

99-31-7447

MOTC-IOT-98-H1DA001

港灣構造物生命週期與 維護之研究(1/2)



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 4 月

99

港灣構造物生命週期與維護之研究
(1/2)

交通部運輸研究所

GPN : 1009901365

定價 : 300 元

99-31-7447

MOTC-IOT-98-H1DA001

港灣構造物生命週期與 維護之研究(1/2)

著者：陳桂清、柯正龍、羅建明、張道光

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

港灣構造物生命週期與維護之研究. (1/2)/陳
桂清等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運
研所，民 99. 4
面； 公分
參考書目：面
ISBN 978-986-02-3148-9(平裝)

1. 港埠工程 2. 港埠管理

443. 2

99007274

港灣構造物生命週期與維護之研究(1/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅建明、張道光
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：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 99 年 4 月
印 刷 者：良機事務機器有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定 價：300 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1009901365

ISBN：978-986-02-3148-9 (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：港灣構造物生命週期與維護之研究(1/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-02-3148-9 (平裝)	政府出版品統一編號 1009901365	運輸研究所出版品編號 99-31-7447	計畫編號 98-H1DA001
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：陳桂清 研究人員：柯正龍、羅建明、張道光、謝大勇、陳義松、李春榮、李昭明、何木火、陳毓清、魏瓊蓉、林隆貞 聯絡電話：04-26587188 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 98 年 01 月 至 98 年 12 月
關鍵詞：耐久性、腐蝕、港灣設施、維護管理系統			
<p>摘要：</p> <p>臺灣對外經貿運輸主要以海運為主，港埠設施之完善、營運正常與安全，攸關貨物之流暢與經濟發展。臺灣地區漁業興盛發達，對於國內經濟發展，亦有重大貢獻。因此，商港及漁港設施現況是否安全堪用，以確保港埠設施必正常營運與安全，降低經濟損失。由於港灣構造物大多浸入於海水下，平時檢測不易且困難，常有被忽略，安全甚為疑慮與危險。為建立安全預警功能，構造物現況之調查、檢測與日常維護必需落實，且日益突顯其重要性與必要性。此外，棧橋式碼頭施工技術容易且工期較短，碼頭新建及改建常採用之，本計畫將另針對五大國際商港現有之棧橋式碼頭進行現地檢測及基本建造資料、維修工法蒐集，提供碼頭維護管理系統建置，以利於日後現地人員檢測及維護管理。</p> <p>臺灣為高溫、高溼與高鹽份的環境，極易造成金屬在大氣中腐蝕劣化。本研究將承續過去已建置之試驗位址，在腐蝕嚴重的鹽害區、工業區以及腐蝕較輕微的鄉村區3處，規劃為期10年的現地暴露試驗，進行金屬腐蝕速率調查，以驗證ISO 9224規範在臺灣本島之適用性。並依據國際標準組織 ISO 12944規範，研擬有機塗裝防蝕規範草案，提供構造物耐久性與防蝕設計的須要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立。</p> <p>本計畫共包括3個子計畫：1)子計畫一：臺灣地區商港及魚港設施現況調查之研究，2) 子計畫二：棧橋式碼頭面版腐蝕劣損與維護之研究，3) 構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究。</p> <p>本計畫執行時間為兩年，本年度已完成：1.國內五大商港及第一類漁港碼頭設施及檢測與維護機制相關文獻之蒐集；2.基隆八斗子漁港、正濱漁港、宜蘭南方澳漁港、烏石漁港碼頭設施之現況調查及評估；3.國內各港棧橋式碼頭面版腐蝕劣損與維修資料蒐集及蘇澳港6-7、10-13號、臺中港5A至35號及高雄港71號等棧橋碼頭之現地調查與評估；4.完成「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究」，內容包含大氣腐蝕現地金屬試片暴露板片試驗、研擬塗裝防蝕規範草案、臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫更新與維護等。</p> <p>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。此外，金屬材料大</p>			

氣腐蝕成果並可提供公路局、港務局及相關單位作為金屬材料選用依據，達到符合各地區腐蝕環境，確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設構造物，達到或超出設計使用年限，並避免或減少工安事件發生，降低社會成本及提高經濟效益。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
99年4月	420	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

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: Harbor Structures Life Cycle and Maintenance (1/2)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-02-3148-9 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901365	IOT SERIAL NUMBER 99-31-7447	PROJECT NUMBER 98-H1DA001
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION CHIEF: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chen Kuei-ching PROJECT STAFF: Ko Jeng-long, Su Ch-li, Lo Chien-ming,, PHONE: 04-26587188 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2009 TO December 2009
KEY WORDS: Durability, Corrosion, Wharf Facility, Maintenance Management System			
ABSTRACT :			
<p>Marine transportation plays a major role in international trade and shipment. Being in good condition, normal operation and port safety will positively influence import-export goods circulation and national economic development. In the meanwhile, fisheries also contribute hugely to domestic development. Therefore, physical condition of commercial and fishing ports facilities and its safety must be comprehensively supervised in order to assure ports in maintain normal operation, security, and cut loss.</p> <p>Under the severe marine environmental impact, the safety and physical conditions of structures should be specifically confirmed and assured. Thus, field surveying, environmental factors, and maintenance strategy were the main spotlights of this study.</p> <p>A ten-year exposure test will be implemented in the present study. Corrosion rate data of three test locations, which are classified as marine environment, industrial environment, and rural environment individually, will be collected to verify the guiding corrosion rate values for the corrosivity categories in ISO 9224. In addition, a guideline of "Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems" will be drafted based on ISO 12944.</p> <p>For the above aspects, three subjects were executed in the study. They were as follows:</p> <p>Three sub-projects were studied. They are as follows: (1) Sub- project 1: Field Survey on Commercial and Fishing Port Facilities in Taiwan. (2) Sub- project 2: Corrosion Deterioration and Maintenance on Trestle Type Wharf Decks. (3) Sub-project 3: Environmental Corrosivity Classification for Structures.</p> <p>The research was carried out as a two-year study. This year, the study completes the following tasks: 1. References of inspecting and maintaining facilities for commercial and first-class fishing ports have been collected and fully studied. 2. Field surveying and evaluating at Padou, Chengping, South Suau and Wushi fishing ports had been executed. 3. Collecting decks re-bar corrosion, deterioration and repairing history information, and conducting harbor field inspecting at No.5A to No.35 of Taichung Harbor, No.6& No.7& No.10 to No.13 of Suau Harbor, No.71 of Kaoshiung Harbor. 4. Completing atmospheric corrosion test of metals & alloys exposures, drafting protective paints specifications, and revising the maintaining system for corrosion environmental classification in Taiwan area.</p> <p>The research results will provide maintenance strategies for harbor bureaus. The relative</p>			

inspecting methods and procedures can be applied in the harbor-facilities management system, and will lead to further study in the future. In addition, results obtained from atmospheric corrosion tests could also provide appropriate metals & alloys applied in construction material and meet local corrosion environmental requirements. Thus, it could assure all public engineering constructions, such as bridges, wharf structures, to meet the life-service design or even longer, and avoid or reduce the occurrence of engineering tragedies. It would also cut down social cost and enhance economic efficiency.

<p>DATE OF PUBLICATION</p> <p>April 2010</p>	<p>NUMBER OF PAGES</p> <p>420</p>	<p>PRICE</p> <p>300</p>	<p>CLASSIFICATION</p> <p><input type="checkbox"/>RESTRICTED <input type="checkbox"/>CONFIDENTIAL</p> <p><input type="checkbox"/>SECRET <input type="checkbox"/>TOP SECRET</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>UNCLASSIFIED</p>
----------------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

港灣構造物生命週期與維護之研究(1/2)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
表目錄	XI
圖目錄	XV
第一章 緒論	1-1
第二章 研究計畫概述	2-1
2.1 研究時程	2-1
2.2 計畫摘要與研究內容	2-1
2.2.1 子計畫(一)：臺灣地區商港及漁港設施現況調查	2-1
2.2.2 子計畫(二)：棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護	2-2
2.2.3 子計畫(三)：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究	2-3
第三章 臺灣地區商港及漁港設施現況調查	3-1
3.1 前言	3-1
3.1.1 研究動機	3-1
3.1.2 研究目的	3-2
3.1.3 研究範圍	3-2
3.2 文獻回顧	3-2
3.2.1 碼頭結構型式	3-3
3.2.2 港灣 R.C.構造物安全檢測項目	3-13

3.2.3 檢測及評估實施時機.....	3-16
3.2.4 結構物安全檢測評估.....	3-19
3.3 研究方法與進行步驟.....	3-24
3.3.1 調查範圍.....	3-25
3.3.2 構造物基本資料蒐集.....	3-25
3.3.3 檢測及維修歷史.....	3-25
3.3.4 整體結構變形檢測及構造主結構體檢測	3-25
3.3.5 鋼筋混凝土材料劣化檢測	3-27
3.3.6 非主結構體檢測.....	3-28
3.3.7 構造物初步檢測評估.....	3-29
3.3.8 完成檢測或進行細部評估	3-31
3.4 結果與討論.....	3-32
3.4.1 臺中港 8A 號碼頭.....	3-32
3.4.2 臺中港 9 號碼頭.....	3-38
3.4.3 臺中港 10 號碼頭.....	3-44
3.4.4 臺中港 11 號碼頭.....	3-49
3.4.5 蘇澳港 10 號碼頭.....	3-54
3.4.6 蘇澳港 11 號碼頭.....	3-60
3.4.7 蘇澳港 12 號碼頭.....	3-64
3.4.8 高雄港 71 號碼頭.....	3-68
3.4.9 基隆市八斗子漁港.....	3-73
3.4.10 基隆市正濱漁港.....	3-79
3.4.11 宜蘭縣南方澳漁港.....	3-85

3.4.12 宜蘭縣烏石漁港.....	3-94
3.5 小結.....	3-102
第四章 棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護.....	4-1
4.1 前言.....	4-1
4.2 碼頭 R.C.面版劣損原因.....	4-2
4.2.1 外力作用之破壞.....	4-3
4.2.2 建造材料之劣化.....	4-4
4.3 研究方法與進行步驟.....	4-8
4.3.1 調查範圍.....	4-8
4.3.2 棧橋式碼頭基本資料蒐集.....	4-8
4.3.3 進行步驟.....	4-9
4.4 結果與討論.....	4-9
4.4.1 臺中港 5A 號碼頭.....	4-13
4.4.2 臺中港 5 號碼頭.....	4-17
4.4.3 臺中港 6 號碼頭.....	4-21
4.4.4 臺中港 7 號碼頭.....	4-25
4.4.5 臺中港 8 號碼頭.....	4-33
4.4.6 臺中港 8A 號碼頭.....	4-39
4.4.7 臺中港 9 號碼頭.....	4-50
4.4.8 臺中港 10 號碼頭.....	4-54
4.4.9 臺中港 11 號碼頭.....	4-56
4.4.10 臺中港 12 號碼頭.....	4-59
4.4.11 臺中港 13 號碼頭.....	4-63

4.4.12 臺中港 14 號碼頭.....	4-68
4.4.13 臺中港 15 號碼頭.....	4-77
4.4.14 臺中港 22 號碼頭.....	4-81
4.4.15 臺中港 26 號碼頭.....	4-83
4.4.16 臺中港 27 號碼頭.....	4-87
4.4.17 臺中港 28 號碼頭.....	4-94
4.4.18 臺中港 29 號碼頭.....	4-100
4.4.19 臺中港 30 號碼頭.....	4-106
4.4.20 臺中港 31 號碼頭.....	4-109
4.4.21 臺中港 32 號碼頭.....	4-110
4.4.22 臺中港 33 號碼頭.....	4-111
4.4.23 臺中港 34 號碼頭.....	4-115
4.4.24 臺中港 35 號碼頭.....	4-116
4.4.25 蘇澳港 6 號碼頭.....	4-118
4.4.26 蘇澳港 7 號碼頭.....	4-123
4.4.27 蘇澳港 10 號碼頭.....	4-127
4.4.28 蘇澳港 11 號碼頭.....	4-130
4.4.29 蘇澳港 12 號碼頭.....	4-132
4.4.30 蘇澳港 13 號碼頭.....	4-135
4.5 小結.....	4-140
第五章 構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究.....	5-1
5.1 前言.....	5-1
5.1.1 國內外有關本計畫之研究情況.....	5-1

5.2	研究範圍、目的與方法.....	5-7
5.2.1	研究方法及進行步驟.....	5-7
5.2.2	預期效益及其應用.....	5-11
5.3	文獻蒐集整理分析.....	5-13
5.3.1	大氣腐蝕的過程.....	5-13
5.3.2	影響大氣腐蝕的因素.....	5-17
5.3.3	大氣中腐蝕性的氣體.....	5-20
5.3.4	鐵與碳鋼的大氣腐蝕.....	5-24
5.3.5	鋅的大氣腐蝕.....	5-27
5.3.6	銅的大氣腐蝕.....	5-30
5.3.7	鋁的大氣腐蝕.....	5-33
5.3.8	ISO 9224 規範介紹.....	5-35
5.3.9	ISO 12944 規範介紹.....	5-38
5.3.10	「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」研究成果....	5-41
5.4	現地金屬試片暴露試驗.....	5-46
5.4.1	金屬試片.....	5-46
5.4.2	試片現場安裝.....	5-47
5.4.3	試片腐蝕生成物清除與測試.....	5-56
5.4.4	腐蝕速率計算與調查結果.....	5-58
5.5	大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充.....	5-62
5.5.1	系統功能規劃.....	5-62
5.5.2	前端版面更新.....	5-62
5.5.3	系統架構規劃.....	5-63

5.5.4 資料庫管理功能.....	5-63
5.5.5 系統功能展望.....	5-66
5.6 小結.....	5-68
第六章 結論.....	6-1
參考文獻.....	參-1
附錄一 期末審查意見與回覆.....	附錄 1-1
附錄二 期末簡報資料.....	附錄 2-1

表 目 錄

表 3-1 重力式碼頭各構件產生異狀列表	3-10
表 3-2 板樁式碼頭各構件產生異狀列表	3-12
表 3-3 棧橋式碼頭各構件產生異狀列表	3-13
表 3-4 港灣構造物細部構材檢測建議項目	3-15
表 3-5 碼頭構造物初步檢測評估表	3-26
表 3-6 鋼筋腐蝕電位與腐蝕機率關係	3-28
表 3-7 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-1	3-30
表 3-7 (續) 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-2	3-31
表 3-8 臺中港 8A 碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果	3-36
表 3-9 臺中港 8A 號碼頭初步檢測表	3-37
表 3-10 臺中港 9 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果	3-43
表 3-11 臺中港 9 號碼頭初步檢測表	3-44
表 3-12 臺中港 10 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果	3-47
表 3-13 臺中港 10 號碼頭初步檢測表	3-48
表 3-14 臺中港 11 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果	3-52
表 3-15 臺中港 11 號碼頭初步檢測表	3-53
表 3-16 蘇澳港 10 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果	3-58
表 3-17 蘇澳港 10 號碼頭初步檢測表	3-59
表 3-18 蘇澳港 11 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果	3-62

表 3-19 蘇澳港 11 號碼頭初步檢測表	3-63
表 3-20 蘇澳港 12 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果	3-66
表 3-21 蘇澳港 12 號碼頭初步檢測表	3-67
表 3-22 高雄港 71 號碼頭初步檢測表	3-72
表 3-23 八斗子漁港現有主要設施	3-73
表 3-24 正濱漁港現有主要設施	3-80
表 3-25 南方澳漁港現有主要設施	3-86
表 3-26 烏石漁港現有主要設施	3-95
表 4-1 基隆港務局港埠設施維護檢修作業規定棧橋式碼頭檢測 項目	4-7
表 4-2 「高雄港區老舊碼頭安全調查及評估研究」棧橋式碼頭檢測項 目	4-7
表 4-3 「港灣構造物安全檢測與評估之研究」棧橋式碼頭檢測項目及 方法	4-7
表 4-4 交通部高雄港務局鋼板(管)樁碼頭水下檢測工作規則	4-8
表 4-5 臺中港現有碼頭基本資料-1	4-10
表 4-5 (續) 臺中港現有碼頭基本資料-2	4-11
表 4-6 蘇澳港現有碼頭基本資料	4-12
表 4-7 臺中港棧橋式碼頭面版劣損調查結果彙整	4-117
表 4-8 蘇澳港棧橋式碼頭面版劣損調查結果彙整	4-140
表 5-1 材料對大氣腐蝕性氣體的敏感性	5-24
表 5-2 碳鋼、耐候鋼、鋅、銅、鋁金屬在不同腐蝕環境之平均腐蝕速	

率與穩定腐蝕速率	5-37
表 5-3 現地暴露試驗 2009.06.10 試片遺失明細表	5-48
表 5-4 大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分	5-60
表 5-5 暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類	5-61

圖目錄

圖 3.1 沈箱式碼頭.....	3-4
圖 3.2 方塊式碼頭.....	3-4
圖 3.3 L 型塊式碼頭.....	3-4
圖 3.4 錨碇板式碼頭.....	3-5
圖 3.5 直樁棧橋式碼頭.....	3-6
圖 3.6 斜樁棧橋式碼頭.....	3-7
圖 3.7 導致重力式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖	3-8
圖 3.8 導致重力式沉箱碼頭結構外部異象之主要機制示意圖	3-9
圖 3.9 重力式方塊碼頭構件標示.....	3-9
圖 3.10 重力式沉箱碼頭構件標示.....	3-10
圖 3.11 導致版樁式錨碇樁碼頭結構外部異象之主要機制示意圖 ..	3-11
圖 3.12 港灣結構安全檢測實施流程圖.....	3-18
圖 3.13 構造物現況調查流程.....	3-24
圖 3.14 鋼筋腐蝕電位量測示意圖.....	3-28
圖 3.15 臺中港 8A 至 11 號碼頭位置示意圖.....	3-32
圖 3.16 臺中港 8A 號碼頭結構型式.....	3-33
圖 3.17 臺中港 8A 碼頭上部結構檢測項目相關照片.....	3-33
圖 3.18 臺中港 9 至 11 號碼頭結構型式.....	3-38
圖 3.19 臺中港 9 號碼頭上部結構檢測項目相關照片.....	3-39

圖 3.20 臺中港 10 號碼頭上部結構檢測項目相關照片	3-44
圖 3.21 臺中港 11 號碼頭上部結構檢測項目相關照片	3-49
圖 3.22 蘇澳港 10 至 12 號碼頭位置示意圖	3-54
圖 3.23 蘇澳港 10 至 12 號碼頭結構型式	3-55
圖 3.24 蘇澳港 10 號碼頭上部結構檢測項目相關照片	3-55
圖 3.25 蘇澳港 11 號碼頭上部結構檢測項目相關照片	3-60
圖 3.26 蘇澳港 12 號碼頭上部結構檢測項目相關照片	3-64
圖 3.27 高雄港 71 號碼頭位置圖	3-68
圖 3.28 高雄港 71 號碼頭結構型式	3-68
圖 3.29 高雄港 71 號碼頭上部結構檢測項目相關照片	3-69
圖 3.30 八斗子漁港平面配置圖	3-74
圖 3.31 八斗子漁港碼頭位置圖	3-75
圖 3.32 八斗子漁港一期泊區碼頭（一）結構型式	3-75
圖 3.33 八斗子漁港一期泊區碼頭（二）結構型式	3-75
圖 3.34 八斗子漁港小型船渠碼頭結構型式	3-76
圖 3.35 八斗子漁港一期泊區突堤碼頭結構型式	3-76
圖 3.36 八斗子漁港二期泊區碼頭（一）結構型式	3-76
圖 3.37 八斗子漁港二期泊區突堤碼頭結構型式	3-77
圖 3.38 八斗子漁港二期泊區碼頭（二）結構型式	3-77
圖 3.39 八斗子漁港碼頭現況(2009 年 5 月)	3-78
圖 3.40 正濱漁港平面配置圖	3-80

圖 3.41 正濱漁港碼頭配置示意圖	3-81
圖 3.42 正濱漁港深水碼頭(一) 結構型式	3-81
圖 3.43 正濱漁港深水碼頭(二) 結構型式	3-81
圖 3.44 正濱漁港碼頭結構型式	3-82
圖 3.45 正濱漁港小型船渠碼頭結構型式	3-82
圖 3.46 正濱漁港八尺門碼頭結構型式	3-82
圖 3.47 正濱漁港維護碼頭結構型式	3-83
圖 3.48 正濱漁港加油碼頭結構型式	3-83
圖 3.49 正濱漁港碼頭現況(2009 年 5 月)	3-84
圖 3.50 南方澳漁港平面配置圖	3-87
圖 3.51 南方澳漁港碼頭配置示意圖	3-87
圖 3.52 南方澳漁港第三船渠北碼頭結構型式	3-88
圖 3.53 南方澳漁港第三船渠南碼頭結構型式	3-88
圖 3.54 南方澳漁港西碼頭(二)結構型式	3-89
圖 3.55 南方澳漁港東碼頭(一) 結構型式	3-89
圖 3.56 南方澳漁港東碼頭(二) 結構型式	3-90
圖 3.57 南方澳漁港西碼頭(一) 結構型式	3-90
圖 3.58 南方澳漁港第二船渠北碼頭(二)結構型式	3-91
圖 3.59 南方澳漁港第一船渠碼頭結構型式	3-91
圖 3.60 南方澳漁港第二船渠北碼頭(一)結構型式	3-92
圖 3.61 南方澳漁港碼頭現況(2009 年 5 月)	3-93

圖 3.62 烏石漁港平面配置圖.....	3-96
圖 3.63 烏石漁港碼頭及防波堤配置示意圖.....	3-96
圖 3.64 烏石漁港棧橋碼頭結構型式.....	3-97
圖 3.65 烏石漁港碼頭(二)結構型式.....	3-97
圖 3.66 烏石漁港北外廓防波堤結構型式.....	3-98
圖 3.67 烏石漁港北防波堤結構型式.....	3-98
圖 3.68 烏石漁港碼頭(一)結構型式.....	3-99
圖 3.69 烏石漁港防砂堤結構型式.....	3-99
圖 3.70 烏石漁港南防波堤結構型式.....	3-99
圖 3.71 烏石漁港離岸堤結構型式.....	3-100
圖 3.72 烏石漁港南防波堤結構型式.....	3-100
圖 3.73 烏石漁港碼頭現況(2009 年 5 月)	3-101
圖 4.1 棧橋式碼頭變形損傷過程.....	4-3
圖 4.2 臺中港碼頭位置.....	4-14
圖 4.3 臺中港 5A-8A 號碼頭結構型式.....	4-14
圖 4.4 臺中港 5A 號碼頭調查照片-1.....	4-15
圖 4.4 (續 1) 臺中港 5A 號碼頭調查照片-2	4-16
圖 4.5 臺中港 5A 號碼頭調查結果示意圖.....	4-17
圖 4.6 臺中港 5 號碼頭調查照片-1	4-19
圖 4.6 (續) 臺中港 5 號碼頭調查照片-2	4-20
圖 4.7 臺中港 5 號碼頭調查結果示意圖.....	4-21

圖 4.8 臺中港 6 號碼頭調查照片-1	4-23
圖 4.8 (續) 臺中港 6 號碼頭調查照片-2	4-24
圖 4.9 臺中港 6 號碼頭調查結果示意圖	4-25
圖 4.10 臺中港 7 號碼頭調查照片-1	4-27
圖 4.10 (續 1) 臺中港 7 號碼頭調查照片-2	4-28
圖 4.10 (續 2) 臺中港 7 號碼頭調查照片-2	4-29
圖 4.10 (續 3) 臺中港 7 號碼頭調查照片-2	4-30
圖 4.10 (續 4) 臺中港 7 號碼頭調查照片-2	4-31
圖 4.10 (續 5) 臺中港 7 號碼頭調查照片-2	4-32
圖 4.11 臺中港 7 號碼頭調查結果示意圖	4-33
圖 4.12 臺中港 8 號碼頭調查照片-1	4-35
圖 4.12 (續 1) 臺中港 8 號碼頭調查照片-2	4-36
圖 4.12 (續 2) 臺中港 8 號碼頭調查照片-3	4-37
圖 4.12 (續 3) 臺中港 8 號碼頭調查照片-4	4-38
圖 4.13 臺中港 8 號碼頭調查結果示意圖	4-39
圖 4.14 臺中港 8A 號碼頭調查照片-1	4-41
圖 4.14 (續 1) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-2	4-42
圖 4.14 (續 2) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-3	4-43
圖 4.14 (續 3) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-4	4-44
圖 4.14 (續 4) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-5	4-45
圖 4.14 (續 5) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-6	4-46

圖 4.14 (續 6) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-7	4-47
圖 4.14 (續 7) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-8	4-48
圖 4.14 (續 8) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-9	4-49
圖 4.15 臺中港 8A 號碼頭調查結果示意圖	4-49
圖 4.16 臺中港 9-11 號碼頭結構型式	4-50
圖 4.17 臺中港 9 號碼頭調查照片-1	4-52
圖 4.17 (續) 臺中港 9 號碼頭調查照片-2	4-53
圖 4.18 臺中港 9 號碼頭調查結果示意圖	4-54
圖 4.19 臺中港 10 號碼頭調查照片	4-55
圖 4.20 臺中港 10 號碼頭調查結果示意圖	4-56
圖 4.21 臺中港 11 號碼頭調查照片	4-58
圖 4.22 臺中港 11 號碼頭調查結果示意圖	4-59
圖 4.23 臺中港 12-13 號碼頭結構型式	4-60
圖 4.24 臺中港 12 號碼頭調查照片-1	4-61
圖 4.24 (續) 臺中港 12 號碼頭調查照片-2	4-62
圖 4.25 臺中港 12 號碼頭調查結果示意圖	4-63
圖 4.26 臺中港 13 號碼頭調查照片-1	4-65
圖 4.26 (續 1) 臺中港 13 號碼頭調查照片-2	4-66
圖 4.26 (續 2) 臺中港 13 號碼頭調查照片-3	4-67
圖 4.26 (續 3) 臺中港 13 號碼頭調查照片-4	4-68
圖 4.27 臺中港 13 號碼頭調查結果示意圖	4-68

圖 4.28 臺中港 14-15 號碼頭結構型式	4-69
圖 4.29 臺中港 14 號碼頭調查照片-1	4-71
圖 4.29 (續 1) 臺中港 14 號碼頭調查照片-2	4-72
圖 4.29 (續 2) 臺中港 14 號碼頭調查照片-3	4-73
圖 4.29 (續 3) 臺中港 14 號碼頭調查照片-4	4-74
圖 4.29 (續 4) 臺中港 14 號碼頭調查照片-5	4-75
圖 4.29 (續 5) 臺中港 14 號碼頭調查照片-6	4-76
圖 4.29 (續 6) 臺中港 14 號碼頭調查照片-7	4-77
圖 4.30 臺中港 14 號碼頭調查結果示意圖	4-77
圖 4.31 臺中港 15 號碼頭調查照片-1	4-79
圖 4.31 (續 1) 臺中港 15 號碼頭調查照片-2	4-80
圖 4.31 (續 2) 臺中港 15 號碼頭調查照片-3	4-81
圖 4.32 臺中港 15 號碼頭調查結果示意圖	4-81
圖 4.33 臺中港 22 號碼頭結構型式	4-82
圖 4.34 臺中港 26-27 號碼頭結構型式	4-83
圖 4.35 臺中港 26 號碼頭調查照片-1	4-85
圖 4.35 (續) 臺中港 26 號碼頭調查照片-2	4-86
圖 4.36 臺中港 26 號碼頭調查結果示意圖	4-87
圖 4.37 臺中港 27 號碼頭調查照片-1	4-89
圖 4.37 (續 1) 臺中港 27 號碼頭調查照片-2	4-90
圖 4.37 (續 2) 臺中港 27 號碼頭調查照片-3	4-91

圖 4.37 (續 3) 臺中港 27 號碼頭調查照片-4	4-92
圖 4.37 (續 4) 臺中港 27 號碼頭調查照片-5	4-93
圖 4.38 臺中港 27 號碼頭調查結果示意圖	4-93
圖 4.39 臺中港 28 號碼頭結構型式	4-94
圖 4.40 臺中港 28 號碼頭調查照片-1	4-96
圖 4.40 (續 1) 臺中港 28 號碼頭調查照片-2	4-97
圖 4.40 (續 2) 臺中港 28 號碼頭調查照片-3	4-98
圖 4.40 (續 3) 臺中港 28 號碼頭調查照片-4	4-99
圖 4.41 臺中港 28 號碼頭調查結果示意圖	4-99
圖 4.42 臺中港 29 號碼頭結構型式	4-100
圖 4.43 臺中港 29 號碼頭調查照片-1	4-102
圖 4.43 (續 1) 臺中港 29 號碼頭調查照片-2	4-103
圖 4.43 (續 2) 臺中港 29 號碼頭調查照片-3	4-104
圖 4.43 (續 3) 臺中港 29 號碼頭調查照片-4	4-105
圖 4.44 臺中港 29 號碼頭調查結果示意圖	4-106
圖 4.45 臺中港 30 號碼頭結構型式	4-107
圖 4.46 臺中港 30 號碼頭調查照片	4-108
圖 4.47 臺中港 30 號碼頭調查結果示意圖	4-109
圖 4.48 臺中港 31-32 號碼頭結構型式	4-110
圖 4.49 臺中港 33-34 號碼頭結構型式	4-112
圖 4.50 臺中港 33 號碼頭調查照片-1	4-113

圖 4.50 (續) 臺中港 33 號碼頭調查照片-2	4-114
圖 4.51 臺中港 33 號碼頭調查結果示意圖	4-115
圖 4.52 臺中港 35 號碼頭結構型式	4-116
圖 4.53 蘇澳港棧橋式碼頭位置示意圖	4-118
圖 4.54 蘇澳港 6-7 號碼頭結構型式	4-119
圖 4.55 蘇澳港 6 號碼頭調查結果照片-1	4-120
圖 4.55 (續 1) 蘇澳港 6 號碼頭調查結果照片-2	4-121
圖 4.55 (續 2) 蘇澳港 6 號碼頭調查結果照片-3	4-122
圖 4.56 蘇澳港 6 號碼頭調查結果示意圖	4-123
圖 4.57 蘇澳港 7 號碼頭調查結果照片-1	4-125
圖 4.57 (續) 蘇澳港 7 號碼頭調查結果照片-2	4-126
圖 4.58 蘇澳港 7 號碼頭調查結果示意圖	4-127
圖 4.59 蘇澳港 10-12 號碼頭結構型式	4-127
圖 4.60 蘇澳港 10 號碼頭調查結果照片	4-129
圖 4.61 蘇澳港 10 號碼頭調查結果示意圖	4-130
圖 4.62 蘇澳港 11 號碼頭調查結果照片-1	4-131
圖 4.62 (續) 蘇澳港 11 號碼頭調查結果照片-2	4-132
圖 4.63 蘇澳港 11 號碼頭調查結果示意圖	4-132
圖 4.64 蘇澳港 12 號碼頭調查結果照片	4-134
圖 4.65 蘇澳港 12 號碼頭調查結果示意圖	4-135
圖 4.66 蘇澳港 13 號碼頭結構型式	4-135

圖 4.67 蘇澳港 13 號碼頭調查結果照片-1	4-137
圖 4.67 (續 1) 蘇澳港 13 號碼頭調查結果照片-2	4-138
圖 4.67 (續 2) 蘇澳港 13 號碼頭調查結果照片-2	4-139
圖 4.68 蘇澳港 13 號碼頭調查結果示意圖	4-139
圖 5.1 ISO 大氣腐蝕環境分類	5-3
圖 5.2 CLIMATE TEST 大氣腐蝕測試	5-4
圖 5.3 計畫作業流程圖	5-12
圖 5.4 大氣腐蝕過程之示意圖	5-17
圖 5.5 鐵與碳鋼在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖	5-26
圖 5.6 鐵與碳鋼在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖	5-27
圖 5.7 鋅大氣腐蝕產物之組成	5-28
圖 5.8 鋅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖	5-29
圖 5.9 鋅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖	5-30
圖 5.10 銅大氣腐蝕產物之組成	5-31
圖 5.11 銅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖	5-32
圖 5.12 銅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖	5-33
圖 5.13 鋁在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖	5-34
圖 5.14 鋁在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖	5-35
圖 5.15 2008 年 10 月中旬設置完成之板狀試片暴露試驗現況	5-47
圖 5.16 2009 年 6 月 10 日臺中火力電廠現場試片外觀	5-49
圖 5.17 2009 年 6 月 10 日麥寮工業區現場試片外觀	5-50

圖 5.18	2009 年 6 月 10 日溪頭森林區現場試片外觀.....	5-51
圖 5.19	2009 年 9 月 28 日港研究中心現場試片外觀，銅暴露 3 個月， 碳鋼、鋅、鋁暴露約一年.....	5-53
圖 5.20	2009 年 9 月 28 日麥寮工業區現場試片(暴露約 1 年)之外觀	5-54
圖 5.21	2009 年 9 月 28 日溪頭森林區現場試片(暴露約 1 年)之外觀	5-55
圖 5.22	腐蝕生成物清除法作業流程圖.....	5-57
圖 5.23	新版大氣腐蝕系統前端設計.....	5-62
圖 5.24	大氣腐蝕環境資料庫的新版本系統架構.....	5-63
圖 5.25	帳號管理.....	5-64
圖 5.26	監測點管理.....	5-65
圖 5.27	監測數據管理.....	5-65
圖 5.28	靈活的全台地圖操作介面.....	5-67
圖 5.29	監測點與監測數據整合資訊的提供.....	5-68

第一章 緒論

臺灣四面環海，地處環太平洋地震帶上，每年地震、颱風等災害不斷，港灣構造物長年處於此巨大外力衝擊與海洋惡劣環境下，甚易造成港工構材諸如鋼板樁腐蝕、混凝土劣化、強度損失以及內部鋼筋腐蝕、斷裂，最後導致結構物損壞、崩塌等現象，對構造物之耐久性與安全性威脅甚大，對港埠之營運影響更為至鉅。

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。此外，臺灣地區漁業興盛發達，對於國內經濟發展，亦有重大貢獻，其碼頭、防波堤等設施均需建立安全檢測與維護機制，以確保能安全營運。

近年來，國內風災、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。自民國 88 年 921 大地震以及近幾年來之大小災襲後，各大商、漁港之碼頭、防波堤等設施陸續零星發生損壞，例如臺中港區 1 至 4A 碼頭之傾斜、損毀、後線土壤之沉陷、液化，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、基隆港區數座鋼板(管)樁碼頭之腐蝕破損(洞)、背填土掏空導致碼頭面塌陷，或其它突發性無預警之損壞事例時有所聞。因此，港灣構造物現況是否安全堪用，必需明確瞭解，俾採必要之防範措施。

目前國外一些先進國家如美國、加拿大等，其維護管理均採生命週期維護管理之觀念，依據工程結構營運目標的訂定，藉由安全性及服務性的提昇，配合設施的現況評估及其危害度評估與風險分析，決定各結構物施予維護管理之優先序及維護方式，再根據優先序及維護方式，進行結構物之維護管理規劃，並以成本—效益分析為基礎，編列合理化之維護管理經費，之後，透過公聽會讓結構物維護管理經費之取得與分配程式透明化。

目前美加地區維護管理之經費編列流程，均已納入「取之於民，用之於民」之觀念，然國內維護管理經費採此固定經費預算模式的決定與國外作法迥異。此種由預算決定後才進行維護管理策略規劃之維護管理制度與美、加交通廳之作法大相逕庭等(根據美國 NCHRP 於 2004 年對二十六個美國州交通廳及加拿大省交通廳調查其交通策略規劃與經費預算間之關係，發現目前無任何一個交通廳以此方式運作)。分析目前國內外維護策略及經費決定過程之差異，可知其主因為國內目前缺乏一套完備之生命週期維護管理制度。為設施工程生週期維護管理之流程，此流程由資料建檔、目標訂定、序選分析、策略規劃、執行驗收五個主要步驟，組成一迴路式之作業流程，此五個主要步驟之重點簡述如下：

- 1.資料建檔：設施基本資料及營運維護資料建檔。
- 2.目標訂定：設施預期營運目標訂定。
- 3.序選分析：由設施現況資料及設施預期目標決定維護作業優先序。
- 4.策略規劃：由序選分析結果結合成本—效益分析，訂定維護管理策略。
- 5.執行驗效：實際執行生命週期維護管理作業，並進行成效評估。

由於國內五大國際商港其碼頭建造使用已久，部份碼頭已日益呈現老舊、損壞等現象，而新建碼頭之需求已趨萎縮，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，其營運停頓造成之不便及損失更難以估計。為此，碼頭維護管理機制之建立，必為未來港灣重要之課題。目前，港灣設施維護管理尚無一完整之系統，相關研究大多著重於較高階之港灣本體設施結構性之安全檢測與評估，對於執行細節諸如檢測作業之務實化、檢測程序之統一化、檢測斷面之標準化、劣化與損壞之異象行為，仍然有許多地方需要利用生命週期之觀念與流程進行整合與建立，方能達成港灣設施之永續經

營的目標。

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。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。因此，如何提升港灣設施之建設、工程品質與耐久性，以及維護、管理與安全極為重要，自不言可喻。

此外，由於臺灣地區天然環境上空氣污染之結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；有鑑於此，本土化大氣腐蝕因子的調查與掌握，對金屬與鋼筋混凝土結構物耐久性防蝕設計的影響，有其重要性。

自 1971 年起，國內各研究單位曾陸續以試片腐蝕速率的量測方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，但因試驗場址維護不易，各地區鮮少有持續 10 年以上的腐蝕數據，且大部份的研究亦止於 1995。隨著氣候變遷與工業的發展，為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去腐蝕因子之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；然而臺灣近 10 年來並無任何單位進行全國之大氣腐蝕因子的調查與研究。有鑑於此，本計畫擬以兩年時間針對臺灣全島區域進行大氣腐蝕劣化因子調查，完成臺灣大氣腐蝕環境的分類工作，並根據調查結果建立電腦查詢資料庫，規劃一適合國內環境「本土化」需求的大氣腐蝕劣化因子查詢系統，以作為日後新建與既有金屬及鋼筋混凝土結構物之防蝕設計與維護管理的依據。

本年度已完成之工作內容如下；

1. 蘇澳港及臺中港及一類漁港碼頭設施及檢測與維護機制相關文獻之蒐集；基隆八斗子漁港、正濱漁港、宜蘭南方澳漁港、烏石漁港碼頭設施之現況調查及評估。

2. 國內各港棧橋式碼頭面版腐蝕劣損與維修資料蒐集及蘇澳港 6-7、10-13 號、臺中港 5A 至 35 號及高雄港 71 號等棧橋碼頭之現地調查與評估。
3. 完成「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究」，內容包含大氣腐蝕現地金屬試片暴露板片試驗、研擬塗裝防蝕規範草案、臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫更新與維護等。

第二章 研究計畫概述

2.1 研究時程

本計畫研究期程為兩年，規劃為三個子計畫進行，自民國 98 年 1 月起至民國 99 年 12 月止。各子計畫之研究內容分別簡述於 2.2 節中。

2.2 計畫摘要與研究內容

2.2.1 子計畫(一)：臺灣地區商港及漁港設施現況調查

2.2.1.1 計畫摘要

臺灣四面環海為一典型海島氣候，地處環太平洋地震帶上，地震發生頻繁，加上每年颱風侵襲不斷，港灣構造物處於此巨大外力衝擊與海水鹽份浸泡等惡劣環境下，甚易造成港工構材諸如鋼板樁腐蝕、混凝土劣化、強度損失以及內部鋼筋腐蝕、斷裂等之破壞現象，對構造物之耐久性與安全性威脅甚大。

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。此外，臺灣地區漁業興盛發達，對於國內經濟發展，亦有重大貢獻，其碼頭、防波堤等設施均需建立安全檢測與維護機制，以確保能安全營運。因此，港埠工程及漁港設施現況是否安全堪用，必需明確瞭解，俾採必要之防範措施。

本計畫針對國內五大商港及其附屬港口與中央相關管轄之 8 處一等漁港，進行碼頭、防波堤等設施之現況調查。

2.2.1.2 研究內容

第一年工作內容：(民國 98 年)

- 1.臺中港及八斗子、正濱漁港、蘇澳港、南方澳與烏石漁港碼頭與

防波堤等設施之現況調查。

2.現地非破壞性檢測與劣損評估。

3.檢測機制之實地操作與驗證。

第二年工作內容：(民國 99 年)

1.基隆港、花蓮港及新竹、梧棲漁港、高雄港、前鎮與屏東鹽埔漁港碼頭與防波堤等設施現況調查。

2.現地非破壞性檢測與劣損評估。

3.檢測機制之實地操作與驗證。

2.2.2 子計畫(二)：棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

2.2.2.1 計畫摘要

港灣棧橋式碼頭由於適用在軟弱地盤，加上具不妨礙水流，反射波小，對港池靜穩度大有幫助，可建造水深較深之碼頭等優點，目前國內商港新建及改建常採用之。以基隆港及臺中港為例，近年即有多座碼頭均選用此結構型式碼頭，但其缺點為 R.C.面(底)版，因長年遭受海水波浪之衝擊浸漬，海水中之氯離子甚易侵入底版，造成內部鋼筋之銹蝕、混凝土保護層剝落、鋼筋裸露斷裂，終致底版破裂、塌陷，嚴重危害碼頭結構物之安全。本所港研中心歷年曾針對國際商港設施調查結果顯示，高雄港區及蘇澳港區有部份棧橋碼頭曾發現上述之損壞情形。

本計畫主要以五大國際商港現有之棧橋式碼頭進行腐蝕劣化現地檢測並蒐集及研擬維修工法，提供碼頭本體設施維護管理系統建置資料庫，以利於日後現地人員檢測及管理自動化作業。

2.2.2.2 研究內容

第一年工作內容：

- 1.臺中港及蘇澳港棧橋式碼頭面版底版現況調查。
- 2.臺中港及蘇澳港棧橋式碼頭樁頭現況調查。
- 3.現地非破壞性檢測與劣損評估。
- 4.檢測機制之實地操作與驗證。

第二年工作內容：

- 1.基隆港、高雄港、澎湖馬公港及金門料羅灣港棧橋式碼頭面版底版調查。
- 2.基隆港、高雄港、澎湖馬公港及金門料羅灣港棧橋式碼頭樁頭調查。
- 3.現地非破壞性檢測與劣損評估。
- 4.檢測機制之實地操作與驗證。

2.2.3 子計畫(三)：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究

2.2.3.1 計畫摘要

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高溼與高鹽份的環境，加上空氣污染的結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；有鑑於此，構造物所處腐蝕環境之調查與掌握，尤其是對路上土建物之金屬結構物防蝕設計需求，更有其重要性。

臺灣缺乏完整的本土大氣腐蝕因子資料庫。自 1971 年起，國內許多研究單位曾陸續以金屬試片做為腐蝕速率的量測方式，進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區均無持續 10 年以上的腐蝕數據，且相關研究止於 1995 年。隨著時空、全球氣候變遷與國內工業持續高度發展，為達到構造物耐久性與防蝕設計須求，若仍引用過時且不完整之調查數據，對構造物之耐久性與腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；為此，本所港研中心於 2007 年起開始進行

兩年期之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」，已初步完成大氣腐蝕之試驗站（點）及建立部份大氣環境腐蝕因子資料庫，但因調查時間僅為兩年，仍需持續進行長期調查與試驗分析。

本計畫持續進行調查並選擇數處腐蝕較為嚴重地點，實施不同金屬試片採用各種防蝕材料及技術，進行更詳盡之腐蝕速率調查與防蝕效能試驗，期能建立臺灣地區構造物腐蝕環境潛勢分析之完整數據資料庫，提供其耐久性與防蝕設計須求使用。

2.2.3.2 研究內容

第一年工作內容：=

- 1.國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。
- 2.大氣腐蝕因子調查建置：持續現地取樣與試驗調查，內容包含(1)氣象資料蒐集分析：氣溫、相對溼度、風速、風向等資料，並針對歷年資料進行分析。(2)腐蝕因子調查項目：包括相對溼度、氯鹽(Cl⁻)與二氧化硫(SO₂)附著量之調查。
- 3.現地暴露試驗：針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬，進行現地暴露試驗，建立腐蝕速率與大氣腐蝕因子之關聯性。
- 4.現地金屬試片暴露試驗：選擇數處腐蝕速率較大之地點，進一步實施多年期之金屬試片試驗，金屬試片採用各種不同防蝕材料及技術，評估其適用於臺灣地區各種腐蝕環境之可行性。
- 5.大氣腐蝕因子資料庫建立：依上述研究成果，增建並持續修正於本所港研中心之大氣腐蝕因子資料庫內。
- 6.構造物塗裝防蝕手冊撰寫。

第二年工作內容：

- 1.國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。
- 2.大氣腐蝕因子調查建置：持續現地取樣與試驗調查。

- 3.現地暴露試驗：針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬，持續進行現地暴露試驗。
- 4.現地金屬試片暴露試驗：持續進行多年期之金屬試片試驗，金屬試片採用各種不同防蝕材料及技術，評估其適用於臺灣地區各種腐蝕環境之可行性。
- 5.資料蒐集與分析：持續現地取樣與試驗調查，分析歷年累計成果與趨勢。
- 6.大氣腐蝕因子資料庫建立：依歷年各項研究成果，增建並持續修正於本所港研中心之大氣腐蝕因子資料庫內。
- 7.大氣腐蝕因子資料年報撰寫，提供產官學研各界參考應用。

第三章 臺灣地區商港及漁港設施現況調查

3.1 前言

3.1.1 研究動機

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

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

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

之工作手冊(草案)」內容選定數處國內商港及一等漁港之不同型式之碼頭構造物進行現況調查，期能藉以建立碼頭維護資料庫並提供相關管理單位參酌。

3.1.2 研究目的

本研究擬針對港灣構造物中數量最多功能最重要之碼頭或防波堤構造進行現況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。

3.1.3 研究範圍

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

3.2 文獻回顧

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。

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。

3.2.1 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：

3.2.1.1 重力式碼頭概述

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 3.1 至圖 3.3 所示。

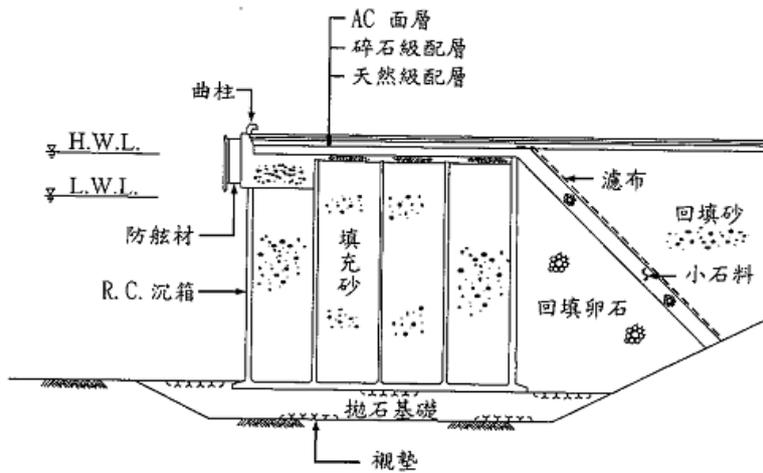


圖 3.1 沈箱式碼頭

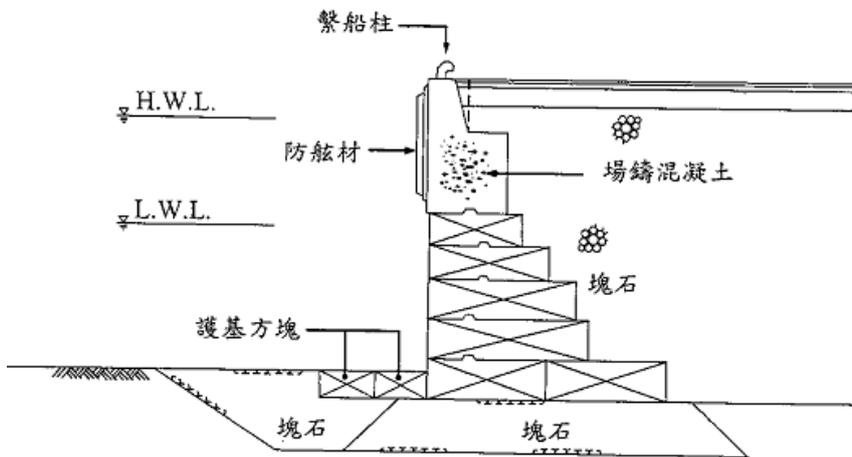


圖 3.2 方塊式碼頭

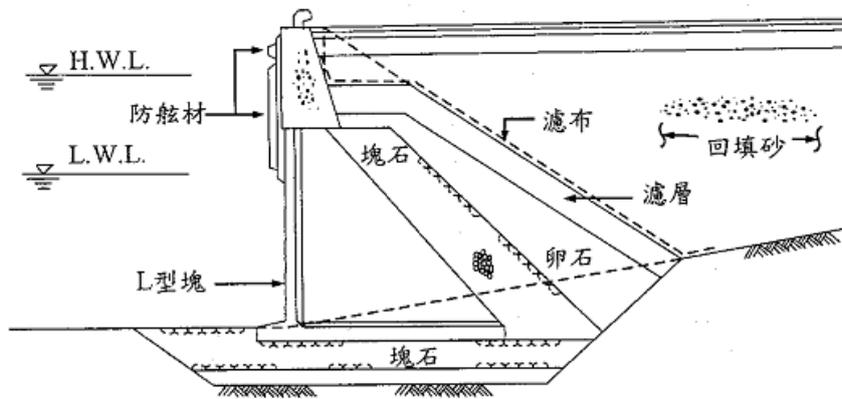


圖 3.3 L型塊式碼頭

3.2.1.2 板樁式碼頭概述

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 3.4 所示。

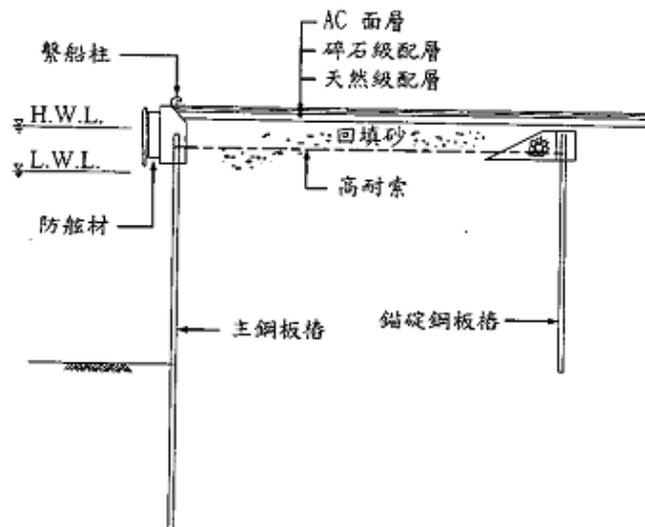


圖 3.4 錨碇板式碼頭

3.2.1.3 棧橋式碼頭概述

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 3.5 至圖 3.6 所示。

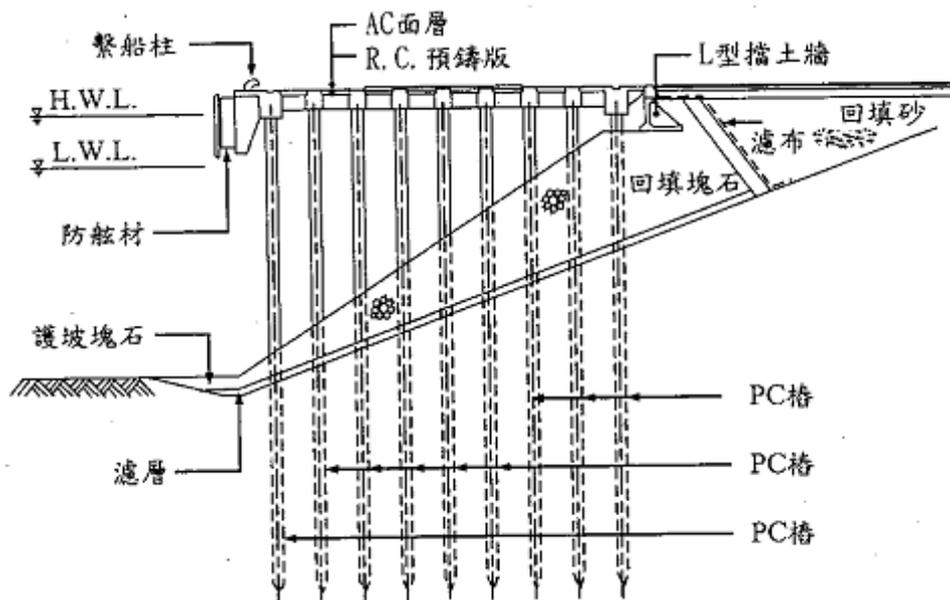


圖 3.5 直樁棧橋式碼頭

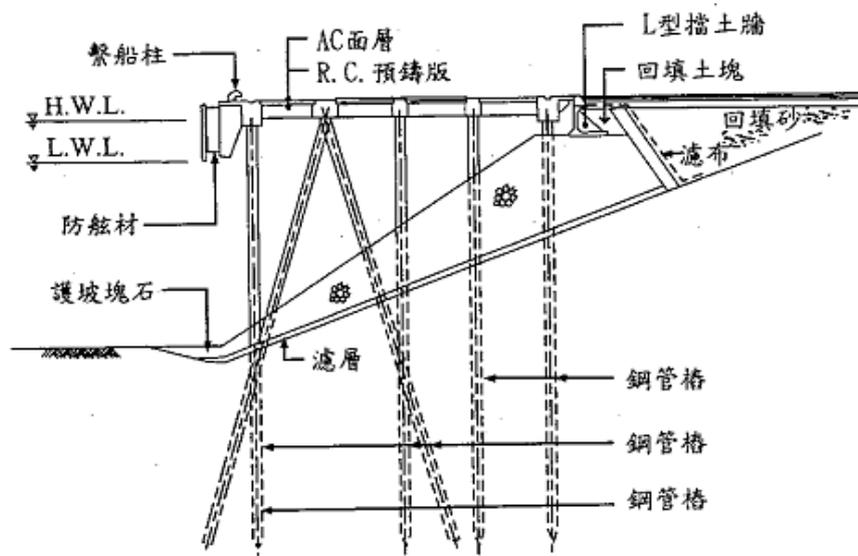


圖 3.6 斜樁棧橋式碼頭

3.2.1.4 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 3.7 至圖 3.8 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 3.7 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 3.9 至圖 3.10 所示，並針對此些構件表列其發生之異狀(異狀類型以蘇(2006)，其餘各式碼頭皆以此異狀類型進行表列)，如表 3-1 所示。

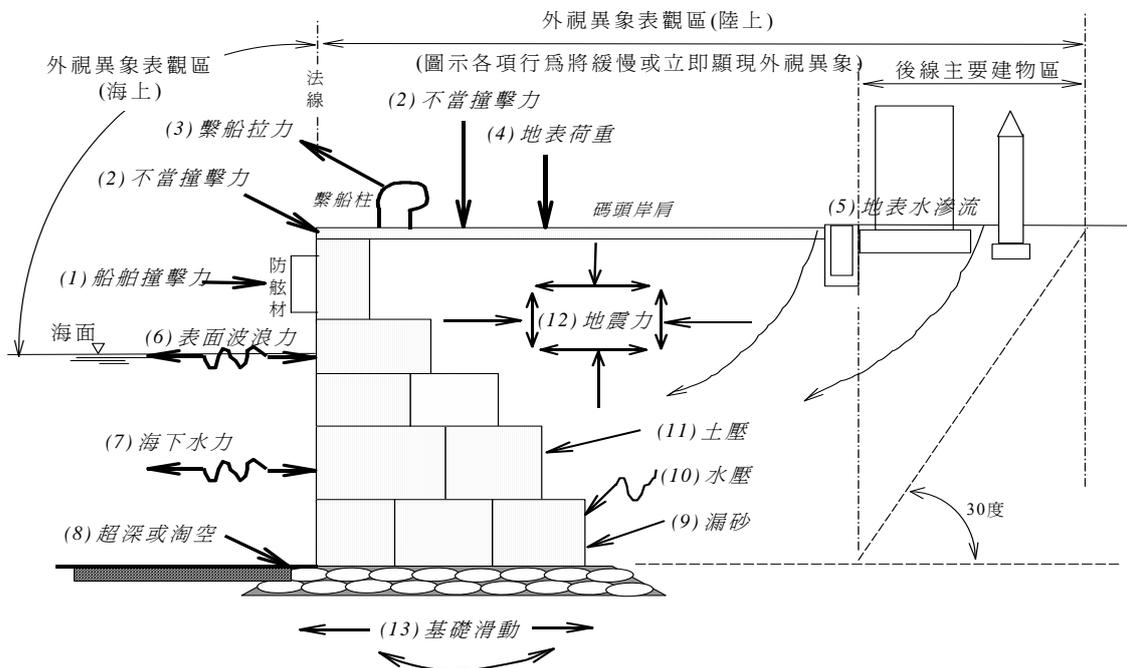


圖 3.7 導致重力式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

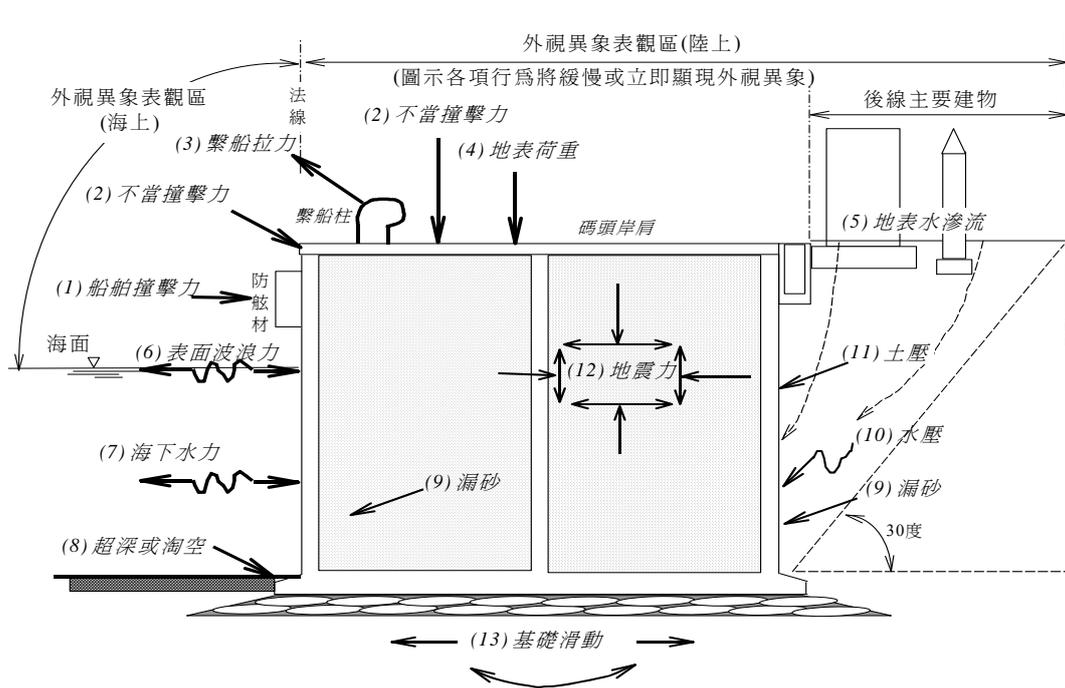


圖 3.8 導致重力式沉箱碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

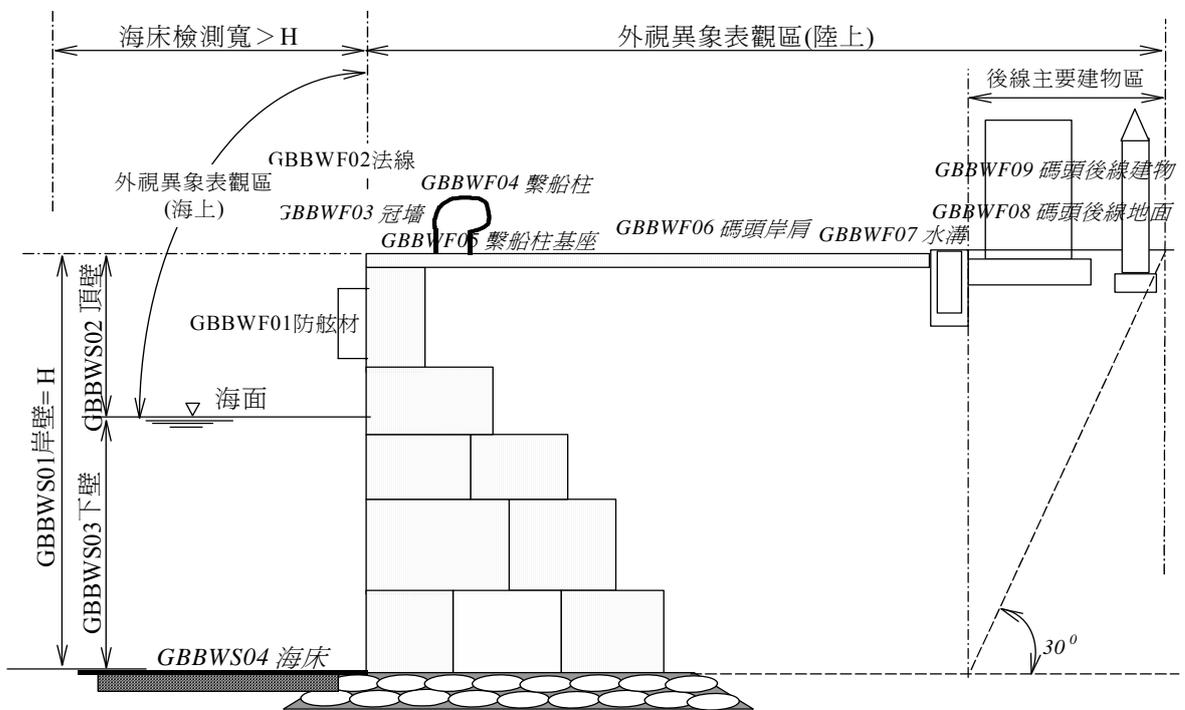


圖 3.9 重力式方塊碼頭構件標示

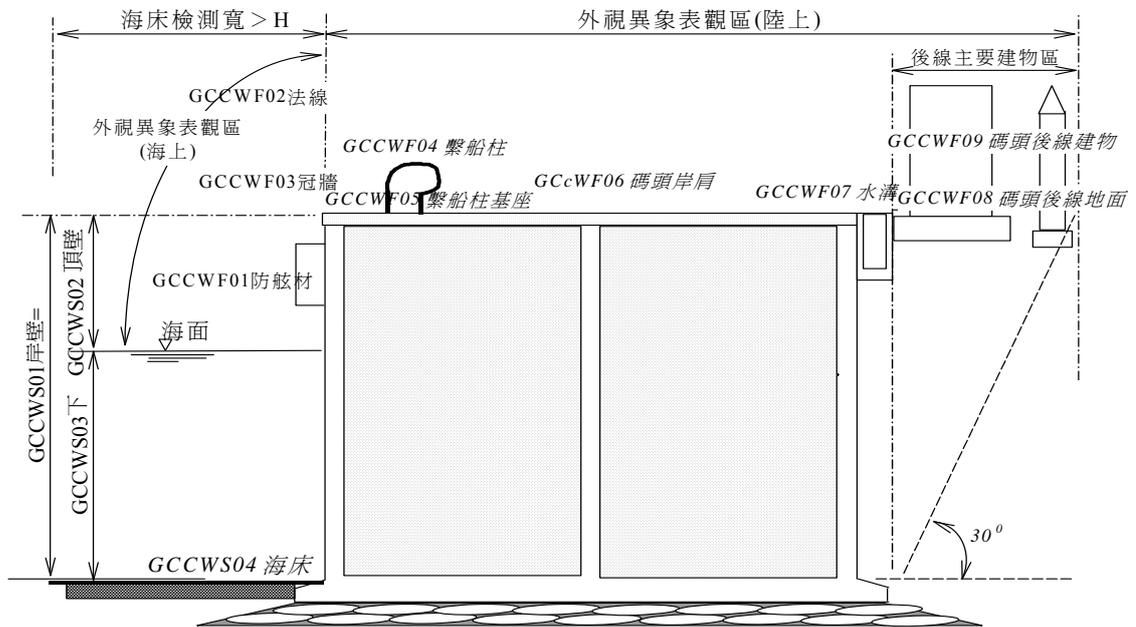


圖 3.10 重力式沉箱碼頭構件標示

表 3-1 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				✓	✓		

3.2.1.5 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，可針對板樁式碼頭產生異狀之構件位置進行標註，如圖 3.11 所示，並針對這些構件表列其發生之異狀，如表 3-2 所示。

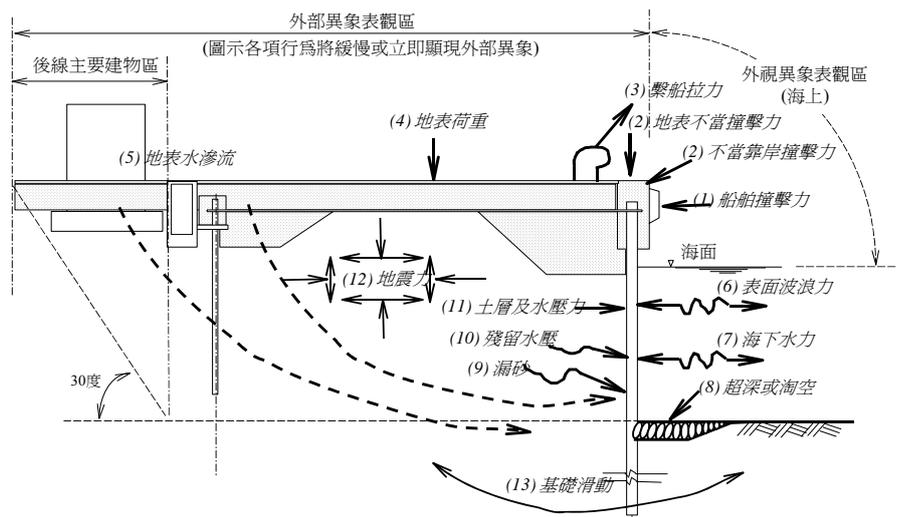


圖 3.11 導致版樁式錨錠樁碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

表 3-2 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				✓	✓		

3.2.1.6 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，如表 3-3 所示。

表 3-3 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							✓

3.2.2 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：

3.2.2.1 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。

3.2.2.2 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 3-4 所示。

表 3-4 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

3.2.2.3 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。

3.2.2.4 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。

3.2.3 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，檢測時機如大型颱風過後，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。

3.2.3.1 一般性安全檢測

一般性安全檢測通常以定期方式進行，針對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。

3.2.3.2 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。

3.2.3.3 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。

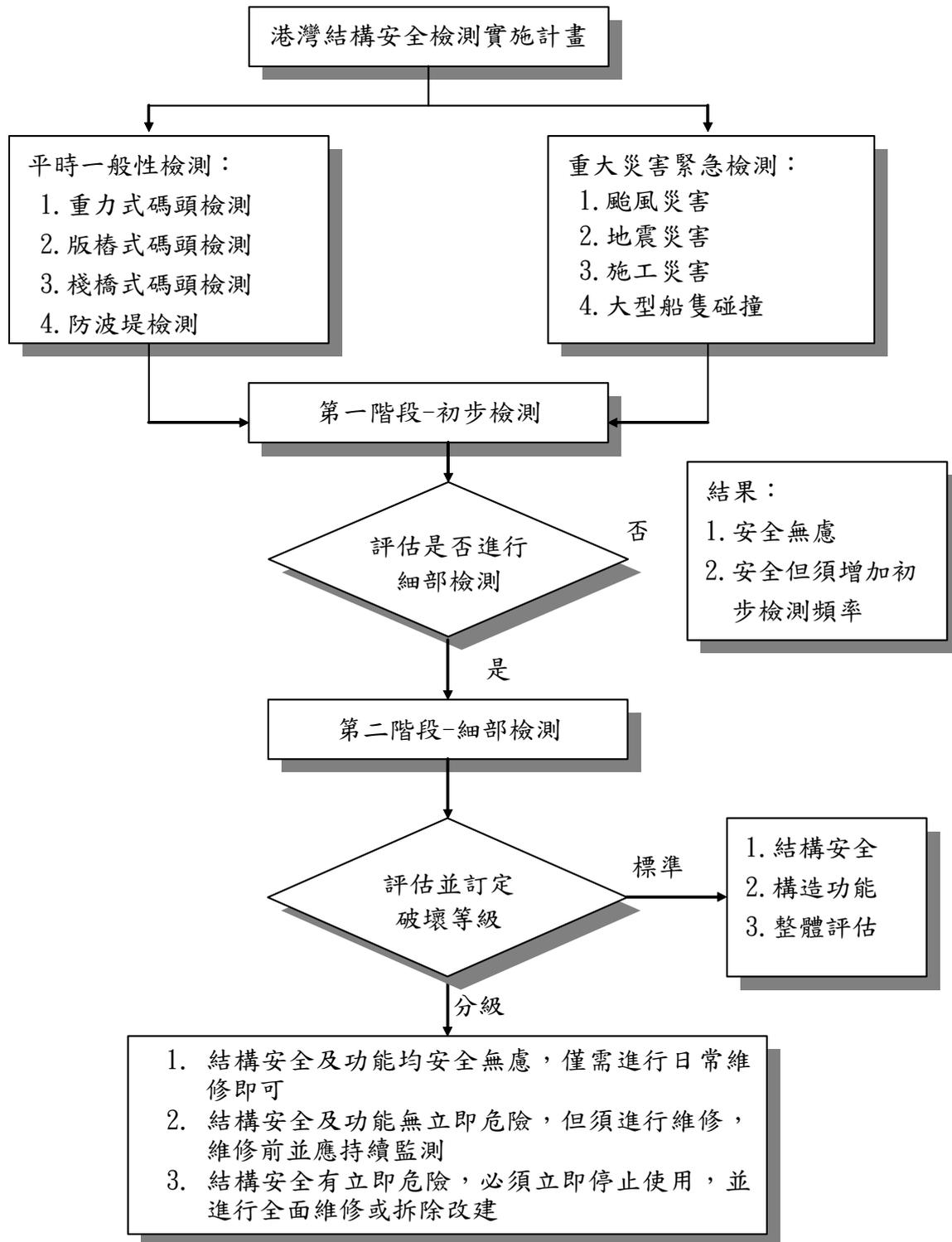


圖 3.12 港灣結構安全檢測實施流程圖

3.2.4 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的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)港灣結構整體評估等級。

3.2.4.1 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。

$$ID_1 = \frac{\sum_i^N (D_i + E_i) R_i}{\sum_i^N R_i} \dots\dots\dots (3.1)$$

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。

3.2.4.2 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：

1. 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. 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。

3. 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。

3.2.4.3 結構整體評估等級

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

1. 第一階段檢測分級

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

2. 第二階段檢測分級

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

$$ID_2 = \frac{\sum_i^N (D_i + E_i) R_i}{\sum_i^N R_i} \dots\dots\dots(3.2)$$

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。

3.3 研究方法與進行步驟

本研究參考交通部港灣構造物安全評估之工作手冊（草案）及相關港務局檢測工作規則等，本年度選定蘇澳港 10-12 號碼頭及臺中港 8A、9-11 號碼頭、基隆市八斗子、正濱漁港、宜蘭縣南方澳、烏石漁港碼頭與防波堤等設施之現況調查，調查流程示如圖 3.13 所示。

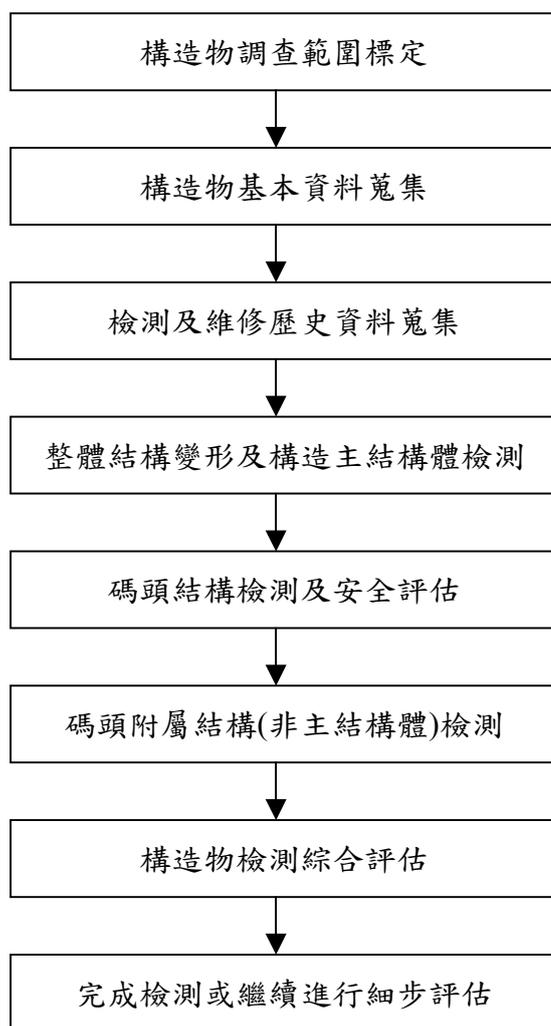


圖 3.13 構造物現況調查流程

3.3.1 調查範圍

本年度調查範圍包括：蘇澳港 10-12 號碼頭及臺中港 8A、9-11 號碼頭、高雄港 71 號碼頭（棧橋式）、基隆市八斗子、正濱漁港、宜蘭縣南方澳、烏石漁港碼頭（沉箱重力式、板樁式），依初步檢測規定項目進行調查，調查結果將作為後續相關研究之結構安全評估及建置維護管理資料庫之重要數據。

3.3.2 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。

3.3.3 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。

3.3.4 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 3-5。

表 3-5 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input type="checkbox"/> 雜貨輪 <input type="checkbox"/> 其他				
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 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		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i =$				
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		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i =$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i =$				
檢測單位：		檢測人：	檢測時間：			

3.3.5 鋼筋混凝土材料劣化檢測

依據碼頭面版底版、梁及下部結構檢測結果，每座碼頭以擇取 2 個單元以上進行檢測為目標。檢測項目包含：

1. 非破壞性檢測：

(1) 反彈錘法：

依據 ASTM C 805 的規定實施，檢測時依構造物面積大小，選擇面積約 1×2 m 的混凝土表面，繪製 20 cm 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) 鋼筋電位值量測

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

鋼筋腐蝕電位量測前，須先在結構物上找出鋼筋位置，用鑽孔機破壞鋼筋保護層混凝土，使鋼筋能量測儀器連接成一通路，將導線與電錶連接後，移動參考電極即可量測出整個結構物內半電池腐蝕電位(Half Cell)，如圖 3.14 所示。

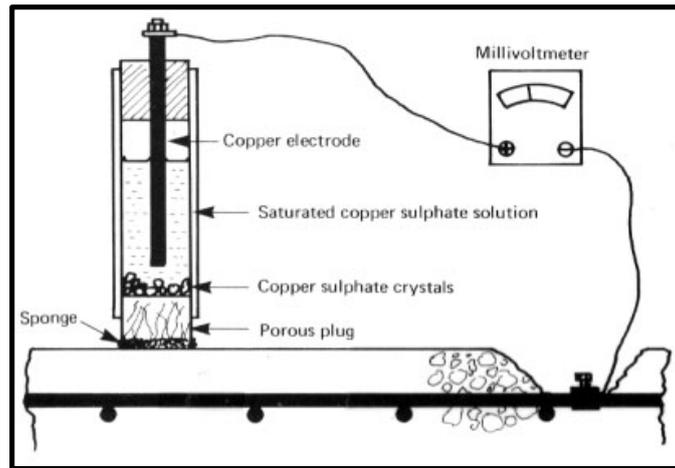


圖 3.14 鋼筋腐蝕電位量測示意圖

腐蝕電位與鋼筋腐蝕關係，依據 ASTM C-876 及 Van Daeveer 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 3-6 所示。

表 3-6 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	$>95\%$

3.3.6 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。

3.3.7 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 3-7，依據檢測結果，檢測值經下列公式 3-1 或公式 3-2 換算後決定最後等級。

表 3-7 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-1

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

表 3-7(續) 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-2

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

3.3.8 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。

3.4 結果與討論

3.4.1 臺中港 8A 號碼頭

1. 碼頭基本資料：本座碼頭全長 260 m，寬 23.5m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設鋼板樁及設置錨碇版來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 3.15 及圖 3.16 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 3.17 所示。

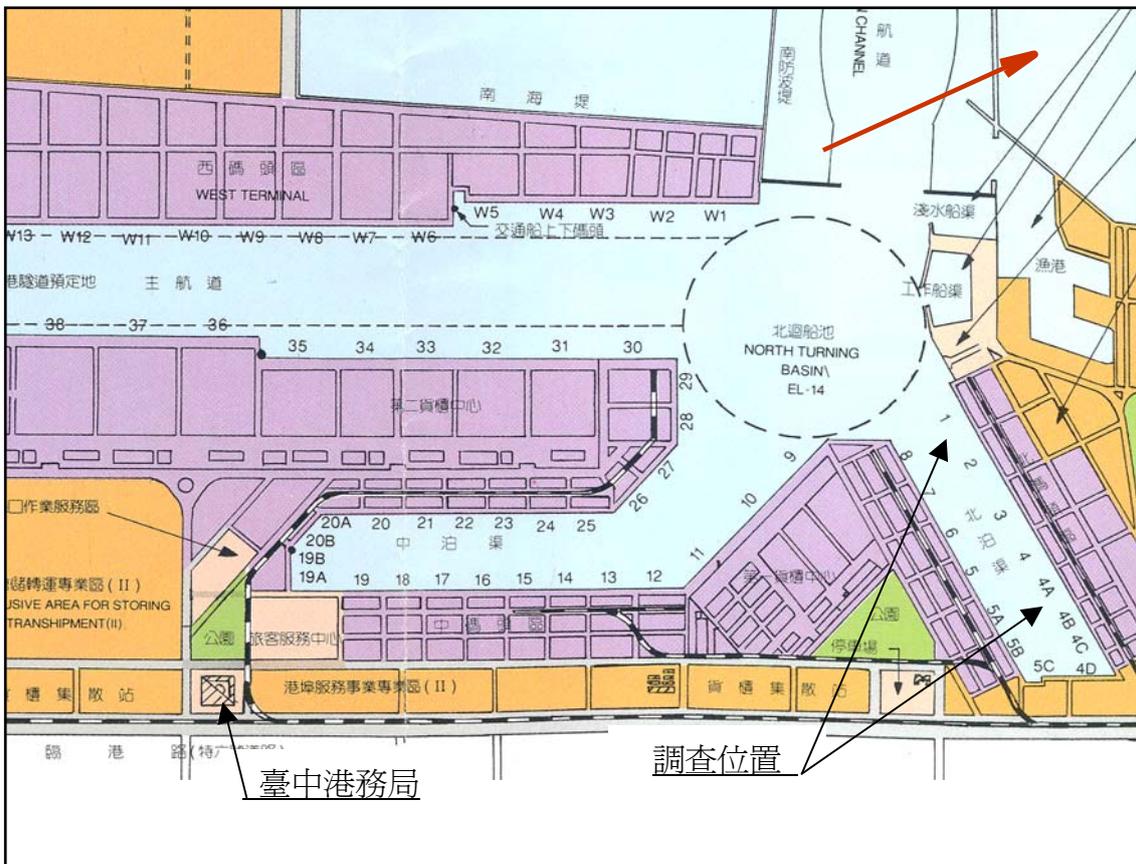


圖 3.15 臺中港 8A 至 11 號碼頭位置示意圖

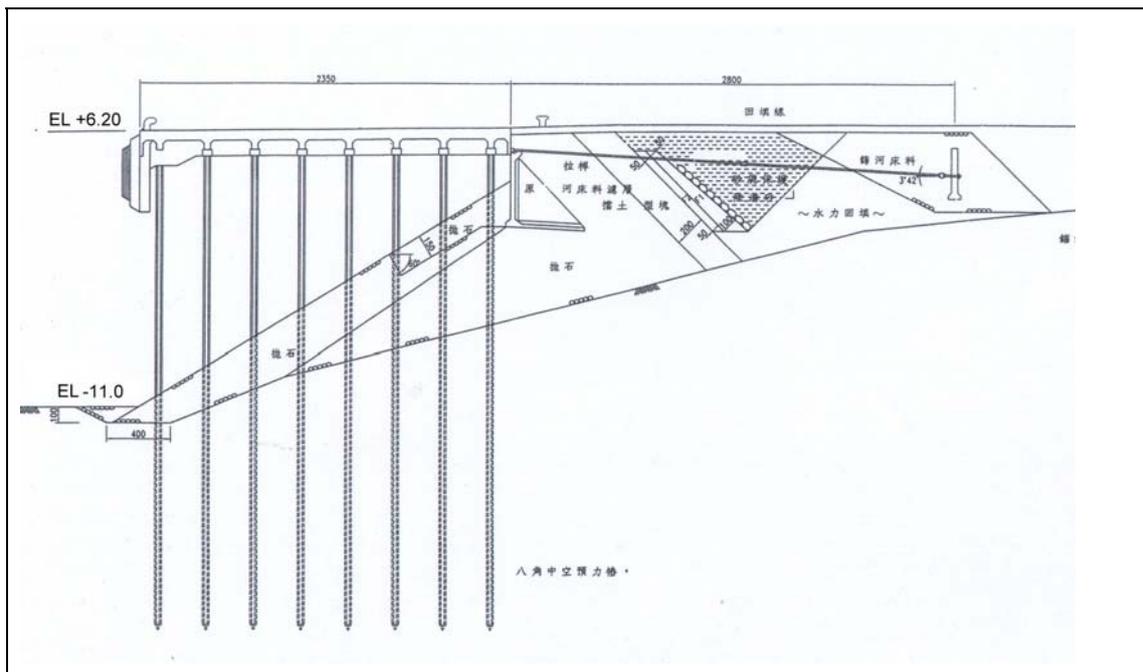


圖 3.16 臺中港 8A 號碼頭結構型式



圖 3.17 臺中港 8A 碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 整體結構變形及構造主結構體檢測：本次檢測項目及其相關 D.E.R. 評估值之決定如下：

- (1)碼頭岸壁體檢測：檢測重點包含是否傾斜、破損、位移等。本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (2)碼頭面法線檢測：檢測重點包含是否扭曲、變形等。本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (3)碼頭面版檢測：檢測重點包含面版龜裂、沈陷、材質劣化等。本座碼頭面版無明顯沉陷，但部份鋪面出現少數裂縫等材質劣化現象。故 D 值=1，E=1，R=3。
- (4)混凝土強度檢測：本座碼頭針對岸壁進行混凝土試錘試驗，藉由反彈值推估混凝土表面硬度，並將表面硬度推算為混凝土強度，試驗結果混凝土強度約為 286 kgf/cm^2 (如表 3-8)，大於設計強度之 210 kgf/cm^2 ，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
- (5)保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推斷混凝土保護層厚度對於碼頭之破壞無直接關係，故雖未針對保護層厚度做檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
- (6)鋼筋腐蝕探測：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故未實施此檢測項目。
- (7)鋼版腐蝕檢測：本座碼頭非版樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故未實施此檢測項目。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫部份出現結構體間相對位移，故 D 值=2，E=2，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 3-9 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.0，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。

3. 非主結構體檢測

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

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-9 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.0，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.7，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-8 臺中港 8A 碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果

位置	反彈值										平均值	總平均值	推估強度 kgf/cm ²
A1	35	32	31	33	32	33	32	30	32	28	31.8	33.03	286
A2	33	31	33	32	28	35	33	35	33	36	32.9		
A3	32	35	32	35	33	37	34	30	32	32	33.2		
A4	29	32	29	40	35	33	34	32	33	32	32.9		
A5	38	33	40	33	32	32	32	33	30	33	33.6		
A6	29	32	29	28	32	36	36	37	40	33	33.2		
A7	29	32	26	35	33	35	31	32	32	28	31.3		
A8	30	32	34	32	30	33	32	35	31	33	32.2		
A9	30	35	30	33	32	40	36	29	26	39	33.0		
A10	38	32	32	31	33	30	35	37	35	33	33.6		
B1	37	26	29	36	31	36	38	40	36	36	34.5		
B2	33	35	26	30	33	31	30	33	33	34	31.8		
B3	30	30	33	36	32	30	31	33	32	42	32.9		
B4	31	33	31	35	33	31	33	32	29	33	32.1		
B5	29	32	31	33	32	35	36	31	33	32	32.4		
B6	33	36	36	34	34	36	40	38	36	30	35.3		
B7	37	33	35	33	30	41	36	34	36	36	35.1		
B8	27	36	31	41	36	36	36	36	30	28	33.7		
B9	32	36	29	32	31	36	30	28	36	30	32.0		
B10	29	30	35	34	36	36	32	29	34	36	33.1		

表 3-9 臺中港 8A 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：臺中港		碼頭編號：8A 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 65 年		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：250 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-13 m 目前：-13 m	
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪(穀類) <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主體 結構 破壞 檢測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	1	3	6
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	2	2	3	12	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 18/19=1.0$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	0	0	3	0
	擋車牆	0	0	2	0
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0/7 = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 18 / (19+7) = 0.7$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2009 年 8 月					

3.4.2 臺中港 9 號碼頭

1. 碼頭基本資料：

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 260 m，寬 27.0m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 6 隻直樁及 4 隻斜樁支撐面版，後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖 3.15 所示，結構型式如圖 3.18 所示，以靠泊貨櫃船隻為主，碼頭現況情形如圖 3.19 所示。

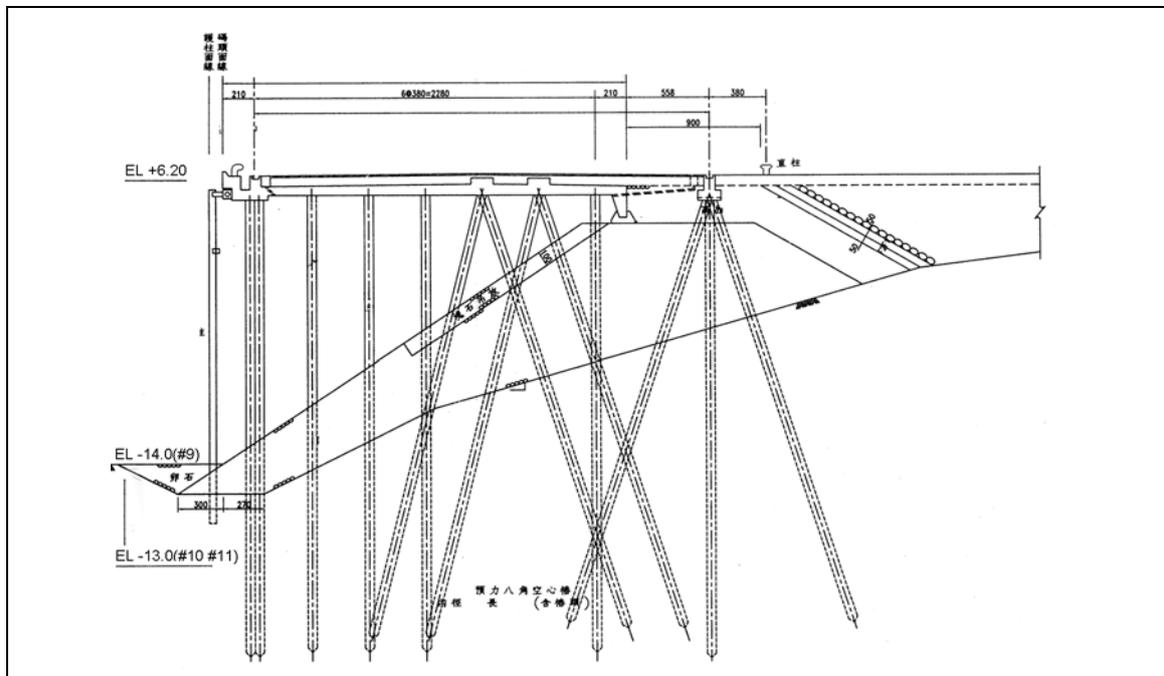


圖 3.18 臺中港 9 至 11 號碼頭結構型式



圖 3.19 臺中港 9 號碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 整體結構變形及構造主結構體檢測：

本次檢測項目及其相關 D.E.R. 評估值之決定如下：

- (1) 碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。

- (2)碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (3)碼頭面版檢測：本座碼頭面版出現少數裂縫及材質劣化現象，但無明顯沉陷情形，故 D 值=1，E=2，R=3。
- (4)混凝土強度檢測：本座碼頭岸壁進行混凝土試錘試驗，藉由反彈值推估混凝土表面硬度，並將表面硬度推算為混凝土強度，試驗結果混凝土強度約為 281 kgf/cm^2 (如表 3-10)，大於設計強度之 210 kgf/cm^2 ，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
- (5)保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故雖未針對碼頭岸壁進行保護層厚度檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
- (6)鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未實施此檢測項目。
- (7)鋼板腐蝕檢測：本座碼頭非鋼板樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故未實施此檢測項目。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，但有出現輕微差異沉陷，故 D 值=1，E=1，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 3-11 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，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

3. 非主結構體檢測

- (1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=2，R=3。

- (3)擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆發現多處劣損龜裂及破壞情形，初檢評估結果為：D 值=2，E=2，R=2。
- (4)給水排水設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (5)照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (7)貨櫃起重機軌道：本座碼頭靠海側軌道少數發生金屬片扭曲及變形，軌道旁混凝土面有凹陷現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=2，R=3。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-11 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 2.6，大於 2.0 但小於 4.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能雖仍完整，不影響主結構體正常運作，但部份項目必需進行必要維護及檢修。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 1.4，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-10 臺中港 9 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果

位置	反彈值										平均值	總平均值	推估強度 kgf/cm ²
A1	33	29	29	32	36	28	35	32	36	30	32.0	32.59	281
A2	36	36	32	36	30	32	33	36	30	32	33.3		
A3	30	36	32	36	30	36	32	36	32	36	33.6		
A4	36	32	36	30	34	32	30	36	34	31	33.1		
A5	34	34	36	32	36	30	29	34	32	32	32.9		
A6	34	32	35	33	29	29	30	36	32	36	32.6		
A7	38	36	31	32	36	32	36	31	35	31	33.8		
A8	32	36	31	36	31	36	31	29	36	28	32.6		
A9	36	36	33	32	36	31	32	36	31	42	34.5		
A10	31	28	32	36	36	36	36	31	29	31	32.6		
B1	34	33	31	32	27	30	36	31	31	30	31.5		
B2	32	33	30	36	28	31	36	33	30	32	32.1		
B3	35	27	30	31	32	30	39	33	40	41	33.8		
B4	36	31	32	32	36	32	31	30	33	32	32.5		
B5	28	32	33	32	36	32	30	35	31	37	32.6		
B6	34	32	29	34	32	33	26	28	30	32	31.0		
B7	26	32	31	29	35	34	32	35	29	35	31.8		
B8	32	36	33	31	30	30	32	31	34	32	32.1		
B9	30	31	30	32	32	31	34	33	30	35	31.8		
B10	32	30	36	28	31	30	32	32	33	31	31.5		

表 3-11 臺中港 9 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：臺中港		碼頭編號：9 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 65 年		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標 高：+6.20 m	長度：250 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-13 m 目前：-13 m	
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪 (油品、糖密等液體) <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	2	3	9
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼板腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	1	1	3	6	
主體結構破壞評估		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 15/19=0.8$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	1	2	3	9
	擋車牆	2	2	2	8
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	貨櫃起重機軌道	1	2	3	9
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 26/10=2.6$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = (15+26) / (19+10) = 1.4$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2009 年 9 月					

3.4.3 臺中港 10 號碼頭

1. 碼頭基本資料：

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 250 m，寬 20 m，設計水深為-13 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 6 隻直樁及 4 隻斜樁支撐面版，並於後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖 3.15 所示，結構型式同臺中港 9 號碼頭（如圖 3.18），以靠泊貨櫃船隻為主。碼頭現況情形如圖 3.20 所示。



圖 3.20 臺中港 10 號碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 整體結構變形及構造主結構體檢測：

本次檢測項目及其相關 D.E.R. 評估值之決定如下：

- (1) 碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (2) 碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (3) 碼頭面版檢測：本座碼頭面版出現少數裂縫及材質劣化現象，但無明顯沉陷情形，故 D 值=1，E=2，R=3。
- (4) 混凝土強度檢測：本座碼頭岸壁進行混凝土試錘試驗，藉由反彈值推估混凝土表面硬度，並將表面硬度推算為混凝土強度，試驗結果混凝土強度約為 286 kgf/cm²（如表 3-12），大於設計強度之 210 kgf/cm²，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
- (5) 保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故雖未針對碼頭岸壁進行保護層厚度檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
- (6) 鋼筋腐蝕探測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (7) 鋼板腐蝕檢測：本座碼頭非鋼板樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故未實施此檢測項目。
- (8) 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，但有出現輕微差異沉陷，故 D 值=1，E=1，R=3。

整體結構變形及構造主結構體檢測部份，其個別估計值均列於表 3-13 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，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

3. 非主結構體檢測

- (1) 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出

現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

- (2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=1，R=3。
- (3)擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆材質表面未發生明顯龜裂或變形，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (4)給水排水設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (5)照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (7)貨櫃起重機軌道：本座碼頭靠海側軌道少數發生金屬片扭曲及變形，軌道旁混凝土面有凹陷現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=1，R=3。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-13 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.8，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 1.2，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-12 臺中港 10 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果

位置	反彈值										平均值	總平均值	推估強度 kgf/cm ²
A1	31	32	36	35	33	32	36	31	33	30	32.9	33.00	286
A2	33	33	38	34	32	34	36	32	29	39	34.0		
A3	32	35	30	31	32	30	32	38	33	30	32.3		
A4	27	38	38	32	34	37	31	42	33	33	34.5		
A5	31	33	38	32	31	32	30	34	34	29	32.4		
A6	32	34	36	32	34	36	36	37	32	36	34.5		
A7	32	30	37	37	31	36	32	40	29	36	34.0		
A8	34	36	40	29	32	32	29	37	34	32	33.5		
A9	31	31	37	28	32	31	28	42	30	31	32.1		
A10	31	30	42	31	32	36	31	31	36	30	33.0		
B1	32	29	31	36	37	36	36	32	33	31	33.3		
B2	32	34	36	33	29	36	33	32	31	36	33.2		
B3	34	34	33	31	35	32	31	31	32	31	32.4		
B4	31	31	31	33	31	36	30	35	32	31	32.1		
B5	30	32	30	35	34	34	35	34	34	36	33.4		
B6	33	30	35	34	33	33	36	35	31	32	33.2		
B7	32	29	29	36	31	36	32	33	33	31	32.2		
B8	30	34	31	33	37	36	32	37	31	29	33.0		
B9	30	34	35	31	31	32	32	34	31	31	32.1		
B10	31	36	30	32	32	29	35	35	28	31	31.9		

表 3-13 臺中港 10 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：臺中港		碼頭編號：10 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 65 年		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標 高：+6.20 m	長度：250 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-13 m 目前：-13 m	
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪 <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主體 結構 破壞 檢測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	2	3	9
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	----
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	1	1	3	6	
主體結構破壞評估		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 15/19=0.8$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	1	1	3	6
	擋車牆	1	2	2	6
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	貨櫃起重機軌道	1	1	3	6
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 18/10= 1.8$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = (15+18) / (19+10) = 1.2$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2009 年 9 月					

3.4.4 臺中港 11 號碼頭

1. 碼頭基本資料：

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 200 m，寬 20.0m，設計水深為-11 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 6 隻直樁及 4 隻斜樁支撐面版，並於後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖 3.15 所示。結構型式同臺中港 9 號碼頭（如圖 3.18），以靠泊貨櫃船隻為主。碼頭現況情形如圖 3.21 所示。



圖 3.21 臺中港 11 號碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 整體結構變形及構造主結構體檢測：

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

- (1)碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (2)碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (3)碼頭面版檢測：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=2，R=3。
- (4)混凝土強度檢測：本座碼頭岸壁進行混凝土試錘試驗，藉由反彈值推估混凝土表面硬度，並將表面硬度推算為混凝土強度，試驗結果混凝土強度約為 282 kgf/cm²（如表 3-14），大於設計強度之 210 kgf/cm²，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
- (5)保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，故雖未針對碼頭岸壁進行保護層厚度檢測，但推估 D 值=0，E=0，R=2。
- (6)鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未針對鋼筋腐蝕進行檢測。
- (7)鋼版腐蝕檢測：本座碼頭非鋼板樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故並未實施此檢測項目。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，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 3-15 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，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

3. 非主結構體檢測

- (1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=1，R=3。
- (3)擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆材質表面部分發生撞損龜裂或變形現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=2，R=2。
- (4)給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (5)照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (7)貨櫃起重機軌道：本座碼頭靠海側軌道少數發生金屬片扭曲及變形，軌道旁混凝土面有凹陷現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=1，R=3。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-15 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.8，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.9，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-14 臺中港 11 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果

位置	反彈值										平均值	總平均值	推估強度 kgf/cm ²
A1	30	31	32	30	36	37	31	32	33	36	32.8	32.71	282
A2	32	27	33	30	36	32	30	33	36	36	32.5		
A3	36	36	32	34	29	40	36	36	32	30	34.1		
A4	32	33	31	32	30	30	32	32	35	31	31.8		
A5	32	30	31	32	36	32	27	35	35	30	32.0		
A6	36	31	30	36	36	30	30	31	32	36	32.8		
A7	36	31	36	36	36	32	34	29	30	36	33.6		
A8	32	31	36	30	30	32	35	32	36	32	32.6		
A9	31	33	32	30	36	36	36	32	40	36	34.2		
A10	36	30	31	36	36	30	28	32	30	30	31.9		
B1	36	36	30	36	32	27	33	30	36	36	33.2		
B2	32	36	36	32	31	33	30	32	36	36	33.4		
B3	31	32	36	31	31	36	36	36	32	32	33.3		
B4	34	29	32	33	30	32	34	34	36	31	32.5		
B5	30	30	32	33	32	31	31	36	30	32	31.7		
B6	33	30	30	31	32	30	30	30	31	32	30.9		
B7	38	32	36	36	32	34	29	28	32	32	32.9		
B8	32	30	31	32	32	31	31	30	32	32	31.3		
B9	36	36	36	32	34	36	36	32	30	28	33.6		
B10	29	29	32	29	36	36	32	34	28	27	31.2		

表 3-15 臺中港 11 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：臺中港		碼頭編號：11 號		
	建造日期：		啟用日期：民國 65 年		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標 高：+6.20 m	長度：250 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-11 m 目前：-11 m	
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪（糖蜜等液體） <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整 體 結 構 變 形 及 主 結 構 體 破 壞 檢 測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	2	3	9
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	0	0	3	0	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 9/19=0.5$			
非 主 結 構 設 施 破 壞 檢 測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	1	1	3	6
	擋車牆	1	2	2	6
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	貨櫃起重機軌道	1	1	3	6
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 18/10=1.8$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = (9+18)/(19+10)= 0.9$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、何木火 檢測時間：2009 年 9 月					

3.4.5 蘇澳港 10 號碼頭

1. 碼頭基本資料：

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 3.22 及圖 3.23 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。碼頭現況情形示如圖 3.24 所示。



圖 3.22 蘇澳港 10 至 12 號碼頭位置示意圖

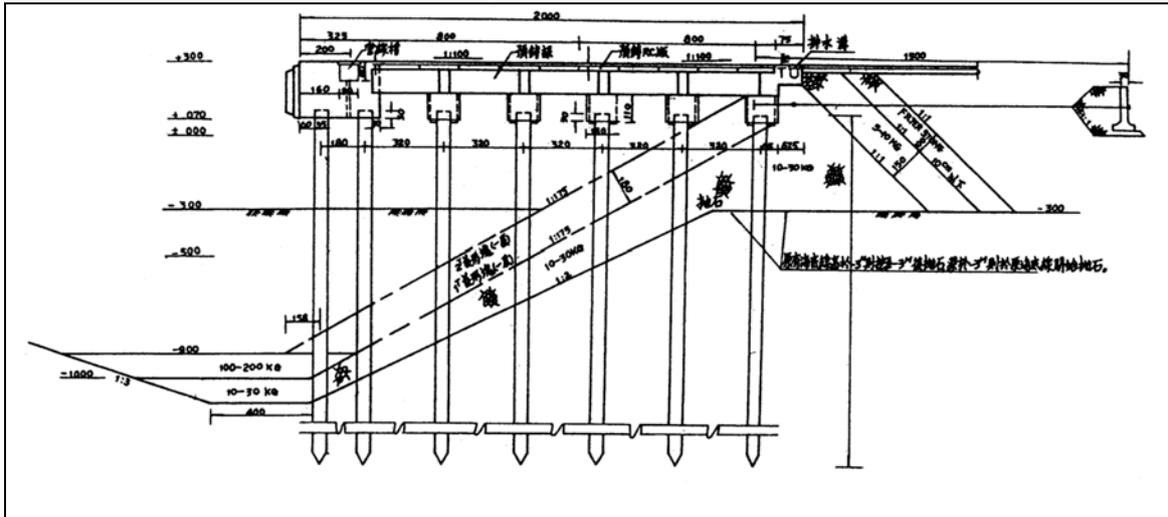


圖 3.23 蘇澳港 10 至 12 號碼頭結構型式



圖 3.24 蘇澳港 10 號碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 整體結構變形及構造主結構體檢測：

本次檢測項目及其相關 D. E. R. 評估值之決定如下：

- (1)碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (2)碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (3)碼頭面版檢測：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：本座碼頭岸壁進行混凝土試錘試驗，試驗結果混凝土強度約為 381 kgf/cm²（如表 3-16），大於設計強度之 210 kgf/cm²，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
- (5)保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推斷混凝土保護層厚度對於碼頭之破壞無直接關係，故並未針對保護層厚度做檢測。
- (6)鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未針對鋼筋腐蝕進行檢測。
- (7)鋼板腐蝕檢測：本座碼頭非鋼板樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故並未實施此檢測項目。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，但有出現輕微差異沉陷，故 D 值=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 3-17 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.3，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。

3. 非主結構體檢測

- (1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出

現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

- (2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
- (3)擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭未設計擋車牆，未進行評估。
- (4)給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (5)照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-17 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.4，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.2，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-16 蘇澳港 10 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果

位置	反彈值										平均值	總平均值	推估強度 kgf/cm ²
A1	43	40	42	40	40	45	44	40	39	40	41.3	39.6	381
A2	44	40	42	43	44	39	36	46	44	44	42.2		
A3	46	42	42	44	46	46	40	44	40	45	43.5		
A4	45	40	42	44	46	46	46	46	46	38	43.9		
A5	40	42	42	40	42	38	44	38	35	38	39.9		
A6	40	44	42	40	40	39	34	42	43	38	40.2		
A7	34	46	41	40	44	40	40	33	36	42	39.6		
A8	45	42	45	39	39	44	43	39	39	44	41.9		
A9	40	44	46	45	41	42	46	42	40	40	42.6		
A10	44	41	43	41	36	44	46	40	40	37	41.2		
B1	36	40	36	40	38	35	36	40	36	33	37.0		
B2	42	40	41	32	36	39	43	45	40	34	39.2		
B3	43	42	37	40	40	33	34	37	36	32	37.4		
B4	33	38	43	41	40	43	36	39	40	44	39.7		
B5	38	39	40	41	38	44	38	38	37	32	38.5		
B6	32	32	37	39	36	34	33	37	37	32	34.9		
B7	35	40	31	40	36	41	36	34	34	37	36.4		
B8	36	36	34	44	34	30	38	36	42	43	37.3		
B9	34	40	40	36	40	37	32	37	42	40	37.8		
B10	38	37	42	40	41	38	30	39	37	32	37.4		

表 3-17 蘇澳港 10 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：蘇澳港		碼頭編號：10 號		
	建造日期：		啟用日期：66 年 6 月		
	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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪（水泥等） <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	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
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	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼板腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	0	0	3	0	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 6/19=0.3$			
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	----	----	----	----
	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		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0/7=0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = (6+0)/(19+7)=0.2$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、李昭明 檢測時間：2009 年 8 月					

3.4.6 蘇澳港 11 號碼頭

1. 碼頭基本資料：

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 3.22 及圖 3.23 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。碼頭現況情形示如圖 3.25 所示。



圖 3.25 蘇澳港 11 號碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 整體結構變形及構造主結構體檢測：

本次檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

- (1)碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (2)碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (3)碼頭面版檢測：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：本座碼頭岸壁進行混凝土試錘試驗，試驗結果

混凝土強度約為 366 kgf/cm^2 (如表 3-18)，大於設計強度之 210 kgf/cm^2 ，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。

- (5)保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土部份因無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推斷混凝土保護層厚度對於碼頭之破壞無直接關係，故 D 值=0，E=0，R=2。
- (6)鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未針對鋼筋腐蝕進行檢測。
- (7)鋼版腐蝕檢測：本座碼頭非鋼板樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故未實施此檢測項目。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，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 3-19 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.4，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。

3. 非主結構體檢測

- (1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料均未有出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。
- (3)擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭未設計擋車牆，未進行評估。
- (4)給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (5)照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

(6)油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-19 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.4，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.2，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-18 蘇澳港 11 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果

位置	反彈值										平均值	總平均值	推估強度 kgf/cm ²
A1	37	36	40	32	36	36	43	35	39	39	37.3	38.6	366
A2	37	32	42	41	36	36	34	30	33	35	35.6		
A3	42	37	34	38	41	42	37	37	32	32	37.2		
A4	35	36	38	40	34	38	38	45	36	35	37.5		
A5	32	38	40	42	38	36	38	32	35	32	36.3		
A6	34	44	34	36	36	36	34	42	43	43	38.2		
A7	42	45	40	38	38	42	33	34	39	42	39.3		
A8	44	44	40	34	38	34	43	39	41	40	39.7		
A9	31	35	32	36	38	36	33	42	39	36	35.8		
A10	37	35	37	42	40	42	37	38	36	46	39.0		
B1	36	38	38	28	38	39	40	37	37	43	37.4		
B2	40	40	42	38	37	46	42	37	33	35	39.0		
B3	34	36	38	35	30	36	38	39	40	39	36.5		
B4	36	38	39	36	39	40	42	45	35	43	39.3		
B5	37	37	42	39	42	36	37	36	38	38	38.2		
B6	37	40	42	42	36	40	39	45	40	42	40.3		
B7	38	44	46	48	43	41	39	41	43	49	43.2		
B8	39	39	43	45	44	40	42	38	44	46	42.0		
B9	38	39	40	40	41	39	43	43	41	40	40.4		
B10	37	37	40	43	37	39	37	45	41	37	39.3		

表 3-19 蘇澳港 11 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：蘇澳港		碼頭編號：11 號		
	建造日期：		啟用日期：66 年 6 月		
	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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪（水泥等） <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整 體 結 構 變 形 及 主 結 構 體 破 壞 檢 測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	1	3	6
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	----	----	2	----
	鋼筋腐蝕探測	----	----	2	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	3	----
岸肩伸縮縫	0	0	3	0	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 6/19 = 0.3$			
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	----	----	----	----
	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	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0/7 = 0.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = (6+0)/(19+7) = 0.2$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、李昭明 檢測時間：2009 年 8 月					

3.4.7 蘇澳港 12 號碼頭

1. 碼頭基本資料：

本座碼頭全長 200 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 3.22 及圖 3.23 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。碼頭現況情形示如圖 3.26 所示。



圖 3.26 蘇澳港 12 號碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 整體結構變形及構造主結構體檢測：

本次檢測項目及其相關 D.E.R. 評估值之決定如下：

- (1) 碼頭岸壁體（或堤體）檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (2) 碼頭面法線檢測：本座碼頭面法線並無明顯扭曲或變形現象，故 D 值=0，E=0，R=4。
- (3) 碼頭面版檢測：本座碼頭面版除出現一處混凝土拱起外，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：本座碼頭岸壁進行混凝土試錘試驗，試驗結果混凝土強度約為 331 kgf/cm²（如表 3-20），大於設計強度之 210 kgf/cm²，強度並無損失，故 D 值=0，E=0，R=3。
- (5) 保護層厚度：本座碼頭岸壁鋼筋混凝土部份外觀完整，推斷混凝土保護層厚度減少少於 10%，故 D 值=0，E=0，R=2。
- (6) 鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭未針對鋼筋腐蝕進行檢測。
- (7) 鋼板腐蝕檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (8) 岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位移，故 D 值=1，E=2，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 3-21 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，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

3. 非主結構體檢測

- (1) 護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (2) 繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱

位於碼頭上部份，柱體完整，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(3)擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭部分擋車牆材質表面發現遭撞損，初檢評估結果為：D 值=2，E=2，R=2。

(4)給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。

(5)照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

(6)油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-21 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。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 0.8，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-20 蘇澳港 12 號碼頭岸壁混凝土試錘試驗結果

位置	反彈值										平均值	總平均值	推估強度 kgf/cm ²
A1	38	37	39	41	40	43	32	32	36	36	37.4	36.2	331
A2	37	39	41	32	32	37	33	36	41	38	36.6		
A3	36	36	38	38	34	32	37	42	36	38	36.7		
A4	37	30	36	41	36	36	35	37	41	39	36.8		
A5	37	32	36	38	36	35	35	33	36	40	35.8		
A6	36	33	31	31	35	34	36	36	38	34	34.4		
A7	36	30	38	36	30	38	40	32	35	36	35.1		
A8	33	32	36	38	36	34	35	38	35	42	35.9		
A9	36	41	35	37	35	32	35	31	37	35	35.4		
A10	33	32	37	40	39	33	35	33	37	35	35.4		
B1	37	35	31	33	37	35	35	35	36	37	35.1		
B2	39	35	37	32	33	32	33	34	36	35	34.6		
B3	38	38	36	36	38	38	41	40	46	39	39.0		
B4	36	38	39	36	39	40	42	45	35	43	39.3		
B5	37	34	39	35	36	36	40	44	36	38	37.5		
B6	32	37	38	40	38	36	36	37	36	39	36.9		
B7	33	37	35	35	35	38	38	28	38	36	35.3		
B8	33	43	35	36	33	38	41	31	35	44	36.9		
B9	40	37	36	37	40	45	39	36	35	35	38.0		
B10	28	31	32	32	32	35	30	35	30	28	31.3		

表 3-21 蘇澳港 12 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：蘇澳港		碼頭編號：12 號		
	建造日期：		啟用日期：66 年 6 月		
	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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪（水泥等） <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	無			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	0	0	4	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	1	3	6
	混凝土強度	0	0	3	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	1	2	3	9	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 15/19 = 0.8$			
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	2	2	2	8
	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	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 8/9 = 0.9$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = (18+8)/(19+9) = 0.8$			
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、李昭明 檢測時間：2009 年 8 月					

3.4.8 高雄港 71 號碼頭

1. 碼頭基本資料：

本座碼頭全長 280 m，寬 19.0m，設計水深為-14.0 m，主要結構型式係以每排 3 隻直樁及 5 隻斜樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 3.27 及圖 3.28 所示。以靠泊貨輪，以載運水泥為主。碼頭現況情形示如圖 3.29 所示。

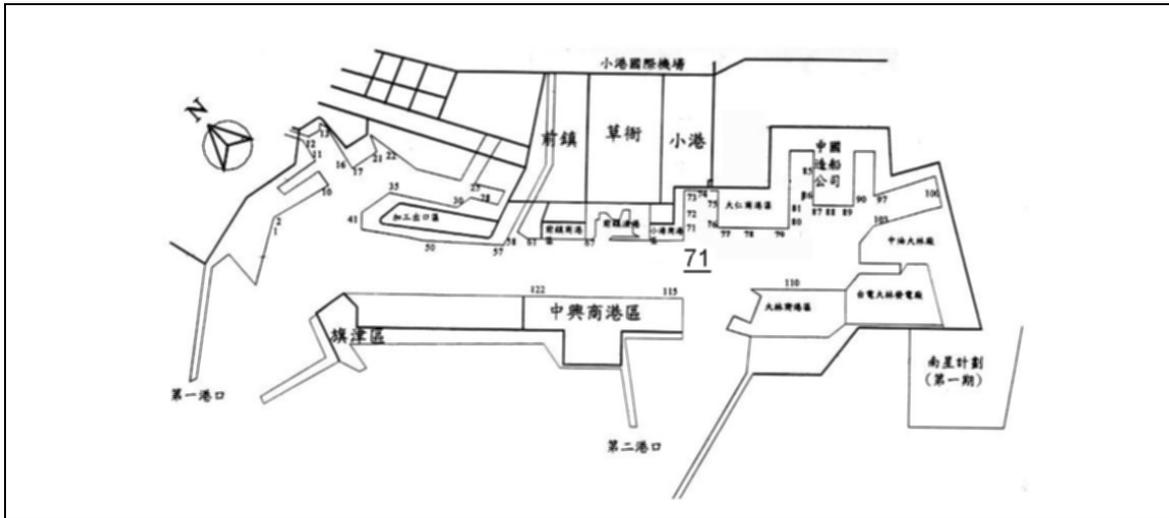


圖 3.27 高雄港 71 號碼頭位置圖

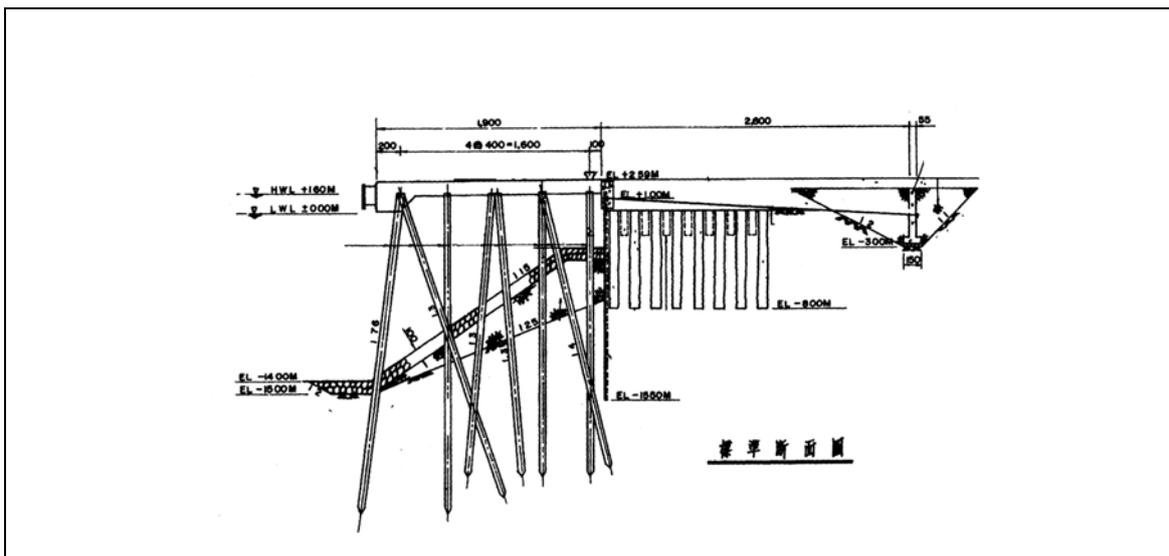


圖 3.28 高雄港 71 號碼頭結構型式



圖 3.29 高雄港 71 號碼頭上部結構檢測項目相關照片

2. 主結構體檢測評估結果：

本次檢測項目及其相關 D. E. R. 評估值之決定如下：

- (1)碼頭岸壁體檢測：檢測重點包含是否傾斜、破損、位移等。本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，但繫船柱外側之岸壁以重錘垂直落下方式觀測壁體是否傾斜，發現壁體有向海側外移約 1-3cm 之跡象，不影響碼頭使用之結構安全及功能； 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。本座碼頭以目視觀測，碼頭面之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：構造物當無重大明顯的破壞發生時，或重大明顯的破壞發生原因不明確時，一般混凝土強度可先視為與設計強度相當，即強度損失不大或可忽略，本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略。
- (5)保護層厚度：本座碼頭鋼筋混凝土未發現因內部鋼筋腐蝕或與混凝土材料劣化可能造成之破壞行為，且表面無嚴重磨損跡象，混凝土保護層厚度並無明顯損失，故 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，故並未實施此檢測項目。
- (7)鋼材腐蝕檢測：本座碼頭非鋼板（管）樁等具腐蝕特性之材料所組成，故並未實施此檢測項目。
- (8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩與護岸間之伸縮縫出現寬約 10 cm 縫隙，接縫處雜屑堆積，研判應為碼頭壁體向海側傾斜所致，惟

不影響碼頭使用之結構安全及功能，故 D 值=2，E=4，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 3-22 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.1，小於 2.0 之值，顯示結構體安全，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

3. 非主結構體檢測評估結果

本次檢測項目及其相關 D.E.R. 評估值之決定如下：

- (1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材表面未發現材質有褪色等劣化情形，研判靠船時應無龜裂現象，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，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，初檢評估結果為：D 值=1，E=1，R=2。
- (3)擋車牆破損或變形情形檢測：本座碼頭擋車牆材質表面之混凝土雖有劣化脫落及內部鋼筋外露腐蝕生銹等現象，但基座無崩塌情形，初檢評估結果為：D 值=2，E=2，R=2。
- (4)給水排水設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (5)照明設備：本座碼頭未進行評估此檢測項目。
- (6)油電管路檢測：本座碼頭未進行評估此檢測項目。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-22 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 2.0，不大於 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，但建議擋車牆破損應儘早修護改善。

4. 碼頭整體結構體初步檢測評估

本座碼頭整體結構之初步檢測之破壞指標為 1.4，小於 2.0 之值，顯示碼頭整體設施結構安全無虞，功能性完整良好。

表 3-22 高雄港 71 號碼頭初步檢測表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：高雄港		碼頭編號：71 號		
	建造日期：民國 65 年		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：		實際使用：	
	碼頭法線版面標 高：+2.40 m	長度：280 m 縱深：19 m	水域深度	原設計：-14 m 目前：-14 m	
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪(穀類) <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	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
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	----	----	----	----
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
岸肩伸縮縫	2	4	3	18	
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 18/16=1.1$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	2	0
	繫船柱	1	1	3	6
	擋車牆	2	2	2	8
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 14/7=2.0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = (18+14)/(16+7)=1.4$			
檢測單位：港研中心 檢測人：朱金元、柯正龍、謝明志、賴瑞應 檢測時間：98 年 5 月					

3.4.9 基隆市八斗子漁港

八斗子漁港位於基隆八斗子半島西南側，朝西北開口之海灣，距離基隆市區約 2 公里處，為早期漁船停泊避風之所。民國 57 年前臺灣省漁業局曾擬定八斗子漁港興建計畫。民國 63 年，蔣故總統經國先生任行政院長時，巡視基隆市政指示興建八斗子專用漁港，64 年 9 月正式動工興建，計畫共分兩期。第一期闢建泊地面積 16 公頃，68 年 7 月完成，並於次年完成魚市場、停車場、港區道路、給排水等岸上設施，69 年 7 月正式開放使用。第二期工程（碧砂泊區）自 69 年起擴建，主體工程 76 年完成，增建泊地面積 11 公頃。基於颱風及強烈季風期，港口繞射波浪及越波使泊地航道之穩定度不佳，故於 78-81 年度納入「第二期臺灣地區漁港建設方案」，增設突堤碼頭、縮小小型船渠入口，加拋消波塊…等工程，87 年興建西內防波堤 90 公尺及南消波堤 50 公尺，港區穩定度已有改善。目前港區泊地面積 26.8 公頃，碼頭 4,538 公尺，水深 -1.0 公尺至 -8.0 公尺間，各項公共設施齊全，為北部地區最大之漁港。主要設施如表 3-24 所示，港區平面及碼頭結構型式如圖 3.30 至圖 3.38 所示。圖 3.39 為調查時之碼頭現況。

本次調查結果顯示，漁港碼頭之設計水深除少數為 -8.0m 外，多小於 -4.5m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為 500 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。

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

表 3-23 八斗子漁港現有主要設施

設施名稱		數量
碼頭	一期泊區 (-1.0~-8.0m)	2921 m
	一期泊區 (-4.5~-8.0m)	1681 m
	小計	4602 m
泊地	一期泊區 (-5.0~-6.0m)	15.3 公頃
	一期泊區 (-5.0~-6.0m)	11.5 公頃
	小計	26.8 公頃
外廓設施	東防波堤	549 m
	西防波堤	464 m
	海堤	335 m
	內堤	202 m
陸上公共設施	魚市場(含辦公室)、漁會大樓、加油站、製冰冷凍場、給水站、整網場、檢查站、停車場、修船廠、漁產品展示中心、直銷漁市場、港區道路、公園綠地	

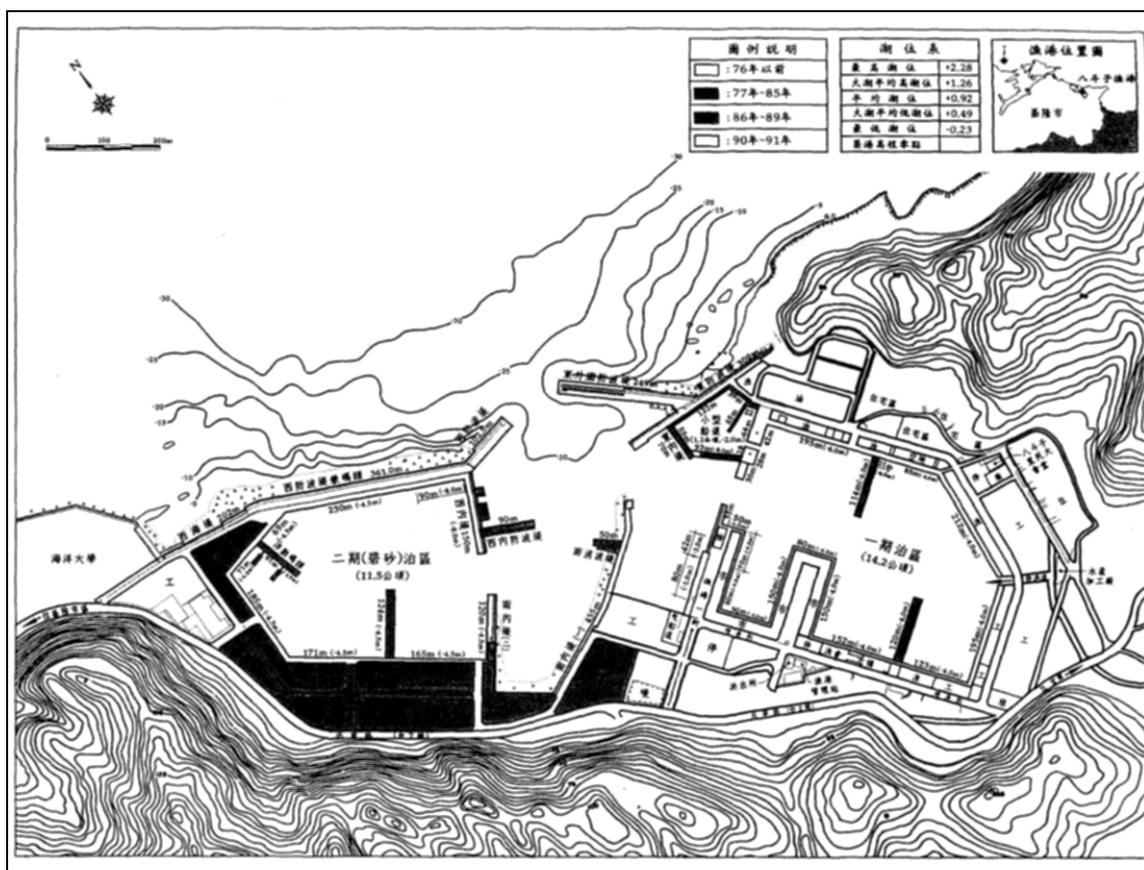


圖 3.30 八斗子漁港平面配置圖

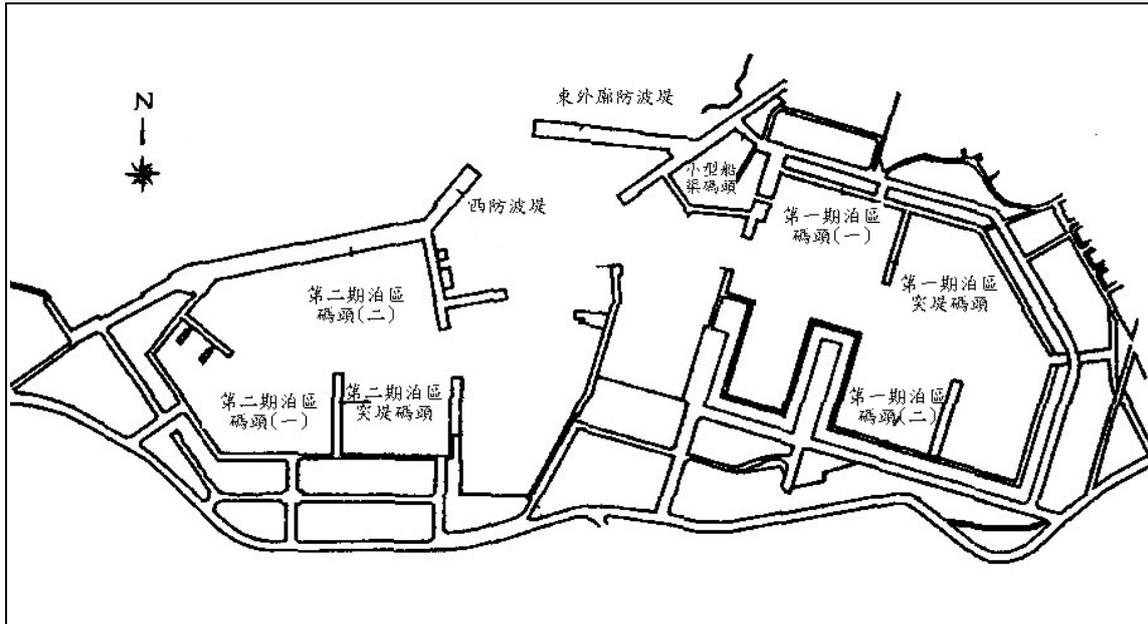


圖 3.31 八斗子漁港碼頭位置圖

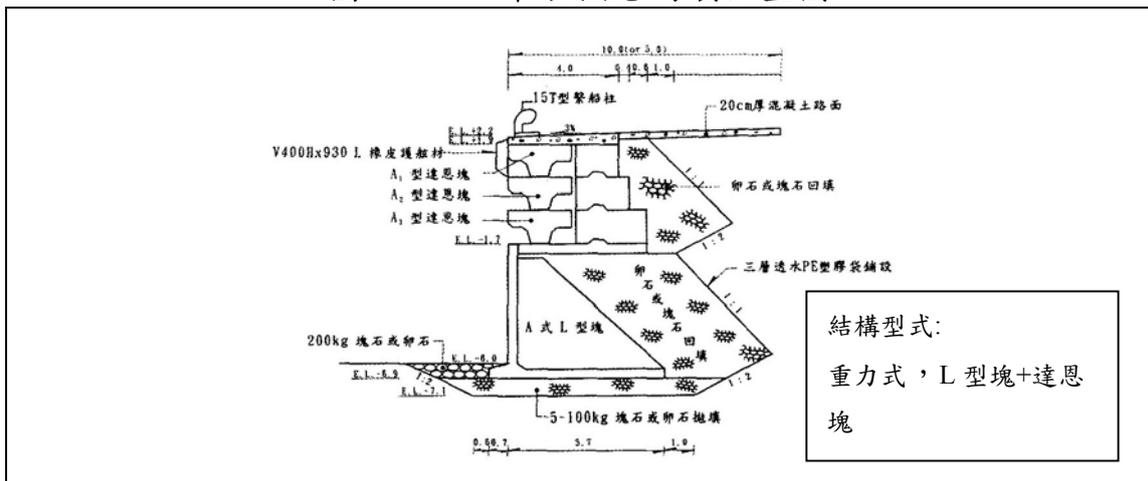


圖 3.32 八斗子漁港一期泊區碼頭（一）結構型式

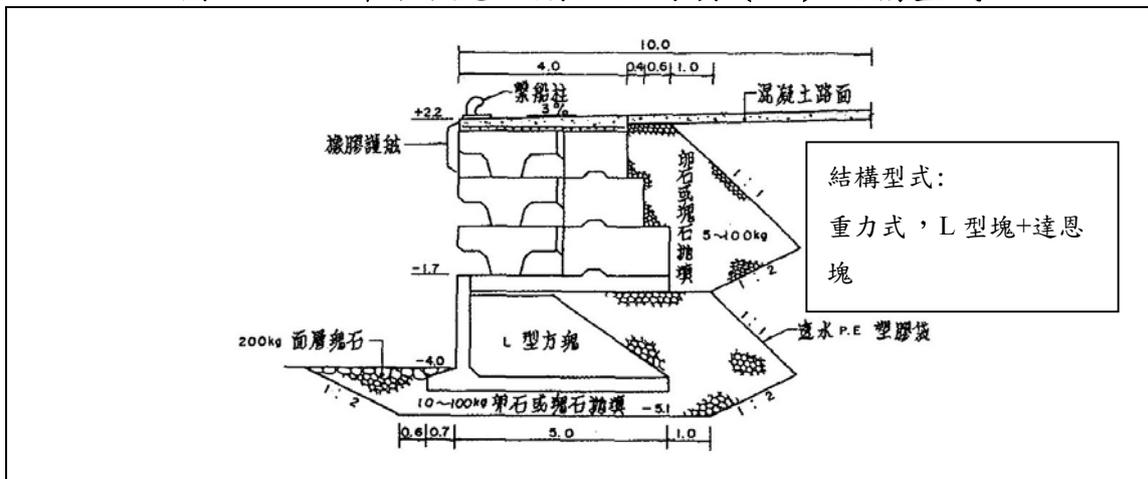


圖 3.33 八斗子漁港一期泊區碼頭（二）結構型式

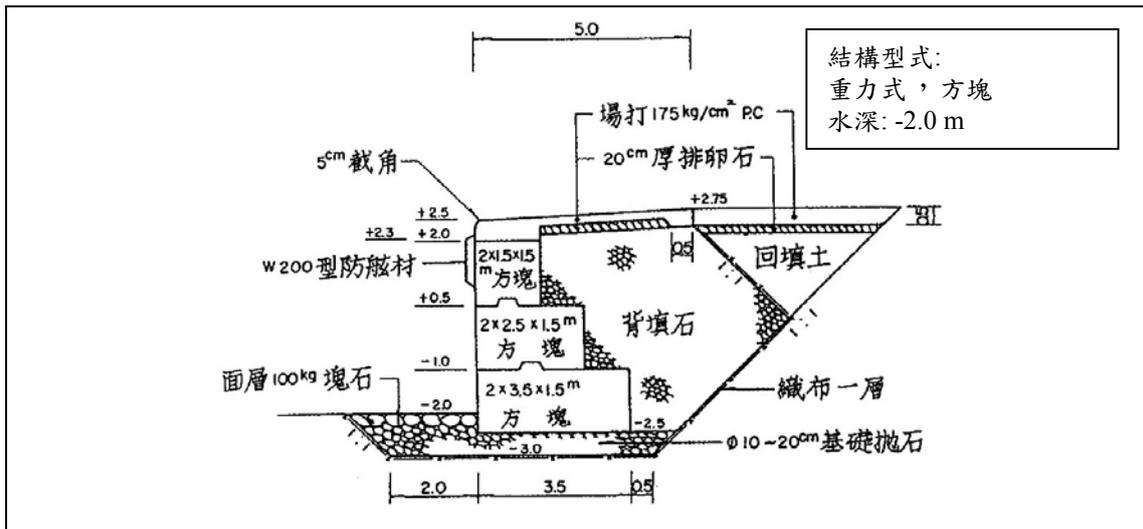


圖 3.34 八斗子漁港小型船渠碼頭結構型式

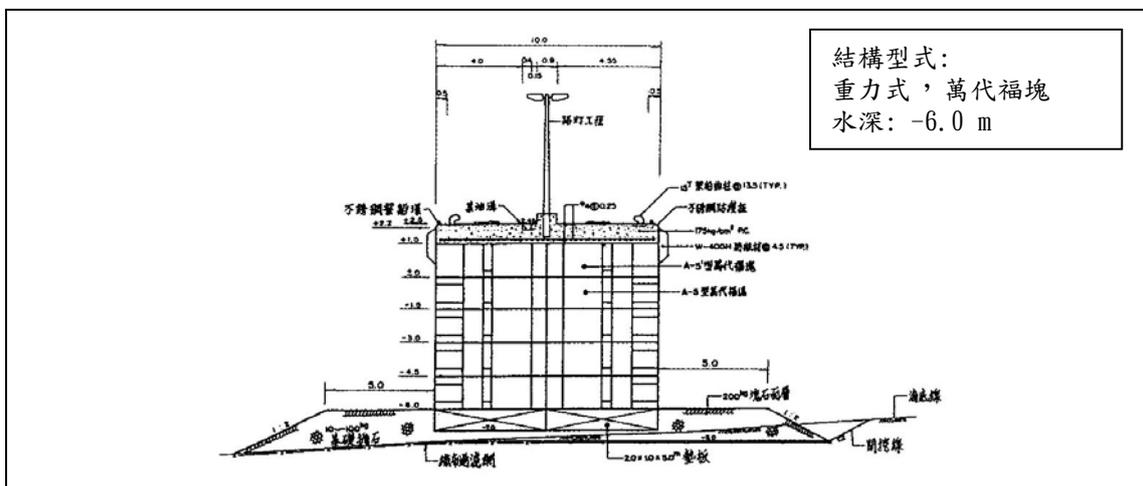


圖 3.35 八斗子漁港一期泊區突堤碼頭結構型式

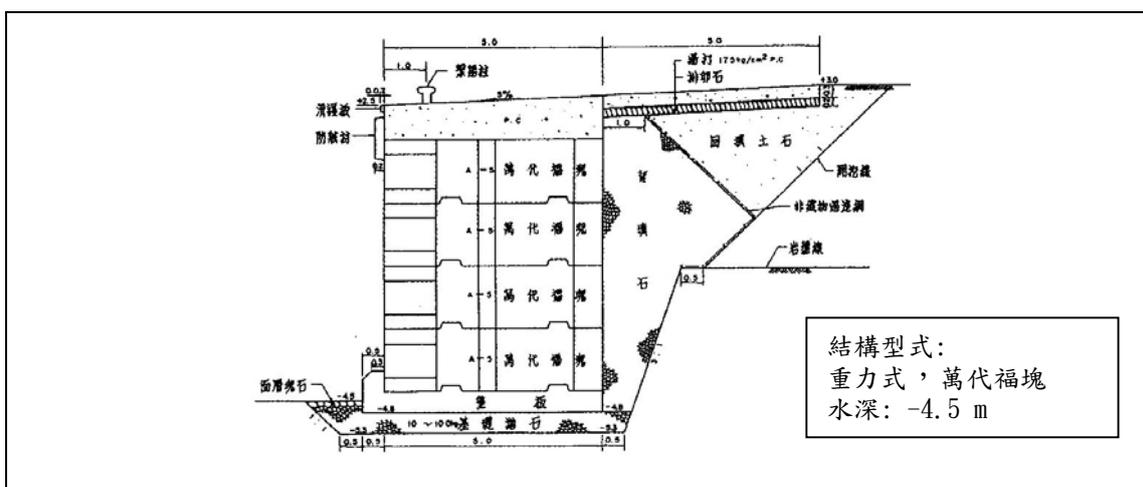


圖 3.36 八斗子漁港二期泊區碼頭（一）結構型式

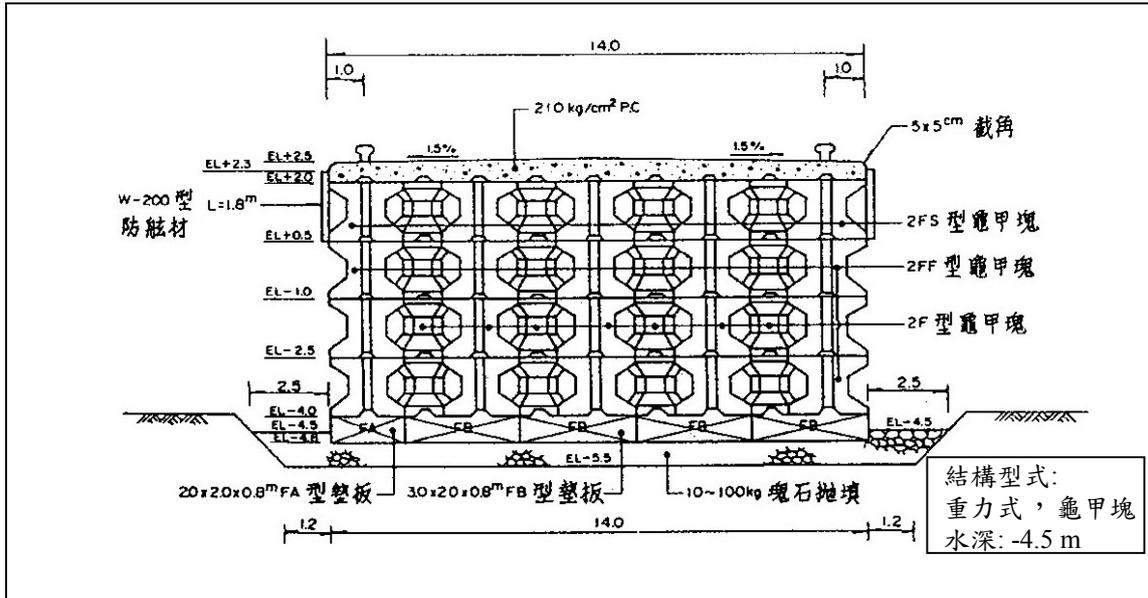


圖 3.37 八斗子漁港二期泊區突堤碼頭結構型式

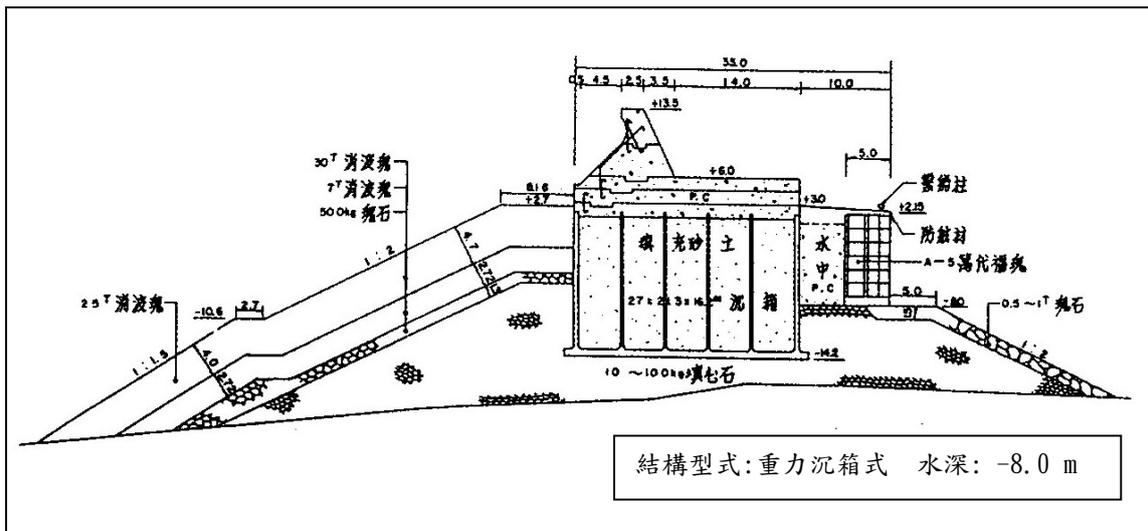


圖 3.38 八斗子漁港二期泊區碼頭（二）結構型式



圖 3.39 八斗子漁港碼頭現況(2009 年 5 月)

3.4.10 基隆市正濱漁港

正濱漁港位於基隆商港內，和平島南岸之正濱區，該港地形條件優良，日據時期已略具規模，光復後漁業發展迅速，原有碼頭漸感不敷使用，乃於民國 50 年及 52 年興建魚市場突堤 60 公尺及北側加油突堤 60 公尺。由於位處基隆商港區域內，且自民國 63 年至 85 年間處於遷港之定位之中，二十餘年來始終無法投資整建，以致港區設施大多老舊破損，僅於民國 83 年才進行正濱路南側小型船渠碼頭改善 103 公尺（水深-3.0 公尺）及八尺門泊區碼頭改善 66.6 公尺等小型整建工程。

民國 85 年政府確立保留正濱漁港作為漁業使用之政策後，為因應漁船大型化及持續基隆市漁業的發展，並提昇臺灣北部漁業基地功能，即積極推動該港之建設計畫，於 86 年完成深水碼頭之規劃，而自 86 年 11 月辦理第一期工程，並已完成水深-7.5 公尺之深水碼頭 180 公尺及臨時拍賣場一棟（面積 2,250 平方公尺），第二期工程亦已於 89 年 3 月開工，續興建深水碼頭 197 公尺，主要設施如表 3-24 所示。港區平面及碼頭結構型式如圖 3.40 至圖 3.48 所示。圖 3.49 為調查時之碼頭現況。

本次調查結果顯示，漁港碼頭之設計水深除少數為-8.0m 外，多小於-4.5m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為 500 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。

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

表 3-24 正濱漁港現有主要設施

設施名稱		數量
碼頭	正濱泊區 (-1.0~-8.0m)	1478 m
	八尺門泊區 (-4.5~-8.0m)	140 m
	小計	1618 m
泊地	正濱泊區 (-5.0~-6.0m)	15.3 公頃
	八尺門泊區 (-5.0~-6.0m)	11.5 公頃
	小計	26.8 公頃
陸上設施	臨時拍賣場、漁會大樓、檢查站、修造船廠、加油站、製冰冷凍場、曳船道	

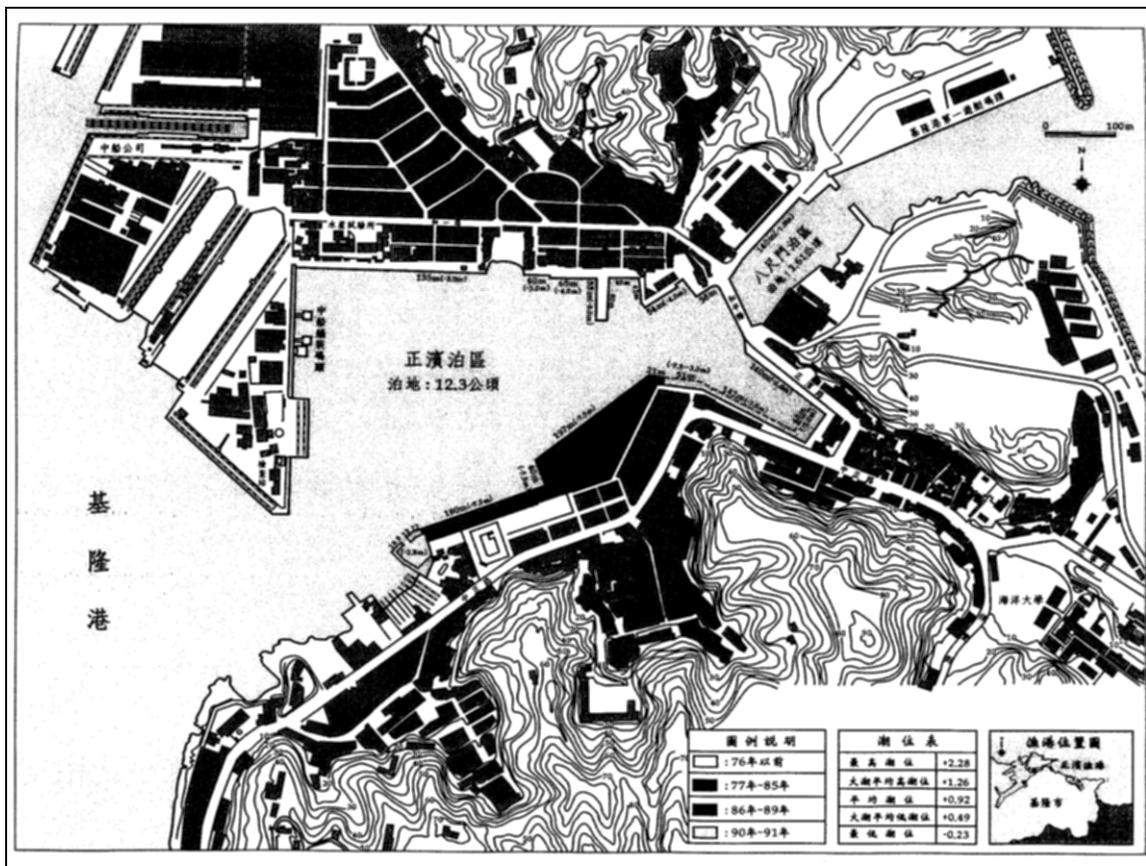


圖 3.40 正濱漁港平面配置圖

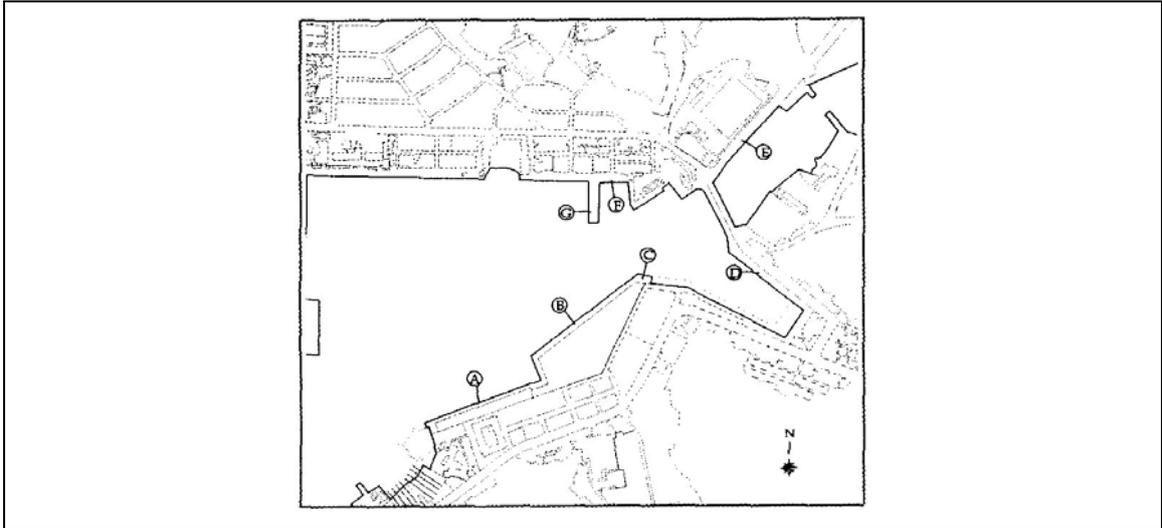


圖 3.41 正濱漁港碼頭配置示意圖

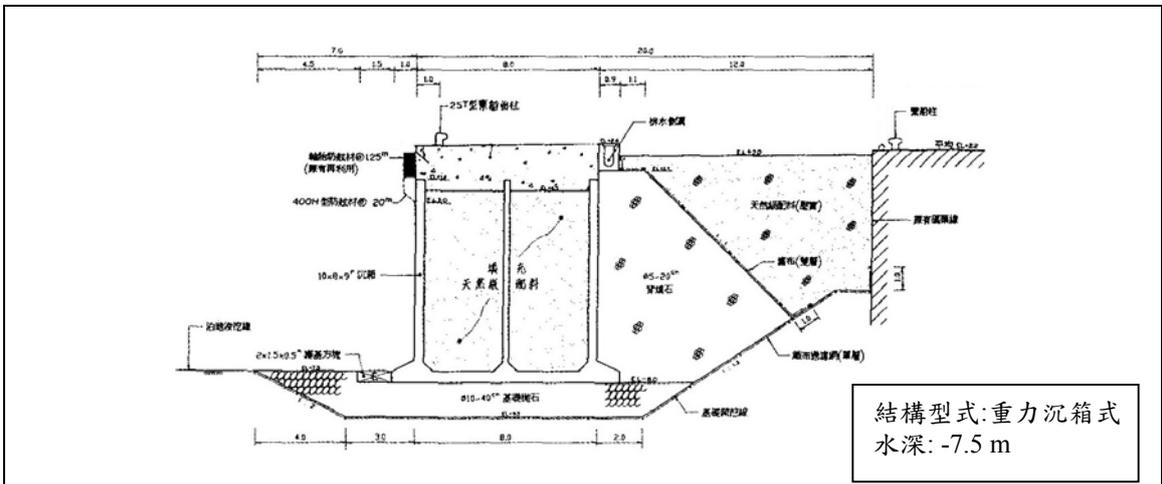


圖 3.42 正濱漁港深水碼頭(一) 結構型式 代號:A

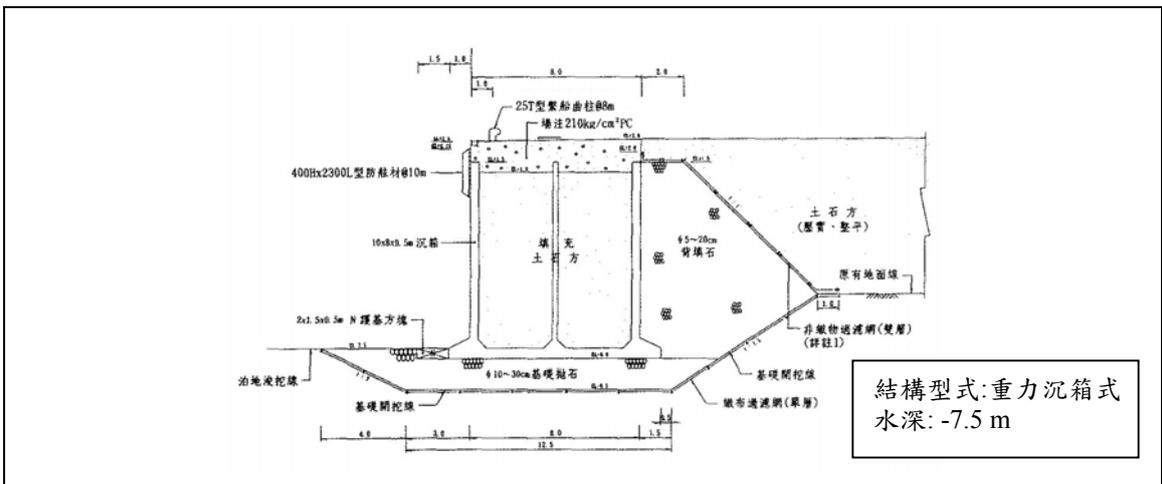


圖 3.43 正濱漁港深水碼頭(二) 結構型式 代號:B

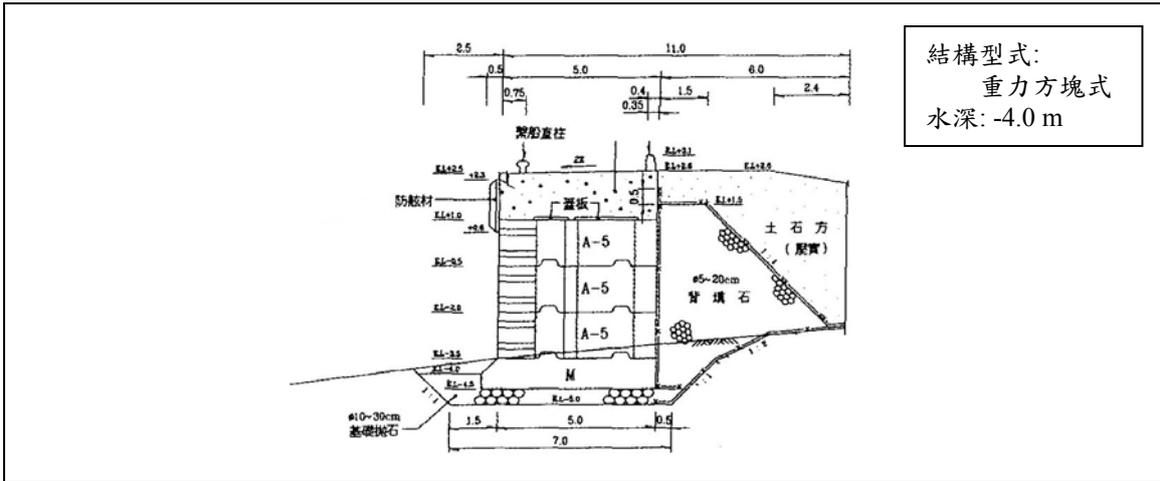


圖 3.44 正濱漁港碼頭結構型式 代號:C

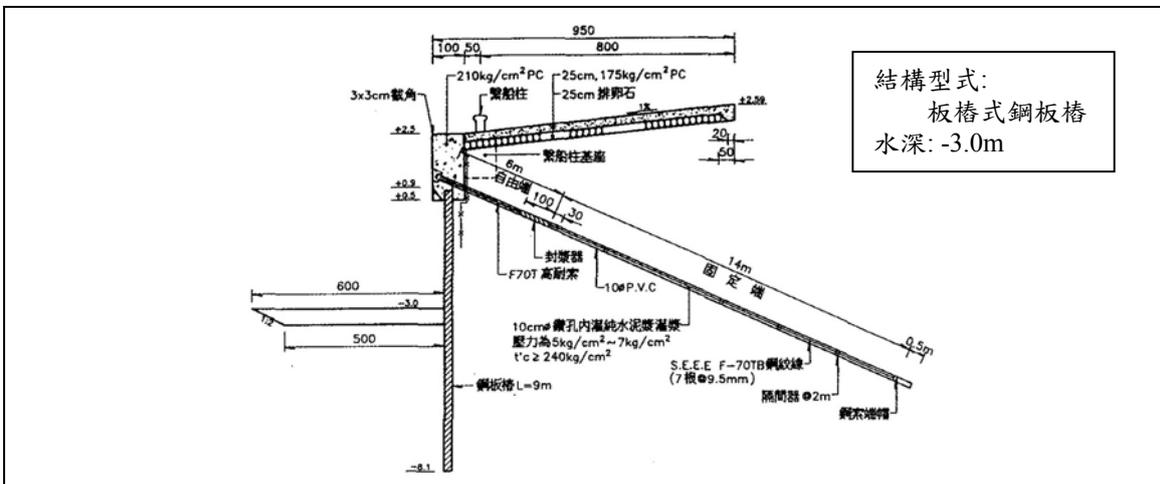


圖 3.45 正濱漁港小型船渠碼頭結構型式 代號:D

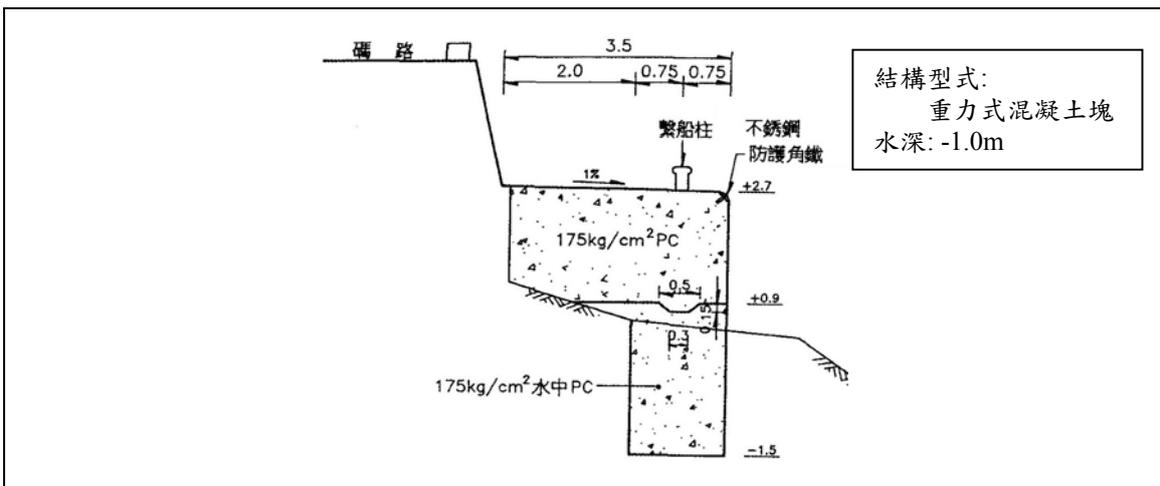


圖 3.46 正濱漁港八尺門碼頭結構型式 代號:E

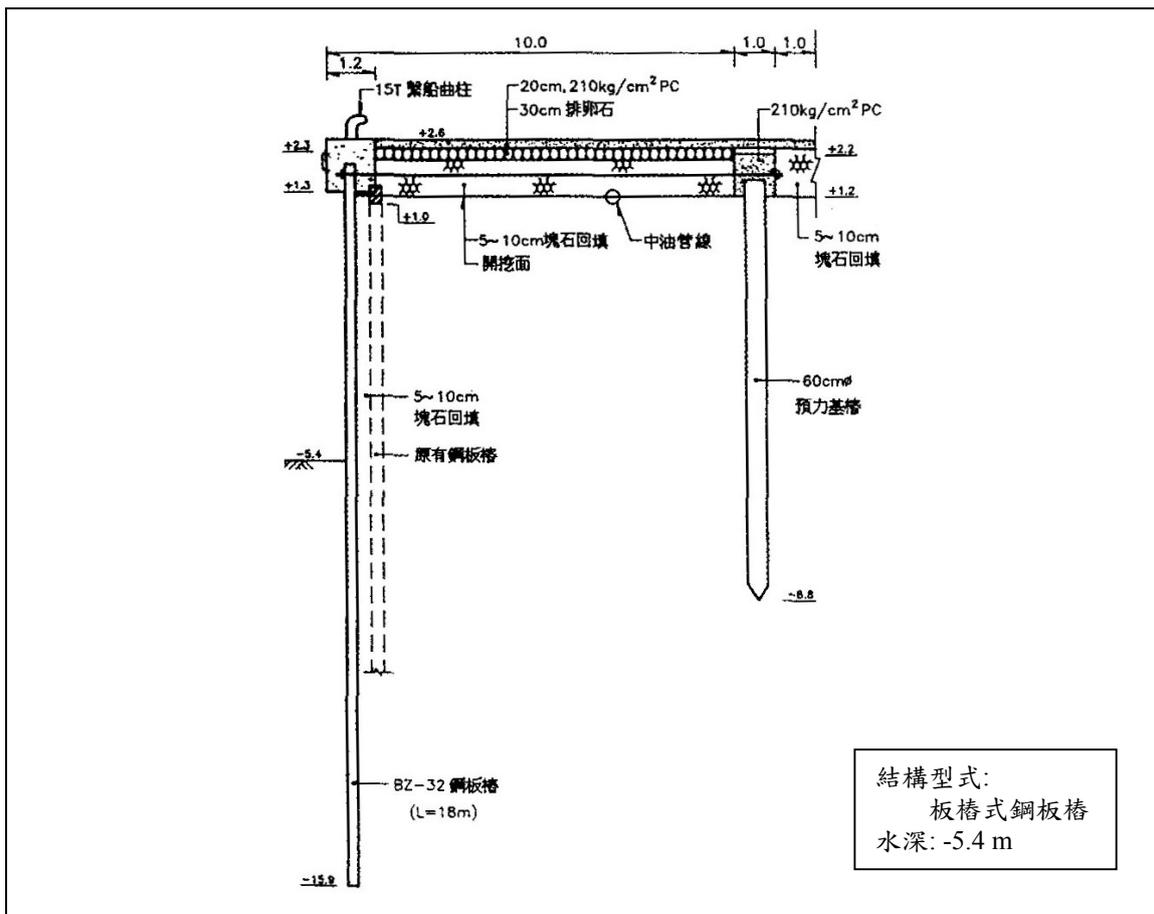


圖 3.47 正濱漁港維護碼頭結構型式 代號:F

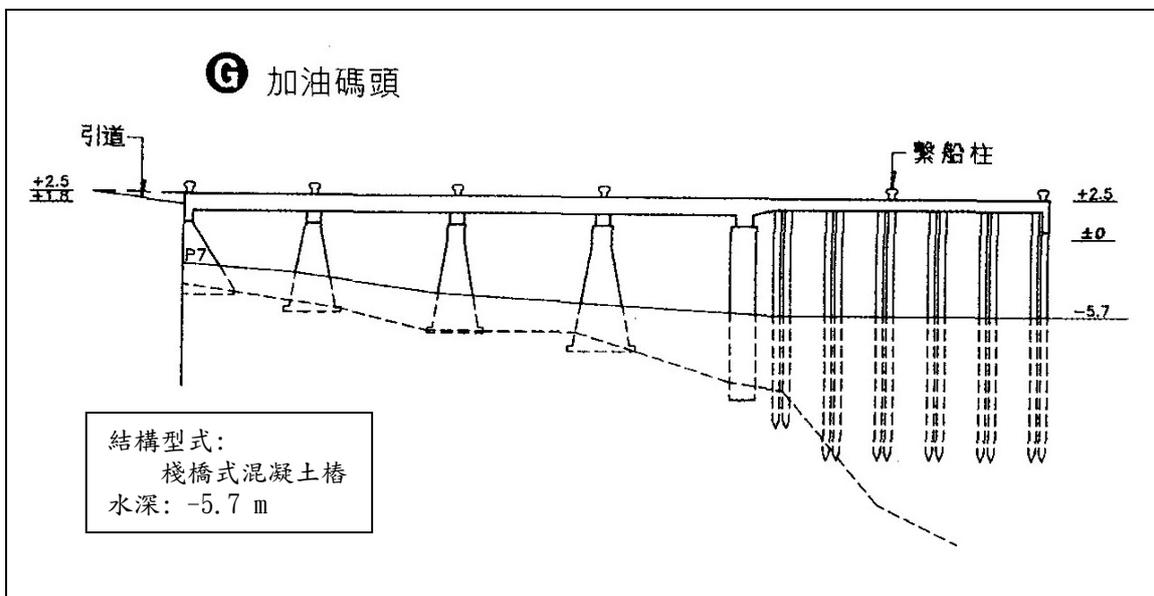


圖 3.48 正濱漁港加油碼頭結構型式 代號:G



水試所旁碼頭現況 1



水試所旁碼頭現況 2



加油碼頭上部情形



板樁式碼頭上部情形現況



八尺門碼頭現況



八尺門碼頭現況

圖 3.49 正濱漁港碼頭現況(2009 年 5 月)

3.4.11 宜蘭縣南方澳漁港

南方澳漁港位於宜蘭縣蘇澳鎮東南方之蘇澳灣內；三面環山，天然地形隱蔽，因近漁場，為本省東北部歷史悠久之漁業生產基地。南方澳漁港係由三處船渠所組成。

民國 11 年首先完成南方澳泊地及碼頭，是謂南方澳第一漁港。民國 44 年起增闢內埤泊地至 48 年完成，是謂南方澳第二漁港。民國 54 年為地方運輸需要，由基隆港務局投資，於南方澳泊地北側興建小型商港一處，計畫供 3,000 噸級以內之小型貨輪作為環島航運使用。64 年起蘇澳商港開始大規模施工，小型商港改建為工作船泊地，72 年 6 月蘇澳商港完成，為地方發展漁業需要，73 年基隆港務局將原小型商港船渠撥交宜蘭縣政府，供漁業使用，是謂南方澳第三漁港。

七十年代時由於漁業發展迅速，漁船劇增且大型化，而該港設施大多為早年所建，碼頭老舊、水深不足，影響漁船泊靠並危及緊臨之拍賣場安全。經前臺灣省漁業局及宜蘭縣政府研擬整建計畫，列入「第二期臺灣地區漁港建設方案」中，全面改建老舊碼頭並浚深泊地，自 77 年度至 82 年度分六期施工，第一以及第二漁港泊地由原來之-1.8 公尺加深為-3.0 公尺；第三漁港改建原有水深-4.0 至-6.0 公尺之碼頭，可停泊 2,000 噸級遠洋漁船，整建完成後，合計該港泊地面積約 16.8 公頃，碼頭三千餘公尺，目前為本省東北部及宜蘭縣最具規模的漁港。漁港主要設施如表 3-25 所示。

該港陸域部分由於受限於地形及港區範圍無法突破，造成陸上公共設施建設相形不足，民國 84 年在原有南興安檢所北側水域增建碼頭及填築新生地約 1.15 公頃即南興碼頭，作為安檢碼頭及漁業設施用地。該漁港平時漁船眾多，設籍漁船已達 1,014 艘，超出該港正常容量甚多。港內漁船停泊甚為擁擠，平時即影響卸魚補給等作業。每逢颱風期或惡劣天候，附近海域作業之漁船，更湧進避風，漁船擠滿泊地，須商借蘇澳港部分碼頭應急。港區平面及碼頭結構型式如圖 3.50 至圖 3.60 所示。圖 3.61 為調查時之碼頭現況。

本次調查結果顯示，漁港碼頭之設計水深除少數為-8.0m外，多小於-4.5m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於10公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於1 t/m²，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為500公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。

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

表 3-25 南方澳漁港現有主要設施

設施名稱		數量
碼頭	第一船渠(-4.0 m)	982 m
	第二船渠(-3.0 m)	909 m
	第三船渠(-6.0 m)	936 m
	航道泊地(-3.0 m)	503 m
	南興碼頭(-5.0~-6.0m)	550 m
	小計	3880 m
泊地	第一船渠(-3.0 m)	3.08 公頃
	第二船渠(-3.0 m)	2.33 公頃
	第三船渠(-6.0 m)	5.83 公頃
	航道泊地(-3.0 m)	5.06 公頃
	小計	16.30 公頃
陸上公共設施	魚市場、漁會辦公室、修造船廠、加油站、製冰凍場、漁民活動中心、給水站、漁具倉庫、整網站、檢查站、停車場、港區道路、播音站	

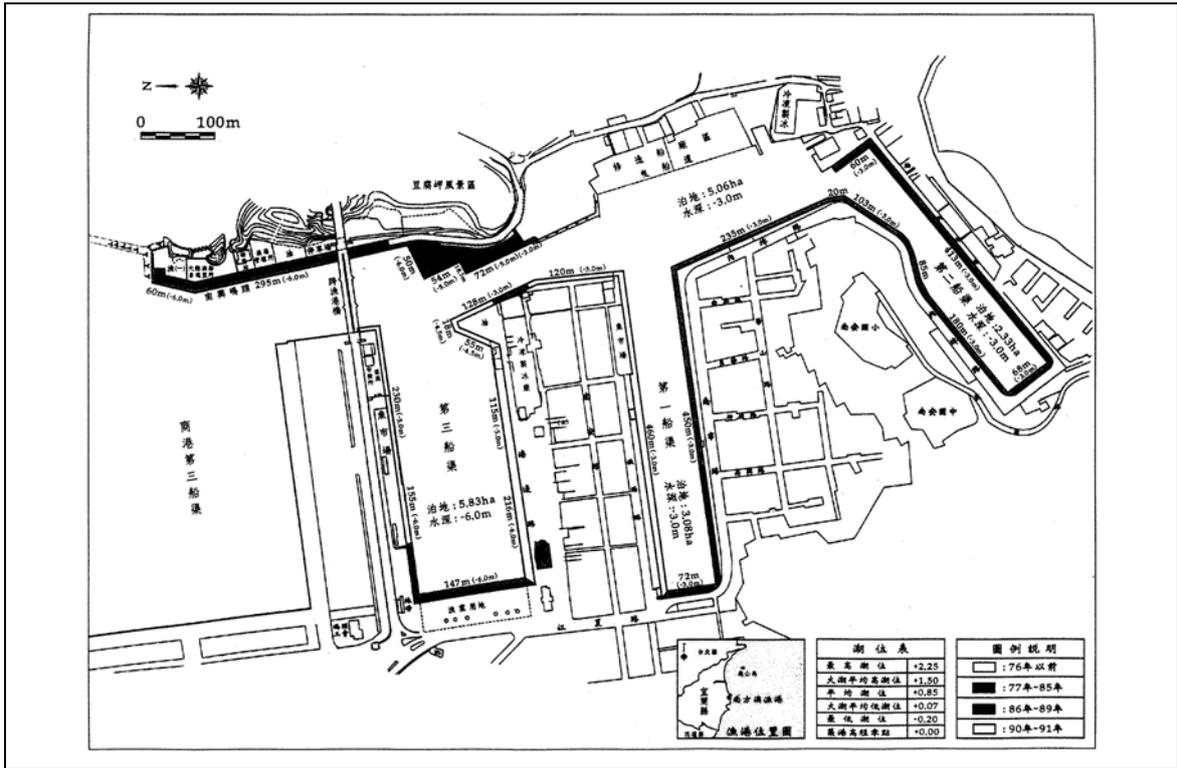


圖 3.50 南方澳漁港平面配置圖

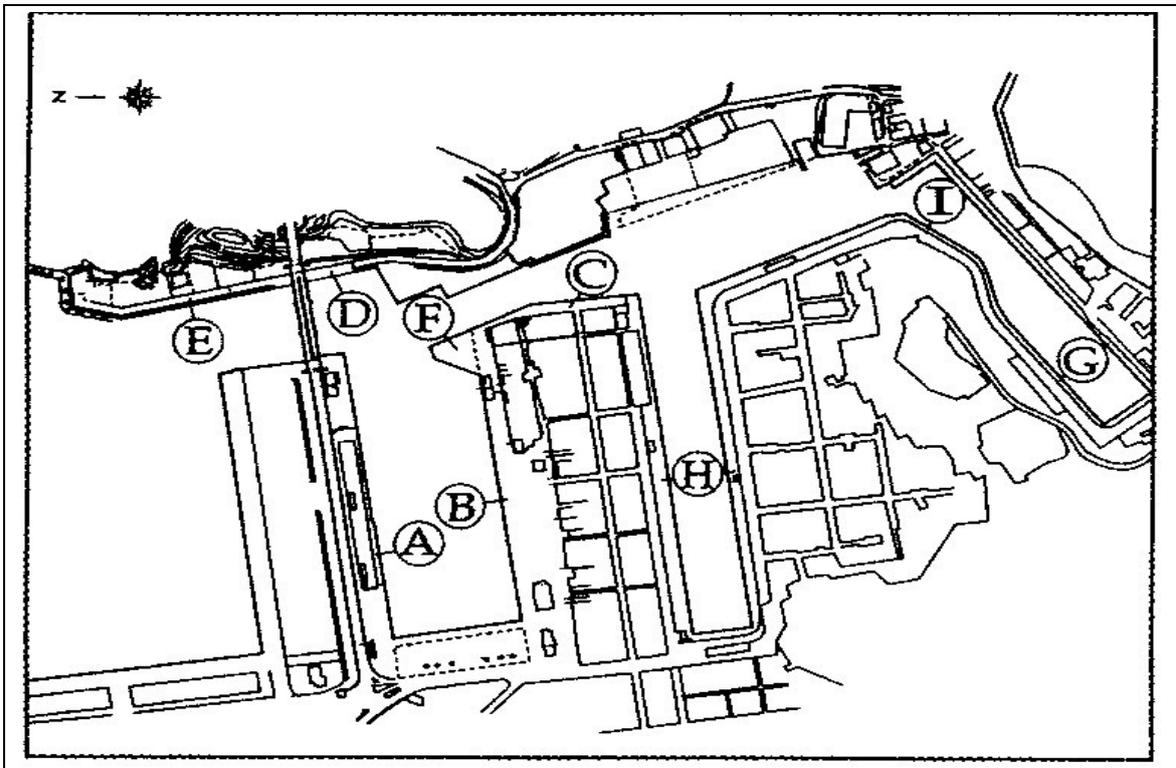


圖 3.51 南方澳漁港碼頭配置示意圖

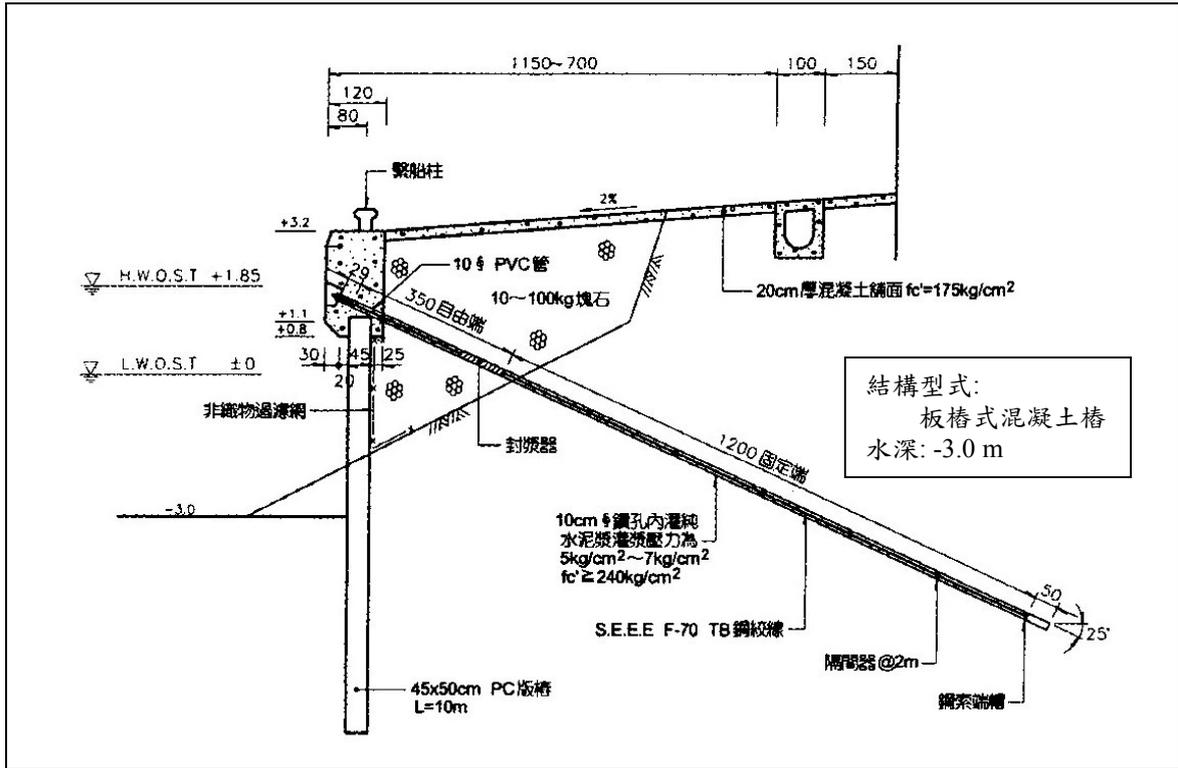


圖 3.54 南方澳漁港西碼頭(二)結構型式 代號:C

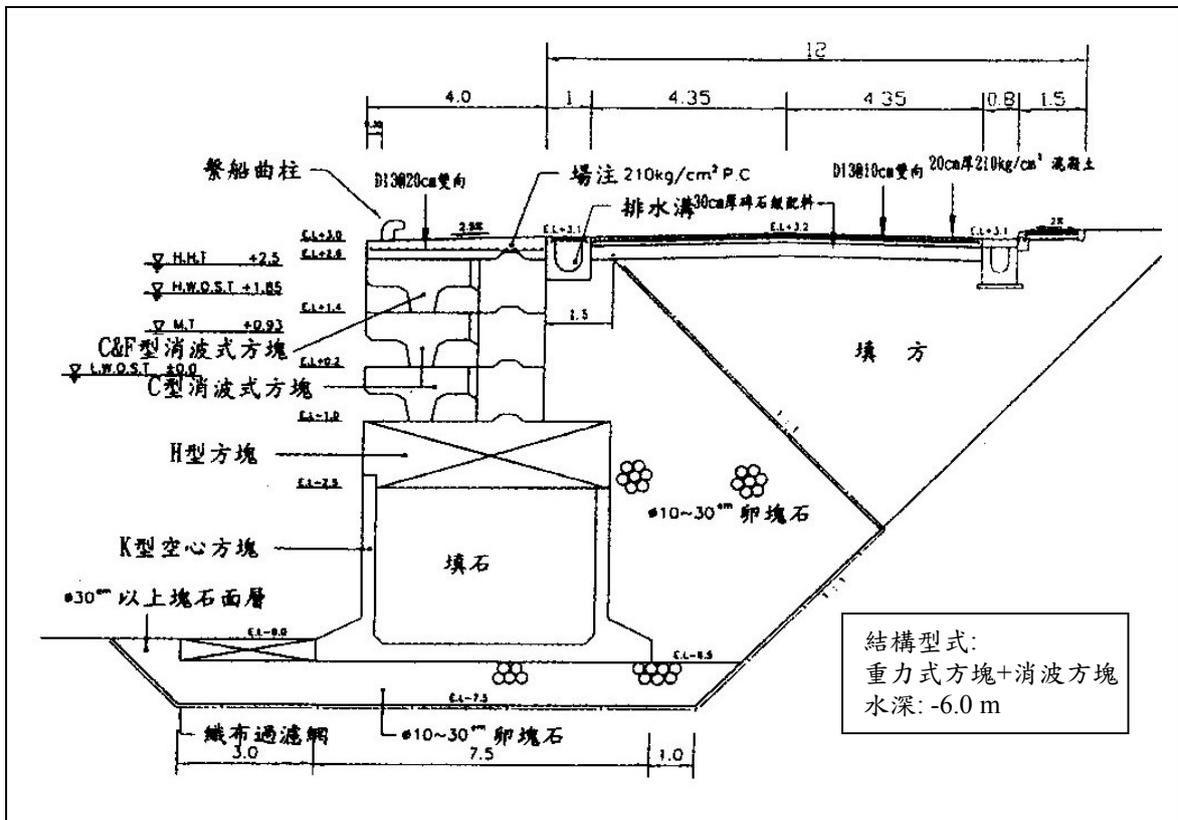


圖 3.55 南方澳漁港東碼頭(一) 結構型式 代號:D

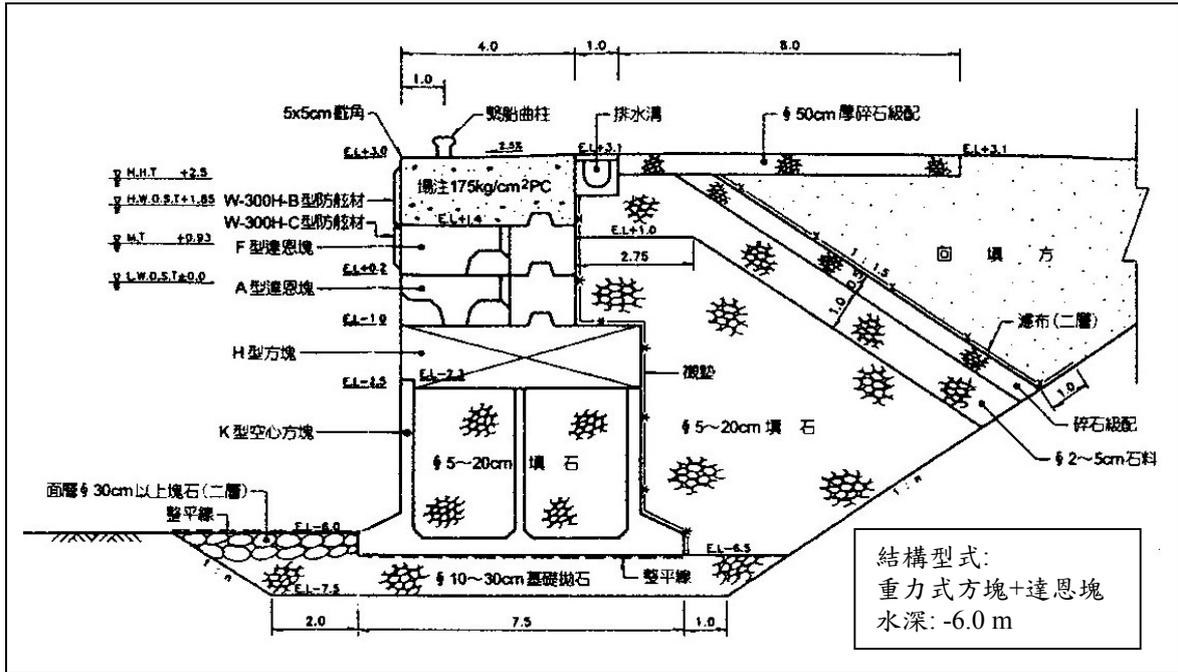


圖 3.56 南方澳漁港東碼頭(二) 結構型式 代號:E

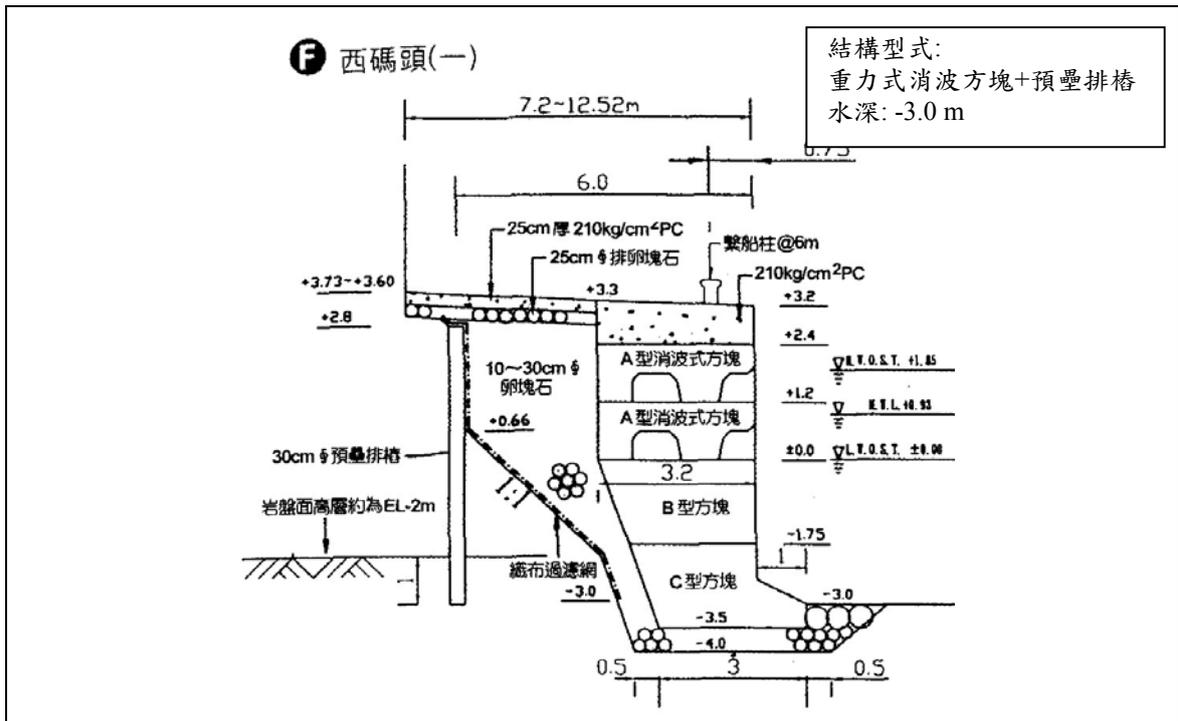


圖 3.57 南方澳漁港西碼頭(一) 結構型式 代號:F

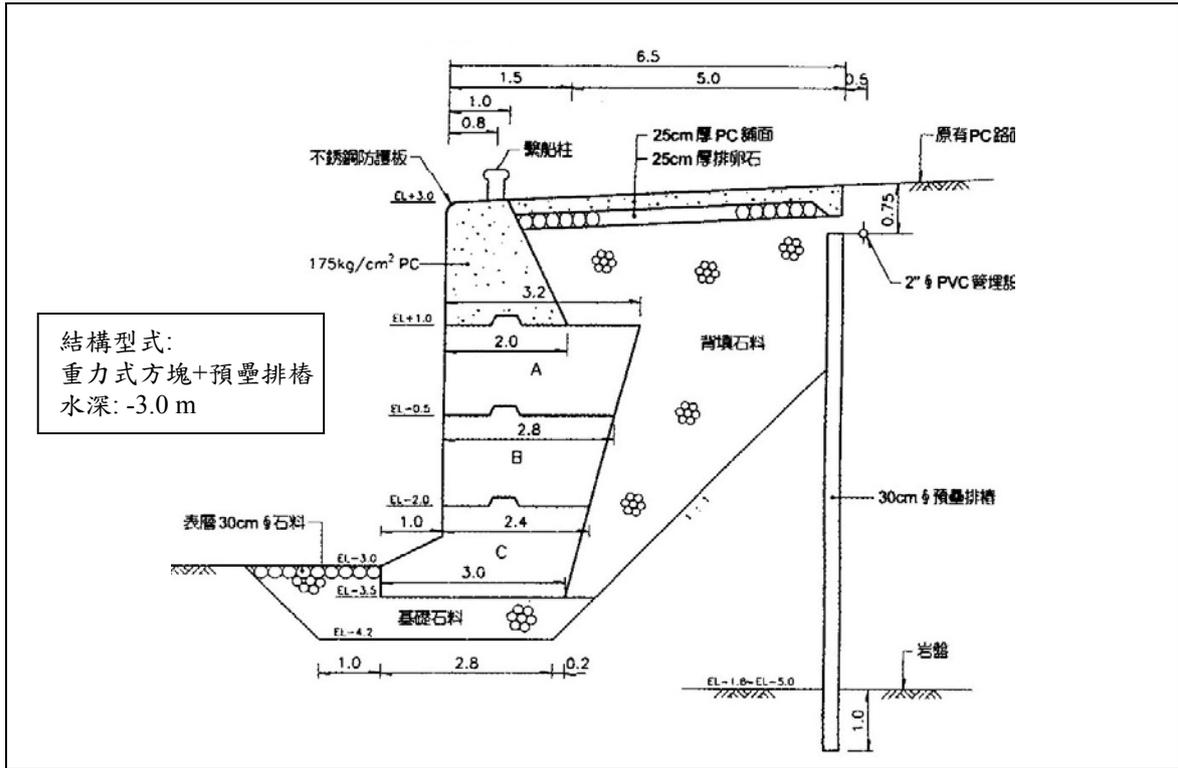


圖 3.58 南方澳漁港第二船渠北碼頭(二)結構型式 代號:G

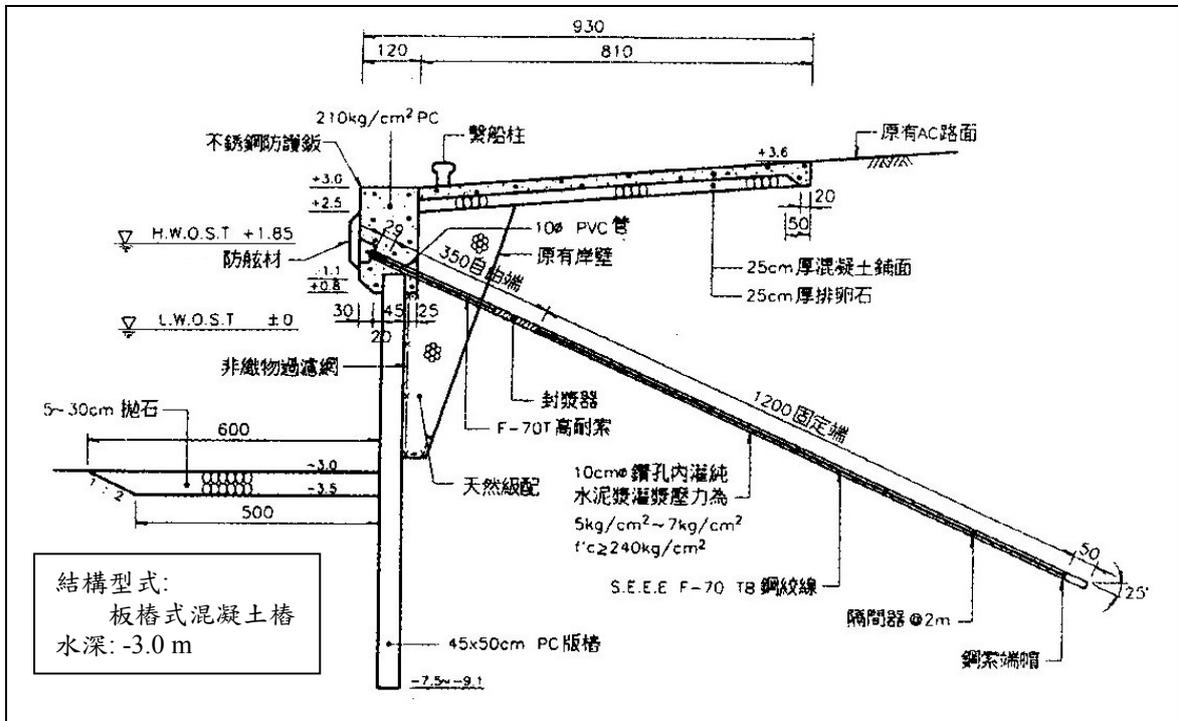


圖 3.59 南方澳漁港第一船渠碼頭結構型式 代號:H

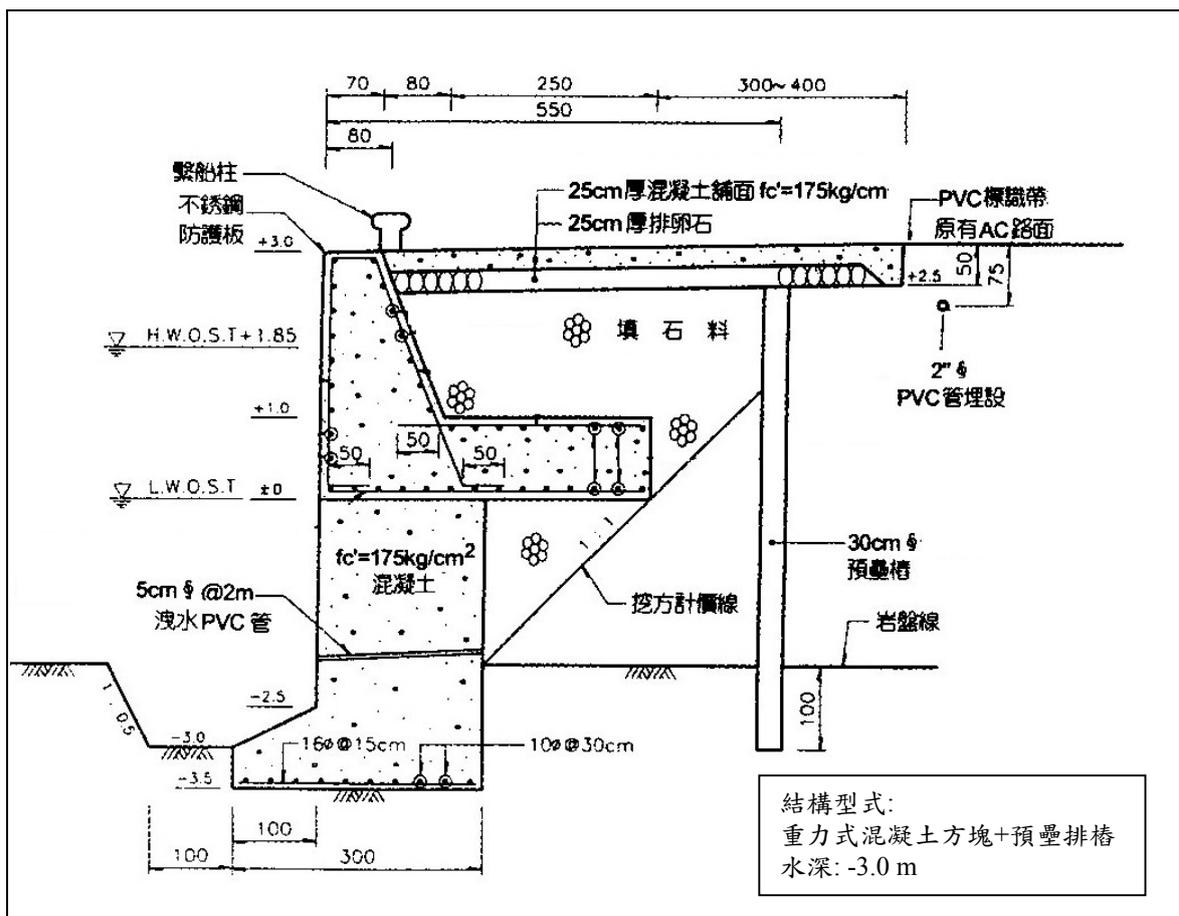


圖 3.60 南方澳漁港第二船渠北碼頭(一)結構型式 代號: I



圖 3.61 南方澳漁港碼頭現況(2009 年 5 月)

3.4.12 宜蘭縣烏石漁港

烏石漁港位於宜蘭縣頭城鎮東北方，距離頭城鎮市區約 1 公里，原烏石商港遺址，南側有頭城海水浴場，西臨山脈，東濱太平洋，和龜山島遙遙相對，相距 7 海浬。規劃列入「第二期臺灣地區漁港建設方案」中後即自民國 80 年起開始興建，至 90 年完工，前後共投資經費 27 億元。該港擁有泊地面積 12.5 公頃，碼頭 2,100 公尺，新生地面積 6 公頃，岸上設施漁會大樓、直銷中心、停車場、綠地均已完成，為頭城地區最具規模之漁港。漁港主要設施如表 3-26 所示。港區平面及碼頭結構型式如圖 3.62 至圖 3.72 所示。圖 3.73 為調查時之碼頭現況。

本港為近年新規劃建設之漁港，係以漁業、休閒、教育、文化等多功能方向規劃賞鯨、魚市已在假日吸引大量人潮，毗鄰土地同時也規劃為蘭陽博物館及紀念休閒公園，未來北宜高速公路通車後，烏石港所帶動相關產業的效益將是非常廣大的。

本次調查結果顯示，漁港碼頭及堤防之設計水深多小於 -50 m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為 500 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。但棧橋式碼頭潮間帶上方之基樁及鋼材已出現銹蝕，建議應速採取適當之防蝕措施，避免持續劣化。

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

表 3-26 烏石漁港現有主要設施

設施名稱		數量
碼頭	水深 -4.0 m	1307 m
	水深 -4.5 m	703 m
	水深 -5.0 m	290 m
	小計	2300 m
泊地	水深 -4.0 m	6.72 公頃
	水深 -4.5 m	3.71 公頃
	水深 -5.0 m	1.85 公頃
	小計	12.28 公頃
外廓設施	北外廓防波堤	400 m
	南外廓防波堤	500 m
	北防波堤	168 m
	南防波堤	480 m
	北海堤	740 m
	南防砂堤	242 m
	離岸堤	239 m
陸上公共設施	魚市場、假日漁市、港區道路、檢查站 停車場、廣場、曳船道	

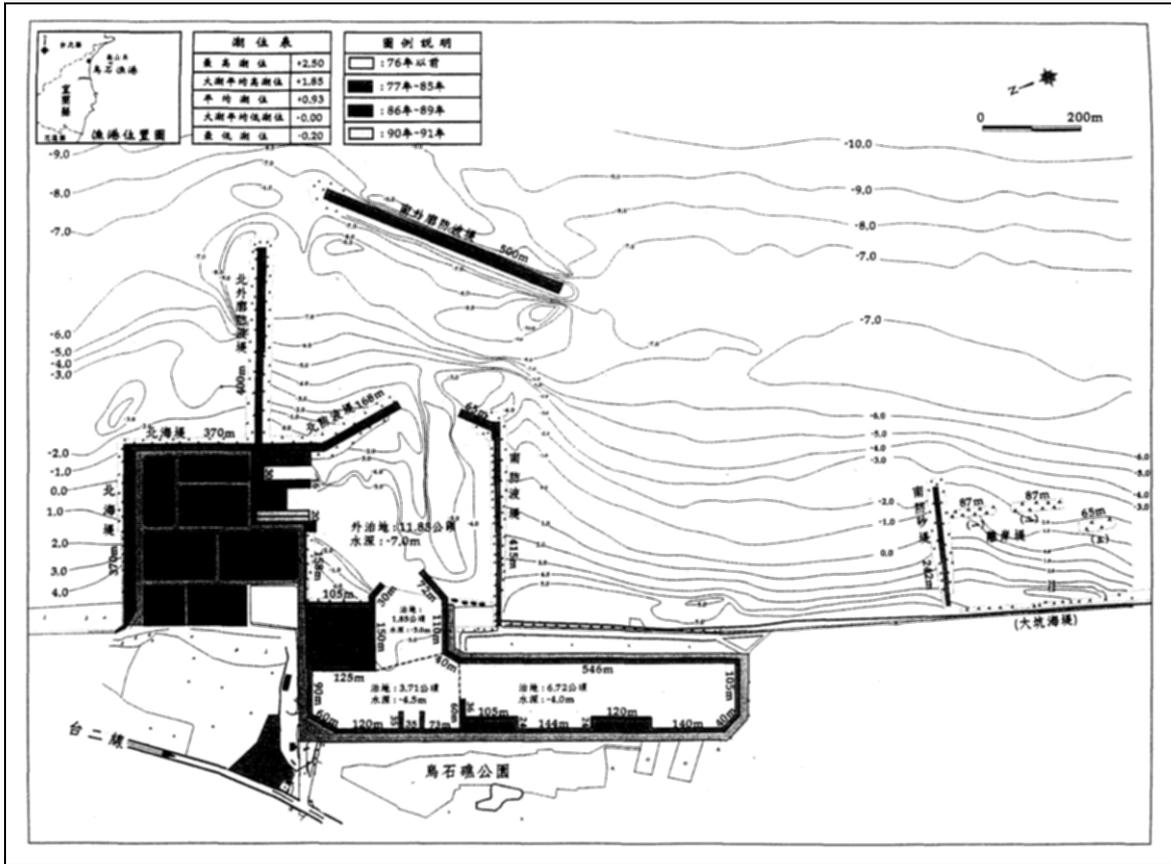


圖 3.62 烏石漁港平面配置圖

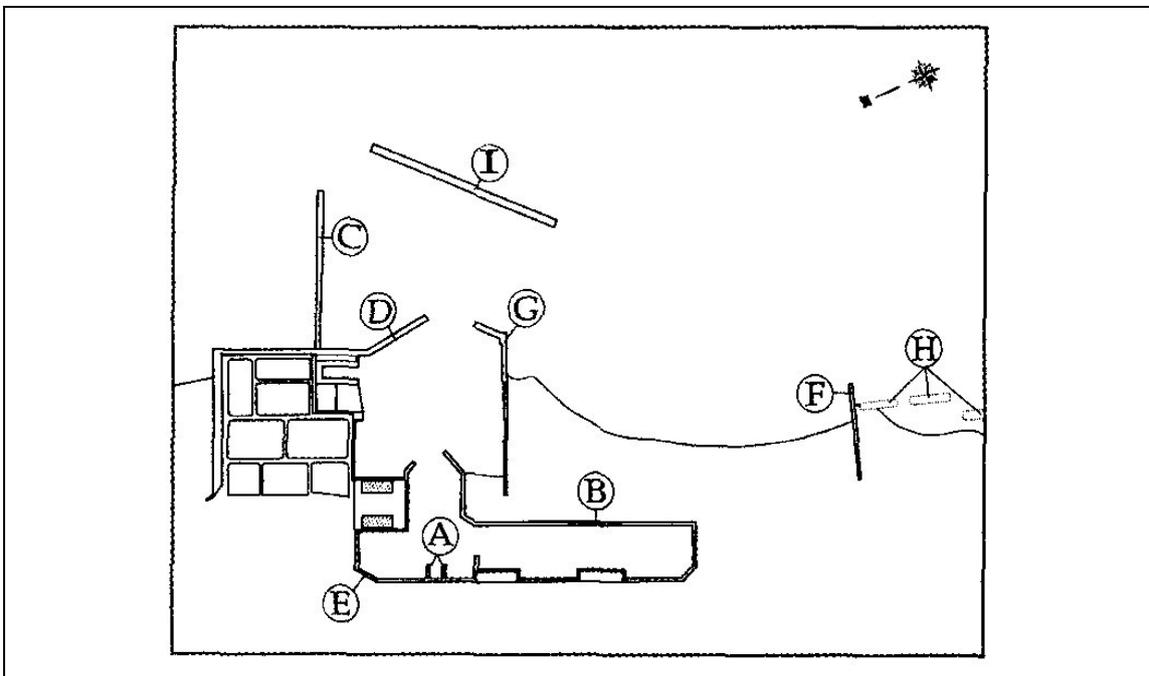


圖 3.63 烏石漁港碼頭及防波堤配置示意圖

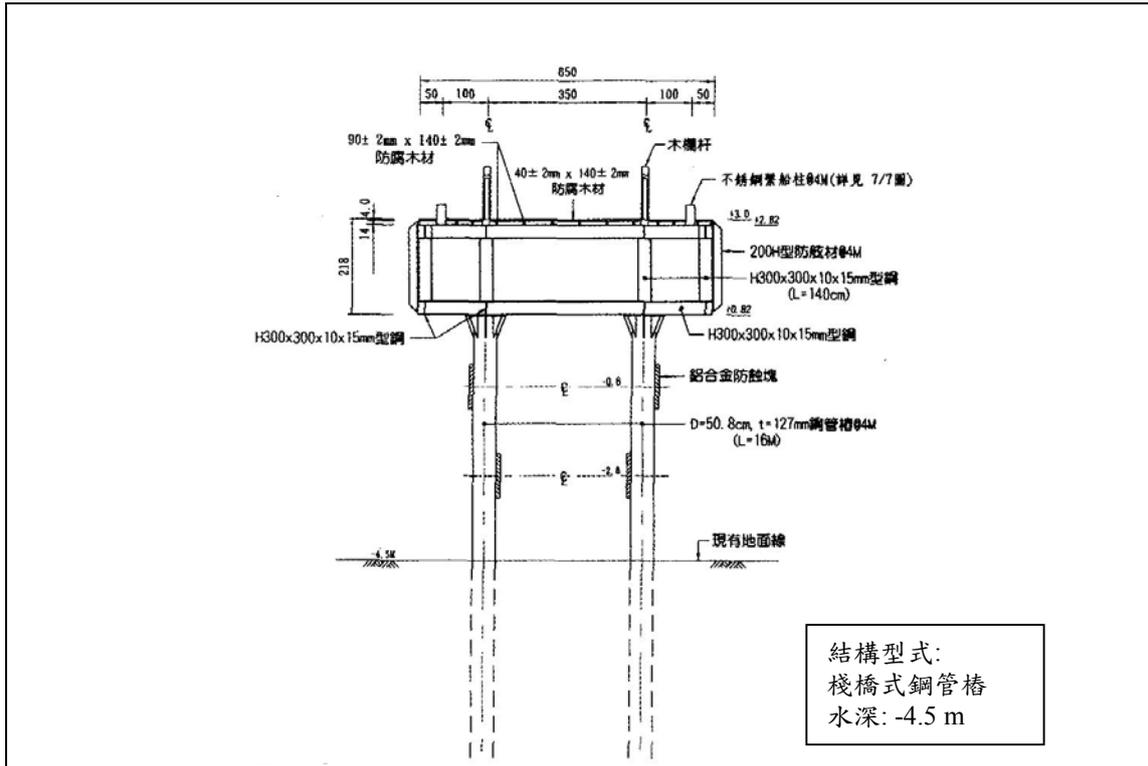


圖 3.64 烏石漁港棧橋碼頭結構型式 代號：A

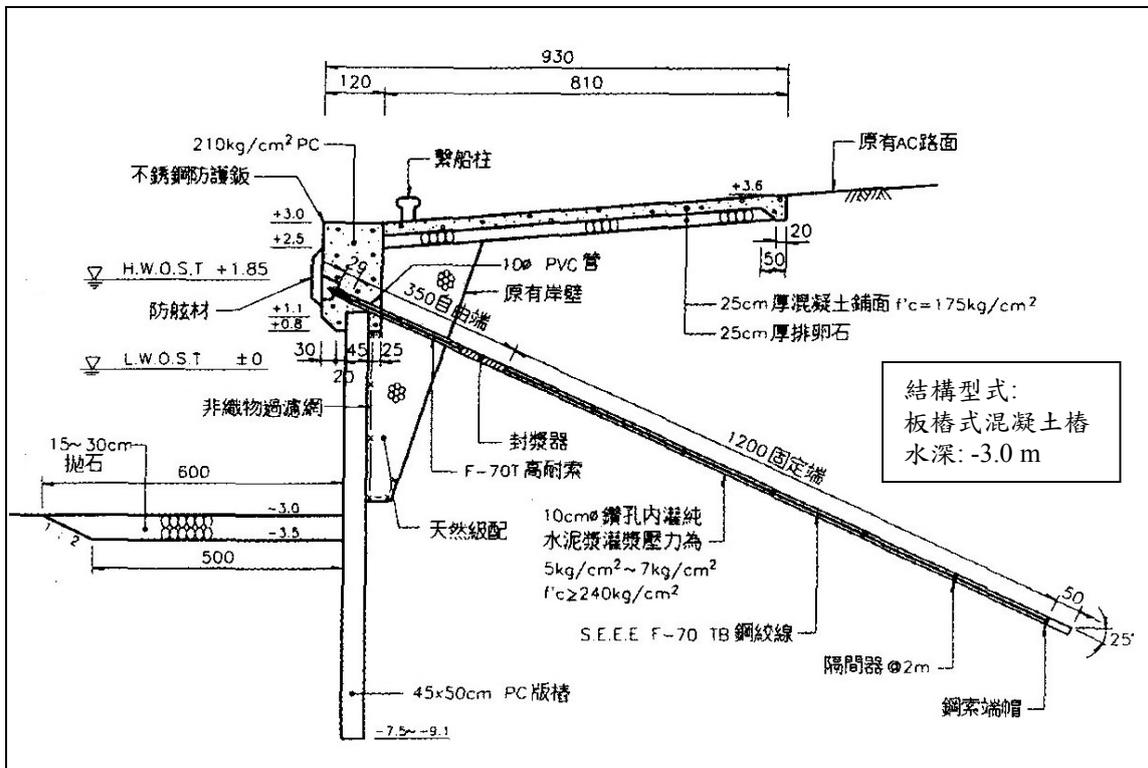


圖 3.65 烏石漁港碼頭(二)結構型式 代號：B

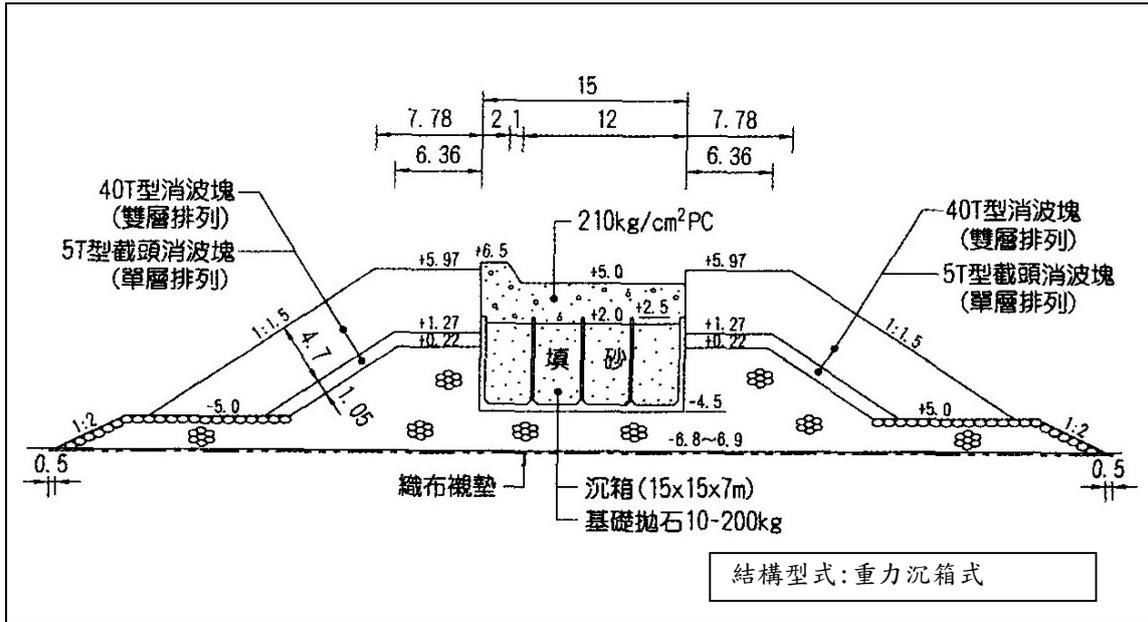


圖 3.66 烏石漁港北外廓防波堤結構型式 代號：C

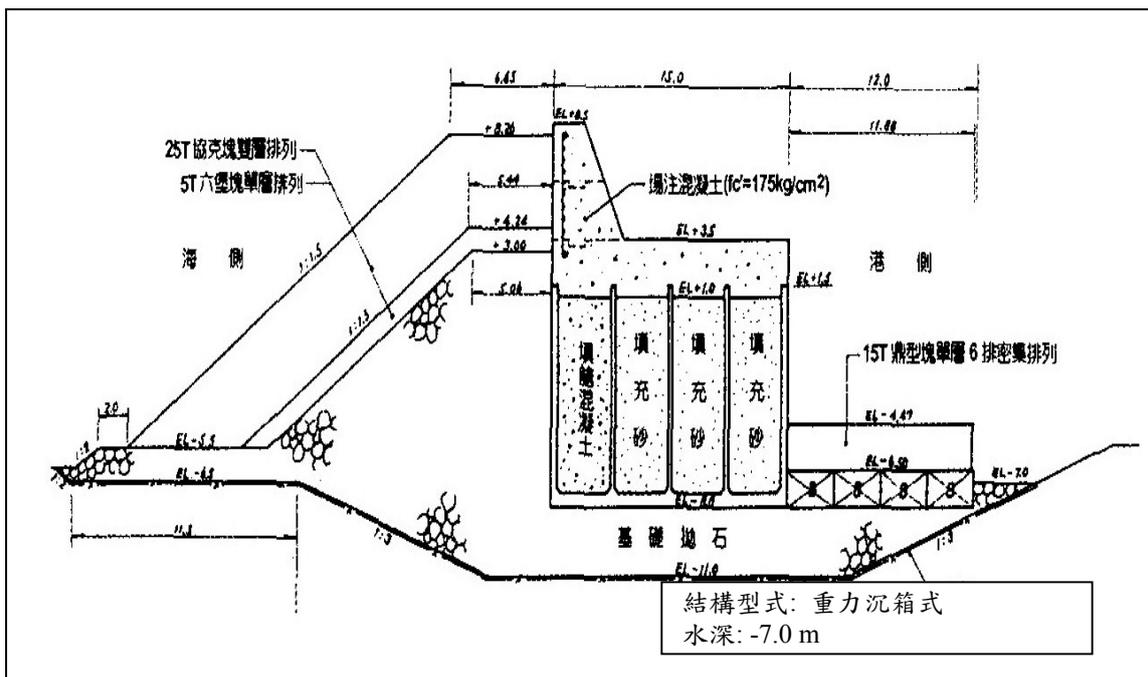


圖 3.67 烏石漁港北防波堤結構型式 代號：D

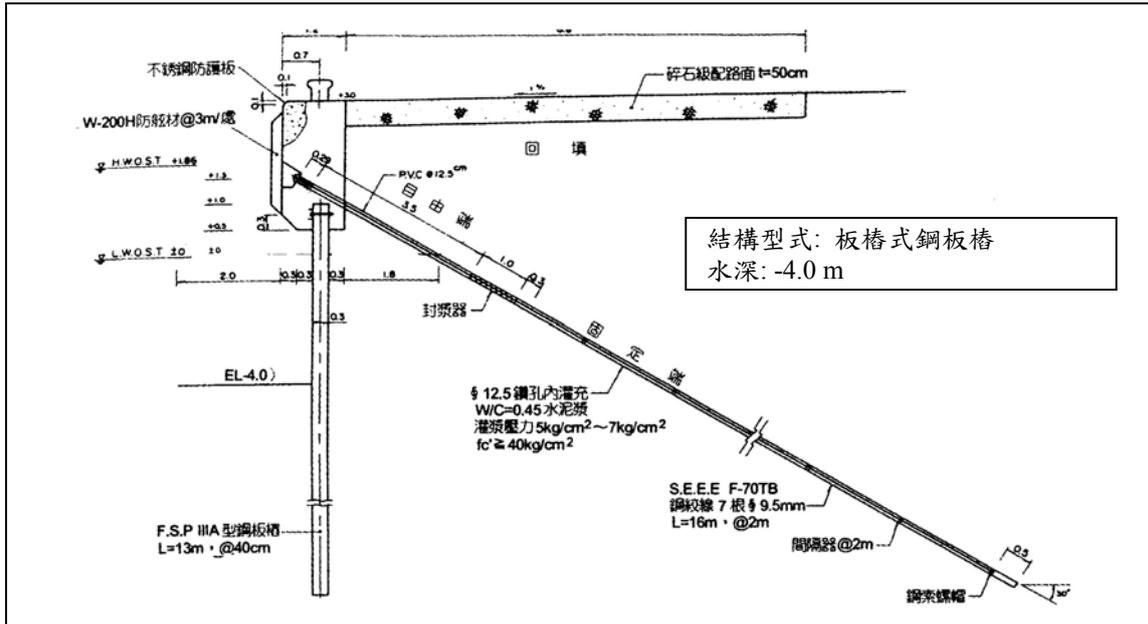


圖 3.68 烏石漁港碼頭(一)結構型式 代號: E

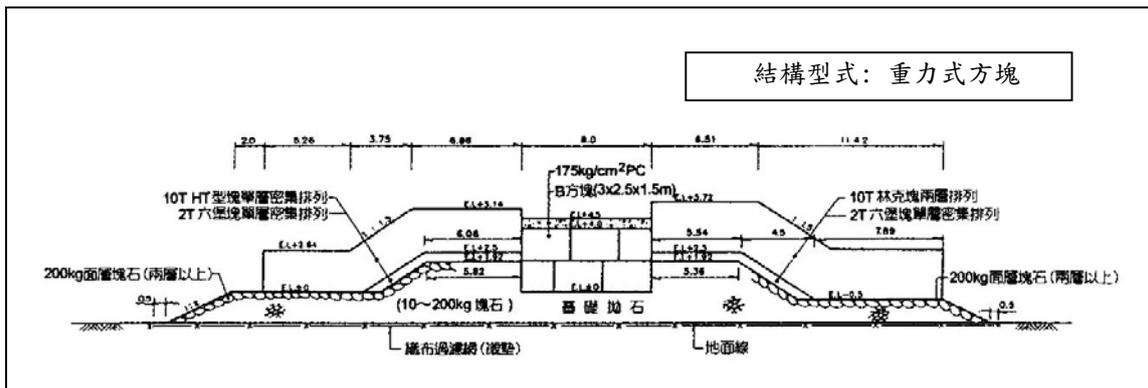


圖 3.69 烏石漁港防砂堤結構型式 代號: F

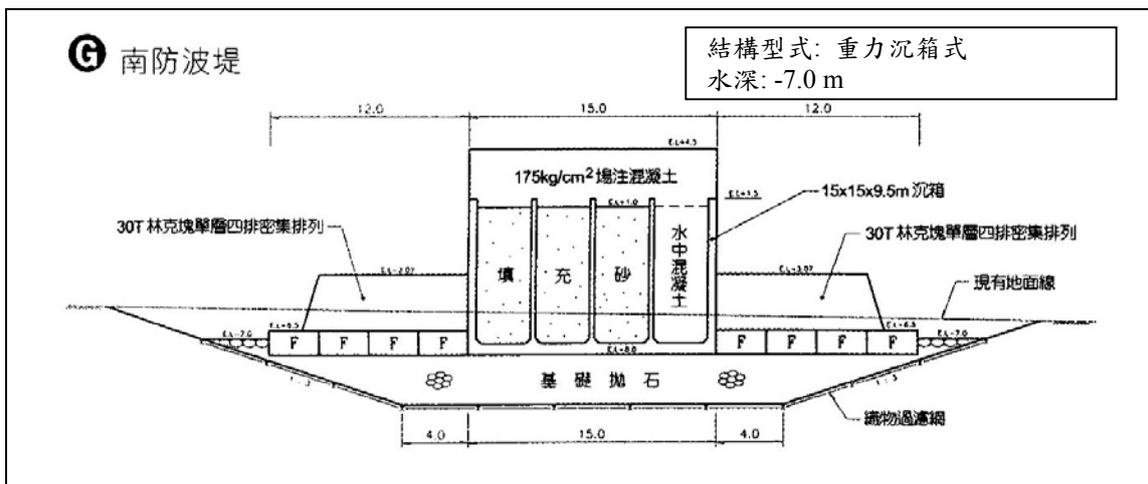


圖 3.70 烏石漁港南防波堤結構型式 代號: G

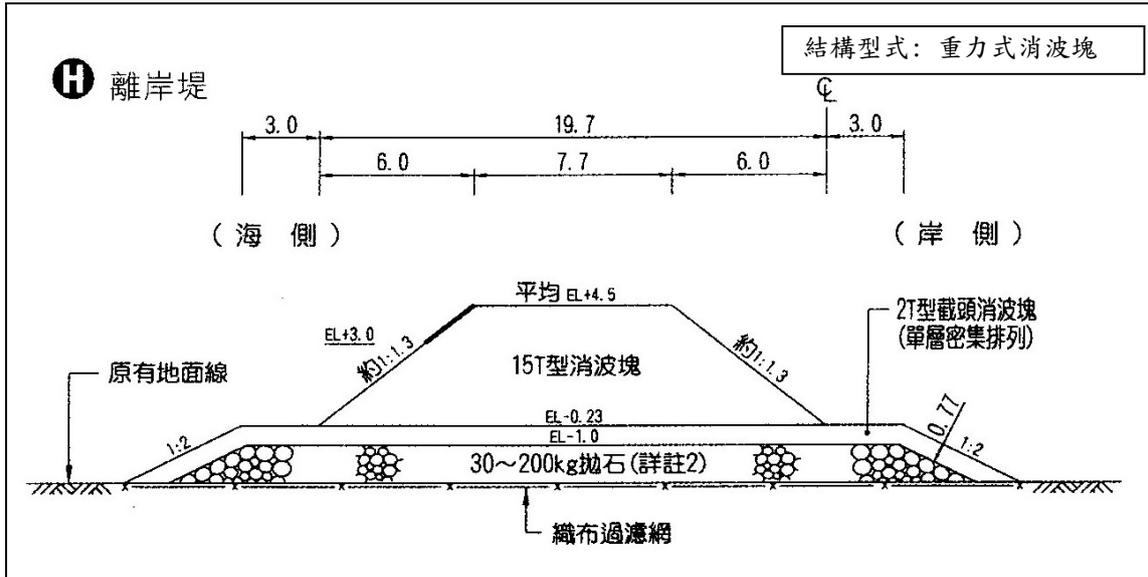


圖 3.71 烏石漁港離岸堤結構型式 代號：H

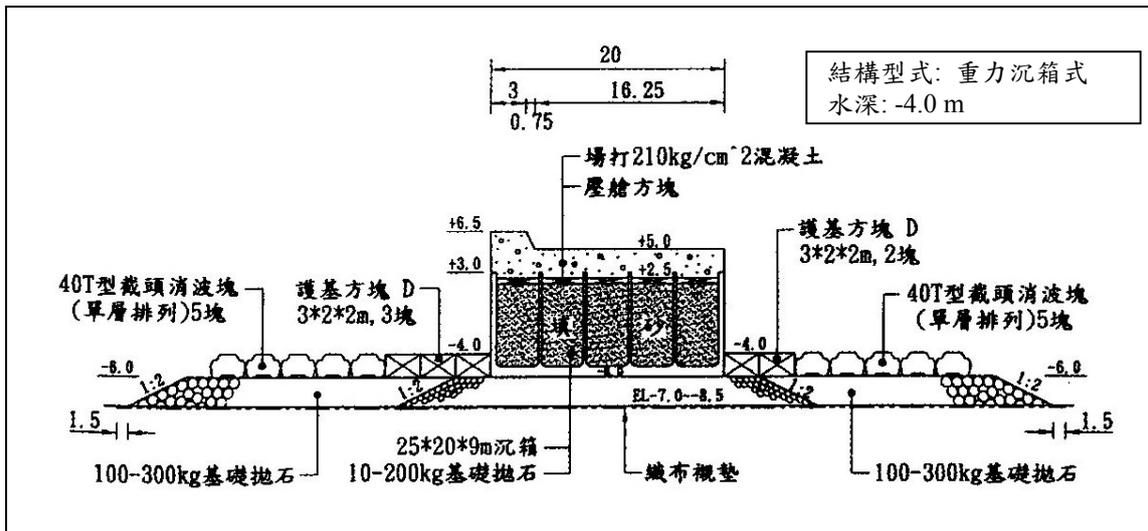


圖 3.72 烏石漁港南防波堤結構型式 代號：I



碼頭上部現況



碼頭護舷材及繫船柱現況



南防波堤上部現況



碼頭岸肩後線沉陷情形



棧橋碼頭上部情形



棧橋碼頭基樁鋼材鏽蝕情形

圖 3.73 烏石漁港碼頭現況(2009 年 5 月)

3.5 小結

1. 本年度調查商港碼頭結果，臺中港 8A 及 9 至 11 號碼頭蘇澳港 10 至 12 號碼頭與高雄港 71 號碼頭，其現況由應用目視與使用非破壞性檢測，經 D.E.R 法進行結構體安全性評估，其主整體結構評估指數 (ID_1) 均小於 2.0，顯示結構體功能完整安全無虞。
2. 上述碼頭應用 D.E.R 法，檢測結果雖均為整體結構安全無虞，惟各碼頭使用時間均已超過 20 年，部份甚至超出 30 年，為確保碼頭營運安全，建議必需加強平時巡查頻率，確保營運正常。
3. 上述碼頭結構型式均為棧橋式，其劣損位置常出現於面版底部及梁，劣損情形並無法依初步檢測項目中直接發現，故建議應定期派遣潛水人員，以目視近距離觀察面版底部及梁或基樁之鋼筋混凝土是否發生混凝土剝落或內部鋼筋銹蝕，或於受到不正常外力（如規模 5.0 以上地震或海嘯之侵襲），應有即時檢查之作為，以維護碼頭構造安全。
4. 本年度調查第一類漁港包括八斗子漁港、正濱漁港、南方澳漁港及烏石漁港，結果顯示，各漁港之碼頭及防波堤其設計水深均小於 -8.0m，多數碼頭之設計水深多小於 -4.5m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為 500 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。
5. 由於臺灣地區漁港規模普遍較小，目前漁港均以多功能發展為目標，碼頭功能除傳統停靠漁船裝卸魚貨外，趨向以發展遊艇碼頭或娛樂賞魚等為主，陸上設施部分更研擬或已設置釣魚平台步道親水公園(階梯)展示中心餐廳等設施，且由歷年記錄顯示，漁港維護仍以泊地及碼頭水深浚挖為主，故建議不應用 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。

第四章 棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

4.1 前言

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，其結構較其他型式為輕，可用於地層軟弱之處無法構築重力式或板樁式處，隨支撐頂板之支柱結構不同，一般可分為直樁棧橋式、斜樁棧橋式兩大類。

棧橋式碼頭由於適用於軟弱地盤，加上具不妨礙水流，反射波小，對港池靜穩度大有幫助，可建造水深較深之碼頭等優點，目前國內商港新建及改建常採用之。以基隆港及臺中港為例，近年即有多座碼頭均選用此結構型式碼頭，但其缺點為 R.C.面(底)版，因長年遭受海水波浪之衝擊浸漬，海水中之氯離子甚易侵入底版，造成內部鋼筋之銹蝕、混凝土保護層剝落、鋼筋裸露斷裂，終致底版破裂、塌陷，嚴重危害碼頭結構之承載能力與安全。本計畫主要以五大國際商港現有之棧橋式碼頭進行腐蝕劣化現地檢測並蒐集及研擬維修工法，提供碼頭本體設施維護管理系統建置資料庫，以利於日後現地人員檢測及管理自動化作業。由於臺中港及蘇澳港部份棧橋式碼頭，係於民國 60 年初之國家十大建設時所建造，其使用時間較久，本年度將先對其進行現地腐蝕劣化調查之研究。

國內五大國際商港設施，歷年調查結果顯示，民國 83 年時，蘇澳港 11 號碼頭已有多處之 R.C.底面版，內部鋼筋腐蝕嚴重，銹水外滲，混凝土膨脹(裂)，保護層已出現大範圍之剝落^[1]。民國 91 年調查時，同港區之 13 號碼頭(緊臨 12 號碼頭)，整座碼頭長達 300 公尺之 R.C.底面板，已全面劣化損壞，保護層完全剝落分離，內部鋼筋外露、腐蝕、斷裂。高雄港區棧橋碼頭 48 ~ 53 號等，其碼頭 R.C.底面版之損壞情形亦如蘇澳港之損壞狀況。

過去一二十年來，港務局對 R.C.底版及梁柱腐蝕損壞之修護，大

多採取傳統工法處理，亦即將底版剝落處之混凝土或風化表面先行鑿除後，以高壓水柱去除浮鬆物質，鋼筋表面進行銹蝕除銹，將斷裂鋼筋處搭接後，再將Ⅱ型水泥或含壓克力樹脂或樹脂石英砂及速凝劑等之混凝土材料，分 2~3 層噴漿覆蓋於修補之部位，此工法僅為治標，維修效果有限。因為，噴混凝土漿體並未能完全阻絕海水之滲入，底板內之鋼筋仍會接觸滲入之海水而銹蝕，隔一段時間後修補部位之混凝土會再度剝落，必需每隔 3~5 年再進行修護，如面版內之鋼筋已嚴重腐蝕、斷裂，結構安全有疑慮時，反復之修護將造成更惡(劣)化建材與結構承載，則必須將碼頭面板打掉，重新鋪設新的面板，如此一來，碼頭必需關閉，對港口之營運影響甚巨。

4.2 碼頭 R.C.構件劣損原因

棧橋式碼頭可能的破壞原因，依碼頭結構可區分為基樁結構、上部結構及碼頭基礎三部份：

1. 基樁結構

因經年累積腐蝕造成基樁之破壞，因地震所產生的額外水平力及水壓力超過結構原有之設計強度造成基樁產生破損、斷裂或挫曲，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、碼頭單元鬆動，或因波浪作用將碼頭掀起。

由於上部結構之建造材料係以鋼筋混凝土為主，材料可能因長期受到海洋環境侵襲與波浪衝擊，造成混凝土產生裂縫或剝落及內部鋼筋銹蝕外露等劣損現象，將造成構件強度降低及損傷，影響碼頭主體結構之安全性。

3. 碼頭基礎

可能產生液化沉陷，或因波浪作用、船舶推進器等外力產生掏刷作用，或護坡塊石沖刷及碼頭拋石護坡滑動。

圖 4-1 為棧橋式碼頭變形損傷過程，圖中實線為持續性變形的連鎖過程，虛線為災害型變形的連鎖過程，棧橋式碼頭主要檢測項目包括基樁腐蝕、上部結構混凝土龜裂與鋼筋腐蝕與岸肩鋪面的破損等，其中上部結構混凝土龜裂與鋼筋腐蝕會產生循環性劣化及損傷，基樁腐蝕有時會從構件的損傷變成結構安定性下降。

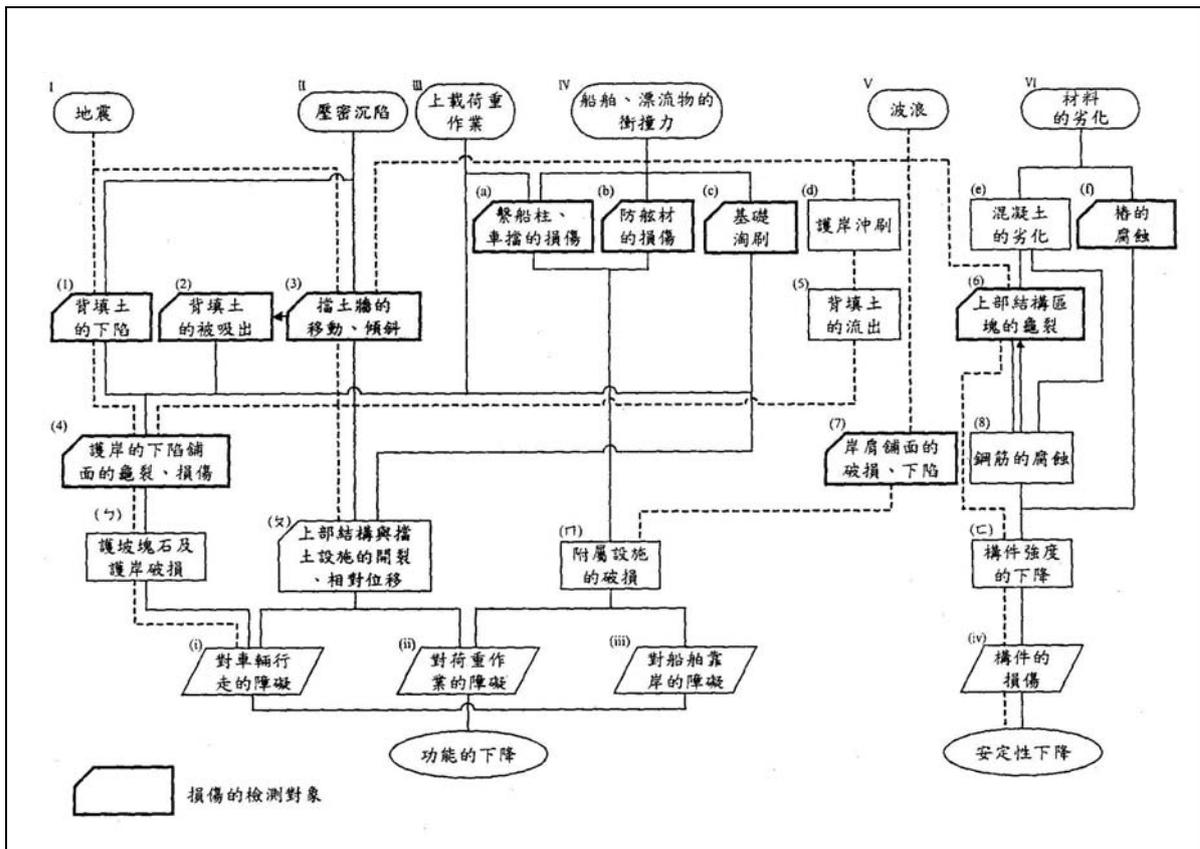


圖 4.1 棧橋式碼頭變形損傷過程

棧橋式碼頭 R.C.構件主要包括：碼頭面版、梁及混凝土基樁部分，其劣化損壞可能原因，可大致分為外力作用之破壞與建造材料之劣化等兩大因素來探討。

4.2.1 外力作用之破壞

港灣及海域中構造物經常遭受外力之襲擊而造成劣化損壞，除了

大自然不可抗拒之天災諸如(颶、暴)風災、地震等力外，最主要之外力作用應是來自海(波)浪之衝擊。而船舶靠岸之碰撞、裝卸作業不當或基樁不均勻沉陷等因素，亦是造成港灣構造物損壞之原因^[2,3]。由於受到外力破壞之原因甚為複雜且不易釐清，本研究僅單純從建造材料之劣化損壞探討之。

4.2.2. 建造材料之劣化

棧橋碼頭 R.C.面版主要構材為混凝土與鋼筋，其材料劣化可能之原因如下；

4.2.2.1 混凝土之劣化

1. 混凝土之中性化

混凝土因水泥水化作用具強鹼性質，在此環境下，鋼筋表面形成一層具有保護作用之鈍態氧化膜。當大氣中之二氧化碳(CO₂)滲入混凝土之孔隙溶液中，會與鹼性之水泥水化產物(氫氧化鈣，Ca(OH)₂)發生作用，生成碳酸鈣(CaCO₃)化合物，由於碳酸鈣具微酸性，容易析出形成白樺現象，並降低混凝土鹼性環境。當混凝土漿體之 pH 值降到 9 以下，鋼筋表面之鈍態膜將失去對鋼筋保護的作用，鋼筋甚易發生腐蝕行為。混凝土因中性化導致鋼筋腐蝕，其化學反應過程可分為下列二階段完成；

(1) 中性化過程：



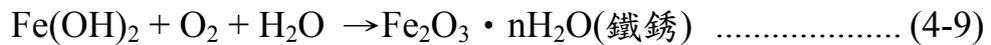
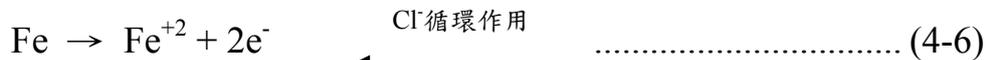
(2) 鋼筋腐蝕過程：





2. 氯離子之侵蝕

氯離子(Cl⁻)對鋼筋之侵蝕乃是 Cl⁻會破壞鋼筋表面的鈍態保護膜，造成鐵離子(Fe⁺²)的溶出，並生成水溶性的氯化鐵(FeCl₂)錯合物。氯化鐵錯合物會溶解且離開鋼筋的表面，擴散進入混凝土的孔隙溶液中，與氫氧根離子(OH⁻)反應生成 Fe(OH)₂，同時釋放出 Cl⁻，Fe(OH)₂ 會進一步與氧、水反應生成鐵銹。上述一連串的反應，鋼筋將不斷地產生腐蝕反應，使鐵離子溶出離開鋼筋表面，且由於反應中會再度釋放出 Cl⁻，使得 Cl⁻可以反覆不斷地參與腐蝕反應，其侵蝕機理與反覆過程如下^[4]：



3. 混凝土之龜裂

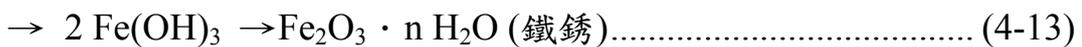
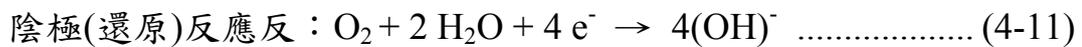
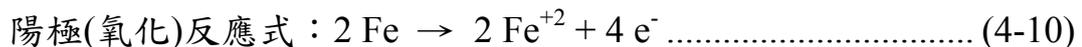
鋼筋混凝土結構物由於施工過程、材料耐久性、載重狀況、基礎沉陷等原因，均會造成結構物之破裂。這些破裂前所產生之裂縫的形狀、方向及大小對鋼筋腐蝕有相當程度的影響。混凝土一旦破裂，外界之濕氣或氯化物將直接侵入與鋼筋接觸，造成鋼筋快速腐蝕，當裂縫的寬度愈大時，腐蝕將會加速。

4. 材料與施工品質

混凝土之品質與建造材料及施工作業有很大的關係，施工前對材料之檢測與品質是必要的。如使用活性骨材、含氯化物之材料(諸如添加 CaCl₂ 摻料，海砂等)、水泥中 C₃A 或鹼含量過高時，均可能造成鋼筋混凝土結構物嚴重劣化、腐蝕。

4.2.2.2 鋼筋之腐蝕

混凝土在水泥水化過程中，孔隙溶液因含有鈉(Na)、鉀(K)等鹼性物質以及飽和的氫氧化鈣溶液，致使混凝土漿體之 pH 值維持在 13 左右。在此強鹼性環境下，鋼筋表面產生一層鈍化氧化膜($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)，此氧化膜非常穩定且緊密附著於鋼筋表面，能有效的阻隔水份與氧氣接觸鋼筋，阻止鋼筋發生腐蝕。但是，若混凝土內存有過量的氯離子，則其鈍態保護膜將被破壞，鋼筋表面形成陽極區。陽極區上之鐵(Fe)因氧化而變成鐵離子(Fe^{+2})溶出於孔隙溶液中，而電(荷)子則經由鋼筋傳導至含有水份和氧氣的區域(陰極區)，產生陰極反應。當陽極與陰極反應同時產生時，便會產生腐蝕電流，使得孔隙溶液中的 Fe^{+2} 向陰極移動，而帶負電荷的 OH^- 則向陽極移動，兩者結合成不溶於水之氫氧化鐵($\text{Fe}(\text{OH})_2$)化合物，沈積在陰極與陽極間的鋼筋表面上。鋼筋腐蝕之化學反應式如下：



目前國內有關棧橋式碼頭維護作業之規定或研究，包括交通部基隆港務局、交通部高雄港務局及本所「高雄港區老舊碼頭安全調查及評估研究」、「交通部港灣構造物安全檢測與評估之研究」等，其內容概述或摘要列如表 4-1 至表 4-4 所示。

表 4-1 基隆港務局港埠設施維護檢修作業規定棧橋式碼頭檢測項目

類別	檢測項目	四月定檢	十月定檢	特別檢查
基礎岸壁結構	基礎穩固沖失下陷	√		
基礎岸壁結構	基樁損壞	√		
基礎岸壁結構	梁版損壞	√		
碼頭面類	冠牆破損裂紋	√	√	
碼頭面類	緣石破損裂紋	√	√	
碼頭面類	碼頭面破損下陷不平積水裂紋	√	√	
碼頭面類	繫船柱鬆動破損	√	√	
碼頭面類	護舷設備是否適合泊船	√	√	
碼頭面類	水溝暢通溝壁完整溝蓋破損欠缺	√	√	
碼頭面類	步梯破損欄杆傾斜破爛	√	√	
測量類	碼頭沉陷量測			√

表 4-2 「高雄港區老舊碼頭安全調查及評估研究」棧橋式碼頭檢測項目

位置	檢測項目
基樁結構	結構裂縫破損拱起老化鋼筋腐蝕
上部結構	腐蝕
附屬設施	損壞情形

表 4-3 「港灣構造物安全檢測與評估之研究」棧橋式碼頭檢測項目及方法

檢測項目	檢測方法
碼頭面版強度及混凝土性質	主要以利用混凝土強度試錘為主
鋼管基樁潮間帶腐蝕及海下腐蝕	
基樁基礎淘刷	以人工直接目視為主
陰極防蝕塊損耗	
碼頭靠船速度或撞擊震動監測等	以現地裝置設定之測速儀及振動反應監測器測定

表 4-4 交通部高雄港務局鋼板(管)樁碼頭水下檢測工作規則

檢測項目	檢測方法	
	一般檢測	詳細檢測
防蝕電位檢測	分為水平及垂直方向檢測兩種 檢測頻率：每年一次	分為水平及垂直方向檢測兩種 檢測頻率：每五年一次或發現電位有不足之慮時。
水下混凝土與鋼材檢測	通常採目視檢測，根據觀察結果，判斷是否有必要進行更進一步的詳細檢測與調查。 如損壞嚴重經評估需詳細檢查時則需進行詳細檢查。 檢測頻率：每年一次	以目視加上以尺量度之方法了解鋼筋混凝土、鋼材及防蝕塊之情形。 檢測頻率：每五年一次。
鋼材厚度檢測	針對鋼板(管)樁進行 檢測頻率：每五年一次。	
特別檢測	於颱風、地震等災害後，或碼頭營運中發生重大事故及施工不當等人為破壞後，當構造物的安全或營運功能有虞慮時辦理特別檢測。檢測方式應比照詳細檢測辦理。	

4.3 研究方法與進行步驟

4.3.1 調查範圍

本研究將對臺中港及蘇澳港共 30 座棧橋式碼頭之鋼筋混凝土面版底部、梁及基樁進行目視檢測，並觀察護坡現況。調查範圍包括臺中港 5A 至 35 號碼頭之 24 座棧橋式碼頭及蘇澳港 6、7 及 10 至 13 號碼頭等 6 座碼頭，共計調查 30 座棧橋式碼頭。

4.3.2 棧橋式碼頭基本資料蒐集

包括隸屬港口，碼頭編號，碼頭長度、縱深，船隻靠泊水深；碼頭用途（靠泊船隻屬性），如為穀類碼頭、雜散貨輪碼頭、化學品、油品碼頭或貨櫃碼頭…等。

4.3.3 進行步驟

碼頭現況調查，由潛水人員以目視方式全面進行檢測棧橋式碼頭面版底部、梁及基樁等之鋼筋混凝土腐蝕劣損現況，如發現混凝土龜裂、鬆動或剝落等劣化情形，應記錄發生位置與範圍並丈量其尺寸大小，及以數位攝影機等設備照相、攝影存證。並同時調查護坡之消坡塊、塊石或護基方塊等保護設施是否發生散亂或流失情形。

調查結果將提供碼頭本體設施維護管理系統建置資料庫，以利於日後現地人員檢測及管理自動化作業。

4.4 結果與討論

表 4-5 為臺中港現有 50 座碼頭之基本資料，包括各碼頭用途、長度、寬度、碼頭前水深及結構型式、上不均佈荷重等，主要結構型式為棧橋式碼頭（共 41 座，佔全部碼頭之 82%）及沉箱式碼頭（共 9 座，佔全部碼頭之 18%）兩種。

表 4-6 為蘇澳港現有 13 座碼頭之基本資料，包括各碼頭用途、長度、寬度、碼頭前水深及結構型式、上部均佈荷重等，主要結構型式為棧橋式碼頭（共 6 座，佔全部碼頭之 46%）及沉箱與直立消波式等重力式碼頭（共 7 座，佔全部碼頭之 54%）兩種。

表 4-5 臺中港現有碼頭基本資料-1

碼頭 編號	用途	長度 (m)	寬度 (m)	設計水深 (m)	碼頭結構	均佈荷重 (t/m ²)	備註
1	穀類	250	20.0	-13.0	沉箱式	3.0	
2	油品	250	20.0	-13.0	沉箱式	3.0	
3	穀類	250	20.0	-13.0	沉箱式	3.0	
4	液體	200	20.0	-11.0	沉箱式	3.0	
4A	水泥	185	20.0	-9.0	沉箱式	3.0	
5A	雜貨	220	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
5	雜貨	200	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
6	雜貨	200.00	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
7	雜貨	200	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
8	雜貨	200	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
8A	雜貨	260.00	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
9	貨櫃	260.00	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
10	貨櫃	320	27.0	-13.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
11	貨櫃	320	27.0	-13.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
12	雜貨	200	24.0	-11.0	棧橋式	—	98年調查對象
13	雜貨	200	24.0	-11.0	棧橋式	—	98年調查對象
14	雜貨	180	15.75	-10.0	棧橋式	—	98年調查對象
15	雜貨	180	15.75	-10.0	棧橋式	—	98年調查對象
19A	客運	214		-9.0	棧橋式		
20	雜貨	180	15.75	-10.0	棧橋式	—	
21	雜貨	180	15.75	-10.0	棧橋式	—	
22	雜貨	180	23.5	-11.0	棧橋式	2.0	98年調查對象
23	雜貨	180	20.0	-10.0	沉箱式	—	
24	雜貨	180	20.0	-10.0	沉箱式	—	
25	雜貨	400	20.0	-11.0	沉箱式	—	
26	水泥	200.00	24.0	-11.0	棧橋式	—	98年調查對象
27	水泥	200	24.0	-11.0	棧橋式	—	98年調查對象

表 4-5 (續) 臺中港現有碼頭基本資料-2

碼頭 編號	用途	長度 (m)	寬度 (m)	設計水深 (m)	碼頭結構	均佈荷重 (t/m ²)	備註
28	水泥	145.00	24.0	-11.0	棧橋式	—	98年調查對象
29	大宗	250	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
30	大宗	320	32.0	-14.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
31	貨櫃	320	28.0	-14.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
32	貨櫃	320	28.0	-14.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
33	貨櫃	250	34.5	-14.0	棧橋式	2.0	98年調查對象
34	貨櫃	250	34.5	-14.0	棧橋式	2.0	98年調查對象
35	貨櫃	250	34.6	-14.0	棧橋式	3.0	98年調查對象
43	貨櫃	250	25.0	-14.0	棧橋式	3.0	
98	大宗	393	25.0	-16.0	棧橋式		
99	廢鐵	250	25.0	-12.0	棧橋式	3.0	
101	煤	340	25.0	-18.0	棧橋式	2.0	
102	煤	340	25.0	-18.0	棧橋式	2.0	
103	煤	290	25.0	-14.5	棧橋式	2.0	
104	煤	270	25.0	-14.0	棧橋式		
西1	管道	250	25.0	-13.0	沉箱式	—	
西2	管道	250	27.0	-14.0	棧橋式	—	
西3	管道	250	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	
西4	管道	250	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	
西5	管道	300	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	
西6	管道	250	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	
西7	管道	250	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	
西13	管道	412	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	

資料來源：交通臺中港務局

表 4-6 蘇澳港現有碼頭基本資料

碼頭 (#)	碼頭 用途	長度 (m)	寬度 (m)	水深(m)	型 式	備註
1	港勤	210		-7.5	直立消波式(重力式)	
2	散雜貨	175		-11	直立消波式(重力式)	
3	散雜貨	215		-11	直立消波式(重力式)	
4	散雜貨	300		-11	沉箱式(重力式)	
5	散雜貨油品	200		-11	沉箱式(重力式)	
6	多用途	290	20.0	-15	直樁棧橋	98年調查對象
7	多用途	240	20.0	-13	直樁棧橋	98年調查對象
8	原木	125		-7.5	直立消波式(重力式)	
9	原木	125		-7.5	直立消波式(重力式)	
10	散雜貨	175	20.0	-9	直樁棧橋	98年調查對象
11	散雜貨	175	20.0	-9	直樁棧橋	98年調查對象
12	散雜貨	200	20.0	-9	直樁棧橋	98年調查對象
13	散雜貨	180	20.0	-9	直樁棧橋	98年調查對象

資料來源：交通基隆港務局蘇澳分局

本研究檢測之碼頭包含臺中港及蘇澳港共 30 座碼頭，其中臺中港為 5A、5、6、7、8、8A、9、10、11、12、13、14、15、22、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35 號碼頭，共 24 座碼頭。蘇澳港為 6、7、10、11、12、13 號碼頭，共 6 座碼頭。

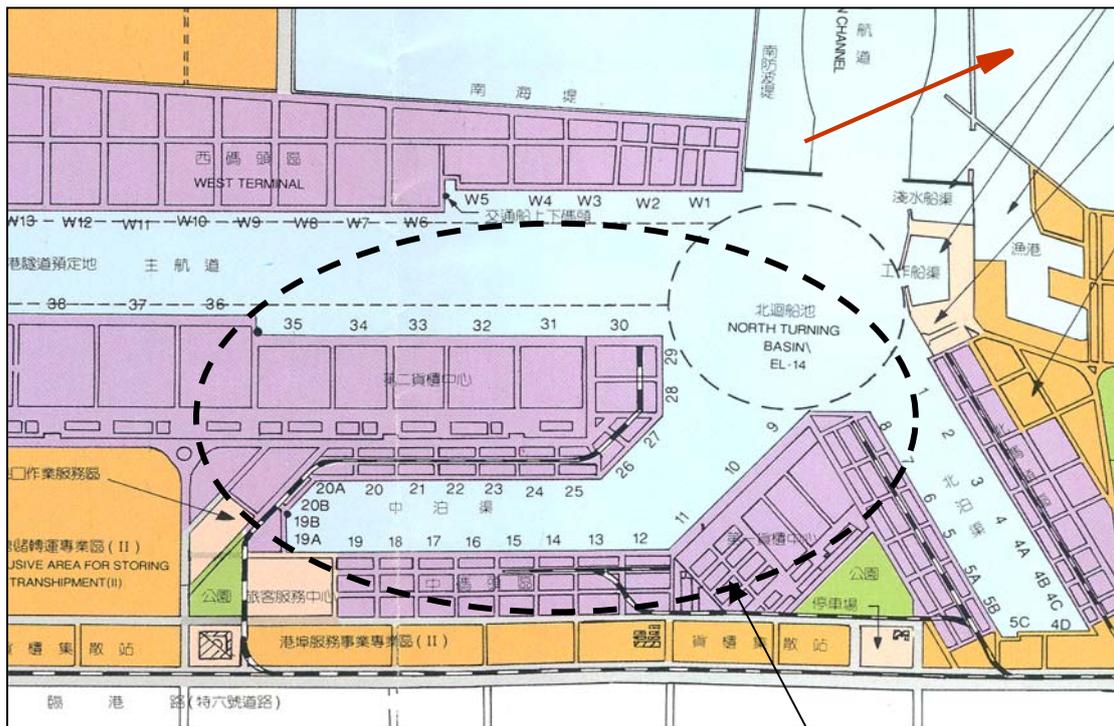
各碼頭調查結果分述如下：

4.4.1 臺中港 5A 號碼頭

本座碼頭全長 220 m，寬 23.5m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.3 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。建造時間約於民國 65 年，使用迄今已超過 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.4 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（16-2、16-3、19-3、19-4、25-1、28-1 等共 7 處）
- (2)梁：本座碼頭梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（09-4、16-2、16-3、16-8、19-3、19-4、22-1、23-4、25-1、27-8、31-6、32-4 等共 12 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形之情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

圖 4.5 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，除受外力作用外，主要可能原因乃面版與梁等鋼筋混凝土構件建造至今已超過 30 年，長年曝露於潮汐與海水潑濺之處，混凝土遭受乾濕循環作用造成裂縫生成，海水由裂縫處滲入更加速內部鋼筋之腐蝕，終致混凝土保護層之剝落及鋼筋腐蝕外露且銹斷。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



調查位置

圖 4.2 臺中港棧橋式碼頭劣損調查碼頭位置

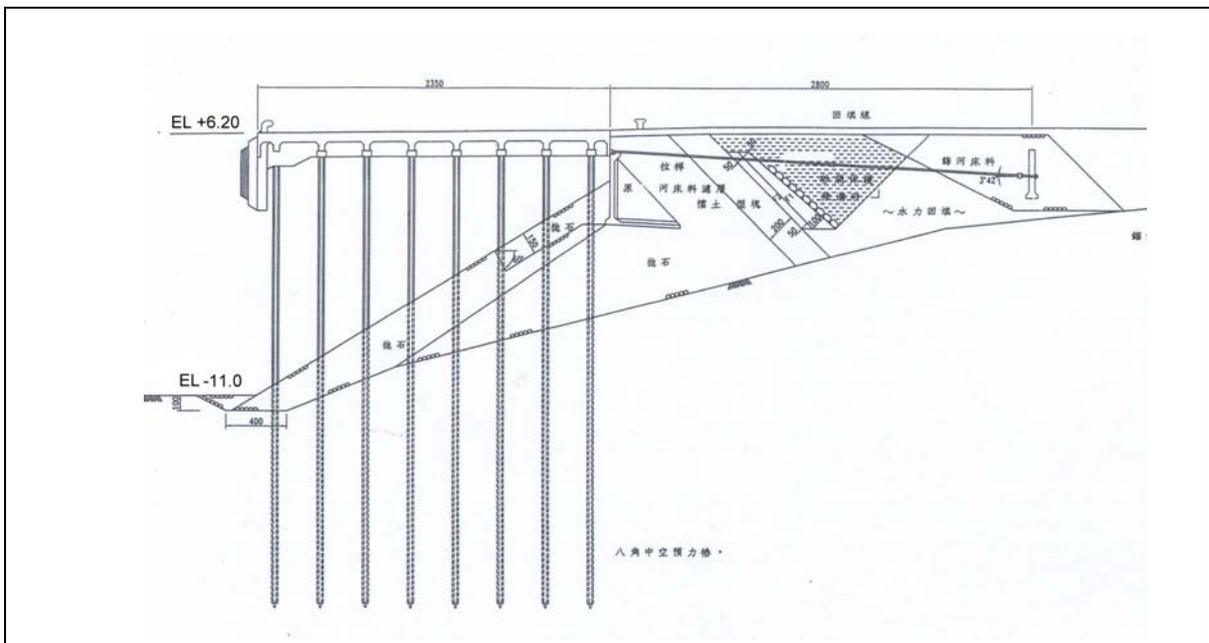


圖 4.3 臺中港 5A 號碼頭結構型式

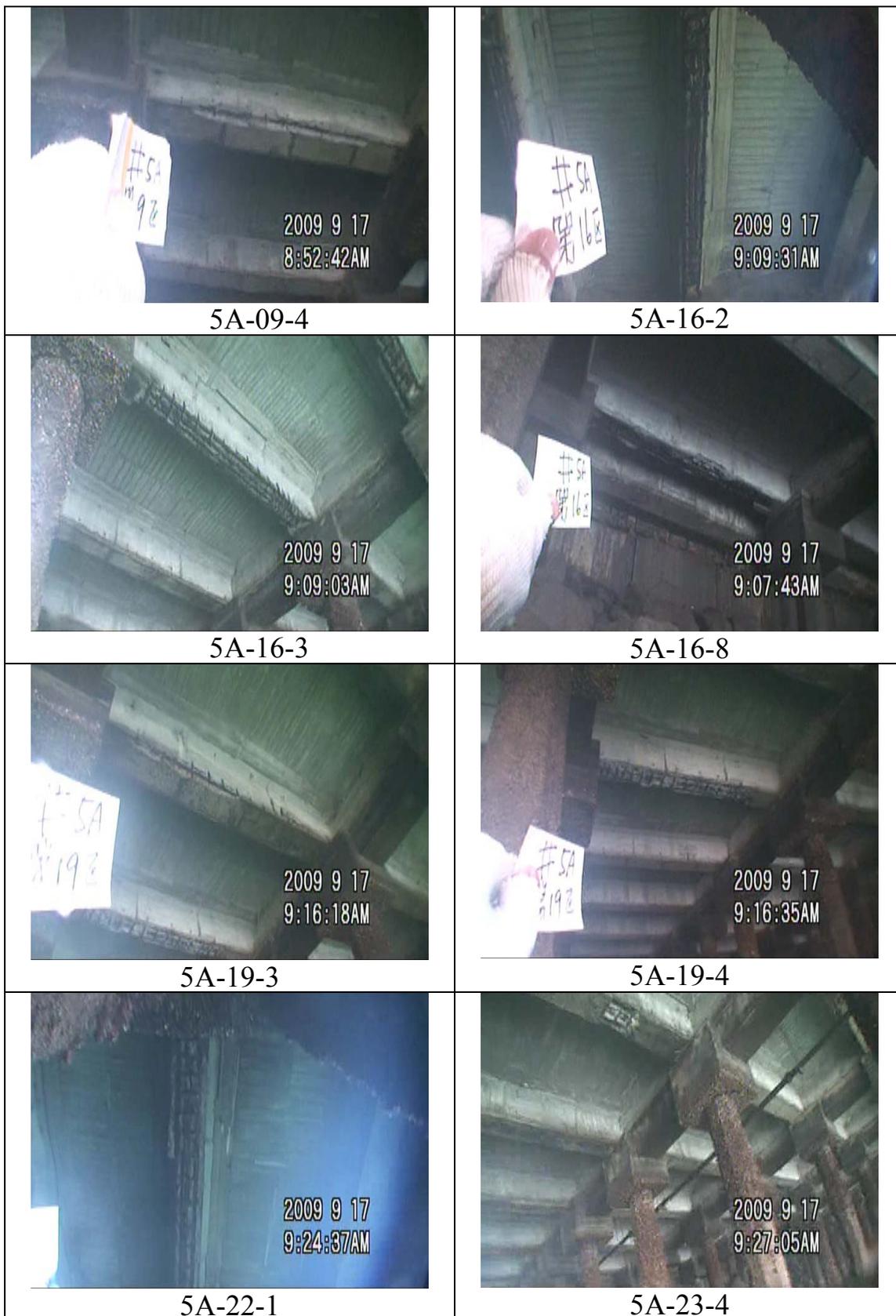


圖 4.4 臺中港 5A 號碼頭調查照片-1

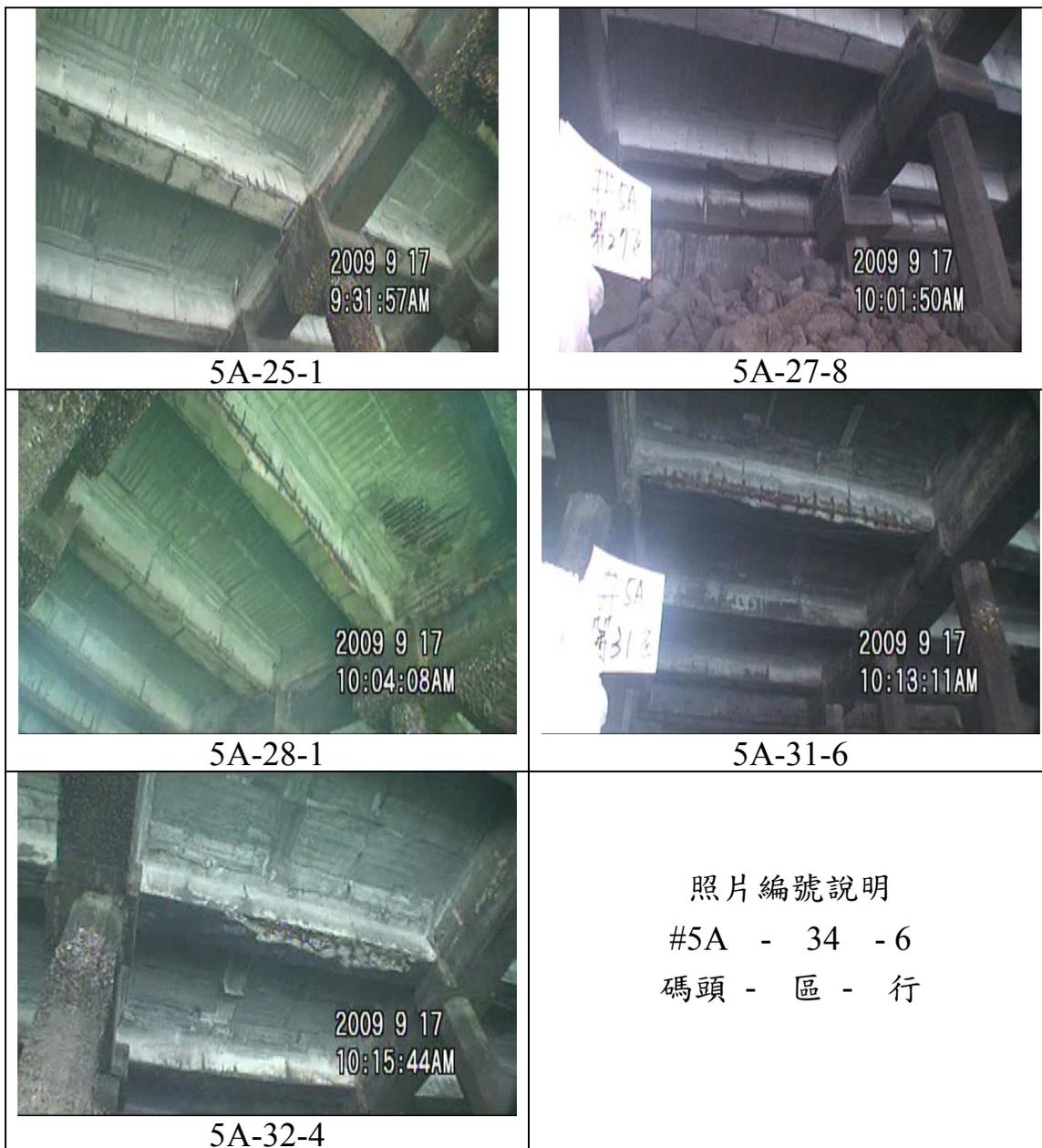


圖 4.4 (續 1) 臺中港 5A 號碼頭調查照片-2

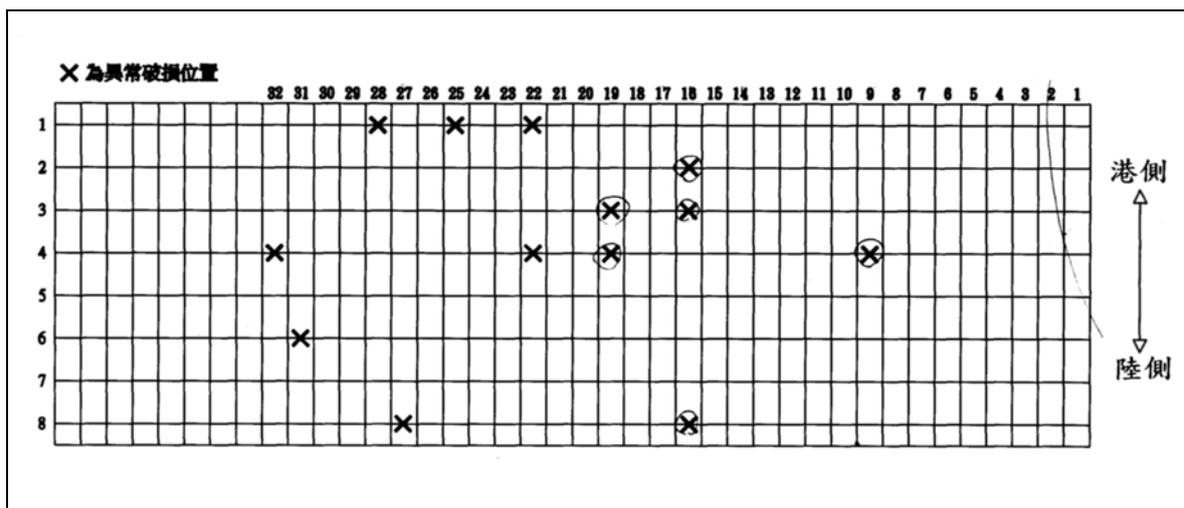


圖 4.5 臺中港 5A 號碼頭調查結果示意圖

4.4.2 臺中港 5 號碼頭

本座碼頭全長 200 m，寬 23.5m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.3 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。建造時間約於民國 65 年，使用迄今已超過 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.6 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版未發現明顯劣損情形。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（03-5、04-2、07-5、12-5、13-2、15-3、20-5、21-5、23-4、27-2、27-5、28-5、31-5、33-5、34-6 等 15 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.7 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

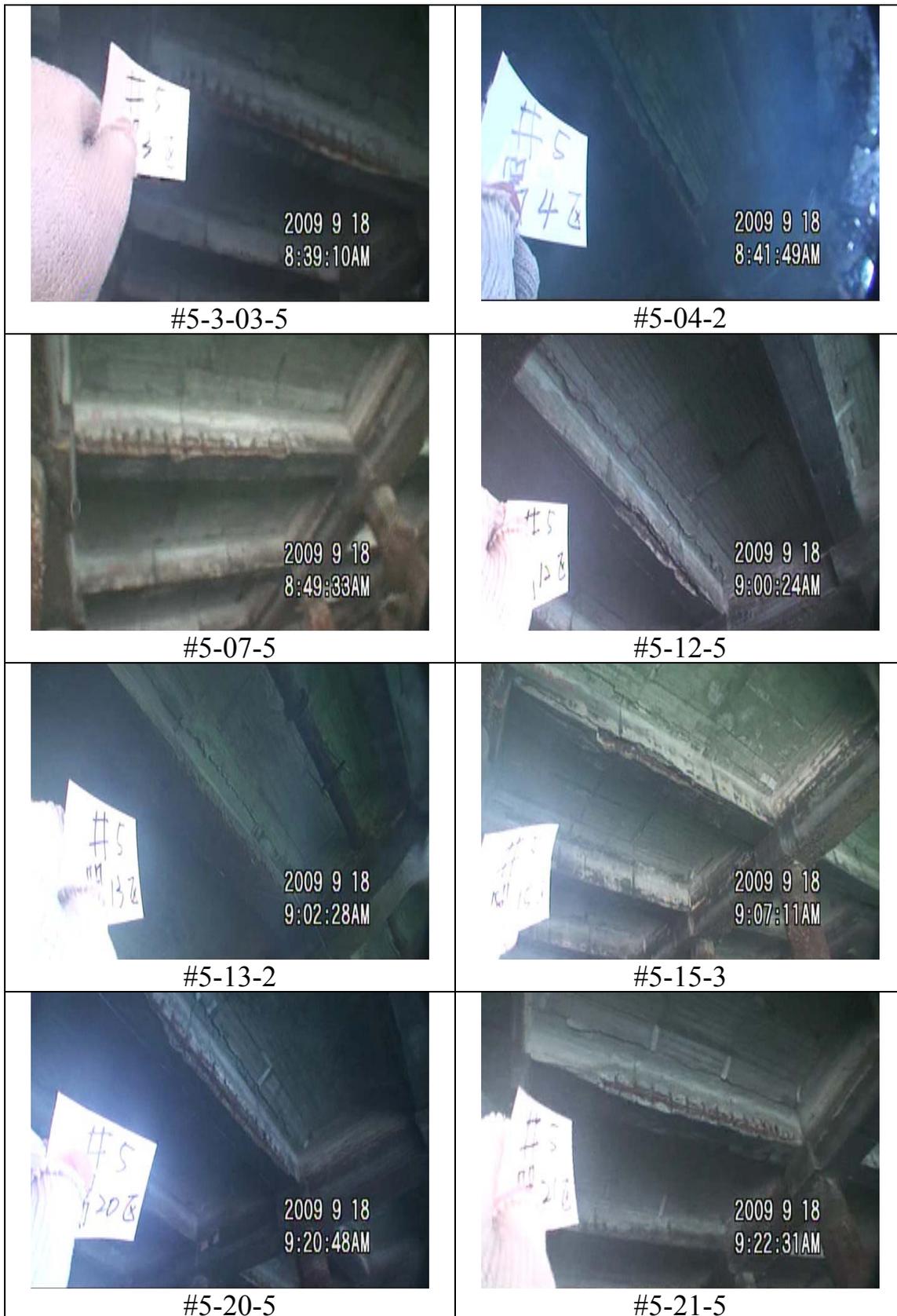


圖 4.6 臺中港 5 號碼頭調查照片-1



圖 4.6 (續) 圖 4.6 臺中港 5 號碼頭調查照片-2

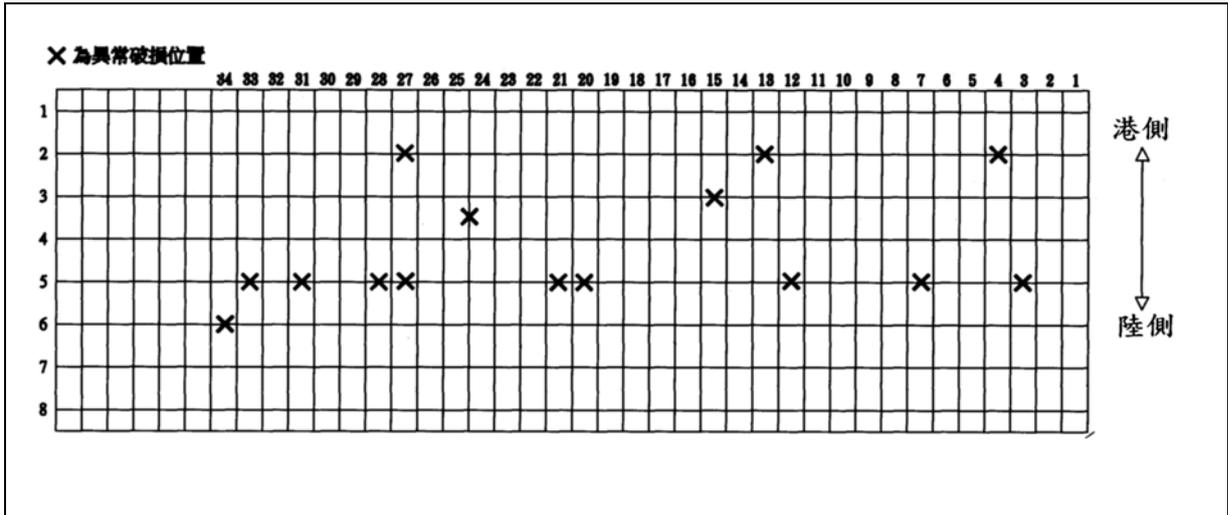


圖 4.7 臺中港 5 號碼頭調查結果示意圖

4.4.3 臺中港 6 號碼頭

本座碼頭全長 200 m，寬 23.5m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2 ，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.3 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。建造時間約於民國 65 年，使用迄今已超過 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.8 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版未發現明顯劣損情形。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（01-4、03-2、10-1、15-3、25-2、30-3、30-4、31-1、31-4、32-2、32-3、32-5、33-3、33-4、33-5 等 15 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.9 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

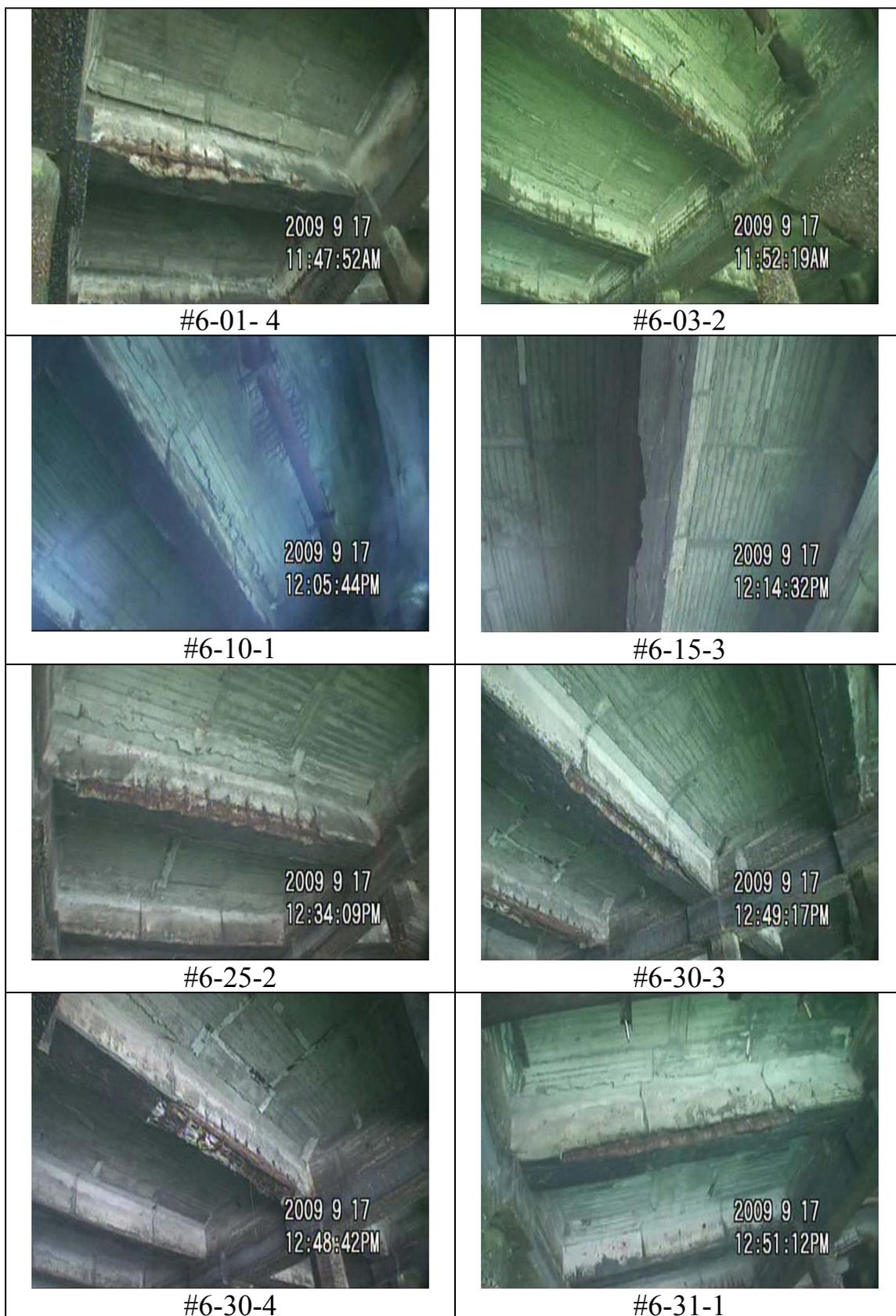


圖 4.8 臺中港 6 號碼頭調查照片-1



圖 4.8 (續) 臺中港 6 號碼頭調查照片-2

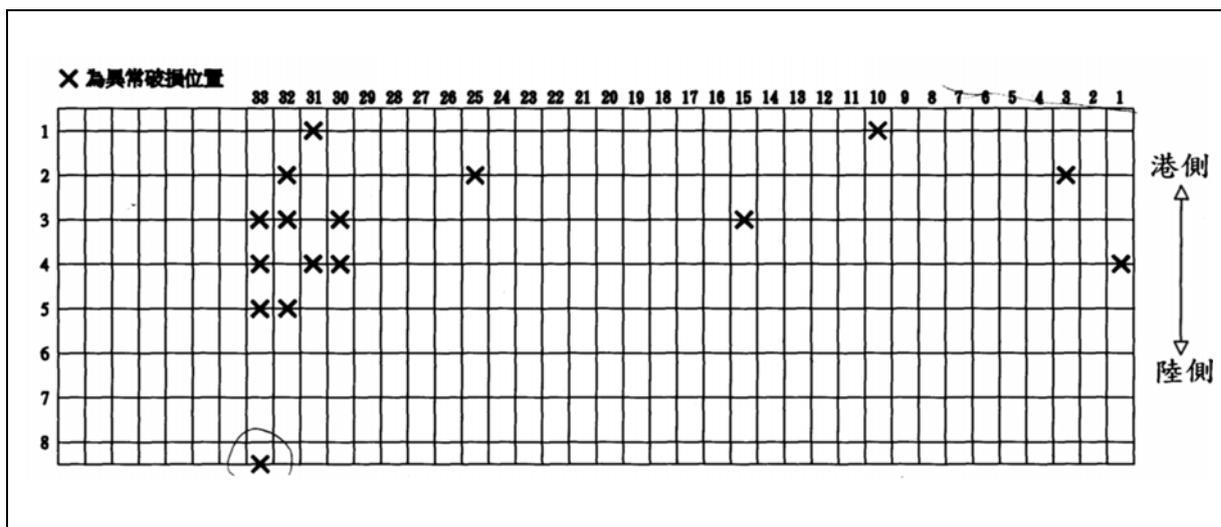


圖 4.9 臺中港 6 號碼頭調查結果示意圖

4.4.4 臺中港 7 號碼頭

本座碼頭全長 200 m，寬 23.5m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.3 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。建造時間約於民國 65 年，使用迄今已超過 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.10 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版除編號 24-1 一處發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露外，其餘未發現明顯劣損情形。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（01-3、01-4、02-4、04-8、06-2、06-8、07-1、07-3、08-2、08-3、09-3、09-4、10-2、10-3、12-4、13-3、15-2、16-3、18-4、18-5、19-2、20-2、20-3、20-7、21-3、21-4、21-6、22-4、23-2、23-8、24-1、26-5、28-2、28-3、31-3、31-5、31-6、32-2、32-4、32-5、33-3、33-6、33-8、34-3、34-4、34-8 等 46 處）

(3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.11 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。本座碼頭面版及梁因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

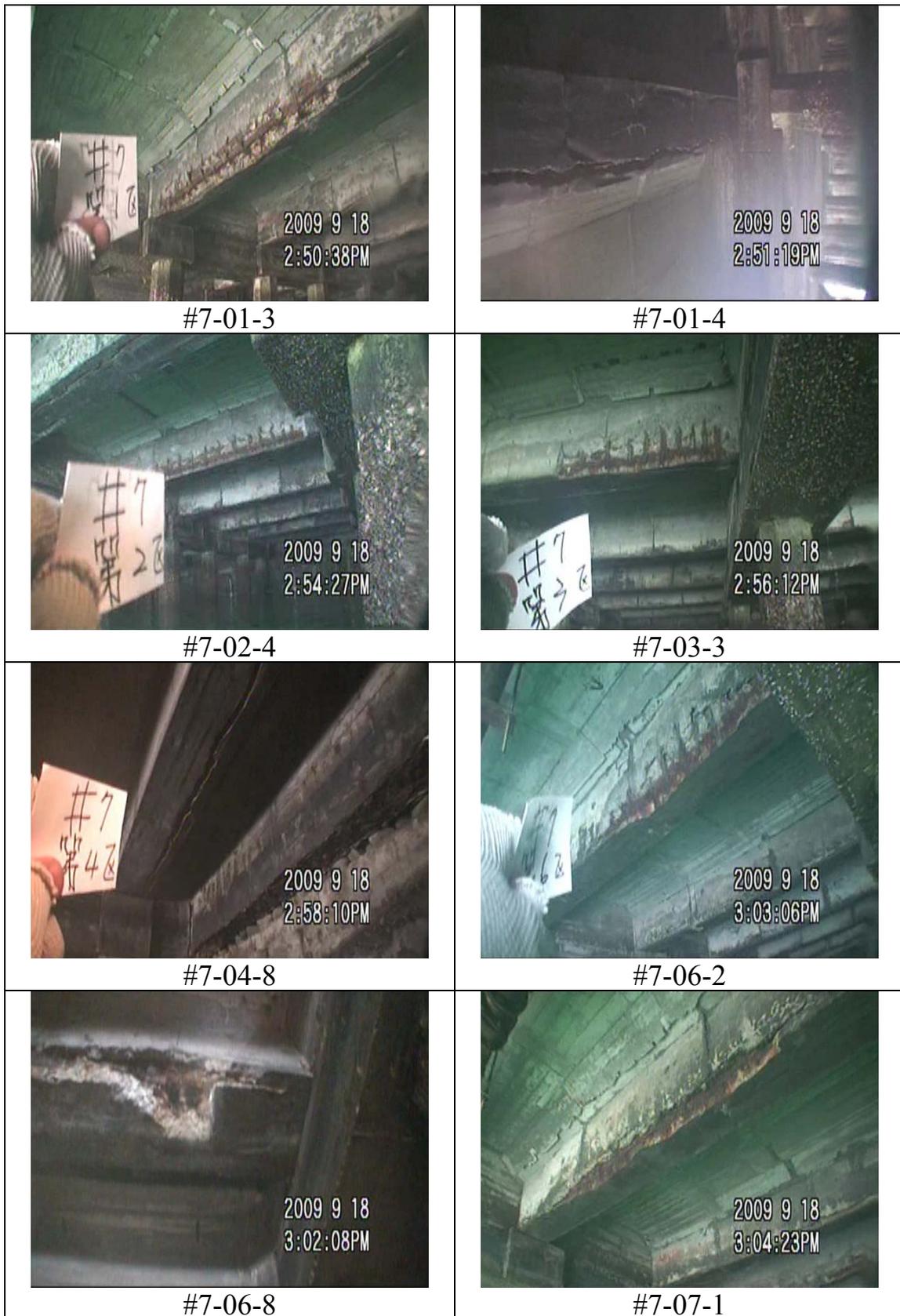


圖 4.10 臺中港 7 號碼頭調查照片-1



圖 4.10 (續 1) 臺中港 7 號碼頭調查照片-2

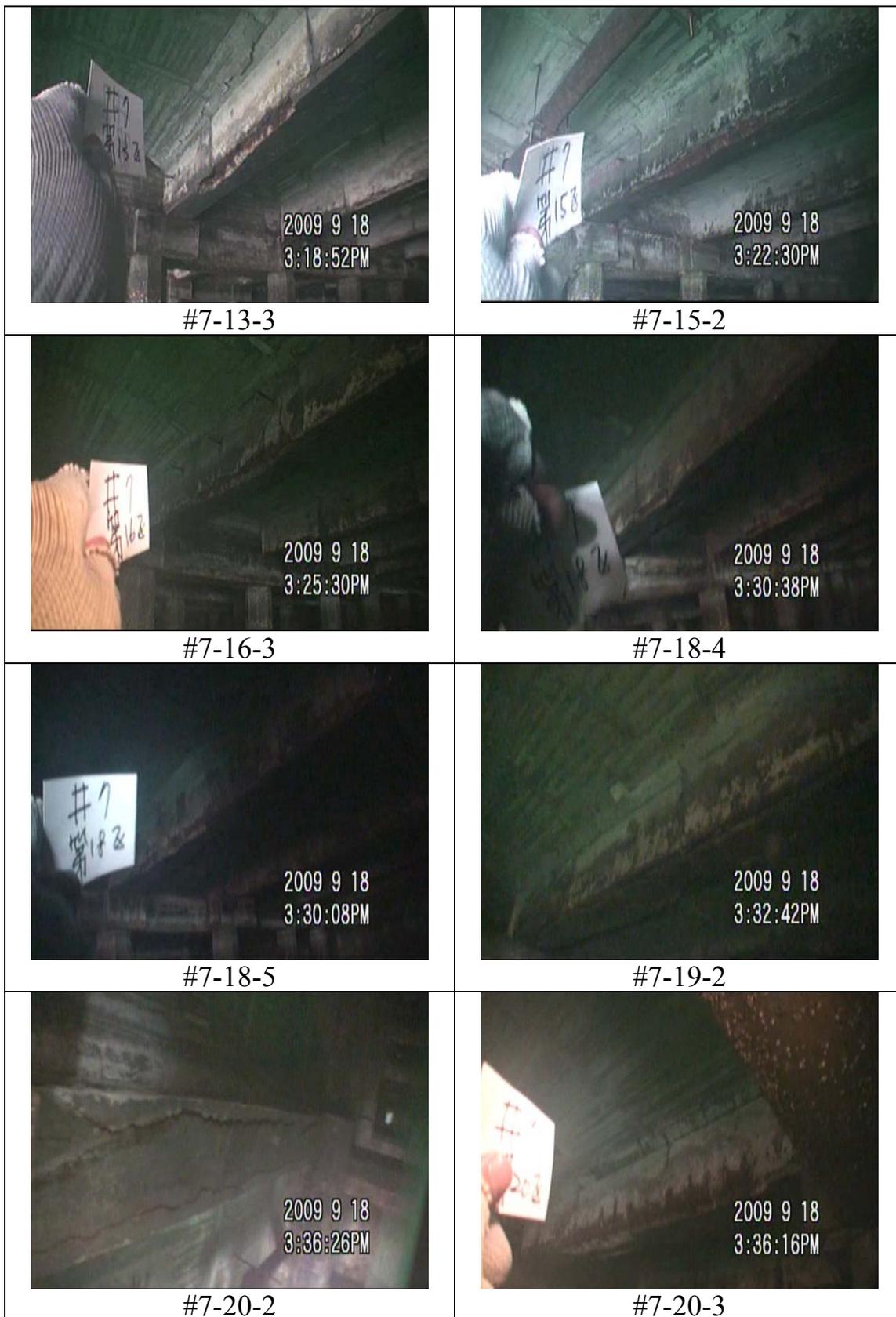


圖 4.10 (續 2) 臺中港 7 號碼頭調查照片-3

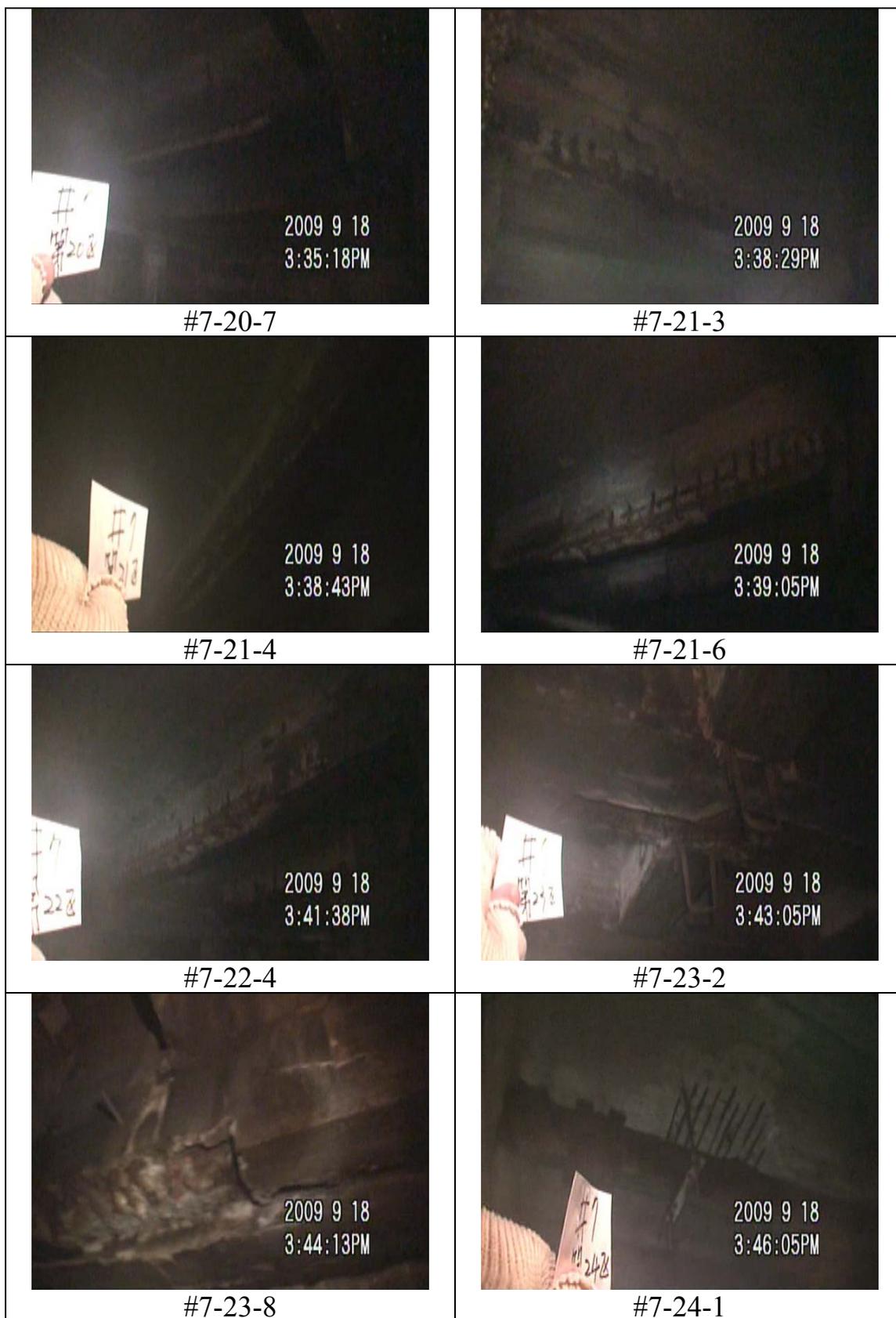


圖 4.10 (續 3) 臺中港 7 號碼頭調查照片-4

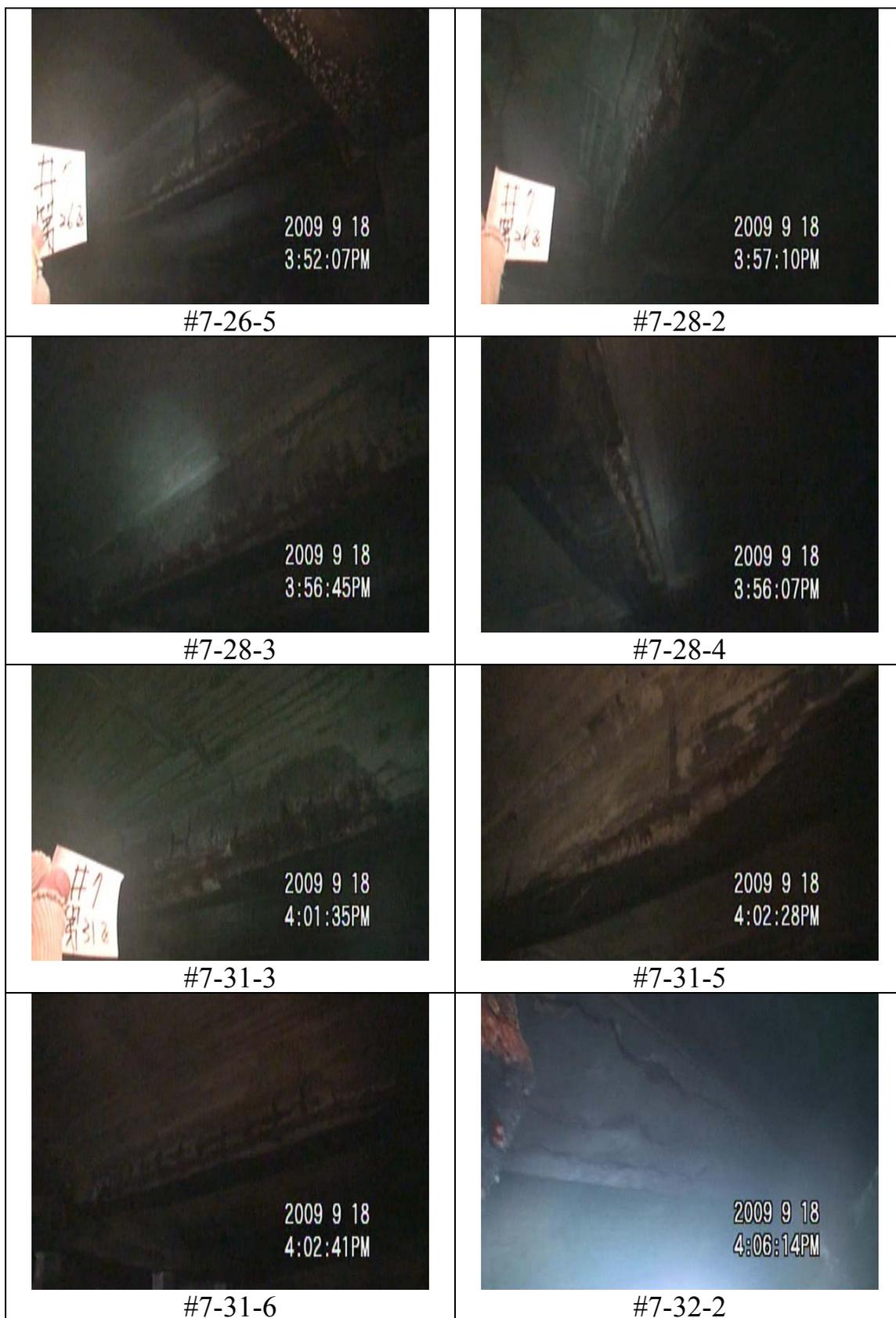


圖 4.10 (續 4) 臺中港 7 號碼頭調查照片-5



圖 4.10 (續 5) 臺中港 7 號碼頭調查照片-6

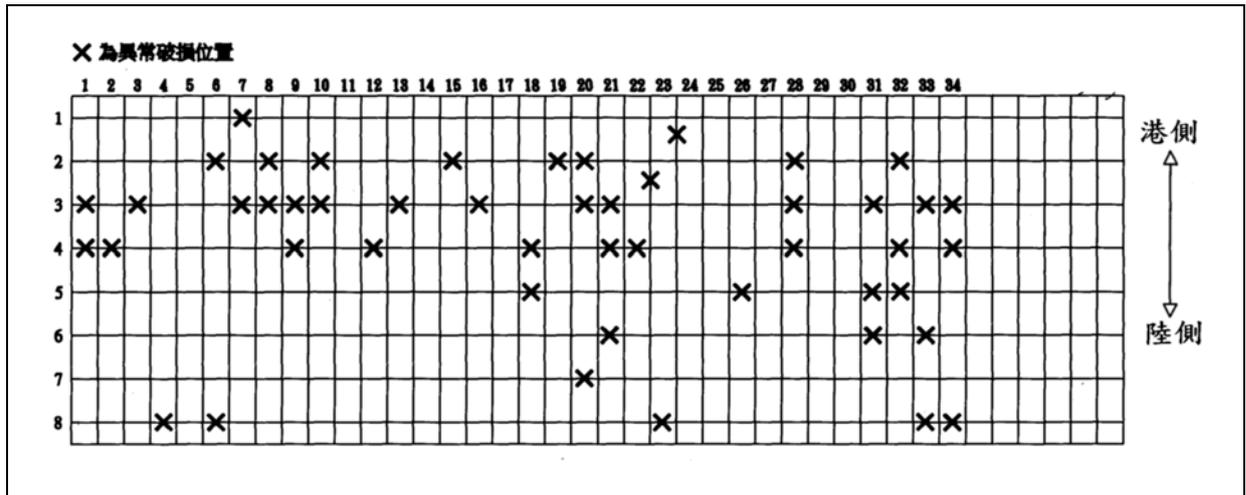


圖 4.11 臺中港 7 號碼頭調查結果示意圖

4.4.5 臺中港 8 號碼頭

本座碼頭全長 200 m，寬 23.5m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.3 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。建造時間約於民國 65 年，使用迄今已超過 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.12 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版除編號 15-3、16-4、21-1、22-4 等 4 處發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露外，其餘未發現明顯劣損情形。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-3、01-4、01-5、01-6、06-2、01-8、02-2、02-5、03-5、03-6、04-2、04-3、04-4、05-4、05-5、07-2、07-3、07-8、09-4、17-8、21-1、22-3、22-4、24-3、28-4、28-5、31-6、33-3 等 28 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形

情形

(4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.13 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。本座碼頭面版及梁因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.12 臺中港 8 號碼頭調查照片-1



圖 4.12 (續 1) 臺中港 8 號碼頭調查照片-2



圖 4.12 (續 2) 臺中港 8 號碼頭調查照片-3

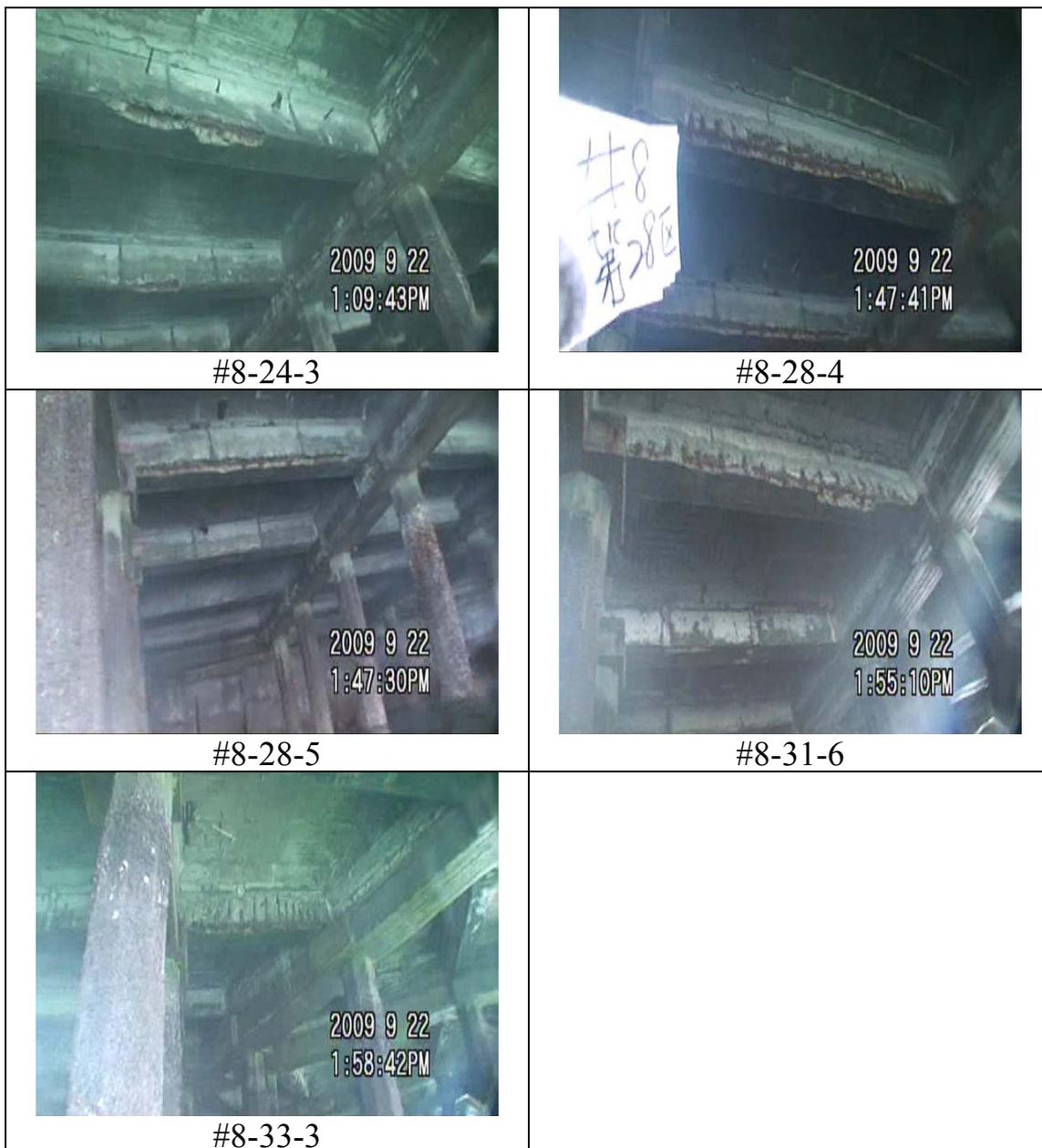


圖 4.12 (續 3) 臺中港 8 號碼頭調查照片-4

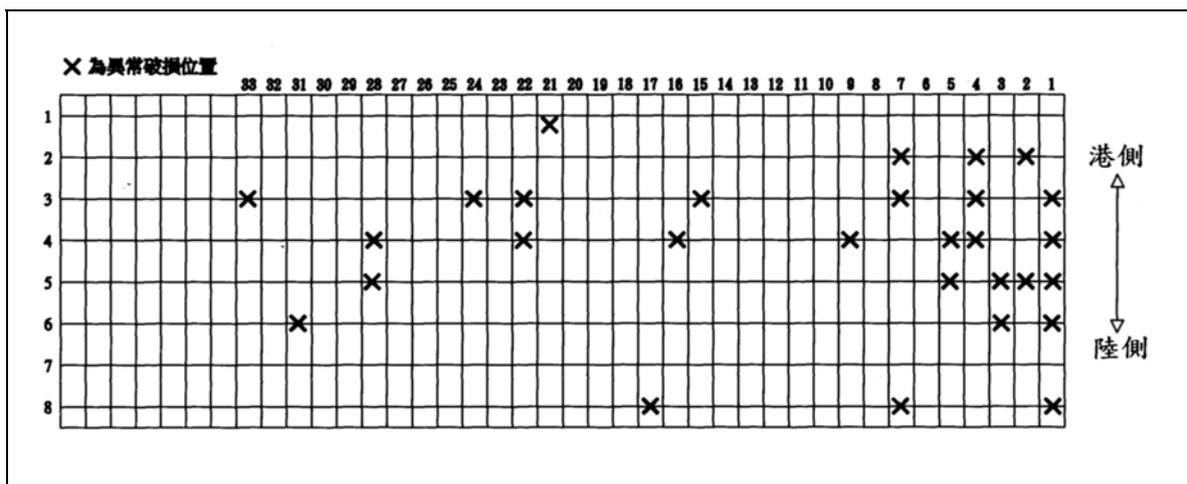


圖 4.13 臺中港 8 號碼頭調查結果示意圖

4.4.6 臺中港 8A 號碼頭

本座碼頭全長 260 m，寬 23.5m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.3 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。建造時間約於民國 65 年，使用迄今已超過 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.14 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 04-7、05-5、05-8、06-6、07-1、08-1、09-1、09-8、12-1、15-1、16-1、18-1、21-1、23-4、23-5、23-7、23-8、27-2、27-8、28-2、28-4、34-2、34-8、38-1、39-2、40-2、40-7、40-8、41-1、41-8、43-3、43-6、44-8、45-1、45-3、45-4 等 36 處）。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 02-4、05-1、05-4、05-5、05-8、06-1、07-3、08-5、09-2、13-3、14-2、14-4、19-3、20-1、20-6、21-5、22-3、22-8、23-1、23-2、25-3、28-1、30-1、31-1、32-1、32-8、

33-3、37-8、40-4、41-3、42-7、44-3 等 32 處)。

(3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡調查時，在編號 19 區之處發現檔土設施有一破損現象。

圖 4.15 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。本座碼頭面版及梁因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.14 臺中港 8A 號碼頭調查照片-1

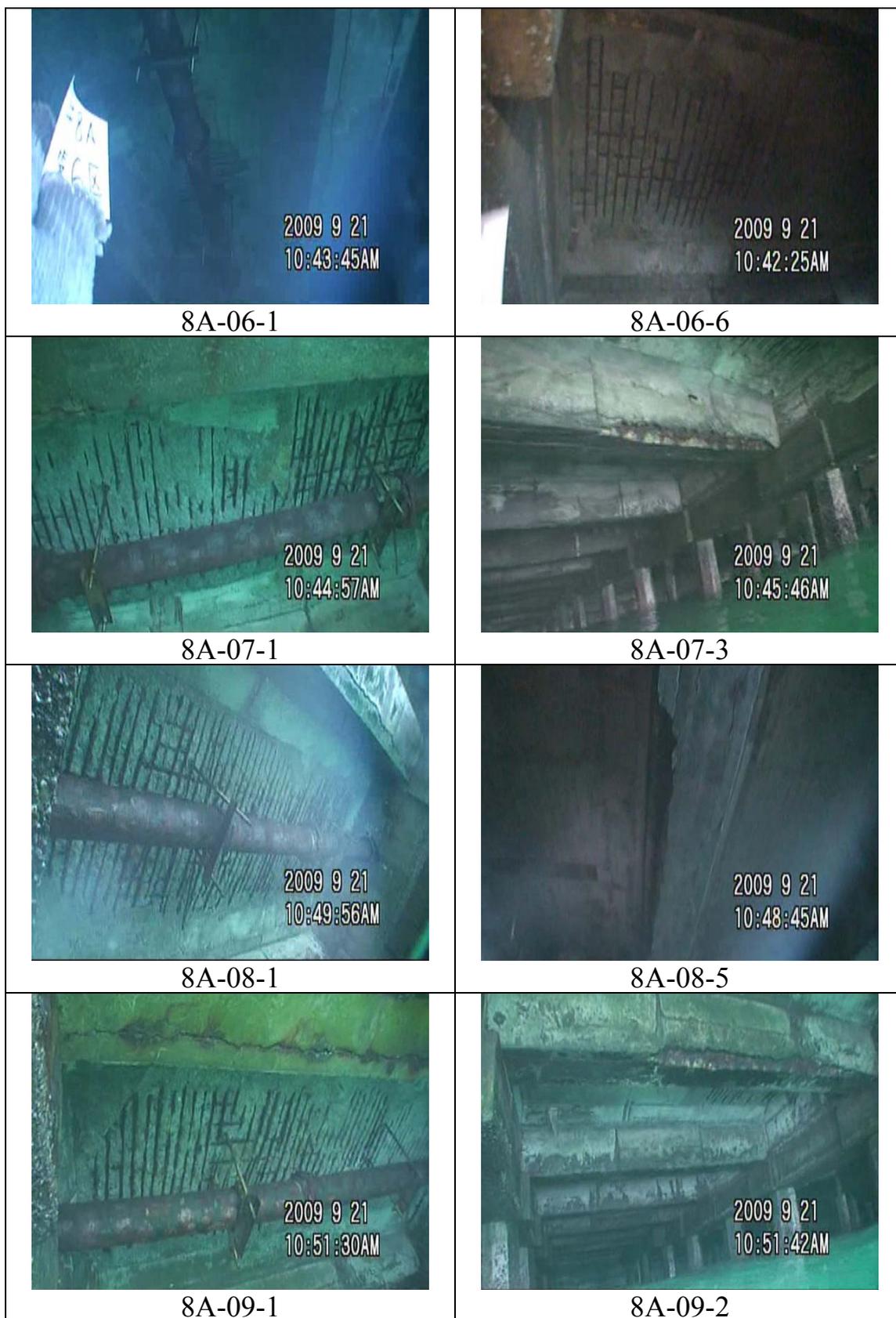


圖 4.14 (續 1) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-2



圖 4.14 (續 2) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-3



圖 4.14 (續 3) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-4

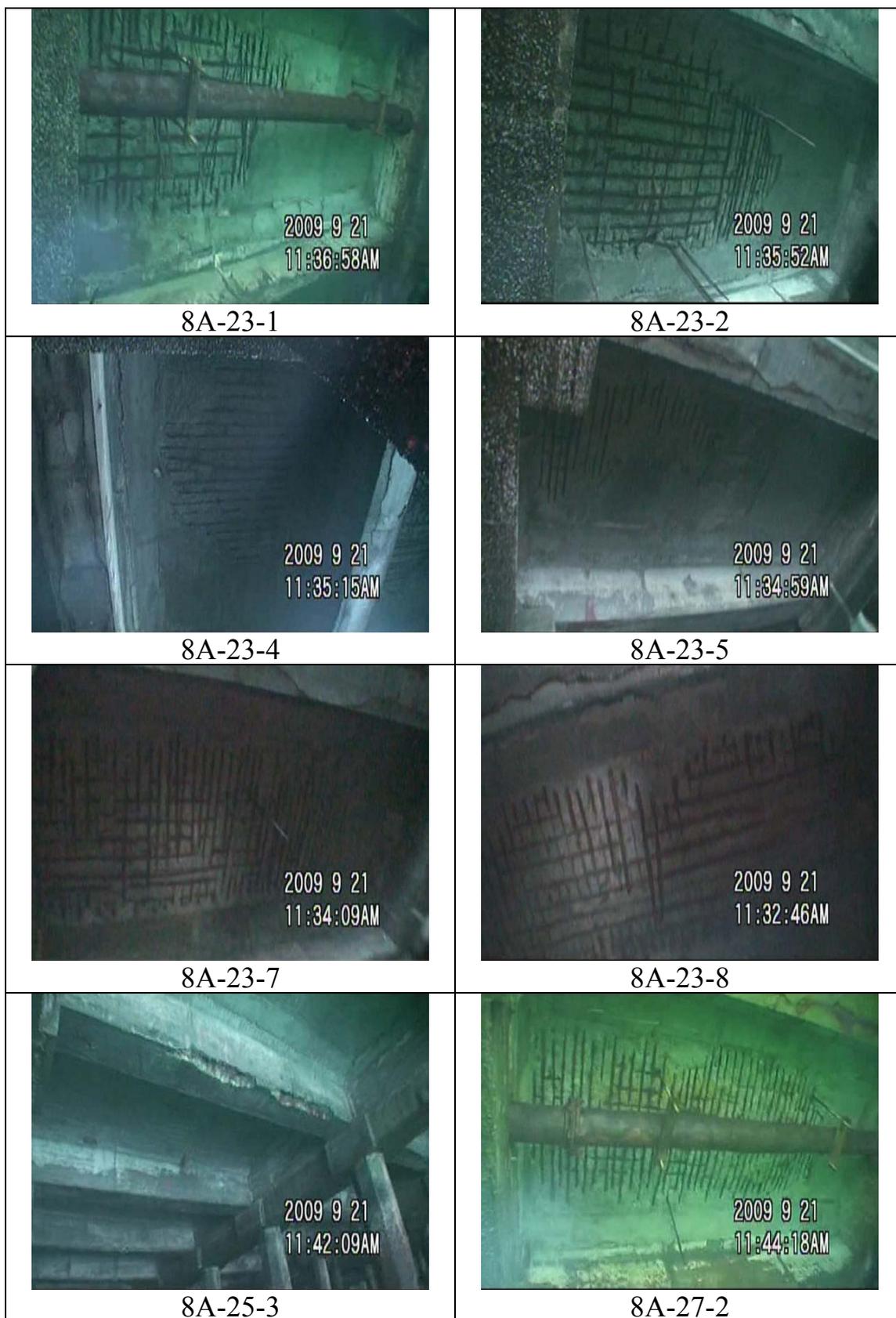


圖 4.14 (續 4) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-5

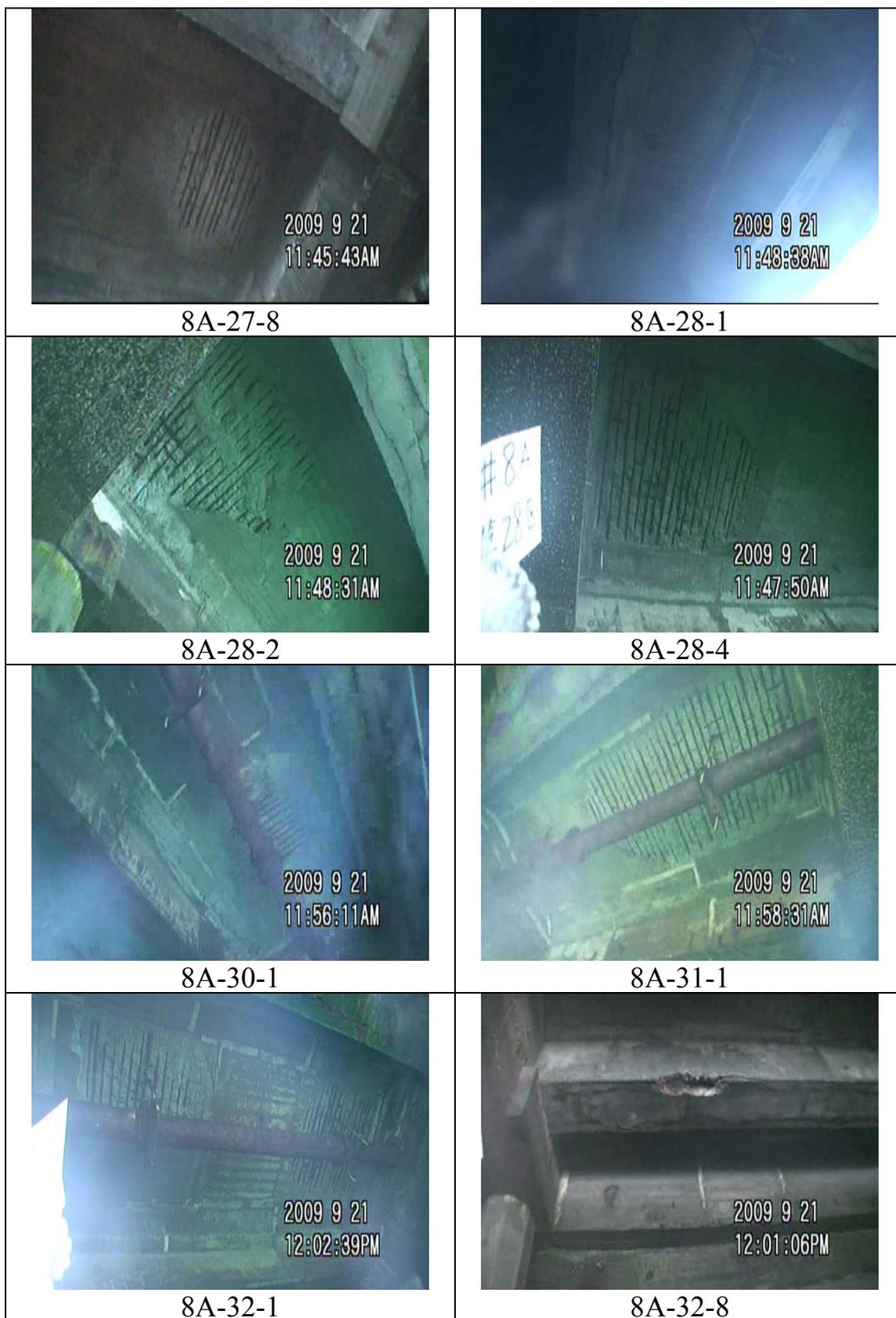


圖 4.14 (續 5) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-6

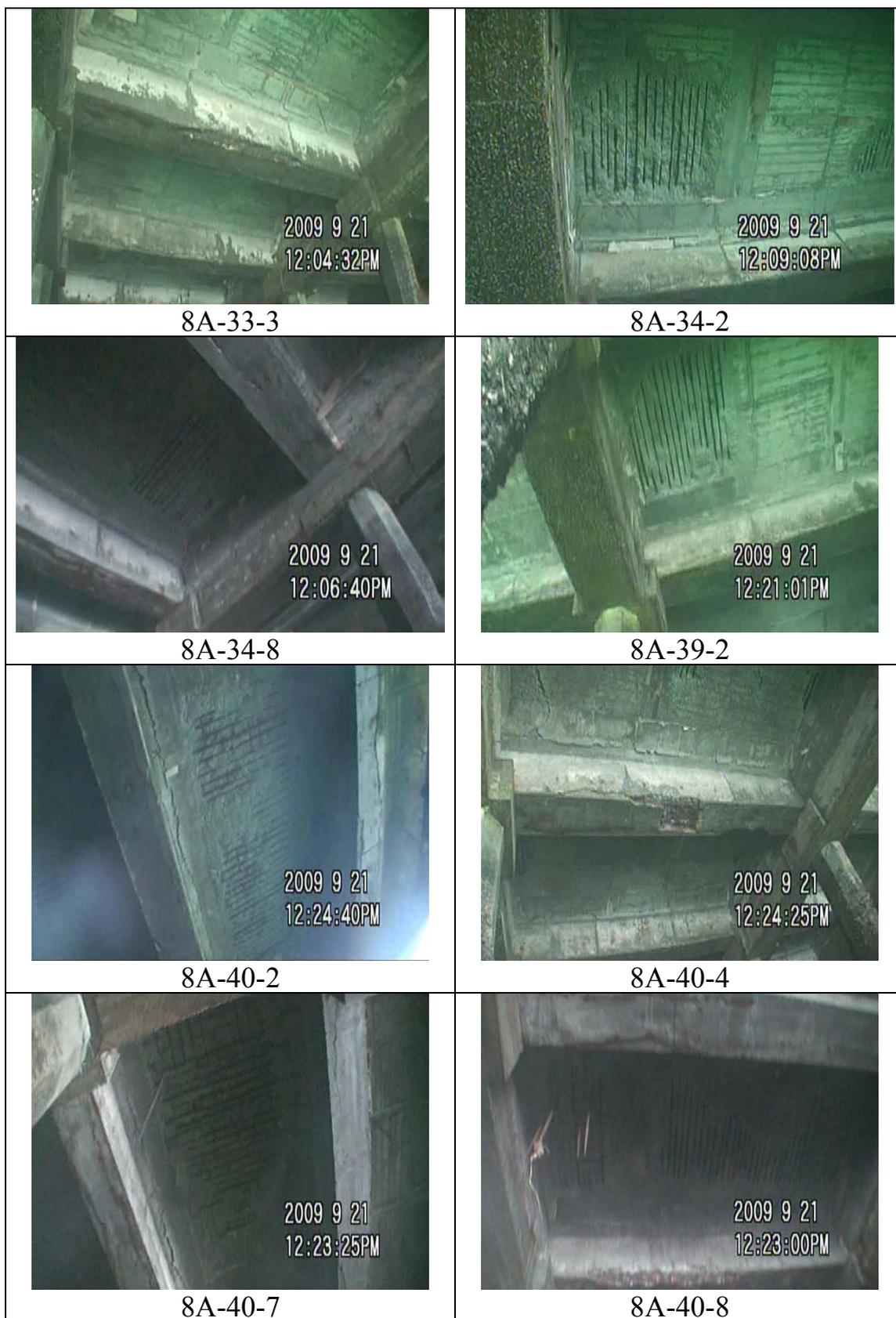


圖 4.14 (續 6) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-7

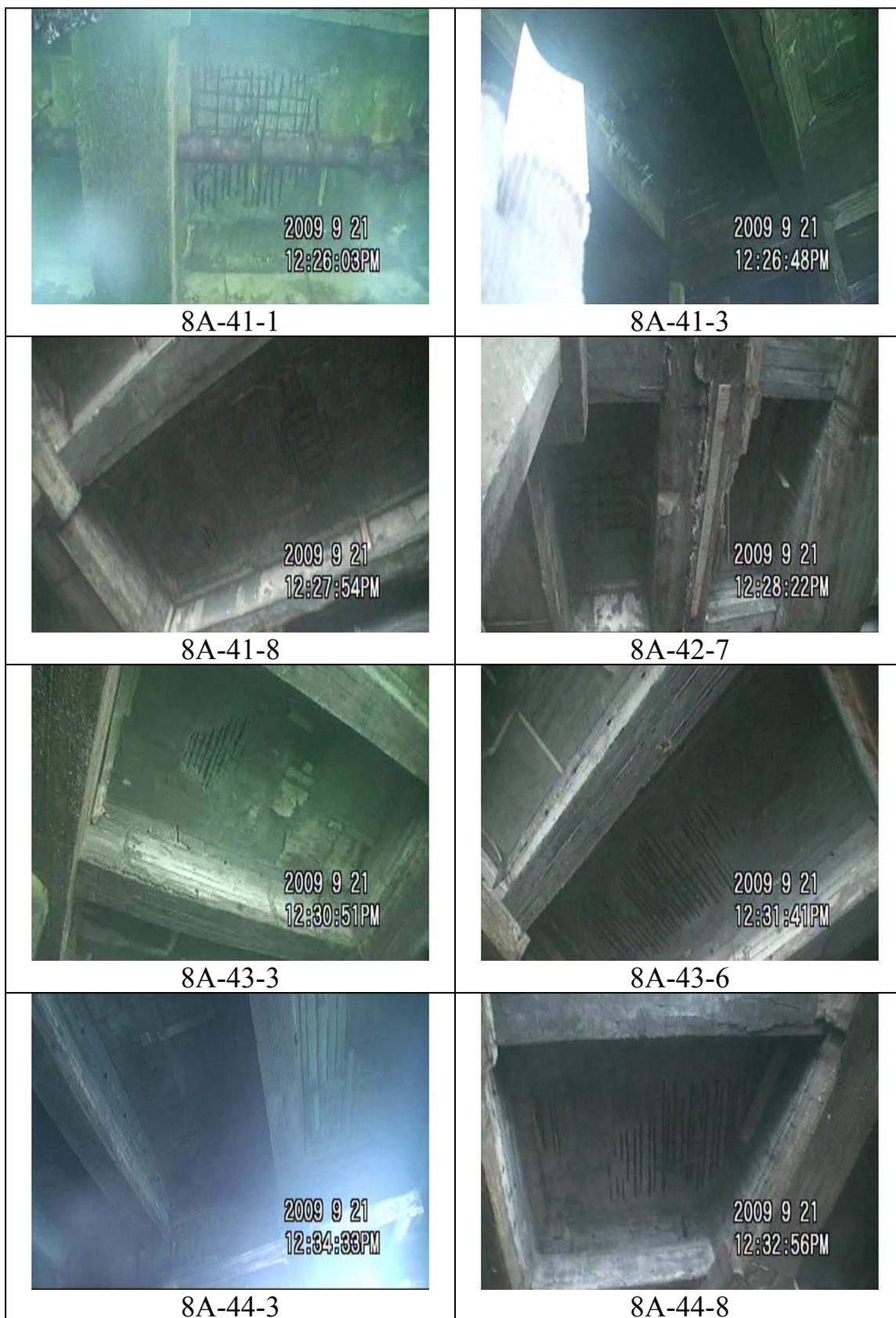


圖 4.14 (續 7) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-8



圖 4.14 (續 8) 臺中港 8A 號碼頭調查照片-9

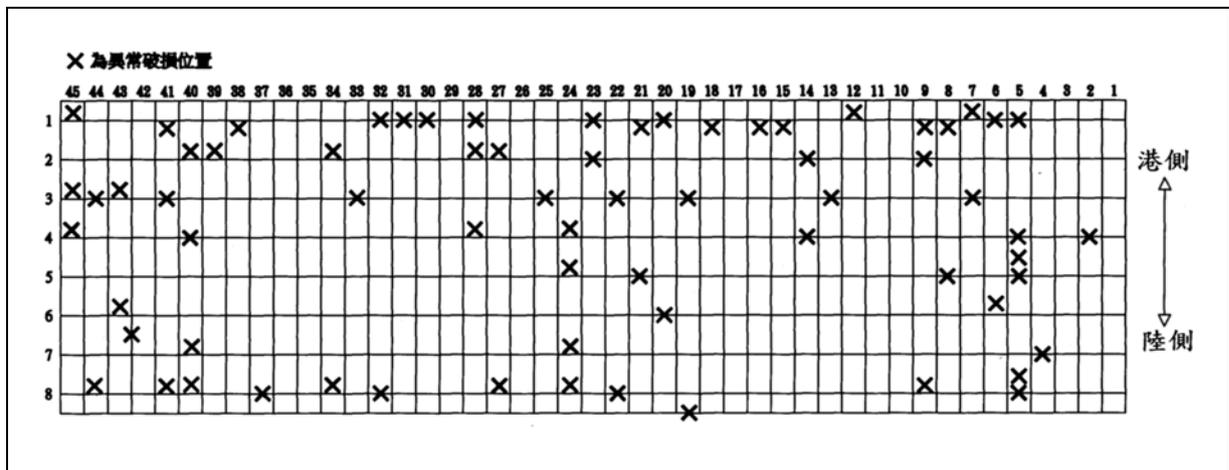


圖 4.15 臺中港 8A 號碼頭調查結果示意圖

4.4.7 臺中港 9 號碼頭

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 260 m，寬 27.0m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 6 隻垂直之預力八角型空心樁及 4 隻斜樁支撐面版，後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖 4.2 所示，結構型式如圖 4.16 所示，以靠泊貨櫃輪船為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.17 所示。

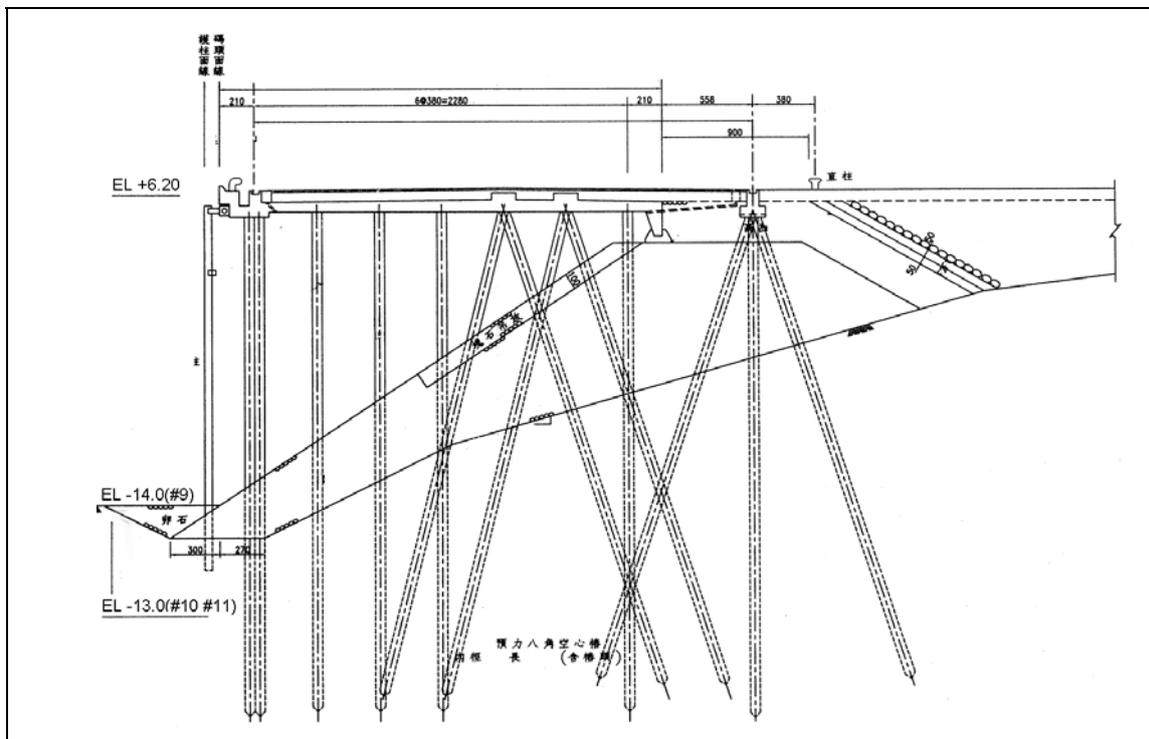


圖 4.16 臺中港 9-11 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底部在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-3、01-4、02-2、02-3、02-4、02-5、02-7、22-4、23-3、44-4、54-4 等 11 處）。
- (2)梁：本座碼頭調查時，梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 02-6 共 1 處）。

(3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形

(4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.18 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

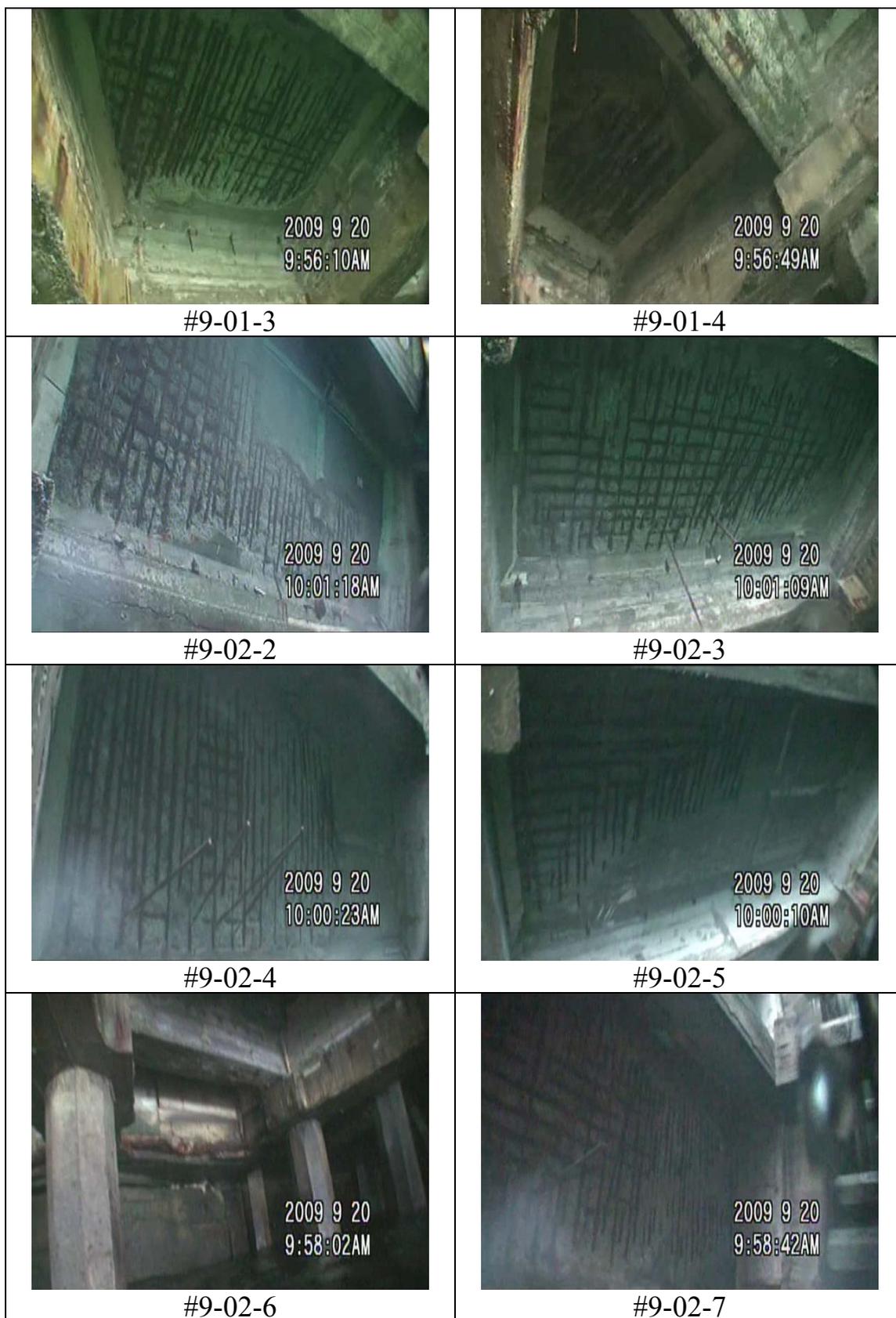


圖 4.17 臺中港 9 號碼頭調查照片-1



圖 4.17 (續) 臺中港 9 號碼頭調查照片-2

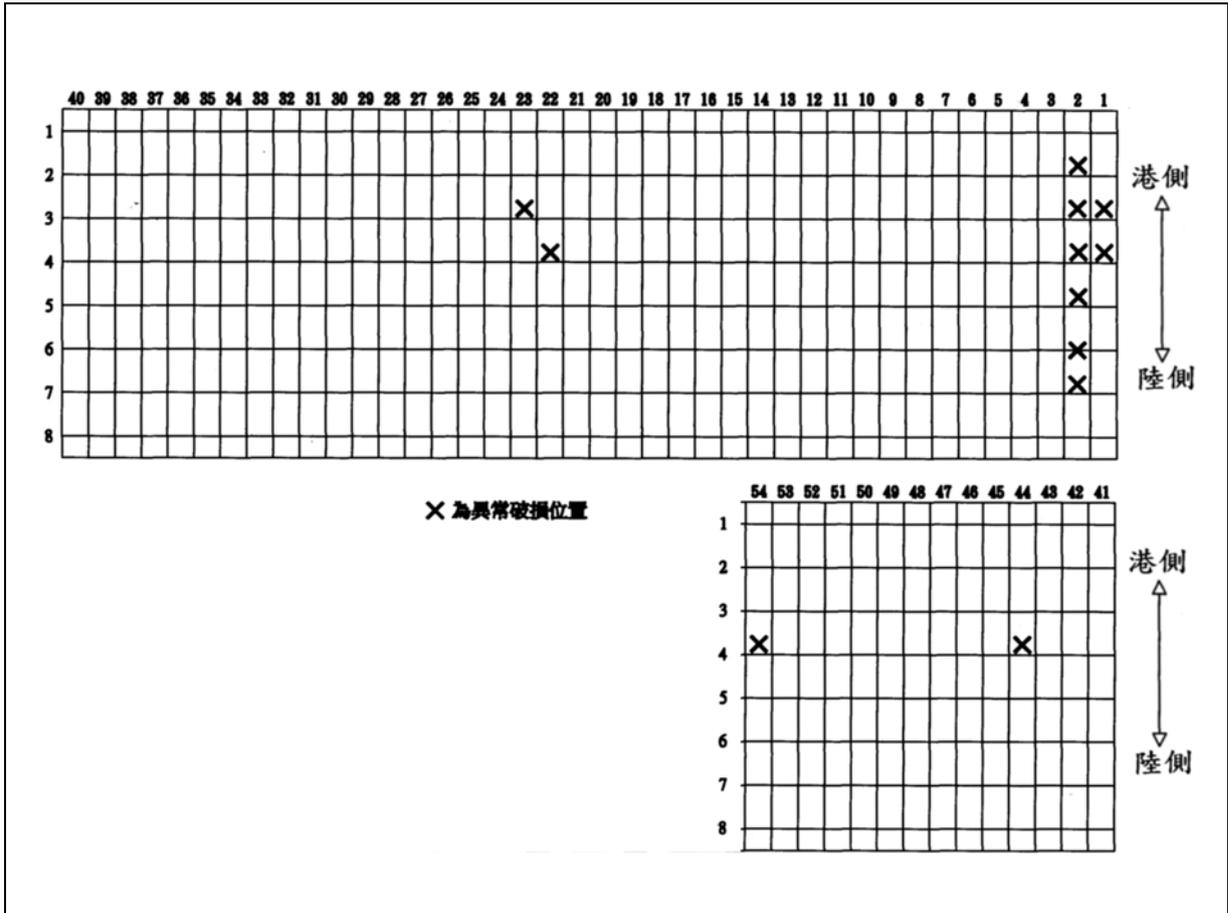


圖 4.18 臺中港 9 號碼頭調查結果示意圖

4.4.8 臺中港 10 號碼頭

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 320 m，寬 27.0m，設計水深為-13.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 6 隻直樁及 4 隻斜樁支撐面版，後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖 4.2 所示，結構型式如圖 4.16 所示，以靠泊貨櫃船隻為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.19 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 06-6、24-4、46-6 等 3 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及

內部鋼筋腐蝕外露（編號 06-2、06-3 等 2 處）

(3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形之情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

圖 4.20 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.19 臺中港 10 號碼頭調查照片

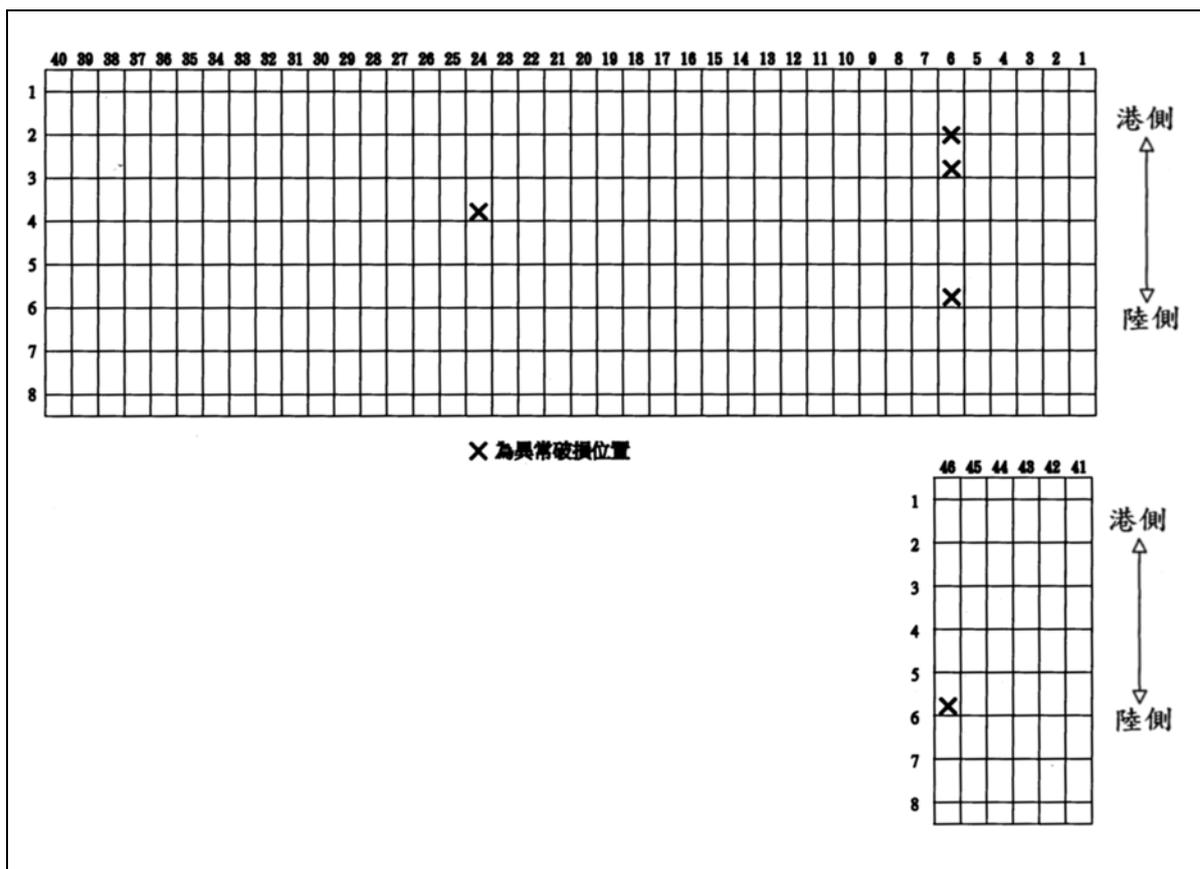


圖 4.20 臺中港 10 號碼頭調查結果示意圖

4.4.9 臺中港 11 號碼頭

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 320 m，寬 27.0m，設計水深為-13.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 6 隻直樁及 4 隻斜樁支撐面版，後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖 4.2 所示，結構型式如圖 4.16 所示，以靠泊貨櫃船隻為主，建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.21 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底部在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 62-3、65-5、70-5、72-5、74-7、75-7、77-7 等 7 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及

內部鋼筋腐蝕外露（編號 73-5 共 1 處）

(3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.22 為為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.21 臺中港 11 號碼頭調查照片

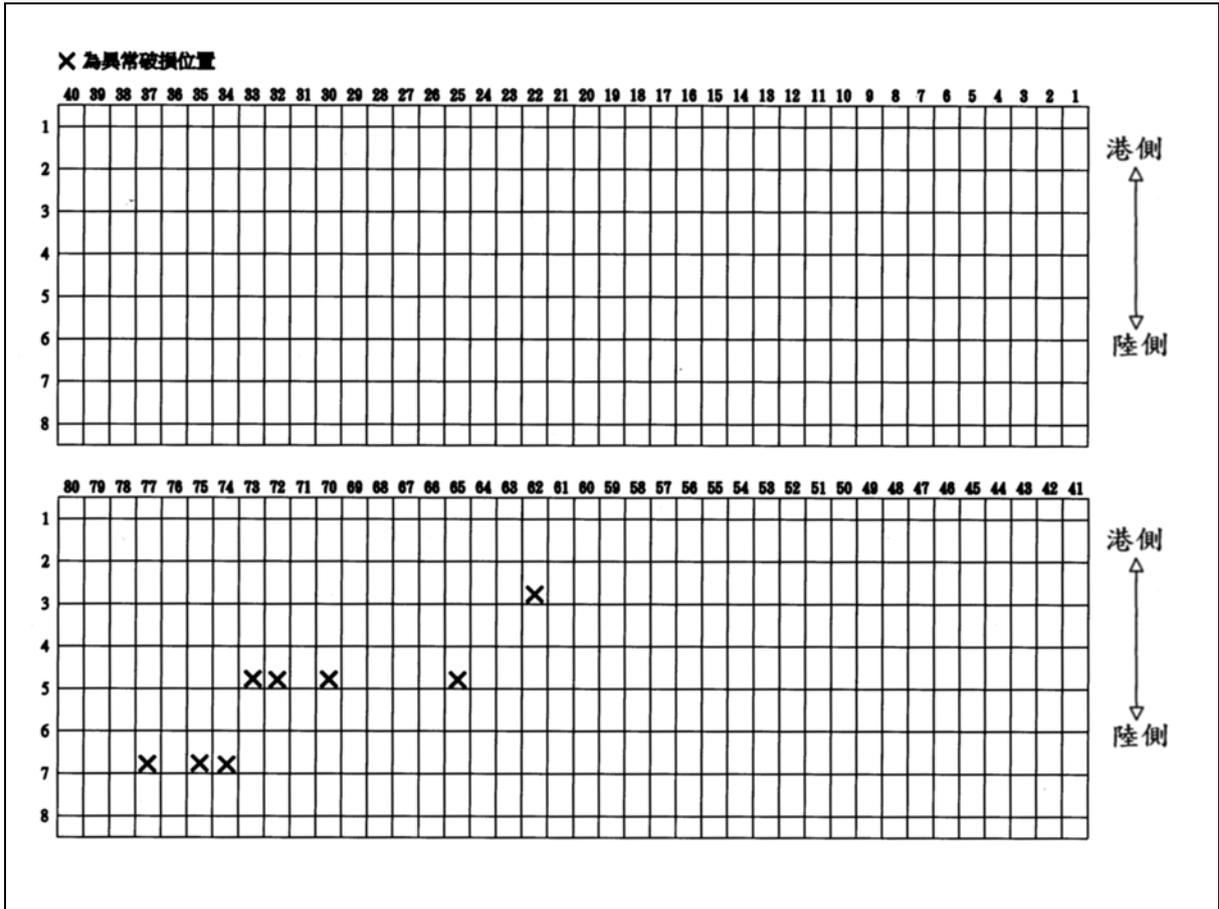


圖 4.22 臺中港 11 號碼頭調查結果示意圖

4.4.10 臺中港 12 號碼頭

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 200 m，寬 24.0m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖 4.2 所示，結構型式如圖 4.23 所示，以靠泊貨櫃船隻為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.24 所示。

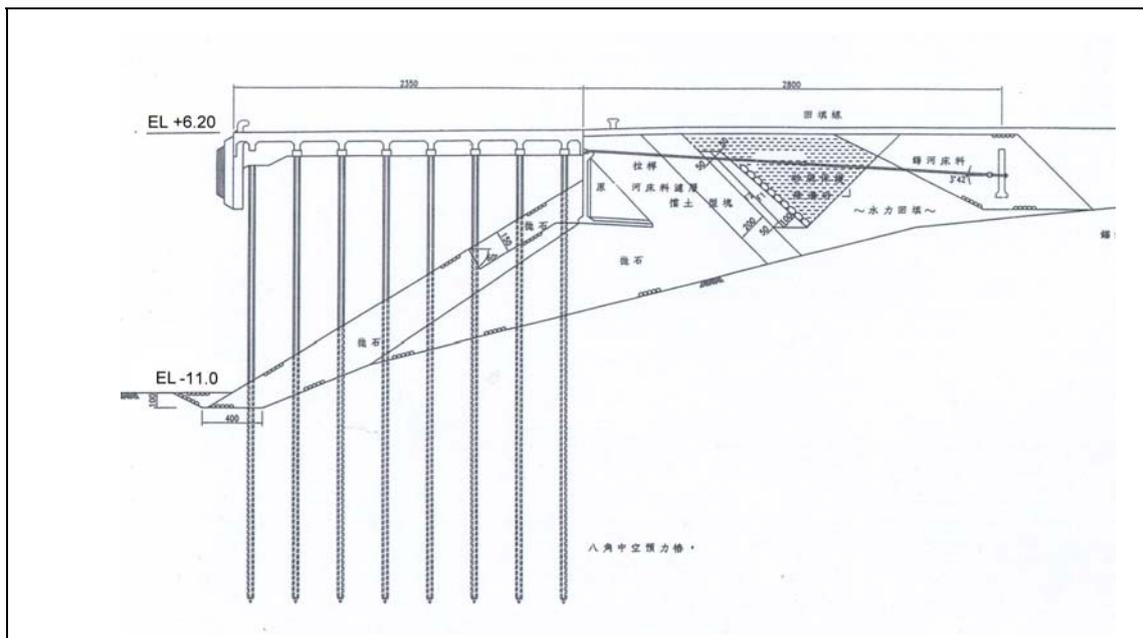


圖 4.23 臺中港 12-13 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 03-2、03-4、15-4、28-8 等 4 處）
- (2)梁：本座碼頭面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 04-3、04-7、08-2、12-5、15-2、24-7、25-3、30-8、31-4、32-2、33-8 等 11 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形之情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

圖 4.25 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

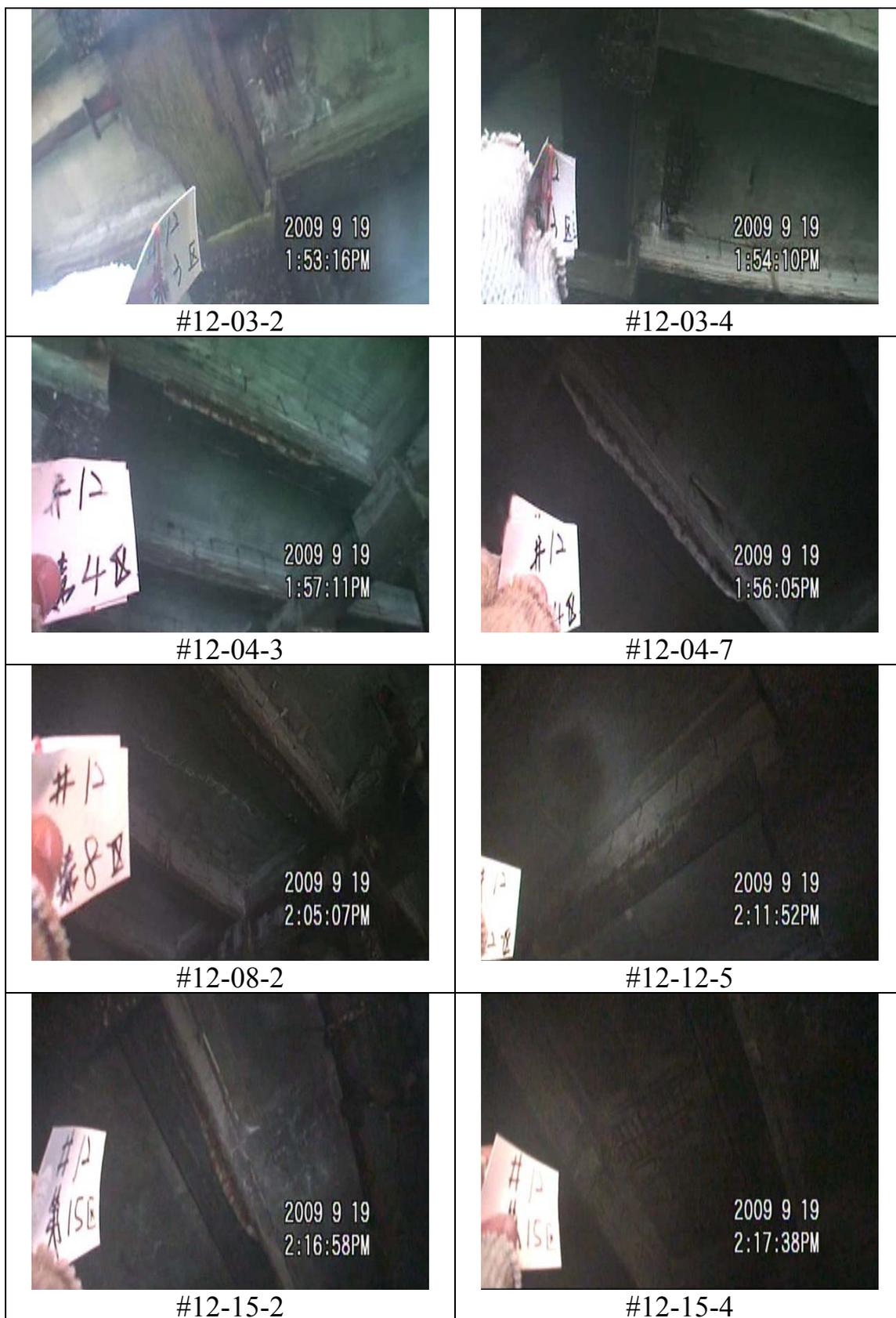


圖 4.24 臺中港 12 號碼頭調查照片-1



圖 4.24 (續) 臺中港 12 號碼頭調查照片-2

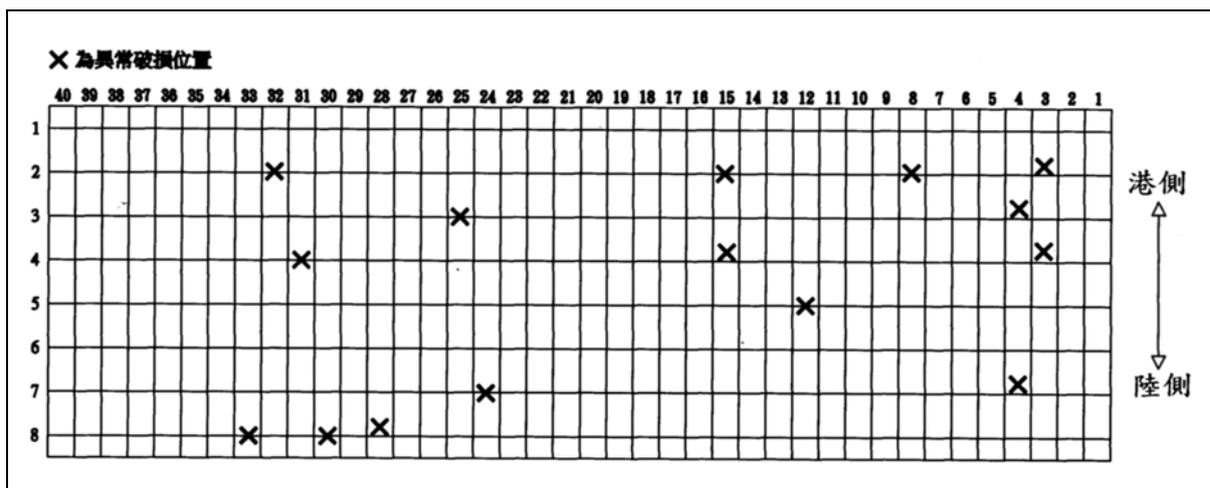


圖 4.25 臺中港 12 號碼頭調查結果示意圖

4.4.11 臺中港 13 號碼頭

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 200 m，寬 24.0m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，後線打設 1 隻直樁及 2 隻斜樁之棧橋式結構。碼頭位置如圖.2 所示，結構型式如圖 4.23 所示，以靠泊貨櫃船隻為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.26 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭面版底部在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 06-7、07-1、08-1、18-2、18-3、18-7、22-8、23-8、18-2、18-3、18-7 等 11 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 04-8、05-4、05-8、08-4、09-3、09-6、12-8、13-3、17-3、21-2、21-4、22-2、25-3、27-3、28-8、31-3、31-5 等 17 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形之情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.27 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.26 臺中港 13 號碼頭調查照片-1



圖 4.26 (續 1) 臺中港 13 號碼頭調查照片-2



圖 4.26 (續 2) 臺中港 13 號碼頭調查照片-3



圖 4.26 (續 3) 臺中港 13 號碼頭調查照片-4

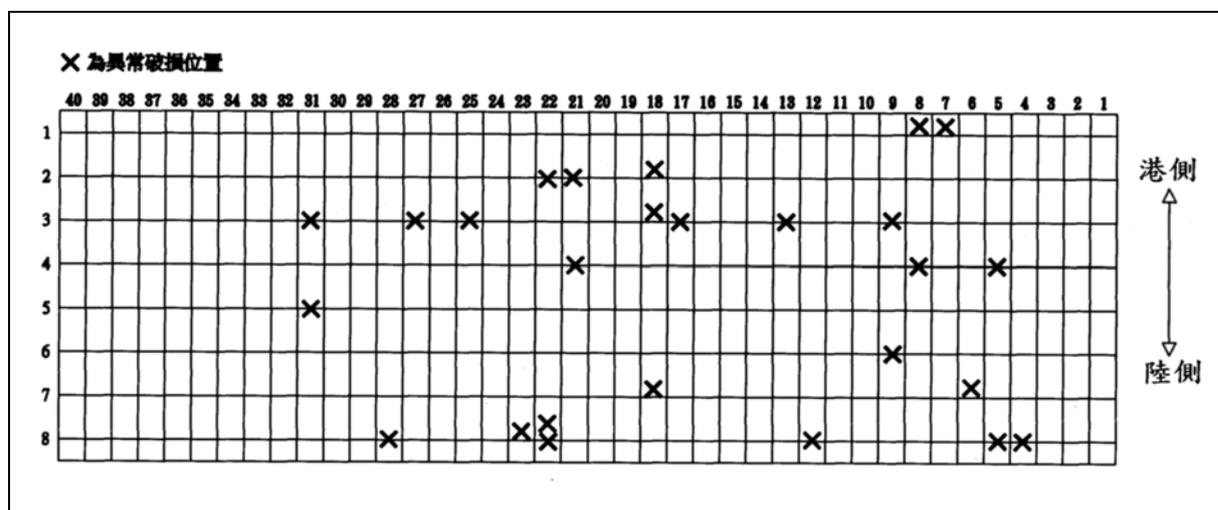


圖 4.27 臺中港 13 號碼頭調查結果示意圖

4.4.12 臺中港 14 號碼頭

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 180 m，寬 15.75m，設計水深為-10.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 5 隻直樁支撐面版，後線打設 1 隻垂直鋼板樁及混凝土錨碇版並設置拉桿來抵抗水平作用力之之棧橋式結構。碼頭位置如圖 4.2 所示，結構型式如圖 4.28 所示，以靠泊貨櫃船隻為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.29 所示。

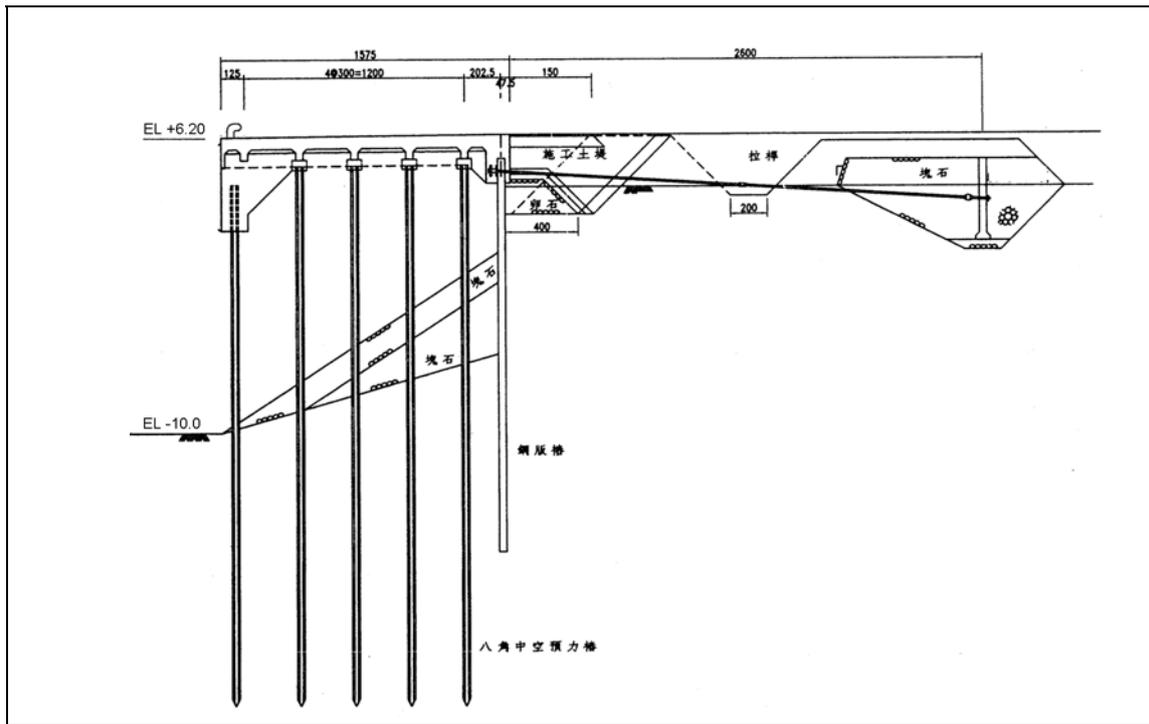


圖 4.28 臺中港 14-15 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底部在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 02-1、02-5、04-3、05-3、12-2、20-2、23-5、24-5、25-5 等 9 處）
- (2)碼頭面版梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-3、01-5、02-2、03-1、03-4、04-2、04-3、04-4、04-5、05-2、05-4、05-5、07-1、07-2、07-3、08-2、09-3、10-5、11-3、11-4、11-5、12-3、12-4、13-5、14-5、15-5、16-3、19-2、19-3、19-4、19-5、23-4、23-5、24-3、24-4、24-5、25-2、26-5、27-3、27-5、28-3 等 41 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

圖 4.29 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。本座碼頭面版及梁因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.29 臺中港 14 號碼頭調查照片-1



圖 4.29 (續 1) 臺中港 14 號碼頭調查照片-2

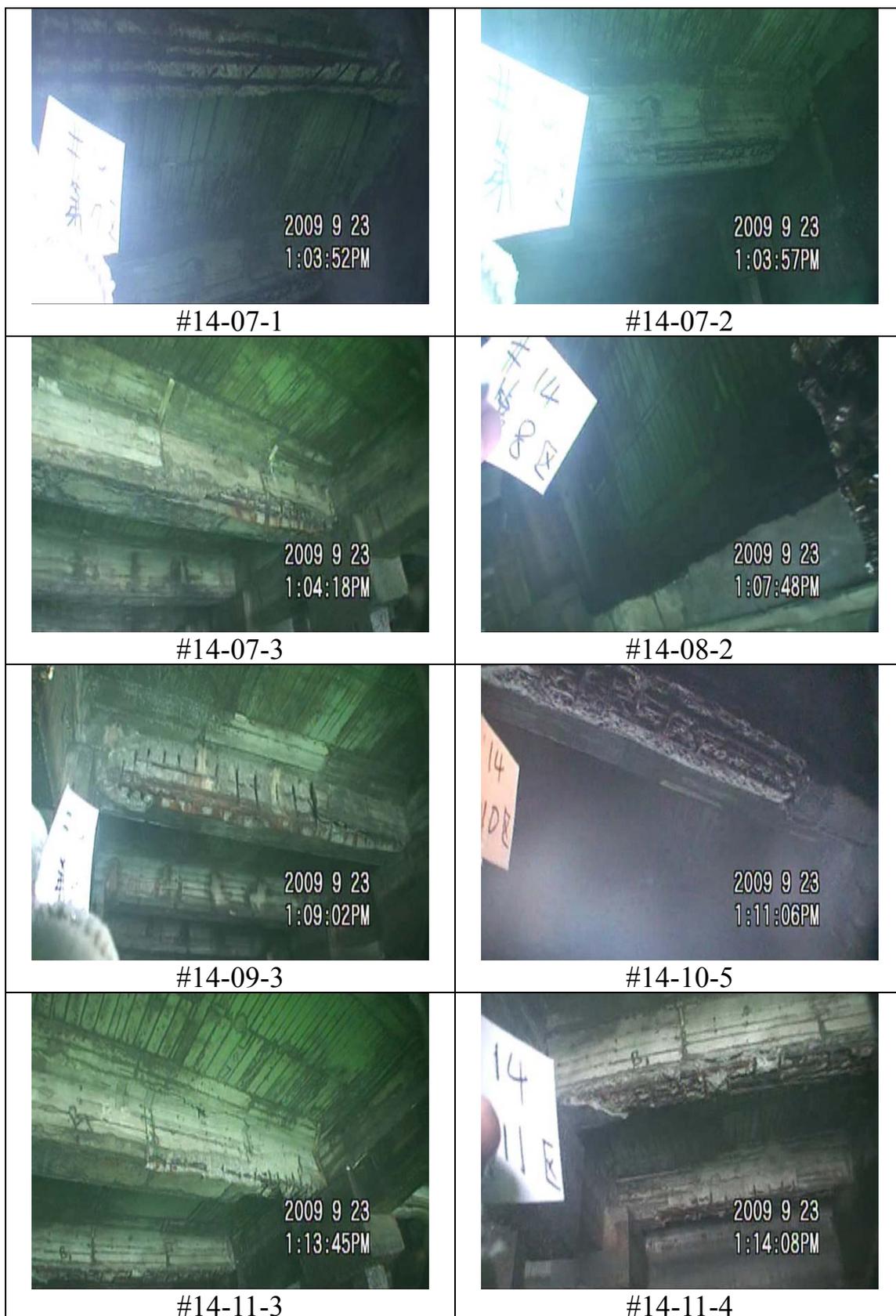


圖 4.29 (續 2) 臺中港 14 號碼頭調查照片-3



圖 4.29 (續 3) 臺中港 14 號碼頭調查照片-4



圖 4.29 (續 4) 臺中港 14 號碼頭調查照片-5



圖 4.29 (續 5) 臺中港 14 號碼頭調查照片-6



圖 4.29 (續 6) 臺中港 14 號碼頭調查照片-7

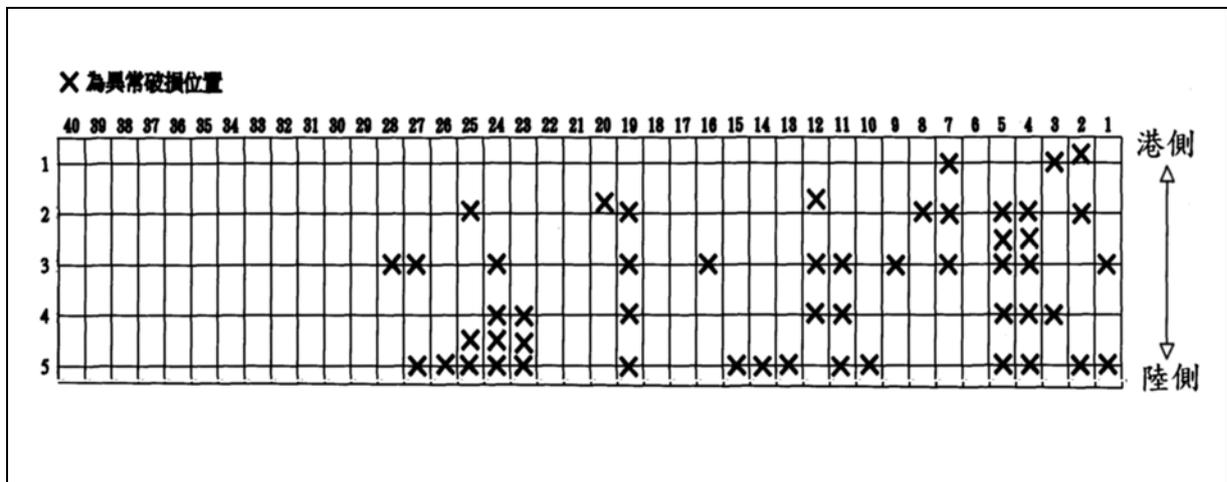


圖 4.30 臺中港 14 號碼頭調查結果示意圖

4.4.13 臺中港 15 號碼頭

本座碼頭屬棧橋式，碼頭全長 180 m，寬 15.75m，設計水深為-10.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 5 隻直樁支撐面版，後線打設 1 隻垂直鋼板樁及混凝土錨碇版並設置拉桿來抵抗水平作用力之之棧橋式結構。碼頭位置如圖 4.2 所示，結構型式如圖 4.28 所示，以靠泊貨櫃船隻為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.31 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-2、06-5、11-5 等 3 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-5、02-4、02-5、05-2、05-3、16-5、17-5、18-2、18-5、22-5、24-5、26-5、27-5、28-5 等 14 處）
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.32 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.31 臺中港 15 號碼頭調查照片-1



圖 4.31 (續 1) 臺中港 15 號碼頭調查照片-2

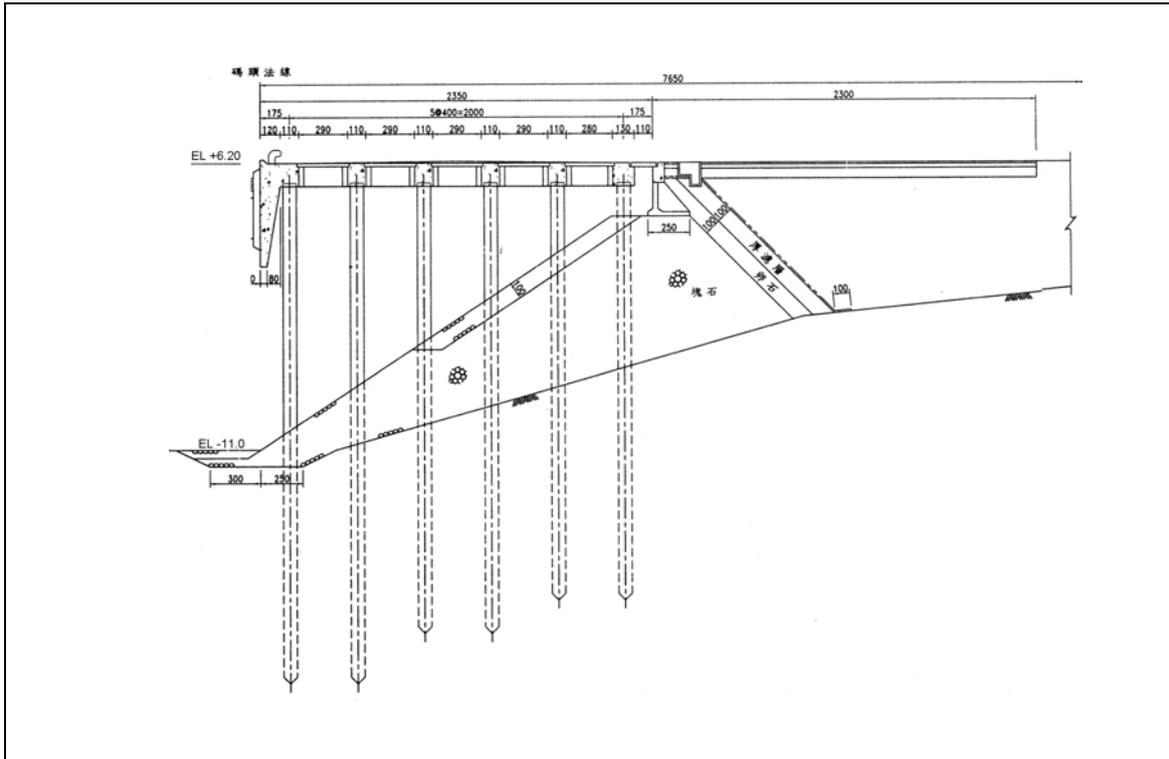


圖 4.33 臺中港 22 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

4.4.15 臺中港 26 號碼頭

本座碼頭全長 200 m，寬 24.0m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.34 所示。以靠泊雜貨輪，載運水泥為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.35 所示。

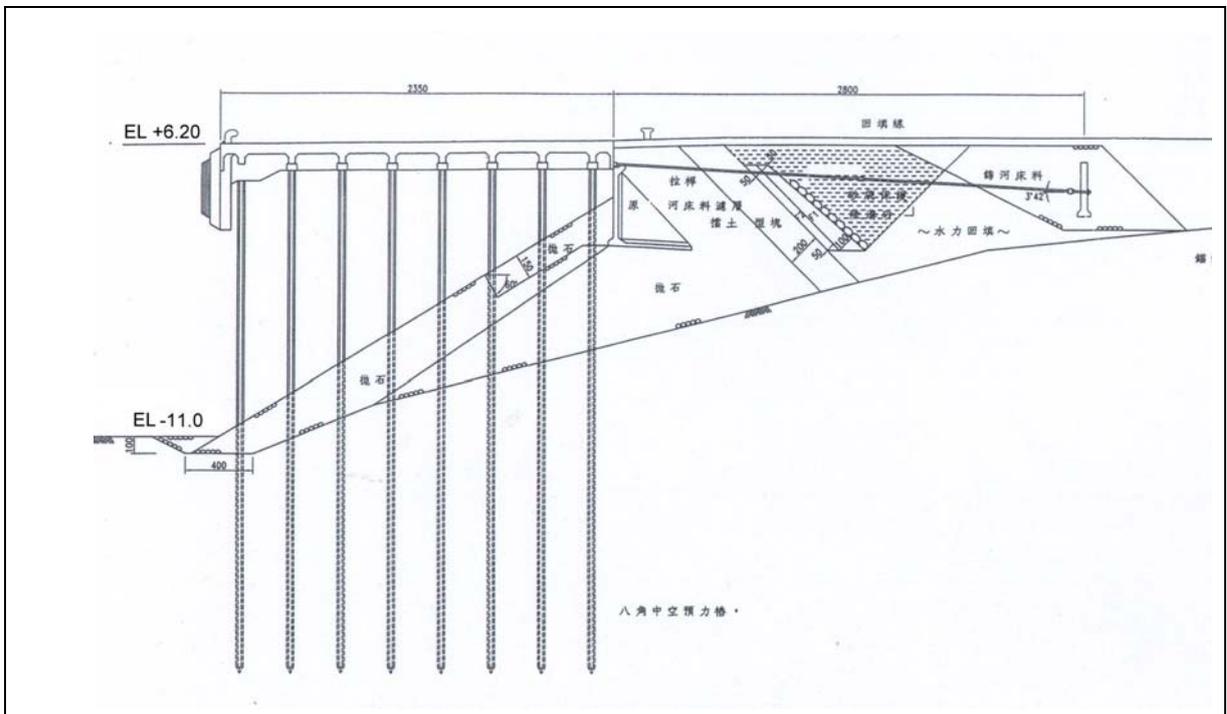


圖 4.34 臺中港 26-27 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 62-3、65-5、70-5、72-5、74-7、75-7、77-7 等 7 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-1、01-3、01-4、01-6、01-7、11-1、

13-7、16-1、16-2、16-8、27-8、31-1 共 12 處)，並於編號 16 區之碼頭岸壁發現遭船隻碰撞，造成鋼筋混凝土損壞情形（調查時尚未完成修復）。

(3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.36 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.35 臺中港 26 號碼頭調查照片-1



圖 4.35 (續 1) 臺中港 26 號碼頭調查照片-2

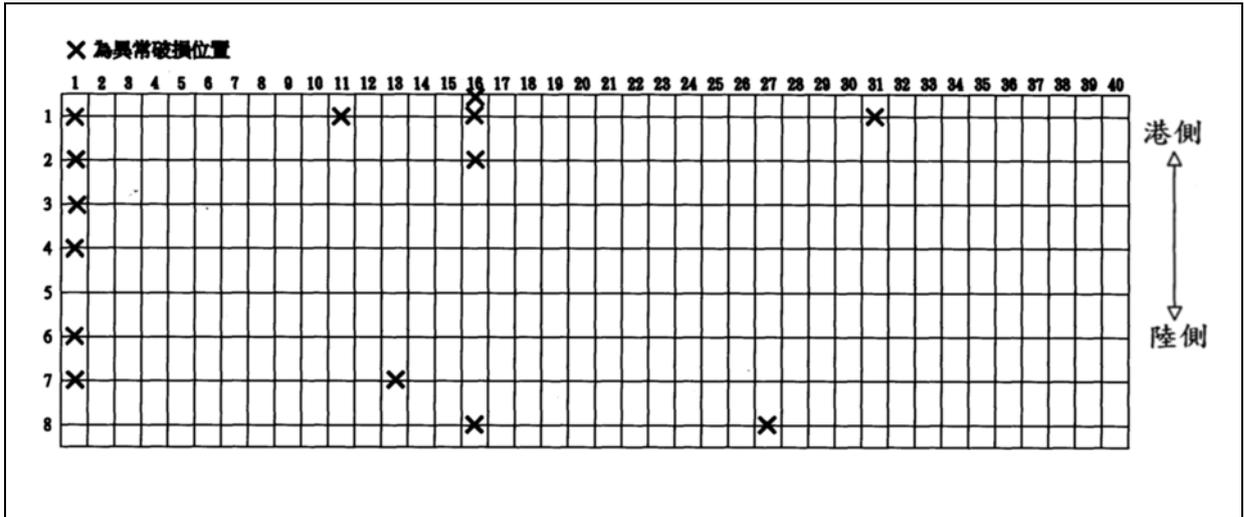


圖 4.36 臺中港 26 號碼頭調查結果示意圖

4.4.16 臺中港 27 號碼頭

本座碼頭全長 200 m，寬 24.0m，設計水深為-11.0 m，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.34 所示。以靠泊雜貨輪，載運水泥為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.37 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-1、01-2、02-3、02-6、14-2、15-2、15-3、16-1、19-1 等 9 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 02-2、03-6、04-6、09-1、09-2、09-4、09-5、09-6、09-7、10-1、10-2、11-1、11-3、11-7、11-8、12-2、13-2、13-4、13-7、14-3、14-4、15-6、23-2、33-4、36-4、38-5 共 26 處）。
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情

形。

(4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

圖 4.38 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。本座碼頭面版及梁因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.37 臺中港 27 號碼頭調查照片-1



圖 4.37 (續 1) 臺中港 27 號碼頭調查照片-2

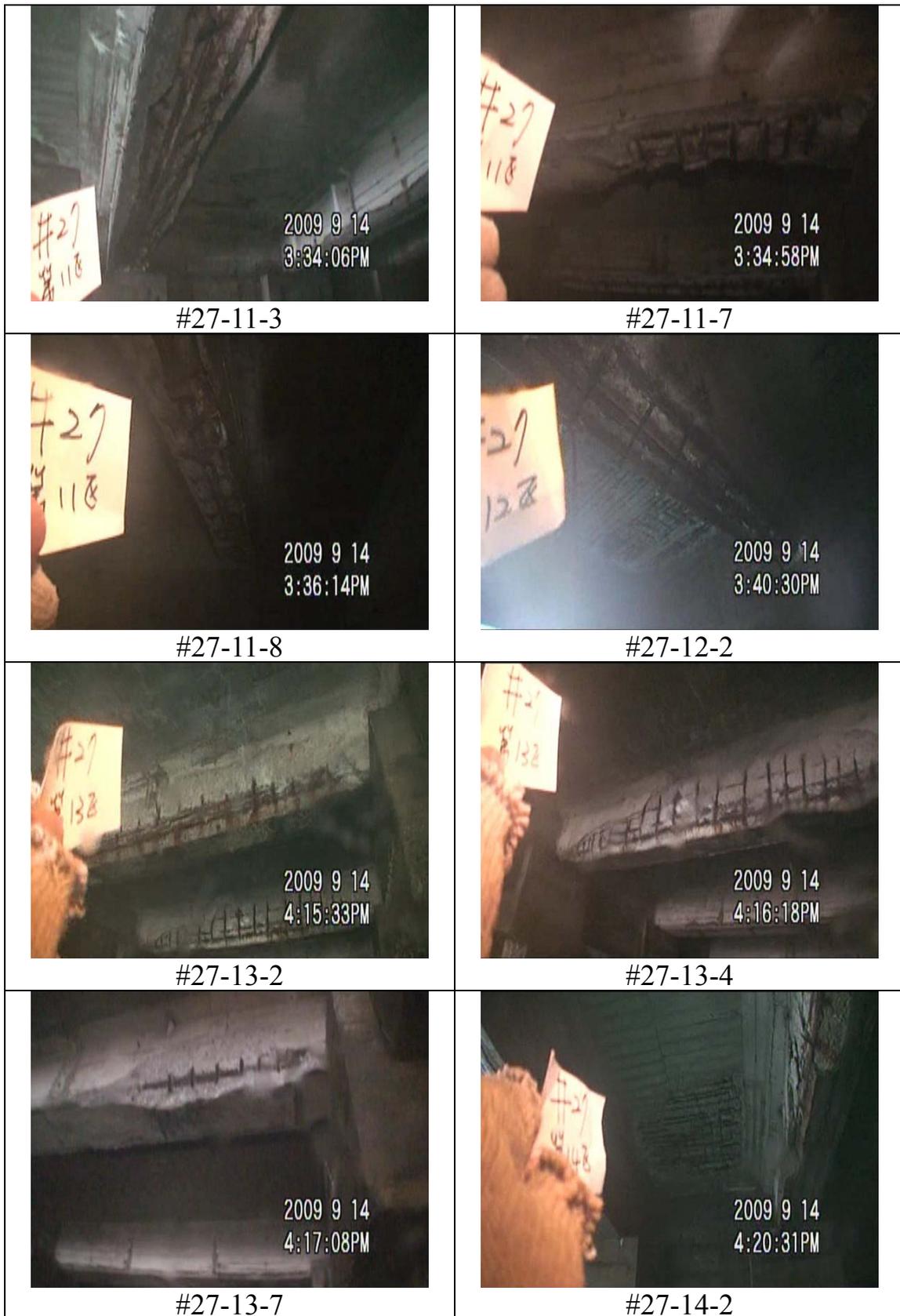


圖 4.37 (續 2) 臺中港 27 號碼頭調查照片-3



圖 4.37 (續 3) 臺中港 27 號碼頭調查照片-4



圖 4.37 (續 4) 臺中港 27 號碼頭調查照片-5

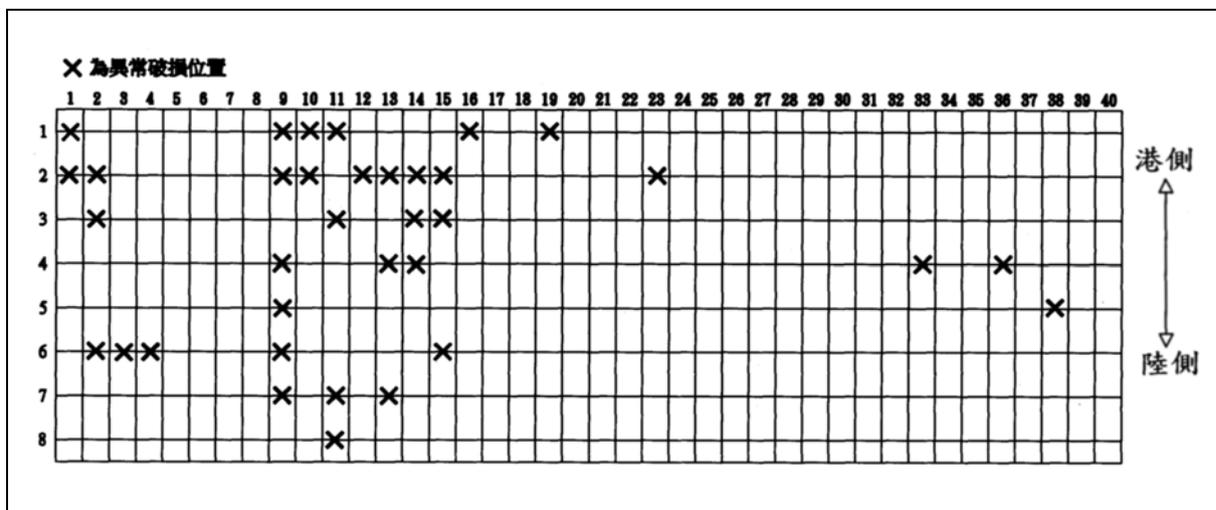


圖 4.38 臺中港 27 號碼頭調查結果示意圖

4.4.17 臺中港 28 號碼頭

本座碼頭全長 145 m，寬 24.0m，設計水深為-11.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.39 所示。以靠泊雜貨輪，載運水泥為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.40 所示。

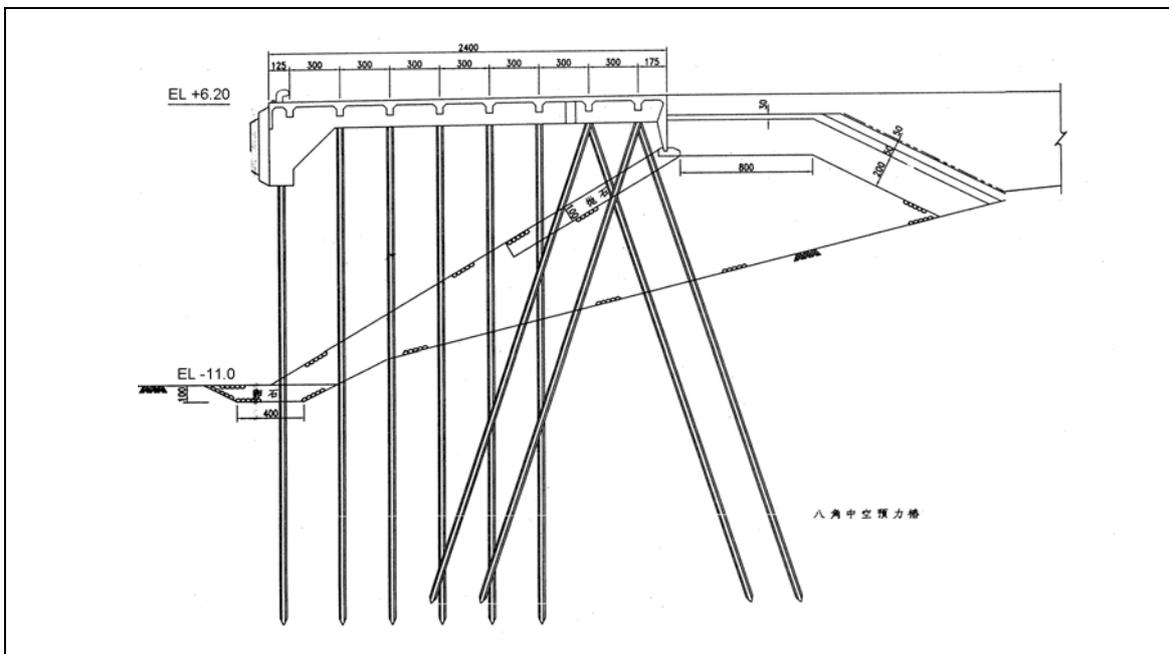


圖 4.39 臺中港 28 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 03-3、06-3、10-4、12-4、13-2、16-4、19-2、22-8 等 8 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-1、01-7、01-8、03-3、10-4、11-5、12-3、12-4、13-2、13-3、14-5、14-6、16-4、17-3、25-6、25-7、

26-6、26-7、27-5、12-3、28-4、29-4、30-6、30-7 等 24 處)

(3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.41 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。本座碼頭面版及梁因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.40 臺中港 28 號碼頭調查照片-1



圖 4.40 (續 1) 臺中港 28 號碼頭調查照片-2



圖 4.40 (續 2) 臺中港 28 號碼頭調查照片-3

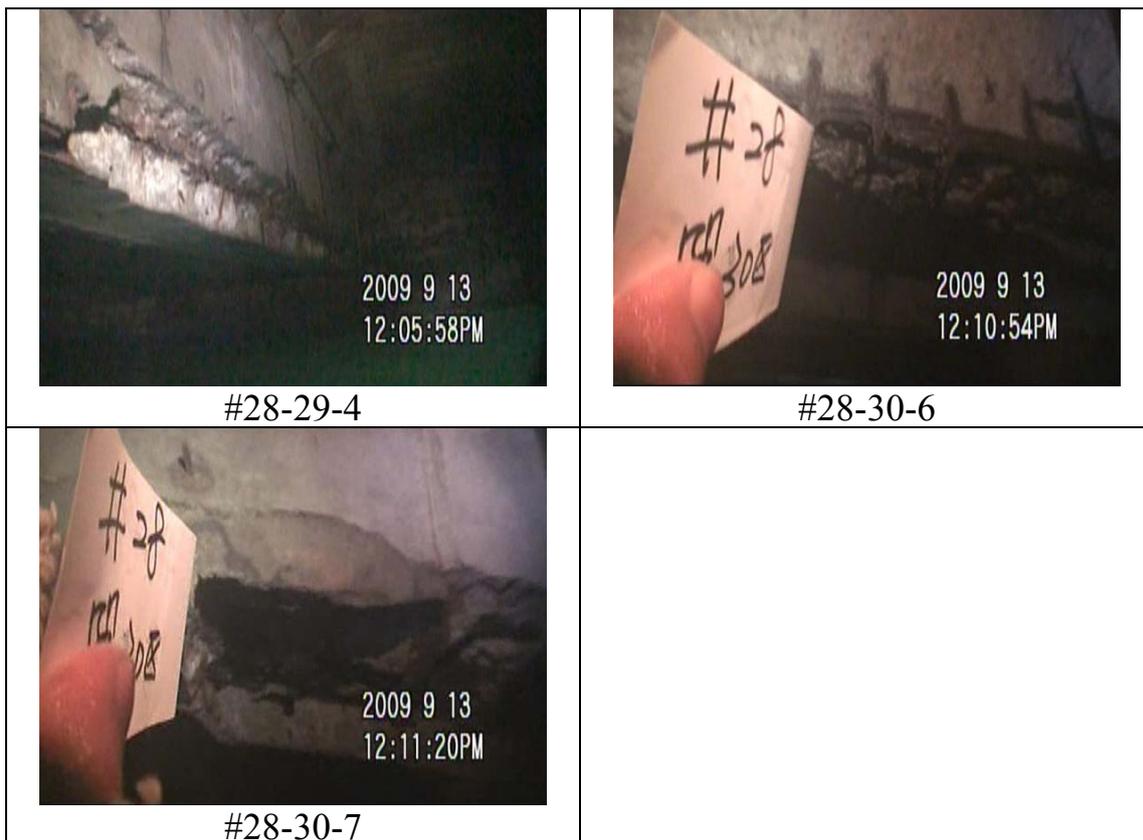


圖 4.40 (續 3) 臺中港 28 號碼頭調查照片-4

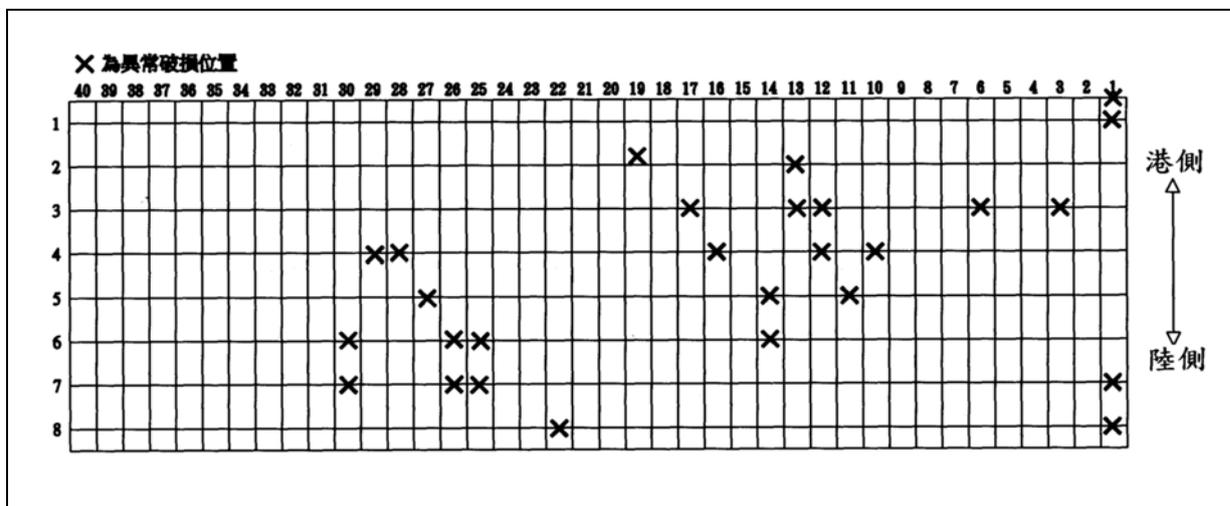


圖 4.41 臺中港 28 號碼頭調查結果示意圖

4.4.18 臺中港 29 號碼頭

本座碼頭全長 250 m，寬 27.0m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2 ，主要結構型式係以每排 8 隻垂直鋼管樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.42 所示。以靠泊雜貨輪，載運大宗物資為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，使用迄今約 30 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.43 所示。

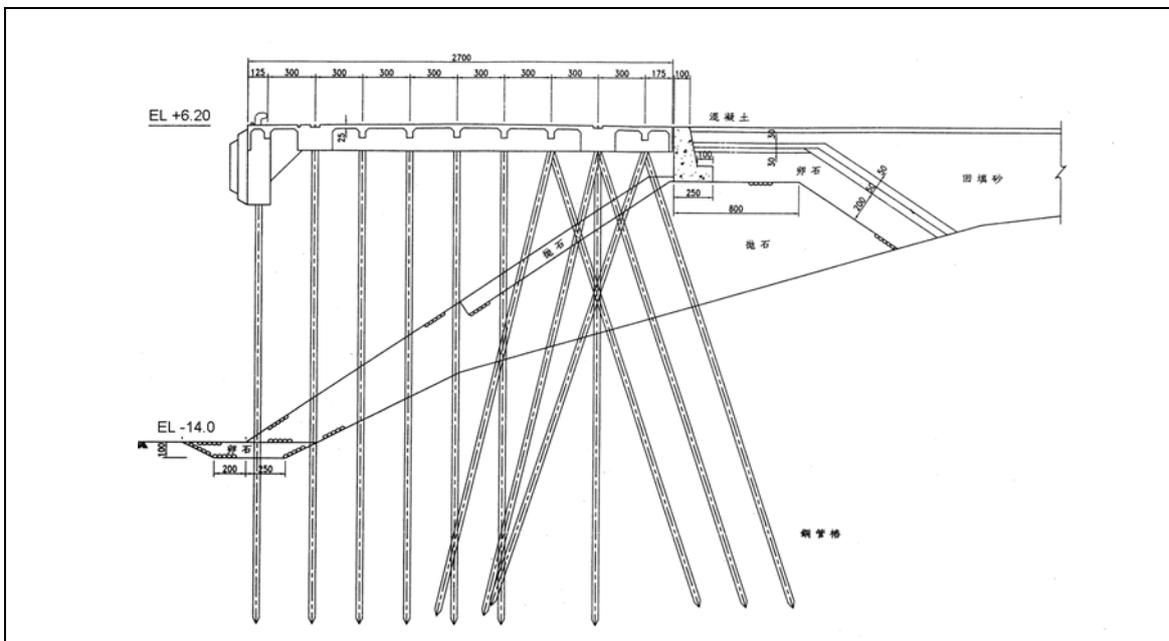


圖 4.42 臺中港 29 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 04-1、05-1、20-1、20-2 等 4 處）。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-1、01-2、02-6、03-1、04-1、05-1、05-2、05-3、05-4、06-3、07-1、07-3、08-1、09-2、10-3、10-5、12-2、15-1、15-2、15-4、17-2、18-1、19-2、20-1、20-2、22-3、23-2、25-3 等 28 處）。

(3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.44 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。本座碼頭面版及梁因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

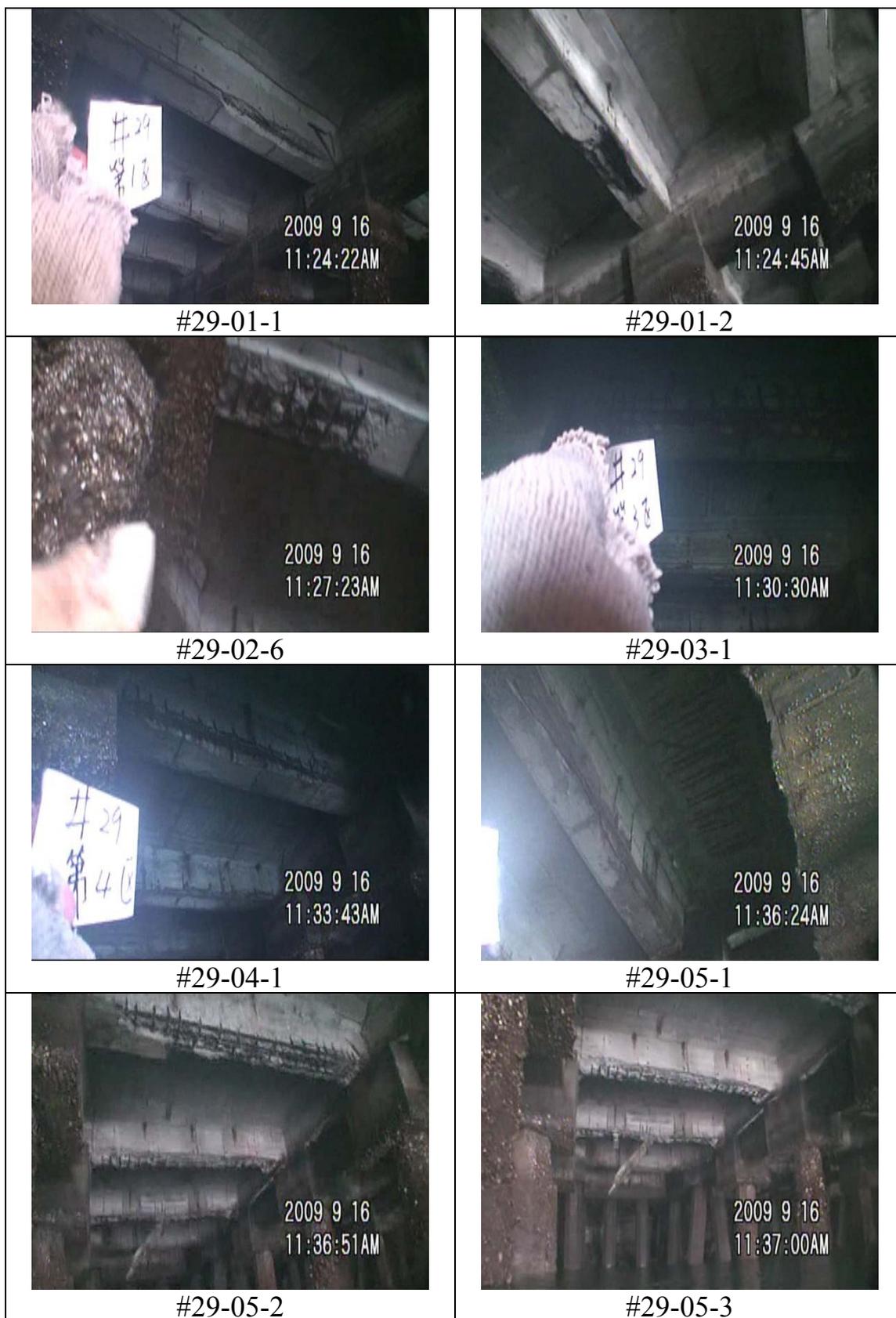


圖 4.43 臺中港 29 號碼頭調查照片-1

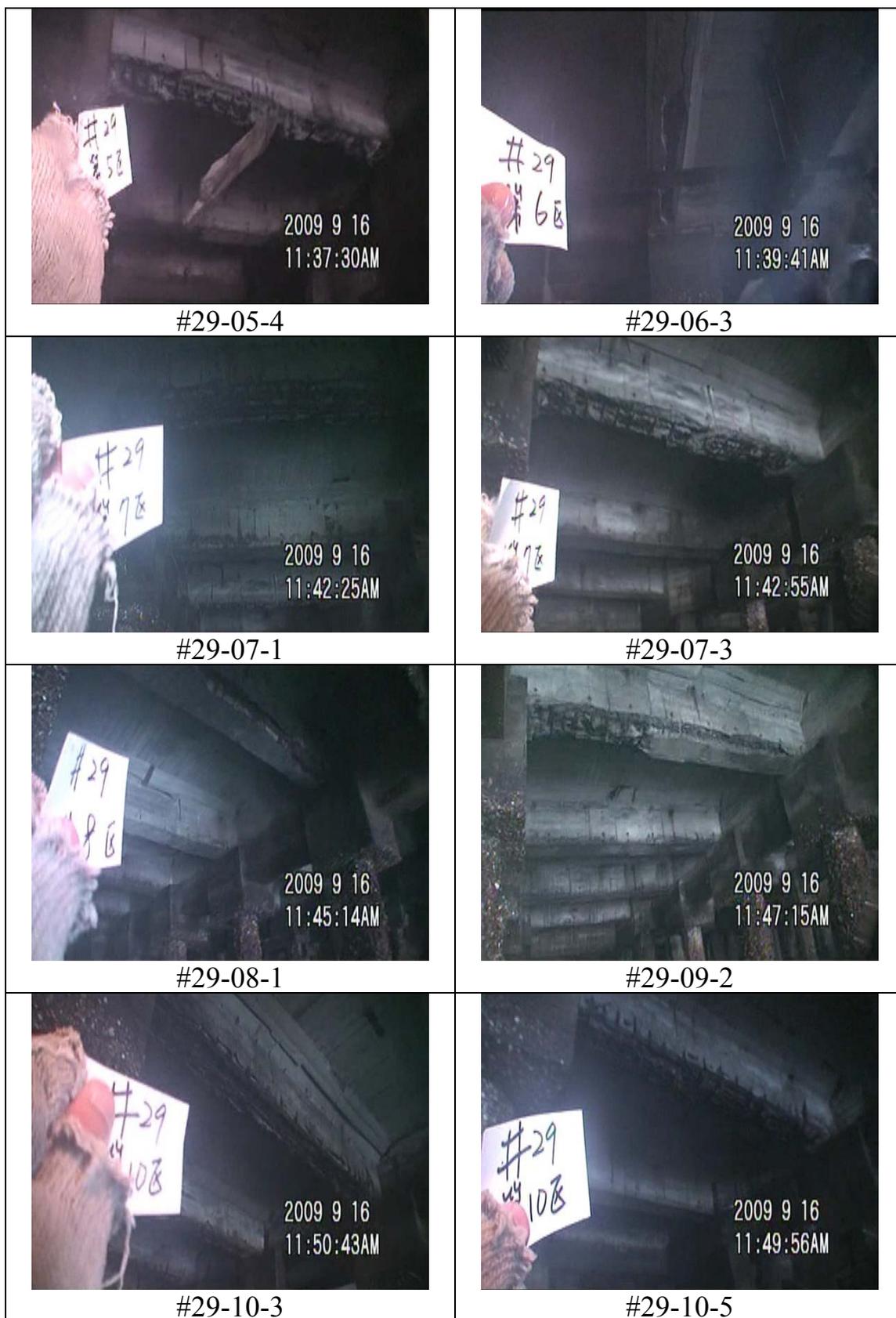


圖 4.43 (續 1) 臺中港 29 號碼頭調查照片-2



圖 4.43 (續 2) 臺中港 29 號碼頭調查照片-3



圖 4.43 (續 3) 臺中港 29 號碼頭調查照片-4

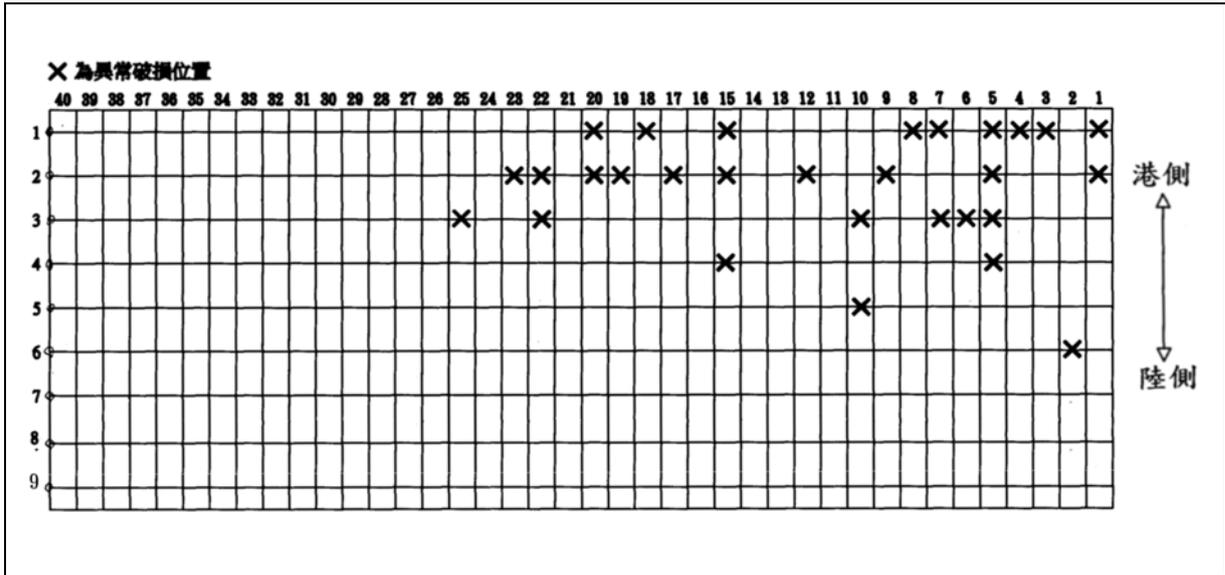


圖 4.44 臺中港 29 號碼頭調查結果示意圖

4.4.19 臺中港 30 號碼頭

本座碼頭全長 320 m，寬 32.0m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 8 隻垂直鋼管樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.45 所示。以靠泊雜貨輪，載運大宗物資為主。建造時間約於民國 84 年間，使用迄今約 15 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.46 所示。

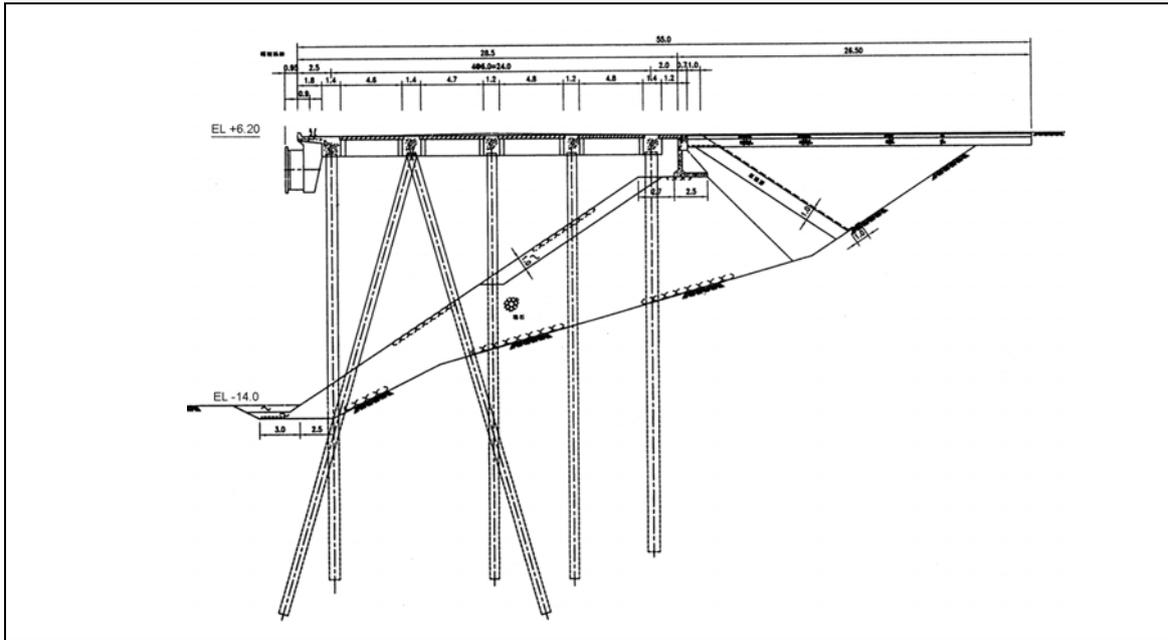


圖 4.45 臺中港 30 號碼頭結構型式

調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版在部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 12-1、13-1、19-1、59-1、71-1 等 5 處）
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版梁未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.47 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 5 號碼頭。建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.46 臺中港 30 號碼頭調查照片

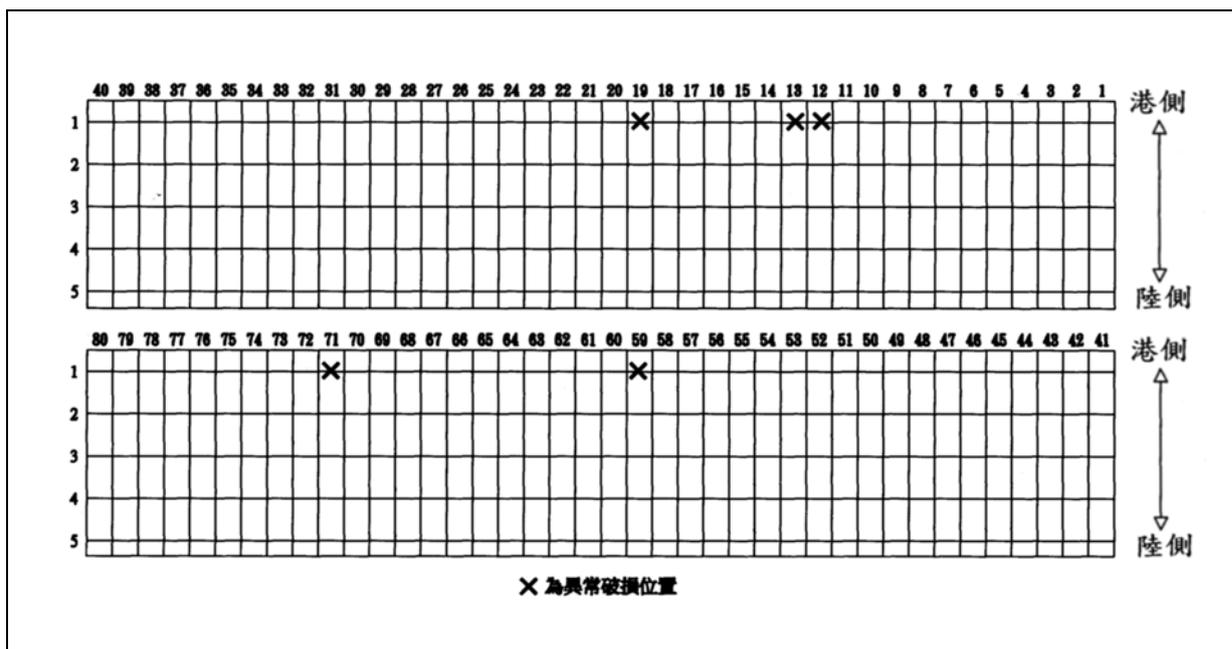


圖 4.47 臺中港 30 號碼頭調查結果示意圖

4.4.20 臺中港 31 號碼頭

本座碼頭全長 320 m，寬 28.0m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2 ，主要結構型式係以每排 6 隻直樁及 6 隻斜樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.48 所示。以靠泊貨櫃輪船為主。建造時間約於民國 85 年間，使用迄今約 14 年。調查時碼頭現況良好，結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版梁未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

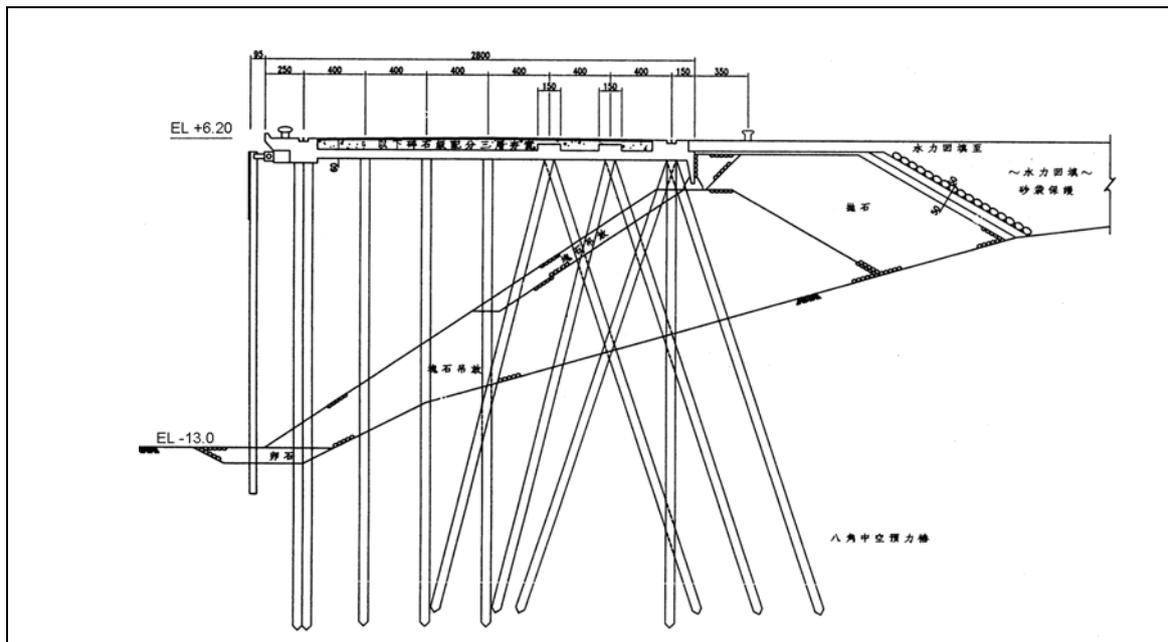


圖 4.48 臺中港 31-32 號碼頭結構型式

4.4.21 臺中港 32 號碼頭

本座碼頭全長 320 m，寬 28.0m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2 ，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.48 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。調查時碼頭現況良好，結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版梁未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形

圖 4.13 為調查結果示意圖，本座棧橋式碼頭面版底版與梁劣損嚴重，除受外力作用外，主要可能原因乃樑版構件長年曝露於潮汐與海水潑濺之處，混凝土遭受乾濕循環作用造成裂縫生成，海水由裂縫處滲入更加速內部鋼筋之腐蝕，終致混凝土保護層之剝落及鋼筋腐蝕外露且銹斷，建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

此外，根據潛水人員由水下目視檢測時，發現碼頭有數處地面部份發生塌陷情形，其寬度最大約 50 公分，建議應同時進行沉陷調查與修護，避免塌陷情況日趨惡化。



圖 4.50 臺中港 33 號碼頭調查照片-1



圖 4.50 (續 1) 臺中港 33 號碼頭調查照片-2

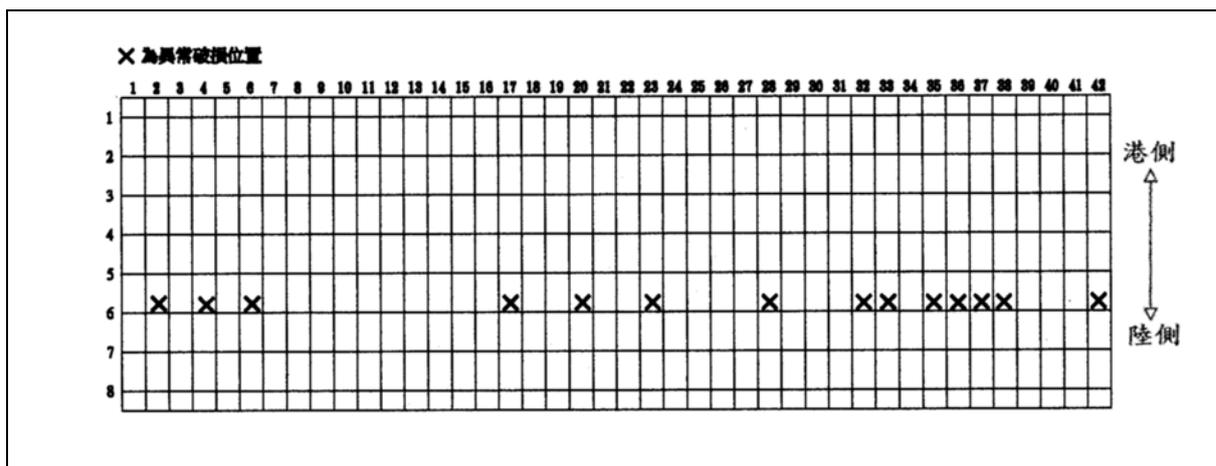


圖 4.51 臺中港 33 號碼頭調查結果示意圖

4.4.23 臺中港 34 號碼頭

本座碼頭全長 250 m，寬 34.5m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 7 隻直樁及 6 隻斜樁，支撐面版並抵抗水平作用力之棧橋式結構（同 33 號碼頭）。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.49 所示。以靠泊貨櫃輪船為主。建造時間約於民國 86 年間，使用迄今約 13 年。調查時碼頭現況良好，結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版梁未發現明顯之混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

4.4.24 臺中港 35 號碼頭

本座碼頭全長 250 m，寬 34.5m，設計水深為-14.0 m，設計載重為

3.0 t/m²，主要結構型式係以每排 5 隻直樁及 4 隻斜樁，支撐面版並抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.2 及圖 4.52 所示。以靠泊貨櫃輪船為主。建造時間約於民國 86 年間，使用迄今約 13 年。

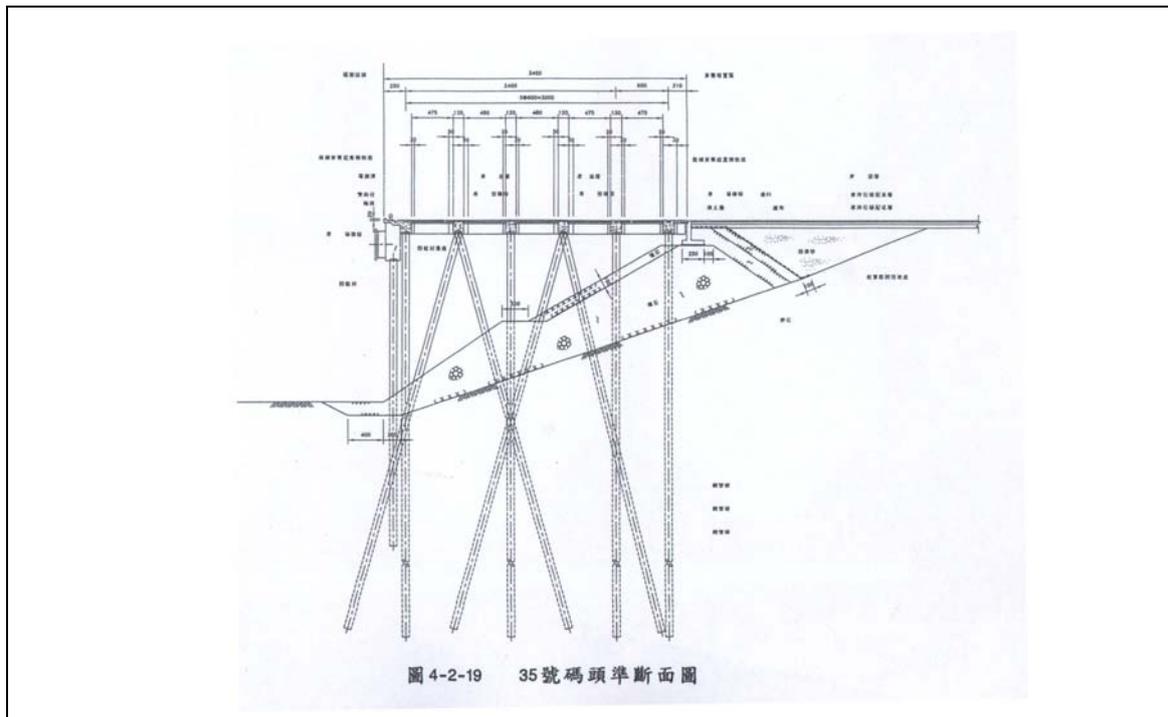


圖 4.52 臺中港 35 號碼頭結構型式

調查時碼頭現況良好，結果彙整如下：

- (1)碼版：本座碼頭調查時，面版底版未發現明顯之劣損情形。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯之劣損情形。
- (3)基樁：本座碼頭基樁，調查時外觀完整，未發現劣損或變形之情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡，調查時未發現坡度明顯變位情形。

表 4-7 為臺中港棧橋式碼頭裂損調查結果之彙整。

表 4-7 臺中港棧橋式碼頭面版劣損調查結果彙整

碼頭編號	結構型式	建造日期(年)	調查結果(括號內數據為劣損嚴重數量)				建議處理方式
			面版	梁	基樁	護坡	
5A	直樁	65	7	12	0	0	註 2
5	直樁	65	0	15	0	0	註 2
6	直樁	65	0	15	0	0	註 2
7	直樁	65	1	46	0	0	註 1
8	直樁	65	4	28	0	0	註 2
8A	直樁	65-72	26	32	0	0	註 1
9	直樁+斜樁	65-72	11	1	0	0	註 2
10	直樁+斜樁	65-72	3	2	0	0	註 2
11	直樁+斜樁	65-72	7	0	0	0	註 2
12	直樁	65-72	4	11	0	0	註 2
13	直樁	65-72	11	17	0	0	註 1
14	直樁	65-72	9	41	0	0	註 1
15	直樁	65-72	3	14	0	0	註 1
22	直樁	82	0	0	0	0	註 3
26	直樁	65-72	7	12	0	0	註 1
27	直樁	65-72	9	26	0	0	註 1
28	直樁	65-72	8	24	0	0	註 1
29	直樁	65-72	4	28	0	0	註 1
30	直樁+斜樁	83	0	0	0	0	註 1
31	直樁+斜樁	84	0	0	0	0	註 3
32	直樁+斜樁	84	0	0	0	0	註 3
33	直樁+斜樁	85	14	0	0	0	註 1
34	直樁+斜樁	85	0	0	0	0	註 3
35	直樁+斜樁	86	0	0	0	0	註 3

註 1：建議應即針對碼頭整體結構安全及構造功能進行細部檢測

註 2：應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護

註 3：碼頭現況良好，不需修護

4.4.25 蘇澳港 6 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 5 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.53 及圖 4.54 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。建造時間為民國 72 年，使用迄今已超過 26 年。2009 年 8 月調查時之碼頭情形如圖 4.55 所示。

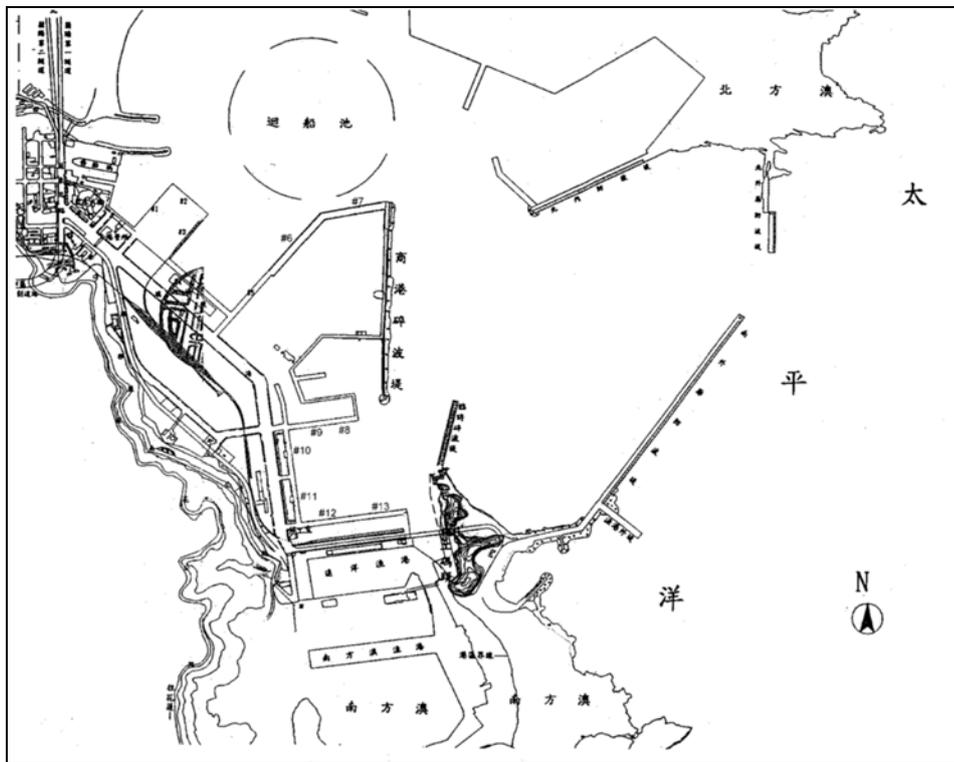


圖 4.53 蘇澳港棧橋式碼頭位置示意圖

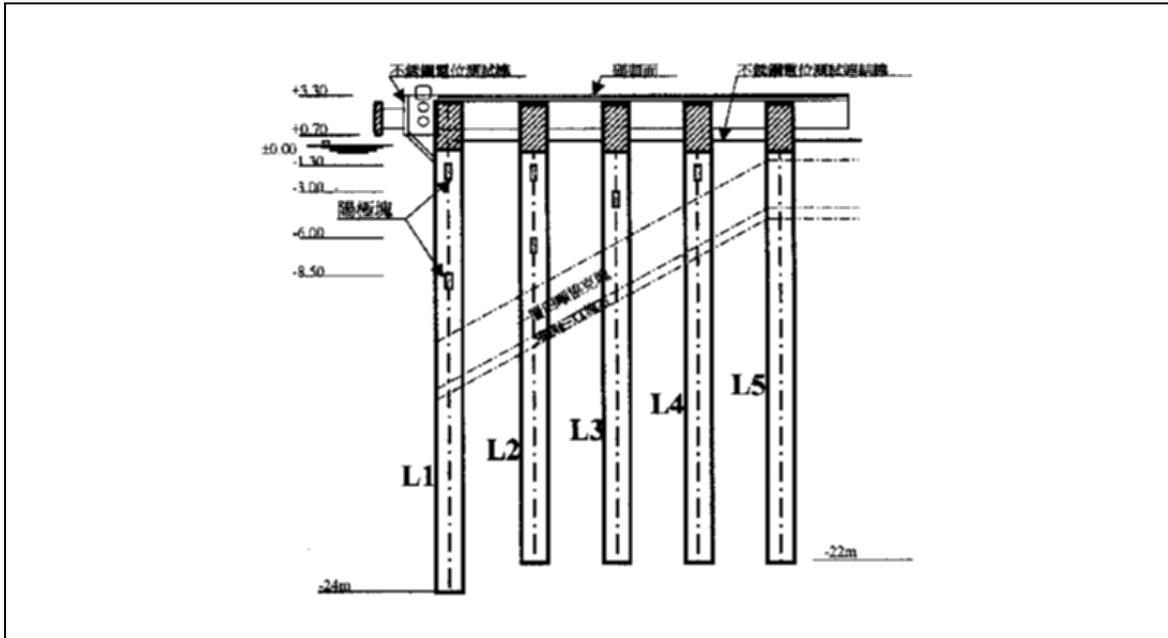


圖 4.54 蘇澳港 6-7 號碼頭結構型式

本次調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-1、08-5、11-5、13-5、17-5、24-5、25-5、28-5、29-4、31-2、32-5、35-5、36-5、38-5、39-2、41-5、42-4、43-2、44-5、45-4、60-2、61-5 等 23 處）。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯劣損情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.56 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同同臺中港 5A 號碼頭。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

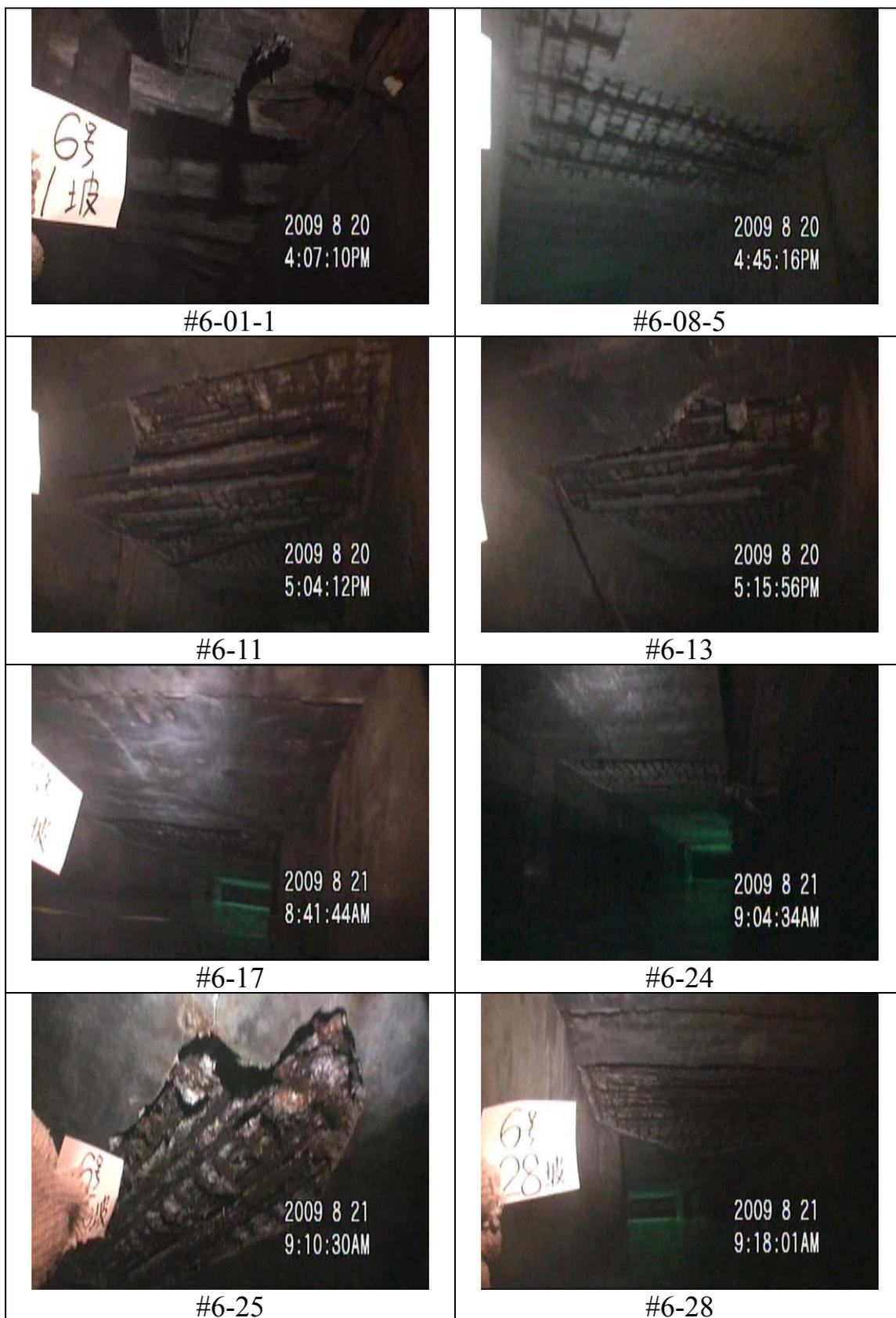


圖 4.55 蘇澳港 6 號碼頭調查結果照片-1



圖 4.55 (續 1) 蘇澳港 6 號碼頭調查結果照片-2

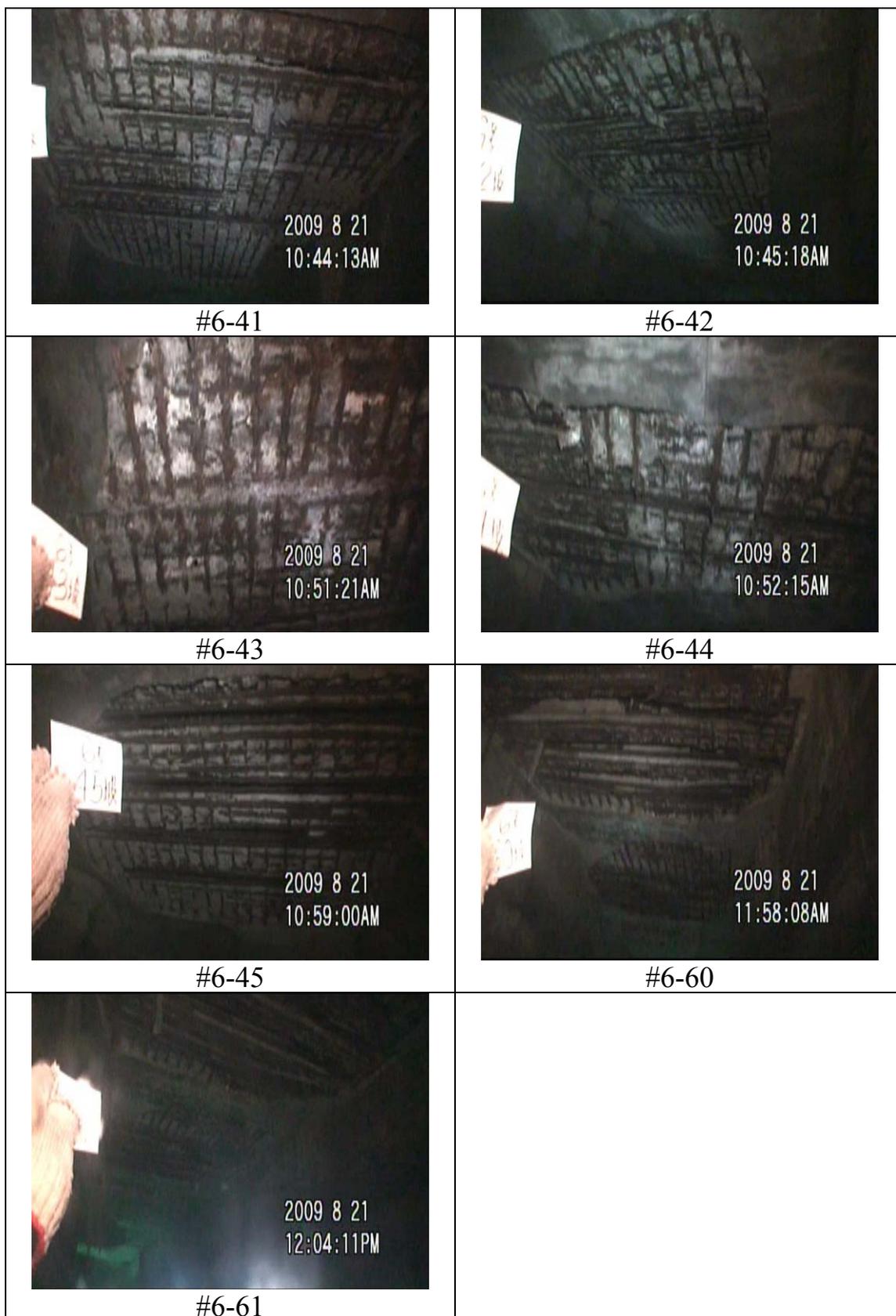


圖 4.55 (續 2) 蘇澳港 6 號碼頭調查結果照片-3

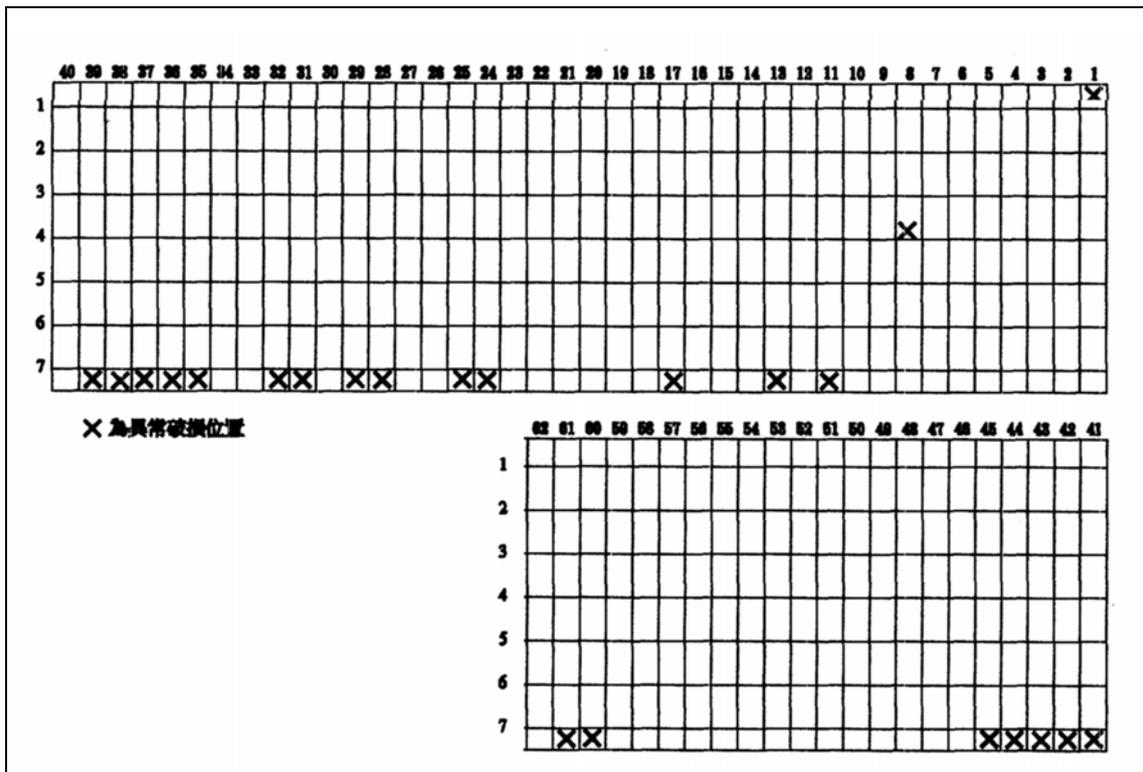


圖 4.56 蘇澳港 6 號碼頭調查結果示意圖

4.4.26 蘇澳港 7 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 5 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.53 及圖 4.54 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。建造時間約於民國 72 年，使用迄今已超過 26 年。2009 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 4.57 所示。

本次調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-5、02-2、04-5、05-5、06-2、07-3、08-5、09-5、14-4、18-2、24-5、31-5、34-5、46-5、等 14 處）。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯劣損情形。

(3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。

(4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.58 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同同臺中港 5A 號碼頭。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

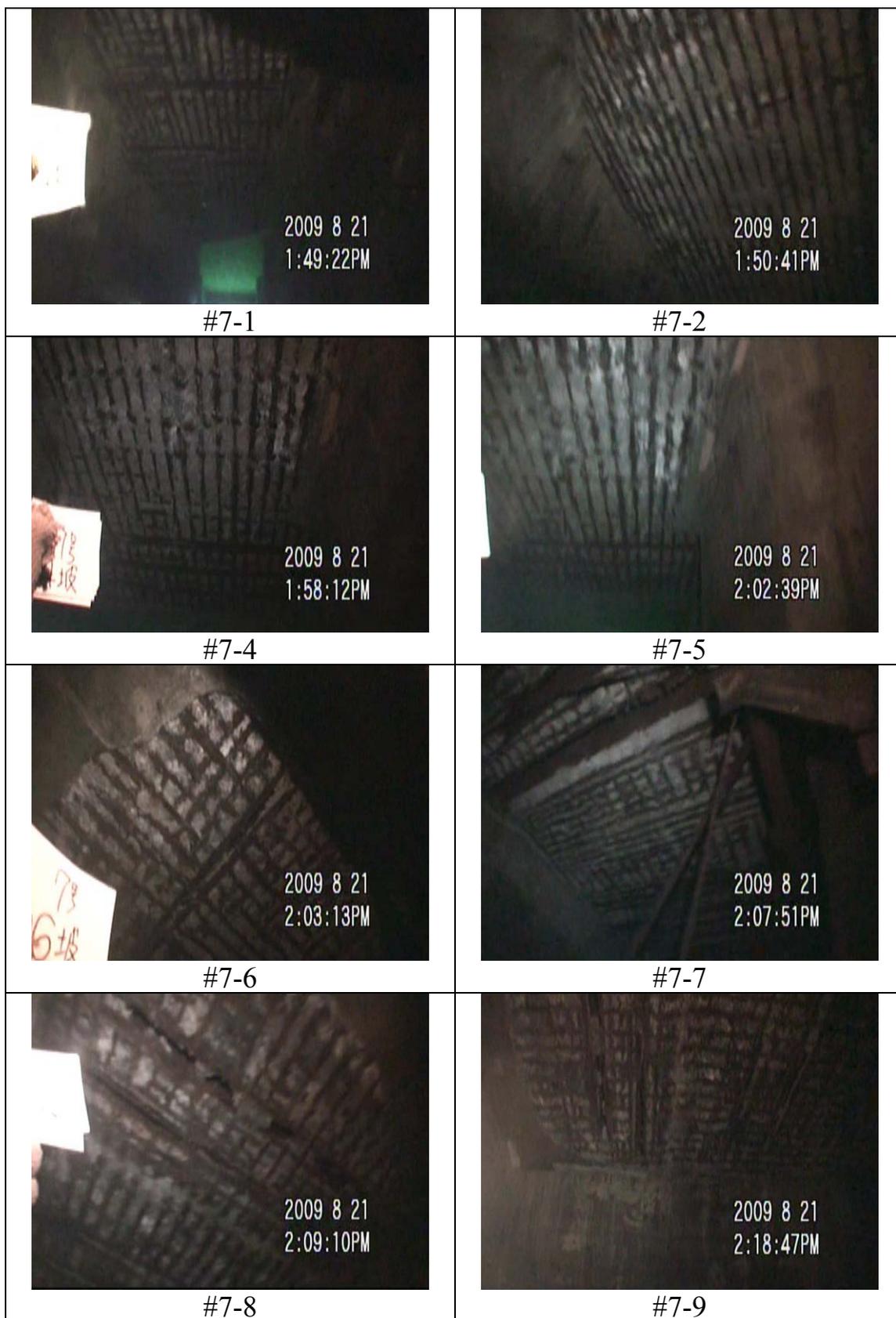


圖 4.57 蘇澳港 7 號碼頭調查結果照片-1



圖 4.57 (續 1) 蘇澳港 7 號碼頭調查結果照片-2

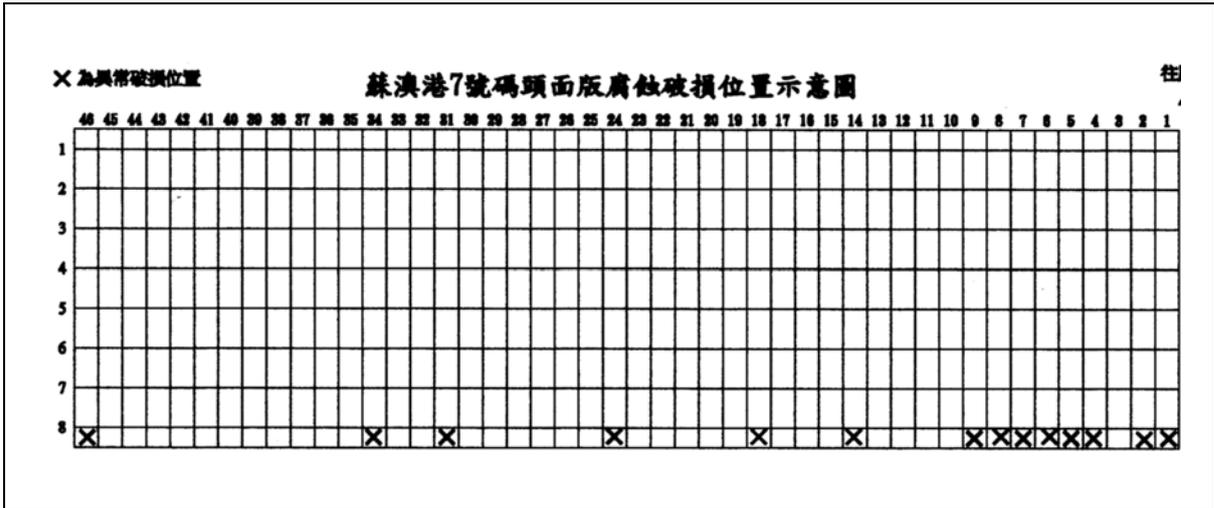


圖 4.58 蘇澳港 7 號碼頭調查結果示意圖

4.4.27 蘇澳港 10 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.53 及圖 4.59 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。建造時間約於民國 66 年 6 月，使用迄今已超過 30 年。2009 年 8 月調查時之碼頭情形如圖 4.60 所示。

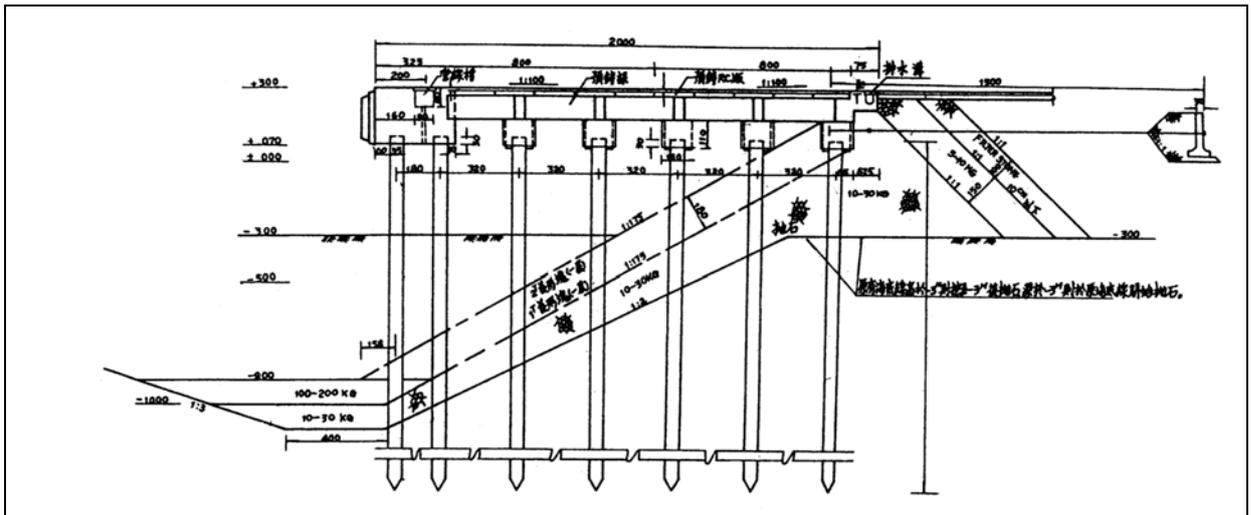


圖 4.59 蘇澳港 10-12 號碼頭結構型式

本次調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露(編號 02-5、04-2、07-5、12-5、13-2、15-3、20-5、21-5 等 8 處)。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯劣損情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.61 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同同臺中港 5A 號碼頭。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.60 蘇澳港 10 號碼頭調查結果照片

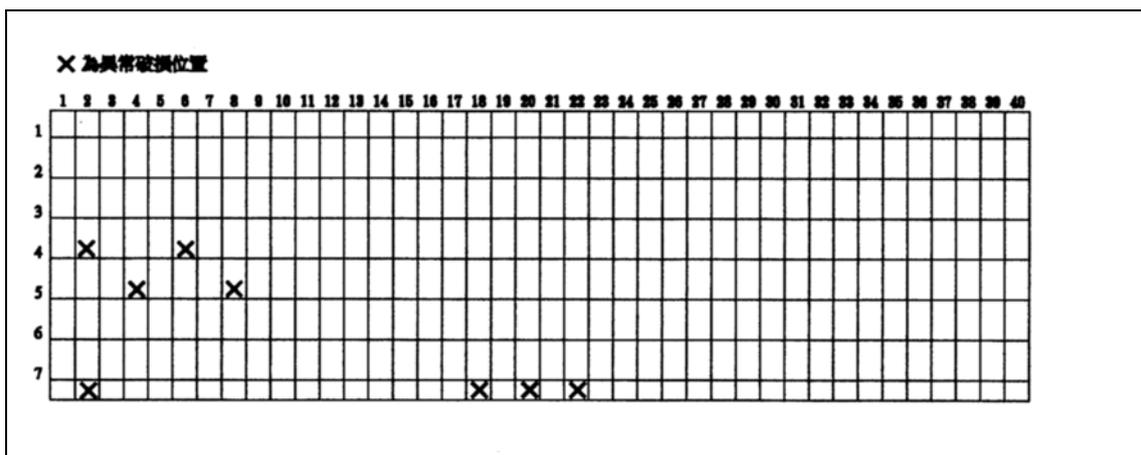


圖 4.61 蘇澳港 10 號碼頭調查結果示意圖

4.4.28 蘇澳港 11 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.53 及圖 4.59 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。建造時間約於民國 66 年 6 月，使用迄今已超過 30 年。2009 年 8 月調查時之碼頭情形如圖 4.62 所示。調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 11-2、11-4、26-7、28-7、29-7、30-3、32-5、34-7、36-2、36-4 等 10 處）。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯劣損情形
- (3)基樁：調查時基樁外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形
- (4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.63 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同同臺中港 5A 號碼頭。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



圖 4.62 蘇澳港 11 號碼頭調查結果照片-1



圖 4.62 (續 1) 蘇澳港 11 號碼頭調查結果照片-2

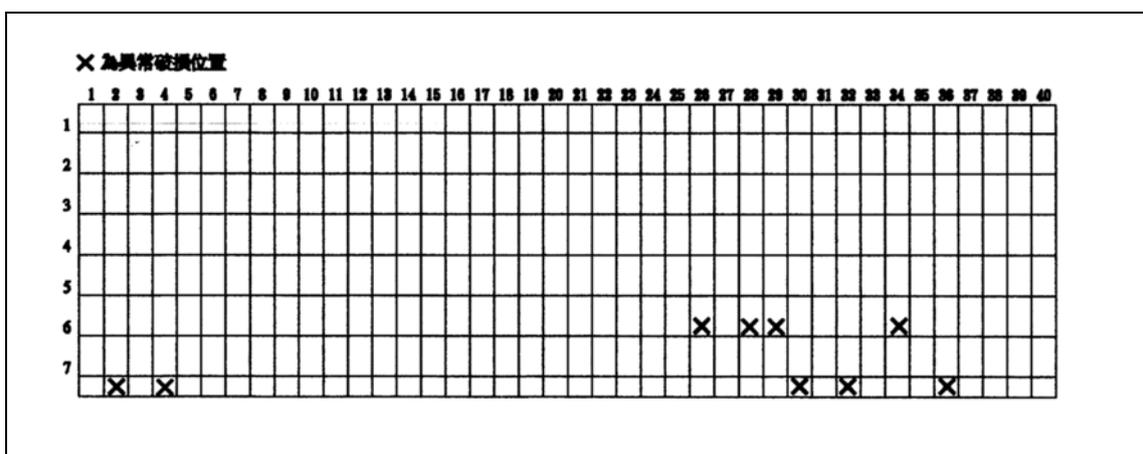


圖 4.63 蘇澳港 11 號碼頭調查結果示意圖

4.4.29 蘇澳港 12 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.53 及圖 4.59 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。建造時間約於民國 66 年 6 月，使用迄今已超過 30 年。2009 年 8 月調查時之碼頭情形如圖 4.64 所示。本次調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露(編號 02-5、04-2、05-4、18-7、28-2、38-7、34-5、40-5 等 8 處)。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯劣損情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.65 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同同臺中港 5A 號碼頭。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況，必要時須進行碼頭結構細部檢測與評估。



圖 4.64 蘇澳港 12 號碼頭調查結果照片

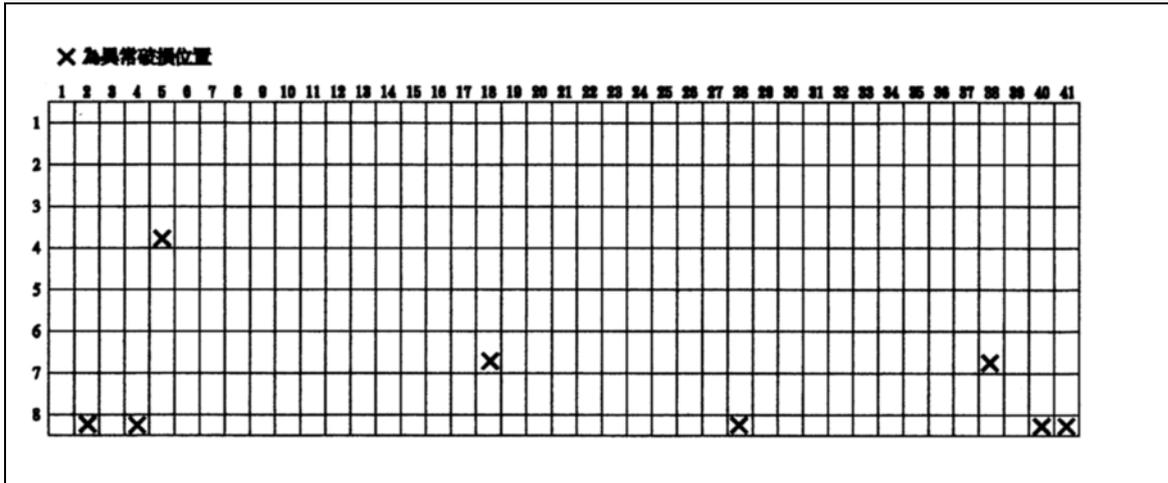


圖 4.65 蘇澳港 12 號碼頭調查結果示意圖

3.4.30 蘇澳港 13 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20.0m，設計水深為-9.0 m，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 4.53 及圖 4.66 所示。靠泊貨輪以載運散雜貨為主。建造時間約於民國 70 年 7 月，使用迄今將近 30 年。2009 年 8 月調查時之碼頭情形如圖 4.67 所示。

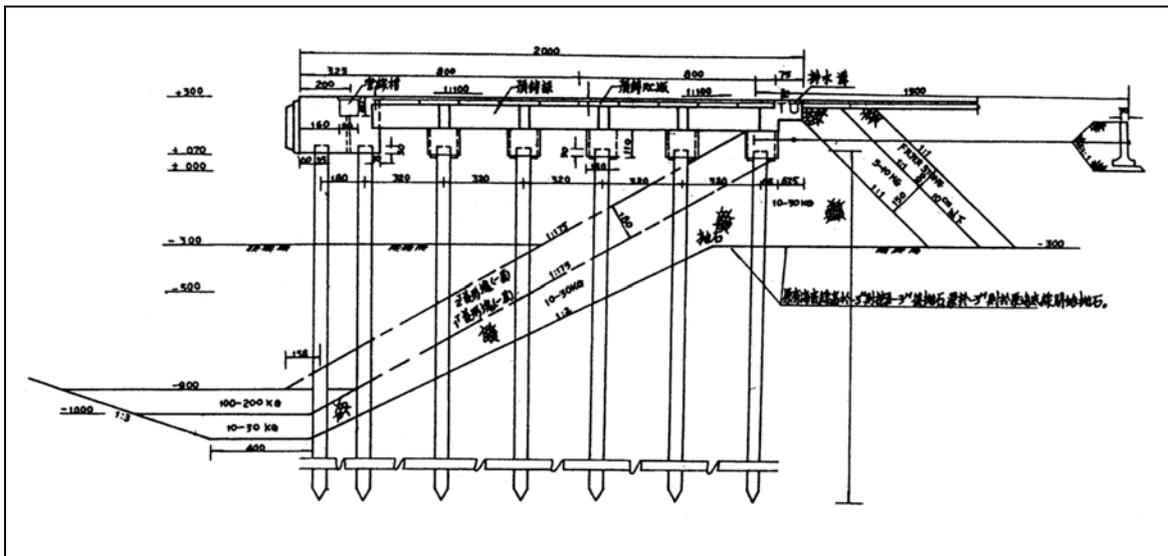


圖 4.66 蘇澳港 13 號碼頭結構型式

本次調查結果彙整如下：

- (1)面版：本座碼頭調查時，面版底版部份區塊發現混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露（編號 01-5、04-2、06-5、10-5、12-2、14-3、16-5、18-5、20-4、22-2、24-5、25-5、28-5、30-5、32-4、34-5、35-5、36-5 等 18 處）。
- (2)梁：本座碼頭調查時，面版之梁未發現明顯劣損情形
- (3)基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
- (4)護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 4.68 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同同臺中港 5A 號碼頭。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況，必要時須進行碼頭結構細部檢測與評估。



圖 4.67 蘇澳港 13 號碼頭調查結果照片-1



圖 4.67 (續 1) 蘇澳港 13 號碼頭調查結果照片-2



圖 4.67 (續 2) 蘇澳港 13 號碼頭調查結果照片-3

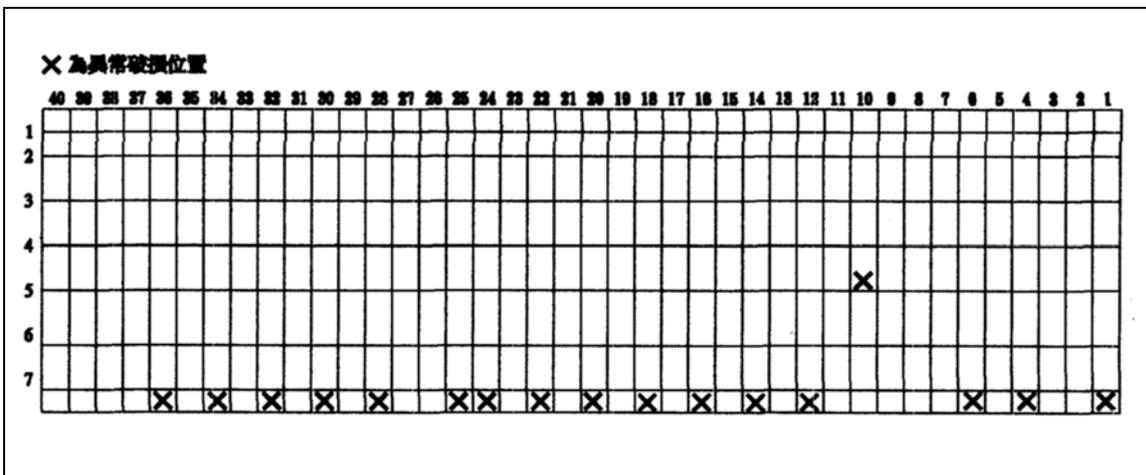


圖 4.68 蘇澳港 13 號碼頭調查結果示意圖

表 4-8 為蘇澳港棧橋式碼頭面版劣損調查結果彙整。

表 4-8 蘇澳港棧橋式碼頭面版劣損調查結果彙整

碼頭編號	結構型式	建造日期 (年.月)	調查結果(括號內數據為劣損嚴重數量)				建議處理方式
			底板	梁	基樁	護坡	
6	直樁	72.3	23	0	0	0	註2
7	直樁	72.3	14	0	0	0	註2
10	直樁	66.6	8	0	0	0	註2
11	直樁	66.6	10	0	0	0	註2
12	直樁	66.6	8	0	0	0	註1
13	直樁	70.7	18	0	0	0	註1

註 1：建議應即針對碼頭整體結構安全及構造功能進行細部檢測

註 2：應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護

註 3：碼頭現況良好，不需修護

4.5 小結

1. 本研究棧橋式碼頭劣損調查，本年度共調查臺中港 24 座碼頭（5A 至 35 號碼頭）及蘇澳港 6 座碼頭（6-7 及 10-13 號碼頭），結果顯示臺中港棧橋式碼頭劣損情形包括面版及梁等鋼筋混凝土構件，部份發現混凝土剝落與鋼筋腐蝕外露或斷裂；蘇澳港棧橋式碼頭則僅面版出現上述劣損行為。
2. 依損壞程度區分，臺中港以 7 號、8 號、8A 及 14 號等 4 座碼頭劣損數量及範圍最大，建議應即針對碼頭整體結構安全及構造功能進行細部檢測；13 號及 26 至 29 號等 5 座碼頭損壞情形次之，建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。22 號、31-32 號及 34-35 號等 5 座碼頭則未於調查時，則未發現鋼筋混凝土構件有較嚴重之劣損情形。蘇澳港以 12 號及 13 號等 2 座碼頭面版劣損數量及範圍最大，其餘碼頭次之，建議亦應

及早進行維修。

3. 依碼頭使用時間與發生損壞關係區分，使用時間如超過 20 年，其發生損壞機率將明顯增加。
4. 本次調查之碼頭其基樁與護坡等，均未發現鋼筋混凝土構件有劣損或破壞散亂情形。
5. 臺中港之棧橋式碼頭共有 41 座，本次調查僅有 24 座，尚有 17 座碼頭未實施調查，建議港務局應酌量其使用時間安排進行必須之檢測，以確保碼頭營運安全及功能。其中，碼頭如使用時間已超過 20 年者，須優先考量實施調查。
6. 由於本年度針對臺中港 8A 及 9-11 號與蘇澳港 10-12 號棧橋式碼頭同時進行初步檢測，其檢測項目因未能直接觀察最易受到海洋環境侵襲之水下構件部份，故結果無法立即顯示或發現面版或梁之劣化損壞情形，為確保碼頭結構安全與營運功能，建議棧橋式碼頭如使用時間已超過 20 年，應實施定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

第五章 構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究

5.1 前言

本研究計畫的主要目的為持續進行臺灣全島之大氣腐蝕調查與研究，選擇三處具有腐蝕特性的地點進行調查，實施不同金屬試片的現地暴露試驗，並研擬有機塗裝防蝕規範草案，提供構造物耐久性與防蝕設計的須要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立。

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高溼與高鹽份的環境，加上空氣污染的結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形。然而臺灣缺乏完整的本土化大氣腐蝕因子資料庫，自 1971 年起，國內各研究單位曾陸續以試片腐蝕速率的量測方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區均無持續 10 年以上的腐蝕數據，且相關之大氣腐蝕研究亦止於 1995。隨著氣候變遷與工業的發展，為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去腐蝕因子之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮。有鑑於此，交通部運輸研究所港灣技術研究中心於 2007 年 3 月起，展開為期兩年之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，已初步完成大氣腐蝕試驗點與大氣腐蝕資料庫的建立，但因調查時間僅為兩年，尚缺乏長期暴露之腐蝕速率數據與防蝕規範。因此本計畫將選擇三處具有腐蝕特性的地點進行調查，規劃為期 10 年的現地暴露試驗，驗證 ISO 9224 規範在臺灣本島之適用性，再依據國際標準組織 ISO 12944 規範，研擬有機塗裝防蝕規範草案，提供構造物耐久性與防蝕設計的須要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類資料庫的建立。

5.1.1 國內外有關本計畫之研究情況

材料及其製品與所處自然大氣環境間因環境因素作用而產生材料變質或破壞之現象，稱為大氣腐蝕；而金屬大氣腐蝕產生的原因主要

是因金屬受大氣中所含水分、氧氣、和腐蝕性物質(如雨水中的雜質、灰塵、表面沉積物等)聯合作用而產生的破壞，其腐蝕速率是由水、氧在水膜間的擴散率、大氣中的氯離子含量、以及空氣中的污染物質如 SO₂、灰塵等所控制。因此，金屬或鋼筋混凝土構造物在大氣中腐蝕的行為與速率，確有其地域性的區別。

5.1.1.1 大氣腐蝕測試標準

1. 國外 ISO 大氣腐蝕環境分類

大氣腐蝕測試工作有系統之進行，最早可溯及美國 ASTM 的 D-1 及 A-1 兩委員會自 1906 年起分別測試塗料塗裝及金屬被覆之鋼鐵產品，自此開始美國便陸續展開數個二十年計畫分別測試當時最新產品的大氣腐蝕耐蝕性及耐久性。國際標準化組織-ISO 於 1985 年起於全球 13 國 47 處地點進行大氣腐蝕曝露試驗，根據這試驗工作成果，於 1992 年發佈 ISO 9223^[35](大氣腐蝕性分類)、ISO 9224^[36](各腐蝕環境中腐蝕率指標值)、ISO 9225^[37](污染量量測方法)、及 ISO 9226^[38](標準試片腐蝕率量測方法)四項標準規範，根據這四項規範，只要在欲工作地點從事一年期之標準試片腐蝕率量測或潤濕時間量測及總污染量量測，根據量測結果，即可定義該處的腐蝕環境區分，再根據對照表即可得到該腐蝕環境區分之腐蝕率指標值。換句話說，ISO 9223 大氣腐蝕性分類標準是根據金屬標準試片在某環境中進行自然暴露試驗所得之腐蝕速率，或綜合某環境中大氣污染物濃度和金屬表面潤濕時間而進行分類，其中，潤濕時間(τ , Time of Wetness)是以全年中溫度高於 0 °C，相對濕度大於 80%之小時數或百分比來區分，環境中大氣污染物濃度的嚴重性則是以 SO₂ 沉積速率或濃度與氯化物(海鹽)沉積速率分別進行區分，之後，將環境之腐蝕性依污染量或最初第一年之腐蝕率大小，分為 C1, C2, C3, C4 與 C5 五個等級，C1 表示腐蝕性非常低(very low)，C2 表示腐蝕性低(low)，C3 表示腐蝕性中等(medium)，C4 表示腐蝕性高(high)，C5 表示腐蝕性非常高(very high)。整體流程如圖 5.1 所示。

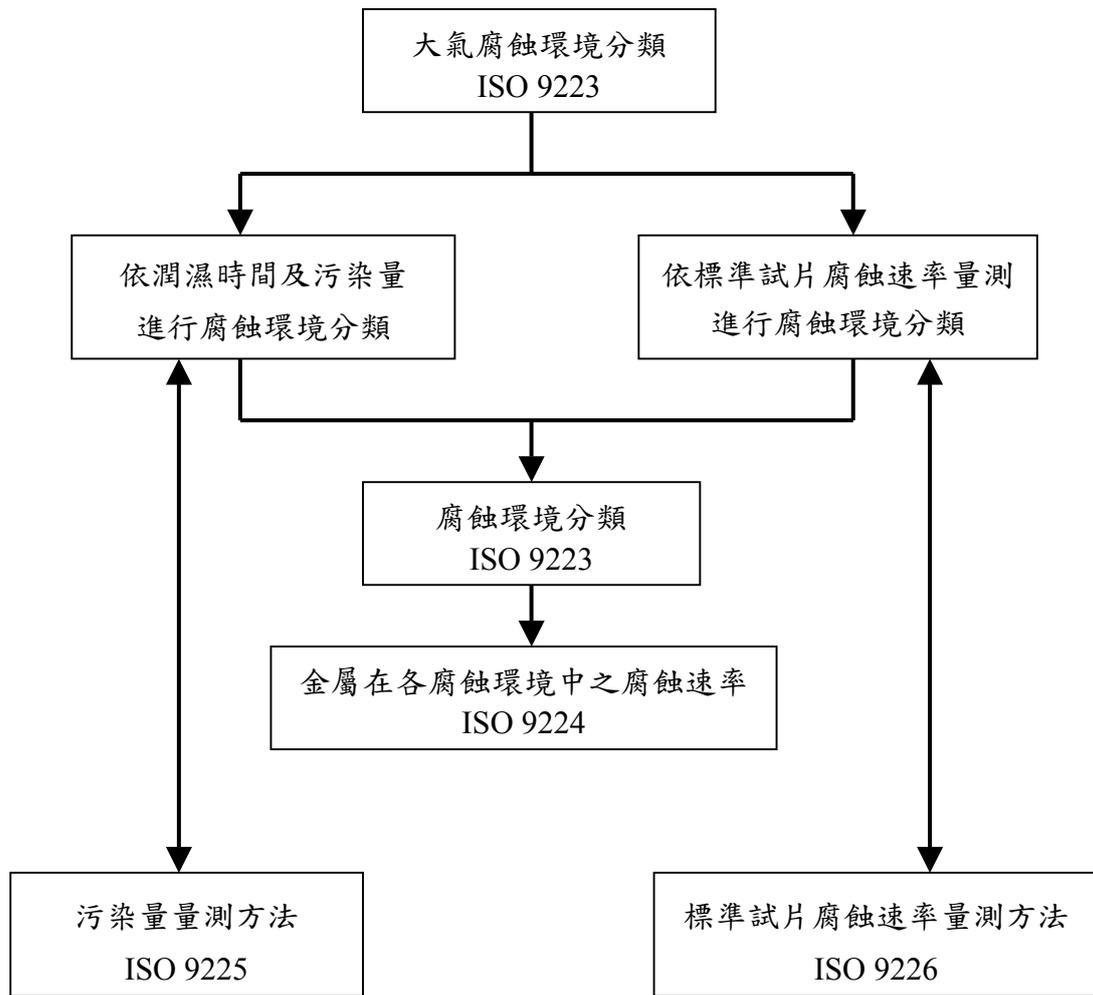


圖 5.1 ISO 大氣腐蝕環境分類

2. 國外 CLIMATE TEST 大氣腐蝕環境分類

CLIMATE TEST 源自貝爾實驗室(原名為“Wire-on Bolt Test”),其目的為用以研究偶合金屬在戶外環境的腐蝕行為,1955年 ASTM G116-93^[39]定其為標準測試方式。CLIMAT 是取 Classify Industrial and Marine Atmospheres 的字首,而其測試試片是由兩種不同異金屬(Bi-metallic)所組成,即將細金屬線纏繞在螺桿上產生腐蝕電池,並曝露在大氣環境中約 3-6 個月後,再以細金屬線的重量損

失率來評估當地的大氣腐蝕行為。通常金屬線是使用鋁線(AA-1050)纏繞在螺桿上，或者纏繞成螺旋狀，製作規格是螺旋狀直徑為2.5cm、鋁線直徑 0.89mm、長度約 90cm、螺桿長度 10cm、直徑 1.27cm、螺牙規格 1/2 UNC。由於鋁線與銅桿在工業性大氣腐蝕環境中有較高的靈敏度，因此取 Al-Cu 組合為工業性環境腐蝕指標，簡稱 I.C.I. (Industrial Corrosivity Indices)。在海洋性大氣腐蝕環境中則以鋁線繞在鐵桿的靈敏度較高，取 Al-Fe 組合作為海洋性環境腐蝕指標 M.C.I. (Marine Corrosivity Indices)，另外 Al 線纏繞成螺旋狀 (Al-Coil)及 Al 線繞在塑膠螺桿(Al-Plastic)定為 Al 線在大氣環境的腐蝕指標(Al-A.C.I.)。每一測試裝置是由 Al-Fe、Al-Coil、Al-Plastic、Al-Cu 等四個不同組合單元所組成，並且均固定在一方形塑膠板上，如圖 5.2 所示；再依據腐蝕指標的高低，將大氣環境區分為腐蝕性"可忽略(Negligible)"，"輕微(Moderate)"，"輕微嚴重(Moderate Severe)"，"嚴重(Severe)"，與"較嚴重(Very Severe)"等五級。

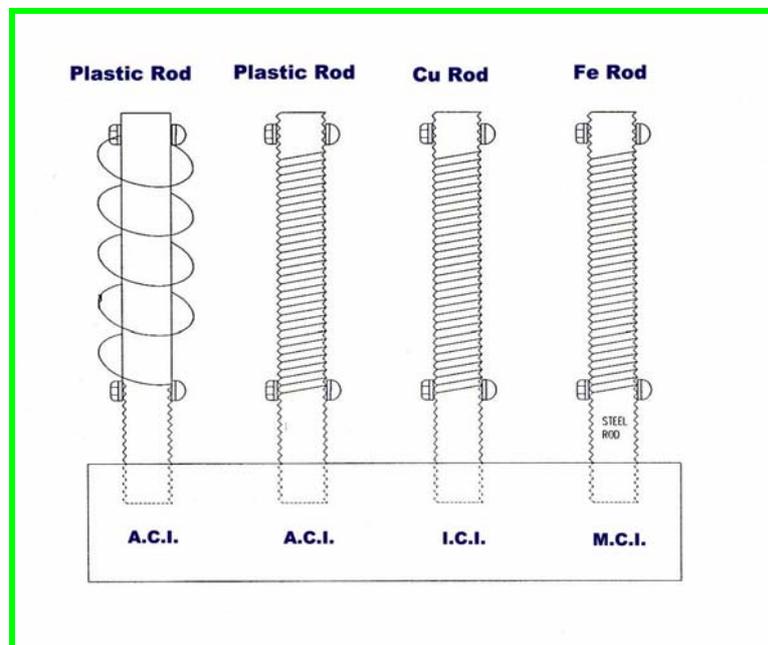


圖 5.2 CLIMATE TEST 大氣腐蝕測試

3. 中華民國國家標準 CNS 標準

有鑑於大氣腐蝕測試的重要，經濟部標準檢驗局於民國 83 年起依據國際標準化組織-ISO 規範(ISO 9223、ISO9224、ISO 9225、ISO 9226、ISO 8565^[40])，制定一系列之「金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性」國家標準 CNS 規範，包括 CNS 13401^[41]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，CNS 13753^[42]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(測定標準試片之腐蝕速率以評估腐蝕性)，CNS 13754^[43]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，CNS 14122^[44]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，CNS 14123^[45]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試(現場測試之一般要求)等五項規範。其中針對大氣腐蝕劣化因子所須的環境資料，於 CNS 14123 中規定，須具備氣溫(°C)、相對濕度(%)、降雨量(mm/day)、日照幅射的時間及強度、二氧化硫沉積量(CNS 13754, mg/m²/day or mg/m³)、與只適用於海邊測試場地之氯鹽沉積速率(CNS 13754, mg/m²/day)等參數；其他因素，如降雨時間、濕潤時間、風速及風向、雨水 pH 值、氣體量及特殊的污染物等，皆可依測試條件的要求而加以蒐集量測。此外，在進行戶外暴露實驗時，因開始暴露的季節不同會造成腐蝕速率的不同，所以 CNS 14123 中建議，長期或短期的暴露測試應在腐蝕速率最高的時期(如春、秋季)開始進行。

5.1.1.2 國內大氣腐蝕研究概況

臺灣地區從事大氣腐蝕試驗的眾多研究單位中以臺灣電力公司最早，自 1971 年起先後於金山、鹽寮、七美風力發電廠址等地進行兩年期的金屬材料及塗料塗裝耐蝕性基本資料調查。金屬工業研究所(目前已併入工業技術研究院)在 1971 年左右亦曾在彰濱一帶從事塗裝耐蝕性暴露試驗調查，惟資料已流失。工業技術研究院工業材料研究所自 1983 年起與台電公司合作也開始在林口、澎湖、陽明山、大屯山及其它多處地點從事 1~5 年不等的金屬材料及塗裝系統之暴露試驗。臺灣

大學自 1987 年起與臺灣電力公司合作探討腐蝕因子與金屬腐蝕率之關係。中華電信研究所在 1984 年曾進行為期二年之暴露試驗，探討保安盒外殼中密度聚丁烯、及鍍鋅、鍍鋁、55% 鍍鋁鋅鋼絞線的耐久性耐蝕性。中國鋼鐵公司大約自 1990 年起配合鋼材開發需求，開始從事較有系統之鋼鐵材料大氣耐蝕性試驗，數據累積已有 10 年以上，但試驗地點偏少，尚難完全界定在各種腐蝕環境下之耐蝕性。中山科學研究院於 1987~1990 年在臺北市各區利用 A.C.I、M.C.I、I.C.I 等三種腐蝕指標試驗裝置，廣泛調查臺北市各地大氣腐蝕類性變化，惟試驗佈放密度不足，無法得一理想之等位線圖，僅能依行政區劃分標示其腐蝕類型。綜合言之，1990 年以前各單位從事現地大氣腐蝕暴露試驗的研究頗多，可惜無系統性的調查，數據多為定性或半定量，且多無三年以上的試驗數據，以致在試驗結果上整合困難，難以轉化成基本資料。

2001 年，工業技術研究院材料與化工研究所受內政部營建署委託執行「臺灣地區結構物腐蝕潛勢分區研擬」計畫，主要工作內容為協助規劃全國大氣腐蝕試驗(含試驗項目、試驗場址選擇等)，惟一年後因經費問題而未執行相關試驗工作。2004 至 2005 年，工研院材化所協助臺灣高鐵公司進行高鐵沿線大氣腐蝕調查工作，評估熱浸鍍鋅鋼材與軌道碳鋼扣件之大氣腐蝕狀況並進行服務壽命計算；有別於現地大氣腐蝕暴露試驗，工研院材化所於計畫執行期間首次採用 ISO 9223 環境因子分類方法，依據中央氣象局公佈之相對濕度資料、環保署公佈之 SO₂ 濃度與過去各單位調查研究之氯離子沉積速率，進行臺灣本島大氣腐蝕環境分類，並比較過去現地暴露試驗之結果。惟估算時使用之氣象與空氣污染資料僅止於 2000 年，且無 SO₂ 與氯鹽沉積量之實際量測數據，因此多數地區僅推估出一概括性的大氣腐蝕環境分類。2007 至 2008 年，工研院材化所執行交通部運研所港灣技術研究中心委託「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，針對臺灣全島地區進行大氣腐蝕劣化因子調查，建置氯鹽沉積量調查 77 個試驗點，二氧化硫沉

積量調查 54 個試驗點，現地暴露試驗調查 88 個試驗點，已完成 1 年的調查與分析工作，並探討季節與區域性之大氣腐蝕因子與金屬腐蝕速率變化的關係，初步建立臺灣「本土化」之大氣腐蝕數據資料庫^[46,47]。

5.2 研究範圍、目的與方法

本計畫為期兩年，主要工作項目為進行長期大氣腐蝕速率研究與研擬有機塗裝防蝕規範草案，以提供構造物耐久性與防蝕設計的需要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類資料庫的建立。本年度為第一年，主要工作項目如下：

1. 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。
2. 現地金屬試片暴露試驗：選擇三處具有腐蝕特性的地點，依據 ISO 9223 之試片，實施 10 年期之現地暴露試驗，評估其長期腐蝕速率並驗證其與 ISO 9224 之適用性。
3. 資料蒐集與分析：依據現地取樣與試驗調查結果，進行第一年試驗之腐蝕分析探討。
4. 大氣腐蝕因子資料庫維護：將本年度各項研究成果，持續增建或修正於港研中心所建立之大氣腐蝕因子資料庫內。
5. 資料庫教育訓練與技術轉移。
6. 塗裝防蝕規範草案研擬：依據國際標準組織 ISO 12944 規範，研擬塗裝防蝕規範草案。

5.2.1 研究方法及進行步驟

5.2.1.1 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析

本年度將持續蒐集國內外大氣腐蝕測試與塗裝防蝕系統之相關規範與文獻，整理分析相關要點。

5.2.1.2 現地金屬試片暴露試驗

依據 CNS 13753，量測大氣腐蝕速率的試片有兩種，一種為螺旋狀試片而另一種為板狀試片；為避免螺旋狀試片在長期(一年期以上)暴露後因腐蝕而消耗殆盡，今參考 ASTM G 50-76 “Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals”規範製作板狀試片，藉以瞭解金屬長期(一年期以上)的腐蝕速率。試片準備如下：

- A. 試片種類：碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，各金屬成份依據 CNS 13753 (ISO 9226) 規範準備，即 1) 碳鋼：非合金碳鋼 (Cu=0.03~0.10%, P<0.07%)，2) 鋅：98.5%以上之純度，3) 銅：99.5%以上之純度，4) 鋁：99.5%以上之純度。
- B. 試片尺寸：依據 ASTM G 50-76，長度 150 mm、寬度 100 mm、厚度 5 mm 的試片。
- C. 試驗期程：10 年。
- D. 取樣頻率：6 次，即第 1、2、3、5、8、10 年每年一次。
- E. 試片數量：以重量損失法進行腐蝕速率量測，每一試驗點各金屬各需 24 片試片(每次取樣 3 片，重複取樣 6 次，5 片備用，1 片為對照)，共 96 片試片。
- F. 試驗地點：選擇足以代表本島不同腐蝕環境之區域，如腐蝕嚴重的鹽害區、工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區(對照組)等 3 處。鹽害區選定為臺中火力電廠，工業區選擇兼具鹽害影響的麥寮工業區，而鄉村區則為溪頭森林區。
- G. 大氣暴露試驗架設置：大氣暴露試驗架依據 ASTM G50-76 標規範設置；試驗架離地距離大於 760 mm，試片設置角度與垂直面成 30° 角且面向南方，試片固定座採用絕緣材料。
- H. 腐蝕速率計算

碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬試片之大氣腐蝕速率量測將依據 CNS 14122 (ISO 8407)金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失，並依金屬材料的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。腐蝕速率 R_{cor} 單位是以 $\mu\text{m}/\text{y}$ 表示，計算公式如下：

$$R_{cor} = \Delta m / (A \cdot \rho \cdot t) \dots\dots\dots (5-1)$$

式中， Δm =質量損失(g)

A =試片暴露面積(m^2)

t =暴露時間(year)

ρ =金屬材料之密度(g/cm^3)，各種金屬之密度值如下

鋼=7.86 g/cm^3

鋅=7.14 g/cm^3

銅=8.96 g/cm^3

鋁=2.70 g/cm^3

5.2.1.3 資料蒐集與分析

依據現地取樣與試驗調查結果，進行第一年試驗之腐蝕數據分析探討。

5.2.1.4 大氣腐蝕因子資料庫維護

結構材料大氣腐蝕是結構物工程設計的重要參考數據，本研究團隊在 2007 年與 2008 年執行「臺灣地區大氣腐蝕劣化因數調查研究」計畫期間已建立大氣腐蝕因子資料庫，架構如下：

1. 關於本計畫：主要是介紹本計畫的背景，使用的規範、大氣腐蝕

環境分類的量測方法。另外亦說明試片材料的選取製作及試片取樣頻率。

2. 國內資料蒐集分析：主要是由氣象局與環保署之氣象資料與空氣監測資料為主，透過專業的分析判斷，以盒鬚圖的方式呈現，讓使用者可以快速的了解臺灣過去 10 年的氣象與空氣概況。
3. 現地試驗資料：包括季節性與一年期之腐蝕因子如濕潤時間、氯鹽沉積速率與二氧化硫沉積速率，以及碳鋼、鋅、銅、鋁金屬之腐蝕速率分析比較。
4. 專家數據庫：此為會員專區，須輸入帳號跟密碼，才可進入該系統。將分析結果以圖資方式配合臺灣地圖導入，提供設計與維護管理人員快速查詢的功能，以擷取所需之本土化資訊。

本年度將依據研究成果，增建或修正已建立之大氣腐蝕因子資料庫，完善資料庫的使用內容。

5.2.1.5 塗裝防蝕規範草案研擬

依據國際標準組織 ISO 12944 規範，研擬塗裝防蝕規範草案。ISO 12944 共有 8 個部分，如下：

Part 1: General introduction

Part 2: Classification of environments

Part 3: Design considerations

Part 4: Types of surface and surface preparation

Part 5: Protective paint systems

Part 6: Laboratory performance test methods

Part 7: Execution and supervision of paint work

Part 8: Development of specification for new work and maintenance

本研究將依據規範本文撰寫塗裝防蝕規範草案。

5.2.2 預期效益及其應用

本計畫完成後之預期效益及其應用：

1. 建立臺灣地區構造物腐蝕環境潛勢分析之完整數據資料庫，提供公路局、港務局及交通相關單位辦理構造物耐久性與防蝕設計之參考依據。
2. 提供公路局、港務局及相關單位金屬材料選用依據，確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設構造物之設計使用年限，並避免或減少工安事件發生，以降低社會成本及提高經濟效益。
3. 研究成果之應用可遍及臺灣地區各種腐蝕環境，而大氣腐蝕因子資料庫的建立可提供產官學研各界不同之需求及應用。
4. 研究成果可應用於後續相關研究及研擬臺灣地區塗裝防蝕手冊之依據。

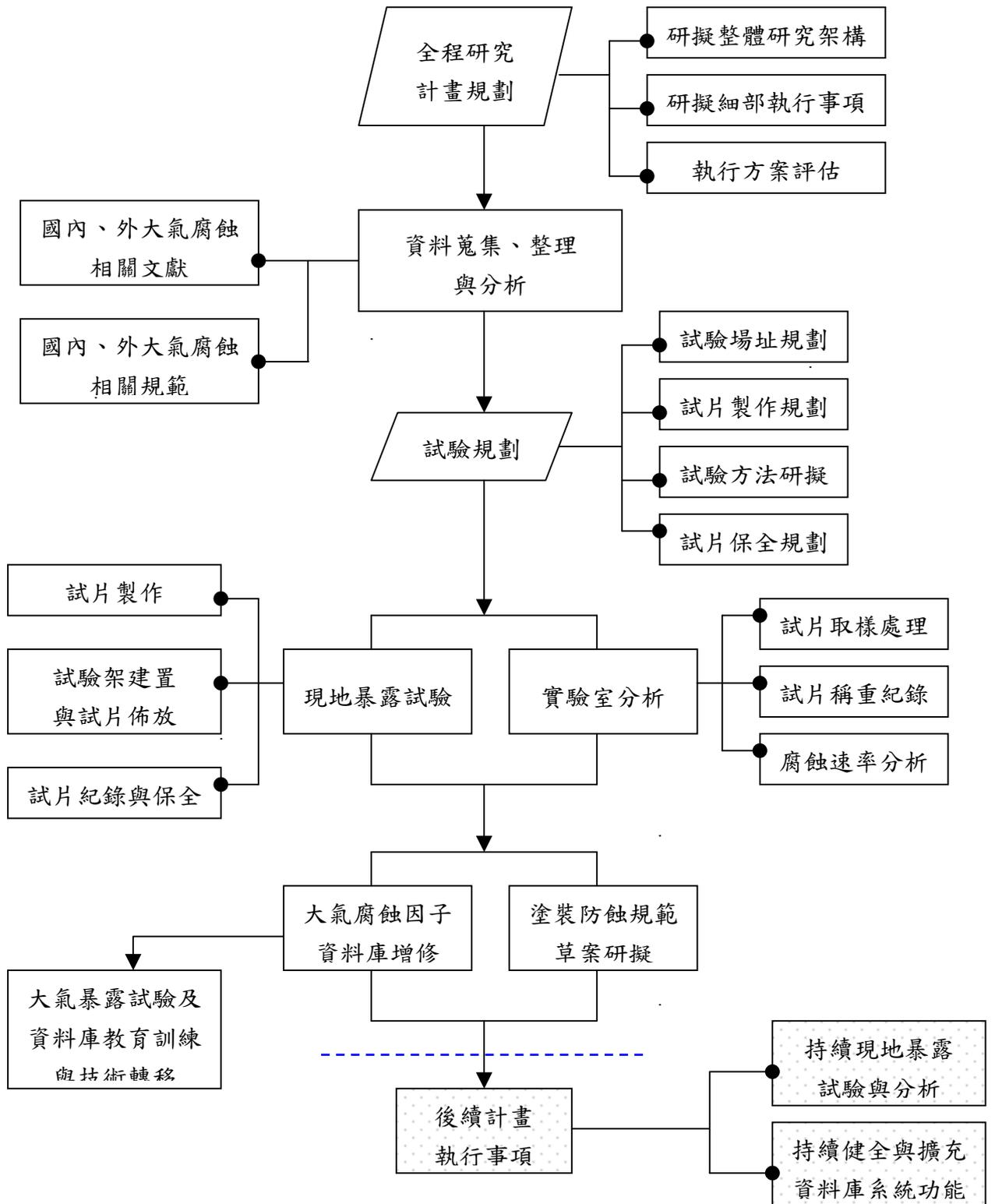


圖 5.3 計畫作業流程圖

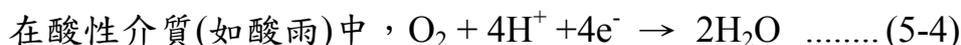
5.3 文獻蒐集整理分析

5.3.1 大氣腐蝕的過程

大氣腐蝕依腐蝕反應可分為化學與電化學反應。在乾燥無水的大氣環境中，金屬表面因氧化、硫化而造成變色或失去金屬光澤等(如在乾燥氧化環境中，銅或銀的失去光澤)，是為化學腐蝕，而其它劣化行為，則多為電化學反應。即金屬表面為薄層電解液下的腐蝕過程，電解液薄膜是由空氣中的水分於金屬表面吸附、凝聚、及溶有空氣中污染物質所形成，初期金屬表面的陽極反應為金屬的溶解和水化反應，而陰極反應為氧的還原反應，如下：



式中，M 代表金屬， M^{n+} 為 n 價金屬離子， $M^{n+} \cdot xH_2O$ 為金屬離子化水合物。



由於水、氧在水膜間的擴散速率、大氣中的氯離子含量、以及空氣中的污染物質與灰塵等，均會影響金屬在大氣中的腐蝕行為，因此大氣腐蝕的過程可概分為初始階段、中間階段與經過多年暴露才發生的最終階段^[14]。

5.3.1.1 大氣腐蝕的初始階段

1. 表面的氫氧基化(Surface hydroxylation)

金屬與大氣反應的第一個階段為水蒸氣與固體金屬的快速反應，水分子可以結合成分子或呈解離的狀態；若是結合成分子，與金屬間的結合是通過氧原子與金屬或是氧原子與另一表面帶正電荷的物質相結合，這個過程伴隨了電荷由水分子轉移至金屬的過

程。至於使水分子呈解離的趨動力則是形成金屬與氧(metal-oxygen)之間的鍵結或是形成金屬與氫氧基(metal-hydroxyl)間的鍵結。

2. 水的吸附與吸收(Adsorption and absorption of water)

金屬表面氫氧基層的形成非常快速，可在幾分之一秒內發生，並導致金屬表面與水不易結合，必須將金屬繼續暴露於大氣中，方得使空氣中的水以分子的型式被吸收。在金屬表面，第一層水膜水分子的有序性(degree of ordering)較高，因為這層水分子緊鄰固體表面，但第二層與第三層的水分子則有較隨意之方位排列(random orientation)；一般而言，水膜(aqueous film)厚度若大於三個單分子層(monolayers)時，其反應的特性與一般的水體(bulk water)相類似。

5.3.1.2 大氣腐蝕的中間階段

1. 氣體沉積

水相不僅是電化學反應的介質，而且還可溶解氣體物質(氣態或顆粒狀)。已知能影響大氣腐蝕的氣體包括 CO_2 、 O_3 、 NH_3 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 HCl 、 HCHO 等氣體與 NaCl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ 、 NH_4Cl 、 Na_2SO_4 等顆粒物質，這些物質可與水結合而成為雨、露、霧或雪而沉降於金屬表面。

2. 液體層的化學變化

氣體沉積在水相中會引起許多化學或電化學的反應，並可能使揮發性的反應物從水相中逸出而進入大氣中，如 SO_2 轉變成 H_2SO_3 或 H_2SO_4 ， NO_2 轉變成 HNO_3 以及這些酸的分解反應。

3. 質子與配位引起的金屬溶解(Proton- and Ligand- induced metal dissolution)

在液體內形成的離子可以與金屬的氧化表面相互作用進而加速金屬的溶解。

3. 離子配對(Ion pairing)

當金屬離子進入液體後，它可以與帶相反電荷的離子配位結合，這種離子的配對過程與金屬離子和離子的本質有關，通常是採 Lewis 酸-鹼方式，即當一對離子相互作用時，帶相反電荷離子 (the Lewis base)上的電子將會與金屬離子(the Lewis acid)形成共價鍵。

4. 光敏性(Photosensitivity)

某些大氣腐蝕的過程存在感光的影響。如將銅置於 H₂S 氣體中，長期暴露於模擬陽光輻射的結果，銅腐蝕產物層的厚度將會較無陽光輻射樣品的厚度增加 1.5 至 2 倍^[48]。此外，在一般的工業金屬中，唯有鐵能產生此種光腐蝕反應，即鐵在有太陽光子存在時會加速腐蝕，這是因為在潮濕的鐵表面，鐵離子可與 OH⁻離子形成複合物(complexes)，此複合物是唯一對太陽光波長敏感的物質，當吸收光的波長 $\lambda < 400 \text{ nm}$ 時，[Fe(OH)]複合物的電荷會轉移到金屬離子上，並釋放出活潑的 OH⁻，可引起一系列之水合化學與鐵的腐蝕反應。

5. 腐蝕產物成核(Nucleation of corrosion products)

當表面液層內地離子對濃度到達飽合時，離子對將會沉積形成固體相；金屬基體表面的非均勻性更加有利於沉積組成的成核。

5.3.1.3 大氣腐蝕的最終階段

1. 腐蝕產物的聚合

隨著暴露時間的增加，腐蝕產物析出的晶核數量及其尺寸都會增加，直至完全覆蓋金屬表面為止。當腐蝕產物完全覆蓋金屬表面時，若要腐蝕繼續發生，則要通過液體層將活潑的物質往金屬表面輸送，並將金屬離子向外傳輸；一般而言，質子與單荷離子(如 Cl⁻)通過腐蝕產物層的傳輸較雙荷離子(如 SO₄²⁻)容易，若腐蝕產物層較

薄、較疏鬆或有孔隙，離子的傳輸就不會受阻，則其產生的腐蝕產物層對金屬基材的保護性相對較差。

2. 腐蝕產物的生長與增厚

在室外環境中，每日相對濕度的變化會引起金屬表面液體層厚度的改變，腐蝕產物的生長至少要經過三個過程：第一是在液體層厚度增加時，腐蝕產物之部份溶解；第二是溶解金屬離子的液體層與溶解帶有相反電荷離子的液體層相結合；第三是液體層的厚度減小過程中，新結合離子對的析出。溶解-結合-析出的循環作用使腐蝕產物層改變其化學成分、組織結構、結晶度、厚度以及其他性質而逐漸長大。圖 5.4 為大氣腐蝕過程之示意圖。

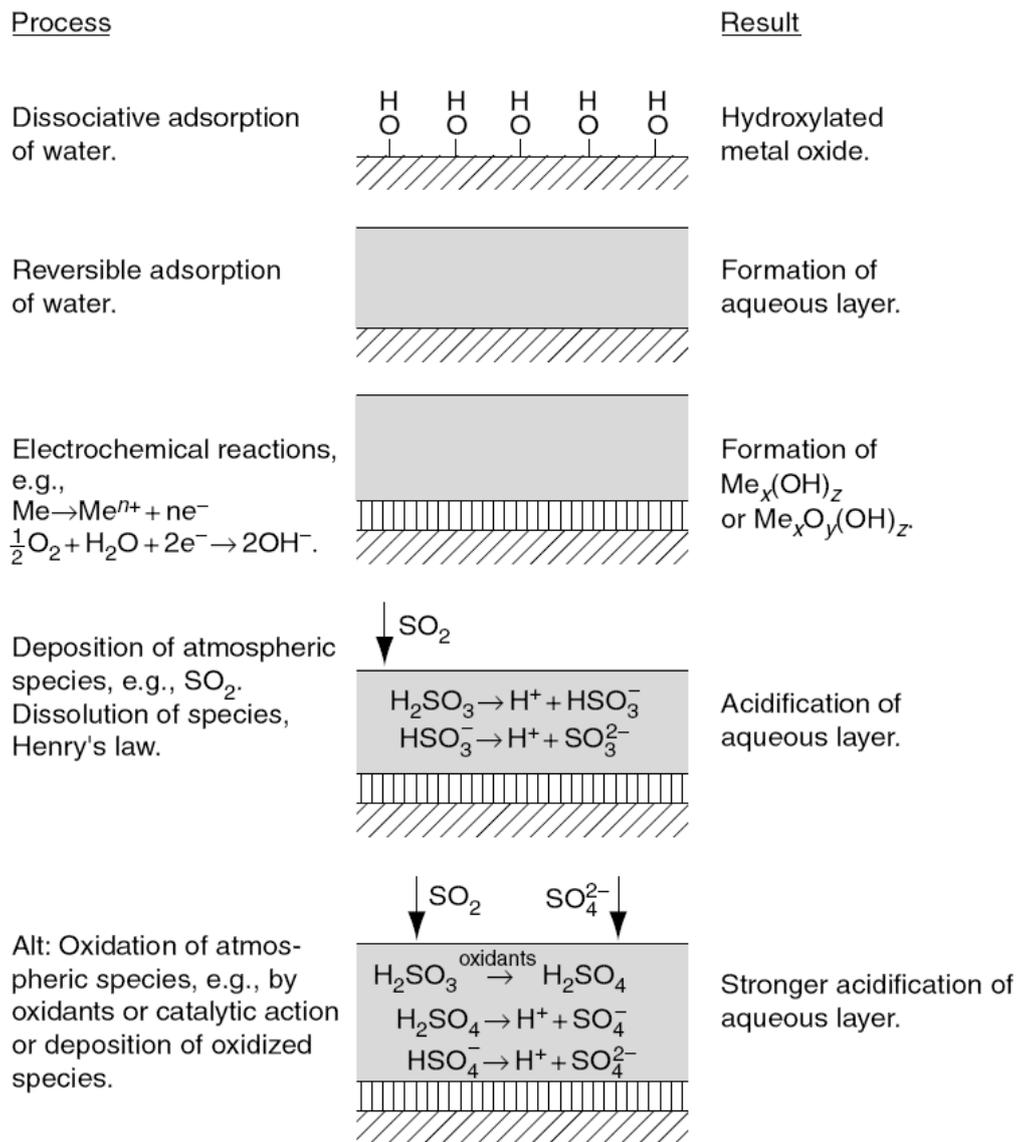


圖 5.4 大氣腐蝕過程之示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

5.3.2 影響大氣腐蝕的因素

1. 大氣的相對濕度

水膜的形成與大氣中的相對濕度密切相關，相對濕度的定義是指在某一溫度下，空氣中的水蒸氣含量與在該溫度下空氣中所能容納的水蒸氣最大含量之比值。由於不同物質或同一物質的不同表面

狀態，對於大氣中水分的吸附能力不同，因此，當空氣中相對濕度到達某一臨界值時，水分將在金屬表面形成水膜，促使電化學反應產生、腐蝕速率增加，此時的相對濕度值稱為金屬腐蝕臨界相對濕度。如鐵的腐蝕臨界相對濕度為 60%^[49]，超過此相對濕度鐵銹就會慢慢形成；到達相對濕度 75%至 80%時，鐵會因腐蝕產物層內濕氣的毛細凝結作用而使腐蝕速率突然增加；到相對濕度 90%以上時，鐵的腐蝕速率會因硫酸亞鐵的汽壓而使腐蝕速率再度增加。至於銅、鎳、鋅金屬，視金屬表面的情況而定，腐蝕臨界相對濕度介於 50%至 70%之間^[49]。

此外，空氣中相對濕度還影響金屬表面水膜厚度與乾濕交替的頻率；如金屬表面有較薄的水膜存在時，大氣中的氧容易擴散至金屬表面，加速腐蝕；當水膜變厚時，氧的擴散阻力增加，腐蝕速率下降。由於雨水、霧氣、露水等是液膜的主要來源，但雨水扮演的角色較複雜，它可能會帶來高溶解度物質而加速腐蝕速率，但也可能沖走一些附著的腐蝕性物質而抑制腐蝕；同時，它亦可能沖走一些具有保護作用的腐蝕生成物，進而加速腐蝕。由霧氣所生成的液膜雖薄，但因氧氣及其他腐蝕性物質的飽和性，反而具有較強的腐蝕性。

2. 表面潤濕時間

表面潤濕時間是指產生大氣腐蝕的電解質膜，以吸附或液態膜型式覆蓋在金屬表面上的時間；潤濕時間愈長，腐蝕總量愈大。而金屬表面的潤濕，則是由露水、雨水、高濕度水分凝聚、甚至溶化的雪水所引起。依國際標準 ISO 9223，潤濕時間(τ , Time of Wetness)是以全年中溫度高於 0 °C，相對濕度大於 80%之小時數或百分比來定義。

3. 日照時間

日照的紫外光會促使高分子材料及塗層老化，因此日照時間對

於高分子材料及塗層，關係較為密切；但對金屬材料而言，日照時間長，將使金屬表面水膜消失，降低表面潤濕時間，腐蝕總量減少。

4. 氣溫

溫度的變化能影響金屬表面水蒸氣的凝聚、水膜中各腐蝕氣體和鹽類的溶解度、水膜電阻、以及腐蝕過程中陰、陽極的反應速度。一般而言，當相對濕度低於金屬臨界相對濕度時，溫度對大氣腐蝕的影響很小，即無論氣溫多高，因環境乾燥，金屬腐蝕輕微；但當相對濕度達到金屬臨界相對濕度時，溫度每升高 10 °C，反應速率增加為原來之 2 倍。

5. 降雨

降雨對大氣腐蝕有兩種影響，一方面因降雨增加，大氣中的相對濕度增加，延長了金屬表面的潤濕時間，同時也因降雨的沖刷，破壞了金屬表面腐蝕產物的保護性，加速大氣腐蝕；但另一方面，因降雨沖洗掉金屬表面的污染物與灰塵，減少了液膜的腐蝕性，減緩大氣腐蝕。此外，工業大氣中的雨水溶解了空氣中的污染物，如 SO₂、Cl 等，亦加速大氣腐蝕的產生。

6. 風速與風向

風速對表面液膜的乾濕交替頻率有一定的影響，在風沙環境中，風速過大對金屬表面會有磨耗作用。而在污染源的環境中(如工廠的排煙、海邊的鹽粒子)，風向會影響污染物的傳播，直接關係到大氣腐蝕速率。

7. 降塵

固體塵粒對腐蝕的影響可分為 3 類：(1) 塵粒本身具有可溶性與腐蝕性，當溶解於液膜中時，成為腐蝕性介質，(2) 塵粒本身無腐蝕性，亦不溶解(如碳粒)，但它能吸附腐蝕物質，當溶解於液膜中時，加速腐蝕反應，(3) 塵粒本身無腐蝕性與吸附性(如沙粒)，但落

在金屬表面，可能使沙粒與金屬表面間形成縫隙，易於水分凝聚，產生局部腐蝕。

5.3.3 大氣中腐蝕性的氣體

影響大氣腐蝕的氣體包括 CO₂、O₃、NH₃、NO₂、H₂S、SO₂、HCl、HCHO 等氣體^[44]，這些氣體在金屬大氣腐蝕過程中所扮演的角色如下：

1. 二氧化碳(Carbon dioxide, CO₂)

二氧化碳是大氣中的一個自然成分，春天時因植物的光合作用而被吸收，但在秋天時隨著植物的腐爛而釋放回大氣中；同樣的循環過程也發生在海洋環境，當溫度低時水會吸收二氧化碳，但當溫度升高時又釋放出來；如此，自然界的二氧化碳處於一個平衡的循環狀態。但人類的活動也會釋放出二氧化碳，大部分多是由於石化燃料(如石油、煤等)的燃燒或水泥製造所產生，其釋放出來的量約為自然界釋放量的 3% 左右，但是因為無吸收過程予以平衡，結果大氣中的二氧化碳含量每年以 0.5%左右的速度遞增。

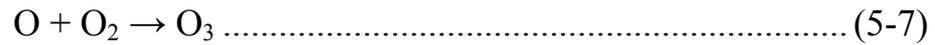
由於二氧化碳微溶於水，任何水體、水滴或者表面水層都會吸附二氧化碳，溶解的二氧化碳氣體發生電離後產生碳酸根離子(CO₃²⁻)：



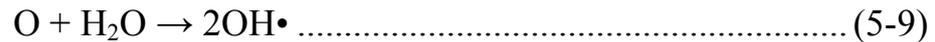
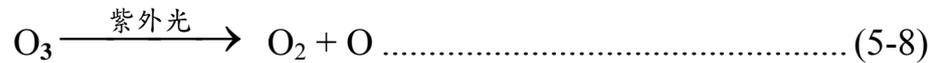
2. 臭氧(Ozone, O₃)

臭氧並不是由自然界或人類活動的過程中直接釋放，而是大氣光化學的產物，主要反應為二氧化氮的光分解再與氧分子結合產生臭氧。





臭氧分子本身對紫外線輻射很敏感，會產生一種活性的氧原子，其和水分子結合生成氫氧基(OH•)：



大氣中氣體的轉換與主要是通過氫氧基(OH•)或臭氧分子(O₃)所產生，即臭氧和氫氧基是大氣中頗具活性的反應物，它們參與的化學反應和化學產物都會形成所謂的光化學煙霧現象(photochemical smog, the word “smog” is short-hand for “smoke and fog”)。由於臭氧分子的反應活性較低且不溶於水，所以它的大氣濃度高；但是氫氧基和大氣中各種不同的氣體可立即反應，以致其大氣濃度較低。

3. 氨氣(Ammonia, NH₃)

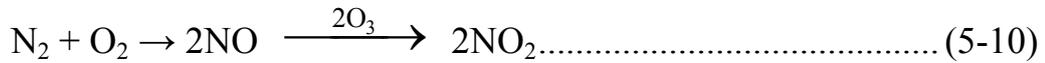
氨氣是大氣中唯一呈現鹼性的氣體，它是酸性氣體的平衡物，自然生態體系和海洋表面都會釋放出一些氨氣，但是全球氨氣的主要來源為農業活動所產生，如動物排泄物、合成肥料、農田作物燃燒時的生物數量等均是氨氣釋放的主要來源。

氨氣有很高的溶解度，可以快速的溶解在氣溶粒子(aerosol, 小的液體或固體顆粒在氣相中的懸浮物)和水滴裏，這是濕沉積的過程，最後的產物將會與氧化的二氧化硫結合，形成硫酸銨[(NH₄)₂SO₄]，這個過程仍會將氨氣保留在大氣中，但只是轉變存在於一個新的相中。通過沉積在地球表面的過程，即所謂之“乾沉積”，此時氣體分子會被材料的表面吸附，氨氣的量在大氣中逐漸減少。

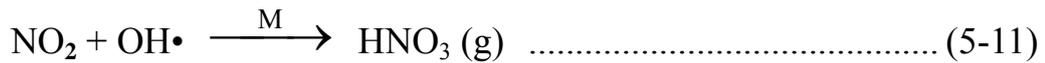
4. 二氧化氮(Nitrogen dioxide, NO₂)

二氧化氮的主要來源是化石燃料或農田裏生物數量的燃燒，其

中一氧化氮首先形成，然後快速的被周圍臭氧分子所氧化。



二氧化氮難溶於水，所以它不會在水滴或水的表面上產生明顯的損失，唯一的消耗是與氫氧基發生氣相反應形成硝酸(HNO₃)，



式中，M 為能帶走多餘能量的第三類氣相。

硝酸極易溶於水，通過與氣溶粒子、雲水滴結合，或通過乾沉積或濕沉積的過程在大氣中消失而形成氨氣。

5. 硫化氫(Hydrogen sulfide, H₂S)

硫化氫是有機含硫化合物厭氧條件下的分解產物，為自然界產生的氣體，很多與硫化氫有關的大氣腐蝕，主要是發生在紙漿廠的附近、汙水處理廠附近、油田輸送酸性原油泵的附近(原油裏含有明顯的硫化氫)，或是在原油煉油廠附近。

硫化氫微溶於水，腐蝕發生的原因就是材料表面水膜內離解產生 HS⁻所致，HS⁻為活性的腐蝕劑。



6. 二氧化硫(Sulfur dioxide, SO₂)

二氧化硫可能是大氣腐蝕氣體中最重要的腐蝕性氣體，在含硫的石化燃料(如石油、煤等)燃燒與金屬的熔煉過程中都會產生和釋放大量的二氧化硫。



式中，R 為熔煉金屬的礦石。

SO₂ 為中等程度的溶於水，因此有一定量的 SO₂ 吸收在氣溶粒子中，當 SO₂ 沉積在材料表面的水膜內，SO₂ 被氧化成硫酸根離子 (SO₄²⁻)：

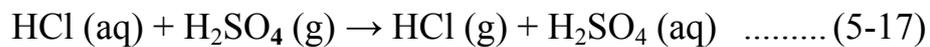
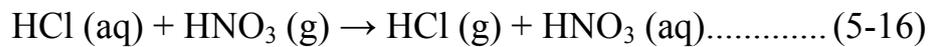


此外，SO₂ 和氫氧基也能迅速的發生反應，因此也可在氣相的過程產生硫酸。硫酸可快速的溶解於水中、解離、不斷重複，進而產生的腐蝕性的硫酸根離子。



7. 氯化氫(Hydrogen chloride, HCl)

氯化氫氣體可經過空氣中海水鹽離子的脫氯過程而進入大氣中，這些離子含氯量很高，當強酸(硝酸或硫酸)沉積在其表面時就會會釋放出氯化氫氣體。



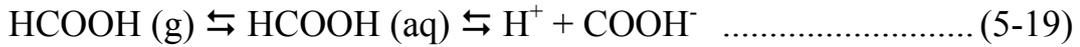
靠近工業和能源消耗的地方，由於強酸性氣體的排放，脫氯而生的高濃度氯化氫流可以在工廠的順風邊緣區域發現。氯化氫氣體和氨氣一樣有很好的水溶性，能夠立即溶解在大氣中的水滴裏或者是沉積在濕潤表面，很快的離解形成活性的腐蝕因子，即氯離子。



8. 有機酸(Organic acid)

甲酸(HCOOH)和醋酸(CH₃COOH)是普遍的有機酸，已被証實對某些金屬具有腐蝕性。很多的工業過程會釋放出一定程度的有機酸，但是大氣中主要來源在於木材或植物的不完全燃燒、光化學煙霧的反應等。有機酸在水中有很高的溶解度，發生部分離解，如甲

酸：



綜言之，材料對大氣腐蝕性氣體的敏感性如表 3-1 所示^[48]。

表 5-1 材料對大氣腐蝕性氣體的敏感性

Corrodant	Ag	Al	Brass	Bronze	Cu	Fe	Ni	Pb	Sn	Solder	Steel	Zn	Stone
CO ₂ /CO ₃ ²⁻	L			L		M	L	M			M	M	
NH ₃ /NH ₄ ⁺	M	L	L	L	M	L	L	L	L	L	L	L	
NO ₂ /NO ₃ ⁻	N	L	M	M	M	M	M	M	L	M	M	M	L
H ₂ S	H	L	M	M	H	L	L	L	L	L	L	L	
SO ₂ /SO ₄ ²⁻	L	M	H	H	H	H	H	M	L	M	H	H	H
HCl/Cl ⁻	M	H	M	M	M	H	M	M	M	M	H	M	L
RCOOH/COOH ⁻	L	L	M	M	M	M	M	H	L	L	M	M	
O ₃	M	N	M	M	M	M	M	M	L	L	M	M	M

H = high sensitivity, M = moderate sensitivity, L = low sensitivity, N = no sensitivity.
An unfilled location indicates that no experimental assessments are known to have been performed.

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

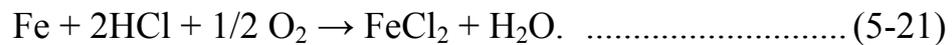
5.3.4 鐵與碳鋼的大氣腐蝕

鐵與碳鋼上的銹層是多孔的，附著力很弱，且裂紋常集中分散在銹的最外層。銹孔的直徑約有數個奈米，孔的體積占銹的總體積的 5% ~ 10%，這樣的結構使吸附的水或雨容易進入基材表面進而促使腐蝕的過程不斷發生。一般而言，大氣暴露試驗時試片朝向地面一側的銹層總是比面朝上的銹層更疏鬆、多孔與更粗糙，而合金鋼表面上的銹層，又比純鐵上形成的粉狀產物更加緻密，附著力更強。

一般而言，鐵與碳鋼腐蝕銹層的發展可分為三個階段^[48]，第一階段為形成一層氧化物/氫氧基氧化物薄膜(1~4nm)。若大氣中沒有雜質、相對溫度較低或沒有液態水的情況下，此生成膜是穩定的，但當暴露於近中性水溶液環境下，這種氧化物/氫氧化物膜會變成綠色的沉澱 - "綠銹 I" [Fe^{II}Fe^{III}O_x(OH)_y] 和"綠銹 II" [Fe^{II}Fe^{III}O_x(OH)_y]；之後綠銹轉

化進入第三階段，形成一種鐵氧化物和氫氧化物的棕色易碎層。鐵和碳鋼銹層發展階段所需的時間在不同環境中有很大的變化，通常第一階段發生僅用數毫秒至數秒，而第二階段的發生要用 2~3 個小時，至於第三階段則在兩周或更短的時間裏即可觀察到，且 γ -FeOOH 是第三階段開始的指示，隨後並伴有 α -FeOOH 的產生。然而以上的反應步驟僅考慮氧和水進入銹層中的反應，但是實際大氣暴露環境中，其他大氣腐蝕性的因子如氯離子與硫酸鹽的影響也極為重要。

氯化物在金屬表面上有助於在較低的相對濕度形成液膜，其在腐蝕過程中會阻止氧化膜(oxide films)的形成，進而有助於陰極上氧的還原反應；然而當金屬表面已有氧化膜或鈍態膜存在時，氯離子會破壞鈍態膜，造成孔蝕。Cl 與鐵的作用較特別，由於 FeCl_2 不是緊密結合之化合物，所以 Cl 很容易從氯化亞鐵中釋放出來，再與鐵作用，進而加速腐蝕反應。過程如下：



在水溶液中， Fe^{III} 與 Cl 形成複合物(complexes)並與 OH^- 和 Cl 形成混合複合物，沉澱的產物將是氫氧基氯化物鹽，如圖 5.5 所示^[48]。圖中，上部為大氣，中央為表面水層，底部凹陷位置為腐蝕的金屬(沉積的潮濕顆粒、露水或雨水能在金屬表面任意位置產生相同的腐蝕坑)，雨水用大氣中的水滴表示，空氣中的懸浮顆粒用小的不規則黑點表示。波浪箭頭表示鐵以 Fe^{2+} 形式進入溶液，矩形框線內示意的物質為以溶液組成(solution constituents)形式存在，橢圓框線內物質為沉積物(precipitates)；虛線的矩形框、橢圓框與箭頭表示目前由實驗室或現場研究仍未確定但可能的反應或組成，實線的矩形框、橢圓框與箭頭表示已確定的溶質、沉積物或反應過程。

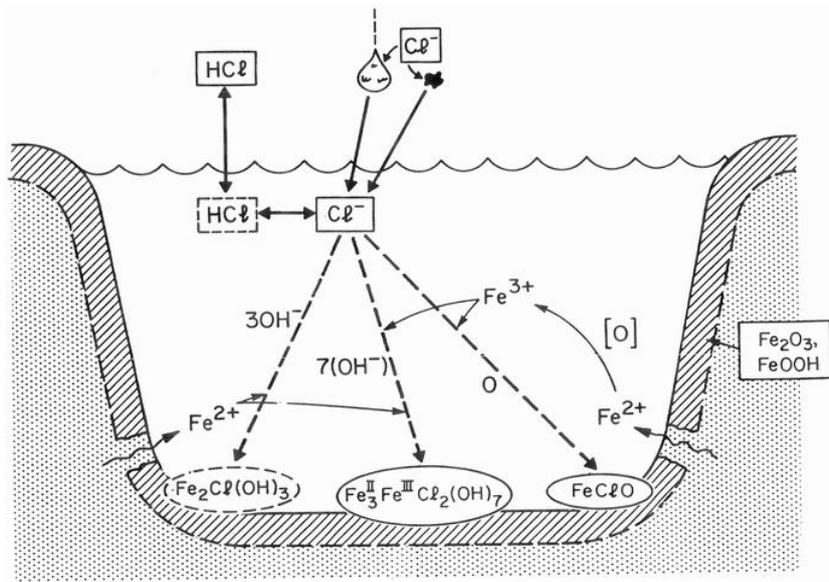
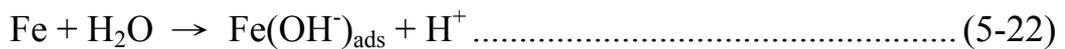


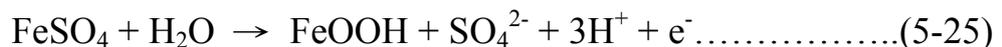
圖 5.5 鐵與碳鋼在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

鐵與碳鋼的腐蝕會因 SO₂ 及其轉化物，尤其是 H₂SO₄ 的存在而加速。大氣中含有二氧化硫時的腐蝕過程可區分為三個步驟：（1）濕鏽吸收二氧化硫，（2）Fe 被 SO₂ 和 O₂ 氧化成 FeSO₄，（3）FeSO₄ 氧化成鐵鏽，釋放 SO₄²⁻，SO₄²⁻ 酸化然後進一步腐蝕鐵產生新的 FeSO₄ 且再度的釋放 SO₄²⁻，循環結果直到進行到 SO₄²⁻ 形成不溶的氫氧基硫酸鐵沉積為止。因此在含 SO₂ 的大氣中，腐蝕反應包括下列步驟：



FeSO₄ 會與 H₂O 作用生成 FeOOH，而釋放出來的 SO₄²⁻ 則再次與 FeOH 作用：



因而加速腐蝕反應。鐵與碳鋼在大氣中含有硫之腐蝕過程示意圖如圖 5.6 所示。圖中 "COS" 表示碳基的硫化物(carbonyl sulfide)。

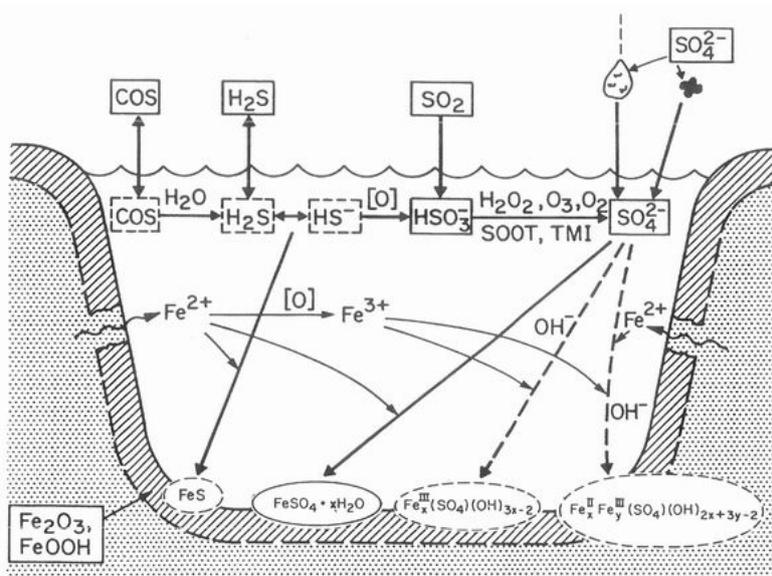


圖 5.6 鐵與碳鋼在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

5.3.5 鋅的大氣腐蝕

鋅由於良好的腐蝕性能與價格相對較低而被大量使用。初期暴露的鋅表面會迅速形成氫氧化鋅薄膜，但在連續暴露的情況下氫氧化鋅薄膜會轉變為其他各種大氣腐蝕產物。一般而言，鋅的腐蝕速度比銅快但比碳鋼慢，原始的鋅表面在數小時或幾天內就會被腐蝕產物所覆蓋；由於多數金屬暴露於大氣中可形成表面保護膜，但是鋅的腐蝕產物僅能提供有限程度的保護。鋅的腐蝕速率不會隨時間降低，而是明顯的與腐蝕產物的濃度變化相關。鋅在室內的腐蝕速率比室外慢，腐蝕開始的位置通常是塵粒沉積的金屬表面，尤其是吸附了含有大量氯和硫酸根離子的粒子；室內鋅的腐蝕速率也會受相對濕度的影響，腐蝕開始於相對濕度大於 70% 左右。

鋅大氣腐蝕的產物隨暴露的環境和時間而不同而有所不同，組成也隨著腐蝕產物的深度而有所變化，外層通常是含硫(特別是在鄉村、城市和某些工業環境)或含氯(在海祥環境)或者兩者都有的腐蝕產物，內層則為含碳之碳酸鋅化合物。即鋅的表面在暴露初期不足一秒鐘之

內就會被氧化鋅(ZnO)所覆蓋，這是一層具有幾個奈米厚度的保護性腐蝕產物，但在潮濕的大氣中，奈米級厚度的氫氧化鋅(Zn(OH)₂)隨後也會快速形成。由於試片準備後的幾個小時內氫氧化鋅通常會被轉變成Zn₅(CO₃)₂(OH)₆，所以在進行大氣暴露試驗時，鋅的表面通常已被Zn₅(CO₃)₂(OH)₆所覆蓋。鋅的腐蝕行為受硫酸鹽和氯鹽的影響很大，圖5.7為大氣暴露情況下鋅腐蝕產物的組成成分^[50]，上方為以硫污染為主要影響的大氣環境，而下方則是以氯鹽污染為主的大氣環境；虛線箭頭表示推測之反應，時間跨度表示觀察到一定組成的最短暴露時間。

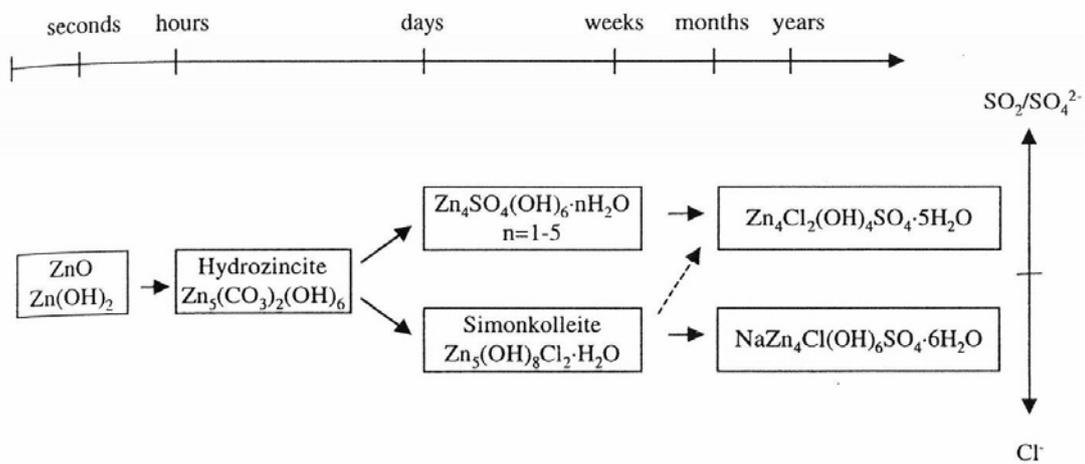


圖 5.7 鋅大氣腐蝕產物之組成

資料來源：I. Odnevall and C. Laygraf, "Reaction sequences of atmospheric corrosion of Zinc", ASTM STP 1239, 1995^[50]

在海洋和氯鹽為主的大氣環境裏，氯離子可以通過NaCl、MgCl₂和CaCl₂的空氣粒子沉積到鋅的表面，由於氯離子的沉積不是均勻的，所以在鋅的表面形成非均勻腐蝕。圖5.8為鋅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖，圖中實線矩形框內示意的物質為證實存在，沒有矩形框的物質是可能存在的，但沒有證實。經過氣態HCl或是海鹽粒子的沉降，氯化物可進入鋅表面的水層，一旦水層中有氯離子存在，一系列的反應最後會導致Zn₅Cl₂(OH)₈·H₂O的腐蝕產物形成；若同時有SO₂氣體或含有Na₂SO₄的氣溶粒子存在，Zn₅Cl₂(OH)₈·H₂O會被逐步轉換成最終的腐蝕產物NaZn₄Cl(OH)₆SO₄·6H₂O。

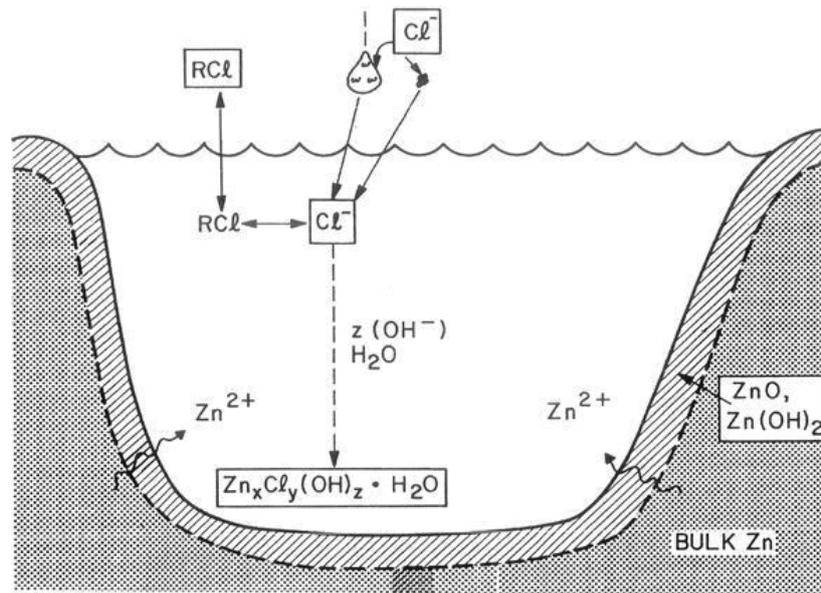


圖5.8 鋅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

SO₂可強烈的加速鋅的腐蝕，圖5.9為鋅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖。當有含硫的氣體溶解於鋅的表面水層，硫會被氧化成為HSO₃⁻，進而被O₃、H₂O₂或過渡金屬離子(多數是鐵和錳)轉換成SO₄²⁻，通過化學反應，最後可能產生Zn₄SO₄(OH)₆·4H₂O的腐蝕生成物。

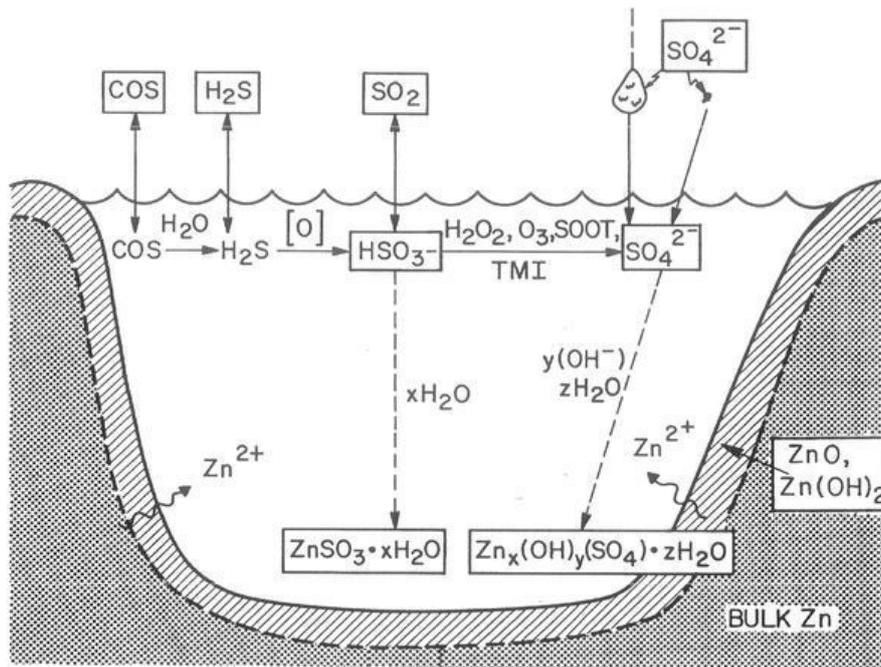


圖 5.9 鋅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

5.3.6 銅的大氣腐蝕

銅的腐蝕速率低於碳鋼與鋅，但比鋁略大一些。清潔乾淨的銅暴露於大氣時，最初階段表面為粉紅色，幾星期後表面變為暗棕色，隨後逐步加深變成黑色或接近黑色，最終形成綠棕色或藍綠色的銅綠層。銅綠一旦形成後就趨於穩定且對下層的銅基材附著性高，形成基材的保護層，易吸水且為多孔性結構。

圖5.10為大氣暴露情況下銅腐蝕產物的組成成分^[51]，上方為以硫污染為主要影響的大氣環境，而下方則是以氯鹽污染為主的大氣環境；實線箭頭表示實際之反應，虛線箭頭表示推測之反應，時間跨度表示觀察到一定組成的最短暴露時間。

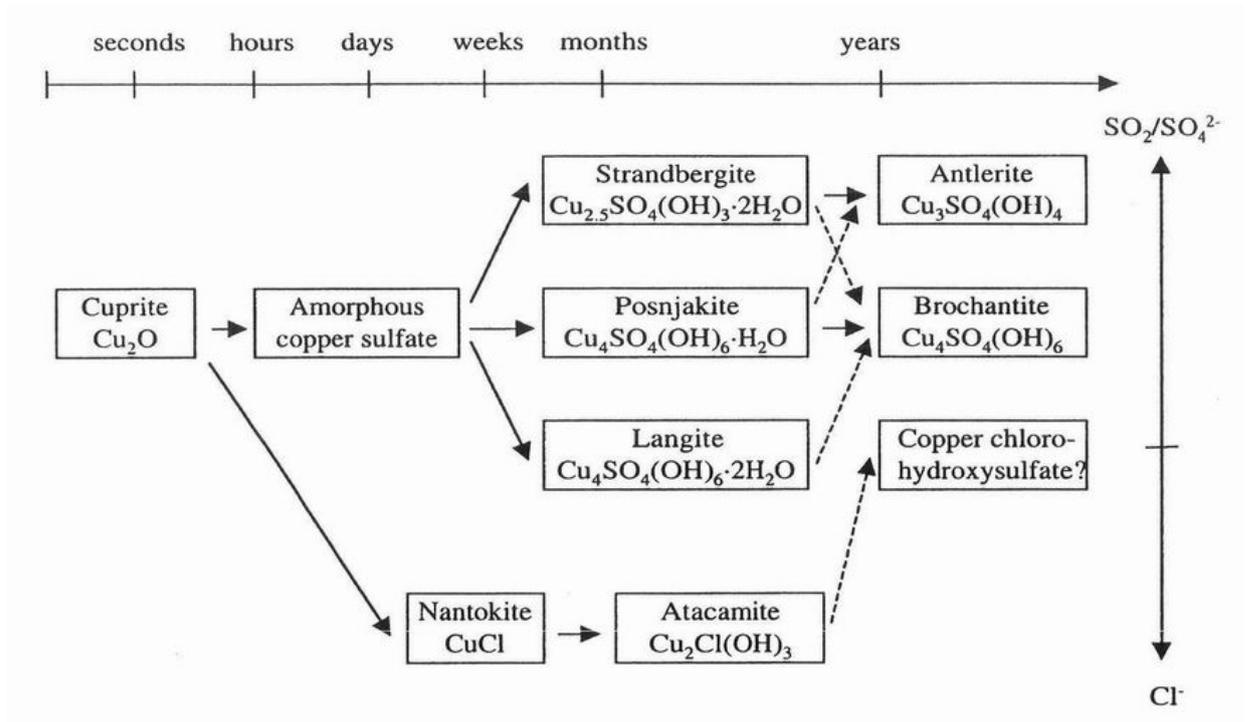


圖 5.10 銅大氣腐蝕產物之組成

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

圖5.11為銅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖，圖中實線矩形框內示意的物質為證實存在，沒有矩形框的物質是可能存在的，但沒有證實。通過氣態HCl或是海鹽粒子的沉降，氯化物可進入銅表面的水層，通過Cu₂O的溶解產生銅離子，與氯離子反應形成CuCl，CuCl形成後就能作為種子晶體與後續之溶解、離子配對和再沉積步驟形成Cu₂Cl(OH)₃ (atacamite)的沉積析出。

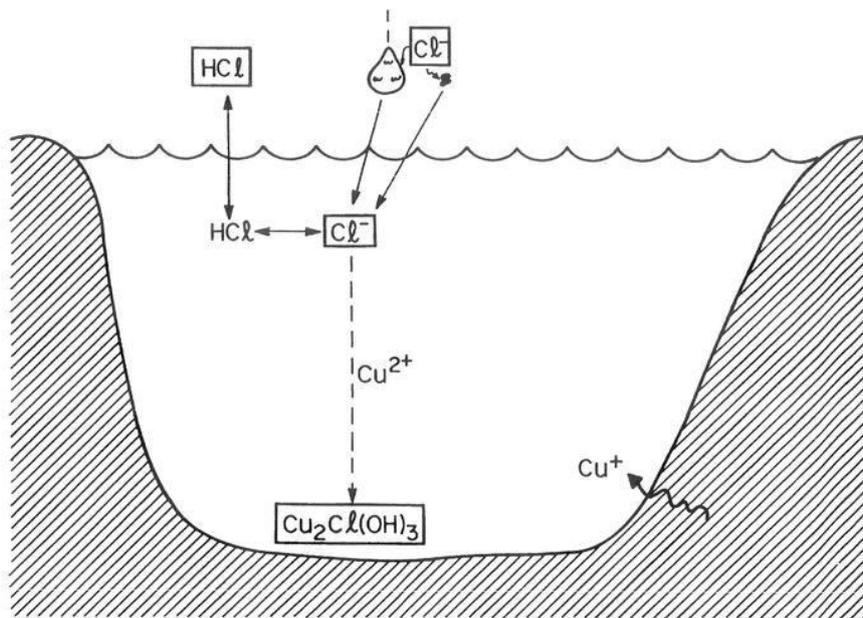


圖 5.11 銅在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

當銅暴露於潮濕的硫氮環境中， Cu_2S 是銅表面的主要成分，當然 Cu_2S 的形成要有 Cu^+ 的存在，但因大氣環境中的 Cu^+ 能迅速被氧化為 Cu^{2+} ，所以除非在特別的條件下，一價銅化合物的存在是較不可能的。暴露初期， Cu_2O (cuprite)薄層可在幾小時內迅速形成且在兩年內會持續成長，硫酸銅(CuSO_4)腐蝕產物則在數天或數個星期的暴露後產生，幾個月的暴露試驗可檢測到 $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (posnjakite)層，一年後最終的腐蝕產物為 $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ (brochantite)層。圖5.12為銅在含有硫之大氣(SO_2 , H_2S , COS)腐蝕過程示意圖。圖中實線矩形框內示意的物質為證實存在，沒有矩形框的物質是可能存在的，但沒有證實，虛線箭頭表示目前未確定但可能的反應機理。

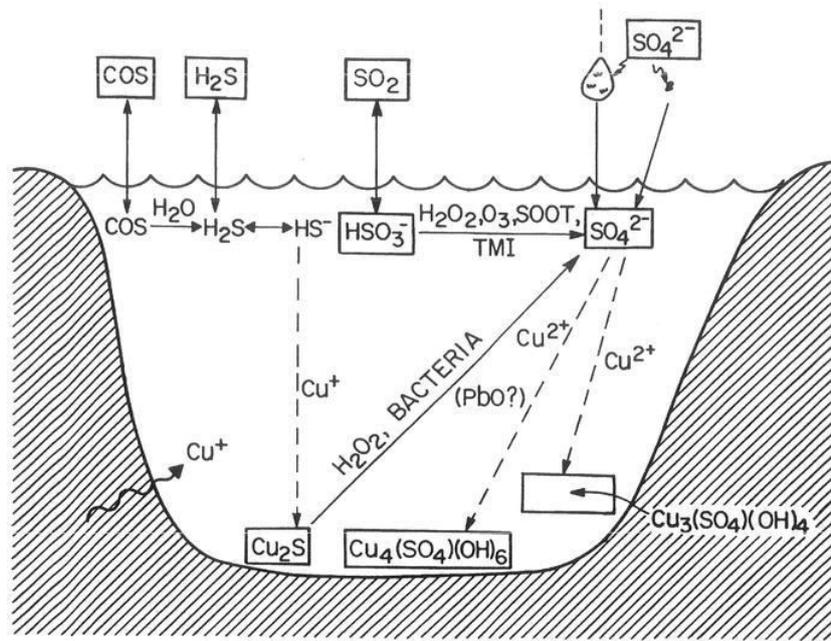


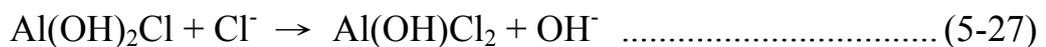
圖 5.12 銅在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

5.3.7 鋁的大氣腐蝕

鋁的腐蝕通常比較和緩，在室內只有相對濕度達到 70%時腐蝕才會發生。氧化鋁($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$)是鋁暴露於大氣中首先形成的物質，它的厚度約為 2~3nm，當在水中或在大氣中置放幾個月後，氧化層會被 $\gamma\text{-AlOOH}$ (boehmite)所覆蓋，隨後再被 $\text{Al}(\text{OH})_3$ (bayerite)所覆蓋，有時也會出現水合的氧化物或氫氧化物，如 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \frac{1}{4}\text{H}_2\text{O}$ (Akdalaite)或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (tucanite)。

鋁表面腐蝕的一個重要因素是 Cl^- 的存在，含有氯化物的腐蝕產物是可溶的，因而不易形成厚的氯化物腐蝕層。鋁的氫氧基氯化物在有或沒有 SO_4^- 和 Cl^- 存在時都能形成，其反應為：



這些反應被認為是 OH^- 和 Cl^- 在水合氧化鋁的表面競爭而產生的腐蝕層。圖 5.13 為鋁在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖，只要有 Cl^- 存在，鋁表面水層中就會發生連續的結合反應而形成 AlCl_3 或是氫氧基氯化鋁。由於 AlCl_3 或氫氧基氯化鋁在弱酸性的溶液中是可溶的，因此須使之與酸性水溶液層隔離方能長久積留。

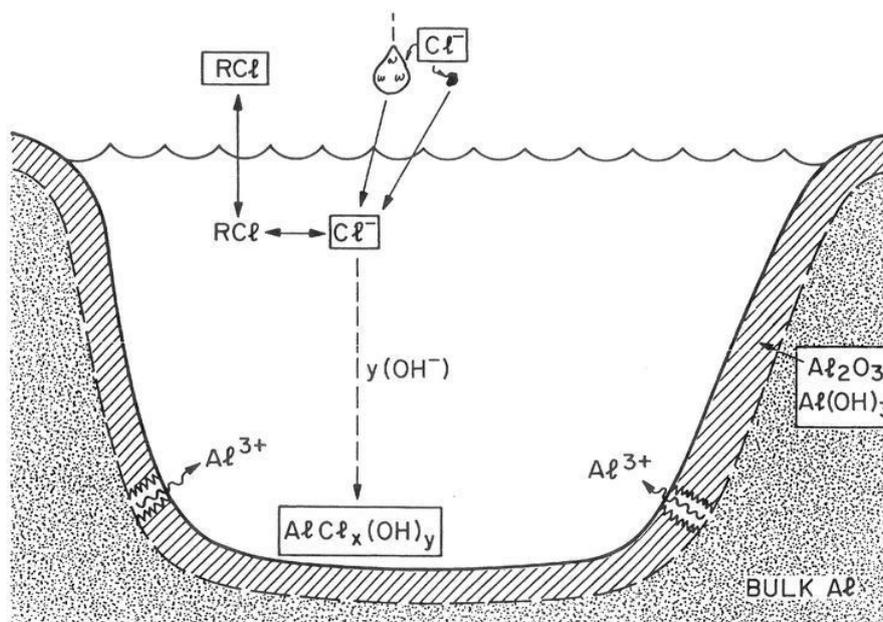


圖 5.13 鋁在含有氯之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

含硫化合物對鋁的大氣腐蝕非常重要， SO_4^{2-} 已被證明和鋁的表面腐蝕層結合在一起，而非晶態的水合硫酸鋁通常是鋁暴露於海水或工業環境中時的主要腐蝕產物。圖 5.14 為鋁的大氣腐蝕中含硫化合物的化學形成過程示意圖。任何一種氣態硫化物 (COS , H_2S , SO_2) 溶於水中都會被氧化或離子化而形成亞硫酸氫根離子 (HSO_3^-)，此離子在 O_3 、 H_2O_2 或是過渡族金屬 (通常是 Fe 或 Mn) 離子雜質的作用下極易轉變成 SO_4^{2-} ，一旦 SO_4^{2-} 在水膜中形成或在顆粒物質或沉降水中出現，就可能與鋁反應產生水合硫酸鋁。此處鋁離子的獲得僅能由惰性的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 腐蝕層分解，所以在水量適合或酸性足夠的情況下，這種分解可在室外自然條件下發生。

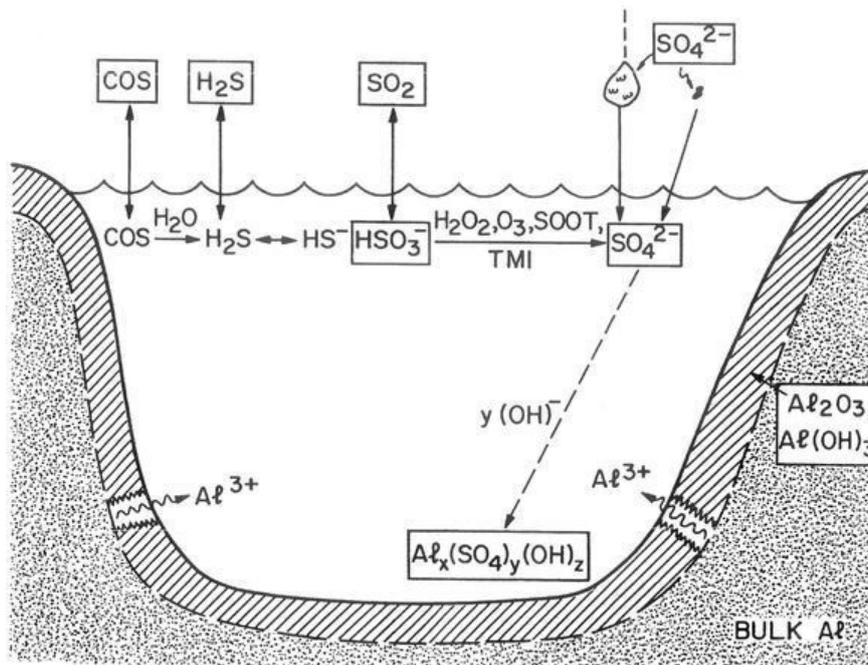


圖 5.14 鋁在含有硫之大氣腐蝕過程示意圖

資料來源：C. Laygraf and T. Graedel, "Atmospheric corrosion", 2000^[48]

5.3.8 ISO 9224 規範介紹

ISO 9224 Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Guiding values for the corrosivity categories 為針對各金屬在 ISO 9223 之腐蝕環境分類等級中，給予長期的腐蝕速率參考數據，藉以推估各金屬在不同腐蝕環境下的服務壽命。規範中長期腐蝕速率的定義有二，一為平均腐蝕速率(average corrosion rate)，另一為穩定腐蝕速率(steady corrosion rate)。

1. 平均腐蝕速率(average corrosion rate)

平均腐蝕速率 r_{av} 之定義為：金屬在最初 10 年暴露後的腐蝕速率，可由下列公式計算

$$r_{av} = \frac{\Delta h_1}{t_1 - t_0} \dots\dots\dots (5-29)$$

式中，

r_{av} =平均腐蝕速率

Δh_1 =金屬在最初 10 年的腐蝕深度，單位： μm

t_0 =大氣暴露啟始時間

t_1 =大氣暴露結束時間

2. 穩定腐蝕速率(steady corrosion rate)

穩定腐蝕速率 r_{lin} 之定義為：金屬長期暴露的腐蝕速率，但不包括初始暴露期間。本規範定義金屬在 10 年暴露後的腐蝕速率為一定值，可由下列公式計算

$$r_{lin} = \frac{\Delta h_2}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (5-30)$$

式中，

R_{lin} =穩定腐蝕速率

Δh_2 =金屬在暴露期間內的腐蝕深度，單位： μm

t_1 與 t_2 =大氣暴露的時間，兩者均大於 10 年

針對碳鋼、耐候鋼、鋅、銅、鋁金屬在不同腐蝕環境之平均腐蝕速率與穩定腐蝕速率數據如下表 3-2 所示：

表 3-2 碳鋼、耐候鋼、鋅、銅、鋁金屬在不同腐蝕環境之平均腐蝕速率與穩定腐蝕速率

Values in $\mu\text{m}/\text{year}$

Metal	Average corrosion rate(r_{av})during the first 10 years for the following corrosivity categories				
	C1	C2	C3	C4	C5
Carbon steel	$r_{av} \leq 0.5$	$0.5 < r_{av} \leq 5$	$5 < r_{av} \leq 12$	$12 < r_{av} \leq 30$	$30 < r_{av} \leq 100$
Weathering steel	$r_{av} \leq 0.1$	$0.1 < r_{av} \leq 2$	$2 < r_{av} \leq 8$	$8 < r_{av} \leq 15$	$15 < r_{av} \leq 80$
Zinc	$r_{av} \leq 0.1$	$0.1 < r_{av} \leq 0.5$	$0.5 < r_{av} \leq 2$	$2 < r_{av} \leq 4$	$4 < r_{av} \leq 10$
Copper	$r_{av} \leq 0.01$	$0.01 < r_{av} \leq 0.1$	$0.1 < r_{av} \leq 1.5$	$1.5 < r_{av} \leq 3$	$3 < r_{av} \leq 5$
Aluminum	$r_{av} \approx 0.01$	$r_{av} \leq 0.025$	$0.025 < r_{av} \leq 0.2$	See note 5	See note 5
Metal	Steady state corrosion rate(r_{lin}) for the following corrosivity categories				
	C1	C2	C3	C4	C5
Carbon steel	$r_{lin} \leq 0.1$	$0.1 < r_{lin} \leq 1.5$	$1.5 < r_{lin} \leq 6$	$6 < r_{lin} \leq 20$	$20 < r_{lin} \leq 90$
Weathering steel	$r_{lin} \leq 0.1$	$0.1 < r_{lin} \leq 1$	$1 < r_{lin} \leq 5$	$5 < r_{lin} \leq 10$	$10 < r_{lin} \leq 80$
Zinc	$r_{lin} \leq 0.05$	$0.05 < r_{lin} \leq 0.5$	$0.5 < r_{lin} \leq 2$	$2 < r_{lin} \leq 4$	$4 < r_{lin} \leq 10$
Copper	$r_{lin} \leq 0.01$	$0.01 < r_{lin} \leq 0.1$	$0.1 < r_{lin} \leq 1$	$1 < r_{lin} \leq 3$	$3 < r_{lin} \leq 5$
Aluminum	Negligible	$0.01 < r_{lin} \leq 0.02$	$0.02 < r_{lin} \leq 0.2$	See note 5	See note 5

NOTES

1. The corrosion rate of carbon steel is not constant during the first 10 years .
2. The corrosion rate of weathering steel is strongly dependent on the combination of various influencing factors (alternation between wet and dry periods). In atmospheres with sulfur dioxide (SO_2) pollution, a more protective rust layer is formed .Rain protected surfaces in marine atmospheres heavily polluted with chlorides may have much higher corrosion rates than freely exposed surfaces.
3. Applies also to the copper-zinc, copper-tin and similar alloys with a copper content of at least 60%.
4. The rates shown are based on commercially pure aluminum (purity > 99.5 %) which, like most aluminum alloys, corrodes in the atmosphere at a rate that decreases with time. However, these rate are based on average mass loss results while the corrosion attack is usually manifested as pitting. Consequently, the rates shown do not represent rates of penetration. Penetration rates for pitting also decrease with exposure time. Commercially pure aluminum, aluminum alloys containing magnesium, manganese and/or silicon as the major alloying elements, and Alclad products generally have better corrosion resistance than aluminum alloys containing significant quantities of copper. Zinc and/or iron, Alloys with significant quantities of magnesium, Zinc, copper and /or iron may also be subject to other forms of localized corrosion such as stress corrosion cracking, exfoliation and intergranular attack.
5. In atmospheres defined by corrosivity categories C4 and C5. a marked increase in corrosion rate may be expected and local corrosion effects become important. For these two corrosivity categories, the data concerning general corrosion may be misleading.

資料來源：ISO 9224, 1992^[48]

Note: Zn density= 7.14 g/cm³, to convert corrosion rate from $\mu\text{m}/\text{yr}$ to g/m²/yr,

g/m²/yr = $\mu\text{m}/\text{yr} \times 7.14 \text{ g/cm}^3$

5.3.9 ISO 12944 規範介紹

1998年，國際標準化組織ISO制定ISO 12944^[52]規範-鋼結構腐蝕保護塗料系統(Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems)，近年來已取代英國的BS 5493規範以及德國的DIN 55928規範，逐漸成為世界各國鋼構塗裝保護系統共同參考的標準。此規範共分為8個部分，如下：

Part 1: General introduction

Part 2: Classification of environments

Part 3: Design considerations

Part 4: Types of surface and surface preparation

Part 5: Protective paint systems

Part 6: Laboratory performance test methods

Part 7: Execution and supervision of paint work

Part 8: Development of specification for new work and maintenance

1. ISO 12944-1，總則

ISO 12944規範的第一部分為總則，介紹規範涵蓋的範圍、技術術語的定義、一般考慮與需求以及ISO 12944其他部份有關健康、安全與環境保護的資訊。塗裝系統適用於新建與既建鋼構造物，鋼構造物僅限於碳鋼或低合金鋼製造的構造物，功能僅針對腐蝕防治，不包含微生物、化學品、機械作用與火災影響的控制。一般而言，塗裝系統的種類為在環境溫度下乾燥和固化的塗料，但不包括粉末塗料，烘乾磁漆、熱固化塗料、乾膜厚度超過2 mm的塗層等、儲槽內襯以及表面化學處理的產品。值得注意的是，塗料系統的耐久性在ISO 12944規範中的定義為完工後到第一次維護要求的時間，可分為短期：2~5年，中期：5~15年與長期：15年以上；而塗層的失效檢查與評估則是參考ISO 4628-1至ISO 4628-5來執行。

2. ISO 12944-2，環境分類

ISO 12944第2部分介紹腐蝕環境的分類，僅針對碳鋼與鋅金屬在大氣中以最初第一年之腐蝕率大小，區分為C1, C2, C3, C4, C5-I, C5-M六個等級，C1表示腐蝕性非常低(very low)，C2表示腐蝕性低(low)，C3表示腐蝕性中等(medium)，C4表示腐蝕性高(high)，C5-I表示工業環境腐蝕性非常高(very high)，C5-M表示海洋環境腐蝕性非常高(very high)。腐蝕環境分類於ISO 9223分為C1-C5五個等級，ISO 12944-2分為C1, C2, C3, C4, C5M與C5-I六個等級，兩個規範中針對碳鋼、鋅、銅、鋁金屬於各等級內(C1-C5)的腐蝕速率完全相同，只是在ISO 12944-2中又針對碳鋼與鋅兩種金屬在C5等級中分為海洋環境C5-M與工業環境C5-I，且C5-M與C5-I的腐蝕速率與ISO 9223中的C5完全相同。

此外，亦針對各腐蝕環境等級的區分介紹室內與室外環境，並給予定性的描述。而針對水與土壤環境的構造物，則以Im1表示淡水環境，Im2表示海水或河海交界環境，Im3表示土壤環境。

3. ISO 12944-3，設計考量

ISO 12944的第三部分為針對鋼結構構件的開口、間隙和裂縫、邊緣、焊縫等能夠達到理想的防蝕效果提出適當的設計考慮，並例舉適當與不適當的例子，利用圖例的方式說明結構元件和這些參數在塗料系統進行表面處理、塗漆、檢查和維修時容易產生的問題與保護方法；另外亦強調在設計階段時應考慮鋼結構在搬運、運輸與豎立的方式。

4. ISO 12944-4，表面類型及表面處理

ISO 12944的第四部分介紹被保護鋼結構物底材表面的類型與表面處理的方法(如機械、化學和熱處理)，包括表面處理級別、表面粗糙度、處理表面評定、鋼材的臨時保護、臨時或局部保護鋼材之表面處理、熱浸鍍鋅或電鍍鋅層的表面處理、金屬熔射層的表面處

理、其他塗層的表面處理以及影響環境因素等。此外，在噴砂、動力和手工工具處理等級方面，亦將ISO 8501-1與NACE/SSPC進行比較。

5. ISO 12944-5，保護塗料系統

進行塗料系統設計時，必須考量結構物所處的腐蝕環境(ISO 12944-2)，是屬於新建結構物還是既建結構物。ISO 12944-5中針對使用塗料的種類有詳細的定義，附錄A表格1-8詳述在不同腐蝕環境(C2, C3, C4, C5-I, C5-M)塗裝系統選擇的建議，即根據粘結劑、primer顏料、塗裝次數、乾膜厚度等參數，選擇配合使用的底漆、中間漆和面漆，進而構成所須的塗裝系統。2007年已有更新的修正版。

6. ISO 12944-6，實驗室性能測試方法

保護塗裝系統的性能需要在試驗室內進行測試評估後方能在鋼結構物上使用，尤其是鮮少使用經驗的塗裝系統。ISO 12944第六部分包括了裸鋼與鍍鋅鋼材的塗裝系統測試，即在不同的大氣腐蝕環境和浸水環境(淡水、鹽水和海水)中，以ISO 2812-1化學品測試，ISO 2812-2耐水浸泡試驗，ISO 6270耐冷凝試驗與ISO 7253中性鹽霧試驗等方法進行；但對於水性塗料的性能，因須要使用循環試驗，並不包括在ISO 12944-6中。

7. ISO 12944-7，塗裝工程的施作與管理

本部分描述塗裝工作是如何在工廠和現場進行，以及施工前塗料的搬運和貯存、塗料的施工方法、施工中的檢查與塗料系統的驗收等。

8. ISO 12944-8，新建與維護作業說明書之制定

ISO 12944-8介紹如何進行塗裝保護工作的規格書，討論鋼構防蝕在新建和維修時所須考慮的因素，有系統的介紹專案規格書、塗料系統規格書、塗裝規格書和檢查測試規格書，並在附錄中列舉參考、檢查以及有助於工作的表格樣式。

5.3.10 臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」研究成果

由於臺灣過去缺乏整體性的大氣腐蝕研究，自 2007 年 3 月起，交通部運研所港灣技術研究中心與工業技術研究院共同合作，執行「臺灣地區大氣腐蝕劣化因數調查研究」^[46, 47]計畫，針對臺灣全島地區進行大氣腐蝕因子調查，並根據調查結果建立電腦查詢資料庫，今將研究成果概述如後。

5.3.10.1 研究方法

針對大氣腐蝕劣化因子調查，因相對溼度屬於氣象數據，可由氣象局與相關研究單位之調查資料蒐集分析，但氯鹽(Cl)與二氧化硫(SO₂)的沉積速率屬於空氣污染物之調查，過去並無固定測站進行監測，故參考 CNS 13754 (ISO 9225)金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)規範，安裝氯鹽與二氧化硫沉積量採集裝置。氯鹽沉積量採集裝置是以濕燭法進行，其原理為使用一個濕纖維織物表面，在已知面積的條件下暴露一段時間，再以離子層析儀測定其氯鹽沉積量，並計算所得之氯鹽沉積率，以 mg/m²/day 表示。二氧化硫沉積量採集裝置是以二氧化硫在二氧化鉛硫酸化平板之沉積速率測定，其原理為大氣中二氧化硫與二氧化鉛會反應形成硫酸鉛，暴露一段時間後回收該平板，並針對平板上的附著物以離子層析儀進行硫酸鹽分析，測定二氧化硫含量，二氧化硫的沉積量以 mg/m²/day 表示。

此外，本研究亦針對碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗並以重量損失法計算其腐蝕速率，試片製作的方式參考 CNS 13753 (ISO 9226)大氣腐蝕性測定標準試片製作，採用螺旋狀標準試片，材料如下：1)碳鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%, P < 0.07%)，2)鋅：98.5%以上之純度，3)銅：99.5%以上之純度，4)鋁：99.5%以上之純度；將以上金屬之線材，線材直徑 2~3 mm，剪取約 1000 mm 長度，纏繞在直徑為 24 mm 的圓棒上，製成螺旋試片。金屬線材大氣腐蝕速率的量測依照 CNS 14122「金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法」，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測

其重量損失，並依金屬材料的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞金屬基材，清洗前先依照 CNS 14122 規範，使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量標準。

臺灣全島已建置氯鹽沉積量調查 77 個試驗點，二氧化硫沉積量調查 54 個試驗點，現地暴露試驗調查 88 個試驗點，取樣頻率約為每季一次，藉以探討季節、年期與區域性之大氣腐蝕因數與金屬腐蝕速率變化的關係，以完成臺灣地區大氣腐蝕環境分類。本研究四次採樣調查的期間分別為 2007.05- 2007.09，2007.09- 2008.01，2008.01- 2008.05，2008.05- 2008.08，相當於臺灣氣候之夏季至初秋、初秋到冬季、冬季至春末與春末至夏季期間。

5.3.10.2 濕潤時間調查

各測點四次調查期間之濕潤時間百分比其計算方法為利用中央氣象局氣象站逐時記錄之相對濕度資料，統計試體暴露期間內相對濕度大於 80% 的小時數，再除以總暴露時間(小時數)。若測點所在位置無氣象站，則以鄰近的氣象站資料推估。因第一次與第四次調查期間為夏季，所以全台相對濕度均較高，但第二次與第三次調查期間為秋、冬轉春之季，臺灣受東北季風的影響呈現北濕南乾的現象。綜合言之，臺灣各地於 2007.05 至 2008.08 約一年期間內，相對濕度大於 80% 的小時數至少佔全年時數之 30% 以上，且雲林麥寮地區更可高達 62.6%，僅次於山區如阿里山 86%、南橫天池 85.3%、北橫巴陵 84.8%、陽明山 78.1%。

5.3.10.3 氯鹽沉積速率調查

比較四次調查期間內的氯鹽沉積速率，夏季至初秋(2007.05-2007.9)調查期間東海岸中部至南部沿海區域氯鹽沉積速率較高；但在初秋到冬季(2007.09-2008.01)調查期間，氯鹽沉積速率較高的位置則發生在西海岸北部至中南部的沿海區域，且有往內陸延伸的趨勢。由於臺灣位於亞洲東南近海的季風區內，季風現象明顯，尤其以冬季的東北季風

最為強烈。每年的 4 月間，夏季風已徐徐吹入，但是由於大陸上的冷氣團依然間歇地抵達，使得風向變化頻仍，因此 4、5 月間是轉換期。6 月以後，大陸上低氣壓已有相當發展的程度，促使空氣向北消退，夏季季風也跟隨而上，一直到 8 月才是最盛期，盛行吹西南風和東南風，即中央山脈以東吹東南風，以西則吹西南風，但當颱風或熱帶性低氣在臺灣附近時，亦會有短時期的東北風。9 月以後，大陸上高氣壓勢力增強，迫使夏季季風南退，開始吹東北風，但有時夏季季風依然北上，這時期也是轉換期。10 月以後風向逐漸穩定，12 月到 2 月為最盛期，3 月以後，逐漸衰減。因此推論兩次氣鹽沉積速率調查的差異應是 2007.05-2007.09 期間，東部海岸受夏季季風以及颱風的吹襲，海風挾帶大量的氣鹽，造成該區域空氣中氣鹽含量增加所致；而 2007.09-2008.01 期間，西海岸北部至中南部的沿海區域受強烈東北季風的影響，空氣中的氣鹽有顯著增加的趨勢。至於冬季至春末(2008.01-2008.05)的調查期間，東北季風由盛轉弱並進入夏季季風的轉換期，所以在此期間臺灣北部海岸自臺北縣石門鄉核能一廠至桃園大潭附近以及彰濱工業區與麥寮工業區附近，氣鹽沉積速率仍因東北季風的影響而維持偏高的趨勢。換句話說，臺灣氣鹽沉積速率的分佈受東北季風的影響甚巨，西海岸北部至中部、南部的沿海區域受強烈東北季風的影響，空氣中的氣鹽會有顯著增加的趨勢；而夏季季風對臺灣南部海岸空氣中的氣鹽量並無顯著的影響；至於東部海岸因受夏季季風以及颱風的吹襲，海風挾帶大量的氣鹽，會造成該區域空氣中氣鹽含量增加。

空氣中氣鹽含量輸送到內陸的分佈受到風速、風向、局部地形的影響，距海岸線愈遠，氣鹽沉積速率愈小。以第二次調查(2007.09-2008.01)為例，沿海地區如桃園大潭 0m 為 112.51 mg/m²/day，外湖安檢所為 13.38 mg/m²/day，外埔安檢所為 79.56 mg/m²/day，五甲安檢所為 33.12 mg/m²/day，臺中港試驗線 100m 為 14.06 mg/m²/day，彰濱工業區為 18.22 mg/m²/day，六輕試驗線 0m 為 80.2 mg/m²/day，高雄港試驗線 0m 為 10.96 mg/m²/day；但在內陸山區，陽明山國家公園之氣鹽

沉積速率為 0.15 mg/m²/day，北橫巴陵為 0.28 mg/m²/day，阿里山為 0.25 mg/m²/day，南橫天池為 0.20 mg/m²/day。依據一年期氯鹽沉積速率與距海岸線距離的關係，顯示空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分佈，受到風速、風向、局部地形的影響，距海岸線愈遠，氯鹽沉積速率愈小，且距離海岸超過 3,000m 以上時，氯離子的沉積速率已明顯減少。

5.3.10.4 二氧化硫沉積速率調查

調查結果顯示，二氧化硫沉積量的分佈取決於工業區、石化廠與火力電廠所在的位置與其生產頻率有關，受季節變化影響的較少，所以四次調查的結果有相似的分佈情形。但在西海岸觀音工業區與彰濱、麥寮工業區附近，初秋至冬季(2007.09 -2008.01)與冬季至春末期間，二氧化硫沉積速率均有顯著增加的趨勢。參考中央氣象局在此調查期間內的酸雨資料，臺灣北部的基隆、臺北與新竹均有酸雨情況發生，且宜蘭、金門、馬祖亦都有顯著的酸雨情形。由於宜蘭、金門、馬祖這些區域內均無工業區、石化廠與火力電廠的設立，且屬於鄉村環境，因此可合理的推論，在秋季與冬季時大陸沿岸石化廠或火力電廠產生的二氧化硫可能藉由東北季風的挾帶而侵襲臺灣，以致造成臺灣北部與西部沿海的二氧化硫沉積速率增加。

5.3.10.5 金屬腐蝕速率調查

調查結果顯示，各金屬(碳鋼、鋅、銅、鋁)在東北季風期(即初秋到春末，2007.09 至 2008.05 兩次調查期間)的腐蝕速率較夏季季風期(2007.05-2007.09 與 2008.05-2008.08)為高，推論其原因應是試驗期間大氣腐蝕因子之差異所致。即在東北季風期期間，西海岸北部至中部、南部的沿海區域受強烈東北季風的影響，空氣中的氯鹽會有顯著增加的趨勢，此外，大陸沿岸石化廠或火力電廠產生的二氧化硫亦可能藉由東北季風的挾帶而侵襲臺灣，再加上此調查期間內之相對濕度為北濕南乾的現象，以致各金屬在東北季風期的腐蝕速率較高。換句話說，東北季風所帶來的潮濕與空氣中氯鹽與二氧化硫含量的增加，增加了

各金屬的腐蝕速率；且相對濕度的大小與空氣中氯鹽以及二氧化硫含量，是為金屬腐蝕速率決定的主要因素。

5.3.10.6 金屬大氣腐蝕環境分類

CNS 13401 (ISO 9223)大氣腐蝕性分類可根據標準金屬試片在某環境中進行自然暴露，並以最初第一年的腐蝕率大小來決定大氣腐蝕環境分類，可分為 C1, C2, C3, C4 與 C5 五個等級；C1 表示腐蝕性非常低(very low)，C2 表示腐蝕性低(low)，C3 表示腐蝕性中等(media)，C4 表示腐蝕性高(high)，C5 表示腐蝕性非常高(very high)。今彙整 2007.05-2008.08 (15 個月)試片之腐蝕速率進行各金屬的大氣腐蝕分類，若金屬的腐蝕速率已超過 CNS 13401 規範中所規定之 C5 的腐蝕速率，則以 C5+等級表示。

調查結果顯示，除了在山區的試驗位址外，碳鋼、鋅、銅、鋁金屬在臺灣的大氣腐蝕環境分類多為 C3 以上，沿海地區則為 C5 等級，甚至在西北部海岸，碳鋼、鋅、銅的腐蝕環境可達 C5+。在平行海岸線方面，以高鐵沿線為例，針對碳鋼與鋅金屬，臺灣西部之大氣腐蝕環境分類以大甲溪為界，大甲溪以北地區(如通霄以北之苗栗、新竹、桃園、臺北市)多為 C4 等級，大甲溪以南臺中市至臺南縣市之間多為 C3，但高雄縣市附近則為 C4。

至於銅金屬，其在臺灣全島地區的腐蝕狀況，除濱海地區之腐蝕環境為 C5 至 C5+等級，山區腐蝕環境為 C3 等級外，臺灣各試驗位址的腐蝕環境均為 C4 等級。而針對鋁金屬，除濱海地區之腐蝕環境為 C5 等級，山區腐蝕環境為 C2 等級外，臺灣各試驗位址的腐蝕環境多為 C3~C4 等級。

5.4 現地金屬試片暴露試驗

5.4.1 金屬試片

依據 CNS 13753，量測大氣腐蝕速率的試片有兩種，一種為螺旋狀試片而另一種為板狀試片；為避免螺旋狀試片在長期(一年期以上)暴露後因腐蝕而消耗殆盡，今參考 ASTM G 50-76 “Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals” 規範製作板狀試片，藉以瞭解金屬長期(一年期以上)的腐蝕速率。試片準備如下：

1. 試片種類：碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，各金屬成份依據 CNS 13753 (ISO 9226) 規範準備，即 1) 碳鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%, P < 0.07%)，2) 鋅：98.5%以上之純度，3) 銅：99.5%以上之純度，4) 鋁：99.5%以上之純度。
2. 試片尺寸：依據 ASTM G 50-76，長度 150 mm、寬度 100 mm、厚度 5 mm 的試片。
3. 試驗期程：10 年。
4. 取樣頻率：6 次，即第 1、2、3、5、8、10 年每年一次。
5. 試片數量：以重量損失法進行腐蝕速率量測，每一試驗點各金屬各須 24 片試片(每次取樣 3 片，重複取樣 6 次，5 片備用，1 片為對照)，共 96 片試片。
6. 試驗地點：選擇足以代表本島不同腐蝕環境之區域，如腐蝕嚴重的鹽害區、工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區(對照組)等 3 處。鹽害區選定為臺中火力電廠，工業區選擇兼具鹽害影響的麥寮工業區，而鄉村區則為溪頭森林區。
7. 大氣暴露試驗架設置：大氣暴露試驗架依據 ASTM G50-76 標規範設置；試驗架離地距離大於 760 mm，試片設置角度與垂直面成 30° 角且面向南方，試片固定座採用絕緣材料。

5.4.2 試片現場安裝

板狀試片現地暴露試驗於 2008 年 10 月中旬設置完成，如圖 5.15 所示。



臺中火力電廠



臺中火力電廠



麥寮工業區



麥寮工業區



溪頭森林區



溪頭森林區

圖 5.15 2008 年 10 月中旬設置完成之板狀試片暴露試驗現況

然而在 2009 年 6 月 10 日赴現場檢視試驗時發現臺中火力電廠與麥寮工業區位址的試片有遺失的情況，即臺中火力電廠的銅片(24 片)全部遺失，鋁片遺失 1 片(編號#68)；麥寮工業區的銅片遺失 4 片(編號 #01, #11, #12, #21)，鋁片遺失 2 片(編號#10, #21)，鋅片遺失 7 片(編號 #11, #12, #13, #21, #22, #23, #24)；共計 38 片，遺失明細如表 5-3 所示。

表 5-3 現地暴露試驗 2009.06.10 試片遺失明細表

	碳鋼	鋅	銅	鋁
臺中火力電廠	0	0	24	1
麥寮工業區	0	7	4	2
溪頭森林區	0	0	0	0

2009 年 6 月 10 日現場試片暴露約 8 個月後之外觀如圖 5.16 至圖 5.18 所示。



臺中火力電廠鋁材試片(銅試片全數遺失)



臺中火力電廠鋅材、碳鋼試片



臺中火力電廠試驗場全貌



鋁片-表面為灰白與黑色點狀粉末之腐蝕生成物



碳鋼-表面為暗紅色顆粒狀鬆散的腐蝕生成物，並有分層剝離的現象



鋅片-表面為白色粉末狀之腐蝕生成物

圖 5.16 2009 年 6 月 10 日臺中火力電廠現場試片外觀



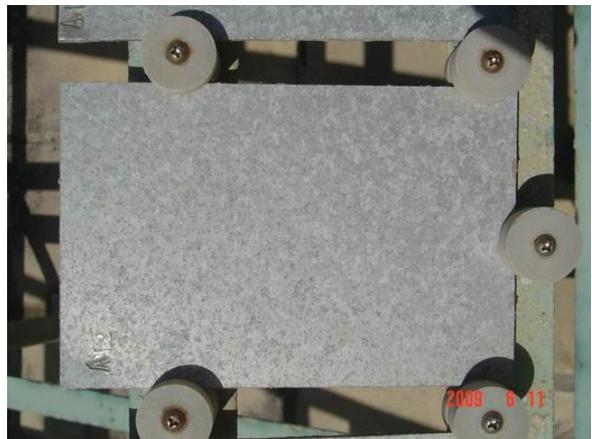
麥寮工業區銅、鋁材試片



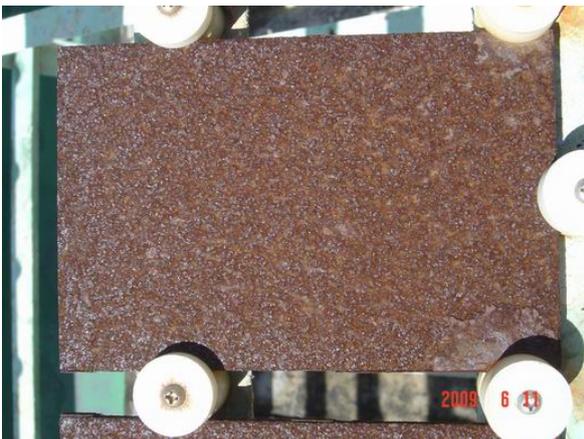
麥寮工業區鋅材、碳鋼試片



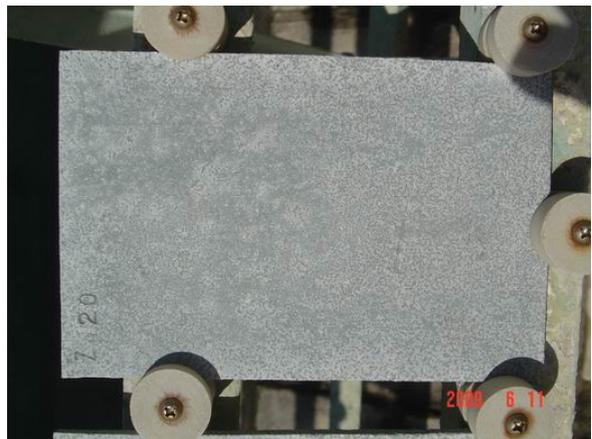
銅片-表面為綠色粉狀之腐蝕生成物



鋁片-表面為灰白色點狀粉末之腐蝕生成物



碳鋼-表面為暗紅色顆粒狀鬆散的腐蝕生成物，並有分層剝離的現象



鋅片-表面為白色粉末狀之腐蝕生成物

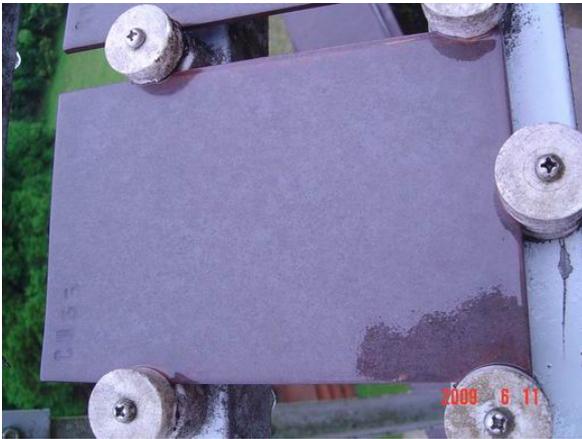
圖 5.17 2009 年 6 月 10 日麥寮工業區現場試片外觀



溪頭森林區銅、鋁材試片



溪頭森林區鋅材、碳鋼試片



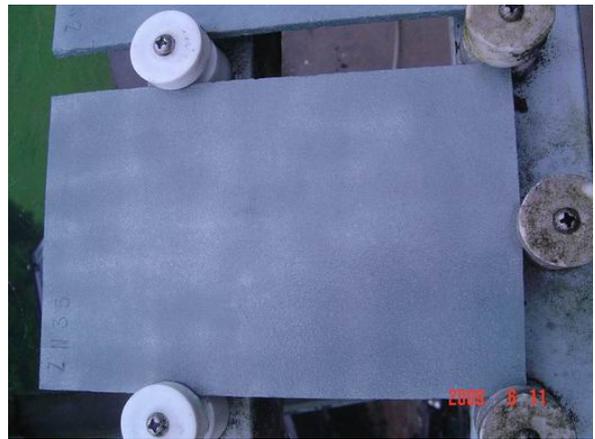
銅片-表面為灰黑色表面



鋁片-表面為金屬色，幾乎無腐蝕現象



碳鋼-表面呈暗紅色顆粒狀密實的腐蝕生成物



鋅片-表面為密實粗糙的表面

圖 5.18 2009 年 6 月 10 日溪頭森林區現場試片外觀

有鑑於臺中火力電廠的試片遺失情況嚴重，因此決定將試驗場址由臺中火力電廠遷移至交通部運研所港灣技術研究中心(梧棲)設置，並將遺失的試片重新佈放，於2009年6月24日安裝完畢。

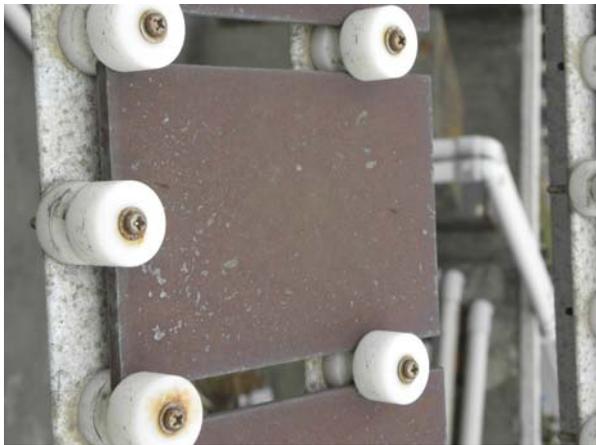
至於第一年暴露試片之取樣，2009年9月28日已將各試驗點暴露一年的試片收回，並進行重量損失量測與腐蝕速率計算；取樣時各試驗點之現場試片外觀如圖 5.19 至圖 5.21 所示。



港灣技術研究中心銅、鋁材試片



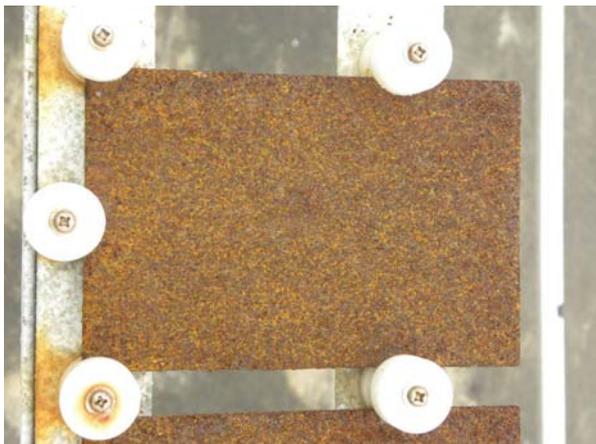
港灣技術研究中心鋅材、碳鋼試片



銅片-表面為棕色表面



鋁片-表面為灰白與黑色點狀粉末之腐蝕生成物



碳鋼-呈暗紅色顆粒狀鬆散之腐蝕產物



鋅片-表面為白色粉末狀鬆散之腐蝕生成物

圖 5.19 2009 年 9 月 28 日港研究中心現場試片外觀，銅暴露 3 個月，
碳鋼、鋅、鋁暴露約一年



麥寮工業區銅、鋁材試片



麥寮工業區鋅材、碳鋼試片



銅片-表面佈滿綠色粉末狀之腐蝕生成物



鋁片-表面為灰白色點狀粉末之腐蝕生成物



碳鋼-表面為暗紅色顆粒狀鬆散的腐蝕生成物，並有分層剝離的現象



鋅片-表面為白色粉末狀鬆散的腐蝕生成物

圖 5.20 2009 年 9 月 28 日麥寮工業區現場試片(暴露約 1 年)之外觀



溪頭森林區銅、鋁材試片



溪頭森林區鋅材、碳鋼試片



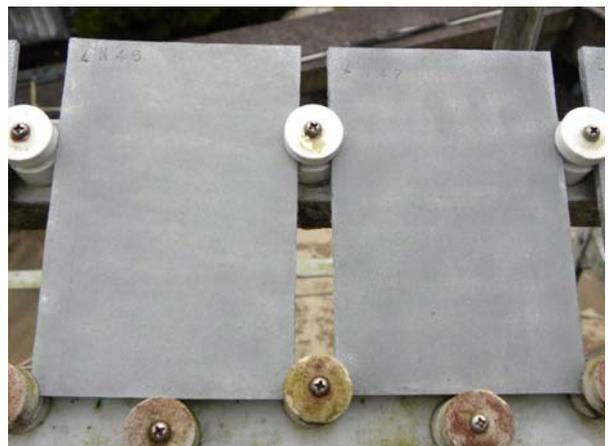
銅片-表面為黑灰色之粗糙表面



鋁片-表面接近金屬色，少部分有白色點狀的腐蝕現象



碳鋼-表面呈暗紅色顆粒狀密實的腐蝕產物



鋅片-表面為密實粗糙的表面

圖 5.21 2009 年 9 月 28 日溪頭森林區現場試片(暴露約 1 年)之外觀

5.4.3 試片腐蝕生成物清除與測試

現地取樣與試驗調查，將各試驗點測試後第一年回收的試片進行腐蝕速率量測。碳鋼、鋅、鋁、銅四種板狀金屬試片之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS 14122 (ISO 8407) 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞底材金屬，先依照 CNS 14122 規範，使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量標準，作業流程如圖 5.22 所示。針對不同金屬，化學清洗法使用的化學藥品及各項條件如下：

材料	化學藥品	時間 (min)	溫度 (°C)	備註
碳鋼	以 500mL HCl ($\rho=1.19\text{g/mL}$) 與 3.5g 六甲基四胺 (Hexamethylene tetramine)，加入蒸餾水配成 1000mL	10	室溫 (23.5)	—
鋅	100g 氯化銨 (NH_4Cl)，加入蒸餾水配成 1000mL	2~5	70	—
銅	以 100mL 硫酸 (H_2SO_4 , $\rho=1.84\text{g/mL}$)，加蒸餾水至 1000mL	1~3	室溫 (23.5)	在處理之前，先移除表面的塊狀腐蝕生成物，可使銅的二次沉積產物量減到最少
鋁	硝酸 (HNO_3 , $\rho=1.42\text{g/mL}$)	1~5	室溫 (23.5)	去除額外之沉積物及塊狀之腐蝕生成物，以免造成基底金屬過度流失

各個試片浸泡之時間，碳鋼試片為 10 分鐘，鋅試片為 4 分鐘，銅試片為 2 分鐘，鋁試片為 6 分鐘。

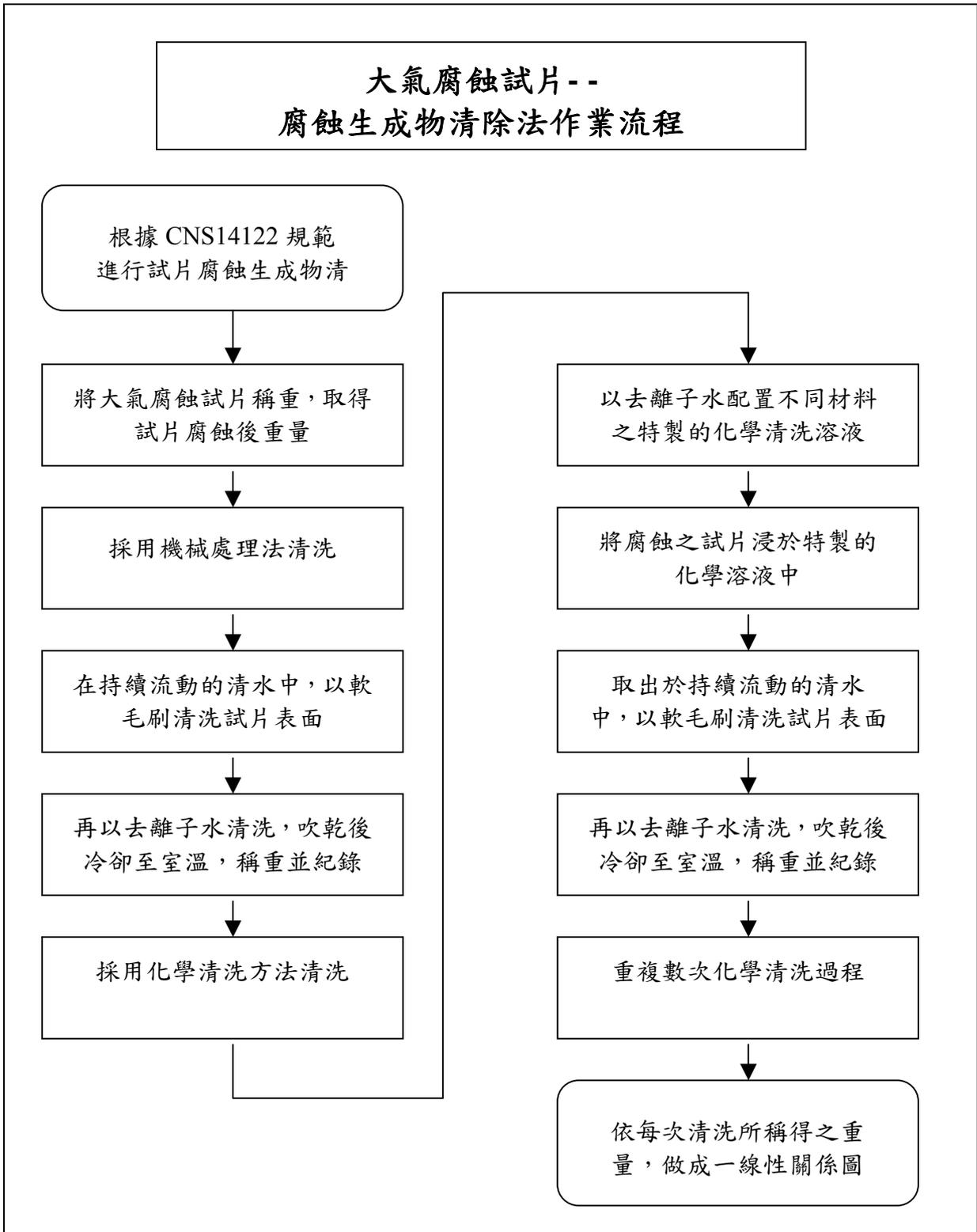


圖 5.22 腐蝕生成物清除法作業流程圖

5.4.4 腐蝕速率計算與調查結果

板狀試片的腐蝕速率(R_{corr})單位以 $\mu\text{m}/\text{y}$ 表示，計算公式如下：

$$R_{corr} = (\Delta m / A \cdot \rho \cdot t) \dots\dots\dots (5-31)$$

式中， Δm =質量損失(g)

A =試片暴露面積(m^2)

t =暴露時間，年(year)

ρ =金屬材料之密度 (g/cm^3)

板狀試片的腐蝕速率單位以 $\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$ 表示，計算公式如下：

$$R_{corr} = \Delta m / (A \cdot t) \dots\dots\dots (5-32)$$

式中， Δm =質量損失(g)

A =試片表面積(m^2)

t =暴露時間，年(y)

金屬的腐蝕速率在初期暴露時最大，隨後會逐漸下降而最終到達一穩定值；表 5-4 即為 CNS 13401 規範中以各金屬最初第一年之腐蝕速率來區分腐蝕環境，表中除鋁金屬外，碳鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率單位均可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示；主要原因是因碳鋼、鋅、銅金屬在大氣環境中的腐蝕現象為均勻腐蝕，但鋁金屬則為局部腐蝕，所以鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示，但鋁的腐蝕速率須以 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 表示。現地暴露一年期之各金屬試片的腐蝕速率計算結果如表 5-5 所示。

檢視表中的數據，碳鋼試片在麥寮工業區的腐蝕速率有一片為 $115.58 \mu\text{m}/\text{yr}$ ，與同一位址其他試片的腐蝕速率($78.9\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $79.26 \mu\text{m}/\text{yr}$)相較有異常的現象，因此 2009.11.19 於現場再收取另一片試片進行腐蝕速率量測，其值為 $87.14 \mu\text{m}/\text{yr}$ ，與兩片試片量測所得之 $78.9\mu\text{m}/\text{yr}$

與 79.26 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 相近。檢視先前腐蝕速率量測為 115.58 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的試片，發現該試片邊緣局部有被敲擊的現象，推論應是在試片收取時，為鬆脫試片而以鐵鎚敲打，以致試片有所損傷而造成腐蝕速率計算異常。日後收取試片時，應避免類似情形發生。若剔除異常數據，本年度麥寮試驗場址碳鋼的平均腐蝕速率為 81.8 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 。

綜言之，碳鋼金屬在麥寮工業區、溪頭森林區與梧棲港研中心一年的平均腐蝕速率分別約為 81.8 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、16.06 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 114.80 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 5.32 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、1.91 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 9.79 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 8.37 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 、0.48 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 與 7.81 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ；而銅金屬的平均腐蝕速率在麥寮工業區與溪頭森林區分別約為 5.93 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 1.24 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 。換句話說，依據 ISO 9223，在腐蝕嚴重的麥寮工業區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5、C5+、C5；臺中火力電廠與梧棲港研中心鹽害區之碳鋼、鋅、鋁大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5+、C5；至於鄉村的溪頭森林區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類則分別為 C2、C3、C3、C2。各金屬之大氣腐蝕環境分類結果如表 5-5 所示。

表 5-4 大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分

腐蝕性 分類	腐蝕速率 (γ_{corr})				
	單位	碳鋼	鋅	銅	鋁
C1	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 10$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.9$	可忽視
	$\mu\text{m/yr}$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	—
C2	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$10 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$	$0.9 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$
	$\mu\text{m/yr}$	$1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$	—
C3	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$200 < \gamma_{\text{corr}} \leq 400$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 15$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 12$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2$
	$\mu\text{m/yr}$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.1$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	—
C4	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$400 < \gamma_{\text{corr}} \leq 650$	$15 < \gamma_{\text{corr}} \leq 30$	$12 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$
	$\mu\text{m/yr}$	$50 < \gamma_{\text{corr}} \leq 80$	$2.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 4.2$	$1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.8$	—
C5	$\text{g/m}^2/\text{yr}$	$650 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1500$	$30 < \gamma_{\text{corr}} \leq 60$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 10$
	$\mu\text{m/yr}$	$80 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$4.2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 8.4$	$2.8 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5.6$	—

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223) [35]

表 5-5 暴露一年期各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類

佈放地點	碳鋼			鋅		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
麥寮工業區 120°13'23.2" 23° 48'18.9"	78.90	81.8 (剔除異常數據 115.58)	C5	5.08	5.32	C5
	115.58			5.61		
	79.26			5.27		
	87.14					
溪頭 120° 48'10" 23° 40'22"	16.77	16.06	C2	1.69	1.91	C3
	15.30			2.05		
	16.06			1.98		
港研中心 120° 31'46.4" 24° 16'15.2"	116.84	114.80	C5	8.74	9.79	C5+
	113.10			10.98		
	114.45			9.64		
佈放地點	銅			鋁		
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	ISO 9223 腐蝕性分類	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (g/m ² /yr)	ISO 9223 腐蝕性分類
麥寮工業區 120°13'23.2" 23° 48'18.9"	5.76	5.93	C5+	8.72	8.37	C5
	5.72			8.37		
	6.30			8.02		
溪頭 120° 48'10" 23° 40'22"	1.26	1.24	C3	0.55	0.48	C2
	1.14			0.39		
	1.31			0.51		
港研中心 120° 31'46.4" 24° 16'15.2"	-	-	-	4.97	7.81	C5
	-			8.87		
	-			9.58		

註：-表示試片遺失，重新佈放試片之暴露時間未滿一年

5.5 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充

5.5.1 系統功能規劃

結構材料大氣腐蝕是結構物工程設計的重要參考數據，根據去年度的系統功能，本年度在此資料庫中擴充下列功能：

1. 前端版面更新：主要是根據港灣技術研究中心的需求，將前台使用者所看到的視覺版面重新設計。使資料庫前台呈現之介面與交通部運輸研究所以及港灣技術研究中心的呈現風格一致化，達到同性質的資料庫具備同系列的呈現效果。
2. 資料庫管理功能：延續去年的系統功能，在資料庫端，建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。

5.5.2 前端版面更新

本系統之前端版面，根據港灣技術研究中心的需求，已與交通部運輸研究所相關 Logo 及設計概念整合重新設計。新的前端版面包含運研所以及港灣技術研究中心的 Logo；並搭配大氣腐蝕資料庫的形象概念，進行分子結構的背景設計理念，首頁展示如圖 5.23 所示：



圖 5.23 新版大氣腐蝕系統前端設計

5.5.3 系統架構規劃

本系統之架構依循去年的系統架構為基礎，主要分為資料存取、資料處理與資料查詢三大模組。資料存取主要提供所蒐集資料或數據資料之輸入建檔，資料處理提供數據分析功能、資料查詢提供顯示與列印(含統計查詢)等功能。開發工作及程式撰寫包括資料庫規劃設計、資料處理介面、查詢使用等介面程式設計。架構流程如圖 5.24 所示：

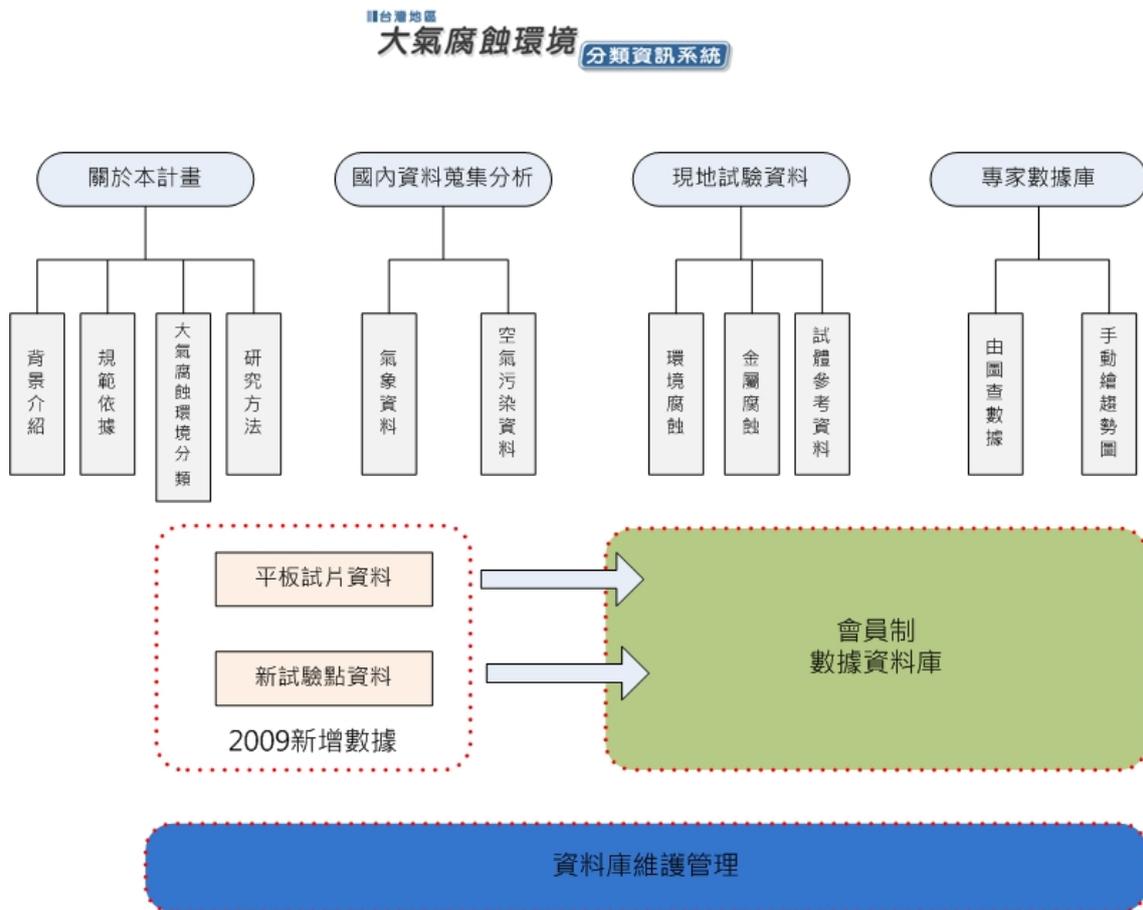


圖 5.24 大氣腐蝕環境資料庫的新版本系統架構

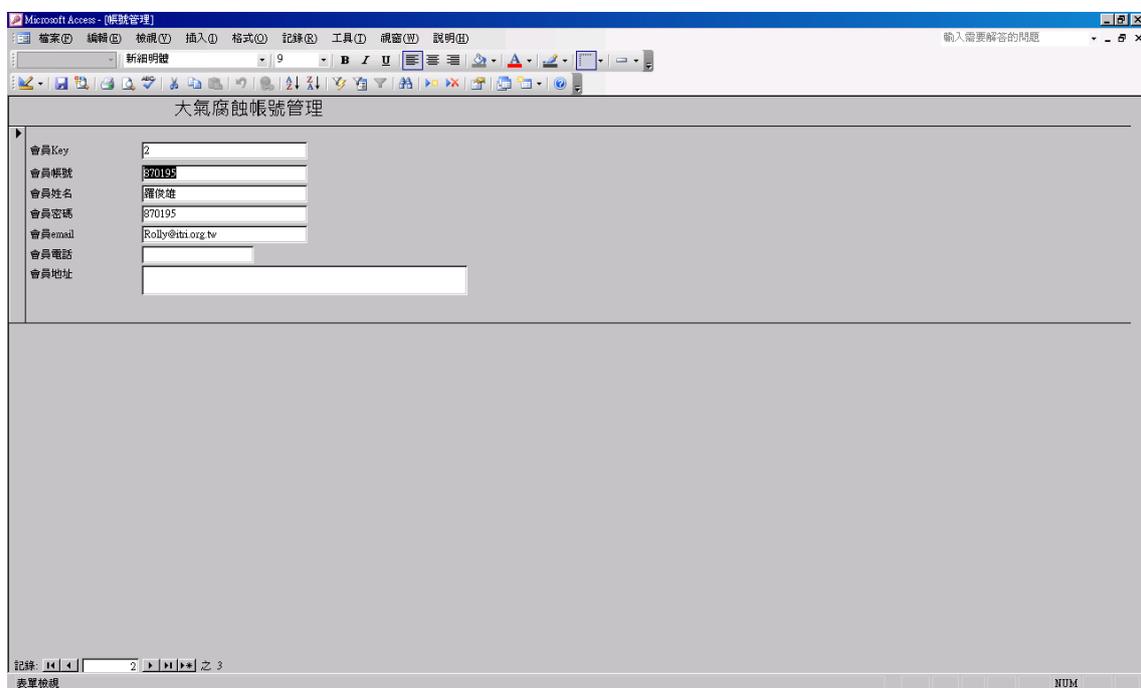
5.5.4 資料庫管理功能

為方便管理及整合資料，本系統於去年開發後期，即採用目前廣為使用的 Microsoft WINDOWS/XP 為作業平台，並選用 Microsoft

Access 為資料庫，圖文介面則使用 TeeChart 7.14 來撰寫。今年度延續的資料庫架構，並在後端的資料庫管理上，提供監測點與監測數據的管理介面；使新的監測點以及監測點數據能夠透過後端的管理介面進行新增刪除與修改的功能。

1. 帳號的管理

帳號的管理，可以透過 Access2003 的表單功能，進入『帳號管理』表單，即可進行帳號資料的新建/修改/刪除等動作。如下圖 5.25 所示：



會員Key	會員帳號	會員姓名	會員密碼	會員email	會員電話	會員地址
2	320195	羅偉雄	370195	Rolly@iti.org.tw		

圖 5.25 帳號管理

2. 監測點的管理

監測點的管理，可以透過 Access2003 的表單功能，進入『監測點管理』表單，即可進行監測點資料的新建/修改/刪除等動作。如下圖 5.26 所示：

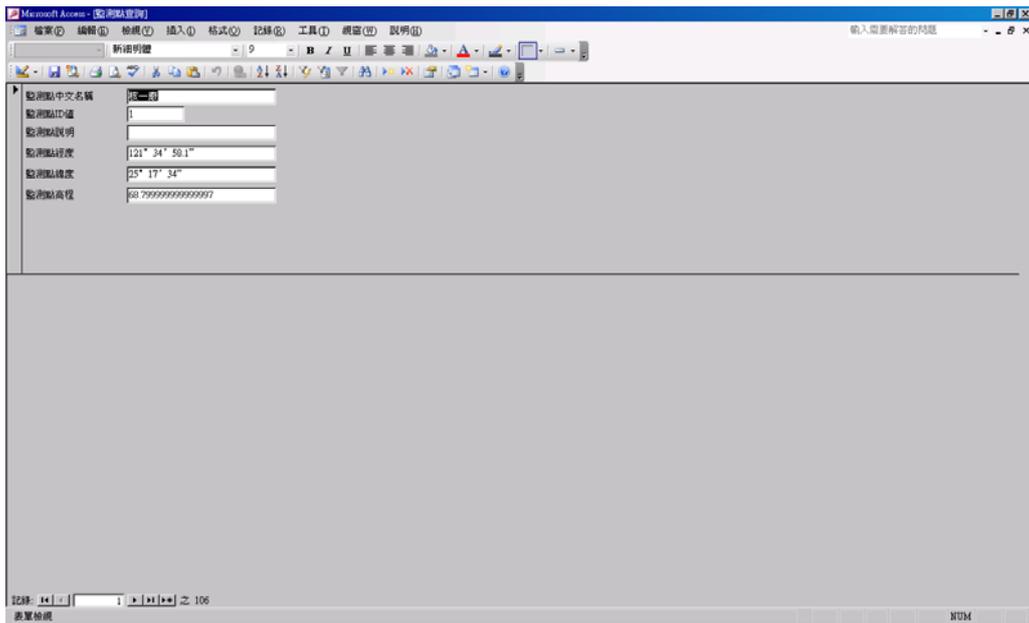


圖 5.26 監測點管理

3. 監測數據的管理

監測點的管理，可以透過 Access2003 的表單功能，進入『監測數據管理』表單，即可進行監測點資料的新建/修改/刪除等動作。如下圖 5.27 所示：

The screenshot shows the Microsoft Access 2003 interface with a table titled '監測數據管理' (Monitoring Data Management). The table has the following columns:

- 監測點名稱
- 監測形式
- 96Q3數據
- 96Q4數據
- 97Q1數據
- 97Q2數據
- 96-97平均數據
- ISO

The table contains the following data:

監測點名稱	監測形式	96Q3數據	96Q4數據	97Q1數據	97Q2數據	96-97平均數據	ISO
慈一廠	RH(相對溼)	41.5	46.02	55.29	53.60	49.10	±4
基隆試驗場0m	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	±4
基隆試驗場100	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	±4
基隆試驗場300	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	±4
基隆試驗場1K	RH(相對溼)	25.60	43.18	43.94	34.09	36.70	±4
基隆試驗場3K	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	±4
澳亞安檢所	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	±4
樟枋安檢所	RH(相對溼)	28.40	53.18	43.94	34.09	39.90	±4
糖漿火車站	RH(相對溼)	51.39	51.75	53.14	45.24	50.38	±4
龍運工業區	RH(相對溼)	52.20	62.27	52.86	44.98	53.08	±4
新澳池試驗場0	RH(相對溼)	51.39	62.27	52.86	44.52	52.76	±4
新澳池試驗場1	RH(相對溼)	51.20	62.27	52.86	44.52	52.71	±4
新澳池試驗場3	RH(相對溼)	51.30	62.27	52.86	44.52	52.71	±4
新澳池試驗場1	RH(相對溼)	51.70	62.12	53.19	44.52	52.88	±4
龍運安檢所	RH(相對溼)	51.80	62.12	53.19	44.52	52.91	±4
和平工業區	RH(相對溼)	60	44.73	45.24	51.14	50.28	±4
太魯閣國家公園	RH(相對溼)	60	44.73	45.24	51.14	50.28	±4
美崙工業區	RH(相對溼)	57.70	44.73	45.24	51.14	49.70	±4
花蓮池試驗場0	RH(相對溼)	60	41.51	45.30	51.14	49.48	±4
花蓮池試驗場1	RH(相對溼)	60	41.51	45.30	50.34	49.28	±4
花蓮池試驗場3	RH(相對溼)	60	41.82	45.51	50.34	49.42	±4
花蓮池試驗場1	RH(相對溼)	60	41.82	45.51	50.34	49.42	±4

The status bar at the bottom indicates '記錄: 1 之 742' and '試算檢視' (Table View).

圖 5.27 監測數據管理

5.5.5 系統功能展望

大氣腐蝕因子資料庫系統，雖然已經能將各項腐蝕因子的數據資料透過表單與圖表的產生，提供給使用者瀏覽；但在操作上仍然有可以大幅改進的空間。以監測點的數據觀察為例，一般的操作無非是透過選單，透過查詢條件的篩選，顯示出表格化數據資料；但若是使用介面可以朝更直覺化的方向發展：

1. 使用者點選臺灣全圖，任何一點都可以即時提供資料。
2. 任何一個地圖區域，均可自由放大縮小，觀察區域狀態與地形地貌。
3. 地圖自由切換地形圖與實際街道區域圖，使監測點與周遭環境區域的資訊呈現得更為全面。
4. 任何一個監測點，在滑鼠移動或點選時，均可即時呈現出該監測點的年度觀測資料、現地試體相片資料以及測試點的基本資料；所有與點及周遭環境的相關資料可以同時獲得，不必透過複雜的介面，繁複的動作方可達成。
5. 點與點之間的比對，同樣可以進行複選後，取得比對點的詳細資料進行比較觀測。

以目前的系統為例，如圖 5.28 所示，未來的大氣腐蝕因子系統，會以自由靈活的臺灣全島地圖作為操作的基礎。



圖 5.28 靈活的全台地圖操作介面

藉由地圖的自由縮放、切換地形與區域資料，在觀測實際上的監測點數據之前，對監測點彼此間相對數據、區域資料、地形資料的了解，將會更全面、更貼近使用者真實世界的觀點。監測點本身的數據透過與周遭環境的比對，原先單純的數字、單調的趨勢圖，也更有機會呈現出資料庫數據本身的生動性。如圖 5.29 所示。



圖 5.29 監測點與監測數據整合資訊的提供

以上的系統功能，在網頁技術日新月異的現在，均可透過適當的開發技術與工具達成。例如眾所周知的 Google Map，經由現在網站開發技術的結合，更加友善的系統操作功能，更全面的資料呈現方式，將會使得大氣腐蝕因子資料庫中，資料的有意義性得到更完善的推廣。

以上為系統開發部分，針對未來開發的方向的展望；相信若能往這個方向進行系統的建置與開發，對全台腐蝕因子數據資料所能提供的層面，將會得到更有意義的發揮。

5.6 小結

臺灣為一海島，地處熱帶/亞熱帶，高溫、高溼與高鹽份的環境極易造成金屬在大氣中腐蝕劣化。自 1971 年起，國內各研究單位曾陸續

以試片腐蝕速率的量測方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區均無持續 10 年以上的腐蝕數據，且相關之大氣腐蝕研究亦止於 1995 年。為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮。

2007 年起交通部運輸研究所港灣技術研究中心與工業技術研究材料與化工研究所共同研究之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，已初步完成大氣腐蝕試驗點與大氣腐蝕資料庫的建立，但因調查時間僅為兩年，仍缺乏長期暴露之腐蝕速率數據。因此本研究將承續過去已建置之試驗位址，在腐蝕嚴重的鹽害區、工業區以及腐蝕較輕微的鄉村區 3 處，規劃為期 10 年的現地暴露試驗，進行金屬腐蝕速率調查，驗證 ISO 9224 規範在臺灣本島之適用性。此外，亦依據國際標準組織 ISO 12944 規範，研擬有機塗裝防蝕規範草案，提供構造物耐久性與防蝕設計的須要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立。預期研究成果將可提供公路局、港務局等相關單位進行公共工程建設時作為金屬材料選用與塗裝防蝕之依據，以達到符合各腐蝕環境所須的防蝕措施，確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設之構造物達到或超出設計使用年限，避免或減少工安事故，降低社會成本及提高經濟效益。主要結論敘述如下：

1. 碳鋼金屬在麥寮工業區、溪頭森林區與梧棲港研中心一年的平均腐蝕速率分別約為 $81.8 \mu\text{m}/\text{yr}$ 、 $16.06 \mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $114.80 \mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 $5.32 \mu\text{m}/\text{yr}$ 、 $1.91 \mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $9.79 \mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 $8.37 \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 、 $0.48 \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 與 $7.81 \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ；而銅金屬的平均腐蝕速率在麥寮工業區與溪頭森林區分別約為 $5.93 \mu\text{m}/\text{yr}$ 與 $1.24 \mu\text{m}/\text{yr}$ 。
2. 依據 ISO 9223，在麥寮工業區之碳鋼、鋅、銅、鋁的大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5、C5+、C5；臺中火力電廠與梧棲港研中心鹽害區之碳鋼、鋅、鋁大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5+、C5；

至於鄉村的溪頭森林區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類則分別為 C2、C3、C3、C2。

3. 本年度在資料庫中擴充的功能包括前端版面更新與資料庫管理功能，即延續去年的系統功能，在資料庫端，建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。
4. 展望下一階段的計畫執行，資料庫的系統功能均可透過適當的開發技術與工具達成。如使用 Goole Map，經由現在網站開發技術的結合，可大幅增加系統操作功能的友善性，並使資料庫中的數據呈全面性展開，增加大氣腐蝕因子資料庫的應用與推廣。
5. 本年度已完成 ISO 12944 「塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統」之中文化，對國內的防蝕工程應有很大的助益，可作為未來 CNS 標準的參考草案。

第六章 結 論

根據國家科技發展總目標、促進海洋永續發展，增強臺灣做為亞太地區商業及物流轉運中心的功能，港灣設施功能扮演重要關鍵角色。如何提升港灣設施之建設、工程品質與耐久性，以及維護、管理與安全等為本計畫之主要目標。此外，由於臺灣地區天然環境上空氣污染之結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；有鑑於此，本計畫亦針對本土化大氣腐蝕因子進行調查並建置資料庫，期能提供金屬與鋼筋混凝土結構物耐久性防蝕設計參考。

本年度研究成果包括：(1) 蘇澳港及臺中港及一類漁港碼頭設施及檢測與維護機制相關文獻之蒐集；基隆八斗子漁港、正濱漁港、宜蘭南方澳漁港、烏石漁港碼頭設施之現況調查及評估。(2) 國內各港棧橋式碼頭面版腐蝕劣損與維修資料蒐集及蘇澳港 6-7、10-13 號、臺中港 5A 至 35 號及高雄港 71 號等棧橋碼頭之現地調查與評估。(3) 完成「構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究」，內容包含大氣腐蝕現地金屬試片暴露板片試驗、研擬塗裝防蝕規範草案、臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫更新與維護等。

本計畫之研究效益，除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。此外，並可提供公路局、港務局及相關單位作為金屬材料選用依據，達到符合各地區腐蝕環境，確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設構造物，達到或超出設計使用年限，並避免或減少工安事件發生，降低社會成本及提高經濟效益。

本計畫各子計畫研究結論如下：

子計畫(一)：臺灣地區商港及魚港設施現況調查之研究

1. 本年度調查商港碼頭結果，臺中港 8A 及 9 至 11 號碼頭蘇澳港 10 至 12 號碼頭與高雄港 71 號碼頭，其現況由應用目視與使用非破壞性檢測，經 D.E.R 法進行結構體安全性評估，其主整體結構評估指數 (ID_1) 均小於 2.0，顯示結構體功能完整安全無虞。
2. 上述碼頭應用 D.E.R 法，檢測結果雖均為整體結構安全無虞，惟各碼頭使用時間均已超過 20 年，部份甚至超出 30 年，為確保碼頭營運安全，建議必需加強平時巡查頻率，確保營運正常。
3. 上述碼頭結構型式均為棧橋式，其劣損位置常出現於面版底部及梁，劣損情形並無法依初步檢測項目中直接發現，故建議應定期派遣潛水人員，以目視近距離觀察面版底部及梁或基樁之鋼筋混凝土是否發生混凝土剝落或內部鋼筋銹蝕，或於受到不正常外力（如規模 5.0 以上地震或海嘯之侵襲），應有即時檢查之作為，以確實維護碼頭構造安全。
4. 本年度調查第一類漁港包括八斗子漁港、正濱漁港、南方澳漁港及烏石漁港，結果顯示，各漁港之碼頭及防波堤其設計水深均小於 -8.0m，多數碼頭之設計水深多小於 -4.5m。由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於 10 公尺，加上碼頭上部使用機具車輛及荷載均不大於 1 t/m^2 ，以現有之重力式與板樁式碼頭承受之土壓力和水壓力推估，應不會直接造成碼頭岸壁結構傾斜或下陷，故部分碼頭雖已老舊，仍屬堪用，且各漁港碼頭靠泊船隻之噸數多為 500 公噸以下，更無大型船隻碰撞或船舶前端撞擊碼頭，造成無法使用之疑慮。
5. 由於臺灣地區漁港規模普遍較小，目前漁港均以多功能發展為目標，碼頭功能除傳統停靠漁船裝卸魚貨外，趨向以發展遊艇碼頭或娛樂賞魚等為主，陸上設施部分更研擬或已設置釣魚平台步道親水公園(階梯)展示中心餐廳等設施，且由歷年記錄顯示，漁港維護仍以泊地及碼頭水深浚挖為主，故建議不應用 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。

子計畫二：棧橋式碼頭面版腐蝕劣損與維護之研究

1. 本研究棧橋式碼頭劣損調查，本年度共調查臺中港 24 座碼頭（5A 至 35 號碼頭）及蘇澳港 6 座碼頭（6-7 及 10-13 號碼頭），結果顯示臺中港棧橋式碼頭劣損情形包括面版及梁等鋼筋混凝土構件，部份發現混凝土剝落與鋼筋腐蝕外露或斷裂；蘇澳港棧橋式碼頭則僅面版出現上述劣損行為。
2. 依損壞程度區分，臺中港以 7 號、8 號、8A 及 14 號等 4 座碼頭劣損數量及範圍最大，建議應即針對碼頭整體結構安全及構造功能進行細部檢測；13 號及 26 至 29 號等 5 座碼頭損壞情形次之，建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。22 號、31-32 號及 34-35 號等 5 座碼頭則未於調查時，則未發現鋼筋混凝土構件有較言之劣損情形。蘇澳港以 12 號及 13 號等 2 座碼頭面版劣損數量及範圍最大，其餘碼頭次之，建議亦應及早進行維修。
3. 依碼頭使用時間與發生損壞關係區分，使用時間時間如超過 20 年，其發生損壞機率將明顯增加。
4. 本次調查之碼頭其基樁與護坡等，均未發現鋼筋混凝土構件有劣損或破壞散亂情形。
5. 臺中港之棧橋式碼頭共有 41 座，本次調查僅有 24 座，尚有 17 座碼頭未實施調查，建議港務局應酌量其使用時間安排進行必須之檢測，以確保碼頭營運安全及功能。其中，碼頭如使用時間已超過 20 年者，須優先考量實施調查。
6. 由於本年度針對臺中港 8A 及 9-11 號與蘇澳港 10-12 號棧橋式碼頭同時進行初步檢測，其檢測項目因未能直接觀察最易受到海洋環境

侵襲之水下構件部份，故結果無法立即顯示或發現面版或梁之劣化損壞情形，為確保碼頭結構安全與營運功能，建議棧橋式碼頭如使用時間已超過 20 年，應實施定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

子計畫(三)：構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究

1. 碳鋼金屬在麥寮工業區、溪頭森林區與梧棲港研中心一年的平均腐蝕速率分別約為 81.8 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、16.06 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 114.80 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋅金屬的平均腐蝕速率分別約為 5.32 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、1.91 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 9.79 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ；鋁金屬的平均腐蝕速率分別約為 8.37 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 、0.48 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 與 7.81 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ；而銅金屬的平均腐蝕速率在麥寮工業區與溪頭森林區分別約為 5.93 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 與 1.24 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 。
2. 依據 ISO 9223，在麥寮工業區之碳鋼、鋅、銅、鋁的大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5、C5+、C5；台中火力電廠與梧棲港研中心鹽害區之碳鋼、鋅、鋁大氣腐蝕環境分類分別為 C5、C5+、C5；至於鄉村的溪頭森林區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類則分別為 C2、C3、C3、C2。
3. 本年度在資料庫中擴充的功能包括前端版面更新與資料庫管理功能，即延續去年的系統功能，在資料庫端，建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。
4. 展望下一階段的計畫執行，資料庫的系統功能均可透過適當的開發技術與工具達成。如使用 Google Map，經由現在網站開發技術的結合，可大幅增加系統操作功能的友善性，並使資料庫中的數據呈全面性展開，增加大氣腐蝕因子資料庫的應用與推廣。
5. 本年度已完成 ISO 12944「塗料與清漆—鋼構造物防蝕塗料系統」之中文化，對國內的防蝕工程應有很大的助益，可作為未來 CNS 標準的參考草案。

參考文獻

1. 陳桂清、蘇吉立、柯正龍等，港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(2/2)，交通部運輸研究所，民國 98 年 4 月。
2. 財團法人中華民國港埠技術顧問社，基隆港冬 11 號碼頭後深至 13 公尺安全檢測與評估正式報告書，交通部基隆港務局，民國 94 年 6 月。
3. 吳美惠、陳國銘、劉宏義，碼頭 RC 結構之損壞鋼筋腐蝕檢測與評估，中華民國防蝕工程學會 95 年年會論文集，民國 95 年 8 月，頁 162-176。
4. 陳桂清、張道光、柯正龍、許書王，棧橋式碼頭 RC 構件劣化損壞與維護探討，中華民國第 25 屆海洋工程研討會論文集，民國 92 年 10 月，頁 803-810。
5. 宇泰工程顧問有限公司，九二一地震臺中港區碼頭災損檢測正式報告書，交通部臺中港務局，民國 90 年。
6. 蘇吉立、陳桂清等，碼頭本體設施維護管理系統建置之研究(1/4)，交通部運輸研究所，民國 95 年 4 月。
7. 蘇吉立、陳桂清等，碼頭本體設施維護管理系統建置之研究(2/4)，交通部運輸研究所，民國 96 年 4 月。
8. 郭世榮、簡連貴、蕭松山等，港灣設施防災技術之研究(一)—港灣構造物維護管理準則之研究，交通部運輸研究所，民國 93 年 2 月。
9. 侯和雄、陳吉紀等，港灣工程專有名詞，交通部運輸研究所，民國 85 年 4 月。
10. 李釗，港灣混凝土構造物劣化探討(一)，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，民國 91 年 7 月。

11. 郭世榮、陳吉紀、簡連貴等，港灣設施防災技術之研究(二)-港灣設施防災對策之研究，交通部運輸研究所，民國 94 年 3 月。
12. 海岸新生之漁港疏浚與多功能漁港之開發規劃
13. 基隆市漁港，行政院農業委員會漁業署，民國 92 年 7 月。
14. 宜蘭縣漁港，行政院農業委員會漁業署，民國 92 年 7 月。
15. J.Christopher Ball, "Galvanic corrosion protection of reinforced concrete structure at cape canaveral", Concrete in Austria Vol. 34 No. 3, 2007。
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. 尾崎 龍三，經濟損失考慮費用最小化為基礎之港灣構造物信賴性設計法(Level 1)，國土交通省 國土技術政策綜合研究所，2005。
19. 高橋 宏直，港灣設施之維修補強、更新費之將來預測，國土交通省 國土技術政策綜合研究所，2005。
20. 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。
21. 蘇吉立，高雄港老舊碼頭調查研究系列報告，港灣報導，第 38 期，臺灣省交通處港灣技術研究所，民國 85 年 10 月，頁 41-43。
22. 李延恭、謝明志、蘇吉立，老舊碼頭基礎安全性調查及評估，中華民國第十八屆海洋工程研討會論文集，民國 85 年 11 月，頁 799-810。
23. 李延恭、蘇吉立、謝明志、陳圭璋，高雄港區老舊碼頭安全調查及評估研究，臺灣省交通處港灣技術研究所 87-研(七)，民國 87 年 6

月，頁 2-152。

24. 蘇吉立，重力式碼頭安全檢測與維修研究，港灣報導，第 46 期，臺灣省交通處港灣技術研究所，民國 87 年 10 月，頁 43-53。
25. 李延恭、蘇吉立，老舊碼頭調查及評估，地工技術，第 74 期，民國 88 年 8 月，頁 93-104。
26. 蘇吉立、李延恭，921 集集地震後臺中港北碼頭災象調查分析，地工技術，第 77 期，民國 89 年 2 月，頁 65-76。
27. 交通部運輸研究所編著，橋樑檢測評估與維修人員訓練講習講義，民國 92 年 10 月。
28. 蘇吉立，碼頭維護管理草案之初步建議，港灣報導，第 59 期，交通部運輸研究所，民國 91 年 1 月，頁 49-57。
29. 李賢華，港灣構造物安全檢測與評估，港灣構造物安全檢測與評估研習會論文集，交通部運輸研究所，民國 91 年 7 月，頁 5-24。
30. 蘇吉立，碼頭結構安全檢測系統之研究，中華民國第二十四屆海洋工程研討會論文集，民國 91 年 11 月，頁 719-726。
31. 陳宗禮、張大鵬等，既有鋼筋混凝土結構物延壽之基本思維，中國土木水利工程學會編著，既有鋼筋混凝土結構物之維修及補強研討會簡報資料，民國 92 年 11 月，頁 1-13。
32. 曾志煌、王慶福等，港灣構造物維護管理準則之研究"，交通部運輸研究所，民國 93 年 12 月。
33. 蘇吉立，港灣工程單價資料庫之建置(3/3)，交通部運輸研究所，民國 94 年 3 月。
34. 蘇吉立、陳桂清、饒正、柯正龍，碼頭維護管理系統建置之研究(1/2)，交通部運輸研究所，民國 96 年 4 月。

35. ISO 9223/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification.
36. ISO 9224/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Guiding values for the corrosivity categories
37. ISO 9225/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution.
38. ISO 9226/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.
39. ASTM G116: Standard Practice for Conducting Wire-on-Bolt Test for Atmospheric Galvanic Corrosion, 1999.
40. ISO 8565/1992: Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests.
41. 中華民國國家標準 CNS 13401 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，1994。
42. 中華民國國家標準 CNS 13753 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(測定標準試片之腐蝕速率以評估腐蝕性)，2005。
43. 中華民國國家標準 CNS 13754 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，1996。
44. 中華民國國家標準 CNS 14122 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，1998。
45. 中華民國國家標準 CNS14123 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試(現場測試之一般要求)，2006。
46. “臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究 (1/2)”，研究報告，交通部運輸研究所，2007。

- 47 “臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究 (2/2)”，研究報告，交通部運輸研究所，2008.
48. C. Laygraf and T. Graedel, “Atmospheric corrosion”, John Wiley & Sons Inc., New York, 2000.
49. Metals Handbook- Corrosion, Metals Handbook Ninth Ed., Vol. 13, ASM International, Ohio, 1988.
50. I. Odnevall and C. Laygraf, “Reaction sequences of atmospheric corrosion of Zinc”, ASTM STP 1239, W.W. Kirk and Herbert, H. Lawson, Eds., ASTM, Philadelphia, 1995.
51. I. Odnevall and C. Laygraf, “Automospheric corrosion of copper in rural atmospheres”, Journal of electrochemical society, 142, 1995.
52. ISO 12944/1988: Paints and varnishes- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems, Part 1- Part 8.

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
1. 高雄港務局 蔡添厚總工程司	1. 本研究資料蒐集充實，現場勘查詳實可提供港務單位參考採用，值得肯定。	感謝委員指教與肯定。
	2. 本報告多處提到「棧橋式碼頭施工技術容易且工期短」，並不適當，因為在各種型式之碼頭岸壁施工條件，最符合上述優點者，應以板樁式碼頭為首選。而棧橋式碼頭之優點為適用於軟弱地盤，不妨礙水流，反射波小，對港池之靜穩度較有幫助（摘要表 p.2-2, p.4-1）。	遵照辦理修正。
	3. 報告書第 2-2 頁新竹漁港是 98 年或 99 年或 98 跨 99 年，請說明。	感謝委員指正，新竹漁港為 99 年調查標的。
	4. 報告書第 3-5 頁，提到板樁式碼頭係打設板樁及回填土築成，「主要利用被動土壓力抵抗拉桿張力」，建議修正為「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」。	遵照辦理修正。

	5.報告書第 3-5 板樁式碼頭按型式，應不包含井筒式，井筒式宜歸類為重力式碼頭之型式。	遵照辦理修正。
2. 海洋大學河海工程系張建智教授	1.本研究內容豐富，涵蓋現地劣化調查及腐蝕訊蒐集及建置，所得成果具實務應用價值。	感謝委員指教與肯定。
	2.本研究條理分明，亦能適時對各港口做檢測，找出問題，提供管理單位參考。	感謝委員指教與肯定。
	3.報告書中仍有部份文字、上下標及文獻引用誤植處，請逐一加以修正。	遵照辦理。
	4.p.2-1 與 p3-1 屬中央漁政機關主管的第一類漁港係 12 處 or 8 處，請統一。	遵照辦理（現有第一類漁港共有 8 處）。
	5.p.3-7~p3-12 中，子標題編碼錯誤，且標題為碼頭維護管理，似乎與所述內容不符，建議修正為“碼頭損壞原因探討”。	遵照辦理。
	6.DER 法實際應用上可行性如何？其缺失或須改進之處，如可能請納入報告中。	遵照辦理，DER 法實際應用時，部份數據仍有討論空間，後續研究將持續探討。

	7.本計畫名稱為“港灣構造物生命週期與維護”，然報告中有關生命週期的敘述部鮮少述及，請於文中加入敘述，以與本主題相符。	遵照辦理。
3.交通部科技顧問室 許書王技正	1.整體而言，調查與檢測方向正確，而檢測工作均為現地，較為辛苦，應予鼓勵。	感謝委員指教與肯定。
	2.對於數據若能加值，將更有意義。	感謝委員指教，將遵照參酌辦理。
	3.針對生命週期與維護之考量，相關檢測與損壞模式，宜予量化，以便於管理維護。	感謝委員指教，將遵照參酌辦理。
	4.凡是構造物損壞除了老劣化之外，尚包括外力或複合式損壞，因此在建議定期檢查外，也應該建議在受到不正常外力後(如地震、海嘯最近甚為頻繁)，應有即時檢查的作為，以確保構造物之安全使用。	遵照辦理。
	5.建議嘗試將單純損壞之輕度、中度、重度壞之照片或量化數值加入本研究規劃中，未來應可更易應用。	感謝委員指教，將遵照參酌辦理。

	6.p.3-1 對單位排列之說明應再審酌(以交通部相關單位而言，部本部、運研所...)	感謝委員指教，將遵照參酌辦理。
	7.p.3-3 部分用語宜審酌改正。	遵照辦理。
	8.研究過程建議針對目前部頒規範進行審視，若有不合時宜之處應提出建議修正，以其未來研究成果能予落實。	遵照參酌辦理。
	9.所提應速予維修之港，依此研究報告，該單位會以辦理或僅為建議。	本研究會建請港務單位針對調查結果參考辦理維護。
4.長榮大學航管系 郭塗城教授	1.p.V 目錄中子計畫(二)名稱與 p.2-2 子計畫(二)名稱不同，請更正。	遵照辦理。
	2.p.2-1 2.2.1.2 研究內容下子計畫名稱可以刪除。	遵照辦理。
	3.計畫名稱標示「生命週期」，但研究報告內容未見生命週期之探討，同時，研究報告內容以構造物腐蝕劣損調查檢測為主，建議適度修改計畫名稱。	遵照辦理，報告內容將加列生命週期之探討。
	4.為確保碼頭營運功能，建議未來將碼頭荷重減損情況納入調查檢測項目。	感謝委員指教，將遵照參酌辦理。

附錄 二

期末報告簡報資料



港灣構造物生命週期與維護之研究(1/2)

98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、張道光
羅建明

報告人：柯正龍
中華民國 99 年 3 月 16 日

緒論(1/2)

- 臺灣四面環海，地處環太平洋地震帶上，每年地震、颱風等災害不斷。
- 港灣構造物長年處於此巨大外力衝擊與海洋惡劣環境下，甚易造成港工構材諸如鋼板樁腐蝕、混凝土劣化、強度損失以及內部鋼筋腐蝕、斷裂，最後導致結構物損壞、崩塌等現象。
- 構造物之耐久性與安全性威脅甚大，對港埠之營運影響更為至鉅。



緒論 (2/2)

本年度為執行之第一年，計執行三個子計畫

- 子計畫一：臺灣地區商港及漁港設施現況調查
以臺中港、及蘇澳港及一等漁港之碼頭現況為調查重點
- 子計畫二：棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護 
以臺中港、及蘇澳港之棧橋式碼頭現況為調查重點
- 子計畫三：構造物腐蝕環境分? 之潛勢分析研究

子計畫一：臺灣地區商港及漁港設施現況調查

簡報內容

- 一、前言
- 二、D.E.R.評估法
- 三、碼頭現況調查
- 四、結論

一、前言



子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

5

二、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

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

6

❖ 初步檢測劣化評估值
初步檢測危險度指標

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



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

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		

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

9

建立細部檢測評估表



D.E.R.值

ID (危險度指標)

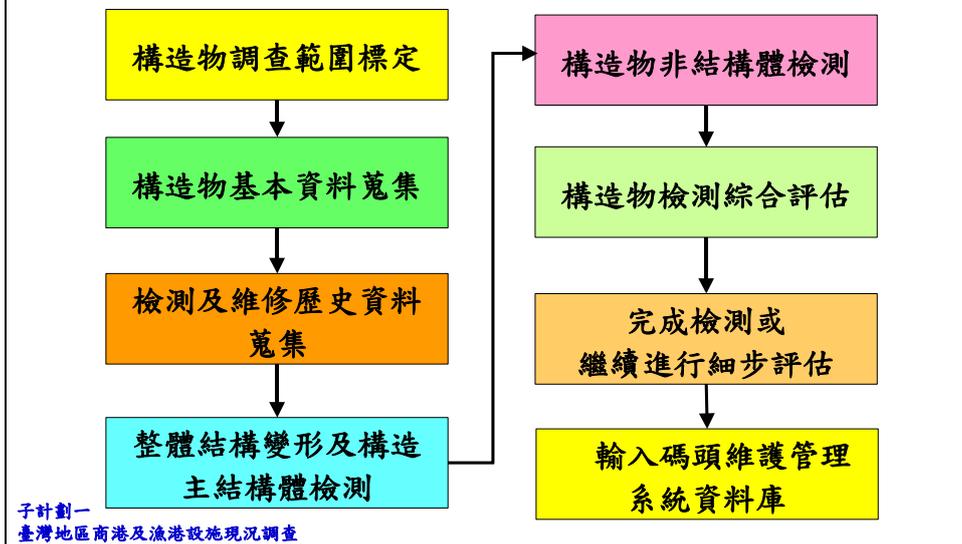
隸屬港口：臺中港		碼頭編號：4A 號			
建造日期：		啟用日期：			
碼頭基本資料	靠泊船艙	原設計：	實際使用：		
碼頭法線版面標高：+6.20 m	長度：185 m	水域深度	原設計：-9.0 m 目前：-9.0 m		
靠泊船隻屬性	水深：20 m	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 散貨輪 (水泥等) <input type="checkbox"/> 其他			
碼頭構造型式	<input checked="" type="checkbox"/> 沉箱重力式 <input type="checkbox"/> 板橋式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 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		
整體結構	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
變形及主結構破壞檢測	碼頭面版	1	1	4	8
	混凝土強度	0	0	2	0
	保護層厚度	---	---	---	---
	鋼筋腐蝕探測	---	---	---	---
	鋼版腐蝕探測	---	---	---	---
	岸肩伸縮縫	0	0	4	0
主體結構破壞評估	$ID_p = \sum_{i=1}^n (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^n R_i = 0.4$				
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	1	1	2	4
	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	$ID_a = \sum_{i=1}^n (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^n R_i = 0.4$				
整體破壞評估(初步檢測)	$ID_1 = \sum_{i=1}^n (D_i + E_i) \times R_i / \sum_{i=1}^n R_i = 0.4$				
檢測單位：港研中心 檢測人：柯正龍、柯木火 檢測時間：2008年6月					

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

10

三、碼頭現況調查

3.1 研究方法及進行步驟



碼頭現況調查範圍

年度	港區位置	碼頭編號及型式
96	蘇澳港	4號碼頭 (沉箱重力式) 9號碼頭 (直立消波重力式) 13號碼頭 (R.C.基樁棧橋式)
	花蓮港	4號碼頭 (鋼板樁式) 20號碼頭 (消波及沉箱重力式)
	高雄港	51、52號 (R.C.基樁棧橋式)
	臺北港	13、14號碼頭 (鋼板樁式)
97	臺中港	1號至4號及4A碼頭 (沉箱重力式)
	基隆港	西2至西4號碼頭 (牆式墩柱及井筒式)
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)

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

碼頭基本資料

港口	碼頭編號	長度(m)	寬度(m)	水深(m)	用途	說明
臺中	8A	250	20	-13.0	穀類	設計載重3T/m ²
	9	250	20	-13.0	油品及液體	設計載重3T/m ²
	10	250	20	-13.0	穀類	設計載重3T/m ²
	11	250	20	-11.0	雜貨及糖蜜	設計載重3T/m ²
蘇澳	10	175	20	-9.0	散雜貨	設計載重3T/m ²
	11	175	20	-9.0	散雜貨	設計載重3T/m ²
	12	200	20	-9.0	散雜貨	設計載重3T/m ²
高雄	71	183	20	-9.0	散貨及水泥	設計載重3T/m ²

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

13

3.2 調查結果



子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

14



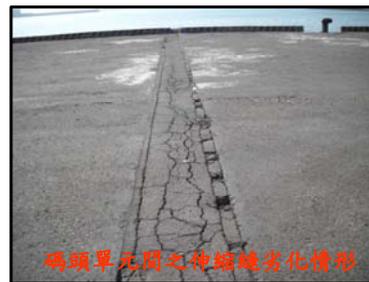
碼頭上部現況(靠7號碼頭海側)



碼頭上部岸盾橫向裂縫



繫船柱與擋車塊現況

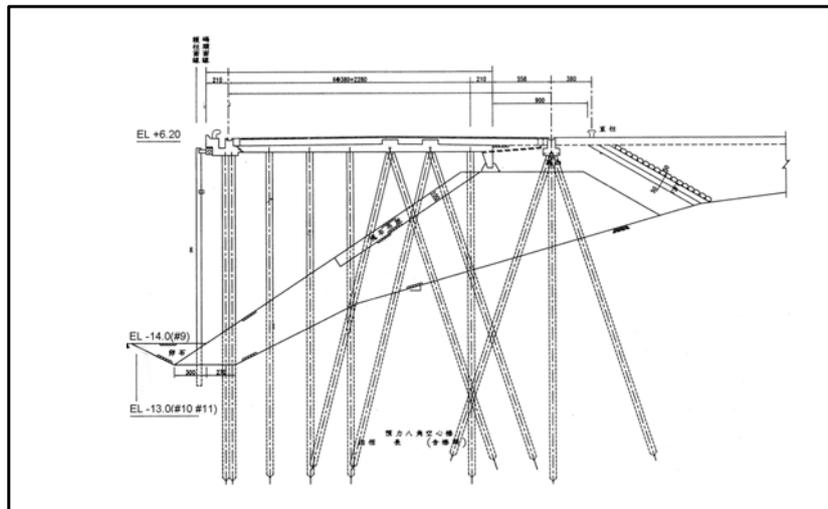


碼頭單元間之伸縮縫劣化情形

臺中港8A號碼頭現況

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

17



臺中港 9-11 號碼頭結構型式示意圖

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

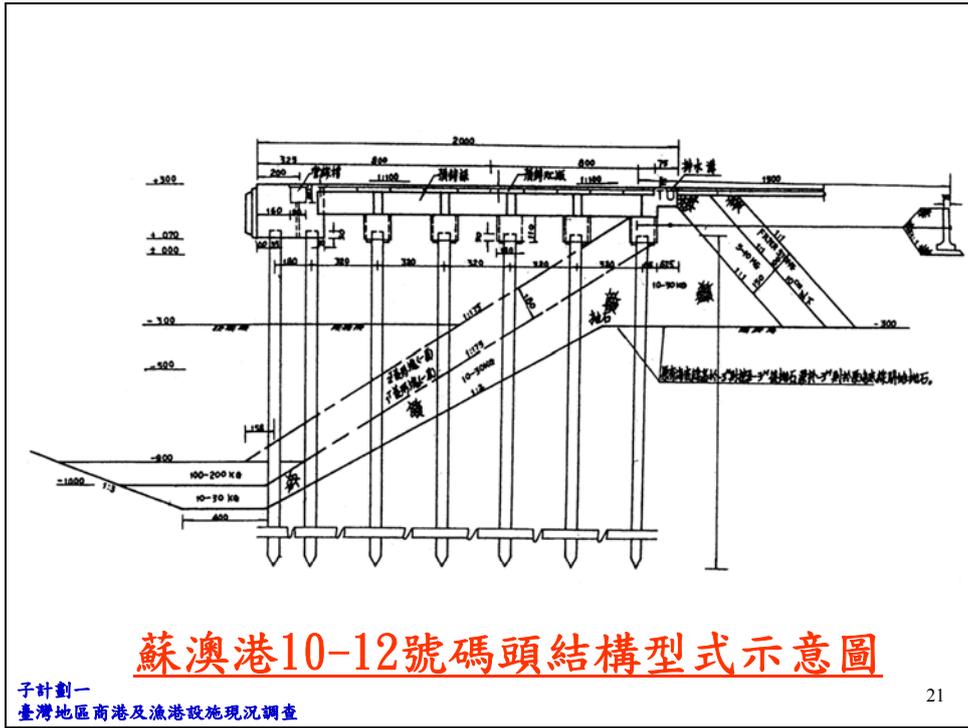
18

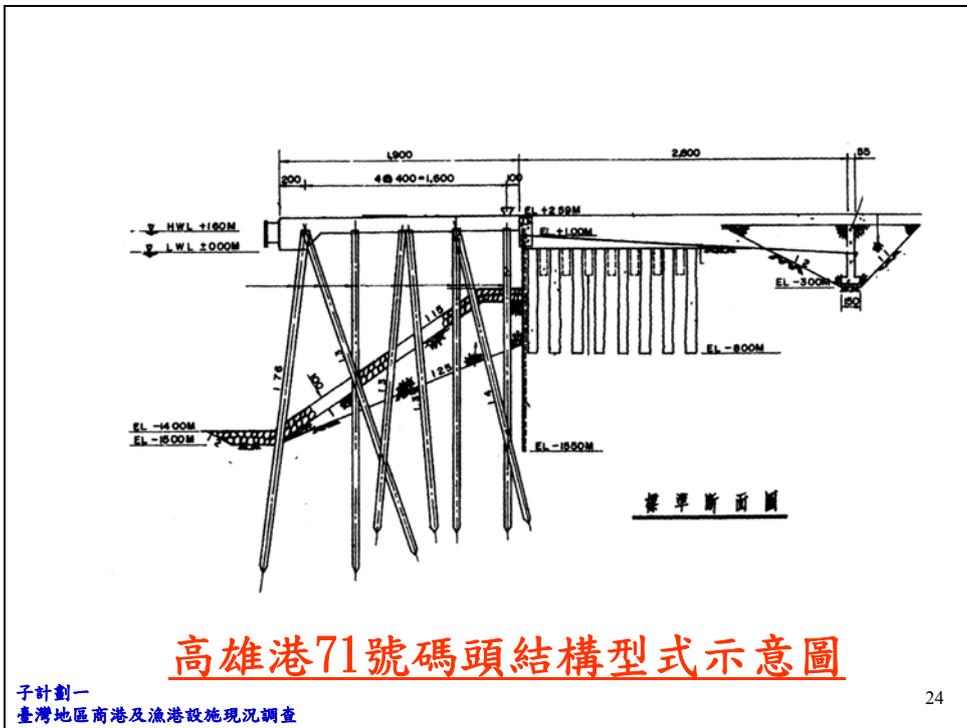
 <p>碼頭上部現況 (靠8A碼頭海側)</p>	 <p>碼頭上部面版現況</p>	 <p>碼頭後線直柱受損情形</p>
 <p>碼頭面版混凝土劣損現況</p>	 <p>碼頭擋車牆現況</p>	 <p>碼頭貨櫃起重機軌道 (海側)現況</p>
<p>9號碼頭</p>	<p>10號碼頭</p>	<p>11號碼頭</p>

臺中港9-11號碼頭現況

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查









碼頭上部情形
(靠70號碼頭側)



碼頭法線情形



面版與後線護岸
伸縮縫情形



碼頭上部情形
(靠72號碼頭側)



繫船柱鏽蝕情形



擋車牆破損情形

高雄港71號碼頭現況

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

25

D.E.R. 評估結果

調查 位置 評估值	臺中港				蘇澳港			高雄港
	8A號 碼頭	9號 碼頭	10號 碼頭	11號 碼頭	10號 碼頭	11號 碼頭	12號 碼頭	71號 碼頭
主體結構破壞評估	1.0	0.8	0.8	0.5	0.3	0.3	0.8	1.1
附屬設施破壞評估	0.0	2.6	1.8	1.8	0.0	0.0	0.9	2.0
整體破壞評估	0.7	1.4	1.2	0.9	0.2	0.2	0.8	1.4

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

26



八斗子漁港現有碼頭設施

設施名稱		數量
碼頭	一期泊區 (-1.0~-8.0m)	2921 m
	一期泊區 (-4.5~-8.0m)	1681 m
	小計	4602 m



一期泊區碼頭上部情形 1



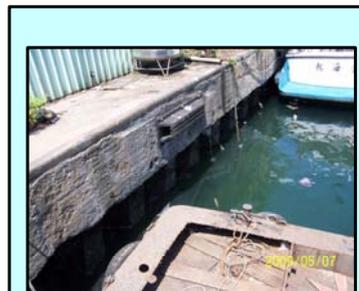
一期泊區碼頭上部情形 2

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查



正濱漁港現有碼頭設施

設施名稱		數量
碼頭	正濱泊區 (-1.0~-8.0m)	1478 m
	八尺門泊區 (-4.5~-8.0m)	140 m
	小計	1618 m



板樁式碼頭上部情形現況



八尺門碼頭現況



南方澳漁港現有碼頭設施

設施名稱		數量
碼頭	第一船渠(-4.0 m)	982 m
	第二船渠(-3.0 m)	909 m
	第三船渠(-6.0 m)	936 m
	航道泊地(-3.0 m)	503 m
	南興碼頭(-5.0~-6.0m)	550 m
	小計	3880 m



第一船渠碼頭上部情形



西碼頭(二)上部情形

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查



烏石漁港現有碼頭設施

設施名稱		數量
碼頭	水深 -4.0 m	1307 m
	水深 -4.5 m	703 m
	水深 -5.0 m	290 m
	小計	2300 m



碼頭上部現況



南防波堤上部現況

子計劃一
臺灣地區商港及漁港設施現況調查

碼頭設施維護管理系統

網路版 (網址 <http://140.124.64.82/>)

1. 選擇碼頭基本資料

2. 點選港口或碼頭

3. 選擇港灣查詢港口或碼頭基本資料

碼頭設施維護管理系統

PDA版 (網址 <http://140.124.64.82/>)

選擇PDA版網頁

檢測資料記錄

檢測資料記錄

3.3 後續研究項目

資料庫表單內容增修

D.E.R. 法判定數值檢討

資料庫決策功能增修

人員操作訓練

重大災害緊急維修警示功能

其他相關研究

37

四、結論 (1/3)

 本年度調查碼頭，以D. E. R法進行評估，碼頭主整體結構評估指數（ ID_1 ）均小於2.0，顯示功能完整安全無虞。

 檢測結果雖均為整體結構安全無虞，惟各碼頭使用時間均已超過20年，部份甚至超出30年，為確保碼頭營運安全，建議必需加強平時巡查頻率，確保營運正常。

38

四、結論(2/3)



棧橋式碼頭其劣損位置常出現於面版底部及梁，劣損情形並無法依初步檢測項目中直接發現，故建議應定期派遣潛水人員，以目視近距離觀察面版底部及梁或基樁之鋼筋混凝土是否發生混凝土剝落或內部鋼筋銹蝕，以維護碼頭構造安全。

四、結論(3/3)



由於漁港碼頭設計水深較淺且後線長度均小於10公尺，加上碼頭荷載甚小($<1 \text{ t/m}^2$)，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。



由歷年記錄顯示，漁港維護仍以泊地及水深浚挖為主，故可暫不應用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。



子計畫二：棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

簡報內容

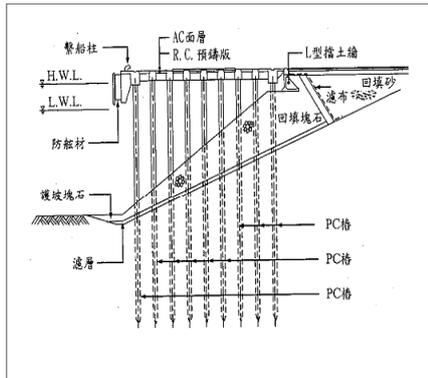
- 一、前言
- 二、研究方法與進行步驟
- 三、結果與討論
- 四、結論與建議

一、前言

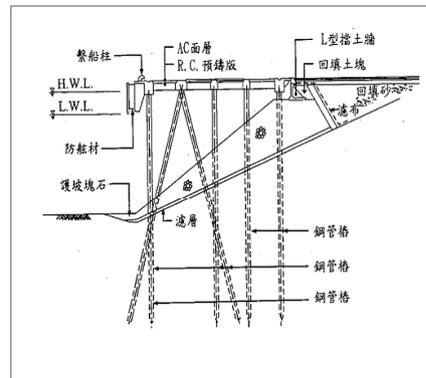
棧橋式碼頭

- 構造型式係以樁為支柱，其上設置頂板組成碼頭
- 結構較其他型式為輕
- 用於地層軟弱之處，無法構築重力式或板樁式處
- 隨支撐頂板之支柱結構不同，可分為直樁棧橋式、斜樁棧橋式兩大類。
- 國內商港新建及改建常選用。

前言



直樁棧橋式碼頭



斜樁棧橋式碼頭

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

二、研究方法與進行步驟

調查範圍

臺中港(5A至35號碼頭)及蘇澳港(6、7及10至13號碼頭)等30座棧橋式碼頭。

調查內容

鋼筋混凝土面版底部、梁及基樁進行目視檢測，並觀察護坡現況。

調查目的

建置棧橋式碼頭維護管理系統。

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

二、研究方法與進行步驟

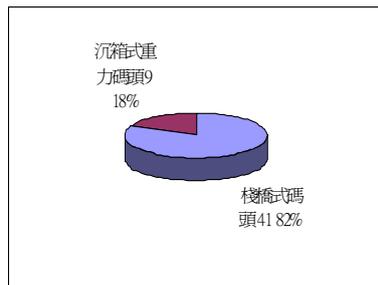
進行步驟

潛水人員以目視檢測鋼筋混凝土構件腐蝕劣損現況。並同時調查基樁樁體現況，護坡之消坡塊、塊石或護基方塊等保護設施是否發生散亂或流失情形。

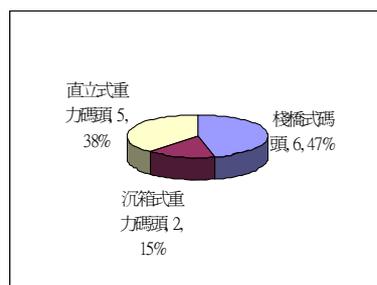
調查結果將提供第二年(99年)建置碼頭本體設施維護管理系統資料庫，以利於日後現地人員檢測及管理自動化作業。

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

三、結果與討論



臺中港現有碼頭結構型式



蘇澳港現有碼頭結構型式

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

臺中港現有棧橋式碼頭基本資料1

碼頭 (#)	用途	長度 (m)	寬度(m)	設計水 深(m)	碼頭 結構	均佈荷重 (t/m ²)	備註
5A	雜貨	220	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	
5	雜貨	200	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	
6	雜貨	200	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	
7	雜貨	200	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	
8	雜貨	200	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	
8A	雜貨	260	23.5	-11.0	棧橋式	3.0	
9	貨櫃	260	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	
10	貨櫃	320	27.0	-13.0	棧橋式	3.0	
11	貨櫃	320	27.0	-13.0	棧橋式	3.0	
12	雜貨	200	24.0	-11.0	棧橋式	—	
13	雜貨	200	24.0	-11.0	棧橋式	—	
14	雜貨	180	15.75	-10.0	棧橋式	—	

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

臺中港現有棧橋式碼頭基本資料2

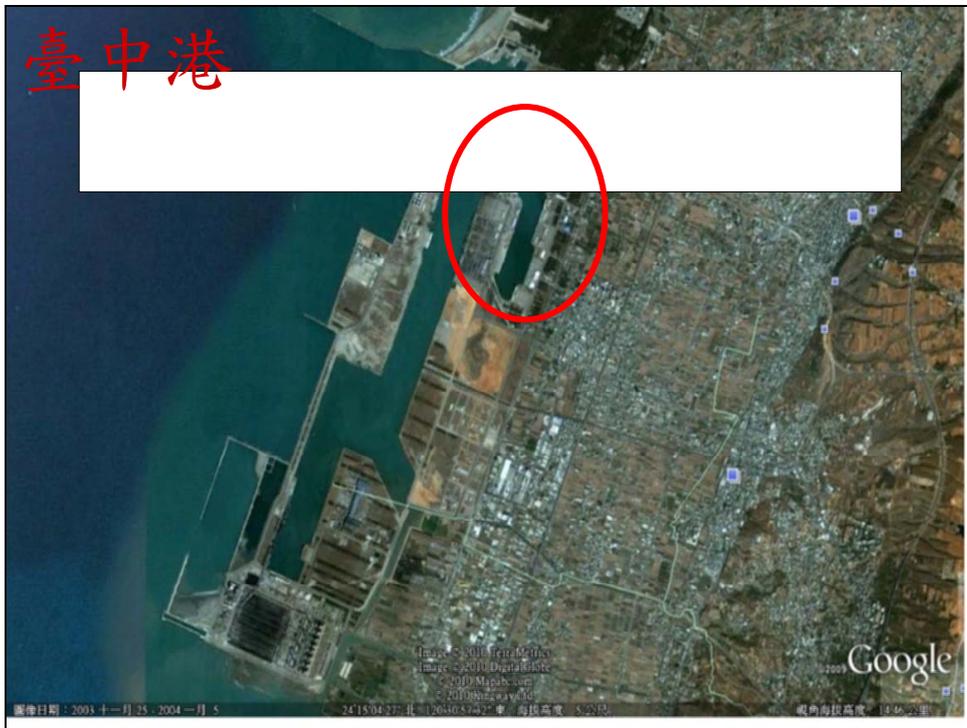
碼頭 (#)	用途	長度 (m)	寬度 (m)	設計水 深(m)	碼頭 結構	均佈荷重 (t/m ²)	備註
15	雜貨	180	15.75	-10.0	棧橋式	—	
22	雜貨	180	23.5	-11.0	棧橋式	2.0	
26	水泥	200	24.0	-11.0	棧橋式	—	
27	水泥	200	24.0	-11.0	棧橋式	—	
28	水泥	145	24.0	-11.0	棧橋式	—	
29	大宗	250	27.0	-14.0	棧橋式	3.0	
30	大宗	320	32.0	-14.0	棧橋式	3.0	
31	貨櫃	320	28.0	-14.0	棧橋式	3.0	
32	貨櫃	320	28.0	-14.0	棧橋式	3.0	
33	貨櫃	250	34.5	-14.0	棧橋式	2.0	
34	貨櫃	250	34.5	-14.0	棧橋式	2.0	
35	貨櫃	250	34.6	-14.0	棧橋式	3.0	

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

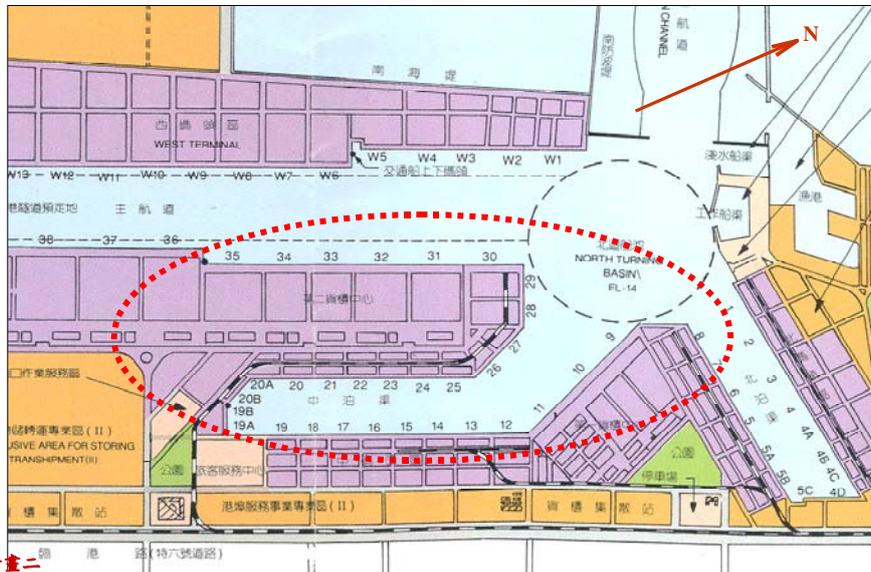
蘇澳港現有棧橋式碼頭基本資料

碼頭 (#)	碼頭 用途	長度 (m)	寬度 (m)	水深(m)	型 式	備註
6	多用途	290	20.0	-15	直橋棧橋	
7	多用途	240	20.0	-13	直橋棧橋	
10	散雜貨	175	20.0	-9	直橋棧橋	
11	散雜貨	175	20.0	-9	直橋棧橋	
12	散雜貨	200	20.0	-9	直橋棧橋	
13	散雜貨	180	20.0	-9	直橋棧橋	

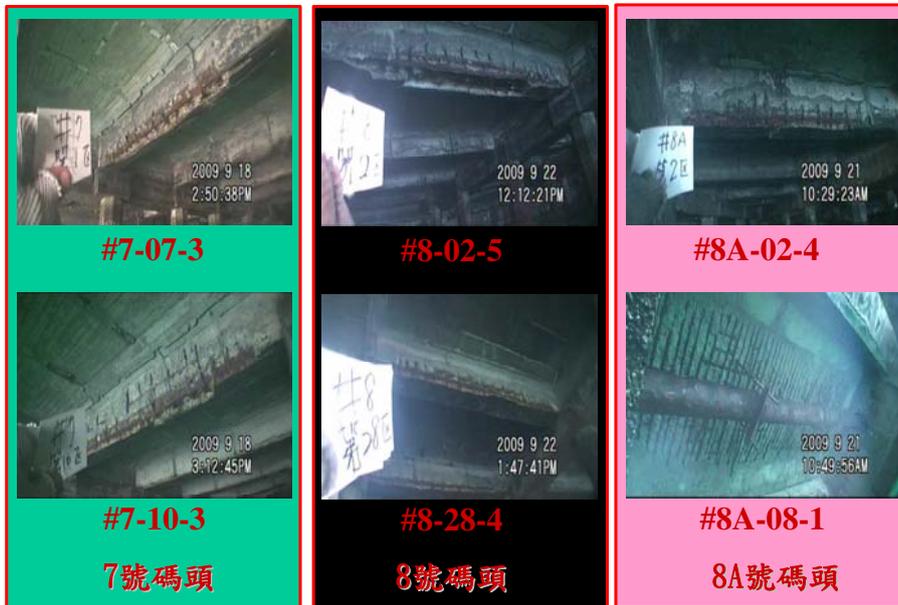
子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護



臺中港棧橋式碼頭劣損調查位置

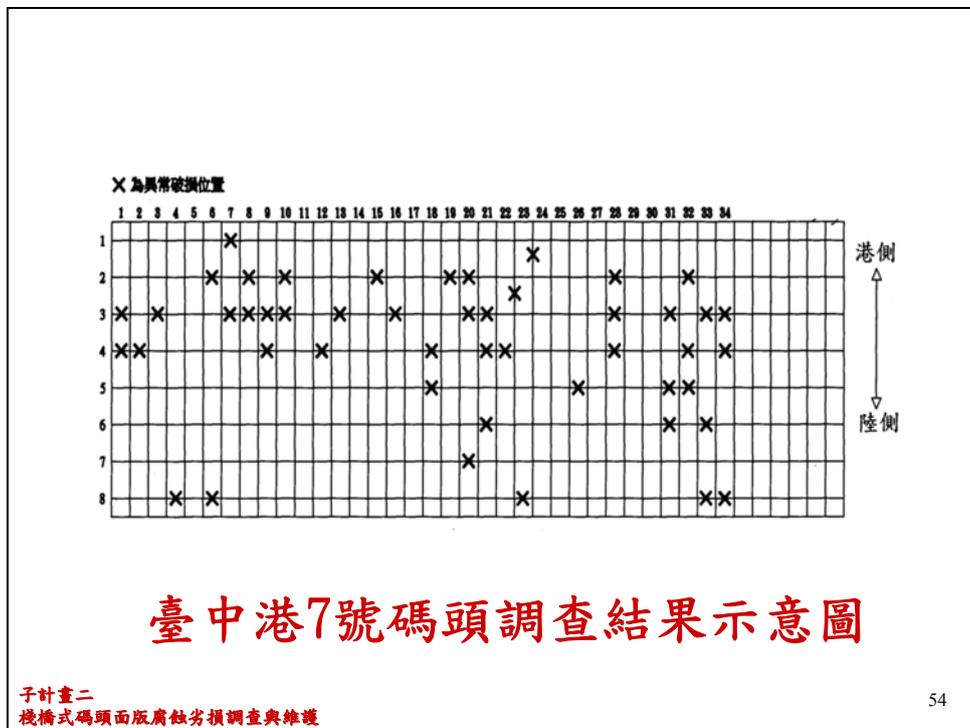


子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

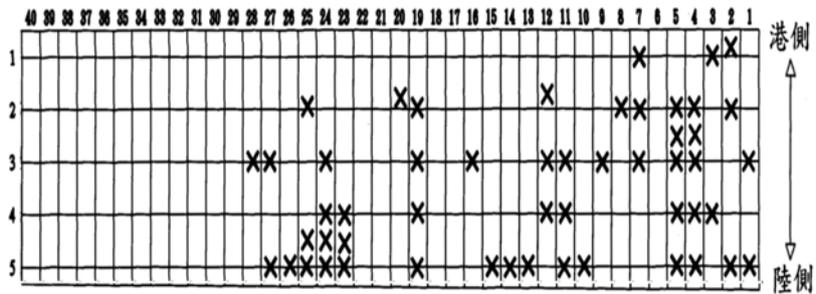


臺中港碼頭調查照片1

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護



X 為異常破損位置



臺中港14號碼頭調查結果示意圖

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

57

臺中港棧橋式碼頭面版劣損調查結果1

碼頭編號	結構型式	建造日期	調查結果 (劣損嚴重數量)				建議處理方式
			面版	梁	基樁	護坡	
5A	直樁	65	7	12	0	0	註2
5	直樁	65	0	15	0	0	註2
6	直樁	65	0	15	0	0	註2
7	直樁	65	1	46	0	0	註1
8	直樁	65	4	26	0	0	註1
8A	直樁	65-72	26	32	0	0	註1
9	直樁+斜樁	65-72	11	1	0	0	註2
10	直樁+斜樁	65-72	3	2	0	0	註2

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

臺中港棧橋式碼頭面版劣損調查結果2

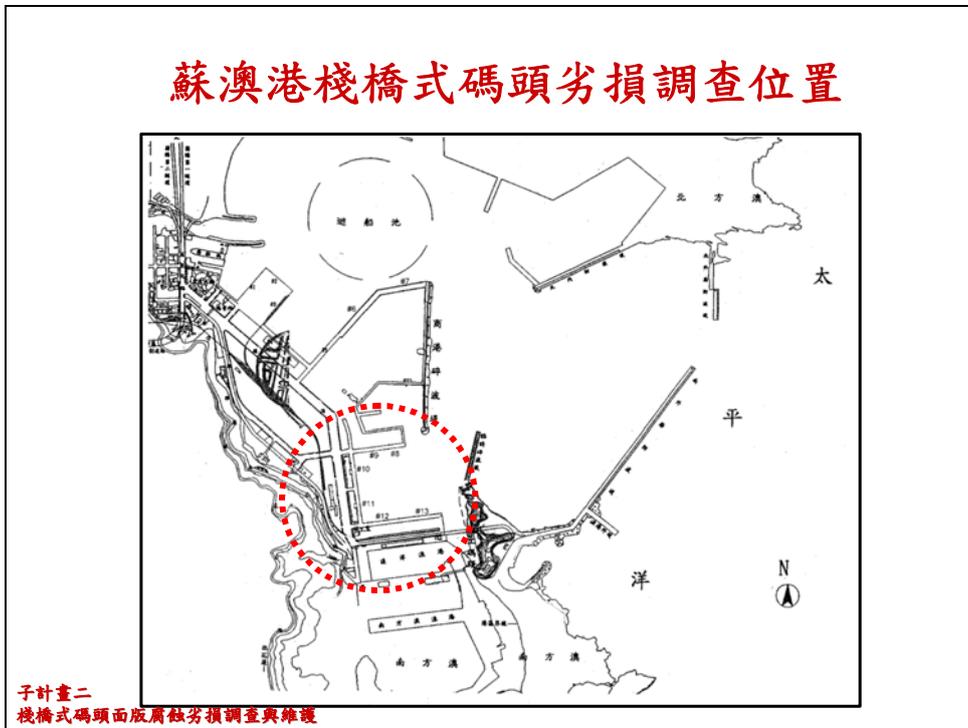
碼頭 編號	結構 型式	建造 日期	調查結果 (劣損嚴重數量)				建議處理 方式
			面版	梁	基樁	護坡	
11	直樁+ 斜樁	65-72	7	0	0	0	註2
12	直樁	65-72	4	11	0	0	註2
13	直樁	65-72	11	17	0	0	註2
14	直樁	65-72	9	41	0	0	註1
15	直樁	65-72	3	14	0	0	註1
22	直樁	82	0	0	0	0	註3
26	直樁	65-72	7	12	0	0	註2
27	直樁	65-72	9	26	0	0	註2

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

臺中港棧橋式碼頭面版劣損調查結果3

碼頭 編號	結構 型式	建造 日期	調查結果 (劣損嚴重數量)				建議處理 方式
			面版	梁	基樁	護坡	
28	直樁	65-72	8	24	0	0	註2
29	直樁	65-72	4	28	0	0	註2
30	直樁+斜樁	83	0	0	0	0	註2
31	直樁+斜樁	84	0	0	0	0	註3
32	直樁+斜樁	84	0	0	0	0	註3
33	直樁+斜樁	85	14	0	0	0	註1
34	直樁+斜樁	85	0	0	0	0	註3
35	直樁+斜樁	86	0	0	0	0	註3

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護





6號碼頭-02-5



10號碼頭-02-5



12號碼頭-20



7號碼頭-46-3



11號碼頭-28



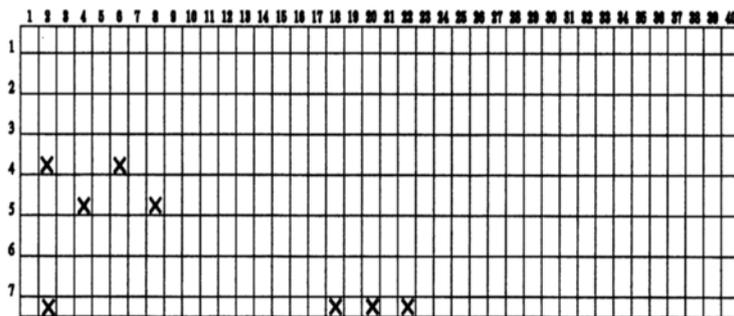
13號碼頭-31

蘇澳港碼頭調查照片

子計畫二
棧橋式碼頭面板腐蝕劣損調查與維護

63

× 為異常破壞位置



蘇澳港10號碼頭調查結果示意圖

子計畫二
棧橋式碼頭面板腐蝕劣損調查與維護

64

蘇澳港棧橋式碼頭面版劣損調查結果

碼頭 編號	結構 型式	建造 日期	調查結果 (劣損嚴重數量)				建議處理 方式
			面版	梁	基樁	護坡	
6	直樁	65	23	0	0	0	註2
7	直樁	65	14	0	0	0	註2
10	直樁	65	8	0	0	0	註2
11	直樁	65	10	0	0	0	註2
12	直樁	65	8	0	0	0	註1
13	直樁	65-72	18	0	0	0	註1

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

四、結論與建議

-  本年度共調查臺中港24座碼頭（5A至35號碼頭）及蘇澳港6座碼頭（6-7及10-13號碼頭）。
-  結果顯示，臺中港棧橋式碼頭劣損情形包括面版及梁等鋼筋混凝土構件，部份發現混凝土剝落與鋼筋腐蝕外露或斷裂；蘇澳港棧橋式碼頭則僅面版出現上述劣損行為。

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

四、結論與建議

- ⑩ 依碼頭劣損程度區分，臺中港以7號、8號、8A及14號等4座碼頭，建議應即針對碼頭整體結構安全及構造功能進行細部檢測並速予進行維修。
- 臺中港13號及26至29號等5座碼頭應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。22號、31-32號及34-35號等5座碼頭則未於調查時，則未發現鋼筋混凝土構件有較嚴重之劣損情形。
- 蘇澳港以12號及13號等2座碼頭面版劣損數量及範圍最大，其餘碼頭次之，建議亦應及早進行維修。

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

四、結論與建議

- ⑩ 依碼頭使用時間與發生損壞關係區分，使用時間如超過20年，其發生損壞機率將明顯增加。
- ⑩ 本次調查之碼頭其基樁與護坡等，均未發現鋼筋混凝土構件有劣損或破壞散亂情形。

子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

四、結論與建議

- ❖ 臺中港之棧橋式碼頭共有41座，本次調查僅有24座，尚有17座碼頭未實施調查，建議碼頭如使用時間已超過20年者，須優先考量實施調查。
- ❖ 棧橋式碼頭如僅進行初步檢測，其檢測項目因包含水下構件部份，結果無法立即顯示或發現面版或梁之劣化損壞情形，為確保碼頭結構安全與營運功能，建議棧橋式碼頭如使用時間已超過20年，應實施定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



子計畫二
棧橋式碼頭面版腐蝕劣損調查與維護

子計畫三

構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

簡報內容

- 一、計畫背景分析
- 二、研究內容與工作項目
- 三、結論
- 四、建議

一、計畫背景分析

- 交通部運輸研究所港研中心於2007年起開始進行兩年期之「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」，已初步建立大氣環境腐蝕因子資料庫；但因調查時間僅為兩年，為瞭解長期之腐蝕速率變化，擬持續進行長期調查與試驗分析。
- 本研究計畫的主要目的為持續進行臺灣全島之大氣腐蝕調查與研究，選擇具有腐蝕特性的地點，進行為期10年的金屬腐蝕速率調查，並研擬有機塗裝防蝕規範草案，提供構造物耐久性與防蝕設計的須要，完善臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

二、研究內容與工作項目

- 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。
- 現地金屬試片暴露試驗：選擇三處具有腐蝕特性的地點，依據ISO 9226製作試片，實施10年期之現地暴露試驗。
- 資料蒐集與分析：依據現地取樣與試驗調查結果，進行第一年試驗之腐蝕分析探討。
- 大氣腐蝕因子資料庫維護：將本年度各項研究成果，增建或修正於港研中心所建立之大氣腐蝕因子資料庫內。
- 塗裝防蝕規範草案研擬：依據國際標準組織 ISO 12944規範，研擬塗裝防蝕規範草案。
- 資料庫教育訓練與技術轉移。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

現地金屬暴露試驗

- 試片種類：碳鋼、鋅、鋁、銅四種屬板狀試片
- 試片尺寸：依據ASTM G 50，長150mm × 寬100mm × 厚5 mm之試片。
- 試驗期間：為期10年
- 取樣頻率：共6次
 - 第1年、第2年、第3年、第5年、第8年與第10年各一次。
- 試驗場地
 - 選擇不同腐蝕環境區域，如腐蝕嚴重的鹽害區-台中火力電場、工業區-麥寮工業區，以及腐蝕較輕微的鄉村區-溪頭森林區(對照組)等3處。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

板狀試片建置



鹽害區-台中火力電廠

工業區-麥寮工業區

鄉村區-溪頭森林區

設置時間：97年10月中旬

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

板狀試片建置



鹽害區-
台中火力電廠



工業區-
麥寮工業區



鄉村區-
溪頭森林區

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

檢視日期：98年6月10日

現地暴露試驗試片遺失明細

檢視日期：98年6月10日

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

港研中心板狀試片安裝



鹽害區試驗場址：由台中火力電廠遷至港灣技術研究中心

設置時間：98年06月24日

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

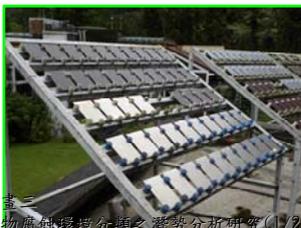


檢視日期：98年9月28日
暴露時間約1年

港研中心

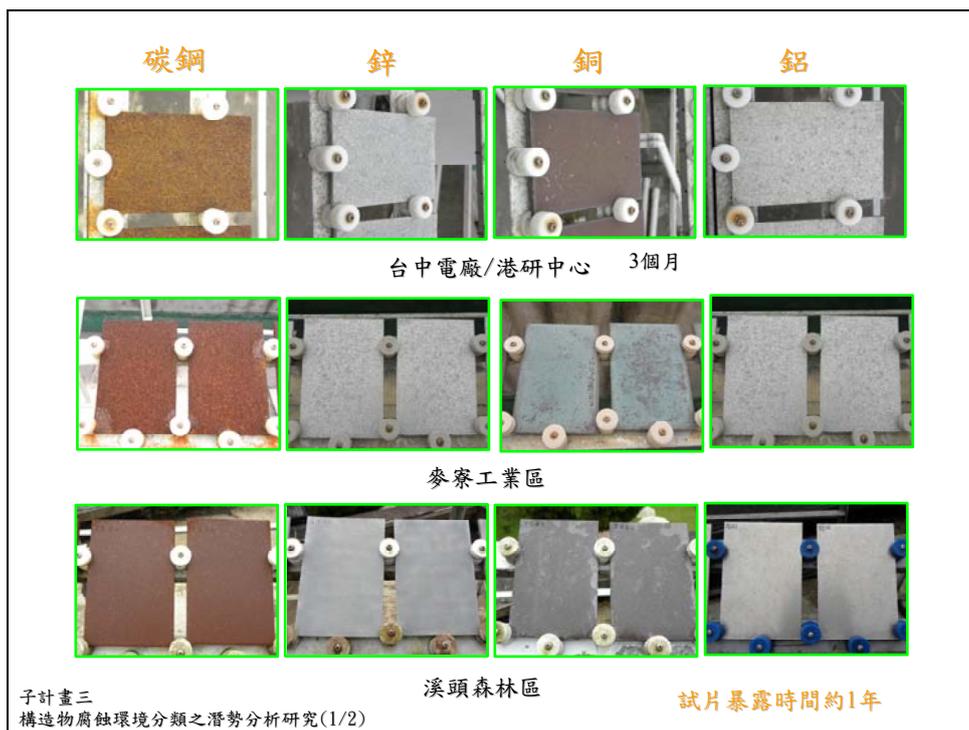


麥寮工業區



溪頭森林區

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)



板狀試片暴露一年期 各金屬之腐蝕速率與腐蝕環境分類

註：-表示試片遺失，重新佈放試片之暴露時間未滿一年

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

塗裝防蝕規範草案研擬

- 依據國際標準組織ISO 12944規範，研擬塗裝防蝕規範草案。ISO 12944共有8個部分，如下：
 - 第一部分 總則
 - 第二部分 環境分類
 - 第三部分 設計考量
 - 第四部分 表面類型及表面處理
 - 第五部分 保護塗料系統
 - 第六部分 實驗室性能測試方法
 - 第七部分 塗裝工程的施作與管理
 - 第八部分 新建與維護作業說明書之制定

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-1，總則

- ISO 12944為鋼構造物腐蝕保護之塗料系統介紹。
- ISO 12944規範內所述之塗料系統功能僅針對鋼構造物的腐蝕現象提供保護，至於微生物(如海洋污損、細菌、真菌等)、化學物質(如酸性、鹼性、有機溶劑、氣體等)、機械作用(如磨耗等)與火災的控制，未列入ISO12944中。
- 其所應用的領域分類為：
 - 構件的種類
 - 表面的種類及表面處理的種類
 - 環境的種類
 - 保護塗料系統
 - 工程的種類以及保護塗料系統的耐久性

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-1

- **構件種類：**ISO 12944僅考量經過核可的強度計算所設計之構件，**版厚不小於3mm的碳鋼或低合金鋼**(例如符合EN10025的鋼材)；至於鋼筋混凝土構件並不列入ISO 12944之考量。
- **表面種類及表面處理種類：**
 - 未有塗裝之表面(uncoated surfaces)，
 - 以鋅、鋁或其合金熱熔射處理之表面，
 - 熱浸鍍鋅之表面，
 - 電鍍鋅之表面，
 - 滲鋅之表面，
 - 預塗底漆之表面，
 - 其他塗漆之表面(other painted surfaces)。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-1

- **環境的種類：**
 - 大氣腐蝕環境分類中的六個分類，
 - 水中與土壤環境分類中的三個分類。
- **保護塗料系統：**

ISO 12944塗料系統的種類為在環境溫度下乾燥和固化的塗料，但不包括：

 - 粉體塗料，
 - 烤漆，
 - 熱固化塗料，
 - 乾膜厚度超過2 mm的厚塗型塗料，
 - 桶槽內襯，以及
 - 表面化學處理的產品(如磷酸鹽溶液)

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-1

- 工程之種類：

ISO 12944塗料系統涵蓋了新建構造物的塗裝與既建構造物塗裝系統的修補與維護。

- 保護塗料系統的耐久性：

耐久性定義的範圍並非指”保固期限”，而是提供業主安排修補維護計畫的一個考量。耐久性在ISO 12944中的定義為完工後到第一次須要主要修補維護的時間，可分為

短期：2~5年，

中期：5~15年與

長期：15年以上

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-2，環境分類

範圍

- 藉著試片重量的損失(或厚度的損失)來決定其大氣腐蝕性的類別，並描述鋼構件所暴露之典型的大氣環境，給予腐蝕速率估算的建議。
- 描述各種鋼構件埋於土壤或浸漬於水中等環境類。
- 一些特殊的腐蝕因子可能會造成腐蝕速率的增加或是防蝕塗裝系統性能上較高的要求。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-2

- **大氣腐蝕**：針對碳鋼與鋅金屬在大氣中以最初第一年之腐蝕率大小，區分為C1, C2, C3, C4, C5-I, C5-M六個等級，C1表示腐蝕性非常低(very low)，C2表示腐蝕性低(low)，C3表示腐蝕性中等(medium)，C4表示腐蝕性高(high)，C5-I表示工業環境腐蝕性非常高(very high)，C5-M表示海洋環境腐蝕性非常高(very high)。
- **水中的浸漬**可分為三大區域，如下：
 - 水下區(underwater zone)指該區域將永遠浸漬於水中。
 - 中間區(intermediate zone)指的是該區水位將隨著自然或人工的影響而改變，因此結合了水和氣體的衝擊，進而加速了腐蝕的進行。
 - 飛濺區(splash zone)指的是該區域由於波浪與噴霧的作用造成特別高的腐蝕速率(尤其是在海水中)。
- **土壤的腐蝕性**取決於土中礦物的含量、礦物的特性，以及有機物質的含量，如水與氧氣。此外，土壤的通氣程度亦強烈影響土壤的腐蝕性。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

大氣腐蝕環境分類以及環境例舉

腐蝕性分類	單位面積的質量損失/厚度損失 (一年的曝露之後)				於溫帶的典型環境的例子 (參考用)	
	低碳鋼		鋅板		外部	內部
	質量損失 g/m ²	厚度損失 μm	質量損失 g/m ²	厚度損失 μm		
C 1 非常低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	—	乾淨的空氣於熱的建築物，如：辦公室、商店、學校、旅館等
C 2 低	>10 to 200	>1.3 to 25	>0.7 to 5	>0.1 to 0.7	低污染度的空氣，大多為農業區域	不熱的建築物，則通常冷凝會發生，如倉庫、體育館
C 3 中度	>200 to 400	>25 to 50	>5 to 15	>0.7 to 2.1	都市和工業的大氣，中度的二氧化硫的污染，以及低鹽度的海岸	工廠內，高濕度以及些為空氣污染，如食品加工廠、洗衣間、釀造廠及乳品業
C 4 高	>400 to 650	>50 to 80	>15 to 30	>2.1 to 4.2	工業區域及中等鹽度的海岸	化學工廠、游泳池及近海作業船隻和船塢
C 5-I 非常高 (工業)	>650 to 1500	>80 to 200	>30 to 60	>4.2 to 8.4	高濕度且具侵略性的大氣之工業區域	建築物或該區域內幾乎永遠都有冷凝水的發生或是高度的污染
C 5-M 非常高 (海洋)	>650 to 1500	>80 to 200	>30 to 60	>4.2 to 8.4	近海或海岸等高鹽度的區域	建築物或該區域內幾乎永遠都有冷凝水的發生或是高度的污染

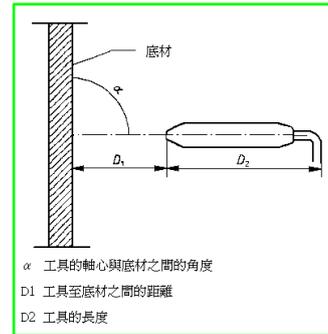
注意

1. 用於表中的質量損失等數值與 ISO9223 中所提供的相符合。
2. 於高溫、潮濕的近海區域，其質量損失之數值將超過 C 5-I 類別的上限，因此在選擇防蝕塗裝系統時要小心。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-3 ，設計考量

- 為針對鋼結構構件的開口、間隙和裂縫、邊緣、焊縫等能夠達到理想的防蝕效果提出適當的設計考慮。如易入性-於防蝕作業工作的所需工作距離如下：



子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-4 ， 表面類型及表面處理

- 介紹被保護鋼結構物底材表面的類型與表面處理的方法(如機械、化學和熱處理)，包括表面處理級別、表面粗糙度、表面準備級別評定、鋼材的臨時保護、臨時或局部保護鋼材之表面處理、熱浸鍍鋅或電鍍鋅層的表面處理、金屬熔射層的表面處理、其他塗層的表面處理以及影響環境因素等。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-5，保護塗料系統

- ISO 12944-5是由ISO/TC35技術委員會「塗裝與修飾－鋼構防蝕之塗裝系統」SC14分會制定，**第二版(2007)經過技術修訂並取代了第一版 (ISO 12944-5: 1998)**，修訂部分包括減少塗裝系統以及表格的數量，所以表格中的塗裝系統也因此而有所更改。
- ISO 12944-5提供了與塗層體系的相關的一些項目和定義，以及針對不同類型防護塗層體系選擇的建議。
- ISO12944在此章節也描述了常用的防蝕塗裝系統和油漆，同時也對**在不同環境(見ISO12944-2)和不同表面處理等級(見ISO12944-4)，以及不同耐久性(見ISO12944-1)的要求下，如何選擇塗裝系統**提供了說明。塗裝系統的耐久性可分為短期、中期、長期。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-6，實驗室性能測試方法

- ISO 12944此部分敘述實驗室測試方法和鋼構件防蝕塗裝系統評估之測試狀況，測試的結果將可做為塗裝系統選擇的參考，但不得做為評估耐久度精確無誤的指標。
- ISO 12944此部分**涵蓋了無塗層鋼結構、熱浸鍍鋅鋼材以及熱熔射鋼材結構表面的防護塗料體系之設計應用**。但此部分並不能應用於電鍍鋅板鋼材的塗裝系統上。
- ISO12944此部分中的一些測試**不適用於水性塗裝系統**，不過，某些水性塗裝系統還是必須符合在此規範描述的試驗程序、測試和評估，但測試結果須要另行考慮。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-7

塗裝工程的施作與管理

- 本部分描述塗裝工作是如何在工廠和現場進行，以及施工前塗料的搬運和貯存、塗料的施工方法、施工中的檢查與塗料系統的驗收等。
- 此章節不能應用於：
 - 塗裝的表面處理作業(見ISO 12944-4)以及該作業的監督工作。
 - 金屬塗裝的施作。
 - 預處理方式如磷酸鹽和酪酸鹽去脂，以及如浸泡，粉體塗裝或鋼捲塗裝等塗裝方式。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

塗裝評估-參考區域的選擇

- 塗裝的估驗方式應由各相關單位協議，最好採用國際性或是國家性的標準。
- 參考區域的選擇：

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

ISO 12944-8，

新建與維護作業說明書之制定

- ISO 12944此部分討論採用防蝕塗裝系統在工地現場和廠內進行鋼結構防蝕保護的新建塗裝和維護塗裝所需作業說明書的制訂，也適用於鋼結構單一構件或元件。ISO 12944此部分與鋼構件暴露於不同的環境腐蝕因子下，如室內、室外、水中浸泡、埋於土壤，以及特殊因子像是高溫和低溫等不同範圍的耐久度的需求將列入考量。
- 熱浸鍍鋅的鋼、金屬熔射、電鍍鋅、粉末鍍鋅以及經預塗（預處理底漆）的鋼材表面，也都涵蓋在ISO 12944此部分中。
- 於附錄B為用來評估該防蝕作業之品質以及該塗裝系統之效能的參考區域的使用。附錄C和D提供了新建和維護作業之計畫的詳細流程圖，應在撰寫說明書時列入考量。
- 環境中如有嚴重的腐蝕因子或是有高溫的情況時，或是該防蝕塗裝系統將施作於其他材質表面像是非鐵金屬或是混凝土等，則應將該說明書此列入考量之中。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

資料庫維護與擴充

根據去年度的系統功能，本年度在資料庫中擴充的功能如下：

- 前端版面更新：使資料庫前台呈現的介面與交通部運輸研究所以及港灣技術研究中心的風格一致，達到同性質的資料庫具備相同系列的呈現效果。
- 資料庫管理功能：延續去年的系統功能，在資料庫端建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。即使用的Microsoft WINDOWS/XP為作業平台，並選用Microsoft Access為資料庫，圖文介面則使用TeeChart 7.14 來撰寫。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

成立大氣腐蝕試驗室 98.07.01



臺灣地區大氣腐蝕環境分類資訊系統

The screenshot shows the homepage of the 'Taiwan Atmospheric Corrosion Environment Classification Information System'. At the top, there is a navigation bar with the title '臺灣地區大氣腐蝕環境分類資訊系統' and a sub-title '分類資訊系統'. Below the navigation bar are four menu items: '關於本計畫', '國內資料蒐集分析', '現地試驗資料', and '專家數據庫'. The main content area features a large graphic of a map of Taiwan, overlaid with images of industrial structures and a person working. Text on the map reads '臺灣地區大氣腐蝕環境分類資訊系統'. At the bottom, there is a footer with contact information for the National Applied Science and Technology Center, including the address '1024 *768 台北市中正區' and the website 'http://www.nstc.gov.tw'. The footer also mentions the system is compatible with 'IE6.0 或 Firefox 2.0 以上版本'.

三、結論

- 依據ISO 9223，在麥寮工業區之碳鋼、鋅、銅、鋁的大氣腐蝕環境分類分別為C5、C5、C5+、C5；台中火力電廠與梧棲港研中心鹽害區之碳鋼、鋅、鋁大氣腐蝕環境分類分別為C5、C5+、C5；至於鄉村的溪頭森林區，碳鋼、鋅、銅、鋁之大氣腐蝕環境分類則分別為C2、C3、C3、C2。
- 本年度在資料庫中擴充的功能包括前端版面更新與資料庫管理功能，即延續去年的系統功能，在資料庫端，建立監測點與數據的管理介面，使管理者再資料維護上更具方便性。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

四、建議

- 展望下一階段的計畫執行，資料庫的系統功能期望可透過適當的開發技術與工具達成。如使用Google Map，經由現在網站開發技術的結合，可大幅增加系統操作功能的友善性，並使資料庫中的數據呈全面性展開，增加大氣腐蝕因子資料庫的應用與推廣。

子計畫三
構造物腐蝕環境分類之潛勢分析研究(1/2)

簡報完畢
敬請指正

