

97-69-7354  
MOTC-IOT-96-H1DA001-1

# 港灣構造物之現況調查研究 ( 1/2 )



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 4 月

97

港灣構造物之現況調查研究  
(1/2)

交通部運輸研究所

GPN : 1009701043

定價 : 100 元

97-69-7354

MOTC-IOT-96-H1DA001-1

# 港灣構造物之現況調查研究 (1/2)

著者：柯正龍、陳桂清、張道光、羅建明

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

港灣構造物之現況調查研究. (1/2) / 柯正龍等

著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所,

民 97. 04

面; 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-01-4124-5(平裝)

1. 港埠管理

557.52

97008031

港灣構造物之現況調查研究 (1/2)

著 者：柯正龍、陳桂情、張道光、羅建明

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](http://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：100 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：1009701043

ISBN：978-986-01-4124-5 (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：港灣構造物之現況調查研究(1/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-4124-5 (平裝)	政府出版品統一編號 1009701043	運輸研究所出版品編號 97-69-7354	計畫編號 96-H1DA001-1
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：柯正龍 研究人員：陳桂清、張道光、羅建明、李昭明、李春榮、何木火、陳毓清、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、港灣設施、安全評估、維護管理系統			
<p>摘要：</p> <p>港灣構造物常年處於波浪或地震力等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。</p> <p>台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。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。本年度工作內容：1)蘇澳港、花蓮港、高雄港及台北港等共九座碼頭設施現況調查，2)檢測機制之實地操作與驗證。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
97 年 4 月	98	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（解密條件：<input type="checkbox"/> 年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密， <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
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**

<b>TITLE:</b> Field Survey on Harbor facilities (1/2)			
<b>ISBN(OR ISSN)</b> ISBN 978-986-01-4124-5 (pbk)	<b>GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER</b> 1009701043	<b>IOT SERIAL NUMBER</b> 97-69-7354	<b>PROJECT NUMBER</b> 96-H1DA001-1
<b>DIVISION:</b> HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER <b>DIVISION DIRECTOR:</b> Yung-Fang Chiu <b>PRINCIPAL INVESTIGATOR:</b> Ko Jeng-Long <b>PROJECT STAFF:</b> Chen Kuei-Ching, Su Ch-li, Lo Chien-Ming., <b>PHONE:</b> 04-26587118 <b>FAX:</b> 04-26564418			<b>PROJECT PERIOD</b> FROM January 2007 TO December 2007
<b>KEY WORDS:</b> Durability, Wharf facility, Safety evaluation, Maintenance management system			
<b>ABSTRACT :</b>  <p>Most harbors facilities are exposed to and are confront with aggressive marine environment all the time. Their deterioration and safety have been concerned and questioned. In fact, structures safety evaluation and maintenance strategy are integrative and consistent.</p> <p>Therefore, in the study, the research is focusing on concrete material deleterious diagnoses, field investigation, in-situ non-destructive testing, and its rehabilitation methods. It is highly expected that the research accomplishments would apply to harbor authorities. The study topics are as follows : 1. Field surveys of nine wharves (Suao, hualien, Kaosiung, and Taipei, etc.) 2. Operation and verification on field investigation of the measurement mechanism</p>			
<b>DATE OF PUBLICATION</b> April 2008	<b>NUMBER OF PAGES</b> 98	<b>PRICE</b> 100	<b>CLASSIFICATION</b> <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 港灣構造物之現況調查研究(1/2)

## 目 錄

中文摘要 .....	
英文摘要 .....	
表目錄 .....	VI
圖目錄 .....	VII
第一章 前言 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究範圍 .....	2
第二章文獻回顧 .....	3
2.1 碼頭結構型式 .....	3
2.1.1 重力式碼頭 .....	3
2.1.2 版樁式碼頭 .....	6
2.1.3 樁基擁壁式碼頭 .....	7
2.1.4 腳柱式碼頭 .....	7
2.1.5 浮式碼頭 .....	8
2.2 港灣 R.C.結構物安全檢測項目 .....	9
2.2.1 整體結構變形檢測 .....	9
2.2.2 細部構材檢測 .....	9

2.2.3 基礎地盤調查.....	10
2.2.4 碼頭附屬設施之檢測.....	10
2.3 檢測及評估實施時機.....	11
2.3.1 一般性安全檢測.....	11
2.3.2 緊急災變檢測.....	11
2.3.3 分階段檢測及評估.....	12
2.4 結構物安全檢測評估.....	14
2.4.1 初步安全檢測.....	14
2.4.2 細部安全檢測.....	15
2.4.3 結構整體評估等級.....	17
第三章 研究方法與進行步驟.....	19
3.1 調查範圍.....	20
3.2 構造物基本資料蒐集.....	20
3.3 檢測及維修歷史.....	20
3.4 整體結構變形檢測及構造主結構體檢測.....	20
3.5 鋼板樁水下檢測.....	22
3.5.1 構造物水下目視檢測.....	22
3.5.2 犧牲陽極塊電氣防蝕效能檢測.....	22
3.6 非主結構體檢測.....	23
3.7 構造物初步檢測評估.....	23
3.8 完成檢測或進行細部評估.....	26
第四章 結果與討論.....	27

4.1 蘇澳港 4 號碼頭.....	27
4.2 蘇澳港 9 號碼頭.....	31
4.3 蘇澳港 13 號碼頭.....	35
4.4 花蓮港 4 號碼頭.....	40
4.5 花蓮港 20 號碼頭.....	44
4.6 高雄港 51 號碼頭.....	47
4.7 高雄港 52 號碼頭.....	51
4.8 臺北港 13 號碼頭.....	56
4.9 臺北港 14 號碼頭.....	63
第五章 結論.....	71
參考文獻 .....	72
附錄 1 自辦計畫審查意見處理情形表.....	附錄 1-1
附錄 2 自辦計畫審查簡報資料.....	附錄 2-1

## 表 目 錄

表 1 港灣構造物細部構材檢測建議項目.....	10
表 2 碼頭構造物初步檢測評估表.....	21
表 3 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-1 .....	25
表 3 港灣碼頭初步檢測劣化程度與評估值關係-2(續).....	26
表 4 蘇澳港 4 號碼頭初步檢測表.....	30
表 5 蘇澳港 9 號碼頭初步檢測表.....	34
表 6 蘇澳港 13 號碼頭初步檢測表.....	39
表 7 花蓮港 4 號碼頭初步檢測表.....	43
表 8 花蓮港 20 號碼頭初步檢測表.....	46
表 9 高雄港 51 號碼頭初步檢測表.....	50
表 10 高雄港 52 號碼頭初步檢測表.....	53
表 11 臺北港 13 號碼頭初步檢測表.....	58
表 12 臺北港 13 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表.....	60
表 13 臺北港 13 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	61
表 14 臺北港 13 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	62
表 15 臺北港 14 碼頭初步檢測表.....	65
表 16 臺北港 14 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表.....	68
表 17 臺北港 14 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測記錄表.....	69
表 18 臺北港 14 號碼頭鋼板樁碼頭水下檢測結果.....	70

## 圖 目 錄

圖 1 沉箱重力式碼頭斷面示意圖.....	4
圖 2 空心方塊重力式碼頭斷面示意圖.....	4
圖 3 方塊重力式碼頭斷面示意圖.....	5
圖 4 L 型塊重力式碼頭斷面示意圖.....	5
圖 5 圓形細胞式碼頭.....	6
圖 6 斜樁錨碇式版樁碼頭斷面示意圖.....	6
圖 7 L 型擁壁式樁基碼頭斷面示意圖.....	7
圖 8 斜樁棧橋式碼頭斷面示意圖.....	8
圖 9 港灣結構安全檢測實施流程圖.....	13
圖 10 構造物現況調查流程.....	19
圖 11 鋼板樁碼頭水下檢測流程.....	23
圖 12 蘇澳港碼頭位置示意圖.....	27
圖 13 蘇澳港 4 號碼頭結構型式示意圖.....	27
圖 14 蘇澳港 9 號碼頭結構型式示意圖.....	31
圖 15 蘇澳港 9 號碼頭現況情形.....	32
圖 16 蘇澳港 13 號碼頭結構型式示意圖.....	35
圖 17 蘇澳港 13 號碼頭現況情形.....	36
圖 18 蘇澳港 13 號碼頭面版腐蝕位置示意圖.....	37
圖 19 花蓮港碼頭位置示意圖.....	40
圖 20 花蓮港 4 號碼頭結構型式示意圖.....	40
圖 21 花蓮港 4 號碼頭現況情形.....	41

圖 22 花蓮港 20 號碼頭結構型式示意圖.....	44
圖 23 高雄港碼頭位置示意圖.....	47
圖 24 高雄港 51、52 號碼頭結構型式示意圖.....	47
圖 25 高雄港 51 號碼頭現況情形.....	48
圖 26 臺北港碼頭位置圖.....	54
圖 27 臺北港 13、14 號碼頭結構型式.....	54
圖 28 臺北港 13 號碼頭現況情形.....	55
圖 29 臺北港 14 號碼頭現況情形.....	63

# 第一章 前言

## 1.1 研究動機

臺灣地區四周環海，除了基隆、臺中、蘇澳、花蓮及高雄等國際港外，工業港及漁港等大小港口遍佈，碼頭及防波堤等港灣構造物更是不計其數，主要建造材料包括鋼筋混凝土及鋼材兩種，其中鋼筋混凝土在海洋環境中，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塌等損壞，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。

## 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。

## 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。

## 第二章 文獻回顧

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

### 2.1 碼頭結構型式

碼頭依其材料及構造型式可概分為：重力式、版樁式、樁基擁壁式、腳柱式與浮式碼頭等。

#### 2.1.1 重力式碼頭

重力式碼頭係利用其本身重量，承受結構上部荷重，抵抗背填土壓力、正面水壓力以及船舶衝擊之力量。因壁體重量集中，僅適用於基礎良好之處。本型式之碼頭優點為堅固耐用，使用年限長。缺點為水深增大時，背填土壓力亦隨著增加，碼頭斷面及壁體重量將變大而不經濟，在軟弱地盤容易滑動，尤以地震時為甚。

重力式碼頭包括有鋼筋混凝土構造之沉箱碼頭、混凝土構造空心塊碼頭、混凝土構造方塊式碼頭、混凝土構造 L 型塊碼頭與鋼版樁構造井筒式碼頭(如圖 1 至圖 5)等。

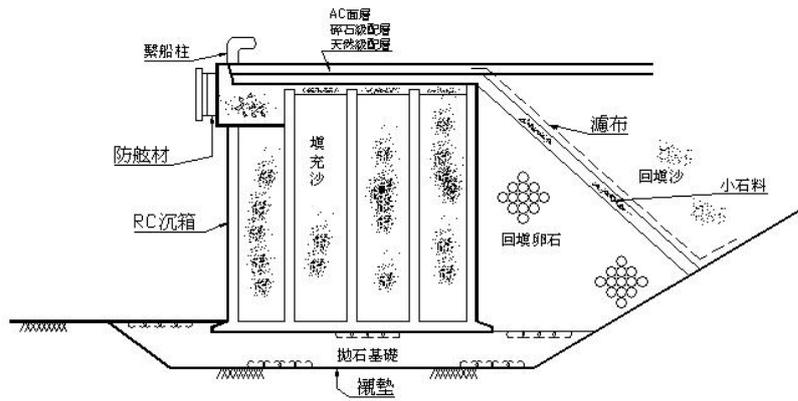


圖 1 沉箱重力式碼頭斷面示意圖

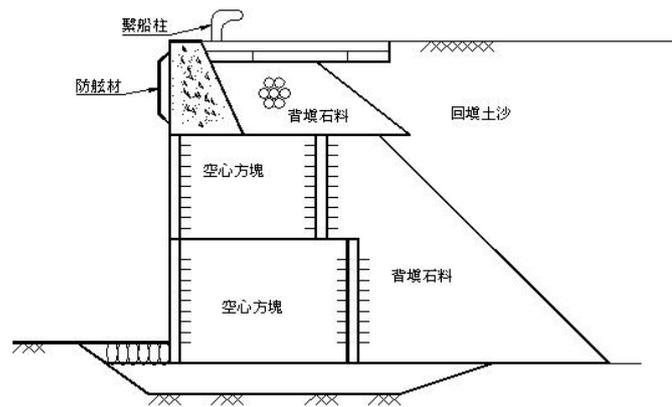


圖 2 空心方塊重力式碼頭斷面示意圖

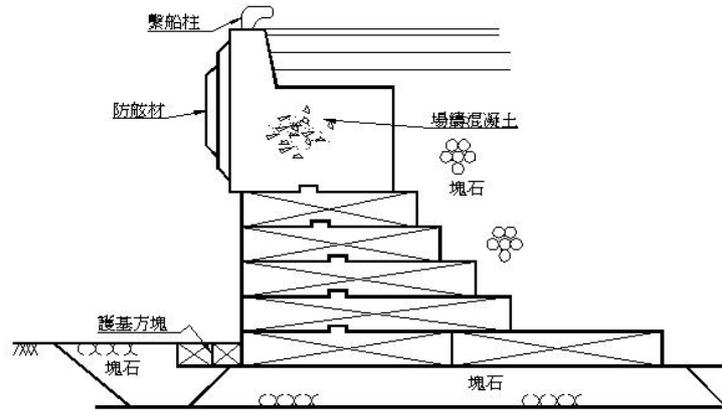


圖 3 方塊重力式碼頭斷面示意圖

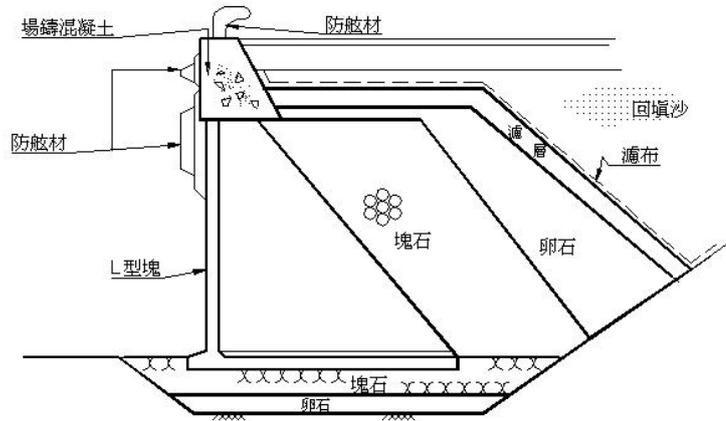


圖 4 L型塊重力式碼頭斷面示意圖

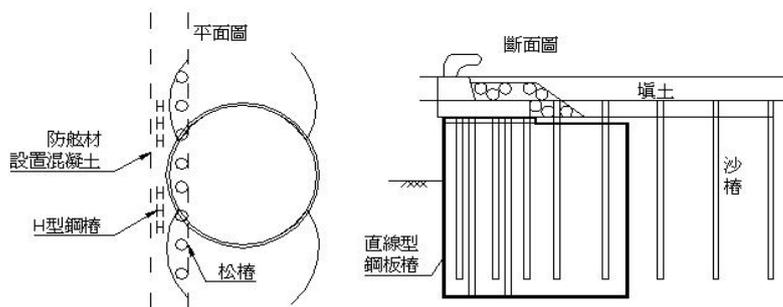


圖 5 圓形細胞式碼頭

### 2.1.2 版樁式碼頭

版樁式碼頭以版樁深入土中，築成直立岸壁，版樁由拉桿錨碇及版樁前方被動土壓支持，以抵抗外力。版樁材料一般使用鋼材，水深較淺時，亦可使用鋼筋混凝土。

版樁式碼頭適用於基礎較好之處，優點為施工容易，設備簡單，水中工事較少，工期短。缺點為耐用年限短，版樁如用鋼材需加防蝕措施。圖 6 所示即為斜樁錨碇系統的版樁碼頭。

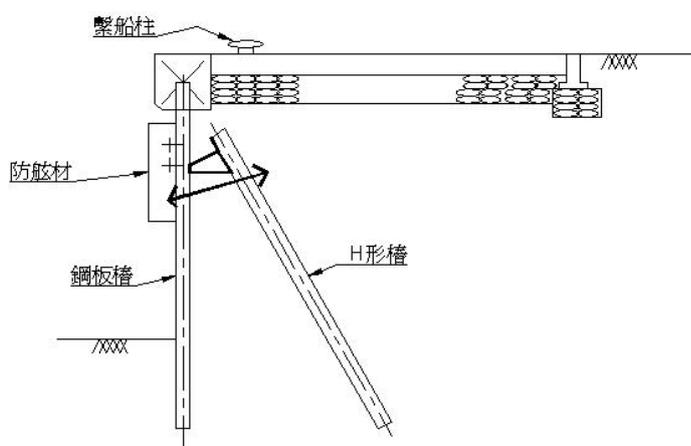


圖 6 斜樁錨碇式版樁碼頭斷面示意圖

### 2.1.3 樁基擁壁式碼頭

樁基擁壁式碼頭為上部用擁壁，下部用樁基支撐的形式。適用於基礎不佳之處，優點及缺點與版樁式碼頭相同，且擁壁與樁基水平接縫處不夠牢靠，不能承受較大的水平力。碼頭面版為鋼筋混凝土構造，基樁則以 PC、RC 或鋼管樁作為碼頭岸壁之支撐，圖 7 為 L 型樁基擁壁式碼頭。

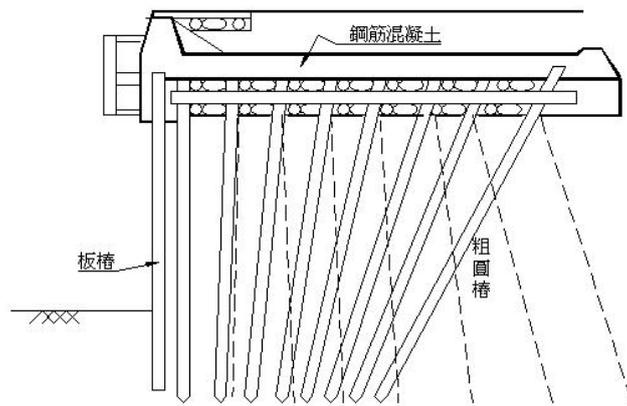


圖 7 L 型擁壁式樁基碼頭斷面示意圖

### 2.1.4 腳柱式碼頭

腳柱式碼頭可分為棧橋式及繫船台。用樁或各種形狀的柱體支持碼頭面，成為與海岸線垂直或平行的半座橋樑，稱為棧橋或橫棧橋。用樁或柱體築成孤立於海中或連接於碼頭的簡單繫船設備，稱為繫船台，其小型者僅為數支基樁所組成，故可稱為繫船樁。優點為不妨礙水流，反射波極小，構造輕，耐震力強，可利用現有護岸加築，延長亦方便。缺點為工費較大，對於船舶衝擊力及其他水平力的抵抗力較弱，有時亦受揚壓力作用。圖 8 為斜樁棧橋式碼頭。

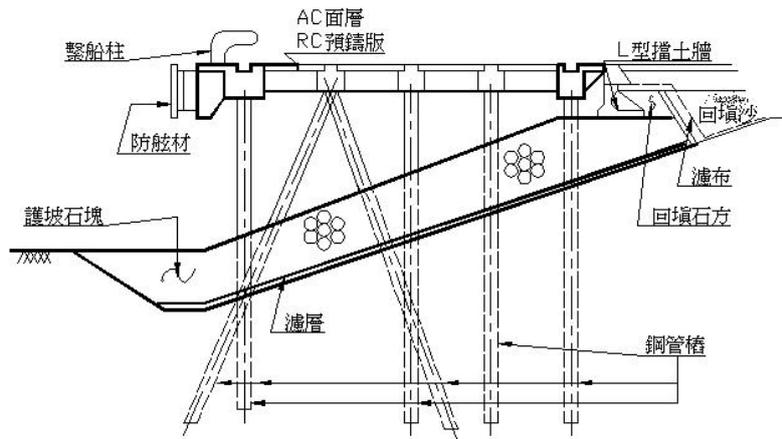


圖 8 斜樁棧橋式碼頭斷面示意圖

### 2.1.5 浮式碼頭

用中空的浮箱在海面與陸地相連，以靠船裝卸者為浮碼頭，孤立於泊地中供船繫纜及在海上用駁船裝卸者為繫船浮桶，或簡稱浮桶。適用於潮差較大的淺水碼頭，地震力強大之處，海中卸油可用特種浮桶。優點為與地盤支持力無關，設備增設或移動均方便而廉價，不必考慮地震問題。缺點為載荷力小，易隨波動搖。

## 2.2 港灣 R.C.結構物安全檢測項目

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

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

### 2.2.1 整體結構變形檢測

整體結構變形檢測項目包括 R.C.結構物(碼頭或防波堤)不均勻沈陷、岸肩伸縮縫破損、壁體傾斜、法線位移檢測等。當這些檢測結果顯示出 R.C.結構物有沈陷或位移或傾斜時，則其他部位的結構，如基礎結構或護基拋石必須做進一步的檢測。

### 2.2.2 細部構材檢測

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

基礎結構檢測則與 R.C.結構物型式關係密切，但檢測不易實施，一般需借助精密儀器配合。各種型式之港灣構造物施測項目建議如表 1 所示。

表 1 港灣構造物細部構材檢測建議項目

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

### 2.2.3 基礎地盤調查

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

### 2.2.4 碼頭附屬設施之檢測

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

## 2.3 檢測及評估實施時機

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

### 2.3.1 一般性安全檢測

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

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

### 2.3.2 緊急災變檢測

重大災害如颱風或地震發生後必須立即進行緊急檢測，其中颱風過後，應針對防止波浪侵襲之構造物如防波堤、消波設施等進行緊急檢測；地震發生時，則針對地表加速度及動力作用較敏感的港灣構造物，如重力式結構或為固定在與海床接觸處之結構等，亦應進行緊急檢測，根據以往之地震記錄顯示，可能造成破壞之地震大多為 4 級以上，因此建議 4 級以上地震發生時，應對所有港灣構造物進行全面性檢測；當震央位於港區鄰近地區且震度達 6 級以上之大地震發生時，更應儘速於 72 小時內完成緊急檢測並確認構造物受損情形，評估應否進行進一步之防護措施。此外，碼頭結構常因大型船隻碰撞，導致安

全受損，或施工時因故造成之結構破壞等事故時，應針對個別構造物及其周遭之港灣構造亦應進行緊急檢測。

### 2.3.3 分階段檢測及評估

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

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

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

- 1.結構安全是否有問題
- 2.構造之功能性是否有問題。

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

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

第二階段檢測工作完成後，則進入檢測結果終評階段。

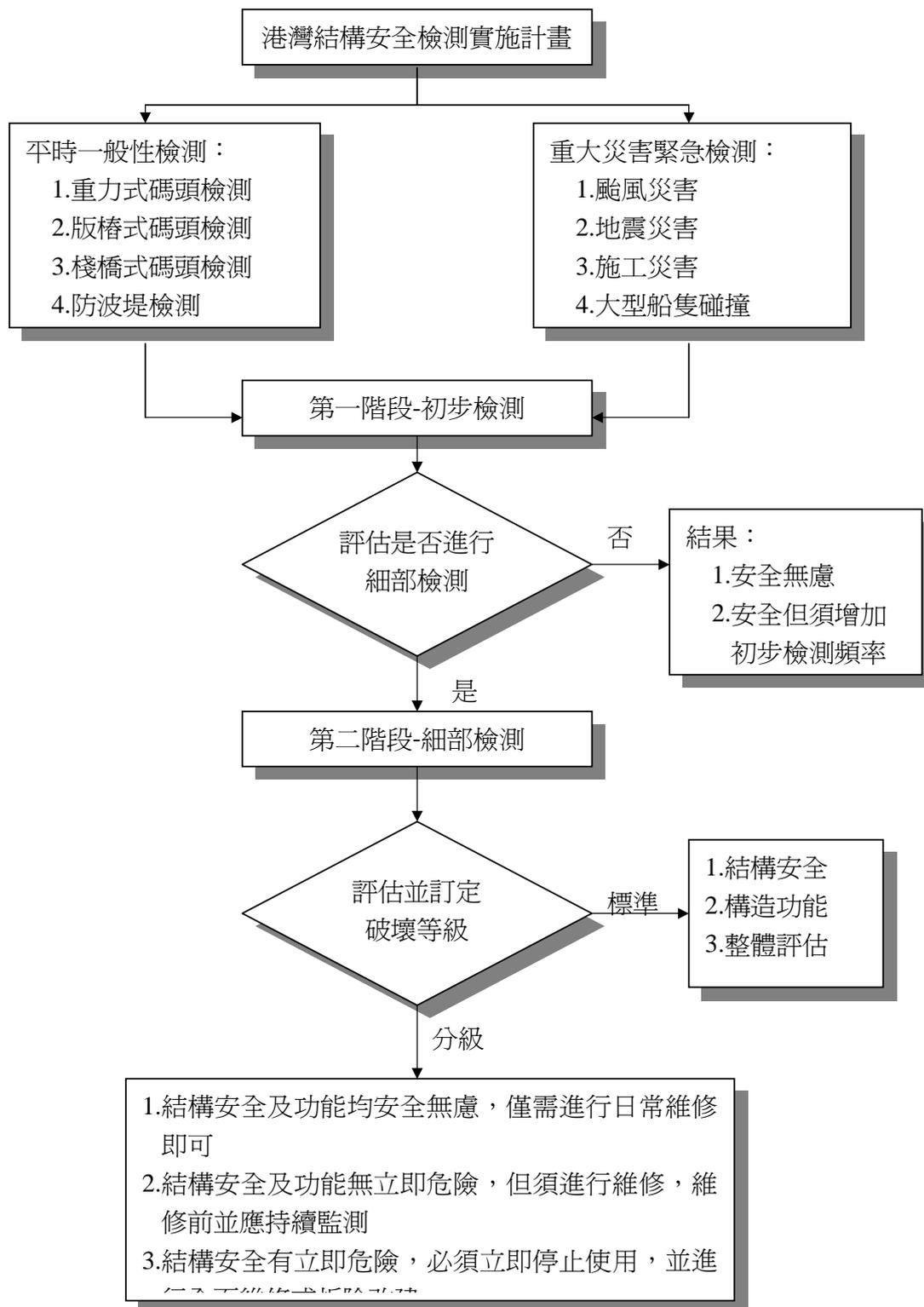


圖 9 港灣結構安全檢測實施流程圖

## 2.4 結構物安全檢測評估

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

港灣結構物安全檢測的評估過程可分為以下四個階段；(1) 初步安全檢測 (2) 細部安全檢測 (3) 檢測結果安全評估 (4) 港灣結構整體評估等級。

### 2.4.1 初步安全檢測

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

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

整體檢測結果之判定及評估之標準主要分為：

1. 結構安全是否有問題。
2. 構造功能性是否有問題。

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

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

式中 ID1 為初步檢測危險度指標(Index of Dangerousness) ，Di、Ei、Ri 分別為各項檢測中檢測人員填寫之檢測值，N 則代表檢測項目之總數。ID1 值越高則代表危險度越高，數值分配範圍為 0 到 10 間。

初步安全檢測階段判定結果分為以下三個等級：

1.0 ≤ ID1 < 2：安全無虞，無須進行細部檢測或增加檢測頻率。

2.2 ≤ ID1 < 4：安全無虞，無須進行細部檢測，但於未來必須增加檢測頻率。

3.非主體結構之 ID ≥ 4，但其他主結構體之 ID < 4：為功能堪虞，小型立即性維修可改善功能狀況者者應立即進行，如主結構體或整體檢測值之 ID ≥ 4，必須進行第二階段之細部檢測以進一步了解構造物破壞狀況。

#### 2.4.2 細部安全檢測

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

細部安全檢測適用於：

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

不同型式的港灣構造物，進行細部檢測時檢測重點亦有所不同。

依照碼頭及堤防型式不同，細部檢測評估表將有所區分。如初步檢測過程中，主結構體部份 D 值等級判定為 3 以上時，細部安全檢測時應視情況以較可靠之儀器重新檢測，並會同細部檢測評估表之檢測項目及結果，共同做最後之安全等級評估。

港灣構造物進行檢測與評估，評估時分成兩個階段進行。第一階段的評估工作包括結構安全性及構造物之功能性(如 4.1.3 節中所述)，主要在判定構造物是否安全。如屬安全堪虞，則必須進行第二階段之細部檢測，進一步了解構造物破壞狀況。

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

細部檢測評估包括結構安全性，構造功能性，整體考量等三項原則，說明如下：

#### **2.4.2.1 結構安全性原則**

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

#### **2.4.2.2 構造功能性原則**

港灣構造物均有其應用上之不同功能。構造物功能性無法發揮時並不代表結構之安全有問題，但結構如屬無法完全發揮功能，又未維修恐將進一步造成破壞而危及安全。構造物主要或附屬設施，不論合併評估或單獨評估，如評定等級屬於為安全堪虞的第三等級時(如表 4.1 中、非主體結構之  $IDA \geq 4$ ，但其他主結構體之  $ID1 < 4$  時，小型立

即性維修可改善安全或使用之功能狀況者) 應立即進行修復，以維護港口之正常運作。

### 2.4.2.3 整體性評估原則

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

### 2.4.3 結構整體評估等級

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

#### 2.4.3.1 第一階段檢測分級

第一階段檢測工作完成後，即進入檢測結果初評階段，依據評估結果，構造之初步檢測結果可分成三個等級，如 4.1.3 節所示。

#### 2.4.3.2 第二階段檢測分級

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

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

式中 ID<sub>2</sub> 為細部檢測危險度指標，D<sub>i</sub>、E<sub>i</sub>、R<sub>i</sub> 分別為各檢測中檢測人員填寫之檢測值，N 則代表檢測項目之總數，包括細部檢測及初步檢測主結構體之受測項目(若進行重新檢測，以較新的數據為準)。ID

值越高則代表危險度越高，數值分配範圍為 0 到 10 間，其與判定結果關係，與初步檢測階段類似分成三個等級並條列如下：

$1.0 \leq ID_2 < 3$ ：輕微受損、結構安全及構造功能無虞，僅需進行日常維修即可，但於未來必須增加初步檢測之頻率；

$2.3 \leq ID_2 < 6$ ：構造損壞，但結構安全及構造功能均無立即危險、應進行維修；若無法立即實施維修，則必須在維修前進行同步監測工作；

$3.ID_2 \geq 6$ ：嚴重損壞，結構安全有立即危險，且構造功能無法發揮，必須立即停用並進行大部維修或拆除重建。

### 第三章 研究方法與進行步驟

本研究參考交通部港灣構造物安全評估之工作手冊（草案）及相關港務局檢測工作規則等選定蘇澳、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 10。

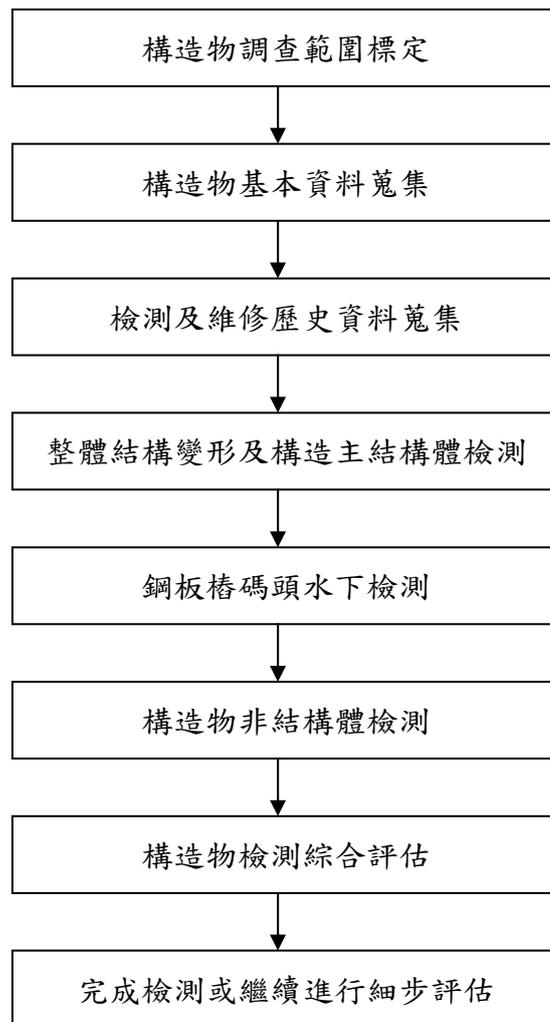


圖 10 構造物現況調查流程

### 3.1 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 構造物基本資料蒐集

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

### 3.3 檢測及維修歷史

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

### 3.4 整體結構變形檢測及構造主結構體檢測

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

由於港灣構造物主體結構的主要部份均位於水下，初步檢測項目包括：碼頭面之裂縫檢測、鋼筋外露程度，鋼筋腐蝕探測；混凝土強度劣化檢測，混凝土保護層厚度檢測等；構造伸縮縫檢測則包括有岸肩伸縮縫，及面版伸縮縫等，檢測項目詳如表 2。

表 2 碼頭構造物初步檢測評估表

碼頭 基本 資料	隸屬港口：	碼頭編號：	檢測區段：		
	建造日期：	啟用日期：			
	靠泊船級	原設計：	實際使用：		
	碼頭法線版面標高：	長度： 縱深：	水域深度	原設計： 目前：	
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃	<input type="checkbox"/> 化學(油)品	<input type="checkbox"/> 雜貨輪	<input type="checkbox"/> 其他
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式	<input type="checkbox"/> 版樁式	<input type="checkbox"/> 棧橋式	<input type="checkbox"/> 其他
上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：	
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭法線變形			4	
	碼頭岸壁傾斜			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		$ID_p = \sum_{i=1}^{N_p} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i =$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材			3	
	繫船柱			2	
	擋車牆			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		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i =$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i =$			
檢測單位：		檢測人：	檢測時間：		

### 3.5 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 11 所示。檢測方法如下：

#### 3.5.1 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。

#### 3.5.2 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  $-850\text{ mV}$  為"負"，鋼鐵結構物為保護狀態，但若值較  $-850\text{ mV}$  為"正"，則表示保護不足或防蝕效果不佳。

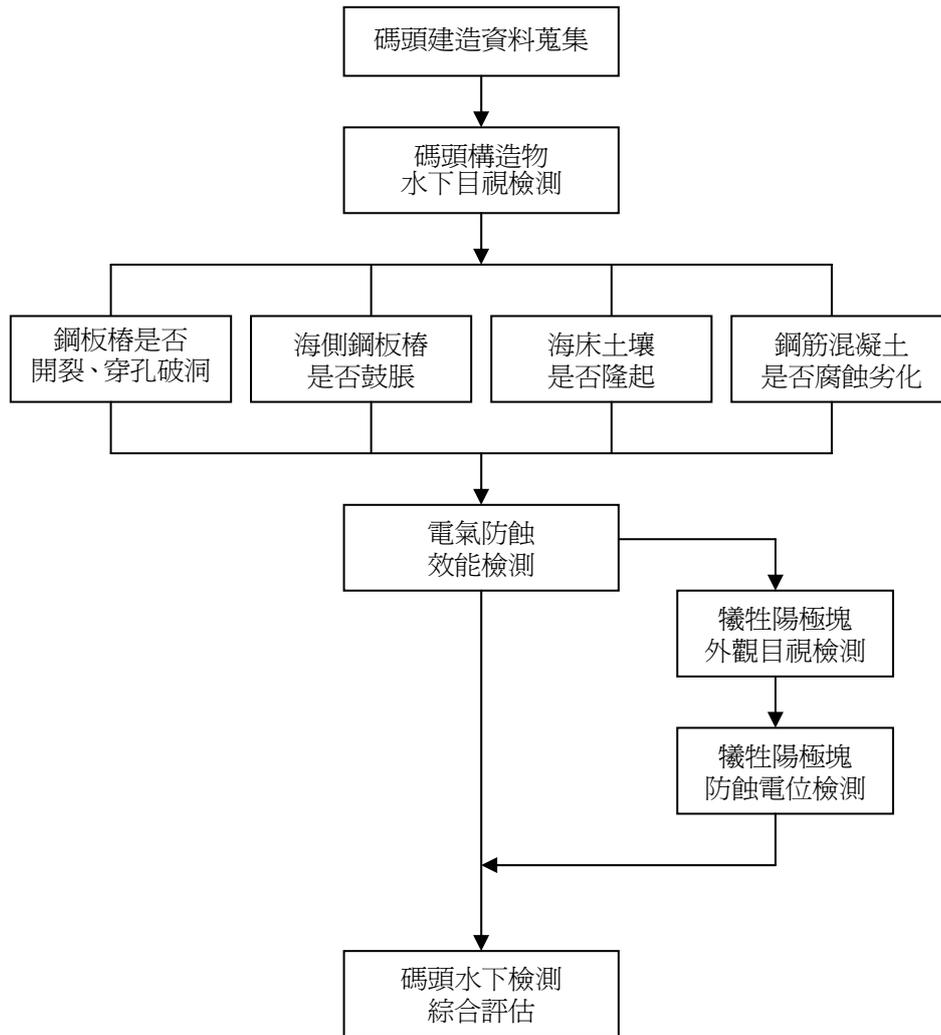


圖 11 鋼板樁碼頭水下檢測流程

### 3.6 非主結構體檢測

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

### 3.7 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，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；

$$0 \leq ID_1 < 2。$$

(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； $2 \leq ID_1 < 4$ 。

(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  $ID \geq 4$ ，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  $ID \geq 4$ )

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

表 3(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	1
		2.局部區域有鏽蝕集中	2
		3.受到漂流物反覆侵蝕，形成帶狀區域的鏽蝕	3
		4.3/4 區域出現紅橙色的鏽蝕，且有明顯的凹洞或破洞	4
岸肩伸縮縫	變形、破壞	1.接縫處雜屑堆積使伸縮縫功能減弱	2
		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
		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	4
護舷材	開裂、材質劣化	1.材質表面褪色、輕微劣化，靠船時有輕微龜裂現象	2
		2.材質表面劣化明顯，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	3
		3.材質老化、構件變形、脫落，靠船時開裂過大以失去避振功能	4
繫船柱	破損、變形	1.材質已有鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形	2
		2.材質鏽損狀況明顯，基座有龜裂情形	3
		3.材質鏽損甚至剝落，基座龜裂擴大	4
擋車牆	破損、變形	1.材質表面已有龜裂情形	2
		2.材質表面有明顯龜裂，基座有崩塌情形	3
		3.材質龜裂擴大或多處崩塌、破損、位移	4
排水、 給水設備	破壞、斷裂	1.破損而有滲水現象	3
		2.斷裂失去功能	4
照明設施	破 壞	1.部份損壞而只能發揮部份功能	3
		2.大部損壞失去功能性	4
油電管路	破 壞	1.破損而有滲油、漏電現象，	3
		2.斷裂而失去功能性	4

### 3.8 完成檢測或進行細部評估

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



- 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 4 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)擋車牆：未進行評估。
- (4)給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，初步檢測評估結果為：D 值=0，E=0，R=2。
- (5)照明設備：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 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 4 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪 <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input checked="" type="checkbox"/> 沉箱重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主體 結構 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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.4$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車牆	----	----	----	----
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.6$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.5$			
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					

## 4.2 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 12 及圖 14 所示，以靠泊雜貨輪，載運原木為主。碼頭現況情形示如圖 15。

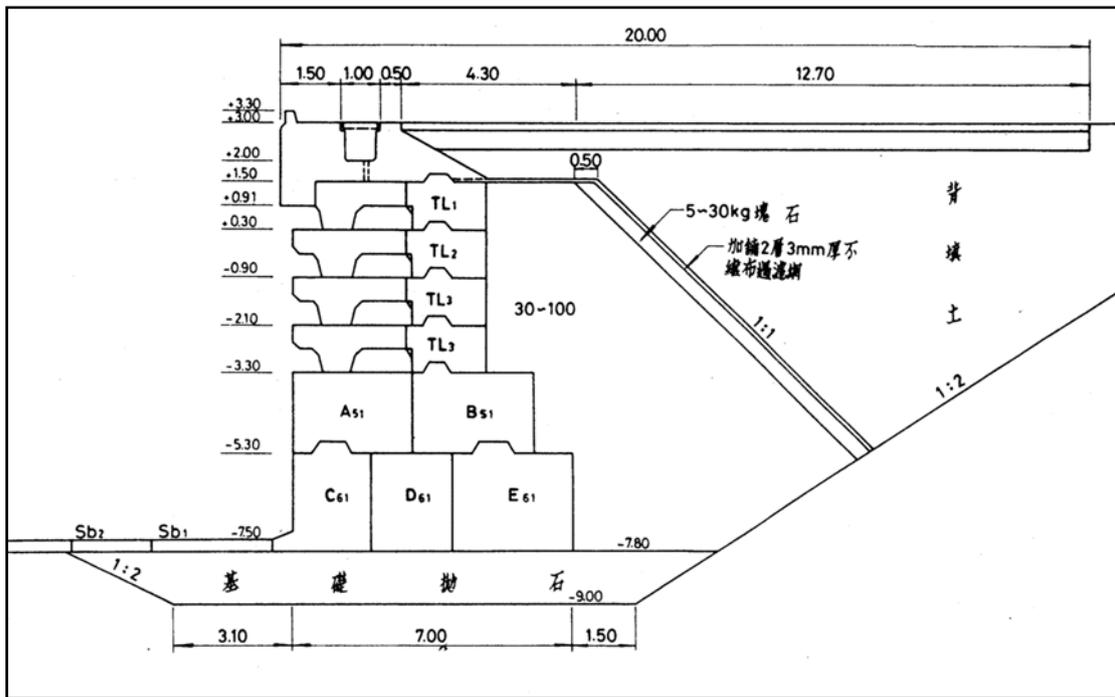


圖 14 蘇澳港 9 號碼頭結構型式示意圖

- 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 15 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 5 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)擋車牆：未進行評估。

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

(5)照明設備：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 5 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 5 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input type="checkbox"/> 雜貨輪 <input checked="" type="checkbox"/> 其他(原木)				
	碼頭構造型式	<input checked="" type="checkbox"/> 直立消波重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他				
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：	
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R	
整體 結構 變形 及 主體 結構 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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 1.1$				
非主 體 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0	
	繫船柱	1	1	2	4	
	擋車牆	----	----	----	----	
	排水給水設備	0	0	2	0	
	照明設施	----	----	----	----	
	油電管路	----	----	----	----	
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.6$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.9$				
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						

### 4.3 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 12 及圖 16 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 17。

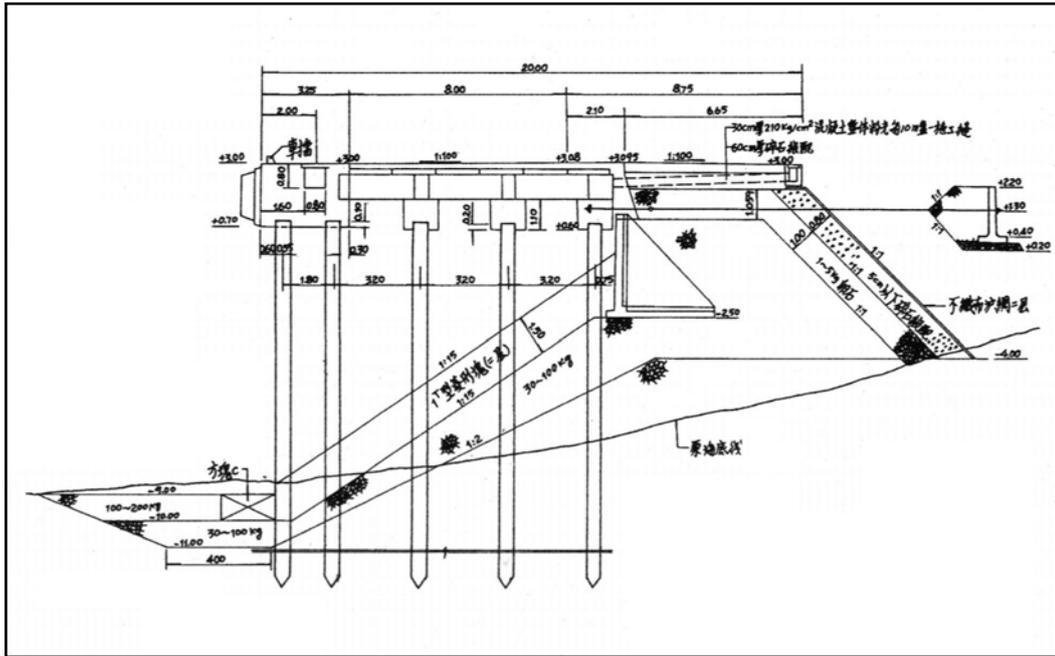


圖 16 蘇澳港 13 號碼頭結構型式示意圖

2.過去檢測及維修歷史：不詳。

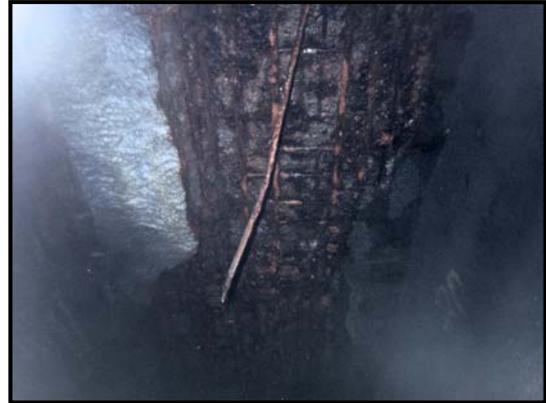
3.整體結構變形及構造主結構體檢測：檢測項目及其相關 D.E.R.評估值之決定如下：

(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 17 蘇澳港 13 號碼頭現況之情形



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 6 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)擋車牆：擋車牆有斷裂、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 6 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 6 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪 <input checked="" type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input checked="" type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input checked="" type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主體 結構 破壞 檢測	碼頭岸壁	0	0	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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 4.0$			
非主 體 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車牆	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		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 1.6$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 3.3$			
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					

#### 4.4 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 19 及圖 20 所示。以靠泊雜貨輪，載運砂石為主。碼頭現況情形示如圖 21。

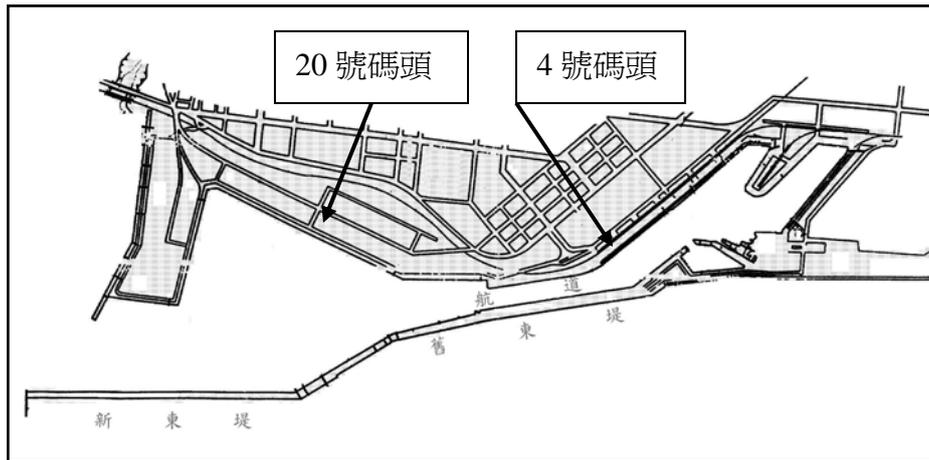


圖 19 花蓮港碼頭位置示意圖

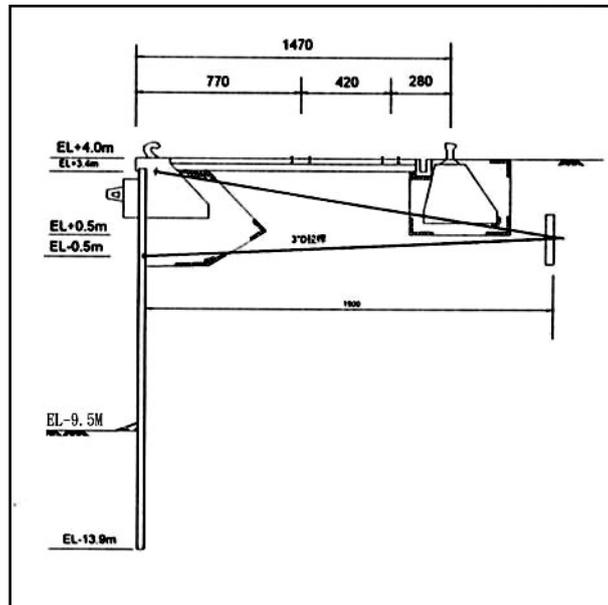


圖 20 花蓮港 4 號碼頭結構型式示意圖



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 21 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：無腐蝕生鏽、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 7 中，初步檢測之破壞指標經計算後為 0.6，小於 2.0 之值，顯示結構體安全無虞，可不進行細部檢測及評估。

#### 4.非主結構體檢測

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

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

(3)擋車牆：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 7 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 7 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪 <input type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input checked="" type="checkbox"/> 鋼版樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.6$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	3	2	8
	擋車牆	----	----	----	----
	排水給水設備	0	0	2	0
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 1.1$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.8$			
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					

## 4.5 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式，設計水深為 -14.0 m，碼頭位置及結構型式如圖 19 及圖 22 所示。以靠泊砂石船，載運砂石為主。

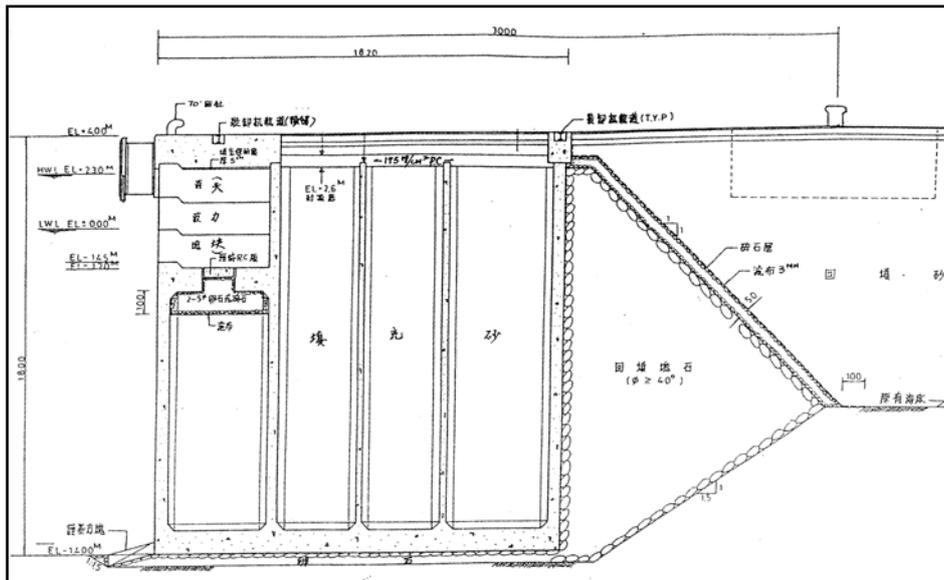


圖 22 花蓮港 20 號碼頭結構型式示意圖

- 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 8 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)擋車牆：未進行評估。
- (4)給水排水設備：本座碼頭給水排水設備並未發現管線斷裂，扭曲或失去功能性，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 8 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 8 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input type="checkbox"/> 雜貨輪 <input checked="" type="checkbox"/> 其他(砂石)				
	碼頭構造型式	<input checked="" type="checkbox"/> 消波沉箱重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他				
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：	
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R	
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.4$				
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0	
	繫船柱	1	1	2	4	
	擋車牆	----	----	----	----	
	排水給水設備	0	0	2	0	
	照明設施	----	----	----	----	
	油電管路	----	----	----	----	
	附屬設施破壞評估	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.6$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.5$				
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						





a.碼頭 AC 鋪面裂縫情形



b.碼頭岸壁混凝土剝落情形

圖 25 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 9 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)擋車牆：擋車牆無斷裂、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 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 9 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪(大宗) <input checked="" type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input checked="" type="checkbox"/> R.C.基樁棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.5$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	1	1	2	4
	擋車牆	----	----	----	----
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.8$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.6$			
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					

#### 4.7 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 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)擋車牆：擋車牆無斷裂、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 10 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 10 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input checked="" type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪(大宗) <input type="checkbox"/> 其他				
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 版樁式 <input checked="" type="checkbox"/> R.C.基樁棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他				
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：	
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R	
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0$				
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0	
	繫船柱	1	1	2	4	
	擋車牆	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	$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.7$				
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0.2$				
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						

#### 4.8 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 26 及圖 27 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 28。

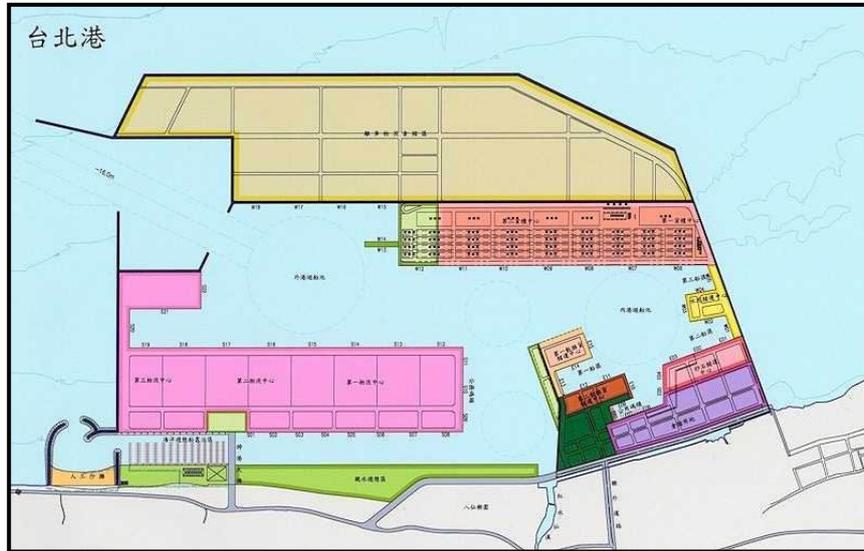


圖 26 臺北港碼頭位置圖

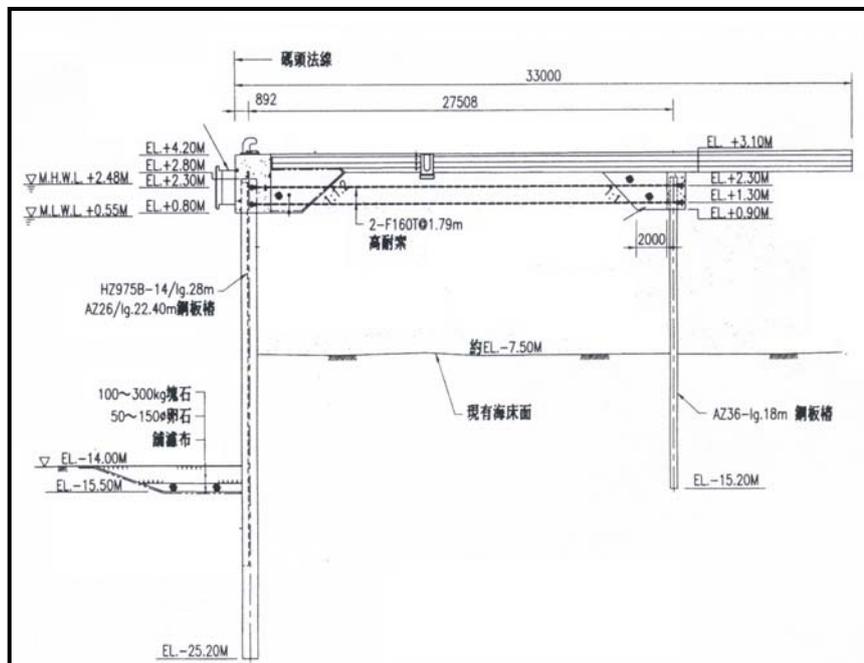


圖 27 臺北港 13 號碼頭結構型式

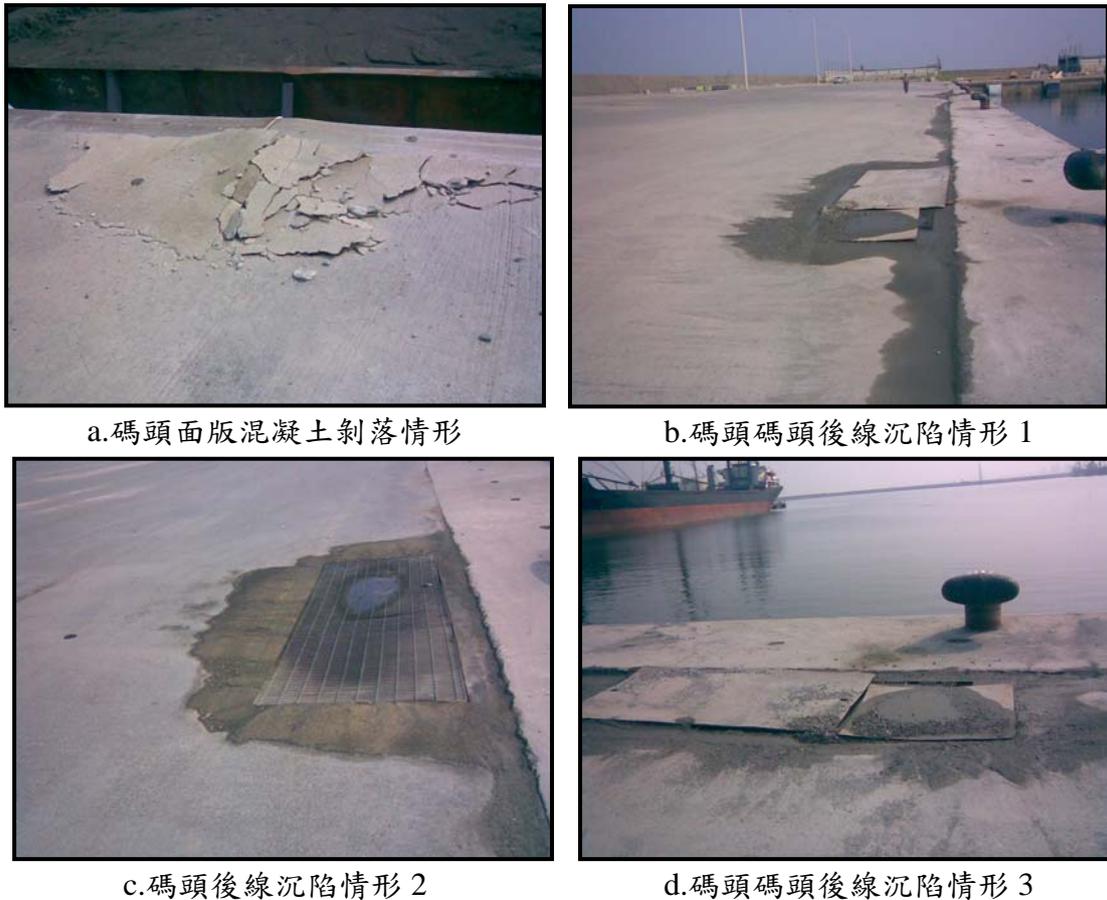


圖 28 臺北港 13 號碼頭現況情形示

- 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 11 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)擋車牆：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 11 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 11 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input type="checkbox"/> 雜貨輪 <input checked="" type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input checked="" type="checkbox"/> 鋼版樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 1.4$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	0	0	2	0
	擋車牆	----	----	----	----
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 1.2$			
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 ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

### b. 鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 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 12、表 13 所示，鋼板樁保護電位最大值為  $-1018 \text{ mV}$ ，最小值為  $-1070 \text{ mV}$ ，均小於  $-850 \text{ mV}$ （v.s.  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  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 14 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 12 臺北港 13 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

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	<input checked="" type="checkbox"/> 碼頭全區 <input type="checkbox"/> 詳附件圖				
	靠泊船級					
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input type="checkbox"/> 散雜貨 <input checked="" type="checkbox"/> 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	<input checked="" type="checkbox"/> 鋼板樁 <input type="checkbox"/> 鋼管樁 <input type="checkbox"/> H 型鋼 <input type="checkbox"/> 其他：				
	標準電位	<input checked="" type="checkbox"/> 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	96.07.31	
上次檢測結果	----					
檢測儀器	<input checked="" type="checkbox"/> 電位計 <input checked="" type="checkbox"/> 尺 <input checked="" type="checkbox"/> 照相機					
目視電位測試端子	<input checked="" type="checkbox"/> 無損壞 <input type="checkbox"/> 有生鏽但尚未損壞 <input type="checkbox"/> 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位-1022 mV, <input checked="" type="checkbox"/> 平均電位足夠, 且所有電位均足夠。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠, 但少部份電位不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠, 但大部份電位不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位不足。					
檢測評估	<input checked="" type="checkbox"/> 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。 <input type="checkbox"/> 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 <input type="checkbox"/> 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	柯正龍、何木火		評估人員	柯正龍		
附件	文件圖表： <input type="checkbox"/> 碼頭平面圖 <input checked="" type="checkbox"/> 檢測記錄表					

表 13 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 14 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	<input checked="" type="checkbox"/> 碼頭全區 <input type="checkbox"/> 詳附件圖			靠泊船級	66,000 DWT
	船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 散雜貨 <input checked="" type="checkbox"/> 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	<input checked="" type="checkbox"/> 鋼板樁 <input type="checkbox"/> 鋼管樁 <input type="checkbox"/> H 型鋼 <input type="checkbox"/> 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		<input checked="" type="checkbox"/> 目視 <input type="checkbox"/> 捲尺 <input checked="" type="checkbox"/> 照相機				
鋼材部份目視檢測結果		<input checked="" type="checkbox"/> 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 <input type="checkbox"/> 局部的生鏽呈點狀膨脹 <input type="checkbox"/> 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 <input type="checkbox"/> 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 <input type="checkbox"/> 版樁有開裂現象 <input type="checkbox"/> 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		<input checked="" type="checkbox"/> 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 <input type="checkbox"/> 樁與樑或冠牆脫離 <input type="checkbox"/> 混凝土少部份龜裂、剝離 <input type="checkbox"/> 混凝土大部份龜裂、剝離 <input type="checkbox"/> 鋼筋少部份外露鏽蝕 <input type="checkbox"/> 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		<input type="checkbox"/> 陰極防蝕塊少部份或無脫落 <input type="checkbox"/> 陰極防蝕塊大部份脫落 <input checked="" type="checkbox"/> 陰極防蝕塊厚度減少輕微 <input type="checkbox"/> 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		<input checked="" type="checkbox"/> 平均電位及所有電位均足夠。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠，但少部份不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠，但大部份不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位不足。				
檢測評估		<input checked="" type="checkbox"/> 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。 <input type="checkbox"/> 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。 <input type="checkbox"/> 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： <input type="checkbox"/> 碼頭平面圖 <input type="checkbox"/> 檢測記錄表				

## 4.9 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 29。



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 29 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鏽、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 15 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)擋車牆：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 15 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 15 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	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input checked="" type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 雜貨輪 <input checked="" type="checkbox"/> 其他			
	碼頭構造型式	<input type="checkbox"/> 重力式 <input checked="" type="checkbox"/> 鋼版樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 其他			
	上次檢測	時間：	單位：	區分：	結果：
調查項目及評估值		破壞程度 D	破壞範圍 E	破壞影響性 R	(D+E)×R
整體 結構 變形 及 主結 構體 破壞 檢測	碼頭岸壁	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		$ID_P = \sum_{i=1}^{N_P} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 1.2$			
非主 結構 設施 破壞 檢測	護舷材	0	0	3	0
	繫船柱	0	0	2	0
	擋車牆	----	----	----	----
	排水給水設備	----	----	----	----
	照明設施	----	----	----	----
	油電管路	----	----	----	----
附屬設施破壞評估		$ID_A = \sum_{i=1}^{N_A} (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 0$			
整體破壞評估(初步檢測)		$ID_1 = \sum_{i=1}^N (D_i + E_i) \times R_i / \sum_i R_i = 1.0$			
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沙影響，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 ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) 等反應產物，由鋼板樁保護電位量測結果顯示，其防蝕效能可達到保護鋼板樁之防蝕目的。

### b.鋼板樁保護電位檢測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測位置，共選取 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 16、表 17 所示，鋼板樁保護電位最大值為  $-1018 \text{ mV}$ ，最小值為  $-1070 \text{ mV}$ ，均小

於-850 mV (v.s. Cu/CuSO<sub>4</sub> 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 18 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 16 臺北港 14 號碼頭鋼板樁防蝕電位檢測表

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	<input checked="" type="checkbox"/> 碼頭全區 <input type="checkbox"/> 詳附件圖				
	靠泊船級					
	靠泊船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 散雜貨 <input checked="" type="checkbox"/> 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	<input checked="" type="checkbox"/> 鋼板樁 <input type="checkbox"/> 鋼管樁 <input type="checkbox"/> H 型鋼 <input type="checkbox"/> 其他：				
	標準電位	<input checked="" type="checkbox"/> 飽和硫酸銅-850mV				
	上次檢測時間	----		本次檢測時間	96.07.31	
上次檢測結果	----					
檢測儀器	<input checked="" type="checkbox"/> 電位計 <input checked="" type="checkbox"/> 尺 <input checked="" type="checkbox"/> 照相機					
目視電位測試端子	<input checked="" type="checkbox"/> 無損壞 <input type="checkbox"/> 有生鏽但尚未損壞 <input type="checkbox"/> 已損壞					
電位測定平均結果	平均電位-1037mV, <input checked="" type="checkbox"/> 平均電位足夠, 且所有電位均足夠。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠, 但少部份電位不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠, 但大部份電位不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位不足。					
檢測評估	<input checked="" type="checkbox"/> 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。 <input type="checkbox"/> 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 <input type="checkbox"/> 第三級：電位平均值不足或大部份電位在標準值以下，功能堪慮，必須立即進行詳細檢測，以進一步瞭解鋼材腐蝕狀況。					
檢測人員	柯正龍、何木火		評估人員	柯正龍		
附件	文件圖表： <input type="checkbox"/> 碼頭平面圖 <input checked="" type="checkbox"/> 檢測記錄表					

表 17 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 18 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	<input checked="" type="checkbox"/> 碼頭全區 <input type="checkbox"/> 詳附件圖			靠泊船級	66,000 DWT
	船隻屬性	<input type="checkbox"/> 貨櫃 <input type="checkbox"/> 化學(油)品 <input checked="" type="checkbox"/> 散雜貨 <input checked="" type="checkbox"/> 其他：卸煤碼頭				
	下部結構材料	<input checked="" type="checkbox"/> 鋼板樁 <input type="checkbox"/> 鋼管樁 <input type="checkbox"/> H 型鋼 <input type="checkbox"/> 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		<input checked="" type="checkbox"/> 目視 <input type="checkbox"/> 捲尺 <input checked="" type="checkbox"/> 照相機				
鋼材部份目視檢測結果		<input checked="" type="checkbox"/> 無生鏽、孔蝕、裂縫、開裂 <input type="checkbox"/> 局部的生鏽呈點狀膨脹 <input type="checkbox"/> 局部區域有生鏽呈點狀膨脹或有局部小型穿孔現象 <input type="checkbox"/> 有大範圍的生鏽與膨脹、表面穿孔擴大且有漏砂現象 <input type="checkbox"/> 版樁有開裂現象 <input type="checkbox"/> 樁有挫屈、彎折				
水下鋼筋混凝土部份目視檢測結果		<input checked="" type="checkbox"/> 混凝土未發現明顯之龜裂、剝離 <input type="checkbox"/> 樁與樑或冠牆脫離 <input type="checkbox"/> 混凝土少部份龜裂、剝離 <input type="checkbox"/> 混凝土大部份龜裂、剝離 <input type="checkbox"/> 鋼筋少部份外露鏽蝕 <input type="checkbox"/> 鋼筋大部份外露鏽蝕				
防蝕塊目視檢測部份		<input type="checkbox"/> 陰極防蝕塊少部份或無脫落 <input type="checkbox"/> 陰極防蝕塊大部份脫落 <input checked="" type="checkbox"/> 陰極防蝕塊厚度減少輕微 <input type="checkbox"/> 陰極防蝕塊厚度減少嚴重				
防蝕電位量測結果		<input checked="" type="checkbox"/> 平均電位及所有電位均足夠。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠，但少部份不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位足夠，但大部份不足。 <input type="checkbox"/> 平均電位不足。				
檢測評估		<input checked="" type="checkbox"/> 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。 <input type="checkbox"/> 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。 <input type="checkbox"/> 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： <input type="checkbox"/> 碼頭平面圖 <input type="checkbox"/> 檢測記錄表				

## 第五章 結論

- 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。

## 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。

## 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：「港灣構造物之現況調查研究(1/2)」

計畫編號：MOTC-IOT-94-H1DA001-1

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. 本研究計畫包含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.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	
（審查意見與本計畫無直接關係）	

## 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。



## 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)。



### 子計畫一：港灣構造物現況調查研究

---

## 簡報內容

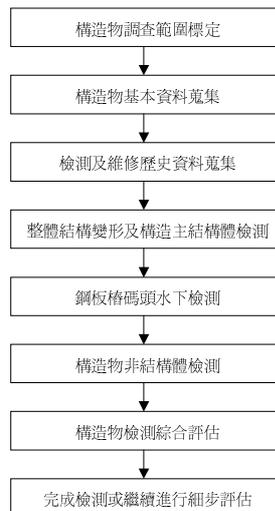
- 一、前言
- 二、研究方法與進行步驟
- 三、結果與討論

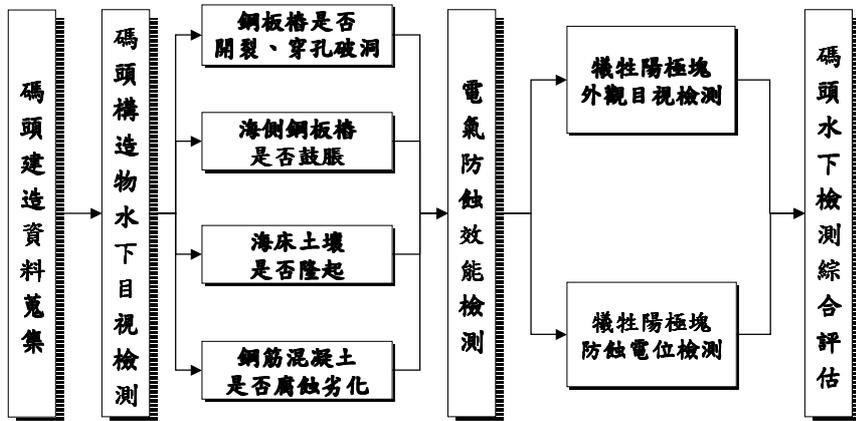


## 一、前言



## 二、研究方法與進行步驟





### 鋼板樁碼頭水下檢測流程



### 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



## ❖ 初步檢測劣化評估值 初步檢測危險度指標

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



## 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	$ID \geq 4$	非主體結構之 $ID \geq 4$ ， 其他主結構體之 $ID < 4$ 功能堪虞、需立即性維修或進行第二階段之細部檢測

## 調查範圍

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

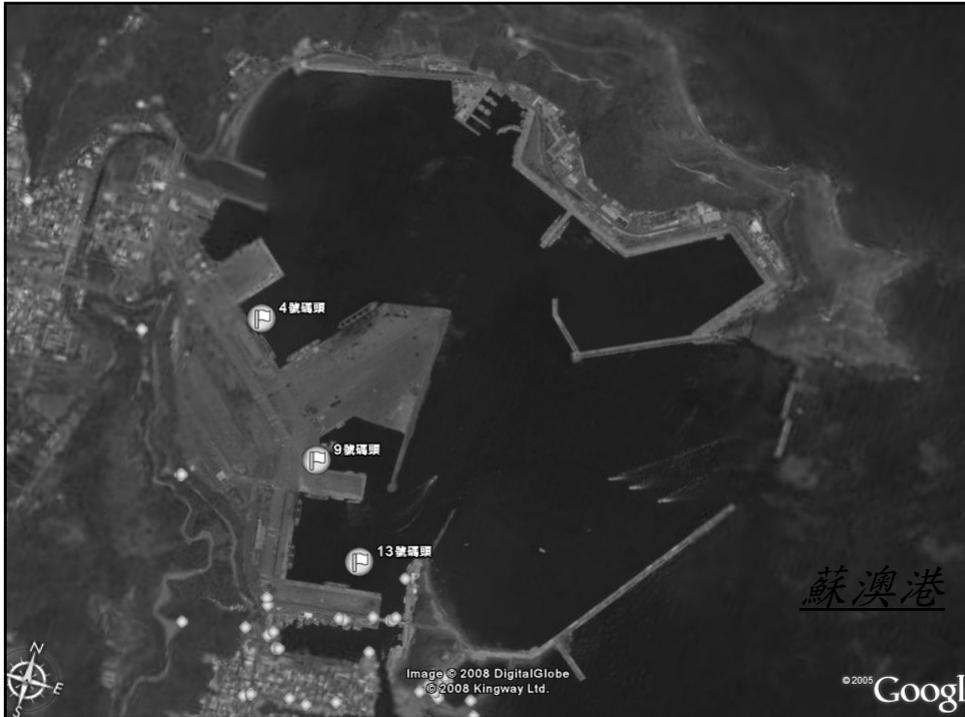
## 初步檢測檢測重點

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	擋車牆	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



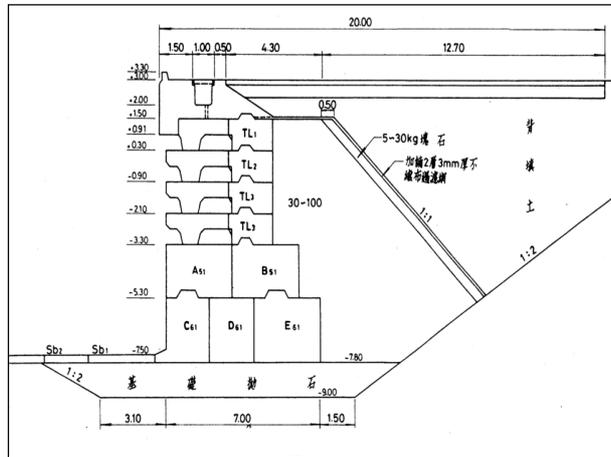
交通部運輸研究所  
臺灣技術研究中心

### 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



**蘇澳港9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**

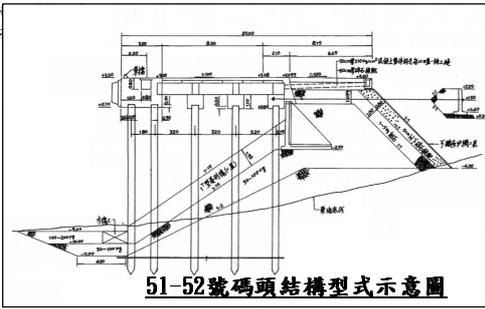
**混凝土老舊劣化情形**

**花蓮港4號碼頭**





# 高雄港 51號碼頭



岸壁混凝土剝落情形

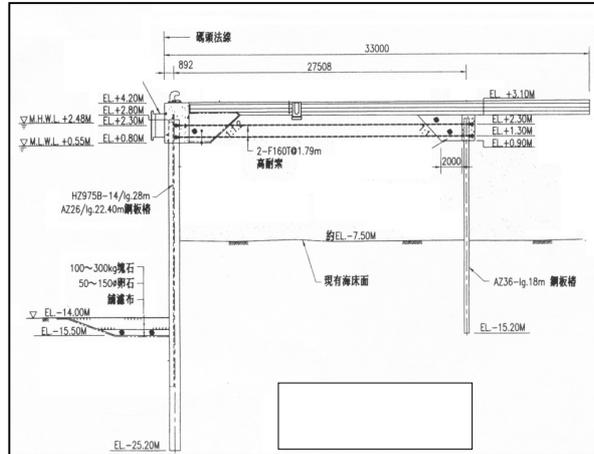


碼頭AC鋪面裂縫情形





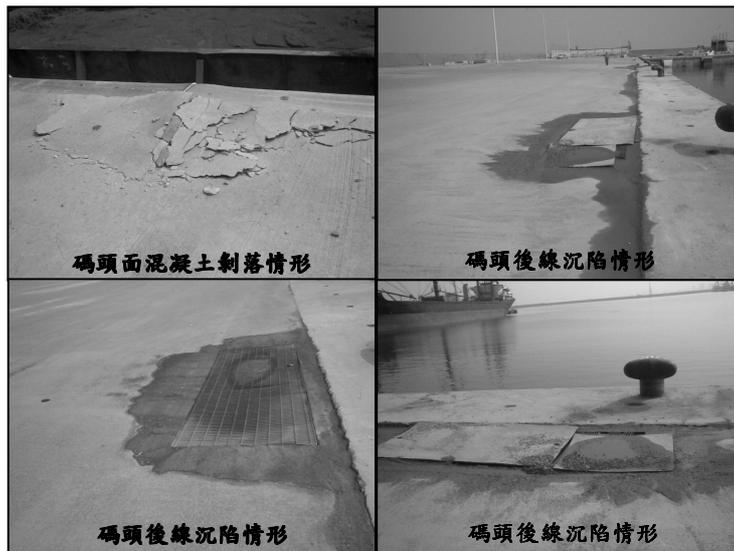
交通部運輸研究所  
港灣技術研究中心



台北港13及14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



台北港13號碼頭



碼頭後緣裂縫及沉陷情形

碼頭岸肩伸縮縫沉陷情形

台北港14號碼頭



## 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



## 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



簡報完畢  
敬請指正

