109-020-7B67
MOTC-IOT-108-H1DB001h

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂

交 通 部 運 輸 研 究 所
中華民國 109 年 2 月

109-020-7B67
MOTC-IOT-108-H1DB001h

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂

著者：胡啟文、賴瑞應、朱志誠、丁金彪、張文奐、陳建中、林俊達、郭少谷、賴彥廷、莊家碩、柯昶亨

交通部運輸研究所
中華民國 109 年 2 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂 / 胡啟文等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民 109.02
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-083-7(平裝)

1.港埠工程 2.港埠管理

443.2 108023149

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂

著　　者：胡啟文、賴瑞應、朱志誠、丁金彪、張文奐、陳建中、林俊達、郭少谷、賴彥廷、莊家碩、柯昶亨
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網　　址：www.ihmt.gov.tw (中文版＞中心出版品)
電　　話：(04) 26587170
出版年月：中華民國 109 年 2 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　　價：300 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市:10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1:電話:(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1010900119　　ISBN： 978-986-531-083-7（平裝）
著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

109

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂

交通部運輸研究所

GPN: 1010900119

定價:300 元

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-083-7(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010900119</td><td>運輸研究所出版品編號
109-020-7B67</td><td>計畫編號
MOTC-IOT-108-H1DB001h</td></tr>
<tr><td>主辦單位：港灣技術研究中心
主管：蔡立宏
計畫主持人：胡啟文
研究人員： 賴瑞應
聯絡電話：04-26587119
傳真號碼：04-26564418</td><td colspan="2">合作研究單位：台灣世曦工程顧問股份有限公司
計畫主持人：朱志誠
研究人員：丁金彪、張文奐、陳建中、林俊達、郭少谷、賴彥廷、莊家碩、柯昶亨
聯絡電話：02-87973567
傳真號碼：02-87973379</td><td>研究期間
自 108 年 02 月
至 108 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：設計基準、防波堤、碼頭</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
交通部於 85 及 86 年分別頒布「港灣構造物設計基準」-第一部份「防波堤設計基準及說明」及第二部分「碼頭設計基準及說明」，距今已超過 20 年，期間交通部雖曾於 89 年因應 921 地震修訂部份條文，本所亦曾於 99 年及 102 年完成工程材料之混凝土與鋼鐵材料部份條文修訂工作，並報部頒布施行，惟隨著時空環境之改變，此一設計基準之內容實有必要進行檢討修訂，期使基準能符合國內港埠發展建設之規劃設計及維護管理所需。
本計畫主要基於本所 96 年完成之「港灣構造物設計基準增補研究(一)」成果，蒐集國內外相關基準及研究成果，依部頒規範格式修訂條文後，各篇組成初審小組進行初審工作，並完成基準各篇章初審，提供交通部進行複審並頒布施行之參據。

研究成果效益：
完成港灣構造物設計基準之條文修訂，做為交通部未來複審的參據。

提供應用情形：
修訂基準報部頒布施行供交通部航港局、臺灣港務公司、縣市政府、工程顧問公司...等相關單位使用，提昇港灣構造物性能，滿足運輸安全需求。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本出版品取得方式</td></tr>
<tr><td>109 年 2 月</td><td>570</td><td>300</td><td>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。</td></tr>
<tr><td colspan="4">機密等級：
□密□機密 □極機密 □絕對機密
（解密條件：□ 年 月 日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，
□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）
■普通</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

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

TITLE： A Discussion on the Amendments to and Revision of the Harbor Structure Design Criteria

ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-531-083-7(pbk)	1010900119	109-020-7B67	MOTC-IOT-108-H1DB001h

DIDIVISION：Harbor & Marine Technology Center
DIDIVISION DIRECTOR： Li-Hung Tsai
PPRINCIPAL INVESTIGATOR： Chi-Wen Hu
PROJECT STAFF： Jui-Ying Lai
PHONE：04-26587119
FAX： 04-26564418

PROJECT PERIOD
FROM February 2019
TO November 2019

RESEARCH AGENCY：CECI ENGINEERING CONSULTANTS, INC., TAIWAN
PRINCIPAL INVESTIGATOR：Jyh-Cheng Chu
PROJECT STAFF：Jin-Bian Ding, Wen-Huan Chang, Chien-Chung Chen, Chun-Ta Lin, Shao-Gu Kuo, Yen-Ting Lai, Chia-So Chuang, Chang-Heng Ke
ADDRESS：7F., NO.323 Yangguang St., Neihu District, Taipei 11491, Taiwan
PHONE：02-87973567
FAX：02-87973379

KEY WORDS： Design Criterion, Breakwater, Wharf

Abstract：

The Design Criterion of Harbor Structures - Part I: Breakwater Design Criteria and Descriptions and Part II: Warf Design Criteria and Descriptions, promulgated by MOTC in 1996 and 1997 respectively, has spanned over a period of two decades. During the period, some part of provisions had been revised to cope with the Chi-Chi earthquake in 2000, while other revisions on engineering materials of concrete and steel had also been made in 2010 and 2013, for MOTC to promulgate and implement. With the changes of time and space, it's become obvious that further review and revision are required in order to meet the needs of planning and maintenance management of the domestic harbor development and construction.

Based on the outcome of the 2007 Design Criteria of Harbor Structures (1st ed.) by the Institute, the project aims to collect related criteria and research results both at home and overseas, to complete the initial review in accordance with the format stipulated by MOTC as the references for secondary review, as well as promulgation and implementation.

Benefits of research results:

To provide the revised design criteria of harbor structure as a basis for the MOTC's secondary review.

Applications:

After promulgation, the revised criteria will be used to improve the structural performance and the transportation safety requirements of Maritime and Port Bureau, Taiwan International Ports Corporation (T.I.P.C), county governments, engineering consultants and other related agencies.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
February 2020	570	300	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■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條文增補研議與編修擬訂

目　錄

中文摘要 I

英文摘要 II

目錄 ..... Ⅲ

圖目錄 ..... Ⅶ

表目錄 ..... Ⅸ

第一章　前言 1-1

1.1　研究緣起及目的 1-1

1.2　研究內容及工作項目 1-1

1.3　初審會議辦理過程 1-2

第二章　液化天然氣碼頭之需求探討 2-1

2.1　前言 2-1

2.2　LNG 船型資料蒐集及發展趨勢分析 2-1

2.2.1　現有 LNG 船船型及新訂船趨勢 2-1

2.2.2　現有 LNG 船及新訂船尺寸分析 2-2

2.3　國內外 LNG 船之進出港相關作業案例蒐集 2-4

2.4　LNG 碼頭配置規劃 2-6

2.4.1　平面配置規劃 2-6

2.4.2　斷面型式選擇 2-7

2.5　LNG 碼頭繫纜評估 2-8

2.5.1　LNG 船繫泊及作業期間之容許運動範圍 2-8

2.5.2　LNG 船繫泊及作業期間之安全繫纜模式 2-10

2.5.3 LNG 船繫泊及作業期間之環境作用力 2-10
2.5.4 繫泊設施受力評估條件.....2-12
2.6 繫泊監控系統 2-13
2.7 建議增補或修訂內容 2-20
第三章 風電碼頭之議題探討.....3-1
3.1 前言 3-1
3.2 國外離岸風場專用碼頭案例蒐集分析 3-2
3.3 國外離岸風場施工船機案例蒐集分析 3-9
3.3.1 自升式起重船(Jack-up crane ships) 3-10
3.3.2 自升式起重駁船(Jack-up crane barges) 3-12
3.4 離岸風電碼頭作業規劃需求.....3-16
3.4.1 離岸風電碼頭承載規劃考量 3-16
3.4.2 離岸風電構件碼頭堆置及載運需求 3-19
3.5 建議增補或修訂內容.....3-26
第四章 遊艇碼頭之議題探討.....4-1
4.1 前言 4-1
4.2 國內遊艇港發展概況.....4-1
4.2.1 龍洞遊艇港.....4-2
4.2.2 後壁湖遊艇港.....4-5
4.2.3 布袋遊艇港.....4-7
4.3 遊艇特性 4-9
4.3.1 遊艇之定義.....4-9
4.3.2 遊艇之種類.....4-9
4.3.3 遊艇之尺寸.....4-10

4.4 遊艇碼頭特性 4-11
4.4.1 定義 4-11
4.4.2 遊艇碼頭設施項目 4-11
4.4.3 遊艇碼頭設施概要及說明 4-12
4.5 建議增補或修訂內容 4-15
4.5.1 國內外遊艇碼頭規劃設計規範彙整 4-15
4.5.2 本研究規範引用原則 4-16
第五章 結論與建議 5-1
5.1 結論 5-1
5.2 建議 5-2
5.3 研究成果及其效益 5-3
5.4 提供應用情形 5-3

參考文獻 參-1
附錄一 港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂成果. 附錄一-1
附錄二 本次修訂內容摘要表 附錄二-1
附錄三 期中報告審查會議意見及回應表 附錄三-1
附錄四 歷次初審會議評論及辦理情形 附錄四-1
附錄五 期末報告審查意見處理情形表 附錄五-1
附錄六 期末報告審查會議簡報 附錄六-1

圖 目 錄

圖 2.1 LNG 船型艘數統計分布圖 2-2
圖 2.2 典型 LNG 之碼頭配置原則 2-6
圖 2.3 船體運動型態示意圖 2-9
圖 2.4 典型繫纜模式 2-10
圖 2.5 卸收碼頭繫泊系統示意圖 2-13
圖 2.6 靠泊雷射輔助系統組成圖 2-14
圖 2.7 室外大型顯示面板示意圖 2-15
圖 2.8 快速解纜鉤示意圖 2-16
圖 2.9 遠程脫纜系統示意圖 2-17
圖 2.10 光纖聯結、電聯結與氣動聯結系統示意圖 2-19
圖 2.11 船岸通訊聯結系統示意圖 2-19
圖 3.1 歐洲登記離岸風場碼頭位置分布圖 3-3
圖 3.2 JU004 自升式起重船示意圖 3-11
圖 3.3 MPI Resolution 自升式起重船示意圖 3-12
圖 3.4 JU001 自升式起重駁船示意圖 3-13
圖 3.5 JB - 117 自升式起重駁船示意圖 3-14
圖 3.6 JU059 自升式起重駁船示意圖 3-15
圖 3.7 套管式支撐結構橫放堆置於碼頭後線 3-19
圖 3.8 套管式支撐結構直立堆置於碼頭後線 3-20
圖 3.9 套管式支撐結構運載方式 3-21
圖 3.10 塔柱橫放堆置於碼頭後線 3-22
圖 3.11 塔柱第三節直立堆置於碼頭後線 3-22
圖 3.12 塔柱構件運載方式 3-23

圖 3.13　機艙堆置於碼頭後線 3-23
圖 3.14　機艙運載方式 3-24
圖 3.15　葉片堆置於碼頭後線 3-24
圖 3.16　葉片吊放方式 3-25
圖 3.17　葉片運載方式 3-25
圖 4.1　臺灣可供遊艇泊靠港口位置分佈圖 4-2
圖 4.2　龍洞遊艇港配置及附屬設施圖 4-4
圖 4.3　後壁湖遊艇港配置及附屬設施圖 4-6
圖 4.4　布袋遊艇港配置及附屬設施圖 4-8
圖 4.5　遊艇碼頭設施項目示意圖 4-12
圖 4.6　浮棧橋配置示意圖 4-13
圖 4.7　浮棧橋組成示意圖 4-14

表 目 錄

表 1-1　各篇初審委員名單 1-2
表 2-1　現況 LNG 船型統計表 2-3
表 2-2　新訂 LNG 船型統計表 2-3
表 2-3　國內外 LNG 船進出港波高限制 2-4
表 2-4　國內外 LNG 船進出港風速限制 2-5
表 2-5　國內外 LNG 船進出港能見度限制 2-5
表 2-6　卸收碼頭斷面型式比較表 2-8
表 2-7　繫靠船舶之容許運動範圍 2-9
表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表 3-4
表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表(續 1).....3-5
表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表(續 2).....3-6
表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表(續 3).....3-7
表 3-2　歐洲離岸風場碼頭彙整表 3-8
表 3-3　風機安裝船 (Wind Turbine Installation Vessel , WTIV).....3-9
表 3-4　自升式駁船(Jack Up Barges , JUB) 3-10
表 3-5　JU004 自升式起重船尺寸單元表.....3-11
表 3-6　MPI Resolution 自升式起重船尺寸單元表.....3-12
表 3-7　JU001 自升式起重駁船尺寸單元表.....3-13
表 3-8　JB - 117 自升式起重駁船尺寸單元表.....3-14
表 3-9　JU059 自升式起重駁船尺寸單元表.....3-15
表 3-10　離岸風力機(5 MW)構件參數表 3-17
表 3-11　離岸風力機主要構件尺寸特性與需求表 3-17
表 3-12　套管式支撐結構之特性與空間需求參數表 3-18

表 4-1　一般動力遊艇尺寸表 4-10
表 4-2　遊艇碼頭設施項目表 4-11
表 4-3　國內外遊艇碼頭規劃設計規範彙整表 4-15
表 4-4　港灣構造物共通之設計規範彙整表 4-16

第一章　前言

1.1　研究緣起及目的

交通部於 85 及 86 年分別頒布「港灣構造物設計基準」-第一部分「防波堤設計基準及說明」及第二部分「碼頭設計基準及說明」，距今已超過 20 年，期間交通部雖曾於 89 年因應 921 地震修訂部份條文，本所亦曾於 99 年及 102 年完成工程材料之混凝土與鋼鐵材料部份條文修訂工作，並報部頒布施行，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修訂，期使基準能符合國內港埠發展建設之規劃設計及維護管理所需。

針對「港灣構造物設計基準」進行基準相關條文修訂工作，期使我國港灣構造物設計基準能符合國內規劃設計所需，滿足運輸安全需求及港埠之永續發展，進而促進國家之經濟繁榮。

1.2　研究內容及工作項目

本計畫主要基於本所 96 年完成之「港灣構造物設計基準增補研究(一)」成果，蒐集國內外相關基準及研究成果，依部頒規範格式修訂條文，工作項目如下所示：

一、 第七篇防波堤條文修訂(設計原則、基本設計、細部設計、漂砂對策、管理與維修...)、格式編排。

二、 第八篇碼頭工程條文修訂(重力式、板樁式、圓筒式、棧橋式、平版樁基式、其它型式碼頭...)、格式編排。

三、 第九篇專門碼頭條文修訂(貨櫃、渡輪碼頭...)、格式編排。

四、 基準部分篇章增補、格式編排，並調整第一至六篇之條文內容。

1.3　初審會議辦理過程

各篇組成初審小組進行初審工作(各篇初審委員詳表名單 1-1)，各篇初審會議辦理日期列示如下：

一、 第七篇防波堤

第一次初審會議：108 年 07 月 25 日 09 時 00 分。

第二次初審會議：108 年 08 月 21 日 09 時 00 分。

二、 第八篇碼頭工程

第一次初審會議：108 年 07 月 26 日 13 時 30 分。

第一次初審會議：108 年 08 月 01 日 09 時 00 分。

三、 第九篇專門碼頭

第一次初審會議：108 年 08 月 01 日 13 時 30 分。

所完成基準各篇章初審(會議評論及辦理情形詳附錄四)，將提供交通部頒布施行之參據。

表 1-1 各篇初審委員名單

篇章	任職單位	委員
第七篇 防波堤	海洋大學	蔡瑤堂 教授
	交通大學	張憲國 教授
	海洋大學	翁文凱 教授
	中興公司	許國強 經理
	宇泰公司	胡聰明 副總
	浩海公司	姚武田 副總
第八篇 碼頭工程	海洋大學	郭世榮 教授
	中興公司	陳宗欽 工程師
	宇泰公司	黃來旺 督導
	浩海公司	姚武田 副總
第九篇 專門碼頭	海洋大學	蔡瑤堂 教授
	海洋大學	郭世榮 教授
	中興公司	鄧耀里 工程師
	宇泰公司	黃來旺 督導
	浩海公司	姚武田 副總

第二章　液化天然氣碼頭之議題探討

2.1　前言

液化天然氣(Liquefied Natural Gas，LNG)具有乾淨、安全、高效率之優點，為化石燃料中較為潔淨之能源，燃燒時無硫氧化物(SOx)產生，而產生之氮氧化物(NOx)為煤炭之 20%～37%，二氧化碳(CO_2)為煤炭之57%，是世界各國為改善空氣污染及減少排放二氧化碳所採用能源選項之一。加上天然氣可協助各國達到能源多元化目標，減少對進口石油的依賴，且天然氣的使用可以藉由複循環發電來提高能源使用效率，故天然氣預期將是全球成長最快的初級能源。

為邁向 2025 非核家園目標，並兼顧國際減碳承諾，因應國內外政經情勢及能源環境的快速變遷與挑戰，政府現已推動新能源政策，將朝積極多元創能，促進潔淨能源發展方向邁進，增建天然氣卸收、輸儲設備，以擴大液化天然氣使用與發電為主要目標，預估國內液化天然氣用量將大幅增加。

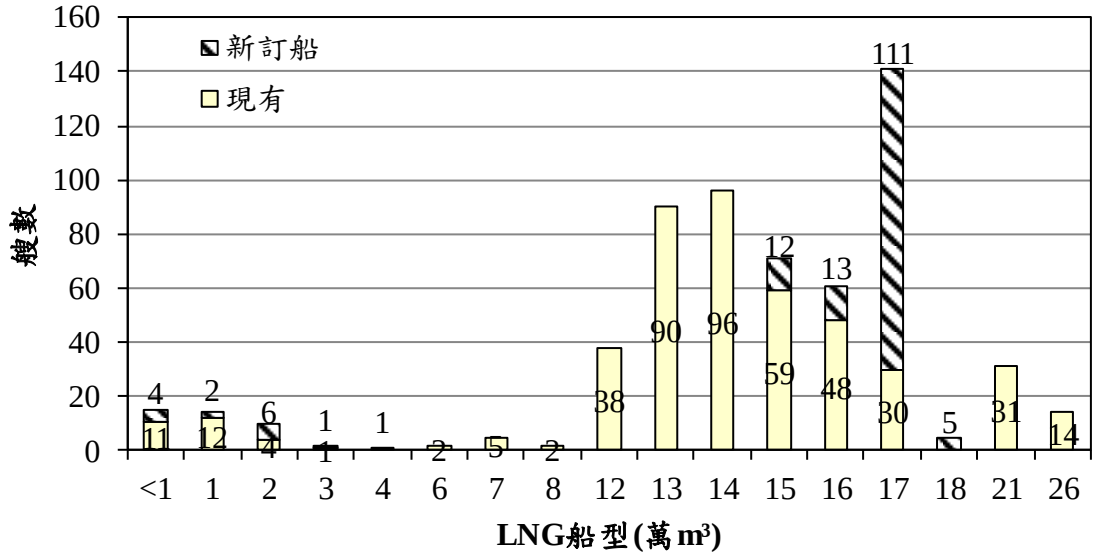
由於我國液化天然氣現況主要以液化天然氣船自國外輸送至國內，故需要專門碼頭及相關設備進行卸收作業；而液化天然氣本身具易燃及易爆之特性，故於相關港埠設施規劃時，應特別注意液化天然氣船進出港時之自然條件限制、碼頭平面配置(各平台相對位置)及繫纜要求等，並配合設置繫泊監控系統，以降低作業時之潛在風險。故在未來相關需求日益蓬勃下，實有需要針對其相關港埠設施製訂規範，以滿足整體安全需求。

2.2　LNG 船型資料蒐集及發展趨勢分析

2.2.1　現有 LNG 船船型及新訂船趨勢

根據 105 年 1 月之 Clarksons Research 資料庫統計，現有 LNG 船舶艘數及新訂船舶艘數分布詳圖 2.1 所示。由該圖可知，現有 LNG 船舶分布集中在 12～17 萬 m^3 級間，並以 14 萬 m^3 級為最大宗約 96 艘，其次為 13 萬 m^3 級約 90 艘，而現況大於 21 萬 m^3 級之 LNG 船舶約 45 艘，船齡

約 5～9 年。預計未來五年內交船之新訂 LNG 船舶多分布在 4 萬 m^3 級以下及 15～17 萬 m^3 級間，其中又以 17 萬 m^3 級新訂船舶為大宗，約達 111 艘，其中大於 21 萬 m^3 級之 LNG 船則暫無新訂單，顯示近年來鮮少訂製該等大型 LNG 船舶。綜合分析 LNG 現況及新訂船舶之船型分布，顯示未來 5 年內 15 萬 m^3～17 萬 m^3級船型可能成為 LNG 船之主力船型。而市場上最大船型仍以現有 26 萬 m^3級船型為最大，皆為卡達液化瓦斯公司 Qatar Gas 所有。



資料來源：Clarksons Research (105.1)；本計畫彙整。

圖 2.1　LNG 船型艘數統計分布圖

2.2.2　現有 LNG 船及新訂船尺寸分析

進一步統計現有 LNG 船舶及新訂 LNG 船之船型尺寸分布，詳表 2-1 及表 2-2 所示。由該表可知，現有 LNG 船以 14 萬 m^3 級為大宗，平均船噸數為 80,588DWT，平均船長 286.7m、平均船寬 45.0m、平均滿載吃水深 12.1m；最大之 LNG 船型為 26 萬 m^3 級，平均船噸為 135,520DWT，平均船長 345.2m、平均船寬 53.7m、平均滿載吃水深 12.5m。而新訂 LNG 船型則以 17 萬 m^3 級為大宗，平均船噸為 89,723DWT、平均船長為 294.9m、平均船寬 47.2m、平均滿載吃水深 12.1m。顯示現有 LNG 船與新訂主力船型，滿載吃水深多在 12.5m 內，其間的差異主要來自船長與船寬，其中船長部分常主控其對平面水域空間大小的需求。

表 2-1　現況 LNG 船型統計表

船型大小 (m^3)	艘數	平均 DWT	平均 船長(m)	平均 船寬(m)	平均 滿載吃水深(m)
0～9,999	11	2,432.0	87.2	15.0	4.7
10,000～19,999	12	11,022.2	141.7	22.9	7.9
20,000～29,999	4	18,812.8	173.0	27.0	8.8
30,000～39,999	1	16,250.0	184.7	28.1	7.4
60,000～69,999	2	35,760.0	219.2	34.0	9.5
70,000～79,999	5	43,498.2	234.6	34.9	9.8
80,000～119,999	2	48,817.0	239.0	40.0	11.0
120,000～129,999	38	70,910.9	279.0	44.6	11.5
130,000～139,999	90	74,440.2	284.1	44.4	11.8
140,000～149,999	96	80,588.0	286.7	45.0	12.1
150,000～159,999	59	84,634.9	289.0	44.7	12.2
160,000～169,999	48	85,418.9	286.8	44.0	12.3
170,000～179,999	30	90,753.9	293.8	46.3	12.3
210,000～219,999	31	114,894.7	315.0	50.0	12.9
260,000～269,999	14	135,520.2	345.2	53.7	12.5
總計/平均值	443	79,103.9	278.9	43.7	11.7

資料來源：Clarksons Research (105.1)；本計畫彙整。

表 2-2　新訂 LNG 船型統計表

船型大小 (m^3)	艘數	平均 DWT	平均 船長(m)	平均 船寬(m)	平均 滿載吃水深(m)
0～9999	4	4,200.0	108.8	17.7	5.3
10000～19999	2	14,750.0	125.8	22.7	6.5
20000～29999	6	20,875.7	179.4	26.9	9.4
30000～39999	1	25,000.0	181.0	28.0	7.8
40000～49999	1	40,000.0	-	-	-
150000～159999	12	79,686.8	291.1	48.9	11.5
160000～169999	13	83,251.5	293.8	47.7	11.7
170000～179999	111	89,722.8	294.9	47.2	12.1
180000～189999	5	96,000.0	294.7	49.2	12.2
總計/平均值	155	82,027.7	282.4	45.7	11.6

資料來源：Clarksons Research (105.1)；本計畫彙整。

2.3 國內外 LNG 船之進出港相關天候條件限制案例蒐集

蒐集國內外 LNG 接收站於操航及靠泊的海氣象限制條件，如表 2-3～表 2-5 所示。於進港波高限制條件的設定，各國對於 LNG 船大都以 1.0m～1.5m 左右為界限，比利時、法國及美國僅以風速限制。於進出港風速限制條件的設定，大都以 12m/sec 左右為界限，其中日本 NEGISHI 港進港風速限制為 15m/sec，為各 LNG 港進港風速限制之最大值；而日本 NIHONKAI LNG 港的進港風速限制為 10m/sec，為各港口風速限制之最小值。於能見度限制方面，大都以 1.0mile 為最低限制範圍。

表 2-3　國內外 LNG 船進出港波高限制

國　　別	接　收　站	波高限制
中華民國	永安	1.2 m
	台中	1.5 m
日　　本	NEGISHI	1.5 m
	FUTTU	1.2 m
	CHITA LNG	1.0 m
	SENBOKU　NO.1	1.5 m
	SENBOKU　NO.2	1.2 m
	TOBATA	1.5 m
	NIHONKAI LNG	1.2 m
比 利 時	ZEEBRUGGE	(以風速限制)
法　　國	MONTOIR	(以風速限制)
美　　國	LAKE CHARIS	(以風速限制)

資料來源：1.「臺中港設置液化天然氣儲卸規劃之研究」，臺中港務局，92 年。

2.本計畫整理。

表 2-4　國內外 LNG 船進出港風速限制

國　　別	接　　收　　站	風速限制
中華民國	永安	12 m/s
	台中	12 m/s
日　　本	NEGISHI	15 m/s
	FUTTU	12 m/s
	CHITA LNG	10 m/s
	SENBOKU　NO.1	13 m/s
	SENBOKU　NO.2	12 m/s
	TOBATA	12 m/s
	NIHONKAI LNG	10 m/s
比 利 時	ZEEBRUGGE	13.9 m/s
法　　國	MONTOIR	11 m/s
美　　國	LAKE CHARIS	13 m/s

資料來源：1.「臺中港設置液化天然氣儲卸規劃之研究」，臺中港務局，92 年

2.本計畫整理

表 2-5　國內外 LNG 船進出港能見度限制

國　　別	接　　收　　站	能見度限制
中華民國	永安	1.0nm
	台中	2.0nm
日　　本	NEGISHI	1,000 m
	FUTTU	1.0 mile
	CHITA LNG	1.0 mile
	SENBOKU　No. 1	1.0 mile
	SENBOKU　No. 2	1.0 mile
	TOBATA	1.0 mile
	NIHONKAI LNG	1.5 mile
比 利 時	ZEEBRUGGE	0.5nm
法　　國	MONTOIR	1.0nm
美　　國	LAKE CHARIS	3.0 mile

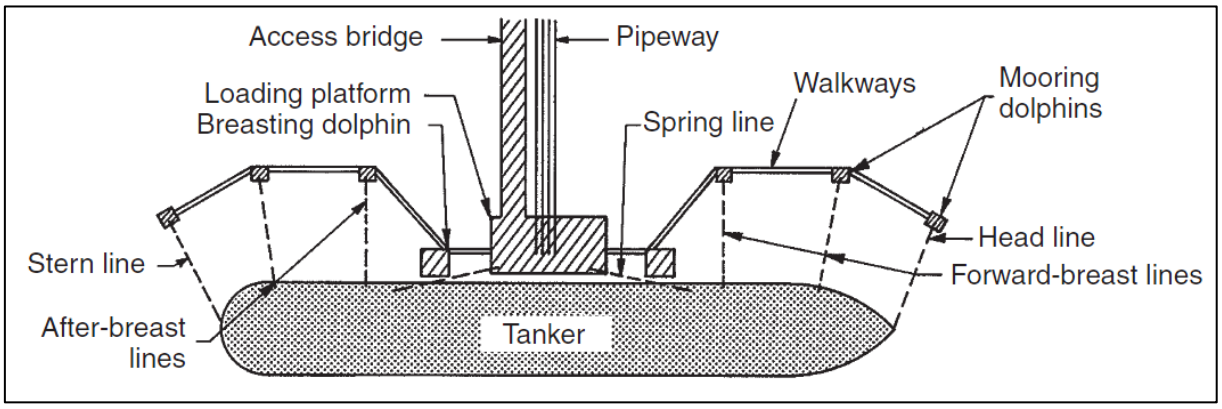
資料來源：1.「臺中港設置液化天然氣儲卸規劃之研究」，臺中港務局，92 年

2.本計畫整理

2.4 LNG 碼頭配置規劃

2.4.1 平面配置規劃

LNG 船進行卸料作業時，須搭配卸料臂管線進行，船上卸料出口位置設置於固定之區域，船舶進行卸料作業時係以岸上固定之卸料臂和船上設施連接直接以管線泵送至後線儲槽區；因卸料臂係固定於碼頭上，卸料作業進行時，船舶無須機具協助，僅需足夠泊靠設施供船舶繫纜，即可滿足靠泊需求。一般 LNG 卸收碼頭主要由卸料平台、靠船平台、繫纜平台、管溝槽等設施所構成，其典型 LNG 碼頭配置型式詳圖 2.2 所示。以下參酌國外相關規範，就碼頭諸元配置基本需求說明如后。



資料來源：Carl A. Thoresen, Thoresen Port Designer handbook(Third edition, 2014), figure 3.12

圖 2.2 典型 LNG 之碼頭配置原則

一、碼頭基本長度(兩端繫纜平台間距)

碼頭長度需滿足最大卸收船型及對繫纜應力的要求。

二、卸料平台

LNG 船卸料時係利用卸料臂與船上管線相連後，直接將 LNG 泵送至岸上之儲槽。一般 LNG 船在靠泊時約與卸料平台保持一定距離，避免船舶直接碰撞平台，以確保卸料平台及附屬裝卸設施之安全性。

三、靠船平台

LNG 船靠泊碼頭時，係以船體直接與卸料平台兩側之靠船平台之防舷材接觸後，再利用拖船及纜繩調整船舶之位置。靠船平台一般佈設卸料平台二側，前緣設置防舷材，以承載船舶靠岸時之衝擊力，及停泊時所受之風力、波力及流力等。依據”Port Designer handbook”(圖 2.2)建議，靠船平台間距應介於 0.25～0.4 倍船長。

四、繫纜平台

依據”Port Designer handbook”(圖 2.2)建議，繫纜平台可採對稱佈置，惟繫纜墩佈設及繫纜設施之受力評估，為 LNG 碼頭規劃之重點，另詳 2.5 節所述。

五、服務平台及人行橋

服務平台主要目的係供進港船舶補給作業，人行橋則配置於裝卸平台、靠船平台及繫船平台間，以供作業人員通行。

六、LNG 管溝廊道

管溝主要係提供 LNG 碼頭與廠區、LNG 輸送相關管線及公共管線之佈設；聯絡道路則係供管線維修時，維修車輛通行使用。

2.4.2 斷面型式選擇

卸收碼頭之主要構造包括卸料平台、靠船平台、繫船平台及服務平台，可資選擇之構造型式包括樁基式平台及沉箱式平台等兩種，針對此兩種平台構造之適用性整理如表 2-6 所示，由表可知沉箱式平台具有施工容易、管理維護簡單等優點，但其自重較大，較適合卵礫石或堅硬土層等承載力較高之海床；而樁基式平台須在海上打樁，又需施作斜樁，較適合淺層土層較為疏鬆，但具深層承載層之地質條件，實際選用之基礎則應依地質條件決定之。

表 2-6　卸收碼頭斷面型式比較表

評估項目	樁　基　式　平　台	沉　箱　式　平　台
波浪條件	• 波浪可穿透，對入侵後方護岸之波高降低助益不大。 • 基樁上方平台受波浪揚壓力影響，須提高平台高度或特別固定考量。	• 波浪不可穿透，形成繞射現象，對入侵後方護岸之波高有降低效果。 • 沉箱底面承受上揚力，但因自重大不需特別考量。
地質條件	• 工址地表層為薄砂層，基樁打設施工容易。	• 地盤承載力良好，沉箱式碼頭屬筏式淺基礎，適合使用。
使用條件	• 直樁承受水平外力時，變位量較大。 • 斜樁可克服水平變位，承載力要求高。 • 由基樁來提供碼頭所需承載力，碼頭垂直變位小。	• 沉箱壁體厚重，抵擋水平外力時，水平變位極小。 • 地質良好，壓密沉陷量小，不影響 LNG 碼頭營運。
施工條件	• 須增加鋼管樁焊接加工及堆置施工場地，不利作業安排。 • 海上打樁施工時間長，易受海象環境變化而影響工進。	• 與防波堤共用沉箱製造之施工碼頭、施工場地及相關設備。 • 沉箱製作在遮蔽水域，國內已累積豐富建港施工經驗，施工無困難
維護難易	• 鋼管樁需特別水下防蝕處理。 • 防蝕材料壽命較碼頭壽年短，需定期檢測更換。 • 管理維護複雜且費用高。	• 本體堅實耐久，利用目視或簡單儀器檢視即可。 • 管理維護簡單容易。

註：本計畫彙整

2.5　LNG 碼頭繫纜評估

2.5.1　LNG 船繫泊及作業期間之容許運動範圍

當船舶靠泊於碼頭進行卸收作業時，常因船體受風、浪、流等外力因素之作用，產生船體晃動現象，以致影響裝卸作業之進行，而對於船體之運動現象，主要包括有：縱移(surging)、橫搖(rolling)、橫移(swaying)、縱搖(pitching)、起伏(heaving)及平擺(yawing)等六種，各種運動型態之定義，如圖 2.3 所示。

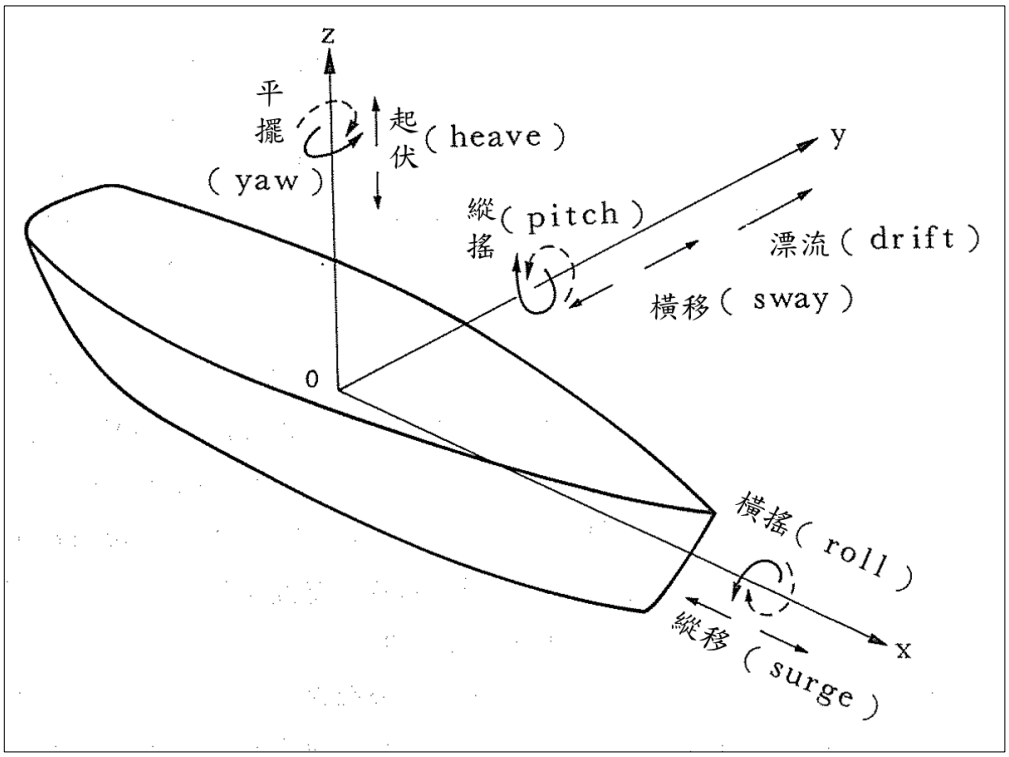


圖 2.3　船體運動型態示意圖

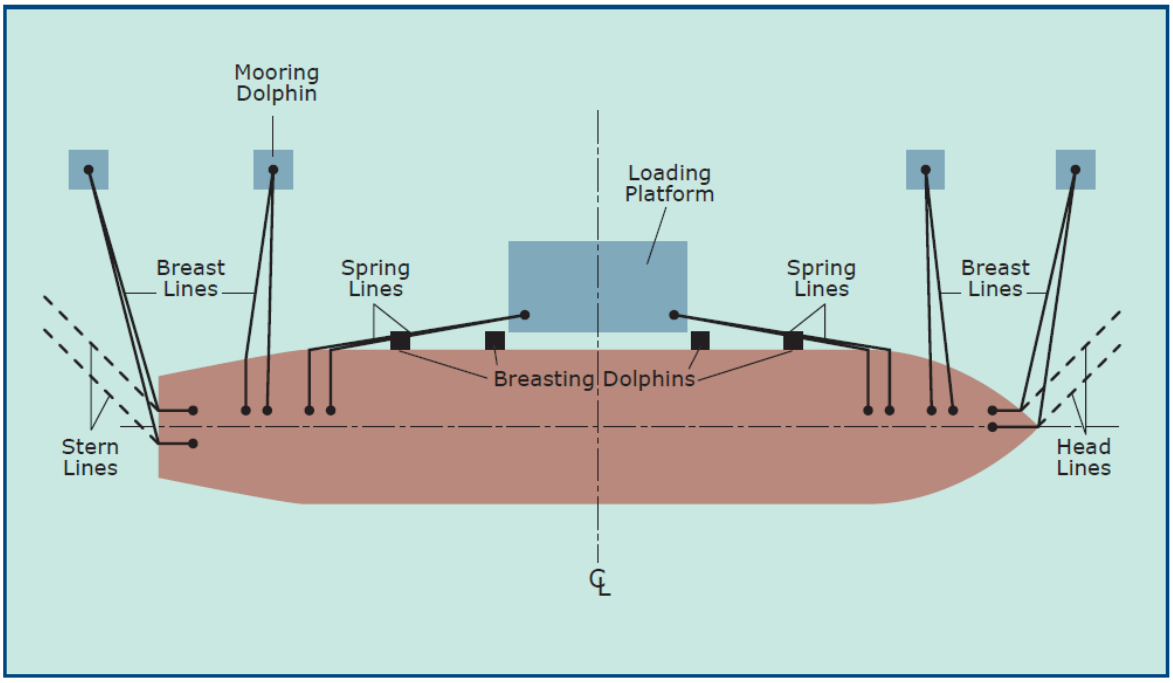
依日本港灣協會「港灣設施技術基準及解說」，於繫泊及裝卸作業期間，船體之容許運動範圍將視貨物包裝型式、船舶種類及裝卸機具不同等因素而有所區別，如表 2-7 所示，依該表可知，本計畫之船舶類型屬 LNG 船，且以縱移、橫移及平擺等 3 種運動形態之影響最大，其容許縱移量為±2.0m，橫移量為±2.0m，平擺量則為±2 度以下。

表 2-7　繫靠船舶之容許運動範圍

船　　型	縱　移 surging (m)	橫　移 Swaying (m)	起　伏 heaving (m)	橫　搖 rolling (º)	縱　搖 pitching (º)	平　擺 yawing (º)
一般散雜貨輪	±1.0	±0.75	±0.5	±2.5	±1.0	±1.5
穀類船	±1.0	±0.5	±0.5	±1.0	±1.0	±1.0
礦砂輪	±1.0	±1.0	±0.5	±3.0	±1.0	±1.0
油輪(國際線)	±1.5	±0.75	±0.5	±4.0	±2.0	±2.0
油輪(國內線)	±1.0	±0.75	±0.5	±3.0	±1.5	±1.5
貨櫃船(LO/LO)	±0.5	±0.3	±0.3	±1.5	±0.5	±0.5
渡輪、貨櫃船 (RO/RO)、汽車船	±0.3	±0.6	±0.3	±1.0	±0.5	±0.5
LNG 船	**±2.0**	**±2.0**	**-**	**±2.0**	**±2.0**	**±2.0**

2.5.2 LNG 船繫泊及作業期間之安全繫纜模式

考量 LNG 船於卸收時具有一定程度之風險，為減少船體泊靠時搖晃程度，須藉由船纜及繫船平台之快速解纜鉤間妥善連結，並以靠船平台之防舷材保護。依 OCIMF(石油公司國際海事論壇)之建議，典型之安全繫纜模式，將由卸收平台、靠船平台、繫船平台、人行橋及連絡橋組成，並含艏艉纜、橫纜、倒纜，繫纜柱及防舷材設施等，如圖 2.4 所示。



資料來源：OCIMF, Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, figure 1.1

圖 2.4 典型繫纜模式

2.5.3 LNG 船繫泊及作業期間之環境作用力

LNG 船於繫泊及作業期間所受之環境作用力包含風、水流、潮汐、船跡波、波浪/湧浪/地震力及吃水變化等，因此，有效之碼頭繫靠系統必須要能抵抗前述各因素所產生之作用力，依據 OCIMF 所建議，一般標準繫靠系統能承受最大的風力及水流力時，則其系統負荷強度足以抵抗其他中等作用力，惟若是特殊碼頭，如未有良好遮蔽之碼頭，有明顯之湧浪或波浪作用，或潮差較大之碼頭，則需單獨考量其對繫靠系統負荷影響。有關風力、水流力及波浪力選用說明及計算公式如后。

一、作用於繫泊船舶之風力

風力之計算公式如下所示：

$$F_{xwind} = \frac{1}{2} C_{xw} \times \rho_a \times V_w^2 \times A_{Tw}$$

$$F_{ywind} = \frac{1}{2} C_{yw} \times \rho_a \times V_w^2 \times A_{Lw}$$

F_{Xwind}：船體軸向之風力 (N)，1T=9.81kN

F_{Ywind}：船體側向之風力 (N)

C_{Xwind}：船體軸向之風力係數

C_{Ywind}：船體側向之風力係數

V_{wind}：在 10m 高處 30 秒平均之風速(m/s)

ρ_a：空氣密度(=1.223kg/m^3)

A_{Lw}：船體水面線上之側向面積

A_{Tw}：船體水面線上之軸向面積

二、作用於繫泊船舶之水流力

水流力計算公式如下所示：

$$F_{Xc} = \frac{1}{2} C_{Xc} \times \rho_w \times V_c^2 \times T \times L_{BP}$$

$$F_{Yc} = \frac{1}{2} C_{Yc} \times \rho_w \times V_c^2 \times T \times L_{BP}$$

F_{Xc}：船體軸向之海流作用力 (N) ，1T=9.81kN

F_{Yc}：船體側向之海流作用力 (N)

C_{Xc}：船體軸向之海流作用力係數

C_{Yc}：船體側向之海流作用力係數

ρ_w：海水密度(=1,030 kg/m^3)

L_{BP}：船體垂線間長(m)

T：船體吃水深 (m)

L_{BP}×T：約為船體水面下側向面積(m^2)

三、作用於繫泊船舶之波力

依 OCIMF 建議，於一般標準碼頭配置不需納入考量，若係未有良好遮蔽之碼頭，則需考量船型及波浪特性，採適當方法計算，其方法包含切片法、特異點分布法、邊界元素法、有限元素法等，一般採用切片法或西班牙規範 ROM 0.2-90 如下所列方程式(僅適用於短週期 T<20s 之波浪)：

$$F_{xwave} = C_{fwave} \times C_{dwave} \times \gamma_w \times H_s^2 \times D' \times \sin^2 \alpha \times 10$$

$$F_{ywave} = C_{fwave} \times C_{dwave} \times \gamma_w \times H_s^2 \times D' \times cos^2 \alpha \times 10$$

$$D' = L_{bp} \times \sin \alpha + B \times \sin \alpha$$

F_{xwave}：船體軸向之波力 (kN)

F_{ywave}：船體側向之波力 (kN)

C_{fwave}：船體水面上係數

C_{dwave}：船體深度係數

H_s ：設計示性波高(m)

γ_w：海水比重(=1.03 T/m³)

D'：入射波向投影船長

α：入射波向與船軸夾角

2.5.4 繫泊設施受力評估條件

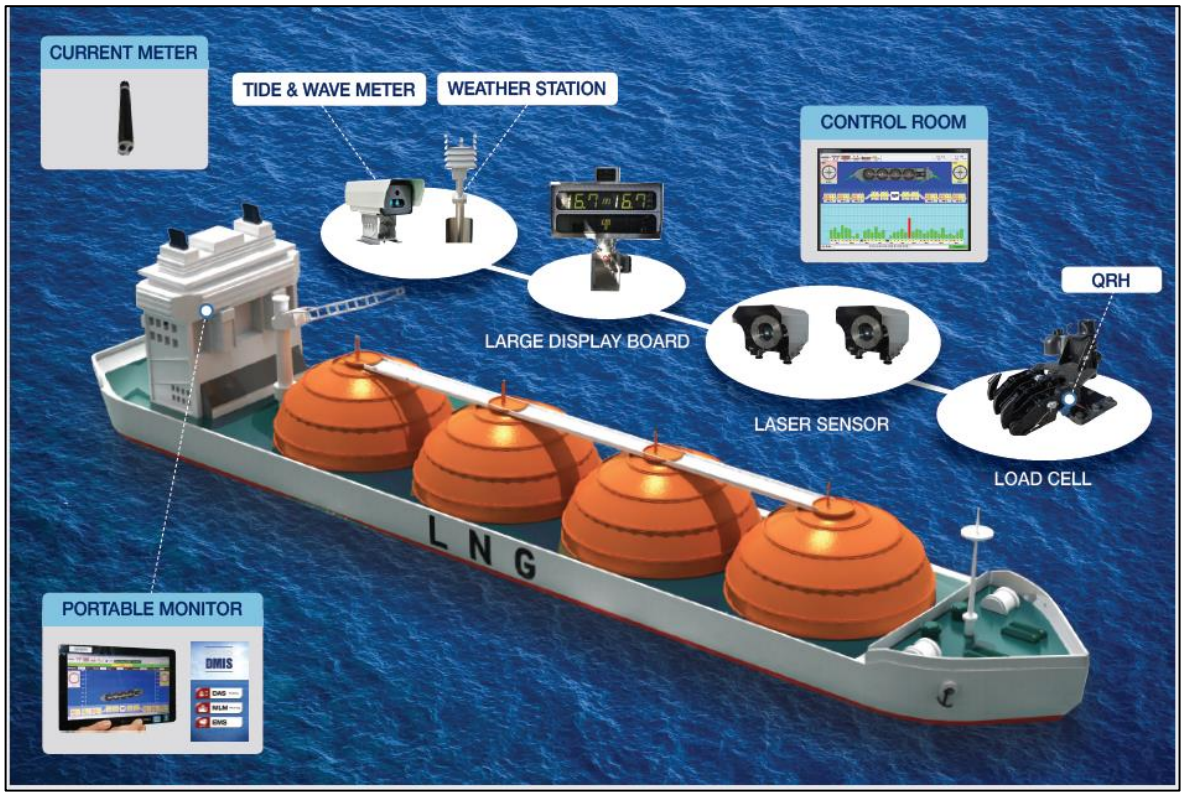
依 OCIMF 建議，為確保 LNG 船於繫泊及卸收期間之作業安全，應採下列條件進行繫泊設施纜繩受力分析。

1. 全風向 60 節(30m/s)風速之風力，及艏艉向 3 節(1.5m/s)流速之水流力作用。
2. 全風向 60 節(30m/s)風速之風力，及偏離艏艉向 10°、2 節(1.0m/s)流速之水流力作用。
3. 全風向 60 節(30m/s)風速之風力，及橫向 0.75 節(0.375m/s)流速之水流力作用。
4. 若屬一般標準碼頭，波浪力、潮汐、吃水深及船跡波等對繫纜分析之影響相對較小，可不納入考量；然若屬潮差較大、遮蔽效果相對較差之碼頭，碼頭船席水域受波浪或湧浪作用較為明顯，須單獨考量其對繫靠系統負荷

之影響。

2.6 繫泊監控系統

為確保 LNG 船繫纜及卸收作業安全，一般於 LNG 接收站卸料平台及相關機房內，整合設置完整之繫泊系統，茲將所需系統(如圖 2.5)之設置建議說明如后。

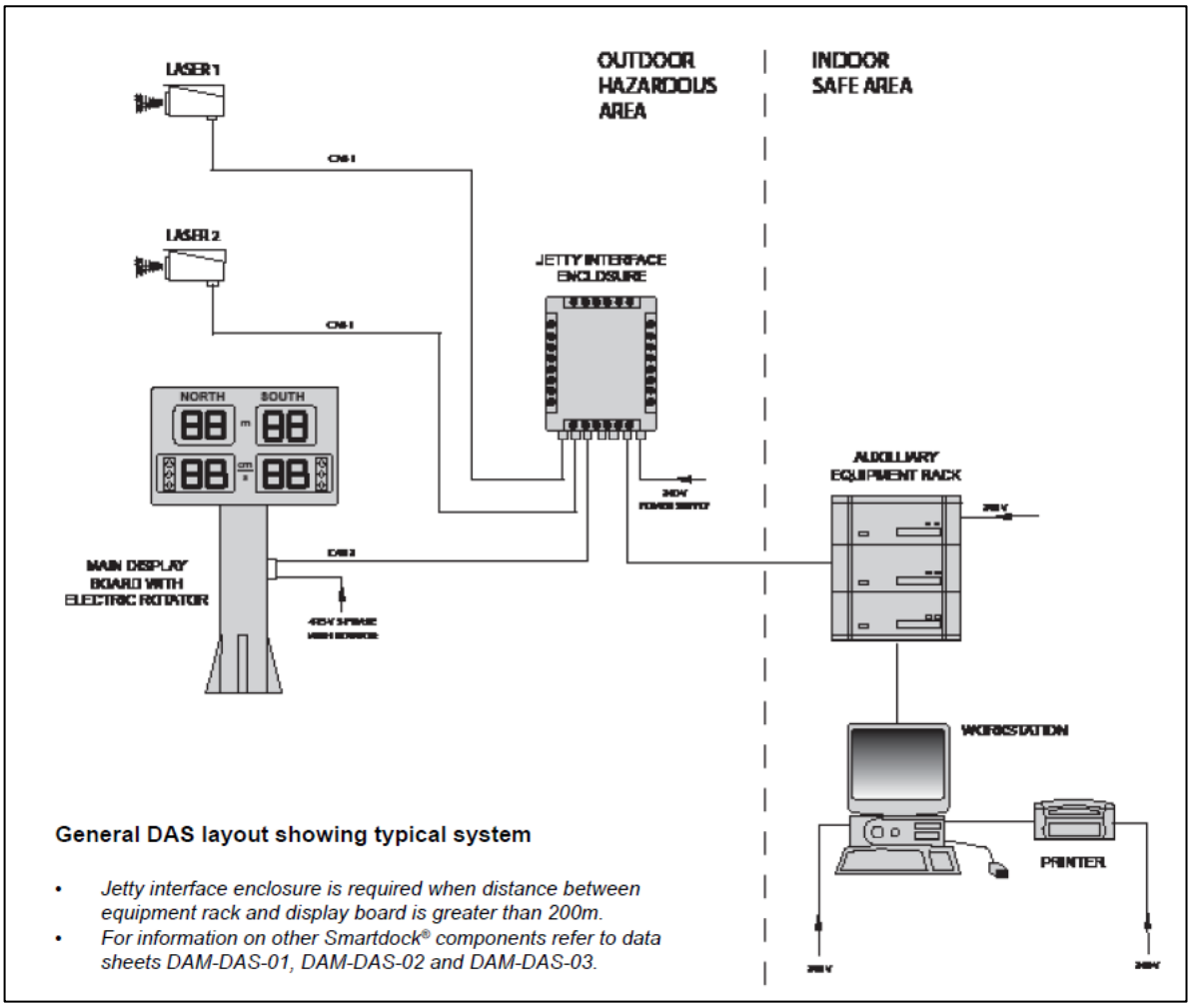


資料來源：SAMGONG, Docking and Mooring Integrated System。

圖 2.5 卸收碼頭繫泊系統示意圖

1. 靠泊雷射輔助系統

靠泊輔助系統旨在提供 LNG 船在靠岸一定距離內之靠泊距離、船速與角度等資訊，以協助船舶安全完成靠泊。靠泊數據可顯示與記錄於中央電腦系統，並即時顯示於大型顯示面板與無線手持顯示器，如圖 2.6 所示。輔助系統應包括以下項目：



資料來源：Treleborg, Product Data Sheet reference no. DAM-DAS-04 Ver2.0。

圖 2.6　靠泊雷射輔助系統組成圖

(1) 雷射測距儀

系統包含兩個安裝在碼頭兩端的雷射測距儀與大型顯示面板(含塔架)、一個碼頭控制器接收並處理來自測距儀的信號並記錄數據，然后傳送至中央監控電腦。

(2) 室外大型顯示面板

大型顯示面板安放在碼頭上，由中央監控電腦輸出信號提供離碼頭一定距離內之靠岸速度及距離，使船上人員可採目視掌握靠岸訊息，如圖 2.7 所示，並設兩套警報燈以提供船艏及船艉在預設報警速度帶內之靠岸速度指示。



資料來源：Harbour Marine, Product Data Sheet reference no. DAS-DLDB-06。

圖 2.7　室外大型顯示面板示意圖

(3) 無線手持顯示器：

供現場人員即時掌握訊息。

2.環境監測系統

環境監測系統可讓卸收碼頭及船上人員在靠岸和停泊過程中獲得有效之環境數據，以供船舶操作參考。系統內容一般包含：

(1) 測候站

負責測量風速、風向、溫度、濕度、大氣壓力與雨量。

(2) 流速計

一般為底碇式聲波都卜勒流剖儀，並放至於繫船平台外水域進行流速、流向與水溫等資訊監測。

(3) 雷射波高計

安裝在碼頭側面，負責監測波浪高度、波形和潮汐數據。

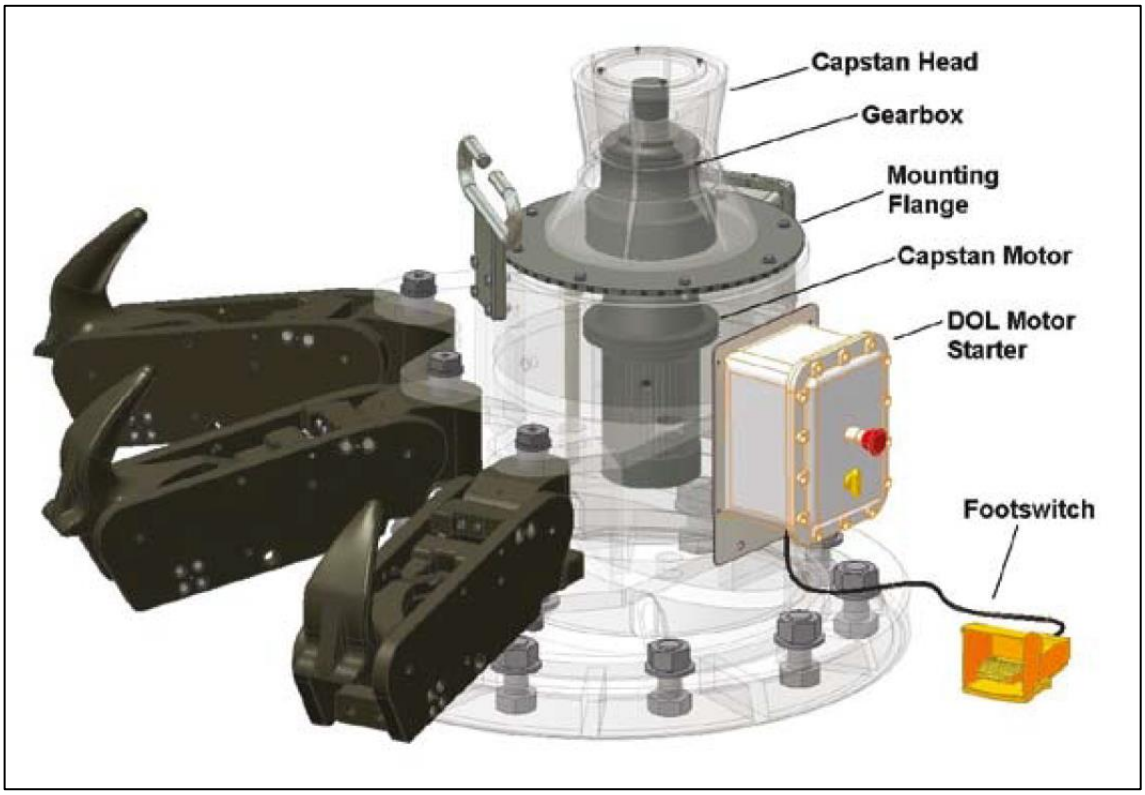
(4) 整合式基座含現場控制箱

上述環境監測儀器將固定安裝於一組整合式基座，監測數據經現場控制箱內模組傳回碼頭作業室。

3. 快速解纜鉤與遙控脫纜系統

(1) 碼頭快速解纜鉤

可提供快速釋放繫泊纜繩功能，組裝於基座的每組解纜鉤應可於作業範圍內，水平與垂直任意調整位置，如圖 2.8 所示。



資料來源：Treleborg, Product Data Sheet reference no. DAM-CAP-01 Ver1.0。

圖 2.8　快速解纜鉤示意圖

(2) 遠程脫纜系統

遙控脫纜系統旨在提供快速解纜鉤除手動釋放操作外，由碼頭作業室遠端遙控釋放或現場控制箱釋放功能。碼頭作業室內遙控釋放系統可進行單一纜鉤個別釋放或緊急時所有纜鉤集體釋放。

快速解纜鉤須於安全作業拉力下，可由碼頭作業室內遙控系統

或現場控制箱按鈕遙控釋放解纜；同時亦可於緊急時以手動方式解纜。其系統組成方式如圖 2.9 所示。

4.拉力監控系統

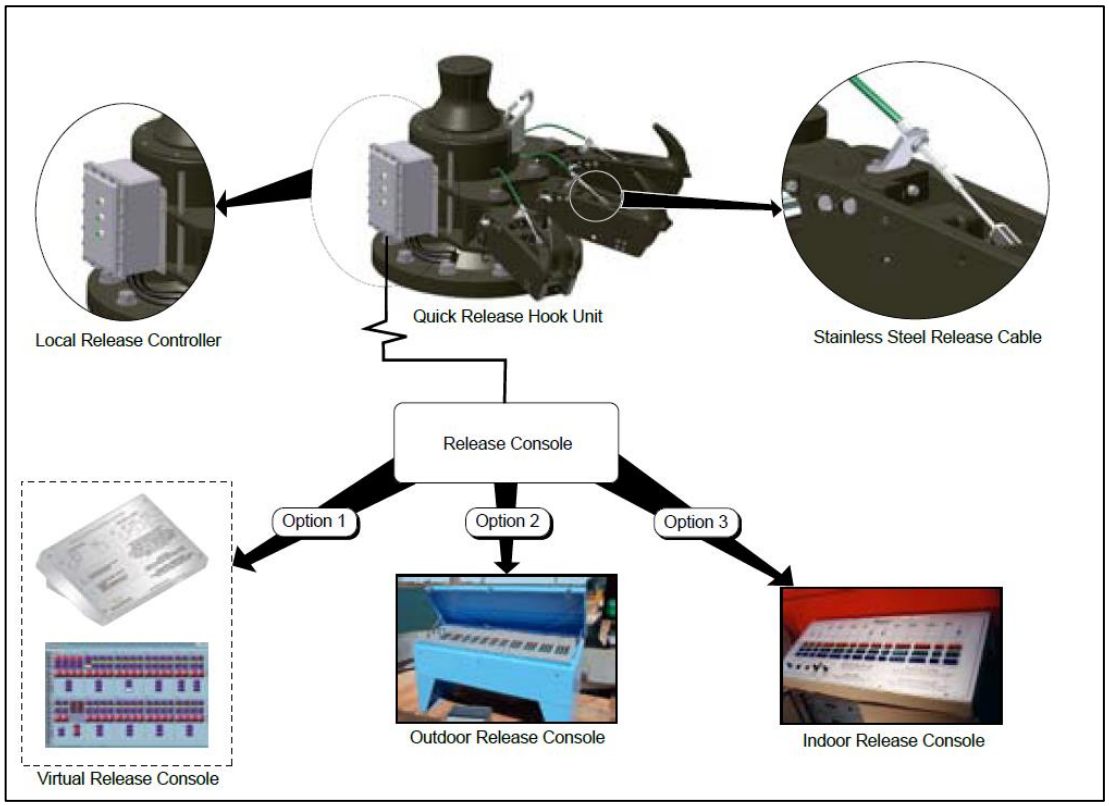
纜繩荷重監測、靠泊測距和環境監測等數據將即時傳輸至碼頭控制室之中央電腦系統上，以提供船舶停泊和卸收期間之安全管制。如荷重、靠岸或環境之監測數據超過了設定範圍，系統將發出警報以利因應。

(1) 拉力荷重元

拉力荷重元安裝於快速解纜鉤內，並受妥善保護避免纜鉤於作業範圍內相互碰撞而造成拉力荷重元損壞。

(2) I/O 模組

每組快速解纜鉤之拉力狀態，將透過拉力荷重元經現場控制箱內 I/O 模組回傳至碼頭作業室，利用泊船監控系統(BMS，Berth Management System)將資訊顯示於中央控制室之監控面板。



資料來源：Treleborg, Product Data Sheet reference no. DAM-RRS-01 Ver2.0。

圖 2.9　遠程脫纜系統示意圖

5.船岸通訊聯結系統(Ship Shore Communication Link System)

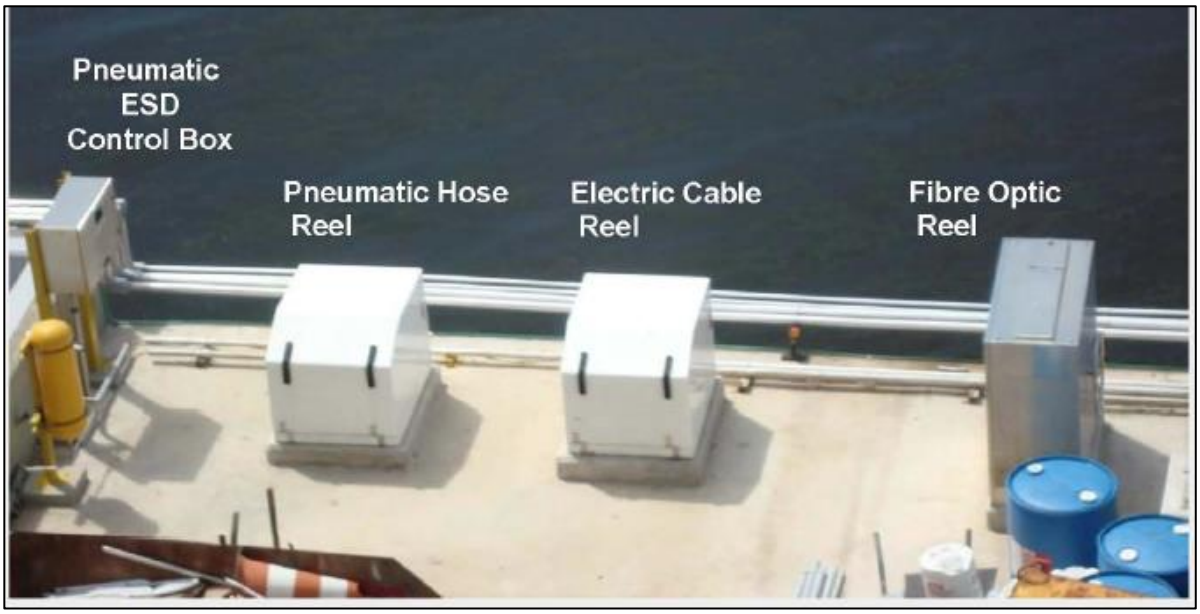
依據 SIGTTO(Society of International Gas Tankers and Terminal Operators)之建議，SSL 應遵循 ISO 28460 之規定辦理，為配合各種可能靠泊船型，須兼具光纖聯結、電聯結與氣動聯結系統，以及聯結選擇系統(光纖、電纜或氣動)與電源選擇系統。

SSL(Ship Shore Link)將提供船舶與碼頭監控系統之通信，系統設備包括控制盤、熱線電話通信機組、光纖纜箱、電氣纜箱、氣動纜箱等設備，此系統可以將 SSL 系統狀態、電話語音及 MLM(Mooring Load Monitoring)資訊整合後經由光纖、電氣或氣動傳輸等方式，與船上系統連結並將相關訊號傳輸至 CCR 中控室或手提電腦進行監視，如有緊急事故發生時將透過光纖、電氣或氣動訊號來觸發船上及岸邊的緊急停俥作業，以確保卸料作業的安全，防止洩料的情況發生，其組成如圖 2.10 及圖 2.11 所示。

另建議 SSL 系統設置在碼頭卸料臂平台(與船平行)，便於與船連結。

6.碼頭電腦系統

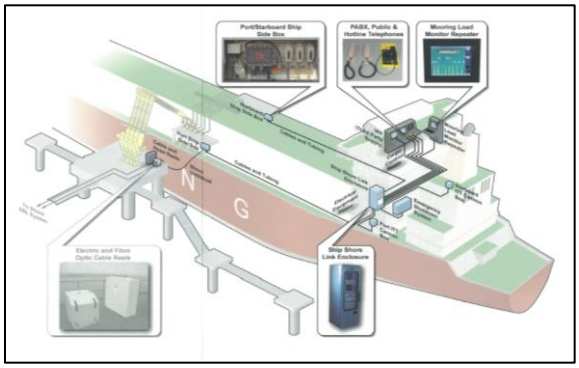
碼頭電腦系統安裝於碼頭作業室內，包含必要之軟體設計、介面整合及硬體供應以接收、顯示並記錄拉力監測系統、靠泊協助系統、環境監測系統等資訊，並監控快速解纜鉤狀態，以及提供個別纜鉤或緊急全部釋放功能。



資料來源：Treleborg, Marine and Infrastructure. , Ship-Shore Link System。

圖 2.10　光纖聯結、電聯結與氣動聯結系統示意圖





資料來源：Treleborg, Marine and Infrastructure. Ship-Shore Link System。

圖 2.11　船岸通訊聯結系統示意圖

2.7 建議增補或修訂內容

綜上所述，液化天然氣碼頭係為液化天然氣卸收使用，由於液化天然氣具易燃及易爆之特性，故於後續規範修訂時，將特別注意液化天然氣船進出港、靠離岸操航及繫泊期間之自然條件及營運限制、碼頭與港埠水域設施平面配置、操航計畫及繫纜要求等，以及設置繫泊監控系統，以降低作業時之潛在風險。

第三章　風電碼頭之議題探討

3.1　前言

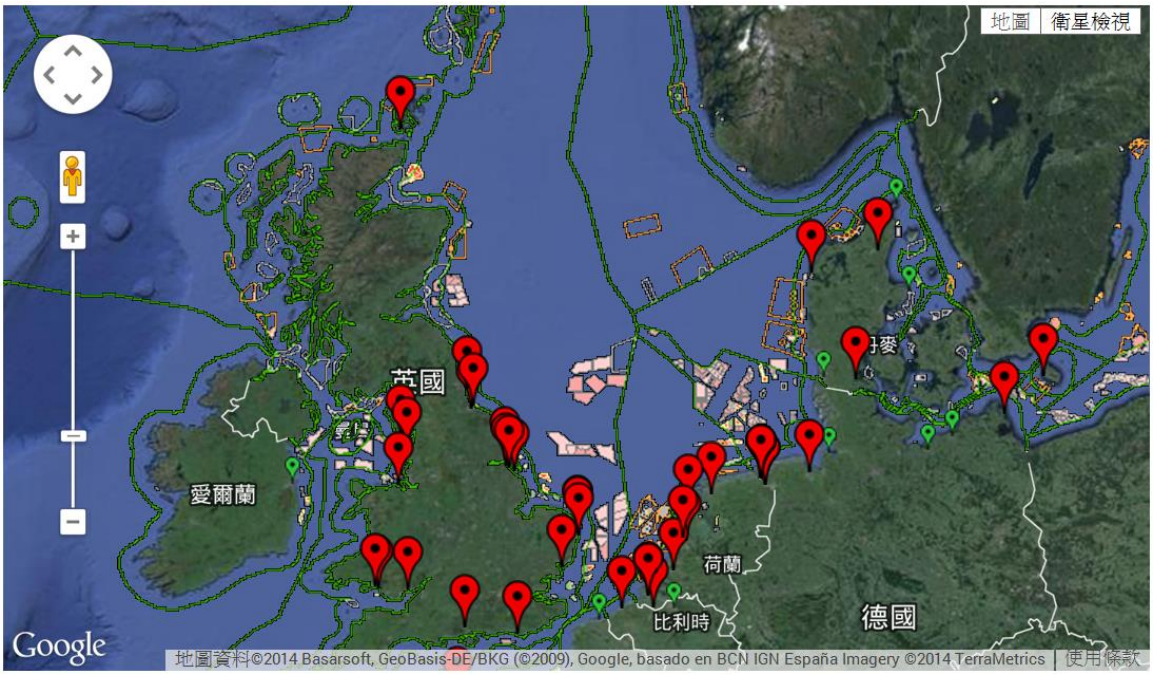
因應全球氣候變遷，節能減碳思維儼然成為永續發展工作重心，亦成為我國施政主軸，政府於 2011 年 11 月 3 日公布「確保核安、穩定漸減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」之能源發展願景，以安全穩定的供電模式為始，全力推廣再生能源。除逐年提高再生能源配置比例外，更提出「千架海陸風力機」與「陽光屋頂百萬座」兩項重點計畫，積極推動我國再生能源發展。尤以「千架海陸風力機」計畫激起的各界迴響最為深遠，然而陸上區域風力機發展侷限於可供開發的風場找尋不易，為找尋國內風能開發契機，研究重心遂由陸域延伸至離岸。而今，因臺灣西部海域已被國際工程顧問公司 4C Offshore 評定為全世界最優良海上風場之一，為追求更穩定的再生能源來源，「離岸式風力發電」遂成為積極開發重點。依循目前政府規劃之新能源政策目標，於 2025 年時再生能源發電比例將提升至 20%，既能在兼顧能源安全、環境永續及綠色經濟發展均衡下，建構安全穩定、效率及潔淨能源供需體系，創造永續價值，邁向 2025 年非核家園願景。

由於離岸風力發電開發工址位處海上，不論從風機之基礎建造至風力發電機組之裝設，都必須動用各類特殊船機；且風機相關構件重量可達百噸以上，亦需於碼頭進行堆儲或吊裝等作業，故碼頭設計時應妥為考量整體承載力需求。故配合此風機裝運施工作業及其他零組件裝配之需，參酌國外相關開發案例，多於離岸風場鄰近區域建置後勤補給及未來維修用專用碼頭，方能上下游一體，達到經濟整合之效；故為滿足離岸風場未來所需之施工維運碼頭及後續永續經營，實有需要針對其相關港埠設施製訂規範，以滿足發展離岸風電產業所需之工作基地及物流轉運站等需求。

3.2 國外離岸風場專用碼頭案例蒐集分析

為建置國內未來離岸風場施工時所需使用之碼頭基地，本計畫特蒐集有關歐洲地區目前作為離岸風場專用碼頭之資料詳如圖 3.1 之位置圖，目前歐洲地區共有 39 個登記參與離岸風場開發之工作碼頭，其碼頭水深長度及承載力詳如表 3-1 資源統計表所示。

然再進一步分析這些碼頭，發現這些碼頭之資料仍有部分缺漏、不足、或可能訛誤之處，必須再多方求證。因此，本研究將此資料進行彙整，詳如表 3-2 所示，得知這些離岸風電碼頭分布於丹麥、荷蘭、英國、德國、比利時等，但法國、美國已有計畫興建離岸風電專用碼頭。而碼頭長度不一，但至少在 150 公尺以上，其中碼頭長度 1000 公尺以上屬於大型碼頭區者，包括 Aabenraa Havn、Barrow ABP、Eemshaven、Eemshaven - Wagenborg Terminal Julianahaven、Great Yarmouth-EastPort、Hull-ABP、Humber Port-Able、Newport-ABP、Oostende-Rebo terminal、Rønne Havn、Thyboron Port、Vlissingen-BOW Terminal、Vlissingen-Verbrugge Terminals、Wilhelmshaven 等共 15 個，而碼頭承載力雖然有高達 42t/m^2，但一般而言多在 10t/m^2～20t/m^2 之間，僅少數 4 個碼頭，因有特殊用途，譬如吊昇船舶等，其承載力高於 20t/m^2。故未來國內如要建造離岸風電專用施工碼頭，其碼頭承載力可依風力機廠商及水下支撐結構與基礎型式設計於 10t/m^2～20t/m^2 之間。至於碼頭長度須視開發業者之風場開發時程與安裝風力機數量而定。



資料來源：http://www.4coffshore.com/windfarms/ports.aspx

圖 3.1　歐洲登記離岸風場碼頭位置分布圖

表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表

Aabenraa Havn	**Maximum Trenched Depth** : 11 m **Entrance Width** : 150 m **Spring Tidal Range** : 0.3 m **Quay Length** : 2,000 m	**Available Storage Space** : 3 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 250 m , **Draught** : 10.5 m , **Beam** : More details...
Aalborg Port	**Maximum Trenched Depth** : 9.3 m **Entrance Width** : 110 m **Spring Tidal Range** : 0.3 m **Quay Length** : 200 m **Quay Loading Capability** : 42 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 25 hectares **Available Development Land** : 3,000 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 250 m , **Draught** : 9.3 m , **Beam** : 110 m More details...
Amsterdam - MEO - Mammoet Terminal	**Maximum Trenched Depth** : 14 m **Quay Length** : 1,600 m	**Available Storage Space** : 40 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : , **Beam** : More details...
Barrow - ABP	**Maximum Trenched Depth** : 10 m **Entrance Width** : 36 m **Quay Length** : 1,000 m **Quay Loading Capability** : 25 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 12 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 150 m , **Draught** : 8.5 m , **Beam** : 35 m More details...
Delfzijl - Wagenborg Terminal Handelskade Oost	**Maximum Trenched Depth** : 10 m **Entrance Width** : 100 m **Spring Tidal Range** : 3.26 m **Quay Length** : 700 m **Quay Loading Capability** : 10 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 14 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 10 m , **Beam** : More details...
Delfzijl - Wagenborg Terminal Visserijweg	**Maximum Trenched Depth** : 10 m **Entrance Width** : 100 m **Spring Tidal Range** : 3.26 m **Quay Length** : 100 m	**Available Storage Space** : 10 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 10 m , **Beam** : More details...
Eemshaven	**Maximum Trenched Depth** : 14 m **Entrance Width** : 200 m **Spring Tidal Range** : 2.5 m **Quay Length** : 5,085 m **Quay Loading Capability** : 30 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 32 hectares **Available Development Land** : 1,020 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 11.5 m , **Beam** : More details...
Eemshaven - Wagenborg Terminal Emmahaven	**Maximum Trenched Depth** : 10 m **Entrance Width** : 150 m **Spring Tidal Range** : 2.78 m **Quay Length** : 500 m	**Available Storage Space** : 16 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 10 m , **Beam** : More details...
Eemshaven - Wagenborg Terminal Julianahaven	**Maximum Trenched Depth** : 14 m **Entrance Width** : 250 m **Spring Tidal Range** : 2.78 m **Quay Length** : 1,040 m **Quay Loading Capability** : 10 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 16 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 12 m , **Beam** : More details...
Fleetwood - ABP	**Maximum Trenched Depth** : 5.5 m **Quay Length** : 800 m	**Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 5.5 m , **Beam** : 20.3 m More details...
Great Yarmouth - Fendercare Marine Equipment & Lifting Services	**Maximum Trenched Depth** : 5 m **Entrance Width** : 26.7 m **Quay Length** : 50 m **Quay Loading Capability** : 250 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 0 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 35 m , **Draught** : 3 m , **Beam** : 12 m More details...
Great Yarmouth - EastPort UK	**Maximum Trenched Depth** : 9 m **Entrance Width** : 210 m **Spring Tidal Range** : 1.96 m **Quay Length** : 1,400 m **Quay Loading Capability** : 3 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 2 hectares **Available Development Land** : 121 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 220 m , **Draught** : 10 m , **Beam** : 75 m More details...

資料來源：http://www.4coffshore.com/windfarms/ports.aspx

表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表(續 1)

Grimsby - ABP	**Quay Length** : 145 m	**Available Storage Space** : 0 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 145 m , **Draught** : 5.8 m , **Beam** : 20.5 m More details...
Harlingen - MEO - Mammoet Terminal	**Entrance Width** : 70 m **Quay Length** : 910 m **Quay Loading Capability** : 29 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 20 hectares **Available Development Land** : 100 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : , **Beam** : More details...
Harwich Navyard	**Maximum Trenched Depth** : 8.5 m **Spring Tidal Range** : 4.8 m **Quay Length** : 175 m	**Available Storage Space** : 1 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 175 m , **Draught** : 8.5 m , **Beam** : 50 m More details...
Hull - ABP	**Maximum Trenched Depth** : 11.3 m **Quay Length** : 5,069 m	**Available Storage Space** : 23 hectares **Available Development Land** : 500 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 215 m , **Draught** : 10.4 m , **Beam** : 40.2 m More details...
Humber Port - Able	**Maximum Trenched Depth** : 11 m **Entrance Width** : 840 m **Spring Tidal Range** : 6.4 m **Quay Length** : 1,279 m **Quay Loading Capability** : 20 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 647 hectares **Available Development Land** : 6,474 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 11 m , **Beam** : More details...
Immingham - ABP	**Maximum Trenched Depth** : 14 m	**Available Development Land** : 500 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 300 m , **Draught** : 14.2 m , **Beam** : 45 m More details...
Lowestoft - ABP	**Entrance Width** : 44.5 m	**Available Storage Space** : 2 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 125 m , **Draught** : 6 m , **Beam** : 35 m More details...
Lyness - Fendercare Marine	**Maximum Trenched Depth** : 7 m **Quay Length** : 190 m	**Available Storage Space** : 0 hectares **Available Development Land** : 35 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : , **Beam** : More details...
Middlesbrough Port - Able	**Maximum Trenched Depth** : 8.5 m **Entrance Width** : 84 m **Spring Tidal Range** : 4.6 m **Quay Length** : 250 m	**Available Storage Space** : 9 hectares **Available Development Land** : 160 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 220 m , **Draught** : 7.5 m , **Beam** :

資料來源：http://www.4coffshore.com/windfarms/ports.aspx

表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表(續 2)

Newhaven - Fendercare Marine	**Entrance Width** : 55 m **Spring Tidal Range** : 6.6 m **Quay Length** : 330 m **Quay Loading Capability** : 90 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 7 hectares **Available Development Land** : 140 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 35 m , **Draught** : 3 m , **Beam** : 12 m More details...
Newport - ABP	**Maximum Trenched Depth** : 11.1 m **Quay Length** : 5,569 m	**Available Storage Space** : 8 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 244 m , **Draught** : 10.4 m , **Beam** : 30.1 m More details...
NV Port of Den Helder		**Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : , **Beam** : More details...
Oostende - Rebo terminal	**Maximum Trenched Depth** : 13 m **Entrance Width** : 250 m **Spring Tidal Range** : 4.5 m **Quay Length** : 1,500 m **Quay Loading Capability** : 20 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 127 hectares **Available Development Land** : 150 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 250 m , **Draught** : 8 m , **Beam** : More details...
Orange Blue Terminal	**Maximum Trenched Depth** : 14 m **Entrance Width** : 500 m **Spring Tidal Range** : 3 m **Quay Length** : 694 m **Quay Loading Capability** : 6 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 21 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 14 m , **Beam** : More details...
Port de Brest		**Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : , **Beam** : More details...
Port of Mostyn	**Maximum Trenched Depth** : 8 m **Spring Tidal Range** : 8.7 m **Quay Length** : 310 m **Quay Loading Capability** : 4 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 22 hectares **Available Development Land** : 150 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : , **Beam** : More details...
Port of Sunderland	**Maximum Trenched Depth** : 8.8 m **Entrance Width** : 232 m **Spring Tidal Range** : 4.5 m **Quay Length** : 323 m	**Available Storage Space** : 4 hectares **Available Development Land** : 0 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 185 m , **Draught** : 8.3 m , **Beam** : 30 m More details...
Rønne Havn	**Maximum Trenched Depth** : 9 m **Entrance Width** : 110 m **Quay Length** : 3,000 m	**Available Storage Space** : 3 hectares **Available Development Land** : 25 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 260 m , **Draught** : 9 m , **Beam** : 50 m More details...
Schiedam - Mammoet Heavy Lift Terminal	**Maximum Trenched Depth** : 9 m **Spring Tidal Range** : 1.5 m **Quay Length** : 500 m **Quay Loading Capability** : 10 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 3 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 300 m , **Draught** : 8.5 m , **Beam** : 44 m More details...
Sea Terminal Sassnitz	**Maximum Trenched Depth** : 10.5 m **Quay Length** : 370 m	**Available Storage Space** : 3 hectares **Available Development Land** : 60 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 11.5 m , **Beam** : More details...
Seaton Port - Able	**Maximum Trenched Depth** : 15 m **Entrance Width** : 125 m **Spring Tidal Range** : 4.6 m **Quay Length** : 791 m **Quay Loading Capability** : 60 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 46 hectares **Available Development Land** : 450 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 450 m , **Draught** : 14 m , **Beam** : More details...

資料來源：http://www.4coffshore.com/windfarms/ports.aspx

表 3-1　歐洲登記離岸風場碼頭資料統計表(續 3)

Terneuzen - Westdorpe - Mammoet Multi Purpose Terminal	**Maximum Trenched Depth** : 12.5 m **Quay Length** : 400 m **Quay Loading Capability** : 10 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 10 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 300 m , **Draught** : 12.5 m , **Beam** : 36 m More details...
Thyboron Port	**Maximum Trenched Depth** : 9 m **Entrance Width** : 150 m **Spring Tidal Range** : 0.5 m **Quay Length** : 2,550 m **Quay Loading Capability** : 2 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 35 hectares **Available Development Land** : 500 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 180 m , **Draught** : 9 m , **Beam** : More details...
Velsen - MEO - Mammoet Terminal	**Maximum Trenched Depth** : 10.5 m **Quay Length** : 440 m **Quay Loading Capability** : 10 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 13 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 300 m , **Draught** : , **Beam** : 44 m More details...
Vlissingen - BOW Terminal	**Maximum Trenched Depth** : 13 m **Entrance Width** : 250 m **Spring Tidal Range** : 5 m **Quay Length** : 1,400 m **Quay Loading Capability** : 15 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 13 hectares **Available Development Land** : 70 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : , **Draught** : 10.5 m , **Beam** : More details...
Vlissingen - Verbrugge Terminals	**Entrance Width** : 372 m **Spring Tidal Range** : 5 m **Quay Length** : 2,915 m **Quay Loading Capability** : 15 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 186 hectares **Available Development Land** : 500 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 400 m , **Draught** : 13.3 m , **Beam** :
Wilhelmshaven	**Maximum Trenched Depth** : 18 m **Entrance Width** : 60 m **Spring Tidal Range** : 3.5 m **Quay Length** : 5,377 m **Quay Loading Capability** : 84 tonnes/m^2	**Available Storage Space** : 38 hectares **Available Development Land** : 590 hectares **Max. Vessel ...** **LOA** : 400 m , **Draught** : 16.5 m , **Beam** : 57 m More details...

資料來源：http://www.4coffshore.com/windfarms/ports.aspx

表 3-2　歐洲離岸風場碼頭彙整表

Port		Facilities					Maximun Vessel dimension		
Name	Country	Max. trench depth (m)	Entrance width (m)	Quay legth (m)	Quay loading capacity (ton)	Storage space (ha)	LOA(m)	Draugh (m)	Beam (m)
Aabenraa Havn	丹麥	11	150	2000		3	250	10.5	
Aalborg Port	丹麥	9.3	110	200	42	25	250	9.3	
Barrow ABP	英國	10	Nul	1000	25	12	150	8.5	35
Delfzijl Wagenborg Terminal Handelskade Oost	荷蘭	10	80-100	700	10	14	-	10	-
Delfzijl Wagenborg Terminal Visserijweg	荷蘭	10	100	100	10	10	-	10	-
Eemshaven	荷蘭	14	200	5085	30	32	-	11.5	-
Eemshaven - Wagenborg Terminal Emmahaven	荷蘭	10	150	500		16	-	10	-
Eemshaven - Wagenborg Terminal Julianahaven	荷蘭	14	200-250	1040	10	16	-	12	-
Fleetwood - ABP	英國	5.5		800			-	5.5	20.3
Great Yarmouth - EastPort UK	英國	9	210	1400	3	2	220	10	75
Grimsby - ABP	英國			145		0	145	5.8	20.5
Harlingen - MEO - Mammoet Terminal	荷蘭		70	910	20	20	-	-	-
Harwich Navyard	英國	8.5		175		1	175	8.5	50
Hull - ABP	英國	11.3		5069		23	215	10.4	40.2
Humber Port - Able	英國	11	840	1279	20	647	-	11	-
Lowestoft - ABP	英國	Operation and Maintenance Base for Greater Gabb				2	125	6	35
Lyness - Fendercare Marine	英國	7		190		0	-	-	-
Middlesbrough Port - Able	英國	8.5	84	250	25	9	220	7.5	50
Newhaven - Fendercare Marine	英國	6	55	330		7	35	3	12
Newport - ABP	英國	11.1		5569		8	244	10.4	30.1
Oostende - Rebo terminal	比利時	13	250	1500	20	127	250	8	-
Orange Blue Terminal	荷蘭	14	500	694	6	21	-	14	-
Port of Mostyn	英國	8		310	4	22	-	-	-
Port of Sunderland	英國	8.8	232	323		4	185	8.3	30
Rønne Havn	丹麥	9	110	3000		3	260	9	50
Schiedam - Mammoet Heavy Lift Terminal	荷蘭	9		500	10	3	300	8.5	44
Sea Terminal Sassnitz	德國	10.5		370		3	-	10.5	-
Seaton Port - Able	英國	15	125	791	38	46	450	14	-
Terneuzen - Westdorpe - Mammoet Multi Purpose Terminal	荷蘭	12.5		400	10	10	300	12.5	36
Thyboron Port	丹麥	9	80	2550	2	35	180	9	-
Velsen - MEO - Mammoet Terminal	荷蘭	10.5		440	10	13	300	10	44
Vlissingen - BOW Terminal	荷蘭	13	250	1400	15	13	-	10.5	-
Vlissingen - Verbrugge Terminals	荷蘭	13.5	372	2915	15	186	400	13	-
Wilhelmshaven	德國	18	60	5377	8.2	38	400	16.5	57

3.3 國外離岸風場施工船機案例蒐集分析

依據國外離岸風場開發經驗，主要施工船機依開發階段而異，可分為調查規劃、設置施工及營運維護等三階段；若依作業功能區分，其種類分別包括勘測、運輸、安裝及輔助等類型，例如勘測調查船、散雜貨船、起重船、浚挖船、佈(埋)纜船、駁船、拖船、多功能工作船、交通船及補給船等等。由於離岸風場作業碼頭主要以服務大型船種為目的，因此，離岸風場專用碼頭之計畫船型主要以大型施工安裝船為主。

國外離岸風場開發之現有施工安裝船種，主要包括自升式起重船(Jack-up crane ships)及自升式起重駁船(Jack-up crane barges)兩種，一般自升式起重船具備自航及動態定位功能，亦稱為風機安裝船 (Wind Turbine Installation Vessel , WTIV)，相關資料如表 3-3 所示；自升式起重駁船則須藉由拖船協助，亦稱自升式駁船(Jack Up Barges , JUB)，相關資料如表 3-4 所示。另摘述 www.4coffshore.com 網站部分資料如后所示：

表 3-3 風機安裝船 (Wind Turbine Installation Vessel , WTIV)

Name	Year	Deck Space m^2	Capacity (tons)	Speed knots	Leg Length (m)	Water Depth* (m)	Jacking speed (m/min)	Max. Deck Load
Sea Energy	2002*	1,020	2,386	7.8	32	24	Semi jack up	$2t/m^2$
MPI Resolution	2003	3,200	8,950	11	71.8	35	0.5	$10t/m^2$
Leviathan	2009	900	1,300	8	85.6	41	0.8	$5t/m^2$
Wind Lift 1	2009	2,000	2,600	8	71	45	0.35	$5t/m^2$
MPI Adventure	2011	3,730	3,750	12.5	71.5	40	0.35	$10t/m^2$
MPI Discovery	2011	3,730	3,750	12.5	71.5	40	0.35	$10t/m^2$
Zaratan	2012	2,000	2,850	9.1	85	45	0.4	$10t/m^2$
Windcarrier 1 & 2 (sister)	2012	3,200	5,300	12	81.5	45	0.4	$5\text{-}10t/m^2$
Seafox 5	2012	3,500	7,000	10	106	65	1	$10t/m^2$
Sea Installer	2012	3,350	5,000	12	83	45	0.5	$15t/m^2$
Van Oord	2012	3,300	6,500**	12	81	45**	0.5**	------
Pacific Orca	2012	4,300	8,400	13.5	105	75	1.2 to 2.4	$15t/m^2$
Pacific Osprey	2013	4,300	8,400	13.5	105	75	1.2 to 2.4	$15t/m^2$

資料來源： Offshore Wind Turbine Transportation & Installation Analyses , Master Thesis by Emre URAZ Visby ,Sweden 2011

表 3-4　自升式駁船(Jack Up Barges , JUB)

Name	Year	Deck Space m^2	Capacity (tons)	Leg Length (m)	Water Depth (m)	Jacking speed (m/min)	Max. Deck Load
LISA A	1977	1,000	1,600	52.35	27*	0.2	$10t/m^2$
Excalibur	1978	768*	1,267*	75*	40	------	$25t/m^2$
Buzzard	1982	600*	1,300	65	40	0.2	$10t/m^2$
MEB JB 2	1998	510	1,200*	40	18*	0.15	$10t/m^2$
Vagant	2002	400*	1,000	66	30	------	$5t/m^2$
Pauline	2002	450*	900	57.5	30	------	------
Sea Jack	2003	2500	1,500 - 2,500	50.4	30	0.8 - 1	$20t/m^2$
ODIN	2004	660*	1,200	60	45	------	$15\text{-}30t/m^2$
SeaFox 7	2008	700	1,120	73.15	40	0.25	$8t/m^2$
Sea Worker	2008	750	1,100	78.85	40	0.3	$8t/m^2$
JB 114	2009	700*	1,250	78.85	40	0.65	------
JB 115	2009	700*	1,250	73.15	40	0.65	------
Goliath	2009	1,080	1,600	73.15	40	0.5	$8t/m^2$
JB 116	2010	1,700*	1,750	80	45	0.5	------
Thor	2010	1,850	3,300	82	50	------	$15t/m^2$
JB 117	2011	2,000*	2,250	80	45	0.25	------

資料來源： Offshore Wind Turbine Transportation & Installation Analyses , Master Thesis by Emre URAZ Visby ,Sweden 2011

3.3.1　自升式起重船(Jack-up crane ships)

有關自升式起重船(Jack-up crane ships)之部分船型外表及相關尺寸單元，分別詳圖 3.2～圖 3.3 及表 3-5～表 3-6 所示。



資料來源：http://www.4coffshore.com

圖 3.2　JU004 自升式起重船示意圖

表 3-5　JU004 自升式起重船尺寸單元表

船名	JU004	船型	自升式(Jack-up)
起重能力	110 t	船長(LOA)	91.76 m
船寬(Bredath)	21.6 m	吃水(Draft)	4.25 m
最高船速	-	支架長度	32m
最大載貨重	2,386 t	自升速度	0.7m/sec

資料來源：http://www.4coffshore.com；本研究彙整



資料來源：http://www.4coffshore.com

圖 3.3　MPI Resolution 自升式起重船示意圖

表 3-6　MPI Resolution 自升式起重船尺寸單元表

船名	MPI Resolution	船型	自升式(Jack-up)
起重能力	600 t	船長(LOA)	130 m
船寬(Bredath)	38 m	吃水(Draft)	4.3 m
最高船速	11 knots	支架長度	35m
最大載貨重	-	自升速度	-

資料來源：http://www.4coffshore.com；本研究彙整

3.3.2　自升式起重駁船(Jack-up crane barges)

有關自升式起重駁船(Jack-up crane barges)之船型外表及相關尺寸單元，分別詳圖 3.4～圖 3.6 及表 3-7～表 3-9 所示。



資料來源：http://www.4coffshore.com

圖 3.4　JU001 自升式起重駁船示意圖

表 3-7　JU001 自升式起重駁船尺寸單元表

船名：	JU001	船型：	自升式(Jack-up)
起重能力：	800 t	船長(LOA)：	91.2 m
船寬(Bredath)：	33m	吃水(Draft)：	5.5 m
最高船速：	-	支架長度：	50.4m
最大載貨重：	-	自升速度：	0.8m/sec

資料來源：http://www.4coffshore.com；本研究彙整



資料來源：http://www.4coffshore.com

圖 3.5　JB - 117 自升式起重駁船示意圖

表 3-8　JB - 117 自升式起重駁船尺寸單元表

船名：	JB - 117	船型：	自升式(Jack-up)
起重能力：	1,000 t	船長(LOA)：	76 m
船寬(Bredath)：	40m	吃水(Draft)：	3.9 m
最高船速：	-	支架長度：	45m
最大載貨重：	-	自升速度：	-

資料來源：http://www.4coffshore.com；本研究彙整



資料來源：http://www.4coffshore.com

圖 3.6　JU059 自升式起重駁船示意圖

表 3-9　JU059 自升式起重駁船尺寸單元表

船名：	JU059	船型：	自升式(Jack-up)
起重能力：	600 t	船長(LOA)：	72.65 m
船寬(Bredath)：	39.62m	吃水(Draft)：	4 m
最高船速：	-	支架長度：	52m
最大載貨重：	950 ton	自升速度：	-

資料來源：http://www.4coffshore.com；本研究彙整

3.4 離岸風電碼頭作業規劃需求

3.4.1 離岸風電碼頭承載規劃考量

有關離岸風力機各構件之港埠需求參數中，考量離岸風力機未來發展趨勢，其離岸風力機及支撐結構之重量，依據 GL Garrad Hassan (2014), ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES 之研究報告內容，茲摘列有關離岸風力機各構件之相關特性與港埠需求參數，如表 3-10～3-12 所示。有關離岸風力機之構件尺寸，詳列如表 3-10 所示，以離岸風力機容量 5 MW 為例，樁徑介於 6.0 公尺～6.5 公尺、樁長介於 61 公尺～74 公尺之單樁基礎(Monopile)重量約介於 788 噸～1,070 噸；樁徑 5.5 公尺之轉接段(Transition piece)重量約 415 噸；長 16 公尺、寬 6.3 公尺之機艙(Nacelle incl. hub)重量為 239 噸；直徑 5.5 公尺、長 37 公尺之塔架(Tower section)重量約 215 噸；寬 5.0 公尺、長 66 公尺之單一葉片(One blade)重量為 23 噸；以 5 MW 單樁型基礎之風力機而言，重量介於 1,726 噸～2,008 噸，未來風力機朝大型化趨勢下，葉片長度將朝更長更寬方向發展，故碼頭堆置區之長度及載運卡車之轉彎半徑將為另一項挑戰。

表 3-11 為 4～8 MW 離岸風力機各構件葉片碼頭堆置區面積、機艙與框架承載力及塔架承載力等參數，其中 5 MW 風力機之機艙與框架堆置承載力需求為 8 t/m^2，風力機塔架堆置承載力需求為 7 t/m^2。

表 3-10　離岸風力機(5 MW)構件參數表

參	數			
風　力　機　構　件	重　量 (t)	長度 (m)	高度 (m)	寬度/直徑 (m)
單樁基礎 (Monopile foundation)	788～1070 (for 61～74 m long monopile)	61～74	N/A	D：6.0 / 6.5
轉接段(Transition piece)	415	N/A	N/A	D：5.0
機艙(Nacelle incl. hub)	239	16	N/A	W：6.3
單一葉片 (One blade)	23	66	N/A	Max. W：5.0
塔架(Tower section)	215	37	組合後 74	D：5.5

資料來源： GL Garrad Hassan (2014), ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES.

表 3-11　離岸風力機主要構件尺寸特性與需求表

構件 Component	參　數 Parameter	單位 Units	風力機容量 Wind Turbine Size [MW]				
			4	**5**	6	7	8
風力機 Wind Turbine	轉子直徑 Rotor Diameter	m	120	**135**	150	164	175
	葉片長度 Blade Length	m	59	**66**	73	80	85
	碼頭儲存區(1 葉片組裝至 3 葉片) Quayside Storage Area(One blade per frame-up to three blades)	m^2	363	**440**	527	615	696
	機艙與框架承載力需求 Nacelle and Frame Bearing Pressure	t/m^2	7	**8**	10	7	8
	塔架承載力需求 Tower Bearing Pressure	t/m^2	6	**7**	8	9	10

資料來源： GL Garrad Hassan (2014), ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES.

套管式支撐結構之特性與空間需求參數表(設計水深 40 公尺)，管架式之碼頭承載力需求則須視儲存的方式而定，例如採橫放式堆置時，其碼頭承載力需求約 13 t/m^2，但如採直立式堆置時則高達 25 t/m^2，如表 3-12 所示，其中風力機容量 5 MW 之套管式重量為 609 噸、Pin 樁(×4)之重量為 284 噸、自走式元件轉運機組 SPMTs (Self-Propelled Modular Transporter Units，俗稱多輪車)之軸向載運數量為 25 軸、橫放堆置區面積為 1,740 平方公尺，直立堆置區面積為 750 平方公尺。

表 3-12　套管式支撐結構之特性與空間需求參數表

構件參數 Component Parameter	風力機容量 Wind Turbine Size [MW]			
	5	6	7	8
套管式重量 Jacket mass [t]	**609**	684	759	834
樁 (x4) 重量 Pin-piles(×4) mass [t]	**284**	328	372	416
多輪車車軸之數量 Number of SPMT axles	**25**	28	31	34
套管式腳間距 Jacket leg separation [m]	**25**	23	20	18
高度(腳基部至轉接段) Height (leg base to TP) [m]	**58**	58	58	58
堆置區面積 (橫放) Storage area (laid down) [㎡]	**1740**	1601	1392	1253
堆置區面積 (直立) Storage area (standing) [㎡]	**750**	635	480	389
承載區面積 (4 支支撐架均布載重)(4 block supports to distribute load) [㎡]	**48**	48	48	48
支撐架下方承載力需求 Bearing pressure under blocks [t/㎡]	**13**	14	16	17

註：Assumes 20% buffer around structure

資料來源： GL Garrad Hassan (2014), ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES.

3.4.2 離岸風電構件碼頭堆置及載運需求

風力機構件中套管式支撐結構、塔柱及機艙均屬大型及重型結構，其各構件碼頭堆置及載運需求，將分別說明如后。

1.套管式支撐結構堆置及載運需求

(1) 儲存型式

套管式支撐結構組件採橫放或直立堆置於碼頭後線土地，如圖 3.7～圖 3.8 所示，其中橫放套管式支撐結構組件承載力需求為 10 t/m^2；採直立式承載力需求為 14 t/m^2。

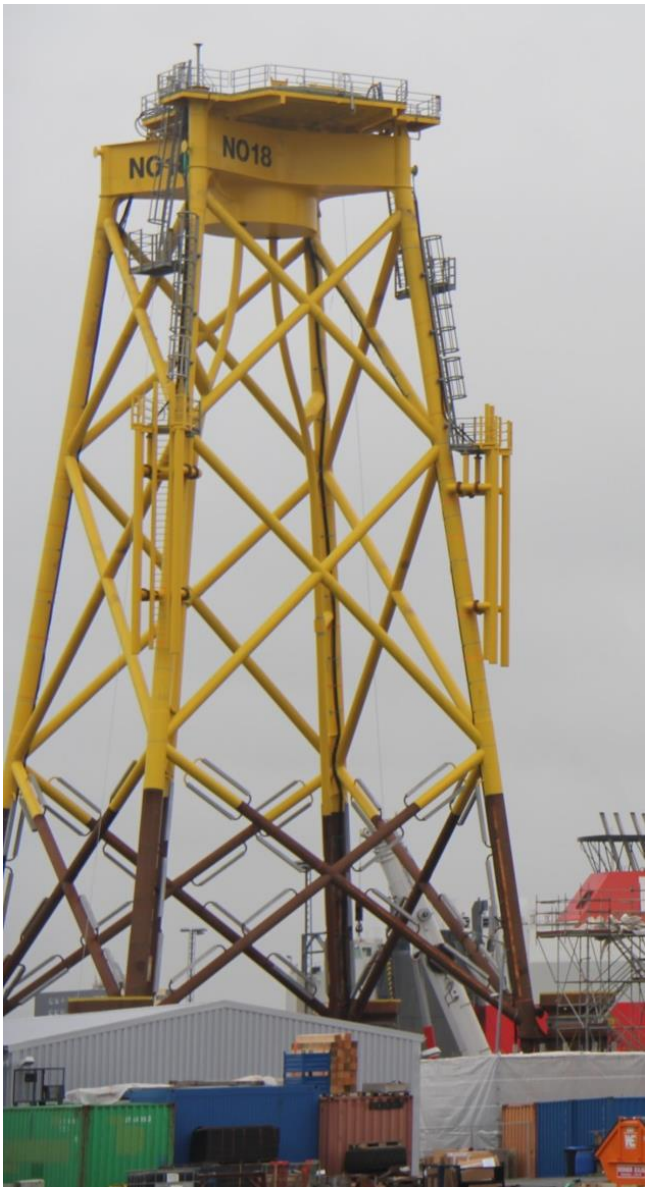
(2) 載運方式

因套管式支撐結構屬大型重構件，載運採多台多輪車方式運載，如圖 3.9 所示。



資料來源：www.bifab.co.uk

圖 3.7 套管式支撐結構橫放堆置於碼頭後線



資料來源：www.bifab.co.uk

圖 3.8　套管式支撐結構直立堆置於碼頭後線



資料來源：www.utilityweek.co.uk

圖 3.9　套管式支撐結構運載方式

2.塔柱堆置及載運需求

(1) 儲存型式

塔柱一般常見分三節進行組裝，第一及二節塔柱常採橫放堆置於碼頭後線上；因塔柱第三節內有變電基座設備，採直立堆置，如圖 3.10～圖 3.11 所示。

(2) 載運方式

因塔柱構件屬大型構件，載運採門式吊車或卡車方式運載；塔柱第三節則採多輪車載運，如圖 3.12 所示。



資料來源：www.mlm.uk.com

圖 3.10　塔柱橫放堆置於碼頭後線



資料來源：www.areva.com

圖 3.11　塔柱第三節直立堆置於碼頭後線



照片來源：earthandindustry.com



照片來源：www.upload.wikimedia.org

圖 3.12　塔柱構件運載方式

3.機艙堆置及載運需求

(1) 儲存型式

機艙組件堆置時，為避免與地面直接接觸，採框架架高推置於碼頭後線區，將載重平均分配於地面上，如圖 3.13 所示。

(2) 載運方式

因機艙構件屬重型構件，機艙載運採多輪車方式運載，堆置區至運載路線之地面承載力需求為 10 t/m^2，如圖 3.14 所示。



資料來源：www.mlm.uk.com

圖 3.13　機艙堆置於碼頭後線



資料來源：www.ale-heavylift.com

圖 3.14　機艙運載方式

4.葉片堆置及載運需求

(1) 儲存型式

如後線堆置土地足夠，葉片構件可採單一葉片堆置；如空間受限，可訂製大型運輸框架採三葉片組件堆置及吊放，如圖 3.15～圖 3.16 所示。

(2) 載運方式

因風力機葉片構件屬長型構件，且為風力機組件中較輕之構件，多採卡車方式運載，如圖 3.17 所示，惟需考量道路轉彎半徑及既有設施相互影響。



照片來源：www.windpowermonthly.com



照片來源：www.fotolibra.com

圖 3.15　葉片堆置於碼頭後線



單一葉片堆置吊放



三葉片堆置及吊放

照片來源：1.左圖為 duluthshippingnews.com

2.右圖為 wireropeexchange.files.wordpress.com

圖 3.16　葉片吊放方式



照片來源：www.renewableenergyfocus.com

圖 3.17　葉片運載方式

3.5 建議增補或修訂內容

綜上所述，風電碼頭基地係為風力發電場開發、營運及維護之必要基礎建設。故後續之規範修訂，將配合包括風力機組、基礎及其他相關設施等構件之製造、組裝、堆儲、運輸、安裝、營運、維護乃至除役等過程中之需求，其碼頭功能性除一般碼頭基本需求外，尚需因應風電碼頭營運之特性(包括大型物件運輸裝卸、高載重需求及特殊工作船停靠等)所面臨之情境納入風電碼頭規範修訂之考量。

第四章　遊艇碼頭之議題探討

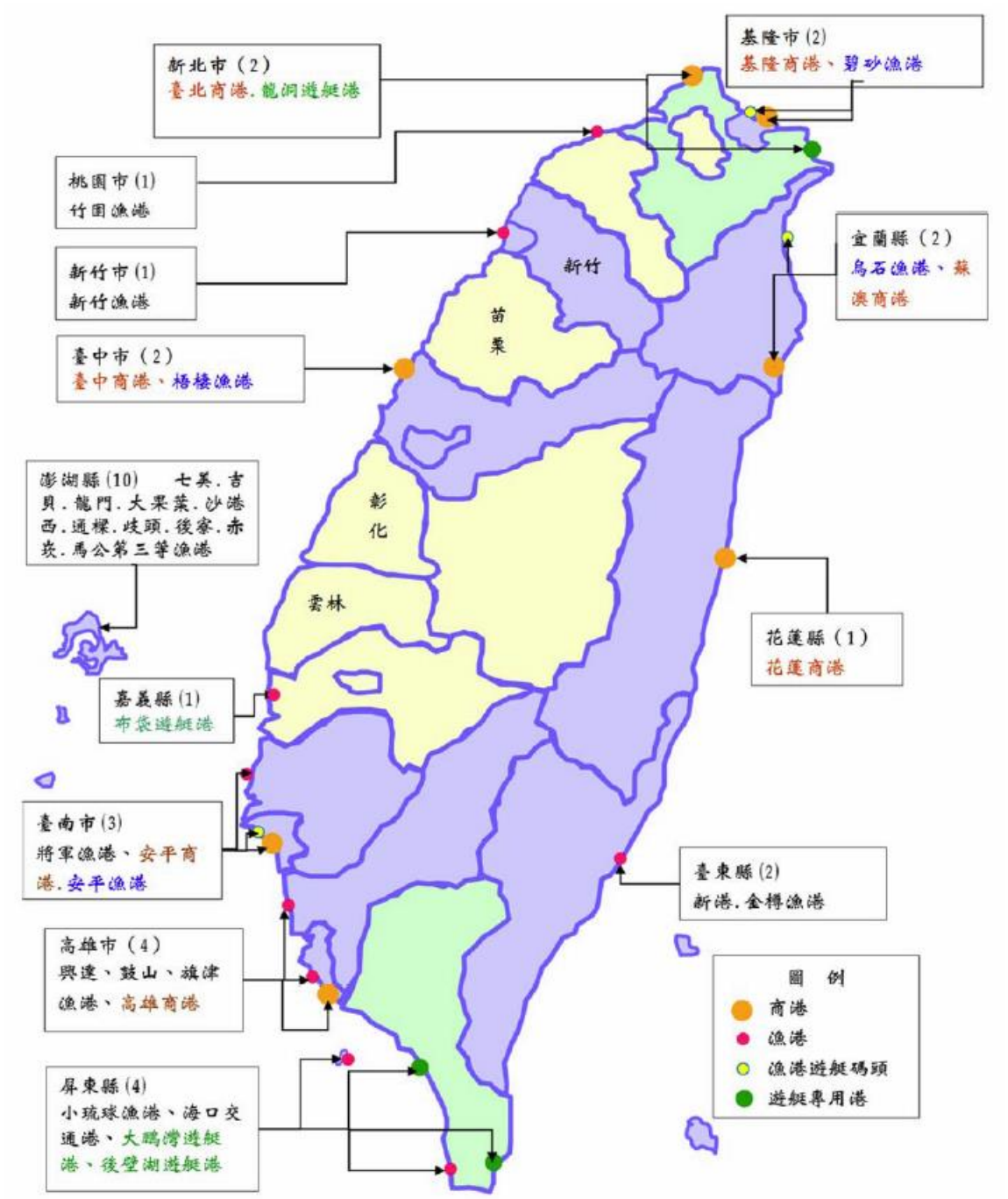
4.1　前言

臺灣四面環海，鑒於以往戒嚴體制之影響，及「重陸輕海」的思維，民眾對於親海活動多持保留態度，故交通部配合政策推動以「海岸解嚴」、「生態保育」等基礎，於民國 99 年提出「推動遊艇活動發展方案」，並於 99 年 12 月經行政院核定，期待藉由發展遊艇活動，據以推廣我國海上活動多元化及帶動遊艇活動相關經濟與觀光事業。其後，並配合遊艇活動之興起與推動陸續於 99 年修正「船舶法」，101 年公告「遊艇管理規則」及修正「遊艇與動力小船駕駛管理規則」，再於 104 年 10 月修正「商港港務管理規則」，期健全各項法源依據，有效提昇遊艇活動之便利性與合法性。

有鑑於過往國內缺乏由政府正式頒布之遊艇碼頭設施規劃及設計相關規範，亟需配合遊艇發展趨勢進行調整與修正，以供後續遊艇碼頭建設之依循。

4.2　國內遊艇港發展概況

依據交通部「推動遊艇活動發展方案」及最新統計資料，臺灣現有 3 處既有之遊艇專用港及 3 座新規劃之遊艇港、6 處商港、3 處輔助港及 20 處漁港等開放供遊艇申請停泊，詳圖 4.1 所示。其中，既有之遊艇專用港包括交通部觀光局管理之龍洞遊艇港、內政部營建署墾丁國家公園管理處管理之後壁湖遊艇港、嘉義縣政府管理之布袋遊艇港等三處；新規劃之三座遊艇港則包括 102 年 6 月啟用之宜蘭烏石遊艇碼頭、103 年 11 月啟用之臺南安平遊艇碼頭，以及預定於 105 年完成第一期工程之屏東大鵬灣遊艇碼頭等三處；茲初步就既有之遊艇專用港(龍洞、後壁湖及布袋等 3 處)分別介紹詳后所述。



資料來源：臺灣遊艇基地整體評估規劃。

註：(　)內數字表該縣市可提供遊艇泊靠港口數量。

圖 4.1　臺灣可供遊艇泊靠港口位置分佈圖

4.2.1　龍洞遊艇港

龍洞遊艇港位於新北市貢寮區，與龍洞四季灣合稱為龍洞南口海洋公園，面積共約 16 公頃，為國內第一座遊艇港，亦為國內首座結合遊艇

港、海水游泳池及地質解說展示館的多功能戶外自然教育中心，由交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處規劃設計建造，為國內首座遊艇專用港，該港於民國 88 年 2 月 28 日完工，建設經費總計約新臺幣 5.4 億元。每年夏季有不少游泳及戲水之遊客來此拜訪水底游魚與珊瑚世界，這裡的海蝕平臺，是東北角海岸設置的 4 處海濱生物教室之一，於退潮時分，長達百餘公尺之潮間帶，便成了遊客認識海濱生物的大自然教室。

遊艇碼頭區主要以停泊各類型遊憩船舶為主，水域面積約 2.9 公頃，可提供 65 呎以下遊艇泊靠，包括中大型遊艇 96 艘(長期繫留 56 艘、臨時繫留 40 艘)、小型遊艇約 20 艘等，共計 116 泊位。遊艇泊位之船席長度大致可分為 6m 及 8m 兩種，對應之棧橋間距亦約為 6m 及 8m，船席間操船間距則約 15m，主棧橋寬度約 5m，支棧橋寬度則約 1.5m，港區相關設施包括水域、繫靠、陸上置艇(約可停置遊艇 37 艘)、景觀遊憩、營運管理、上下架、維修、停車場及環保等，相關配置及附屬設施詳圖 4.2 所示。該港因受東北季風影響，海上活動季節多集中於每年 4 月中旬至 9 月，扣除颱風影響因素後，每年可提供遊艇進出港之日數約 120 天。

由於龍洞遊艇港位於臺灣本島東北方，同時遭受到冬季東北季風與夏季颱風之雙重侵擾，其中東北季風之直接吹襲，長期影響港區之靜穩度；另於夏季則受到颱風引致之風浪所影響，由於該港東側並無其他山脈地形遮蔽，故往年多次遭受颱風侵襲，導致遊艇及碼頭損壞嚴重。



資料來源：Google Earth，網路圖片，本研究彙整。

圖 4.2　龍洞遊艇港配置及附屬設施圖

4.2.2 後壁湖遊艇港

後壁湖遊艇港位於臺灣南端屏東縣之南灣與貓鼻頭間，距恆春市中心區約 8 km，基地及水上泊位面積約 8.2 公頃，鄰近深約 1～3m 之珊瑚礁岩瀉湖海岸，主要可分為南側漁港及北側遊艇港兩區。

民國 74 年時內政部營建署墾丁國家公園管理處(以下簡稱墾管處)為因應海上遊憩需求與日俱增，並提供民眾體驗海上遊憩活動，辦理該港規劃及可行性評估，並於 82 年起陸續完成相關設施，自 89 年正式啟用。墾管處於 89 年 4 月至 98 年 4 月期間以公開招標方式委由民間機構辦理後壁湖遊艇港部分區域之經營管理，並提供相關船艇服務及修護席位，港區設施包含候船室，遊客中心、咖啡吧休憩區，旅遊聯盟俱樂部、西餐、中餐海鮮景觀餐廳、客戶服務中心、精品賣場等設施，惟承攬公司於民國 97 年因營運爭議與墾管處片面解除契約，後經墾管處接管營運至今。

遊艇港區水域面積約 2.9 公頃，泊席則可分為浮棧碼頭泊位及陸上置艇區，港區規劃可停泊 9～18m 長之各類船艇總泊位數為 110 席，惟部分做為公務用途等，目前開放外界停泊之遊艇席位約 66 席。遊艇泊位之船席長度大致可分為 8.5m、10.5m、12m 及 15m 等四種，棧橋間距約為 9～10.5m，船席間操船間距則約 17.5m，主棧橋寬度約 2.5m，支棧橋寬度則約 1～1.5m，相關配置及附屬設施詳圖 4.3 所示。

由於後壁湖遊艇港係位於臺灣最南端，距離高雄都會區有一定之距離(>80 km)，以遊艇擁有者而言多居住於都會區，故往返交通上甚為不便，使得遊艇擁有者至該港使用意願較低。



資料來源：Google Earth，網路圖片，本研究彙整。

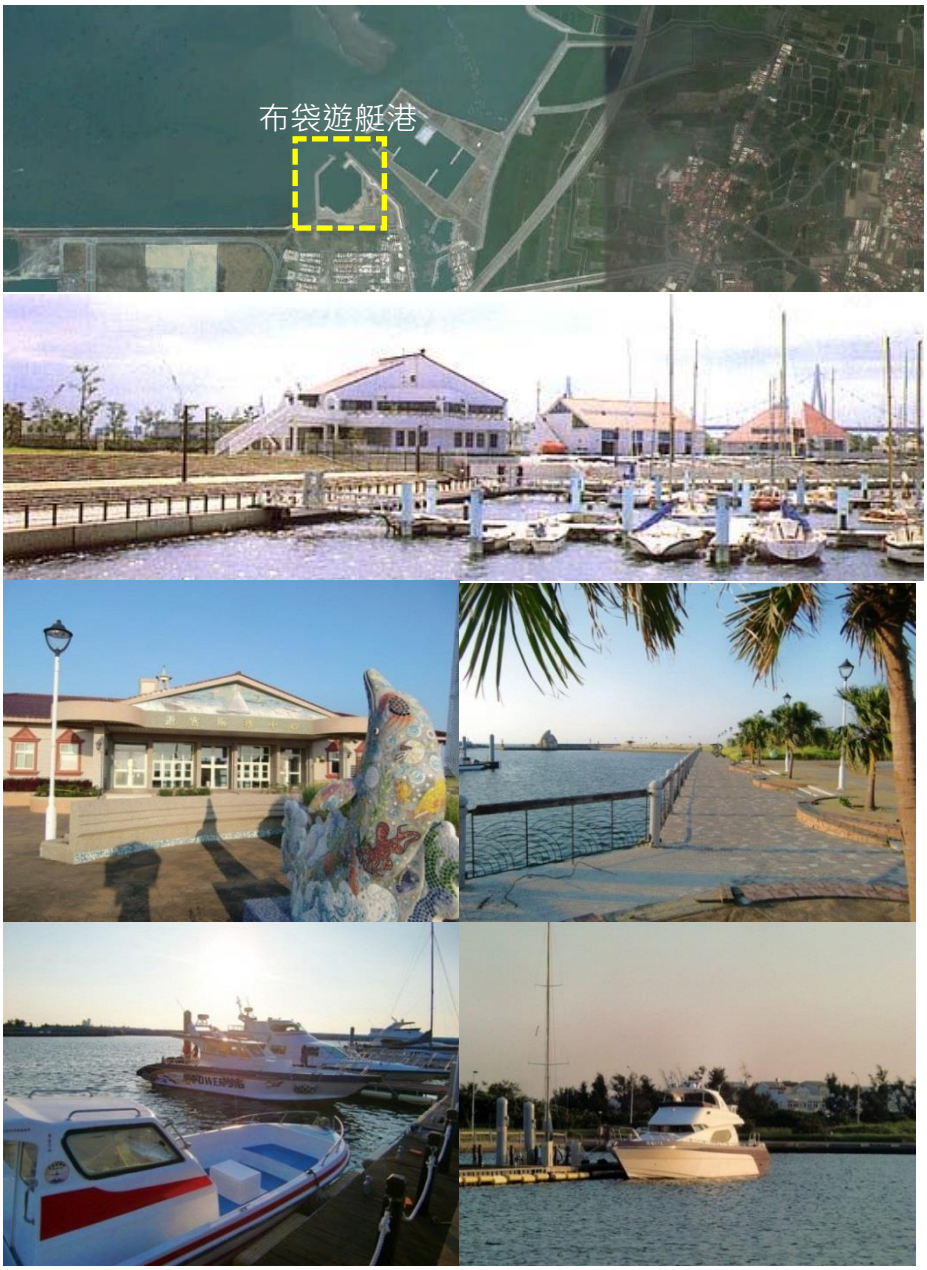
圖 4.3　後壁湖遊艇港配置及附屬設施圖

4.2.3 布袋遊艇港

布袋遊艇港位於嘉義縣布袋港東北側，海埔新生地北側，距西濱快速道路布袋港交流道約 200m，該港於民國 94 年完工，建設經費計約新臺幣 3.7 億元，期間因未依相關法規進行土地報編程序，導致港區無法申請建照及使用執照，經嘉義縣政府多方奔走克服困難，行政院於民國 98 年 04 月 08 日院臺建字第 0980016788 號函備查「擴大臺灣南部區域計畫（嘉義縣布袋國內商港、遊艇港、第三漁港地區）」，復經內政部民國 98 年 04 月 22 日公告實施後，由嘉義縣政府依核定之計畫內容，依法申請劃定為非都市土地特定專用區，並依規定編定適當土地使用分區類別，後續完成港區建物補辦建、使照後，已於民國 98 年 10 月 3 日辦理開港。

布袋遊艇港陸域面積約 6.7 公頃，水域面積約 5 公頃，景觀綠地約 6 公頃，碼頭停泊線約 456m，港口航道寬度約 40m，浮動碼頭區可供 20 艘長度 9m 以下小型遊艇，或 15m 以下中型遊艇 10 艘停泊。遊艇泊位之船席長度約 15.5m，棧橋間距約為 12m，主棧橋長度約 54m，寬度約 5.5m，支棧橋寬度則約 3.5m。其配置附屬設施，包括服務遊憩區、遊艇碼頭區、自然景觀區、淺岸活動區及濱海活動區等設施，可發展布袋港成為雲嘉南地區之主要觀光碼頭，提供海上旅遊之交通遊憩服務，相關配置及附屬設施詳圖 4.4 所示。

布袋遊艇港沿岸漂沙活動係以由南往北為主，航道區域易受水流帶動之懸浮漂砂沉積影響，致使港池航道必須定期維護與浚深，方能提供船舶航行所需之水深，則相對增加港區水域維護之經費。



資料來源：Google Earth，網路圖片，本研究彙整。

圖 4.4　布袋遊艇港配置及附屬設施圖

4.3 遊艇特性

4.3.1 遊艇之定義

依據我國「船舶法」(民國 99 年 12 月 8 日修正)之明文規定，遊艇之定義為「**指專供娛樂，不以從事客、貨運送或漁業為目的，以機械為主動力或輔助動力之船舶**」。依使用目的可區分為「自用遊艇：指專供船舶所有人自用或無償借予他人從事娛樂活動之遊艇」及「非自用遊艇：指整船出租或以俱樂部型態從事娛樂活動之遊艇」。

4.3.2 遊艇之種類

遊艇之種類可依船舶大小及使用功能進行分類，概述如后：

一、依船舶大小分類

遊艇之長度可代表遊艇之等級和品質，依照國際標準遊艇之規格，習慣以英呎進行衡量，從尺寸大小上分為四種：

(一) 小型遊艇：30 英呎以下　(9m)

(二) 中型遊艇：30～50 英呎　(9～15m)

(三) 大型遊艇：50～100 英呎　(15～31m)

(四) 超級遊艇：100 英呎以上　(>31m)

二、依使用功能分類

遊艇依使用功能可分為三大分類：

(一) 運動型遊艇：此類遊艇都為小型遊艇，亦可說是快艇，此類遊艇一般設計時以速度做為特點，而且價格較低，配置簡單，因此，在年青人以至廣大中低產階層人士裡非常有市場。

(二) 休閒型遊艇：此類遊艇大多為家庭購買，做為家庭度假消遣休閒所用。一般以 30～45 英呎左右之遊艇為主，設計時亦考慮家庭使用之方便性，艙房起碼有一個以上，3、4 房廳以下之佈局。裝潢時亦以烘托家庭氛圍為特色，市場上遊艇種類大多以此類為主。

(三) 商務型遊艇：這類遊艇一般皆為大尺寸之遊艇，裏面裝潢豪華，亦即所謂之豪華遊艇，一般被大型企業集團法人、老闆們購買用於商務會議、公司聚會、小型派對和公關推廣等有關企業與產品之高級商務活動。

4.3.3 遊艇之尺寸

參考「Guidelines for design of marinas」建議目前使用的遊艇之尺寸大小與吃水深關係如表 4-1 所示，另有關其他參數詳附錄一。

表 4-1 一般動力遊艇尺寸表

設計船型尺寸 (m)				排水量 W (t)	備註
全長 L	船寬 B	吃水深 T			
		動力艇	動力帆船		
8	3.4	0.9	1.5	3	小型遊艇
10	4.0	1.0	1.8	6	中型遊艇
12	4.4	1.0	2.0	10	
15	5.0	1.2	2.5	17	
18	5.4	1.4	2.7	38	大型遊艇
21	5.8	1.6	2.9	43	
24	6.3	1.7	3.0	66	
28	7.1	1.9	3.2	128	
32	8.0	2.0	3.6	190	超級遊艇
36	9.0	2.1	3.9	210	
40	10.0	2.3	4.2	260	
45	10.0	2.6	4.2	380	
50	10.0	2.9	4.2	540	

資料來源：Guidelines for design of marinas，澳洲 Standards Australia，民國 99 年、本研究彙整。

4.4 遊艇碼頭特性

4.4.1 定義

考量我國對於遊艇碼頭尚無專法或部頒規範，故參考日本遊艇規範「性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方」對於遊艇碼頭之定義，泛指供遊艇繫泊之水域設施、外廓設施、船席碼頭設施等，以及提供遊艇使用者服務之相關設施，如遊艇服務設施、臨港交通設施、綠地、遊艇上下岸設施、營運管理設施、教學訓練設施及遊艇俱樂部等。

4.4.2 遊艇碼頭設施項目

組成遊艇碼頭設施之各項常見設施綜整如表 4-2 所示。該表係依目前日本港灣規範(港湾の施設の技術上の基準)中，對於遊艇碼頭設施是否有明文規定進行分類。

表 4-2 遊艇碼頭設施項目表

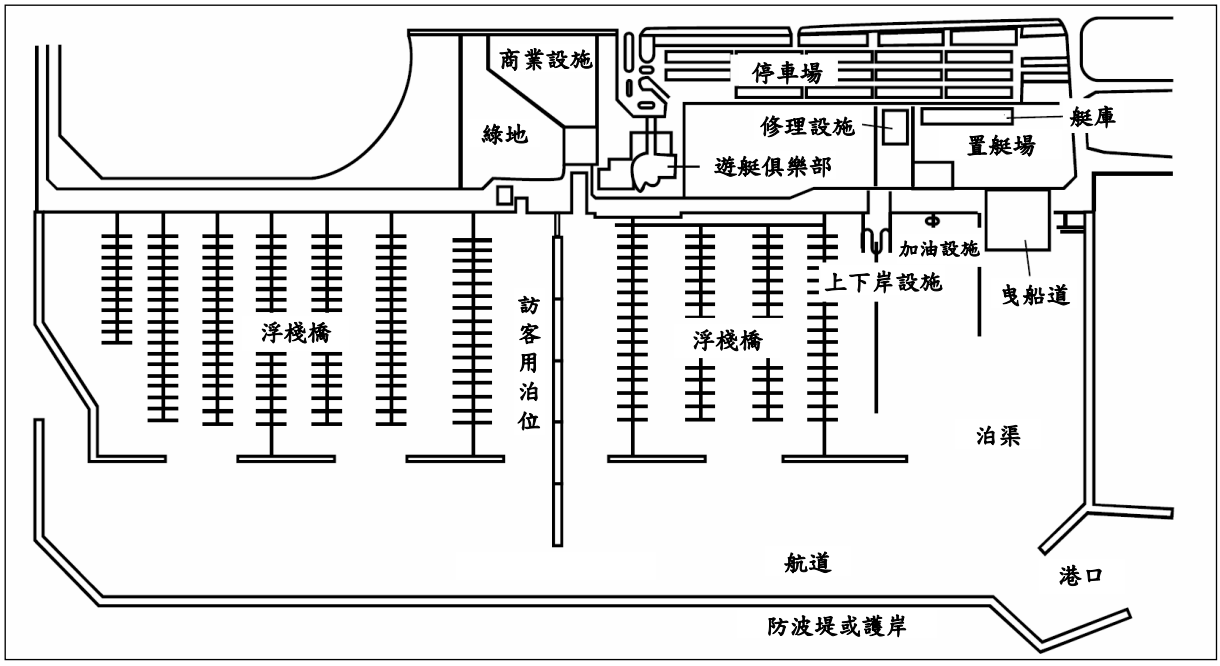
	日本港灣構造物設計基準 明文規定設施	未明定之遊艇相關設施
遊艇碼頭設施	● 水域設施(航道、錨泊區及泊渠) ● 外廓設施(防波堤、護岸) ● 繫泊設施(碼頭、棧橋、浮棧橋、繫船樁、繫船浮標、碼頭附屬設施等) ● 遊艇服務設施[供水供電設施等碼頭附屬設施、船舶保管設施等陸上存放設施] ● 臨港交通設施(道路、停車場) ● 綠地	● 遊艇上下岸設施 ● 船舶修理及維護設施 ● 營運管理設施 ● 教學訓練設施 ● 遊艇俱樂部 ● 遊艇清洗設施 ● 污水、垃圾處理等環保設施

資料來源：性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方，日本国土交通省国土技術政策総合研究所，民國 98 年。

4.4.3 遊艇碼頭設施概要及說明

一、遊艇碼頭設施概要

遊艇碼頭一般由圖 4.5 所示設施項目所組成。



資料來源：性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方，日本国土交通省国土技術政策総合研究所，民國 98 年。

圖 4.5 遊艇碼頭設施項目示意圖

二、遊艇碼頭主要設施說明

(一) 水域設施

水域設施係由航道及泊渠等組成，以提供遊艇安全及順暢之航行、靠泊為目的，如圖 4.5 所示。

(二) 外廓設施

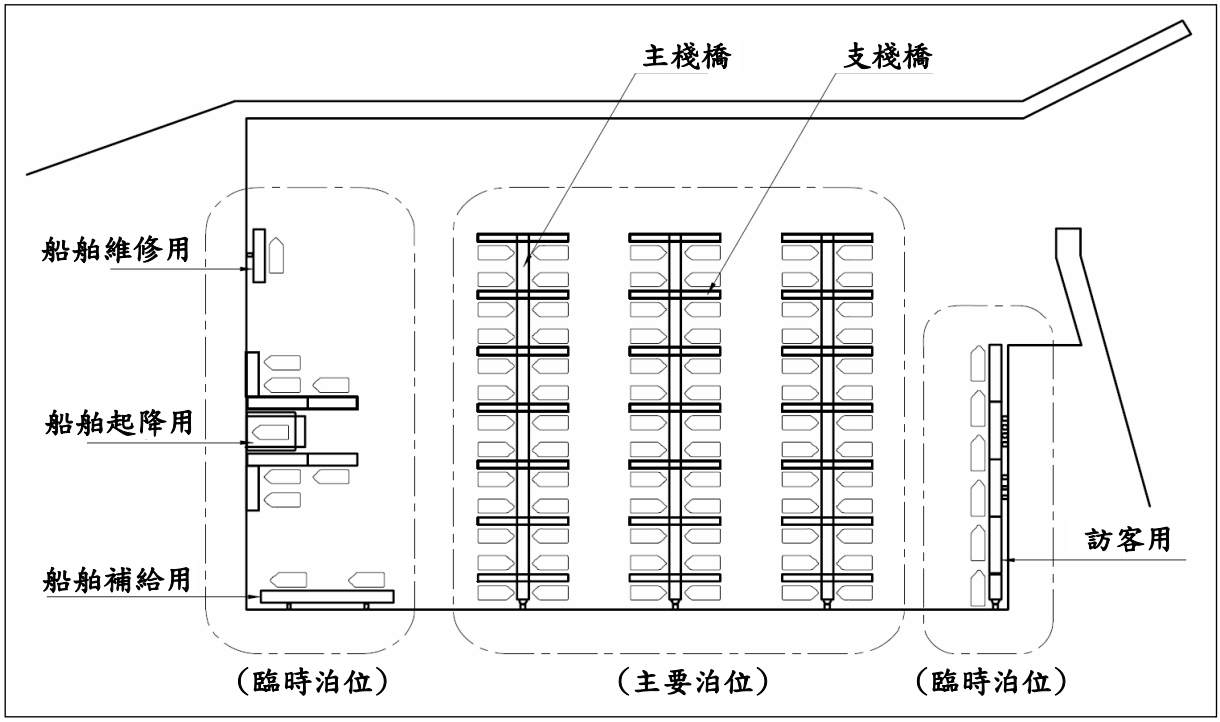
外廓設施係由防波堤或護岸所組成，以提供遊艇安全進出港、確保水域靜穩以及保護後線設施為目的，如圖 4.5 所示。

(三) 繫泊設施

繫泊設施係以提供遊艇安全、順暢之使用、人員安全乘降等為

目的之設施。一般可分為直立碼頭、棧橋、浮棧橋、繫船樁及繫船浮標等。

基於遊艇之使用特性，以浮棧橋型式最為廣泛使用。浮棧橋常見配置如圖 4.6 所示，一般由主棧橋及支棧橋組成，浮箱可隨潮位變動而起伏。此外，主棧橋係供使用者通行、搬運行李，支棧橋係供遊艇繫泊及使用者上下船之設施，陸地到棧橋間之移動則另設置聯絡橋。一般浮棧橋之組成如圖 4.7 所示。



資料來源：性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方，日本国土交通省国土技術政策総合研究所，民國 98 年。

圖 4.6　浮棧橋配置示意圖

(四) 船舶服務設施

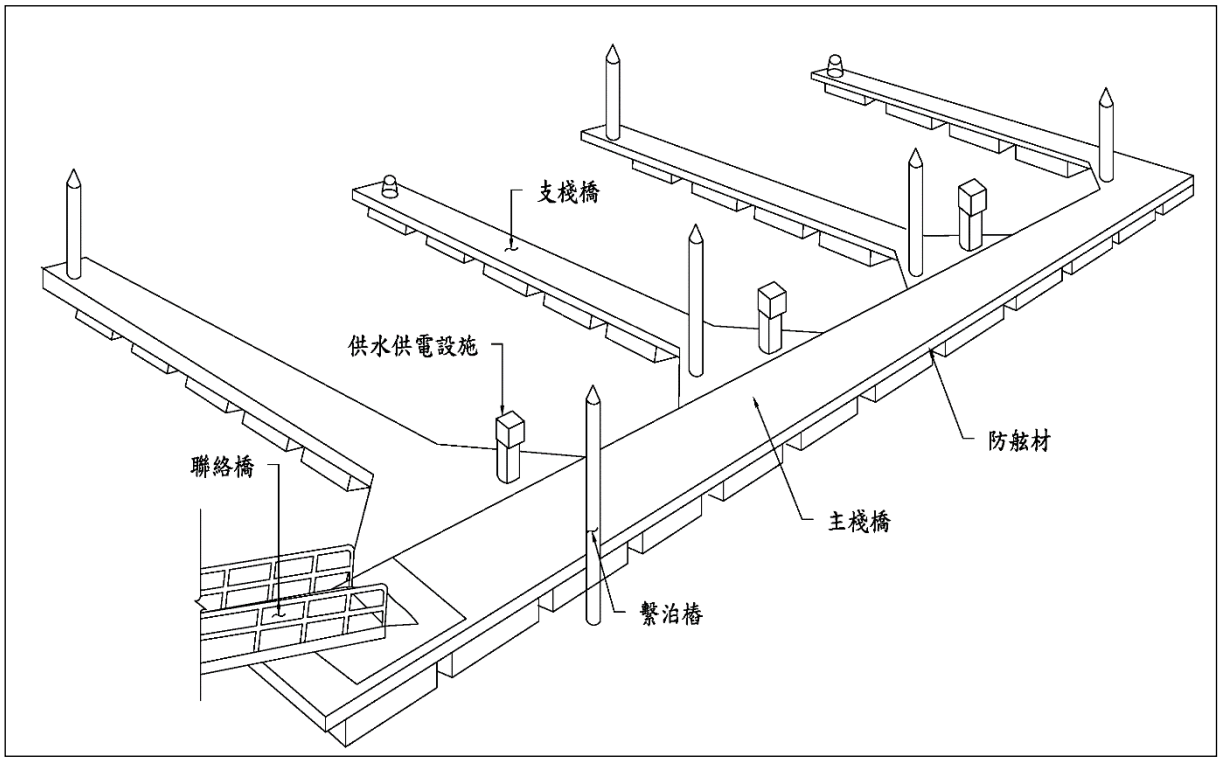
遊艇所需之船舶服務設施包括供水供電設施等碼頭附屬設施，以及船舶保管設施等陸上存放設施如置艇場、艇庫等，示意如圖 4.5 所示。

(五) 臨港交通設施及綠地

組成遊艇碼頭之其他設施包括臨港交通設施(道路及停車場)、綠地等。

(六) 未規定於日本港灣規範之其他遊艇設施

未規定於日本港灣規範之其他遊艇設施包括有遊艇上下岸設施、船舶修理及維護設施、營運管理設施、教學訓練設施、遊艇俱樂部、遊艇清洗設施及污水、垃圾處理等環保設施。



資料來源：性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方，日本国土交通省国土技術政策総合研究所，民國 98 年。

圖 4.7　浮棧橋組成示意圖

4.5 建議增補或修訂內容

4.5.1 國內外遊艇碼頭規劃設計規範彙整

有鑑於我國目前缺乏有關遊艇碼頭之設計規範，早期觀光局雖曾提出規劃設計參考規劃，惟交通部並未頒布施行，迄今亦已歷經數十年。為符時宜，本研究爰蒐集我國及國外相關遊艇碼頭規劃設計規範，以做為規範修訂時之參考依據，茲彙整相關規範如表 4-3 所示。

表 4-3 國內外遊艇碼頭規劃設計規範彙整表

年份	規　　範	國　　家	說　　明
79 年	遊艇港設施規劃及設計參考規範	臺灣 交通部觀光局	早期由觀光局出版，分為規劃及設計兩篇論述，惟目前尚未頒布。
90 年	Guidelines for Planning a Marina Development	歐洲 Marine Institute	內容僅敘述須注意事項，對於規範值並無明顯建議。
94 年	Layout & Design Guidelines for Marina Berthing Facilities	美國加州 Department of Boating and Waterways	屬地方性、較簡便實務之規範，惟具備有較多實例照片可供參酌。
98 年	性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方	日本 国土交通省 国土技術政策総合研究所	氣候特性與臺灣相近，且港灣技術規範相對完整。
99 年	Guidelines for design of marinas	澳洲 Standards Australia	澳洲為全球發展遊艇之指標性國家，且遊艇產業發展成熟，為國際較常引用、參考之規範。
102 年	A Code of Practice for the Design and Construction of Marinas and Yacht Harbours	英國 The Yacht Harbour Association Ltd	定期更新，有關管理及附屬設施內容相對詳細。
103 年	遊艇碼頭設計規範	中國大陸 交通運輸部	綜整國際遊艇碼頭規範之特性而得，內容尚屬完整。

資料來源：本研究彙整。

另考量除遊艇碼頭特殊設施需求外，部分構造物之規劃設計與一般常見港灣構造物並無不同，由於目前港灣構造物相關設計規範發展相對較為成熟，故本研究亦蒐集港灣構造物共通之設計規範，如表 4-4 所示，做為規範修訂之撰寫依據。

表 4-4　港灣構造物共通之設計規範彙整表

年份	規　　範	出　版　單　位
73 年	漁港構造物標準設計法 (日本)	日本財團法人全國漁港協會
80 年	British Standard Code of Practice for Maritime Strutures (英國)	Britich Standards Institution
85 年	港灣構造物設計基準─防波堤設計基準及說明 (臺灣)	臺灣交通部
97 年	Coastal Engineering Manual (美國)	U.S. Army Corps of Engineers
98 年	Technical Standards and for Port and Harbour Facilities in Japan (日本)	the Overseas Coastal Area Development Institute of Japan
86 年	港灣構造物設計基準─碼頭設計基準及說明(臺灣)	臺灣交通部

資料來源：本研究彙整。

4.5.2　本研究規範引用原則

國內進行港灣相關規劃設計作業時，主要依循國際上普遍且具公信力之港灣設計規範及參考書籍。因應遊艇產業發展及因應遊艇碼頭設施之特殊規劃設計需求，目前於國際上已有許多國家針對遊艇碼頭訂定有相關設計規範，其中常為引用者如：日本、澳洲、英國及中國大陸等國所制定者。惟因臺灣氣候特性，夏季有颱風侵襲、冬季有東北季風吹拂，並非可全然引用相關規範。基此，本研究參考綜整前述各國所制定遊艇碼頭規劃設計規範之特性，並初擬主要引用與參考引用之規範。

經比較各國遊艇碼頭規範之特性，考量日本地理區位及氣候特性與臺灣極為相似，均係位於西太平洋臨海地區且亦有颱風波浪之影響，故由日本國土交通省國土技術政策總合研究所於民國 98 年提出之遊艇碼頭規劃設計規範「性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方」，便具有十足參考價值。

地理區位上大陸與臺灣亦極為接近，由大陸交通運輸部所頒布之「遊艇碼頭設計規範」係於民國 103 年出版，尚為目前國際上最新之遊艇碼頭規劃設計規範。雖於颱風影響分析上不如臺灣、日本顯著，惟以目錄架構而言，相對完整並可符合實務上規劃設計之流程。至於澳洲、英國、歐洲及美國等歐美國家係為遊艇活動發展之先驅，該等國家所制定之遊艇碼頭規劃設計規範尤以陸上服務及碼頭配套等設施論述可參考引用為我國未來規劃設計時之依循。

第五章　結論與建議

交通部於 85 及 86 年分別頒布「港灣構造物設計基準」-第一部分「防波堤設計基準及說明」及第二部分「碼頭設計基準及說明」，距今已超過 20 年，隨著時空環境之改變，此一設計基準之內容實有必要進行檢討修訂，期使基準能符合國內港埠發展建設之規劃設計及維護管理所需。

本計畫主要基於本所 96 年完成之「港灣構造物設計基準增補研究(一)」成果，蒐集國內外相關基準及研究成果，依部頒規範格式修訂條文。

5.1　結論

臺灣位於環太平洋地震帶，加上海島性之氣候與海象條件，使得臺灣之港灣構造物在其使用年限期間的安全性受到地震、潮流、波浪、海嘯、土壤液化、鹽分腐蝕等之影響，因此，如何考量構造物整個使用年限之經濟性，據以提出合理的設計基準，使所建造之港灣構造物能滿足運輸安全及服務品質需求，對我國經貿發展極其重要。

為符合國內港灣環境特性及順應世界港埠發展趨勢，本次修訂或增補，以符合現行規範與安全需要，而非創新制訂新的基準，因此將以「必要、安全、實用、簡單」為修訂或增補之指導原則。

本次修訂主要項目說明如下：

1. 第七篇防波堤-參酌近年日本及英國港灣規範酌予修訂部份文字說明，並因應本次修訂規範架構調整，整併部份重覆內容；修訂直立部安定計算之計算公式、對於堤體基礎保護等予以規定並新增海堤之專章等。

2. 第八篇碼頭-參酌日本港灣規範及本土化工程實務需求酌予修訂部份文字說明，並因應本次修訂規範架構調整，整併部份重覆內容；檢視相關計算公式之定義及適用性、補充浮動碼頭之岸壁支撐與基樁固定等結構形式、檢視原基準中相關名詞之定義及適用性(岸肩、導軌)。

3.第九篇專用碼頭-因應綠色能源產業發展，與觀光產業之提升，對於液化天然氣船靠泊卸收作業、風力發電碼頭各項作業及遊艇碼頭等，於各種船型及特殊需求下所衍生之各類專門碼頭已於國內各大商港內相繼建設中，故參酌國際相關規範及本土化工程實務需求，新增「液化天然氣碼頭」、「風電碼頭」及「遊艇碼頭」之專章，以供國內發展相關產業時之依循。

4.對於天文潮位之統計方法予以定義說明，並將彙整於基準(草案)之第二篇第六章-潮位及暴潮位，供本基準之設計潮位所選用。

5.全篇相關架構之調整-

(1)配合政府相關政策施行，對於公共設施訂定設計使用年限及生命週期概念等，茲原部頒「港灣構造物設計基準—防波堤設計基準及說明」第六章-防波堤之管理與維修、「港灣構造物設計基準—碼頭設計基準及說明」第十五章-碼頭維護與管理，可依前期計畫之研究成果第一篇第三章-生命週期之管理原則之相關規定辦理，故予以刪除。

(2)本次基準修訂係為對既有部頒「港灣構造物設計基準—防波堤設計基準及說明」及「港灣構造物設計基準—碼頭設計基準及說明」進行合併與修訂，相較原部頒基準其架構已有大幅調整，諸如設計條件、混凝土構件、基礎...等，已彙整於前期計畫「港灣構造物設計基準相關條文修訂」研究成果(第二、四、五篇)之相關章節。

5.2 建議

因應綠色能源產業發展，與觀光產業之提升，對於液化天然氣、風電及遊艇碼頭等具特殊進港限制及特別船機作業方式之專用碼頭之需求益增，故本次工作參酌國際相關規範新增專章，以供國內發展相關產業時之依循；建議未來修訂時，應配合國際相關產業發展趨勢及規範修訂方向進行檢討，俾使我國規範同與國際接軌。

5.3 研究成果及其效益

本次研究之成果內容說明如下：

1.完成港灣構造物設計基準第七篇防波堤條文修訂、格式編排及初審。

2.完成港灣構造物設計基準第八篇碼頭工程條文修訂、格式編排及初審。

3.完成港灣構造物設計基準第九篇專門碼頭條文修訂、格式編排及初審。

4.完成港灣構造物設計基準基準部分篇章增補、格式編排及初審，並視本年度編修需求配合調整第一至六篇之條文內容。

完成港灣構造物設計基準第七至九篇之條文修訂，作為交通部未來修訂基準的參據。

5.4 提供應用情形

修訂基準報部頒布施行供交通部航港局、臺灣港務公司、縣市政府、工程顧問公司…等相關單位使用，提昇港灣構造物性能，滿足運輸安全需求。

參 考 文 獻

1. Arnaud BANA, Michel MARIA,“Les Amenagements de Plaisance Maritime,” 2002.
2. Australian Marine Institute, “Guidelines for Planning a Marina Development,” 2001.
3. Britich Standards Institution,“British Standard Code of Practice for Maritime Strutures,” 1991.
4. Carl A. Thoresen,“Port Designer’s Handbook,”Third Edition,2014.
5. Department of Boating and Waterways,“Layout & Design Guidelines for Marina Berthing Facilities,”2005.
6. GL Garrad Hassan, “Assessment of Ports for Offshore Wind Development in the United States,” 2014.
7. OCDI, “Technical Standards and for Port and Harbour Facilities in Japan,” 2009.
8. OCDI, “Technical Standards and for Port and Harbour Facilities in Japan,” 2012.
9. Tetra Tech EC Inc.,“Port and Infrastructure Analysis for Offshore Wind Energy Development”, 2010.
10. The Yacht Harbour Association Ltd,“A Code of Practice for the Design and Construction of Marinas and Yacht Harbours,” 2013.
11. Marine Institute,“Guidelines for Planning a Marina Development,” 2001.
12. Mr.Morten Basse Jensen, Wei-Hsien Lu,“Offshore Wind Port Feasibility Study of Taichung Harbor, Taiwan,” 2016.
13. OCIMF,“Mooring Equipment Guidelines,” 2018.
14. PIANC,“Design of Small- to Mid-Scale Marine LNG Terminals Including Bunkering,” 2016.

15.Standards Australia,“Guidelines for design of marinas,” 2010.

16.United States Department of Defense,“Design: Small Craft Berthing Facilities, ”2012.

17.U.S. Army Corps of Engineers,“Coastal Engineering Manual, ” 2008.

18.日本国土交通省国土技術政策総合研究所,『性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方』，2009。

19.日本財團法人全國漁港協會，『漁港構造物標準設計法』，1984。

20.中華人民共和國交通運輸部，『遊艇碼頭設計規範』，2014。

21.中華人民共和國交通運輸部，『液化天然氣碼頭設計規範』，2010。

22.鄺向榮、大連理工大學出版社，『遊艇港選址、規劃、設計與開發』，2012。

23.工業技術研究院，『再生能源離岸風力電場開發之專用碼頭(區)設置研究 正式報告書』，民國101年。

24.工業技術研究院，『離岸風電配套港埠設施方案研究 期末報告書』，民國103年。

25.工業技術研究院,『臺中港離岸風電專用碼頭及其後線土地建置評選及營運模式研究 正式報告書』，民國104年。

26.內政部，『各類場所消防安全設備設置標準』，民國102年5月。

27.內政部，『建築物無障礙設施設計規範(第206條)』，民國103年12月。

28.交通部，『交通工程規範』，民國104年。

29.交通部,『港灣構造物設計基準－防波堤設計基準及說明』,民國85年。

30.交通部，『港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明』，民國86年。

31.交通部航港局，『臺灣遊艇基地整體評估規劃報告』，民國105年9月。

32.交通部航港局『遊艇碼頭設施規劃及設計參考手冊』，民國106年3月。

33.交通部運輸研究所,『港灣構造物設計基準增補研究』,民國96年12月。

34.交通部觀光局，『遊艇港設施規劃及設計參考規範』，民國79年3月。

35.臺中港務局，『臺中港設置液化天然氣儲卸規劃之研究』，民國92年。
36.湯麟武，『港灣及海域工程』，民國85年。
37.經濟部工業局，『國際遊艇碼頭規劃設計準則』，民國102年12月。
38.臺灣河海工程協會，『漁港工程』，民國81年。

附錄一

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂成果

前　言

臺灣位於環太平洋地震帶，加上海島性之氣候與海象條件，使得臺灣之港灣構造物在其使用年限期間的安全性受到地震、潮流、波浪、海嘯、土壤液化、鹽分腐蝕等之影響，因此，如何考量構造物整個使用年限之經濟性，據以提出合理的設計基準，使所建造之港灣構造物能滿足運輸安全及服務品質需求，對我國經貿發展極其重要。

交通部於民國 85 及民國 86 年分別頒布「港灣構造物設計基準」-第一部分「防波堤設計基準及說明」及第二部分「碼頭設計基準及說明」，距今已超過 20 年，期間於民國 88 年 9 月 21 日台灣地區發生了規模 7.3 的南投縣集集大地震，造成中部地區公共建設與建物倒塌與損壞，交通部於民國 89 年因應 921 地震修訂部份條文，另於民國 99 年及民國 102 年完成工程材料之混凝土與鋼鐵材料部份條文修訂，並頒布施行。

為符合國內港灣環境特性及順應世界港埠發展趨勢，本次修訂以符合現行規範與安全需要，而非創新制訂新的基準，因此以「必要、安全、實用、簡單」為修訂或增補之指導原則。

本次修訂主要項目說明如下：

1. 第七篇防波堤-參酌近年日本及英國港灣規範酌予修訂部份文字說明，並因應本次修訂規範架構調整，整併部份重覆內容；修訂直立部安定計算之計算公式、對於堤體基礎保護等予以規定並新增海堤之專章等。

2. 第八篇碼頭-參酌日本港灣規範及本土化工程實務需求酌予修訂部份文字說明，並因應本次修訂規範架構調整，整併部份重覆內容；檢視相關計算公式之定義及適用性、補充浮動碼頭之岸壁支撐與基樁固定等結構形式、檢視原基準中相關名詞之定義及適用性(岸肩、導軌)。

3. 第九篇專用碼頭-因應綠色能源產業發展，與觀光產業之提升，對於液化天然氣船靠泊卸收作業、風力發電碼頭各項作業及遊艇碼頭等，於各種船型及特殊需求下所衍生之各類專門碼頭已於國內

各大商港內相繼建設中，故參酌國際相關規範及本土化工程實務需求，新增「液化天然氣碼頭」、「風電碼頭」及「遊艇碼頭」之專章，以供國內發展相關產業時之依循。

4.對於天文潮位之統計方法予以定義說明，並將彙整於基準(草案)之第二篇第六章-潮位及暴潮位，供本基準之設計潮位所選用。

5.全篇相關架構之調整-

(1)配合政府相關政策施行，對於公共設施訂定設計使用年限及生命週期概念等，茲原部頒「港灣構造物設計基準—防波堤設計基準及說明」第六章-防波堤之管理與維修、「港灣構造物設計基準—碼頭設計基準及說明」第十五章-碼頭維護與管理，可依前期計畫之研究成果第一篇第三章-生命週期之管理原則之相關規定辦理，故予以刪除。

(2)本次基準修訂係為對既有部頒「港灣構造物設計基準—防波堤設計基準及說明」及「港灣構造物設計基準—碼頭設計基準及說明」進行合併與修訂，相較原部頒基準其架構已有大幅調整，諸如設計條件、混凝土構件、基礎...等，已彙整於前期計畫「港灣構造物設計基準相關條文修訂」研究成果(第二、四、五篇)之相關章節。

本基準除使用公制單位外，為配合國際單位之推廣，在公制單位之後附加國際單位，並採陰影區塊及括號處理之。

本基準條文採原則性之規定，工程師實際應用時仍需依其學理及工程實務經驗進行設計。

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂

基準目錄

第七篇　防波堤

第一章　總論 ----------1

第二章　設計之基本原則----------3

2.1　設計條件 ----------3

2.1.1　潮位 ----------3

2.1.2　風 ----------3

2.1.3　波浪 ----------3

2.1.4　水深及地盤條件----------3

2.1.5　地震 ----------3

2.1.6　其他 ----------3

2.2　斷面型式 ----------4

2.3　施工法 ----------4

2.4　工程費 ----------4

第三章　基本設計 ----------5

3.1　基本斷面之假定 ----------5

3.1.1　直立堤 ----------5

3.1.2　合成堤 ----------5

3.1.3　斜坡堤 ----------5

3.1.4　消波塊覆蓋堤 ----------6

3.1.5　直立消波塊堤 ----------6

3.1.6　消波沉箱堤 ----------6

3.1.7　上部斜面沉箱堤----------6

3.2　外力計算 ----------6

3.2.1　波力 ----------6

3.2.2　靜水壓 ----------7

3.2.3 浮力 ----- 7
3.2.4 自重 ----- 7
3.2.5 地震力 ----- 7
3.3 安定計算 ----- 7
3.3.1 直立部之安定計算 ----- 7
3.3.2 堤基部之安定計算 ----- 7
3.3.3 堤體整體之安定計算 ----- 8
3.3.4 堤頭、轉角處之安定計算 ----- 8
第四章 細部設計 ----- 9
4.1 直立堤 ----- 9
4.2 合成堤 ----- 9
4.3 斜坡堤 ----- 9
第五章 防波堤與漂沙對策設施 ----- 11
第六章 海堤 ----- 13
第八篇 碼頭
第一章 概說 ----- 15
1.1 概論 ----- 15
1.2 碼頭規模 ----- 15
1.3 碼頭佈置 ----- 15
1.4 碼頭結構 ----- 15
第二章 碼頭相關事項 ----- 17
2.1 船席長度與水深 ----- 17
2.2 碼頭面高程 ----- 17
2.3 碼頭前趾界限 ----- 17
2.4 設計水深 ----- 17
第三章 碼頭之結構型式 ----- 19
3.1 結構斷面基本型式 ----- 19
3.2 結構斷面型式選定應考慮事項 ----- 20

第四章　重力式碼頭 ----------21
4.1　設計原則 ----------21
4.2　作用於壁體之外力與載重 ----------21
4.3　安定計算 ----------21
4.4　背填石料之土壓減輕效果 ----------21
4.5　細部設計 ----------22
4.5.1　概要 ----------22
4.5.2　壁體 ----------22
4.5.3　背填及防止漏砂設施 ----------22
4.5.4　壁體接合部之形狀及尺寸 ----------22
4.5.5　上部結構 ----------22
第五章　板樁式碼頭 ----------23
5.1　設計原則 ----------23
5.1.1　板樁的設計法 ----------23
5.1.2　各設計法概要 ----------23
5.2　作用於板樁之外力 ----------23
5.3　板樁設計 ----------24
5.4　背拉構材設計 ----------24
5.5　圍梁設計 ----------24
5.6　錨碇設施設計 ----------24
5.7　細部設計 ----------24
5.8　軟弱地盤上板樁式碼頭之設計 ----------25
5.9　圓弧滑動檢討 ----------25
第六章　圓筒式碼頭 ----------27
6.1　鋼板樁圓筒式碼頭 ----------27
6.1.1　設計原則 ----------27
6.1.2　作用於鋼板樁圓筒之外力 ----------27
6.1.3　圓筒壁體剪力變形檢討 ----------28

6.1.4 圓筒壁體安定檢討 ----28
6.1.5 地盤承載力檢討----28
6.1.6 圓筒壁體滑動檢討 ----28
6.1.7 圓筒頂端變位檢討 ----29
6.1.8 圓弧滑動檢討 ----29
6.1.9 圓筒佈置 ----29
6.1.10 板樁拉力計算 ----29
6.1.11 T型板樁設計 ----29
6.1.12 細部設計 ----29
6.2 置放式鋼板圓筒碼頭----30
6.2.1 設計原則 ----30
6.2.2 作用於鋼板圓筒之外力 ----30
6.2.3 圓筒壁體剪力變形檢討 ----30
6.2.4 圓筒壁體安定檢討----30
6.2.5 鋼板圓筒前趾承載力檢討 ----30
6.2.6 圓筒鋼板厚度計算----30
6.2.7 圓筒佈置 ----30
6.2.8 細部設計 ----31
6.3 埋入式鋼板圓筒碼頭----31
6.3.1 設計原則 ----31
6.3.2 作用於鋼板圓筒之外力 ----31
6.3.3 圓筒壁體剪力變形檢討 ----31
6.3.4 圓筒壁體安定檢討----31
6.3.5 圓筒壁體滑動檢討----31
6.3.6 地盤承載力檢討----31
6.3.7 圓筒頂端變位檢討----31
6.3.8 圓弧滑動檢討 ----32
6.3.9 圓筒佈置 ----32
6.3.10 圓筒及圓弧鋼板厚度計算----32

6.3.11 接頭部份與補強構件 ----- 32
6.3.12 細部設計 ----- 32
第七章 棧橋式碼頭 ----- 33
7.1 概論 ----- 33
7.2 直樁棧橋式碼頭 ----- 33
7.2.1 設計原則 ----- 33
7.2.2 棧橋單元大小及基樁配置 ----- 33
7.2.3 上部結構相關尺寸 ----- 33
7.2.4 繫船柱及防舷材配置 ----- 34
7.2.5 作用於棧橋之外力 ----- 34
7.2.6 海底面設計相關事項 ----- 34
7.2.7 基樁設計 ----- 35
7.2.8 擋土護岸設計 ----- 35
7.2.9 圓弧滑動檢討 ----- 35
7.2.10 細部設計 ----- 35
7.3 斜樁棧橋式碼頭 ----- 36
7.3.1 設計原則 ----- 36
7.3.2 棧橋單元大小及基樁配置 ----- 36
7.3.3 上部結構相關尺寸 ----- 36
7.3.4 繫船柱及防舷材配置 ----- 36
7.3.5 作用於棧橋之外力 ----- 36
7.3.6 海底面設計相關事項 ----- 36
7.3.7 基樁作用力及斷面之決定 ----- 36
7.3.8 法線方向結構分析 ----- 37
7.3.9 基樁入土深度 ----- 37
7.3.10 擋土護岸設計 ----- 37
7.3.11 圓弧滑動檢討 ----- 37
7.3.12 細部設計 ----- 37

第八章　平版樁基式碼頭----------39
8.1　設計原則----------39
8.2　決定平版高度及寬度----------39
8.3　作用於板樁之土壓力及殘留水壓力----------39
8.4　板樁設計----------39
8.4.1　板樁入土深度----------39
8.4.2　板樁斷面----------39
8.5　平版設計----------40
8.5.1　作用於平版之外力----------40
8.5.2　平版結構設計----------40
8.5.3　平版承載基樁設計----------40
8.6　壁體安定檢討----------41
8.7　圓弧滑動檢討----------41
第九章　其他型式碼頭----------43
9.1　直立消波式碼頭----------43
9.1.1　設計原則----------43
9.1.2　消波式碼頭配置原則----------43
9.1.3　選定結構型式----------43
9.2　自立式板樁碼頭----------43
9.2.1　設計原則----------43
9.2.2　作用於板樁之外力----------43
9.2.3　板樁斷面----------43
9.2.4　板樁入土長度----------43
9.2.5　板樁頂端變位量檢討----------44
9.2.6　施工中外力檢討----------44
9.2.7　圓弧滑動檢討----------44
9.2.8　細部設計----------44
9.3　斜樁錨碇式板樁碼頭----------44
9.3.1　設計原則----------44

9.3.2 作用於板樁之外力----44
9.3.3 作用於板樁與斜樁連結點之水平力及垂直力----44
9.3.4 板樁及斜樁斷面----44
9.3.5 板樁及斜樁入土長度----44
9.3.6 細部設計----45
9.4 前斜樁式板樁碼頭----45
9.4.1 設計原則----45
9.4.2 棧橋單元大小及基樁配置----45
9.4.3 上部結構相關尺寸----45
9.4.4 板樁岸壁設計----45
9.4.5 棧橋設計----45
9.4.6 基樁入土深度----46
9.4.7 細部設計----46
9.5 雙重板樁式碼頭----46
9.5.1 設計原則----46
9.5.2 作用於壁體之外力----46
9.5.3 雙重板樁壁體設計----46
9.5.4 細部設計----46
9.6 圓柱或腳柱式棧橋碼頭----47
9.6.1 設計原則----47
9.6.2 圓柱或腳柱設計----47
9.6.3 擋土護岸設計----47
9.6.4 細部設計----47
9.7 橋墩式棧橋碼頭----47
9.7.1 設計原則----47
9.7.2 橋墩設計----47
9.7.3 擋土護岸設計----47
9.7.4 細部設計----47
9.8 離岸式碼頭----48

9.8.1 設計原則 ----- 48
9.8.2 配置及相關事項 ----- 48
9.8.3 設計外力及載重 ----- 48
9.8.4 腳柱設計 ----- 48
9.8.5 大樑設計 ----- 49
9.8.6 擋土護岸設計 ----- 49
9.8.7 圓弧滑動檢討 ----- 49
9.8.8 附屬設備 ----- 49
9.8.9 細部設計 ----- 49
9.9 繫、靠船台 ----- 50
9.9.1 設計原則 ----- 50
9.9.2 繫、靠船台配置 ----- 50
9.9.3 作用於繫、靠船台之外力 ----- 50
9.9.4 基樁式繫、靠船台 ----- 50
9.9.5 鋼板圓筒式繫、靠船台 ----- 50
9.9.6 沉箱式繫、靠船台 ----- 50
9.10 浮動碼頭 ----- 51
9.10.1 設計原則 ----- 51
9.10.2 浮動碼頭興建位置及配置 ----- 51
9.10.3 浮箱設計 ----- 51
9.10.4 錨鏈設計 ----- 52
9.10.5 固定設施設計 ----- 53
9.10.6 連絡橋及引橋設計 ----- 53
9.11 繫船浮筒 ----- 54
第十章 銜接結構物 ----- 55
10.1 設計原則 ----- 55
10.2 水深變化段 ----- 55
10.3 不同結構之連接 ----- 55
10.4 角隅結構 ----- 55

10.4.1 概要 ----- 55
10.4.2 板樁結構與板樁結構連接之角隅結構 ----- 55
10.4.3 鋼板樁結構與自立式板樁結構連接之角隅結構 ----- 55
10.4.4 其他角隅結構 ----- 56
第十一章 附屬設施 ----- 57
11.1 概論 ----- 57
11.2 繫船設施 ----- 57
11.3 防撞設施 ----- 57
11.3.1 概要 ----- 57
11.3.2 防舷材配置 ----- 57
11.3.3 船舶靠岸及繫泊所產生之作用力 ----- 57
11.3.4 防舷材選擇 ----- 57
11.4 安全設施 ----- 58
11.5 服務設施 ----- 58
11.6 其他設施 ----- 58
第十二章 曳船道 ----- 59
12.1 設計原則 ----- 59
12.2 選擇設置位置 ----- 59
12.3 曳船道相關事項 ----- 59
12.3.1 各部份高程 ----- 59
12.3.2 長度及岸上面積 ----- 59
12.3.3 海側水深 ----- 59
12.3.4 滑道坡度 ----- 59
12.3.5 滑道海側泊地面積 ----- 60
12.4 海側壁體及滑道鋪面 ----- 60
12.4.1 海側壁體 ----- 60
12.4.2 滑道鋪面 ----- 60
12.5 側壁 ----- 60

第十三章　岸肩 ----------61
13.1　設計原則----------61
13.2　岸肩形狀----------61
13.2.1 寬度 ----------61
13.2.2 坡度 ----------61
13.3　鋪面設計----------61
13.3.1 鋪面型式 ----------61
13.3.2 載重條件 ----------62
第十四章　裝卸機械基礎----------63
14.1　設計原則----------63
14.2　作用於基礎之外力 ----------63
14.3　使用基樁之基礎設計 ----------63
14.3.1 混凝土樑 ----------63
14.3.2 基樁承載力 ----------63
14.4　不使用基樁之基礎設計 ----------63
14.4.1 對碼頭影響檢討----------63
14.4.2 混凝土樑 ----------64
第九篇　專門碼頭
第一章　貨櫃碼頭 ----------65
1.1　設計原則 ----------65
1.2　碼頭設施設計 ----------65
1.2.1　碼頭長度及碼頭水深----------65
1.2.2　繫船設施 ----------65
1.2.3　防撞設施 ----------65
1.3　陸上設施設計 ----------65
1.3.1　岸肩 ----------65
1.3.2　貨櫃起重機 ----------65
1.3.3　貨櫃場 ----------66

1.3.4 貨櫃集散倉棧 ----- 66
1.3.5 維修站 ----- 66
1.3.6 管理中心 ----- 66
1.3.7 出入口(GATE) ----- 66
1.3.8 其他附屬設施 ----- 66
第二章 渡輪碼頭 ----- 67
2.1 設計原則 ----- 67
2.2 碼頭設施設計 ----- 67
2.2.1 碼頭長度及碼頭水深 ----- 67
2.2.2 繫船設施 ----- 67
2.2.3 防撞設施 ----- 67
2.2.4 防止沖刷設施 ----- 67
2.3 車輛上下船設施設計 ----- 67
2.4 旅客上下船設施設計 ----- 68
2.5 其他設施設計 ----- 68
第三章 液化天然氣碼頭 ----- 69
3.1 設計原則 ----- 69
3.2 碼頭設施設計 ----- 69
3.2.1 碼頭構造型式 ----- 69
3.2.2 碼頭長度、水深及水域配置 ----- 69
3.2.3 碼頭平台配置 ----- 69
3.2.4 繫纜需求 ----- 69
3.2.5 繫船設施 ----- 69
3.3 繫泊監控系統 ----- 70
第四章 風電碼頭 ----- 71
4.1 設計原則 ----- 71
4.2 碼頭設施設計 ----- 71
4.2.1 碼頭長度、水深及水域配置 ----- 71

4.2.2 繫船設施 ---- 71
4.2.3 防撞設施 ---- 71
4.2.4 碼頭承載力 ---- 71
4.2.5 海床承載力 ---- 71
4.3 碼頭後線場地需求 ---- 72
第五章 遊艇碼頭 ---- 73
5.1 設計原則 ---- 73
5.2 船型尺寸 ---- 73
5.3 水域設施 ---- 73
5.3.1 一般規定 ---- 73
5.3.2 外廓設施 ---- 73
5.3.3 航道 ---- 73
5.4 繫靠設施 ---- 73
5.4.1 繫泊設施 ---- 73
5.4.2 碼頭設計 ---- 74
5.5 陸上服務設施 ---- 74
5.5.1 遊客上下岸設施 ---- 74
5.5.2 陸上存放設施 ---- 74
5.5.3 修理及維護設施 ---- 74
5.5.4 道路及停車場 ---- 74
5.5.5 營運管理設施 ---- 75
5.6 碼頭配套設施 ---- 75

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂

基準解說目錄

第七篇　防波堤

第一章　總論 ----------77

C1.1　防波堤規劃之基本原則----------77

C1.2　防波堤之佈置 ----------77

第二章　設計之基本原則----------79

C2.1　設計條件 ----------80

C2.1.1　潮位 ----------80

C2.1.2　風 ----------80

C2.1.3　波浪 ----------80

C2.1.4　水深及地盤條件----------80

C2.1.5　地震 ----------81

C2.1.6　其他 ----------81

C2.2　斷面型式 ----------81

C2.3　施工法 ----------84

C2.4　工程費 ----------84

第三章　基本設計 ----------89

C3.1　基本斷面之擬定 ----------90

C3.1.1　直立堤 ----------90

C3.1.2　合成堤 ----------91

C3.1.3　斜坡堤 ----------92

C3.1.4　消波塊覆蓋堤----------93

C3.1.5　直立消波型塊堤----------93

C3.1.6　消波沉箱堤 ----------94

C3.1.7　上部斜面沉箱堤----------95

C3.2　外力計算 ----------95

C3.2.1 波力 ----- 95
C3.2.2 靜水壓力 ----- 96
C3.2.3 浮力 ----- 96
C3.2.4 自重 ----- 96
C3.2.5 地震力 ----- 96
C3.3 安定計算 ----- 96
C3.3.1 直立部之安定計算 ----- 96
C3.3.2 堤基部之安定計算 ----- 98
C3.3.3 堤體整體之安定計算 ----- 99
C3.3.4 堤頭、轉角處之安定計算 ----- 99
第四章 細部設計 ----- 101
C4.1 直立堤 ----- 102
C4.1.1 沉箱式直立堤 ----- 102
C4.1.2 方塊式直立堤 ----- 103
C4.1.3 空心方塊直立堤 ----- 103
C4.1.4 混凝土單塊直立堤 ----- 103
C4.2 合成堤 ----- 103
C4.3 斜坡堤 ----- 105
第五章 防波堤佈置與漂沙對策設施 ----- 107
C5.1 淤積之原因 ----- 107
C5.2 淤積之型態 ----- 107
C5.3 淤積對策工法之種類 ----- 108
C5.4 淤積對策工法之選擇 ----- 110
C5.5 侵蝕之原因 ----- 110
C5.6 侵蝕對策工法之種類 ----- 110
C5.7 砂岸港之防波堤佈置 ----- 111
第六章 海堤 ----- 113
C6.1 海堤之配置 ----- 114

C6.2 海堤設計 ---------- 114
C6.2.1 海堤結構物型式之選擇 ---------- 114
C6.2.2 海堤之設計條件 ---------- 115
C6.2.3 海堤基本斷面之假定 ---------- 116
C6.2.4 海堤之外力計算 ---------- 117
C6.2.5 海堤之安定計算 ---------- 117
C6.2.6 海堤之細部設計 ---------- 119

第八篇 碼頭

第一章 概說 ---------- 121
C1.1 概論 ---------- 121
C1.2 碼頭規模 ---------- 121
C1.3 碼頭佈置 ---------- 122
C1.4 碼頭結構 ---------- 122
第二章 碼頭相關事項 ---------- 123
C2.1 船席長度與水深 ---------- 123
C2.2 碼頭面高程 ---------- 124
C2.3 碼頭前趾界限 ---------- 125
C2.4 設計水深 ---------- 125
第三章 碼頭之結構型式 ---------- 127
C3.1 結構斷面基本型式 ---------- 127
C3.2 結構斷面型式選定應考慮事項 ---------- 146
第四章 重力式碼頭 ---------- 147
C4.1 設計原則 ---------- 147
C4.2 作用於壁體之外力與載重 ---------- 148
C4.2.1 壁體定義 ---------- 148
C4.2.2 上載載重 ---------- 150
C4.2.3 壁體自重 ---------- 150
C4.2.4 土壓力及殘留水壓力 ---------- 150

C4.2.5 浮力 ----- 150
C4.2.6 地震力 ----- 151
C4.2.7 船舶拉力 ----- 151
C4.2.8 船舶衝擊力 ----- 151
C4.2.9 地震時的動水壓力 ----- 151
C4.3 安定計算 ----- 151
C4.3.1 壁體滑動檢討 ----- 151
C4.3.2 壁體傾覆檢討 ----- 152
C4.3.3 基礎承載力檢討 ----- 153
C4.3.4 軟弱基礎之檢討 ----- 154
C4.4 背填石料之土壓減輕效果 ----- 154
C4.4.1 背填石料設置目的 ----- 154
C4.4.2 背填石料之形狀及其土壓減輕效果 ----- 154
C4.5 細部設計 ----- 155
C4.5.1 概要 ----- 155
C4.5.2 壁體 ----- 156
C4.5.3 背填及防止漏砂設施 ----- 156
C4.5.4 壁體接合部之形狀及尺寸 ----- 156
C4.5.5 上部結構 ----- 157
第五章 板樁式碼頭 ----- 160
C5.1 設計原則 ----- 160
C5.1.1 板樁的設計法 ----- 160
C5.1.2 各設計法概要 ----- 160
C5.1.3 地盤液化及動態分析 ----- 163
C5.2 作用於板樁之外力 ----- 163
C5.2.1 上載載重 ----- 163
C5.2.2 土壓力及殘留水壓力 ----- 163
C5.2.3 船舶拉力 ----- 165
C5.2.4 船舶衝擊力 ----- 166

C5.2.5 地震時的動水壓力 ---- 166
C5.3 板樁設計 ---- 166
C5.3.1 背拉構材裝設位置 ---- 166
C5.3.2 板樁入土長度 ---- 166
C5.3.3 作用於板樁之彎矩 ---- 168
C5.3.4 板樁容許應力 ---- 168
C5.4 背拉構材設計 ---- 169
C5.5 圍梁設計 ---- 170
C5.6 錨碇設施設計 ---- 170
C5.6.1 選擇錨碇設施型式 ---- 170
C5.6.2 錨碇設施設置位置 ---- 171
C5.6.3 錨碇版設計 ---- 174
C5.6.4 錨碇直樁設計 ---- 177
C5.6.5 錨碇斜組樁設計 ---- 177
C5.6.6 錨碇板樁設計 ---- 177
C5.7 細部設計 ---- 178
C5.7.1 上部結構 ---- 178
C5.7.2 板樁與背拉構材及圍梁之連接 ---- 180
C5.7.3 背拉構材 ---- 181
C5.7.4 錨碇設施與背拉構件之連接 ---- 183
C5.7.5 角隅部份 ---- 183
C5.7.6 防止沖刷設施 ---- 183
C5.8 軟弱地盤上板樁式碼頭之設計 ---- 184
C5.9 圓弧滑動檢討 ---- 184
第六章 圓筒式碼頭 ---- 185
C6.1 鋼板樁圓筒式碼頭 ---- 188
C6.1.1 設計原則 ---- 188
C6.1.2 作用於鋼板樁圓筒之外力 ---- 188
C6.1.3 圓筒壁體剪力變形檢討 ---- 192

C6.1.4 圓筒壁體安定檢討----199
C6.1.5 地盤承載力檢討----206
C6.1.6 圓筒壁體滑動檢討----206
C6.1.7 圓筒頂端變位檢討----206
C6.1.8 圓弧滑動檢討----207
C6.1.9 圓筒佈置 ----207
C6.1.10 板樁拉力計算----207
C6.1.11 T型板樁設計----208
C6.1.12 細部設計----208
C6.2 置放式鋼板圓筒碼頭----209
C6.2.1 設計原則 ----209
C6.2.2 作用於鋼板圓筒之外力 ----210
C6.2.3 圓筒壁體剪力變形檢討 ----211
C6.2.4 圓筒壁體安定檢討----212
C6.2.5 鋼板圓筒前趾承載力檢討 ----215
C6.2.6 圓筒鋼板厚度計算----216
C6.2.7 圓筒佈置 ----216
C6.2.8 細部設計----216
C6.3 埋入式鋼板圓筒碼頭----216
C6.3.1 設計原則 ----216
C6.3.2 作用於鋼板圓筒之外力 ----217
C6.3.3 圓筒壁體剪力變形檢討 ----217
C6.3.4 圓筒壁體安定檢討----217
C6.3.5 圓筒壁體滑動檢討----217
C6.3.6 地盤承載力檢討----217
C6.3.7 圓筒頂端變位檢討----217
C6.3.8 圓弧滑動檢討----217
C6.3.9 圓筒佈置 ----217
C6.3.10 圓筒及圓弧鋼板厚度計算 ----217

C6.3.11 接頭部份與補強構件 ----------218
C6.3.12 細部設計 ----------219
第七章 棧橋式碼頭 ----------221
C7.1 概論 ----------223
C7.1.1 靜態分析 ----------223
C7.1.2 動態分析 ----------223
C7.2 直樁棧橋式碼頭 ----------224
C7.2.1 設計原則 ----------224
C7.2.2 棧橋單元大小及基樁配置 ----------224
C7.2.3 上部結構相關尺寸 ----------225
C7.2.4 繫船柱及防舷材配置 ----------226
C7.2.5 作用於棧橋之外力 ----------226
C7.2.6 海底面設計相關事項 ----------228
C7.2.7 基樁設計 ----------229
C7.2.8 擋土護岸設計 ----------237
C7.2.9 圓弧滑動檢討 ----------237
C7.2.10 細部設計 ----------237
C7.3 斜樁棧橋式碼頭 ----------242
C7.3.1 設計原則 ----------242
C7.3.2 棧橋單元大小及基樁配置 ----------242
C7.3.3 上部結構相關尺寸 ----------242
C7.3.4 繫船柱及防舷材配置 ----------242
C7.3.5 作用於棧橋之外力 ----------244
C7.3.6 海底面設計相關事項 ----------244
C7.3.7 基樁作用力及斷面之決定 ----------244
C7.3.8 法線方向結構分析 ----------246
C7.3.9 基樁入土深度 ----------247
C7.3.10 擋土護岸設計 ----------247
C7.3.11 圓弧滑動檢討 ----------247

C7.3.12 細部設計 ---- 247
第八章 平版樁基式碼頭 ---- 249
C8.1 設計原則 ---- 249
C8.2 決定平版高度及寬度 ---- 251
C8.3 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力 ---- 251
C8.3.1 土壓力 ---- 251
C8.3.2 殘留水壓力 ---- 253
C8.4 板樁設計 ---- 253
C8.4.1 板樁入土深度 ---- 253
C8.4.2 板樁斷面 ---- 253
C8.5 平版設計 ---- 254
C8.5.1 作用於平版之外力 ---- 254
C8.5.2 平版結構設計 ---- 255
C8.5.3 平版承載基樁設計 ---- 256
C8.6 壁體安定檢討 ---- 257
C8.7 圓弧滑動檢討 ---- 258
第九章 其他型式碼頭 ---- 259
C9.1 直立消波式碼頭 ---- 260
C9.1.1 設計原則 ---- 260
C9.1.2 消波式碼頭配置原則 ---- 261
C9.1.3 選定結構型式 ---- 261
C9.2 自立式板樁碼頭 ---- 262
C9.2.1 設計原則 ---- 262
C9.2.2 作用於板樁之外力 ---- 263
C9.2.3 板樁斷面 ---- 263
C9.2.4 板樁入土長度 ---- 264
C9.2.5 板樁頂端變位量檢討 ---- 264
C9.2.6 施工中外力檢討 ---- 265

C9.2.7　圓弧滑動檢討----------265
C9.2.8　細部設計----------265
C9.3　斜樁錨碇式板樁碼頭----------265
C9.3.1　設計原則----------265
C9.3.2　作用於板樁之外力----------266
C9.3.3　作用於板樁與斜樁連結點之水平力及垂直力----------266
C9.3.4　板樁及斜樁斷面----------266
C9.3.5　板樁及斜樁入土長度----------267
C9.3.6　細部設計----------267
C9.4　前斜樁式板樁碼頭----------267
C9.4.1　設計原則----------267
C9.4.2　棧橋單元大小及基樁配置----------267
C9.4.3　上部結構相關尺寸----------267
C9.4.4　板樁岸壁設計----------267
C9.4.5　棧橋設計----------269
C9.4.6　基樁入土深度----------269
C9.4.7　細部設計----------269
C9.5　雙重板樁式碼頭----------270
C9.5.1　設計原則----------270
C9.5.2　作用於壁體之外力----------270
C9.5.3　雙重板樁壁體設計----------271
C9.5.4　細部設計----------272
C9.6　圓柱或腳柱式棧橋碼頭----------273
C9.6.1　設計原則----------273
C9.6.2　圓柱或腳柱設計----------273
C9.6.3　擋土護岸設計----------273
C9.6.4　細部設計----------273
C9.7　橋墩式棧橋碼頭----------273
C9.7.1　設計原則----------273

C9.7.2 橋墩設計 ----------273
C9.7.3 擋土護岸設計----------273
C9.7.4 細部設計 ----------274
C9.8 離岸式碼頭 ----------274
C9.8.1 設計原則 ----------274
C9.8.2 配置及相關事項----------274
C9.8.3 設計外力及載重----------274
C9.8.4 腳柱設計 ----------275
C9.8.5 大樑設計 ----------275
C9.8.6 擋土護岸設計----------276
C9.8.7 圓弧滑動檢討----------276
C9.8.8 附屬設備 ----------276
C9.8.9 細部設計 ----------276
C9.9 繫、靠船台 ----------276
C9.9.1 設計原則 ----------276
C9.9.2 繫、靠船台配置----------277
C9.9.3 作用於繫、靠船台之外力 ----------278
C9.9.4 基樁式繫、靠船台----------278
C9.9.5 鋼板圓筒式繫、靠船台 ----------279
C9.9.6 沉箱式繫、靠船台----------279
C9.10 浮動碼頭----------279
C9.10.1 設計原則----------279
C9.10.2 浮動碼頭興建位置及配置 ----------279
C9.10.3 浮箱設計 ----------281
C9.10.4 錨鏈設計----------286
C9.10.5 固定設施設計----------289
C9.10.6 連絡橋及引橋設計 ----------292
C9.11 繫船浮筒----------293
第十章 銜接結構物 ----------295

C10.1 設計原則----------295
C10.2 水深變化段----------295
C10.3 不同結構之連接----------296
C10.4 角隅結構----------296
C10.4.1 概要----------296
C10.4.2 板樁結構與板樁結構連接之角隅結構----------296
C10.4.3 鋼板樁結構與自立式板樁結構連接之角隅結構----------297
C10.4.4 其他角隅結構----------297
第十一章 附屬設施----------299
C11.1 概論----------299
C11.2 繫船設施----------299
C11.2.1 概要----------299
C11.2.2 繫船柱及繫船環配置----------299
C11.2.3 船舶拉力----------300
C11.3 防撞設施----------300
C11.3.1 概要----------300
C11.3.2 防舷材配置----------301
C11.3.3 船舶靠岸及繫泊所產生之作用力----------302
C11.3.4 防舷材選擇----------302
C11.4 安全設施----------302
C11.4.1 防止船侵入設施----------302
C11.4.2 柵欄----------302
C11.4.3 標誌及標示----------303
C11.4.4 車擋----------303
C11.5 服務設施----------303
C11.5.1 照明設施----------303
C11.5.2 旅客上下船設施----------303
C11.5.3 車輛上下船設施----------303
C11.5.4 給水設施----------303

C11.5.5 加油及供電設施----304
C11.5.6 公廁及電話----304
C11.5.7 標誌及標示----304
C11.6 其他設施----304
C11.6.1 排水設施----304
C11.6.2 階梯及爬梯----304
C11.6.3 救生設備----305
C11.6.4 消防設備及警報裝置----305
第十二章 曳船道----307
C12.1 設計原則----307
C12.2 選擇設置位置----307
C12.3 曳船道相關事項----308
C12.3.1 各部份高程----308
C12.3.2 長度及岸上面積----308
C12.3.3 海側水深----308
C12.3.4 滑道坡度----308
C12.3.5 滑道海側泊地面積----309
C12.4 海側壁體及滑道鋪面----309
C12.4.1 海側壁體----309
C12.4.2 滑道鋪面----309
C12.5 側壁----309
第十三章 岸肩----311
C13.1 設計原則----311
C13.2 岸肩形狀----311
C13.2.1 寬度----311
C13.2.2 坡度----311
C13.3 鋪面設計----312
C13.3.1 鋪面型式----312

C13.3.2 載重條件 ----------312
第十四章　裝卸機械基礎----------315
C14.1　設計原則----------316
C14.1.1 概要 ----------316
C14.1.2 裝卸機械基礎型式----------316
C14.1.3 容許沉陷量----------316
C14.1.4 設計流程 ----------317
C14.2　作用於基礎之外力 ----------318
C14.3　使用基樁之基礎設計 ----------319
C14.3.1 混凝土樑 ----------319
C14.3.2 基樁承載力----------320
C14.4　不使用基樁之基礎設計 ----------320
C14.4.1 對碼頭影響檢討----------320
C14.4.2 混凝土樑 ----------320
第九篇　專門碼頭
第一章　貨櫃碼頭 ----------323
C1.1　設計原則 ----------323
C1.1.1　概要 ----------323
C1.1.2　貨櫃碼頭位置選擇應考慮事項 ----------323
C1.1.3　決定貨櫃碼頭規模與設施配置應考慮事項----------323
C1.2　碼頭設施設計 ----------324
C1.2.1　碼頭長度及碼頭水深----------324
C1.2.2　繫船設施 ----------324
C1.2.3　防撞設施 ----------325
C1.3　陸上設施設計 ----------325
C1.3.1　岸肩 ----------325
C1.3.2　貨櫃起重機 ----------325
C1.3.3　貨櫃場 ----------326

C1.3.4 貨櫃集散倉棧----------326
C1.3.5 維修站----------327
C1.3.6 管理中心----------327
C1.3.7 出入口(GATE)----------328
C1.3.8 其他附屬設施----------328
第二章 渡輪碼頭----------329
C2.1 設計原則----------329
C2.2 碼頭設施設計----------329
C2.2.1 碼頭長度及碼頭水深----------329
C2.2.2 繫船設施----------329
C2.2.3 防撞設施----------330
C2.2.4 防止沖刷設施----------330
C2.3 車輛上下船設施設計----------330
C2.3.1 概要----------330
C2.3.2 寬度、長度、坡度及曲率半徑----------330
C2.3.3 附屬設施及標識等----------331
C2.3.4 車輛上下船設施活動部份設計----------332
C2.4 旅客上下船設施設計----------332
C2.4.1 概要----------332
C2.4.2 寬度、長度、坡度及附屬設施----------332
C2.4.3 旅客上下船設施活動部份設計----------333
C2.5 其他設施設計----------333
C2.5.1 概要----------333
C2.5.2 道路----------334
C2.5.3 人行道----------334
C2.5.4 停車場----------334
C2.5.5 旅客候船室----------334
C2.5.6 安全設施----------334

第三章　液化天然氣碼頭----------335
C3.1　設計原則----------335
C3.1.1　概要----------335
C3.1.2　液化天然氣碼頭位置選擇應考慮事項----------335
C3.1.3　碼頭規模----------335
C3.2　碼頭設施設計----------336
C3.2.1　碼頭構造型式----------336
C3.2.2　碼頭長度、水深及水域配置----------336
C3.2.3　碼頭平台配置----------336
C3.2.4　繫纜需求----------337
C3.2.5　繫船設施----------338
C3.3　繫泊監控系統----------338
第四章　風電碼頭----------341
C4.1　設計原則----------341
C4.1.1　概要----------341
C4.1.2　風電碼頭設計應考慮事項----------341
C4.2　碼頭設施設計----------341
C4.2.1　碼頭長度、水深及水域配置----------341
C4.2.2　繫船設施----------341
C4.2.3　防撞設施----------342
C4.2.4　碼頭承載力----------342
C4.2.5　海床承載力----------342
C4.3　碼頭後線場地需求----------342
第五章　遊艇碼頭----------343
C5.1　設計原則----------343
C5.2　船型尺寸----------343
C5.3　水域設施----------344
C5.3.1　一般規定----------344

C5.3.2　外廓設施 ----------344
C5.3.3　航道 ----------345
C5.4　繫靠設施 ----------345
C5.4.1　繫泊設施 ----------345
C5.4.2　碼頭設計 ----------352
C5.5　陸上服務設施 ----------353
C5.5.1　遊客上下岸設施----------353
C5.5.2　陸上存放設施----------354
C5.5.3　修理及維護設施----------355
C5.5.4　道路及停車場----------356
C5.5.5　營運管理設施----------358
C5.6　碼頭配套設施 ----------359

參考文獻

附錄

附錄 1　國內常見郵輪船隊及主要船型

附錄 2　臺中港對液化天然氣船泊港限制條件

附錄 3　風機構件尺寸及重量參考

圖 目 錄

第七篇　防波堤

圖 C 2-1　重力式防波堤之種類 ---------- 82
圖 C2-2(a)　拋石斜坡堤 ---------- 85
圖 C2-2(b)　拋消波塊斜坡堤 ---------- 85
圖 C2-2(c)　沉箱式直立堤 ---------- 85
圖 C2-2(d)　方塊式直立堤 ---------- 85
圖 C2-2(e)　空心方塊直立堤 ---------- 86
圖 C2-2(f)　混凝土單塊直立堤 ---------- 86
圖 C2-2(g)　沉箱式合成堤 ---------- 86
圖 C2-2(h)　方塊式合成堤 ---------- 87
圖 C2-2(i)　空心方塊合成堤 ---------- 87
圖 C2-2(j)　混凝土單塊合成堤 ---------- 87
圖 C2-2(k)　消波塊覆蓋堤 ---------- 87
圖 C2-2(l)　直立消波塊堤 ---------- 88
圖 C2-2(m)　消波沉箱堤 ---------- 88
圖 C2-2(n)　上部斜面沉箱堤 ---------- 88
圖 C3-1　直立部後側以拋石或方塊背填示意圖 ---------- 97
圖 C3-2　被動土壓力滑動抵抗面示意圖 ---------- 98
圖 C4-1　護基方塊的形狀 ---------- 105
圖 C5-1　港內水域淤積型態 ---------- 108
圖 C5-2　航道淤積型態 ---------- 109
圖 C5-3　防砂堤之防砂佈置例 ---------- 111

第八篇　碼頭

圖 C1-1　碼頭設計流程 ---------- 121
圖 C2-1　船纜配置示意圖 ---------- 123
圖 C2-2　碼頭前趾界限示意圖 ---------- 125
圖 C3-1(a)　沉箱重力式碼頭斷面示意圖 ---------- 129
圖 C3-1(b)　L 型塊重力式碼頭斷面示意圖 ---------- 129
圖 C3-1(c)　方塊重力式碼頭斷面示意圖 ---------- 130
圖 C3-1(d)　空心方塊重力式碼頭斷面示意圖 ---------- 130
圖 C3-2　板樁式碼頭斷面示意圖 ---------- 131
圖 C3-3(a)　鋼板樁圓筒式碼頭斷面示意圖 ---------- 132
圖 C3-3(b)　置放式鋼板圓筒碼頭斷面示意圖 ---------- 132
圖 C3-4(a)　直樁棧橋式碼頭斷面示意圖 ---------- 133
圖 C3-4(b)　斜樁棧橋式碼頭斷面示意圖 ---------- 133
圖 C3-5　平板樁基式碼頭斷面示意圖 ---------- 134
圖 C3-6　直立消波式碼頭斷面示意圖 ---------- 135
圖 C3-7　自立式板樁碼頭斷面示意圖 ---------- 136
圖 C3-8　斜樁錨碇式板樁碼頭斷面示意圖 ---------- 137
圖 C3-9　前斜樁式板樁碼頭斷面示意圖 ---------- 138
圖 C3-10　雙重板樁式碼頭斷面示意圖 ---------- 139
圖 C3-11　圓柱式棧橋斷面示意圖 ---------- 140
圖 C3-12　橋墩式棧橋斷面示意圖 ---------- 141
圖 C3-13　離岸式碼頭斷面示意圖 ---------- 142
圖 C3-14　繫、靠船台斷面示意圖 ---------- 143
圖 C3-15　浮碼頭斷面示意圖 ---------- 144
圖 C3-16　繫船浮筒斷面示意圖 ---------- 145
圖 C4-1　重力式碼頭設計流程 ---------- 147
圖 C4-2　重力式碼頭之壁體範圍示意圖 ---------- 148
圖 C4-3　方塊式碼頭滑動檢討時壁體範圍示意圖 ---------- 149
圖 C4-4　方塊式碼頭傾覆檢討時壁體範圍示意圖 ---------- 149

圖 C4-5 重力式碼頭浮力作用範圍示意圖 ---------- 150
圖 C4-6 重力式碼頭背填石料形狀示意圖 ---------- 155
圖 C4-7 作用於上部結構之船舶衝擊力 ---------- 158
圖 C5-1 板樁式碼頭設計流程 ---------- 161
圖 C5-2 自由端點法 ---------- 162
圖 C5-3 固定端點法 ---------- 162
圖 C5-4 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力 ---------- 164
圖 C5-5 作用於板樁之土壓力及殘留水壓力 ---------- 165
圖 C5-6 作用於板樁之外力 ---------- 168
圖 C5-7 錨碇版設置位置 ---------- 172
圖 C5-8 錨碇直樁設置位置 ---------- 172
圖 C5-9 錨碇斜組樁設置位置 ---------- 173
圖 C5-10 作用於錨碇版之外力 ---------- 174
圖 C5-11 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 ---------- 176
圖 C5-12 短錨碇板樁假想土壓分佈圖 ---------- 178
圖 C5-13 作用於上部結構之船舶拉力 ---------- 179
圖 C5-14 作用於上部結構之船舶衝擊力 ---------- 180
圖 C5-15 板樁與背拉構材及圍梁之連接示意圖 ---------- 181
圖 C5-16 拉桿(Tie Rod)斷面示意圖 ---------- 182
圖 C5-17 鋼索(Tie Wire)斷面示意圖 ---------- 183
圖 C6-1 鋼板樁圓筒式碼頭設計流程 ---------- 189
圖 C6-2 作用於鋼板樁圓筒之土壓力(剪力變形檢討時使用)- 191
圖 C6-3 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) ---------- 191
圖 C6-4 作用於圓筒內填料地震力之震度分佈 ---------- 192
圖 C6-5 圓筒平面形狀及換算壁體寬度 ---------- 193
圖 C6-6 圓筒壁體剪力變形檢討應考慮之外力及抵抗力 ----- 194
圖 C6-7 抵抗力矩與入土比之關係 ---------- 195

圖 C6-8　中間回填土之斷面設定---------- 196
圖 C6-9　圓筒壁體換算壁高 ---------- 197
圖 C6-10　圓筒剪力變形之檢討 ---------- 198
圖 C6-11　回填土土壓 ---------- 199
圖 C6-12　作用於埋入式鋼板圓筒之外力分佈 ---------- 201
圖 C6-13　水平地盤反力分佈例 ---------- 202
圖 C6-14　埋入式鋼板圓筒變位示意圖---------- 202
圖 C6-15　地盤反力及壁體變位示意圖---------- 203
圖 C6-16　T 型板樁斷面示意圖---------- 208
圖 C6-17　平版結構設計示意圖 ---------- 209
圖 C6-18　置放式鋼板圓筒碼頭設計流程---------- 210
圖 C6-19　傾覆抵抗係數計算圖 ---------- 214
圖 C6-20　圓筒與圓弧接頭結構斷面示意圖---------- 219
圖 C7-1　直樁棧橋式碼頭設計流程---------- 225
圖 C7-2　裝載載重與活載重分佈示意圖---------- 227
圖 C7-3　碼頭後線重力式擋土結構物位置示意圖 ---------- 229
圖 C7-4　假想地表面示意圖 ---------- 229
圖 C7-5　棧橋基樁配置及水平力作用點示意圖 ---------- 231
圖 C7-6　基樁樁頭彎矩分佈示意圖---------- 233
圖 C7-7　基樁樁頭軸力分佈示意圖---------- 235
圖 C7-8　兩端固定的單向版的有效寬度---------- 238
圖 C7-9　等分佈荷重的換算 ---------- 239
圖 C7-10　部分佈荷重的換算 ---------- 239
圖 C7-11　靜載重與活載重作用於樑之彎矩---------- 240
圖 C7-12　棧橋平面內之荷重方向---------- 240
圖 C7-13　樁頭埋入圖例 ---------- 241
圖 C7-14　鋼筋混凝土結構樁頭接合圖例---------- 242
圖 C7-15　斜樁棧橋式碼頭設計流程---------- 243
圖 C7-16　斜組樁中心線與各斜組樁距離示意圖 ---------- 244

圖 C8-1 平版樁基式碼頭設計流程---------- 250
圖 C8-2 作用於平版樁基式碼頭板樁之土壓及殘留水壓 ----- 252
圖 C8-3 平版寬度較小時作用於板樁之土壓力 ---------- 252
圖 C8-4 作用於平版之外力 ---------- 254
圖 C8-5 平版結構設計示意圖 ---------- 256
圖 C8-6 平版樁基式碼頭壁體示意圖---------- 257
圖 C9-1 直立消波式碼頭設計流程---------- 261
圖 C9-2 自立式板樁碼頭設計流程---------- 262
圖 C9-3 作用於自立式板樁碼頭板樁之外力 ---------- 263
圖 C9-4 自立式板樁碼頭板樁頂端變位量 ---------- 264
圖 C9-5 土壓分佈假定 ---------- 265
圖 C9-6 斜樁錨碇式板樁碼頭設計流程---------- 266
圖 C9-7 前斜樁式板樁碼頭設計流程---------- 268
圖 C9-8 雙重板樁式碼頭設計流程---------- 271
圖 C9-9 繫、靠船台設計流程 ---------- 277
圖 C9-10 浮動碼頭設計流程 ---------- 280
圖 C9-11 浮動碼頭之型式 ---------- 280
圖 C9-12 浮箱各部份名稱 ---------- 281
圖 C9-13 浮箱承受偏心載重時之穩定計算---------- 284
圖 C9-14 浮動碼頭錨鏈設計示意圖---------- 288
圖 C9-15 浮動碼頭錨碇混凝土方塊設計例---------- 291
圖 C9-16 連絡橋調節塔結構示意圖---------- 293
圖 C9-17 繫船浮筒型式示意圖 ---------- 294
圖 C9-18 沉錘錨鍊式繫船浮筒設計流程---------- 294
圖 C11-1 防舷材設計流程 ---------- 301
圖 C12-1 曳船道斷面示意圖 ---------- 307
圖 C14-1 裝卸機械基礎設計流程---------- 318

第九篇　專門碼頭

圖 C3-1　碼頭平台配置示意圖 ---------- 337
圖 C5-1　遊艇碼頭設施水域佈置示意圖 ---------- 344
圖 C5-2　繫船設施型式 ---------- 346
圖 C5-3　浮棧橋型式 (單棧橋)---------- 348
圖 C5-4　浮棧橋型式 (梳子型棧橋)---------- 348
圖 C5-5　浮棧橋配置參數 ---------- 350
圖 C5-6　聯絡橋設置示意圖 ---------- 352
圖 C5-7　曳船道斷面示意圖 ---------- 354
圖 C5-8　遊艇停放位之布置 ---------- 355
圖 C5-9　遊艇牽引車迴轉半徑示意圖---------- 356

表 目 錄

第七篇　防波堤

表 C4-1　各種護基方塊需要之厚度---------- 104
表 C5-1　半永久性淤積防止對策所用之結構物 ---------- 110
表 C6-1　海堤之安定計算之分析情境---------- 118

第八篇　碼頭

表 C2-1　碼頭面高程參考值 ---------- 124
表 C7-1　計算彎矩的連立方程式係數表---------- 236
表 C11-1　曲柱配置參考表 ---------- 300
表 C13-1　岸肩寬度參考值 ---------- 311
表 C13-2　岸肩作業機械載重條件---------- 313
表 C14-1　容許誤差 ---------- 317

第九篇　專門碼頭

表 C2-1　車輛上下船設施車道寬度參考表 ---------- 331
表 C3-1　繫泊設施之基本分析情境---------- 338
表 C5-1　主要船型尺寸 ---------- 343
表 C5-2　航道基本寬度需求 ---------- 345
表 C5-3　浮棧橋配置範例及特徵---------- 349
表 C5-4　主棧橋寬度 ---------- 351
表 C5-5　支棧橋寬度 ---------- 351
表 C5-6　餘裕寬度 ---------- 351
表 C5-7　載重折減係數 ---------- 353
表 C5-8　遊艇停放位尺寸 ---------- 355
表 C5-9　小型車停車場各種停車位排列方式之單位面積 ----- 358

第七篇　防波堤

第一章　總論

規劃防波堤時，須充分考量其與水域設施、繫靠設施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、其他環境之影響及該港之未來發展方向等均應加以充分考量。

1.1　防波堤規劃之基本原則

防波堤之功能係為確保港內之靜穩、維持水深、防止海岸之破壞及保護港灣設施及背後土地免受波浪、暴潮、海嘯等之影響。所以防波堤如具多功能者，應在規劃時須考慮其功能能否充分發揮，及其對附近水域、設施、地形、流況等之影響而決定其配置及斷面。

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，及保護港內設施。

第二章　設計之基本原則

防波堤設計應考慮下列各項因素：

- 設計條件
- 斷面型式
- 施工法
- 工程費

2.1　設計條件

防波堤之設計條件應考慮下列各項：

1. 潮位

波力之計算所採用之潮位，為對結構物最危險時之潮位。

2. 風

風之資料主要為進行波浪推算所需。

3. 波浪

防波堤設計時所採用之設計波浪，應依實測或推算資料，經波浪統計且考慮波浪變形而決定。

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及土壤試驗。

5. 地震

波浪較小或水深較深時應特別考慮地震之影響。

6. 其他

防波堤構築後若有可能產生堤趾沖刷、工址之侵蝕或淤積時，或其他影響時，應納入設計考量。

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.工程經濟性

6.工　期

7.重要性

8.材料供應條件

9.維修之難易

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。

第三章　基本設計

3.1　基本斷面之擬定

3.1.1　直立堤

1.堤頂高，應在朔望平均滿潮位加上設計示性波高($H_{1/3}$)之 0.6 倍以上。

2.堤面場鑄混凝土厚度，波高 2 公尺以上時，至少應有 1 公尺以上；波高小於 2 公尺時，最少須在 50 公分以上。

3.堤體寬度，依據作用波壓力而決定。

4.方塊式直立堤，其最上層之方塊、空心方塊以及沉箱頂部之高度為便於堤面施工，至少須在朔望平均滿潮位以上。

3.1.2　合成堤

1.直立部之堤頂高，依直立堤之方法決定，但若堤基可能產生沉陷之情況，應加上餘裕，提高頂高，或採用容許加高且不影響安全之結構。

2.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。

3.堤基厚度，至少須在 1.5 公尺以上，以避免沖刷之影響。

4.堤基之堤肩寬度，在海側依波高之情況採用足夠之寬度，至少應在 5 公尺以上，而港側堤肩寬度採用海側寬度之 2/3 即可。

5.堤基之保護，除水深極深或波浪小且有足夠重量之拋石處之外，在直立部海側應至少安放兩個以上之護基方塊，港側應至少放置一個護基方塊以防止沖刷，護基方塊應緊靠直立部。

6.堤面場鑄混凝土厚度及沉箱頂部高程，依直立堤為準。

7.堤體寬度，依作用波壓力決定。

3.1.3　斜坡堤

1.堤頂高，依直立堤為準。

2.堤寬在採用消波塊覆蓋時，至少三個並排為準。

3.斜坡堤之基礎，依需要設置防止堤趾沖刷及粒料吸出之設施。

4.護坡坡度，應由安定計算決定。

3.1.4 消波塊覆蓋堤

1.直立部之頂高，依直立堤為準。

2.消波塊之頂高，以與直立部之頂高相同為原則。

3.堤面場鑄混凝土厚度及沉箱頂部高度，依直立堤為準。

4.堤基之厚度，依合成堤為準。

5.消波塊覆蓋頂部寬度，至少二個消波塊並排為準。

6.在消波塊之基部附近，依需要設置防止堤趾沖刷及粒料吸出之設施。

3.1.5 直立消波型塊堤

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

2.直立消波型塊堤之堤頂高，除參考直立堤外，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。

3.1.6 消波沉箱堤

1.消波沉箱堤，須充分評估消波功能後選定合適之構造，並應辦理水工模型試驗而設計。

2.消波沉箱，應依消波功能及波浪條件，進行安全性檢討而設計。

3.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，及潮位變化等，使消波對象波之反射率在目標反射率以下。

3.1.7 上部斜面沉箱堤

上部斜面沉箱堤，須充分調查波浪的傳遞特性，選定適當形狀，並應辦理水工模型試驗而設計。

3.2 外力計算

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

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

浪等因素，以水工模型試驗或以計算公式加以分析。

3.2.2　靜水壓力

當堤內外之靜水面有高差時，應考慮水位差之靜水壓。

3.2.3　浮力

靜水面以下之堤體應考慮浮力。若堤內外之靜水面有高差時，以兩側之水位相連，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

除考慮堤體自重所產生之水平力外，尚需考慮地震時之動水壓。

3.3　安定計算

3.3.1　直立部之安定計算

直立堤之堤體、合成堤之直立部、斜坡堤上之上部結構、消波塊覆蓋堤之直立部等之滑動、傾倒及基礎承載力之檢討，應以滑動之安全係數在波浪作用時為 1.2 以上，地震時為 1.0 以上為標準；另外，傾倒之安全係數在波浪作用時為 1.2 以上，地震時為 1.1 以上為標準。

3.3.2　堤基部之安定計算

1. 合成堤及斜坡堤，須檢討堤基部之整體滑動、部份滑動及材料重量。

2. 護面塊石與消波塊之重量

護面塊石與消波塊之重量除應可充分安全抵抗波力作用外，其層厚並應避免內部材料被吸出。

3. 內部材料所需重量

合成堤拋石基礎覆蓋材下拋石及型塊之重量，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。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，須進行堤體之圓弧滑動以及沉陷之安全檢討。若不安定時，須進行地層改良等對策。

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，其重量應大於堤幹部之覆蓋材料重量。
2. 堤頭段與堤幹間之銜接段需平滑順接，其長度約一至二倍堤高。
3. 在軟弱地層時，亦應檢討防波堤法線方向之滑動，且考慮側向摩擦抵抗，其安全係數以 1.3 以上為標準。
4. 轉角處之設計時，須考慮波高之增大。

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，以一個方塊為原則。
4. 就安定性而言，空心方塊最下端加設基腳較為有利。
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。

4.2　合成堤

1. 直立部之堤頂高，依直立堤為準。
2. 拋石基礎部份，應使拋石堆放緊實，以減少安放直立部後之沈陷。
3. 堤趾若有沖刷疑慮時，應作防止沖刷之對策或護面保護。
4. 直立部之拋石基礎應以石料整平，且基礎整平寬度在直立部兩側需適當加寬。如有護基方塊及覆蓋石時，該部份亦需整平。

4.3　斜坡堤

1. 斜坡堤之基礎依需要應設置防止堤趾沖刷及粒料吸出之設施。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. 拋方塊或拋石斜坡堤上設置結構物時，結構物之基礎應以石料或小型混凝土塊填充整平。
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覆面塊石散落，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於港內側施作。

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　防波堤佈置與漂沙對策設施

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。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。

3.為防止沿岸漂沙由下游海岸帶入港內，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，依狀況須在適當位置設置防沙設施。

第六章　海堤

海堤係位於海陸交接處興建之構造物，用以防止海水入侵、阻擋暴潮及防浪侵襲。一般於圍築新生地時須先興建海堤，並完成新生地填築。海堤之設計可分為二個階段，第一階段為海堤後側尚未進行造地回填前，堤體屬防波堤型式，其外力應以堤體之兩側皆為波浪作用力予以考量；當堤體後側完成新生地填築後，尚須考慮堤後之土壓力。

第八篇　碼頭

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。

因應綠色能源產業發展，與觀光產業之提升，對於液化天然氣、風電及遊艇碼頭等具特殊進港限制及特別船機作業方式之專用碼頭之需求益增，相關碼頭規定詳第九篇專門碼頭各專章說明。

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。

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，選擇適宜之碼頭結構型式。

第二章　碼頭相關事項

2.1　船席長度與水深

碼頭船席長度及水深，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；船席水深約等於計畫水深。

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。

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。

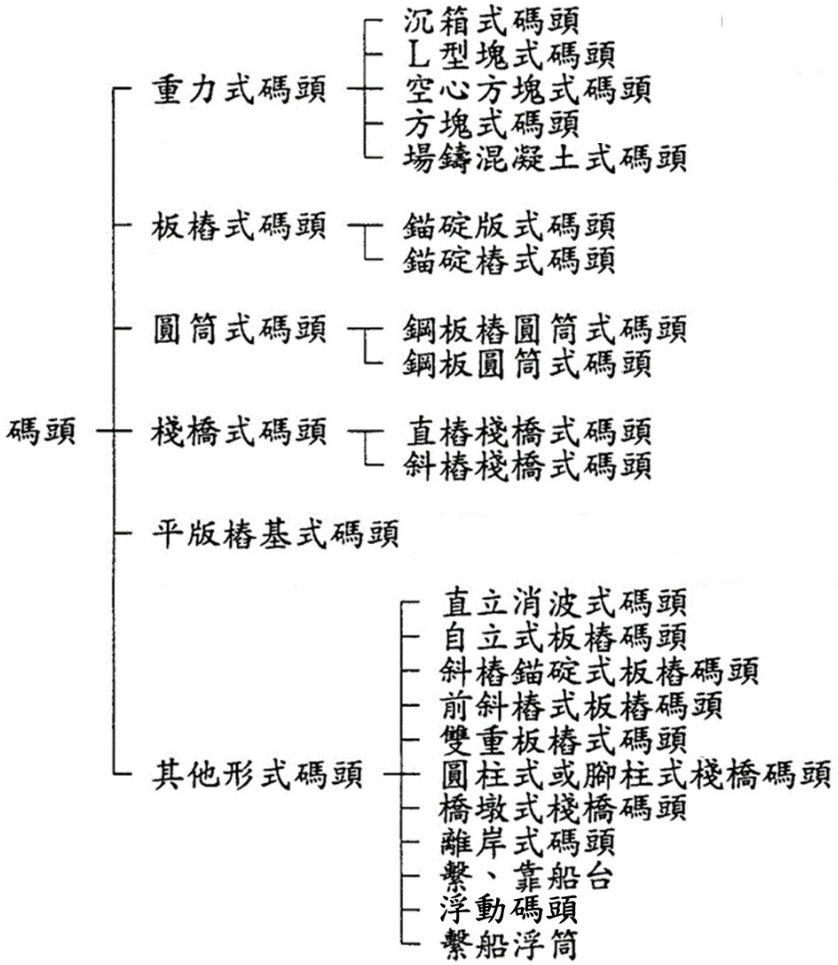
2.4　設計水深

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。

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下所示。



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

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。

4.2　作用於壁體之外力與載重

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
・地震時的動水壓力

4.3　安定計算

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
・基礎承載力
・圓弧滑動及沉陷

4.4　背填石料之土壓減輕效果

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。

4.5 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。

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。重力式碼頭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榫榫，其設計請參考第四篇第四章 4.2 節之內容。

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。

第五章　板樁式碼頭

5.1　設計原則

本章所述設計法，適用於具錨錠設施之板樁碼頭。

5.1.1　板樁的設計法

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。

2. 固定端點法 (Fixed earth support)

此方式是假設板樁樁趾視為固定端。亦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。

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。

5.2　作用於板樁之外力

作用於板樁碼頭之外力，須考慮下列各項：

- 上載載重

・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
・地震時的動水壓力

5.3 板樁設計

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。

背拉構材裝設位置，應考量工程費及施工難易等而定。

5.4 背拉構材設計

背拉構材斷面之決定，應依計算外力所造成之拉力，求得背拉構材所受應力應小於材料之容許應力。

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。

5.6 錨碇設施設計

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。

5.7 細部設計

板樁式碼頭之細部設計，主要為下列各項：

・上部結構
・板樁與背拉構材及圍梁之連接
・背拉構材
・錨碇設施與背拉構材之連接

・角隅部份

・防止沖刷設施

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，應以解說第 5.3 節[板樁設計]、5.4 節[背拉構材設計]、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。

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。圓弧滑動檢討依解說第五篇第六章[邊坡穩定]規則進行檢討。

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

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。

6.1.2　作用於鋼板樁圓筒之外力

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

・壁體之重量

・上載載重

・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

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

・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

3.土壓力及殘留水壓力

作用於圓筒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。

4.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。

5.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。

6.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。

6.1.3 圓筒壁體剪力變形檢討

圓筒壁體應檢討於圓筒底部及圓筒內回填土於海底面之剪力變形。

6.1.4 圓筒壁體安定檢討

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。

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。

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。

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。

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。

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。

(2) 底版設計

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。

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。

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

圓筒壁體應檢討於海底面之剪力變形，即圓筒壁體於海底面之抵抗力矩，應足以抵抗於海底面之變形力矩。

6.2.4 圓筒壁體安定檢討

圓筒壁體之安定計算，應檢討下列各項：

・滑動檢討

・傾覆檢討

6.2.5 鋼板圓筒前趾承載力檢討

圓筒前趾反力，應小於海底地盤容許承載力。

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。

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 6.1.9 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 6.1.12 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。

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[圓筒壁體安定檢討]規則檢討。

6.3.5　圓筒壁體滑動檢討

圓筒壁體滑動檢討，原則依本章 6.1.6[圓筒壁體滑動檢討]規則計算。

6.3.6　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。

6.3.7　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。

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

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。

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。

7.2　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。

7.2.2　棧橋單元大小及基樁配置

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。

- 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

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

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

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
- 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
- 作用於基樁之地震力
- 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

7.2.6 海底面設計相關事項

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。

7.2.7　基樁設計

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。

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[邊坡穩定]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

設計上部結構,應考量下述載重組合。

a. 平版及連接版

- 自重＋裝載載重
- 自重＋活載重
- 自重＋上揚力

b. 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。

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。

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。

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。

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 1 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 2 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。

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 4 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 C7.2.7 節[基樁設計]第 5 小節[對承載力之入土深度檢討]及第 6 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，依第五篇第六章[邊坡穩定]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。

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。

8.3　作用於板樁之土壓力及殘留水壓力

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

8.4　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，可將平版底面視為背拉構材位置，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

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。

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。

2. 底版

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

8.5.3 平版承載基樁設計

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。

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。

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[邊坡穩定]規則進行檢討。

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

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。

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。

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。

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。

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。

9.2.3　板樁斷面

板樁斷面，依第五篇第四章 4.4 節[樁之橫向容許承載力]計算之最大彎矩，求得板樁應力應小於材料之容許應力。

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[樁之橫向容許承載力]規則計算所需之基樁有效長度為原則。

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。

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。

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[邊坡穩定]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。

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。

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。

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。

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。

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

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

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。

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。

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。

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

雙重板樁壁體設計，須考慮其重要性，採適當方法設計之。

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。

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。

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。

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。

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。

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

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。

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

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。

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
   - 作用於大梁及裝卸機械之風力
   - 作用於大梁及裝卸機械之地震力

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[邊坡穩定]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。

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。

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。

9.9.3 作用於繫、靠船台之外力

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

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。

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。

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。

9.10　浮動碼頭

9.10.1　設計原則

本章 9.10 節[浮動碼頭]所述設計法，適用於浮箱以基樁固定式、錨鍊固定及岸壁支撐等三種碼頭型式。

9.10.2　浮動碼頭興建位置及配置

浮動碼頭之配置形式有突堤式及平行式兩種，於研擬浮動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。

9.10.3　浮箱設計

1.浮箱材質

目前浮動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、預力混凝土製、木製等。

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，須能使整個浮動碼頭保持穩定狀態。

3.作用於浮箱之外力及載重

作用於浮箱之外力及載重，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：

- 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
- 船舶拉力
- 波力
- 水流力

・動水壓力

4.浮箱穩定性檢討

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。

5.浮箱構件設計

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。

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，各浮箱互相間及浮箱與固定設施間之連結須特別考量，且須在各浮箱間加裝緩衝墊以策安全。

9.10.4 錨鏈設計

1.設計外力

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.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)固定於海底或繫於岸壁。

3.錨鏈拉力計算

各錨鏈所承受之拉力，一般將錨鏈視為懸垂曲線(Catenary Curve)，採用靜力學方法計算。然如遇特殊情形，可依浮箱與錨鏈之關係，採用動力學解法計算。

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。

9.10.5　固定設施設計

1.基樁固定設施設計

固定基樁之設計，依本篇第七章[棧橋式碼頭]所述相關設計法辦理。

設計基樁固定設施時，作用於基樁之外力，可採用本章第 C9.10.3 項次 3[作用於浮箱之外力及載重]及 C9.10.4 項次 1[設計外力]所述相關設計法辦理。

2.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]中所述計算法計算之。

(2) 錨碇設施安定計算

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。

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。

2.連絡橋及引橋細部設計

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。

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。

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。

第十章　銜接結構物

10.1　設計原則

碼頭銜接結構物係指結構於水深變化段之銜接、不同結構之連接、角隅結構之連接。銜接結構物之設計，並無一定準則，故須充分瞭解銜接結構物附近狀況，因地制宜。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

11.2　繫船設施

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。

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。

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，且防舷材之設計須考量設計船型船殼容許承壓力。
- 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

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、柵欄、標誌及標示、及車擋等安全設施。

11.5 服務設施

碼頭應依作業需求，設置照明、旅客上下船人行廊道、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。

11.6 其他設施

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。

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。

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，為朔望平均乾潮位(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。

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道路或置貨場間之區域，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
- 設置裝卸機械之型式
- 交通設施之規模

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

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。

第十四章　裝卸機械基礎

14.1　設計原則

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

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。

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。

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

原地面舖設石料為基礎，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。

第九篇　專門碼頭

第一章　貨櫃碼頭

1.1　設計原則

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。

1.2　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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

1.3.8 其他附屬設施

在貨櫃碼頭及後線營運場地內，依需要設置洗櫃區、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，均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。

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。

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決定其配置及型式。

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、尺寸等予以決定其配置及型式。

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，應以石塊或混凝土塊等置於海底面予以保護。

2.3　車輛上下船設施設計

車輛上下船設施(Vehicles Ramp)設計，應考量潮差、計畫靠泊渡輪吃水變化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。

2.4 旅客上下船設施設計

旅客上下船設施設計，應考量潮差、計畫靠泊渡輪吃水變化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。

2.5 其他設施設計

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。

第三章　液化天然氣碼頭

3.1　設計原則

液化天然氣(Liquefied Natural Gas，LNG)碼頭係為液化天然氣卸收使用，由於液化天然氣具易燃及易爆之特性，故於設計時應特別注意液化天然氣船進出港、靠離岸操航及繫泊期間之自然條件及營運限制、碼頭與港埠水域設施平面配置、操航計畫及繫纜要求等，並配合設置繫泊監控系統，以降低作業時之潛在風險。

3.2　碼頭設施設計

3.2.1　碼頭構造型式

液化天然氣碼頭包含卸料平台、服務平台、靠船平台、繫船平台及聯絡橋等。其構造型式的決定須依自然條件、地質條件、施工條件、工期、經濟性、碼頭利用率及維護管理等因素考慮之。

3.2.2　碼頭長度、水深及水域配置

液化天然氣碼頭長度、水深及航道水域須滿足最大設計船型安全靠泊及進行卸收作業之需求，並應將鄰近設施或船舶納入考量。

3.2.3　碼頭平台配置

液化天然氣碼頭平台應依其計畫船型、靠泊及卸收作業需求進行佈設，並應特別考量其安全性。

3.2.4　繫纜需求

液化天然氣船於卸收作業時具備高危險性，於設計時應綜合考量海氣象條件及吃水深變化之影響，就繫泊設施及纜繩受力進行分析，以作為相關設施設計之參考依據。

3.2.5　繫船設施

液化天然氣碼頭因屬高危險性碼頭，繫船設施應採用快速解纜鉤，其配置及型式應考量計畫靠泊船型及其纜繩拉力決定。快速解纜鉤之基座需滿足每鉤安全作業拉力之總和。

3.3 繫泊監控系統

為確保液化天然氣船靠泊及卸收作業安全，應針對自然環境、船舶動態與纜繩受力及控制等設置繫泊監控系統。

第四章　風電碼頭

4.1　設計原則

風電碼頭基地係為風力發電場開發、營運及維護之必要基礎建設。為配合包括風力機組、基礎及其他相關設施等構件之製造、組裝、堆儲、運輸、安裝、營運、維護乃至除役等過程中之需求，其碼頭功能性除一般碼頭基本需求外，尚需因應風電碼頭營運之特性(包括大型物件運輸裝卸、高載重需求及特殊工作船停靠等)所面臨之情境納入風電碼頭設計考量。

4.2　碼頭設施設計

4.2.1　碼頭長度、水深及水域配置

泊靠各類風電工作船之碼頭長度、碼頭水深及航道水域，應依據計畫船型尺寸審慎決定之，並依據各元件於海上作業時之堆儲、運輸、安裝過程中之需求，視需要保留一定餘裕，特別於碼頭及航道水域之頂部空間應儘可能淨空，以確保風力機組構件之裝載與運送安全。

4.2.2　繫船設施

風電碼頭繫船設施，應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊之各類風電工作船型式、尺寸等予以決定其配置及型式。

4.2.3　防撞設施

風電碼頭防撞設施，應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊之各類風電工作船型式、尺寸等予以決定其配置及型式。

4.2.4　碼頭承載力

風電碼頭承載力應考量構件製造、組裝、堆儲、運輸、裝卸等情境，全面或局部提升其承載力，以符合風力機組、起重運輸機具運作及其他相關設施之載重需求。

4.2.5　海床承載力

若風電工作船有頂升需求，在其作業區海床上應考量設置適當補強設施如拋石等，以增加承載力。

4.3 碼頭後線場地需求

風電碼頭為風力發電場與海陸上運輸之銜接點，碼頭後線場地應配合各構件製造、組裝、堆儲、運輸、安裝過程中之需求，提供足夠空間及承載力。

第五章　遊艇碼頭

5.1　設計原則

遊艇碼頭規劃設計，應配合遊艇之船舶特性，使遊艇航行、泊靠、人員上下船等，能安全且順利進行為原則。

5.2　船型尺寸

設計船型各項參數，應依據遊艇碼頭鄰近既有船型現況，以及未來發展趨勢等綜合評估後決定。

5.3　水域設施

5.3.1　一般規定

遊艇碼頭水域及航道設施包括進港航道、內航道、內水路、泊渠等，各水域設施應根據使用需求合理佈置。

5.3.2　外廓設施

外廓設施需依據氣象、海象、地形水深及地質等自然條件、船舶航行及設施周邊水域利用狀況，設置於適當之地點。

5.3.3　航道

航道之規劃係以提供船舶安全且順暢之航行為目標，應參考地形水深、地質、波浪、水流、風力及周邊水域利用狀況等，滿足船舶使用需求。

5.4　繫靠設施

5.4.1　繫泊設施

1.繫泊設施型式

繫泊設施之型式與規模，應考慮繫泊之目的(長期保管繫泊、臨時繫泊)、船種、船型、船數、潮位差等，適當進行配置。

2.繫泊設施配置

繫泊設施之配置，需考量自然條件、利用狀況、遊艇活動型態、操船

機動性及經濟性等，確保船舶可安全航行與靠泊，以提供使用者安全與舒適之使用。

3.聯絡橋

聯絡橋係為陸地至浮棧橋間做為聯絡之引橋，其構造型式、寬度、長度及坡度等，需考量潮位變動之影響適當設定。

5.4.2 碼頭設計

碼頭之設計條件，應依該結構物之特性及結構物所處之位置，並考量自然條件、該結構物之利用狀況、施工條件、結構特性、社會對該結構物之需求等因素，以訂定該結構物之設計條件。

5.5 陸上服務設施

5.5.1 遊客上下岸設施

遊艇上下岸作業設備應根據遊艇之類型、數量及水位差等因素確定，可採用垂直升降設施或曳船道。

1.垂直升降設施

垂直升降設施可依使用需求，選用門式起重機、懸臂式起重機或堆高機(Folklift)等型式。

2.曳船道

曳船道之規模和布置應綜合考慮上下岸遊艇類型、需求、地形等因素。

5.5.2 陸上存放設施

遊艇陸上存放設施可包括置艇場、露天多層艇架、艇庫等，其規模應根據遊艇數量、使用需求、陸域面積、自然條件等因素綜合確定。

5.5.3 修理及維護設施

遊艇修理和維護設施應根據實際需要設置，遊艇之陸上修理和維護作業應在維修場或車間內進行，並鄰近遊艇上下岸設施。

5.5.4 道路及停車場

遊艇碼頭道路應考量遊艇牽引車對於迴轉半徑之需求，並應根據船型、開發規模及所在區域等進行停車場需求評估。

5.5.5　營運管理設施

遊艇碼頭需設置營運管理設施，提供管理人員辦公使用，並以能夠掌握整體泊位狀況為原則。其設置區位應位於交通便捷之處，方便管理人員、臨靠遊艇及遊客到達。碼頭區需配置適當標誌，指引設施所在。

5.6　碼頭配套設施

碼頭依作業需求，相關設施如供水、供電、照明、消防、電信等設施依第八篇第十一章[附屬設施]規定辦理外，並應設置補給、環保及衛生等設施。

第七篇　防波堤

第一章　總論

規劃防波堤時，須充分考量其與水域設施、繫靠設施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、其他環境之影響及該港之未來發展方向等均應加以充分考量。

C1.1　防波堤規劃之基本原則

1. 防波堤之功能係為確保港內之靜穩、維持水深、防止海岸之破壞及保護港灣設施及背後土地免受波浪、暴潮、海嘯等之影響。所以防波堤如具多功能者，應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. 防波堤若破壞，將對港內船舶、繫泊設施及背後設施等之安全有重大影響，因此，防波堤之設計及施工時，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。

C1.2　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，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頻繁及最強之波浪，產生有效遮蔽。
   (1) 港口應儘量減少波浪之入侵。
   (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) 航道及泊地應盡量避開防波堤產生之反射波及集中波之影響區域。
   (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參考第六篇之 C3.8[泊池靜穩度]之相關規定。
2. 須留意港內外海水之交換。
3. 防波堤佈置時，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) 儘量利用岬角或島之有利地形。
   (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，因此需要更大的結構物，應予注意。
6. 離岸式防波堤，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

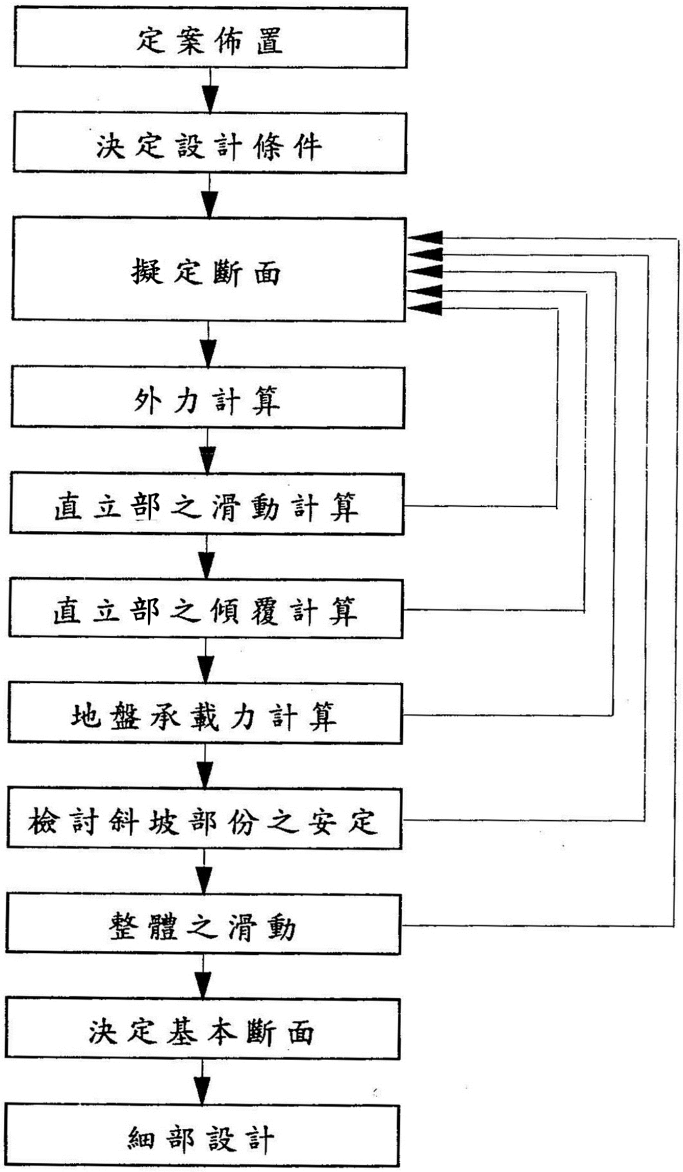
防波堤設計應考慮下列各項因素：

1.設計條件

2.斷面型式

3.施工法

4.工程費



C2.1 設計條件

C2.1.1 潮位

波力之計算所採用之潮位，為對結構物最危險時之潮位。

防波堤斷面與基本水準面、朔望平均高低潮位、平均潮位、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滿乾潮位，受暴潮影響之港灣，將上述資料加上適當之暴潮偏差即可，且以對結構物最不安定之狀況檢討。對於圓弧滑動之計算，多採用朔望平均乾潮位，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。

C2.1.2 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。

C2.1.3 波浪

防波堤設計時所採用之設計波浪，應依實測或推算資料，經波浪統計且考慮波浪變形設定。

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為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，故必需考慮施工時波浪之各種因素並納入施工考量。

有關設計波之決定依第二篇第四章辦理。

C2.1.4 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，因此在進行地質調查時，所需之鑽孔數及鑽孔深度必需注意。

C2.1.5　地震

波浪較小或水深較深時應特別考慮地震之影響。

C2.1.6　其他

防波堤構築後若有可能產生堤趾沖刷、工址之侵蝕或淤積，或其他影響時，應納入設計考量。

必要時應考慮風壓、土壓、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。

C2.2　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.工程經濟性

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圖C2-1，各類斷面型式詳圖C2-2，相關預鑄混凝土構件參考第四篇說明：

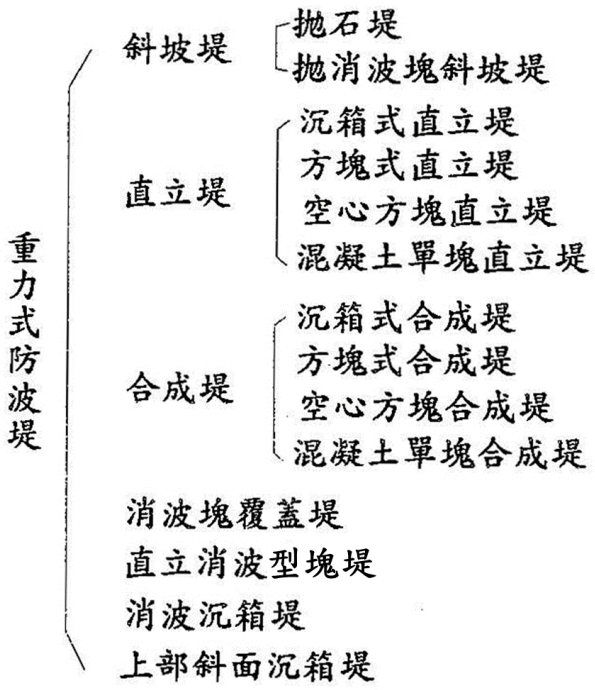


圖 C 2-1　重力式防波堤之種類

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

壁面垂直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、拖航、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，如基礎之拋石、整平、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。

(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。

(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，故選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。該型直立堤不能作大型防波堤之用，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. 直立消波型塊堤

此為將一般之混凝土單塊製作成各種型式之直立消波型塊所疊積而成，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作用波力。

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，其安全性較高，但相對越波所致港內傳遞波較大。

C2.3 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。

C2.4 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。

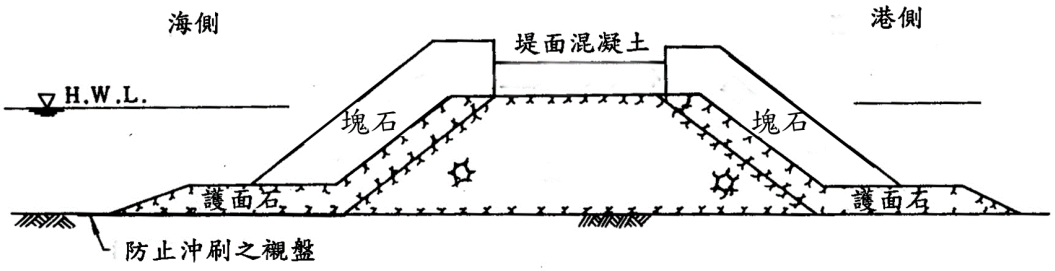


圖 C2-2(a)　拋石斜坡堤

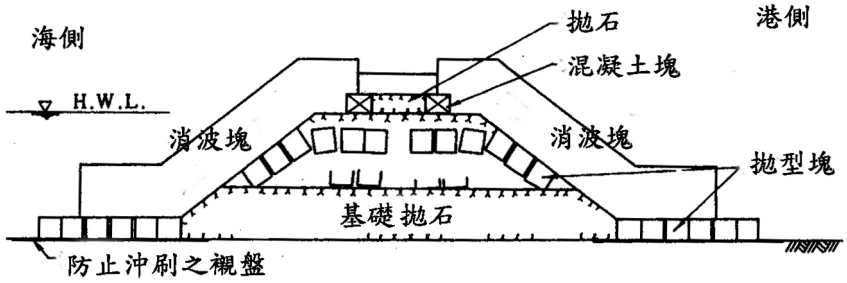


圖 C2-2(b)　拋消波塊斜坡堤

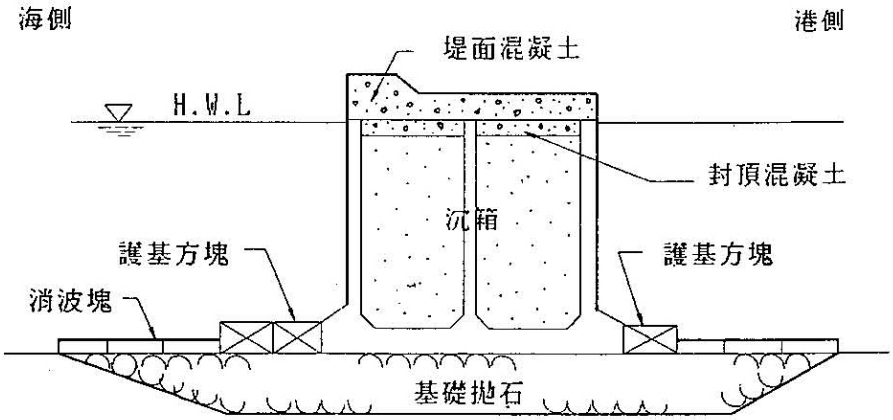


圖 C2-2(c)　沉箱式直立堤

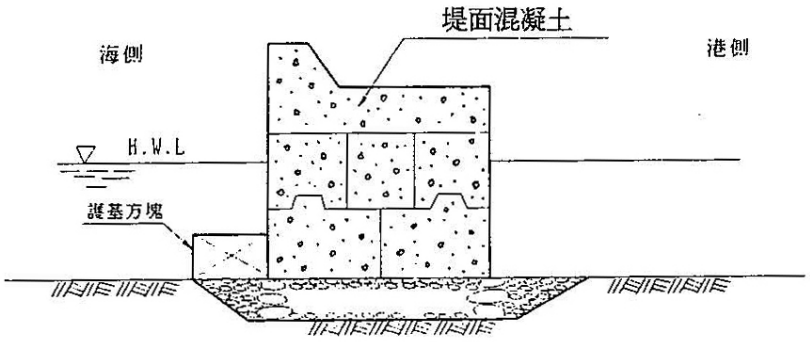


圖 C2-2(d)　方塊式直立堤

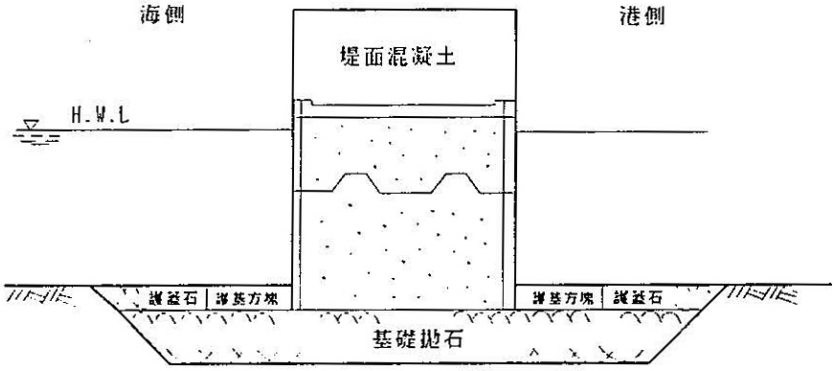


圖 C2-2(e)　空心方塊直立堤

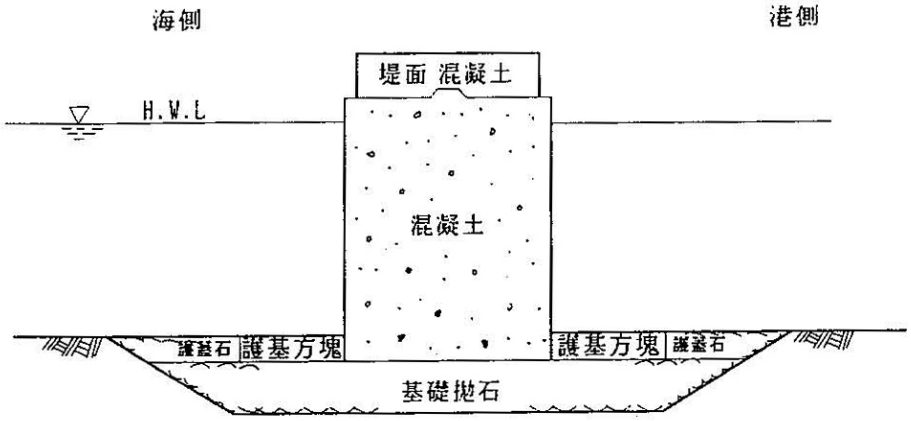


圖 C2-2(f)　混凝土單塊直立堤

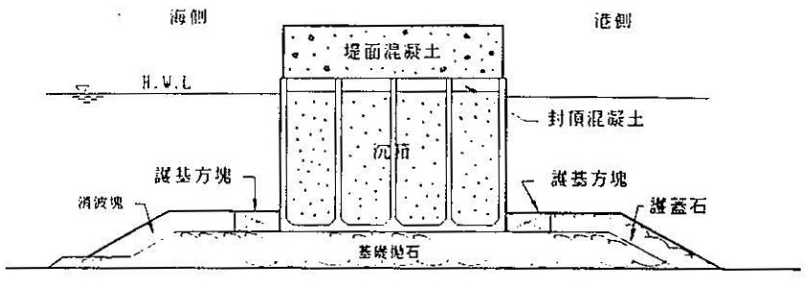


圖 C2-2(g)　沉箱式合成堤

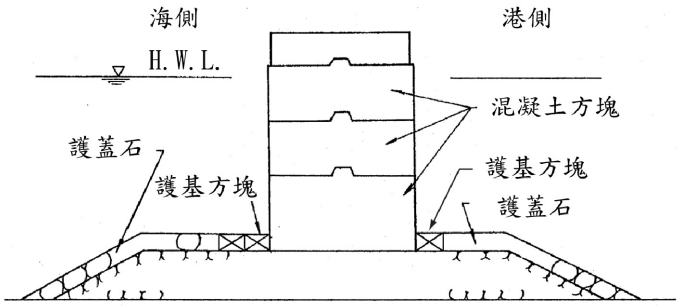


圖 C2-2(h)　方塊式合成堤

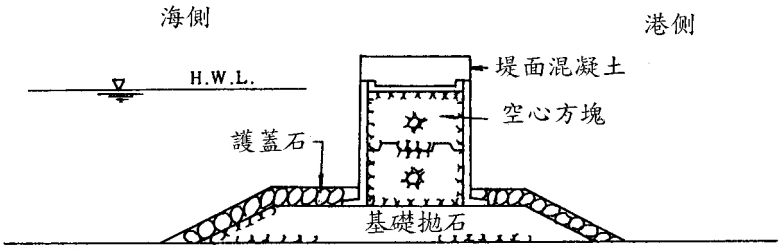


圖 C2-2(i)　空心方塊合成堤

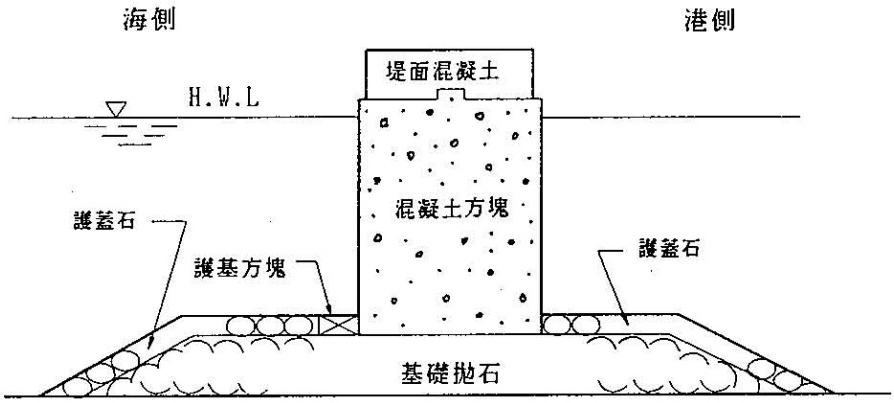


圖 C2-2(j)　混凝土單塊合成堤

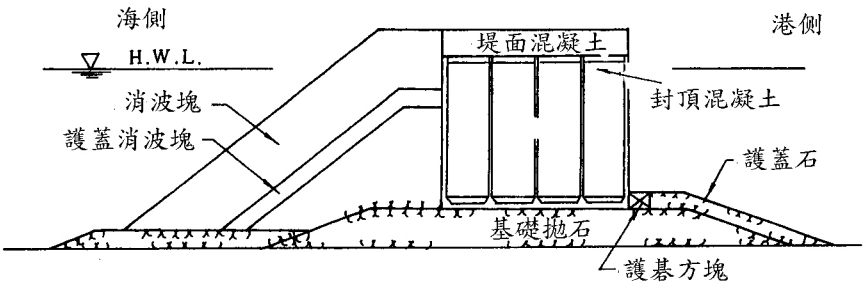


圖 C2-2(k)　消波塊覆蓋堤

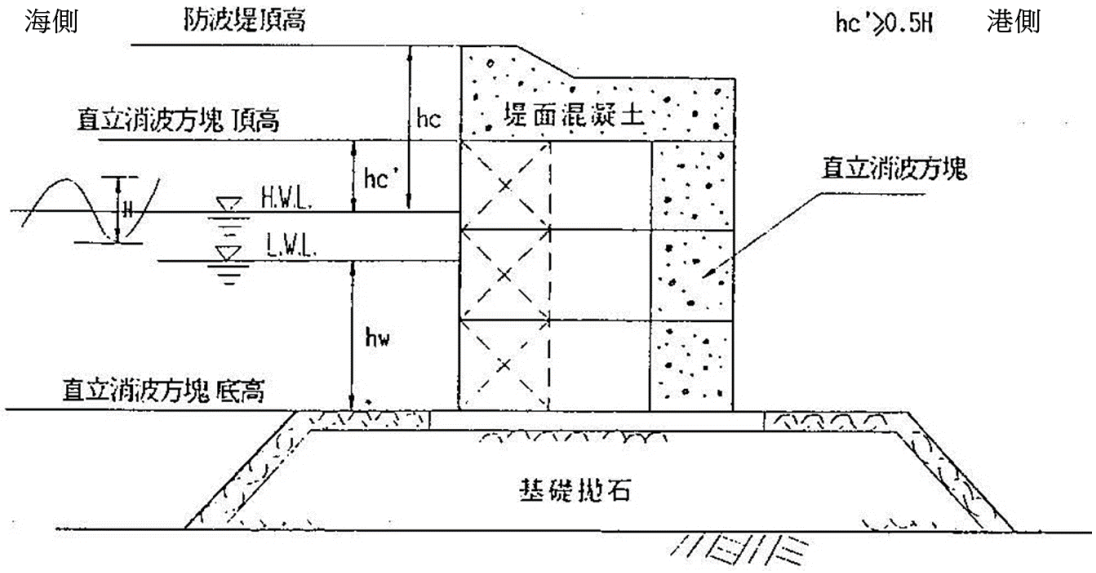


圖 C2-2(l)　直立消波型塊堤

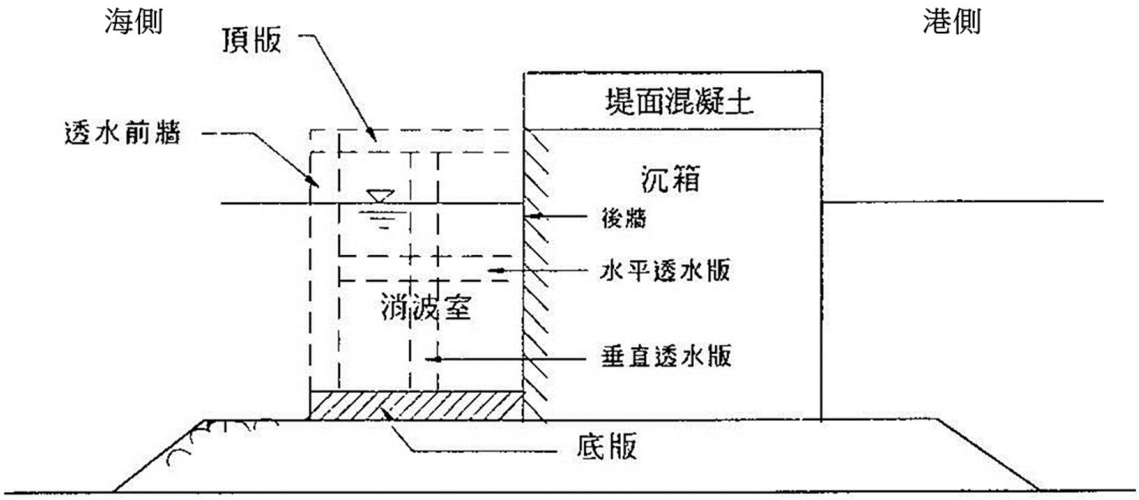


圖 C2-2(m)　消波沉箱堤

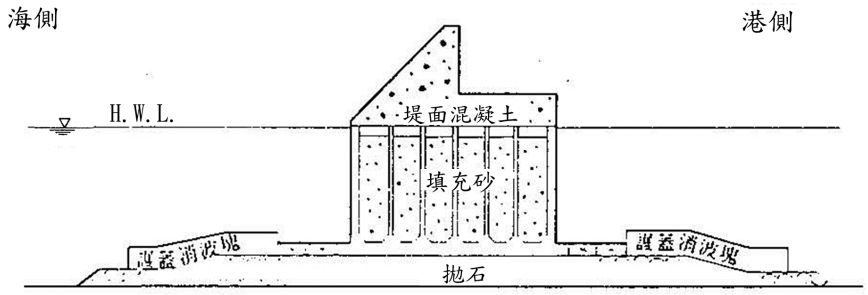


圖 C2-2(n)　上部斜面沉箱堤

第三章　基本設計

符號說明

α：抵抗係數

H：波高(m)

$H_{1/3}$：示性波高(m)

h'：直立部堤體設置水深(m)

$k\Delta$：拋石層係數

M_A：堤體自重產生之抗傾力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_B：堤體所受浮力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_P：堤體所受波浪或地震之水平外力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_U：堤體所受上揚力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

n：層數

μ：摩擦係數

P：堤體所受波浪或地震之水平外力(tf/m) (kN/m)

R：有效之補強抵抗力被動土壓力(tf/m) (kN/m)

r：疊層厚度(m)

r_s：拋石單位重(tf/m^3) (kN/m^3)

SF_O：傾倒安全係數

SF_S：滑動安全係數

U：堤體所受之上揚力(tf/m) (kN/m)

W：拋石重量(tf) (kN)

W_A：堤體重量(tf/m) (kN/m)

W_B：堤體所受之浮力(tf/m) (kN/m)

W_{max}：拋石層最大拋石重量(tf) (kN)

W_S：拋石或方塊水中重(tf/m) (kN/m)

W_{50}：50%粒徑拋石重量(tf) (kN)

C3.1 基本斷面之擬定

C3.1.1 直立堤

1.堤頂高

堤頂高，應在朔望平均高潮位加上設計示性波高($H_{1/3}$)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；另若接近設計波之波浪來襲頻繁，且持續時間長，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滿潮位上 $0.6H_{1/3}$ 為高。

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) 在須考慮暴潮影響之港灣，可由過去之記錄或推算之暴潮位作為基準，以求取堤頂高。

(4) 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

堤面場鑄混凝土厚度，波高 2 公尺以上時，至少應有 1 公尺以上；波高小於 2 公尺時，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

堤體寬度，依據作用波壓力而決定。

4.其他

方塊式直立堤，其最上層之方塊、空心方塊以及沉箱頂部之高度為便於堤面施工，至少須在朔望平均滿潮位以上。

C3.1.2　合成堤

1.堤頂高

直立部之堤頂高，依直立堤之方法決定，但若堤基可能產生沉陷之情況，應加上餘裕，提高頂高，或採用容許加高且不影響安全之結構。

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，至少須在 1.5 公尺以上，以避免沖刷之影響。

(3) 堤基之堤肩寬度，在海側依波高之情況採用足夠之寬度，至少應在 5 公尺以上，而港側堤肩寬度採用海側寬度之 2/3 即可。

(4) 堤基之保護，除水深極深或波浪小且有足夠重量之拋石處之外，在直立部海側應至少安放兩個以上之護基方塊，港側應至少放置一個護基方塊以防止沖刷，護基方塊應緊靠直立部。

(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部之危險，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，此對直立部之安定較有利，另外，較厚之堤基部可使直立部之荷重分佈較廣。堤基部之堤肩寬度，應確保堤體之圓弧滑動及對偏心傾斜載重能滿足安全係數。而堤基之坡度，係由安定計算決定，海側坡度小於或等於 1：2，港側坡度小於或等於 1：1.5。

3.堤面場鑄混凝土厚度

堤面場鑄混凝土厚度及沉箱頂部高程，依直立堤為準。

4.堤體寬度

堤體寬度，依作用波壓力決定。

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。

C3.1.3 斜坡堤

1.堤頂高

堤頂高，依直立堤為準。

2.堤體寬度

(1)堤寬在採用消波塊覆蓋時，至少三個並排為準。

(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，上述之值為對應於 $0.6H_{1/3}$ 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。拋石堤以海側坡度小於或等於 1：2，港側坡度小於或等於 1：1.5，消坡塊覆蓋時 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，依需要應設置防止堤址沖刷及粒料吸出之設施。

C3.1.4　消波塊覆蓋堤

1.堤頂高

(1) 直立部之頂高，依直立堤為準。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，以與直立部之頂高相同為原則。

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及沉箱頂部高度，依直立堤為準。堤基之厚度，依合成堤為準。

3.堤體寬度

(1) 消波塊覆蓋頂部寬度，至少二個消波塊並排為準。

(2) 消波塊之施工頂部，若消波塊之頂高較直立部之頂高低很多時，此部份可能會有甚大之波力作用，故堤體寬度應予注意。

4.其他

在消波塊之基部附近，依需要設置防止堤趾沖刷及粒料吸出之設施。

C3.1.5　直立消波型塊堤

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

(1) 直立消波型塊堤為將具有消波功能之特殊方塊(直立消波型塊)加以直接堆積成消波塊式直立堤或合成堤。

(2) 直立消波型塊堤之反射率，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) 直立消波型塊堤，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) 直立消波型塊堤之堤頂高，除參考直立堤外，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) 直立消波型塊堤與合成堤相比，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，決定型塊頂高時，須確保頂部混凝土施工上所需之厚度。

3. 其他

直立消波型塊堤之消波效果，隨直立消波型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乾潮位下，加上設計示性波高($H_{1/3}$)之 2 倍以上之深度。

C3.1.6 消波沉箱堤

1. 消波沉箱堤，須充分評估消波功能後選定合適之構造，並應辦理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，具有以下之優點：

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，而消波沉箱堤之場合，波力不會明顯增加。此外，消波室具促進氣泡之混入、海水之曝氣能力，與供作魚礁使用等優點特長。

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，及潮位變化等，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。

C3.1.7　上部斜面沉箱堤

上部斜面沉箱堤，須充分調查波浪的傳遞特性，選定適當形狀，並應辦理水工模型試驗而設計。

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滿潮位上 $1.0H_{1/3}$ 之堤頂高相當於直立堤之 $0.6H_{1/3}$ 程度。

C3.2　外力計算

防波堤之安定計算時，須考慮波力、靜水壓力、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、動水壓、漂流物之衝撞力、土壓等。

C3.2.1　波力

作用於防波堤之波力，應考慮防波堤之型式、海底地形、水深以及波浪等因素，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分析。

C3.2.2 靜水壓力

當堤內外之靜水面有高差時，應考慮水位差之靜水壓。

C3.2.3 浮力

靜水面以下之堤體應考慮浮力。若堤內外之靜水面有高差時，以兩側之水位相連，浮力為作用於該連線水面以下之堤體。

C3.2.4 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。

C3.2.5 地震力

除考慮堤體自重所產生之水平力外，尚需考慮地震時之動水壓。

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) 本基準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 12.2.2[地震時之動水壓]之相關公式計算。

C3.3 安定計算

C3.3.1 直立部之安定計算

1.滑動驗算

$$SF_s = \frac{\mu(W_A - W_B - U)}{P}$$

SF_s：滑動安全係數，波浪作用時 1.2 以上，地震時 1.0 以上

μ：摩擦係數

W_A：堤體重量(tf/m) (kN/m)

W_B：堤體所受之浮力(tf/m) (kN/m)

U：堤體所受之上揚力(tf/m) (kN/m)

P：堤體所受波浪或地震之水平外力(tf/m) (kN/m)

2.傾倒驗算

$$SF_o = \frac{M_A - M_B - M_U}{M_P}$$

SF_o：傾倒安全係數，波浪作用時 1.2 以上，地震時 1.1 以上

M_A：堤體自重產生之抗傾力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_B：堤體所受浮力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_U：堤體所受上揚力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_P：堤體所受波浪或地震之水平外力產生之力矩(tf-m/m)(kN-m/m)

3.基礎承載力之檢討

依第五篇第二章[淺式基礎承載力]之公式加以計算。

4.直立部滑動之補強

當直立部後側以拋石或方塊背填進行補強時時(如圖 C3-1 所示)，其滑動驗算必須將其滑動補強抵抗力列入計算，但最上層之塊石及方塊重量需扣除。

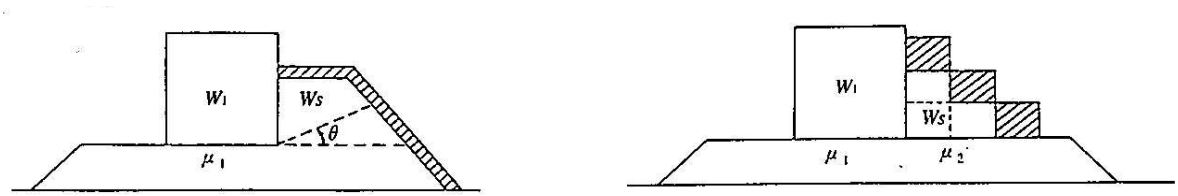


圖 C3-1　直立部後側以拋石或方塊背填示意圖

此外，竹田等人之實驗結果認為被動土壓力為波高與堤體設置水深之函數，如圖 C3-2 與式 C3.3.1 所示。

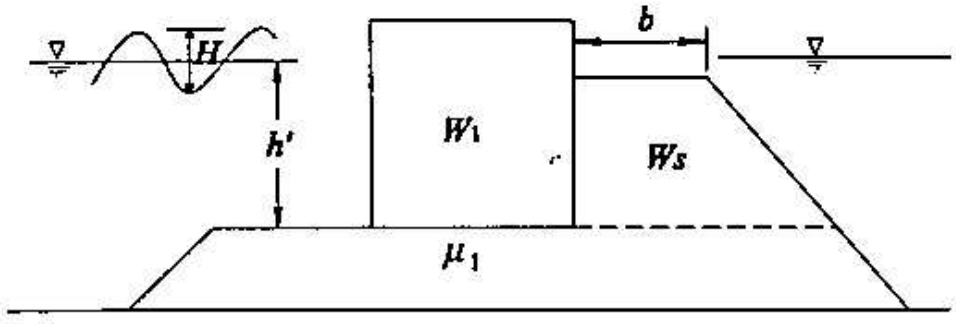


圖 C3-2　被動土壓力滑動抵抗面示意圖

$R=\alpha Ws$　　(式 C3.3.1)

$\alpha=0.9+0.2(H/h'-0.5)$　　拋石

$\alpha=0.4+0.2(H/h'-0.5)$　　方塊

$H/h'\leq 0.5$ 時，$H/h'=0.5$

Ws ：拋石或方塊水中重(tf/m) (kN/m)

α ：抵抗係數

H ：波高(m)

h' ：直立部堤體設置水深(m)

R ：有效之補強抵抗力(tf/m) (kN/m)

C3.3.2　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

2.護面塊石與消波塊之重量以及層厚

依第二篇第五章[波力]之 5.3 節相關計算公式加以計算。

3.內部材料所需重量

合成堤拋石基礎覆蓋材下拋石及型塊之重量，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。斜坡堤應在 1/10~1/15 以上為佳。

4.拋石層厚

拋石層之厚度計算，如式 C3.3.2 所示。

$$r = nk\Delta(\frac{W}{r_s})^{1/3}$$

(式 C3.3.2)

一般拋石層厚度最小取 0.3m 或大於下式

$$r > 2(\frac{W_{50}}{r_s})^{1/3} \text{ 且 } r > 1.25(\frac{W_{max}}{r_s})^{1/3}$$

r：疊層厚度(m)

n：層數，至少採用二層，即 n≥2

$k\Delta$：拋石層係數，取約 1.0~1.02

W：拋石重量(tf) (kN)

W_{50}：50%粒徑拋石重量(tf) (kN)

W_{max}：拋石層最大拋石重量(tf) (kN)

r_s：拋石單位重(tf/m^3) (kN/ m^3)

C3.3.3　堤體整體之安定計算

在軟弱地層上構築防波堤時，須進行堤體之圓弧滑動以及沉陷之安全檢討。若不安定時，須進行地層改良等對策。

1. 圓弧滑動之安全係數，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。

2. 堤體整體安定計算所採用之潮位，為其安全係數最小時之潮位。

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。

C3.3.4　堤頭、轉角處之安定計算

1. 堤頭之消波塊以及覆蓋方塊，其重量應大於堤幹部之覆蓋材料重量。

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大 1.5 倍以上重量之覆蓋材料構築成圓形。

2. 堤頭段與堤幹間之銜接段需平滑順接，其長度約一至二倍堤高。

3. 在軟弱地層時，亦應檢討防波堤法線方向之滑動，且可考慮側向摩擦抵抗，其安全係數以 1.3 以上為標準。

4. 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。

5. 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

符號說明

b：護基方塊尺寸寬(m)

d_f：護基方塊厚度計算係數，堤幹為 0.18，堤頭為 0.21(m)

$H_{1/3}$：示性波高(m)

h：設計水深(m)

h'：拋石基礎頂面水深(不含覆面塊石及方塊)(m)

ℓ：護基方塊尺寸長(m)

t：護基方塊所需厚度(m)

C4.1 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，以一個方塊為原則。
4. 就安定性而言，空心方塊最下端加設基腳較為有利。
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。

C4.1.1 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 210kgf/m^2 以上)。同時為增加沉箱與堤面混凝土之一體性，應使堤面混凝土嵌入沉箱內或設凹凸楔榫，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。

C4.1.2　方塊式直立堤

1. 方塊之疊放應注意上下之接頭互相錯開，以確保堤體之一體性。

2. 防波堤法線方向之縱斷面其接頭必須錯開。

3. 方塊接合部之形狀及尺寸依第四篇第四章內容辦理。

C4.1.3　空心方塊直立堤

1. 空心方塊用強度較低之混凝土或石料填充，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方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. 用石料填充時，為防止石料被淘出，空心方塊亦有置底版者。

C4.1.4　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。

C4.2　合成堤

1. 直立部之堤頂高，依直立堤為準。

2. 拋石基礎部份，應使拋石堆放緊實，以減少安放直立部後之沈陷。

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. 直立部之拋石基礎應以石料整平，且基礎整平寬度在直立部兩側需適當加寬。如有護基方塊及覆蓋石時，該部份亦需整平。

5. 在排放護基方塊時，在直立部靠海側排放二個，靠港側排放一個為佳。

6. 護基方塊的開孔如過大，預防堤趾沖刷及粒料吸出的效果會降低，故開孔率在 10%較為適當。

7. 護基方塊所需的厚度可以式 C4.2.1 求得。

$$t / H_{1/3} = d_f (h' / h)^{-0.787} \qquad \text{(式 C4.2.1)}$$

式中　t：護基方塊所需厚度(m)

d_f：護基方塊厚度計算係數，堤幹為 0.18，堤頭為 0.21(m)

h：設計水深(m)

h'：拋石基礎頂面水深(不含覆面塊石及方塊)(m)
適用範圍在 h'/h＝0.4~1.0 間

護基方塊可依式 C4.2.1 求得所需厚度，再參照表 C4-1 中的方塊規格求得。

方塊形狀的規格參考實例如圖 C4-1 所示。

表 C4-1　各種護基方塊需要之厚度

護基方塊所需厚度 t(m)	尺寸 ℓ(m)×b(m)×t(m)	重量 (tf/個)	
		有孔型	無孔型
0.8 以下	2.5×1.5×0.8	6.23	6.90
1.0 以下	3.0×2.5×1.0	15.64	17.25
1.2 以下	4.0×2.5×1.2	24.84	27.60
1.4 以下	5.0×2.5×1.4	37.03	40.25
1.6 以下	5.0×2.5×1.6	42.32	46.00
1.8 以下	5.0×2.5×1.8	47.61	51.75
2.0 以下	5.0×2.5×2.0	52.90	57.50
2.2 以下	5.0×2.5×2.2	58.19	63.25

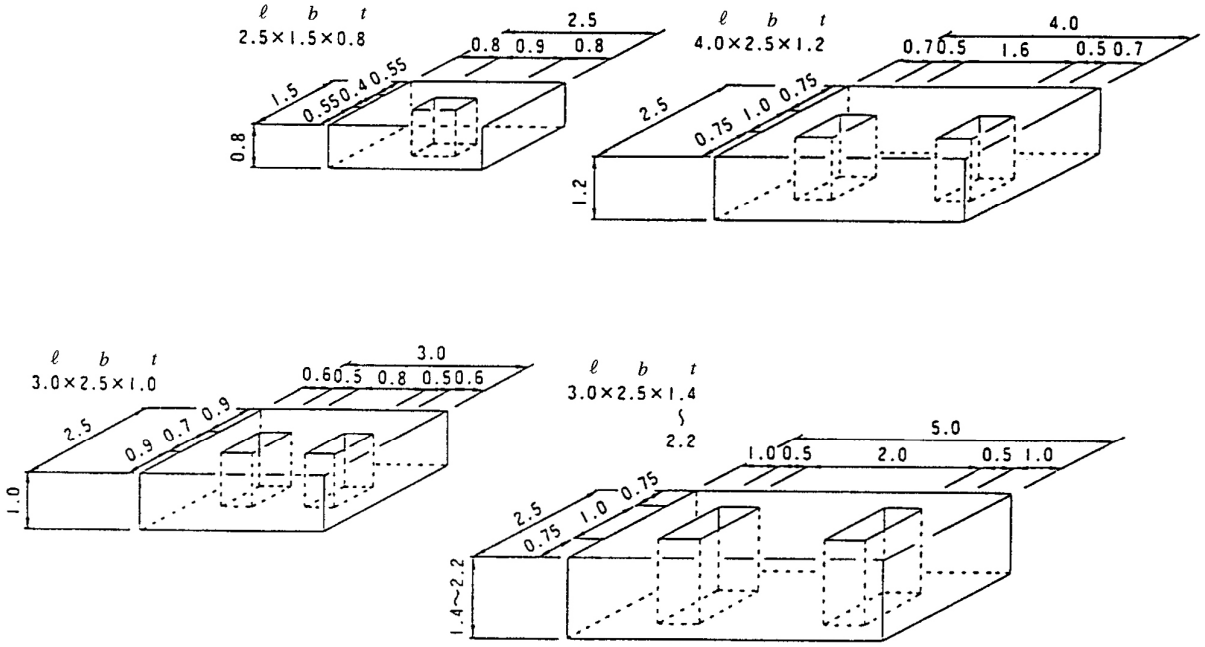


圖 C4-1　護基方塊的形狀

8. 有關於港側的護基方塊，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。港側的護基方塊迄今為止少有受損，故可採用較海側的護基方塊較輕的方塊。在以往的設計中，多採用約海側護基方塊一半重量的製品。但不可低於港灣內波浪及施工時波浪所需重量。

9. 消波塊覆蓋堤的海側的護基方塊，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 C4.2.1 求得。

10. 為使拋石能堆放緊實，集中在天氣晴朗時拋放較佳，亦可減少直立部施作後產生之沈陷量。

C4.3　斜坡堤

1. 斜坡堤之基礎依需要應設置防止堤趾沖刷及粒料吸出之設施。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. 拋方塊或拋石斜坡堤上設置結構物時，結構物之基礎應以石料或小型混凝土塊填充整平。

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覆面塊石散落，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於港內側施作。

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　防波堤佈置與漂沙對策設施

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。

C5.1 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，但因邊坡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

C5.2　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 C5-1。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 C5-2(a)，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 C5-2(b)，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 C5-2(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，會有自然沙洲復原之傾向而產生淤積。

C5.3 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渫，將土砂予以有效阻擋之浚渫。

3. 依需要將自然堆積砂予以浚渫。

第 1 項所示之結構物，通常有表 C5-1 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渫者外，亦有迂迴排砂法。

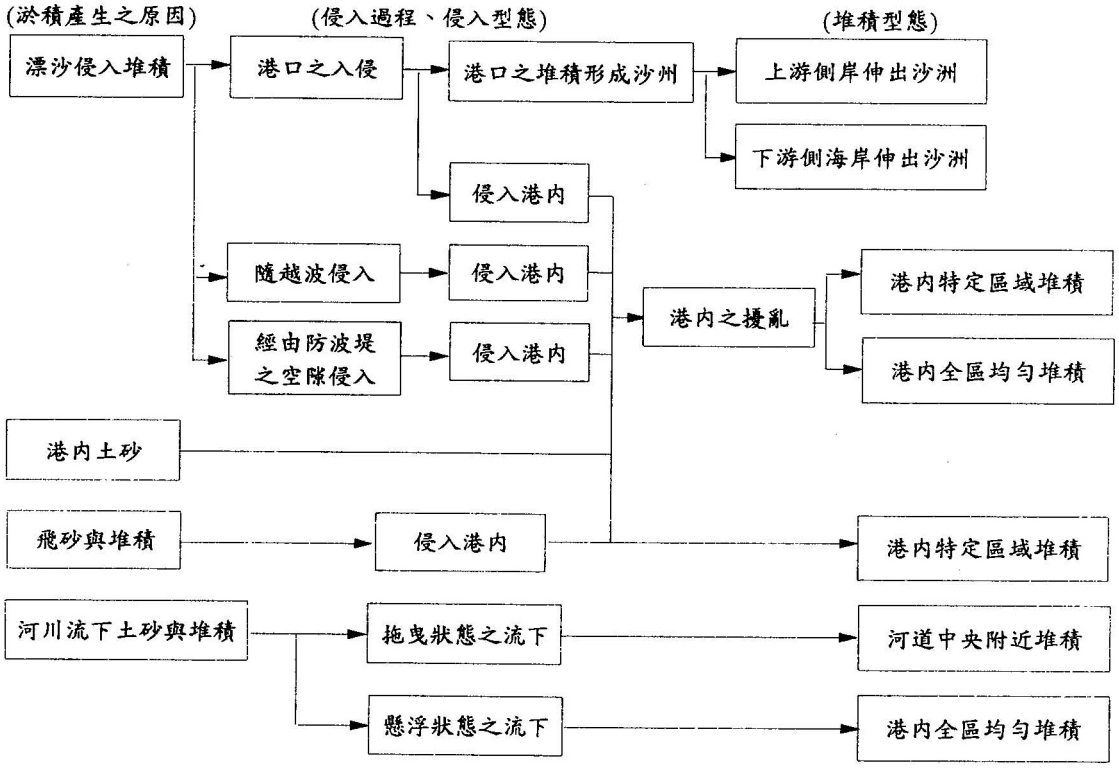
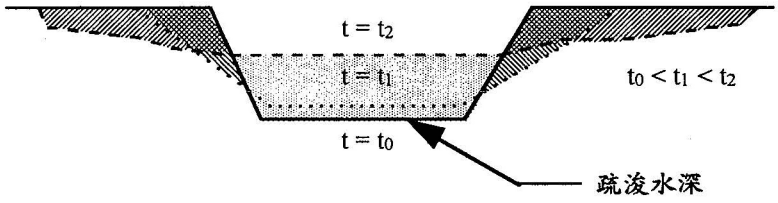
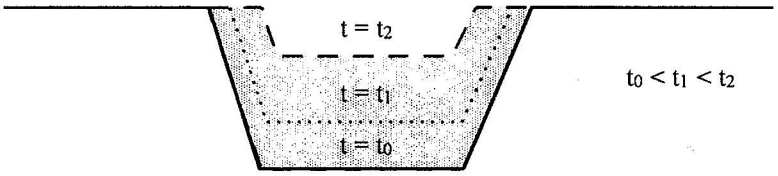


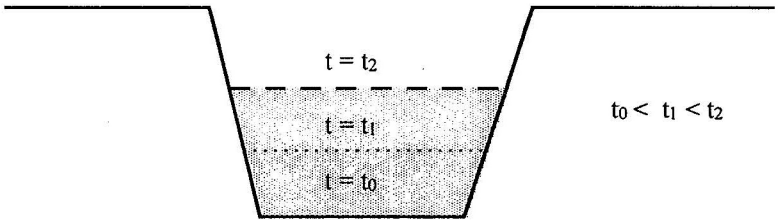
圖 C5-1　港內水域淤積型態



(a)



(b)



(c)

圖 C5-2　航道淤積型態

表 C5-1　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

C5.4　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。

C5.5　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

C5.6　侵蝕對策工法之種類

侵蝕對策工法有以下幾種：

1.海堤及護岸

2.突堤

3.離岸堤

4.人工養灘

C5.7　砂岸港之防波堤佈置

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 C5-3)。

3.為防止沿岸漂沙由下游海岸帶入港內,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，依狀況須在適當位置設置防沙設施。

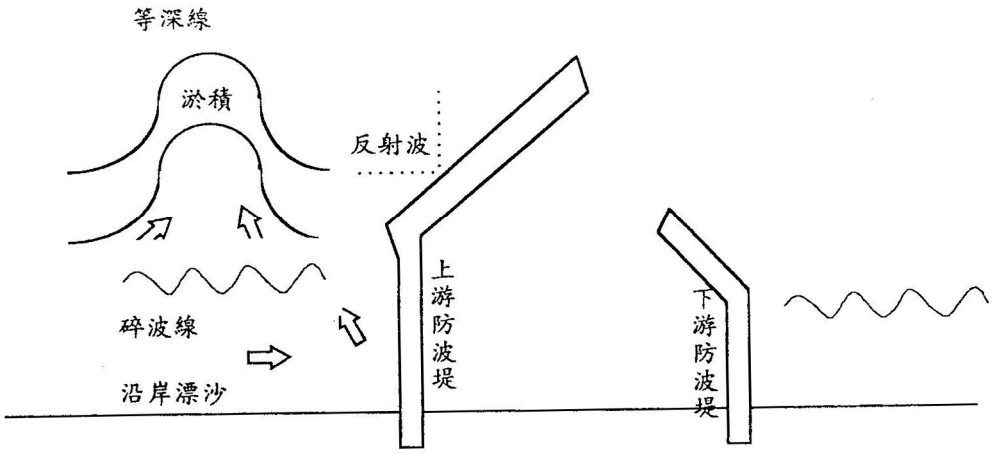


圖 C5-3　防砂堤之防砂佈置例

第六章　海堤

符號說明

M_A：堤體自重產生之抗傾力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_B：堤體所受浮力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_P：堤體所受水平外力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_S：堤體所受抵抗土壓力產生之抗傾力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_U：堤體所受上揚力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

μ：摩擦係數

P：堤體所受之水平外力(tf/m) (kN/m)

SF_O：傾倒安全係數

SF_S：滑動安全係數

U：堤體所受之上揚力(tf/m) (kN/m)

W_A：堤體重量(tf/m) (kN/m)

W_B：堤體所受之浮力(tf/m) (kN/m)

Ws：堤體所受之抵抗土壓力(tf/m) (kN/m)

海堤係位於海陸交接處興建之構造物，用以防止海水入侵、阻擋暴潮及防浪侵襲。一般於圍築新生地時須先興建海堤，並完成新生地填築。海堤之設計可分為二個階段，第一階段為海堤後側尚未進行造地回填前，堤體屬防波堤型式，其外力應以堤體之兩側皆為波浪作用力予以考量；當堤體後側完成新生地填築後，必須考慮堤後之土壓力。

C6.1 海堤之配置

一般海堤之配置，應檢討下列事項後決定之。

1. 需注意與鄰近結構物相連處及對鄰近海岸之影響。

若海堤銜接於既有堤體或防波堤時，於結構物相連接彎曲處，將會產生波浪集中現象，易造成海堤之破壞，遇此情形時，應於彎曲處設置消波設施，強化海堤結構。

一般在安定狀態之沙灘建造海堤，沙灘可能因其影響造成失衡，致使前灘發生侵蝕現象，並影響鄰近地區。建議可採數值模式或水工模型試驗確認海岸侵蝕之可能性。

2. 盡量避免設置於施工條件不佳之位置。

海堤位置之選擇，除直接影響建造工程費外，在利用上亦有所影響。因此，海堤若以禦潮為主時，應盡量建在灘線以內之陸地上，且堤高越低、結構簡單則建造費亦低，施工較易。

3. 設置附屬設備時，應考慮鄰近土地及水面之利用狀況，降低海堤之影響性。而在海堤上設置排水管出口時，應設置於風浪影響小、無漂砂堆積之區位處。

C6.2 海堤設計

C6.2.1 海堤結構物型式之選擇

選擇海堤結構型式時，應考慮各種結構型式之特性，且應就配置條件、自然條件、利用條件、施工條件、材料取得之難易、重要性、維修之難易、工期、工程費等事項比較研究後決定之為佳。

海堤依斷面形狀、結構及使用材料分類可分為斜坡堤、直立堤、合成堤。其特點分如下：

1.斜坡堤

斜坡堤能將載重分佈於較廣面積，對基礎土壤之要求較不高，施工也較容易，並易於擴建加高維護。但需廣大海堤用地，及大量石料作為堤身為其缺點。

2.直立堤

直立堤多依賴重力保持安定，其用地較少且用於堤體之石料量亦較少，堤體一般除採沉箱型式外亦有以方塊構築之型式，此種堤型以中、大水深處採用較為適宜，但對施工經驗及技術要求較高。

3.合成堤

合成堤具有斜坡堤與直立堤之優、缺點，但若能將兩者適當配合則可獲得最佳之配置。

C6.2.2　海堤之設計條件

1.潮位及波浪

海堤之胸牆高程係由越波量或波浪溯升高度決定，而堤體之安定性則由背填土壓力、波力或地震力等決定之，故潮位及波浪對於海堤設計而言為重要之設計條件。有關潮位及波力分析可參考本基準之第二篇第四章及第六章之說明。

2.地質

海堤必須考量地盤對堤體之穩定性影響，因此設計階段應需計算地盤之強度與土壤壓密特性所造成的堤體下陷問題。有關地質調查及沉陷分析可參考本基準之第二篇第九章及第五篇第五章之說明。

3.海底地形

海底坡度較陡時，波浪容易產生衝擊波力與越波，在砂質海岸，於海堤前面易產生沖刷現象，因此海底地形及海灘地形亦為重要之設計條件。

4.地震力

海堤設計時因堤後將需進行背填，故需考量平時與在地震階段堤後土壓力及地下水之影響，且亦需評估地震時動水壓之影響性。有關地震部分之評估可參考本基準之第二篇第十章，地震所造成之動水壓則參考第二篇第十二章。

5.背填土壓力

C6.2.3 海堤基本斷面之假定

1.斜坡堤

(1) 堤頂高程

a.海堤的功能為防止暴潮和波浪引起的海水侵入，以保護堤內區域人身及財產安全。因此，決定海堤的堤頂高程為設計上之最重要事項。堤頂高程一般可依下式決定：

堤頂高程=設計潮位+依設計波浪所需之高度+餘裕值

如於海側設置消波設施、離岸堤及人工養灘等設施，以降低海堤之堤頂高程時，須充分檢討各設施的功能及其可靠性之後再審慎決定。

b. 依設計波浪所需之高度

所謂對設計波浪所產生之高度，可概分兩類說明：一為防止因波浪所形成之溯升而越入堤內所提升之高度。一般係以水工模型試驗決定之，而實際上波浪仍會發生相當程度越波量，但此對堤體本身之安全性並不會產生太大之影響。

二為依堤內區域之利用狀況及排水方式，以控制容許越波量大小而決定之高度，就海堤本身之功能而言，此為較佳之設計方式。

依設計波浪所需之高度，其決定之流程如下：

(a) 以波浪溯升高度推算之方法

波浪溯升高度依波浪溯升高規定計算，參考第二篇第四章規定辦理。

(b) 以越波量推算之方法

容許越波量主要係以堤內利用狀況、排水方式及減低堤內災害為原則決定，參考第二篇第四章規定辦理。

(c) 決定高度時應考慮之事項

海堤設置處之地層或堤體拋石之沉陷，雖不致造成海堤之完全破壞，惟可能因沉陷而致使越波量增大，進而影響堤內居民及設施之受災，故在決定所需高度時應加以注意。

c. 餘裕值

於決定海堤之堤頂高程時，對所採用之設計潮位、設計波高或沉陷量等條件，雖依合理的方法求得，但並非可完全依賴，因無法確保未來是否會有超過以往記錄之設計高潮位，同時數值方法亦無法預測，因此在決定海堤堤頂高程時，尚有若干未能確定之因素存在，故在決定堤頂高程時，應依堤內利用狀況及設計條件之可靠性，適度增加餘裕值。一般而言採 50 公分以上為設計考量。

(2) 堤體寬度

堤體寬度需依據外力計算、交通維護與防汛之目的調整後決定之。

2. 直立堤

(1) 堤頂高程

直立堤之堤頂高程設計與斜坡堤相同，皆為設計潮位+依設計波浪所需之高度+餘裕高。惟在設計波浪所需高度上主要以堤內利用狀況及排水方式決定之。

(2) 堤體寬度

堤體寬度需依據外力計算、交通維護與防汛之目的調整後決定之。

C6.2.4　海堤之外力計算

1. 外力計算依照防波堤為準。地震力或土壓力等項目請參考第二篇第十章與第十二章。

2. 海堤與防波堤不同，合成堤不僅受波力作用且受地震力及土壓力之作用，故應特別注意。

3. 當海堤設置位置之水深小於一半之相當深海波高時，因此時水海流所產生之能量大於由水位波動所產生之能量。故若推算淺水區處作用於結構物之波力時，應採用水深為相當深海波高一半處之波高值。

C6.2.5　海堤之安定計算

1. 三面覆蓋之海堤應檢討下列事項：

(1) 消波設施與護基保護之安定。

(2) 海堤整體之圓弧滑動。

2. 海堤之安定計算時，需考慮波力、浮力、自重、土壓、水壓等外力，必要時亦應檢討地震力，並至少應對表 C6-1 所列之情境進行第(1)至(3)項等之

相關驗算及檢討。

表 C6-1　海堤之安定計算之分析情境

情境	潮位	水平外力	額外抵抗力
常時	朔望平均乾潮位 (L.W.L.)	主動土壓力、殘留水壓力	
地震時	朔望平均乾潮位 (L.W.L.)	動水壓力、殘留水壓力、主動土壓力、堤體所受之地震力	
	朔望平均滿潮位 (H.W.L.)	動水壓力、主動土壓力、堤體所受之地震力	
波浪作用時	設計潮位 (D.W.L.)	波浪作用力	抵抗土壓力

(1) 滑動驗算

$$SF_s = \frac{\mu(W_A - W_B - U) + W_S}{P}$$

SF_s：滑動安全係數

常時為 1.2 以上，波浪作用時 1.2 以上，地震時 1.0 以上

μ：摩擦係數

W_A：堤體重量(tf/m) (kN/m)

W_B：堤體所受之浮力(tf/m) (kN/m)

U：堤體所受之上揚力(tf/m) (kN/m)

W_S：堤體所受之抵抗土壓力(tf/m) (kN/m)

P：堤體所受之水平外力(tf/m) (kN/m)

(2) 傾倒驗算

$$SF_o = \frac{M_A - M_B - M_U + M_S}{M_P}$$

SF_o：傾倒安全係數

常時為 1.2 以上，波浪作用時 1.2 以上，地震時 1.1 以上

M_A：堤體自重產生之抗傾力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_B：堤體所受浮力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_U：堤體所受上揚力產生之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_S：堤體所受抵抗土壓力產生之抗傾力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_P：堤體所受水平外力產生之力矩(tf-m/m)(kN-m/m)

(3) 基礎承載力之檢討

依第五篇第二章[淺式基礎承載力]之公式加以計算。

C6.2.6　海堤之細部設計

海堤未背填前之堤體型式與防波堤相同，故有關未背填前之堤體細部設計詳本基準之第七篇第四章說明。

一般若回填料無污染性，可容許回填區內水份滲出，但仍須防止回填材料藉滲透水一併漏出。通常採用濾層設計防漏，此為國內常用之方式；茲將其防漏濾層設計理念及方法說明如後：

濾層之設計在排除土壤中多餘之水份，或防止土壤之沖蝕，傳統設計中，一般多採濾石層方式以達到過濾及排水效果，其濾石層設計要求如下：

D_{15}(濾石)≦　5×D_{85}(被保護土壤)　－管湧要求

4≦D_{15}(濾石) / D_{15}(被保護土壤)≦20~25　－滲透性要求

D_{50}(濾石)≦　25×D_{50}(被保護土壤)　－均勻性要求

其中 D_{15}、D_{50} 與 D_{85} 為土壤粒徑分佈圖中重量通過百分比分別為 15%、50%及 85%之粒徑，單層濾層無法滿足上述條件時，應考慮多層濾層，各濾層與其緊鄰濾層應符合上述條件，每層之最小厚度為 15 公分。另考慮濾層後之背填區需滿足不發生湧流現象，故濾層後方應再背填一定厚度之土壤以達到穩定效果。

濾層設計常因濾材粗細粒料分離、細粒土壤流失、施工品質不良及現場檢驗不易等，使設計之功能無法發揮，故可採用地工織物補助濾層設計，以改善缺失並減低施工之困難度。

第八篇　碼頭工程

第一章　概說

C1.1　概論

碼頭設計流程如圖 C1-1 所示。

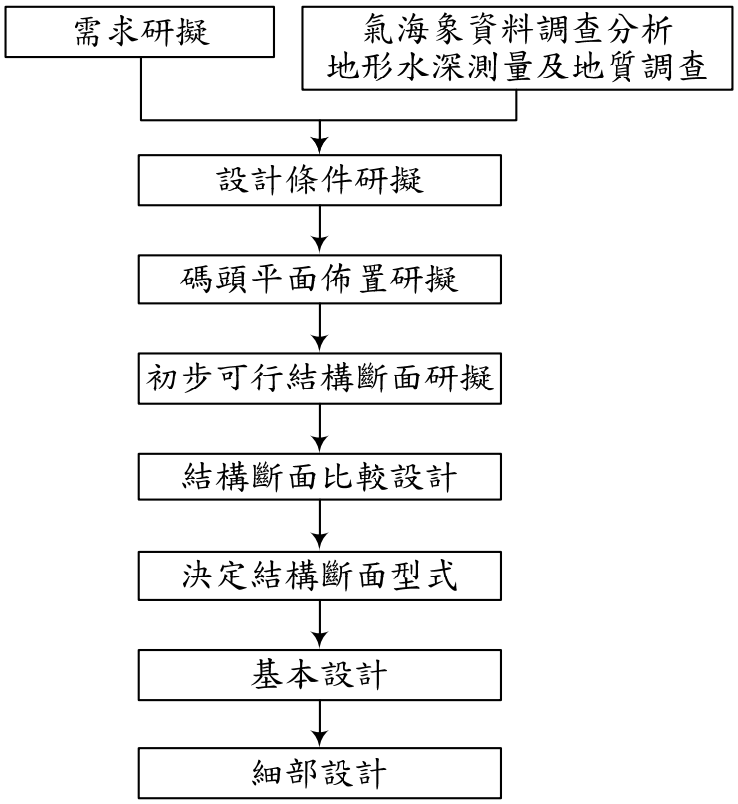


圖 C1-1　碼頭設計流程

C1.2　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。

C1.3 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、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，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。
- 為確保生活環境的需要，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。
- 為確保生活環境品質，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。

C1.4 碼頭結構

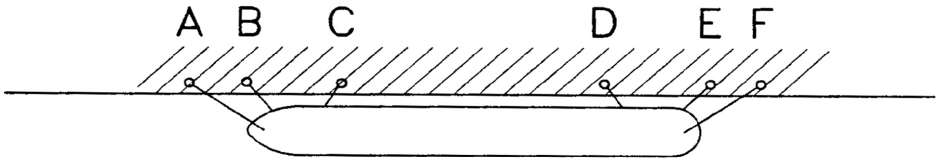
碼頭結構型式選擇，須考量自然條件、使用條件、施工條件、工期及工程費等因素，就各種結構型式特性，選擇適宜之碼頭結構型式。

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

C2.1　船席長度與水深

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 C2-1 所示。其中，頭纜及艉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，頭纜及艉纜之繫纜角度，以與碼頭法線維持約 30°～45°為宜，基此船席所須之餘裕長度約為船寬。



A：艏纜(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：艉纜(Stern Line)

圖 C2-1　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 C6.2 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，船席長度設計者可參考第二篇第二章船舶所列之值。

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。

C2.2 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，以貨物能順利裝卸且旅客順利上下岸，同時可避免碼頭上設施受災為原則，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.(朔望平均滿潮位)為基準，設計者可參考表 C2-1 所列之值。

表 C2-1 碼頭面高程參考值

碼 頭 水 深	潮差大於 3.0m	潮差小於 3.0m
水深大於 4.5m 之碼頭	H.W.L.上 0.5～1.5 m	H.W.L.上 1.0～2.0 m
水深小於 4.5m 之碼頭	H.W.L.上 0.3～1.0 m	H.W.L.上 0.5～1.5 m

註：潮差係為 H.W.L.與 L.W.L.之差值。

另碼頭面高程之決定，應考慮以下事項並增加適當餘裕。

1. 貨物運輸及旅客上下岸之安全及順暢性
2. 計畫船舶乾舷高於空滿載時與船舶吃水之關係
3. 高潮位造成碼頭面淹水之可能性
4. 波浪造成碼頭面淹水之可能性
5. 地盤壓密沉陷之可能性及是否有可預測之沉陷量
6. 維護階段時之檢測及修復工法之難易
7. 大規模地震後地層變動及沉陷之可能性
8. 其他

C2.3　碼頭前趾界限

碼頭之前趾界限可參考圖 C2-2 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。

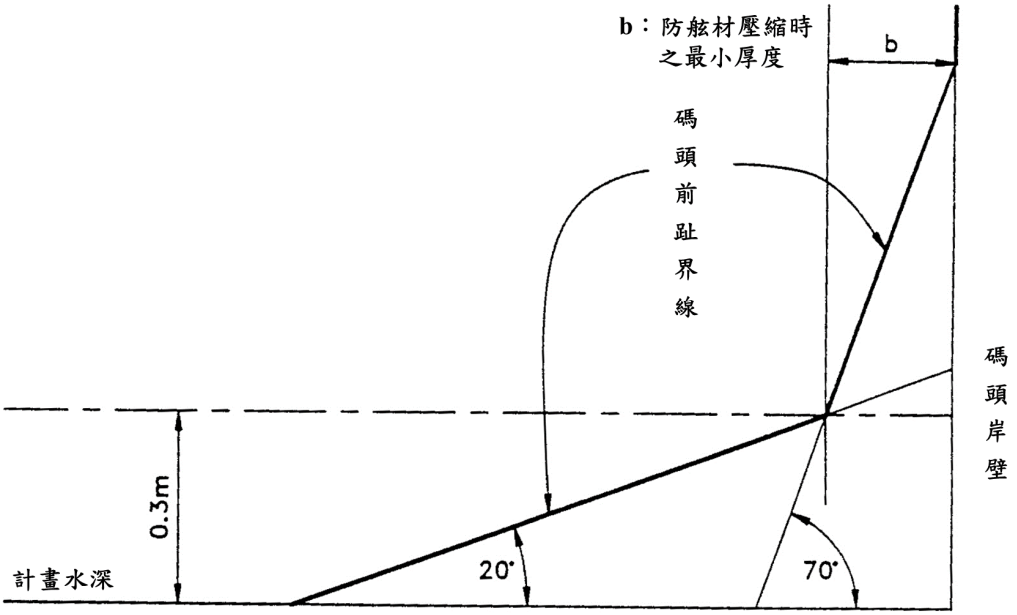


圖 C2-2　碼頭前趾界限示意圖

C2.4　設計水深

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

C3.1　結構斷面基本型式

各型式碼頭斷面例示意如圖 C3-1～3-16 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。

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 C3-1。

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 C3-2。

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 C3-3。

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 C3-4。

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 C3-5。

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 C3-6。

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 C3-7。

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

C3-8。

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 C3-9。

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 C3-10。

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 C3-11。

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 C3-12。

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 C3-13。

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 C3-14。

15.浮碼頭

利用浮箱作為碼頭之一種形式，斷面例示意如圖 C3-15。

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 C3-16。

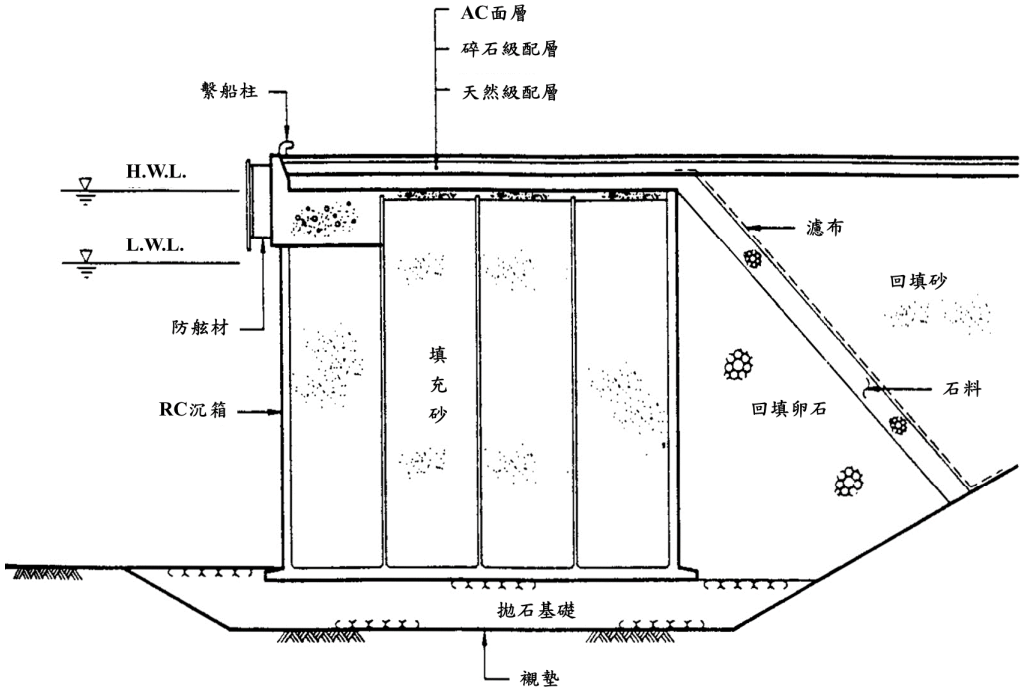


圖 C3-1(a)　沉箱重力式碼頭斷面示意圖

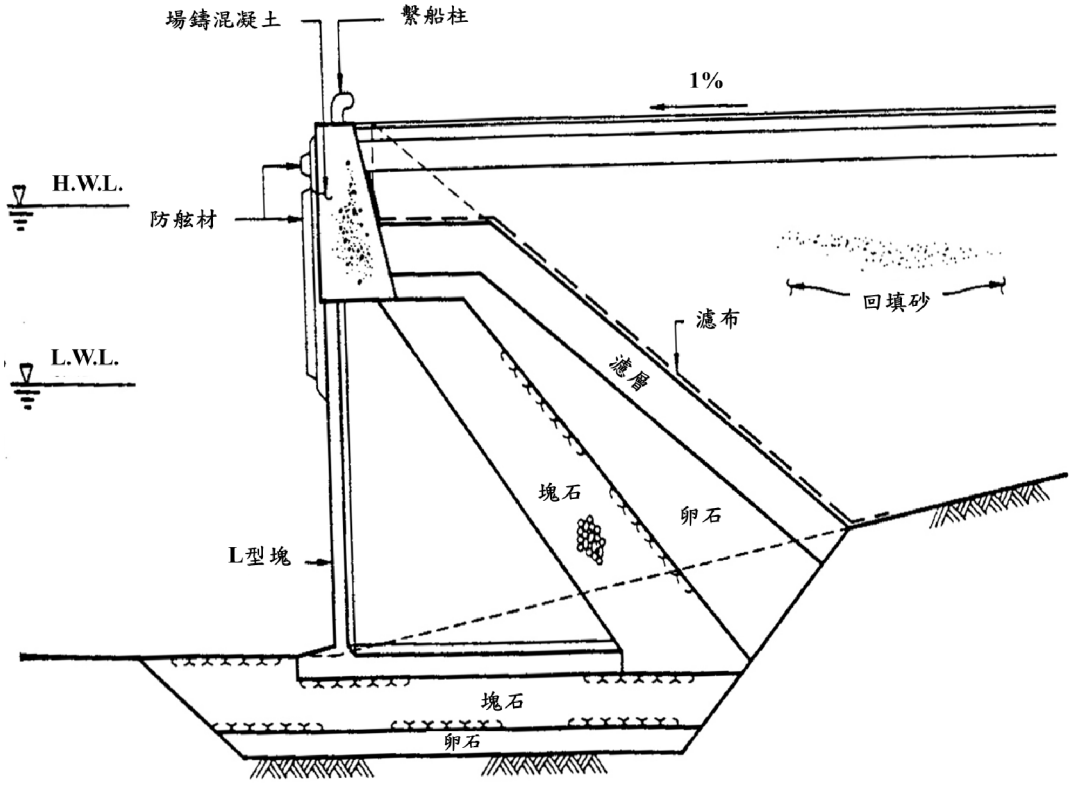


圖 C3-1(b)　L 型塊重力式碼頭斷面示意圖

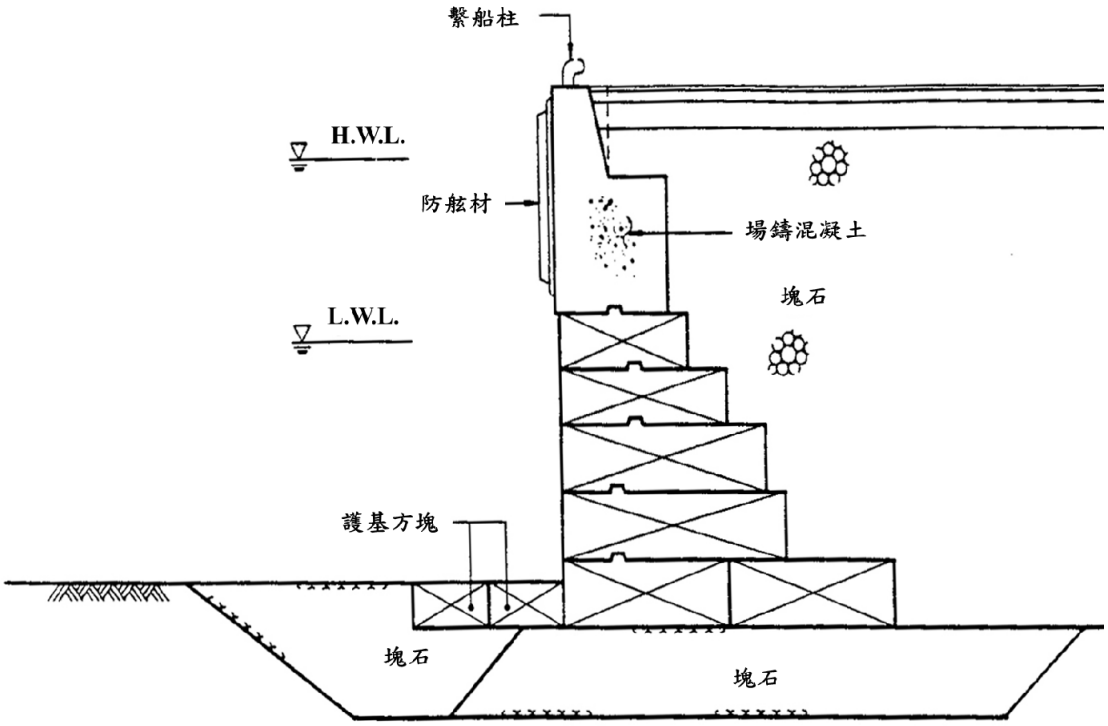


圖 C3-1(c)　方塊重力式碼頭斷面示意圖

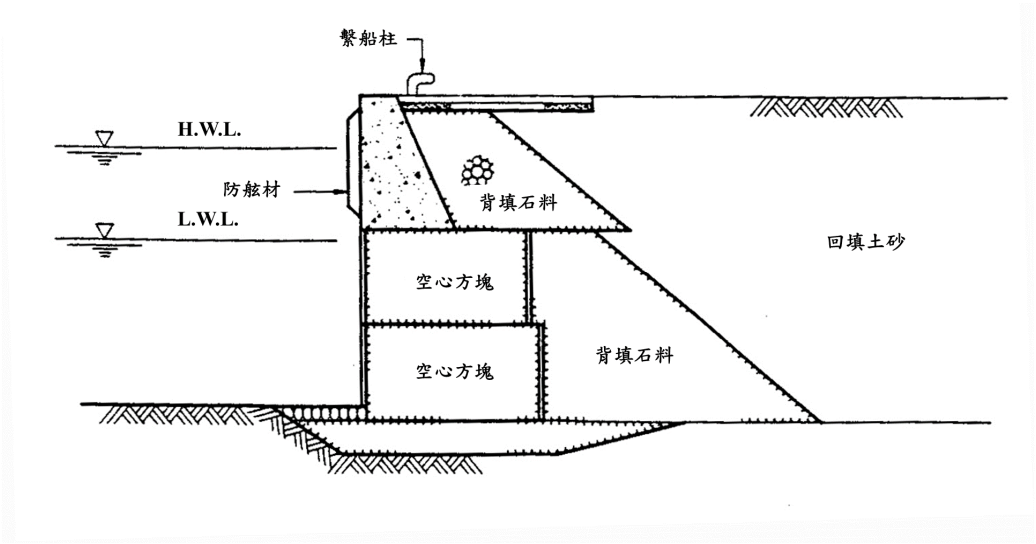


圖 C3-1(d)　空心方塊重力式碼頭斷面示意圖

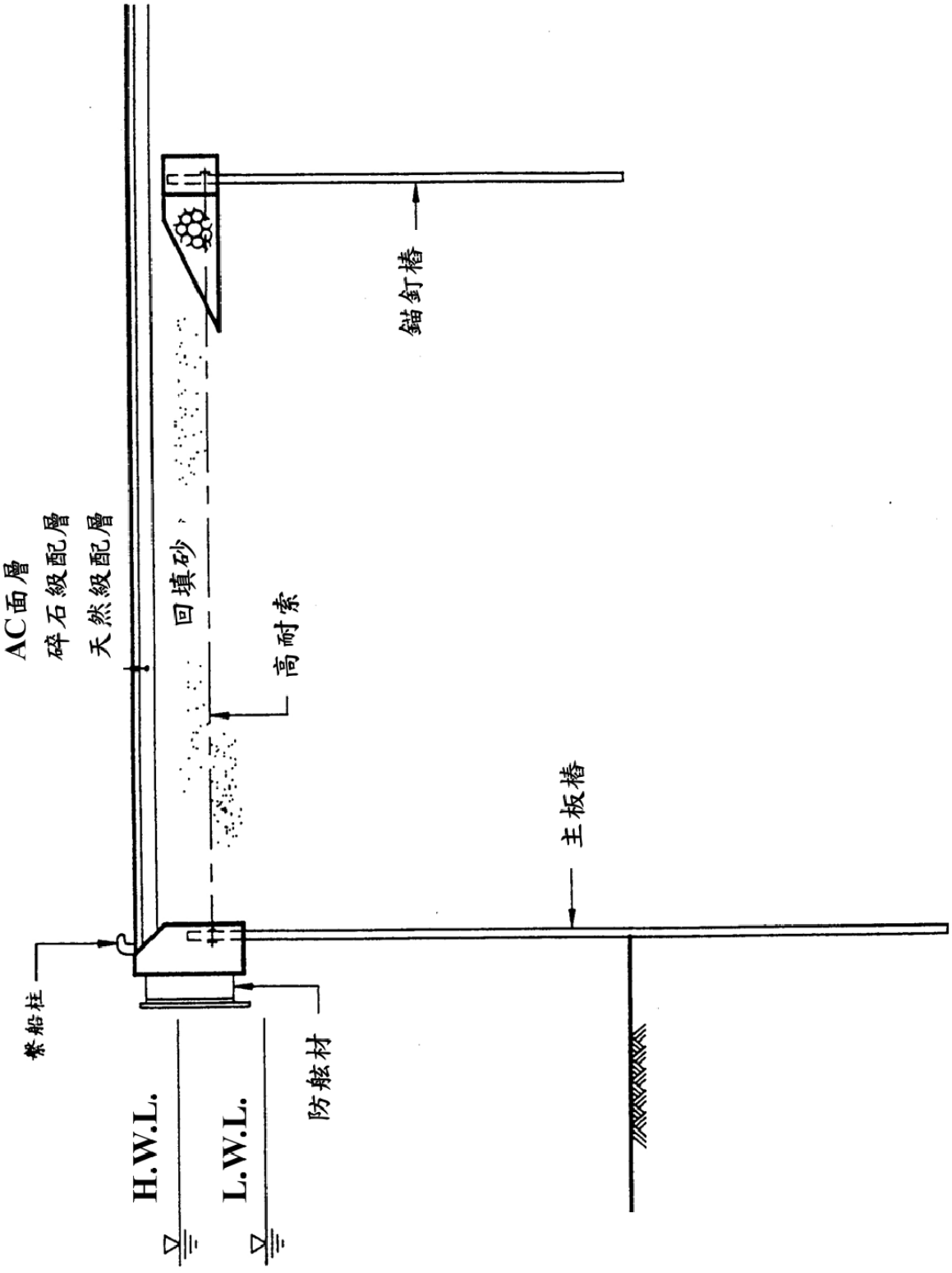


圖 C3-2　板樁式碼頭斷面示意圖

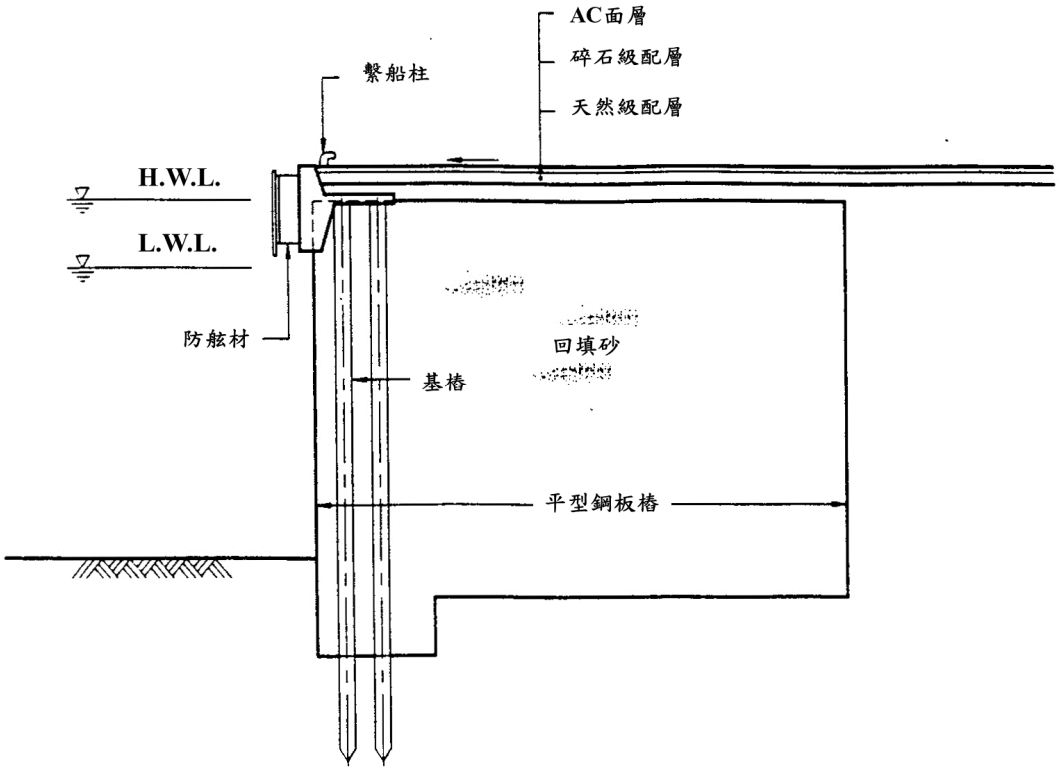


圖 C3-3(a)　鋼板樁圓筒式碼頭斷面示意圖

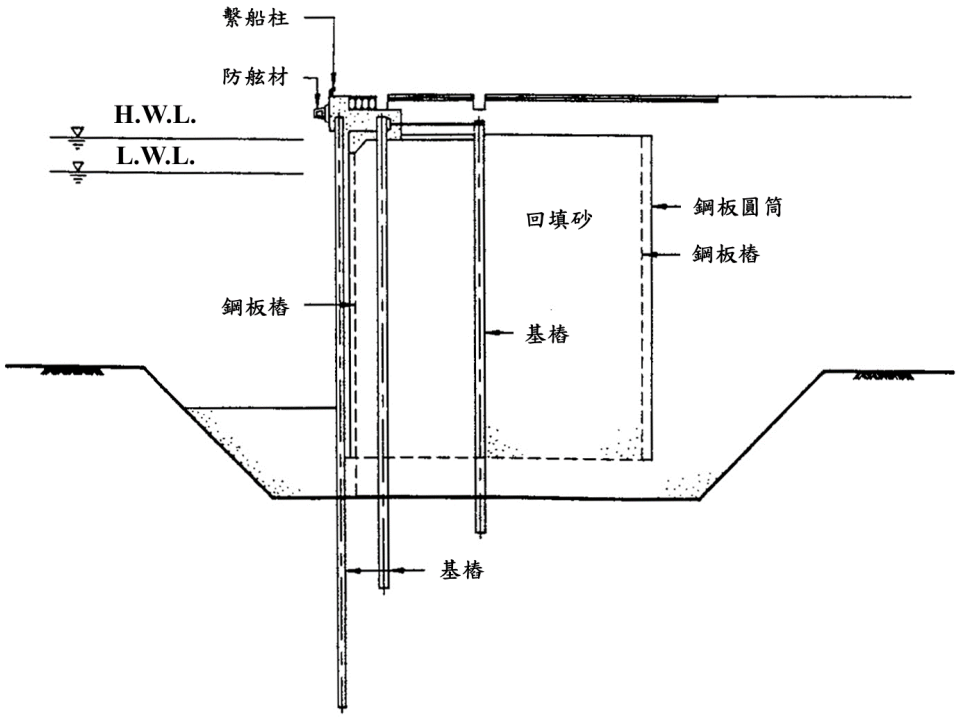


圖 C3-3(b)　置放式鋼板圓筒碼頭斷面示意圖

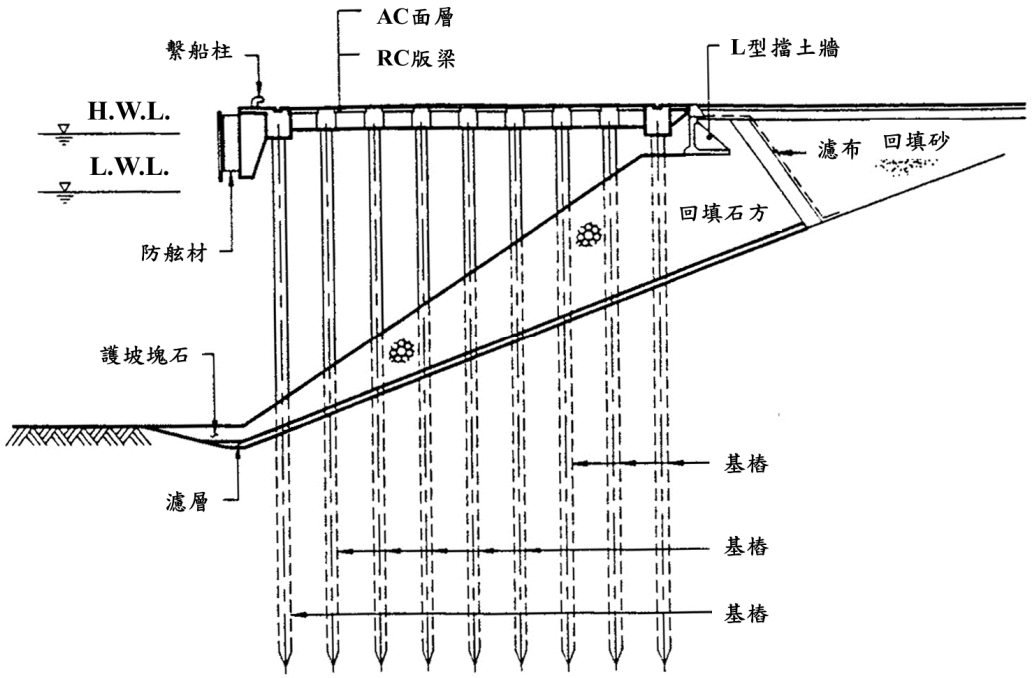


圖 C3-4(a)　直樁棧橋式碼頭斷面示意圖

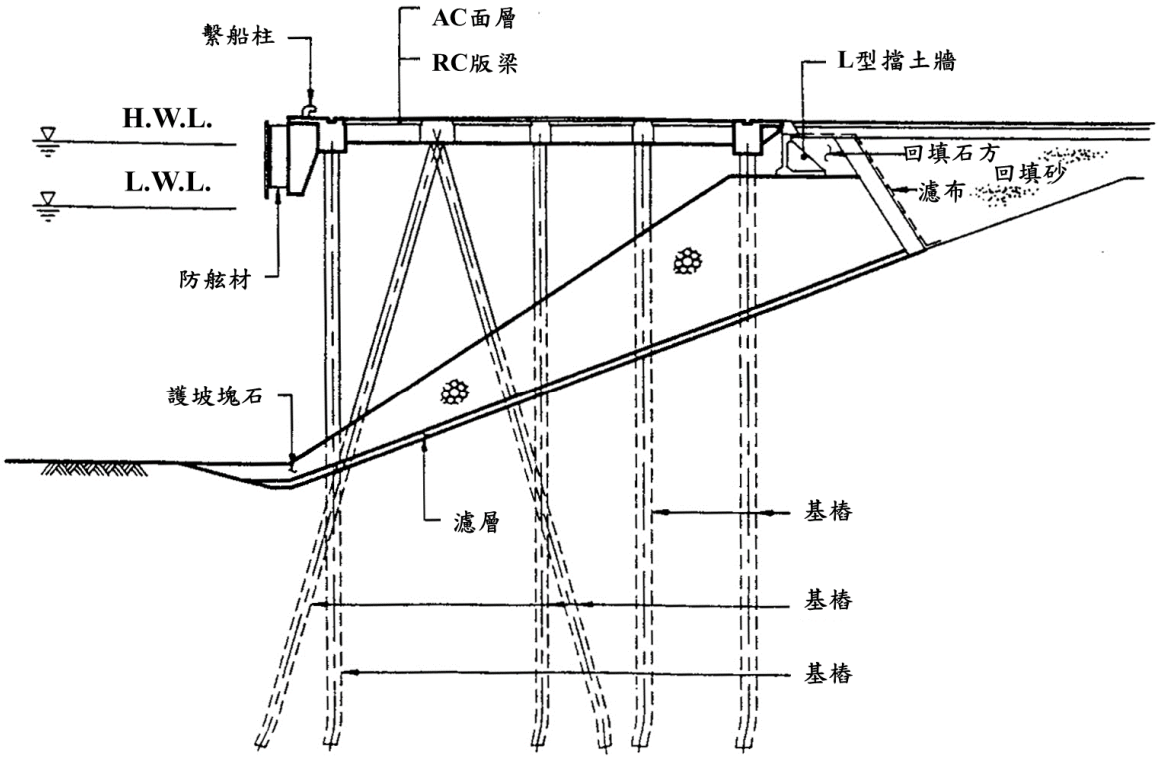


圖 C3-4(b)　斜樁棧橋式碼頭斷面示意圖

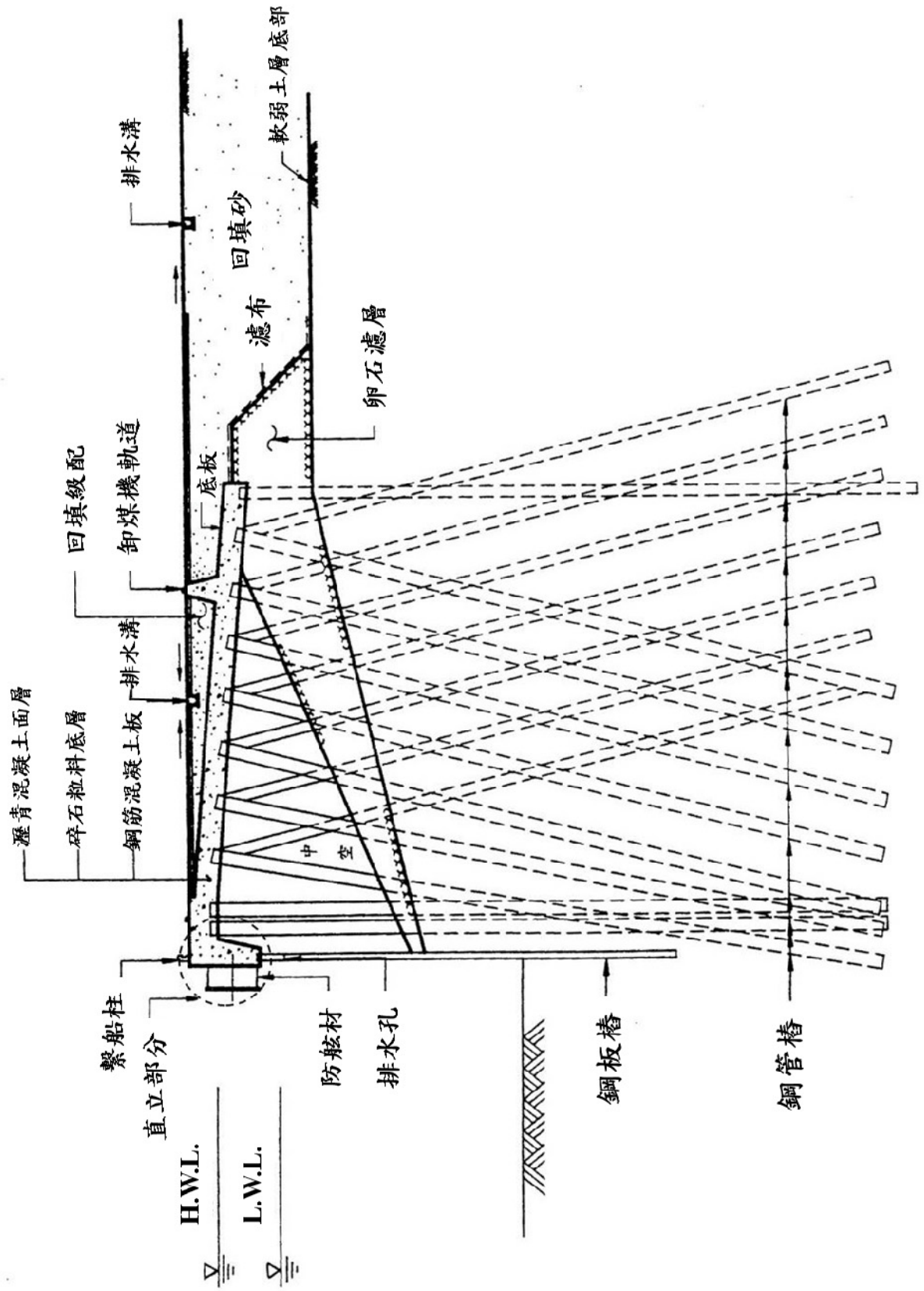


圖 C3-5　平板樁基式碼頭斷面示意圖

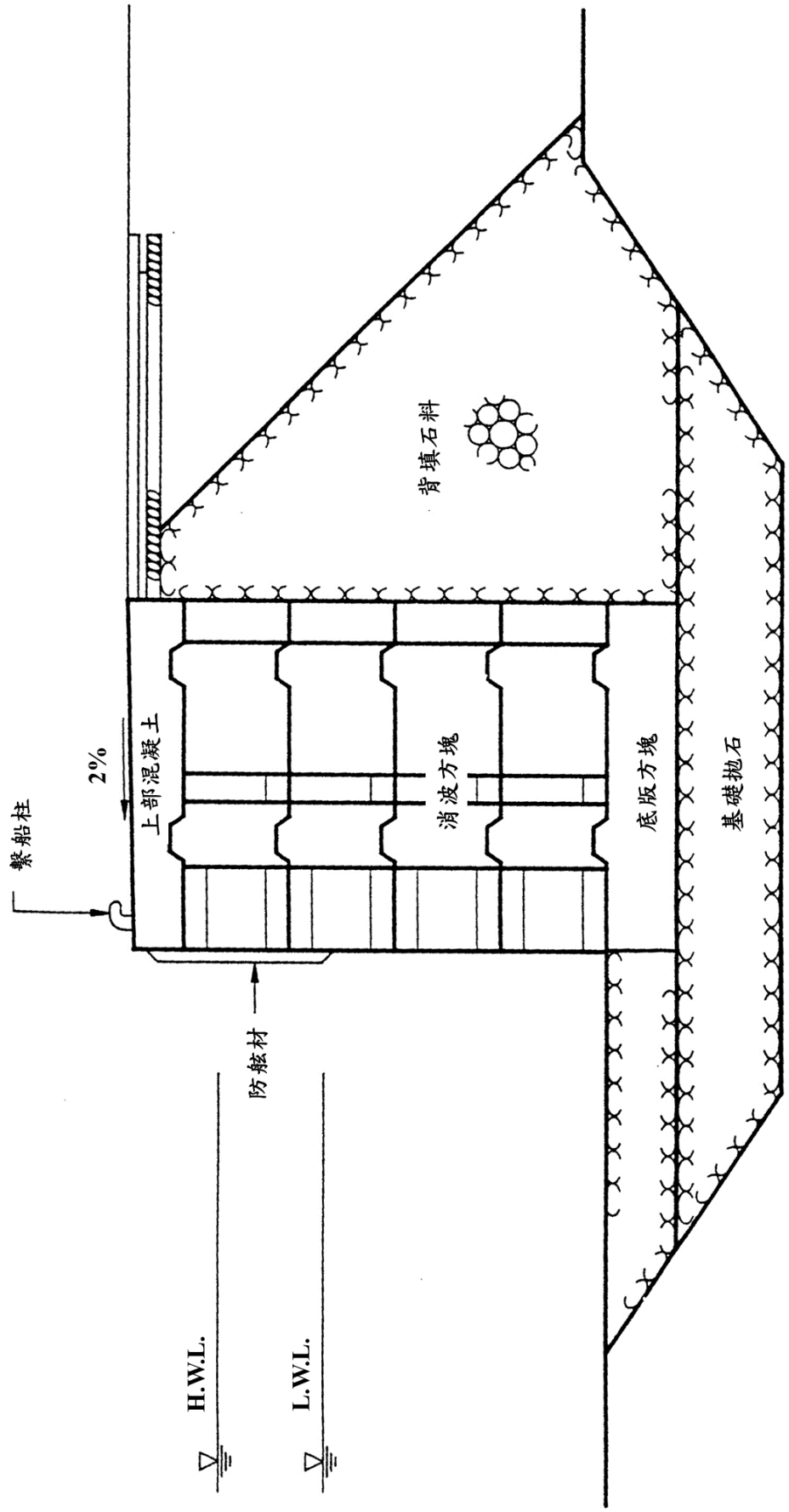


圖 C3-6　直立消波式碼頭斷面示意圖

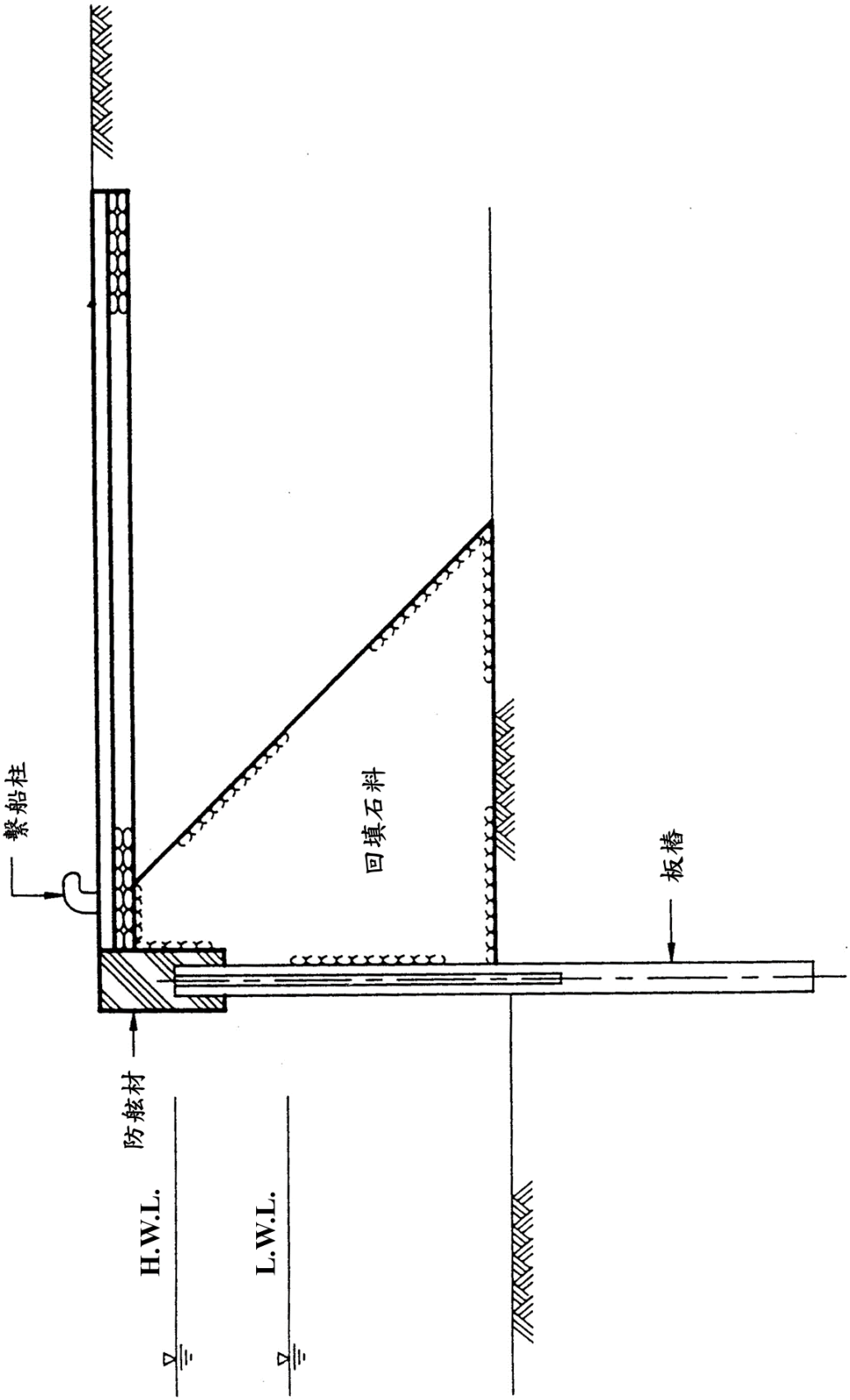


圖 C3-7　自立式板樁碼頭斷面示意圖

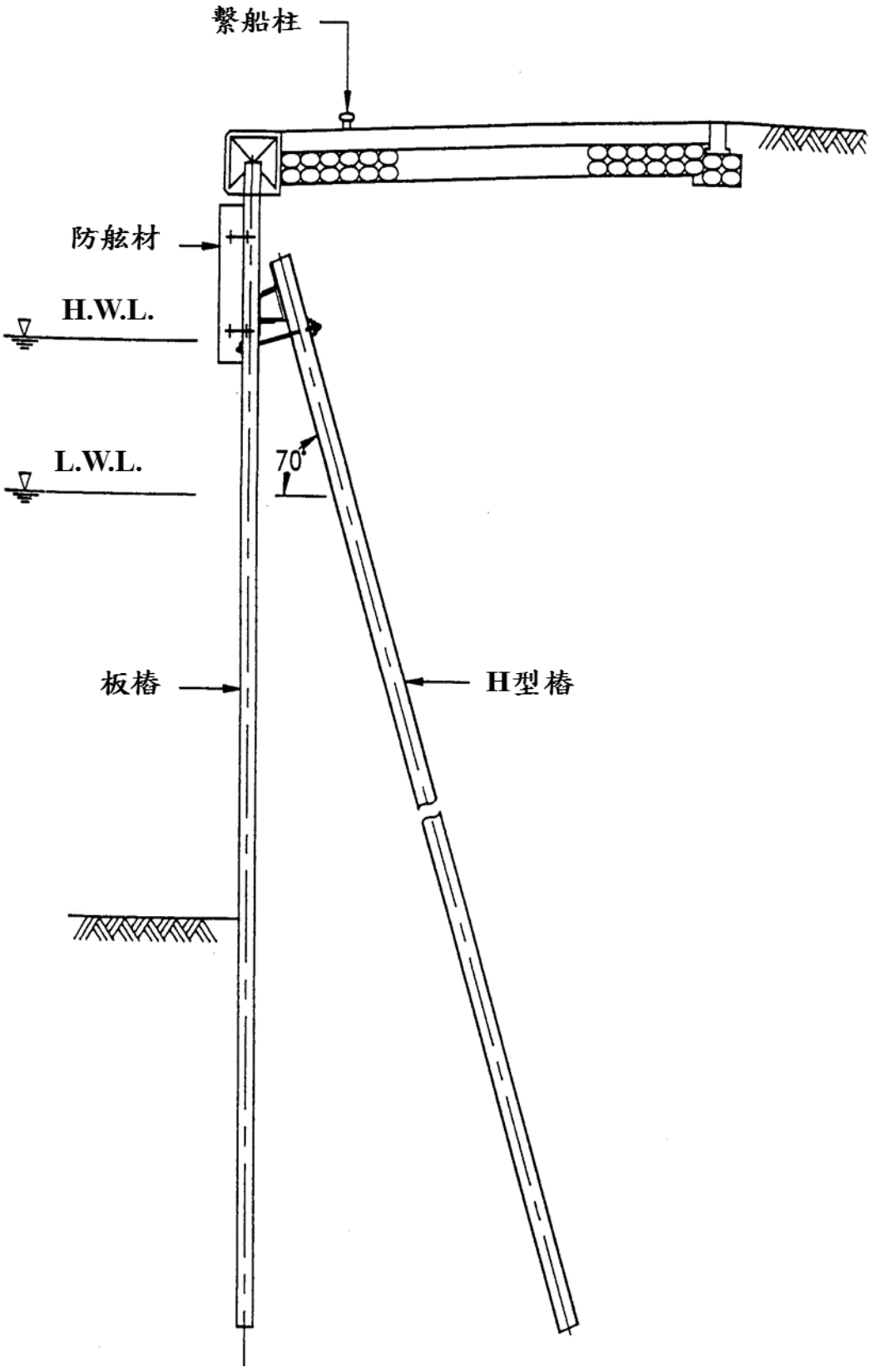


圖 C3-8　斜樁錨碇式板樁碼頭斷面示意圖

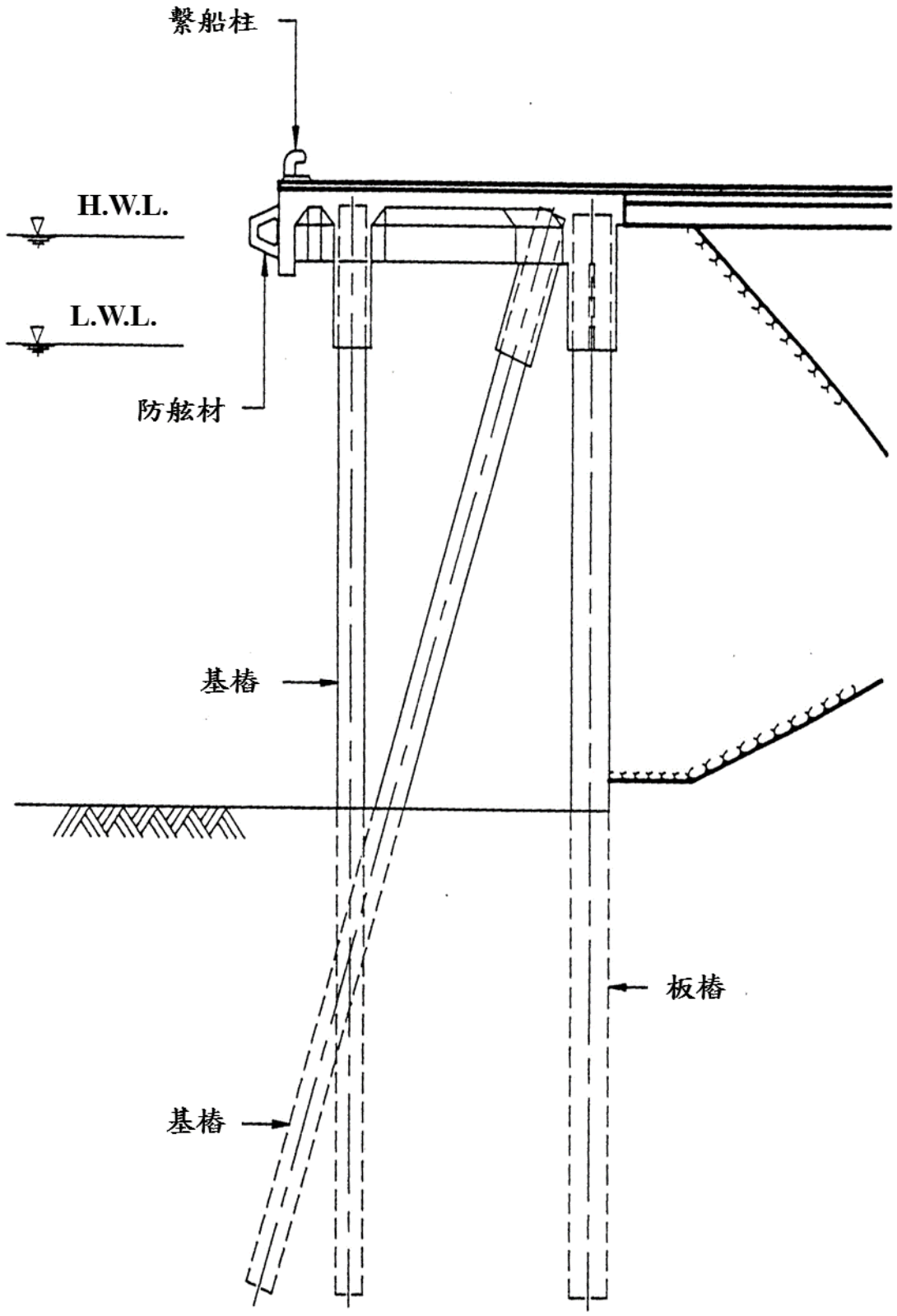


圖 C3-9　前斜樁式板樁碼頭斷面示意圖

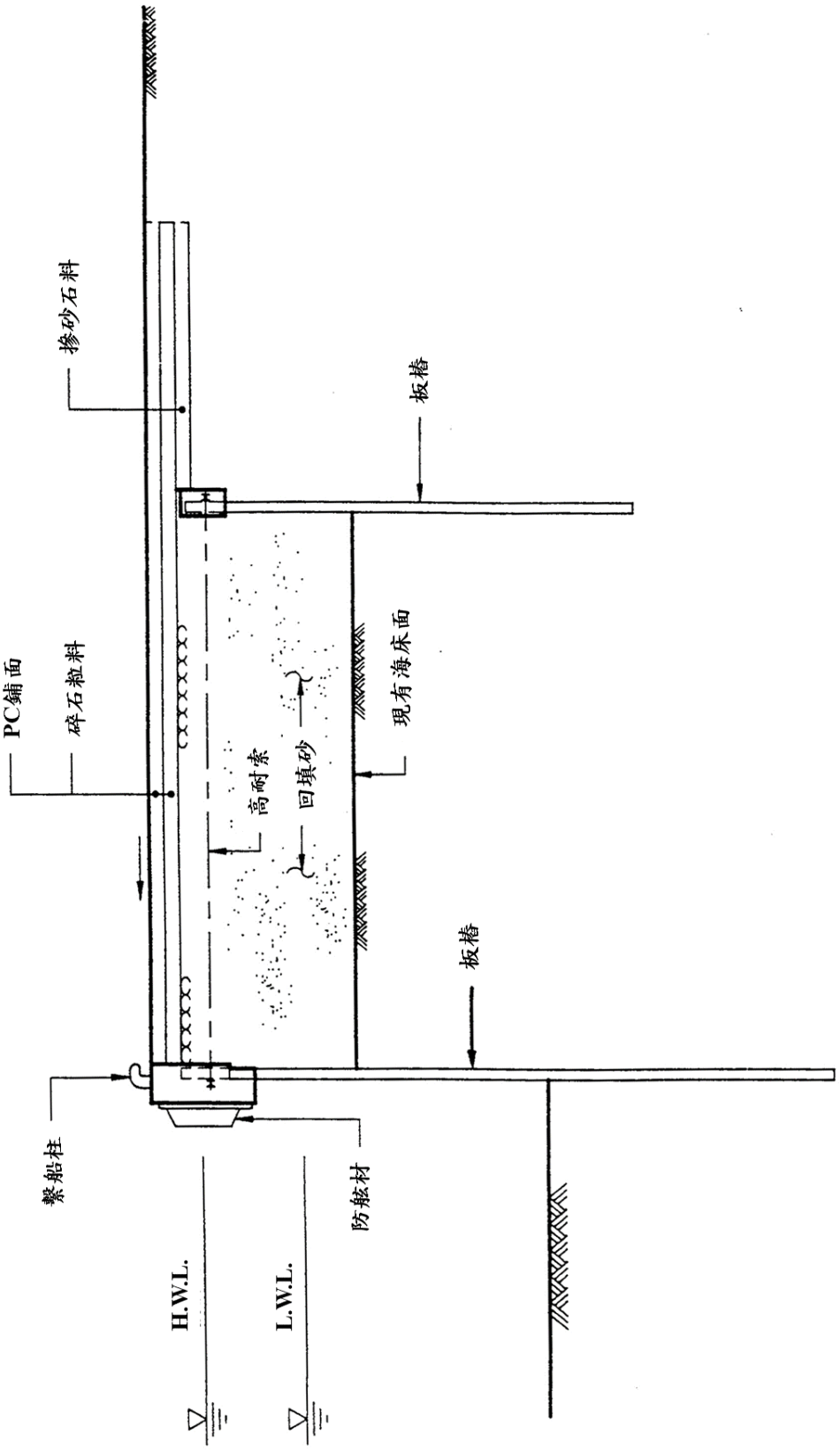


圖 C3-10　雙重板樁式碼頭斷面示意圖

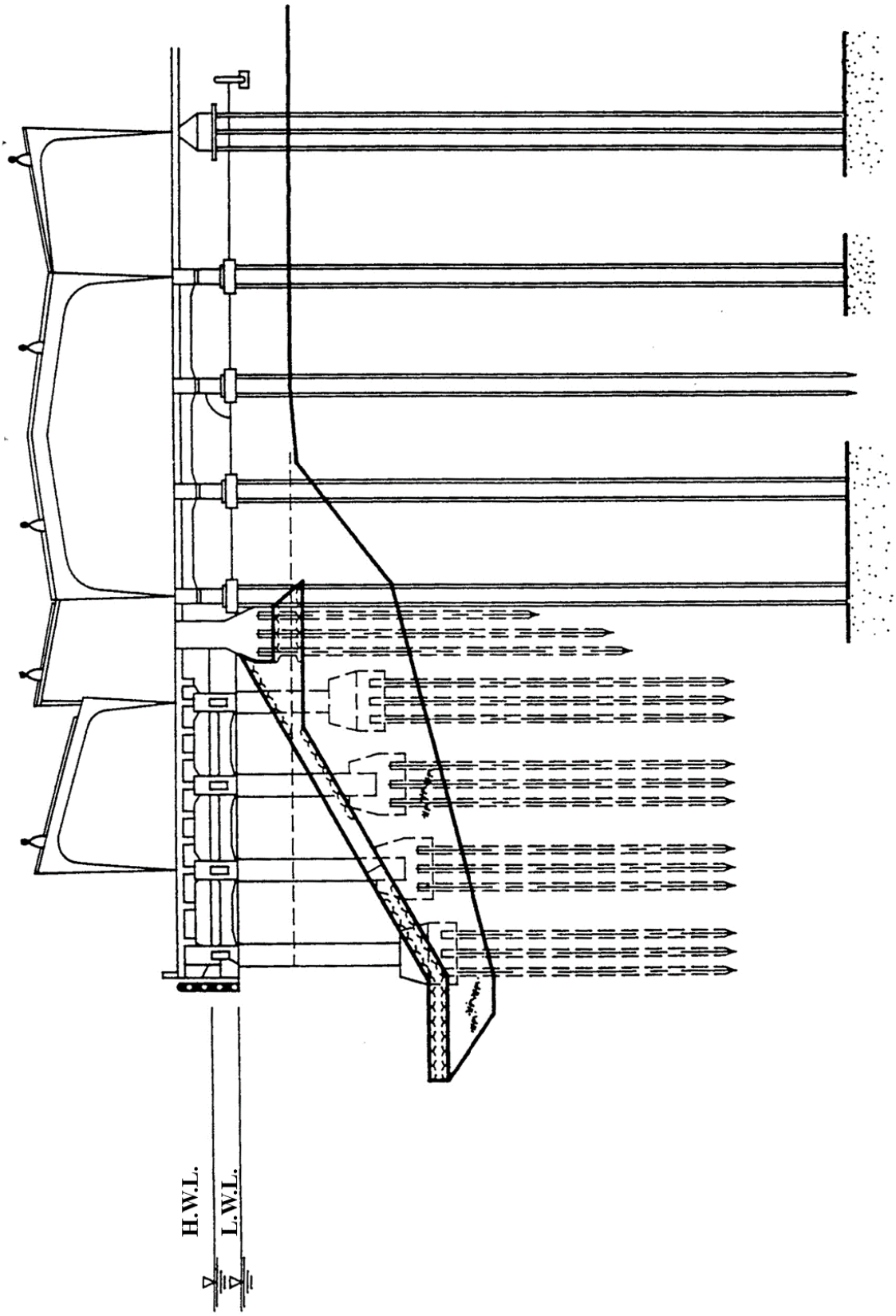


圖 C3-11　圓柱式棧橋斷面示意圖

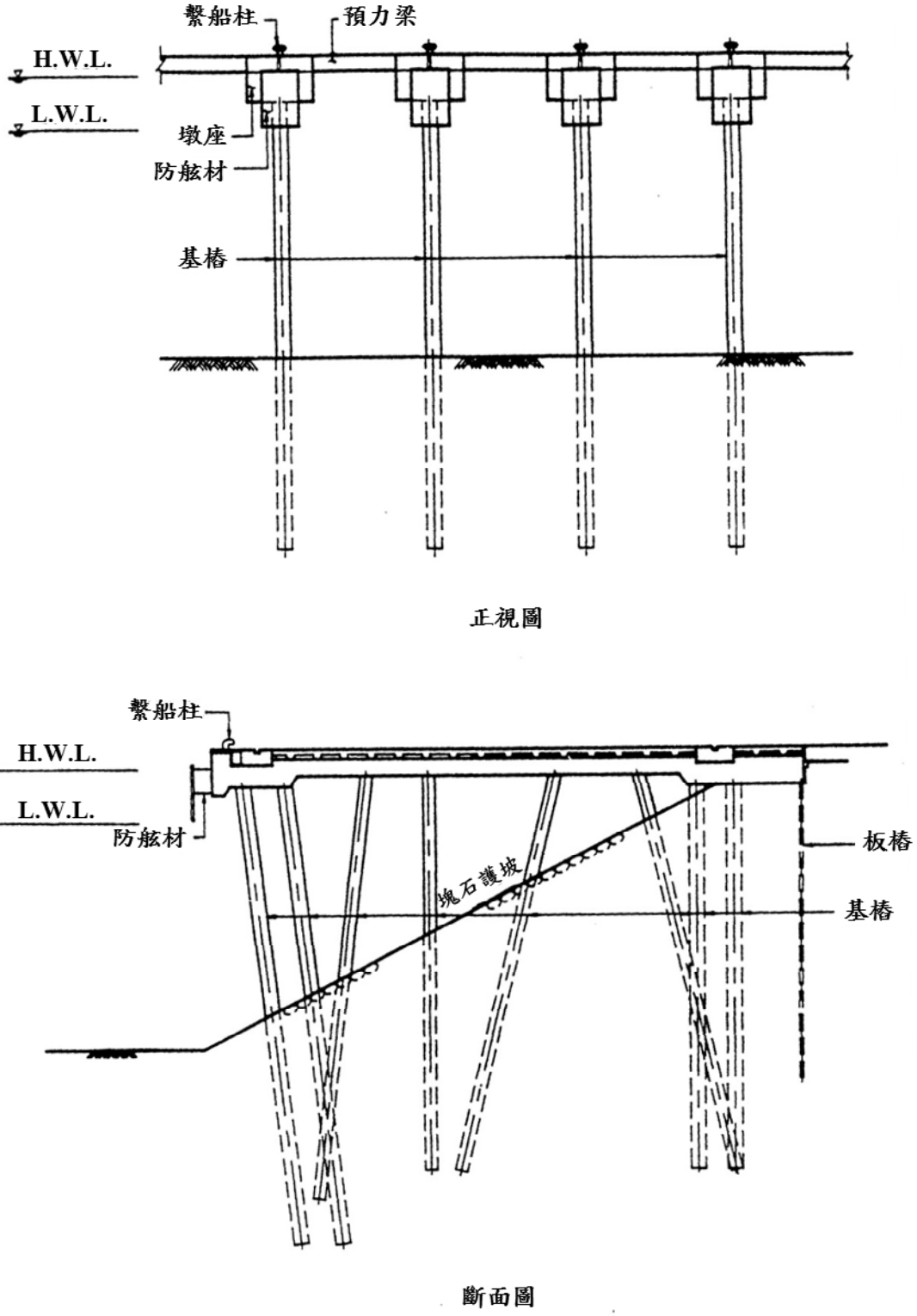


圖 C3-12　橋墩式棧橋斷面示意圖

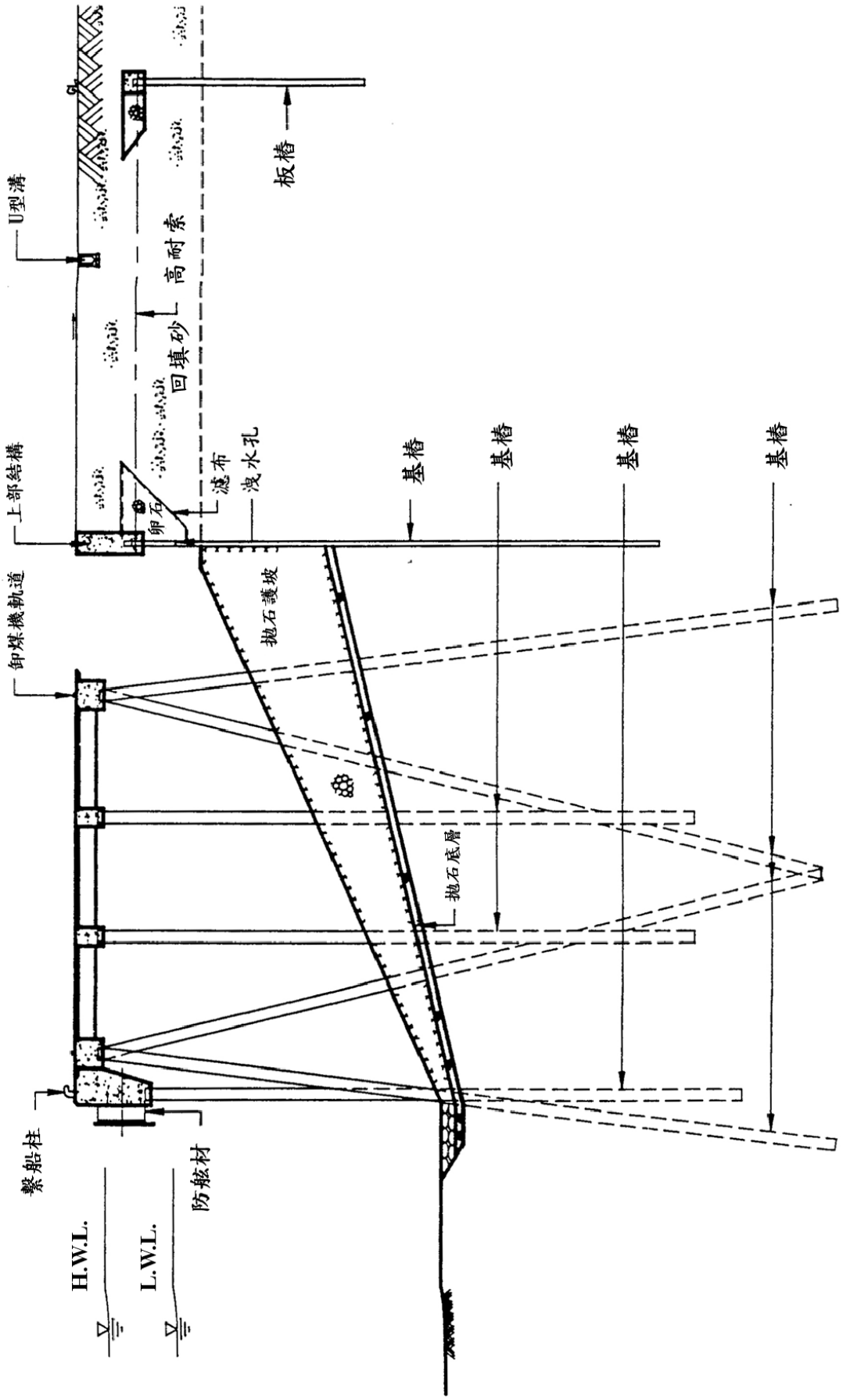


圖 C3-13　離岸式碼頭斷面示意圖

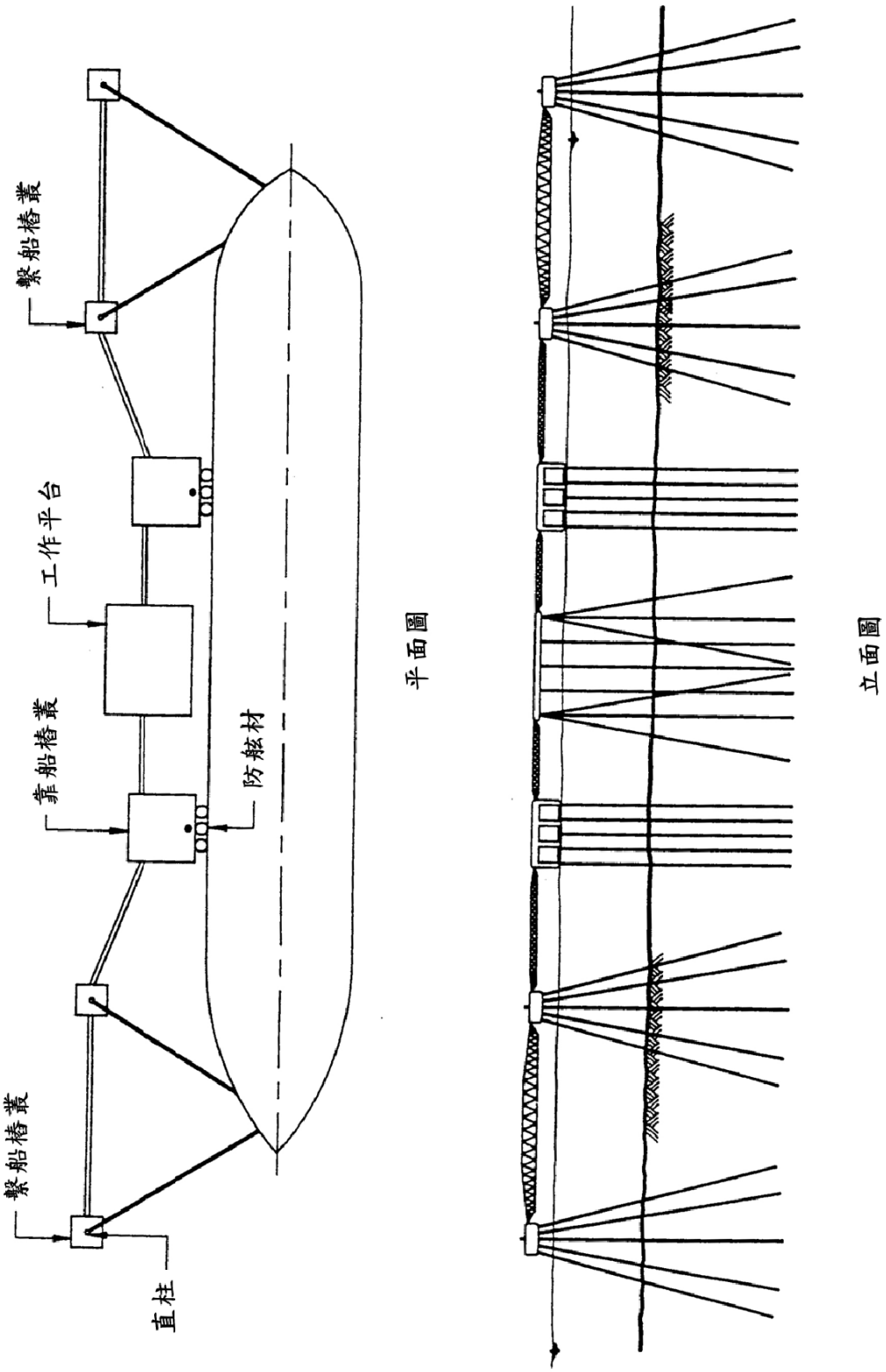


圖 C3-14　繫、靠船台斷面示意圖

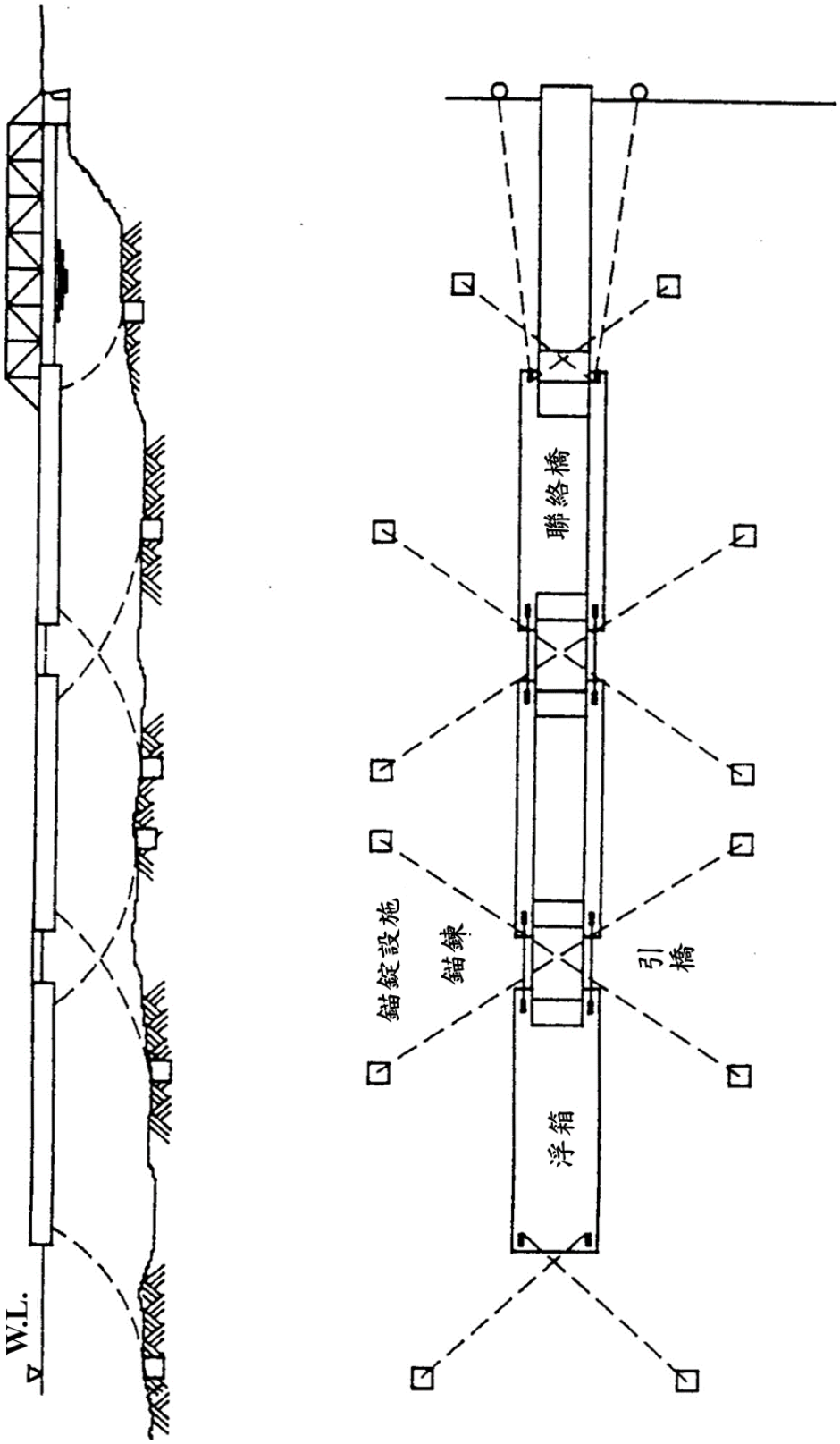


圖 C3-15　浮動碼頭斷面示意圖

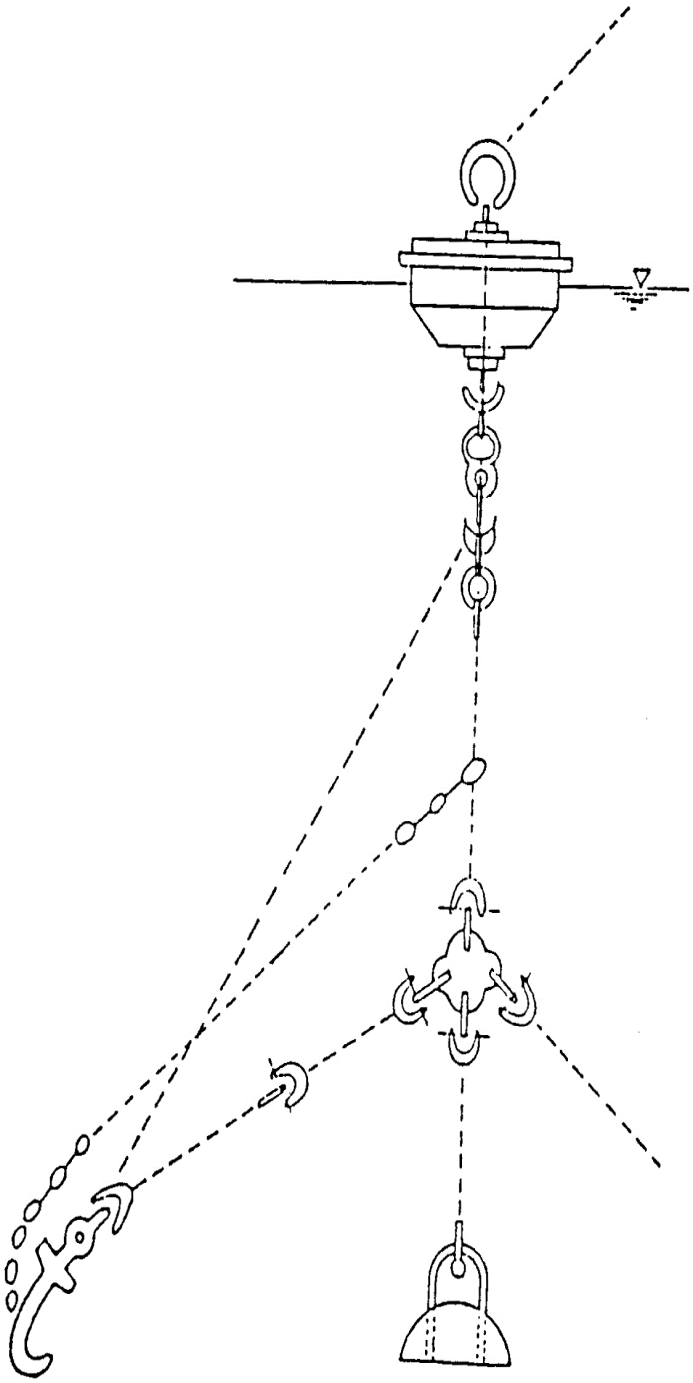


圖 C3-16　繫船浮筒斷面示意圖

C3.2 結構斷面型式選定應考慮事項

自然條件主要為土壤之工程性質、地震、波浪、港內盪漾、潮位、水流等。特別是土壤之工程性質，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

符號說明

W：作用於壁體之垂直合力(tf/m) (kN/m)

P：作用於壁體之水平合力(tf/m) (kN/m)

$\bar{x}$：垂直合力作用力臂(m)

$\bar{y}$：水平合力作用力臂(m)

μ：壁體底面與基礎之摩擦係數

C4.1　設計原則

重力式碼頭設計流程，如圖 C4-1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-1。

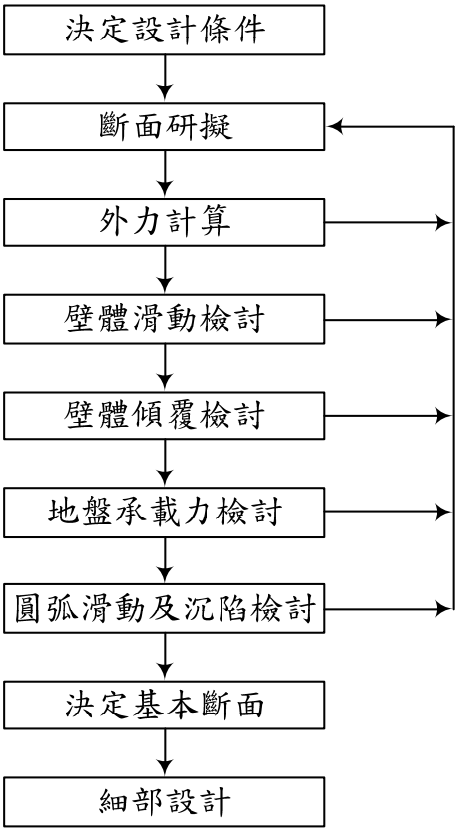


圖 C4-1　重力式碼頭設計流程

C4.2 作用於壁體之外力與載重

C4.2.1 壁體定義

重力式碼頭之壁體如圖 C4-2 所示，係指通過碼頭後趾垂直面海側之部份。

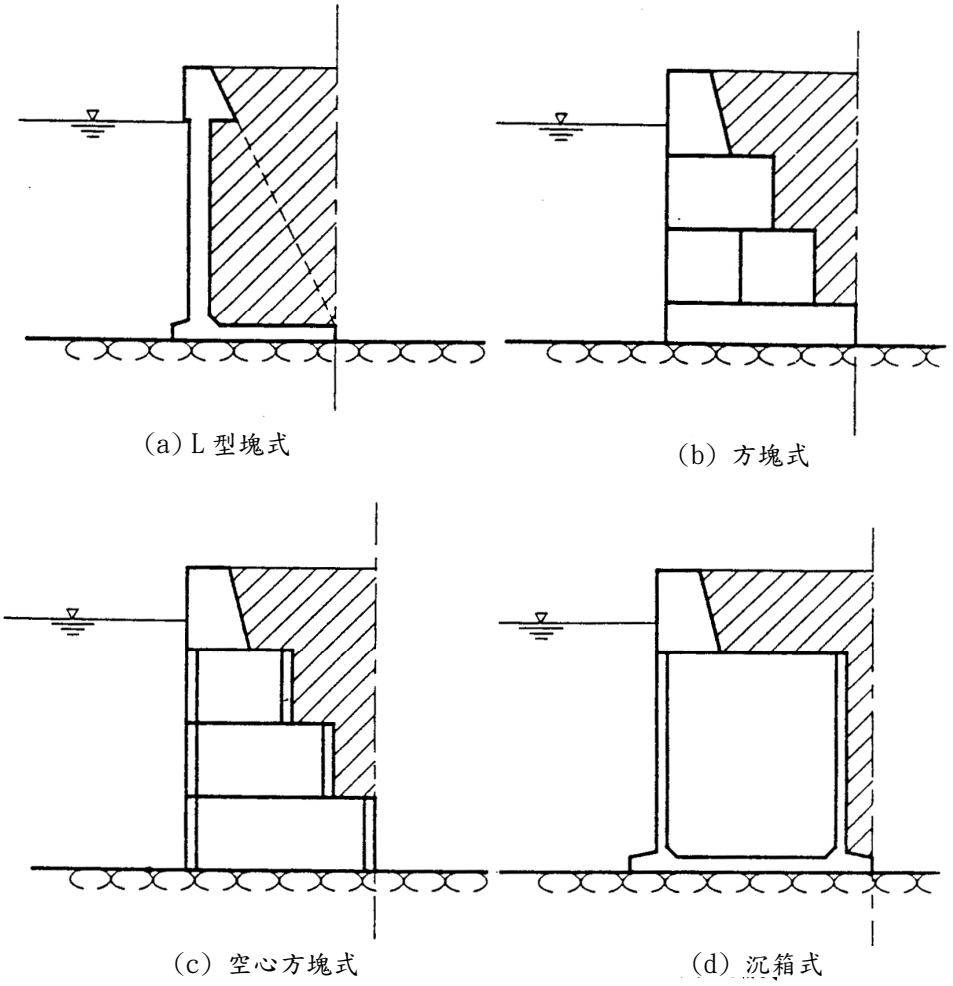


圖 C4-2 重力式碼頭之壁體範圍示意圖

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 C4-3 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。

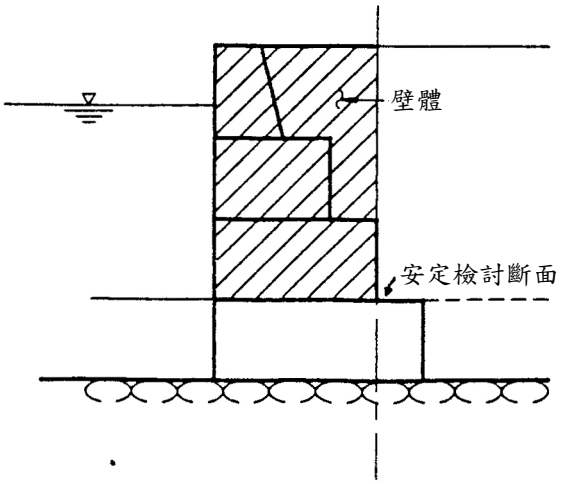


圖 C4-3　方塊式碼頭滑動檢討時壁體範圍示意圖

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 C4-4 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 C4-1 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。

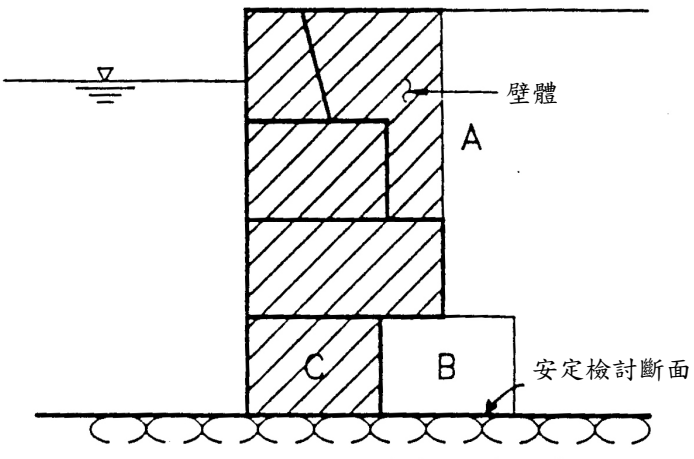


圖 C4-4　方塊式碼頭傾覆檢討時壁體範圍示意圖

C4.2.2 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。

C4.2.3 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。

C4.2.4 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乾潮位(L.W.L.)以上至朔望平均滿潮位(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。

C4.2.5 浮力

浮力計算範圍如圖 C4-5 所示，以壁體在殘留水位下之部份計算。

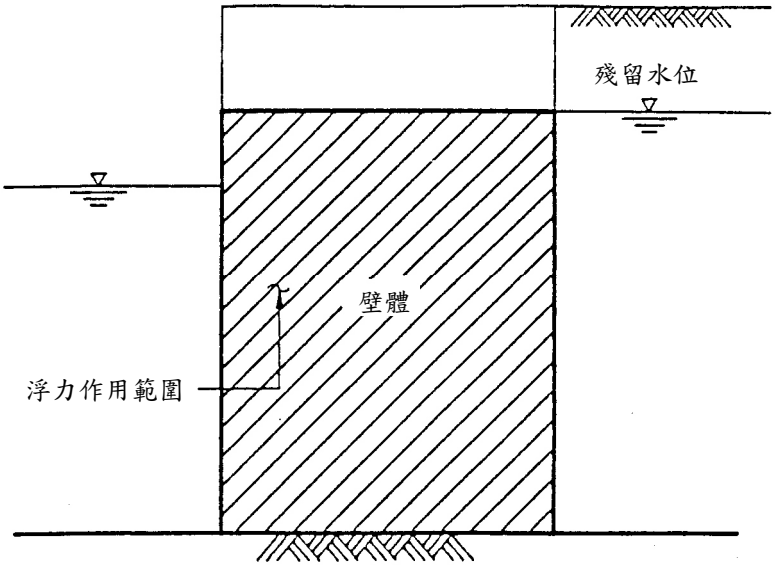


圖 C4-5　重力式碼頭浮力作用範圍示意圖

C4.2.6　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
- 船舶衝擊力

C4.2.7　船舶拉力

船舶作用於繫船柱之拉力依第二篇第二章 C2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

C4.2.8　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 C2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

C4.2.9 地震時的動水壓力

地震作用於岸壁之動水壓力依第二篇第十章 C10.7 節[地震時之動水壓]規則計算。

C4.3　安定計算

C4.3.1　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：

$$S.F. \le \frac{\mu \cdot W}{P} \qquad \text{(C4.3.1)}$$

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(tf/m) (kN/m)

P：作用於壁體之水平合力(tf/m) (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。

C4.3.2　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：

$$S.F. \le \frac{W \cdot \bar{x}}{P \cdot \bar{y}} \qquad \text{(C4.3.2)}$$

式中　$S.F.$：安全係數

W：作用於壁體之垂直合力(tf/m) (kN/m)

P ：作用於壁體之水平合力(tf/m) (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。

C4.3.3　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 C2.5 節[承受偏心傾斜載重之基礎承載力]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

版直接安置於樁頂。

C4.3.4 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

拋石基礎地盤軟弱時，應依第五篇第六章[邊坡穩定]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、碼頭舖面等之破壞，於設計時應予注意。

C4.4 背填石料之土壓減輕效果

C4.4.1 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。

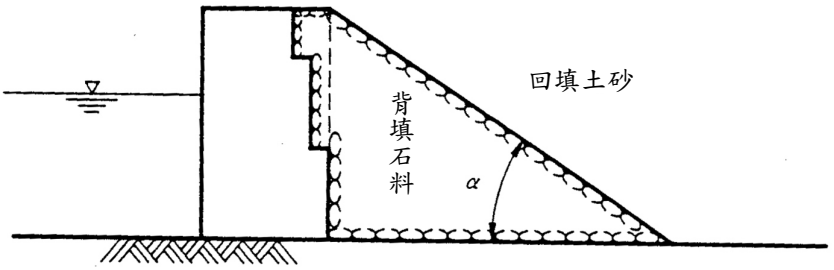
・因透水性之增大，減小作用於壁體之殘留水壓。

・防止碼頭後側背填土砂之流失。

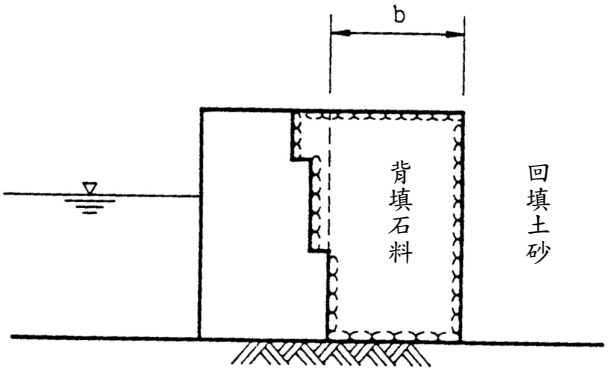
C4.4.2 背填石料之形狀及其土壓減輕效果

1.背填石料形狀為三角形時

如圖 C4-6(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。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，依下節長方形計算法計算背填料土壓減輕效果。



(b) 三角形



(a) 長方形

圖 C4-6　重力式碼頭背填石料形狀示意圖

2. 背填石料形狀為長方形時

如圖 C4-6(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，可視為壁體後側全部為背填石料計算土壓。

(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。

C4.5　細部設計

C4.5.1　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

C4.5.2 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。

C4.5.3 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。濾料之設計要求請參考第七篇第七章 C7.1.7 節之內容。

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。

C4.5.4 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榫榫，其設計請參考第四篇第四章 C4.2 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。

C4.5.5　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 C4-7(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 C4-7(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。

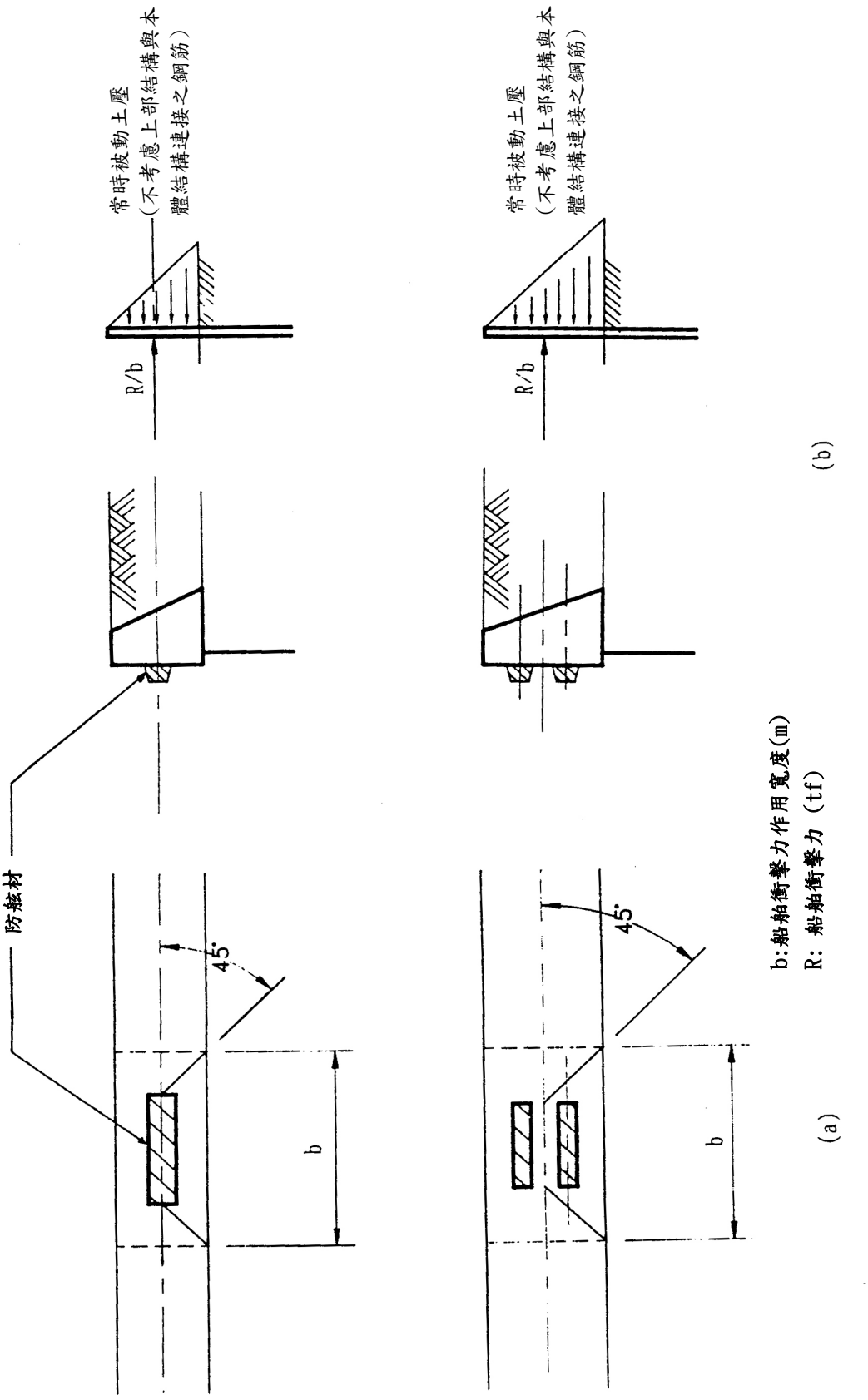


圖 C4-7　作用於上部結構之船舶衝擊力

第五章　板樁式碼頭

符號說明

A ：螺栓斷面積(cm^2)

A_p ：背拉構材位置之支承反力(tf/m) (kN/m)

c ：板樁入土部份土壤凝聚力(tf/m^2) (kN/m^2)

E_a ：作用於錨碇版之主動土壓力(tf/m) (kN/m)

E_p ：作用於錨碇版之被動土壓力(tf/m) (kN/m)

ΔE_p ：應扣除之被動土壓力(tf/m) (kN/m)

H ：錨碇版高度(m)

h_f ：地表面至破壞面交點之深度(m)

h_i ：第 i 層土壤厚度(m)

h_w ：殘留水位高差(m)

K_p ：被動土壓係數

L ：背拉構材之安裝間距(m)

L_w ：圍梁與板樁之連接間距(m)

M ：作用於圍梁之最大彎矩(tf-m) (kN-m)

M_a ：主動土壓力與殘留水壓力對背拉構材裝設點之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_h ：水平方向之最大彎矩(tf-m) (kN-m)

M_p ：被動土壓力對背拉構材裝設點之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_v ：單位長度上垂直方向之最大彎矩(tf-m/m) (kN-m/m)

n ：每連接處之螺栓支數(支)

P ：作用於一座繫船柱船舶拉力之水平分力

T ：背拉構材之拉力(tf) (kN)

W ：上載載重(tf/m^2) (kN/m^2)

σ_a ：螺栓之容許拉應力(tf/cm^2) (kN/cm^2)

γ：土壤單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

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(tf/m^3) (kN/m^3)

γ_w：海水單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

θ：背拉構材與水平面所成之夾角(度)

C5.1 設計原則

板樁式碼頭設計流程，如圖 C5-1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3.1.2。

C5.1.1 板樁的設計法

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

C5.1.2 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 C5-2。

入土長度是作用在背拉構材設置點的主動土壓及被動土壓與彎矩取得平衡後求得。背拉構材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。亦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 C5-3 所示。

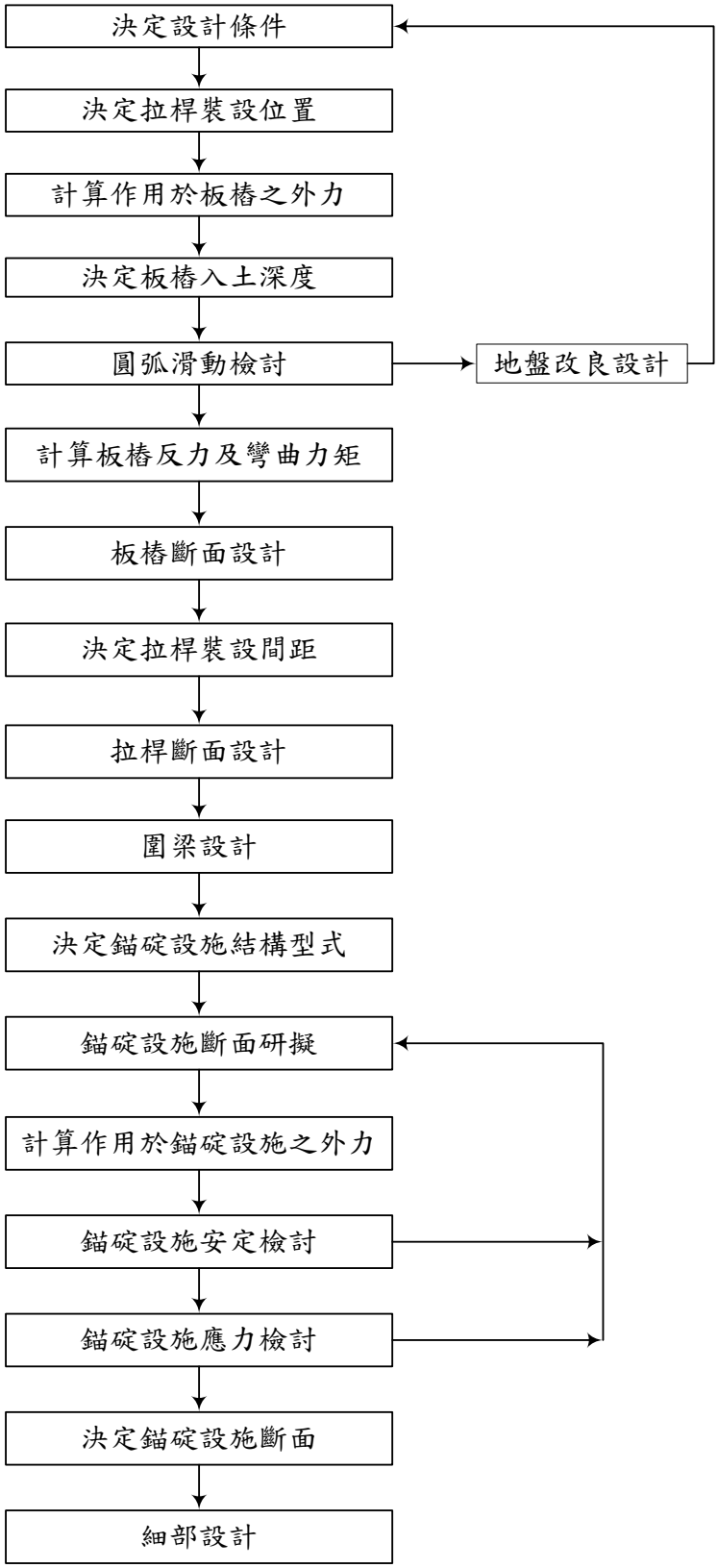


圖 C5-1　板樁式碼頭設計流程

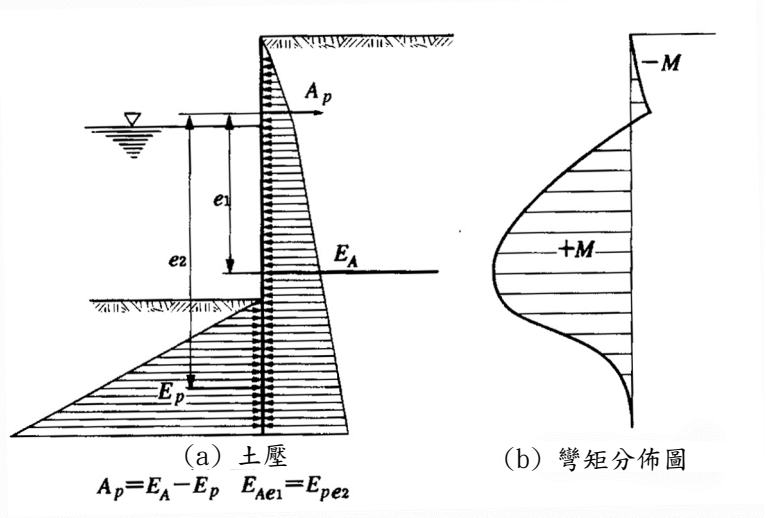


圖 C5-2　自由端點法

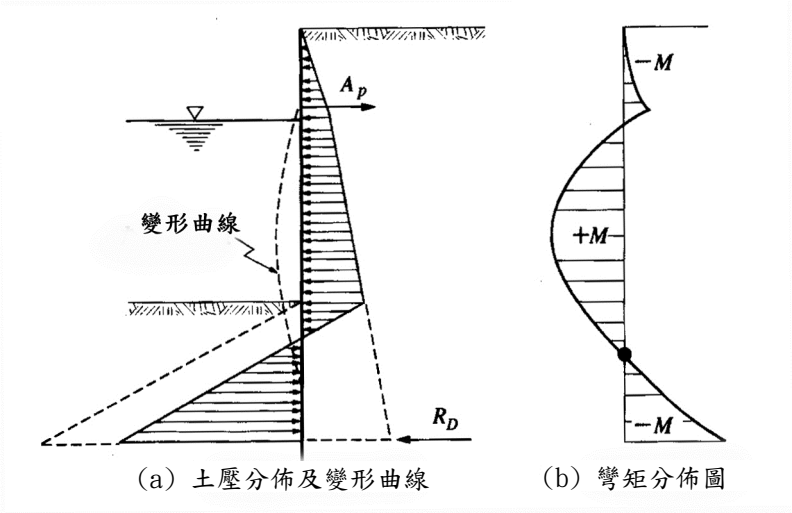


圖 C5-3　固定端點法

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背拉構材設置點的撓曲＝0 為止，再求出此時作用於板樁之力量。

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。

以 Rowe 的方法對板樁進行設計，除可依據石黑氏將在砂質土地盤的入土部，上端設為非固定端（背拉構材的設置點＝鉸接點），下端設為非受限制端，所整理出在計算上所需之各係數計算圖表的簡便計算方式外，亦可依其原理採用電腦程式分析。

C5.1.3　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。

C5.2　作用於板樁之外力

C5.2.1　上載載重

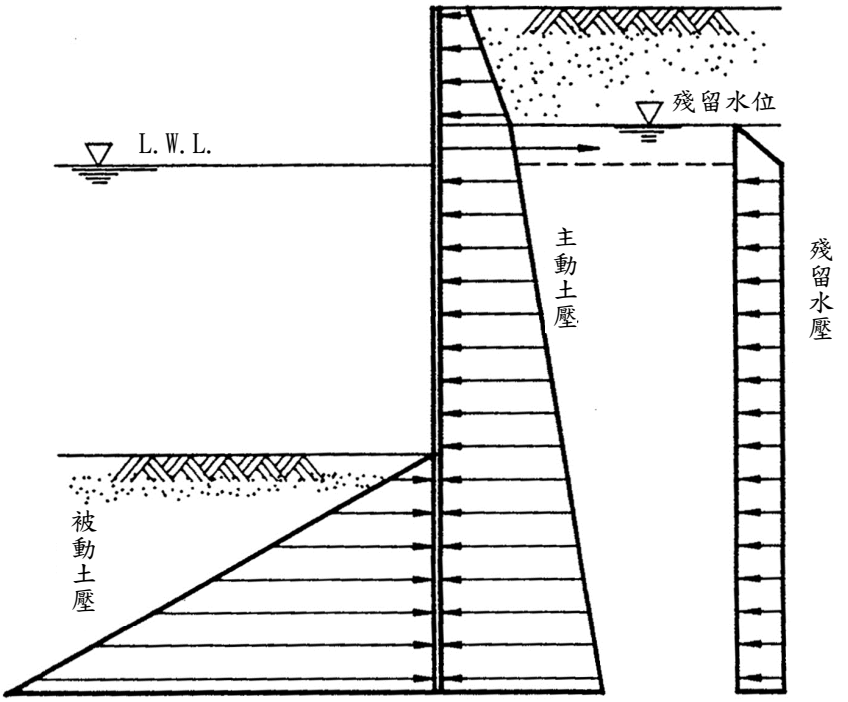
作用於板樁之上載載重，一般包含自重、裝載載重、活載重，依第二篇第十三章第 13.2 節[載重]規則計算

C5.2.2　土壓力及殘留水壓力

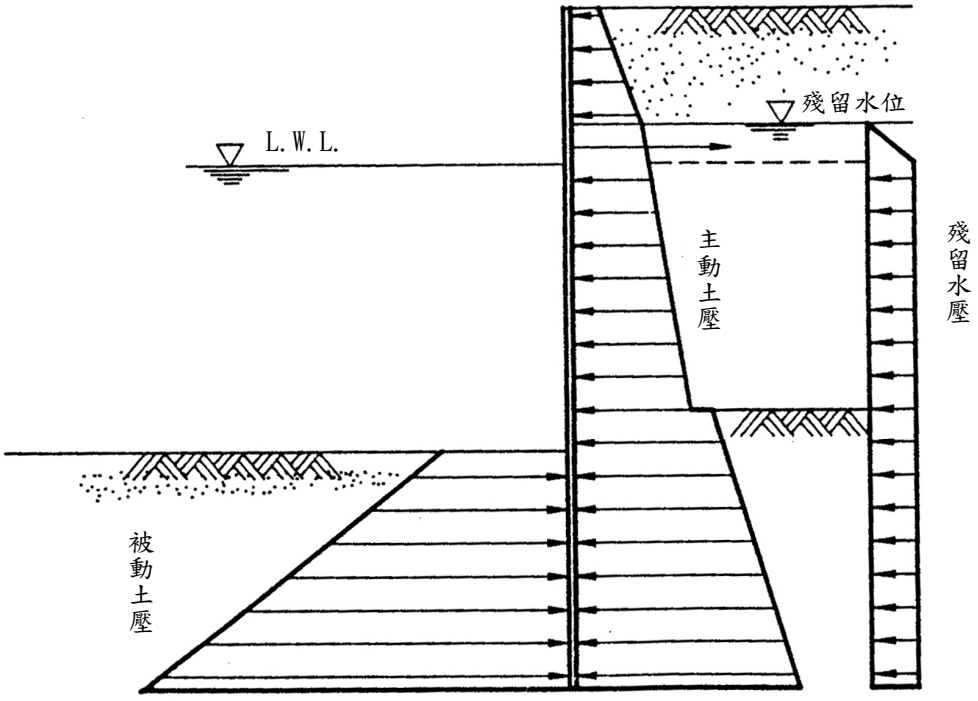
作用於板樁之土壓力及殘留水壓力，如圖 C5-4 所示，依第二篇第十二章[土壓及水壓]規則計算。

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，以朔望平均乾潮位(L.W.L.)以上至朔望平均滿潮位(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）、背拉構材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 C5-4 分佈。



(a) 砂質地盤



(b) 硬黏土地盤

圖 C5-4　作用於板樁之土壓力及殘留水壓力

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 C5-5，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。

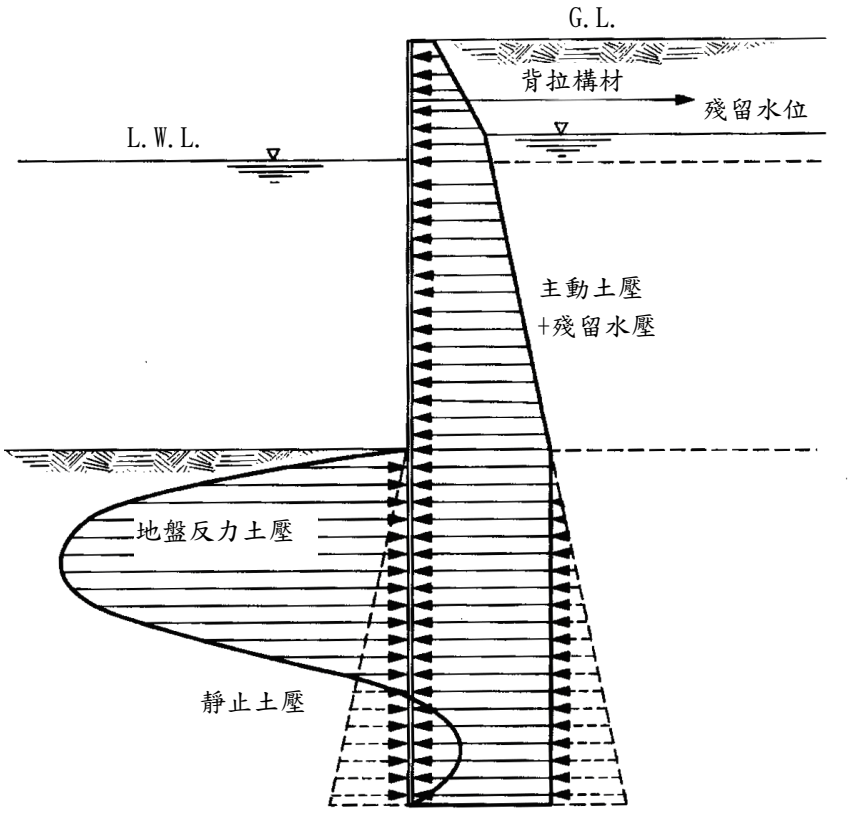


圖 C5-5　作用於板樁之土壓力及殘留水壓力

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。

C5.2.3　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、背拉構材及圍梁中加以

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。

C5.2.4 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 C2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

C5.2.5 地震時的動水壓力

地震作用之動水壓力依第二篇第十二章 C12.2.2 節[地震時的動水壓]規則計算。

C5.3 板樁設計

C5.3.1 背拉構材裝設位置

作用於板樁之彎矩，有隨背拉構材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。相對地作用於背拉構材之拉力將會增大，因此須加大背拉構材斷面與錨錠設施。於決定背拉構材裝設位置時應考量此等因素。

如施工前之地面甚高，若將背拉構材裝設位置降低時，將增加挖土及回填之費用及工期，於決定背拉構材裝設位置時，亦應考量此因素。

背拉構材及圍樑裝設方法，於水中作業較為困難，故背拉構材裝設位置，通常可安裝在 L.W.L.(朔望平均乾潮位)以上至 H.W.L.(朔望平均滿潮位)潮差之 2/3 內。

C5.3.2 板樁入土長度

板樁入土長度，可依下述試算法決定之，即背拉構材位置決定後，先假設一板樁入土長度，依本章 C5.2.2 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背拉構材裝設點之力矩，及主動土壓力與殘留水壓力對背拉構材裝設點之力矩，計算安全係數。

1. 概要(式 C5.3.1 說明常時及地震情形、圖 C5-6)

板樁入土長度，須滿足下式：

$$S.F. \le \frac{M_p}{M_a} \qquad \text{(C5.3.1)}$$

式中　$S.F.$：安全係數(適用自由端點法及固定端點法)

M_p：被動土壓力對背拉構材裝設點之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_a：上載載重、主動土壓力與殘留水壓力、地震時的動水壓力對背拉構材裝設點之力矩(tf-m/m) (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，即背拉構材位置決定後，先假設一板樁入土長度，依本章 C5.2.2 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背拉構材裝設點之力矩 M_p，及主動土壓力與殘留水壓力對背拉構材裝設點之力矩 M_a，並依(C5.3.1)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(C5.3.1)式外，尚須滿足下式(C5.3.2)。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。

$$4c > W + \Sigma(\gamma_i \cdot h_i) + \gamma_w \cdot h_w \qquad \text{(C5.3.2)}$$

式中　c：板樁入土部份土壤凝聚力(tf/m^2) (kN/m^2)

W：上載載重(tf/m^2) (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(tf/m^3) (kN/m^3)

h_i：第 i 層土壤厚度(m)

γ_w：海水單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

h_w：殘留水位高差(m)

C5.3.3　作用於板樁之彎矩

作用於板樁之最大彎矩，係假設板樁為以背拉構材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。

如圖 C5-6 所示，作用於板樁之最大彎矩，係假設板樁為以背拉構材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 C5-6 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、自由端點法(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。

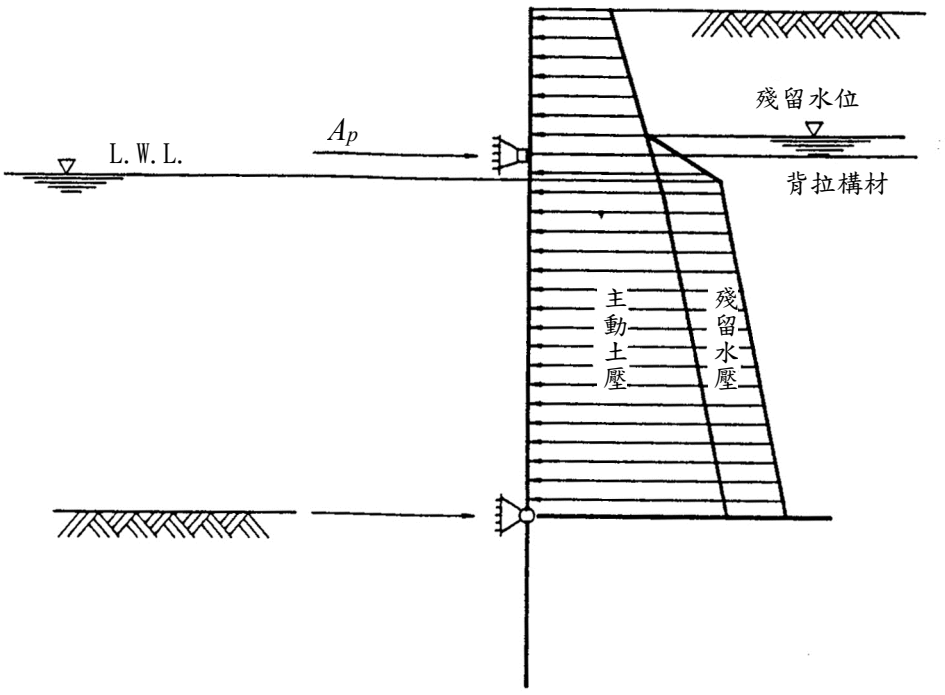


圖 C5-6　作用於板樁之外力

C5.3.4　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。

C5.4　背拉構材設計

作用於背拉構材之拉力，依下式計算。

$$T = A_p \cdot L \cdot \sec\theta \qquad \text{(C5.4.1)}$$

式中　T ：背拉構材之拉力(tf) (kN)

A_p ：依本章 C5.3.~~4~~3 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，背拉構材位置之支承反力(tf/m) (kN/m)

L ：背拉構材之安裝間距(m)

θ ：背拉構材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背拉構材時，作用於繫船柱附近背拉構材之拉力將增大，其增加值可將上部結構，視為以背拉構材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背拉構材平均分擔，則作用於背拉構材之拉力可由下式計算之。考慮船舶拉力時之背拉構材容許應力強度，可視為與地震時相同。

$$T = (A_P \cdot L + \frac{P}{4})\sec\theta \qquad \text{(C5.4.2)}$$

式中　T ：背拉構材之拉力(tf) (kN)

A_p ：依本章 C5.3. 3 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，背拉構材位置之支承反力(tf/m) (kN/m)

L ：背拉構材之安裝間距(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 C2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

θ ：背拉構材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。於計算背拉構材拉應力時，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。

C5.5 圍梁設計

作用於圍梁之最大彎矩，依下式計算。

$$M = \frac{T \cdot L}{10} \qquad \text{(C5.5.1)}$$

式中 M：作用於圍梁之最大彎矩(tf-m) (kN-m)

T：背拉構材之拉力(tf) (kN)

L：背拉構材之安裝間距(m)

作用於背拉構材之拉力，依本章 C5.4 節[背拉構材設計]公式(C5.4.1)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背拉構材時，作用於背拉構材之拉力，依本章 C5.4 節[背拉構材設計]公式(C5.4.2)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。

C5.6 錨碇設施設計

C5.6.1 選擇錨碇設施型式

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

1.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

2.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]。

作用於背拉構材之拉力，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。

C5.6.2　錨碇設施設置位置

1.錨碇版

如圖 C5-7 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。

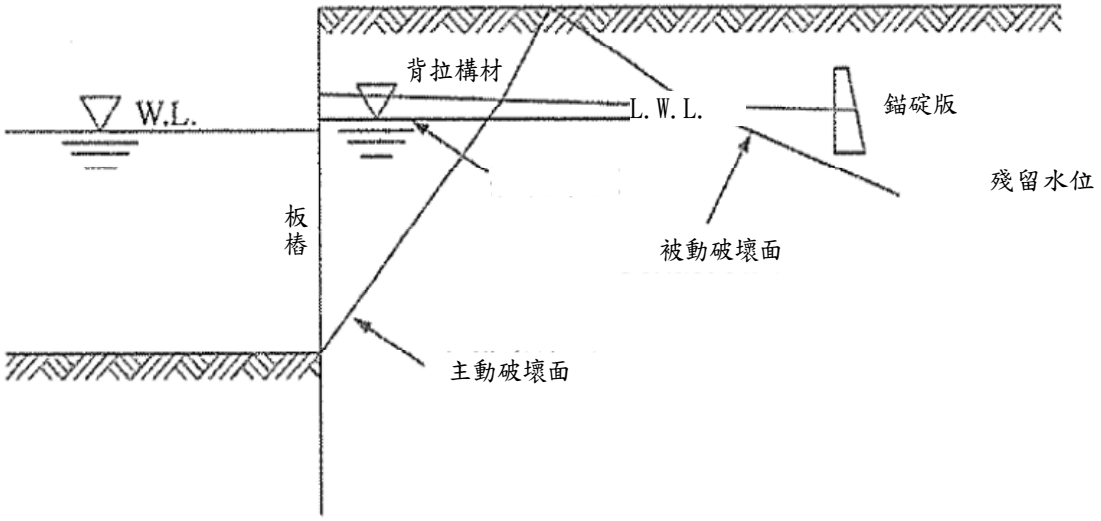


圖 C5-7　錨碇版設置位置

2.錨碇直樁

如圖 C5-8 所示，決定錨碇直樁設置位置之步驟如下：

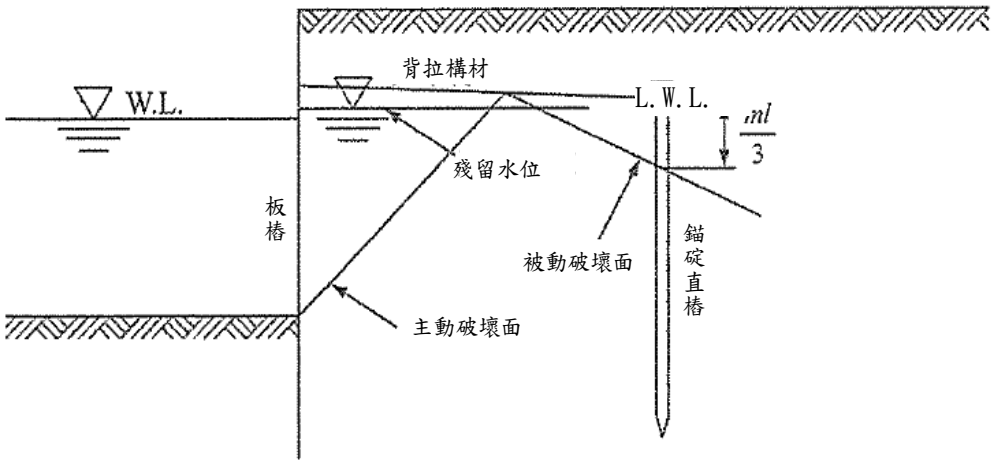


圖 C5-8　錨碇直樁設置位置

(1) 自海底面繪製版樁之主動土壤破壞面。

(2) 將背拉構材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) 自錨碇直樁與背拉構材之連接點下 $L_{m1}/3$ 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背拉構材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。

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，將背拉構材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背拉構材與錨碇板樁連接點下 $L_{m1}/2$ 處，即假設背拉構材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 C5-9 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。

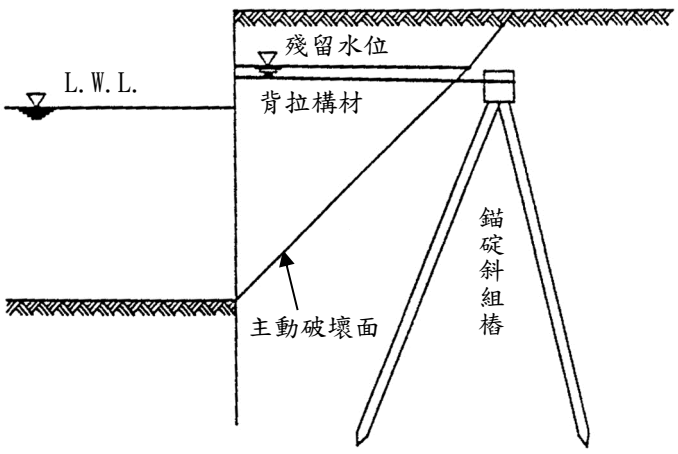


圖 C5-9　錨碇斜組樁設置位置

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 C4.4 節[樁之橫向容許承載力]相關公式計算。

(3) 錨碇板樁可否視為長樁，依第五篇第四章 C4.4 節[樁之橫向容許承載力]相關規則研判。

C5.6.3 錨碇版設計

1. 錨碇版安定檢討概要

(1) 概要

如圖 C5-10 所示，作用於錨碇版之外力，係由作用於錨碇版前面之被動土壓力，平衡背拉構材之拉力及作用於錨碇板背後之主動土壓力。

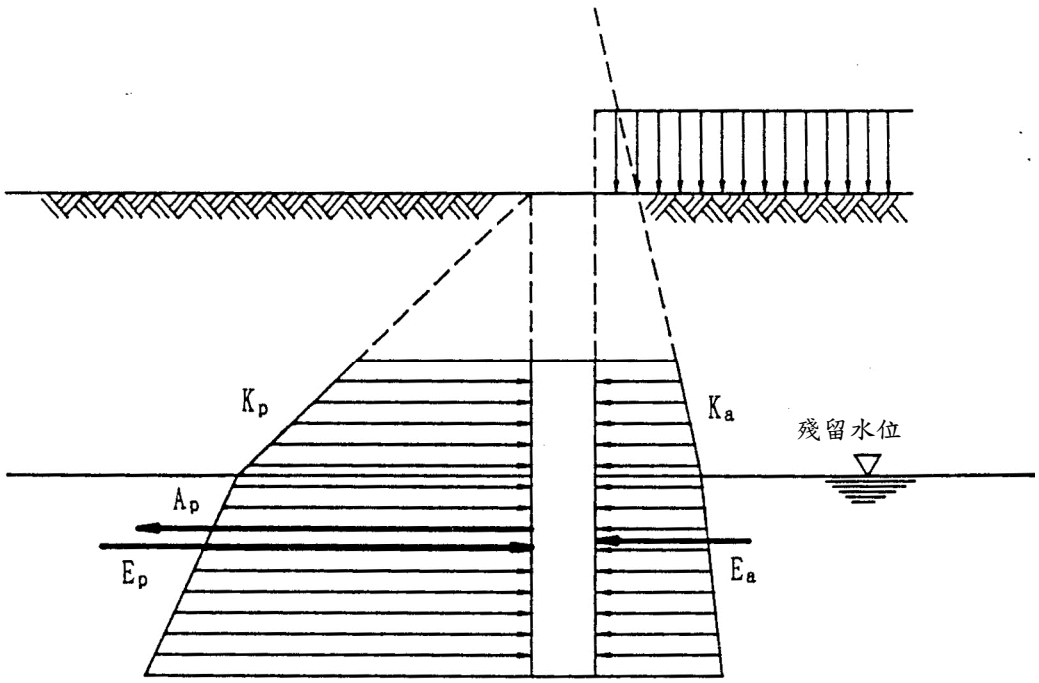


圖 C5-10 作用於錨碇版之外力

錨碇版之高度及埋設深度，須滿足下式，於實用上，可先假設錨碇版之高度及埋設深度，經試算求出安全經濟之高度及埋設深度。

$$S.F. \le \frac{E_p}{A_p + E_a} \qquad \text{(C5.6.1)}$$

式中　$S.F.$：安全係數

E_p：作用於錨碇版之被動土壓力(tf/m) (kN/m)

A_p：依本章 C5.3.4 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，背拉構材位置之支承反力(tf/m) (kN/m)

E_a：作用於錨碇版之主動土壓力(tf/m) (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 C5-10 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°，對被動土壓則採用 0°。但如錨碇版受拉捍向上拉力之分力，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°。

如圖 C5-11 所示，依本章 C5.6.3 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(C5.6-1)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。

$$\Delta E_p = \frac{K_p \ \gamma. \ h_f^{\,2}}{2} \qquad \text{(C5.6.2)}$$

式中　ΔE_p：應扣除之被動土壓力(tf/m) (kN/m)

K_p：被動土壓係數

γ：土壤單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

h_f：地表面至破壞面交點之深度(m)

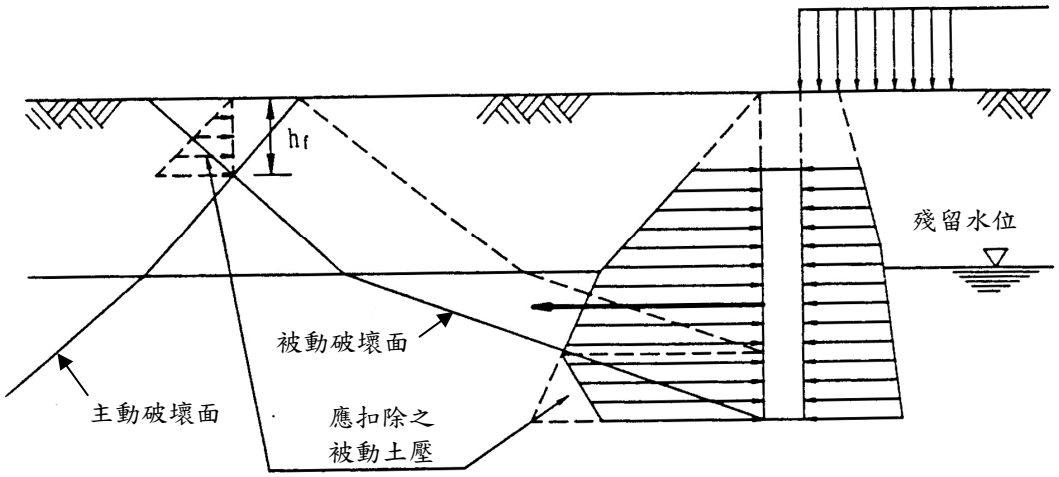


圖 C5-11　版樁之主動土壤破壞面與錨碇版之被動土壤破壞面在地表面下相交時之土壓分佈圖

2.錨碇版斷面設計

(1)概要

錨碇版斷面，依下述公式(C5.6-3)(C5.6-4)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、背拉構材之安裝間距，及作用於背拉構材之拉力，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，以背拉構材安裝位置為中心，於錨碇版 2b 高度內，此處 b 係指背拉構材安裝位置錨碇版厚度。

$$M_h = \frac{T.\ L}{12} \qquad \text{(C5.6.3)}$$

$$M_v = \frac{T \cdot h}{8 \cdot L} \qquad \text{(C5.6.4)}$$

式中　M_h ：水平方向之最大彎矩(tf-m) (kN-m)

M_v ：單位長度上垂直方向之最大彎矩(tf-m/m) (kN-m/m)

T ：依本章 C5.4 節[背拉構材設計]公式(5.4.1)或(5.4.2)計算所得之背拉構材拉力(tf) (kN)

L ：背拉構材之安裝間距(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) 錨碇版與背拉構材連接位置

錨碇版與背拉構材連接位置，可以土壓合力之作用點或錨碇版高度之中點為準。

C5.6.4　錨碇直樁設計

錨碇直樁，可視為承受背拉構材拉力作用之直樁，依第五篇第四章[樁基礎承載力]相關規則設計。

如自海底面所繪製之版樁主動土壤破壞面，與自錨碇直樁與背拉構材之連接點下 $L_{m1}/3$ 處所繪製之錨碇直樁被動土壤破壞面，於錨碇直樁與背拉構材連接點之水平面下相交時，可將錨碇直樁與背拉構材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。

C5.6.5　錨碇斜組樁設計

錨碇斜組樁，可將作用於背拉構材之拉力視為外力，依第五篇第四章[樁基礎承載力]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，在計算斜組樁之承載力時，則不計土壤破壞面以上樁之承載力。

C5.6.6　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 C5.6.4 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，將背拉構材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 C5-12 所示，假設土壓力作用範圍由背拉構材與錨碇板樁連接點起至其下 $L_{m1}/2$ 處，依本章 C5.6.3 節[錨碇板設計]所述設計法設計之。

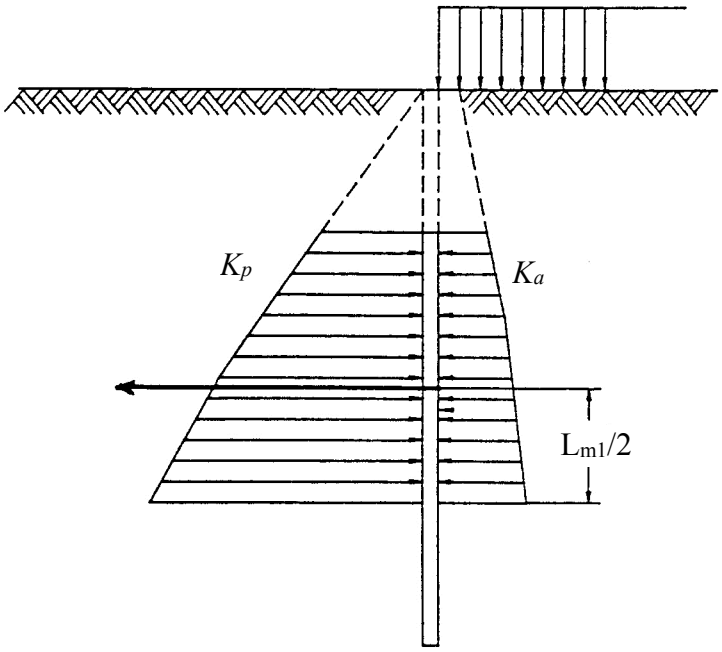


圖 C5-12　短錨碇板樁假想土壓分佈圖

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C4.4 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，使背拉構材之拉力能均勻傳達至錨碇板樁，圍梁之設計，依本章 C5.5 節[圍梁設計]規則設計之。

C5.7　細部設計

C5.7.1　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

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 C2.2 節[船舶所產生之外力]規則計算。

如圖 C5-13(a)及 C5-14(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 C5-13(b)及 C5-14(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C2.2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。

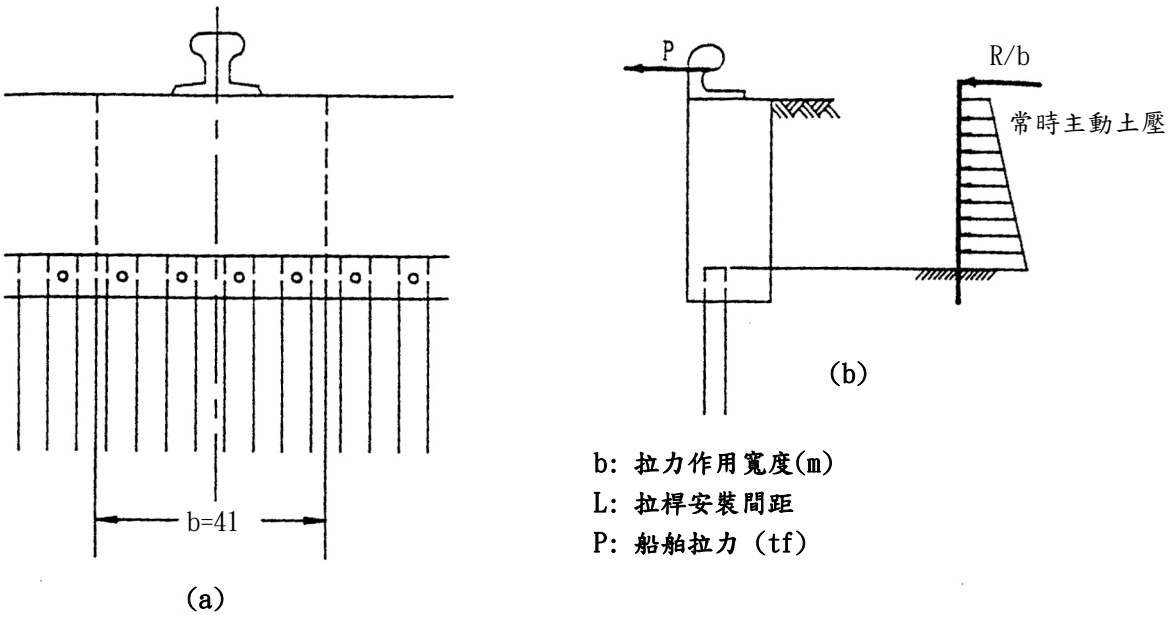


圖 C5-13　作用於上部結構之船舶拉力

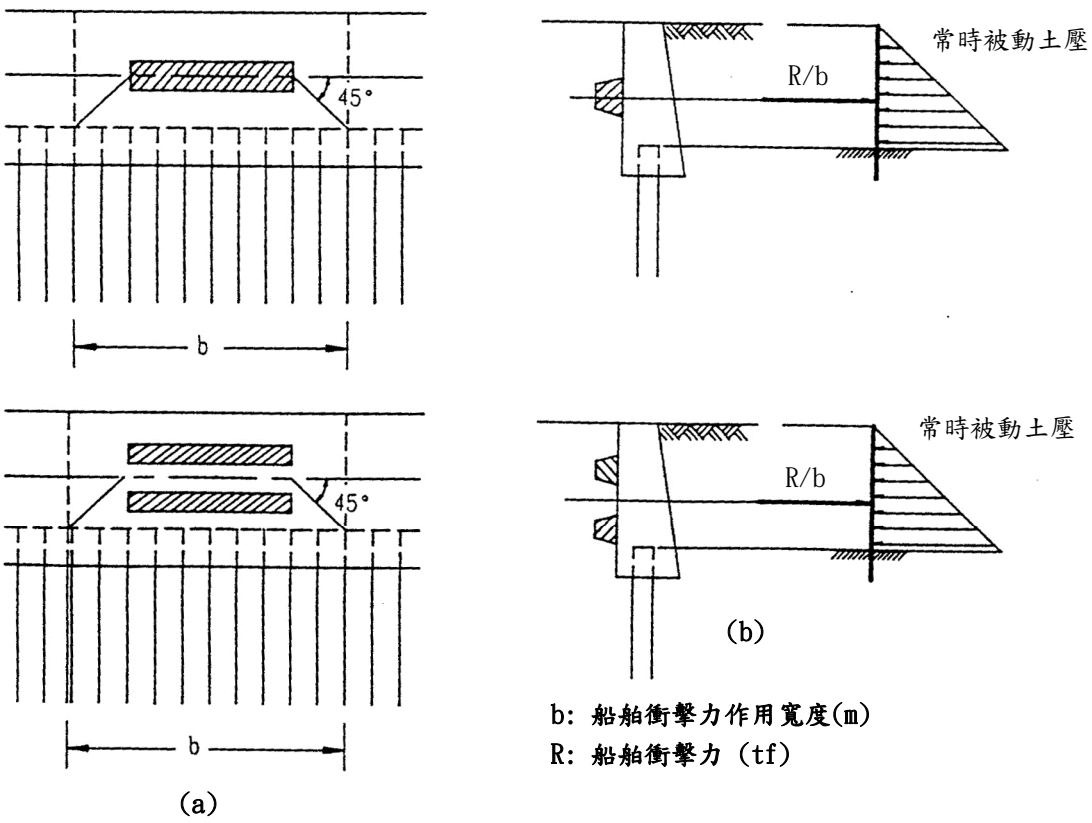


圖 C5-14　作用於上部結構之船舶衝擊力

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銲接，務使作用於上部結構之彎矩能傳達至板樁。

C5.7.2　板樁與背拉構材及圍梁之連接

板樁與背拉構材及圍梁之連接，在設計時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背拉構材上。

1. 連接方式

板樁與背拉構材及圍梁之連接方式，如圖 C5-15 所示，板樁頂部水平方向之圍梁，可利用板樁及背拉構材連接之，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 C5-15 側面圖所示，可安裝於板樁之前或之後均可。

板樁與背拉構材之連接方法，如圖 C5-15 所示，板樁鑽孔後，將背拉構材穿過，在二者之間夾以適當角度之支承版，再用螺栓鎖緊。

2. 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。

$$A = \frac{A_p \cdot L_w}{n \cdot \sigma_a} \qquad \text{(C5.7.1)}$$

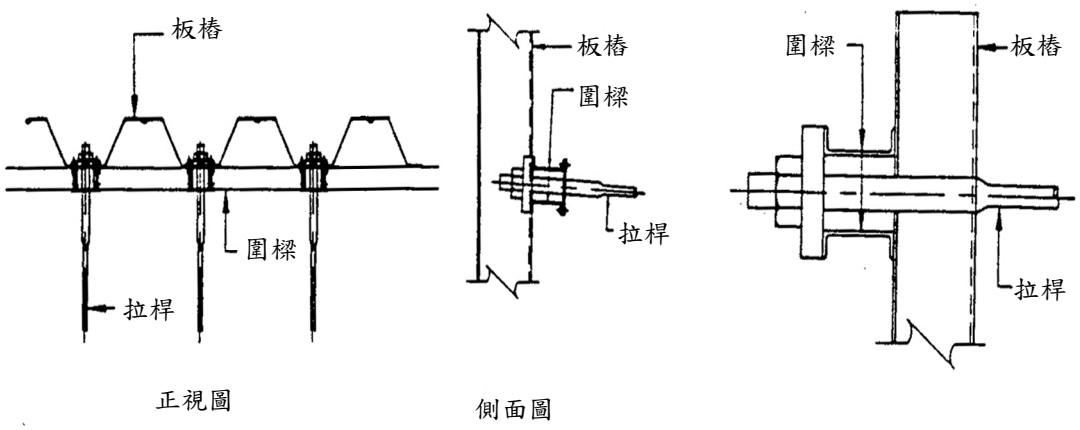
式中　A ：螺栓斷面積(cm^2)。

A_p ：依本章 C5.3.4 節[作用於板樁之彎矩]計算彎矩時，背拉構材位置之支承反力(tf/m) (kN/m)。

L_w ：圍梁與板樁之連接間距(m)，如在背拉構材中間處連接圍梁時，其連接間距為背拉構材間距之 1/2。

n ：每連接處之螺栓支數(支)。

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



(a) 圍樑裝設於板樁後　　(b) 圍樑裝設於板樁前

圖 C5-15　板樁與背拉構材及圍梁之連接示意圖

C5.7.3　背拉構材

設計背拉構材時，務使作用於背拉構材之拉力能安全傳至錨碇設施上。若因背填土砂沉陷，使背拉構材有承受彎矩之慮時，於設計時亦須加以處理。

1. 拉桿(Tie Rod)

(1)拉桿斷面示意如圖 C5-16，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。

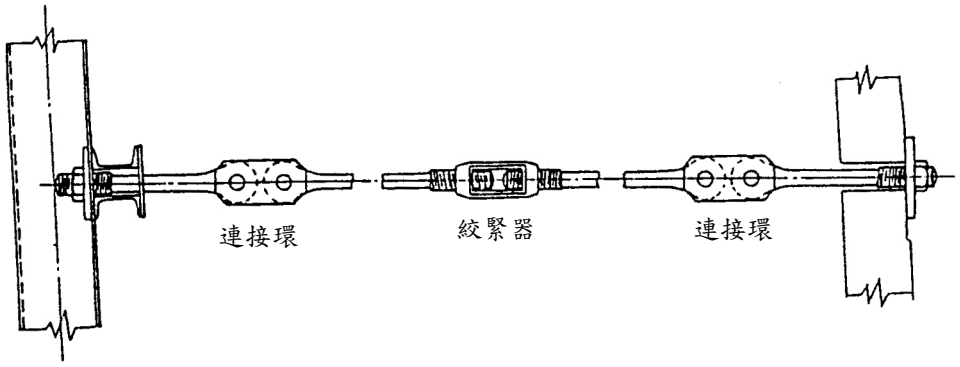


圖 C5-16　拉桿(Tie Rod)斷面示意圖

2.鋼索(Tible 或 Tie Wire)

(1)鋼索斷面示意如圖 C5-17，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。

(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。

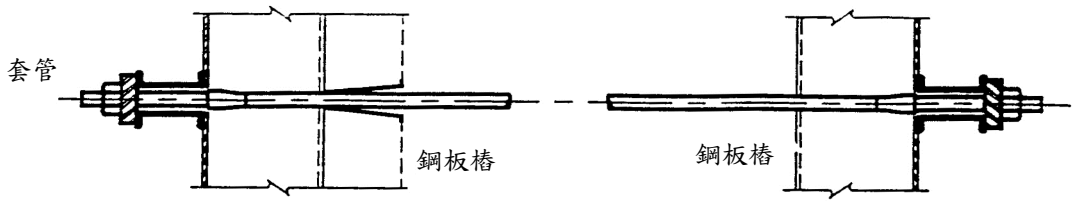


圖 C5-17　鋼索(Tie Wire)斷面示意圖

C5.7.4　錨碇設施與背拉構件之連接

錨碇設施與背拉構材之連接，在設計時務使作用於背拉構材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背拉構材之連接方式，可在錨碇樁頂端法線方向設置連續梁，再將背拉構材連接於連續梁即可。連續梁可視為承受背拉構材拉力及樁之反力等載重設計之。

裝設背拉構材時，將背拉構材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。

背拉構材與錨碇設施連接處，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背拉構材連接處，應加設分配應力之鋼筋，以便將背拉構材之拉力，平均傳達至錨碇版或連續梁。

錨碇板樁與背拉構材之連接，依本章 C5.7.2 節[板樁與背拉構材及圍梁之連接]規則設計。

C5.7.5　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。

C5.7.6　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。

C5.8 軟弱地盤上板樁式碼頭之設計

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 C5.3 節[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 C5.3 節[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。

C5.9 圓弧滑動檢討

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

符號說明

A：壁體底部與法線方向平行之單位長度面積(m^2/m)，見 C6.1.4 節

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(m^2/m)，見 C6.1.4 節

B：換算壁體寬度(m)

c：圓筒內填料之內部凝聚力(tf/m^2) (kN/m^2)

D：入土長度(m)，見 C6.1.3 及 C6.1.4 節

D'：鋼板圓筒打設深度(cm)，見 C6.3.10 節

d_i：各層地盤厚度(m)

E：鋼料之楊氏係數(kgf/cm^2)

f：板樁接頭間摩擦係數，一般採用 0.3。

H：圓筒壁高(m)，見 C6.1.3 節

H：作用壁體水平力(tf/m) (kN/m)，見 C6.1.4 節

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)，見 C6.2.4 節

H_d：海底面至碼頭面之高度(m)，見 C6.2.3 節

H_d'：圓筒下端至碼頭面之高度(m)，見 C6.2.4 節

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)，見 C6.1.3、C6.1.10、C6.2.3 及 C6.2.6 節

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)，見 C6.1.3 節

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)，見 C6.1.3 節

H_w：海底面至圓筒內水位之高度(m)，見 C6.2.3 節

H_w'：圓筒下端至圓筒內水位之高度(m)，見 C6.2.4 節

h_i：第 i 層背填土之厚度(m)，見 C6.1.2 節

h_i'：海底面上第 i 層高度(m)，見 C6.1.3 節

h_w：圓筒內水位與碼頭前水位差(m)

h_1, h_2, h_c：如圖 C6-11 中各層內填料的厚度(m)

K_a：內填料之主動土壓係數

K_c：內填料中黏性土的土壓力係數　K_c=0.5

K_{Hi}：各層地盤之水平地盤反力係數(tf/m^3) (kN/m^3)

K_h：水平地盤反力係數(tf/m^3) (kN/m^3)

K_i：圓筒內填料之土壓係數，K_i=0.6，見 C6.1.10 節

K_s：內填料中砂質土的土壓力係數　K_s=0.6，見 C6.1.3 節

K_s：壁體底部之水平剪力(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.1.4 節

K_v：壁體底部之垂直地盤反力係數(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.1.4 節

k_v：垂直地盤反力係數(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.1.4 節

M：作用於壁體地盤面中心點之力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_d：圓筒底部之變形力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.1.3 節

M_d'：於海底面之變形力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.1.3 節

M_{d0}：作用於圓筒壁體之傾覆力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_r：圓筒底部之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.1.3 節

M_r'：圓筒內回填土於海底面之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.1.3 節

M_{rd}：抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.2.3 節

M_{ro}：圓筒底部回填土之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.1.3 節

M_{rs}：圓筒底部接頭摩擦力之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.1.3 節

M_r'：板樁在海底面之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)，見 C6.1.3 節

$\overline{N}$：圓筒打設地盤之平均 N 值

P_{ac}：作用於圓筒背後海底面下之土壓(tf/m^2) (kN/m^2)

P_i：圓筒內第 i 層內填料之土壓力合力(tf/m^3) (kN/m^3)，計算內填料土壓時，土壓係數採用 0.5 tanϕ

P_v：作用於圓筒前壁與後壁土壓力之垂直分力(tf/m) (kN/m)

P_1, P_2, P_3：如圖 C6-11 中作用於各層內填料的合力(tf/m) (kN/m)

Q_a：容許剪斷抵抗力(tf/m) (kN/m)

R：圓筒半徑(m)

R_t：傾覆抵抗係數

T：板樁拉力(tf/m) (kN/m)，見 C6.1.10 節

T：水平方向拉力(kN/m) (kN/m)，見 C6.2.6 節

V_t：鋼板圓筒前趾最大反力(kN/m) (kN/m)

t：圓筒鋼板之最小厚度(cm)

V：於作用壁體之垂直力(tf/m) (kN/m)，見 C6.1.4 節

V'：　傾覆力矩為 M_{d0} 時之鋼板圓筒前趾反力(tf/m) (kN/m)，見 C6.2.5 節

W：圓筒壁體重量(tf/m) (kN/m)，見 C6.1.6 節

W'：上載載重(tf/m^2) (kN/m^2)，見 C6.2.6 節

w：*上載載重*(tf/m2) (kN/m2)，見 C6.1.2 及 C6.1.10 節

α：入土比(D/H)對應之放大係數，可採用圖 C6-7 所示試驗結果下限值 1.0 計算。

λ：水平剪力強度常數與垂直地盤反力係數之比值

γ：圓筒內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.1.10 C6.2.3、C6.2.4 及 C6.2.6 節

γ_i：第 i 層背填土之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.1.2 節

γ_i：圓筒內第 i 層內填料之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.1.3 節

r_i'：海底面上第 i 層內填料之單位體積重(tf/m^3) (kN/m^3)

γ_0：圓筒內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.1.3 節

γ_0：圓筒內水位以上內填料之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.2.3 及 C6.2.4 節

γ_0'：內填料水中單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)，見 C6.2.3 及 C6.2.4 節

γ_w：海水單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_c$：如圖 C6-11 中各層內填料的單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

ϕ：圓筒內填料之內部摩擦角（°）

ϕ'：海底面上內填料的內部摩擦角

ϕ ：壁體底面土壤內摩擦角(度)，見 C6.1.6 節

ϕ ：圓筒內填料之內摩擦角(度)，見 C6.2.3 及 C6.2.5 節

δ ：內填料之壁面摩擦角(度)，一般採用 15°

τ_f：水平剪力強度常數(tf/m^3) (kN/m^3)

C6.1 鋼板樁圓筒式碼頭

C6.1.1 設計原則

本節所述設計法係依據於砂質地盤、圓筒壁體入土深度小於 1.5 倍壁體高度、及圓筒換算壁體寬度與壁體高度之比值介 1~2.5 之間所進行之模型試驗結果，故下列鋼板樁圓筒式碼頭，不宜以本章所述方法設計。

- 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較小時
- 粘性土地盤及以砂樁改良之地盤

鋼板樁圓筒式碼頭設計流程，如圖 C6-1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-3(a)。

C6.1.2 作用於鋼板樁圓筒之外力

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

- 壁體之重量
- 上載載重・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

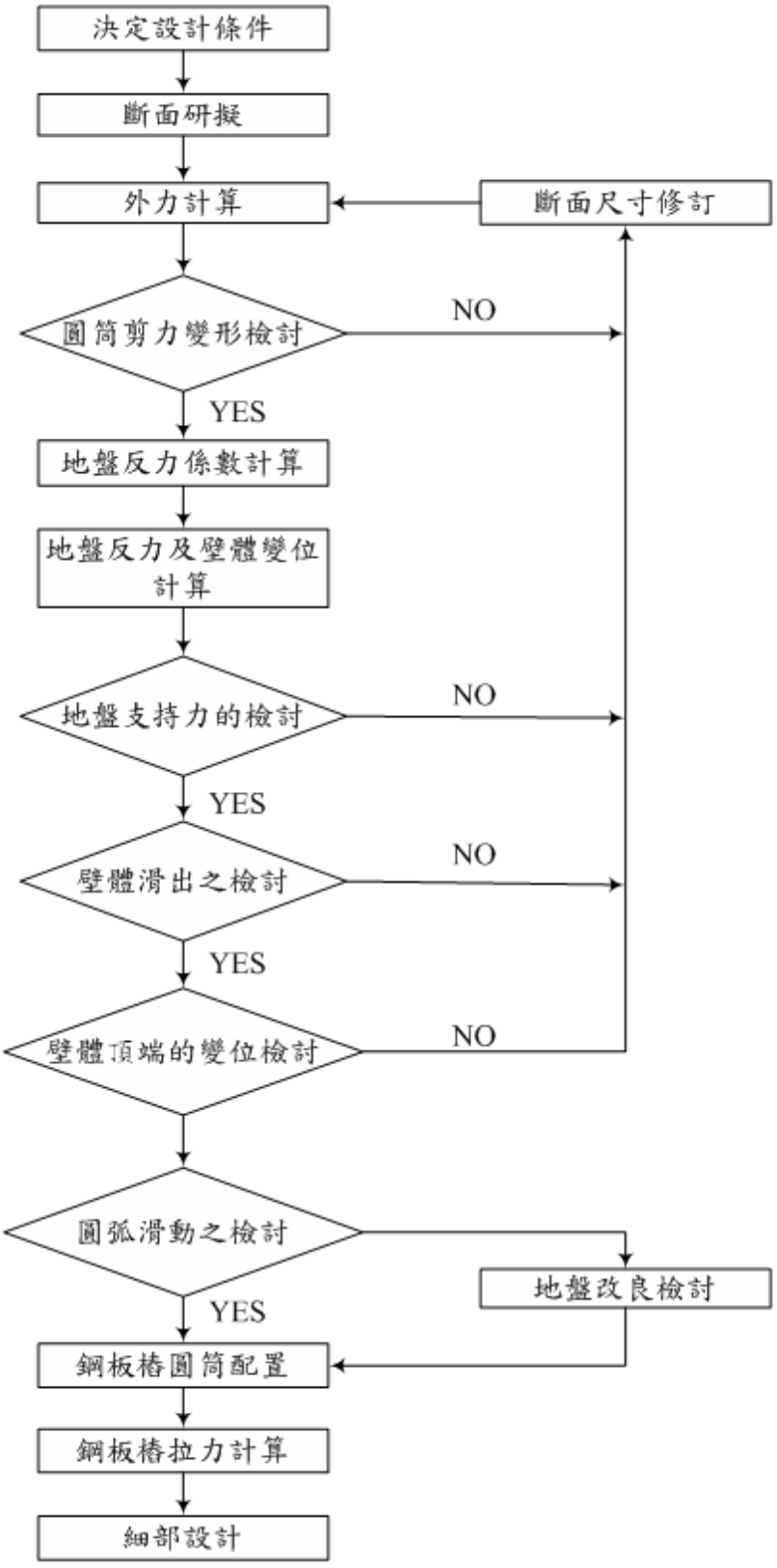


圖 C6-1　鋼板樁圓筒式碼頭設計流程

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

・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

3.土壓力及殘留水壓力

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 C6-2 及 C6-3），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(C6.1-1)式進行計算。

$$P_{ac} = 0.5\left(\sum\left(\gamma_i \cdot h_i\right) + w\right) \qquad \text{(C6.1.1)}$$

式中　P_{ac}：作用於圓筒背後海底面下之土壓(tf/m^2) (kN/m^2)

γ_i：第 i 層背填土之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

h_i：第 i 層背填土之厚度(m)

w：上載載重(tf/m^2) (kN/m^2)

於計算殘留水壓時，殘留水位以朔望平均乾潮位（L.W.L.）以上至朔望平均滿潮位（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。

4.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。

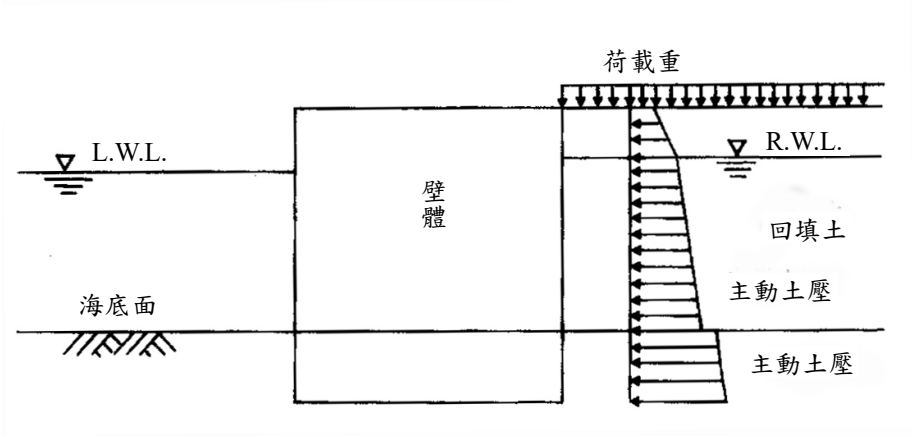


圖 C6-2　作用於鋼板樁圓筒之土壓力(剪力變形檢討時使用)

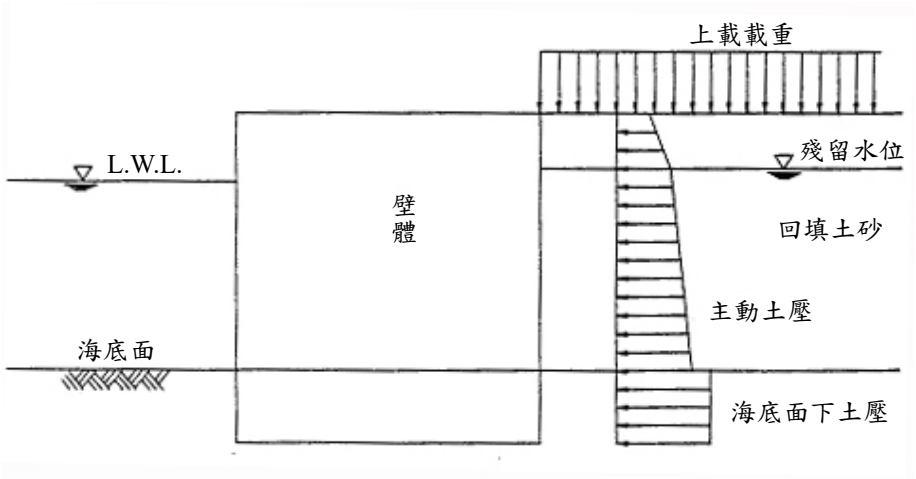


圖 C6-3　作用於鋼板樁圓筒背面之土壓(重力式壁體安定檢討時使用)

圖 C6-4 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。

5. 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。

6. 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。

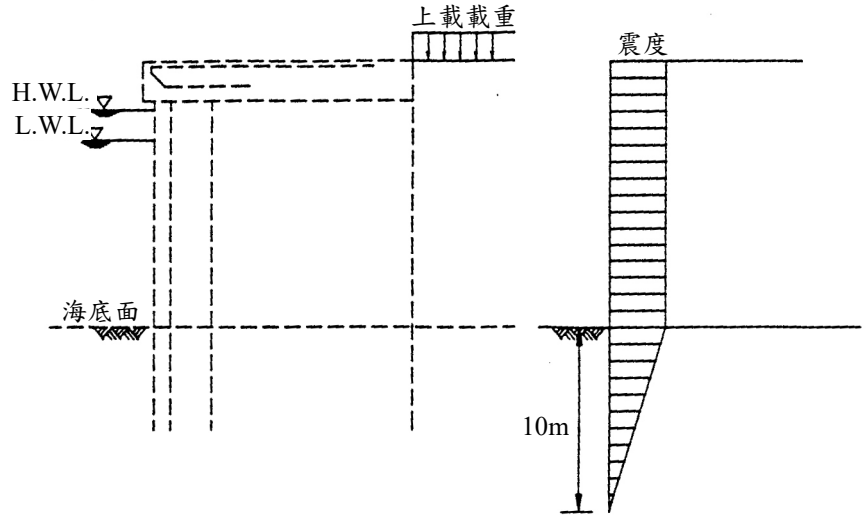


圖 C6-4　作用於圓筒內填料地震力之震度分佈

C6.1.3　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 C6-5 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（C6.1.2）式及（C6.1.3）式所示。

$$M_d F \leqq M_r \qquad \text{(C6.1.2)}$$

$$M_d' F \leqq M_r' \qquad \text{(C6.1.3)}$$

式中　M_d ：圓筒底部之變形力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_d'：於海底面之變形力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_r ：圓筒底部之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_r'：圓筒內回填土於海底面之抵抗力矩(tf-m/m) (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。

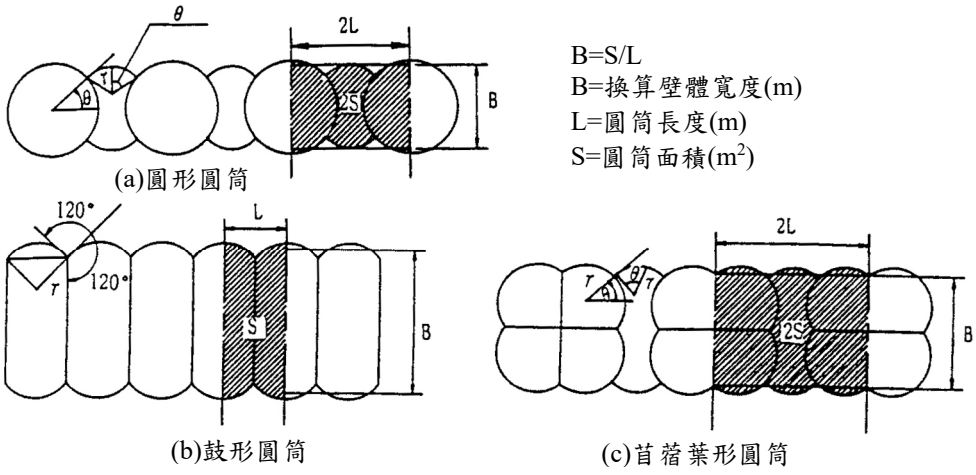


圖 C6-5　圓筒平面形狀及換算壁體寬度

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，係以圓筒底部或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或海底面之力矩。

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 C6-6)。

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)依據模型試驗結果，圓筒底部之抵抗力矩隨圓筒入土比增加（詳圖C6-7），並可依（C6.1.4）式進行計算。

$$M_r=(M_{ro}+M_{rs})\cdot(1+\alpha\cdot D/H) \qquad \text{(C6.1.4)}$$

式中　M_r：圓筒底部之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_{ro}：圓筒底部回填土之抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_{rs}：圓筒底部接頭摩擦力之抵抗力矩(tf-m/m) (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，可採用圖 C6-7 所示試驗結果下限值 1.0 計算。

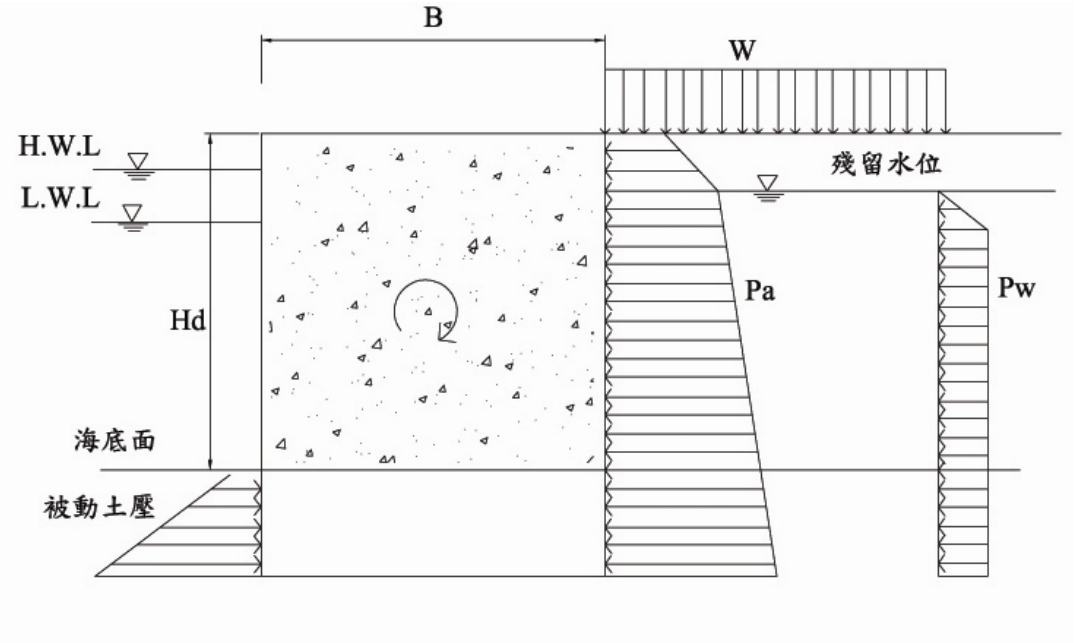


圖 C6-6　圓筒壁體剪力變形檢討應考慮之外力及抵抗力

(3)圓筒內填料之抵抗力矩計算

圓筒內填料對圓筒底部作用之抵抗力矩之求解，可參考圖 C6-8 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(C6.1.5)計算。

$$\left.\begin{array}{ll} \text{主動破壞面} & \xi_a = \dfrac{\pi}{4} + \dfrac{\phi}{2} \\ \text{被動破壞面} & \xi_a = \dfrac{\pi}{4} - \dfrac{\phi}{2} \\ \text{主動土壓} & P_a = K_a \cdot \gamma h \text{，} K_a = \dfrac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} \\ \text{被動土壓} & P_p = K_p \cdot \gamma h \text{，} K_p = \dfrac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \end{array}\right\} \quad \text{(C6.1.5)}$$

式中　ϕ：圓筒內填料之內摩擦角(度)

剪斷面之土壓所產生之力矩可依圖 C6-8 及式(C6.1.6)計算。

$$M_{ro} = \int_0^d \left(P_p - P_a\right)(d-x) \cdot \frac{2}{3} \tan\theta \, \mathrm{dx} \quad \text{(C6.1.6)}$$

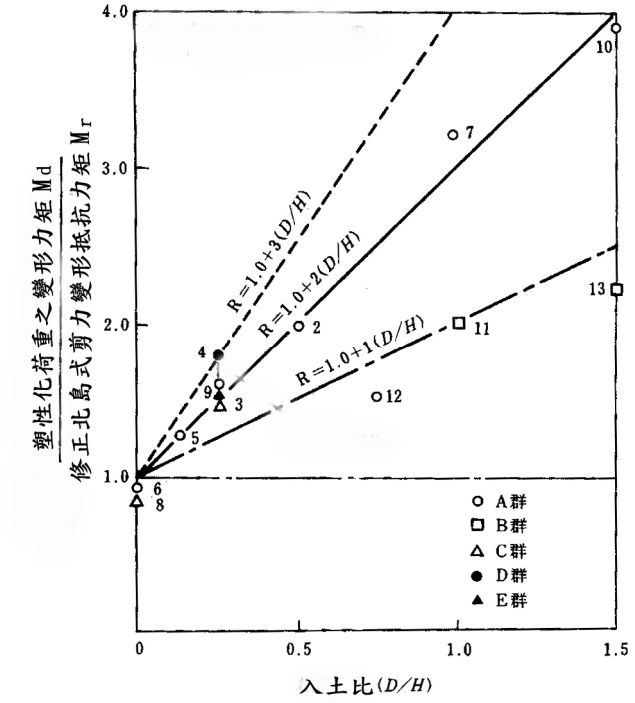


圖 C6-7　抵抗力矩與入土比之關係

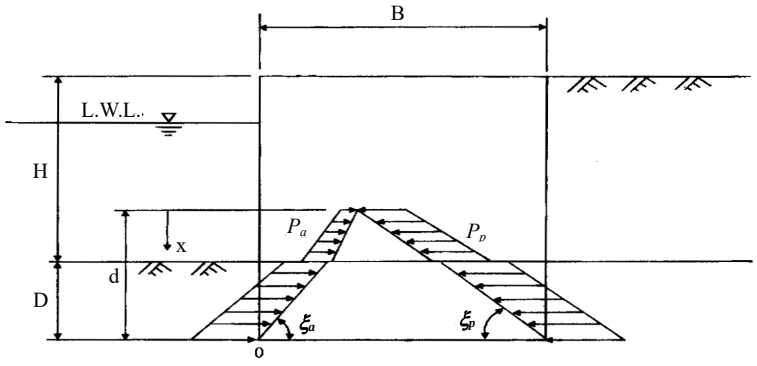


圖 C6-8　中間回填土之斷面設定

當原地盤與圓筒內填料之土壤參數不同時，破壞角及其土壓會因土層變化而產生較大之變化，此時式(C6.1.6)之計算將十分繁雜。如地盤及圓筒內填料的內摩擦角差距小，或入土比大使得崩壞面不會到達回填土時，可以(C6.1.7)簡略式計算之。

$$M_{ro}=\frac{1}{6}\gamma_0\cdot R_o\cdot H_o^{\,3} \qquad \text{(C6.1.7)}$$

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

γ_0：圓筒內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (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)

$$H_o=\frac{1}{r_0}\sum\gamma_i\cdot h_i \qquad \text{(C6.1.8)}$$

式中 γ_i：圓筒內第 i 層內填料之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

h_i：圓筒內第 i 層內填料之厚度(m)

v_0：B/H$_0$

B：換算壁體寬度(m)

(4) 板樁接頭摩擦力之抵抗力矩計算

板樁接頭摩擦力之抵抗力矩可以(C6.1-9)式計算：

$$M_{rs}=\frac{1}{6}\gamma_0 R_s H_s^{\,3} \qquad \text{(C6.1.9)}$$

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 C6-9，圖 C6-9 (a)及 C6-9 (b)分示實際之土壓分佈及換算土壓分佈，依圖 C6-9 (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 C6-9 (a)所示之土壓合力。依此原則，換算壁高 H_S 可依下式計算。

$$H_S = 2\sqrt{\frac{\Sigma P_i}{\gamma_0 \tan\phi}} \qquad \text{(C6.1.10)}$$

式中　H_S：換算壁高(m)

P_i：圓筒內第 i 層內填料之土壓力合力(tf/m^3) (kN/m^3)，計算內填料土壓時，土壓係數採用 0.5 tanϕ

γ_0：圓筒內填料換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

ϕ：圓筒內填料之內摩擦角(度)

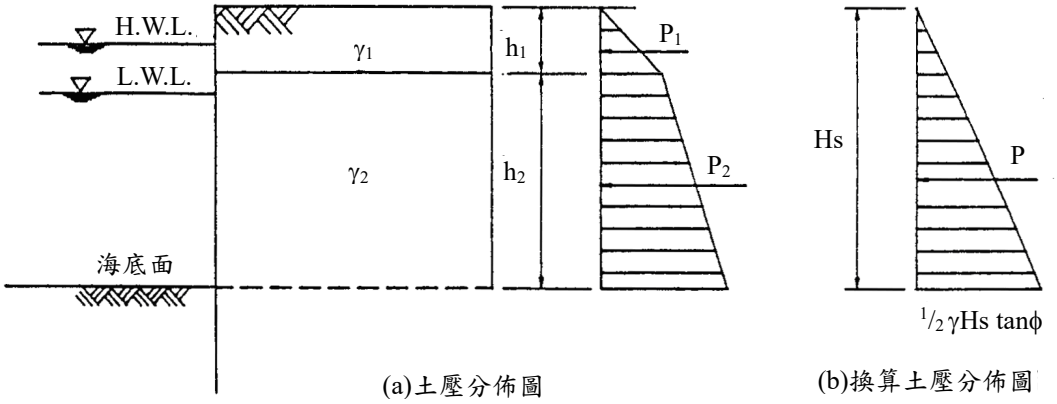


圖 C6-9　圓筒壁體換算壁高

(5) 圓筒內填料在海底面之抵抗力矩可依式(C6.1.11)及式(C6.1.12)求解。

$$M_{ro} = \frac{1}{6}\gamma_0 \cdot R_o^{'} \cdot H_o^{'3} \qquad \text{(C6.1.11)}$$

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(tf-m/m) (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)

$$H_0'=\frac{1}{r_0}\sum r_i'h_i' \qquad \text{(C6.1.12)}$$

r_i'：海底面上第 i 層內填料之單位體積重(tf/m^3) (kN/m^3)

h_i'：海底面上第 i 層高度(m)

v_0'：B/H_0'

ϕ'：海底面上內填料的內部摩擦角

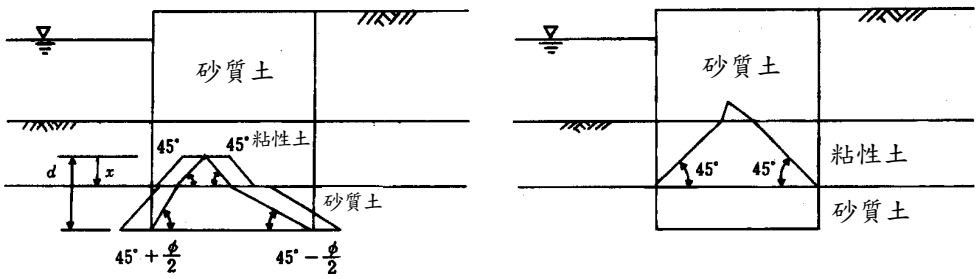
(6) 圓筒內填料強度之增加對圓筒之剛性提高有相當大之助益，因此，採用品質較佳之回填土對圓筒之穩定性將有正面之效益。

圓筒內填料如採用粘土材料時，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。

圓筒內填料之抵抗力矩M_{ro}及鋼板樁接頭間之摩擦力之抵抗力矩M_{rs}，可依式(C6.1.13)及式(C6.1.14)計算。

圓筒內填料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 C6-10，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。



(a)圓筒底面情況　　(b)黏性土下方的情形

圖 C6-10　圓筒剪力變形之檢討

$$\left.\begin{aligned} M_{ro} &= \int_0^d (P_p - P_a)\cdot(d-x)dx \\ P_a &= K_a \cdot rh - 2c\sqrt{K_a}, \qquad K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} \\ P_p &= K_p \cdot rh - 2c\sqrt{K_p}, \qquad K_p = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \end{aligned}\right\} \qquad \text{(C6.1.13)}$$

式中　ϕ：圓筒內填料之內部摩擦角（°）

c：圓筒內填料之內部凝聚力(tf/m^2) (kN/m^2)

$$M_{rs} = \frac{2}{3}(P_1+P_2+P_3)fB \qquad \text{(C6.1-14)}$$

式中　P_1, P_2, P_3：如圖 C6-11 中作用於各層內填料的合力(tf/m) (kN/m)

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_c$：如圖 C6-11 中各層內填料的單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

h_1, h_2, h_c：如圖 C6-11 中各層內填料的厚度(m)

K_s　：內填料中砂質土的土壓力係數　K_s=0.6

K_c　：內填料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

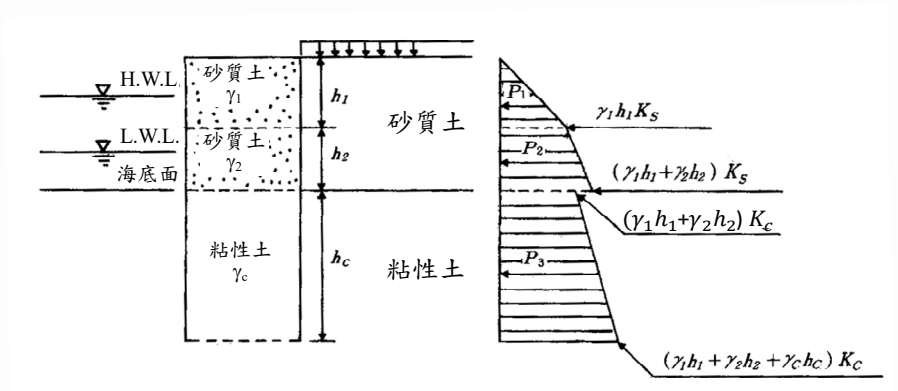


圖 C6-11　回填土土壓

C6.1.4　圓筒壁體安定檢討

1.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。此些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，應以橫向載重試驗求得為原則，設計者可依現地狀況訂定之。可參考橫山所提方法，依下式估算之。

$$K_h = 200 \cdot N \qquad \text{(C6.1.15)}$$

$$K_h = 2000 \cdot N$$

式中 K_h ：水平地盤反力係數(tf/m^3) (kN/m^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。

$$\tau_f = \lambda \cdot k_v \qquad \text{(C6.1.16)}$$

式中 τ_f：水平剪力強度常數(tf/m^3) (kN/m^3)

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(tf/m^3) (kN/m^3)

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 C6-12 所示。

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 C6-13 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・tanδ

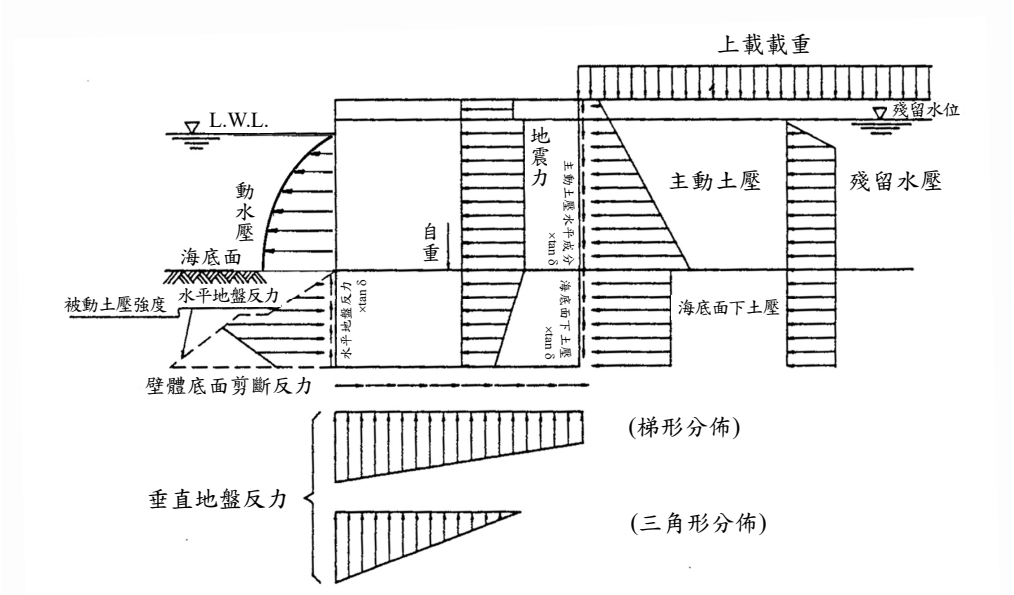


圖 C6-12　作用於埋入式鋼板圓筒之外力分佈

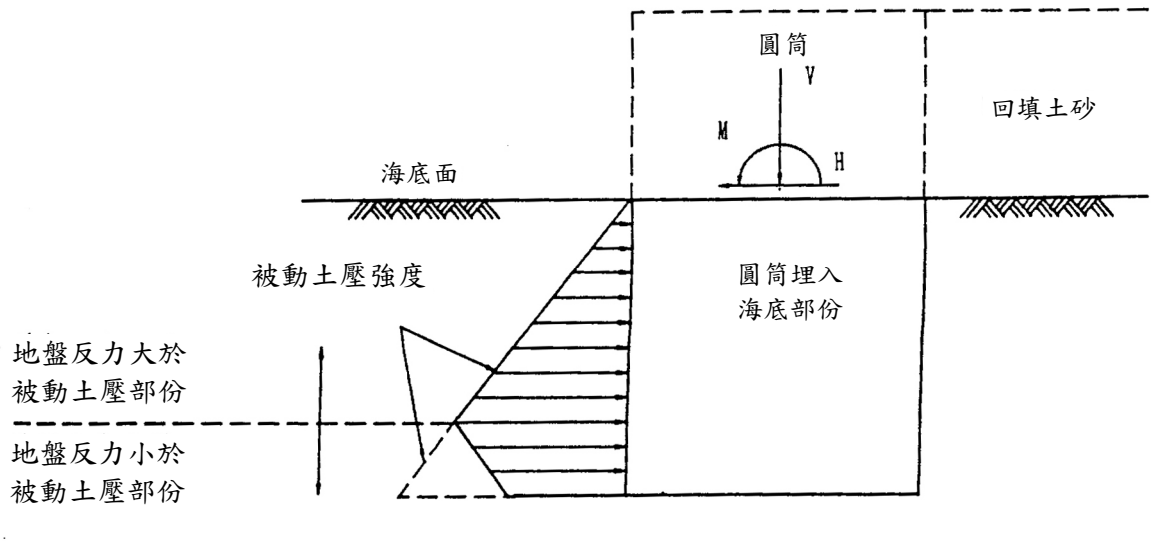


圖 C6-13　水平地盤反力分佈例

圓筒壁面垂直摩擦抵抗力，如圖 C6-12 所示，於海底面上為水平土壓力與 tanδ之乘積，於海底面下為水平地盤反力與 tanδ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

(5) 圓筒變位量

如圖 C6-14 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。

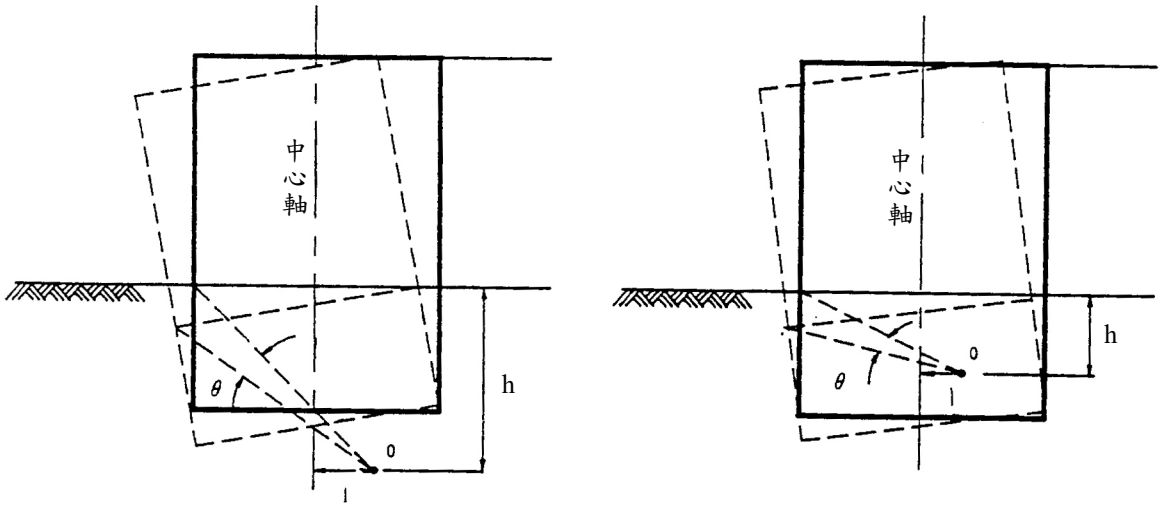


圖 C6-14　埋入式鋼板圓筒變位示意圖

如圖 C6-12 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。

(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 C6-15，並依(C6.1-17)~(C6.1-26)式計算。

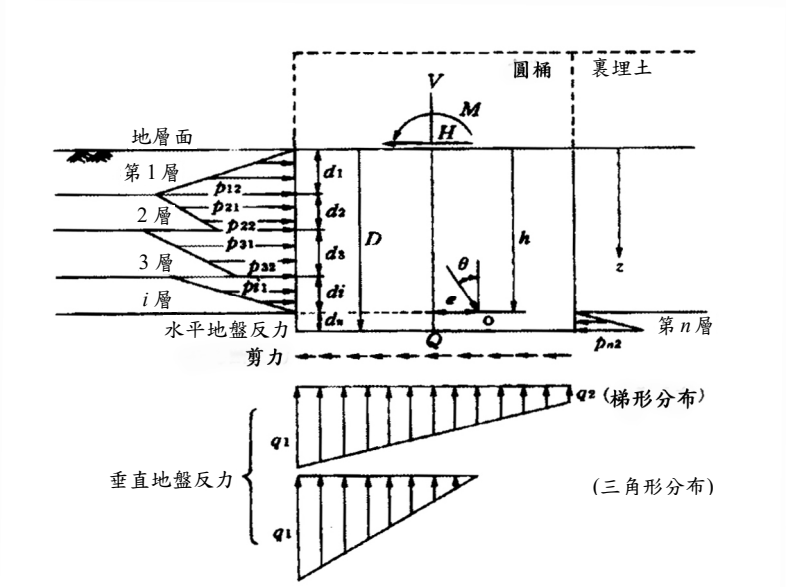


圖 C6-15　地盤反力及壁體變位示意圖

(a) 水平地盤反力(tf/m) (kN/m)

$$\left.\begin{aligned}
P_{12}&=K_{H1}(h-d_1)\,\theta\\
P_{21}&=K_{H2}(h-d_1)\,\theta\\
P_{22}&=K_{H2}(h-d_1-d_2)\,\theta\\
P_{i1}&=K_{Hi}\left(h-\sum_{j=1}^{i-1}dj\right)\theta\\
P_{i2}&=K_{Hi}\left(h-\sum_{j=1}^{i}dj\right)\theta\\
P_{n1}&=K_{Hn}\left(h-\sum_{j=1}^{n-1}dj\right)\theta\\
P_{n2}&=K_{Hn}\left(h-\sum_{j=1}^{n}dj\right)\theta
\end{aligned}\right\} \qquad \text{(C6.1.17)}$$

(b)垂直地盤反力(tf/m^2) (kN/m^2)

$$q_1=K_v(e+B/2)\,\theta \qquad \text{(C6.1.18)}$$

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

(c)壁體底面之剪力(tf/m) (kN/m)

$$Q=K_s(h-D)\theta A \qquad \text{(C6.1.19)}$$

(d)壁體之水平變位(m)

$$\delta z=(h-z)\,\theta \qquad \text{(C6.1.20)}$$

(e)壁體的旋轉角(°)

$$\theta=\frac{MK_1+HK_3}{K_1K_4-K_2K_3} \qquad \text{(C6.1.21)}$$

(f) 壁體旋轉中心深度(m)

$$h=\frac{MK_2+HK_4}{MK_1+HK_3} \qquad \text{(C6.1.22)}$$

(g)壁體中心軸與壁體旋轉中心之距離(m)

$$e=\frac{1}{K_vA}\left\{\frac{V}{\theta}-h\sum_{i=1}^{n}K_{Hi}d_i\tan|\delta_i|+\sum_{i=1}^{n}K_{Hi}d_i\left(\sum_{j=1}^{i-1}d_j+\frac{d_i}{2}\right)\tan|\delta_i|\right\} \qquad \text{(C6.1.23)}$$

式中 $K_1=\sum_{i=1}^{n}K_{Hi}d_i+K_sA$

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

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

$$K_4=\sum_{i=1}^{n}\left\{K_{Hi}d_i\left|\frac{di^2}{3}+\sum_{j=1}^{i-1}d_j\sum_{j=1}^{i}d_j+\frac{B}{2}\left(\sum_{j=1}^{i-1}d_j+\frac{d_i}{2}\right)\tan\delta_i\right|\right\}+KsAD^2+\frac{1}{12}K_vA^3$$

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(tf/m^2) (kN/m^2)

$$q_1=Kv(e+\frac{B}{2})\theta \qquad \text{(C6.1.24)}$$

(b) 壁體底面之剪力(tf/m) (kN/m)

$$Q=K_s(h\text{-}D)\Theta A' \qquad \text{(C6.1.25)}$$

式中　$A'=e+\frac{B}{2}$

(c) 壁體中心軸到旋轉中心之距離(m)

$$e=\sqrt{\frac{2}{K_v}\left\{\frac{V}{\theta}-h\sum_{i=1}^{n}K_{Hi}d_i\tan|\delta_i|+\sum_{i=1}^{n}K_{Hi}d_i\left(\sum_{j=1}^{i-1}d_j+\frac{d_i}{2}\right)\tan|\delta_i|\right\}}-\frac{B}{2} \qquad \text{(C6.1.26)}$$

式中

$$K_1=\sum_{j=1}^{n}K_{Hi}d_i+K_sA'$$

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

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

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

式中　V：於作用壁體之垂直力(tf/m) (kN/m)

H：作用壁體水平力(tf/m) (kN/m)

M：作用於壁體地盤面中心點之力矩(tf-m/m) (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(tf/m^3) (kN/m^3)

K_v：壁體底部之垂直地盤反力係數(tf/m^3) (kN/m^3)

K_s：壁體底部之水平剪力(tf/m^3) (kN/m^3)

A：壁體底部與法線方向平行之單位長度面積(m^2/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(m^2/m)

C6.1.5 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。

C6.1.6 圓筒壁體滑動檢討

地盤容許剪斷抵抗力，依下式計算。

$$Q_a = \frac{1}{F}(W + P_V)\tan\phi \qquad \text{(C6.1.27)}$$

式中 Q_a：容許剪斷抵抗力(tf/m) (kN/m)

W：圓筒壁體重量(tf/m) (kN/m)

P_v：作用於圓筒前壁與後壁土壓力之垂直分力(tf/m) (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。

C6.1.7 圓筒頂端變位檢討

1.港灣構造物之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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

C6.1.8　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。

C6.1.9　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 C6.1.3 節[圓筒壁體剪力變形檢討]，或本章 C6.1.4 節[圓筒壁體安定檢討]所得之壁體寬度。

C6.1.10　板樁拉力計算

作用於板樁之拉力，依下式計算。

$$T = \left[(\gamma \cdot H_0 + w)K_i + \gamma_w \cdot h_w\right]R \qquad \text{(C6.1.28)}$$

式中　T：板樁拉力(tf/m) (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(tf/m^3) (kN/m^3)

γ_w ：海水單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

H_o ：換算壁高(m)，詳本章 6.1.3 節[抵抗力矩計算]公式(C6.1.8)

h_w ：圓筒內水位與碼頭前水位差(m)

R ：圓 y 筒半徑(m)

w ：上載載重(tf/m^2) (kN/m^2)

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 600tf/m 及 400tf/m)為例，其容許拉力分別為 200tf/m 及 150tf/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。

C6.1.11 T 型板樁設計

T 型板樁其斷面示意如圖 C6-16 所示。

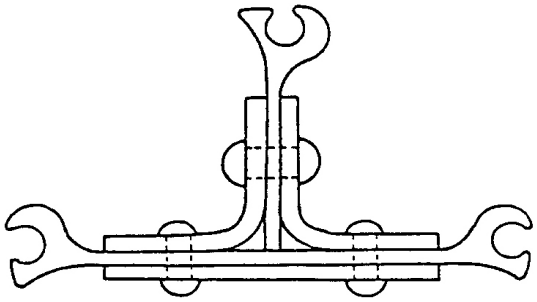


圖 C6-16 T 型板樁斷面示意圖

C6.1.12 細部設計

1.上部結構設計

(1) 直立部份設計

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 C6-17 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。

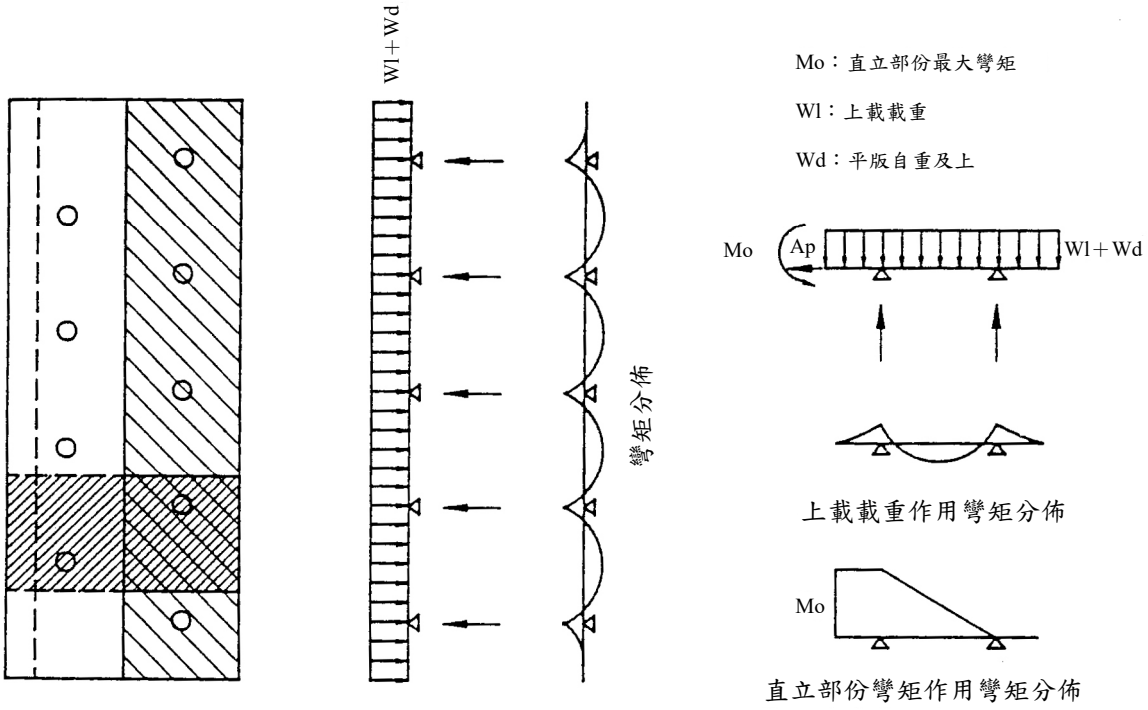


圖 C6-17　平版結構設計示意圖

C6.2　置放式鋼板圓筒碼頭

C6.2.1　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 C6-18 所示，斷面示意如本篇第

三章圖 3-3(b)。

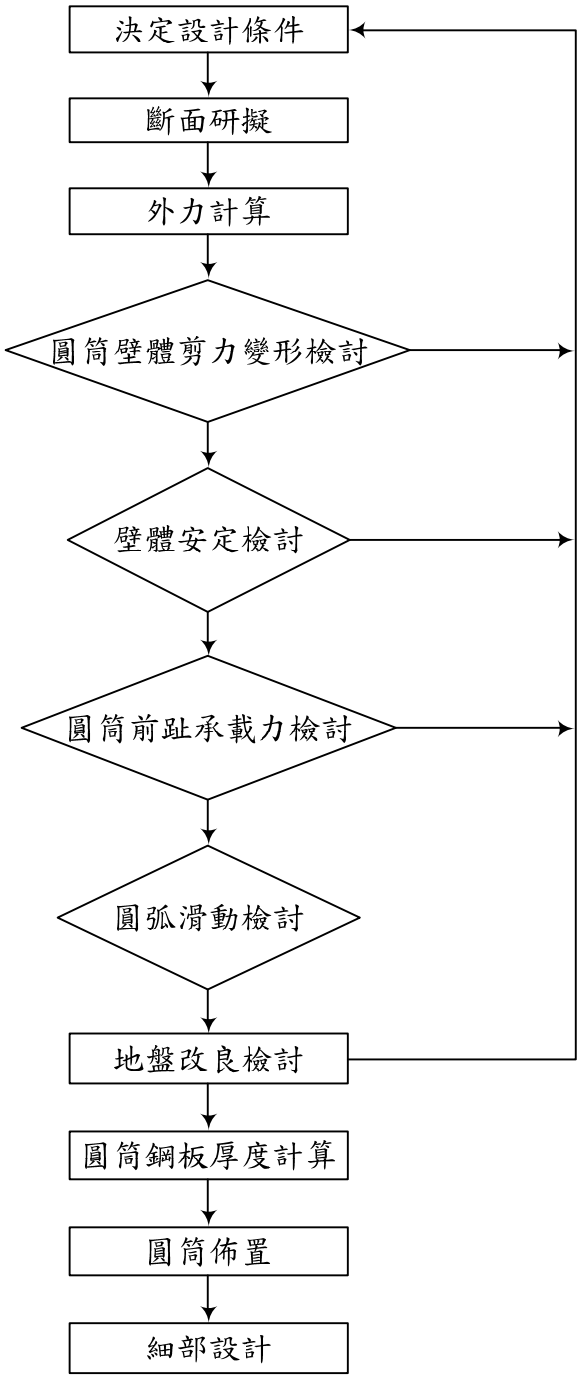


圖 C6-18　置放式鋼板圓筒碼頭設計流程

C6.2.2　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。

C6.2.3　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。

$$M_{rd}=\frac{1}{6}\gamma\cdot R_0\cdot H_0^3 \qquad \text{(C6.2.1)}$$

式中　M_{rd} ：抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

γ ：圓筒內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

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)

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

$r_0 = B/H_0$

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γ =1.0 tf/m^3)，並以下式計算換算壁高 H_O。

$$H_0 = \frac{\gamma_0'}{\gamma} H_w + \frac{\gamma_0}{\gamma}\left(H_d - H_w\right) \qquad \text{(C6.2.2)}$$

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(tf/m^3) (kN/m^3)

γ_0 ：圓筒內水位以上內填料之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

γ ：內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

C6.2.4 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 6.1.4 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：

$$S.F. \le \frac{M_{r0}}{M_{d0}} \qquad \text{(C6.2.3)}$$

式中 $S.F.$ ：安全係數

M_{d0} ：作用於圓筒壁體之傾覆力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_{r0} ：圓筒壁體傾覆抵抗力矩(tf-m/m) (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。

$$M_{r0}=\frac{1}{6}\gamma\cdot H'^{3}\cdot R_t \qquad \text{(C6.2.4)}$$

式中 M_{r0} ：圓筒壁體傾覆抵抗力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

γ ：圓筒內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

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 $\gamma=1.0$ tf/m^3)，並以下式計算換算壁高 H'。

$$H'=\frac{\gamma_0'}{\gamma}H_w'+\frac{\gamma_0}{\gamma}\left(H_d'-H_w'\right) \qquad \text{(C6.2.5)}$$

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(tf/m^3) (kN/m^3)

γ_0 ：圓筒內水位以上內填料之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

γ ：內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

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 C6-19 查得。

$$R_t = r_0'^2\left(3 - r_0' \cdot \cos\phi\right)\sin\phi + 3\left(\alpha^2 - \beta^2\right) + 6r_0 \cdot \beta \qquad \text{(C6.2.6)}$$

式中 $r_0 = B/H'$

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

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

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

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(tf/m^3) (kN/m^3)

ϕ ：內填料之內摩擦角(度)

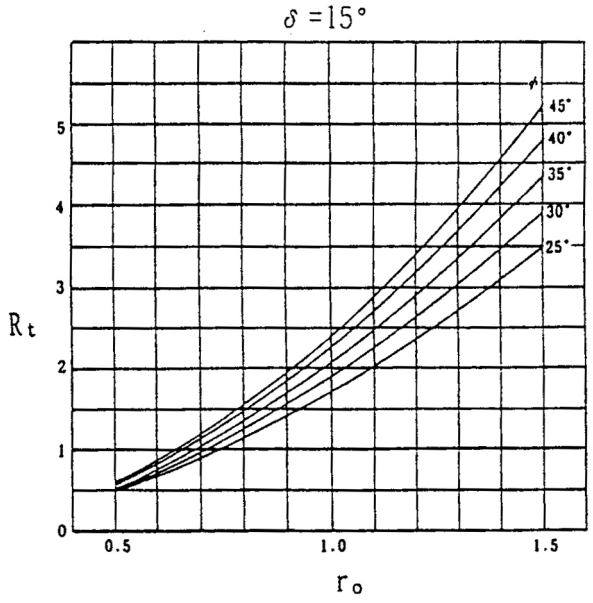


圖 C6-19　傾覆抵抗係數計算圖

C6.2.5　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。

$$V_t = \frac{1}{2}\gamma_0 \cdot H^2 \cdot \tan^2 \oint \qquad \text{(C6.2.7)}$$

式中　V_t：鋼板圓筒前趾最大反力(kN/m) (kN/m)

γ_0：圓筒內填料之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

H：鋼板圓筒壁體高度(m)

$\oint$：圓筒內填料之內摩擦角(度)

公式(C6.2-8)係將圓筒內填料之土壓係數與壁面摩擦係數之積視為$\tan^2 \oint$，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(C6.2-8)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 (C6.2-8)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。

$$V' = V_t \frac{M_{d0}}{M_{r0}} \qquad \text{(C6.2.8)}$$

式中　V'：傾覆力矩為 M_{d0} 時之鋼板圓筒前趾反力(tf/m) (kN/m)

V_t：鋼板圓筒前趾最大反力(tf/m) (kN/m)

M_{d0}：作用於圓筒壁體之傾覆力矩(tf-m/m) (kN-m/m)

M_{r0}：圓筒壁體傾覆抵抗力矩(tf-m/m) (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。

C6.2.6 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。

$$T=\left\{(\gamma\cdot H_0+W')\tan\phi+\gamma_w\cdot h_w\right\}R \qquad \text{(C6.2.9)}$$

式中 T：水平方向拉力(kN/m) (kN/m)

γ：圓筒內填料之換算單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

H_0：換算壁高(m)，詳公式(C6.2.2)

h_w：圓筒內水位與碼頭前之水位差(m)

W'：上載載重(tf/m^2) (kN/m^2)

ϕ：內填料之內摩擦角(度)

γ_w：海水單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

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。

C6.2.7 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。

C6.2.8 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。

C6.3 埋入式鋼板圓筒碼頭

C6.3.1 設計原則

本章 C6.3 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，本節所述之設計法並不適用。

- 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 C6-18 所示。

C6.3.2　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 C6.1.2 節[作用於鋼板樁圓筒之外力]規則計算。

C6.3.3　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 C6.1.3 節[圓筒壁體剪力變形檢討]規則檢討。

C6.3.4　圓筒壁體安定檢討

圓筒壁體安定檢討，依本章 C6.1.4 節[圓筒壁體安定檢討]規則檢討。地盤承載力檢討

C6.3.5　圓筒壁體滑動檢討

圓筒壁體滑動檢討，原則依本章 C6.1.6[圓筒壁體滑動檢討]規則計算。

C6.3.6　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。

C6.3.7　圓筒頂端變位檢討

圓筒頂端變位檢討，原則依本章 C6.1.7[圓筒頂端變位檢討]相關規則計算。

C6.3.8　圓弧滑動檢討

圓弧滑動檢討，原則依本章 C6.1.8[圓弧滑動檢討]規定辦理。

C6.3.9　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 C6.1.9 節[圓筒佈置]所述之鋼板樁圓筒式碼頭圓筒佈置原則。

C6.3.10　圓筒及圓弧鋼板厚度計算

圓筒及圓弧鋼板厚度，依本章 C6.2.6 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 tanϕ，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 C6.1.10 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 0.5tanϕ。

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。

$$t \geq 0.322\sqrt{\frac{R \cdot \overline{N} \cdot D'}{E}} \qquad \text{(C6.3.1)}$$

式中 t ：圓筒鋼板之最小厚度(cm)

E ：鋼料之楊氏係數(kgf/cm^2)

R ：圓筒半徑(cm)

$\overline{N}$ ：圓筒打設地盤之平均 N 值

D' ：鋼板圓筒打設深度(cm)

C6.3.11 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 C6-20。

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。

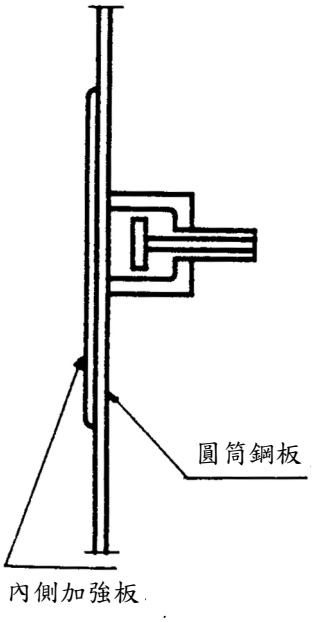


圖 C6-20　圓筒與圓弧接頭結構斷面示意圖

C6.3.12　細部設計

埋入式鋼板圓筒碼頭細部設計，依本章 C6.1.12 節[細部設計]所述鋼板樁圓筒式碼頭細部設計為準。

第七章　棧橋式碼頭

符號說明

A ：基樁之斷面積(cm^2)，見 C7.2.7 節

A_{i1}、A_{i2} ：基樁斷面積(m^2)，見 C7.3.7 節

b ：梁之跨度，樁之間距，見 C7.2.7 節

D ：基樁之直徑或寬度(cm)，見 C7.2.7 節

E_{i1}、E_{i2} ：基樁彈性係數(tf/m^2) (kN/m^2)，見 C7.3.7 節

EI ：基樁之撓曲剛度($kgf\text{-}cm^2$) ($N\text{-}cm^2$)，見 C7.2.7 節

EI_i ：編號 i 基樁之撓曲剛度($tf\text{-}m^2$) ($kN\text{-}m^2$)，見 C7.2.7 節

e ：棧橋單元對稱軸與水平力作用線之距離(m)，見 C7.2.7 節；斜組樁中心線與水平力作用線之距離(m)，見 C7.3.7 節

H ：作用於棧橋單元之水平力(tf) (kN)，見 C7.2.7 節與 C7.3.7 節

H_i ：分配至編號 i 基樁之水平力(tf) (kN)，見 C7.2.7 節；分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(tf) (kN)，見 C7.3.7 節

k' ：在水中之換算震度，見 C7.2.6 節

K_h ：水平地盤反力係數(kgf/cm^3) (N/cm^3)，見 C7.2.7 節

K_{si} ：編號 i 基樁之橫向剛性係數(tf/m) (kN/m)，見 C7.2.7 節

L_i ：編號 i 基樁樁頭至假想固定點之長度(m)，見 C7.2.7 節；編號 i 基樁長(m)，見 C7.3.7 節

L_{i1}、L_{i2} ：基樁長(m)，拉力作用時應採用摩擦樁之長度，見 C7.3.7 節

M ：基樁之彎矩(kgf-cm) (N-cm)，見 C7.2.7 節

M_i ：編號 i 基樁樁頭彎矩(tf-m) (kN-m)，見 C7.2.7 節

$M_{i,i+1}$ ：編號 i 之基樁樁頭於編號 i+1 的彎矩，見 C7.2.7 節

$M_{i-1\cdot i}$ ：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(tf-m) (kN-m)，見 C7.2.7 節

$M_{i\cdot i-1}$ ：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(tf-m) (kN-m)，見 C7.2.7 節

$M_{i,i+1}$：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 (tf-m) (kN-m)，見 C7.2.7 節

$M_{i+1,i}$：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 (tf-m) (kN-m)，見 C7.2.7 節

N：基樁假想固定點附近土壤之 N 值，見 C7.2.7 節

n：斜組樁組數，見 C7.3.7 節

P：基樁之軸力(kgf) (N)，見 C7.2.7 節

P_i：編號 i 基樁之基樁軸力(tf) (kN)，見 C7.2.7 節

${}_hP_i$：編號 i 基樁由水平力所致之基樁軸力(tf) (kN)，見 C7.2.7 節

${}_yP_i$：編號 i 基樁由垂直載重所致之基樁軸力(tf) (kN)，見 C7.2.7 節

$R_{i,i+1}$：樑 i~i+1 的材料迴轉角，見 C7.2.7 節

$S_{i,i-1}$：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 (tf) (kN)，見 C7.2.7 節

$S_{i,i+1}$：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 (tf) (kN)，見 C7.2.7 節

X_i：棧橋單元對稱軸至編號 i 基樁之距離(m)；斜組樁中心線至編號 i 斜組樁之距離(m)，見 C7.3.7 節

Z：基樁之斷面係數(cm^3)，見 C7.2.7 節

α：斜坡與水平面所形成之角度(度)，見 C7.2.6 節

γ：飽和土壤在空氣中單位體積重量(tf/m^3) (kN/cm^3)，見 C7.2.6 節

θ_i：i 點的 θ 迴轉角，見 C7.2.7 節

θ_{i1}、θ_{i2}：基樁與垂線所成之交角(度)，見 C7.3.7 節

λ_i：編號 i 基樁表面摩擦無效部份長度(m)，見 C7.3.7 節

σ：基樁應力(kgf/cm^2) (N/cm^2)，見 C7.2.7 節

σ_c：軸力所致之應力(kgf/cm^2) (N/cm^2)，見 C7.2.7 節

σ_{bc}：彎矩所致之應力(kgf/cm^2) (N/cm^2)，見 C7.2.7 節

φ：構成斜坡主要材料之內摩擦角(度)，見 C7.2.6 節

C7.1　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。

C7.1.1　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。

C7.1.2　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 30 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. 依據第二篇第十章 10.2.5 節決定水平譜加速度係數。
2. 依據碼頭基地之土壤特性，由第二篇第十章 10.5.2 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。

C7.2 直樁棧橋式碼頭

C7.2.1 設計原則

直樁棧橋式碼頭設計流程，如圖 C7-1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-4(a)。

C7.2.2 棧橋單元大小及基樁配置

1. 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。

2. 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。

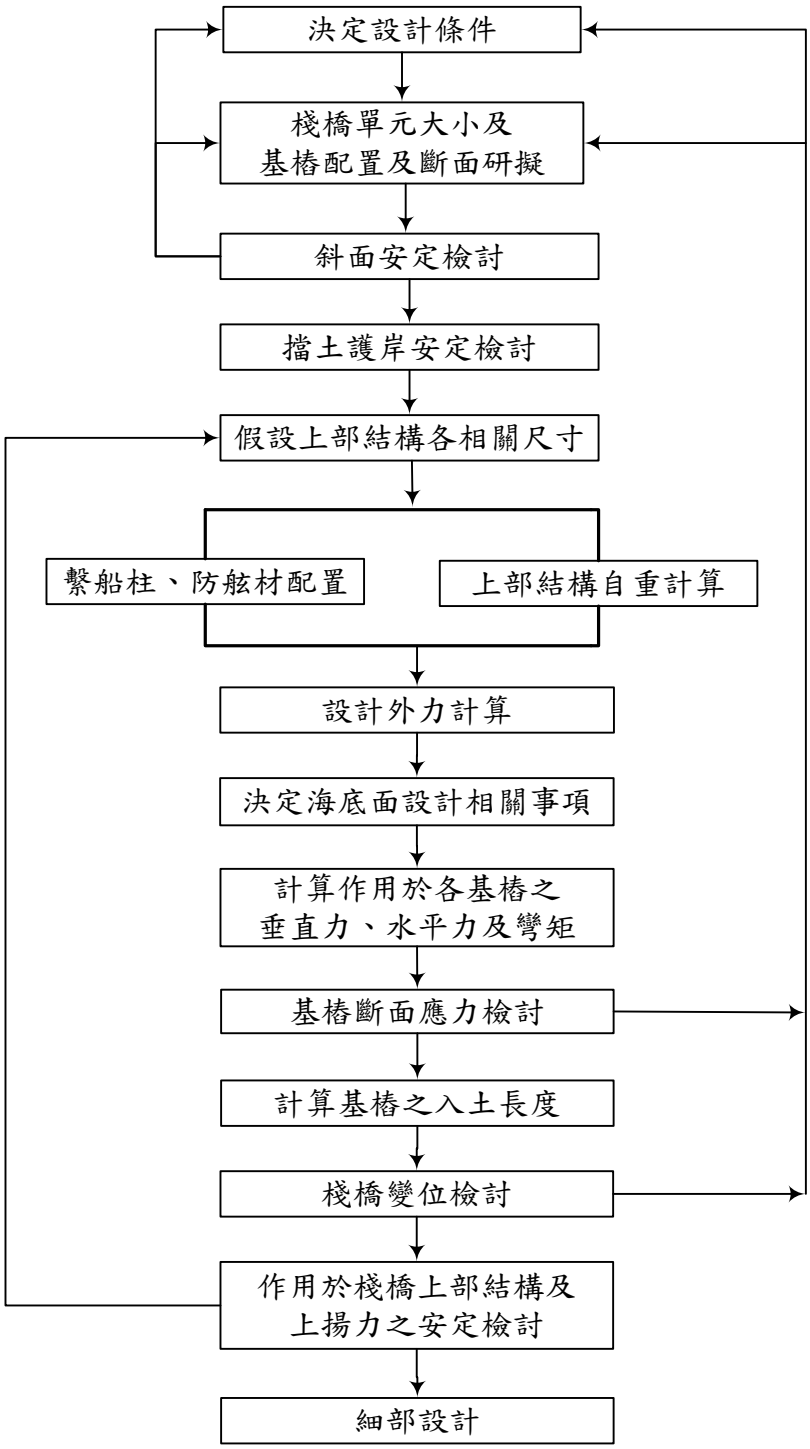


圖 C7-1　直樁棧橋式碼頭設計流程

C7.2.3　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：25~30cm
- 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

C7.2.4 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。

C7.2.5 作用於棧橋之外力

1. 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 1.7～2 tf/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。

2. 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。

3. 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 C7-2 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。

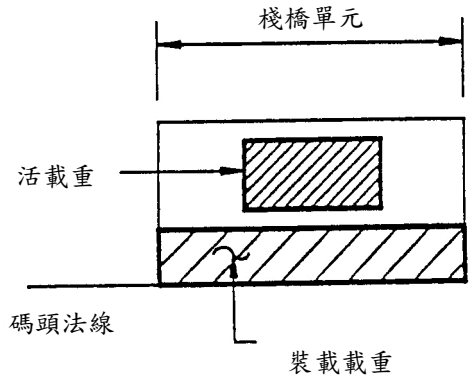


圖 C7-2　裝載載重與活載重分佈示意圖

4. 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。

5. 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。

6. 風力

作用於起重機等之風力，依第二篇第三章[風]規則計算。

7. 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，可包含作用於各基樁自重之地震力以簡化計算。

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。

8. 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。

C7.2.6 海底面設計相關事項

1. 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 C7-3 所示，重力式擋土結構物應興建於該安定面之後。

$$\alpha = \varphi - \varepsilon \qquad \text{(C7.2.1)}$$

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'：在水中之換算震度

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 (C7.2.1)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 (C7.2.1)所計算之安定斜面之後。

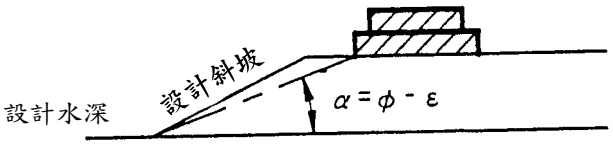


圖 C7-3　碼頭後線重力式擋土結構物位置示意圖

2. 假想地表面

若斜坡相當陡，於計算基樁之橫向抵抗及承載力時，各基樁之假想地表面，如圖 C7-4 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，建議以彈性支承分析。

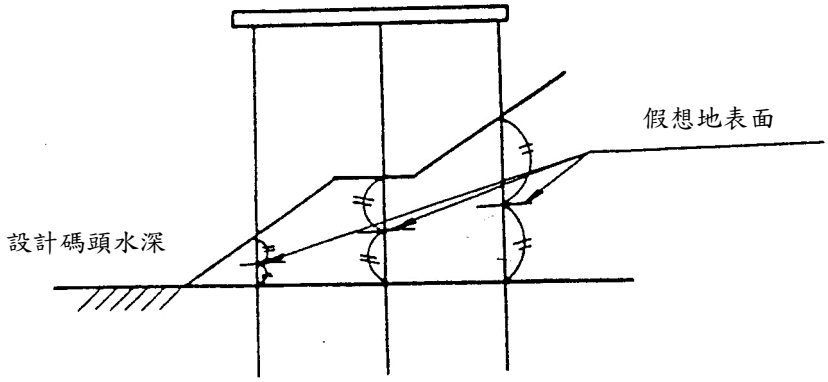


圖 C7-4　假想地表面示意圖

C7.2.7　基樁設計

1. 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。

$$K_h=0.15N \qquad \text{(C7.2.2)}$$

$K_h=1.5N$

式中　K_h：水平地盤反力係數(kgf/cm^3) (N/cm^3)

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。

2.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/β。β 值依下式計算之。

$$\beta(cm^{-1}) = \left[\frac{K_h \cdot D}{4EI}\right]^{1/4} \qquad \text{(C7.2.3)}$$

式中 K_h：水平地盤反力係數(kgf/cm^3) (N/cm^3)

D ：基樁之直徑或寬度(cm)

EI ：基樁之撓曲剛度(kgf-cm^2) (N-cm^2)

3.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

a. 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。

$$H_i = \frac{K_{si}}{\sum_i K_{si}} H \qquad \text{(C7.2.4)}$$

式中 H_i：分配至編號 i 基樁之水平力(tf) (kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(tf) (kN)

K_{si}：編號 i 基樁之橫向剛性係數(tf/m) (kN/m)

$$K_{si} = \frac{12EI_i}{L_i^3}$$

EI_i：編號 i 基樁之撓曲剛度(tf-m^2) (kN-m^2)

L_i ：編號 i 基樁樁頭至假想固定點之長度(m)

b. 須考慮棧橋單元之迴轉時

如圖 C7-5 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。

$$H_i = \frac{K_{si}}{\sum_i K_{si}} H + \frac{K_{si} \cdot X_i}{\sum_i (K_{si} \cdot X_i^2)} e \cdot H \qquad \text{(C7.2.5)}$$

式中 H_i ：分配至編號 i 基樁之水平力(tf) (kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(tf) (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(tf/m) (kN/m)

$$K = \frac{12EI_i}{L_i^3}$$

EI_i：編號 i 基樁之撓曲剛度(tf-m^2) (kN-m^2)

L_i ：編號 i 基樁樁頭至假想固定點之長度(m)

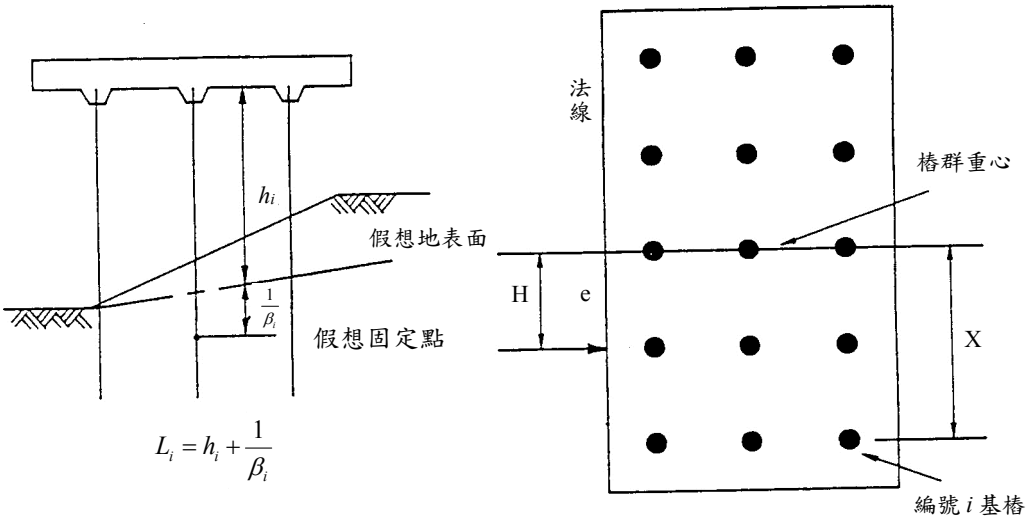


圖 C7-5　棧橋基樁配置及水平力作用點示意圖

(3) 變位量

棧橋及基樁變位量，可依下列公式計算。

a. 棧橋整體之水平變位量Δ

$$\Delta = \frac{H}{\sum_i K_{si}} \qquad \text{(C7.2.6)}$$

b. 棧橋之迴轉量 α

$$\alpha \fallingdotseq \frac{e.\ H}{\sum_i (K_{s\cdot i}\ X_i^{\ 2})} \qquad \text{(C7.2.7)}$$

c. 編號 i 基樁樁頭變位量Δi

$$\Delta i \ \fallingdotseq \frac{H}{\sum_i K_{si}} + \frac{Xi}{\sum_i (K_{si}\cdot X_i^{\ 2})} e\cdot H$$

$$=\Delta+\alpha\cdot X_i \qquad \text{(C7.2.8)}$$

(4) 基樁彎矩

基樁樁頭彎矩，可依下列公式計算。

$$M_i = 0.5 \cdot L_i \cdot H_i \qquad \text{(C7.2.9)}$$

式中　M_i：編號 i 基樁樁頭彎矩(tf-m) (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(tf) (kN)

(5) 基樁軸力

基樁軸力，可依下列公式計算。

$$P_i = {}_hP_i + {}_vP_i \qquad \text{(C7.2.10)}$$

式中　P_i：編號 i 基樁之基樁軸力(tf) (kN)

${}_hP_i$：編號 i 基樁由水平力所致之基樁軸力(tf) (kN)

${}_vP_i$：編號 i 基樁由垂直載重所致之基樁軸力(tf) (kN)

編號 i 基樁由水平力所致之基樁軸力($_hP_i$)，可依下式計算之。

$$hP_i = S_{i.\ i-1} + S_{i.\ i+1} \qquad \text{(C7.2.11)}$$

$$=\frac{M_{i-1\ i} + M_{i\cdot i-r} - M_{i.\ i+1} - M_{i+1\ i}}{b}$$

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(tf) (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(tf) (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(tf-m) (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(tf-m) (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(tf-m) (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(tf-m) (kN-m)

b　：梁之跨度，樁之間距

基樁樁頭之彎矩分佈，如圖 C7-6 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：

a. 編號 i 基樁位於中間支承點，依下列公式計算之。

$$M_{i\cdot i-1}=a\cdot M_i$$

(C7.2.12)

$$M_{i\cdot i+1}=b\cdot M_i$$

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

b. 如編號 i 基樁位於兩端支承點，則採用該樁樁頭彎矩 M_i。

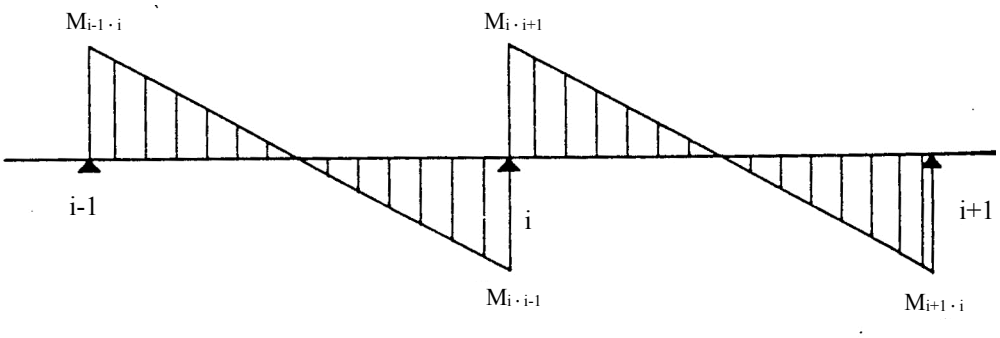


圖 C7-6　基樁樁頭彎矩分佈示意圖

(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 C7-5。

(7) 式(C7.2.6)~式(C7.2.8)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 ($\alpha=\omega/(12E_cI_c/\ell)$，$\ell$ 為跨距長，ω 為樁的彈性沈陷係數，E_cI_c 為樑的剛度)。在此範圍外的案例，可以表 C7-1 所示聯立方程式解出後，再以式(C7.2.13)求出即可(參照圖 C7-7)。

$$M_{i,i+1}=2\phi_i+\phi_{i+1}+\phi_{i,i+1} \qquad \text{(C7.2.13)}$$

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

$\phi_{i,i+1}$：$-6EIR_{i,i+1}/\ell$

$R_{i,i+1}$：樑 i~i+1 的材料迴轉角

此聯立方程式是假設樑的剛性均一致所求出。

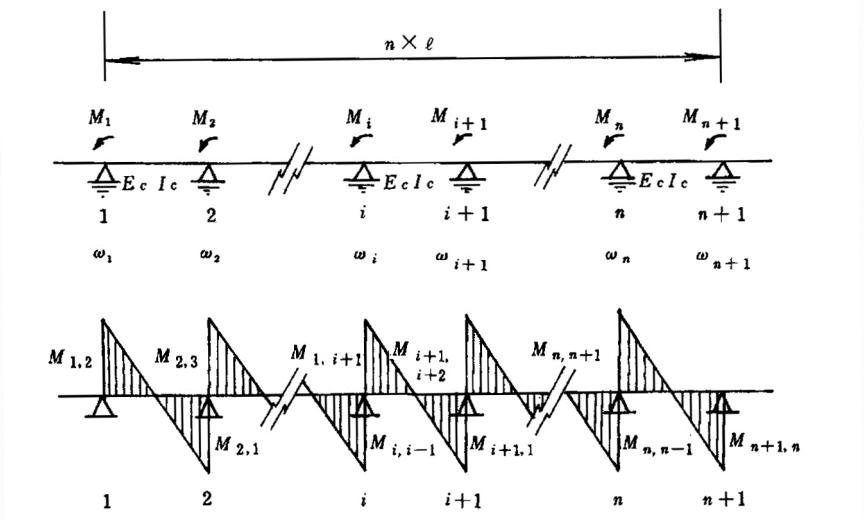


圖 C7-7　基樁樁頭軸力分佈示意圖

(10)有關垂直荷重造成的樁的軸力，以表 C7-1 分配在各樁頭的垂直荷重為準。

4. 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。

$$\sigma = \sigma_c \pm \sigma_{bc} \qquad \text{(C7.2.13)}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{A},\ \sigma_{bc} = \frac{M}{Z} \qquad \text{(C7.2.14)}$$

式中　σ：基樁應力(kgf/cm^2) (N/cm^2)

σ_c：軸力所致之應力(kgf/cm^2) (N/cm^2)

σ_{bc}：彎矩所致之應力(kgf/cm^2) (N/cm^2)

A：基樁之斷面積(cm^2)

P：基樁之軸力(kgf) (N)

Z：基樁之斷面係數(cm^3)

M：基樁之彎矩(kgf-cm) (N-cm)

(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

a.通常作用於棧橋基樁之剪力較小，故除非有特別載重外，可不必檢討。

b.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。

c.於可能產生壓密沉陷之地盤，須檢討負摩擦力之影響。

表 C7-1　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
節點方程式	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
剪力方程式	1～2	$\frac{1.5}{\omega_1}+\frac{1.5}{\omega_2}$	$\frac{1.5}{\omega_1}$	$-\frac{1.5}{\omega_2}$										$\frac{1.0}{\omega_1}+\frac{1.0}{\omega_2}+N$	$-\frac{1.0}{\omega_2}$								0
	⋮																						⋮
	i～$(i+1)$					$-\frac{1.5}{\omega_i}$	$\frac{1.5}{\omega_{i+1}}$	$\frac{1.5}{\omega_i}$	$-\frac{1.5}{\omega_{i+1}}$								$-\frac{1.0}{\omega_i}$	$\frac{1.0}{\omega_i}+\frac{1.0}{\omega_{i+1}}+N$	$-\frac{1.0}{\omega_{i+1}}$				0
	⋮																						⋮
	$(n-1)$～n										$-\frac{1.5}{\omega_{n-1}}$	$\frac{1.5}{\omega_n}$	$\frac{1.5}{\omega_{n-1}}+\frac{1.5}{\omega_n}$								$-\frac{1.0}{\omega_{n-1}}$	$\frac{1.0}{\omega_{n-1}}+\frac{1.0}{\omega_n}+N$	0

M_i：i 項次樁的樁頭彎矩（tf-m）

$\acute{\omega}_i$：i 項次樁的彈性沈下係數(tf/m)

$$\omega i=\frac{A_s E_s}{L_i}$$

E_s：樁的剛性係數(tf/m^2)

A_s：樁的斷面積(m^2)

Li：作用於軸力之樁長(m)

N：$N=\frac{\ell^3}{12E_cI_c}$

E_cI_c：樑的彎曲剛度(tf-m^2)

ℓ：跨距(m)

5.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。

6.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/β。β值依本章7.2.7節第3小節[假想固定點]公式(C7.2.3)計算

7.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。

8.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。

C7.2.8　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。

C7.2.9　圓弧滑動檢討

棧橋碼頭擋土護岸，依第五篇第六章[邊坡穩定]規則檢討圓弧滑動安定。

C7.2.10　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。

a.平版及連接版

- 自重＋裝載載重
- 自重＋活載重
- 自重＋上揚力

b.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 C7-8 求得。

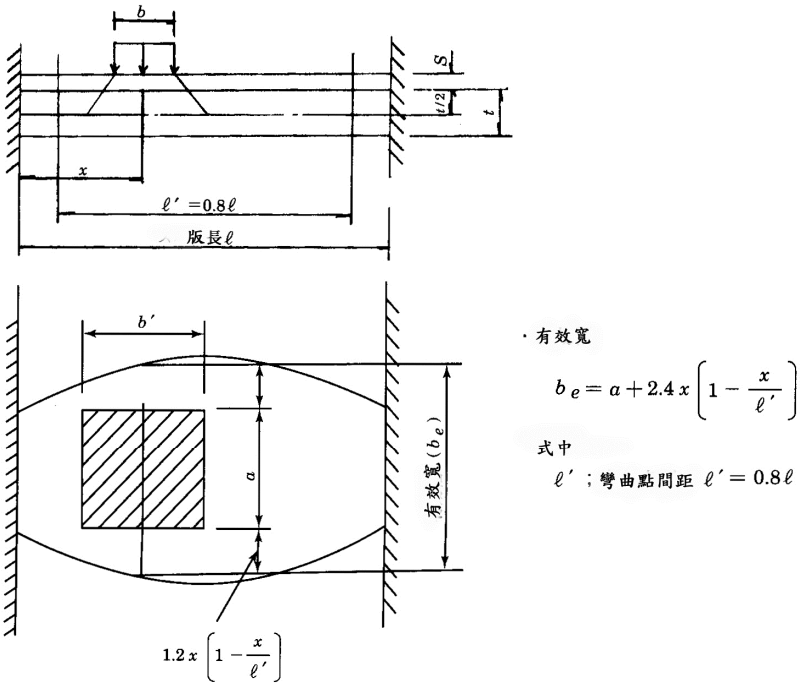
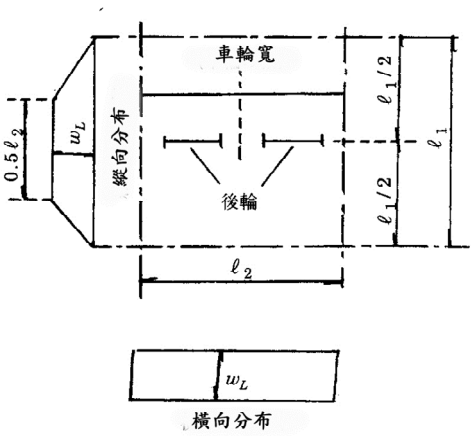


圖 C7-8　兩端固定的單向版的有效寬度

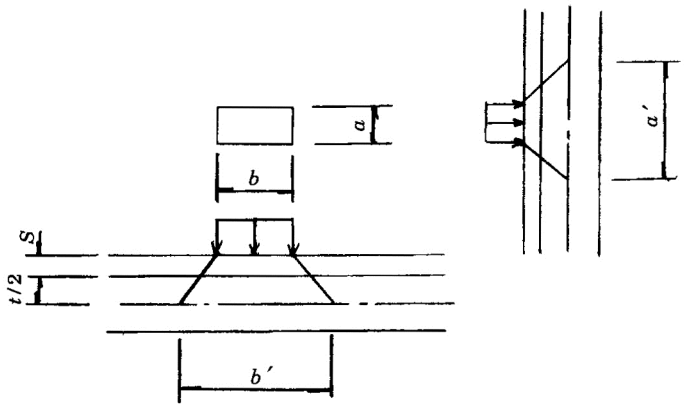
5. 卡車及托車的輪胎荷重作用於版的彎矩由以下述二種方式算出後，取較大值的部分做為設計彎矩即可。一種是將其換算成等分佈荷重，設定為四邊固定版，以版的計算圖表求得彎矩。另一種為將其換算成部分等分布荷重，再用(Pigeaud 的圖表)求得。又等分布荷重及部分等分佈荷重的換算方式可參考圖 C7-9 及圖 C7-10。



$$\frac{1}{2}(0.5l_2 + l_1) \times \omega_L \times C = P$$

$$\therefore\ w_L = \frac{P}{(0.25\ell_2 + 0.5\ell_1)\cdot C}$$

圖 C7-9　等分佈荷重的換算



換算分布寬 $(a' \times b')$

$$a' = a + 2\left(S + \frac{t}{2}\right)$$

$$b' = b + 2\left(S + \frac{t}{2}\right)$$

式中

S；舖裝厚

t；床版厚

圖 C7-10　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 C7-11 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。

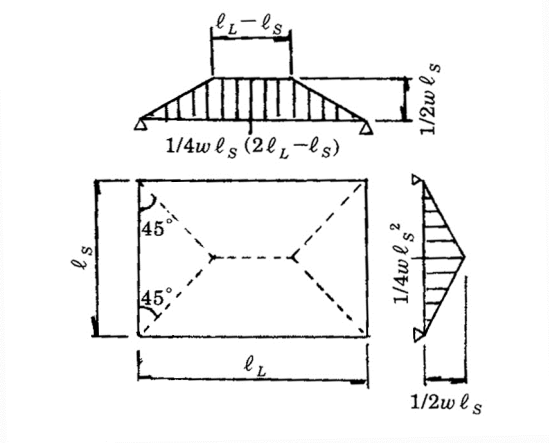


圖 C7-11　靜載重與活載重作用於樑之彎矩

10.作用在水面附近的水平板之上揚力須考量至設計中。

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 C7-12 所示，配置於棧橋單元角隅處之基樁，在A、B方向樑的軸向力量作用時是安全的，但在C方向是危險的，故宜對斜向力量作用下之樁頭水平剪應力進行檢討。

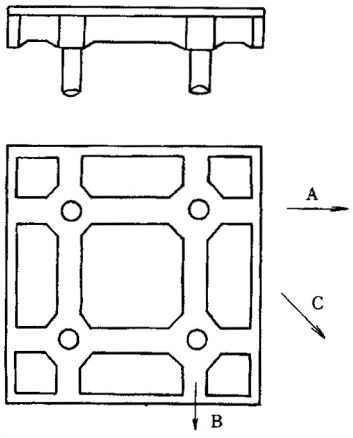


圖 C7-12　棧橋平面內之荷重方向

14. 樁頭與上部結構之結合為剛接時，可採取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，則可以在鋼樁上銲接鋼筋或是鋼板來因應。另對於抵抗樁頭彎矩所須埋入深度不足的部分，可在鋼樁的上下銲接鋼板再於鋼板上銲接鋼筋或於鋼樁內側銲接補強筋等，透過鋼筋來傳達樁頭的彎矩(如圖 C7-13 所示)。

15. 鋼筋混凝土結構時之樁頭部位的接合實例如圖 C7-14 所示。

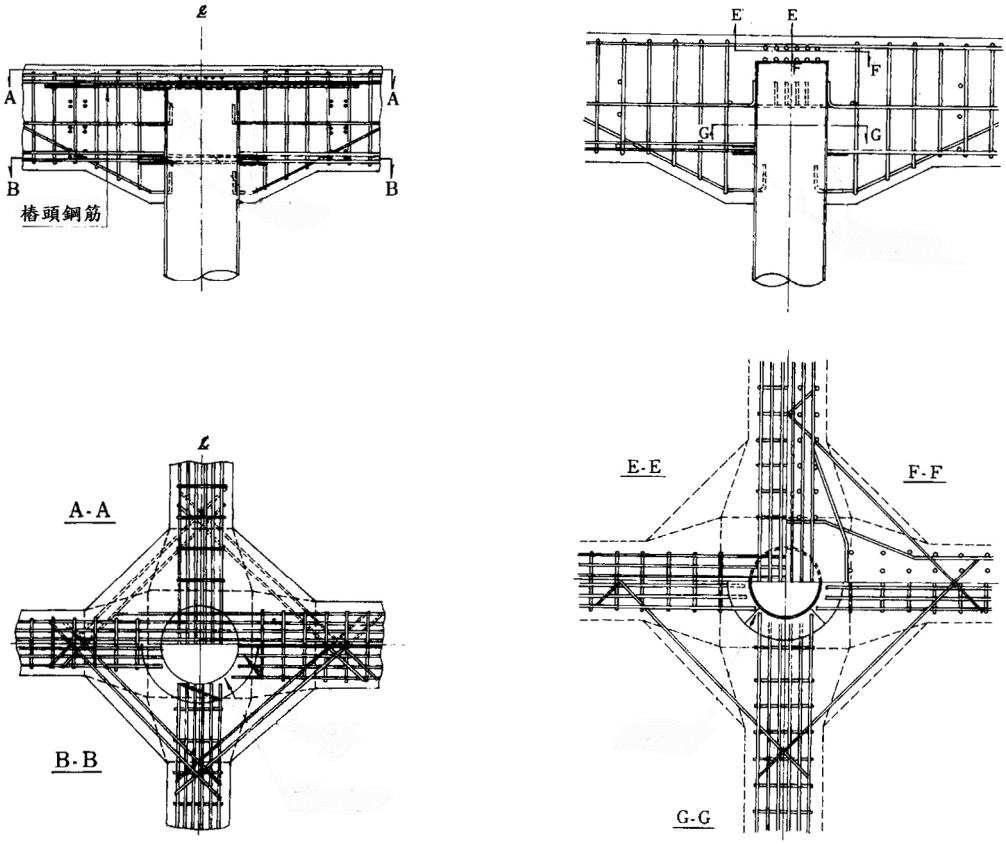


圖 C7-13　樁頭埋入圖例

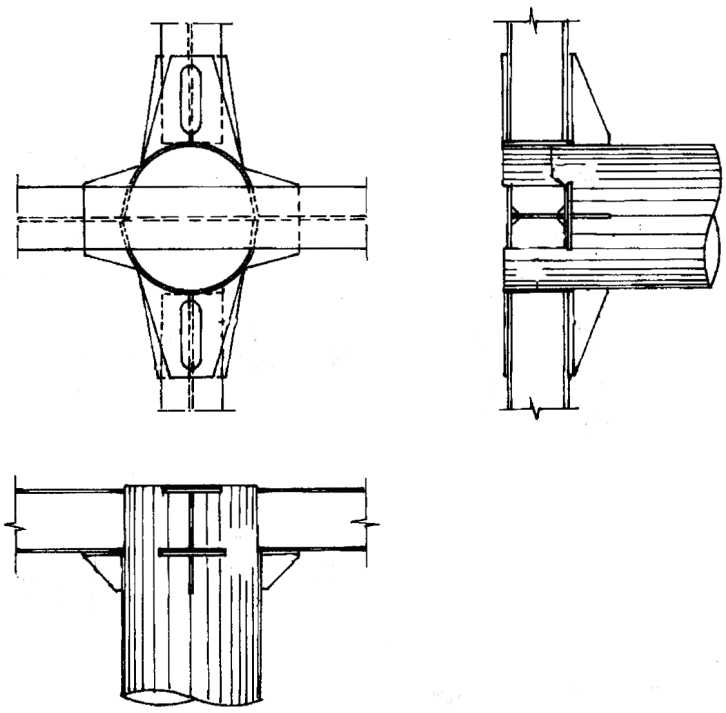


圖 C7-14　鋼筋混凝土結構樁頭接合圖例

C7.3　斜樁棧橋式碼頭

C7.3.1　設計原則

斜樁棧橋式碼頭設計流程，如圖 C7-15 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-4(b)。

C7.3.2　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。

C7.3.3　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。

C7.3.4　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。

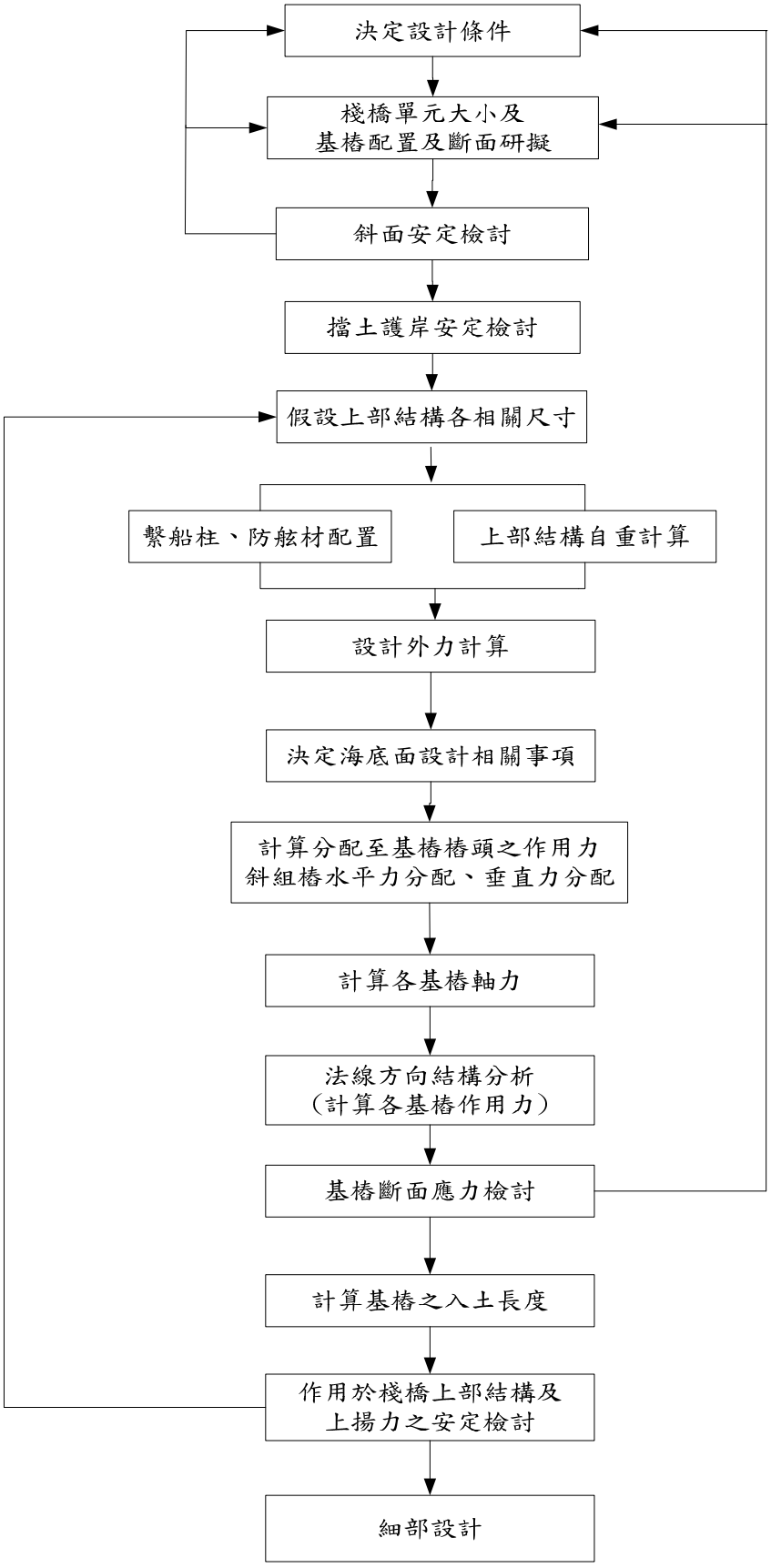


圖 C7-15　斜樁棧橋式碼頭設計流程

C7.3.5　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。

C7.3.6　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。

C7.3.7　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 C7-16 所示，分配至各斜組樁樁頭之水平力，可由下列公式計算之。

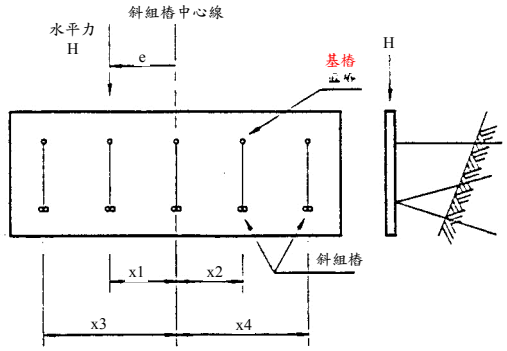


圖 C7-16　斜組樁中心線與各斜組樁距離示意圖

(1) 當基樁視為點承樁時

a. 無須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H \qquad \text{(C7.3.1)}$$

$$C_i = \frac{\sin^2(\theta_{i1} - \theta_{i2})}{\frac{L_{i1}}{A_{i1} \cdot E_{i1}} \cos^2 \theta_{i2} + \frac{L_{i2}}{A_{i2} \cdot E_{i2}} \cos^2 \theta_{i1}}$$

式中　H_i：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(tf) (kN)

H：作用於棧橋單元之水平力(tf) (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(tf/m^2) (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

b. 須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H + \frac{C_i \cdot X_i}{\sum_i (C_i \cdot X_i^2)} e \cdot H \qquad \text{(C7.3.2)}$$

式中 H_i：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(tf) (kN)

H：作用於棧橋單元之水平力(tf) (kN)

C_i：詳公式(C7.3.1)

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$\sum_i (C_i \cdot \xi_i) / \sum_i C_i$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(C7.3.1)、(C7.3-2)中之 L_i，以$(2L_i+\lambda_i)/3$ 取代之。

黏性土壤：公式(C7.3.1)、(C7.3.2)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。

a. 無須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{1}{n} H \qquad \text{(C7.3.3)}$$

式中 H_i ：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(tf) (kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(tf) (kN)

n ：斜組樁組數

b. 須考慮棧橋單元之迴轉時

$$H_i = \frac{1}{n} H + \frac{X_i}{\sum_i X_i^2} e \cdot H \qquad \text{(C7.3.4)}$$

式中 H_i ：分配至編號 i 斜組樁樁頭之水平力(tf) (kN)

H ：作用於棧橋單元之水平力(tf) (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。

C7.3.8 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。

C7.3.9　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。

C7.3.10　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。

C7.3.11　圓弧滑動檢討

棧橋碼頭擋土護岸，依第五篇第六章[邊坡穩定]規則檢討圓弧滑動安定。

C7.3.12　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

符號說明

α：土壤崩壞面與水平面之夾角 (度)，見 C8.3.2 節

ϕ：土壤的內摩擦角 (度)，見 C8.3.2 節

k'：在水中之換算震度，見 C8.3.2 節

Mo：直立部分最大彎矩 (tf-m) (kN-m)，見 C8.5.2 節

Pa：主動土壓強度 (tf) (kN) 見 C8.5.1 節

Pp：被動土壓強度 (tf) (kN)，見 C8.5.1 節

Wd：平板自重及上部結構土砂重量 (tf) (kN)，見 C8.5.2 節

Wl：上載載重 (tf) (kN)，見 C8.5.2 節

C8.1　設計原則

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 C8-1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 3.1-5。

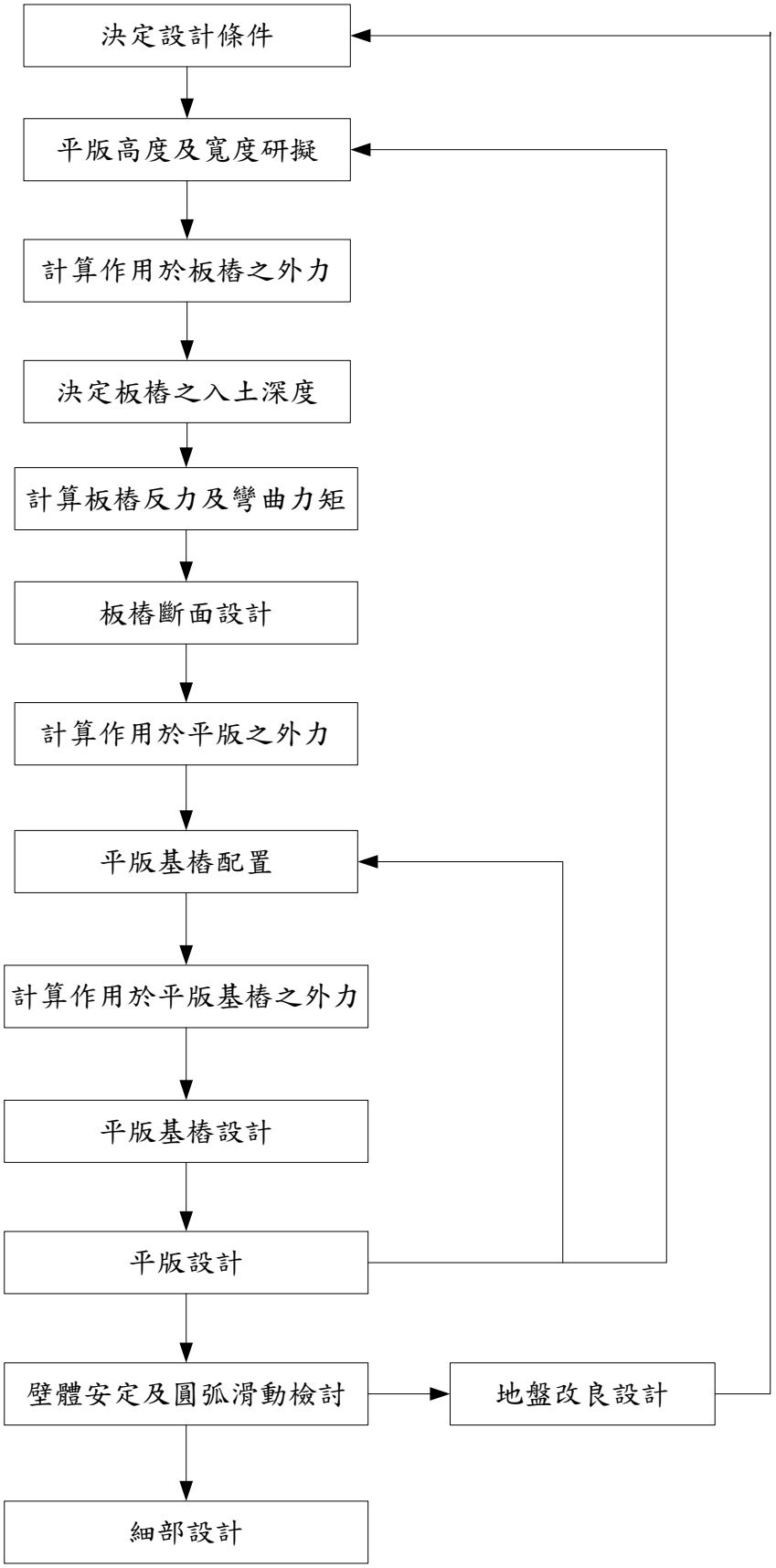


圖 C8-1　平版樁基式碼頭設計流程

C8.2　決定平版高度及寬度

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。

C8.3　作用於板樁之土壓力及殘留水壓力

C8.3.1　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 C8-2 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 C8-2 所示。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。

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。

$$\alpha = \varphi - \tan^{-1} k' \qquad \text{(C8.3.1)}$$

式中　α：土壤崩壞面與水平面之夾角 (度)

ϕ：土壤的內摩擦角 (度)

k'：在水中之換算震度

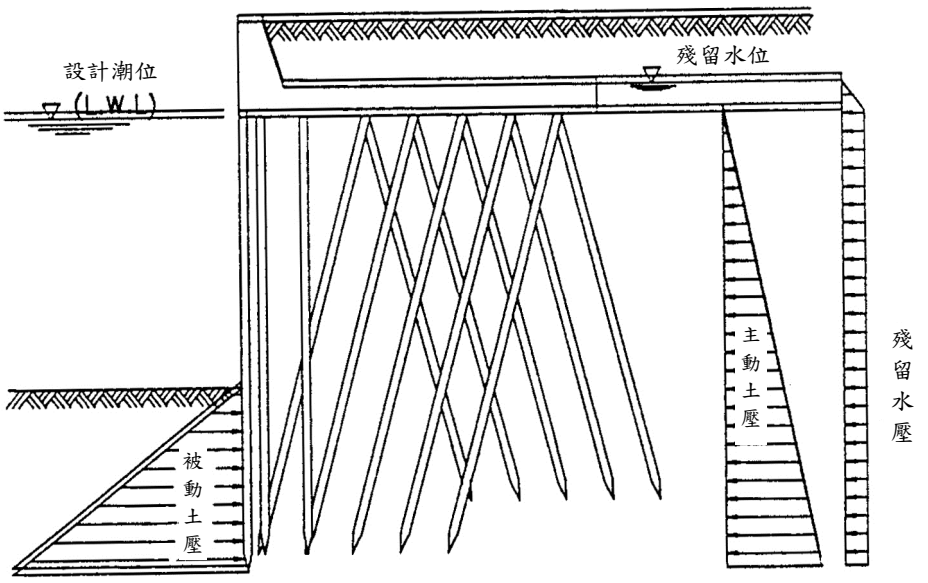


圖 C8-2　作用於平版樁基式碼頭板樁之土壓及殘留水壓

作用在板樁牆之土壓，如圖 C8-3 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 C8-2 之土壓力計算。在兩者間的土壓視為直線變化。

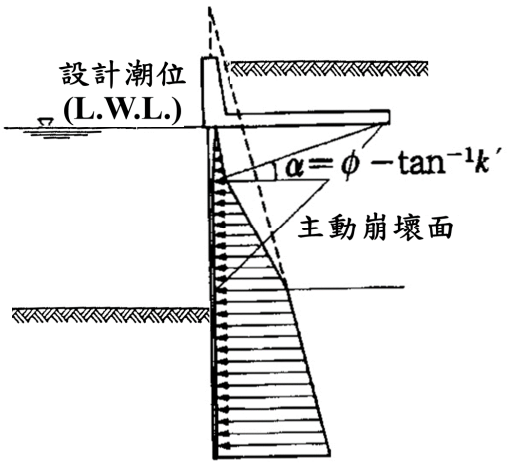


圖 C8-3　平版寬度較小時作用於板樁之土壓力

打設在板樁背後的平板基樁，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，但有以板樁與平板基樁之彎曲剛性（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。

C8.3.2　殘留水壓力

如圖 C8-2 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。

C8.4　板樁設計

C8.4.1　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 C8.3 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。

C8.4.2　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 C8.3 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。

C8.5 平版設計

C8.5.1 作用於平版之外力

1.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。

2.土壓力及殘留水壓力

作用於平版背面之土壓分佈，如圖 C8-4 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。

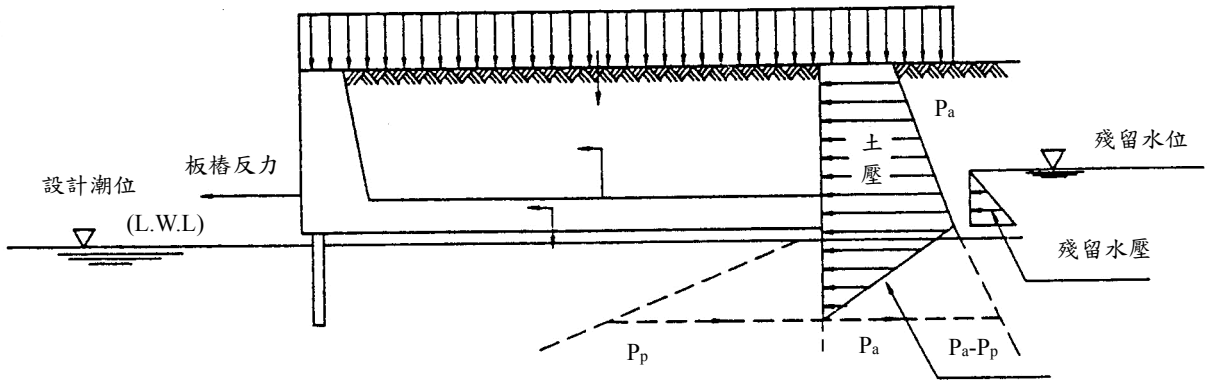


圖 C8-4 作用於平版之外力

3. 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。

4. 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。

5. 地震時的動水壓

地震時作用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。

C8.5.2　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 C8-5 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

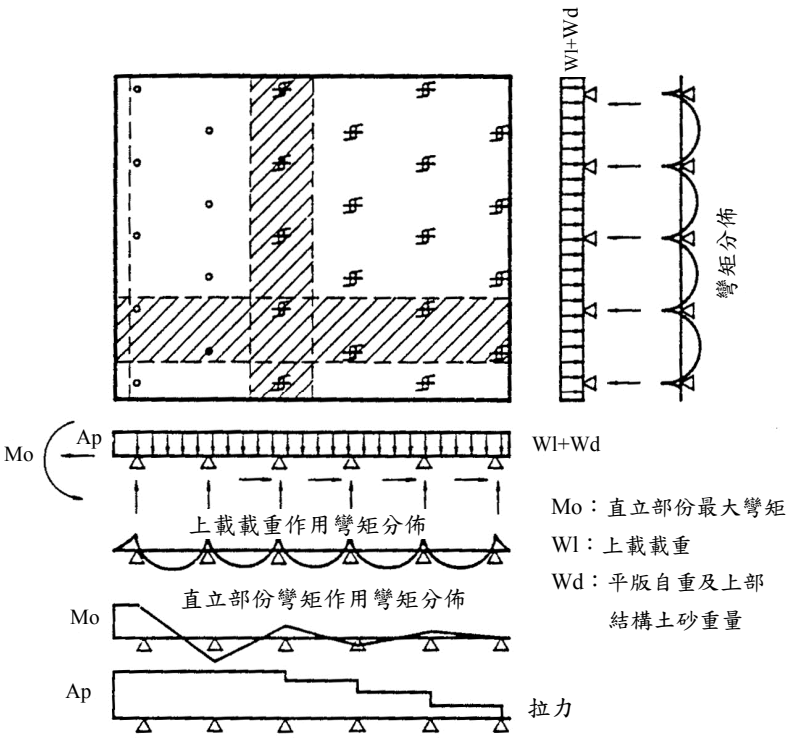


圖 C8-5　平版結構設計示意圖

C8.5.3　平版承載基樁設計

1.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。

2.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。

3.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]。

C8.6　壁體安定檢討

如圖 C8-6 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。

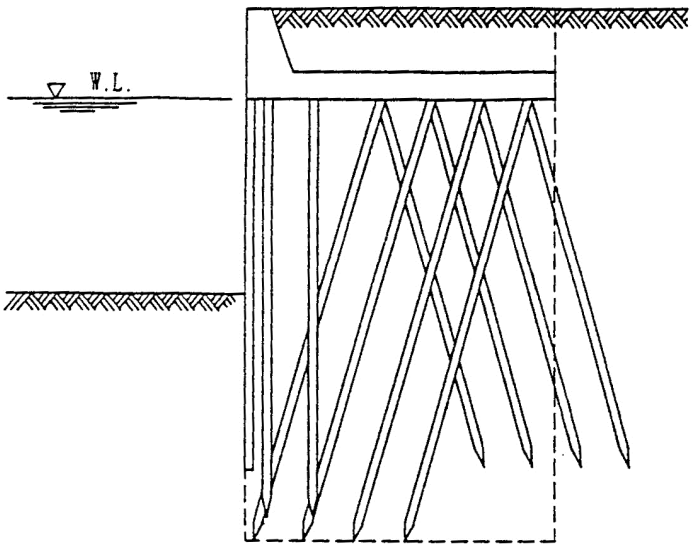


圖 C8-6　平版樁基式碼頭壁體示意圖

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§之積；粘土時可視為土壤凝聚力與壁體底面積之積。上述§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°。

C8.7 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[邊坡穩定]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

符號說明

h'：浮箱乾舷高度(m)，見 C9.10.3 節

d：浮箱高度(m)，見 C9.10.3 節

W1：浮箱重量(tf) (kN)，見 C9.10.3 節

W2：浮箱重量與均佈載重總重(tf) (kN)，見 C9.10.3 節

W2'：浮箱艙內浸水時重量與均佈載重總重(tf) (kN)，見 C9.10.3 節

w：錨鏈單位長度重量(tf/m) (kN/m)，見 C9.10.4 節

Wa：錨之水中重量(tf) (kN)，見 C9.10.5 節

γw：水之單位體積重量(tf/m3) (kN/m^3)，見 C9.10.3 節

I：浮箱吃水面對長軸之斷面慣性力矩(m4)，見 C9.10.3 節

I'：浮箱艙內浸水時，吃水面對長軸之斷面慣性力矩(m4)，見 C9.10.3 節

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(m4)，該中心軸應與浮箱之迴轉軸成平行，見 C9.10.3 節

γw：海水單位體積重量(tf/m3) (kN/m^3)，見 C9.10.3 節

C：浮箱浮心，見 C9.10.3 節

C'：浮箱艙內浸水時之浮心，見 C9.10.3 節

G：浮箱重心，見 C9.10.3 節

G'：浮箱艙內浸水時之重心，見 C9.10.3 節

a：浮箱中心軸至 P 載重之偏心距離(m)，見 C9.10.3 節

b：浮箱寬度(m)，見 C9.10.3 節

c：浮箱重心至浮箱底面高度(m)，見 C9.10.3 節

d：P 作用於浮箱中心時，浮箱之吃水深度(m)，見 C9.10.3.4 節

h：浮箱高度(m)，見 C9.10.3.4 節

P：偏心載重之合力(tf) (kN)，見 C9.10.3 節

F：浮力(tf) (kN)　F=W1+P，見 C9.10.3 節

α：浮箱傾斜角(度)，見 C9.10.3 節

h：浮箱底面至海底面之垂直距離(m)，見 C9.10.4 節

P：作用於浮箱之水平外力(tf) (kN)，見 C9.10.4 節

T：作用於錨鏈之拉力(tf) (kN)，見 C9.10.4 節

θ1：在錨鏈與錨碇設施連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)，見 C9.10.4 節

θ2：在浮箱與錨鏈連接處，錨鏈與水平面所夾角度(度)，見 C9.10.4 節

Va：作用於錨鏈與錨碇設施連接處之垂直力(tf) (kN)，見 C9.10.4 節

Vb：作用於錨鏈與浮箱連接處之垂直力(tf) (kN)，見 C9.10.4 節

L：錨鏈長度(m)，見 C9.10.4 節

Kh：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)，見 C9.10.4 節

Ta：錨之錨著力(tf) (kN)，見 C9.10.5 節

C9.1　直立消波式碼頭

C9.1.1　設計原則

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 C9-1 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-6。

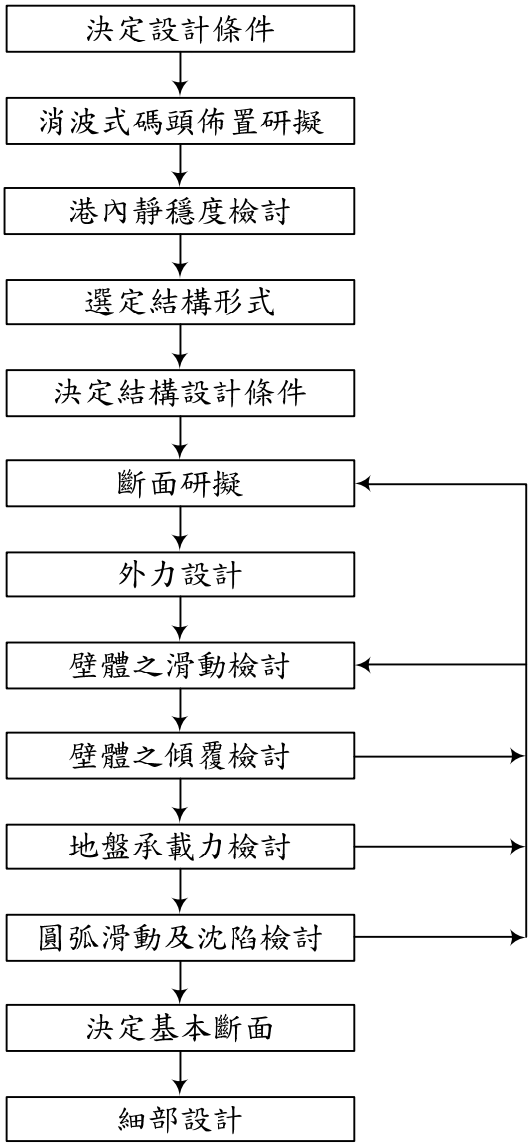


圖 C9-1　直立消波式碼頭設計流程

C9.1.2　消波式碼頭配置原則

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。

C9.1.3　選定結構型式

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。

C9.2 自立式板樁碼頭

C9.2.1 設計原則

自立式板樁碼頭設計流程，如圖 C9-2 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-7。

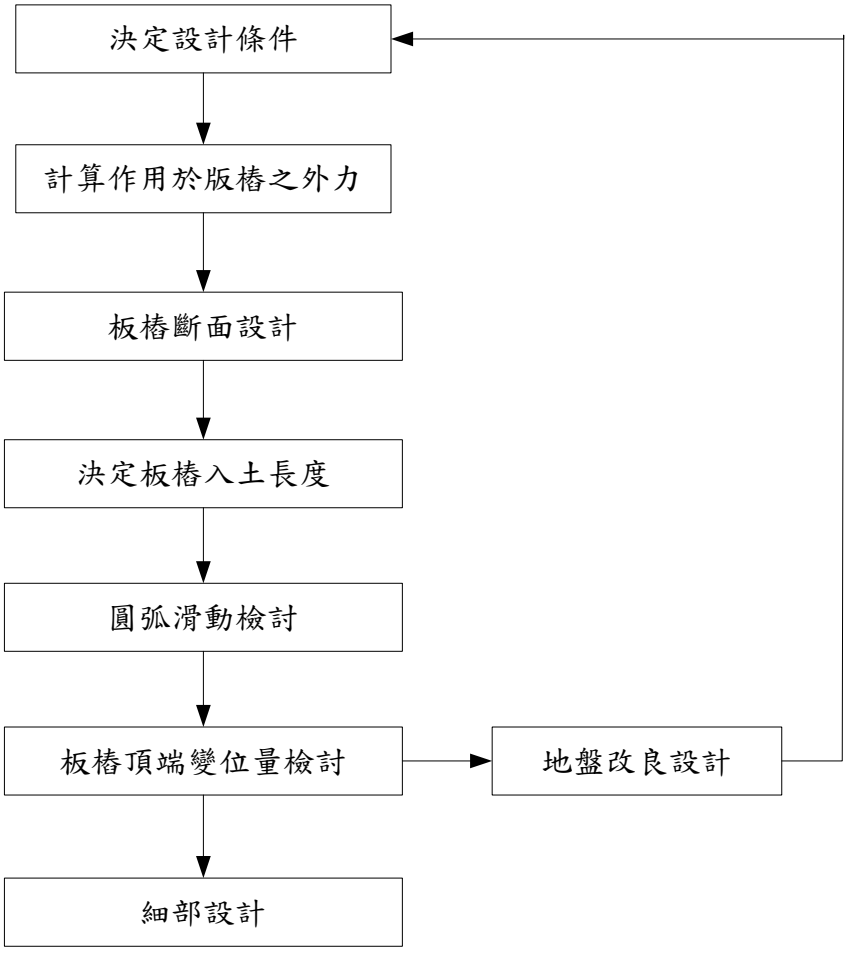


圖 C9-2 自立式板樁碼頭設計流程

C9.2.2　作用於板樁之外力

打設於砂質地盤之自立式板樁碼頭，如圖 C9-3 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

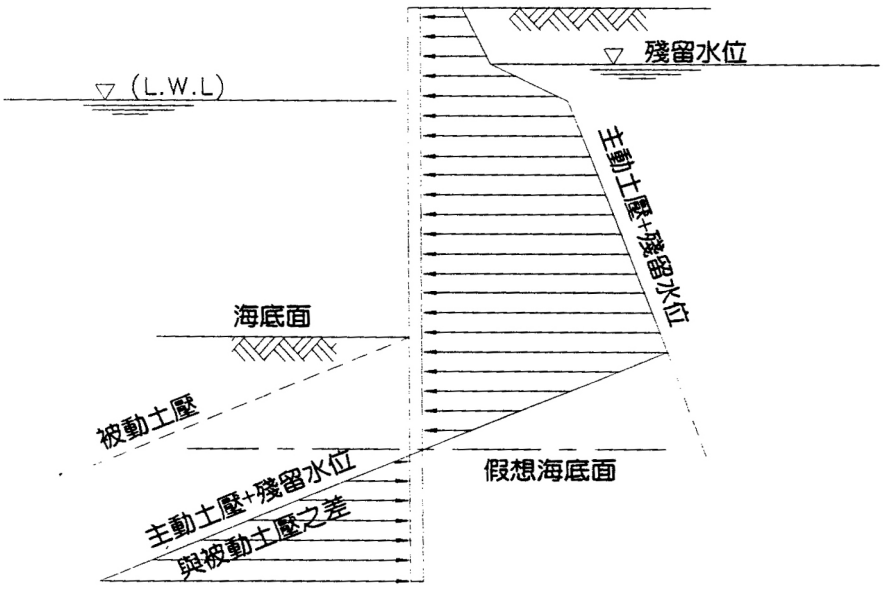


圖 C9-3　作用於自立式板樁碼頭板樁之外力

C9.2.3　板樁斷面

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。

C9.2.4　板樁入土長度

自立式板樁碼頭，採基樁橫向容許承載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[樁之橫向容許承載力] 相關公式計算。

C9.2.5　板樁頂端變位量檢討

如圖 C9-4 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[樁之橫向容許承載力]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。

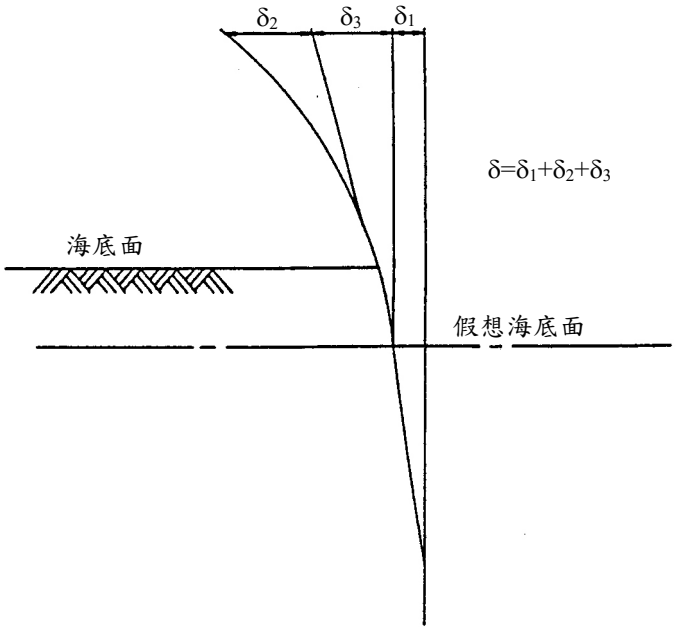


圖 C9-4　自立式板樁碼頭板樁頂端變位量

在計算板樁之撓曲量δ_2時，土壓分佈如圖 C9-5 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。

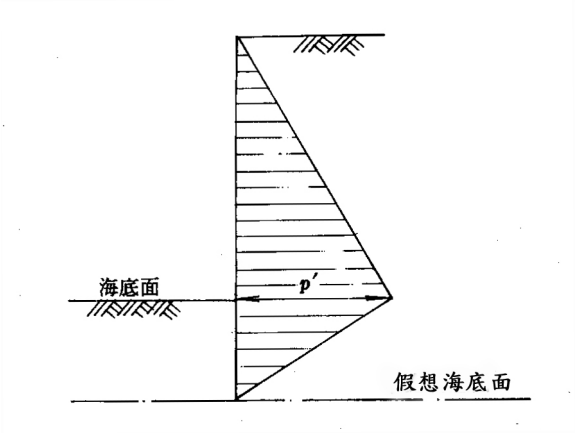


圖 C9-5　土壓分佈假定

C9.2.6　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。

C9.2.7　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[邊坡穩定]規則進行檢討。

C9.2.8　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。

C9.3　斜樁錨碇式板樁碼頭

C9.3.1　設計原則

斜樁錨碇式板樁碼頭設計流程，如圖 C9-6 所示，斷面示意如本篇第三

章圖 C3-8。

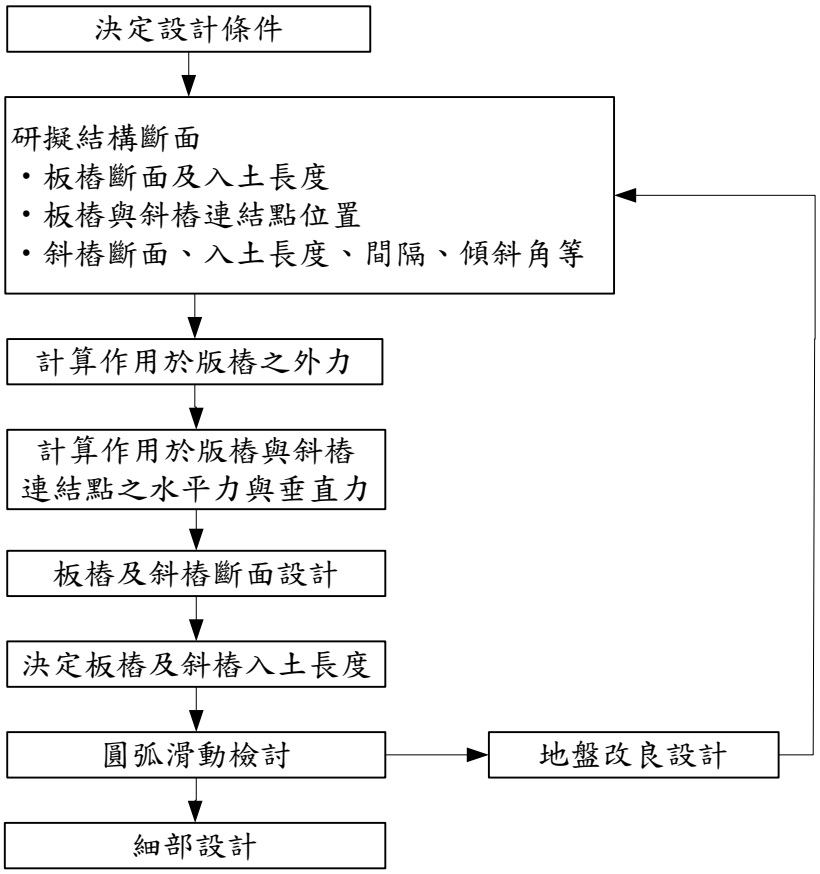


圖 C9-6　斜樁錨碇式板樁碼頭設計流程

C9.3.2　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。

C9.3.3　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。

C9.3.4　板樁及斜樁斷面

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]。

C9.3.5　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。

C9.3.6　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。

C9.4　前斜樁式板樁碼頭

C9.4.1　設計原則

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 C9-7 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-9。

C9.4.2　棧橋單元大小及基樁配置

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。

C9.4.3　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]。

C9.4.4　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被拉構材位置，依本篇第五章[板樁式碼頭]相關章節所述辦理。

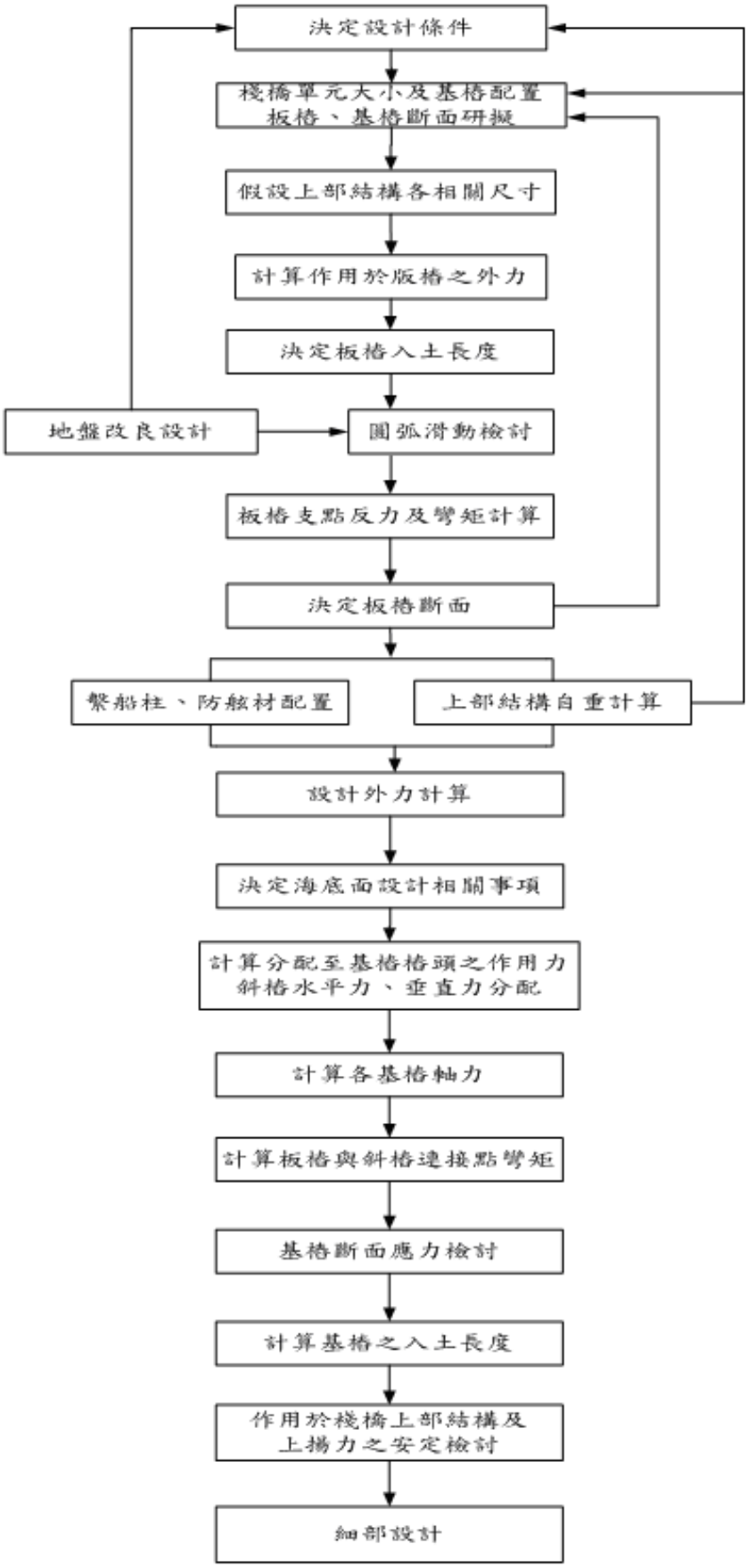


圖 C9-7　前斜樁式板樁碼頭設計流程

C9.4.5　棧橋設計

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

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 2.1tf/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。

C9.4.6　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。

C9.4.7　細部設計

- 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。

C9.5 雙重板樁式碼頭

C9.5.1 設計原則

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 C9-8 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-10。

C9.5.2 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 C6.1.2 節[作用於鋼板樁圓筒之外力]規則計算。

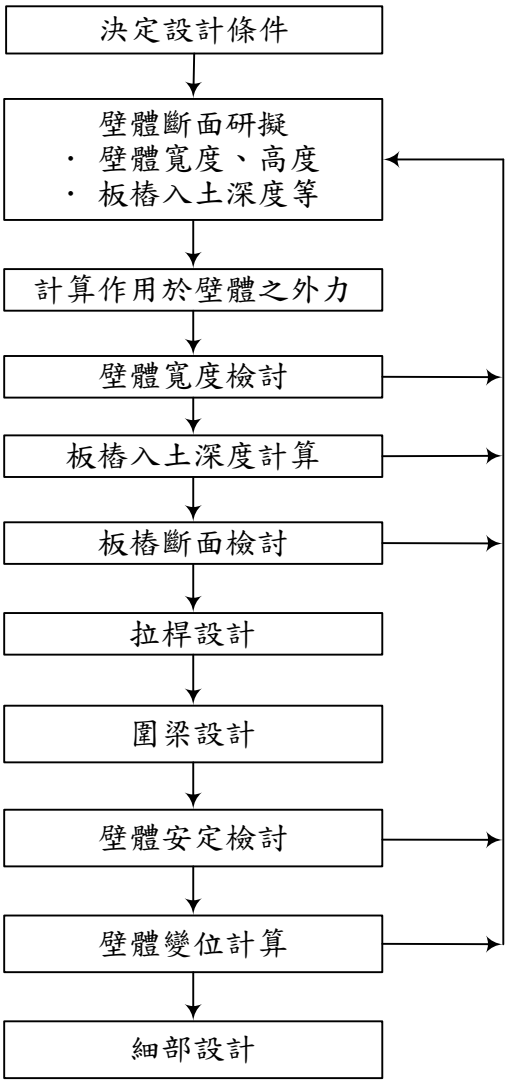


圖 C9-8　雙重板樁式碼頭設計流程

C9.5.3　雙重板樁壁體設計

1. 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。

2. 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。

3.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]。

4.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。

5.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。

6.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。

C9.5.4 細部設計

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。於計算基樁承載力時，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。水平力則一部分由基樁承受，一部份由雙重板樁壁體承受。

C9.6　圓柱或腳柱式棧橋碼頭

C9.6.1　設計原則

圓柱式棧橋碼頭斷面示意如本篇第三章圖 C3-11。

C9.6.2　圓柱或腳柱設計

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。

C9.6.3　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。

C9.6.4　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]。

C9.7　橋墩式棧橋碼頭

C9.7.1　設計原則

橋墩式棧橋碼頭斷面示意如本篇第三章圖 C3-12。

C9.7.2　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。

C9.7.3　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。

C9.7.4 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]。

C9.8 離岸式碼頭

C9.8.1 設計原則

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 C3-13。

C9.8.2 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。

C9.8.3 設計外力及載重

1. 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。

2. 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。

3. 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。

4.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。

5.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。

6.地震時的動水壓

地震時作用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。

另依碼頭結構型式與碼頭面高程，須考量波浪力與上揚力等。

C9.8.4　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。

C9.8.5　大樑設計

1.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
- 作用於大梁及裝卸機械之風力
- 作用於大梁及裝卸機械之地震力

2.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。

C9.8.6 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。

C9.8.7 圓弧滑動檢討

離岸式碼頭擋土護岸，依第五篇第六章[邊坡穩定]規則檢討圓弧滑動安定。

C9.8.8 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 $0.5tf/m^2$ 計算。

C9.8.9 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。

C9.9 繫、靠船台

C9.9.1 設計原則

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 C9-9 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-14。

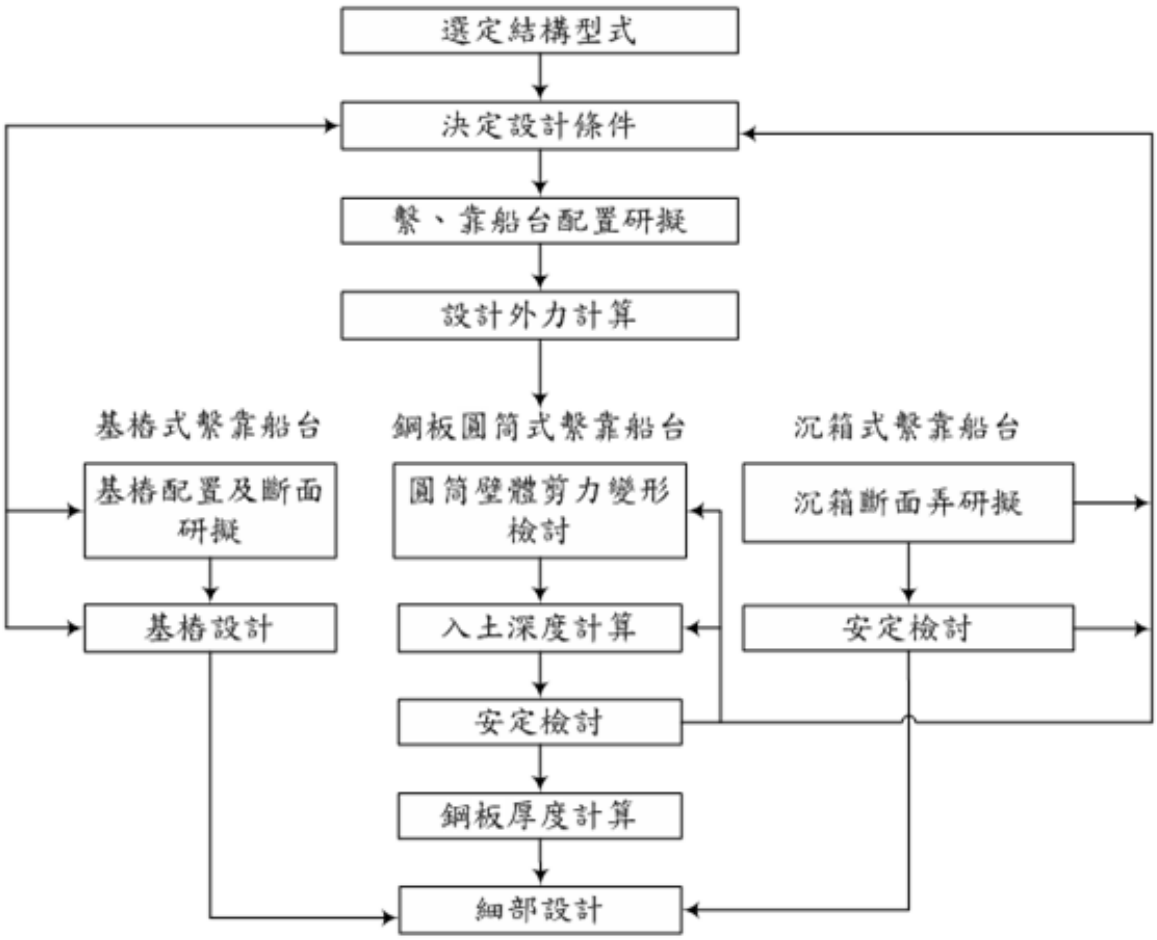


圖 C9-9　繫、靠船台設計流程

C9.9.2　繫、靠船台配置

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。

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。

C9.9.3 作用於繫、靠船台之外力

1.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。

2.自重與活載重

繫、靠船台自重與活載重，依依第二篇第十三章[載重]規則計算。

3.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。

4.風力

作用於裝卸機械之風力，依第二篇第三章[風]規則計算。

C9.9.4 基樁式繫、靠船台

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

C9.9.5　鋼板圓筒式繫、靠船台

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

C9.9.6　沉箱式繫、靠船台

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。

C9.10　浮動碼頭

C9.10.1　設計原則

浮動碼頭設計流程，如圖 C9-10 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-15。

C9.10.2　浮動碼頭與建位置及配置

浮動碼頭係由浮箱、連接陸上與浮箱之連絡橋、連接浮箱與浮箱之引橋、繫泊浮箱及固定設施等組成。浮動碼頭型式及浮箱(Pontoon)各部份名稱，示意如圖 C9-11 及 C9-12。

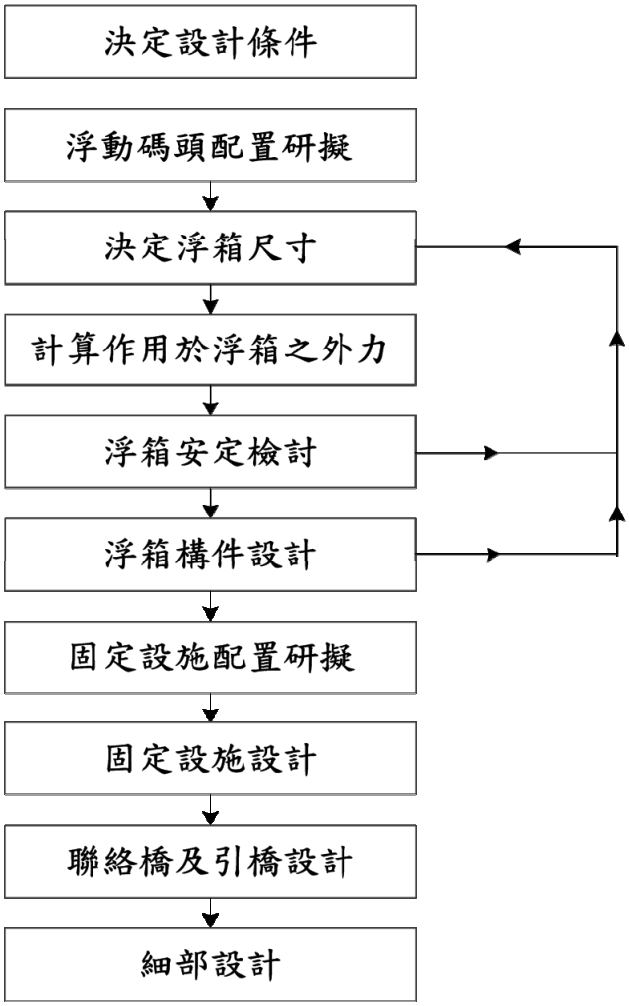


圖 C9-10　浮動碼頭設計流程

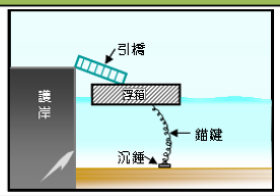
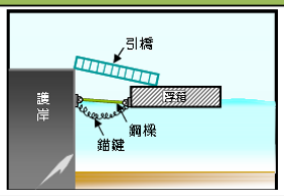
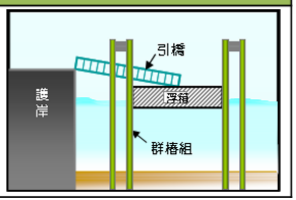
項目	海床錨碇式	岸壁支撐式	樁基固定式
型式			

圖 C9-11　浮動碼頭之型式

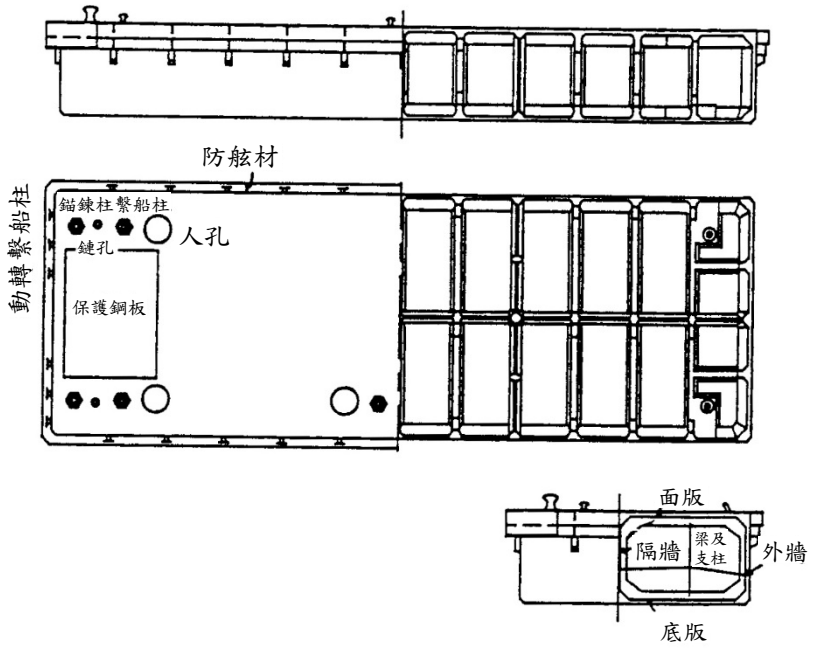


圖 C9-12　浮箱各部份名稱

C9.10.3　浮箱設計

1.浮箱材質

(1) 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。

(2)　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浮箱差。

(3) 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。

(4) 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。目前小規模之浮動碼頭，甚多採用 FRP 製浮箱作為遊艇泊靠之用。

(5) 預力混凝土製浮箱

預力混凝土製浮箱，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。

(6) 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

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。

$$h' = d - \frac{W_1}{\gamma_w \cdot A} \qquad \text{(C9.10.1)}$$

式中　h'：浮箱乾舷高度(m)

d：浮箱高度(m)

W_1：浮箱重量(tf) (kN)

γ_w：水之單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

A：浮箱水平斷面積(m^2)

3.作用於浮箱之外力及載重

(1) 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動碼頭，其載重以 0.5tf/m^2 計算。

供汽車經浮動碼頭轉載於渡輪時，活載重應以允許通過汽車之輪載重為設計標準。

(2) 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 5 小節[浮箱構件設計]。

(3) 水壓力

作用於浮箱外牆之水壓力，依浮箱吃水深度計算之。

(4) 浮箱自重

浮箱自重依浮箱所採用材質計算之。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 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。

4. 浮箱穩定性檢討

(1) 浮箱積水時穩定檢討

檢討浮箱穩定時，應考慮艙內積水深度，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。

(2) 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：

$$\frac{I \cdot \gamma_w}{W_2} - \overline{CG} > 0 \qquad \text{(C9.10.2)}$$

式中　I：浮箱吃水面對長軸之斷面慣性力矩(m^4)

W_2：浮箱重量與均佈載重總重(tf) (kN)

γ_w：海水單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

C：浮心

G：重心

當浮箱艙內積水時，且承受均佈載重時，為確保浮箱穩定，其須滿足下式：

$$\frac{\gamma_w}{W_2'}(I'-\sum i)-\overline{C'G'}>0 \qquad \text{(C9.10.3)}$$

式中　I'：浮箱艙內積水時，吃水面對長軸之斷面慣性力矩(m^4)

I：浮箱艙內積水時，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'：浮箱艙內積水時重量與均佈載重總重(tf) (kN)

γ_w：海水單位體積重量(tf/m^3) (kN/m^3)

C'：浮箱艙內積水時之浮心

G'：浮箱艙內積水時之重心

(3) 浮箱承受偏心載重時之穩定計算

如圖 C9-13 所示，浮箱承受偏心載重時，為確保浮箱穩定，依(C9.10.4)式計算之浮箱傾斜 $\tan\alpha$，應滿足(C9.10.5)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。

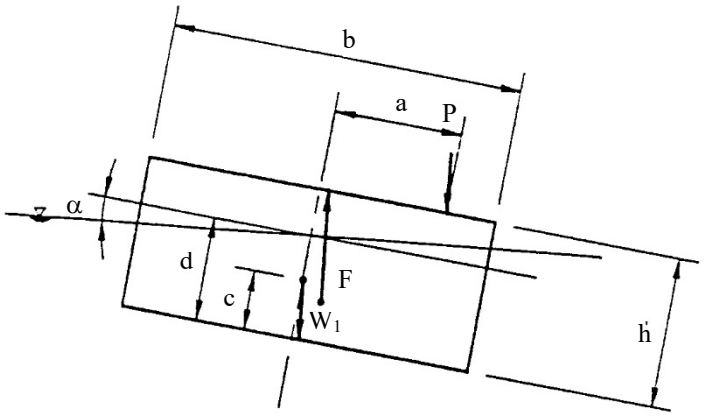


圖 C9-13　浮箱承受偏心載重時之穩定計算

$$(W_1+P)\left[\frac{b^2\cdot\tan\alpha}{12\cdot d\cdot\cos^2\alpha}-\left(\frac{b^2}{24\cdot d}\tan^2\alpha+C-\frac{d}{2}\right)\tan\alpha\right]-P\left[a+(h-c)\tan\alpha\right]=0 \text{(C9.10.4)}$$

由於α相當小，上式中 $\cos^2\alpha$ 可以 $1-\tan^2\alpha$ 近似值替代之。

$$\begin{cases} \tan\alpha < \dfrac{2(h-d)}{b} \\ \tan\alpha < \dfrac{1}{10} \end{cases} \qquad \text{(C9.10.5)}$$

式中及圖 9.10-4 中

W_1：浮箱重量(tf) (kN)
P：偏心載重之合力(tf) (kN)
F：浮力(tf) (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) 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。

(2) 外牆

外牆可視為由面版、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至甲版上 0.5m 時所承受之靜水壓力設計之。

(3) 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至甲版上 0.5m 時所承受之靜水壓　力設計之。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

C9.10.4 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

如圖 C9.10-3 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，但此將使錨鏈摩損，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

如圖 C9-14 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。

$$T = P \cdot \sec\theta_2 \qquad \text{(C9.10.6)}$$

式中　T：作用於錨鏈之拉力(tf) (kN)

P：作用於浮箱之水平外力(tf) (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。

$$V_a = P \cdot \tan\theta_1 \qquad \text{(C9.10.7)}$$

$$V_b = P \cdot \tan\theta_2 \qquad \text{(C9.10.8)}$$

式中　V_a：作用於錨鏈與錨碇設施連接處之垂直力(tf) (kN)

V_b：作用於錨鏈與浮箱連接處之垂直力(tf) (kN)

P：作用於浮箱之水平外力(tf) (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)

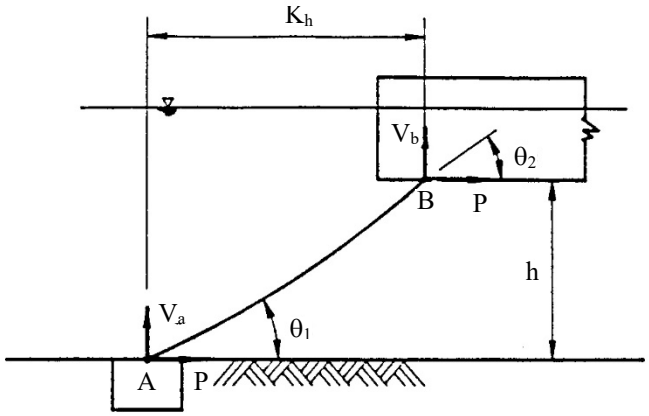


圖 C9-14　浮動碼頭錨鏈設計示意圖

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。

$$L = \frac{P}{w}(\tan\theta_2 - \tan\theta_1)$$
$$h = \frac{P}{w}(\sec\theta_2 - \sec\theta_1) \qquad \text{(C9.10.9)}$$

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(tf/m) (kN/m)

P：作用於浮箱之水平外力(tf) (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。

$$K_h = \frac{P}{w}\left[\sinh^{-1}(\tan\theta_2) - \sinh^{-1}(\tan\theta_1)\right] \qquad \text{(C9.10.10)}$$

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(tf) (kN)

w：錨鏈單位長度重量(tf/m) (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 (C9.10.6)～(C9.10.10)中，θ_1、θ_2及 K_h 可採用下式近似值。

$$\theta_1 = \theta_2 = \sin^{-1}\frac{h}{L} \qquad \text{(C9.10.11)}$$

$$K_h = \sqrt{L^2 - h^2} \qquad \text{(C9.10.12)}$$

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 C9.10.4 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。

C9.10.5　固定設施設計

1.基樁固定設施設計

固定基樁之設計，依本篇第七章[棧橋式碼頭]所述相關設計法辦理。

設計基樁固定設施時,作用於基樁之外力,可採用本章第 C9.10.3.3[作用於浮箱之外力及載重]所述相關設計法辦理。

2.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 C9.10.4 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

a. 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：

$$\frac{\text{錨碇設施抗拉力}}{\text{作用於錨碇設施外力}} > \text{安全係數} \qquad \text{(C9.10.13)}$$

b. 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。

c. 錨碇設施抗拉力

(a)混凝土方塊錨碇設施

・ 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

・ 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 C9-15 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　$T_a = 17 \cdot W_a^{2/3}$
- 硬泥時　$T_a = 10 \cdot W_a^{2/3}$　(C9.10.14)
- 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(tf) (kN)
　　W_a：錨之水中重量(tf) (kN)

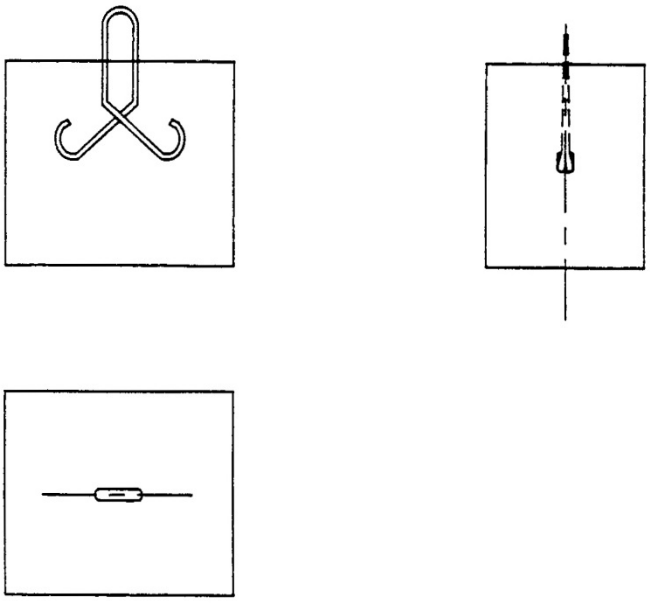


圖 C9-15　浮動碼頭錨碇混凝土方塊設計例

C9.10.6　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，其連絡橋緊靠於浮箱及岸上，為防止連絡橋滑動脫落，應使用錨鍊將連絡橋固定於岸上及浮箱上。

為方便連絡橋至浮動碼頭之通行，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 C9-16。調節塔上裝設有滑車、壓重物及吊具等。

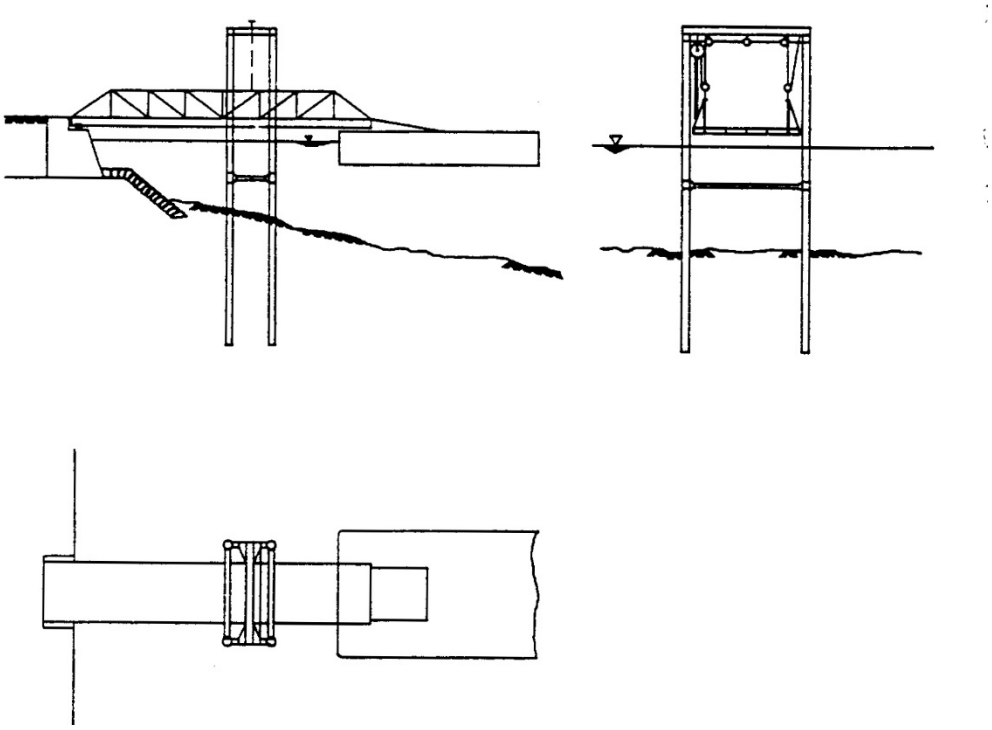


圖 C9-16　連絡橋調節塔結構示意圖

C9.11　繫船浮筒

如圖 C9-17 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 C9-18 所示，斷面示意如本篇第三章圖 C3-16。

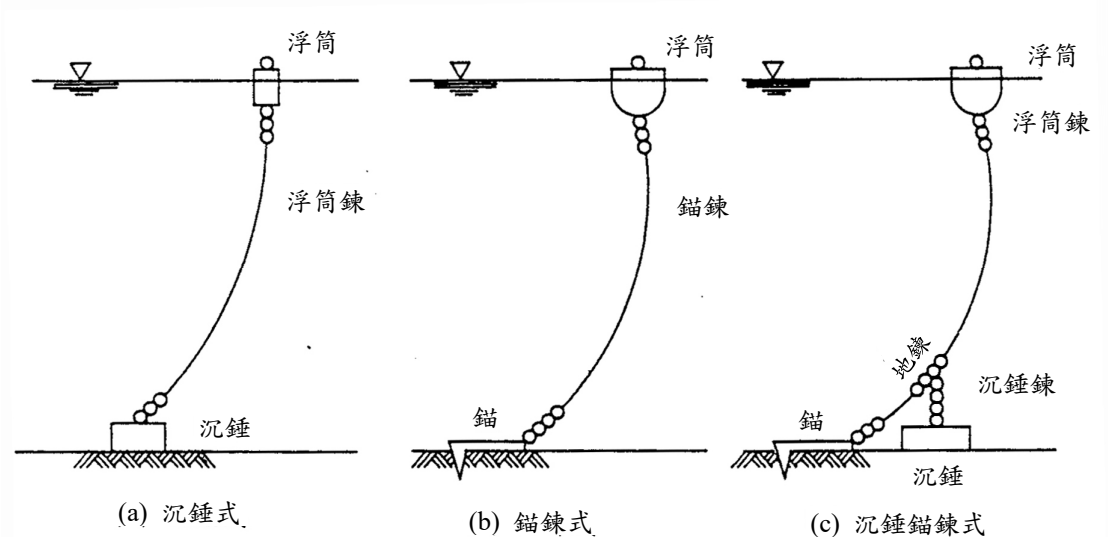


圖 C9-17　繫船浮筒型式示意圖

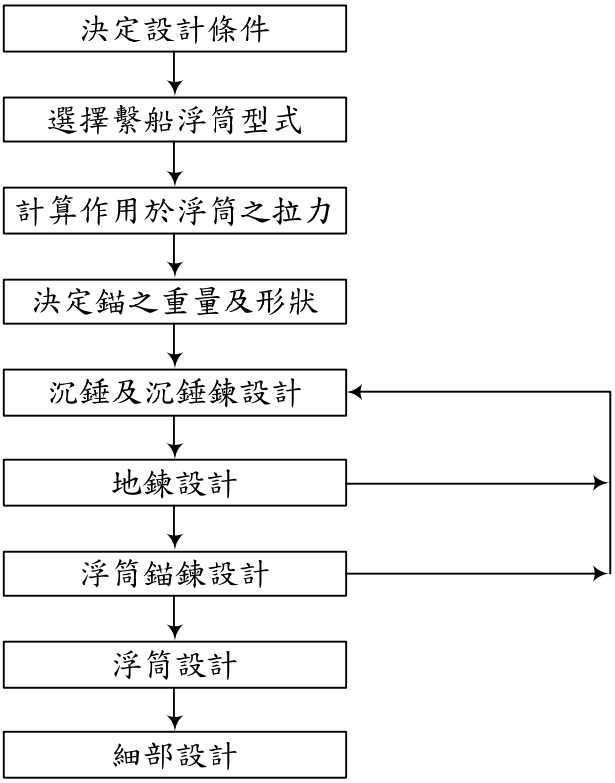


圖 C9-18　沉錘錨鍊式繫船浮筒設計流程

第十章　銜接結構物

C10.1　設計原則

設計銜接結構物時，對下列事項應特別注意：

・自然條件

銜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。

C10.2　水深變化段

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。

C10.3 不同結構之連接

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。

C10.4 角隅結構

C10.4.1 概要

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。

C10.4.2 板樁結構與板樁結構連接之角隅結構

茲將在結構上認為可行之錨碇方式，舉例說明如下：

1.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。

2.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。

3.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。

C10.4.3　鋼板樁結構與自立式板樁結構連接之角隅結構

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。

C10.4.4　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

C11.1　概論

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、柵欄、標誌及標示、及車擋等。
- 服務設施：包含照明、旅客上下船人行廊道及相關設施、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。

C11.2　繫船設施

C11.2.1　概要

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。

C11.2.2　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 C11-1 中所列之值。

表 C11-1　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
100,000~150,000	45	10
150,000~200,000	45	12

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。

C11.2.3　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。

C11.3　防撞設施

C11.3.1　概要

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 C11-1 所示。

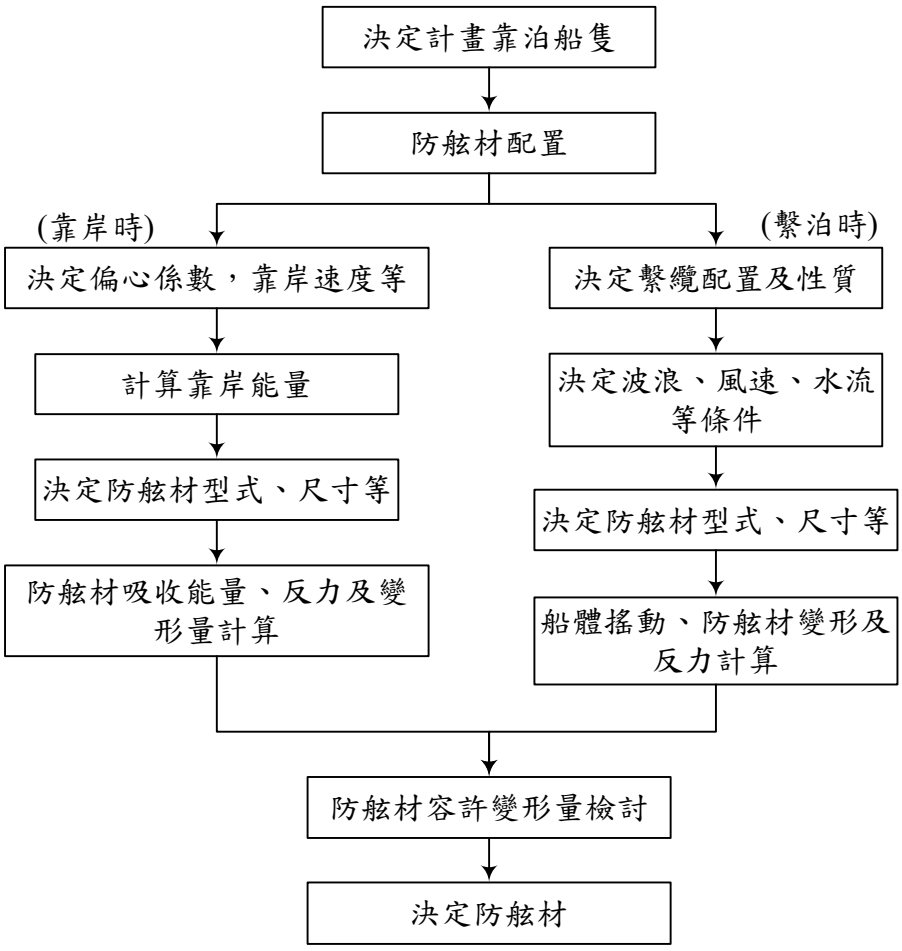


圖 C11-1　防舷材設計流程

C11.3.2　防舷材配置

橡膠防舷材通常安裝之間隔為 5m～20m，船舶靠岸時，船頭或船尾附近首先接觸碼頭，靠岸之船舷側成為曲面，如防舷材間隔太大時，則防舷材吸收靠岸能量以前，船體之一部份會直接接觸未安裝防舷材區域之碼頭，故通常防舷材間隔為 5m 左右，若防舷材間隔在 10m 以上時，船體的一部份即會有直接碰觸未安裝防舷材碼頭部份之慮，故應將安裝防舷材上部混凝土較其他部份突出 0.2m～0.5m，又另一法是在橡膠防舷材前面懸掛木片較其他面突出。

小船靠於大型碼頭，防舷材間隔過大，欲在其中間佈置小船用防舷材時，應將小船用防舷材裝在大船用防舷材後面，否則大船靠岸時，大型船防舷材未完全吸收有效能量以前船身將碰及小船用防舷材，而會使該小船用防舷材承受過大碰撞力之慮。

如水泥專用船側舷很低之船及車輛渡輪側舷很高之船，應注意防舷材安裝之高度。

小型船靠泊之碼頭若在潮差很大或有波浪之處，船的舷側必介於防舷材之間而會與碼頭直接碰觸，對防舷材的突出部份有釣掛之慮，故防舷材安裝的高度須加以注意。

貨櫃船等大型船舶使用頻繁的碼頭，須考慮到船舶之舷側不能與繫船柱接觸。

木材防舷材多半連續安裝在碼頭前面，但只以每 8m～13m 間隔集中安裝方式者亦有之。

C11.3.3 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。

C11.3.4 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，且防舷材之設計須考量設計船型船殼容許承壓力。
- 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。

C11.4 安全設施

C11.4.1 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或其他安全設施，以防止小船進入樁群中。

C11.4.2 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。

C11.4.3　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。

C11.4.4　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。

C11.5　服務設施

C11.5.1　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、旅客上下船人行廊道等。

C11.5.2　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。

C11.5.3　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。

C11.5.4　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。

C11.5.5 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。

C11.5.7 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。

C11.5.8 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。

C11.6 其他設施

C11.6.1 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，必要時設計須考量汙水處理設施。

C11.6.2 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。

C11.6.3　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。

C11.6.4　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，應參考消防安全設備設置相關規定。

第十二章　曳船道

C12.1　設計原則

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 C12-1。

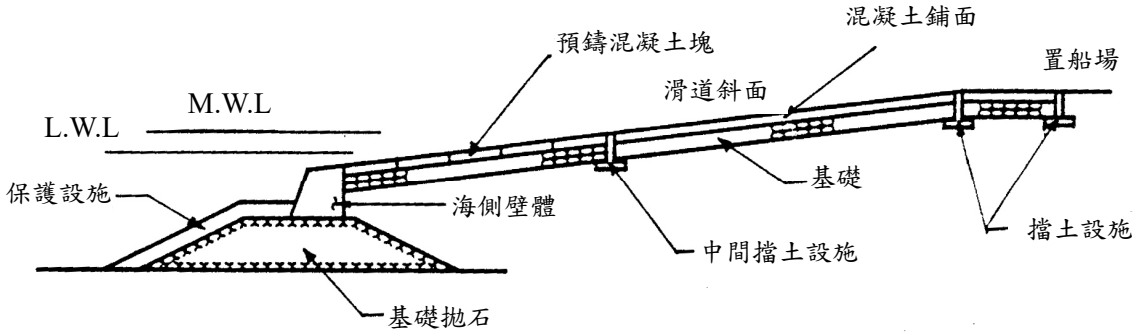


圖 C12-1　曳船道斷面示意圖

C12.2　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

C12.3 曳船道相關事項

C12.3.1 各部份高程

海側壁體頂高程，以朔望平均乾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滿潮位之間。
- 滑道斜面由三斜面組成時：斜面第一個坡度變化點，設在朔望平均乾潮位附近。斜面第二個坡度變化點，設在朔望平均滿潮位附近。

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。

C12.3.2 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。

C12.3.3 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。

C12.3.4 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。

C12.3.5　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。

C12.4　海側壁體及滑道鋪面

C12.4.1　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。

C12.4.2　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。

C12.5　側壁

側壁可採用各種結構型式設計之。

第十三章　岸肩

C13.1　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。

C13.2　岸肩形狀

C13.2.1　寬度

碼頭岸肩寬度，可參考表 C13-1 所示之值。

表 C13-1　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

就散雜貨碼頭而言，碼頭後方如有堆貨場且須使用堆高機時，其岸肩寬度為 15~20m 以上，背後為道路、露置場且貨車可直接進入岸肩進行裝卸時，其岸肩寬度為 10~15m 以上。

C13.2.2　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。

C13.3 鋪面設計

C13.3.1 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。

C13.3.2 載重條件

岸肩作業機械載重條件，如表 C13-2 所示。

表 C13-2　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 (tf)	每個車輪或外伸基座接地面積 (cm^2)	接 地 壓 (kgf/cm^2)
車式起重機	20 型	20	1,250	16.0
	25 型	25	1,500	16.7
Truck Crane	30 型	30	1,750	17.2
	40 型	40	2,000	20.0
	50 型	50	2,300	21.7
	80 型	75	2,850	26.3
	100 型	92	3,400	27.1
	120 型	108	3,850	28.1
	150 型	134	4,500	29.8
卡車	T-14	5.6	1,000	5.6
	T-20	8	1,000	8.0
	T-25	10	1,000	10.0
拖車	20ft 用	5	1,000	5.0
Tractor Trailer	40ft 用	5	1,000	5.0
	40ft 櫃場專用	7	1,000	7.0
堆高機	2tf	2.5	300	8.3
Fork life truck	3.5tf	4.5	500	9.0
	6tf	7.0	800	8.8
	10tf	11.0	1,400	7.9
	15tf	17.5	2,300	7.6
	20tf	24.5	3,150	7.8
	25tf	31.0	3,800	8.2
	35tf	45.0	5,000	9.0
門式起重機	20tf	20	2,400	8.3
Transtainer	25tf	25	2,850	8.8
	30tf	30	3,250	9.2
跨載機 Straddle Carrier		11	1,200	9.2

第十四章　裝卸機械基礎

符號說明

b ：混凝土樑底面之寬度(mm)，見 C14.4.2 節

C ：使單位面積之地層，下陷單位深度所需之壓力(kgf/mm^3) (N/mm^3) ，見 C14.4.2 節

F ：安全率，見 C14.4.2 節

f ：塊石與混凝土之摩擦係數，見 C14.4.2 節

Ea ：主動土壓力(tf/m) (kN/m)，見 C14.4.2 節

Ec ：混凝土之彈性係數(kgf/mm^2) (N/mm^2)，見 C14.4.2 節

Ep ：被動土壓力(tf/m) (kN/m)，見 C14.4.2 節

Ic ：混凝土基礎之慣性力矩(mm^4)，見 C14.4.2 節

K ：地層之彈性係數，見 C14.4.2 節

L ：1 個區分之長度或 10M 內短向方向(m)，見 C14.4.2 節

M ：離載重 XiCM 點之彎曲力矩(kgf*mm) (N*mm)，見 C14.4.2 節

P ：水平力(地震地、風壓力) (tf) (kN)，見 C14.4.2 節

S ：離載重 XiCM 點之剪力(kgf) (N)，見 C14.4.2 節

Wc ：混凝土樑之重量(tf/m) (kN/m)，見 C14.4.2 節

Wi ：車輪載重(kgf) (N)，見 C14.4.2 節

ΣWi ：計算範圍內之車輪總載重(tf) (kN)，見 C14.4.2 節

Xi ：從輪載重位置至檢討斷面之距離(mm)，見 C14.4.2 節

y ：離載重 XiCM 點之撓度(mm)，見 C14.4.2 節

C14.1 設計原則

C14.1.1 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

C14.1.2 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。

C14.1.3 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。

1.對裝卸機械之軌道基礎的容許沉陷量而言,裝卸機械之容許沉陷量與製造費有關,故對裝卸機械基礎的施工精度及裝卸機械操作時之穩定性、效率等須作充分的檢討後再加以決定。

2. 以往對機械製造廠商在基礎的容許沉陷量有相當嚴格的規定，惟通常按規定之精密度施工極為困難。容許沉陷量由於最近各機械製造廠商與結構、型式多而雜，而基礎的施工精度又允許使用相同的容許沉陷量。故在基礎之設計、施工時，須對機械製造廠商的容許沉陷量加以調查。最好選擇不會發生不均勻沉陷之結構，且在可能的範圍內提高施工精度。

3. 對裝卸機械的基礎而言，須實施保養檢查，即認為發生在保養標準以上之沉陷量時，須速即以墊圈予以調整或以填充料修正基礎。關於裝卸機械採用大馬力之發動機而在發生不均勻沉陷時仍可走動之前提下，其說明書之誤差範圍與機械製造廠商對基礎所要求數值之例，如表 C14-1 表示。

表 C14-1　容許誤差

項目			容許誤差	
			機械製造廠商之規定	土木施工規範例
跨度	設計尺寸	10m以下	10mm	20mm
		10～20	14	
		20～30	18	
		30m以上	20	
左右鋼軌之高低差			(跨度)×$\frac{1}{1{,}000}$	(跨度)×$\frac{1}{200}$
鋼軌之上下方向彎曲			每10m容許誤差10mm以內	每10m容許誤差10mm以內
鋼軌之左右方向彎曲			每10m容許誤差10mm以內	每10m容許誤差10mm以內
行走範圍內之鋼軌坡度			$\frac{1}{500}$ 以下(10m容許誤差10mm以下)	同左
鋼軌接頭中心線誤差			上面側面共0.5mm以內	同左
鋼軌接頭間隙			5mm以下(但在夏季或高溫時亦不得接觸)	同左

C14.1.4　設計流程

裝卸機械基礎設計流程如圖 C14-1 所示。

1. 設計條件中之輪載重及移動速度由廠商提供，但必須由製造廠商提出正確之計算書，然後校對之。

2. 關於軌道之種類及安裝法，製造廠商大致已有預先之計劃，故應與廠商協調後決定之。通常雜貨碼頭之起重機或其他小型起重機之軌道結構，是將 37kg/m 或 50kg/m 鋼軌直接用錨定螺栓連結在混凝土基礎上。卸礦石之大

型起重機用 74kg/m 鋼軌以鉚釘或焊接補強鋼板，接頭部份切成 45°，在此處再錨定補強鋼板，輪載重很大，混凝土與鋼軌或墊板直接碰到時，由於起重機移動之振動，混凝土容易產生龜裂，故宜裝置緩衝材料為佳。

3. 普通小型起重機多用小石子上鋪枕木型式，而其容許輪載重對於鋼軌應力及其他可不作檢討。

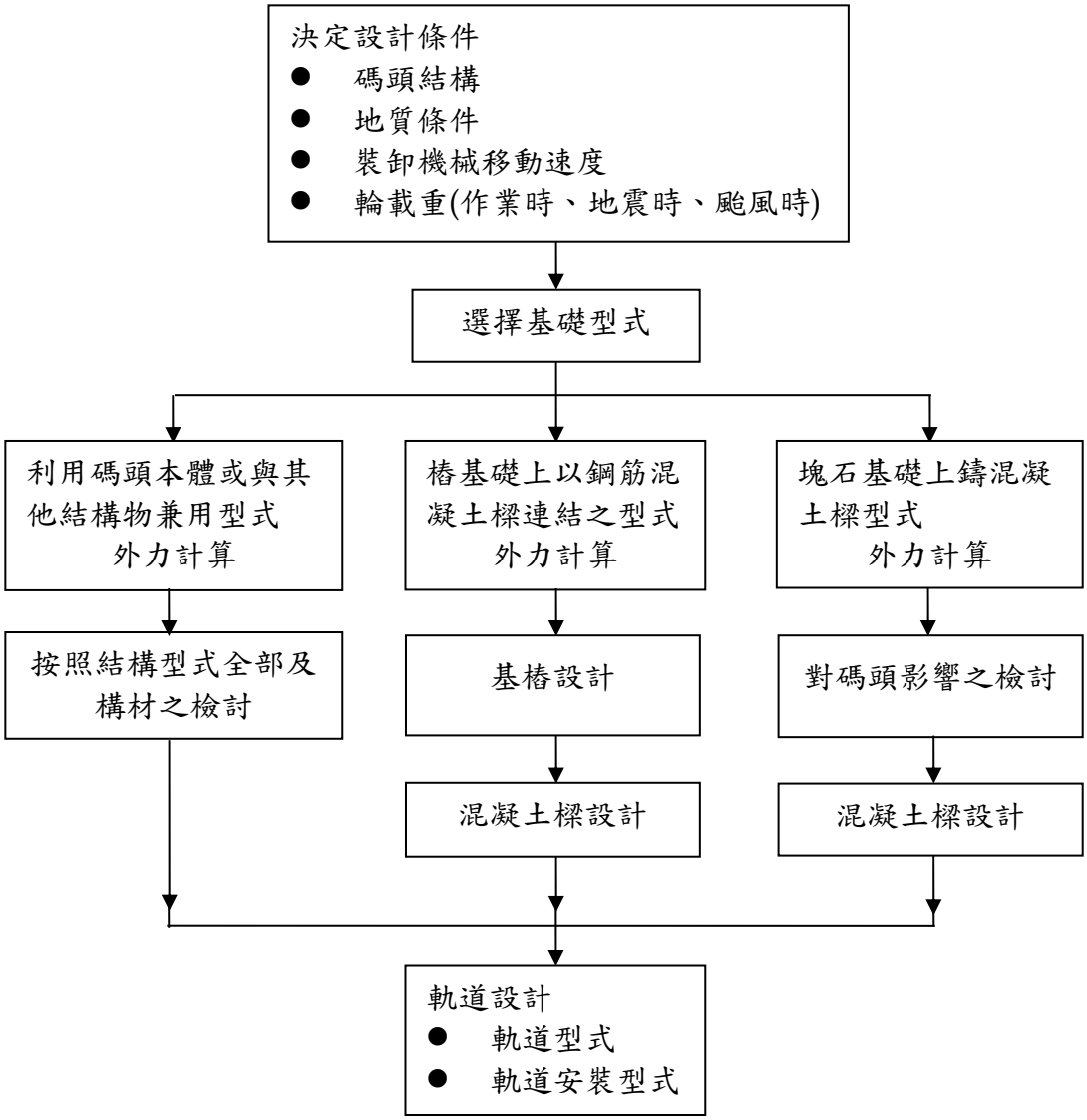


圖 C14-1　裝卸機械基礎設計流程

C14.2　作用於基礎之外力

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。

3.颱風

因應颱風氣候現象，裝卸機械應加裝固定裝置，以防止裝卸機械受暴風移動、翻覆甚至脫離軌道。固定裝置由防脫裝置、防翻裝置及軌道夾具組成。

- 防脫裝置：防止裝卸機械在颱風期間受風荷載而沿軌道行進方向移動之裝置。
- 防翻裝置：防止裝卸機械在颱風期間受風荷載傾倒之裝置。
- 軌道夾具：防止裝卸機械在颱風期間受陣風而脫離軌道之裝置。

C14.3　使用基樁之基礎設計

C14.3.1　混凝土樑

樁受軸力而產生彈性下陷時，樑支點下側變成拉力，通常假定支點不下陷而分析樑之應力，對配筋方面而言，應考慮彈性下陷之影響，但受很大之輪載重時，必須要計算支點下陷之影響，參考第五篇「基樁沉陷量之檢討」辦理，設計上如欲避免彈性下陷或僅少量下陷時，可採用鋼管樁內填混凝土或使用大口徑之鋼管樁。

C14.3.2 基樁承載力

作用於樁之外力，依本章 14.4.2 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。

C14.4 不使用基樁之基礎設計

C14.4.1 對碼頭影響檢討

1. 重力式結構物背後受載重時，會增加土壓力，同時牆體有向前滑動之虞，集中載重對土壓力之影響，在表面附近集中在載重點附近，隨往下層而分散。碼頭較低，而長度(法線方向之長度)較短時，影響更大，故應注意。又裝卸機械基腳直接放置在結構物上時，地層反力會增大，尤其在結構物前端有載重時，在前趾之地層反力相當大，牆體寬度狹窄，而長度短時，此種現象特別明顯，故應注意。

2. 普通之鋼版樁碼頭之最大應力，產生在拉桿安裝處與海底面之中間，如鋼版樁牆後有集中載重時，可能在接桿裝置處產生最大應力，故應注意，但對鋼版樁埋入而言，所受不良影響甚少，為免拉桿受不良影響，其上層厚度希能在 2M 以上。

C14.4.2 混凝土樑

1. 原地層鋪石料作基礎，在上面設置鋼筋混凝土樑，其彎曲力矩、剪力及撓度等可由(C14.4.1)～(C14.4.6)式求之。

(1) 載重作用在樑中央附近時

$$M=\sqrt[4]{\frac{E_cI_c}{64K}}\sum W_ie^{-\beta Xi}\left(\cos\beta X_i-\sin\beta X_i\right) \qquad \text{(C14.4.1)}$$

$$S=\frac{1}{2}\sum W_ie^{-\beta Xi}\cos\beta X_i \qquad \text{(C14.4.2)}$$

$$y=\sqrt[4]{\frac{1}{64E_cI_cK^3}}\sum W_ie^{-\beta Xi}\left(\cos\beta X_i+\sin\beta X_i\right) \qquad \text{(C14.4.3)}$$

(2) 載重作用在樑之兩端或接頭時

$$M=\sum\frac{W_i}{\beta}e^{-\beta Xi}\sin\beta X_i \qquad \text{(C14.4.4)}$$

$$S = \sum W_i e^{-\beta X i}\left(\sin \beta X_i - \cos \beta X_i\right) \qquad \text{(C14.4.5)}$$

$$y = \sum \frac{2W_i \beta}{K} e^{-\beta X i} \cos \beta X_i \qquad \text{(C14.4.6)}$$

式中　M：離載重 X_iCM 點之彎曲力矩(kgf*mm) (N*mm)

S：離載重 X_iCM 點之剪力(kgf) (N)

y：離載重 X_iCM 點之撓度(mm)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K}{4E_c I_c}}$$

E_c：混凝土之彈性係數(kgf/mm^2) (N/mm^2)

W_i：車輪載重(kgf) (N)

I_c：混凝土基礎之慣性力矩(mm^4)

K：地層之彈性係數，K＝Cb

C：使單位面積之地層，下陷單位深度所需之壓力

(kgf/mm^3) (N/mm^3)

C=5.0×10^{-3}～0.015 kgf/mm^3

C=5.0×10^{-2}～0.15 N/mm^3

b：混凝土樑底面之寬度(mm)

X_i：從輪載重位置至檢討斷面之距離(mm)

2.混凝土樑對水平力之滑動可由(C14.4.7)式計算，滑動之安全率為 1.2 以上。

$$F = \frac{LE_p + \left(LW_c + \sum W_i\right)f}{P + E_a L} \qquad \text{(C14.4.7)}$$

式中　F：安全率

P：水平力(地震地、風壓力)(tf) (kN)

E_p：被動土壓力(tf/m) (kN/m)

E_a：主動土壓力(tf/m) (kN/m)

W_c：混凝土樑之重量(tf/m) (kN/m)

ΣW_i：計算範圍內之車輪總載重(tf) (kN)

f：塊石與混凝土之摩擦係數，f=0.6

L：1 個區分之長度或 10M 內短向方向(m)

3. 關於地層反力，以 1 個區分或 10M 中，以短方向跨距之樑載重，當作均佈載重時，可依第五篇「砂質地層中基礎之承載力」作檢討。

4. 混凝土樑對於鋼軌與混凝土間之壓縮應力，鋼軌之應力等，必須安全。

第九篇　專門碼頭

第一章　貨櫃碼頭

C1.1　設計原則

C1.1.1　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。

C1.1.2　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，即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。

C1.1.3　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)
- 船席調度與靠泊船型

- 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，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。

C1.2 碼頭設施設計

C1.2.1 碼頭長度及碼頭水深

泊靠貨櫃輪之碼頭長度及碼頭水深，需依據計畫船型尺寸審慎決定，以計畫靠泊貨櫃輪能安全且順利使用為原則。

C1.2.2 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。

C1.2.3　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。

C1.3　陸上設施設計

C1.3.1　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，當須設置特殊巨型貨櫃起重機時，岸肩寬度則可達 70m 程度。

岸肩設計，依第八篇第十三章[岸肩]規則設計。

C1.3.2　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)

・後伸距離(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

C1.3.3 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等兩種。

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

C1.3.4 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，其柱位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。

貨櫃集散倉棧直接設於貨櫃碼頭後線營運場地內，有搬運距離較短之優點，但其亦可設置於碼頭後線營運場地外。

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

C1.3.5　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 1,000m^2 大小之維修站。

C1.3.6　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。

C1.3.7 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。

C1.3.8 其他附屬設施

在貨櫃碼頭及後線營運場地內，依需要設置洗櫃區、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

C2.1　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，均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

C2.2　碼頭設施設計

C2.2.1　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。

C2.2.2　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。

C2.2.3 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。

C2.2.4 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。

C2.3 車輛上下船設施設計

C2.3.1 概要

車輛上下船設施(Vehicles Ramp)設計，應考量潮差、計畫靠泊渡輪吃水變化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。

C2.3.2 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 C2-1 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 C2-1　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。

C2.3.3　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，所設置之柵欄應塗佈反射性塗料，其高度以 90 公分為標準。

C2.3.4 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，在結構上及操作中均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，應避免不均勻沉陷。

C2.4 旅客上下船設施設計

C2.4.1 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。

C2.4.2 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。

(1) 上下船走道寬度，以不小於 75 公分為原則。

(2) 須設置必要設施，以防止旅客不慎滑倒或跌落海中。

(3) 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斜坡式兩大類，建議其依下列標準設計。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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%。

(4) 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。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 為便利殘障者進出及利用，應依「建築技術規則」第十章「無障礙建築物」中之規則設置各項供行動不便者使用之設施。

C2.4.3　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。

C2.5　其他設施設計

C2.5.1　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。

C2.5.2 道路

道路設計，依一般道路設計相關規則辦理。

C2.5.3 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。

C2.5.4 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。

C2.5.5 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。

C2.5.6 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。

第三章　液化天然氣碼頭

C3.1　設計原則

C3.1.1　概要

液化天然氣(Liquefied Natural Gas，LNG)碼頭係為液化天然氣卸收使用，由於液化天然氣具易燃及易爆之特性，故於設計時應特別注意液化天然氣船進出港、靠離岸操航及繫泊期間之自然條件及營運限制、碼頭與港埠水域設施平面配置、操航計畫及繫纜要求等，並配合設置繫泊監控系統，以降低作業時之潛在風險。

C3.1.2　液化天然氣碼頭位置選擇應考慮事項

卸收碼頭為液化天然氣船與陸上液化天然氣儲槽之銜接點，選擇位置時，應考慮下列事項:

1.自然條件

自然條件對液化天然氣船進出港有很大影響,由於液化天然氣船運輸屬高危險性作業，碼頭位置宜有良好遮蔽，且無明顯之波浪及潮流作用之影響。

為降低液化天然氣船進出港之風險，對於進出港時之風速、能見度、海流及波高等應有特別規定。因各港口地形及氣候條件不同，建議依操船模擬結果決定各港口液化天然氣船進港條件及操船計畫。

2.與其他港灣設施的關係

因液化天然氣船於卸收時屬高危險性作業,液化天然氣碼頭應進行洩漏風險評估，並與陸域設施、碼頭、航道及船舶等保持一定安全距離，避免卸收過程發生危險對陸上及其他港埠設施造成危害。

C3.1.3　碼頭規模

決定碼頭規模時須考慮液化天然氣計畫卸收容量、計畫卸收船型、卸收頻率及自然條件等。

C3.2 碼頭設施設計

C3.2.1 碼頭構造型式

液化天然氣碼頭包含卸料平台、服務平台、靠船平台、繫船平台及聯絡橋等。其構造型式的決定須依自然條件、地質條件、施工條件、工期、經濟性、碼頭利用率及維護管理等因素考慮之。

C3.2.2 碼頭長度、水深及水域配置

液化天然氣碼頭長度、水深及航道水域須滿足最大設計船型安全靠泊及進行洩收作業之需求，並應考量下列因素：

1. 碼頭長度需滿足最大卸收船型及對繫纜應力的要求。
2. 停靠在鄰近液化天然氣船泊位之船舶，其淨距不應小於 0.3 倍最大設計船長，且不小於 35m。
3. 採離岸棧橋式且兩側靠泊之液化天然氣碼頭，其船舶淨距不宜小於 60m。
4. 液化天然氣船靠泊時，其他通行船泊與其淨距不宜小於 200m。
5. 液化天然氣船靠泊時，船艏宜朝向有利於船舶緊急操作之方向。

碼頭長度、水深及水域配置需視各港條件及需求進行設計，上述條件可供設計者作為初期規劃參考。

C3.2.3 碼頭平台配置

1. 液化天然氣船卸料時係利用卸料平台上之卸料臂與船上管線相連後，將液化天然氣泵送至岸上之儲槽，為避免靠泊過程中船舶直接碰撞卸料平台，卸料平台法線可略向內側退縮，使液化天然氣船靠泊時與卸料平台保持一定之距離，以確保裝卸設施之安全性。
2. 靠船平台一般佈設於卸料平台兩側，前緣設置防舷材，以承載船舶靠岸時之衝擊力，及停泊時所受之風、波及流力等，為確保靠船結構能與船體之平行側接觸，靠船平台間距應介於 0.25～0.4 倍船長，詳圖 C3-1。
3. 繫船平台應依據主要計畫卸收船型佈設，佈設位置則應進行繫纜分析，使船體受力可均勻分散至所有纜繩上，確保繫泊安全性。

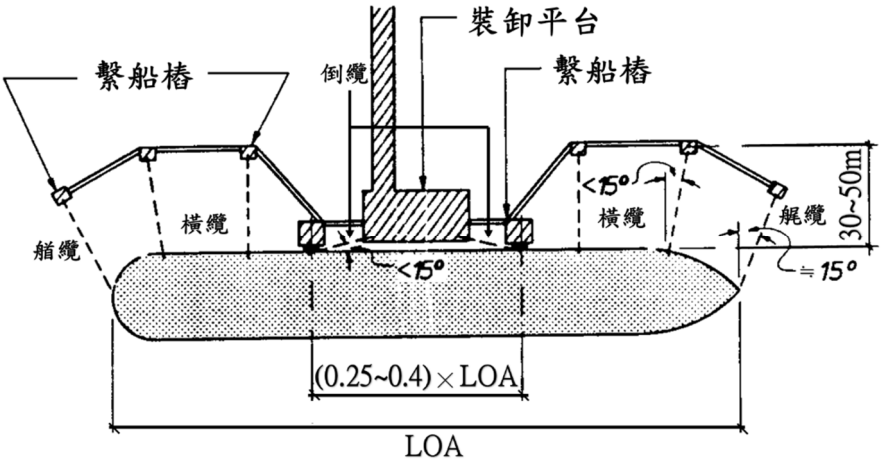


圖 C3-1　碼頭平台配置示意圖

C3.2.4　繫纜需求

液化天然氣船於卸收作業時具備高危險性，於設計時應就繫泊設施及纜繩受力進行分析。一般繫纜建議配置及要求如下。

1. 繫纜繩配置應盡可能對船的橫向中心線對稱分佈。
2. 橫纜(breast line)應盡可能垂直於船的縱向中心線(盡量不大於 15°)，並盡可能遠離船艏及船艉。
3. 倒纜(spring line)應盡可能平行於船的縱向中心線(盡量不大於 15°)，並盡可能遠離船艏及船艉。
4. 橫纜及倒纜至繫、靠船平台的仰角應盡量保持在最小值(盡量不大於 25°)。
5. 所有橫纜及倒纜應盡可能採用相同材質與尺寸。
6. 所有橫纜及倒纜於繫泊時所承受之拉應力不得大於纜繩極限拉應力的 55%。

進行繫泊設施及纜繩受力評估分析時，應綜合考量海氣象條件及吃水深變化之影響，且分析情境至少應包含表 C3-1 所列條件。

表 C3-1　繫泊設施之基本分析情境

情境	風速	風向	吃水	潮位	流速	流　向
1	60 節	全風向	滿載	朔望平均滿潮位 H.W.L.	3 節	艏艉向
2					2 節	偏離艏艉向 10°
3					0.75 節	橫向
4				朔望平均乾潮位 L.W.L.	3 節	艏艉向
5					2 節	偏離艏艉向 10°
6					0.75 節	橫向
7			空載	朔望平均滿潮位 H.W.L.	3 節	艏艉向
8					2 節	偏離艏艉向 10°
9					0.75 節	橫向
10				朔望平均乾潮位 L.W.L.	3 節	艏艉向
11					2 節	偏離艏艉向 10°
12					0.75 節	橫向

註：1.碼頭船席水域受波浪或湧浪作用較為明顯時，應增加考量波浪對繫靠系統負荷之影響。
2.風速係指 30 秒平均風速。

C3.2.5　繫船設施

液化天然氣碼頭因屬高危險性碼頭，繫船設施應採用快速解纜鉤，其配置及型式應考量計畫靠泊船型及其纜繩拉力決定。快速解纜鉤之基座需滿足每鉤安全作業拉力之總和。

C3.3　繫泊監控系統

繫泊監控系統建議設置如下。

1. 靠泊雷射輔助系統

靠泊輔助系統旨在提供液化天然氣船在靠岸一定距離內之靠泊距離、船速與角度等資訊，以協助船舶安全完成靠泊。靠泊數據可顯示與記錄於中央電腦系統，並即時顯示於大型顯示面板與無線手持顯示器。

2. 環境監測系統

環境監測系統可讓卸收碼頭及船上人員在靠岸和停泊過程中獲得有效之環境數據，以供船舶操作參考。本系統包含測候站、流速計、波高計與整合式控制箱。

3.快速解纜鉤與遙控脫纜系統

快速解纜鉤可提供快速釋放繫泊纜繩功能,組裝於基座的每組解纜鉤應可於作業範圍內，水平與垂直任意調整位置。

遙控脫纜系統旨在提供快速解纜鉤除手動釋放操作外,由碼頭作業室遠端遙控釋放或現場控制箱釋放功能。碼頭作業室內遙控釋放系統可進行單一纜鉤個別釋放或緊急時所有纜鉤集體釋放。

4.拉力監控系統

纜繩荷重監測、靠泊測距和環境監測等數據將即時傳輸至碼頭控制室之中央電腦系統上，以提供船舶停泊和卸收期間之安全管制。如荷重、靠岸或環境之監測數據超過了設定範圍，系統將發出警報以利因應。

5.船岸通訊聯結系統

船岸通訊聯結系統將提供船舶與碼頭緊急切斷(Emergency Shut Down，ESD)系統之通信,此系統可以將系統狀態、電話語音及資訊整合後經由光纖、電氣或氣動傳輸等方式,與船上系統連結並將相關訊號傳輸至中央控制室或手提電腦進行監視,如有緊急事故發生時將透過光纖、電氣或氣動訊號來觸發船上及岸邊的緊急停俥作業,以確保卸料作業的安全,防止洩料的情況發生。

6.碼頭電腦系統

碼頭電腦系統安裝於碼頭作業室內,包含必要之軟體設計、介面整合及硬體供應以接收、顯示並記錄拉力監測系統、靠泊協助系統、環境監測系統等資訊,並監控快速解纜鉤狀態,以及提供個別纜鉤或緊急全部釋放功能。

第四章　風電碼頭

C4.1　設計原則

C4.1.1　概要

風電碼頭基地係為風力發電場開發、營運及維護之必要基礎建設。為配合包括風力機組、基礎及其他相關設施等構件之製造、組裝、堆儲、運輸、安裝、營運、維護乃至除役等過程中之需求，其碼頭功能性除一般碼頭基本需求外，尚需因應風電碼頭營運之特性(包括大型物件運輸裝卸、高載重需求及特殊工作船停靠等)所面臨之情境納入風電碼頭設計考量。

C4.1.2　風電碼頭設計應考慮事項

風電碼頭設計時應依碼頭之功能性，決定相關設計條件，主要考量因素如下：

- 依不同用途船舶對應之設計船型
- 風力機組、基礎及其他相關設施構件之尺寸、重量
- 各項相關元件在陸上及船上之堆儲方式
- 起重、運輸及其它相關機具之種類、位置及動線
- 其它必要設施之需求

C4.2　碼頭設施設計

C4.2.1　碼頭長度、水深及水域配置

泊靠各類風電工作船之碼頭長度、碼頭水深及航道水域，應依據計畫船型尺寸審慎決定之，並依據各元件於海上作業時之堆儲、運輸、安裝過程中之需求，視需要保留一定餘裕，特別於碼頭及航道水域之頂部空間應儘可能淨空，以確保風力機組構件之裝載與運送安全。

C4.2.2　繫船設施

風電碼頭繫船設施，應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊之各類風電工作船型式、尺寸等予以決定其配置及型式。

繫船設施型式及配置等，依計畫靠泊之各類風電工作船型式、尺寸，依第八篇第十一章 11.2 節[繫船設施]規則設計。

C4.2.3 防撞設施

風電碼頭防撞設施，應考量碼頭佈置、型式，及計畫靠泊之各類風電工作船型式、尺寸等予以決定其配置及型式。

各類風電工作船依其不同使用目的，若有較特殊之船型，於設計防撞設施時應予注意。

防撞設施型式及配置等，依計畫靠泊各類風電工作船型式、尺寸，依第八篇第十一章 11.3 節[防撞設施]規則設計。

C4.2.4 碼頭承載力

風電碼頭承載力應考量構件製造、組裝、堆儲、運輸、裝卸等情境，全面或局部提升其承載力，以符合風力機組、起重運輸機具運作及其他相關設施之載重需求。各類構件尺寸及重量之參考值，詳附錄三所示。

C4.2.5 海床承載力

一般風電工作船於施工場址及碼頭間往返而形成循環作業，為配合後線場地之動線安排，靠泊位置多屬定點，於碼頭前水域作業時，若有將船機以腳柱支撐於海床上頂升，以供起重機吊運或其它作業之需求，因歷次船體頂升時需將其腳柱重複壓入拔起，腳柱無法取得足夠承載力，且將影響碼頭之整體安全性。故在其作業區海床上應考量設置適當之海床補強設施如拋石等，以增加承載力，並避免腳柱壓入海床長度及孔洞量體過大，而使船舶產生傾斜或影響碼頭結構安全。

C4.3 碼頭後線場地需求

風電碼頭為風力發電場與海陸上運輸之銜接點，碼頭後線場地應配合各構件製造、組裝、堆儲、運輸、安裝過程中之需求，提供足夠空間及承載力，因此設計時需考量以下事項：

- 組裝區域及平面配置
- 風力機組之各構件尺寸、重量及堆置方式
- 後線場地使用面積、堆置時間
- 後線場地鋪面承載力及可能產生之沉陷量
- 載運需求及運輸動線

第五章　遊艇碼頭

C5.1　設計原則

遊艇碼頭規劃設計，應配合遊艇之船舶特性，使遊艇航行、泊靠、人員上下船等，能安全且順利進行為原則。

C5.2　船型尺寸

設計船型各項參數，應依據遊艇碼頭鄰近既有船型現況，以及未來發展趨勢等綜合評估後決定。

1. 遊艇(yacht)依主動力之不同，一般分為以機械為主動力之動力艇(power boats)及以機械為輔助動力之動力帆船(sail boats)。
2. 當設計船型明確時，當以該船型尺寸為設計船型尺寸。
3. 當設計船型仍不明確時，則設計船型尺寸可參照表 C5-1 選取。

表 C5-1　主要船型尺寸

設計船型尺寸 (m)				排水量 W (t)	備註
全長 L	船寬 B	吃水深 T			
		動力艇	動力帆船		
8	3.4	0.9	1.5	3	小型遊艇
10	4.0	1.0	1.8	6	中型遊艇
12	4.4	1.0	2.0	10	
15	5.0	1.2	2.5	17	
18	5.4	1.4	2.7	38	大型遊艇
21	5.8	1.6	2.9	43	
24	6.3	1.7	3.0	66	
28	7.1	1.9	3.2	128	
32	8.0	2.0	3.6	190	超級遊艇
36	9.0	2.1	3.9	210	
40	10.0	2.3	4.2	260	
45	10.0	2.6	4.2	380	
50	10.0	2.9	4.2	540	

C5.3 水域設施

C5.3.1 一般規定

遊艇碼頭水域及航道設施包括進港航道、內航道、內水路、泊渠等，各水域設施應根據使用需求合理佈置，示意如圖 C5-1 所示。若計畫區有漂流木侵入可能，宜設置相應之攔截設施。

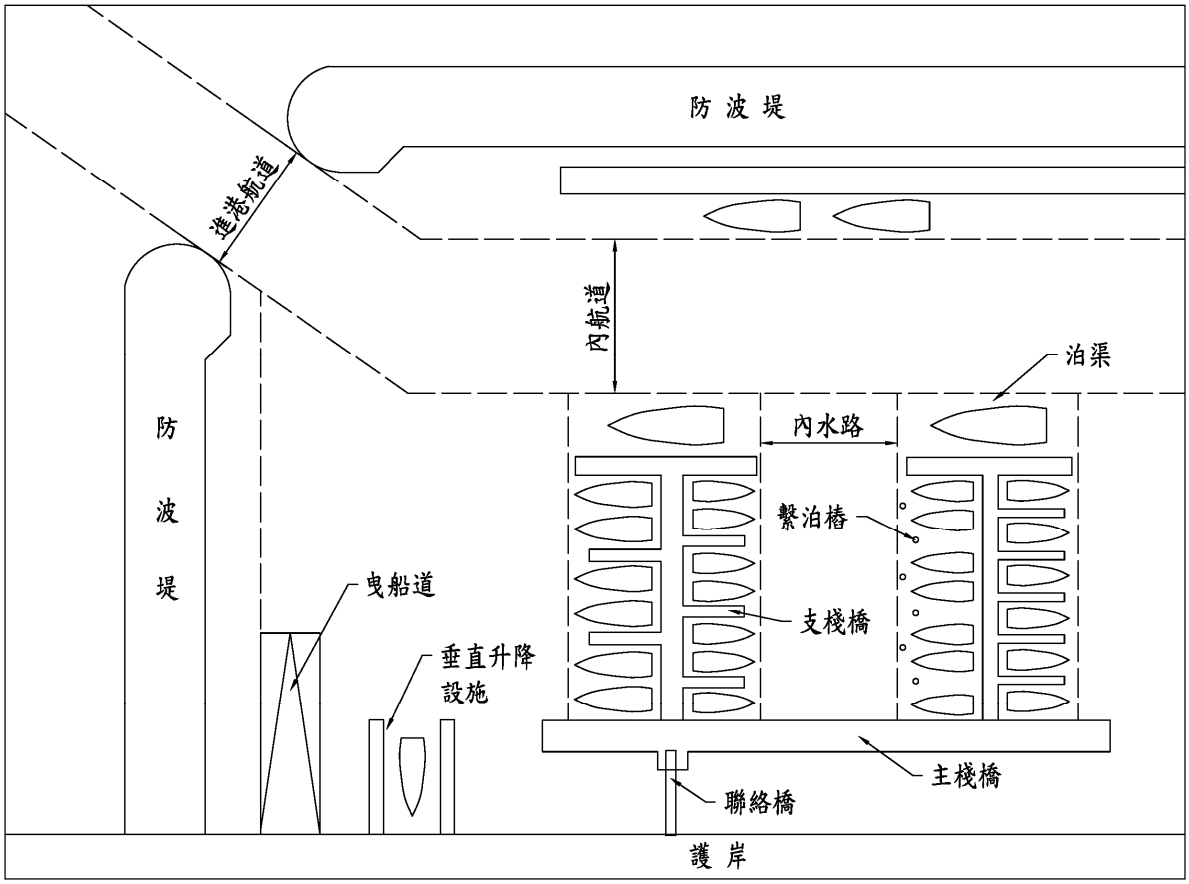


圖 C5-1 遊艇碼頭設施水域佈置示意圖

C5.3.2 外廓設施

外廓設施需依據氣象、海象、地形水深及地質等自然條件、船舶航行及設施周邊水域利用狀況，設置於適當之地點。

1. 外廓設施港口方向、位置、水深及寬度等，係以遊艇能夠安全進出港，考量風、波浪、潮流、周邊航行船舶、漂沙等，進行適當配置。

2. 港口方向需使港外波浪、潮流無法直接侵入，並避免漂沙導致港口處閉塞。

此外,為了使遊艇可安全並容易進出港,亦須避免使遊艇受到橫浪之影響。

3.港口位置之設定,除需考量周邊航行船舶之安全外,亦需考量使遊艇不受到集中波浪、碎波、潮流等影響。港口處應比照水域設施航道提供足夠之水深、寬度。

C5.3.3　航道

航道之規劃係以提供船舶安全且順暢之航行為目標,應參考地形水深、地質、波浪、水流、風力及周邊水域利用狀況等，滿足船舶使用需求。

1.進港航道選線應滿足船舶航行安全要求,結合港口整體規劃、自然條件等因素綜合確定，並適當留有發展餘裕。

2.進港航道軸線宜順直,盡量減小航道軸線與強風、強浪和水流主流向的交角。

3.進港航道、內航道、內水路寬度(圖 C5-1)可按表 C5-2 規劃。

4.進港航道、內航道及內水路等航道水深需能滿足遊艇安全、順暢航行之水深需求。航道水深可採下式計算：

航道水深 $D=T+Z_1$ ..... (式 C5.3-1)

T：計畫船型吃水深(m)

Z1:餘裕水深,一般採 0.6～1.0m (視底床特性而定:粉土質海床採 0.6m;硬底質海床採 1.0m)。

表 C5-2　航道基本寬度需求

項　　目	航 道 基 本 寬 度
進港航道	(1)20m、(2)L+2、(3)5B，取大值
內 航 道	(1)20m、(2)1.5L，取大值
內 水 路	1.5L

C5.4　繫靠設施

C5.4.1　繫泊設施

1.繫泊設施型式

繫泊設施之型式與規模，應考慮繫泊之目的(長期保管繫泊、臨時繫

泊)、船種、船型、船數、潮位差等，適當進行配置。其中，繫泊型式包括繫船岸、棧橋、繫船柱及繫船浮標等，如圖 C5-2 所示。

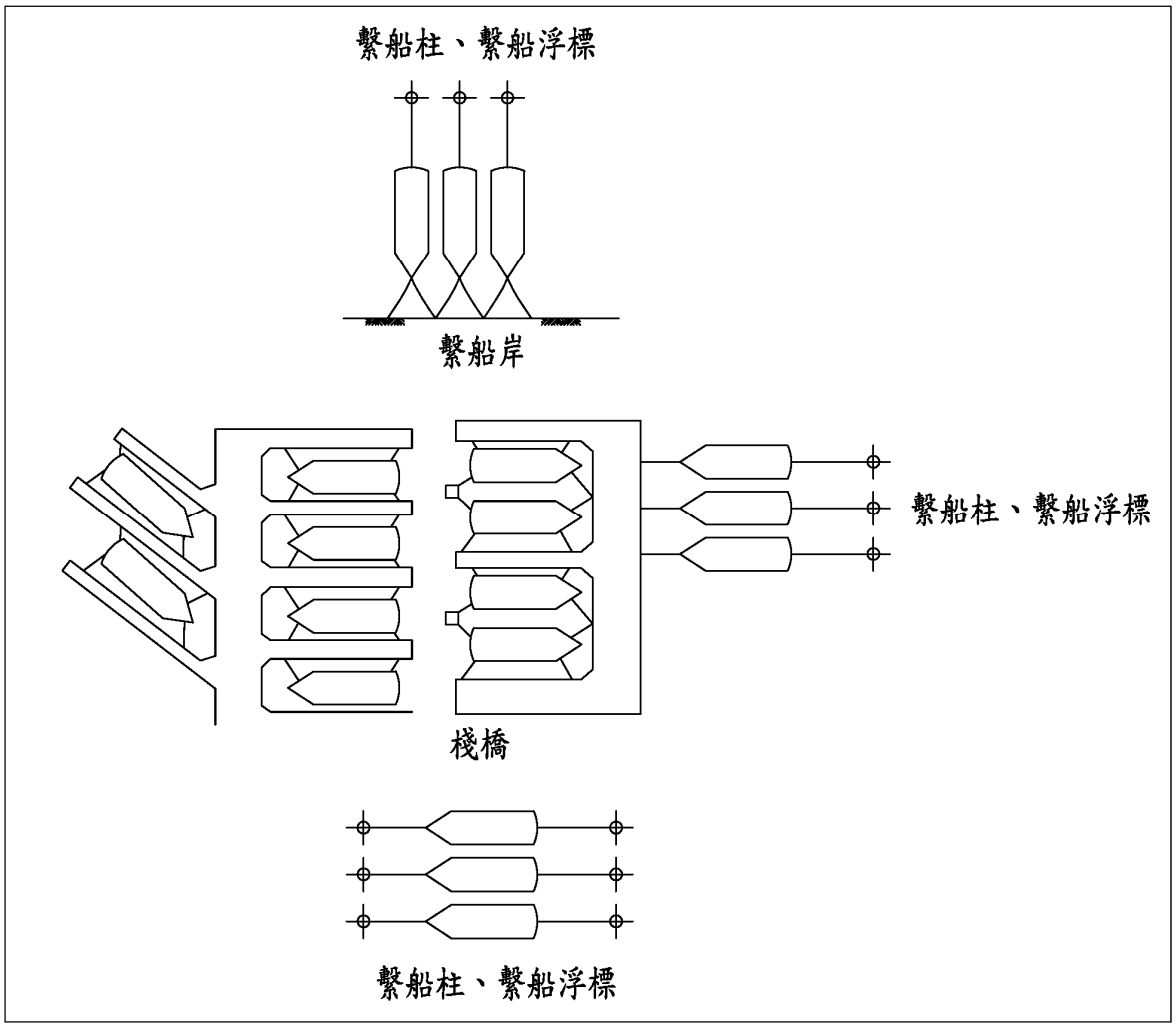


圖 C5-2　繫船設施型式

(1) 繫船岸：遊艇直接繫泊於碼頭岸壁之型式。其繫泊方式一般採繫船柱或繫船浮標。常使用於潮差較小之水域。

(2) 棧橋：設置固定或浮棧橋供遊艇繫靠之型式。繫泊方式可分為直接繫纜於支棧橋或藉由繫船浮標縱向繫泊於主棧橋。固定棧橋多用於潮差變化較小之水域；浮棧橋係可因應水位上下連動之棧橋，常用於潮差較大之水域。棧橋依構造、機能及形狀之不同，可有以下之分類。

a. 構　造：固定棧橋

浮棧橋(能夠隨水位上下連動)

b. 機　能：主棧橋(主要供使用者通行、搬運行李)

支棧橋(主要供遊艇繫泊及使用者上下船)

c. 形　狀：單棧橋

梳子型棧橋(主棧橋有支棧橋連結)

(3) 繫船柱、繫船浮標：僅以繫船柱或浮標提供遊艇繫泊之型式。常用於潮差小、臨時繫泊之場合。

2.繫泊設施配置

繫泊設施之配置，需考量自然條件、利用狀況、遊艇活動型態、操船機動性及經濟性等，確保船舶可安全航行與靠泊，提供使用者安全與舒適之使用，適當進行相關配置參數之設定。

(1) 繫靠遊艇之船艏方向以與恒風方向一致之配置為佳。

(2) 浮棧橋之排列形狀，可為單棧橋或主棧橋與支棧橋連結之梳子型棧橋，如圖 C5-3 及圖 C5-4 所示。單棧橋係由單一支浮箱構成，船舶橫靠於浮箱或藉繫船柱、繫船浮標以縱向方式繫靠。梳子型棧橋係於主棧橋之單側或兩側，以直角或斜角方式連接支棧橋，支棧橋之兩側提供船舶繫靠。

(3) 浮棧橋配置範例及其特徵，可參照表 C5-3。

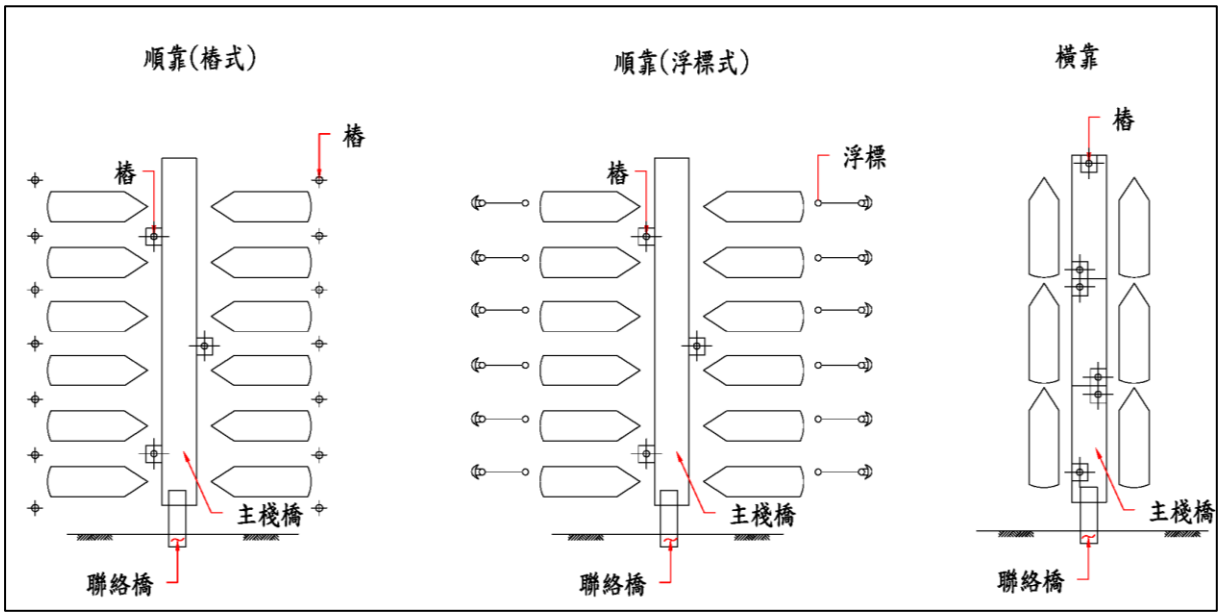


圖 C5-3　浮棧橋型式 (單棧橋)

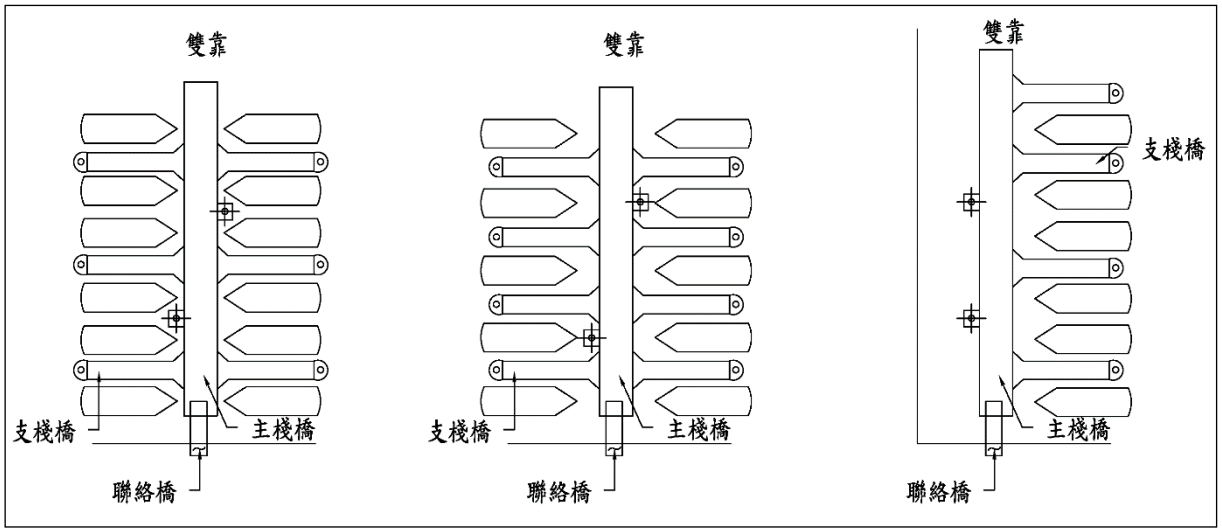
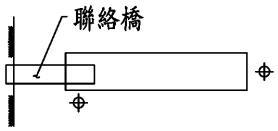
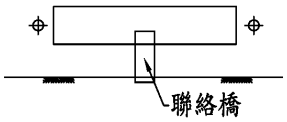
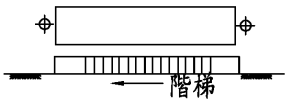
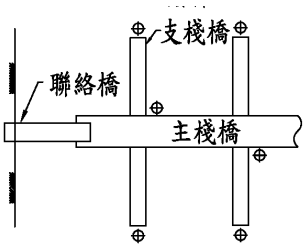
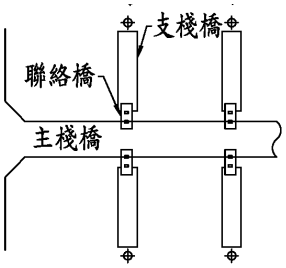


圖 C5-4　浮棧橋型式 (梳子型棧橋)

表 C5-3　浮棧橋配置範例及特徵

棧橋型式		配 置 圖	特　　徵
單棧橋	縱接		● 浮棧橋之兩側均可利用。
	橫接		● 適用於船席水域空間受限制時。 ● 潮差大時需注意聯絡橋之位移。
	橫接 ＋岸壁階梯		● 適用於船席水域寬度較小時。 ● 適用於潮差大之水域。 ● 階梯與浮棧橋間需設置緩衝材。
梳子型棧橋	主棧橋 ＋支棧橋		● 人員安全且容易上下遊艇。 ● 遊艇繫泊較為穩固。 ● 適用於潮差大之水域。
	主固定棧橋 ＋支棧橋		● 人員安全且容易上下遊艇。 ● 遊艇繫泊較為穩固。

(4) 繫泊設施配置參數：

a. 繫泊設施之配置，應考量自然條件、利用狀況、遊艇活動型態、操船機動性及經濟性等，確保船舶航行及停靠、繫泊之安全，並能讓使用者能夠安全、方便地使用設施。

b. 棧橋間距，為避免遊艇與棧橋間或是遊艇之間產生碰撞，應依據棧橋間預定泊靠之船數適當進行設定。當支棧橋比遊艇全長為短時，需留意其是否能夠繫泊。

c. 繫泊設施配置參數如圖 C5-5 所示，可參照下列建議設定：

船 席 長：(支棧橋) B_1=(0.7～1.2)L。

船 席 寬：(單泊位) W_1=B+d；

(雙泊位) W_2=2B+1.5d。

船席水深：D=T＋Z_1。

棧 橋 寬：(主棧橋)b’=依服務長度決定，但不應小於表 C5-4 之建議值；

(支棧橋) b=依服務長度決定，但不應小於表 C5-5 之建議值。

b’：主棧橋寬；

b：支棧橋寬；

D：船席水深；

d：餘裕寬度，隨船長而有不同規範值，詳表 C5-6 所示，介於 0.8～2.0m 之間；

Z_1：餘裕水深，底床為軟底質取 0.6m；硬底質取 1.0m。

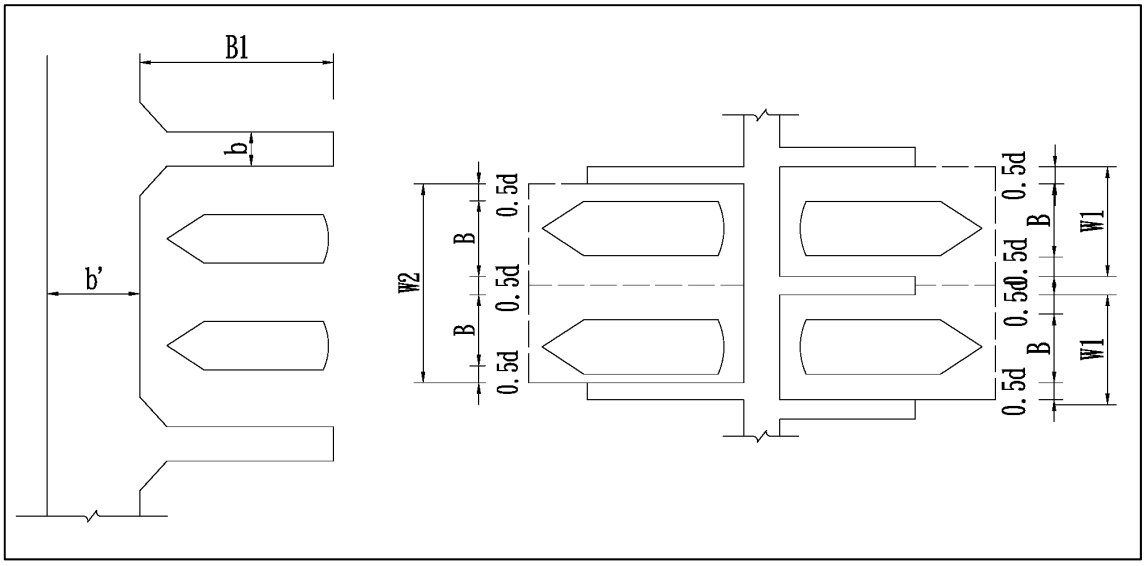


圖 C5-5　浮棧橋配置參數

表 C5-4　主棧橋寬度

主棧橋服務長度(m)	主棧橋寬度(m)
＜100	2.0
100～200	2.5
200～300	3.0
＞300	4.0

表 C5-5　支棧橋寬度

泊渠長度(m)	支棧橋寬度(m)
≦12	1.0
12～24	1.5
＞24	2.0

表 C5-6　餘裕寬度

船長 L(m)	L≤12	12<L≤24	24<L≤36	L>36
餘裕寬度 d(m)	0.8	1.2	1.6	2.0

3.聯絡橋

聯絡橋係為陸地至浮棧橋間做為聯絡之引橋，其構造型式、寬度、長度及坡度等，需考量潮位變動之影響適當設定。

(1) 聯絡橋之寬度、坡度等，應依據設施的使用狀況來訂定。一般建議聯絡橋之淨寬不宜小於 75cm，坡度則不宜超過 1：4，設置示意如圖 C5-6 所示。

(2) 倘有無障礙使用之需求，則坡道淨寬不得小於 90cm，其坡度不得大於 1：12，高低差小於 20cm 者，其坡度得酌予放寬。

4.考量操船及繫泊需求，允許波高一般建議須小於 0.3m；颱風期間為確保繫泊安全，容許波高須小於 0.5m。

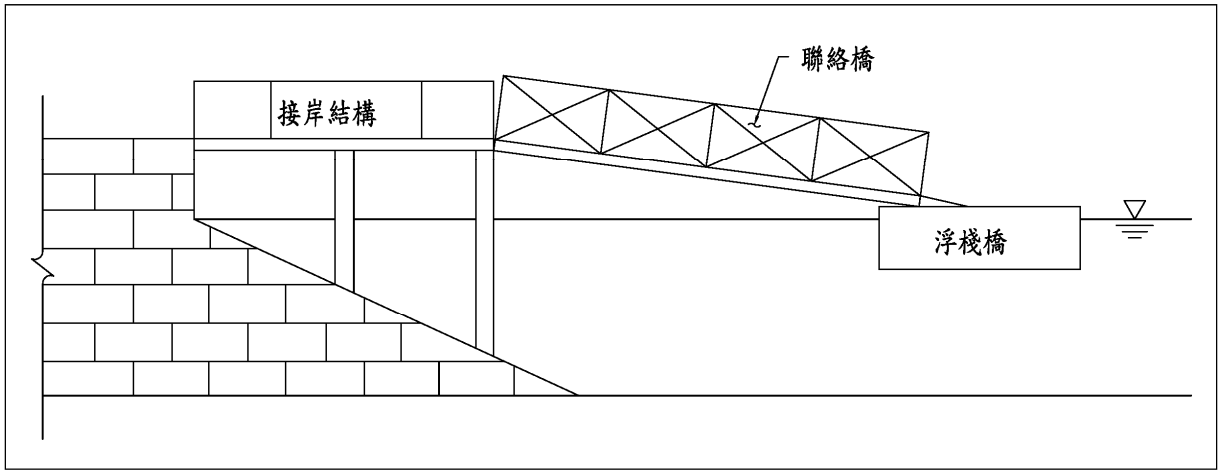


圖 C5-6　聯絡橋設置示意圖

C5.4.2　碼頭設計

碼頭之設計條件，應依該結構物之特性及結構物所處之位置，並考量自然條件、該結構物之利用狀況、施工條件、結構特性、社會對該結構物之需求等因素，以訂定該結構物之設計條件。而遊艇碼頭之結構型式可分為固定式碼頭與浮動碼頭。

1. 固定式碼頭

固定式碼頭為不隨波浪上下起伏之碼頭型式，依第八篇[碼頭工程]規則設計。

2. 浮動碼頭

遊艇之浮動碼頭應考慮永久作用力(自重及配套設施載重)、可變作用力(人群載重、移動設施載重、船舶載重、風力、波力、水流力、水壓力、壓艙重量等)及地震作用。碼頭型式則依第八篇第九章[浮動碼頭]規則設計。

而有關浮動碼頭之自重，依浮箱所採用材質計算之；浮動碼頭之載重一般分為裝卸載重及活載重。由於遊艇碼頭較少有重量大的貨物裝卸或是車輛使用，故主要以人群載重為主要考量。

(1)浮動碼頭設計人群載重設計值應取 300kgf/m^2；聯絡橋設計人群載重應取 400kgf/m^2；集中載重應視配置設施決定，但不應小於 450kgf。浮動碼頭於穩定性檢討時，人群載重可乘以折減係數，折減係數可按表 C5-7 採用。

(2)浮動碼頭之浮箱穩定性，應針對以下兩項進行檢討：

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。

a.聯絡橋支點反力

b.甲板上滿載載重

c.浮箱內有若干浸水

②浮箱長向對稱軸聯絡橋邊滿載載重，加上聯絡橋支點反力後，浮箱仍能保持穩定狀態，甲板傾斜需小於 1:10，且甲板面仍保持於水面以上，即乾舷大於 0.05m。

(3)浮動碼頭之浮箱固定方式應依設置地點之自然條件，及未來之使用需求，選擇適合之方式固定之。而一般常用之固定方式包含基樁固定式、錨鍊固定式及岸壁支撐式等三種。

表 C5-7　載重折減係數

浮棧橋	最小折減係數
支棧橋	0.3
主棧橋	0.5

C5.5　陸上服務設施

C5.5.1　遊客上下岸設施

遊艇上下岸作業設備應根據遊艇之類型、數量及水位差等因素確定，可採用垂直升降設施或曳船道。

1.垂直升降設施

垂直升降設施可依使用需求，選用門式起重機、懸臂式起重機或堆高機(Folklift)等型式。

2.曳船道

曳船道之規模和布置應綜合考慮上下岸遊艇類型、需求、地形等因素。

(1)單線曳船道淨寬不應小於 6m，多線曳船道淨寬尚應滿足同時使用

遊艇之寬度要求；曳船道另應設置供船員上下艇之設施。

(2)供 30 噸以上遊艇上下岸之曳船道，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。曳船道斷面示意如圖 C5-7 所示。

(3)曳船道相關設計考量，建議如下：

①曳船道之坡度宜取 1:7~1:8。

②曳船道海側壁體頂高應為朔望平均乾潮位(L.W.L.)下，且低於遊艇吃水深度。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，原則以遊艇滿載吃水深+0.5m 為標準。

③曳船道頂端高程比照部頒碼頭設計高程，潮差大於 3m 時採 H.W.L.上 0.3～1.0m，潮差小於 3m 時採 H.W.L.上 0.5～1.5m。若與既有碼頭等鄰接，則可考量使用上之方便性，採與碼頭面等之高程相同。

④多線曳船道長度較長時(>60m)，宜在適當位置設置迴轉區。

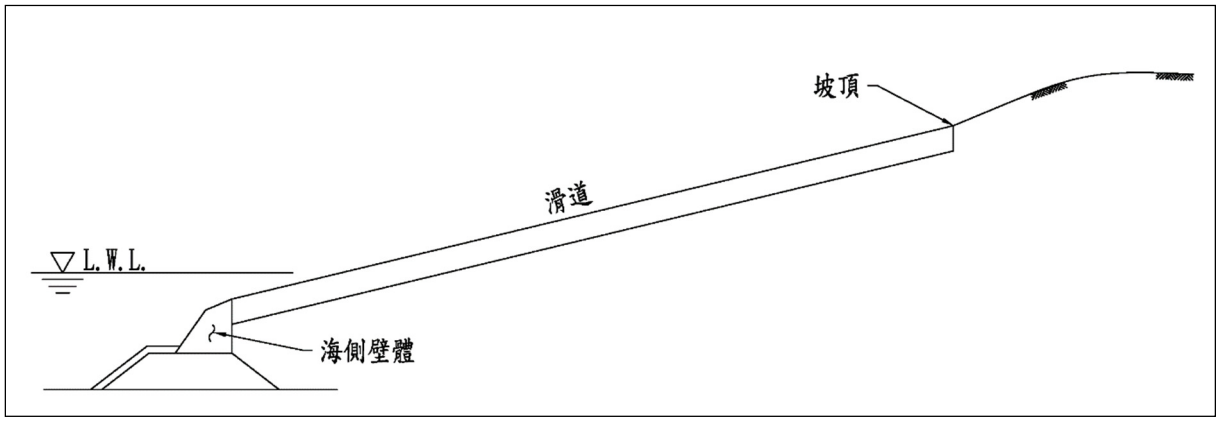


圖 C5-7　曳船道斷面示意圖

C5.5.2　陸上存放設施

遊艇陸上存放設施可包括置艇場、露天多層艇架、艇庫等，其規模應根據遊艇數量、使用需求、陸域面積、自然條件等因素綜合確定。

1.置艇場應布置作業車輛停車位。

2.遊艇存放設施之布置應符合下列規定：

(1)置艇場之遊艇應放置於車架或艇架上，並根據遊艇之種類分區布置，大型遊艇區域宜靠近上下岸設施布置，遊艇艏艉方向宜與強風方向保持一致。

(2)艇庫宜採用大跨度結構，其跨度和淨高應按作業機械和艇架層高決定，庫門尺寸應滿足進出庫作業之作業機具、遊艇運輸車輛之通行要求。

(3)遊艇停放位之布置和尺寸應根據遊艇尺寸、遊艇搬運作業要求決定。採平行或斜向對角布置時可參考圖 C5-8 和表 C5-8 決定。

3.置艇場及露天艇架應設置遊艇防風抗颱設施。

4.艇庫之規劃設計應遵循我國既有建築相關法令之規定。

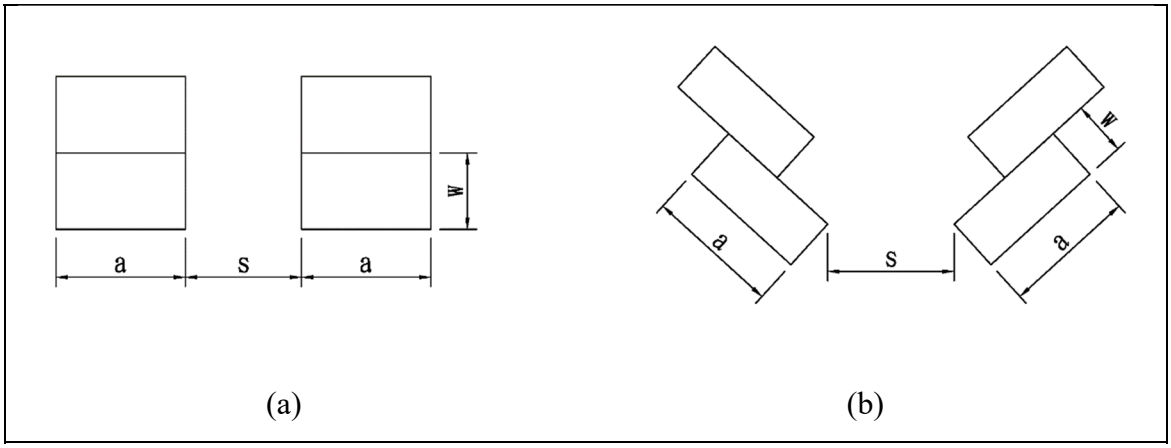


圖 C5-8　遊艇停放位之布置

表 C5-8　遊艇停放位尺寸

船型	停放位長度 *a*(m)	停放位寬度 *w*(m)	通　道　寬 *s*(m)
L－全長 B－船寬	1.0L～1.2L	1.0B～1.5B	(1) 不使用牽引車時，$s \geqq a$； (2) 使用牽引車(叉車、拖車)移動遊艇時，*s* 取值應考慮移艇車輛之轉彎半徑。

C5.5.3　修理及維護設施

遊艇修理和維護設施應根據實際需要設置，遊艇之陸上修理和維護作業應在維修場或車間內進行，並鄰近遊艇上下岸設施。

C5.5.4　道路及停車場

遊艇碼頭道路應考量遊艇牽引車對於迴轉半徑之需求，並應根據船型、開發規模及所在區域等進行停車場需求評估。

1.道路之規劃設計應根據當地交通現況、計畫交通流量、地形、鄰近道路等進行，並可參照交通部頒布「公路路線設計規範」、「交通工程規範」及內政部營建署頒布「市區道路及附屬工程設計規範」等準則辦理。

2.遊艇碼頭道路所需牽引車迴轉半徑，可參考示意圖 C5-9，依實際使用車型估算決定。

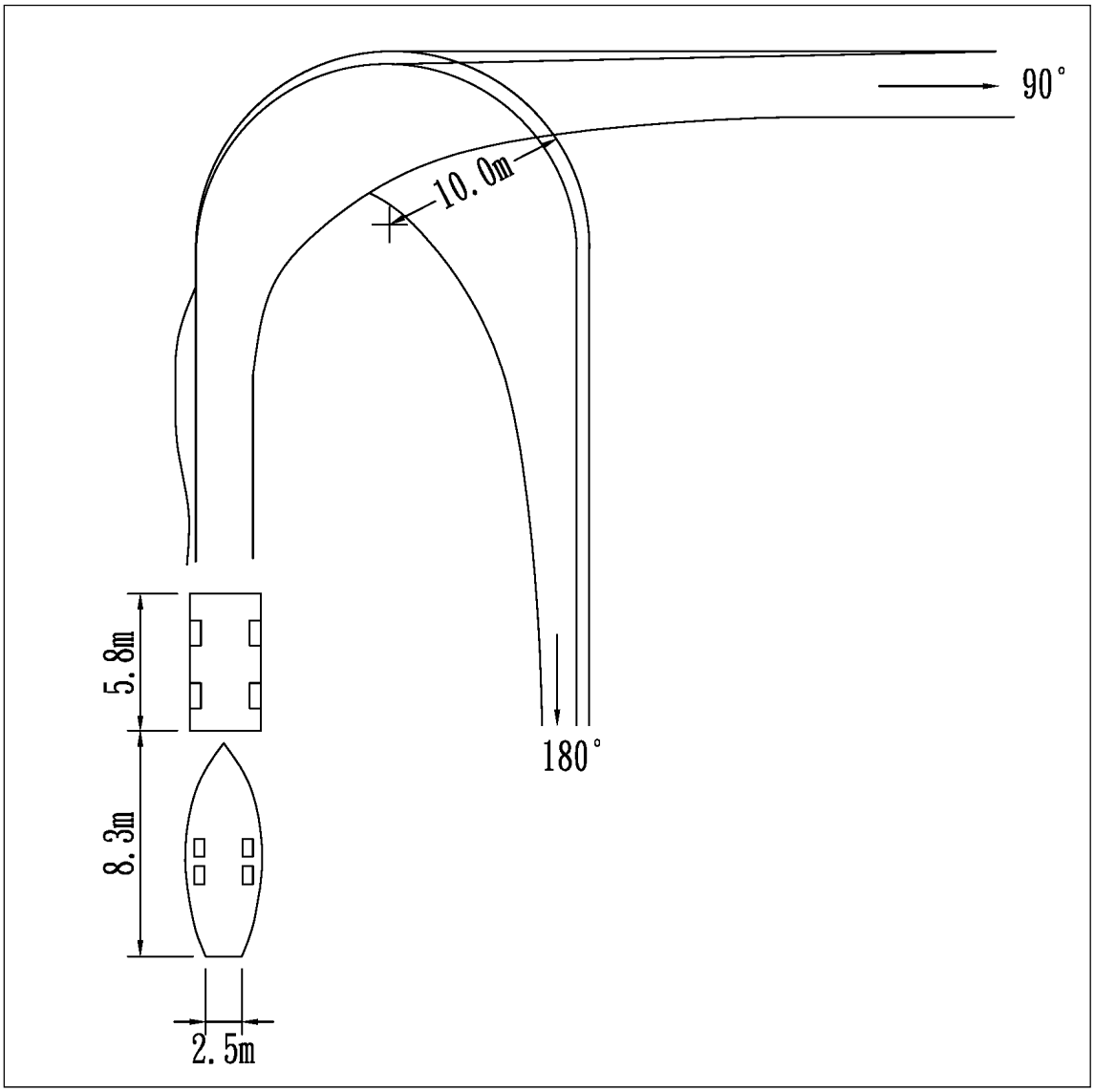


圖 C5-9　遊艇牽引車迴轉半徑示意圖

3.停車場格數可依下列方式概略估算：

(1)沿海遊艇碼頭

①每一泊位(全長<12m)0.33-0.5 席

②每一泊位(全長≧12m)1 席

③每一碼頭員工 1 席

④每一出租遊艇 1 席

⑤其他服務設施依建築法規估算

(2)內河遊艇碼頭

①每三泊位 1 席

4.停車場之規劃設計可參照交通部頒布「交通工程手冊」辦理。

5.停車格位尺寸規劃建議如下：

(1)小型車停車位每輛寬 2～2.5m，長 5m。

(2)大客車停車位每輛寬 3.5m，長 12m。

(3)大貨車停車位每輛寬 3.5m，長 12m。

(4)聯結車停車位每輛寬 3.5m，長 20m。

(5)機車停車位每輛寬 1m，長 2m。

6.小客車停車場面積(含道路等)可按每席 20～30m²概略估算，或依各排列方式參考表 C5-9 擇定。

表 C5-9　小型車停車場各種停車位排列方式之單位面積

停車角度	停車方向	通道寬度 (m) A_w	與通道方向垂直之停車深度 (m) S_d	與通道方向平行之停車寬度 (m) S_w	計畫停車寬度(m) $W=A_w+2S_d$	平均每輛停車所需面積(m^2) $A=W/2\times S_w$
30°	前進停車	3.8	4.70	5.00	13.2	33.00
45°	前進停車	3.8	5.35	3.55	14.5	25.74
45°交叉式	前進停車	3.8	4.45	3.55	12.7	22.54
60°	前進停車	6.3	5.60	2.90	17.5	25.38
60°	後退停車	5.7	5.60	2.90	16.9	24.51
90°	前進停車	7.5	5.00	2.50	17.5	21.88
90°	後退停車	6.7	5.00	2.50	16.7	20.88

C5.5.5　營運管理設施

遊艇碼頭需設置營運管理設施，提供管理人員辦公使用，並以能夠掌握整體泊位狀況為原則。其設置區位應位於交通便捷之處，方便管理人員、臨靠遊艇及遊客到達。碼頭區需配置適當標誌，指引設施所在。

1.營運管理設施設計時，可參照以下考量：

(1)應配置適當標誌進行指引。

(2)設置於明顯區位可方便不熟悉當地環境之遊客到訪。

(3)設施大小可依遊艇碼頭規模、靠泊船型及職員數決定。

(4)設施內部可依需求設置接待處或辦公室等設施。

2.此外，亦可考量設置下列服務設施：

(1)雜貨店，販售服裝、餐飲等。

(2)遊艇販售、租賃中心。

(3)售票處、候船室等。

C5.6　碼頭配套設施

碼頭依作業需求，相關設施如供水、供電、照明、消防、電信等設施依第八篇第十一章[附屬設施]規定辦理外，並應設置補給、環保及衛生等設施。

1.補給設施

(1) 遊艇碼頭附近缺乏遊艇加油設施時，宜設置專用燃料補給泊位。

(2)加油設施設計，應考量碼頭計畫靠泊船型，並以不妨礙碼頭作業為原則，決定加油設施配置及規模。

(3) 碼頭設置加油設施時，應依需要配置必要之防止污染設施，以處理漏油等意外事故。

2.環保設施

遊艇碼頭應設置生活垃圾和污水收集等環保設施。

3.衛生設施

每 40 座泊位應提供最少 1 處之衛生設施，並視需求可考量設置淋浴間。

參 考 文 獻

1. Australian Marine Institute, “Guidelines for Planning a Marina Development,” 2001.
2. Arnaud BANA, Michel MARIA,“Les Amenagements de Plaisance Maritime,” 2002.
3. British Standard Institution,“British Standard Code of Maritime Structures (BS6349)”.
4. Carl A. Thoresen,“Port Designer’s Handbook,”Third Edition,2014.
5. Department of Boating and Waterways,“Layout & Design Guidelines for Marina Berthing Facilities,”2005.
6. Department of the Army,“Waterways Experiment Station,Corps of Engineers,Coastal Engineering Research Center, SHORE PROTECTION MANUAL”, 1984.
7. DNV GL,“DNVGL-ST-0054: Transport and installation of wind power plants,” 2017.
8. GL Garrad Hassan,“Assessment of Ports for Offshore Wind Development in the United States,” 2014.
9. Mr.Morten Basse Jensen, Wei-Hsien Lu,“Offshore Wind Port Feasibility Study of Taichung Harbor, Taiwan,” 2016.
10. OCIMF,“Mooring Equipment Guidelines,” 2018.
11. PIANC,“Design of Small- to Mid-Scale Marine LNG Terminals Including Bunkering,” 2016.
12. Standards Australia,“Guidelines for design of marinas,” 2010.
13. Tetra Tech EC Inc., “Port and Infrastructure Analysis for Offshore Wind Energy Development,” 2010.
14. The Yacht Harbour Association Ltd,“A Code of Practice for the Design and Construction of Marinas and Yacht Harbours,” 2013.

15. US Army Corps of Engineers, Naval Facilities Engineering Command, Air Force Civil Engineer Support Agency,"DESIGN: PIER AND WHARVES, UFC 4-152-01," 2012(2017).
16. US Army Corps of Engineers, USACECoastal Engineering Manual, 2012.
17. US Department of Defence,"DESIGN: SMALL CRAFT BERTHING FACILITIES," 2012.
18. 日本国土交通省国土技術政策総合研究所,『性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方』，2009(日文)
19. 日本港灣協會,『港灣の施設の技術上の基準・同解説』,1999(日文)。
20. 日本港灣協會,『港灣の施設の技術上の基準・同解説』,2007(日文)。
21. 日本港灣協會,『港灣の施設の技術上の基準・同解説』,2018(日文)。
22. 交通部第一航務工程勘察設計院，『海港工程設計手冊』，1997。
23. 中華人民共和國交通運輸部，『遊艇碼頭設計規範』， 2014。
24. 中華人民共和國交通運輸部，『液化天然氣碼頭設計規範』，2010。
25. 台灣省政府交通處港灣技術研究所，『港灣及海岸結構物設計基準』，民國86年。
26. 工業技術研究院,『台中港離岸風電專用碼頭及其後線土地建置評選及營運模式研究 正式報告書』，民國104年。
27. 工業技術研究院，『再生能源離岸風力電場開發之專用碼頭(區)設置研究 正式報告書』，民國101年。
28. 工業技術研究院，『離岸風電配套港埠設施方案研究 期末報告書』，民國103年。
29. 交通部,『港灣構造物設計基準－防波堤設計基準及說明』,民國85年。
30. 交通部，『港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明』，民國86年。
31. 交通部，『港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明』，民國86年。
32. 交通部，修訂『港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明』，民國99

年。

33. 交通部觀光局，『遊艇港設施規劃及設計參考規範』，民國80年。

34. 交通部航港局,『遊艇碼頭設施規劃及設計參考手冊』,民國106年3月。

35. 曾志煌、翁國和、郭一羽、許泰文、蕭松山、廖學瑞、張憲國、翁文凱、郭世榮、岳景雲、張欽森、朱志誠、辛志勇、張君名、陳蔚瑋、莊世璿、吳建緯、蘇昱維，『港灣構造物設計基準增補研究(一) 』，交通部運輸研究所，民國96年。

36. 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，『港灣構造物設計基準修訂』，交通部運輸研究所，民國94年。

附錄 1　國內常見郵輪船隊及主要船型

鑑於近年來郵輪旅遊風氣漸長，為滿足國內郵輪市場需求，蒐整目前國內常見之郵輪船隊及其主要船型尺寸，詳表 1-1 所示。

表 1-1　國內常見郵輪船隊及主要船型尺寸彙整表

船隊	船名	總噸 (GT)	船長 (m)	船寬 (m)	吃水 (m)	載客數 (人)
公主郵輪船隊 Princess	盛世公主號 Majestic Princess	143,000	330	38.4	8.4	3,560
	黃金公主號 Golden Princess	108,865	290	36	8.7	2,600
	鑽石公主號 Diamond Princess	116,000	290	37.5	8.8	2,670
	藍寶石公主號 Sapphire Princess	116,000	290	37.5	8.5	2,670
	太陽公主號 Sun Princess	77,000	261	32.3	8	1,990
麗星郵輪船隊 Star Cruises	寶瓶星 Aquarius	51,309	229.8	28.5	6.8	1,511
	處女星 Virgo	75,338	268.6	32.3	7.9	1,870
	天秤星 Libra	42,285	216.3	28	7	1,418
	雙魚星 Pisces	40,053	176.6	29	6.2	1,009
	雙子星 Gemini	50,764	229.8	28.5	6.8	1,532
菁英郵輪 Celebrity Cruises	極致號 Solstice	122,000	317.3	36.9	8.2	2,850
	星座號 onstellation	91,000	294.1	32.2	7.9	2,038
	千禧號 Millennium	91,000	294.1	32	7.9	2,038
	世紀號 Century	71,545	248.4	32.2	7.6	1,814
皇家加勒比國際郵輪 RCI	海洋綠洲號 Oasis	225,282	360	65	9.3	5,400
	海洋量子號 Quantum	167,800	347.8	41.4	8.5	4,180
	海洋航行者號 Voyager	140,000	309	38.6	8.8	3,114

	海洋水手號 Mariner	138,000	311	48	8.8	3,114
	海洋迎風號 Rhapsody	78,491	279	32.2	7.92	2,435
	海洋神話號 Legend	70,000	264.3	32	7.5	2,076
歌詩達郵輪船隊 Costa Cruises	幸運號 Costa Fortuna	103,000	272	35.5	8.3	3,470
	大西洋號 Costa Atlantica	85,619	292	32.2	7.8	2,114
	新浪漫號 Costa neoRomantica	57,100	221	31	7.8	1,800

附錄 2　臺中港對液化天然氣船泊港限制條件

臺中港對 LNG 船舶進港限制條件如下。

(1) 平均風速超過 12m/sec 時

(2) 白天能見度小於 2 浬以內時

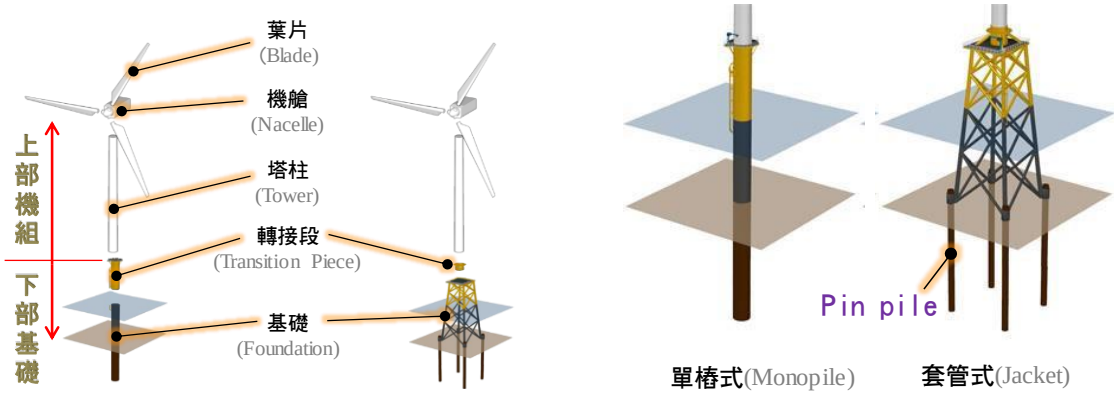
(3) 海流流速大於 2.5 節時

(4) 於防坡堤遮蔽區內，其示性波(H 1/3)波高大於 1.5 公尺時

(5) 雷雨、暴風雨及陸上颱風警報發佈後，未來 12 小時可能侵襲碼頭時若達以上限制條件時不得駛入臺中港停靠。

附錄 3　風機構件尺寸及重量參考

風力發電機組，依其元件及型式，大致可區分為上部機組及下部基礎，上部機組主要為葉片(Blade)、機艙(Nacelle)及塔柱(Tower)等，下部基礎部份，以較複雜且結構較大之離岸式風力發電機組而言，目前國內多以單樁式(monopole)及套管式(jacket)為主，各組件詳圖 3-1 所示。茲摘列有關風力發電機組裝置規模 4～8MW 之各構件主要構件尺寸諸元及堆置載重需求參數，相關資料詳表 3-1～3-4 所示。因風力發電機組未來裝置容量有大型化之趨勢，實際使用時應查明資料是否有更新。



(a)風力發電機組元件名稱　　(b)下部基礎型式

圖 3-1　風力發電機組元件及型式圖解(離岸式)

表 3-1 風力發電機組之葉片(上部機組)尺寸諸元彙整表

參數 Parameter		單位 Units	風力機容量 Wind Turbine Size [MW]				
			4	5	6	7	8
葉片 (Blade)	轉子直徑(Rotor Diameter)	m	120	135	150	164	175
	軸轂直徑(Hub Diameter)	m	3	4	4	4	5
	葉片長度(Blade Length)	m	59	66	73	80	85
	後線堆置面積(Quayside for Storage)，註 1	m^2	363	440	527	615	696
	重量(單片葉片)(Blade mass)	t	19	23	28	34	40
	承壓面積(2 點承壓)[Bearing area(2 contact blocks under frame)]	m^2	16	18	20	22	24
	堆置載重(3 片堆疊)[Bearing pressure under blocks(3 blades stacked)]	t/m^2	3.6	3.8	4.2	4.6	5.0

資料來源：GL Garrad Hassan 2014, 〝ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES〞

註 1：因未來風力發電機組裝置容量有大型化之趨勢，使用時應查明該引用資料是否有更新

表 3-2 風力發電機組之機艙(上部機組)尺寸諸元彙整表

參數 Parameter		單位 Units	風力機容量 Wind Turbine Size [MW]				
			4	5	6	7	8
機艙 (Nacelle)	機艙寬(Nacelle Width)	m	5.2	6.3	7.4	8.5	9.6
	機艙長(Nacelle Length)	m	13	16	18	20	21
	後線堆置面積(Nacelle Storage area)，註 1	m^2	111	146	185	226	270
	機艙重量(Nacelle mass)	t	162	239	330	390	450
	機艙載運框架(Storage,lift,and sea lashing frame mass)	t	16	24	33	39	45
	總重量(Total mass)	t	178	263	363	429	495
	SPMT 軸數[Min number of SPMT axles for nacelle]	軸	8	11	15	18	20
	承壓面積(2～3 點承壓)	m^2	27	31	35	59	64
	堆置載重	t/m^2	7	8	10	7	8

資料來源：GL Garrad Hassan 2014,〝ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES〞

註 1：因未來風力發電機組裝置容量有大型化之趨勢，使用時應查明該引用資料是否有更新

表 3-3 風力機組之塔柱(上部機組)尺寸諸元彙整表

參數 Parameter		單位 Units	風力機容量 Wind Turbine Size [MW]				
			4	5	6	7	8
塔柱 (Tower)	長度(Tower Length)	m	66	74	81	88	94
	直徑(Tower mass)	m	5.00	5.50	6.00	6.25	6.75
	塔柱分段長度(分 2 段) (Section Length)	m	33	37	41	44	47
	後線堆置面積(分 2 段)，註 1 (Storage Area per Section)	m^2/段	245	291	340	380	427
	塔柱總重量(Tower mass)	t	185	215	250	280	310
	單段塔柱重量 (Section mass)	t	93	108	125	140	155
	承壓面積	m^2	16	16	16	16	16
	堆置載重	t/m^2	6	7	8	9	10

資料來源：GL Garrad Hassan 2014, 〝ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES〞

註 1：因未來風力發電機組裝置容量有大型化之趨勢，使用時應查明該引用資料是否有更新

表 3-4 套管式支撐結構尺寸諸元彙整表(離岸式)

參數 Parameter		單位 Units	風力機容量 Wind Turbine Size [MW]			
			5	6	7	8
套管式結構 (Jacket)	重量 Jacket mass [t]	t	609	684	759	834
	樁 (x4) 重量 Pin-piles(×4) mass [t]	t	284	328	372	416
	套管式腳間距 Jacket leg separation [m]	m	25	23	20	18
	高度(腳基部至轉接段) Height (leg base to TP) [m]	m	58	58	58	58
	堆置區面積 (橫放) Storage area (laid down) [m^2]	m^2	1740	1601	1392	1253
	堆置區面積 (直立) Storage area (standing) [m^2]	m^2	750	635	480	389
	承壓面積 (4 block supports to distribute load) [m^2]	m^2	48	48	48	48
	堆置載重	t/m^2	13	14	16	17

資料來源：GL Garrad Hassan 2014,〝ASSESSMENT OF PORTS FOR OFFSHORE WIND DEVELOPMENT IN THE UNITED STATES〞

註 1：因未來風力發電機組裝置容量有大型化之趨勢，使用時應查明該引用資料是否有更新

附錄二

本次修訂內容摘要表

附錄二　本次修訂內容摘要表

第七篇　防波堤

章節項目	主要修訂內容	修訂依據或說明	處理方式	
			新增	修訂
第七篇 防波堤				
第一章 總論	1.訂定規範之依據及界定規範之功能、適應用範圍或限制之處。 2.修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依交通部部頒技術規範作業機制辦理。		V
第二章 設計之基本原則	1.本章係為設計條件，相關內容彙整於第二篇。 2.修訂相關文字或贅詞使文意通順。	參考日本2018年版「港灣の施設の技術上の基準•同解說」。		V
第三章 基本設計	1.對於堤體之安定計算內容進行修訂。 2.調整用詞及標點符號使用方式使文章架構一致。 3.沉箱內容彙整於第四篇預鑄混凝土構件。	參考國內外相關規範對於堤體之安定計算內容進行修訂。		V
第四章 細部設計	1.對於堤體之基礎保護予以說明並訂定相關規範。 2.調整用詞及標點符號使用方式使文章架構一致。 3.沉箱內容彙整於第四篇預鑄混凝土構件。	參考日本2007年版「港灣の施設の技術上の基準•同解說」。		
第五章 防波堤與漂沙對策設施	修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第六章 防波堤之管理與維修	刪除	有關港灣構造物之管理與維護，已修訂於基準第一篇第三章【生命週期之管理原則】內容辦理。		V
第六章 海堤	新增	參考國外如美國、日本等對海堤或護岸之設計方式皆有說明，故增訂本章內容。	V	

第八篇　碼頭工程

章節項目	主要修訂內容	修訂依據或說明	處理方式	
			新增	修訂
第八篇 碼頭工程				
第一章 概說	1.訂定規範之依據及界定規範之功能、適應用範圍或限制之處。 2.修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依交通部部頒技術規範作業機制辦理。		V
第二章 碼頭相關事項	對於碼頭面高程基準之決定進行修訂。	參考日本2007年版「港灣の施設の技術上の基準•同解說」		V
第三章 碼頭之結構型式	修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第四章 重力式碼頭	修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第五章 板樁式碼頭	修訂相關文字如「拉桿」與「背拉構材」之使用，及相關贅詞使文意通順。	依歷次會議結論酌予調整文字。		V
第六章 圓筒式碼頭	修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第七章 棧橋式碼頭	修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第八章 平版樁基式碼頭	修訂相關文字如力或壓力之使用，與相關贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第九章 其他型式碼頭	對於浮動碼頭補充岸壁支撐與樁基固定等結構型式，與相關用文字及架構之調整。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第十章 銜接結構物	修訂相關文字如力或壓力之使用，與相關贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第十一章 附屬設施	修訂相關文字如力或壓力之使用，與相關贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第十二章 曳船道	修訂相關文字如力或壓力之使用，與相關贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第十三章 岸肩	檢視並調整岸肩之定義，並補充相關摘要註解。	依初審會議討論辦理，並參考日本2007年版「港灣の施設の技術上の基準•同解說」修訂。		V
第十四章 裝卸機械基礎	修正導軌為軌道，亦為國內工程之慣用詞。	依初審會議討論辦理。		V

章節項目	主要修訂內容	修訂依據或說明	處理方式	
			新增	修訂
第十五章 碼頭維護與管理	刪除	有關港灣構造物之管理與維護，已修訂於基準第一篇第三章【生命週期之管理原則】內容辦理。		V

第九篇　專門碼頭

章節項目	主要修訂內容	修訂依據或說明	處理方式	
			新增	修訂
第九章 專門碼頭				
第一章 貨櫃碼頭	1.彙整船型相關內容於第二篇。 2.修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第二章 渡輪碼頭	1.彙整船型相關內容於第二篇。 2.修訂相關文字或贅詞使文意通順。	依歷次審查與初審會議討論辦理。		V
第三章 液化天然氣碼頭	因應能源產業發展，與觀光產業之提升，新增本專章。	參考國內外相關規範與報告進行編撰，詳見主文「第二章 液化天然氣碼頭之需求探討」。	V	
第四章 風電碼頭	因應綠色能源產業發展，與觀光產業之提升，新增本專章。	參考國內外相關規範與報告進行編撰，詳見主文「第三章 風電專用碼頭之需求探討」。	V	
第五章 遊艇碼頭	因應觀光產業之發展，新增本專章。	參考國內外相關規範與報告進行編撰，詳見主文「第四章 遊艇碼頭之需求探討」。	V	

附錄三

期中報告審查會議

意見及回應表

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）
期中報告審查意見處理情形表

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
一、蔡瑤堂 委員		
1.有些圖及公式品質不佳定稿時請重繪/打。	遵照辦理。	同意。
2.防波堤及碼頭設計都有提到海嘯，有必要嗎？若有，則第二篇宜和波浪、暴潮一樣，增加海嘯資料。	感謝指教，港灣設施皆面臨外海，海嘯發生時必將造成港區溢淹情形，惟臺灣地區海嘯威脅較小，故一般商港並未考量海嘯外力之影響，另目前規範主要以通則性規範為主，故僅在設計注意事項部分提醒視需要而考慮之，建議海嘯設計方式及資料暫不予納入，惟後續仍俟初審會議再行研議。	同意研究單位之說明。
3.風力發電建議改為離岸風力發電。	感謝指教，風電碼頭基泛指海、陸域風力發電場之開發所用，非僅為離岸風力發電系統，故建議暫不調整。	同意研究單位之說明。
4.規劃章節與解說一致，在規範內提到依第 XX 章第 XX 節辦理時，其實是指解說部分，是否須改為依解說第 XX…。而其第 XX 節常有錯誤，請再確認。	遵照辦理。	同意。
5.防波堤設計有些地方提到需考慮地震，有些地方則未提，目前在國內是否有地震為控制作用力的設計案例。是否要把地震列入防波堤設計條件之一？	(1)感謝指教，一般設計實務上大部分皆由波浪力主控，僅有特殊情況如浪小或水深較大時所受之外力主控為地震，如金門九宮防波堤工程案例(因該位置位於金烈水道間，受地形遮蔽效應影響，颱風波浪較小，惟工址水深較深時，即由地震力主控)。 (2)承上，考量在一般防波堤設計部分以波浪力為主，地震力主控情形係屬特殊案例，且設計規範係屬原則性規範事項，故建議僅敘明必要時需考慮地震力，後續仍俟初審會議再行研	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
	議，懇請委員諒察。	
6.(p.6)，3.1.5 直立消波塊，此消波塊與 armor unit (消波塊)一樣，建議改為直立消波型塊堤。	感謝指教，有關直立消波塊一詞係沿用 84 年之規範，建議暫不調整，待後續初審會議提出研議。	同意研究單位之說明。
7.(p.15) 第七章海堤工程之設計，建議改為海堤，如防波堤一樣。	遵照辦理。	同意。
8.(p.24)，4.5.3 背填及防止漏砂設施，說明部分缺防止漏砂設施，請確認。	感謝指教，已於 4.5.3 增加防止漏砂設施說明。	同意。
9.(p.79)，5.3.2 及 5.3.3 節，地象是指地形水深嗎？若是，建議改為地形水深。	感謝指教，此遊艇碼頭篇章係摘錄自交通部之「遊艇碼頭設施規劃及設計參考手冊」設計要點作為遊艇基地開發建設之參考，故有關地象一詞建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
10.(p.81)，Cl.1…免受波浪、暴潮、海嘯等之影響。在這裡提到海嘯，在第二篇則無海嘯資料，事實上在國內並無海嘯海堤，所以海嘯是否要列入？	同委員第 2 點意見，因海嘯條件係屬特殊情形，故以目前港灣設計實務並未考慮海嘯條件，故僅在設計注意事項部分提醒視需要而考慮之，建議維持原文字，惟後續仍俟初審會議再行研議。	同意研究單位之說明。
11.(p.83)， (1)假定斷面，假定斷面建議改為假設斷面， (2)直立壁，直立壁建議改為直立部。在本報告中有些地方用直立部，應一致。	感謝指教，此相關用詞係 84 年基準所訂定，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
12.(p.87)，3.合成堤，請把拋石堤改為拋石基礎。應一致。	感謝指教，此相關用詞係 84 年基準所訂定，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
13.(p.89)，圖 C2.2-1(a)，消波塊應為塊石。	感謝指正，將配合修正圖面。	同意。
14.(p.91)，圖 C2.2-1(h)，此圖錯誤。	感謝指正，將配合修正圖面。	同意。
15.(p.99)，C3.1.7 上部斜面沉箱，是否需對斜面坡度做個說明？	感謝指教，有關「C3.1.7 上部斜面沉箱堤」內容係 84 年基準所訂定，其	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
	斷面型式可參考圖「C2.2-1(n)上部斜面沉箱堤」。	
16.(p.107)，C4.1.2 方塊式直立堤，…傾斜疊法之傾斜角度通常與水平成 50～80。不明白。	感謝指正，考量國內港灣設施之設計使用甚少，故建議移除。	同意研究單位之說明。
17.(p.108)，(式 C4.2.1)，堤底應為堤幹，堤頂應為堤頭。	感謝指教，此相關用詞係 84 年基準所訂定，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
18.(p.111)，第五章，本章各節編號與其他章不同，是否修改使其一致。	遵照辦理，將調整第五章各節之編號順序，以利閱讀。	同意。
19.(p.121)，第七章海堤，只有 C7.1 一節，建議把 C7.1 改為海堤配置增加 C7.2 海堤設計，把原 C7.l.2 至 C7.1.7 納入此節，C7.2.1 至 C7.2.6。	遵照辦理。	同意。
20.(p.123)，堤頂高程=設計潮位+對設計波浪所產生之高度+餘裕值，建議把對設計波浪所產生之高度改為依設計波浪所需之高度，較清楚。在 p.124 也有相同的說法。	遵照辦理。	同意。
21.(p.125)，等值外海波高，請改為相當深海波高，使與第二篇一致。	遵照辦理。	同意。
22.(p.125)，C7.1.6 三面覆蓋之海堤，三面覆蓋是指什麼？	感謝指教，有關三面覆蓋係指結構之海側、頂側及後側三面，其設計應依堤後土地利用情況及堤體安全考量等考量，並進行波力、溢流量相關檢核。	同意研究單位之說明。
23.(p.125)，C7.1.7 國內相關工程多受工程費限制，較少採用此法。請增加說明國內採用的方法。	感謝指教，有關不透水型式之海堤，考量國內環保法規與相關工程多受工程費之限制，而較少採用，後續將建議刪除。	同意研究單位之說明。
24.(p.128)，C1.3…水翼船，氣墊船…，國內有水翼船，氣墊船	感謝指教，有關船種係屬一般性原則並納入考量，建議暫不調整。	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
嗎？若沒有，請考慮是否需要列入。		
25.(p.129)此船席所需之餘裕長度約為船寬。此與表 C2.1-1 出入很大，是否考慮取消此說法。	感謝指教，有關「此船席所需之餘裕長度約為船寬」係指繫纜配置時所需之餘裕；而無計畫靠泊船型時則參考表 C2.1-1 所列進行考量。	同意研究單位之說明。
26.(p.132)，C2.2…高於空滿載時與船舶吃水之關係，語意不明。	感謝指教，將補充說明。	同意。
27.(p.132)，5.海嘯造成碼頭面淹水之可能性，請確認是否有需要。	感謝指教，因第七篇防波堤已考慮海嘯造成影響，對碼頭造成之影響將減小，故海嘯對碼頭面淹水建議可刪除。	同意研究單位之說明。
28.(p.133)，C.2.4 設計水深，船席水深等於計畫水深或設計水深？	感謝指教，條文 2.1 及 2.4 已定義。船席水深約等於計畫水深，設計水深為計畫水深與餘裕水深之和。	同意研究單位之說明。
29.(p.152)，圖 C3.1-15，此錨碇浮碼頭在國內很少見，樁基固定式很普遍，是否改為樁基固定式。	感謝指教，有關錨碇浮碼頭在國內雖少見，然本章節屬各種碼頭結構型式介紹，建議於以保留，後續初審協請委員討論是否增加樁基固定式浮碼頭結構斷面型式。	同意研究單位之說明。
30.(p.289)，C9.10 浮碼頭，本節以錨碇浮碼頭為主，但國內以樁基固定式為主，請增加樁基固定式設計基準。	感謝指教，有關樁柱式碼頭已新增於【C9.10.5 固定設施設計】內容。	同意研究單位之說明。
31.(p.295)，(2)外牆，外牆可視為由底版及外牆…假設浮箱浸入水中 0.5m 時…，應該是外牆可視為由面版、底版及外牆…假設浮箱浸入水中至甲板上 0.5m 時…。	感謝指正，遵照辦理。	同意。
32.(p.295)，(3)底版，...假設浮箱浸入水中 0.5m 時…，假設浮箱浸入水中至甲板上 0.5m 時…，文字錯誤部份請參考報告做必要修改。	感謝指正，遵照辦理。	同意。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
二、李季欣 委員		
1.(P23-24)4.5.3 增加防漏砂描述。應配合背填料材質、施工環境及材質的追隨性。	感謝指教，已於 4.5.3 增加防止漏砂設施說明。	同意。
2.(P44)8.5.2 平板結構設計的描述與 P142 頁的圖對不起來，不容易懂。是否利用 C8.5 的附圖來說明較貼切。	感謝指教，已於 P142 頁圖片增加標示較易閱讀。	同意。
3.(P55)9.10.3 的 3，作用於浮箱的外力及載重，是否在”…船舶衝擊力、波力、…”加 “繫纜力”。	感謝指教，為求一致性，已修訂加入船舶拉力。	同意。
4.(P59)連結結構物的定義不清楚。	感謝指教，將補充說明。	同意。
5.(P61)11.3.4 建議加註須符合設計船型船殼容許承壓力。	因不同船型其容許成壓力不同無法列舉，於文中加註設計時須符合設計船型船殼容許承壓力。	同意研究單位之說明。
6.(P63)請與第二篇 C.6.2 及 P132 的 HWOST 名詞統一。	遵照辦理。	同意。
7.(P106)C2.1.1 混凝土強度 210kg/cm2 是否修訂與第三篇 C3-5 一致。	感謝指教，本處所指之場鑄混凝土為第三章表 C3-6 中所列之「防波堤上部結構」，故於此處規範強度在 210kg/cm2 以上，應可與第三篇相呼應，並無出入。	同意研究單位之說明。
8.(P125)請檢核滲透性要求項是<=25 還是<=20?	感謝指教，將依 BS code 修正滲透性要求修正為 20～25。	同意。
9.(P132)同 P63 頁，HWOST 名稱統一	遵照辦理。	同意。
10.(P292)浮箱外力應加繫纜力	由於船舶拉力，並非屬於浮箱主要受力的情況(基樁固定式除外)，故在此不加入繫纜力說明。	同意研究單位之說明。
11.(P329)鋼軌種類是否可再多一點，以符合實際情況	輪載重與鋼軌之關係應由廠商提供，但須提出正確之計算書，再由設計者校對之，此外日本規範也並無此表，故建議將表 14.1-2 刪除。	同意研究單位之說明。
12.(P345)是否提醒，應將無障礙	遵照辦理。	同意。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
空間坡度(1/12)列入考慮。		
三、姚武田 委員		
1.目錄：名稱「規範說明目錄」改為「規範解說目錄」，俾與整套規範基準採用相同用詞。	感謝指正，將依交通部部頒格式與主辦單位建議，調整報告內容以採用相同用詞。	同意研究單位之說明。
2.基準第七篇(防波堤)第一章總論，內容僅載明交通部頒訂本技術基準，作為重力式防波堤設計之依據，且未列出章內各節基準；相對於第八篇(碼頭)及其他篇，則未載明訂定基準之目的，但編列出章內各節基準。建議第七篇(防波堤)第一章比照其他篇章辦理。	感謝指正，第七篇防波堤與第八篇碼頭工程第一章內容源自交通部所部頒之「港灣構造物設計基準」第一、二部分，而本次工作係綜整其內容並進行修訂，故有關文章架構建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
3.基準第七篇為防波堤，基準內容載明作為重力式防波堤設計之依據，但本次修訂本編內容增加了海堤，建議名稱用詞上加以整合或定義區分，避免使用者及相關法令適用上造成困擾(例如：環評法之開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準，係以防波堤作為認定標準，本基準將海堤列入防波堤專篇內，海堤是否屬於防波堤？)，另外海堤列入本篇，則防砂堤、定砂突堤、定砂離岸堤等是否列入整合或定義區分？	有鑑於本規範係考量港灣設計工程師使用為主，故海堤設計實為不可或缺之部分，另依日本規範亦將海堤列為防波堤規範章節內，故建議維持原編排，惟誠如委員所述，為免造成與防波堤之誤解，將於前言部份增加補充說明海堤與防波堤之差異處，以免外界產生誤解。	同意研究單位之說明。
4.基準解說第七篇防波堤，C2.1.1內容「適當之暴潮偏差」，建議訂定規範值。	感謝指教，本基準研究為供規劃及設計者有所依循，有關潮位於暴潮期間受紊亂複雜之氣象條件與規劃設計區位所影響，其成因複雜，不宜予以規範，設計時依需求建議參考「C6.3 暴潮位」內容辦理。	同意研究單位之說明。
5.基準解說第七篇防波堤，P89，	(1)感謝指正，經檢視圖 C2.2-1(a)圖面	同意研究單位

審 查 意 見	回 應 內 容	本所計畫承辦單位審查意見
圖 C2.2-1(a)、(b)，兩種斜坡堤斷面圖均有設置消波塊，實務上無從區分亦不影響實際設計使用，建議圖名或圖面內容再檢討。P91，圖 C2.2-1(h)圖面斷面型式為直立堤，建議修訂；圖 C2.2-1(k)圖名無法與圖面連結，建議調整為「消波塊覆蓋式直立堤」。P92，圖 C2.2-1(L)圖名建議調整為「直立消波方塊堤」。堤型名稱調整後，前後文相關內容請一併調整(例如第 97 頁)。	之消波塊應為塊石，將配合修正圖面。 (2)感謝指正，經檢視圖 C2.2-1(h)為誤植，將修正圖面。 (3)感謝指教，有關圖 C2.2-1(k)、C2.2-1(l)及相關斷面名稱係 84 年基準所訂定，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	之說明。
6.基準解說第七篇防波堤，P94、P96，2.堤面場鑄混凝土厚度，此節為規定堤面混凝土厚度，至於是否採場鑄或預鑄混凝土，應為規定之基準內容，建議調整。3.堤體寬度，內容建議增加施工需求。	(1)感謝指教，有關防波堤施工之堤面混凝土係屬重力構造物一般採用場鑄，而較少採用預鑄，故建議暫不調整。 (2)感謝指教，其說明內容及架構係 84 年基準所訂定，建議暫不調整。	同意研究單位之說明。
7.基準解說第七篇防波堤，P94，C3.1.1，內容建議增加堤基之相關規定。堤頂高之規定內容建議比照合成堤補充有關堤基沉陷之內容，或調整相關章節順序。其他堤型之相關內容請一併調整。	感謝指教，本次修訂之說明內容及架構係依循原 84 年版基準所訂定，內容係依各堤型應注意事項進行擬定，使用上則可互相參照，且於實務上使用並無困難，故建議暫不調整，待後續初審會議再行提出研議。	同意研究單位之說明。
8.基準解說第七篇防波堤，P96，3.堤面場鑄混凝土厚度，P97，2.堤面場鑄混凝土厚度，建議調整標題名稱及內容。	感謝指教，有關防波堤施工之堤面混凝土係屬重力構造物一般採用場鑄，而較少採用預鑄，建議暫不調整。	同意研究單位之說明。
9.基準解說第七篇防波堤，P96，3.堤體寬度，內容建議增加施工需求。	感謝指教，其說明內容及架構係 84 年基準所訂定，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
10.基準解說第七篇防波堤，P96，C3.1.3 堤頂高之規定內容	感謝指教，其說明內容及架構係 84 年基準所訂定，並針對各斷面型式及其應	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
建議比照合成堤補充有關堤基沉陷之內容，或調整相關章節順序。	注意事項進行說明，故建議暫不調整，待後續初審提出研議。	
11. 基準解說第七篇防波堤，P96，2.堤體寬度(2)以及 3.護坡坡度，內容敘述之用詞略不通順，建議檢核調整。	感謝指教，此段內容係 84 年基準所訂定，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
12. 基準解說第七篇防波堤，P98，C3.1.6(2)c 倒數 1～2 行，有關特長之說明文句略顯不順。	感謝指教，將修正為「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，而消波沉箱堤之場合，波力不會明顯增加。此外，其消波室具促進氣泡之混入、海水之曝氣能力，與供作魚礁使用等特長」。	同意研究單位之說明。
13. 基準解說第七篇防波堤，P99，C3.1.6 消波沉箱堤，有關消波結構之決定，建議比照 C3.1.5 直立消波方塊堤之規定，載明辦理水工試驗或參考以往實驗值以決定反射率。	感謝建議，本基準係採原則性之方式呈現，為提供實際執行上之彈性，故建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
14.基準解說第七篇防波堤，P97～P99，C3.1.5～C3.1.7，各種堤型內容建議比照其他堤型增加堤基、堤頂高、堤面混凝土等規定。	感謝指教，其說明內容及架構係 84 年基準所訂定，並針對各斷面型式及其應注意事項進行說明，故建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
15. 基準解說第七篇防波堤，P99，C3.2，地震力請改列為必須考慮之外力；水流力請考量納入；另外本節之說明內容文意不順，請調整。另本節所述之外力尚包括風力、漂流物衝擊力、土壓，但後述次節無該等外力相關內容，請補充。	(1)感謝指教，由於地震力一般非為防波堤設計主控外力，故建議暫不調整，待後續初審提出研議。 (2)感謝指教，有關水流力設計可參考第二篇「C2.7 水流」內容辦理。 (3)遵照辦理。 (4)感謝指教，本篇係為防波堤，僅針對其結構型式及應注意事項進行說明，而風力、土壓等可依第二篇「第三章 風」、「第十二章 土壓及水壓」內容辦理，而漂流物之衝擊力之於防波堤結構，相較其它外力作用非屬主控力且其	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
	它如「公路橋樑設計規範」亦有相關計算說明，故建議相關內容暫不調整。	
16.基準解說第七篇防波堤，P100，C3.2.5，地震力，請補充構造物本身之地震力。	感謝指教，蔡委員第五點回覆，一般設計實務上大部分皆由波浪力主控，僅有特殊情況如浪小或水深較大時所受之外力主控為地震，考量在防波堤設計部分，地震力主控情形係屬特殊案例，且設計規範係屬原則性規範事項，故防波堤章節部分建議僅敘明必要時需考慮地震力，及其注意事項，詳本節「C3.2.5 地震力」。	同意研究單位之說明。
17.基準解說第七篇防波堤，P101、P102，公式字體模糊。P102 之公式編號(式 C3.3.1)，建議修訂為(C3.3.1)，前面文章引用之公式名稱請一併調整。	遵照辦理。	同意。
18.基準解說第七篇防波堤，P104，轉角處波高增大現象，建議比照堤頭規範基準值。	感謝指教，其說明內容及架構係 84 年基準所訂定，並針對各斷面型式及其應注意事項進行說明，故建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
19.基準解說第七篇防波堤，P106，C4.1，「最下層方塊，應以一個不設置伸縮縫之方塊為原則」，按伸縮縫間距約 10～20M，則最下層方塊是否會太大，施工是否可行？	感謝指教，有關直立堤之堤寬及相關規模尺寸，應依設計需求進行考量採適宜之斷面型式，而採用方塊式直立堤型式進行設計時，誠如委員所述，為避免最下層之方塊過於龐大，堤體寬度不宜設計過大。	同意研究單位之說明。
20.基準解說第七篇防波堤，P115，圖 C5.1-3，圖名建議改為「防波堤防砂佈置例」。	遵照辦理。	同意。
21.基準解說第八篇，篇名為碼頭「工程」，建議刪除「工程」兩字。	感謝指教，此相關用詞命名係原基準所訂定，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
22.基準解說第八篇，篇內部分圖面線條及字體模糊，建議重新繪製。	遵照辦理。	同意。
23.基準解說第八篇，C2.2，表	感謝指教，本基準研究為供規劃及設計	同意研究單位

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
C2.2-1，建議就「潮差」予以明確定義；表下方之註，載明「在潮差較大之地區仍需考量增加高程」，與表內規範之高程設定方式有所差異，且規範不夠明確。	者有所依循，有關潮位於暴潮期間受紊亂複雜之氣象條件與規劃設計區之區位所影響，其成因複雜，於設計時可參考第二篇「C6.3 暴潮位」內容辦理。	之說明。
24.基準解說第八篇，C2.1 有船席水深，C2.3 有計畫水深，C2.4 有設計水深及計畫水深，建議於規範內前述三種水深予以明確定義，以供設計者遵循。[註：第二篇 C6 天文潮之潮位規範，對基本水準面(C.D.L)定義為最低低潮位(L.L.W.L)，建議檢討修訂]	感謝指教，條文 2.1 及 2.4 已定義。船席水深約等於計畫水深，設計水深為計畫水深與餘裕水深之和。	同意研究單位之說明。
25.基準解說第八篇，第四章重力碼頭，C4.3.4 軟弱基礎之檢討，圓弧滑動檢討規定「拋石基礎厚度不厚」，建議規範厚度參考值，若難以規範時，建議刪除。	感謝指教，已刪除關於拋石基礎厚度之文字。	同意。
26.基準解說第八篇，第四章重力碼頭，C4.4.2，建議將調整第 1 及 2 小節寫法，將第 2 小節下方首 2 行文字改列在第 1 小節，文字調整為「三角形之背填角度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，依下節長方形計算法計算背填料土壓減輕效果。」。第 2 小節下方第 3 行文字建議改為「長方形背填石料如圖 C4.4-1(b)所示，背填石料之效果依下法計算：」。第 2 小節(1)，文字建議改為「長方形之	遵照辦理，已依委員意見修正相關文字。	同意。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
寬 b 大於壁體高度時，可視為壁體後側全部為背填石料計算土壓」。		
27.基準解說第八篇，第四章重力碼頭，C4.5.3，建議增加防止背填石料從碼頭結構體縫隙流失之規定。	感謝指教，已於 4.5.3 增加防止漏砂設施說明。	同意。
28.基準解說第八篇，第四章重力碼頭，C4.5.6，文章所列舉之附屬設施項目，建議將第十一章所規定之項目列入，或刪除。其他各章碼頭，建議比照本章增加附屬設施專節。	感謝指教，已將 C4.5.6 之內容刪除	同意。
29.基準解說第八篇，第五章板樁式碼頭，C5.3.1，背拉構材裝設位置若考量將原文建議參考值刪除，水中施工之困難度說明仍宜維持在文章內。	遵照辦理，建議修正為背拉構材及圍樑裝設方法，於水中作業較為困難，故背拉構材裝設位置，通常可安裝在 L.W.O.S.T.(朔望平均低潮位)以上至 H.W.O.S.T.(朔望平均高潮位)潮差之 2/3 內。	同意研究單位之說明。
30.基準解說第八篇，第六章圓筒式碼頭，C6.1.4，(3)，水平地盤反力係數公式(C6.1.15)，建議應就不同土質加以訂定。	感謝指教，公式(C6.1.15)橫山所建議之水平地盤反力係數係根據試驗統計資料回歸求得。原統計資料並未區分沙土或黏土，故此公式通用砂土或黏土。然圓筒式碼頭並不適用於黏性土壤上，且此公式僅為統計資料，故建議刪除此公式由設計者依現地狀況及所依循規範判斷之。	同意研究單位之說明。
31.基準解說第八篇，P282，第 6 小節標題文字錯位。	感謝指教，將進行修正。	同意。
32.基準解說第八篇，第九章其他型式碼頭，C9.10 符碼頭，建議補充浮箱與固定樁間之連接設施(固定框、滑輪等)相關規定。	感謝指教，建議於內容加註設計者須考量浮箱與固定樁間之連接設施。	同意研究單位之說明。
33.基準解說第八篇，第十一章附屬設施，建議增加汙水處理設施。	感謝指教，因汙水處理設施非屬港灣設施，建議儘加註供設計者考量須注意汙水處理設施。	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
34.基準解說第八篇，第十四章裝卸機械基礎，建議增加防颱固定設施相關規範。	感謝指教，因各機械基礎設計不盡相同，建議於內容加註設置裝卸機械基礎，須考量颱風影響，設計者須考量。	同意研究單位之說明。
35.基準解說第九篇，第一章貨櫃碼頭，C1.3.8 其他附屬設施，第 1 行「在貨櫃碼頭內」，建議修改為「在貨櫃碼頭及後線營運場地內」。	遵照辦理。	同意。
36.基準解說第九篇，第三章液化天然氣碼頭，建議補充列舉國外主要規範。	感謝指教，本次修訂架構係依據 84 年基準所訂定，由於於前次基準中並無列舉相關參考文獻，故建議暫不調整，待後續初審會議提出研議。	同意研究單位之說明。
37.基準解說九篇，第三章液化天然氣碼頭，C3.1.1，第 3 行，「進出港時之自然條件限制、碼頭平面配置(各平台相對位置)及繫纜要求等」，建議修訂為「進出港、靠離岸操航及繫泊期間之自然條件及營運限制，以及碼頭與港埠、水域設施平面配置、碼頭配置(各平台相對位置)、操航計畫及繫纜要求等」。	遵照辦理。	同意。
38.基準解說第九篇，第三章液化天然氣碼頭，C3.1.2，第 1 小節，標題「自然條件」，建議改為「自然條件及操航計畫」，或者單獨新增操航計畫。本節第 2 段文字，「建議依操船模擬結果決定各港口液化天然氣船進出港條件」，修訂為「應依操船模擬結果決定各港口液化天然氣船進出港條件及操船計畫」。	(1)感謝建議，由於相關內容係採原則性之方式呈現，為提供實際執行上之彈性，故建議暫不調整，待後續初審提出研議。 (2)感謝指教，有關操船模擬應依各案需求及工程規模視需要辦理，故建議仍維持「建議」而非「應」，以保留未來工程師執行之彈性。	同意研究單位之說明。
39.基準解說第九篇，第三章液化天然氣碼頭，C3.1.2，第 2 小節，「與陸上設施保持一定安全距離」，建議修訂為「與陸域設	遵照辦理。	同意。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
施、碼頭、航道及船舶等保持一定安全距離」。		
40.基準解說第九篇，第三章液化天然氣碼頭，C3.2.2，相關量化數據來源為何，是否已考量氣海象及操船因素？建議增加規定「各項配置距離應進行洩漏風險評估及操船模擬試驗加以確認」;船舶方向建議參照國內已設置之接收站案例予以明確規定(HEADIN 或 HEADOUT)。	感謝指教，有關自然條件、操船模擬及洩漏風險評估等相關因素，於「C3.1.2 液化天然氣碼頭位置選擇應考慮事項」進行說明，並參考參考中華人民共和國交通運輸部「液化天然氣碼頭設計規範」(2010)進行「C3.2.2」之內容相關數據之增訂。 (2)感謝指教，有關是否應進行操船模擬試驗，仍須視依各案需求及工程經費酌予考量，故建議暫不調整。 (3)感謝指教，有關船舶方向依計畫船型及相關平面配置而決定，故建議不予訂定。	同意研究單位之說明。
41.基準解說第九篇，第三章液化天然氣碼頭，C3.2.4，規定至少要進行表 C3.2-1 之情境分析，表 C3.2-1 依據為何？是否合理？風速 60 節為平均風速或陣風？流速分析情境達 2 節及 3 節，港內流速或港外流速？	(1)感謝指教，有關表 C3.2-1 表所列之條件係參考石油公司國際海事論壇(OCIMF)所建議一般標準繫靠系統能承受最大的風力及水流力，並將各港之潮差與計畫船型吃水等情形納入考量之分析情境，則其系統負荷強度應足以抵抗其他中等作用力。 (2)感謝指教，此處之風速 60 節係為 30 秒平均風速，後續將補充陣風因子(Gust factor)供相關平均風速進行換算。 (3)感謝指教，此處流速 2 節及 3 節係為港內流速。	同意研究單位之說明。
42.基準解說第九篇，第三章液化天然氣碼頭，C3.3，第 1 小節規定之「靠岸前最後 300m 內」，數據是否合理？	感謝指正，建議將調整為「靠岸一定距離內」。	同意。
43.基準解說第九篇，第三章液化天然氣碼頭，建議補充卸收設施(含管路)、碼頭作業室、消防及安全防護設施等。	感謝指教，專門碼頭係依其特殊需求以功能性探討，供規劃及設計者有所依循，有關碼頭平台配置及相關設施僅以原則性進行，故建議暫不調整。	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
四、許國強 委員		
1.P.5，3.1.2 合成堤與 3.1.3 斜坡堤是否可增加堤基坡度之說明。	感謝建議，惟此處屬主文部分，將採原則性之方式呈現，有關堤基坡度之說明，於解說部分已加強論述，敬請諒達。	同意研究單位之說明。
2.P.8，3.3.4 堤頭、轉角處之安定計算中，是否增加說明堤頭興建建築物時所需考慮何種外力（例如:風力、地震力等）以進行安定計算。	感謝指教，本案為防波堤之設計基準，僅針對堤體結構進行安定計算做相關規範，至於堤面上之相關建築物仍依據其他相關規範進行設計，於本案暫不納入考量。	同意研究單位之說明。
3.P.132，請統整朔望平均高潮位與朔望平均低潮位之英文簡稱，例如:C2.2 碼頭面高程（P.132）中，敘述朔望平均高潮位為 H.W.O.S.T.，然而 C4.2.4 土壓力及殘留水壓力（P.158）與後續章節（包括圖片）中，則是以 L.W.L 代表朔望平均低潮位、H.W.L 代表朔望平均高潮位。	遵照辦理，將統一英文簡稱，朔望平均高潮位為 H.W.O.S.T.、朔望平均低潮位為 L.W.O.S.T.。	同意。
4.P.159，C4.2.6 地震力中，於進行地震安定計算時，”船舶衝擊力”是否不予考慮。	感謝指教，因船舶衝擊力與地震力同時發生機率可能性很小，因此可不予考量。	同意研究單位之說明。
5.P.197 符號說明中，有些項目使用相同之符號，例如 V、W 等。	感謝指正，因本基準公式係依據日本「港湾の施設の技術上の基準・同解説」 故盡量不更動公式，然避免符號重覆混淆，已於重複符號後加註出處章節，方便設計者查詢。	同意研究單位之說明。
6.P.199 第五章及第六章之圖片編碼與其他章節不一致，例如 C6-1，C7.2-1。	感謝指教，將進行修正。	同意。
7.P.206 第六章有些公式中的符號與文中說明不一致，例如式 C6.1.7 中 r_0 與 γ_0。	感謝指教，將進行修正。	同意。
8.P.216，C6.1.圓筒頂端變位檢討（2）機能中，敘述”沉箱式碼頭即使發生 20-30 公分之水平	1. 20-30 公分之水平變位係指沉箱式碼頭。 2.因圓筒式碼頭壁體大且壁薄，於設計	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
變位…”是否指本章之圓筒式碼頭。另外是否於其他碼頭型式亦增列頂端變位檢討。	於須考量壁體變型及壁體穩定性，頂端變位將會影響壁體整體穩定性。其他型式碼頭利用其他條件進行設計，故並未特別考量頂端變型。 3.後須初審協請各委員討論是否須對頂端變位量進行修正。	
9.P.273，C9.2.3 板樁斷面中，以敘述鋼管版樁之二次應力，是否能增加說明日本港灣構造物規範(2009.英文版:P747、P748)有關二次應力之公式 P.274，C9.2.5 板樁頂端變位量檢討中，是否增加板樁頂端容許變位量之說明。	自立式版樁常用於臨時構件，且斷面較小，不常使用勁度高的鋼管排樁或組合鋼板樁，日本規範中也強調此情況在鋼板樁直徑大時才會有較大影響，故二次應力係數僅提供鋼管斷面。此外，其檢核公式亦偏向性能設計法，與國內規範設計方法不同，若僅於該處使用恐有疑慮，故不建議納入本版規範內。	同意研究單位之說明。
五、交通部技監室		
1.部頒技術規範應為原則性、政策性或訓示性之技術規定，如屬實際操作面之詳細規定，應由各港埠執行單位制定。	遵照辦理。	同意。
2.參考近期部頒規範前言敘述方式，均開宗明義說明規範分為主文及解說兩部分，其中主文採原則性方式呈現，為作業之最低要求，至於解說則定位為輔助解釋主文，屬參考性質並不具強制性，因此，建議於本規範前言部分補充說明。	遵照辦理，將於前言部份增加補充說明。	同意。
3.規範目錄架構應依本部「部頒技術規範作業機制」規定，分列主文、及解說。	遵照辦理。	同意。
4.依本部「部頒技術規範作業機制」規定，各篇第一章名稱應修正為「總論」，並建議補充本規範之法令依據、目的、適用範圍等，必要時亦可說明規範所未涵蓋之範圍。	遵照辦理，將補充於第一章中。	同意。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
六、臺灣港務股份有限公司		
1.下規範內容名詞定義建議後續予以釐清： (1)海堤、防波堤、護岸、碼頭。 (2)船席水深、計畫水深、設計水深、結構設計水深。 (3)岸肩、後線。	遵照辦理，有關相關名詞將進行蒐整供後續初審進行研議。	同意研究單位之說明。
2.P.117 第六章標題刪除，但內容仍在，故該章是否為為全章刪除?請予釐清。	感謝指正，第七篇第六章內容為全章刪除。	同意。
3.船塢相關設計頗為特殊且規範甚少，故是否應增列於本規範中?請予考量。	感謝指教，考量目前國內船塢設計需求甚少，且本基準自部頒距今已 20 餘載，增列項目頗多，建議本次修訂暫不予納入，後續再次修訂時再行研議。	同意研究單位之說明。
4.有關配合船舶大型化，建請配合增訂： (1)P.310 表 C11.2-1 船隻總噸位建請增大。 (2)P.337 表 C1.2-1 貨櫃輪載重噸、載櫃量偏小，建請增加。	感謝指教，將進行增補。	同意。
5.新增專用碼頭之相關內容請再檢視： (1)P.290 浮碼頭新增之型式請增補規範。 (2)P.338 後”退”距離較常稱為後”伸”距離。 (3)P.349 C3.1.2、2.”….與陸上設施定安全距離….”請查明是否已有量化距離可供增補。 (4)P.350C3.2.2、2.”船泊"應為”船舶”。 (5)P.356C.4.2.4”…依既有案例多採 10T/M2 以上….”此乘載力說法多元，建議後續討論予以統一。 (6)P.357 第五章遊艇碼頭，建議增	(1)有關所新增之浮碼頭型式，係考慮浮箱、錨鍊所受之外力，依【C9.10.5 固定設施設計】所述進行設計。 (2)感謝指教，有關相關用詞係沿用 84 年之規範，建議暫不調整，待後續初審提出研議。 (3)此次專門碼頭篇章係依功能性進行增補，仍應依計畫船型及相關配置進行設計。 (4)感謝指正，將進行修訂並檢視相關章節。 (5)感謝指正，待後續初審進行研議。 (6)感謝指教，遵照辦理。	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
加遊艇停泊標準。		
七、賴瑞應 委員		
1.前言請依技監室江技正的建議修改。	遵照辦理。	同意。
2.第七篇防波堤第一章總論，建議修改為概說，與第八篇碼頭工程第一章一致，另外，上冊之總論也請依技監室江技正的建議修改。	遵照辦理，有關各篇第一章之名稱，將依據交通部技監室江技正之第四點意見修正為「總論」。	同意。
3.重力式碼頭部分，為何刪除沉箱、L 型塊、空心方塊及方塊章節，請說明。	原交通部所部頒「港灣構造物設計基準」碼頭及防波堤之設計基準與說明，有關沉箱、L 型塊、空心方塊及方塊等章節，已彙整於上冊之第四篇預鑄混凝土構件，在此不再贅述。	同意研究單位之說明。
4.圓筒式碼頭為何刪除板樁入土長度檢核，請說明。	感謝指教，原 96 年版港灣構造物設計基準及 2018 年日本「港湾の施設の技術上の基準・同解説」皆已將此小節刪除。因 C6.1.4 圓筒壁體安定檢討章節中，圓筒壁體穩定性已考量圓筒板樁入土長度所造成影響，例如板樁後土壓力及板樁強度等。	同意研究單位之說明。
5.第 132 頁，表 C2.2-1 碼頭面高程參考值，碼頭水深欄位，建議可將大型碼頭及小型碼頭刪除，直接以水深大於或小於 4.5 公尺做區分。	遵照辦理。	同意。
6.第 216 頁，圓筒頂端變位檢討，因其它型式碼頭似乎沒在檢討變位，為何圓筒式碼頭需檢討變位，請說明。	1.因圓筒式碼頭壁體大且壁薄，於設計於須考量壁體變型及壁體穩定性，頂端變位將會影響壁體整體穩定性。其他型式碼頭利用其他條件進行設計，故並未特別考量頂端變型。 2.後須初審協請各委員討論是否須對頂端變位量進行修正。	同意研究單位之說明。
7.第 315 頁，C11.6.4 消防設備及警報裝置部分，建議增加應依內政部消防署「各類場所消防安全設備設置標準」中之規則	感謝指教，因消防規範非屬港灣設施規範，故將於內文中加註應參考消防安全設備設置相關規定。	同意研究單位之說明。

審　查　意　見	回　應　內　容	本所計畫承辦單位審查意見
設置相關設備。		
8.第 346 頁，「公共建築物殘障者使用設施」已修正為「無障礙建築物」，請修正。	遵照辦理。	同意。
9.第 359 頁，表 C5.3-1 航道基本寬度需求，不小於 2 倍船長，是否合理，請再檢討。	感謝指教，此遊艇碼頭篇章係摘錄自交通部之「遊艇碼頭設施規劃及設計參考手冊」設計要點作為遊艇基地開發建設之參考，故有關「表 C5.3-1 航道基本寬度需求」內容，建議暫不調整，待後續初審提出研議。	同意研究單位之說明。
10.因年底前要完成初審工作並報部，建議修訂對照表請加速辦理。	遵照辦理。	同意。
八、承辦單位		
1.樁柱式浮動碼頭之需求請納入考量。	感謝指教，有關樁柱式碼頭已新增於【C9.10.5 固定設施設計】內容。	同意。
2.是否新增專有名詞說明於附錄中，再請研議。	有關是否新增專有名詞之附錄，參考前期計畫(107)「港灣構造物設計基準相關條文修訂」與(107.12)「鐵路橋梁耐震設計規範」(草案)，於各篇章前以「符號說明」方式進行說明；另交通部頒布之規範如(98.12)「公路排水設計規範」與(106.12)「公路隧道設計規範」，皆未有專有名詞專章。有關本規範相關名詞說明可參考交通部(85.10)所出版「港灣工程專有名詞」，不建議另設專章。	同意研究單位之說明。
3.條文內容所引用之圖表，應於辦理初審小組審查後，編撰期末報告時，以清晰易讀為原則予以重繪，以符技術條文之基本需求。	遵照辦理。	同意。
4.參考文獻內容再請檢視修正，如:作者與出版單位之順序、單一文獻內中外文混合、官方文獻機關名稱混淆。	遵照辦理。	同意。







初審會議照片

「港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂」
第七篇初審會議簽到表

時間：108 年 7 月 25 日 09 時 00 分

地點：台灣世曦工程顧問股份有限公司 7 樓會議室

簽到表

出席單位	簽名
交通部技監室	
交通部航港局	
臺灣港務股份有限公司	
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	賴瑞應 胡振文
蔡瑤堂 博士	蔡瑤堂
張憲國 教授	張憲國
翁文凱 教授	翁文凱
宇泰工程顧問 有限公司	胡雅明
浩海工程顧問 股份有限公司	姚式田
中興工程顧問 股份有限公司	許國強
台灣世曦工程顧問股份 有限公司	朱志誠 何永丁 郭士名 賴秀廷 吳政杰 胡韋靖

第七篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 7 月 25 日(星期四)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員
胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
1. 2.1.5 地震 建議說明於波浪小、水深大的情形，地震力納入考量。	遵照辦理，調整為「水深較深時應考慮地震之影響」
2. 2.2 斷面型式，項次 5.工程費與 2.4 工程費重複，建議調整。	遵照辦理，將移除「2.4 工程費」並調整相關內容。
3. 3.3.1 直立部之安定計算，內容語意不清楚，建議調整。	遵照辦理。
4. 3.3.2 堤基部之安定計算，項次 3 「合成堤覆蓋材下之...」建議調整為「合成堤拋石基礎覆蓋材下之...」。	遵照辦理。
5. 3.3.3 堤體整體之安定計算 不只在軟弱地盤才需考慮圓弧滑動，一般對直立部有偏心作用力即需作圓弧滑動分析。	有關圓弧滑動之分析，可參考第五篇第二章「淺式基礎承載力」內容辦理。
6. 4.1 直立堤，項次 3「...尤其最下層之方塊，應以一個不設置伸縮縫之方塊為原則」，建議刪除此句。	遵照辦理，將調整為「...尤其最下層之方塊，以一個方塊為原則。」
7. 第五章 「防波堤與漂沙對策設施」，建議調整為「防波堤配置與漂沙對策設施」。	遵照辦理。
8. C1.2 防波堤之佈置，項次 1「防波堤之法線應能對最多最強之波浪...」建議調整為「防波堤之法線應能對最頻繁及最強之波浪…」。	遵照辦理。
9. C1.2 防波堤之佈置，項次 1、(1)「...且應避開波浪最多最強之方向」建議調整為「…且應避開波浪最頻繁最強之方向」。	遵照辦理。
10. C1.2 防波堤之佈置，項次 3、(3)「儘量利用半島或...」建議調整為「儘量利用岬角(headland)或…」。	遵照辦理。
11. C2.2 斷面型式，2.直立堤，(4)混凝土單塊直立堤 「...故檢定岩質地盤甚為重要...」建議調整為「…故選定岩質地盤甚為重要…」	遵照辦理。

第七篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 7 月 25 日(星期四)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員
胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
12. C3.3.1 直立部之安定計算，2.傾倒驗算 Mp：堤體所受波浪或地震之水平合力產生之作用力矩(tf/m)	遵照辦理。
13. C3.3.1 直立部之安定計算，3.直立部後側以拋石或方塊背填，h'應為「拋石頂面水深」。	遵照辦理。
14. C3.3.2 堤基部之安定計算，4.拋石層厚，建議調整 W50「50%粒徑拋石重量」、Wmax「在拋石層最大拋石重量」。	遵照辦理。
15. C3.1.2 合成堤，合成堤為直立部與拋石基礎所組成，規範中有關直立堤、直立壁與直立部之用詞，建議調整。	遵照辦理。
16. 港外側、港內側建議調整為海側、港側。	遵照辦理。
17. 4.3 斜波堤，項次 4「…以致塊石散落…」建議調整為「…以致覆面塊散落…」。	遵照辦理，將調整為覆面塊石
18. C2.1.3 波浪，段落 2「…之各種因素納入施工計畫當中」建議調整為「…之各種因素納入施工考量」。	遵照辦理。
19. C2.1.4 水深及地盤條件，「…，所需之鑽孔數及鑽孔深度必需注意。」，是否對鑽孔數及鑽孔深度加以說明？	有關鑽孔數及調查深度，於規劃設計階段時，建議依計畫需求性進行佈置，並依上冊第二篇第九章「地質」內容辦理。
20. C2.2 斷面型式，7.上部斜面沉箱堤，內容所指高於水面部分為何種水位，可參考日本目前有低於水面的例子。	一般沉箱安放後之頂部高即高於水位(如朔望平均高潮位以上)，並進行場鑄混凝土之打設；然低於水面係屬特殊案例，故暫不納入考量。
21. C3.1.2 合成堤，2.堤基，項次(3)內容語意不清楚，建議調整；是否依原則上補述依偏心承載力檢討結果決定。	(1) 遵照辦理，將進行調整使語意通順。 (2) 有關承載力之相關檢討，已彙整於上冊第五篇第二章「淺式基礎承載力」中。將於本篇「C3.3 安定計算」補充可參考該章節內容辦理。

第七篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 7 月 25 日(星期四)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員
胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
22. C3.3.1 直立部之安定計算，1.滑動驗算、2.傾倒驗算已考量堤後加強，那堤基部分如何檢討？最新基準已有此部分說明，是否納入考量？	(1) 有關堤基部之相關檢核，可參考上冊第五篇第二章「淺式基礎承載力」內容辦理。 (2) 有關此最新基準部分，建議待後續初審提出研議。 (3) 108/8/21 第二次初審會議討論，將參考日本最新規範進行修訂，可參考【第七篇初審會議辦理情形(第二次)】第 50 點意見之辦理情形回覆。
23. C6.2.5 海堤之安定計算，項次 2，(2)「…應檢討波壓及土壓同時作用時之安定。」，所指波壓及土壓同時作用為何？	(1) 此處「波壓及土壓同時作用時」係指「波壓與被動土壓同時作用時」。 (2) 經 108/8/21 第二次初審會議提出研議，可參考【第七篇初審會議辦理情形(第二次)】第 55 點意見之辦理情形回覆。
24. 以下空白。	

「港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂」
第七篇第二次初審會議簽到表

時間：108 年 8 月 21 日 09 時 00 分

地點：台灣世曦工程顧問股份有限公司 7 樓會議室

簽到表

出席單位	簽名
交通部技監室	
交通部航港局	
臺灣港務股份有限公司	
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	
蔡瑤堂 博士	蔡瑤堂
張憲國 教授	
翁文凱 教授	
宇泰工程顧問 有限公司	胡聰明
浩海工程顧問 股份有限公司	姚試田
中興工程顧問 股份有限公司	許國強
台灣世曦工程顧問股份 有限公司	朱春誠 郭少宏 賴彥廷

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員

胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
1. 第一章 防波堤之功能”係”為確保港內…	遵照辦理。
2. 1.2 …港內水質、建設費~~以~~及維修費、”及”港灣將來之發展計劃”等”。…順利裝卸、~~以~~及保護港內設施”等”。	經本次初審會議討論，建議維持原規範內容之架構型式。
3. 第二章 防波堤設計…及施工法”等”。	同第 2 點意見辦理。
4. 2.1 設計條件，5.地震 水深較深”且浪小”時應考慮地震之影響。	經本次初審會議討論，調整為「波浪較小或水深較深時應特別考慮地震之影響。」。
5. 3.1.2 合成堤 5. 堤基之保護…足夠重量之~~堆~~”拋”石處之外，在直立~~堤~~”部”海側…。建議把堆石或堆方塊均改為拋石或拋方塊。	遵照辦理。
6. 3.1.3 斜坡堤 4. 護坡坡度…以海側坡度~~緩於~~≦1:2，港側坡度~~緩於~~≦1:1.5。其他地方亦建議做適當修正。	經本次初審會議討論，此處條文調整為「4.護坡坡度，應由安定計算決定」，而有關解說處之坡度說明調整為「小於或等於」。
7. 3.1.4 消波塊覆蓋堤 4. 堤基…合成堤之~~方法~~”原則”為準。	為使本篇文章架構一致，建議調整為「4.堤基之厚度，依合成堤為準。」。
8. 3.1.5 直立消波型塊堤 直立…. ~~調查~~”瞭解”消波…適當的消波”型”塊，… 其他亦有多處在類似情況使用調查，是否修改	遵照辦理，經本次初審會議討論，”調查”調整為”評估”，並將檢視本篇相關內容進行調整。
9. 3.1.6 消波沉箱堤 消波沉…須充分~~調查~~”瞭解”消波…並應~~進行~~”辦理”水工…. 。 其他亦有多處使用進行水工試驗，是否須修改。	同第 8 點意見辦理。

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員

胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
10. 3.2 外力計算 防波堤….浮力”等外力及”~~一~~自重~~等外力~~，…。	為配合本處內文架構所考慮之外力(3.2.1～3.2.5)，故建議不予調整。
11. 3.3.1 直立部之安定計算 …安全係數在波浪作用時為≧1.2 ~~以上~~，地震時為≧1.0 ~~以上~~為準；…傾倒…在波浪作用時為≧1.2 ~~以上~~，地震時為≧1.1 ~~以上~~為標準。其他亦有多類似表示方法，建議修正。	經本次初審會議討論，建議不予調整。
12. 3.3.2 堤基部之安定計算 1. 合成堤~~以~~及斜坡堤…及材料重量。“材料重量”語意不明。	遵照辦理，而有關材料重量係指合成堤拋石基礎覆蓋材下之拋石及型塊等。
13. 3.3.2 堤基部之安定計算，項次 3 …以”不小於”覆蓋材重量之 1/20 ~~以上~~為原則，…則再為其”不小於”1/20 ~~以上~~為原則。斜坡堤應”不小於”在 1/10~1/15 ~~以上~~為原則。	經本次初審會議討論，建議不予調整。
14. 3.3.4 堤頭、轉角處之安定計算 3.….且考慮側向摩擦抵抗，…以≧1.3 ~~以上~~為~~標~~準。“側向摩擦抵抗”語意不明。	經本次初審會議討論，建議不予調整。
15. 4.1 直立堤 3….大型化~~，尤其….，以一個方塊為原則~~。見圖 C2-2(d)。	經本次初審會議討論，建議不予調整。
16. 4.1 直立堤 4. 就…最下~~段~~”端”加設…。	遵照辦理。
17. 4.2 合成堤 3. 防波堤若有沖刷之虞慮時，~~因…可能之處~~，應作防止沖刷之對策…。	經本次初審會議討論，調整為「堤址若有沖刷疑慮時，應作防止沖刷之對策或護面保護」。
18. 4.2 合成堤 4. ~~為使直立堤…不良影響，~~”拋石基礎應以小塊石整平，且”~~所以~~基礎整平寬度在直立堤”部”…。	經本次初審會議討論，調整為「直立部之拋石基礎應以石料整平，且基礎整平寬度在直立部堤兩側需適當加寬。如有護基方塊及覆蓋石時，該部

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員

胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
	份亦需整平。」。
19. 4.3 斜坡堤 2. ~~通常~~拋方塊或…以小”塊”石或小型混凝土塊填充”整平”。	遵照辦理，並調整為”石料”此工程慣用用語。
20. 第五章 3. 為防止~~土砂~~”漂沙”由…。	經本次初審會議討論，調整為「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。」
21. 4.3 斜坡堤 4. 除…航道附近~~等~~，依狀況…防沙設施~~，而，設置之~~。	遵照辦理，並經本次初審會議討論，調整為「除以上所述之外，港內之航道附近，依狀況須在適當位置設置防沙設施。」
22. 第六章 海堤係~~為大…且~~位於…。	遵照辦理。
23. C1.2 防波堤之設置，項次 1 (1)港口…，且應避開波浪”最”頻繁~~多~~”及”最強方向。	遵照辦理，並經本次初審會議討論，調整為「港口應儘量減少波浪之入侵。」
24. C1.2 防波堤之設置，項次 3 防波堤~~建設~~”佈置”時，…	遵照辦理。
25. C1.2 防波堤之設置，項次 6 6~~.孤立於外海之島式~~”離岸式”防波堤…	遵照辦理。
26. C2.1.3 波浪 有關設計波~~之決定、碎波、設計波高及波長~~等相關規定…。	遵照辦理。
27. C2.1.4 水深及地盤條件 …因此在進行~~土~~”地”質調查時，…。	遵照辦理。
28. C2.2 斷面型式，項次 2 (1)沉箱式直立堤，…同時沉箱之下水、~~搬運~~”拖航”、安放…，如基礎之~~整平~~”拋石”、~~拋石~~”整平”、沉箱安放…	遵照辦理。
29. C2.2 斷面型式，(2)方塊式直立堤	方塊式直立堤之型式一般為水深較

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員

胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
真的施工確實與容易嗎?	淺、波浪較小、堤體高度不高之條件下所採用。方塊之製作容易且可先行預鑄，並可設榫槽增加方塊整體之穩定性，用數層方塊方式依序堆疊即可完成，於國內已有相當多之施工案例，施工時以吊車吊放排列，可迅速完成堤體之構造，施作上實為確實與容易。
30. 圖 C2-2(a)~圖 C2-2(n) 在說明中均未提到這些圖，建議在斷面型式堤及。	章節 C2.2 之內文順序，係配合【圖 C2-1 重力式防波堤之種類】，並佐【圖 C2-2 各類斷面型式詳圖】，應不影響設計使用，敬請諒達。
31. 第三章，符號說明 W:…見 C3.3.1 節，出處標示錯誤。	感謝指正，將進行修正。
32. C3.1.2 合成堤，2.堤基 堤基部…，所以應將直立部之基礎整成水平。語意不明。	經本次初審會議討論，刪除本段「所以應將直立部之基礎整成水平」文字。
33. C3.1.3 斜坡堤，項次 2 (2)越波…，~~本文~~”上述”之值…	遵照辦理。
34. C3.1.4，1.堤頂高 (2)消波塊之頂高，…相同為”原則”	遵照辦理。
35. C3.1.4，3.堤體寬度 (2)消波塊之…，應予注意。此項與堤體寬度無關，建議刪除。	經本次初審會議討論，調整為「故堤體寬度應予注意」。
36. C3.1.5 直立消波型塊堤 (1)…加以直接~~堆積~~”疊置”成消波式…。 ~~由於現有…適當之型塊。~~	經本次初審會議討論，調整為「疊積」。
37. C3.1.5 直立消波型塊堤，項次 2 (2)…須確保頂部混凝土施工上所需之厚度。語意不明	經本次初審會議討論，此處之厚度係指於決定型塊頂高時，尚須保留頂部混凝土所需之厚度，故不予調整。
38. C3.2.5 地震力	經本次初審會議討論，調整為「除考

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員

胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
除考慮…動水壓此動水壓。~~…為標準。~~	慮堤體自重所產生之水平力外，尚需考慮地震時之動水壓」。
39. C4.1.2 方塊式直立堤 1. 方塊之疊放…，以確保堤”體”之一體性。	遵照辦理，並經本次初審會議討論，調整為「方塊之疊放應注意上下之接頭互相錯開，以確保堤體之一體性。」
40. C4.1.2 方塊式直立堤 3. ~~為防…水泥砂漿。~~方塊之型狀及尺寸參考第四篇第四章 C4.2。圖也刪除。	經本次初審會議討論，本段文字調整為「方塊接合部之形狀及尺寸依第四篇第四章內容辦理。」。
41. C4.2 合成堤，公式符號 h’ :拋石”基礎”頂面水深…	遵照辦理。
42. C4.3 斜坡堤 5. 為防止…或”拋於港內側之坡面”。語意不明。	經本次初審會議討論，調整為「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於港內側施作。」
43. C5.2 淤積之型態 …~~可分成~~如圖 C5-1 ~~般~~”所示”。	遵照辦理。
44. C5.2 淤積之型態，項次 2 …底質為浮泥質海底…。語意不明	此處係海底底質偏屬浮泥質時，區分淤積之型態，建議暫不予調整。
45. C5.7 防波堤之佈置 建議調整為 C5.7”沙岸港”防波堤之佈置。	遵照辦理，並經本次初審會議討論，調整為「砂岸港之防波堤佈置」。
46. C6.1 海堤之配置 ~~海堤通常…，~~若”海堤”銜接於…	遵照辦理。
47. C6.2.2 海堤之設計條件，項次 2 …下陷問題。~~設計時…鑽探孔數。~~有關…說明。	遵照辦理，並經本次初審會議討論，將調整內文。
48. 2.4，工程費 建議不要刪除。2.2 節中所列工程費為選擇合適斷面型式比較用，為粗略之估計；2.4 節說明為選定斷面型式後，應對其組成堤體各部之不同尺寸對工程費之影響進行檢討	同第 2 點意見辦理。

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員
胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
(尤其是合成堤，直立部與拋石基礎高度)，以降低工程費，與 2.2 節所稱工程費之目的不同。	
49. 第三章，符號說明 h’ 是否應為合成堤直立部設置水深； R：有效之被動土壓力；堤後補強有拋石或方塊，以土壓力來代表補強抵抗力是否合適?	遵照辦理，R 調整為”有效之補強抵抗力，而有關 h’合成堤直立部設置水深，此處係為堤體直立部之安定計算，故建議不調整。
50. C3.3.1 直立部之安定計算 依日本基準，C3.3.1 4 所列內容為滑動安全係數不足，而於堤後補強之方法，其條件為原斷面之滑動安全係數至少為 1.0，因此將補強之部份視為堤體之一部份列入新設斷面之安定檢討公式中是否恰當? 補強抵抗部份視為被動土壓力是否恰當? 傾倒驗算公式中所列 Ms(補強抗傾力矩) 如何計算?及在有堤後補強下其基礎承載力如何檢討? 日本基準對堤後補強之基本尺寸設定有說明，建議此處亦應說明。	1.遵照辦理，此處拋石層厚係作為滑動安全係數不足時之補強，而本篇係為防波堤，相關安定計算之 Ws、Ms 等將參考最新之日本規範(2018)進行調整。
51. C3.3.2，2.護面塊石與消波塊之重量 建議其中”消波塊”改為”型塊”。拋石基礎之護面塊有大拋石及混凝土型塊(包括消波塊、方塊或其他型式混凝土塊)。	此處「護面塊石與消波塊之重量」係沿用第二篇第五章之 5.3 節之名稱，故暫不調整。
52. 第四章，符號說明 建議”方塊厚度計算係數”改為”護基方塊厚度計算係數”；”堤底”為”堤幹”，”堤頂”為”堤頭” t：保護基礎用的方塊所需厚度，改為護基方塊所需厚度。	遵照辦理。
53. C4.2，項次 6、7	遵照辦理。

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員
胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
保護基礎的方塊，建議改為”護基方塊”。合成堤拋石基礎上有護基方塊及護面塊，此處所指為護基方塊，為避免混淆，作此建議。	
54. C6.2.4，項次 3 建議將”海流”改為”水流”。此處所指應為波浪於淺水處非只有能量傳遞，而還有水粒子輸送而產生之水流，若以海流稱之，易產生誤會。	遵照辦理。
55. C6.2.5，項次 2 (2)…，應檢討波壓及土壓同時作用時之安定。此段說明之出處為何?另依上次意見回覆，此處所指之土壓為被動土壓，出處為何?	感謝指正，經本次初審會議討論，此處【海堤之安定計算】將針對海堤所受外力情境及相關檢核公式進行補充。
56. 3.1.1 直立堤，項次 4 原文”方塊式直立堤，其最上層之方塊、空心方塊以及沉箱頂部之高度為便於堤面施工，”，修改為”方塊式直立堤，其最上層之方塊、空心方塊以及沉箱頂部之高度，為便於堤面施工，”。	遵照辦理。
57. 3.1.2 合成堤，項次 5 ”直立堤”，改為”直立部”。	感謝指正，遵照辦理。
58. 3.1.3 斜坡堤，項次 3 刪除”(有關沖刷註記堤趾沖刷)”	感謝指正，此處括號內容係為誤植，將進行修正。
59. 3.1.3 斜坡堤，項次 4 ”護坡坡度，應由安定計算決定，拋石堤以海側坡度緩於 1：2，港側坡度緩於 1：1.5，消坡塊覆蓋時 1：1.3~1：1.5 之例較多。”	同第 6 點意見辦理。
60. 4.2 合成堤，項次 3 原文”防波堤”，改為”合成堤”。	同第 17 點意見辦理，調整為「堤址若有沖刷疑慮時，應作防止沖刷之對策或護面保護」。
61. 4.2 合成堤，項次 4 原文兩處”直立堤”文字，修改為”直立	感謝指正，遵照辦理。

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員
胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
部”。	
62. 4.3 斜坡堤，項次 1 ”、沉床等。”，改為”、沉床、鋪柏油砂覆蓋等。”。	經本次初審會議討論，暫不予調整。
63. 第五章 ”為因應侵淤之防止，”，修改為”防止侵淤，”。另本章條文內容請確認若係以漂砂淤積為對象，則前述文字改為”防止淤積，”	本章內文係針對淤積進行闡述，並經本次初審會議討論，刪除本段「為因應侵淤之防止」文字，並將檢視解說內文進行修正。
64. C1.2，項次 1 (1)，主文已有相同規定，此段文件刪除”，且應避開波浪頻繁多最強之方向”	同第 23 點意見辦理。
65. C1.2，項次 1 (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。”，改為”應能減少防波堤產生之反射波及集中波對航道及泊地之影響。”	經本次初審會議討論，調整為「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。」。
66. C1.2，項次 1 (5)，”為使港內之靜穩港口寬愈狹窄愈好”，改為”為使港內靜穩，港口寬愈狹窄愈好”。	遵照辦理。
67. C1.2，項次 5 文意不通順。	遵照辦理，並經本次初審會議討論，將調整內文。
68. C2.1.1 文章內兩處”基本水準位”，改為”基本水準面”，以與第 1-6 篇潮位定義一致。	感謝指正，遵照辦理。
69. C2.1.4 ”應作充分之地質調查”，改為” 應作充分之地質調查及土壤試驗”，以與條文一致。	經檢視相關內文，條文處地質調查及土壤試驗；而解說處除地質調查外，並敘明相關參數如單位體積重量、內摩擦角、粘著力...等應由土讓試驗決定，故暫不予調整。

第七篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 21 日(星期三)上午 9 時

審查委員：蔡瑤堂 委員；張憲國 委員；翁文凱 委員

胡聰明 委員；姚武田 委員；許國強 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
70. C2.1.6 ”及其他應考慮其可能產生的影響。”，改為”或其他影響時，應納入設計考量。”，以與條文一致。	經本次初審會議討論，調整為「防波堤構築後若有可能產生堤趾沖刷、工址之侵蝕或淤積，或其他影響時，應納入設計考量。」。
71. C3.1.2 項次 3，標題改為”堤面場鑄混凝土厚度及沉箱頂部高程”。 項次 5，”直立堤”改為”直立部”。	合成堤之直立部除沉箱式外，尚有方塊式、空心方塊及混凝土單塊等型式，而配合標題 C3.1.2 合成堤建議不予調整。
72. C3.1.3，項次 3 ”拋石堤之以海側坡度”，刪除”之”。	遵照辦理。
73. C3.1.4，項次 1 (2)，”以與直立部之頂高相同為”，改為”以與直立部之頂高相同為原則”	遵照辦理。
74. C3.1.6，項次 1 ”應進行”，該為”並應進行”，以與條文一致。	感謝指正，遵照辦理。
75. C3.2.2 ”應考慮堤內外水位差”，改為”應考慮水位差”。	遵照辦理。
76. C3.2.5 ”此動水壓，”，改為”。動水壓，”。	感謝指正，並經本次初審會議討論，調整為「除考慮堤體自重所產生之水平力外，尚需考慮地震時之動水壓」。
77. 以下空白。	

「港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂」
第八篇初審會議簽到表

時間：108 年 7 月 26 日 13 時 30 分

地點：台灣世曦工程顧問股份有限公司 7 樓會議室

簽到表

出席單位	簽名
交通部技監室	
交通部航港局	
臺灣港務股份有限公司	
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	賴瑞應　胡振文
郭世榮 教授	郭世榮
宇泰工程顧問 有限公司	黃耀旺
浩海工程顧問 股份有限公司	姚銘田
中興工程顧問 股份有限公司	陳孟欽
台灣世曦工程顧問股份 有限公司	朱志誠　張文矩 吳水洞　賴秀延 林俊廷　余少倉

第八篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 7 月 26 日(星期五)下午 13 時 30 分

審查委員：郭世榮 委員；黃來旺 委員；姚武田 委員；陳宗欽 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
1. 表 C2-1 的船席尺寸表刪除，改以文字敘述船席長度與水深的考量或計算方式。	遵照辦理。
2. 表 C2-2 同上亦拿掉。	遵照辦理。
3. 統一 HWOST 與 HWL(我不太確定最終的結論是不是使用 HWL，然後加強 HWL 的解釋?)，並對表 C2-3 之潮差定義，並移除註解。後續配合調整第二篇第六章並確認 C6.2 天文潮之說明 8.基本水準面(p.206)	遵照辦理。
4. 第八篇的碼頭工程要有引言何種情況要再多考慮第九篇的專用碼頭，於解說開頭註明即可，可參考日本規範。	遵照辦理，補充於條文 8.1。
5. 表 C2-3 的潮差定義清楚；現有註解刪除。	遵照辦理。
6. 第五章板樁碼頭 5.1 的敘述設定在砂質土壤或堅硬黏土，然而卻有 5.8 軟弱土層的作法，所以第五章是否可用於軟弱土層?建議與條文內容整合。	刪除 5.1 對板樁式碼頭適用打設於砂質地層或硬黏土地層敘述。
7. 5.1 刪除對於自由端與固定端計算方法的選擇限制。	遵照辦理。
8. 5.3.2 板樁入土長度之式 C5.3.1 係說明常時或地震情形?依 2018 日本規範修正 C5-8 圖面並確認項次(4)內容	1. C5.3.1 適用於常時及地震，並以安全係數區分。安全係數對常時及地震分別考量詳 C5.3.2 之 3。 2. 遵照辦理。
9. 確認一下 C5.6.4 錨定直樁設計的敘述是否無誤。	遵照辦理。
10. 板樁碼頭的入土深度安全係數為何?(適用於自由端法?固定端法?)	1.C5.3.2 之 3.安全係數，已定義板樁碼頭入土深度於不同土層之安全係數。 2.遵照辦理補充適於方法。
11. C5.3.1 計算安全係數時，動水壓力與活載重等應該也要考量。	遵照辦理，新增動水壓力與上載載重(包含活載重)對背拉構材樁設點之力矩。
12. C7.2.6 斜坡震度是否需要更新?	日本 2018 年「港灣の施設の技術上の基準•同解說」並未更新，且斜坡以新

第八篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 7 月 26 日(星期五)下午 13 時 30 分

審查委員：郭世榮 委員；黃來旺 委員；姚武田 委員；陳宗欽 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
	的方式計算震度較為困難，故建議保留原計算方式。
13. C13.1 對於岸肩定義 check 日本規範意思，並補充日本規範摘要註解(此節岸肩為功能性、非結構，另碼頭水深>>7.5m 時岸肩寬度是否適用??)	規範定義與日本規範定義雷同。表列之岸肩寬度為參考值，仍須考量功能性進行設計。
14. C14.2 確認導軌名詞適用性	遵照辦理，已修正為軌道。
15. LLWL 改為兩種並用(國際、築港)	遵照辦理。

「港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂」

第八篇第二次初審會議簽到表

時間：108 年 8 月 1 日 9 時 00 分

地點：台灣世曦工程顧問股份有限公司 7 樓會議室

簽到表

出席單位	簽名
交通部技監室	
交通部航港局	
臺灣港務股份有限公司	
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	賴瑞應
郭世榮 教授	郭世榮
宇泰工程顧問 有限公司	黃秉叡
浩海工程顧問 股份有限公司	姚武田
中興工程顧問 股份有限公司	陳享欽
台灣世曦工程顧問股份 有限公司	朱志誠 郭士合 丁紹剛 賴彥廷 張之豪

第八篇　第二次初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 1 日(星期四)上午 9 時 00 分

審查委員：郭世榮 委員；黃來旺 委員；姚武田 委員；陳宗欽 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
1. 5.1 文句調整。	配合辦理。
2. 5.2 作用於板樁之外力，新增上載載重。	配合辦理。
3. 6.1.2、1.作用於圓筒之外力，順序調整。	遵照辦理，將垂直方向載重移至上方。
4. 7.3.5，【初步設計時，鋼筋混凝土上部結構自重，可採用 2.1tf/m2】刪除。	配合辦理。
5. 8.5.1，檢視相關內容，外力為壓 or 壓力。	配合辦理，將敘述刪除。
6. 9.4.4，檢視拉桿、背拉構材。	配合辦理。
7. 浮碼頭→浮動碼頭。	配合辦理。
8. 9.10.3、3.作用於浮箱之外力及載重，文字及架構調整；6.浮箱連結，文字調整。	配合辦理。
9. 9.10.4、3.錨鍊拉力計算，文字調整。	配合辦理。
10. ch10 連接結構物→銜接結構物，檢視相關內文並調整。	配合辦理。
11. 11.5，旅客上下船→旅客上下船人行廊道。	配合辦理。
12. ch13 岸肩，文字調整，檢視相關內文並調整。	配合辦理。
13. ch14，解說配合調整	配合辦理。
14. 圖 C5-8 錨碇直樁設置位置(依日本規範調整圖面)	配合辦理。
15. C6.1.2、配合條文挑整	遵照辦理，將垂直方向載重移至上方。
16. Ch10 配合條文調整。	配合辦理。
17. Ch13，岸肩定義 check 日本規範意思，此節岸肩為功能性、非結構，且碼頭水深>>7.5m 時岸肩寬度是否適用。	規範定義與日本規範定義雷同。表列之岸肩寬度為參考值，仍須考量功能性進行設計。
18. C13.2.1 寬度，(補充日本規範摘要註解)	配合辦理。
19. C14.2、3.颱風，確認導軌 or 軌道之用詞	配合辦理，統一修正為軌道。

「港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂」
第九篇初審會議簽到表

時間：108 年 8 月 1 日 13 時 30 分

地點：台灣世曦工程顧問股份有限公司 7 樓會議室

簽到表

出席單位	簽名
交通部技監室	
交通部航港局	
臺灣港務股份有限公司	
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	賴瑞應 胡振弘
蔡瑤堂 博士	蔡瑤堂
郭世榮 教授	郭世榮
宇泰工程顧問 有限公司	黃建成
浩海工程顧問 股份有限公司	姚武田
中興工程顧問 股份有限公司	鄭建里
台灣世曦工程顧問股份 有限公司	朱志誠 丁美創 張文采 郭士吾 賴彥廷 莊嘉穎

第九篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 1 日(星期四)下午 13 時 30 分

審查委員：蔡瑤堂 委員；郭世榮 委員；

黃來旺 委員；姚武田 委員；鄧耀里 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
1. 1.3.8 其他附屬設施 「在貨櫃碼頭內，依需要設置洗淨場依需要設置洗櫃區淨場...」調整為「在貨櫃碼頭及後線營運場地內，依需要設置洗櫃區依需要設置洗櫃區...」，並配合調整解說部分。	遵照辦理。
2. 2.2.2 繫船設施 「應特別考量風壓予以設置，並決定其配置及型式。」調整為「應特別考量風壓予以決定其配置及型式。」，並配合調整解說部分，並檢視其餘篇章類似之文字架構。	遵照辦理。
3. 2.2.4 防止沖刷設施 「...應以覆蓋石塊或混凝土...」調整為「…應以石塊或混凝土…」，並配合調整解說部分。	遵照辦理。
4. 2.3 車輛上下船設施設計 「...吃水差及車輛上下船...」調整為「…吃水變化及車輛上下船…」，並配合調整解說部分。	遵照辦理。
5. 2.4 旅客上下船設施設計 「...吃水差及旅客上下船設施...」調整為「…吃水變化及旅客上下船設施…」，並配合調整解說部分。	遵照辦理。
6. 3.1　設計原則 調整內文使語意通順，並配合調整解說部分。	遵照辦理，將依初審會議中所研議進行調整。
7. 4.1　設計原則 調整內文使語意通順，並配合調整解說部分。	遵照辦理，將依初審會議中所研議進行調整。
8. 4.2.4 碼頭承載力 「...運輸、安裝等情境...」調整為「…運輸、裝卸等情境…」，並配合調整解說部分。	遵照辦理。
9. 4.2.5 碼頭承載力 「若風電工作船有頂升需求，在海床上應考	遵照辦理。

第九篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 1 日(星期四)下午 13 時 30 分

審查委員：蔡瑤堂 委員；郭世榮 委員；

黃來旺 委員；姚武田 委員；鄧耀里 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
量設置適當之海床保護設施，以增加承載能力。」調整為「若風電工作船有頂升需求，在其作業區海床上應考量設置適當補強設施如拋石等，以增加承載力。」，並配合調整解說部分。	
10. 5.1　設計原則 調整內文，並配合調整解說部分。	遵照辦理，依初審會議中所研議刪除『遊艇之定義係依據船舶法第 3 條：「遊艇：指專供娛樂，不以從事客、貨運送或漁業為目的，以機械為主動力或輔助動力之船舶。」』文字。
11. 5.3.2　外廓設施 地象用詞調整與本基準一致。	遵照辦理，「地象」建議調整為「地形水深及地質」，並將檢視相關內文。
12. 5.4　繫靠設施，2.繫泊設施配置 「…遊艇活動型態、運動機能及經濟性…」調整為「…遊艇活動型態、操船機動性及經濟性…」，並配合調整解說部分。	遵照辦理。
13. 5.4.2　碼頭設計 調整內文使語意通順，並配合調整解說部分。	遵照辦理，將依初審會議中所研議進行調整。
14. C1.2.1　碼頭長度及碼頭水深 建議表 C1-1 彙整於【第二篇第二章船舶】中，並調整內文。	遵照辦理。
15. C1.3.1　岸肩 配合【第八篇第三章岸肩】所研議進行調整。	遵照辦理。
16. C1.3.4　貨櫃集散倉棧 調整內文使語意通順。	遵照辦理，將依初審會議中所研議進行調整。
17. C2.2.1　碼頭長度及碼頭水深 建議表 C2-1、C2-2 彙整於【第二篇第二章船舶】中，並調整內文。	遵照辦理。
18. C2.3.3　附屬設施及標識等 「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。」調整為	遵照辦理。

第九篇　初審會議評論及辦理情形

會議時間：民國 108 年 8 月 1 日(星期四)下午 13 時 30 分

審查委員：蔡瑤堂 委員；郭世榮 委員；

黃來旺 委員；姚武田 委員；鄧耀里 委員

會 議 評 論	辦 理 情 形
「車輛上下船設施，所設置之柵欄應塗佈反射性塗料，其高度以 90 公分為標準」。	
19. C2.3.4　車輛上下船設施活動部份設計 「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，並避免不均勻沈陷。」調整為「支撐車輛上下船設施活動部份之基礎結構型式，應避免不均勻沉陷」。	遵照辦理。
20. C2.4.2　寬度、長度、坡度及附屬設施 2.結構形式 「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。」建議刪除「平面」二字。	遵照辦理。
21. C3.1.2 液化天然氣碼頭位置選擇應考慮事項 調整內文使語意通順。	遵照辦理，將依初審會議中所研議進行調整。
22. C3.2.4 繫纜需求 調整使文意表達清楚。	遵照辦理，將依初審會議中所研議進行調整。
23. C3.3 繫纜需求 調整使文意表達清楚。	遵照辦理，將依初審會議中所研議進行調整。
24. 修正【表 C5-2 航道基本寬度需求】之航道基本寬度，以符使用需求。	遵照辦理，將依初審所研議參考澳洲遊艇規範進行修訂。
25. 修正【圖 C5-3 浮棧橋型式(單棧橋)】之圖面。	遵照辦理。
26. C5.4.2　碼頭設計，2.浮動碼頭 配合第八篇第九章浮動碼頭之修訂，並調整相關用詞。	遵照辦理。

附錄五

期末報告審查意見

處理情形表

附錄五　期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

期末報告審查意見處理情形表

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、蔡瑤堂 委員		
1. 在條文及解說前加了第一章前言及三章專門碼頭需求探討作為主體，而條文及解說變成附錄，與第一篇至第六篇不同，將來整套基準如何編排?	有關本報告係依據港研中心「研究報告」格式編撰，後續將依「部頒技術規範作業機制」彙整第一篇～第九篇成果為完整基準(草案)供未來報部複審。	同意研究單位之說明。
2. 「P.2-1，2.1 前言，…基此，本團隊後續將蒐集國內外相關資料，並參考國外相關規範製訂規範專章，…。」此說詞語氣比較像投標服務建議書，請確認。同樣說詞也出現在 P.3-1。	感謝指正，將檢視內容並刪除第二、三章中「基此，本團隊後續…」等內容。	同意。
3. P.3-1 及 P.4-1 章名均誤植。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
4. I，前言，…本次修訂以符合現行法規與安全需要，…所謂現行法規是指哪些法規?	感謝指教，後續擬將「法規」調整為「規範」以符原意。	同意。
5. P.1 本頁有多處以及用詞，初審時已建議改為及。	感謝指正，將檢視內容並進行調整。	同意。
6. P.19，沉箱式碼頭(含沉箱)、L 型塊式碼頭(含 L 型塊)、空心方塊式碼頭(含空心方塊)、塊式碼頭(含方塊)，加括號內之重復名稱，用意為何?	感謝指正，此碼頭結構型式分類原文係出自原部頒基準，惟考量本次修正整體架構已有所變動，後續則將重新檢視內文並視需要移除括號內重複文字。	同意研究單位之說明。
7. P.19 及 P142，浮碼頭，請改為浮動碼頭。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
8. P.21 及 P.22，4.4 背填石料之	感謝建議，惟經審查會議	同意研究單位之說明。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
土壓減輕效果，重力式…之石塊、碎石或礫石作…。及 4.5.3 背填及防止漏砂設施，石塊、碎石或礫石是否可用石料一詞統稱。	研議成果，此處建議仍維持原文字以符原意。	
9. P.58，11.4 安全設施，為防止…侵入設施(Skirt Guard)、柵欄(Fence or Rope)…等安全設施。各種設施為何須加英文名稱。	感謝指教，經檢視本處中文為港灣領域慣用詞彙，應無加註英文名稱之必要，後續擬刪除相關英文說明。	同意。
10. P.280，3.作用於浮箱之外力及載重，本節無波力及水流力，反而在 P.284， C.9.10.4 錨鏈設計，1.設計外力就有提到，是否需調整。	感謝指正，將於「3.作用於浮箱之外力及載重」補充應考慮波力之作用。	同意。
11. P.59，12.3.1 各部份高程，海側…為朔望平均乾潮位(L.W.L.)下，…未標示方法，P.306，P.352 亦同。	感謝指教，有關各潮位之名稱及定義，已更新並彙整於第二篇第六章「潮位與暴潮位」中，後續將重新檢視相關內容並統一用詞。	同意研究單位之說明。
12.P352，圖 5-7，資料來源:…交通部，民國 102 年。請確定 102 年是否正確。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
13. P.355，3.停車場席數…，是否可改為常用的格數?	感謝指正，後續擬將「席數」修正為「格數」。	同意。
二、李季欣 委員		
1. P1-1，第 1 章的前言內容似乎與後續 2~4 章無關，在閱讀上有不連貫的感覺。在 2~4 章的末節均為”建議增補或修訂內容”，但於第 5 章結論中說明，第 9 篇專用碼頭篇已新增”液化天然氣”、”風電碼頭”及”遊艇碼頭”專章，所以邏輯上有混淆，第 2~4 章之	感謝指教，誠如蔡委員第 1 點意見回覆般，本報告係依據港研中心「研究報告」格式編撰，後續將依「部頒技術規範作業機制」彙整第一篇～第九篇成果為完整基準(草案)供未來報部複審。	同意研究單位之說明。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
建議是本此增補依據還是將來增補建議。		
2. P2-1，2.2 的參考文獻建議放到該章節最後。(第 3~4 篇同)	感謝建議，將依承辦單位第 5 點意見將各章之參考文獻刪除並統一放在最後之參考文獻內。	同意研究單位之說明。
3. P2-4，2.4 節的第三行 “以風速大小作為波高限制之依據”，建議改為”僅以風速限制”。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
4. P2-19，圖 2-11 出現廠商名稱，圖 2-12 圖無法辨識，建議不放入。	感謝指正，將檢視圖面並進行修正。	同意。
5.參-1，第 5 章後的參考文獻頁碼不一致，此部分參考文獻是指為全規範?	感謝指正，將依承辦單位第 5 點意見將各章之參考文獻刪除並統一放在最後之參考文獻內，並檢視相關頁碼。	同意研究單位之說明。
6 .P118，表 C6-1 額外抵抗力不應以被動土壓力計算，滑動安全計算中的磨擦係數及被動土壓力不一致。	感謝指正，經審查會議研議成果，後續擬將相關文字調整為「抵抗土壓力」。	同意。
7. P121，倒數第 3 行，空格太多。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
8. P165，採固定端點法時，入土長度的安全係數取 1.5/1.2 偏大。	感謝指教，經考量實務上之執行，建議保留分析方式之彈性予設計者，並擬移除 P.165「3.安全係數」後之括號內容。	同意研究單位之說明。
9. P226，水下地震力是否要與第二篇第十二章一致。	感謝指教，後續將參考日本規範之內容進行修正。	同意研究單位之說明。
10.P227，寬度超過 20m 以上此法不適用，是否增加彈性支承分析描述。	感謝指教，經審查會議研議成果，後續擬調整為「...且海底斜坡非常長時，建議以彈性支承分析。」。	同意研究單位之說明。
11. P250，假設震度大小寫是否	感謝指正，將檢視內容並	同意。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
能與 P226 一致。	進行修正。	
12. P272，是否增加上揚力，尤其在設有渡板時更應注意。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
三、姚武田 委員		
1.第 2-3、2-4 頁，表 2-1 及表 2-2，欄位船型大小之單位，建議修訂為 m^3。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
2.第 2-4 頁,2.4 節標題內容為”國內外 LNG 船之相關作業規定”，文章內容僅蒐集波高、風速、能見度，該三項係規定進出港之限制條件,建議補充其他相關作業規定，包括 LNG 船進港、出港航行期間淨空管制規定、停泊碼頭期間裝卸作業規定等。	感謝建議，本節內文原意係為蒐集國內外LNG接收站於操航及靠泊之海氣象限制條件，以作為本研究增補課題之參考，故擬將該節標題修正為「2.4 國內外LNG船之進出港相關天候條件限制案例蒐集」以符原意。	同意研究單位之說明。
3.第 2-7 頁，(一)碼頭基本長度內容有 1 倍之數字,相對於圖 2-2 所示之配置方式應不可能存在 1 倍船長之關係,建議調整說明內容。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
4.第 2-8 頁，第 4 行,”2.8 節”應是誤植。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
5.第 2-9 頁，表 2-6，波浪條件，沉箱式平台說明內容寫”沉箱不受壓力”?語意不明，請調整內容。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
6.第 2-12 頁，(一)作用於繫泊船泊之風力，公式之風速為每 10 分鐘平均之最大風速，惟第 336 頁表 C3-1 之註 2，是採用 30 秒平均風速，兩者不同?	感謝指正，將修正 2-12 頁之 Vwind 為「在 10m 高處 30 秒平均之風速(m/s)」。	同意研究單位之說明。
7.第 2-12、2-13 頁，海水密度 1025kg/m3 與海水比重 1.034T/m3，兩者數值是否應	感謝建議，經檢視所參考文獻 Port designer’s handbook(Second edition，	同意研究單位之說明。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
取一致，建議再檢核比對參考文獻內容。	P.61~65)，後續將統一調整為 1030kg/m3 與 1.03T/m3。	
8.第 2-13 頁，倒數第 6-7 行文字，以及第 2-14 頁，(四)，文字內容請調整為適用本案辦理基準編定之用詞為宜。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
9.第 2-14 頁，倒數第 4 行，靠泊輔助系統述明提供 300m 內之距離、船速等資訊，與第 2-15 頁倒數第 2 行，室外大型顯示面板提供距離碼頭 200 米內之速度及距離，兩者數值不一致?又該等數值是否為規範值?建議與後面基準內容寫法一致。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
10.第 2-19、2-20 頁，圖 2-11、2-12，圖面模糊無法辨識。	感謝建議，將依李委員第 4 點意見辦理。	同意。
11.第 3-1 頁，章名誤植。倒數第 1-2 行，建議刪除”基此，本團隊…..之依循。”，或調整內容。	感謝指正，如蔡委員第 2 點意見回復般，將檢視內容並刪除第二、三章中「基此，本團隊後續…」等內容。	同意研究單位之說明。
12.第 3-2 頁，3.3 節之第 1 段文字，”本團隊”建議修訂為”本計畫”。	感謝指正，如蔡委員第 2 點意見回復般，將檢視內容並刪除第二、三章中「基此，本團隊後續…」等內容。	同意研究單位之說明。
13.第 4-1 頁，章名誤植。4.1 節之第 2 段文字，”本團隊後續”建議修訂為”本計畫”。	感謝指正，如蔡委員第 2 點意見回復般，將檢視內容並刪除第二、三章中「基此，本團隊後續…」等內容。	同意研究單位之說明。
14.第 219、220 頁，符號說明，撓曲剛度、彎矩之單位轉換，多處誤植，例如(tf-m)之轉換	感謝指正，將檢視內容並進行公式單位之修正。	同意。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
單位應為(KN-m)。		
15.第 335 頁，圖 C3-1，艏纜圖面標示之角度標示是否為”≒15o”?請調整標示方式；C3.2.4 節，請補充艏纜、艉纜之繫纜配置及要求。	遵照辦理，將檢視內容後視需要進行調整。	同意。
16.第 336 頁，表 C3-1，註 2 風速，請配合第 2-12 頁公式採取一致之定義。	遵照辦理。	同意。
17.期末報告之基準內容已充分整合期中審查及初審意見，少數頁面尚存有討論過程刪除線文字(例如第 52 頁)，請全面審視。部分圖面(例如第 250 頁圖 C8-3)略顯粗糙，請調整。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
四、許國強 委員		
1.第三章及第四章之標題名稱有誤，請更正。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
2.參考文獻參考中華人民共和國部份，請檢討必要性。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
3.P.167 倒數第 4 及第 6 之「背拉構材」係指拉桿，建議直接修訂為「拉桿」。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
4.P.251「坡樁」一詞建議修訂為平版基樁。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
5.P.204 之 C.6.1.7 之第 1 點，「各港」應變量，是否誤植。	感謝指正，後續擬將「各港」二字移除。	同意。
6.P.166 自由支撐式(Free Earth Support)，建議修訂為自由端點法，與 P.23 一致。	感謝指正，將檢視內容並進行修正。	同意。
五、承辦單位		
1.報告請依據本所出版品格式調整。	遵照辦理。	同意。
2.請補充中英文摘要。	遵照辦理。	同意。
3. 1.2 節研究內容及工作項目，	遵照辦理。	同意。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
請加強說明本計畫之研究內容、主要工作項目及初審過程。		
4.建議刪除預期成果及效益，將其內容移到最後一章說明。	遵照辦理。	同意。
5.建議各章之參考文獻刪除，統一放在最後之參考文獻內，另外，參考文獻之格式也請統一，國外文獻以西元年表示，國內文獻以民國年表示，另外，排列先國外文獻，後國內文獻。	遵照辦理。	同意。
6.圖及表請標示資料來源及標示參考文獻編號，文章內容亦同。	遵照辦理。	同意。
7.「本團隊」改為「本計畫」。	遵照辦理。	同意。

附錄六

期末報告審查會議簡報

交通部運輸研究所

港灣構造物設計基準條文增補研議與編修擬訂

期末報告審查會

簡報



簡報人：柯昶亨

CECI 台灣世曦 工程顧問股份有限公司

民國108年10月

1

簡報內容







- 壹、計畫緣起與目的
- 貳、修訂方針與工作內容
- 參、各篇修訂重點
- 肆、期中**審查意見摘要回覆**
- 伍、**待裁決事項**

2

壹 計畫緣起與目的

計畫緣起：

交通部頒布

「港灣構造物設計基準 -
碼頭及防波堤設計基準與說明」



部頒港灣規範演進

85年～86年

交通部配合相關規範更新
修訂地震、混凝土與鋼材
部份條文

89年～102年

107年～迄今

交通部運輸研究所辦理
「港灣構造物設計基準修訂」

因應時空背景變化

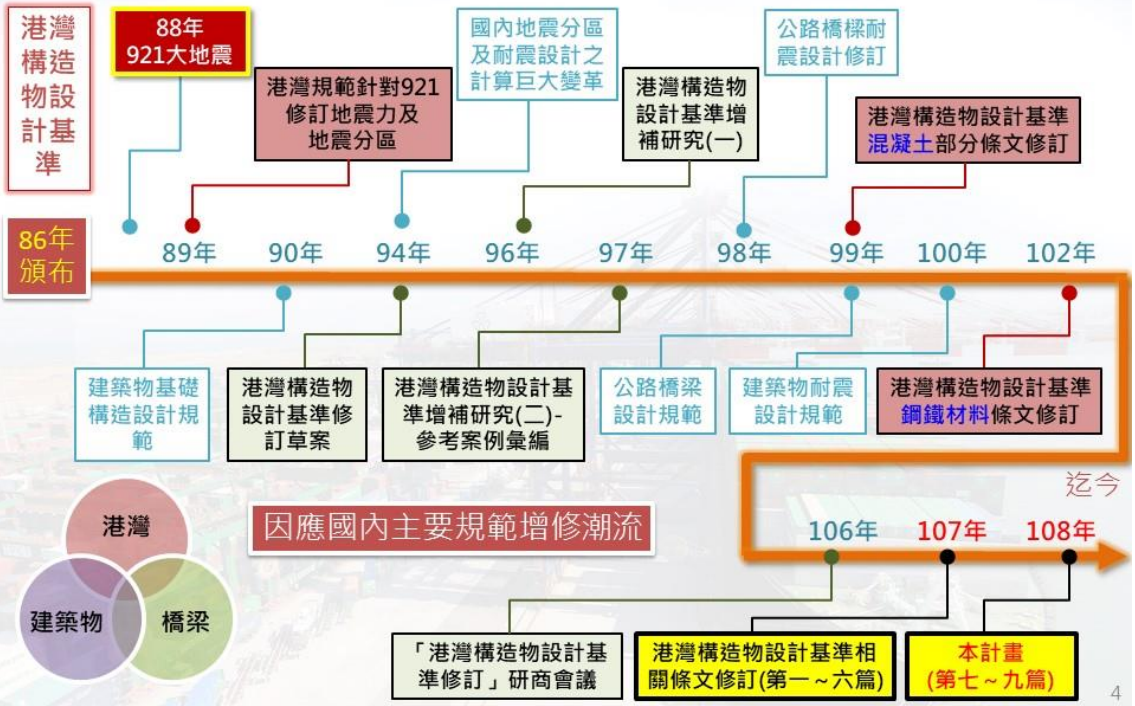
實有必要針對基準、說明內容與編排方式進行檢討修訂

- 合理化設計基準
- 符合國內規劃設計及維護管理所需
- 滿足運輸安全需求及港埠之永續發展

3

壹 計畫緣起與目的

計畫緣起：國內主要規範修訂-變革大事時列



4

壹 計畫緣起與目的

計畫目的：

- 96年「港灣構造物設計基準增補研究(一)」第七～九篇
- 延續107年前期計畫成果，依部頒規範格式修訂條文後，完成基準各篇章初審，提供交通部運輸研究所陳報交通部頒布施行之參據



設計基準目錄

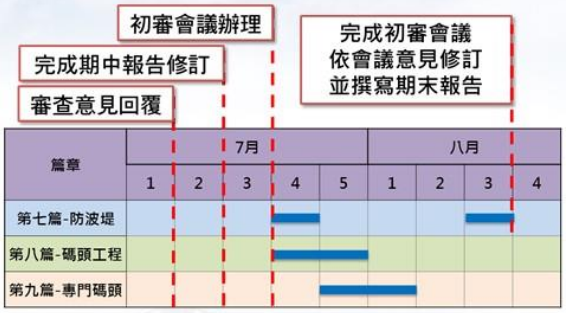
前期(107年)修訂範圍	本計畫範圍
1.第一篇通則	7.第七篇防波堤
2.第二篇設計條件	8.第八篇碼頭工程
3.第三篇工程材料	9.第九篇專門碼頭
4.第四篇預鑄混凝土構件	
5.第五篇基礎	
6.第六篇水域設施	

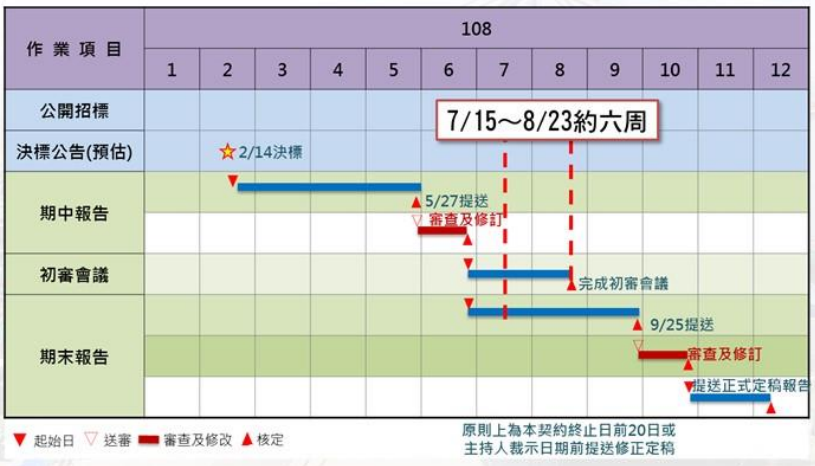
5

壹 計畫緣起與目的

計畫目的：工作進度







6

貳 修訂方針與工作內容

修訂方針：



- ◆ 交通部運輸研究所歷年相關研究成果
- ◆ 蒐集國內外相關基準及研究成果
- ◆ 進行本土化分析探討及適用性



交通部運輸研究所過往港灣構造物基準相關研究成果

民國年	研究成果
94	「港灣構造物設計基準修訂草案」
96	「港灣構造物設計基準增補研究(一)」
97	「港灣構造物設計基準增補研究(二) - 參考案例彙編」

7

貳 修訂方針與工作內容

修訂方針：國內外相關規範及基準

(一) 國內相關規範及基準

1. 交通部，『港灣構造物設計基準 - 防波堤設計基準及說明』，1996。
2. 交通部，『港灣構造物設計基準 - 碼頭設計基準及說明』，1997。
3. 交通部，修訂『港灣構造物設計基準 - 碼頭設計基準及說明』，2010。
4. 交通部，修訂『港灣構造物設計基準 - 碼頭設計基準及說明』，2013。
5. 台灣省政府交通處港灣技術研究所，『港灣及海岸結構物設計基準』，1997。
6. 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，『港灣構造物設計基準修訂』，交通部運輸研究所，2005。
7. 曾志煌、翁國和、郭一羽、許泰文、蕭松山、廖學瑞、張憲國、翁文凱、郭世榮、岳景雲、張欽森、朱志誠、辛志勇、張君名、陳蔚瑋、莊世璿、吳建緯、蘇昱維，『港灣構造物設計基準增補研究(一) 』，交通部運輸研究所，2007。

(二) 國內其他規範及基準

1. 交通部觀光局，『遊艇港設施規劃及設計參考規範』，1990。
2. 工業技術研究院，『再生能源離岸風力電場開發之專用碼頭(區)設置研究 正式報告書』，2012。
3. 工業技術研究院，『離岸風電配套港埠設施方案研究 期末報告書』，2014。
4. 工業技術研究院，『台中港離岸風電專用碼頭及其後線土地建置評選及營運模式研究 正式報告書』，2015。
5. 交通部航港局，『遊艇碼頭設施規劃及設計參考手冊』，2017。

8

貳 修訂方針與工作內容

修訂方針：國內外相關規範及基準

(三) 國外相關規範及基準

1. 美國工程兵團海岸工程研究中心，Coastal Engineering Manual，2012.
2. 日本港灣協會，港灣の施設の技術上の基準·同解説，1999(2007,2018)。
3. British Standard Institution, "British Standard Code of Maritime Structures (BS6349)".
4. Department of the Army、Waterways Experiment Station,Corps of Engineers、COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER "SHORE PROTECTION MANUAL, "1984.
5. Tetra Tech EC Inc., "Port and Infrastructure Analysis for Offshore Wind Energy Development," 2010.
6. GL Garrad Hassan, "Assessment of Ports for Offshore Wind Development in the United States," 2014.
7. Mr.Morten Basse Jensen, Wei-Hsien Lu, "Offshore Wind Port Feasibility Study of Taichung Harbor, Taiwan," 2016.
8. PIANC, "Design of Small- to Mid-Scale Marine LNG Terminals Including Bunkering," 2016
9. 中華人民共和國交通運輸部，『液化天然氣碼頭設計規範』，2010。
10. Carl A. Thoresen, "Port Designer's Handbook," Third Edition,2014.
11. OCIMF, "Mooring Equipment Guidelines," 2018.
12. 美國陸軍工兵團（USACE）、海軍設施工程指揮部(NAVFAC) 及空軍土木工程支援局 (AFCESA)」，統一設施準則（Unified Facilities Criteria, UFC），DESIGN: PIER AND WHARVES，UFC 4-152-01，2012(2017).
13. 歐洲 Marine Institute, "Guidelines for Planning a Marina Development," 2001.
14. 法國河海技術研究中心，"Les Amenagements de Plaisance Maritime," 2002.
15. 美國加州 Department of Boating and Waterways, "Layout & Design Guidelines for Marina Berthing Facilities," 2005.
16. 日本国土交通省国土技術政策総合研究所，性能設計体系に対応したマリーナ等施設の設計の基本的考え方，2009。
17. 澳洲 Standards Australia, "Guidelines for design of marinas," 2010.
18. 美國國防部，"DESIGN: SMALL CRAFT BERTHING FACILITIES," 2012.
19. 英國The Yacht Harbour Association Ltd, "A Code of Practice for the Design and Construction of Marinas and Yacht Harbours," 2013.
20. 中國大陸交通運輸部，『遊艇碼頭設計規範』，2014。
21. DNV GL, "DNVGL-ST-0054: Transport and installation of wind power plants," 2017.
22. 交通部第一航務工程勘察設計院，『海港工程設計手冊』，1997。

貳 修訂方針與工作內容

工作內容：格式編排與修訂(一)

基於96年「港灣構造物設計基準增補研究(一)」成果，蒐集國內外相關基準及研究成果，進行格式編排與修訂

- **第七篇防波堤-條文修訂(設計原則、基本設計、細部設計、漂砂對策、管理與維修...)、格式編排及初審。**
- **第八篇碼頭-條文修訂(重力式、板樁式、圓筒式、棧橋式、平版樁基式、其它型式碼頭...)、格式編排及初審。**
- **第九篇專門碼頭-條文修訂(貨櫃、渡輪碼頭、液化天然氣碼頭、風電碼頭、遊艇碼頭)格式編排及初審。**
- **基準部分篇章-增補、格式編排及初審，並視本年度編修需求配合調整第一至六篇之條文內容。**

貳 修訂方針與工作內容

工作內容：格式編排與修訂(二)

- 以符合現行法規與安全需要為主要目標，而非創新制訂新的基準
- 以「必要、安全、實用、簡單」為修訂或增補之指導原則
- 以107年前期計畫定案格式為準，依據部頒規範格式進行修訂
- 採條文及解說分列型式



貳 修訂方針與工作內容

工作內容：初審會議辦理

篇章	任職單位	委員(或聯絡窗口)
第七篇 防波堤	專業人士	蔡瑤堂 博士
	交通大學	張憲國 教授
	海洋大學	翁文凱 教授
	中興公司	許國強 經理
	宇泰公司	李季欣 副總
	浩海公司	姚武田 副總
第八篇 碼頭工程	海洋大學	郭世榮 教授
	中興公司	許國強 經理
	宇泰公司	李季欣 副總
	浩海公司	姚武田 副總
第九篇 專門碼頭	專業人士	蔡瑤堂 博士
	海洋大學	郭世榮 教授
	中興公司	許國強 經理
	宇泰公司	李季欣 副總
	浩海公司	姚武田 副總

第一次 7/25
第二次 8/21

第一次 7/26
第二次 8/1

第一次 8/1

貳 修訂方針與工作內容

工作內容：初審會議辦理

各篇依初審研議意見調整訂定

前期(107年)修訂範圍	本計畫範圍
1.第一篇通則	7.第七篇防波堤
2.第二篇設計條件	8.第八篇碼頭工程
3.第三篇工程材料	9.第九篇專門碼頭
4.第四篇預鑄混凝土構件	
5.第五篇基礎	
6.第六篇水域設施	







13

參 各篇修訂重點

各篇修訂重點

港灣構造物設計基準–防波堤設計基準及說明	本次修訂基準架構	港灣構造物設計基準–碼頭設計基準及說明
1.第一章 - 總論	1.第一篇 - 通則	1.第一篇 - 通則
2.第二章 - 設計之基本原則	2.第二篇 - 設計條件	2.第二篇 - 設計條件
3.第三章 - 基本設計	3.第三篇 - 工程材料	3.第三篇 - 工程材料
4.第四章 - 細部設計	4.第四篇 - 預鑄混凝土構件(新增)	4.第四篇 - 基礎
5.第五章 - 防波堤與漂沙對策設施	5.第五篇 - 基礎	5.第五篇 - 碼頭工程
6.第六章 - 防波堤之管理與維修	6.第六篇 - 水域設施(新增)	6.第六篇 - 專門碼頭
	7.第七篇 - 防波堤	
	8.第八篇 - 碼頭	
	9.第九篇 - 專用碼頭	



第三章　液化天然氣碼頭〈新增〉

3.1　設計原則

液化天然氣(Liquefied Natural Gas，LNG)碼頭係為液化天然氣卸收使用，由於液化天然氣具易燃及易爆之特性，故於設計時應特別注意液化天然氣船進出港時之自然條件限制、碼頭平面配置(各平台相對位置)及繫纜要求等，並配合設置緊急監控系統，以降低作業時之潛在風險。

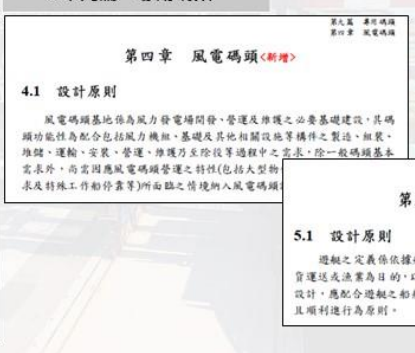
3.2　碼頭設施設計

3.2.1　碼頭構造型式

液化天然氣碼頭包含卸料平台、服務平台、靠船平台、繫船平台及聯絡橋等，其構造型式的決定須依自然條件、地質條件、施工條件、工期、經濟性、碼頭利用率及維護管理等因素考慮之。

3.2.2　碼頭長度、水深及水域配置

液化天然氣碼頭長度、水深及航道水域須滿足最大設計船型安全靠泊

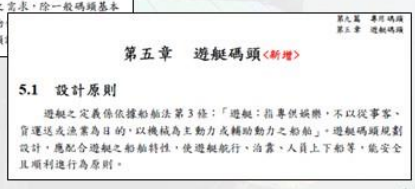


第四章　風電碼頭〈新增〉

4.1　設計原則

風電碼頭基地係為風力發電場開發、營運及維護之必要基礎建設，其碼頭功能性為配合包括風力機組、基礎及其他相關設施等構件之製造、組裝、堆儲、運輸、安裝、營運、維護乃至除役等過程中之需求，除一般碼頭基本需求外，尚需因應風電碼頭營運之特性(包括大型物

求及特殊工作船停靠等)所面臨之情境納入風電碼頭



第五章　遊艇碼頭〈新增〉

5.1　設計原則

遊艇之定義係依據船舶法第3條：「遊艇：指專供娛樂，不以從事客、貨運送或漁業為目的，以機械為主動力或輔助動力之船舶」。遊艇碼頭規劃設計，應配合遊艇之船舶特性，使遊艇航行、泊靠、人員上下船等，能安全且順利進行為原則。

14

參 各篇修訂重點

各篇修訂重點

第七篇 防波堤

第一章　修訂　訂定規範之依據及界定規範之功能、適應用範圍或限制之處。
第二章　修訂
第三章　修訂　【直立部之安定計算】，參考最新(2018)日本規範修訂。
第四章　修訂　混凝土強度175kgh/cm2→210kgf/cm2。
第五章　修訂
第六章　新增　對於海堤進行定義，依海堤所受外力情境
針對【海堤之安定計算】內容進行補充。

第八篇 碼頭工程

第一章　修訂
第二章　修訂　(1)針對【碼頭面高程基準之決定】進行修訂，並彙整於關於第二篇第六章【潮位及暴潮位】。
(2)將規範中有關船型尺寸表彙整於第二篇第二章。

15

參 各篇修訂重點

各篇修訂重點

第八篇 碼頭

第三章　修訂
第四章　修訂
第五章　修訂　修正「拉桿」與「背拉構材」等文字。
第六章　修訂
第七章　修訂
第八章　修訂
第九章　修訂　浮動碼頭補充岸壁支撐與樁基固定等結構型式。
第十章　修訂
第十一章　修訂
第十二章　修訂
第十三章　修訂　檢視並調整岸肩之定義。
第十四章　修訂　導軌名詞之適用性。

16

參 各篇修訂重點

各篇修訂重點

第九篇 專用碼頭

第一章　修訂
第二章　修訂
第三章　新增　液化天然氣碼頭
第四章　新增　風電碼頭
第五章　新增　遊艇碼頭

附錄

附錄一、國內常見郵輪船隊及主要船型
附錄二、臺中港對液化天然氣船泊港限制條件
附錄三、風機構件尺寸及重量參考

17

肆 期中審查意見摘要回覆

蔡瑤堂 委員

- 防波堤及碼頭設計都有提到海嘯，有必要嗎？若有，則第二篇宜和波浪、暴潮一樣，增加海嘯資料。
- 防波堤設計有些地方提到需考慮地震，有些地方則未提，目前在國內是否有地震為控制作用力的設計案例。是否要把地震列入防波堤設計條件之一？。

➡ 有關**海嘯**部分，臺灣地區海嘯威脅較小，故一般商港並未考量海嘯外力之影響，另目前規範主要以通則性規範為主，故僅在設計注意事項部分提醒視需要而考慮之，建議海嘯設計方式及資料暫不予納入。

➡ 有關**地震**部分，考量在一般防波堤設計部分以波浪力為主，地震力主控情形係屬特殊案例，且設計規範係屬原則性規範事項，故建議僅敘明必要時需考慮地震力，如經初審會議研議調整第七篇(解說)2.1.5 地震，「波浪較小或水深較深時應特別考慮地震之影響」。

18

肆 期中審查意見摘要回覆

李季欣 委員

- (P106)C2.1.1混凝土強度210kg/cm2是否修訂與第三篇C3-5一致。
- (P125)請檢核滲透性要求項是<=25還是<=20?。
- (P329)鋼軌種類是否可再多一點，以符合實際情況。

- 本處所指之場鑄混凝土為第三章表C3-6中所列之「防波堤上部結構」，故於此處規範強度在210kg/cm2以上，應可與第三篇相呼應，並無出入。。
- 將依BS code修正滲透性要求修正為20～25。
- 輪載重與鋼軌之關係應由廠商提供，但須提出正確之計算書，再由設計者校對之，此外日本規範也並無此表，故建議將表14.1-2刪除。。

19

肆 期中審查意見摘要回覆

姚武田 委員

- 基準第七篇為防波堤，基準內容載明作為重力式防波堤設計之依據，但本次修訂本編內容增加了海堤，建議名稱用詞上加以整合或定義區分，避免使用者及相關法令適用上造成困擾(例如：環評法之開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準，係以防波堤作為認定標準，本基準將海堤列入防波堤專篇內，海堤是否屬於防波堤？)，另外海堤列入本篇，則防砂堤、定砂突堤、定砂離岸堤等是否列入整合或定義區分？

- 有鑑於本規範係考量港灣設計工程師使用為主，故海堤設計實為不可或缺之部分，另依日本規範亦將海堤列為防波堤規範章節內，故建議維持原編排。
- 另經初審會議共識，已於「第六章 海堤」補充海堤說明海堤與防波堤之差異處，摘錄如下：海堤係位於海陸交接處興建之構造物，用以防止海水入侵、阻擋暴潮及防浪侵襲。一般於圍築新生地時須先興建海堤，並完成新生地填築。海堤之設計可分為二個階段，第一階段為海堤後側尚未進行造地回填前，堤體屬防波堤型式，其外力應以堤體之兩側皆為波浪作用力予以考量；當堤體後側完成新生地填築後，必須考慮堤後之土壓力。

20

肆 **期中審查意見摘要回覆** 其它補充議題

- 有關各潮位定義之確認。

➡ 依日本規範OCDI 2018 定義修正結果。

第六章　潮位及暴潮位

C6.1　設計潮位

設計潮位係作為港灣設施之結構設計與穩定分析計算的基礎，其根據含有天文潮(Astronomical tides)及暴潮(Storm surge)等異常水位之實測值或推算值予以決定。

C6.1.1 設計潮位之選用

設計潮位以選用對構造物安全最危險之水位為原則，但依構造物設置目的與其設計計算目的之不同，亦可能有所不同。

一般防波堤採用設計高水位(暴潮位)，碼頭採用設計高、低水位(平均月最高潮位 H.W.L、平均月最低潮位 L.W.L)，沉陷分析採用平均水位(M.W.L)。

C6.1.2 暴潮及海嘯之發生

由於暴潮與海嘯均為罕有現象，故設計時可考量二者不會同時發生。

C6.1.3 平均海水面上昇之影響

設計潮位除考量天文潮與暴潮外，長期平均海面上昇問題亦常為人所關注。由於海面上昇之定量特性仍未明確，致設計階段一般尚無法予以考量。惟對未來不易透過維修改善之重要構造物或地面高程而言，於設計時預留彈性空間應有其需求性。

C6.2　天文潮位統計<修訂>

一般潮位觀測值為 6 分鐘一筆記錄或 1 小時一筆記錄。天文潮位統計分析至少須有適當期間(1 年以上)之實測記錄，經由調和分析後，可求得各分潮之振幅，並預測 19 年之潮位變化值進行統計，相關天文潮位之統計定義說明如后。

1. 最高高潮位(Highest High Water Level, H.H.W.L 或 Highest Astronomical Tides, H.A.T)
選取至少一年之實測記錄，經由調和分析預測 19 年之潮位變化，其推算之最高水位為天文潮最高高潮位。
若簡化以 4 個主要分潮推估，可得略最高高潮位(Near Highest High Water Level, N.H.H.W.L)，約為平均水位加上 4 個主要分潮振幅(M2、S2、K1、O1)

2. 平均月最高潮位(Mean Monthly-Highest Water Level, M.M.H.W.L)、大潮平均較高高潮位(Mean Higher High Water Springs, M.H.H.W.S)或朔望平均滿潮位 (H.W.L)
陰曆初一(朔)為新月、十五(望)為滿月，因太陽、地球及月球成一直線，潮位變化較大，將產生大潮。將每月發生兩次大潮(朔望日前 2 日至後 4 日內)中，選取其中一次較高者，求其月最高潮位之平均值。

3. 大潮平均高潮位(High Water of Ordinary Spring Tides, H.W.O.S.T)、(Mean High Water Springs, M.H.W.S)
每次大潮(朔望日前 2 日至後 4 日內)發生最高高潮位之平均值。
若簡化以 2 個主要分潮推估，可得略大潮平均高潮位(Near High Water of Ordinary Spring Tides, N.H.W.O.S.T)，約為平均水位加上 2 個主要分潮振幅(M2、S2)

4. 平均日高潮位(Mean Higher High Water Level, M.H.H.W.L)
每日高水位之平均值。

5. 平均高潮位(Mean High Water Level, M.H.W.L)
所有高水位之平均值。

6. 平均潮位 (Mean Water Level, M.W.L)
實測潮位之平均值。

7. 平均低潮位(Mean Low Water Level, M.L.W.L)
所有低水位之平均值。

8. 平均日低潮位(Mean Lower Low Water Level,M.L.L.W.L.)
每日低水位之平均值。

9. 大潮平均低潮位(Low Water of Ordinary Spring Tides, L.W.O.S.T)、(Mean Low Water Springs,M.L.W.S.)
每次大潮(朔望日前 2 日至後 4 日內)發生最低潮位之平均值。

肆 **期中審查意見摘要回覆** 其它補充議題

- 補充海堤穩定檢核之土壓力採用方式。

➡ 有鑑於穩定計算式中之土壓力Ws，因係主要受波浪浪作用下，海堤產生向陸側位移時所發生之被動土壓力，故補充說明Ws最大值計算方式，另考量其它建技規範相關土壓力有陳述最大之被動土壓力須在最大位移方能完全貢獻，故建議Ws須小於或等於Ws_max。

(1)滑動驗算

$$SF_s = \frac{\mu(W_A - W_B - U) + W_S}{P}$$

SF_s：滑動安全係數
　常時為 1.2 以上，波浪作用時 1.2 以上，地震時 1.0 以上
μ：摩擦係數
W_A：堤體重量(tf/m)
W_B：堤體所受之浮力(tf/m)
U：堤體所受之上揚力(tf/m)
W_S：堤體所受之被動土壓力(tf/m)，
$W_S \le W_{S\max 1}$，$W_{S\max 1} = 1.2 \times P - \mu(W_A - W_B - U)$
P：堤體所受波浪或地震之水平合力(tf/m)

修訂後條文

7.4 擋土牆牆體穩定性

7.4.1 牆體滑動

擋土牆抵抗滑動之安全係數，於長期載重狀況應大於 1.5，於地震時應大於 1.2。安全係數之計算原則為：

安全係數= 作用於牆前被動土壓力+牆底摩擦力 / 作用於牆背之側壓力

【解說】

1. 在計算擋土牆抵抗滑動之安全係數方面，若擋土牆無設置止滑樁，則被動土壓力多不計入；若擋土牆設置止滑樁，則被動土壓力得予計入。由於，牆前被動土壓力是否完全發揮端視牆體滑動變位量，因此，考慮牆前被動土壓力需在牆體產生較大變位時方能完全貢獻，因此計入檢核之牆前被動土壓力宜折減 50%。

2. 擋土牆設置止滑樁者，其可能滑動破壞面假設在止滑樁底端，在計算牆底之摩擦力方面應對止滑樁前後分別採土壤內摩擦角及牆體底面與土壤間摩擦角。

建技規範

肆 期中審查意見摘要回覆

其它補充議題

- 防波堤滑動補強之計算公式未納入之說明。

➡ 原96港灣構造物設計基準增補研究(一)係依OCDI 2002 P.368所述補充，故本次修正原循其內容納入之，並由初審會議取得共識，惟經本公司再細部研議後，考量該補強抵抗力係屬經驗公式，並無理論基礎，且OCDI 2018版次已採用功能設計法修正而無該公式，再者其雖已敘明適用範圍為「補強」，惟為免與第二篇第二章之土壓力採Rankine計算被動土壓力公式有所混淆，故建議本小節內容仍予以刪除。

4.直立部滑動之補強

當直立部後側以拋石或方塊貨填進行補強時時(如圖 C3-1 所示)，其滑動驗算必須將其滑動補強抵抗力列入計算，但最上層之塊石及方塊重量需扣除。



圖 C3-1 直立部後側以拋石或方塊貨填示意圖

此外，竹田等人之實驗結果認為被動土壓力為波高與堤體設置水深之函數，如圖 C3-2 與式 C3.3.1 所示。

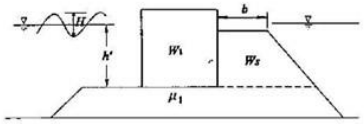


圖 C3-2 被動土壓力滑動抵抗面示意圖

$R=\alpha W_S$ (式 C3.3.1)

$\alpha=0.9+0.2(H/h'-0.5)$ 拋石

$\alpha=0.4+0.2(H/h'-0.5)$ 方塊

$H/h' \leq 0.5$ 時，$H/h'=0.5$

W_S：拋石或方塊水中重(tf/m) (kN/m)

α：抵抗係數

H：波高(m)

h'：直立部堤體設置水深(m)

R：有效之補強抵抗力(tf/m) (kN/m)

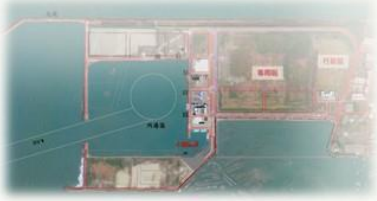
23

伍 待裁決事項

待裁決事項：核定期末報告

後續辦理工作：修訂並提送期末報告定稿本







24


簡報完畢
敬請指教
25