

101-38-7611

MOTC-IOT-100-H1DA003b

港灣構造物及濱海地區橋梁 與建物現況調查(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 3 月

港灣構造物及濱海地區橋梁與建物現況調查
(1/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1010100339

定價：200 元

101-38-7611

MOTC-IOT-100-H1DA003b

港灣構造物及濱海地區橋梁 與建物現況調查(1/4)

著 者：柯正龍、陳桂清

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣構造物及濱海地區橋梁與建物現況調查(1/4)
/柯正龍、陳桂清著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，
民 101.03 面 ； 公分

ISBN 978-986-03-1852-4 (平裝)

1. 港埠工程 2.港埠管理

443.3

101003248

港灣構造物及濱海地區橋梁與建物現況調查(1/4)

著 者：柯正龍、陳桂清

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10458 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)26587188

出版年月：中華民國 101 年 3 月

印 刷 者：群彩印刷科技股份有限公司

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港灣技術研究中心網站

定 價：200 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：1010100339

ISBN：978-986-03-1852-4 (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：港灣構造物及濱海地區橋梁與建物現況調查(1/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-03-1852-4（平裝）	政府出版品統一編號 1010100339	運輸研究所出版品編號 101-38-7611	計畫編號 100-H1DA003b
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：柯正龍 研究人員：陳桂清、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 100 年 01 月 至 100 年 12 月
關鍵詞：現地調查、維護機制、港灣設施			
摘要： 近年來由於溫室氣體效應，造成全球氣候變遷劇烈，國內天災頻傳，許多工程設施一夕之間，不是損壞倒塌，就是安全堪慮。因此，構造物之現況是否安全堪用，必需明確瞭解與確保。港灣構造物及濱海建物因位處嚴酷之海洋環境下，長年遭受波浪及海風侵襲，必須加強檢測以明瞭其堪用狀況。港灣碼頭大多浸入於海水下，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。 本研究為四年期計畫，內容包含文獻研析、檢測方法與檢測程序擬訂、構造物劣損評估及維護機制。本年度為計畫之第1年，完成項目如下；(1).澎湖馬公商港1號及6至8號碼頭之現況調查與評估(2).澎湖馬公第1至第3漁港、外垵漁港、內垵南北漁港....等漁港碼頭設施之現況調查(3).花蓮港區航道岸壁及4至9號鋼板樁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
101 年 3 月	230	200	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 inspection over harbor wharves and near seashore structures (1/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-03-1852-4 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010100339	IOT SERIAL NUMBER 101-38-7611	PROJECT NUMBER 100-H1DA003b
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ko Jeng-Long PROJECT STAFF: Chen Kuei-Ching PHONE: 04-26587188 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2011 TO December 2011
KEY WORDS: field surveying, maintenance mechanism, Port facility			
ABSTRACT : Owing to greenhouse effect, recently initiating the global climate has changed dramatically. Natural disasters occurred frequently in homeland, Many engineering facilities have damaged, collapsed or dangerous situations overnight. Therefore, physical situations and safety of structures must be confirmed and assured. In fact, harbor and near seashore structures are located and confronted with marine serious environment and also under huge waves impacting all the years. Structures must be inspected intensively to assure theirs in good condition and safety. Most harbor wharves immersed in seawater, they are very difficult to inspect, even sometimes have to be neglected. Thus, in order to establish security early warning function, structures field inspecting and ordinary maintenance must be carried out definitely. Obviously, it is very important and necessary. The project is a four-year period study. The study contents are included as below; research literatures reviewed and studied, inspecting methods and surveying processes drafted, structures deteriorated evaluation and its maintenance mechanism. The achievements at the first year were completed as follows; (1) Wharf No.1 & No.6 to No.8 of Makon Harbor at Penghu Island were inspected and evaluated. (2) The facilities of Makon Harbor at No.1 to No.3 and other fishery ports and near seashore structures were also completed investigated and evaluated. (3) The physical situations of quay wall in waterway zone and No.4 to No.9 of pile-type wharf at Hualien Harbor were surveyed and evaluated completely. 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 March 2012	NUMBER OF PAGES 230	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物及濱海地區橋梁與建物現況調查(1/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	IX
圖目錄	X II
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	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 碼頭結構型式	5
2.1.1 重力式碼頭	5
2.1.2 板樁式碼頭	7
2.1.3 棧橋式碼頭	8
2.2 重力式碼頭破壞原因探討	10
2.3 板樁式碼頭破壞原因探討	14
2.4 棧橋式碼頭破壞原因探討	15
2.5 港灣 R.C.結構物安全檢測項目	16
2.5.1 整體結構變形檢測	16
2.5.2 細部構材檢測	16

2.5.3 基礎地盤調查.....	18
2.5.4 碼頭附屬設施之檢測.....	18
2.6 檢測及評估實施時機.....	18
2.6.1 一般性安全檢測.....	18
2.6.2 緊急災變檢測.....	18
2.6.3 分階段檢測及評估.....	19
2.7 結構物安全檢測評估.....	22
2.7.1 初步安全檢測.....	22
2.7.2 細部安全檢測初步安全檢測.....	23
2.7.3 結構安全性原則.....	24
2.7.4 構造功能性原則.....	24
2.7.5 整體性評估原則.....	25
2.7.6 結構整體評估等級.....	25
第三章 研究方法與進行步驟.....	27
3.1 調查範圍.....	27
3.2 構造物基本資料蒐集.....	28
3.3 檢測及維修歷史.....	28
3.4 整體結構變形檢測及構造主結構體檢測.....	29
3.5 鋼筋混凝土材料劣化檢測.....	31
3.5.1 非破壞性試驗.....	31
3.5.2 局部破壞性試驗.....	34
3.6 鋼構造物儀器檢測.....	37
3.6.1 鋼板（管）樁料厚度檢測.....	37

3.6.2 防蝕系統檢測.....	38
3.7 非主結構體檢測.....	41
3.8 構造物初步檢測評估.....	41
3.9 完成檢測或進行細部評估.....	43
第四章 結果與討論.....	45
4.1 馬公港 1 號碼頭.....	45
4.2 馬公港 6 號碼頭.....	53
4.3 馬公港 7 號碼頭.....	57
4.4 馬公港 8 號碼頭.....	61
4.5 花蓮港 4 號碼頭.....	65
4.6 花蓮港 5 號碼頭.....	76
4.7 花蓮港 6 號碼頭.....	85
4.8 花蓮港 8 號碼頭.....	94
4.9 花蓮港 9 號碼頭.....	103
4.10 花蓮港航道岸壁.....	113
4.11 澎湖縣漁港.....	122
4.11.1 馬公漁港第一至第三漁港.....	123
4.11.2 外垵漁港.....	130
4.11.3 內垵北漁港.....	134
4.11.4 內垵南漁港.....	137
4.11.5 赤馬漁港.....	137
4.11.6 赤崁漁港.....	143
4.11.7 竹灣漁港.....	146

4.11.8 鎖港漁港.....	149
4.11.9 尖山漁港.....	153
4.11.10 龍門漁港.....	155
4.11.11 嵵裡漁港.....	157
4.11.12 風櫃東漁港.....	160
第五章 結論.....	163
參考文獻.....	參-1
附錄一期末審查意見及辦理情形說明表.....	附錄 1-1
附錄二 期末報告審查會議檢保資料.....	附錄 1-1

表 目 錄

表 1 重力式碼頭各構件產生異狀列表.....	13
表 2 板樁式碼頭各構件產生異狀列表.....	15
表 3 棧橋式碼頭各構件產生異狀列表.....	16
表 4 港灣構造物細部構材檢測建議項目	17
表 5 碼頭構造物初步檢測評估表.....	30
表 6 鋼筋腐蝕電位與腐蝕機率關係.....	33
表 7 圓柱試體長度直徑比.....	36
表 8 超音波脈波速度與混凝土品質之關係.....	36
表 9 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係.....	42
表 10 馬公商港碼頭使用現況說明表.....	46
表 11 馬公港 1 號碼頭初步檢測表.....	52
表 12 馬公港 6 號碼頭初步檢測表.....	56
表 13 馬公港 7 號碼頭初步檢測表.....	60
表 14 馬公港 8 號碼頭初步檢測表.....	64
表 15 花蓮港碼頭、航道鋼板樁背景資料.....	65
表 16 花蓮港 4 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表.....	71
表 17 花蓮港 4 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	72
表 18 花蓮港 4 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表.....	73
表 19 花蓮港 4 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	74

表 20	花蓮港 4 號碼頭初步檢測表.....	75
表 21	花蓮港 5 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表.....	80
表 22	花蓮港 5 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	81
表 23	花蓮港 5 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表.....	82
表 24	花蓮港 5 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	83
表 25	花蓮港 5 號碼頭初步檢測表.....	84
表 26	花蓮港 6 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表.....	89
表 27	花蓮港 6 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	90
表 28	花蓮港 6 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表.....	91
表 29	花蓮港 6 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	92
表 30	花蓮港 6 號碼頭初步檢測表.....	93
表 31	花蓮港 8 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表.....	98
表 32	花蓮港 8 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	99
表 33	花蓮港 8 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表.....	100
表 34	花蓮港 8 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	101
表 35	花蓮港 8 號碼頭初步檢測表.....	102
表 36	花蓮港 9 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表.....	108
表 37	花蓮港 9 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	109
表 38	花蓮港 9 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表.....	110
表 39	花蓮港 9 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	111
表 40	花蓮港 9 號碼頭頭初步檢測表.....	112

表 41 花蓮港航道岸壁鋼板樁防蝕電位檢測表.....	117
表 42 花蓮港航道岸壁鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	118
表 43 花蓮港航道岸壁犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表.....	119
表 44 花蓮港航道岸壁鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	120
表 45 花蓮港航道岸壁初步檢測表.....	121
表 46、澎湖縣各鄉（市）漁港船澳名稱表.....	122
表 47 外垵漁港反彈值等試驗結果.....	132
表 48 外垵港鑽心試體抗壓強度等試驗結果.....	132
表 49 外垵漁港鑽心試體之超音波脈波速度.....	132
表 50 內垵北漁港反彈值等試驗結果.....	135
表 51 內垵南漁港反彈值等試驗結果.....	138
表 52 鎖港漁港反彈值等試驗結果.....	150
表 53 鎖港漁港鑽心試體抗壓強度等試驗結果.....	151
表 54 鎖港漁港防波堤鑽心試體之超音波脈波速度.....	151

圖 目 錄

圖 1	沈箱式碼頭.....	6
圖 2	方塊式碼頭.....	7
圖 3	L 型塊式碼頭.....	7
圖 4	錨碇板式碼頭.....	8
圖 5	直樁棧橋式碼頭.....	9
圖 6	斜樁棧橋式碼頭.....	10
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	11
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	12
圖 9	重力式方塊碼頭構件標示.....	12
圖 10	重力式沉箱碼頭構件標示.....	13
圖 11	版樁式碼頭結構產生外部異象之主要機制示意圖.....	14
圖 12	港灣結構安全檢測實施流程圖.....	21
圖 13	構造物現況調查流程.....	28
圖 14	鋼筋腐蝕電位量測示意圖.....	33
圖 15	測厚儀量測之示意圖.....	37
圖 16	防蝕效果的判定方法.....	39
圖 17	電位測定示意圖.....	39
圖 18	陽極尺寸測定示意圖.....	40
圖 19	馬公港碼頭平面圖.....	47

圖 20 馬公港 1 號及 6 至 8 號碼頭鋼管樁結構斷面與陽極塊安裝位置	47
圖 21 馬公港 6 至 8 號碼頭陽極塊斷面型式	48
圖 22 馬公港 1 號碼頭現況情形(100.6.22)	49
圖 23 馬公港 6 號碼頭現況情形(100.6.22)	53
圖 24 馬公港 7 號碼頭現況情形(100.6.22)	57
圖 25 馬公港 8 號碼頭現況情形(100.6.22)	61
圖 26 花蓮港 4 至 9 碼頭與航道岸壁位置示意圖	66
圖 27 花蓮港 4 號碼頭結構型式示意圖	66
圖 28 花蓮港 4-6 及 8 號碼頭 Z 型鋼板樁型式示意圖	67
圖 29 花蓮港 4 號碼頭現況情形	67
圖 30 花蓮港 5 號碼頭現況情形	76
圖 31 花蓮港 6 號碼頭結構型式示意圖	85
圖 32 花蓮港 6 號碼頭現況情形示	86
圖 33 花蓮港 8 號碼頭結構型式示意圖	94
圖 34 花蓮港 8 號碼頭現況情形示	95
圖 35 花蓮港 9 號碼頭結構型式示意圖	103
圖 36 花蓮港 9 號碼頭及航道岸壁 U 型鋼板樁型式示意圖	103
圖 37 花蓮港 9 號碼頭現況情形	104
圖 38 花蓮港航道岸壁結構型式示意圖	113
圖 39 花蓮港航道岸壁現況情形	114

圖 40 馬公漁港平面配置圖	125
圖 41 馬公漁港碼頭結構型式 1.....	126
圖 42 馬公漁港碼頭結構型式 2.....	126
圖 43 馬公漁港碼頭結構型式 3.....	127
圖 44 馬公漁港碼頭結構型式 4.....	127
圖 45 馬公漁港碼頭結構型式 5.....	128
圖 46 馬公漁港碼頭結構型式 6.....	128
圖 47 馬公漁港碼頭結構型式 7.....	129
圖 48 馬公漁港現況情形(100.6.22)	130
圖 49 外垵漁港平面配置圖	133
圖 50 外垵漁港現況情形(100.6.21)	134
圖 51 內垵北漁港平面配置圖	136
圖 52 內垵北漁港現況情形(100.6.21)	137
圖 53 內垵南漁港平面配置圖	139
圖 54 內垵南漁港現況情形(100.6.21)	140
圖 55 赤馬漁港平面配置圖	141
圖 56 赤馬漁港現況情形(100.6.21)	142
圖 57 赤崁漁港平面配置圖	145
圖 58 赤崁漁港現況情形(100.6.21)	146
圖 59 竹灣漁港平面配置圖	148
圖 60 竹灣漁港現況情形(100.6.21)	149

圖 61 鎖港漁港平面配置圖	151
圖 62 鎖港漁港現況情形(100.6.23)	152
圖 63 尖山漁港平面配置圖	154
圖 64 尖山漁港現況情形(100.6.23)	154
圖 65 龍門漁港平面配置圖	156
圖 66 龍門漁港現況情形(100.6.23)	157
圖 67 嵵裡漁港平面配置圖	158
圖 68 嵵裡漁港現況情形(100.6.23)	159
圖 69 風櫃東漁港平面配置圖	161
圖 70 風櫃東漁港現況情形(100.6.23)	162

第一章 緒論

1.1 研究動機

臺灣為一四面環海之島嶼區域，海岸線綿延長達一千多公里，沿岸大小灣嶼及港口眾多，屬於亞熱帶氣候，夏秋兩季常有颱風發生。港灣及濱海地區之構造物諸如碼頭、防波(海)堤、建物、公路橋樑...等，大多屬於一般土建工程建物，其建造材料大致以鋼筋混凝土與鋼材(構)等兩大類為主。由於位處海域地帶，上述各類型土工建物或設施常年處於海洋惡劣環境下，必須長期承受波浪、暴潮及暴風侵襲，又地處環太平洋地震帶上，地震發生頻繁，常有強烈地震發生，影響港灣及濱海構造物安全之變數繁多，要做好維護管理極為不易，又面臨腐蝕嚴酷之海洋環境，構造物更易受損且加速劣化，因此，承受潛伏性與立即性損壞之威脅機率甚高。

近十數年來，全球溫室氣體效應，造成氣候極端變遷，國內風災規模劇烈、地震頻傳，許多公共工程諸如交通設施，屢遭襲擊，一夕之間不是倒塌就是受損嚴重，結構物面臨岌岌可危，安全堪慮的窘境。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。主要港口轄區內大多數港口設施，使用迄今多已超過 40 年以上，均屬老舊設施，近幾年來已不斷發生諸如碼頭混凝土劣化及鋼筋腐蝕(斷裂)、終致崩塌損壞等情形，濱海地區之橋樑與建物亦出現同樣問題。自民國 88 年 921 大地震以及民國 98 年 8 月之莫拉克颱風所造成之八八水災等之大小災襲後，造成各大商、漁港之碼頭、防波堤等設施及臨近濱海地區之建物陸續發生損壞，例如台中港區碼頭後線土壤液化與倉庫建物等嚴重損毀、基隆港區數座鋼板(管)樁碼頭之腐蝕破損(洞)、蘇澳港區之南外廓防波堤沉箱之掏空塌陷、花蓮港新東防波堤胸牆之嚴重損毀，屏東沿海地區河川出海口堤防破損、林園之雙園大橋斷橋、林邊大橋瀕臨沖毀斷裂等，或其它突發性無預警之損壞事例，不時持續出現。因此，港灣結構物以及其

鄰近濱海地區之建物等公共設施之現況是否安全堪用，必需明確瞭解，俾採必要之防範措施。

依據 交通部「重建國際門戶，提升國家競爭力」及「推動永續綠運輸，符合節能減碳」等 2 大施政方向，臺灣地區主要工商港口為達現階段重建臺灣在東亞運輸樞紐地位及再造臺灣 21 世紀競爭力之目的，必須強化其港灣設施之使用效能，以提升其服務能量與品質，方能重塑國際港埠核心價值，並促進地方發展。

維維護管理機制其主要目的為確保構造物使用安全及延長其使用年限，以往公共工程與重要設施大都較注重興建，或發現嚴重問題後才開始想進行全面修護，對於日常之調查維護作業，經常僅編列少數或無維護經費，故其維護效益甚低至無，設施任其持續劣化終致損壞，最後淪為不能使用之命運。如何將現有之設施達到最有效率之使用，避免修護及龐大重建經費之耗費外，其營運停頓造成之損失更難以估計。為此，構造物維護管理機制之建立，必為未來各項工程領域刻不容緩之課題，方能達成其永續經營。港灣及濱海橋樑等構造物之維護管理當然不應自外於主流趨勢。因應世界潮流與營建主流趨勢，未來國內公共工程等構造物，其維護管理所佔之權重，將比興建或全面維修更形重要。

本計畫研究期程為 4 年，主要以臺灣地區(包含澎湖、金門等)之商漁港區之碼頭設施及其周邊鄰近濱海地區(帶)之重要土建構造物諸如一般建物、橋樑...等，進行現況調查與評估，擬定破壞檢測程序、詳細檢測、安全評估方式，期能建置一套完整之維護管理機制，以利於日後港灣及濱海地區構造物之維護管理。本年度為計畫執行之第 1 年，初步已完成澎湖地區與花蓮之港區部份碼頭設施及其鄰近濱海地帶建物之現況調查，調查結果詳述於後續章節。

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

構造與濱海建物進行現況調查之安全檢測與評估，期望提供維修單位參考，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

港灣構造物可大致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。本計畫研究期程為4年，本年度（民國100年）為第1年，研究範圍選定為澎湖地區商港、漁港之碼頭及防波堤設施與其濱海地區建物之現況調查，並另配合花蓮港鋼板樁碼頭防蝕設施效能檢測需要，增加花蓮港航道岸壁與4至9號碼頭鋼板樁為現況調查對象。民國101至103年將分別針對臺中及花蓮港；基隆、蘇澳及台北港；及高雄及安平港碼頭及濱海建物等，進行檢測程序與構造物劣損評估項目之檢討。

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。

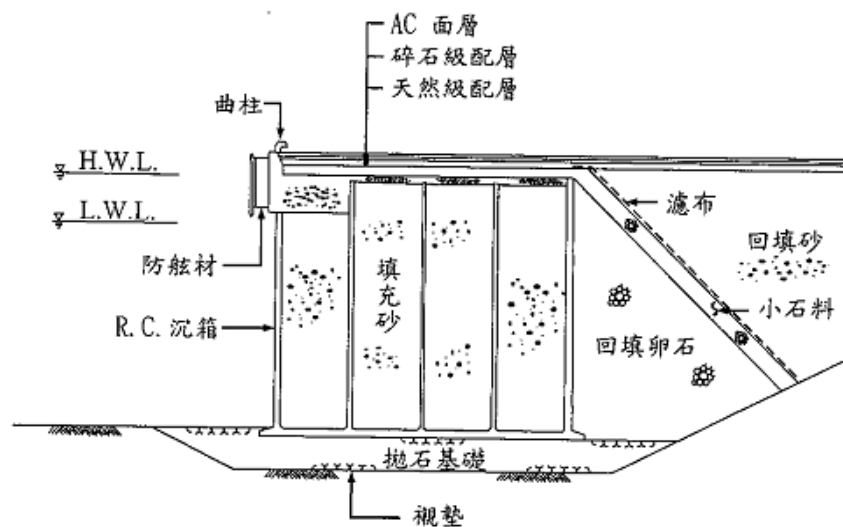


圖 1 沈箱式碼頭

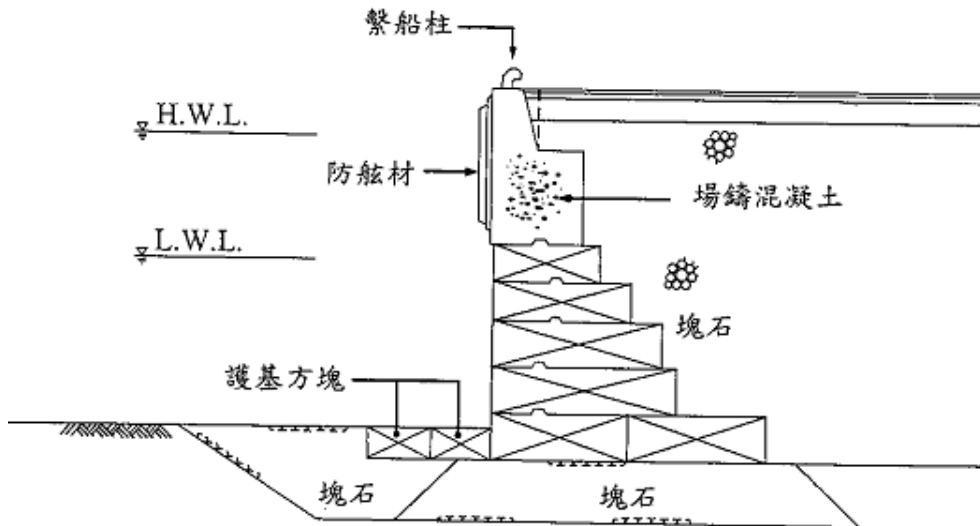


圖 2 方塊式碼頭

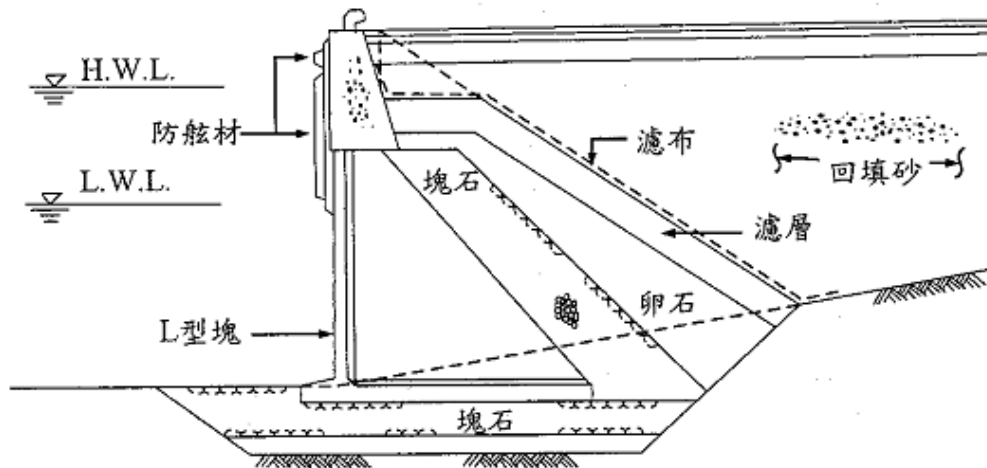


圖 3 L 型塊式碼頭

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。

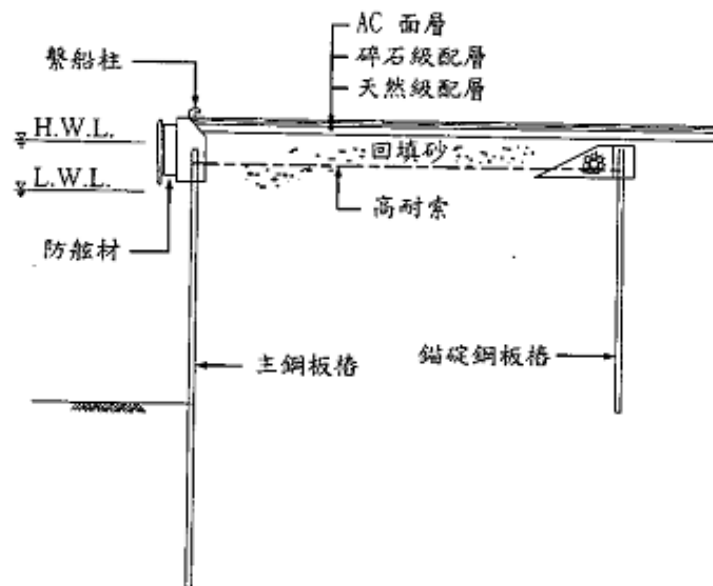


圖 4 錨碇板式碼頭

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。

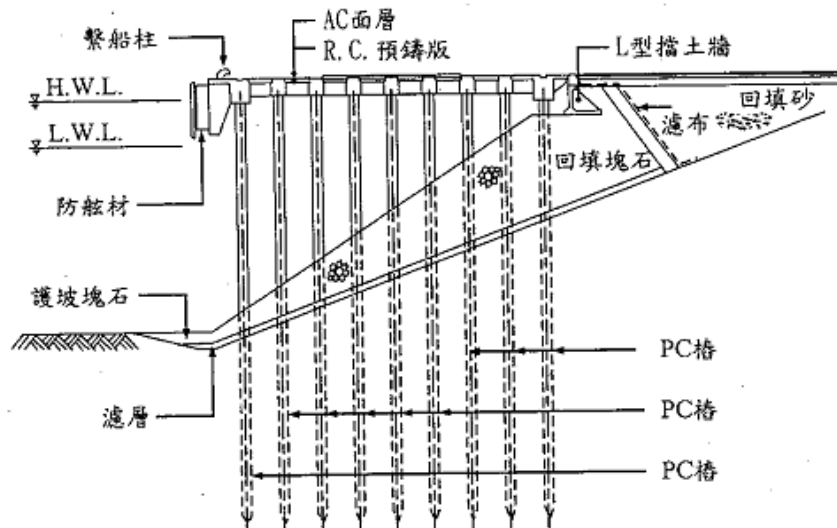


圖 5 直樁棧橋式碼頭

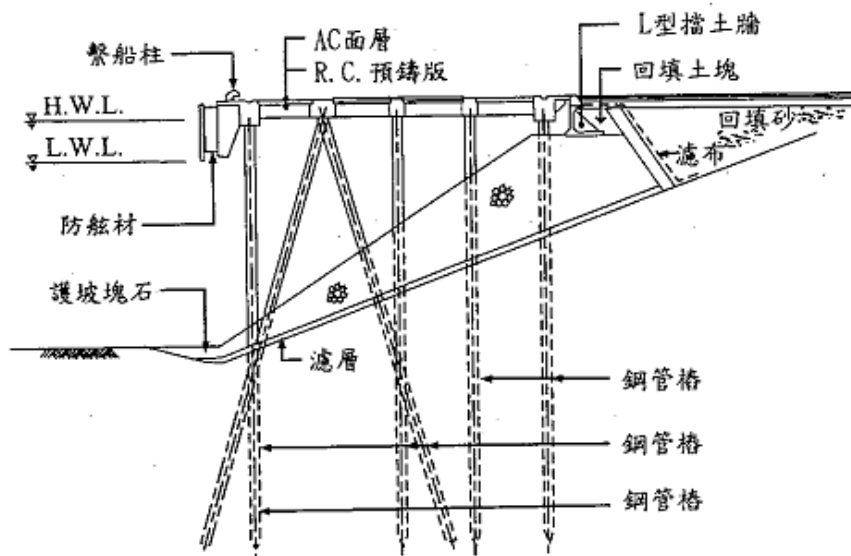


圖 6 斜樁棧橋式碼頭

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。

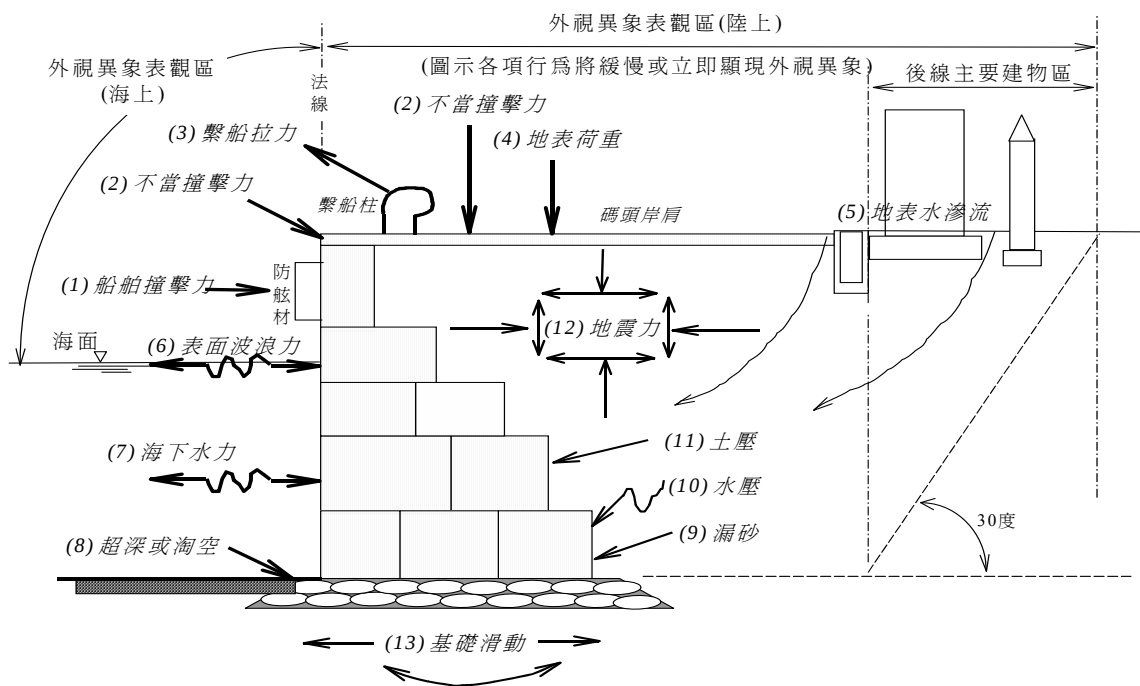


圖 7 導致重力式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

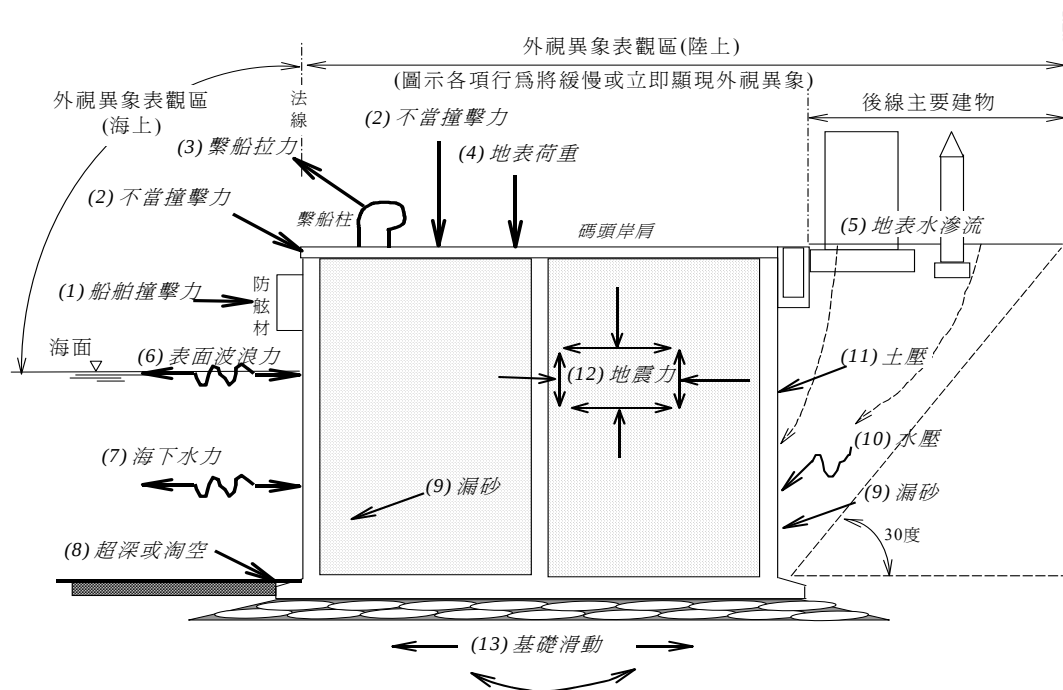


圖 8 導致重力式沉箱碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

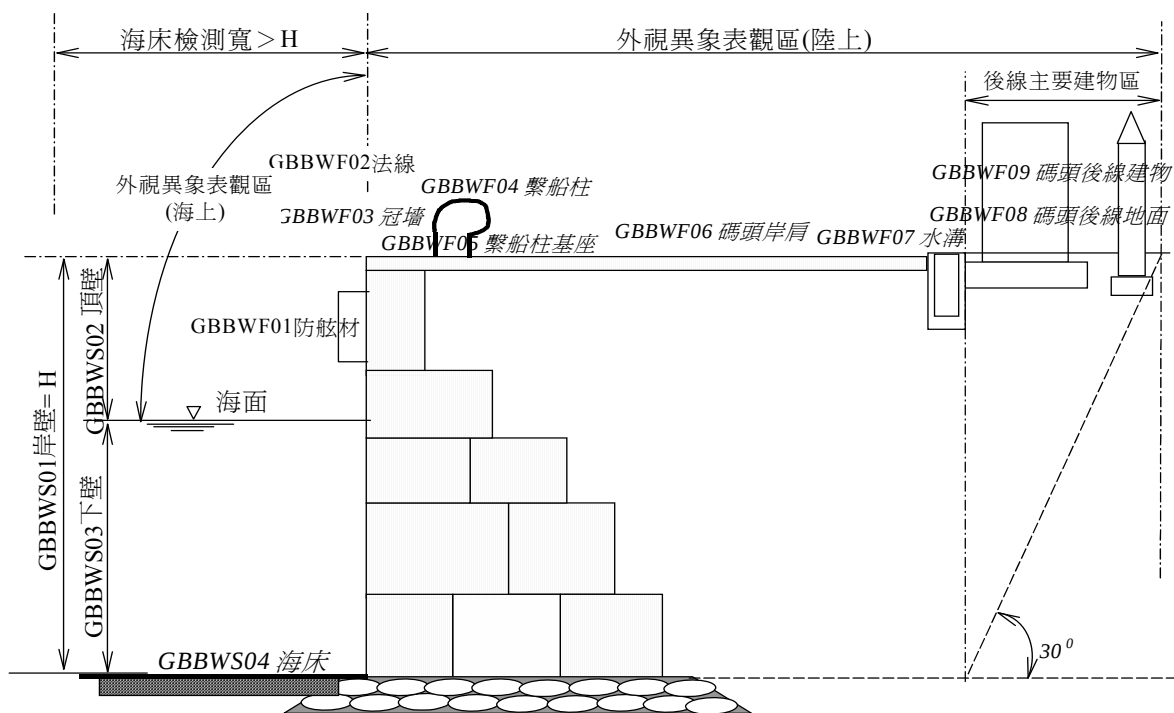


圖 9 重力式方塊碼頭構件標示

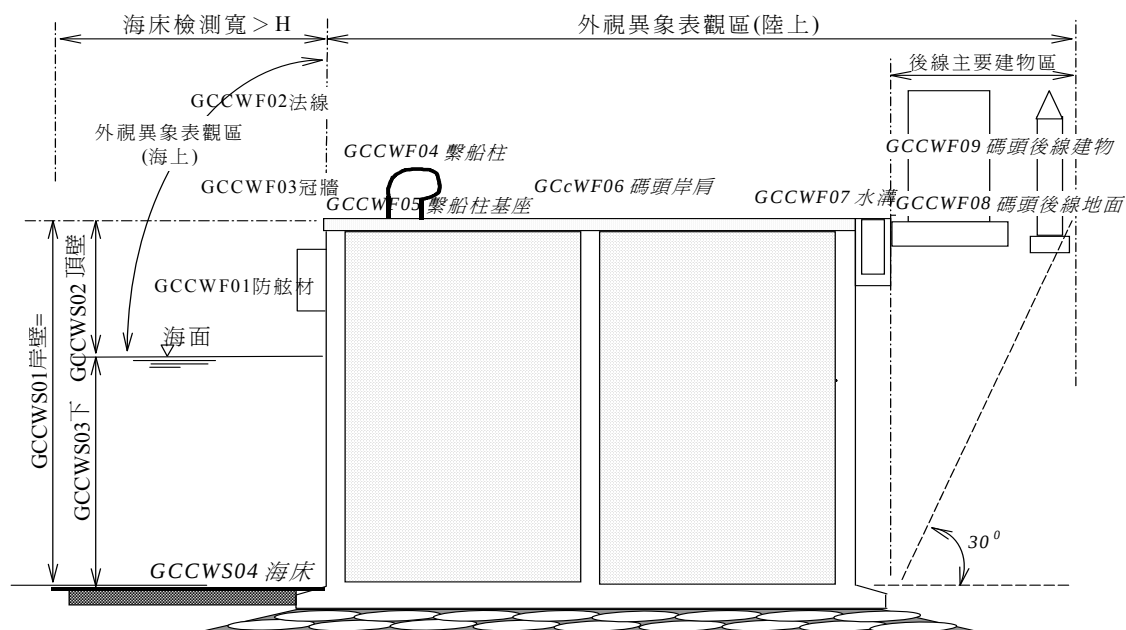


圖 10 重力式沉箱碼頭構件標示

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。

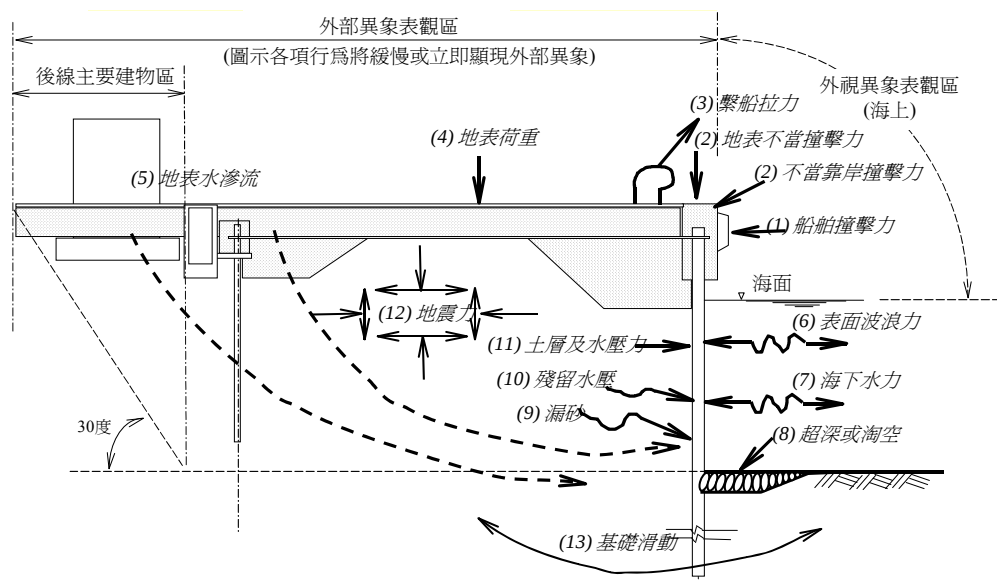


圖 11 導致版樁式錨錠樁碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

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。

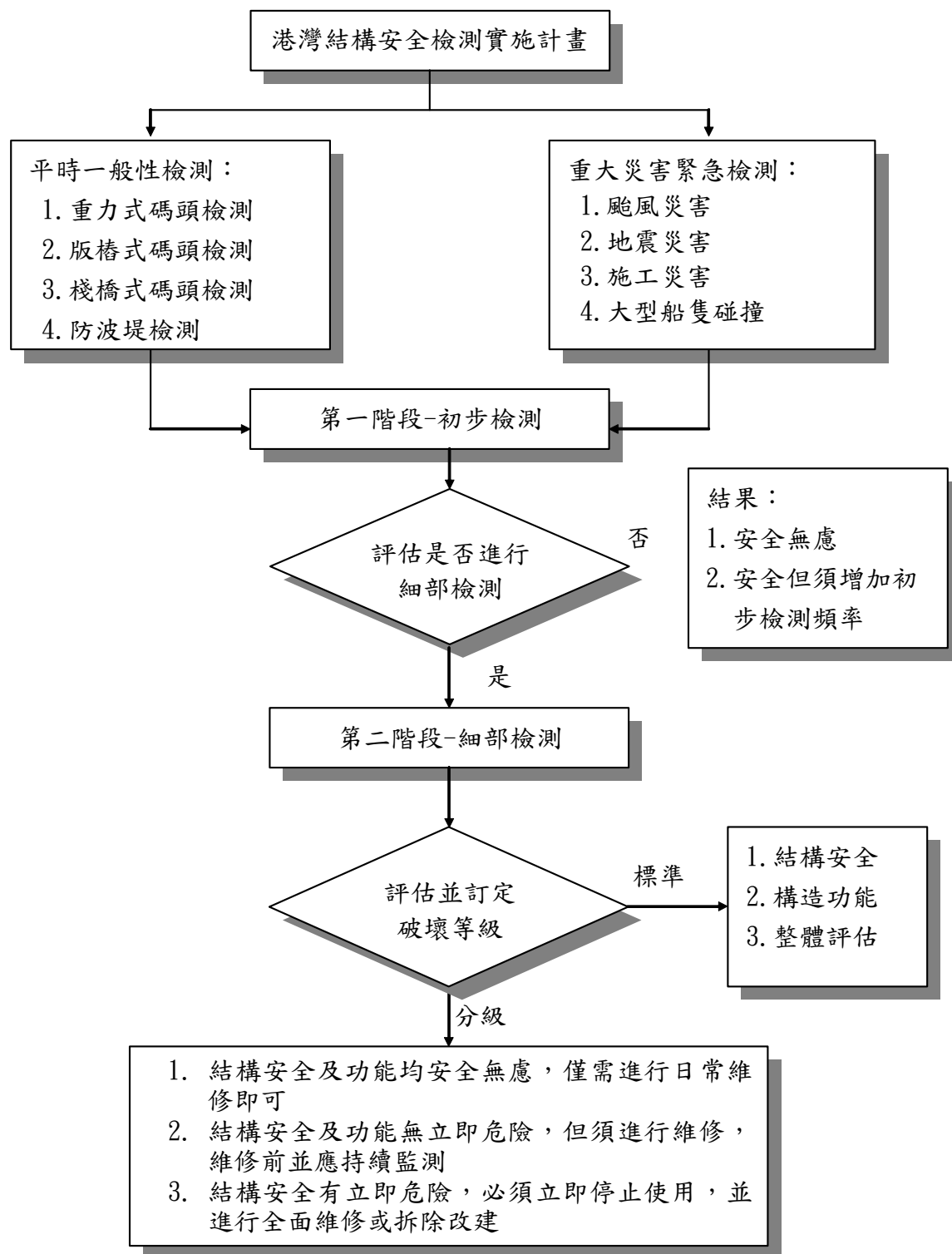


圖 12 港灣結構安全檢測實施流程圖

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，續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，調查流程如圖 13 所示。本年度除以澎湖縣馬公商港 1 號及 6-8 號碼頭（棧橋式）為調查對象外，調查範圍亦將納入澎湖縣之主要漁港碼頭（重力式），包括馬公市所轄馬公第 1 至第 3 漁港、鎖港、蒔裡、風櫃東及西漁港；西嶼鄉所轄外垵、竹灣、赤馬、內安南及北漁港；白沙鄉所轄赤崁及歧頭漁港；湖西鄉所轄龍門及尖山商港，並配合花蓮港務局實際需要，增加花蓮港航道及 4 至 9 號碼頭（鋼板樁式）等之現況調查。

3.1 調查範圍

本年度調查範圍包括：澎湖縣馬公商港 1 號及 6-8 號碼頭（棧橋式）、澎湖縣主要漁港碼頭，並配合花蓮港務局實際需要，增加花蓮港航道及 4 至 9 號碼頭（鋼板樁式）等之現況調查，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。

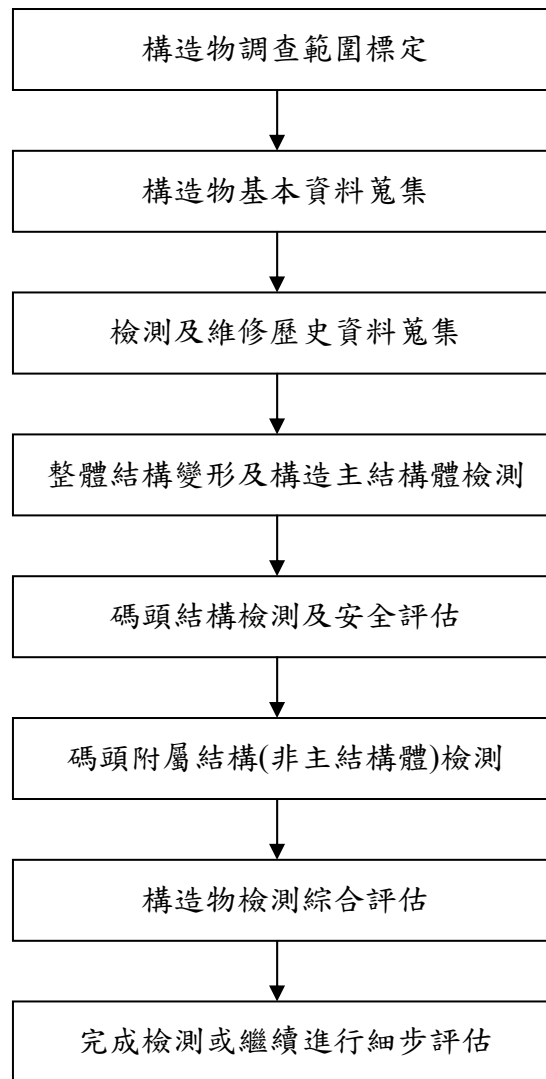


圖 13 構造物現況調查流程

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（船蓆）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		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i =$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_l = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i =$				
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.鎚塊；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，其內部的鎚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，使連接儀器外殼與鎚塊的彈簧伸長，當外殼推到與桿頂接觸時，卡損將放開鎚塊，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。反彈鎚塊將會帶動指針，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 $1 \times 2\text{m}$ 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，使鋼筋能與電位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。

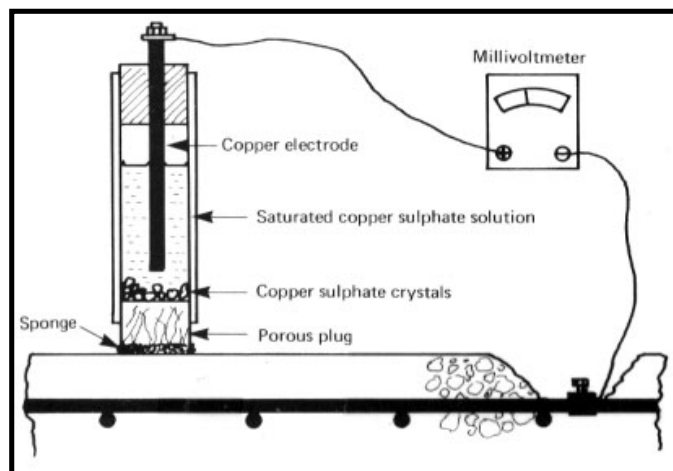


圖 14 鋼筋腐蝕電位量測示意圖

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。

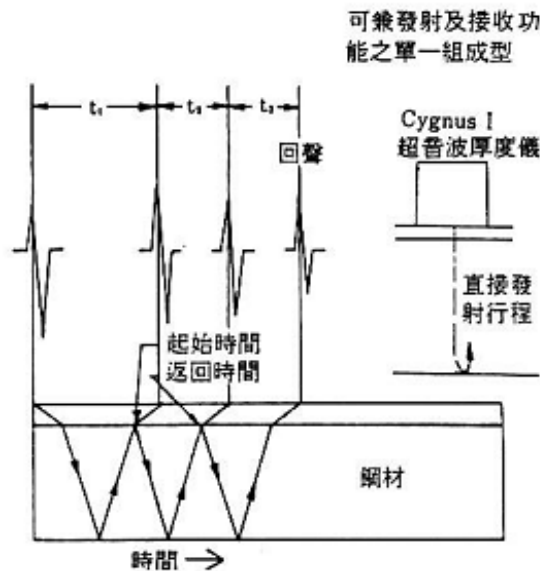


圖 15 測厚儀量測之示意圖⁽⁸⁾

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の場合，必須選定前列樁進行測定。

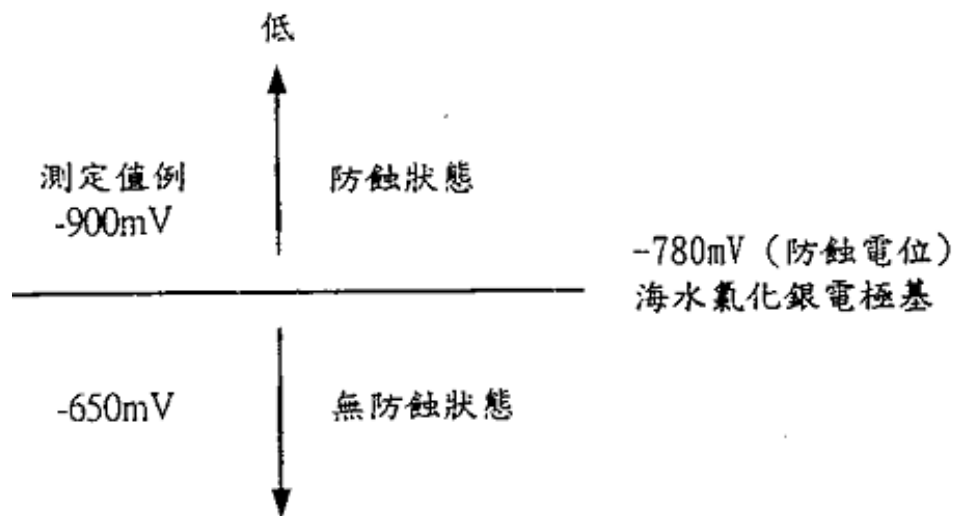


圖 16 防蝕效果的判定方法

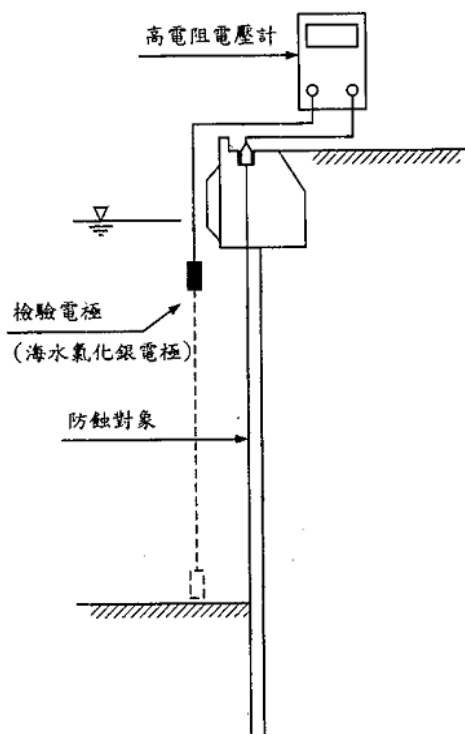


圖 17 電位測定示意圖

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。

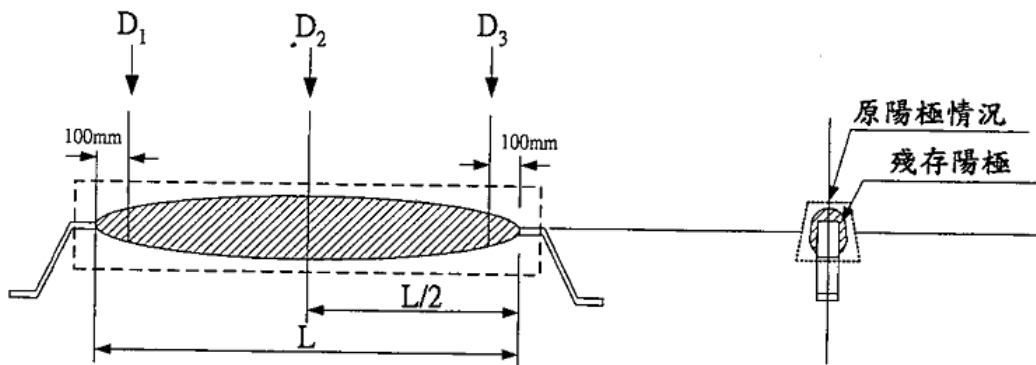


圖 18 陽極尺寸測定示意圖

- (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 $= (\text{陽極初期重量} - \text{陽極殘存重量}) / \text{經過年數}$(公式 5)

殘存壽命 $= \text{陽極殘存量} / \text{陽極年平均消耗量}$(公式 6)

另外，也可從陽極平均發生電流求取殘存壽命

殘存壽命=(陽極殘存量×陽極有效電氣量)/陽極平均發生電
流.....(公式 7)

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

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	

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

本年度除以 1 號及 6-8 號碼頭（棧橋式）為調查對象外，調查範圍亦將納入澎湖縣之主要漁港碼頭（重力式），包括馬公市所轄馬公第 1 至第 3 漁港、鎖港、蒔裡、風櫃東漁港；西嶼鄉所轄外垵、竹灣、赤馬、內安南及北漁港；白沙鄉所轄赤崁及歧頭漁港；湖西鄉所轄龍門及尖山商港，並配合花蓮港務局實際需要，增加花蓮港航道及 4 至 9 號碼頭與航道西側岸壁（鋼板樁式）等之現況調查。調查結果與討論詳列如下：

4.1 馬公港 1 號碼頭

本年度調查對象以澎湖馬公港為主，馬公港為澎湖與臺灣本島間貨物運輸最主要之港口，其對澎湖群島之重要性不言可喻，全港區共區分九座碼頭，碼頭位置與使用現況如圖 19 及表 10 所示。

- 1.碼頭基本資料：本座碼頭建造於民國 71 年 4 月，全長為 127 公尺，靠海測前列樁之設計水深為 -6.0 公尺，民國 84 年改建為鋼管樁棧橋式結構，整座碼頭共分為 12 單元。潮汐帶部位之鋼管樁以混凝土保護，海中帶採用犧牲陽極塊法作為防蝕措施，每排打設 4 至 5 列鋼管樁，前 4 列鋼管樁以導電線焊接連通，陽極塊提供之保護電流能互相支援。碼頭結構斷面與陽極塊安裝位置、陽極塊斷面型式分別示於圖 20 及圖 21，檢測時碼頭現況如圖 22 所示。
- 2.過去檢測及維修歷史：上次檢測時間：民國 95 年，檢測結果：目視檢測整體正常，基樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約 0.05 mm/yr.，小於規範值 0.20 mm/yr.，陰極防蝕系統效能達到保護鋼管樁目的。
- 3.整體結構變形及構造主結構體檢測：檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

表 10 馬公商港碼頭使用現況說明表

碼頭 編號	長度	設計 水深	建造 年月	用途	備註
1 號 碼頭	127 m	— 6.0m	71/4	客、貨運	鋼管樁棧橋式碼頭，可供 8000 噸級客輪靠泊，目前高馬線客貨輪「臺華輪」靠此碼頭。
2 號 碼頭	140m	— 5.8m	61/6	客運	混凝土基樁棧橋式碼頭，12 層港埠大樓位於碼頭後線，可供 3000 噸級以下客輪靠泊
3 號 碼頭	137m	— 5.0m — — 8.0m	60/6	卸油、卸 水、客運等	日據時代即有之突堤碼頭，無倉棧設施。
4 號 碼頭	128m	— 3.5m — — 8.0m	60/6		
5 號 碼頭	60m	— 3.5m	43/8	登陸艇	疊石岸壁式碼頭，無倉棧設施，可供軍方運補作業使用。
6 號 碼頭	103m	— 7.5m	81/2	貨運	81 年改建為鋼管樁棧橋式東、南、西向三座碼頭，目前供高馬、安馬、布馬、花馬等航線 5000 噸級以下貨輪靠泊作業，無倉棧設施。
7 號 碼頭	56m	— 7.5m	81/2	貨運	
8 號 碼頭	140m	— 7.5m	81/2	貨運	
9 號 碼頭	65m	— 2.5m — — 3.5m	29	離島交通 船	疊石岸壁式碼頭，無倉棧設施，因緊鄰馬公第一漁港且水深不足，目前未使用。

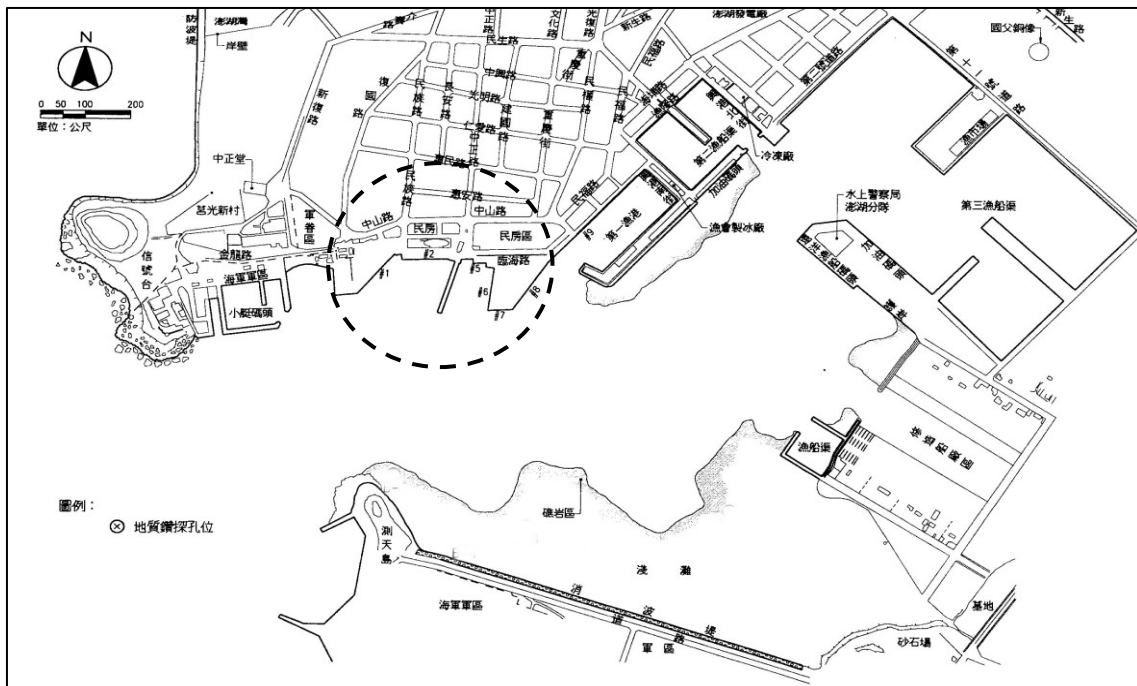


圖 19 馬公港碼頭平面圖

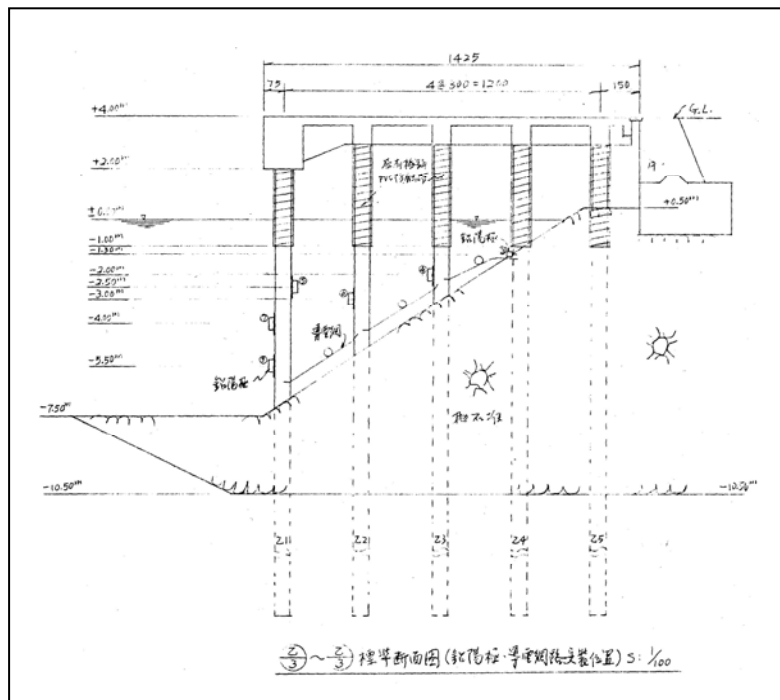


圖 20 馬公港 1 號及 6 至 8 號碼頭鋼管樁結構斷面與陽極塊安裝位置

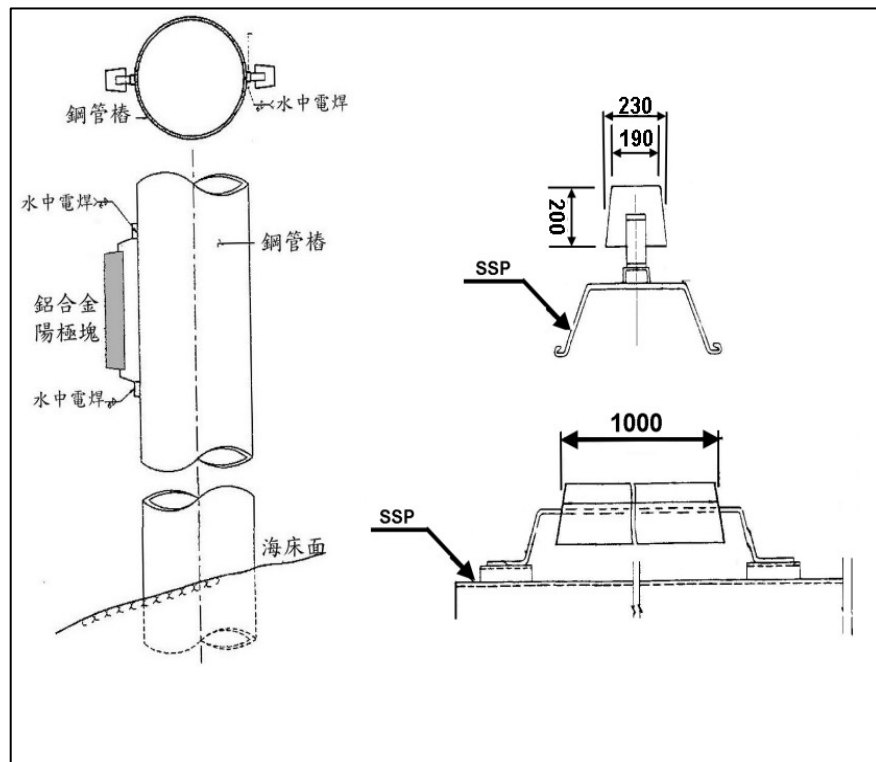


圖 21 馬公港 6 至 8 號碼頭陽極塊斷面型式



a. 碼頭路面及停靠臺華輪情形



b. 碼頭車檔與部份面版現況

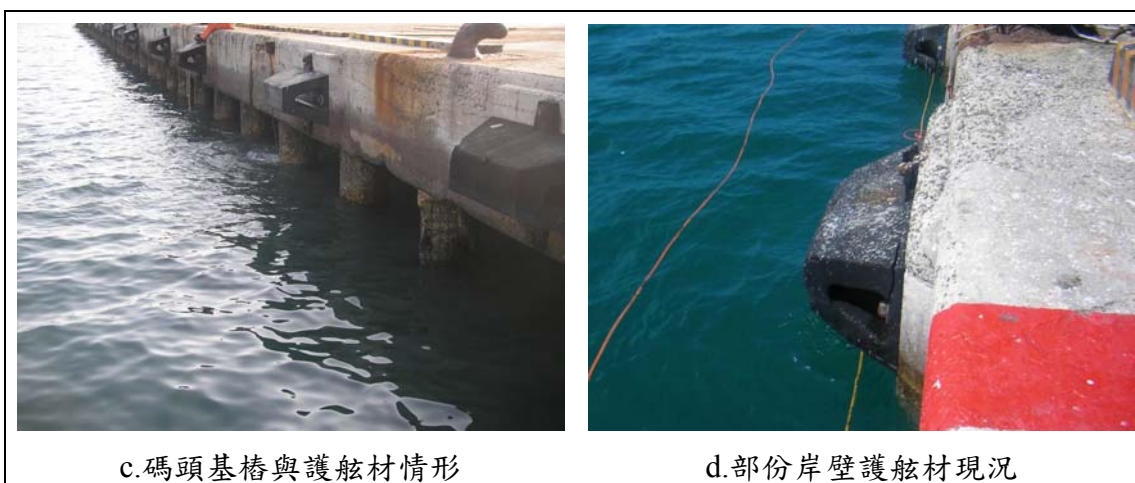


圖 22 馬公港 1 號碼頭現況情形(100.6.22)

- (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，部份碼頭岸壁雖有輕微劣損現況，且範圍未超過 10%，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。本座碼頭面版無明顯沉陷及材質劣化現象。故 D 值=0，E=0，R=3。
- (4)混凝土強度檢測：混凝土強度檢測項目之進行時機為，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，混凝土強度可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，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。

(7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：本座碼頭鋼管樁檢測時，因未進行水下目視近距離觀察，惟在低潮位目視露出水面部份，並未發現基樁有明顯腐蝕生鏽情形，故 D 值=0，E=0，R=2。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 4 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.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，調查時僅發現 2 處有輕微劣損現象，其餘均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(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，未出現明顯鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(3)擋車牆：本座碼頭擋車牆無明顯劣損，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：本座碼頭照明設備未發現損壞，本次調查係於日間進行，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：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 11 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。

表 11 馬公港 1 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：馬公港		碼頭編號：1 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 71 年 4 月		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標高：3.0 m	長度：127 m 縱深：--- m	水域深度	原設計：-6 m 目 前：-6 m	
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 客、貨輪 ☐ 其他			
	碼頭構造型式	☐ 沉箱重力式 ☐ 版樁式 ☒ 棧橋式鋼管樁 ☐ 其他			
	上次檢測	時間：民國 95 年 6 月 單位：港研中心 區分詳細檢測 結果：碼頭整體設施正常，防蝕設施達到保護鋼管樁目的			
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	0	0	3	0
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0
岸肩伸縮縫	0	0	3	0	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i^{N_P} R_i = 0.0$			
非 主 結 構 設 施 破 壞 檢 測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	0	0	2	0
	擋車牆	0	0	2	0
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i^{N_A} R_i = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i^N R_i = 0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 6 月 22 日					

4.2 馬公港 6 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭原屬為長 185 公尺，水深為 -3.5 公尺之疊石岸壁橫式碼頭之部份，民國 81 年向南填築 8800 平方公尺之新生地，改建為棧橋式鋼管樁碼頭，靠海測前列樁之設計水深為 -7.5 公尺。本座包含轉角與 5 號碼頭銜接段全長約 120 公尺，潮汐帶部位之鋼管樁以混凝土保護，海中帶採用犧牲陽極塊法作為防蝕措施，每排打設 4 至 5 列鋼管樁，前 4 列鋼管樁以導電線焊接連通，陽極塊提供之碼頭位置與使用現況如圖 19 及表 10 所示，碼頭結構斷面與陽極塊安裝位置、陽極塊斷面型式分別示於圖 20 及圖 21，檢測時碼頭現況如圖 23 所示。

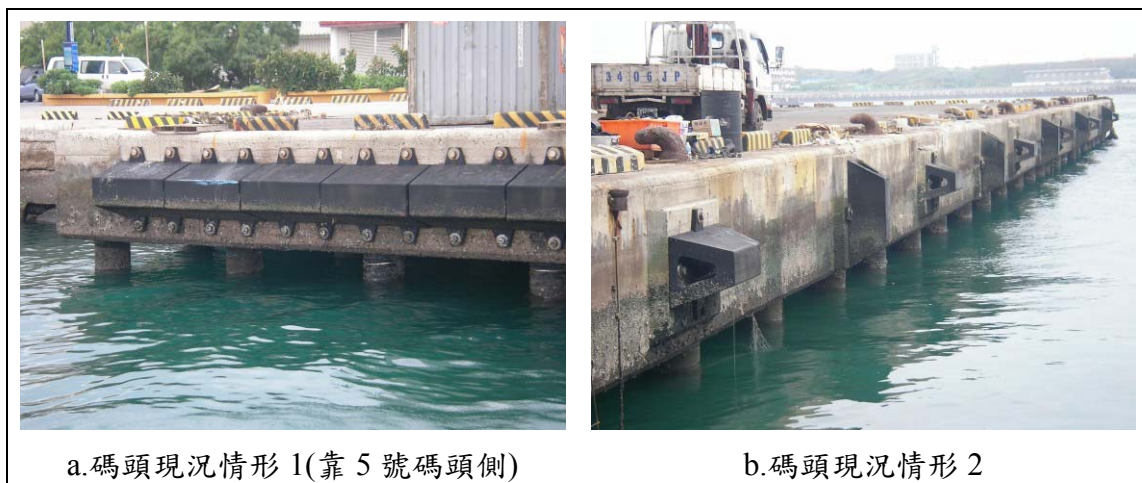


圖 23 馬公港 6 號碼頭現況情形(100.6.22)

- 2.過去檢測及維修歷史：民國 94 年，檢測結果：目視檢測整體正常，基樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約 0.05 mm/yr.，小於規範值 0.20 mm/yr.，陰極防蝕系統效能達到保護鋼管樁目的。
- 3.整體結構變形及構造主結構體檢測：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，部份碼頭岸壁雖有輕微劣損現況，且範圍未超過 10%，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。本座碼頭面版無明顯沉陷及材質劣化現象。故 D 值=0，E=0，R=3。
- (4)混凝土強度檢測：混凝土強度檢測項目之進行時機為，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，混凝土強度可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，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。
- (7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：本座碼頭鋼管樁檢測時，因未進行水下目視近距離觀察，惟在低潮位目視露出水面部份，並未發現基樁有明顯腐蝕生鏽情形，故 D 值=0，E=0，R=2。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 5 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.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，調查時僅發現 2 處有輕微劣損現象，其餘均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
- (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，未出現明顯鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (3)擋車牆：本座碼頭擋車牆無明顯劣損，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：本座碼頭照明設備未發現損壞，本次調查係於日間進行，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：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 12 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。

表 12 馬公港 6 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本資料	隸屬港口：馬公港		碼頭編號：6 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 81 年 2 月		
	靠泊船級	原設計： 實際使用：			
	碼頭法線版面標高：3.0 m	長度：103 m 縱深：--- m	水域深度	原設計：-7.5 m 目前：-7.5 m	
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪 ☒ 其他（原木）			
	碼頭構造型式	☐ 重力式 ☐ 版樁式 ☒ 棧橋式鋼管樁 ☐ 其他			
	上次檢測	時間：民國 94 年 6 月 單位：港研中心 區分詳細檢測 結果：碼頭整體設施正常，防蝕設施達到保護鋼管樁目的			
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	0	0	3	0
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.0$			
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	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 6 月 22 日					

4.3 馬公港 7 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭原屬為長 185 公尺，水深為 -3.5 公尺之疊石岸壁橫式碼頭之部份，民國 81 年向南填築 8800 平方公尺之新生地，改建為棧橋式鋼管樁碼頭，靠海測前列樁之設計水深為 -7.5 公尺。本座碼頭全長 56 公尺，潮汐帶部位之鋼管樁以混凝土保護，海中帶採用犧牲陽極塊法作為防蝕措施，每排打設 4 至 5 列鋼管樁，前 4 列鋼管樁以導電線焊接連通，陽極塊提供之保護電流能互相支援。碼頭位置與使用現況如圖 19 及表 10 所示，碼頭結構斷面與陽極塊安裝位置、陽極塊斷面型式分別示於圖 20 及圖 21，檢測時碼頭現況如圖 24 所示。



圖 24 馬公港 7 號碼頭現況情形(100.6.22)

2.過去檢測及維修歷史：民國 94 年，檢測結果：目視檢測整體正常，基樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約 0.05 mm/yr.，小於規範值 0.20 mm/yr.，陰極防蝕系統效能達到保護鋼管樁目的。

3.整體結構變形及構造主結構體檢測：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，部份碼頭岸壁雖有輕微劣損現況，且範圍未超過 10%，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。本座碼頭面版無明顯沉陷及材質劣化現象。故 D 值=0，E=1，R=3。
- (4)混凝土強度檢測：混凝土強度檢測項目之進行時機為，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，混凝土強度可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，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。
- (7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：本座碼頭鋼管樁檢測時，因未進行水下目視近距離觀察，惟在低潮位目視露出水面部份，並未發現基樁有明顯腐蝕生鏽情形，故 D 值=0，E=0，R=2。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 5 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.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，調查時僅發現 2 處有輕微劣損現象，其餘均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
- (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，未出現明顯鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (3)擋車牆：本座碼頭擋車牆無明顯劣損，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：本座碼頭照明設備未發現損壞，本次調查係於日間進行，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：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 13 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仍屬完整範圍內，不影響主結構體正常運作。

表 13 馬公港 7 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：馬公港		碼頭編號：7 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 81 年 2 月		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標 高：3.0 m	長度：56m 縱深：---m	水域深度	原設計：-7.5 m 目前：-7.5 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 ☒ 棧橋式鋼管樁 ☐ 其他			
	上次檢測	時間：民國 94 年 6 月 單位：港研中心 區分詳細檢測 結果：碼頭整體設施正常，防蝕設施達到保護鋼管樁目的			
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	0	0	3	0
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_P} R_i = 0.0$			
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	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_A} R_i = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^N R_i = 0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 6 月 22 日					

4.4 馬公港 8 號碼頭

- 1.碼頭基本資料：本座碼頭原屬為長 185 公尺，水深為 -3.5 公尺之疊石岸壁橫式碼頭之部份，民國 81 年向南填築 8800 平方公尺之新生地，改建為棧橋式鋼管樁碼頭，靠海測前列樁之設計水深為 -7.5 公尺。本座碼頭全長 140 公尺，潮汐帶部位之鋼管樁以混凝土保護，海中帶採用犧牲陽極塊法作為防蝕措施，每排打設 4 至 5 列鋼管樁，前 4 列鋼管樁以導電線焊接連通，陽極塊提供之保護電流能互相支援。碼頭位置與使用現況如圖 19 及表 10 所示，碼頭結構斷面與陽極塊安裝位置、陽極塊斷面型式分別示於圖 20 及圖 21，檢測時碼頭現況如圖 25 所示。



圖 25 馬公港 8 號碼頭現況情形(100.6.22)

- 2.過去檢測及維修歷史：民國 94 年，檢測結果：目視檢測整體正常，基樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約 0.05 mm/yr.，小於規範值 0.20 mm/yr.，陰極防蝕系統效能達到保護鋼管樁目的。
- 3.整體結構變形及構造主結構體檢測：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，部份碼頭岸壁雖有輕微劣損現況，且範圍未超過 10%，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。本座碼頭面版無明顯沉陷及材質劣化現象。故 D 值=0，E=1，R=3。
- (4)混凝土強度檢測：混凝土強度檢測項目之進行時機為，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，混凝土強度可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，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。
- (7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：本座碼頭鋼管樁檢測時，因未進行水下目視近距離觀察，惟在低潮位目視露出水面部份，並未發現基樁有明顯腐蝕生鏽情形，故 D 值=0，E=0，R=2。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 5 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.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，調查時僅發現 2 處有輕微劣損現象，其餘均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
- (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，未出現明顯鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (3)擋車牆：本座碼頭擋車牆無明顯劣損，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：本座碼頭照明設備未發現損壞，本次調查係於日間進行，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：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 14 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仍屬完整範圍內，不影響主結構體正常運作。

表 14 馬公港 8 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：馬公港		碼頭編號：8 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 81 年 2 月		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標 高：3.0 m	長度：140m 縱深：---m	水域深度	原設計：-7.5 m 目前：-7.5 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 ☒ 棧橋式鋼管樁 ☐ 其他			
	上次檢測	時間：民國 94 年 6 月 單位：港研中心 區分詳細檢測 結果：碼頭整體設施正常，防蝕設施達到保護鋼管樁目的			
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	0	0	3	0
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_P} R_i = 0.0$			
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	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^{N_A} R_i = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i^N R_i = 0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 6 月 22 日					

4.5 花蓮港 4 號碼頭

本年度配合花蓮港務局實際需要，增加花蓮港航道及 4 至 9 號碼頭（鋼板樁式）等之現況調查，碼頭與航道岸壁等鋼板樁相關背景資料簡列如表 15，檢測位置如圖 26 所示。

表 15 花蓮港碼頭、航道鋼板樁背景資料

構造物名稱	長度(m)	水深(m)	板樁型式	原始厚度(mm)	完工日期 年、月	防蝕處理 安裝年度	前次調查 年月	本次調查 年月
四號碼頭	160	9.5	Belvol-Z	凸凹：15.2 側：10.2	50	陰極防蝕	90.7	100.5
五號碼頭	160	8.5	Belvol-Z	凸凹：15.2 側：10.2	50	無	90.7	100.5
六號碼頭	150	8.5	Z-25	凸凹：13.0 側：9.6	60	無	90.7	100.5
七號碼頭	18	10.5	Z-25	凸凹：13.0 側：9.6	60	無	90.7	100.5
八號碼頭	220	10.5	Hoesch175	凸凹：15.2 側：10.2	61.8	無	90.7	100.5
九號碼頭	51	9.5	FSP VL	24.3	66.4	無	90.7	100.5
航道	527	9.5	FSP VL	24.3	67.7	無	90.7	100.5

1. 碼頭基本資料：本座碼頭於民國 50 年完工，水深 -9.50 m，碼頭全長 60 m，採用盧森堡製之 Belvol Z 型鋼板樁建造，使用迄今約 40 年，無任何防蝕措施。在高潮位線時，仍有一截鋼板樁約 80~120 公分之長度，全年裸露於大氣中，與國內其它港區碼頭鋼板樁完全浸入海水中略有不同。碼頭結構斷面如圖 27，使用鋼板樁型式如圖 28，以靠泊雜貨輪，載運砂石為主。碼頭現況情形示如圖 29。

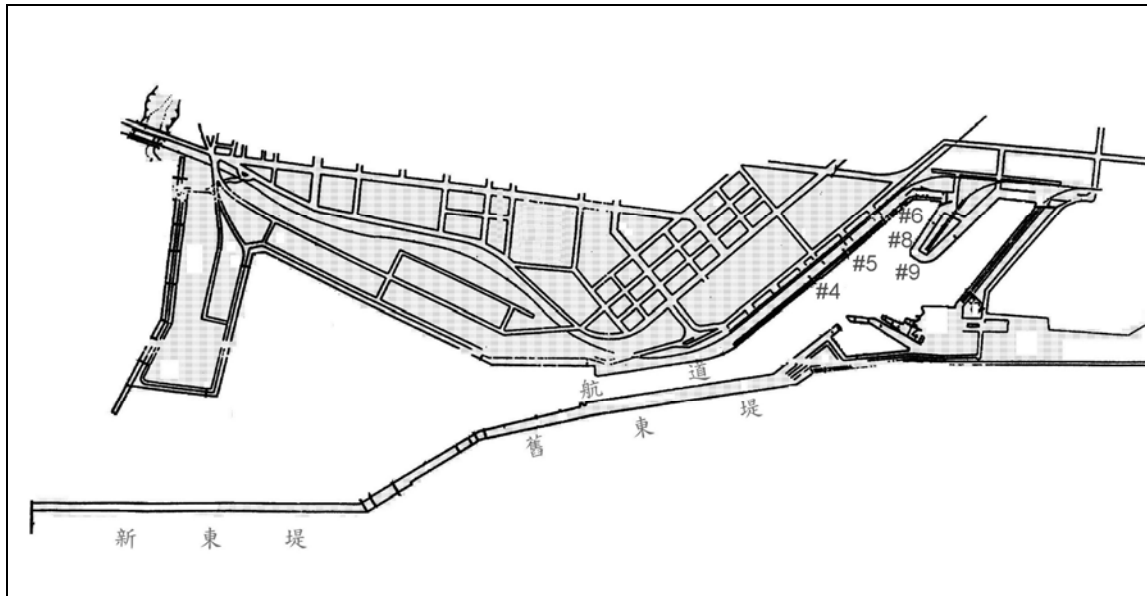


圖 26 花蓮港 4 至 9 碼頭與航道岸壁位置示意圖

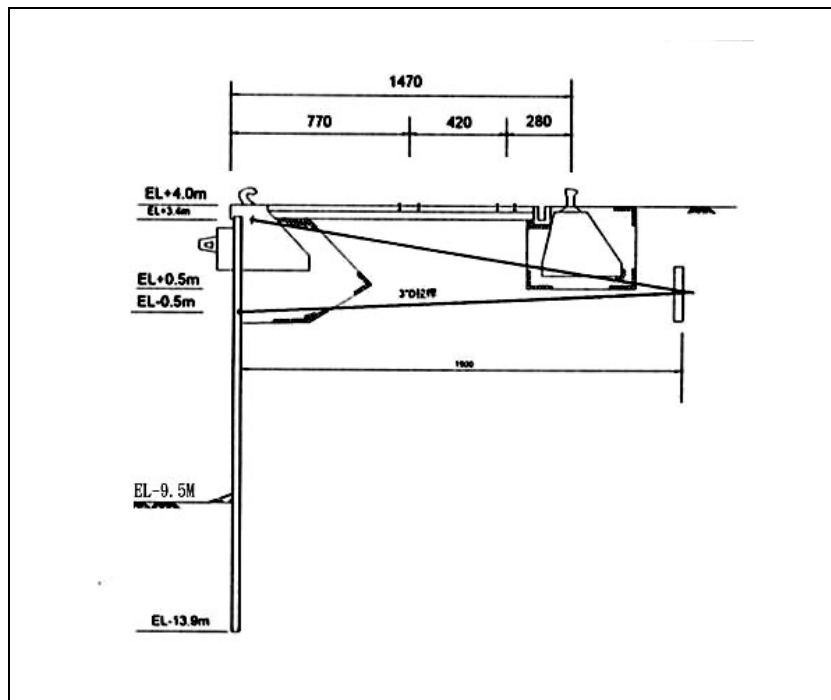


圖 27 花蓮港 4 號碼頭結構型式示意圖

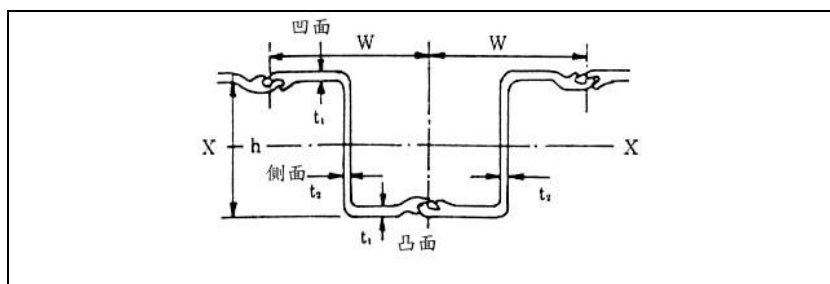


圖 28 花蓮港 4-6 及 8 號碼頭 Z 型鋼板樁型式示意圖



圖 29 花蓮港 4 號碼頭現況情形

2. 過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：上次檢測時間：民國 90 年，檢測結果：目視檢測整體正常，鋼板樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約均小於規範值 0.20 mm/yr.，但因碼頭使用時間已超過 40 年，建議鋼板樁宜安裝防蝕系統及增加檢測頻率（民國 94 年已安裝犧牲陽極塊方式之陰極防蝕系統）。

3.整體結構變形及構造主結構體檢測：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：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：本座碼頭面版除出現少數裂縫外，另有部份出現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：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，但建造使用時間已超過 40 年，推估其混凝土強度應較原設計強度減少 10% 左右，故 D 值=1，E=2，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。
- (7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：裸露於大氣帶中之鋼板，歷年來均有定期做塗覆保護，因此，本所港研中心於民國 79、81 及 89 年等進行三次檢測時，雖然曝露於大氣帶之鋼材，表面均有明顯且大範圍之小點斑蝕出現，腐蝕速率雖未大於規範值(0.20 mm/yr.)，但因使用時間已超過 50 年，必須增加檢測頻率。水下部份檢測時無腐蝕生銹、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=2。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 7 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.8，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4. 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，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，但出現鏽損及脫漆現象，D 值=1，E=3，R=3。
- (3) 擋車牆：本座碼頭擋車牆未發現損壞，初步檢測評估結果為：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：本座碼頭照明設備未發現損壞，本次調查係於日間進行，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (6) 油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
- (7) 陰極防蝕效能檢測：

a. 陽極塊外觀目視檢測

本座碼頭之犧牲陽極塊外觀仍十分完整，表面則附著豐富之藤壺、牡蠣等大型硬殼類海生物及部份之管蟲類、海蟲、海鞘等。部份表面出現白色氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

b. 鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 24 處，鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 16、表 17 所示，鋼板樁保護電位最大值為 -955 mV ，最小值為 -989 mV ，均小於 -850 mV （v.s. Cu/CuSO_4 參考電極），犧牲陽極防蝕電位檢測共選取 12 支檢測，結果如表 18 所示，犧牲陽極防蝕電位最大值為 -960 mV ，最小值為 -1075 mV ，亦均小於 -850 mV （v.s. Cu/CuSO_4 參考電極），顯示防蝕效能已達到保護鋼板樁之目的。

c. 綜合判斷

綜合水下目視及陰極防蝕效能檢測結果如表 19 所示，本座碼頭於目前營運狀狀下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，惟本次檢測碼頭使用時間已約 50 年，建議鋼板樁宜定期進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 20 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.9，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。

表 16 花蓮港 4 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

碼頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	4 號	防蝕完工日期	94 年	設計水深	-9.5 m
	碼頭長度	160 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖				
	靠 泊 船 級					
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 散雜貨 ☒ 其他：砂石碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	標準電位	☒ 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	100.5.18	
	上次檢測結果					
檢測儀器	☒ 電位計 ☒ 尺 ☒ 照相機					
目視電位測試端子	☒ 無損壞 ☐ 有生鏽但尚未損壞 ☐ 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位介於-981 ~ -961 mV， ☒ 平均電位足夠，且所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份電位不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份電位不足。 ☐ 平均電位不足。					
檢測評估	☒ 第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測 ☐ 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	李昭明、何木火		評估人員	柯正龍		
附 件	文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☒ 檢測記錄表					

表 17 花蓮港 4 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港				
碼頭編號	4 號			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	李昭明、何木火			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	100.5.18
測站編號	水深 (m)			平 均 防蝕電位	備註
	1 m	-4 m	-7 m		
1	-973	-973	-973	-973	防蝕電位均小於-850 mV，已達到鋼板樁防蝕 目的
2	-959	-958	-973	-963	
3	-964	-960	-959	-961	
4	-966	-962	-955	-961	
5	-978	-966	-960	-968	
6	-976	-967	-964	-969	
7	-971	-970	-973	-971	
8	-970	-971	-976	-972	
9	-969	-973	-968	-970	
10	-970	-977	-963	-970	
11	-982	-977	-966	-975	
12	-981	-975	-968	-975	
13	-975	-976	-975	-975	
14	-969	-974	-977	-973	
15	-973	-987	-977	-979	
16	-975	-980	-965	-973	
17	-987	-979	-968	-978	
18	-982	-976	-970	-976	
19	-976	-976	-980	-977	
20	-971	-975	-979	-975	
21	-974	-977	-971	-974	
22	-976	-979	-966	-974	
23	-987	-978	-970	-978	
24	-989	-986	-967	-981	

表 18 花蓮港 4 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港					
碼頭編號	4 號		檢測種類	詳細檢測		
檢測人員	李昭明、何木火		記錄人員	柯正龍		
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極		檢測時間	100.5.18		
陽極塊 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	-994	993	-995	-1030	-1028	-1046
2	-996	-996	-995	-1026	-1054	-1046
3	-993	-997	-991	-1057	-1040	-1053
4	-994	-1001	-992	-1015	-1071	-1041
5	-997	-1000	-993	-1039	-1039	-1023
6	992	-989	-985	-1040	-1075	-1068
7	-996	-997	-999	-1037	-1039	-1067
8	-993	-983	-981	-1065	-1020	-1058
9	-984	-981	-985	-1009	-997	-1074
10	-971	-969	-965	-981	-977	-982
11	-964	-962	-964	-983	-970	-1019
12	-963	-959	-960	-993	-969	-1004

表 19 花蓮港 4 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	4 號	防蝕完工日期	94 年	設計水深	-9.5 m
	碼頭長度	160 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖			靠泊船級	
	船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 散雜貨 ☒ 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	原始厚度(mm)	Belvol Z 型鋼板樁，凹、凸面為 15.2mm，側面為 10.2mm				
	上次檢測時間					
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☒ 目視 ☐ 捲尺 ☒ 照相機				
鋼 材 部 份 目 視檢測結果		☒ 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 ☐ 局部的生鏽呈點狀膨脹 ☐ 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 ☐ 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 ☐ 版樁有開裂現象 ☐ 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混 凝土部份目 視檢測結果		☒ 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 ☐ 樁與樑或冠牆脫離 ☐ 混凝土少部份龜裂、剝離 ☐ 混凝土大部份龜裂、剝離 ☐ 鋼筋少部份外露鏽蝕 ☐ 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防 蝕 塊 目 視 檢測部份		☐ 陰極防蝕塊少部份或無脫落 ☐ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☒ 陰極防蝕塊厚度減少輕微 ☐ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位 量測結果		☒ 平均電位及所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份不足。 ☐ 平均電位不足。				
檢測評估		☒ 第一級：安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 ☐ 第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		李昭明、何木火		評估人員	柯正龍	
附 件		文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☐ 檢測記錄表				

表 20 花蓮港 4 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：4 號			
	建造日期：		啟用日期：民國 50 年			
	靠泊船級	原設計：		實際使用：		
	碼頭法線版面標高：4.0 m	長度：160 m 縱深：	水域深度	原設計：-9.5 m 目 前：-9.5 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 ☒ 鋼板樁式 ☐ 棧橋式 ☐ 其他				
	上次檢測	時間：90 年 7 月 單位：港研中心 區分：詳細檢測 結果：鋼板樁腐蝕速率仍小於規範值，但建議安裝防蝕設施及增加檢測頻率				
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	2	1	3	9	
	混凝土強度	1	2	3	9	
	保護層厚度	0	0	2	----	
	鋼筋腐蝕探測	0	0	3	----	
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0	
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 18/24 = 0.8$				
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	2	0	
	繫船柱	1	3	3	12	
	擋車牆	0	0	2	----	
	排水給水設備	0	0	2	0	
	照明設施	0	0	2	----	
	油電管路	0	0	3	----	
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 12/14 = 0.9$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_I = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = (18+12)/(24+14) = 0.8$				
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 5 月 18 日						

4.6 花蓮港 5 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭於民國 50 年完工，水深 -9.50 m，碼頭全長 60 m，採用盧森堡製之 Belvol Z 型鋼板樁建造，使用迄今約 40 年，無任何防蝕措施。在高潮位線時，仍有一截鋼板樁約 80~120 公分之長度，全年裸露於大氣中，與國內其它港區碼頭鋼板樁完全浸入海水中略有不同。碼頭結構斷面及使用鋼板樁型式同 4 號碼頭，以靠泊雜貨輪，載運砂石為主。碼頭現況情形示如圖 30。



圖 30 花蓮港 5 號碼頭現況情形

2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：上次檢測時間：民國 90 年，檢測結果：目視檢測整體正常，鋼板樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約均小於規範值 0.20 mm/yr.，但因碼頭使用時間已超過 40 年，建議

鋼板樁宜安裝防蝕系統及增加檢測頻率（民國 94 年已安裝犧牲陽極塊方式之陰極防蝕系統）。

3. 整體結構變形及構造主結構體檢測：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：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：本座碼頭面版除出現少數裂縫外，另有部份出現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：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，但建造使用時間已超過 40 年，推估其混凝土強度應較原設計強度減少 10% 左右，故 D 值=1，E=2，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。
- (7) 鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：裸露於大氣帶中之鋼板，歷年來均有定期做塗覆保護，因此，本所港研中心於民國 79、81 及 89 年等進行三次檢測時，雖然曝露於大氣帶之鋼材，表面均有明顯且大範圍之小點斑蝕出現，腐蝕速率雖未大於規範值(0.20 mm/yr.)，但因使用時間已超過 50 年，必須增加檢測頻率。水下部份檢測時無腐蝕生鏽、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=2。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 7 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.8，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.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，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，但出現鏽損及脫漆現象，D 值=1，E=3，R=3。

(3)擋車牆：本座碼頭擋車牆未發現損壞，初步檢測評估結果為：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：本座碼頭照明設備未發現損壞，本次調查係於日間進行，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(7)陰極防蝕效能檢測：

a. 陽極塊外觀目視檢測

本座碼頭之犧牲陽極塊外觀仍十分完整，表面則附著豐富之藤壺、牡蠣等大型硬殼類海生物及部份之管蟲類、海蟲、海鞘等。部份表面出現白色氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

b. 鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 24 處，鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 21、表 22 所示，鋼板樁保護電位最大值為 -967 mV ，最小值為 -999 mV ，均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，犧牲陽極防蝕電位檢測共選取 12 支檢測，結果如表 23 所示，犧牲陽極防蝕電位最大值為 -983 mV ，最小值為 -1076 mV ，亦均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，顯示防蝕效能已達到保護鋼板樁之目的。

c. 綜合判斷

綜合水下目視及陰極防蝕效能檢測結果如表 24 所示，本座碼頭於目前營運狀態下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，惟本次檢測碼頭使用時間已約 50 年，建議鋼板樁宜定期進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

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 0.9，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。

表 21 花蓮港 5 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	5 號	防蝕完工日期	94 年	設計水深	-9.5 m
	碼頭長度	160 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖				
	靠 泊 船 級					
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 散雜貨 ☒ 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	標準電位	☒ 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	100.05.18	
	上次檢測結果	----				
檢測儀器	☒ 電位計 ☒ 尺 ☒ 照相機					
目視電位測試端子	☒ 無損壞 ☐ 有生鏽但尚未損壞 ☐ 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位介於-969 ~-992 mV， ☒ 平均電位足夠，且所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份電位不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份電位不足。 ☐ 平均電位不足。					
檢測評估	☒ 第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測 ☐ 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	李昭明、何木火		評估人員	柯正龍		
附 件	文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☒ 檢測記錄表					

表 22 花蓮港 5 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港				
碼頭編號	5 號碼頭			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	李昭明、何木火			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	100.5.18
測站編號	水深 (m)			平均 防蝕電位	備註
	1 m	-4 m	-7 m		
1	-989	-986	-967	-981	防蝕電位均小於-850 mV，已達到鋼板樁防蝕目的。
2	-985	-983	-969	-979	
3	-987	-985	-972	-981	
4	-988	-985	-972	-982	
5	-995	-985	-967	-982	
6	-981	-974	-968	-974	
7	-971	-967	-970	-969	
8	-987	-985	-983	-985	
9	-989	-990	-987	-989	
10	-990	-990	-987	-989	
11	-999	-994	-984	-992	
12	-995	-995	-985	-992	
13	-994	-991	-995	-993	
14	-994	-990	-993	-992	
15	-989	-990	-987	-989	
16	-993	-994	-981	-989	
17	-999	-992	-982	-991	
18	-997	-992	-982	-990	
19	-991	-991	-991	-991	
20	-987	-994	-987	-989	
21	-990	-991	-982	-988	
22	-992	-995	-978	-988	
23	-999	-991	-981	-990	
24	-994	-993	-984	-990	

表 23 花蓮港 5 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港					
碼頭編號	5 號		檢測種類	詳細檢測		
檢測人員	李昭明、何木火		記錄人員	柯正龍		
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極		檢測時間	100.5.18		
陽極塊 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	-996	-997	-996	-1008	-1008	-1021
2	-992	-991	-986	-1010	-1010	-1013
3	-1001	-997	-1000	-1022	-1008	-1045
4	-999	-998	-1001	-1024	-1010	-1029
5	-997	-988	-990	-1017	-1003	-1022
6	-1004	-1002	-1005	-1036	-1018	-1038
7	-990	-987	-983	-995	-990	-993
8	-1003	-1005	-999	-1020	-1021	-1027
9	-1011	-1005	-999	-1065	-1022	-1076
10	-1006	-1007	-1008	-1028	-1024	-1073
11	-1003	-1007	-1000	-1040	-1035	-1044
12	-995	-997	-997	-1015	-1002	-1007

表 24 花蓮港 5 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	5 號	防蝕完工日	94 年	設計水深	-8.5 m
	碼頭長度	160 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖			靠泊船級	
	船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 散雜貨 ☒ 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	原始厚度(mm)	Belvol Z 型鋼板樁，凹、凸面為 15.2mm，側面為 10.2mm				
	上次檢測時間	----				
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☒ 目視 ☐ 捲尺 ☒ 照相機				
鋼材部份目視檢測結果		☒ 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 ☐ 局部的生鏽呈點狀膨脹 ☐ 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 ☐ 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 ☐ 版樁有開裂現象 ☐ 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		☒ 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 ☐ 樁與樑或冠牆脫離 ☐ 混凝土少部份龜裂、剝離 ☐ 混凝土大部份龜裂、剝離 ☐ 鋼筋少部份外露鏽蝕 ☐ 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		☐ 陰極防蝕塊少部份或無脫落 ☐ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☒ 陰極防蝕塊厚度減少輕微 ☐ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		☒ 平均電位及所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份不足。 ☐ 平均電位不足。				
檢測評估		☒ 第一級：安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 ☐ 第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		李昭明、何木火		評估人員		柯正龍
附 件		文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☐ 檢測記錄表				

表 25 花蓮港 5 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：5 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 50 年		
	靠泊船級	原設計： 實際使用：			
	碼頭法線版面標高：4.0 m	長度：160 m 縱深：	水域深度	原設計：-85 m 目 前：-8.5 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 ☒ 鋼版樁式 ☐ 棧橋式 ☐ 其他			
	上次檢測	時間：90 年 7 月 單位：港研中心 區分：詳細檢測 結果：鋼板樁腐蝕速率仍小於規範值，但建議安裝防蝕設施及增加檢測頻率			
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	2	1	3	9
	混凝土強度	1	2	3	9
	保護層厚度	----	----	2	----
	鋼筋腐蝕探測	----	----	3	----
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 18/24 = 0.8$			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	1	3	3	12
	擋車牆	0	0	2	0
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 12/14 = 0.9$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = (18+12)/(24+14) = 0.8$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 5 月 18 日					

4.7 花蓮港 6 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬鋼板樁式，於民國 60 年完工，水深-9.50 m，全長 150 m，採用日本製 Z-25 型鋼板樁建造，建造時碼頭混凝土冠牆灌注至低潮位線下 0.75m，因此，鋼板樁完全浸入於海水面下，使用迄今約 30 年，無任何防蝕措施。碼頭結構斷面如圖 31 所示。碼頭現況情形示如圖 32。

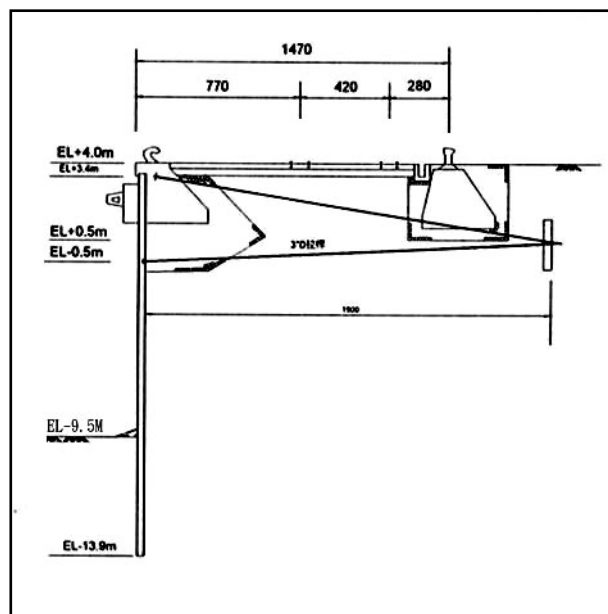


圖 31 花蓮港 6 號碼頭結構型式示意圖



a. 碼頭面混凝土老舊劣化情形

b. 碼頭後線面版及鐵軌現況

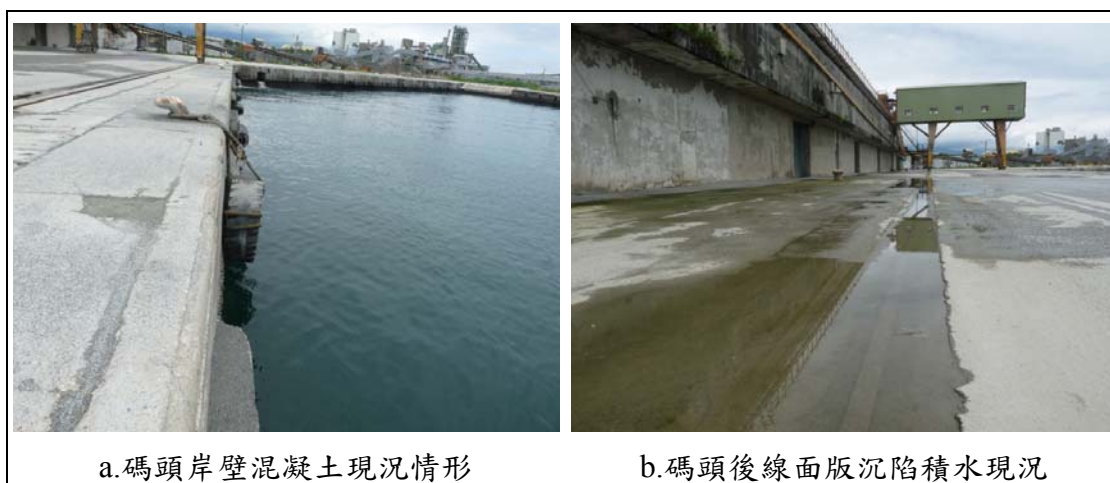


圖 32 花蓮港 6 號碼頭現況情形示

- 2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：上次檢測時間：民國 90 年，
 檢測結果：目視檢測整體正常，鋼板樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約
 均小於規範值 0.20 mm/yr ，但因檢測時碼頭使用時間已超過 30 年，
 建議鋼板樁宜安裝防蝕系統及增加檢測頻率（民國 94 年已安裝犧牲
 陽極塊方式之陰極防蝕系統）。
- 3.整體結構變形及構造主結構體檢測：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：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：本座碼頭面版除出現少數裂縫外，另有部份出現
 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：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度
 損失不大或可忽略，但建造使用時間已超過 40 年，推估其混凝土
 強度應較原設計強度減少 10% 左右，故 D 值=1，E=2，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。

(7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：無腐蝕生鏽、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=2。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 7 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.8，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.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，D 值=0，E=0，R=3。

(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，但出現鏽損及脫漆現象，D 值=1，E=3，R=2。

(3)擋車牆：本座碼頭擋車牆未發現損壞，初步檢測評估結果為：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：本座碼頭照明設備未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(7)陰極防蝕效能檢測：

a. 陽極塊外觀目視檢測

本座碼頭之犧牲陽極塊外觀仍十分完整，表面則附著豐富之藤壺、牡蠣等大型硬殼類海生物及部份之管蟲類、海蟲、海鞘等。部份表面出現白色氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

b. 鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 24 處，鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 26、表 27 所示，鋼板樁保護電位最大值為 -906 mV ，最小值為 -995 mV ，均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，犧牲陽極防蝕電位檢測共選取 12 支檢測，結果如表 28 所示，犧牲陽極防蝕電位最大值為 -950 mV ，最小值為 -1083 mV ，亦均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，顯示防蝕效能已達到保護鋼板樁之目的。

c. 綜合判斷

綜合水下目視及陰極防蝕效能檢測結果如表 29 所示，本座碼頭於目前營運狀態下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，惟本次檢測碼頭使用時間已約 40 年，建議鋼板樁宜定期進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 30 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.9，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。

表 26 花蓮港 6 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	6 號	防蝕完工日期	94 年	設計水深	-8.5 m
	碼頭長度	150 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖				
	靠 泊 船 級					
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 散雜貨 ☒ 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	標準電位	☒ 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	100.5.18	
	上次檢測結果	----				
檢測儀器	☒ 電位計 ☒ 尺 ☒ 照相機					
目視電位測試端子	☒ 無損壞 ☐ 有生鏽但尚未損壞 ☐ 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位介於-954 ~ -979 mV， ☒ 平均電位足夠，且所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份電位不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份電位不足。 ☐ 平均電位不足。					
檢測評估	☒ 第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測 ☐ 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	李昭明、何木火		評估人員	柯正龍		
附 件	文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☒ 檢測記錄表					

表 27 花蓮港 6 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港				
碼頭編號	6 號			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	李昭明、何木火			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	100.5.18
測站編號	水深 (m)			平均 防蝕電位	備註
	1 m	-4 m	-7 m		
1	-946	-972	-967	-962	防蝕電位均小於-850 mV，已達到鋼板樁防蝕 目的
2	-936	-976	-969	-960	
3	-950	-981	-974	-968	
4	-938	-983	-979	-967	
5	-906	-985	-972	-954	
6	-940	-982	-972	-965	
7	-956	-983	-974	-971	
8	-936	-983	-984	-968	
9	-953	-986	-997	-979	
10	-946	-986	-987	-973	
11	-952	-981	-975	-969	
12	-943	-980	-968	-964	
13	-949	-983	-969	-967	
14	-944	-987	-970	-967	
15	-935	-995	-975	-968	
16	-941	-987	-974	-967	
17	-949	-982	-968	-966	
18	-944	-974	-968	-962	
19	-950	-975	-969	-965	
20	-940	-974	-971	-962	
21	-949	-978	-979	-969	
22	-944	-976	-974	-965	
23	-947	-975	-963	-962	
24	-942	-973	-952	-956	

表 28 花蓮港 6 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港					
碼頭編號	6 號		檢測種類	詳細檢測		
檢測人員	李昭明、何木火		記錄人員	柯正龍		
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極		檢測時間	100.5.18		
陽極塊 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	-980	-980	-982	-1003	-990	-1015
2	-979	-977	-978	-989	-983	-1000
3	-950	-981	-974	-1024	-1050	-1030
4	-988	-987	-988	-1032	-995	-1012
5	-978	-977	-981	-995	-980	-984
6	-1000	-1003	-1001	1072	-1066	-1044
7	-995	-992	-991	-1016	-1013	-1018
8	-987	-989	-987	-989	-991	-990
9	-996	-1001	-1004	-1051	-1030	-1080
10	-1002	-1005	-1001	-1055	-1070	-1083
11	-989	-998	-995	-1014	-1020	-1036
12	-1002	-1004	-998	-1052	-1079	-1074

表 29 花蓮港 6 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	6 號	防蝕完工日	94 年	設計水深	-8.5 m
	碼頭長度	150 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖			靠泊船級	
	船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 散雜貨 ☒ 其他：砂石碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	原始厚度(mm)	Z-25 型鋼板樁，凹、凸面為 13.0mm，側面為 9.6mm				
	上次檢測時間	----				
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☒ 目視 ☐ 捲尺 ☒ 照相機				
鋼材部份目視檢測結果		☒ 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 ☐ 局部的生鏽呈點狀膨脹 ☐ 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 ☐ 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 ☐ 版樁有開裂現象 ☐ 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		☒ 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 ☐ 樁與樑或冠牆脫離 ☐ 混凝土少部份龜裂、剝離 ☐ 混凝土大部份龜裂、剝離 ☐ 鋼筋少部份外露鏽蝕 ☐ 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		☐ 陰極防蝕塊少部份或無脫落 ☐ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☒ 陰極防蝕塊厚度減少輕微 ☐ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		☒ 平均電位及所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份不足。 ☐ 平均電位不足。				
檢測評估		☒ 第一級：安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 ☐ 第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		李昭明、何木火		評估人員		柯正龍
附 件		文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☐ 檢測記錄表				

表 30 花蓮港 6 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：6 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 60 年		
	靠泊船級	原設計： 實際使用：			
	碼頭法線版面標 高：4.0 m	長度：150 m 縱深：	水域深度	原設計：-8.5 m 目 前：-8.5 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 ☒ 板樁式 ☐ 棧橋式 ☐ 其他			
	上次檢測	時間：90 年 7 月 單位：港研中心 區分：詳細檢測 結果：鋼板樁腐蝕速率仍小於規範值，但建議安裝防蝕設施及增加檢測頻率			
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	2	1	3	9
	混凝土強度	1	2	3	9
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	0	0	3	0
	鋼板腐蝕檢測	0	0	2	0
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 18/24 = 0.8$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	1	3	3	12
	擋車牆	0	0	2	0
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 12/14 = 0.9$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = (18+12)/(24+14) = 0.8$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 5 月 18 日					

4.8 花蓮港 8 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬鋼板樁式，於民國 61 年完工，水深 -10.25m，使用 Hoesch(為 Z 型)鋼板樁建造，全長 220m，使用迄今約 29 年，鋼板樁凹、凸面原始厚度為 15.2mm，側面為 10.2mm，混凝土冠牆灌至低潮位線下，因此鋼板樁完全浸入於水面下，民國 94 年已安裝犧牲陽極塊方式之陰極防蝕系統，碼頭結構斷面如圖 33 所示。碼頭現況情形示如圖 34。

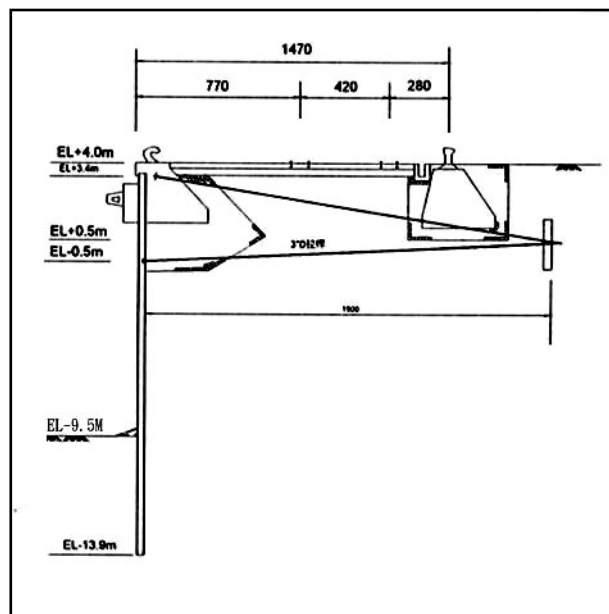


圖 33 花蓮港 8 號碼頭結構型式示意圖



a.碼頭岸壁混凝土露出水面部份

b.碼頭後線雜草生長情形



圖 34 花蓮港 8 號碼頭現況情形示

- 2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：上次檢測時間：民國 90 年，
 檢測結果：目視檢測整體正常，鋼板樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約
 均小於規範值 0.20 mm/yr.，但因檢測時碼頭使用時間已約 30 年，
 建議鋼板樁宜安裝防蝕系統及增加檢測頻率（民國 94 年已安裝犧牲
 陽極塊方式之陰極防蝕系統）。
- 3.整體結構變形及構造主結構體檢測：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：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：本座碼頭面版除出現少數裂縫外，無明顯沉陷及
 材質劣化現象，故 D 值=1，E=1，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，但建造使用時間已接近 40 年，推估其混凝土
 強度應較原設計強度減少 10% 左右，故 D 值=1，E=2，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。

(7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：無腐蝕生鏽、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=2。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 7 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.6，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.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，D 值=0，E=0，R=3。

(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，但出現鏽損及脫漆現象，D 值=1，E=3，R=2。

(3)擋車牆：本座碼頭擋車牆未發現損壞，初步檢測評估結果為：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：本座碼頭照明設備未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(7)陰極防蝕效能檢測：

a. 陽極塊外觀目視檢測

本座碼頭之犧牲陽極塊外觀仍十分完整，表面則附著豐富之藤壺、牡蠣等大型硬殼類海生物及部份之管蟲類、海蟲、海鞘等。部份表面出現白色氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

b. 鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 24 處，鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 31、表 32 所示，鋼板樁保護電位最大值為 -980 mV ，最小值為 -1004 mV ，均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，犧牲陽極防蝕電位檢測共選取 12 支檢測，結果如表 33 所示，犧牲陽極防蝕電位最大值為 -987 mV ，最小值為 -1068 mV ，亦均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，顯示防蝕效能已達到保護鋼板樁之目的。

c. 綜合判斷

綜合水下目視及陰極防蝕效能檢測結果如表 34 所示，本座碼頭於目前營運狀態下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，惟本次檢測碼頭使用時間已約 39 年，建議鋼板樁宜定期進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 35 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.9，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。

表 31 花蓮港 8 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

碼頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	8 號	防蝕完工日期	94 年	設計水深	-10.5 m
	碼頭長度	220 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖				
	靠 泊 船 級					
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 散雜貨 ☒ 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	標準電位	☒ 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	100.5.18	
	上次檢測結果	----				
檢測儀器	☒ 電位計 ☒ 尺 ☒ 照相機					
目視電位測試端子	☒ 無損壞 ☐ 有生鏽但尚未損壞 ☐ 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位介於-995 ~ -987 mV， ☒ 平均電位足夠，且所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份電位不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份電位不足。 ☐ 平均電位不足。					
檢測評估	☒ 第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測 ☐ 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	李昭明、何木火		評估人員	柯正龍		
附 件	文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☒ 檢測記錄表					

表 32 花蓮港 8 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港				
碼頭編號	8 號			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	李昭明、何木火			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	100.5.18
測站編號	水深 (m)			平均 防蝕電位	備註
	1 m	-4 m	-7 m		
1	-985	-993	-1001	-993	防蝕電位均小於-850 mV，已達到鋼板樁防蝕 目的
2	-980	-997	-987	-988	
3	-986	-999	-987	-991	
4	-986	-996	-988	-990	
5	-986	-1002	-990	-993	
6	-985	-996	-981	-987	
7	-985	-997	-987	-990	
8	-983	-996	-991	-990	
9	-984	-1004	-1000	-996	
10	-981	-1001	-996	-993	
11	-984	-997	-994	-992	
12	-980	-996	-994	-990	
13	-984	-998	-1002	-995	
14	-984	-995	-992	-990	
15	-986	-997	-995	-993	
16	-985	-997	-993	-992	
17	-986	-999	-990	-992	
18	-985	-999	1001	-328	
19	-987	-999	-991	-992	
20	-986	-999	-989	-991	
21	-988	-998	-993	-993	
22	-987	-1000	-990	-992	
23	-989	-1001	-995	-995	
24	-982	-992	-982	-989	

表 33 花蓮港 8 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港					
碼頭編號	8 號		檢測種類		詳細檢測	
檢測人員	李昭明、何木火		記錄人員		柯正龍	
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極		檢測時間		100.5.18	
陽極塊 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	-1002	-1004	-1003	-1032	-1012	-1018
2	-1009	-1005	-1006	-1070	-1012	-1019
3	-1016	-1007	-1001	-1050	-1021	-1024
4	-1010	-1012	-1008	-1066	-1024	-1025
5	-996	-1010	-1010	-1010	-1019	-1024
6	-1017	-1013	-1012	-1068	-1036	-1025
7	-991	-989	-987	-1001	-994	-988
8	-999	-999	-999	-1001	-1002	-1000
9	-998	-1004	-1001	-1007	-1011	-1009
10	-1007	-1008	-1004	-1028	-1029	-1050
11	-1007	-1005	-1002	-1034	-1029	-1050
12	-1009	-1010	-1010	-1057	-1023	-1034

表 34 花蓮港 8 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	8 號	防蝕完工日	94 年	設計水深	-10.5 m
	碼頭長度	220 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖			靠泊船級	
	船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 散雜貨 ☒ 其他：水泥碼頭				
	下部結構材料	☒ U 型鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	原始厚度(mm)	Belvol Z 型鋼板樁，凹、凸面為 15.2mm，側面為 10.2mm				
	上次檢測時間	----				
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☒ 目視 ☐ 捲尺 ☒ 照相機				
鋼材部份目視檢測結果		☒ 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 ☐ 局部的生鏽呈點狀膨脹 ☐ 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 ☐ 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 ☐ 版樁有開裂現象 ☐ 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		☒ 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 ☐ 樁與樑或冠牆脫離 ☐ 混凝土少部份龜裂、剝離 ☐ 混凝土大部份龜裂、剝離 ☐ 鋼筋少部份外露鏽蝕 ☐ 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		☐ 陰極防蝕塊少部份或無脫落 ☐ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☒ 陰極防蝕塊厚度減少輕微 ☐ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		☒ 平均電位及所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份不足。 ☐ 平均電位不足。				
檢測評估		☒ 第一級：安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 ☐ 第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		李昭明、何木火		評估人員		柯正龍
附 件		文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☐ 檢測記錄表				

表 35 花蓮港 8 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：8 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 61 年 8 月		
	靠泊船級	原設計： 實際使用：			
	碼頭法線版面標 高：4.0 m	長度：220 m 縱深：	水域深度	原設計：-10.5 m 目 前：-10.5 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 ☒ 鋼版樁式 ☐ 棧橋式 ☐ 其他			
上次檢測	時間：90 年 7 月 單位：港研中心 區分：詳細檢測 結果：鋼板樁腐蝕速率仍小於規範值，但建議安裝防蝕設施及增加檢測頻率				
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	1	1	3	6
	混凝土強度	1	2	3	9
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	0	0	3	0
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 15/24 = 0.6$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	1	3	3	12
	擋車牆	0	0	2	0
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = 12/14 = 0.9$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_i R_i = (15+12)/(24+14) = 0.7$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 5 月 18 日					

4.9 花蓮港 9 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬鋼板樁式，九號碼頭民國 66 年完工，水深-9.5m，全長 51m，採用日本製 FSP VL U 型鋼板樁(厚度 24.3mm)，使用迄今約 24 年。或許建造當時整批採購之 U 型鋼板樁數量不足，因此，碼頭有部份範圍之鋼板樁，可能夾雜使用其它碼頭剩餘之 Z 型鋼板樁建造。九號碼頭結構斷面如圖 35 所示，U 型鋼板樁型式如圖 36 所示。碼頭現況情形示如圖 37。

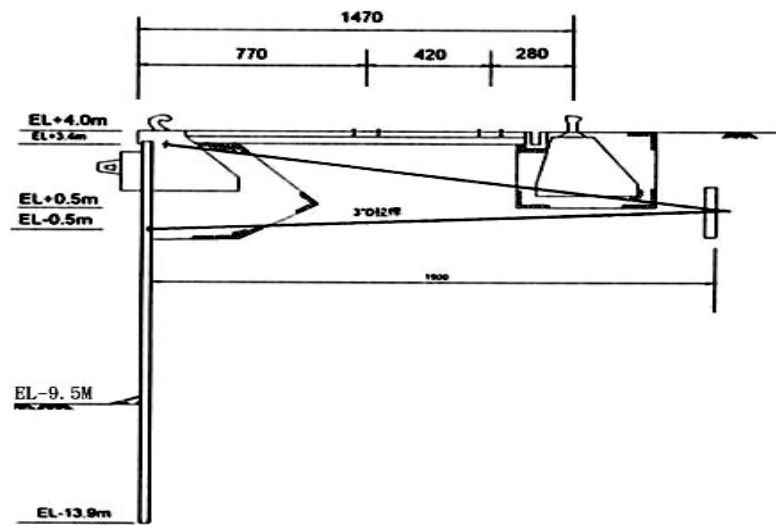


圖 35 花蓮港 9 號碼頭結構型式示意圖

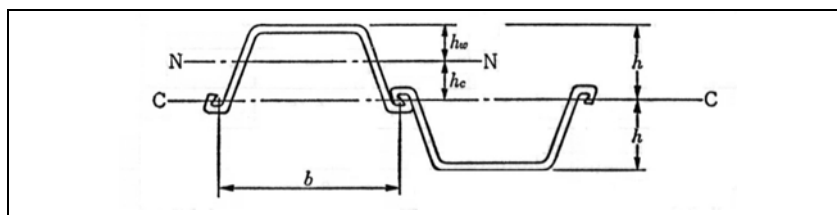


圖 36 花蓮港 9 號碼頭及航道岸壁 U 型鋼板樁型式示意圖



圖 37 花蓮港 9 號碼頭現況情形

- 2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：上次檢測時間：民國 90 年，
 檢測結果：目視檢測整體正常，鋼板樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約
 均小於規範值 0.20 mm/yr.，但因檢測時碼頭使用時間已約 25 年，
 建議鋼板樁宜安裝防蝕系統及增加檢測頻率（民國 94 年已安裝犧牲
 陽極塊方式之陰極防蝕系統）。
- 3.整體結構變形及構造主結構體檢測：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：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：本座碼頭面版除出現少數裂縫外，無明顯沉陷及材質劣化現象，故 D 值=1，E=1，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，但建造使用時間已超過 30 年，推估其混凝土強度應較原設計強度減少 10% 左右，故 D 值=1，E=2，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：基於以上相同理由，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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。

(7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：無腐蝕生鏽、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=2。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 7 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.6，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.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，D 值=0，E=0，R=3。

(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，但出現鏽損及脫漆現象，D 值=1，E=3，R=2。

(3)擋車牆：本座碼頭擋車牆未發現損壞，初步檢測評估結果為：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：本座碼頭照明設備未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(7)陰極防蝕效能檢測：

a. 陽極塊外觀目視檢測

本座碼頭之犧牲陽極塊外觀仍十分完整，表面則附著豐富之藤壺、牡蠣等大型硬殼類海生物及部份之管蟲類、海蟲、海鞘等。部份表面出現白色氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

b. 鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 24 處，鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 36、表 37 所示，鋼板樁保護電位最大值為 -893 mV ，最小值為 -994 mV ，均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，犧牲陽極防蝕電位檢測共選取 12 支檢測，結果如表 38 所示，犧牲陽極防蝕電位最大值為 -942 mV ，最小值為 -1013 mV ，亦均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，顯示防蝕效能已達到保護鋼板樁之目的。

c. 綜合判斷

綜合水下目視及陰極防蝕效能檢測結果如表 39 所示，本座碼頭於目前營運狀態下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，惟本次

檢測碼頭使用時間已約 34 年，建議鋼板樁宜定期進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 40 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.1，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。

表 36 花蓮港 9 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	9 號	防蝕完工日期	94 年	設計水深	-10.5 m
	碼頭長度	51 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖				
	靠 泊 船 級					
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 散雜貨 ☐ 其他：				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	標準電位	☒ 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	100.05.18	
	上次檢測結果	----				
檢測儀器	☒ 電位計 ☒ 尺 ☒ 照相機					
目視電位測試端子	☒ 無損壞 ☐ 有生鏽但尚未損壞 ☐ 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位介於-964 ~-944 mV， ☒ 平均電位足夠，且所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份電位不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份電位不足。 ☐ 平均電位不足。					
檢測評估	☒ 第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測 ☐ 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	李昭明、何木火		評估人員	柯正龍		
附 件	文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☒ 檢測記錄表					

表 37 花蓮港 9 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港				
碼頭編號	9 號			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	李昭明、何木火			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	100 年 5 月 18 日
測站編號	水深 (m)			平均 防蝕電位	備註
	1 m	-4 m	-7 m		
1	-897	-967	-971	-945	防蝕電位均小於-850 mV，已達到鋼板樁防蝕 目的
2	-897	-973	-971	-947	
3	-901	-978	-975	-951	
4	-897	-968	-980	-948	
5	-901	-971	-985	-952	
6	-891	-966	-992	-950	
7	-898	-965	-994	-952	
8	-897	-958	-976	-944	
9	-907	-965	-976	-949	
10	-904	-973	-974	-950	
11	-909	-976	-979	-955	
12	-903	-979	-983	-955	
13	-915	-986	-990	-964	
14	-906	-980	-992	-959	
15	-903	-976	-988	-956	
16	-894	-975	-979	-949	
17	-901	-978	-976	-952	
18	-897	-981	-978	-952	
19	-906	-976	-979	-954	
20	-900	-974	-977	-950	
21	-904	-969	-983	-952	
22	-896	-969	-987	-951	
23	-902	-968	-976	-949	
24	-893	-968	-974	-945	

表 38 花蓮港 9 號碼頭犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港					
碼頭編號	9 號		檢測種類	詳細檢測		
檢測人員	李昭明、何木火		記錄人員	柯正龍		
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極		檢測時間	100 年 5 月 18 日		
陽極塊 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	-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

表 39 花蓮港 9 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼 頭 基 本 資 料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	9 號	防蝕完工日	94 年	設計水深	-9.5 m
	碼頭長度	51 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖			靠泊船級	
	船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 散雜貨 ☐ 其他：				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	原始厚度(mm)	FSP VL U 型鋼板樁，厚度 24.3mm				
	上次檢測時間	----				
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☒ 目視 ☐ 捲尺 ☒ 照相機				
鋼材部份目視檢測結果		☒ 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 ☐ 局部的生鏽呈點狀膨脹 ☐ 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 ☐ 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 ☐ 版樁有開裂現象 ☐ 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		☒ 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 ☐ 樁與樑或冠牆脫離 ☐ 混凝土少部份龜裂、剝離 ☐ 混凝土大部份龜裂、剝離 ☐ 鋼筋少部份外露鏽蝕 ☐ 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		☐ 陰極防蝕塊少部份或無脫落 ☐ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☒ 陰極防蝕塊厚度減少輕微 ☐ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		☒ 平均電位及所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份不足。 ☐ 平均電位不足。				
檢測評估		☒ 第一級：安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 ☐ 第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		李昭明、何木火		評估人員		柯正龍
附 件		文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☐ 檢測記錄表				

表 40 花蓮港 9 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：9 號			
	建造日期：		啟用日期：民國 66 年 4 月			
	靠泊船級	原設計：		實際使用：		
	碼頭法線版面標高：4.2 m	長度：51 m 縱深：--- m	水域深度	原設計：-9.5 m 目 前：-9.5m		
	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 ☒ 鋼板樁式 ☐ 棧橋式 ☐ 其他				
	上次檢測	時間：90 年 7 月 單位：港研中心 區分：詳細檢測 結果：鋼板樁腐蝕速率仍小於規範值，但建議安裝防蝕設施及增加檢測頻率				
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	2	3	3	15	
	混凝土強度	0	0	3	0	
	保護層厚度	0	0	2	0	
	鋼筋腐蝕探測	0	0	3	0	
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0	
	岸肩伸縮縫	1	3	3	12	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i R_i = 27/24 = 1.1$				
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	0	0	2	0	
	照明設施	0	0	2	0	
	油電管路	0	0	3	0	
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i R_i = 0$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \Big/ \sum_i R_i = (27+0)/(24+14) = 0.7$				
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 5 月 18 日						

4.10 花蓮港航道岸壁

1.碼頭基本資料：航道岸壁(西側)結構於民國 67 年完工，水深-9.5m，岸壁全長 527m，採用日本製 FSP VL U-型鋼板樁建造，原始厚度為 24.3 mm，使用迄今約 23 年。圖 38 為航道岸壁結構斷面圖，U 型鋼板樁型式如圖 36 所示。碼頭現況情形示如圖 39。

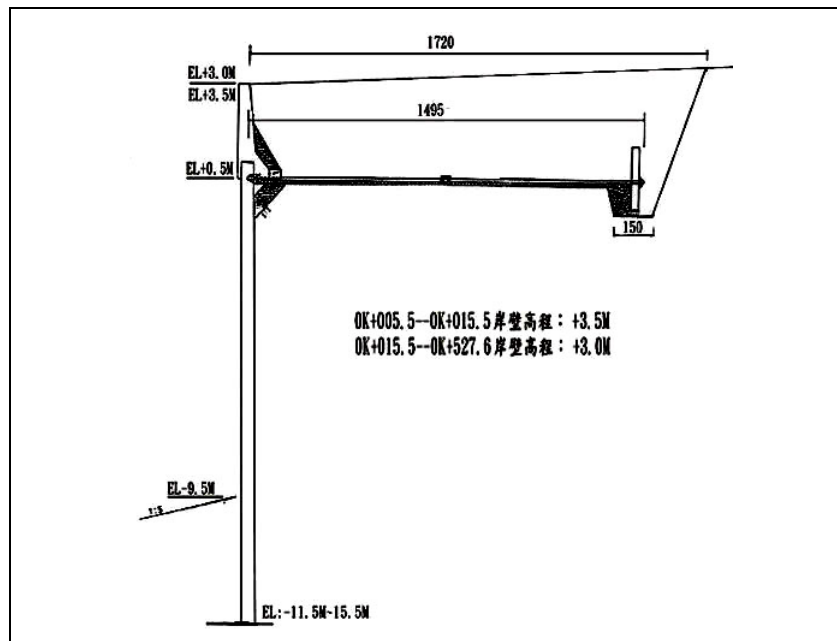


圖 38 花蓮港航道岸壁結構型式示意圖



a. 航道岸壁起點現況(臨 17 號碼頭側)

b. 航道岸壁車檔現況



圖 39 花蓮港航道岸壁現況情形

- 2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：上次檢測時間：民國 90 年，
 檢測結果：目視檢測整體正常，鋼板樁外觀無明顯損壞，腐蝕速率約均小於規範值 0.20 mm/yr.，但因檢測時碼頭使用時間已超過 25 年，雖航道岸壁並無靠泊船隻，仍建議考慮安裝陰極防蝕系統，增加檢測頻率。
- 3.整體結構變形及構造主結構體檢測：檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：
 - (1)岸壁體檢測：岸壁本體未發現明顯位移，功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
 - (2)岸壁法線檢測：岸壁法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
 - (3)面版檢測：岸壁面版無明顯沉陷及材質劣化現象，故 D 值=0，E=0，R=3。
 - (4)混凝土強度檢測：岸壁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：岸壁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：基於以上相同理由，岸壁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，故雖未針對鋼筋腐蝕探測進行評估，但推估 D 值=0，E=0，R=3。

(7)鋼板腐蝕檢測（腐蝕程度）：岸壁鋼板樁均位於水下，經潛水人員現地目視檢測，未發現明顯腐蝕與破洞，故 D 值=0，E=0，R=2。

(8)岸肩伸縮縫：岸壁岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，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 8 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：岸壁無靠泊船隻，故未安裝護舷材材料，無此評估項目。

(2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：岸壁無靠泊船隻，故未安裝護舷材材料，無此評估項目。

(3)擋車牆：本座碼頭擋車牆未發現損壞，初步檢測評估結果為：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：本座碼頭照明設備未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(6)油電管路檢測：本座碼頭油電管路未發現損壞，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(7)陰極防蝕效能檢測：

a. 陽極塊外觀目視檢測

本座碼頭之犧牲陽極塊外觀仍十分完整，表面則附著豐富之藤壺、牡蠣等大型硬殼類海生物及部份之管蟲類、海蟲、海鞘等。部份表面出現白色氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

b. 鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 24 處，鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 41、表 42 所示，鋼板樁保護電位最大值為 -955 mV ，最小值為 -985 mV ，均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，犧牲陽極防蝕電位檢測共選取 12 支檢測，結果如表 43 所示，犧牲陽極防蝕電位最大值為 -987 mV ，最小值為 -1066 mV ，亦均小於 -850 mV (v.s. Cu/CuSO_4 參考電極)，顯示防蝕效能已達到保護鋼板樁之目的。

c. 綜合判斷

綜合水下目視及陰極防蝕效能檢測結果如表 44 所示，本座碼頭於目前營運狀態下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，惟本次檢測碼頭使用時間已約 33 年，建議鋼板樁宜定期進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 45 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 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。

表 41 花蓮港航道岸壁鋼板樁防蝕電位檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	航道 岸壁	防蝕完工日期	94 年	設計水深	-9.5 m
	碼頭長度	527 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 碼頭全區 ☐ 詳附件圖				
	靠 泊 船 級					
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 散雜貨 ☒ 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	標準電位	☒ 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	100.05.19	
	上次檢測結果	----				
檢測儀器	☒ 電位計 ☒ 尺 ☒ 照相機					
目視電位測試端子	☒ 無損壞 ☐ 有生鏽但尚未損壞 ☐ 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位介於-978 ~-961 mV， ☒ 平均電位足夠，且所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份電位不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份電位不足。 ☐ 平均電位不足。					
檢測評估	☒ 第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測 ☐ 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	李昭明、何木火		評估人員	柯正龍		
附 件	文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☒ 檢測記錄表					

表 42 花蓮港航道岸壁鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港				
碼頭編號	航道岸壁			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	李昭明、何木火			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	100 年 5 月 19 日
測站編號	水深 (m)			平 均 防蝕電位	備註
	1 m	-4 m	-7 m		
1	-962	-969	-974	-968	防蝕電位均小於-850 mV，已達到鋼板樁防蝕 目的
2	-960	-969	-973	-967	
3	-961	-971	-971	-968	
4	-958	-970	-969	-966	
5	-961	-975	-969	-968	
6	-958	-969	-968	-965	
7	-960	-969	-971	-967	
8	-958	-968	-967	-964	
9	-960	-970	-964	-965	
10	-958	-970	-962	-963	
11	-960	-971	-965	-965	
12	-958	-968	-968	-965	
13	-960	-968	-966	-965	
14	-958	-968	-966	-964	
15	-960	-970	-965	-965	
16	-957	-972	-962	-964	
17	-959	-972	-964	-965	
18	-956	-968	-963	-962	
19	-958	-967	-965	-963	
20	-955	-965	-963	-961	
21	-957	-965	-961	-961	
22	-971	-985	-959	-972	
23	-973	-982	-978	-978	
24	-970	-979	-976	-975	

表 43 花蓮港航道岸壁犧牲陽極防蝕電位檢測記錄表

隸屬港口	花蓮港					
碼頭編號	航道岸壁			檢測種類	詳細檢測	
檢測人員	李昭明、何木火			記錄人員	柯正龍	
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	100 年 5 月 19 日	
陽極塊 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	-996	-992	-987	-1010	-996	-994
2	-994	-990	-993	-1001	-995	-1012
3	-991	-989	-990	-1012	-996	-1010
4	-992	-990	-993	-1011	-996	-1006
5	-991	-989	-987	-996	-995	-996
6	-996	-1002	-996	-1024	-1026	-1029
7	-1002	-1001	-1000	-1032	-1039	-1066
8	-1009	-1012	-1001	-1046	-1045	-1040
9	-1009	-1013	-1010	-1040	-1072	-1065
10	-1001	-999	-997	-1005	-1004	-1004
11	-1003	-1002	-1002	-1031	-1025	-1043
12	-1000	-1002	-1001	-1023	-1052	-1037

表 44 花蓮港航道岸壁鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼頭基本資料	隸屬港口	花蓮港				
	碼頭編號	航道岸壁	防蝕完工日	94 年	設計水深	-9.5 m
	碼頭長度	527 m	碼頭面高程	+4.0 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☒ 鋼板樁岸壁全區 ☐ 詳附件圖			靠泊船級	無
	船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 散雜貨 ☒ 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☒ 鋼板樁 ☐ 鋼管樁 ☐ H 型鋼 ☐ 其他：				
	原始厚度(mm)	FSP VL U 型鋼板樁，厚度 24.3mm				
	上次檢測時間	----				
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☒ 目視 ☐ 捲尺 ☒ 照相機				
鋼材部份目視檢測結果		☒ 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 ☐ 局部的生鏽呈點狀膨脹 ☐ 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 ☐ 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 ☐ 版樁有開裂現象 ☐ 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		☒ 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 ☐ 樁與樑或冠牆脫離 ☐ 混凝土少部份龜裂、剝離 ☐ 混凝土大部份龜裂、剝離 ☐ 鋼筋少部份外露鏽蝕 ☐ 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		☐ 陰極防蝕塊少部份或無脫落 ☐ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☒ 陰極防蝕塊厚度減少輕微 ☐ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		☒ 平均電位及所有電位均足夠。 ☐ 平均電位足夠，但少部份不足。 ☐ 平均電位足夠，但大部份不足。 ☐ 平均電位不足。				
檢測評估		☒ 第一級：安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 ☐ 第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 ☐ 第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		李昭明、何木火		評估人員		柯正龍
附 件		文件圖表： ☐ 碼頭平面圖 ☐ 檢測記錄表				

表 45 花蓮港航道岸壁初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：航道岸壁		
	建造日期：		啟用日期：民國 67 年 7 月		
	靠泊船級	原設計： 實際使用：			
	碼頭法線版面標 高：4.0 m	長度：527 m 縱深：--- m	水域深度	原設計：-9.5 m 目 前：-9.5 m	
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪 ☒ 其他(砂石)			
	碼頭構造型式	☒ 消波沉箱重力式 ☐ 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	0
	鋼筋腐蝕探測	0	0	3	0
	鋼板腐蝕檢測(程度)	0	0	2	0
	岸肩伸縮縫	0	0	3	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_{i=1}^{N_P} R_i = 0$			
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	0	0	2	0
	照明設施	0	0	2	0
	油電管路	0	0	3	0
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_{i=1}^{N_A} R_i = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i \bigg/ \sum_{i=1}^N R_i = 0.0$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火、李昭明 檢測時間：民國 100 年 5 月 19 日					

4.11 澎湖縣漁港

澎湖縣目前主要漁港共有 67 處（如表 46），早年因地理環境及漁業經濟活動之原始需求，政府挹注相當之經費進行漁港建設，近年來因漁業榮景不再，傳統漁業已現衰退趨勢，但各漁港存在之功能並無衰減，反而因為個別漁船噸位數之增加，而須強化漁港設施，且部份漁港亦肩負離島交通與民生物資運輸之重任，故維持其漁港基本使用功能，延長使用年限，仍為重要施政項目。

表46 澎湖縣各鄉（市）漁港船澳名稱表

地區	漁港船澳名稱	總計
馬公市	馬公第一、馬公第二、馬公第三漁港、案山漁港、前寮漁港、菜園漁港、風櫃東漁港、風櫃西漁港、嵵裡漁港、鎖港漁港、烏坎漁港、安宅漁港、西衛漁港、桶盤漁港、虎井漁港、鐵線船澳、五德船澳、井垵船澳、山水船澳、重光船澳、石泉漁港	19處
湖西鄉	尖山漁港、龍門漁港、菓葉漁港、南北寮漁港、白坑漁港、沙港東漁港、沙港中漁港、沙港西漁港、紅羅漁港、西溪漁港、成功漁港、青螺船澳、中西漁港	13處
白沙鄉	大倉漁港、烏嶼漁港、瓦硐船澳、赤崁漁港、吉貝漁港、港子船澳、後寮漁港、講美船澳、岐頭船澳、通樑漁港、鎮海船澳、員貝漁港、城前船澳	13處
西嶼鄉	小門漁港、合界漁港、橫礁漁港、竹灣漁港、大池漁港、赤馬漁港、外垵漁港、內垵北漁港、內垵南漁港、二崁船澳、池西船澳、大果葉船澳	12處
望安鄉	水垵漁港、潭門漁港、東吉漁港、東嶼坪漁港、花嶼漁港、中社船澳、將軍南漁港、將軍北船澳	8處
七美鄉	七美漁港（南滬漁港）、潭子船澳	2處
共計67處		

資料來源：澎湖縣政府港灣科提供（2011）

本次調查共選取澎湖縣 13 處主要漁港之碼頭（重力式）、防波堤及濱海建物，包括馬公市所轄馬公第 1 至第 3 漁港、鎖港、蒔裡、風櫃東漁港；西嶼鄉所轄外垵、竹灣、赤馬、內安南及北漁港；白沙鄉所轄赤崁及歧頭漁港；湖西鄉所轄龍門及尖山商港，漁港基本資料及調查結果分述如下：

4.11.1 馬公漁港第一至第三漁港

馬公漁港現屬第三類漁港，主管機關為澎湖縣政府，位於澎湖縣馬公市，地處澎湖本島之內灣，北面及西面各受白沙島及漁翁島之遮蔽，水域穩靜。光復初期，澎湖縣動力漁船僅有十餘艘，其餘均為小型舢舨，漁港設施也僅有馬公第一漁港及將軍避風港兩處，且二次世界大戰期間均遭損毀。光復後，政府為增加漁業生產，保障漁船作業安全，除在各主要島嶼、灣澳興建小型漁港設施外，自民國 48 年起分三年興建馬公第二漁港。由於馬公漁港位於澎湖縣人口集中地區，全縣漁船多在此卸魚、拍賣及補給日用品等；但第一及第二漁港泊地面積共僅 6 公頃，隨著漁船數量增加及大型化，泊地及碼頭已不敷使用。颱風期漁船爭先搶入避風，港內更是擁擠不堪，許多漁船因不及回港，只得錨泊港外，任憑風浪拍擊，險象環生。政府為保障漁民生命財產安全，紓緩馬公第一、第二漁港之擁擠，並促進澎湖縣漁業發展，乃積極規劃籌建馬公第三漁港。

馬公第三漁港規劃於民國 69 年完成，選定馬公半島北灣，緊鄰馬公第二漁港北堤為建港地點，計畫浚挖泊地約 30 公頃，以容納 100 噸級以下漁船 2,000 艘為目標。民國 70 至 76 年，開闢泊地 29.3 公頃（水深-3.5~-4.0 公尺），碼頭 2,778 公尺，填築新生地 34 公頃，及港區給水、電力管線、碼頭環港道路、魚市場等公共設施，嗣為容納澎湖地區現有遠洋漁船及增進港池穩靜度，又自民國 77 至 82 年，增建深水碼頭(-6.0 公尺)224 公尺，深水泊地 4.6 公頃，突堤碼頭二座；此外，又於民國 86 至 89 年增加漁船繫泊設施，於魚市場兩側各增設突堤碼頭一座，總長度 176 公尺，並興建停車場、漁具整補場、漁具倉庫、

魚市場等必要之公共設施；民國 89 年在修造船區北側興建曳船道一處，以利船隻拖曳上岸；民國 90 年度在第三漁港檢查碼頭北側興建突堤碼頭 46 公尺，及於港區東側興建內分隔突堤碼頭 100 公尺。

第三漁港完成除對澎湖縣漁業發展及漁民生命財產之保障外，並可紓解馬公第一、二漁港擁擠現象。築港時，利用開挖泊地所產生之土石方，填築新生地 60 餘公頃，除供港埠、機關、學校、及漁業公共設施用地之外，其餘可出售依都市計畫作為住宅、商業、工業及中油用地，以充實地方財源，亦可緩和馬公市區居住空間擁擠及日漸上漲之地價，解決一般低收入者及離島居民之國宅用地問題。本港目前同時亦為澎湖地區交通遊樂船南海系統之基地，公民營船隻約 30 艘，利用第二、三漁港交界處部份碼頭上下客貨，並設有南海旅客服務中心，作為前往七美、望安、將軍等島船隻停靠。

本港目前計有水深-2.0 公尺碼頭 703.5 公尺、泊地約 3.08 公頃；水深-3.0 公尺碼頭 283.5 公尺、泊地約 3.29 公頃；水深-3.5 公尺碼頭 3,171.5 公尺、泊地約 28 公頃；水深-4.0 公尺碼頭 432 公尺、泊地約 0.36 公頃；水深-6.0 公尺碼頭 223 公尺、泊地約 2.05 公頃，合計碼頭 4,813.5 公尺、泊地 36.78 公頃。碼頭平面如圖 40 所示，碼頭主要結構型式示如圖 41 至圖 47。

近年來澎湖國家風景區管理處積極發展澎湖地區之海上觀光事業，計畫結合馬公漁港之現有資源，興建遊憩設施，除於第一漁港北、西碼頭及第二漁港西碼頭興建木棧橋人行空間，供遊客漫步及欣賞海景外，並將第二漁港之突堤碼頭擴寬，拆除原有之魚市場，興建船型外觀之魚產品直銷中心，藉此帶動港區附近之商機。

本次調查以目視檢測為主，由於馬公漁港碼頭之設計水深多介於-2.0~-4.0m 之間，最深水深亦僅約-6.0m，設計水深較淺且後線長度多小於 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 ，以現有之重力式承受之土壓力和水壓力推估與基樁式碼頭承受上部及側向力，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或面版下陷，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 100 公噸以下漁船或交通遊樂船艇，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 48 為調查時之碼頭現況。

由歷年記錄顯示，漁港維護主要工作項目仍以泊地及碼頭區之水深浚挖為主，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，另建議碼頭可考慮依碼頭型式或建造時間將其分類後，予以分段編號並標示里程，俾利後續建置維護管理資訊系統之應用。



圖 40 馬公漁港平面配置圖

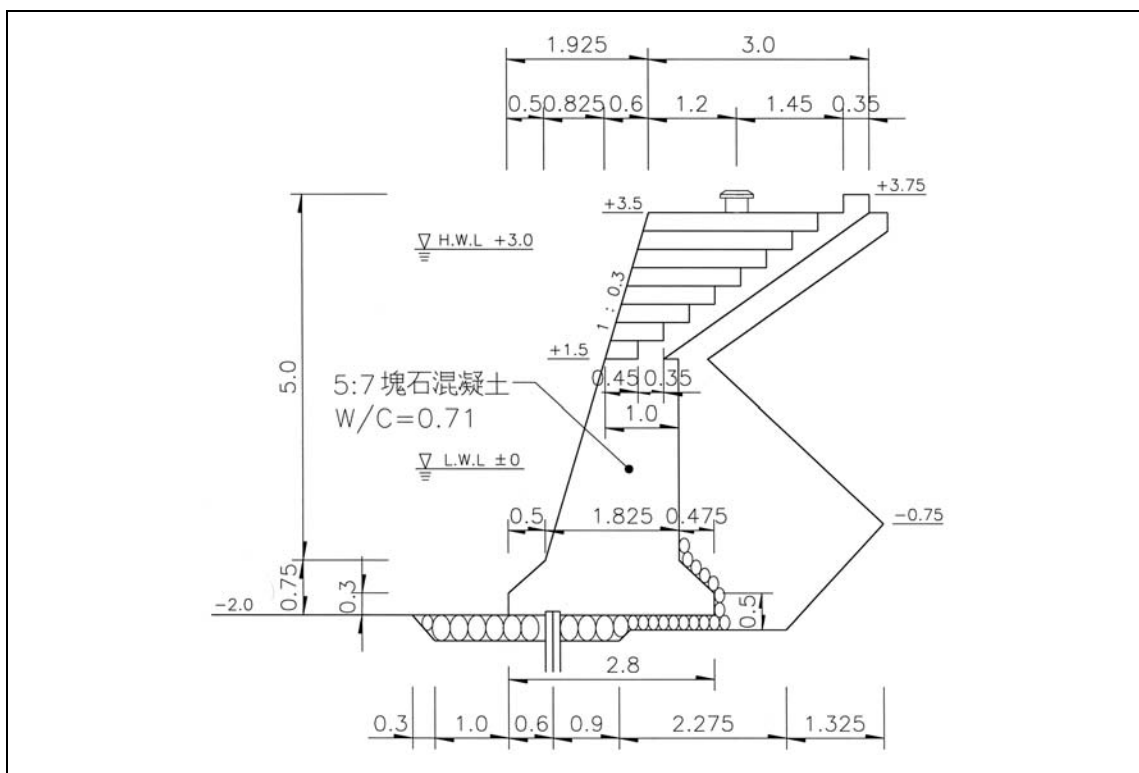


圖 41 馬公漁港碼頭結構型式 1

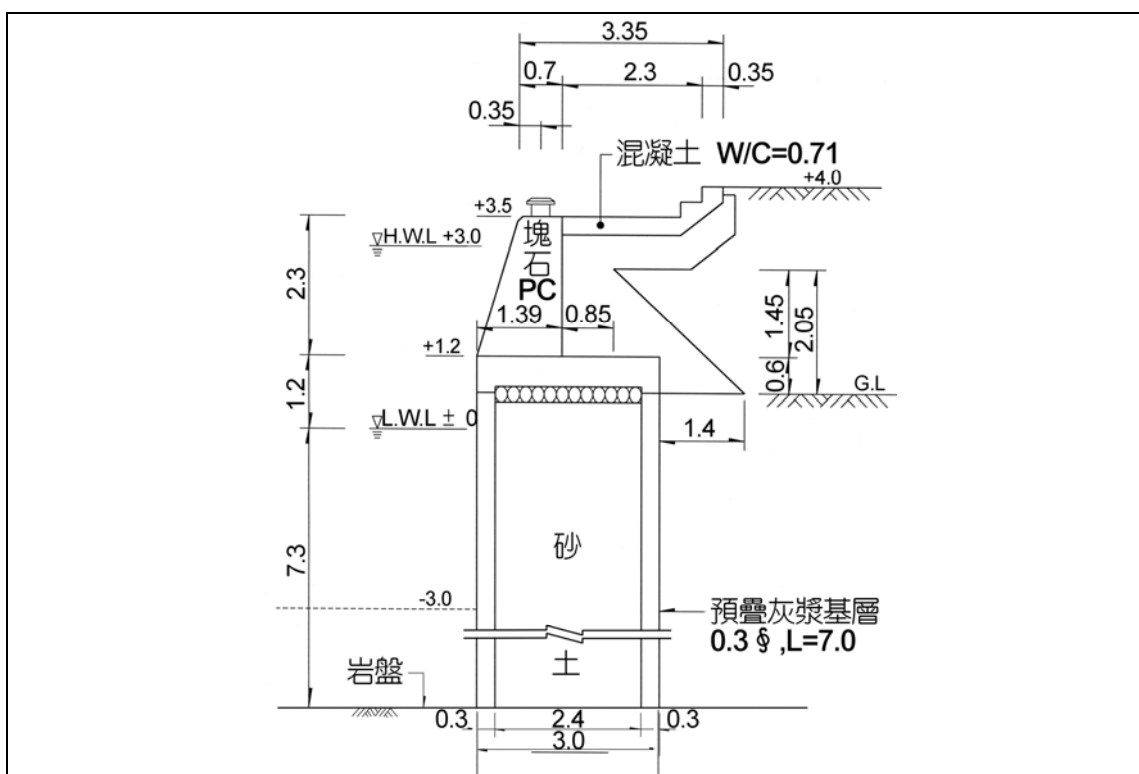


圖 42 馬公漁港碼頭結構型式 2

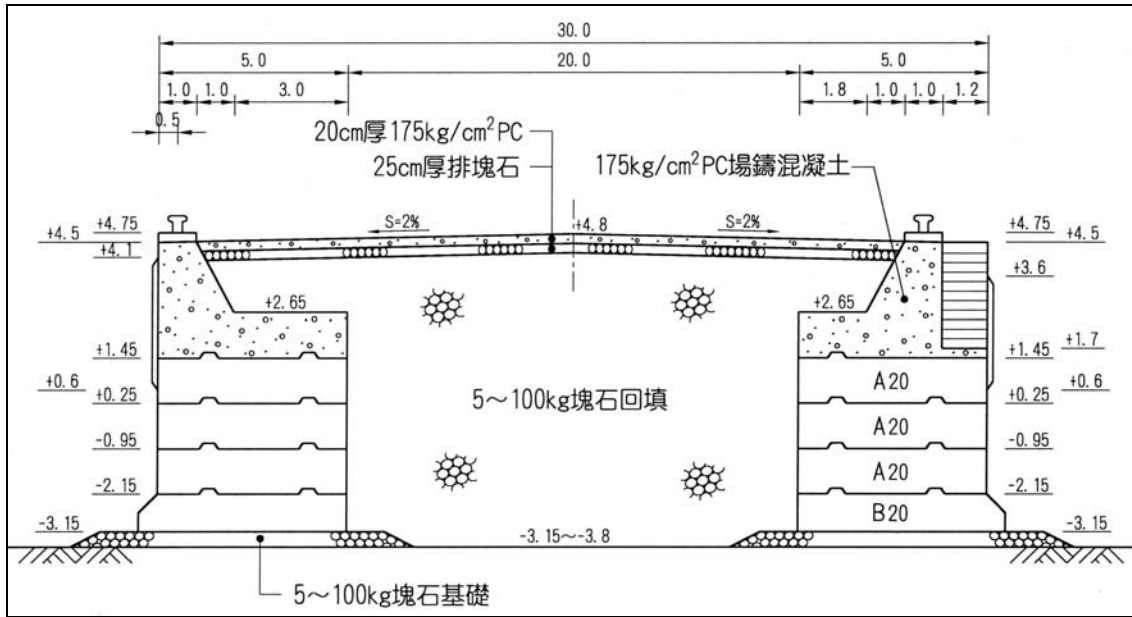


圖 43 馬公漁港碼頭結構型式 3

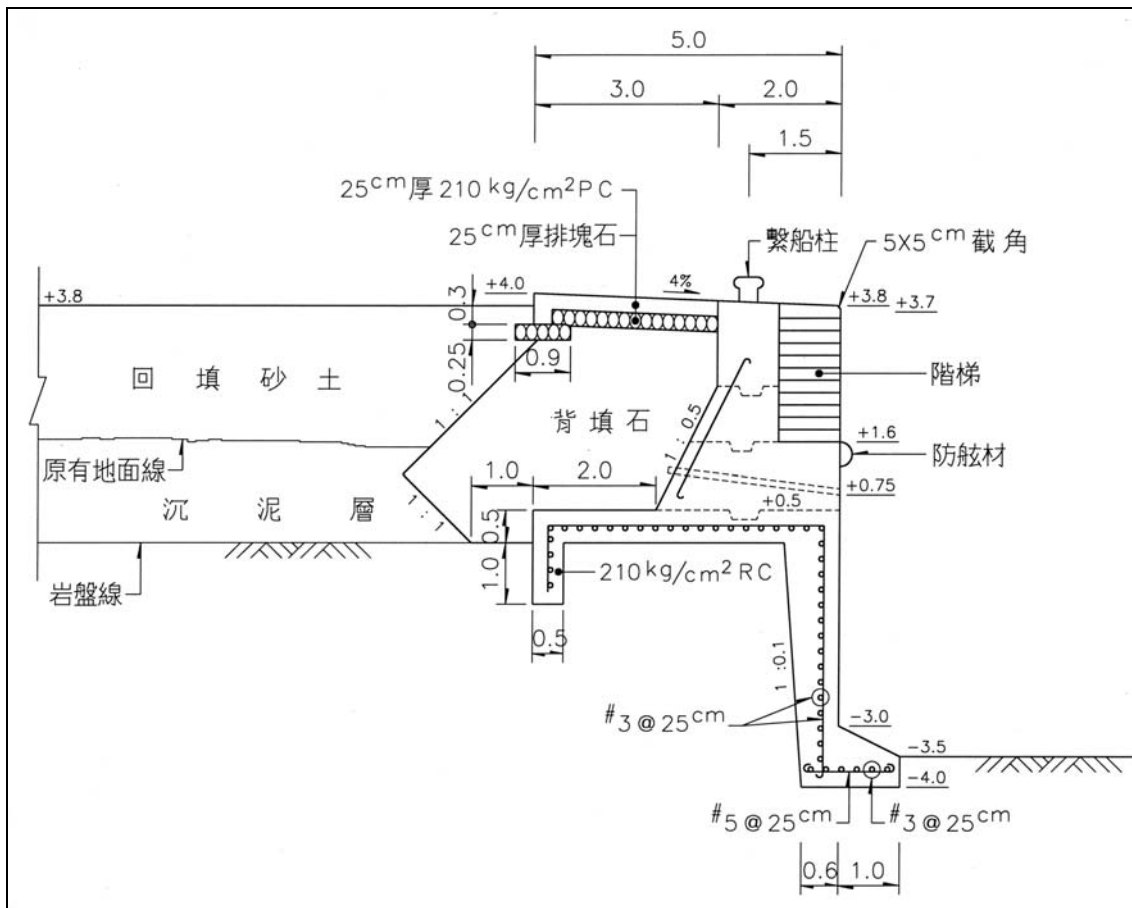
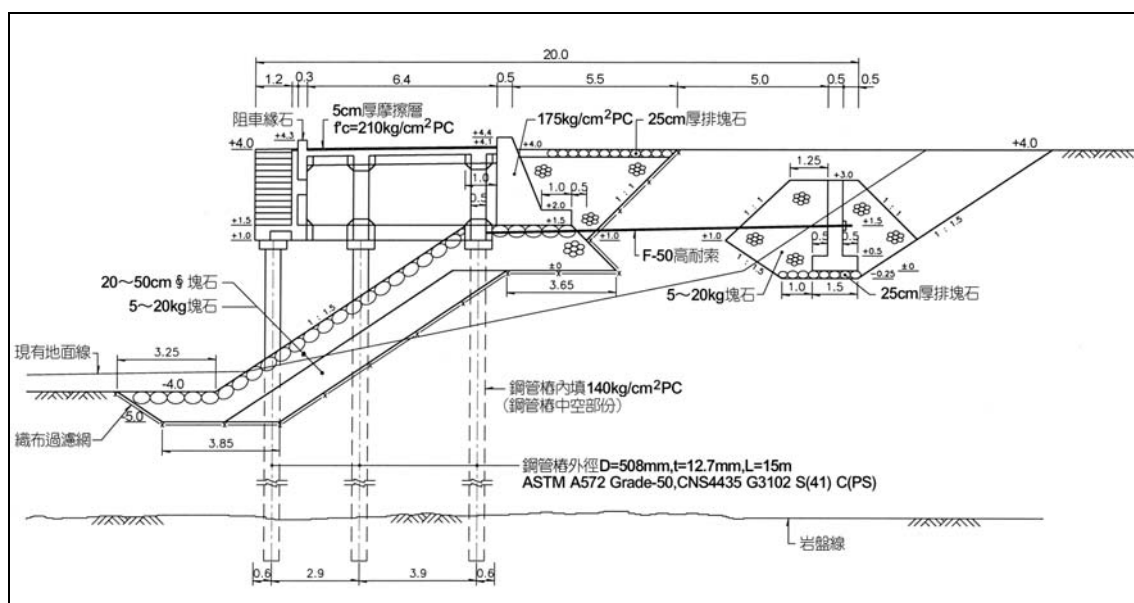
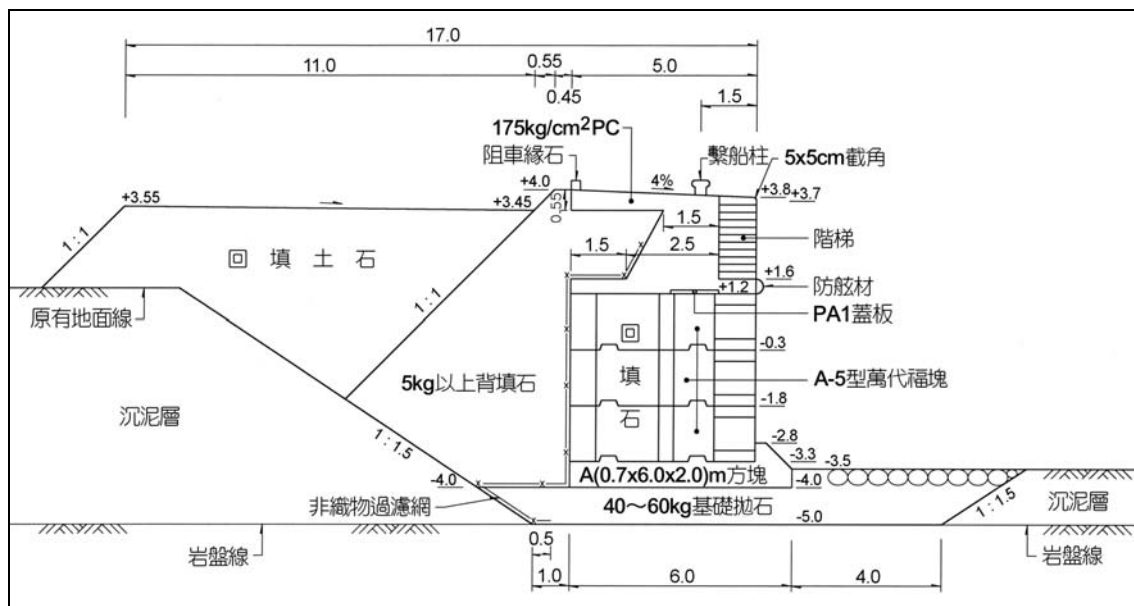


圖 44 馬公漁港碼頭結構型式 4



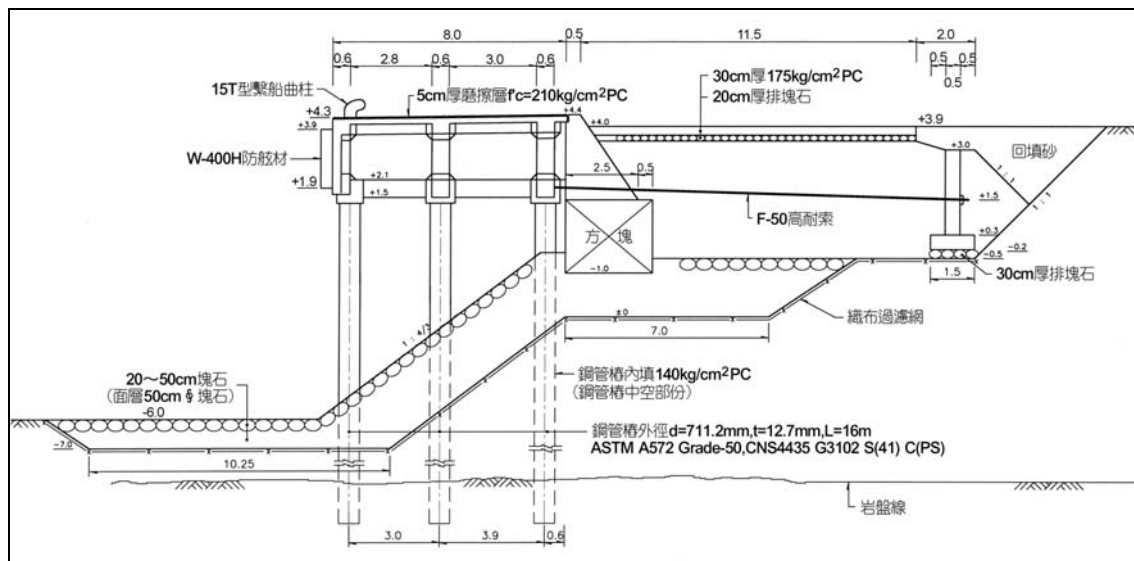




圖 48 馬公漁港現況情形（100.6.22）

4.11.2 外垵漁港

外垵漁港位於漁翁島南端之西嶼鄉外垵村，屬第三類漁港，主管機關為澎湖縣政府，距離馬公約 40 公里，港口朝南，因外側無地形遮蔽，受颱風波浪影響極大，於民國 45 年由前臺灣省政府漁業局補助經費，興建防波堤兼碼頭 60 公尺，又於 48 年再延長 36 公尺，民國 70 年修建防波堤兼碼頭 202 公尺，防波堤 48 公尺，西防波堤兼碼頭 30 公尺，東碼頭 81 公尺，浚挖泊地 2.8 公頃，填築新生地 1.6 公頃。

外垵漁港因位於西嶼最南端，接近漁場，漁船甚多，擴建後雖已具規模，但港內泊地每遇颱風湧浪侵襲時，仍無法穩靜，為保障漁船停泊安全，又延建西防波堤 162 公尺、修建北碼頭 100 公尺並擴挖泊

地，完成後對於港內水域穩靜之改善及漁船停泊安全，成效頗佳，由於碼頭仍不敷使用，復於民國 86 年續建消波式碼頭 110 公尺與泊地浚挖；民國 87 年再延建消波式碼頭 166.5 公尺，並配合浚挖泊地；民國 88 至 90 年原有碼頭面加封改善、設置阻車緣石及加拋消波塊、將南防波堤兼碼頭東端 72.5 公尺加以改建、西防波堤堤面加高；；民國 91 年時因航道淤淺進行疏浚及泊地浚深至-4.0 公尺，並將南防波堤兼碼頭延續 90 年部份加以改建，長度為 190 公尺，及於西防波堤港側加設阻車緣石。本港現有水深-4.0 公尺碼頭 914 公尺、泊地 4.14 公頃。碼頭平面如圖 49 所示。

外垵漁港平時或有鄰近作業漁船靠泊，颱風期間本港漁船須至赤馬漁港避風，夏季每日有 2~3 艘遊樂船停靠。由於陸上漁業設施不足，漁船補給多至馬公漁港為之，主要漁撈方式有延繩釣、流刺網、拖網、一支釣等。漁獲除當地消費外，亦經馬公運銷。

外垵漁港附近之西台古堡列為國家一級古蹟，地形險峻，可隔海東眺馬公，南望桶盤、虎井島。西南端有漁翁島燈塔，地形為面積遼闊之草原，可遠眺澎湖內海，且初春有海豚結隊洄游，蔚為奇景。外垵漁港接近海峽洄游漁場，漁業活動能力極強，其位置扼澎湖灣南端出口，為南海離島船筏出入轉運及整補之樞紐，於旅遊旺季遊樂船進出頻繁，與虎井、桶盤聯為內海旅遊線。

本次調查以目視配合反彈錘試驗等非破壞性檢測實施，結果顯示，本港碼頭及防波堤並無明顯混凝土破損或其內部鋼筋嚴重腐蝕現象，由反彈錘推估或鑽心試體試驗室抗壓試驗，混凝土強度介於 $185 \sim 226 \text{ kg/cm}^2$ 之間；腐蝕電位介於 $-368 \sim -212 \text{ mV}$ （ Cu/CuSO_4 電位）之間；電阻係數介於 $9.6 \sim 20.16 \text{ K}\Omega$ 之間；超音波速約為 3000 m/sec ，中性化深度約 $0.2 \sim 1.0 \text{ cm}$ 。由於漁港碼頭現有設計水深為 -4.0 m ，因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 50 為調查時之碼頭現況。

表 47 外垵漁港反彈值等試驗結果

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 ($\text{K}\Omega$)
碼頭岸壁	31.5(226)	-368~-212	12.0~20.1
防波堤	28.5(185)	-272~-215	9.6~15.3

表 48 外垵港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)
1	187	0.2
2	195	0.2
3	256	1.0

表 49 外垵漁港鑽心試體之超音波脈波速度

試體編號	超音波速(m/sec)
1	3320
2	3485
3	3236

由歷年記錄顯示，漁港維護主要工作項目仍以泊地及碼頭區之水深浚挖為主，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，另建議碼頭可考慮依碼頭型式或建造時間將其分類後，予以分段編號並標示里程，俾利後續建置維護管理資訊系統之應用。

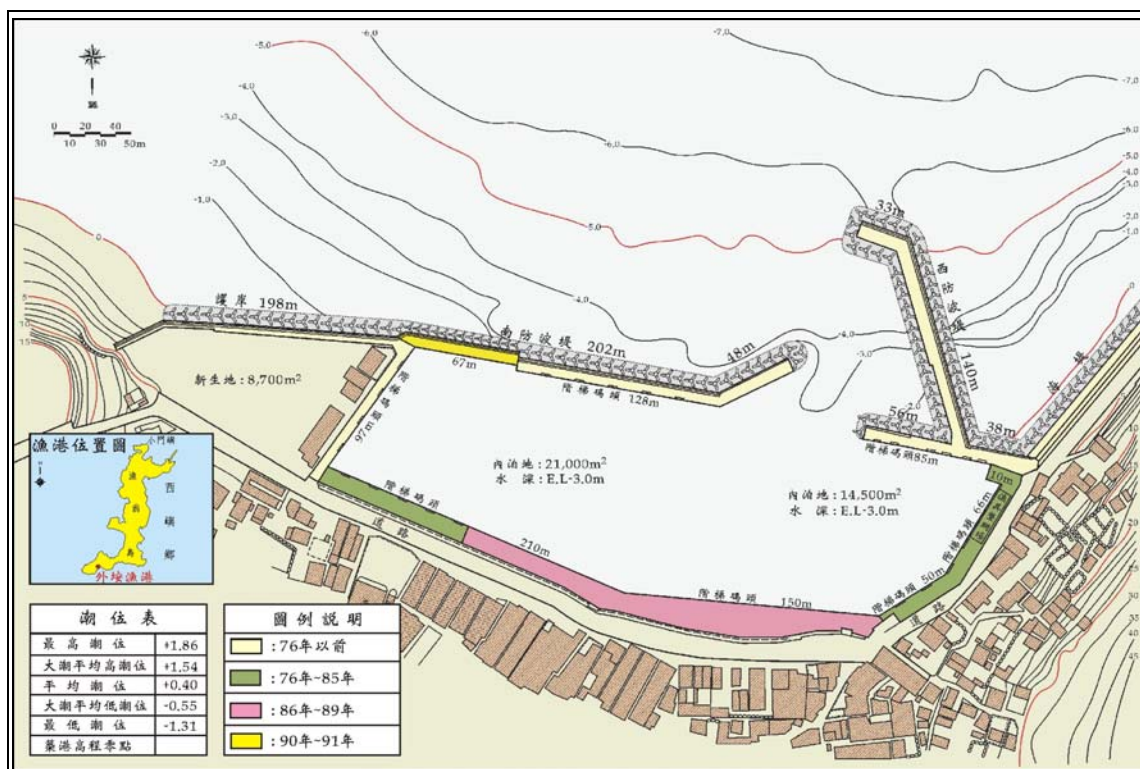


圖 49 外垵漁港平面配置圖



漁港停泊船隻現況



碼頭現況情形



圖 50 外垵漁港現況情形 (100.6.21)

4.11.3 內垵北漁港

內垵北漁港位於澎湖島西側漁翁島西南方赤馬灣南端之內垵村，屬第三類漁港，主管機關為澎湖縣政府。本港港口朝東北，受颱風影響小，受東北季風影響則大，但因位處灣內淺灘岩礁，地形隱蔽，形勢優良，是良好的避風休息港。本港於民國 45 年開始興建，至 47 年完成，後因泊地水淺，碼頭設施不足，故由當地漁民自籌經費於 70 年間浚渫泊地並設置碼頭岸壁，但仍無法配合漁業發展需要，故政府乃於「第一期臺灣地區漁港建設方案」中，73 年籌資擴建，歷時二年餘始完成，共投資約 5,100 萬元，擴建完成後計有碼頭約 670 餘公尺，水深 2.5 公尺之泊地約 1.4 公頃。86 至 88 年進行港區靠泊設施改善，加

設繫船柱及防舷材、進行泊地及航道浚挖、堤面加封及設置阻車緣石等。89 年為改善港口穩靜，興建東防波堤 123 公尺及將原有東海堤兼碼頭長度 86.8 公尺加以擴寬，90 年於西防波堤內側興建碼頭 101 公尺，並進行航道浚挖工作。本港現有水深-2.5 公尺碼頭 760 公尺、泊地 1.44 公頃。碼頭平面如圖 51 所示。

本港除魚市場外，陸上漁業設施缺乏，加油部份則可經由油罐車直接補給。颱風期間有外垵、赤馬、內垵南等港之船隻來靠泊。主要漁撈方式有流刺網、焚寄網等，附近有箱網養殖，漁產須經馬公漁港運銷。

本次調查以目視配合反彈錘試驗等非破壞性檢測實施，結果顯示，本港碼頭及防波堤並無明顯混凝土破損或其內部鋼筋嚴重腐蝕現象，由反彈錘推估混凝土強度介於 $185\sim 238\text{kg/cm}^2$ 之間；中性化深度約 $0.8\sim 1.2\text{cm}$ 。由於漁港碼頭現有設計水深為-4.0m，因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 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。圖 52 為調查時之碼頭現況。

表 50 內垵北漁港反彈值等試驗結果

編號	平均反彈值 (推估強度 kg/cm^2)	中性化深度 (cm)
1	32.3(238)	0.3
2	28.5(185)	0.2

由歷年記錄顯示，漁港維護主要工作項目仍以泊地及碼頭區之水深浚挖為主，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，另建

議碼頭可考慮依碼頭型式或建造時間將其分類後，予以分段編號並標示里程，俾利後續建置維護管理資訊系統之應用。

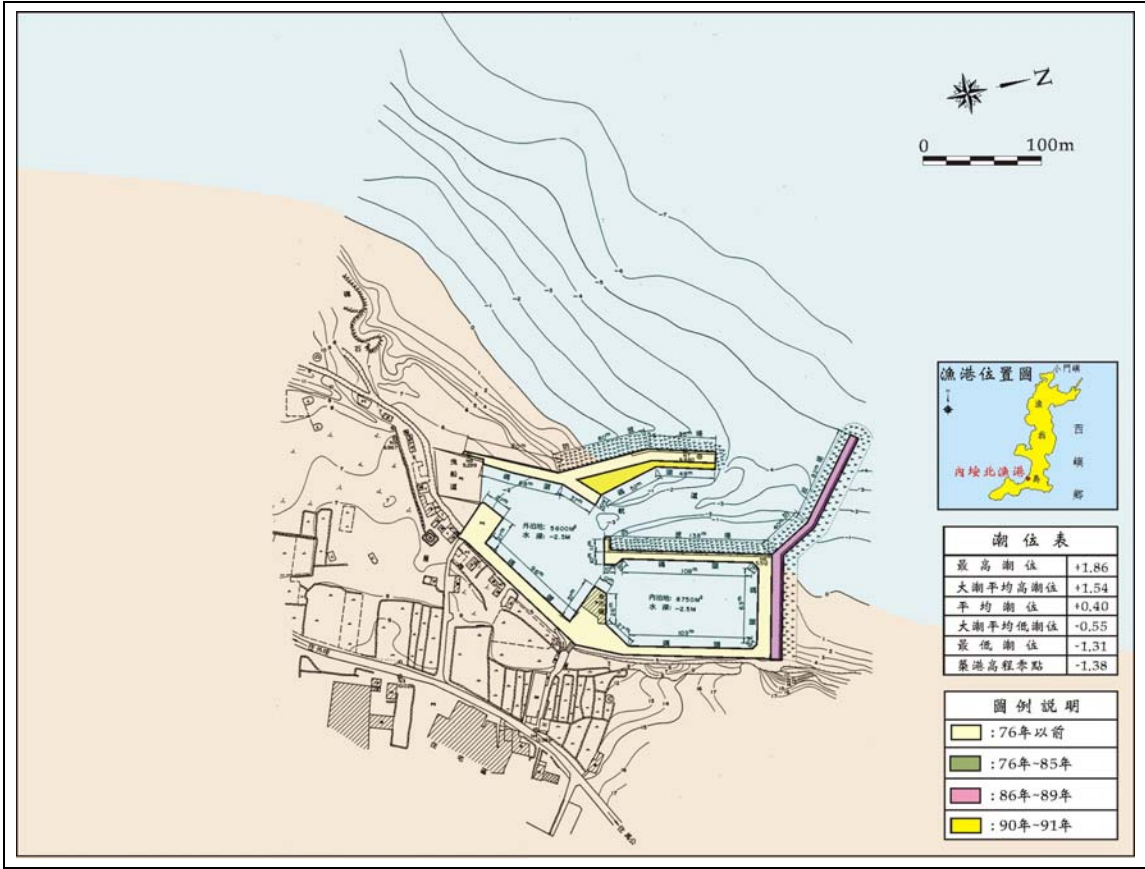


圖 51 內埤北漁港平面配置圖





圖 52 內垵北漁港現況情形（100.6.21）

4.11.4 內垵南漁港

內垵南漁港位於西嶼鄉南端，附近有東台古堡等古蹟景觀，屬第三類漁港，主管機關為澎湖縣政府，港口面朝西南，東北季風影響較小，但因四周無地形屏障，無法阻擋颱風波浪，故於民國 58 年，修建防波堤兼碼頭 150 公尺，民國 66 年及 74 至 76 年又延長突堤碼頭 60 公尺、東防波堤兼碼頭 37 公尺；民國 79 至 85 年延建外側南防波堤兼碼頭 125 公尺及修建內側突堤碼頭 80 公尺、北護岸碼頭 123 公尺，並浚挖泊地，可增進內側泊地之穩靜度及增加漁船停泊碼頭。民國 86 年興建東側防波堤內側碼頭 116 公尺，並進行東防波堤原有堤面加高及拋放消波塊等工程，現有 -3.0 公尺水深碼頭 665 公尺、泊地 1.4 公頃。

碼頭平面如圖 53 所示。本港由於漁船使用頻繁，惟缺乏陸上漁業設施，漁船補給須至馬公漁港為之。主要漁撈方式有焚寄網、流刺網、定置網等；漁產除本地消費外，多經馬公運銷。

本次調查以目視配合反彈錘試驗等非破壞性檢測實施，結果顯示，本港碼頭及防波堤並無明顯混凝土破損或其內部鋼筋嚴重腐蝕現象，由反彈錘推估混凝土強度介於 $185\sim 238\text{kg/cm}^2$ 之間；中性化深度約 $0.8\sim 1.2\text{cm}$ 。由於漁港碼頭之設計水深多小於 -4.0m 。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 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。圖 54 為調查時之碼頭現況。

表 51 內垵南漁港反彈值等試驗結果

編號	平均反彈值 (推估強度 kg/cm^2)	中性化深度 (cm)
1	32.3(238)	1.2
2	27.2(170)	0.8

由歷年記錄顯示，漁港維護主要工作項目仍以泊地及碼頭區之水深浚挖為主，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，另建議碼頭可考慮依碼頭型式或建造時間將其分類後，予以分段編號並標示里程，俾利後續建置維護管理資訊系統之應用。

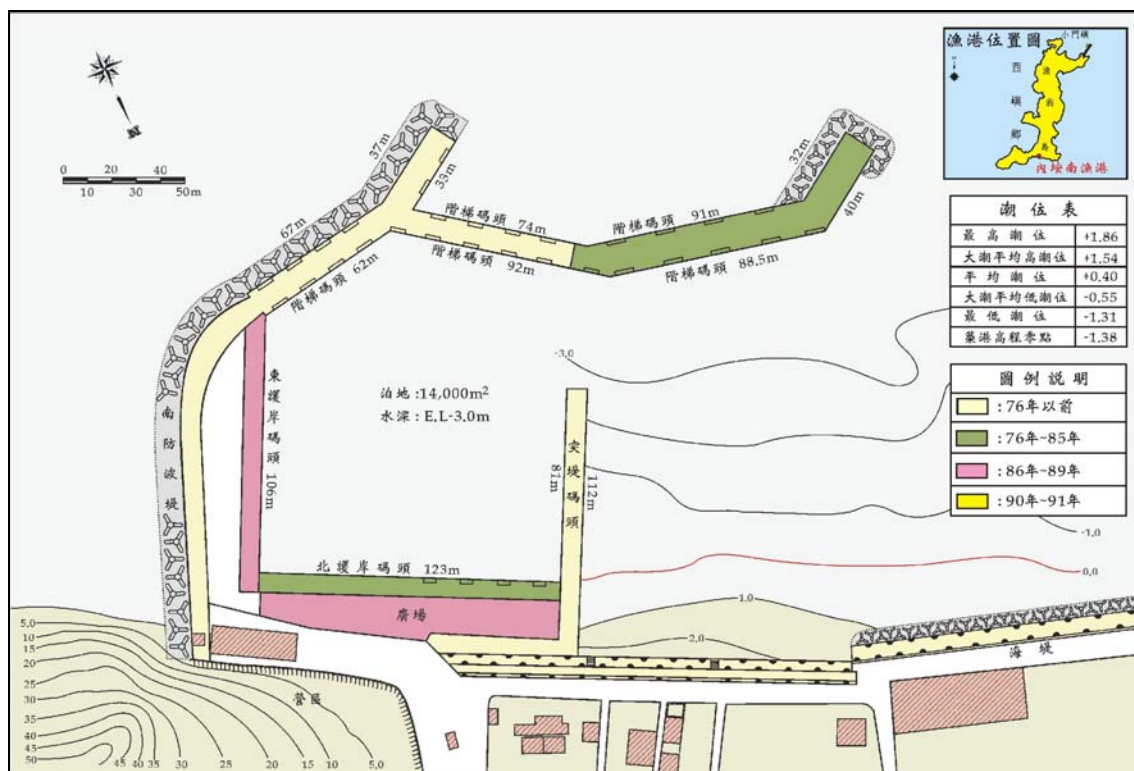


圖 53 內埤南漁港平面配置圖



碼頭現況 1



碼頭現況 2



碼頭現況 3



碼頭現況 4



碼頭現況 5



碼頭現況 6



碼頭現況 7



碼頭現況 8

圖 54 內垵南漁港現況情形 (100.6.21)

4.11.5 赤馬漁港

赤馬漁港位於澎湖縣西嶼鄉赤馬村，附近有牛心灣之名勝，屬舊時澎湖八景之一，亦屬為第三類漁港，本港於民國 56 年首先修築砌石碼頭 64 公尺。因位於馬公本島及西嶼間之內海，北面有高地阻擋東北季風，僅東南向稍受颱風影響，地形隱蔽，颱風時西嶼鄉漁船大部分駛至本港避風，由於原有拋石防波堤兼碼頭設施簡陋，乃於「第一期臺灣地區漁港建設方案」中進行改善及擴建，計完成拋石擋土堤 380 公尺、拋石防波堤 125 公尺、北碼頭 225 公尺及擋土堤 414 公尺，開闢泊地面積約 4.3 公頃(-3.0m)，至此本港規模粗具。來往停泊漁船多達 200 艘，嗣經澎湖縣政府規劃本港為西嶼鄉之區域中心漁港，惟因部分泊地尚未浚深，且拋石防波堤尚需加強以遮蔽東南向波浪，以保障颱風時漁船停泊安全，故於「第二期臺灣地區漁港建設方案」中撥款 10,100 萬元，完成碼頭約 790 公尺、泊地約 1.66 公頃，可加強保障颱風時漁船停泊安全，並便利西嶼鄉漁船補給作業。之後於 90 年進行港區改善，除加高部份碼頭面 128 公尺外，並於現有東側泊地興建北突堤碼頭 75 公尺及西側泊地興建西突堤 70 公尺，並將堤防胸牆加高 267 公尺及加拋消波塊 247 塊。本港現有水深 -3.3 公尺碼頭 1,525.5 公尺、泊地 5.96 公頃。碼頭平面如圖 55 所示。

本港雖為西嶼鄉之區域中心漁港，目前冷凍、加冰、加油等陸上漁業設施尚未設置，需由馬公運補，本港平時有內垵地區之漁船來靠泊，本港主要漁撈方式有流刺網、焚寄網等，漁產馬公運銷。

本次調查已目視檢測為主，由於漁港碼頭之設計水深多介於-2.0~-4.0m 之間，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 ，以現有之重力式承受之土壓力和水壓力推估可承受上部荷載及側向力，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或面版下陷，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 100 公噸以下，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 56 為調查時之碼頭現況。

[illegible]

圖 55 赤馬漁港平面配置圖



碼頭現況 1



碼頭現況 2

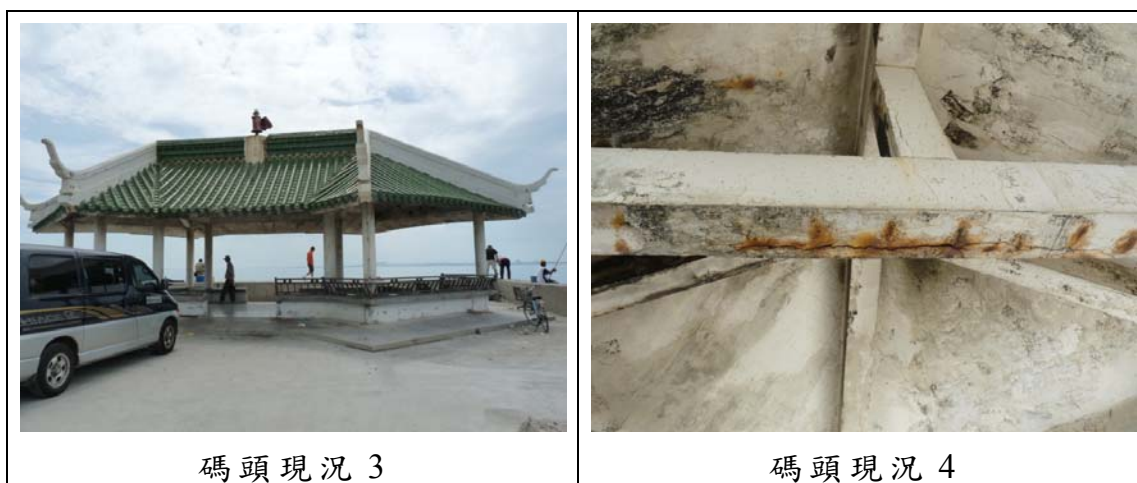


圖 56 赤馬漁港現況情形 (100.6.22)

4.11.6 赤崁漁港

赤崁漁港位於白沙鄉北方海岸，為白沙鄉之中心漁港，亦屬為第三類漁港，除供漁船使用外，亦提供北海遊憩船舶停泊，並有澎湖本島與北海離島之交通碼頭，為烏嶼、員貝、吉貝三離島對澎湖本島進出之港口，船筏經常至本港靠泊避風或整補，在漁業及離島交通上均佔重要地位。由於港口朝東，且附近海域多屬珊瑚礁地形，港口航道位處淺灘區，航道長且淺，須定期浚淤，維護不易。

本港於民國 40 年由縣府補助修建砌石防波堤 227 公尺，碼頭 278 公尺，護岸 125 公尺，圍築內港水域約 3 公頃。57 年時由高雄港務局補助，修建交通碼頭一座。本港雖有廣闊水域，惟多未浚挖，漁船需候潮始能進出，亟需改善，乃在「第一期臺灣地區漁港建設方案」中，於 71~74 及 76 年度辦理港口改善，計延建北防波堤兼碼頭 45 公尺、增建碼頭 101 公尺、泊地及航道浚挖，並修建曳船道等工程。後續在「第二期臺灣地區漁港建設方案」中，於 81 年度利用經費 2,700 萬元進行港區改善工程，主要係以改善停泊區環境為主，並增建曳船道供漁船筏起卸，提供漁業及離島交通使用；85 年度動用省長計畫經費再進行突堤碼頭 120 公尺之增建等工程。86 及 88 年進行港區改善計畫，於 86 年將內泊地北防波堤兼碼頭及突堤兩側碼頭 516 公尺進行改建；88 年除整修東防波堤 263 公尺外，並新建北防波堤 35 公尺及泊地浚挖

工程；90 年則在港區進行港區綠美化、休閒設施(涼亭、觀景台)、鋪面美化及胸牆加高彩粧工程；91 年於小型漁船泊區興建突堤碼頭 55 公尺。目前本港計有水深-3.0 公尺碼頭 453.5 公尺、泊地約 2.47 公頃及水深-3.5 公尺碼頭 849 公尺、泊地約 4.74 公頃，合計碼頭 1,412.5 公尺、泊地 7.21 公頃。碼頭平面如圖 57 所示。

本港漁船之主要漁撈方式有延繩釣、焚寄網、流刺網及一支釣等；陸上漁業設施有魚市場、加油、製冰、冷凍、修造船廠、漁具整備場等。

近年來在縣政府及澎湖國家風景區管理處積極發展離島觀光，本港為北海旅遊系統之主要基地，由民間經營之觀光快艇及交通船即停靠於本港，每到旅遊旺季，本港即人潮洶湧，為免非作業漁船停靠影響正常魚貨上下，乃由交通單位於外泊地後側土地興建遊客服務中心，並利用外泊地碼頭設置浮動式碼頭，專供交通船及觀光快艇停靠之用，使本港朝漁業、交通、觀光多元化之漁港發展。

本次調查已目視檢測為主，由於漁港碼頭之設計水深多介於-3.0~-3.5m 之間，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 ，以現有之重力式承受之土壓力和水壓力推估與基樁式碼頭承受上部荷載及側向力，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或面版下陷，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 100 公噸以下漁船或觀光遊艇（或客輪），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 58 為調查時之碼頭現況。

由歷年記錄顯示，漁港維護主要工作項目仍以泊地及碼頭區之水深浚挖為主，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，另建議碼頭可考慮依碼頭型式或建造時間將其分類後，予以分段編號並標示里程，俾利後續建置維護管理資訊系統之應用。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。

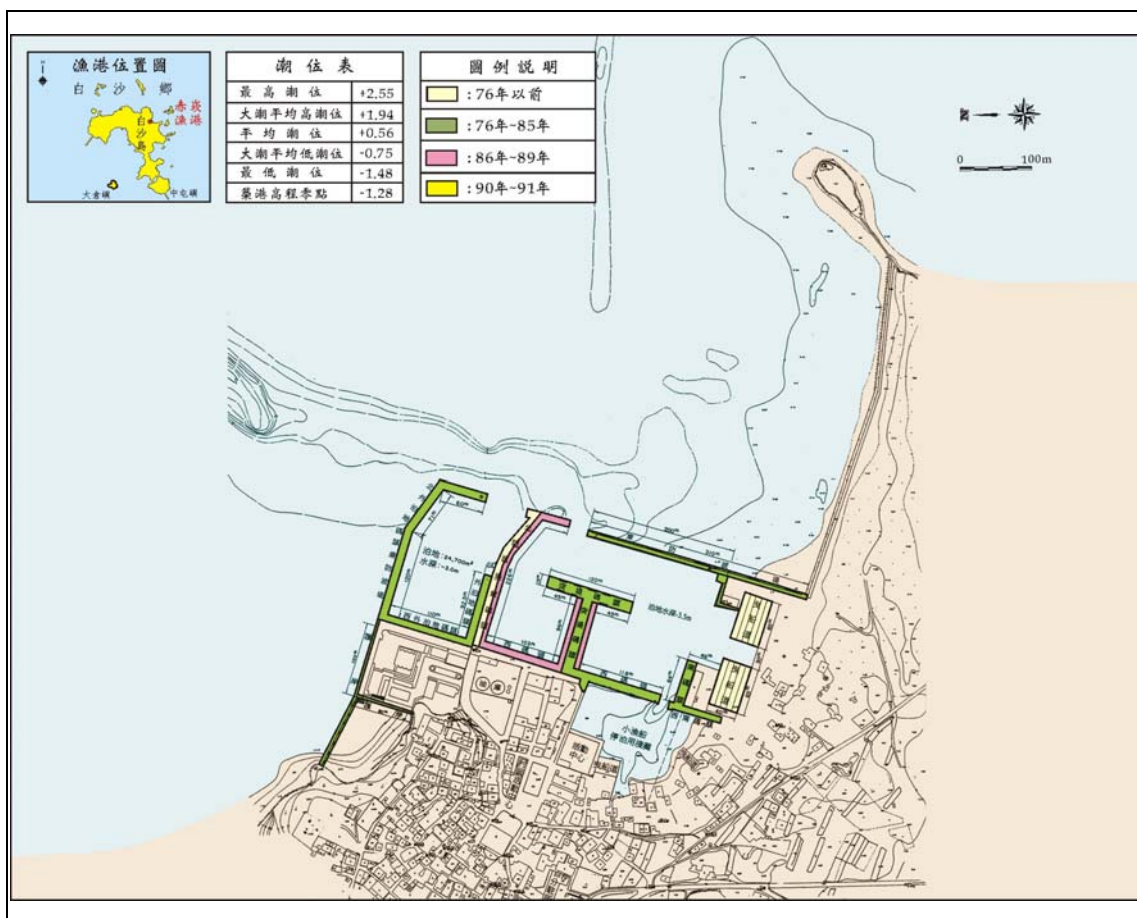


圖 57 赤崁漁港平面配置圖





圖 58 赤崁漁港現況情形（100.6.22）

4.11.7 竹灣漁港

竹灣漁港位於澎湖縣西嶼鄉東部海岸之澎湖內灣水域，亦屬為第三類漁港。本港受東北地季風影響不大，遮蔽地形良好，為為本區良好之避風港。民國 41 年修建一道簡易拋石防波堤，民國 73 年修築防波堤 178 公尺，防波堤兼碼頭 80 公尺，突堤碼頭 48 公尺，並浚挖泊地 0.38 公頃。惟因僅有一道防波堤兼碼頭，可供停泊用之碼頭及泊地有限，避風效果不彰。故續於民國 81 年延建東防波堤 30 公尺、新建碼頭 303 公尺、護岸 240 公尺及填築新生地與泊地浚挖；民國 86 年修建由北側碼頭中段位置興建突堤碼頭 83 公尺及泊地疏浚；民國 88 年興建碼頭護岸 30 公尺；民國 90 年度則進行現有曳船道改善、碼頭堤

面加封工程，計完成新建護岸 34 公尺及進行曳船道改建。目前本港計有碼頭約 900 餘公尺、泊地約 2.93 公頃。碼頭平面如圖 59 所示。

本港除港區西側有修造船廠外，缺乏陸上漁業設施，漁船補給需至馬公、赤崁為之。

東北季風期間，鄰近漁船至本港避泊，平時亦有內安漁船在本港上架寄靠，颱風期間漁船需至橫礁、合界避風。主要漁撈方式有流刺網、焚寄網、延繩釣等。附近有水產養殖，以飼養石斑等高經濟魚類為主，漁獲經馬公或赤崁運銷。本港面對廣大澎湖內灣，適合發展海釣、海洋牧場、觀光養殖業等。

本次調查已目視檢測為主，由於漁港碼頭之設計水深多介於-2.0~-3.0m 之間，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 ，以現有之重力式承受之土壓力和水壓力推擠之側向力，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或面版下陷，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 100 公噸以下漁船或觀光遊艇（或客輪），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 60 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。

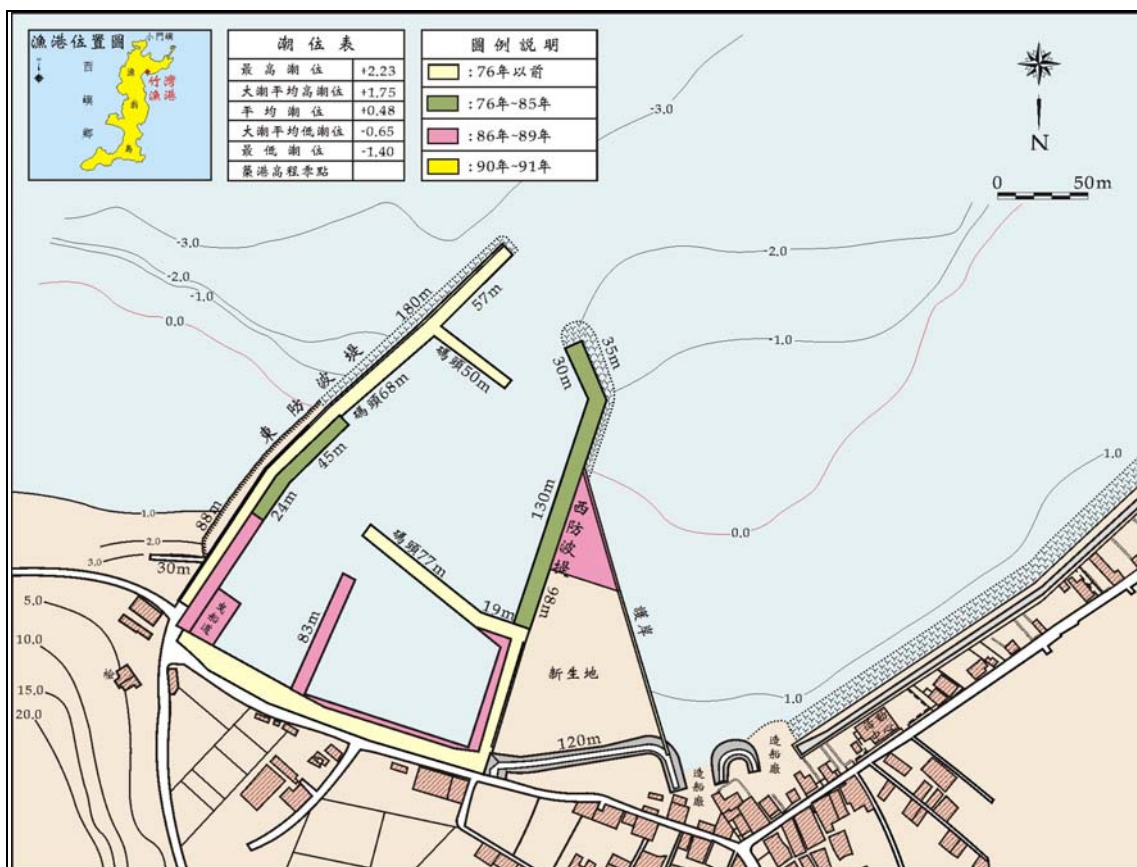


圖 59 竹灣漁港平面配置圖





圖 60 竹灣漁港現況情形（100.6.22）

4.11.8 鎖港漁港

鎖港漁港位於澎湖縣馬公市鎖港里之天然內灣中，具有建港優良地形，為馬公市南部之區域中心漁港，亦屬為第三類漁港，於民國 42 年 5 月闢建拋石式防波堤 388 公尺及碼頭 240 公尺，並設有加油站及護岸 127 公尺。民國 66 年完成碼頭及泊地浚渫及改建碼頭 151 公尺，浚渫泊地 2.3 公頃，使本港規模粗具。為求增加港內穩靜，續又延建外廓防波堤 275 公尺、北防波堤 20 公尺及向港區南側延建碼頭與外突堤碼頭，並浚挖航道至-4m，以增加港內之穩靜，可供 50 噸級以下漁船隻約 180 艘停泊使用。民國 87 年進行港區整建工程，將北碼頭之碼頭面及胸牆加以整修；民國 90 年則整修碼頭堤面及泊地浚深；民國 91

年於北側港區興建北突堤 40 公尺、南突堤 50 公尺、延建外廓防波堤 45 公尺及泊地浚挖等。本港現有碼頭 1,091 公尺、泊地 4.2 公頃(水深 -4.0 公尺)。碼頭平面如圖 61 所示。

本港因具有魚市場、製冰廠、冷凍庫、加油站、儲冰庫、漁具整理場、漁民活動中心等，設施頗為完善，可供漁船補給，減少漁船至馬公補給之航程，且為馬公市東南各港漁船避風、補給之重要基地，並可成為馬公漁港之輔助港。

本次調查以目視配合反彈錘試驗等非破壞性檢測實施，結果顯示，本港碼頭及防波堤並無明顯混凝土破損或其內部鋼筋嚴重腐蝕現象，由反彈錘推估或鑽心試體試驗室抗壓試驗，混凝土強度介於 $185 \sim 256 \text{ kg/cm}^2$ 之間；腐蝕電位介於 $-368 \sim -212 \text{ mV}$ （ Cu/CuSO_4 電位）之間；電阻係數介於 $9.6 \sim 20.16 \text{ K}\Omega$ 之間；超音波速約為 3000 m/sec ，中性化深度約 0.2 cm 。由於漁港碼頭現有設計水深為 -4.0 m ，因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 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。圖 50 為調查時之碼頭現況。

表 52 鎖港漁港反彈值等試驗結果

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 ($\text{K}\Omega$)
碼頭岸壁	33.1(249)	-398~-280	6.2~25.1
防波堤	28.9(191)	-432~-315	7.5~12.3

表 53 鎖港漁港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)
1	170	1.0
2	195	1.2
3	198	0.8

表 54 外垵漁港防波堤鑽心試體之超音波脈波速度

試體編號	超音波速(m/sec)
1	2920
2	2890
3	3211

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。

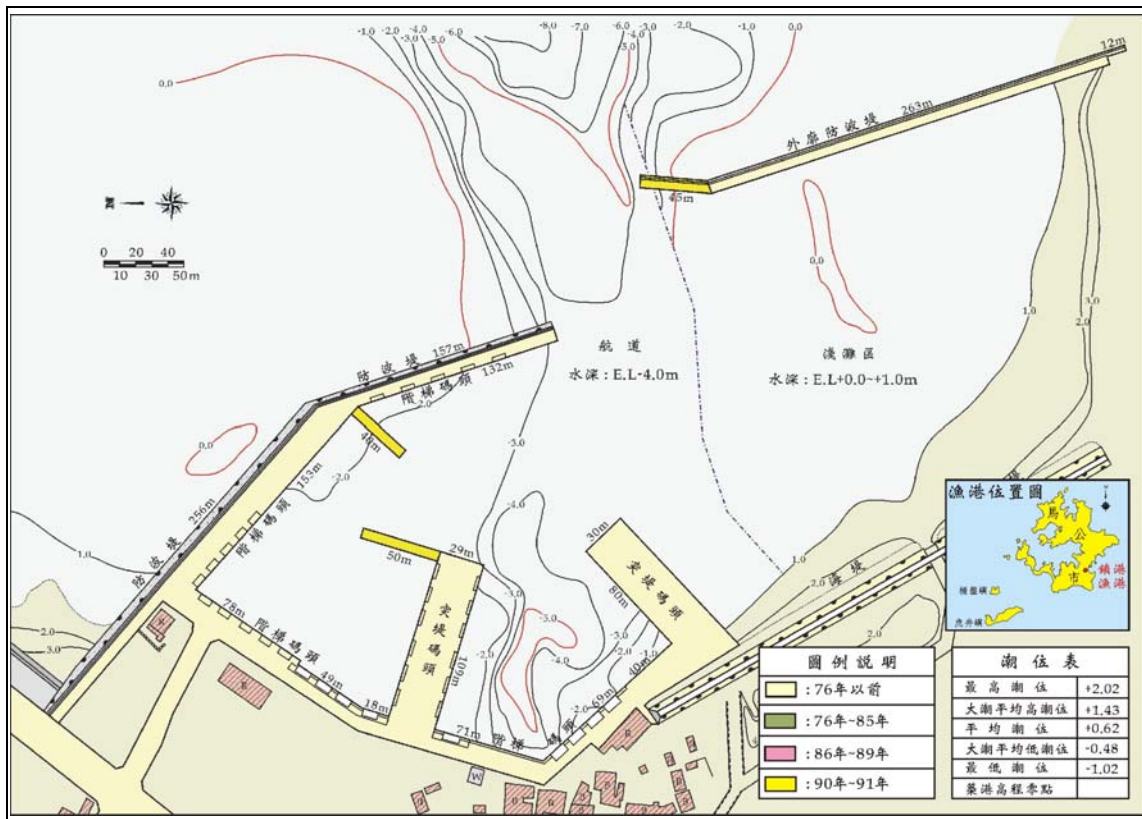


圖 61 鎖港漁港平面配置圖



碼頭現況 1



碼頭現況 2



碼頭現況 3



碼頭現況 4



碼頭現況 5



拍賣場外觀

圖 62 鎖港漁港現況情形 (100.6.23)

4.11.9 尖山漁港

尖山漁港位於澎湖本島湖西鄉南側海岸，龍門漁港西北方，港口航道為沙質，東南波向時易淤淺，需定期浚漂，亦屬為第三類漁港。本港至民國 85 年止，已修建完成泊地約 2.1 公頃、碼頭約 550 公尺，民國 87 年修建延長西碼頭 113 公尺，並進行泊地浚挖，民國 90 年後修建南防波堤兼碼頭擴寬 193 公尺；民國 91 年再延長南防波堤 20 公尺、東碼頭改建 90 公尺、內泊地設置東西分隔堤 88 公尺及裝置輪胎防舷材等項目。本港現有碼頭 896 公尺、泊地 2.07 公頃。

本港平時有龍門漁船前來靠泊，而颱風期間漁船須至馬公避風；主要漁撈方式為單拖、焚寄網、流刺網、一支釣等，漁產除當地消費外，多經龍門漁港運銷。

尖山與龍門一帶漁業經濟活動能力強，與臺灣間僅 23 海浬航程，目前有客貨輪停靠於龍門漁港，交通單位自 86 年起即在本港與龍門漁港間之海域興建客貨碼頭，由本港南防波堤外側沿海岸至龍門漁港北防波堤外側，興建碼頭約 990 公尺，並於本港西碼頭外側另行興建外廓西防波堤 822 公尺，配合龍門漁港南側之外廓設施，未來龍門、尖山漁港之漁船與客貨輪將共用港口進出。交通單位後續計畫於本港南防波堤外向南延建碼頭 180 公尺，並於本港西側泊地興建突堤碼頭 75 公尺，以增加內泊地的穩靜。碼頭平面如圖 63 所示。

本次調查已目視檢測為主，由於漁港碼頭之設計水深多介於-2.0~-4.0m 之間，最深水深亦僅約-6.0m，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 ，以現有之重力式承受之土壓力和水壓力推估可承受上部荷載及側向力，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或面版下陷，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 公噸以下漁船或觀光遊艇（或客輪），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 64 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。

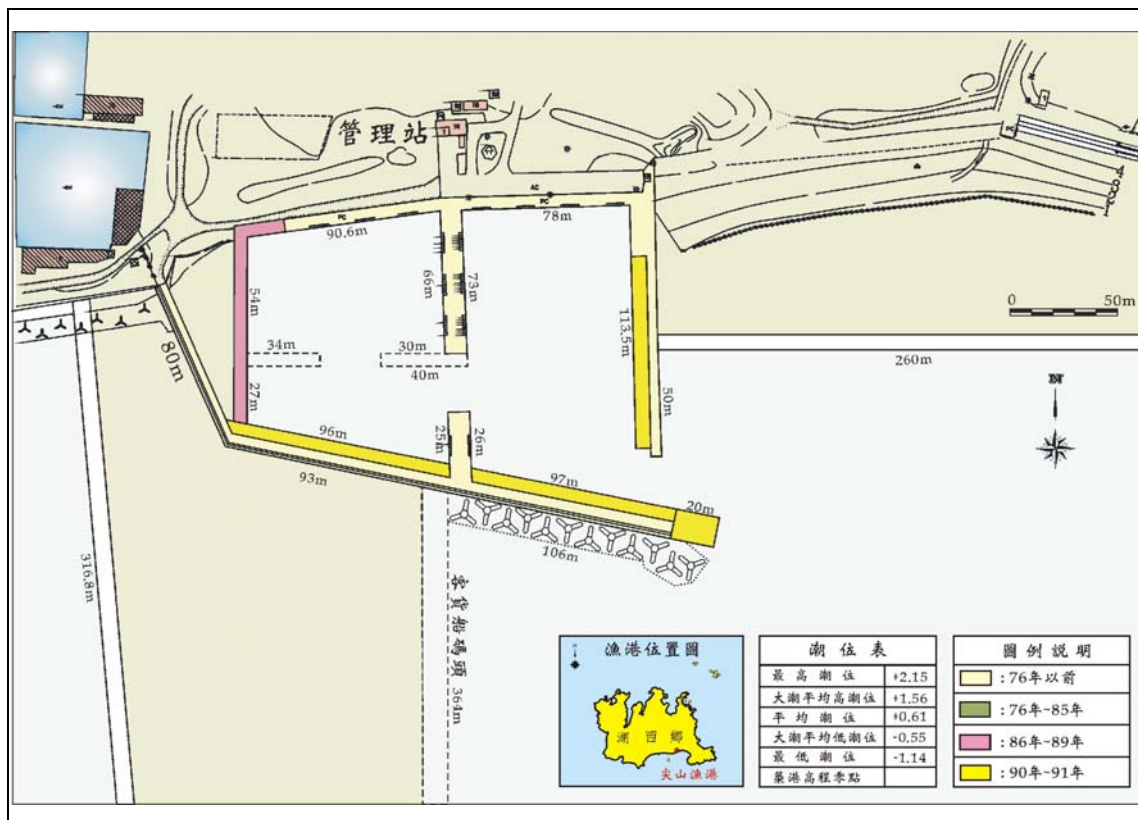


圖 63 尖山漁港平面配置圖



圖 64 尖山漁港現況情形 (100.6.23)

4.11.10 龍門漁港

龍門漁港港現有碼頭 1,490 公尺、泊地約 5.73 公頃，亦屬為第三類漁港。本港位於湖西鄉龍門村之天然內灣內，為湖西鄉之中心漁港，東南有高地阻擋，港口面向西，東北有岩礁突出伸入海中，可防止東北季風侵害，港口以外係淺灘沙質地，航道在颱風時易被淤淺，本港於民國 45 年修建簡單砌石堤 120 公尺，46 年再延長建造 180 公尺，嗣後繼續擴建及災害修復加強 194.7 公尺。民國 59 年由高雄港務局撥款興建交通碼頭 260 公尺，民國 69 年再擴建碼頭 155 公尺，民國 70 年延建港口之消波堤 50 公尺。民國 74 年在港內興建交通船碼頭 170 公尺。民國 75 年擴建東側泊地 2.6 公頃，新建碼頭 282 公尺及填築新生地 2.7 公頃，至此本港已粗具規模，惟陸上漁業設施尚付闕如，另港口受西南波浪影響漁船進出困難，南防波堤遇颱風時，有越波影響情形，影響漁船停泊安全；民國 77 年至 81 年，又共修建突堤約 81 公尺、碼頭 60 公尺；民國 82 年又修建碼頭 169 公尺、突堤碼頭 15 公尺，並於防波堤外側加拋消波塊及浚挖泊地。89 年進行北碼頭修建、興建突堤碼頭 70 公尺及港區道路及碼頭改善等。

龍門漁港漁業經濟活動能力強，與臺灣間僅 23 海浬航程，故本港客貨交通亦甚頻繁，交通單位自 86 年起即在本港與尖山漁港間之海域興建客貨碼頭，由本港北防波堤外側沿海岸至尖山漁港南防波堤外側，興建碼頭約 990 公尺，並配合尖山漁港北側之外廓設施，將本港南防波堤延建 200 公尺，累計本港現有碼頭 1,490 公尺、泊地約 5.73 公頃。碼頭平面如圖 65 所示。

目前龍門、尖山漁港之漁船與客貨輪將共用港口進出；此外，湖西鄉公所規劃東海岸旅遊線，配合舊澎湖八景之一「夜靜龍門聽鼓浪」，藉由漁業、交通、觀光互動以繁榮地方。

本次調查已目視檢測為主，由於 x 漁港仍持續建造可供停靠來往臺灣澎湖之間之貨輪碼頭，設計水深較深且後線長度亦比照臺灣地區商港建造建議未來可應用 D.E.R 法進行結構體安全性評估。

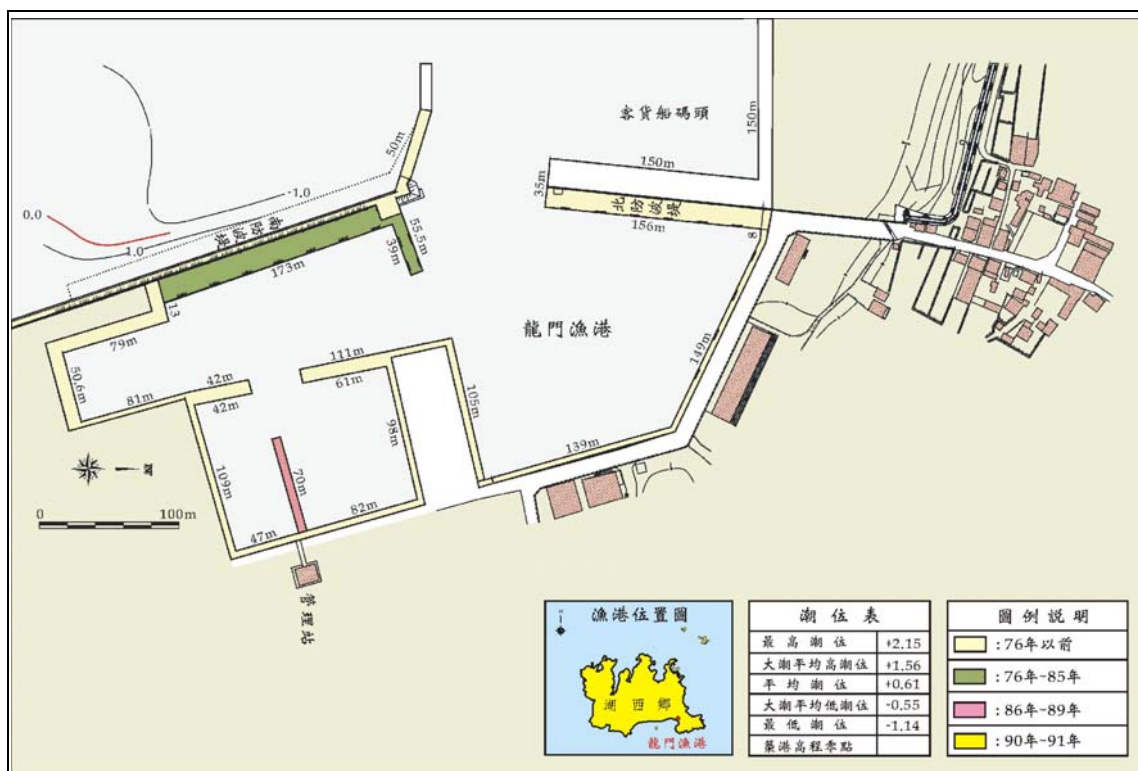


圖 65 龍門漁港平面配置圖





圖 66 龍門漁港現況情形 (100.6.23)

4.11.11 蒔裡漁港

蒔裡漁港位於馬公市蒔裡里，港區地質屬岩石層，係一優良之避風港。亦屬為第三類漁港。本港於民國 46 年起由前臺灣省政府漁業局補助修建，後因地方配合款未能籌措，一度停建，至民國 56 年再由澎湖縣政府所擬之四年經建計畫項下繼續修建，至 57 年始告完成。民國 70~85 年起陸續進行擴建工程，民國 87 年浚深泊地及航道、民國 90 年進行港區改善，包括堤面加高 610.8 公尺、增設輪胎碰墊 100 組及碼頭增設組車緣石等項目，現有北外廓防波堤 162 公尺、北防波堤 154 公尺、南防波堤 140 公尺、碼頭 900 公尺及 -2.0m 水深泊地約 2.5 公頃。碼頭平面如圖 67 所示。

由於位於澎湖內灣，面向東北，受季節風影響較大，颱風時為良好避風港，目前以停泊近沿海漁船為主。由於陸上漁業設施缺乏，冷凍及加冰由馬公、鎖港支援，漁獲亦多經馬公漁港運銷。本港平時少有外港漁船靠泊，颱風期因本港對西南風浪有遮蔽作用，可供附近漁港船隻避泊。漁船主要漁撈方式為焚寄網等，港區附近有漁產加工廠 30 餘家，漁產加工業發達。蒔裡漁港面臨廣大之澎湖內灣海域，附近有蒔裡海水浴場，可發展海釣、風帆、托曳傘及牽罟等水上活動。



圖 68 嵵裡漁港現況情形 (100.6.23)

4.11.12 風櫃東漁港

風櫃東漁港位於澎湖縣馬公市風櫃里，臨馬公灣出口，區內有風櫃洞等景觀點，可遠眺雞籠嶼、四角嶼，風景秀麗。亦屬為第三類漁港，主管機關為澎湖縣政府，本港最早於民國 41 年修建砌石堤而成，後自 69 年縣政府利用離島計畫經費興建，至 74 年完成碼頭 413 公尺，防波堤 332 公尺及水深-2 公尺之泊地 1.7 公頃。民國 77~85 年完成碼頭 95 公尺，防波堤 100 公尺。九年間共進行五期工程，投資經費約 1,317 萬元，87 年再興建北防波堤 80 公尺，並為增進港區使用功能，隔年又於內泊地北側突堤碼頭外及港區內之廢棄造船廠前緣興建碼頭 108 公尺及泊地浚挖，民國 89 年改善部份堤面及裝設碰墊。現有水深 -0.8 公尺碼頭 372 公尺、泊地 0.41 公頃；-2.0 公尺碼頭長度 435 公尺、泊地 1.57 公頃；水深-2.25 公尺碼頭 406 公尺、泊地 1.2 公頃，合計碼頭長度 1,213 公尺、泊地 3.18 公頃。碼頭平面如圖 69 所示。

本港係以繫泊近、沿海 20 噸以下之漁船為主，平時有外港漁船停靠，但為數甚少，夏季港內有 7~10 艘遊樂船靠泊，本港對西南風浪遮蔽良好，颱風時可供附近漁港船隻停泊避風休息之用，由於離馬公漁港不遠，故漁船加油、補給及銷售均在馬公漁港為之。本港主要漁撈方式為延繩釣等，漁獲物多至馬公漁港運銷。

本次調查已目視檢測為主，由於漁港碼頭之設計水深多介於-2.0~-2.25m 之間，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 ，以現有之重力式承受之土壓力和水壓力推估可承受上部荷載及側向力，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或面版下陷，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 100 公噸以下漁船或觀光遊艇（或客輪），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 70 為調查時之碼頭現況。

漁港位置圖

風櫃東漁港

潮位表

最高潮位	+2.07
大潮平均高潮位	+1.48
平均潮位	+0.59
大潮平均低潮位	-0.56
最低潮位	-1.10
臺灣高程零點	

圖例說明

- : 76年以前
- : 76年~85年
- : 86年~89年
- : 90年~91年

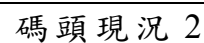




圖 70 風櫃東漁港現況情形（100.6.23）

第五章 結論與建議

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)澎湖地區商港、漁港之碼頭及防波堤設施與其濱海地區建物之現況調查；(2)花蓮港航道岸壁與 4 至 9 號碼頭鋼板樁防蝕設施效能檢測。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. 本年度共調查馬公商港 1 號及 6-8 號等共座棧橋式鋼管樁碼頭、花蓮港 4-6、8-9 號碼頭及航道西側岸壁鋼板樁共 5 座碼頭及 1 處構造物，與澎湖縣 13 處主要第三類漁港重力式碼頭、防波堤或濱海建物。
2. 調查結果顯示，馬公商港 1 號及 6-8 號等碼頭，檢測時發現除少數岸壁混凝土輕微劣損、護舷材輕微裂縫外，並無明顯影響碼頭功能之跡象，由於上述劣損狀況係屬輕微與局部性，且其所占範圍比例(E)均小於 10%，故初步評估計算破壞指標皆小於必須進行細部評估之指標值(2.0)，不須進行立即性維修，惟碼頭使用時間均已超過或接近 20 年，建議每年仍必須落實例行性之巡查。
3. 花蓮港 4-5 號碼頭之鋼板樁約有 1.2 公尺露出於水面上，為國內少數之特例，其外觀雖無明顯腐蝕生銹現象且港務局均定期實施必要之防蝕維護工作，但因使用時間已長達 50 年，且碼頭後線土壤也會使鋼板樁發生腐蝕，故建議應加強檢測平率確保碼頭本體設施使用安全。

4. 花蓮港 4-6 號碼頭檢測時，發現碼頭後線面版有較明顯之不均勻沉陷，部份岸壁鋼混凝土亦發現少數混凝土剝落內部鋼筋外露銹蝕現象。雖不影響碼頭營運，且初步評估破壞指標亦均小於 2.0，但因碼頭使用時間已長達 40~50 年，建議須增加檢測頻率或另評估上部結構承載能力，以維碼頭使用安全。
5. 花蓮港 8-9 號碼頭與航道岸壁檢測時，除 8 號碼頭後線排水溝出現雜草未清除外混凝土並無明顯劣化或沉陷，初步評估其破壞指標亦均小於 2.0，不須進行立即性維修。
6. 花蓮港 4-6、8-9 號碼頭及航道西側岸壁之鋼板樁，已於民國 94 年陸續完成安裝鋁合金犧牲陽極塊作為防蝕措施，檢測時鋼板樁水下部份均未發現腐蝕穿孔或破洞等損壞，鋼板樁防蝕電位與陽極塊發生電位之檢測結果，皆顯示防蝕措施已達到保護鋼板樁防蝕之目的。
7. 本年度調查澎湖地區漁港共 12 處，調查結果顯示各漁港設計水深多介於-2.0~-4.0m 之間，最深水深亦僅約-6.0m，現有碼頭設施皆能承受之土壓力和水壓力，不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或面版下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，另漁港均無遭受大型船隻碰撞撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。
8. 澎湖地區漁港維護之主要工作項目，仍以泊地及碼頭區之水深浚挖為主，由於漁港規模不大，設計水深亦淺，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，另建議規模較大之漁港碼頭，可考慮依碼頭型式或建造時間將其分類後，予以分段編號並標示里程，俾利後續建置維護管理資訊系統之應用。

參考文獻

1. "港灣構造物安全檢測與評估之研究 2/2"，交通部委託國立中山大學辦理，2001。
2. "港灣構造物安全檢測與評估之工作手冊（草案）"，交通部委託國立中山大學辦理，2001。
3. "港灣構造物維護管理準則之研究"，交通部運輸研究所委託國立臺灣海洋大學辦理，2004。
4. "「港灣設施維護手冊（草案）」"，交通部運輸研究所，2001。
5. "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、國立中山大學海洋環境及工程系，高雄，2002。
6. "高雄港鋼板(管)樁碼頭水下檢測工作規則"，交通部高雄港務局，2004。
7. "基隆港務局港埠設施維護檢修作業規定"，交通部基隆港務局，1998。
8. "花蓮港外港防波堤及碼頭鋼板樁監測"，交通部花蓮港務局委託交通部運輸研究所辦理，2001。
9. "碼頭結構物現況調查研究"，交通部運輸研究所，2006。
10. "港灣構造物耐久性與維護機制之研究 2/4"，交通部運輸研究所，2007。
11. "臺灣地區商港及漁港設施現況調查(2/2)"，交通部基隆港務局，2011。
12. "港灣構造物腐蝕評價手法"，日本運輸省港灣技術研究所，No. 501 , P11，1984。

13. 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。
14. "基隆港東防波堤延伸工程規劃評估"，交通部基隆港務局，2005。
15. J Christopher Ball, "Galvanic corrosion protection of reinforced concrete structure at cape canaveral", Concrete in Austrial Vol. 34 No.
16. 橫田 弘等，"既有棧橋之生命週期分析之檢討"，港灣空港技術研究所資料，2005。
17. 岩波 光保，"既有設施考慮機能向上之生命週期分析評價之檢討等"，港灣空港技術研究所資料，2006。
18. 高橋 宏直，"港灣設施之維修補強與更新費之將來預測關係之研究"，國土交通省國土技術政策綜合研究所，2002。
19. "臺中港九二一地震後災後重建誌-1999 九二一集集大地震臺中港設施復建記錄"，交通部臺中港務局，2001。

附錄 一

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查委員	審查意見	處理情形
中央大學 李釗教授	1.港研中心為執行港灣維護管理與調查，實戰經驗最豐富的團隊。建議下年度可整合相關經驗，檢討現行調查方法的優缺點，並提出改善建議。	感謝委員指教與肯定，將遵照辦理。
	2.鋼筋腐蝕及混凝土劣化為港灣破損的普遍現象，建議下年度可建議相關新建或施工時應有具體措施。	感謝委員指教，本所目前已另建置完成碼頭維護管理資訊系統，系統內容已包括維修工法等資料庫，可供管理單位新建或施工時參採。
成功大學 陳東陽教授	本計畫為港灣碼頭及濱海建物之現地調查4年計畫之第1年。報告撰寫完整，研究成果具相當應用價值，本人樂予給予高度評價，以下為幾點建議：	感謝委員指教與肯定。
	1.建議再報告中整理4年計畫之架構，各年預定工作項目及與過去港研所計畫之相關性及延續性。	感謝委員指教，將遵照辦理。
	2.現況調查可大致區分為細節(local)及整體巨觀(global)之調查。	感謝委員指教，將遵照辦理。
	3.建議調查資訊為 on-line data system。	本所目前已建置完成碼頭維護管理資訊系統，相關內容亦已邀請各港務局負責維修人員參與教育訓練及說明會，未來調查資訊均將納入系統資料庫，系統功能並包括鏢查人員應用 PDA 等現地填寫功能及維修工法建議等。

	4.參考文獻部份可再加強國內外研究期刊論文及會議論文引用。	感謝委員指教，將遵照辦理。
清雲科技大學 許書王技正	1.如 P50、P51 等調查結果「無明顯沉陷.....」，對於多少是無明顯，多少是明顯，建議定義清楚，未來人員更替標準才會統一。	感謝委員指正，將遵照辦理。
	2.P50 第 8.9 行兩度提及圖 19 及表 10，卻有不同之文字表達，因在同一段落，建議在審視酌修。	感謝委員指教，將遵照辦理修正。
	3.本研究結果對於有如鋼筋外露，混凝土裂縫損傷雖不嚴重，基於越早維修越佳的觀念，建議加註除在監測調查外，應有維修建議(或有預防性維修之建議)。	遵照辦理，本所目前已建置完成碼頭維護管理資訊系統，系統內容已包括建議維修工法等資料庫，可供管理單位填報時，立即獲得可供參採之維修建議。
	4.本案課題為「港灣碼頭與濱海建物」之現況調查，如 P3 所示，共包含碼頭、防波堤與濱海建物，未來對於濱海建物之定義宜清楚敘明。	感謝委員指教，本研之究濱海建物定義，係以港區附近重要建物為調查標的，本次調查內容已將其納入。
港研中心 賴聖耀前組長 (已退休)	1.本研究的動機及研究內容皆值得肯定，而且調查成果對於港灣碼頭之維護管理，亦提供相當豐富有用的資訊。	感謝委員指教與肯定。
	2.第 29 頁表 5、第 41 頁表 9、及表 12(第 49 頁)-表 20(第 72 頁)，其破壞影響性 R 值，不一致？請說明。	感謝委員指教，將遵照辦理修正。

	3.第 47-49 頁馬公港 1 號碼頭之檢測項目，第(4)項的混凝土強度未檢測，卻分別假設 D.值=0、E 值=0、R 值=2，將其列入結構破壞評估；相對的第(5)-(7)項，保護層厚度、鋼筋腐蝕探測、鋼板腐蝕檢測等項目，也未檢測，卻未列入檢測評分，為何會厚此薄彼？若再進一步探討，未檢測之項目，分別假設 D.值=0、E 值=0、R 值=1-5，列入或未列入檢測評分，其評估結果有何影響？請說明。	感謝委員指教，將遵照辦理重新檢討與修正。
	4.碼頭檢測評估之 ID 值，應該是檢測項目之加權加總，或加權平均？請研究單位再仔細探討。	感謝委員指教，將遵照辦理檢討與修正。
港研中心 王克尹研究員	1.本研究調查內容豐富，資料充實，範圍廣，架構完整，研究目的均符合需求，直得肯定。	感謝委員指教與肯定。
	2.本研究利用 DERU 評估法來檢測港灣構造物和機具設施損害情形，以作為維修檢測之標準之參考。DER 值之 R 值決定需客觀評估，才能使檢測方法和改善措施符合實際需求。	感謝委員指教，將遵照辦理檢討與修正。
	3.建議本研究增加濱海建物之現況調查研究，以符合本研究之題目及研究目的。	感謝委員指教，本研究調查內容已納入港區附近重要建物。

附錄 二

期末審查簡報資料



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

港灣構造物及濱海地區橋梁與建物現況調查(1/4)

100年自辦研究計劃成果簡報

計劃主持人：陳桂清

研究人員：柯正龍

報告人：柯正龍

中華民國101年1月18日



港灣構造物及濱海地區橋梁與建物現況調查(1/4)

簡報內容

- 一、前言
- 二、碼頭維護管理與D.E.R.評估法
- 三、碼頭現況調查
- 四、結論



一、前言

研究動機

- ❑ 台灣四面環海，每年地震、風災頻傳，港灣構造物受此外力與海洋惡劣環境侵襲，極易發生腐蝕、劣化、損壞等現象，對耐久性與安全威脅甚大。
- ❑ 工程設施是否安全堪用，必需明確掌握，俾採必要防範措施。
- ❑ 對外貿易以海運為主，港灣設施之建造、維護與安全之重要性，不言可喻。

3



4



一、前言

研究目的

- 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與濱海建物進行現況調查之安全檢測與評估，期望提供維修單位參考，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。

5



一、前言

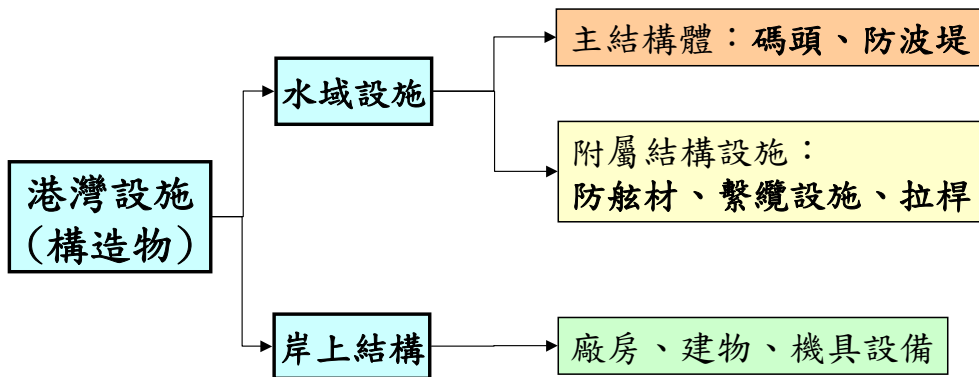
研究範圍

- 100年度為 4 年期計畫執行之第 1 年。
- 選定為澎湖地區商港、漁港之碼頭及防波堤設施與其濱海地區建物之現況調查。
- 配合花蓮港鋼板樁碼頭防蝕設施效能檢測需要，增加花蓮港航道岸壁與4至9號碼頭鋼板樁為現況調查對象。

6



港灣設施分類概述

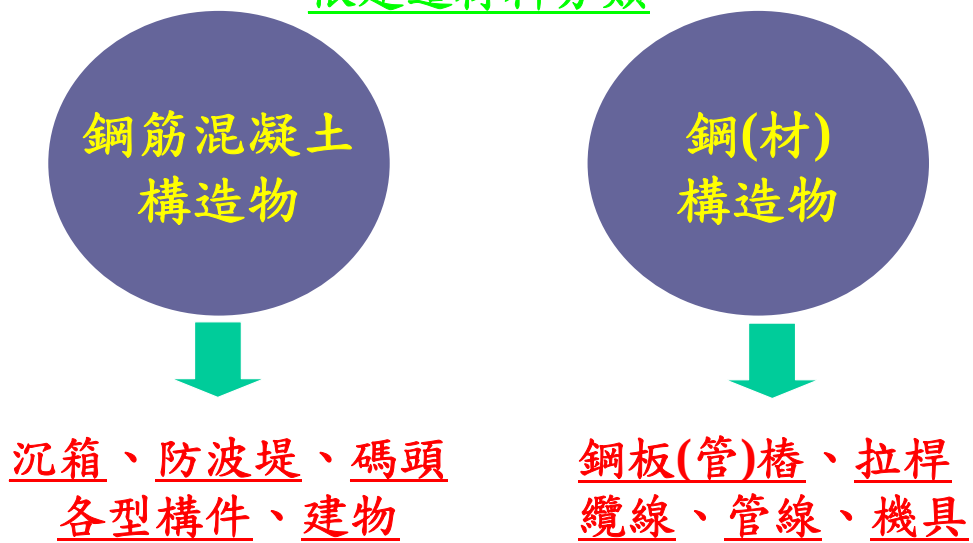


7



港灣設施分類概述

依建造材料分類



8



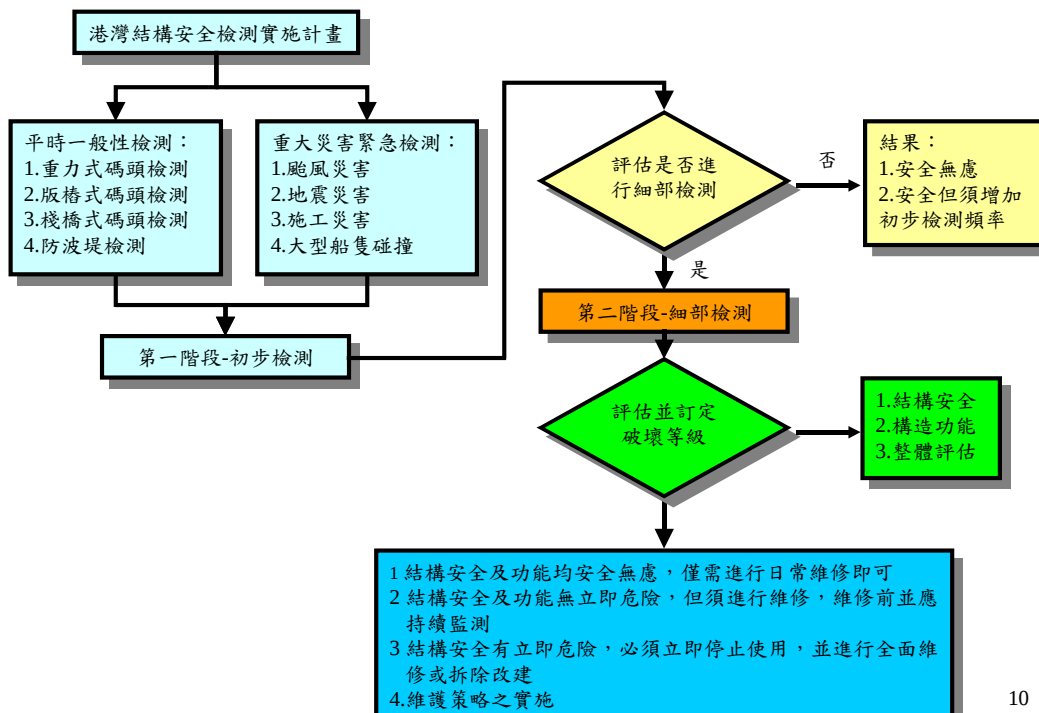
港灣設施維護管理之概念

檢測→評估→修護

9



港灣設施檢測維護系統流程



10



檢測之機制

考量
重點



實施範圍、實施頻率、檢測對象
精確性、方便性與經濟性

檢測時機	
一般性檢測	(1) 定期檢測 (2) 不定期檢測
緊急性(災變)檢測	(1) 天災(颱風、地震) (2) 營運中意外事故 (3) 施工時意外事故

11



一般性檢測

(1) 定期檢測

各種不同港灣構造物(類型)完工後使用之狀況、年限、環境等條件加以檢測，實施之期間則容許有差異性。唯碼頭壁體及海床之異狀、陸上水文環境及海下之腐蝕狀況等，應為定期檢測之必要重點與密集施作之項目。

(2) 不定期檢測

作為補充性之檢測，即在定期實施之檢測有困難時，如機具、人員調度、環境惡劣而無法定期實施時，雖未明定檢測之時間或間距，但宜訂出在一定期間內應實施之次數或完成之時間。

12



緊急性(災變)檢測

- ❖ **重大災害**如颱風或地震發生時，對波浪可能侵襲的範圍，或對地震作用較敏感的港灣構造物，應立即進行緊急檢測。
- ❖ **較嚴重之地震**發生時，應對所有港灣構造物進行全面性檢測。
- ❖ **營運中發生重大事故**如大型船隻碰撞，導致碼頭結構安全受損，或施工時因故造成之結構破壞等，應針對個別構造物及其周邊之設施進行檢測。

13



檢測之實施

第一階段
(初步檢測)



第二階段
(細部檢測)

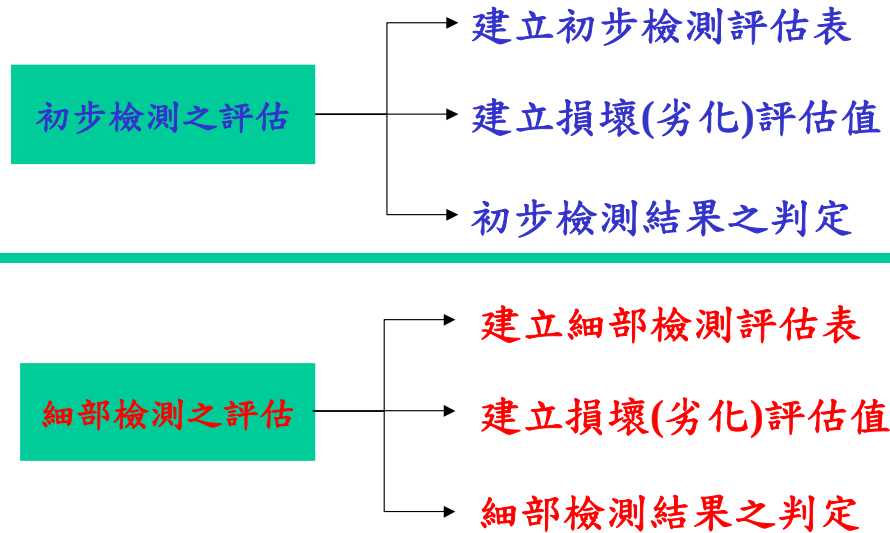
一般性檢測

緊急性(災變)檢測

14



評估機制



15



D. E. R. 評估法

代號	評定標準
損壞程度 D值 (Degree)	0：檢測項目不存在 1：良好 2：尚可 3：差 4：嚴重損壞 5：檢測項目無法判定
損壞範圍 E值 (Extend)	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，大於五之值均以5填入表格
重要性指標 R值 (Relevancy)	R值為重要性指數，亦可視為各檢測項目中之權值，其值之決定則有賴經驗及訓練

16



初步檢測評估表

包括基本資料、檢測記錄、檢測人員/單位及主體結構與附屬設施之檢測項目

表 3-1 港灣碼頭初步檢測評估表

隸屬港口：		碼頭編號：		檢測區號：	
建造日期：		啟用日期：			
碼頭基本資料	養治船級：	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：	長度：	水域深度：	原設計：	
	養治船隻屬性：	噸位：	自前：		
	碼頭構造型式：	☐ 重力式 ☐ 板橋式 ☐ 橋樑式 ☐ 其他	時間：	單位：	區分：
上次檢測：					
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	
主體結構及主結構	FA 22 碼頭法線變形			4	
	FA 33 碼頭岸壁傾斜			5	
	FA 99 岸壁伸縮縫變形			4	
	FA 24 (岸角) 混凝土強度			2	
	FA 25 (岸角) 保護層厚度			2	
	FA 26 (岸角) 鋼筋腐蝕檢測			2	
	FA 11 碼頭面(版)沉陷			4	
	FA 14 (面版) 混凝土強度			2	
	FA 15 (面版) 保護層厚度			2	
	FA 16 (面版) 鋼筋腐蝕檢測			2	
FA 77 鋼板腐蝕檢測			3		
主體結構破壞評估		$W_p = \sum_{i=1}^n (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^n R_i =$			
非主結構設施	FB 11 護舷材			3	
	FB 22 繫船柱			2	
	FB 33 擋車輪			1	
	FB 44 排水給水設備			2	
	FB 55 照明設施			2	
	FB 66 油電管路			2	
	FB 77 貨櫃起重機軌道			2	
FB 88 防範固定座			2		
FB 99 其他					
附屬設施破壞評估		$ID_s = \sum_{i=1}^n (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^n R_i =$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_t = \sum_{i=1}^n (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^n R_i =$			
檢測單位：		檢測人：		檢測時間：	

D.E.R.值

ID (危險度指標)

*式中 D 之評估值可參照表 3.3 填寫，E 為所估範圍%×10 以整數 0 到 5 表示 *Np 及 Na 分別為主結構及附屬設施受檢項目數，總檢測項目數 N=N_A+N_p

17



檢測項目	劣化現象	劣化程度	D 值
碼頭壁體	傾斜、破損剝離、龜裂	1. 混凝土輕微剝落，鋼筋未或部份裸露，無腐蝕現象。	2
		2. 混凝土龜裂，鋼筋裸露無腐蝕或部份裸露腐蝕，壁體傾斜達 10~15 度	3
		3. 傾斜或岸壁鋼筋裸露腐蝕或預力管露出，傾斜達 15 度以上	4
碼頭法線	變形、扭曲	1. 儀器檢測出法線偏移、扭曲	3
		2. 可目視觀察出法線偏移、扭曲	4
保護層厚度	不足	1. 厚度不足為 20% 以內	1
		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

18



檢測項目	劣化現象	劣化程度	D 值
鋼筋 腐蝕	鋼筋 腐蝕	1.無明顯的銹蝕區域. 2.局部區域有銹蝕集中 3.帶狀的銹蝕、混凝土帶狀剝落 4. 1/2區域的鋼筋銹蝕，混凝土剝落 達構件1/3	1 2 3 4
鋼版樁 腐蝕	銹蝕 範圍	1.無明顯的銹蝕區域 2.局部區域有銹蝕集中 3.帶狀區域的銹蝕 4. 3/4區域銹蝕，有明顯凹洞或破洞	1 2 3 4
岸肩伸 縮縫	變形、破壞	1.接縫處雜屑堆積，伸縮縫功能減弱 2.接頭上方之材料開裂、變質但仍具 水密性 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、 彈性元件開裂等	2 3 4 19



建立損壞(劣化)評估值(1/2)

D值(損壞程度)

D值	評定等級
0	檢測項目不存在
1	良好
2	尚可
3	差
4	嚴重損壞
5	檢測項目無法判定

E值(損壞範圍)

$$E = \frac{\text{構件破壞數}}{\text{受測構件數}} \times 10$$

OR

$$E = \frac{\text{破壞面積}}{\text{受測面積}} \times 10$$

評定等級
(0 ≤ E ≤ 5)



建立損壞(劣化)評估值(2/2)

D.E.R. 評估法

R值(損壞影響性指數)

評定標準：

1. 視檢測項目之重要性
2. 權值依賴實務經驗及訓練

21



D.E.R初步檢測碼頭設施重點

主體結構 檢測項目	劣化現象	附屬設施 檢測項目	劣化現象
碼頭壁體	傾斜、破損、混凝土剝離龜裂	護舷材	開裂、材質劣化
碼頭法線	變形、扭曲	繫船柱	破損、變形
碼頭面版	龜裂、沈陷、材質劣化	擋車牆	破損、變形
混凝土強度	劣化、不足	排水、給水設備	破壞、斷裂
保護層厚度	厚度不足	照明設施	破 壞
鋼筋腐蝕檢視	鋼筋腐蝕	油電管路	破 壞
鋼版腐蝕檢測	腐蝕部位及現象		
岸肩伸縮縫	變形、破壞		

22



❖ 初步檢測劣化評估值 初步檢測危險度指標

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



23



D.E.R 初步檢測結果判定分類

等級	指數	判定結果
第一級	$0 \leq ID_1 < 2$	安全無虞、無須進行細部檢測或增加檢測頻率
第二級	$2 \leq ID_1 < 4$	安全無虞、無須進行細部檢測但必須增加檢測頻率
第三級	$ID \geq 4$	非主體結構之 $ID \geq 4$ ， 其他主結構體之 $ID < 4$ 功能堪虞、需立即性維修或進行第二階段之細部檢測

24



細部檢測之評估

適用條件：

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

25



細部檢測整體評估

結構安全性原則	(1) 檢測結果依據建議公式直接判斷 (2) 力學分析（靜力、動力分析）
構造功能性原則	功能無法發揮，不代表安全性有問題； 如評定等級為安全堪虞，須立即維修， 以維正常運作。
整體性評估原則	評估如有問題，須立即進行修護。修護 前應做整體評估，包括非工程因素之經 濟效益考量。

26



碼頭型式	檢測項目	劣化現象	劣化程度	D 值
重力式碼頭	基礎冲刷	刷深、沉陷 護石位移	1.基礎刷深、護石沉陷、位移 2.嚴重基礎刷深、護石沉陷、位移	3~4 4~5
	側牆岸壁混凝土	傾斜、破損 剝離、龜裂	1.輕微剝落且鋼筋未或部份裸露，無腐蝕。 2.混凝土龜裂，鋼筋裸露，無腐蝕。 3.目視傾斜或岸壁鋼筋完全露出且腐蝕，預力管露出。	2 3~4 4~5
	漏砂	漏砂	1.牆面裂縫出現漏砂 2.背填砂漏出或孔洞內已無背填砂	3~4 4~5
	壁體滑移	滑移	1.滑移達20公分~40公分 2.滑移大於40公分	3~4 4~5

27



碼頭型式	檢測項目	劣化現象	劣化程度	D 值
版樁式碼頭	版樁開裂	開裂長度 開裂寬度	1.開裂長度達10公分至20公分 2.開裂長度達20公分至30公分 3.開裂長度達30公分以上	2 3 4~5
	鋼版厚度	不足	1.平均厚度不足為5%以內 2.平均厚度不足為10%以內 3.平均厚度不足為20%以內 4.平均厚度不足達20%以上	1 2 3 4~5
	鋼版腐蝕	腐蝕	1.無明顯的銹蝕區域 2.局部區域有銹蝕集中 3.帶狀銹蝕、且有局部穿孔現象 4.多範圍銹蝕，穿孔、嚴重漏砂現象	1 2 3 4~5
	防蝕塊	材料耗損	1.防蝕塊損耗達設計數量 1/3時 2.防蝕塊損耗達設計數量 1/2時 3.防蝕塊損耗達設計數量 2/3時	2 3 4

28



❖ 詳細檢測劣化評估值 詳細檢測危險度指標

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



29



細部檢測結果之判定

ID (危險度指標)

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

第一級： $0 \leq ID_2 < 3$ ：輕微受損，安全無虞，日常維修即可，未來必須增加初步檢測頻率。

第二級： $3 \leq ID_2 < 6$ ：構造損壞，無立即危險，應立即維修

第三級： $ID_2 \geq 6$ ：嚴重損壞，立即性危險，須立即停用，進行維修或拆除。

30



建立細部檢測評估表



D.E.R.值

ID (危險度指標)

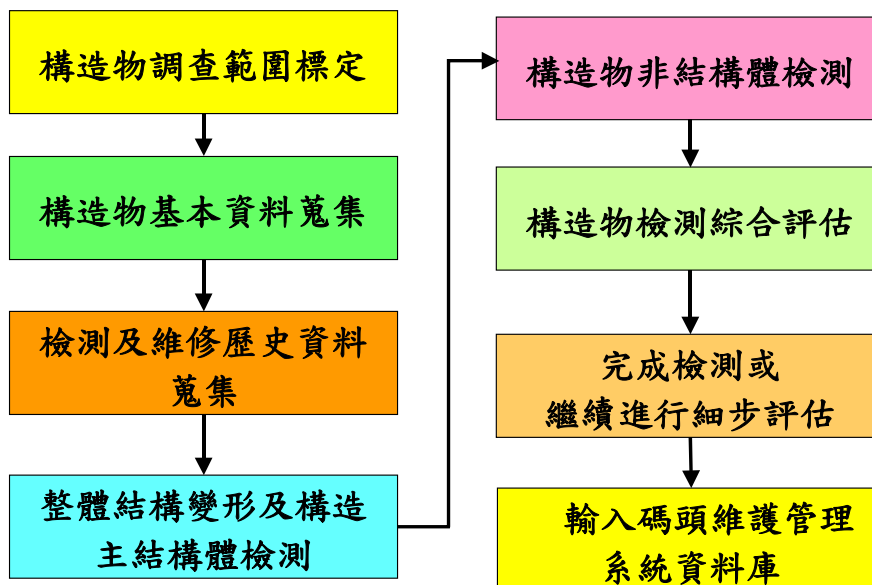
碼頭基本資料	隸屬港口：臺中港		碼頭編號：4A 號		
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：實際使用：			
	碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：185 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-9.0 m 目前：-9.0 m	
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃 ☐ 化學(油)品 ☒ 雜貨輪(水泥等) ☐ 其他			
碼頭結構及主結構	碼頭構造型式	☒ 沉箱重力式 ☐ 板橋式 ☐ 棧橋式 ☐ 其他			
	上次檢測	時間：1999 年 9 月 單位：港研中心 區分：緊急檢測 結果：結構位移傾斜，需進行緊急維修			
	調查項目及評估值	破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R (D+E) R	
	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
碼頭結構及主結構	碼頭面板	1	1	4	8
	混凝土強度	0	0	2	0
	保護層厚度	-----	-----	-----	-----
	鋼筋腐蝕檢測	-----	-----	-----	-----
	鋼板腐蝕檢測	-----	-----	-----	-----
碼頭設施破壞檢測	岸肩伸縮縫	0	0	4	0
	主體結構破壞評估	$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^{N_p} R_i = 0.4$			
	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	0	0	2	0
	擋車牆	1	1	2	4
碼頭設施破壞檢測	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	-----	-----	-----	-----
	油電管路	-----	-----	-----	-----
	附屬設施破壞評估	$ID_s = \sum_{i=1}^{N_s} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^{N_s} R_i = 0.4$			
	整體破壞評估(初步檢測)	$ID_t = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^N R_i = 0.4$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2008 年 6 月					

31



三、碼頭現況調查

3.1 研究方法及進行步驟





98-99年碼頭現況調查範圍

年度	港區位置	碼頭編號及型式
98	臺中港	8A及9號至11號碼頭 (R.C.基樁棧橋式)
	蘇澳港	10-12號碼頭 (R.C.基樁棧橋式)
	高雄港	71號 (R.C.基樁棧橋式)
	一等漁港	基隆市正濱漁港 八斗子漁港 宜蘭縣烏石漁港 南方澳漁港
99	臺中港	西3號碼頭 (R.C.基樁棧橋式)
	基隆港	西14至西18號碼頭 (R.C.基樁棧橋式) 東2至東7號碼頭 (板樁式)
	高雄港	54至58號碼頭 (板樁式)
	一等漁港	新竹市新竹漁港 台中縣梧棲漁港 高雄市前鎮漁港 屏東縣東港鹽埔漁港

33



本年度(100)碼頭現況調查範圍

年度	港區位置	碼頭編號及型式
100	臺中港	西3號碼頭 (R.C.基樁棧橋式)
	基隆港	西14至西18號碼頭 (鋼管樁棧橋式) 東2至東7號碼頭 (鋼板樁板樁式)
	高雄港	54至58號 (鋼板樁板樁式)

34



3.2 調查結果



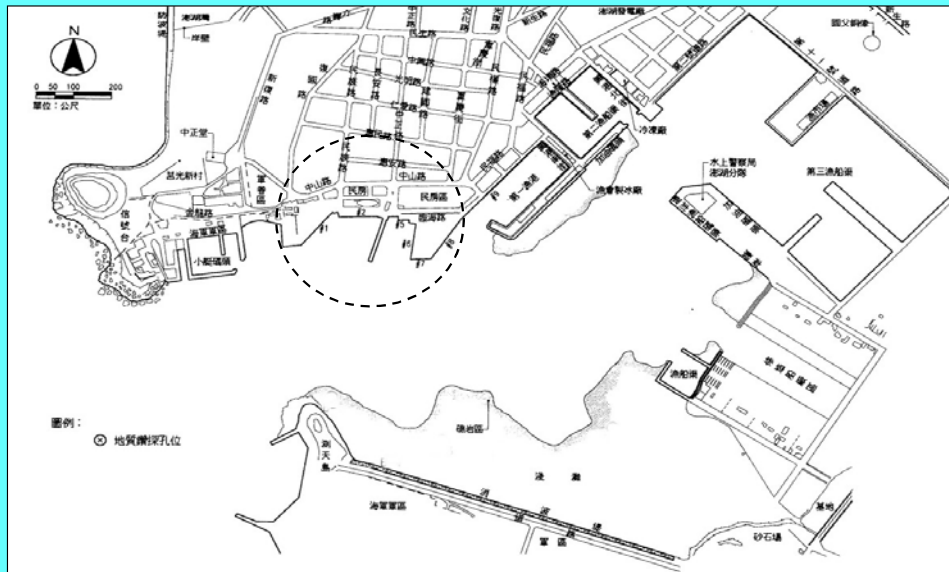
35



馬公商港碼頭基本資料

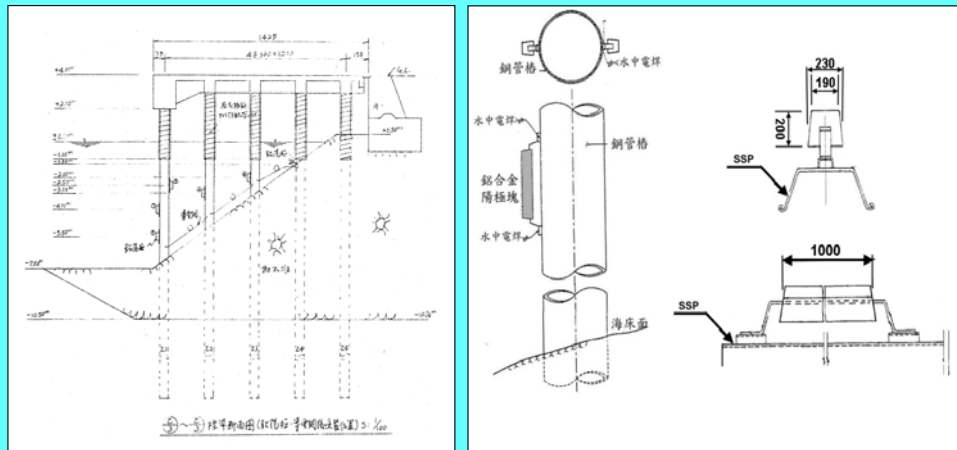
碼頭 編號	長度 (m)	寬度 (m)	水深 (m)	完工 日期	用途	說 明
1	127	20	-6.0	71.4	客貨貨	鋼管樁棧橋式 陰極防蝕
6	148.4	12.4	-7.5	81.2	散雜貨	鋼管樁棧橋式
7	156.5	34.0	-7.5	81.2	散雜貨	陰極防蝕
8	207.0	34.0	-7.5		散雜貨	鋼管樁棧橋式

36



馬公商港1至8號碼頭位置示意圖

37



馬公商港1至8號碼頭結構型式示意圖

38



碼頭路面及停靠臺華輪情形



碼頭車檔與部份面版現況



碼頭基樁與護舷材情形



部份岸壁護舷材現況

馬公商港1號碼頭目視檢測結果

39



碼頭上部現況1



碼頭上部現況



碼頭上部現況



碼頭上部現況2

6號碼頭



碼頭上部現況2

7號碼頭



碼頭上部面版現況

8號碼頭

馬公商港 6-8 號碼頭現況

40



D.E.R. 評估結果

調查 位置 評估值	馬公商港			
	1 號 碼頭	6 號 碼頭	7 號 碼頭	8 號 碼頭
主體結構破壞評估	0.0	0.0	0.0	0.0
附屬設施破壞評估	0.0	0.0	0.0	0.0
整體破壞評估	0.0	0.0	0.0	0.0

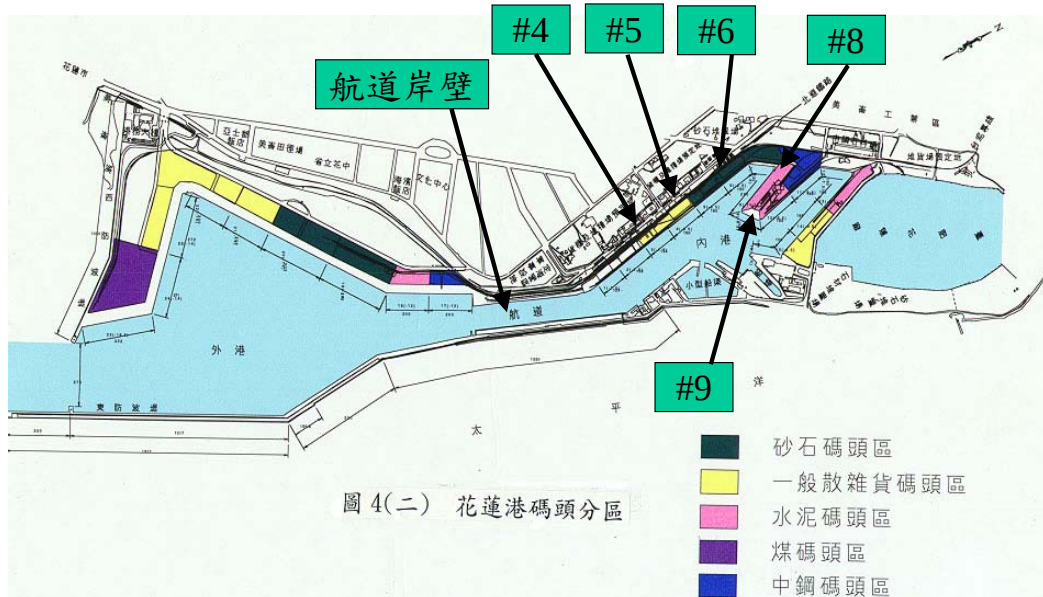
41



花蓮港碼頭基本資料

碼頭編號	長度 (m)	水深 (m)	鋼板 型式	厚度 (mm)	完工 日期	防蝕 處理
4號	60	9.5	Belvol- Z	凸凹15.2 側10.2	50	94
5號	260	9.5	Belvol-Z	凸凹15.2 側10.2	50	94
6號	150	8.25	Z-25	凸凹13.0 側9.6	60	94
8號	220	10.25	Hoesch 175	凸凹15.2 側10.2	61.8	94
9號	51	9.5	FSP VL	24.3	66.4	94
航道 岸壁	527	9.5	FSP VL	24.3	67.7	94

42

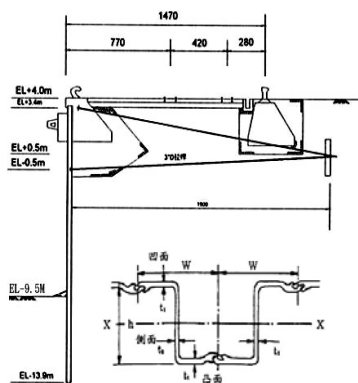


花蓮港4至9號碼頭及航道岸壁位置示意圖

43



鋼板樁檢測- 花蓮港4號碼頭



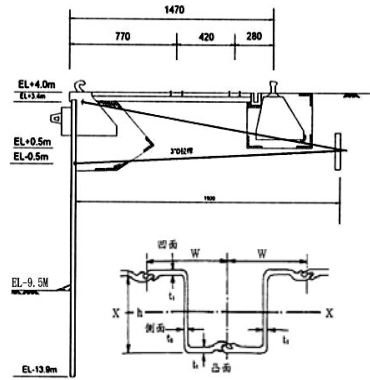
腐蝕狀況

大氣帶 → 塗覆層剝落，大量腐蝕小斑點
水中帶 → 附著許多海生物、無嚴重腐蝕

44



鋼板樁檢測- 花蓮港5號碼頭



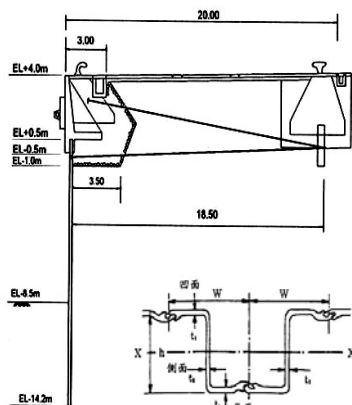
腐蝕狀況

大氣帶 → 塗覆層剝落，大量腐蝕小斑點
水中帶 → 附著許多海生物、無嚴重腐蝕

45



鋼板樁檢測- 花蓮港6號碼頭



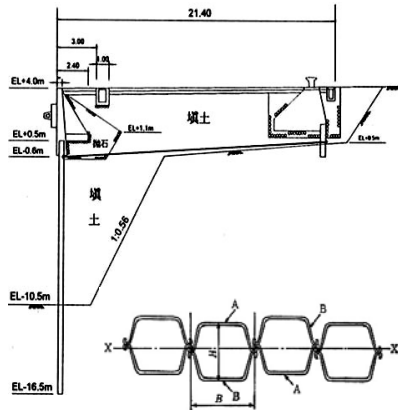
腐蝕狀況

水中帶 → 附著許多海生物、無嚴重腐蝕

46



鋼板樁檢測- 花蓮港8號碼頭

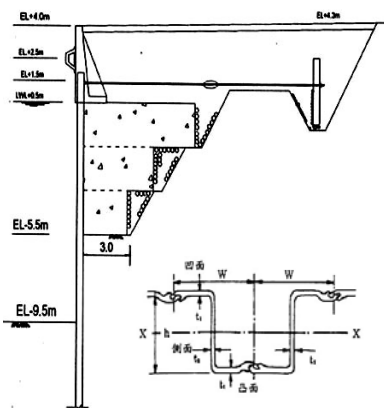


腐蝕狀況 水中帶 → 附著許多海生物、無嚴重腐蝕

47



鋼板樁檢測- 花蓮港9號碼頭

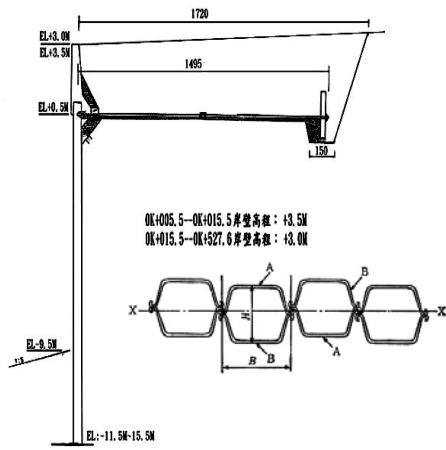


腐蝕狀況 水中帶 → 附著許多海生物、無嚴重腐蝕

48



鋼板樁檢測- 花蓮港航道岸壁



腐蝕狀況 水中帶 → 附著許多海生物、無嚴重腐蝕

49



鋼板樁電位調查結果



50



花蓮港4-9號碼頭及航道岸壁 鋼板樁保護電位及陽極塊發生電位

(單位：mV vs. Cu/CuSO₄參考電極)

位置	鋼板樁保護電位	陽極塊發生電位
4號碼頭	-989 ~ -955	-1075 ~ -960
5號碼頭	-999 ~ -967	-1076 ~ -983
6號碼頭	-995 ~ -906	-1083 ~ -950
8號碼頭	-1064 ~ -980	-1068 ~ -987
9號碼頭	-994 ~ -893	-1013 ~ -942
航道岸壁	-985 ~ -955	-1066 ~ -987

保護電位均小於-850 mV，達保護鋼板樁之目的。

51



D.E.R. 評估結果

調查 位置 評估值	花蓮港					
	4 號 碼頭	5 號 碼頭	6 號 碼頭	8 號 碼頭	9 號 碼頭	航道 岸壁
主體結構破壞評估	0.8	0.8	0.8	0.6	1.4	0.0
附屬設施破壞評估	1.1	1.1	1.1	1.1	0.0	0.0
整體破壞評估	0.9	0.9	0.9	0.8	1.2	0.0

52



澎湖縣100年調查漁港基本資料

項次	漁港	所屬鄉鎮	泊地面積 公頃	碼頭 長度(m)	碼頭 水深(m)	說 明
1	馬公	馬公市	36.78	4813.5	-2.0至-6.0	包含第1至第3漁港
2	鎮港	馬公市	4.2	1091	-4.0	
3	蔴裡	馬公市	2.5	900	-2.0	
4	風櫃東	馬公市	3.18	1213	-2.0至-2.25	
5	赤崁	白沙鄉	2.5	900	-2.0至-6.0	
6	外垵	西嶼鄉	4.14	914	-4.0	
7	內垵南	西嶼鄉	1.4	665	-3.0	
8	內垵北	西嶼鄉	1.44	760	-2.5	
9	竹灣	西嶼鄉	2.93	約900	-2.0至-3.0	
10	赤馬	西嶼鄉	5.96	1525.5	-3.3	
11	龍門	湖西鄉	5.73	1490	-6.0	
12	尖山	湖西鄉	2.07	896	-4.0至-6.0	

53

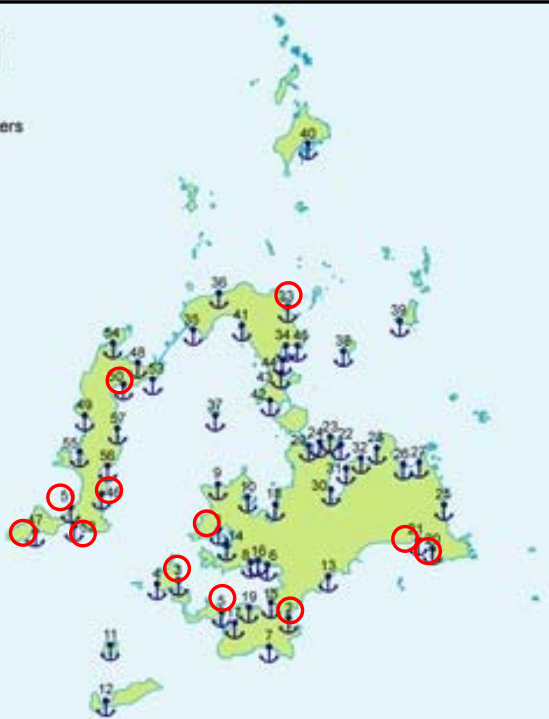


澎湖漁港分布圖

0 5 10 Kilometers

(漁船數, 平均噸位)

1. 馬公	413, 27.6	36. 後寮	36, 2.0
2. 鎮港	128, 19.2	37. 大倉	48, 2.9
3. 蔴裡	178, 8.2	38. 員貝	58, 3.1
4. 風櫃西	23, 14.3	39. 員貝	108, 7.0
5. 赤崁	78, 8.3	40. 蔴里	195, 5.2
6. 山本	77, 29.3	41. 蔴里	23, 1.7
7. 山本	28, 5.3	42. 蔴里	15, 1.8
8. 西嶼	11, 6.4	43. 蔴里	4, 1.9
9. 西嶼	55, 11.7	44. 蔴里	5, 8.6
10. 西嶼	26, 19.4	45. 蔴里	68, 7.0
11. 西嶼	35, 17.0	46. 外垵	161, 15.3
12. 西嶼	17, 4.4	47. 外垵	33, 2.8
13. 西嶼	28, 4.4	48. 竹灣	92, 8.8
14. 西嶼	18, 25.8	49. 竹灣	47, 8.1
15. 西嶼	25, 25.8	50. 內垵南	59, 2.3
16. 西嶼	17, 10.3	51. 內垵南	94, 8.7
17. 西嶼	7, 3.9	52. 內垵南	48, 5.5
18. 西嶼	13, 3.9	53. 小門	45, 8.6
19. 西嶼	13, 3.9	54. 小門	4, 1.3
20. 龍門	136, 15.8	55. 龍門	19, 1.3
21. 尖山	43, 10.7	56. 龍門	3, 2.2
22. 沙港東	35, 4.0	57. 龍門	52, 12.7
23. 沙港中	42, 2.9	58. 龍門	101, 6.7
24. 沙港西	17, 2.2	59. 龍門	9, 24.6
25. 龍門	31, 6.1	60. 龍門	32, 23.1
26. 龍門	12, 6.4	61. 龍門	5, 29.6
27. 龍門	54, 5.6	62. 龍門	5, 29.6
28. 龍門	5, 1.2	63. 龍門	5, 29.6
29. 龍門	8, 4.6	64. 龍門	5, 29.6
30. 龍門	18, 18.8	65. 龍門	18, 18.8
31. 龍門	21, 8.8	66. 龍門	21, 8.8
32. 龍門	21, 8.8	67. 龍門	21, 8.8
33. 龍門	228, 6.3	68. 龍門	92, 10.9
34. 龍門	14, 1.0	69. 龍門	15, 8.9
35. 龍門	80, 3.0		

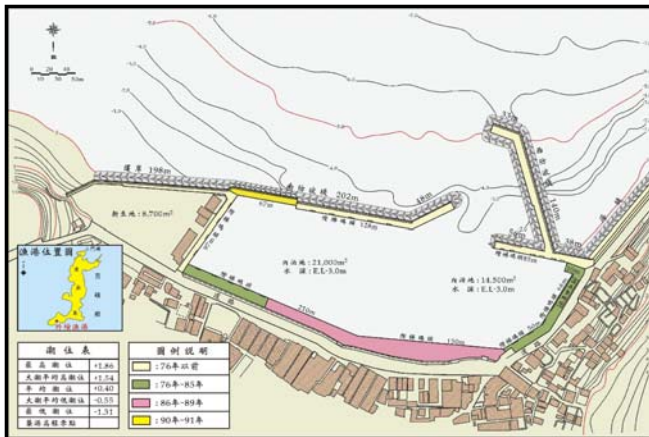


54



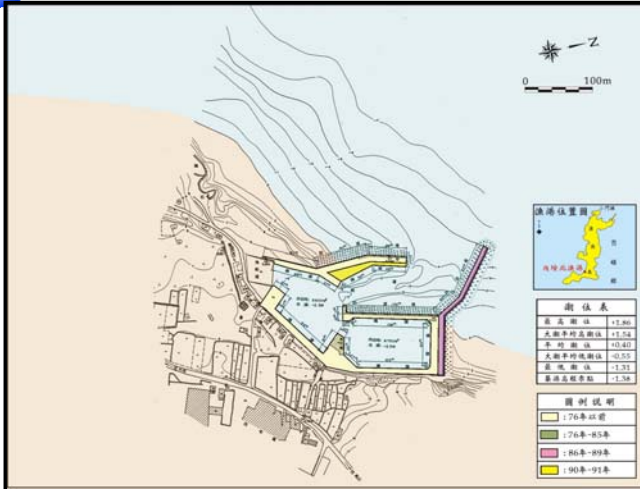
馬公漁港 (第1至第3漁港)

55



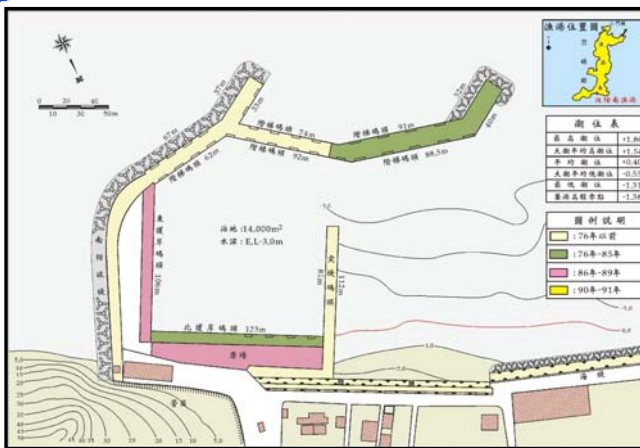
外垵漁港

56



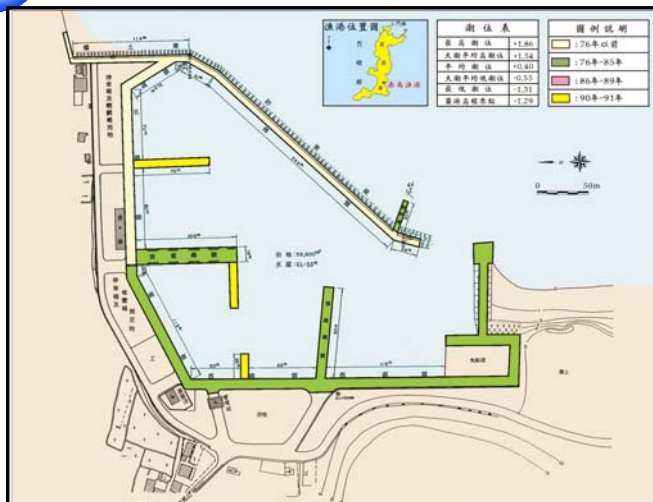
內垵北漁港

57



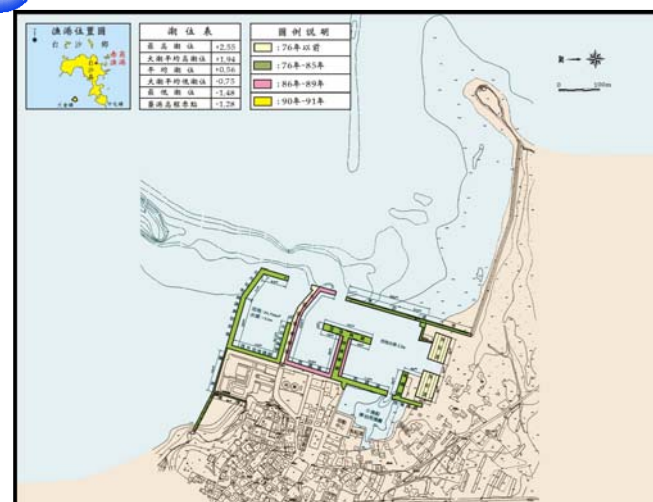
內垵南漁港

58



赤馬漁港

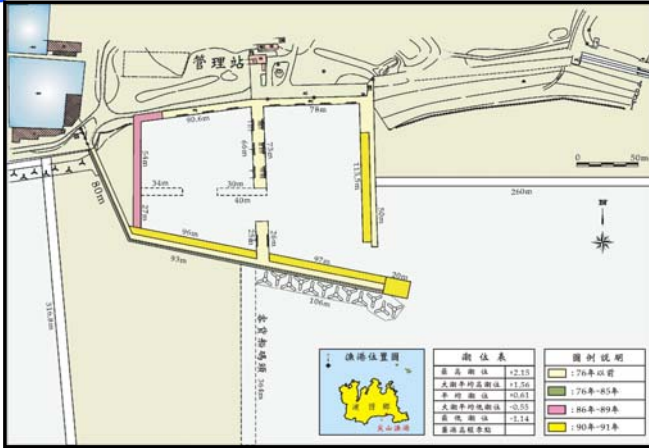
59



赤坎漁港

60





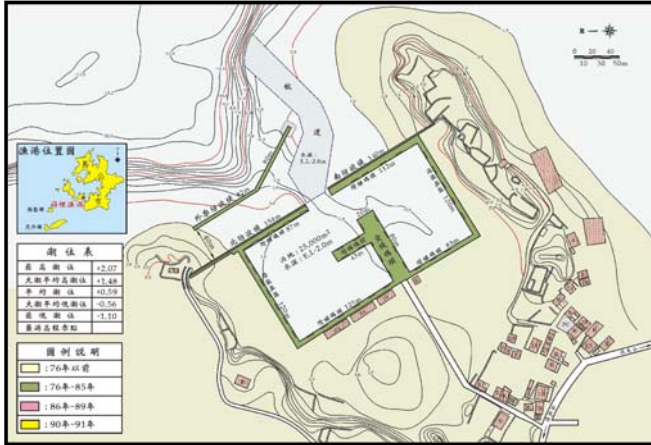
尖山漁港

63



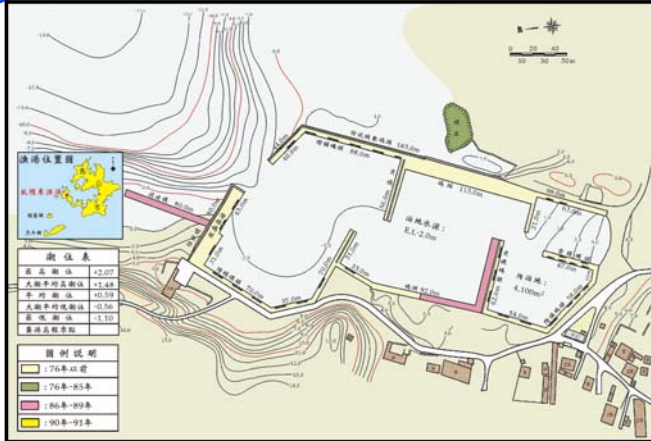
龍門漁港

64



？裡漁港

65



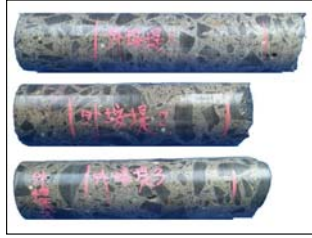
風櫃東漁港

66



非破壞性檢測

漁港名稱	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 (KΩ)
外垵	碼頭岸壁	31.5(226)	-368~-212	12.0~20.1
外垵	防波堤	28.5(185)	-272~-215	9.6~15.3
鎖港	碼頭岸壁	33.1(249)	-398~-280	6.2~25.1
鎖港	防波堤	28.9(191)	-432~-315	7.5~12.3



67



非破壞性檢測

漁港名稱	編號	平均反彈值 (推估強度kg/cm ²)	抗壓強度 (kgf/cm ²)	中性化深度 (cm)	超音波速 (m/sec)
外垵	1	31.5(226)	187	0.2	3320
外垵	2	28.5(185)	195	0.2	3485
外垵	3	-----	256	1.0	3236
內垵北	1	32.3(238)	-----	0.2	-----
內垵北	2	28.5(185)	-----	0.3	-----
內垵南	1	32.0(232)	-----	1.2	-----
內垵南	2	27.2(170)	-----	0.8	-----
鎖港	1	33.1(249)	170	1.0	2920
鎖港	2	28.9(191)	195	1.2	2890
鎖港	3	-----	198	0.8	3211

68



四、結論



本年度共調查馬公商港1號及6-8號等共4座棧橋式鋼管樁碼頭、花蓮港4-6、8-9號碼頭及航道西側岸壁鋼板樁板樁式共5座碼頭及1處構造物，與澎湖縣12處主要第三類漁港重力式碼頭、防波堤或濱海建物。



調查結果顯示，馬公商港1號及6-8號等碼頭，初步評估計算破壞指標皆小於必須進行細部評估之指標值(2.0)，不須進行立即性維修，惟碼頭使用時間均已超過或接近20年，建議每年仍必須落實例行性之巡查。

69



四、結論



花蓮港4-5號碼頭之鋼板樁約有1.2公尺露出於水面上，為國內少數之特例，其外觀雖無明顯腐蝕生鏽現象且港務局均定期實施必要之防蝕維護工作，但因使用時間已長達50年，且碼頭後線土壤也會使鋼板樁發生腐蝕，故建議應加強檢測頻率確保碼頭本體設施使用安全。



花蓮港4-6號碼頭檢測時，發現碼頭後線面版有較明顯之不均勻沉陷，部份岸壁鋼混凝土亦發現少數混凝土剝落內部鋼筋外露銹蝕現象。雖不影響碼頭營運，且初步評估破壞指標亦均小於2.0，但因碼頭使用時間已長達40~50年，建議須增加檢測頻率或另評估上部結構承載能力，以維碼頭使用安全。

70



四、結論



花蓮港8-9號碼頭與航道岸壁檢測時，除8號碼頭後線排水溝出現雜草未清除外混凝土並無明顯劣化或沉陷，初步評估其破壞指標亦均小於2.0，不須進行立即性維修。



花蓮港4-6、8-9號碼頭及航道西側岸壁之鋼板樁，已於民國94年陸續完成安裝鋁合金犧牲陽極塊作為防蝕措施，檢測時鋼板樁水下部份均未發現腐蝕穿孔或破洞等損壞，鋼板樁防蝕電位與陽極塊發生電位之檢測結果，皆顯示防蝕措施已達到保護鋼板樁防蝕之目的。

71



四、結論



本年度調查澎湖地區漁港共12處，調查結果顯示各漁港部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，另漁港均無遭受大型船隻碰撞撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。



澎湖地區漁港維護之主要工作項目，仍以泊地及碼頭區之水深浚挖為主，由於漁港規模不大，設計水深亦淺，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，另建議規模較大之漁港碼頭，可考慮依碼頭型式或建造時間將其分類後，予以分段編號並標示里程，俾利後續建置維護管理資訊系統之應用。

72



四、結論



為使港灣構造物的維護管理，朝向制度化、格式化及電腦化，以增進管理效率，確實掌握港灣構造物現況，早期發現劣化構件，適時辦理維修作業，及維持港灣構造物的功能及安全，本所將持續辦理建置港灣構造物維護管理資訊系統、安全檢查與評估、修補材料與工法等手冊，期能提供管理單位有效應用。

73



簡報完畢
敬請指教

