

100-88-7557

MOTC-IOT-99-H1DA001-1

臺灣地區商港及漁港設施 現況調查(2/2)



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 5 月

100-88-7557

MOTC-IOT-99-H1DA001-1

臺灣地區商港及漁港設施 現況調查(2/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅建明、張道光

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 5 月

100

臺灣地區商港及漁港設施現況調查
(2/2)

交通部運輸研究所

GPN：1010000949

定價：100 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣地區商港及漁港設施現況調查(2/2)

/陳桂清等著. --初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 100.05

面 ； 公分

ISBN 978-986-02-7790-6 (平裝)

1. 港埠工程 2. 港埠管理

443.2

100007769

臺灣地區商港及漁港設施現況調查(2/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅建明、張道光

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)26587176

出版年月：中華民國 100 年 5 月

印 刷 者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：100 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：1010000949

ISBN：978-986-02-7790-6 (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。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣地區商港及漁港設施現況調查(2/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-02-7790-6（平裝）	政府出版品統一編號 1010000949	運輸研究所出版品編號 100-88-7557	計畫編 99-H1DA001-1
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：陳桂清 研究人員：柯正龍、羅建明、張道光 技術人員：陳毓清、陳義松、李春榮、李昭明、何木火 聯絡電話：04-26587188 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 99 年 01 月 至 99 年 12 月
關鍵詞：耐久性、腐蝕、港灣設施			
摘要： 臺灣對外經貿運輸主要以海運為主，港埠設施之完善、營運正常與安全，攸關貨物之流暢與經濟發展。臺灣地區漁業興盛發達，對於國內經濟發展，亦有重大貢獻。因此，商港及漁港設施現況是否安全堪用，以確保港埠設施必正常營運與安全，降低經濟損失。由於港灣構造物大多浸入於海水下，平時檢測不易且困難，常有被忽略，安全甚為疑慮與危險。為建立安全預警功能，構造物現況之調查、檢測與日常維護必需落實，且日益突顯其重要性與必要性。此外，棧橋式碼頭施工技術容易且工期較短，碼頭新建及改建常採用之，本計畫將另針對五大國際商港現有之棧橋式碼頭進行現地檢測及基本建造資料、維修工法蒐集，提供碼頭維護管理系統建置，以利於日後現地人員檢測及維護管理。 本計畫執行時間為兩年，本年度為計畫執行之第二年期，已完成：1.新竹漁港、臺中梧棲漁港、高雄前鎮漁港、屏東縣東港及鹽埔漁港碼頭設施之現況調查及評估；2.基隆港西14至西18號及東2至東7號碼頭、臺中港西3號及高雄港54至58號碼頭現況調查與評估。 本計畫之研究效益，除研究成果可提供港務局等做維護策略參考外，研究過程中採用或建置完成之相關檢測方法與實施流程，均可提供國內各港務局應用於相關碼頭設施維護管理作業需要與本所進行港灣構造物後續相關研究之重要參考。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
100 年 5 月	174	100	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。
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			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Field Survey on commercial and fishing port facilities in Taiwan. (2/2)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-02-7790-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010000949	IOT SERIAL NUMBER 100-88-7557	PROJECT NUMBER 99-H1DA001-1
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kuei-Ching Chen PROJECT STAFF: Jeng-Long Ko, Chien-Ming Lo PROJECT TECHNICIAN: Y. Q. Chen, Y. S. Chen, C. R. Lee, Z. M. Lee, M. H. He PHONE: 04-26587188 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2010 TO December 2010
KEY WORDS: Durability, Corrosion, Port facility			
ABSTRACT : Marine transportation plays a major role in international trade and shipment in Taiwan. Facilities in good condition, normal operation and safety of port will positively influence import-export stuff circulation and national economic development. In the meanwhile, fishery also contributes hugely to domestic development. Therefore, physical condition of commercial and fishing ports facilities and its safety must be comprehensively supervised in order to assure ports in normal operation, security and cutting down loss. Thus, field surveying and maintenance strategy were the main focus of this study. The study is a two-year period of research. Many jobs had been done in this year, the second year of study. They were included as below; (1) physical surveying and evaluation of fishery ports at Shinchu, Wuchi, Chenjhen, Donkong and Yenpu, (2) collecting corrosion situations & deteriorated information of trestle type wharves in Taiwan, and completing wharves physical inspection and evaluation of No. 14 to No. 18 at west side & No. 2 to No. 7 at east side of Keelung Harbor, No. 3 at west side of Taichung Harbor, and No. 54 to No. 58 of Kaohsiung Harbor. The research results will provide maintenance strategies for harbor bureaus. The relative inspecting methods and procedures can be applied in harbor-facilities management system, and will lead to further study in the future.			
DATE OF PUBLICATION May 2011	NUMBER OF PAGES 174	PRICE 100	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物生命週期與維護之研究(2/2)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	XI
圖目錄	XV
第一章 前言	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
第二章 文獻回顧	3
2.1 碼頭結構型式	3
2.1.1 重力式碼頭	3
2.1.2 板樁式碼頭	5
2.1.3 棧橋式碼頭	6
2.2 重力式碼頭破壞原因探討	8
2.3 板樁式碼頭破壞原因探討	12
2.4 棧橋式碼頭破壞原因探討	13
2.5 港灣 R.C.結構物安全檢測項目	14
2.5.1 整體結構變形檢測	14
2.5.2 細部構材檢測	15

2.5.3 基礎地盤調查.....	16
2.5.4 碼頭附屬設施之檢測.....	16
2.6 檢測及評估實施時機.....	16
2.6.1 一般性安全檢測.....	16
2.6.2 緊急災變檢測.....	16
2.6.3 分階段檢測及評估.....	17
2.7 結構物安全檢測評估.....	19
2.7.1 初步安全檢測.....	19
2.7.2 細部安全檢測初步安全檢測.....	20
2.7.3 結構安全性原則.....	21
2.7.4 構造功能性原則.....	21
2.7.5 整體性評估原則.....	22
2.7.6 結構整體評估等級.....	22
第三章 研究方法與進行步驟.....	25
3.1 調查範圍.....	26
3.2 構造物基本資料蒐集.....	26
3.3 檢測及維修歷史.....	26
3.4 整體結構變形檢測及構造主結構體檢測.....	26
3.5 鋼筋混凝土材料劣化檢測.....	28
3.5.1 非破壞性試驗.....	28
3.5.2 局部破壞性試驗.....	31
3.6 鋼構造物儀器檢測.....	34
3.6.1 鋼板（管）樁料厚度檢測.....	34

3.6.2 防蝕系統檢測.....	35
3.7 非主結構體檢測.....	37
3.8 構造物初步檢測評估.....	38
3.9 完成檢測或進行細部評估.....	40
第四章 結果與討論.....	41
4.1 基隆港西 14 號碼頭.....	41
4.1.1 碼頭基本資料.....	41
4.1.2 整體結構變形及構造主結構體檢測.....	43
4.1.3 非主結構體檢測.....	44
4.1.4 碼頭整體結構體初步檢測評估.....	45
4.1.5 碼頭非破壞性檢測及水下調查.....	45
4.2 基隆港西 15 號碼頭.....	50
4.2.1 碼頭基本資料.....	50
4.2.2 整體結構變形及構造主結構體檢測.....	51
4.2.3 非主結構體檢測.....	51
4.2.4 碼頭整體結構體初步檢測評估.....	52
4.2.5 碼頭非破壞性檢測及水下調查.....	52
4.3 基隆港西 16 號碼頭.....	57
4.3.1 碼頭基本資料.....	57
4.3.2 整體結構變形及構造主結構體檢測.....	58
4.3.3 非主結構體檢測.....	58
4.3.4 碼頭整體結構體初步檢測評估.....	59
4.3.5 碼頭非破壞性檢測及水下調查.....	59

4.4 基隆港西 17 號碼頭.....	63
4.4.1 碼頭基本資料.....	63
4.4.2 整體結構變形及構造主結構體檢測.....	63
4.4.3 非主結構體檢測.....	64
4.4.4 碼頭整體結構體初步檢測評估.....	65
4.4.5 碼頭非破壞性檢測及水下調查.....	65
4.5 基隆港西 18 號碼頭.....	68
4.5.1 碼頭基本資料.....	68
4.5.2 整體結構變形及構造主結構體檢測.....	68
4.5.3 非主結構體檢測.....	69
4.5.4 碼頭整體結構體初步檢測評估.....	70
4.5.5 碼頭非破壞性檢測及水下調查.....	70
4.6 臺中港西 3 號碼頭.....	73
4.6.1 碼頭基本資料.....	73
4.6.2 整體結構變形及構造主結構體檢測.....	75
4.6.3 非主結構體檢測.....	75
4.6.4 碼頭整體結構體初步檢測評估.....	76
4.7 基隆港東 2 號碼頭.....	76
4.7.1 目視檢測.....	79
4.7.2 鋼板樁厚度.....	79
4.7.3 鋼板樁保護電位.....	81
4.7.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	81
4.8 基隆港東 3 號碼頭.....	83

4.8.1 目視檢測.....	83
4.8.2 鋼板樁厚度.....	83
4.8.3 鋼板樁保護電位.....	85
4.8.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	85
4.9 基隆港東 4 號碼頭.....	86
4.9.1 目視檢測.....	86
4.9.2 鋼板樁厚度.....	86
4.9.3 鋼板樁保護電位.....	88
4.9.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	88
4.10 基隆港東 5 號碼頭.....	89
4.10.1 目視檢測.....	90
4.10.2 鋼板樁厚度.....	90
4.10.3 鋼板樁保護電位.....	91
4.10.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	92
4.11 基隆港東 6 號碼頭.....	92
4.11.1 目視檢測.....	92
4.11.2 鋼板樁厚度.....	92
4.11.3 鋼板樁保護電位.....	94
4.11.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	95
4.12 基隆港東 7 號碼頭.....	96
4.12.1 目視檢測.....	96
4.12.2 鋼板樁厚度.....	96
4.12.3 鋼板樁保護電位.....	97

4.12.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	98
4.13 高雄港 54 號碼頭.....	98
4.13.1 目視檢測.....	100
4.13.2 鋼板樁厚度.....	100
4.13.3 鋼板樁保護電位.....	101
4.13.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	102
4.14 高雄港 55 號碼頭.....	103
4.14.1 目視檢測.....	103
4.14.2 鋼板樁厚度.....	104
4.14.3 鋼板樁保護電位.....	105
4.14.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	105
4.15 高雄港 56 號碼頭.....	106
4.15.1 目視檢測.....	106
4.15.2 鋼板樁厚度.....	106
4.15.3 鋼板樁保護電位.....	108
4.15.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	108
4.16 高雄港 57 號碼頭.....	109
4.16.1 目視檢測.....	109
4.16.2 鋼板樁厚度.....	110
4.16.3 鋼板樁保護電位.....	111
4.16.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	111
4.17 高雄港 58 號碼頭.....	112
4.17.1 目視檢測.....	112

4.17.2 鋼板樁厚度.....	113
4.17.3 鋼板樁保護電位.....	114
4.17.4 陽極塊目視檢測及電位量測.....	114
4.18 新竹市新竹漁港.....	115
4.19 臺中縣梧棲漁港.....	123
4.20 高雄市前鎮漁港.....	129
4.21 屏東縣東港鹽埔漁港.....	135
第五章 結論	149
參考文獻.....	參-1
附錄一 鋼板樁厚度檢測紀錄.....	附錄 1-1

表 目 錄

表 1 重力式碼頭各構件產生異狀列表.....	11
表 2 板樁式碼頭各構件產生異狀列表.....	13
表 3 棧橋式碼頭各構件產生異狀列表.....	14
表 4 港灣構造物細部構材檢測建議項目	15
表 5 碼頭構造物初步檢測評估表.....	27
表 6 鋼筋腐蝕電位與腐蝕機率關係.....	30
表 7 圓柱試體長度直徑比.....	33
表 8 超音波脈波速度與混凝土品質之關係.....	33
表 9 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-1	39
表 9(續) 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-2.....	40
表 10 基隆港西 14 號碼頭結構資料.....	41
表 11 基隆港西 14 號碼頭電阻係數等試驗結果.....	46
表 12 基隆港西 14 號碼頭鑽心試體抗壓強度等試驗結果.....	46
表 13 基隆港西 14 號碼頭鑽心試體之超音波脈波速度.....	47
表 14 基隆港西 14 號碼頭氯離子檢測結果.....	47
表 15 基隆港西 14 號碼頭初步檢測表.....	49
表 16 基隆港 15 號碼頭結構資料.....	50
表 17 基隆港西 15 號碼頭電阻係數等試驗結果.....	53
表 18 基隆港西 15 號碼頭鑽心試體之抗壓強度等試驗結果	53

表 19 基隆港西 15 號碼頭鑽心試體之超音波脈波速度.....	54
表 20 基隆港西 15 號碼頭氯離子檢測.....	54
表 21 基隆港西 15 號碼頭初步檢測表.....	56
表 22 基隆港西 16 號碼頭鋼管樁保護電位量測結果.....	60
表 23 基隆港西 16 號碼頭初步檢測表.....	62
表 24 基隆港西 17 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果.....	65
表 25 基隆港西 17 號碼頭初步檢測表.....	67
表 26 基隆港西 18 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果.....	70
表 27 基隆港西 18 號碼頭初步檢測表.....	72
表 28 臺中港西 3 號碼頭初步檢測表.....	77
表 29 Z-38 鋼版樁斷面性能	79
表 30 基隆港東 2 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	80
表 31 基隆港東 2 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果.....	81
表 32 基隆港東 2 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	83
表 33 基隆港東 3 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	84
表 34 基隆港東 3 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果.....	85
表 35 基隆港東 3 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	86
表 36 基隆港東 4 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	87
表 37 基隆港東 4 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果.....	88
表 38 基隆港東 4 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	89
表 39 基隆港東 5 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	90

表 40	基隆港東 5 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果.....	91
表 41	基隆港東 5 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	92
表 42	基隆港東 6 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	93
表 43	基隆港東 6 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果.....	94
表 44	基隆港東 6 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	95
表 45	基隆港東 7 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	96
表 46	基隆港東 7 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果.....	97
表 47	基隆港東 7 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	98
表 48	高雄港 54 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	101
表 49	高雄港 54 號碼頭鋼板樁保護電位值.....	102
表 50	高雄港 54 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	103
表 51	高雄港 55 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	104
表 52	高雄港 55 號碼頭鋼板樁保護電位值.....	105
表 53	高雄港 55 號碼頭陽極塊發生電位值.....	106
表 54	高雄港 56 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	107
表 55	高雄港 56 號碼頭鋼板樁保護電位值.....	108
表 56	高雄港 56 號碼頭陽極塊電位量測結果.....	109
表 57	高雄港 57 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	110
表 58	高雄港 57 號碼頭鋼板樁保護電位值.....	111
表 59	高雄港 57 號碼頭陽極塊發生電位值.....	112
表 60	高雄港 58 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率.....	113

表 61 高雄港 58 號碼頭鋼板樁保護電位值.....	114
表 62 高雄港 58 號碼頭陽極塊發生電位值.....	115
表 63 新竹漁港現有主要設施.....	116
表 64 梧棲漁港現有主要設施.....	124
表 65 前鎮漁港現有主要設施.....	130
表 66 東港鹽埔漁港現有主要設施.....	136
表 67 應用 D.E.R 法評估結果彙整表.....	147
表 68 鋼板樁腐蝕速率檢測結果彙整表.....	147
表 69 鋼板樁保護電位檢測結果彙整表.....	148
表 70 陽極塊發生電位檢測結果彙整表.....	148

圖 目 錄

圖 1	沈箱式碼頭.....	4
圖 2	方塊式碼頭.....	5
圖 3	L 型塊式碼頭.....	5
圖 4	錨碇板式碼頭.....	6
圖 5	直樁棧橋式碼頭.....	7
圖 6	斜樁棧橋式碼頭.....	7
圖 7	導致重力式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖	9
圖 8	導致重力式沉箱碼頭結構外部異象之主要機制示意圖	9
圖 9	重力式方塊碼頭構件標示.....	10
圖 10	重力式沉箱碼頭構件標示.....	10
圖 11	板樁式碼頭結構產生外部異象之主要機制示意圖.....	11
圖 12	港灣結構安全檢測實施流程圖.....	18
圖 13	構造物現況調查流程.....	25
圖 14	鋼筋腐蝕電位量測示意圖.....	30
圖 15	測厚儀量測之示意圖.....	34
圖 16	防蝕效果的判定方法.....	36
圖 17	電位測定示意圖.....	36
圖 18	陽極尺寸測定示意圖.....	37
圖 19	基隆港碼頭位置示意圖.....	41

圖 20 基樁式碼頭正剖面示意圖	42
圖 21 擁壁式碼頭正剖面示意圖	43
圖 22 基隆港西 14 號碼頭上部結構現況	43
圖 23 基隆港西 14 號碼頭非破壞性檢測位置示意圖	46
圖 24 基隆港西 14 號碼頭非破壞檢測位置示意圖	47
圖 25 基隆港西 14 號碼頭基樁式面版調查照片	48
圖 26 基隆港西 15 號碼頭上部結構現況	50
圖 27 基隆港西 14 號碼頭非破壞檢測位置示意圖	53
圖 28 基隆港西 15 號碼頭非破壞檢測位置示意圖	54
圖 29 基隆港西 15 號碼頭基樁式面版調查照片	55
圖 30 基隆港西 16 至西 18 號碼頭結構型式	57
圖 31 基隆港西 16 號碼頭上部結構現況	57
圖 32 基隆港西 16 號碼頭新舊交接處現況調查照片	61
圖 33 基隆港西 17 號碼頭碼頭上部結構現況	63
圖 34 基隆港西 17 號碼頭新舊交接處調查照片	66
圖 35 基隆港西 18 號碼頭上部結構現況	68
圖 36 基隆港西 18 號碼頭新舊交接處調查照片	71
圖 37 臺中港西 3 號碼頭位置示意圖	73
圖 38 臺中港西 3 號碼頭結構型式	74
圖 39 臺中港西 3 號碼頭上部結構現況照片	74
圖 40 基隆港東 2 至東 4 號碼頭斷面	78

圖 41 Z-38 鋼板樁型式	78
圖 42 基隆港東 2 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係	80
圖 43 陽極塊型式及安裝位置	82
圖 44 基隆港東 3 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係	84
圖 45 基隆港東 4 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係	87
圖 46 基隆港東 5 至東 7 號碼頭斷面示意圖	89
圖 47 基隆港東 5 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係	91
圖 48 基隆港東 6 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係	94
圖 49 基隆港東 7 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係	97
圖 50 高雄港 54 至 57 號碼頭平面佈置	99
圖 51 高雄港 54 至 57 號碼頭結構斷面	99
圖 52 高雄港 54 至 57 號碼頭 FSP IVA U 型鋼板樁 BOX 型式	100
圖 53 高雄港 54 碼頭鋼板樁厚度量測水深示意圖	100
圖 54 高雄港 54 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係	101
圖 55 高雄港 55 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係	104
圖 56 高雄港 56 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係	107
圖 57 高雄港 57 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係	110
圖 58 高雄港 58 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係	113
圖 59 新竹漁港平面配置圖	117
圖 60 新竹漁港碼頭配置示意圖	118
圖 61 新竹漁港北防波堤結構型式	118

圖 62 新竹漁港北防砂堤結構型式.....	119
圖 63 新竹漁港內泊地碼頭結構型式.....	119
圖 64 新竹漁港北突堤碼頭（直立部）結構型式.....	120
圖 65 新竹漁港南突堤碼頭（直立部）結構型式.....	120
圖 66 新竹漁港維護南、北突堤結構型式.....	121
圖 67 新竹漁港南防波堤（一）結構型式.....	121
圖 68 新竹漁港南防波堤（二）結構型式.....	121
圖 69 新竹漁港碼頭現況.....	122
圖 70 梧棲漁港平面配置圖.....	125
圖 71 梧棲漁港碼頭配置示意圖.....	126
圖 72 梧棲漁港-4.5M 碼頭結構型式.....	126
圖 73 梧棲漁港浮動碼頭結構型式.....	127
圖 74 梧棲漁港浮動碼頭平台結構型式.....	127
圖 75 梧棲漁港-3.5M 碼頭結構型式.....	127
圖 76 梧棲漁港碼頭現況.....	128
圖 77 前鎮漁港平面配置圖.....	131
圖 78 前鎮漁港碼頭配置示意圖.....	132
圖 79 前鎮漁港深水碼頭結構型式.....	132
圖 80 前鎮漁港西南碼頭結構型式.....	132
圖 81 前鎮漁港內突堤碼頭結構型式.....	133
圖 82 前鎮漁港公務碼頭結構型式.....	133

圖 83 前鎮漁港護岸結構型式.....	133
圖 84 前鎮漁港碼頭現況.....	134
圖 85 東港漁港平面配置圖.....	137
圖 86 東港漁港碼頭配置示意圖.....	138
圖 87 東港漁港南防波堤結構型式.....	138
圖 88 東港漁港南側深水碼頭結構型式.....	139
圖 89 東港漁港內突堤碼頭結構型式.....	139
圖 90 東港漁港加油碼頭結構型式.....	140
圖 91 東港漁港北側深水碼頭結構型式.....	140
圖 92 東港漁港北岸突堤結構型式.....	141
圖 93 東港漁港導流堤碼頭結構型式.....	141
圖 94 東港漁港導流堤突堤碼頭結構型式.....	141
圖 95 東港漁港碼頭現況.....	142
圖 96 鹽埔漁港平面配置圖.....	143
圖 97 鹽埔漁港碼頭配置示意圖.....	144
圖 98 鹽埔漁港南防波堤結構型式.....	144
圖 99 鹽埔漁港西海堤結構型式.....	144
圖 100 鹽埔漁港、東南碼頭結構型式.....	145
圖 101 鹽埔漁港北碼頭結構型式.....	145
圖 102 鹽埔漁港突堤碼頭結構型式.....	145
圖 103 鹽埔漁港碼頭現況.....	146

第一章 前言

1.1 研究動機

臺灣地區四周環海，除了基隆、臺中、蘇澳、花蓮及高雄等國際港外，工業港及漁港等大小港口遍佈，碼頭及防波堤等港灣構造物更是不計其數，主要建造材料包括鋼筋混凝土及鋼材兩種，其中鋼筋混凝土在海洋環境中，因受到如海水潑濺、氯離子、硫酸鹽、二氧化碳等外界腐蝕因子侵襲，混凝土發生劣化和內部鋼筋腐蝕問題較其他環境更為嚴重。而鋼材亦因海洋環境屬嚴重腐蝕區域，容易因發生腐蝕造成鋼板樁或鋼管樁斷面積減少或開裂、穿孔破洞等問題，影響碼頭營運安全。除了環境影響因素以外，由於地處亞熱帶，夏秋兩季常有颱風侵襲，加上因位於環太平洋地震帶上，地震發生頻繁，強烈地震經常發生，常造成港灣構造物發生嚴重破壞，其中尤以東部之蘇澳及花蓮港損壞情形最為嚴重，不僅影響船舶停靠及貨物裝卸安全，更需花費鉅額經費從事損壞後之維修工作，造成經濟重大損失。此外，臺灣地區漁業興盛發達，對於國內經濟發展，亦有重大貢獻，其碼頭與防波堤等設施均需建立安全檢測與維護機制，以確保能安全營運。

臺灣地區目前主要商港及其附屬港包括基隆、蘇澳、臺北、花蓮、臺中、高雄、安平、布袋及馬公港等，漁港屬中央漁政機關主管之第一類漁港有八斗子、正濱、前鎮、南方澳、烏石、新竹、梧棲、東港鹽埔等共計 8 處。

以交通部相關單位而言，包括部本部、運輸研究所及國內五大商港之港務局，對於港灣構造物現況調查安全檢測及評估工作，除交通部於民國 89 年起開始進行相關研究外，各港務局亦有港灣設施實施維護管理之相關作業規定，為能早日統一建立適用於國內本土環境之港灣構造物檢測評估制度，本研究將參照「港灣構造物安全檢測與評估之工作手冊（草案）」內容選定數處國內商港及一等漁港之不同型式之

碼頭構造物進行現況調查，期能藉以建立碼頭維護資料庫並提供相關管理單位參酌。

1.2 研究目的

本研究擬針對港灣構造物中數量最多、功能最重要之碼頭或防波堤構造，進行現況之安全檢測與評估，期望提供維修單位參考，並建立平時、定期或特殊狀況之緊急檢測制度，儘早發現構造物混凝土劣化或內部鋼筋腐蝕狀況，減少構造物因環境因素或天然災害所造成更大之損壞。

1.3 研究範圍

本研究將以兩年時間，針對國內主要商港及其附屬港與第一類漁港。包括基隆、蘇澳、臺北、花蓮、臺中、高雄、安平、布袋及馬公等商港，以及八斗子、正濱、前鎮、南方澳、烏石、新竹、梧棲、東港鹽埔等 8 個第一類漁港，選定不同型式之碼頭構造物等鋼筋混凝土或鋼板樁結構進行探討。

第二章文獻回顧

港灣構造物大致可分為水域設施結構及岸上結構兩大類，水域設施包括碼頭、防波堤等主要結構和碼頭防舷材、繫纜設施、附屬防蝕材料等附屬結構設施。岸上結構主要為倉庫、廠房、儲存槽及相關機具設備。依使用材料分類，主要有鋼筋混凝土及鋼材兩種。其中又以鋼筋混凝土使用最為廣泛。

港灣構造物一般由混凝土(P.C.)或鋼筋混凝土(R.C.)、鋼材、砂石級配及土石方等材料所構成，其中以鋼筋混凝土材料被最廣泛使用。港灣 R.C.構造物又以碼頭及防波堤結構為主。碼頭為船舶停靠、裝卸物資時，最重要的繫靠設備。防波堤屬於港灣構造中之外廓工程，用以防止海洋波浪傳遞至港池內，維持港灣內水域之靜穩。其他岸上設施包含繫靠設備必要之碼頭附屬設施。由於港灣構造物在海洋環境下，經過波浪及上部荷重等外力長期作用，材料產生變形損壞或位移，甚至材料變質影響整個結構安全，因此必須定期實施安全檢測，俾利結構物之使用安全及維修加固，防止地震或颱風等災害造成更嚴重的損壞。

2.1 碼頭結構型式

碼頭結構物可概分為重力式、板樁式、棧橋式與其他等四類碼頭，以下將國內各港常見前三類碼頭簡略概述及說明維護管理重點如下：

2.1.1. 重力式碼頭

重力式碼頭其功能為承受碼頭之加載載重，抵抗背後之土壓力、內外之水壓力及船舶之撞擊力、拉力等，其特性為：

1. 堤體本身用混凝土做成，較為堅固且較耐久，水深較淺時多採用。

2. 水深較深時，由土壓及水壓所造成之外力增大，所需牆體之重量急遽增加，除岩層及基礎良好之處外，非為經濟之設計。
3. 作為耐震結構時，與牆體重量比例之地震力作用於牆體，較為不利。
4. 沈箱及混凝土塊之製造需廣大場地與起重船、拖船等船隊，因此，如為短期及少量工程配合上述設備時，較不經濟。
5. 與規劃水深相比，如現有地層較淺，亦較不利。

重力式碼頭依其堤體型式及施工方法，可分為沈箱式、方塊式、L型塊式、空心型塊及場鑄混凝土式等，臺灣地區各港口之重力式碼頭中，以沈箱式、方塊式、L型塊式三種最為常見，其結構型式如圖 1 至圖 3 所示。

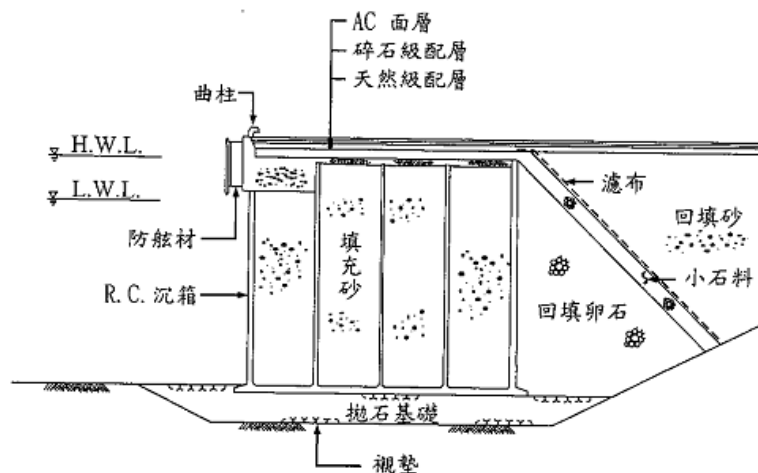


圖 1 沈箱式碼頭

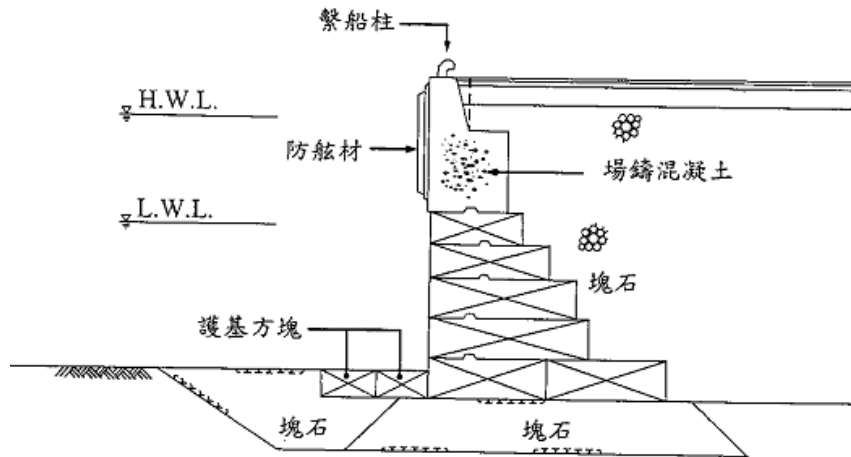


圖 2 方塊式碼頭

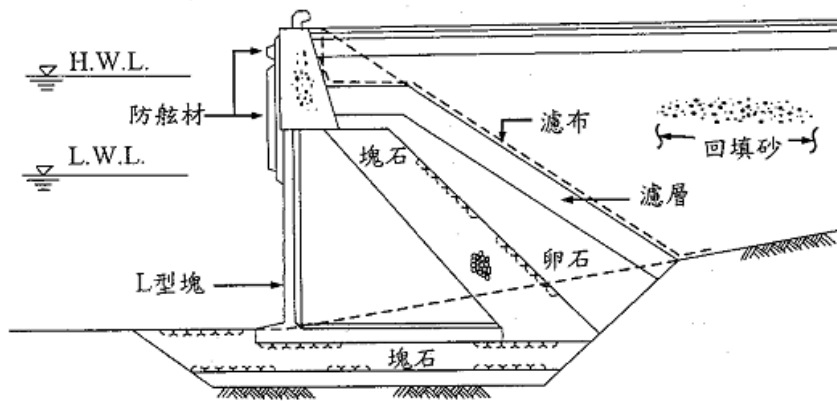


圖 3 L 型塊式碼頭

2.1.2 板樁式碼頭

板樁式碼頭係打設板樁及回填土築成，主要利用海側之被動土壓力及拉桿來抵抗陸側之主動土壓力及殘留水壓力。板樁之材料為鋼材、鋼筋混凝土、預力混凝土、木材等。由於鋼板樁之容許應力較大，成品亦可得較大之斷面係數，可用於水深較深之碼頭，因此目前鋼板樁較為常用。板樁式碼頭之特性如下：

1. 施工設備比較簡單，工程費較省。
2. 多數場合不需作水下基礎工程，因此施工迅速。
3. 牆體極輕，富彈性，耐震性強，可容許適當之不均勻沈陷。

4. 原地層水深較深時，板樁打設後，如未回填及錨碇設施未放妥時，波浪來襲容易損壞。
5. 鋼板樁於水中易腐蝕，耐久性較重力式差，所以宜採用陰極防蝕法，或依腐蝕程度採用較大斷面。
6. 板樁式碼頭按型式，可分為自立式、錨碇式，臺灣地區各港之板樁碼頭中，以錨碇是板樁最為常見，其結構型式如圖 4 所示。

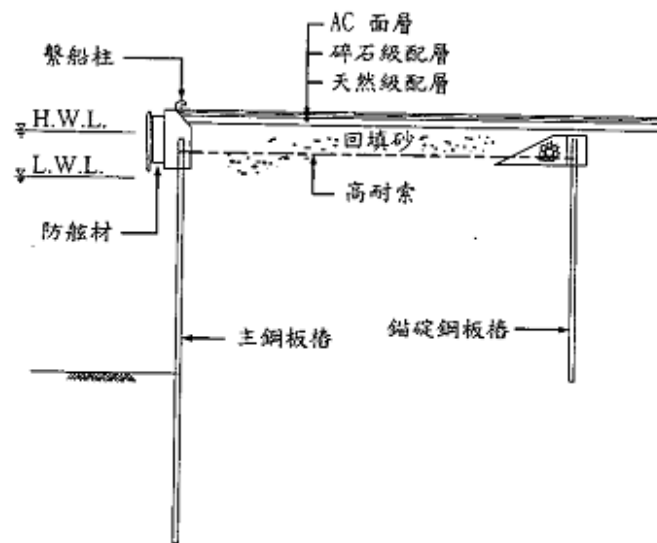


圖 4 錨碇板式碼頭

2.1.3 棧橋式碼頭

棧橋式碼頭構造型式係如橋梁般，以樁為支柱，其上設置頂板組成碼頭，其特性如下：

1. 結構較其他型式為輕，地層軟弱之處無法構築重力式或板樁式時，可採此法。
2. 不妨礙水流、漂砂，波浪潮流激烈之處亦不致影響自然條件之平衡。
3. 不需新填土。
4. 對於較大之集中載重，不如其他種型式碼頭可以分散承載。

5. 碼頭寬大時工程費亦增。
6. 對水平力之抵抗較弱。
7. 水流影響船舶之靠岸。

棧橋式碼頭，隨支撐頂板之支柱結構可分為直樁棧橋式、斜樁棧橋式，其結構型式如圖 5 至圖 6 所示。

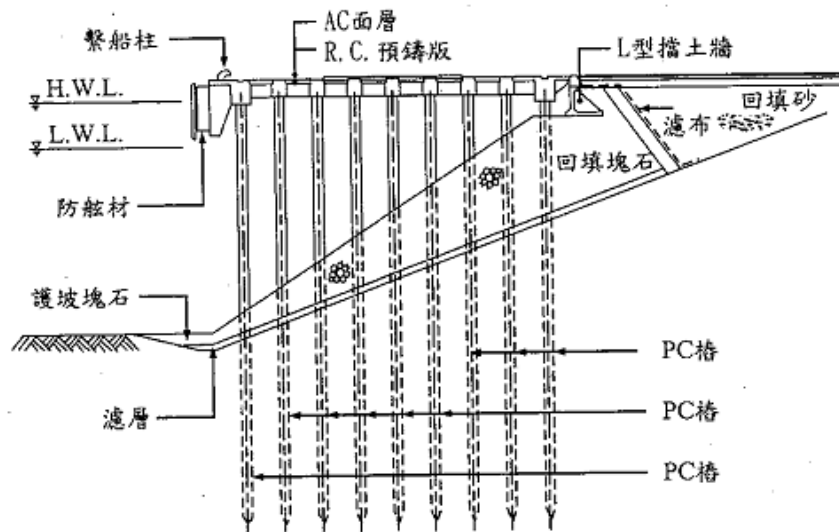


圖 5 直樁棧橋式碼頭

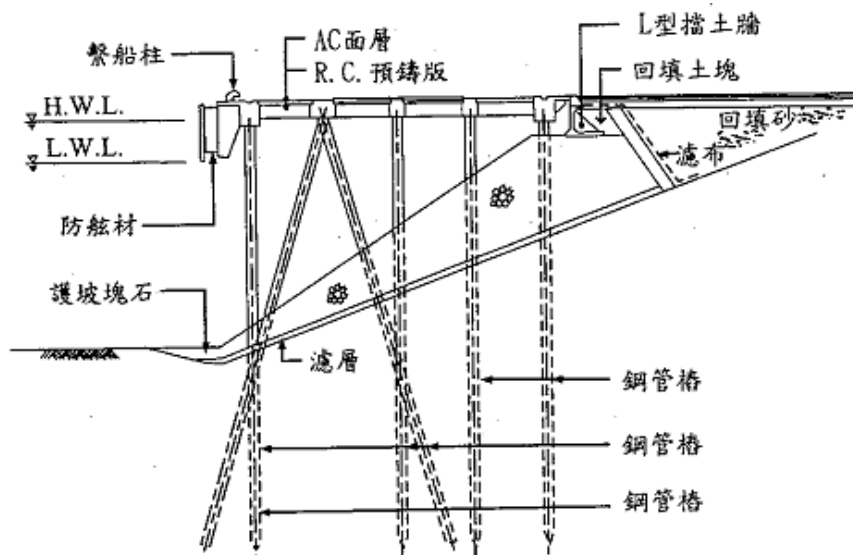


圖 6 斜樁棧橋式碼頭

2.2 重力式碼頭破壞原因探討

重力式碼頭可能的破壞原因，說明如下：

1. 岸壁結構：因地盤下陷造成上部結構下陷或傾斜，或因地震所產生的額外土壓力及水壓力，超過結構原有之設計強度，大型船隻碰撞或船舶前端消波球撞擊，造成岸壁產生裂縫、破損、剝離、拱起及下陷；貨碼頭結構沿法線方向產生位移、錯動及側傾。
2. 岸肩因防砂板的破損造成被填土砂流失而引起岸肩的下陷，或因地震力產生破壞或變位，造成岸肩破裂、伸縮縫破損，或因基礎液化產生岸肩下陷、破壞、伸縮縫破損；因波浪造成岸肩鋪面破損而致使路基外露。
3. 背填土砂：可能的破壞模式為土壤液化產生沉陷，或因結構體的破損產生被填土砂發生漏砂及淘空的現象。
4. 碼頭基礎：可能產生液化沉陷或因波浪作用或船舶推進器的外力而產生淘刷作用。

圖 7 至圖 8 為重力式碼頭產生外部異狀之示意，各示意圖中所標示之 13 項行為，均為可能導致該類式碼頭外部異狀之基本機制，其所發生之部位並非圖示中之單一點或部位，而是相關之整體或單元，如圖 7 中所示機制(12)地震力之影響範圍為碼頭整體，機制(2)不當撞擊力若指船舶未依規定靠岸，其可能產生範圍為岸壁任何部位，若指岸肩任何物體未依規定拋置吊放，其可能產生範圍為岸肩任何部位，機制(5)地表水滲流之可能產生範圍為整個岸肩及後線。由各項或多項合成之基本機制所產生之外部異狀，將不是單一之異狀，異狀所產生之部位與範圍亦將是多處與多面。

據此，可針對重力式碼頭產生異狀之構件位置進行標註，如圖 9 至圖 10 所示，並針對此些構件其發生之異狀進行表列，如表 1 所示。

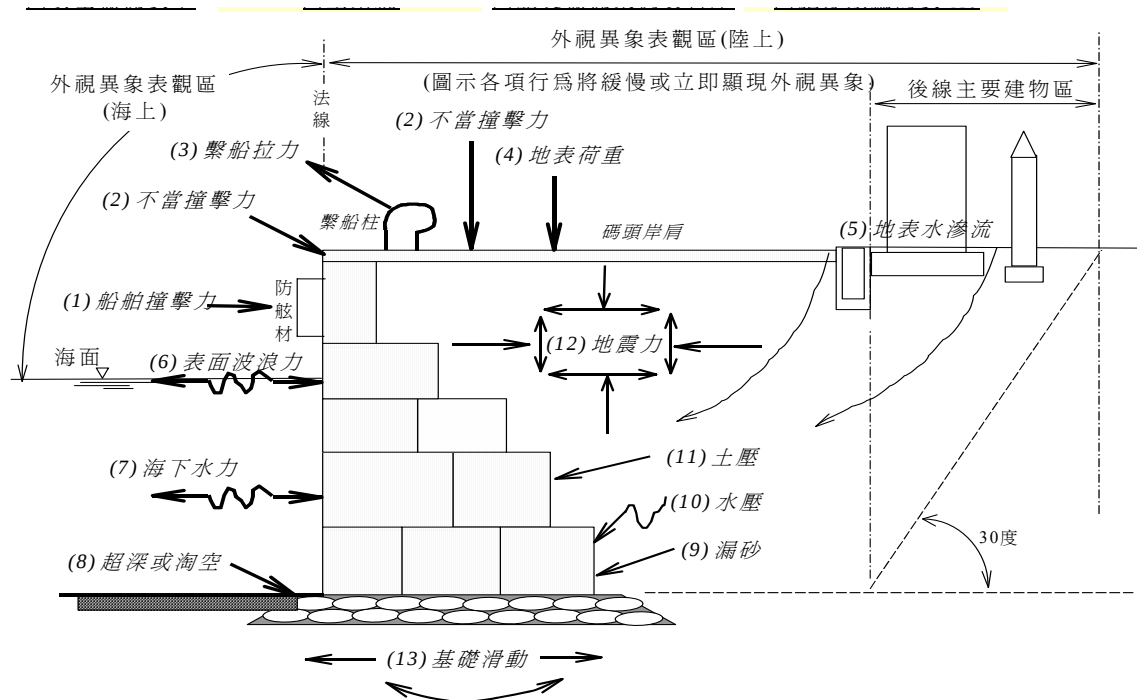


圖 7 導致重力式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

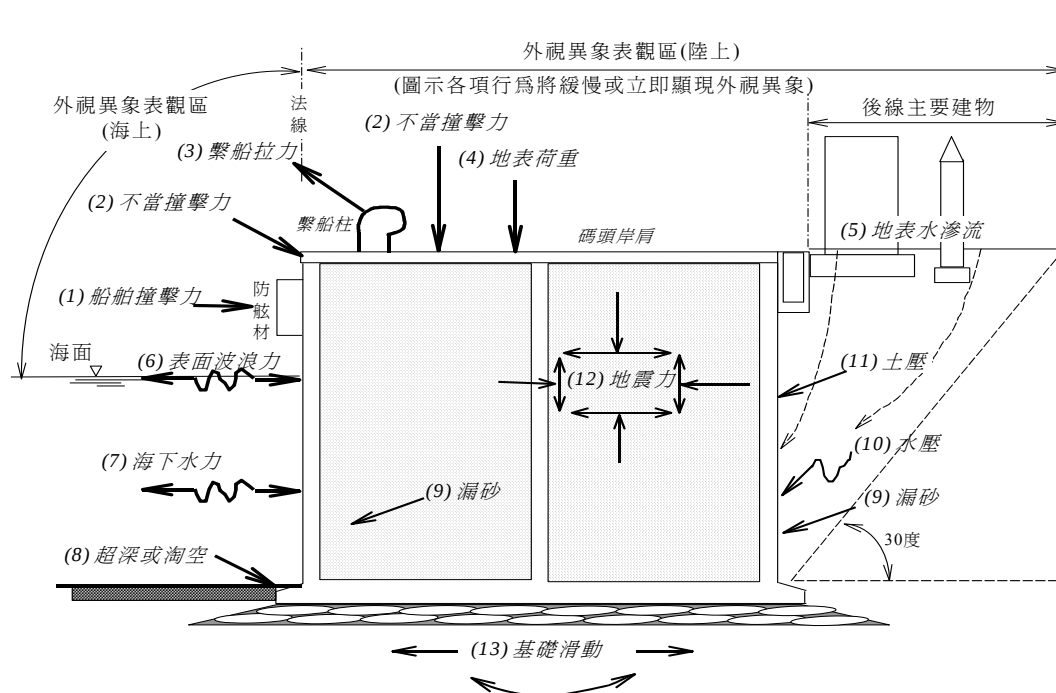


圖 8 導致重力式沉箱碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

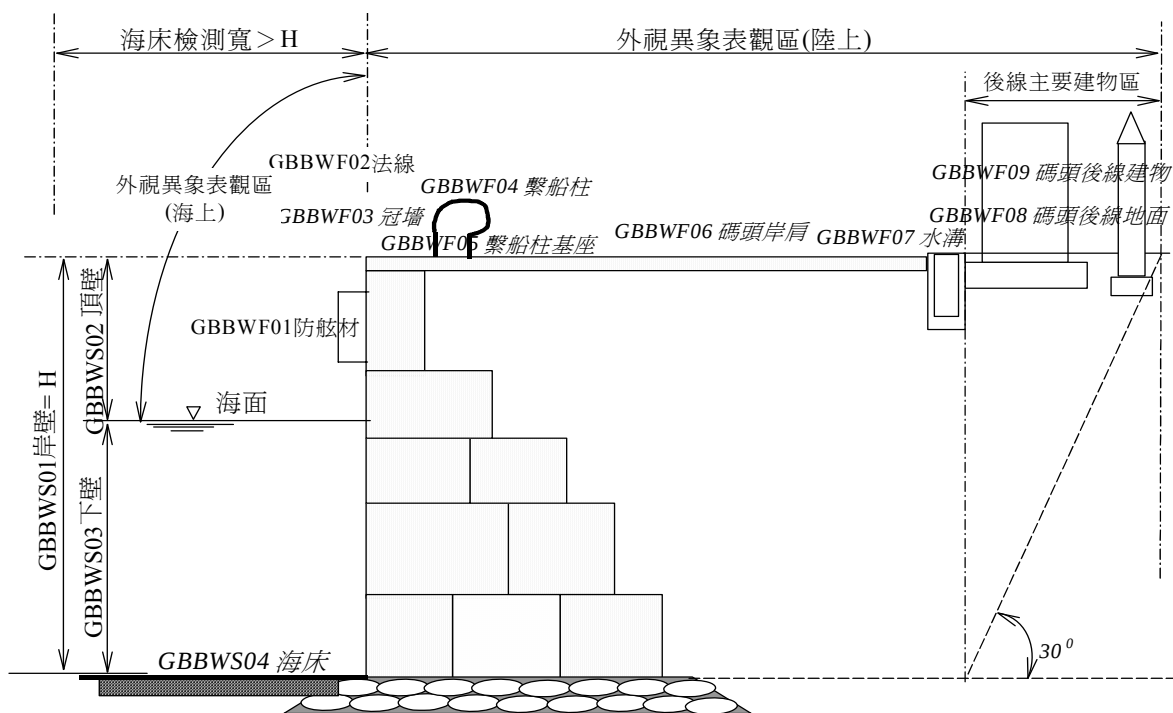


圖 9 重力式方塊碼頭構件標示

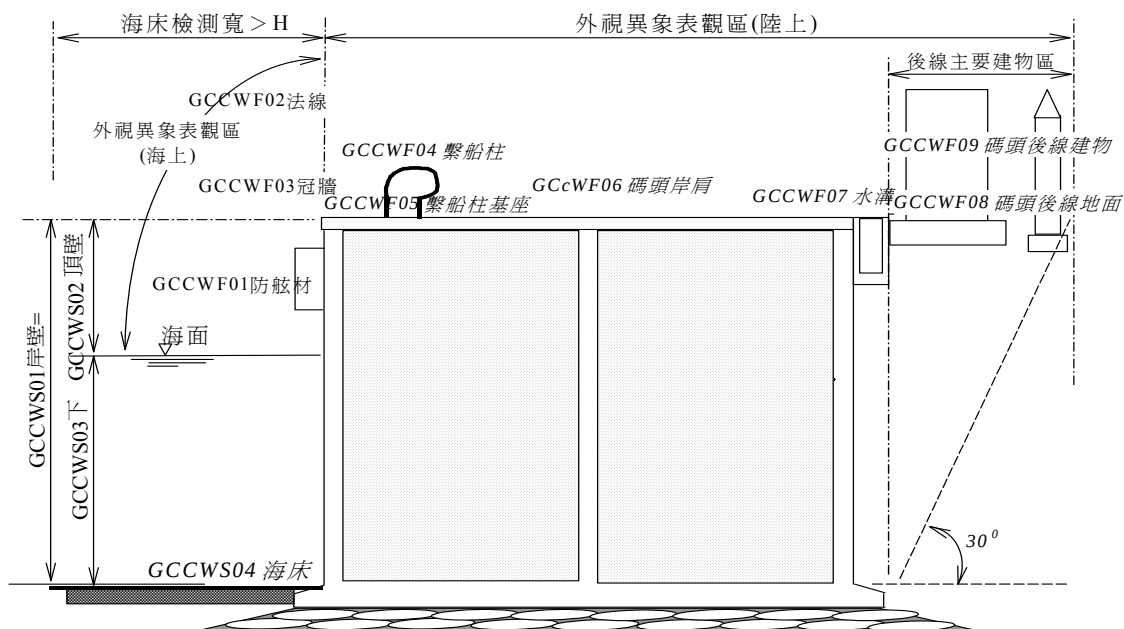


圖 10 重力式沉箱碼頭構件標示

表 1 重力式碼頭各構件產生異狀列表

構件 類型	構件 名稱	構件項目	異狀						
			裂縫	腐蝕	龜裂	沈陷	拱起	傾斜	損壞
上部 結構	主要 結構	法線						✓	
		岸肩	✓		✓	✓	✓		
		後線地面				✓			
	附屬 設施	車擋							✓
		繫船柱		✓	✓				
		防舷材							✓
		吊車軌道				✓			
下部 結構	岸壁	冠牆	✓	✓	✓				
	基礎	海床				✓	✓		

2.3 板樁式碼頭破壞原因探討

板樁式碼頭可能的破壞原因，說明如下：

1. 板樁結構：因經年累積腐蝕造成板樁的破壞，或因地震所產生額外土壓力及水壓力，超過結構原有之設計強度、大型船隻碰撞或船舶前端消波球撞擊，造成結構岸壁產生裂縫、破損、拱起及下陷；或板樁沿法線方向產生位移及側傾。
2. 岸肩：因持續的背填料壓密下陷造成岸肩破壞、因過度的荷重作業使得板樁鋪面產生破損而致使岸肩下陷，因地震力產生破壞或變位造成岸肩破壞；或因背填土砂液化產生岸肩下陷、破壞。
3. 背填土砂：其可能的破壞模式為土壤液化產生沉陷，或因鋼板樁的破損產生背填土砂發生漏砂及淘空的現象。
4. 碼頭基礎：可能產生液化沉陷或因波浪作用或船舶推進器的外力而產生淘刷現象。

據此，板樁式碼頭產生異狀之主要機制及構件位置進行標註，如圖 11 所示，各構件項目之異狀表列於表 2。

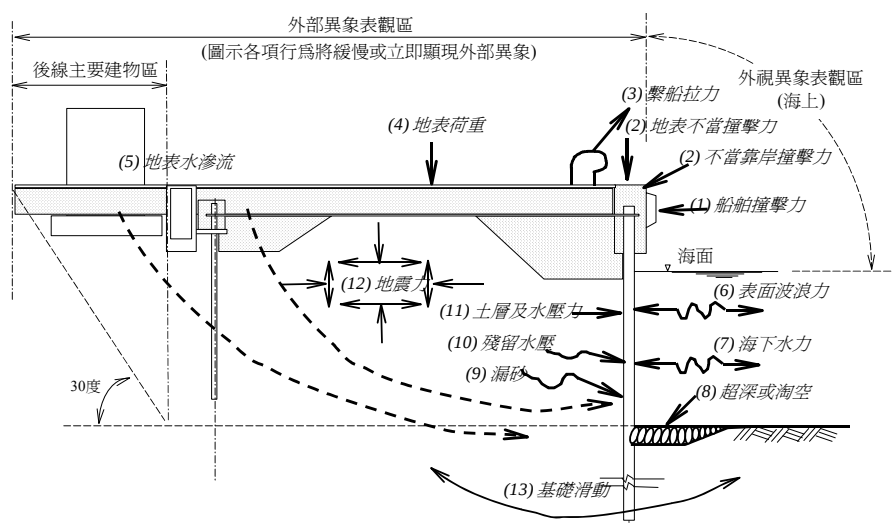


圖 11 導致版樁式錨錠樁碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

表 2 板樁式碼頭各構件產生異狀列表

構件 類型	構件 名稱	構件項目	異狀						
			裂縫	腐蝕	龜裂	沈陷	拱起	傾斜	損壞
上部 結構	主要 結構	法線						✓	
		岸肩	✓	✓	✓	✓	✓		
		後線地面				✓			
	附屬 設施	車擋							✓
		繫船柱		✓	✓				
		防舷材							✓
		吊車軌道				✓			
下部 結構	岸壁	冠牆	✓	✓	✓			✓	
		鋼板樁	✓	✓				✓	
		RC(PC)樁	✓	✓	✓			✓	
	基礎	海床				✓	✓		

2.4 棧橋式碼頭破壞原因探討

棧橋式碼頭可能的破壞原因，說明如下：

1. 基樁結構：因經年累積腐蝕造成基樁的破壞，因地震所產生的額外水準力及水壓力，超過結構原有之設計強度，造成基樁產生破損、斷裂及挫曲；或因基礎土壤滑動或大型船隻碰撞，致而使基樁產生位移或側傾。
2. 上部結構：因地震力產生破壞或變位造成碼頭格梁接樁破壞、碼頭單元接樁鬆動，或因波浪作用將碼頭面掀起。
3. 碼頭基礎：可能產生液化沉陷，或因波浪作用或船舶推進器的外力而產生淘刷作用，或護坡塊石沖刷以及碼頭之拋石護坡滑動。

棧橋式碼頭構件發生之異狀列表於表 3。

表 3 棧橋式碼頭各構件產生異狀列表

構件 類型	構件 名稱	構件項目	異狀						
			裂縫	腐蝕	龜裂	沈陷	拱起	傾斜	損壞
上部 結構	主要 結構	法線						✓	
		梁	✓	✓	✓				
		岸肩	✓		✓	✓	✓		
		後線地面				✓			
	附屬 設施	車擋							✓
		繫船柱		✓	✓				
		防舷材							✓
		吊車軌道				✓			
下部 結構	岸壁	冠牆	✓	✓	✓				
		鋼管樁		✓					
		PC 樁	✓	✓	✓				
	基礎	海床				✓	✓		
		拋石護坡							✓

2.5 港灣 R.C.結構物安全檢測項目

安全檢測項目依結構位置可概分為整體結構變形檢測、細部構材檢測、基礎地盤檢測及碼頭附屬設施檢測等。

整體結構變形檢測係檢測 R.C.結構物可能產生之大變形或位移。細部構材檢測分為上部結構及下部結構等兩大部分，其中上部結構同質性較大；下部結構則依 R.C.結構物型式不同，受力行為不一，容易發生結構破壞處有所差異，故檢測細項也有所區分。檢測項目建議如下：

2.5.1 整體結構變形檢測

整體結構變形檢測項目包括 R.C.結構物(碼頭或防波堤)不均勻沈陷、岸肩伸縮縫破損、壁體傾斜、法線位移檢測等。當這些檢測結果

顯示出 R.C.結構物有沈陷或位移或傾斜時，則其他部位的結構，如基礎結構或護基拋石必須做進一步的檢測。

2.5.2 細部構材檢測

細部構材檢測為整體結構變形檢測之外，進一步對不同型式 R.C.結構物進行之檢測，細部構材檢測與 R.C.結構物之型式有關，因此，將以 R.C.結構物型式及構材性質分別討論之。其中包括上部結構破壞檢測及上部結構破壞檢測，上部結構中如碼頭面版結構裂縫，裂縫位置、長度、寬度及深度，碼頭面版鋼筋腐蝕，混凝土強度變化及其他以目視或簡單測量儀器能觀察之破壞或損害現象等。

基礎結構檢測則與 R.C.結構物型式關係密切，但檢測不易實施，一般需借助精密儀器配合。各種型式之港灣構造物施測項目建議如表 4 所示。

表 4 港灣構造物細部構材檢測建議項目

構造物名稱	建議檢測項目
重力式碼頭	碼頭岸側背填料空洞、碼頭前側基礎掏刷、混凝土塊破損或劣化、混凝土塊或層間產生相對位移、碼頭壁體破損前傾等。
板樁式碼頭	碼頭岸側背填料空洞、碼頭基礎掏刷、板樁法線方向變位、鋼板(管)樁潮間帶及海下腐蝕、板樁裂縫或破損、鋼板(管)樁接縫開裂、鋼板(管)樁陰極防蝕陽極塊損耗、產生電流、鋼板(管)樁腐蝕電位檢測等
棧橋式碼頭	碼頭面版強度及混凝土性質檢測、基樁樁潮間帶腐蝕及海下腐蝕、基樁基礎掏刷、鋼管樁陰極防蝕陽極塊損耗、產生電流、鋼管樁腐蝕電位檢測、碼頭靠船速度或撞擊振動監測等
沉箱式碼頭及防波堤	胸牆裂縫、沉箱結構裂縫、結構體鋼筋裂縫、沉箱壁體傾斜、護基方塊沈陷移動、拋石基礎沈陷移動或沖刷
拋石堤	不均勻沈陷、胸牆裂縫、胸牆壁體傾斜、拋石基礎沈陷移動或沖刷

2.5.3 基礎地盤調查

基礎地盤調查包括碼頭坐落處之地盤屬性、液化潛能評估，碼頭基礎掏空檢測，與防波堤則為堤趾沖刷之評估等。

2.5.4 碼頭附屬設施之檢測

檢測項目包括：防舷材破損及裂縫、繫船柱基礎裂縫及其他設置於岸上與泊船有關之設施之破壞或損害等。

2.6 檢測及評估實施時機

港灣構造物安全檢測實施可概分為，定期(或不定期)實施之一般性安全檢測，及在重大災害發生時之緊急檢測，檢測時機如颱風過後，重大地震發生時，碼頭營運中發生重大事故（如大型船隻操船不當而碰撞）以致造成碼頭結構安全受損，以及施工時因故造成之結構破壞等。

2.6.1 一般性安全檢測

一般性安全檢測通常以定期方式進行，依各種不同港灣構造物完工後使用之狀況、年限、環境等條件進行檢測，檢測時間並無強制性，可依實際需要進行。若發現較嚴重破壞狀況，但尚無需立即修復或立即修復有困難時，則應密集監測，以確保港灣構造物營運安全。

實施一般性檢測在如機具、人員調度困難或環境惡劣無法實施定期檢測時，可補充定期檢測之不足。故雖未明確規定檢測時間或間距，建議仍應在一定期間內，完成應檢測次數。

2.6.2 緊急災變檢測

重大災害如颱風或地震發生後必須立即進行緊急檢測，其中颱風過後，應針對防止波浪侵襲之構造物如防波堤、消波設施等進行緊急檢測；地震發生時，則針對地表加速度及動力作用較敏感的港灣構造物，如重力式結構或為固定在與海床接觸處之結構等，亦應進行緊急

檢測，根據以往之地震記錄顯示，可能造成破壞之地震大多為 4 級以上，因此建議 4 級以上地震發生時，應對所有港灣構造物進行全面性檢測；當震央位於港區鄰近地區且震度達 6 級以上之大地震發生時，更應儘速於 72 小時內完成緊急檢測並確認構造物受損情形，評估應否進行進一步之防護措施。此外，碼頭結構常因大型船隻碰撞，導致安全受損，或施工時因故造成之結構破壞等事故時，應針對個別構造物及其周遭之港灣構造亦應進行緊急檢測。

2.6.3 分階段檢測及評估

檢測工作可區分為兩個階段實施，第一階段為初步檢測，一般性安全檢測及重大災害發生時之緊急檢測，均必須先經過第一階段之初步檢測，依初步檢測之結果，經過評估判定後再決定是否必須進行第二階段之檢測。

第一階段之檢測其檢測項目及檢測重點，依照港灣構造物之型式、使用狀況及環境條件等，建立表格，使得在經常性實施時具有較高的效率，及較正確之結果。

第一階段檢測工作完成後，即進入檢測結果初評階段，評估時其標準主要有兩大部分：

1. 結構安全是否有問題。
2. 構造之功能性是否有問題。

第二階段的檢測工作若為一般性檢測時，第二階段的細部檢測工作將依構件位置、材料特性等來加以區分，並同樣將檢測之重點、具體要求之數據建立成表格化之形式，以便於能經常性的執行。

立即性的緊急檢測在第二階段實施時，屬於較嚴重損壞，必須立即修復之港灣構造物，應建立檢測計畫，其檢測結果除了顯示構造物破壞之程度之外，並將成為未來修復工作之重要參考。

第二階段檢測工作完成後，則進入檢測結果終評階段。

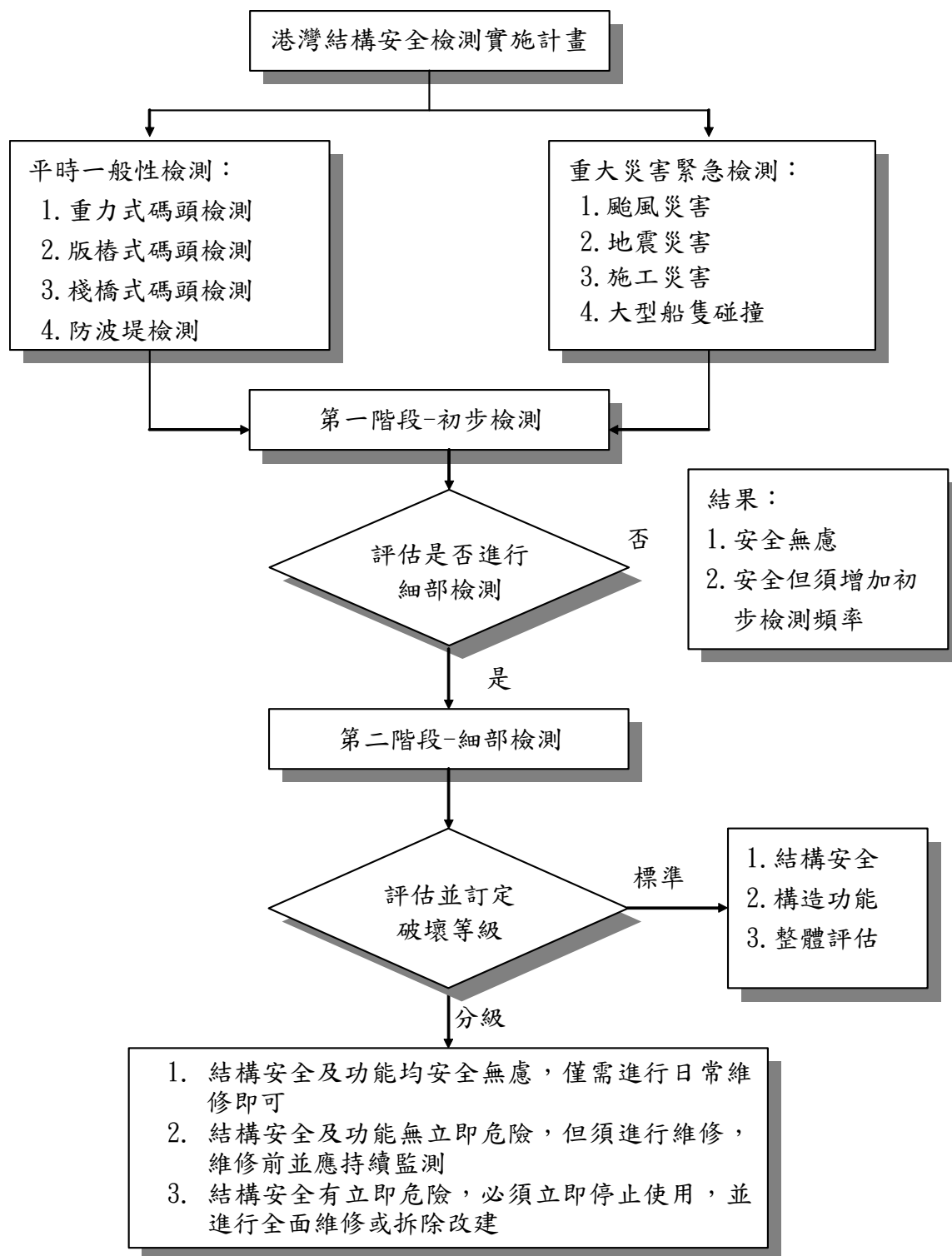


圖 12 港灣結構安全檢測實施流程圖

2.7 結構物安全檢測評估

港灣結構物經過必要之安全檢測後，除須將檢測結果彙整分析，並應建立系統性的評估制度，結合港區相關資料庫系統，將可能受損原因及相對應之檢測方法、分級評估制度及維護措施納入港區管理體系中，才能達到確保港灣構造物使用安全無虞，發揮港口營運提供船舶安全進出之功能。

港灣結構物安全檢測及其評估過程，可分為以下四個階段：(1)初步安全檢測；(2)細部安全檢測；(3)檢測結果安全評估；(4)港灣結構整體評估。

2.7.1 初步安全檢測

以目測方式及較簡單之測量儀器對碼頭整體結構變形或位移進行了解，如檢查碼頭面混凝土是否有剝離、裂縫、鋼筋外露等現象，附屬設施如橡膠護舷是否產生龜裂、破損等異狀現象，並加以拍照、量測、繪圖及描述記錄，配合結構物背景資料進行初步安全評估。

港灣構造物整體結構之安全性及破壞後之受力反應，不容易由構造物表面之初步檢測結果直接判定，由於檢測品質包括檢測人員之訓練及經驗都將嚴重影響評估結果，為確保檢測工作之客觀性及可靠性，將檢測評估方式適度量化仍有其必要性。初步安全檢測可視為第一階段檢測，檢測完成後，即進行初評階段。

整體檢測結果之判定及評估之標準主要分為：

1. 結構安全是否有問題。
2. 構造功能性是否有問題。

依據檢測結果，將各項檢測項目之檢測值經下列公式換算後，依其值所在範圍而決定最後等級。

$$ID_1 = \frac{\sum_i^N (D_i + E_i) R_i}{\sum_i^N R_i} \dots\dots\dots (公式 1)$$

式中 ID_1 為初步檢測危險度指標(Index of Dangerousness) , D_i 、 E_i 、 R_i 分別為各項檢測中檢測人員填寫之檢測值， N 則代表檢測項目之總數。 ID_1 值越高則代表危險度越高，數值分配範圍為 0 到 10 間。

初步安全檢測階段判定結果分為以下三個等級：

1. $0 \leq ID_1 < 2$ ：安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。
2. $2 \leq ID_1 < 4$ ：安全無虞，無須進行細部檢測，但於未來必須增加檢測頻率。
3. 非主體結構之 $ID \geq 4$ ，但其他主結構體之 $ID < 4$ ：為功能堪虞，小型立即性維修可改善功能狀況者應立即進行，如主結構體或整體檢測值之 $ID \geq 4$ ，必須進行第二階段之細部檢測以進一步了解構造物破壞狀況。

2.7.2 細部安全檢測

細部安全檢測為第二階段的結構安全檢測，必須配合非破壞性檢測儀器或其他更深入之檢測方法，才得以對港灣結構進行細部構材檢測。

細部安全檢測適用於：

1. 目視檢測無法判定或檢測對象不易進行者。
2. 經初步檢測結果判定必須進行細部檢測者。
3. 為重大災害或事故發生後之緊急檢測。
4. 工程維修進行中有特殊需求者。

不同型式的港灣構造物，進行細部檢測時檢測重點亦有所不同。依照碼頭及堤防型式不同，細部檢測評估表將有所區分。如初步檢測

過程中，主結構體部份 D 值等級判定為 3 以上時，細部安全檢測時應視情況以較可靠之儀器重新檢測，並會同細部檢測評估表之檢測項目及結果，共同做最後之安全等級評估。

港灣構造物進行檢測與評估，評估時分成兩個階段進行。第一階段的評估工作包括結構安全性及構造物之功能性，主要在判定構造物是否安全。如屬安全堪虞，則必須進行第二階段之細部檢測，進一步了解構造物破壞狀況。

第二階段之細部檢測工作完成後，可依第一階段之評估方式進行評估，評估時將現地檢測數據及圖表等資料，進行詳細分析，由於結構物安全評估，牽涉複雜的結構力學行為，為對整體結構之安全能有更正確的了解，必要時須進一步分析結構力學行為。

細部檢測評估包括結構安全性，構造功能性，整體考量等三項原則，說明如下：

2.7.3 結構安全性原則

港灣構造物受損後，結構安全如未能由檢測所得之數據直接判斷時，必須經過力學分析加以判定。結構安全除了受到材料性能影響外，外力作用包括波浪及地震作用力、海水與土壤間的相互作用，因此，分析時並無適用公式可供引用，應同時考量靜力分析及動力分析，以求符合真實受力情形。

2.7.4 構造功能性原則

港灣構造物均有其應用上之不同功能。構造物功能性無法發揮時並不代表結構之安全有問題，但結構如屬無法完全發揮功能，又未維修恐將進一步造成破壞而危及安全。構造物主要或附屬設施，不論合併評估或單獨評估，如評定等級屬於為安全堪虞的第三等級時（非主體結構之 $ID_A \geq 4$ ，但其他主結構體之 $ID_1 < 4$ 時，小型立即性維修可改善安全或使用之功能狀況者）應立即進行修復，以維護港口之正常運作。

2.7.5 整體性評估原則

整體性評估除將第一階段檢測中的主結構體列入考慮之外，並將第二階段依碼頭型式不同，而進行之細部檢測結果一起納入評估。由安全性及功能性兩大原則評估後，只要其中之一，不論是安全性或功能性有問題時，即應進行修復工作，但在決定採取何種修復措施之前，則應做整體性的評估，其中包括經濟效益考量，並配合港灣整體營運採取最適切之修復措施。

2.7.6 結構整體評估等級

綜合前述各節將港灣結構檢測結果評估後，須密訂定出評估後之等級。檢測工作分兩階段進行時，各階段評估後之分級亦有所區分。

1. 第一階段檢測分級

第一階段檢測工作完成後，即進入檢測結果初評階段，依據評估結果，構造之初步檢測結果可分成三個等級。

2. 第二階段檢測分級

第二階段檢測分級中，除將第一階段檢測中的主結構體納入考慮外，依港灣構造物型式不同，而進行之細部檢測結果需一起列入評估。其評估方式如下：

$$ID_2 = \frac{\sum_i^N (D_i + E_i) R_i}{\sum_i^N R_i} \dots\dots\dots (公式 2)$$

式中 ID_2 為細部檢測危險度指標， D_i 、 E_i 、 R_i 分別為各檢測中檢測人員填寫之檢測值， N 則代表檢測項目之總數，包括細部檢測及初步檢測主結構體之受測項目(若進行重新檢測，以較新的數據為準)。ID 值越高則代表危險度越高，數值分配範圍為 0 到 10 間，其與判定結果關係，與初步檢測階段類似分成三個等級並條列如下：

1. $1.0 \leq ID_2 < 3$ ：輕微受損、結構安全及構造功能無虞，僅需進行日常維修即可，但於未來必須增加初步檢測之頻率。
2. $3 \leq ID_2 < 6$ ：構造損壞，但結構安全及構造功能均無立即危險、應進行維修；若無法立即實施維修，則必須在維修前進行同步監測工作。
3. $ID_2 \geq 6$ ：嚴重損壞，結構安全有立即危險，且構造功能無法發揮，必須立即停用並進行大部維修或拆除重建。

第三章 研究方法與進行步驟

本研究參考交通部港灣構造物安全評估之工作手冊（草案）及相關港務局檢測工作規則等，本年度選定基隆港西 14-西 18 號及臺中港西 3 號碼頭、新竹市新竹漁港、臺中縣梧棲漁港、高雄市前鎮漁港及屏東縣東港鹽埔漁港等之碼頭與防波堤設施進行現況調查，調查流程如圖 13 所示。此外，另選定基隆港東 2 至東 7 號碼頭及高雄港 54 至 58 號進行鋼板樁現況目視及陽極塊防蝕效能檢測等水下檢查與評估。

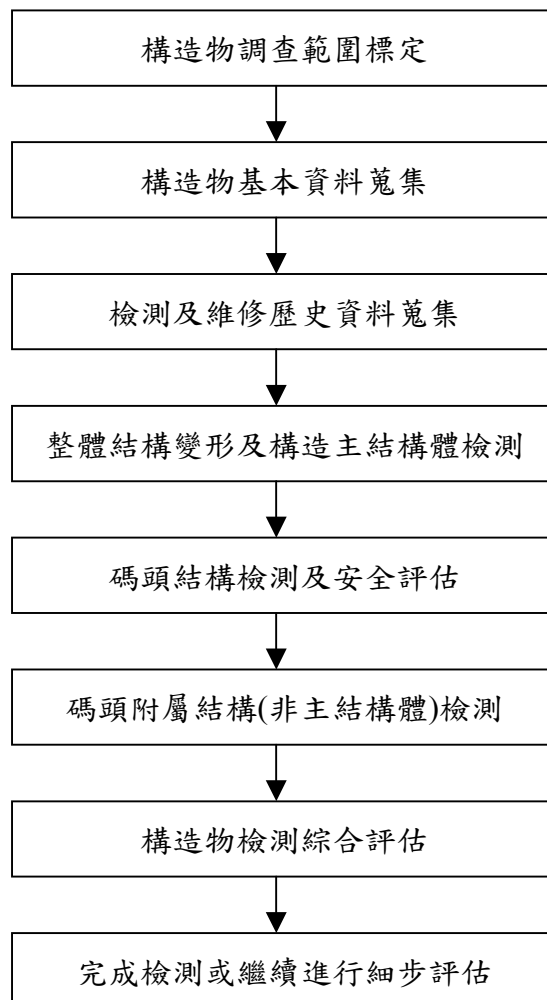


圖 13 構造物現況調查流程

3.1 調查範圍

本年度調查範圍包括：基隆港西 14 至西 18 號及臺中港西 3 號碼頭；新竹市新竹漁港、臺中縣梧棲漁港、高雄市前鎮漁港及屏東縣東港鹽埔漁港（沉箱重力式、板樁式）；基隆港東 2 至東 7 號及高雄港 54 至 58 號（板樁式）碼頭，依初步檢測規定項目進行調查，調查結果將作為後續相關研究之結構安全評估及建置維護管理資料庫之重要數據。

3.2 構造物基本資料蒐集

構造物基本資料包括有隸屬港口，碼頭編號，碼頭長度、縱深，船隻靠泊（船席）水域深度，包括原設計水深及調查水深；靠泊船隻屬性，如為貨櫃碼頭、雜散貨輪碼頭、化學品碼頭等；靠泊船級、最大噸位；碼頭構造型式等。

3.3 檢測及維修歷史

檢測歷史包含：檢測日期，檢測區分（初步或細部檢測），檢測結果，如有特別註記或維修者，應附上維修記錄檔案名稱、編號等；檢測單位及檢測人員等。

3.4 整體結構變形檢測及構造主結構體檢測

整體結構變形檢測中包含之檢測項目有碼頭壁體傾斜、位移檢測，碼頭面法線改變檢測，碼頭面沈陷檢測，碼頭沉箱與後線連接縫檢測。

由於港灣構造物主體結構的主要部份均位於水下，初步檢測項目包括：碼頭面之裂縫檢測、鋼筋外露程度，鋼筋腐蝕探測；混凝土強度劣化檢測，混凝土保護層厚度檢測等；構造伸縮縫檢測則包括有岸肩伸縮縫，及面版伸縮縫等，檢測項目詳如表 5。

表 5 碼頭構造物初步檢測評估表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：		碼頭編號：		檢測區段：	
	建造日期：		啟用日期：			
	靠泊船級		原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標高：		長度：	縱深：	水域深度	原設計： 目前：
	靠泊船隻屬性		☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪 ☐ 其他			
	碼頭構造型式		☐ 重力式 ☐ 版樁式 ☐ 棧橋式 ☐ 其他			
上次檢測		時間：		單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R	
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭法線變形				4	
	碼頭岸壁傾斜				4	
	岸肩伸縮縫變形				3	
	(岸肩)混凝土強度				3	
	(岸肩)保護層厚度				2	
	(岸肩)鋼筋腐蝕探測				2	
	碼頭面(版)沈陷				3	
	(面版)混凝土強度				3	
	(面版)保護層厚度				2	
	(面版)鋼筋腐蝕探測				3	
	鋼版腐蝕檢測				3	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i =$				
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材				2	
	繫船柱				3	
	擋車牆				2	
	排水給水設備				2	
	照明設施				2	
	油電管路				3	
	貨櫃起重機軌道				3	
	防颱固定座				1	
	其他				1	
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum R_i =$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_I = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum R_i =$				
檢測單位：		檢測人：		檢測時間：		

3.5 鋼筋混凝土材料劣化檢測

3.5.1 非破壞性試驗

1. 反彈錘法

反彈錘的構造主要構件有四部份：a.外殼；b.衝擊桿；c.錘塊；及 d.彈簧。實際檢測強度時，將突出儀器外面的衝擊桿與混凝土表面接觸，當衝擊桿還是突出儀器外面時，其內部的錘塊將會被卡損固定在桿頂端，此時把儀器外殼推向混凝土表面，使連接儀器外殼與錘塊的彈簧伸長，當外殼推到與桿頂接觸時，卡損將放開錘塊，使其衝向混凝土，而撞擊到衝擊桿上的突肩部分，並反彈回去。反彈錘塊將會帶動指針，以顯示反彈的距離。反彈距離的刻度數字由 10 到 100 之間，稱為反彈值。

在反彈錘法的檢測中，只有與衝擊桿接觸的混凝土部分影響反彈值，例如若接觸到硬石塊，會產生較高的反彈值；相反地，若接觸到空洞或較軟石塊將會產生較低的反彈值。所以同一塊混凝土會因取樣點的不同而有不同的數據。依 ASTM C 805 的規定，每次檢測時取 10 個值來平均之，假如其中有一個值超過平均值達 7 個單位以上時，此數值必須捨棄，然後再將剩餘的數值平均之；假若有二個值以上都是大於平均值 7 個單位時，則此 10 個值必須全部捨棄。

因為反彈錘法只檢測到混凝土表面層附近的強度，所以並不能代表就是混凝土內部的強度。若表面有碳化現象存在，會導致測得的表面強度大於內部的強度；同樣地，表面乾燥時測得強度會比內部潮溼的混凝土強度高。而鑄模的種類也會影響表面強度，如木範本支撐而成的混凝土表面強度將比鋼範本支撐而成的混凝土表面強度高。只有表面數英吋的厚度情況會對強度有較大的影響而已。當表面較粗糙時，所測得的強度會比實際值低，故測粗糙表面情況的混凝土必須先磨平。如果表面有用墾刀處理過，其表面會較堅硬，

而可以得到較高之反彈值。另外，檢測時儀器與表面的角度也會影響反彈值。

綜合以上而言，反彈鎚法是一種非常簡單的檢測方法，但是影響混凝土表面強度的因素很多種，所得結果只能當作參考用，這是使用者必須事先認知的。雖然儀器製造商提供了反彈值和抗壓強度間的關係圖，但是由於混凝土本身有太多的變異及因數影響，所以使用者仍應自行建立適用材料的關係表，以提高預估強度的準確度及可信度。

此法檢測時依構造物面積大小，選擇面積約 1x2m 的混凝土表面，繪製 20cm 見方之方格進行試錘試驗，每一方格測試 12 個數據，計算時先將最大與最小值剔除後，求其平均值，再依儀器所附之反彈值與混凝土抗壓強度推估曲線，獲得混凝土表面硬度。比對反彈值推估所得與鑽心試體之抗壓強度試驗結果。

2. 鋼筋電阻係數量測

由於混凝土構造物內部含水量增加或離子濃度增加時，電阻係數將會隨之降低；而微細裂縫的存在與否及其多寡、深度範圍等也將對電阻係數造成影響，因此本項試驗結果僅供參考。量測時係於混凝土表面鑽取定距離之兩孔(約 5 公分)，吹出孔內因鑽孔而產生之粉塵顆粒後，注入凡士林做為介質，接著利用具兩個探針(頭)之電阻量測儀進行試驗。

3. 鋼筋電位值量測

混凝土內鋼筋腐蝕是一種電化學反應(Electro Reaction)，在鋼筋表面會形成陰極(鈍態)和陽極(正在腐蝕中部份)，不同位置會有不同的電位和電流型態，利用此種原理，可有效地測量某一範圍之電位分佈情形，以評估在鋼筋表面上發生腐蝕的可能程度。

鋼筋腐蝕電位量測前，須先在結構物上找出鋼筋位置，用鑽孔機破壞鋼筋保護層混凝土，使鋼筋能量測儀器連接成一通路，將導

線與電錶連接後，移動參考電極即可量測出整個結構物內半電池腐蝕電位(Half Cell)，如圖 14 所示。電極棒內之硫酸銅溶液應在飽和狀態，電極移動時溶液與內部銅棒須完全接觸同時電極前面須用海綿填充。測定前導線應檢查內部銅線是否腐蝕或電阻過大，才能讀出正確的腐蝕電位，結構物表面在量測前應潑水使成面乾內飽和狀態。

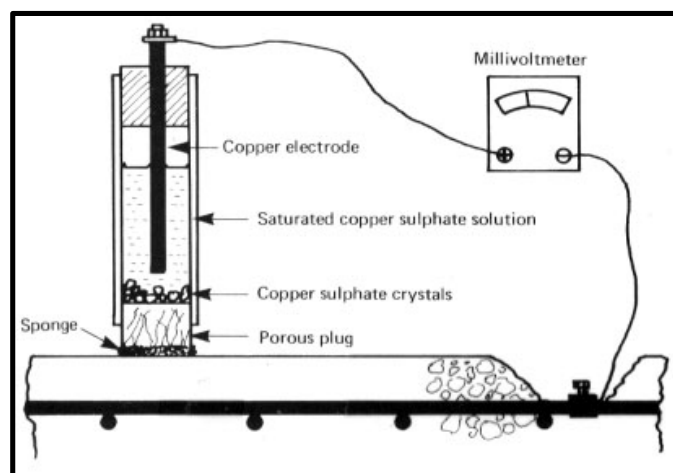


圖 14 鋼筋腐蝕電位量測示意圖

腐蝕電位與鋼筋腐蝕關係，依據 ASTM C-876 及 Van Daveer 建議電位在 -200mV CSE (飽和硫酸銅電極) 時腐蝕機率各為小於 10%和 5%電位在 -200mV 至 -350mV CSE 時腐蝕機率為大於 50%，電位若小於 -350mV CSE 時，腐蝕機率則提高至大於 90%和 95%。如表 6 所示。

表 6 鋼筋腐蝕電位與腐蝕機率關係

鋼筋電位值 mV (CSE)	腐蝕機率
>-200	$<5\%$
$-200\sim-350$	$50\%\sim95\%$
<-350	$>95\%$

利用鋼筋電位推估鋼筋腐蝕相當簡便，但其缺點為：

- a.數據只能研判鋼筋是否可能發生腐蝕，無法測知鋼筋之腐蝕速率。
- b.不適用於中性化的結構或海砂結構體，理由是中性化所引起的介面電位元差，可能高達-200 mV，容易造成誤判。
- c.無法用於海水下方之構造物。

3.5.2 局部破壞性試驗

此試驗的主要目的是在決定結構體中部份區域之抗壓強度，同時取出之試體可做中性化試驗與超音波檢測。鑽心試驗是依據 CNS 規範中之規定，其取樣之試驗抗壓強度之圓柱試體，其試體直徑至少為最大粗粒料粒徑之 3 倍。鑽小試體長度最好為其直徑之 2 倍，或者不得小於其直徑。

1. 中性化試驗

混凝土中的氫氧化鈣遇水後，會解離為鈣離子及氫氧離子，所以混凝土的 pH 值一般為 12~14，在此酸鹼度下鋼筋表面會形成一層具有保護性之鈍化膜。然而空氣中的酸性物質(如二氧化碳、二氧化硫等)會降低混凝土的鹼度，其原先的 pH 值會降到 7~9 左右，此即混凝土之中性化。中性化不僅使混凝土失去保護鋼筋的作用，且破壞鋼筋表面的鈍化膜，使鋼筋在低鹼的環境下產生鏽蝕；中性化的另一作用會加速混凝土的收縮，產生拉裂與結構破壞，對港灣構造物之影響更值得注意與防範。

測定混凝土中性化深度及中性化區域，最簡便也最常用之方法為酚酞試劑，將現場所鑽取之混凝土試體或敲除之混凝土，放置在乾燥環境讓試體自然乾燥後，再將混凝土表面上噴灑酚太指示劑。

觀察指示劑顏色的變化，以判斷其中性化深度，該試劑在 pH 值在 8.5 以上之鹼性環境中會變為紅色，而 pH 值在小於 8.5 的環境下則為無色，實際測定則以剖面的分界點來判定未中性化程度。一

一般在維修時，即以此方法來判定應敲除混凝土劣化區域與決定修復範圍。中性化深度量測時最容易產生誤差有兩個：第一是指示劑不能放太久，否則混凝土變色不易；第二是混凝土試體取出後不能和空氣接觸太久，否則試體表面混凝土均已中性化就無從判斷混凝土中性化的深度。

2. 抗壓試驗

鑽心試體進行抗壓試驗時應依以下之步驟進行：

(1) 兩端平整處理：

抗壓試驗用的圓柱體，其兩端需平滑並垂直於中軸，整個試體之直徑應相同，試體兩端平面上的突出物不得高出 5mm，並與垂直軸不得成 5°以上之角度，其直徑與試體之平均直徑相差不得大於 3 mm，超出上述三種情形時，需鋸切或鑿琢使合於上述規定。

(2) 潮濕狀況：

試體未進行抗壓試驗 40-48 小時前，需全部浸入保持室溫之飽和石灰水中，試體自水中取出後需即行試驗，自水中取出至試驗前之一段時間內，試體需覆以潮濕之麻布或棉毯，試驗需在試體潮濕狀況下進行。

(3) 蓋平：

抗壓試驗之試體，兩端需平整以符合 CNS 1230 混凝土抗壓及抗彎在試驗室澆置及養濕法之要求。

(4) 度量：

試驗前應先量蓋平後之試體長度，準確至 1 mm。其平均直徑取試體長之中央，量二個成直角之直徑再平均得之，亦需準確至 1 mm。

(5)試驗：

可依 CNS1232 混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法試驗之。

(6)計算及報告：

試體受力方向，與原結構物內受力方向之關係，需在報告內註明。試體之抗壓強度，可根據其平均直徑，算出每平方公分所受壓力。如試體長度直徑比小於 2 時，可將求得之抗壓強度乘以表 7 之更正因數(表中未列入之值，可由內差法求知)。

表 7 圓柱試體長度直徑比

試體長度直徑比	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00
強度修正因數	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87

註：抗壓試驗採用 ELE2000KN 之抗壓試驗機，試驗方法依據中國國家標準 CNS 1232 規範。

3.超音波脈波速度量測

使用英國 CNS 儀器公司出品之 PUNDIT(Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester)超音波脈波速度測定儀，量測在硬固混凝土材質內超音波脈波之傳遞速度，瞭解混凝土之品質狀況。脈波速度與混凝土品質關係如表 8 所示，可作初步研判。

表 8 超音波脈波速度與混凝土品質之關係

脈波速度(m/sec)	混凝土品質狀況
<2500	不良
2500~3000	中等
>3000	優良

4. 氯離子檢測

本試驗依 AASHTO-T260 規範硬固混凝土氯離子含量試驗(水溶法)。此法乃是將混凝土粉末，浸泡於蒸餾水中，加熱沸騰後，靜置 24 小時後過濾之，以離子層析儀測得之 Cl^- 含量。

3.6 鋼構造物檢測

3.6.1 鋼板（管）樁料厚度檢測

以超音波厚度儀之探頭，接觸已敲除清理乾淨之鋼板（管）樁表面，讀取鋼板樁厚度，鋼板（管）樁每面於每一水深測點，量取兩次厚度數據，平均後即為現有厚度。

1. 厚度量測之原理：

超音波厚度儀係利用脈衝原理，由於音波在鋼材之傳播速率為一定值，因此，由探頭傳送出一彈性波，經鋼材表面至內壁之傳播時間，即可算出波通過路徑之距離(鋼材厚度)，精準度可達 $\pm 0.1\text{mm}$ ，可由接收器直接讀取厚度，其量測原理簡示於圖 15。

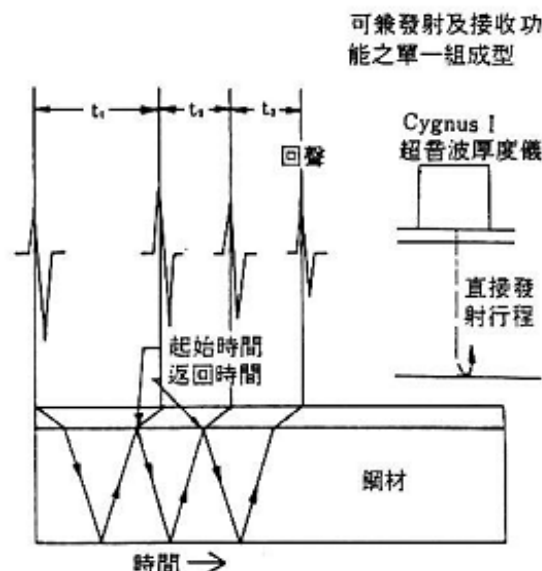


圖 15 測厚儀量測之示意圖⁽⁸⁾

厚度計算可由下列數學式求得：

$$S_i = V \times \frac{1}{2}(T_{i+1} - T_i) \dots\dots\dots (公式 3)$$

式中 V：超音波在鋼板樁中之傳播速度(5920m/sec)。

S_i ：現有鋼板樁厚度讀數(mm)。

T_{i+1} ， T_i ：探頭接受回聲及初始傳播的時間。

2. 腐蝕速率計算：

將各測點所測得之厚度數據平均之，可得鋼板樁現有厚度，再以鋼板樁原有厚度減去現有厚度，即可得出鋼板樁實際減少之厚度(亦即腐蝕厚度)。將減少之厚度再除以鋼板樁使用之年期，可計算鋼板樁之實際腐蝕速率。腐蝕速率換算公式如下：

$$\text{腐蝕速率} = \text{腐蝕量} / \text{使用年期}$$

$$= (\text{原始厚度} - \text{現有厚度}) / \text{使用年期} \dots\dots\dots (公式 4)$$

3.6.2 防蝕系統檢測

1. 腐蝕電位測定：

電氣防蝕效果的檢測通常是以電位的測定來進行，透過高電阻電壓計與檢驗電極來測定鋼質構造物的電位，掌握防蝕設施的電位分佈狀況進而得知防蝕狀態。如圖 16 所示，使用海水氯化銀電極進行電位測定，數值假如比-780 mV(腐蝕電位)低的話，就表示處在防蝕狀態。電位測定示意圖，如圖 17 所示，測定儀器包含高電阻電壓計、電極及電位測定儀。實施電位測定的地點通常是在測定裝置設置地點與其相鄰的中間點。但是若在這些測定地點不包括陽極中間點的場合，為了掌握整個防蝕設施電位分佈狀況，則可在距離陽極最遠的地點進行電位測定。在構造物的深度方向的測定是以 1 m 間

隔在進行，另外在棧橋式鋼管樁未安裝陽極的場合，必須選定前列樁進行測定。

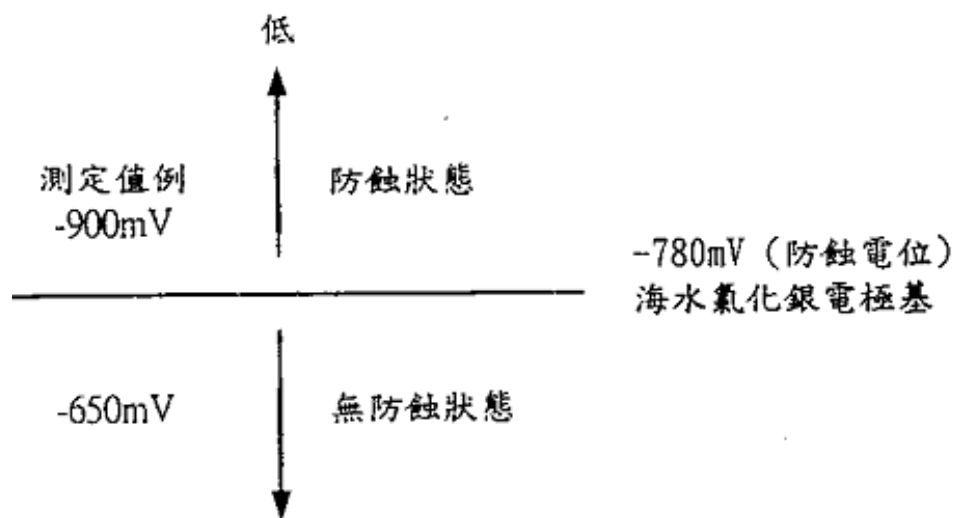


圖 16 防蝕效果的判定方法

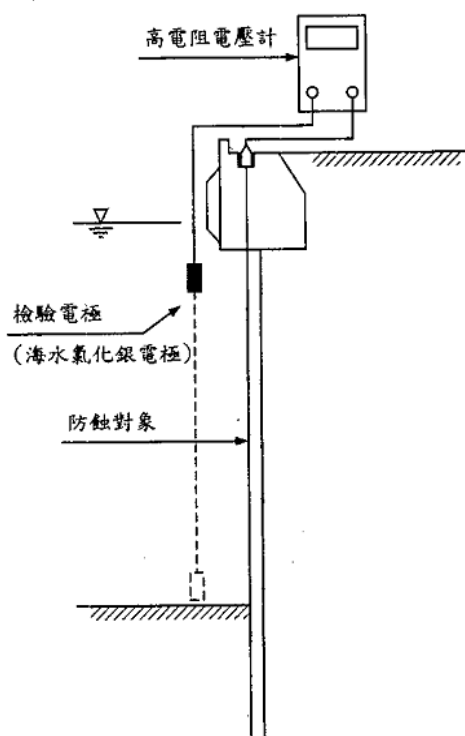


圖 17 電位測定示意圖

2. 陽極塊測定

- (1) 利用陽極形狀尺寸的殘量計算：利用水中作業除去附在陽極表面的腐蝕生成物，依圖 18 所示的要領進行計測。此時必要的話，也需進行攝影。陽極殘量 $=[(D/4)^2 \times L - \text{蕊棒體積}] \times \text{陽極密度}$ ，在此 D 為平均周長 $(D_1 + D_2 + D_3)/3$ ， D_1 與 D_3 為距殘存陽極端頭約 10 cm 的位置的外周長， D_2 為殘存陽極中央不為的外周長， L 為殘存陽極長度。

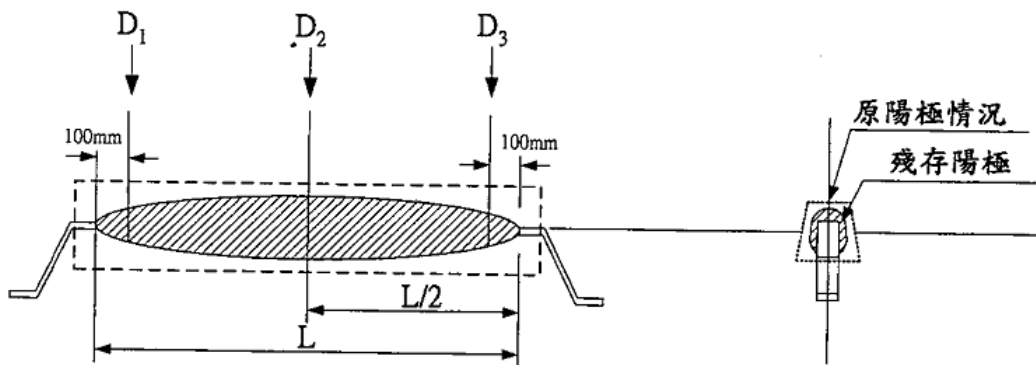


圖 18 陽極尺寸測定示意圖

- (2) 陽極秤重：切斷陽極蕊棒部位拉上按秤重，扣除蕊棒部份求取陽極的殘量。
- (3) 陽極殘存壽命計算：陽極的殘存壽命是從消耗的殘存重量及經過數年計算出。

陽極年平均消耗量 $= (\text{陽極初期重量} - \text{陽極殘存重量}) / \text{經過年數}$

殘存壽命 $= \text{陽極殘存量} / \text{陽極年平均消耗量}$

另外，也可從陽極平均發生電流求取殘存壽命

殘存壽命 $= (\text{陽極殘存量} \times \text{陽極有效電氣量}) / \text{陽極平均發生電流}$

3.7 非主結構體檢測

非主結構體檢測項目包括：護舷材破損、劣化及裂縫檢測；繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測；其他附屬設施如擋車牆，給水排水設備，照明設備，供電供油相關之管線、管路等。

3.8 構造物初步檢測評估

構造物完成檢測後，依各檢測項目之損壞程度(D)、損壞範圍(E)，及該構件損壞對整體結構之影響性(R)進行評估，稱為 D.E.R.評估法。

其中損壞程度(D)分為 0 到 5 級六等，級別為 1 級到 4 級時分別代表檢測對象之損壞程度，隨級別之增加其損壞程度亦隨之提高，級別為“0”級時則代表該檢測項目不存在。級別為“5”級時則代表該檢測項目之受測構件已嚴重損壞，致無法判定或無法檢測，必須立即進行下一步之細部檢測，故等級為“5”時代表損壞程度高於“4”。“E 值為構件破壞範圍或破壞構件參數，以構件破壞數與受測構件數的百分比，或破壞面積與受測面積的百分比為參考，依其所座落範圍訂出“1”到“5”的等級，以百分比乘以十後，捨棄小數點為 E 值，大於“5”之值均以 5 填入表格。R 值為受測項目對碼頭整體設施結構安全之影響程度，分為“1”（可忽略）、“2”（輕微）、“3”（小）、“4”（中）及“5”（大）等 5 個等級，其大小之決定與碼頭型式相關，有賴現地檢測人員之經驗及專業訓練判定。

碼頭檢測項目之 D 值示如表 9，依據檢測結果，檢測值經下列公式 1 或公式 2 換算後決定最後等級。

表 9 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-1

檢測項目	劣化現象	劣 化 程 度	D 值	R 值
碼頭壁體	傾斜、破損、 混凝土剝離龜裂	1.混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部份露出且無腐蝕現象	2	4
		2.混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部份露出，而且有腐蝕現象。壁體傾斜達 10~15 度時	3	
		3.可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出。傾斜達 15 度以上時	4	
碼頭法線	變形、扭曲	1.儀器檢測出法線偏移、扭曲	3	4
		2.可目視觀察出法線偏移、扭曲	4	
碼頭面版	龜裂、沈陷、 材質劣化	1.面版混凝土輕微剝落或龜裂開且鋼筋尚未露出，或鋼筋部份露出且無腐蝕現象	2	3
		2.儀器檢測出輕微沈陷，或面版鋼筋完全露出，無腐蝕現象	3	
		3.可目視出沈陷、崩塌，或面版鋼筋完全露出而且有腐蝕現象	4	
混凝土 強 度	劣化、不足	1.強度不足為 10%以內	1	3
		2.強度不足為 20%以內	2	
		3.強度不足為 30%以內	3	
		4.強度不足達 30%以上	4	
保護層 厚 度	厚度不足	1.厚度不足為 20%以內	1	2
		2.厚度不足為 30%以內	2	
		3.厚度不足為 40%以內	3	
		4.厚度不足達 40%以上	4	
鋼筋腐蝕 檢 視	鋼筋腐蝕	1.無明顯的鏽蝕區域	1	3
		2.局部區域有鏽水出現	2	
		3.帶狀區域的鏽蝕、混凝土出現裂縫	3	
		4.一半區域的鋼筋鏽蝕，混凝土出現紅橙色片狀剝落	4	
鋼版腐蝕 檢 測	腐蝕部位 及現象	1.L.W.L.至平均低潮位附近無明顯鏽蝕	1	3
		2.平均低潮位附近起，於 L.W.L.附近可見紅橙色生銹	2	
		3.於 L.W.L.至海底，有連續性的帶狀鏽蝕區分布	3	
		4.H.W.L.以上的飛沫帶及接近 L.W.L.的附近，在鋼板樁表面有明顯凹洞及氧化物剝落現象	4	

表 9(續) 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-2

檢測項目	劣化現象	劣 化 程 度	D 值	R 值
鋼版腐蝕 檢 測	腐蝕程度	1.無明顯的鏽蝕區域	1	2
		2.局部區域有鏽蝕集中	2	
		3.受到漂流物反覆侵蝕，形成帶狀區域的鏽蝕	3	
		4.3/4 區域出現紅橙色的鏽蝕，且有明顯的凹洞或破洞	4	
岸肩伸縮縫	變形、破壞	1.接縫處雜屑堆積使伸縮縫功能減弱	2	3
		2.埋入接頭上方之材料開裂，彈性材料變質但仍具水密性等	3	
		3.合成之材質開裂、伸展接頭完全被密封、壓力封完全掉入膨脹缺口、彈性元件開裂	4	
護舷材	開裂、材質劣化	1.材質表面褪色、輕微劣化，靠船時有輕微龜裂現象	2	2
		2.材質表面劣化明顯，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	3	
		3.材質老化、構件變形、脫落，靠船時開裂過大以失去避振功能	4	
繫船柱	破損、變形	1.材質已有鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形	2	3
		2.材質鏽損狀況明顯，基座有龜裂情形	3	
		3.材質鏽損甚至剝落，基座龜裂擴大	4	
擋車牆	破損、變形	1.材質表面已有龜裂情形	2	2
		2.材質表面有明顯龜裂，基座有崩塌情形	3	
		3.材質龜裂擴大或多處崩塌、破損、位移	4	
排水、 給水設備	破壞、斷裂	1.破損而有滲水現象	3	2
		2.斷裂失去功能	4	
照明設施	破 壞	1.部份損壞而只能發揮部份功能	3	2
		2.大部損壞失去功能性	4	
油電管路	破 壞	1.破損而有滲油、漏電現象，	3	3
		2.斷裂而失去功能性	4	

3.9 完成檢測或進行細部評估

港灣構造物初步檢測及評估結果，如必須做進一步的評估檢測，將針對構造物安全性進行細部檢測及結構力學相關之分析，包括結構安全性，構造功能性，整體考量等。

第四章 結果與討論

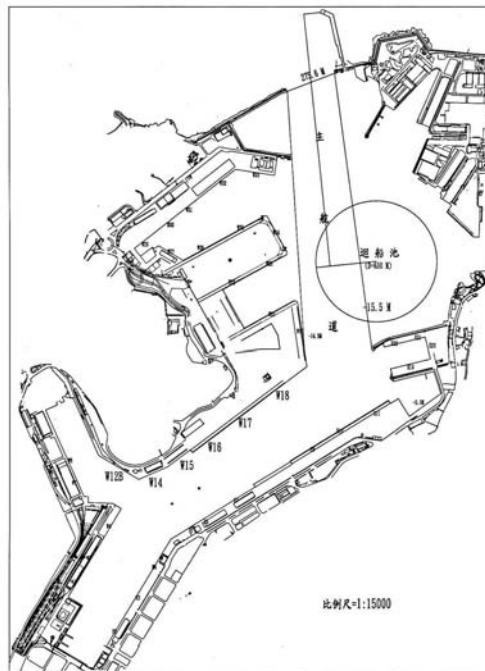
4.1 基隆港西 14 號碼頭

4.1.1 碼頭基本資料

本座碼頭以靠泊雜貨輪為主，全長 172.4 m，寬 12.4m，設計水深為-9.0 m，設計載重為 2.0 t/m²，結構型式分為基樁式（每排 9 隻直樁支撐面版）與混凝土方塊擁壁式兩種（如表 10 所示）。碼頭位置及結構型式分別如圖 19 至圖 21 所示。

表 10 基隆港西 14 號碼頭結構資料

碼頭編號	用途	長度(m)	寬度(m)	深度(m)	碼頭結構	結構型式長度(m)	設計載重(T/m ²)
西 14	貨	172.40	12.4	-9.0	基樁式	35.8	2.0
					擁壁式	17.2	
					基樁式	42.6	
					擁壁式	26.4	
					基樁式	47.8	



(a)剖面圖

(b)正面圖

圖 20 基樁式碼頭正剖面示意圖

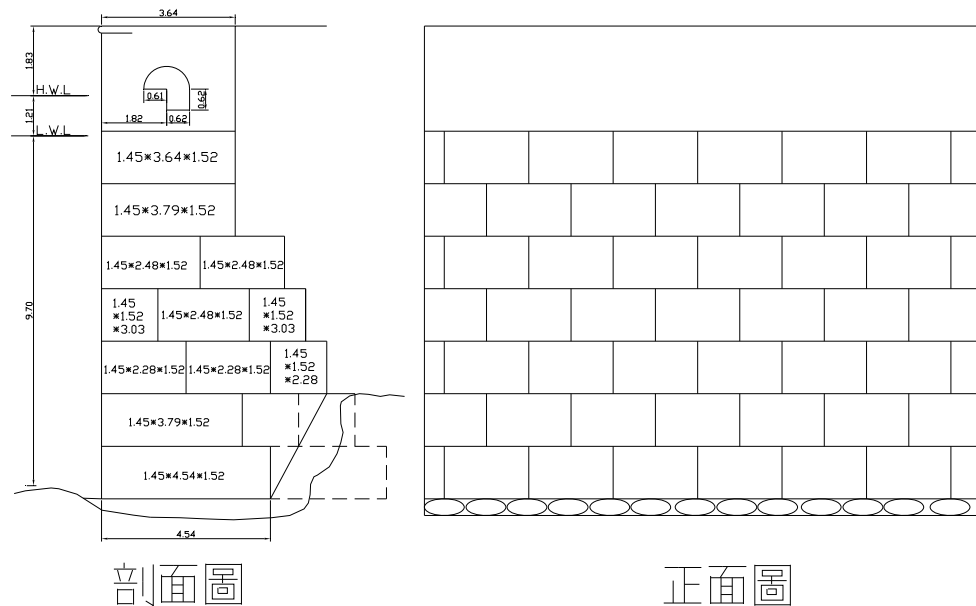


圖 21 擁壁式碼頭正剖面示意圖

2010 年 5 月調查時之碼頭情形如圖 22 所示。

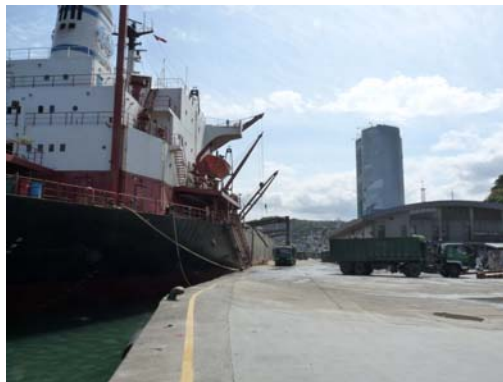


圖 22 基隆港西 14 號碼頭上部結構現況

4.1.2 整體結構變形及構造主結構體檢測

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

1. 碼頭岸壁體檢測：檢測重點包含是否傾斜、破損、位移等。本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。

2. 碼頭面法線檢測：檢測重點包含是否扭曲、變形等。本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
3. 碼頭面版檢測：檢測重點包含面版龜裂、沈陷、材質劣化等。本座碼頭面版以目視觀測，未發現明顯沉陷及鋪面劣化等現象。故 D 值=0，E=0，R=3。
4. 混凝土強度檢測：本座碼頭針對岸壁進行混凝土試錘試驗，藉由反彈值推估混凝土表面硬度，並將表面硬度推算為混凝土強度，試驗結果混凝土強度約為 152~365 kgf/cm²（如表 11、3-12），多大於設計強度之 210 kgf/cm²，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
5. 保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推斷混凝土保護層厚度對於碼頭之破壞無直接關係，故雖未針對保護層厚度做檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
6. 鋼筋腐蝕探測：本座碼頭結構陸上部份，鋼筋混凝土未發現腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故未實施此檢測項目。
7. 鋼版腐蝕檢測：本座碼頭非版樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故未實施此檢測項目。
8. 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫，未發現結構體間有明顯相對位移，故 D 值=0，E=0，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 15 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

4.1.3 非主結構體檢測

1. 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

2. 繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，未出現鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
3. 擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆材質表面未發生明顯龜裂或變形，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
4. 給水排水設備：本座碼頭未進行評估本檢測項目。
5. 照明設備：本座碼頭未進行評估本檢測項目。
6. 油電管路檢測：本座碼頭未進行評估本檢測項目。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 15 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4.1.4 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.0 (表 15)，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

4.1.5 碼頭非破壞性檢測及水下調查

為確實明瞭本座碼頭整體結構現況，本研究另選定 3 處測點進行混凝土材料之非破壞性檢測，並由潛水人員實施基樁式結構面版底部水下調查，檢測位置及結果分別示於圖 23 至圖 25 及表 11 至表 14。調查結果發現，基樁式結構面版底部與樑均有多處混凝土剝落劣化及鋼筋腐蝕生銹現象，應予及時補修。

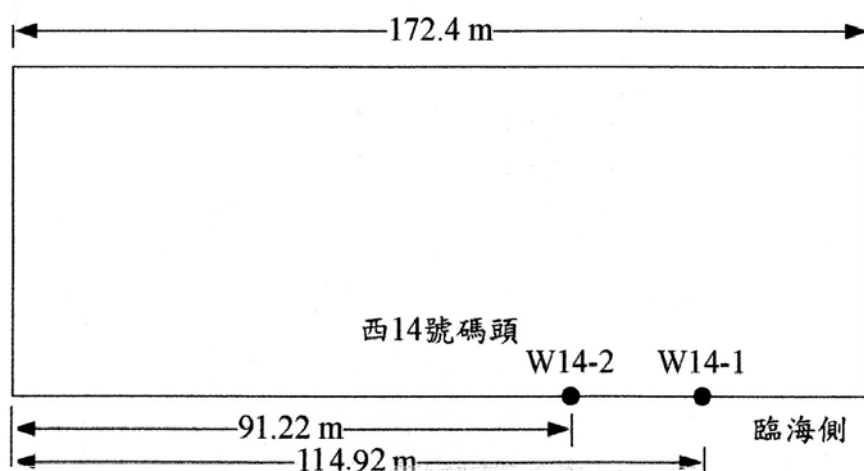


圖 23 基隆港西 14 號碼頭非破壞性檢測位置示意圖

表 11 基隆港西 14 號碼頭電阻係數等試驗結果

編號	平均反彈值 (推估強度 kg/cm^2)	腐蝕電位 (mV 硫酸銅電極)	電阻係數 ($\text{K}\Omega$)
14-1(基樁式)	32.3(238)	-568~-412	18.0~22.1
14-2(擁壁式)	28.5(185)	-272~-131	31.2~47.3

表 12 基隆港西 14 號碼頭鑽心試體抗壓強度等試驗結果

試體編號	抗壓強度(kgf/cm^2)	中性化深度(cm)
W14-1-1	152*	0.1
W14-1-2	211	0.2
W14-1-3	239	0.1
W14-1-4	243	0.2
W14-2-1	326	0.2
W14-2-3	365	0.2
W14-2-4	362	0.3

表 13 基隆港西 14 號碼頭鑽心試體之超音波脈波速度

試體編號	超音波速(m/sec)	試體編號	超音波速(m/sec)
W14-1-1	3959	W14-2-1	4349
W14-1-2	4597	W14-2-3	4363
W14-1-3	4254	W14-2-4	4321
W14-1-4	4184	---	---

表 14 基隆港西 14 號碼頭氯離子檢測結果(單位：kg/m³)

深度 試體 編號	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
W14-1	1.15	1.27	1.28	1.28	1.03	0.71	0.82
W14-2	2.07	1.36	1.34	1.11	0.42	0.54	0.71

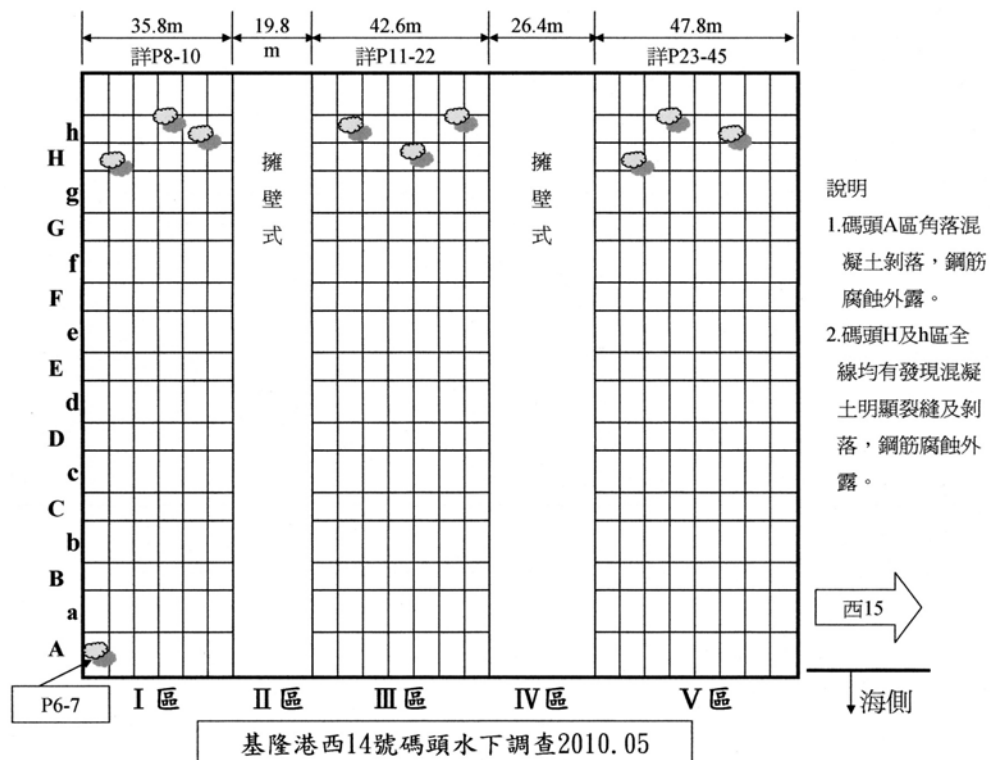


圖 24 基隆港西 14 號碼頭面版底部目視檢測結果



圖 25 基隆港西 14 號碼頭基樁式面版調查照片

表 15 基隆港西 14 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：基隆港		碼頭編號：西 14 號		
	建造日期：日據時期		啟用日期：日據時期		
	靠泊船級	原設計： 實際使用：			
	碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：172.4 m 縱深：12.4 m	水域深度	原設計：-9.0 m 目 前：-9.0 m	
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 雜貨輪（穀類） ☐ 其他			
	碼頭構造型式	☒ 重力式（擁壁式） ☐ 板樁式 ☒ 棧橋式 ☐ 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整 體 結 構 變 形 及 主 結 構 體 破 壞 檢 測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	0	0	3	0
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i^{N_p} R_i = 0/19=0.0$			
非 主 結 構 設 施 破 壞 檢 測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	0	0	3	0
	擋車牆	0	0	2	0
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i^{N_A} R_i = 0/7= 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i^N R_i = 0/ (19+7) = 0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：2010 年 5 月					

4.2 基隆港西 15 號碼頭

4.2.1 碼頭基本資料

本座碼頭以靠泊雜貨輪為主，全長 148.4 m，寬 12.4m，設計水深為-9.0 m，設計載重為 2.0 t/m²，主要結構型式分為基樁式與混凝土方塊擁壁式兩種（如表 16 所示）。碼頭位置及結構型式如圖 19 及圖 20 至圖 21 所示。碼頭上部結構現況如圖 26 所示。

表 16 基隆港 15 號碼頭結構資料

碼頭編號	用途	長度(m)	寬度(m)	深度(m)	碼頭結構	結構型式長度(m)	設計載重(T/m ²)
西 15	貨	148.43	12.4	-9.0	基樁式 擁壁式	115.00 33.43	2.0



圖 26 基隆港西 15 號碼頭上部結構現況

4.2.2 整體結構變形及構造主結構體檢測

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

1. 碼頭岸壁體檢測：檢測重點包含是否傾斜、破損、位移等。本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
2. 碼頭面法線檢測：檢測重點包含是否扭曲、變形等。本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
3. 碼頭面版檢測：檢測重點包含面版龜裂、沈陷、材質劣化等。本座碼頭面版以目視觀測，未發現明顯沉陷及鋪面劣化等現象。故 D 值=0，E=0，R=3。
4. 混凝土強度檢測：本座碼頭針對岸壁進行混凝土試錘試驗，藉由反彈值推估混凝土表面硬度，並將表面硬度推算為混凝土強度，試驗結果混凝土強度約為 $208 \sim 336 \text{ kgf/cm}^2$ （如表 17、表 18），大於設計強度之 210 kgf/cm^2 ，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
5. 保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推斷混凝土保護層厚度對於碼頭之破壞無直接關係，故雖未針對保護層厚度做檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
6. 鋼筋腐蝕探測：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故未實施此檢測項目。
7. 鋼版腐蝕檢測：本座碼頭非版樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故未實施此檢測項目。
8. 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫部份，未發現結構體間有明顯相對位移，故 D 值=0，E=0，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 21 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

4.2.3 非主結構體檢測

1. 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
2. 繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，未出現鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
3. 擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆材質表面未發生明顯龜裂或變形，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
4. 給水排水設備：本座碼頭未進行評估本檢測項目。
5. 照明設備：本座碼頭未進行評估本檢測項目。
6. 油電管路檢測：本座碼頭未進行評估本檢測項目。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 21 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4.2.4 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.0 (表 21)，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

4.2.5 碼頭非破壞性檢測及水下調查

為確實明瞭本座碼頭整體結構現況，本研究另選定 3 處測點進行混凝土材料之非破壞性檢測，並由潛水人員實施基樁式結構面版底部水下調查，檢測位置及結果分別示於圖 27 至圖 29 及表 17 至表 20。調查結果發現，基樁式結構底部之面版與樑均有多處混凝土剝落劣化及鋼筋腐蝕生銹現象，應予及時補修。

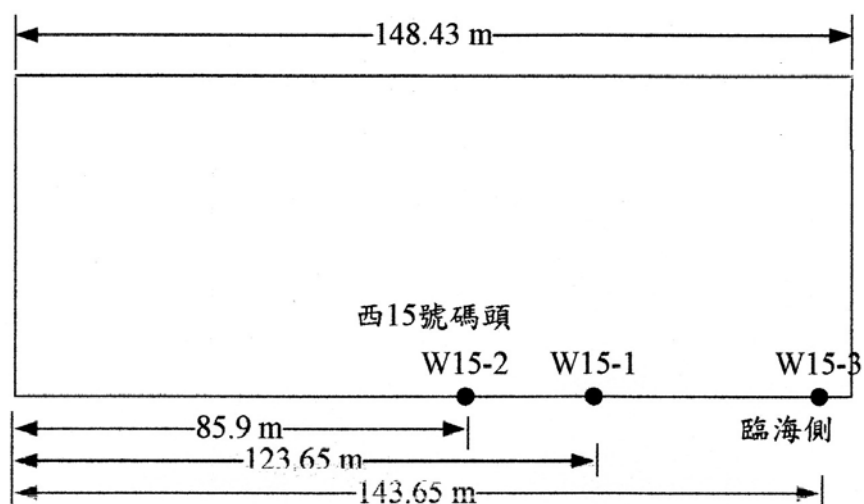


圖 27 基隆港西 14 號碼頭非破壞檢測位置示意圖

表 17 西 15 號碼頭電阻係數、鋼筋電位值量測、反彈錘試驗結果

編號	平均反彈值 (推估強度 kg/cm^2)	腐蝕電位 (mV 硫酸銅電極)	電阻係數 ($\text{K}\Omega$)
15-1(基樁式)	33.4(254)	-432~-256	47.3~52.7
15-2(擁壁式)	35.4(282)	-824~-720	21.8~46.1
15-3(基樁式)	30.6(214)	-495~-318	47.1~56.2

表 18 西 15 號碼頭鑽心試體之抗壓強度、中性化試驗結果

試體編號	抗壓強度(kgf/cm^2)	中性化深度(cm)
W15-1-1	269	0.2
W15-1-2	336	0.1
W15-1-3	310	0.2
W15-2-1	288	0.2
W15-2-2	208	0.3
W15-2-3	266	0.1
W15-2-4	263	0.2
W15-3-1	305	0.2
W15-3-3	255	0.2

表 19 基隆港西 15 號碼頭鑽心試體之超音波脈波速度

試體編號	超音波速(m/sec)	試體編號	超音波速(m/sec)
W15-1-1	4321	W15-2-3	4724
W15-1-2	4448	W15-2-4	4335
W15-1-3	4448	W15-3-1	4294
W15-2-1	4011	W15-3-3	4096
W15-2-2	4236		

表 20 基隆港西 15 號碼頭氯離子檢測(單位：kg/m³)

深度 試體 編號	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
W15-1	2.96	1.48	1.04	0.85	0.41	0.52	0.49
W15-2	1.38	0.71	0.83	0.67	0.27	0.17	0.37

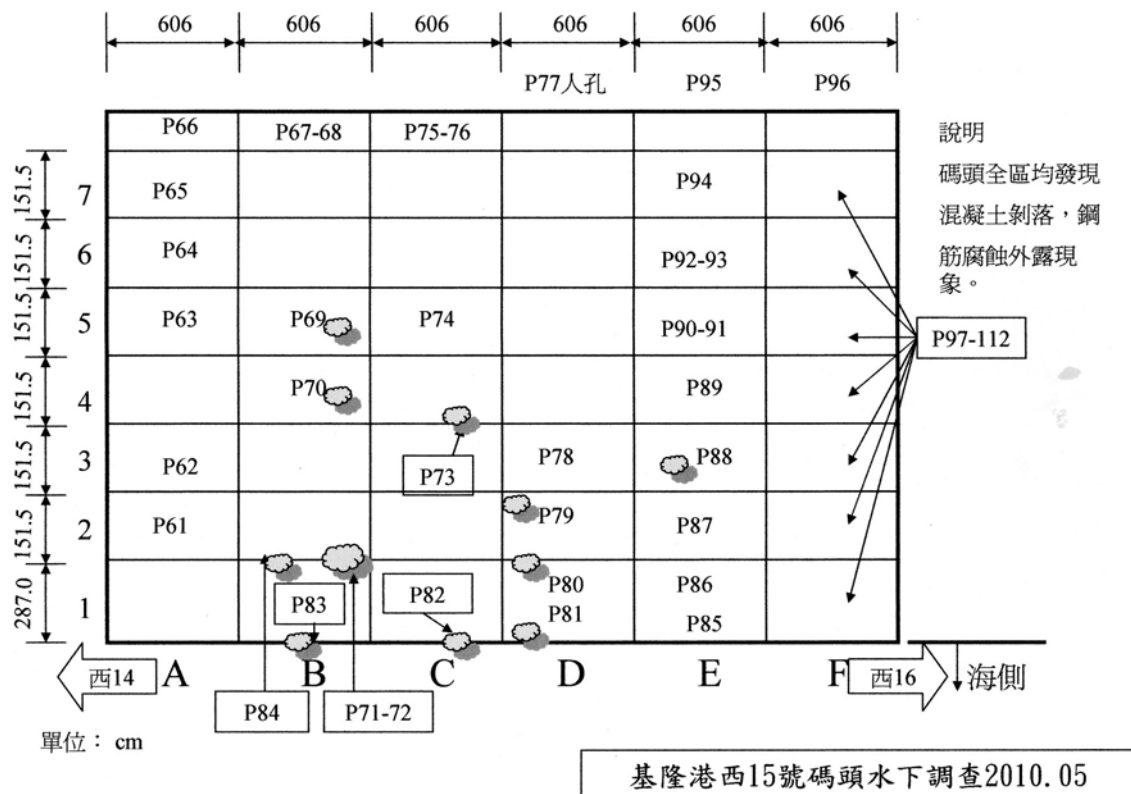


圖 28 基隆港西 15 號碼頭面版底部目視檢測結果



圖 29 基隆港西 15 號碼頭基樁式面版調查照片

表 21 基隆港西 15 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：基隆港		碼頭編號：西 15 號			
	建造日期：日據時代		啟用日期：日據時代			
	靠泊船級	原設計：		實際使用：		
	碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：148.43 m 縱深：12.4 m	水域深度	原設計：-9.0 m 目 前：-9.0m		
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 雜貨輪（穀類） ☐ 其他				
	碼頭構造型式	☒ 重力式（擁壁式） ☐ 板樁式 ☒ 棧橋式 ☐ 其他				
	上次檢測	無				
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R	
整體結構變形及主結構破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	4	0	
	碼頭法線	0	0	4	0	
	碼頭面版	0	0	3	0	
	混凝土強度	0	0	3	0	
	保護層厚度	0	0	2	0	
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----	
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----	
岸肩伸縮縫	0	0	3	0		
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i^{N_P} R_i = 0/19=1.0$				
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	2	0	
	繫船柱	0	0	3	0	
	擋車牆	0	0	2	0	
	排水給水設備	----	----	----	----	
	照明設施	----	----	----	----	
	油電管路	----	----	----	----	
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i^{N_A} R_i =0/7= 0.0$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i^N R_i =0/（19+7）= 0.0$				
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2010 年 5 月						

4.3 基隆港西 16 號碼頭

4.3.1 碼頭基本資料

本座碼頭結構型式原與西 15 號碼頭相同，以靠泊貨櫃船隻為主，為營運需要，於民國 78 年完成擴建，向海側延伸 20 m 之棧橋式鋼管樁碼頭，全長 148.4 m，寬 34m，設計水深為-9.0 m，設計載重為 2.0 t/m^2 ，主要結構型式係以 7 隻直樁及 3 隻斜樁支撐面版。碼頭位置如圖 19 所示，結構型式如圖 30 所示，碼頭現況情形如圖 31 所示。

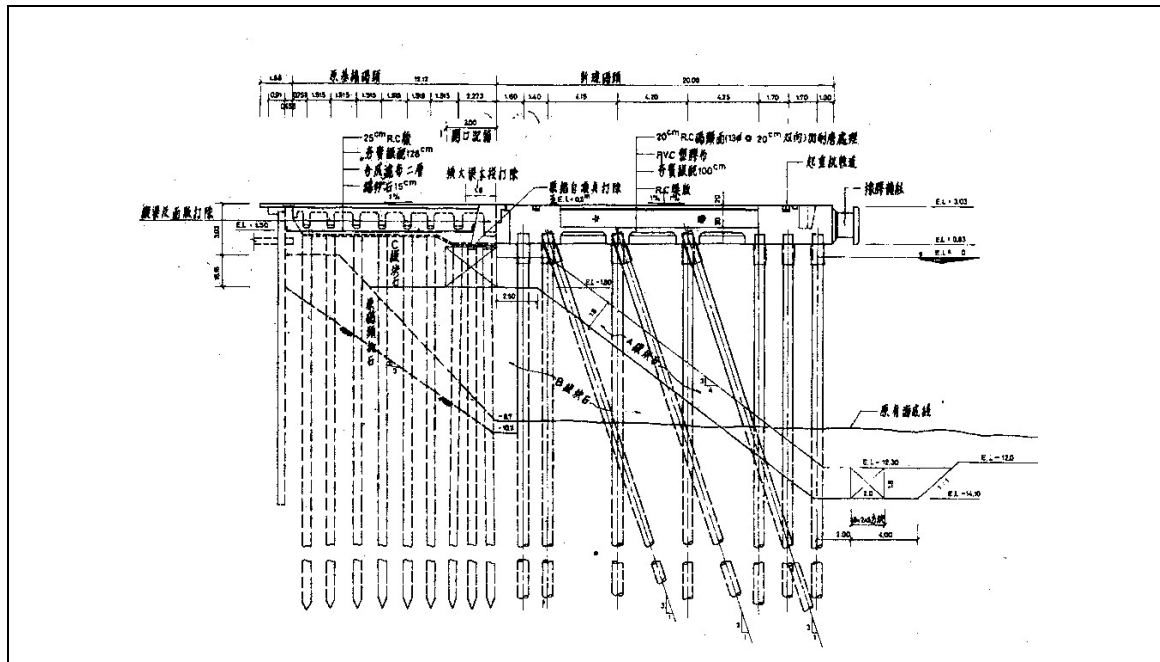


圖 30 基隆港西 16 至西 18 號碼頭結構型式



圖 31 基隆港西 16 號碼頭上部結構現況

4.3.2 及構造主結構體檢測

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

1. 岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
2. 碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
3. 碼頭面版檢測：檢測重點包含面版龜裂、沈陷、材質劣化等。本座碼頭面版以目視觀測，未發現明顯沉陷及鋪面劣化等現象。故 D 值=0，E=0，R=3。
4. 混凝土強度檢測：構造物當無重大明顯的破壞發生時，或重大明顯的破壞發生原因不明確時，一般混凝土強度可先視為與設計強度相當，即強度損失不大或可忽略，本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略。故 D 值=0，E=0，R=3。
5. 保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故雖未針對碼頭岸壁進行保護層厚度檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
6. 鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未實施此檢測項目。
7. 鋼筋腐蝕檢測：本座碼頭鋼管樁保護電位量測結果如表 22 所示，其值均小於-780 mV（氯化銀參考電位），故故 D 值=0，E=0，R=3。
8. 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，故 D 值=0，E=0，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 23 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

4.3.3 非主結構體檢測

1. 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
2. 繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，未發現鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
3. 擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆調查時，無劣損龜裂及破壞情形，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
4. 給水排水設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
5. 照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
6. 油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
7. 貨櫃起重機軌道：本座碼頭靠海側軌道無金屬片扭曲及變形，軌道旁混凝土面有凹陷現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 23 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，大於 2.0 但小於 4.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整

4.3.4 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.0，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

4.3.5 碼頭底版目視檢測及水下調查

為確實明瞭碼頭整體結構現況，本研究由潛水人員進行碼頭面版底版目視檢測及鋼管樁保護電位量測等，結果如表 22 及圖 32 所示。調查結果發現，舊碼頭與新碼頭交接處有多處混凝土剝落劣化及鋼筋腐蝕生銹現象，但不影響延伸擴建部份之結構安全。

表 22 基隆港西 16 號碼頭鋼管樁保護電位量測結果 (mV, Ag/AgCl 電位)

鋼管樁編號	水深		
	-1m	-4m	-7m
1	-872	-876	-890
2	-844	-874	-872
3	-839	-875	-896
4	-840	-868	-890
5	-841	-870	-872
6	-838	-869	-866
7	-844	-862	-862
8	-847	-872	-866
9	-843	-862	-860
10	-840	-862	-863



圖 32 基隆港西 16 號碼頭新舊交接處現況調查照片

表 23 基隆港西 16 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：基隆港		碼頭編號：西 16 號		
	建造日期：民國 78 年		啟用日期：民國 78 年		
	靠泊船級	原設計： 實際使用：			
	碼頭法線版面標 高：+6.20 m	長度：156.5m 縱深：34 m	水域深度	原設計：-13 m 目 前：-13 m	
	靠泊船隻屬性	☒ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪 ☐ 其他			
	碼頭構造型式	☐ 重力式 ☐ 版樁式 ☒ 棧橋式 ☐ 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整 體 結 構 變形 及 主 結 構 體 破 壞 檢 測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	0	0	3	0
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼板腐蝕檢測	----	----	----	----
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 0/19=0.0$			
非 主 結 構 設 施 破 壞 檢 測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	0	0	3	0
	擋車牆	0	0	2	0
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	貨櫃起重機軌道	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 0/10=0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 0/ (19+10) =0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2010 年 5 月					

4.4 基隆港西 17 號碼頭

4.4.1 碼頭基本資料

本座碼頭結構型式原與西 15 號碼頭相同，以靠泊貨櫃船隻為主。為營運需要於民國 78 年擴建，向海側延伸 20 m 之棧橋式鋼管樁碼頭，全長 207 m，寬 34m，設計水深為-9.0 m，設計載重為 2.0 t/m^2 ，主要結構型式係以 7 隻直樁及 3 隻斜樁支撐面版。碼頭位置如圖 19 所示，結構型式同基隆港西 16 號碼頭（如圖 30），碼頭現況情形如圖 32 所示。



圖 33 基隆港西 17 號碼頭碼頭上部結構現況

4.4.2 整體結構變形及構造主結構體檢測

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

1. 碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
2. 碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
3. 碼頭面版檢測：檢測重點包含面版龜裂、沈陷、材質劣化等。本座碼頭面版以目視觀測，未發現明顯沉陷及鋪面劣化等現象。故 D 值=0，E=0，R=3。

4. 混凝土強度檢測：構造物當無重大明顯的破壞發生時，或重大明顯的破壞發生原因不明確時，一般混凝土強度可先視為與設計強度相當，即強度損失不大或可忽略，本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略。故 D 值=0，E=0，R=3。
5. 保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故雖未針對碼頭岸壁進行保護層厚度檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
6. 鋼筋腐蝕探測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
7. 鋼管腐蝕檢測：鋼管樁保護電位量測結果如表 24 所示，其值均小於 -780 mV（氯化銀參考電極），故故 D 值=0，E=0，R=3。
8. 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，故 D 值=0，E=0，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 25 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

4.4.3 非主結構體檢測

1. 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
2. 繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，無鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
3. 擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆材質表面，未發現明顯龜裂或變形，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
4. 給水排水設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
5. 照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

6. 油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
7. 貨櫃起重機軌道：本座碼頭靠海側軌道，未發現金屬片扭曲及變形，軌道旁混凝土面無明顯凹陷現象，初檢評估結果為：D 值=01，E=0，R=3。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 25 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4.4.4 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.0 (表 25)，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

4.4.5 碼頭底版目視檢測及水下調查

為確實明瞭碼頭整體結構現況，本研究由潛水人員進行碼頭面版底版目視檢測及鋼管樁保護電位量測等，結果如表 24 及圖 34 所示。調查結果發現，舊碼頭與新碼頭交接處有多處混凝土剝落劣化及鋼筋腐蝕生銹現象，但不影響延伸擴建部份之結構安全。

表 24 基隆港西 17 號碼頭鋼管樁保護電位量測結果 (mV，Ag/AgCl 電位)

鋼管樁編號	水深		
	-1m	-4m	-7m
1	-872	-876	-890
2	-844	-874	-872
3	-839	-875	-896
4	-840	-868	-890
5	-841	-870	-872
6	-838	-869	-866
7	-844	-862	-862
8	-847	-872	-866
9	-843	-862	-860
10	-840	-862	-863



圖 34 基隆港西 17 號碼頭新舊交接處調查照片

表 25 基隆港西 17 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：基隆港		碼頭編號：西 17 號			
	建造日期：民國 78 年		啟用日期：民國 78 年			
	靠泊船級	原設計：		實際使用：		
	碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：207 m 縱深：34 m	水域深度	原設計：-13 m 目 前：-13 m		
	靠泊船隻屬性	☒ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪 ☐ 其他				
	碼頭構造型式	☐ 重力式 ☐ 版樁式 ☒ 棧橋式 ☐ 其他				
	上次檢測	無				
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R	
整體結構變形及主體結構破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	4	0	
	碼頭法線	0	0	4	0	
	碼頭面版	0	0	3	0	
	混凝土強度	0	0	3	0	
	保護層厚度	0	0	2	----	
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----	
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----	
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_P} R_i = 0/19 = 0.0$				
非主體設施破壞檢測	護舷材	0	0	2	0	
	繫船柱	0	0	3	0	
	擋車牆	0	0	2	0	
	排水給水設備	----	----	----	----	
	照明設施	----	----	----	----	
	油電管路	----	----	----	----	
	貨櫃起重機軌道	0	0	3	0	
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_A} R_i = 0/10 = 0.0$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^N R_i = 0/ (19+10) = 0.0$				
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2010 年 5 月						

4.5 基隆港西 18 號碼頭

4.5.1 碼頭基本資料

本座碼頭結構型式原與西 15 號碼頭相同，以靠泊貨櫃船隻為主。為營運需要於民國 78 年擴建，向海側延伸 20 m 之棧橋式鋼管樁碼頭，全長 215.5 m，寬 34m，設計水深為-9.0 m，設計載重為 2.0 t/m^2 ，主要結構型式係以 7 隻直樁及 3 隻斜樁支撐面版。結構型式同基隆港西 16 號碼頭（如圖 30），碼頭上部結構現況如圖 35 所示。

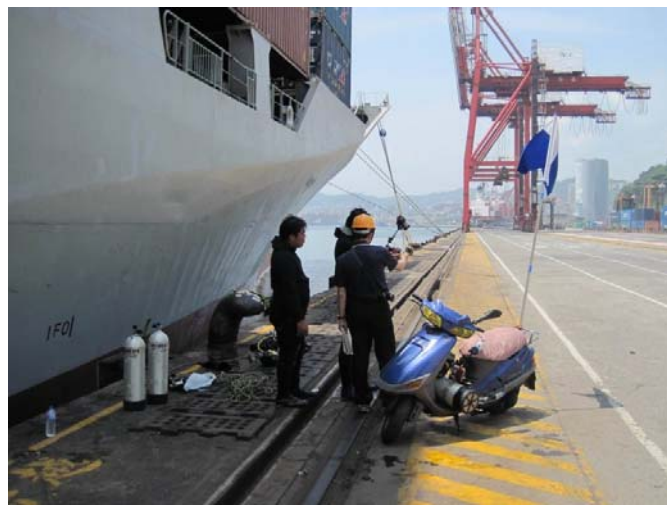


圖 35 基隆港西 18 號碼頭上部結構現況

4.5.2 整體結構變形及構造主結構體檢測

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

1. 碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
2. 碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
3. 碼頭面版檢測：檢測重點包含面版龜裂、沈陷、材質劣化等。本座碼頭面版以目視觀測，未發現明顯沉陷及鋪面劣化等現象。故 D 值=0，E=0，R=3。

4. 混凝土強度檢測：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=3。
5. 保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推估 D 值=0，E=0，R=2。
6. 鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未針對鋼筋腐蝕進行檢測。
7. 鋼管腐蝕檢測：鋼管樁保護電位量測結果如表 26 所示，其值均小於 -780 mV（氯化銀參考電位），故 D 值=0，E=0，R=3。
8. 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，故 D 值=0，E=0，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 27 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

4.5.3 非主結構體檢測

1. 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
2. 繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，無鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
3. 擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆材質表面，無撞損龜裂或變形現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
4. 給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
5. 照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
6. 油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

7. 貨櫃起重機軌道：本座碼頭靠海側軌道，未發現金屬片扭曲及變形，軌道旁混凝土面無凹陷現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=1，R=3。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 27 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4.5.4 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.0 (表 27)，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

4.5.5 碼頭底版目視檢測及水下調查

為確實明瞭本座碼頭整體結構現況，本研究由潛水人員針對碼頭面版底版進行目視檢測及鋼管樁保護電位量測等水下調查，檢測結果如表 26 及圖 36 所示。調查結果發現，舊碼頭部份與新碼頭交接處有多處混凝土剝落劣化及鋼筋腐蝕生銹現象，但不影響延伸擴建部份之結構安全。

表 26 基隆港西 18 號碼頭鋼管樁保護電位量測結果 (mV，Ag/AgCl 電位)

鋼管樁編號	水深		
	-1m	-4m	-7m
1	-872	-876	-890
2	-844	-874	-872
3	-839	-875	-896
4	-840	-868	-890
5	-841	-870	-872
6	-838	-869	-866
7	-844	-862	-862
8	-847	-872	-866
9	-843	-862	-860
10	-840	-862	-863

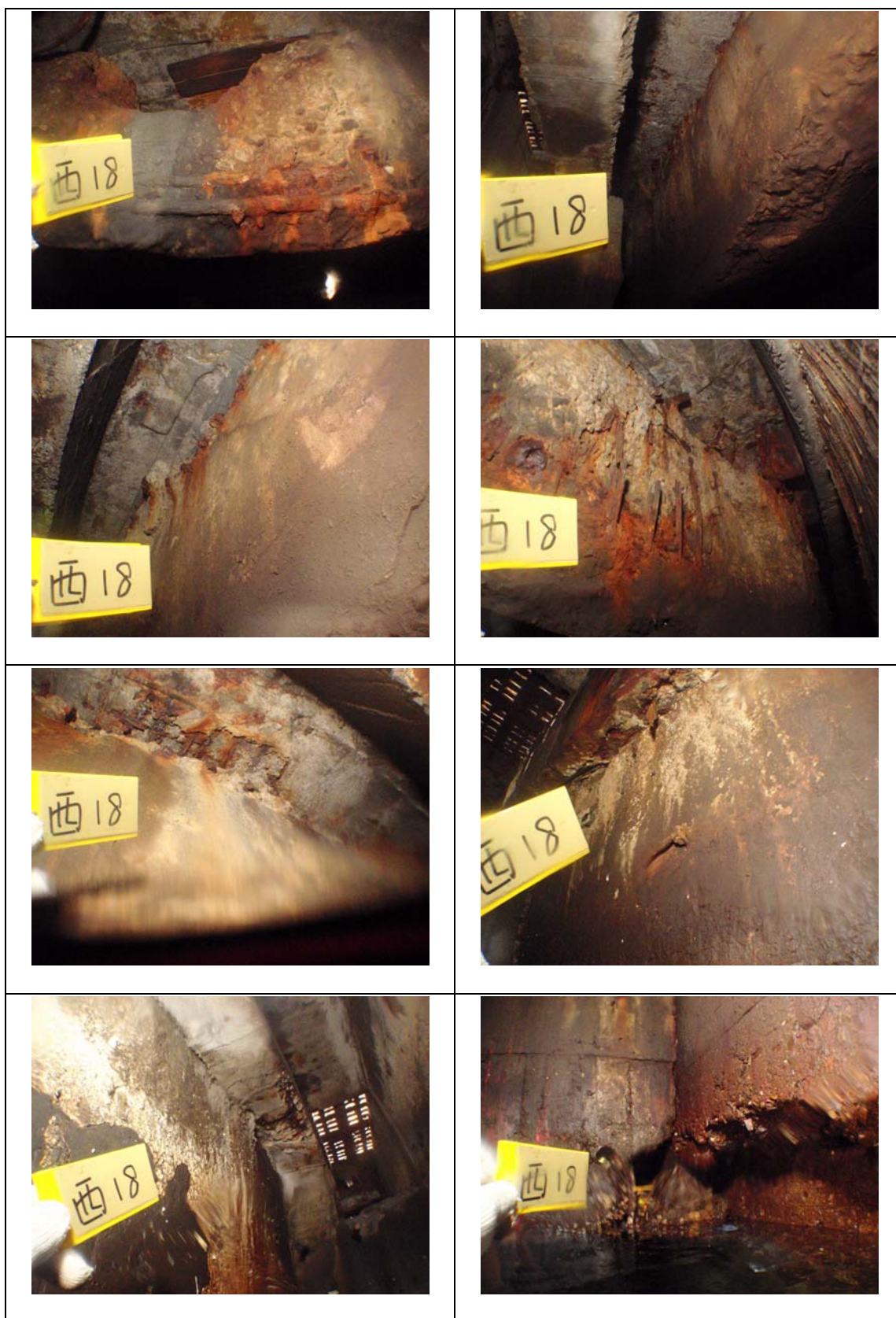


圖 36 基隆港西 18 號碼頭新舊交接處調查照片

表 27 基隆港西 18 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：基隆港		碼頭編號：西 18 號		
	建造日期：民國 78 年		啟用日期：民國 78 年		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：215.5 m 縱深：34 m	水域深度	原設計：-13 m 目 前：-13m	
	靠泊船隻屬性	☒ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪 ☐ 其他			
	碼頭構造型式	☐ 重力式 ☐ 版樁式 ☒ 棧橋式 ☐ 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	0	0	3	0
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	0	0	3	0	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_P} R_i = 0/19 = 0.0$			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	0	0	3	0
	擋車牆	0	0	2	6
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	貨櫃起重機軌道	0	0	3	0
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_A} R_i = 0/10 = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^N R_i = 0/(19+10) = 0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2010 年 5 月					

4.6 臺中港西 3 號碼頭

4.6.1 碼頭基本資料

本座碼頭全長 250 m，寬 27.0m，設計水深為-14.0 m，主要結構型式係以每排 6 隻直樁及 4 隻斜樁支撐碼頭面版之棧橋式結構，設計載重為 3.0 T/m^2 。碼頭位置及結構型式如圖 37 及圖 38 所示。本座碼頭係由臺灣中國石油公司向港務局承租使用，靠泊貨輪以載運油品為主。本座碼頭於民國 99 年 4 月 14 日，因遭輪船撞擊，造成第 8 至第 9 號碰墊間之碼頭面及車擋嚴重損壞，兩組吸油機中，1 組因撞擊導致傾倒，基座受損毀壞而無法發揮運送油品功能，經由臺灣中國石油公司委請潛水人員進行水下檢查，發現部份基樁彎曲變形、樁頭與面版接合處脫落、第 8 號碰墊護舷材受損，調查時碼頭現況情形示如圖 39 所示。

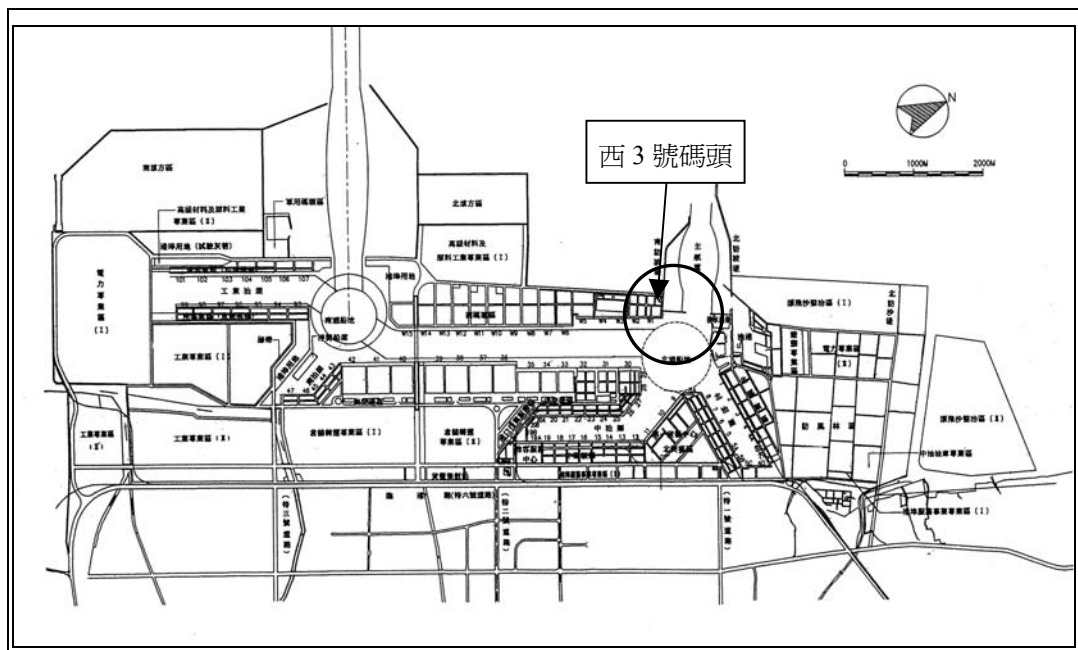


圖 37 臺中港西 3 號碼頭位置示意圖

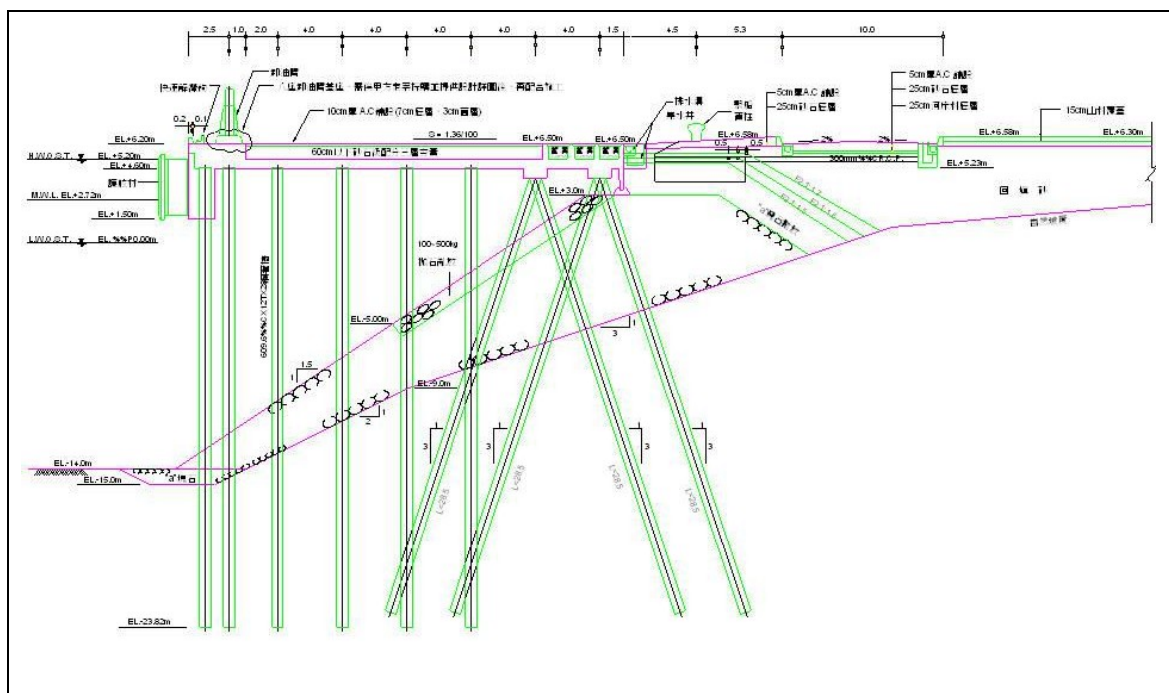


圖 38 臺中港西 3 號碼頭結構型式



圖 39 臺中港西 3 號碼頭上部結構現況照片

4.6.2 整體結構變形及構造主結構體檢測

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

1. 碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭雖遭輪船撞擊，但由陸上觀測未發現明顯位移，碼頭功能除吸油機 1 組受損無法操作，停靠船隻功能仍可部份發揮，故 D 值=2，E=1，R=4。
2. 碼頭面法線檢測：本座碼頭面除法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
3. 碼頭面版檢測：本座碼頭面，除第 8 至第 9 號碰墊間之碼頭面及車擋嚴重損壞外，無明顯沉陷及材質劣化現象，故 D 值=2，E=1，R=3。
4. 混凝土強度檢測：本座碼頭岸混凝土強度推估大於設計強度之 210 kgf/cm²，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
5. 保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推斷混凝土保護層厚度對於碼頭之破壞無直接關係，故並未針對保護層厚度做檢測。
6. 鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未針對鋼筋腐蝕進行檢測。
7. 鋼板腐蝕檢測：本座碼頭非鋼板樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故並未實施此檢測項目。
8. 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，但有出現輕微差異沉陷，故 D 值=1，E=1，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 28 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.4，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，但因碼頭面及基樁遭受強大外力撞擊，部份損壞無法以初步檢測方式查出，故建議仍應針對結構安全進行詳細之細部檢測。

4.6.3 非主結構體檢測

1. 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
2. 繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
3. 擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭第 8 至第 9 號碰墊間之車牆損壞嚴重，初檢評估結果為：D 值=2，E=1，R=3。。
4. 給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
5. 照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
6. 油電管路檢測：本座碼頭吸油機 1 組因撞擊導致傾倒，基座受損毀壞而無法發揮運送油品功能，初步檢測評估結果為：D 值=3，E=3，R=3。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 28 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 2.3，大於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能部份遭受損壞，將影響主結構體正常運作，應及早進行必要之細部檢測或維護作業。

4.6.4 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 1.8，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體結構體仍屬安全無虞範圍內，但因碼頭面及基樁遭受強大外力撞擊，部份損壞無法以初步檢測方式清楚顯現，故建議仍應針對整體結構安全進行詳細之細部檢測與評估。

表 28 臺中港西 3 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：臺中港		碼頭編號：西 3 號		
	建造日期：民國 75 年		啟用日期：民國 75 年		
	靠泊船級	原設計：油品輸送 實際使用：油品輸送			
	碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：250 m 縱深：27 m	水域深度	原設計：-9.0 m 目 前：-9.0 m	
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☒ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪（水泥等） ☐ 其他			
	碼頭構造型式	☐ 重力式 ☐ 板樁式 ☒ 棧橋式 ☐ 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構破壞檢測	碼頭岸壁	2	1	4	12
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	2	1	3	9
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼板腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	1	1	3	6	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 27/19=1.4$			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	1	1	2	4
	繫船柱	0	0	3	0
	擋車牆	2	1	2	6
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	3	3	3	18
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 28/12=2.3$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = (27+28)/(19+12)=1.8$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍 檢測時間：2010 年 4 月					

4.7 基隆港東 2 號碼頭

東 2 號碼頭於民國 57 年完工，係以 Z-38 之鋼板樁建造，全長約 200 公尺，水深-9.00 公尺，至今已使用了 33 年，在民國 66 年曾施作陰極防蝕工程，採犧牲陽極法，民國 82 年因接近防蝕設計年限且陽極塊大都消耗殆盡，因此重新加裝陰極防蝕，民國 96 年又再次加裝。碼頭斷面如圖 40，Z-38 鋼板樁型式及斷面性能分別如圖 41 及表 29。

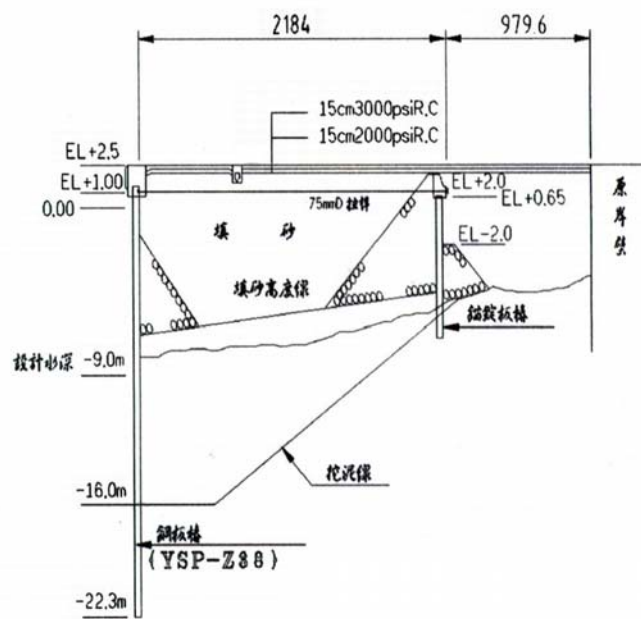


圖 40 基隆港東 2 至東 4 號碼頭斷面

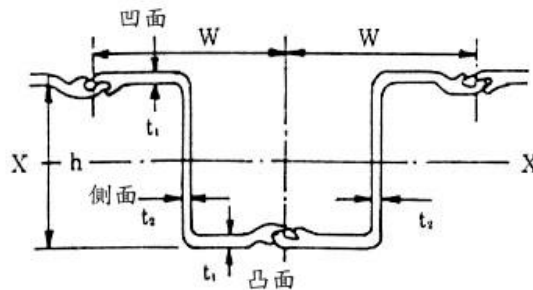


圖 41 Z-38 鋼板樁型式

表 29 Z-38 鋼版樁斷面性能

尺寸			鋼板樁單支時						壁長 1 公尺時			
有效寬	高度	厚度	斷面積	單位重	斷面二次矩	斷面係數	斷面二次半徑	表面積	單位重	表面積	斷面二次矩	斷面係數
b mm	h mm	t ₁ t ₂ mm	A Cm ²	W Kg/m	I _x cm ⁴	Z _x cm ³	Z _w cm ³	m ² /m	W Kg/m	m ² /m	I _x cm ⁴ /m	Z _x cm ³ /m
400	364	17.2、11.4	122.2	96	27720	1520	5.21	1.71	240	2.16	69200	3800

4.7.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.7.2 鋼板樁厚度

表 30 及圖 42 為東 2 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率檢測結果，在高程-0.05m 處凸面之平均腐蝕速率(0.09mm/yr.)最大，凹面(0.08mm/yr.)次之，側面(0.06mm/yr.)最小，全區碼頭之鋼板樁外觀並未發現有孔蝕或穿孔破洞等現象，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-1。

由檢測高程觀察，在高程+0.35m 處及高程-0.05m 處之平均腐蝕速率最大約在 0.05~0.06mm/yr.間，高程-1.50m 處以下其平均腐蝕速率最小（約在 0.03~0.07mm/yr.間，其腐蝕速率與趨勢和本所曾民國 90 年進行之檢測相近且均小於規範允許值（0.2mm/yr.），顯示採用鋁合金犧牲陽極塊防蝕工法已達到預期效益。由於鋼板樁使用時間已超過 40 年，雖然腐蝕速率並未超過規範值，但仍需多加注意。

表 30 基隆港東 2 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率 (mm/yr.)

高程(m)	凸面	側面	凹面
+0.35	0.05	0.06	0.05
-0.05	0.05	0.06	0.06
-0.50	0.06	0.05	0.05
-1.00	0.04	0.05	0.05
-1.50	0.04	0.04	0.05
-2.00	0.04	0.05	0.04
-4.00	0.04	0.03	0.07
-6.00	0.04	0.06	0.04

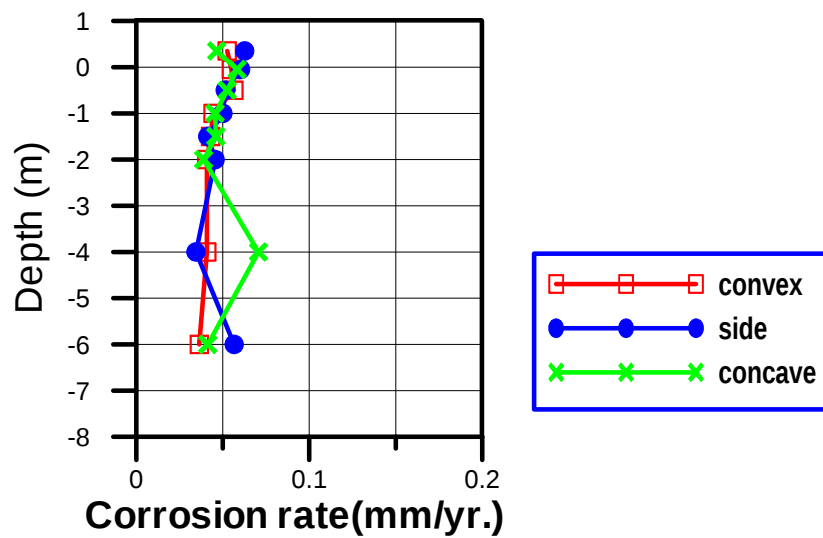


圖 42 基隆港東 2 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係

4.7.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 15 隻鋼板樁進行保護電位量測，量測結果列於表 31：保護電位最大值為 -892 mV，最小值為 -994 mV，平均為 -963 mV。由於陰極防蝕是以降低金屬之電位，來減緩金屬的溶解反應，進而達到降低或抑制腐蝕速率之目的，美國 NACE 於 1972 年曾訂定防蝕電位之標準為將結構物之電位控制至 -780 mV (以 Ag/AgCl 電極量測)以下，本座碼頭陽極塊保護電位均小於 -780 mV (以 Ag/AgCl 電極量測)，因此，已達保護鋼板樁之目的。

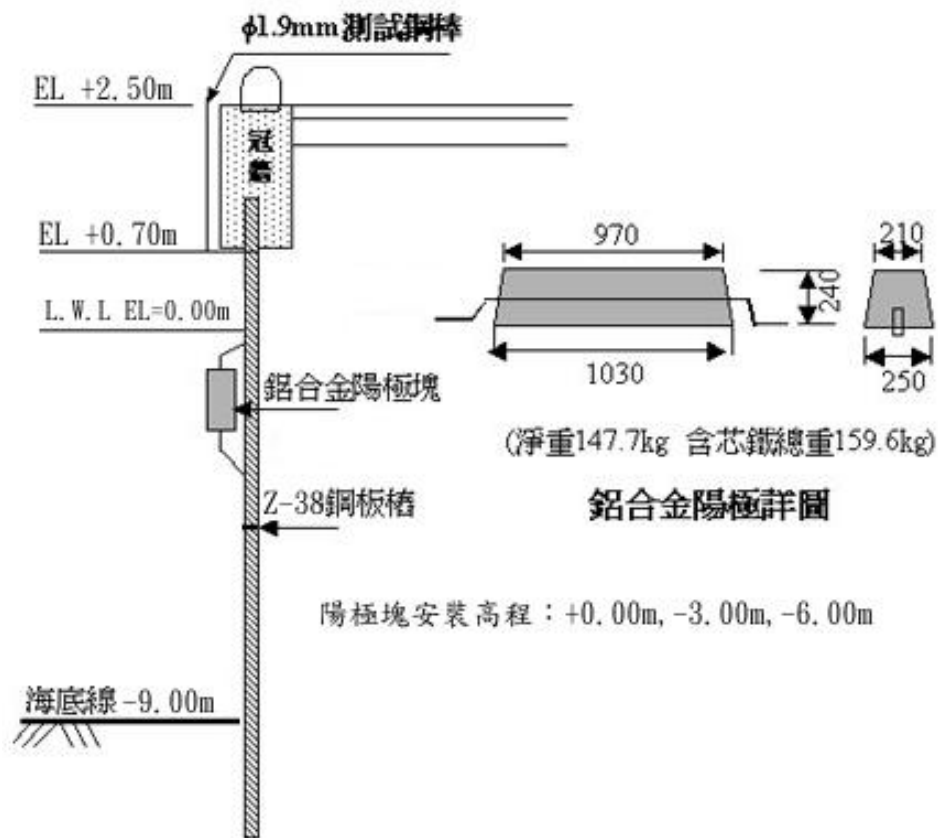
表 31 基隆港東 2 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果(mV，Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-897	-967	-971	16	-894	-975	-979
2	-897	-973	-971	17	-901	-978	-976
3	-901	-978	-975	18	-897	-981	-978
4	-897	-968	-980	19	-906	-976	-979
5	-901	-971	-985	20	-900	-974	-977
6	-891	-966	-992	21	-904	-969	-983
7	-898	-965	-994	22	-896	-969	987
8	-897	-958	-976	23	-902	-968	-976
9	-907	-965	-976	24	-893	-968	-974
10	-904	-973	-974	25	-868	-956	-956
11	-909	-976	-979	26	-873	-964	-969
12	-903	-979	-983	27	-896	-971	-976
13	-915	-986	-990	28	-890	-975	-980
14	-906	-980	-992	29	-902	-975	-980
15	-903	-976	-988	30	-892	-977	-982

4.7.4 陽極塊目視檢測及電位量測

陽極塊型式及安裝位置示如圖 43。目視檢測陽極塊表面附著許多海生物，外觀仍然十分完整。除去附著海生物後，剩餘表面有一層厚

實之白色之氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$) 反應產物，係鋁合金陽極塊中之鋁溶解後，與海水中之氫氧離子 (OH^-) 作用所生成。



本座碼頭共抽選 12 支陽極塊進行電位量測，量測結果列於表 32。陽極塊表面海生物清除前最大值為 -942 mV，最小值為 -1004 mV，平均為 -976 mV；海生物清除後最大值為 -949mV，最小值為 -1013 mV，平均為 -983 mV。由於陰極防蝕是以降低金屬之電位，來減緩金屬的溶解反應，進而達到降低或抑制腐蝕速率之目的，美國 NACE 於 1972 年曾訂定防蝕電位之標準為將結構物之電位控制至 -780 mV (以 Ag/AgCl 電極量測)以下，本座碼頭陽極塊電位均小於 -780 mV，因此，已達保護鋼板樁之目的。

表 32 基隆港東 2 號碼頭陽極塊電位量測結果(mV，Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-942	-947	-956	-955	-949	-965
2	-971	-978	-982	-977	-987	-986
3	-987	-983	-987	-987	-993	-1000
4	-948	-951	-966	-953	-955	-967
5	-988	-984	-991	-1004	-994	-1002
6	-989	-989	-985	-998	-997	-991
7	-968	-968	-980	-975	-980	-985
8	-980	-986	-989	-983	-992	-993
9	-947	-951	-958	-955	-958	-966
10	-976	-985	-980	-980	-985	-987
11	-965	-975	-998	-982	-986	-995
12	-993	-1004	-994	-999	-1013	-1006
平均	-971	-975	-981	-979	-982	-987
平均	-976			-983		

4.8 基隆港東 3 號碼頭

東 3 號碼頭於民國 57 年完工，係以 Z-38 之鋼板樁建造，全長約 170 公尺，水深-9.00M，至今已使用了 33 年，在民國 68 年曾施作陰極防蝕工程，採犧牲陽極法，民國 82 年因接近防蝕設計年限且陽極塊大都消耗殆盡，因此重新加裝陰極防蝕，民國 96 年又再次加裝。碼頭斷面如圖 40，Z-38 鋼板樁型式及斷面性能分別如圖 41 及表 29。

4.8.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.8.2 鋼板樁厚度

表 33 及圖 44 為東 3 號碼頭鋼板樁之平均腐蝕速率檢測結果，在高程 +0.35m 處凸面之平均腐蝕速率(0.07mm/yr.)最大，凹面及側面

(0.05mm/yr.)最小，碼頭全區鋼板樁外觀並未發現有孔蝕或穿孔破洞等現象，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-2。

由檢測高程觀察，在高程+0.35m 處及高程-0.05m 處之平均腐蝕速率最大約在 0.05~0.07mm/yr.間，高程-1.50m 處以下其平均腐蝕速率最小（約在 0.03~0.05mm/yr.間），其腐蝕速率與趨勢和本所曾民國 90 年進行之檢測相近且均小於規範允許值（0.2mm/yr.），顯示採用鋁合金犧牲陽極塊防蝕工法已達到預期效益。由於鋼板樁使用時間已超過 40 年，雖然腐蝕速率並未超過規範值，但仍需多加注意。

表 33 基隆港東 3 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率（mm/yr.）

高程(m)	凸面	側面	凹面
+0.35	0.07	0.05	0.05
-0.05	0.06	0.05	0.05
-0.50	0.05	0.05	0.05
-1.00	0.04	0.05	0.04
-1.50	0.04	0.05	0.04
-2.00	0.03	0.04	0.04
-4.00	0.03	0.04	0.04
-6.00	0.03	0.04	0.04

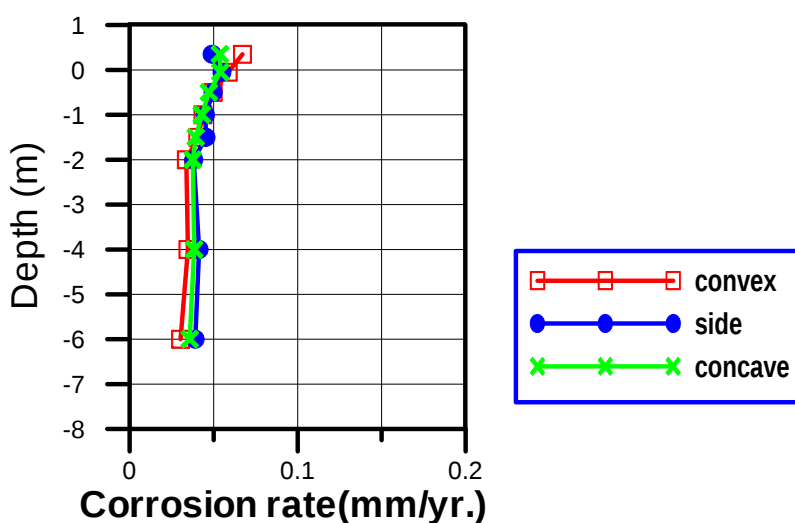


圖 44 基隆港東 3 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係

4.8.3 鋼板樁防蝕電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，量測結果列於表 34：最大值為 -875 mV，最小值為 -1012 mV，保護電位均小於 -780 mV (以 Ag/AgCl 電極量測)，因此，已達保護鋼板樁之目的。

表 34 基隆港東 3 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-920	-962	-973	16	-898	-969	-972
2	-916	-961	-967	17	-886	-964	-962
3	-910	-965	-969	18	-898	-953	-962
4	-899	-968	-971	19	-896	-957	-964
5	-903	-981	-978	20	-904	-950	-968
6	-895	-986	-989	21	-893	-954	-964
7	-896	-1002	-991	22	-901	-952	-968
8	-902	-1012	-988	23	-895	-958	-973
9	-900	-990	-981	24	-903	962	-973
10	-908	-977	-980	25	-875	-903	-946
11	-896	973	-983	26	-878	-911	-954
12	-902	-968	-992	27	-891	-926	-956
13	-898	-972	-984	28	-884	-929	-956
14	-897	-973	-986	29	-894	-921	-960
15	-899	-972	-975	30	-885	-923	-965

4.8.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 12 支陽極塊進行電位量測，量測結果列於表 35。陽極塊表面海生物清除前最大值為 -945 mV，最小值為 -1004 mV，平均為 -977mV；海生物清除後最大值為 -949 mV，最小值為 -1019 mV，平均為 -932 mV，本座碼頭陽極塊電位均小於 -780 mV(以 Ag/AgCl 電極量測)，因此，已達保護鋼板樁之目的。

表 35 基隆港東 3 號碼頭陽極塊電位量測結果(mV，Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-970	-970	-983	-979	-979	-1006
2	-1000	-1004	-1000	-1012	-1019	-1009
3	-979	-982	-979	-992	-994	-990
4	-993	-995	-996	-1002	-1001	-1000
5	-986	-986	-998	-1000	-999	-1015
6	-945	-951	-953	-949	-954	-957
7	-984	-983	-984	-985	-989	-993
8	-977	-981	-983	-992	-987	-979
9	-955	-964	-968	-969	-978	-979
10	-965	-973	-973	-970	-977	977
11	-981	-992	-993	-982	-1006	-1010
12	-974	-978	-980	-982	-987	-827
平均	-970	-970	-983	-979	-979	-1006
平均	-977			-932		

4.9 基隆港東 4 號碼頭

東 4 號碼頭於民國 57 年完工，係以 Z-38 之鋼板樁建造，全長約 180 公尺，水深-9.00m，至今已使用了 33 年，在民國 69 年完成陰極防蝕工程，採犧牲陽極法，民國 82 年因接近防蝕設計年限且陽極塊大都消耗殆盡，因此重新加裝陰極防蝕，民國 96 年又再次加裝。碼頭斷面如圖 40，Z-38 鋼板樁型式及斷面性能分別如圖 41 及表 29。

4.9.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.9.2 鋼板樁厚度

表 36 及圖 45 為東 4 號碼頭鋼板樁腐蝕速率檢測結果，在高程 -0.05m 處側面之平均腐蝕速率(0.07mm/yr.)最大，凹面(0.05mm/yr.)

最小，全區碼頭鋼板樁外觀並未發現有孔蝕或穿孔破洞等現象，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-3。

由水深觀察，在高程+0.35m、-0.05m、-0.50m 處之平均腐蝕速率最大約在 0.05~0.07mm/yr.間，高程-1.00m 處以下，腐蝕速率約在 0.03~0.05mm/yr.間，趨勢和本所曾民國 90 年進行之檢測相近且均小於規範允許值（0.2mm/yr.），顯示採用鋁合金犧牲陽極塊防蝕工法已達到預期效益。由於鋼板樁使用時間已超過三十年，雖然腐蝕速率並未超過規範值，但仍需多加注意。

表 36 基隆港東 4 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率（mm/yr.）

高程(m)	凸面	側面	凹面
+0.35	0.05	0.06	0.05
-0.05	0.06	0.07	0.05
-0.50	0.05	0.05	0.05
-1.00	0.04	0.05	0.04
-1.50	0.04	0.05	0.04
-2.00	0.04	0.05	0.04
-4.00	0.03	0.04	0.04
-6.00	0.04	0.04	0.04

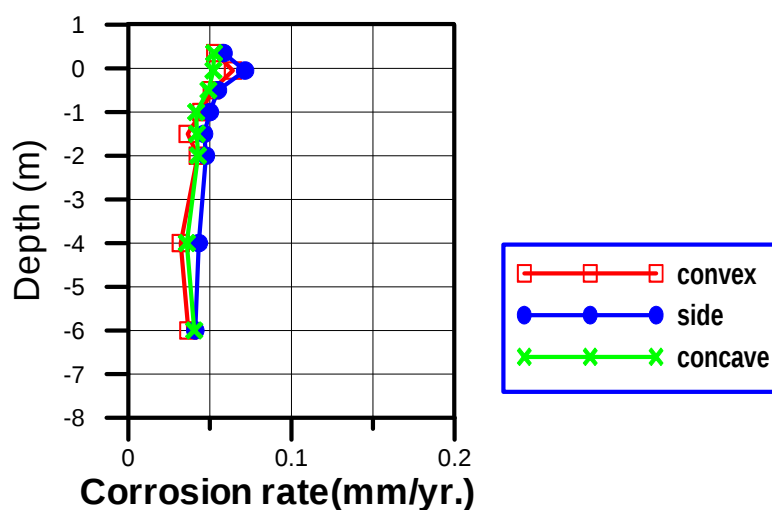


圖 45 基隆港東 4 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係

4.9.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，量測結果列於表平均為 -961 mV，保護電位均小於 - 780 mV (以 Ag/AgCl 電極量測)，因此，已達保護鋼板樁之目的。

表 37 基隆港東 4 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果 (mV，Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-895	-909	-909	16	-902	-910	-906
2	-908	-905	-911	17	-906	-910	-906
3	-912	-897	-918	18	-911	-908	-907
4	-909	-904	-910	19	-910	-912	-907
5	-892	-906	-907	20	-908	-909	-909
6	-895	-905	-907	21	-911	-908	-909
7	-904	-893	-907	22	-913	-909	-910
8	-906	-905	-907	23	-913	-910	-911
9	-896	-908	-907	24	-844	-895	-916
10	-901	-897	-905	25	-857	-889	-918
11	-906	-903	-910	26	-855	-895	-937
12	-901	-898	-911	27	-876	-891	-928
13	-902	-905	-905	28	-863	-904	-930
14	-901	-905	-911	29	-867	-906	-930
15	-903	-900	-913	30	-890	-920	-930

4.9.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 12 支陽極塊進行電位量測，量測結果列於表 38。陽極塊表面海生物清除前最大值為 -908 mV，最小值為 -991 mV，平均為 -962 mV；海生物清除後最大值為 -954 mV，最小值為 -1010 mV，平均為 -9678 mV，本座碼頭陽極塊電位均小於 - 780 mV(以 Ag/AgCl 電極量測)，因此，已達保護鋼板樁之目的。

表 38 基隆港東 4 號碼頭陽極塊電位量測結果 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-948	-962	-965	-959	-969	-972
2	-954	-958	-963	-959	-962	-972
3	-967	-966	-964	-966	-962	-961
4	-981	-991	-988	-990	-996	-1010
5	-963	-963	-965	-969	-970	-971
6	-944	-943	-943	-958	-961	-963
7	-945	-948	-947	-956	-954	-955
8	-952	-951	-951	-961	-960	-960
9	-957	-961	-965	-961	-966	-967
10	-908	-928	-947	-936	-940	-988
11	-954	-966	-973	-969	-974	-982
12	-959	-968	-971	-967	-975	-974
平均	-953	-959	-797	-963	-966	-973
平均	-962			-967		

4.10 基隆港東 5 號碼頭

東 5 號碼頭於民國 58 年完工，係以 Z-38 之鋼板樁建造，全長約 260 公尺，水深-9.00m，至今已使用了 42 年，由港務局提供資料顯示，並無採用防蝕工法，但實際調查發現，靠近東 4 號碼頭約 120 公尺範圍之鋼板樁，有安裝犧牲陽極，研判應為民國 82 年完成。民國 95 年碼頭因鋼板樁穿孔破洞導致內部及配料流失，碼頭面發生塌陷，故而全面補修鋼板樁破洞及加裝鋅合金犧牲陽極塊作為防蝕措施。Z-38 鋼板樁型式及斷面性能如圖 41 及表 29 所示，碼頭斷面如圖 46 所示。

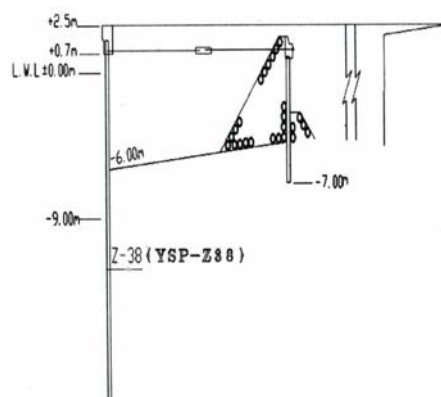


圖 46 東 5 號至東 7 號碼頭斷面示意圖

4.10.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.10.2 鋼板樁厚度

表 39 及圖 47 為東 5 號碼頭鋼板樁腐蝕速率檢測結果，在高程 +0.35m 處凸面之平均腐蝕速率(0.11mm/yr.)最大，高程-0.05 及-0.50m 之凹面(0.10mm/yr.)次之，其餘腐蝕速率介於 0.04~0.07 間，趨勢與本所民國 90 年進行之檢測相近且均小於規範允許值 (0.2mm/yr.)，顯示採用鋁合金犧牲陽極塊防蝕工法已達到預期效益。由於鋼板樁使用時間已超過三十年，雖然腐蝕速率並未超過規範值，但仍需多加注意，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-4。

表 39 基隆港東 5 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率 (mm/yr.)

高程(m)	凸面	側面	凹面
+0.35	0.11	0.06	0.06
-0.05	0.10	0.06	0.06
-0.50	0.10	0.06	0.06
-1.00	0.07	0.06	0.05
-1.50	0.06	0.05	0.05
-2.00	0.04	0.05	0.05
-4.00	0.04	0.05	0.04
-6.00	0.04	0.05	0.04

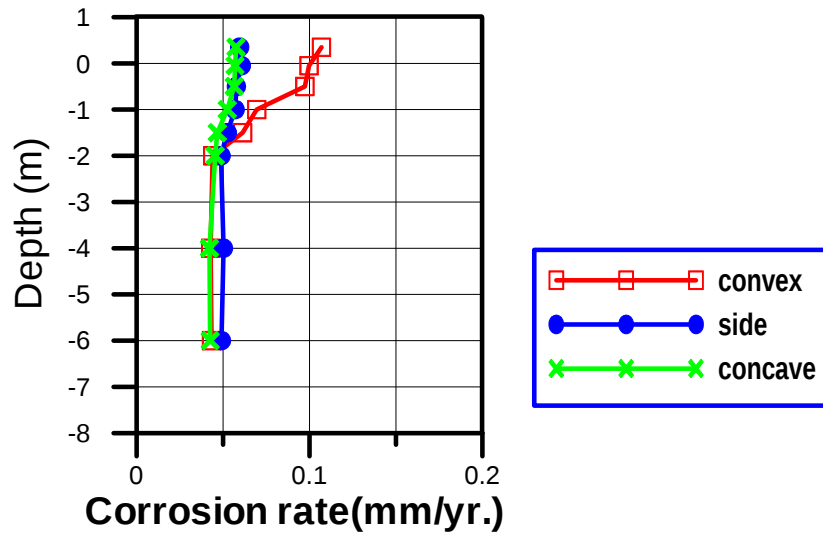


圖 47 基隆港東 5 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係

4.10.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，鋼板樁保護電位量測結果列於表 40：最大值為 -865 mV，最小值為 -983 mV，保護電位均小於 -780 mV，已達保護鋼板樁之目的。

表 40 基隆港東 5 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-877	-983	-959	16	-870	-934	-925
2	-882	-966	-957	17	-865	-935	-930
3	-870	-966	-95	18	-878	-927	-925
4	-880	-970	-947	19	-872	-925	-923
5	-870	-973	-944	20	-878	-926	-922
6	-880	-950	-940	21	-872	-927	-920
7	-871	-947	-938	22	-876	-915	-918
8	-879	-949	-939	23	-881	-917	-917
9	-873	-952	-936	24	-913	-912	-912
10	-891	-935	-930	25	-920	-912	-912
11	-873	-932	-927	26	-925	-916	-913
12	-879	-933	-924	27	-920	-919	-913
13	-871	-934	-925	28	-914	-918	-915
14	-877	-925	-923	29	-916	-916	-916
15	-866	-929	-925	30	-917	-972	-917

4.10.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 12 支陽極塊進行電位量測，量測結果列於表 41。陽極塊表面海生物清除前最大值為 -942 mV，最小值為 -983 mV，平均為 -968 mV；海生物清除後最大值為 -945 mV，最小值為 -992mV，平均為 -969 mV，本座碼頭陽極塊電位均小於 -780 mV，因此已達保護鋼板樁之目的。

表 41 基隆港東 5 號碼頭陽極塊電位量測結果 (mV，Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
E5-01	-942	-947	-951	-956	-958	-971
E5-02	-973	-974	-974	-961	-962	-966
E5-03	-946	-959	-957	-945	-950	-960
E5-04	-970	-974	-974	-948	-961	-964
E5-05	-957	-961	-964	-962	-971	-976
E5-06	-952	-961	-967	-958	-970	-974
E5-07	-968	-972	-973	-968	-974	-976
E5-08	-973	-957	-964	-957	-965	-972
E5-09	-968	-974	-982	-978	-978	-985
E5-10	-982	-964	-975	-989	-971	-986
E5-11	-967	-969	-971	-986	-992	-990
E5-12	-964	-973	-978	-974	-977	-991
E5-13	-975	-978	-979	-962	-964	-973
E5-14	-962	-964	-973	-967	-978	-986
E5-15	-976	-983	-981	-952	-953	-961
平均	-965	-967	-971	-964	-968	-975
平均	-968			-969		

4.11 基隆港東 6 號碼頭

東 6 號碼頭於民國 59 年完工，係以 Z-38 之鋼板樁建造，全長約 180 公尺，水深-9.0 公尺，整座碼頭未作任何防蝕措施，在使用 23 年後，於民國 82 年完成陰極防蝕工程，採犧牲陽極法，民國 96 年又再

次加裝。碼頭斷面如圖 46，Z-38 鋼板樁型式及斷面性能如圖 41 及表 29。

4.11.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.11.2 鋼板樁厚度

表 42 及圖 48 為東 6 號碼頭鋼板樁腐蝕速率檢測結果，可看出鋼板樁在檢測高程+0.35 至-0.50m 處凸面之平均腐蝕速率(0.09mm/yr)最大，其餘介於 0.05~0.07 mm/yr 間，高程-1.00 以下之腐蝕速率介於 0.04~0.08 mm/yr 間。腐蝕速率與趨勢和本所曾民國 90 年進行之檢測相近且均小於規範允許值 (0.2mm/yr.)，顯示採用鋁合金犧牲陽極塊防蝕工法已達到預期效益。由於鋼板樁使用時間已超過 40 年，雖然腐蝕速率並未超過規範值，但仍需多加注意，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-5。

表 42 基隆港東 6 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率 (mm/yr.)

高程(m)	凸面	側面	凹面
+0.35	0.09	0.06	0.06
-0.05	0.09	0.06	0.07
-0.50	0.09	0.09	0.05
-1.00	0.08	0.06	0.05
-1.50	0.05	0.05	0.04
-2.00	0.04	0.05	0.04
-4.00	0.04	0.05	0.04
-6.00	0.04	0.05	0.04

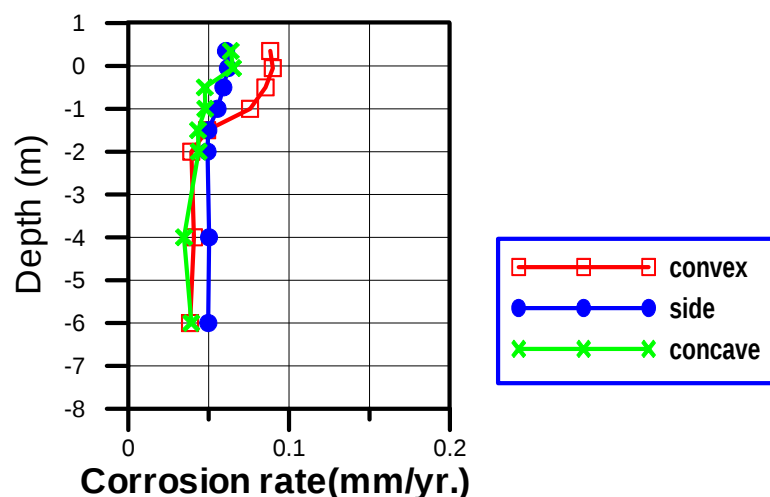


圖 48 基隆港東 6 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係

4.11.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，量測結果列於表 43：最大值為 -892 mV，最小值為 -972 mV，保護電位大部份均小於 -780 mV (以 Ag/AgCl 電極量測)，因此，已達保護鋼板樁之目的。

表 43 基隆港東 6 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-895	-909	-909	16	-902	-910	-906
2	-908	-905	-911	17	-906	-910	-906
3	-912	-897	-918	18	-911	-908	-907
4	-909	-904	-910	19	-910	-912	-907
5	-892	-906	-907	20	-908	-909	-909
6	-895	-905	-907	21	-911	-908	-909
7	-904	-893	-907	22	-913	-909	-910
8	-906	-905	-907	23	-913	-910	-911
9	-896	-908	-907	24	-913	-912	-912
10	-901	-897	-905	25	-920	-912	-912
11	-906	-903	-910	26	-925	-916	-913
12	-901	-898	-911	27	-920	-919	-913
13	-902	-905	-905	28	-914	-918	-915
14	-901	-905	-911	29	-916	-916	-916
15	-903	-900	-913	30	-917	-972	-917

4.11.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 12 支陽極塊進行電位量測，量測結果列於表 44。陽極塊表面海生物清除前最大值為 -948 mV，最小值為 -1001 mV，平均為 -978 mV，海生物清除後最大值為 -940 mV，最小值為 -1007 mV，平均為 -975 mV，本座碼頭陽極塊電位均小於 -780 mV(以 Ag/AgCl 電位)，因此已達保護鋼板樁之目的。

表 44 基隆港東 6 號碼頭陽極塊電位量測結果 (mV，Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-949	-948	-963	-944	-948	-940
2	-996	-1001	-998	-944	-947	-955
3	-986	-993	-983	-1007	-1001	-961
4	-984	-981	-979	-989	-988	-964
5	-975	-974	-979	-983	-981	-976
6	-964	-975	-971	-968	-970	-979
7	-970	-971	-972	-968	-974	-976
8	-985	-978	-972	-957	-965	-972
9	-986	-985	-982	-978	-978	-985
10	-980	-989	-985	-989	-971	-986
11	-996	-985	-985	-998	-995	-987
12	-993	-991	-986	-996	-996	-996
13	-947	-939	-945	-951	-942	-945
14	-989	-987	-983	-987	-991	-990
15	-972	-970	-972	-985	-979	-981
平均	-978	-978	-977	-976	-975	-973
平均	-978			-975		

4.12 基隆港東 7 號碼頭

東 7 號碼頭於民國 59 年完工，係以 Z-38 之鋼板樁建造，全長約 178 公尺，水深-9.00M，整座碼頭未作任何防蝕措施，在使用 23 年後，於民國 82 年完成陰極防蝕工程，採犧牲陽極法，民國 96 年又再次加裝。碼頭斷面如圖 46，Z-38 鋼板樁型式及斷面性能如圖 41 及表 29。

4.12.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.12.2 鋼板樁厚度

表 45 及圖 49 為東 7 號碼頭鋼板樁腐蝕速率檢測結果，可看出鋼板樁在檢測高程+0.35 至-0.50m 處凸面之平均腐蝕速率(0.139mm/yr)最大，其餘介於 0.07~0.10 mm/yr 間，高程-1.00 以下之腐蝕速率介於 0.04~0.09 mm/yr 間。腐蝕速率與趨勢和本所曾民國 90 年進行之檢測相近且均小於規範允許值（0.2mm/yr.），顯示採用鋁合金犧牲陽極塊防蝕工法已達到預期效益。由於鋼板樁使用時間已超過 40 年，雖然腐蝕速率並未超過規範值，但仍需多加注意，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-6。

表 45 基隆港東 7 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率（mm/yr.）

高程(m)	凸面	側面	凹面
+0.35	0.13	0.07	0.09
-0.05	0.13	0.07	0.10
-0.50	0.09	0.06	0.07
-1.00	0.08	0.06	0.06
-1.50	0.05	0.06	0.04
-2.00	0.04	0.05	0.05
-4.00	0.04	0.06	0.05
-6.00	0.04	0.05	0.04

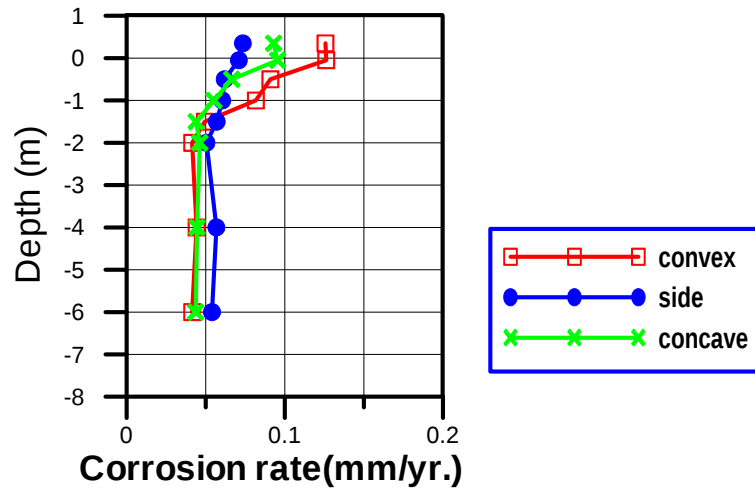


圖 49 基隆港東 7 號碼頭鋼板樁檢測高程與平均腐蝕速率之關係

4.12.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，量測結果列於表 46：最大值為 -892 mV，最小值為 -972 mV，保護電位均小於 -780 mV (以 Ag/AgCl 電極量測)，因此，已達保護鋼板樁之目的。

表 46 基隆港東 7 號碼頭鋼板樁保護電位量測結果 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-895	-909	-909	16	-902	-910	-906
2	-908	-905	-911	17	-906	-910	-906
3	-912	-897	-918	18	-911	-908	-907
4	-909	-904	-910	19	-910	-912	-907
5	-892	-906	-907	20	-908	-909	-909
6	-895	-905	-907	21	-911	-908	-909
7	-904	-893	-907	22	-913	-909	-910
8	-906	-905	-907	23	-913	-910	-911
9	-896	-908	-907	24	-913	-912	-912
10	-901	-897	-905	25	-920	-912	-912
11	-906	-903	-910	26	-925	-916	-913
12	-901	-898	-911	27	-920	-919	-913
13	-902	-905	-905	28	-914	-918	-915
14	-901	-905	-911	29	-916	-916	-916
15	-903	-900	-913	30	-917	-972	-917

4.12.4 陽極塊目視檢測及發生電位量測

本座碼頭共抽選 12 支陽極塊進行電位量測，量測結果列於表 47。目視檢測陽極塊表面附著許多海生物，外觀仍然十分完整，除去附著海生物後，剩餘表面有一層厚實之白色之氫氧化鋁（ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ）反應產物。

陽極塊表面海生物清除前最大值為 -895 mV，最小值為 -928mV，平均為 -9136 mV；海生物清除後最大值為 -904 mV，最小值為 -975 mV，平均為 -922 mV，本座碼頭陽極塊電位均小於 -780 mV(以 Ag/AgCl 電極量測)，因此已達保護鋼板樁之目的。

表 47 基隆港東 7 號碼頭陽極塊電位量測結果（mV，Ag/AgCl 電位）

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-899	-909	-913	-911	-915	-931
2	-919	-919	-925	-935	-934	-953
3	-890	-896	-895	-904	-912	-904
4	-906	-902	-908	-919	-909	-914
5	-899	-902	-913	-908	-911	-920
6	-920	-904	-906	-910	-909	-908
7	-903	-906	-908	-916	-915	-922
8	-923	-917	-913	-940	-936	-931
9	-920	-915	-928	-975	-933	-942
10	-908	-908	-918	-914	-913	-919
平均	-909	-908	-913	-923	-919	-924
平均	-913			-922		

4.13 高雄港 54 號碼頭

本座碼頭於民國 65 年完工，水深 10.5 公尺，碼頭全長 200 公尺，採用 FSP IV_A U 型組合之鋼板樁建造，鋼板樁於完工後即安裝犧牲陽極塊作為防蝕措施，整支鋼板樁均位於海水中。碼頭平面位置、結構斷面、使用鋼板樁型式分別如圖 50 至圖 52。

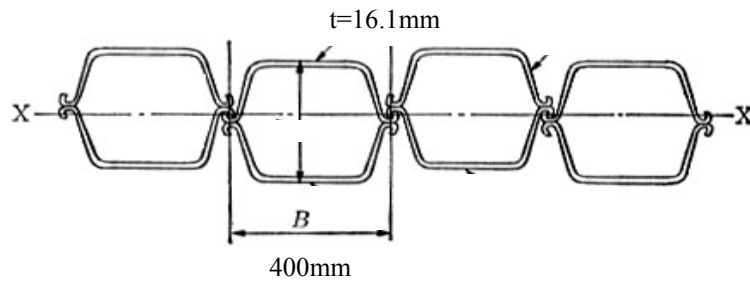


圖 52 高雄港 54 至 57 號碼頭 FSP IV_A U 型鋼板樁 BOX 型式

4.13.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.13.2 鋼板樁厚度

本座碼頭共抽選 12 支鋼板樁進行厚度量測，每支測樁檢測水深分別為 +0.3m、-1.0 m、-2.0 m、-4.0 m、-6.0 m、-8.0 m，計 6 個深度測點，如圖 53 所示，檢測點共計 90 點。

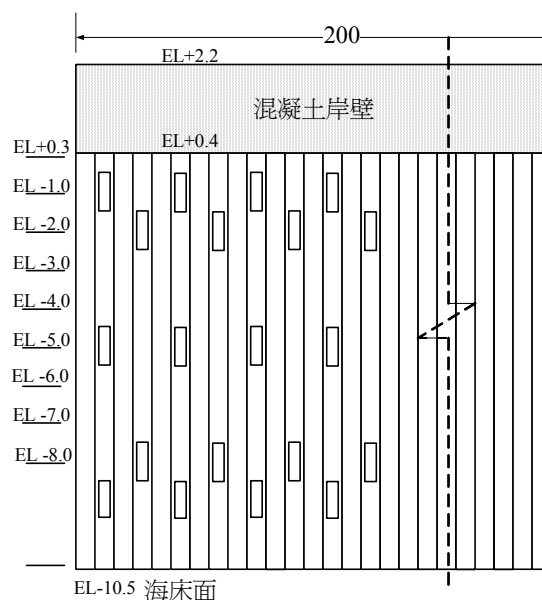


圖 53 高雄港 54 碼頭鋼板樁厚度量測水深示意圖

表 3.48 及圖 54 為鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係。各檢測水深平均腐蝕速率為 0.02~0.04 mm/yr. mm/yr.左右，遠小於設計允許值（0.20 mm/yr.），鋼板樁使用時間雖已超過 35 年，現有厚度僅少數測點為 14.0 mm，最大減少厚度約 2.1 mm，換算為腐蝕速率約 0.06 mm/yr.，腐蝕程度屬輕微，顯然安裝犧牲陽極塊已達到防蝕之目的，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-7。

表 48 高雄港 54 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率

水深(m)	+0.3	-1.0	-2.0	-4.0	-6.0	-8.0
腐蝕速率 (mm/yr.)	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02

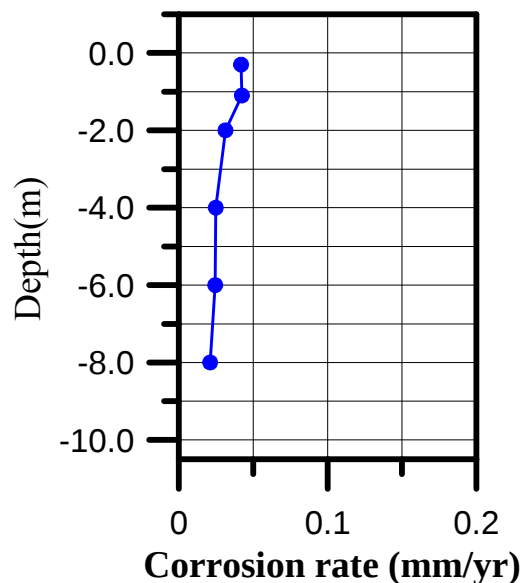


圖 54 高雄港 54 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係

4.13.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，每隻鋼板樁量測水深為 -1.0 m、-4.0 m 及 -7.0 m 共 3 處，量測結果列於表 49。保護電位最大值為 -933 mV，最小值為 -1012 mV，（以 Ag/AgCl 電極量測），鋼板樁處於防蝕保護狀態。

表 49 高雄港 54 號碼頭鋼板樁保護電位值 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-938	-939	-940	16	-1009	-1011	-1003
2	-950	-949	-949	17	-1012	-1004	-1003
3	-951	-948	-963	18	-1007	-1003	-1003
4	-941	-943	-962	19	-1007	-999	-1000
5	-950	-949	-957	20	-1007	-1001	-999
6	-953	-949	-963	21	-1003	-1007	-998
7	-950	-949	-963	22	-1002	-1001	-997
8	-955	-950	-955	23	-997	-997	-996
9	-940	-951	-963	24	-990	-1001	-995
10	-950	-952	-965	25	-990	-1006	-996
11	-952	-951	-965	26	-991	-1000	-995
12	-956	-950	-958	27	-991	-995	-995
13	-964	-950	-964	28	-989	-997	-995
14	-948	-934	-964	29	-984	-999	-993
15	-952	-933	-951	30	-983	-996	-993

4.13.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 15 支陽極塊進行電位量測，量測結果如表 50 所示，海生物清除前發生電位最大值為 -999 mV，最小值為 -1019 mV，海生物清除後最大值為 -1003 mV，最小值為 -1038 mV，均釋出足夠之防蝕保護電位。

表 50 高雄港 54 號碼頭陽極塊電位量測結果(mV, Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-1010	-1012	-1013	-1011	-1012	-1016
2	-1012	-1015	-1017	-1016	-1018	-1024
3	-1010	-1010	-1011	-1013	-1012	-1014
4	-1004	-1003	-1004	-1009	-1010	-1016
5	-1004	-1005	-1007	-1010	-1008	-1008
6	-1013	-1017	-1016	-1022	-1022	-1022
7	-1017	-1017	-1015	-1022	-1022	-1016
8	-1011	-1020	-1016	-1020	-1038	-1032
9	-1014	-1015	-1015	-1022	-1020	-1024
10	-1010	-1012	-1014	-1016	-1017	-1019
11	-1014	-1016	-1019	-1023	-1023	-1025
12	-1007	-1006	-1005	-1011	-1013	-1010
13	-1009	-1010	-1013	-1015	-1019	-1017
14	-1001	-1005	-1001	-1006	-1008	-1003
15	-999	-1004	-1001	-1005	-1011	-1014
平均	-1009	-1011	-1011	-1015	-1017	-1017
平均	-1010			-1016		

4.14 高雄港 55 號碼頭

本座碼頭於民國 65 年完工，水深 10.5 公尺，碼頭全長 200 公尺，採用 FSP IV_A U 型組合之鋼板樁建造，鋼板樁於完工後即安裝犧牲陽極塊作為防蝕措施，整支鋼板樁均位於海水中。碼頭結構斷面及使用鋼板樁型式同 54 號碼頭。

4.14.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.14.2 鋼板樁厚度

本座碼頭共抽選 15 支鋼板樁進行厚度量測，每支測樁檢測水深分別為 +0.3m、-1.0 m、-2.0 m、-4.0 m、-6.0 m、-8.0 m，計 6 個深度測點，檢測點共計 90 點。

表 51 及圖 55 為鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係。各檢測水深平均腐蝕速率為 0.02~0.04 mm/yr. mm/yr.左右，遠小於設計允許值（0.20 mm/yr.），鋼板樁使用時間雖已超過 35 年，現有厚度僅少數測點為 13.9 mm，最大減少厚度約 2.2 mm，換算為腐蝕速率約 0.06 mm/yr.，腐蝕程度屬輕微，顯然安裝犧牲陽極塊已達到防蝕之目的，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-8。

表 51 高雄港 55 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率性

水深(m)	+0.3	-1.0	-2.0	-4.0	-6.0	-8.0
腐蝕速率 (mm/yr.)	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

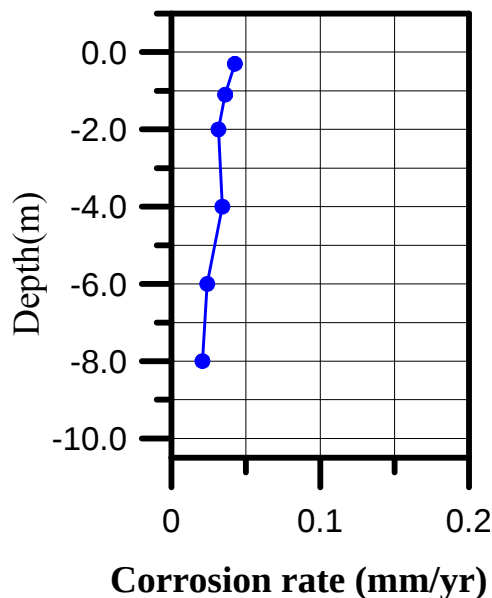


圖 55 高雄港 55 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係

4.14.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，每隻鋼板樁量測水深為 -1.0 m、-4.0 m 及 -7.0 m 共 3 處，量測結果列於表 52。保護電位最大值為 -892 mV，最小值為 -9712 mV，(以 Ag/AgCl 電極量測)，鋼板樁處於防蝕保護狀態。

表 52 高雄港 55 號碼頭鋼板樁保護電位值 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-895	-909	-909	16	-902	-910	-906
2	-908	-905	-911	17	-906	-910	-906
3	-912	-897	-918	18	-911	-908	-907
4	-909	-904	-910	19	-910	-912	-907
5	-892	-906	-907	20	-908	-909	-909
6	-895	-905	-907	21	-911	-908	-909
7	-904	-893	-907	22	-913	-909	-910
8	-906	-905	-907	23	-913	-910	-911
9	-896	-908	-907	24	-913	-912	-912
10	-901	-897	-905	25	-920	-912	-912
11	-906	-903	-910	26	-925	-916	-913
12	-901	-898	-911	27	-920	-919	-913
13	-902	-905	-905	28	-914	-918	-915
14	-901	-905	-911	29	-916	-916	-916
15	-903	-900	-913	30	-917	-972	-917

4.14.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 15 支陽極塊進行電位量測，量測結果如表 53 所示，海生物清除前發生電位最大值為 -914 mV，最小值為 -951 mV，海生物清除後最大值為 -922 mV，最小值為 -9589 mV，均釋出足夠之防蝕保護電位。

表 53 高雄港 55 號碼頭陽極塊發生電位值 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-936	-940	-945	-939	-945	-952
2	-951	-949	-951	-957	-949	-950
3	-935	-931	-936	-939	-934	-940
4	-942	-940	-939	-950	-940	-950
5	-918	-918	-922	-927	-925	-931
6	-920	-919	-925	-925	-927	-932
7	-924	-927	-932	-931	-941	-942
8	-930	-935	-935	-935	-946	-945
9	-931	-930	-932	-940	-943	-946
10	-922	-921	-926	-923	-922	-930
11	-945	-942	-947	-957	-955	-958
12	-926	-928	-931	-933	-937	-940
13	-928	-930	-934	-931	-933	-943
14	-914	-915	-915	-918	-919	-923
15	-918	-922	-925	-922	-926	-929
平均	-929	-930	-933	-935	-936	-941
平均	-931			-937		

4.15 高雄港 56 號碼頭

本座碼頭於民國 65 年完工，水深 10.5 公尺，碼頭全長 200 公尺，採用 FSP IVA U 型組合之鋼板樁建造，鋼板樁於完工後即安裝犧牲陽極塊作為防蝕措施，整支鋼板樁均位於海水中。碼頭結構斷面、使用鋼板樁型式同 54 號碼頭。

4.15.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.15.2 鋼板樁厚度

本座碼頭共抽選 12 支鋼板樁進行厚度量測，每支測樁檢測水深分別為 +0.3m、-1.0 m、-2.0 m、-4.0 m、-6.0 m、-8.0 m，計 6 個深度測點，檢測點共計 90 點。

表 54 及圖 56 為鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係。各檢測水深平均腐蝕速率為 0.05~0.06 mm/yr. mm/yr.左右，遠小於設計允許值（0.20 mm/yr.），鋼板樁使用時間雖已超過 35 年，現有厚度僅少數測點為 13.6 mm，最大減少厚度約 2.5 mm，換算為腐蝕速率約 0.07 mm/yr.，腐蝕程度屬輕微，顯然安裝犧牲陽極塊已達到防蝕之目的，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-9。

表 54 高雄港 56 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率

水深(m)	+0.3	-1.0	-2.0	-4.0	-6.0	-8.0
腐蝕速率 (mm/yr.)	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05

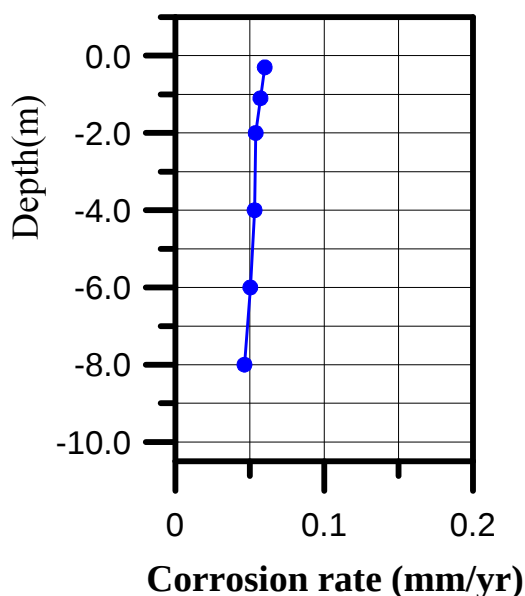


圖 56 高雄港 56 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係

4.15.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，每隻鋼板樁量測水深為 -1.0 m、-4.0 m 及 -7.0 m 共 3 處，量測結果列於表 55。保護電位最大值為 -903 mV，最小值為 -1010 mV，(以 Ag/AgCl 電極量測)，鋼板樁處於防蝕保護狀態。

表 55 高雄港 56 號碼頭鋼板樁保護電位值 (mV，Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-909	-911	-909	16	-970	-988	-987
2	-915	-916	-909	17	-997	-976	-987
3	-905	-910	-909	18	-1010	-984	-985
4	-909	-911	-909	19	-994	-984	-979
5	-922	-915	-909	20	-993	-980	-989
6	-914	-921	-910	21	-996	-987	-989
7	-906	-920	-911	22	-994	-987	-982
8	-912	-919	-911	23	-999	-984	-986
9	-912	-920	-911	24	-991	-985	-982
10	-909	-915	-911	25	-989	-982	-980
11	-903	-911	-910	26	-994	-978	-980
12	-909	-909	-910	27	-1000	-988	-981
13	-916	-915	-910	28	-998	-993	-980
14	-912	-922	-911	29	-994	-996	-979
15	-906	-923	-912	30	-992	-981	-987

4.15.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 15 支陽極塊進行電位量測，量測結果如表 56 所示，海生物清除前發生電位最大值為 -911 mV，最小值為 -943

mV，海生物清除後最大值為 - 918 mV，最小值為 - 949 mV，均釋出足夠之防蝕保護電位。

表 56 高雄港 56 號碼頭陽極塊發生電位值 (mV，Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-915	-911	-914	-918	-919	-925
2	-926	-922	-931	-931	-930	-949
3	-932	-935	-939	-943	-952	-953
4	-933	-931	-935	-942	-941	-948
5	-937	-939	-943	-943	-948	-950
6	-930	-935	-942	-943	-944	-953
7	-931	-931	-934	-938	-941	-949
8	-921	-923	-931	-928	-933	-945
9	-925	-927	-930	-935	-940	-947
10	-926	-924	-930	-932	-932	-940
11	-920	-923	-928	-928	-933	-937
12	-920	-925	-929	-931	-936	-945
13	-918	-923	-926	-921	-927	-927
14	-914	-919	-927	-920	-933	-936
15	-917	-919	-929	-927	-924	-939
平均	-924	-926	-931	-932	-936	-943
平均	-927			-937		

4.16 高雄港 57 號碼頭

本座碼頭於民國 68 年完工，水深 10.5 公尺，碼頭全長 184 公尺，採用 FSP IVA U 型組合之鋼板樁建造，鋼板樁於完工後即安裝犧牲陽極塊作為防蝕措施，整支鋼板樁均位於海水中。碼頭結構斷面及使用鋼板樁型式亦同 54 號碼頭。

4.16.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.16.2 鋼板樁厚度

本座碼頭共抽選 15 支鋼板樁進行厚度量測，每支測樁檢測水深分別為 +0.3m、-1.0 m、-2.0 m、-4.0 m、-6.0 m、-8.0 m，計 6 個深度測點，檢測點共計 90 點。

表 57 及圖 57 為鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係。各檢測水深平均腐蝕速率為 0.02~0.04 mm/yr. mm/yr.左右，遠小於設計允許值（0.20 mm/yr.），鋼板樁使用時間雖已超過 35 年，現有厚度僅少數測點為 12.5 mm，最大減少厚度約 3.6 mm，換算為腐蝕速率約 0.10 mm/yr.，腐蝕程度屬輕微，顯然安裝犧牲陽極塊已達到防蝕之目的，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-10。

表 57 高雄港 57 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率

水深(m)	+0.3	-1.0	-2.0	-4.0	-6.0	-8.0
腐蝕速率 (mm/yr.)	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02

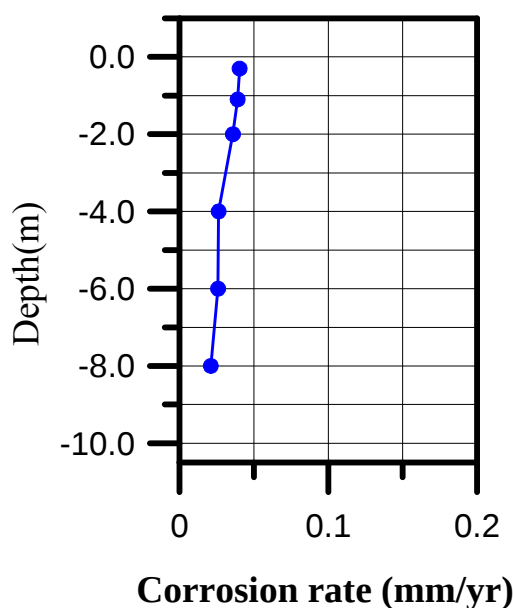


圖 57 高雄港 57 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係

4.16.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，每隻鋼板樁量測水深為 -1.0 m、-4.0 m 及 -7.0 m 共 3 處，量測結果列於表 58。保護電位最大值為 -880 mV，最小值為 -914 mV，(以 Ag/AgCl 電極量測)，鋼板樁處於防蝕保護狀態。

表 58 高雄港 57 號碼頭鋼板樁保護電位值 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-883	-887	-893	16	-907	-914	-902
2	-889	-880	-893	17	-909	-899	-901
3	-895	-887	-883	18	-905	-897	-901
4	-881	-888	-891	19	-892	-901	-901
5	-885	-886	-893	20	-892	-900	-902
6	-887	-890	-888	21	-898	-895	-902
7	-886	-891	-906	22	-911	-891	-900
8	-902	-892	-912	23	-898	-890	-895
9	-898	-892	-896	24	-892	-888	-894
10	-883	-893	-903	25	-889	-888	-893
11	-891	-893	-906	26	-894	-889	-892
12	-899	-882	-903	27	-898	-890	-892
13	-904	-885	-899	28	-894	-890	-893
14	-896	-894	-903	29	-893	-887	-892
15	-891	-893	-904	30	-896	-887	-892

4.16.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 15 支陽極塊進行電位量測，量測結果如表 59 所示，海生物清除前發生電位最大值為 902 mV，最小值為 -936 mV，海生物清除後最大值為 -903 mV，最小值為 -948 mV，均釋出足夠之防蝕保護電位。

表 59 高雄港 57 號碼頭陽極塊發生電位值 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	發生電位 (mV)			發生電位 (mV)		
	上	中	下	上	中	下
1	-918	-925	-936	-924	-936	-948
2	-919	-921	-924	-930	-928	-932
3	-921	-921	-931	-932	-933	-944
4	-915	-918	-927	-922	-925	-941
5	-922	-921	-915	-924	-945	-919
6	-915	-918	-926	-918	-919	-928
7	-915	-923	-922	-916	-923	-923
8	-917	-922	-913	-925	-925	-919
9	-905	-908	-907	-909	-911	-913
10	-906	-904	-908	-910	-910	-914
11	-927	-918	-921	-939	-931	-930
12	-910	-908	-903	-937	-917	-919
13	-904	-903	-903	-907	-908	-910
14	-900	-902	-904	-903	-907	-908
15	-904	-906	-907	-909	-911	-915
平均	-913	-915	-916	-920	-922	-924
平均	-915			-922		

4.17 高雄港 58 號碼頭

本座碼頭於民國 90 年完成擴建，水深 10.5 公尺，碼頭全長 200 公尺，採用 Z 型鋼板樁建造，鋼板樁於完工後即安裝犧牲陽極塊作為防蝕措施，整支鋼板樁均位於海水中。碼頭結構斷面及使用鋼板樁型式亦同 54 號碼頭。

4.17.1 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，表面附著許多海生物，無明顯銹蝕現象。

4.17.2 鋼板樁厚度

本座碼頭共抽選 10 支鋼板樁進行厚度量測，每支測樁檢測水深分別為 +0.3m、-1.0 m、-2.0 m、-4.0 m、-6.0 m、-8.0 m，計 6 個深度測點，檢測點共計 60 點。

表 60 及圖 58 為鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係。各檢測水深平均腐蝕速率為 0.07~0.11 mm/yr. mm/yr.左右，遠小於設計允許值（0.20 mm/yr.），鋼板樁使用時間僅約 10 年，現有厚度僅少數測點為 7.8 mm，最大減少厚度約 1.3 mm，換算為腐蝕速率約 0.14 mm/yr.，腐蝕程度屬輕微，顯然安裝犧牲陽極塊已達到防蝕之目的，鋼板樁厚度檢測紀錄詳如附錄一-11。

表 60 高雄港 58 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率

水深(m)	+0.3	-1.0	-2.0	-4.0	-6.0	-8.0
腐蝕速率(mm/yr.)	0.11	0.09	0.10	0.08	0.08	0.07

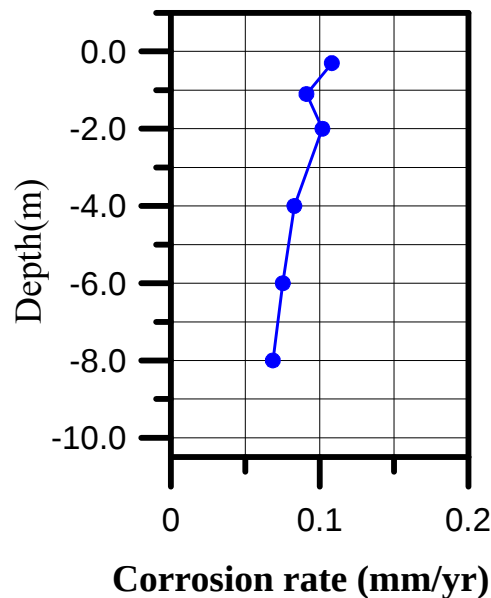


圖 58 高雄港 58 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係

4.17.3 鋼板樁保護電位

本座碼頭共選取 30 隻鋼板樁進行保護電位量測，每隻鋼板樁量測水深為 -1.0 m、-4.0 m 及 -7.0 m 共 3 處，量測結果列於表 61。保護電位最大值為 -840 mV，最小值為 -896 mV，(以 Ag/AgCl 電極量測)，鋼板樁處於防蝕保護狀態。

表 61 高雄港 58 號碼頭鋼板樁保護電位值 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	水深 (m)			編號	水深 (m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
1	-872	-876	-890	11	-848	-895	-863
2	-844	-874	-872	12	-846	-871	-862
3	-839	-875	-896	13	-840	-865	-858
4	-840	-868	-890	14	-846	-867	-870
5	-841	-870	-872	15	-855	-870	-900
6	-838	-869	-866	16	-859	-874	-885
7	-844	-862	-862	17	-854	-872	-870
8	-847	-872	-866	18	-853	-862	-875
9	-843	-862	-860	19	-850	-857	-895
10	-840	-862	-863	20	-860	-862	-882

4.17.4 陽極塊發生電位

本座碼頭共抽選 10 支陽極塊進行電位量測，量測結果如表 62 所示，海生物清除前發生電位最大值為 -885 mV，最小值為 -951 mV，海生物清除後最大值為 -895 mV，最小值為 -975 mV，均釋出足夠之防蝕保護電位。

表 62 高雄港 58 號碼頭陽極塊發生電位值 (mV, Ag/AgCl 電位)

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
1	-930	-932	-936	-937	-938	-941
2	-935	-942	-941	-937	-944	-952
3	-940	-944	-947	-943	-953	-948
4	-935	-951	-948	-938	-954	-954
5	-945	-949	-949	-975	-965	-956
6	-888	-892	-902	-895	-909	-913
7	-900	-887	-894	-906	-901	-902
8	-889	-895	-898	-898	-910	-925
9	-892	-899	-901	-895	-905	-909
10	885	-893	-901	-899	-921	-924
平均	-914	-918	-922	-922	-930	-932
平均	-918			-928		

4.18 新竹市新竹漁港

新竹市原本僅有位於頭前溪口之南寮漁港，1952 年起，始於頭前溪口南岸之南寮里勘定港址，興建港口一處、碼頭 423 公尺、倉庫及辦公室等，嗣後自 1954～1959 年繼續興建完成泊地面積 3.5 公頃。1974 年及 1975 年度於港口興建閘門，適時啟閉，以維持泊地水深，阻止大量漂砂進入港內，1975 年再興建突堤。

由於該港位於頭前溪口，為河口岸，每當洪水時期，洪流挾帶大量泥砂，造成泊地淤積，致使水深無法維持，漁船須候潮進出，非常不便。1980 年，選定於頭前溪口南邊約二公里海岸，開闢能全天候使用之南寮新漁港。1981 年 4 月完成規劃，並正式定名為「新竹漁港」，同年 10 月底開工興建，至 1991 年 6 月完成及啟用。漁港泊地水深為低潮位以下 3 公尺，漁船可以全天候進出而無須候潮，泊地分為內外兩部分，內泊地面積約 14.6 公頃，外泊地面積約 8.06 公頃，碼頭總長

約 2,450 公尺；另外建港時更填築約 52 公頃之新生地，除漁港公共設施外，更可提供漁業相關工業、商業及住宅社區發展之用。新竹漁港腹地廣大，已朝休閒等多功能漁港發展，生鮮魚市、海鮮熟食、綠地、停車場等俱全，已成為大新竹地區居民休閒生活的好去處。漁港主要設施如表 63 所示。港區平面及碼頭結構型式如圖 59 至圖 68 所示。

本次調查結果顯示，漁港碼頭之設計水深為-5.5m，由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且本漁港碼頭靠泊之漁船筏噸數均小於 200 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。圖 69 為調查時之碼頭現況。

由歷年記錄顯示，漁港維護仍以泊地及碼頭水深浚挖為主，故建議可不應用 D.E.R 法進行結構體安全性評估，惟漁港之港灣設施基本資料及歷年維護紀錄，仍需建立資料庫存檔。

表 63 新竹漁港現有主要設施

設施名稱		數量
碼頭	水深-5.5m (低潮-3.0 m)	2372 m
泊地	水深-5.5m (低潮-3.0 m)	22.9 公頃
外廓設施	北防波堤	1135 m
	南防波堤	919 m
	北海堤	1010 m
	南海堤	756 m
	防砂堤	800 m
	南北突堤	325 m
	內堤	323 m
陸上公共設施	魚市場、漁會辦公室、魚貨直銷中心、加油站、修船廠、檢查站、漁具倉庫、整備站、管理站、停車場、港區道路、漁業電台	

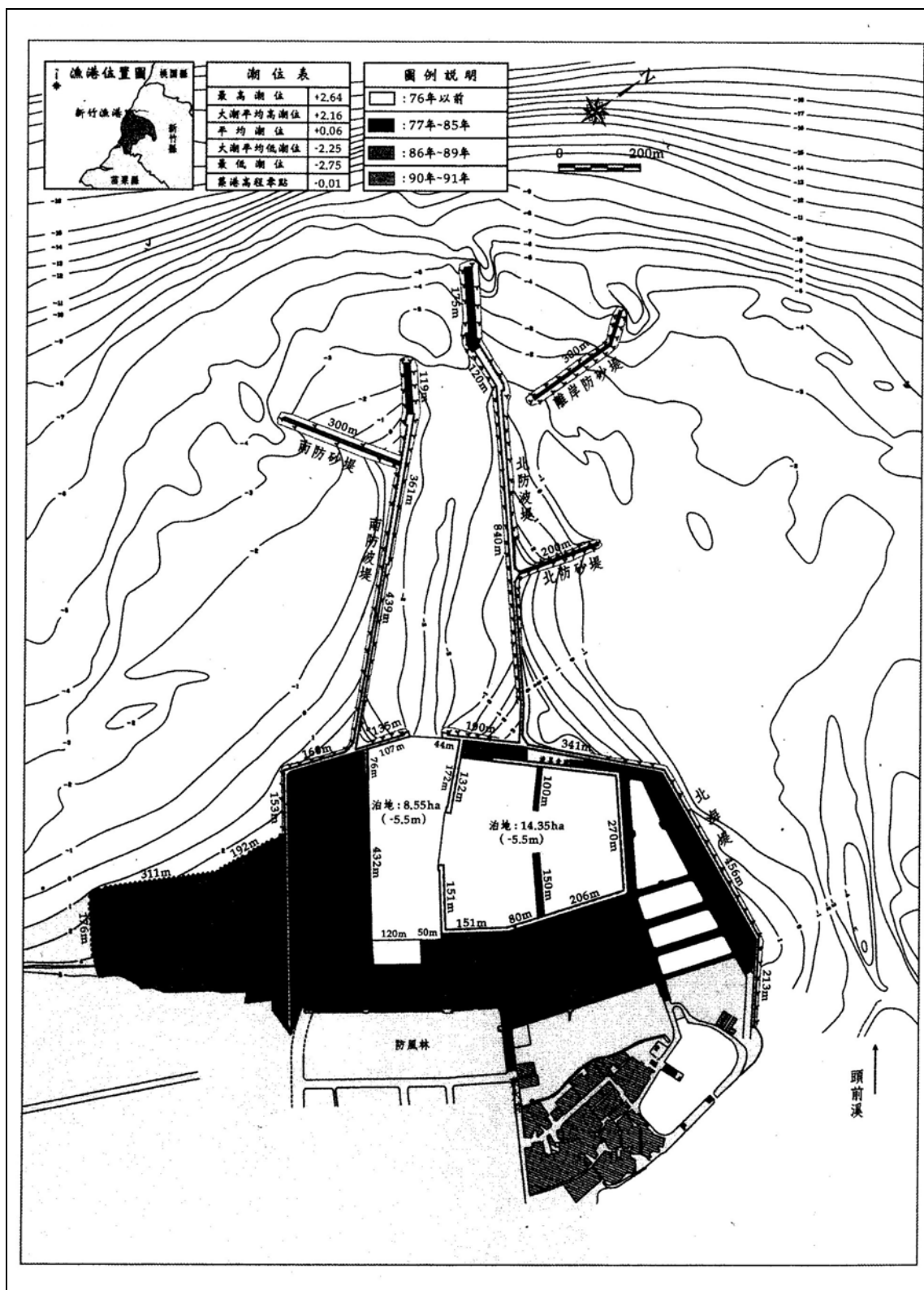


圖 59 新竹漁港平面配置圖

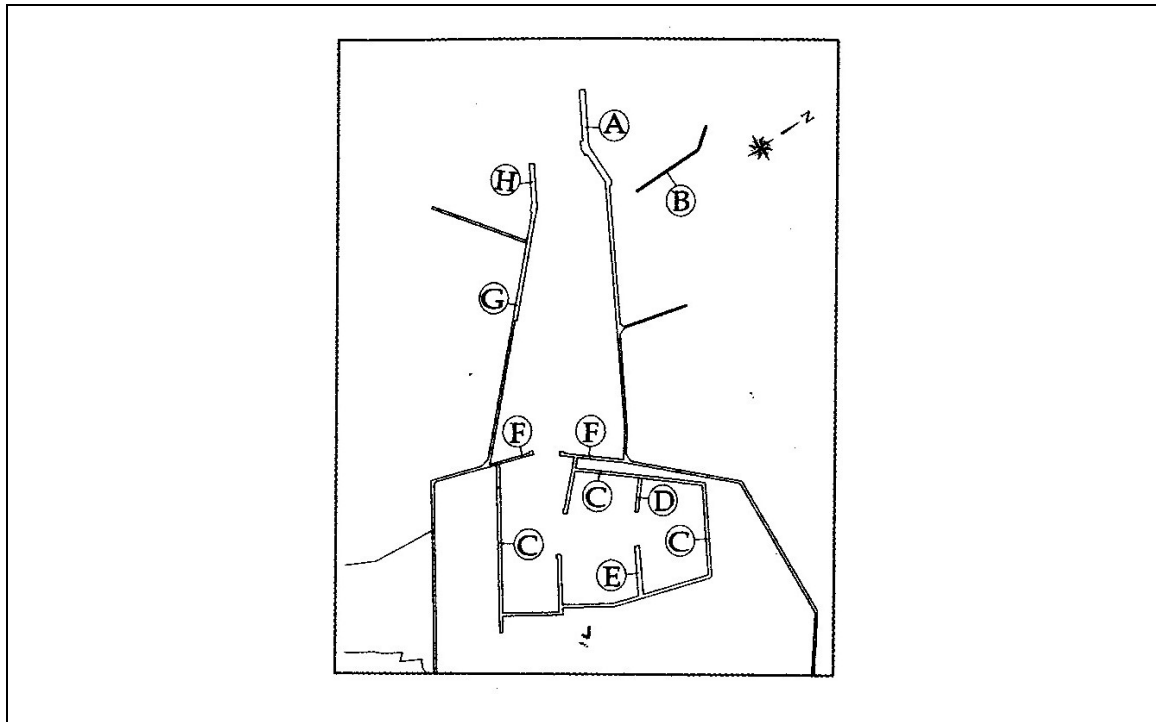


圖 60 新竹漁港碼頭配置示意圖

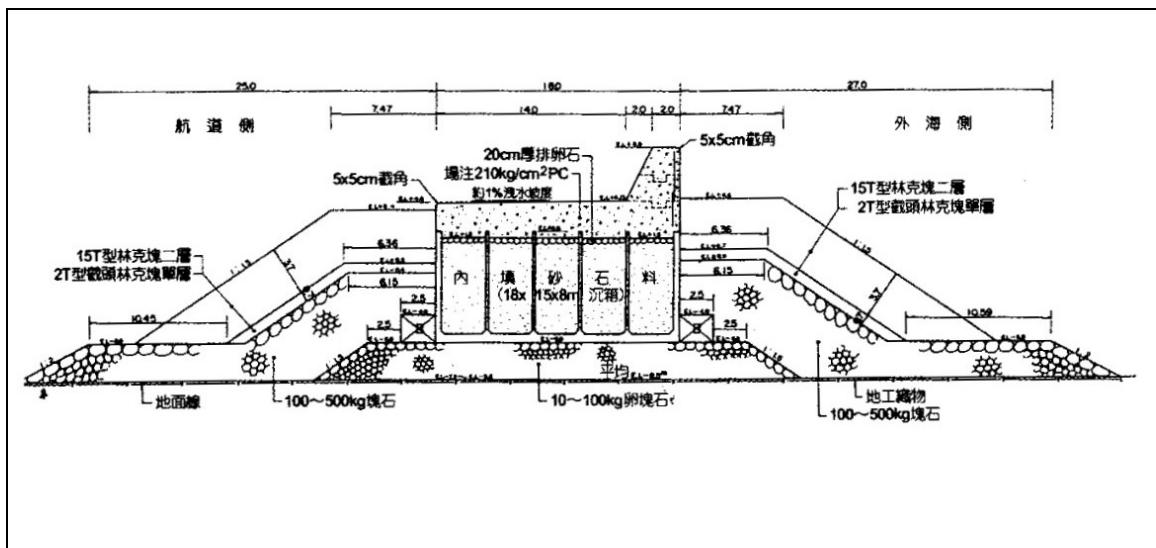


圖 61 新竹漁港北防波堤結構型式 代號:A

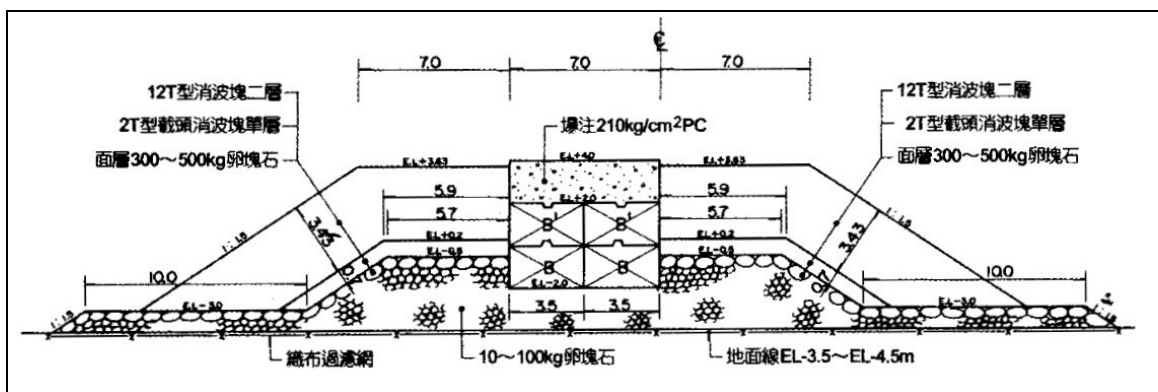


圖 62 新竹漁港北防砂堤結構型式 代號:B

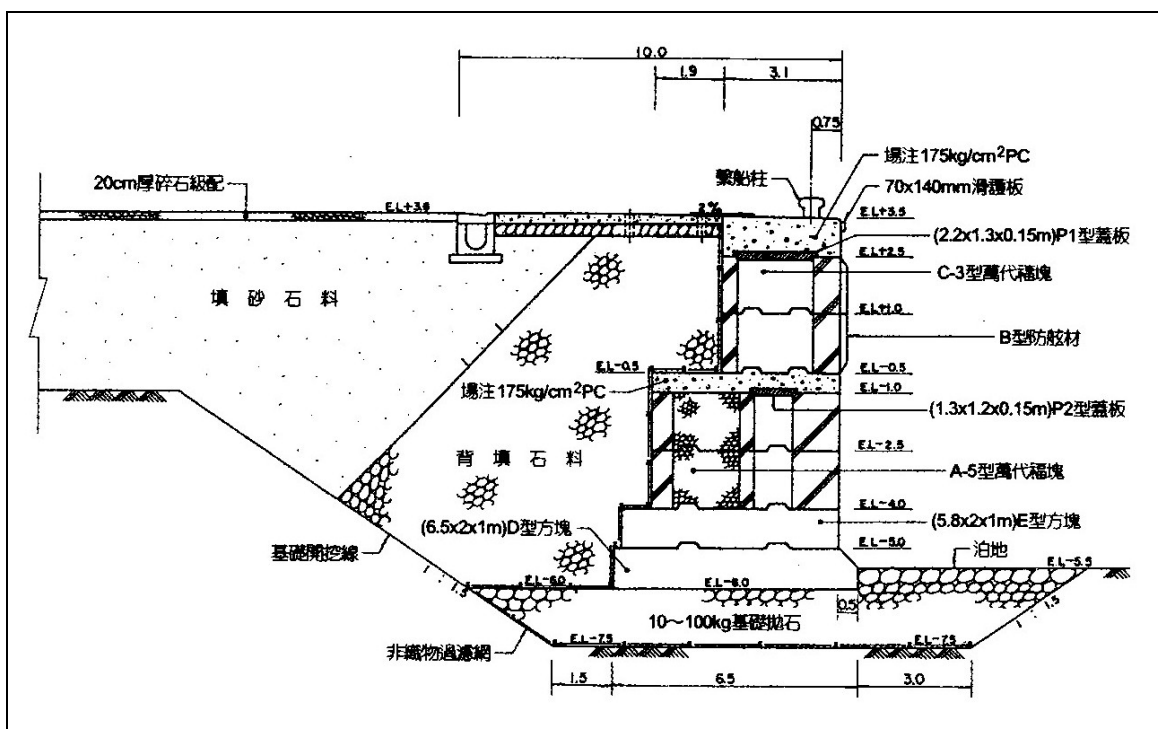


圖 63 新竹漁港內泊地碼頭結構型式 代號:C

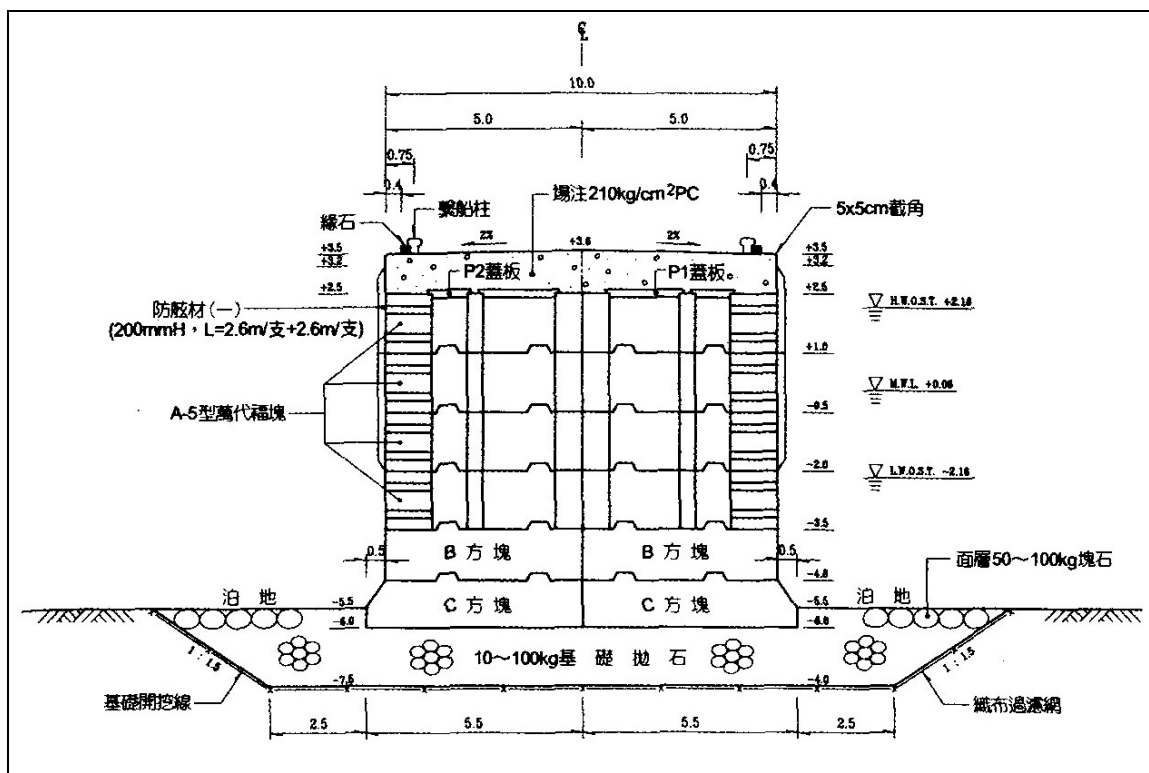


圖 64 新竹漁港北突堤碼頭（直立部）結構型式 代號:D

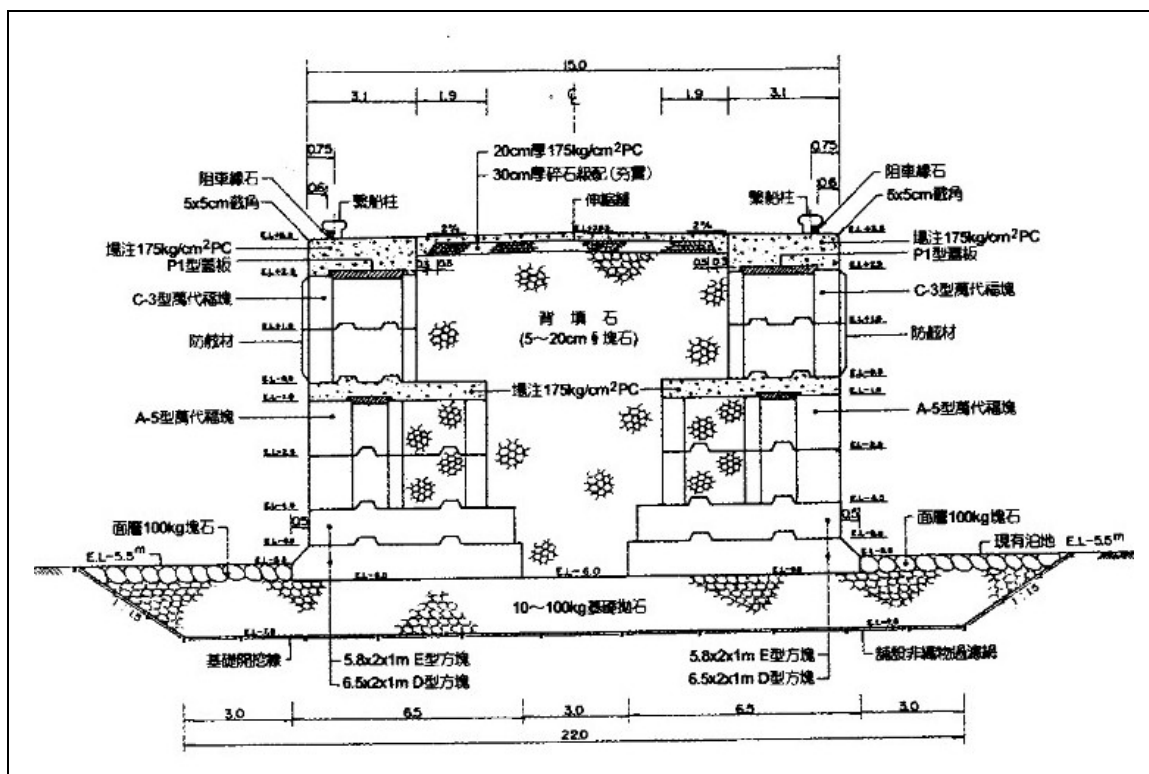


圖 65 新竹漁港南突堤碼頭（直立部）結構型式 代號:E

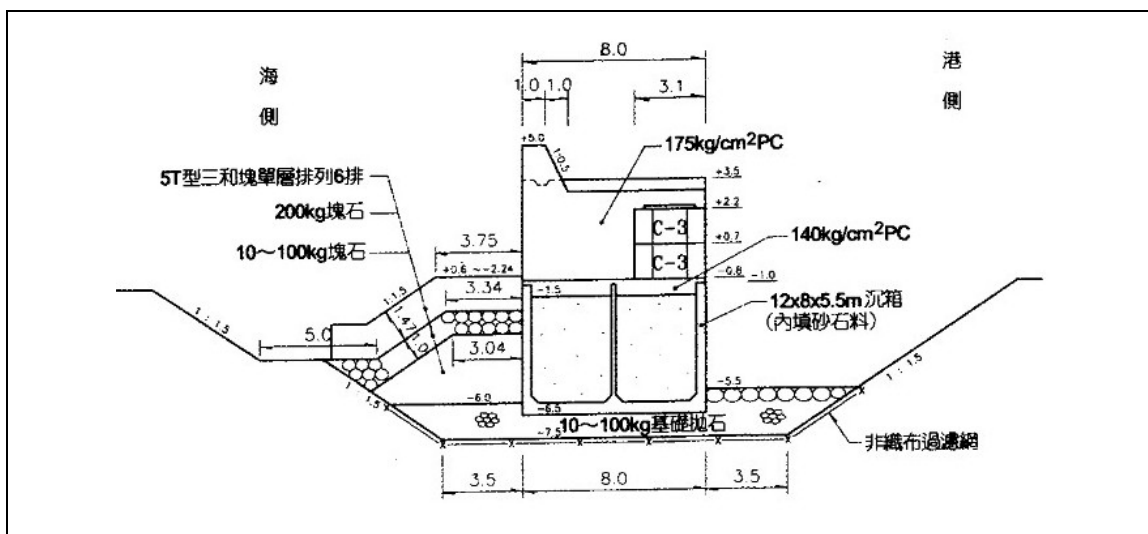


圖 66 新竹漁港維護南、北突堤結構型式 代號:F

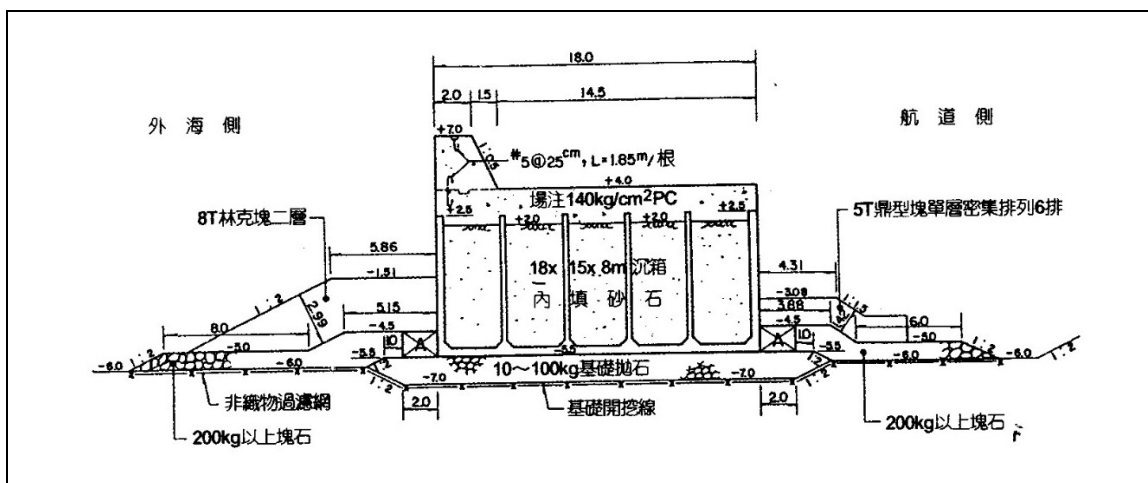


圖 67 新竹漁港南防波堤（一）結構型式 代號:G

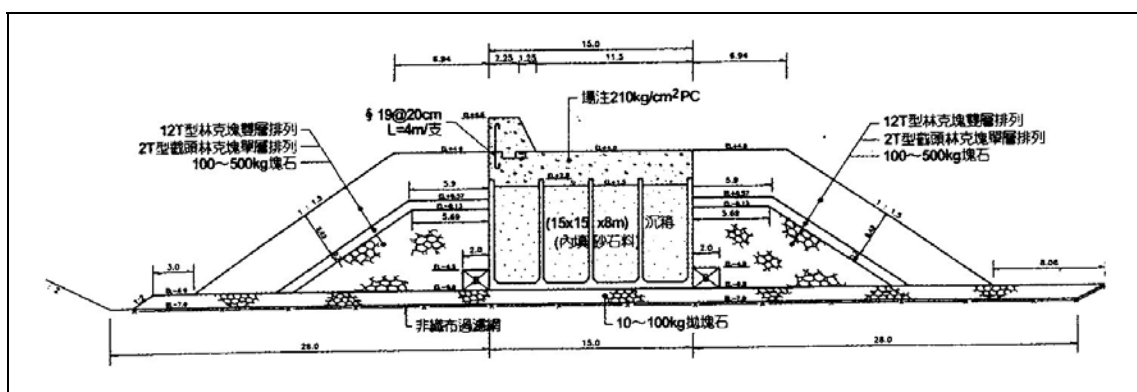


圖 68 新竹漁港南防波堤（二）結構型式 代號:H

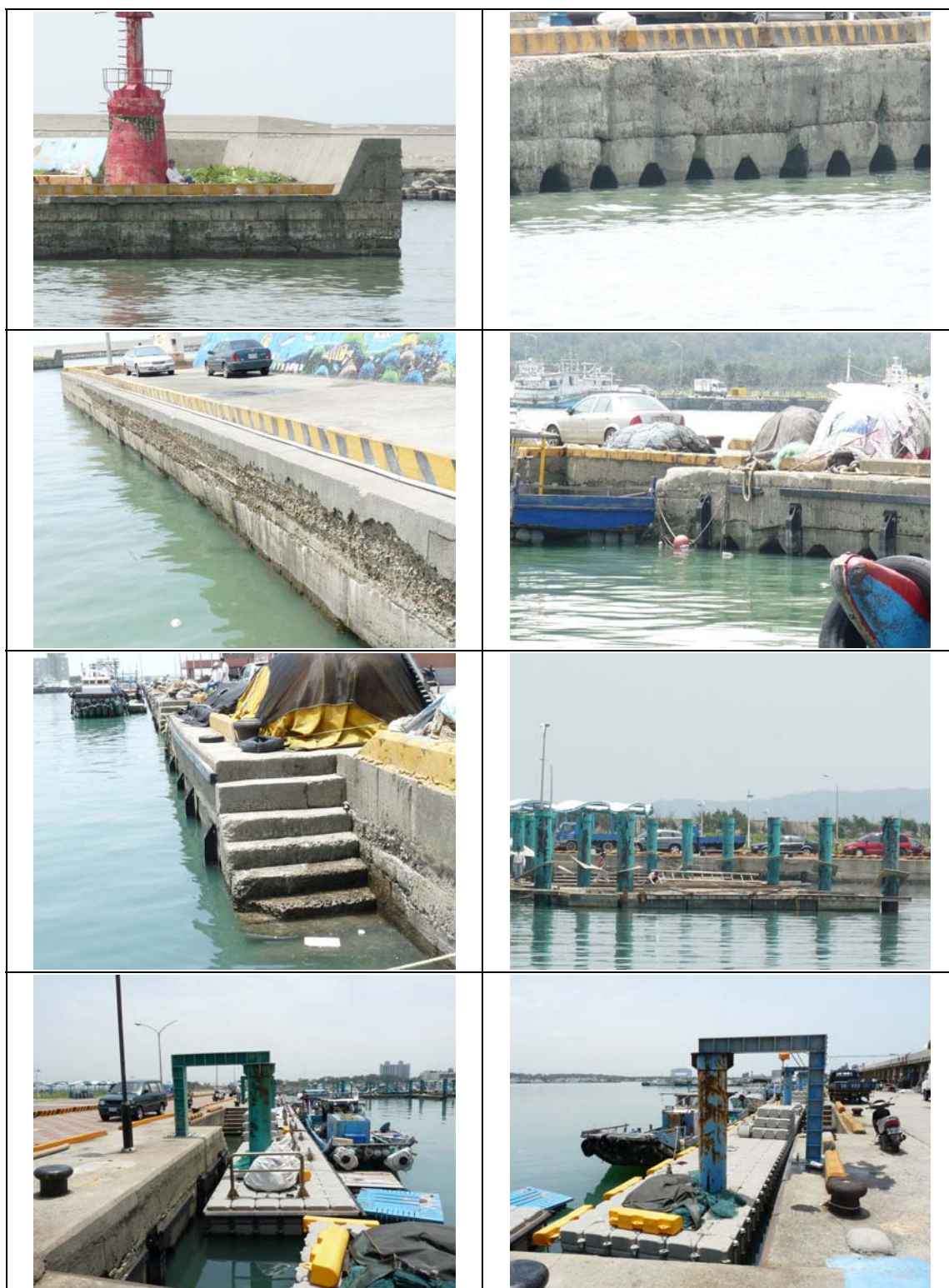


圖 69 新竹漁港碼頭現況(2010 年 5 月)

4.19 臺中縣梧棲漁港

梧棲漁港之建港，可回溯至日據時期之「新高港」，由於第二次世界大戰末期遭轟炸破壞，又缺乏維修，原有航道泊地漸被漂砂淤塞，功能漸失。1984 年，臺中港務局將漁港泊地及碼頭沿線 12 公尺以內之土地，移交台中縣政府接管，1989 年增建檢查碼頭 100 公尺及疏浚航道，目前有泊地面積 16 公頃，碼頭長 1,600 公尺，水深-3.0 公尺至-4.5 公尺，陸地面積 27 公頃，陸上公共設施魚市場包括拍賣場、污水處理廠、管制室、受電室、給排水等俱全，漁港主要設施如表 25 所示。

梧棲漁港魚貨直銷中心，為本省最早規模最大之魚產直銷中心（假日魚市），市場達面積千坪 130 餘攤位，魚貨種類眾多，另有熟食區、乾貨區及遊港、海釣等休閒設施，已經成為大台中地區民眾休閒旅遊的重要地點，也為各地漁港直銷魚市的示範。漁港主要設施如表 64 所示。港區平面及碼頭結構型式如圖 709 至圖 75 所示。

本次調查結果顯示，漁港碼頭之設計水深為-3.0m~-4.5m 之間，多小於由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為 100 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮，但靠修船廠附近碼頭面版發現有鋼筋腐蝕及混凝土劣化現象，港區部分區域（停二、停三、漁二及漁三等），路面多處出現沉陷，應予維修及改善。圖 76 為調查時之碼頭現況。

由歷年記錄顯示，漁港維護仍以泊地及碼頭水深浚挖為主，故建議可不應用 D.E.R 法進行結構體安全性評估，惟漁港之港灣設施基本資料及歷年維護紀錄，仍需建立資料庫存檔。

表 64 梧棲漁港現有主要設施

設施名稱		數量
碼頭	水深-3.0m	1124 m
	水深-3.5m	360 m
	水深-4.5m	110 m
	浮動碼頭	79 m
	小計	1673 m
泊地	水深-3.0m	7.85 公頃
	水深-3.5m	4.35 公頃
	水深-4.5m	13.90 公頃
	小計	26.10 公頃
陸上公共設施	魚市場、魚貨直銷中心、停車場、漁民活動中心、曳船道、整備場、港檢站、管理站、加油站、修船廠、公園	

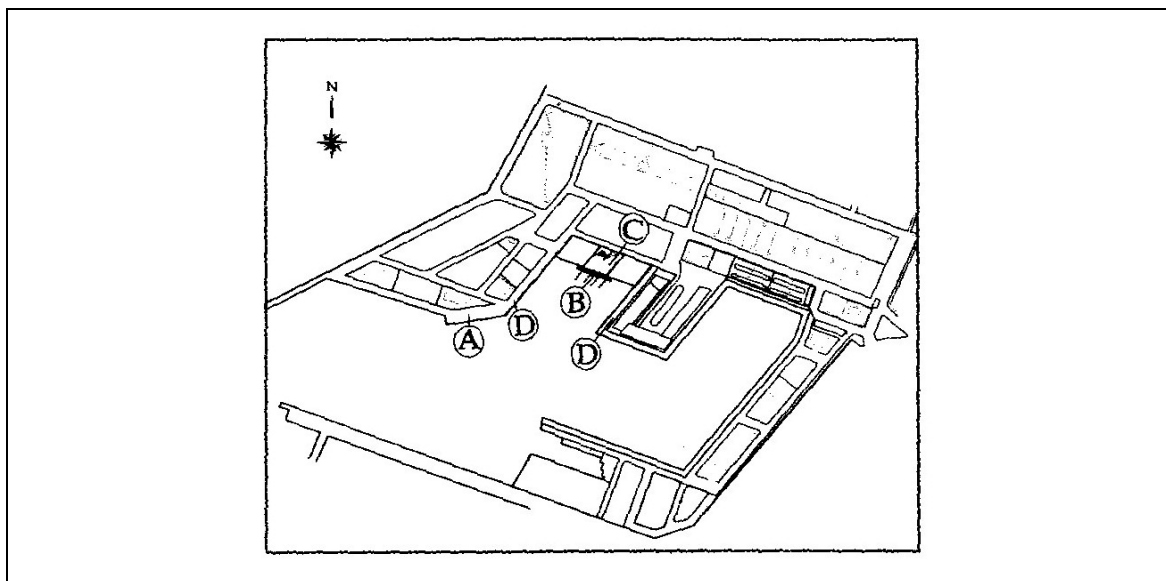


圖 71 梧棲漁港碼頭配置示意圖

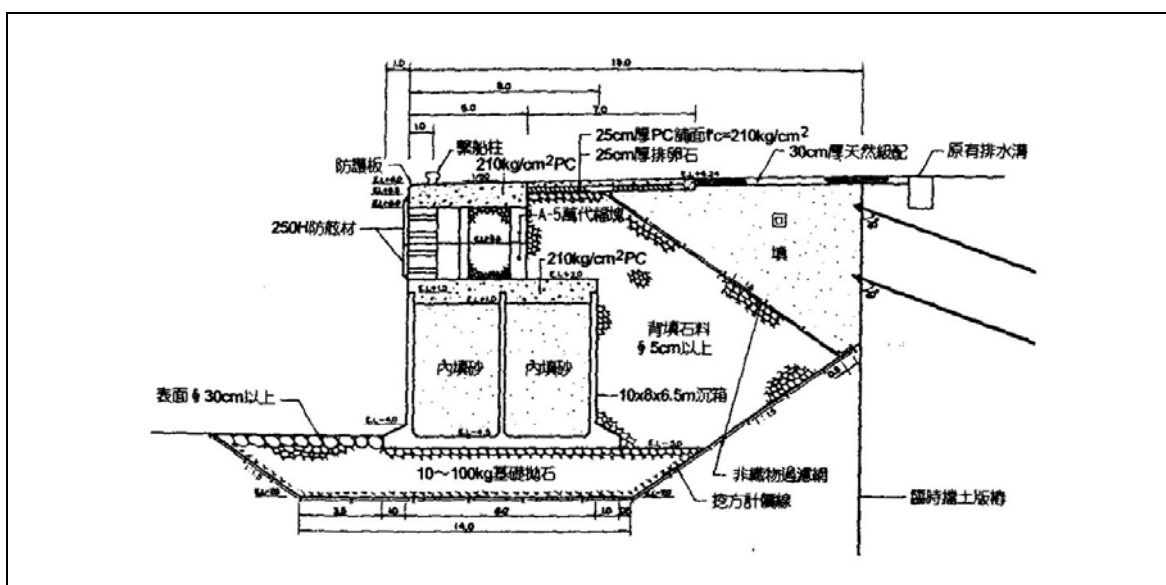


圖 72 梧棲漁港-4.5M 碼頭結構型式 代號:A

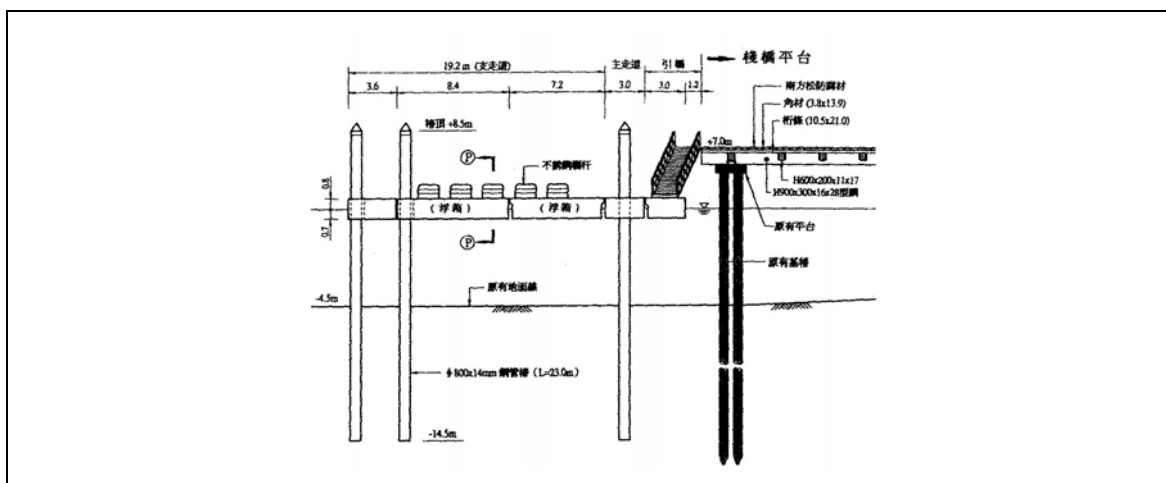


圖 73 梧棲漁港浮動碼頭結構型式 代號:B

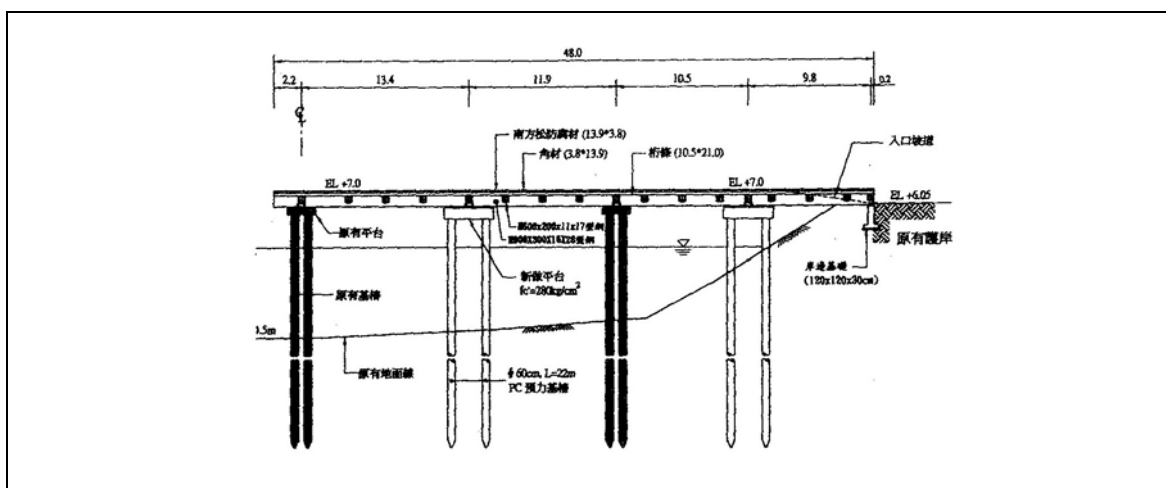


圖 74 梧棲漁港浮動碼頭平台結構型式 代號:C

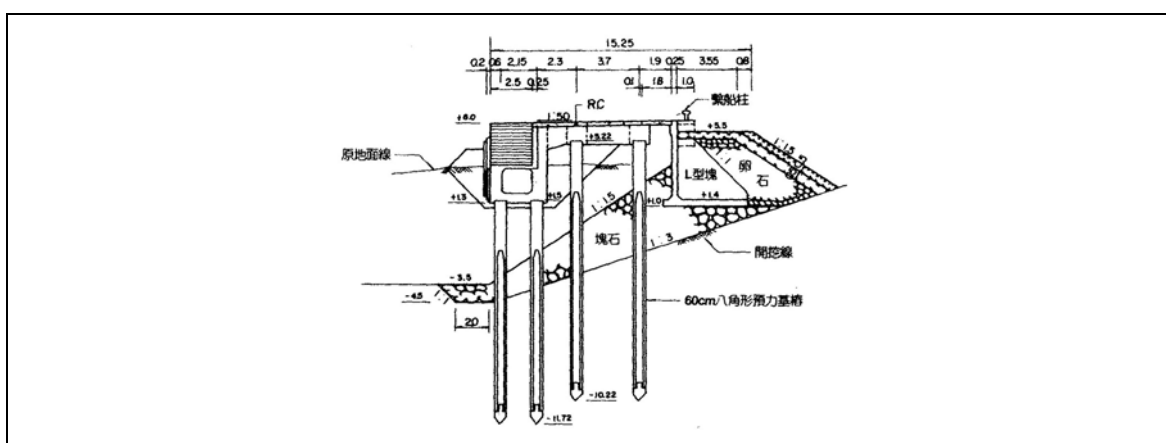


圖 75 梧棲漁港-3.5M 碼頭結構型式 代號:D



碼頭現況 (一)



碼頭現況 (二)



停 (二) 區域路面沉陷情形 1



漁 (二) 路面沉陷情形 2



停 (三)、漁 (三) 路面沉陷情形



修船廠旁碼頭面版損壞情形



修船廠旁碼頭面版腐蝕劣化情形



鋼構造物腐蝕情形

圖 76 梧棲漁港碼頭現況(2010 年 12 月)

4.20 高雄市前鎮漁港

前鎮漁港位於高雄市前鎮區，係高雄港內港，其東、南、北側分別與港埠用地、工業區、學校、住宅區等相鄰，西側則瀕臨高雄港主航道。該港原係灘地，自 1964 年起開始興建。為因應漁船數量之增加及遠洋漁船大型化之演進，1986 年，先就原有前鎮漁港防波堤內側水域開發闢建水深-4.5 公尺之碼頭，闢建水深-7.5 公尺，碼頭 428 公尺，填築新生地面積 3.4 公頃，可供 3,000 噸級以下漁船使用，並於 1989 年 8 月完工啟用。並於 1993 年 11 月完成興建水深-10.0 公尺碼頭 603.6 公尺，填築新生地 1.5 公頃，可供 5,000 噸級以下漁船使用。1994 年 7 月完成興建水深-7.5 公尺之碼頭 180 公尺。前鎮漁港興建迄今，港區鄰近漁業相關設施林立，並提供漁船卸魚、加油、加水、加冰及補給等各項服務。

前鎮漁港陸上設施非常完善，可供 5,000 噸以下漁船安全避風停靠，前鎮漁港以停泊鮪釣、魷釣及拖網等遠洋漁船為主，港區設施充分使用。此外，漁港區內漁業相關的公務、產業單位眾多，目前係台灣地區停泊漁船噸級最大，漁獲量最多之漁港，居台灣地區漁業龍頭地位。漁港主要設施如表 65 所示。港區平面及碼頭結構型式如圖 77 至圖 83 所示。

本次調查結果顯示，由於漁港碼頭之設計水深部份達-7.5~10.0 m 之深水碼頭，應可參考商港管理模式，建置完善之管理系統。其他設計水深較淺之碼頭其後線長度如小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且本漁港碼頭如靠泊船隻之噸數小於 500 公噸部份，因無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮，可不急需採用 D.E.R 法進行結構體安全性評估，惟漁港之港灣設施基本資料及歷年維護紀錄，仍需建立資料庫存檔。圖 84 為調查時之碼頭現況。

表 65 前鎮漁港現有主要設施

設施名稱		數量
碼頭	水深-4.5m	1058 m
	水深-6.0m	814 m
	水深-7.5m	713 m
	水深-10.0m	604 m
	小計	3189 m
泊地	水深-4.5~-7.5m	27.07 公頃
陸上公共設施	1.魚市場 2.漁業中心大樓 3.高雄區漁會 4.漁民服務中心大樓 5.漁業廣播電台 6.漁業署南部辦公室 7.漁業署遠洋漁業開發中心 8.魚貨直銷中心 9.加油站 10.製冰冷凍廠 11.漁網具加工廠 12.機械修理廠 13.漁產品加工廠 14.氣象站	

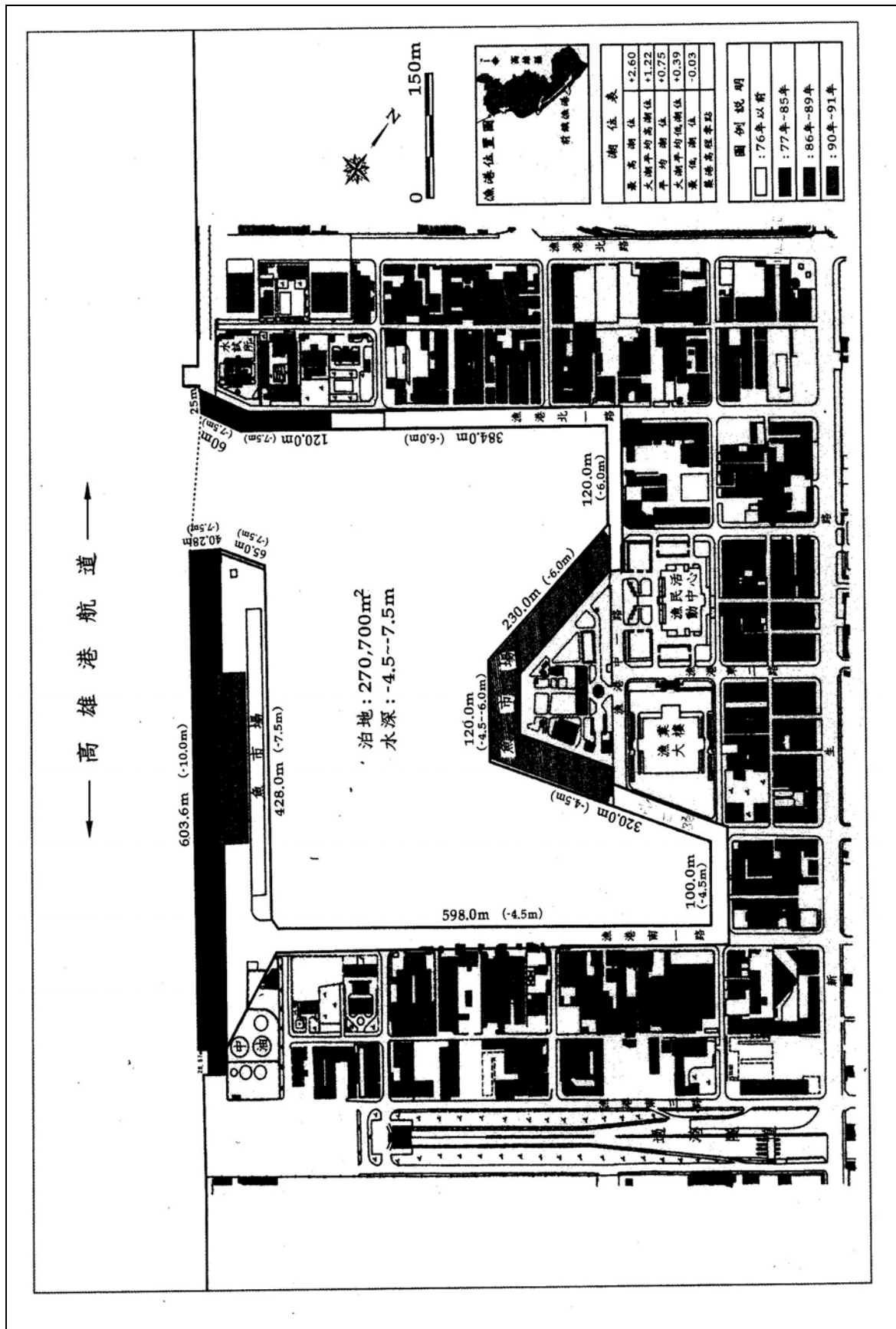


圖 77 前鎮漁港平面配置圖

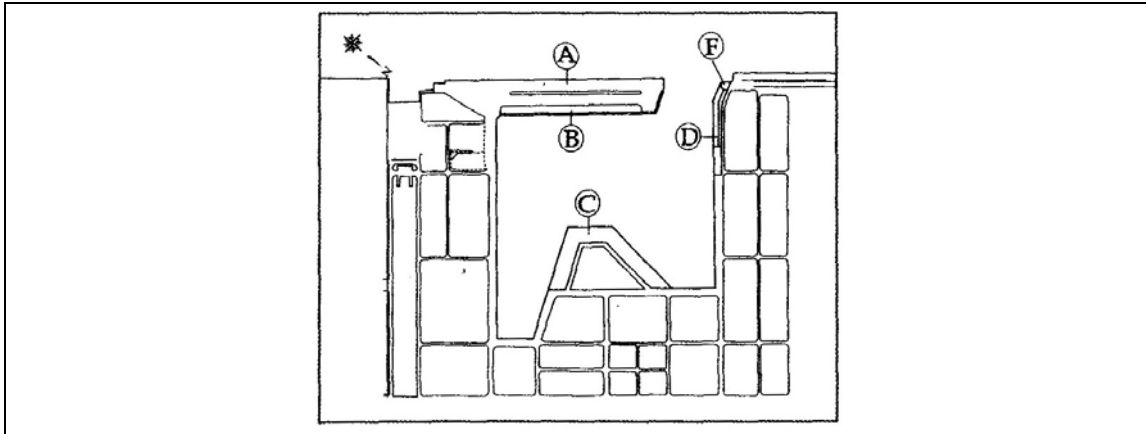


圖 78 前鎮漁港碼頭配置示意圖

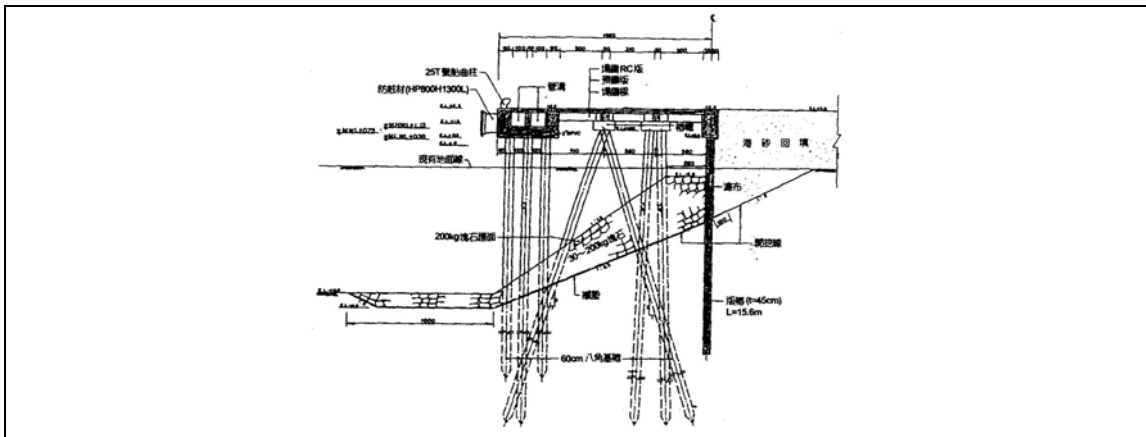


圖 79 前鎮漁港深水碼頭結構型式 代號：A

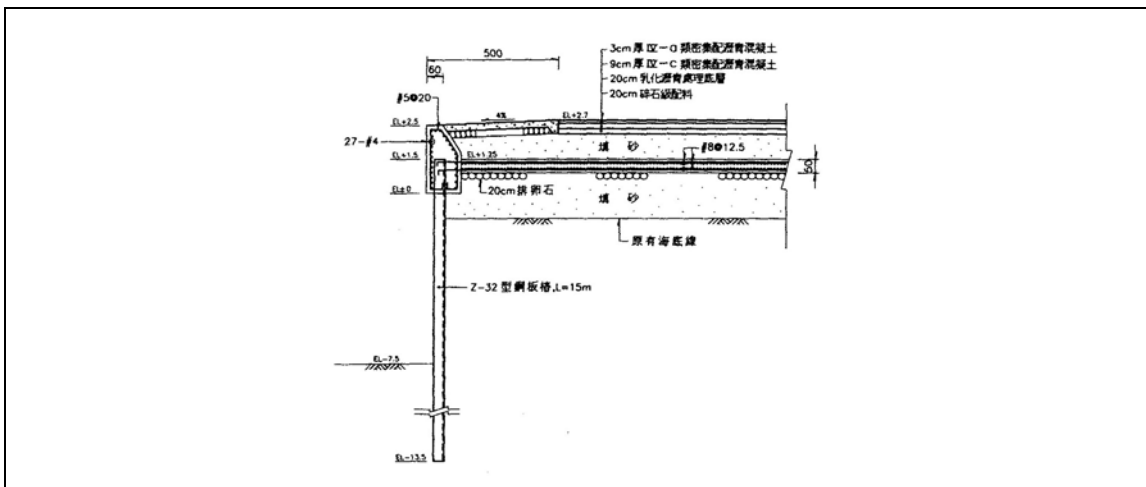
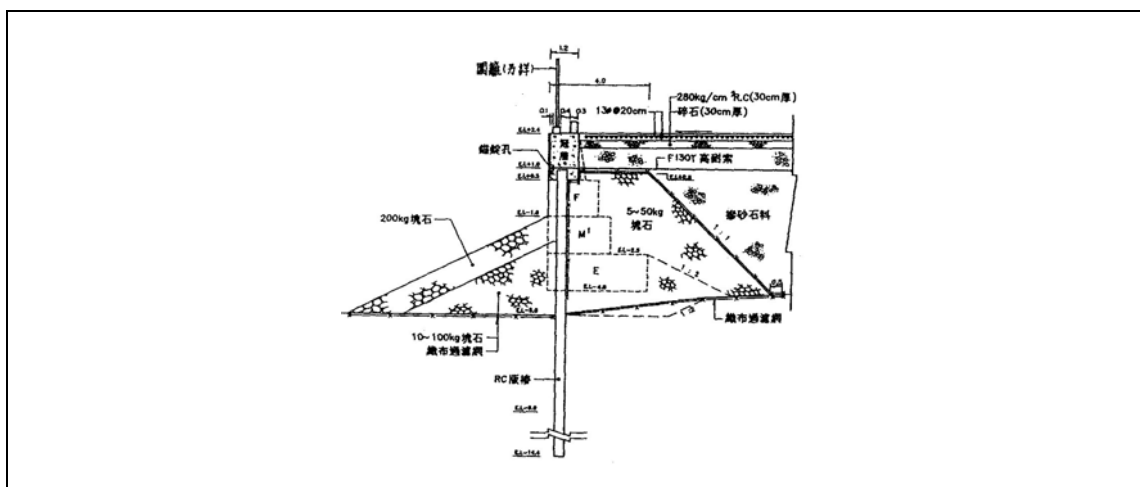
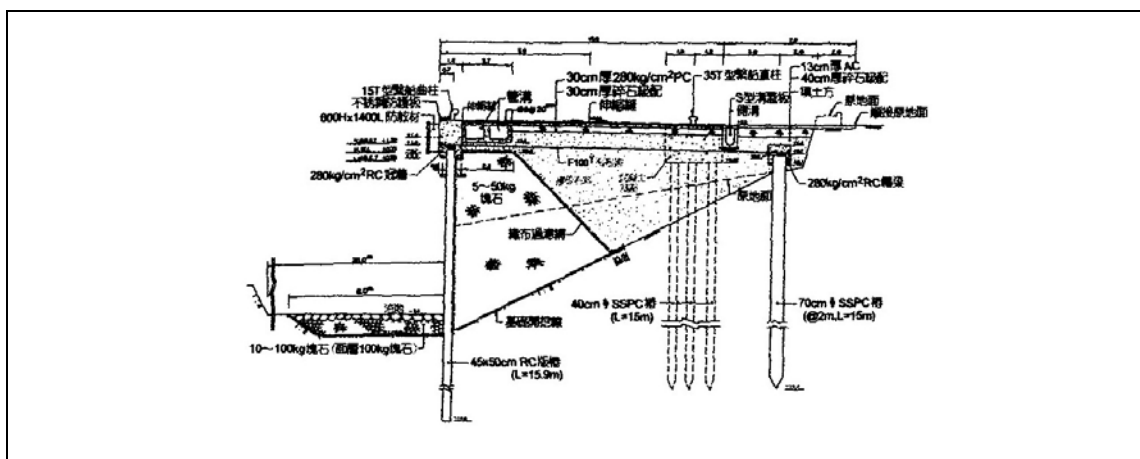
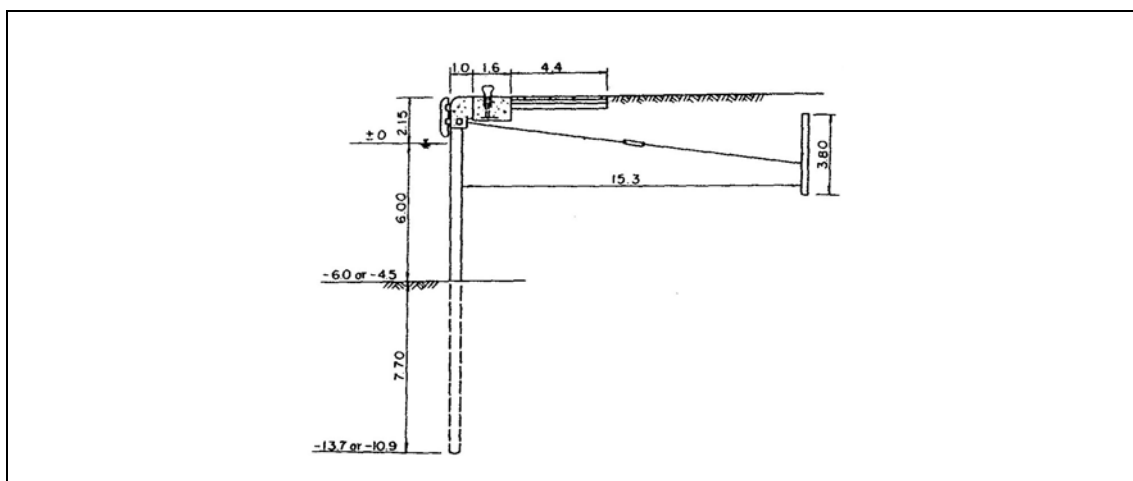


圖 80 前鎮漁港西南碼頭結構型式 代號：B



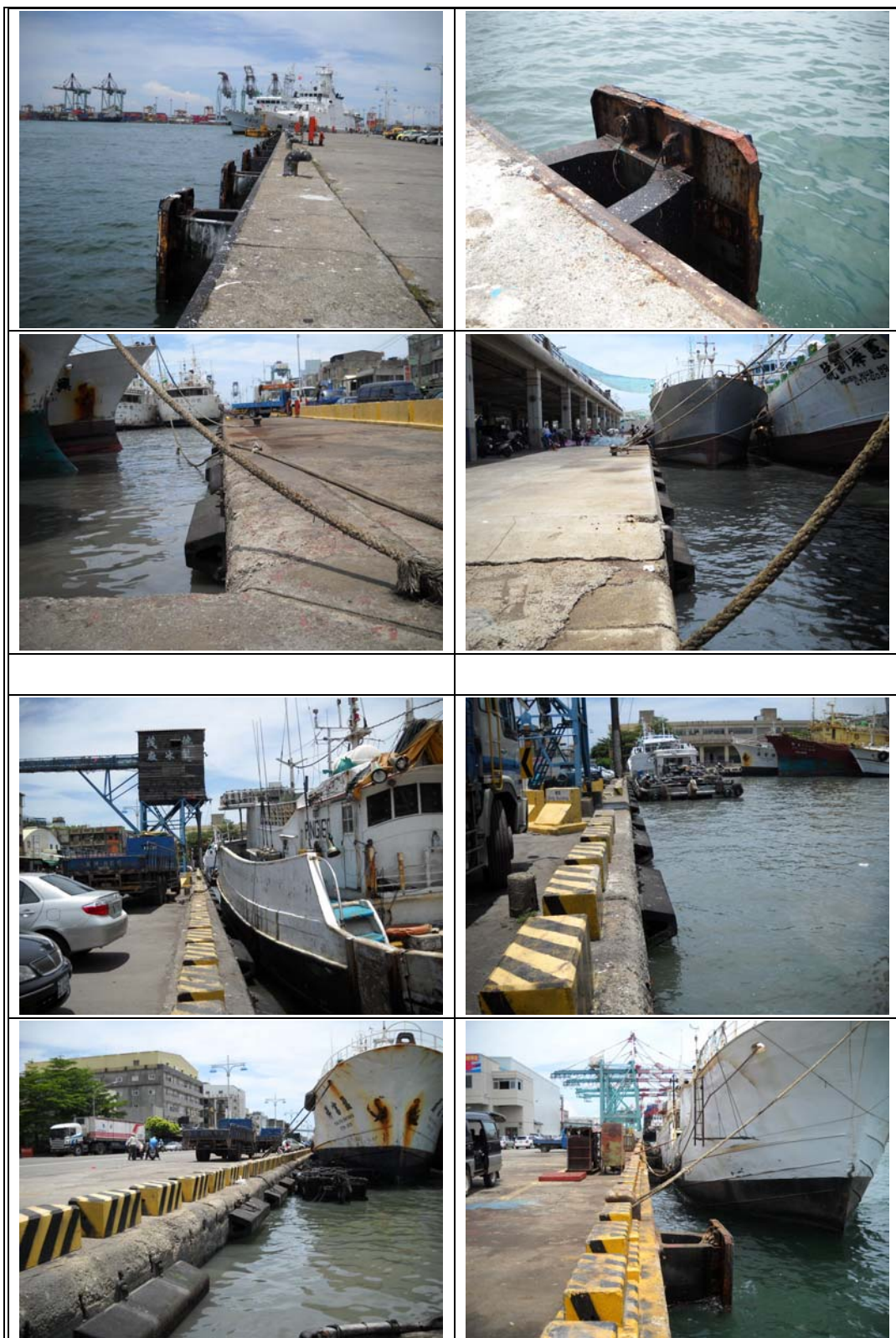


圖 84 前鎮漁港碼頭現況(2010 年 5 月)

4.21 東港鹽埔漁港

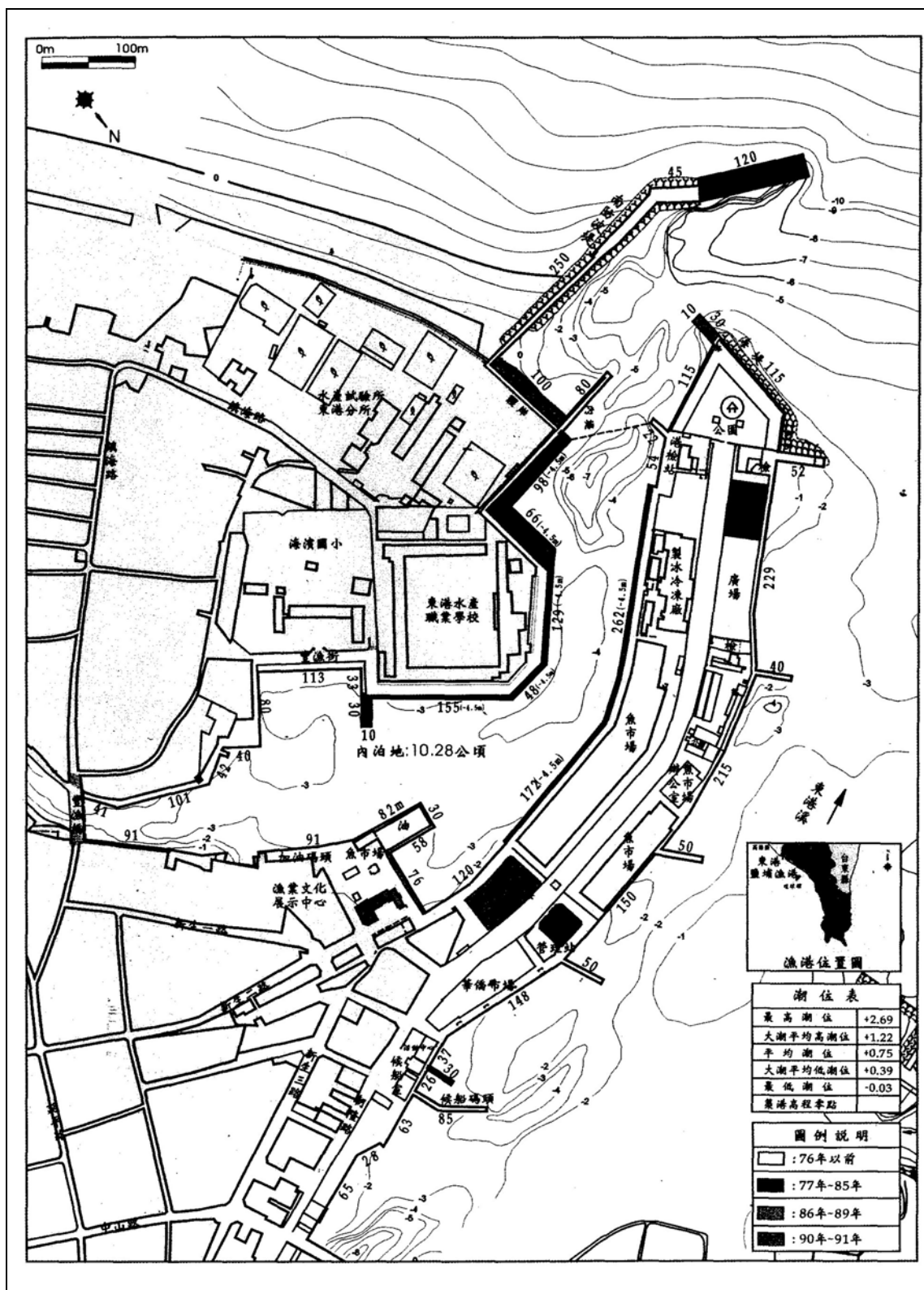
東港鹽埔漁港，共有東港及鹽埔兩泊區，分駐東港溪東西兩岸，東港泊區首於 1951 年底動工興建防波堤、導流堤、碼頭、泊地等設施，至 1960 年底已粗具規模。1968 年到 1979 年間，陸續延建防波堤、碼頭、新建南防砂堤、浚深泊地等，各項設施益見完善。此期間，東港漁業快速成長，原有泊地碼頭設施已不敷使用，經由第一期漁港建設方案，完成防波堤-233 公尺、增建碼頭 2,245 公尺、護岸 100 公尺、泊地面積 2 公頃等。1989、1990 兩年度延建南防波堤 120 公尺，並且加高南防波堤胸牆 315 公尺。另外，1996 年於魚市場南側及東港職校北側與西側，修建深水碼頭 778 公尺（水深-4.5 公尺）。目前計有碼頭 3,543 公尺，泊地面積共 14.26 公頃（其中包括內泊地 10.8 公頃，中央突堤北岸突堤一至五之間外泊地面積 3.98 公頃），為台灣南部地區設施最完善之漁港。東港泊區因受限於地形及腹地無法擴充，乃選定其對岸之新園鄉鹽埔村興建鹽埔泊地，共計完成碼頭 1634 公尺，泊地面積共 11.8 公頃，但因航道易遭淤淺，停泊船隻偏小且陸上相關設施缺乏。漁港主要設施如表 66 所示。港區平面及碼頭結構型式如圖 3.85 至圖 102 所示。

本次調查結果顯示，漁港碼頭之設計水深多小於-4.5m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且碼頭靠泊船隻之噸數多為 500 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。圖 95 及圖 103 為兩泊區調查時之碼頭現況。

由歷年記錄顯示，漁港維護仍以泊地及碼頭水深浚挖為主，故建議可不應用 D.E.R 法進行結構體安全性評估，惟漁港之港灣設施基本資料及歷年維護紀錄，仍需建立資料庫存檔。

表 66 東港鹽埔漁港現有主要設施

區分	東港泊區	鹽埔泊區
外廓設施	南防波堤：415 m	南防波堤： 278 m
	北防波堤：302 m	西南防波堤： 60 m
	內 堤： 80 m	消波突堤： 80 m
	護 岸：100 m	海 堤： 418 m
		護 岸： 1058 m
泊地	消波水域： 4.84 公頃	11.8 公頃
	內 泊 地： 10.28 公頃	
	後寮溪泊地：3.64 公頃	
	小 計： 18.56 公頃	
碼頭	內 泊 地： 2090 m	1135 m
	東港溪側： 1523 m	919 m
	小 計： 3613 m	1010 m
陸上公共設施	加油站、漁港管理站、拍賣場、港區道路、漁業大樓、候船室、製冰廠、港檢站、冷凍廠、停車場、魚市場、廣場、老人活動中心、公園、漁業文化展示中心	廣場、綠地、港區道路、活動中心



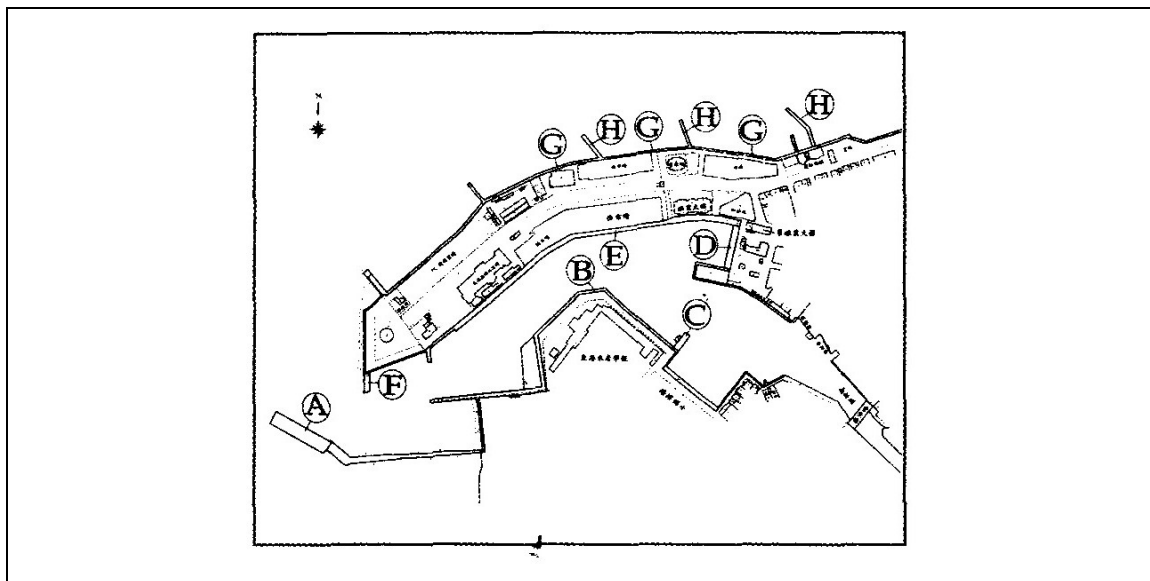


圖 86 東港漁港碼頭配置示意圖

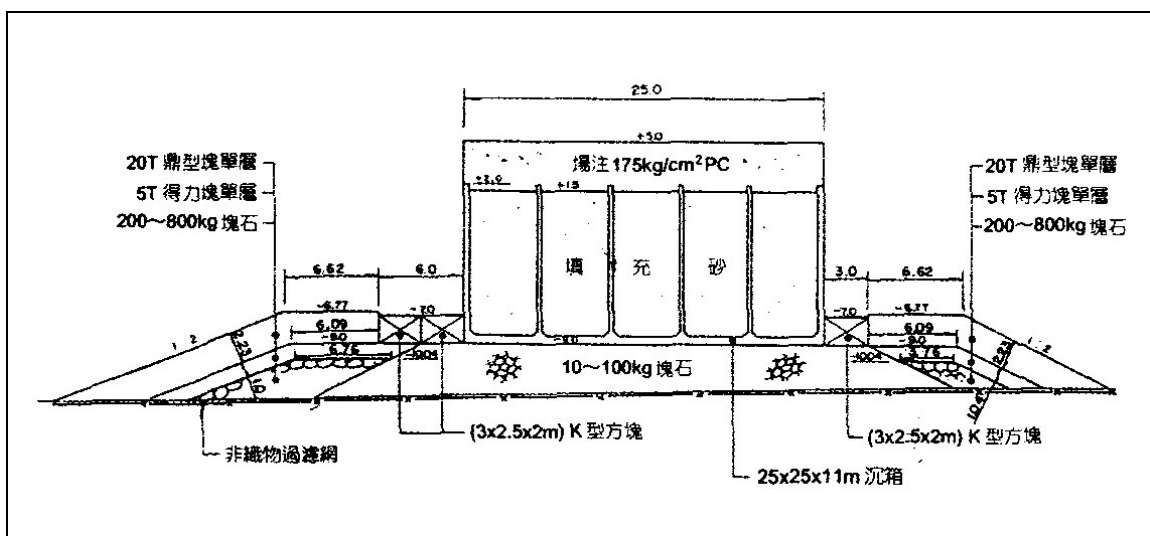
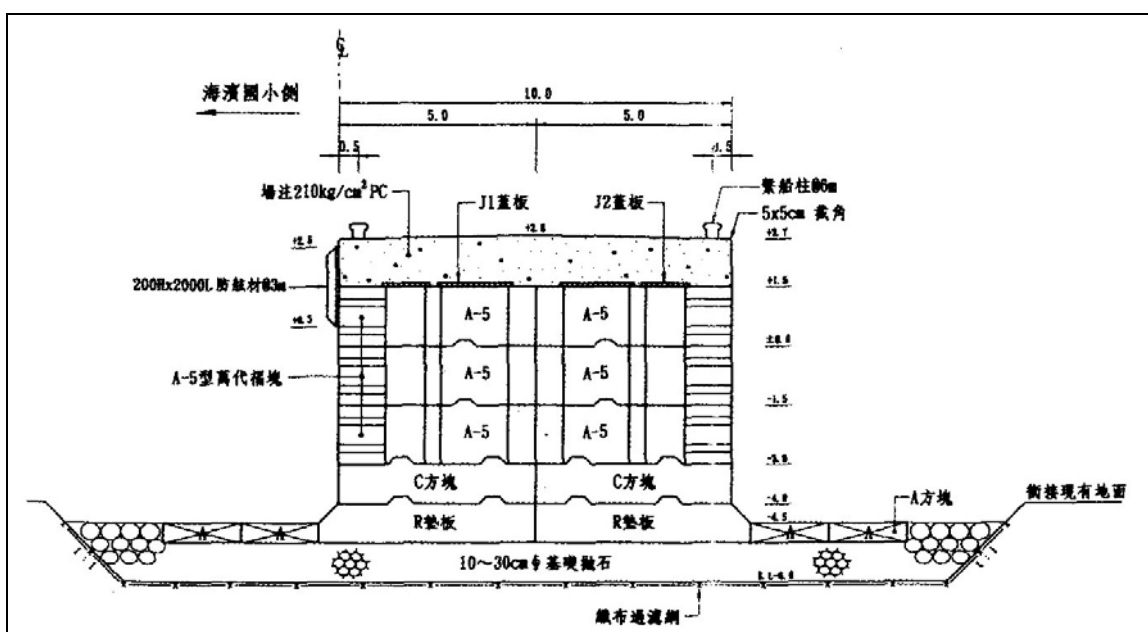
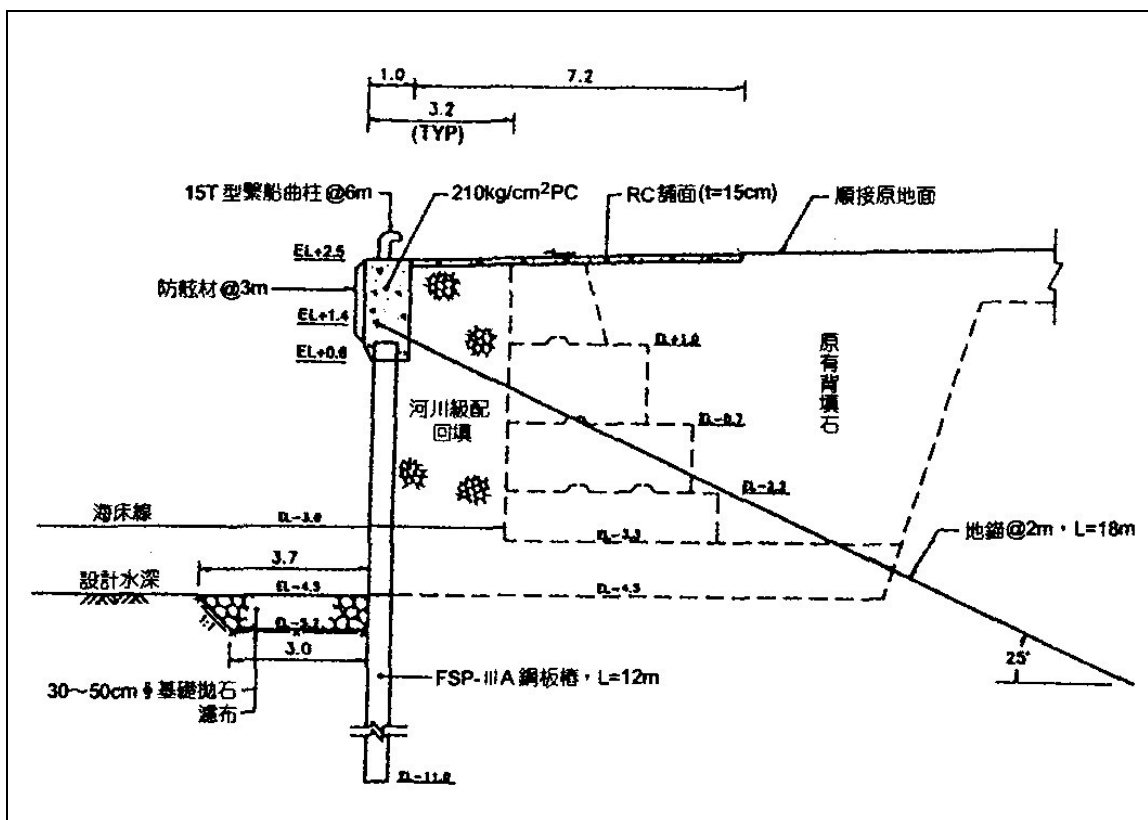


圖 87 東港漁港南防波堤結構型式 代號:A



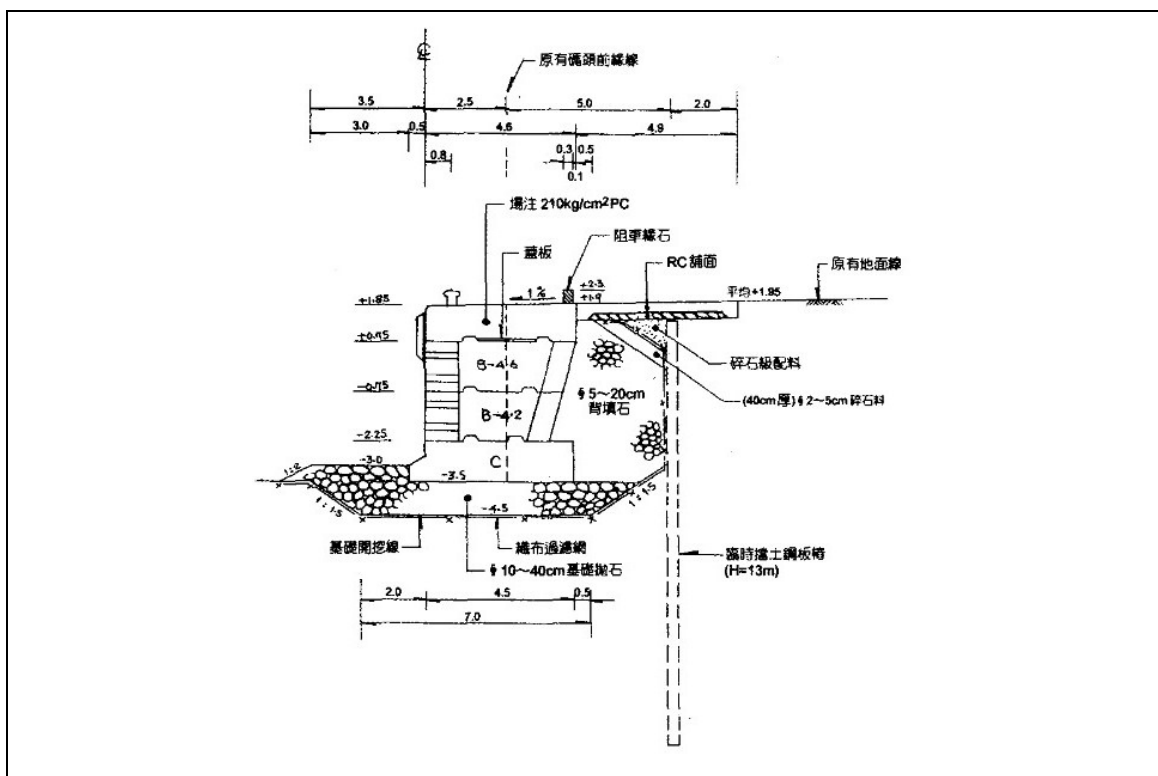
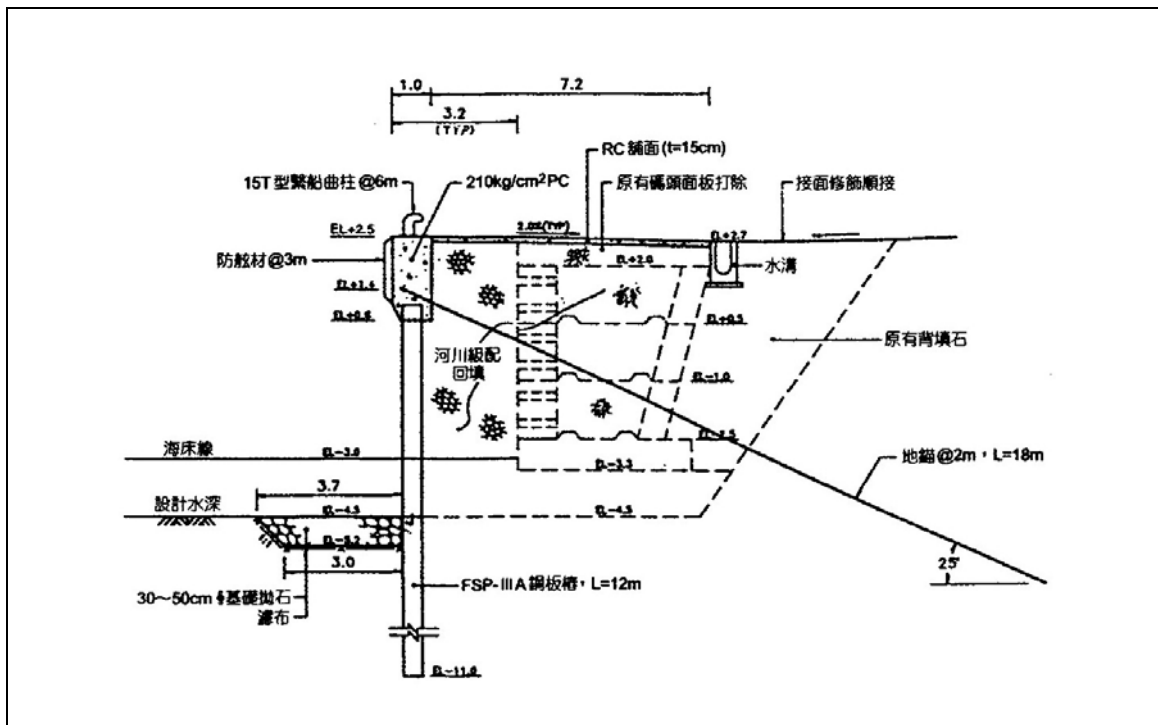


圖 90 東港漁港加油碼頭結構型式 代號:D



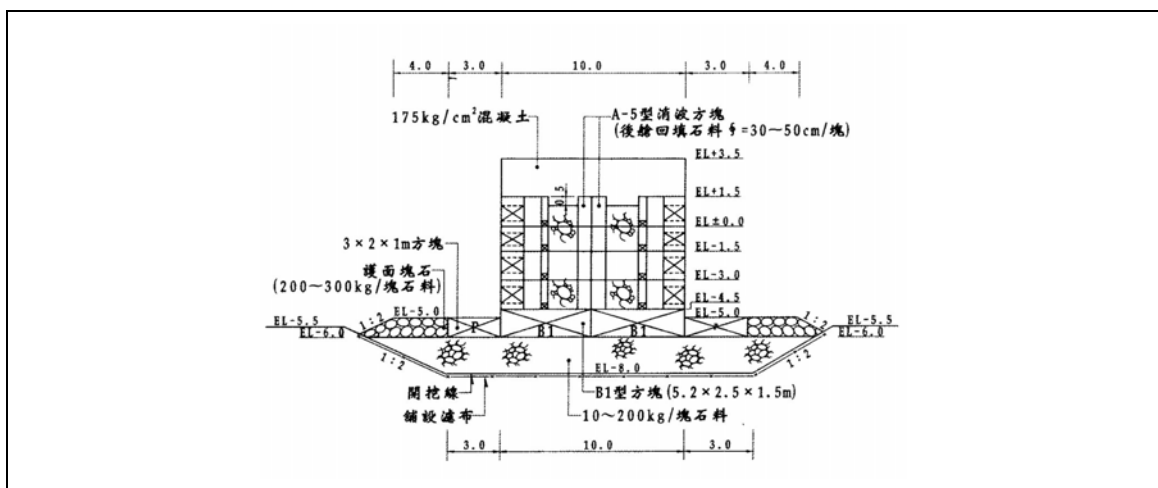


圖 92 東港漁港北岸突堤結構型式 代號:F

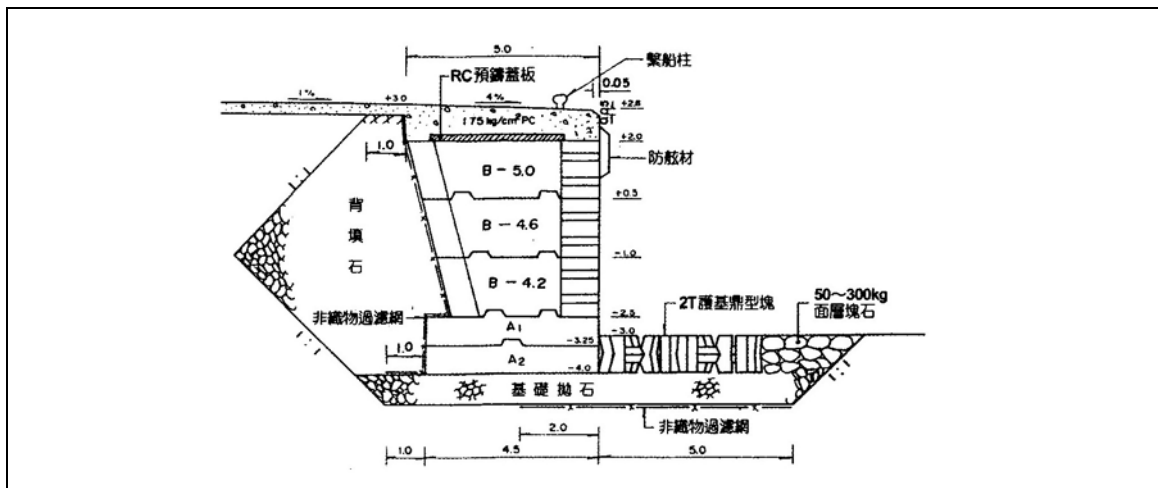


圖 93 東港漁港導流堤碼頭結構型式 代號:G

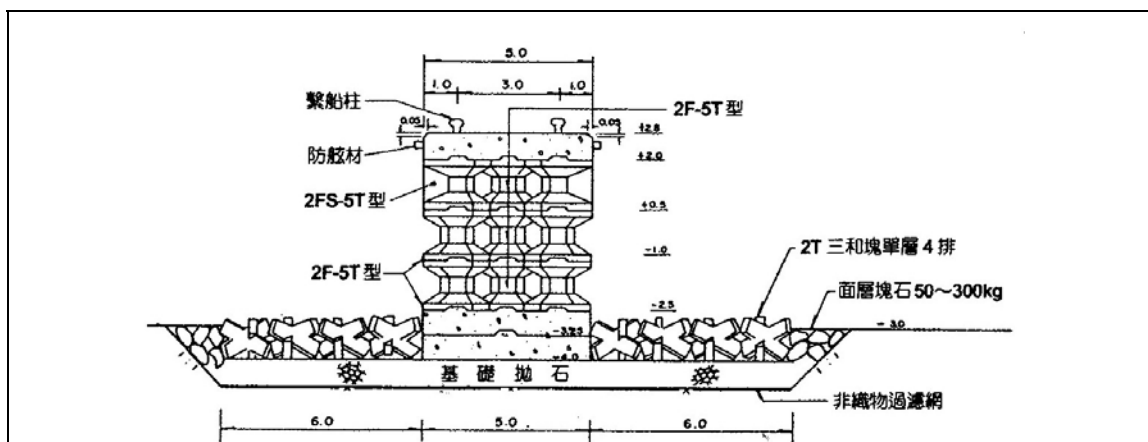


圖 94 東港漁港導流堤突堤碼頭結構型式 代號:H



圖 95 東港漁港碼頭現況

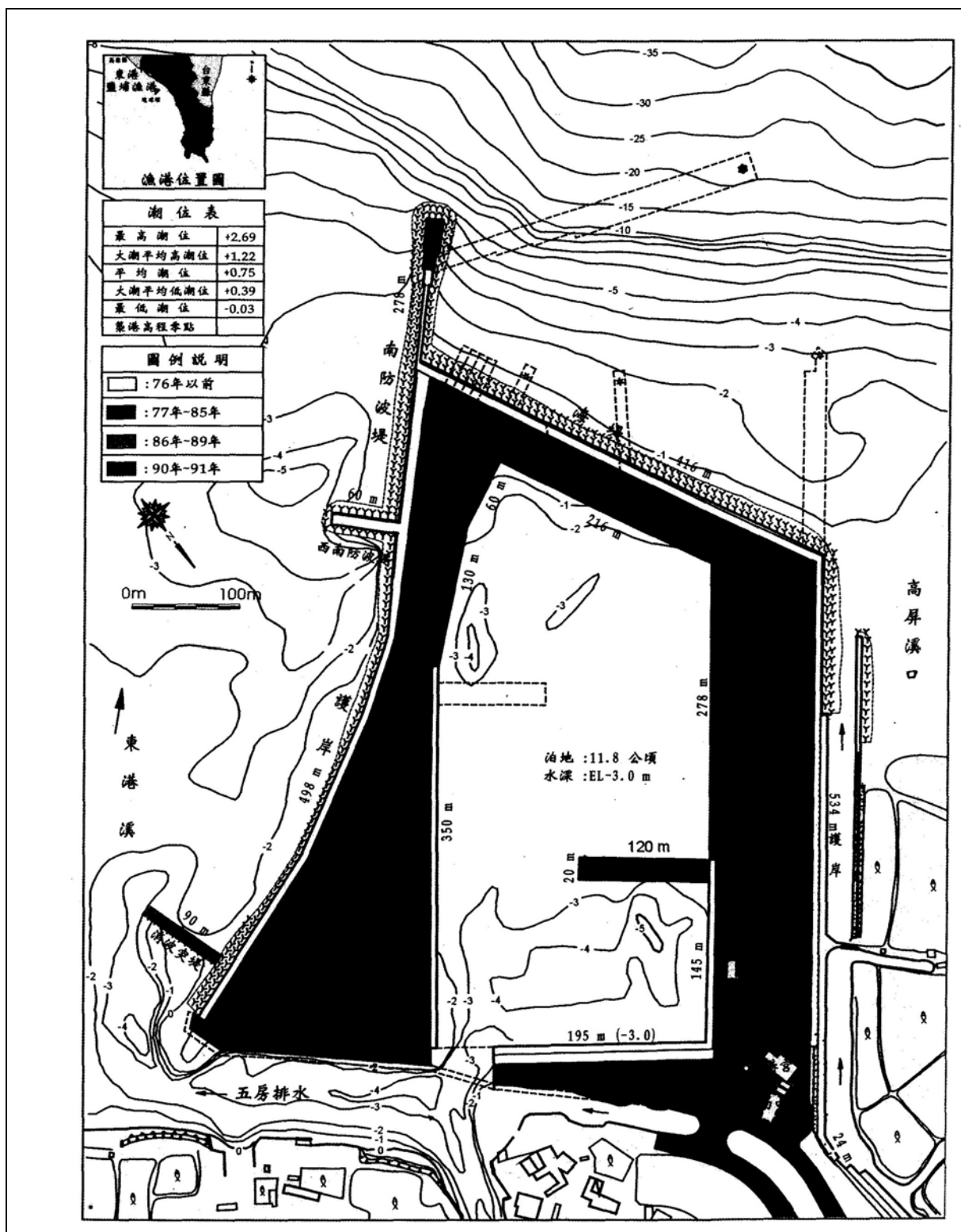


圖 96 鹽埔漁港平面配置圖

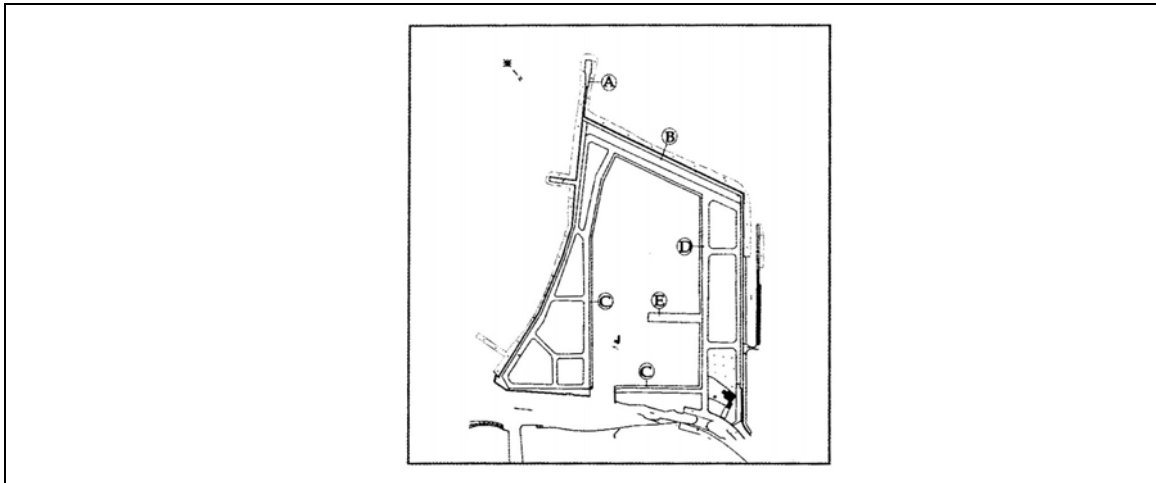


圖 97 鹽埔漁港碼頭配置示意圖

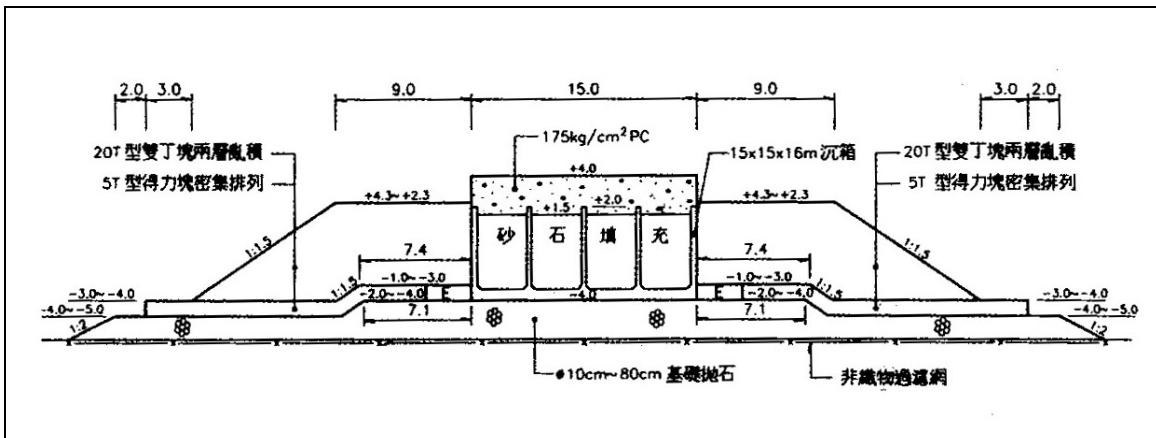


圖 98 鹽埔漁港南防波堤結構型式 代號:A

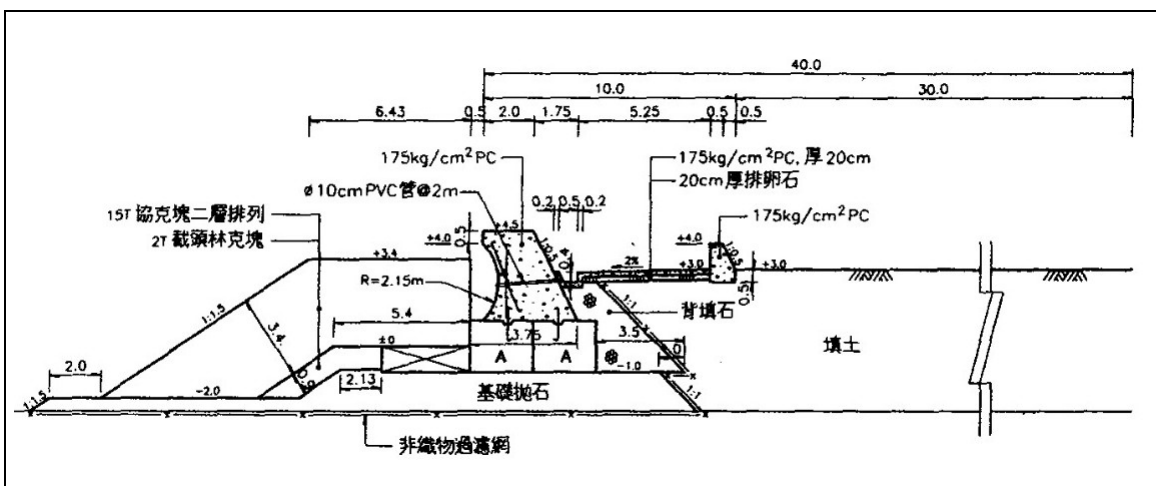


圖 99 鹽埔漁港西海堤結構型式 代號:B

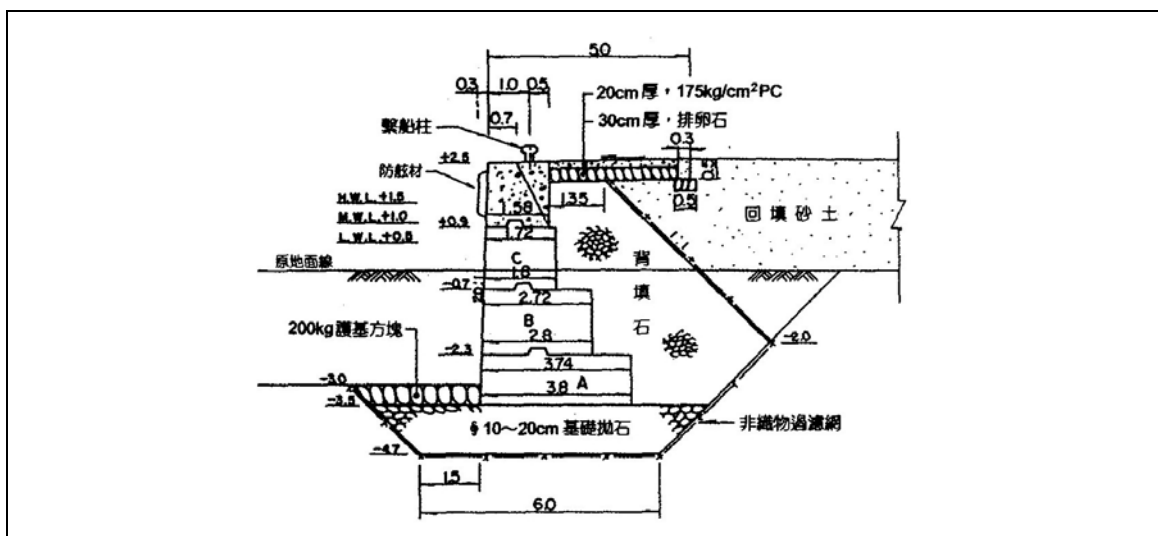


圖 100 鹽埔漁港、東南碼頭結構型式 代號:C

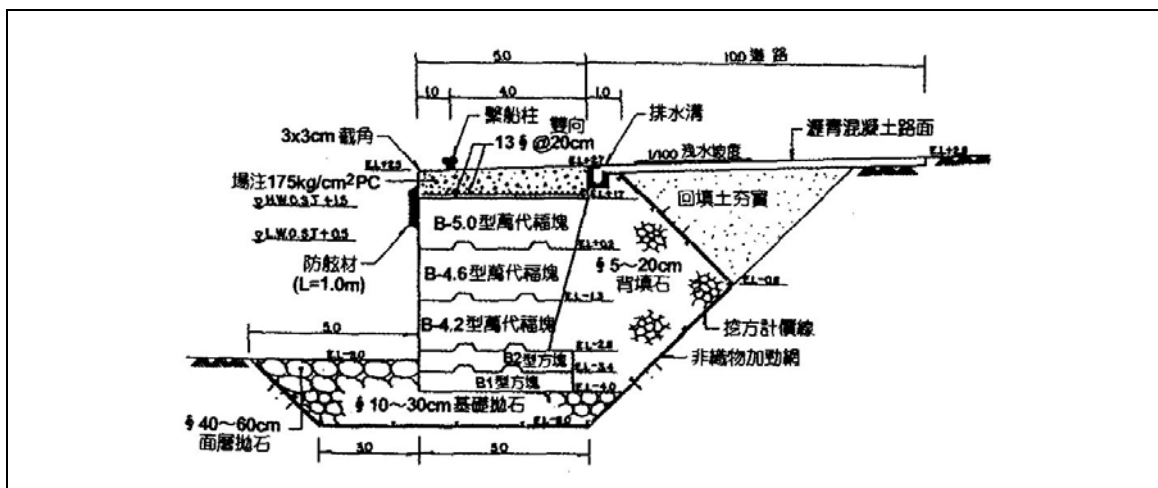


圖 101 鹽埔漁港北碼頭結構型式 代號:D

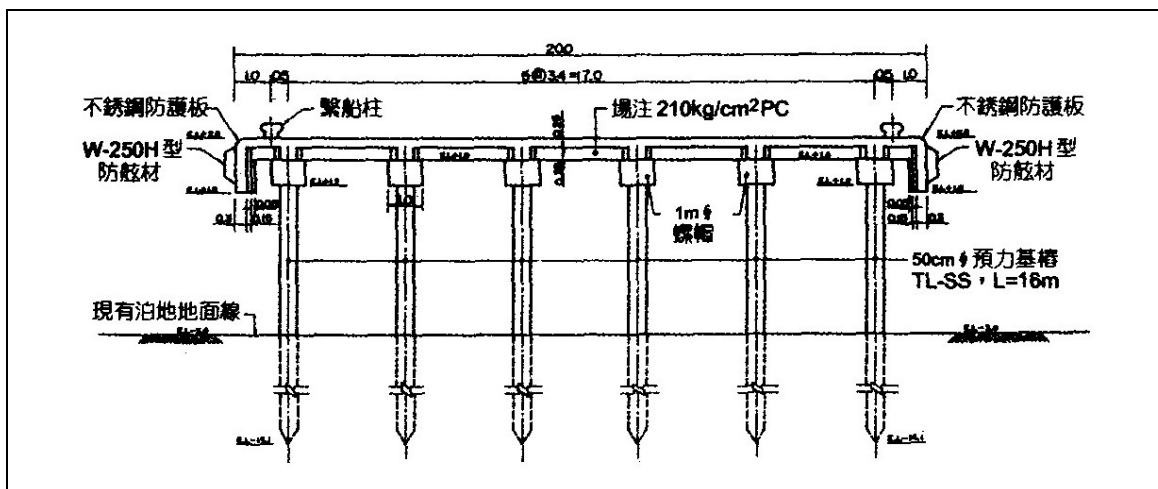


圖 102 鹽埔漁港突堤碼頭結構型式 代號:E

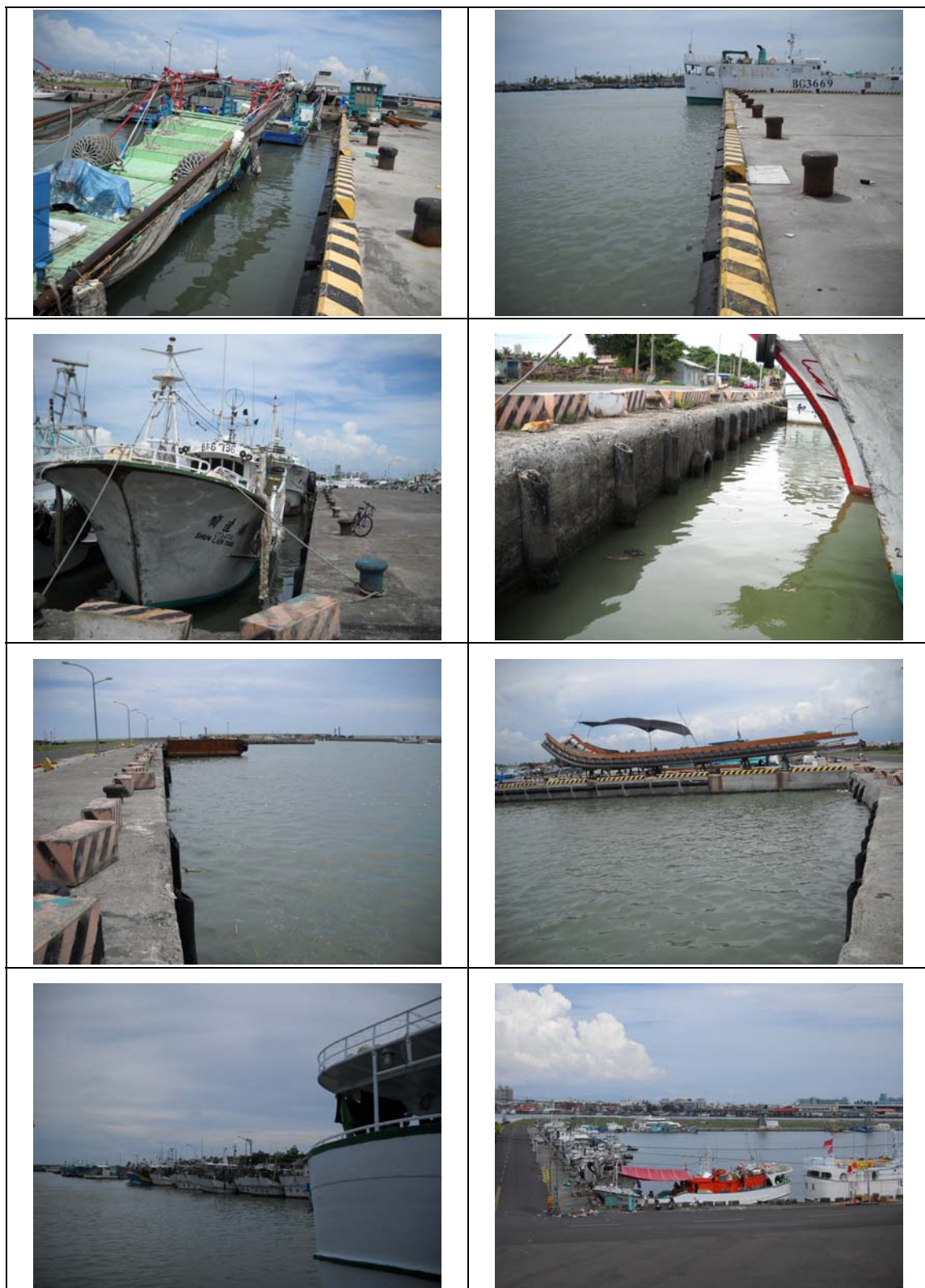


圖 103 鹽埔漁港碼頭現況

綜合彙整本年度調查碼頭現況，將應用 D.E.R.法評估、鋼板樁腐蝕速率、保護電位與陽極塊發生電位等結果，表列如表 67 至表 70 所示。

表 67 應用 DER 法評估結果彙整表

調查位置 評估值	基隆港					臺中港
	西 14 碼頭	西 15 碼頭	西 16 碼頭	西 17 碼頭	西 18 碼頭	西 3 碼頭
主體結構破壞評估	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
附屬設施破壞評估	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
整體破壞評估	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8

備註：本年度調查一等碼頭現況（包含新竹、梧棲、前鎮即東港鹽埔等漁港）暫不應用 DER 法評估。

表 68 鋼板樁腐蝕速率檢測結果彙整表 (mm/yr.)

基隆港																		
水深 (m)	東 2 號碼頭			東 3 號碼頭			東 4 號碼頭			東 5 號碼頭			東 6 號碼頭			東 7 號碼頭		
	凸	側	凹	凸	側	凹	凸	側	凹	凸	側	凹	凸	側	凹	凸	側	凹
+0.35	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.11	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.13	0.13	0.13
-0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
-0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09
-1.00	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.13	0.13	0.13
-1.50	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
-2.00	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.10	0.10	0.10
-4.00	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
-6.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09	0.06	0.06	0.06
高雄港																		
水深(m)	54 號碼頭			55 號碼頭			56 號碼頭			57 號碼頭			58 號碼頭					
+0.30	0.04			0.04			0.06			0.04			0.11					
-1.00	0.04			0.04			0.06			0.04			0.09					
-2.00	0.03			0.03			0.05			0.04			0.10					
-4.00	0.02			0.03			0.05			0.03			0.08					
-6.00	0.02			0.02			0.05			0.03			0.08					
-8.00	0.02			0.02			0.05			0.02			0.07					

表 69 鋼板樁保護電位檢測結果彙整表 (mV, Ag/AgCl 電位)

位置	鋼板樁保護電位	位置	鋼板樁保護電位
基隆港東 2 號碼頭	-994 ~ -892	高雄港 54 號碼頭	-1012 ~ -933
基隆港東 3 號碼頭	-1012 ~ -875	高雄港 55 號碼頭	-925 ~ -892
基隆港東 4 號碼頭	-937 ~ -844	高雄港 56 號碼頭	-1010 ~ -903
基隆港東 5 號碼頭	-983 ~ -865	高雄港 57 號碼頭	-912 ~ -880
基隆港東 6 號碼頭	-972 ~ -892	高雄港 58 號碼頭	-900 ~ -839
基隆港東 7 號碼頭	-972 ~ -892		

備註：保護電位均小於 - 780 mV，達保護鋼板樁之目的。

表 70 陽極塊發生電位檢測結果彙整表 (mV, Ag/AgCl 電位)

位置		海生物清除前			海生物清除後		
港口	碼頭	上	中	下	上	中	下
基隆港	東 2	-971	-975	-981	-979	-982	-987
	東 3	-970	-970	-983	-979	-979	-1006
	東 4	-953	-959	-957	-963	-966	-973
	東 5	-965	-967	-971	-964	-968	-975
	東 6	-978	-978	-977	-976	-975	-973
	東 7	-909	-908	-913	-923	-919	-924
高雄港	54	-1009	-1011	-1011	-1015	-1017	-1017
	55	-929	-930	-933	-935	-936	-941
	56	-924	-926	-931	-932	-936	-943
	57	-913	-915	-916	-920	-922	-924
	58	-914	-918	-922	-922	-930	-932

備註：陽極塊發生電位均小於 - 780 mV，達保護鋼板樁之目的。

第五章 結論

根據國家科技發展總目標、促進海洋永續發展，增強臺灣做為亞太地區商業及物流轉運中心的功能，港灣設施功能扮演重要關鍵角色。如何提升港灣設施之建設、工程品質與耐久性，以及維護、管理與安全等為本研究之主要目標。

本年度工作項目包括：(1)新竹漁港、臺中梧棲漁港、高雄前鎮漁港、屏東縣東港及鹽埔漁港碼頭設施之現況調查及評估。(2)棧橋式碼頭面版腐蝕、劣損資料蒐集與維護系統建置、基隆港西 14 至西 18 號及東 2 至東 7 號碼頭、臺中港西 3 號及高雄港 54 至 58 號碼頭現況調查與評估。研究成果可提供港務局等維護港灣設施參考外，研究過程中採用或建置完成之相關檢測方法與實施流程與結果等成果，均可提供國內各港務局應用於相關碼頭設施維護管理作業需要與本所進行港灣構造物後續相關研究之重要參考。

研究結論如下：

1. 本年度調查商港碼頭結果，基隆港西 14 至西 18 號其現況由應用目視與使用非破壞性檢測，經 D.E.R 法進行結構體安全性評估，其主整體結構評估指數 (ID_1) 均小於 2.0，顯示結構體功能完整安全無虞，但西 14 至西 15 號碼頭面版底部腐蝕劣化情形仍需藉由人員水下目視檢測，方能掌握實際狀況。臺中港西 3 號碼頭，其主整體結構評估指數 (ID_1) 小於 2.0、但附屬設施評估指數 (ID_2) 則大於 2.0，且水下部份基樁損壞或與面版接合處脫落，必須及時修復方能確保碼頭設施營運安全。
2. 上述碼頭應用 D.E.R 法，檢測結果雖均為整體結構安全無虞，惟西 14 至西 15 號碼頭使用時間均已超過 40 年以上，為確保碼頭營運安全，建議必需加強平時巡查頻率，確保營運正常。
3. 上述碼頭結構型式均為棧橋式，其劣損位置常出現於面版底部及

梁，劣損情形並無法依初步檢測項目中直接發現，故建議應定期派遣潛水人員，以目視近距離觀察面版底部及梁或基樁之鋼筋混凝土是否發生混凝土剝落或內部鋼筋銹蝕，或於受到不正常外力（如規模 5.0 以上地震或海嘯之侵襲、輪船撞擊等），應有即時檢查之作為，以維護碼頭構造安全。

4. 本年度調查基隆港東 2 至東 7 號碼頭及高雄港 54 至 58 號碼頭鋼板樁極防蝕措施現況，其腐蝕速率皆小於規範允許值（0.20 mm/yr），採用鋁合金犧牲陽極塊已達到保護鋼板樁之目的，惟部份碼頭使用時間多已超過 30-40 年，為確保碼頭營運安全，必須定期加強檢測。
5. 本年度調查第一類漁港包括新竹漁港、梧棲漁港、前鎮漁港及屏東鹽埔漁港，結果顯示，各漁港之碼頭及防波堤其設計水深均小於 -8.0m，碼頭除前鎮漁港部份設計水深達到 -10.0m 外，其餘多小於 -4.5m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為 500 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。
6. 由於臺灣地區漁港規模普遍較小，目前漁港均以多功能發展為目標，碼頭功能除傳統停靠漁船裝卸魚貨外，趨向以發展遊艇碼頭或娛樂賞魚等為主，陸上設施部分更研擬或已設置釣魚平台步道親水公園(階梯)展示中心餐廳等設施，且由歷年記錄顯示，漁港維護仍以泊地及碼頭水深浚挖為主，故建議可不直接應用 D.E.R 法進行結構體安全性評估，惟漁港之港灣設施基本資料及歷年維護紀錄，仍需建立資料庫存檔，如擬採用 D.E.R 法，則應將目前之漁港設施依據其型式、長度...等予以編號，以利應用於檢測評估及建檔所需。

參考文獻

1. 李維峰、張嘉峰、簡臣佑等，北部地區省道公路公共工程(含隧道、橋梁)維護管理制度之研究，交通部公路總局第一區養護工程處，2008。
2. 張嘉峰、簡臣佑等，交通設施生命週期評估技術整合與應用，交通部運輸研究所，2005。
3. 郭世榮、簡連貴、蕭松山等，港灣設施防災技術之研究(一)－港灣構造物維護管理準則之研究，交通部運輸研究所，2004。
4. 蘇吉立、陳桂清等，碼頭本體設施維護管理系統建置之研究(1/4)，交通部運輸研究所，2007。
5. 蘇吉立、陳桂清等，碼頭本體設施維護管理系統建置之研究(2/4)，交通部運輸研究所，2007。
6. 張嘉峰、簡臣佑等，基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，2008。
7. 饒正、陳桂清、柯正龍、張道光，碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究，交通部運輸研究所，2002。
8. 日本運輸省港灣技術研究所，港灣構造物腐蝕評價手法” No.501 ,P11，1984。
9. 湯麟武、徐忠猶、黃正欣，港灣及海域工程(中國工程師手冊水利類第十一篇)2nd，中國土木水利工程學會，1999。
10. 交通部基隆港務局，基隆港東防波堤延伸工程規劃評估，2005。
11. 交通部運輸研究所，海洋環境下鋼筋混凝土與鋼材構造物陰極防蝕技術與應用研討會，2004。

12. 交通部運輸研究所，港灣構造物設計基準研究-碼頭設計基準研訂及說明草案 P3-14，1997。
13. 陳桂清，構造物之腐蝕劣化檢測與防蝕維護策略，海洋環境下鋼筋混凝土與鋼材構造物陰極防蝕技術與應用研討會，2004。
14. 李賢華，港灣構造物安全檢測與評估，港灣構造物安全檢測與評估研習會論文集，交通部運輸研究所，2002。
15. 羅俊雄、黃克志、翁榮洲、陳新北，基隆港鋼板(管)樁安全檢測及評估，交通部基隆港務局，2002。
16. 李賢華，高雄港港灣構造物安全性評估及補強建議，高雄港委託計畫研究成果報告，2003。
17. 陳桂清、柯正龍、張道光，港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(1/2)，交通部運輸研究所，2007。
18. 李釗、陳桂清，混凝土材料劣化損壞評估與改善研究，港灣技術研究中心專刊第 137 號，交通部運研所港灣技術研究中心，1997。
19. 李賢華、薛憲文、陳桂清，港灣構造物安全檢測與評估之研究(2/2)，交通部科技顧問室委託計畫研究成果報告，2001。
24. 李賢華、陳陽益、薛憲文、陳桂清，港灣構造物安全檢測與評估之研究(1/2)，交通部科技顧問室委託計畫研究成果報告，2000。
20. 陳桂清、饒正、柯正龍、張道光，港灣構造物耐久性與維護機制之研究(1/4)，交通部運輸研究所，2005。
21. 陳桂清、饒正、柯正龍，現有結構物安全評估及維護研究(IV)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，2000。
22. 郭世榮、陳吉紀、簡連貴、鍾兆君、張文欽、黃泓翔，港灣設施防災技術之研究(二) —港灣設施防災對策之研究，交通部運輸研究所，2004。.

23. 李賢華，高雄港第五貨櫃中心#78-#81 碼頭版樁開裂補強後之安全性及耐久性分析，交通部港灣技術研究中心委託計劃研究成果報告，2000。
24. 李有豐、林安彥，橋梁檢測評估與補強，全華圖書，2000。
25. 高雄港港灣設施維護管理手冊，交通部高雄港務局，2006。
26. 港灣設施防災技術之研究(二)—港灣設施防災對策之研究，交通部運輸研究所，2005。
27. 新竹市漁港，行政院農業委員會漁業署，2003。
28. 臺中縣漁港，行政院農業委員會漁業署，2003。
29. 高雄市漁港，行政院農業委員會漁業署，2003。
30. 屏東縣漁港，行政院農業委員會漁業署，2003。