97-70-7355
MOTC-IOT-96-H1DA001

港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(1/2)

交 通 部 運 輸 研 究 所
中華民國 97 年 4 月

97

港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究 (1/2)

交通部運輸研究所

GPN：1009701044
定價 300 元

97-70-7355
MOTC-IOT-96-H1DA001

港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(1/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、蘇吉立、羅建明、張道光

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究.(1/2)
/ 陳桂清等著. --初版. -- 臺北市 : 交通
部運研所, 民97.04
面; 公分
參考書目:面
ISBN 978-986-01-4078-1(平裝)

1. 港埠工程 2. 港埠管理

443.2 97007929

港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(1/2)

著　　者：陳桂清、柯正龍、蘇吉立、羅建明、張道光
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：臺北市敦化北路240號
網　　址：www.ihmt.gov.tw (中文版＞中心出版品)
電　　話：(04)26587176
出版年月：中華民國97年4月
印 刷 者：福島實業有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷130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
五南文化廣場：臺中市中山路6號•電話：(04)22260330

GPN：1009701044　　ISBN：978-986-01-4078-1（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：港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(1/2)

國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號
ISBN978-986-01-4078-1 (平裝)	1009701044	97-70-7355	96-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、蘇吉立、羅建明、張道光、陳義松、張阿平、李春榮、李昭明、何木火、陳毓清、魏瓊蓉、黃欣鳳、林隆貞
聯絡電話：04-26587118
傳真號碼：04-26564418

研究期間
自 96 年 01 月
至 96 年 12 月

關鍵詞：耐久性、腐蝕、港灣設施、維護管理系統

摘要：

臺灣為一海島，四面環海，位處環太平洋地震帶上，每年夏秋季節常有颱風侵襲，且地震發生頻繁。受此巨大天然外力襲擊，港灣結構物甚易損壞，對港埠設施安全與營運造成影響。

港灣設施長年處於海洋惡劣環境下，結構物是否安全堪用，必需明確瞭解與確保。因此，結構物現況調查、環境劣化因子之探討與維護管理甚為重要。鑑於上述觀點，本研究分為三個子計畫執行，分別為子計畫一(港灣構造物之現況調查研究)；子計畫二(碼頭維護管理系統建置之研究)；子計畫三(臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究)。

本年度已完成數座碼頭、防波堤現況調查，建置適用於重力式與鋼板樁碼頭之維護管理系統，大氣腐蝕劣化因子試驗場址(點)與試樣佈放，以及國內歷年氣象資料之蒐集。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
97 年 4 月	308	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**:** Deterioration Diagnosis and Corrosion Protection on Harbor Structures (1/2)

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN978-986-01-4078-1 (pbk)	1009701044	97-70-7355	96-H1DA001

DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER
DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chen Kuei-Ching
PROJECT STAFF: Ko Jeng-Long, Su Ch-li, Lo Chien-Ming,,
PHONE:04-26587118
FAX:04-26564418

PROJECT PERIOD

FROM January 2007
TO December 2007

KEY WORDS: Durability, Corrosion, Wharf facility, Maintenance management system

ABSTRACT：

Taiwan is an island surrounded by sea. It is located on the pacific earthquake zone. Many earthquakes and typhoons attack the island each year. Harbor structures confront these huge natural forces, but impact and marine ingression environment make the structures deteriorate, and become damaged. It greatly threatens structures safety and affects ports normal operation.

Under severe marine environmental impact, the safety and physical situations of structures should be specific confirmed and assured. Thus, field surveying, environmental factors, and maintenance strategy are focused on. For above aspects, three subjects are executed in the study. They were as follows: 1. Sub-project 1: Field Survey on Harbor Facilities. 2. Sub-project 2: Developing the System of Maintenance and Management for harbor wharf facility. 3. Sub-project 3: Corrosive Factors of Atmosphere in Taiwan.

The results were shown as follows: 1. Several wharves field physical inspections are completed. 2. Maintenance and management of the gravity & pile wharves are developed. 3. Corrosive factors of atmosphere test sites are chosen and in which samples are installed, while atmospheric relative information is collected.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
April 2008	308	300	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

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

港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(1/2)

目　錄

中文摘要 ..... Ⅰ

英文摘要 ..... Ⅱ

表目錄 ..... Ⅸ

圖目錄 ..... ⅩⅡ

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)：港灣構造物之現況調查研究 2-1

2.2.2 子計畫(二)：碼頭維護管理系統建置之研究 2-2

2.2.3 子計畫(三)：臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究 2-3

第三章 港灣構造物之現況調查研究 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 研究方法與進行步驟 3-3

3.2.1 調查範圍 3-4

3.2.2 構造物基本資料蒐集.....3-4
3.2.3 檢測及維修歷史.....3-4
3.2.4 整體結構變形檢測及構造主結構體檢測.....3-4
3.2.5 鋼板樁水下檢測.....3-6
3.2.6 非主結構體檢測.....3-7
3.2.7 構造物初步檢測評估.....3-7
3.2.8 完成檢測或進行細部評估.....3-10
3.3 結果與討論.....3-11
3.3.1 蘇澳港 4 號碼頭.....3-11
3.3.2 蘇澳港 9 號碼頭.....3-15
3.3.3 蘇澳港 13 號碼頭.....3-19
3.3.4 花蓮港 4 號碼頭.....3-24
3.3.5 花蓮港 20 號碼頭.....3-28
3.3.6 高雄港 51 號碼頭.....3-31
3.3.7 高雄港 52 號碼頭.....3-35
3.3.8 臺北港 13 號碼頭.....3-38
3.3.9 臺北港 14 號碼頭.....3-47
3.4 小結.....3-55
第四章 碼頭本體設施維護管理系統建置之研究.....4-1
4.1 前言.....4-1
4.1.1 研究動機.....4-1
4.1.2 研究目的.....4-2

4.1.3 文獻回顧 4-2
4.1.4 研究方法、時程與目標 4-3
4.2 系統之基本界定 4-4
4.2.1 系統規劃 4-4
4.2.2 碼頭安全定義 4-4
4.2.3 檢測標的之界定 4-5
4.2.4 適用人員之界定 4-5
4.2.5 檢測時機之界定 4-6
4.2.6 檢測作業階段之界定 4-7
4.2.7 碼頭異象分類之統合 4-8
4.2.8 碼頭異象之特性 4-8
4.2.9 碼頭異象之成因與常現行為分佈狀況 4-10
4.2.10 碼頭本體設施結構之相關標定 4-11
4.2.11 碼頭本體設施定義與分類 4-11
4.2.12 導致碼頭外部異象基本機制之標定 4-12
4.2.13 碼頭基本檢測部位之標定 4-15
4.3 系統之建構 4-18
4.3.1 系統研建之淵源 4-18
4.3.2 系統研建之特點 4-18
4.3.3 系統之組成 4-19
4.3.4 系統圖表之建構、編碼與分類 4-20
4.3.5 安全檢測表單首頁之建構 4-20

4.3.6 系統表 A0 之建構 4-21
4.3.7 系統表 B0 之建構 4-22
4.3.8 系統表 C0 之建構 4-23
4.3.9 系統表 D0 之建構 4-24
4.3.10 系統表 E0 之建構 4-25
4.3.11 系統表 F1 之建構 4-26
4.3.12 系統表 F2 之建構 4-27
4.3.13 系統表 F3 之建構 4-28
4.3.14 系統表 G0 之建構 4-28
4.3.15 系統表 H0 之建構 4-30
4.3.16 系統圖 H1 之建構 4-30
4.3.17 系統圖 H2 之建構 4-31
4.3.18 系統圖 H3 之建構 4-32
4.3.19 系統圖 H4 之建構 4-33
4.3.20 系統表 S1 之建構 4-35
4.3.21 系統表 S2 之建構 4-36
4.3.22 系統表 S3 之建構 4-37
4.3.23 系統表 S4 之建構 4-38
4.3.24 系統表 S5 之建構 4-39
4.3.25 系統表 S6 之建構 4-40
4.4 系統之驗證與應用 4-41
4.4.1 臺中港 1 號碼頭歷史案例之驗證 4-41

4.4.2 澎湖縣龍門尖山港五期碼頭案例之驗證 4-43
4.4.3 高雄港 1-1 號碼頭現地調查之應用 4-44
4.4.4 基隆港 E-6 號碼頭現地調查之應用案例.....4-45
4.4.5 基隆港 E-7 號碼頭現地調查之應用案例.....4-46
4.4.6 基隆港 W-16 號碼頭現地調查之應用 4-47
4.4.7 基隆港 E-19 號碼頭現地調查之應用.....4-48
4.5 小結 4-49
第五章 臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究.....5-1
5.1 前言 5-1
5.2 研究方法及進行步驟.....5-2
5.2.1 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析.....5-4
5.2.2 大氣腐蝕因子調查建置.....5-4
5.2.3 現地暴露試驗.....5-7
5.2.4 資料蒐集與初步分析.....5-8
5.2.5 大氣腐蝕因子資料庫建立.....5-10
5.3 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析.....5-10
5.3.1 大氣腐蝕測試規範.....5-10
5.3.2 大氣腐蝕因子介紹.....5-12
5.3.3 影響大氣腐蝕的因素.....5-13
5.3.4 臺灣大氣腐蝕環境.....5-15
5.4 氣象與空氣污染資料蒐集分析.....5-15
5.4.1 氣象資料分析 5-15

5.4.2 環保署空氣品質監測資料分析.....5-18
5.5 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗調查建置.....5-19
5.5.1 調查範圍.....5-19
5.5.2 氯鹽沉積速率調查.....5-20
5.5.3 二氧化硫沉積速率調查.....5-28
5.5.4 濕潤時間百分比.....5-33
5.5.5 現地暴露試驗.....5-37
5.6 大氣腐蝕因子資料庫建立.....5-49
5.6.1 系統功能規劃.....5-49
5.6.2 系統架構規劃.....5-50
5.6.3 電腦環境規劃.....5-50
5.7 小結.....5-50
第六章 結論與建議.....6-1
參考文獻.....7-1
附錄 1 自辦計畫審查意見處理情形表.....8-1
附錄 2 自辦計畫審查簡報資料.....9-1

表 目 錄

表 3-1 碼頭構造物初步檢測評估表 3-5
表 3-2 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-1 3-9
表 3-2 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-2（續） 3-10
表 3-3 蘇澳港 4 號碼頭初步檢測表 3-14
表 3-4 蘇澳港 9 號碼頭初步檢測表 3-18
表 3-5 蘇澳港 13 號碼頭初步檢測表 3-23
表 3-6 花蓮港 4 號碼頭初步檢測表 3-27
表 3-7 花蓮港 20 號碼頭初步檢測表 3-30
表 3-8 高雄港 51 號碼頭初步檢測表 3-34
表 3-9 高雄港 52 號碼頭初步檢測表 3-37
表 3-10 臺北港 13 號碼頭初步檢測表 3-42
表 3-11 臺北港 13 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表 3-44
表 3-12 臺北港 13 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表 3-45
表 3-13 臺北港 13 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果 3-46
表 3-14 臺北港 14 碼頭初步檢測表 3-49
表 3-15 臺北港 14 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表 3-52
表 3-16 臺北港 14 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表 3-53
表 3-17 臺北港 14 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果 3-54
表 4-1 高雄港碼頭外視異象實地勘查案例統計表 4-9
表 4-2 安全檢測表單首頁 4-20
表 4-3 港灣設施安全檢測評估系統表-A0 4-21
表 4-4 港灣設施安全檢測評估系統表-B0 4-22

表 4-5 港灣設施安全檢測評估系統表-C0 4-23
表 4-6 港灣設施安全檢測評估系統表-D0 4-24
表 4-7 港灣設施安全檢測評估系統表-E0 4-25
表 4-8 港灣設施安全檢測評估系統表-F1 4-26
表 4-9 港灣設施安全檢測評估系統表-F2 4-27
表 4-10 港灣設施安全檢測評估系統表-F3 4-28
表 4-11 港灣設施安全檢測評估系統表-G0 4-29
表 4-12 港灣設施安全檢測評估系統表-H0 4-30
表 4-13 港灣設施安全檢測評估系統表-S1 4-35
表 4-14 港灣設施安全檢測評估系統表-S2 4-36
表 4-15 港灣設施安全檢測評估系統表-S3 4-37
表 4-16 港灣設施安全檢測評估系統表-S4 4-38
表 4-17 港灣設施安全檢測評估系統表-S5 4-39
表 4-18 港灣設施安全檢測評估系統表-S6 4-40
表 4-19 臺中港 1 號碼頭安全檢測評估系統表-E0 4-42
表 4-20 澎湖縣龍門尖山港五期碼頭安全檢測評估系統表-E0 4-43
表 4-21 高雄港 1-1 號碼頭安全檢測評估系統表-E0 4-44
表 4-22 基隆港 E-6 號碼頭安全檢測評估系統表-E0 4-45
表 4-23 基隆港 E-7 號碼頭安全檢測評估系統表-E0 4-46
表 4-24 基隆港 W-16 號碼頭安全檢測評估系統表-E0 4-47
表 4-25 基隆港 E-19 號碼頭安全檢測評估系統表-E0 4-48
表 5-1 各試驗點之氯鹽沉積速率計算結果 5-24
表 5-2 聖帕颱風侵襲之氯鹽沉積速率計算結果 5-27
表 5-3 工業區二氧化硫沉積速率調查試驗點 5-29

表 5-4 各試驗點之二氧化硫沉積速率計算結果 5-31
表 5-5 ISO9223 濕潤時間分類 5-34
表 5-6 ISO9223 氯鹽沉積速率分類 5-34
表 5-7 ISO9223 二氧化硫(SO2) 沉積量分類 5-34
表 5-8 ISO9223 大氣腐蝕環境分類-以環境因子分類 5-35
表 5-9 各測點試驗期間濕潤時間百分比 5-36
表 5-10 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分類 5-43
表 5-11 2007 年 5 月至 10 月各金屬之腐蝕速 5-44

圖　目　錄

圖 3-1 構造物現況調查流程.....3-3
圖 3-2 鋼板樁碼頭水下檢測流程.....3-7
圖 3-3 蘇澳港碼頭位置示意圖.....3-11
圖 3-4 蘇澳港 4 號碼頭結構型式示意圖.....3-11
圖 3-5 蘇澳港 9 號碼頭結構型式示意圖.....3-15
圖 3-6 蘇澳港 9 號碼頭現況情形.....3-16
圖 3-7 蘇澳港 13 號碼頭結構型式示意圖.....3-19
圖 3-8 蘇澳港 13 號碼頭現況情形.....3-20
圖 3-9 蘇澳港 13 號碼頭面版腐蝕位置示意圖.....3-21
圖 3-10 花蓮港碼頭位置示意圖.....3-24
圖 3-11 花蓮港 4 號碼頭結構型式示意圖.....3-24
圖 3-12 花蓮港 4 號碼頭現況情形.....3-25
圖 3-13 花蓮港 20 號碼頭結構型式示意圖.....3-28
圖 3-14 高雄港碼頭位置示意圖.....3-31
圖 3-15 高雄港 51、52 號碼頭結構型式示意圖.....3-31
圖 3-16 高雄港 51 號碼頭現況情形.....3-32
圖 3-17 臺北港碼頭位置圖.....3-38
圖 3-18 臺北港 13、14 號碼頭結構型式.....3-38
圖 3-19 臺北港 13 號碼頭現況情形.....3-39

圖 3-20 臺北港 14 號碼頭現況情形.....3-47
圖 4-1 碼頭外部異象 3 大特性之關聯圖 4-9
圖 4-2 導致重力式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖 4-12
圖 4-3 導致重力式沉廂碼頭結構外部異象之主要機制示意圖 4-13
圖 4-4 導致版樁式錨錠樁碼頭結構外部異象之主要機制示意圖 4-13
圖 4-5 導致減壓平版式碼頭結構外部異象機制意圖 4-14
圖 4-6 導致棧橋式碼頭結構外部異象機制意圖 4-14
圖 4-7 重力式方塊碼頭檢測部位標稱示意圖 4-15
圖 4-8 重力式沉廂碼頭檢測部位標稱示意圖 4-16
圖 4-9 版樁式錨碇樁碼頭檢測部位標稱示意圖 4-16
圖 4-10 減壓平版式碼頭檢測部位標稱示意圖 4-17
圖 4-11 棧橋式碼頭檢測部位標稱示意圖 4-17
圖 4-12 檢測系統組成架構示意圖.....4-19
圖 4-13 安全檢測作業綱要與流程圖-H1 4-31
圖 4-14 重力式碼頭水下檢測作業綱要與流程圖-H2.....4-32
圖 4-15 鋼版(鋼管)樁碼頭水下檢測作業綱要與流程圖-H3 4-33
圖 4-16 棧橋式碼頭水下檢測作業綱要與流程圖-H4..... 4-34
圖 5-1 研究作業流程圖.....5-3
圖 5-2(a) 濕燭法燭心構造示意圖 5-5
圖 5-2(b) 濕燭法裝置構造圖 5-5
圖 5-3 二氧化硫沉積量採集裝置..... 5-6
圖 5-4 螺旋狀試片構造圖(CNS 13753) 5-8

圖 5-5 氯鹽沉積速率調查位置..... 5-22
圖 5-6 2007 年 5 月至 10 月臺灣地區氯鹽沉積速率等位圖 5-26
圖 5-7 2007 年 5 月至 10 月之氯鹽沉積速率與聖帕颱風侵襲之氯鹽沉積速率比較 5-28
圖 5-8 2007 年 5 月 88 至 10 月臺灣地區二氧化硫沉積速率等位圖 ..5-33
圖 5-9 現地暴露試驗試驗點分佈圖..... 5-39
圖 5-10 腐蝕生成物清除法作業流程..... 5-41
圖 5-11 碳鋼腐蝕速率(μm/yr.) 5-47
圖 5-12 鋅腐蝕速率(μm/yr.) 5-47
圖 5-13 銅腐蝕速率(μm/yr.) 5-48
圖 5-14 鋁腐蝕速率(g/m2/yr.) 5-48

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。

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。

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整合與建立，方能達成港灣設施之永續經營。

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。

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，本土大氣腐蝕因子的調查與掌握，對陸上土建構物尤其是金屬結構物之耐久性與防蝕設計之須求，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，為達到結構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，對結構物之耐久性與腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；臺灣近 10 年來並無任何單位進行全島區域之大氣腐蝕因子之調查與研究，因此進行當前大氣環境腐蝕因子的調查與研究，有其急迫性與必要性。

本年度已完成之工作內容如下；(1)台北港東 13 至東 14 號鋼板樁碼頭與蘇澳、花蓮及高雄港區碼頭之混凝土現況調查(2)碼頭本體設施維護管理系統建置之研究：本年度完成棧橋式碼頭檢測系統之建置 (3)國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析、大氣腐蝕因子調查建置、針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗、資料蒐集與初步分析與大氣腐蝕因子資料庫架構建置。

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 96 年 1 月起至民國 97 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)：港灣構造物之現況調查研究

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。

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。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。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，例如基隆港區數座鋼板(管)樁碼頭之腐蝕破損(洞)、蘇澳港區之南外廓防波堤沉箱之掏空塌陷、花蓮港新東防波堤胸牆之嚴重損毀，或其它突發性無預警之損壞事例，時有所聞。因此，港灣工程結構現況是否安全堪用，必需明確瞭解，俾採必要之防範措施。

2.2.1.2 研究內容

第一年(蘇澳港、高雄港、花蓮港及台北港碼頭現況調查)

本年度將以蘇澳港、高雄港、花蓮港及台北港為調查對象，各港區擇取數座碼頭或防波堤進行現況調查。研究重點如下：

1.碼頭、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.建立港灣設施之檢測與維護機制

4.檢測機制之實地操作與驗證

第二年(臺中港及基隆港碼頭現況調查）

本年度將以台中港及基隆港為調查對象，各港區擇取數座碼頭或防波堤進行現況調查。研究重點如下：

1.碼頭、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.建立港灣設施之檢測與維護機制

4.檢測機制之實地操作與驗證

2.2.2 子計畫(二)：碼頭維護管理系統建置之研究

2.2.2.1 計畫摘要

碼頭之營運頻繁，變數多，維護管理不易。且位處海洋環境，結構易受干涉、易老化，潛伏性問題多，常會造成港灣設施潛伏性與立即性的損壞，為確保碼頭正常運做及避免耗費巨資重建，藉助一套實用簡易之管理系統，做好碼頭維護管理是必要的，且營建自動化已為現今之趨勢，碼頭管理亦不應被排除在外。目前，港灣設施維護管理尚無一完整之系統，相關研究範圍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，且此部份之研究成果已漸趨成熟，唯許多細節尚待努力，如檢測作業務實化、檢測程序統一化、檢測斷面標準化、

異象行為整合分析等。

本研究之目的，擬先分別研建各式碼頭之簡易性、實務性、系統化與標準化之碼頭本體設施結構安全檢測系統，最後再整合建置一套碼頭本體設施維護管理系統，使爾後一般基層檢測人員或專業人員於執行檢測作業時有統一的調查模式、統一的溝通與描述語言，使調查模式簡單化、統一化與格式化，調查資料得以延續，資源得以整合，以利於日後港灣管理自動化之發展。

2.2.2.2 研究內容

第一年工作內容：

建置棧橋式碼頭本體設施簡易安全檢測系統。

1.資料搜集及維護作業標準化

(1)搜集各港維護管理作業程序等資料

(2)整合現行檢測作業，包括簡化檢測作業程序、務實化、統一化

(3)統一碼頭設施檢測斷面標準化

2.整合碼頭設施現況、損壞等異象行為之分類、分析

第二年工作內容：

1.整合各式碼頭本體設施結構之簡易安全檢測系統建置與現有維護技術。

2.建置碼頭本體設施維護管理系統。

2.2.3 子計畫(三)：臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究

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，本土大氣腐蝕因子的調查與掌握，對陸上土建構物尤其是金屬結構物之耐久性與防蝕設計之須求，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，為達到結構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，對結構物之耐久性與腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；臺灣近 10 年來並無任何單位進行全島區域之大氣腐蝕因子之調查與研究，因此進行當前大氣環境腐蝕因子的調查與研究，有其急迫性與必要性。

本計畫為期兩年，主要工作項目為大氣環境腐蝕因子調查與資料庫的建立，並完成臺灣大氣腐蝕環境分類，以作為新建與既有結構物耐久性與防蝕設計及維護管理之參考。

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：

(1)調查範圍：本年度將完成涵蓋台灣全島區域之試驗場址(點)選定及相關試樣擺放；須包含垂直海岸線與平行海岸線之調查規劃，調查區域的選擇須有腐蝕環境分類之代表性(如海洋區、工業區、城市區、鄉村區、鐵公路沿線等)，最終可繪製各腐蝕因子之等位圖。

(2)氣象資料蒐集分析：至少包括氣溫、相對溼度、風速、風向等資料，並針對歷年資料進行分析。

(3)腐蝕因子調查項目：包括相對溼度、氯鹽(Cl^-)與二氧化硫(SO_2)附著量之調查。

3.現地暴露試驗：針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗，建立腐蝕速率與大氣腐蝕因子之關聯性。

4.資料蒐集與初步分析：持續現地取樣與試驗調查，分析本年度成果與趨勢。

5.大氣腐蝕因子資料庫建立。

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：

(1)調查範圍:同第一年部份。

(2)氣象資料蒐集分析:同第一年部份。

(3)腐蝕因子調查項目:同第一年部份。

3.現地暴露試驗：同第一年部份。

4.資料蒐集與初步分析：持續現地取樣與試驗調查，分析本年度成果與趨勢。

5.大氣腐蝕因子資料庫建立。

第三章 港灣構造物之現況調查研究

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，外界腐蝕因子，如海水潑濺、氯離子、硫酸鹽、二氧化碳等侵襲，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。此外，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。

以蘇澳港及花蓮港為例，建造施工期間至今，每年均因颱風侵襲造成防波堤消波胸牆破損、沉箱鋼筋混凝土嚴重損壞和消波塊大量流失，堤面和護基方塊發生不等程度之嚴重損壞，造成營運及財物重大損失，因此，每年均需編列數百萬元以上經費進行災害維修獲改善研究；1999 年九月台灣地區發生規模達芮氏 7.3 的 921 集集大地震，台中港＃1 至＃4 號碼頭也發生後線陸地多處開裂、地層崩塌形成多處坑洞、碼頭沉箱與背填陸地龜裂並錯開分離、沉箱位移及傾斜，岸上相關設施及建築物傾倒破壞等，高雄港與基隆港也曾發生碼頭坍陷等損壞，都造成工程進度延誤或影響船舶進出安全及影響營運造成不便，損失難以估計。

國內目前交通部、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 年起委託

國立中山大學進行「港灣構造物安全檢測與評估之研究」，並研擬「港灣構造物安全檢測與評估之工作手冊（草案）」、運輸研究所港研中心則於民國 90 年研擬「港灣設施維護手冊（草案）」，運輸研究所並於民國 93 年起委託國立海洋大學進行「港灣構造物維護管理準則之研究」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）」內容選定國內商港數座不同型式之碼頭構造物進行現況調查，期能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

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

3.2 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選定蘇澳、花蓮、高雄及台北港不同碼頭型式實施現況調查，調查流程示如圖 3-1。

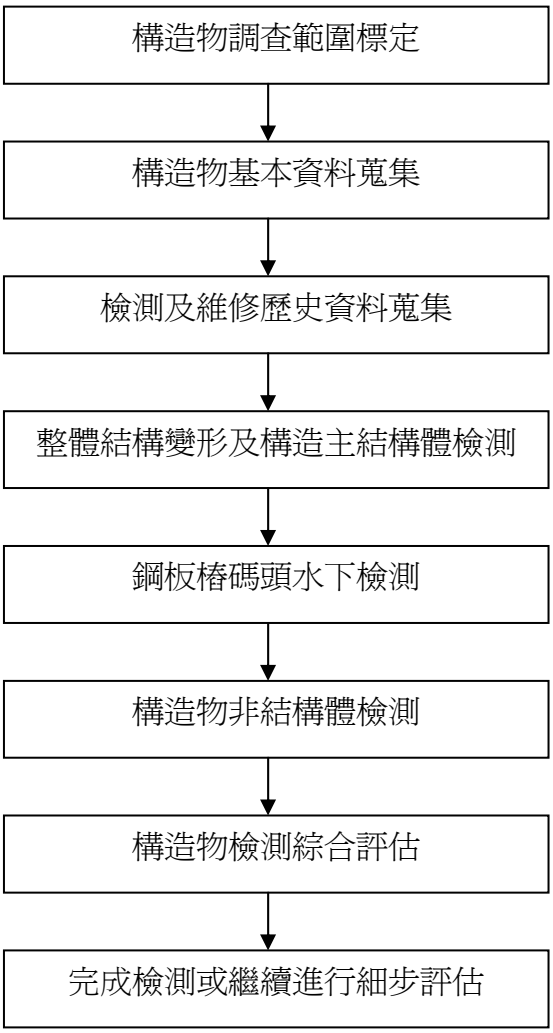


圖 3-1 構造物現況調查流程

3.2.1 調查範圍

本年度調查範圍包括：蘇澳港 4 號（沉箱重力式）碼頭、9 號（直立消波重力式）碼頭、13 號（R.C.基樁棧橋式）碼頭；花蓮港 4 號（鋼板樁式）碼頭、20 號（消坡及沉箱重力式）碼頭；高雄港 51、52 號（R.C.基樁棧橋式）碼頭及臺北港 13、14 號（鋼板樁式）碼頭，依初步檢測規定項目進行調查。

3.2.2 構造物基本資料蒐集

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

3.2.3 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。

3.2.4 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 3-1。

表 3-1　碼頭構造物初步檢測評估表

碼頭基本資料	隸屬港口：		碼頭編號:	檢測區段:	
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：	長度： 縱深：	水域深度	原設計： 目　前：	
	靠泊船隻屬性	☐ 貨櫃	☐ 化學(油)品	☐ 雜貨輪	☐ 其他
	碼頭構造型式	☐ 重力式	☐ 版樁式	☐ 棧橋式	☐ 其他
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭法線變形			4	
	碼頭岸壁傾斜			5	
	岸肩伸縮縫變形			4	
	(岸肩)混凝土強度			2	
	(岸肩)保護層厚度			2	
	(岸肩)鋼筋腐蝕探測			2	
	碼頭面(版)沈陷			4	
	(面版)混凝土強度			2	
	(面版)保護層厚度			2	
	(面版)鋼筋腐蝕探測			2	
	鋼版腐蝕檢測			3	
主體結構破壞評估		$ID_P=\sum_{i=1}^{N_P}(D_i+E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$			
非主結構設施破壞檢測	護舷材			3	
	繫船柱			2	
	擋車墻			1	
	排水給水設備			2	
	照明設施			2	
	油電管路			2	
	貨櫃起重機軌道			2	
	防颱固定座			2	
	其他				
	附屬設施破壞評估	$ID_A=\sum^{N_A}(D_i+E_i)\times R_i \Big/ \sum^{N_A} R_i =$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1=\sum_{i=1}^{N}(D_i+E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i =$			
檢測單位：　　檢測人：　　檢測時間：					

3.2.5 鋼板樁水下檢測

本研究另選定台北港 13、14 號鋼板樁碼頭進行水下檢測，為確保碼頭營運安全，除檢測鋼板樁現況外，並同時檢查海側鋼板樁有否發生鼓脹現象、海床土壤是否隆起、岸壁底端鋼筋混凝土腐蝕劣化情形；為確保陰極防蝕系統正常運作，達到保護鋼板樁免於腐蝕狀態，亦同步檢查電氣防蝕效能，提供作為碼頭安全評估參考。水下檢測流程如圖 3-2 所示。檢測方法如下：

3.2.5.1 構造物水下目視檢測

由潛水人員潛入水下，近距離以目視檢測鋼板樁表面腐蝕情況，如發現有破洞或變形則應先標定位置，丈量或記錄破洞大小，再檢查鋼板樁後方級配是否有流失、淘空等現象，並同時檢查海側鋼板樁鼓脹、海床土壤隆起與岸壁底端鋼筋混凝土腐蝕劣化情形，最後以照相或攝影存證。

3.2.5.2 犧牲陽極塊電氣防蝕效能檢測

由潛水人員潛入水下，近距離以目視檢測犧牲陽極塊外觀情形，並以銅/硫酸銅電極為準，量測時以高阻抗電位計或電錶之一端搭接於與鋼樁連結之不銹鋼電位測試棒上，另一端則置於欲量測之鋼樁旁梁測鋼板樁保護電位量測

防蝕效果的判斷標準，以飽和硫酸銅參考電極為例，若鋼鐵結構物之電位值較 -850 mV 為"負"，鋼鐵結構物為保護狀態，但若值較 -850 mV 為"正"，則表示保護不足或防蝕效果不佳。

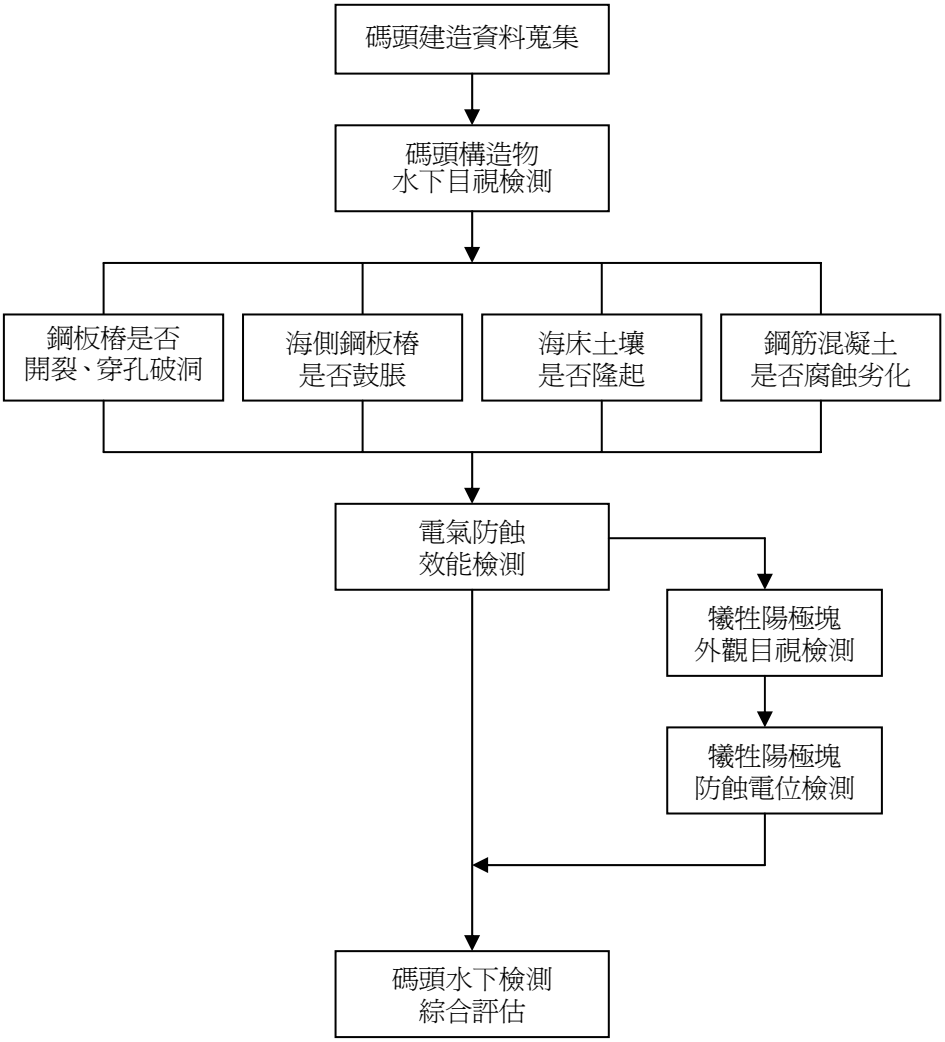


圖 3-2 鋼板樁碼頭水下檢測流程

3.2.6 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墻，給水排水設備，照明設備，供電供油相關之管線、管路等。

3.2.7 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無法判定或無法檢測，必須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，大於五之值均以 5 填入表格。R 值之決定則有賴經驗及訓練，故暫不對 R 值提出參考建議。

碼頭檢測項目之 D 值示如表 3-2，依據檢測結果，檢測值經下列公式換算後決定最後等級。

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

式中 ID_1 為初步檢測危險度指標(Index of Dangerousness) ，D_i、E_i、R_i 分別為各項檢測之檢測值，N 為檢測項目之總數。

ID_1 值越高則代表危險度越高，評估結果分成三個等級

(1) 第一等級為安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率；$0 \leqq ID_1 < 2$。

(2) 第二等級為安全無虞，無須進行細部檢測但於未來必須增加檢測頻率；$2 \leqq ID_1 < 4$。

(3) 第三等級為功能堪虞，小型立即性維修可改善功能狀況者者應立即進行(非主體結構之 ID≧4,但其他主結構體之 ID<4)，或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(主結構體或整體檢測值之 ID≧4)

表 3-2 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
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.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.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	2 3 4
碼頭法線	變形、扭曲	1.儀器檢測出法線偏移、扭曲 2.可目視觀察出法線偏移、扭曲	3 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.儀器檢測出輕微沈陷，或面版鋼筋完全露出，無腐蝕現象 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	2 3 4
混凝土強度	劣化、不足	1.強度不足為 10%以內 2.強度不足為 20%以內 3.強度不足為 30%以內 4.強度不足達 30%以上	1 2 3 4
保護層厚度	厚度不足	1.厚度不足為 20%以內 2.厚度不足為 30%以內 3.厚度不足為 40%以內 4.厚度不足達 40%以上	1 2 3 4
鋼筋腐蝕檢 視	鋼筋腐蝕	1.無明顯的鏽蝕區域 2.局部區域有鏽水出現 3.帶狀區域的鏽蝕、混凝土出現裂縫 4.一半區域的鋼筋鏽蝕，混凝土出現紅橙色片狀剝落	1 2 3 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 2.平均低潮位附近起，於 L.W.L.附近可見紅橙色生銹 3.於 L.W.L.至海底，有連續性的帶狀鏽蝕區分布 4.H.W.L.以上的飛沫帶及接近 L.W.L.的附近，在鋼版樁表面有明顯凹洞及氧化物剝落現象	1 2 3 4

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

3.2.8 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。

3.3 結果與討論

3.3.1 蘇澳港 4 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬沉箱重力式，設計水深為-11.0 m，碼頭位置及結構型式如圖 3-3 及圖 3-4 所示。以靠泊雜貨輪，載運水泥、煤礦為主。

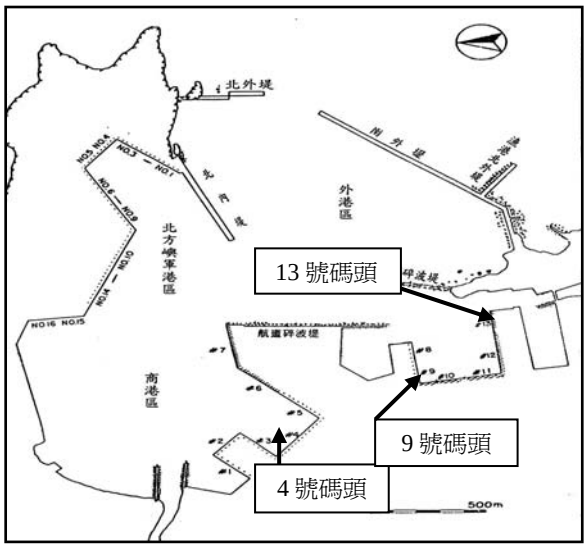


圖 3-3 蘇澳港碼頭位置示意圖

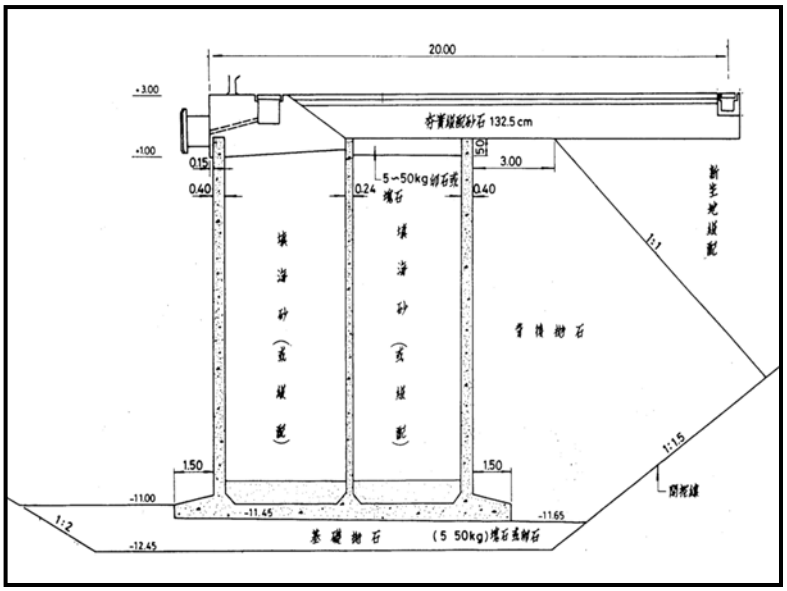


圖 3-4 蘇澳港 4 號碼頭結構型式示意圖

2.過去檢測及維修歷史：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：檢測重點包含是否傾斜、破損、位移等。本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=5。

(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=4。

(4)混凝土強度檢測：混凝土強度檢測項目之進行時機為，當無重大明顯的破壞發生時，或重大明顯的破壞發生原因不明確時，混凝土強度可視為與設計強度相當，即強度損失不大或可忽略，本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=2。

(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，故並未針對鋼筋腐蝕探測進行評估。

(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相對位移，故 D 值=0，E=0，R=4。

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 3-3 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。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，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)擋車墻：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：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-3 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.6，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

表 3-3 蘇澳港 4 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：4 號		
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：3.0 m	長度：300 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-11 m 目　前：-11 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☐化學(油)品　☑雜貨輪　☐其他			
	碼頭構造型式	☑沉箱重力式　☐版樁式　☐棧橋式　☐其他			
	上次檢測	時間：　單位：　區分：　結果：			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	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	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
	岸肩伸縮縫	0	0	4	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i = 0.4$			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車墻	----	----	----	----
	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	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i = 0.6$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i = 0.5$			
檢測單位：港灣技術研究中心　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 5 月					

3.3.2 蘇澳港 9 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬直立銷波重力式，設計水深為-7.5 m，碼頭位置及結構型式如圖 3-3 及圖 3-5 所示，以靠泊雜貨輪，載運原木為主。碼頭現況情形示如圖 3-6。

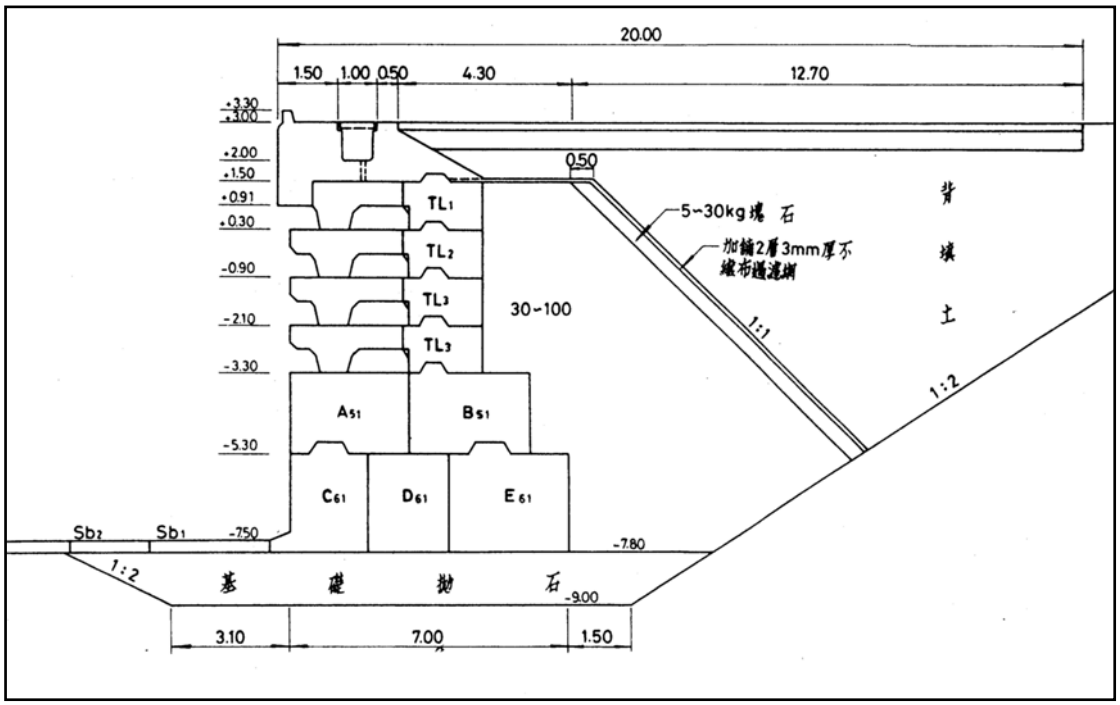


圖 3-5 蘇澳港 9 號碼頭結構型式示意圖

2.過去檢測及維修歷史：不詳。

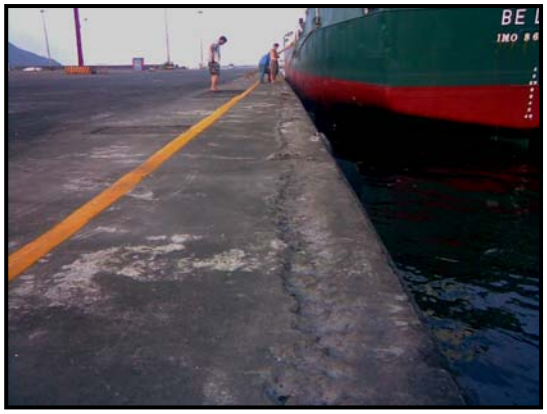
3.整體結構變形及構造主結構體檢測：檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

(1)碼頭岸壁體（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=5。

(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=4。

a.碼頭路面裂縫情形



b.碼頭岸壁與面版間裂縫

c.繫船柱與幾排水設備生鏽情形

d.碼頭混凝土蓋版缺陷

圖 3-6 蘇澳港 9 號碼頭現況情形

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=2。

(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)鋼版腐蝕檢測：本座碼頭非鋼版樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故並未實施此檢測項目。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間明顯相對位

移，但有出現輕微差異沉陷，故 D 值=1，E=1，R=4。

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 3-4 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.1，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，初檢評估結果為：D 值=0，E=0，R=3。

(2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，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)擋車墻：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：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-4 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.6，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

表 3-4 蘇澳港 9 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：9 號		
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：3.0 m	長度：125 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-7.5 m 目　前：-7.5 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☐ 化學(油)品 ☐ 雜貨輪　☑其他（原木）			
	碼頭構造型式	☑直立消波重力式　☐版樁式　☐棧橋式　☐其他			
	上次檢測	時間：　　單位：　　區分：　　結果：			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	2	4	12
	混凝土強度	0	0	2	0
	保護層厚度	----	----	----	----
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
	岸肩伸縮縫	1	1	4	8
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$ 1.1			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車墻	----	----	----	----
	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	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i = 0.6$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i = 0.9$			
檢測單位：港灣技術研究中心　　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 5 月					

3.3.3 蘇澳港 13 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬 R.C.基樁棧橋式，設計水深為 -9.0 m，碼頭位置及結構型式如圖 3-3 及圖 3-7 所示。以靠泊雜貨輪，載運砂石、礦料等為主。，碼頭現況情形示如圖 3-8。

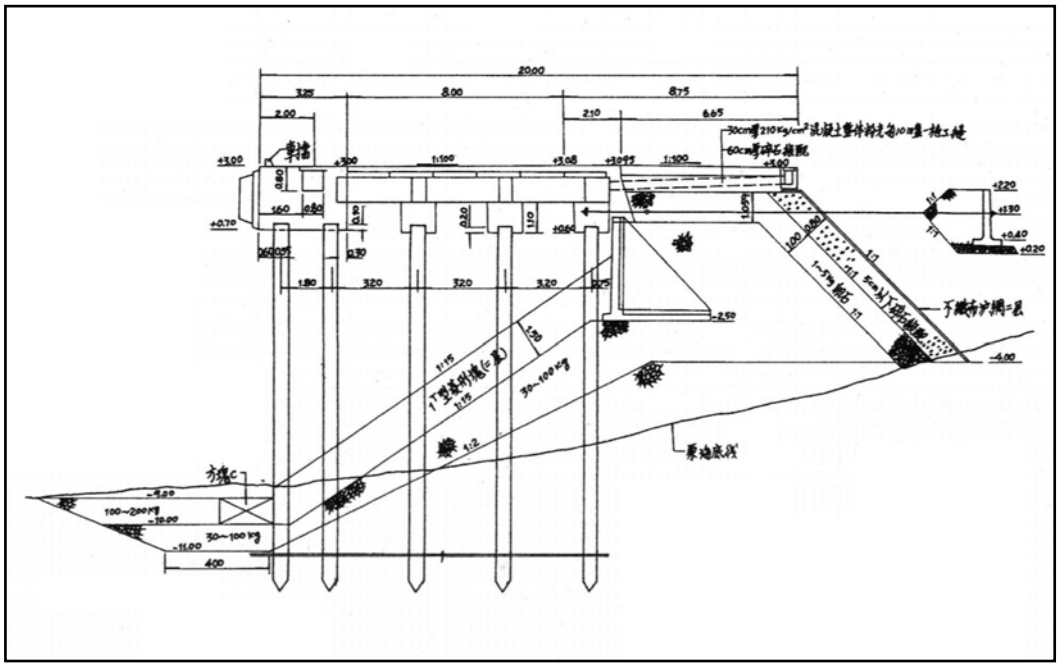


圖 3-7 蘇澳港 13 號碼頭結構型式示意圖

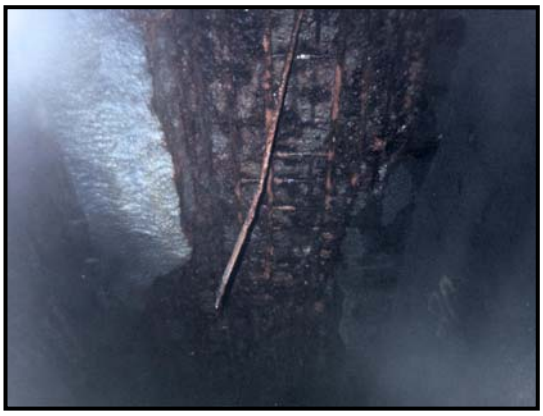
2.過去檢測及維修歷史：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：本座碼頭未發現明顯位移，故 D 值=0，E=0，R=5。

(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=5。

a.面版底部混凝土版剝落、鋼筋腐蝕 1



b.面版底部混凝土樑剝落、鋼筋腐蝕 2

c.碼頭後線沉陷情形

d.碼頭面版凹洞、伸縮縫變寬

e.碼頭給水排水設備保護 R.C.蓋版老舊

f.碼頭擋車牆破損、劣化

圖 3-8 蘇澳港 13 號碼頭現況之情形

(3)碼頭面版檢測：本座碼頭面版除出現裂縫開裂、明顯沉陷及材質劣化現象。面版底部混凝土剝落、鋼筋腐蝕生鏽外露或斷裂情形嚴重之面積超過整座碼頭之 50% 以上，(腐蝕位置示意如圖 3-9)，故 D 值=4，E=5，R=4。

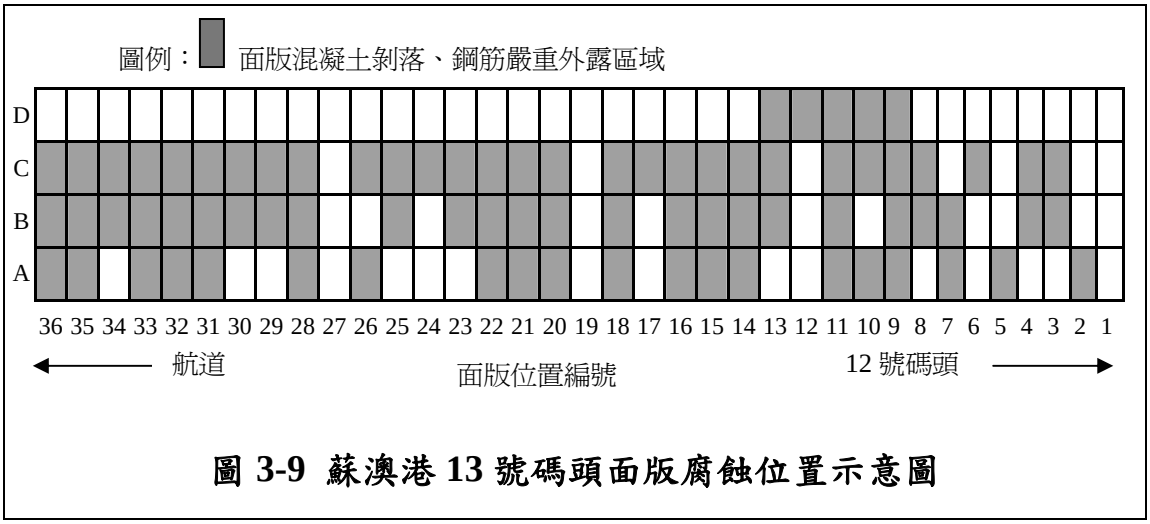


圖 3-9 蘇澳港 13 號碼頭面版腐蝕位置示意圖

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭面版底部混凝土出現剝落之明顯破壞發生，強度損失估計超過原設計值之 20% 以上，故 D 值=2，E=4，R=2。

(5)保護層厚度：本座碼頭面版底部混凝土出現剝落之重大明顯的破壞發生，但未剝落處顯示其餘混凝土保護層厚度仍達原設計 10 公分 之要求，對於碼頭之破壞無直接關係，故 D 值=0，E=0，R=0。

(6)鋼筋腐蝕探測：本座碼頭面版底部鋼筋已多處出現嚴重腐蝕外露或斷裂現象。故此檢測項目中，推估 D 值=3，E=5，R=2。

(7)鋼版腐蝕檢測：本座碼頭型式為 R.C.基樁棧橋式，非鋼版樁或管樁等具腐蝕特性之材料所組成，故未實施此項目，D 值=0，E=0，R=0。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫已出現結構體間相對位移，

故 D 值=3，E=2，R=4。

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 3-5 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 4.0；顯示破壞之嚴重程度已達需控管碼頭上部荷重及增加檢測頻率，必要時應進行細部檢測及評估碼頭整體結構之安全。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，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)擋車墻：擋車墻有斷裂、毀損情形，且分佈範圍達三成以上，初步檢測評估結果為：D 值=2，E=3，R=1。

(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，但保護蓋版老舊劣化，D 值=1，E=1，R=2。

(5)照明設備：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-5 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.6，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能仍屬完整範圍內，不影響主結構體正常運作。

表 3-5 蘇澳港 13 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：13 號	
	建造日期：		啟用日期：	
	靠泊船級	原設計：	實際使用：	
	碼頭法線版面標高：3.0 m	長度：300 m 縱深：20 m	水域深度	原設計：-9.0 m 目　前：-9.0 m
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☐化學(油)品　☑雜貨輪　☑其他		
	碼頭構造型式	☑重力式　☐版樁式　☑棧橋式　☐其他		
	上次檢測	時間：　　單位：　　區分：　　結果：		

調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	4	5	4	36
	混凝土強度	2	4	2	12
	保護層厚度	----	----	----	----
	鋼筋腐蝕探測	3	5	2	16
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
	岸肩伸縮縫	3	2	4	20
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$ 4.0			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車墻	2	3	1	5
	排水給水設備	1	1	2	4
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i$ =1.6			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i$ = 3.3			
檢測單位：港灣技術研究中心　　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 5 月					

3.3.4 花蓮港 4 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬鋼板樁式，設計水深為 9~13m，碼頭位置及結構型式如圖 3-10 及圖 3-11 所示。以靠泊雜貨輪，載運砂石為主。碼頭現況情形示如圖 3-12。

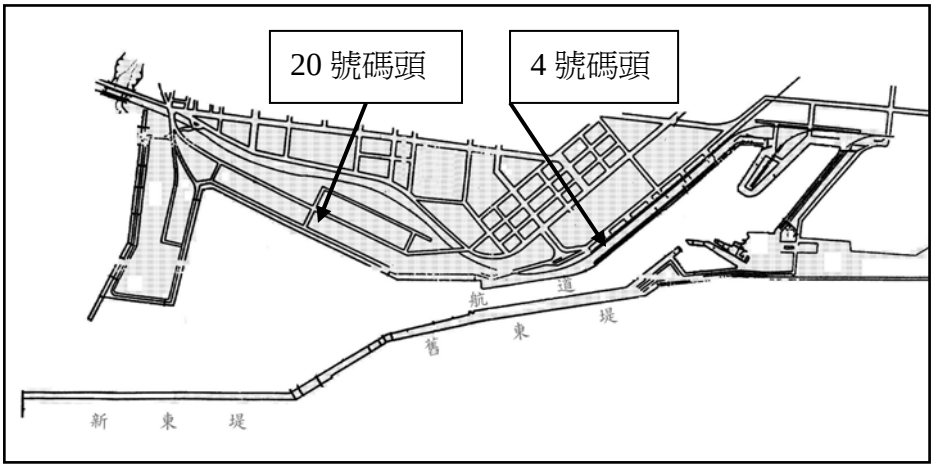


圖 3-10 花蓮港碼頭位置示意圖

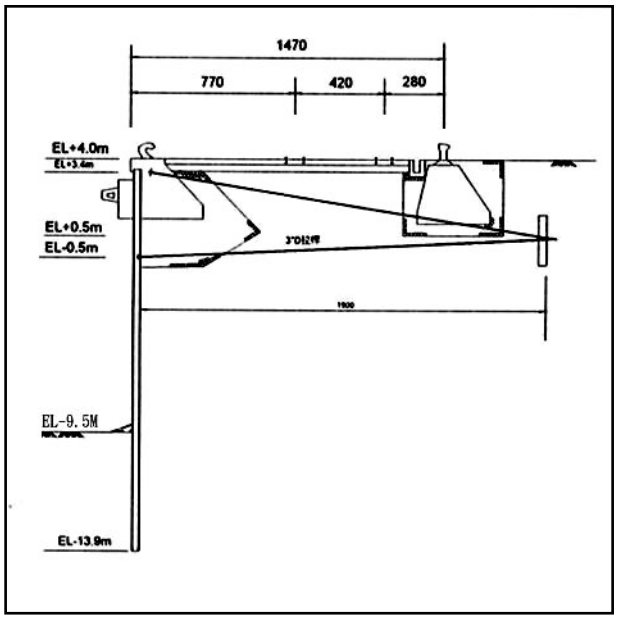


圖 3-11 花蓮港 4 號碼頭結構型式示意圖

a.碼頭面混凝土老舊劣化情形

b.碼頭繫船柱外觀生鏽情形

圖 3-12 花蓮港 4 號碼頭現況情形示

2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=5。

(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=4。

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，但建造使用時間已超過 40 年，推估其混凝土強度應較原設計強度減少 10% 左右，故 D 值=1，E=2，R=2。

(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，故不予評分。

(6)鋼筋腐蝕探測：混凝土保護層厚度對於碼頭之破壞無直接關係，故並未針對鋼筋腐蝕進行探測，故不予評分。

(7)鋼版腐蝕檢測：無腐蝕生銹、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=3。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，故 D 值=0，E=0，R=4。

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 3-6 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.6，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象， D 值=0，E=0，R=3。

(2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：本座碼頭繫船柱位於碼頭上部份，柱體完整，但出現鏽損及脫漆現象， D 值=1，E=3，R=2。

(3)擋車墻：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：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-6 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.1，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

表 3-6 花蓮港 4 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：4 號		
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：4.0 m	長度：320 m 縱深：	水域深度	原設計：-8.5 m 目　前：-8.5 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☐化學(油)品　☑雜貨輪　☐ 其他			
	碼頭構造型式	☐重力式　☑綱版樁式　☐棧橋式　☐ 其他			
	上次檢測	時間：　　單位：　　區分：　　結果：			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	1	4	8
	混凝土強度	1	2	2	6
	保護層厚度	----	----	----	----
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	0	0	3	0
	岸肩伸縮縫	0	0	4	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$ 0.6			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	3	2	8
	擋車墻	----	----	----	----
	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	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i$ = 1.1			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i$ = 0.8			
檢測單位：港灣技術研究中心　　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 3 月					

3.3.5 花蓮港 20 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬消波沉箱重力示，設計水深為 -14.0 m，碼頭位置及結構型式如圖 3-10 及圖 3-13 所示。以靠泊砂石船，載運砂石為主。

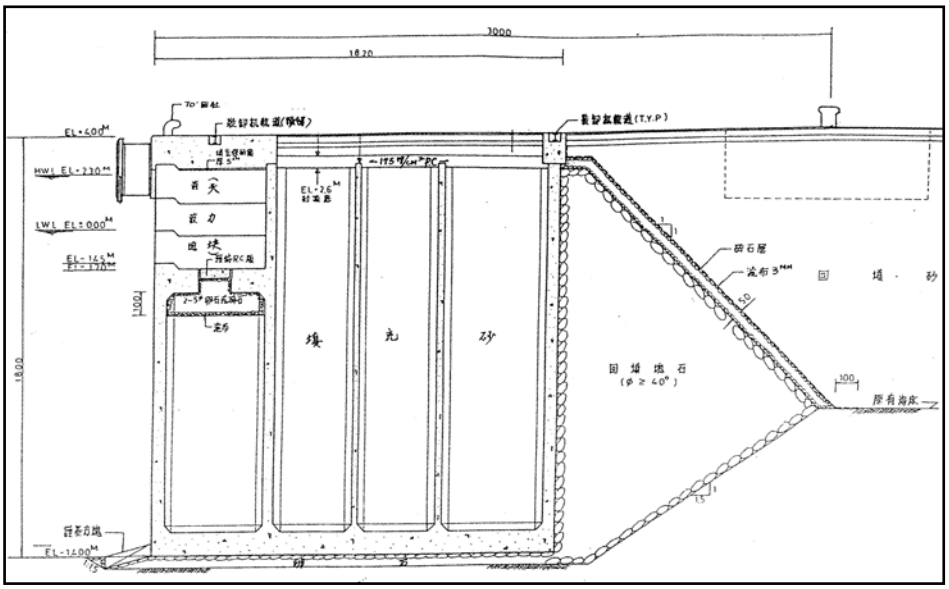


圖 3-13 花蓮港 20 號碼頭結構型式示意圖

2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=5。

(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=4。

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=2。

(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，故未檢測保護層厚度，不予評分。

(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，故未檢測此項目，不予評分。

(7)鋼版腐蝕檢測：本座碼頭非鋼版樁或材料所組成，故未檢測此項目，不予評分。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，故 D 值=0，E=0，R=4。

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 3-7 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，可不進行細部檢測及評估。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，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：本座碼頭碼頭上部份柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，D 值=1，E=1，R=2。

(3)擋車墻：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，D 值=0，E=0，R=2。

(5)照明設備：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-7 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.6，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

表 3-7 花蓮港 20 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：花蓮港		碼頭編號：20 號		
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：4.0 m	長度：302 m 縱深：30 m	水域深度	原設計：-14 m 目　前：-14 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☐化學(油)品 ☐ 雜貨輪　☑其他（砂石）			
	碼頭構造型式	☑消波沉箱重力式　☐版樁式　☐棧橋式　☐其他			
	上次檢測	時間：　　單位：　　區分：　　結果：			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	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	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
	岸肩伸縮縫	0	0	4	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$ 0.4			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車墻	----	----	----	----
	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	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i = 0.6$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i = 0.5$			
檢測單位：港灣技術研究中心　　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 3 月					

3.3.6 高雄港 51 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬 R.C.基樁棧橋式，設計水深為 –10.5 m，碼頭位置及結構型式如圖 3-14 及圖 3-15 所示，以靠泊雜貨輪，載運廢鐵、礦物等大宗物資為主。碼頭現況情形示如圖 3-16。

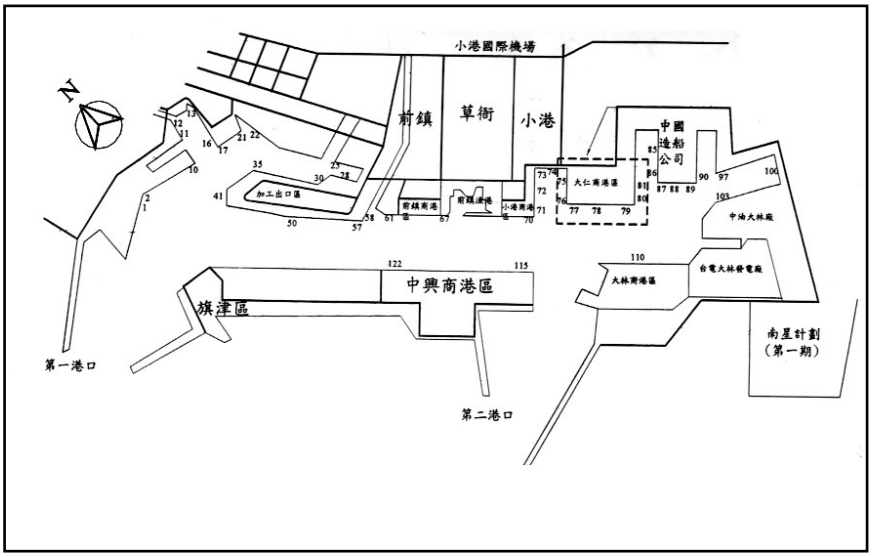


圖 3-14 高雄港碼頭位置示意圖

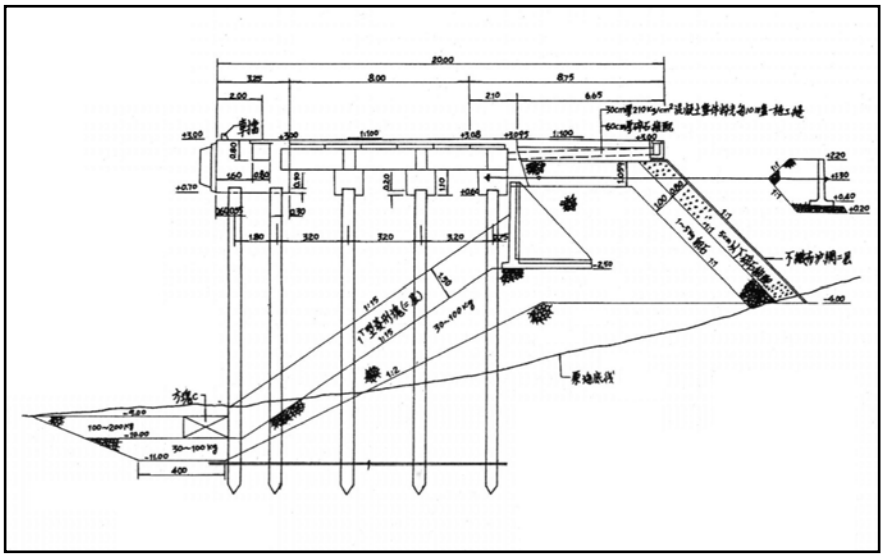


圖 3-15 高雄港 51 號碼頭結構型式示意圖

a.碼頭 AC 舖面裂縫情形　　b.碼頭岸壁混凝土剝落情形

圖 3-16 高雄港 51 號碼頭現況情形

2.過去檢測及維修歷史：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，但有幾處混凝土出現剝落，研判應為船隻碰撞造成，惟不影響靠泊功能，故 D 值=1，E=1，R=5。

(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=0，E=0，R=4。

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=2。

(5)保護層厚度：本座碼頭未針對保護層厚度做檢測，故不予評分。

(6)鋼筋腐蝕探測：本座碼頭未針對鋼筋腐蝕進行探測，故不予評分。

(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，故未實施此項目，故不予評分。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，故 D 值=0，E=0，R=4。

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 3-8 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.5，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，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：碼頭上部份柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象，D 值=1，E=1，R=2。

(3)擋車墻：擋車墻無斷裂、毀損情形，D 值=4，E=4，R=1。

(4)給水排水設備：未進行評估。

(5)照明設備：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-8 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.7，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

表 3-8 高雄港 51 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：51 號		
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：2.2 m	長度：200 m 縱深：	水域深度	原設計：-10.5 m 目　前：-10.5 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☐化學(油)品 ☑雜貨輪（大宗）　☑其他			
	碼頭構造型式	☐重力式　☐ 版樁式　☑R.C.基樁棧橋式　☐其他			
	上次檢測	時間：　單位：　區分：　結果：			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭岸壁	1	1	5	10
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	0	0	4	0
	混凝土強度	0	0	2	0
	保護層厚度	----	----	----	----
	鋼筋腐蝕探測	----	----	----	----
	鋼版腐蝕檢測	----	----	----	----
	岸肩伸縮縫	0	0	4	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$ 0.5			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車墻	----	----	----	----
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i = 0.8$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i = 0.6$			
檢測單位：港灣技術研究中心　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 5 月					

3.3.7 高雄港 52 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭結構型同 51 號碼頭，屬 R.C.基樁棧橋式，靠泊雜貨輪，載運穀物等大宗物資為主。

2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=1，E=1，R=5。

(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：本座碼頭面版係於 2004 年敲除舊有 R.C.後重建，除出現少數裂縫外，無明顯沉陷及材質劣化現象，故 D 值=0，E=0，R=4。

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭混凝土無重大明顯的破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=2。

(5)保護層厚度：本座碼頭面版係於 2004 年敲除舊有 R.C.後重建，推估保護層厚度應無損失，故 D 值=0，E=0，R=2。

(6)鋼筋腐蝕探測：本座碼頭未檢測此項目，故不予評分。

(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，故未檢測此項目，不予評分。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫未出現結構體間相對位移，故 D 值=0，E=0，R=4。

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 0，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：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=3。

(2)繫船柱基礎裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測：碼頭上部份柱體完整，僅少數出現輕微鏽損及脫漆現象， D 值=1，E=1，R=2。

(3)擋車墻：擋車墻無斷裂、毀損情形，D 值=4，E=4，R=1。

(4)給水排水設備：未進行評估。

(5)照明設備：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

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 0.7，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

表 3-9 高雄港 52 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：52 號		
	建造日期：		啟用日期：		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：2.2 m	長度：200 m 縱深：	水域深度	原設計：-10.5 m 目　前：-10.5 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☑化學(油)品 ☑雜貨輪（大宗）　☐其他			
	碼頭構造型式	☐重力式　☐版樁式　☑R.C.基樁棧橋式　☐其他			
	上次檢測	時間：　單位：　區分：　結果：			
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體結構變形及主結構體破壞檢測	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	0	0	4	0
	混凝土強度	0	0	2	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	4	0
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$ 0			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車墻	0	0	1	0
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i = 0.7$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i = 0.2$			
檢測單位：港灣技術研究中心　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 5 月					

3.3.8 臺北港 13 號碼頭

1.碼頭基本資料：本座碼頭屬鋼板樁式，設計水深為 14m，碼頭位置及結構型式如圖 3-17 及圖 3-18 所示，以靠泊雜貨輪，載運砂石、礦物等為主。碼頭現況情形示如圖 3-19。

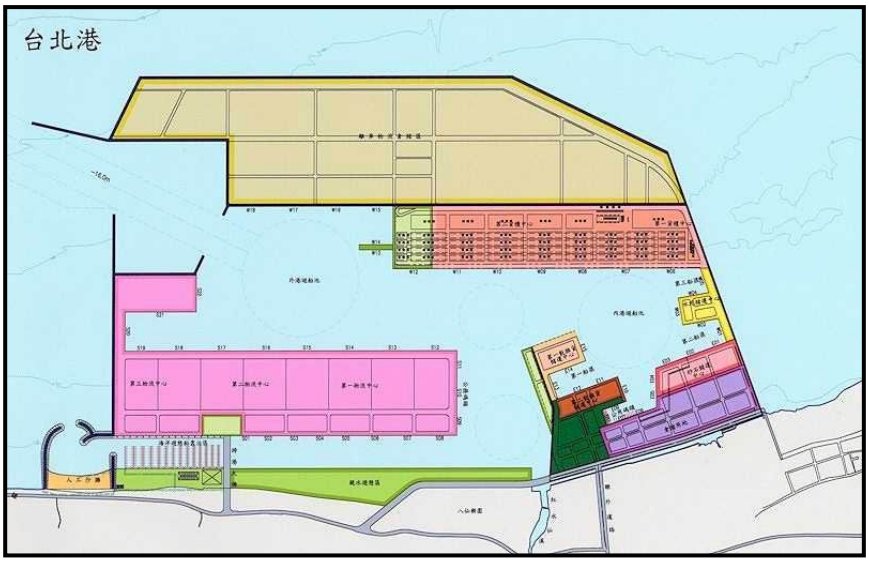


圖 3-17 臺北港碼頭位置圖

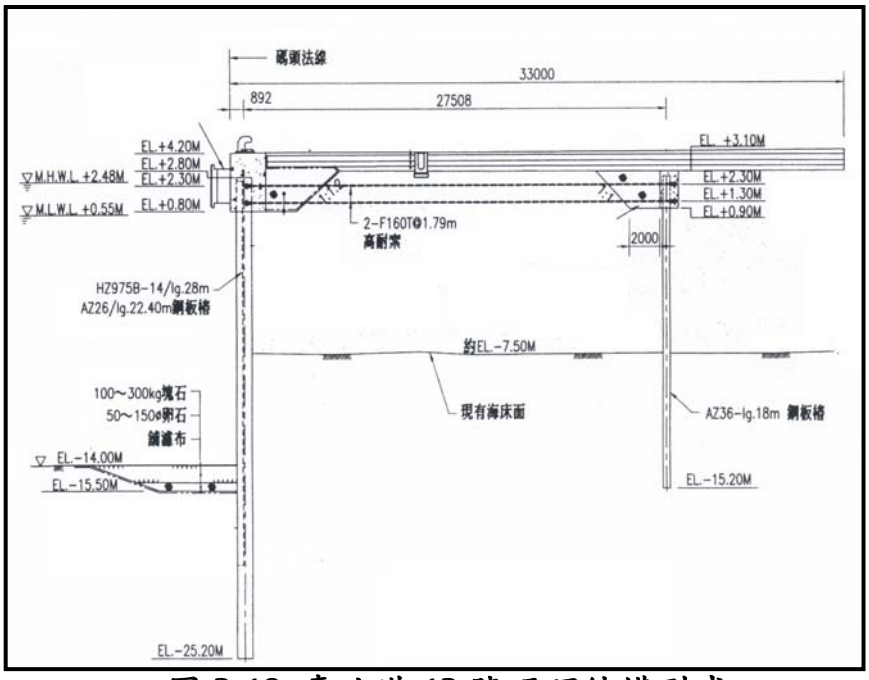


圖 3-18 臺北港 13 號碼頭結構型式

a.碼頭面版混凝土剝落情形

b.碼頭碼頭後線沉陷情形 1

c.碼頭後線沉陷情形 2

d.碼頭碼頭後線沉陷情形 3

圖 3-19 臺北港 13 號碼頭現況情形示

2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=5。

(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：本座碼頭因係抽砂造陸建造而成，內部土壤地質未達自然壓密，致與面版混凝土間發生差異沉陷。面版出現少數裂縫及沉陷外，無明顯材質劣化現象，故 D 值=1，E=2，R=4。

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭竣工至今僅約 3 年，且鋼筋混凝土部份無明顯破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=2。

(5)保護層厚度：本座碼頭竣工至今僅約 3 年，且鋼筋混凝土部份無明顯破壞發生，推斷鋼筋保護層厚度足夠，故 D 值=0，E=0，R=1。

(6)鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭鋼筋無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推估混凝土內部鋼筋尚無腐蝕發生。故此檢測項目中，D 值=0，E=0，R=2。

(7)鋼版腐蝕檢測：潮間帶鋼版樁無腐蝕生銹、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=3。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫出現結構體間相對位移，應為碼頭後線土壤地質，因係由抽砂造陸形成自然沉陷之現象，如地質達到完全壓密程度，土壤沉陷可不再增加，故 D 值=1，E=4，R=4。

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 3-10 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.4，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，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=3。

(3)擋車墻：未進行評估。

(4)給水排水設備：未進行評估。

(5)照明設備：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-10 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

5.碼頭構造物水下檢測

(1)鋼板樁開裂、穿孔破洞等情形

本座碼頭鋼板樁經潛水人員以近距離進行目視檢測，未發現開裂或穿孔破洞等損壞情形，但鋼板樁表面附著包括貽貝、牡蠣及藤壺等許多海生物。

(2)海側鋼板樁鼓脹情形

本座碼頭海側鋼板樁經潛水人員以近距離進行目視檢測，鋼板樁並無發生鼓脹現象，研判應未承受異常荷重。

(3)海床土壤隆起情形

本座碼頭近鋼板樁海床處，施工時業以 50-150 kg 卵石 100-300 kg 塊石保護防止沖刷。海床底部因碼頭停靠砂石船隻淤積泥砂影響，潛水人員目視檢測無法判斷海床土壤是否發生隆起。

(4)水下鋼筋混凝土腐蝕劣化情形

本座碼頭岸壁底部之鋼筋混凝土，目視檢測並未發現腐蝕劣化情形。

表 3-10 臺北港 13 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：臺北港		碼頭編號：13 號		
	建造日期：		啟用日期：93 年 10 月		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：4.2 m	長度：300 m 縱深：33 m	水域深度	原設計：-14 m 目　前：-14 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☐化學(油)品　☐雜貨輪　☑其他			
	碼頭構造型式	☐重力式　☑鋼版樁式　☐ 棧橋式　☐ 其他			
	上次檢測	時間：　　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	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	2	3	4	20
	混凝土強度	0	0	2	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	0	0	2	0
	鋼版腐蝕檢測	0	0	3	0
	岸肩伸縮縫	1	3	4	16
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i$ =1.4			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	0	0	2	0
	擋車墻	----	----	----	----
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i = 0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i = 1.2$			
檢測單位：港灣技術研究中心　　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 8 月					

6.電氣防蝕效能檢測

a.陽極塊外觀目視檢測

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

b.鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 14 處（緊鄰繫船柱海側），鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 3-11、表 3-12 所示，鋼板樁保護電位最大值為 –1018 mV，最小值為 –1070 mV，均小於–850 mV（v.s. $Cu/CuSO_4$ 參考電極），顯示防蝕效能可達到保護鋼板樁之目的。

綜合水下目視及電氣防蝕效能檢測結果如表 3-13 所示，本座碼頭於目前營運狀狀下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

表 3-11 臺北港 13 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

<table>
<tr><td rowspan="9">碼頭基本資料</td><td>碼頭編號</td><td>13 號</td><td>完工日期</td><td>93.10.31</td><td>設計水深</td><td>-14.0 m</td></tr>
<tr><td>碼頭長度</td><td>300 m</td><td>碼頭面高程</td><td>+4.2 m</td><td>檢測種類</td><td></td></tr>
<tr><td>檢 測 地 點</td><td colspan="5">☑ 碼頭全區 □詳附件圖</td></tr>
<tr><td>靠 泊 船 級</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>靠泊船隻屬性</td><td colspan="5">□貨櫃 □化學(油)品 □散雜貨 ☑其他：卸煤碼頭</td></tr>
<tr><td>下部結構材料</td><td colspan="5">☑鋼板樁 □鋼管樁 □H 型鋼 □其他：</td></tr>
<tr><td>標準電位</td><td colspan="5">☑飽和硫酸銅-850mV</td></tr>
<tr><td>上次檢測時間</td><td colspan="2">----</td><td>本次檢測時間</td><td colspan="2">96.07.31</td></tr>
<tr><td>上次檢測結果</td><td colspan="5">----</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢測儀器</td><td colspan="5">☑電位計 ☑尺 ☑照相機</td></tr>
<tr><td colspan="2">目視電位測試端子</td><td colspan="5">☑無損壞 □有生鏽但尚未損壞 □已損壞</td></tr>
<tr><td colspan="2">電位測定平均結果</td><td colspan="5">平均電位-1022 mV，☑平均電位足夠，且所有電位均足夠。
□平均電位足夠，但少部份電位不足。
□平均電位足夠，但大部份電位不足。
□平均電位不足。</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢測評估</td><td colspan="5">☑第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。
□第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測
□第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢測人員</td><td colspan="2">柯正龍、何木火</td><td>評估人員</td><td>柯正龍</td></tr>
<tr><td colspan="2">附 件</td><td colspan="5">文件圖表：□碼頭平面圖 ☑檢測記錄表</td></tr>
</table>

表 3-12 臺北港 13 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

碼頭編號	13 號			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	何木火、陳自強			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	96 年 7 月 31 日
測站編號	水深（m）			平均防蝕電位	備註
	0 m	-4 m	-9 m		
繫船柱 1	-977	-1023	-1022	-1007	防蝕電位＜-850 mV，足夠
繫船柱 2	-1019	-1040	-1068	-1042	同上
繫船柱 3	-1019	-1030	-1037	-1029	同上
繫船柱 4	-1011	-1015	-1023	-1016	同上
繫船柱 5	-1018	-1045	-1036	-1033	同上
繫船柱 6	-1011	-1015	-1045	-1024	同上
繫船柱 7	-1016	-1028	-1036	-1027	同上
繫船柱 8	-1012	-1015	-1016	-1014	同上
繫船柱 9	-1020	-1031	-1031	-1027	同上
繫船柱 10	-1015	-1014	-1011	-1013	同上
繫船柱 11	-1012	-1013	-1014	-1013	同上
以下空白					

表 3-13 臺北港 13 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼頭基本資料	碼頭編號	13 號	完工日期	93.10.31	設計水深	-14.0 m
	碼頭長度	300 m	碼頭面高程	+4.2 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☑碼頭全區 □詳附件圖			靠泊船級	66,000 DWT
	船隻屬性	□貨櫃 □化學(油)品 ☑散雜貨 ☑其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☑鋼板樁 □鋼管樁 □H 型鋼 □其他：				
	原始厚度(mm)	上翼版 腹版 下翼版 樁厚				
	上次檢測時間	----				
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☑目視□捲尺☑照相機				
鋼材部份目視檢測結果		☑無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 □局部的生鏽呈點狀膨脹 □局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 □有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 □版樁有開裂現象 □樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		☑混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 □樁與樑或冠牆脫離 □混凝土少部份龜裂、剝離 □混凝土大部份龜裂、剝離 □鋼筋少部份外露鏽蝕 □鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		□陰極防蝕塊少部份或無脫落□ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☑陰極防蝕塊厚度減少輕微□ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		☑平均電位及所有電位均足夠。□平均電位足夠,但少部份不足。 □平均電位足夠，但大部份不足。□平均電位不足。				
檢測評估		☑第一級:安全無虞,無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 □第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 □第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		陳自強、黃勳偉（台灣潛水公司）		評估人員		柯正龍
附 件		文件圖表：□碼頭平面圖 □檢測記錄表				

3.3.9 臺北港 14 號碼頭

1. 碼頭基本資料：本座碼頭結構型式同 13 號碼頭。碼頭現況情形示如圖 3-20。

a.碼頭後線裂縫及沉陷情形

b.碼頭岸肩伸縮縫沉陷情形

圖 3-20 臺北港 14 號碼頭現況情形

2.過去檢測及維修歷史、檢測者及單位：不詳。

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

(1)碼頭岸壁體檢測：本座碼頭未發現明顯位移，碼頭功能完整，故 D 值=0，E=0，R=5。

(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：本座碼頭因係抽砂造陸建造而成，內部土壤地質未達自然壓密，致與面版混凝土間發生差異沉陷。面版出現少數裂縫及沉陷外，無明顯材質劣化現象，故 D 值=1，E=3，R=4。

(4)混凝土強度檢測：本座碼頭竣工至今僅約 3 年，且鋼筋混凝土部份無明顯破壞發生，強度損失不大或可忽略，故 D 值=0，E=0，R=2。

(5)保護層厚度：本座碼頭竣工至今僅約 3 年，且鋼筋混凝土部份無

明顯破壞發生，推斷鋼筋保護層厚度足夠。故 D 值=0，E=0，R=1。

(6)鋼筋腐蝕探測：基於以上相同理由，本座碼頭鋼筋無腐蝕造成或與材料腐蝕及劣化之破壞行為，推估混凝土內部鋼筋尚無腐蝕發生。故此檢測項目中，D 值=0，E=0，R=2。

(7)鋼版腐蝕檢測：潮間帶鋼版樁無腐蝕生銹、開裂或穿孔破洞現象，故 D 值=0，E=0，R=3。

(8)岸肩伸縮縫：本座碼頭之岸肩伸縮縫出現結構體間相對位移，應為碼頭後線土壤地質，因係由抽砂造陸形成自然沉陷之現象，如地質達到完全壓密程度，土壤沉陷可不再增加，故 D 值=1，E=3，R=4。

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 3-14 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 1.2，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

4.非主結構體檢測

(1)護舷材破損、劣化及裂縫檢測：本座碼頭護舷材材料材質均未出現老化現象，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=3。

(3)擋車墻：未進行評估。

(4)給水排水設備：未進行評估。

(5)照明設備：未進行評估。

(6)油電管路檢測：未進行評估。

非主結構設施檢測部份，其個別估計值同樣列於表 3-14 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0，小於 2.0 之值，顯示碼頭附屬設施功能完整，不影響主結構體正常運作。

表 3-14 臺北港 14 號碼頭初步檢測表

碼頭基本資料	隸屬港口：臺北港		碼頭編號：14 號		
	建造日期：		啟用日期：93 年 10 月		
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：4.2 m	長度：300 m 縱深：33 m	水域深度	原設計：-14.0 m 目　前：-14.0 m	
	靠泊船隻屬性	☐貨櫃　☑化學(油)品　☑雜貨輪　☑其他			
	碼頭構造型式	☐重力式　☑鋼版樁式　☐棧橋式　☐其他			
	上次檢測	時間：　　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	碼頭岸壁	0	0	5	0
	碼頭法線	0	0	4	0
	碼頭面版	1	3	4	16
	混凝土強度	0	0	2	0
	保護層厚度	0	0	2	0
	鋼筋腐蝕探測	0	0	2	0
	鋼版腐蝕檢測	0	0	3	0
	岸肩伸縮縫	1	3	4	16
主體結構破壞評估		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_P} R_i =$ 1.2			
非主結構設施破壞檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	0	0	2	0
	擋車墻	----	----	----	----
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N_A} R_i$ =0			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^{N}(D_i + E_i)\times R_i \Big/ \sum_{i}^{N} R_i$ = 1.0			
檢測單位：港灣技術研究中心　　檢測人：柯正龍、何木火　檢測時間：2007 年 5 月					

5.碼頭構造物檢測

a.鋼板樁開裂、穿孔破洞等情形

本座碼頭鋼板樁經潛水人員以近距離進行目視檢測，未發現開裂或穿孔破洞等損壞情形，但鋼板樁表面附著包括貽貝、牡蠣及藤壺等許多海生物。

b.海側鋼板樁鼓脹情形

本座碼頭海側鋼板樁經潛水人員以近距離進行目視檢測，鋼板樁並無發生鼓脹現象，研判應未承受異常荷重。

c.海床土壤隆起情形

本座碼頭近鋼板樁海床處，施工時業以 50-150 kg 卵石 100-300 kg 塊石保護防止沖刷。海床底部因碼頭停靠砂石船隻淤積泥砂影響，潛水人員目視檢測無法判斷海床土壤是否發生隆起。

d.水下鋼筋混凝土腐蝕劣化情形

本座碼頭岸壁底部之鋼筋混凝土，目視檢測並未發現腐蝕劣化情形。

6.電氣防蝕效能檢測

a.陽極塊外觀目視檢測

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

b.鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 14 處（緊鄰繫船柱海側），鋼板樁防蝕電位評估結果及檢測紀錄如表 3-15、表 3-16 所示，鋼板樁保護電位最大值為 –1018 mV，最小值為 –1070 mV，均

小於–850 mV（v.s. $Cu/CuSO_4$ 參考電極），顯示防蝕效能可達到保護鋼板樁之目的。

綜合水下目視及電氣防蝕效能檢測結果如表 3-17 所示，本座碼頭於目前營運狀狀下，其鋼板樁安全評估應屬安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。

表 3-15 臺北港 14 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

<table>
<tr><td rowspan="9">碼頭基本資料</td><td>碼頭編號</td><td>14 號</td><td>完工日期</td><td>93.10.31</td><td>設計水深</td><td>-14.0 m</td></tr>
<tr><td>碼頭長度</td><td>300 m</td><td>碼頭面高程</td><td>+4.2 m</td><td>檢測種類</td><td></td></tr>
<tr><td>檢 測 地 點</td><td colspan="5">☑ 碼頭全區 □詳附件圖</td></tr>
<tr><td>靠 泊 船 級</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>靠泊船隻屬性</td><td colspan="5">□貨櫃 □化學(油)品 ☑散雜貨 ☑其他：卸煤碼頭</td></tr>
<tr><td>下部結構材料</td><td colspan="5">☑鋼板樁 □鋼管樁 □H 型鋼 □其他：</td></tr>
<tr><td>標準電位</td><td colspan="5">☑飽和硫酸銅-850mV</td></tr>
<tr><td>上次檢測時間</td><td colspan="2">----</td><td>本次檢測時間</td><td colspan="2">96.07.31</td></tr>
<tr><td>上次檢測結果</td><td colspan="5">----</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢測儀器</td><td colspan="5">☑電位計 ☑尺 ☑照相機</td></tr>
<tr><td colspan="2">目視電位測試端子</td><td colspan="5">☑無損壞 □有生鏽但尚未損壞 □已損壞</td></tr>
<tr><td colspan="2">電位測定平均結果</td><td colspan="5">平均電位-1037mV，☑平均電位足夠，且所有電位均足夠。
□平均電位足夠，但少部份電位不足。
□平均電位足夠，但大部份電位不足。
□平均電位不足。</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢測評估</td><td colspan="5">☑第一級：電位均超出標準值5%，安全無虞，無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。
□第二級：電位平均趨近標準值或少部份電位在標準值以下，安全無虞，下一次作詳細檢測
□第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢測人員</td><td colspan="2">柯正龍、何木火</td><td>評估人員</td><td>柯正龍</td></tr>
<tr><td colspan="2">附 件</td><td colspan="5">文件圖表：□碼頭平面圖 ☑檢測記錄表</td></tr>
</table>

表 3-16 臺北港 14 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表

碼頭編號	14 號			檢測種類	詳細檢測
檢測人員	何木火、陳自強			記錄人員	柯正龍
檢測儀器	三用電錶、硫酸銅電極			檢測時間	96 年 7 月 31 日
測站編號	水深（m）			平均防蝕電位	備註
	0 m	-4 m	-9 m		
繫船柱 1	-1023	-1040	-1032	-1032	防蝕電位＜-850 mV，足夠
繫船柱 2	-1031	-1058	-1053	-1047	同上
繫船柱 3	-1029	-1040	-1038	-1036	同上
繫船柱 4	-1034	-1069	-1070	-1058	同上
繫船柱 5	-1027	-1037	-1039	-1034	同上
繫船柱 6	-1021	-1037	-1037	-1032	同上
繫船柱 7	-1018	-1048	-1037	-1034	同上
繫船柱 8	-1028	-1045	-1049	-1041	同上
繫船柱 9	-1026	-1035	-1028	-1030	同上
繫船柱 10	-1024	-1033	-1029	-1029	同上
繫船柱 11	-1035	-1041	-1039	-1038	同上
繫船柱 12	-1037	-1040	-1040	-1039	同上
繫船柱 13	-1034	-1040	-1040	-1038	同上
繫船柱 14	-1030	-1032	-1038	-1033	同上

表 3-17 臺北港 14 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果

碼頭基本資料	碼頭編號	14 號	完工日期	93.10.31	設計水深	-14.0 m
	碼頭長度	300 m	碼頭面高程	+4.2 m	檢測種類	
	檢 測 地 點	☑碼頭全區 □詳附件圖			靠泊船級	66,000 DWT
	船隻屬性	□貨櫃 □化學(油)品 ☑散雜貨 ☑其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	☑鋼板樁 □鋼管樁 □H 型鋼 □其他：				
	原始厚度(mm)	上翼版 腹版 下翼版 樁厚				
	上次檢測時間	----				
	上次檢測結果	----				
檢測儀器		☑目視□捲尺☑照相機				
鋼材部份目視檢測結果		☑無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 □局部的生鏽呈點狀膨脹 □局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 □有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 □版樁有開裂現象 □樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		☑混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 □樁與樑或冠牆脫離 □混凝土少部份龜裂、剝離 □混凝土大部份龜裂、剝離 □鋼筋少部份外露鏽蝕 □鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		□陰極防蝕塊少部份或無脫落□ 陰極防蝕塊大部份脫落 ☑陰極防蝕塊厚度減少輕微□ 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		☑平均電位及所有電位均足夠。□平均電位足夠,但少部份不足。 □平均電位足夠，但大部份不足。□平均電位不足。				
檢測評估		☑第一級:安全無虞,無須進行特別檢測或於未來增加檢測頻率。 □第二級：安全無虞，無須進行特別檢測，但未來須增加檢測頻率。 □第三級：功能堪慮，必須立即進行特別檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕、鋼筋混凝土、防蝕塊狀況。				
檢測人員		陳自強、黃勳偉（臺灣潛水公司）		評估人員		柯正龍
附 件		文件圖表：□碼頭平面圖 □檢測記錄表				

3.4 小結

1.本年度共調查包含版樁式、棧橋式及重力式等三種主要碼頭型式。版樁式共有花蓮港 4 號、台北港 13、14 號三座碼頭，棧橋式亦有蘇澳港 13 號、高雄港 51、52 號三座碼頭，重力式則包括蘇澳港 4 號沉箱式碼頭、蘇澳港 9 號直立消波式碼頭、花蓮港 20 號消波沉箱式碼頭三座，總計共調查九座碼頭。

2.本年度調查碼頭結構之結果，以蘇澳港 13 號碼頭發現面版底部之表面混凝土剝落、內部鋼筋腐蝕生鏽及斷裂嚴重，應用 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）高達 4.0，顯示結構體功能堪虞，應立即進行維修或進行第二階段之細部檢測，評估確認其結構安全性；其餘調查碼頭未發現嚴重立即性損害，評估指數均小於 2.0，整體結構安全無虞。

3.碼頭結構應用 D.E.R 法進行評估，由於各種型式之設計重點不同，其評估標準值得繼續討論，其中 D 值（破壞程度）及 R 值（影響程度）範圍，可蒐集更多相關案例，檢討結構現況與數值大小之關連性。

第四章　碼頭本體設施維護管理系統建置之研究

4.1　前 言

4.1.1 研究動機

本計畫之研究動機，可從 5 方面來說明：

1.基本環境

碼頭營運頻繁變數多，維護管理本已不易，且面臨海洋環境，結構又容易受干涉而加速老化，故潛伏性問題多，極易使港灣設施構成潛伏性與立即性的損壞[5]。臺灣屬於亞熱帶氣候，夏秋兩季常有颱風發生，港灣設施承受暴潮及暴風波浪侵襲之頻率高，又地處環太平洋地震帶上，地震發生頻繁，常有強烈地震發生。

2.歷史

臺灣各大港設施使用至今多已老舊，以李延恭等於 1996 之高雄港區老舊碼頭安全調查及評估研究中之調查統計為例(如圖 1-1)，當時之高雄港既有碼頭中即有 36 座屬建造 30 年以上或材料外視已有 60%以上老化現象之碼頭，有 68 座屬建造 10~30 年或材料外視已有 30%~ 60%老化現象之碼頭，有 20 座屬建造 10 年內之碼頭，屬起造中或更建中之碼頭計 6 座，不明未查者計 11 座[4]，由此可知即早建立一套碼頭安全檢測系統更形重要。

3.永續經營之理念

為達碼頭永續經營之理念，必須透過維護管理，以避免營運中災難的發生，進而導致更大之經濟損失，因此有系統的做好碼頭維護管理是必要的，不但能提早發現港灣設施潛伏性的問題，防範導致立即性的損壞，亦能確保港灣結構設施之設計耐用年限及設計功能之維持，而碼頭安全檢測為實施碼頭維護管理之必要手段。

4.潮流

營建自動化、維護管理與永續經營之理念已為現今之趨勢。維護管理已為一門工程,維護管理的問題將成為國內外工程界未來的挑戰，碼頭管理當然不應被排除在外。

5.政策

交通部於交通土木工程建設科技所擬定之21世紀4大規劃方向中亦首重『交通工程建設(含港埠)之維護與管理』，且於交通工程建設更強調防災與永續經營之理念。

4.1.2 研究目的

臺灣現今碼頭維護面臨迄待解決或加強的重要課題有：維護理念之建立與改革、完善可行的維護系統與制度、維護技術的發展與維護人員之培訓等[9]。本計畫主要之目的除在配合潮流與政策外，並為延續上述課題而施行。

4.1.3 文獻回顧

與碼頭檢測有關且較整體性之研究應屬港研中心李延恭、蘇吉立等於 1996 著手研究之高雄港老舊碼頭安全調查(李等，1998)[4]。以及蘇吉立於 2002[11]發表於二十四屆海洋工程研討會論文集中之"碼頭結構安全檢測系統之研建"。與整體維護管理有關較規模性之研究，則有運研所與海洋大學合作，於2004年2月剛完成之港灣構造物維護管理準則之研究(草案) [13]。其它研究多屬個案碼頭或碼頭局部性結構之調查研究。2002 年本中心於中山大學李賢華教授參與相關合作後，亦曾著手研擬建立港灣設施維護手冊初稿[10]。雖然港灣設施結構性之安全檢測與評估相關之研究成果，已漸趨成熟，唯許多細節尚待努力解決，如[11]：1.檢測程序應統一化、檢測斷面應標準化、異象行分析觀念有待整合。2.檢測系統適用性、檢測階段、檢測作業程序等有待明確界定。3.異象分類、檢測部位、檢測項目與檢測內容等有待明確界定與整合統一。4.碼頭基本檢測部位名稱有待整合統一標稱。5.可能導致各式碼頭異象之機制應統合分析。6.檢測評估、記錄與報告應標準化。

4.1.4 研究方法、時程與目標

本研究係延承蘇吉立於 2002 之初步研究成果[11]，並重新檢討整合相關研究之現有檢測之理念、方法程序與基本界定，於安全檢測評估系統表整合建置時，將配合歷史案例之輸入加以研討驗證，再應用於現有之現地案例，藉以反覆修正，使整個系統更具實用性。整體研究時程分為四年，逐年整合建置各式碼頭本體設施之檢測系統，使各類檢測作業標準化與系統化，最後再整合相關資料庫建置成碼頭本體設施維護管理系統。目前進行中與完成之研究主題與重點如下：

1.重力式碼頭檢測系統之建置—(94 年)

94 年度已建置完成之重力式碼頭檢測系統(94 年系統)，於各年度中仍不斷之印證、檢討與修正。

2.鋼板樁碼頭檢測系統之建置—(95 年)

95 年度於鋼板樁碼頭檢測系統之建置，基本上乃先延續已完成之重力式碼頭檢測系統(94 年系統)，並於持續之印證、檢討與修正中加以擴充，再建構成同時適合重力式與鋼板樁碼頭之檢測系統(95 年系統)。

3.棧橋式碼頭檢測系統之建置—(96 年)

本年度於棧橋式碼頭檢測系統之建置，基本上乃先延續已完成同時適合重力式與鋼板樁碼頭之檢測系統(95 年系統)，並於持續之印證、檢討與修正中加以擴充，再建構成同時適合重力式、鋼板樁與棧橋式碼頭之檢測系統(96 年系統)。

4.碼頭本體設施維護管理系統之建置—(97 年)

最後年度擬將建置完成之碼頭本體設施檢測系統，結合港灣工程相關之資料庫，整合建置成碼頭本體設施維護管理系統。

本研究之主要目標在於使檢測與維護管理作業系統化與簡易化，並以可行性與實用性為最終之目標，藉以提昇碼頭維護管理之功效，維護工程安全，減低災害損失，促進港埠管理現代化，提昇港埠

功能與營運效率，達成碼頭本體設施維護管理自動化之目標。並期望本計劃之成果將有助於資源整合、培育專業技術人才及提高研究水準。

4.2 系統之基本界定

4.2.1 系統規劃

本研究對於系統之規劃建置分為兩階段。

第一階段首先規劃建置各式碼頭之檢測系統作為子系統，第二階段則結合子系統及整合相關之資料庫成為碼頭本體設施維護管理系統(主系統)。系統建置採用之軟體為 Microsoft Excel。主系統之組成架構則於子系統建置中逐年檢討建立。

整體規劃以系統化、簡易化與實用性為原則，故於系統規劃建置前必須對相關之基本觀念、檢測事項與檢測標的物等進行整合與界定。

4.2.2 碼頭安全定義

廣義之碼頭安全定義應包括：碼頭結構性之安全與碼頭工作性之安全[5]。

影響碼頭結構性之安全因素雖較為繁雜，但其安全性均會反應於碼頭主體與附屬設施之外部異變現象，故可由碼頭主體與附屬設施之外部異變現象評估其影響因素與安全性。

影響碼頭工作性安全之主要因素包括：碼頭運作動線規劃不合理或碼頭運作動線受到干擾。無論碼頭運作動線規劃不合理或受到干擾，除可使碼頭營運效率降低外亦會使碼頭潛伏工作上之危險以及本體設施受損之危險性。而導致碼頭運作動線規劃不合理或受到干擾之可能因素包括[5]：1.碼頭機能規劃配置不當。2.行政流程不當。3.管理挫施不當。4.碼頭主體與附屬設施之異變現象。

本研究針所建置之安全檢測系統僅針對碼頭主體與附屬設施之外部異變現象以及碼頭結構性之安全進行調查、評估與建議適當之措施。

4.2.3 檢測標的之界定

本系統檢測標的將暫時適用於港灣設施之碼頭主體結構,排除附屬設施，而以碼頭主體結構之港灣設施為主，並將其分為：重力式碼頭、版樁式碼頭、棧橋式碼頭及防波堤 4 大類。本系統目前則暫不納入防波堤。

4.2.4 適用人員之界定

本系統之適用人員，居於下列兩大理念而界定：

1.碼頭異象之相關理念

將構造物之安全檢測視同人類之醫學診治，已為蘇[5、11]與陳[12]等之之共識。本研究延用並進一步譚述蘇與陳等之共同思維。

本研究將碼頭初勘視同人類醫學之初診，當人體有所不適或健康狀況不佳時，常有一些表象或感覺，因此醫師於初診時常可經由看、聽、問、觸與查閱病例之診療手法，再配以醫師之專業判斷即決定治療處方或建議進一部之細診措施，即人類於平時或一般症狀就醫初診時，醫師均不必用精密或先進之技術，而是先觀察人體之表面異狀，再輔以簡單之儀器進行必要之聽、觸診，同時詢問就診者之個人感覺，最後憑醫師個人之專業知識與經驗而完成初診，故人類醫學此階段之初診，本研究將視同碼頭初勘，而初診之醫師則視同碼頭初勘之一般基層檢測人員。而碼頭之細檢等同人類醫學之細診(或精診),其措施常以先進儀器檢測或先進化驗技術為手段與方法，其檢測或化驗之結果經醫學之專業評估分析後再決定醫療之方法與程序，此等同於碼頭之細部檢測、評估分析後再決定處置方法與程序，此階段所需專業人員亦較為高階或更有經驗者。此外人類於平時無健康異狀時，醫學上乃需定期健檢，定期健檢則包含一般之診察與檢測，此觀念與方法亦如碼頭之定期安檢。

2.實用與簡易之理念

本研究基於前項理念，與考量國內目前許多建物使用單位或管

理單位均缺乏工程專業人才之狀況下，於系統之規劃設計上主張實用與簡易。故於初勘作業強調適用於一般基層檢測人員，本系統所稱一般基層檢測人員，係指有碼頭安全檢測經驗或受過碼頭設施安全檢測訓練之一般基層人員。本系統於細部檢測作業模式之規劃，則著重適用於經驗豐富之碼頭安全檢測人員、熟悉基本港灣工程之專業人員、專業檢測人員、專業監測人員與專業分析人員，於人員之專業須求上較為高階而廣泛。

4.2.5 檢測時機之界定

為使檢測性質與目的更簡明與務實的區分，本研究主要依檢測性質與目的，將檢測時機區分為：平時檢測(隨機性、一般性檢測)、例行檢測(定期監測、定期檢測與特殊項目監測與檢測)與災害檢測(工程、營運或天然災害檢測)。

各檢測時機詳述如下：

1.平時檢測

平時檢測應屬隨機性與一般性檢測，可為定期與不定期檢測，期間應較短，本研究建議最好每天為之，但可依經濟及人力，並考量影響性(重要性)後，分類分項分工為之(各港應於各港之維護管理作業體系與維護計畫中明訂之)，平時檢測主要檢測目的在隨時掌控碼頭之外視異象，平時檢測一般為巡檢與初勘檢測。

2.例行檢測

例行檢測係對特殊檢測項目施行定期檢測或針對特定事項進行追縱監測。特殊檢測項目如航道檢測、港池檢測、水下壁體檢測、水下基礎檢測---等，因此等項目無法利用外視異象之觀測與判斷，必須利用潛水人員於水下進行檢測或利用特殊儀器探測，檢測工作無法於平時隨時施行，必須依區域狀況施以定期檢測。

特定事項係指因應平時檢測之某種異象而進行之必要監測，其目的在追蹤該異象於給定時間之變化量或變化率。例行檢測本研究

將其列為細部檢測。

3.災害檢測

災害檢測係針對颱風災害、地震災害、施工災害、營運災害等檢測，屬即時檢測，其目的再提供現場之即時之應變措施與災後之評估資料。

4.2.6 檢測作業階段之界定

為使檢測作業標準化，本研究將檢測作業共區分為五個階段，各階段之基本作業內容界定如下：

1.先期準備作業

包括搜集相關資訊、搜集基本資料、建立檢測計畫、建立檢測表、現地踏勘與檢測會議等。

2.初勘作業

主要工作在勘查、記錄、描述現地各基本檢測部位之外視異象，作業範圍限於海上碼頭岸壁面、碼頭岸肩面及碼頭後線適當縱深之地表面範圍。除對特殊檢測項目、特定事項之檢測與追縱外，任何檢測時機均須先經初勘作業。本研究基於適用人員之界定理念，主張此階段不應仰賴特殊、笨重或精密之儀器，使用工具應以普遍性、簡單性及隨機性為主，並輔以目視檢測及專業經驗之概判。初勘可用工具如：檢測記錄表、筆、像機、捲尺、步計尺、測微尺、水線、垂球、鐵鎚、鋼釘、噴漆、石筆、工作袋--等 [4]。

3.初勘綜合評估作業

為本研究規劃檢測作業之第一階段評估。於此階段之調查評估表，本系統初期將以 Microsoft Excel 之軟體規劃設計，使檢測員從勘查至評估均可以設計好之制式表格循續為之，並使系統評估結果之警示度，於表單輸出中自動評定。此階段之綜合評估結果可為即時維護管理之行政參考，亦為細部檢測之指標。

4.細部檢測作業

作業範圍含蓋初勘範圍至與海下至海床。主要在再次確定及詳測初勘之結果、執行海下檢測、執行特殊項目之專業檢測或特殊事項之監測。此作業階段須仰賴特殊儀器設備、特殊專業人員與特殊方法之檢測與監測，其目的在佐證或釐清初勘之懷疑與判斷，檢、監測之結果亦為綜合評估作業之重要指標。

5.綜合評估作業

為檢測作業之最後階段評估，本系統於 Microsoft Excel 規劃設計下，如同初勘，檢測員從勘查至評估均可以設計好之制式表格循續為之，系統評估結果之警示度與或基本對策亦自動評定。綜合評估結果可為後續維護管理之行政參考，亦為設施進行補救措施、高階分析之最終指標。

4.2.7 碼頭異象分類之統合

當人類有所不適或健康狀況不佳時,常會有一些現象呈現於人體外表，因此旁人才得以警覺，而觀察與檢測碼頭之整體結構安全狀況亦然，故碼頭異象之定義為，勘查檢測港灣設施時，於整體設施外部目視所見之表面異變或劣化之現象，本研究謂之碼頭異象。碼頭異象分類係延伸引用蘇與李等之研究結果[2、4]，該分類係由現地初勘實際觀查統計綜合分類而得，依其對整體設施之影響性，由輕至重計分：1.腐蝕 2.龜裂 3.破裂 4.沉陷 5.拱起 6.傾斜 7.崩塌等七大異象(如表 4-1)。碼頭異象統合分類的目的為使調查員有統一的溝通與描述語言，並使調查模式簡單化、統一化與格式化。以利於日後自動化管理之實施。

4.2.8 碼頭異象之特性

碼頭異象彼此之間的行為常俱 3 大特性[5]：1.互相伴隨發生—多樣性。2.互為因果—循環性。3.不斷的互為因果而擴大表徵—連續性。

3 大特性之關聯如圖 4-1，正因此關聯特性，若忽視一小小異象足可延誤拯救碼頭之時效，不可不慎。若不時時加以適當的安全檢測與

維修，輕者將使碼頭運作之潛在危險性漸昇，重者將使碼頭結構之潛在危險性漸昇，甚至導致突發性之崩毀，不可不慎。

表 4-1　高雄港碼頭外視異象實地勘查案例統計表[4]

碼頭型式	重力式	錨錠式	棧橋式	混合式	合　計	*可疑待查
碼頭座數	16	62	26	14	118	0
各式碼頭 %	13.56	52.54	22.03	11.86	100.00	0.00
異象類別	發生率百分比%(及座數)					
腐蝕　座數	7	2	3	8	20	40
本式%	43.75	3.23	11.54	57.14		
全港區%	5.93	1.69	2.54	6.78	16.95	33.90
龜裂　座數	11	31	8	14	64	0
本式%	68.75	50.00	30.77	100.00		
全港區%	9.32	26.27	6.78	11.86	54.24	0.00
破裂　座數	9	8	4	9	30	0
本式%	56.25	12.90	15.38	64.29		
全港區%	7.63	6.78	3.39	7.63	25.42	0.00
沉陷　座數	9	23	0	10	42	3
本式%	56.25	37.10	0.00	71.43		
全港區%	7.63	19.49	0.00	8.47	35.59	2.54
拱起　座數	5	2	0	3	10	1
本式%	31.25	3.23	0.00	21.43		
全港區%	4.24	1.69	0.00	2.54	8.47	0.85
傾斜　座數	7	1	0	4	12	59
本式%	43.75	1.61	0.00	28.57		
全港區%	5.93	0.85	0.00	3.39	10.17	50.00
崩塌　座數	6	1	0	1	8	0
本式%	37.50	1.61	0.00	7.14		
全港區%	5.08	0.85	0.00	0.85	6.78	0.00
超深　座數	1	1	0	0	2	77
本式%	6.25	1.61	0.00	0.00		
全港區%	0.85	0.85	0.00	0.00	1.69	65.25

1996 .10　蘇吉立　　File Name:86KAL010.XLS

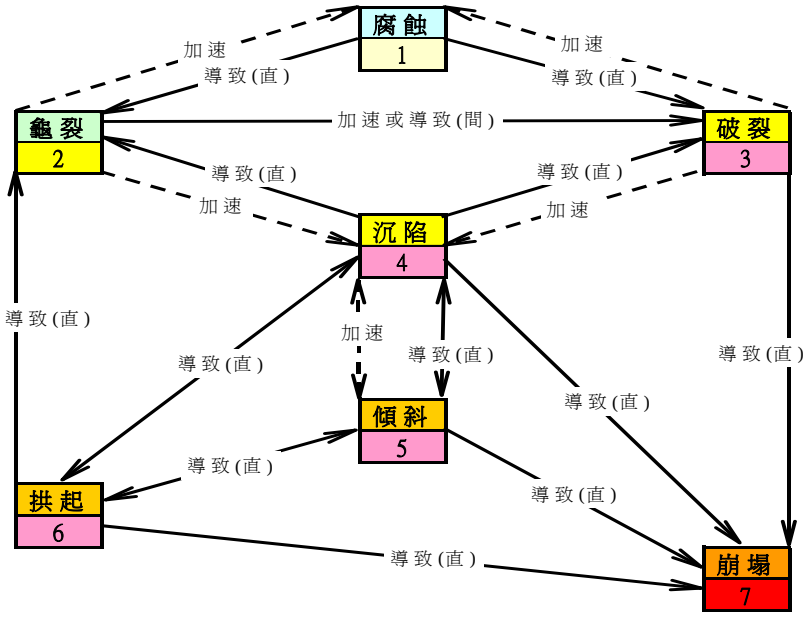


圖 4-1　碼頭外部異象 3 大特性之關聯圖[5]

4.2.9 碼頭異象之成因與常現行為分佈狀況

重新檢討分析蘇，1998[5]之研究結果；導致各種碼頭異象行為之可能主要因素及常現各種碼頭異象行為分佈狀況分項歸納分析如下(以其對碼頭結構可能之潛在危險度由輕至重依序敘述)：

1.腐蝕

可能主要成因包括；海洋環境自然因素、外力撞擊或磨損、結構體之保護層厚度不均等。常現各種腐蝕之外視異象行為分佈狀況有：A.樁 B.樑 C.壁體胸牆 D.防舷材 E.法線橫樑 F.繫船柱及基座 G.岸肩梁版等。

2.龜裂

可能主要因素包括；材料因素（含腐蝕、疲勞及老化）、結構體保護層厚度不均、強度不均、應力集中、不當外力、地震力、長期反復載重、壓密沉陷、超載沉陷、基床滲水軟化、漏砂、傾斜或基礎結構失衡滑動等。常現各種龜裂之外視異象行為分佈狀況有：A.PC樁 B.樑 C.壁體胸牆 D.防舷材 E.法線橫樑 F.繫船柱基座（多造成 45及 90 度拉裂）G.岸肩梁版 H. 岸肩地面 I.後線地面。

3.破裂

同龜裂。

4.沉陷

可能主要因素包括；不當外力、地震力、長期反復載重、壓密、超載、基床滲水軟化、漏砂、傾斜或基礎結構失衡滑動。常現各種沉陷之外視異象行為分佈狀況有：A.壁體胸牆 B.法線橫樑 C. 岸肩梁版 D. 岸肩地面 E.後線地面。

5.拱起

同沉陷。

6.傾斜

可能主要因素包括；沉陷及導致沉陷之原因。常現各種傾斜之外視異象行為分佈狀況有：A. 壁體胸牆 B. 碼頭附屬建物。

7.崩塌

可能主要因素包括；沉陷、傾斜及導致沉陷之原因，而大量滲水、颱風、地震、不當外力及超載為加速崩塌之主因。常現各種崩塌之外視異象行為分佈狀況有：A. 壁體胸牆 B.岸肩梁版 C. 岸肩地面 D.後線地面 E.整體。

外示異象整體觀念之描述亦可以圖 4-1 說明之。瞭解圖中關係，將使安全調查之工作與研判之能力提昇。

4.2.10 碼頭本體設施結構之相關標定

為使碼頭結構安全調查者,能明確瞭解種種可能導致碼頭外視異象之基本機制，預先導正對可能異象行為之研判方向，同時提昇調查者之研判力，且為避免於同一異象原因之研判，因不同調查者而於研判之方向與結果產生太大之差異，對於碼頭本體設施結構必須先做好相關之標定。本研究對碼頭本體設施結構之相關標定包括：1.導致碼頭本體設施結構外視異象之基本機制標定。2.碼頭本體設施結構基本檢測部位之標定。

4.2.11 碼頭本體設施定義與分類

碼頭本體設施與相關之名詞，本研究基本上採用侯等(1996)編製而由交通部運輸研究所出版之"港灣工程專有名詞"書中之定義[3]。為精簡研究範圍，使系統之相關處理作業簡化，本研究於碼頭本體設施之研究項目僅限於重力式碼頭、板樁式碼頭與棧橋式碼頭三項，依序逐年研究，而重力式碼頭為今年之研究項目。依侯等(1996)所編『港灣工程專有名詞』一書之定義，重力式碼頭分為：沉箱式碼頭、L 型塊式碼頭、方塊式碼頭、空心方塊式碼頭與整塊式碼頭，為簡化系統之相關作業處理，本研究再將重力式碼頭劃分為：沉箱式碼頭與塊式碼頭兩大類。

4.2.12　導致碼頭外部異象基本機制之標定

本研究於碼頭結構，乃延用蘇(2002)[11]所建立之標準斷面示意圖以及所統合分析之所有可能導致各式設施異象基本機制之成果，加以檢討整合後重新建立。94 年已檢討整合建置完成導致重力式碼頭結構外部異象之主要機制示意圖(如圖 4-2 與 4-3)，95 年近一步增建完成導致版樁式碼頭結構外部異象之主要機制示意圖(如圖 4-4 與 4-5)，本年度則持續增建完成導致棧橋式碼頭結構外部異象之主要機制示意圖(如圖 4-6)，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象之基本機制，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 4-2 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，機制(2)不當撞擊力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象，將不是單一之異象，異象所產生之部位與範圍亦將是多處與多面，且圖示各項行為將緩慢或立即顯現外視異象。如圖 4-2 至 4-6 中亦同時標定各式碼頭之外視表觀區(勘查範圍)。

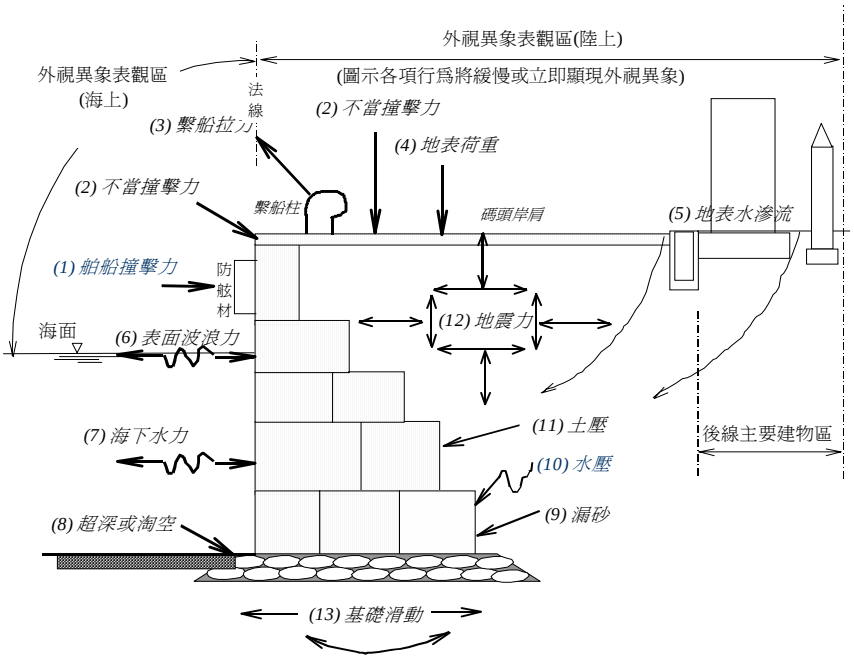


圖 4-2　導致重力式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

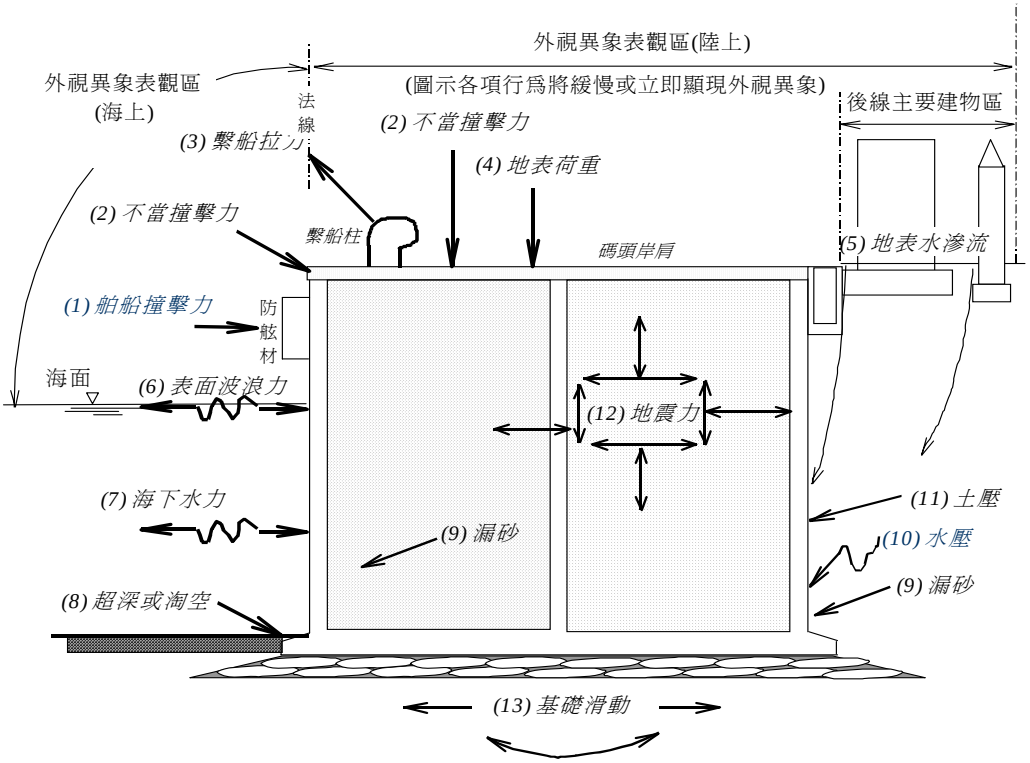


圖 4-3　導致重力式沉箱碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

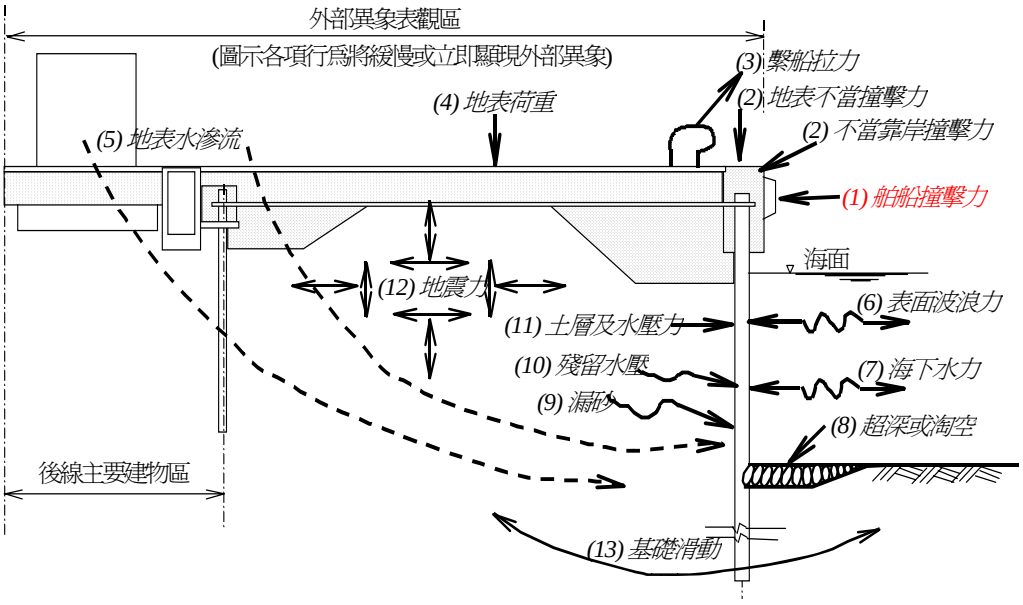


圖 4-4 導致版樁式錨錠樁碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

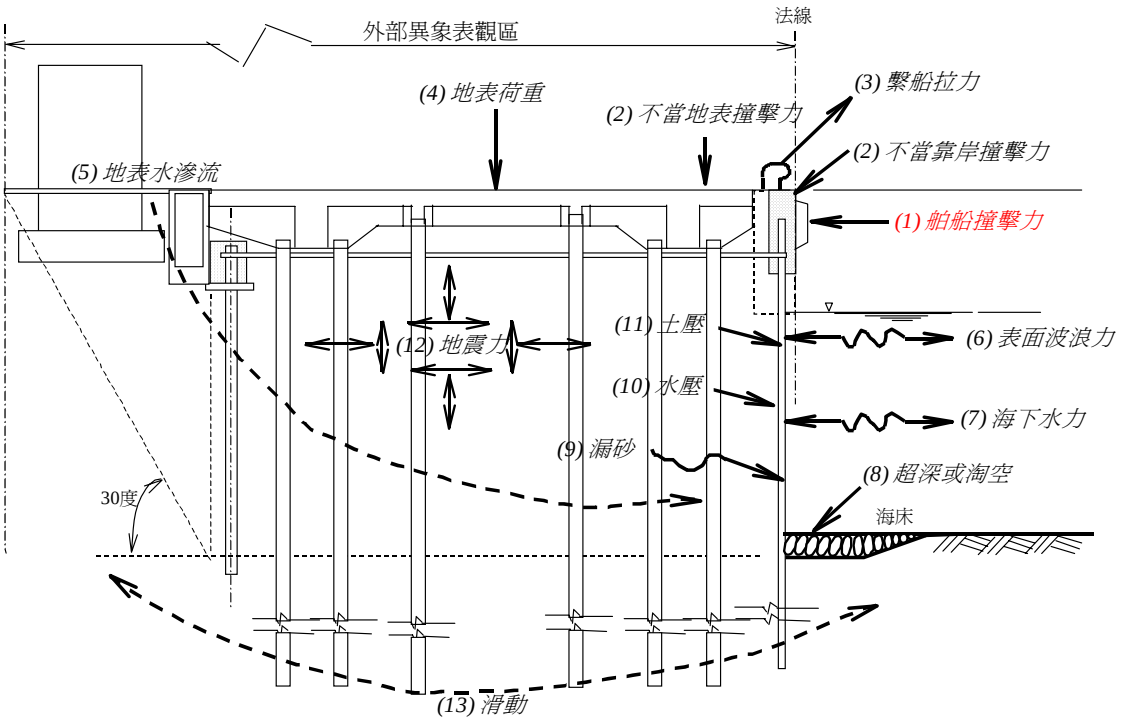


圖 4-5 導致減壓平版式碼頭外部異象機制意圖

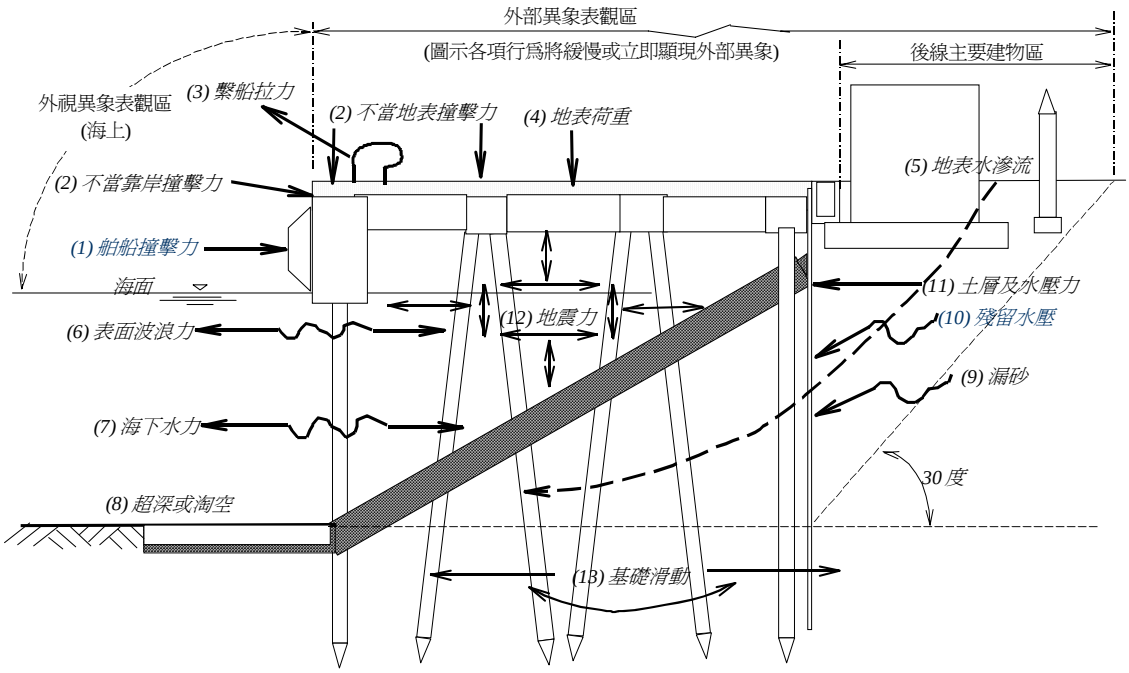


圖 4-6 導致棧橋式方塊碼頭結構外部異象之主要機制示意圖

4.2.13 碼頭基本檢測部位之標定

除了整合導正異象因素之分析研判基本方向外,亦統一標稱檢測部位與名稱，並依檢測順序與結構型式，加以編號標示。

94 年首先整合建置完成重力式碼頭檢測部位標稱示意圖,如圖 4-7 與圖 4-8，

95 年增建完成版樁式碼頭檢測部位標稱示意圖，如圖 4-9 與圖 4-10。

本年度再續建完成棧橋式碼頭檢測部位標稱示意圖，如圖 4-11。

圖 4-7 至圖 4-11 中標稱之各項檢測部位，即為整合統一後系統之既定基本檢測部位，各部位之基本檢範圍，亦明確標定標準圖示中。

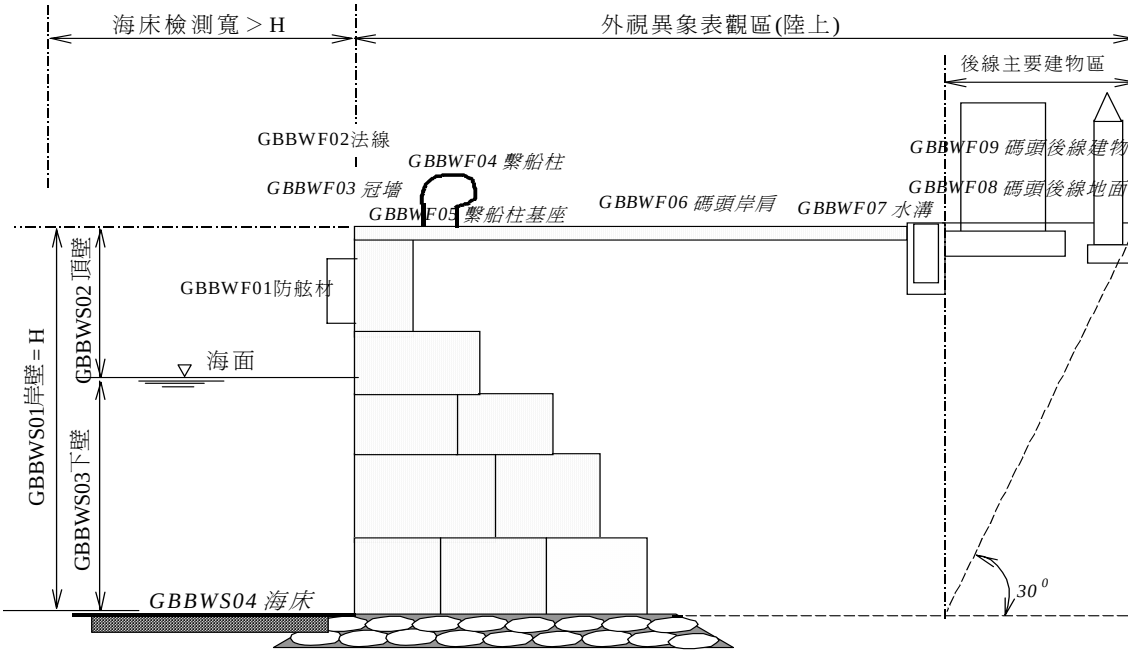


圖 4-7　重力式方塊碼頭檢測部位標稱示意圖

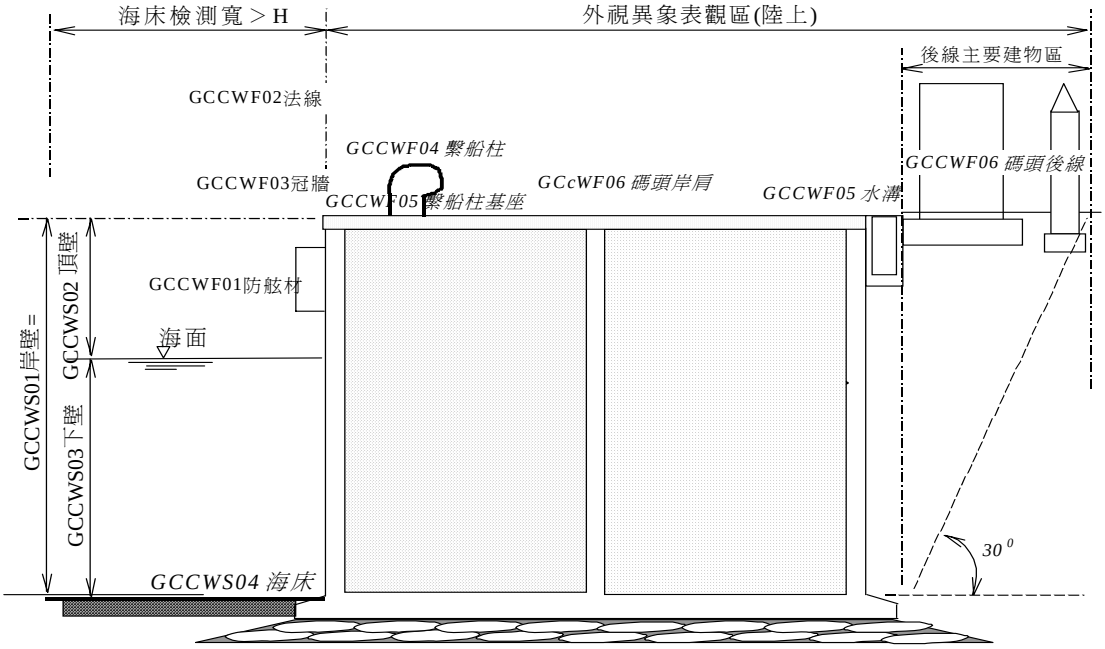


圖 4-8　重力式沉箱碼頭檢測部位標稱示意圖

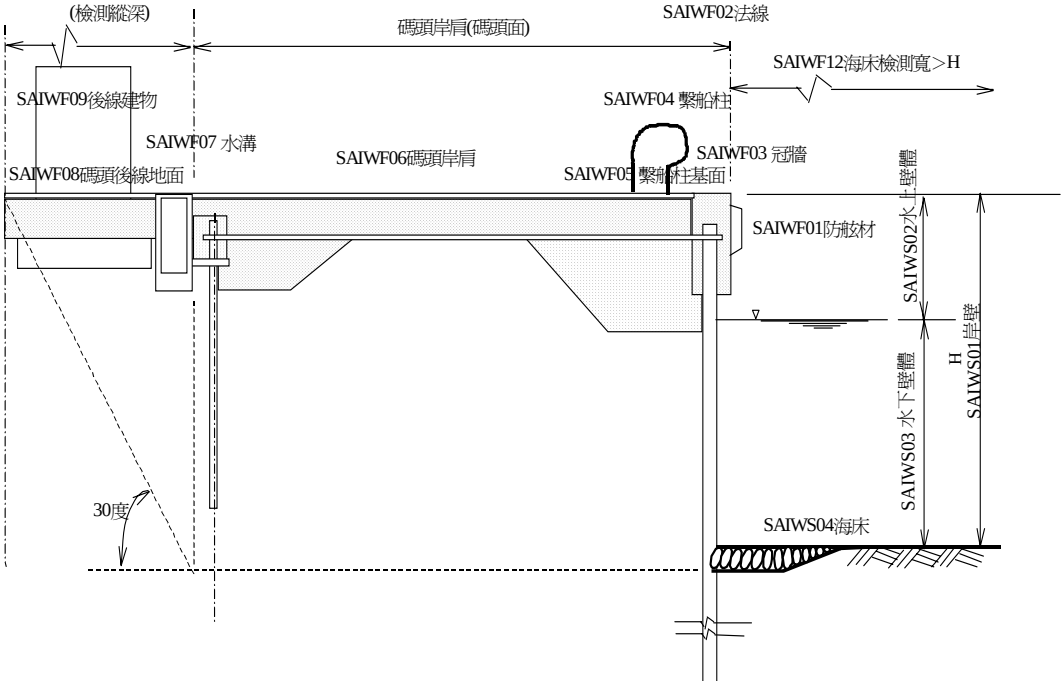


圖 4-9　版樁式錨碇樁碼頭檢測部位標稱示意圖

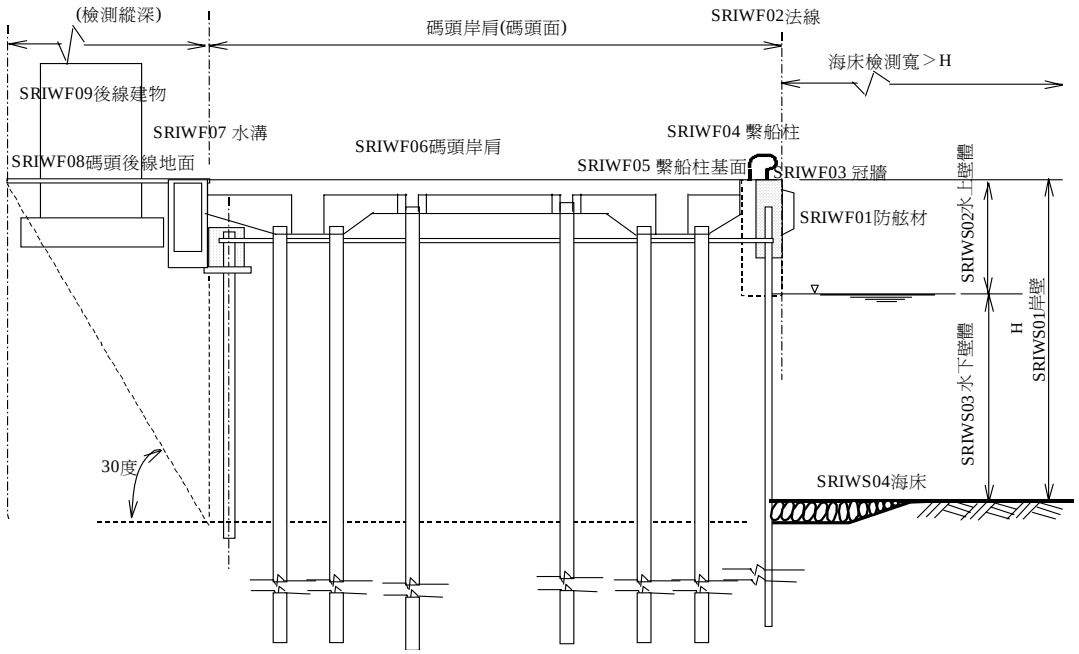


圖 4-10　減壓平版式碼頭檢測部位標稱示意圖

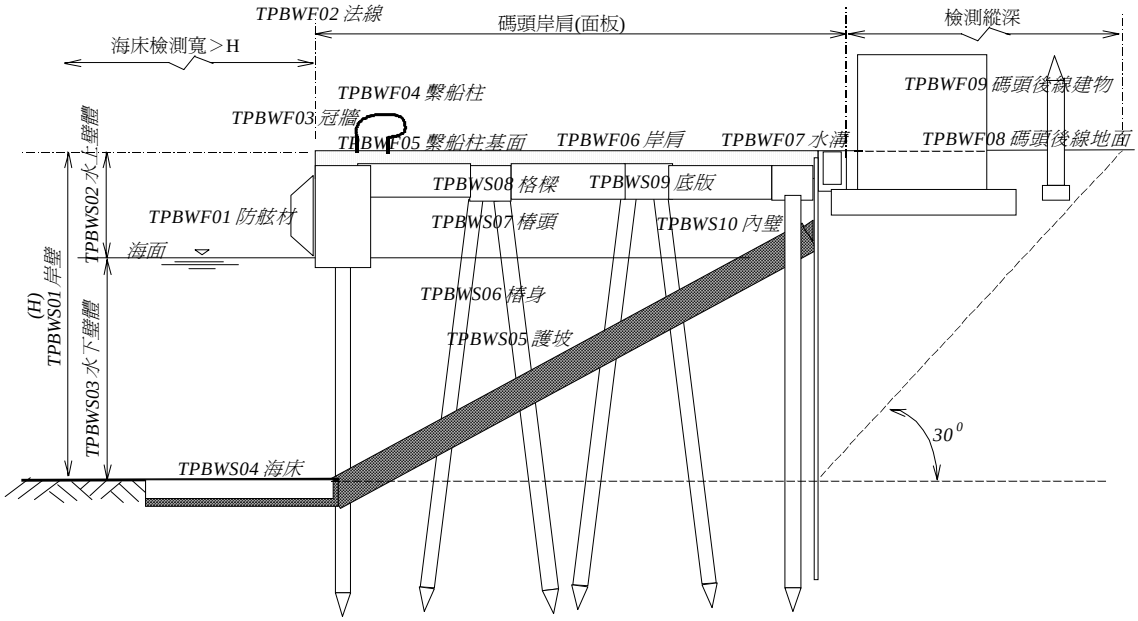


圖 4-11　棧橋式錨碇樁碼頭檢測部位標稱示意圖

4.3 系統之建構

本研究擬建構之碼頭本體設施維護管理系統之初期架構將包括：港灣工程單價資料庫及碼頭本體設施安全檢測系統，因其間尚有許多事項有待整合，且人力與經費受限，故配合循序漸進之研究工作目前所稱之系統暫指碼頭本體設施之安全檢測系統。目前檢測系統經歷年之檢討、修正與重建後，已由僅適用重力式碼頭之 94 年檢測系統，演進為同時適用於重力式與鋼板樁碼頭之 95 年之檢測系統，今年則再進步納入棧橋式碼頭，使系統進升為同時適用於重力式、鋼板樁與棧橋式碼頭之 96 年檢測系統。

4.3.1 系統研建之淵源

系統表建構之基本構思，係源自李等 1998[4]至蘇 2002[11]等相關研究，期間並參酌公路局之橋梁檢測系統與李賢華 2002[10]之部份理念，並於理念與實務上加以整合與檢討修正。然系統之建置初期仍延續蘇 2002 所建置之架構，重新檢討修正該系統，使該系統更完整、合理與實用。

4.3.2 系統研建之特點

本系統之建構與展現，亦利用 Windows 作業視窗及 Microsoft Excell 作業軟體，將檢測前之基本資料建立、檢測中之異象描述與異象度評定、檢測後之分析評估與基本對策等，依序設計成一系列之安全檢測評估系統表，配合 Microsoft Excell 作業軟體之特性，研建一系列之安全檢測評估系統表而構成一檢測系統。本系統所強調之特點如下：

1. 明確界定檢測系統適用性。
2. 統合異象分類、檢測項目、檢測內容與異象行為分析觀念。
3. 檢測斷面、檢測記錄與檢測報告標準化。
4. 統合分析可能導致各式碼頭外視異象之行為機制。

5.檢測部位、檢測部位名稱與檢測程序統一化。

6.檢測評估自動化。

4.3.3 系統之組成

碼頭本體設施之安全檢測系統係由一系列之圖表所組成(96 年系統整體組成架構如圖 4-12) 。本研究為達本系統所強調之標準化、統一化以及自動化之特點與簡單實用之目的，主要係利用 Microsoft Excel 作業軟體之特性分別建構一系列之圖表，各圖表並依作業性質、內容與目的予以編號(如圖 4-12 中之各表)。

整體 96 年系統之圖表主要分為資料參考與檢測評估兩大類，圖 4-12 中左半部之 A0、B0、G0、H0~4 為資料參考圖表，提供檢測作業、評估、與決策之參考，右半部之 C0、D0、E0、F1~3、S1~6 則為檢測評估表。

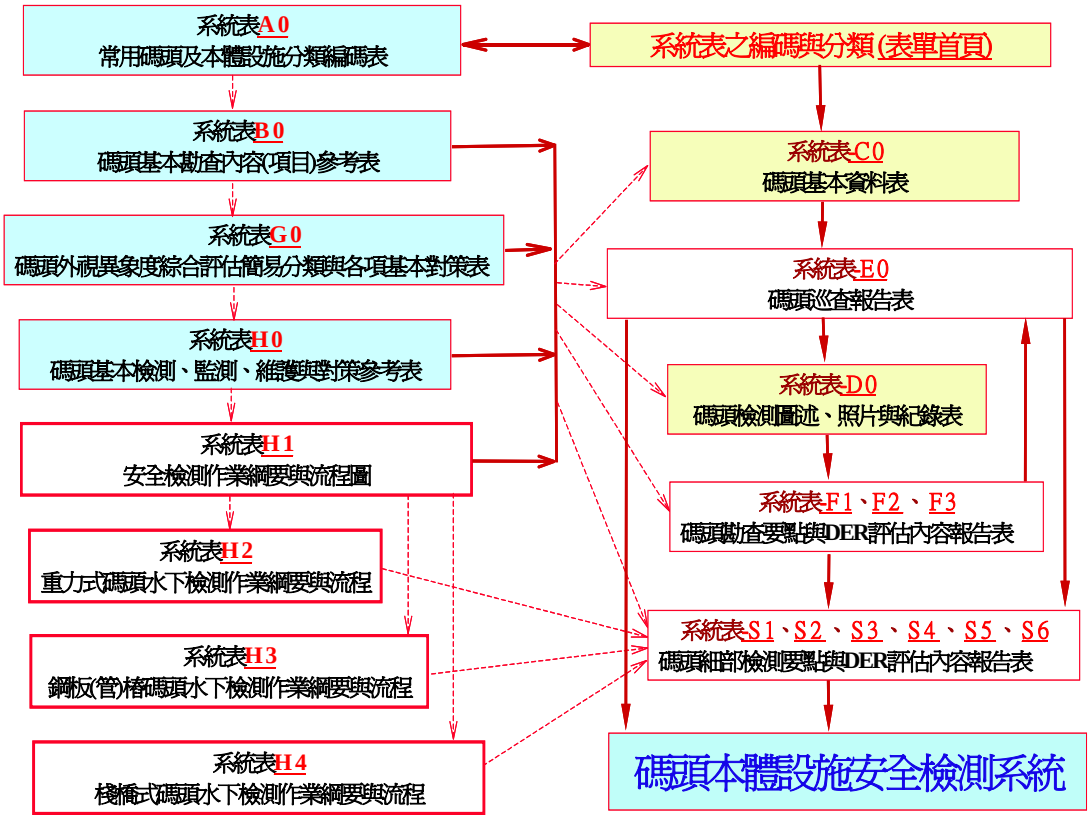


圖 4-12 檢測系統組成架構示意圖

4.3.4 系統圖表之建構、編碼與分類

96 年度於系統圖表之建構，係延續 95 年已完成之系統圖表，於持續印證與檢討後，再將系統圖表作部分修正與擴充，使系統圖表同時適用於重力式、鋼板樁與棧橋式碼頭之檢測。整體 96 年系統圖表如圖 3-1，其各圖表之建構內容依序分述於下列各節。

4.3.5 安全檢測表單首頁之建構

安全檢測表單首頁之建構，係將系統所建之各種圖表，利用 Microsoft Excel 彙整列表(如表 4-2)，經由首頁除可查詢檢測系統相關設定與參考資料外，亦可選取所需之檢測表單。

表 4-2　安全檢測表單首頁

系統表編碼	設施編碼	檢測性質編碼	檢測次數編碼	檢測表單編碼	分類
A0					常用碼頭及本體設施分類編碼表
B0					碼頭基本勘查內容(項目)參考表
C0	SSSW	**OF**	0001	01	碼頭基本資料表
D0	SSSW	OF	0001	01	碼頭檢測圖述、照片與紀錄表
E0	SSSW	OC	0001	01	碼頭巡查報告表
F1	SSSW	**OF**	0001	01	碼頭勘查要點與DER評估報告表
F2	SSSW	**OF**	0001	02	碼頭勘查要點與DER評估報告表
F3	SSSW	**OF**	0001	03	碼頭勘查要點與DER評估報告表
G0					碼頭外視異象度綜合評估簡易分類與各項基本對策表
H0					碼頭基本檢測、監測、維護與對策參考表
H1					安全檢測作業綱要與流程圖
H2					重力式碼頭水下檢測作業綱要與流程
H3					鋼板(管)樁碼頭水下檢測作業綱要與流程
S1	SSSW	**OS**	0001	01	碼頭細部檢測要點與DER評估內容表
S2	SSSW	**OS**	0001	02	碼頭細部檢測要點與DER評估內容表
S3	SSSW	**OS**	0001	03	碼頭細部檢測要點與DER評估內容表
S4	SSSW	**OS**	0001	04	碼頭細部檢測要點與DER評估內容表

代號補充說明					
SSS	系統	OC	平時巡查	FS	例行細勘
W	碼頭	OF	平時初勘	SF	災害初勘
OD	基本對策參考資料	OS	平時細勘	SS	災害細勘
		FF	例行初勘		

安全檢測表單首頁中已詳列各圖表，並依序分類編碼，整體編碼共 14 碼:前 2 碼為系統表編碼(共 2 碼) 、3~6 碼為設施編碼(共 4 碼) 、7~8 碼為檢測性質編碼(共 2 碼) 、9~12 碼為檢測次數編碼(共 4 碼) 、13~14 碼為檢測表單編碼(共 2 碼)。各編碼單碼意義：阿拉伯數字表順序或次第、A~E 及 G~H 表順序、F 表初勘或例行、O 表基本或平時、S 表系統或災害或細勘、W 表示碼頭。組合碼之意義：SSS 表示系統共通性、OC 為平時巡查、OD 為基本對策參考資料、OF 為平時初勘、OS 為平時細勘、FF 為例行初勘、FS 為例行細勘、SF 為災害初勘、SS 為災害細勘。

4.3.6 系統表 A0 之建構

系統表 A0 之建構，係將常用碼頭結構型式、附屬建物及附屬設施加以分類後編碼，並利用 Microsoft Excel 彙整列表，表中亦將已標定建構完成各式碼頭之異象機制圖與檢測部位圖標示於表中(如表 4-3)。

此表於系統中屬資料參考類，除可查詢常用碼頭結構型式、附屬建物及附屬設施之編碼意義外，亦可查詢系統已標定建構完成各式碼頭之異象機制圖與檢測部位圖示。

表 4-3　港灣設施安全檢測評估系統表-A0

回安全檢測表單　　回主系統

港灣設施安全檢測評估系統表-A0

常用碼頭及本體設施分類編碼表							
碼頭主體				附屬建物		附屬設施	
編碼	結構型式	已建異象機制圖	已建檢測部位標稱	編碼	名稱	編碼	名稱
GCCW	**重力式沉箱碼頭**	✓	✓	BO	辦公室	CC	繫船柱基座
GLBW	重力式L型塊碼頭			BW	倉庫	CB	繫船柱
GCBW	重力式空心方塊碼頭			BT	通棧	CF	防舷材
GBBW	**重力式方塊碼頭**	✓	✓	BS	圓庫	C	車檔
SALW	版樁式錨碇版碼頭			BC	輸送設施	C	水溝
SAIW	**版樁式錨碇樁碼頭**	✓	✓	SY	堆貨場		
SRIW	**平版樁基式碼頭(減壓平版式碼頭)**	✓	✓	CY	貨櫃場		
TSVW	棧橋式鋼管直樁碼頭						
TSBW	**棧橋式鋼管斜樁碼頭**	✓	✓				
TPVW	棧橋式PC直樁碼頭						
TPBW	**棧橋式PC斜樁碼頭**						

蘇吉立2007版

4.3.7 系統表 B0 之建構

系統表 B0 之建構，係將目前已標定之碼頭基本勘查內容(項目)，分陸上及水下兩部份利用 Microsoft Excel 依序彙整列表。各勘查內容(項目)代號標定之順序，陸上部份係由防舷材往上往內，水下標定順序係由岸壁往下往外，整體標定內容順序與代號詳如表 4-4。

此表於系統中屬資料參考類，表中所列勘查項目，即為系統建議之基本勘查項目，所列順序亦為本系統建議之現地勘查要點與順序。

表 4-4　港灣設施安全檢測評估系統表–B0

回安全檢測表單　　回主系統

港灣設施安全檢測評估系統表-B0

碼頭基本勘查內容（項目）參考表			
代號	內容(項目)	代號	內容(項目)
陸上勘查			
WF01-3	防舷材破裂	WF06-1	岸肩腐蝕
WF01-7	防舷材崩塌	WF06-2	岸肩龜縫
WF02-5O	法線外拱	WF06-3	岸肩破縫
WF02-5I	法線內拱	WF06-4	岸肩沉陷
WF03-1	冠牆腐蝕	WF06-5	岸肩拱起
WF03-2	冠牆龜縫	WF06-6	岸肩傾斜
WF03-3	冠牆破縫	WF06-7	岸肩崩塌
WF03-4	冠牆沉陷	WF07-3	水溝破裂
WF03-6	冠牆傾斜	WF07-4	水溝沉陷
WF03-7	冠牆崩塌	WF07-7	水溝崩塌
WF04-1	繫船柱腐蝕	WF08-3	後線地面破裂
WF04-3	繫船柱破裂	WF08-4	後線地面沉陷
WF05-3	繫船柱基面破裂	WF08-7	後線地面崩塌
WF05-6	繫船柱基傾斜	WF09-4	後線建物沉陷
WF05-7	繫船柱基崩塌	WF09-6	後線建物傾斜
		WF09-7	後線建物崩塌
C08-水下巡檢			
WS01-C08-1	水下異象檢視	WS05-C08-11	護坡檢視
WS01-C08-2	水下照相	WS06-C08-12	樁頭檢視
WS01-C08-3	水深檢測	WS06-C08-13	樁身破裂檢測
WS01-C08-4	壁體傾斜檢測	WS06-C08-14	樁腐蝕電位檢測
WS01-C08-5	壁體破裂檢視	WS06-C08-15	樁厚度檢測
WS01-C08-6	壁體漏沙檢視	WS06-C08-16	樁身傾斜檢視
WS01-C08-7	海床掏刷檢視	WS06-C08-17	底樑檢視
WS04-C08-8	海床拱起檢視	WS06-C08-18	底版檢視
WS04-C08-9	海床淤砂檢視	WS06-C08-19	內壁檢視
WS04-C08-10	防淘刷體檢視		

蘇吉立2007版

4.3.8 系統表 C0 之建構

系統表 C0 之建構，亦利用 Microsoft Excel 建立一資料表，主要在建置儲存碼頭基本資料。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-5。此表於系統中屬檢測評估類。

表 4-5　港灣設施安全檢測評估系統表-C0

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-C0

基本資料表SSSW-OF-0001-00

檢測資料屬性	區域		既有		改建		翻修		年份		月份	
	平時		例行		災害							
	巡查		初勘		細勘							
碼頭名稱												
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它	

碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它	
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC圓樁		PC版樁	其他
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁	其他
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他	
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料	其它
岸肩面板	RC		PC	✓	AC		卵石級配		碎石級配		其他	

碼頭起造日期	年	月	碼頭完工日期	年	月	碼頭啟用日期	年	月

設計標高：	EL+m		基本設計圖(電子檔)															
設計海床：	EL-m		平面	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
設計坡度：	%		斷面	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
設計船舶：	噸(級)		細部	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
設計震度：	震度(gal)		施工照片	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			施工監測	E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

基本完工照片

法線、防舷材照片	繫船柱、冠牆照片	岸肩照片	水溝照片
照片編號	照片編號	照片編號	照片編號
法線、防舷材照片	繫船柱、冠牆照片	岸肩順照片	後線地面照片
照片編號	照片編號	照片編號	照片編號
法線、防舷材照片	繫船柱、冠牆照片	岸肩照片	後線建物照片
照片編號	照片編號	照片編號	照片編號

檢測單位：	港灣技術研究中心	檢測人員：	蘇吉立	

檢測日期：　　年　　月　　日　　　　第　1頁　共　　頁

4.3.9 系統表 D0 之建構

系統表 D0 之建構，亦利用 Microsoft Excel 建立一資料表，主要在建置儲存碼頭基本檢測照片與紀錄。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-6。此表於系統中屬檢測評估類。

表 4-6　港灣設施安全檢測評估系統表-D0

回安全檢測表單　回主系統　回歷史檢測案例資料庫　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-D0

碼頭檢測圖述、照片與紀錄表SSSW-OF-0001-00																							
檢測資料屬性	區域		既有		改建		翻修		年份		月份												
	平時		例行		災害	✓																	
	巡查		初勘		細勘																		
碼頭名稱																							
碼頭用途屬性	軍用		貨櫃		散雜		水泥		穀		油		化		漁		港勤		客		其它		
																					✓		
碼頭型式	重力式		✓	版樁式			棧橋式				平版樁基式				護岸			其它					
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC圓樁		PC版樁			其他									
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁			其他									
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他												
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料			其它									
岸肩面板	RC		PC	✓	AC		卵石級配		碎石級配		其他												
基本外視異象檢測照片及描繪記錄圖																							
檢測單位：	港灣技術研究中心						檢測人員：																
檢測日期：　　年　　月　　日																					第　頁 共　頁		

4.3.10 系統表 E0 之建構

系統表 D0 之建構，亦利用 Microsoft Excel 建立一調查表，主要在提供一般基層人員於平時、例行或災害時之綜合性快速檢測與評估報告用，報告之目的在提供決策之快速而適當處置之依據，亦為細部檢測之參考依據。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-7。

表 4-7　港灣設施安全檢測評估系統表-E0

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表−SSSW-OC-0001-00

檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份	
	平時	✓	例行		災害							
	巡查		初勘		細勘							
碼頭名稱												
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它	
		✓										

碼頭型式	重力式		版樁式		棧橋式	✓	平版樁基式		護岸		其它			備注
岸壁結構	方塊		沉箱		鋼板		鋼管	✓	PC版樁		PC圓樁		其他	
岸肩結構	方塊		沉箱		鋼管直樁	✓	鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他	
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他			
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		回填料		其他			
岸肩面板	RC	✓	PC		AC		卵石級配		碎石級配		其他			

巡查部位		**外視異象**							**各項巡查評估結果**	
		1 腐蝕	**2 龜裂**	**3 破裂**	**4 沉陷**	**5 拱起**	**6 傾斜**	**7 崩塌**		
編號	**項目**	**外視異象等級**							**綜合等級**	
		A B C O	**A B C O**	**A B C O**	**A B C O**	**A B C O**	**A B C O**	**A B C O**		
等級分劃請參閱系統表G0(主要以一般外視異象及其分佈範圍爲分劃)										
分佈範圍分劃：100~45%爲A、44~25%爲B、24~5%爲C、<5%爲O									**1~3項**	**4~7項**
SSSWF01	防舷材		0	0	免評	免評	免評		O	O
建議因應措施		無	無							
SSSWF02	法線	免評	免評	免評			免評		免評	O
說明										
SSSWF03	冠牆					免評			O	O
說明										
SSSWF04	繫船柱				免評	免評	免評	免評	O	免評
SSSWF05	繫船柱基					免評			O	O
說明										
SSSWF06	岸肩					免評			O	
說明										
SSSWF07	岸肩水溝	免評				免評			O	O
SSSWF08	後線地面	免評				免評			O	O
SSSWF09	後線建物	免評				免評			O	O

巡查綜合評估	整體警示度	**腐蝕**	**龜裂**	**破裂**	**沉陷**	**拱起**	**傾斜**	**崩塌**	**綜合警示**	
		0	0	0	0	0	0	0	O	O
		O	O	O	O	O	O	O	O	
	建議因應措施	**整體**	**正常**							
		個項	冠牆		繫船柱		繫船柱基		岸肩	
			無		無		無		無	
			岸肩水溝		後線地面		後線建物			
			無		無		無			
		檢、監測	**法線**	**裂縫**	**沉陷**	**水下**	**強度**	**地質**		
			否	否	否	否	否	否		
檢測單位：		港灣技術研究中心								
檢測人員：		蘇吉立								

檢測日期：　年　月　日　　第　頁 共　頁

4.3.11 系統表 F1 之建構

系統表 F1 之建構，亦利用 Microsoft Excel 建立一調查表，主要在提供一般基層人員於平時或災害時之初勘與評估報告用。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-8。

表 4-8　港灣設施安全檢測評估系統表−F1

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-F1

碼頭勘查要點與DER評估報告表SSSW-OF-0001-01													
檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份		
	平時		例行	✓	災害								
	巡查		初勘		細勘								
碼頭名稱													
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它		
碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它		
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他		
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料		其他
岸肩面板	RC		PC		AC		卵石級配		碎石級配		其他		

安檢部位與內容	D目視異象度	E分佈範圍%	R安全影響	檢測照	檢測圖	警示度
A(高)、B(中)、C(低)、O(正	A B C O N	A B C O N	A B C O N	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3	ABCO ID
界限分劃權重分配分0、1、2、3四級	如各項分劃 3 2 1 0	45 25 5 0 3 2 1 0	高 中 低 無 3 2 1 0	ID%=(((D+E)*R)/18)*100		
警示度ID之分劃：100~45%爲高度警示(A)、44~25%爲中度警示(B)、24~5%爲低度警示(C)、4~0%爲正常(O)						
D目視異象度之分劃：極嚴重爲3、中等嚴重爲2、輕微爲1、無爲0						
E分佈範圍%之分劃：100~45%爲3、44~25%爲2、24~5%爲1、4~0%爲0						
SSSWF01 防舷材			2			O
(D分劃：無作用、崩塌、崩落、嚴重腐蝕剝落時權重3，破裂、腐蝕時權重2，龜裂、銹蝕時權重1)						
勘查結果	正常					
SSSWF02 法線			3			O
(D分劃：外移量>=30cm或內移量5>cm時權重3，外移量11~29cm或內移量5~2cm時權重2，外移量<=10cm或內移量<=2cm時權重1)						
勘查結果	正常					
SSSWF03-1 冠牆腐蝕			2			O
(D分劃：破、拱時權重3，裂時權重2，銹水時權重1)						
勘查結果	正常					
SSSWF03- 冠牆龜裂、			3			O
(D分劃：冠牆變形、裂縫貫穿權重3，冠牆未變形但裂縫貫穿權重2，冠牆未變形且裂縫未貫穿時權重1)						
2~3 勘查結果	正常					
SSSWF03-4 冠牆沉陷			3			O
(D分劃：差異沉陷量>10cm時權重3，10~5cm時權重2，<5cm時權重配1)						
4 勘查結果	正常					
SSSWF03-6 冠牆傾斜			3			O
(D分劃：傾斜量>2%時權重3，1.9~1%時權重2，<1%時權重1)						
6 勘查結果	正常					
SSSWF03-7 冠牆崩塌			3			O
(D分劃：崩垮時權重分配3，>傾崩或崩陷時權重分配2，>崩破時權重分配1)						
7 勘查結果	正常					
檢測單位：	港灣技術研究中心					
檢測人員：	蘇吉立					

檢測日期：　年　月　日　　第 1 頁共 3 頁

4.3.12 系統表 F2 之建構

系統表 F2 之建構與功用如同 F1。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-9。

表 4-9 港灣設施安全檢測評估系統表−F2

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-F2

碼頭勘查要點與DER評估報告表SSSW-OF-0001-02

檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份		
	平時		例行	✓	災害								
	巡查		初勘	✓	細勘								
碼頭名稱													
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它		
碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它		
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他		
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料		其他
岸肩面板	RC		PC		AC		卵石級配		碎石級配		其他		

安檢部位與內容	D目視異象度	E分佈範圍%	R安全影響	檢測照	檢測圖	警示度	
A(高)、B(中)、C(低)、O(正常)、N(不明)	**A B C O N**	**A B C O N**	**A B C O N**	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3	ABCO	ID(%)
界限分劃權重分配分0、1、2、3四級	如各項分劃 3 2 1 0	45 25 5 0 3 2 1 0	高 中 低 無 3 2 1 0	ID%=(((D+E)*R)/18)*100			
警示度ID之分劃：100~45%爲高度警示(A)、44~25%爲中度警示(B)、24~5%爲低度警示(C)、4~0%爲正常(O)							
D目視異象度之分劃：極嚴重爲3、中等嚴重爲2、輕微爲1、無爲0							
E分佈範圍%之分劃：100~45%爲3、44~25%爲2、24~5%爲1、4~0%爲0							
SSSWF04 繫船柱			2			O	0
(D分劃：破斷、破孔或龜裂時時權重3，腐蝕剝落時權重2，腐蝕脫漆時權重1)							
勘查結果	正常						
SSSWF05 繫船柱基面			3			O	0
(D分劃：崩垮、傾崩或崩陷時權重分配3，傾斜時權重分配2，龜裂時權重分配1)							
勘查結果	正常						
GBBWF06-1 岸肩腐蝕			**2**			O	**0**
(D分劃：破裂、拱裂時權重分配3，龜裂時權重分配2，銹水時權重分配1)							
勘查結果	正常						
GBBWF06-2~3 岸肩龜、破裂			**3**			O	**0**
(D分劃：朝法線方向或平行法線全長龜、破裂時權重分配3，局部破裂時權重分配2，局部龜裂時權重分配1)							
勘查結果	正常						
GBBWF06-4 岸肩沉陷			**3**			O	**0**
(D分劃：沉限量>20cm時權重分配3，20~10cm時權重分配2，<10cm時權重分配1)							
勘查結果	正常						
GBBWF06-5 岸肩拱起			**3**			O	**0**
(D分劃：拱起量>10cm時權重分配3，10~5cm時權重分配2，<5cm時權重分配1)							
勘查結果	正常						
GBBWF06-6 岸肩傾斜			**3**			O	**0**
(D分劃：傾斜量>3%時權重分配3，>2%時權重分配2，>1%時權重分配1)							
勘查結果	正常						
GBBWF06-7 岸肩崩塌			**3**			O	**0**
(D分劃：崩垮時權重分配3，>傾崩或崩陷時權重分配2，>崩破時權重分配1)							
勘查結果	正常						
檢測單位：							
檢測人員：							

檢測日期：　　　年　月　日　　　　　　　　第 2 頁共 3 頁

4.3.13 系統表 F3 之建構

系統表 F3 之建構與功用如同 F1。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-10。

表 4-10　港灣設施安全檢測評估系統表-F3

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　　　　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-F3

碼頭勘查要點與DER評估報告表SSSW-OF-0001-03

檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份			
	平時		例行	✓	災害									
	巡查		初勘	✓	細勘									
碼頭名稱														
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它			
碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它			
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他	
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他	
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他			
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料		其他	
岸肩面板	RC		PC		AC		卵石級配		碎石級配		其他			

安檢部位與內容		D目視異象度	E分佈範圍%	R安全影響	檢測照	檢測圖	警示度	
A(高)、B(中)、C(低)、O(正		A B C O N	A B C O N	A B C O N	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3	ABCO	ID(%)
界限分劃權重分配分0、1、2、3四級		如各項分劃 3 2 1 0	45 25 5 0 3 2 1 0	高 中 低 無 3 2 1 0	ID%=(((D+E)*R)/18)*100			
警示度ID之分劃：100~45%為高度警示(A)、44~25%為中度警示(B)、24~5%為低度警示(C)、4~0%為正常(O)								
D目視異象度之分劃：極嚴重為3、中等嚴重為2、輕微為1、無為0								
E分佈範圍%之分劃：100~45%為3、44~25%為2、24~5%為1、4~0%為0								
SSSWF07	水溝			2			O	**0**
(D分劃：沉限量>20cm、崩塌、大量滲水時權重3，沉陷量20~10cm或破裂滲水時權重2，沉陷<10cm無破裂滲水時權重1)								
勘查結果		正常						
SSSWF08	後線地面			2			O	**0**
(D分劃：沉限量>20cm、崩塌、大量滲水時權重3，沉陷量20~10cm或破裂滲水時權重2，沉陷<10cm無破裂滲水時權重1)								
勘查結果		正常						
SSSWF09-4	後線建物			2			O	**0**
(D分劃：沉陷量>20cm或崩塌時權重3，沉陷量20~10cm或傾斜時權重2，沉陷量<10cm時權重1)								
勘查結果		正常						

檢測單位：								
檢測人員：								

檢測日期：　　　年　月　日　　　　　　　　　　　第 3 頁共 3 頁

4.3.14 系統表 G0 之建構

系統表 G0 之建構，係將整合後之常見碼頭外視異象分類、外視異象等級分劃、各異象等級之基本檢測與監測、基本維護以及基本對策等，利用 Microsoft Excel 彙整列表。此表於系統中屬資料參考類，除

可提供調查結果之等級判斷外，亦可提供於各異象等級應進一佈實施之基本檢監測項目以及基本維護與對策。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-11。

表 4-11　港灣設施安全檢測評估系統表-G0

回安全檢測表單　　**回主系統**

港灣設施安全檢測評估系統表-G0

碼頭外視異象度綜合評估簡易分類與各項基本對策表					
外視異象分類		外視異象度綜合等級分類			
		A 級	B 級	C 級	D 級
1.腐蝕	外視分佈範圍	>45%	45~25%	25~5%	<5%
	一般外視異象	銹水、龜裂、破裂、拱起			
	檢、監測	**S01、C01~C04**	**S01、C01~C04**	**S01、C01~C04**	
	維護與對策	**G01、G04、G05、G13、G14、G15、G16、G17**	**G01、G04、G05、G07、G8、G16**	**G01、G04、G16**	**G01、G04**
2.龜裂	外視分佈範圍	>45%	45~25%	25~5%	<5%
	一般外視異象	有規則長裂縫		不規則短裂縫	
	檢、監測	**S00、S02、C01~C05、SS00、SS02**	**S00、S02、C01~C05、SS00、SS02**	**S02、C01~C05、SS02**	**S02、C01~C05、SS**
	維護與對策	**G01、G05、G13、G14、G15、G16、G17**	**G01、G03、G05、G07、G08、G16**	**G01、G03、G16**	**G01、G03**
3.破裂	外視分佈範圍	>45%	45~25%	25~5%	<5%
	一般外視異象	有規則長裂縫		不規則短裂縫	
	檢、監測	**S00、S03、C01~C05、SS00、SS02**	**S00、S03、C01~C05、SS00、SS02**	**S03、C01~C05、SS02**	**S03、C01~C05、SS**
	維護與對策	**G01、G05、G13、G14、G15、G16、G17**	**G01、G04、G05、G07、G08、G16**	**G01、G04、G16**	**G01、G03**
4.沉陷	外視分佈範圍	>45%	45~25%	25~5%	<5%
	沉陷量	沉陷量大於20cm	沉陷量10~15cm	沉陷量5~10cm	沉陷量小於5cm
	檢、監測	**S00~S04、C06~C08、SS00、SS04**	**S00~S04、C06~C08、SS00、SS04**	**S00~S04、C06~C08、SS00、SS04**	
	維護與對策	**G01、G05、G07、G14**	**G01、G05、G07、G14**	**G01、G05**	**G01**
5.拱起	外視分佈範圍	>45%	45~25%	25~5%	<5%
	拱起量	拱起量大於10cm	拱起量10~5cm		拱起量小於5cm
	檢、監測	**S00~S05、C06~C08、SS00~SS05**	**S00~S05、C06~C08、SS00~SS05**		
	維護與對策	**G01、G07、G14~G15**	**G01、G14~G15**		**G01**
6.傾斜	外視分佈範圍	>45%	45~25%	25~5%	<5%
	傾斜量	2%(或法線外移>30cm)	2~1%(或法線外移10~30cm)	<1%(或法線外移<10cm)	無
	檢、監測	**S00~S06、C06~C08、SS00~SS06**	**S00~S06、C06~C08、SS00~SS06**	**S00~S06、C06~C08、SS00~SS06**	
	維護與對策	**G01、G13~G15**	**G01、G07、G14~G15**	**G01、G14~G15**	**G01**
7.崩塌	外視分佈範圍	>45%	45~25%	25~5%	<5%
	一般外視異象	崩垮	傾崩	崩陷	崩破
	檢、監測	**S00~S07、C06~C08、SS00~SS06**	**S00~S07、C06~C08、SS00~SS06**	**S00~S07、C06~C08、SS00~SS06**	**S00~S07、C06~C08、SS00~SS06**
	維護與對策	**G01、G13~G17**	**G01、G13~G17**	**G01、G07、G14~G16**	**G01、G07~G08**
註		A 表示高度警示	B 表示中度警示	C 表示警示	D 表示正常

蘇吉立200701更修

4.3.15 系統表 H0 之建構

系統表 H0 之建構，係將整合分類後之所有基本細部檢測與監測以及基本維護與基本對策等均給予相對代號，並利用 Microsoft Excel 彙整列表。此表於系統中屬資料參考類，主要提供一般基層人於細勘時選擇擬實施之基本檢監測項目以及基本維護與對策項目之參考。

目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-12。

表 4-12 港灣設施安全檢測評估系統表-H0

回安全檢測表單　**回主系統**

港灣設施安全檢測評估系統表-H0

碼頭基本檢測、監測、維護與對策參考表									
外部或水上		隱性或水下				監測		基本維護與對策	
代號	內容	代號	內容	代號	內容	代號	內容	代號	內容
S00	法線檢測	C01	保護層厚度檢測	C08-11	護坡檢視	SS00	法線監測	G01	阻絕外部滲流水源
S01	腐蝕檢測	C02	強度檢測	C08-12	樁頭檢視	SS02	裂縫監測	G02	整治排水系統
S02	龜裂檢測	C03	氯離子含量檢測	C08-13	樁身破裂檢測	SS04	沉陷監測	G03	裂縫填補
S03	破裂檢測	C04	中性化深度檢測	C08-14	樁腐蝕電位檢測	SS05	拱起監測	G04	面層清理補修
S04	沉陷檢測	C05	裂縫深度檢測	C08-15	樁厚度檢測	SS06	傾斜監測	G05	面層全面整修
S05	拱起檢測	C06	孔洞檢測	C08-16	樁身傾斜檢視			G06	漏砂填補
S06	傾斜檢測	C07	地質補充調查	C08-17	底樑檢視			G07	部份管制
S07	崩塌檢測	C08	水下巡檢	C08-18	底版檢視			G08	部份補強
		C08-1	水下異象檢視	C08-19	內壁檢視			G09	岸肩警示
		C08-2	水下照相					G10	岸肩交通管制
		C08-3	水深檢測					G11	岸肩工作管制
		C08-4	壁體傾斜檢測					G12	海上警示
		C08-5	壁體破裂檢視					G13	全面管制
		C08-6	壁體漏沙檢視					G14	全面評估
		C08-7	海床掏刷檢視					G14-1	結構設計校核
		C08-8	海床拱起檢視					G14-2	穩定分析
		C08-9	海床淤砂檢視					G14-3	耐震分析
		C08-10	防掏刷體檢視					G14-4	抗液化分析
								G15	全面補強
								G16	部份更修
								G17	全面改建

蘇吉立200701更修

4.3.16 系統圖 H1 之建構

系統圖 H1 為本研究對於碼頭安全檢測所規劃建議之安全檢測作業綱要與流程圖，其中規劃建議之內容與流程詳如圖 4-13。全圖亦配

合系統建構於 Microsoft Excel 表單下。

此圖於系統中屬資料參考類，主要提供一般基層人於檢測作業規劃與檢測作業流程之參考。

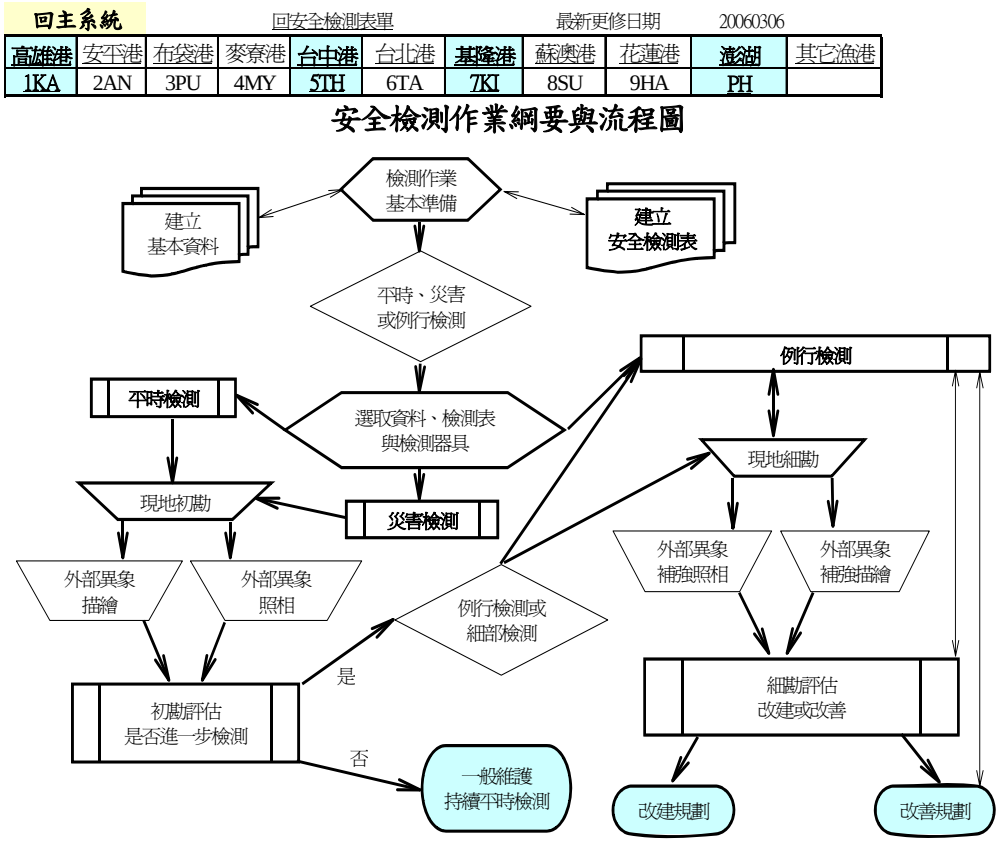


圖 4-13　安全檢測作業綱要與流程圖-H1

4.3.17　系統圖 H2 之建構

系統圖 H2 為本研究對於重力式碼頭水下安全檢測所規劃建議之安全檢測作業綱要與流程圖，全圖亦配合系統建構於 Microsoft Excel 表單下，其中規劃建議之內容與流程詳如圖 4-14。此圖於系統中屬資料參考類，主要提供一般基層人於重力式碼頭水下安全檢測作業規劃與檢測作業流程之參考。

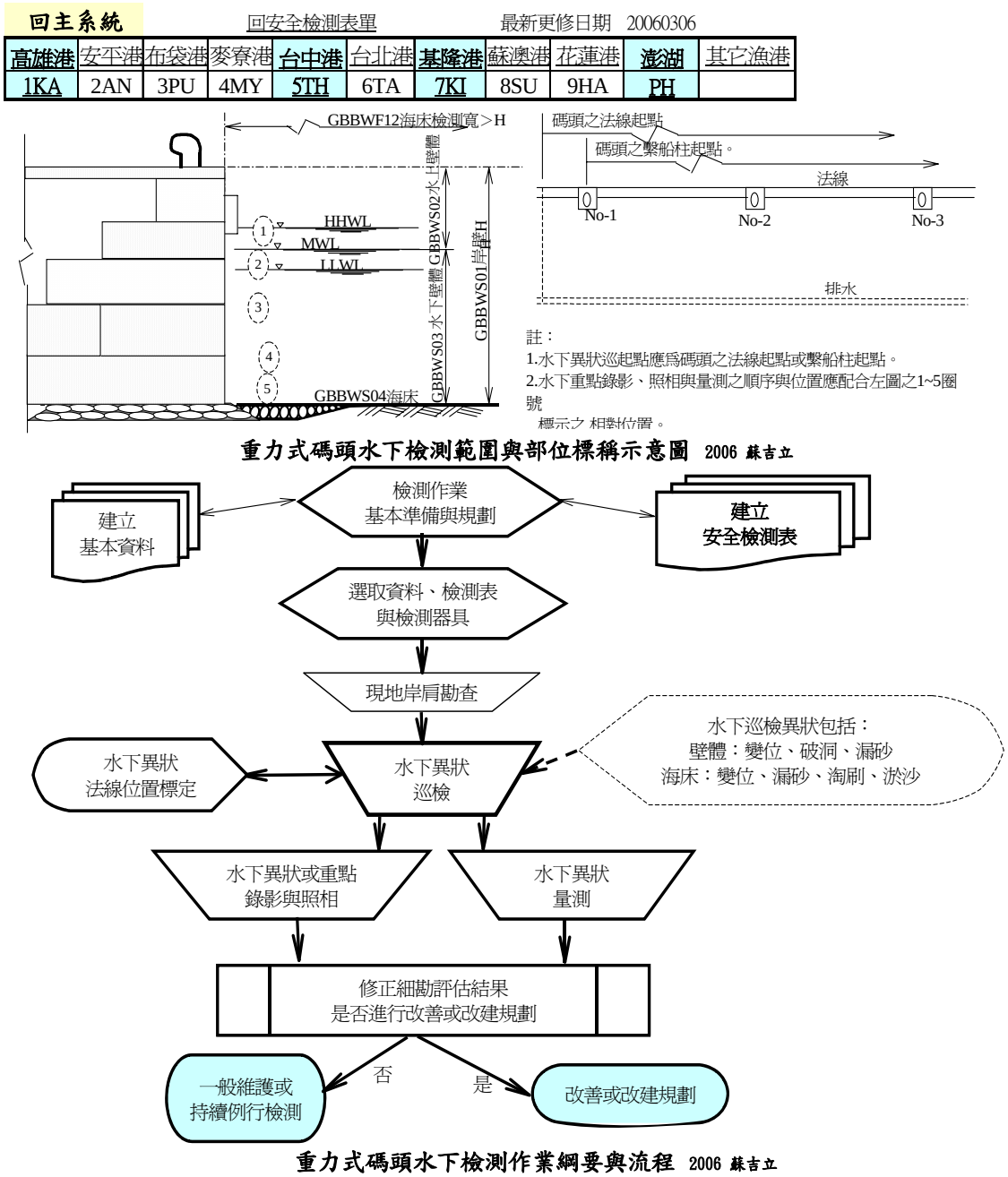


圖 4-14 重力式碼頭水下檢測作業綱要與流程圖-H2

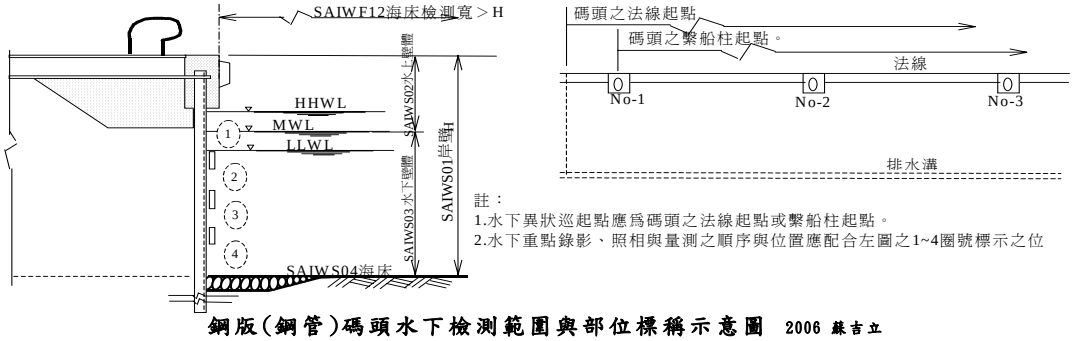
4.3.18 系統圖 H3 之建構

系統圖 H3 為本研究對於鋼版(管)樁碼頭水下檢測所規劃建議之安全檢測作業綱要與流程圖，全圖亦配合系統建構於 Microsoft Excel 表單下，其中規劃建議之內容與流程詳如圖 4-15。此圖於系統中屬資料

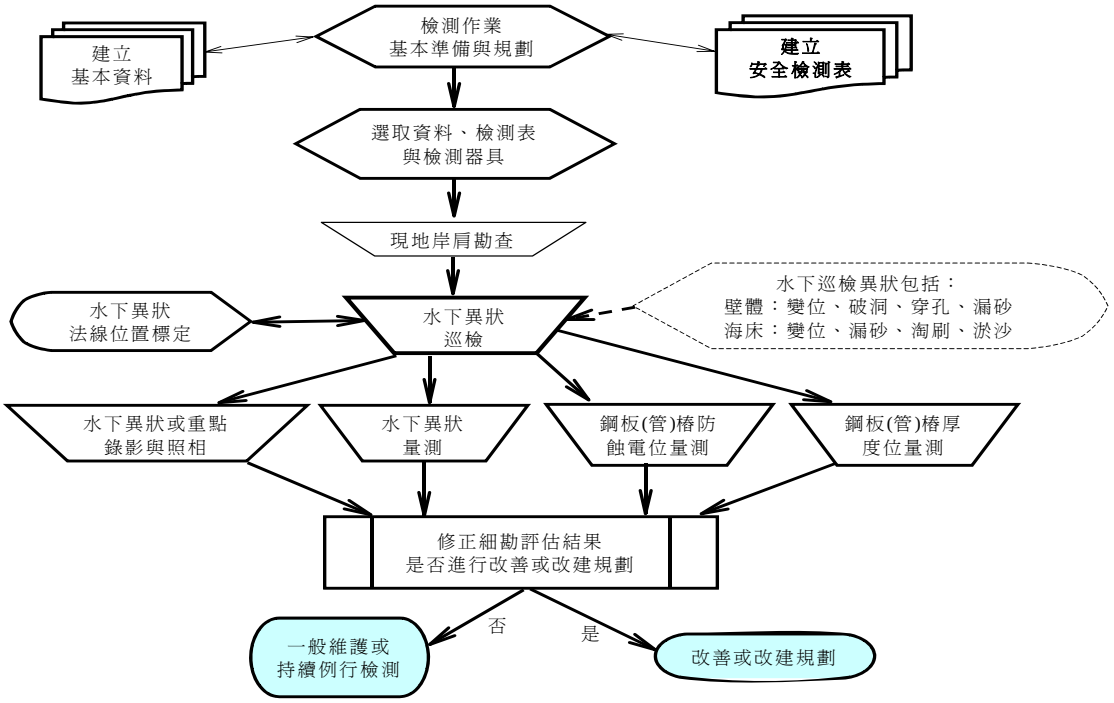
參考類，主要提供一般基層人於鋼版(管)樁碼頭水下安全檢測作業規劃與檢測作業流程之參考。

回主系統　　回安全檢測表單　　最新更修日期　20060306

高雄港	安平港	布袋港	麥寮港	台中港	台北港	基隆港	蘇澳港	花蓮港	澎湖	其它漁港
1KA	2AN	3PU	4MY	5TH	6TA	7KI	8SU	9HA	PH	



鋼版(鋼管)碼頭水下檢測範圍與部位標稱示意圖　2006 蘇吉立



鋼版(鋼管)樁碼頭水下檢測作業綱要與流程　2006 蘇吉立

圖 4-15 鋼版(鋼管)樁碼頭水下檢測作業綱要與流程圖-H3

4.3.19 系統圖 H4 之建構

系統圖 H4 為本研究對於棧橋式碼頭水下檢測所規劃建議之安全檢測作業綱要與流程圖，全圖亦配合系統建構於 Microsoft Excel 表單下，其中規劃建議之內容與流程詳如圖 4-16。

此圖於系統中屬資料參考類，主要提供一般基層人於棧橋式碼頭水下安全檢測作業規劃與檢測作業流程之參考。

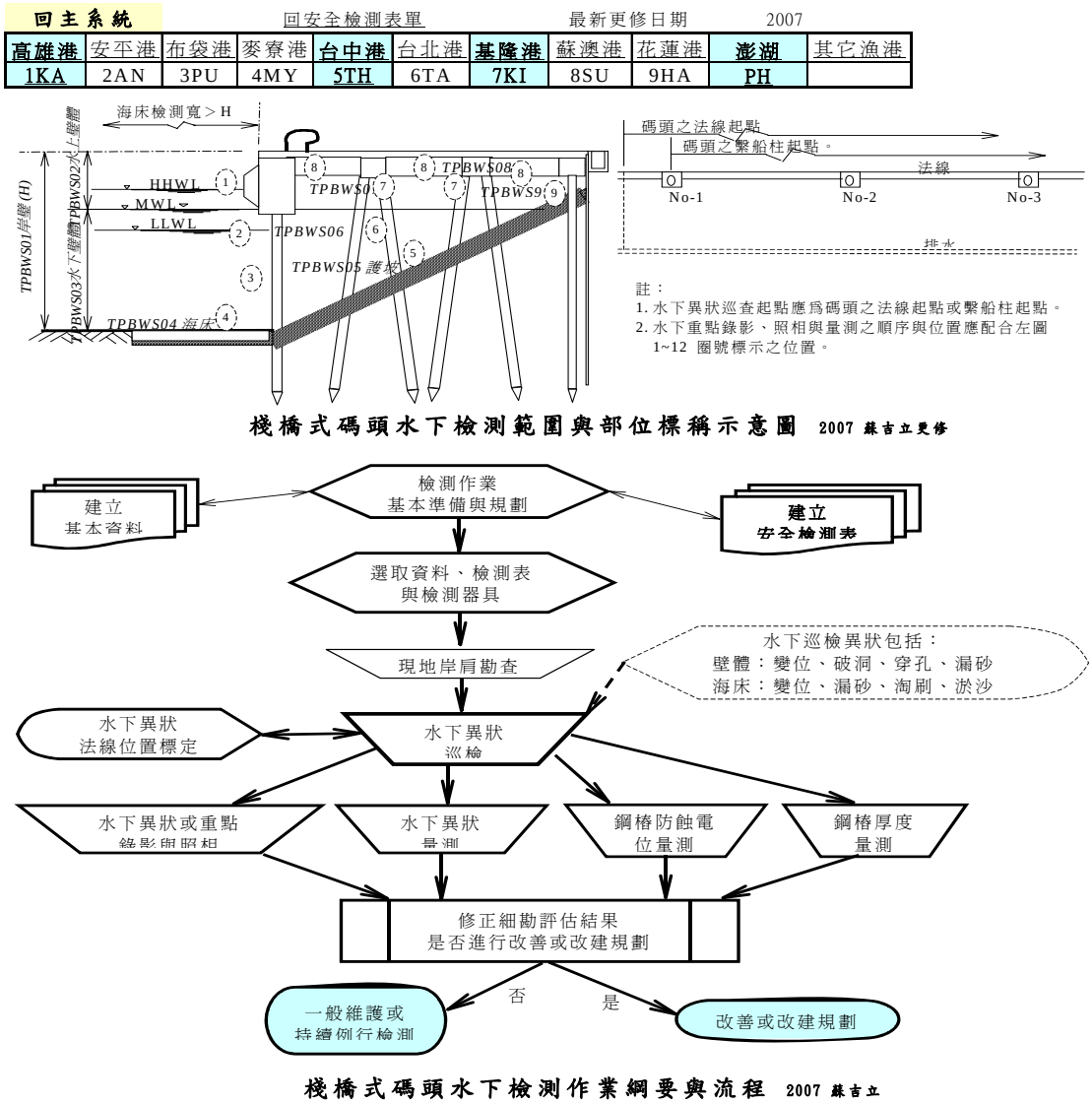


圖 4-16 棧橋式碼頭水下檢測作業綱要與流程圖-H4

4.3.20　系統表 S1 之建構

系統表 S1 之建構，亦利用 Microsoft Excel 建立一調查表，主要在提供一般基層人員於平時或災害時之細勘與評估報告用。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-13。

表 4-13　港灣設施安全檢測評估系統表-S1

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-S1

碼頭細部檢測要點與DER評估內容表SSSW-OS-0001-01

項目												
檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份	
	平時		例行		災害							
	巡查		初勘		細勘							
碼頭名稱												
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它	
											✓	
碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它	備注
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁	PC圓樁	其他	
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁	PC直樁	其他	
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無	其他		
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配	回填料	其他	
岸肩面板	RC		PC	✓	AC		卵石級配		碎石級配	其他		

安檢部位與內容	D目視異象度	E分佈範圍%	R安全影響	
	A B C O N	A B C O	A B C O	ID%=(((D+E)*R)/18)*100
				R分劃權重分配分0、1、2、3四級
	如各項分劃	45 25 5 0	高 中 低 無	警示度分劃：A(高)、B(中)、C(低)、O(正常)、N(不明)
	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	
	D目視異象度之分劃：極嚴重爲3、中等嚴重爲2、輕微爲1、無爲0			
	E分佈範圍%之分劃：100~45%爲3、44~25%爲2、24~5%爲1、4~0%爲0			

代碼	項目	目視異象度權重			檢測、監測說明或紀錄	ID等級	
SSSWF01	防舷材			2		O	0
細檢評估結果		正常					
檢測重點說明							
(細檢D分劃：無作用、崩塌或崩落時權重3，破裂時權重2，龜裂時權重1)							
SSSWF02	法線			3		O	0
S00	法線檢測						
SS00	法線監測						
細檢評估結果		正常					
(細檢D分劃：持續外移>10cm或內移2cm時權重3，持續外移<=10cm或內移量<=2cm時權重2，非持續外移<10cm或內移<=2cm時權重1)							
SSSWF03-1-3	冠牆腐蝕、龜裂、破裂			2		O	0
S01	腐蝕檢測						
S02	裂縫檢測						
SS02	裂縫監測						
細檢評估結果		正常					
(細勘D分劃：變位破裂、變形破裂權重3，非腐蝕破裂、腐蝕破裂、腐蝕龜裂權重2，非腐蝕龜裂權重1)							
SSSWF03-4-7	冠牆沉陷、傾斜、崩塌			3		O	0
S04	沉陷檢測						
SS04	沉陷監測						
S06	傾斜檢測						
SS06	傾斜監測						
細檢評估結果		正常					
(細勘D分劃：崩塌、傾斜>2%、沉陷>15cm時權重3，、傾斜1.9~1%、沉陷15~5cm時權重2，傾斜<1%、沉陷<5cm時權重配1)							
SSSWF04	繫船柱			2		O	0
細檢評估結果		正常					
檢測重點說明							
(細勘D分劃：破斷、破孔、有使用危險之虞時權重3，破裂、龜裂、表面嚴重腐蝕剝落時權重2，腐蝕脫漆時權重1)							
檢測單位：		港灣技術研究中心					
檢測人員：		蘇吉立					

檢測日期：　　年　月　日　　評估表頁數: 第　頁 共　頁　　200705蘇吉立更修

4.3.21　系統表 S2 之建構

系統表 S2 之建構與功能如同 S1。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-14。

表 4-14　港灣設施安全檢測評估系統表-S2

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-S2

碼頭細部檢測要點與DER評估內容表GBBW-OS-0001-02

檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份	
	平時		例行		災害							
	巡查		初勘		細勘							
碼頭名稱												
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它	
											✓	

碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它			備注
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他	
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他	
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他			
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料		其他	
岸肩面板	RC		PC	✓	AC		卵石級配		碎石級配		其他			

安檢部位與內容	D目視異象度	E分佈範圍%	R安全影響	ID%=(((D+E)*R)/18)*100
	A B C O N	A B C O	A B C O	R分劃權重分配分0、1、2、3四級
	如各項分劃	45 25 5 0	高 中 低 無	警示度分劃：A(高)、B(中)、C(低)、O(正常)、N(不明)
	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	
	D目視異象度之分劃：極嚴重爲3、中等嚴重爲2、輕微爲1、無爲0			
	E分佈範圍%之分劃：100~45%爲3、44~25%爲2、24~5%爲1、4~0%爲0			
	目視異象度權重			檢測、監測說明或紀錄	ID等級

SSSWF05	**繫船柱基**			3		O	0
S02	裂縫檢測						
SS02	裂縫監測						
S04	沉陷檢測						
SS04	沉陷監測						
S06	傾斜檢測						
SS06	傾斜監測						
細檢評估結果		正常					
(細勘D分劃：崩塌、傾斜>2%、沉陷>15cm、有使用危險之虞時權重3，傾斜1.9~1%、沉陷15~5cm時權重2，傾斜<1%、沉陷<5cm時權重配1)							
GBBWF06-(1~3)	**岸肩腐蝕、龜、破裂**			3		O	0
S01	**腐蝕檢測**						
C01	保護層厚度檢						
C02	強度檢測						
C03	氯離子含量檢						
C04	中性化深度檢						
S02	裂縫檢測						
SS02	裂縫監測						
C05	裂縫深度檢測						
細檢評估結果		正常					
(細勘D分劃：變位破裂、變形破裂權重3，非腐蝕破裂、腐蝕破裂、腐蝕龜裂權重2，非腐蝕龜裂權重1)							
檢測單位：	港灣技術研究中心						
檢測人員：	蘇吉立						

檢測日期：　　年　月　日　　評估表頁數: 第　頁 共　頁　　200705蘇吉立更修

4.3.22 系統表 S3 之建構

系統表 S3 之建構與功能如同 S1。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-15。

表 4-15 港灣設施安全檢測評估系統表-S3

回安全檢測表單　回主系統　回歷史檢測案例資料庫　200705年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-S3

碼頭細部檢測要點與DER評估內容表SSSW-OS-0001-03																
檢測資料屬性		區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份				
		平時		例行		災害										
		巡查		初勘		細勘										
碼頭名稱		**澎湖縣龍門尖三港五期碼頭工程**														
碼頭用途屬性		軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它				
												✓				
碼頭型式		重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它				備注
岸壁結構		方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他		
岸肩結構		方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他		
錨碇結構		鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他				
岸肩或背填料		砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料		其他		
岸肩面板		RC		PC	✓	AC		卵石級配		碎石級配		其他				
安檢部位與內容		D目視異象度		E分佈範圍%		R安全影響		ID%=(((D+E)*R)/18)*100								
		A B C O N		A B C O		A B C O		R分劃權重分配分0、1、2、3四級								
		如各項分劃		45 25 5 0		高 中 低 無		警示度分劃：A(高)、B(中)、C(低)、O(正常)、N(不明								
		3 2 1 0		3 2 1 0		3 2 1 0										
		D目視異象度之分劃：極嚴重爲3、中等嚴重爲2、輕微爲1、無爲0														
		E分佈範圍%之分劃：100~45%爲3、44~25%爲2、24~5%爲1、4~0%爲0														
		目視異象度權重						檢測、監測說明或紀錄								ID等級
GCCWF06-(4~7)	岸肩沉陷、拱起、傾斜與崩塌					3										O
S04	沉陷檢測															
SS04	沉陷監測															
S05	拱起檢測															
SS05	拱起監測															
S06	傾斜檢測															
SS06	傾斜監測															
(細勘D分劃：岸肩沉陷、傾斜或崩塌對應於海床淘刷超深、海床拱起、壁體拱起、壁體傾斜、漏砂時權重3)																
(細勘D分劃：岸肩沉陷對應於海床拱起、壁體拱起或漏砂時權重2，岸肩沉陷對應於海床或壁體無異象時權重1)																
細檢評估結果		正常														
GCCWF07	水溝					2										O
細檢評估結果		正常														
檢測重點說明																
(細勘D分劃：崩塌漏砂、傾斜>2%、沉陷>15cm時權重3，漏砂、傾斜1.9~1%、沉陷15~5cm時權重2)																
(細勘D分劃：傾斜<1%、沉陷<5cm、龜裂時權重配1)																
GCCWF08	後線地面					2										O
細檢評估結果		正常														
檢測重點說明																
(細勘D分劃：崩塌漏砂、傾斜>2%、沉陷>15cm時權重3，漏砂、傾斜1.9~1%、沉陷15~5cm時權重2)																
(細勘D分劃：傾斜<1%、沉陷<5cm、龜裂時權重配1)																
GCCWF09	後線建物	0		0		2										O
檢測重點說明																
監測重點說明																
(細勘D分劃：崩塌、傾斜>2%、沉陷>15cm時權重3，傾斜1.9~1%、沉陷15~5cm時權重2，傾斜<1%、沉陷<5cm、龜裂時權重配1)																
細檢評估結果		正常														
檢測單位：		港灣技術研究中心														
檢測人員：		蘇吉立														
檢測日期：		年 月 日				評估表頁數: 第 頁 共 頁								200705蘇吉立更修		

4.3.23 系統表 S4 之建構

系統表 S4 之建構與功能如同 S1。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-16。

表 4-16 港灣設施安全檢測評估系統表-S4

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　200705年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-S4

碼頭細部檢測要點與DER評估內容表SSSW-OS-0001-04															
檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份				
	平時		例行		災害										
	巡查		初勘		細勘										
碼頭名稱															
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它				
											✓				
碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它				備注
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他		
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他		
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他				
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料		其他		
岸肩面板	RC		PC	✓	AC		卵石級配		碎石級配		其他				

安檢部位與內容	D目視異象度	E分佈範圍%	R安全影響	ID%=(((D+E)*R)/18)*100
	A B C O N	A B C O	A B C O	R分劃權重分配分0、1、2、3四級
	如各項分劃	45 25 5 0	高 中 低 無	警示度分劃：A(高)、B(中)、C(低)、O(正常)、N(不明)
	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	
	D目視異象度之分劃：極嚴重爲3、中等嚴重爲2、輕微爲1、無爲0			
	E分佈範圍%之分劃：100~45%爲3、44~25%爲2、24~5%爲1、4~0%爲0			
	目視異象度權重			檢測、監測說明或紀錄 / ID等級

SSSWS01~03	岸壁			3		O 0
C08-1	水下異象檢視					
C08-2	水下照相					
C08-3	水深檢測					
C08-4	壁體傾斜檢測					
C08-5	壁體破裂檢視					
C08-6	壁體漏砂檢視					
(D分劃：壁體拱起、傾斜或崩塌時權重3，壁體破、裂或穿孔時權重2，漏砂時權重1)						
細檢評估結果		正常				
SSSWS04	海床			3		O 0
C08-7	海床掏刷檢視					
C08-8	海床拱起檢視					
C08-9	海床淤砂檢視					
C08-10	防掏刷體檢視					
(D分劃：防掏刷體破壞、海床淘刷或淤砂結合壁體傾斜時權重3，防掏刷體破壞、海床淘刷或淤砂時權重2，海床淤砂時權重1)						
細檢評估結果		正常				
SSSWS05	護坡			3		O 0
C08-11	護坡檢視					
(D分劃：護坡崩塌時權重3、護坡沉陷時權重2、護坡變形時權重1)						
細檢評估結果		正常				
檢測單位：		港灣技術研究中心				
檢測人員：		蘇吉立				

檢測日期：　　年　月　日　　評估表頁數: 第　頁 共　頁　　200705蘇吉立更修

4.3.24 系統表 S5 之建構

系統表 S5 之建構與功能如同 S1。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-17。

表 4-17 港灣設施安全檢測評估系統表-S5

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　200705年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-S5

碼頭細部檢測要點與DER評估內容表SSSW-OS-0001-05												
檢測資料屬性	區域		既有		改建		翻修		年份		月份	
	平時		例行		災害	✓						
	巡查		初勘		細勘							
碼頭名稱												
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它	
碼頭型式	重力式		版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它	
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁	其他
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁	其他
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他	
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料	其他
岸肩面板	RC		PC		AC		卵石級配		碎石級配		其他	
安檢部位與內容	D目視異象度		E分佈範圍%		R安全影響		ID%=(((D+E)*R)/18)*100					
	A B C O N		A B C O		A B C O		R分劃權重分配分0、1、2、3四級					
	如各項分劃		45 25 5 0		高 中 低 無		警示度分劃：A(高)、B(中)、C(低)、O(正常)、N(不明)					
	3 2 1 0		3 2 1 0		3 2 1 0							
	D目視異象度之分劃：極嚴重爲3、中等嚴重爲2、輕微爲1、無爲0											
	E分佈範圍%之分劃：100~45%爲3、44~25%爲2、24~5%爲1、4~0%爲0											
	目視異象度權重						檢測、監測說明或紀錄				ID等級	
SSSWS06	樁			3							O	0
C08-12	樁頭檢視											
C08-13	樁身破裂檢視											
C08-14	樁身腐蝕電位檢測											
C08-15	樁厚度檢測											
C08-16	樁傾斜檢測											
(細勘D分劃：樁身傾斜且樁身或樁頭破裂穿孔時權重3，樁身或樁頭破裂穿孔或樁厚低於安全值時權重2，樁腐蝕電位低於標準值時重1)												
細檢評估結果		正常										
SSSWS07	格粱			3							O	0
C08-17	底粱檢視											
(細勘D分劃：腐蝕? 落時權重3，腐蝕龜、破裂時權重2，水銹龜裂時權重1)												
細檢評估結果		正常										
SSSWS08	底版			2							O	0
C08-17	底版檢視											
(細勘D分劃：腐蝕? 落時權重3，腐蝕龜、破裂時權重2，水銹龜裂時權重1)												
細檢評估結果		正常										
SSSWS09	內壁			2							O	0
C08-19	內壁檢視											
(D分劃：壁體拱起、傾斜或崩塌時權重3，壁體破、裂或穿孔時權重2，漏砂時權重1)												
細檢評估結果		正常										
檢測單位：	港灣技術研究中心											
檢測人員：	蘇吉立											

檢測日期：　　年　月　日　　評估表頁數: 第　頁 共　頁　　200705蘇吉立更修

4.3.25 系統表 S6 之建構

系統表 S6 之建構與功能如同 S1。目前整合修建完成之表單格式與建置內容詳如表 4-18。

表 4-18 港灣設施安全檢測評估系統表-S6

回安全檢測表單　回主系統　回歷史檢測案例資料庫　200705年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-S6

碼頭細部檢測整體評估建議之基本維護與對策內容表SSSW-OS-0001-06																				
檢測資料屬性	區域		既有	✓	改建		翻修		年份		月份									
	平時		例行	✓	災害															
	巡查		初勘		細勘															
碼頭名稱																				
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它									
碼頭型式	重力式		版樁式		棧橋式		平版樁基式			護岸		其它								
岸壁結構	方塊	✓	沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他							
岸肩結構	方塊	✓	沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他							
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他									
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		塊石級配		回填料		其他							
岸肩面板	RC		PC		AC		卵石級配		碎石級配		其他									

整體基本維護與對策之建議

編號	處置對策	說明	勾選
G01	阻絕外部滲流水源		✓
G02	整治排水系統		✓
G03	裂縫填補		
G04	面層清理補修		
G05	面層全面整修		
G06	漏砂填補		
G07	部份管制		
G08	部份補強		
G09	岸肩警示		
G10	岸肩交通管制		
G11	岸肩工作管制		
G12	海上警示		
G13	全面管制		
G14	全面評估		
G14-1	結構設計校核		
G14-2	穩定分析		
G14-3	耐震分析		
G14-4	抗液化分析		
G15	全面補強		
G16	部份更修		
G17	全面改建		✓

檢測單位：	港灣技術研究中心							
檢測人員：	蘇吉立							

檢測日期：　年　月　日　評估表頁數: 第　頁 共　頁　200705蘇吉立更修

4.4 系統之驗證與應用

為達系統之實用性與可行性，除藉歷史災害或破壞案例作為驗證與修正外，並再將驗證與修正後之系統應用於現地。

94 年系統已驗證過臺中港 1 號(重力式)碼頭之歷史案例， 95 年系統除新增澎湖龍門尖山港五期(重力式)碼頭之現地案例驗證外，並新增高雄港與基隆港等多處碼頭之應用。

96 年系統之應用與驗證，除新增臺北港東 14 號(錨錠式鋼板樁)碼頭、基隆港東 19 號(棧橋式)、基隆港西 16 號(棧橋式)及高雄港 36 號(錨錠式鋼板樁)碼頭外，並將已驗證及應用過之案例以 96 年系統重新修正。

所有驗證與應用過之案例均同時建置於歷史檢測資料庫中，因資料煩多，本研究報告僅列舉系統表 E0-碼頭巡查之報告表之驗證與應用結果。

4.4.1 臺中港 1 號碼頭歷史案例之驗證

本案例係利用臺中港 1 號碼頭於西元 1999 年(民國 88 年)9 月 21 日車龍埔大地震後受損之現地調查狀況，套用於 94 年系統驗證再經 96 年系統修正之結果。

本案例於系統表 E0-碼頭巡查之報告表之驗證結果如表 4-19 ，其整體評估內容及評估結果與當時之實際狀況與處置措施極為相同。

表 4-19 臺中港 1 號碼頭安全檢測評估系統表-E0

回安全檢測表單　回主系統　回歷史檢測案例資料庫　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表-GCCW-SC-0001-00

檢測資料屬性													
區域	TH	既有	O	改建		翻修		年份	1999	月份	9		
平時		例行		災害	✓								
巡查	✓	初勘		細勘									

碼頭名稱	臺中港1號碼頭												
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它		
			✓		✓								

碼頭型式	重力式		版樁式		棧橋式		平版樁基式		護岸		其它		備注
岸壁結構	方塊		沉箱	✓	鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他
岸肩結構	方塊		沉箱	✓	鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無	✓	其他		
岸肩或背填料	砂	✓	砂石級配		碎石級配	✓	卵石級配	✓	回填料		其他		
岸肩面板	RC	✓	PC		AC	✓	卵石級配		碎石級配		其他		

巡查部位	外視異象							各項巡查評估結果	
	1	2	3	4	5	6	7		
	腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌		
編號 項目	外視異象等級							綜合等級	
	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O		

等級分劃請參閱系統表G0(主要以一般外視異象及其分佈範圍爲分劃)

分佈範圍分劃：100~45%爲A、44~25%爲B、24~5%爲C、<5%爲O

編號	項目								1~3項	4~7項
SSSWF01	防舷材	0	0	100	免評	免評	免評	100	O	A
建議因應措施		無	全面或部份更換							
SSSWF02	法線	免評	免評	免評	80	100	免評	0	免評	A
說明										
SSSWF03	冠牆	0	30	30	100	免評	100	0	C	A
說明										
SSSWF04	繫船柱	100	100	100	免評	免評	免評	免評	A	免評
SSSWF05	繫船柱基	100	100	100	100	免評	100	100	A	A
說明										
SSSWF06	岸肩	0	30	30	80	免評	100	2	B	
說明										
SSSWF07	岸肩水溝	免評	100	100	100	免評	100	100	A	A
SSSWF08	後線地面	免評	100	100	100	免評	100	100	A	A
SSSWF09	後線建物	免評	100	100	100	免評	100	100	A	A

巡查綜合評估	腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌	綜合警示	
整體警示度	0	65	65	90	100	100	51	B	A
	O	A	A	A	A	A	A	A	

建議因應措施	整體	暫停使用、全面檢測與修護評估					
個項	冠牆		繫船柱		繫船柱基		岸肩
	加強巡檢、監測與維修		全面或部份翻修		全面或部份翻修或補強		加強巡檢、監測與維
	岸肩水溝		後線地面		後線建物		
	全面翻修		全面翻修		全面翻修		
檢、監測	法線	裂縫	沉陷	水下	強度	地質	
	是	是	是	是	是	是	

檢測單位：	港灣技術研究中心								
檢測人員：	蘇吉立								

檢測日期：　1999 年　9 月　23　日　　第　1　頁 共　1　頁

4.4.2 澎湖縣龍門尖山港五期碼頭案例之驗證

本案例係於西元 2006 年(民國 95 年)3 月 16 日，利用 94 年系統進行現地驗證再經 96 年系統修正之結果。本案例於系統表 E0(碼頭巡查報告表)之應用結果如表 4-20。其驗證之結果如綜合評估內容，整體評估結果與當時之實際狀況與處置措施極盡相同。

表 4-20 澎湖縣龍門尖山港五期碼頭安全檢測評估系統表- E0

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年更修

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表-GBBW-FC-0001

檢測資料屬性	區域	PH	既有	✓	改建		翻修		年份	2006	月份 3
	平時		例行	✓	災害						
	巡查	✓	初勘		細勘						
碼頭名稱	澎湖縣龍門尖三港五期碼頭										
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜 ✓	水泥	穀	油 ✓	化	漁	港勤	客 ✓	其它 ✓

碼頭型式	重力式 ✓	版樁式	棧橋式	平版樁基式	護岸	其它	
岸壁結構	方塊 ✓	沉箱	鋼板	鋼管	PC版樁	PC圓樁	其他
岸肩結構	方塊 ✓	沉箱	鋼管直樁	鋼管斜樁	PC斜樁	PC直樁	其他
錨碇結構	鋼版樁	鋼管樁	PC圓樁	PC版樁	無 ✓	其他	
岸肩或背填料	砂	砂石級配	碎石級配	卵石級配	塊石級配 ✓	回填料	其他
岸肩面板	RC	PC ✓	AC	卵石級配	碎石級配	其他	

巡查部位		外視異象 1 腐蝕	2 龜裂	3 破裂	4 沉陷	5 拱起	6 傾斜	7 崩塌	各項巡查評估結果	
編號	項目	外視異象等級 A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	綜合等級	
等級分劃請參閱系統表G0 (主要以一般外視異象及其分佈範圍爲分劃)										
分佈範圍分劃：100~45%爲A、44~25%爲B、24~5%爲C、<5%爲O									1~3項	4~7項
SSSWF01	防舷材	免評	免評	0	免評	免評	免評	0	O	
SSSWF02	法線	免評	免評	免評	100	100	免評		免評	A
說明		壁體全線外傾，法線最大相對外位移量出現於兩期碼頭交接處(A0K+185m處)約135cm(已大於容許值30cm)								
SSSWF03	冠牆	0	50	10	100	免評	100	0	C	A
說明		壁體全線外傾，將導致冠牆傾、陷(實際傾、陷量應進行水準測量)								
SSSWF04	繫船柱	60	0	0	免評	免評	免評	免評	C	免評
SSSWF05	繫船柱基	0	60	0	100	免評	100	0	C	A
說明		壁體全線外傾，將導致繫船柱基傾、陷(實際傾、陷量應進行水準測量)								
SSSWF06	岸肩	0	100	100	100	免評	100	10	A	
說明		全區沉陷3~30cm、全區沿法線方向約於E方塊與C方塊間全長破裂約3~5cm寬								
SSSWF07	岸肩水溝	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
說明		無水溝								
SSSWF08	後線地面	免評	0	0	100	免評	100	0	O	A
SSSWF09	後線建物	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
巡查綜合評估	整體警示度	腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌	綜合警示	
		0	38	28	75	100	75	3	C	A
		O	B	B	A	A	A	O	A	

建議因應措施	整體	管制使用、全面檢測與修護評估				
	個項	防舷材	繫船柱	繫船柱基	岸肩	
		無	一般維護	加強巡檢、監測與維護	部份或全面翻修	
		岸肩水溝	後線地面	後線建物	冠牆	
		無	部份或全面翻修	無	加強巡檢、監測與維	
	檢、監測	法線 是	裂縫 是	沉陷 是	水下 是	強度 否 / 地質 是
檢測單位：	港灣技術研究中心					
檢測人員：	蘇吉立	柯正龍				

檢測日期：　2006 年　3 月　16　日　　　　第　1　頁 共　1　頁

4.4.3 高雄港 1-1 號碼頭現地調查之應用

本案例係高雄港 1 號碼頭於西元 2005 年(民國 94 年)5 月 23 日應用 94 年系統現地調查後，例經 95 年及 96 年系統修正之結果，1 碼頭因現地區分為兩部份，故將其分為 1-1 與 1-2 分別執行，表 4-21 為本案例於系統表 E0(碼頭巡查報告表)應用之結果。

表 4-21 高雄港 1-1 號碼頭安全檢測評估系統表-E0

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表-SAIW-FC-0001-01

檢測資料屬性	區域	**KA**	既有	✓	改建	✓	翻修	✓	年份	2005	月份	5
	平時		特定	✓	災害							
	巡查	✓	初勘		細勘							
碼頭名稱	**高雄港(1-1)號碼頭**											
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它	
										✓	✓	

碼頭型式	重力式		版樁式	✓	棧橋式	✓	平版樁基式		護岸		其它			結構型式不明 原棧橋式改建錨碇式鋼板樁
岸壁結構	方塊		沉箱		鋼板	✓	鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他	
岸肩結構	方塊		沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁	✓	其他	
錨碇結構	鋼版樁		鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無	✓	其他			
岸肩或背填料	砂		砂石級配		碎石級配		卵石級配		回填料		其他			
岸肩面板	RC	✓	PC	✓	AC	✓	卵石級配		碎石級配		其他			

巡查部位		**外視異象**							**各項巡查評估結果**	
		1 腐蝕	**2 龜裂**	**3 破裂**	**4 沉陷**	**5 拱起**	**6 傾斜**	**7 崩塌**		
編號	**項目**	**外視異象等級**							**綜合等級**	
		A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O		
		等級分劃請參閱系統表-G (主要以一般外視異象及其分佈範圍爲分劃)								
		分佈範圍分劃：100~45%爲A、44~25%爲B、24~5%爲C、<5%爲O							1~3項	4~7項
SSSWF01	防舷材	0	0	0	免評	免評	免評	0	O	O
建議因應措施		無	無							
SSSWF02	法線	免評	免評	免評	0	20	免評	0	免評	C
說明		1~2號繫船柱區間法線外視約外拱10cm								
SSSWF03	冠牆	0	10	10	0	免評	0	0	C	O
說明										
SSSWF04	繫船柱	100	0	0	免評	免評	免評	免評	B	免評
SSSWF05	繫船柱基	0	0	0	0	免評	0	0	O	O
說明		繫船柱表面已嚴重腐蝕剝落								
SSSWF06	岸肩	0	90	90	40	免評	0	0	B	
說明		全區出現平行法線之全長裂縫1道、垂直法線之全長裂縫3道、1~3號繫船柱區間外視沉陷約 4cm								
SSSWF07	岸肩水溝	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
說明										
SSSWF08	後線地面	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
SSSWF09	後線建物	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
巡查綜合評估	整體警示度	腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌	綜合警示	
		0	25	25	10	20	0	0	C	C
		O	B	B	C	C	O	O	C	
	建議因應措施	**整體**	**一般維護、基本檢測**							
		個項	冠牆		繫船柱		繫船柱基		岸肩	
			無		加強巡檢、維護或補強		無		加強巡檢、監測與維	
			岸肩水溝		後線地面		後線建物			
			無		無		無			
		檢、監測	法線	裂縫	沉陷	水下	強度	地質		
			是	是	是	是	否	否		
檢測單位：		港灣技術研究中心								
檢測人員：		蘇吉立								

檢測日期：2005 年 5 月 23 日　　第 1 頁 共 1 頁

4.4.4 基隆港 E-6 號碼頭現地調查之應用案例

本案例係基隆港 E-6 號碼頭於西元 2006 年(民國 95 年)4 月 20 日應用 95 年系統進行現地調查後再經 96 年系統修正之結果。系統表 E0(碼頭巡查報告表)之應用結果如表 4-22。

表 4-22　基隆港 E-6 號碼頭安全檢測評估系統表-E0

回安全檢測表單　回主系統　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表-SAIW-FC-0001

檢測資料屬性	區域	KI	既有	✓	改建		翻修		年份	2006	月份	4
	平時		例行	✓	災害							
	巡查	✓	初勘		細勘							
碼頭名稱	基隆港東6碼頭											
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它	
			✓								✓	

碼頭型式	重力式		版樁式	✓	棧橋式		平版樁基式		護岸		其它			
岸壁結構	方塊		沉箱		鋼板	✓	鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他	
岸肩結構	方塊		沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他	
錨碇結構	鋼版樁	✓	鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他			
岸肩或背填料	砂		砂石級配	✓	碎石級配	✓	卵石級配		塊石級配		回填料		其他	
岸肩面板	RC		PC		AC	✓	卵石級配		碎石級配		其他			

巡查部位		外視異象 1 腐蝕	2 龜裂	3 破裂	4 沉陷	5 拱起	6 傾斜	7 崩塌	各項巡查評估結果	
編號	項目	外視異象等級 A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	綜合等級	
等級分劃請參閱系統表G0 (主要以一般外視異象及其分佈範圍為分劃)										
分佈範圍分劃：100~45%為A、44~25%為B、24~5%為C、<5%為O									1~3項	4~7項
SSSWF01	防舷材	0	0	0	免評	免評	免評	0	O	
建議因應措施		無	無							
SSSWF02	法線	免評	免評	免評	0		免評	0	免評	O
說明										
SSSWF03	冠牆	0		100	0	免評	0	0	B	O
說明										
SSSWF04	繫船柱	100	0	0	免評	免評	免評	免評	B	免評
SSSWF05	繫船柱基	0	30	0	0	免評	0	0	C	O
說明										
SSSWF06	岸肩	0	100		100	免評	0	0	B	
說明		全區全長裂縫、全區碼頭面由現地AC鋪面之維修厚度與冠強之交接狀況可知至少沉陷5~10cm								
SSSWF07	岸肩水溝	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
SSSWF08	後線地面	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
SSSWF09	後線建物	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O

巡查綜合評估										
	整體警示度	腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌	綜合警示	
		0	25	25	25	0	0	0	C	C
		O	B	B	B	O	O	O	C	
	建議因應措施	整體	一般維護、基本檢測							
		個項	冠牆		繫船柱		繫船柱基		岸肩	
			一般維修		加強巡檢、維護或補強		一般維護		加強巡檢、監測與維	
			岸肩水溝		後線地面		後線建物			
			無		無		無			
		檢、監測	法線	裂縫	沉陷	水下	強度	地質		
			是	是	是	是	否	否		
檢測單位：		港灣技術研究中心								
檢測人員：		蘇吉立								

檢測日期：　2006 年　4 月　20　日　　　　第　1　頁 共　1　頁

4.4.5 基隆港 E-7 號碼頭現地調查之應用案例

本案例係基隆港 E-7 號碼頭於西元 2006 年(民國 95 年)4 月 20 日應用 95 年系統進行現地調查後再經 96 年系統修正之結果。本案例於系統表 E0(碼頭巡查報告表)之應用結果如表 4-23。

表 4-23　基隆港 E-7 號碼頭安全檢測評估系統表-E0

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表-GCCW-FC-0001-00

檢測資料屬性	區域	KI	既有	✓	改建		翻修		年份	2006	月份	4			
	平時		例行	✓	災害										
	巡查	✓	初勘		細勘										
碼頭名稱	基隆港東7碼頭														
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它				
			✓								✓				
碼頭型式	重力式		版樁式	✓	棧橋式		平版樁基式		護岸		其它				
岸壁結構	方塊		沉箱		鋼板	✓	鋼管		PC版樁		PC圓樁		其他		
岸肩結構	方塊		沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁		PC直樁		其他		
錨碇結構	鋼版樁	✓	鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他				
岸肩或背填料	砂		砂石級配	✓	碎石級配	✓	卵石級配		塊石級配		回填料		其他		
岸肩面板	RC		PC		AC	✓	卵石級配		碎石級配		其他				

巡查部位		外視異象 1 腐蝕	2 龜裂	3 破裂	4 沉陷	5 拱起	6 傾斜	7 崩塌	各項巡查評估結果	
編號	項目	外視異象等級 A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	綜合等級	
		等級分劃請參閱系統表G0(主要以一般外視異象及其分佈範圍爲分劃)								
		分佈範圍分劃：100~45%爲A、44~25%爲B、24~5%爲C、<5%爲O							1~3項	4~7項
SSSWF01	防舷材	0	0	0	免評	免評	免評		O	O
建議因應措施		無	無							
SSSWF02	法線	免評	免評	免評	0	0	免評	0	免評	O
說明										
SSSWF03	冠牆	0	0	100	0	免評	0	0	B	O
說明										
SSSWF04	繫船柱	100	0	0	免評	免評	免評	免評	B	免評
SSSWF05	繫船柱基	0	30	0	0	免評	0	0	C	O
說明										
SSSWF06	岸肩	0	100	0	100	免評	0	0	B	
說明										
SSSWF07	岸肩水溝	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
SSSWF08	後線地面	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
SSSWF09	後線建物	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O

巡查綜合評估										
		腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌	綜合警示	
整體警示度		0	25	25	50	0	0	0	C	C
		O	B	B	A	O	O	O	C	
建議因應措施	整體	一般維護、基本檢測								
	個項	冠牆		繫船柱		繫船柱基		岸肩		
		一般維修		加強巡檢、維護或補強		一般維護		加強巡檢、監測與維		
		岸肩水溝		後線地面		後線建物				
		無		無		無				
	檢、監測	法線	裂縫	沉陷	水下	強度	地質			
		是	是	是	是	否	否			
檢測單位：		港灣技術研究中心								
檢測人員：		蘇吉立								

檢測日期：　年　月　日　　　　第 1 頁共 1 頁

4.4.6 基隆港 W-16 號碼頭現地調查之應用

本案例係基隆港 W-16 號碼頭於西元 2006 年(民國 95 年)8 月 22 日應用 95 年系統進行現地調查後再經 96 年系統修正之結果。本案例於系統表 E0(碼頭巡查報告表)之應用結果如表 4-24。

表 4-24　基隆港 W-16 號碼頭安全檢測評估系統表- E0

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表-GCCW-FC-0001-00

檢測資料屬性	區域	KI	既有	✓	改建		翻修	✓	年份	2006	月份 8
	平時		例行	✓	災害						
	巡查	✓	初勘		細勘						
碼頭名稱	基隆港西16號碼頭										
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它
		✓									

碼頭型式	重力式		版樁式		棧橋式	✓	平版樁基式		護岸		其它			
岸壁結構	方塊		沉箱		鋼板		鋼管	✓	PC版樁		PC圓樁		其他	
岸肩結構	方塊		沉箱		鋼管直樁	✓	鋼管斜樁	✓	PC斜樁		PC直樁		其他	
錨碇結構	鋼版樁	✓	鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他			
岸肩或背填料	砂		砂石級配	✓	碎石級配		卵石級配		回填料		其他			
岸肩面板	RC	✓	PC		AC		卵石級配		碎石級配		其他			

巡查部位		外視異象 1 腐蝕	2 龜裂	3 破裂	4 沉陷	5 拱起	6 傾斜	7 崩塌	各項巡查評估結果	
編號	項目	外視異象等級 A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	A B C O	綜合等級	
等級分劃請參閱系統表G0(主要以一般外視異象及其分佈範圍爲分劃)										
分佈範圍分劃：100~45%爲A、44~25%爲B、24~5%爲C、<5%爲O									1~3項	4~7項
SSSWF01	防舷材	30	0	0	免評	免評	免評		B	O
建議因應措施		加強巡檢、	無							
SSSWF02	法線	免評	免評	免評	0	10	免評	0	免評	O
說明										
SSSWF03	冠牆	0	5	0	0	免評	0	0	O	O
說明										
SSSWF04	繫船柱	100	0	0	免評	免評	免評	免評	B	免評
SSSWF05	繫船柱基	0	0	0	0	免評	0	0	O	O
說明										
SSSWF06	岸肩	0	10	10	25	免評	0	0	C	
說明										
SSSWF07	岸肩水溝	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O
SSSWF08	後線地面	免評	10	10	40	免評	0	0	C	C
SSSWF09	後線建物	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O

巡查綜合評估										
整體警示度		腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌	綜合警示	
		0	6	5	33	10	0	0	O	C
		O	C	C	B	C	O	O	C	
建議因應措施	整體	一般維護、基本檢測								
	個項	冠牆		繫船柱		繫船柱基			岸肩	
		無		加強巡檢、維護或補強		無			一般維修	
		岸肩水溝		後線地面		後線建物				
		無		一般維修		無				
	檢、監測	法線	裂縫	沉陷	水下	強度	地質			
		否	是	是	是	否	否			

檢測單位：	港灣技術研究中心
檢測人員：	蘇吉立
檢測日期：	年　月　日

第　頁 共　頁

4.4.7 基隆港 E-19 號碼頭現地調查之應用

本案例係基隆港 E-19 號碼頭於西元 2006 年(民國 95 年)3 月 30 日應用 95 年系統進行現地調查後再經 96 年系統修正之結果。本案例於系統表 E0(碼頭巡查報告表)之應用結果如表 4-25。

表 4-25　基隆港 E-19 號碼頭安全檢測評估系統表- E0

回安全檢測表單　　回主系統　　回歷史檢測案例資料庫　　2007年再修版

港灣設施安全檢測評估系統表-E0

碼頭巡查報告表-TPBW-FC-0001-00

檢測資料屬性	區域	**KI**	既有	✓	改建		翻修	✓	年份	2006	月份 3
	平時		例行	✓	災害						
	巡查	✓	初勘		細勘						
碼頭名稱	**基隆港東19號碼頭**										
碼頭用途屬性	軍用	貨櫃	散雜 ✓	水泥	穀	油	化	漁	港勤	客	其它

碼頭型式	重力式	✓	版樁式		棧橋式	✓	平版樁基式		護岸		其它			備注
岸壁結構	方塊		沉箱		鋼板		鋼管		PC版樁		PC圓樁	✓	其他	
岸肩結構	方塊		沉箱		鋼管直樁		鋼管斜樁		PC斜樁	✓	PC直樁	✓	其他	
錨碇結構	鋼版樁	✓	鋼管樁		PC圓樁		PC版樁		無		其他			
岸肩或背填料	砂		砂石級配	✓	碎石級配		卵石級配		回填料		其他			
岸肩面板	RC	✓	PC		AC	✓	卵石級配		碎石級配		其他			

巡查部位　外視異象：1 腐蝕、2 龜裂、3 破裂、4 沉陷、5 拱起、6 傾斜、7 崩塌　**各項巡查評估結果**

外視異象等級（每項 A B C O）　**綜合等級**

等級分割請參閱系統表G0(主要以一般外視異象及其分佈範圍爲分劃)

分佈範圍分劃：100~45%爲A、44~25%爲B、24~5%爲C、<5%爲O

編號	項目	1 腐蝕	2 龜裂	3 破裂	4 沉陷	5 拱起	6 傾斜	7 崩塌	1~3項	4~7項
SSSWF01	防舷材	10	10	10	免評	免評	免評	0	C	C
建議因應措施		一般維護	加強巡檢							
SSSWF02	法線	免評	免評	免評	0	15	免評	0	免評	C
說明										
SSSWF03	冠牆	0	5	20	0	免評	0	0	C	O
說明										
SSSWF04	繫船柱	100	0	0	免評	免評	免評	免評	B	免評
SSSWF05	繫船柱基	0	0	15	0	免評	0	0	C	O
說明										
SSSWF06	岸肩	0	30	20	20	免評	0	0	C	
說明										
SSSWF07	岸肩水溝	免評	0	0	20	免評	0	0	O	C
SSSWF08	後線地面	免評	40	30	40	免評	0	0	B	C
SSSWF09	後線建物	免評	0	0	0	免評	0	0	O	O

巡查綜合評估

整體警示度	腐蝕	龜裂	破裂	沉陷	拱起	傾斜	崩塌	綜合警示	
	0	19	18	30	15	0	0	C	C
	O	C	C	B	C	O	O	C	

建議因應措施							
整體	一般維護、基本檢測						
個項	冠牆		繫船柱		繫船柱基		岸肩
	無		加強巡檢、維護或補強		無		一般維修
	岸肩水溝		後線地面		後線建物		
	無		一般維修		無		
檢、監測	法線	裂縫	沉陷	水下	強度	地質	
	否	是	是	是	否	否	

檢測單位：	港灣技術研究中心
檢測人員：	蘇吉立

檢測日期：　2006 年　3 月　30　日　　　　第　1　頁 共　1　頁

4.5 小結

重視維護管理之理念已為世界之潮流，亦為我國交通政策之一。碼頭營運雜而變數多，且身處海洋惡劣環境，容易產生潛伏性問題，而國內碼頭多已老舊且位處地震帶上，碼頭維護管理之工作與理念更有待加強，本計畫執行後之研究成果，可適當因應這些問題。

本計畫所採取之研究方法係檢討整合與碼頭維護管理有關之既有相關研究成果，並逐年整合建置各式碼頭本體設施之檢測系統，使各類檢測作業標準化與系統化，最後再整合相關資料庫建置成碼頭本體設施維護管理系統，未來完成之系統除了可使檢測與維護管理作業系統化與簡易化外，並可使系統趨向可行性與實用性，藉以提昇碼頭維護管理之功效，維護工程安全，減低災害損失，促進港埠管理現代化，提昇港埠功能與營運效率，達成碼頭本體設施維護管理自動化之目標。

本研究發展之檢測系統業經 94~96 三年之延革，於案例的反覆驗證與應用中，系統之可行性與實用性已漸趨成熟。系統發展至今雖已驗證過臺中港 1 號(重力式)碼頭與澎湖龍門尖山港五期(重力式)碼頭之歷史破壞案例，現地應用案例亦有高雄港、基隆港與臺北港等多處碼頭，但為使系統更有改進的空間，並確保系統更務實而完整，應持續加強歷史驗證與現地應用測試案例，並於歷史案例驗證與現地應用過程中不斷加以檢討修正。

第五章 臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究

5.1 前言

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，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。

惟臺灣至今仍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，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。

本計畫主要工作項目為大氣環境腐蝕因子調查與資料庫的建立，並完成臺灣大氣腐蝕環境分類，以作為新建與既有結構物防蝕設計與維護管理之依據。本年度預計完成的工作項目包括下列五項：

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：

(1) 調查範圍：本年度將完成涵蓋臺灣全島區域之試驗場址(點)選定及相關試樣擺放；須包含垂直海岸線與平行海岸線之調查規劃，

調查區域的選擇須有腐蝕環境分類之代表性(如海洋區、工業區、城市區、鄉村區、鐵公路沿線等)，並最終可繪製各腐蝕因子之等位圖。

(2)氣象資料蒐集分析：至少包括氣溫、相對溼度、風速、風向等資料，並針對歷年資料進行分析。

(3)腐蝕因子調查項目：包括相對溼度、氯鹽(Cl^-)與二氧化硫(SO_2)沉積速率之調查，以提供季節與區域之關聯性。

3. 現地暴露試驗：針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗，建立腐蝕速率與大氣腐蝕因子之關聯性。

4. 資料蒐集與初步分析：持續現地取樣與試驗調查，分析本年度成果與趨勢。

5. 大氣腐蝕因子資料庫建立。

第二年計畫之工作預定項目為：

1. 持續現地取樣與試驗調查，分析歷年成果與趨勢。

2. 依據現地暴露試驗與腐蝕因子調查分析結果，建立腐蝕速率與腐蝕因子之關聯性。

3. 建立大氣腐蝕因子資料庫。

4. 完成臺灣大氣腐蝕環境分類。

5.2 研究方法及進行步驟

本計畫為期兩年，主要工作項目為大氣環境腐蝕因子調查與資料庫的建立，並完成臺灣大氣腐蝕環境分類，研究流程如圖 5-1 所示。研究方法與進行步驟概述如下：

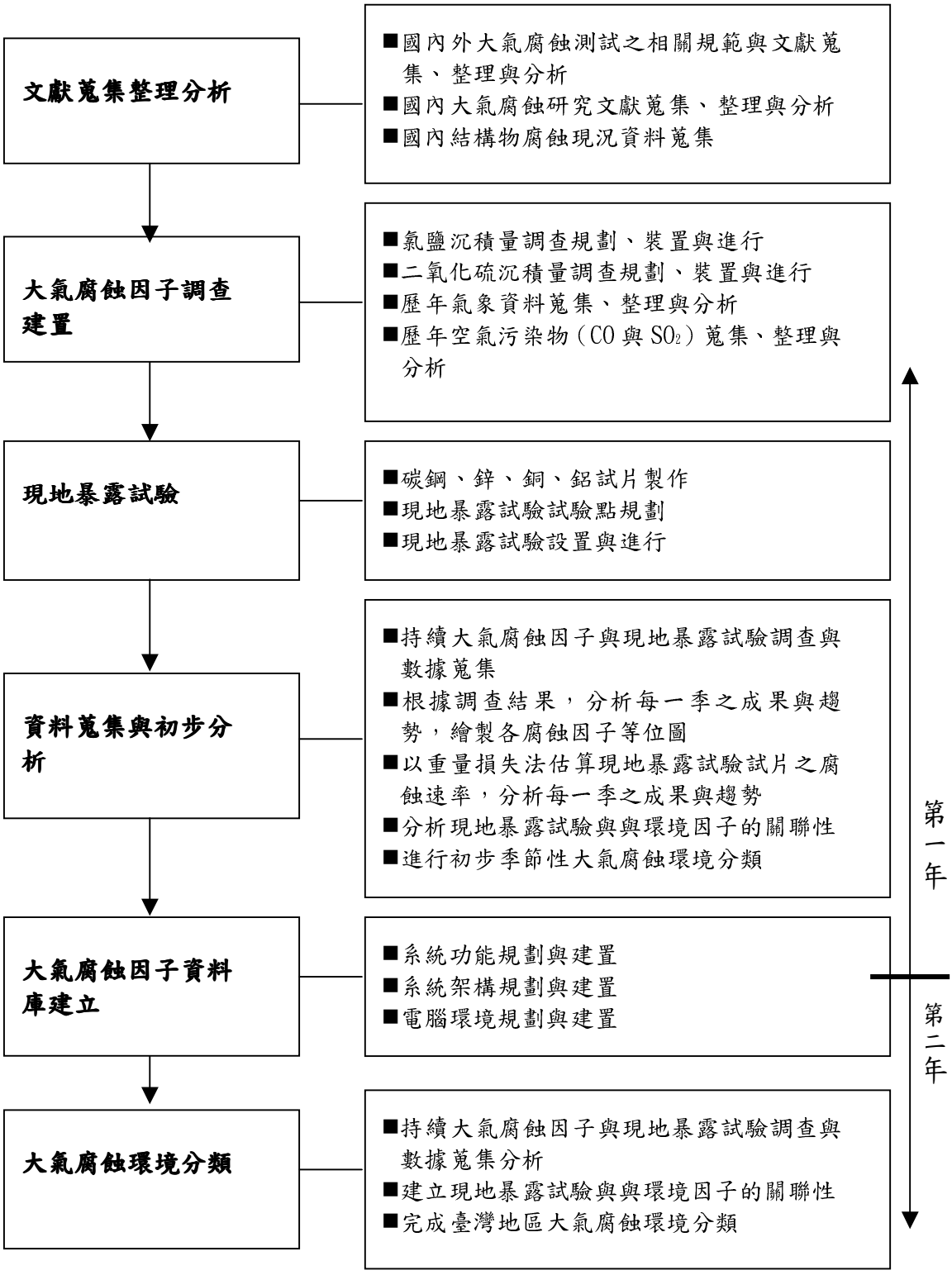

文獻蒐集整理分析
■國內外大氣腐蝕測試之相關規範與文獻蒐集、整理與分析
■國內大氣腐蝕研究文獻蒐集、整理與分析
■國內結構物腐蝕現況資料蒐集
大氣腐蝕因子調查建置
■氯鹽沉積量調查規劃、裝置與進行
■二氧化硫沉積量調查規劃、裝置與進行
■歷年氣象資料蒐集、整理與分析
■歷年空氣污染物（CO 與 SO2）蒐集、整理與分析
現地暴露試驗
■碳鋼、鋅、銅、鋁試片製作
■現地暴露試驗試驗點規劃
■現地暴露試驗設置與進行
資料蒐集與初步分析
■持續大氣腐蝕因子與現地暴露試驗調查與數據蒐集
■根據調查結果，分析每一季之成果與趨勢，繪製各腐蝕因子等位圖
■以重量損失法估算現地暴露試驗試片之腐蝕速率，分析每一季之成果與趨勢
■分析現地暴露試驗與與環境因子的關聯性
■進行初步季節性大氣腐蝕環境分類
大氣腐蝕因子資料庫建立
■系統功能規劃與建置
■系統架構規劃與建置
■電腦環境規劃與建置
大氣腐蝕環境分類
■持續大氣腐蝕因子與現地暴露試驗調查與數據蒐集分析
■建立現地暴露試驗與與環境因子的關聯性
■完成臺灣地區大氣腐蝕環境分類
第一年
第二年

圖 5-1 研究作業流程圖

5.2.1 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析

本研究將蒐集國內外大氣腐蝕測試之相關規範與文獻，包括 ISO、ASTM、CNS 等，整理分析相關要點與腐蝕速率估算方式。此外，針對國內各研究單位過去執行之大氣腐蝕調查數據，進行回饋分析，比較臺灣過去與目前大氣腐蝕因子與腐蝕速率變化的趨勢，獲得適用於本土環境大氣腐蝕防蝕應用之依據。

5.2.2 大氣腐蝕因子調查建置

大氣腐蝕因子調查項目包括相對溼度、氯鹽(Cl^-)與二氧化硫(SO_2)沉積速率之調查，以提供季節與區域之關聯性。參考 CNS 13754[26]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)規範，製作氯鹽與二氧化硫沉積量採集裝置與分析，如下：

5.2.2.1 氯鹽沉積量採集裝置與分析

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，再以化學分析法測定其氯鹽沉積量，並計算所得之氯鹽沉積速率，以 $mg/m^2/day$ 表示。採集器構造示意如圖 5-2 所示，係將一 25mm 直徑、長度約 120mm 之 PE 燭心，外覆兩層管狀外科用紗布(在大氣中暴露面積約為 $100cm^2$)插入橡膠塞中，再將橡膠塞頭插入 500ml 玻璃瓶的頸部；瓶內溶液使用 200 ml 甘油及蒸餾水配置 1000 ml 溶液，再加入 20 滴辛酸；若測試地區溫度高於 25℃，可增加甘油含量至 40% (V/V)以防止過度蒸發。濕燭瓶放置試驗架頂棚下方中央，且頂棚為不透明構造物，大小約 500mm 見方；燭心頂端距架頂約 200mm，瓶底距地面至少 1m。測試後回收的紗布以定量之去離子水(約 50 ml)沖洗，再依離子層析法(NIEA W415.52B)測定水中之氯鹽含量。

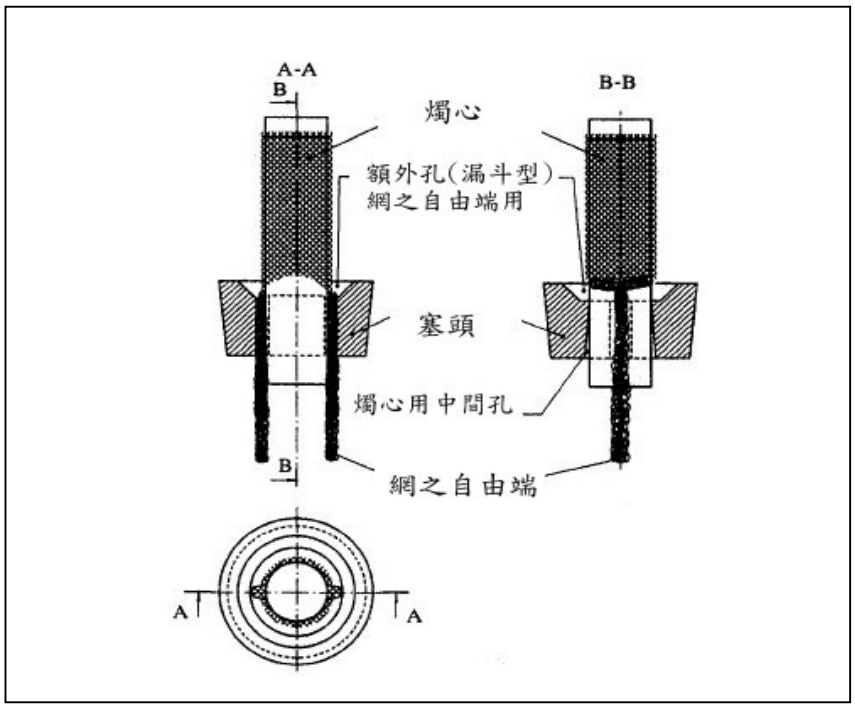


圖 5-2(a) 濕燭法燭心構造示意圖 (CNS 13754)

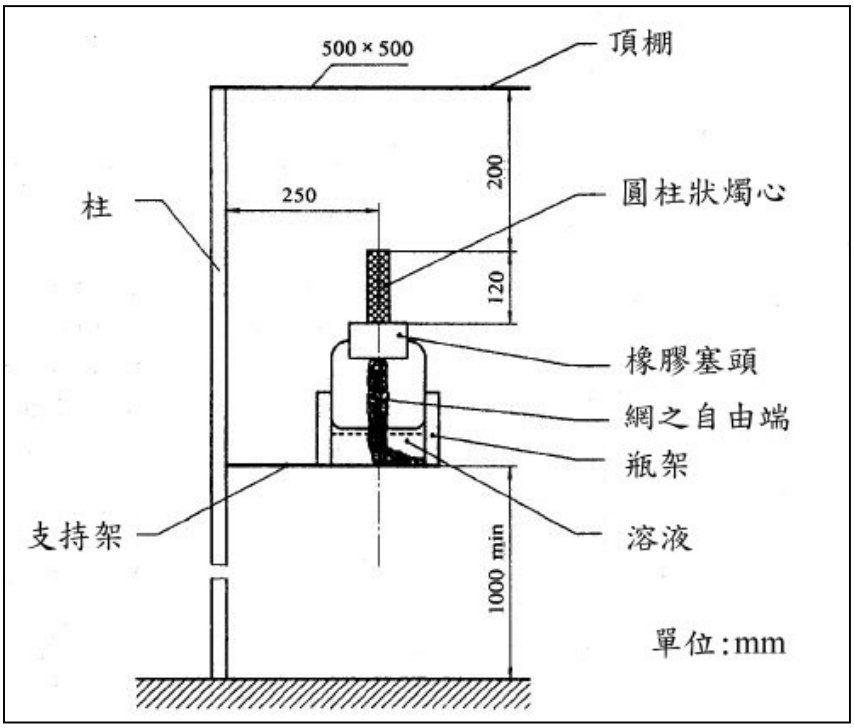


圖 5-2(b) 濕燭法裝置構造圖 (CNS 13754)

5.2.2.2 二氧化硫沉積量採集裝置與分析

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進行硫酸鹽分析以測定二氧化硫之含量，二氧化硫的沉積速率以 $mg/m^2/day$ 表示。採集器之構造示意如圖 5-3。採集步驟為先製作硫酸化平板(CNS 13754)，再將試驗盤朝下放置(其目的為減少吸附酸雨沉降或懸浮硫酸氣體)，平板須水平且不妨礙正常通風及空氣之流暢。平板的分析須於完成暴露後 60 天內完成，可依離子層析法(NIEA W415.52B)測定，即先使用碳酸鈉溶液溶解並移出硫酸化平板之附著物，然後以離子層析儀檢測硫酸鹽含量。

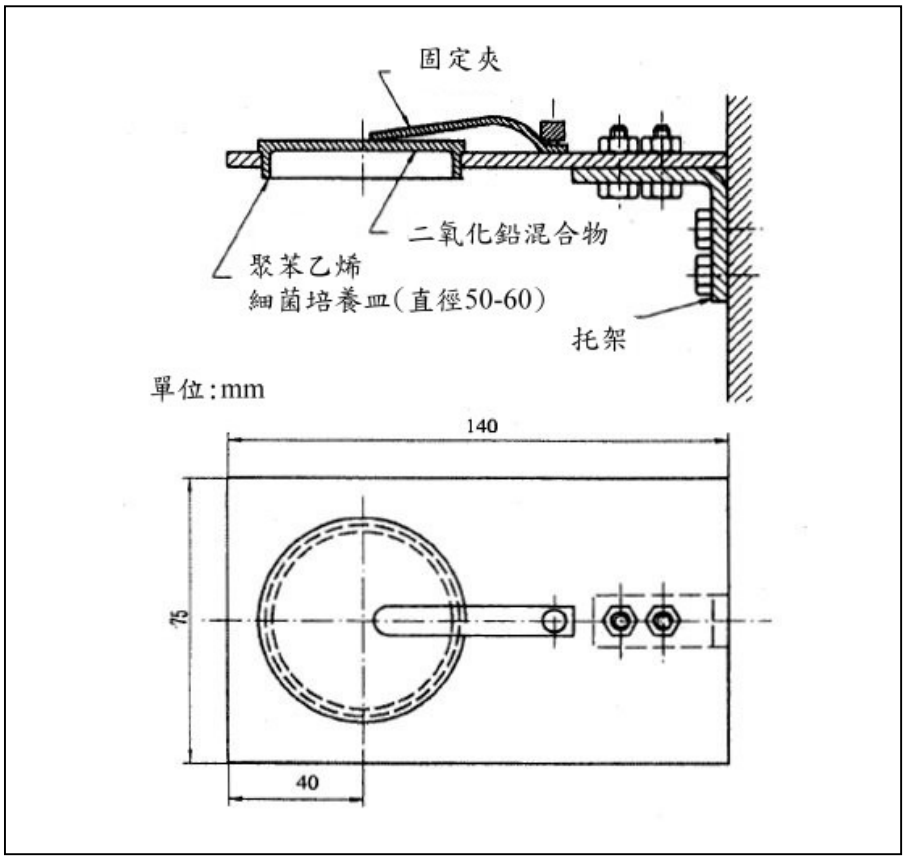


圖 5-3　二氧化硫沉積量採集裝置 (CNS 13754)

5.2.2.3 取樣頻率

每一試驗點依調查項目建置一組採集器，取樣頻率為每季一次，每次取樣後更換新的燭心紗布或二氧化鉛硫酸化平板。測試回收後之試樣進行沉積速率分析，並繪製沉積量與時間之關係圖，以探討大氣中之氯鹽與二氧化硫之季節與區域的關聯性。此外，為瞭解臺灣全島長期(一年期)空氣污染物的累積量，在各試驗場址(點)另設一組長期之採集裝置，以進行季節性與一年期之沉積速率比較。

5.2.2.4 氣象與空氣污染資料蒐集與分析

本計畫將蒐集中央氣象局與相關研究單位歷年之氣候資料年報，針對氣溫、相對濕度、降水量、日照時數、風速、風向、等因子進行歷年變化分析，同時亦將各因子之變化取各季平均值，進行季節性分析，季節區分方式：春季為 1~3 月，夏季為 4~6 月，秋季為 7~9 月，冬季為 10~12 月。此外，為瞭解空氣中污染物分佈的狀況，亦將蒐集環保署等相關單位空氣品質監測資料，整理與分析項目包括一般空氣品質監測站、交通空氣品質監測站、工業品質監測站與國家公園空氣品質監測站之一氧化碳(CO)與二氧化硫(SO_2) 等污染物濃度。

5.2.3 現地暴露試驗

5.2.3.1 試片製作

本研究將針對碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗，試片製作的方式參考 CNS 13753[2] (ISO 9226[28])大氣腐蝕性測定標準試片製作，採用螺旋狀標準試片，即試片的材料如下：

碳鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%, P < 0.07%)。

鋅：98.5%以上之純度。

銅：99.5%以上之純度。

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。試片裝置如圖 5-4 所示。

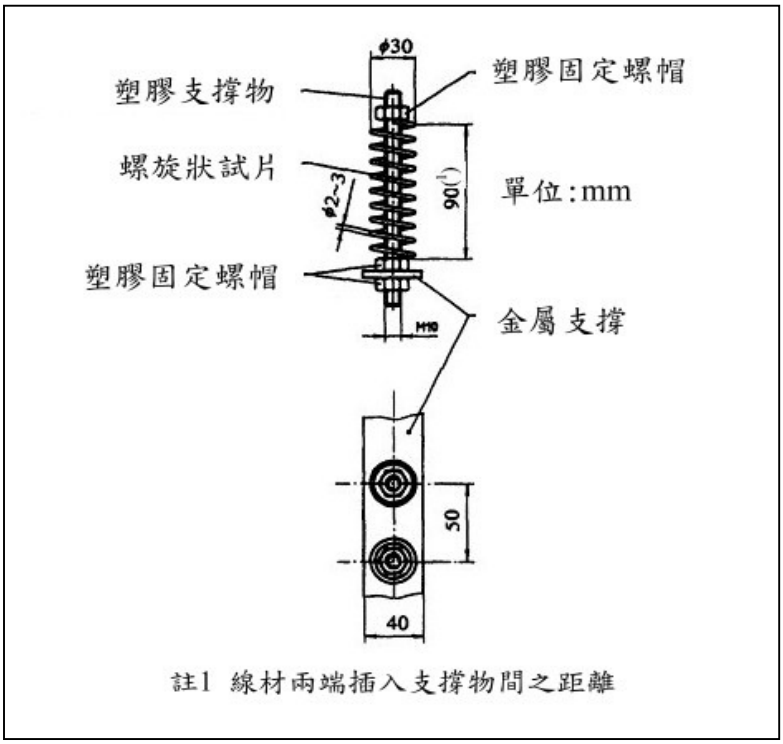


圖 5-4　螺旋狀試片構造圖(CNS 13753)

5.2.3.2 取樣頻率

現地暴露試驗試片(碳鋼、鋅、銅、鋁)之取樣頻率為每季一次，每次取樣後更換新試片。測試回收後之試樣進行腐蝕速率分析，探討季節與區域之大氣腐蝕速率變化。此外，在各試驗場址(點)另設一組一年期之大氣暴露試片，以進行季節性與一年期之腐蝕速率比較。

5.2.4 資料蒐集與初步分析

參考 CNS13401[4] "金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類" 規範，大氣腐蝕環境分類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，或綜合大氣腐蝕因子，即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 SO_2 沉降量或濃度與氯鹽(海鹽)沉降量分別進行區分。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。今針對大氣腐蝕因子調查與現地暴露試驗之資料蒐集與初步分析分述如下：

5.2.4.1 大氣腐蝕因子調查資料蒐集與初步分析

1.氣象資料與空氣品質監測資料

持續蒐集暴露期間與過去歷年之氣溫、相對濕度、降水量、日照時數、風速、風向等氣象因子，同時亦蒐集環保署等相關單位空氣品質監測資料中之一氧化碳(CO)與二氧化硫(SO_2) 等污染物濃度，將上述各因子進行歷年變化與季節性分析比較。

2.氯鹽沉積速率分析

持續現地取樣與試驗調查，並將各試驗點測試後每季回收的紗布以定量之去離子水(約 50 ml)沖洗，再依離子層析法測定水中之氯鹽含量。之後，依據各試驗點之沉積速率，繪製臺灣全島之氯鹽沉積速率等位圖。

3.二氧化硫沉積速率分析

持續現地取樣與試驗調查，並將各試驗點測試後每季回收的硫酸化平板依離子層析法測定，依據各試驗點之沉積速率，繪製臺灣全島之二氧化硫沉積速率等位圖。

綜合暴露期間內各試驗點之相對濕度、氯鹽沉積量與二氧化硫沉積速率，依據 CNS13401 (ISO 9223)規範，進行初步的季節性大氣腐蝕環境分類；並比較現地暴露試驗腐蝕速率測定結果，分析現地暴露試驗與環境因子的關聯性。

5.2.4.2 現地暴露試驗資料蒐集與初步分析

持續現地取樣與試驗調查，並將各試驗點測試後每季回收的試片進行腐蝕速率量測。碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋狀金屬試片之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS14122[5] (ISO 8407[31])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。腐蝕速率單位以 μm/y 表示。

各試驗點腐蝕速率計算後，依據 CNS13401 (ISO 9223)規範，進行初步的季節性大氣腐蝕環境分類，並比較現地暴露試驗腐蝕速率測定結果，分析現地暴露試驗與環境因子的關聯性。

5.2.5 大氣腐蝕因子資料庫建立

1. 系統功能規劃：資料庫系統中會將本計畫之成果及以往相關文獻資料，包括環境影響因子(如氣象資料、落鹽量、二氧化硫沉積量空氣中 CO 與 SO_2 濃度等)與現地暴露試驗數據，進行資料輸入與查詢模組開發，分析結果將以圖資系統配合臺灣地圖導入，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。
2. 系統架構規劃：本系統之架構主要分為資料存取、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、資料處理界面、查詢使用等介面程式設計。
3. 電腦環境規劃：為方便管理及整合資料，本系統將採用目前廣為使用的 Microsoft WINDOWS/XP 為作業平台，資料庫系統將視資料量多寡選用 SQL 或 MS ACCESS 為開發工具，圖文介面將採用較為人所熟知之商用產品，諸如 Autodesk 公司產品，同時為考慮資料查詢的便利性，本系統將以網路作業方式進行開發。

5.3 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析

5.3.1 大氣腐蝕測試規範

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暴露試驗，根據這試驗工作成果，於 1992 年發佈 ISO 9223(大氣腐蝕性分類)、ISO 9224[32](各腐蝕環境中腐蝕率指標值)、ISO 9225(污染量量測方法)、及 ISO 9226(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，環境中大氣污染物濃度的嚴重性則是以 SO_2 沉積速率或濃度與氯化物(海鹽)沉積速率分別進行區分，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)。

2.國外 CLIMATE TEST 大氣腐蝕環境分類

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，並暴露在大氣環境中約 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。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；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。

3.中華民國國家標準 CNS 規範

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、ISO8565[12])，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 CNS13401 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，CNS13753 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)，CNS13754 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，CNS14122 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕–試片腐蝕生成物清除法，CNS14123 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 CNS14123 中規定，須具備氣溫(^{o}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/m^2/day or μg/m^3)、與只適用於海邊測試場地之氯鹽沉積速率(CNS 13754，mg/m^2/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 CNS14123 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。

5.3.2 大氣腐蝕因子介紹

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，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，陽極反應為金屬的溶解和水化反應，陰極反應為氧的還原反應，其反應過程如下：

陽極反應：

$$M + xH_2O \rightarrow M^{n+} \bullet xH2O + ne^-$$

式中，M 代表金屬，M^{n+}為 n 價金屬離子，$M^{n+} \bullet xH2O$ 為金屬離子化水合物。

陰極反應：

在中性或鹼性介質中，$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

在酸性介質(如酸雨)中，$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

由於水、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 SO_2、灰塵等，均會影響金屬在大氣中的腐蝕速率。

5.3.3 影響大氣腐蝕的因素

1.大氣的相對濕度

大氣腐蝕是一種水膜下的電化學反應，空氣中水分在金屬表面凝聚生成水膜，與空氣中氧氣通過水膜進入金屬表面，是產生大氣腐蝕的基本條件。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 65%[33]。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。

2.表面潤濕時間

依國際標準 ISO 9223 的定義，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。

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。

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 SO_2、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。

5.3.4 臺灣大氣腐蝕環境

1971 年起，臺灣各研究單位均以試片腐蝕速率量測的方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類。整合工業技術研究院與臺灣大學於 1993-1994 年與 1989 年之研究數據[9, 10]，分別針對熱浸鍍鋅試片與碳鋼試片第一年腐蝕速率之環境分類，顯示臺灣的腐蝕環境較 ISO 所規定的上限值更為嚴苛。以熱浸鍍鋅試片為例，臺灣大氣環境對於鋅金屬的腐蝕性，除奮起湖為 C3 外，各地多為 C4 以上環境，甚至部份地區，包括硫害環境的陽明山與海洋環境的林口電廠、台中港、麥寮等，均為 C5 至 C5+的等級。

過去無任何研究單位利用腐蝕環境因子來進行大氣腐蝕環境分類，2004 年工研院材化所首先統計 1998~2000 年環境因子數據，並依據 ISO 9223 進行臺灣西部大氣腐蝕環境分類。以熱浸鍍鋅鋼材(表面為鋅金屬)為例，可以大甲溪為界，大甲溪以北地區多為 C4 等級，大甲溪以南多為 C3，沿海地區則為 C5 等級。

5.4 氣象與空氣污染資料蒐集分析

5.4.1 氣象資料蒐集分析

為瞭解氣象因子歷年變化狀況，本計畫參考中央氣象局 1998-2006 年氣候資料年報及 2007 年中央氣象局網站資料，針對氣溫、相對濕度、日照時數、風速、風向、降水量、降水日數、雨水酸鹼值等各因子進

行歷年變化分析；同時為瞭解各因子季節性的變化，將各因子之變化取各季平均。1998 年至 2007 年 9 月之氣象資料彙整分析如下：

1.氣溫

臺灣地區年平均溫度以平地地區(海拔低於 600m)較高，均超過 20 °C；而山地地區(海拔高於 600m)則較涼爽，均低於 20 °C，而且以地勢愈高，平均溫度愈低。在西南部及南部平地地區均超過 24 °C，中部平地地區為 22~24 °C，北部及東北部平地地區大致在 20~22 °C 之間，南北之間的溫差大約為 3 °C。

各單月平均氣溫以 1 月或 2 月最低，除山區外，各地平均溫度均超過 14 °C，但平地南、北之間的溫差卻可達到 5 °C；各單月平均氣溫以 7 月最高，除山區外，其平均溫度均高於 28 °C，而且平地南、北之間的溫差不到 1 °C。綜合而言，除山區外，夏季是普遍高溫炎熱，南北的溫差小；冬季北部比較涼爽，南部則相當溫暖。

臺灣的低緯度地區，冬季時東部仍比西部的平均溫度高。以 2007 年資料為例，東部的成功測站(北緯 23°06′)，1 月平均氣溫為 19.5 °C，而西部且緯度位置較南的臺南測站(北緯 23°00′)，1 月平均氣溫僅為 18.0 °C，比成功測站低 1.5 °C。

臺灣自有氣候觀測記錄以來，各地的最高氣溫記錄為 39.7 °C，出現在臺東測站(1988 年 5 月 7 日)；平地地區的最低氣溫記錄為-1.0 °C，出現於臺中測站(1901 年 2 月 13 日)；若也考慮山區，則臺灣曾出現的最低溫記錄為-18.4 °C，出現於玉山測站(1970 年 1 月 31 日)。

2.相對濕度

各主要氣象站各季測得最大相對濕度為 95.3% （2000 年冬季鞍部測站、2006 年秋季阿里山測站），最小季相對濕度為 45.3%，（2004 年冬季玉山測站）；各季相對濕度大多介於 75%~90%。四季之相對濕度值平均值以夏季最高、冬季最低，四季相對濕度值往北部皆有上升之趨勢。

3.日照時數

臺灣地區南北總長約 400 公里，緯度橫跨 3 個緯度，各季總日照時數顯現出明顯差異，由等位線圖可明顯看出，各季及全年總日照時數南部遠大於北部，受地形影響，西部日照時數大於東部。

1998 年至 2006 年期間四季平均總日照時數以秋季最高為 551.5 小時、春季最低為 353.2 小時；以年平均總日照時數而言，以 2004 年 1,913.7 小時最高，1999 年最低為 1584.6 小時。

4.風速、風向

臺灣地區年平均風速以玉山測站最高(6.1m/s)、梧棲測站次之(4.9m/s)、恆春測站再次之(4.0m/s)、成功測站為 3.8m/s，鞍部為測站 3.2m/s、基隆為測站 2.8m/s、新竹為測站 2.8m/s，其餘各氣象站皆在 2.8m/s 以下。除內陸及西南部外，其餘各地的最多風向均以 N~NE 為主。每年自 10 月起至隔年 3 月止，受東北季風影響，東部、北部地區各測站之主要風向為 N~NE，夏季則受西南季風影響，南部地區各測站之主要風向則為 S~SW，高山測站的主要風向則整年度大致穩定，並無明顯季節性變化。

5.降水量

臺灣地區各地降水量分布不均，全年平均降水量約為 2,500 公厘。若就單站單年降水量而言，蘇澳地區於 1998 及 2000 年分別出現年降水量 7,205 公釐及 6,596 公釐的紀錄。單日降水量記錄為阿里山測站於 1996 年 7 月 31 日至 8 月 1 日賀伯颱風來襲期間曾之 1,095 公厘及 24 小時累積雨量 1,748 公厘(世界紀錄為 1,870 公厘) 紀錄。

6.降水日數

春、夏、冬三季及全年總降水日數皆以東北角最多、西南部的臺南、高雄最少，秋季差異則較不明顯。

7.雨水酸鹼度值

環保署定義「酸雨」為雨水酸鹼值在 5.0 (pH<5.0) 以下。臺灣

地區酸雨分布大約是以嘉南平原作為分界，向南或向北逐漸酸化，依中央氣象局資料顯示， 2007 年 1 月～8 月雨水酸鹼值平均值達酸雨標準者有基隆(4.4)、鞍部(4.4)及臺北(pH=4.8)三站。

8.太陽輻射

臺灣地區地面接受的全年太陽輻射量是由南部向北部遞減，臺灣本島全年太陽輻射量最多的地方是恆春，為 137.6 千卡/平方公分，其原因主要是恆春的地理緯度低且日照時數較多。臺灣地區全年太陽輻射量最少的地方在基隆，約 86.9 千卡/平方公分，主要原因是基隆冬季面迎東北季風，雲量多，而且全年多雨。

5.4.2 空氣品質監測資料分析

本計畫在考慮空氣污染物對結構物腐蝕潛勢之影響時，以環保署 1998~2007 年 9 月監測數據作為參考資料。

SO_2 各季濃度有三處高區(濃度高於 5 ppb)，分別為桃園站、頭份站以及高屏地區(包含鳳山站、大寮站、林園站、楠梓站、左營站、前金站、前鎮站、小港站)； NO_2 各季濃度也有三處帶狀高區(春、夏、冬三季濃度高於 20 ppb、秋季高於 15 ppb)，分別為松山站－中壢站、豐原站－大里站以及高屏地區；CO 各季濃度有三處帶狀高區(春、夏、冬三季濃度高於 0.6ppm、秋季高於 0.4ppm)與 NO_2 濃度高區位址相同。

全省二氧化硫污染物最高濃度發生在高雄縣市，尤其以春季及冬季最為明顯(9ppb~12ppb)，夏、秋兩季污染最高濃度除高屏地區外，另一區位為桃園縣市。除基隆市、台北縣市，桃園縣及宜蘭縣外，其他縣市在春、冬兩季濃度均較夏、秋兩季為高。

氮氧化物一年中最大濃度，除桃園縣外，其他縣市均發生於春季，一年中最小濃度發生於秋季。春冬兩季濃度最高值發生在高雄縣市，而夏、秋兩季之最高濃度則發生在台北縣市。

一氧化碳一年中最大濃度各縣市發生在春季、最小濃度發生在秋季。最大濃度發生地點以台北縣市最高，高雄縣市和臺中縣市次之。

二氧化硫部分，以交通測站最高(6ppb~8ppb)、工業區測站次之(5ppb~8ppb)、公園測站最低(約 1ppb)，其原因為交通工具排放廢氣及工業區工廠內部鍋爐使用大量液態燃料所導致之結果；而在氮氧化物方面，交通測站濃度(25ppb~40ppb)遠大於工業測站(10ppb~25ppb)及一般測站(10ppb~25ppb)，而公園綠地(約 3ppb) 濃度僅達交通測站濃度的10%，顯示氮氧化物主要來自於交通工具及工業區工廠所排放之廢氣。另外，不論就二氧化硫或氮氧化物，交通和工業區測站皆顯示以春季之污染物濃度最高、秋季濃度最低。一氧化碳部分，以交通測站最高(1.5ppm~1.6ppm)、公園測站最低(約 0.2ppm)，其它測站差異則較不明顯(0.3ppm~ 0.7ppm)。

5.5 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗調查建置

5.5.1 調查範圍

調查範圍涵蓋臺灣全島區域之試驗場址(點)選定及相關試樣擺放。試驗點位置的選擇，以下列因素考量：

(1) 以中央氣象局設有氣象站之附近區域為佳，如此可取得最接近、最相似的氣象變化資料。

(2) 足以代表本島特殊氣候的不同類型氣候區，如鹽害區、受季風影響最嚴重的氣候區、交通頻繁之都市地區、工業區、或鹽害硫害較為輕微但相對溼度與溫度變化較大的山地氣候區等。

(3) 本島內工程建設較多、人口與橋梁數量較為密集的地區，如西部路廊。

(4) 濱海或跨海的海濱氣候區。

為選擇長期、固定及安全的試驗場址，本研究協調交通部港務局、交通部公路總局、交通部鐵路管理局、行政院海岸巡防署海岸巡防總局、經濟部工業局工業區服務中心、內政部營建署國家公園管理處、臺灣高速鐵路股份有限公司、臺北自來水事業處、臺灣電力公司、臺灣中油公司、中鋼公司、台塑石化股份有限公司與學校，於各機關所屬單位內設置大氣腐蝕試驗裝置。

5.5.2 氯鹽沉積速率調查

5.5.2.1 調查試驗點

根據工業技術研究院於 2002 年進行臺灣 203 座橋梁檢測結果顯示，距海岸線愈遠，氯離子附著量愈少；結構物與海岸距離超過 3 公里以上時，靠陸地側(背海風面)與靠海側(迎海風面)混凝土表面之氯離子附著量相當且較低，幾乎可忽略氯離子對鋼構或鋼筋混凝土結構之影響。因此，本研究垂直海岸線落鹽量之調查將以距離海岸線 3 km 為邊界，即垂直海岸線試驗點的佈設以離海岸線距離，朝內陸沿一條直線設置，每條測線以離海岸線算起，分別約於臨海、100m、300m、1 km、3 km 之距離處設置試驗點。全島共規劃 9 條調查路線，設置站址共 41 處，如下：

(1) 東北季風海域(基隆)：基隆試驗線，包括海洋大學 3 處、市區民宅 1 處與深美國小 1 處，共 5 處。

(2) 西北季風海域(桃園)：桃園試驗線，包括大潭安檢所 1 處、大潭電廠 2 處與觀音工業區 1 處，共 4 處。

(3) 中部地區海域(台中)：台中港試驗線，包括台中港區內 1 處、港研中心 1 處與市區民宅 3 處，共 5 處。

(4) 中部工業區海域(雲林)：台塑六輕麥寮工業區試驗線，包括六輕工業區內 5 處。

(5) 西南部地區海域(高雄)：高雄港試驗線，包括高雄港區內 4 處與過港隧道管理中心 1 處，共 5 處。

(6) 南部地區海域(恆春)：核三廠試驗線，包括核三廠區內 4 處與恆春市區民宅 1 處，共 5 處。

(7) 東北部地區海域(宜蘭)：蘇澳港試驗線，包括蘇澳港區內 3 處、蘇澳市區民宅 1 處與龍德工業區 1 處，共 5 處。

(8) 東部地區海域(花蓮)：花蓮港試驗線，包括花蓮港區內 2 處、市區民宅 1 處、市區加油站 1 處與花蓮火車站 1 處，共 5 處。

(9) 東南部地區海域(台東)：台東成功漁港試驗線，包括成功新港安檢所 1 處與市區加油站 1 處，共 2 處。

另外為使試驗點之數據可作內插推算，於上述調查路線之垂直方向，即沿臺灣南北向再規劃西部二條、東部一條試驗線。臺灣西部之試驗線一為西部濱海沿線，另一則為臺灣高鐵沿線；西部濱海沿線試驗點包括：臺電核能一廠、臺電林口電廠、新竹外湖安檢所、臺電通霄電廠、苗栗外埔安檢所、臺中五甲安檢所、臺電臺中電廠、彰濱工業區、彰化王功安檢所、嘉義東石安檢所、臺南成大安南校區水工試驗所、高雄縣興達火力電廠、中鋼公司、臺電大林電廠、屏東臺電楓港變電站，共 15 個試驗點；高鐵沿線車站試驗點則包括高鐵新竹站、臺中站、嘉義站、左營站，共 4 個試驗點。臺灣東部濱海公路沿線之試驗點包括：臺北澳底安檢所、宜蘭梗枋安檢所、礁溪火車站、宜蘭朝陽南澳安檢所、花蓮太魯閣國家公園管理處、花蓮橄仔樹安檢所、花蓮石梯安檢所、臺東東河金樽安檢所、臺東富崗伽蘭安檢所、台東尚武安檢所，共 10 個試驗點。

在對照組方面，選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，規劃之試驗點包括臺北市陽明山國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段)、南橫公路(公路總局第三區養護工程處甲仙工務段)等 4 個試驗點。此外，都會地區於臺北市、臺中市與高雄市選取交通頻繁處，設置 3 個試驗點。

氯鹽沉積速率的調查位置分佈如圖 5-5 所示。圖中，紅色字樣表示垂直海岸線規劃的調查路線共 41 個試驗點，藍色字樣為 29 個平行海岸線之試驗點，綠色字樣則表示 7 個參考對照試驗點。

圖 5-5 氯鹽沉積速率調查位置

5.5.2.2 氯鹽沉積速率計算與調查結果

各試驗點暴露後回收的紗布以定量的去離子水(約 50 ml)沖洗，再依離子層析法測定水中之氯離子含量。

氯鹽之沉積速率，$R(Cl^-)$ ($mg/m^2/day$)，依下式計算：

$$R(Cl^-) = \frac{m}{A \times t} \quad \text{..... (5-1)}$$

式中，$R(Cl^-)$= 氯化物沉積速率($mg/m^2/day$)

m=試樣溶液之氯離子總質量(mg)

A=暴露網表面積(m^2)

t=暴露時間，天(day)

表 5-1 為各試驗點第一季(5 月下旬至 10 月上旬)之氯鹽沉積速率計算結果。根據 CNS 13401，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，氯化物的沉積速率應以年平均率計算，但是目前本研究僅完成一季之沉積速率調查，若以此數據推估各金屬在臺灣地區的大氣腐蝕分類，可能會產生極大的誤差；因此本報告僅將本季(2007 年 5 月下旬至 10 月上旬)氯鹽沉積速率調查結果進行地域性的比較，所繪之等位圖如圖 5-6 所示。一般而言，本季調查之氯鹽沉積速率介於 0.2 $mg/m^2/day$ (太魯閣國家公園)至 32.14 $mg/m^2/day$(台東伽蘭安檢所)之間，而較高的沉積速率發生在東海岸中部至南部沿海之伽蘭、成功、石梯、金樽安檢所，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 20 $mg/m^2/day$；其次為西海岸新竹苗栗附近海岸之外湖、外埔安檢所，氯鹽沉積速率分別為 11.67 $mg/m^2/day$ 與 21.05 $mg/m^2/day$，再者為高雄港、桃園大潭海岸附近、臺北縣石門鄉核能一廠、臺塑六輕工業區、基隆市海岸區、花蓮港、恆春鎮核能三廠、臺中港，氯鹽沉積速率介於 8.96 $mg/m^2/day$ 至 3.09 $mg/m^2/day$ 之間。本次調查發現東海岸中部至南部沿海氯鹽沉積速率較高的原因，推論應是調查期間東部沿海受夏季季風或颱風的吹襲，海

風挾帶大量的氯鹽，造成此區域空氣中氯鹽含量增加所致。

此外，空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分布，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；以高鐵沿線為例，高鐵嘉義站之氯鹽沉積速率為 0.69 mg/m^2/day，高鐵新竹站為 0.58 mg/m^2/day，高鐵臺中站為 0.39 mg/m^2/day，高鐵左營站為 0.36 mg/m^2/day；而在內陸山區，陽明山國家公園之氯鹽沉積速率為 0.34 mg/m^2/day，阿里山為 0.31 mg/m^2/day，南橫天池為 0.27 mg/m^2/day，太魯閣國家公園為 0.2 mg/m^2/day。

表 5-1 各試驗點之氯鹽沉積速率計算結果

項次	安裝地點	Cl^-濃度 (mg/L)	暴露面積 (cm^2)	暴露天數 (day)	氯鹽沉積速率計算結果(mg/m^2/day)
1	核一廠	182.08	94.25	113	8.55
2	基隆試驗線 0m	44.64	94.25	114	2.08
3	100m	100.22	94.25	114	4.66
4	300m	17.21	94.25	113	0.81
5	1Km	11.07	94.25	90	0.65
6	3Km	18.97	94.25	114	0.88
7	澳底安檢所	306.28	94.25	114	14.25
8	梗枋安檢所	118.37	94.25	114	5.51
9	礁溪火車站	5.90	94.25	91	0.34
10	龍德工業區	64.06	94.25	91	3.73
11	蘇澳港試驗線 0m	33.98	94.25	87	2.07
12	100m	23.67	94.25	88	1.43
13	300m	20.00	94.25	88	1.21
14	1Km	8.00	94.25	93	0.46
15	南澳安檢所	102.15	94.25	94	5.76
16	太魯閣國家公園	3.57	94.25	93	0.20
17	花蓮港試驗線 0m	60.19	94.25	93	3.43
18	100m	37.08	94.25	93	2.12
19	300m	8.32	94.25	93	0.47
20	1Km	9.27	94.25	93	0.53
21	3Km (花蓮火車站)	10.34	94.25	93	0.59
22	橄仔樹安檢所	53.12	94.25	93	3.03
23	石梯安檢所	441.65	94.25	99	23.67
24	成功試驗線 0m	488.02	94.25	99	26.15
25	300m	68.46	94.25	99	3.67
26	金樽安檢所	381.88	94.25	99	20.46
27	伽蘭安檢所	599.86	94.25	99	32.14
28	尚武安檢所	50.72	94.25	99	2.72
29	核三廠試驗線 0m	76.80	94.25	121	3.37

項次	安裝地點	Cl^-濃度 (mg/L)	暴露面積 (cm^2)	暴露天數 (day)	氯鹽沉積速率計算結果($mg/m^2/day$)
30	100m	16.40	94.25	121	0.72
31	300m	27.14	94.25	121	1.19
32	1Km	54.13	94.25	121	2.37
33	3Km	30.04	94.25	121	1.32
34	楓港變電站	10.20	94.25	91	0.59
35	大林火力電廠	81.91	94.25	85	5.11
36	中鋼公司	91.10	94.25	97	4.98
37	高雄市區	10.61	94.25	97	0.58
38	高雄港試驗線 0m	57.72	94.25	90	3.40
39	100m	151.93	94.25	90	8.96
40	300m	36.00	94.25	91	2.10
41	1Km	36.22	94.25	91	2.11
42	3Km	21.04	94.25	91	1.23
43	高鐵左營站	8.14	94.25	121	0.36
44	興達火力電廠	24.02	94.25	86	1.48
45	成大水工所	28.12	94.25	105	1.42
46	東石安檢所	41.16	94.25	98	2.23
47	高鐵嘉義站	14.73	94.25	114	0.69
48	台塑六輕試驗線 0m	73.75	94.25	112	3.49
49	100m	169.40	94.25	132	6.81
50	300m	69.20	94.25	112	3.28
51	1Km	106.08	94.25	112	5.02
52	3Km	21.98	94.25	112	1.04
53	王功安檢所	28.12	94.25	96	1.55
54	彰濱工業區	13.65	94.25	109	0.66
55	高鐵台中站	6.64	94.25	90	0.39
56	台中市區	12.11	94.25	98	0.66
57	台中火力電廠	14.73	94.25	85	0.92
58	台中港試驗線 0m	64.12	94.25	110	3.09
59	100m	18.03	94.25	110	0.87
60	300m	14.36	94.25	108	0.71
61	1Km	15.38	94.25	108	0.76
62	3Km	11.69	94.25	108	0.57
63	五甲安檢所	27.28	94.25	81	1.79
64	通霄火力電廠	18.22	94.25	85	1.14
65	外埔安檢所	321.32	94.25	81	21.05
66	外湖安檢所	180.38	94.25	82	11.67
67	高鐵新竹站	10.96	94.25	101	0.58
68	桃園試驗線 0m	149.88	94.25	90	8.83
69	100m	35.29	94.25	90	2.08
70	300m	41.88	94.25	90	2.47
71	1Km	35.98	94.25	93	2.05
72	林口火力電廠	132.76	94.25	90	7.83
73	台北市區	10.21	94.25	113	0.48

項次	安裝地點	Cl^-濃度 (mg/L)	暴露面積 (cm^2)	暴露天數 (day)	氯鹽沉積速率計算結果($mg/m^2/day$)
74	陽明山國家公園	8.63	94.25	133	0.34
75	北橫巴陵	-	94.25	-	-
76	阿里山	6.10	94.25	105	0.31
77	南橫天池	5.42	94.25	108	0.27

註：- 表示試體遺失

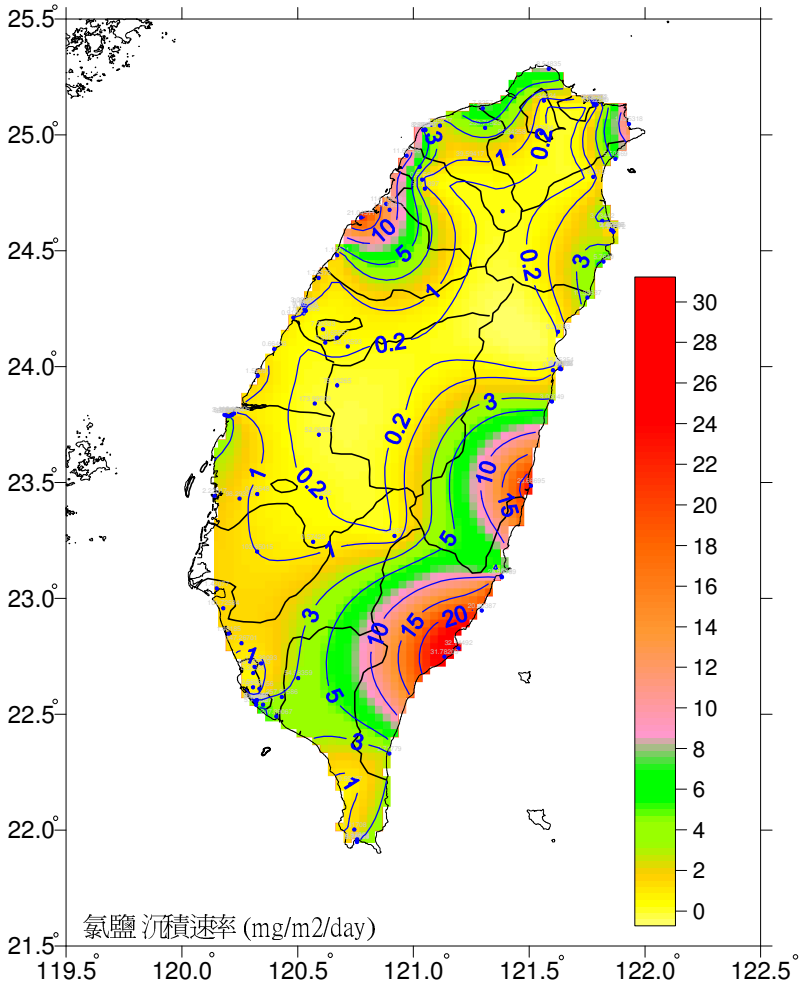


圖 5-6　2007 年 5 月至 10 月期間臺灣地區之氯鹽沉積速率等位圖

5.5.2.3 聖帕颱風調查結果

為瞭解颱風侵襲對氯鹽沉積速率之影響，本年度在聖帕颱風侵襲前後進行調查。聖帕颱風於 2007 年 8 月 17 日由臺灣東部海岸登陸，因此氯鹽沉積速率調查時間為 8/15 至 9/6，調查位置為東海岸蘇澳港至

花蓮港之間，表 5-2 為聖帕颱風侵襲之氯鹽沉積速率計算結果，圖 5-7 為 2007 年 5 月下旬至 10 月上旬之氯鹽沉積速率與聖帕颱風侵襲之氯鹽沉積速率比較結果。

顯然的，颱風侵襲期間造成各試驗點氯鹽沉積速率有顯著增加的趨勢，尤其是在濱海試驗點如蘇澳港 100m 處、花蓮港 0m 處與橄仔樹安檢所，其增加率有 10 倍左右；至於龍德工業區因距海岸線較遠，受地形與建築物屏障的結果，氯鹽沉積速率並無增加。比較蘇澳港試驗線，0m 位置位於蘇澳港務局行政大樓頂樓，100m 位置位於港務局單身宿舍頂樓，300m 位置位於港區內圍牆上，而 1km 位置位於蘇澳鎮市區內，由於風向與建築物的遮避效應，蘇澳港 100m 處的氯鹽沉積速率較大，此現象再次說明了空氣中的氯鹽含量會受到風速、風向與局部地形之影響。

表 5-2 聖帕颱風侵襲之氯鹽沉積速率計算結果

項次	安裝地點	Cl^-濃度 (mg/L)	暴露面積 (cm^2)	暴露天數	氯鹽沉積速率計算結果($mg/m^2/day$)
1	龍德工業區	12.35	94.25	21	3.12
2	蘇澳港試驗線 0m	27.92	94.25	23	6.44
3	100m	103.76	94.25	22	25.02
4	300m	50.89	94.25	22	12.27
5	1Km	7.85	94.25	21	1.98
6	南澳安檢所	20.69	94.25	21	5.23
7	花蓮港試驗線 0m	147.00	94.25	21	37.14
8	100m	21.08	94.25	21	5.33
9	300m	16.55	94.25	21	4.18
10	1Km	25.14	94.25	21	6.35
11	3Km	18.85	94.25	21	4.76
12	橄仔樹安檢所	95.31	94.25	21	24.08

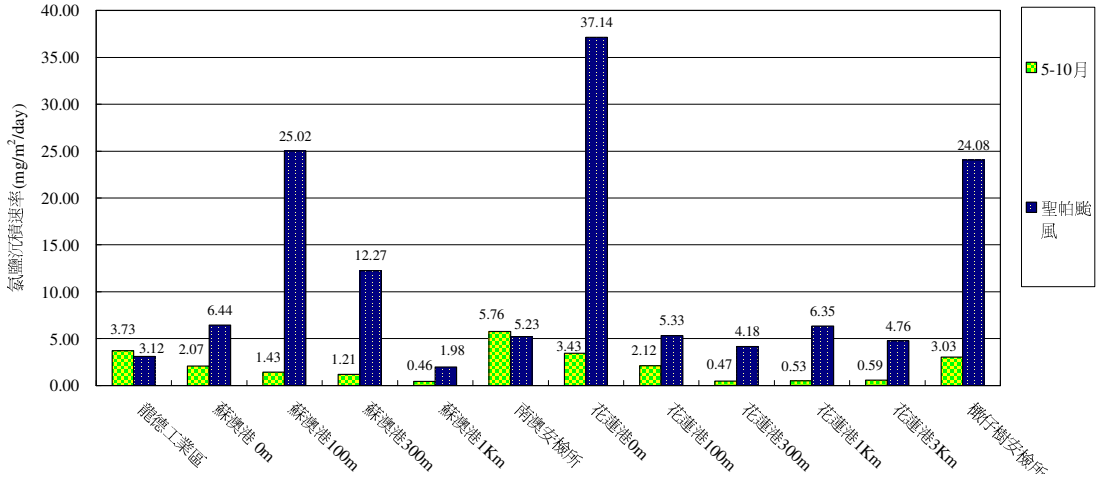


圖 5-7　2007 年 5 月至 10 月之氯鹽沉積速率與聖帕颱風侵襲之氯鹽沉積速率比較

5.3 二氧化硫沉積速率調查

5.3.1　調查試驗點

大氣中廢氣的污染程度決定了當地大氣的腐蝕性，若排放的廢氣中含有大量的 SO_2 與 H_2S，這些氣體在大氣中會形成酸雨，且當這些硫化物溶於水以水膜形式存在時，將會形成強腐蝕介質，加速金屬腐蝕。一般在石化廠、煉鋼廠、火力電廠等工業區與都市地區，大氣中均可能存在相當程度的硫化物；因此本研究針對 SO_2 沉積速率調查試驗點的佈設，主要以都市地區、工業地區、石化與火力電廠附近為主，並設置對照組，建置如下：

(1) 都市地區：台北市、台中市、高雄市，選取交通頻繁處，共 3 個試驗點。

(2) 工業地區：於表 5-3 中各工業區服務中心，共 29 個試驗點。

(3) 石化與火力電廠：中油桃園煉油廠、高雄煉油廠、林園煉油廠、台電深澳、林口、大潭、通霄、臺中、興達、大林發電廠與核能三廠，共有 11 個試驗點。

(4) 臺灣西部南北縱向：高鐵沿線車站，地點包括高鐵桃園站、臺中

站、嘉義站、左營站，共有 4 個試驗點。

(5) 對照組：選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，規劃之試驗點包括台北市陽明山國家公園管理處、太魯閣國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段)、南橫公路(公路總局第三區養護工程處甲仙工務段)、與礁溪火車站等 6 個試驗點。此外，在硫磺區如台北自來水事業處陽明山淨水站亦有 1 個試驗點。

總計 SO_2 沉積速率的調查位置共有 54 個試驗點，包括都市地區 3 個試驗點，全台工業區 29 個試驗點，石化與火力電廠 11 個試驗點，高鐵沿線 4 個試驗點，6 個參考對照試驗點與硫磺溫泉區 1 個試驗點。

表 5-3 工業區 SO_2 沉積速率調查試驗點

縣(市)	工業區
台北縣	樹林工業區
桃園縣	觀音工業區、平鎮工業區
新竹縣	新竹工業區
新竹市	工業技術研究院
苗栗縣	頭份工業區、竹南工業區
臺中縣	大里工業區、臺中港關連工業區
臺中市	臺中工業區
南投縣	南崗工業區
彰化縣	彰濱工業區、田中工業區
雲林縣	台塑六輕工業園區、斗六工業區
嘉義縣	朴子工業區
臺南縣	官田工業區
臺南市	安平工業區、台南科技工業區
高雄縣	仁大工業區、永安工業區、鳳山工業區、大發工業區
高雄市	臨海工業區
屏東縣	屏東工業區
宜蘭縣	龍德工業區
花蓮縣	和平工業區
花蓮市	美崙工業區
臺東市	豐樂工業區

5.3.2 SO_2 沉積速率計算與調查結果

各試驗點暴露後回收的硫酸化平板依離子層析法測定，即使用碳酸鈉溶液先移出並溶解硫酸化平板之內容物，然後以離子層析儀檢測硫酸鹽含量。SO_2 之沉積速率之計算如下：

$$R(SO_2) = \frac{(m_1 - m_0) \times 16.67}{A \times t \times 1000} \quad \text{.....(5-2)}$$

式中，$R(SO_2)$= 二氧化硫沉積速率($mg/m^2/day$)

m_0=空白平板(未暴露)測試之硫酸鹽質量(μg)

m_1=每一平板之硫酸鹽質量(μg)

A=平板面積(m^2)

t=暴露時間，天(day)

表 5-4 為各試驗點第一季(5 月下旬至 10 月上旬)之 SO_2 沉積速率計算結果。根據 CNS 13401，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，二氧化硫的沉積速率應至少經過一年連續的量測，但是目前本研究僅完成一季之沉積速率調查，若以此數據推估各金屬在臺灣地區的大氣腐蝕分類，可能會產生極大的誤差；因此本報告僅將本季(2007 年 5 月下旬至 10 月上旬) SO_2 沉積速率調查結果進行地域性的比較，所繪之等位圖如圖 5-8 所示。本季調查最高發生在陽明山的硫磺區為 646.03 $mg/m^2/day$，其餘介於 7.04 $mg/m^2/day$ (南橫天池)至 561.85 $mg/m^2/day$(高雄煉油廠)之間。沉積速率較高之試驗點包括高雄煉油廠(561.85 $mg/m^2/day$)、中鋼公司(457.97 $mg/m^2/day$)、大發工業區(257.88 $mg/m^2/day$)、彰濱工業區(247.98 $mg/m^2/day$)、桃園煉油廠(239.72 $mg/m^2/day$)、大林火力電廠(226.86 $mg/m^2/day$)、中油林園廠(207.39 $mg/m^2/day$)等，其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準(P3,

200 mg/m^2/day)。六輕工業區，則因試驗點不在石化廠廠區內，故僅測得該區域之背景值約為 110.08 mg/m^2/day。高鐵沿線以左營站最高(132.61 mg/m^2/day)、台中站次之(99.51 mg/m^2/day)、新竹站再次之(40.73 mg/m^2/day)、最低為嘉義站(27.72 mg/m^2/day)。東部海岸因無石化工業區或電廠的設立，除龍德工業區(167.46 mg/m^2/day)外，僅介於 9.23 mg/m^2/day(太魯閣國家公園) 與 16.35 mg/m^2/day(礁溪火車站)之間。

表 5-4 各試驗點之 SO_2 沉積速率計算結果

項次	安裝地點	SO_4^{2-}濃度 (mg/L)	濾紙面積 (cm^2)	暴露天數 (day)	SO_2 沉積速率計算結果(mg/m^2/day)
1	基隆試驗線 3Km	33.31	23.76	113	97.49
2	礁溪火車站	6.16	23.76	91	16.35
3	龍德工業區	47.26	23.76	95	167.46
4	和平工業區	5.54	23.76	95	13.39
5	太魯閣國家公園	3.97	23.76	78	9.23
6	美崙工業區	4.71	23.76	78	12.55
7	豐樂工業區	10.79	23.76	98	31.78
8	核三廠試驗線 1Km	7.58	23.76	121	16.43
9	屏東工業區	17.12	23.76	97	54.98
10	中油林園廠	58.66	23.76	96	207.39
11	大林火力電廠	56.88	23.76	85	226.86
12	中鋼公司	128.54	23.76	97	457.97
13	鳳山工業區	24.96	23.76	97	83.34
14	大發工業區	73.21	23.76	97	257.88
15	高雄市區	56.09	23.76	97	195.93
16	高鐵左營站	47.65	23.76	121	132.61
17	高雄煉油廠	155.66	23.76	96	561.85
18	仁大工業區	50.91	23.76	98	175.39
19	永安工業區	46.41	23.76	106	147.27
20	興達火力電廠	44.87	23.76	86	175.22
21	安平工業區	32.36	23.76	105	101.73
22	成大水工所	27.13	23.76	105	84.25
23	官田工業區	29.10	23.76	92	103.65
24	朴子工業區	27.13	23.76	90	98.29
25	高鐵嘉義站	10.92	23.76	114	27.72
26	斗六工業區	15.57	23.76	92	52.09

項次	安裝地點	SO_4^{2-}濃度 (mg/L)	濾紙面積 (cm^2)	暴露天數 (day)	SO_2沉積速率計算結果($mg/m^2/day$)
27	六輕工業區	37.09	23.76	112	110.18
28	彰濱工業區	78.96	23.76	109	247.98
29	田中工業區	51.51	23.76	100	174.00
30	南崗工業區	23.33	23.76	100	75.13
31	大里工業區	17.06	23.76	100	53.14
32	高鐵台中站	30.28	23.76	100	99.51
33	台中市區	-	23.76	108	-
34	台中工業區	38.88	23.76	108	7.20
35	台中港關連工業區	36.25	23.76	109	110.51
36	台中火力電廠	29.16	23.76	85	112.47
37	通霄火力電廠	14.44	23.76	85	51.71
38	竹南工業區	32.83	23.76	95	114.17
39	頭份工業區	31.72	23.76	91	114.91
40	工研院	18.72	23.76	114	51.72
41	新竹工業區	-	23.76	82	-
42	平鎮工業區	12.41	23.76	93	39.59
43	高鐵新竹站	13.64	23.76	101	40.73
44	桃園試驗線 300m	28.78	23.76	96	98.18
45	桃園試驗線 1Km	37.57	23.76	93	134.51
46	林口火力電廠	16.78	23.76	96	54.33
47	樹林工業區	47.07	23.76	93	170.34
48	桃園煉油廠	65.46	23.76	93	239.72
49	台北市區	30.67	23.76	113	89.28
50	陽明山國家公園	44.43	23.76	133	112.15
51	陽明山硫磺區	210.00	23.76	113	646.03
52	北橫巴陵	-	23.76	-	-
53	阿里山	6.92	23.76	105	16.73
54	南橫天池	4.08	23.76	108	7.04

註：- 表示試體遺失

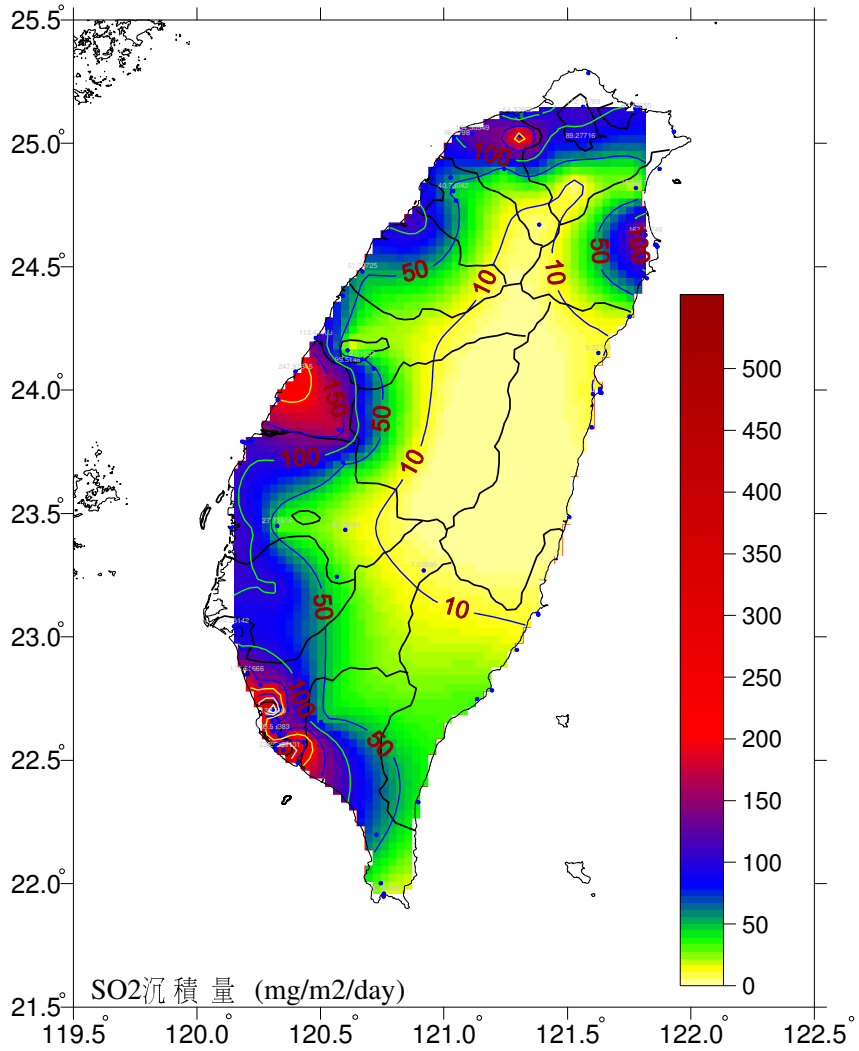


圖 5-8　2007 年 5 月至 10 月期間臺灣本島之 SO_2 沉積速率等位圖

5.5.4 濕潤時間百分比

參考 CNS 13401 (ISO 9223)，大氣腐蝕環境的分類可採用試片腐蝕速率量測與環境因子進行區分，若採用環境因子進行分類，選擇的參數則包括濕潤時間(τ)、空氣中的氯鹽沉積速率(S)與 SO_2 沉積量(P)。其中，濕潤時間是以全年中溫度高於 0 °C，相對濕度大於 80%之小時數或百分比計算，氯鹽沉積速率(mg/m^2/day)是以 CNS 13754 (ISO 9225)濕燭法測量，二氧化硫沉積量則是以 CNS 13754 (ISO9225)規定之 SO_2 硫酸化平板量測的沉積速率(mg/m^2/day)測定或是空氣中的 SO_2 濃量(μg/m^3) 計算；其中，各參數的量測時間均至少為一年以上。表 5-5 至

表 5-7 分別為 CNS 13401 (ISO 9223)規範中對濕潤時間、氯鹽沉積速率與 SO_2 沉積速率或濃度的分類；表 5-8 則為相對於表 5-5 至表 5-7 之分類結果，將大氣腐蝕環境分為 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)。

表 5-5 濕潤時間分類

類別	濕潤時間	
	hour/year	%
τ_1	$\tau \leq 10$	$\tau \leq 0.1$
τ_2	$10 < \tau \leq 250$	$0.1 < \tau \leq 3$
τ_3	$250 < \tau \leq 2500$	$3 < \tau \leq 30$
τ_4	$2500 < \tau \leq 5500$	$30 < \tau \leq 60$
τ_5	$5500 < \tau$	$60 < \tau$

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表 5-6 氯鹽沉積速率分類

氯鹽沉積速率 $mg/m^2/day$	類別
$S \leq 3$	S_0
$3 < S \leq 60$	S_1
$60 < S \leq 300$	S_2
$300 < S \leq 1500$	S_3

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表 5-7 二氧化硫(SO_2) 沉積量分類

SO_2 沉積速率 $mg/m^2/day$	SO_2 濃度 $\mu g/m^2$	類別
$P_d \leq 10$	$P_c \leq 12$	P_0
$10 < P_d \leq 35$	$12 < P_c \leq 40$	P_1
$35 < P_d \leq 80$	$40 < P_c \leq 90$	P_2
$80 < P_d \leq 200$	$90 < P_c \leq 250$	P_3

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表 5-8大氣腐蝕環境分類(以環境因子分類)

碳鋼															
	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	1	1 or 2	1	2	3 or 4	2 or 3	3 or 4	4	3	4	5	3 or 4	5	5
P_2	1	1	1 or 2	1 or 2	2 or 3	3 or 4	3 or 4	3 or 4	4 or 5	4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1 or 2	1 or 2	2	2	3	4	4	4 or 5	5	5	5	5	5	5	5
鋅與銅															
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	1	1	1	1 or 2	3	3	3	3 or 4	3	4	5	3 or 4	5	5
P_2	1	1	1 or 2	1 or 2	2	3	3	3 or 4	4	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1	1 or 2	2	2	3	3 or 4	3	3 or 4	4	4 or 5	5	5	5	5	5
鋁															
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	2	2	1	2 or 3	4	3	3 or 4	4	3	3 or 4	5	4	5	5
P_2	1	2	2 or 3	1 or 2	3 or 4	4	3	4	4 or 5	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1	2 or 3	3	3 or 4	4	4	3 or 4	4 or 5	5	4 or 5	5	5	5	5	5
NOTE－Corrosivity is expressed as the numerical part of the corrosivity category code (for example: 1 instead of C1).															

(資料來源：CNS 13401, ISO 9223)

表 5-9 為各測點本季濕潤時間的百分比,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，統計本季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，選用氣象站的名稱如表中括號內所示。

表 5-9 各測點試驗期間濕潤時間百分比

項次	試驗地點	濕潤時間 百分比 (%)	項次	試驗地點	濕潤時間 百分比 (%)
1	核一廠	41.5	35	核三廠試驗線 1Km	54.5
2	基隆試驗線 0m	28.4	36	3Km	54.5
3	100m	28.4	37	楓港變電站	54.5
4	300m	28.4	38	屏東工業區	44.6
5	1Km	25.6	39	中油林園廠	44.5
6	3Km	28.4	40	大林火力電廠	45.3
7	澳底安檢所	28.4	41	中鋼公司	44.1
8	梗枋安檢所	28.4	42	鳳山工業區	44.6
9	礁溪火車站	51.4	43	大發工業區	44.6
10	龍德工業區	52.2	44	高雄市區	44.6
11	蘇澳港試驗線 0m	51.4	45	高雄港試驗線 0m	44
12	100m	51.2	46	100m	44
13	300m	51.2	47	300m	44.1
14	1 Km	51.7	48	1 Km	44.1
15	南澳安檢所	51.8	49	3 Km	44.1
16	和平工業區	60	50	高鐵左營站	46.2
17	太魯閣國家公園	60	51	高雄煉油廠	44.5
18	美崙工業區	57.7	52	仁大工業區	44.2
19	花蓮港試驗線 0m	60	53	永安工業區	43.6
20	100m	60	54	興達火力電廠	45
21	300m	60	55	安平工業區	36.8
22	1 Km	60	56	成大水工所	36.8
23	3 Km	60	57	官田工業區	36
24	檳仔樹安檢所	60	58	東石安檢所	58.4
25	石梯安檢所	59.2	59	朴子工業區	43.9
26	成功試驗線 0m	35.1	60	高鐵嘉義站	45.5
27	300m	35.1	61	斗六工業區	36.6
28	金樽安檢所	35.1	62	六輕試驗線 0m	60.1
29	伽蘭安檢所	31.1	63	100m	60.1
30	豐樂工業區	31.4	64	300m	60.1
31	尚武安檢所	31.1	65	1 Km	60.1
32	核三廠試驗線 0m	54.5	66	3 Km	60.1
33	100m	54.5	67	六輕工業區	60.1
34	300m	54.5	68	王功安檢所	60.0

項次	試驗地點	濕潤時間 百分比 (%)	項次	試驗地點	濕潤時間 百分比 (%)
69	彰濱工業區	41.3	88	外湖安檢所	47.4
70	田中工業區	28.8	89	工研院	36.1
71	南崗工業區	28.8	90	新竹工業區	32.1
72	大里工業區	28.8	91	平鎮工業區	33.5
73	高鐵台中站	28.8	92	高鐵新竹站	32.6
74	台中市區	30.5	93	桃園試驗線 0m	44.2
75	台中工業區		94	100m	44.2
76	關連工業區	41.3	95	300m	44.2
77	台中火力電廠	43.4	96	1Km	45.3
78	台中港試驗線 0m	41.2	97	林口火力電廠	44.2
79	100m	41.2	98	樹林工業區	35.3
80	300m	41.4	99	桃園煉油廠	45.3
81	1Km	41.4	100	台北市區	33.5
82	3Km (梧棲)	41.4	101	陽明山國家公園	83.2
83	五甲安檢所	38.2	102	陽明山硫磺區	82.4
84	通霄火力電廠	43.4	103	北橫巴陵	81.1
85	外埔安檢所	38.2	104	阿里山	91.2
86	竹南工業區	33.1	105	南橫天池	88.3
87	頭份工業區	33.3			

依據 CNS 與 ISO 規範，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，濕潤時間、氯鹽與二氧化硫的沉積速率至少應經過一年以上的連續量測，但是本研究目前僅完成一季之腐蝕因子調查，若以上述數據推論各金屬在臺灣地區的大氣腐蝕分類，可能會產生極大的誤差；為求大氣腐蝕環境分類的正確性，有待腐蝕因子調查進行一年後再行分類。

5.5.5 現地暴露試驗

5.5.5.1 現地暴露試驗

現地暴露試驗試驗點建置的數量以涵蓋氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置之 75%為原則，全國合計共有 88 個試驗點。即在氯鹽沉積量調查路線上，9 條垂直海岸線試驗點的佈設以距海岸線約臨海、300m、1 km、3 km 之距離處設置，配合 20 個平行海岸線之臨海試驗

點(西部濱海與東部濱海沿線之港口或安檢所)，4 個高鐵沿線試驗點與 4 個參考對照試驗點，共 55 個試驗場址。在二氧化硫沉積量調查位置上，包括工業區所在各縣市各一個試驗點，共 22 個試驗點(高雄市設立兩處)，都市地區 3 個試驗點，石化與火力電廠 11 個試驗點，高鐵沿線 4 個試驗點，硫磺區 2 個試驗點與 5 個參考對照試驗點，共 47 個試驗場址。其中，若氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置相同時，僅在該試驗點設立一組試片(包括碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬)裝置。調查位置共 88 個場址，分佈如圖 5-9 所示。。

5.5.5.2 暴露試片

現地暴露試驗試片製作的方式參考 CNS 13753 大氣腐蝕性測定標準試片製作，採用螺旋狀標準試片，碳鋼線材直徑為 2.65mm，鋅線材直徑為 2.35mm，銅線材直徑為 3.0mm，鋁線材直徑為 2.4mm；長度均約 1,000mm。

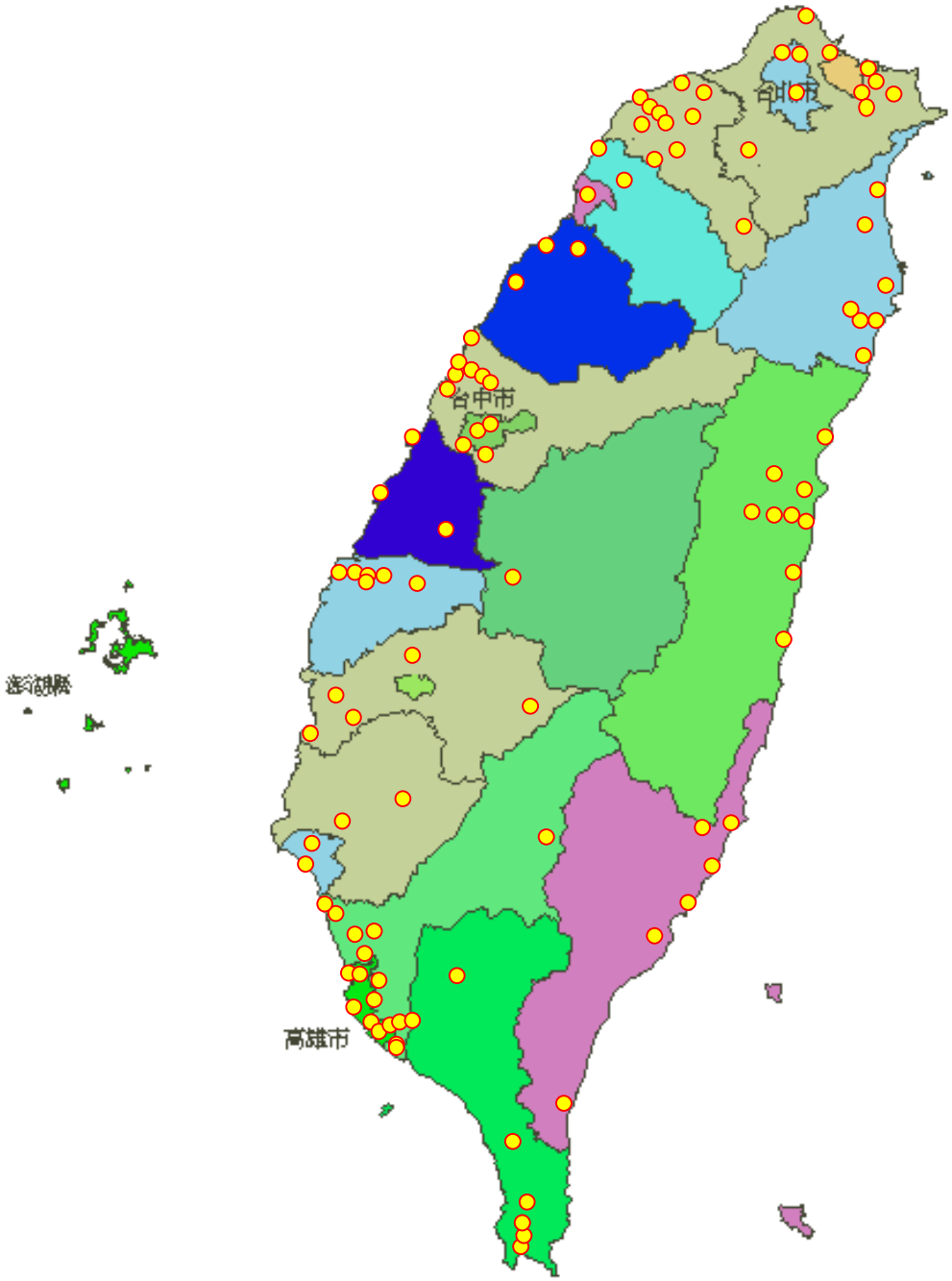


圖 5-9　現地暴露試驗點分佈圖

5.5.5.3 試片腐蝕生成物清除與測試

碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋狀金屬線材之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS14122 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底材金屬，先依照 CNS14122 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 5-10 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（ρ=1.19g/mL）與 3.5g 六亞甲四胺（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，ρ=1.84 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，ρ=1.42 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

針對腐蝕試片，以此化學清洗法實驗測試後，各個試片浸泡之適當清洗時間，碳鋼線材試片為 10 分鐘，鋅線材試片為 4 分鐘，銅線材試片為 2 分鐘，鋁線材試片為 6 分鐘。

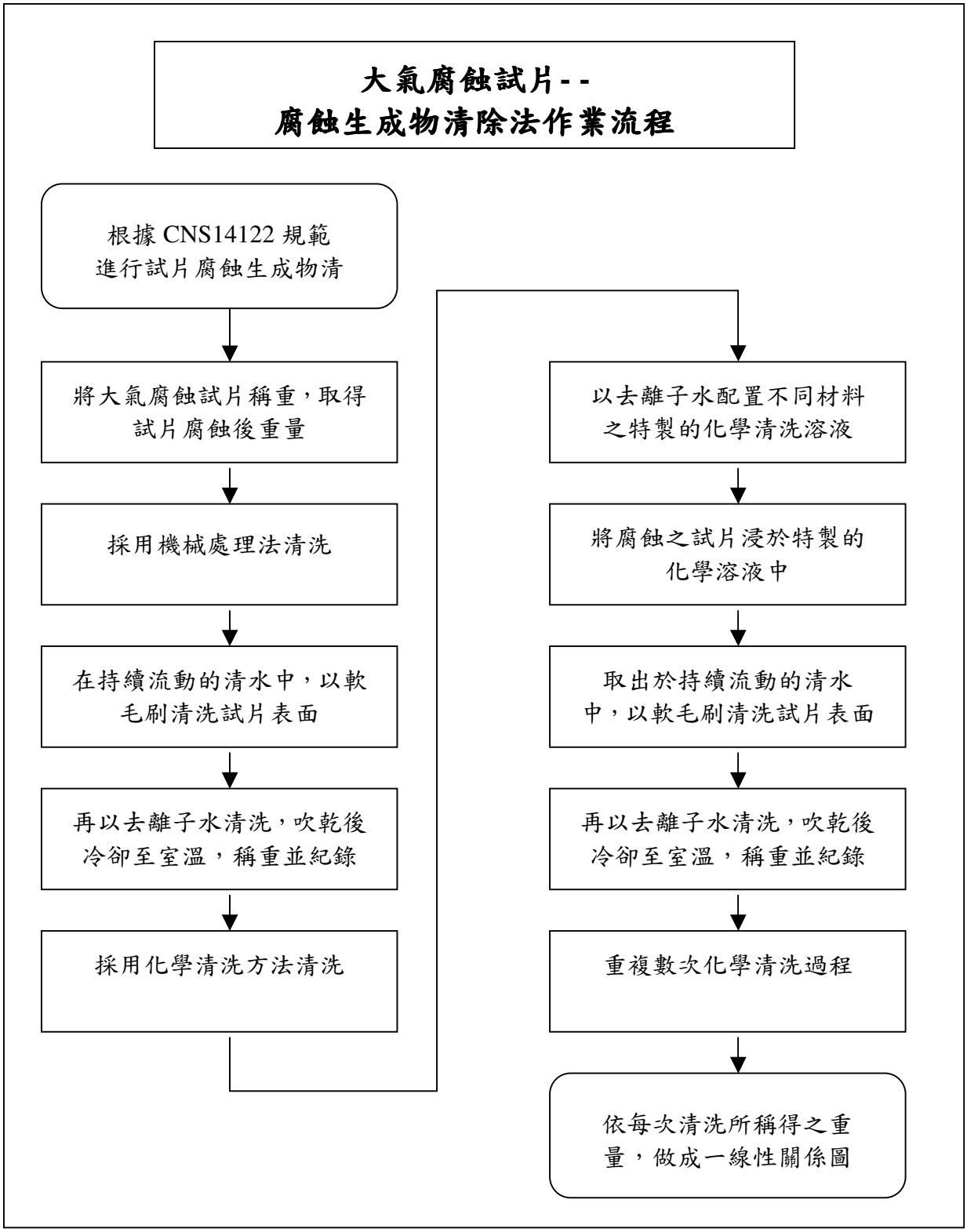


圖 5-10 腐蝕生成物清除法作業流程圖

5.5.5.4 腐蝕速率計算與調查結果

各金屬線材之原始重量與化學清洗前後之重量以及現地暴露後之腐蝕速率計算結果顯示，腐蝕速率在該初期暴露時最大，隨後會逐漸下降而最終到達一穩定值。根據 CNS 13401 (ISO 9223)，各種標準金屬之大氣腐蝕性分類應以金屬暴露第一年後的腐蝕速率計算，而本研究目前僅進行一季之腐蝕速率計算，若以此數據推估各金屬在臺灣地區的之大氣腐蝕分類，可能有所誤差，但其結果應可顯示季節性(5 月下旬至 10 月上旬)臺灣各地區針對碳鋼、鋅、銅、鋁金屬腐蝕的嚴重性，並可預作為臺灣大氣腐蝕環境分類之趨勢判斷。

表 5-10 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 μm/yr 表示；主要原因是因鋁試片可能會發生局部腐蝕，而各金屬最初第一年之腐蝕速率均是以均勻腐蝕率計算，所以在進行鋁金屬之大氣腐蝕分類時，將依據 $g/m^2/yr$ 之腐蝕速率單位進行區分。今彙整 2007 年 5 月下旬至 10 月上旬試片暴露期間各金屬之腐蝕速率計算結果，如表 5-11 所示。

除了陽明山硫磺區的試片腐蝕速率特別大之外(碳鋼= 875μm/yr、鋅= 10.2μm/yr、銅= 55.2μm/yr、鋁= 0.692 $g/m^2/yr$)，針對碳鋼金屬，大氣腐蝕速率介於 9.6μm/yr (南橫天池)至 398.2μm/yr (新竹外湖安檢所)之間；鋅金屬介於 1.5μm/yr (雲林斗六工業區)至 82.2μm/yr (台東伽蘭安檢所)之間；銅金屬介於 0.6μm/yr (南橫天池)至 20.2μm/yr (蘇澳龍德工業區)之間；而鋁金屬則介於 0.14 $g/m^2/yr$ (南橫天池)至 53.0 $g/m^2/yr$ (六輕工業區)之間。圖 5-11-圖 5-14 分別為碳鋼、鋅、銅、鋁金屬在 2007 年 5 月下旬至 10 月上旬暴露期間之腐蝕速率等位圖；圖中等位線區間的顏色依表 5-10 中各金屬最初第一年之腐蝕速率來區分，C5 等級(含)以上以紅色表示，C4 等級以藍色表示，C3 等級以綠色表示，C2 等級以黃色表示。整體而言，臺灣沿海地區針對碳鋼、鋅、銅金屬的大氣腐蝕環境嚴重，但對鋁金屬而言，僅有少部份位置腐蝕速率較大；各金屬的腐蝕速率隨距海岸線距離的增加而有下降的趨勢。

表 5-10 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	g/m^2 /yr μm/yr	$\gamma_{corr}\leq 10$ $\gamma_{corr}\leq 1.3$	$\gamma_{corr}\leq 0.7$ $\gamma_{corr}\leq 0.1$	$\gamma_{corr}\leq 0.9$ $\gamma_{corr}\leq 0.1$	可忽視 —
C2	g/ m^2 /yr μm/yr	$10<\gamma_{corr}\leq 200$ $1.3<\gamma_{corr}\leq 25$	$0.7<\gamma_{corr}\leq 5$ $0.1<\gamma_{corr}\leq 0.7$	$0.9<\gamma_{corr}\leq 5$ $0.1<\gamma_{corr}\leq 0.6$	$\gamma_{corr}\leq 0.6$ —
C3	g/ m^2 /yr μm/yr	$200<\gamma_{corr}\leq 400$ $25<\gamma_{corr}\leq 50$	$5<\gamma_{corr}\leq 15$ $0.7<\gamma_{corr}\leq 2.1$	$5<\gamma_{corr}\leq 12$ $0.6<\gamma_{corr}\leq 1.3$	$0.6<\gamma_{corr}\leq 2$ —
C4	g/ m^2 /yr μm/yr	$400<\gamma_{corr}\leq 650$ $50<\gamma_{corr}\leq 80$	$15<\gamma_{corr}\leq 30$ $2.1<\gamma_{corr}\leq 4.2$	$12<\gamma_{corr}\leq 25$ $1.3<\gamma_{corr}\leq 2.8$	$2<\gamma_{corr}\leq 5$ —
C5	g/ m^2 /yr μm/yr	$650<\gamma_{corr}\leq 1500$ $80<\gamma_{corr}\leq 200$	$30<\gamma_{corr}\leq 1500$ $4.2<\gamma_{corr}\leq 8.4$	$25<\gamma_{corr}\leq 50$ $2.8<\gamma_{corr}\leq 5.6$	$5<\gamma_{corr}\leq 10$ —

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223)

表 5-11　2007 年 5 月至 10 月各金屬之腐蝕速率

試驗地點	碳鋼腐蝕速率 (μm/yr)	鋅腐蝕速率 (μm/yr)	銅腐蝕速率 (μm/yr)	鋁腐蝕速率 ($g/m^2/yr$)
核一廠	226.7	4.9	12.9	5.3605
基隆試驗線 0m	126.4	3.8	7.2	3.1272
基隆試驗線 300m	68.9	1.9	6.0	1.2969
基隆試驗線 1Km	57.7	5.3	4.9	1.3600
基隆試驗線 3Km	58.7	2.8	4.8	0.3855
澳底安檢所	158.8	5.7	8.0	3.0416
梗枋安檢所	129.9	4.4	13.6	3.3414
礁溪火車站	24.4	3.1	2.4	0.7530
龍德工業區	170.6	3.9	20.1	3.0904
蘇澳港試驗線 0m	64.2	3.4	4.8	2.9581
蘇澳港試驗線 300m	52.5	4.2	3.5	1.2768
蘇澳港試驗線 1Km	68.3	4.1	6.0	2.6831
南澳安檢所	103.5	7.7	11.6	1.5616
和平工業區	44.0	2.9	3.9	1.2626
太魯閣國家公園	25.2	3.8	3.1	0.5261
花蓮港試驗線 0m	95.6	6.3	7.6	4.3666
花蓮港試驗線 300m	45.9	3.4	3.7	1.6835
花蓮港試驗線 1Km	45.3	3.6	4.1	1.4205
花蓮港試驗線 3Km	25.8	3.5	1.6	0.3157
橄仔樹安檢所	143.2	51.8	9.8	5.2084
石梯安檢所	80.7	5.5	7.7	51.6686
成功試驗線 0m	162.4	11.5	12.9	4.8408
成功試驗線 300m	84.8	4.4	9.1	1.9265
金樽安檢所	158.5	13.8	12.5	2.7662
伽蘭安檢所	105.5	82.2	14.2	2.7168
豐樂工業區	51.7	2.6	6.0	1.0978
尚武安檢所	47.8	1.9	4.1	1.4819
核三廠試驗線 0m	-	-	10.4	-
核三廠試驗線 300m	100.0	4.4	6.7	2.0572
核三廠試驗線 1Km	-	3.9	4.9	1.0488
核三廠試驗線 3Km	62.0	4.2	4.7	1.2908
楓港變電站	72.0	5.6	4.6	-
屏東工業區	48.0	4.1	3.8	0.5043
中油林園廠	146.4	6.5	10.6	3.9743

試驗地點	碳鋼腐蝕速率 (μm/yr)	鋅腐蝕速率 (μm/yr)	銅腐蝕速率 (μm/yr)	鋁腐蝕速率 ($g/m^2/yr$)
大林火力電廠	180.0	10.5	9.6	2.3056
中鋼公司	105.6	4.3	7.3	3.2275
大發工業區	98.9	5.6	7.3	2.0172
高雄市區	71.9	2.6	4.0	1.0590
高雄港試驗線 0m	142.2	7.9	5.6	5.8209
高雄港試驗線 300m	122.3	5.7	6.2	5.2170
高雄港試驗線 1Km	93.8	3.2	4.5	1.8286
高雄港試驗線 3Km	87.7	3.0	3.5	1.8286
高鐵左營站	48.2	3.1	3.5	-
高雄煉油廠	157.1	5.1	10.6	2.1400
仁大工業區	86.5	3.9	4.6	1.6466
興達火力電廠	158.1	7.3	9.9	2.6765
成大水工所	88.6	4.6	8.1	1.3966
官田工業區	63.1	3.0	8.6	0.7448
東石安檢所	143.3	7.9	9.2	2.4949
朴子工業區	71.6	2.3	2.9	0.9792
高鐵嘉義站	37.4	2.2	2.6	0.2999
斗六工業區	35.8	1.5	1.7	0.4256
台塑六輕試驗線 0m	176.3	6.3	9.5	7.7632
六輕試驗線 300m	266.0	4.2	9.4	3.9688
六輕試驗線 1Km	96.2	3.3	7.6	3.4019
六輕試驗線 3Km	82.1	3.5	9.5	-
六輕工業區	93.6	3.3	13.1	52.9906
王功安檢所	56.1	4.4	13.3	6.0852
彰濱工業區	61.9	31.3	8.5	3.4513
田中工業區	63.9	2.2	2.4	0.1956
高鐵台中站	57.6	4.2	2.6	0.1467
台中市區	42.7	2.5	-	0.9047
台中火力電廠	88.7	4.9	6.0	0.7493
台中港試驗線 0m	69.4	3.8	4.4	6.1295
台中港試驗線 300m	42.9	3.6	3.3	1.4928
台中港試驗線 1Km	49.3	3.5	3.9	2.4879
台中港試驗線 3Km	32.3	3.0	2.4	0.4976
五甲安檢所	63.0	11.8	6.7	3.3883
通霄火力電廠	55.4	3.5	4.7	1.2681
外埔安檢所	141.6	19.1	12.1	9.0356

試驗地點	碳鋼腐蝕速率 (μm/yr)	鋅腐蝕速率 (μm/yr)	銅腐蝕速率 (μm/yr)	鋁腐蝕速率 ($g/m^2/yr$)
頭份工業區	77.6	2.8	2.6	1.3446
外湖安檢所	398.3	25.9	17.9	19.2054
工研院	39.3	-	3.0	0.4284
新竹工業區	62.3	1.8	2.7	2.0919
平鎮工業區	70.2	3.3	2.7	1.3152
高鐵新竹站	47.3	1.9	3.0	0.3872
桃園試驗線 0m	243.1	44.1	16.5	14.7426
桃園試驗線 300m	140.2	13.1	11.3	7.3441
桃園試驗線 1Km	105.5	4.4	5.1	3.7353
林口火力電廠	139.0	15.6	10.0	10.9890
樹林工業區	57.7	3.5	2.2	-
桃園煉油廠	97.5	3.5	3.6	2.3674
台北市區	46.1	4.0	2.5	0.9511
陽明山國家公園	68.4	4.8	14.1	1.3204
陽明山硫磺區	875.0	10.2	55.2	0.6917
阿里山	53.5	3.0	2.0	0.2328
南橫天池	9.6	2.3	0.6	0.1357

註：- 表示試片遺失

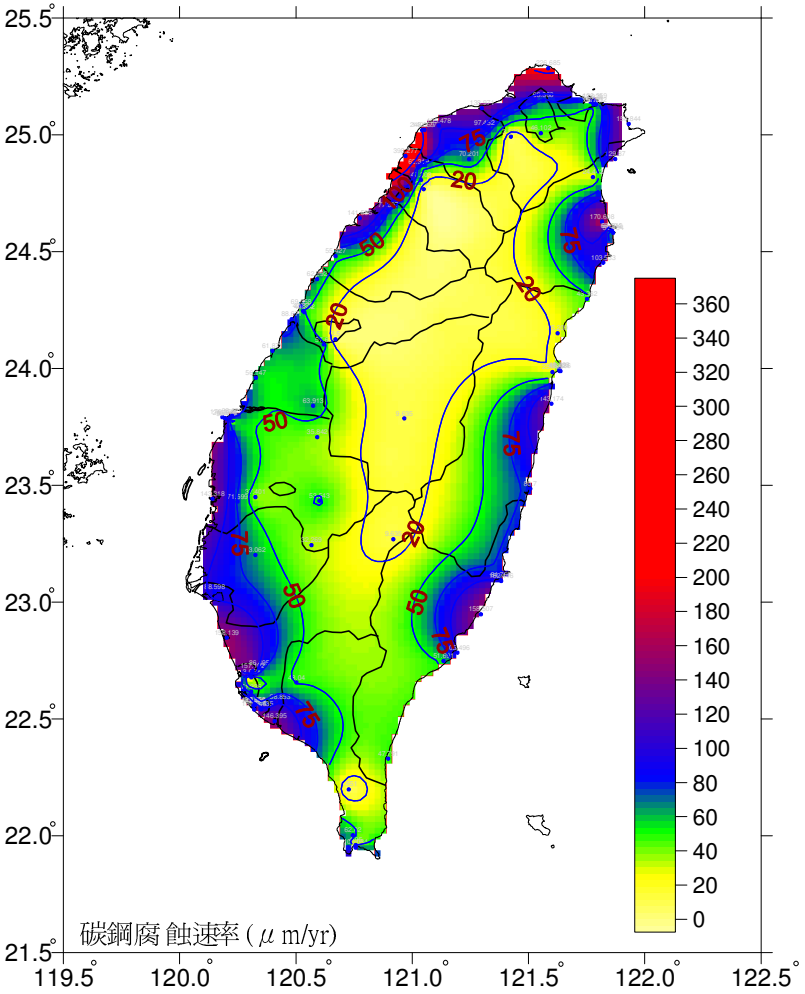


圖 5-11 碳鋼腐蝕速率(μm/yr)

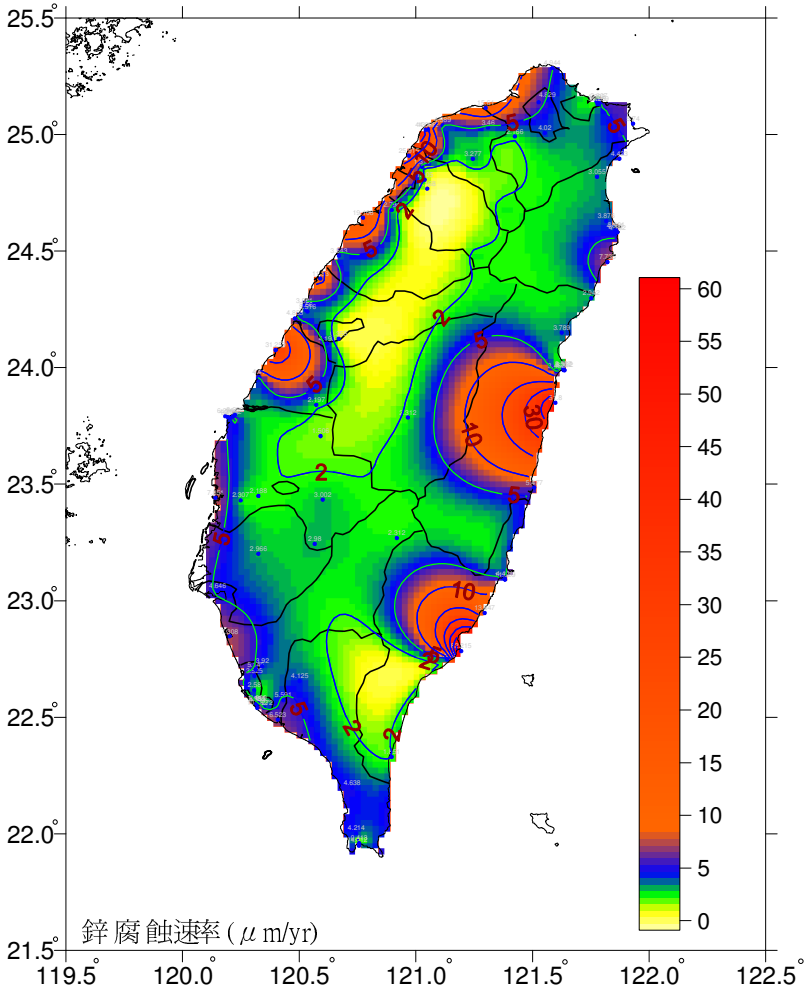


圖 5-12 鋅腐蝕速率(μm/yr)

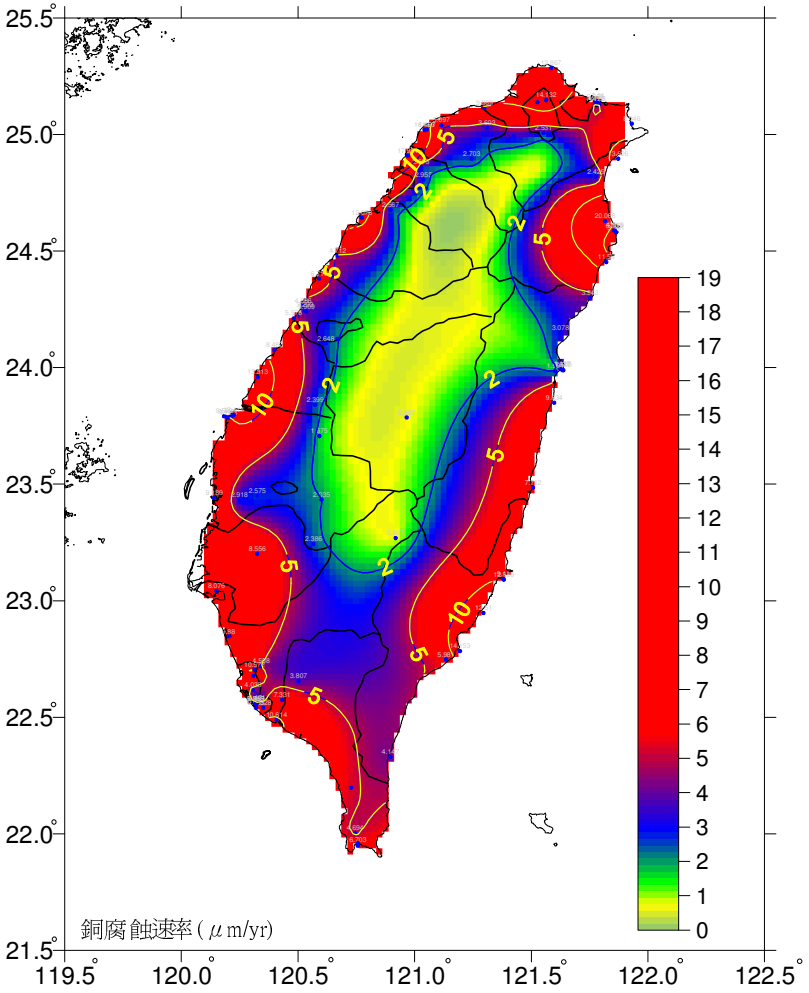


圖 5-13 銅腐蝕速率(μm/yr)

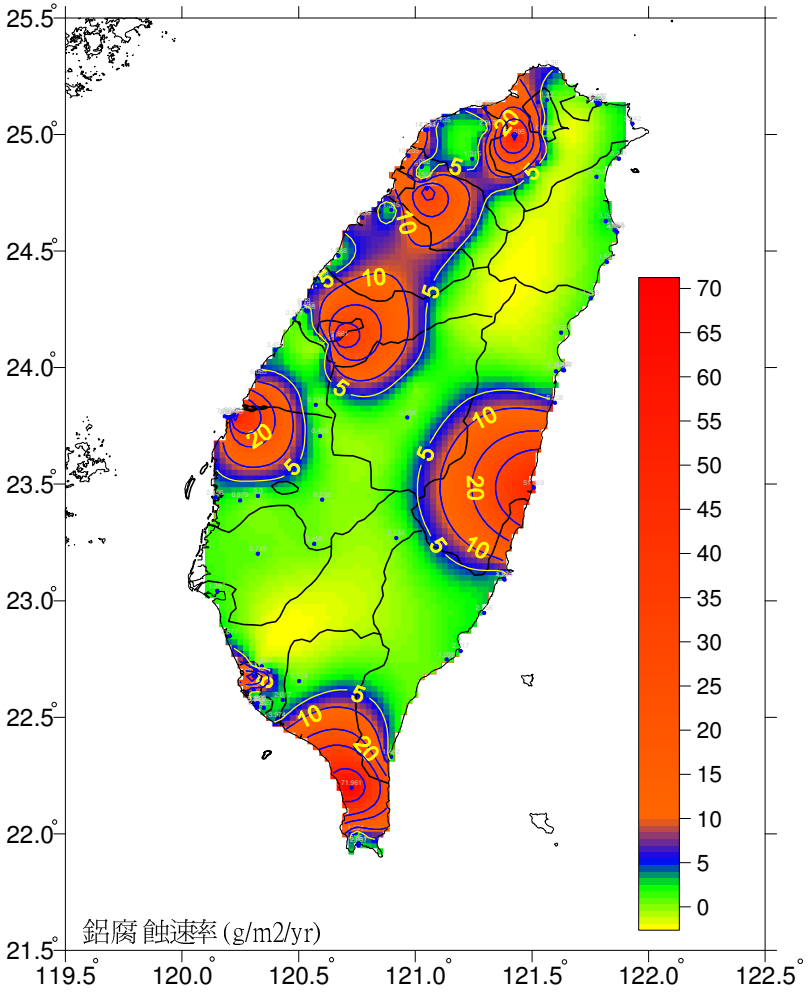


圖 5-14 鋁腐蝕速率($g/m^2/yr$)

5.6 大氣腐蝕因子資料庫建立

5.6.1 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，在此資料庫系統中將包括：

1. 大氣腐蝕環境分類相關規範：如 CNS13401 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，CNS13753 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)，CNS13754 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，CNS14112 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕–試片腐蝕生成物清除法，CNS14123 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。
2. 大氣腐蝕環境分類方法：包括試片腐蝕速率分類與環境腐蝕因子分類。
3. 氣象與空污資料：包括目前與過去 10 年氣象與空氣污染資料之分析；其中氣象資料包含氣溫、相對濕度、風速、風向與降水量，空氣污染資料包含 SO_2、NO_2 及 CO 濃度。
4. 季節性與一年期之氯鹽沉積速率、二氧化硫沉積速率、與碳鋼、鋅、銅、鋁金屬腐蝕速率之分析比較。
5. 依據本計畫執行之金屬腐蝕速率與腐蝕因子調查分析結果，進行臺灣大氣腐蝕環境分類。
6. 比較目前與過去大氣腐蝕環境分類結果。分析結果將以圖資系統配合臺灣地圖導入，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。

5.6.2 系統架構規劃

本系統之架構主要分為資料存取、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、資料處理界面、查詢使用等介面程式設計。

5.6.3 電腦環境規劃

為方便管理及整合資料，本系統將採用目前廣為使用的 Microsoft WINDOWS/XP 為作業平台，資料庫系統將視資料量多寡選用 SQL 或 MS ACCESS 為開發工具，圖文介面將採用較為人所熟知之商用產品，諸如 Autodesk 公司產品，同時為考慮資料查詢的便利性，本系統將以網路作業方式進行開發。

5.7 小結

1. 2007 年 5 月至 10 月調查之氯鹽沉積速率介於 0.2 mg/m2/day (太魯閣國家公園)至 32.14 mg/m2/day(台東伽蘭安檢所)之間，而較高的沉積速率發生在東海岸的中部至南部沿海,其原因應是調查期間東部沿海受夏季季風或颱風的吹襲，海風挾帶大量的氯鹽，造成此區域空氣中的氯鹽含量增加。

2. 2007 年 5 月至 10 月調查之二氧化硫沉積速率最高發生在陽明山的硫磺區為 646.03 mg/m2/day，其餘介於 7.04 mg/m2/day (南橫天池)至 561.85 mg/m2/day(高雄煉油廠)之間；其中，沉積速率較高的地區為高雄煉油廠、中鋼公司、大發工業區、彰濱工業區、桃園煉油廠、大林火力電廠、中油林園廠，其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準(P3, 200 mg/m2/day)。

3. 2007 年 5 月至 10 月，碳鋼金屬之大氣腐蝕速率介於 9.6μm/yr (南橫天池)至 398.2μm/yr (新竹外湖安檢所)之間；鋅金屬介於 1.5μm/yr (雲林斗六工業區)至 82.2μm/yr (台東伽蘭安檢所)之間；銅金屬介於 0.6μm/yr (南橫天池)至 20.2μm/yr (蘇澳龍德工業區)之間;而鋁金屬則介於 0.14g/m2/yr (南橫天池)至 53.0g/m2/yr (六輕工業區)之間。

4. 聖帕颱風侵襲期間造成各試驗點氯鹽沉積速率有顯著增加的趨勢，尤

其是在濱海試驗點如蘇澳港 100m 處、花蓮港 0m 處與橄仔樹安檢所，其增加率有 10 倍左右。

5.空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分布，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。

6.臺灣沿海地區針對碳鋼、鋅、銅金屬的大氣腐蝕環境嚴重，但對鋁金屬而言，僅有少部份位置腐蝕速率較大；各金屬的腐蝕速率隨距海岸線距離的增加而有下降的趨勢。

7.根據 CNS 與 ISO 規範，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，濕潤時間、氯鹽沉積速率與二氧化硫的沉積速率應至少經過一年以上的連續量測；若採用金屬的腐蝕速率分類，則應以金屬暴露第一年後的腐蝕速率計算。本研究目前僅完成一季之沉積速率與腐蝕速率調查，若以上述數據推估各金屬在臺灣地區的大氣腐蝕分類，可能會產生誤差，為求大氣腐蝕環境分類的正確性，建議本計畫至少須完成一年期以上的調查，大氣腐蝕環境分類方有意義。

第六章 結 論

子計畫(一)：港灣構造物之現況調查研究

1.本年度調查碼頭結構之結果，以蘇澳港 13 號碼頭發現面版底部之表面混凝土剝落、內部鋼筋腐蝕生鏽及斷裂嚴重，應用 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）高達 4.0，顯示結構體功能堪虞，應立即進行維修或進行第二階段之細部檢測，評估確認其結構安全性；其餘調查碼頭未發現嚴重立即性損害，評估指數均小於 2.0，整體結構安全無虞。

2.碼頭結構應用 D.E.R 法進行評估，由於各種型式之設計重點不同，其評估標準值得繼續討論，其中 D 值（破壞程度）及 R 值（影響程度）範圍，可蒐集更多相關案例，檢討結構現況與數值大小之關連性。

子計畫(二)：碼頭維護管理系統建置之研究

1.碼頭營運安全問題複雜且變數眾多，國內碼頭多已老舊且位處地震帶上，碼頭維護管理之工作更有待加強，本計畫研究成果，可適當因應這些問題。

2.本計畫已逐年完成整合建置各式碼頭本體設施之檢測系統，未來將朝使系統更趨向可行性與實用性，提昇碼頭維護管理之功效，達成碼頭本體設施維護管理自動化之目標。

3.本計畫檢測系統經 94~96 三年之反覆驗證應用，系統已趨成熟。為確保系統更加務實完整，未來將持續加強現地驗證與應用，並不斷檢討修正。

子計畫(三)：臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究

1.本年度第一次之氯鹽沉積速率調查結果，以東海岸中部至南部之沿海地區較高，其原因應是受夏季季風或颱風吹襲，海風挾帶大量的氯鹽所造成。

2.本年度第一次之二氧化硫沉積速率調查結果，以陽明山的硫磺區最高，其他較高地區為高雄煉油廠、中鋼公司、大發工業區、彰濱工業區、桃園煉油廠、大林火力電廠、中油林園廠，其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準(P_3, 200 mg/m^2/day)。

3.本年度第一次之金屬曝露試驗，碳鋼金屬之大氣腐蝕速率介於 9.6μm/yr 至 398.2μm/yr 之間；鋅金屬介於 1.5μm/yr 至 82.2μm/yr 之間；銅金屬介於 0.6μm/yr 至 20.2μm/yr 之間；而鋁金屬則介於 0.14g/m^2/yr 至 53.0g/m^2/yr 之間。

4.聖帕颱風侵襲期間造成各試驗點氯鹽沉積速率有顯著增加的趨勢，尤其是在濱海試驗點如蘇澳港 100m 處、花蓮港 0m 處與橄仔樹安檢所，其增加率有 10 倍左右。

5.空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分布，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。

6.臺灣沿海地區針對碳鋼、鋅、銅金屬的大氣腐蝕環境嚴重，但對鋁金屬而言，僅有少部份位置腐蝕速率較大；各金屬的腐蝕速率隨距海岸線距離的增加而有下降的趨勢。

7.根據 CNS 與 ISO 規範，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，濕潤時間、氯鹽沉積速率與二氧化硫的沉積速率應至少經過一年以上的連續量測；若採用金屬的腐蝕速率分類，則應以金屬暴露第一年後的腐蝕速率計算。本研究目前僅完成一季之沉積速率與腐蝕速率調查，若以上述數據推估各金屬在臺灣地區的大氣腐蝕分類，可能會產生誤差，為求大氣腐蝕環境分類的正確性，建議本計畫至少須完成一年期以上的調查，大氣腐蝕環境分類方有意義。

參考文獻

1. "港灣構造物安全檢測與評估之研究 2/2"，交通部委託國立中山大學辦理，2001。

2. "港灣構造物安全檢測與評估之工作手冊（草案）"，交通部委託國立中山大學辦理，2001。

3. "港灣構造物維護管理準則之研究"，交通部運輸研究所委託國立海洋大學辦理，2004。

4.「港灣設施維護手冊（草案）"，交通部運輸研究所，2001。

5. "港灣構造物安全檢測與評估研習會"論文集，交通部運輸研究所、國立中山大學海洋環境及工程系，高雄，2002。

6. "高雄港鋼板(管)樁碼頭水下檢測工作規則"，交通部高雄港務局，2004。

7. "基隆港務局港埠設施維護檢修作業規定"，交通部基隆港務局，1998。

8."港灣構造物耐久性與維護機制之研究 2/4"，交通部運輸研究所，2007。

9. "蘇澳港興建工程"，臺灣省政府交通處基隆港務局蘇澳港工程處，1983。

10. V.M.Malhotra,N J Carino,“Handbook on Nondestructive Testing of Concrete “, CRC Press Inc USA ,1991.

11. 蘇吉立 (1996) "高雄港老舊碼頭調查研究系列報告"，港灣報導，第 38 期，41 頁至 43 頁。

12. 李延恭、謝明志、蘇吉立 (1996) "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，799 頁至 810 頁。

13. 侯和雄、林美霞、陳吉紀、王志成、張吉雄、陳森河、胡聰明(1996) "港灣工程專有名詞"，交通部運輸研究所與宇泰工程顧問公司之(85 年)合作辦理計畫，交通部運輸研究所出版。

14. 李延恭、蘇吉立、謝明志、陳圭璋 (1998) "高雄港區老舊碼頭安全調查及評估研究"，台灣省交通處港灣技術研究所 87-研(七)，2 頁至 152 頁。

15. 蘇吉立 (1998) "重力式碼頭安全檢測與維修研究，港灣報導"，第 46 期，43 頁至 53 頁。

16. 李延恭、蘇吉立 (1999) "老舊碼頭調查及評估"，地工技術，第 74 期，93 頁至 104 頁。

17. 蘇吉立、李延恭 (2000) "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，65 頁至 76 頁。

18. 交通部運輸研究所編著 (2002) "橋樑檢測評估與維修人員訓練講習講義"。

19. 蘇吉立 (2002) "碼頭維護管理草案之初步建議"，港灣報導，第 59 期，49 頁至 57 頁。

20. 李賢華 (2002) "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，5-24 頁。

21. 蘇吉立 (2002) "碼頭結構安全檢測系統之研建"，中華民國第二十四屆海洋工程研討會論文集，719 頁至 726 頁。

22. 陳宗禮、張大鵬等 (2003) "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，1 頁至 13 頁。

23. 曾志煌、王慶福、林美霞、簡連貴、蕭松山、張景鐘、楊文衡、鍾兆君、陳森河、林輝雄、胡聰明、紀志昌、方惠民、張上君、蔡宜狄、黃泓翔、江大齊、李昭平等(2003) "港灣構造物維護管理準則之研究"，交通部運輸研究所與海洋大學河海工程學系之 (93 年)合作辦理計畫，交通部運輸研究所出版。

24. 蘇吉立、陳桂清、饒正 (2005) "碼頭本體設施維護管理系統建制之研究(1/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，MOTC-IOT-94-H1DA001-3，95-22-7169。

25. 蘇吉立、陳桂清、饒正 (2006) "碼頭本體設施維護管理系統建制之研究(2/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，MOTC-IOT-95-H1DA001-3，96-16-7236。

26. ISO 9223/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification.

27. 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。

28. ISO 9225/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution.

29. 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。

30. 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。

31. ISO 9226/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.

32. 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。

33. 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。

34. ISO 8407/1991: Corrosion of metals and alloys - Removal of corrosion products from corrosion test specimens.

35. ISO 9224/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Guiding values for the corrosivity categories.

36. ASTM G116: Standard Practice for Conducting Wire-on-Bolt Test for Atmospheric Galvanic Corrosion, 1999.

37. ISO 8565/1992: Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests.

38. Metals Handbook- Corrosion, Metals Handbook Ninth Ed., Vol. 13, ASM International, Ohio, 1988.

39. I. Odnevall and C. Laygraf, “Atmospheric corrosion”, ASTM STP 1239, W.W. Kirk and Herbert, H. Lawson, Eds., Philadelphia, 1995.

40. “Outdoor atmospheric corrosion”, ASTM STP 1421, H.E. Townsend Ed., West Conshohocken, PA, 2002.

41. 楊巨平、陳天賜、陳新北、王燦耀，”臺灣區大氣腐蝕調查與評估”，中華民國防蝕工程學會八十四年度年會論文集，臺北，1995.

42. 鄭福田、莊東漢、杜悅元、林勝南，”酸雨及大氣對金屬腐蝕之關係研究”，材料大氣腐蝕研討會論文集，中華民國防蝕工程學會，1991.

43. 蔡克群，“臺灣地區大氣腐蝕環境分類與金屬材料腐蝕性”，鋼材大氣腐蝕與焊接技術研討會論文集，中華民國防蝕工程學會，台北，1995.

44. 鄭福田、莊東漢、杜悅元、林勝南，”臺灣地區大氣腐蝕環境因子調查”，材料大氣腐蝕研討會論文集，中華民國防蝕工程學會，台北，1991.

45. “臺南科技工業區結構物腐蝕及防治研究期末報告”，經濟部工業局委託，國立成功大學材料防蝕研究中心執行，2003.

46. “Corrosion Rate of Hot-dip Galvanized Coatings along Taiwan High Speed Rail Route”，研究報告，工業技術研究院材料與化工所，2004.

47. “高鐵沿線鋼軌扣件鏽蝕原因分析調查暨建議方案”，研究報告，工業技術研究院材料與化工所，2005.

48. 羅俊雄、王姵文、翁榮洲，臺灣地區大氣腐蝕環境分類(Classification of Atmospheric Corrosivity in Taiwan)，防蝕工程，第十九卷第二期，pp. 137, 2005.

49. J.S. Luo and J.C. Oung, “Atmospheric Corrosion of Galvanized Steel in Taiwan”, Paper No. 05-B-02, 16th International Corrosion Congress, Beijing, China, Sept. 2005.

附錄一

自辦計畫審查意見處理情形表

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
96 年度自辦研究計畫報告審查意見處理情形表

計畫名稱：「港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究(1/2)」

計畫編號：MOTC-IOT-94-H1DA001　　審查日期：97 年 2 月 4 日

審查委員及其所提之意見	執行單位處理情形及答覆意見
臺灣大學陳正興 教授	
1. D.E.R 評估法中 E 值如何評分應在報告中說明，若不包含某項目的評估，宜直接說明不予評估為宜，而不是用 D=0，E=0，R=0 標示，易產生誤會。	遵照辦理。
2.設施維護管理系統中所用之編碼宜以簡單為主，各代碼符號與編號應有詳細之說明。	遵照辦理。
3.圖 4-2 至圖 4-5 中之地震力可用較簡單之符號表示即可。	遵照辦理。
4.本研究計畫包含兩個資料庫之建置與資料之調查與輸入，這些工作都需大量之人力與時間，兩年之時間可能不足，可規劃較長期的研究，已建立完整的資料庫系統。	感謝指教，本研究將繼續規劃長期研究內容並檢討修訂資料庫系統。
臺灣大學陳東陽 教授	
1.港灣構造物之列損診斷與腐蝕研究為港灣技術研究中心相當重要的課題。從研究報告整體研究成果優良，具實用參考價值	感謝指教。

2.建議深化研究課題，拉長研究期限，增加電子資訊管理人才，將資料及資料庫易於使用。	感謝指教。
臺灣海洋大學張建智 教授	
1.計劃內容豐富，研究方法具系統化，研究成果具實用參考價值。	感謝指教。
2.部份繕打錯誤及文中內容與表格不符之處需修訂（如表 3-9 及表 3-10）。	遵照辦理。
3.希冀現地量測的數據能夠接續追蹤紀錄，以增加數據的可靠性。	遵照辦理。
4.使用 D.E.R 評估法進行檢測不失為一簡便方法，然破壞範圍 E 之界定應於文中補充說明。	遵照辦理。
臺灣科技大學鄭明淵 教授	
1.調查與資料蒐集所花費之人力與辛苦值得肯定嘉許。	感謝指教。
2.考量子計畫一、二、三間之縱、橫向整合關聯。	遵照辦理。
3.建構描繪出評估之程序，整體影響因子架構、確認、篩選與評估準則方法。	感謝指教，後續研究將朝此目標努力。
成功大學蔡長泰 教授	
1.大氣腐蝕劣化因子調查顯示有腐蝕現象並有各金屬之腐蝕速率，能否依據 CNS 規範研訂允許之臨界值（上限值），並評估壽命年限。	由於大氣環境變化激烈，研訂各金屬之腐蝕速率允許臨界值並評估其壽命年限不易，且本研究主要為提供環境腐蝕分類資訊給

	相關單位參酌應用，如需研訂尚待蒐集彙整更多資訊及各界意見。
2.因為諸如颱風等氣象事件會影響氯鹽沉積速率，也可能影響期他調查結果，因此，建議持續分析不同氣象事件之影響並歸納結果，以為日後檢驗測試及調查之利用。	遵照辦理。

附錄二

自辦計畫審查簡報資料

港灣構造物劣損診斷與腐蝕防治之研究

96年自辦研究計劃成果評估簡報

計劃主持人：陳桂清
研 究 人員：蘇吉立、柯正龍
張道光、羅建明

報 告 人：柯正龍

中華民國九十七年二月四日

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

緒 論(1/2)

- 台灣四面環海，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。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

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：港灣構造物之現況調查研究**，以蘇澳港、花蓮港、台北港及高雄港之碼頭現況為調查重點
- **子計畫二：碼頭維護管理系統建置之研究**
- **子計畫三：臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究**(與工業技術研究院材化所共同合作研究)。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

子計劃一：港灣構造物現況調查研究

簡報內容

一、前言

二、研究方法與進行步驟

三、結果與討論

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

一、前　言

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

二、研究方法與進行步驟

構造物調查範圍標定

↓

構造物基本資料蒐集

↓

檢測及維修歷史資料蒐集

↓

整體結構變形及構造主結構體檢測

↓

鋼板樁碼頭水下檢測

↓

構造物非結構體檢測

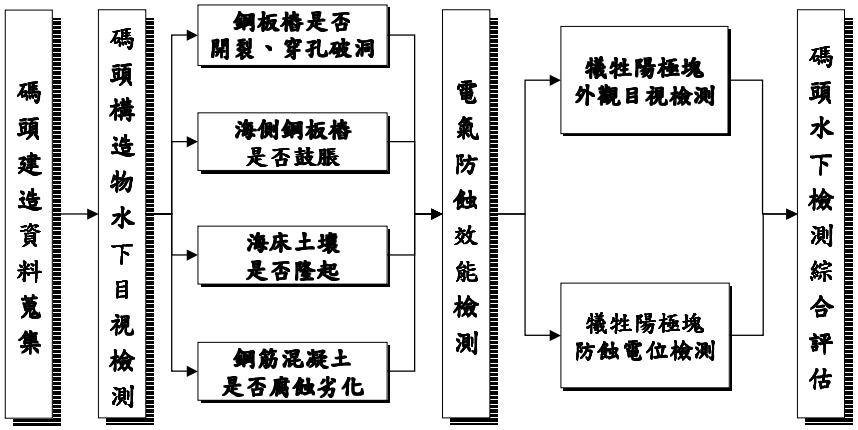
↓

構造物檢測綜合評估

↓

完成檢測或繼續進行細步評估

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心



鋼板樁碼頭水下檢測流程

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

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

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

❖初步檢測劣化評估值

初步檢測危險度指標

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

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

初步檢測結果判定

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	$ID \geqq 4$	非主體結構之 $ID \geqq 4$， 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

調查範圍

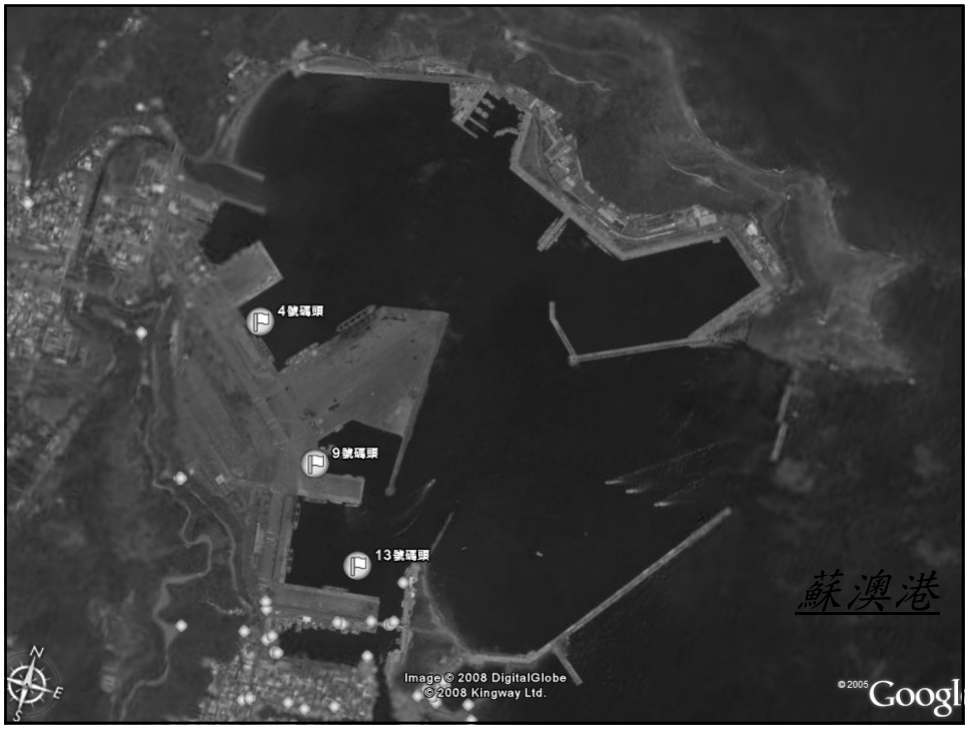
港區位置	碼頭編號及型式
蘇澳港	4號碼頭（沉箱**重力式**） 9號碼頭（直立消波**重力式**） 13號碼頭（R.C.基樁**棧橋式**）
花蓮港	4號碼頭（**鋼板樁式**） 20號碼頭（消坡及沉箱**重力式**）
高雄港	51、52號（R.C.基樁**棧橋式**）
台北港	13、14號碼頭（**鋼板樁式**）

初步檢測檢測重點

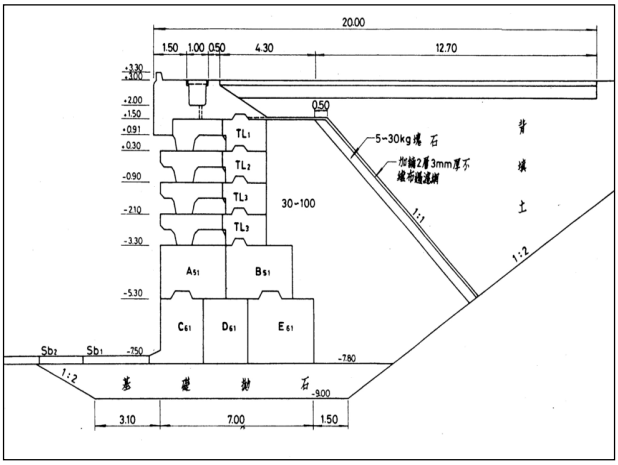
檢測項目	劣化現象	檢測項目	劣化現象
碼頭壁體	傾斜、破損、混凝土剝離龜裂	岸肩伸縮縫	變形、破壞
碼頭法線	變形、扭曲	護舷材	開裂、材質劣化
碼頭面版	龜裂、沈陷、材質劣化	繫船柱	破損、變形
混凝土強度	劣化、不足	擋車墻	破損、變形
保護層厚度	厚度不足	排水、給水設備	破壞、斷裂
鋼筋腐蝕檢視	鋼筋腐蝕	照明設施	破　壞
鋼版腐蝕檢測	腐蝕部位及現象	油電管路	破　壞

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

三、結果與討論



交通部運輸研究所
港灣技術研究中心



蘇澳港9號碼頭結構型式示意圖

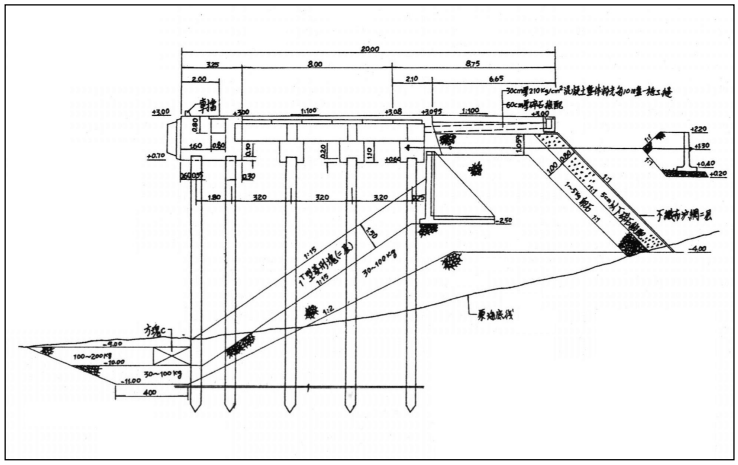
交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

路面裂縫情形　　岸壁與面版間裂縫

繫船柱與給排水設備生鏽情形　　混凝土蓋版缺陷

蘇澳港9號碼頭

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心



蘇澳港13號碼頭結構型式示意圖

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

面版底部版破損情形

面版底部樑破損情形

給水排水設備蓋版破損

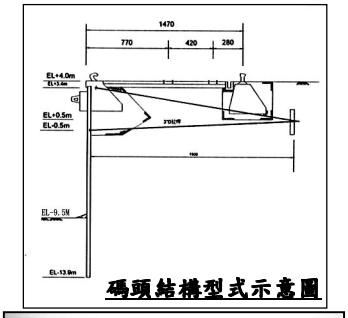
碼頭後線陳線情形

碼頭面版凹洞及破損

擋車牆破損

蘇澳港13號碼頭

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心



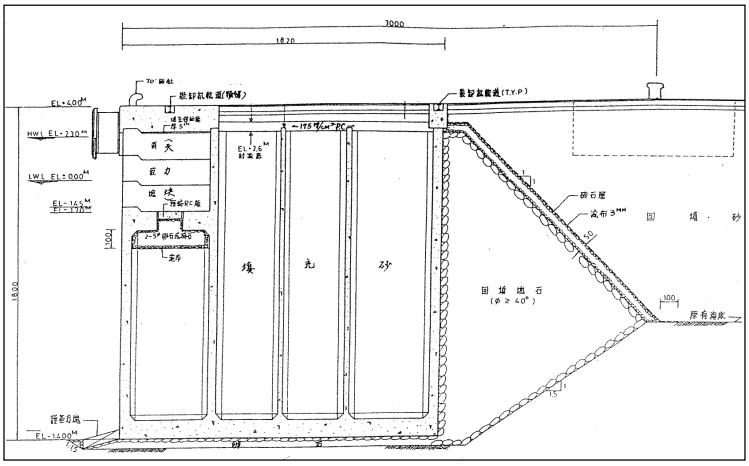
碼頭結構型式示意圖

碼頭正面照片

繫船柱外觀生鏽情形

混凝土老舊劣化情形

花蓮港4號碼頭

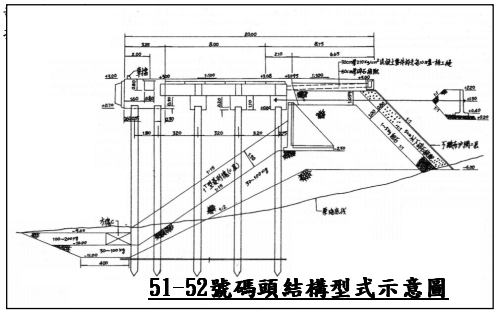


蘇澳港4號碼頭結構型式示意圖

高雄港

交通
港灣

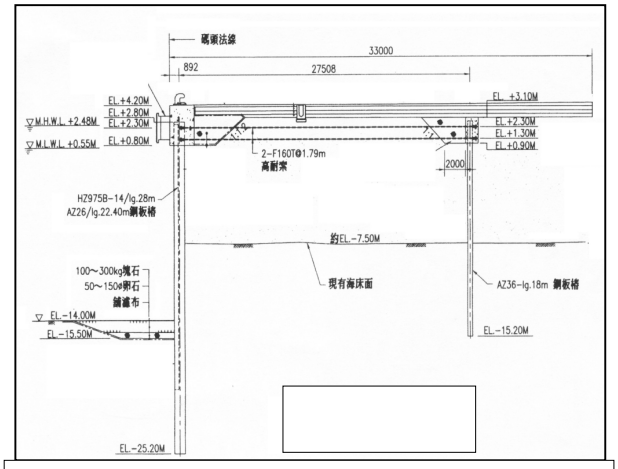
高 雄 港
51號碼頭



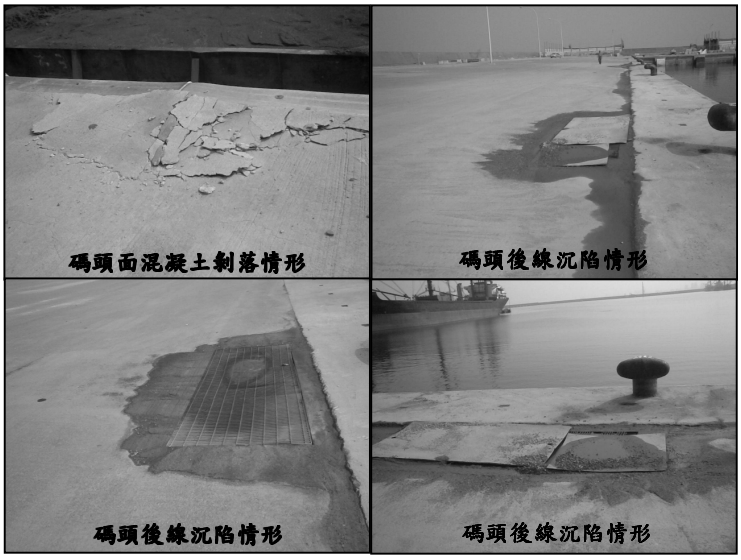
51-52號碼頭結構型式示意圖

岸壁混凝土剝落情形

碼頭AC鋪面裂縫情形

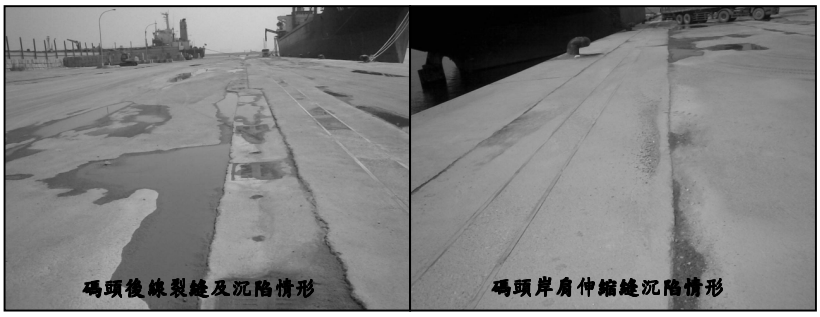


台北港13及14號碼頭結構型式示意圖



台北港13號碼頭

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心



台北港14號碼頭

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

D.E.R. 評估結果

調查位置 / 評估值	蘇澳港			花蓮港		高雄港		台北港	
	4 號碼頭	9號碼頭	13號碼頭	4 號碼頭	20號碼頭	51號碼頭	52號碼頭	13號碼頭	14號碼頭
主體結構破壞評估	0.5	1.1	4.0	0.6	0.4	0.5	0.0	1.4	1.2
附屬設施破壞評估	0.6	0.6	1.6	1.1	0.6	0.7	0.7	0.0	0.0
整體破壞評估	0.5	0.9	3.3	0.8	0.5	0.5	0.2	1.2	1.0

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

結論

- 蘇澳港13號碼頭其主整體結構 ID_1高達4.0，顯示結構體功能堪虞，應立即進行維修或進行第二階段之細部檢測，評估確認其結構安全性
- **其餘調查碼頭評估指數均小於2.0，整體結構安全無虞**
- 應用D.E.R法進行評估，由於各種碼頭結構型式之設計重點不同，其評估標準值得繼續討論，其中D值（破壞程度）及R值（影響程度）範圍，可蒐集更多相關案例，檢討結構現況與數值大小之關連性

第二子計畫

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

子計畫二
碼頭本體設施維護管理系統建置之研究

報告內容綱目

一、前言
二、系統之規劃與基本界定
三、系統之建構
四、系統之驗證與應用
五、結論與建議

交通部運輸研究所

一、前言

延續本中心歷年相關研究成果，並重新檢討整合相關研究之現有檢測理念與檢測方法，包括：

1. **檢測標的、人員、時機與作業階段等基本界定。**
2. **港灣設施常見異象之統合分類。**
3. **各基本異象與相關行為之觀念。**
4. **設施結構標準斷面示意圖之繪製。**
5. **導致設施結構異象之可能機制。**
6. **設施結構基本檢測部位之標稱與編號。**
7. **安全檢測評估系統表之建置。**

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

二、系統之規劃與基本界定

系統規劃分為兩階段

第一階段	規劃各式碼頭之檢測系統作為子系統
第二階段	結合子系統及整合資料庫成為碼頭本體設施維護管理系統(主系統)

系統建置之軟體為**Microsoft Excel**。
整體規劃以**簡易與實用**為原則。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

檢測時機

平時檢測	**屬隨機性或一般性檢測，可為定期與不定期檢測。**
例行檢測	**定期檢測與監測、特定目的或項目的檢測與監測。**
災害檢測	**工程、營運或天然災害檢測。**

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

檢測作業階段之界定

1.先期作業	**搜集**基本資料、**建立**檢測計畫、**建立**檢測表、**現地踏勘與檢測會議**等
2.初勘作業	**a.主要工作**在勘查、記錄、描述現地各基本檢測部位之外視異象。 **b.作業範圍**限於海上岸壁、岸肩及後線適當縱深之地表面範圍。 **c.**除特殊檢測與追縱外，**任何檢測時機均須先經初勘作業**。 **d.**此階段**不應仰賴特殊、笨重或精密之儀器**，使用工具應以普遍性、簡單性及隨機性為主，並輔以目視檢測及專業經驗之概判。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

檢測作業階段之界定

3.初勘綜合評估作業	a.為本研究規劃**檢測作業之第一階段評估。** b.於此階段之**調查評估表**，本系統初期將以 Microsoft Excel之軟體規劃設計。 **c.從勘查至評估均以設計好之制式表格循續為之，(檢測分析標準化)** **d.評估結果之警示度與基本建議均於表單中自動評定與輸出。(評估自動化)** **e.評估結果可為即時維護管理之行政參考。(提供應變措施與維護作業之參考依據)** **f.細部檢測之指標。(提供細部檢測之參考依據)**

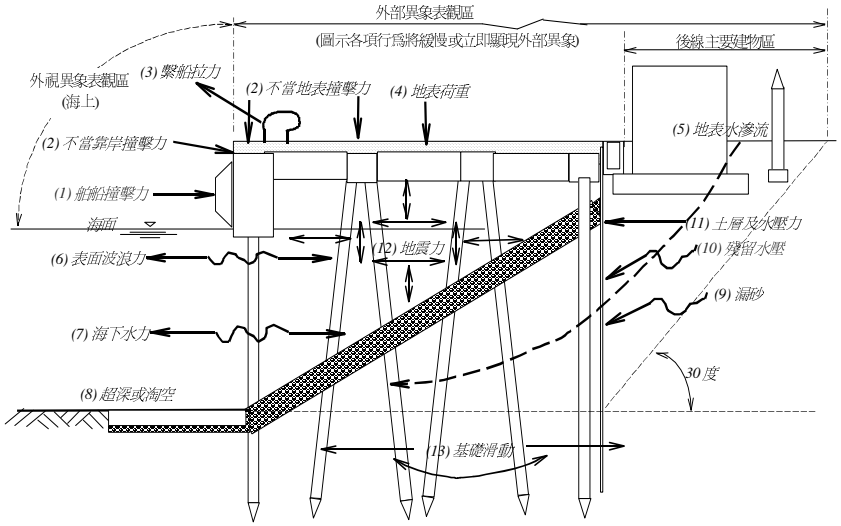
交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

檢測作業階段之界定

4.細部檢測作業	**a. 作業範圍**含蓋初勘範圍至與海下至海床。 **b. 階段工作**在再次確定及詳測初勘之結果、執行海下檢測、執行特殊項目之專業檢測或特殊事項之監測。 **c. 仰賴特殊**儀器設備、**特殊**專業人員**與特殊**方法**之檢測與監測。** **d.** 其**目的**在佐證或釐清初勘之懷疑與判斷。檢、監測之結果亦為綜合評估作業之重要指標。
5.細部檢測綜合評估作業	**a. 為檢測作業之最後階段評估。** **b.** 檢測人員從勘查至評估均可依**制式表格**循續為之。(檢測分析標準化) **c.** 系統評估之警示度與或基本對策亦**自動評定**。(評估自動化) **d.** 綜合評估結果可為後續維護管理之**行政參考**。 **e.** 可為設施進行補救措施、高階分析之最終指標。(提供應變措施與進階評估之參考依據)

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

棧橋式碼頭異象基本機制之標定



交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

三、系統之建構

系統研建之淵源

基本構思	**李延恭、蘇吉立等1998→2000→蘇2002（港研中心）** 公路局之橋梁檢測系統 李賢華2002（**中山大學**）
建置初期	**延續蘇2002所建置之架構並重新檢討修正該系統，使該系統更完整、合理與實用**

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

系統研建之特點

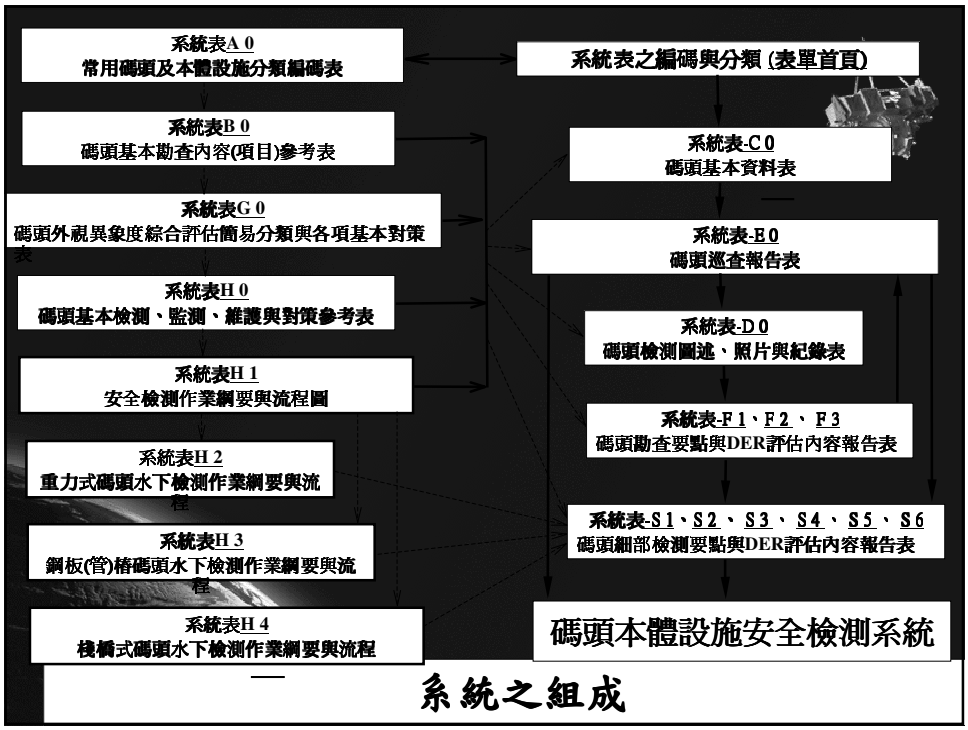
明確界定檢測系統適用性
統合異象分類、檢測項目、內容與異象行為
檢測斷面、記錄與報告標準化
統合各式碼頭外部異象之行為機制。
檢測部位與名稱、檢測程序統一化。
檢測評估自動化。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

系統表之建構

資料參考表	檢測評估表
左半部之 A0、B0、G0、H0~4 提供檢測、評估與決策之參考。	右半部之 C0、D0、E0、F1~3、 S1~6

本年度完成
建置棧橋式碼頭系統
持續印證與檢討重力式與鋼板樁碼頭系統



系統之組成

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

四、系統之驗證與應用

台中港1號碼頭歷史案例	澎湖龍門尖山港碼頭案例
高雄港1-1號碼頭現地調查之應用	高雄港1-2號碼頭現地調查之應用
基隆港E-6號碼頭現地調查之應用	基隆港E-7號碼頭現地調查之應用
基隆港W-16號碼頭現地調查之應用	基隆港E-19號碼頭現地調查之應用

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

五、結論與建議

- 本計畫之研究成果，可適當因應世界潮流與國內交通政策、碼頭維護管理之工作與理念。

- 本計畫相關之研究成果可適當解決下列問題：
  1. 碼頭本體設施之檢測系統化、作業標準化。
  2. 維護管理系統若完成系統化與簡易化，可更趨向可行性與實用性。
  3. 提昇碼頭維護管理之功效，維護碼頭安全，減低災害損失，促進港埠管理現代化，提昇港埠功能與營運效率，達成自動化目標。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

五、結論與建議

建議

- 持續加強歷史驗證與現地應用測試案例
- 不斷加以檢討修正，使系統更務實完整
- 相關案例應妥善建置檢測資料庫。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

子計畫三
臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

計畫背景分析

- 台灣四面環海，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。然而近年來台灣缺乏完整的本土化大氣腐蝕因子資料庫。
- 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發生。
- 本計畫的主要目的為進行台灣全島大氣腐蝕因子調查與研究，並建立完整的「本土化」大氣腐蝕因子資料庫，完成台灣大氣腐蝕環境分類，以利日後新建與既有之金屬或鋼筋混凝土結構物的防蝕設計與維護管理依據。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

研究方法

- 文獻蒐集整理分析
  - 蒐集國內外大氣腐蝕測試之相關規範與文獻，包括ISO、ASTM、CNS等規範，整理分析相關要點與腐蝕速率估算方式。
  - 蒐集台灣過去大氣腐蝕因子與腐蝕速率之變化趨勢，以獲得本土化大氣腐蝕與防蝕數據。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

氣象與空氣資料蒐集與分析

- 蒐集中央氣象局及相關研究單位在暴露期間與過去歷年之氣候資料，針對氣溫、相對濕度、降水量、日照時數、風速、風向等因子進行歷年變化與季節性分析比較 。
- 此外，為瞭解空氣中污染物分佈的狀況，亦將蒐集環保署等相關單位空氣品質監測之一氧化碳(CO) 、二氧化硫(SO_2) 與二氧化氮(NO_2)等污染物濃度，進行歷年變化與季節性分析比較 。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

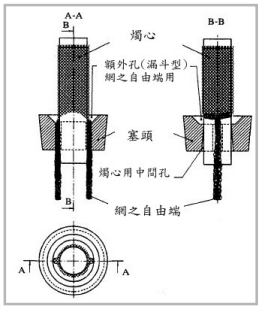
大氣腐蝕因子調查建置

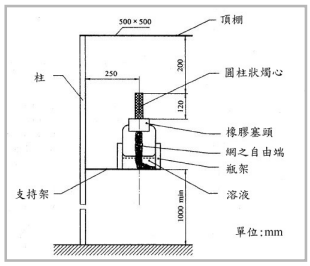
- 研究範圍：台灣本島區域。
- 調查項目：
  - 相對溼度：蒐集中央氣象局與相關研究單位之調查資料進行分析 。
  - 氯鹽(Cl^-)沉積量：依據CNS 13754，大氣腐蝕性(污染之測定)規範測定 。
  - 二氧化硫(SO_2)沉積量：依據CNS 13754，大氣腐蝕性(污染之測定)規範測定。

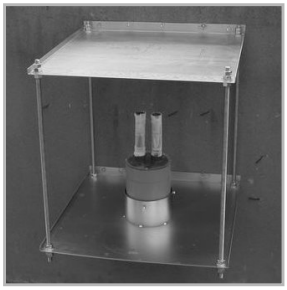
交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

氯鹽沉積量採集裝置-濕燭法

CNS 13754 (ISO 9225)



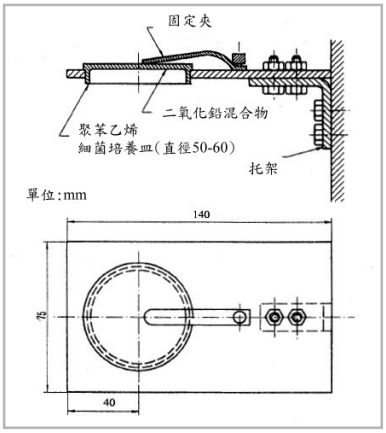




交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

二氧化硫沉積量採集裝置

CNS 13754 (ISO 9225)



為減少吸附酸雨沉降或懸浮硫酸氣體，試驗盤朝下放置

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

現地暴露試驗

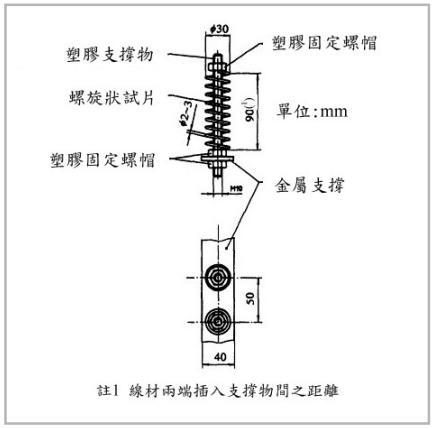
- 試片製作

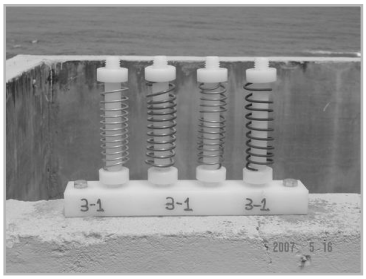
參考CNS 13753大氣腐蝕性測定標準試片製作，採用螺旋狀標準試片，試片的材料如下：

- 鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%, P < 0.07%)。
- 鋅：98.5%以上之純度。
- 銅：99.5%以上之純度。
- 鋁：99.5%以上之純度。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

螺旋狀標準試片





交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

取樣頻率

- 於每一試驗點依調查項目建置一組採集裝置與試片，取樣頻率為每季一次。
- 針對氯鹽與二氧化硫的調查，測試回收後的樣本進行沉積速率分析，繪製沉積速率等位圖；試片則以重量損失法進行腐蝕速率分析，以探討季節與區域的關聯性。
- 此外，為瞭解台灣全島長期(一年期)空氣污染物的累積量與腐蝕速率趨勢，在各試驗場址(點)再增設一組長期之採集裝置與試片，以進行季節性與一年期之比較。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

資料蒐集與初步分析

- 持續大氣腐蝕因子與現地暴露試驗調查與數據蒐集。
- 分析每一季之成果與趨勢，繪製相對濕度、氯鹽與二氧化硫沉積量等位圖。
- 以重量損失法估算現地暴露試驗試片之腐蝕速率，分析每一季之成果與趨勢。
- 綜合暴露期間內各試驗點之相對濕度、氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量，以及計算各現地暴露試驗試片腐蝕速率，依據CNS13401規範，進行初步的季節性大氣腐蝕環境分類。
- 比較環境因子與現地暴露試驗腐蝕速率測定結果，分析現地暴露試驗與環境因子的關聯性。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

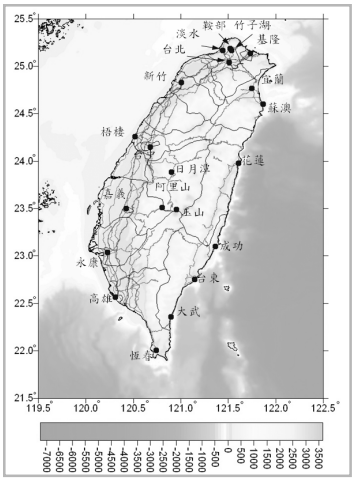
大氣腐蝕因子資料庫建立

- 系統功能規劃：在資料庫系統中會將本計畫之成果及以往相關文獻資料，包括環境影響因子(如氣象資料、落鹽量、二氧化硫沉積量空氣中CO與SO_2濃度等)與現地暴露試驗數據，進行資料輸入與查詢模組開發，分析結果將以圖資系統配合臺灣地圖導入，提供使用人員快速查詢的功能，以擷取所需之本土化資訊。
- 系統架構規劃：本系統之架構主要分為資料存取、資料處理與資料查詢三大模組。
- 電腦環境規劃：為考慮資料查詢的便利性，本系統將以網路作業方式進行開發。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

國內氣象資料蒐集分析

- 參考中央氣象局1998-2006年氣候資料年報及2007年中央氣象局網站資料，針對氣溫、相對濕度、日照時數、風速、風向、降水量、降水日數等各因子進行歷年變化分析
- 同時為瞭解各因子季節性的變化，將各因子變化取各季平均，春季為1~3月，夏季為4~6月，秋季為7~9月，冬季為10~12月，並依據主要測站資料繪製各項因子本島等位線圖。

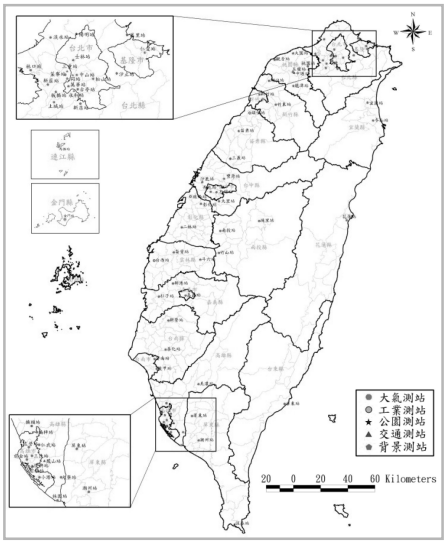


中央氣象局各氣象測站分佈圖

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

環保署空氣品質監測資料分析

以環保署1998~2007年9月監測數據作為參考資料；而在區域的劃分上，以行政區域作為分區規劃之原則來取代環保署之單一測站；另外，為避免不同類型之監測資料特性無法顯現，另外針對一般測站、交通、工業、國家公園及背景站監測資料進行分析。



環保署監測站位置分佈圖

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

現地大氣腐蝕試驗調查與建置

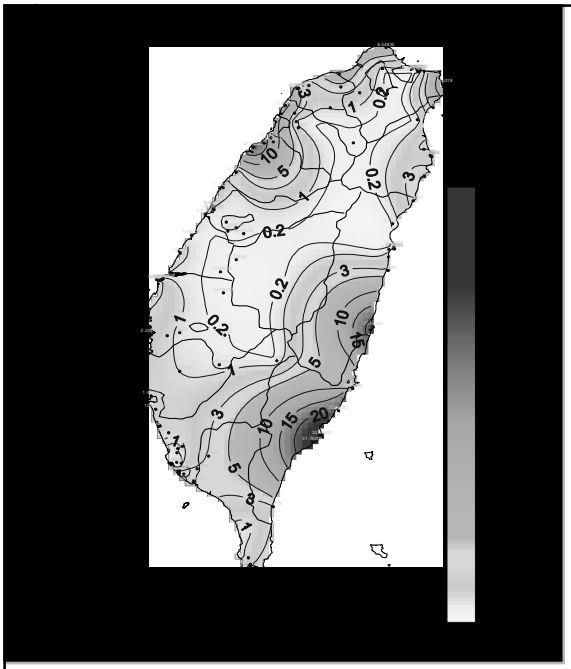
交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

落鹽沉積量調查位置

- 垂直海岸線之調查規劃
  - 臨海、100m、300m、1 km、3 km之距離處設置試驗點。全島共規劃9條調查路線，設置站址共41處 。
- 平行海岸線調查規劃
  - 沿台灣南北向再規劃西部二條、東部一條試驗線。台灣西部之試驗線一為西部濱海沿線，另一為台灣高鐵沿線；台灣東部地區試驗線則為東部濱海沿線。共29個試驗點。
- 對照組調查規劃
  - 選擇台灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點共4個試驗點。此外，都會地區於台北市、台中市與高雄市選取交通頻繁處，設置3個試驗點。

氯鹽沉積量的調查位置
共77個試驗點，包括：

- 垂直海岸線41個試驗點
- 平行海岸線個29試驗點
- 3個都市試驗點
- 4個參考對照試驗點



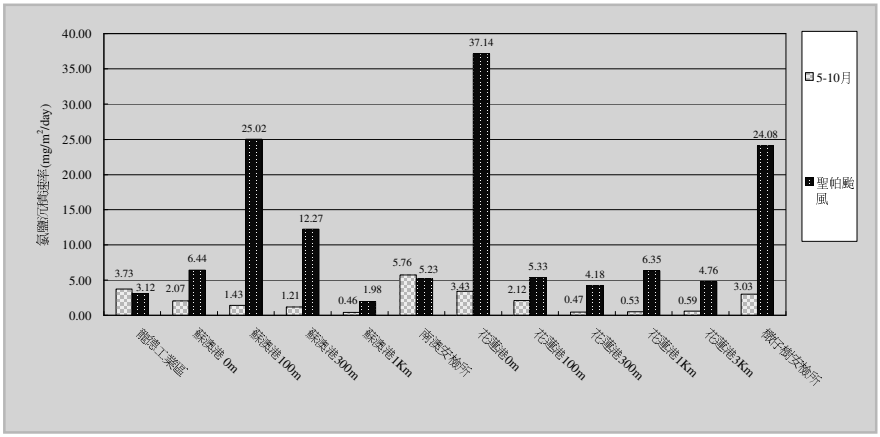
調查期間：2007年5月下旬至10月上旬

氯化物沉積速率
等位圖

- 本季調查之氯鹽沉積速率介於0.2 mg/m^2/day (太魯閣國家公園)至32.14 mg/m^2/day(台東伽蘭安檢所)之間
- 較高的沉積速率發生在東海岸的中部至南部沿海
- 其次為西海岸新竹苗栗附近海岸
- 再者為高雄港、桃園大潭海岸附近、台北縣石門鄉核能一廠、台塑六輕工業區、基隆市海岸區、花蓮港、恆春鎮核能三廠、台中港
- 距海岸線愈遠，氯鹽沉積速率愈小

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

聖帕颱風落鹽沉積速率比較

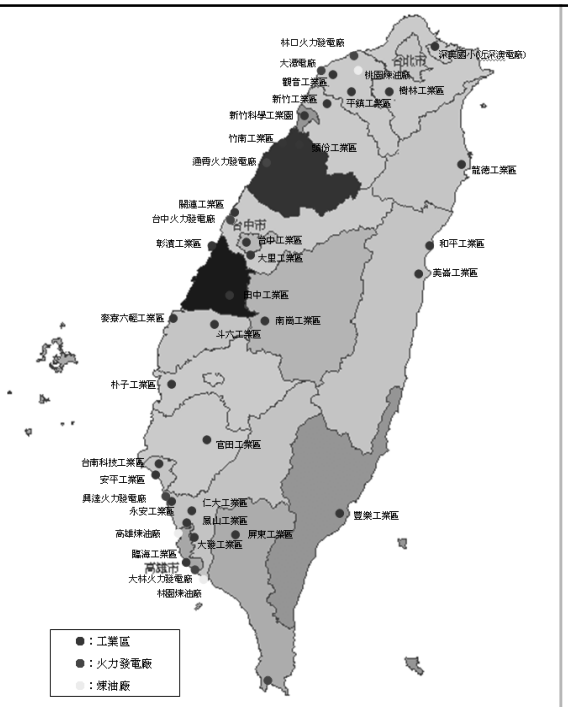


2007年5月下旬至10月上旬之氯鹽沉積速率與聖帕颱風侵襲之氯鹽沉積速率比較

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

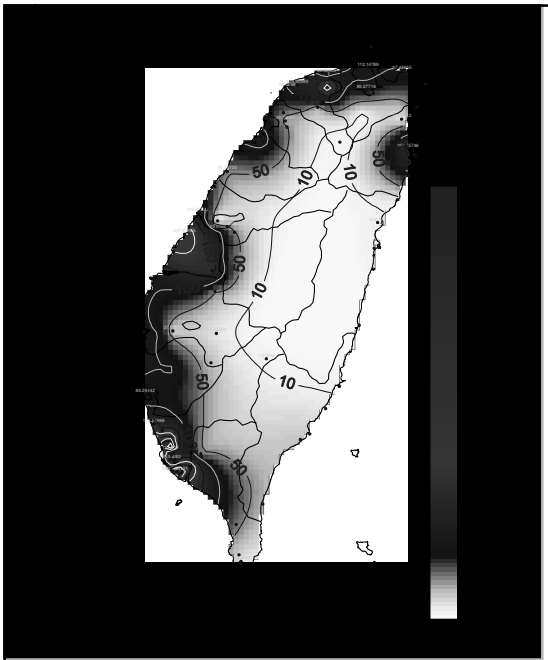
二氧化硫沉積量調查位置

- 一般在石化廠、煉鋼廠、火力電廠等工業區與都市地區，大氣中均可能存在相當程度的硫化物。
- 因此本研究針對二氧化硫沉積量調查試驗點的佈設，主要以都市地區、工業地區、石化與火力電廠附近為主，並設置對照組。



二氧化硫沉積量的調查位置共54個試驗點，包括：

- 都市地區3個試驗點
- 全台工業區29個試驗點
- 石化與火力電廠11個試驗點
- 高鐵沿線4個試驗點
- 1個硫磺溫泉區試驗點
- 6個參考對照試驗點



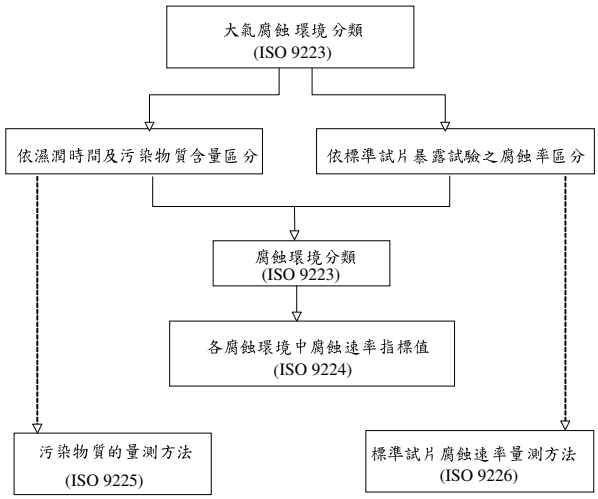
調查期間：2007年5月下旬至10月上旬

二氧化硫沉積速率等位圖

- 本季調查之二氧化硫沉積速率最高發生在陽明山的硫磺區為646.03 mg/m^2/day，其餘介於7.04 mg/m^2/day (南橫天池)至561.85 mg/m^2/day(高雄煉油廠)之間。
- 較高的沉積速率發生在高雄煉油廠、中鋼公司、大發工業區、彰濱工業區、桃園煉油廠、大林火力電廠、中油林園廠)，其值均大於CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準(P3, 200 mg/m^2/day)。
- 六輕工業區，因硫酸化平板的設置不在石化廠廠區內，故僅測得該區域之背景值約為110.08 mg/m^2/day
- 高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以左營站最高、台中站次之、新竹站再次之、最低為嘉義站

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

大氣腐蝕環境分類-**ISO 9223**



交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

ISO 9223 環境因子分類

- 濕潤時間(τ，time of wetness)：濕潤時間(hours)是以全年中溫度高於0 ºC，相對濕度(relative humidity, RH)大於80%之小時數或百分比計算
- 空氣中的氯鹽沉積量(*S*, pollution by airborne salinity)：氯鹽沉積速率(mg/m^2/day)是以ISO 9225之濕燭法(wet candle method)測量
- 二氧化硫沉積量(*P*, pollution by sulfur-containing substances represented by SO_2)：二氧化硫沉積量是以ISO 9225規定之採集板(sulfation plate)上的沉積速率(mg/m^2/day)或空氣中的SO_2含量(μg/m^3) 計算
- 其中，各參數的量測時間均建議至少為一年以上

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

ISO 9223 大氣腐蝕性分類

Category	Corrosivity	腐蝕性
C1	Very low	很低
C2	Low	低
C3	Medium	中
C4	High	高
C5	Very High	很高

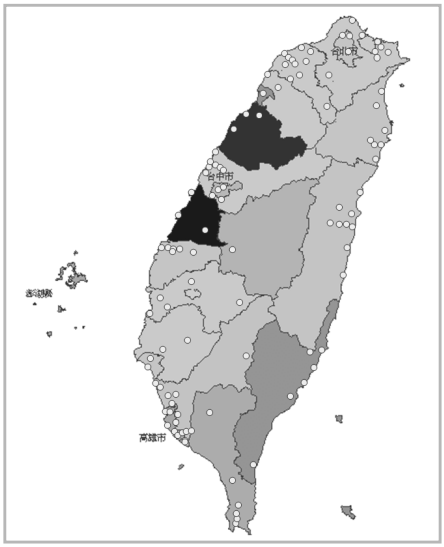
交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

現地暴露試驗試驗點建置

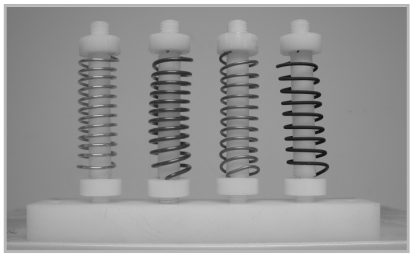
- 試驗點合計約有88個試驗點。
- 在氯鹽沉積量調查路線上，9條垂直海岸線試驗點的佈設以距海岸線臨海、 300m、1 km、3 km之距離處設置，20個平行海岸線之臨海試驗點，4個高鐵沿線試驗點與4個參考對照試驗點。
- 在二氧化硫沉積量調查位置上，包括工業區所在各縣市各一個試驗點，共22個試驗點(高雄市設立兩處)，都市地區3個試驗點，石化與火力電廠11個試驗點，高鐵沿線4個試驗點，硫磺區2個試驗點與5個參考對照試驗點。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

現地暴露試驗試驗點分佈圖



共有88個試驗點



交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

腐蝕速率計算

- 以重量損失法進行腐蝕速率量測。
- 依照CNS14112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，量測試片的重量損失，並依試片的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。

$$R_{corr} = 0.25(\Delta m \cdot d/m/t)$$

式中，　Rcorr=腐蝕速率(μm/y)，Δm=質量損失(mg)
d=線材直徑(mm)，m=試片原始質量(g)
t=暴露時間，年(yr)

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

金屬試片之第一年腐蝕速率 - ISO 9223

Corrosivity category	Corrosion rates (r_{cerr}) of metals				
	Units	**Carbon steel**	**Zinc**	**Copper**	**Aluminium**
C1	g/m^2 /yr μ m/yr	$r_{corr}\leq 10$ $r_{corr}\leq 1.3$	$r_{corr}\leq 0.7$ $r_{corr}\leq 0.1$	$r_{corr}\leq 0.9$ $r_{corr}\leq 0.1$	Negligible -
C2	g/ m^2 /yr μ m/yr	$10<r_{corr}\leq 200$ $1.3<r_{corr}\leq 25$	$0.7<r_{orr}\leq 5$ $0.1<r_{corr}\leq 0.7$	$0.9<r_{corr}\leq 5$ $0.1<r_{corr}\leq 0.6$	$r_{corr}\leq 0.6$ -
C3	g/ m^2 /yr μ m/yr	$200<r_{corr}\leq 400$ $25<r_{corr}\leq 50$	$5<r_{corr}\leq 15$ $0.7<r_{corr}\leq 2.1$	$5<r_{corr}\leq 12$ $0.6<r_{corr}\leq 1.3$	$0.6<r_{corr}\leq 2$ —
C4	g/ m^2 /yr μ m/yr	$400<r_{corr}\leq 650$ $50<r_{corr}\leq 80$	$15<r_{corr}\leq 30$ $2.1<r_{corr}\leq 4.2$	$12<r_{corr}\leq 25$ $1.3<r_{corr}\leq 2.8$	$2<r_{corr}\leq 5$ -
C5	g/ m^2 /yr μ m/yr	$650<r_{corr}\leq 1500$ $80<r_{corr}\leq 200$	$30<r_{corr}\leq 1500$ $4.2<r_{corr}\leq 8.4$	$25<r_{corr}\leq 50$ $2.8<r_{corr}\leq 5.6$	$5<r_{corr}\leq 10$ -

ρ Fe=7.86 g/cm^3, ρ Zn=7.14 g/cm^3, ρ Cu=8.96 g/cm^3, ρ Al=2.70 g/cm^3

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

大氣腐蝕性分類討論

- 金屬的腐蝕速率在該初期暴露時最大，隨後會逐漸下降而最終到達一穩定值。根據CNS 13401 (ISO 9223)，各種標準金屬之大氣腐蝕性分類應以金屬暴露第一年後的腐蝕速率計算，而本研究目前僅完成一季之腐蝕速率計算，若以此數據推估各金屬在台灣地區的之大氣腐蝕分類，可能有所誤差，但其結果應可顯示季節性(5月下旬至10月上旬)台灣各地區針對碳鋼、鋅、銅、鋁金屬腐蝕的嚴重性，並可預作為台灣大氣腐蝕環境分類之趨勢判斷。
- 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，除鋁金屬外，碳鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率單位均可以 μm/yr 表示；主要原因是因鋁試片可能會發生局部腐蝕，而各金屬最初第一年之腐蝕速率均是以均勻腐蝕率計算，所以在進行鋁金屬之大氣腐蝕分類時，將依據$g/m^2/yr$之腐蝕速率單位進行區分。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

大氣腐蝕因子資料庫建立

- 系統功能規劃：

  進行資料輸入與查詢模組開發，分析結果將以圖資系統配合臺灣地圖導入。

- 系統架構規劃：

  本系統之架構主要分為資料存取、資料處理與資料查詢三大模組。

- 電腦環境規劃：

  為考慮資料查詢的便利性，本系統將以網路作業方式進行開發。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

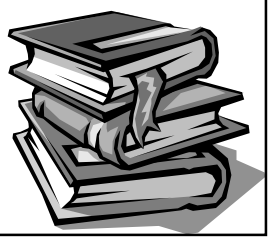
結論與建議

- 2007年5月下旬至10月上旬調查之氯鹽沉積速率介於0.2 ~ 32.14 mg/m^2/day之間，而較高的沉積速率發生在東海岸的中部至南部沿海。
- 空氣中氯鹽含量輸送到內陸的分布，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。
- 聖帕颱風侵襲期間造成各試驗點氯鹽沉積速率有顯著增加的趨勢，尤其是在濱海試驗點如蘇澳港100m處、花蓮港0m處與橄仔樹安檢所，其增加率有10倍左右。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

結論與建議-續

- 2007年5月下旬至10月上旬調查之二氧化硫沉積速率較高的地區為高雄煉油廠、中鋼公司、大發工業區、彰濱工業區、桃園煉油廠、大林火力電廠、中油林園廠，其值均大於CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準(P_3, 200 mg/m^2/day)。
- 根據CNS與ISO規範，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，濕潤時間、氯鹽沉積速率與二氧化硫的沉積速率應至少經過一年連續的量測；若採用金屬的腐蝕速率分類，則應以金屬暴露第一年後的腐蝕速率計算。本研究目前僅完成一季之沉積速率與腐蝕速率調查，若以上述數據推估各金屬在台灣地區的大氣腐蝕分類，可能會產生誤差，但其結果應可顯示季節性之比較。建議本計畫須完成至少一年期之調查，大氣腐蝕環境分類方有意義。

交通部運輸研究所
港灣技術研究中心

簡報完畢
敬請指正