拉強度，參考上述日製產品決定其容許拉力。

6.1.11 T型板樁設計

T型板樁為使用於連接圓筒本身與圓弧之異型板樁，其應能承受作用於圓筒本身及圓弧板樁之拉力。

T型板樁其斷面示意如圖 6-1.16 所示。

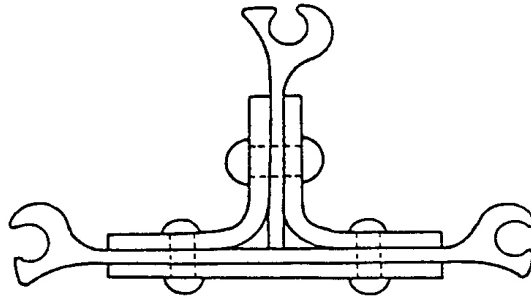


圖 6-1.16 T 型板樁斷面示意圖

6.1.12 細部設計

1. 上部結構設計

(1) 直立部份設計

上部結構直立部份可視為以與底版之連接點為固定支點，並以土壓力及殘留水壓力為載重之懸臂梁設計之。

若須考慮船舶衝擊力及船舶拉力時，依本篇第五章 [板樁式碼頭] 5.7 節第 5.7.2 小節 [上部結構] 有關船舶作用力所述設計之。

(2) 底版設計

如圖 6-1.17 所示，底版可視為以基樁樁頭為支承點，並以下列外力為載重，將底版分為碼頭法線方向及法線垂直角方向之連續樑設計之。底版鋼筋以雙向配筋為原則。

- 上部結構自重 (包含直立部份及底版)
- 上部結構上回填之土砂重量
- 上載載重
- 作用於上述載重之地震力

• 直立部份所傳達之彎矩

2. 上部結構承載基樁設計

上部結構承載基樁，以承受上小節所述作用於上部結構之外力，依第五篇第四章[樁基礎承載力]規則設計之，圓筒鋼板樁之承載力不予考慮。

上部結構視為僅由基樁承載，圓筒鋼板樁之承載力不予考慮。

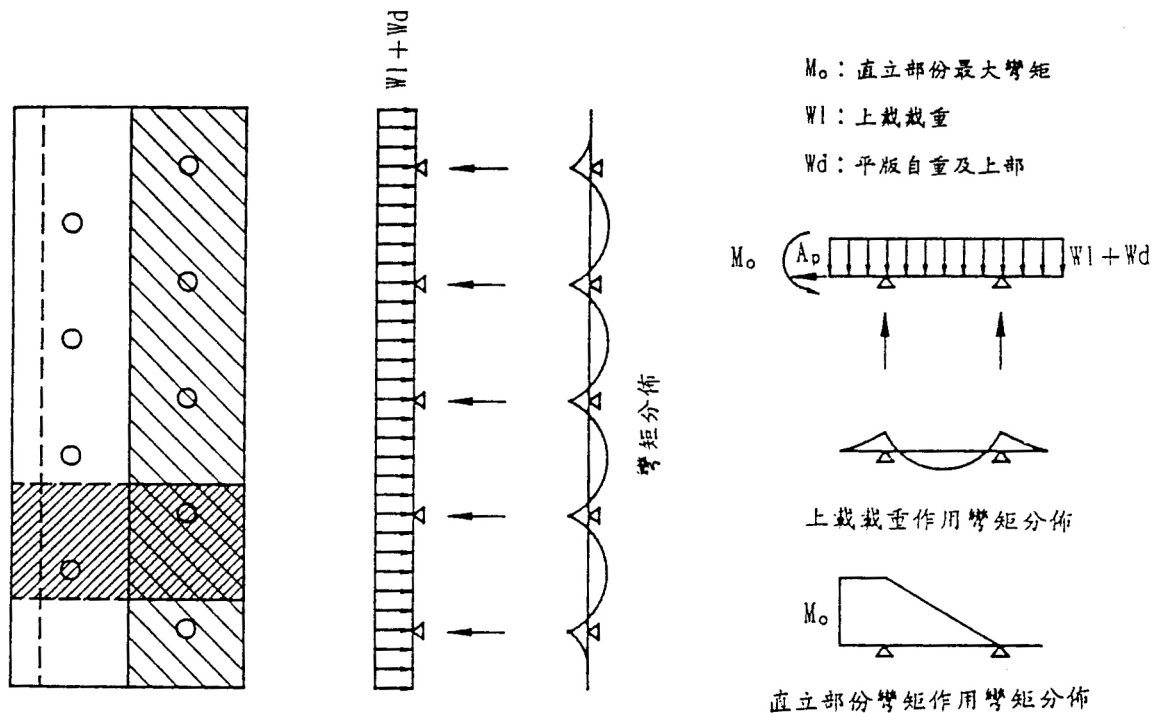


圖 6-1.17 平版結構設計示意圖

6.2 置放式鋼板圓筒碼頭

6.2.1 設計原則

本章 6.2 節[置放式鋼板圓筒碼頭]所述設計法，適用於鋼板圓筒壁體不埋入土中之圓筒式碼頭。

置放式鋼板圓筒碼頭設計流程，如圖 6-2.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.3(b)。

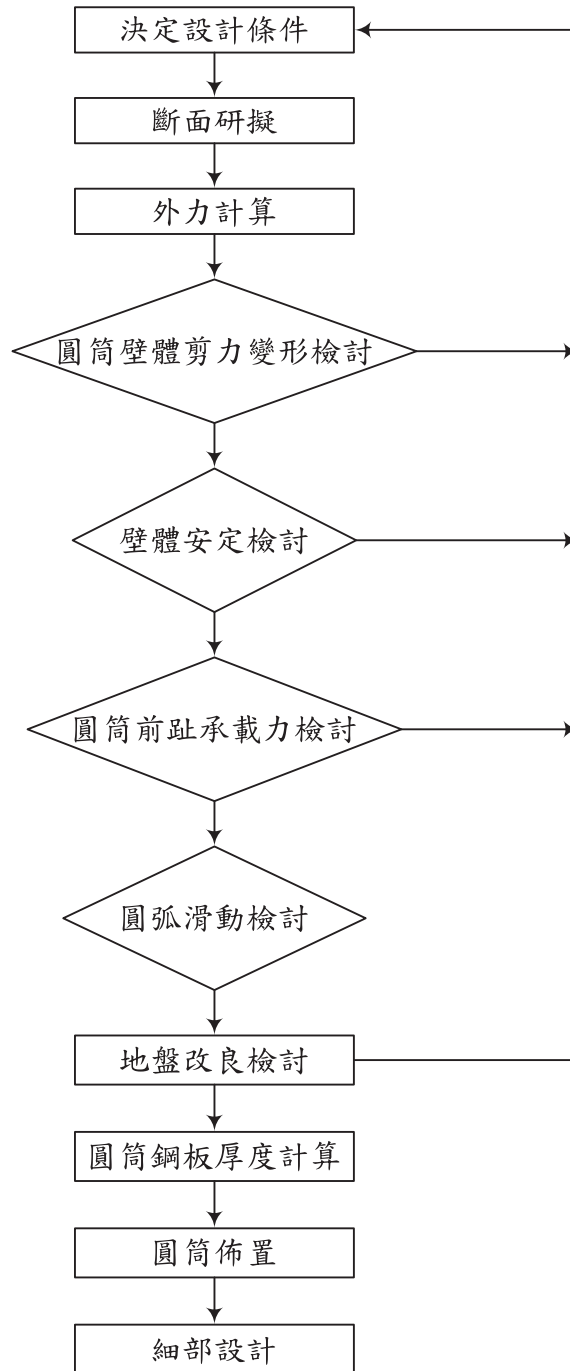


圖 6-2.1 置放式鋼板圓筒碼頭設計流程

6.2.2 作用於鋼板圓筒之外力

作用於鋼板圓筒之外力，依本章 6.1.2[作用於鋼板樁圓筒之外力]規則計算。

6.2.3 圓筒壁體剪力變形檢討

1. 概要

壁體剪力變形之檢討，一般以常時作用之荷重作為檢討之標準。鋼板樁圓筒內之回填土因受圓角外殼侷限，一般將圓筒外殼與回填土視為一體，將圓筒壁體之變形忽略。圓筒即使承受較平時荷重及地震荷重還大的外力時，圓筒亦被認定有大量變形情形發生，換言之，一般認為鋼板樁圓筒內之回填土應不致產生剪力破壞。但在圓筒的直徑極小，回填土之強度較低時，則無法滿足剛性體之基本假設，在此一情形下須對圓筒以常時荷重進行剪力變形之檢核。

2. 換算壁體寬度定義

圓筒換算壁體寬度，依本章 6.1.3 第 2 小節[換算壁體寬度定義] 規則計算。

3. 安全係數

圓筒壁體抵抗剪力變形之安全係數，常時以大於 1.2 為準。

4. 設計水深

於砂質地盤，所採用之海底面，即船席設計水深，須考量因超挖或船舶推進器之作用等因素，形成船席設計水深較計畫水深為深之狀況。船席設計水深詳本篇第二章 2.4 節[設計水深]所述。

5. 變形力矩計算

作用於圓筒壁體之變形力矩 M_{dd} ，依本章 6.1.3 第 5 小節[變形力矩計算] 規則計算。

6. 抵抗力矩計算

(1) 概要

假設鋼板圓筒不容許變形時(鋼板圓筒頂端之水平變位量小於壁體高度之 0.5%)，圓筒抵抗力矩可依下式計算之。

$$M_{rd} = \frac{1}{6} \gamma \cdot R_0 \cdot H_0^3 \quad (6-2.2)$$

式中，

M_{rd} ：抵抗力矩(kN-m/m)

γ ：圓筒內填料之換算單位體積重量(kN/m³)

H_0 ：換算壁高(以圓筒內填料重量計算抵抗力矩之假想壁高)(m)

$$R_0 = r_0^2 (3 - r_0 \cdot \cos \phi) \sin \phi$$

$$r_0 = B/H_0$$

B ：圓筒換算壁體寬度(m)

ϕ ：圓筒內填料之內摩擦角(度)

(2)內填料換算單位體積重量(γ)及換算壁高(H_0)

圓筒內填料單位體積重量，位於圓筒內水位以下時，應採用水中單位體積重量，設計時為簡化計算，可將圓筒內填料單位體積重量採用一固定值(例 $\gamma = 10.0\text{kN/m}^3$)，並以下式計算換算壁高 H_0 。

$$H_0 = \frac{r_0'}{r} H_w + \frac{r_0}{r} (H_d - H_w) \quad (6-2.3)$$

式中，

H_d ：海底面至碼頭面之高度(m)

H_w ：海底面至圓筒內水位之高度(m)

γ_0' ：內填料水中單位體積重量(kN/m³)

γ_0 ：圓筒內水位以上內填料之單位體積重量(kN/m³)

γ ：內填料之換算單位體積重量(kN/m³)

6.2.4 圓筒壁體安定檢討

1. 概要

圓筒壁體之安定計算，應檢討下列各項：

- 滑動檢討
- 傾覆檢討

2. 滑動檢討

圓筒壁體滑動檢討，依本章 6.1.5 節[圓筒壁體安定檢討]規則檢討。

3. 傾覆檢討

(1) 概要

圓筒壁體傾覆安定，須檢討地震時之安定狀況，其須滿足下式：

$$S.F. \leq \frac{M_{r0}}{M_{d0}} \quad (6-2.4)$$

式中，

S.F.：安全係數

M_{d0} ：作用於圓筒壁體之傾覆力矩(kN-m/m)

M_{r0} ：圓筒壁體傾覆抵抗力矩(kN-m/m)

(2) 安全係數

圓筒壁體傾覆安定之安全係數，於常時以大於 1.2，於地震時以大於 1.1 為準。

(3) 傾覆力矩

作用於圓筒壁體之傾覆力矩 M_{d0} ，為下列外力於圓筒下端前趾之傾覆力矩。

- 作用於圓筒壁體背後之主動土壓力
- 殘留水壓力
- 作用於圓筒內填料之地震力

(4) 抵抗力矩

a. 概要

圓筒壁體傾覆抵抗力矩依下式計算之。

$$M_{r0} = \frac{1}{6} \gamma \cdot H^3 \cdot R_t \quad (6-2.5)$$

式中，

M_{r0} ：圓筒壁體傾覆抵抗力矩(kN-m/m)

γ ：圓筒內填料之換算單位體積重量(kN/m³)

H'：換算壁高(以圓筒內填料重量計算抵抗力矩之假想壁高)(m)

R_t：傾覆抵抗係數

b. 內填料換算單位體積重量(γ)及換算壁高(H')

圓筒內填料單位體積重量，位於圓筒內水位以下時，應採用水中單位體積重量，設計時為簡化計算，可將圓筒內填料單位體積重量採用一固定值(例 $\gamma = 1.0 \text{ tf/m}^3$)，並以下式計算換算壁高 H'。

$$H' = \frac{\gamma_0'}{\gamma} H_w' + \frac{\gamma_0}{\gamma} (H_d' - H_w') \quad (6-2.6)$$

式中，

H_d'：圓筒下端至碼頭面之高度(m)

H_w'：圓筒下端至圓筒內水位之高度(m)

γ_0' ：內填料水中單位體積重量(kN/m³)

γ_0 ：圓筒內水位以上內填料之單位體積重量(kN/m³)

γ ：內填料之換算單位體積重量(kN/m³)

c. 傾覆抵抗係數 R_t

傾覆抵抗係數 R_t，可依下式計算，或由圖 6-2.2 查得。

$$R_t = r_0'^2 (3 - r_0' \cdot \cos \phi) \sin \phi + 3(\alpha^2 - \beta^2) + 6r_0 \cdot \beta \quad (6-2.7)$$

式中，

$$r_0 = B/H'$$

$$r_0' = r_0 - (\alpha + \beta)$$

$$\alpha = K_a \cdot \tan \delta$$

$$\beta = K_a \cdot \tan \delta + r_0'/2(4 - r_0' \cos \phi) \tan \phi \tan \delta$$

B：圓筒換算壁體寬度(m)，依本章 6.2.3 節第 2 小節[換算壁體寬度定義]計算

H'：圓筒換算壁高(m)

δ : 內填料之壁面摩擦角(度)，一般採用 15°

K_a : 內填料之主動土壓係數

γ : 內填料之換算單位體積重量(kN/m^3)

ϕ : 內填料之內摩擦角(度)

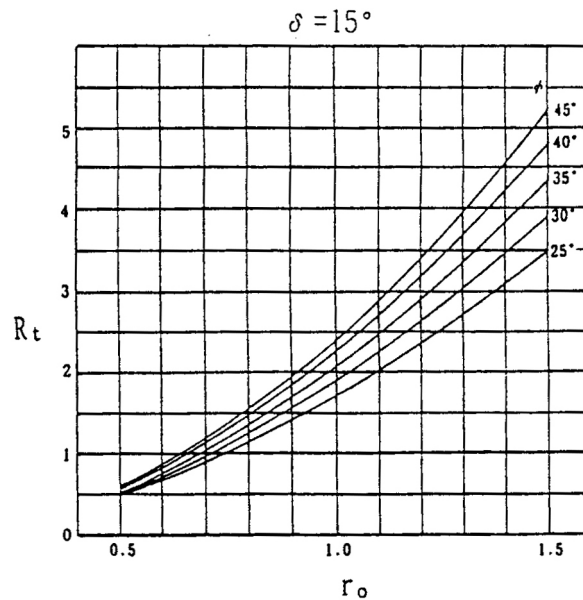


圖 6-2.2 傾覆抵抗係數計算圖

6.2.5 鋼板圓筒前趾承載力檢討

1. 概要

圓筒前趾反力，應小於海底地盤容許承載力。

2. 圓筒前趾最大反力

發生於鋼板圓筒前趾之最大反力，依下式計算之。

$$V_t = \frac{1}{2} \gamma_0 \cdot H^2 \cdot \tan^2 \phi \quad (6-2.8)$$

式中，

V_t : 鋼板圓筒前趾最大反力(kN/m)

γ_0 : 圓筒內填料之單位體積重量(kN/m^3)

H : 鋼板圓筒壁體高度(m)

ϕ : 圓筒內填料之內摩擦角(度)

公式(6-2.8)係將圓筒內填料之土壓係數與壁面摩擦係數之積視為 $\tan^2 \phi$ ，計算作用於圓筒前壁之土壓垂直分力。故內填料不同時，可採用計算土壓相同方式計算之。

鋼板圓筒壁體高度，一般採用自圓筒頂端至下端之高度為準。但如有相當重量之上部結構由基樁支承時，其壁體高度則可由上部結構之下端起算至圓筒下端止。

3. 圓筒前趾反力

作用於圓筒之傾覆力矩約等於圓筒壁體傾覆抵抗力矩時，即圓筒壁體傾覆安全係數等於 1.0 時，圓筒前趾最大反力約等於公式(6-2.8)計算所得之值，由於作用於圓筒之傾覆力矩小於圓筒壁體傾覆抵抗力矩，故圓筒前趾反力應較公式 (6-2.8)計算所得之值為小。依據實驗結果，圓筒前趾反力可依下式計算之。

$$V = V_t \frac{M_{d0}}{M_{r0}} \quad (6-2.9)$$

式中，

V：傾覆力矩為 M_{d0} 時之鋼板圓筒前趾反力(kN/m)

V_t ：鋼板圓筒前趾最大反力(kN/m)

M_{d0} ：作用於圓筒壁體之傾覆力矩(kN-m/m)

M_{r0} ：圓筒壁體傾覆抵抗力矩(kN-m/m)

4. 地盤容許承載力

地盤容許承載力，依第五篇第二章[淺基礎承載力]規則計算。

6.2.6 圓筒鋼板厚度計算

圓筒鋼板厚度，依計算之水平方向拉力，求得鋼板應力應小於材料之容許應力。

作用於圓筒鋼板之水平方向拉力，依下式計算。

$$T = \{(r \cdot H_0 + W) \tan \phi + r_w \cdot h_w\} R \quad (6-2.10)$$

式中，

T：水平方向拉力(kN/m)

γ ：圓筒內填料之換算單位體積重量(kN/m³)

H₀：換算壁高(m)，詳公式(6-2.3)

h_w：圓筒內水位與碼頭前之水位差(m)

W：上載載重(kN/m²)

ϕ ：內填料之內摩擦角(度)

γ_w ：海水單位體積重量(kN/m³)

R：圓筒之半徑(m)

鋼板之容許應力及鋼材之防蝕，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。

6.2.7 圓筒佈置

置放式鋼板圓筒碼頭之圓筒佈置原則，請參考本章 6.1.6 節[圓筒佈置]所述之鋼板樁圓筒式碼頭圓筒佈置原則。

6.2.8 細部設計

置放式鋼板圓筒碼頭細部設計，依本章 6.1.9 節[細部設計]所述鋼板樁圓筒式碼頭細部設計為準。

6.3 埋入式鋼板圓筒碼頭

6.3.1 設計原則

本章 6.3 節[埋入式鋼板圓筒碼頭]所述設計法，適用於鋼板圓筒壁體埋入砂質地盤中之圓筒式碼頭。

依模型試驗結果，下列埋入式鋼板圓筒，尚存有許多疑點，須另以本節所述之其他設計法檢討。

- 圓筒壁體入土深度小於壁體高度 1/8
- 圓筒換算壁體寬度與壁體高度之比值，小於 0.5 或大於 2.0

- 粘性土地盤以砂樁改良之地盤
埋入式鋼板圓筒碼頭設計流程，參考圖 6-2.1 所示。

6.3.2 作用於鋼板圓筒之外力

作用於鋼板圓筒之外力，原則依本章 6.1.2 節[作用於鋼板樁圓筒之外力]規則計算。

6.3.3 圓筒壁體剪力變形檢討

圓筒壁體常時之剪力變形檢討，依本章 6.1.3 節[圓筒壁體剪力變形檢討]規則檢討。

6.3.4 圓筒壁體安定檢討

圓筒壁體安定檢討，依本章 6.1.4 節[圓筒型體安定檢討]規則檢討。地盤承载力檢討

6.3.5 圓筒壁體滑動檢討

圓筒壁體滑動檢討，原則依本章 6.1.4[圓弧壁體安定檢討]規則計算。

6.3.6 地盤承载力檢討

圓筒底面之垂直地盤反力，應小於海底地盤容許承载力。
海底地盤容許承载力，依第五篇第二章[淺基礎承载力]相關規則計算。

6.3.7 圓筒頂端變位檢討

圓筒頂端變位檢討，原則依本章 6.1.7[圓筒頂端變位檢討]相關規則計算。

6.3.8 圓弧滑動檢討

圓弧滑動檢討，原則依本章 6.1.8[圓弧滑動檢討]規定辦理。

6.3.9 圓筒佈置

埋入式鋼板圓筒碼頭之圓筒佈置原則，請參考本章 6.1.9 節[圓筒佈置]所述之鋼板樁圓筒式碼頭圓筒佈置原則。

6.3.10 圓筒及圓弧鋼板厚度計算

圓筒及圓弧鋼板厚度，依本章 6.2.6 節[圓筒鋼板厚度計算]計算之水平方向拉力，求得鋼板應力應小於材料之容許應力。

於計算圓筒最大水平方向拉力時，圓筒內填料土壓係數採用 $\tan \phi$ ，由於內填料壓密時會使內摩擦角增大，故作用於圓筒之最大水平方向拉力亦增大，因此內填料若採用碎石等內摩擦角大之材料時，內填料土壓係數採用同本章 6.1.10 節[板樁拉力計算]之 0.6 即可。

依模型試驗及現場實測結果，若圓筒中心間距與圓筒直徑比值小於 1.5 時，圓弧部份之內填料土壓係數小於 1/2 圓筒內填料土壓係數，故圓弧部份之內填料土壓係數可採用 $0.5 \tan \phi$ 。

鋼板之容許應力及鋼材之防蝕，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。

圓筒及圓弧鋼板最小厚度，尚須檢討製作、施工、維護管理等。鋼板圓筒打設所須之最小鋼板厚度，可依下式計算。

$$t \geq 0.0322 \sqrt{\frac{R \cdot \bar{N} \cdot D'}{E}} \quad (6-3.5)$$

式中，

t：圓筒鋼板之最小厚度(cm)

E：鋼料之楊氏係數(kN/cm²)

R：圓筒半徑(cm)

\bar{N} ：圓筒打設地盤之平均 N 值

D'：鋼板圓筒打設深度(cm)

6.3.11 接頭部份與補強構件

圓筒與圓弧接頭，應能承受作用於圓筒本身及圓弧之最大拉力，並應考慮圓弧之施工及防止圓弧背填土之流失。圓筒與圓弧接頭結構斷面示意如圖 6-3.6。

為確保圓筒與圓弧接頭，能承受製作及施工時之應力，一般須於圓筒與圓弧之接頭加裝垂直、水平及上、下兩端之補強構件等。

6.3.12 細部設計

埋入式鋼板圓筒碼頭細部設計，依本章 6.1.12 節[細部設計]所述鋼板樁圓筒式碼頭細部設計為準。

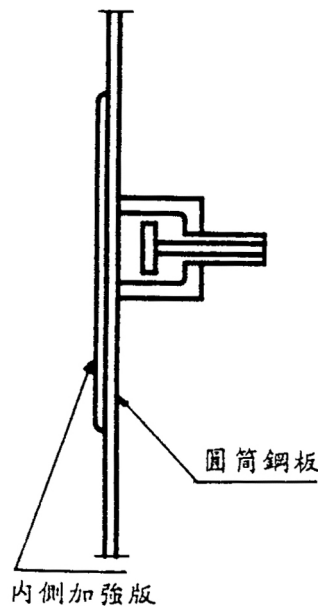


圖 6-3.6 圓筒與圓弧接頭結構斷面示意圖

第七章 棧橋式碼頭

7.1 概論

棧橋式碼頭結構須能承受自重及使用年限內之各種外力，使其不致遭受結構系統破壞(Structural Collapse)，於設計上，一般可經由結構靜態分析(規則性結構可用地震靜力分析)得到各桿件之應力，但對不規則性結構物，則應進行地震動力分析。

7.1.1 靜態分析

棧橋式碼頭結構靜態分析，可依下述過程採電腦分析，或依本章7.2節[直樁棧橋式碼頭]及7.3節[斜樁棧橋式碼頭]所述方法進行分析。

1. 依據本章7.2節[直樁棧橋式碼頭]及7.3節[斜樁棧橋式碼頭]所述方法(結構分析方法除外)，決定碼頭基本斷面。
2. 依據經驗先行假設碼頭結構各桿件之斷面。
3. 利用各種資料(如材料之楊氏係數、波森比、單位重、地質資料、施工程序…等)，建立碼頭結構適當之有限元素分析模式。
4. 利用各種外力之特性決定最重要之數種外力組合。
5. 依據過程2、3、4之假設，利用電腦程式進行三度空間構架分析，並檢核過程2之斷面假設是否適當。必要時應重新假設斷面，依上述過程再次進行分析及檢核。
6. 根據過程5之三度空間構架分析結果，設計各桿件斷面。

7.1.2 動態分析

對碼頭結構而言，地震力主要作用於水平方向，故常以斜樁來承受水平力及增加結構水平方向之剛度，如此可減小樁之斷面，然而斜樁之存在將使水平地震力增加，並且使結構整體之韌性(Ductility)減小，故碼頭結構是否使用斜樁，須依據碼頭基地土壤之

特性，以及該地區地震危害度分析(Risk Analysis)結果決定。

目前結構承受地震力之設計理念(Design Philosophy)為結構承受當地 50 年迴歸期地震強度(Intensity)時，整個結構系統必須在彈性範圍內。若承受 475 年迴歸期之地震強度時，結構系統之完整性必須得以維持，但容許部份桿件之應變進入塑性範圍。

棧橋式碼頭結構動力分析，可依下述過程採電腦分析。

1. 依據基準說明 9.4.2 節決定設計地表加速度係數 Z_d 。
2. 依據碼頭基地之土壤特性，由基準說明 9.4.3 節決定適合之設計用反應譜(Design Response Spectrum)。
3. 將上述設計用地震強度及反應譜作為結構模式(靜態分析過程 3. 所建立之有限元素分析模式)之輸入地震 (Input Earthquakes)，進行動力分析，並將動力分析結果與靜態分析結果結合，作為設計之依據。

7.2 直樁棧橋式碼頭

7.2.1 設計原則

本章 7.2 節[直樁棧橋式碼頭]所述設計法，適用於僅具直樁之棧橋式碼頭。

直樁棧橋式碼頭耐震設計，可採靜力分析設計，但對不規則性結構物，宜進行地震動態分析。

直樁棧橋式碼頭設計流程，如圖 7-2.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.4(a)。

7.2.2 棧橋單元大小及基樁配置

1. 概要

棧橋單元大小、基樁間距及各樁排間隔，應考量下列各項條件後決定之。

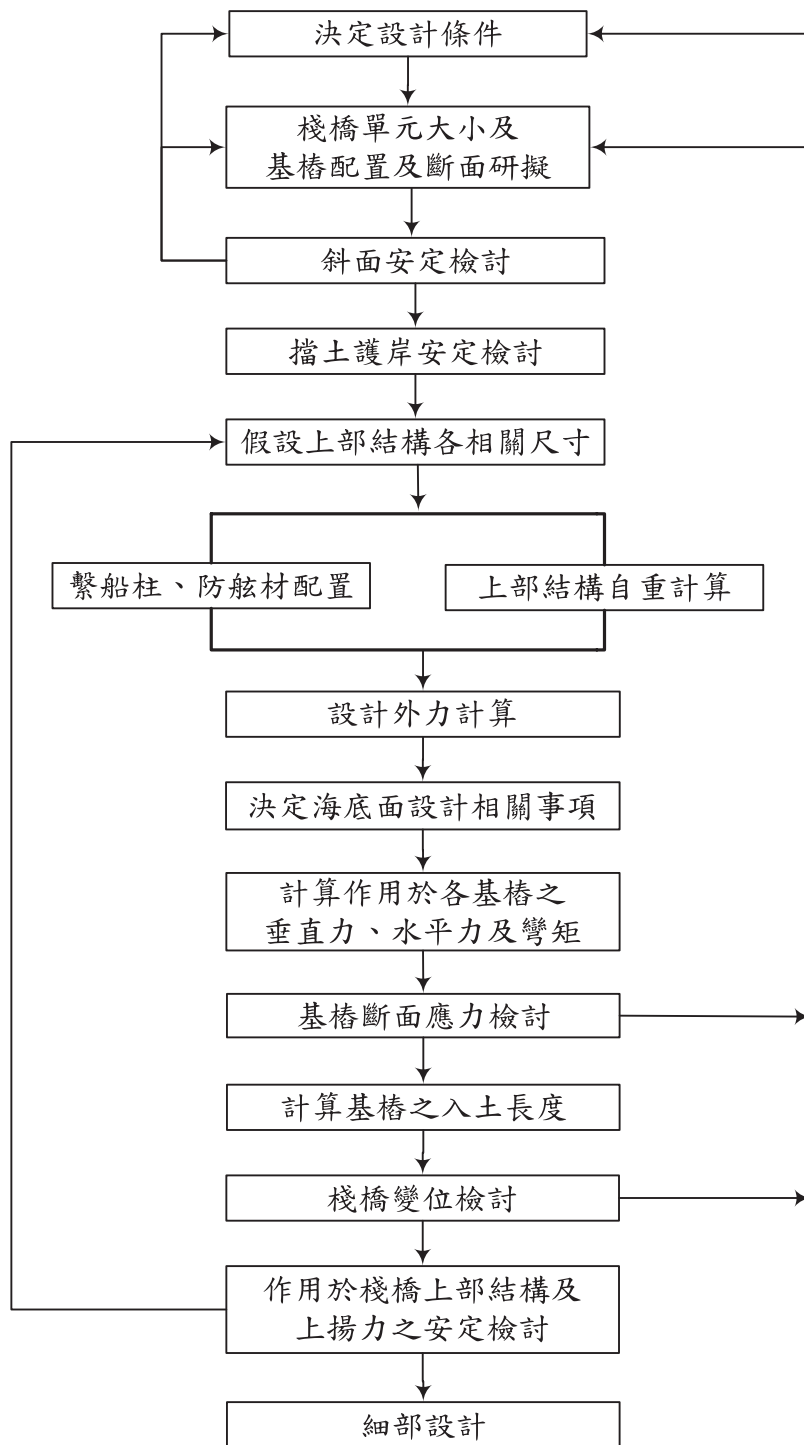


圖 7-2.1 直樁棧橋式碼頭設計流程

- 碼頭岸肩寬度
- 通棧位置
- 海底之安定性，特別是斜坡之安定

- 既有護岸
- 混凝土澆鑄等施工能力
- 裝載載重及活載重大小，及裝卸設備尺寸

2. 棧橋單元大小

棧橋各單元愈長，愈能承受船舶衝擊力、船舶拉力等外力之作用，但相對的將使不均勻沉陷之影響增大。

棧橋單元大小，亦應考量混凝土澆鑄等施工能力，以一般大型碼頭為例，可採用每單元長度為 30m 左右。

如既有護岸位於水深較淺處或因海底地盤軟弱，須採較緩斜坡而使岸肩寬度較寬時，亦可在碼頭法線垂直方向分單元，以避免陸側之基樁於地震力作用時，產生水平力集中現象，以降低工程費。

3. 基樁配置

基樁間距及各樁排間隔，按載重之分佈情況及基樁與上部結構之斷面分析工程費用，並檢討施工可行性後決定之。規劃有軌道式起重機或卸載機之碼頭，基樁配置應考量起重機軌道間距及載重條件。

碼頭上部結構如為場鑄鋼筋混凝土時，考量模板支撐料之經濟性，樁之間距以採用 4~6m 左右為宜。

以一般大型碼頭為例，如碼頭規劃有起重機時，採用基樁間距約為 5m，碼頭垂直方向之樁排為 3~4 排，配合碼頭寬度及軌距配置。

7.2.3 上部結構相關尺寸

棧橋式碼頭上部結構相關尺寸，應考慮下列各事項後決定之。

- 基樁間距、樁排間隔及樁之形狀、尺寸
- 裝載載重及活載重
- 潮位

- 模板及支撐等施工條件
- 地質條件
- 繫船柱配置
- 防舷材配置、尺寸及型式

棧橋上部結構，通常多採用全套管基樁之鋼筋混凝土結構。此時，依以往之工程實例，在一般大型的繫船岸（以 1 萬噸級之船舶為對象）可承載吊車之棧橋上部結構的標準尺寸如下：

- 鋪面厚：10 cm (混凝土鋪面)
- 版厚：25~3 cm
- 樑高：100~130 cm (含版)
- 樑寬：約與樁同寬
- 凸出部份：從支承樁中心 1.5~2.0 m

7.2.4 繫船柱及防舷材配置

繫船柱及防舷材之配置，應儘可能減小經由繫船柱及防舷材傳達之外力，以偏心外力作用於棧橋之單元。

7.2.5 作用於棧橋之外力

1. 概要

作用於棧橋主體之外力與載重，應考慮下列各項。其中地震力、風力及船舶拉力，可視為異常載重。

(1) 垂直力

- 上部結構自重(包含各基樁自重)
- 裝載載重
- 活載重：列車載重、汽車載重、裝卸機械載重、群眾載重等
- 船舶拉力
- 上揚力

(2)水平力

- 作用於上部結構之地震力(包含作用於基樁自重之地震力)
- 作用於裝載載重之地震力
- 作用於活載重之地震力
- 作用於活載重之風力
- 船舶衝擊力及拉力
- 後線擋土設施所傳達之水平力

2. 上部結構自重

上部結構自重，依本章 7.2.3 節[上部結構相關尺寸]所決定之上部結構尺寸，計算各材料體積，並依第二篇第十三章第 13.2 節[自重]規則計算上部結構自重。

上部結構自重包含各基樁之自重；作用於上部結構之地震力，包含作用於各基樁自重之地震力。

設計直樁棧橋式碼頭，鋼筋混凝土上部結構自重，初步設計時可採用 $17\sim 20\text{ kN/m}^2$ 。對特殊棧橋而言，如基樁間距較一般值為大時、碼頭上設置有大型裝卸機具時、棧橋之海側或陸側基樁以連續鋼管兼作為擋土用時…等，不宜採用上述近似值。細部設計時應以實際斷面計算自重。

3. 裝載載重

作用於碼頭面之裝載載重，依第二篇第十三章[載重]規則計算。

4. 活載重

作用於碼頭面之活載重，依第二篇第十三章[載重]規定計算。

裝載載重與活載重混存於同一碼頭面時，應考量此碼頭之利用型態，決定裝載載重與活載重之分佈。如碼頭法線垂直方向寬度較寬時，如圖 7-2.2 所示，可視為有一或二輛卡車之活載重，在其外側則視為裝載載重作用。

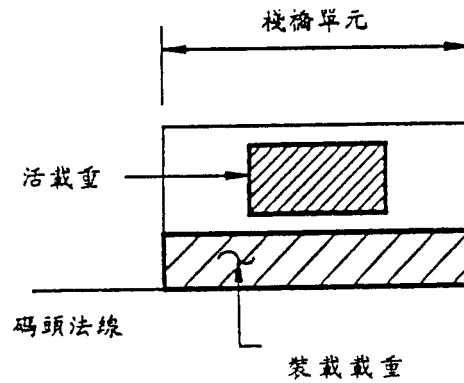


圖 7-2.2 裝載載重與活載重分佈示意圖

5. 船舶拉力

船舶作用於繫船柱之拉力依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

6. 船舶衝擊力

船舶衝擊力依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

以一每單元長度 20~30m 之棧橋為例，其一般配置二座防舷材，其間隔約為 8~13m，檢討各種船型之靠岸狀況，原則上以一個防舷材將靠岸能量加以吸收，但若防舷材在法線上為連續配置時，則不在此限。

由於棧橋本身吸收之能量有限，故一般不予考慮。

7. 風力

作用於起重機等之風力，依第二篇第二章[風]規則計算。

8. 地震力

地震力依第二篇第十章[耐震設計]規則計算。

作用於上部結構之地震力，包含作用於各基樁自重之地震力。

作用於裝載載重之地震力，其水平力作用點可視為作用於碼頭面，但重心特別高之貨物，其水平力作用點應為貨物之重心高

度。

作用於碼頭法線方向之地震力，須予考慮。除自重及固定之活載重外，可不必計算地震力。

9. 上揚力

作用於棧橋上部結構及連接版之上揚力，無法以公式或圖表計算，於設計時可參考相關實驗資料，或同一港口類似結構之現況，或以結構方法減小上揚力等考量作用於棧橋上部結構及連接版之上揚力。

7.2.6 海底面設計相關事項

1. 概要

棧橋式碼頭重力式擋土結構物，應興建於結構物前斜坡安定面之後。

基樁之假想地表面，原則上可簡單假設為各基樁位置水深與碼頭設計水深之平均值。

2. 斜面坡度

棧橋式碼頭擋土結構物前之斜坡，如以沙或塊石構築時，斜面於地震時之安定角度可依下式計算，如圖 7-2.3 所示，重力式擋土結構物應興建於該安定面之後。

$$\alpha = \varphi - \varepsilon \quad (7-2.1)$$

式中，

α ：斜坡與水平面所形成之角度(度)

φ ：構成斜坡主要材料之內摩擦角(度)

ε ： $\varepsilon = \tan^{-1}K'$

$$K' = \frac{\gamma}{\gamma - 10} K$$

K' ：在水中之換算震度

K ：在空氣中之震度

γ ：飽和土壤在空氣中單位體積重量(kN/m^3)

棧橋式碼頭擋土結構物前斜坡，若為軟弱之粘土所構成時，須進行圓弧滑動檢討，以決定斜面之安定坡度。

實際設計之斜面坡度，通常較公式 (7-2.1) 所計算之斜面安定角 α 為陡。為防止因沖刷及局部崩塌而影響重力式擋土結構物之安定，故擋土結構物應設置於公式 (7-2.1) 所計算之安定斜面之後。

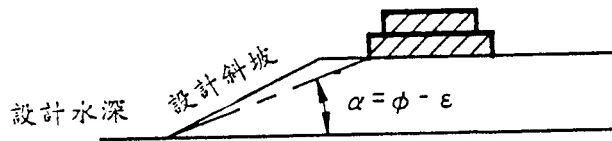


圖 7-2.3 碼頭後線重力式擋土結構物位置示意圖

3. 假想地表面

若斜坡相當陡，於計算基樁之橫向抵抗及承载力時，各基樁之假想地表面，如圖 7-2.4 所示，可簡單假設為各基樁位置水深與碼頭設計水深之平均值。

若棧橋法線垂直方向寬度超過 20m 以上，且海底斜坡非常長時，上述方法則不適用，此時應以彈性支承分析。

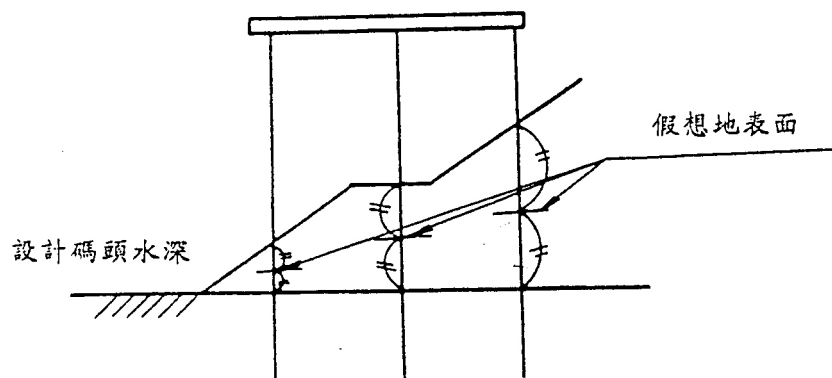


圖 7-2.4 假想地表面示意圖

7.2.7 基樁設計

1. 概要

棧橋由樁與上部結構所構成，樁與上部結構之連接可視為剛性，可假設各樁於海底某處為固定點，依剛性構架設計之。

2. 水平地盤反力係數

計算棧橋基樁之橫向抵抗時，土壤水平地盤反力係數 K_h ，應以橫向載重試驗求得為原則。於設計階段，如無試驗值，可依下式估算。

$$K_h=0.0015N \quad (7-2.2)$$

式中，

K_h ：水平地盤反力係數(kN/cm³)

N ：基樁假想固定點附近土壤之 N 值，基樁假想固定點詳下小節所述。

3. 假想固定點

棧橋視為剛性構架進行分析時，直樁於海底面下之假想固定點，可假設位於假想地表面下 $1/\beta$ 。 β 值依下式計算之。

$$\beta(\text{cm}^{-1}) = \left[\frac{K_h \cdot D}{4EI} \right]^{1/4} \quad (7-2.3)$$

式中，

K_h ：水平地盤反力係數(kN/cm³)

D ：基樁之直徑或寬度(cm)

EI ：基樁之撓曲剛度(kN-cm³)

4. 各基樁之作用力

(1) 概要

因受船舶衝擊力所引起之水平偏心載重，或因作用於法線方向之地震力，棧橋之單元可能產生迴轉，當棧橋單元之迴轉受鄰接單元之限制時，其迴轉量將較不受鄰接單元限制時為小，鄰接單元之影響程度隨單元連接之結構而有所不

同，於設計時應否考量鄰接單元之影響，應視水平偏心載重之大小、棧橋單元之結構等因素而定。下述各基樁之作用力，係不考量鄰接單元影響之近似解。細部設計時，宜以有限元素法予以分析。

(2) 水平力

① 無須考慮棧橋單元之迴轉時，分配作用於各基樁之水平力，可依下式計算。

$$H_i = \frac{K_{si}}{\sum_i K_{si}} H \quad (7-2.4)$$

式中，

H_i ：分配至編號 i 基樁之水平力(kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(kN)

K_{si} ：編號 i 基樁之橫向剛性係數(kN/m)

$$K_{si} = \frac{12EI_i}{L_i^3}$$

EI_i ：編號 i 基樁之撓曲剛度(kN-m²)

L_i ：編號 i 基樁樁頭至假想固定點之長度(m)

② 須考慮棧橋單元之迴轉時

如圖 7-2.5 所示，如水平力之作用方向與棧橋單元對稱軸成平行，則分配作用於各基樁之水平力，可依下式計算。

$$H_i = \frac{K_{si}}{\sum_i K_{si}} H + \frac{K_{si} \cdot X_i}{\sum_i (K_{si} \cdot X_i^2)} e \cdot H \quad (7-2.5)$$

式中，

H_i ：分配至編號 i 基樁之水平力(kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(kN)

X_i ：棧橋單元對稱軸至編號 i 基樁之距離(m)

e ：棧橋單元對稱軸與水平力作用線之距離(m)

K_{si} ：編號 i 基樁之橫向剛性係數(kN/m)

$$K = \frac{12EI_i}{L_i^3}$$

EI_i ：編號 i 基樁之撓曲剛度($\text{kN}\cdot\text{m}^2$)

L_i ：編號 i 基樁樁頭至假想固定點之長度(m)

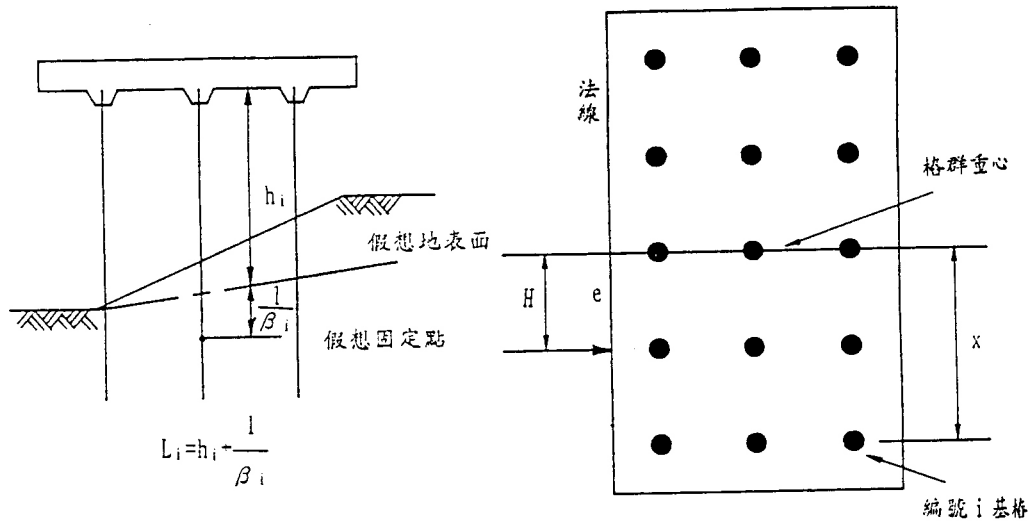


圖 7-2.5 棧橋基樁配置及水平力作用點示意圖

(3) 變位量

棧橋及基樁變位量，可依下列公式計算。

① 棧橋整體之水平變位量 Δ

$$\Delta = \frac{H}{\sum_i K_{si}} \quad (7-2.6)$$

② 棧橋之迴轉量 α

$$\alpha = \frac{e \cdot H}{\sum_i (K_{si} \cdot X_i^2)} \quad (7-2.7)$$

③ 編號 i 基樁樁頭變位量 Δ_i

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \frac{H}{\sum_i K_{si}} + \frac{X_i}{\sum_i (K_{si} \cdot X_i^2)} e \cdot H \\ &= \Delta + \alpha \cdot X_i \end{aligned} \quad (7-2.8)$$

(4) 基樁彎矩

基樁樁頭彎矩，可依下列公式計算。

$$M_i = 0.5 \cdot L_i \cdot H_i \quad (7-2.9)$$

式中，

M_i ：編號 i 基樁樁頭彎矩(kN-m)

L_i ：編號 i 基樁樁頭至假想固定點之長度(m)

H_i ：分配至編號 i 基樁之水平力(kN)

(5) 基樁軸力

基樁軸力，可依下列公式計算。

$$P_i = {}_h P_i + {}_v P_i \quad (7-2.10)$$

式中，

P_i ：編號 i 基樁之基樁軸力(kN)

${}_h P_i$ ：編號 i 基樁由水平力所致之基樁軸力(kN)

${}_v P_i$ ：編號 i 基樁由垂直載重所致之基樁軸力(kN)

編號 i 基樁由水平力所致之基樁軸力(${}_h P_i$)，可依下式計算之。

$${}_h P_i = S_{i \cdot i-1} + S_{i \cdot i+1} \quad (7-2.11)$$

$$= \frac{M_{i-1 \cdot i} + M_{i \cdot i-1} - M_{i \cdot i+1} - M_{i+1 \cdot i}}{b}$$

式中，

$S_{i \cdot i-1}$ ：編號 i 基樁樁頭於編號 $i-1$ 基樁側之梁，由水平力所致之剪力(kN)

$S_{i \cdot i+1}$ ：編號 i 基樁樁頭於編號 $i+1$ 基樁側之梁，由水平力所致之剪力(kN)

$M_{i-1 \cdot i}$ ：編號 $i-1$ 基樁樁頭於編號 i 基樁側之梁，由水平力所致之彎矩(kN-m)

$M_{i \cdot i-1}$ ：編號 i 基樁樁頭於編號 $i-1$ 基樁側之梁，由水平力所致之彎矩(kN-m)

$M_{i \cdot i+1}$ ：編號 i 基樁樁頭於編號 $i+1$ 基樁側之梁，由水平力所致之彎矩(kN-m)

$M_{i+1 \cdot i}$ ：編號 $i+1$ 基樁樁頭於編號 i 基樁側之梁，由水平力所致之彎矩(kN-m)

b ：梁之跨度，樁之間距

基樁樁頭之彎矩分佈，如圖 7-2.6 所示，假設編號 i 基樁樁頭之彎矩為 M_i ，則 $M_{i \cdot i-1}$ 及 $M_{i \cdot i+1}$ 依下列原則計算：

①編號 i 基樁位於中間支承點，依下列公式計算之。

$$M_{i \cdot i-1} = a \cdot M_i \quad (7-2.12)$$

$$M_{i \cdot i+1} = b \cdot M_i$$

式中，

二跨徑時， $a=0.6$ ， $b=0.6$

三跨徑時，在第二支基樁樁頭 $a=0.5$ ， $b=0.7$

在第三支基樁樁頭 $a=0.7$ ， $b=0.5$

②如編號 i 基樁位於兩端支承點，則採用該樁樁頭彎矩 M_i 。

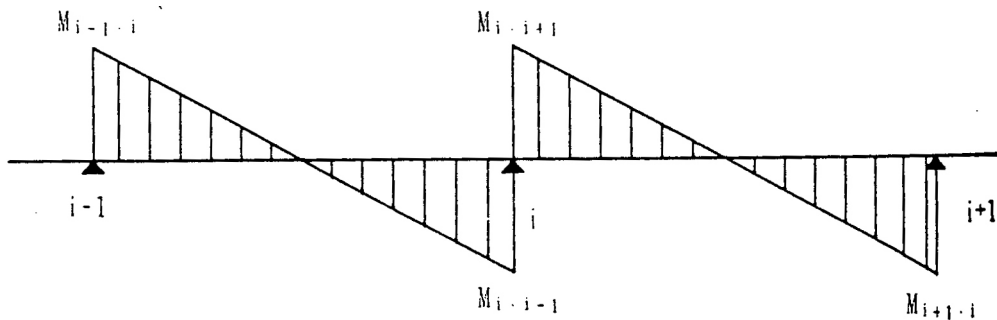


圖 7-2.6 基樁樁頭彎矩分佈示意圖

(6)從假設地表起的樁長 h ，亦可設定與上部結構的樑柱底部長度相同，可參照計算圖 7-2.5。

(7)式(7-2.6)~式(7-2.8)係依據下列假設條件而成立：

假設 1：相較於樁的材料角隅部，會發生支點沈陷的樓板材

料角隅部可以忽略。

假設 2：樑的剛性較樁的剛性大，故可忽略發生在樁頭的節點轉角。樑的剛性通常為樁的剛性的 10~15 倍左右。

假設 3：樁的單位長度的地盤反作用力，以近似於地盤橫向變位之一定比例產生。

假設 4：棧橋的單元有一垂直於棧橋斜線的對稱軸。

假設 5：水平作用力的方向與對稱軸平行。

假設 6：忽略棧橋法線方向的變位。

(8)(2)~(5)中的公式是將棧橋單元的旋轉中心點假設在單元對稱軸(法線直角方向)以上，並忽略樁的抗扭力所得的簡易解答，與精算得出之解答相比時，樁頭變位、水平力分配及樁頭彎距等皆約相差 20% 左右。

(9)樁的軸力分別以因水平力造成之擠壓力量及拉拔力量，及因垂直荷重造成之擠壓力量求得。當樁頭彎距分配在樑柱時，有下列方式。

a. 只考量樑、柱的彎曲

b. 只考量樁的彈性沈陷

c. 樑、柱的彎曲及樁的彈性沈陷皆列入考量

a 與 b 項為忽略樑的剛性或樁的剛性的近似方式，為多被採用的方式。這種方式最大的優點在於易於計算。而 c 項是從樑的彎曲變形及樁的彈性沈陷的比率來判斷，且兩者的剛性皆不可忽略。以此方式計算可得到較精確的解答，但在計算過程中免不了繁雜的多元聯立方程式。

在(2)~(5)項中所示之樁頭彎距分配至樑柱的數值，是將 c 項的方法應用在數個棧橋式碼頭的真實案例上求得的。考量到發生地盤沈陷時之安全性，多將樁頭的彎距增加 20%。(2)~(5)項中所示的分配值，在法線直角方向為 2 或 3 個跨

距，適用於 $0.5 < \alpha < 2.0$ 的棧橋 ($\alpha = \omega / (12E_c I_c / \ell)$)， ℓ 為跨距長， ω 為樁的彈性沈陷係數， $E_c I_c$ 為樁的剛度)。在此範圍外的案例，可以表 7-2.1 所示聯立方程式解出後，再以式 (7-2.13) 求出即可(參照圖 7-2.7)。

$$M_{i,i+1} = 2\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i,i+1} \quad (7-2.13)$$

式中，

$M_{i,i+1}$ ：編號 i 之基樁樁頭於編號 $i+1$ 的彎矩

ϕ_i ： $2EI\theta_i/\ell$

θ_i ： i 點的 θ 迴轉角

$\phi_{i,i+1}$ ： $-6EI R_{i,i+1}/\ell$

$R_{i,i+1}$ ：樁 $i \sim i+1$ 的材料迴轉角

此聯立方程式是假設樁的剛性均一致所求出。

(10) 有關垂直荷重造成的樁的軸力，以表 7-2.1 分配在各樁頭的垂直荷重為準。

5. 基樁應力

(1) 概要

棧橋基樁之斷面應力，可視為僅承受軸向力及彎矩，依下列公式計算之。

$$\sigma = \sigma_c \pm \sigma_{bc} \quad (7-2.13)$$

$$\sigma_c = \frac{P}{A}, \quad \sigma_{bc} = \frac{M}{Z} \quad (7-2.14)$$

式中，

σ ：基樁應力(kN/cm²)

σ_c ：軸力所致之應力(kN/cm²)

σ_{bc} ：彎矩所致之應力(kN/cm²)

A ：基樁之斷面積(cm²)

P ：基樁之軸力(kN)

Z ：基樁之斷面係數(cm³)

M ：基樁之彎矩(kN-cm)

表 7-2.1 計算彎矩的連立方程式係數表

節點	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	...	ϕ_{i-1}	ϕ_i	ϕ_{i+1}	ϕ_{i+2}	...	ϕ_{n-2}	ϕ_{n-1}	ϕ_n	ϕ_{12}	ϕ_{23}	ϕ_{34}	$\phi_{i-1,i}$	$\phi_{i,i+1}$	$\phi_{i+1,i+2}$...	$\phi_{n-2,n-1}$	$\phi_{n-1,n}$	項次	
1	2.0	1.0											1.0									M_1	
2	1.0	4.0	1.0										1.0	1.0								M_2	
...																						...	
i					1.0	4.0	1.0									1.0	1.0					M_i	
...																						...	
n-1										1.0	4.0	1.0								1.0	1.0	M_{n-1}	
n											1.0	2.0									1.0	M_n	
1~2	$\frac{1.5}{\omega_1}$ +	$\frac{1.5}{\omega_1}$	$-\frac{1.5}{\omega_2}$										$\frac{1.0}{\omega_1}$ +	$\frac{1.0}{\omega_2}$	$-\frac{1.0}{\omega_2}$							0	
...																						...	
i~(i+1)					$-\frac{1.5}{\omega_i}$	$\frac{1.5}{\omega_{i+1}}$	$\frac{1.5}{\omega_i}$	$-\frac{1.5}{\omega_{i+1}}$								$-\frac{1.0}{\omega_i}$	$\frac{1.0}{\omega_{i+1}}$ +	$\frac{1.0}{\omega_{i+1}}$	$-\frac{1.0}{\omega_{i+1}}$				0
...																						...	
(n-1)~n										$-\frac{1.5}{\omega_{n-1}}$	$\frac{1.5}{\omega_n}$	$\frac{1.5}{\omega_{n-1}}$ +	$\frac{1.5}{\omega_n}$							$-\frac{1.0}{\omega_{n-1}}$	$\frac{1.0}{\omega_n}$ +	$\frac{1.0}{\omega_n}$	0

M_i : i 項次樁的樁頭彎矩 (KN-m)

ω_i : i 項次樁的彈性沉下係數(KN/m)

$$\omega_i = \frac{A_s E_s}{L_i}$$

E_s : 樁的剛性係數(KN/m²)

A_s : 樁的斷面積(m²)

L_i : 作用於軸力之樁長(m)

$$N : N = \frac{\ell^3}{12 E_c I_c}$$

$E_c I_c$: 樁的彎曲剛度(KN-m²)

ℓ : 跨距(m)

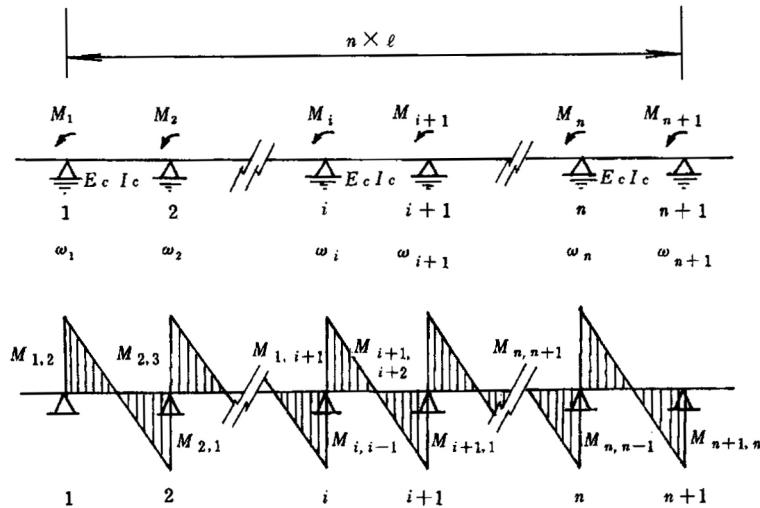


圖 7-2.7 基樁樁頭軸力分佈示意圖

(2)容許應力

基樁之容許應力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。

(3)其他

①通常作用於棧橋基樁之剪力較小，故除非有特別載重外，可不必要檢討。

②基樁之斷面應力，應考量打樁條件，如打樁時之打擊應力及打樁時之座屈等。

③於可能產生壓密沉陷之地盤，須檢討負摩擦力之影響。

6. 對承載力之入土深度檢討

基樁承載力之入土深度檢討，依第五篇第四章 [樁基礎承載力] 規則辦理。打設於斜面之基樁，其有效支承層，應以本章 7.2.6 節第 2 小節[假想地表面]所規定之假想地表面下為準。

棧橋可能承受波浪侵襲時，應檢討基樁承受波浪上揚力之拔出抵抗。

7. 對橫向抵抗之入土深度檢討

依樁之橫向抵抗分析結果，直樁之入土深度，應大於假設地表面下 $3/\beta$ 。 β 值依本章 7.2.7 節第 3 小節[假想固定點]公式(7-2.3)計算

8. 接樁檢討

當樁有接續時，依第五篇第四章[樁基礎承載力]中相關規則檢討。

接樁檢討，除本章 7.2.5 節[作用於棧橋之外力]所述外力，尚須檢討基樁打設時之應力。

9. 變位量檢討

棧橋頂端容許變位量，以不影響碼頭使用為原則。

7.2.8 擋土護岸設計

擋土護岸設計，視其所採用結構型式，依相關章節規定設計。

7.2.9 圓弧滑動檢討

棧橋碼頭擋土護岸，依第五篇第六章[斜面之安定]規則檢討圓弧滑動安定。

7.2.10 細部設計

1. 上部結構設計應檢討之載重組合

(1) 概要

設計上部結構，應考量下述載重組合。

① 平版及連接版

- 自重＋裝載載重
- 自重＋活載重
- 自重＋上揚力

② 樑

- 自重＋裝載載重
- 自重＋活載重
- 自重＋水平力所致樁頭彎矩之影響＋考慮水平力時之上載載重
- 樁彈性沉陷之影響

2. 樁頭設計

基樁樁頭與上部結構連接設計，依第五篇第四章 4.6.2 節[樁頭與上部結構連接設計]規則辦理。

3. 上部結構配筋

(1) 為預防上部結構成為“無預警剪力破壞”，應加強結構抗剪能力。

(2)上部結構較其他結構處於材料較易劣化的嚴苛環境，為確保其耐久性，須特別注意在設計時為控制裂縫大小而採用之配筋數及保護層厚度是否無虞。

(3)棧橋上部結構之假想破壞形態有彎曲破壞及剪力破壞（含 Punching Shear）兩種，特別是地震時，若先產生剪力破壞，其破壞行為有可能是在無預警狀態下發生，故在耐震設計時，需加以注意。

4. 長、短跨距的比在 0.4 以下時，當做單向版來設計即可。兩端固定的單向版的有效寬度可以圖 7-2.8 求得。

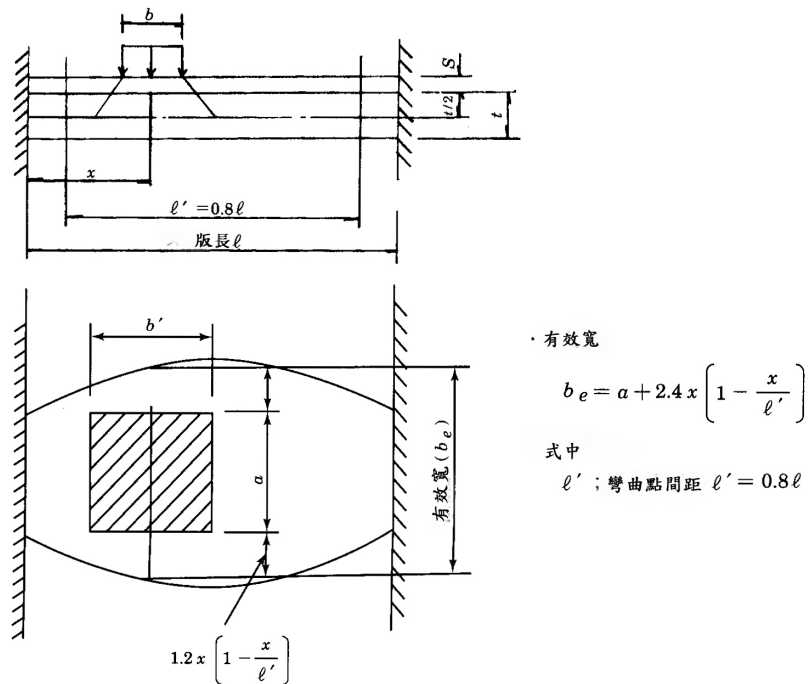


圖 7-2.8 兩端固定的單向版的有效寬度

5. 卡車及托車的輪胎荷重作用於版的彎矩由以下述二種方式算出後，取較大值的部分做為設計彎矩即可。一種是將其換算成等分佈荷重，設定為四邊固定版，以版的計算圖表求得彎矩。另一種為將其換算成部分等分布荷重，再用(Pigeaud 的圖表)求

得。又等分布荷重及部分等分佈荷重的換算方式可參考圖 7-2.9 及圖 7-2.10。

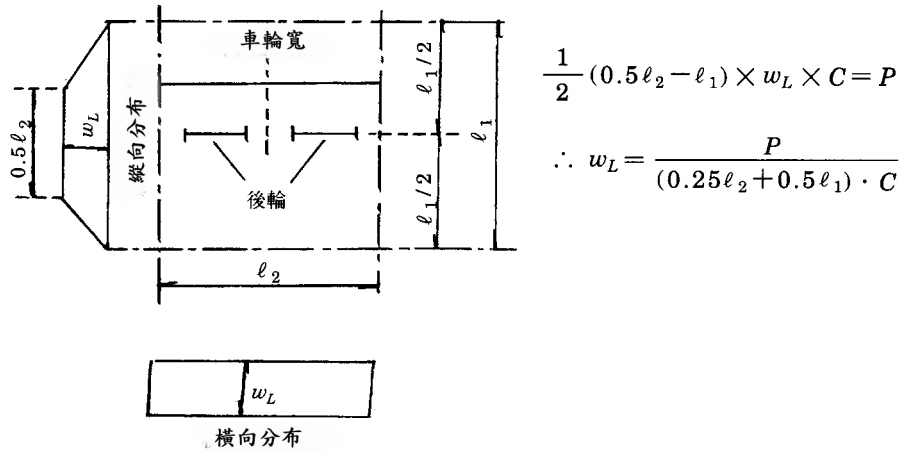


圖 7-2.9 等分佈荷重的換算

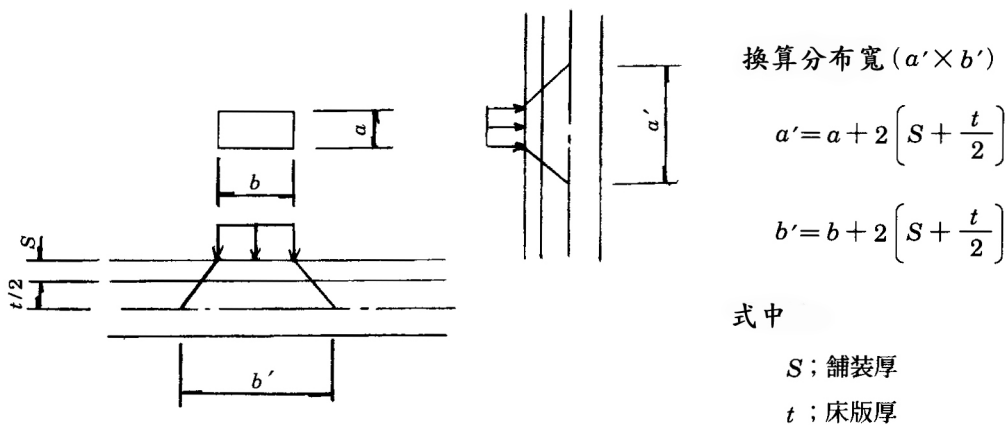


圖 7-2.10 部分佈荷重的換算

6. 因吊車吊放時反作用力所產生之版的彎矩，以換算成部份等分佈荷重，再以(pigeaud 圖表)求得。
7. 上載荷重及自重所產生之版的彎矩，設定成四邊固定版以版的計算圖表求得即可。
8. 上載荷重及自重所產生之樑的彎矩，可以圖 7-2.11 求得。
9. 活荷重所產生之樑的彎矩，將樑設定在最危險的狀態，以滿載活載重的連續樑來求得亦可。

10. 有關上揚力，以(第二篇 6.2)作用在水面附近的水平板之上揚力。
11. 煤碼頭及貨櫃碼頭等的搬運機械所產生之大量集中荷重作用時，樁頭會發生彈性沉陷進而引起樑的下側產生拉應力，故此影響須考量至設計中。
12. 汽車行走在棧橋上的速度多為低速，故一般不將衝擊係數列入考量。
13. 如圖 7-2.12 所示，樁跑到非常裡面時，A、B 方向等之樑的軸向力量在作用時是安全的，但相對地在 C 方向是危險的，故針對樁頭之樑軸進行有關斜向之水平剪應力之檢討較佳。
14. 樁頭與上部結構之結合為鋼結構時，只以埋入上部結構長度來抵抗樁頭的彎矩及以鋼筋來補強埋入深度不足部份兩種方式。對於樁的軸向力之入土深度不足的部份，可採取在鋼樁上焊接鋼筋或是鋼板來因應。另對於樁頭彎矩之入土深度不足的部分，可在鋼樁的上下焊接鋼板再於鋼板上焊接鋼筋或於鋼樁內側焊接補強筋等，透過鋼筋來傳達樁頭的彎矩(圖 7-2.13)。
15. 鋼筋混凝土結構時之樁頭部位的接合實例如圖 7-2.14 所示。

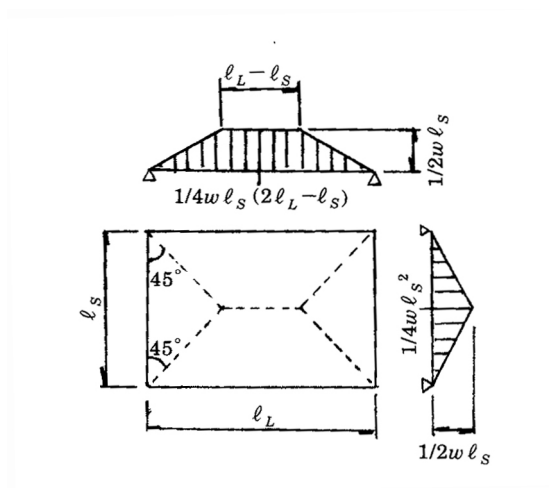


圖 7-2.11 靜載重與活載重作用於樑之彎矩

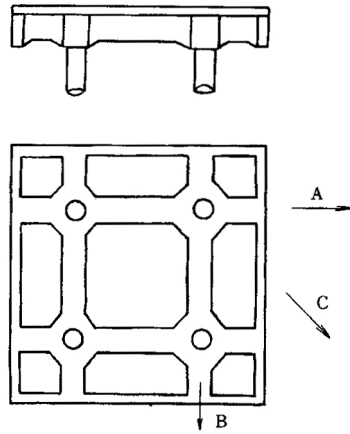


圖 7-2.12 棧橋平面內之荷重方向

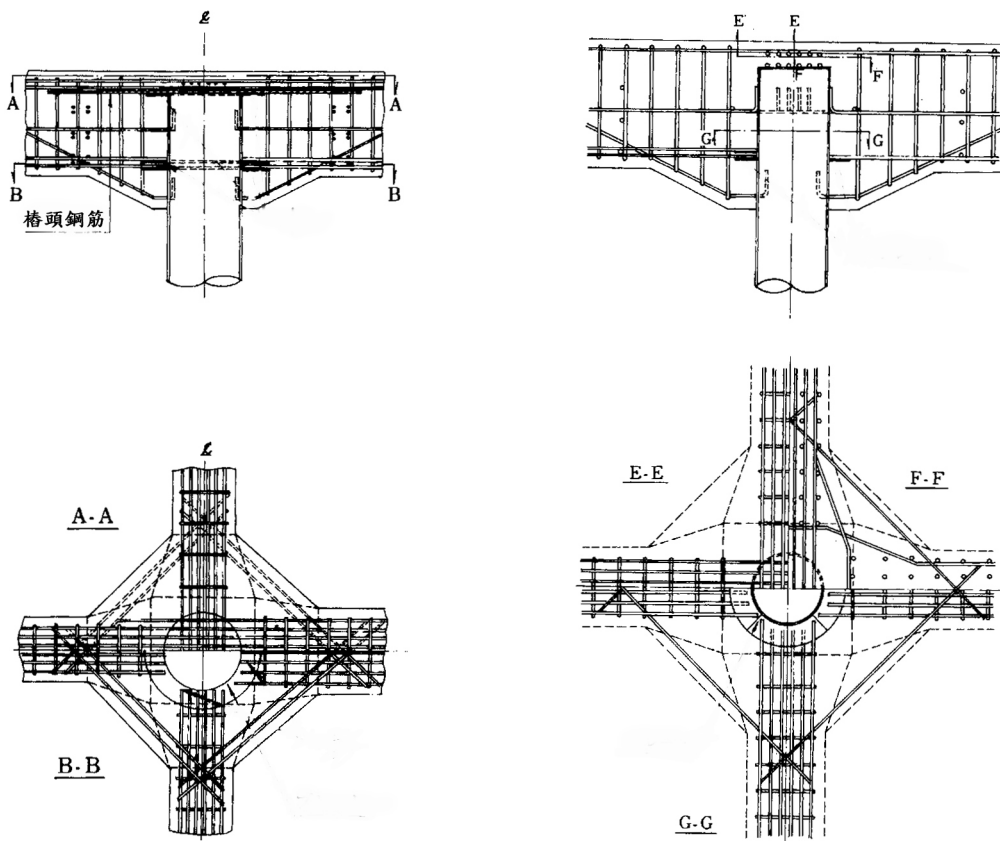


圖 7-2.13 樁頭埋入圖例

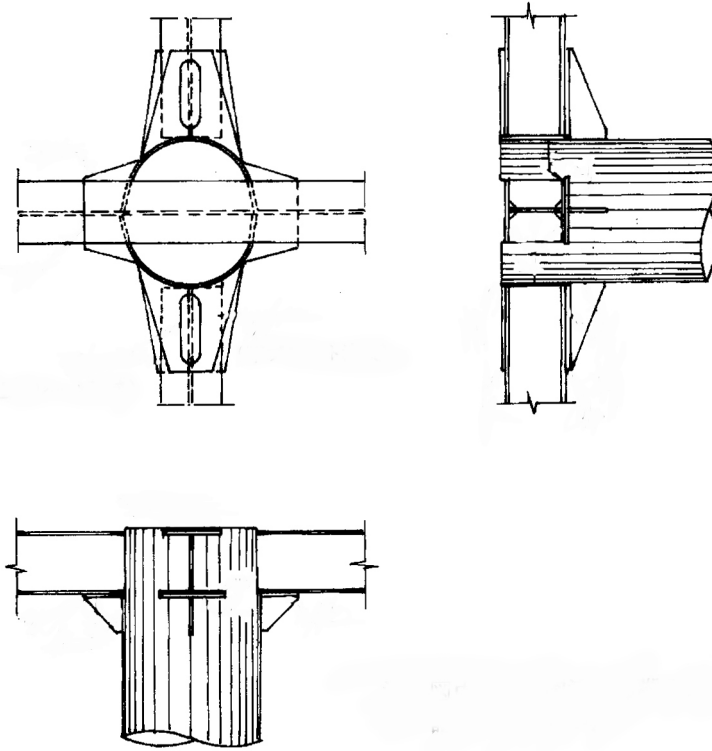


圖 7-2.14 鋼筋混凝土結構樁頭接合圖例

7.3 斜樁棧橋式碼頭

7.3.1 設計原則

本章 7.3 節[斜樁棧橋式碼頭]所述設計法，適用於具有斜組樁以承擔水平力之棧橋式碼頭。

斜樁棧橋式碼頭設計流程，如圖 7-3.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.4(b)。

7.3.2 棧橋單元大小及基樁配置

斜樁式棧橋單元大小及基樁配置原則，同本章 7.2.2 節[棧橋單元大小及基樁配置] 所述直樁式棧橋單元大小及基樁配置原則。

7.3.3 上部結構相關尺寸

決定斜樁式棧橋上部結構相關尺寸時，其應考慮事項同本章 7.2.3 節[上部結構相關尺寸]所述決定直樁式棧橋上部結構相關尺寸應考慮事項。

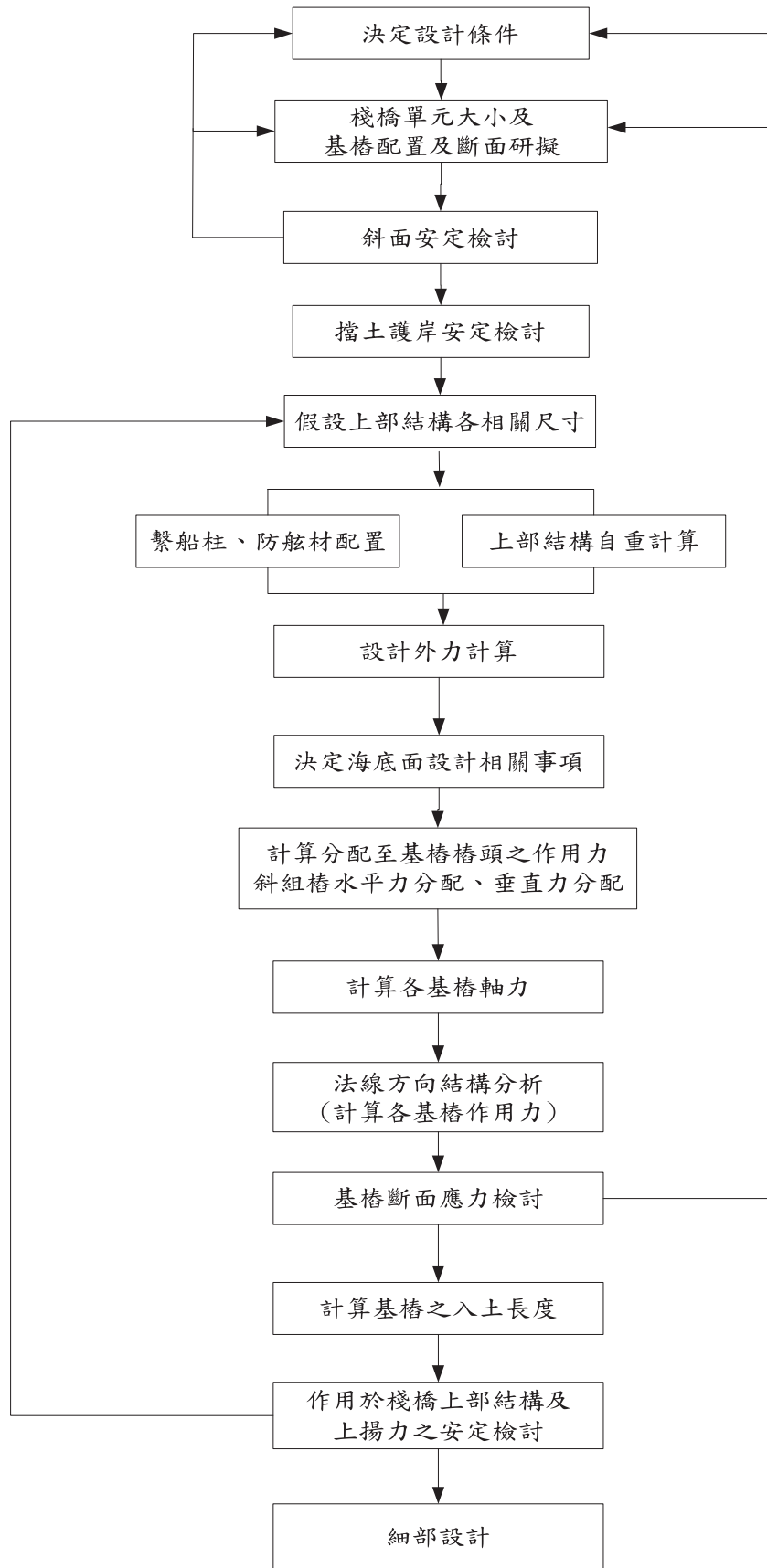


圖 7-3.1 斜樁棧橋式碼頭設計流程

7.3.4 繫船柱及防舷材配置

斜樁式棧橋繫船柱及防舷材配置原則，同本章 7.2.4 節[繫船柱及防舷材配置]所述直樁式棧橋繫船柱及防舷材配置原則。

7.3.5 作用於棧橋之外力

作用於斜樁式棧橋之外力，依本章 7.2.5 節[作用於棧橋之外力]規則計算。

初步設計時，鋼筋混凝土上部結構自重，可採用 21kN/m^2 。

7.3.6 海底面設計相關事項

斜樁棧橋式碼頭擋土結構物前之斜坡，其於地震時之安定角度，依本章 7.2.6 節[海底面設計相關事項]第 2 小節[斜面坡度]所述規則辦理。

斜樁棧橋式碼頭假想地表面，依本章 7.2.6 節 [海底面設計相關事項]第 3 小節[假想地表面]所述規則辦理。

7.3.7 基樁作用力及斷面之決定

1. 分配至各斜組樁樁頭之水平力

斜樁棧橋式碼頭，假設水平力由斜組樁承受，計算分配至各斜組樁樁頭之水平力。

斜樁棧橋式碼頭各斜組樁斷面及斜度不同時，如圖 7-3.2 所示，分配至各斜組樁樁頭之水平力，可由下列公式計算之。

(1) 當基樁視為點承樁時

① 無須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H \quad (7-3.1)$$

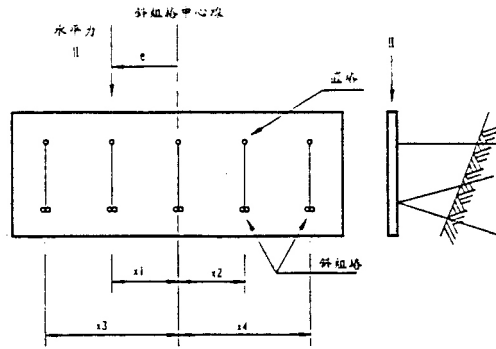


圖 7-3.2 斜組樁中心線與各斜組樁距離示意圖

$$C_i = \frac{\sin^2(\theta_{i1} - \theta_{i2})}{\frac{L_{i1}}{A_{i1} \cdot E_{i1}} \cos^2 \theta_{i2} + \frac{L_{i2}}{A_{i2} \cdot E_{i2}} \cos^2 \theta_{i1}}$$

式中，

H_i ：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(kN)

L_{i1} 、 L_{i2} ：基樁長(m)，拉力作用時應採用摩擦樁之長度。

A_{i1} 、 A_{i2} ：基樁斷面積(m^2)

E_{i1} 、 E_{i2} ：基樁彈性係數(kN/m^2)

θ_{i1} 、 θ_{i2} ：基樁與垂線所成之交角(度)

註：下標 i 係表示編號 i 之斜組樁下標 1,2 分別表示斜組樁之各樁編號

②須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H + \frac{C_i \cdot X_i}{\sum_i (C_i \cdot X_i^2)} e \cdot H \quad (7-3.2)$$

式中，

H_i ：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(kN)

C_i ：詳公式(7-3.1)

X_i ：斜組樁中心線至編號 i 斜組樁之距離(m)

e：斜組樁中心線與水平力作用線之距離(m)

斜組樁中心線位置可依 $\sum_i (C_i \cdot \zeta_i) / \sum_i C_i$ 規計算而得，式中 ζ_i 為編號 i 斜組樁至一給定座標原點沿碼頭法線方向之距離。一般棧橋碼頭基樁配置均採對稱配置，此時棧橋單元對稱軸即為斜組樁中心線。

(2)當基樁視為摩擦樁時

砂質土壤：公式(7-3.1)、(7-3.2)中之 L_i ，以 $(2L_i + \lambda_i)/3$ 取代之。

黏性土壤：公式(7-3.1)、(7-3.2)中之 L_i ，以 $(L_i + \lambda_i)/2$ 取代之。

式中 L_i ：編號 i 基樁長(m)

λ_i ：編號 i 基樁表面摩擦無效部份長度(m)

(3)棧橋單元所有斜組樁之斷面、斜度及長度均相同時，分配至各斜組樁樁頭之水平力，可由下列公式計算之。

①無須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{1}{n} H \quad (7-3.3)$$

式中，

H_i ：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(kN)

H：作用於棧橋單元之水平力(kN)

n：斜組樁組數

②須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{1}{n} H + \frac{X_i}{\sum_i X_i^2} e \cdot H \quad (7-3.4)$$

式中，

H_i ：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(kN)

H：作用於棧橋單元之水平力(kN)

n：斜組樁組數

X_i ：斜組樁中心線至編號 i 斜組樁之距離(m)

e ：斜組樁中心線與水平力作用線之距離(m)

2. 分配至各基樁樁頭之垂直力

因垂直載重而分配至各基樁之垂直力，可假設基樁位置為支承之簡支樑，計算各支點之反力而得。

3. 基樁軸力

作用於斜組樁各基樁之軸力，由上二小節計算所得之各斜組樁樁頭之水平力及垂直力，依第五篇第四章 4.3.6 節[斜組樁水平承載力]規則計算之。

斜樁棧橋式碼頭含有直樁時，作用於直樁之軸力，可依上小節[分配至各基樁樁頭之垂直力]原則計算。

4. 基樁應力

斜樁棧橋式碼頭基樁，可視為承受軸力之基樁或視為承受軸力及彎矩之基樁，依本章 7.2.7 節[基樁設計]第 5 小節[基樁應力]規則計算各基樁應力。

7.3.8 法線方向結構分析

斜樁棧橋式碼頭有沿法線方向之斜組樁時，依本章 7.3.7 節[基樁作用力及斷面之決定]規則檢討各基樁應力。

斜樁棧橋式碼頭無沿法線方向之斜組樁時，可視為直樁棧橋式碼頭，依本章 7.2.7 節[基樁設計]規則檢討各基樁應力。

7.3.9 基樁入土深度

對斜樁承載力及橫向抵抗之入土深度檢討，依本章 7.2.7 節[基樁設計]第 6 小節[對承載力之入土深度檢討]及第 7 小節[對橫向抵抗之入土深度檢討]規則檢討。

7.3.10 擋土護岸設計

擋土護岸設計，視其所採用結構型式，依相關規則設計。

7.3.11 圓弧滑動檢討

棧橋碼頭擋土護岸，依第五第六章[斜面之安定]規則檢討圓弧滑動安定。

7.3.12 細部設計

斜樁棧橋式碼頭細部設計原則，請參考本章 7.2.10 節[細部設計]。

第八章 平版樁基式碼頭

8.1 設計原則

平版樁基式碼頭，亦稱為減壓平版式碼頭或稱樁基擁壁式碼頭。本章所述設計法，適用於板樁擋土護岸設於平版前面，無其他錨碇設施，且平版結構為L型之平版樁基式碼頭。

板樁擋土護岸設於平版後面之平版樁基式碼頭，板樁擋土護岸部份，依本篇第五章[板樁式碼頭]所述方法設計。平版部份則依本篇第七章[棧橋式碼頭]所述方法設計，於設計平版時，應考慮作用於平版背後之土壓力及板樁頂端之反力。

平版樁基式碼頭設計流程，如圖 8-1.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.5。

8.2 決定平版高度及寬度

平版高度及寬度，須檢討設計條件、工程費及施工難易等各項條件後決定之。

平版底面設於較低位置時，可減少作用於板樁背後之土壓力，因而可減小板樁斷面及縮短板樁入土深度；但相對地平版厚度及作用於平版之地震力將增大，因而須增加基樁支數或長度。

平版底面如過低，將造成水中施工之缺點。

平版施工完成後，如因其下方之砂土發生沉陷，致使平台下方形成空隙，將使基樁易受鏽蝕，故平版底面以設在殘留水位以下為佳。

綜上各點，平版底面宜設在高潮位與低潮位之間，亦可採用中空箱型等輕型結構，將平版底面設於水中。

平版寬度之決定，以自海底面繪製板樁土壤主動破壞面與平版相交之處為原則。土壤主動破壞面，依第二篇第十二章[土壓與水壓]規則計算，計算時壁面摩擦角採用 15° 。

平版寬度亦須考慮以能打設可承受外力所需基樁支數之寬度為準。

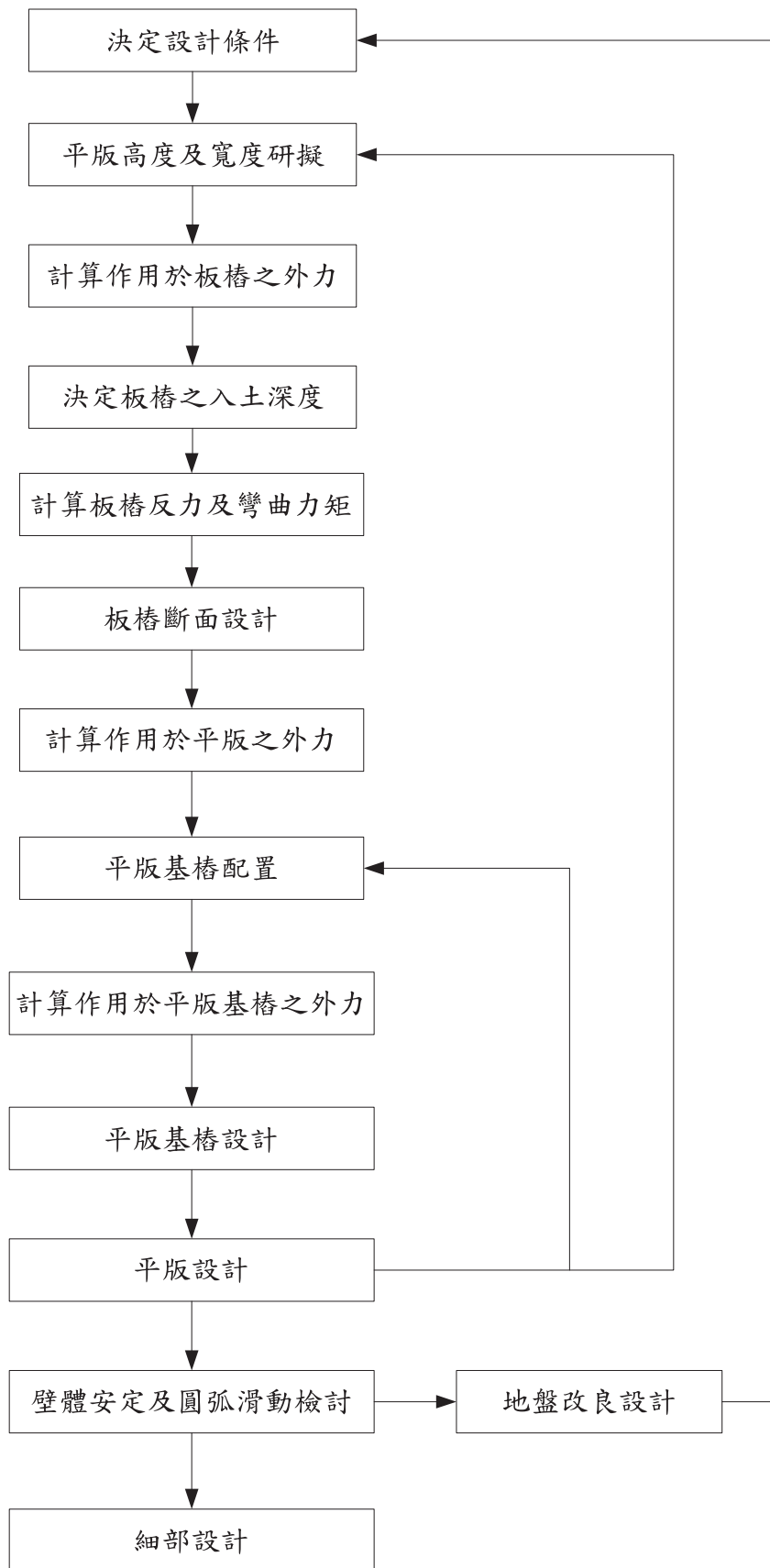


圖 8-1.1 平版樁基式碼頭設計流程

8.3 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力

8.3.1 概要

作用於板樁之外力，須考慮下列各項：

- 土壓力：板樁岸側之主動土壓力
板樁入土部份海側之被動土壓力
- 殘留水壓力

8.3.2 土壓力

如自海底面所繪製板樁土壤主動破壞面與平版相交時，如圖 8-3.1 所示，作用於板樁之主動土壓力，假設以平版底面為地面，且無上載載重計算之。

作用於板樁海側之被動土壓力，如圖 8-3.1 所示。於計算被動土壓力時，所採用之海底面，即船席設計水深，須考量因超挖或船舶推進器之作用等因素，形成船席設計水深較計畫水深為深之狀況。船席設計水深詳本篇第二章 2.4 節[設計水深]所述。

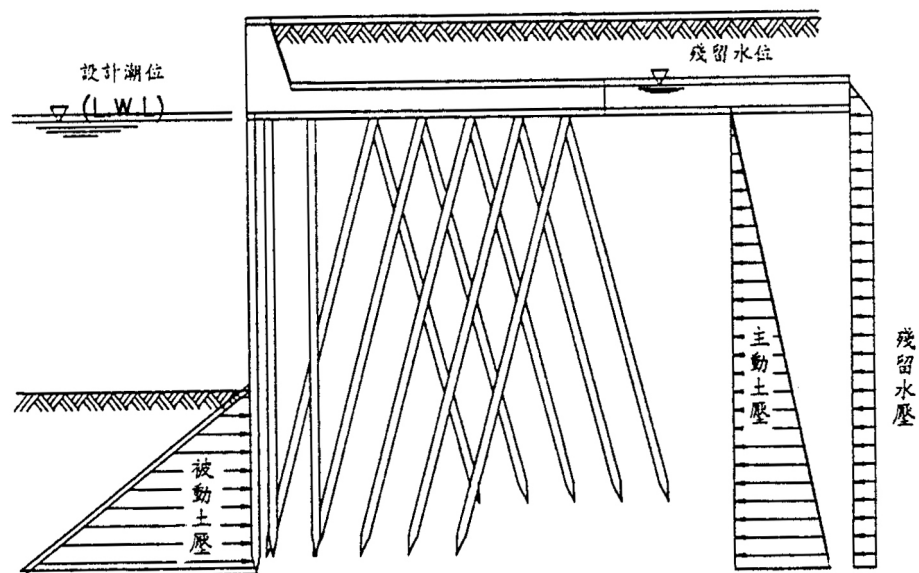


圖 8-3.1 作用於平版樁基式碼頭板樁之土壓及殘留水壓

作用於板樁之土壓力，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算。

計算作用於板樁土壓力所用之壁面摩擦角，於主動土壓採用 15° ，被動土壓則採用 -15° 。

平版的寬度應較由海底面或假想海底面所繪出之板樁主動崩壞面與平版底板之交點為大之寬度，如不得已須採用寬度較小的平版時，作用在板樁牆的主動土壓的計算方式如下。

$$\alpha = \phi - \tan^{-1} k'$$

式中，

ϕ :土壤的內摩擦角

k' :假設震度

作用在板樁牆之土壓，如圖 8-3.2 所示之，由平版後端所繪之主動崩壞面與板樁交點以下部份，板樁視為承受無平版時之土壓力作用，由後端所繪之土壤自然崩壞面與板樁交點以上部份，則採用圖 8-3.1 之土壓力計算。在兩者間的土壓視為直線變化。

打設在板樁背後的坡樁，分擔了一部分作用在板樁上的土壓，使作用於板樁的土壓減輕。此部分的影響以不明因素居多，故在一般設計時通常不列入考量，但有以板樁與坡樁之彎曲剛性（EI）比率來分擔土壓的方式，及以樁徑及樁的中心間距比來求得作用在板樁之土壓等公式可參考。

8.3.3 殘留水壓力

如圖 8-3.1 所示，作用於板樁之殘留水壓力，為殘留水壓於平版底面以下之部份。

作用於板樁之殘留水壓力，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算。

於計算殘留水壓時，殘留水位詳本篇第五章[板樁式碼頭]第 5.2.2 節[土壓力及殘留水壓力]規則。

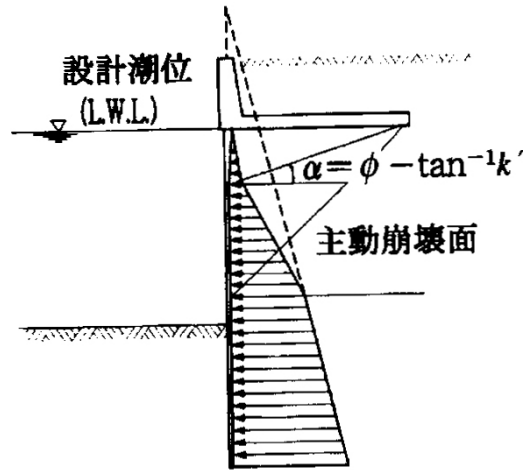


圖 8-3.2 平版寬度較小時作用於板樁之土壓力

8.4 板樁設計

8.4.1 板樁入土深度

平版樁基式碼頭板樁入土深度，可將平版底面視為拉桿位置，依 8.3 節[作用於板樁之土壓力及殘留水壓力]計算之土壓力及殘留水壓力為作用外力，依本篇第五章[板樁式碼頭]第 5.3.2 節[板樁入土長度]及第 5.8 節[軟弱地盤上板樁式碼頭之設計]所述方法計算之。

8.4.2 板樁斷面

平版樁基式碼頭板樁設計，可將平版底面視為拉桿位置，依 8.3 節[作用於板樁之土壓力及殘留水壓力]計算之土壓力及殘留水壓力為作用外力，依本篇第五章[板樁式碼頭]第 5.3 節[板樁設計]及第 5.8 節[軟弱地盤上板樁式碼頭之設計]所述方法設計之。

8.5 平版設計

8.5.1 作用於平版之外力

1. 概要

作用於平版之外力，須考慮下列各項：

- 板樁所傳達之水平力
- 作用於平版背面之土壓力及殘留水壓力
- 平版自重、平版上回填土砂重量及上載載重
- 作用平版自重、平版上回填土砂及上載載重之地震力
- 地震時的動水壓

船舶之衝擊力及拉力，除特殊狀況外，一般可不予考慮。

2. 板樁所傳達之水平力

將平版底面視為拉桿之連接點，依本篇第五章 5.3.3 節[作用於板樁之彎矩] 計算彎矩時，拉桿位置之支承反力即可視為由板樁傳達至平版之水平力。

3. 土壓力及殘留水壓力

作用於平版背面之土壓分佈，如圖 8-5.1 所示，係假設作用於平版後趾垂直面上，於平版底面以上，作用土壓為主動土壓，於平版底面以下，其作用範圍至主動土壓強度 P_a 等於被動土壓強度 P_p 為止，其作用土壓大小為主動土壓與被動土壓之差。計算土壓時，須考慮上載載重。

作用於平版之土壓力及殘留水壓力，依第二篇第十二章 [土壓及水壓] 規則計算。

於計算主動土壓時，壁面摩擦角採用 15° ，計算被動土壓時，壁面摩擦角則採用 -15° 。

於計算殘留水壓時，殘留水位詳本篇第五章[板樁式碼頭]第 5.2.2 節[土壓力及殘留水壓力]規則。

4. 自重及上載載重

平版、平版上回填土砂重量及作用於碼頭面之上載載重，依第二篇第十三章[載重]規則計算。

5. 地震力

作用於平版、平版上回填土砂及上載載重之地震力，依第第

二篇第十章[耐震設計]規則計算。

6. 地震時的動水壓

地震作用於船舶之動水壓力依第二篇第十章 10.7 節[地震時的動水壓]規則計算。

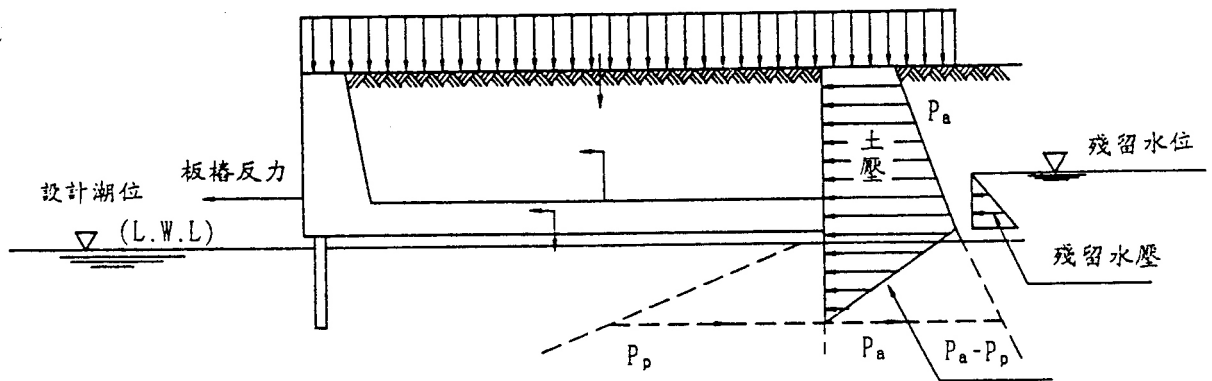


圖 8-5.1 作用於平版之外力

8.5.2 平版結構設計

1. 直立部份

平版直立部份可視為以與底版之連接點為固定支點，並以土壓力及殘留水壓力為載重之懸臂梁設計之。

若須考慮船舶衝擊力及船舶拉力時，依本篇第五章[板樁式碼頭]5.7 節第 5.7.1 小節[上部結構]有關船舶作用力所述設計之。

2. 底版

如圖 8-5.2 所示，底版可視為以基樁樁頭為支承點，並以下列外力為載重，將底版分為碼頭法線方向及法線垂直方向之連續樑設計之。底版鋼筋以雙向配筋為原則。

- 平版自重 (包含直立部份及底版)
- 平版上回填土砂重量
- 上載載重
- 作用於上述載重之地震力

- 直立部份所傳達之彎矩
- 板樁所傳達之水平力

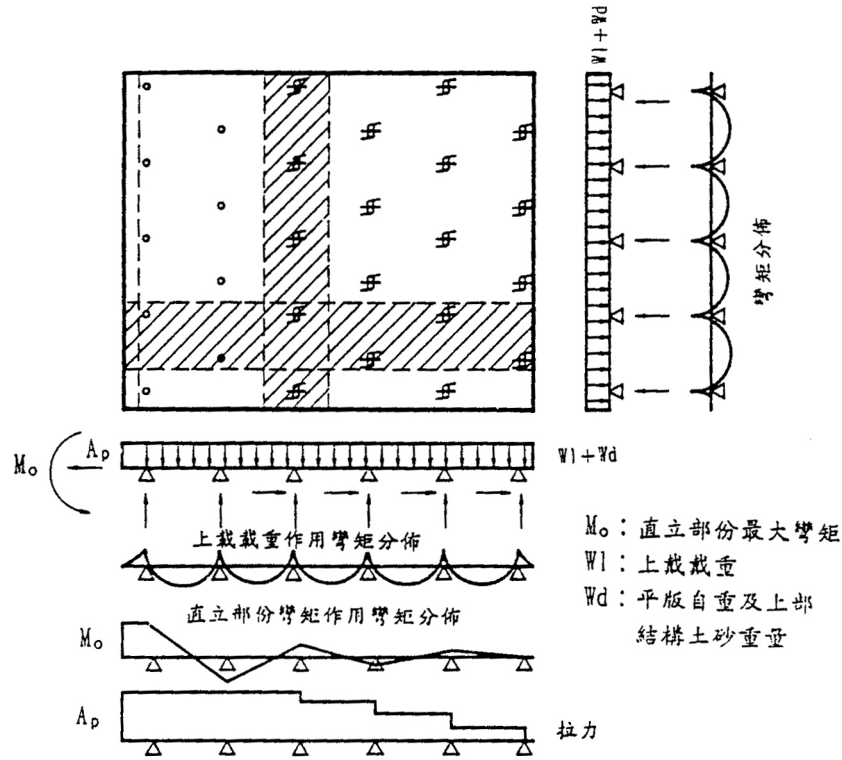


圖 8-5.2 平版結構設計示意圖

8.5.3 平版承載基樁設計

1. 概要

平版承載基樁，以承受本章 8.5.1 節[作用於平版之外力]所述之外力，依第五篇第四章[樁基礎承載力]規則設計之。

2. 設計原則

- (1) 平版樁基式碼頭之基樁，以斜組樁與直樁兩者併用為優，宜避免僅採用直樁之設計。
- (2) 佈置基樁時，應儘量不使板樁承受軸力，而將基樁儘量靠近板樁為原則。
- (3) 基樁長度，宜以各基樁均打設至相同深度為原則。

(4)外力之水平分力，視為僅由斜組樁平均分擔。

3. 設計程序

平版承載基樁設計依第五篇第四章[樁基礎承載力]相關規定設計。其設計程序如下：

- (1)依外力條件，先行研擬基樁配置及基樁斷面，依第五篇第四章 4.4 節[設計概要]規定，計算分配至各基樁之作用力。
- (2)依第五篇第四章 4.2 節[樁之軸向容許承載力]及 4.3 節[樁之軸向容許拉拔力]，分別計算基樁之軸向容許承載力及拉拔力。
- (3)比較檢討程序(1)計算所得之基樁作用力與程序(2)計算所得之基樁軸向容許承載力及拉拔力，如基樁軸向容許承載力或拉拔力遠大於或小於基樁作用力，重新研擬基樁配置及基樁斷面，依上述程序再次檢討，直至滿足為止。

4. 其他

如僅採用直樁構成樁基時，於計算基樁橫向抵抗時，應將板樁自海底面所繪製土壤主動破壞面以上之土壤，視為不存在。

計算基樁軸向承載力時，應將板樁自海底面所繪製土壤主動破壞面以上之土壤，視為不具摩擦抵抗。

採用鋼管樁作為基樁時，其斷面應不含鏽蝕量在內，即所須斷面，須另加鏽蝕量，有關鋼料之防蝕，請詳第三篇 [工程材料]。

8.6 壁體安定檢討

平版樁基式碼頭壁體安定檢討，依本篇第四章 4.3 節[安定計算]所述重力式碼頭安定檢討方法為準。

如圖 8-6.1 所示，平版樁基式碼頭壁體，可視為通過平版後趾之垂面及通過基樁下端之水平面所包圍部份，假定為重力式壁體，檢討其安定狀態。

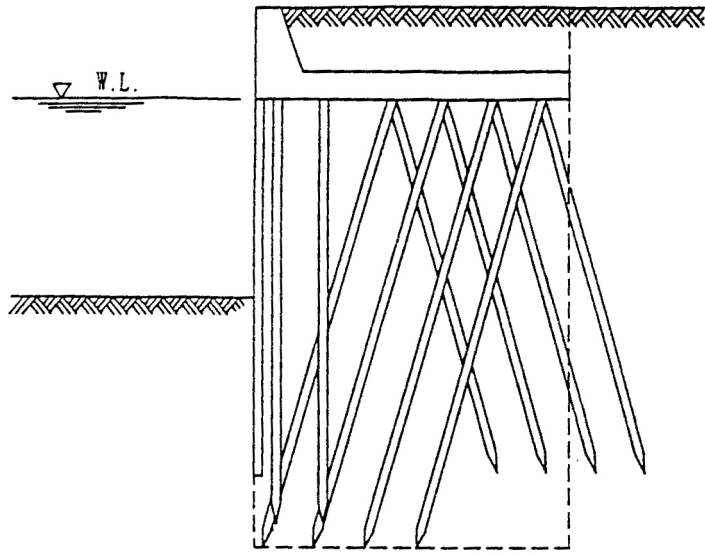


圖 8-6.1 平版樁基式碼頭壁體示意圖

安定檢討時，可考量作用於板樁海側之被動土壓力。

作用於壁體底面之摩擦抵抗力，砂質土時可視為壁體重量與 $\tan \phi$ 之積；粘土時可視為土壤凝聚力與壁體底面積之積。上述 ϕ 為土壤內摩擦角。

計算主動土壓時，壁面摩擦角採用 15° ；計算被動土壓時，壁面摩擦角則採用 -15° 。

8.7 圓弧滑動檢討

興建於軟弱地盤上之平版樁基式碼頭，應檢討板樁下端之圓弧滑動。圓弧滑動檢討依第五篇第六章[斜面之安定]規則進行檢討。

研判可能發生圓弧滑動之不穩定地層，增加板樁入土長度並非完善之方法，應採適當方法改良地盤，或改採不受圓弧滑動影響之其他結構型式。

第九章 其他型式碼頭

9.1 直立消波式碼頭

9.1.1 設計原則

直立消波式碼頭屬重力式碼頭之一種，其設計方法除本節所述原則外，依本篇第四章[重力式碼頭]所述設計法為準。

直立消波式碼頭配置原則，應依港內穩靜度狀況，規設於有必要減小反射波或增加碼頭前水域靜穩度之位置，並依所需之消波特性設計之。

直立消波式碼頭設計流程，如圖 9-1.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.6。

9.1.2 消波式碼頭配置原則

從港口進入港內之入射波及越過防波堤之波浪，傳達至港內設施或陸地岸邊，其反射波將影響港內水域之靜穩度，為提升港內水域之靜穩度，除檢討防波堤、碼頭等設施之法線規劃外，港內設施採用消波結構亦可有效減小其反射波，提升港內水域之靜穩度。

直接承受港口入射波或多方向波浪作用之碼頭，宜採用消波結構，其對改善港內水域之靜穩度效果較為顯著。

小型船舶碼頭等需較高靜穩度之碼頭，亦可考量採用消波式碼頭。

消波式碼頭之消波效果，宜以水工模型試驗加以檢討。

9.1.3 選定結構型式

於選擇直立消波式碼頭型式時，應針對入射波條件及所限制之反射率，選定適宜之結構型式。

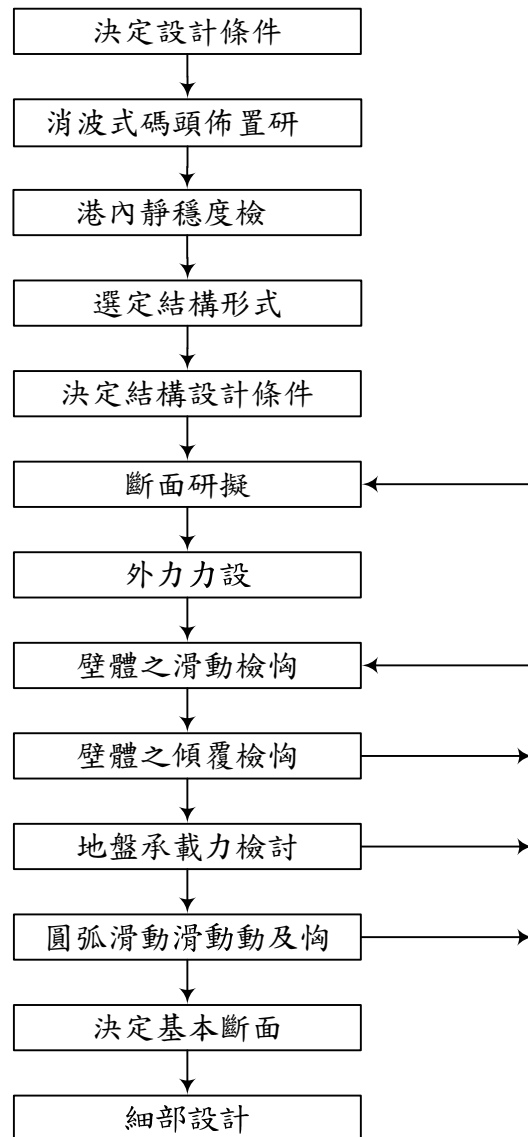


圖 9-1.1 直立消波式碼頭設計流程

直立消波式碼頭結構，一般均由前牆(透水牆)、消波室、後牆(不透水牆)組合而成。通過前牆開口之波浪，於消波室內因結構物內部摩擦抵抗及波浪相位差消減波浪能量，達到降低反射率之目地。於結構設計時，應採用颱風時入侵之設計波予以檢討。檢討消波式碼頭之消波效果時，則常時及颱風時之入侵波浪條件均應檢討。

直立消波式碼頭依其結構型式，可概分下列二大類：

- 混凝土塊消波式碼頭，由具孔洞之長方形方塊堆疊而成，其結構類似方塊重力式碼頭。

- 沉箱消波式碼頭，其以一前方開孔透水，內為波浪消波室之沉箱為主體，其結構類似沉箱重力式碼頭。

9.2 自立式板樁碼頭

9.2.1 設計原則

本章 9.2 節[自立式板樁碼頭]所述設計法，適用於打設於砂質地盤，無錨錠設施之懸臂式板樁碼頭。

自立式板樁碼頭設計流程，如圖 9-2.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.7。

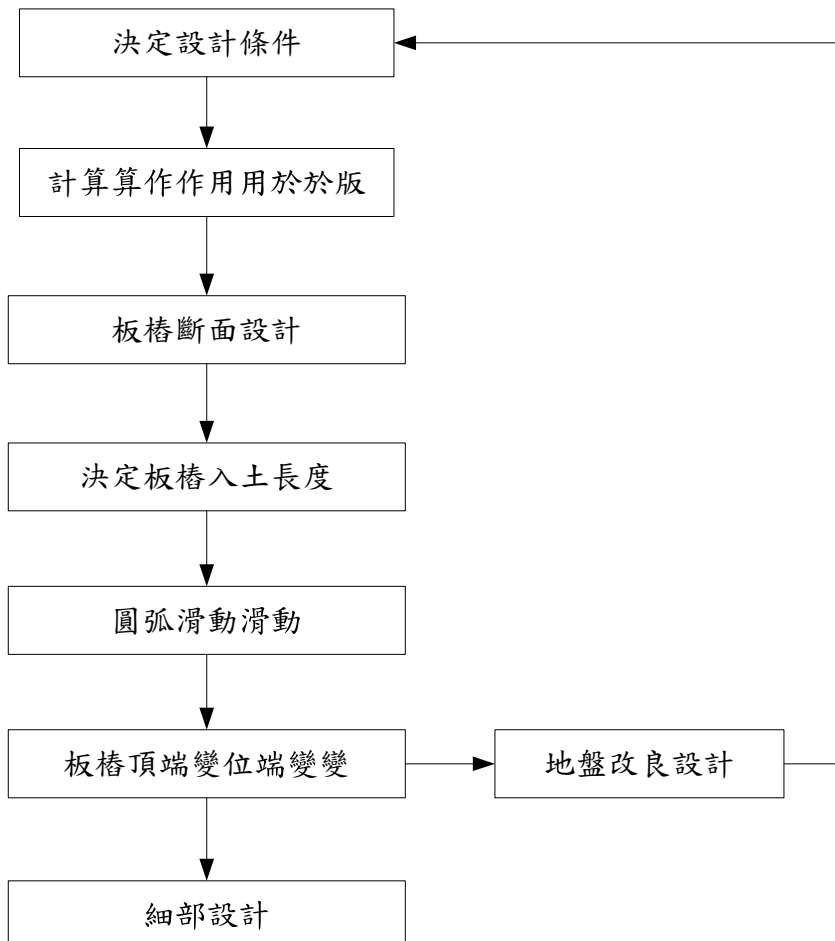


圖 9-2.1 自立式板樁碼頭設計流程

9.2.2 作用於板樁之外力

作用於板樁之外力，依本篇第五章 5.2 節[作用於板樁之外力]規則計算。

打設於砂質地盤之自立式板樁碼頭，如圖 9-2.2 所示，於海底面下，作用於板樁後側之主動土壓力及殘留水壓力之和與作用於板樁海側之被動土壓力相等之處，為假想海底面。作用於板樁之土壓力及殘留水壓力如下所述：

- 於假想海底面上：主動土壓力 + 殘留水壓力 - 被動土壓力
 - 於假想海底面下：被動土壓力 - (主動土壓力 + 殘留水壓力)
- 土壓及殘留水壓，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算

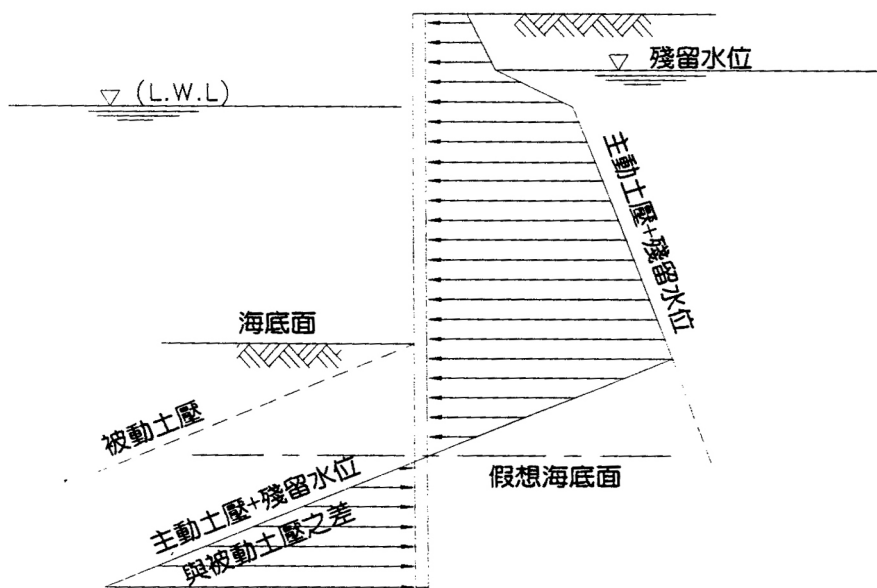


圖 9-2.2 作用於自立式板樁碼頭板樁之外力

9.2.3 板樁斷面

板樁斷面，依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承载力]計算之最大彎矩，求得板樁應力應小於材料之容許應力。

板樁之容許應力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。有關鋼材之防蝕，亦請詳第三篇[工程材料]。

作用於板樁碼頭之外力屬分佈載重，與作用於基樁之集中力不同，故最大彎矩無法以簡單之公式求取。於計算板樁最大彎矩時，一般係將分佈載重換算為集中力後加以計算。

採用鋼管板樁時，因鋼管受土壓力及殘留水壓力作用，引起斷面變形(由圓形變成橢圓形)時，將產生二次應力。因自立式板樁碼頭屬位移較大之結構型式，於發生最大彎矩位置附近，有可能產生較大之二次應力，故採用大口徑之鋼管板樁時，對二次應力應另行加以檢討。

9.2.4 板樁入土長度

板樁入土長度，以大於依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承载力]規則計算所需之基樁有效長度為原則。

自立式板樁碼頭，採基樁橫向容許承载力方法計算板樁入土長度時，所需入土長度為 1.5 倍 L_{m1} 。

上述板樁入土長度應自假想海底面起算，假想海底面定義詳本章第 9.2.2 節第 2 小節[假想海底面]； L_{m1} 為假想海底面至板樁彎矩第一零點之長度，依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承载力]相關公式計算。

9.2.5 板樁頂端變位量檢討

自立式板樁碼頭，其板樁容許頂端變位量以不影響碼頭使用為原則。

如圖 9-2.3 所示，板樁頂端之變位量(δ)為下列三種變位量之和：

- 於假想海底面處板樁之撓曲量(δ_1)
- 假想海底面以上板樁之撓曲量(δ_2)
- 於假想海底面上，因板樁迴轉(Rotation)所產生之板樁頂端撓曲量(δ_3)

δ_1 及 δ_3 依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承载力]相關公式計算。 δ_2 則可以碼頭背後之土壓力為作用外力，將板樁視為懸臂樑予以計算。

上述板樁頂端撓曲量，係假設碼頭面為無載重狀況下，計算所得之變位量。於計算碼頭完成後，上載載重及地震時土壓力引起之碼頭頂端變位量時，其總載重應含增加之各種載重。

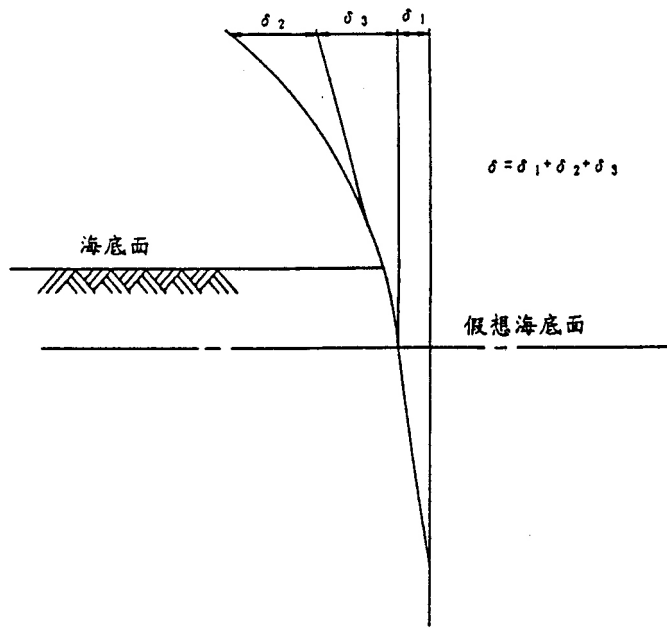


圖 9-2.3 自立式板樁碼頭板樁頂端變位量

在計算板樁之撓曲量 δ_2 時，土壓分佈如圖 9-2.4 所示可將土壓總力假設為等三角形的荷重形態來計算，較為簡便。

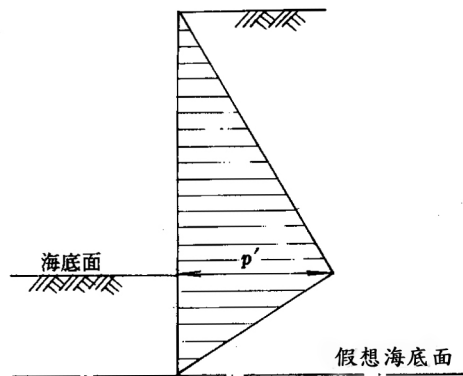


圖 9-2.4 土壓分佈假定

9.2.6 施工中外力檢討

於設計自立式板樁碼頭時，應考慮施工中之外力，其結構須能承受該等外力之作用。

例如，於海中興建之自立式板樁碼頭，其背後尚未回填土砂時，其對外力之抵抗較為軟弱，此時應檢討其結構於承受波浪等外力作用時之安定性。

9.2.7 圓弧滑動檢討

興建於軟弱地盤上之板樁式碼頭，應檢討板樁下端之圓弧滑動。圓弧滑動檢討依第五篇第六章[斜面之安定]規則進行檢討。

9.2.8 細部設計

自立式板樁碼頭細部設計，依本篇第五章[板樁式碼頭] 5.7 節[細部設計]相關規則辦理。

9.3 斜樁錨碇式板樁碼頭

9.3.1 設計原則

本章 9.3 節[斜樁錨碇式板樁碼頭]所述設計法，適用於板樁背側打設斜樁，並將斜樁樁頭與板樁連結，以支承背填砂土之板樁式碼頭。

斜樁錨碇式板樁碼頭設計流程，如圖 9-3.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.8。

9.3.2 作用於板樁之外力

作用於板樁之外力，依本篇第五章 5.2 節[作用於板樁之外力]規則計算。

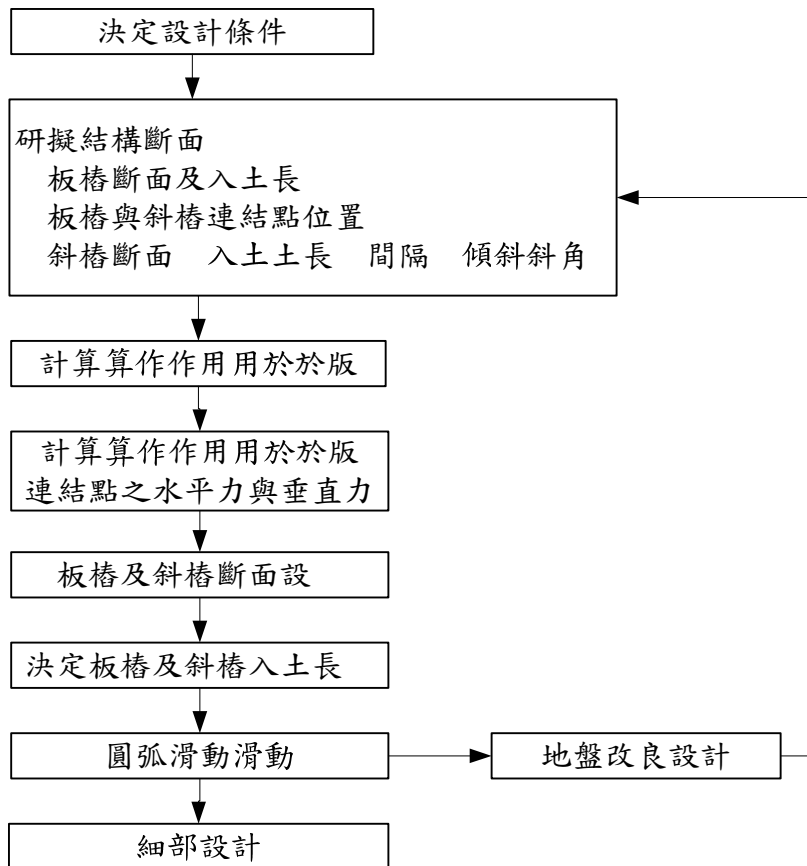


圖 9-3.1 斜樁錨碇式板樁碼頭設計流程

9.3.3 作用於板樁與斜樁連結點之水平力及垂直力

板樁與斜樁連結點之結構，可假設為插梢結構(Pin Structure)，計算作用於連結點之水平力及垂直力。

9.3.4 板樁及斜樁斷面

板樁及斜樁斷面，依計算之板樁及斜樁最大彎矩，求得板樁及斜樁應力應小於材料之容許應力。

板樁及斜樁最大彎矩，以作用於各連結點水平力及垂直力之集中載重，並承受土壓力及殘留水壓等載重，假設板樁及斜樁為一梁結構計算之。

板樁之容許應力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。有關鋼材之防蝕，亦請詳第三篇[工程材料]。

9.3.5 板樁及斜樁入土長度

板樁及斜樁對承載力、橫向抵抗之入土長度檢討，依第五篇第四章[樁基礎承載力]規則辦理。板樁及斜樁軸向承載力，應進行載重試驗及拉力試驗檢討。

9.3.6 細部設計

斜樁錨碇式板樁碼頭細部設計，依本篇第五章[板樁式碼頭]5.7節[細部設計]及第五篇第四章 4.6.2 節[樁頭與上部結構連接設計]規則辦理。

9.4 前斜樁式板樁碼頭

9.4.1 設計原則

本章 9.4 節[前斜樁式板樁碼頭]所述設計法，適用於板樁岸壁海側打設斜樁，並將斜樁樁頭與板樁連結，以支承板樁背填砂土之板樁式碼頭。

前斜樁式板樁碼頭，係由板樁岸壁與海側之棧橋組成，棧橋與板樁岸壁連接型式，有成一整體及分離之兩種型式，本節所述設計法，適用於棧橋與板樁連成一整體之型式。棧橋與板樁分離之前斜樁式板樁碼頭，其設計法可參考本篇第五章[板樁式碼頭]及第七章[棧橋式碼頭]各章節所述辦理。

本節所述設計法，適用打設於砂質地盤之板樁碼頭。

於計算設計外力時，若研判其將形成棧橋單元迴轉，設計時應加以考量。

前斜樁式板樁碼頭設計流程，如圖 9-4.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.9。

9.4.2 棧橋單元大小及基樁配置

前斜樁式板樁碼頭棧橋單元大小及基樁配置，依本篇第七章[棧橋式碼頭]7.2.2 節[棧橋單元大小及基樁配置]所述原則辦理。

斜樁之配置及斜度，須考慮和其他基樁之相關位置及打樁等施工上之限制。

9.4.3 上部結構相關尺寸

於決定棧橋上部結構相關尺寸時，其應考慮之事項詳本篇第七章[棧橋式碼頭]7.2.3 節[上部結構相關尺寸]。

9.4.4 板樁岸壁設計

前斜樁式板樁碼頭之板樁岸壁設計，假想斜樁與板樁之連接點為拉桿位置，依本篇第五章[板樁式碼頭]相關章節所述辦理。

9.4.5 棧橋設計

前斜樁式板樁碼頭之棧橋設計，以下述外力為載重，依本篇第七章[棧橋式碼頭]相關章節所述辦理。

作用於前斜樁式板樁碼頭棧橋之外力與載重，應考慮下列各項。除下述規定外，依第七章[棧橋式碼頭]7.2.5 節[作用於棧橋之外力]規則計算。

1. 垂直力

- 土壓力垂直分力
- 自重
- 上載載重
- 活載重：列車載重、汽車載重、裝卸機械載重、群眾載重等
- 船舶拉力
- 上揚力

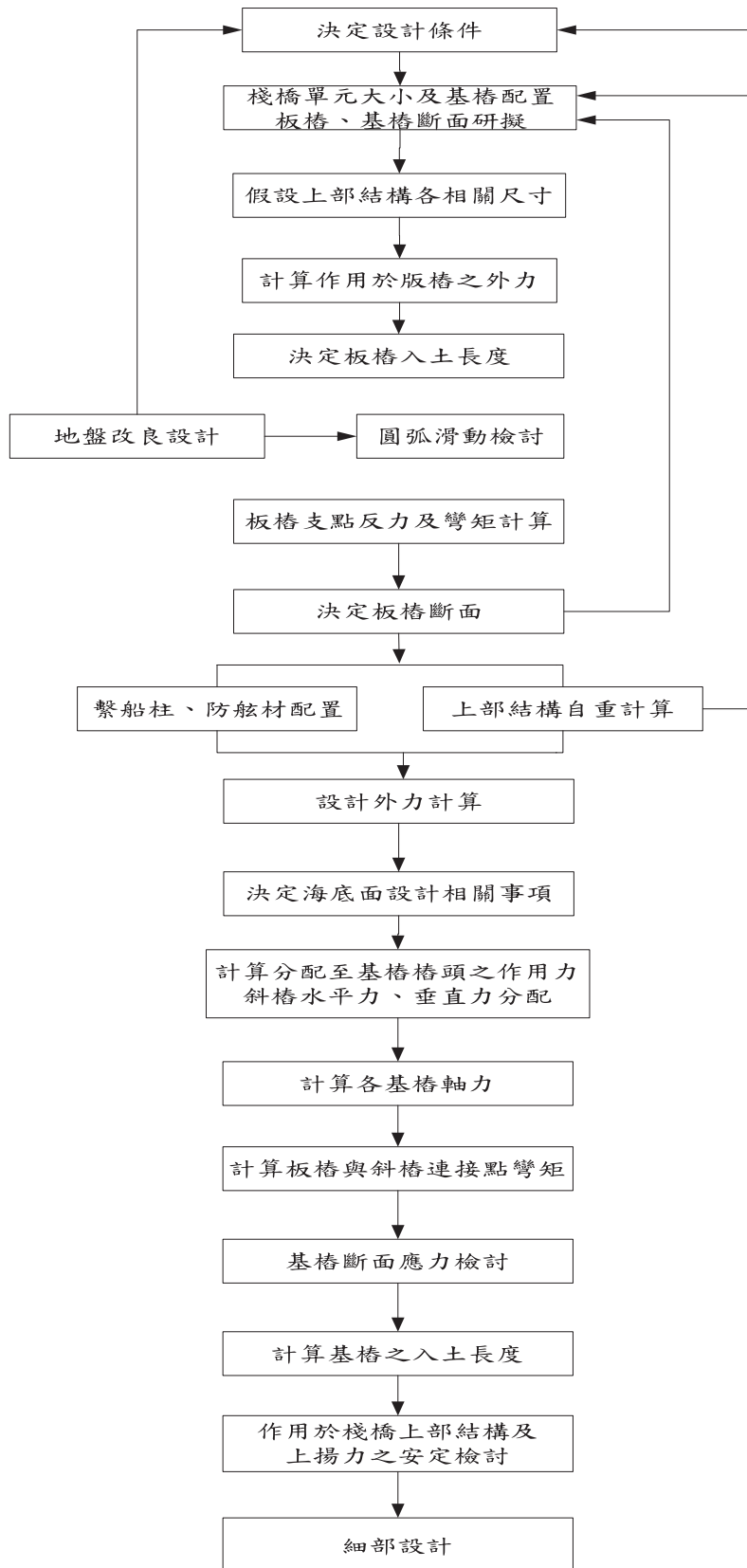


圖 9-4.1 前斜樁式板樁碼頭設計流程

2. 水平力

- 作用於板樁土壓力之水平分力、殘留水壓力
- 地震力
- 風力
- 船舶衝擊力及拉力

上部結構鋼筋混凝土自重，初步設計時可採用斜樁式棧橋碼頭之 21kN/m^2 ，細部設計時應依實際斷面計算。

採用本篇第七章 7.2[直樁棧橋式碼頭]、7.3[斜樁棧橋式碼頭]所述方法設計棧橋時，作用於板樁之土壓力及殘留水壓力，可以板樁與斜樁連接點所產生之反力替代之。板樁與斜樁連接點所產生之反力計算，可假設板樁為以板樁與斜樁連接點及海底面為支承之簡支梁，而以海底面以上之土壓力及殘留水壓力為載重計算之。

9.4.6 基樁入土深度

板樁及基樁之入土深度，依本篇第七章[棧橋式碼頭]7.2.7 節[基樁設計]第 6 小節[對承载力之入土深度檢討]及第 7 小節[對橫向抵抗之入土深度檢討]規則檢討。

9.4.7 細部設計

前斜樁式板樁碼頭細部設計，除下述原則外，依本篇第五章[板樁式碼頭]5.7 節[細部設計]，及第七章[棧橋式碼頭] 7.2.10 節[細部設計]規則辦理。

- 板樁岸壁與斜樁之連結部份，須能充分傳遞載重，若連結部份破壞，將導致碼頭整體結構破壞，於設計連結部份時，應予注意並充分加強。
- 於設計棧橋上部結構時，應考慮由板樁所傳遞之彎矩。

9.5 雙重板樁式碼頭

9.5.1 設計原則

本章 9.5 節[雙重板樁式碼頭]所述設計法，適用於打設雙排板樁並以拉桿連結，內填砂土或級配之板樁式碼頭。

雙重板樁式碼頭，一般採用鋼板樁圓筒式碼頭與具錨碇設施之板樁式碼頭之設計原則設計。

以往設計慣例，並不檢討變位量，然因雙重板樁式結構漸應用於大型永久結構物，故變位量檢討有其須要。

雙重板樁式結構如同圓筒式結構，須於內填料填妥後，方能確保結構物之安定。雙重板樁式結構，於板樁打設完成未回填前，僅須微小之波浪即可能造成板樁傾倒，故應儘速回填內填料。為方便後續板樁之打設，雙重板樁式結構應依波浪、回填速度、施工法等條件，於適當距離設置隔牆，將碼頭分為若干單元，以方便每一單元之施工，並確保施工期間之安全。

雙重板樁式碼頭採用鋼板樁圓筒式碼頭與具錨碇設施之板樁式碼頭之設計原則設計時，其設計流程如圖 9-5.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.10。

9.5.2 作用於壁體之外力

作用於雙重板樁式碼頭壁體之外力，依本篇第六章 [圓筒式碼頭]第 6.1.2 節[作用於鋼板樁圓筒之外力]規則計算。

9.5.3 雙重板樁壁體設計

1. 概要

雙重板樁壁體設計，須考慮其重要性，採適當方法設計之。

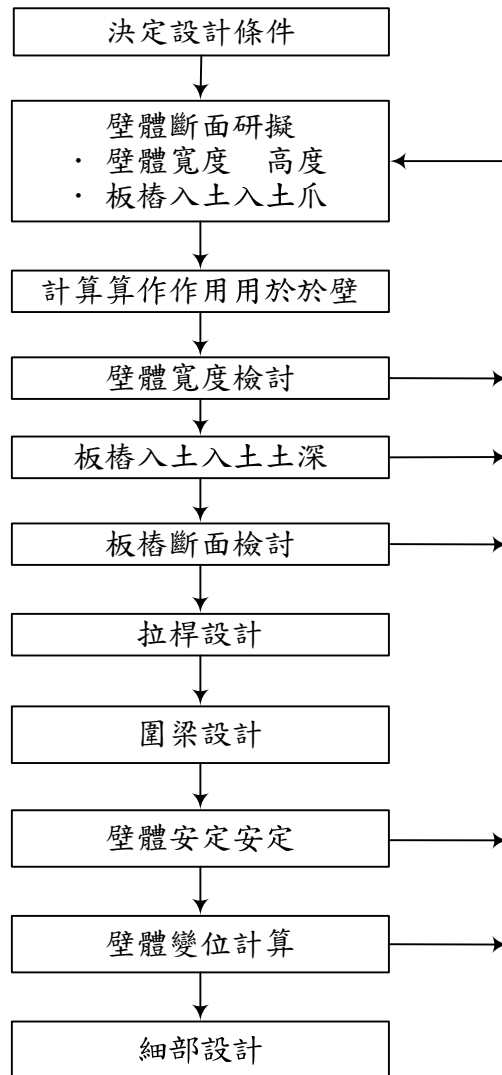


圖 9-5.1 雙重板樁式碼頭設計流程

2. 壁體寬度

雙重板樁式碼頭壁體寬度，即二排板樁之距離，依本篇第六章[圓筒式碼頭] 6.1.3 節[圓筒壁體剪力變形檢討]規則檢討，但區隔碼頭單元之隔牆板樁接頭間摩擦力之抵抗力矩則不計。

3. 板樁入土深度

板樁入土深度，可依本篇第五章[板樁式碼頭]5.3.2 節[板樁入土深度]規則計算雙重板樁式碼頭板樁之入土深度。

對須考慮壁體變形之重要結構物，應慎重分析檢討。

4. 板樁斷面

板樁斷面，依計算之最大彎矩，求得板樁應力應小於材料之容許應力。

作用於雙重板樁式碼頭板樁之彎矩，須檢討下列二狀況：

- 於板樁打設完成未回填內填料前，承受波浪等外力作用時，可假設板樁為一自立式板樁，依本章 9.2 節[自立式板樁碼頭]第 9.2.3 節[板樁斷面]相關規則計算作用於板樁之彎矩。
- 板樁打設完成並完成回填後，可假設板樁壁體為具錨碇設施之板樁碼頭，依本篇第五章[板樁式碼頭]5.3.3 節[作用於板樁之彎矩]相關規則計算作用於板樁之彎矩。

板樁之容許應力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。有關鋼材之防蝕，亦請詳第三篇[工程材料]。

5. 拉桿設計

雙重板樁式碼頭拉桿，依本篇第五章[板樁式碼頭] 5.4 節[拉桿設計]相關規則設計。

6. 圍梁設計

雙重板樁式碼頭圍梁，依本篇第五章[板樁式碼頭] 5.5 節[圍梁設計]相關規則設計。

7. 壁體安定檢討

雙重板樁式碼頭壁體，可視為重力式壁體，其安定檢討同圓筒式碼頭壁體，依本篇第四章[重力式碼頭]4.3 節[安定計算]所述方法為準。

滑動檢討之假想壁體底面，須比較檢討海底面及較短板樁下端後決定之，假想壁體底面下之板樁，則不計其抵抗。

雙重板樁壁體斜面安定檢討時，如板樁入土深度，較以具錨碇設施之板樁碼頭所求得之板樁所須入土深度為長時，後者所須入土深度以下之板樁不計其抵抗圓弧滑動。

9.5.4 細部設計

上部結構底版及直立部份，依本篇第八章[平版樁基式碼頭]8.5.2節[平版結構設計]相關規定設計。

為支撐上部結構須打設基樁時，基樁須能承受由上部結構傳遞而來之垂直力與水平力。於計算基樁承载力時，不計基樁於內填料部份之摩擦抵抗。

由上部結構傳遞之垂直力，應完全由基樁承受。水平力則一部份由基樁承受，一部份由雙重板樁壁體承受。

9.6 圓柱或腳柱式棧橋碼頭

9.6.1 設計原則

本章9.6節[圓柱或腳柱式棧橋碼頭]所述設計法，適用於採用剛性較大之混凝土圓柱或腳柱作為上部結構之棧橋式碼頭。

圓柱式棧橋碼頭斷面示意如本篇第三章圖3-1.11。

9.6.2 圓柱或腳柱設計

如棧橋僅由圓柱或腳柱與上部結構所構成，可將圓柱或腳柱基礎處視為一鉸接之剛架結構予以設計。

為增加結構剛性以抵抗水平力，圓柱或腳柱上端於垂直碼頭法線應以剛結處理。

如棧橋由圓柱或腳柱與上部結構以桁架所構成，可視為桁架結構設計之。

9.6.3 擋土護岸設計

圓柱或腳柱式棧橋碼頭擋土護岸，視其所採用結構型式，依相關章節規則設計。

9.6.4 細部設計

圓柱或腳柱式棧橋碼頭上部結構及連接版細部設計原則，請參考本篇第七章[棧橋式碼頭]7.2.10 節[細部設計]。

9.7 橋墩式棧橋碼頭

9.7.1 設計原則

本章 9.7 節[橋墩式棧橋碼頭]所述設計法，適用於採用墩座為基礎之棧橋式碼頭。

橋墩式棧橋碼頭斷面示意如本篇第三章圖 3-1.12。

9.7.2 橋墩設計

橋墩式棧橋碼頭之橋墩，視其所採用結構型式，依相關規則設計。

9.7.3 擋土護岸設計

橋墩式棧橋碼頭擋土護岸，視其所採用結構型式，依相關章節規則設計。

9.7.4 細部設計

橋墩式棧橋碼頭上部結構及連接版細部設計原則，請參考本篇第七章[棧橋式碼頭]7.2.10 節[細部設計]。

9.8 離岸式碼頭

9.8.1 設計原則

離岸式碼頭一般亦提供作為裝卸機械之基礎，故其設計應充分

考量裝卸機械型式、尺寸、移動特性及安裝後之沉陷等因素。

離岸式碼頭供作為裝卸機械基礎時，裝卸機械之兩條軌道，有均設於離岸，亦有一條軌道設於離岸，另一條軌道設於擋土護岸後側兩種。

碼頭上設有裝卸機械軌道時，碼頭型式應採用變位較小之結構型式。

離岸式碼頭結構分類及其特徵，請參考本篇第三章 [碼頭結構型式]，並依其結構型式，依相關章節規則設計之。

離岸式碼頭設計流程，可參考本篇第七章[棧橋式碼頭]設計流程，但採用橋墩式結構時，其設計流程可參考本篇第四章 [重力式碼頭]及第七章[圓筒式碼頭]設計流程。

離岸式碼頭斷面示意如本篇第三章圖 3-1.13。

9.8.2 配置及相關事項

離岸式碼頭離岸距離、軌道間距及法線方向之跨距等配置，應考量裝卸機械尺寸及海底地質等因素，依工程費及施工難易度等決定之。

9.8.3 設計外力及載重

1. 概要

於設計離岸式碼頭時，應考慮下列外力及載重：

(1)垂直力

- 裝卸機械載重
- 船舶拉力
- 上部結構自重
- 腳柱自重

(2)水平力

- 船舶拉力及衝擊力

- 作用於裝卸機械之風力
- 作用於上部結構之風力
- 作用於裝卸機械之地震力
- 作用於上部結構之地震力
- 作用於腳柱之地震力
- 地震時的動水壓

由於碼頭設置地點之關係，必要時應考量波力或上揚力。
水平力除上列外，必要時應考量裝卸機械之剎車力。

2. 自重

上部結構及腳柱自重，依結構尺寸，計算各材料體積，並依第二篇第十三章第 13.2 節[自重]規則計算上部結構自重。

3. 裝卸機械載重

裝卸機械載重，可參考第二篇第十三章 13.4 節[活載重]規則計算。

4. 船舶拉力及衝擊力

船舶拉力及衝擊力，依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

5. 地震力

作用於裝卸機械、上部結構及腳柱之地震力，依第二篇第十章[耐震設計]規則計算。

6. 風力

作用於裝卸機械、上部結構之風力，依第二篇第三章 [風]規則計算。

7. 地震時的動水壓

地震作用於船舶之動水壓力依第二篇第十章 10.7 節[地震時的動水壓]規則計算。

9.8.4 腳柱設計

離岸式碼頭腳柱設計，依其所採用結構型式，依本篇第七章[棧橋式碼頭]相關章節所述設計法設計，但採用橋墩式結構時，其設計依本篇第四章[重力式碼頭]及第七章[圓筒式碼頭]相關章節所述設計法設計。

9.8.5 大樑設計

1. 概要

離岸式碼頭連接腳柱之大樑，應考量下列垂直與水平兩方向之載重加以設計之。

為考量腳柱之不均勻沉陷，一般假設大樑為一簡支樑設計之。

2. 設計載重

(1)垂直方向載重

- 裝卸機械載重
- 船舶拉力
- 自重

(2)水平方向載重

- 船舶拉力及衝擊力
- 裝卸機械剎車力
- 作用於大樑及裝卸機械之風力
- 作用於大樑及裝卸機械之地震力

3. 設計應注意事項

離岸式碼頭之大樑由於鋼軌直接架設其上，故應採用能承受上述垂直力與水平力之材料製作。

如裝卸機械之兩腳均為固結腳時，水平力則依裝卸機械之載重比例分配。如裝卸機械之兩腳，一為鉸接腳，而另一為固

結腳時，為安全計，假設固結腳之車輪承受全部水平力；而對鉸接腳而言，則假設承受 1/2 水平力。

9.8.6 擋土護岸設計

離岸式碼頭擋土護岸，視其所採用結構型式，依相關章節規定設計。如擋土護岸後側設有裝卸機械之另一條軌道時，依本篇第十四章[裝卸機械基礎]相關規則設計之。

9.8.7 圓弧滑動檢討

離岸式碼頭擋土護岸，依第五篇第六章[斜面之安定]規則檢討圓弧滑動安定。

9.8.8 附屬設備

離岸式碼頭須設置防舷材、繫船柱、連絡橋等附屬設備。

防舷材及繫船柱設計，依本篇第十一章 11.2 節[繫船設施]及 11.3 節[防衝設施]相關規則辦理。

離岸式碼頭，原則上每一船席應設置連絡橋一處或二處。船舶靠離岸時，如無寬廣之繫解纜場所時，為確保作業人員之安全，應另加設面版，以方便作業。連絡橋及面版之活載重均以 5kN/m^2 計算。

9.8.9 細部設計

離岸式碼頭上部結構，依本篇第七章[棧橋式碼頭]7.2.10 節 [細部設計]相關規則設計之。

連絡橋設計，依一般橋樑設計相關規則辦理。

9.9 繫、靠船台

9.9.1 設計原則

本章 9.9 節[繫、靠船台]所述設計法，適用於採用基樁、鋼板圓筒或沉箱為基礎之繫、靠船台。

作用於靠船台之外力方向並非一定，故靠船台不宜採用有極端方向性之結構型式。

作用於基樁式結構之扭轉力(Torsion) 或沉箱式結構之迴轉力(Rotation)，亦可能對結構造成損壞，於設計時應予注意。

靠船台之高度，應考量波浪之影響外，在不妨礙防舷材裝設範圍內，應儘可能降低，並配合靠泊船舶之甲板高度及裝卸貨吊桿之作業。

連絡橋之底面高程，應高於波浪作用範圍為原則。

繫、靠船台設計流程，如圖 9-9.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.14。

9.9.2 繫、靠船台配置

於進行繫、靠船台配置時，應考量靠泊船舶尺寸、水深、風向、波向及水流狀況等因素，並須留意不得妨礙其他船舶之停泊及航行。

一般靠泊靠船台之船舶，均為較大型者，通常其船首及船尾長度約各佔船長 1/8 部份之船舷為曲線，中央佔船長 3/4 部份之船舷為直線。於配置靠船台時，應留意須使船舶能在直線船舷之範圍內靠泊靠船台。

一般而言，每座船席配置二座靠船台，左右各一座。然供大型船舶及小型船舶混用之碼頭，則每船席宜左右各建二座靠船台較為適當。

靠船台計畫靠泊須特殊裝卸機械之船舶時，可於靠船台中間興

建一工作平台，供設置裝卸機械之用。工作平台法線應較靠船台法線內凹，以避免直接承受船舶碰撞。

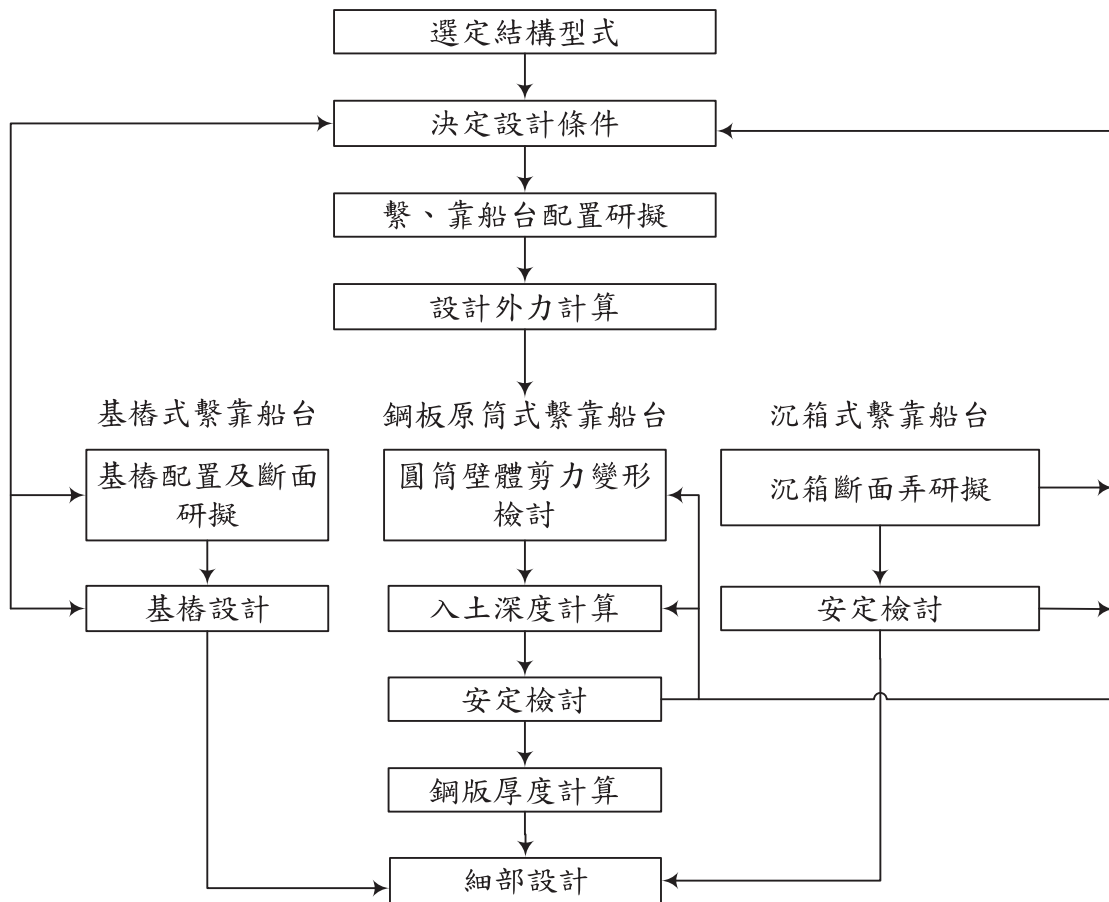


圖 9-9.1 繫、靠船台設計流程

為使船舶容易停靠或離開靠船台，且減少靠泊船舶作用於靠船台之外力，靠船台之法線方向，應儘可能平行風向、波向及流向。但在風向與岸線方向不同之海岸興建繫、靠船台時，從水域利用之觀點而言，繫、靠船台之法線方向宜與海岸線平行為佳。

繫、靠船台宜興建於原海底水深與設計水深相近位置。

繫、靠船台興建位置不得妨礙泊地中其他船舶之停泊，同時亦不得妨礙航道中其他船舶之航行。

船舶靠泊繫纜用之繫船柱，如鄰近陸地，則設置於陸地，否則另建繫船台設置繫船柱。設置繫船柱用之繫船台，應在靠泊船舶船

頭船尾約 45° 之方向，離靠泊用靠船台後側適當距離處設置。其數量可由船舶之拉力決定之。在靠泊用靠船台上亦可設置繫船柱，供靠泊船舶繫纜或供小型船舶繫纜之用。

9.9.3 作用於繫、靠船台之外力

1. 概要

作用於繫、靠船台之外力及載重，一般應考慮下列各項。

於設計時，設計者應針對現況，刪除不須考量之外力，或增加須特別考量之外力。

- 船舶衝擊力
- 船舶拉力
- 繫、靠船台自重與活載重等所致之垂直力
- 作用於結構物及裝卸機械之地震力
- 作用於裝卸機械之風力

2. 船舶衝擊力及拉力

船舶船舶衝擊力及作用於繫船柱之拉力，依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

3. 自重與活載重

繫、靠船台自重與活載重，依第二篇第十三章[載重]規則計算。

4. 地震力

作用於結構物及裝卸機械之地震力，依第二篇第十章[耐震設計]規則計算。

5. 風力

作用於裝卸機械之風力，依第二篇第三章[風]規則計算。

9.9.4 基樁式繫、靠船台

基樁式繫、靠船台設計，依本篇第七章[棧橋式碼頭]所述相關設計法辦理。

基樁式繫、靠船台設計，應檢討下列事項：

- 基樁應力(水平力、垂直力、扭轉力)
- 基樁入土深度
- 繫、靠船台撓曲量

9.9.5 鋼板圓筒式繫、靠船台

鋼板圓筒式繫、靠船台設計，依本篇第六章[圓筒式碼頭]所述相關設計法辦理。

鋼板圓筒式繫、靠船台設計，應檢討下列事項：

- 壁體剪斷變形檢討
- 板樁入土深度
- 壁體安定檢討(滑動、承載力、傾覆)
- 板樁拉力

9.9.6 沉箱式繫、靠船台

沉箱式繫、靠船台設計，依本篇第四章[重力式碼頭]所述相關設計法辦理。

沉箱式繫、靠船台設計，應檢討下列事項：

- 滑動安定
- 傾覆安定
- 地盤承載力
- 沉箱之迴轉(Rotation)

沉箱迴轉係發生於外力偏心作用於繫、靠船台時，其抵抗力為沉箱底面與拋石基礎之摩擦力，其安全係數同滑動安定。

9.10 浮碼頭

9.10.1 設計原則

本章 9.10 節[浮碼頭]所述設計法，適用於浮箱以鏈條錨碇，且設置在波浪及海流影響較小處之浮碼頭。

浮碼頭因係浮於水面，故不宜設置於波浪及海流較大之處，其以設置於海流小於 0.5m/sec，且波高小於 1.0m 之處為原則。

浮碼頭設計流程，如圖 9-10.1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.15。

9.10.2 浮碼頭興建位置及配置

浮碼頭之配置形式有突堤式及平行式兩種，於研擬浮碼頭興建位置及配置時，應考量擬靠泊船舶之型式、大小及水深、水流、波浪、海底地質等自然條件。

浮碼頭係由浮箱、連接陸上與浮箱之連絡橋、連接浮箱與浮箱之引橋、繫泊浮箱之錨鏈及錨碇設施等組成。浮碼頭各部份名稱及浮箱(Pontoon)各部份名稱，示意如圖 9-10.2 及 9-10.3。

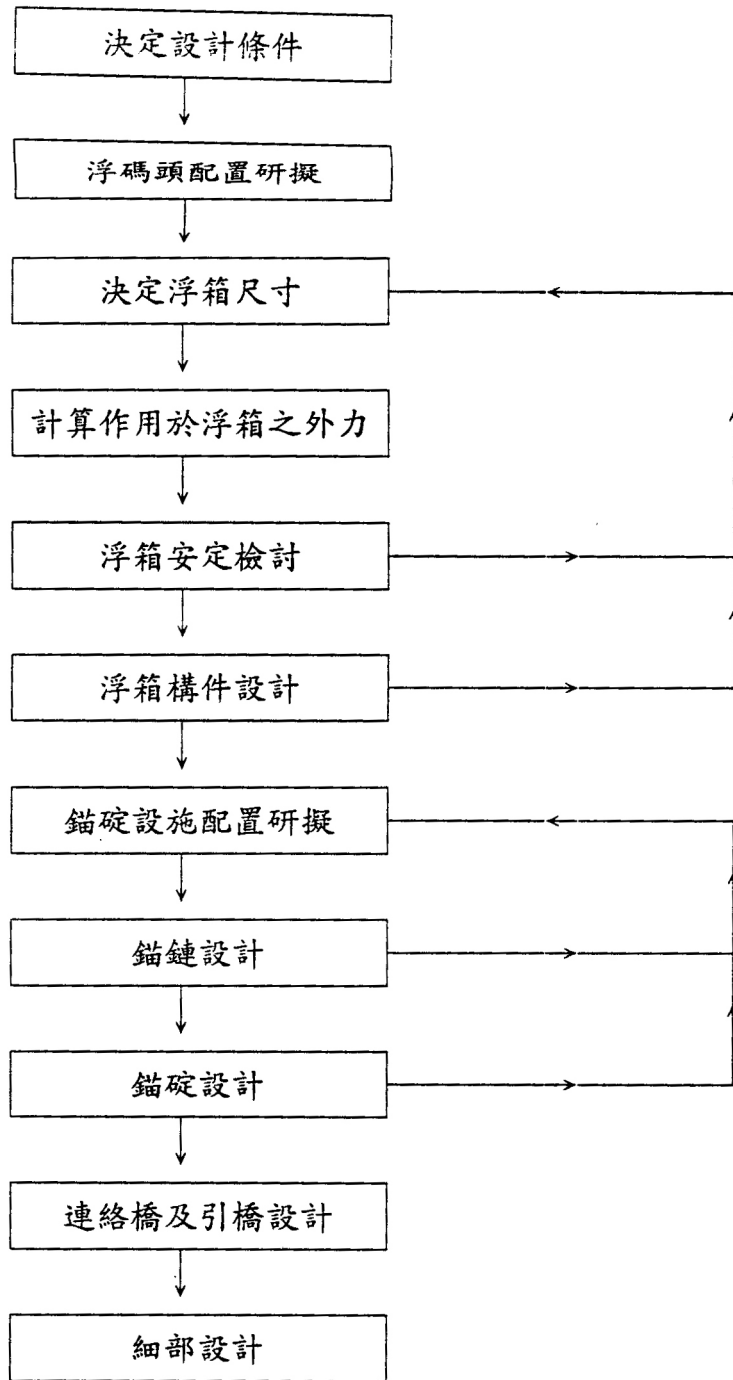


圖 9-10.1 浮碼頭設計流程

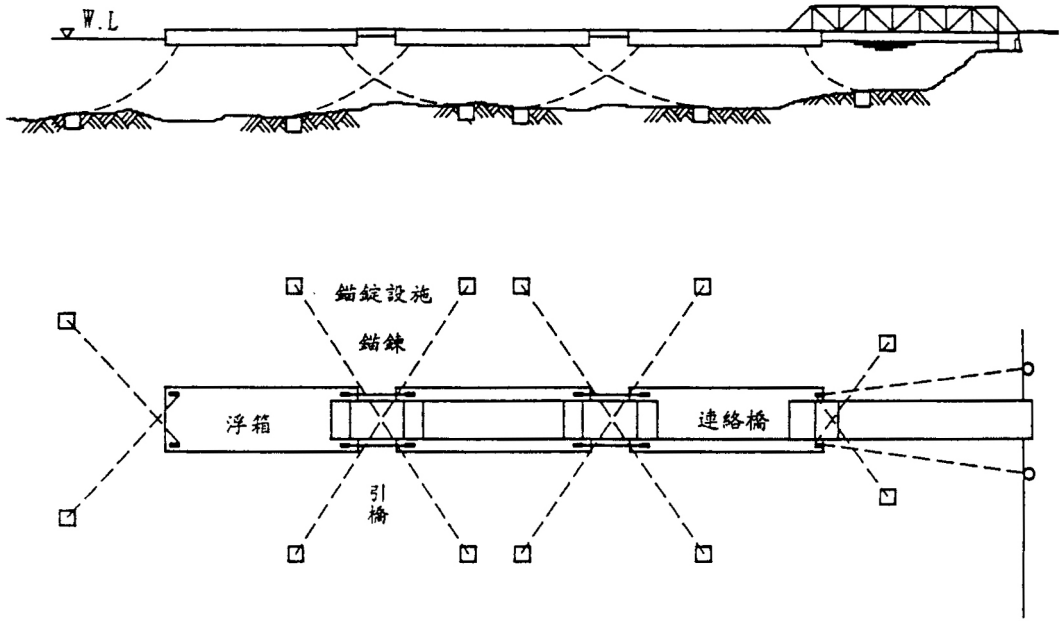


圖 9-10.2 浮碼頭各部份名稱

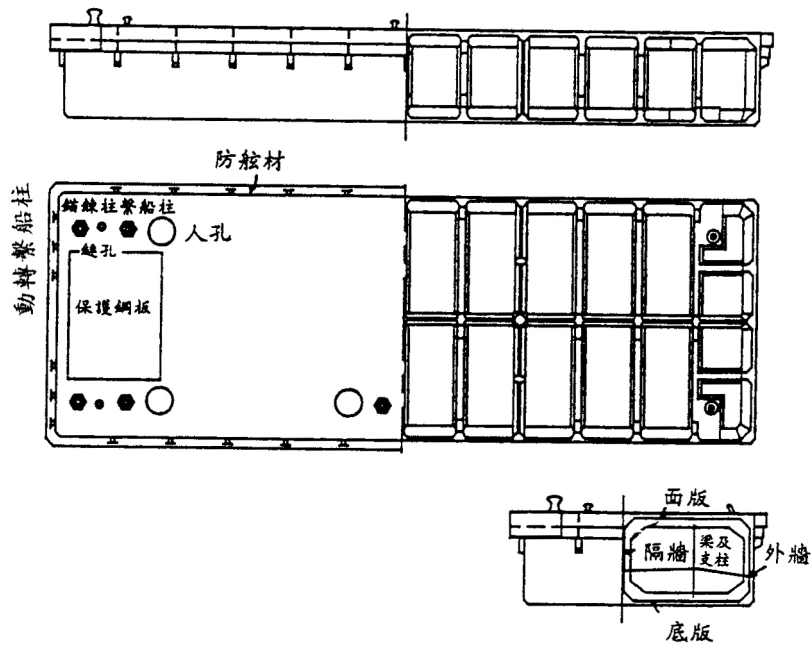


圖 9-10.3 浮箱各部份名稱

9.10.3 浮箱設計

1. 浮箱材質

(1) 概要

目前浮碼頭浮箱最重要之材料為保麗龍發泡體（聚苯乙烯 Polystyrene）。本材料具有水密之特性，但表面硬度較軟，不耐碰撞磨損，以致衍生許多不同材質之保護層外殼，依其使用材料之不同，可分為鋼筋混凝土製、鋼製、塑膠製、FRP 製、鋼絲混凝土製、木製等。

(2) 鋼筋混凝土製浮箱

鋼筋混凝土製浮箱具耐久性，由於吃水深度較深，故甚為穩定，且製作費及維護費均較鋼製浮箱為低。然對承受碰撞能力較差，水密性亦隨時間而降低。為使鋼筋混凝土製浮箱保持有較佳之水密性，應特別注意混凝土配比及施作。

(3) 鋼製浮箱

鋼製浮箱製作容易，對承受碰撞能力亦強，且修補容易。於吃水方面，較鋼筋混凝土製浮箱為淺，故受水流之影響較小。但因鋼材容易鏽蝕，常須上架除鏽油漆，其耐久性較鋼筋混凝土製為浮箱差。

(4) 塑膠製浮箱

塑膠製浮箱，較鋼筋混凝土製浮箱無龜裂之慮，且具有良好之水密性，厚度亦較薄等優點。此外為減少斷面應力，亦有以塑膠管組裝成浮箱。

(5) FRP 製浮箱

FRP 製浮箱，因質輕且吃水較淺，故較不穩定，然耐久性甚佳，且安裝便捷。目前小規模之浮碼頭，甚多採用 FRP 製浮箱作為遊艇泊靠之用。

(6) 鋼絲混凝土製浮箱

鋼絲混凝土製浮箱，較鋼筋混凝土製浮箱及塑膠製浮箱，其厚度可更薄。然水密性則較鋼筋混凝土製浮箱為佳，比塑膠製浮箱為差。

(7)木製浮箱

木製浮箱製作費用較低廉，惟水密性較差，且容易腐朽，易受蟲害影響，耐久性低。為保持浮箱水密性及防止腐爛與蟲害，木製浮箱須時常上架修理，為其缺點。

2. 浮箱尺寸

為方便裝卸貨物及旅客上下船，浮箱甲板須有充足之面積及適宜之乾舷高度，且浮箱各部份尺寸，須能使整個浮碼頭保持穩定狀態。

對大型浮箱而言，其尺寸以 20m~30m 長，10m~15m 寬，2m~4m 高者為多。

浮箱面版、外牆、底版及隔牆等，每邊長度以 1m~3m 為準。

鋼筋混凝土製浮箱厚度，外牆及底版為 15cm~20cm，面版及隔牆為 10cm~20cm；鋼製浮箱厚度以 6mm~10mm 為多。版之長寬比宜趨近於 1。

浮箱乾舷高度，無論滿載或輕載時，均須能適合貨物裝卸及旅客上下船。浮箱乾舷高度可依下式計算。

$$h' = d - \frac{W_1}{\gamma_w \cdot A} \quad (9-10.1)$$

式中，

h' ：浮箱乾舷高度(m)

d ：浮箱高度(m)

W_1 ：浮箱重量(kN)

γ_w ：水之單位體積重量(kN/m³)

A ：浮箱水平斷面積(m²)

3. 作用於浮箱之外力及載重

(1)概要

作用於浮箱之外力及載重，應考慮下列各項：

- 裝載載重及活載重
- 連絡橋及引橋之支點反力
- 水壓力
- 浮箱自重
- 壓艙重量

船舶衝擊力、波力、水流力、動水壓力等，除特殊狀況外，可不必考慮。

(2)裝載載重及活載重

裝載載重大小，依所裝卸貨物及上下旅客而定。一般供旅客上下船為主之浮碼頭，其載重以 5kN/m^2 計算。

供汽車經浮碼頭轉載於渡輪時，活載重應以允許通過汽車之輪載重為設計標準。

(3)連絡橋及引橋支點反力

連絡橋及引橋支點反力計算，詳本小節第 4 小節[浮箱構件設計]。

(4)水壓力

作用於浮箱外牆之水壓力，依浮箱吃水深度計算之。

(5)浮箱自重

浮箱自重依浮箱所採用材質計算之。

(6)壓艙重量(Counterweight)

浮箱因受連絡橋支點反力作用，會發生傾斜現象，為求平衡，必要時須放置壓艙物。壓艙重量應與連絡橋支點反力相互平衡，以保持浮箱穩定。

4. 浮箱穩定性檢討

(1)概要

為確保浮箱穩定性，應針對以下二事項進行檢討：

①當下列外力或載重同時作用於浮箱時，浮箱仍能保持穩定及維持必要之乾舷高度。

- 連絡橋支點反力
- 甲板上滿載載重
- 浮箱內有若干浸水

②浮箱長向對稱軸連絡橋邊滿載載重，加上連絡橋支點反力後，浮箱仍能保持穩定狀態，甲板傾斜須小於 1:10，且甲板面仍保持於水面上，即乾舷高度大於 0.0。

(2)浮箱浸水時穩定檢討

檢討浮箱穩定時，應考慮艙內浸水深度，一般可視為浮箱高度之 10%，此時浮箱乾舷至少仍應維持 0.5m 左右。

(3)浮箱承受均佈載重時之穩定計算

浮箱承受均佈載重時，為確保浮箱穩定，其須滿足下式：

$$\frac{I \cdot \gamma_w}{W_2} - \overline{CG} > 0 \quad (9-10.2)$$

式中，

I：浮箱吃水面對長軸之斷面慣性力矩(m⁴)

W₂：浮箱重量與均佈載重總重(kN)

γ_w：海水單位體積重量(kN/m³)

C：浮心

G：重心

當浮箱艙內浸水時，且承受均佈載重時，為確保浮箱穩定，其須滿足下式：

$$\frac{\gamma_w}{W_2'} (I' - \sum i) - \overline{C'G'} > 0 \quad (9-10.3)$$

式中，

I'：浮箱艙內浸水時，吃水面對長軸之斷面慣性力矩(m⁴)

i ：浮箱艙內浸水時，各隔艙內水面對中心軸之斷面慣性力矩(m^4)。該中心軸應與浮箱之迴轉軸成平行。

W_2' ：浮箱艙內浸水時重量與均佈載重總重(kN)

γ_w ：海水單位體積重量(kN/m^3)

C' ：浮箱艙內浸水時之浮心

G' ：浮箱艙內浸水時之重心

(4)浮箱承受偏心載重時之穩定計算

如圖 9-10.4 所示，浮箱承受偏心載重時，為確保浮箱穩定，依(9-10.4)式計算之浮箱傾斜 $\tan \alpha$ ，應滿足(9-10.5)之條件，即浮箱甲板傾斜須小於 1:10；且甲板面仍保持於水面上，即乾舷高度大於 0.0。

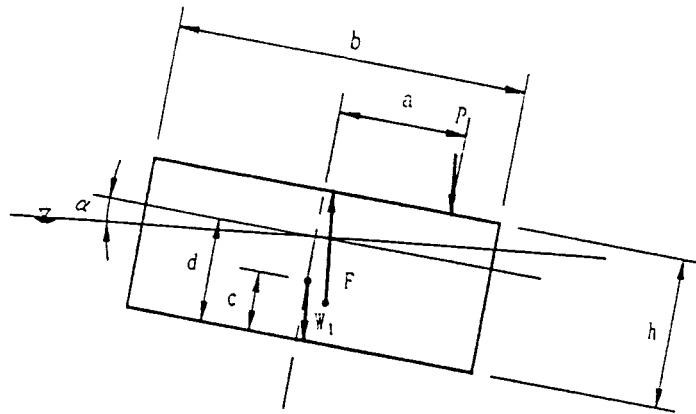


圖 9-10.4 浮箱承受偏心載重時之穩定計算

$$(W_1 + P) \left[\frac{b^2 \cdot \tan \alpha}{12 \cdot d \cdot \cos^2 \alpha} - \left(\frac{b^2}{24 \cdot d} \tan^2 \alpha + C - \frac{d}{2} \right) \tan \alpha \right] - P[a + (h - c) \tan \alpha] = 0 \quad (9-10.4)$$

由於 α 相當小，上式中 $\cos^2 \alpha$ 可以 $1 - \tan^2 \alpha$ 近似值替代之。

$$\tan \alpha < \frac{2(h-d)}{b} \quad (9-10.5)$$

$$\tan \alpha < \frac{1}{10}$$

式中及圖 9-10.4 中，

W_1 ：浮箱重量(kN)

P ：偏心載重之合力(kN)

F ：浮力(kN) $F=W_1+P$

b ：浮箱寬度(m)

h ：浮箱高度(m)

d ： P 作用於浮箱中心時，浮箱之吃水深度(m)

c ：浮箱重心至浮箱底面高度(m)

a ：浮箱中心軸至 P 載重之偏心距離(m)

α ：浮箱傾斜角(度)

5. 浮箱構件設計

(1) 概要

浮箱面版、外牆、底版、隔牆、梁及支柱，依其結構假設適宜型式設計之。

(2) 面版

面版可視為由梁及外牆四邊固定之雙向版，於承受下列載重時，依可能發生之最大應力設計之。

- 裝載載重作用時：裝載載重+自重
- 活載重作用時：活載重+自重
- 連絡橋支點放置浮箱上時(即無調節塔時)：連絡橋支點反力+自重

活載重可將汽車輪載重視為集中載重計算。

連絡橋支點反力，可視為作用於面版之集中載重計算。

(3) 外牆

外牆可視為由底版及外牆或梁四邊固定之雙向版，假設浮箱全部浸入水中 0.5m 時所承受之靜水壓力設計之。

(4) 底版

底版可視為由外牆或梁四邊固定之雙向版，假設浮箱全部浸入水中 0.5m 時所承受之靜水壓力設計之。

(5) 隔牆

隔牆可視為四邊固定之版，假設承受一隔艙滿水時之靜水壓力設計之。

(6) 梁及支柱

支撐面版、底版、側牆之梁及中央支柱，可視為箱型剛性構架(Box Rigid Frame)，假設面版承受最大載重，及承受浮箱吃水與浮箱高度相等時之水壓力設計之。

(7) 鋼筋混凝土製浮箱保護層厚度

鋼筋混凝土製浮箱保護層厚度，直接接觸海水者以大於 3cm，其他不接觸海水者以大於 2cm 為原則。此兩數值較一般海中結構物鋼筋保護層為薄，故對混凝土之水密性，於設計時須特別留意。

6. 浮箱連結

浮箱於波浪作用發生搖動時，為避免各浮箱互相碰撞發生破損，各浮箱互相間之連結須非常堅固，且須在各浮箱間加裝防舷材以策安全。

9.10.4 錨鏈設計

1. 設計外力

(1) 概要

設計浮箱之錨鏈時，須考慮下列各項外力：

- 船舶衝擊力
- 船舶拉力
- 波力
- 水流力

(2) 外力組合

就下列三種外力組合中，擇其最大者，作為設計外力。

- 船舶衝擊力 + 水流力
- 船舶拉力 + 水流力
- 波力 + 水流力

(3) 船舶衝擊力及船舶拉力

作用於浮箱之船舶衝擊力及拉力，依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

(4) 波力

作用於浮箱之波力，依第二篇第五章 5.4 節[作用於海中結構物之波力]規則計算。

於計算波力時，可將浮箱視為立方體，以決定拖曳力係數。拖曳力作用面積，可採靜水面以下部份之面積計算。

上述波力係作用於靜止之浮箱，如浮箱之固定振動週期接近於波浪之週期時，會引起浮箱共振現象，而產生非常大之力量作用於錨鏈，於設計浮箱及錨鏈時應予注意。

(5) 水流力

作用於浮箱之水流力，依第二篇第七章[水流]相關規則計算。

於計算水流力時，可將浮箱視為立方體，以決定拖曳力係數。拖曳力作用面積，可採靜水面以下部份之面積計算。

2. 錨鏈長度及設置方式

固定浮箱之錨鏈，應具有適當長度，並以錨碇(Anchor)固定於海底。

如圖 9-10.3 所示，錨鏈係先穿過鏈孔(Chain Hole)後，繫於浮箱四隅之錨鏈柱(Chain Post)上，並以錨碇(Anchor)固定於海底。

錨鏈為不妨礙船隻停靠，一般均在浮箱下作十字交叉，但

此將使錨鏈磨損，於設計時應予注意。

錨鏈長度一般為水深之5倍，但應加上調節潮位變化所須之長。於決定錨鏈長度時，應考量下列各點。

- 錨鏈於高潮拉緊時，不可再加以額外拉力，以免拉斷。
- 錨鏈在高潮時，應不妨礙船隻之靠泊。
- 高潮時，錨碇設施須保持充分之錨著力(Holding Power)。與錨碇設施連接部份之錨鏈，其與水平面之夾角大於 3° 時，錨碇設施之錨著力將大為減低。
- 低潮時，應注意浮箱之水平移動距離。

3. 錨鏈拉力計算

各錨鏈所承受之拉力，可依浮箱與錨鏈之關係，採用動力學解法計算。然此種解法非常複雜困難，故一般將錨鏈視為懸垂曲線(Catenary Curve)，採用靜力學方法計算。

如圖9-10.5所示，如錨鏈可視為懸垂曲線時，則作用於錨鏈之拉力可依下式計算。

$$T = P \cdot \sec \theta_2 \quad (9-10.6)$$

式中，

T：作用於錨鏈之拉力(kN)

P：作用於浮箱之水平外力(kN)

θ_2 ：在浮箱與錨鏈連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

作用於錨碇設施之水平力，與作用於浮箱之水平力相同。

作用於錨鏈之垂直力可由下列公式計算。

$$V_a = P \cdot \tan \theta_1 \quad (9-10.7)$$

$$V_b = P \cdot \tan \theta_2 \quad (9-10.8)$$

式中，

V_a ：作用於錨鏈與錨碇設施連接處之垂直力(kN)

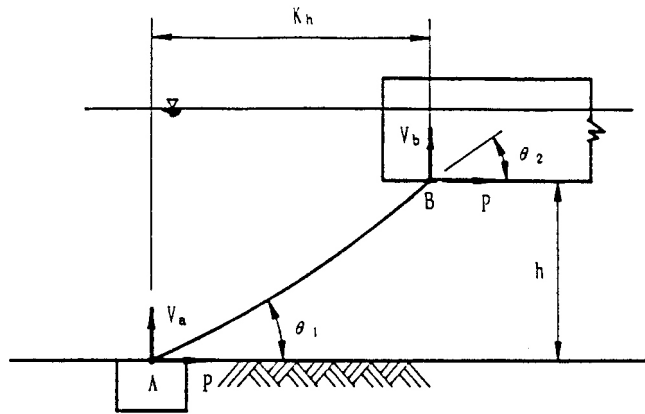


圖 9-10.5 浮碼頭錨鏈設計示意圖

V_b ：作用於錨鏈與浮箱連接處之垂直力(kN)

P ：作用於浮箱之水平外力(kN)

θ_1 ：在錨鏈與錨碇設施連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

θ_2 ：在浮箱與錨鏈連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

如錨鏈之長度為 L ，錨鏈單位長度重量為 w ，則 θ_1 及 θ_2 可依下列公式求解之。

$$L = \frac{P}{w}(\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \quad (9-10.9)$$

$$h = \frac{P}{w}(\sec \theta_2 - \sec \theta_1)$$

式中，

L ：錨鏈長度(m)

h ：浮箱底面至海底面之垂直距離(m)

w ：錨鏈單位長度重量(kN/m)

P ：作用於浮箱之水平外力(kN)

θ_1 ：在錨鏈與錨碇設施連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

θ_2 ：在浮箱與錨鏈連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

浮箱承受水平力作用時，錨鏈與錨碇設施連接點至錨鏈與浮箱連接點之水平距離，可依下式計算。

$$K_h = \frac{P}{w} [\sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1)] \quad (9-10.10)$$

式中，

K_h ：錨鏈與錨碇設施連接點至錨鏈與浮箱連接點之水平距離(m)

P ：作用於浮箱之水平外力(kN)

w ：錨鏈單位長度重量(kN/m)

θ_1 ：在浮箱與錨碇設施連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

θ_2 ：在浮箱與錨鏈連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

採用一般直徑之錨鏈時，錨鏈所形成之懸垂曲線，約與直線近似，故公式 (9-10.6)~(9-10.10)中， θ_1 、 θ_2 及 K_h 可採用下式近似值。

$$\theta_1 = \theta_2 = \sin^{-1} \frac{h}{L} \quad (9-10.11)$$

$$K_h = \sqrt{L^2 - h^2} \quad (9-10.12)$$

式中，

θ_1 ：在錨鏈與錨碇設施連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

θ_2 ：在浮箱與錨鏈連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)

K_h ：錨鏈與錨碇設施連接點至錨鏈與浮箱連接點之水平距離(m)

h ：浮箱底至海底面深度(m)

L ：錨鏈長度(m)

4. 錨鏈直徑

錨鏈直徑，於高潮承受本章 9.10.4 節[錨鏈設計]第 1 小節[設

計外力]所述外力時，作用於錨鏈之拉力應小於錨鏈之容許拉力。

錨鏈之容許拉力，請詳第三篇[工程材料]中相關規則。決定錨鏈直徑時，應考慮錨鏈之摩損、銹蝕及生物附著等影響。錨鏈須定期檢查，並要時須加以更新。

9.10.5 錨碇設施設計

1. 設計外力

設計錨碇設施時，作用於錨碇設施之外力，可採用本章第 9.10.4 節[錨鏈設計]第 3 小節[錨鏈拉力計算]中，計算所得之下列值。

- 垂直力： $V_a = P \cdot \tan \theta_1$
- 水平力： P

2. 錨碇設施安定計算

(1) 概要

錨碇設施重量及裝設方法，應考量當錨鏈承受最大拉力時，錨碇設施仍應保持安定。

為確保錨碇設施安定，須檢討錨碇設施水平及垂直方向之抗拉力，其須滿足下式：

$$\frac{\text{錨碇設施抗拉力}}{\text{作用於錨碇設施外力}} > \text{安全係數} \quad (9-10.13)$$

(2) 安全係數

錨碇設施承受錨鏈最大拉力作用時，其安定之安全係數以大於 1.2 為準。

(3) 錨碇設施抗拉力

a. 混凝土方塊錨碇設施

(a) 海底地盤為粘性土

水平抗拉力 = 混凝土方塊底面及側面與粘性土之凝聚

力 + 被動土壓力 - 主動土壓力

垂直抗拉力 = 混凝土方塊水中重量 + 混凝土方塊覆蓋土水中重量

(b) 海底地盤為砂質土

水平抗拉力 = 混凝土方塊底面摩擦力 + 被動土壓力 - 主動土壓力

垂直抗拉力 = 混凝土方塊水中重量 + 混凝土方塊覆蓋土水中重量

計算混凝土方塊底面摩擦力時，混凝土方塊水中重量應扣除作用於錨碇設施之垂直分力。

以混凝土方塊作為錨碇時，混凝土方塊應埋入海底土層中。

以混凝土方塊作為錨碇時，如圖 9-10.6 所示，應裝設吊環。混凝土方塊及吊環設計，依相關規則辦理。

b. 鐵製錨碇

水平抵抗力：錨之錨著力(Holding Power)

垂直抵抗力：錨之水中重量

鐵錨之錨著力，依下式計算。

- 軟泥時 $T_a = 8 \cdot W_a^{2/3}$
- 硬泥時 $T_a = 5 \cdot W_a^{2/3}$ (9-10.14)
- 砂土時 $T_a = 3 \cdot W_a$
- 平整岩盤時 $T_a = 0.4 \cdot W_a$

式中，

T_a ：錨之錨著力(kN)

W_a ：錨之水中重量(kN)

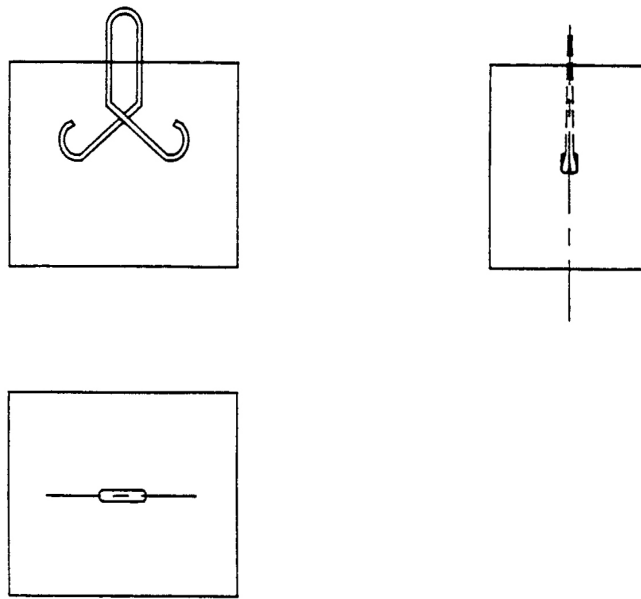


圖 9-10.6 浮碼頭錨碇混凝土方塊設計例

9.10.6 連絡橋及引橋設計

1. 連絡橋及引橋尺寸與傾斜度

連絡橋及引橋之尺寸及傾斜度，應不妨礙貨物裝卸、旅客上下船及客貨通行。

連絡橋之傾斜度，應符合第九篇第二章[渡輪碼頭] 2.3 節[車輛上下岸設施設計]，及 2.4 節[旅客上下岸設施設計]相關規則。

一般連絡橋及引橋之寬度為 2m~6m，連絡橋之跨距為 10m~20m，引橋之跨距為 2m~6m 為多，連絡橋之傾斜度在 L.W.L 時宜緩於 1：5。

2. 連絡橋及引橋細部設計

(1) 概要

連絡橋及引橋設計，依一般橋樑設計相關規則辦理。但僅供旅客通行使用之連絡橋及引橋，設計時僅須考慮行人載重。

(2) 結構型式

連絡橋之種類有兩種，一種係將橋之前端吊在調節塔上另一種將橋之前端直接放置於浮箱上。

連絡橋一般為鋼構，其結構以小型桁架(Pony Truss)及版梁(Plate Girder)為多。

架設於浮箱間之引橋一般為鋼構，其結構以版梁、工字梁、小型桁架或面版等結構為多。

(3)連接形式

a. 連絡橋與浮箱之連接

連絡橋之支承，如浮箱較少搖動時，於陸側可採用鉸接(Hinge)支承，於浮箱上可用滾輪(Roller) 支承或吊在調節塔上。在搖動較多之浮箱，其連絡橋僅靠於浮箱及岸上，為防止連絡橋滑動脫落，應使用鏈條將連絡橋固定於岸上及浮箱上。

為方便連絡橋至浮碼頭之通行，連絡橋於浮箱側之前端，應設置銜接板，以使連絡橋與浮箱能平順連接。與連絡橋滾輪支承相接觸之浮箱面版上，應設置鐵板，以保護浮箱之面版。

由於浮箱搖動，會致使鉸接損壞，於設計時須予注意。

b. 引橋與浮箱之連接

連接浮箱間之引橋，一端採用鉸接支承，另一端則採用滾輪。其連接設計原則可參考上述連絡橋與浮箱連接設計原則。

(4)安全設施

連絡橋及引橋，應設置欄杆外。供車輛使用之連絡橋及引橋應設置車擋。

3. 調節塔設計

調節塔結構，須能承受連絡橋支點反力及地震力之作用。

為減輕連絡橋作用於浮箱之支點反力，及天候不良時可將

連絡橋吊起，連絡橋於浮箱側可使用調節塔以因應之。

調節塔上下調節連絡橋之方法計有兩種，一由人工依潮位高低調節；二為將連絡橋之大部份重量，利用調節塔之壓重物 (Counter Weight) 平衡，小部份靠在浮箱上，依潮位之漲落，自動上下調節。

調節塔結構，以鋼筋混凝土結構及鋼結構為多。調節塔結構示意如圖 9-10.7。調節塔上裝設有滑車、壓重物及吊具等。

9.11 繫船浮筒

繫船浮筒 (Mooring Buoy) 係防止船舶因風、水流、波浪等之作用，從停泊位置流失，並使船舶可在泊地內安全錨碇停泊之設備。

如圖 9-11.1 所示，繫船浮筒依其錨碇型式，可概分為沉錘式、錨鍊式及沉錘錨鍊式等三種。其中沉錘式及錨鍊式均為沉錘錨鍊式之簡化型式，其設計法可參考沉錘錨鍊式之設計法。

沉錘錨鍊式繫船浮筒設計流程，如圖 9-11.2 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3-1.16。

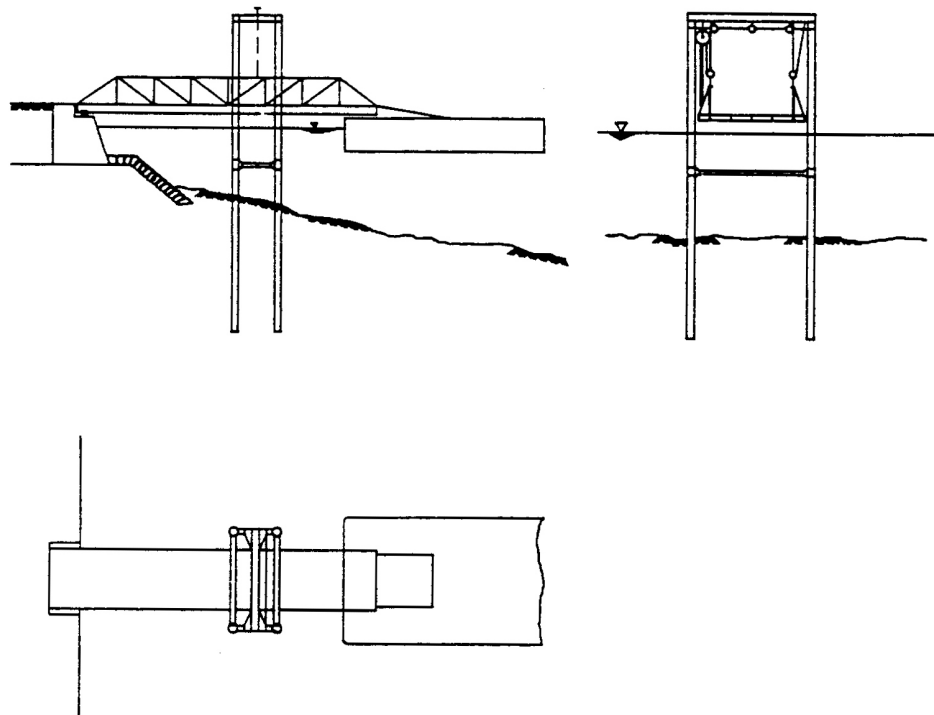


圖 9-10.7 連絡橋調節塔結構示意圖

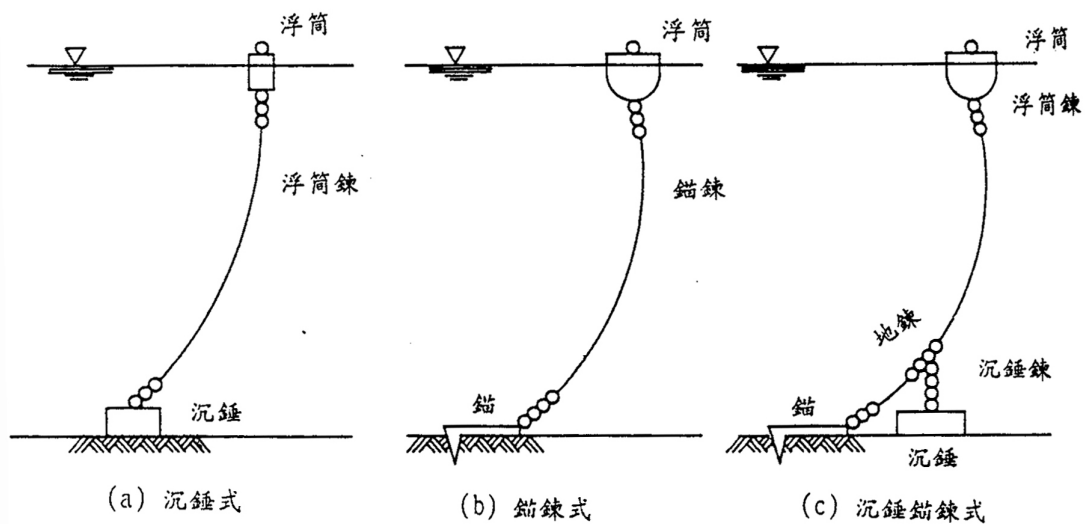


圖 9-11.1 繫船浮筒型式示意圖

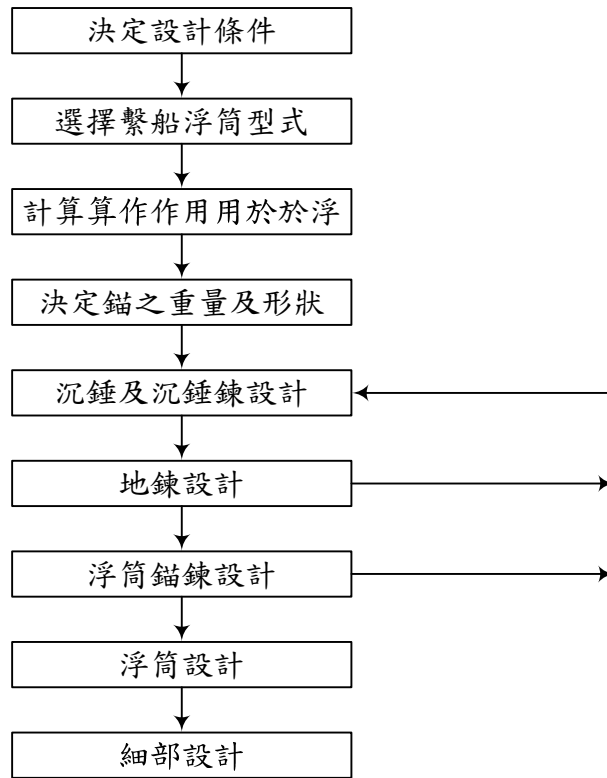


圖 9-11.2 沉錘錨鍊式繫船浮筒設計流程

第十章 連接結構物

10.1 設計原則

碼頭連接結構物設計，並無一定之準則，故須充分瞭解連接結構物附近狀況，因地制宜。設計連接結構物時，應考量下列各項條件：

- 連接結構物附近之自然環境
- 連接結構物附近結構物之狀況
- 施工順序及施工機械

連接結構物可概略分類如下：

- 碼頭前水深有變化
- 兩種不同結構相連接
- 碼頭角隅

設計連接結構物時，對下列事項應特別注意：

- 自然條件

連接結構物附近之地質變化複雜時，對地質狀況應特別加以瞭解。

碼頭角隅部份為波浪集中之處，於設計時應特別考量。

- 不均勻沉陷

連接段其結構型式有變化者居多，尤其位於軟弱地層處，碼頭連接段其破壞原因往往是因不均勻沉陷所致。

- 背填土砂流失

連接段結構型式變化時，往往會引起背填土砂之流失，於設計時應加以注意。

- 剛度之差異

連接段結構型式變化時，因剛度之不同，其變形亦不同，往往會造成破壞之原因。

- 與既有結構物之關係

與既有結構物連接時，應詳加了解既有結構物之設計，以免影響既有結構物。對未來有延長可能之碼頭，於設計時應考慮未來延長之

便利性。

- 施工方法

碼頭連接段工程所採用施工機械，應與原工程所用者相同，避免使用完全不同種類之機械施工。

10.2 水深變化段

連接段銜接不同水深結構時，連接段結構設計條件應採水深較大碼頭之設計條件，其設計方法及安全係數則應配合各結構型式。

連接段沿結構物法線之海底坡度，從使用及工程費觀點而言，以採用較陡坡度較為適宜，然實際上，海底坡度應考量與海底土質有密切關係之斜坡安定、波浪影響、邊坡維護及浚挖等因素後決定。

連接段沿結構物法線之設計水深，綜合考量結構物剛度、地震時變形及工程費等各因素，原則以採用漸變方式為佳。

混凝土方塊結構，以底層方塊高度為標準，作臺階式變化為宜。板樁結構，設計深度建議每隔 2.0 公尺作臺階式變化為宜。

10.3 不同結構之連接

不同結構之連接，有將不同結構直接予以連接，及在不同結構間，另加連接結構兩種方式。於兩結構間另加連接結構時，其設計條件，應取兩側結構之設計條件中，對連接結構在安定上較不利者進行設計為原則。

10.4 角隅結構

10.4.1 概要

設計向海側凸出之角隅結構，應取相鄰兩側結構設計條件中，對角隅結構在安定上較不利者進行設計為原則。角隅結構之角度，應避免採用銳角。

本節所稱之角隅，係指向海側凸出者，其連接較為困難，若係凹進者，則連接較為容易。角隅結構如採用銳角，不論設計或施工均有困難，故應儘量避免。

角隅結構於地震作用時，震動方向之自由度較大，於設計時應予注意。故於設計重力式碼頭角隅結構時，建議震度增加 20% 計算。

10.4.2 板樁結構與板樁結構連接之角隅結構

板樁結構與板樁結構連接之角隅結構，其設計困難點在於如何錨碇。採用錨碇版錨碇時，因錨碇版位於板樁土壤主動破壞區內，以致如何計算抵抗土壓等相關問題不易解決，故應儘量避免採用錨碇版錨碇。茲將在結構上認為可行之錨碇方式，舉例說明如下：

- 直樁錨碇式

直樁錨碇式係將拉力由錨碇直樁承擔，拉桿與板樁碼頭所成角度宜儘量成直角。設計方法請參考本篇第五章 5.6.4 節[錨碇直樁設計]規則辦理。

- 角隅部份設置平版結構連接

平版結構無須複雜之錨碇結構物，故此種連接方式，常被採用。然設計時，對下列事項應予注意。

1. 檢討彎矩及軸力時，對於 X 方向、Y 方向及合力作用方向，均須加以檢討。
2. 基樁入土深度，應全部以最危險之基樁入土深度為準。
3. 平版設計方法，可參考本篇第八章[平版樁基式碼頭]規則辦理。

- 設置雙重板樁式結構予以連接

此種連接方式一般使用於淺水區。

10.4.3 鋼板樁結構與自立式板樁結構連接之角隅結構

自立式板樁結構用於角隅結構時，可不用錨碇結構物，故在地質良好地區，經常被採用作為水深較淺碼頭之連接。

鋼板樁式結構與自立式板樁結構於角隅連接時，通常自立式板樁結構之位移較鋼板樁結構之位移為大，故有較大之力量作用於連接段之拉桿，因此須考量於連接段附近打設剛度較大之自立式板樁或採用斷面較大之拉桿，其連接段設計方法，可參考本篇第九章 9.2 節[自立式板樁碼頭]規則辦理。

10.4.4 其他角隅結構

在角隅安放沉箱連接，對 X 方向、Y 方向之安定及合力作用方向之安定，均須加以計算檢討。

在角隅安放圓筒連接，此法工程費較為昂貴。

第十一章 附屬設施

11.1 概論

為防止危險發生及有效利用碼頭，碼頭應依需要配置附屬設施。

附屬設施主要包含下列設施：

- 繫船設施
- 防撞設施
- 安全設施：包含防止船侵入設施(Skirt Guard)、柵欄(Fence or Rope)、標誌及標示(Marking Signs and Signs)、及車擋(Curbing)等。
- 服務設施：包含照明、旅客上下船設施、車輛上下船設施、公廁及電話、給水設施、加油及供電設施、標誌及標示等。
- 其他設施：包含排水設施、救生設備、消防設備、警報裝置等。

11.2 繫船設施

11.2.1 概要

碼頭繫船設施，應依下列原則設計：

- 繫船設施須具有充足之強度，以確保繫泊船隻之安全。
- 繫船設施應配置於碼頭適當位置，以供繫泊船隻使用。

碼頭繫船設施配置，應考量氣象、海象等自然條件及計畫靠泊船隻船型及種類等條件，以確保靠泊船隻，可便利使用。繫船設施於考量上述條件下，應具有足夠強度以承受作用於繫船設施之拉力。

11.2.2 繫船柱及繫船環配置

直柱主要供船舶於颱風時繫泊使用，配置於碼頭二端碼頭岸肩後側處。曲柱主要供船舶於常時繫泊使用，其沿碼頭法線方向，間隔適當距離配置。

曲柱配置間距及每席碼頭最小配置數量，可參考表 11-2.1 中所

列之值。

表 11-2.1 曲柱配置參考表

計畫靠泊船隻 總噸位	最大配置間距 (m)	最小配置數量 (座)
小於 2,000	10~15	4
2,001~ 5,000	20	6
5,001~ 20,000	25	6
20,001~ 50,000	35	8
50,001~100,000	45	8

於二座碼頭連接處，2 支曲柱應間隔數公尺，連續配置。

供小型船舶使用之小型碼頭，繫泊纜繩與碼頭平面夾角甚小時，可不設置曲柱，而以每間隔 10 至 20 公尺設置一直柱替代之。

小型碼頭亦可以同曲柱強度之繫船環，每間隔 5 至 10 公尺配置一個，以取代曲柱。

11.2.3 船舶拉力

繫靠碼頭船隻作用於繫船柱之拉力，依第二篇第二章 2.2.4 節[作用於繫船柱之拉力]規則計算。

11.3 防撞設施

11.3.1 概要

碼頭設施除繫船浮筒外，均應配置防撞設施，以吸收船舶靠岸及繫泊時所產生之衝擊力。

船舶靠岸時，或繫泊中船舶因風浪流作用而搖動時，船舶與碼頭間產生衝擊力及摩擦，為防止船舶及碼頭損壞，於碼頭岸壁應設置防撞設施(防舷材，Fender)。小型船隻，因船隻本身備有如輪胎等

防撞設施，且其衝擊力較小，故供小型船隻靠泊之小型碼頭，可不必設置防舷材。

橡膠、空氣式及樁式等防舷材設計流程，如圖 11-3.1 所示。

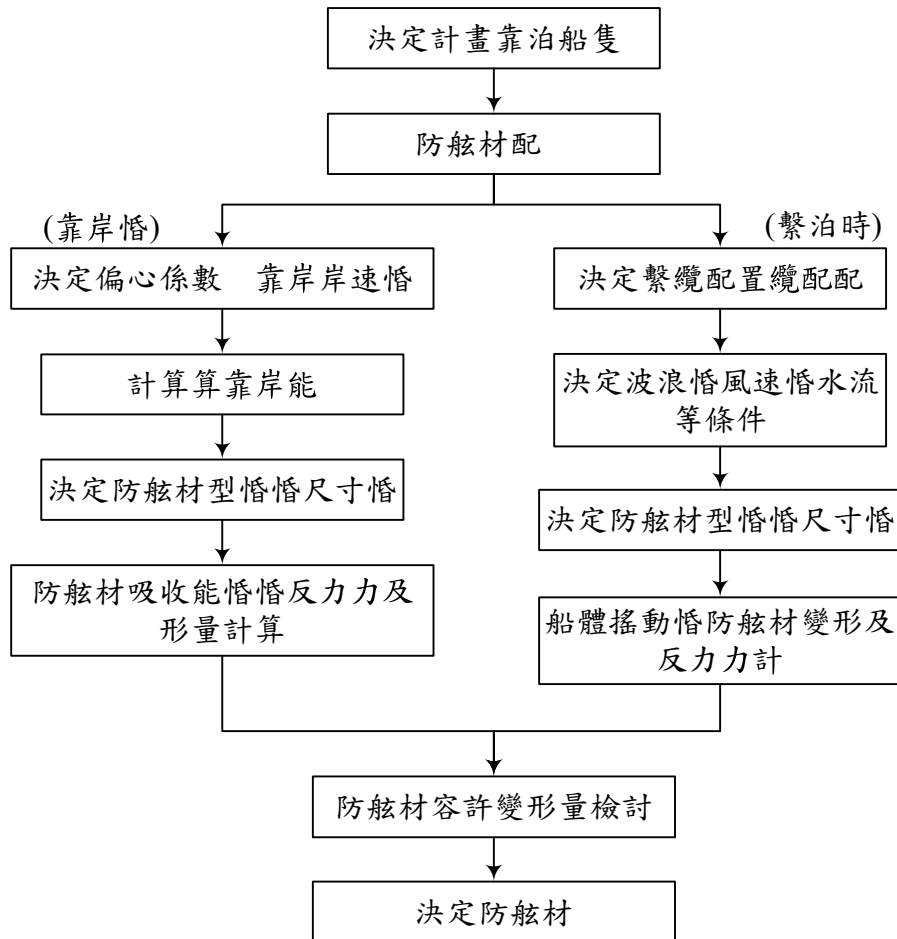


圖 11-3.1 防舷材設計流程

11.3.2 防舷材配置

碼頭防舷材配置，應使防舷材吸收船舶靠岸能量前，船舶不可直接接觸碼頭岸壁為原則。

11.3.3 船舶靠岸及繫泊所產生之作用力

船舶靠岸及繫泊所產生之作用力，依第二篇第二章 2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

11.3.4 防舷材選擇

選擇橡膠、空氣式等防舷材時，應考量下列事項：

- 船舶靠岸衝擊力應小於碼頭容許載重。
- 受波浪影響之碼頭，應考量繫泊船舶搖動所產生之作用力。
- 考量船舶靠岸角度、靠岸速度等靠岸狀況，選擇適宜之防舷材。
- 不可僅考量防舷材特性，而應整體考量碼頭結構特性，選擇適宜之防舷材。

11.4 安全設施

11.4.1 概要

為防止小船侵入棧橋，及確保碼頭區人車安全，碼頭應依需要配置防止船侵入設施(Skirt Guard)、柵欄(Fence or Rope)、標誌及標示(Marking Signs and Signs)、及車擋(Curbing)等安全設施。

11.4.2 防止船侵入設施

棧橋、繫靠船臺等碼頭結構，應配置防止船侵入設施(Skirt Guard)或其他安全設施，以防止小船進入樁群中。

11.4.3 柵欄

供渡輪、水翼船、交通船、遊樂船，及其他供旅客使用船舶停靠之碼頭，為確保旅客安全，應配置必要之柵欄等安全設施，以防止旅客落海，及隔離車輛進入。

11.4.4 標誌及標示

為確保碼頭區人車安全，應視碼頭狀況設置必要之警告及禁止標誌及標示。

11.4.5 車擋

可供車輛通行之碼頭，為防止車輛落海，應視碼頭狀況，於碼頭岸邊緣設置車擋。

車擋設置間隔以 30 公分為標準，但中間夾有繫船柱之車擋間隔以 1.5~2.5 公尺為標準。

11.5 服務設施

11.5.1 概要

碼頭應依作業需求，設置照明、旅客上下船、車輛上下船、給水、供電、加油、公廁、電話等服務設施，並依配置之服務設施設立標誌及標示等。

11.5.2 照明設施

供應夜間使用之碼頭，應設置適宜之照明設施，以方便碼頭裝卸作業、船舶靠離岸、旅客上下船等。

11.5.3 旅客上下船設施

供載客船舶使用之碼頭，應設置適宜之旅客上下船設施，以使旅客能順利安全上下船。

旅客上下船設施設計，依第九篇第二章 2.4 節[旅客上下船設施設計]規則辦理。

11.5.4 車輛上下船設施

依碼頭使用狀況，必要時應設置車輛上下船設施，以供車輛上下船。

車輛上下船設施設計，依第九篇第二章 2.3 節[車輛上下船設施

設計]規則辦理。

11.5.5 給水設施

大型碼頭，如給水船無法有效供水時，碼頭應設置給水設施，以方便船舶給水。

給水設施設計，應考量碼頭計畫靠泊船型，決定給水栓供水能量、數量，並以方便船舶使用為原則配置於碼頭上。

給水設施應配置必需設施，防止所供水質遭受污染。

11.5.6 加油及供電設施

依碼頭使用狀況，必要將應設置加油及供電設施，以服務靠泊船舶。

加油及供電設施設計，應考量碼頭計畫靠泊船型，並以不防礙碼頭作業為原則，決定加油及供電設施配置及規模。

碼頭設置加油設施時，應依須要配置必要之防止污染設施，以處理漏油等意外事故。

11.5.7 公廁及電話

碼頭應依需要，於碼頭附近設置公廁及電話，以方便作業人員使用。

11.5.8 標誌及標示

視碼頭提供之服務設施配置狀況，設置必要之指示標誌及標示。

11.6 其他設施

11.6.1 概要

碼頭除上述設施外，依作業需求，應另設置排水設施、救生設

備、消防設備及警報裝置等。

11.6.2 排水設施

碼頭應視使用狀況，必要時應設計排水設施。

排水口位置，宜儘量避開船舶靠岸之處。排水管接頭應注意不可因結構物沉陷或振動而破壞。

因裝卸可能於碼頭面造成塵屑污染之碼頭，如煤輪碼頭等，排水設施不可直接排入海中，以避免污染水域。

11.6.3 階梯及爬梯

碼頭岸壁應設置適當之階梯及爬梯或類似設施，以方便人員及小貨物之上下船。

階梯以設置於不妨礙碼頭裝卸作業之位置為原則，一般設置於碼頭岸壁兩端。

爬梯以設置於不妨礙船舶繫靠之位置為原則，一般設置於船席兩端繫船柱處。

階梯及爬梯上碼頭岸肩應設車擋，並設置供小船繫泊之繫船柱或繫船環。

11.6.4 救生設備

位於海象及氣象不佳水域，且救難者很難投入救援工作之碼頭，或供客輪使用之碼頭，應配置必要之救生設備。

11.6.5 消防設備及警報裝置

為處理火災等狀況，碼頭應於適當位置設置泡沫滅火劑、滅火器及消防栓等消防設備，並設置必要之警報系統，以處理火災等緊急事件。

第十二章 曳船道

12.1 設計原則

曳船道設計，以方便船舶能安全且順利上下岸為原則設計之。

曳船道為岸上與水上間，供船舶上下岸之設施。就船舶上下岸利用型態而言，有修理、避風浪及過冬等。

供 30 噸以上船舶上下岸之曳船道，一般採軌道台車為多。而曳船道之滑道斜面則係供 30 噸以下小型船隻直接上下岸之用。

曳船道斷面及各部份名稱，示意如圖 12-1.1。

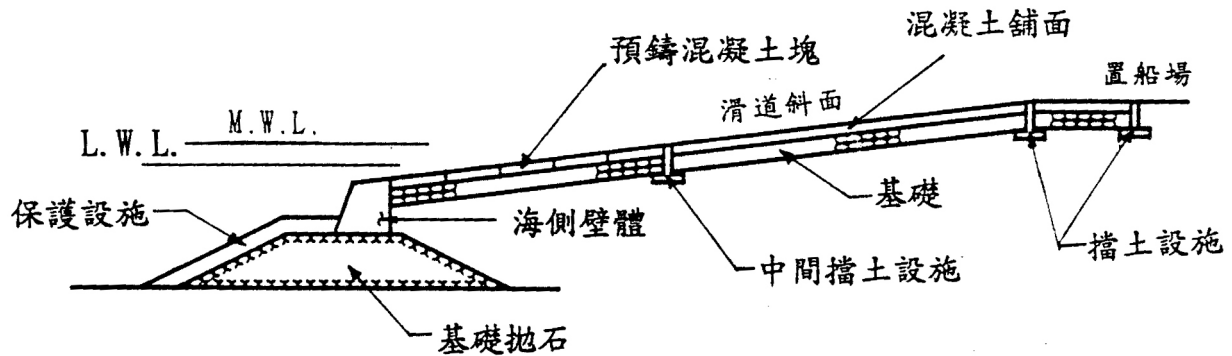


圖 12-1.1 曳船道斷面示意圖

12.2 選擇設置位置

選擇曳船道設置位置時，應注意下列各點：

- 曳船道海側水域須穩靜，以避免波浪沿滑道斜面上湧
- 曳船道海側水域須不發生淤積或沖刷
- 不妨礙其他船隻航行及停泊
- 曳船道陸側須有適當空地，以供船舶上岸之用

12.3 曳船道相關事項

12.3.1 各部份高程

海側壁體頂高程，為朔望平均低潮位(L.W.L.)下，且低於最大船隻吃水深度。

曳船道之頂端高程，參考本篇第二章 2.2 節[碼頭面高程]所述決定。曳船道與碼頭等鄰接時，則可考量使用上之方便性，而與碼頭面等之高程相同。曳船道海側水域波高較大時，則須考量波浪之溯上高度。

海側壁體頂高程，以朔望平均低潮位時亦能起船上岸為原則。最大船隻吃水，則視其為修理、或過冬、或避難等使用型態，採用空船時之吃水深度為原則。而小型漁船在裝載漁獲物等狀況下，仍須起船上岸時，則以滿載吃水深度為準。於潮差較小之處，或低潮時，或波浪較大時亦須起船上岸者，則應將海側壁體頂高程再予以降低。

船舶上岸時，在坡度變化點處，須用較大力量始可將船繼續拉上，因此滑道斜面原則以採單一坡度為佳。

水深很深，且用地狹窄時，滑道斜面須採複合斜面時，坡度變化點之高程，可參考下列之值。

- 滑道斜面由雙斜面組成時：斜面坡度變化點，設在平均海平面附近至朔望平均高潮位之間。
- 滑道斜面由三斜面組成時：斜面第一個坡度變化點，設在朔望平均低潮位附近。斜面第二個坡度變化點，設在朔望平均高潮位附近。

曳船道海側水域波高較大時，應視波浪溯上高度決定曳船道之頂端高程，並視興建場所之狀況，必要時應考量異常高潮及地盤沉陷。

滑道斜面浸水部份之結構，一般鋪設混凝土方塊。而場鑄混凝

土與鋪設混凝土方塊之界線，可訂在平均海水面(M.S.L.)附近。

12.3.2 長度及岸上面積

曳船道長度及陸側岸上面積，以能順利使用為原則，儘可能規劃較廣闊之面積。

12.3.3 海側水深

滑道海側水深，應考量船隻下水方法及海側壁體頂高程等因素決定之。原則以最大船隻滿載吃水深度，再加 0.5 公尺之值為標準。

12.3.4 滑道坡度

滑道原則以採單一坡度為佳。其坡度不得陡於 1：6，視使用之要求並考量地形、地質等自然條件後選用之。

12.3.5 滑道海側泊地面積

滑道海側水域泊地面積，以確保待修船隻上下岸作業時，不損害修理船隻，及不妨礙其他船舶航行等因素決定之。

12.4 海側壁體及滑道鋪面

12.4.1 海側壁體

海側壁體設計時，須考慮下列事項：

- 海側壁體可採用各種結構型式設計之。
- 海側壁體基礎須具有充分之承載力，並防波浪沖刷。

12.4.2 滑道鋪面

滑道鋪設設計時，應注意下列事項：

- 應防止被船舶等載重破壞鋪面。

- 應防止鋪面被波浪破壞。
- 應防止因滑道基礎不均勻沉陷而破壞鋪面。

12.5 側壁

側壁可採用各種結構型式設計之。

第十三章 岸肩

13.1 設計原則

碼頭岸肩 (Apron)係指碼頭法線至碼頭後線腹地之倉庫或置貨場間之區域，其主要係提供暫置貨物、貨物處理、裝卸機械作業、車輛通行等功能。

岸肩應規劃有適宜之面積，以確保碼頭裝卸作業能順利進行。岸肩應採適當鋪面，以確保貨物處理、裝卸機具作業、車輛行走能安全且順利進行。

13.2 岸肩形狀

13.2.1 寬度

岸肩寬度應考量下列事項，並確保碼頭裝卸作業能安全且順利進行為原則決定之。

- 碼頭使用型態
- 倉庫型式
- 設置裝卸機械之型式
- 交通設施之規模

碼頭岸肩寬度，可參考表 13-2.1 所示之值。

表 13-2.1 岸肩寬度參考值

碼頭水深(m)	岸肩寬度(m)
小於 4.5	10
4.5~7.5	15
大於 7.5	20

13.2.2 坡度

岸肩坡度應考量降雨強度，碼頭後線腹地使用狀況等因素，以不妨礙裝卸作業為原則決定之。

13.3 鋪面設計

13.3.1 鋪面型式

岸肩鋪面型式，應綜合考量下列事項後決定之。

- 土壤條件
- 施工性
- 鄰接地區鋪面型式
- 貨物裝卸型式
- 經濟性
- 維護管理

鋪面型式主要有混凝土鋪面、瀝青鋪面、混凝土塊鋪面、鋼筋混凝土鋪面、連續式鋼筋混凝土鋪面等。岸肩一般以採用前三種鋪面型式為主。

13.3.2 載重條件

載重條件應依裝卸貨物種類及裝卸型式等決定之。

岸肩作業機械載重條件，如表 13-3.1 所示。

表 13-3.1 岸肩作業機械載重條件

載重型式		每個車輪或外伸基座最大載重(kN)	每個車輪或外伸基座接地面積(cm ²)	接地壓(kN/cm ²)
車式起重機 Truck Crane	20 型	200	1,250	0.16
	25 型	250	1,500	0.167
	30 型	300	1,750	0.172
	40 型	400	2,000	0.20
	50 型	500	2,300	0.217
	80 型	750	2,850	0.263
	920	3,400	0.271	
	100 型	1080	3,850	0.281
	120 型	1340	4,500	0.298
卡車	T-14	56	1,000	0.056
	T-20	80	1,000	0.08
拖車 Tractor Trailer	20ft 用	50	1,000	0.05
	40ft 用	50	1,000	0.05
	40ft 櫃場專用	70	1,000	0.07
堆高機 Fork life truck	20KN	25	300	0.083
	35KN	45	500	0.09
	60KN	70	800	0.088
	100KN	110	1,400	0.079
	150KN	175	2,300	0.076
	200KN	245	3,150	0.078
	250KN	310	3,800	0.082
	350KN	450	5,000	0.09
門式起重機 Transtainer	200KN	200	2,400	0.083
	250KN	250	2,850	0.088
	300KN	300	3,250	0.092
跨載機 Straddle Carrier		110	1,200	0.092

第十四章 裝卸機械基礎

14.1 設計原則

14.1.1 概要

裝卸機械基礎，應考量下列事項後決定之。

- 作用於基礎之外力
- 基礎容許沉陷量
- 基礎維護難易度
- 基礎與碼頭本體關連性及其相互間之影響
- 經濟性

本章所謂之裝卸機械基礎，係指軌道移動式裝卸機械之基礎而言。

14.1.2 裝卸機械基礎型式

裝卸機械基礎型式，主要可概分為下列四種型式。

1. 樁基礎上以鋼筋混凝土樑連結之型式

此型式使用於軟弱地基，或有不均勻沉陷之處。

2. 利用碼頭結構或其他結構物之型式

此型式係利用如棧橋上部鋼筋混凝土樑，或鋼版樁碼頭錨碇設施等結構物作為裝卸機械之基礎。

3. 塊石基礎上鑄混凝土樑之型式

此型式一般使用於較好之地基且沉陷量小之處。

4. 枕木下鋪碎石道碴之型式

此型式與鐵路軌道相同，地基易沉陷之處，及輪載重小之小型起重機多採用此型式，其較混凝土基礎為經濟，但須經常保養維護，且防礙碼頭面之交通，故一般僅用於臨時性工程之裝卸機械基礎。

14.1.3 容許沉陷量

裝卸基礎容許沉陷量，應考量裝卸基礎容許變位量與裝械機械之價格關係、基礎施工精度、裝卸機械運轉安定性等因素決定之。

14.1.4 設計流程

裝卸機械基礎設計流程如圖 14-1.1 所示。

14.2 作用於基礎之外力

作用於裝卸機械基礎之外力，應考量裝卸機械型式及使用狀況等決定之。

作用於裝卸機械基礎之外力及載重如下：

1. 垂直載重

- 作業時輪載重：起吊時最大載重
- 地震時輪載重：無載重
- 颱風時輪荷重：無載重

作業時輪載重，應考慮裝卸機械最大輪壓加 20% 之載重作為移動載重；但移動速度小於 60 公分/分時，可考慮加 10%。

2. 水平載重

- 作業時：起吊時最大載重
- 地震時：無載重
- 颱風時：無載重

作業時移動方向承受直角方向之起重機輪壓 10% 之水平力。起重機固結腳承受全部水平力作用，鉸結腳承受 50% 之水平力作用。

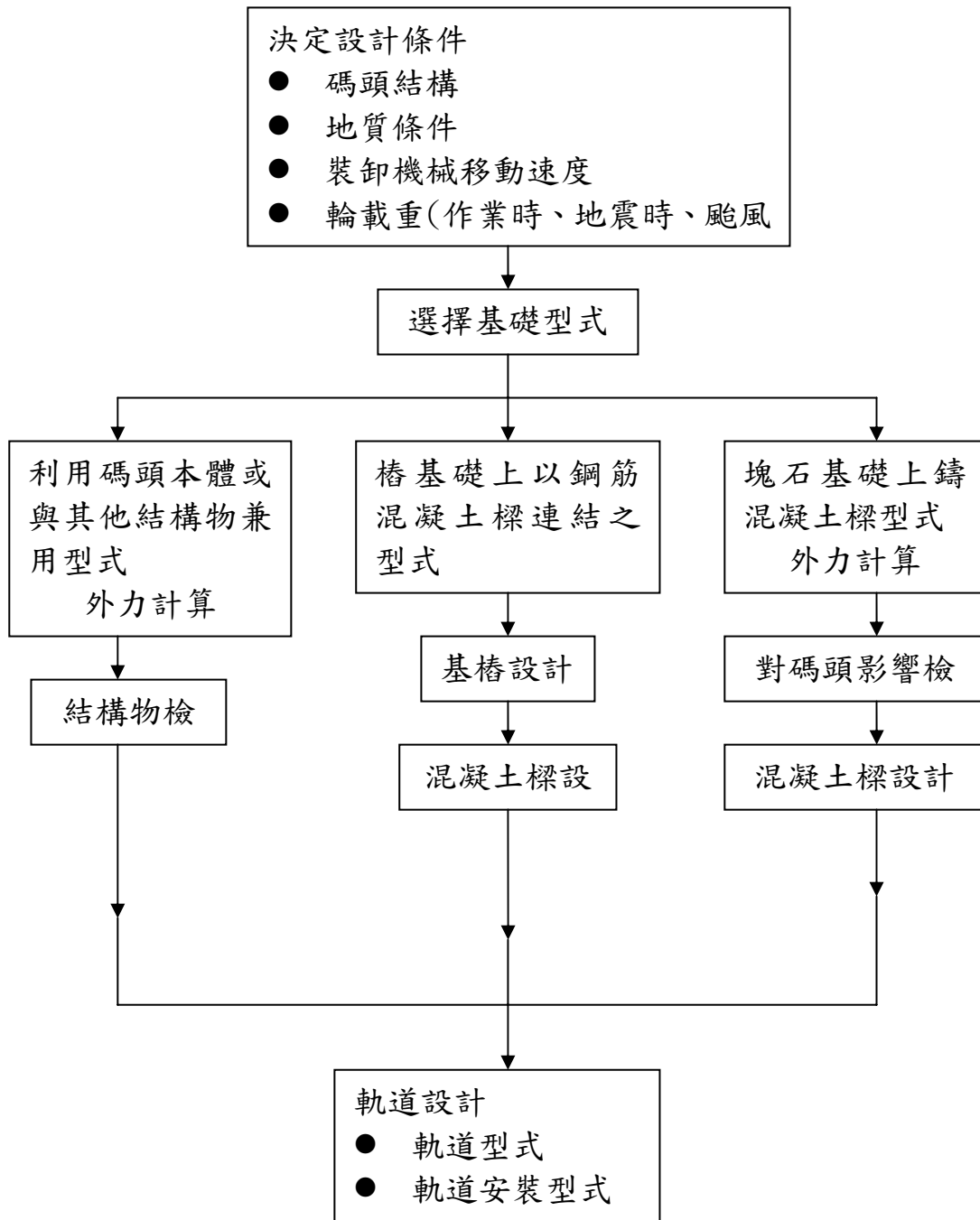


圖 14-1.1 裝卸機械基礎設計流程

14.3 使用基樁之基礎設計

14.3.1 混凝土樑

樁基礎上之混凝土樑，可視為以樁頭為支點之連續樑設計之並檢討鋼軌與混凝土間之接觸面壓力、鋼軌之應力等。樑與地盤接觸之影響可忽略不計。

14.3.2 基樁承載力

基樁承載力依第五篇第四章[樁基礎承載力]相關規則檢討。

作用於樁之外力，依本章 14.3.1 節[混凝土樑]計算所得之支點反力為作用力。

基樁位於主動土壓破壞面內時，應依本篇第八章 8.5.3[平版承載基樁設計]相關規則設計。

14.4 不使用基樁之基礎設計

14.4.1 對碼頭影響檢討

裝卸機械基礎不使用樁基礎時。應檢討裝卸機械及基礎載重對碼頭結構之影響。

14.4.2 混凝土樑

原地面鋪設塊石為基礎，於其上設置鋼筋混凝土樑，應檢討混凝土樑之彎曲力矩、剪力及撓曲等。且其沉陷量應小於容許沉陷量。

第十五章 碼頭維護與管理

15.1 概論

為確保碼頭之安全，及維持較佳之功能狀態，應採取適宜之維護與管理措施。

15.2 沉箱式碼頭之維護與管理

15.2.1 變化狀況

重力式碼頭，其經年累月緩慢之代表性變化如下所示。

- 因基礎地盤之壓密沉陷，導致碼頭壁體及背填土砂下陷，或因不均勻沉陷，導致碼頭整體傾斜。
- 防止漏沙設施破損，引致背填土砂流失，導致岸肩沉陷或基礎淘空等。重力式碼頭，遭受地震或颱風波浪侵襲時，其可能造成之代表性災損如下所示。
- 壁體及上部結構，因地震力作用，導致傾斜、滑動、等現象。
- 地震作用時，因背填土砂沉陷，或防止漏沙設施破損，導致背項土砂流失，進而使岸肩破壞。
- 波浪作用導致岸肩鋪面破壞或路基流失等。

15.2.2 檢測

1. 定期檢測

一般以概分二階段檢測為原則。第一階段檢測以目視及測量儀器檢測外觀及位置之變化。第二階段檢測，針對第一階段檢測無法查出之變化程度或原因，採用特殊之儀器進行檢測。

重力式碼頭定期檢測項目，參考表 15-2.1 所示。

表 15-2.1 重力式碼頭定期檢測項目參考表

位 置	檢 測 項 目
上部結構	沉陷、傾斜
岸肩	沉陷 坡度 裂縫、伸縮縫之破損
背填土砂	沉陷、漏沙、淘空
附屬設施	損壞狀況

2. 颱風或地震後檢測

地震後應檢測之項目如下：

- 上部結構沿碼頭法線之凹凸狀況
- 上部結構之沉陷、傾斜狀況
- 岸肩之沉陷、坡度變化、裂縫、伸縮縫破損等狀況
- 回填土之沉陷、流失狀況

颱風後應檢測之項目如下：

- 岸肩之沉陷、傾斜、裂縫、伸縮縫破損等狀況
- 回填土之沉陷、漏失、淘空等狀況
- 防舷材破壞狀況

3. 檢測應注意事項

就重力式碼頭而言，其變化狀況受基礎地盤影響至巨，因此須充分了解原設計條件，訂定所須之檢查項目及檢查頻度。

岸肩及附屬設施損壞等於平時即可觀察出，於確認其發生損壞時，應立即進行進一步之檢測，以採取必要之措施。

15.2.3 維修

經檢查後，研判碼頭變化狀況，超過容許界限或影響碼頭使用須進行修護時，應考量碼頭之利用狀況，使用年限、地質條件等，研擬最有效率之修護設計。

15.3 板樁式碼頭之維護與管理

15.3.1 變化狀況

板樁式碼頭，其經年累月緩慢之代表性變化如下所示。

- 回填土之壓密沉陷，導致岸肩損壞。
- 板樁等構件鏽蝕，導致破壞。

板樁式碼頭，遭受地震或颱風波浪侵襲時，其可能造成之代表性災損如下所示。

- 因地震力作用，拉桿反作用力增大，致使錨碇設施位移或撓曲，因而使碼頭法線產生凹凸狀況。
- 地震作用時，因背填土砂沉陷，或防止漏沙設施破損，導致背填土砂流失，進而使岸肩破壞。
- 波浪作用導致岸肩鋪面破壞或路基流失等。

15.3.2 檢測

1. 定期檢測

板樁式碼頭定期檢測原則同重力式碼頭，參考本章 15.2.2 節第 1 小節[定期檢測]。

板樁式碼頭定期檢測項目，參考表 15-3.1 所示。

表 15-3.1 板樁碼頭定期檢測項目參考表

位 置	檢 測 項 目
板樁本體	板樁法線方向凹凸狀況 板樁之鏽蝕狀況
岸肩	沉陷 坡度 裂縫、伸縮縫之破損
附屬設施	損壞狀況

2. 颱風或地震後檢測

板樁式碼頭颱風或地震後檢測項目同重力式碼頭，請參考本章 15.2.2 節第 2 小節[颱風或地震後檢測]。

3. 檢測應注意事項

就板樁式碼頭而言，其變化狀況受基礎地盤影響至巨，因此須充分了解原設計條件，訂定所須之檢查項目及檢查頻度。

因地震力作用，於錨碇設施上方之岸肩常產生裂縫，須予注意。

就鏽蝕而言，其因海域及名種條件而異，因此須就板樁鏽蝕及應力狀況等加以檢討。

15.3.3 維修

經檢查後，研判碼頭變化狀況，超過容許界限或影響碼頭使用須進行修護時，應考量碼頭之利用狀況，使用年限、地質條件等，研擬最有效率之修護設計。

鋼材之維修設計，請參考第三篇[工程材料]。

15.4 棧橋式碼頭之維護與管理

15.4.1 變化狀況

棧橋式碼頭，其經年累月緩慢之代表性變化主要為因樁之鏽蝕，導致之安定性降低。

棧橋式碼頭，遭受地震或颱風波浪侵襲時，其可能造成之代表性災損主要為波浪上揚力造成上部結構連接版之破壞。

棧橋式碼頭擋土設岸為重力式時，其變化狀況同重力式碼頭；如為板樁式時，其變化狀況同板樁式碼頭。

15.4.2 檢測

1. 定期檢測

棧橋式碼頭定期檢測原則同重力式碼頭，參考本章 15.2.2 節第 1 小節[定期檢測]。

棧橋式碼頭定期檢測項目，參考表 15-4.1 所示。

表 15-4.1 棧橋式碼頭定期檢測項目參考表

位 置	檢 測 項 目
樁	鏽蝕狀況
上部結構	裂縫、鋼筋鏽蝕狀況
附屬設施	損壞狀況

2. 颱風或地震後檢測

棧橋式碼頭颱風或地震後檢測項目，可參考本章 15.2.2 節第 2 小節[颱風或地震後檢測]。

棧橋式碼頭於地震後之變化，主要發生於擋土護岸，依其結構型式進行檢測。

3. 檢測應注意事項

就鏽蝕而言，其因海域及名種條件而異，因此須就基樁鏽蝕及應力狀況等加以檢討。

15.4.3 維修

經檢查後，研判碼頭變化狀況，超過容許界限或影響碼頭使用須進行修護時，應考量碼頭之利用狀況，使用年限、地質條件等，研擬最有效率之修護設計。

鋼材之維修設計，請參考第三篇[工程材料]。

第九篇 專門碼頭

第一章 貨櫃碼頭

1.1 設計原則

1.1.1 概要

貨櫃碼頭，為海上貨櫃運輸之中樞，因此於選擇設置位置時，應考量腹地、聯外交通系統，及可供用地面積等。貨櫃碼頭應設置各種設施，以順利裝卸貨櫃，為使各設施能充份發揮其功能，應仔細考量設施配置及確保足夠之使用面積。

1.1.2 貨櫃碼頭位置選擇應考慮事項

貨櫃碼頭為海上運輸與陸上運輸之銜接點，因此於選擇位置時，應考慮到下列事項：

- 貨櫃轉運之需要性
- 與腹地間之關聯
- 與道路、沿岸運輸及鐵路間之關聯
- 與港灣勞務之關聯
- 可使用面積

其中，應特別考量貨櫃碼頭與腹地間之關聯，也就是說腹地現在或未來有無足夠維持貨櫃碼頭營運之經濟產業活動。

1.1.3 決定貨櫃碼頭規模與設施配置應考慮事項

於決定貨櫃碼頭規模與設施配置時，應考慮之基本事項大致如下：

- 須具備能有效率處理進出貨櫃之足夠面積與功能
- 能經濟且有效率連結海上運輸與陸上運輸系統
- 應保留未來擴建，及運輸、裝卸革新之彈性

於進行具體檢討時，應考量之事項如下：

- 計畫處理貨物量(進出口及轉口貨物量宜分別估列)
- 船席調度與靠泊輪型
- 裝卸方式及櫃場作業系統
- 可取得土地面積與形狀
- 周邊地域環境，土地利用狀況，船舶航行狀況、道路狀況、其他貨櫃碼頭狀況等。

此外，應另行檢討之因素如下：

1. 貨櫃碼頭系統特性

- 貨櫃輪到達特性(到達分佈)
- 貨櫃輪進出裝載率與裝載數分佈
- 貨物種類
- 貨櫃集散特性(搬出、搬入分佈)
- 貨櫃場內的貨櫃積壓狀況
- 冷凍貨櫃之堆放需求
- 空櫃流動狀況

2. 作業計畫與作業效率(依各種裝卸方式裝卸機器之作業效率與作業特性來分析)

3. 碼頭及貨櫃碼頭內之各種設施、設備尺寸或規格。

4. 貨櫃碼頭及各種設施、裝卸設施之投資額，及營運維護費。

5. 電力系統之配置

考量上述所有因素，以貨櫃碼頭營運效率化、營運經濟化為目標，採用電腦模擬等方法，決定貨櫃碼頭整體規模、設施配置、各種設施規模，及適當裝卸設施數等。

1.2 碼頭設施設計

1.2.1 碼頭長度及碼頭水深

泊靠貨櫃輪之碼頭長度及碼頭水深，以滿足計畫靠泊貨櫃輪能安全且順利使用為原則。

貨櫃輪碼頭長度及水深，設計者可參考表 1-2.1 所列之值。

表 1-2.1 貨櫃輪碼頭長度及水深參考表

船舶等級		碼頭長度 (m)	碼頭水深 (m)	備註
載重噸(DWT)	載櫃量(TEU)			
2,500	100	110	6.5	1st
5,000	200	140	7.5	1st
7,000	300	140	7.5	1st
10,000	500	170	9.0	1st
20,000	1,000	250	12.0	2nd
30,000	1,500	250	12.0	2nd
40,000	2,500	300	13.0	3rd
50,000	3,000	330	14.0	3rd
55,000	3,900	350	14.0	4th
64,500	4,400	350	15.0	5th
66,300	4,800	350	15.0	5th
75,000	6,000	390	15.0	6th

1.2.2 繫船設施

貨櫃碼頭繫船設施，應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊貨櫃輪型式、尺寸等予以設置，並決定其配置及型式。

貨櫃輪相對於靠泊相同碼頭長度或水深等之同等級貨輪而言，其受風面積較大，於設計繫船設施時應予注意。

繫船設施型式及配置等，依計畫靠泊貨櫃輪型式、尺寸，依第八篇第十一章 11.2 節[繫船設施]規則設計。

1.2.3 防撞設施

貨櫃碼頭防撞設施，應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊貨櫃輪型式、尺寸等予以設置，並決定其配置及型式。

貨櫃輪相對於靠泊相同碼頭長度或水深等之同等級貨輪而言，其排水噸位較大，於設計防撞設施時，應考慮此狀況。

由於貨櫃輪以大量快速運輸為目的，故有較特殊之船型，其與防撞設施之接觸型態可能與一般輪船有所不同，於設計防撞設施時應予注意。

防撞設施型式及配置等，依計畫靠泊貨櫃輪型式、尺寸，依第八篇第十一章 11.3 節[防撞設施]規則設計。

1.3 陸上設施設計

1.3.1 岸肩

岸肩(Apron)設計，應使貨櫃暫置、貨櫃車通行，及裝卸機械運作等能安全且順利進行為原則。

貨櫃碼頭之岸肩，為貨櫃暫時置放、貨櫃運輸車輛及裝卸機械運作所須之空間。岸肩寬度須考量貨櫃裝卸方式及貨櫃裝卸機械型式等而定，一般貨櫃碼頭，岸肩寬度視貨櫃裝卸機軌距而定，通常約為 30~40 公尺，但須設置特殊巨型貨櫃起重機時，則可達 70m 程度。

岸肩設計，依第八篇第十三章[岸肩]規則設計。

1.3.2 貨櫃起重機

貨櫃起重機型式及作業能力，應考量計畫靠泊貨櫃輪型式、貨櫃裝載量、貨櫃種類、碼頭結構，及後線貨物裝卸機械種類等因素決定之。

貨櫃起重機為裝卸貨櫃於貨櫃輪之專用起重機，行駛於鋪設在岸肩之軌道上，從事貨櫃之裝卸。貨櫃起重機主要應考量或決定之事項如下：

1. 計畫靠泊最大及最小貨櫃輪

2. 作業能量(起重機上拉及橫行速度)

3. 貨櫃可能最大重量

4. 性能

(1)作業範圍

- 外伸距離(Outreach)
- 後退距離(Backreach)

(2)升程

(3)軌距(Span)

(4)腳內有效間距

(5)總寬度

(6)貨櫃起重機的梁下淨高

(7)貨櫃起重機海側界限

5. 監視管理系統

6. 其他附屬裝置

1.3.3 貨櫃場

貨櫃場設計，應使貨櫃及貨櫃車架之保管、進出、堆取能順利進行為原則。

貨櫃場有與岸肩連為一體，或配置於遠離碼頭之陸側地區種。

貨櫃場面積計算，原則上應考量下列因素：

- 貨櫃輪到達時間間隔
- 貨櫃輪裝卸貨櫃數
- 貨櫃種類
- 貨櫃集散型態
- 貨櫃場內貨櫃滯留狀況(實櫃及空櫃)
- 貨櫃場內貨物堆取方式
- 車輛、裝卸機械車道
- 其他相關因素

1.3.4 貨櫃集散倉棧

貨櫃集散倉棧(CFS)設計，應使貨物保管置放、貨物裝進及卸出貨櫃能順利進行為原則。

貨櫃集散倉棧為貨物裝進貨櫃、卸出貨櫃分類，及貨物暫時置放之場所，其柱之配置應考量貨櫃車或卡車寬度等，以方便且不妨礙貨物裝卸為原則。

貨櫃集散倉棧設於貨櫃碼頭內，有搬運距離較短之優點，但其亦可設置於遠離碼頭之陸側地區。

貨櫃集散倉棧前應有足夠空間方便車輛出入。

貨櫃集散倉棧面積計算，原則上應考量下列因素：

- 貨櫃輪到達時間間隔
- 貨櫃輪裝卸貨櫃數
- 貨櫃種類
- 實櫃比例(進倉棧拆裝櫃之比例)
- 進出貨物數量及種類
- 一艘貨櫃輪在貨櫃集散倉棧之處理時間
- 一個貨櫃拆裝作業時間
- 每天作業時間
- 放置於倉棧內貨物滯留狀況
- 倉棧內貨物堆放方式
- 貨櫃場內貨物裝卸方式
- 車輛、裝卸機械車道
- 其他相關因素

1.3.5 維修站

維修站設計，應使貨櫃之檢查、修理，及車輛、裝卸機器維修能順利進行為原則。

維修站為進行貨櫃檢查、使用前後清理、損傷修理，維修在貨

櫃碼頭使用車輛、貨物裝卸機械之場所。其面積依貨櫃之損傷率、貨櫃碼頭使用車輛、貨物裝卸機械之種類與規模等而異，然以一般貨櫃碼頭而言，每一船席約須 1,000m² 大小之維修站。

1.3.6 管理中心

管理中心設計，應使貨櫃碼頭管理、營運能順利進行為原則。管理中心掌管貨櫃碼頭內貨櫃配置及裝卸計畫、貨櫃輪裝卸計畫、貨櫃集散倉棧作業計畫、貨物交割業務、裝卸機械管理等工作，其為貨櫃碼頭中樞功能之管理部門場所，其樓板面積以滿足上述作業所須為原則。

1.3.7 出入口(GATE)

出入口設計，應使出入貨櫃碼頭之貨櫃檢查、重量量測、文件收受能順利進行為原則。

出入口為檢查出入貨櫃碼頭之貨櫃有無異常、量測其重量、收受相關文件，並指定貨櫃放置場等業務之場所。貨櫃碼頭出入口數，應考量貨櫃碼頭之貨櫃處理量予以決定。出入口設置位置，則應兼顧貨櫃碼頭內外之交通，以方便進出為原則。

1.3.8 其他附屬設施

在貨櫃碼頭內，依需要設置洗淨場、污水處理場、加油站、受變電設備、停車場、作業人員休息室等。其他附屬設施，請參考第八篇第十一章[附屬設施]。

第二章 渡輪碼頭

2.1 設計原則

渡輪碼頭規劃設計，應使船舶航行、汽車上下船、旅客上下船、汽車暫置等，能安全且順利進行為原則。

渡輪碼頭可能同時供旅客及車輛上下岸使用，且夜間亦可能使用，故於設計渡輪碼頭時，不僅在結構上應特別考量安全問題，使用上之安全亦應特別注意。

選擇渡輪碼頭位置時，應考量與其他港灣設施間之關聯性，同時亦須考量渡輪航行特性、碼頭規模及其利用型態、後線腹地道路交通系統等因素。

渡輪碼頭除碼頭設施外，尚須具有下列設施：

- 車輛上下船設施
- 旅客上下船設施
- 道路
- 停車場
- 旅客服務中心
- 安全設施
- 其他相關設施

2.2 碼頭設施設計

2.2.1 碼頭長度及碼頭水深

泊靠渡輪之碼頭長度及碼頭水深，以滿足計畫靠泊渡輪能安全且順利使用為原則。

渡輪碼頭長度及水深，設計者可參考表 2-2.1 所列之值。

表 2-2.1 渡輪碼頭長度及水深參考表

船舶等級 (總噸)	船首或船尾靠岸時		渡輪橫靠時碼頭長度(m)	碼頭水深 (m)
	船首或船尾至碼頭長度(m)	船席長度(m)		
1,000	25	95	100	4.5
2,000	25	115	120	5.5
3,000	25	135	140	6.0
4,000	25	145	150	5.6
6,000	30	170	180	7.5
10,000	35	205	220	8.0
13,000	40	230	240	8.0
15,000	40	240	250	9.0

供總噸小於 1,000 小型渡輪使用之渡輪碼頭，如不清楚計畫靠泊渡輪船長及滿載吃水時，可參考表 2-2.2 所列之值決定碼頭長度及水深。唯應注意小型船舶之船型尺寸偏差很大。

表 2-2.2 小型渡輪碼頭長度及水深參考表

碼頭長度(m)	碼頭水深(m)	船舶等級(總噸)
60	3.0	300
70	3.5	500
90	4.0	900

2.2.2 繫船設施

渡輪碼頭繫船設施，除應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊渡輪型式、尺寸等外，應特別考量風壓予以設置，並決定其配置及型式。

渡輪相對於靠泊相同碼頭長度或水深等之同等級貨輪而言，其受風面積較大，於設計繫船設施時應予注意。

繫船設施型式及配置等，依計畫靠泊渡輪輪型式、尺寸，依第八篇第十一章 11.2 節[繫船設施]規則設計。

2.2.3 防撞設施

渡輪碼頭防撞設施，應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊渡輪型式、尺寸等予以設置，並決定其配置及型式。

防撞設施型式及配置等，依計畫靠泊渡輪型式、尺寸，依第八篇第十一章 11.3 節[防撞設施]規則設計。

2.2.4 防止沖刷設施

渡輪碼頭前水域，因渡輪推進器作用等因素，可能產生大量沖刷，應以覆蓋石塊或混凝土塊等置於海底面予以保護。

為提高操船性能，備有側推進器之渡輪相當普遍，故渡輪碼頭前沖刷狀況遠較一般碼頭嚴重，於設計時應予注意。

2.3 車輛上下船設施設計

2.3.1 概要

車輛上下船設施(Vehicles Ramp)設計，應考量潮差、計畫靠泊渡輪吃水差及車輛上下船設施架設位置、船舶搖動所致之移動量等因素，使車輛能安全且順利上下渡輪為原則。

2.3.2 寬度、長度、坡度及曲率半徑

有關車輛上下船設施之寬度、長度、坡度及曲率半徑等，建議依下列標準設計。

1. 車道寬度

車輛上下船設備車道寬度，建議不小於表 2-3.1 中所列之值。供大型渡輪使用之車輛上下船設施，車輛通行頻繁時，單車道寬度建議不小於 4m，雙車道寬度建議不小於 7m 為原則。

表 2-3.1 車輛上下船設施車道寬度參考表

車輛上下船設施種類	車道數	寬度(m)
供寬度 1.7m 以下車輛上下船使用(小型設施)	1	3.0
	2	5.0
供寬度 2.5m 以下車輛上下船使用(一般設施)	1	3.75
	2	6.5

2. 車道坡度

車輛上下船設施，固定部份車道坡度建議依下列標準。

- 供寬度 1.7m 以下車輛上下船使用 固定部份緩於 12%
活動部份緩於 17%
- 供寬度 2.5m 以下車輛上下船使用 固定部份緩於 10%
活動部份緩於 12%

車輛上下船設施之縱斷面坡度變化急劇時，於車輛上下時，車輪底盤有接觸地面之可能，因此於設計車道縱斷面坡度時，須避免車道坡度急劇變化。

3. 車道水平長度

車輛上下船設施之水平部延長以 7 公尺為標準，但供寬度 1.7m 以下車輛使用之小型設施以 4 公尺為標準。

4. 車道曲率半徑

車輛上下船設施車道中心線曲率半徑，建議不小於 15 公尺為原則。

2.3.3 附屬設施及標識等

為使車輛能安全且順利上下渡輪，車輛上下船設施應設置下列必要之附屬設施及標識等。

- 車輛上下船設施車道路面，應設防滑或採用不易滑移之材料。
- 車輛上下船設施，應設載重限制、高度限制及寬度限制之標識。其出入口應設柵欄、鏈條或繩子等。
- 車輛上下船設施，應設置塗佈反射性塗料之柵欄，其高度以 90 公分為標準。

2.3.4 車輛上下船設施活動部份設計

車輛上下船設施活動部份設計，應檢討其強度、變形、穩定等，在結構上及操作中能確保其安全及穩定為原則。

車輛上下船設施活動部份前端之垂直方向移動幅度，以朔望平均高低潮位差加上 1.0 公尺為標準。

操作車輛上下船設施活動部份之操作室，應設於視界良好，可全部監控設施操作及使用之位置。

支撐車輛上下船設施活動部份之基礎結構型式，原則上應採同一型式，並避免不均匀沈陷。

2.4 旅客上下船設施設計

2.4.1 概要

旅客上下船設施設計，應考量潮差、計畫靠泊渡輪吃水差及旅客上下船設施架設位置、船舶搖動所致之移動量等因素，使旅客能安全且容易上下渡輪為原則。

旅客上下船設施與車輛上下船設施，原則上應分別設置。旅客上下船設施與車輛上下船設施共用時，應設柵欄或繩子等將人員與車輛分隔；或配置管理人員，將旅客與車輛使用時間予以區分，並採取必要之安全措施。

2.4.2 寬度、長度、坡度及附屬設施

1. 概要

固定或移動之旅客上下船設施，均須滿足使旅客能舒適安全上下渡輪，該等設施建議之設計標準如下。

- 上下船走道寬度，以不小於 75 公分為原則。
- 須設置必要設施，以防止旅客不慎滑倒或跌落海中。
- 須提供適度之照明。

2. 結構型式

旅客上下船設施可概分為階梯式及平面斜坡式兩大類，建議其依下列標準設計。

- 車輛上下船設施活動部份前端之垂直方向移動幅度，以朔望平均高低潮位差加上 1.0 公尺為標準。
- 活動橋前端之垂直方向移動幅度，應考量潮差、船舶吃水變化及船隻搖晃狀況決定。
- 上下船走道兩側須設置側壁或扶手欄杆，走道表面須鋪設止滑設施。平面斜坡式上下船設施其坡度建議應緩於 12%。
- 階梯式上下船設施每一台階高度建議為 15 公分，深度 30 公分。高差大於 3 公尺之階梯式上下船設施，應每隔(或小於)3 公尺設置一深度大於 1.2 公尺之停置區。

3. 附屬設施

旅客上下船設施須設置必要之附屬設施，以確保乘客安全，該附屬設施建議設計標準如下。

- 旅客上下船設施設置位置，其附近碼頭應設置護欄，其高度以不低於 1.0 公尺為原則，以防止乘客落水。
- 旅客上下船設施走道兩側，須設置側壁或扶手欄杆，以導引乘客安全上下船，側壁或欄杆之高度應不低於 70 公分為原則。
- 旅客上下船設施設置有頂棚時，其高度以不低於 2.1 公尺為原則。
- 旅客上下船設施走道長度大於 60 公尺時，每間隔 60 公尺至少應設置一緊急出口。
- 為便利殘障者進出及利用，應依「建築技術規則」第十章「公共建築物殘障者使用設施」中之規則設置各項供殘障者使用之設施。

2.4.3 旅客上下船設施活動部份設計

旅客上下船設施活動部份設計，依本章 2.3.4 節[車輛上下船設施活動部份設計]規則辦理。

2.5 其他設施設計

2.5.1 概要

渡輪碼頭除碼頭設施、車輛及旅客上下船設施外，尚有道路、停車場、旅客服務中心、安全設施等其他相關設施，其設計可參考相關設計規範。

2.5.2 道路

道路設計，依一般道路設計相關規則辦理。

2.5.3 人行道

人行道設計，依一般人行道設計相關規則辦理。

候船室至旅客上下船設施間，應設置旅客專用之人行道，其寬度建議不小於 1.5 公尺，人行道應避免與車道交叉，人行道與車道交叉時，應設置相關標識，交通擁擠場所，必要時則應設置立體交叉。

2.5.4 停車場

停車場設計，依一般停車場設計相關規則辦理。

停車場面積，依應考量渡輪車輛裝載數、利用率及集中率等因素，以避免影響附近交通為原則決定之。停車場應避免設置於鄰接危險物處理區。

2.5.5 旅客候船室

旅客候船室，應使旅客能安全且順利利用為原則設計，其設計依一般建築設計相關規則辦理。

2.5.6 安全設施

渡輪碼頭依需要應設防護柵欄，消防設備、安全標識、安全標識燈、救生設備…等安全設施。

其他相關安全設施設計，請參考第八篇第十一章 11.4[安全設施]規則辦理。

附錄一

各篇章修正內容表

各篇章節詳細修正內容摘要表

篇名目錄

- | | |
|-----|---------|
| 第一篇 | 通則 |
| 第二篇 | 設計條件 |
| 第三篇 | 工程材料 |
| 第四篇 | 預鑄混凝土構件 |
| 第五篇 | 基礎 |
| 第六篇 | 水域設施 |
| 第七篇 | 防波堤工程 |
| 第八篇 | 碼頭工程 |
| 第九篇 | 專門碼頭 |

第二篇 設計條件

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第一章 概說				
1.1 設計條件	—			
1.2 影響設計因素	新增「遭遇機率」	√		
第二章 船舶				
2.1 船舶尺寸	1. 船型參考尺寸表 2. DWT 和 GT 關係式		√	
2.2 船舶所產生之外力 ¹	—			
2.2.1 概要	—			
2.2.2 船舶靠岸所產生之衝擊作用力	1. 單位改為 SI 制 2. 船舶排水噸與重量噸 DWT 之關係式 3. 偏心係數公式中水平迴轉半徑 r 之計算式及圖表		√	
2.2.3 繫泊中船舶搖動所產生之作用力	1. 作用於繫泊船舶之風力公式修正 2. 作用於繫泊船舶之水流力公式之單位改為 SI 制		√	
2.2.4 作用於繫船柱之拉力	表 2.2.1 單位改為 SI 制		√	
第三章 風				
3.1 風	—			
3.1.1 概要	—			
3.1.2 風之定義	—			
3.1.3 梯度風	—			
3.1.4 海面風速	—			
3.2 風力	—			
第四章 波浪				
4.1 概論	刪除			
4.1 設計波			√	
4.1.1 概要	說明設計波之擬定		√	
4.1.2 設計波之定義	新增原防波堤之說明		√	原防波堤設計基準內容
4.2.3 設計波擬定	移到 4.1.1 概要說明		√	
4.3 作用於海中碼頭結構物之波力	移到第五章		√	

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
4.3.1 概要	移到第五章		✓	
4.3.2 Morison 公式			✓	
4.3.3 波的性質			✓	原防波堤設計基準內容
4.2 設計用波浪之決定方法			✓	原防波堤設計基準內容
4.2.1 決定設計用波浪之基本方針			✓	原防波堤設計基準內容
4.2.2 求設計用波浪各因素之過程			✓	原防波堤設計基準內容
4.2.3 設計波對波壓公式之適用			✓	原防波堤設計基準內容
4.3 吹風區域波浪之推算			✓	原防波堤設計基準內容
4.4 波浪觀測分析			✓	原防波堤設計基準內容
4.5 淺水波之變形			✓	原防波堤設計基準內容
4.5.1 概述			✓	原防波堤設計基準內容
4.5.2 波浪因素因水深不同之變化			✓	原防波堤設計基準內容
4.5.6.碎波			✓	原防波堤設計基準內容
4.5.7 設計波高及波長			✓	原防波堤設計基準內容
4.6 越波量	新增內容	✓		
4.6.1 波浪遡升高	新增內容	✓		
4.6.2 風對越波量之影響	新增內容	✓		
第五章 波力				
5.1 概論	—		✓	
5.2 作用於直立壁之波力	—		✓	
5.2.1 作用於直立壁之波力性質	—		✓	
5.2.2 作用於直立壁之重複波力及碎波波力	—		✓	
5.2.3 衝擊碎波力			✓	原防波堤設計基準內容
5.2.4 用於消波塊覆蓋堤的波力			✓	原防波堤設計基準內容
5.2.5 作用於直立消波塊堤之波力			✓	原防波堤設計基準內容
5.2.6 作用於直立消波沉箱之波力			✓	原防波堤設計基準內容
5.2.7 作用於上部斜面堤之波力			✓	原防波堤設計基準內容
5.2.8 考慮法線形狀影響之波力計算			✓	原防波堤設計基準內容

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
5.3 覆面石與消波塊所需質量			✓	
5.3.1 斜坡堤覆面石與消波塊所需質量	防波堤 3.3.1 「波浪」移入		✓	原防波堤設計基準內容
5.3.2 合成堤堤基覆面石與消波塊所需質量	新增章節	✓		
5.4 作用於海中結構物之波力	由第四章「波浪」移入		✓	
5.4.1 概要			✓	
5.4.2 Morison 公式			✓	
第六章潮位及暴潮位				
6.1 概論	—			
6.2 天文潮	—			
6.2.1 概要	—			
6.2.2 天文潮位定義	—			
6.3 颱風暴潮位	—			
6.4 設計潮位	—			
6.5 <潮位基準換算>	國內主要港口之水準零點與聯勤中潮位系統之換算	✓		
第七章 水流 ¹				
7.1 概論	—			
7.2 作用於水中結構物之水流力	相關係數之補充說明		✓	
7.3 <水流對披覆材料之安定分析>	新增章節	✓		
第八章 作用於浮體之外力及其搖動				
8.1 概論	—			
8.2 作用於浮體之外力	—			
8.3 浮體之搖動及繫留力	—			
第九章地質				
9.1 概論	—			
9.2 基地地質調查	—			
9.2.1 調查要求	—			
9.2.2 調查方法之選擇	—			
9.3 土壤物理性質	—			
9.3.1 概要	—			
9.3.2 土壤單位體積重量	—			
9.3.3 土壤分類	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
9.3.4 土壤透水係數	—			
9.4 土壤工程性質 ¹	—			
9.4.1 彈性常數	—			
9.4.2 壓密特性	—			
9.4.3 土壤之剪力特性	—			
9.4.4 土壤動態性質	—			
9.5 N 值	—			
9.5.1 概要	—			
9.5.2 適用範圍	—			
9.5.3 影響砂質土 N 值之因素	—			
9.5.4 N 值在使用時應注意之事項	—			
第十章耐震設計				
10.1 耐震設計之目標	此章修正幅度較大，新舊版本之比較說明詳本附錄 A-34~A-67 頁。		√	
10.2 非剛性結構物之設計地震力			√	
10.2.1 概要			√	
10.2.2 震區水平譜加速度係數		√		
10.2.3 工址水平譜加速度係數		√		
10.2.4 近斷層區之工址水平譜加速度係數		√		
10.2.5 工址設計與最大考量水平譜加速度係數		√		
10.2.6 用途係數			√	
10.2.7 起始降服地震力放大係數及結構系統地震力折減係數		√		
10.2.8 中小度地震與最大地震之設計地震力		√		
10.3 剛性構造物之設計地震力			√	
10.3.1 概要			√	
10.3.2 工址正規化加速度反應譜係數			√	
10.3.3 結構系統地震力折減係數			√	
10.3.4 結構物地震時水體作用力			√	
10.3.5 地震力之分佈			√	
10.4 垂直地震力		√		
10.5 動力分析方法		√		

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
10.5.1 概要	此章修正幅度較大，新舊版本之比較說明詳本附錄A-34~A-67 頁。		✓	
10.5.2 設計水平加速度反應譜係數		✓	✓	
10.5.3 結構動力分析模式		✓	✓	
10.5.4 多振態反應譜疊加法			✓	
10.5.5 歷時分析法		✓	✓	
10.6 地震時之動土壓			✓	
10.7 地震時之動水壓			✓	
10.8 載重組合			✓	
10.9 結構物之韌性設計			✓	
10.9.1 概要			✓	
10.9.2 塑鉸產生後之構材內力			✓	
10.9.3 構材之韌性設計			✓	
第十一章 砂質土壤之液化				
11.1 概論	—			
11.2 土壤液化之因素	—			
11.2.1 相對密度	—			
11.2.2 地表震動強度與延時	—			
11.2.3 最初應力狀況	—			
11.2.4 土層之地質年代特性	—			
11.2.5 土壤特性	—			
11.2.6 土層排水狀況	—			
11.3 地質調查	—			
11.4 需進行液化評估之土層	—			
11.5 砂質土壤液化潛能之評估與判定	—			
11.5.1 簡易判斷法	—			
11.5.2 經驗準則法	—			
11.5.3 試驗分析法	—			
11.6 極軟弱黏土層及沉泥層之判定	—			
11.7 土壤液化安全係數之選擇	—			
11.8 土壤液化之防治與處理	—			
11.8.1 土壤液化之防治原理	—			
11.8.2 土壤液化處理方法之選擇	—			
第十二章 土壓及水壓				

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
12.1 土壓	—			
12.1.1 概要	—			
12.1.2 常時土壓	—			
12.1.3 地震時之土壓	—			
12.1.4 土壓係數參考值	—			
12.2 水壓	—			
12.2.1 概要	—			
12.2.2 殘留水壓	—			
12.2.3 地震時之動水壓	—			
第十三章 載重				
13.1 概論	—			
13.2 自重	—			
13.3 裝載載重	—			
13.3.1 概要	—			
13.3.2 常時裝載載重	—			
13.3.3 地震時裝載載重	—			
13.3.4 不均佈裝載載重	—			
13.4 活載重	—			
13.4.1 概要	—			
13.4.2 汽車、火車及拖車等	—			
13.4.3 裝卸機械	—			
13.4.4 群重	—			
第十四章 摩擦係數	增加場鑄混凝土與不同地盤間之滑動摩擦係數	√		

第三篇 工程材料

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第一章 概說	增列材料單位體積重量表	√		原防波堤設計 基準資料
第二章 鋼鐵材料				
2.1 鋼鐵材料之規格及性質	—			
2.2 鋼鐵材料設計用常數	單位改為 SI 制			剪力設計模數
2.3 設計強度	—			
2.3.1 概要	—			
2.3.2 結構用鋼鐵材料	—			
2.3.3 鋼樁及鋼管板樁	表 2-3.1 單位改為 SI 制			
2.3.4 鋼板樁	表 2-3.2 及表 2-3.3 單位改為 SI 制			
2.3.5 鑄鍛鋼材	—			
2.3.6 銲接及螺栓接頭				
2.3.7 <容許應力之增減>	新增章節	√		
2.4 防蝕	—			
2.4.1 概要	—			
2.4.2 防蝕現象	—			
2.4.3 鋼材腐蝕速率	—			
2.4.4 防蝕方法	防蝕電流密度值修正為一般海域/ 污染海域兩種環境		√	
2.4.5 鋼材之維護管理	—			
第三章 混凝土 ¹				
3.1 概論	增加強度設計法供參考之說明		√	
3.2 <極限強度設計>	本節為新增，其他章節編號順延	√		
3.3 耐久性	—			
3.3.1 概要	—			
3.3.2 耐久性設計應考慮項目	—			
3.3.3 施工接縫	—			
3.3.4 保護層	—			
3.3.5 拉力裂縫	—			
3.4 材料	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
3.4.1 概要	—			
3.4.2 水泥	—			
3.4.3 水	—			
3.4.4 粒料	—			
3.4.5 摻料	—			
3.4.6 氯離子含量規定	—			
3.4.7 鋼材	—			
3.5 混凝土品質	—			
3.5.1 概要	—			
3.5.2 一般原則	—			
3.5.3 混凝土配比	—			
3.5.4 混凝土施工	—			
3.6 水中混凝土	—			
3.7 預力混凝土	—			
3.8 容許應力	—			
3.8.1 概要	—			
3.8.2 混凝土規定強度	—			
3.8.3 混凝土容許應力	—			
3.8.4 鋼筋容許應力	—			
3.8.5 容許應力之提高	—			
3.9 混凝土結構維護管理	—			
第四章 石材				
4.1 概論	—			
4.2 拋石料	—			
4.3 背填料	表 4-3.1 單位改為 SI 制		√	

第四篇 預鑄混凝土構件

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第一章 沉箱				
1.1 一般	1. 綜整原有第五篇碼頭工程及防波堤設計基準之相關內容 2. 原設計外力「短期載重」修正為「載重組合及載重係數」 3. 完成後之外力依不同使用場合修正			
1.2 尺寸之決定				
1.3 浮游安定				
1.4 設計外力				
1.4.1 概要				
1.4.2 載重組合及係數				
1.4.3 製作時之外力				
1.4.4 進水及浮游時之外力				
1.4.5 拖航時之外力				
1.4.6 安放時之外力				
1.4.7 完成後之外力				
1.5 構材設計				
1.5.1 外牆				
1.5.2 隔牆				
1.5.3 底板				
1.5.4 其他				
1.5.5 版的彎矩計算圖表				
第二章 L 型塊				
2.1 一般	原第五篇碼頭工程第四章 4.7 節			
2.2 尺寸之決定				
2.3 作用於結構體之載重				
2.3.1 一般				
2.3.2 作用於結構體之土壓				
2.3.3 載重分割方法				
2.4 結構之設計				
2.4.1 概要				
2.4.2 前牆				
2.4.3 基腳				

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
2.4.4 底版				
2.4.5 扶壁				
2.5 取吊部位之設計				
第三章 空心方塊				
3.1 一般	原第五篇碼頭工程第四章 4.8 節			
3.2 尺寸之決定				
3.3 作用於構件之載重				
3.3.1 一般				
3.3.2 填充土壓及殘留水壓				
3.3.3 載重分割方法				
3.4 結構之設計				
3.4.1 概要				
3.4.2 前牆				
3.4.3 後牆				
3.4.4 側牆				
3.4.5 隔牆				
3.4.6 底板				
3.5 取吊部位之設計				
3.6 空心方塊安定計算				
第四章 方塊				
4.1 概要	原第五篇碼頭工程第四章 4.9 節			
4.2 方塊結合部之形狀及尺寸				
4.3 施吊部份設計				

第五篇 基礎

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第一章 概說	—			
第二章 淺基礎承載力	—			
2.1 概論	—			
2.2 砂質土基礎承載力	單位改為 SI 制		✓	
2.3 黏性土基礎承載力	公式及圖表修正，單位改為 SI 制		✓	
2.4 二層土壤之基礎承載力	標題及內容修正<多層土壤之基礎承載力>		✓	
2.5 承受偏心傾斜載重之基礎承載力	—			
2.5.1 概要	單位改為 SI 制		✓	
2.5.2 Bishop 圓弧滑動分析法	單位改為 SI 制		✓	
2.5.3 經驗法則	單位改為 SI 制		✓	
第三章 深基礎承載力				
3.1 概論	—			
3.2 垂直承載力	單位改為 SI 制		✓	
3.2.1 概要	—			
3.2.2 砂質土基礎側面抵抗	單位改為 SI 制		✓	
3.2.3 黏性土基礎側面抵抗	單位改為 SI 制		✓	
3.3 <水平承載力>	新增章節	✓		
第四章 樁基礎承載力				
4.1 概論	—			
4.2 樁之軸向容許承載力	—			
4.2.1 概要	—			
4.2.2 標準軸向容許承載力	—			
4.2.3 單樁軸向極限承載力	—			
4.2.4 依樁載重試驗推算軸向極限承載力	—			
4.2.5 依靜力承載公式推算軸向極限承載力	單位改為 SI 制		✓	

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
4.2.6 依打樁公式推算軸向極限 承载力	—			
4.2.7 樁材容許壓應力之影響	—			
4.2.8 接樁折減	—			
4.2.9 細長比折減	—			
4.2.10 表面負摩擦力檢討	—			
4.2.11 基樁間距	—			
4.2.12 群樁承载力	—			
4.2.13 基樁承陷量檢討	—			
4.3 樁之軸向容許拉拔力	—			
4.3.1 概要	—			
4.3.2 標準軸向容許拉拔力	單位改為 SI 制		√	
4.3.3 單樁軸向最大拉拔力	—			
4.3.4 推算基樁軸向容許拉拔 力應考量事項	—			
4.4 樁之橫向容許承载力	—			
4.4.1 概要	—			
4.4.2 單樁行為推定	—			
4.4.3 以橫向承載試驗推定單樁 行為	—			
4.4.4 以分析方法推定單樁行 為	1. 表 4-4.2 配合 SI 制修正 2. 第 4 項張有麟方法修正		√	
4.4.5 以既有資料推定單樁行 為	—			
4.4.6 斜組樁橫向承载力	—			
4.4.7 群樁效果之考量	—			
4.4.8 <荷重性質的相關考量>	新增章節	√		
4.4.9 <其他橫向承载力>	新增章節	√		
4.5 設計概論	—			
4.5.1 設計原則	—			
4.5.2 載重分配	—			
4.5.3 樁材容許應力	表 4-5.1 單位改為 SI 制		√	

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
4.6 細部設計	—			
4.6.1 施工時載重檢討	—			
4.6.2 樁頭與上部結構連結設計	—			
4.6.3 接樁	—			
4.6.4 樁端	—			
4.6.5 <鋼管樁管厚及材質之變更>	新增章節	√		
4.6.6 <其他設計上注意事項>	新增章節	√		
第五章 基礎沉陷				
5.1 土壤垂直內應力	—			
5.1.1 概要	—			
5.1.2 集中載重所引起之土壤垂直內應力	單位改為 SI 制		√	
5.1.3 線形載重所引起之土壤垂直內應力	單位改為 SI 制		√	
5.1.4 帶狀載重所引起之土壤垂直內應力	單位改為 SI 制		√	
5.1.5 面載重所引起之土壤垂直內應力	—			
5.2 即時沉陷	—			
5.2.1 概要	—			
5.2.2 垂直集中載重所引起之沉陷	單位改為 SI 制		√	
5.2.3 垂直線形載重所引起之沉陷	單位改為 SI 制		√	
5.2.4 均佈帶狀載重所引起之沉陷	單位改為 SI 制		√	
5.2.5 均佈圓形載重所引起之沉陷	單位改為 SI 制		√	
5.2.6 均佈長方形載重所引起之沉陷	單位改為 SI 制		√	
5.3 壓密沉陷	—			
5.3.1 概要	—			
5.3.2 最終壓密沉陷量	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
5.3.3 壓密沉陷之時間變化	—			
5.4 <側向變位>	新增章節	√		
5.5 <不均勻沉陷>	新增章節	√		
第六章 斜面之安定				
6.1 概論	—			
6.2 斜面安定分析法	—			
6.2.1 概要	—			
6.2.2 圓弧形滑動面	單位改為 SI 制		√	
6.2.3 直線形滑動面	單位改為 SI 制		√	
第七章 <地盤改良工法>	新增章節	√		

第六篇 水域設施

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第二章 概說		√		
第三章 航道		√		
2.1 法線		√		
2.1.1 概述		√		
2.1.2 航道曲線之半徑		√		
2.2 航道與港口之寬度		√		
2.3 航道水深		√		
第三章 泊地		√		
3.1 概述		√		
3.2 停泊面積		√		
3.3 操船水域面積		√		
3.3.1 轉船場		√		
3.3.2 繫泊及解纜水域		√		
3.3.3 泊渠		√		
第四章 小型船渠		√		
4.1 概說		√		
第五章 木材處理水域		√		
5.1 概說		√		
5.2 水面木材整理場		√		
5.3 貯木池		√		
第六章 航道標誌		√		
6.1 概述		√		
6.2 防波堤燈塔		√		

第七篇 防波堤工程

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第一章總論				
1.1 防波堤規劃之基本原則	—			
1.2 防波堤之佈置	—			
第二章設計之基本原則	本章主要內容併入「第二篇設計條件」相關章節		√	
2.1 設計條件				
2.1.1 潮位				
2.1.2 風				
2.1.3 波浪				
2.1.4 水深及地盤條件				
2.1.5 地震				
2.1.6 其他				
2.2 斷面型式	部份圖形修正		√	
2.3 施工法	—			
2.4 工程費	—			
第三章 基本設計				
3.1 基本斷面之假定	—			
3.1.1 直立堤	—			
3.1.2 合成堤	—			
3.1.3 斜坡堤	—			
3.1.4 消波塊覆蓋堤	—			
3.1.5 直立消波塊堤	—			
3.1.6 消波沉箱堤	—			
3.1.7 上部斜面沉箱堤	—			
3.2 沉箱	移至「第四篇—預鑄混凝土構材」		√	
3.2.1 構材尺寸決定之原則				
3.2.2 漂浮穩定				
3.3 外力計算	相關計算以參照方式詳閱第二篇相關章節		√	
3.3.1 波力				

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
3.3.2 靜水壓				
3.3.3 浮力	相關計算以參照方式詳閱第二篇 相關章節		√	
3.3.4 自重				
3.3.5 地震力				
3.4 安定計算				
3.4.1 直立部之安定計算				
3.4.2 堤基部之安定計算				
3.4.3 堤體整體之安定計算				
3.4.4 堤頭、轉角處之安定計算				
第四章 細部設計				
4.1 直立堤	修正伸縮縫設置間距為 10~20m		√	
4.1.1 沉箱式直立堤	—			
4.1.2 方塊式直立堤	—			
4.1.3 空心方塊直立堤	—			
4.1.4 混凝土單塊直立堤	—			
4.2 合成堤	增加<護基方塊>之說明		√	
4.3 斜坡堤	—			
4.4 沉箱	移至「第四篇—預鑄混凝土構材」		√	
4.4.1 設計外力				
4.4.2 彎矩之計算				
4.4.3 構材之設計				
第五章 防波堤與漂沙對策設施	—			
第六章 防波堤之管理與維修	—			

第八篇 碼頭工程

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第一章 概說	—			
1.1 概論	—			
1.2 碼頭規模	—			
1.3 碼頭佈置	—			
1.4 碼頭結構	—			
第二章 碼頭相關事項				
2.1 船席長度與水深	船席尺寸參考表(部份修正)		V	
2.2 碼頭面高程	—			
2.3 碼頭前趾界限	—			
2.4 設計水深	—			
第三章 碼頭之結構型式				
3.1 結構斷面基本型式	—			
3.2 結構斷面型式選定應考慮事項	—			
第四章 重力式碼頭				
4.1 設計原則	—			
4.2 作用於壁體之外力與載重				
4.2.1 概要	外力增加考量地震時的動水壓		V	
4.2.2 壁體定義	—			
4.2.3 上載載重	—			
4.2.4 壁體自重	—			
4.2.5 土壓力及殘留水壓力	—			
4.2.6 浮力	—			
4.2.7 地震力	—			
4.2.8 船舶拉力	—			
4.2.9 船舶衝擊力	—			
4.2.10 <地震時的動水壓>	新增項目	V		
4.3 安定計算				
4.3.1 概要	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
4.3.2 壁體滑動檢討	將單位改為 SI 制		V	
4.3.3 壁體傾覆檢討	將單位改為 SI 制		V	
4.3.4 基礎承载力檢討	—			
4.3.5 軟弱基礎之檢討	—			
4.4 背填石料之土壓減輕效果				
4.4.1 概要	—			
4.4.2 背填石料設置目的	—			
4.4.3 背填石料之形狀及其土壓減輕效果	—			
4.5 細部設計				
4.5.1 概要	—			
4.5.2 壁體	—			
4.5.3 背填及防止漏沙設施	—			
4.5.4 壁體結合部之形狀及尺寸	—			
4.5.6 附屬設施	—			
4.6 沉箱	本部份整合至新增之第四篇 [預鑄混凝土構件]			
4.6.1 概要				
4.6.2 尺寸之決定				
4.6.3 浮游安定				
4.6.4 設計外力				
4.6.5 結構設計				
4.7 L 型塊				
4.7.1 概要				
4.7.2 尺寸之決定				
4.7.3 作用於結構體載重				
4.7.4 結構設計				
4.8 空心方塊				
4.8.1 概要				
4.8.2 尺寸之決定				
4.8.3 作用於結構體載重				
4.8.4 結構設計				

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
4.8.5 空心方塊安定計算				
4.9 方塊	本部份整合至新增之第四篇 [預鑄混凝土構件]			
4.9.1 概要				
4.9.2 方塊接合部之形狀及尺寸				
4.9.3 施吊部份設計				
第五章 板樁式碼頭				
5.1 設計原則	設計流程及設計內容擴充修正		V	
5.2 作用於板樁之外力				
5.2.1 概要	增加考量地震時的動水壓		V	
5.2.2 土壓力及殘留水壓力	增加土壓力作用外力之說明		V	
5.2.3 船舶拉力				
5.2.4 船舶衝擊力				
5.2.5 <地震時的動水壓力>	新增項目	V		
5.3 板樁設計				
5.3.1 概要	—			
5.3.2 拉桿裝設位置	—			
5.3.3 板樁入土長度	將單位改為 SI 制		V	
5.3.4 作用於板樁之彎矩	—			
5.3.5 板樁容許應力	—			
5.4 拉桿設計	將單位改為 SI 制		V	
5.5 圍梁設計	將單位改為 SI 制		V	
5.6 錨碇設施設計				
5.6.1 概要	—			
5.6.2 選擇錨碇設施型式	—			
5.6.3 錨碇設施設置位置	—			
5.6.4 錨碇版設計	將單位改為 SI 制		V	
5.6.5 錨碇直樁設計	—			
5.6.6 錨碇斜組樁設計	—			
5.6.7 錨碇板樁設計	—			
5.7 細部設計				

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
5.7.1 概要	—			
5.7.2 上部結構	—			
5.7.3 板樁與拉桿及圍梁之連接	將單位改為 SI 制		V	
5.7.4 拉桿	—			
5.7.5 錨碇設施與拉桿之連接	—			
5.7.6 角隅部份	—			
5.7.7 防止沖刷設施	—			
5.8 軟弱地盤上板樁式碼頭之設計	—			
5.9 圓弧滑動檢討	—			
第六章 圓筒式碼頭				
6.1 鋼板樁圓筒式碼頭				
6.1.1 設計原則	設計流程部份修正		V	
6.1.2 作用於鋼板樁圓筒之外力	增加作用於壁體之土壓力及力矩之說明		V	
6.1.3 圓筒壁體剪力變形檢討	1.變形力矩及抵抗力矩計算內容有所調整 2.將單位改為 SI 制		V	
6.1.4 板樁入土長度	刪除			
6.1.4 圓筒壁體安定檢討	將原先 6.3.4 之地盤反力係數及壁體變位量計算之說明移至 此處並增加說明之篇幅	V	V	
6.1.5 <地盤承载力之檢討>	將 6.3.4 之 4 內容移至此處	V	V	
6.1.6 <壁體滑動之檢討>	將 6.3.4 之 3 內容移至此處	V	V	
6.1.7 <壁體頂高變位之檢討>	將 6.3.4 之 5 內容移至此處並增加說明之篇幅	V	V	
6.1.8 <圓弧滑動之檢討>	將 6.3.5 的內容移至此處並加說明	V	V	
6.1.9 圓筒佈置(原 6.1.6)	—			
6.1.10 板樁拉力計算(原 6.1.7)	將單位改為 SI 制		V	
6.1.11 T 型板樁設計(原 6.1.8)	—			
6.1.12 細部設計(原 6.1.9)	—			
6.2 置放式鋼板圓筒碼頭				

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
6.2.1 設計原則	設計流程圖部份修訂		V	
6.2.2 作用於鋼板圓筒之外力	—			
6.2.3 圓筒壁體剪力變形檢討	內容配合 6.1.2 之內容修訂，抵抗剪力變形之安全係數由 1.0 調整為 1.2。將單位改為 SI 制		V	
6.2.4 圓筒壁體安定檢討	將單位改為 SI 制		V	
6.2.5 鋼板圓筒前趾承载力檢討	將單位改為 SI 制		V	
6.2.6 圓筒鋼板厚度計算	將單位改為 SI 制		V	
6.2.7 圓筒佈置	—			
6.2.8 細部設計	—			
6.3 埋入式鋼板圓筒碼頭				
6.3.1 設計原則	設計流程圖部份修訂		V	
6.3.2 作用於鋼板圓筒之外力	—			
6.3.3 圓筒壁體剪力變形檢討	將主要內容移至鋼板樁圓筒碼頭，此處以參照方式處理		V	
6.3.4 圓筒壁體安定檢討	將主要內容移至鋼板樁圓筒碼頭，此處以參照方式處理		V	
6.3.5 圓筒壁體滑動檢討	將主要內容移至鋼板樁圓筒碼頭，此處以參照方式處理		V	
6.3.6 <地盤承载力檢討>	原 6.3.4[圓筒壁體安定檢討]之第 3~5 項	V	V	
6.3.7 <圓筒頂端變位檢討>		V	V	
6.3.8 <圓弧滑動檢討>		V	V	
6.3.9 圓筒佈置	原 6.3.6 節			
6.3.10 圓筒及圓弧鋼板厚度計算	原 6.3.7 節，單位改為 SI 制		V	
6.3.11 接頭部份與補強構件	原 6.3.8 節			
6.3.12 細部設計	原 6.3.9 節			
第七章 棧橋式碼頭				
7.1 概論				
7.1.1 靜態分析	—			
7.1.2 動態分析	—			
7.2 直樁棧橋式碼頭				
7.2.1 設計原則	修訂設計流程及說明		V	

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
7.2.2 棧橋單元大小及基樁配置	—			
7.2.3 上部結構相關尺寸	增加相關尺寸		V	
7.2.4 繫船柱及防舷材配置	—			
7.2.5 作用於棧橋之外力	—			
7.2.6 海底面設計相關事項	將土壤單位體積重量單位改為 SI 制		V	
7.2.7 基樁設計	增加基樁作用力之說明，將單位改為 SI 制		V	
7.2.8 擋土護岸設計	—			
7.2.9 圓弧滑動檢討	—			
7.2.10 細部設計	增加上部結構物配筋之說明事項		V	
7.3 斜樁棧橋式碼頭				
7.3.1 設計原則	—			
7.3.2 棧橋單元大小及基樁配置	—			
7.3.3 上部結構相關尺寸	—			
7.3.4 繫船柱及防舷材配置	—			
7.3.5 作用於棧橋之外力	將單位改為 SI		V	
7.3.6 海底面設計相關事項	—			
7.3.7 基樁作用力及斷面之決定	將單位改為 SI		V	
7.3.8 法線方向結構分析	—			
7.3.9 基樁入土深度	—			
7.3.10 擋土護岸設計	—			
7.3.11 圓弧滑動檢討	—			
7.3.12 細部設計	—			
第八章 平版樁基式碼頭				
8.1 設計原則	—			
8.2 決定平版高度及寬度	—			
8.3 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力				
8.3.1 概要	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
8.3.2 土壓力	增加圖說解釋		V	
8.3.3 殘留水壓力	—			
8.4 板樁設計				
8.4.1 板樁入土深度	—			
8.4.2 板樁斷面	—			
8.5 平版設計				
8.5.1 作用於平版之外力	增加考量地震時的動水壓		V	
8.5.2 平版結構設計	—			
8.5.3 平版承載基樁設計	—			
8.6 壁體安定檢討	—			
8.7 圓弧滑動檢討	—			
第九章 其他型式碼頭				
9.1 直立消波式碼頭	—			
9.1.1 設計原則	—			
9.1.2 消波式碼頭配置原則	—			
9.1.3 選定結構型式	—			
9.2 自立式板樁碼頭				
9.2.1 設計原則	—			
9.2.2 作用於板樁之外力	—			
9.2.3 板樁斷面	—			
9.2.4 板樁入土長度	—			
9.2.5 板樁頂端變位量檢討	增加變位量計算之說明		V	
9.2.6 施工中外力檢討	—			
9.2.7 圓弧滑動檢討	—			
9.2.8 細部設計	—			
9.3 斜樁錨碇式板樁碼頭				
9.3.1 設計原則	—			
9.3.2 作用於板樁之外力	—			
9.3.3 作用於板樁與斜樁連結點之水平力及垂直力	—			
9.3.4 板樁及斜樁斷面	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
9.3.5 板樁及斜樁入土長度	—			
9.3.6 細部設計	—			
9.4 前斜樁錨錠式板樁碼頭				
9.4.1 設計原則	—			
9.4.2 棧橋單元大小及基樁配置	—			
9.4.3 上部結構相關尺寸	—			
9.4.4 板樁岸壁設計	—			
9.4.5 棧橋設計	—			
9.4.6 基樁入土深度	—			
9.4.7 細部設計	—			
9.5 雙重板樁式碼頭				
9.5.1 設計原則	—			
9.5.2 作用於壁體之外力	—			
9.5.3 雙重板樁壁體設計	—			
9.5.4 細部設計	—			
9.6 圓柱或腳柱式棧橋碼頭				
9.6.1 設計原則	—			
9.6.2 圓柱或腳柱設計	—			
9.6.3 擋土護岸設計	—			
9.6.4 細部設計	—			
9.7 橋墩式棧橋碼頭				
9.7.1 設計原則	—			
9.7.2 橋墩設計	—			
9.7.3 擋土護岸設計	—			
9.7.4 細部設計	—			
9.8 離岸式碼頭				
9.8.1 設計原則	—			
9.8.2 配置及相關事項	—			
9.8.3 設計外力及載重	—			
9.8.4 腳柱設計	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
9.8.5 大樑設計	—			
9.8.6 擋土護岸設計	—			
9.8.7 圓弧滑動檢討	—			
9.8.8 附屬設備	—			
9.8.9 細部設計	—			
9.9 繫、靠船台				
9.9.1 設計原則	—			
9.9.2 繫、靠船台配置	—			
9.9.3 作用於繫、靠船台之外力	增加地震動水壓之考量		V	
9.9.4 基樁式繫、靠船台	—			
9.9.5 鋼板圓筒式繫、靠船台	—			
9.9.6 沉箱式繫、靠船台	—			
9.10 浮碼頭	—			
9.10.1 設計原則	—			
9.10.2 浮碼頭興建位置及配置	—			
9.10.3 浮箱設計	將單位改為 SI 制		V	
9.10.4 錨鏈設計	將單位改為 SI 制		V	
9.10.5 錨碇設施設計	將單位改為 SI 制		V	
9.10.6 連絡橋及引橋設計	—			
9.11 繫船浮筒	—			
第十章 連接結構物				
10.1 設計原則	—			
10.2 水深變化段	—			
10.3 不同結構之連接	—			
10.4 角隅結構	—			
10.4.1 概要	—			
10.4.2 板樁結構與板樁結構連接之角隅結構	—			
10.4.3 鋼板樁結構與自立式板樁結構連接之角隅結構	—			
10.4.4 其他角隅結構	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第十一章 附屬設施				
11.1 概論	—			
11.2 繫船設施	—			
11.2.1 概要	—			
11.2.2 繫船柱及繫船環配置	—			
11.2.3 船舶拉力	—			
11.3 防撞設施				
11.3.1 概要	—			
11.3.2 防舷材配置	—			
11.3.3 船舶靠岸及繫泊所產生之作用力	—			
11.3.4 防舷材之選擇	—			
11.4 安全設施				
11.4.1 概要	—			
11.4.2 防止船侵入設施	—			
11.4.3 柵欄	—			
11.4.4 標誌及標示	—			
11.4.5 車擋	—			
11.5 服務設施				
11.5.1 概要	—			
11.5.2 照明設施	—			
11.5.3 旅客上下船設施	—			
11.5.4 車輛上下船設施	原文中之第七篇筆誤，修正為第六篇（原文只有六篇）		V	
11.5.5 給水設施	—			
11.5.6 加油及供電設施	—			
11.5.7 公廁及電話	—			
11.5.8 標誌及標示	—			
11.6 其他設施				
11.6.1 概要	—			
11.6.2 排水設施	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
11.6.3 階梯及爬梯	—			
11.6.4 救生設施	—			
11.6.5 消防設備及警報設置	—			
第十二章 曳船道				
12.1 設計原則	—			
12.2 選擇設置位置	—			
12.3 曳船道相關事項	—			
12.3.1 各部份高程	—			
12.3.2 長度及岸上面積	—			
12.3.3 海側水深	—			
12.3.4 滑道坡度	—			
12.3.5 滑動海側泊地面積	—			
12.4 海側壁體及滑道鋪面				
12.4.1 海側壁體	—			
12.4.2 滑動鋪面	—			
12.5 側壁	—			
第十三章 岸肩				
13.1 設計原則	—			
13.2 岸肩形狀				
13.2.1 寬度	—			
13.2.2 坡度	—			
13.3 鋪面設計				
13.3.1 鋪面型式	—			
13.3.2 載重條件	將單位改為 SI 制		V	
第十四章 裝卸機械基礎				
14.1 設計原則				
14.1.1 概要	—			
14.1.2 裝卸機械基礎型式	—			
14.1.3 容許沉陷量	—			
14.1.4 設計流程	修訂設計流程圖		V	

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
14.2 作用於基礎之外力	—			
14.3 使用基樁之基礎設計	—			
14.3.1 混凝土樑	—			
14.3.2 基樁承载力	—			
14.4 不使用基樁之基礎設計				
14.4.1 對碼頭影響檢討	—			
14.4.2 混凝土樑	—			
第十五章 碼頭維護與管理				
15.1 概論	—			
15.2 沉箱式碼頭之維護與管理	—			
15.2.1 變化狀況	—			
15.2.2 檢測	—			
15.2.3 維修	—			
15.3 板樁式碼頭之維護與管理	—			
15.3.1 變化狀況	—			
15.3.2 檢測	—			
15.3.3 維修	—			
15.4 棧橋式碼頭之維護與管理	—			
15.4.1 變化狀況	—			
15.4.2 檢測	—			
15.4.3 維修	—			

第九篇 專門碼頭

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
第一章 貨櫃碼頭				
1.1 設計原則				
1.1.1 概要	—			
1.1.2 貨櫃碼頭位置選擇應考慮事項	—			
1.1.3 決定貨櫃規模與設施配置應考慮事項	—			
1.2 碼頭設施設計				
1.2.1 碼頭長度及碼頭水深	修訂表 1-2.1 貨櫃輪碼頭長度及水深參考表		√	
1.2.2 繫船設施	—			
1.2.3 防撞設施	—			
1.3 陸上設施設計				
1.3.1 岸肩	—			
1.3.2 貨櫃起重機	—			
1.3.3 貨櫃場	—			
1.3.4 貨櫃集散倉棧	—			
1.3.5 維修站	—			
1.3.6 管理中心	—			
1.3.7 出入口(GATE)	—			
1.3.8 其他附屬設施	—			
第二章 渡輪碼頭				
2.1 設計原則	—			
2.2 碼頭設施設計	—			
2.2.1 碼頭長度及碼頭水深	—			
2.2.2 繫船設施	—			
2.2.3 防撞設施	—			
2.2.4 防止沖刷設施	—			
2.3 車輛上下船設施設計				
2.3.1 概要	—			

章節項目	修正內容說明	處理方式		備註
		新增	修訂	
2.3.2 寬度、長度、坡度及曲率半徑	—			
2.3.3 附屬設施及標識等	—			
2.3.4 車輛上下船設施活動部份設計	—			
2.4 旅客上下船設施設計				
2.4.1 概要	—			
2.4.2 寬度、長度、坡度及附屬設施	—			
2.4.3 旅客上下船設施活動部份設計	—			
2.5 其他設施設計				
2.5.1 概要	—			
2.5.2 道路	—			
2.5.3 人行道	—			
2.5.4 停車場	—			
2.5.5 旅客候船室	—			
2.5.6 安全設施	—			

❖ 耐震設計之目標

擬修訂(9.1節耐震設計之目標)	現行基準(9.1節耐震設計之目標)	說明
<p>現行碼頭結構就其結構特性而言，可分為剛性結構物與非剛性結構物兩種，前者如重力式碼頭，後者如棧橋式碼頭。碼頭結構設計依結構物之用途、功能性要求及不同地震之回歸週期，其耐震設計目標可區分為下列三部份：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 中小度地震：為回歸期約30年的地震，其50年超越機率約為80%左右，因為結構在此使用年限中遭遇中小度地震的機率甚高，因此要求結構物在此地震水平下結構物維持在彈性限度內，地震過後，結構物主體沒有任何損壞。對剛性結構物如重力式碼頭而言，在30年回歸期之地震發生時，不得產生滑動、傾覆，亦不得產生結構體強度與基礎承载力不足之破壞。 2. 設計地震：為回歸期475年之地震，其50年超越機率為10%左右。在此地震水平下結構物不得產生嚴重損壞，造成嚴重的人命及財產損失，具韌性材料之構造物，其結構物產生的韌性比不得超過其容許韌性容量。各類碼頭在回歸期475年之地震發生時，在不影響主要使 	<p>一般性之港灣結構物須設計、建造使其能至少抵抗工址475年回歸期之地震。其設定為工址需抵抗回歸期475年之大地震，意即在碼頭結構物預計使用的50年壽命中，只有百分之十的機會會碰到比此更大的地震。對剛性結構物如重力式碼頭而言，在475年回歸期之地震發生時，不得產生滑動、傾覆，亦不得產生結構體強度與基礎承载力不足之破壞。對非剛性結構物如棧橋式碼頭而言，在475年回歸期之地震發生時，容許產生塑性變形，但其韌性比不得超過其容許韌性容量。</p>	<p>在耐震設計目標的修正部份，主要為：1 由單一的耐震目標修改為多重的耐震目標；2 針對不同的回歸期地震，結構物之反應可以有所區分，而非嚴格規定均不准有任何破壞；3 對於475年回歸期之地震作用下，碼頭結構物在不受影響使用功能性的前提下，允許有限度的破壞，並具體訂出其允許之限制值。在新修訂的基準中，耐震設計目標主要區分為三部份，增加中小度地震及最大考量地震。</p> <p>在中小度地震方面，回歸期約為30年的地震，其50年超越機率約為80%左右，因為結構在此使用年限中遭遇中小度地震的機率甚高，因此要求結構物在此地震水平下結構物維持在彈性限度內，地震過後，結構物主體沒有任何損壞。</p> <p>在最大考量地震中，回歸期為2500年之地震，其50年超越機率為2%左右。設計目標為在此強烈地震下結構主體不致產生崩塌，在此設計目標下允許使用之韌性可達到其韌性容量，且在配</p>

擬修訂(9.1節)耐震設計之目標	現行基準(9.1節)耐震設計之目標	說明																			
<p>用功能且其損壞得以在短時間內修護的前提下，其容許損壞程度表示如表9-1。</p> <p>表9-1 各型碼頭在475年回歸期地震作用下最大容許值</p> <table border="1" data-bbox="497 1384 853 2011"> <tr> <td rowspan="2">重力式及板樁式</td> <td>壁體</td> <td>正規化水平位移或位 移</td> <td>$d/H < 1.5\%$ 或 $d < 30\text{cm}$</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">岸角</td> <td>海側傾斜角</td> <td>$< 3^\circ$</td> </tr> <tr> <td>不均勻沈陷量</td> <td>$< 10\text{cm}$</td> </tr> <tr> <td>岸角與後緣陸地之沈陷差</td> <td>$< 50\text{cm}$</td> </tr> <tr> <td>棧橋式</td> <td>鋼管基樁</td> <td>向海側傾斜角</td> <td>$< 3^\circ$</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>容許韌性比</td> <td>$1.25+62.5(t/D)$</td> </tr> </table> <p>3 最大考量地震：為回歸期2500年之地震，其50年超越機率為2%左右。設計目標為在此強烈地震下結構主體不致產生崩塌，在此設計目標下韌性結構物允許使用之韌性可達到其韌性容量。在配合動力分析的情況下，針對特殊耐震與高重要性碼頭結構，其在2500年回歸期之地震作用下，最大容許破壞值不得高於上述475年回歸期地震作用下之</p>	重力式及板樁式	壁體	正規化水平位移或位 移	$d/H < 1.5\%$ 或 $d < 30\text{cm}$	岸角	海側傾斜角	$< 3^\circ$	不均勻沈陷量	$< 10\text{cm}$	岸角與後緣陸地之沈陷差	$< 50\text{cm}$	棧橋式	鋼管基樁	向海側傾斜角	$< 3^\circ$			容許韌性比	$1.25+62.5(t/D)$		<p>合動力分析的情況下，針對特殊耐震與高重要性碼頭而言，嚴謹要求其破壞分析結果不得高於475年回歸期設計目標之損壞程度。</p> <p>而在475年回歸期之地震作用下，本修訂案則參考日本現行之港灣設計基準及國際航海協會[IINA 2001]所頒布之定性等級劃分，示之如下：</p> <p><u>第 I 等級</u>：可以繼續運作之結構基本完好狀態。</p> <p><u>第 II 等級</u>：運作暫時中斷，結構破壞得以修復之破壞控制狀態。</p> <p><u>第 III 等級</u>：結構嚴重破壞，運作長期中斷甚至完全中斷之臨界倒塌狀態。</p> <p><u>第 IV 等級</u>：運作完全中斷，結構完全破壞之坍塌狀態。</p> <p>在使用功能性的考量下以予定量，為了能明確量化，特針對不同碼頭型式，定義出不同且可用來量化之構造物反應參數。</p>
重力式及板樁式		壁體	正規化水平位移或位 移	$d/H < 1.5\%$ 或 $d < 30\text{cm}$																	
	岸角	海側傾斜角	$< 3^\circ$																		
不均勻沈陷量		$< 10\text{cm}$																			
岸角與後緣陸地之沈陷差		$< 50\text{cm}$																			
棧橋式	鋼管基樁	向海側傾斜角	$< 3^\circ$																		
		容許韌性比	$1.25+62.5(t/D)$																		

非剛性構造物之設計地震力

擬修訂(9.2 節非剛性構造物之設計地震力)	現行基準(9.3 節非剛性構造物之設計地震力)	說明
<p>非剛性結構物，如棧橋式碼頭等，其所受地震之最小設計水平總橫力 V 依下式計算：</p> $V = \frac{S_{ad} I}{1.4 \alpha_y F_u} W \quad (9.1)$ <p>於(9.1)式中 $\frac{S_{ad}}{F_u}$ 得依(9.2)式修正，修正後命為</p> $\left[\frac{S_{ad}}{F_u} \right]_m \text{ 如下：}$ $\left[\frac{S_{ad}}{F_u} \right]_m = \begin{cases} \frac{S_{ad}}{F_u} & ; \frac{S_{ad}}{F_u} \leq 0.3 \\ \frac{0.52 S_{ad}}{F_u} + 0.144 & ; 0.3 < \frac{S_{ad}}{F_u} < 0.8 \\ 0.70 \frac{S_{ad}}{F_u} & ; \frac{S_{ad}}{F_u} \geq 0.8 \end{cases} \quad (9.2)$ <p>則</p> $V = \frac{I}{1.4 \alpha_y} \left[\frac{S_{ad}}{F_u} \right]_m W \quad (9.3)$ <p>其中</p> <p>S_{ad}：工址設計水平譜加速度係數，為工址水平向之設計譜加速度與重力加</p>	<p>依港灣結構物設計基準中所述，非剛性結構物，如棧橋式碼頭等，其設計地震力 V 可依下式計算：</p> $V = \frac{ZI}{1.2} \times \left(\frac{C}{F_u} \right) \times W \quad (9.3.1)$ <p>式中</p> $\frac{C}{F_u} \leq 1.1 \quad (9.3.2)$ <p>$\frac{C}{F_u}$ 經 9.3.2 式限制後，命為 $\left(\frac{C}{F_u} \right)_m$，則</p> $V = \frac{ZI}{1.2} \times \left(\frac{C}{F_u} \right)_m \times W \quad (9.3.3)$ <p>其中 Z 為工址水平加速度係數，I 為用途係數，C 為工址正規化水平加速度反應譜係數，W 為結構物全部靜載重，F_u 為結構系統地震力折減係數。</p> <p>結構物地震時水體作用之力，包括曳力及附加質量效應應予考慮。</p> <p>1999 年 921 集集大地震之後，進一步修訂為</p> $V = \frac{ZI}{1.2 \alpha_y} \times \left(\frac{C}{F_u} \right) \times W$ <p>將起始降伏地震力放大係數 α_y 考慮進來。</p>	<p>非剛性碼頭之地震力在新修訂的基準中，移至較前面的章節加以說明，由原基準之 9.3 節移至 9.2 節。主要原因為在後續的剛性碼頭之地震力中，經修訂後類似非剛性碼頭之地震力必須考慮地盤、週期及震區之影響，在此則以工址設計水平譜加速度係數表示，為工址水平向之設計譜加速度與重力加速度 g 之比值。</p> <p>除了章節順序改變之外，本節中最重要的修訂有兩部分：一為式中分母 1.2 放大為 1.4；其次為在新修訂基準中以 S_{ad} 值代替現行基準中所使用之 CZ 值(工址正規化水平加速度反應譜係數 \times 工址水平加速度係數)。S_{ad} 為工址設計水平譜加速度係數，為工址水平向之設</p>

擬修訂(9.2節非剛性構造物之設計地震力)	現行基準(9.3節非剛性構造物之設計地震力)	說明
<p>速度 g 之比值。</p> <p>I：用途係數。</p> <p>W：結構物全部靜載重。</p> <p>α_y：起始降伏地震力放大倍數。</p> <p>F_u：結構系統地震力折減係數。</p> <p>其中，工址設計水平譜加速度係數值 S_{ad} 將隨著工址地盤種類與所在區域不同而有所調整。此外，對於整體結構之設計地震力而言，除了考量上述近斷層效應之影響外，亦須納入避免中小度地震降伏設計地震力與避免最大考量地震崩塌設計地震力之考量，尤其是針對所謂近斷層區域的工址而言。</p>		<p>計譜加速度與重力加速度 g 之比值。工址設計水平譜加速度係數 S_{ad}，隨結構物基本震動週期 T 與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1} 而改變。其值與工址所在震區之區分及近斷層之位置有關。</p>

震區水平譜加速度係數

擬修訂(9.2.2 震區水平譜加速度係數)	現行基準(9.2.2 工址水平加速度係數)	說明
<p>震區短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數S_S^D與S_I^D分別代表工址所屬震區在堅實地盤下，設計地震作用時之短週期結構與一秒週期結構之5%阻尼譜加速度與重力加速度g之比值。</p> <p>震區短週期與一秒週期之最大考量水平譜加速度係數S_S^M與S_I^M分別代表工址所屬震區在堅實地盤下，最大考量地震作用時之短週期結構與一秒週期結構之5%阻尼譜加速度與重力加速度g之比值。</p> <p>因應我國之震區係以鄉、鎮、市等行政區為單位劃分，各微分區內之震區設計水平譜加速度係數S_S^D與S_I^D乃根據50年10%超越機率之均佈危害度分析訂定，地震回歸期為475年；震區最大考量水平譜加速度係數S_S^M與S_I^M根據50年2%超越機率之均佈危害度分析訂定，地震回歸期為2500年。其震區設計水平譜加速度係數S_S^D與S_I^D，以及震區最大考量水平譜加速度係數S_S^M與S_I^M之分布概況，如表9-2所示。</p>	<p>工址水平加速度係數Z代表工址回歸期475年地震地表加速度與重力加速度g之比值。台灣地區劃分為地震一甲區、地震一乙區、地震第二區及地震第三區，其對應之加速度係數分別為0.33、0.28、0.23及0.18。</p> <p>詳細請參照基準9.2.2節之工址水平加速度係數說明，茲不贅述。</p>	<p>本小節中主要的修訂為計算地震力時震區相關之係數。1999年921大地震震後，內政部將台灣地區之震區劃分為兩大區，其震度並提高為3.3及2.3，而交通部則以發布公文之方式(交技89字004635號)訓令在陣區之使用上作調整，因此、就使用者能參考者可能誤以現行基準中震區分為四區為準，而造成誤會。</p> <p>延續上節中，將整個地震力之修訂由「工址正規化水平加速度反應譜係數\times工址水平加速度係數」改為「S_{ad}工址設計水平譜加速度係數」。而工址設計水平譜加速度係數S_{ad}，隨結構物基本震動週期T與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數S_{DS}與S_{D1}而改變。其值與工址所在震區之區分及近斷層之位置有關。因此、本小節中訂定震區水平譜加速度係數(短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數S_S^D與S_I^D)以替代震區水平加速度係數。震區的劃分則更為精密，係以鄉、鎮、市等行政區為單位</p>

擬修訂(9.2.2 震區水平譜加速度係數)	現行基準(9.2.2 工址水平加速度係數)	說明
		劃分，各微分區內之震區設計水平譜加速度係數 S_s^D 與 S_1^D 乃根據 50 年 10% 超越機率之均布危害度分析訂定，

工址水平譜加速度係數

擬修訂(9.2.3 節工址水平譜加速度係數)	現行基準(9.3.2 節 工址正規化加速度反應譜係數)	說明
<p>一般工址區域之工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數S_{DS}與S_{D1}，以及工址短週期與一秒週期最大考量水平譜加速度係數S_{MS}與S_{M1}，參考基準 9.4 式可以得其關係式。</p> <p>其中，F_a為反應譜等加速度段之工址放大係數，隨地盤種類與震區短週期水平譜加速度係數S_S^D(S_S^D或S_S^M)而改變；而F_v為反應譜等速度段之工址放大係數，隨地盤種類與震區一秒週期水平譜加速度係數S_1^D(S_1^D或S_1^M)而改變，可分別過基準中附表 9-3(a)與 9-3(b)來求得工址放大係數F_a與F_v。</p> <p>地盤之分類可依表 9-3 以工址地表面下 30 公尺之土層平均特性決定之。</p> <p>工址地表面下 30 公尺之土層平均剪力波速\bar{V}_S依下列公式計算：</p> $\bar{V}_S = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i / V_{si}} \quad (9.5a)$ <p>其中，d_i為第 i 層土層之厚度(m)，滿足$\sum_{i=1}^n d_i = 30m$。V_{si}為第 i 層土層之平均剪應力波速(m/sec)。</p> <p>工址地表面下 30 公尺內之土層平均標準貫入試驗\bar{N}值依下列公式計算：</p>	<p>工址正規化加速度反應譜係數 C 隨週期 T 與地盤種類而改變，如表 9-3.1 所示。至於地盤之分類，則依工址地盤週期T_G決定。</p> <p>$T_G \leq 0.2$sec 者為第一類地盤（堅實地盤）；</p> <p>$0.2 \text{ sec} < T_G \leq 0.6 \text{ sec}$ 者，為第二類地盤（普通地盤）；</p> <p>$T_G > 0.6 \text{ sec}$ 者，為第三類地盤（軟弱地盤）。</p> <p>請參照基準 9.3.2 節所述。</p>	<p>本小節中將「工址正規化加速度反應譜係數 C 隨週期 T 與地盤種類而改變」的關係刪除，新增「一般工址區域之工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數S_{DS}與S_{D1}」。</p> <p>本節中除了訂定一般工址區域之工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數S_{DS}與S_{D1}之外，並增加地盤分類表，各類地盤之土層平均剪力，平均標準貫入試驗 N 值及黏土層之平均不排水剪力強度均列出其範圍。因此、在地盤分類的決定上，有較多可供參考的數據。</p>

擬修訂(9.2.3 節)工址水平譜加速度係數)	現行基準(9.3.2 節)工址正規化加速度反應譜係數)	說明
<p style="text-align: center;"> $\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n (d_i/N_i)} \quad (9.5b)$ </p> <p>其中 N_i 為各土層之標準貫入試驗 N 值，但不得大於 100。</p> <p>\bar{N}_{CH} 為砂質土壤(塑性指數 $PI < 20$)之土層的標準貫入試驗 N 值，依下列公式計算：</p> $\bar{N}_{CH} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^m (d_{si}/N_{CHi})} \quad (9.5c)$ <p>其中 d_s 為地表面下 30 公尺內所有砂質土層的厚度總合；N_{CHi} 為各砂質土層之標準貫入試驗 N 值，但不得大於 100。</p> <p>\bar{s}_u 為黏質土層(塑性指數 $PI \geq 20$)的平均不排水剪力強度，依下列公式計算：</p> $\bar{s}_u = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^m (d_{ci}/s_{ui})} \quad (9.5d)$ <p>其中 d_c 為地表面下 30 公尺內所有黏質土層的厚度總合；s_{ui} 為各黏質土層之不排水剪力強度 s_u，但不得大於 2.55kgf/cm²。</p> <p>對於同一地盤，若採用(9.5c)與(9.5d)公式計算所得結果不同時，則應取保守之結果為設計用地盤。</p>		

近斷層區之工址水平譜加速度係數

擬修訂一新增(9.2.4 節近斷層區之工址水平譜加速度係數)	現行基準 (無)	說明
<p>必須考慮近斷層效應之台灣地區活動斷層如基準附表 9-5 所列，而屬近斷層區域之設計地震力調整因子如基準中表 9-6-1 至表 9-6-5 所列。近斷層區域工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1}，以及工址短週期與一秒週期最大考量水平譜加速度係數 S_{MS} 與 S_{M1} 可直接透過 9.6 及 9.7 式計算。</p> $S_{DS} = 0.8F_a N_A, S_{MS} = 1.0F_a N_A, N_A \geq 1.0 \quad (9.6)$ $S_{D1} = 0.45F_v N_V; S_{M1} = 0.55F_v N_V; N_V \geq 1.0 \quad (9.7)$ <p>其中，F_a 與 F_v 分別為反應譜等加速度段與等速度段之工址放大係數，依基準中規定計算，但採水平譜加速度係數 $0.8N_A$ (或 $1.0N_A$) 與 $0.45N_V$ (或 $0.55N_V$) 配合表 9-3(a) 與 9-3(b) 來求值。N_A 與 N_V 分別代表反應譜等加速度段與等速度段之近斷層調整因子，其值在設計地震與最大考量地震下並不相同，並隨工址與斷層之水平距離 r 而改變，如基準附表 9-6-1 至表 9-6-5 所列。</p>	<p>於基準中並無探討近工址斷層效應之影響。</p>	<p>本小節為此次修訂之新增部分，在現行基準中並無探討近工址斷層效應之影響。主要因為 921 集集大地震發生後，有鑒於鄰近斷層區域在地震發生時，建築物的損壞及人命財產的損失都非常嚴重，台灣許多的斷層帶在地震設計時並未詳訂於基準或規範中，其影響也無法彰顯出來，因此在此次修訂中建議一併列入考慮。</p> <p>雖然台灣臨海地區除了花東地區，其他各港處於鄰近斷層區域者都有相當一段距離，為了慎重起見，本小節中將鄰近於各港的斷層分佈，距離及斷層規模均表列出來，在必要時可供參考。</p> <p>本小節中所規範之鄰近斷層區，包括獅潭斷層、神卓山斷層、屯子腳斷層、車龍埔斷層、新化斷層與花東地區之各斷層如米崙斷層、玉里斷層、池上斷層、奇美斷層等曾經引至大規模地震之第一類活動斷層。各港區若位於此類斷層帶附近，必須考量區域近斷層效應。</p>

工址設計與最大考量水平譜加速度係數

擬修訂(9.2.5 節工址設計與最大考量水平譜加速度係數)	現行基準(無另請參照 9.2.2 節)	說明												
<p>一般工址或近斷層區域之工址設計水平譜加速度係數 S_{ad}，隨結構物基本震動週期 T 與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1} 而改變；工址最大考量水平譜加速度係數 S_{aM}，隨結構物基本震動週期 T 與工址短週期與一秒週期之最大考量水平譜加速度係數 S_{MS} 與 S_{M1} 而改變。工址設計水平譜加速度係數 S_{ad} 與最大考量水平譜加速度係數 S_{aM} 分別如基準附表 9-7(a) 與 9-7(b) 所示。其中，表 9-7(a) 與 9-7(b) 中之短週期與中、長週期的分界 T_D^0 與 T_D^M 應分別滿足基準中 9.8 式。</p> $T_0^D = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; T_0^M = \frac{S_{M1}}{S_{MS}} \quad (9.8)$ <p>表 9-7(a) 一般工址或近斷層區域之工址設計水平譜加速度係數 S_{ad}</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">較短週期</th> <th style="width: 20%;">短週期</th> <th style="width: 20%;">中週期</th> <th style="width: 40%;">長週期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">$T \leq 0.2T_0^D$</td> <td style="text-align: center;">$0.2T_0^D \leq T \leq T_0^D$</td> <td style="text-align: center;">$T_0^D < T \leq 2.5T_0^D$</td> <td style="text-align: center;">$2.5T_0^D < T$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$S_{ad} = S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D)$</td> <td style="text-align: center;">$S_{ad} = S_{DS}$</td> <td style="text-align: center;">$S_{ad} = S_{D1}/T$</td> <td style="text-align: center;">$S_{ad} = 0.4S_{DS}$</td> </tr> </tbody> </table>	較短週期	短週期	中週期	長週期	$T \leq 0.2T_0^D$	$0.2T_0^D \leq T \leq T_0^D$	$T_0^D < T \leq 2.5T_0^D$	$2.5T_0^D < T$	$S_{ad} = S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D)$	$S_{ad} = S_{DS}$	$S_{ad} = S_{D1}/T$	$S_{ad} = 0.4S_{DS}$	<p>於基準中說明了工址水平譜加速度係數 Z 代表工址回歸期 475 年地震地表加速度與重力加速度 g 之比值，且提及震區劃分所對應之水平譜加速度係數值。但並無探討所謂最大考量水平譜加速度係數。</p> <p>請參照基準中 9.2.2 節所述。</p>	<p>本小節中所討論者實際上為 9.2 節之綜合。在 9.2 節將整個地震力最關鍵的加速度係數修訂，由「工址正規化水平譜加速度反應係數 \times 工址水平譜加速度係數」改為「S_{ad} 工址設計水平譜加速度係數」。而工址設計水平譜加速度係數 S_{ad}，隨結構物基本震動週期 T 與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1} 而改變。其值與工址所在震區之區分及近斷層之位置有關。</p> <p>經修訂後之工址設計水平譜加速度係數 S_{ad} 與現行工址水平譜加速度係數 \times 工址水平譜加速度係數，兩者影響設計地震力之比較可參考附圖，各震區之工址設計與最大考量水平譜加速度係數圖所示。</p>
較短週期	短週期	中週期	長週期											
$T \leq 0.2T_0^D$	$0.2T_0^D \leq T \leq T_0^D$	$T_0^D < T \leq 2.5T_0^D$	$2.5T_0^D < T$											
$S_{ad} = S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D)$	$S_{ad} = S_{DS}$	$S_{ad} = S_{D1}/T$	$S_{ad} = 0.4S_{DS}$											

擬修訂(9.2.5 節工址設計與最大考量水平譜加速度係數)	現行基準(無另請參照 9.2.2 節)	說明												
<p>表 9-7(b) 一般工址或近斷層區域之工址最大水平譜加速度係數 S_{aM}</p> <table border="1" data-bbox="438 974 651 2016"> <thead> <tr> <th>較短週期</th> <th>短週期</th> <th>中週期</th> <th>長週期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$T \leq 0.2T_0^M$</td> <td>$0.2T_0^M \leq T \leq T_0^M$</td> <td>$T_0^M < T \leq 2.5T_0^M$</td> <td>$2.5T_0^M < T$</td> </tr> <tr> <td>$S_{aM} = S_{MS} (0.4 + 3T / T_0^M)$</td> <td>$S_{aM} = S_{MS}$</td> <td>$S_{aM} = S_{M1} / T$</td> <td>$S_{aM} = 0.4S_{MS}$</td> </tr> </tbody> </table>	較短週期	短週期	中週期	長週期	$T \leq 0.2T_0^M$	$0.2T_0^M \leq T \leq T_0^M$	$T_0^M < T \leq 2.5T_0^M$	$2.5T_0^M < T$	$S_{aM} = S_{MS} (0.4 + 3T / T_0^M)$	$S_{aM} = S_{MS}$	$S_{aM} = S_{M1} / T$	$S_{aM} = 0.4S_{MS}$		<p>本小節即將上述 9.2.2 小節至 9.2.4 小節中，訂定了各項水平譜加速度係數及其相互關係，於此小節中規範出來。其中除了訂出在各個頻率區間工址設計水平譜加速度係數 S_{aD} 值之外；並另訂定工址最大考量水平譜加速度係數 S_{aM}，為考量 2500 年回歸期地震時地震力之設計所用。</p>
較短週期	短週期	中週期	長週期											
$T \leq 0.2T_0^M$	$0.2T_0^M \leq T \leq T_0^M$	$T_0^M < T \leq 2.5T_0^M$	$2.5T_0^M < T$											
$S_{aM} = S_{MS} (0.4 + 3T / T_0^M)$	$S_{aM} = S_{MS}$	$S_{aM} = S_{M1} / T$	$S_{aM} = 0.4S_{MS}$											

S_{aD}

地盤種類	第一類	第二類	第三類
台北港			
基隆港			

S_{aM}

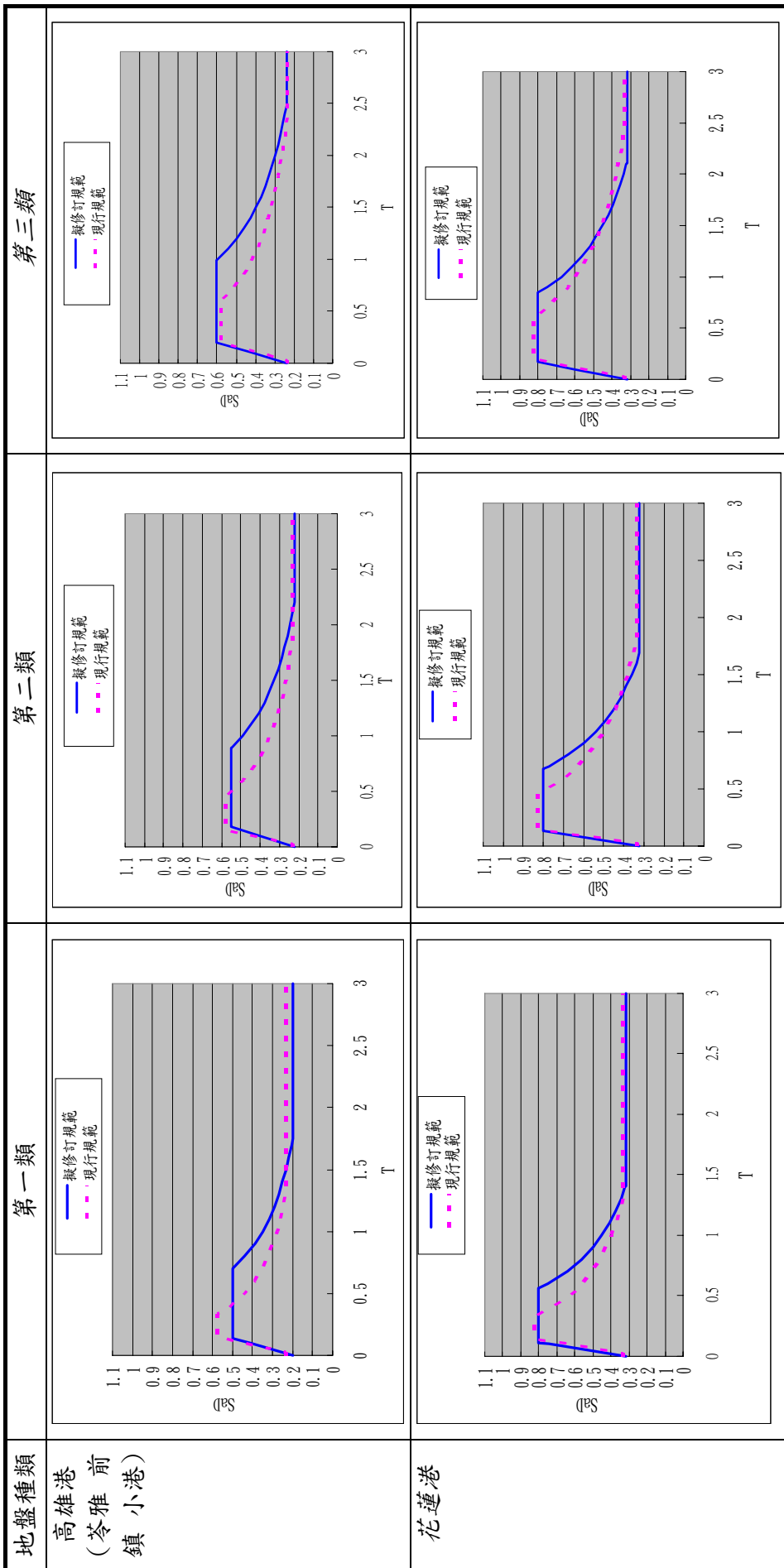
地盤種類	第一類	第二類	第三類
台北港			
基隆港			

S_{aD}

地盤種類	第一類	第二類	第三類
高雄鼓 山 (左營 鹽埕)			
台中及安 平港			

地盤種類	第一類	第二類	第三類
高雄港 (左營鼓 山鹽埕)			
台中及安 平港			

S_{aD}



地盤種類	第一類	第二類	第三類
高雄港 (苓雅前 鎮小港)			
花蓮港			

用途係數

擬修訂(9.2.6 節)		現行基準(9.2.3 節)		說明
結構物之種類	結構物之特性	用途係數	用途係數	
特定	明顯具有 A 結構物之特性 1 至 3 項之情形者。	1.5	1.5	<p>本小節中所規範者為用途係數，在原設計基準中，用途係數依據結構物之特性將其區分為“特定、A 級、B 級和 C 級”四個等級並分別為 0.5 到 1.5 之值。</p> <p>在擬定的新基準中仍然分為四個等級，不同的在於值的改變，特定等級之用途係數仍然維持為 1.5，A 級結構物之用途係數則由 1.2 改為 1.25，與建築物耐震設計規範之修訂一致。等級 B 之結構物則未修改維持為 1 之用途係數。等級 C 之結構物用途係數則提升為 0.8，原因為一則在修訂後的建築物耐震設計規範中，已經沒有小於 1 的用途係數，再者參考日本現行之港灣結構設計基準中，等級 C 之結構用途係數一設定為 0.8，應為適當之值。</p>
A 級	<ol style="list-style-type: none"> 結構物在遭受地震災害時，將有可能造成多數人命、機具及財產之損害者。 負有震災後復健工作之重要任務者。 底層、近岸或岸上埋設或儲存有害或危險物品之管線或結構物，在遭受地震災害時，將可能造成人命或財產之重大損失者。 結構物在遭受地震災害或財產之重大損失者。 結構物在遭受地震災害時，對於相關區域之經濟與社會活動將造成重大影響者。 	1.25	1.2	
B 級	凡不屬於特定、A 級及 C 級者。	1.0	1.0	
C 級	特定及 A 級以外之小規模結構物，復舊作業容易進行者。	0.8	0.5	

起始降伏地震力放大倍數與結構系統地震力折減係數

擬修訂(9.2.7 節)	現行基準(9.3.3 節)	說明
<p>起始降伏地震力放大倍數α_y，其係計及設計地震地表加速度放大α_y倍後，可令結構體開始產生第一個斷面降伏，其值與所採用之設計方法有關，如鋼筋混凝土結構若採用強度設計法設計時，α_y可取1.0。</p> <p>結構系統地震力折減係數F_u與結構系統韌性容量R以及結構基本振動週期T有關。R值與抵抗地震力之各種結構系統有關。其結構系統容許韌性容量R_u與韌性容量R間之關係如基準(9.9)式所示。結構系統地震力折減係數F_u與容許韌性容量R_u及基本振動週期T的關係式如基準(9.10)式，其中，T_0^D為設計水平譜加速度係數短週期與中週期的分界點，其定義如(9.8)式所示。T_0^D本身已納入不同地盤型式之考量，是以不需再對於不同地盤型式之地震力折減係數F_u來做一調整。</p> <p>結構系統地震力折減係數F_u值之設定如下：</p>	<p>結構物系統地震力折減係數F_u與結構系統容許韌性容量R_u、基本振動週期T及地盤種類有關。韌性容量R與結構系統特性係數R^*間之關係，請參照基準9.3.3節。</p> <p>一般棧橋式碼頭，若樁頂與碼頭版面的樑剛接，並控制塑鉸產生在樁頂，樁頂附近並配合配置圍束箍筋者；或樁頂與樑鉸接，並控制塑鉸產生在樁之底部某處，且配合配置圍束箍筋者，結構系統特性係數R^*可取3.0。</p> <p>各種地盤F_u值與R_u、T間的關係，參照基準9.3.3節所述。</p> <p>當結構物之週期較短時，C值大而F_u值小，設計地震V會很大。謹考慮短週期結構物與土壤的互制作用較顯著，其有效阻尼比較大，因此$\frac{C}{F_u}$值不必超過1.1。</p> <p>各種地盤F_u值與R_u、T間的關係如下： 1. 第一類地盤（堅實地盤）</p>	<p>在現行基準中對於起始降伏地震力放大倍數並無建議或規範、因為該值於921大地震之後方經行政命令引入至公式中。</p> <p>由於設計時不論採用工作應力法或極限設計法，都隱含有安全係數在內，因此在設計地震力P_d作用下，建築物距第一個斷面降伏所對應的地震力P_d還有一段距離，此比值$\frac{P_y}{P_d}$稱為起始降伏地震力放大係數α_y，起始降伏地震力放大係數α_y係計及設計地震力放大α_y倍後。構造開始產生第一個斷面降伏，其值與所採用之設計方法有關。就鋼結構容許應力設計而言，α_y值可採1.2；鋼構造或鋼骨鋼筋混凝土構造採極限設計法者，α_y值可取與地震力之載重因子相同，即α_y為1.0，就鋼筋混凝土構造而言，依極限強度設</p>

擬修訂(9.2.7 節)	現行基準(9.3.3 節)	說明
$F_u = \begin{cases} R_a & ; T \geq T_0^D \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (R_a - \sqrt{2R_a - 1}) * \frac{T - 0.6T_0^D}{0.4T_0^D}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.6T_0^D \leq T \leq T_0^D \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (\sqrt{2R_a - 1} - 1) * \frac{T - 0.2T_0^D}{0.2T_0^D}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.2T_0^D \leq T \leq 0.6T_0^D \\ \sqrt{2R_a - 1} & ; T \leq 0.2T_0^D \end{cases}$	<p>$F_u = \begin{cases} R_a & ; T \geq 0.333 \text{ sec} \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (R_a - \sqrt{2R_a - 1}) \frac{(T - 0.242)}{0.091}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.242 \text{ sec} \leq T \leq 0.333 \text{ sec} \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (\sqrt{2R_a - 1} - 1) \frac{(T - 0.15)}{0.12}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.15 \text{ sec} \leq T \leq 0.242 \text{ sec} \\ 1.0 & ; T \leq 0.03 \text{ sec} \end{cases}$</p> <p>2. 第二類地盤 (普通地盤)</p> $F_u = \begin{cases} R_a & ; T \geq 0.465 \text{ sec} \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (R_a - \sqrt{2R_a - 1}) \frac{(T - 0.308)}{0.157}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.308 \text{ sec} \leq T \leq 0.465 \text{ sec} \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (\sqrt{2R_a - 1} - 1) \frac{(T - 0.15)}{0.12}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.15 \text{ sec} \leq T \leq 0.308 \text{ sec} \\ 1.0 & ; 0.03 \text{ sec} \leq T \leq 0.15 \text{ sec} \\ 1.0 & ; T \leq 0.03 \text{ sec} \end{cases}$ <p>3. 第三類地盤 (軟弱地盤)</p> $F_u = \begin{cases} R_a & ; T \geq 0.611 \text{ sec} \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (R_a - \sqrt{2R_a - 1}) \frac{(T - 0.406)}{0.205}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.406 \text{ sec} \leq T \leq 0.611 \text{ sec} \\ \frac{\sqrt{2R_a - 1} + (\sqrt{2R_a - 1} - 1) \frac{(T - 0.2)}{0.17}}{\sqrt{2R_a - 1}} & ; 0.2 \text{ sec} \leq T \leq 0.406 \text{ sec} \\ 1.0 & ; 0.03 \text{ sec} \leq T \leq 0.2 \text{ sec} \\ 1.0 & ; T \leq 0.03 \text{ sec} \end{cases}$	<p>計法，α_y 值可採 1.5。另若按其他設計方法設計者，應分析決定應採用之 α_y 值。</p> <p>至於結構系統地震力折減係數 F_u 與結構系統韌性容量 R 以及結構基本振動週期 T 有關。在新修訂的基準中，由於週期 T_0^D 本身已納入不同地盤型式之考量，是以不再對於不同地盤型式之地震力折減係數 F_u 來做調整。</p>

中小度地震與最大考量地震之設計地震力

擬修訂(9.2.8 節)	現行基準	說明
<p>避免中小度地震降伏之設計地震力</p> <p>為避免韌性較佳之結構物在地震不大時即產生降伏，(9.1)式之地震設計最小總橫力不得低於V^*，對於屬於9.2.2節規定之近斷層區域的震區，採用(9.11)式計算S_{ad}時不需要考慮近斷層調整因子N_A與N_V之放大效應，及取N_A及N_V等於1.0。</p> $V^* = \frac{IF_u}{4.2\alpha_y} \left(\frac{S_{ad}}{F_u} \right)_m W$ <p>避免最大考量地震崩塌之設計地震力</p> <p>為避免結構物在最大考量地震下崩塌，(9.1)式之地震設計最小總橫力不得低於V_M (9.11b)式，其中，F_{uM} 為在(9.1)式中以韌性容量R取代容許韌性容量R_u計算所得之結構系統地震力折減係數F_u值，對於屬於9.2.2節規定之近斷層區域的震區，採用(9.11b)式計算S_{adM}時則須要考慮近斷層調整因子N_A與N_V之放大效應。</p> $V_M = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{adM}}{F_{uM}} \right)_m W$	<p>於基準中並無探討所謂中小度與最大考量設計地震力之影響。</p>	<p>本小節之訂定主要為配合耐震設計目標之修訂，由於耐震設計目標由現行之單一設計目標修改為三個目標，並配合不同回歸週期之地震訂定結構物之容許破壞水平，其中增加的部分為中小度地震與最大考量設計地震力之影響。</p> <p>在中小度地震、亦即30年回歸之地震週期之地震作用下，結構物的耐震設計目標為不受任何損壞、材料維持在彈性及線性狀態。此時之地震力約為475年回歸週期地震之1/3倍。</p> <p>而在最大考量地震、亦即2500年回歸週期之地震作用下，結構物必須維持在不崩塌之狀態，此時之地震力約為475年回歸週期地震之1.3倍。</p> <p>此處建議、一般性之港灣結構物除了進行475年回歸期之地震作用分析之外，必須同時進行中小度地震分析，分析之結果必須符合第一項耐震設計目標。至於最大考量地震之作用分析，則建議應用於特定用途或指定高耐震之碼頭結構，但分析之結果不可超過475年回歸期地震作用下之破壞水平。</p>

地震力之分布

擬修訂(9.2.10 節)	現行基準(9.3.5 節)	說明
<p>參照基準所求得之設計地震力 V，應分佈至結構體各節點上，其值與該節點的重量以及各節點施加與節點重量相同之水平力所產生的位移成正比。其分佈狀態如圖 9-1 及 9-2 所示。</p>	<p>參照基準所求得之設計地震力 V，應分佈至結構體各節點上，其值與該節點的重量以及各節點施加與節點重量相同之水平力所產生的位移成正比。</p>	<p>除了章節改變之外，並加入附圖以便於瞭解地震力分配除了與質量相關之外，與該作用點之位移反應亦成正比。</p>

剛性結構物之設計地震力

擬修訂(9.3 節)	現行基準(9.2 節)	說明
<p>在設計地震力的分析方面，對於剛性結構物而言，其主要乃是針對基本振動週期低於0.06秒之剛性結構物而訂，除了所屬震區之基本考量外，亦可同時納入鄰近工址斷層之評估，來對設計地震力作一較為細部的估算。其先行求出結構位址之設計震度K_h，而後再乘以結構本體之靜載重即可求得當地之設計地震力。公式如(9.12)式所示：</p> <p>當結構基本週期趨近於零，則 $S_{ad} = 0.4S_{DS}$；</p> $V_h = \frac{S_{ad}IW}{1.2\alpha_y} = \frac{S_{DS}I}{3\alpha_y} \times W = K_h \times W \quad (9.12)$ <p>其中V為設計地震力；I為用途係數；W為結構物全部之靜載重；α_y為921震後所修正之起始降伏地震力放大倍數；S_{DS}則為在考量工址地盤特性、可能斷層與震源距離等相關因素分析下所得之工址短週期水平譜加速度係數(如基準9.2.3節所述)。S_{ad}為工址設計水平譜加速度係數，為工址水平向之設計譜加速度與重力加速度g之比值。工址設計水平譜加速度係數S_{ad}，隨結構基本震動週期T與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數S_{DS}與S_{D1}而改變。</p>	<p>地震時與土體一起運動之剛性結構物，如重力式碼頭等，其設計地震力V依下式計算：</p> $V = K_h W \quad (9.2.1)$ <p>其中K_h為設計震度，W為結構物全部靜載重。</p> <p>設計震度K_h為工址震度A與用途係數I之乘積。工址震度A隨震區不同而異，其值為工址475年回歸期之地震地表水平加速度係數Z除以2.0 ($A=Z/2$)。</p> <p>重力式碼頭等之設計，在地震時除須考慮本節因壁體質量所產生的慣性力外，尚須考慮地震動土壓與動水壓，見第9.5節與9.6節之規定。</p>	<p>本節中將剛性結構物之地震力在此規範，替代規範於9.2節之現行基準，主要因為現行基準中對於剛性結構物之地震力訂定得較為簡略，且與地盤係數及正規化工址加速度譜係數無關；而在擬修訂的基準中，除了韌性容量相關之係數之外，剛性結構物與非剛性結構物之地震力所使用之公式均類似，因此先規範較複雜之非剛性結構物後，再來討論剛性結構物的設計地震力，應該較為清楚。</p> <p>擬修訂的基準中所訂定之剛性結構物地震力係數為1.4/1.2約為1.167倍之非剛性結構物地震力係數在極短週期下之值，與現行基準比較，其值將較為提高。</p>

垂直地震力

擬修訂(9.4 節)	現行基準(未規定)	說明
<p>為提升結構物抵抗垂直向地震之能力，垂直地震力應做適當之考量。水平懸臂構材與水平預力構材等尤其應就垂直地震效應做適當的考慮。垂直向之設計譜加速度係數$S_{ad,v}$可藉由水平向之設計譜加速度係數S_{ad}定義為：</p> <p>一般震區與台北盆地：$S_{ad,v} = \frac{1}{2} S_{ad}$</p> <p>近斷層區域：$S_{ad,v} = \frac{2}{3} S_{ad}$</p> <p>在垂直地震力的考量上，刚性結構物相較於非刚性結構物而言，其主要差別乃在於結構物之基本震動週期，是以在垂直地震力的設計方面和非刚性結構物之設計並無多大差異性，只將原水平向之設計譜加速度係數S_{ad}改以工址短週期水平譜加速度係數S_{DS}替代之。</p>	<p>於基準中並明訂討論垂直地震力之影響層面。</p>	<p>此節為新增，主要考慮為由於因應船舶之大型化及港灣碼頭設備之新型化，即使主結構體的輕微破壞亦可能導致附屬設施之嚴重毀損，進而喪失結構使用之功能性。因此建議列入垂直地震力之考慮，對於碼頭具重要且昂貴之附屬設施者，宜單獨進行垂直地震力之分析；對於特定用途或指定高耐震之碼頭結構，必要時則應適當合併水平及垂直地震力之作用來分析。</p>

動力分析方法

擬修訂(9.5 節)	現行基準(9.4 節)	說明
<p>剛性結構物之耐震分析與設計，可採用靜力分析方法。非剛性結構物之耐震分析與設計，若結構物具規則性者，可採用靜力分析方法，若屬不規則性結構，應採用動力分析方法。考慮475年回歸週期之地震作用時，結構物之容許反應值如變位及旋轉角可能超過材料之彈性範圍，故從事靜力分析時，宜採用非線性分析方法，以確實獲得地震作用下之結構反應數據。</p> <p>動力分析方法應考量適當的工址設計水平譜加速係數，採用多振態反應譜疊加法或歷時分析法，並依據工址現場之條件情況擇一予以進行分析和設計。</p>	<p>剛性結構物之耐震分析與設計，可採用靜力分析方法。非剛性結構物之耐震分析與設計，若結構物具規則性者，可採用基準 9.3 節條文與解說所述之靜力分析方法，若屬不規則性結構，應採用動力分析方法。</p> <p>動力分析方法應考慮適當的設計地表示加速度及正規化加速度反應譜，並採用多振態反應譜疊加法進行分析與設計。</p> <p>詳細請參照基準 9.4 節之說明，茲不贅述。</p>	<p>本節中除了章節次序之調整之外，對於動力分析方法之使用用加強說明，及非線性靜力分析方法之應用用加強說明。另外針對動力分析方法，建議應加入歷時分析，而非單獨規定多振態反應譜疊加法，方能獲得正確之分析結果。</p> <p>由於擬修訂的基準中，耐震目標允許結構有有限度的破壞，因此非線性分析之應用必須加以考慮，方能得出線彈性範圍之外之反應值。</p> <p>另外修訂 9.5.4 多振態反應譜疊加法，加強方法之使用說明。增加 9.5.5 小節之歷時分析法說明。</p>

多震態反應譜疊加法

擬修訂(9.5.4 節)	現行基準(9.4.4 節)	說明
<p>形狀不規則結構物為計及軸向與橫向地震反應具有耦合作用以及高振態之影響者，應採用多振態反應譜疊加法進行動力分析。</p> <p>所考慮的振態數目應足夠，使軸向與橫向之有效振態質量和均超過結構物質量之 90%。惟振態數超過 25 個，且振態最短期小於 0.2 秒時，可不受此限。</p> <p>各振態最大構材內力與變位等，須以各種認可的方法加以疊加。疊加法則最好能計及振態間之互制作用，倘若結構物甚不規則時，地震輸入的方向應多考慮幾個角度。進行振態間之疊加時，宜採用 CQC 法則，惟若振態間之週期相近，可採用 SRSS 疊加法(平方和根號法)。</p> <p>CQC 法，其振態疊加考慮了兩兩振態間的相關性。某物理量依下式進行振態疊加：</p> $r_a = \left(\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N S_{jk} r_j r_k \right)^{1/2}$ $S_{jk} = \frac{8\sqrt{\xi_j \xi_k} (\xi_j + r \xi_k)^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\xi_j \xi_k r(1+r^2) + 4(\xi_j^2 + \xi_k^2) r^2}$ $r = \frac{W_k}{W_j}$ <p>其中 r_j，r_k 分別為第 j 振態及第 k 振態最大反</p>	<p>形狀不規則結構物為計及軸向與橫向地震反應具有耦合作用以及高振態之影響者，應採用多振態反應譜疊加法進行動力分析。</p> <p>所考慮的振態數目應足夠，使軸向與橫向之有效振態質量和均超過結構物質量之 90%。惟振態數超過 25 個，且振態最短期小於 0.2 秒時，可不受此限。</p> <p>各振態最大構材內力與變位等，須以各種認可的方法加以疊加。疊加法則最好能計及振態間之互制作用，倘若結構物甚不規則時，地震輸入的方向應多考慮幾個角度。進行振態間之疊加時，宜採用 CQC 法則，惟若振態間之週期不甚相近，可採用 SRSS 疊加法。</p>	<p>本節中除了章節次序之調整之外，另外修訂多振態反應譜疊加法，加強方法之使用說明。</p>

擬修訂(9.5.4 節)	現行基準(9.4.4 節)	說明
<p>應值，S_{jk} 為第 j 振態與第 k 振態之關係係數 ζ_j、ζ_k 分別為第 j、k 振態的阻尼比，w_k、w_j 分別為第 k、j 振態的圓周頻率。</p>		

歷時分析法

擬修訂(9.5.5 節)	現行基準(無)	說明
<p>一 輸入地震要求</p> <p>至少三個與設計反應譜相符之水平地震紀錄，其應能確切反應工址設計地震(或最大考量地震)之地震規模、斷層距離與震源效應。</p> <p>針對任一個水平地震紀錄，計算其 5% 阻尼之反應譜。同時，調整地震紀錄使得位於 0.2T 至 1.5T 週期範圍內任一點之譜加速度值不得低於設計譜加速度值之 90% 及於此週期範圍內之平均值不得低於設計譜加速度之平均值，其中 T 為結構物基本模態之振動週期。</p> <p>一 線性歷時分析</p> <p>線性歷時分析之調整係數為 $I/(1.4\alpha_y F_u)$，但為了避免中小度地震時結構物過早降伏，對一般工址與近斷層區域，調整係數不得低於 $I/(4.2\alpha_y)$。</p> <p>對多組地震紀錄分析所得之反應值，採最大反應值進行設計。</p> <p>一 非線性歷時分析</p> <p>進行非線性歷時分析，結構物之模擬應儘量反映實際情形，因此要求幾何形狀之模擬、質量分析、構材斷面性質及土壤與基礎結構之互制之模擬能夠準確。構材之非線性分析模型須要能確切反映構材真實之非線性行為；非線性歷時分析所得之反應值不得再以調整係數 $I/(1.4\alpha_y F_u)$ 予以折減。</p> <p>強地動紀錄之選取，儘量採用能確切反應工址設計地震(或最大考量地震)之地震規模、斷層距離與震源效應的實測地震紀錄來進行模擬與調整得到與設計反應譜相符之紀錄。地震紀錄模擬之方法，應為具有可信理論之方法或為由公信單位所提供之方法。</p> <p>進行線性歷時分析時，為考量短週期結構與土壤互制後之阻尼比較</p>		<p>本節中對於動力分析方法之使用時機，及非線性靜力分析方法之應用加強說明。另外針對動力分析方法，建議應加入歷時分析，而非單獨規定多振態反應疊加法，方能獲得正確之分析結果。</p> <p>動力分析方法的使用中包括輸入地震之要求、線性歷時分析及非線性歷時分析之使用均加以說明。</p>

擬修訂(9.5.5 節)	現行基準(無)	說明
<p>高，分析時可依靜力分析所得 S_{ad} / F_u 值求得等效之阻尼比來進行分析，等效阻尼比可依下式計算：</p> $\xi = \begin{cases} 5\% & ; S_{ad} / F_u \leq 0.3 \\ (16S_{ad} / F_u + 0.2)\% & ; 0.3 < S_{ad} / F_u < 0.8 \\ 13\% & ; S_{ad} / F_u \geq 0.8 \end{cases}$ <p>進行非線性歷時分析時，其輸入地震紀錄之振幅需要先乘以用途係數 I 來調整後再進行分析；結構材料之非線性分析模型，在降伏強度、破壞機制及遲滯行為，各方面皆需要能切卻反應出構材真實之非線性行為；非線性歷時分析之結果除需檢核整體結構之任性需求是否小於規定之容許柔性容量外，還需要考量結構物構材之任性需求是否妥當。</p>		

地震時之動土壓

擬修訂(9.6 節)	現行基準(9.5 節)	說明
<p>對剛性結構物，如重力式碼頭與板樁式碼頭等，當進行耐震設計時，除須考慮因壁體質量所產生的慣性力(見基準 9.3 節)外，尚須考慮與壁體接觸土壤在地震時作用在壁體上之動土壓。</p> <p>就重力式碼頭與板樁式碼頭等而言，地震時容許其向外位移，可使用主動動土壓，且計算動土壓的公式中，震度 K 可取設計震度 K_h，即 $K_h = \frac{S_{ad}I}{1.2\alpha_y}$ 或 $\frac{S_{DS}I}{3\alpha_y}$。</p>	<p>地震時之動土壓，就重力式碼頭與板樁式碼頭等，當進行耐震設計時，除須考慮因壁體質量所產生的慣性力(見基準 9.3 節)外，尚須考慮與壁體接觸土壤在地震時作用在壁體上之動土壓。</p> <p>就重力式碼頭與板樁式碼頭等而言，地震時容許其向外位移，可使用主動動土壓，且計算動土壓的公式中，震度 K 可取基準 9.2 節中之設計震度 $K_h = AI = \frac{ZI}{2.0}$。</p> <p>請參照基準 9.5 節所述。</p>	<p>本節中修改章節順序之外，並將設計震度依據 9.2 節之計算方式同時修訂，尤其針對重力式碼頭，其與土壓密切互動，動土壓之考慮不可忽略。</p>

❖ 地震時之動水壓

擬修訂(9.7 節)	現行基準(9.6 節)	說明
<p>對剛性結構物，如重力式碼頭與版樁式碼頭等，當進行耐震設計時，除須考慮因壁體質量所產生的慣性力(見基準 9.3 節)外，尚須考慮與壁體接觸水體在地震時作用在壁體上之動水壓。地震時之動水壓說明中，設計震度 K 可取為設計震度 K_h，即 $K_h = \frac{S_{ab}I}{1.2\alpha_y}$ 或 $\frac{S_{DS}I}{3\alpha_y}$。</p> <p>地震時之動水壓係地震時水壓減掉靜態水壓的部份，因此以重力式碼頭為例，當地震時考慮碼頭往海側變位，此時作用在壁體的水壓，除了要考慮靜態的殘留水壓外，還要考慮海側的動水壓小於靜水壓，因此海側的動水壓係拉向海側的方向。至於陸側壁體內的動水壓亦指向海側，但因計算地震時之動水壓已在殘留水位下使用換算震度 K'，因此陸側內之動水壓不必再加計算。</p>	<p>地震時之動水壓說明，可參照基準第 11.2.3 節，其設計震度 K_h 可依 9.2 節所述，取為 $K_h = AI = \frac{ZI}{2.0}$。請參詳基準 9.6 節。</p>	<p>本節中主要的修訂處除了章節順序的改變之外，對於剛性結構物之設計震度依據 9.2 節之計算方式同時修訂。</p>

載重組合

擬修訂(9.8 節)	現行基準(9.7 節)	說明
<p>檢核港灣結構物地震時安全性所須考慮的載重組合，除地震力載重效應 EQ 外，尚須包含靜載重效應 D、裝載重效應 S、活載重效應 L、動態土壓力效應 E、水壓力(含動態水壓)效應 H、浮力與地震有關之載重效應不必乘以載重因數，而結構物強度檢核均以其極限設計強度為準。</p> <p>地震時港灣結構物所承受的載重，除地震力外，尚併合靜載重(自重)、裝載重(Surcharge)、活載重動土壓力、水壓力(含靜態水壓)、浮力等，應經載重組合後來檢核結構物的安全性。</p> <p>大地震時結構物的安全性檢核，應採用極限強度設計法才合理。本來各種載重應以適當的載重因數後再組合，而載重因數係反映估計此種載重效應的變異性大小。因為影響地震載重效應最主要的因素為<u>為工址設計水平譜加速度係數 S_{ad}</u>，而於分析 S_{ad} 值時，已考慮了變異性，是以不必另外再使用載重因數。</p> <p>請參照基準 9.8 節所述。</p>	<p>檢核港灣結構物地震時安全性所須考慮的載重組合，除地震力載重效應 EQ 外，尚須包含靜載重效應 D、裝載重效應 S、活載重效應 L、動態土壓力效應 E、水壓力(含動態水壓)效應 H、浮力與地震有關之載重效應不必乘以載重因數，而結構物強度檢核或土壤承載力檢核均以其極限設計強度為準。</p> <p>地震時港灣結構物所承受的載重，除地震力外，尚併合靜載重(自重)、裝載重(Surcharge)、活載重動土壓力、水壓力(含靜態水壓)、浮力等，應經載重組合後來檢核結構物的安全性。</p> <p>大地震時結構物的安全性檢核方面，因為影響地震載重效應最主要的因素為<u>為工址水平加速度係數 Z</u>，而當初進行危害度分析求 Z 值時，已考慮了變異性，是以不必另外再使用載重因數。</p> <p>請參照基準 9.7 節。</p>	<p>本節中主要的修訂處除了章節順序的改變之外，對於有關結構物設計震度依據 9.2 節之計算方式同時修訂。</p>

結構物之韌性設計

擬修訂(9.9 節)	現行基準(9.8 節)	說明
<p>非剛性結構物計算設計地震力 V 時，若使用結構系統地震力折減係數 F_u，應配合進行韌性設計，使塑鉸能順利產生在預定的位置上。此外，應在塑鉸區配置圍束箍筋及注意其他相關要求，使結構物具有預期之韌性容量。 請參照基準 9.9 節所述。</p>	<p>非剛性結構物計算設計地震力 V 時，若使用結構系統地震力折減係數 F_u，應配合進行韌性設計，使塑鉸能順利產生在預定的位置上。此外，應在塑鉸區配置圍束箍筋及注意其他相關要求，使結構物具有預期之韌性容量。詳細請參照基準 9.8 中所述。</p>	<p>本節中僅作章節順序之修訂</p>

附錄二

第一次座談會專家學者回應表

第一次座談會專家學者意見回應表

審查日期：93年6月30日

建 議 事 項	回 應 內 容
中華顧問工程司	
1. 目前設計地震在台灣是採475年為回歸週期，但是否所有港灣構造物都有必要採取此一高回歸期之地震力，值得商榷，在外國是利用破壞機率的觀點，視所需使用年限和使用功能需求來考量，而不是一致化規定缺乏彈性。	475年回歸週期之地震在擬修訂的基準中並非唯一之設計考慮。在擬修訂的基準中另增加了30年回歸期之地震力，作為結構受力後維持彈性線性線之限制，另有2500年回歸期最大地震力之考量。
2. 目前國內建築物都走向強度設計法，港灣部分希望也能逐漸採取強度設計法，但在過渡期間如何因應也請加以考量。	採用強度設計法為未來設計之發展趨勢，惟彈性設計如疲勞分析、混凝土龜裂等仍須以工作應力法進行分析，國內港灣構造物以工作應力法進行設計已通行多年並無困擾，在國內港灣構造物採用強度設計法之相關設計尚未確定前之過渡時期，相關設計可以工作應力法或強度設計法參考國外之設計參數進行設計。
3. 有關防波堤下之地質改良問題，由於目前國內很多港域地盤是黏土地層，並常因未進行地質改良便施作防波堤導致防波堤下陷，因此希望能制定海底下土壤改良設計工法及基準以供參考。	防波堤通過軟弱或黏土地層常會導致沈陷問題，造成工務行政處理上之困擾，規劃時應將此列為考量，利用區位調整、結構形式改變或土層置換解決此一問題，如必須以土壤改良解決此一問題，可參考地質改良篇之內容。
4. 海堤或護岸背填料的流失及背填區土地的使用限制也是一個重要課題，希望此次亦能納入相關之設計基準。	本次研究係以碼頭及防波堤為主，建議將此課題列為後續工作辦理。
5. 除了港內之設計基準須加以考量外，外海碼頭的設計基準希望亦能納入考量，因為很多工程師並不了解外海的波浪特性，導致設計的碼頭構造可能無法滿足安全需求。	本次研究係以港內碼頭為主，外海碼頭之形式與設計考量與現有之基準有相當大之差異性，建議將外海碼頭之設計列為後續工作辦理。
中興工程顧問股份有限公司	
1. 碼頭之分類以震後功能性及容許破壞強度加以區分較為靈活，惟目標一類用途係數採用0.75與日本1999年版採用基準不同，是否有其考量依據。	目標一類之分類暫不考慮列入基準中，等級C之構造用途係數則提高為0.8，與日本1999年版採用基準一致
宇泰工程顧問有限公司	
1. 設計地震採用475年為回歸週期似乎太	475年回歸週期之地震在擬修訂的基準

建議事項	回應內容
<p>大了，建議重新考慮設計地震之回歸週期。</p>	<p>中並非唯一之設計考慮。在擬修訂的基準中另增加了30年回歸期之地震力，作為結構受力後維持彈性線性線之限制，另有2500年回歸期最大地震力之考量。</p>
<p>2. 在設計時不管採用強度設計法或工作應力法，在基準內應把外力組合相關係數加以規定，使得設計上能有所遵循。</p>	<p>進行修訂之工作將參考國內之相關規範及國外資料訂定外力組合關係式。</p>
<p>台灣漁業及海洋技術顧問社</p>	
<p>1. 以單一之475年回歸週期作為碼頭地震力設計基準，值得商榷，建築技術規則之所以規定以475年為回歸週期，是因為考量人民的生命財產安全，但是碼頭地震力設計是否也需要採用此一規定，可否考量較重要之設施採用475年回歸週期為設計基準，而其他設施可以採用較低的設計地震力。</p>	<p>475年回歸週期之地震在擬修訂的基準中並非唯一之設計考慮。在擬修訂的基準中另增加了30年回歸期之地震力，作為結構受力後維持彈性線性線之限制，另有2500年回歸期最大地震力之考量。</p>
<p>2. 目前 0.33g、0.23g的地震震區劃分和內政部所出的475年工址加速度係數分佈似乎有很大之差距，例如高雄港和安平港約0.14g，但目前分別被劃分為0.23g、0.33g差距頗大，並且碼頭設計又要考量垂直加速度，設計出來之碼頭將會很不經濟，建議此次基準修訂將上述問題納入考量。</p>	<p>參考內政部之建築物耐震設計規範修訂研究報告，震區之劃分已採用較具彈性之近斷層為分震區之方式，擬修訂之基準中並已採用，請參閱修訂基準之第9章。</p>
<p>鼎興工程顧問有限公司</p>	
<p>1. 本公司於今年亦有辦理交通部有關港灣構造物功能設計法之專案，相關成果希望能與此計畫進行整合。</p>	<p>知悉。</p>
<p>交通部技監室</p>	
<p>1. 本計畫修正後之基準將來會送到技監室審核，若審核不通過還是無法頒布修正基準，因此希望在修正時便能詳細檢討，俾便順利通過審核。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>2. 部內目前正在審核鐵路橋、公路橋樑修正後的耐震規範，如果將來完成審核，接下來就是碼頭之耐震規範。</p>	<p>知悉。</p>
<p>3. 建議將完成修訂後之基準增列其適用範圍，並將專有名詞納入基準。</p>	<p>本基準之適用範圍將在基準中加以說明，專有名詞部份因運研所已有港灣工程專有名詞之出版物，建議參照其資</p>

建議事項	回應內容
	料。
台中港務局	
1. 設計基準之修訂欲於一次便能將所有設施之基準完整納入，似乎很難辦到，因此基準修訂時應以港灣工程最常用設施之基準優先納入之原則加以考量。	知悉。
2. 目前台灣建港海堤護岸之設施採用頗多，但缺乏相關之設計基準，建議本計畫納入考量。	限時作業時程，建議納入下一階段擴充時再予考量。
3. 簡報中之碼頭分類建議表中，水深大於或等於14m之碼頭分類屬耐震碼頭，要求設計之碼頭主體不可有位移、傾斜或沉陷現象產生，於實務經驗上似乎不可能達到，建議此一分類表再加以檢討。	新修訂基準中對於水深之區分未予考慮。
高雄港務局	
1. 目前港灣設施亦有採用地工砂腸及砂管，此類設施之設計基準可否納入本計畫，請加以考量。	基準中材料部份僅對基本材料之特性加以說明，特殊材質或形狀之材料其設計外力仍應依基準辦理。
2. 目前建物補強時須採用最新之耐震設計規範，而現有耐震設計規範係採用五十年的生命週期來考慮，因此補強成本偏高，可否考量建物補強配合建物之老舊程度採用較低之生命週期並配合可靠度之分析作為設計考量以切合實際需求。	補強設計非屬本研究範圍，建議交通部針對補強之設計另訂基準或參考。
3. 海岸手冊第 5,6,7部份可考慮納入本次基準修訂。	美國海岸工程手冊之編排方式與現有之基準有相當之差異，且其內容以海岸構造物為準，建議在基準擴充時再行納入。
4. 有關震區問題可否因地調整或再細分，否則相關設施之興建將無法達到經濟之原則。	參考內政部之建築物耐震設計規範修訂研究報告，震區之劃分已採用較具彈性之近斷層為分震區之方式，擬修訂之基準中並已採用，請參閱修訂基準之第9章。
5. 現有地錨、高耐索之施作規範僅有陸上施作之規範，於海中施作之設計基準是否可納入本計畫考量。	本次修訂工作係以碼頭及防波堤之設計基準為準，地錨、高耐索建議在基準擴充時再行納入。
6. 現有許多碼頭之地質分析皆為易於液化地區，相關工程參數之折減係數建議能納入基準考量。	建議納入下一階段基準擴充工作中。

建議事項	回應內容
7. 高雄港有許多種類碼頭，如漁港、遊艇港、工業港，如規範相衝突應以何者為優先考量。	目前港灣構造物設計由公部門頒佈之，設計基準為港灣構造物設計基準中之碼頭及防波堤篇，其餘則為參考規範或由私部門所印行之設計參考資料，以位階而言，本基準應為優先考量之資料。
8. 港區加油站及相關設施是否可納入基準內加以考量。	建議納入下一階段基準擴充工作中。
花蓮港務局	
1. 港務局除了商港之管轄審核外，工業港、遊艇港、漁港等相關設施之興建亦經由港務局審核，因此是否可考量由交通部整合相關主管機關將相關基準作一通盤考量。	納入建議事項中辦理。
海洋大學蕭松山教授	
1. 港灣之設施頗多應無法於此次將相關基準一一納入，但海堤及護岸因常使用建議納入本次基準增訂。	由於基準仍有相當多需加以擴充之處，本次研究工作限於作業時程，建議納入下一階段工作辦理。
2. 相關設施之設計準則應考量生命週期並考量構造物之功能性而加以制定其基準。	目前港灣構造物主要承受之部份外力為波浪及地震，不同場址不同回歸期之地震力已有詳盡之規定，波浪部份付之闕如，建議未來針對此一課題進行研究，並將成果納入基準中。
台灣大學林銘崇教授	
1. 此次基準之修訂不應侷限於碼頭及防波堤，週遭相關設施應都納入基準修訂。	建議列為未來後續研究工作中辦理。
交通大學劉俊秀教授	
1. 因港區相關設施各有管轄單位，例如遊艇港歸觀光局管轄、而護岸歸水利局管轄，因此此次基準修訂應與相關單位頒佈之基準進行整合，以免將來基準發生衝突。	本次修訂係以商港內之碼頭及防波堤為主，結構物之特性與遊艇港及護岸並不相同，規劃考量或有不同，但設計基準則基於相同之理論，應不致有衝突之處，研究期間將納入考量。
2. 有關剛性結構地震力問題，因剛性結構週期為零，若與非剛性結構均採同樣之地震力公式計算，是否有問題，請加以檢討。	擬修訂基準中剛性與非剛性碼頭之地震力已分開考慮，剛性結構物則不考慮其韌性容量，請參閱擬修訂基準中9.3節。
3. 目前建築技術規則正在修訂並細分地表加速度分布，但因審核尚未通過，因此尚未公佈，但希望能參考建築技術規	已參考內政部之建築物耐震設計規範修訂研究報告，震區之劃分採用較具彈性之近斷層為分震區之方式，擬修訂之基

建議事項	回應內容
則之方式來修訂設計地震。	準中並已採用，請參閱修訂基準之第9章。
4. 建築物之使用年限為五十年，故採用475年回歸週期之地震力，但如港灣設施之使用年限為三十年，則其地震力的考慮回歸週期可降低。	港灣設施之使用年限及其相對地震力之考慮，除了地震回歸週期之外，建議可以重要度係數來加以調整（其值0.8~1.5相差近2倍）。
成功大學黃煌輝教授	
1. 港灣設計基準不應侷限於交通部管轄之港口應提到經濟部或行政院會，以作為相關單位之參考基準。	遵照辦理。
2. 修訂之基準應具有前瞻性，使用得到之設施應納入基準，例如儲油槽、LNG儲槽等。	建議納入未來下一階段之工作中辦理。
3. 基準所採用之相關公式應考量其彈性應用空間。	遵照辦理，基準主要為作為設計及審核之參考相關規定，應保留設計者之創新能力之發展空間。
4. 地震回歸期之制定應有相關之依據，俾利工程設計人員信服及採用。	地震回歸期之考慮其影響重大，本研究參照內政部規範及委託學術單位之長期研究結果，以及國外如日本、美國等地震工程研究結果一致之標準。
交通部運研所港研中心	
1. 剛性結構碼頭因週期等於零與非剛性碼頭有所不同，建議依照舊有的規範來計算地震力，並加入地盤分類係數來反應對地震力的影響。	擬修訂基準中剛性與非剛性碼頭之地震力已分開考慮，剛性結構物則不考慮其韌性容量，請參閱擬修訂基準中9.3節。
2. 由於研究單位將板樁式碼頭歸類為非剛性碼頭，如此之設計分析求取基本震動週期較為不易，實務及運用上均較為不便，因此建議將板樁式碼頭歸類為剛性碼頭採用傳統震度法之設計，惟如果研究單位最後仍採用非剛性碼頭進行分析，希望能針對二分析結果進行比較，並且說明板樁碼頭基本震動週期的求法。	本研究中對於板樁式碼頭未做任何新的劃分，其仍歸類為剛性碼頭採用剛性碼頭之震度設計。

附錄三

第二次座談會專家學者回應表

第二次座談會專家學者意見回應表

審查日期：93年10月21日

建議事項	回應內容
中華顧問工程司	
1. 港灣構造物之使用年限若訂為五十年，配合建築物耐震規範分別採用不同迴歸期之地震以驗證結構物之耐震性能，其中三十年迴歸期地震之遭遇機率達百分之八十，此一迴歸期之地震似有須斟酌之處。	三十年迴歸期地震之遭遇機率達百分之八十，在此一迴歸期之地震作用下，不僅不能有任何之損害，結構物必須維持在線性彈性之應力性質範圍，設計分析時為其中一項必須滿足之要求，475年迴歸期之耐震分析仍是必要的。
高雄港務局	
1. 本次基準修訂將碼頭與防波堤合併，惟原本防波堤設計基準較簡略，缺乏水域規劃之內容，希望能補充此一部份。	將增加「水域設施」之章節。
2. 以往交通部或其他單位曾針對防蝕、貨櫃碼頭及化學品碼頭規劃等進行相關研究，其結果希能納入基準中。	本次基準係以設計工作為準，相關規劃工作建議納入未來基準擴充時之範圍。
3. 繫船柱之容許拉力建議修訂增大。	遵照辦理。
4. 結構物用途係數由0.5提升至0.8是否有必要，請再評估。	內政部修訂中之建築物耐震設計規範中重要度係數已無小於一之值，但因港灣構造較為特殊建議保留小於一之用途係數，適度由0.5提高為0.8，參考日本現行規範亦與其一致。
宇泰工程顧問有限公司	
1. 日本新版規範對於地震時之水下土壓力有修正，此對潮差大的地方有相當差異，建議修正。	遵照辦理。
2. 基準修訂後建議先試用一段時間後再行公布。	本基準修訂後，將先送交港務局及相關單位試用後，據以調整內容後再行公布。
台中港務局	
1. 建議基準修訂草案出來後先送各單位參考試用，確定各單位需求及是否有需增減之處。	遵照辦理。
2. 防波堤及碼頭合併後，設計條件及混凝土構件等相同或差異處應交代清楚。	遵照辦理。

建議事項	回應內容
3. 船舶參考尺寸之修訂對設計者將有所助益。	知悉。
4. 設計條件中希能將船舶繫泊時之流速限制、潮差等納入。	碼頭結構設計時主要係以船舶之撞擊力及地震力為準，繫泊作業為規劃層面之考量，建議在下一階段基準擴充時再予納入。
中興工程顧問股份有限公司	
1. 建議修訂時增加參考規範與既有內容之比較說明及其修訂必要性及如何修訂之說明，如耐震設計部份，港灣構造物與一般建築物之功能性不同，是否一定要依建築技術規則修訂？另相關基準修訂希能先由工程界試用一段時間後再公布，較能符合需求。	本基準之修訂參考之主體仍為港灣構造物，耐震設計部份，在現行之港灣構造物設計基準中及參照一般建築物如橋樑來訂定，目前之修訂已考慮港灣構造物之功能性，至於試用期則請交通部裁示。
2. 研究單位簡報中所提供之日本耐震設計變形量規範係針對鋼管直樁棧橋式碼頭，是否可補充斜樁碼頭之相關規範？	已補充，清參閱擬修訂基準中 9.1 節耐震設計之目標。
3. 日本規範編排方式甚為明確，包括基準、說明及參考，可供國內基準修訂之參考。	日本規範為”技術基準”範圍較廣，其編排方式採分段式說明，國內為設計基準，內容以設計時應注意事項為主，採綜合式說明，惟章節編排與日本基準相似，原先之編排方式係經由國內各方專家學者共同討論所制訂，建議仍按原先之格式進行內容之修訂。
台灣漁業及海洋技術顧問社	
1. 本設計基準之碼頭規範是否僅限港灣內之碼頭，或補充設計條件即可適用其他如湖泊、河川等環境之碼頭設計。	湖泊及河川與港灣之主要差異為與水相關之作用外力，地震力部份則沒有差異，設計時須對外力部份作必要之修正後即可適用。
2. 耐震設計等級是否可考慮僅分為二級，以簡化設計者之考量因素。	已參照修訂，第一等級為475年回歸期之地震作用下，結構維持小於容許破壞之範圍。第二等級為針對特殊碼頭結構在2500年回歸期之地震作用下，結構維持小於（475年回歸期之地震時）容許破壞之範圍。
3. 研究單位預訂之修訂內容中包括垂直地震力之新增，應依不同碼頭型式作考	垂直地震力之考慮配合水平力，已考慮剛性及非剛性碼頭之差異性，請參考擬

建議事項	回應內容
量。	修訂基準中9.4節垂直地震力。
4. 本次修訂將碼頭與防波堤合併，防波堤基礎如有液化趨勢是否也需要納入地盤改良中考量？	防波堤之基礎如有液化之趨勢時，可採用之對策包括位置、結構型式之調整或進行地質改良，地質改良可參考地質改良之章節。
交通部運研所港研中心	
1. 有關耐震設計修訂，研究單位所提綱要修訂之內容可接受。	知悉。
2. 本次修訂文字編排、整合及潤飾工作繁重，請研究單位加強處理。	遵照辦理。
運工組	
1. 防波堤與碼頭合併後，編排方式應再整合。	遵照辦理。
運工組曾組長	
1. 耐震設計部份修訂時應將不同耐震目標之使用場合、限制及耐震目標之主要考量及改變前後之比較列出，使各界能明確得知其差異。	目前耐震目標之考慮包括有三個，475年回歸週期之地震在擬修訂的基準中並非唯一之設計考慮。在擬修訂的基準中另增加了30年回歸期之地震力，作為結構受力後維持彈性線性線之限制，另有2500年回歸期最大地震力之考量。請參閱9.1節耐震設計目標。
2. 希望研究單位能儘速完成修訂工作提送相關單位審查。	遵照辦理。

附錄四

期中報告專家學者審查意見回應表

期中報告專家學者審查意見回應表

審查日期：93年8月10日

審 查 意 見	回 應 內 容
花蓮港務局	
1. 第二次座談會希望於基準修改部分確定後再舉辦，讓大家逐條討論，使座談會功能性較為明確。	逐條討論將十分費時，將提出修訂摘要表及建議修訂內容，並對爭議性較大之內容作進一步之說明及討論。
2. 「基準」及「基準說明」應加以合併。	遵照辦理，已合併。
3. 防波堤基準訂定時可考慮允許局部破壞，如沉箱式防波堤，可允許胸牆破壞，維持沉箱之完整性。	於第九篇第一章1.1節[防波堤規劃之基本原則]中補充說明。
4. 碼頭設計地震力是否需用到475年迴歸期須斟酌。	依照修訂中之「建築物耐震設計規範草案」，將設計目標分為三類，包括中小度地震、設計地震及最大考量地震等，在不同震度條件下，結構物應具備不同等級之反應。
5. 生態景觀需由不同角度來探討，當生態和安全因素相衝突時，應該以安全為優先考量。	知悉。
成功大學高家俊教授	
1. 本計畫之審查流程，應交由相關學會審查後公布方具有公信力，且不易產生爭論。	知悉。
2. 波浪推算資料之建立有其必要性，希由交通部來主導研究發展。	知悉，建議列為下一階段之工作。
3. 「港灣設計基準」建議將交通部管轄之港口設計(如遊艇港)納入考量。	知悉，建議列為下一階段之工作。
台中港務局	
1. 希望規範各式碼頭的容許變位量。	遵照辦理，詳報告第七章，各式碼頭的容許變位量屬功能性設計之考量，由於國內對此一課題尚未有明確之研究成果，建議俟未來研究成果出爐再列入基準中。
2. 同一港口內如有不同迴歸期之地震力基準，允許部份碼頭可以破壞，目前執行上可能造成困擾，請再加考	功能性設計為國際趨勢，亦為未來國內設計之發展方向，惟因國內相關參考資料不足，未來俟相關設計參數明確化，

審 查 意 見	回 應 內 容
量。	且經各方認可後再考量入基準中。
3. 「基準」及「基準說明」應加以合併。	遵照辦理。
4. 「碼頭設計基準」、「防波堤設計基準」應合併。	遵照辦理。
高雄港務局	
1. 報告內2-10頁中之規劃之4-9項及設計8-10項應納入基準中。	已將「水域設施」納入基準(第八篇)，其他項目限於時間及作業範圍，建議列入後續辦理工作。
2. 目前設計基準並不完備，如貨櫃碼頭與一般碼頭DWT間如何轉換、防舷材及繫船柱等相關附屬設施等，是否可納入基準內。	貨櫃輪之TEU數與其他船舶DWT間之換算已納入第七篇[專用碼頭]內，防舷材及繫船柱在國內或國際間並未有統一之規格，外力計算部份已納入基準中，材料規格部份建議保留彈性，不作特別規定。
3. 有關地震部份，日本規範並無分剛性及非剛性碼頭，營建技術規則及橋樑設計皆無如此區分，碼頭有否分剛性及非剛性碼頭之必要。	剛性碼頭及非剛性碼頭在外力作用下之力學行為並不相同，未來如採用功能性設計，其可允許之變位量及其他設計參數之允許值亦不相同，將碼頭分為剛性及非剛性應為一適當之分類。
4. 日本規範中重要係數已改為0.8至1.5，建築技術規則為1.0至1.5，港灣設計基準要依據什麼做修正，為值得探討之課題。	知悉。本次修訂工作建議採用之值為0.8至1.5，惟仍須經各界充份討論後方能定案。
5. 碼頭及防波堤在其使用年限內可能有材料老化、遭遇機率等問題，設計地震力採475年迴歸期是否有其必要性，應由材料老化及其功能性加以探討。	未來如採用強度設計法及導入功能性設計，則在分析過程中除了應力外，應變、位移及結構韌性皆須納入考量，而載重所產生之混凝土龜裂、材料疲勞也將納入考量，設計時之控制參數將可能並非作用外力所產生之材料應力，惟應力分析時仍將以設計外力進行，因採用此一迴歸期之設計外力時，即已考量其遭遇機率。
6. 維生碼頭設計之重要係數 I 值甚少取到1.5，以高雄港為例大多取1.0至1.2，地震力係數應如何訂定方屬合理？在九二一地震中破壞的大多為重力式碼頭，如以非剛性碼頭計算其	地震力係數之訂定除參考國外之文獻及國內之環境因素外，必須先採用某一數值，再經由產官學界之討論後方能定案，921造成台中港沉箱式碼頭大量位移之原因雖已經專業單位鑑定，但仍有

審 查 意 見	回 應 內 容
<p>結果是否合乎實際？請研究團隊將各種規範所計算的地震力製表比較，以評估決定使用哪一種規範較為恰當。</p>	<p>不同之意見。由於施工年期已久，相關資料已不可考，並不適宜以單一事件進行設計基準之檢核工作。剛性構造物與非剛性構造物之力學行為有相當大之差異，各有其適用之耐震設計基準，不宜直接進行比較。</p>
<p>7. 報告中計算破壞機率採用之波浪值為何？如採$H_{1/3}$之波浪，由於其本身即存在33%之破壞機率，以此基準套入計算，防波堤破壞機率可能較報告中計算值還大，惟防波堤破壞屬局部性，與碼頭因地震破壞控制造成全面性破壞不同，應加以考量。</p>	<p>防波堤破壞機率所採用之波浪為示性波高$H_{1/3}$，防波堤大都為重力式構造物，在設計波浪來襲下，局部災損係被允許的，惟全面破壞應加避免，和非剛性碼頭結構(棧橋式)之力學行為並不同，兩者間之破壞模式亦不相同。惟防波堤之破壞可能會影響碼頭之功能，碼頭之破壞並不會影響防波堤之功能，如以功能性設計考量，防波堤雖允許局部破壞，但其重要性應較碼頭為高，所採用之迴歸期應與碼頭相當，惟因破壞模式不同，未來如採功能性設計時，對防波堤在波浪作用下之功能性設計也應加以探討，以達到整體安全之設計。</p>
<p>8. 報告中僅針對日本的地震設計進行探討，是否可列出其他歐美國家對地震力規範的比較探討。另請補充日本對垂直力之探討。</p>	<p>本計畫係針對港灣構造物之耐震設計進行探討，日本因處於地震帶及港灣構造物之型式與我國相仿，相關資料也較充份，因此作為探討之對象。歐美國家之港灣構造物大都建議比照當地建築物之規定辦理，內容較為簡單，也較有彈性。日本之基準對垂直震度並未特別加以探討，僅提及水平震度才是影響一般港灣構造物設計之主要因素。</p>
<p>9. 編排方式同意研究單位之意見，建議能參考日本加入參考資料，並增加規劃及經濟評估等內容。</p>	<p>知悉。本次基準修訂主要係參考日本1999年版技術規範進行修訂，由於我國與日本規範之定位並不完全相同，日本為技術基準及解說，我國則為設計基準，本次修訂時已斟酌將日本之參考資料納入考量。規劃及經濟評估因非屬設計之範疇，建議列為下一階段之工作。</p>
<p>運研所港研中心</p>	
<p>1. 基準的訂定是提供爾後工程界設計的依據，所以基準的修訂不可不慎，</p>	<p>遵照辦理，建議由相關部門出版設計案例或手冊，俾使初學者或基層從業人員</p>

審 查 意 見	回 應 內 容
<p>相關公式及係數之修訂除了考量學術理論外，也請考量基層從業人員之實際應用之可行性。</p>	<p>從事設計工作之指引。</p>
<p>2. 希望研究單位在評估研究經費及期程的前提下，將未來基準增修的順序列出，依所列先後順序來修訂基準，做不完的在期末定稿時將此次計畫未完成的部分列為後續研究計畫之參考。</p>	<p>遵照辦理。將在8.2「建議」中提出後續研究計畫項目。</p>
<p>3. P6-3地盤分類係數部分，報告說明我國無地盤分類係數，而公式中有乘0.5的係數，似乎意味地盤係數以0.5代，這個說法可能有誤，可從P6-10概要說明中，根據AASHTO之解說，重力式碼頭等擋土結構，若地震時可向海側產生稍許變位，則計算壁體地震慣性力或動態土壓及水壓的設計震度K_h，可取為地震地表加速度係數的一半，這個觀念就跟結構韌性設計一樣，容許結構產生塑性變形而並未消滅地震力，所以設計地震力可以以F_u折減的觀念是相同的。</p>	<p>知悉，報告內容已作修正。</p>
<p>基隆港務局(書面意見)</p>	
<p>1. 報告中第三章對於港灣構造物設計基準編排方式之檢討提出許多研究課題，例如第3-1頁之「基準」，第3-2頁「防波堤設計基準併入碼頭設計基準」，第4-3頁「50年回歸週期是否適宜」...等等，而在後面對於所提出之研究課題並沒有具體的解決方法，此部份請再補充。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>2. 本基準之修訂應全面探討現有基準之優缺點，而本報告六章「耐震設計之考量」花了一半的篇幅在探討耐震之合理性，若其它部分依此篇幅探討，則非修訂之本意，此部份請再研究。</p>	<p>耐震設計為本次修訂工作之主要重點，配合「建築物耐震設計規範」之大幅修訂，為使各界瞭解港灣構造物耐震設計修訂前後之差異，故以較長篇幅說明。</p>
<p>運工組</p>	

審 查 意 見	回 應 內 容
1. 本報告完成後將陳報大部，由大部召集專家學者審查後方會公布。	敬悉。
2. 希望下次的座談會資料及期末報告能有更明確之修訂內容供研討。	遵照辦理。
主席結論	
1. 本期中報告原則通過備查。	敬悉。
2. 與會學者專家所提書面及口頭意見，請研究單位逐項參考回應。	遵照辦理。

附錄五

期末報告專家學者審查意見回應表

期末報告專家學者審查意見回應表

審查日期：93年12月08日

審 查 意 見	回 應 內 容
高雄港務局	
1.修訂後之基準建議先送給各港務局、公家機關及顧問公司試用一至兩年後再行頒布。	將納入建議事項中。
2.建議將基準第八、九篇外廓堤防及防波堤與第六、七篇之碼頭設計章節對調，比較符合實際之設計需求。	遵照辦理將修正報告。
3.有關耐震設計部份，由地震回歸期來規定破壞容許程度，又由結構物之容許破壞程度來制訂重要性係數，是否會彼此相衝突，值得探討。	結構物之容許破壞程度仍以475年回歸期之設計地震力為依據，重要度係數之訂定與結構物之重要性、破壞危害性及功能影響性為考慮，兩者間應無衝突關係。
4.地震係數中 F_u 、 r 值要如何訂定，希望能針對國內幾種常用的碼頭去做研究，訂出其所需要之數值。	地震係數中 F_u 、 r 值之訂定，非屬本次計畫委託範圍，係數中 F_u 、 r 值與結構物之型式、材料之使用、結構高程及與週遭環境之相互作用均有密切關係。尤其碼頭構造之複雜性更高，需要更詳細之研究，過去本研究團隊曾做過概估性的建議，針對不同構造及使用材料之差異可由後續計畫詳加研究。
5.建議訂定土壤液化和震度間的相對關係，使未來液化評估結果不致有太大差異。	土壤液化和震度間的關係，目前仍然由土壤液化潛勢作為評估之依據，進一步的評估方法有賴更新之學術研究。
港研中心	
1.建議由所內針對本次基準修訂部份進行相關研究，並經相關單位使用，通過設計例之考驗後再行頒布。	將納入建議事項中。
2.附錄四表9.4.1各型碼頭在475年回歸期地震作用下最大容許值，相對應國際航海協會之規定是屬於輕微或無損之程度，是否需要修訂？是否可提供變位量之評估方法，作為設計人員之依循。	各型碼頭在475年回歸期地震作用下最大容許值，目前訂定者為相對應國際航海協會之規定是屬於輕微損害程度，主要因為過去從未實施過，所有結構在475年回歸期地震作用下均不得損害，因此其值雖相對保守，為了避免過於重大的改變所造成之衝擊。結構殘餘變位之分析方式在考慮非線性的材料行為時應能達成。

審 查 意 見	回 應 內 容
中興工程顧問	
1.修訂後之基準在提送各單位、機關審閱時，建議檢附回覆意見函，以利各單位意見回應，進而提供修正之方向，且建議針對有價值之意見酌給費用，以茲鼓勵。	將納入建議事項中。
2.簡報時有針對地震力修訂對碼頭造價之影響進行探討，此一部份資料是否可以案例探討方式附於報告中提供設計者參考。	該探討係以921前後之地震力對台中港某一921前即已完工之碼頭之造價加以比較，並非以本次修訂後之基準為比較對象，代表性及時效性皆有相當差異，為恐產生誤導，建議該項比較資料不宜列入報告中，未來應以專案方式針對本次修訂前後對造價之影響進行廣泛之比較。
3.基準訂定時應考量設計之使用年限和維護頻率間如何取得一個最佳之平衡點，及設計波浪之準確度如何，是否能和現況相符。	建議對台灣附近海域比照耐震設計之情形進行不同海域不同迴歸期之設計波浪分析，並依結構物之重要性擬定各項設計參數，以提高設計波浪之準確性及經濟性。
宇泰工程顧問	
1.建議另行編列經費，針對各港現有碼頭以新、舊規範進行設計之比較，評估基準修訂後之影響性。	將納入建議事項中。
2.金馬地區屬弱震或無地震帶，但其震度卻依然遵循台灣本島之規範，造成工程設計上之困擾，建議針對金馬現況進行檢討，以符合實際需求。	金馬地區在目前的規範中屬弱震區，是否符合實際的狀況，建議交通部及內政部會同依金馬地區現況重新訂定，以符合實際需求。
3.目前由於波浪推算並無一定之方式，在工程設計時面臨同一地區之設計波高有不同之結果，且有不斷加大之情形，造成防波堤前後期設計斷面不一之現象，建議另案進行各區域設計波浪值之探討，並將其結果納入基準中以供參考。	將納入建議事項中。
梁乃匡老師	
1.研究單位建議由常設機構進行未來基準修訂工作之提議本人深表贊同，建議由運研所設立一個常設小組，結合水利、結構、大地等各方面之人才，	已納入建議事項中。

審 查 意 見	回 應 內 容
因應需求訂立研究題目進行相關研究，使港灣基準之修訂工作常態化。	
運工組	
1.基準之修訂囿於時間及經費之限制對研究期間雖盡量邀請各方專家參予審查建言，惟亦難免有遺珠之憾，實難有完美之結果，對榕聲顧問及中山大學之努力配合計畫時程得以順利進行，由衷致謝。	敬悉。
2.座談會與會學者專家所提意見，請研究單位逐項參考回應。	遵照辦理。
3.「灣構造物設計基準」修訂草案(草稿)對未來港埠設計工作將有相當程度之影響，希能由工程單位及設計顧問公司試用一段時間後再公佈實施，以符合實際需求。	納入建議事項中。
4.本案雖標題為基準，事實上有規範之意涵，各項參數雖不明定，提供港灣構造物設計時之功能性設計彈性範圍。	知悉。
主席結論	
1.修訂後之基準將先送各港務局、相關機關及顧問公司試用，暫不頒布。	知悉。
2.基準中實際案例之探討，將再與研究單位討論未來如何進行，並納入報告中之建議事項供參考。	遵照辦理。
3.與會學者專家所提書面及口頭意見，請研究單位逐項參考回應並納入報告中。	遵照辦理。
4.本期末報告原則審查通過備查。	知悉。

附錄六

簡報資料

港灣構造物設計基準修訂

簡報資料

榕聲工程顧問有限公司
中山大學海洋環境及工程學系
中華民國九十三年十二月

簡報目錄

- 一、前言
- 二、鄰近地區港灣構造物設計基準之發展現況
及內容分析
- 三、港灣構造物設計基準編排方式通盤檢討
- 四、港灣構造物設計之發展趨勢分析
- 五、本次修訂工作之主要內容
- 六、本次修訂對國內港灣工程設計之可能影響
- 七、耐震設計規範之修訂建議
- 八、結論與建議

一、前言

計畫背景說明

- 交通部於民國八十五及八十六年分別頒佈港灣構造物設計基準—『防波堤』及『碼頭』設計基準及說明，九二一地震後，雖曾進行『耐震設計修訂』之研究工作及部份修訂，惟隨著時空環境之改變，此一設計基準之內容及編排方式實有必要進行檢討。
- 本計畫將針對『防波堤』及『碼頭』設計基準及說明之內容進行修訂及補充，期使我國港灣設計基準能符合當前世界潮流及國內規劃設計所需，促進港灣建設之發展。

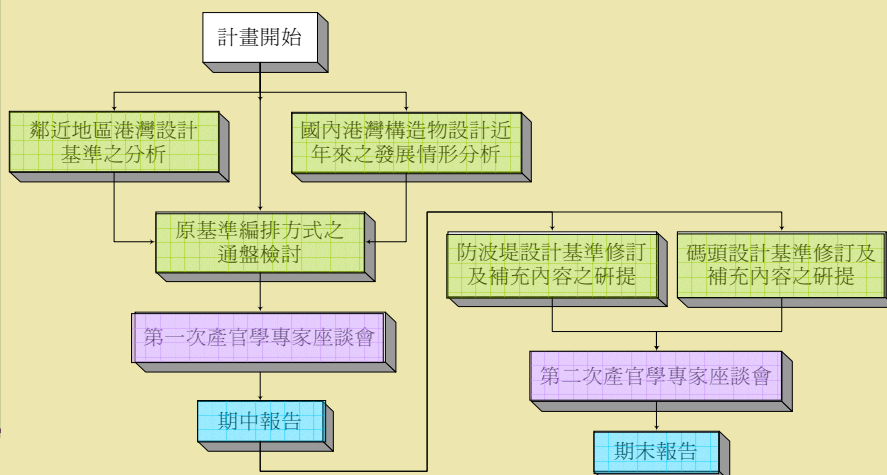
研究內容與項目

- 鄰近地區港灣設計基準之發展現況及內容分析
- 國內港灣構造物設計最近之發展趨勢分析
- 港灣構造物設計基準編排方式之通盤檢討
- 防波堤及碼頭設計基準之修訂
- 防波堤及碼頭設計基準之補充
- 座談會

5

榕聲工程顧問有限公司

研究流程



6

榕聲工程顧問有限公司

二、鄰近地區港灣構造物設計基準 之發展現況及內容分析

台灣

名稱 港灣構造物設計基準--防波堤設計基準及說明
港灣構造物設計基準--碼頭設計基準及說明

出版年 八十五年--防波堤設計基準及說明
八十六年--碼頭設計基準及說明

沿革 中國工程師手冊—水利篇之「港灣工程」
七十年頒布之「港灣構造物設計標準上下冊」

章節

防波堤

第一章 總論
第二章 設計之基本原則
第三章 基本設計
第四章 細部設計
第五章 防波堤與漂沙對策設施
第六章 防波堤之管理與維修

碼頭

第一篇 通則
第二篇 設計條件
第三篇 工程材料
第四篇 基礎
第五篇 碼頭工程
第六篇 專門碼頭

日本

名稱 港灣の施設の技術上の基準同解説
/社団法人日本港灣協會

出版年 1999

沿革 1979、1989分別進行修訂

章節

第一編 總論	第八編 係留施設
第二編 設計條件	第九編 其他港灣施設
第三編 材料	第十編 専門ふ頭
第四編 預鑄混凝土構材	第十一編 遊艇港
第五編 基礎	第十二編 超大型油輪施設
第六編 水域施設	第十三編 海底管線
第七編 外廓施設	第十四編 海上貯油施設

9

榕聲工程顧問有限公司

美國

名稱 海岸工程手冊 (Coastal Engineering Manual)/
美國陸軍工兵團 (Army Corp of Engineer, USACE)

出版年 2002

沿革 1973年發行海岸保護手冊 (Shore Protection Manual)，歷經
1975、1977及1984之改版

章節

第一冊	海岸工程簡介 (Introduction, 計70頁)
第二冊	波浪動力學 (Coastal Hydrodynamics, 計501頁)
第三冊	海岸漂沙 (Coastal Sediment Processes, 計447頁)
第四冊	海岸地形 (Coastal Geology, 計187頁)
第五冊	海岸設施之規劃 (Coastal Project Planning and Design, 計628頁)
第六冊	海岸設施之設計考量 (Design of Coastal Project Elements, 計538頁, 草稿階段)

10

榕聲工程顧問有限公司

香港

名稱

海港工程設計手冊/
香港政府土木工程處

出版年

2002年

沿革

1992出版「海港工程手冊－設計、建造及維修」，1996年再版修正

章節

第一冊	海港工程設計綜合指引，202頁 (General Design Considerations for Marine Works)
第二冊	碼頭及船墩之設計指引，124頁 (Guide to Design of Piers and Dolphins)
第三冊	填海工程設計指引，72頁 (Guide to Design of Reclamation)
第四冊	海堤及防波堤設計指引，168頁 (Guide to Design of Seawalls and Breakwaters)
第五冊	沙灘設計指引，114頁 (Guide to Design of Beaches)

11

中國大陸

大陸天津一航勘察院/1994年起陸續出版三大冊之「海港工程設計手冊」。

上冊	海港總體及裝卸工藝設計，1,610頁
中冊	港口水工建築物設計，710頁
下冊	海港陸域建築物及附屬設施，1,355頁

1997年起修訂頒布一系列港灣構造物之相關規範，包括：

■ 港口及航道護岸工程設計與施工規範	■ 水運工程抗震設計規範
■ 開敞式碼頭設計與施工技術規範	■ 港口工程樁基規範
■ 內河航道與港口水文規範	■ 港口設施維護技術規範
■ 板樁碼頭設計與施工規範	■ 防波堤設計與施工規範
■ 海港總平面設計規範	■ 內河航道維護技術規範
■ 船閘閘門設計規範	■ 格形鋼板樁碼頭設計與施工規範
■ 斜坡碼頭及浮碼頭設計與施工規範	

12

綜合整理(一)

分類	項目	台灣(碼頭及防波堤設計基準)1996、1997年	日本(技術基準)1999年	美國(海岸工程手冊)2003年	香港(海港工程設計手冊)2003年	中國大陸(海港工程設計手冊)1997年
基本學理	1.設計條件	碼頭，111頁	270頁	70頁	202頁	230頁
	2.工程材料	碼頭，27頁	48頁			
	3.基礎	碼頭，84頁	150頁			
	4.預鑄混凝土構件		150頁			
	5.波浪動力學			509頁		
	6.海岸地形變遷			187頁		
規劃部份	1.防波堤與漂沙對應設施	防波堤，6頁		443頁		
	2.防波堤之管理與維護	防波堤，4頁				
	3.防波堤規劃原則	防波堤，1頁				
	4.水域設施		13頁			452頁
	5.其他港灣設施		36頁			
	6.遊艇設施		21頁			
	7.裝卸工藝					447頁
	8.經濟效益分析					67頁
	9.海岸設施之規劃			628頁		

綜合整理(二)

分類	項目	台灣(碼頭及防波堤設計基準)1996、1997年	日本(技術基準)1999年	美國(海岸工程手冊)2003年	香港(海港工程設計手冊)2003年	中國大陸(海港工程設計手冊)1997年
設計部份	1.一般碼頭工程	碼頭，224頁	252頁		123頁	
	2.專門碼頭	碼頭，15頁	16頁			358頁
	3.設計外廓	防波堤，120頁	53頁		168頁	116頁
	4.超大型石油		36頁			
	5.海底管線		50頁			
	6.海岸設施之設計考量			538頁		
	7.海上儲油設施		33頁			
	8.填海造地工程				72頁	
	9.沙灘工程				114頁	
	10.燈塔					7頁
	11.建築物及附屬設施					600頁
	12.給水排水					313頁
	13.供電照明					312頁
	14.環境保護					53頁
	15.通信設施					71頁

三、港灣構造物設計基準 編排方式通盤檢討

各國編排及編纂方式綜整

國別	名稱	冊數	編排方式	內容特色	通用範圍
我國	港灣構造物及設計基準	分防波堤及碼頭設計基準二冊	<ul style="list-style-type: none"> ■ 分「基準」及「基準說明」兩部份，按篇→章→節之方式編排 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以條文式之解說為主 ■ 以設計工作為主 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 審核者 ■ 設計人員
日本	港灣の施設の技術上基準同解説	分上、下二冊	<ul style="list-style-type: none"> ■ 按編→章→節編排，內容則以條文→解說→參考方式進行解說 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以條文式之解說為主 ■ 包括規劃、設計工作 ■ 範圍包括相關設施 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 審核者 ■ 設計人員
美國	海岸工程手冊	分爲理論及工程兩部份，共六冊	<ul style="list-style-type: none"> ■ 類似教科書之編排方式，按章→節之方式說明 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以理論介紹爲主 ■ 附有範例介紹 ■ 以海岸工程爲主，對港灣設施著墨不多 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 入門者 ■ 教科者
香港	海港工程設計手冊	分爲五大部分	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主要說明香港地區進行設計工作應注意事項 ■ 按章→節之方式編排 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以文字說明爲主，附相關圖表及案例介紹 ■ 須搭配BSI相關設計規範 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 審核者 ■ 設計人員
中國大陸	海港工程設計手冊	分爲上、中、下三冊	<ul style="list-style-type: none"> ■ 按編→章→節之方式編排 ■ 針對大陸地區之海域特性有詳細之介紹 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 內容十分豐富，由理論、設計、規劃、及案例皆有詳細說明 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 入門者 ■ 教科者 ■ 審核者 ■ 設計人員

港灣構造物設計基準之編排方式調整

依據兩次座談會專家學者之綜合意見，設計基準之編排方式調整如下：

- 將原本單獨發行之碼頭及防波堤設計基準合併為一冊
- 原設計基準之編排方式進行調整，將「基準」與「基準說明」加以合併以增加使用者查閱時之方便性及一致性

17

榕聲工程顧問有限公司

四、港灣構造物設計之 發展趨勢分析

功能性設計之考量

- 一般防波堤設計波浪之迴歸期大都介於25-50年；碼頭之設計使用年限大多採30-50年，惟地震力則採475年迴歸期。
- 日本港灣技術基準(1999年版)一般碼頭設計時所採用地震之迴歸期為75年，特定或維生碼頭之迴歸期則視實際需要加以調整。
- 從經濟層面考量，日本維生碼頭之概念值得作為國內設計基準修訂之參考。

19

榕聲工程顧問有限公司

危險度之考量

- 危險度之考量為基於構造物在使用年限內遭遇設計外力之機率，依日本1999年版港灣構造物技術基準，「遭遇機率」之計算公式如下：

$$E 1 = 1 - (1 - 1/T_1)^{L1}$$

- 外廓防波堤如採用50年之設計年限，在其設計年限內與50及100年迴歸期颱風波浪作用下之遭遇機率為63.6%及39.5%。
- 港灣構造物在50年之耐用期限內，遭遇475年迴歸期地震侵襲之機率為10%。

20

榕聲工程顧問有限公司

RC構造物設計方法之考量

- 目前國內建築物鋼筋混凝土之設計方法包括工作應力法及強度設計法。
- 港灣構造物採用強度設計法設計時，須對材料承受反覆作用下產生疲勞破壞的極限狀態加以考量。
- 國內目前尚未建立港灣構造物之載重係數、強度折減因素及極限狀態檢核等相關基準及定義，直接套用建築技術規則之相關標準可能與現況並不相符，未來須另行訂定相關參數以符合實際需求。

21

榕聲工程顧問有限公司

結構設計方法/九二一後相關規範之考量

- 工作應力法及強度設計法皆可應用於港灣構造物設計。
- 港灣構造物之地震力係以475年迴歸期之地震作為作用外力，921地震後，建築物耐震設計規範將工址之水平加速度係數予以提高，造成設計上及工程造價大幅提昇之困擾。
- 耐震設計之考量中應對功能性設計、遭遇機率及耐震設計作一整合性考量。

22

榕聲工程顧問有限公司

生態景觀上之考量

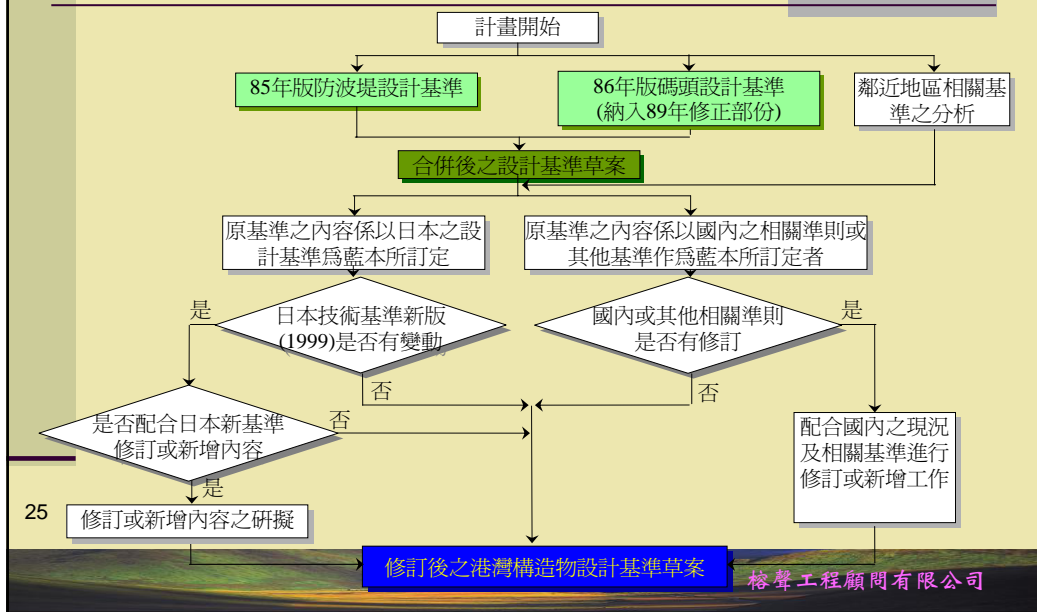
- 以往外廓堤防設計時之主要考量重點為堤防在波浪作用下之安全性，未來應在可能之範圍內朝向降低對漁類及海岸生態之影響。
- 碼頭本體本身之景觀考量有限，惟碼頭之附屬設施如客運設施、通棧、貯槽等，在景觀設計上則可配合現地加以調整及規劃，香港之「海港工程設計手冊」對碼頭景觀美學特別以專節加以說明可供參考。

23

榕聲工程顧問有限公司

五、本次修訂工作之主要內容

工作流程摘要說明



修訂作業說明

1. 內容之修訂及增加主要係參考「日本港灣構造物技術基準（1999）」、「建築技術規則」及「橋樑耐震設計」等。
2. 建議在下一階段之工作中將原有僅限碼頭及防波堤之範圍加以擴充，建議增加之項目如下：
 - 新生地之規劃設計及地盤改良
 - 外海專用碼頭
 - 港埠設施之規劃工作

26

修訂作業說明

3. 國內港灣構造物設計基準與日本之技術基準在「耐震設計」部份有相當大之不同，主要之差異在於：
 - 碼頭設計時地震迴歸期不同
 - 國內港灣構造物之耐震設計係參考建築技術規則及橋樑耐震規範訂定，而日本基準僅作為原則性之說明，設計者在設計時須針對使用目的進行耐震分析
4. 由於建築技術規則目前亦處於修訂狀態尚未公布正式之修訂版本，故本次耐震設計修訂之工作係以2002年修訂之「建築物耐震設計規範及解說修訂草案」為準，內容上有大幅度之修訂。

27

榕聲工程顧問有限公司

重大修訂部份

1. 將原先之「基準」及「基準說明」合併，以方便查閱。
2. 將港灣構造物設計基準—「碼頭」部份與「防波堤」部份合併，不再各印單行本，防波堤部份列為第七篇。
3. 增加「第四篇—預鑄混凝土構件」及「第六篇—水域設施」，其他章節順延，將原分散於第六篇—碼頭工程及第七篇—防波堤工程之相關內容加以調整。
4. 將設計基準內所使用之單位改為SI制，以便與國際工程界接軌。
5. 耐震設計部份依新版「建築物耐震設計規範及解說修訂草案」之規定予以大幅修訂。

28

榕聲工程顧問有限公司

各篇章修訂內容說明

第一篇 通則

- 新增SI單位之說明及其與現有單位之換算表

第二篇 設計條件

- 設計因素考量→新增「遭遇機率」之說明 (1.2節)
- 修正「船型參考尺寸表」、「DWT和GT之關係式」、「船舶排水噸與DWT之關係式」及「作用於繫泊船舶之風力公式」等項 (CH2)
- 第四章「波浪」內容大幅擴充
- 新增第五章「波力」，原防波堤篇相關內容加以調整
- 新增「潮位基準換算」 (6.5節)
- 新增「水流對披覆材料之安定分析」 (7.3節)
- 第十章「耐震設計」，依新版「建築物耐震設計規範及解說修訂草案」之規定有大幅修訂，新舊版內容比較說明詳附錄三。

29

榕聲工程顧問有限公司

各篇章修訂內容說明

第三篇 工程材料

- 防蝕電流密度值依不同環境修正 (2.4.4節) 新增「容許應力之增減」 (2.3.7節)
- 新增「極限強度設計之說明」 (3.2節)

第四篇 預鑄混凝土構件

- 新增篇幅，將原有分散於碼頭及防波堤之相關內容綜整於本篇
- 沉箱設計外力考量「載重組合及載重係數」 (1.4.2節)
- 沉箱完成後之外力依不同使用場合修正 (1.4.7節)

30

榕聲工程顧問有限公司

各篇章修訂內容說明

第五篇 基礎

- 二層土壤之基礎承载力修正為「多層土壤」(2.4節)
- 推定單樁行為之分析方式第4項張有麟方法修正(4.4.4節)
- 斜組樁橫向承载力增加「樁頭彈簧係數及相關公式」(4.4.6節)

第六篇 水域設施

- 新增篇幅。

第七篇 防波堤工程

- 將原先單行本之防波堤設計基準內容加以調整後併入修訂之基準，部份內容移至第二章設計條件及第四章預鑄混凝土構件中，其餘配合原有基準之格式加以調整及修訂。

31

榕聲工程顧問有限公司

各篇章修訂內容說明

第八篇 碼頭工程

- 設計流程之調整(1.1節)
- 增加考量地震時之動水壓
- 鋼板樁圓筒碼頭設計流程及分析過程大幅修正，由重力式構造物調整為考量土壤力量之結構體(6.1.3節)

第九篇 專門碼頭

- 貨櫃碼頭→修訂貨櫃碼頭長度及水深參考表(1.2.1節)

32

榕聲工程顧問有限公司

六、本次修訂對國內港灣 工程設計之可能影響

修訂工作對未來港灣工程設計之可能影響

本次港灣構造物設計基準之修訂工作對未來港灣工程設計之可能影響，依以下項目加以探討：

- 基準在港灣構造物設計過程中所扮演之角色
- SI制之引進
- 設計觀念之調整
- 土壤及結構之互制行為
- 耐震設計之調整
- 提供未來增訂及相關研究之方向
- 本次修訂對工程造價之可能影響

修訂工作對未來港灣工程設計之可能影響

■ 基準在港灣構造物設計過程中所扮演之角色

國內外供設計者依循或參考之相關資料

- 設計規範 (Code, Specification)
- 設計手冊 (Manual)
- 設計指引 (Guideline)
- 設計基準或技術基準 (Standard)

對港灣工程沒有涉獵之設計者，應先修習或閱讀其他港灣工程之基本教材，再參閱本設計基準，對入門者，本基準可作為研讀相關設計資料之指引，對有經驗之設計者，本基準可作為設計之參考，對設計審核者，本基準則可作為審核之依據

■ SI制之引進

SI制較適合動力分析時之狀況，隨著動力分析之推廣，採用SI制將可避免不必要之困擾。

35

榕聲工程顧問有限公司

修訂工作對未來港灣工程設計之可能影響

■ 設計觀念之調整

- 作用外力之迴歸期分析
- 功能性設計之引進

■ 土壤及結構之互制行為

在碼頭篇中對鋼板樁圓筒式碼頭之設計有大幅之修正，將鋼板樁圓筒式碼頭之設計比照埋入式圓筒式碼頭加以調整

■ 耐震設計之調整

本次修訂所考量之因素較為週詳，依初步之分析顯示，修訂後之地震力與921後之基準相較，隨港口所在區域、地質狀況及基本震動週期而有所增減，其變動幅度與921後之變動相較明顯縮小，較能反應實際之狀況。

36

榕聲工程顧問有限公司

修訂工作對未來港灣工程設計之可能影響

■ 提供未來增訂及相關研究之方向

■ 增訂部分

- a. 新生地填築及地質改良
- b. 外海之專用碼頭
- c. 港灣規劃工作

■ 研究項目

- a. 強度設計法相關參數之確認
- b. 功能性設計相關設計參數及基準之研擬
- c. 動力分析在港灣構造物設計之運用

37

榕聲工程顧問有限公司

修訂工作對未來港灣工程設計之可能影響

■ 本次修訂對工程造價之可能影響

- 921地震後，港灣構造物之水平震度全面提昇，以台中港13公尺深之棧橋式碼頭為例，當水平震度由0.28提昇到0.33時，上部結構之工程費將增加9%，下部結構將增加18%，碼頭之整體工程費約提高14%。
- 本次修訂地震力所考量之因素較多， S_{aD} 值將隨地盤種類及結構物之基本震動週期而有所不同，國內各港口依擬修訂規範與現行規範之 S_{aD} 值，除基隆及高雄有全面提昇之現象外，其餘港口則隨著結構物之基本震動週期而有所不同，亦即本次耐震設計之修訂對工程造價之影響不若921之後那麼明顯。

38

榕聲工程顧問有限公司

七、耐震設計規範之修訂建議

港灣構造物耐震設計修訂概要

港灣構造物耐震設計基準之修訂重點

- 港灣構造物耐震設計目標之修訂
- 非剛性港灣結構物設計地震力之修訂
- 剛性港灣結構物設計地震力之修訂
- 工址水平譜加速度係數之引入及應用
- 最大考量地震與特殊耐震碼頭之設計要求
- 中小度地震與設計地震之合併考慮
- 部分用途係數之修訂
- 動力分析之必要性（包含歷時分析）

40

港灣構造物之耐震設計目標

1. 中小度地震：為回歸週期約30年的地震，其50年超越機率約為80%左右，地震過後結構體維持在彈性限度內，建築結構體沒有任何損壞。
2. 設計地震：為回歸週期475年之地震，其50年超越機率為10%左右。在此地震水平下結構物不得產生嚴重損壞，造成嚴重的人命及財產損失。
3. 最大考量地震：為回歸週期2500年之地震，其50年超越機率為2%左右。在此強烈地震作用下建築結構不產生崩塌。

41

榕聲工程顧問有限公司

非剛性港灣結構之設計地震力

- 非剛性結構物之設計地震力 (現行設計基準)

$$V = \frac{ZI}{1.2\alpha_y} \times \left(\frac{C}{F_u}\right) \times W$$

Z 為工址水平加速度係數

I 為用途係數

C 為工址正規化水平加速度反應譜係數

W 為結構物全部靜載重

F_u 為結構系統地震力折減係數

α_y 為始降伏地震力放大倍數

- 非剛性結構物之設計地震力 (修訂中基準)

$$V = \frac{S_{aD}I}{1.4\alpha_y F_u} \times W$$

S_{aD} 為工址設計水平譜加速度係數，隨結構物基本振動週期及工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數與而改變

S_{aD} 替代 ZC 之乘積 另外分母由 1.2 放大為 1.4

42

榕聲工程顧問有限公司

475年回歸週期地震力下碼頭之性能限制

重力式及版樁式	壁體	傾斜角	<3°
		正規化或法線位移量	d/H<1.5% 或 d<30cm
	岸肩	不均勻沉陷差	<10cm
與後線陸地沉陷差		<50cm	
向海側傾斜角		<3%	
棧橋式	鋼管基樁	容許韌性比	1.25+62.5(t/D)

43

榕聲工程顧問有限公司

剛性港灣結構之設計地震力

剛性結構物之設計地震力

$$V = \frac{ZI}{2} \times W = K_h \times W \quad 1995$$

$$V = \frac{ZI}{2\alpha_y} \times W = K_h \times W \quad 1999$$

- Z 為工址水平加速度係數
- I 為用途係數
- W 為結構物全部靜載重
- α_y 為起始降伏地震力放大倍數

剛性結構物之設計地震力

$$V = \frac{S_{aD}I}{1.2\alpha_y} = \frac{S_{DS}I}{3\alpha_y} \times W = K_h \times W$$

2002

- S_{DS} 為在考量工址地盤特性、可能斷層與震源距離等相關因素分析下所得之工址短週期水平譜加速度係數

44

榕聲工程顧問有限公司

港灣構造物之設計地震力

$$\left[\frac{S_{aD}}{F_u} \right]_m = \begin{cases} \frac{S_{aD}}{F_u} & ; \frac{S_{aD}}{F_u} \leq 0.3 \\ 0.52 \frac{S_{aD}}{F_u} + 0.144 & ; 0.3 < \frac{S_{aD}}{F_u} < 0.8 \\ 0.70 \frac{S_{aD}}{F_u} & ; \frac{S_{aD}}{F_u} \geq 0.8 \end{cases}$$

其 S_{aD}/F_u 值之設定比起現行港灣結構物設計基準中 $C/F_u \leq 1.1$ 之單一限定具有較大彈性。

45

榕聲工程顧問有限公司

一般工址設計水平加速度反應譜係數

較短週期	短週期	中週期	長週期
$T \leq 0.2T_0$	$0.2T_0 < T \leq T_0$	$T_0 < T \leq 2.5T_0$	$2.5T_0 < T$
$S_{aD} = S_{DS}$ ($0.4 + 3T/T_0$)	$S_{aD} = S_{DS}$	$S_{aD} = \frac{S_{D1}}{T}$	$S_{aD} = 0.4S_{DS}$

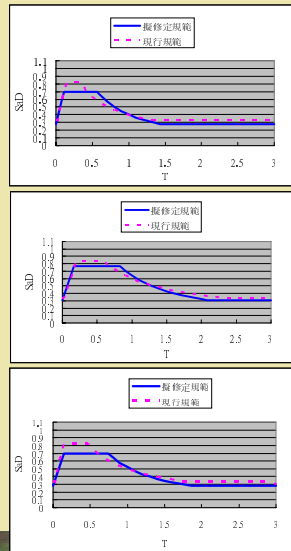
$$T_0 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

46

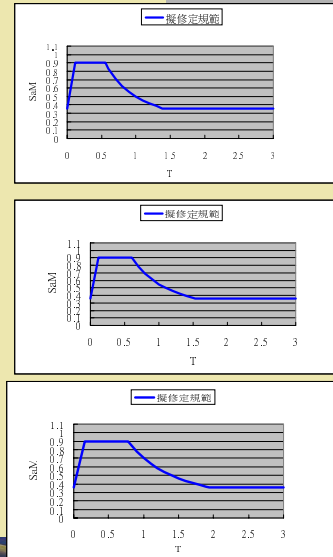
榕聲工程顧問有限公司

碼頭新舊規範設計地震力係數比較

台中港區一至三類地盤設計頻譜加速度係數



台中港區一至三類地盤最大頻譜加速度係數

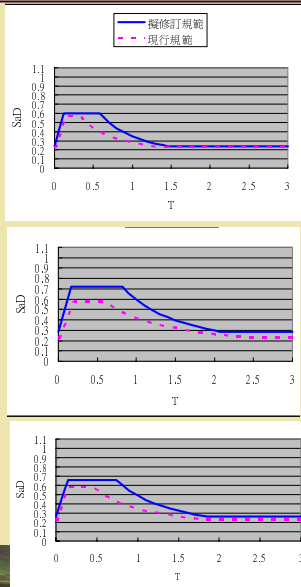


47

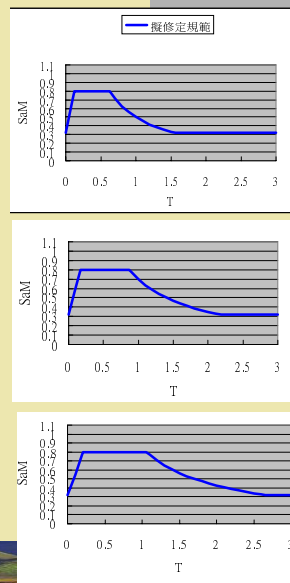
榕聲工程顧問有限公司

碼頭新舊規範設計地震力係數比較

高雄港區一至三類地盤設計頻譜加速度係數



高雄港區一至三類地盤最大頻譜加速度係數



48

公司

用途係數表

結構物之種類	結構物之特性	用途係數
特定	明顯具有A級結構物之特性1至3項之情形者	1.5
A 級	i. 結構物在遭受地震災害時，將有可能造成多數人命及財產之損失者。 ii. 負有震災後復建工作之重要任務者。 iii. 儲存有害或危險物品之結構物，在遭受地震災害時，將可能造成人命或財產之重大損失者。 iv. 結構物在遭受地震災害時，對於相關區域之經濟與社會活動將造成重大影響者。 v. 結構物在遭受地震災害時，其復舊作業經預測將相當困難者。	1.25
49 B 級	凡不屬於特定、A級及C級者	1.0
C 級	特定及 A級以外之小規模結構物，復舊作業容易進行者	0.8

結構動力分析方法

- 動力分析方法使用的時機
 - 動力分析使用時機為：若結構物之幾何形狀、質量分布、勁度變化等屬於不規則時，以靜力分析方法難以反映結構物在地震作用下的動態行為，應採用動力分析方法設計之。
- 多振態反應譜疊加法
 - 利用不同地震（單一方向）分量之反應譜作疊加計算，而得出同一構件或位置在受到不同地震分量同時作用下之整體反應，所得出之結果雖然與地震作用時之真實反應值並不完全一致，但在從事結構設計時卻足以代表結構之動力行為
- 非線性靜力分析法(側推分析)
 - 以結構之某一振態作振態側推分析得水平力及位移關係
 - 將側推力-位移圖轉為譜加速度(側推力/振態質量)-譜位移 (位移/振態參予係數)關係即容量曲線圖
 - 將設計譜加速度與週期之關係轉為與譜位移之關係即設計頻譜需求曲線
 - 結合容量曲線圖與設計頻譜需求曲線可得出交會之表現點(performance point)
 - 該點之值乘以振態參予係數得出結構體在不同震譜強度下之真實位移

50

歷時動力分析方法

- 輸入地震要求，至少三個與設計反應譜相符之水平地震紀錄，其應能確切反應工址設計地震(或最大考量地震)之地震規模、斷層距離與震源效應
- 針對任一個水平地震紀錄，計算其5%阻尼之反應譜。同時，調整地震紀錄使得位於0.2T至1.5T週期範圍內任一點之譜加速度值不得低於設計譜加速度值之90%及於此週期範圍內之平均值不得低於設計譜加速度值之平均值
- 線性歷時分析之調整係數為 $I/(1.4\alpha_y F_u)$
- 構材之非線性分析模型須要能確切反映構材真實之非線性行為；非線性歷時分析所得之反應值不得再以調整係數予以折減

51

榕聲工程顧問有限公司

多振態反應譜疊加法-1

- 決定結構系統參數：包括結構之質量矩陣m、勁度矩陣k及系統之阻尼
- 決定結構系統之自然頻率及相對應之振態
- 計算第n個振態之最大反應(Peak response)，其步驟如下：
 - 從對應之自然頻率、阻尼比以及地震反應譜(或設計反應譜 Design spectrum)中求出變形(Deformation)及擬加速度(Pseudo acceleration)值
 - 從右式中計算出相關位移 $u_{jn} = \Gamma_n \phi_{jn} D_n$

52

榕聲工程顧問有限公司

多振態反應譜疊加法-2

- 計算出等量之靜側向力(Equivalent static lateral force)如下式

$$f_n = s_n A_n$$

- 利用靜力分析法，將上述側向力作用時之各構件之剪力及彎矩力求出
- 最後利用多振態反應譜求出之反應值疊加為所需之反應值，方法包括CQC(Complete quadratic combination)法則，SRSS(square-root-of-sum-squares)疊加法等

53

榕聲工程顧問有限公司

SRSS疊加法

- 平方和的方根值法，Square Root of Sum of Square

$$r_0 \cong \left(\sum_{n=1}^N r_{no}^2 \right)^{1/2}$$

$$u_1 \approx \sqrt{(7.2501)^2 + (2.1391)^2} = 7.5591 \text{ _in}$$

$$u_2 \approx \sqrt{(18.7292)^2 + (-1.6556)^2} = 18.8022 \text{ _in}$$

54

榕聲工程顧問有限公司

八、結論與建議

結論

1. 本次耐震設計修訂係以2002年版之「建築物耐震設計規範及解說修訂草案」為準，依地質基本震動週期與921後之基準相較互有增減。
2. 港灣構造物須考量材料腐蝕、混凝土保護層、船舶靠泊之撞擊力等因素，外海地區之構造物則須另外考量波浪、海流之作用力及基礎可能之淘刷等問題，除外在環境考量不同，結構物本身與一般基本學理並無不同。
3. 港灣構造物依其使用上之定位，其功能性、重要性不同，故應採用功能性設計為一較合理之設計程序，值得加以推動，惟功能性設計之相關設計參數應及早建立以方便業者使用。

結論

4. 民間企業所投資興建之碼頭因緊臨其後線廠區，碼頭已成為生產設備之一部份，僅能對其後線之業者提供服務，此類具專用性質之碼頭很可能隨著產業之變遷或轉型而進行改建，產業之生命週期一般而言較結構物之使用年限為短，此類配合產業需求所興建之專用設施，在功能、定位及相關設計參數之訂定上值得再加斟酌考量，適當調整業者之投資額度，增加產品之競爭力。

57

榕聲工程顧問有限公司

建議

1. 國內港灣構造物設計基準係以日本之港灣構造物技術基準為藍本，配合國內之需求及現況所研擬之設計參考資料，日本每十年即出版修訂之技術基準，國內雖亦配合辦理相關修訂工作，但在時效上皆有落差，建議未來可將作業時程前移，以方便港灣工程界及早取得較新之資訊。
2. 港灣設計基準除了參考日本之技術基準及其他國外之相關技術資料外，有關耐震設計、強度設計法、功能性設計等，應考量國內之施工環境建立本土化之設計參數，建議未來應辦理相關之研究並將其結果作為修訂設計基準之參考，以加速未來基準修訂工作之進行並提供國內業者最新本土化之設計資訊。

58

榕聲工程顧問有限公司

建議

3. 國內港灣構造物設計基準之內容較適合作為有經驗之設計者或審核人員之參考資料，對初學者或缺乏港灣工程經驗之設計者，直接採用可能會導致考慮欠週詳之設計，應參考國外設計手冊加入設計案例介紹，並對整個設計過程有明確之解說，以供相關從業人員使用，提昇設計之水準，避免不必要之錯誤。
4. 港灣構造物之主要外力為地震及波浪，有關地震部份，有明確之規範可依循；波浪部份則未如地震力明確。建議由公部門主導，進行台灣地區各海域之分析，訂定各海域不同迴歸期不同波向之設計波高及週期，作為設計之依據，如此可降低人為錯誤之機率並避免資源之浪費，提升工程之安全性。

59

榕聲工程顧問有限公司

建議

5. 本次基準修訂對設計工作之衝擊主要為耐震設計之修訂及風險管理觀念之引進，惟修訂後之基準其適用性仍須各界試用得到量化之數據方能作進一步之評估，建議先將修訂之基準交由各港務局及相關單位試用相當期限後，再召開相關會議彙整各方意見，將內容再作調整以符合各方之需求及增加基準之適用性。
6. 建議設置常設之機構進行港灣構造物設計基準之修訂及相關研究工作之推展，並定期召開協調會或座談會，廣納各界之意見，經由平時之交流，了解業者之需求，發行相關之出版物供各界參考，時機成熟時再對設計基準進行修訂工作，對基準之使用時效及適用性將有相當大之助益。

60

榕聲工程顧問有限公司