

103-23-7738

MOTC-IOT-102-H1DB006b

# 港灣構造物安全檢查評估之研究 (3/4)



交通部運輸研究所

中華民國 103 年 3 月

103-23-7738

MOTC-IOT-102-H1DB006b

# 港灣構造物安全檢查評估之研究 (3/4)

著者：陳桂清、柯正龍、張嘉峰、廖振程  
李賢華、簡臣佑、邱信諺、張永昌、林嘉澤

交通部運輸研究所

中華民國 103 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣構造物安全檢查評估之研究. (3/4) / 陳桂清等著. --  
初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所, 民 103.03  
面；公分  
ISBN 978-986-04-0485-2(平裝)

1.港埠工程 2.港埠管理

443

103002320

港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

著者：陳桂清、柯正龍、廖振程、張嘉峰、李賢華、柯正龍、簡臣佑  
邱信諺、張永昌、林嘉澤

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：[www.ihmt.gov.tw](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 103 年 3 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 75 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：250 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010300206

ISBN：978-986-04-0485-2 (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。



## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)			
國際標準書號 ISBN 978-986-04-0485-2 (平裝)	政府出版品統一編號 1010300206	運輸研究所出版品編號 103-23-7738	計畫編號 102-H1DB006b
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：陳桂清 研究人員：柯正龍 聯絡電話：04-26587118 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：財團法人臺灣營建研究院 計畫主持人：張嘉峰 研究人員：廖振程、李賢華、簡臣佑、邱信諺、張永昌、林嘉澤 地址：新北市新店區中興路二段 190 號 11F 聯絡電話：02-89195000	研究期間 自 102 年 2 月 至 102 年 11 月	
關鍵詞：港灣構造物、檢測標準、執执行程序			
<p><b>摘要：</b></p> <p>臺灣地區港灣碼頭設施使用時間多已超過40年，為此，建立其檢測與安全評估等維護管理機制，實為未來刻不容緩之課題，方能達到港埠永續經營之目的。</p> <p>本研究為4年期計畫之第3年，主要完成之工作項目包括：(1)檢測作業標準制訂、安全評估方法之檢討與維護管理系統建置等進行相關的探討，並作為修訂碼頭結構物檢測、評估與維護手冊之依據；(2)檢測作業標準主要為延續前一年度成果，修正檢測標準內容與增加檢測圖示，以增加檢測結果的一致性；(3)彙整各儀器檢測技術之「檢測原理」、「檢測程序」、「檢測注意事項」與「檢測內容」，以提供現地工程師參考，並修正構件權重與評估方法，以改善初步檢測安全評估方式。</p> <p><b>成果效益與應用情形：</b></p> <p>在施政與實務上，本研究效益除可提供港務公司、漁業署、縣市政府或工程顧問公司辦理商港或漁港碼頭設施之維護參考外，研究中採用或建置完成之相關檢測方法與實施流程與結果等，亦可提供上述單位於碼頭設施維護管理作業需要與本所對後續相關研究之重要參考。</p> <p>在經濟效益上，可藉由掌握碼頭劣化異狀，有效維護，減少資源浪費。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
103 年 3 月	326	250	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 <input type="checkbox"/>月 <input type="checkbox"/>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：本案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> The research of Safety Inspection Assessment for Harbor Structures (3/4)			
<b>ISBN</b> 978-986-04-0485-2 (pbk)	<b>GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER</b> 1010300206	<b>IOT SERIAL NUMBER</b> 103-23-7738	<b>PROJECT NUMBER</b> 102-H1DB006b
<b>DIVISION:</b> Harbor & Marine Technology Center <b>DIVISION DIRECTOR:</b> Chiu Yung-Fang <b>PRINCIPAL INVESTIGATOR:</b> Kuei-Ching Cheng <b>PROJECT STAFF:</b> Jeng-Long Ko <b>PHONE:</b> 04-26587118 <b>FAX:</b> 04-26564418			<b>PROJECT PERIOD</b>  FROM February 2013 TO November 2013
<b>RESEARCH AGENCY:</b> Taiwan Construction Research Institute <b>PRINCIPAL INVESTIGATOR:</b> Chia-Feng Chang <b>PROJECT STAFF:</b> J. C. Liao, H. H. Lee, C. Y. Jian, S. Y. Chiu, Y. C. Chang, C. J. Lin <b>ADDRESS:</b> 11F, No.190, Sec. 2, Zhongxing Rd., Xindian Distric, New Taipei City 231, Taiwan (R.O.C.) <b>PHONE:</b> (02) 89195000			
<b>KEY WORDS:</b> HARBOR STRUCTURE, INSPECTION STANDARD, INSPECTION PROCEDURE			
<b>ABSTRACT:</b>  <p>Harbor facilities have been operated for more than 40 Years in Taiwan. It is demanded and imperative to establish a management and maintenance system with field inspection &amp; safety assessment. Owing to above concepts, harbor sustainable operation will be reached.</p> <p>The project was executed in third-year phase. The study was included as below; (1)Setting up inspection standards, safety evaluation methods and a management &amp; maintaining system; (2)Revising inspection standards and adding drawing patterns in visual inspection which can improve consistency for inspecting results ; (3) Synthesizing inspection theorem, inspection process, inspection notice, and inspection content for each instrument inspection techniques to improve its workability ; (4)Revising the weight for each structure elements and evaluation method, this can improve the initial safety evaluating and visual inspection methods.</p>			
<b>Benefits and applications:</b>  <p>In policy, the study achievements could be applied to harbor company, fishery authorities, local governments or consultant units in drawing up the facility maintaining strategy. In addition, the relative inspecting methods, procedures and results in the study could also be provided in harbor-facilities management system, and further study. In economy, it is highly expected to reduce resources wasted by mean of controlling facility deteriorated situations and effective maintaining.</p>			
<b>DATE OF PUBLICATION</b>  March 2014	<b>NUMBER OF PAGES</b>  326	<b>PRICE</b>  250	<b>CLASSIFICATION</b> <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECURE <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.			

# 港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

## 目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	VII
表目錄.....	XI
第一章 緒論.....	1-1
1.1 研究背景與重要性說明.....	1-1
1.2 計畫目的.....	1-2
1.3 計畫對象與範圍.....	1-3
1.4 研究流程.....	1-3
第二章 港灣構造物檢測作業標準制訂.....	2-1
2.1 目前成果與本期工作內容.....	2-1
2.2 碼頭構造物構件編碼原則與檢測表格修正.....	2-9
2.3 目視檢測標準內容之修正.....	2-13
2.4 儀器檢測內容之補充.....	2-16
2.5 水下檢測儀器之適用性探討與試做.....	2-22
2.6 修復工法之處置對策補充與單價建置.....	2-24
2.6.1 修復工法之處置對策補充.....	2-24
2.6.2 修復工法之單價建置.....	2-40
2.7 小結.....	2-45
第三章 現有港灣構造物安全評估方法之檢討.....	3-1

3.1	現有碼頭結構破壞評估方式之檢討.....	3-2
3.2	港灣碼頭結構破壞新型評估方式進一步驗證及修正.....	3-4
3.3	棧橋式碼頭之新型評估方式.....	3-5
3.3.1	棧橋式碼頭個別構件破壞指標.....	3-5
3.3.2	混凝土構造棧橋式碼頭之整體破壞評估.....	3-7
3.3.3	混凝土棧橋式碼頭結構安全評估.....	3-10
3.3.4	混凝土棧橋式碼頭結構安全評估案例說明.....	3-11
3.4	鋼板樁碼頭破壞之新型評估方式.....	3-13
3.4.1	鋼板樁碼頭之破壞檢測.....	3-13
3.4.2	鋼板樁碼頭之個別破壞指標.....	3-15
3.4.3	鋼板樁碼頭破壞之整體破壞指標.....	3-16
3.4.4	鋼板樁碼頭安全評估.....	3-18
3.4.5	鋼板樁碼頭結構安全評估案例說明.....	3-18
3.5	重力式碼頭結構破壞之新型評估方式研議.....	3-24
3.5.1	重力式碼頭之破壞檢測.....	3-24
3.5.2	重力式碼頭之個別破壞指標.....	3-25
3.5.3	重力式碼頭之整體指標(structuralstateindex).....	3-26
3.5.4	重力式碼頭結構安全評估.....	3-29
3.5.5	重力式碼頭結構安全評估案例說明.....	3-29
第四章 港灣構造物維護管理系統建置.....		4-1
4.1	維護管理系統更新與港灣構造物資料擴充.....	4-1
4.1.1	維護管理系統更新.....	4-1
4.1.2	港灣構造物資料擴充.....	4-24
4.2	檢測報告產出模組建置.....	4-28
4.3	分析預測工具之研擬.....	4-28

4.4 小結 .....	4-34
第五章 結論與建議 .....	5-1
5.1 結論 .....	5-1
5.2 建議 .....	5-3
5.3 成果效益與應用情形 .....	5-3
參考文獻 .....	參-1
附錄一 碼頭構造物維護管理手冊 .....	附錄 1-1
附錄二 工作會議記錄 .....	附錄 2-1
附錄三 「碼頭構造物維護管理手冊」座談會會議記錄 .....	附錄 3-1
附錄四 期中報告審查意見處理情形表 .....	附錄 4-1
附錄五 期末報告審查意見處理情形表 .....	附錄 5-1
附錄六 期末報告簡報資料 .....	附錄 6-1

## 圖目錄

圖 1.1 研究流程.....	1-5
圖 2.1 港灣構造物維護管理作業流程.....	2-2
圖 2.2 重力、板樁與棧橋式碼頭單元編碼示意.....	2-3
圖 2.3 碼頭構造物檢測技術列表.....	2-5
圖 2.4 單一構件評估說明.....	2-7
圖 2.5 整體構造物評估說明.....	2-7
圖 2.6 碼頭構造物處置對策程序.....	2-8
圖 2.7 重力與板樁式碼頭單元編碼方式修正.....	2-10
圖 2.8 重力、板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示.....	2-10
圖 2.9 起重機軌道損壞鋼軌接縫高差照片.....	2-15
圖 2.10 3D 光達量測原理.....	2-16
圖 2.11 脈衝式測量法.....	2-16
圖 2.12 相位差法.....	2-17
圖 2.13 小足跡光達(a)與大足跡光達(b)示意圖(Mallet & Bretar, 2009) .....	2-18
圖 2.14 植被在全波形與多重回波點雲的比較(Mallet & Bretar, 2009) .....	2-18
圖 2.15 三維光達量測程序與檢測照片.....	2-19
圖 2.16 三維光達測繪碼頭岸肩成果.....	2-21
圖 2.17 碼頭岸肩沉陷區測繪成果.....	2-21
圖 2.18 光達安裝於船首照片.....	2-21
圖 2.19 船載光達測繪海堤成果.....	2-22
圖 2.20 防蝕效果的判定方法.....	2-22

圖 2.21 電位測定示意圖 .....	2-23
圖 2.22 碼頭構造物劣化處置對策表 .....	2-24
圖 2.23 FRP 接合工法示意圖 .....	2-35
圖 2.24 鉚釘打設工法示意圖 .....	2-37
圖 2.25 防蝕包覆修補法示意圖 .....	2-37
圖 2.26 拋石護基工法示意圖 .....	2-38
圖 2.27 拋放麻袋混凝土法示意圖 .....	2-39
圖 2.28 新增護基方塊法示意圖 .....	2-39
圖 3.1 板樁由 Z-型型鋼組合之斷面圖 .....	3-13
圖 3.2 板樁由 Z-型型鋼組合之斷面開裂情形圖 .....	3-14
圖 3.3 受測之典型鋼板樁示意圖 .....	3-19
圖 3.4 典型鋼板樁碼頭構造情形 .....	3-23
圖 3.5 典型鋼板樁碼頭構造銹損破壞現象 .....	3-23
圖 3.6 典型鋼板樁碼頭構造局部破損穿孔現象 .....	3-23
圖 3.7 清理鋼版樁表面附著海生物 .....	3-23
圖 3.8 表面附著海生物清除後情形 .....	3-23
圖 3.9 鋼版樁厚度檢測情形 .....	3-23
圖 3.10 鋼板樁碼頭防蝕塊檢測發現鏽蝕情形 .....	3-24
圖 4.1 本案維護管理軟體架構 .....	4-3
圖 4.2 關聯式查詢方式示意 .....	4-3
圖 4.3 碼頭維護管理系統功能架構 .....	4-10
圖 4.4 港灣基本資料展示-以基隆港為例 .....	4-11
圖 4.5 港灣基本資料展示-以基隆港為例 .....	4-11
圖 4.6 港灣碼頭地圖選擇-以基隆港為例 .....	4-12
圖 4.7 碼頭基本資料展示-以基隆港西 2 號碼頭為例 .....	4-12

圖 4.8 單元基本資料展示-以基隆港西 2 號碼頭為例 .....	4-13
圖 4.9 檢測資料模組巡查類型之查詢與新增-以基隆港為例 .....	4-14
圖 4.10 碼頭經常巡查資料列表-以基隆港東 2 號碼頭為例 .....	4-14
圖 4.11 碼頭經常巡查紀錄表-以基隆港東 2 號碼頭為例 .....	4-14
圖 4.12 碼頭經常巡查紀錄編輯-1-以基隆港東 2 號碼頭為例 .....	4-15
圖 4.13 碼頭經常巡查紀錄編輯-2-以基隆港東 2 號碼頭為例 .....	4-15
圖 4.14 碼頭經常巡查基本資料編輯-以基隆港東 2 號碼頭為例 .....	4-16
圖 4.15 碼頭經常巡查資料新增-以基隆港西 2 號碼頭為例 .....	4-16
圖 4.16 碼頭定期巡查資料列表-以基隆港西 2 號碼頭為例 .....	4-17
圖 4.17 碼頭定期巡查紀錄表-以基隆港西 2 號碼頭為例 .....	4-17
圖 4.18 碼頭定期巡查紀錄編輯-以基隆港西 2 號碼頭為例 .....	4-18
圖 4.19 碼頭定期巡查資料列表(未完成檢測範例)-以基隆港西 2 號碼頭 為例 .....	4-18
圖 4.20 碼頭特別巡查資料新增-以基隆港西 1b 號碼頭為例 .....	4-19
圖 4.21 碼頭特別巡查紀錄表-以花蓮港 25 號碼頭為例 .....	4-19
圖 4.22 維修排序模組之維修方式與碼頭選擇-以基隆港為例 .....	4-20
圖 4.23 緊急維修構件列表-以基隆港東 2 號碼頭為例 .....	4-20
圖 4.24 年度維修構件列表-以基隆港西 3 號碼頭為例 .....	4-21
圖 4.25 緊急搶修構件列表-以基隆港東 1 號碼頭為例 .....	4-21
圖 4.26 維修紀錄模組功能示意 .....	4-22
圖 4.27 維修紀錄模組-新增維修紀錄示意 .....	4-22
圖 4.28 維修紀錄模組-查詢維修紀錄示意 .....	4-22
圖 4.29 帳號管理模組-使用者列表 .....	4-23
圖 4.30 帳號管理模組-使用者新增 .....	4-23
圖 4.31 帳號管理模組-使用者編輯 .....	4-24

圖 4.32	港灣資料擴充後之碼頭檢視圖 .....	4-27
圖 4.33	基隆港東 3 號碼頭單元基本資料.....	4-27
圖 4.34	基隆港東 2 號碼頭經常巡查紀錄表.....	4-27
圖 4.35	基隆港東 2 號碼頭防舷材劣化異狀照片 .....	4-27
圖 4.36	定期巡查報告資料料表-以基隆港西 2 號碼頭為例 .....	4-28
圖 4.37	定期巡查報告照片 .....	4-28
圖 4.38	各年度估算修復經費( $C_{(E,i)}$ ).....	4-30
圖 4.39	各年度實際修復經費( $C_{(R,i)}$ )與估算修復經費( $C_{(E,i)}$ ) .....	4-31
圖 4.40	未來修復費用預測 .....	4-31
圖 4.41	各年修復費用( $C_{(P,i)}$ ) .....	4-33
圖 4.42	分析預測修復費用示意 .....	4-33
圖 4.43	分析預測修復費用迴歸趨勢斜率應用 .....	4-34

## 表目錄

表 1-1 本計畫各年度執行內容 .....	1-2
表 2-1 檢測作業種類比較 .....	2-2
表 2-2 重力式碼頭目視檢測標準(節錄).....	2-4
表 2-3 重力式碼頭-碼頭本體-岸肩裂縫異狀輔助判斷圖示.....	2-4
表 2-4 重力式碼頭構件儀器檢測對應 .....	2-5
表 2-5 板樁式碼頭構件儀器檢測對應 .....	2-5
表 2-6 棧橋式碼頭構件儀器檢測對應 .....	2-6
表 2-7 碼頭構造物儀器檢測技術適用性表 .....	2-6
表 2-8 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(節錄).....	2-9
表 2-9 重力與板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式說明 .....	2-10
表 2-10 碼頭經常巡查檢測表 .....	2-11
表 2-11 碼頭定期巡查檢測表(節錄)-以重力式碼頭為例 .....	2-12
表 2-12 碼頭特別巡查檢測表 .....	2-13
表 2-13 板樁式碼頭-碼頭本體-壁體接縫開裂目試檢測標準修正表 ...	2-14
表 2-14 起重機軌道損壞目試檢測標準修正表 .....	2-15
表 2-15 防蝕系統(陽極塊)腐蝕電位測定成果範例.....	2-23
表 2-16 重力式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣 .....	2-25
表 2-17 板樁式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣 .....	2-25
表 2-18 棧橋式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣 .....	2-26
表 2-19 重力式碼頭劣化異狀與處置對策 .....	2-27
表 2-20 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策 .....	2-29
表 2-21 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策 .....	2-31
表 2-22 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策 .....	2-34

表 2-23 修復工法單價列表 .....	2-41
表 2-24 樹脂砂漿塗抹工法(C1)單價分析表 .....	2-42
表 2-25 灌注環氧樹脂工法(C2)單價分析表 .....	2-42
表 2-26 修補水泥砂漿工法(C3)單價分析表 .....	2-43
表 2-27 混凝土及鋼筋修補(C4)單價分析表 .....	2-43
表 2-28 新增鋼板焊補法(S1).....	2-43
表 2-29 拋石護基工法(O1).....	2-44
表 2-30 拋放麻袋混凝土法(O2).....	2-44
表 2-31 新增護基方塊法(O3).....	2-44
表 2-32 防蝕塗料維修(O6).....	2-44
表 2-33 置換繫船柱(O7).....	2-44
表 2-34 置換防舷材(O9).....	2-45
表 3-1 混凝土構造棧橋式碼頭整體結構破壞指標相關之係數 .....	3-10
表 3-2 各構件破壞指數計算表 .....	3-11
表 3-3 整體破壞指標所需參數值 .....	3-12
表 3-4 鋼板樁碼頭整體結構破壞指標相關之係數 .....	3-17
表 3-5 高雄港 39 號碼頭鋼板檢測案例數據 .....	3-19
表 3-6 高雄港 39 號碼頭鋼板檢測案例演算 .....	3-19
表 3-7 高雄港 39 號碼頭冠牆臨水面混凝土強度 .....	3-21
表 3-8 整體破壞指標所需參數值 .....	3-22
表 3-9 重力式碼頭整體結構安全指標相關之係數 .....	3-28
表 3-10 碼頭高程測量沉陷檢測數據 .....	3-30
表 3-11 碼頭壁體混凝土強度檢測結果.....	3-31
表 3-12 重力式碼頭壁體混凝土強度檢測結果 .....	3-32
表 4-1 港灣基本資料表架構 .....	4-5

表 4-2 碼頭基本資料表架構 .....	4-6
表 4-3 單元基本資料表架構 .....	4-6
表 4-4 構件基本資料表架構 .....	4-6
表 4-5 劣化類型資料表架構 .....	4-7
表 4-6 劣化描述資料表架構 .....	4-7
表 4-7 經常巡查基本資料表架構 .....	4-7
表 4-8 經常巡查詳細資料表架構 .....	4-7
表 4-9 定期巡查基本資料表架構 .....	4-8
表 4-10 定期巡查詳細資料表架構 .....	4-8
表 4-11 特別巡查基本資料表架構.....	4-9
表 4-12 特別巡查詳細資料表架構 .....	4-9
表 4-13 修復工法資料表架構 .....	4-9
表 4-14 修復工法對應資料表架構 .....	4-9
表 4-15 維修紀錄表架構 .....	4-10
表 4-16 本年度港灣構造物資料擴充單元基本資料列表 .....	4-24
表 4-17 各分析預測方法比較表 .....	4-29
表 4-18 2010 年基隆港西 14 號碼頭定期巡查構件估算修復費用(節錄) .....	4-32

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與重要性說明

依據交通部「重建國際門戶，提升國家競爭力」及「推動永續綠運輸，符合節能減碳」等 2 大施政方向，臺灣地區主要工商港口為達現階段重建臺灣在東亞運輸樞紐地位及再造臺灣 21 世紀競爭力之目的，必須強化其港灣設施之使用效能，以提升其服務能量與品質，方能重塑國際港埠核心價值，並促進地方發展。交通部運輸研究所已於 100 年 12 月 26 日召開「102 年海岸及道路災害防救科技發展科技綱要計畫之研商會議」研商，召聚產官學界各方專家研商計畫執行內容。

近幾十年來交通建設等重大公共工程建設，均大量採用鋼筋混凝土結構興建，由於鋼筋混凝土材料甚具耐久性，因此甚少需要維護，但受使用環境(諸如腐蝕性的環境)及超負載等因素之影響，結構甚易受到損壞，其耐久性與安全性日益受到質疑與堪慮。

我國工程結構是否安全堪用，必需明確的瞭解，俾採必要之防範措施，基於此一要求，急需進行結構物安全評估工作，國外針對新舊結構物均有建立結構檢測方法及完善評估制度，使結構物達到安全、經濟、有效益之維護，增長使用壽命之目的，故針對碼頭設施結構物之檢測技術研究有其必要性。

結構物之維修是為確保安全，使用功能及延長使用年限，以往我國工程與設施較注重興建，或全面維修，對於平常之維護均認為是例行公事，僅編列少數維護經費。而英、美、日等先進國家則均依環境特性，規劃一套完整之維護計劃，不但使維護經費做最有效之運用，並可杜絕龐大維護費用之浪費，且對人、社會及環境造成最低之衝擊。因應世界潮流與營建主流趨勢，未來構造物其維護管理所佔權重，將比興建或全面重建更形重要，因此，未來港灣結構物之劣化與維護時，相關檢測技術或維修工法與應用亦為本計劃重要之研究課題。本計劃將針對港灣構造物，針對其破壞型式，研擬港灣構造物檢測標準，參考先進國家經驗，制訂適用我國之標準。並建置檢測程序，撰寫維護管

理手冊，提供工程師便利操作及應用。本計畫之研究成果將可具體提供國內各港務分公司辦理港灣構造物安全檢查評估及維護管理之參據。

## 1.2 計畫目的

為確保港灣構造物安全性、使用功能及延長使用年限，並符合英、美、日等先進國家之完整維護計劃，以達維護經費有效運用、杜絕維護費用浪費與對社會經濟環境造成最低之衝擊，故本案最終之目的有以下幾項主要之目的：

- 1.港灣構造物維護管理制度之建立
- 2.港灣構造物安全評估之研析
- 3.港灣構造物維護管理系統之建置

本案為四年期第三年計畫，各期依目視檢測、儀器檢測、安全評估、維護管理手冊與維護管理系統等，如表 1-1 所示：

**表 1-1 本計畫各年度執行內容**

年期 工作內容	第一年	第二年	第三年	第四年
目視檢測	1.國內檢測標準之概況分析。	檢測標準之試用。	檢測標準之修改。	建立港灣構造物檢測技術與程序。
儀器檢測	2.歐美日等國檢測標準之比較分析。 3.實作模擬訓練。	檢測儀器之適用性探討。	儀器檢測內容之持續更新。	
安全評估	1.新式評估方法之建立。 2.新式與現有安全評估方法之比較分析。	1.初步檢測安全評估研擬。 2.複合式構件之評估方法研擬。	碼頭單元評估方法之擬定(針對重力式、棧橋式與板樁式)。	建置評估項目、數量，建立安全評估程序。
維護管理手冊	1.檢測標準擬定。 2.檢測程序擬定。	檢測表單之試填、推廣與修正。	維護管理手冊之持續更新。	建立港灣構造物維護管理手冊。
維護管理系統	系統資料庫架構規劃。	1.構件拆解與各異狀標準建立。 2.分析預測工具之研擬。 3.檢測系統試執行。	1.擴大建置港灣構造物資料。 2.分析預測工具模組建置。 3.檢測報告產出模組建置。	建置港灣構造物維護管理系統。

## 1.3 計畫對象與範圍

### 1.研究計畫對象

本計畫研究對象為碼頭(包含重力式、板樁式與棧橋式三種)與防波堤等港灣構造物為主，初步擬定將以基隆港為對象，本研究團隊已執行「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」與「基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究」兩案，故希望能再藉此研究基礎上，再進行更深入之探討與設施資料之擴充。

### 2.研究計畫範圍

計畫範圍主要針對港灣構造物檢測標準，配合國內外之文獻資料，進行比較分析，藉以制訂適合我國之標準外。亦針對港灣構造物檢測建置其執行政序，配合手冊之撰寫(包含施檢測類型與頻率、構件編碼原則、目視檢測評估標準、儀器檢測建議與修復排序等)，藉以讓現場工程師能便於操作。至於安全評估部分，本研究亦將針對現有評估方式進行探討，並提出結合目視與儀器檢測之新式評估方法。

## 1.4 研究流程

本研究計畫分 4 年(100 年~103 年)執行，第一年(民國 100 年)已完成國內外檢測標準比較分析並進行實作模擬訓練、建立新式評估方法及探討其與現有安全評估方法之比較分析、擬定檢測標準及檢測程序、規劃碼頭維護管理系統資料庫架構。第二年(民國 101 年)已完成檢測標準試用及探討岸上檢測儀器之適用性、擬定複合式構件之評估方法、維護管理手冊檢測表單之試填與修正、維護管理系統各種型式碼頭構件拆解與建立各劣化狀況標準、檢測系統試執行、研究成果實作模擬教育訓練等。

本期(民國 102 年)預期完成工作項目如下：

- 1.水下檢測儀器之適用性探討與試作
- 2.碼頭構件單元評估方法之擬定(針對重力式、棧橋式與板樁式)
- 3.維護管理系統模組增加
  - (1)擴大建置港灣構造物資料
  - (2)分析預測工具之研擬
- 4.檢測報告產出模組建置

本計畫為「港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)」，此計畫之主軸圍繞於「維護管理作業標準制訂」、「現有港灣構造物安全評估方法之檢討」與「維護管理系統建置」三項。本期在「檢測作業標準制訂」於目視檢測標準修訂部分簡化檢測內容，並藉由圖示輔助增加實用性；而儀器檢測適用性探討部分以混凝土與鋼材兩類，內容包含檢測原理、檢測程序、檢測注意事項與檢測內容，其中，儀器檢測增加3D光達與防蝕系統檢測之腐蝕電位測定技術。「現有港灣構造物安全評估方法檢討」以前一年度試驗之執行，探討所提破壞指標之影響性，且應用於鋼板樁碼頭與研議重力式碼頭結構破壞之評估方式。「維護管理系統建置」，修正目視檢測標準、系統初步檢測安全評估方式與經常巡查輸入、建置防波堤維護管理系統與撰寫碼頭設施維護管理系統使用手冊，今年度將擴大建置港灣構造物資料（增加碼頭基本資料）、研擬分析預測工具與建置檢測報告產出模組。研究流程中針對「檢測標準制定」中所撰寫之維護管理手冊進行審核，以便於下一年度推廣時能切合需求。本計畫之研究流程如下圖 1.1 所示。

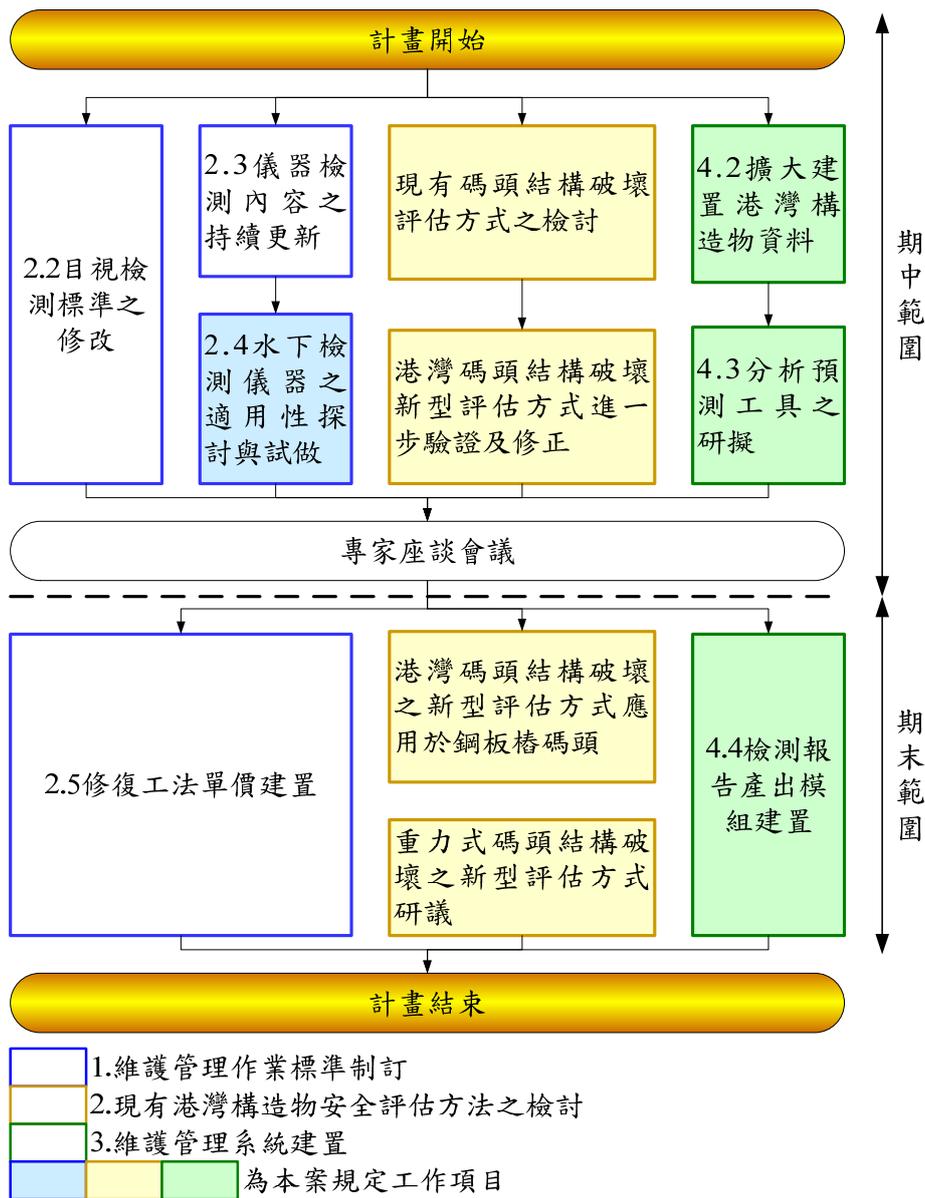


圖 1.1 研究流程

## 第二章 港灣構造物檢測作業標準制訂

本章首先就本案迄今之成果藉由圖 2.1 港灣構造物維護管理作業流程進行概述，說明目前已完成之目視檢測標準、儀器檢測標準、初步檢測安全評估、詳細檢測安全評估與處置對策(緊急維修、緊急搶修、年度維修)。本期目視檢測標準除由前一年度舉行之教育訓練持續回饋各港務分公司對於劣化異狀判別之方式與數值外，亦藉由歷次工作會議修正，並且希望藉由本期舉行之座談會議(已於 7 月 11 日舉行)討論「碼頭構造物維護管理手冊」內容之適宜性。儀器檢測標準目前已就混凝土與鋼構造物羅列非破壞檢測技術(如應用敲擊回音法確認裂縫深度)，就海床深度、地下孔洞分布與碼頭岸肩狀況，分別以水深多音束、透地雷達與光學測量等技術，撰寫其各自之檢測原理、檢測程序、檢測注意事項與檢測成果等內容，供現場檢測人員參考之用，本期報告再補充三維光達(3D Lidar)應用於確認碼頭岸肩地形或防波堤堤體是否有異常之情況，確認碼頭與防波堤水下構造物之情況；水下儀器檢測部分針對防蝕系統檢測技術除原有之檢測技術說明外，亦補充實例檢測案例，以作為適用性與視作之參考。修復工法之處置對策，目前已就劣化異狀(分就鋼筋混凝土與鋼構造物)提供 7 項維護工法，本期再藉由資料之蒐集補充各類型碼頭與其附屬設施之建議處置對策。

### 2.1 目前成果與本期工作內容

本節先就港灣構造物檢測作業標準制訂之研究成果進行概述，作業標準之程序如圖 2.1 所示，圖中針對經常巡查、定期巡查與特別巡查制定其「碼頭構造物檢測類型與頻率」、「碼頭構造物構件編碼原則」與「碼頭構造物目視檢測評估標準」，其後制定對目視檢測後需進行之「碼頭構造物儀器檢測」與「碼頭構造物初步安全評估」之內容，最後針對各劣化異狀制定其「處置對策」。以下就上述內容進行說明：

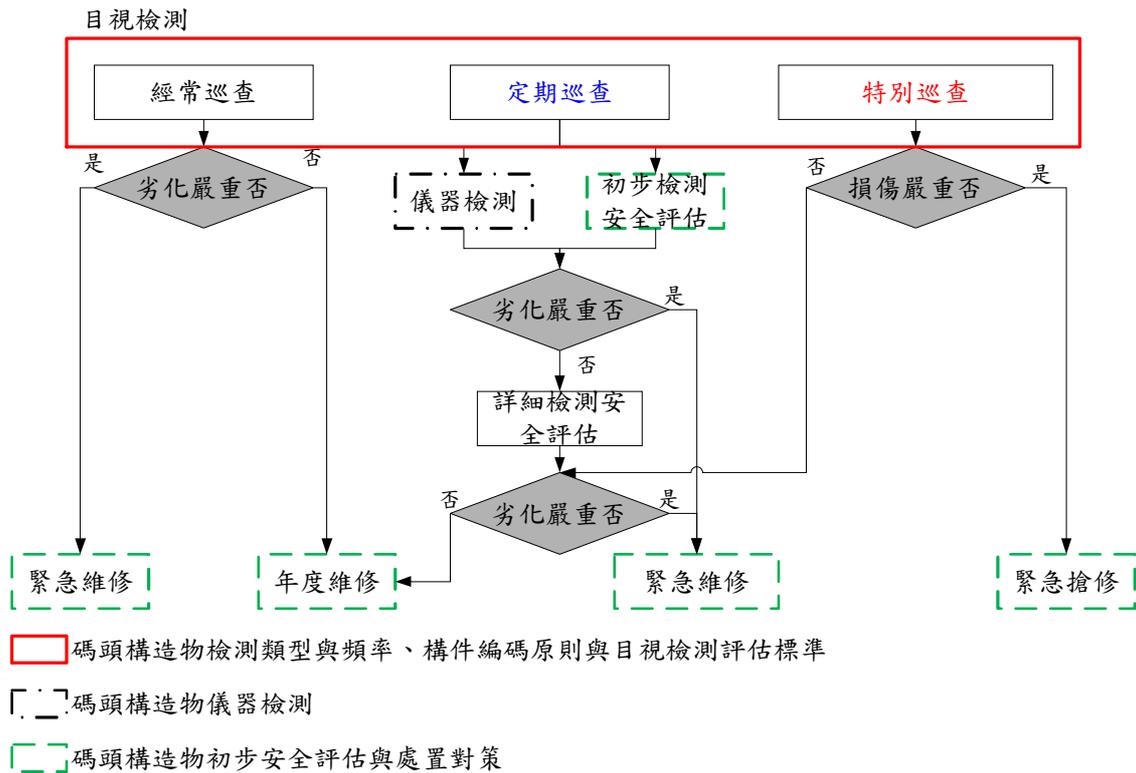


圖 2.1 港灣構造物維護管理作業流程

### 1. 碼頭構造物檢測類型與頻率

巡查類型與頻率依「經常巡查」、「定期巡查」與「特別巡查」而分就「建議執行單位」、「巡查時機」與「巡查方式」來進行制定，如表 2-1 所示，詳細說明請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊第一章所示。

表 2-1 檢測作業種類比較

種類	建議執行單位	巡查時機	巡查方式
經常巡查	工務權責單位	日常 (建議每季一次)	目視巡查(岸上)
定期巡查	委外發包廠商	固定時間 (建議兩年一次)	目視巡查(包含水下)、簡單儀器、依需求配合詳細儀器檢測
特別巡查	工務權責單位	重大災害 事故發生後	目視巡查(岸上)

## 2.碼頭構造物構件編碼原則

重力與板樁式碼頭為連續式結構，原以 10m 為一單元(Block)區分，若屬重力式沈箱碼頭，則以各沈箱作為單元區分，編碼之順序以面向碼頭編號增加方向進行(如圖 2.2 所示)，此兩型式碼頭今年度將修正編碼方式，請參閱 2.2 節所述。棧橋式碼頭單元則依墩柱縱向柱線間距進行單元編碼，棧橋式墩柱編碼方式  $P_{nm}$ ( $n$  為橫向編號、 $m$  為縱向編號)。各類碼頭劣化位置之描述請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊第二章所示。

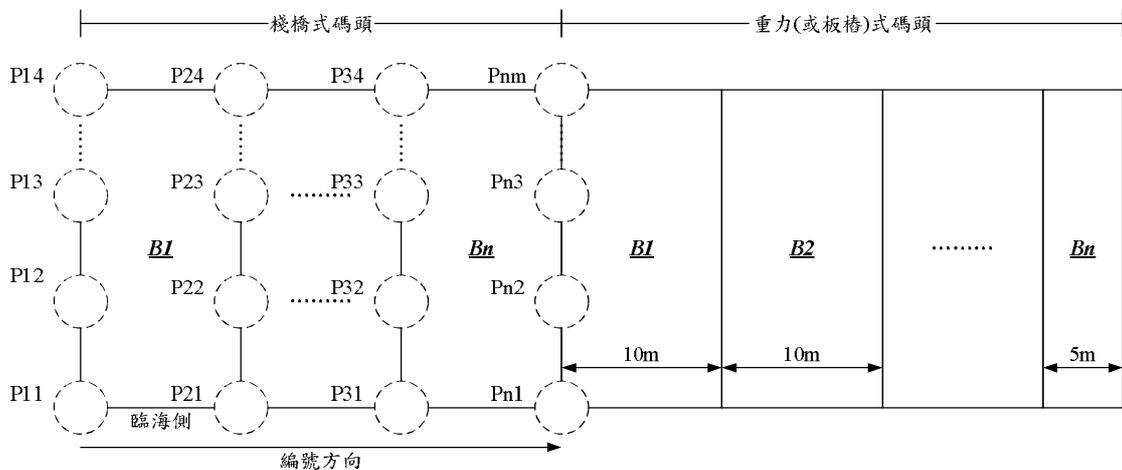


圖 2.2 重力、板樁與棧橋式碼頭單元編碼示意

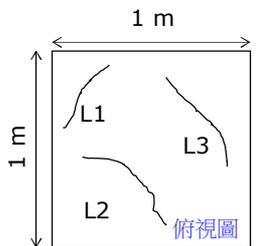
## 3.碼頭構造物目視檢測評估標準

評估標準依各類碼頭型式而有所區別，其標準依前述編碼將各構件劣化異狀以 1~4 等狀況予以文字(如表 2-2 所示)與圖示(或照片)(如表 2-3 所示)之描述，各類碼頭劣化位置之描述請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊第三章所示，其中劣化狀況為 1 者，即為狀況良好；劣化狀況為 2 者，即為劣化狀況輕微；劣化狀況為 3 者，即為劣化狀況明顯；劣化狀況為 4 者，即為劣化狀況嚴重，以下將就劣化狀況等級 2、3 與 4 說明之。

表 2-2 重力式碼頭目視檢測標準(節錄)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	岸肩	裂縫	1	無異狀
			2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
		剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
		沈陷 (雨天 檢視)	1	無異狀
			2	岸肩輕微下陷(面積<5 m <sup>2</sup> 、高度<2.5 cm)
			3	岸肩明顯下陷(面積≤5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm 或面積>5 m <sup>2</sup> 、高度≤2.5 cm)
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)

表 2-3 重力式碼頭-碼頭本體-岸肩裂縫異狀輔助判斷圖示

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>局部(1m<sup>2</sup>)可見到2~3個寬度3mm以下的裂縫</p>	 <p>裂縫寬度約3~5mm以內</p>	 <p>裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約5mm以上</p>

#### 4.碼頭構造物儀器檢測

檢測儀器技術依組成材料分為「混凝土」與「鋼材」，並就其他非屬上述兩種材料之檢測技術，以「其他」類型羅列，如圖 2.3 所示。各檢測技術就其檢測原理、檢測程序、檢測注意事項與檢測成果進行撰寫以供現場工程人員參閱，並就各技術應用之對象(如表 2-4~表 2-6 所示)與適用性(如表 2-7 所示)進行列表以供參閱，詳請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊第四章所示。

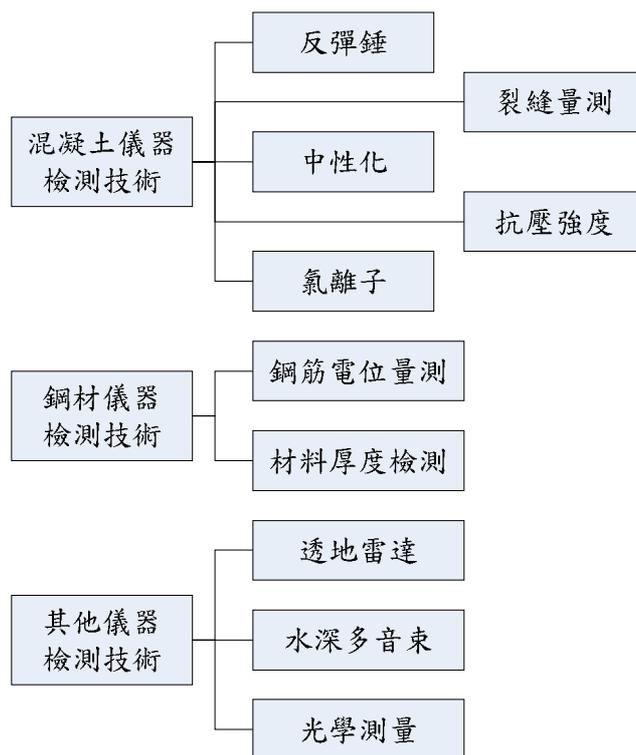


圖 2.3 碼頭構造物檢測技術列表

表 2-4 重力式碼頭構件儀器檢測對應

第 1 層構件	第 2 層構件	建議儀器檢測項目	
		結構性檢測	材料性檢測
碼頭本體	岸肩	透地雷達、光學測量、混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量測、鋼筋電位值量測、中性化試驗、抗壓試驗、超音波脈波速度量測、氯離子檢測
	壁體		
	後線	光學測量	—
海床		水深多音束探測	—

表 2-5 板樁式碼頭構件儀器檢測對應

第 1 層構件	第 2 層構件	建議儀器檢測項目	
		結構性檢測	材料性檢測
碼頭本體	岸肩	透地雷達、光學測量、混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量測、鋼筋電位值量測、中性化試驗、抗壓試驗、超音波脈波速度量測、氯離子檢測
	壁體		
	後線	光學測量	—
海床		水深多音束探測	—

表 2-6 棧橋式碼頭構件儀器檢測對應

第 1 層構件	第 2 層構件	建議儀器檢測項目	
		結構性檢測	材料性檢測
面版	梁	混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量、鋼筋電位值量測、超音波脈波速度量測
	岸肩底部		
	岸肩	透地雷達、光學測量、混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量測、鋼筋電位值量測、中性化試驗、抗壓試驗、超音波脈波速度量測、氯離子檢測
	後線	光學測量	—
拋石護坡		—	—
海床		水深多音束探測	—

其中表 2-7 之抗壓強度、中性化、氯離子與腐蝕電位，如需鑽心者，建議應先行考量鑽心為一破壞試驗，應妥善考慮其必要性。如欲鑽心取樣進行抗壓強度，作為後續混凝土強度，代入數值模型，建議可以反彈錘取得混凝土強度之數值。

表 2-7 碼頭構造物儀器檢測技術適用性表

	混凝土強度	混凝土品質	裂縫深度	鋼筋配置	鋼筋腐蝕狀態	防蝕性能	海床狀態	孔洞	沈陷
1.抗壓強度	●	●							
2.中性化		●							
3.氯離子		●							
4.腐蝕電位					●				
5.板(管)樁厚度檢測						●			
6.應力波法		●	●	●					
7.反彈錘	●	●							
8.透地雷達				●				●	
9.水深多音束							●		
10.光學測量									●

## 5.碼頭構造物初步安全評估與處置對策

(1)碼頭構造物初步安全評估：評估方式可分為單一構件與整體構造物，前者可作為單一構件修復排序之依據，如圖 2.4 所示，配合

後續之處置對策選擇修復工法，未來再配合各處置對策之修復單價，藉以估算修復經費；後者藉由各構件權重(藉由層級分析法發放 20 份問卷針對專家學者以構件兩兩比較之方式決定，權重表依各類型碼頭而分請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊第五章 5.1 節所示)，評估各碼頭整體狀況，如圖 2.5 所示，藉以提供管理者做維修排序決策管理之用。

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化位置	劣化程度	採用	權重	結果
B11	面板-梁	裂縫	B1	3	3	0.07	0.21
B11	面板-梁	腐蝕	B1	2			0.14
B11	面板-梁	腐蝕	B2	2	2	0.02	0.04
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S1	2	2		0.04
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S2	2	2		0.04

圖 2.4 單一構件評估說明

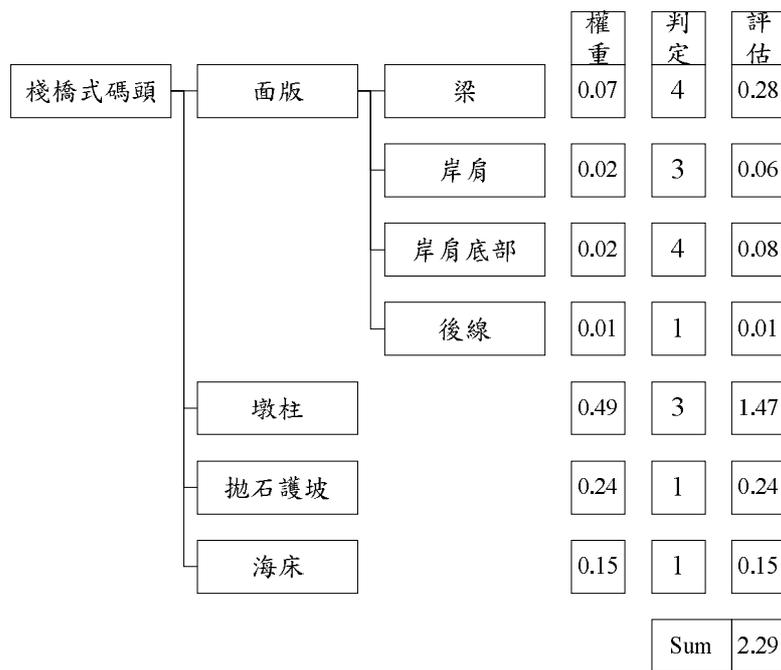


圖 2.5 整體構造物評估說明

(2)碼頭構造物處置對策:處置對策依前述圖 2.1 分為「年度維修」、「緊急維修」與「緊急搶修」方式，如圖 2.6 所示：

- ①年度維修：確認能否掌握劣化原因，若否則需進行詳細檢測，再擬定維修補強策略後，進行施工；若能掌握劣化原因，則可直接擬定維修補強策略並進行施工。
- ②緊急維修：為構件為目視檢測標準為等級 4 之狀況，需確認是否掌握劣化原因，若否則需交由專案檢測小組了解其劣化原因後，遴選顧問公司與營造廠進行施工；若能掌握其劣化原因，則可直接遴選顧問公司與營造廠進行施工。
- ③緊急搶修：由於屬重大人為事故或天然災害後之修復，其目視檢測標準為等級 4 之狀況，屬緊急狀況，為避免二次災害的發生，故直接委由顧問公司與營造廠商進行快速補強設計，進行施工，以利安全。

處置對策依各劣化異狀(針對狀況等級為 2 與 3 者)對應建議的修復工法，並於其後說明各工法的施工說明與工料分析，以供現地工程師使用，惟在此僅針對一般性修復工法進行說明，補強工法部分針對劣化狀況等級為 4 者，因涉及結構分析與設計，故僅提供維修補強工法以供參考。一般性修復補強之處置對策依鋼筋混凝土構造物(C)、鋼構造物(S)與其他工法(O)加以區分，並藉由目視檢測標準訂定之劣化等級對應其修復方式，如表 2-8 所示。

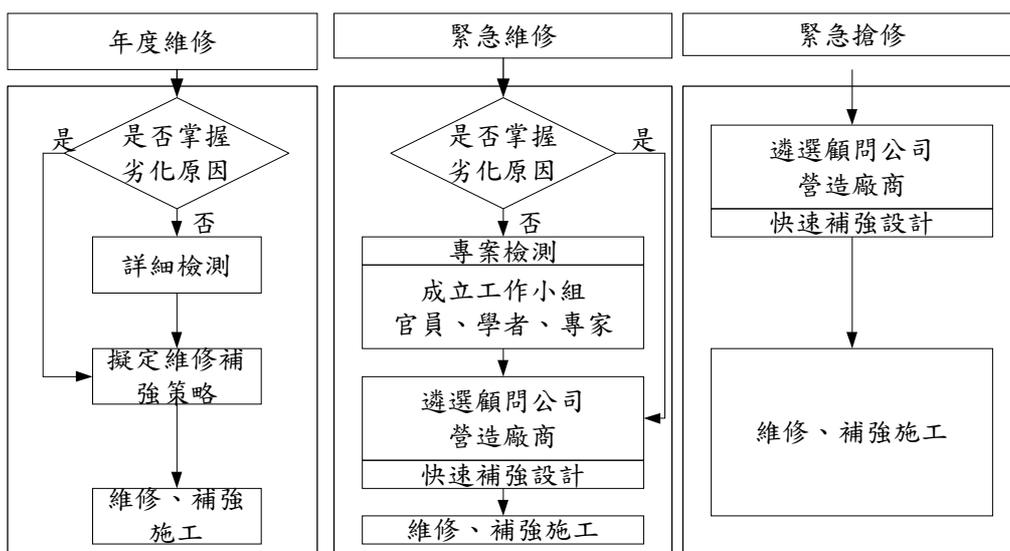


圖 2.6 碼頭構造物處置對策程序

表 2-8 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(節錄)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性,再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm, 深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕, 剝落寬度直徑≤15 cm, 深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm, 深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕, 且鋼筋底部混凝土剝落, 且剝落寬度直徑>15 cm, 深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性,再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)

## 2.2 碼頭構造物構件編碼原則與檢測表格修正

### 1. 碼頭構造物構件編碼原則修正

目前重力與板樁式碼頭以 10 m 為一單元進行編碼, 惟此編碼方式單元切割較多且檢測進行時較不易判別單元, 故經專家座談會議後之建議, 修正為以繫船柱進行編碼(棧橋式因其結構型式與判別較為容易, 故仍維持原有方式)。故針對此兩類碼頭, 以兩繫船柱間為一單元(Block)如圖 2.7 所示, 若各碼頭間之交界若非繫船柱, 則仍須編列為一單元, 如圖 2.7(1)所示。各碼頭單元構件拆解分為碼頭本體、海床與附屬設施。碼頭本體再拆分成岸肩、壁體與後線; 附屬設施拆分成繫船柱、防舷材、車擋與起重機軌道。各構件之劣化狀況位置記錄如表 2-9 及圖 2.8 所示。

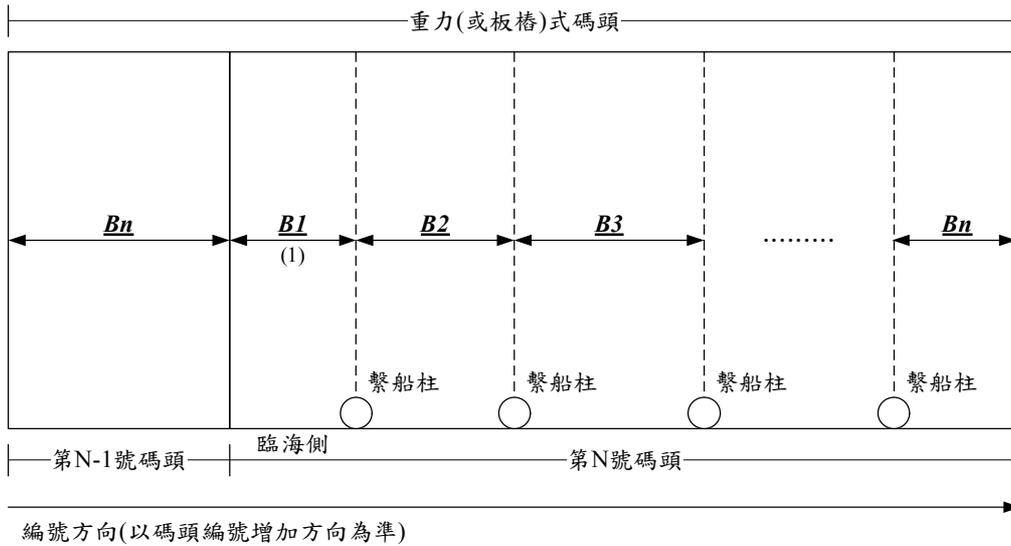


圖 2.7 重力與板樁式碼頭單元編碼方式修正

表 2-9 重力與板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式說明

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
碼頭本體	岸肩	紀錄 X、Y 值(如圖 2.8(a)之(1)所示)
	壁體	紀錄 X、Z 值(如圖 2.8(b)之(2)所示)
	後線	紀錄 X 值(如圖 2.8(a)之(2)所示)
海床		紀錄 X 值(如圖 2.8(b)之(1)所示)
附屬設施	車擋	紀錄第 n 個
	繫船柱	無(一單元僅有一個)
	防舷材	紀錄第 n 個
	吊車軌道	紀錄 X 值

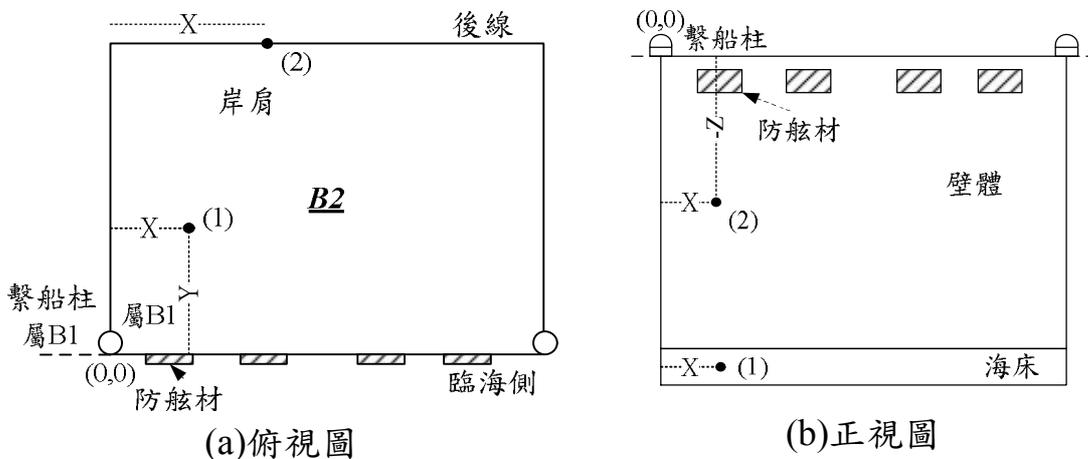


圖 2.8 重力、板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示

## 2.碼頭構造物檢測表格修正

### (1)經常巡查檢測表

經常巡查以表 2-10 進行。由於該表建議為提供碼頭工務權責單位平時使用，其檢測方式以整體碼頭岸上構件進行記錄，故若各構件有劣化異狀發生，則填寫其最嚴重的劣化狀況等級(表格中僅顯示數值，對應之劣化狀況等級描述附加於其後)，並紀錄其所發生的單元位置與劣化位置，數量則以總數量為準，照片編號則紀錄拍攝相片編號之用。

表 2-10 碼頭經常巡查檢測表

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭資料	港灣名稱				碼頭編號		
檢測單位：				檢測人：			
碼頭本體							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
岸肩	裂縫	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X__,Y__	m		
	剝落	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
	沈陷	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
後線	沈陷	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X_____	m <sup>2</sup>		
附屬設施							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
繫船柱	腐蝕龜裂	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		—	個		
防舷材	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		第____個	個		
車擋	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		第____個	個		
起重機軌道	腐蝕位移	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X_____	m		
檢測員意見：							

## (2)定期巡查檢測表

定期巡查以單一單元方式進行，如表 2-11 所示。巡查時除岸上目視檢測外，尚包含水下目視檢測，因此以碼頭各單元檢視各構件劣化異狀，並紀錄最嚴重者之劣化狀況等級與其劣化位置，並將該類型劣化數量以總量紀錄(照片編號同前述之經常巡查)。

表 2-11 碼頭定期巡查檢測表(節錄)-以重力式碼頭為例

編號：\_\_\_\_\_

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭基本資料	港灣名稱		碼頭編號				
	碼頭用途		<input type="checkbox"/> 貨櫃碼頭 <input type="checkbox"/> 散雜貨碼頭 <input type="checkbox"/> 客運碼頭 <input type="checkbox"/> 其他碼頭				
	碼頭型式		<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 混合式(_____)				
檢測資料		檢測單元		B _____			
檢測單位：				檢測人：			
碼頭本體							
巡查項目		劣化輕微(D=2)	劣化中等(D=3)	劣化嚴重(D=4)	劣化數量	劣化位置 <sup>註3</sup>	照片編號
岸肩	裂縫	<input type="checkbox"/> 局部可見到2~3個部位有裂縫(裂縫寬度約3mm以下)	<input type="checkbox"/> 局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約3~5mm之間)	<input type="checkbox"/> 裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約5mm以上)	m	X :     m Y :     m	
	剝落	<input type="checkbox"/> 混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑≤15 cm，深度≤2.5 cm	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	m <sup>2</sup>	X :     m Y :     m	

## (3)特別巡查檢測表

特別巡查乃針對天然或人為災後發生後為主，故以檢視岸上構件是否有達到劣化狀況為 4 之情形，故並非紀錄碼頭構件劣化狀況等級，而以紀錄「是/否」值，如表 2-12 所示。由於該表建議由工務權責單位於重大災害事故後進行快速岸上目視檢測，確認是否需進行緊急搶修，故除此部份外，其餘方式相同於經常巡查方式。

表 2-12 碼頭特別巡查檢測表

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭資料	港灣名稱			碼頭編號			
檢測單位：				檢測人：			
碼頭本體							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
岸肩	裂縫	裂縫擴散至整個岸肩? 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m		
	剝落	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
	沈陷	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)(雨天檢視) 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
後線	沈陷	岸肩嚴重下陷(高度>10 cm、面積>10 m <sup>2</sup> ) 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X_____	m <sup>2</sup>		
附屬設施							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
繫船柱	腐蝕龜裂	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		—	個		
防舷材	龜裂破損	材質老化、構件變形或掉落是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		第____個	個		
車擋	龜裂破損	材質嚴重龜裂或脫落是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		第____個	個		
起重機軌道	腐蝕位移	兩軌間距高差>=4.25mm、兩軌間距左右差>=10mm、大範圍生鏽影響功能是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X_____	m		
檢測員意見：							

### 2.3 目視檢測標準內容之修正

檢測標準藉由前期之教育訓練與歷次工作會議討論回饋修正板樁式碼頭本體一壁體之接縫開裂與附屬設施一起重機軌道之損壞等劣化異狀。

## 1.板樁式碼頭本體—壁體—接縫開裂

經第二次季工作會議討論後，在板樁式碼頭本體—壁體—接縫開裂劣化異狀上，因壁後回填粒料粒徑較大，故在劣化描述說明上將漏砂狀況數值予以調整，並將其名稱改為開裂深度，此項劣化異狀更新前後之表格如表 2-13 所示。

表 2-13 板樁式碼頭-碼頭本體-壁體接縫開裂目試檢測標準修正表

構件	劣化類型	劣化狀況	原有劣化狀況說明	更新劣化狀況說明
壁體	接縫開裂	1	無異狀	無異狀
		2	有輕微開裂(長度約達 10~20cm)，漏砂狀況(鋼棒可入裂縫約<5cm 深)	開裂深度輕微(文公尺可入裂縫約<10cm 深)
		3	有明顯開裂(長度約達 20~30cm)，漏砂狀況(鋼棒可入裂縫約 5~10cm 深)	開裂深度中等(文公尺可入裂縫 10~20cm 深)
		4	有嚴重開裂(長度約達 30cm 以上)，漏砂狀況(鋼棒可入裂縫約>10cm 深)	開裂深度嚴重(文公尺可入裂縫約>20cm 深)

## 2.附屬設施—起重機軌道之損壞

雖已將藉由文獻收集而羅列之起重機軌道損壞予以簡化，以便於現場工程師進行檢測，但經意見回饋與現場勘查後，再將「兩軌間距高差」與「鋼軌生鏽」等描述予以刪除，餘下之兩軌間距左右差與鋼軌接縫高差較容易判別，如圖 2.9 所示，此項劣化異狀更新前後之表格如表 2-14 所示。

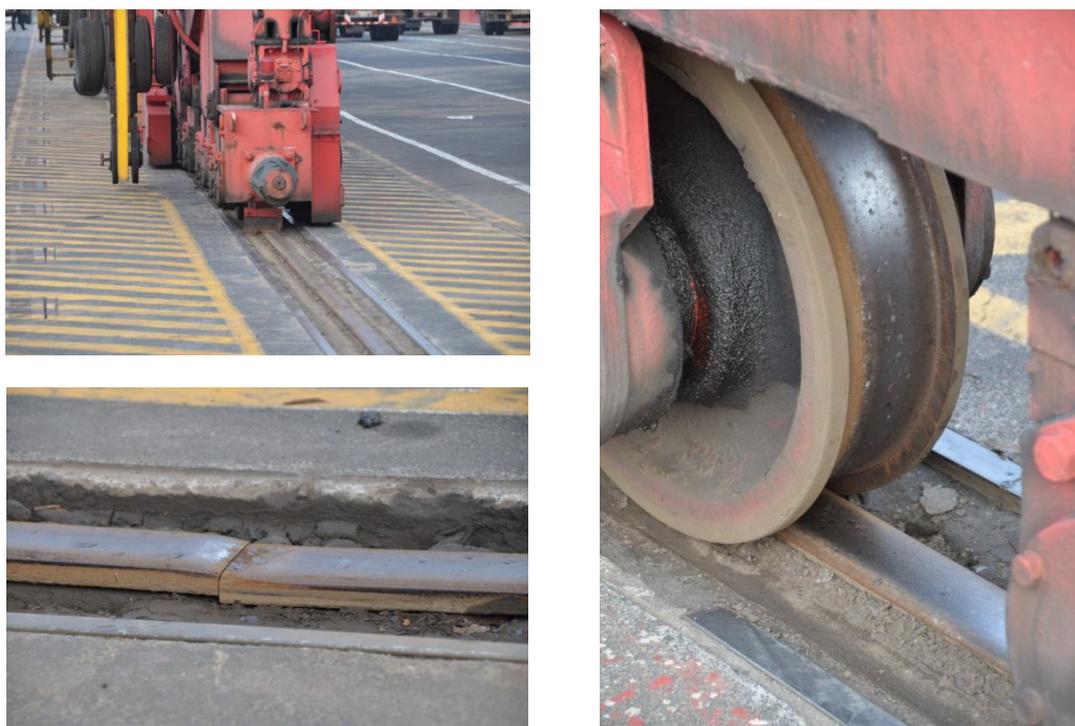


圖 2.9 起重機軌道損壞鋼軌接縫高差照片

表 2-14 起重機軌道損壞目試檢測標準修正表

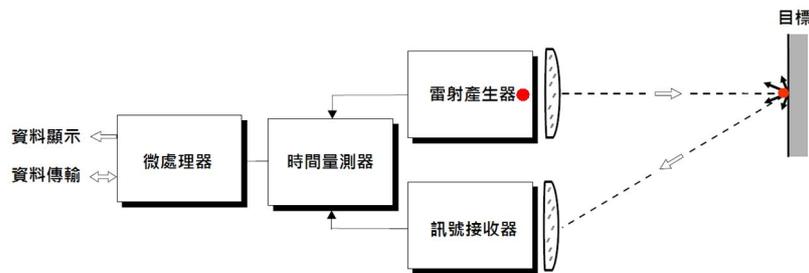
構件	劣化類型	劣化狀況	原有劣化狀況說明	更新劣化狀況說明
起重機軌道	腐蝕 位移	1	無異狀	無異狀
		2	兩軌間距高差<3mm、兩軌間距左右差<5mm、鋼軌接縫高差<3mm	兩軌間距左右差<5mm、鋼軌接縫高差<3mm
		3	兩軌間距高差 3mm~4.25mm、兩軌間距左右差 5mm~10mm、局部區域有生鏽、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm	兩軌間距左右差 5mm~10mm、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm
		4	兩軌間距高差>=4.25mm、兩軌間距左右差>=10mm、大範圍生鏽影響功能、鋼軌接縫高差>4.25mm	兩軌間距左右差>10mm、鋼軌接縫高差>4.25mm

## 2.4 儀器檢測內容之補充

### 1. 三維光達(3D Lidar)檢測技術

#### (1) 檢測原理

光達為 LADAR(Laser Detection And Ranging)或是 LiDar(Light Detection And Ranging)如圖 2.10 所示。雷射測距中有兩個主要的量測方法，分別為脈衝式測量法(pulsed ranging)與相位差法(phase difference method)，前者是計算測量光脈衝從發出到接收所花費的時間如圖 2.11 所示，後者是應用連續波雷射(Continuous Wave lasers)量測從傳送出去的訊號與打到物體散射回來所接收訊號的相位差，如圖 2.12 所示。



$$R=CT/2 \quad C \text{ 代表光速}=300,000 \text{ km/s}$$

圖 2.10 3D 光達量測原理

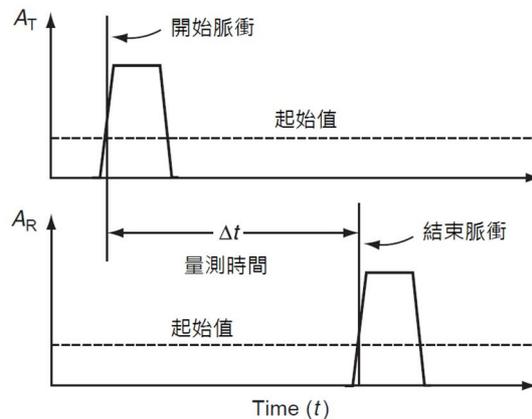


圖 2.11 脈衝式測量法

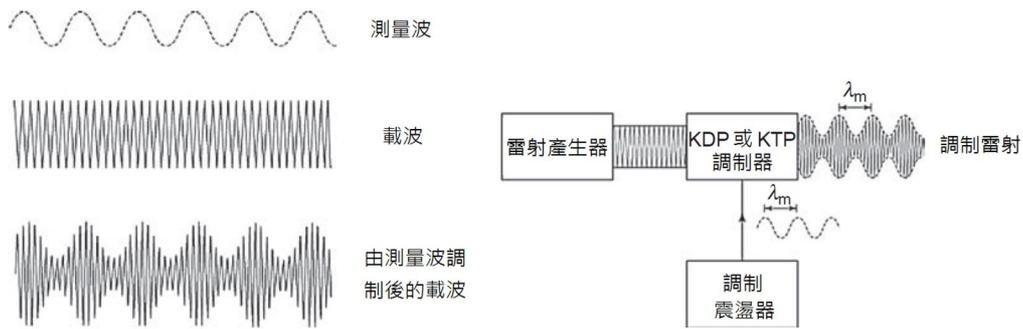


圖 2.12 相位差法

光達是雷射掃描系統(Laser scanner system)、全球定位系統(Global Positioning System, GPS)以及慣性導航系統(Inertial Navigation System, INS)的結合，透過雷射掃描儀向地面發出雷射光對地物進行掃描並記錄，同時 GPS 系統提供掃描儀精確的三維位置以及 INS 系統提供飛機姿態數據。

其中 INS 系統由慣性測量單位(Inertial Measurement Unit, IMU)及導航電腦所組成，一個 IMU 包含了三個單軸加速度儀(accelerometer)及三個單軸的陀螺儀(gyroscope)，再透過這座標資料可以將物體從其所在的環境中擷取出來製成 3D 模型，其資料通常以許多點分布於一個三維的空間中的方式儲存稱為點雲，大部分光達的研究是利用點雲的幾何與強度值來進行。

一束雷射光打出可以有數個回波反射回來，在小足跡光達系統(光斑直徑 0.2~3m)中是使用多脈衝系統(multiple pulse systems)來記錄，而另外一種全波形(full-waveform)系統則是大足跡光達系統(光斑直徑 10~70m)，如圖 2.13 所示，在小足跡光達中雷射光通過的物體較為單一所以對於波形的影響比較明顯，但是很有可能無法一直穿透到打到地面的點，大足跡光達可以確保打到地面點但是在每個回波都是受到數個目標物在不同的位置與不同的特性所影響。

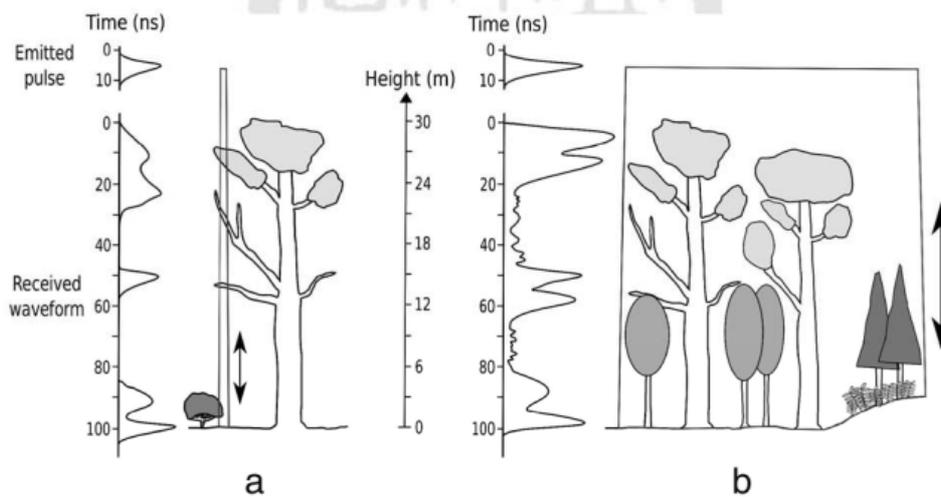


圖 2.13 小足跡光達(a)與大足跡光達(b)示意圖(Mallet & Bretar, 2009)

全波形系統在訊號分解與增強脈衝探測法上很有貢獻，其較嵌入式即時系統(embedded real-time systems)更能夠準確地接收大量的回波，可以得到密度略高的點雲與較好的距離探測，如圖 2.14。

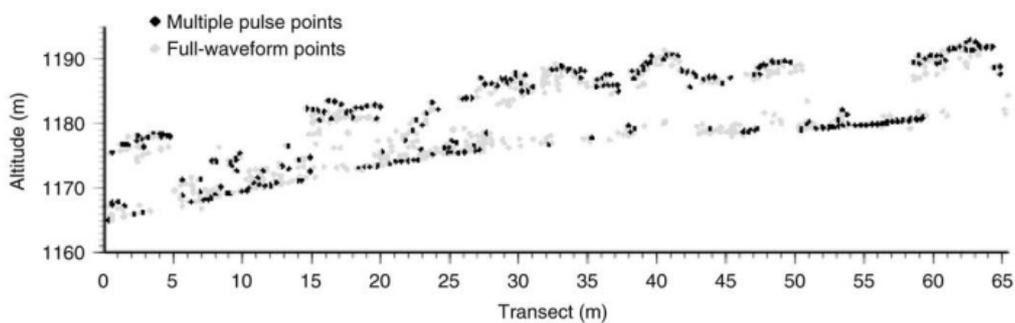


圖 2.14 植被在全波形與多重回波點雲的比較(Mallet & Bretar, 2009)

根據(Meng, Currit, & Zhao, 2010)光達技術於產製 DEM 上的能力相較於傳統方法(如攝影技術、自動影像比對、高程擷取技術)來的優越，主要有五點：

- ①點雲的密度高。
- ②基於光達點在高程的分析上可以擷取出表面特徵。
- ③可以細微的分出高程上的差異。

④透過多重回波可以辨別植被的樹冠。

⑤因為有多重回波所以可以載有高密度植被的地方進行地面測量。

光達可以有效運用對於地滑監測(McKean & Roering, 2004)，也可對於地質構造特徵的辨識與擷取上的使用(Sturzenegger & Stead, 2009)。

(2)檢測程序(如圖 2.15(a)所示):藉由「現場勘查」進行固定式光達「量測點選擇」,其後進行「現場量測」,如圖 2.15(b)所示,最後將量測資料進行處理與結果繪製。

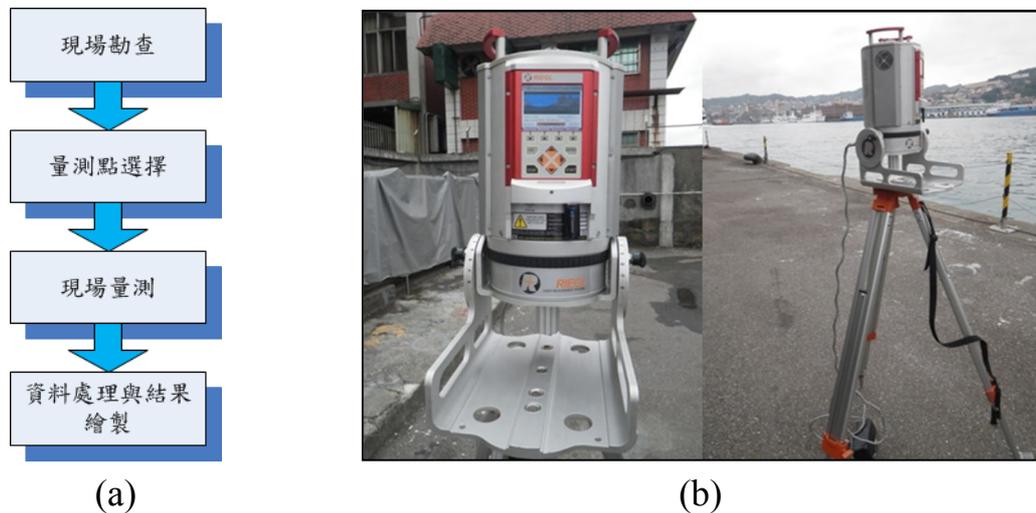


圖 2.15 三維光達量測程序與檢測照片

(3)檢測注意事項:檢測方式依採用之儀器類型而有其差異,其特性如下:

①脈衝式雷射的特點:距離測量準確和精度高是基於飛行-時間差的雷射掃描儀的性能特點。

a.測距範圍:大於 200m,最遠的甚至達到 6,000m

b.測距精度

(a)中距離脈衝雷射掃描儀(最大測距: $< 2,000\text{m}$ ): $\pm 2\text{ mm} - \pm$

7 mm(測距<50m 時)。

(b)超長距離脈衝雷射掃描儀(最大測距:< 6,000m): $\pm 15$  mm(測距< 50m 時)。

c.最大雷射掃描頻率:2,000~300,000Hz。

d.太陽光和室外光線對掃描點數和精度影響:小。

e.植被覆蓋區域:能夠應用,並且能夠去除植被。

#### ②相位式雷射的特點

a.測距範圍:<79m。

b.測距精度:5 mm(距離:< 25m): $\pm 12$  mm(距離:< 50m)。

c.最大雷射發射頻率:300,000~600,000Hz。

d.太陽光和室外光線對掃描點數和精度影響:大。

e.不適宜在陽光和晴天下室外進行大於 20m 的測距工作。

f.植被覆蓋區域:不能夠應用。

g.使用範圍侷限:在掃描物件具有多重目標的情況(如網狀、籬笆、樹木後的房子,設備)下不能使用。

#### (4)檢測成果

圖 2.16 為某板樁式碼頭岸肩地形地物之測繪成果,藉此瞭解岸肩高程狀況,圖中 No.1 與 No.2 區域為下陷區域, No.1 沉陷區域放大如圖 2.17 所示。此技術可快速針對碼頭岸肩進行大範圍之地形量測,除作為現況高程瞭解外,亦可藉由定期之量測,發現沉陷趨勢,以輔助判別重力或板樁式碼頭是否壁體有破損漏砂之情形。由於此技術可藉由定期之檢測進行資料判別作為長期監測之目的,故亦有案例將三維光達架設於船隻上,如圖 2.18 所示,測繪港灣防波堤構造物,以確認其狀況,如圖 2.19 所示。



圖 2.16 三維光達測繪碼頭岸肩成果

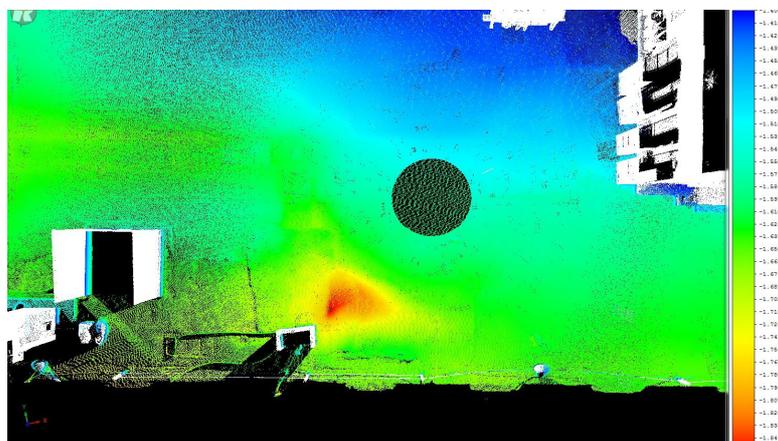


圖 2.17 碼頭岸肩沉陷區測繪成果



圖 2.18 光達安裝於船首照片

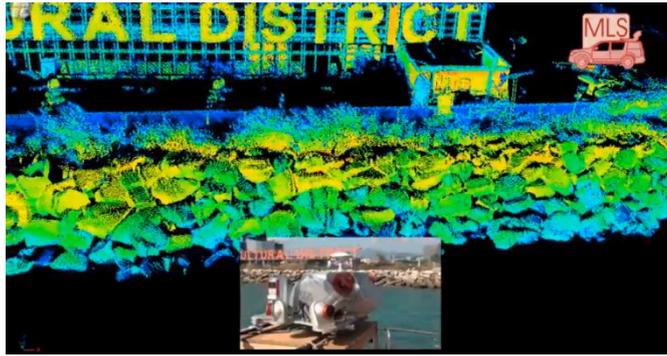


圖 2.19 船載光達測繪海堤成果

## 2.5 水下檢測儀器之適用性探討與試做

### 1. 防蝕系統(陽極塊)腐蝕電位測定

防蝕系統效果的檢測通常是以電位的測定來進行，透過高電阻電壓計與檢驗電極來測定鋼質構造物的電位，掌握防蝕設施的電位分佈狀況進而得知防蝕狀態。如圖 2.20 所示，使用海水氯化銀電極進行電位測定，數值假如比-780 mV(腐蝕電位)低的話，就表示處在防蝕狀態。電位測定裝置，如圖 2.21 所示，測定儀器包含高電阻電壓計、檢驗電極及電位測定裝置。實施電位測定的地點通常是在測定裝置設置地點與其相鄰的中間點。但是若在這些測定地點不包括陽極中間點的場合，為了掌握整個防蝕設施電位分佈狀況，則可在距離陽極最遠的地點進行電位測定。在構造物的深度方向的測定是以 1m 間隔在進行，另外在棧橋式鋼管樁未安裝陽極的場合，必須選定前列樁進行測定，檢測結果如表 2-15 所示，表中顯示其陽極塊 1~10 號小於-900 mV，故皆處於防蝕狀態。

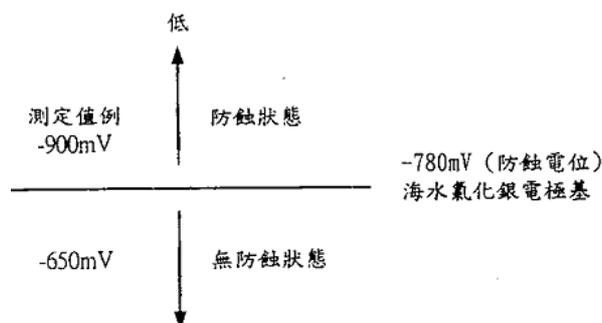


圖 2.20 防蝕效果的判定方法

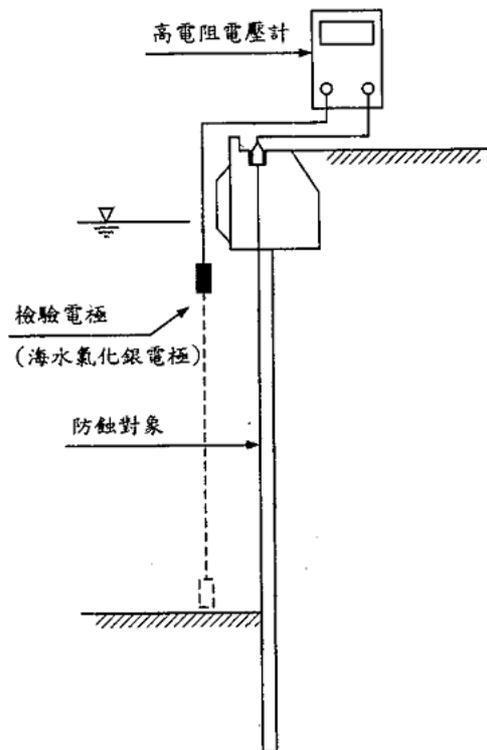


圖 2.21 電位測定示意圖

表 2-15 防蝕系統(陽極塊)腐蝕電位測定成果範例

碼頭 編號	陽極塊 編號	海生物清除前			海生物清除後		
		發生電位(mV)			發生電位(mV)		
		上	中	下	上	中	下
#4	1	-995	-990	-995	-998	-994	-1001
	2	-994	-992	-994	-997	-999	-998
	3	-993	-992	-992	-993	-992	-992
	4	-994	-997	-994	-996	-1002	-997
	5	-993	-995	-992	-999	-1000	-997
	6	-996	-996	-994	-998	-998	-996
	7	-999	-1001	-998	-1001	-1004	-1001
	8	-997	-995	-997	-999	-1001	-1001
	9	-998	-1000	-995	-1001	-1006	-997
	10	-1003	-1004	-1001	-1006	-1012	-1004

## 2.6 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 2.6.1 修復工法之處置對策補充

目前本計劃所建議之處置對策皆依各類型碼頭劣化異狀之等級而有所對應，各型式碼頭構件各劣化狀況等級與其處置對策矩陣如表 2-16~表 2-18 所示，本期藉由資料蒐集補充此項內容，處置對策之對應如下表 2-19~表 22 所示，表中，增列部分為「\*」中所述，新增內容將於其後述明其工法內容。既有修復工法(C1~C4、C7~C9 與 S3~S4)請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊第五章 5.2 節所示，既有建議之處置對策列表如圖 2.22 所示(圖中粗體字為本次新增部分)。表中對各構件劣化狀況 2~4 皆有其對應之建議處置對策。但針對狀況 4，由於需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強之故，故雖有提出但僅供參考。應用上還是以狀況 2~3 之一般性修復方式為主(附屬設施外，因其狀況等級為 4 即需更換與結構性構件不同)。

鋼筋混凝土構件修復工法	C1	樹脂砂漿塗抹工法	鋼構件修復工法	S1	新增鋼板焊補法
	C2	灌注環氧樹脂工法		S2	水中硬化環氧樹脂塗附法
	C3	修補水泥砂漿工法		S3	犧牲陽極式防蝕系統
	C4	混凝土及鋼筋修補		S4	外加電流式防蝕系統
	C5	陸側水中混凝土填補法		S5	鉚釘打設工法
	C6	回填料填補壓實法		S6	防蝕包覆修補法
	C7	水泥砂漿注射工法		S7	防蝕包覆重鋪法
	C8	水中混凝土澆置工法	其他構件修復工法	O1	拋石護基工法
	C9	噴凝土修復		O2	拋放麻袋混凝土法
	C10	增厚工法		O3	新增護基方塊法
	C11	FRP接合工法		O4	鋼軌矯正
		O5		鋼軌汰換	
		O6	防蝕塗料維修		
		O7	置換繫船柱		
		O8	構件脫落之維修		
		O9	置換防舷材		

圖 2.22 碼頭構造物劣化處置對策表

表 2-16 重力式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣

劣化狀況	岸肩、壁體									壁體			後線			海床			
	裂縫			剝落			沉陷			漏砂			沈陷			沖刷			
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	
持續觀察											√	√		√					
C01	√																		
C02		√																	
C03				√	√										√				
C04																			
C05																			
C06													√			√			
O01																	√		
O02																		√	
O03																			√

註：劣化狀況 4 為需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 2-17 板樁式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣

劣化狀況	岸肩									壁體									後線			海床		
	裂縫			剝落			沉陷			接縫開裂			穿孔			防蝕系統			沈陷			沖刷		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
持續觀察																			√					
C01	√																							
C02		√																						
C03				√	√																√			
C05										√	√													
C06																						√		
S01									√		√		√	√										
S02												√		√										
S03																		√						
S04															√	√								
O01																						√		
O02																							√	
O03																								√

註：劣化狀況 4 為需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 2-18 棧橋式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣

劣化狀況	岸肩、梁			岸肩			壁體			後線			海床			岸肩底部						墩柱(鋼管樁)						墩柱(混凝土樁)						拋石護坡								
	裂縫			剝落			沉陷			漏砂			沈陷			沖刷			裂縫			剝落			腐蝕			防蝕包覆損壞			裂縫			剝落			破壞					
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4			
持續觀察										√	√		√																		√											
C01	√																		√																							
C02		√																		√																						
C03				√	√									√							√	√										√	√									
C04																						√														√						
C06											√			√																												
C07																												√														
C08																													√													
C09																					√								√													
C10																														√												
C11																			√																							
S01																								√																		
S02																								√			√															
S05																								√																		
S06																											√															
S07																														√												
O01															√																					√						
O02																		√																				√				
O03																		√																					√			

註：劣化狀況 4 為需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 2-19 重力式碼頭劣化異狀與處置對策

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 <15 cm，深度 <2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 >2.5 cm 或剝落寬度直徑 >15 cm，深度 ≤ 2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 >15 cm，深度 >2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
		沈陷(雨天檢視)	2	岸肩輕微下陷(面積 <5 m <sup>2</sup> 、高度 <2.5 cm)	持續觀察
			3	岸肩明顯下陷(面積 ≤ 5 m <sup>2</sup> 、高度 >2.5 cm 或面積 >5 m <sup>2</sup> 、高度 ≤ 2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
			4	岸肩嚴重下陷(面積 >5 m <sup>2</sup> 、高度 >2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新鋪設
	壁體	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
碼頭本體	壁體	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 <15 cm，深度 <2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤	修補水泥砂漿工法(C3)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策	
				15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm		
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)	
		漏砂	2	壁體出現孔洞，但並未漏砂	持續觀察	
			3	壁體裂縫已可觀察出漏砂	持續觀察並回填粒料	
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)*	
		後線	沈陷 (雨天檢視)	2	後線輕微下陷(高度<10 cm、面積<10 m <sup>2</sup> )	持續觀察
				3	後線明顯下陷(10≤高度≤15 cm、10 m <sup>2</sup> ≤面積≤20 m <sup>2</sup> )	持續觀察或 修補水泥砂漿工法(C3)
	4			後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)*	
	海床	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀察 拋石護基工法(O1)*	
			3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)*	
4			基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)*		

表 2-20 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策		
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)		
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)		
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強		
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 <15 cm，深度 <2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)		
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 >2.5 cm 或剝落寬度直徑 >15 cm，深度 ≤ 2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)		
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 >15 cm，深度 >2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)		
		沈陷 (雨天檢視)	2	岸肩輕微下陷(面積 <5 m <sup>2</sup> 、高度 <2.5 cm)	持續觀察		
			3	岸肩明顯下陷(面積 ≤ 5 m <sup>2</sup> 、高度 >2.5 cm 或面積 >5 m <sup>2</sup> 、高度 ≤ 2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。		
			4	岸肩嚴重下陷(面積 >5 m <sup>2</sup> 、高度 >2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新鋪設		
		碼頭本體	壁體	接縫開裂	2	有輕微開裂(長度約達 10~20cm)，漏砂狀況(鋼棒可入裂縫約 <5cm 深)	持續觀察、水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)*
					3	有中等開裂(長度約達 20~30cm)，漏砂狀況(鋼棒可入裂縫 5~10cm 深)	持續觀察、新增鋼板焊補法(S1)*
					4	有嚴重開裂(長度約達	需進行結構分析瞭解成

第1層構件	第2層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策	
		穿孔		30cm 以上)，漏砂狀況(鋼棒可入裂縫約>10cm 深)	因與是否影響安全性，再進行結構補強。新增鋼板焊補法(S1)*+陸側水中混凝土填補法(C5)*	
			2	帶狀區域的鏽蝕、局部小型穿孔(面積小於 5 cm <sup>2</sup> )現象	水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)*	
			3	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔(面積介於 5~20 cm <sup>2</sup> )現象	新增鋼板焊補法(S1)*	
			4	連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔(面積大於 20 cm <sup>2</sup> )擴大且有漏砂現象	新增鋼板焊補法(S1)*+水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)*	
		防蝕系統	2	防蝕塊耗損小於 1/3	確認其腐蝕電流是否符合規定，若是則持續觀察，若否則進行外加電流式防蝕系統(S4)	
			3	防蝕塊耗損介於 1/3~2/3	外加電流式防蝕系統(S4)	
			4	防蝕塊耗損大於 2/3	犧牲陽極式防蝕系統(S3)	
		後線	沈陷 (雨天檢視)	2	後線輕微下陷(高度<10 cm、面積<10 m <sup>2</sup> )	持續觀察
				3	後線明顯下陷(10≤高度≤15 cm、10m <sup>2</sup> ≤面積≤20 m <sup>2</sup> )	持續觀察或修補水泥砂漿工法(C3)
				4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)*
	海床	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀察 拋石護基工法(O1)*	
			3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)*	
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)*	

表 2-21 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
面版	梁	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 <15 cm，深度 <2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤15 cm，深度 >2.5 cm 或剝落寬度直徑 >15 cm，深度 ≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 >15 cm，深度 >2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
面版	岸肩	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 <15 cm，深度 <2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤15 cm，深度 >2.5 cm 或剝落寬度直徑 >15 cm，深度 ≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 >15 cm，深度 >2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
		沈陷(雨天檢視)	2	岸肩輕微下陷(面積 <5 m <sup>2</sup> 、高度 <2.5 cm)	持續觀察
			3	岸肩明顯下陷(面積 ≤5 m <sup>2</sup> 、高度 >2.5 cm 或面積 >5 m <sup>2</sup> 、高度 ≤2.5 cm)	持續觀察

第1層構件	第2層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
	岸肩底部	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到2~3個寬度3mm以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)、FRP接合工法(C11)*
3			裂縫寬度約3~5mm以內	灌注環氧樹脂工法(C2)	
4			裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約5mm以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強	
面版	岸肩底部	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)、噴凝土修復(C9)*
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
	後線	沈陷(雨天檢視)	2	後線輕微下陷(深度<10 cm、面積<10 m <sup>2</sup> )	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10≤深度≤15 cm、10 m <sup>2</sup> ≤面積≤20 m <sup>2</sup> )	持續觀察或修補水泥砂漿工法(C3)
			4	後線嚴重下陷(深度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)*
墩柱(鋼管樁)	腐蝕	2	局部區域有鏽蝕集中	水中硬化環氧樹脂塗佈法(S2)*	
		3	帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔	新增鋼板焊補法(S1)*	
		4	連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大	鉚釘打設工法(S5)*	
	防蝕包覆損壞	2	劣化面積0.3%以下	水中硬化環氧樹脂塗佈法(S2)*	
		3	劣化面積介於0.3~10%之間	防蝕包覆修補法(S6)*	
		4	劣化面積10%以上	需進行結構分析瞭解成	

第 1 層 構件	第 2 層 構件	劣化 類型	劣化 狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
					因與是否影響安全性，再進行結構補強 防蝕包覆重鋪法(S7)*
墩柱 (混凝土樁)	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	持續觀察 微細混凝土(C7)	
		3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	特密管灌漿(C8)、噴凝土修復(C9)	
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 增厚工法(C10)*	
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 < 15 cm，深度 < 2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)	
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 > 2.5 cm 或剝落寬度直徑 > 15 cm，深度 ≤ 2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)	
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 > 15 cm，深度 > 2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)	
拋石護坡	破壞	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	拋石護基工法(O1)*	
		3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	拋放麻袋混凝土法(O2)*	
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)*	
海床	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	拋石護基工法(O1)*	
		3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	拋放麻袋混凝土法(O2)*	
		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)*	

表 2-22 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
繫船柱	腐蝕龜裂	2	材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6)
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6) 灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂	置換繫船柱(O7)
防舷材	龜裂破損	2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損	持續觀察
		3	材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	構件脫落之維修(O8)
		4	材質老化、構件變形或掉落	置換防舷材(O9)
車擋	龜裂破損	2	材質表面輕微龜裂情形	持續觀察
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形	持續觀察
		4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損	置換車擋
起重機軌道	腐蝕位移	2	兩軌間距左右差<5mm、鋼軌接縫高差<3mm	持續觀察
		3	兩軌間距左右差 5mm~10mm、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm	鋼軌矯正(O4)
		4	兩軌間距左右差>10mm、鋼軌接縫高差>4.25mm	鋼軌汰換(O5)

報告主文僅以增列之處置對策之進行說明(原有部分請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊 5.1 節所示)，並依鋼筋混凝土構造物(C)與鋼構造物(S)加以區分，亦撰寫針對無法歸類材料之其他修復工法(O)，說明如下：

### 1.鋼筋混凝土構造物(C)修復工法

(1)陸側水中混凝土填補法(C5)：於開裂處之陸側打設水中混凝土。待混凝土完成養護後以原開挖起之級配料運回進行填補壓實，最後進行基底層及碼頭面層鋪設。

①施工項目：水中混凝土打設、級配填補壓實、碼頭面層鋪設。

②相關規範：公共工程施工網要規範第 02316 章、第 02317 章、第

02463 章、第 02722 章、第 02726 章、第 02742 章、第 02745 章、第 02747 章、第 03110 章、第 03390 章。

(2) 回填料填補壓實法(C6)：挖除原鋪面及基底層，並壓實下層回填砂後，重新鋪基底層及鋪面。

① 施工項目：下陷區域混凝土挖除、回填料填補壓實、基底層鋪設、混凝土面層鋪設、表面鏟整。

② 相關規範：公共工程施工網要規範第 02316 章、第 02317 章、第 02722 章、第 02726 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03350 章、第 03390 章。

(3) 增厚工法(C10)：係於構材上、下面或側面重新配置鋼筋並與舊構材結合後打設新混凝土，使其結合一體。

① 施工項目：鋼筋彎紮，打設混凝土。

② 相關規範：公共工程施工網要規範第 03050 章、第 03110 章及第 03210 章。

(4) FRP 接合工法(C11)：混凝土斷面的外面接合玻璃纖維、碳纖維等纖維材料，使其與既有構材成為一體，而且在其上面反覆塗上環氧樹脂等基材，如圖 2.23 所示。

① 施工項目：表面清洗、塗敷接著劑、纖維強化複合材料黏貼、塗敷面層。

② 相關規範：公共工程施工網要規範第 09969 章。

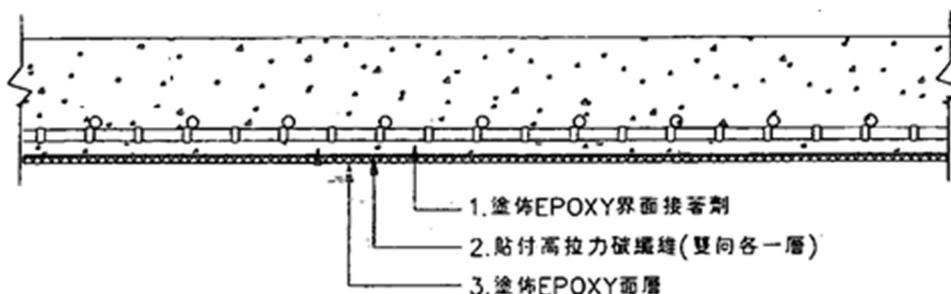


圖 2.23 FRP 接合工法示意圖

## 2.鋼構造物(S)修復工法

(1)新增鋼板焊補法(S1)：一般處理方法為裂縫周圍鋼板表面處理後，以水下電焊將新增之鋼板焊補於穿孔或劣化之鋼板樁位置，並於補焊鋼板表面塗裝水中硬化環氧樹脂。

①施工項目：潛水俠清除海生物、水下電焊焊補鋼板樁、分層塗裝水中硬化環氧樹脂。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 05091 章、第 05125 章，以及「一般鋼料焊接」、「水中硬化劑塗裝工程」(詳請參閱碼頭構造物維護管理手冊附件 2 所示)。

(2)水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)：一般處理方法為刮除鏽點及海生物後，鏽蝕位置分層塗附水中硬化環氧樹脂，阻絕持續腐蝕因子。

①施工項目：板樁表面處理、水中硬化環氧樹脂塗裝。

②相關規範：詳請參閱碼頭構造物維護管理手冊附件 2 所示。

(3)鉚釘打設工法(S5)：帶狀區域的鏽蝕部位噴砂處理完全後，先以防蝕帶覆蓋，其上再以 PE/PU 材被覆，並於兩邊用剛性高之 U 型 FRP 壓條密貼，其上以攻牙鉚釘鑽入鋼管樁固定，鉚頭外部以黏土及保護套保護之，如圖 2.24 所示。

①施工項目：表面噴砂處理、防蝕帶覆蓋、PE/PU 材被覆，U 型 FRP 壓條以鉚釘固定。

②相關規範：詳請參閱碼頭構造物維護管理手冊附件 2 所示。

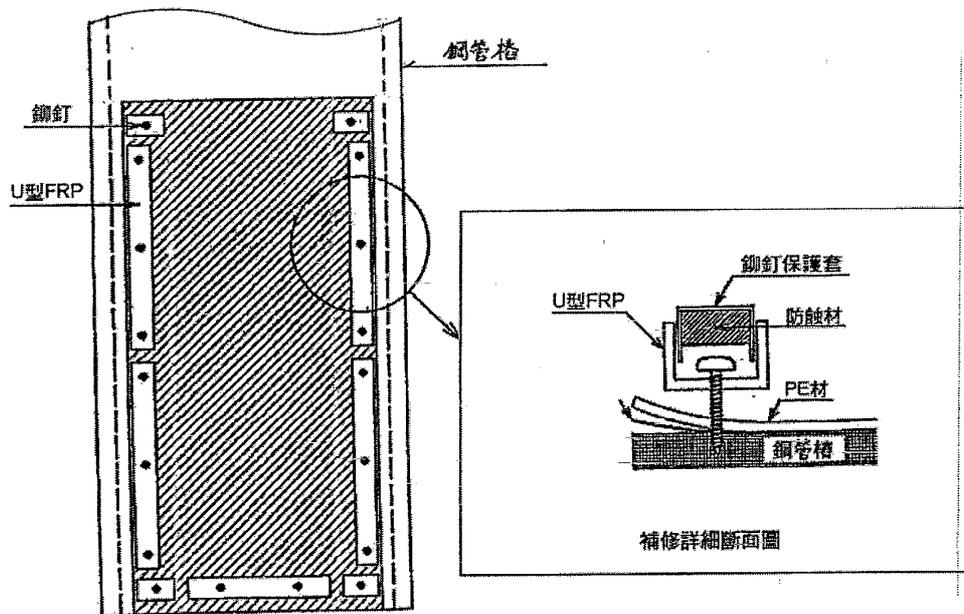


圖 2.24 鉚釘打設工法示意圖

(4)防蝕包覆修補法(S6)：鋼管樁平滑處先固定剪力釘，其餘部位以重防蝕材被覆，以弧形鋼板壓住防蝕材並以螺栓固定於剪力釘上，弧形內空間注入漿材形成保護層，其補修斷面圖如圖 2.25 所示。

①施工項目：剪力釘焊接、固定弧形鋼板、灌注漿材。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 05091 章、第 05123 章。

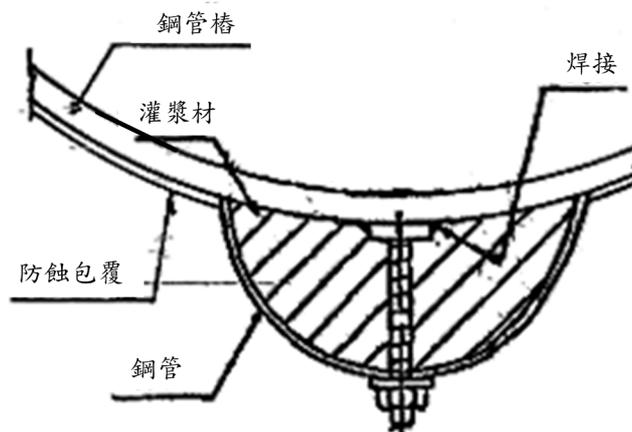


圖 2.25 防蝕包覆修補法示意圖

(5)防蝕包覆重鋪法(S7)：重新施作包裹防蝕施工，並加強固定方式。

①施工項目：表面清理、安設固定箍並確實鎖緊、包覆防蝕帶(應確保能緊貼鋼管表面)、保護套(FRP)組合及安裝等。

②相關規範：鋼管樁包裹防蝕(詳參見碼頭構造物維護管理手冊附件 2)。

### 3.其他修復工法(O)

(1)拋石護基工法(O1)：先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再局部拋放卵塊石護基，如圖 2.26 所示。

①施工項目：水深地形勘測、卵塊石拋放。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

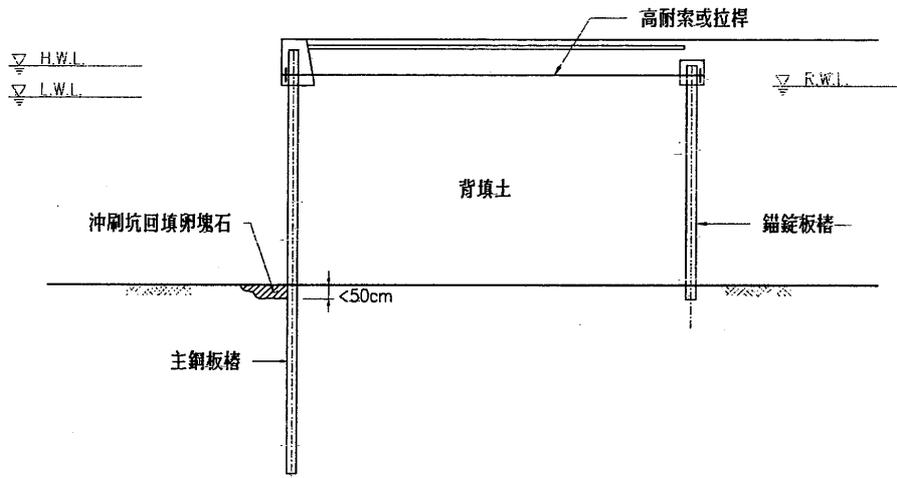


圖 2.26 拋石護基工法示意圖

(2)拋放麻袋混凝土法(O2)：先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再進行麻袋混凝土拋放之沖刷防護措施，如圖 2.27 所示。

①施工項目：水深地形勘測、麻袋混凝土拋放。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

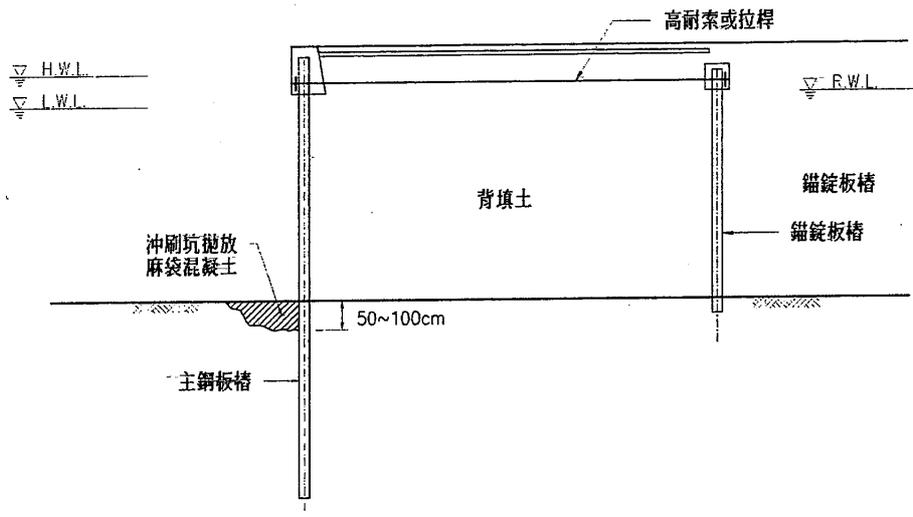


圖 2.27 拋放麻袋混凝土法示意圖

(3)新增護基方塊法(O3)：先進行水深地形勘測確認冲刷區位與規模，再進行新增護基方塊之冲刷防護措施，如圖 2.28 所示。

- ①施工項目：水深地形勘測、襯墊鋪設、卵塊石拋放、護基方塊新製、護基方塊吊拋。
- ②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02392 章、第 03110 章、02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03310 章、第 03390 章。

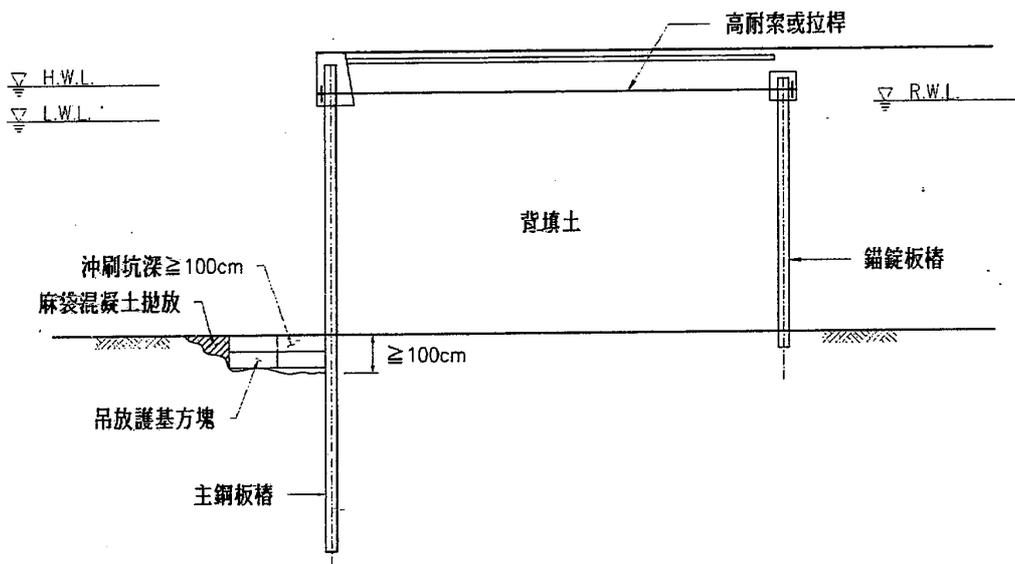


圖 2.28 新增護基方塊法示意圖

(4)鋼軌矯正(O4)：鋼軌傾斜、歪扭或上下左右彎曲或波浪狀變形應予矯正，鋼軌發生流潰時，應及時以鋼軌研磨機修整之。鋼軌與魚尾板之接觸處，如已生鏽，應清除之，並使達於密合程度。而取下螺栓帽應將螺旋部分施以清潔潤油。

①施工項目：鋼軌矯正、鋼軌拆裝。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02394 章、第 05651 章、第 05652 章、第 05653 章、第 05654 章、第 05655 章、第 05656 章、第 05658 章、第 05659 章。

(5)鋼軌汰換(O5)：損壞之鋼軌汰換。

①施工項目：鋼軌拆卸、鋼軌安置。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02394 章、第 05651 章、第 05652 章、第 05653 章、第 05654 章、第 05655 章、第 05656 章、第 05658 章、第 05659 章。

(6)防蝕塗料維修(O6)：參閱公共工程施工綱要規範第 09960 章。

(7)置換繫船柱(O7)、構件脫落之維修(O8)與置換防舷材(O9)為構件之更換，故在此不另行說明。

## 2.6.2 修復工法之單價建置

修復工法單價建置之目的乃作為各構件劣化異狀在不同狀況等級下的對應，以便配合巡查後之劣化數量進行修復費用估算。針對此項工作，本案收集工程會「公共工程價格資料庫」、交通部運輸研究所港灣技術研究中心「碼頭本體設施維護管理系統建置之研究」、臺灣營建研究院「營建物價」與臺北市政府「RC 橋梁維修補強手冊」進行彙整。

各處置對策之修復工法單價與其計價單位如表 2-23 所示，各修復工法單價分析如表 2-24~表 2-34 所示。其應用有以下限制：

1.修復工法僅針對一般常見之方式提供單價建議，故乃針對 2.6.1 節表

2-19~表 2-22 所列之劣化狀況為 2、3 之等級。惟礙於資料收集，目前鋼筋混凝土修復工法 C7~C9 與 C11、鋼構件修復工法 S2、S4 與 S6 與其他構件修復工法 O4~O5 並未羅列。由於本案建置之維護管理系統提供維修紀錄模組之功能，如圖 4.26、圖 4.27、圖 4.28 所示，可將修復之預算書上傳系統儲存，未來可做進一步之分析，以便完備其餘工法部分。

2. 針對 2.6.1 節表 2-19~表 2-22 羅列之處置對策，若其劣化狀況等級為 4 者，因需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強。故因其需另進行結構設計，非以巡查紀錄所載之劣化數量來進行計算，故並包含於修復工法單價之內。
3. 表 2-23 所列之修復工法單價，未包含假設工程費用，因此費用會因個案而有所差異，故使用時，需再另行估計此費用。
4. 因緊急維修與緊急搶修有時間急迫性，修復單價難以估計，故不屬本案修復工法單價範疇。

表 2-23 修復工法單價列表

工法名稱	單位	單價(元)
1. 鋼筋混凝土修復工法(C)		
(1) 樹脂砂漿塗抹工法(C1)	m	937.5
(2) 灌注環氧樹脂工法(C2)	m	2,600
(3) 修補水泥砂漿工法(C3)	m <sup>2</sup>	1,000
(4) 混凝土及鋼筋修補(C4)	m <sup>2</sup>	2,350
2. 鋼構造物修復工法		
(1) 新增鋼板焊補法(S1)	m	2,082
3. 其他修復工法(O)		
(1) 拋石護基工法(O1)	m <sup>3</sup>	870
(2) 拋放麻袋混凝土法(O2)	m <sup>3</sup>	2,950
(3) 新增護基方塊法(O3)	m <sup>3</sup>	3,290
(4) 防蝕塗料維修(O6)	個	617
(5) 置換繫船柱(O7)	個	22,944
(6) 構件脫落之維修(O8)	個	5,629
(7) 置換防舷材(O9)	個	56,295
(8) 置換車擋(O10)	個	1,350

表 2-24 樹脂砂漿塗抹工法(C1)單價分析表

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	樹脂砂漿塗抹工法(裂縫寬度小於 0.3mm、龜裂、保護層不足及白華)	m	1			
1	混凝土修復，水刀鑿除，工資	m	1	250	250	
2	混凝土修復，底漆，工料	式	1	30	30	
3	混凝土修復，水性壓克力樹脂砂漿，補平	KG	0.1	58.30	5.83	
4	混凝土修復，補平，工資	m <sup>2</sup>	0.1	170	17	
5	混凝土修復，水性壓克力樹脂砂漿，軟性保護	KG	2.50	180	450	
6	產品，卜特蘭水泥	KG	2.50	3	7.50	
7	混凝土修復，噴塗，工資	m <sup>2</sup>	1.0	150	150	
8	零星工料(含耗損)	式	1	27.17	27.17	
	計	m	1		937.50	

註：單價調查日期：2006.06。

表 2-25 灌注環氧樹脂工法(C2)單價分析表

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	裂縫寬度大於 0.3mm 之灌注環氧樹脂工法	m	1			
1	水刀鑿除鬆脫混凝土及表面清理	式	1	150	150	
2	環氧樹脂接著劑	式	1	100	100	
3	環氧樹脂注入器底座	個	3	150	450	
4	裂縫塞縫劑	m	1	150	150	
5	灌注環氧樹脂	m	1	400	400	
6	大工	工	0.4	2,400	680	
7	小工	工	0.4	1,840	600	
8	廢料處理	式	1	30	30	
9	零星工料(含耗損)	式	1		40	
	計	m	1		2600	

註：單價調查日期：2006.06。

表 2-26 修補水泥砂漿工法(C3)單價分析表

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	混凝土剝落修復、蜂窩及無鋼筋外露銹蝕	m <sup>2</sup>	1			
1	水刀鑿除鬆脫混凝土及表面	式	1	150	150	
2	環氧樹脂接著劑	式	1	100	100	
3	樹脂砂漿修補材料	式	1	510	510	
4	大工	工	0.1	2,400	170	
5	廢料處理	式	1	30	30	
6	零星工料(含耗損)	式	1		40	
	計	m <sup>2</sup>	1		1,070	

註：單價調查日期：2006.06。

表 2-27 混凝土及鋼筋修補(C4)單價分析表

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	混凝土剝落及鋼筋銹蝕修補	m <sup>2</sup>	1			
1	水刀鑿除鬆脫混凝土及表面	式	1	150	150	
2	環氧樹脂接著劑	式	1	100	100	
3	鋼筋除銹並塗上防銹漆	式	1	150	150	
4	樹脂砂漿修補材料	式	1	910	910	
5	二級技工	工	0.3	2,400	510	
6	小工	工	0.5	1,840	450	
7	廢料處理	式	1	30	30	
8	零星工料(含耗損)	式	1		50	
	計	m <sup>2</sup>	1		2,730	

註：單價調查日期：2006.06。

表 2-28 新增鋼板焊補法(S1)

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	新增鋼板焊補法	m	1			
1	結構用鋼材 (0.4m×0.01m)/m	kg	31.6	26	850	
2	水中電焊(含潛水設備)	式	1	2,000	2,000	
	計	m	1		2,850	

註：單價調查日期：2012.11。

**表 2-29 拋石護基工法(O1)**

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	拋石護基工法	m <sup>3</sup>	1			
1	5~100Kg 塊石採拋	m <sup>3</sup>	1	870	870	
	計	m <sup>3</sup>	1		870	

註：單價調查日期：2003.01。

**表 2-30 拋放麻袋混凝土法(O2)**

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	拋放麻袋混凝土法	m <sup>3</sup>	1			
1	麻袋混凝土(II型水泥)採拋	m <sup>3</sup>	1	2,950	2,950	
	計	m <sup>3</sup>	1		2,950	

註：單價調查日期：2003.01。

**表 2-31 新增護基方塊法(O3)**

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	新增護基方塊法	m <sup>3</sup>	1			
1	護基方塊(45T)採拋	m <sup>3</sup>	1	3,290	3,290	
	計	m <sup>3</sup>	1		3,290	

註：單價調查日期：2003.01。

**表 2-32 防蝕塗料維修(O6)**

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	防蝕塗料維修	個	1			
1	油漆工	時	1	462	462	
2	油漆(材料)	m <sup>2</sup>	1	155	155	
	計	1	個		617	

註：單價調查日期：2012.11。

**表 2-33 置換繫船柱(O7)**

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	置換繫船柱	個	1			
1	原有繫船柱拆除及運棄	個	1	3,000	3,000	
2	15T 繫纜柱及安裝	個	1	19,944	19,944	
	計	個	1		22,944	

註：單價調查日期：1998.03。

表 2-34 置換防舷材(O9)

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	置換防舷材	個	1			
1	400H×1500L 橡膠防舷材及安裝	個	1	56,295	56,295	
	計	個	1		56,295	

註：單價調查日期：1998.01。

## 2.7 小結

本期針對港灣構造物檢測作業標準制訂部分，針對構件編碼部分，修正重力與板樁式碼頭單元以繫船柱為進行編碼，以便於檢測人員巡查時對單元的辨識度，而檢測表格之修正亦針對各巡查類型之特性，予以修正，以符實際之需求；而目視檢測標準部分，藉由前期教育訓練與工作會議之討論予以修正鋼板樁接縫開裂與附屬設施起重機軌道之標準，以便貼切於現實情形；儀器檢測之部分增列 3D 光達檢測技術與防蝕系統(陽極塊)腐蝕電位測定之案例，以供檢測人員參考使用；最後，本期針對構件各劣化狀況等級除增列新的處置對策外，亦嘗試建置其對應之單價資料，以便與巡查時紀錄之劣化數量，以便後續估算修復費用。

### 第三章 現有港灣構造物安全評估方法之檢討

碼頭維護管理系統中，最重要為在使用階段中能夠正確瞭解碼頭之各種狀況，其中最重要的則為結構的安全性及碼頭功能的健全性。因此每一座碼頭都應該有個別的檔案，各座碼頭之檔案復能相互連結並建立關聯性，以方便管理。因此在日常的維護工作中，即應針對碼頭結構的安全性及碼頭功能的健全性進行適當的檢測工作，包括建立數據、紀錄異常狀況、拍照紀錄，並定期做檢測數據之分析。

碼頭檔案之建立，首先必須在碼頭一開始規劃及設計的階段時即取得碼頭之各種設計資料，包括各種設計條件、碼頭需求及完成設計時之各項碼頭參數，加以建檔。然後在施工階段是否有重大工程違失之建檔，如材料數量或強度不實，施工流程不當或意外等。而在日常使用的管理中，檢測數據之紀錄宜以表格化執行，避免檢測者的個別差異。為了管理的一致性及兼顧各種不同碼頭的異質性，不同型式的碼頭宜有不同之檢測重點，但在日常例行檢測中，特別針對碼頭使用功能性之檢測，則宜有一致之檢測標準。

所有檢測之資料最後均以數值方式存入系統管理之電腦中，管理者及檢測者均可透過網路系統，分析或輸入檢測之資料。但為避免資料被任意更改或被不當使用，在使用區分上則必須有所區隔，在資料更改時亦必須獲得一定層級之授權。每隔一段時間存檔備份後之資料，則視為當時之記錄不再更改。

本階段計畫中將延續系列計畫之研究成果，針對目前港灣構造物之檢測成果之安全評估方式進行檢討，並針對儀器檢測之量化成果提供一較為可靠之安全評估法。相較於複雜之結構力學分析及計算方法，本安全評估方法的目標為化繁為簡，且無須具備複雜之結構分析訓練背景，只要取得適當、足夠之檢測數據資料，即可進行安全評估及分析之工作。

大部分的港灣構造物所使用之材料為混凝土及鋼鐵材料，結構型

式則可大致分成兩大類：一為重力式構造、另一為非重力式構造。重力式構造在設計分析時較為簡便，以靜力分析為主，非重力式構造因考慮結構構件之變形，其分析方法則較為複雜。在結構破壞之檢測上也更加困難，而大部分儀器檢測施行之重點亦以非重力式碼頭結構為主。本研究之安全評估方式，除了延續非重力式結構棧橋式碼頭之評估之外，並將延續發展板樁式碼頭之評估方式，以及另行研議重力式碼頭之新型安全評估方法。因為、基於模型試驗之限制：包括尺度因素、結構複雜度差異、使用材料之個別差異，以及外力作用無法完全包含環境因素等限制，非重力式碼頭結構之評估適用對象、將以混凝土及鋼管樁剛架式構造(concrete frame structure)如棧橋式碼頭，以及鋼板樁碼頭為目標(鋼板樁碼頭整體結構雖然可視為重力式構造，但就板樁結構而言，其受力時為非剛性之構件行為)。

### 3.1 現有碼頭結構破壞評估方式之檢討

目前臺灣所使用之碼頭結構破壞評估方式主要以現場觀測數據為主之評估方法(damage assessment based on field investigation data)，或俗稱之 D.E.R. 或 D.E.R.&U. 方法為主。

此一方法所使用之數據，為現場檢測之破壞現象，以簡便之方法歸類及分級，然後以構件為單位加以統計，在應用上較為簡單。其中如目前在臺灣廣被應用於橋梁破壞檢測之方法即為其中之一，參考交通部國道高速公路局「高速公路橋梁管理系統」，該方法將目視檢測之要項分為：破壞程度(degree D)、破壞延伸範圍(extension E)及破壞處與主結構體之相關性(relevance R)，或進一步包含維修之急迫性時(urgency U)，則加入急迫性參數，然後再統計成為數據化之破壞指標，故亦簡稱為 D.E.R. 或 D.E.R.&U. 檢測法。

但是該方法的使用上則有一些問題存在，其中包括：(1)各類單獨指標之判定方式不一；(2)各類單獨指標之判定標準訂定困難；(3)某些指標之訂定爭議性甚高；(4)計算出來之最終破壞性指標可靠性不足；(5)最重要的問題為與力學理論無法結合。以下分別詳細說明：

### 1.各類單獨指標之判定方式不一

例如以 D 值(破壞程度)為例，以構造物損壞的程度為判定標準，目前的建議標準為敘述性(定性)，如「嚴重」、「稍嚴重」、「良好」等，不同的檢測人員判定時可能有不同的解讀。

### 2.各類單獨指標之判定標準訂定困難

同樣如前述之 D 值為例，目前所見的相關研究中有多種訂定方式，部分有一致性、部分則差距較大，顯見在該值訂定時確有困難，同樣在訂定 E 值(破壞延伸範圍)時亦有類似困難。

### 3.某些指標之訂定爭議性甚高

其中較為困難且爭議較大的為 R 值(相關性指標)以及 U 值(急迫性指標)的訂定標準。構件與構件間的相關性，或材料劣化與構件的相關性等常不易釐清。另外 U 值的判定標準與相關性的爭議相似，如非經現場有長足經驗的工程師則無法適切的判定，若述諸於文字或手冊中，在某些複雜的破壞狀況下也有困難。

### 4.計算出來之最終破壞性指標可靠性不足

最終計算出來的破壞性指標，其可靠性或實際代表性如何，始終免不了受到質疑。原因為計算過程為簡單的統計運算，無法在力學基礎上做有效驗證，而在實例上由於結構物太龐大，作用的因素也過於複雜，似乎除此之外、難以找到比較可靠且可行的評估方法。

### 5.最重要的問題為與力學理論無法結合

一如前述、目前所使用的評估方法為簡單的統計運算，與力學理論並無相關性。事實上在計算總破壞指標前之所得之各項破壞參數，與力學理論之關聯亦不密切，也因此造成此一評估方式具有檢討改進之處。

### 3.2 港灣碼頭結構破壞新型評估方式進一步驗證及修正

前節介紹之碼頭破壞評估方式，主要根據交通部於 2000 年所委託之相關計畫中所建議，以及後續研究中局部修正之結果。其中將港灣構造物之破壞評估分成初步檢測及細部(或詳細)檢測兩個階段，如果將目前討論之 D.E.R. 檢測評估方式，應用於初步檢測所得結果之初步評估可能較為適宜，當然針對前節之檢討項目必須做相關的釐清，並且能統整使具有一致性。

至於新型港灣碼頭破壞評估方法，目前在發展中的則有考慮力學理論與現場觀測數據之整合性評估法(damage assessment based on both mechanical theorem and field investigation data, 李等、2010)。其目標為讓港灣結構破壞之評估方法具有簡便性，同時又具有充足之材料力學基礎，使得評估之結果具有更高之準確度。該方法又分成個別構件之評估方式，及整體結構體之評估方式。而整體結構體之評估方式為個別構件之破壞指標已知之情況下綜合得出之結果，整體評估時並分別考慮各種不同構件設計時之減強因子及載重因子之影響。

而新型評估模式面臨的問題則如 D.E.R. 評估法一樣，缺乏與結構體實際破壞情況之相互驗證。當然驗證之工作在實務上有非常大的困難，尤其牽涉之結構體為巨大之港灣構造時。但是，縮小尺度之模型試驗或縮小尺度之構件破壞試驗應不失為可行之方法。如果能縮尺試驗之驗證上獲致一致之結果，該評估法將能在應用上具較佳之可靠性。

由於與結構實際破壞之驗證工作，包括各種參數之選擇是否適當、參數之使用範圍、數值大小，各種參數在結構上取得之可行性等，工作量非常大。因此、本研究在初期階段以方便在實驗室中試驗之單一構件進行了針對單一構件破壞指標  $De$  進行驗證工作。主要因為：1. 整體破壞指標必須由單一構件破壞指標獲得；2. 該指標之破壞評估則由應變能之累積消耗而估算(實驗室中可實際獲得模擬為連續破壞之過程)、其與安全檢測觀察之量測數值(非連續過程且為非同步獲得)之間具有一定差距，如能經由實驗比較而獲得其間相互關係，則構件破壞指標

之正確性便能更加確保。根據前階段的研究中一系列單一構件(抗彎構件之懸臂樑往復荷載)破壞試驗之分析比較，試驗過程中擷取不同階段之破壞參數，代入破壞評估指標中，再與試驗結果之破壞現象比較，發現單一構件破壞指標  $D_e$  對於相關之破壞現象具有指標意義。

試驗結果分析中，在不同數量鋼筋之構件設計時，觀察構件受力後破壞面變化情形，發現混凝土強度之影響在鋼筋量較大之構件設計上似乎較不明顯，但於構件鋼筋量較低時之影響較為明顯，其影響度隨著混凝土強度之降低而增加。而鋼筋含量對於傳統上設計為抗拉破壞之鋼筋混凝土構件，則具有較明顯之影響。因此在安全評估之影響上，必須在相關權重上作調整。

### 3.3 棧橋式碼頭之新型評估方式

#### 3.3.1 棧橋式碼頭個別構件破壞指標

個別構件之評估方式以破壞指標來敘述，表示如下：

$$D_e = \frac{\delta_{Me}}{\delta_{ue}} + \frac{\beta_e}{pQ_{ye}\delta_{ue}} \sum_i^p E_i^e \dots\dots\dots (3-1)$$

式中， $\delta_{Me}$  = 外力作用下，e 構件之最大變形量(maximum deformation of e member)。

$\delta_{ue}$  = 靜力設計時，e 構件之極限變形量(ultimate deformation of e member)。

$\beta_e$  = 非負值試驗常數，依構件型式而稍有不同(empirical number, if not available  $\beta_e=1$ )。

$Q_{ye}$  = 構件之降伏強度(yielding strength of e member)。

$\sum E_i^e$  = 構件 e 破壞前累計吸收之應變能量(accumulated strain energy)。

該評估式主要由 ParkandWen(ParkandWen,1986)所發展之鋼筋混凝土

土梁破壞指標之發展而來。為了適合現地檢測資料之應用(該式子之發展較適合即時監測之數據應用)，在參數的使用上則做了若干修正。其中構件  $e$  破壞前累計吸收之能量，則依據不同型式碼頭及材料構造而加以區分，以下首先以破壞檢測之施作較為普遍之棧橋式及板樁式碼頭加以說明。

前階段研究中以混凝土構造之棧橋式碼頭為主要之研究對象，其中構件  $e$  破壞前累計吸收之能量，假設為由數個( $p$  個)斷面之破壞情形累積得出，單一斷面之破壞能量表示如下為。

$$E_i^e = \sigma_{ri} \delta_{est,i} \dots\dots\dots (3-2)$$

式中  $\sigma_{ri}$  = 實測所得斷面  $i$  之強度(remaining strength)。

$\delta_{est,i}$  = 估算之該斷面最大可能變形能力(experienced deforming capability)。

結構構件如果為抗彎矩構件如以梁構件為例，若考慮主要變形為旋轉角時，其估算方式則為可能作用之最大彎矩值，除以斷面損失下之殘餘剛度值除以中性軸深度( $EI/y$ )。另外若有其他明顯之撓度變形資料時可以撓度及梁之長度換算為旋轉角；或在  $i$  與  $i+1$  段中若有其他( $n$  個)裂縫之檢測資料時，亦可參照 Park 及 Paulay(1975)之方法將兩檢測斷面間( $i$  與  $i+1$  段)裂縫形成之撓角加以累計，其旋轉角表示如下：

$$\theta = \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{d - k_j d} \dots\dots\dots (3-3)$$

其中  $S_j$  為某量測段( $j$  段)鋼筋之伸長量。由於無法實際測出，可以梁斷面上裂縫寬來替代；其餘參數如  $d$  為梁之原始深度， $k_j d$  則為裂縫深度。而該斷面最大可能變形  $\delta_{est,i}$  可進一步表示為  $\delta_{est,i} = d \cdot \theta$ 。

但破壞檢測對象並不完全為抗彎矩構件，若以建築物為例子，通常包括有梁、柱、樓版、牆及其他相關之基礎構造。若以港灣構造之棧橋式碼頭為例，則包括有大梁、小梁、基樁、面版及其他相關之基礎構造。當然以上所述基本構件均可能有彎矩力之作用，特別如大梁、

小梁、基樁及面版等。但除了彎矩力造成之破壞之外，剪力造成之破壞亦為相當普遍可見之破壞現象。

### 3.3.2 混凝土構造棧橋式碼頭之整體破壞評估

整體結構破壞指標代表的意義為，該整體結構在持續性使用下之破壞狀態指標。構件現況破壞指標代表構件使用至今之破壞現況，主要以其材料強度損失及變形能力之變化主要考量依據。整體結構體之評估方式中，舉凡材料腐蝕、劣化之檢測數據、構件斷面損失、強度損失、構件間結合損失等檢測數據均列入考慮。該方法與傳統 D.E.R. 評估方式比較時，具有許多優點包括如：(1)具有一定的力學理論基礎，尤其某些參數計算時必須使用到材料力學之相關公式；(2)各種檢測數據的代入為量化資料，較能避免人為檢測經驗不足的疏失；(3)充分考量個別構件與整體結構之相關性，其相關性之訂定以設計時個別構件之受力作用而有不同之承載型式或強度修正考慮，在整體評估時均予考慮；(4)整體破壞指標之計算看似複雜，但只要 WINDOWS 之 EXCEL 所提供之方程式即能得出，對於使用者而言仍具簡便性(計算式亦能輕易併入管理系統中)。

本階段研究中整體結構破壞指標，經重新整合並簡化，以便應用於其他型式之碼頭結構後，修正如下：

$$\Phi = \frac{2}{M} \sum_e^M \left[ \frac{\phi_r}{\phi_l} \cdot \delta_e^{\alpha_e} \right] \dots\dots\dots (3-4)$$

或如下式，若相互銜接之構件為同一型式之構件，如均屬版構件，或均為梁構件時

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}] \dots\dots\dots (3-5)$$

式中，M 為結構體中屬於主結構構件之總數， $\phi_l$  = 結構設計之荷載因子， $\phi_r$  = 結構設計時與構件型式相關之減強因子，其他相關參數則

表示如下：

$$\delta_e = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{\sum E_i}{\Delta} + \frac{\delta_{Me}}{\delta_{ue}} \right] \dots\dots\dots (3-6)$$

$$\alpha_e = \frac{1}{\alpha_{le} \alpha_{ve}} \dots\dots\dots (3-7)$$

$\alpha_{ve}$  及  $\alpha_{le}$  則分別為現場檢測數據相關之參數。其中  $\Delta$  為相關材料之延展性，目前依據鋼筋混凝土最大應變與彈性應變之比設  $\Delta=5$ ， $\alpha_{ve}$  為檢測數據變異數參數，其表示式為： $\alpha_{ve}=(1-\text{檢測數據誤差百分比})$ 。 $\alpha_{le}$  則為包含斷面損失、裂縫分佈及延展性損失等檢測結果之參數，依檢測對象不同，如棧橋式碼頭及板樁式碼頭分別說明如後。

混凝土構造棧橋式碼頭之整體破壞評估以(3-4)式為主。式(3-4)中  $\phi$ =結構設計之荷載因子，由鋼筋混凝土之原設計資料得出； $\phi_r$ =結構設計時與構件型式相關之減強因子，同樣可由鋼筋混凝土之原設計資料得出。

至於  $\alpha_{le}$  則為包含斷面損失、裂縫分佈及延展性損失等檢測結果之係數，其可表示如下：

$$\alpha_{le} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \dots\dots\dots (3-8)$$

其中影響  $\alpha_{le}$  係數之參數  $\beta_1$  為鋼筋斷面損失係數，表示如下

$$\beta_1 = (1 - \text{線材斷面損失率}) = (1 - R_{sl}) \dots\dots\dots (3-9)$$

但一般來說鋼筋斷面損失不容易測出，本計畫中以腐蝕電位之數據及其與腐蝕機率之關係，推估其與斷面損失之關係式來計算。當腐蝕機率为中時、假設其斷面損失為 5%；當腐蝕機率为高(電位達-350mV 更負時)、則假設其斷面損失為 10%；若腐蝕機率为高且腐蝕電位達 -450mV 以上時、假設每增加-10mV 之腐蝕電位則其斷面損失增加 1%。

$\beta_2$  為混凝土材料劣化係數，為類似斷面損失之深度損失係數，但以混凝土部分之破壞為主，表示為：

$$\beta_2 = (d - \text{混凝土斷面劣化深度}) / d = (1 - R_{dl}) \dots\dots\dots(3-10)$$

當材料無劣化現象時  $\beta_2 = 1$ 。

$\beta_3$  為延展性及脆性材料間之接合情形，或材料脆性行為之影響範圍。當不同材料間之接合良好且無任何脆性破壞現象如龜裂現象被檢測出來時，則  $\beta_3 = 1$ 。但一般而言、在檢測工作執行時，脆性與延展性材料間是否接合良好並不容易被檢測出來；最具體之例證為鋼筋與混凝土間之接合(握裹力)即為典型之脆性與延展性接合，目前並無有效之非破壞性檢測方式。例如鋼筋混凝土梁於抗彎面所產生之裂縫，即顯示鋼筋與混凝土間已非完全接合之狀態。因此、本研究中考慮可觀察甚至具體測出大小之裂縫作為脆性行為之參考指標，以測得之裂縫面積與原面積比做為指標(參考 Lee and Chang, 2001)。一則因為裂縫數據為檢測工作中相對容易取得，其次為該檢測數據雖具有明顯之辨識性，但卻未能在安全評估過程中被有效應用。因此脆性材料及脆性行為之影響係數  $\beta_3$  定義如下為

$$\beta_3 = (1 - \text{裂縫面積占原面積比}) \dots\dots\dots(3-11)$$

裂縫面積  $A_c$  之計算方式為裂縫發展前(X1,Y1)後(X2,Y2)兩點之局部坐標為計算依據如下式所示：

$$A_c = |(X2 - X1) \cdot (Y2 - Y1)| \dots\dots\dots(3-12)$$

若有多條裂縫時，如  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  等其計算出來之面積有相互重疊現象時，重疊部分不重複計算，計算其總裂縫面積  $A_{tc}$  為

$$A_{tc} = \sum A_i - (A_1 \cap A_2 \cap A_3) \dots\dots\dots(3-13)$$

最後所得之脆性材料及脆性行為之影響係數則重寫為

$$\beta_3 = (1 - \text{裂縫面積占原面積比}) = (1 - A_{tc} / A_0) = (1 - R_{dl}) \dots\dots\dots(3-14)$$

式中  $A_0$  為該檢測範圍之總面積。混凝土構造棧橋式碼頭整體結構破壞指標相關之各種係數，經本階段研究修正後均條列於表 3-1 中。

**表 3-1 混凝土構造棧橋式碼頭整體結構破壞指標相關之係數**

參數	範圍	定義	判斷依據
$D_e$	$\geq 1.0$	構件現況破壞係數	依檢測數據計算
$\alpha_{ve}$	$\leq 1$	實測數據變異係數	(1-檢測數據誤差%，若 $\leq 5\%$ 則不以計入)
$\alpha_{le}$	$\leq 1$	延展性損失係數	$\alpha_{le} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$
$\beta_1$	$\leq 1$	延展性線材(鋼筋)斷面損失係數	$(1-R_{sl})$
$\beta_2$	$\leq 1$	構件材料(混凝土)劣化係數	$(1-R_{dl})$
$\beta_3$	$\leq 1$	脆性影響係數	$(1-R_{cl})$

### 3.3.3 混凝土棧橋式碼頭結構安全評估

$$S_d \leq S_n \cdot \Phi \dots\dots\dots(3-15)$$

上式中  $S_n$  為設計時之標稱強度(nominal strength)，例如所使用之材料強度； $S_d$  則為設計時實際所用之強度(design strength)，如混凝土材料使用工作應力法設計時以 0.45 倍之標稱強度設計之，使用強度設計法時則以 0.85 倍之標稱強度設計之。若檢測之數據經過以上之過程運算後，能滿足整體結構安全評估指標，則結構在使用上為安全，僅需做日常一般性檢測維修即可，若否則必須做進一步較大規模之維修或更複雜之改建或重建等。之改建或重建等。

若單獨以  $\Phi$  值作安全判定時，其與結構安全之相關性建議如下：

Level1： $\Phi$  值  $\geq 0.85$  時，結構基本為安全僅需日常檢測維修即可。

Level2： $0.85 > \Phi$  值  $\geq 0.68$  時，結構安全有局部威脅，需進一步進行檢修，但仍可使用。

Level3： $0.68 > \Phi$  值  $\geq 0.50$  時，結構安全有重大問題，應停止使用或做即時監測並進行大型檢修。

Level4： $\Phi$  值  $< 0.50$  時，結構已重大毀損為不堪用狀態，應立即停止使用並考慮重建計畫。

### 3.3.4 混凝土棧橋式碼頭結構安全評估案例說明

本案例分析主要參考文獻有關棧橋式碼頭檢測相關研究(港灣技術研究中心 2010 年)，將所需數據代入後，再依修正後之整體破壞評估方式，重新評估。該案例中有七個構件(梁構件)，而每一構件有若干檢測斷面如表 3-2 所示。

表 3-2 各構件破壞指數計算表

Members	d(cm)	(h)(cm)	Si(cm)	$\theta_i$	$\sigma_i(\text{kgf/cm}^2)$	Avg. $E_i$	$D_e$
#1-E3	25	5.3	0.2643	0.013416	450.6	2.871	3.87
#2-F4	25	2.2	0.1011	04434	550.0	0.800	--
#2-F7	25	2.8	0.0785	03536	572.2	0.615	1.71
#3-F2	25	3.4	0.2833	0.013116	584.7	2.232	3.23
#4-E5	25	4.2	0.311	0.014952	465.1	3.121	--
#4-E6	25	3.7	0.0516	02423	585.2	0.412	2.77
#5-F1	25	4	0.1457	06938	529.6	1.297	--
#5-F4	25	1.8	0.0981	04228	505.9	0.823	2.06
#6-F2	25	2.4	0.032	01416	554.8	0.253	--
#6-F3	25	3.2	0.0981	045	465.2	0.939	1.59
#7-F3	25	2.7	0.032	01435	479.8	0.292	--
#7-F4	25	4.1	0.1685	08062	574.7	1.395	1.84
			Max.	0.014952	585.2		
			Avg	0654	536.5		

#### 1. 個別構件破壞指標計算

(1)  $\sum E_i^e$  = 構件 e 破壞前累計吸收之應變能量(accumulated strain energy)。

(2)  $\delta_{Me}$  = 外力作用下，e 構件之最大變形量， $\delta_{Me} = \text{Max}(\delta_{est,i}) = 0.014952$ 。

(3)  $D_e$  值計算

在  $\delta_{ue}$  值無法事先得知時，可以相關材料之經驗值代入，或以實測所得之最大變位數據  $\delta_{Me} = \text{Max}(\delta_{est,i})$  代入之； $Q_{ye}$  值之計算亦同以實測最大值。本試算例中暫以此方式行之，則 De 值之計算結果如表 3-2 中所示。

## 2. 整體結構破壞指標(structural damage index, $\Phi$ )

$$\Phi = \frac{2}{M} \sum_e^M \left[ \frac{\phi_r}{\phi_l} \cdot \delta_e^{\alpha_e} \right] \dots\dots\dots(3-16)$$

其中  $\beta_1$  為鋼筋斷面損失係數，但一般來說鋼筋斷面損失不容易測出。本計畫中以腐蝕電位之數據及其與腐蝕機率之關係，推估其與斷面損失之關係式來計算。計算  $\Phi$  值時，若均為同類型構件時，其式可簡化，在計算過程中，各相關參數值則依相關公式算出如表 3-3 所列，表中  $\alpha_{ve}$  之值為 1 時，則代表同一組檢測數據間之誤差值小於 5%，最後得到整體結構破壞標之計算結果如下：

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}] = 0.856 \dots\dots\dots(3-17)$$

表 3-3 整體破壞指標所需參數值

Member	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$	$\alpha_{ve}$	$\alpha_e$	$\delta_e$
#1	0.9	0.92	1.0	0.828	0.8	1.51	.713
#2	0.9	0.98	1.0	0.882	1.0	1.134	.929
#3	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	1.234	.777
#4	0.9	0.92	1.0	0.828	0.7	1.725	.823
#5	0.95	0.98	1.0	0.931	1.0	1.074	.894
#6	0.9	0.96	1.0	0.864	0.8	1.447	.941
#7	0.9	0.92	1.0	0.828	0.8	1.501	.916
Avg							.856

## 3. 整體結構安全評估

$$S_d \leq S_n \cdot \Phi \dots\dots\dots(3-18)$$

若為強度設計法、則  $S_d$  值為  $0.85f_c'$ 。目前試算的結果(在相當有限的檢測數據及設計參數下)，#118 號碼頭之  $\Phi$  值經代入公式計算後得出為 0.856。當  $\Phi$  值為 0.856 時表示結構位於第一級之安全程度，亦即僅需進行日常檢測作業即可。

### 3.4 鋼板樁碼頭破壞之新型評估方式

#### 3.4.1 鋼板樁碼頭之破壞檢測

鋼板樁碼頭之破壞檢測上，研究團隊在過去曾做過包括理論研究及現場實測之許多相關工作。發現鋼板樁之破壞主要有三大原因：一為鋼板樁本身鏽蝕、二為鋼板樁接合處破壞、此兩者均可能造成碼頭後線回填區土壤之淘空、三為及整體位移及岸壁上方冠牆破壞。鋼板樁鏽蝕後即使未形成破洞，亦可能由於均勻腐蝕作用而造成板樁斷面不足，以致無法達到設計強度而破壞。

圖 3.4 中所示為典型之鋼板樁構造情形，其構造為凹凸相間之鋼板彼此組合而成一片牆狀之擋土結構。而實際的構造若從斷面圖(圖 3.1)中，可以看出來其為兩片 Z-型鋼板組合而成。為了加強側向抵抗力，對於較深的鋼板樁碼頭陸側有時還加上 I-型鋼板，以增加其對於側向外力之抵抗，如圖 3.1 下方所示。

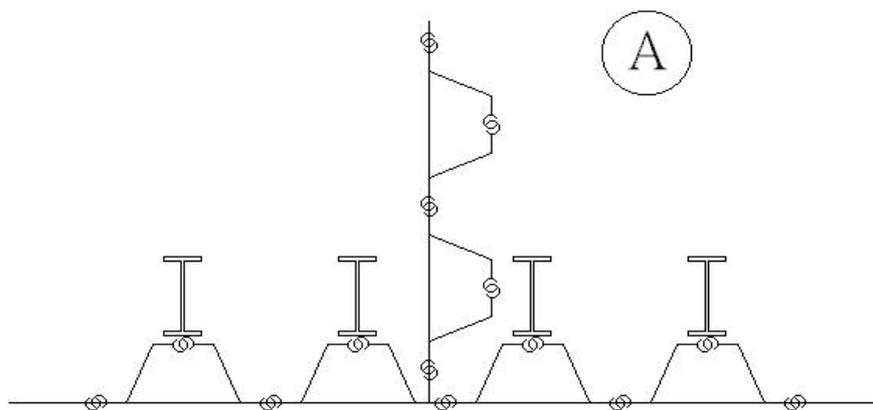


圖 3.1 板樁由 Z-型型鋼組合之斷面圖

圖 3.2 所示則為典型鋼板樁因組合不夠牢靠而在接合處產生開裂現象時之示意圖。圖 3.2 上部所示為斷面開裂情形，下部所示則為沿著鋼板樁之碼頭高程面其可能開裂之位置，圖中所示為碼頭之接近海床處產生開裂現象，但在實務上則任何高程處均可能發生此開裂情形。當發生在接近海床時可能因為施工不當而發生；但也可能因設計時因斷面不足，接近海床處因承受較大之應力作用而發生。圖 3.3 為受測之典型鋼板樁示意圖，圖 3.4 為典型鋼板樁碼頭構造情形，圖 3.5 為典型鋼板樁碼頭構造銹損破壞現象，可觀察出其銹損位置並非完全在水線下方，而是在在潮間上下移動處較為嚴重。圖 3.6 則為典型鋼板樁碼頭構造局部穿孔破壞現象。鋼板樁碼頭即使沒有上述明顯可見之破壞現象時，仍可能因為長時間之鋼板表面氧化均勻銹蝕而造成斷面損失，此時則必須借助儀器檢測方能進一步發現。圖 3.7、圖 3.8、圖 3.9 中所示，為本團隊過去進行港灣碼頭鋼板樁破壞檢測時，以儀器進行鋼板樁之厚度檢測，圖 3.7 為清理鋼版樁表面附著海生物、圖 3.8 及圖 3.9 則為鋼版樁表面附著生物清除後以儀器進行厚度檢測情形。圖 3.10 則為鋼板樁碼頭防蝕塊檢測發現鏽蝕破壞情形。

鋼板樁之設計及分析均假設外力為均勻分佈時，取鋼板樁剖面以類似懸臂樑之受力方式來分析。因此在有限寬度鋼板樁之岸壁間，若有以上述之破壞現象時，亦可以設計時所使用之分析方法加以分析。

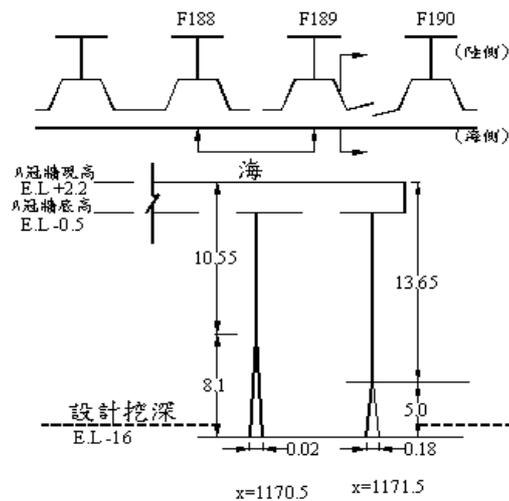


圖 3.2 板樁由 Z-型型鋼組合之斷面開裂情形圖

本階段研究中將以目前發展之應用於抗彎構件之新型安全評估方法，在相關參數重新修正後應用用於鋼板樁碼頭之安全評估，其重點將如前述，一為鋼板樁本身鏽蝕、二為鋼板樁接合處破壞、及三整體位移。其優點為：一、不同構造型式但受力方式類似之碼頭，所使用之安全評估方式具有一致性；二、依構造型式之差異、評估重點也加以區分，對於構造物應力行為之掌控將更為貼切；三則為不同材料之檢測方法及結果之應用能更加適切之考慮。

### 3.4.2 鋼板樁碼頭之個別破壞指標

鋼板樁碼頭之檢測一如其他碼頭，概分為水上陸側檢測及海側水下檢測。鋼板樁碼頭為整片組合之牆面，無法明確區分出不同之構件，水下檢測時則以一定長度段之碼頭進行不同深度處之檢測，由於水中光線不足目視檢測能進行者較為有限，通常以儀器進行檢測，項目中除了目視可見之破洞、開裂、明顯變位等破壞外，還包括鋼板樁厚度、腐蝕電位、防蝕塊殘餘量等檢測。

因此鋼板樁構件之指標估算，其中如構件  $e$  代表某一長度段碼頭(依實際檢測時之規劃而定)。該段碼頭破壞前累計吸收之能量，假設為由數個( $p$  個)斷面之破壞情形累積得出，斷面之定義為檢測時不同深度之檢測位置。單一斷面(檢測深度處斷面)之破壞能量表示如下為：

$$E_i^e = \sigma_{ri} \delta_{est,i} \dots\dots\dots(3-19)$$

式中  $\sigma_{ri}$  = 斷面  $i$  之強度(remaining strength)；

$\delta_{est,i}$  = 估算之該斷面最大可能變形能力(deforming capability)。

但由於鋼板樁通常不進行強度檢測，且鋼鐵材料構造物之承載能力(構件勁度)之損失通常肇因於構件斷面損失，因此本研究中、鋼板樁之斷面強度將以廣義之剩餘斷面強度(remaining resistance)表示如下：

$$\sigma_{ri} = \sigma_{oi} \times \left(1 - \frac{t_l}{d_o}\right)^3 \dots\dots\dots(3-20)$$

式中  $\sigma_{oi}$  為鋼板樁設計時之原始強度、 $t_l$  及  $d_o$  則分別為鋼板樁之損失厚度，及鋼板樁斷面計算慣性矩之原始深度(通常為沿碼頭面法線方向，斷面最外側及最內沿之垂直距離)。

而鋼板樁之變形  $\delta_{est,i}$  則以碼頭法線變形量來估算，估算時若岸肩 (bulk head) 位移與鋼板樁變形無直接關係時，不宜將岸肩之位移直接作為板樁之變形。

### 3.4.3 鋼板樁碼頭破壞之整體破壞指標

鋼板樁碼頭之整體破壞指標將以式(3-21)為主如下

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}] \dots\dots\dots(3-21)$$

式中，M 為結構體中屬於主結構構件之總數，其他各相關參數則如式(3-6)至式(3-11)所示，但應用於鋼板樁時則略做修正並說明如下。其中  $\alpha_{le}$  為包含斷面損失、裂縫分佈及延展性損失等檢測結果之係數，但由於鋼板樁本身為延展性材料，且在構造中無其他脆性材料相結合之。因此、 $\alpha_{le}$  係數應用於鋼板樁構造時將較為簡化。影響  $\alpha_{le}$  係數之參數則包含  $\beta_1, \beta_2$  及  $\beta_3$ ，其中  $\beta_1$  為鋼板樁斷面損失係數，表示如下：

$$\beta_1 = (1 - \text{鋼板樁斷面損失率}) = (1 - R_{sl}) \dots\dots\dots(3-22)$$

但因鋼板樁斷面損失中之厚度損失已有考慮，其造成原因為均勻腐蝕作用，故在  $\alpha_{le}$  係數應用於鋼板樁構造時，則考慮鋼板樁之腐蝕電位變化。因鋼板樁檢測時除了厚度量測之外，通常會同時進行腐蝕電位量測，如果有腐蝕進行時鋼板樁之腐蝕電位亦會產生變化。因此、若鋼板樁因為厚度量測執行困難度較大、經費需求較高而沒有進行而未取得任何厚度損失資料時，可暫時以腐蝕電位之數據及其與腐蝕機率之關係，推估其與斷面損失之關係式來計算。當腐蝕機率為中時、假設其斷面損失為 5%；當腐蝕機率為高(電位達 -350mV 更負時)、則假

設其斷面損失為 10%；若腐蝕機率為高且腐蝕電位達-450mV 以上時、假設每增加-10mV 之腐蝕電位則其斷面損失增加 1%。

$\beta_2$  對於鋼筋混凝土結構斷面而言，為類似斷面損失之深度損失係數，鋼板樁之主要材料為鋼，其主要劣化現象為腐蝕氧化，該部分的強度變化已經在厚度損失時考慮，因此、對於鋼板樁碼頭結構則可考慮岸壁混凝土材料劣化材料現象。鋼板樁碼頭若無其他材料劣化現象時時  $\beta_2$  不予考慮，或令  $\beta_2=1$ 。

$\beta_3$  為延展性及脆性材料間之接合情形，或材料脆性行為之影響範圍。當不同材料間之接合良好且無任何脆性破壞現象如龜裂現象被檢測出來時，則  $\beta_3=1$ 。於混凝土棧橋式碼頭中  $\beta_3$  另定義為扣除裂縫後之殘餘面積，作為脆性行為之參考指標。而鋼板樁碼頭若產生裂縫，其影響將比混凝土材料之脆性裂縫影響為大；但混凝土裂縫通常占較大面積，而鋼板樁裂縫則較少發生。因此、鋼板樁之破壞指數中仍將考慮裂縫之影響，以具體測出大小之裂縫，以測得之裂縫面積與原面積比做為指標(參考 Leeand Chang,2001)。裂縫行為之影響係數  $\beta_3$  定義如下為

$$\beta_3=(1-\text{裂縫面積占原面積比})=(1-A_{tc}/A_0)=(1-R_{al})$$

式中  $A_0$  為該檢測範圍之總面積。鋼板樁碼頭整體結構破壞指標相關之各種係數，經本階段研究修正後條列於表 3-4 中。

**表 3-4 鋼板樁碼頭整體結構破壞指標相關之係數**

參數	範圍	定義	判斷依據
De	$\geq 1.0$	構件現況破壞係數	依檢測數據計算
$\alpha_{ve}$	$\leq 1$	實測數據變異係數	(1-檢測數據誤差%)，若 $\leq 5\%$ 則不以計入
$\alpha_{le}$	$\leq 1$	延展性損失係數	$\alpha_{le} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$
$\beta_1$	$\leq 1$	鋼板樁損失係數	(1- $R_{st}$ )
$\beta_2$	$\leq 1$	板樁厚度損失外，材料劣化係數	(1- $R_{dl}$ )
$\beta_3$	$\leq 1$	裂縫或破損係數	(1- $R_{al}$ )

### 3.4.4 鋼板樁碼頭安全評估

鋼板樁碼頭之結構安全評估，若設計時特別針對材料強度作折減時，可以使用(3-14)式做為評估依據，或者直接以結構整體破壞指標評估，並參考 3.3.3 節中各階層安全性對應之 $\Phi$ 值。一般而言其值必須至少為原設計綜合安全係數值 $\Phi_D$ 之 0.85 倍，結構方視為安全。若檢測之數據經過以上之過程運算後，能滿足整體結構安全評估指標，則結構在使用上為安全，僅需做日常維修即可，若否則必須做進一步較大規模之維修或更複雜之改建或重建等。

### 3.4.5 鋼板樁碼頭結構安全評估案例說明

本案例說明中將以高雄港過去曾執行過之鋼板樁碼頭檢測成果為對象。該碼頭所使用之板樁型式為 Z-型，如下圖 3.3 所示，該板樁經組合後則為凹凸狀，形成三個面，一為凸面、一為凹面、以及側面或斜面，各面之實測厚度如表 3-5 中所示，其中凸面至凹面垂直深度，因無實際數據，暫以其他類似板樁數據 330mm 計入。檢測時、沿碼頭面寬方向先規劃檢測斷面，每一檢測斷面再沿水深位置規劃測點。本檢測案例中規劃了九個測點，包括水面上、水面位置(以平均水位為準)、以及水下若干測點，表中所標示為檢測得出之剩餘厚度。除了厚度檢測之外，亦進行了腐蝕電位之檢測，其檢測位置與厚度量測時位置相同，但檢測點在檢測結果一致性良好時，則適度加以減少，結果同樣標示於表 3-6 中。從鋼版樁電位檢測之結果顯示，各檢測點之腐蝕電位值相當一致，大部分介於-970mV 至-990mV 之間，依據港灣技術研究中心(96 年)所做之“港灣構造陰極防蝕設計規範-草案”-2.4 節“防蝕電位”之規定，防蝕電位宜小於-780mV 或更負，本檢測案例中均小於-780mV 之臨界值，顯示 39 號碼頭之鋼版樁之陰極保護能充分發揮防腐蝕之效用。本檢測中亦無發現孔洞腐蝕、或大型開裂現象，因此演算案例中將以厚度損失為主要內容。

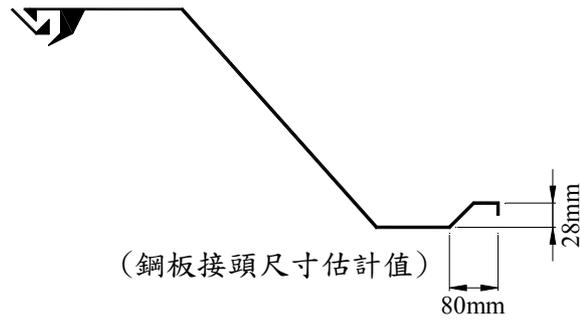


圖 3.3 受測之典型鋼板樁示意圖

表 3-5 高雄港 39 號碼頭鋼板檢測案例數據

測點編號	水深(m)	原始厚度	檢測厚度: 凸面(mm)	側面 (mm)	凹面 (mm)	電位 (-mV)
#3900101	0.20	凸=17.2	15.800	11.900	17.700	993
#3900102	0	側=11.4	15.900	12.200	18.800	995
#3900103	-1.50	凹=17.2	16.300	12.900	16.600	997
#3900104	-3	深度估計 330mm	16.100	11.700	16.600	988
#3900105	-4.50		16.300	11.100	16.600	998
#3900106	-6		15.800	11.400	17.100	983
#3900107	-7.50		17.200	10.600	17.400	990
#3900108	-9		16.800	10.800	17.200	992
#3900109	-10.50		16.100	11.400	17.400	978

表 3-6 高雄港 39 號碼頭鋼板檢測案例演算

測點編號	水深(m)	原始厚度(mm)	損失厚度凸面(mm)	側面(mm)	凹面(mm)	平均損失	剩餘慣性矩比
#3900101	0.20	凸=17.2	1.4	0.0	0.0	0.47	0.9885
#3900102	0	側=11.4	1.5	0.0	0.0	0.5	0.9877
#3900103	-1.50	凹=17.2	0.9	0.0	0.6	0.5	0.9877
#3900104	-3	總深度: 364.4mm	1.1	0.0	0.6	0.57	0.986
#3900105	-4.50		0.9	0.3	0.6	0.6	0.9877
#3900106	-6		1.4	0.0	0.1	0.5	0.9877
#3900107	-7.50		0.0	0.8	0.0	0.27	1.0
#3900108	-9		1.4	0.6	0.0	0.67	0.9885
#3900109	-10.50		1.1	0.0	0.0	0.37	0.991
Average							0.98942

## 1. 個別構件破壞指標計算

- (1)  $\sum E_i^e$  = 構件 e 破壞前累計吸收之應變能量(accumulated strain energy)。
- (2)  $\delta_{Me}$  = 外力作用下，e 構件之最大變形量， $\delta_{Me} = \text{Max}(\delta_{est.i}) = 01$ 。
- (3)  $D_e$  值計算。

在  $\delta_{ue}$  值無法事先得知時，可以相關材料之經驗值代入，或以實測所得之最大變位數據  $\delta_{Me} = \text{Max}(\delta_{est.i})$  代入之； $Q_{ye}$  值之計算亦同以實測最大值，本試算例中暫以此方式行之。則  $D_e$  值之計算結果依表格 3-6 中所示，由於各檢測斷面之剩餘厚度幾乎仍接近原設計值，某些斷面甚至無任何損失現象，而經過演算後其剩餘慣性矩比平均值達 0.99，顯示腐蝕防治之成效良好，此單一版樁  $D_e$  值依式(3-1)為 2.989。

## 2. 整體結構破壞指標(structural damage index, $\Phi$ )

$$\Phi = \frac{2}{M} \sum_e^M \left[ \frac{\phi_r}{\phi_l} \cdot \delta_e^{\alpha_e} \right]$$

其中  $\beta_1$  為鋼板樁斷面損失係數，本計畫中以腐蝕電位之數據及其與腐蝕機率之關係，推估其與斷面損失之關係式來計算。 $\beta_2$  為混凝土材料劣化係數，對於鋼筋混凝土結構斷面而言，為混凝土於結構斷面深度損失係數，對於鋼板樁碼頭結構則可考慮岸壁混凝土材料劣化材料現象。本案例中曾進行了混凝土之強度檢測，本案例分析中假設各檢測點之位置與對應鋼板樁檢測點一致，其檢測之成果如下表 3-7 所示。

表 3-7 高雄港 39 號碼頭冠牆臨水面混凝土強度

測點	平均 R 值	查表強度	修正強度	設計強度 相差值	劣化 損失率	各測點平均劣 化損失率
P1-1	47.2	467.2	350.40	0	1	
P1-2	47.3	468.8	351.60	0	1	
P1-3	45.0	432.0	324	-26	0.926	
P1-4	44.3	420.8	315.60	-35	0.9	0.956
P2-1	45.8	444.8	333.60	-17	0.951	
P2-2	45.9	446.4	334.80	-16	0.954	
P2-3	45.0	432.0	324	-26	0.926	
P2-4	45.6	441.6	331.20	-19	0.946	0.944
P3-1	45.5	440.0	330	-20	0.943	
P3-2	45.7	443.2	332.40	-18	0.948	
P3-3	44.6	425.6	319.20	-31	0.911	
P3-4	46.5	456.0	342	-8	0.977	0.945
P4-1	47.8	476.8	357.60	0	1	
P4-2	45.9	446.4	334.80	-16	0.954	
P4-3	47.0	464.0	348	-2	0.994	
P4-4	47.7	475.2	356.40	0	1	0.987
P5-1	47.3	468.8	351.60	0	1	
P5-2	48.6	489.6	367.20	0	1	
P5-3	45.8	444.8	333.60	-17	0.951	
P5-4	49.4	508.0	381	0	1	0.988
P6-1	46.1	449.6	337.20	-13	0.963	
P6-2	43.5	408.0	306	-44	0.874	
P6-3	47.2	467.2	350.40	0	1	
P6-4	42.9	398.4	298.80	-52	0.851	0.922
P7-1	45.4	438.4	328.80	-22	0.937	
P7-2	43.7	411.2	308.40	-42	0.88	
P7-3	46.4	454.4	340.80	-10	0.971	
P7-4	42.6	393.6	295.20	-55	0.842	0.907
P8-1	46.8	460.8	345.60	-5	0.985	
P8-2	43.1	401.6	301.20	-49	0.86	
P8-3	45.9	446.4	334.80	-16	0.954	
P8-4	47.2	467.2	350.40	0	1	0.949
P9-1	46.0	448.0	336	-14	0.96	
P9-2	46.5	456.0	342	-8	0.977	
P9-3	43.4	406.4	304.80	-46	0.868	
P9-4	45.8	444.8	333.60	-17	0.951	0.939

註：查表、修正與設計強度相差值單位為  $\text{kg/cm}^2$

$\beta_3$  為延展性及脆性材料間之接合情形，或材料脆性行為之影響範圍。當不同材料間之接合良好且無任何脆性破壞現象如龜裂現象被檢測出來時，則  $\beta_3=1$ 。於混凝土棧橋式碼頭中  $\beta_3$  另定義為扣除裂縫後之殘餘面積，作為脆性行為之參考指標。而鋼板樁碼頭若產生裂縫，其影響將比混凝土材料之脆性裂縫影響為大；但混凝土裂縫通常占較大面積，而鋼板樁裂縫則較少發生。因此、鋼板樁之破壞指數中仍將考慮裂縫之影響，以具體測出大小之裂縫，以測得之裂縫面積與原面積比做為指標。本檢測案例中，無任何孔洞或開裂現象檢測數據，故  $\beta_3=1$ 。

計算  $\Phi$  值時，本案例演算中若考慮所有斷面，其將占大部分篇幅，因此將以上各水深斷面之破壞指標值，假設為各構件之破壞指標代入演算整體結構破壞指標值。若均為同類型構件時，其式可簡化，並得到計算結果如下表 3-8 所示：

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}] = 0.8943$$

表 3-8 整體破壞指標所需參數值

Member	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$	$\alpha_{ve}$	$\alpha_e$	$\delta_e$	$\Phi$
#1	1	0.956	1.0	0.956	0.95	1.1	.901	.891
#2	1	0.944	1.0	0.944	0.95	1.115	.901	.890
#3	1	0.945	1.0	0.945	0.9	1.176	.901	.885
#4	1	0.987	1.0	0.987	0.9	1.126	.901	.889
#5	1	0.988	1.0	0.988	0.95	1.065	.901	.895
#6	1	0.922	1.0	0.922	0.9	1.205	.901	.882
#7	1	0.907	1.0	0.907	0.9	1.225	.95	.939
#8	1	0.949	1.0	0.949	0.95	1.114	.901	.890
#9	1	0.939	1.0	0.939	0.95	1.121	.9	.888
Avg								.8943

### 3. 整體結構安全評估指標(safety capability Sd)

目前試算的結果，#39 號碼頭之  $\Phi$  值經代入公式計算後得出為 0.8943。當  $\Phi$  值為 0.8943 時表示結構位於第一級之安全程度，亦即僅需進行日常一般性之檢測作業即可。



圖 3.4 典型鋼板樁碼頭構造情形



圖 3.5 典型鋼板樁碼頭構造銹損破壞現象



圖 3.6 典型鋼板樁碼頭構造局部破損穿孔現象



圖 3.7 清理鋼版樁表面附著海生物



圖 3.8 表面附著海生物清除後情形



圖 3.9 鋼版樁厚度檢測情形



A 下



B 上



B 中



B 下

圖 3.10 鋼板樁碼頭防蝕塊檢測發現鏽蝕情形

### 3.5 重力式碼頭結構破壞之新型評估方式研議

重力式碼頭構造在設計分析時較為簡便，主要以靜力分析為主。其考慮要件主要為以結構物本身之重力抵抗外力之作用，其中包括了抗彎矩作用及抗剪力作用，結構材料之主要性質則為重量及底床土壤性質。因此在安全分析上、傳統結構之材料力學行為及分析方法將不適用，必須另訂以靜力分析為主之詳細安全評估方式。

#### 3.5.1 重力式碼頭之破壞檢測

典型重力式碼頭破壞方式中，與結構安全關係較為密切者如：岸壁破壞或孔洞、塊石脫落、碼頭下方淘空等，均為破壞檢測之重要項

目，其對於安全評估亦為重要之因素。至於與結構材料力學關係較為密切之材料力學性質，如材料強度等在重力式碼頭之安全評估方法中，將不如前述兩類碼頭、棧橋式及板樁式來的重要。

重力式碼頭檢測的項目又可分為整體結構變形檢測及附屬設施檢測，整體結構變形檢測中包含之檢測項目有：碼頭壁體(海側冠牆面)傾斜、位移檢測，碼頭法線平直度偏移檢測，碼頭面破壞、沈陷檢測，混凝土方塊及冠牆破壞檢視等。碼頭非主結構體的檢測項目則不限於碼頭型式包括有：護舷材(或防舷材)破損、劣化及裂縫檢查；繫船柱外觀鏽蝕程度、基座混凝土裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測；其他附屬設施如擋車牆破損、斷裂等。

### 3.5.2 重力式碼頭之個別破壞指標

重力式碼頭在設計時必須做壁體滑動、壁體傾覆及基礎承载力檢討，以確定碼頭之安全性。可見壁體滑動、壁體傾覆及基礎承載為造成重力式碼頭可能破壞之主要機制。碼頭建造完成後，會造成壁體滑動或壁體傾覆之可能性相當罕見，除非遇到大地震或海嘯或洪水等巨大之天然災害。平時則以海浪掏刷、不當及過度之堤腳濬深，以及範圍較大之孔洞發生時，可能對重力式碼頭之安全造成危害。

因此本節訂定重力式碼頭之破壞指標時，將以壁體滑動、壁體傾覆及基礎承載之危害為主要依據，安全評估方法主要以整體結構為考慮，個別構件之定義則以檢測段或個別結構段(如沉箱碼頭以每座沉箱段或塊石堆疊碼頭以塊石段)加以區別。

重力式碼頭個別破壞指標估算時，如前所述不以能量累積做為破壞指標，而以壁體滑動、壁體傾覆及基礎承載之危害為指標。其中如構造段  $e$  代表某一長度段碼頭之檢測單元(依實際檢測時之規劃而定)，該段碼頭於破壞調查及檢測時之數據，再由其中數個( $p$  個)較小段碼頭之破壞情形平均得出。單一小段之破壞指標表示如式(3-23)及(3-24)，其中(3-23)式為碼頭壁體傾覆危害指標，(3-24)則為碼頭壁體滑動危害

指標：

$$D_m = 1.2 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{l_l}{l_0} \right) \dots\dots\dots(3-23)$$

$$D_f = 1.2 \cdot \left( 1 - \frac{l_l}{l_0} \right) \dots\dots\dots(3-24)$$

式中  $l_l$  及  $l_0$  分別為重力式碼頭壁體之損失底寬及原設計底寬，而損失底寬則依照壁體基礎之土壤性質，及檢測時超挖或掏刷深度，配合土壤力學原理加以估算得出。假設超挖深度沿壁體下方及底部之基礎土壤可能崩塌，其崩塌時依個別土壤崩塌腳而破壞，如此可估算出超挖深度內土壤崩塌範圍，亦即壁體寬度內損失之單位長度土壤面積。其計算方式表示如下：

$$l_l = \frac{h_o}{\frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma} \tan \phi} = \frac{h_o \gamma}{(\gamma - \gamma_0) \tan \phi} \dots\dots\dots(3-25)$$

式中  $h_o$  為超挖深度、 $\gamma$  為土壤單位體積重、 $\gamma_0$  則為海水單位體積重、 $\phi$  為土壤崩塌角。各檢測單元之破壞指標，可由單元內之檢測段累計得出訂為：

$$D_e = \frac{1}{p} \sum_i^p \frac{1}{2} (D_{mi} + D_{fi}) \dots\dots\dots(3-26)$$

### 3.5.3 重力式碼頭之整體指標(structural state index)

重力式碼頭之整體破壞指標，在計算時把其他檢測項目之數據一併考慮進來，其中包括碼頭沉陷量、尤其非均勻沉陷部分、一定深度材料劣化面積，及岸壁或碼頭壁體內孔洞及破損。另外檢測時所產生之變異度(當其差值高於 5% 時方列入考慮)，如前述棧橋式及板樁式碼頭之破壞指標訂定，亦一併考慮。假設整體重力式碼頭檢測後，共有 M 個結構單元之數據，則重力式碼頭之整體破壞指標如(3-5)式訂定如下：

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}]$$

式中，各相關參數則修正後說明如下： $\delta_e = \frac{D_e}{1.2}$ ， $\alpha_e$ 則如(3-7)及(3-8)式所示，唯與 $\beta$ 相關之參數則另定義如下。

其中 $\alpha_{le}$ 為包含碼頭沉陷量、一定深度材料劣化面積，及岸壁或碼頭壁體內孔洞及破損等檢測結果之係數。影響 $\alpha_{le}$ 係數之參數則包含 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、及、 $\beta_3$ ，其中 $\beta_1$ 為重力式碼頭沉陷量係數，以原平面扣除不均勻沉陷後之角度差 $\theta_s$ 表示如下：

$$\beta_1 = (1 - \text{碼頭不均勻沉陷損失率}) = (1 - R_{sl})$$

其中 $R_{sl} = \frac{\theta_s}{180}$  (setting loss of tilting ground)，以個別檢測單元之範圍估算。

$\beta_2$ 對於重力式基礎結構斷面而言，為類似斷面損失之材料劣化損失係數，其主要破壞現象為岸壁混凝土材料劣化。材料劣化對於重力式碼頭之影響，主要為沉箱式碼頭較為明顯，因此、除了沉箱式碼頭之外， $\beta_2 = 1$ 。沉箱式碼頭時則須加以考慮，並修正(3-10)式，將構件斷面修正為沉箱壁體之版斷面，定義如下：

$$\beta_2 = (d - \text{混凝土壁面劣化深度}) / d = (1 - R_{dl})$$

對於重力式基礎結構而言，其對於外力作用時最重要之抵抗力即為重力，故名之為「重力式碼頭」，所以、無論為混凝土方塊式或沉箱式，其結構內部均不宜有孔洞現象。尤其是沉箱式碼頭、若沉箱壁破損後造成內部填充材料流失，將損及整體碼頭之安全。而塊石碼頭若有位移或孔洞破壞，也將危及整體結構之安全。故 $\beta_3$ 定義為重力碼頭孔洞體積損失比(或重量損失比)。檢測時類似面積比之計算方式，以測得之孔洞體積與原體積比做為指標，孔洞之影響係數 $\beta_3$ 定義如下為：

$$\beta_3=(1-\text{孔洞體積占原體積比})=(1-V_{tc}/V_0)=(1-R_{vi})$$

式中  $V_0$  為該檢測範圍重力式碼頭之總體積。重力式碼頭整體結構安全指標相關之各種係數，經本階段研究修正後條列於表 3-9 中。

表 3-9 重力式碼頭整體結構安全指標相關之係數

參數	範圍	定義	判斷依據
De	$\geq 1.0$	構件現況破壞係數	依檢測數據計算
$\alpha_{ve}$	$\leq 1$	實測數據變異係數	$(1-\text{檢測數據誤差}\%)/0.95$ ，若 $\leq 5\%$ 則不以計入
$\alpha_{le}$	$\leq 1$	綜合損失係數	$\alpha_{le} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$
$\beta_1$	$\leq 1$	碼頭沉陷量係數	$(1-R_{sl})$
$\beta_2$	$\leq 1$	材料劣化係數	$(1-R_{dl})$
$\beta_3$	$\leq 1$	孔洞體積係數	$(1-R_{vi})$

### 3.5.4 重力式碼頭結構安全評估

重力式碼頭的檢測數據代入上式相關公式計算後，可得出整體碼頭破壞指標  $\Phi$  值。由於在個別指標運算中已考慮安全係數之影響，如碼頭壁體傾覆安全係數，根據交通部頒訂之港灣設計準則，於平時訂為 1.2，考慮地震時則訂為 1.1；碼頭壁體滑動安全係數，於平時訂為 1.2，考慮地震時則訂為 1.0。故整體碼頭破壞指標  $\Phi$  值可以單獨作為安全評估依據，其與結構安全之相關性建議如下：

Level1： $\Phi$  值  $\geq 0.85$  時，結構基本為安全僅需日常檢測維修即可。

Level2： $0.85 > \Phi$  值  $\geq 0.68$  時，結構安全有局部威脅，需進一步進行檢修，但仍可使用。

Level3： $0.68 > \Phi$  值  $\geq 0.50$  時，結構安全有重大問題，應停止使用或做即時監測並進行大型檢修。

Level4： $\Phi$  值  $< 0.50$  時，結構已重大毀損為不堪用狀態，應立即停止使用並考慮重建計畫。

### 3.5.5 重力式碼頭結構安全評估案例說明

本案例說明所引用之碼頭為高雄港#5 碼頭，為混凝土塊石構造，檢測時進行了碼頭高程沈陷測量，整體結構變形檢測中包含之檢測項目有：碼頭壁體(海側冠牆面)傾斜、位移檢測，碼頭法線平直度偏移檢測，碼頭面破壞，混凝土方塊及冠牆破壞檢視等。

#### 1. 個別(單元)構件破壞指標

本案例中水下檢測因限於經費，只進行了碼頭岸壁之檢測，而無堤腳刷深或浚深之相關資料。因此、假設超挖深度為 $h_o=0.1\text{m}$ ，壁體總寬度為 $l_o=5.0\text{m}$ 。其他設計相關之土質及環境條件為：基礎地盤之土壤崩塌角 $\phi=30^\circ$ 、土壤單位重 $\gamma=1.8\text{t/m}^3$ 、土壤於水中單位重( $\gamma-\gamma_o$ )= $1.0\text{t/m}^3$ ，則相關參數計算如下：

$$l_l = \frac{h_o}{\frac{\gamma-\gamma_o}{\gamma} \tan \phi} = \frac{h_o \gamma}{(\gamma-\gamma_o) \tan \phi} = (0.1)(1.8)/1.0/0.577 = 0.312\text{m}$$

$$D_m = 1.2 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{l_l}{l_o}\right) = 1.05$$

$$D_f = 1.2 \cdot \left(1 - \frac{l_l}{l_o}\right) = 1.125$$

$$D_e = \frac{1}{p} \sum_i^p \frac{1}{2} (D_{mi} + D_{fi}) = 1.0875$$

#### 2. 整體結構安全指標

表 3-10 為碼頭高程沉陷之檢測數據，從其相對沉陷量之計算結果中發現，該碼頭的確有沉陷現象。除了整體碼頭有約 10cm 之沉陷之外，局部也有最大約 20cm 之沉陷；但與碼頭安全關係密切的不均勻、傾斜性沉陷則沒有發現。因此、 $\beta_1=(1-\text{碼頭不均勻沉陷損失率})=(1-R_{st})=1.0$ 。

表 3-10 碼頭高程測量沉陷檢測數據

座標(二分度帶)		測量 高程 (m)	相對 沈陷量 (m)	座標(二分度帶)		測量 高程 (m)	相對 沈陷量 (m)
緯度	經度			緯度	經度		
2502314.7	175145.5	1.76	-0.16	2502300.6	175173.5	1.79	-0.13
2502314.7	175145.5	1.79	-0.13	2502299.9	175174.7	1.82	-0.10
2502314.7	175145.5	1.79	-0.13	2502299.3	175175.9	1.82	-0.10
2502314.7	175145.5	1.79	-0.13	2502298.8	175177.1	1.83	-0.09
2502314.6	175145.6	1.81	-0.11	2502298.1	175178.3	1.85	-0.07
2502314.6	175145.6	1.81	-0.11	2502297.5	175179.6	1.82	-0.10
2502314.7	175145.6	1.81	-0.11	2502296.9	175180.8	1.86	-0.06
2502314.7	175145.5	1.80	-0.12	2502296.3	175182.0	1.83	-0.09
2502314.7	175145.5	1.81	-0.11	2502295.7	175183.2	1.85	-0.07
2502314.7	175145.6	1.80	-0.12	2502295.0	175184.7	1.71	-0.21
2502314.5	175146.0	1.77	-0.15	2502294.6	175185.4	1.74	-0.18
2502314.0	175147.0	1.77	-0.15	2502294.5	175185.6	1.76	-0.16
2502313.5	175148.1	1.82	-0.10	2502294.5	175185.6	1.76	-0.16
2502312.9	175149.2	1.79	-0.13	2502294.5	175185.6	1.77	-0.15
2502312.4	175150.4	1.79	-0.13	2502294.5	175185.7	1.75	-0.17
2502311.8	175151.5	1.78	-0.14	2502294.5	175185.7	1.74	-0.18
2502311.2	175152.7	1.79	-0.13	2502294.0	175186.4	1.77	-0.15
2502310.6	175153.9	1.76	-0.16	2502293.4	175187.5	1.80	-0.12
2502309.9	175155.2	1.79	-0.13	2502292.9	175188.7	1.82	-0.10
2502309.3	175156.4	1.77	-0.15	2502292.3	175189.9	1.79	-0.13
2502308.7	175157.6	1.79	-0.13	2502291.6	175191.2	1.75	-0.17
2502308.1	175158.8	1.76	-0.16	2502290.9	175192.4	1.76	-0.16
2502307.4	175160.1	1.77	-0.15	2502290.3	175193.6	1.78	-0.14
2502306.8	175161.3	1.84	-0.08	2502289.7	175194.9	1.76	-0.16
2502306.1	175162.4	1.84	-0.08	2502289.2	175196.1	1.73	-0.19
2502305.5	175163.6	1.83	-0.09	2502288.5	175197.3	1.74	-0.18
2502304.8	175164.8	1.82	-0.10	2502287.9	175198.5	1.75	-0.17
2502304.2	175166.1	1.81	-0.11	2502287.3	175199.7	1.79	-0.13
2502303.6	175167.3	1.78	-0.14	2502286.8	175201.0	1.77	-0.15
2502303.0	175168.6	1.77	-0.15	2502286.2	175202.3	1.79	-0.13
2502302.4	175169.8	1.81	-0.11	2502285.6	175203.6	1.82	-0.10
2502301.8	175171.0	1.78	-0.14	2502285.0	175204.8	1.81	-0.11
2502301.2	175172.3	1.80	-0.12	2502284.3	175205.9	1.79	-0.13

另外表 3-11 中所列則為碼頭壁體混凝土強度檢測結果，表中列出 7 個檢測單元，每單元各有 4 個檢測數據。假設設計強度為 350(kg/cm<sup>2</sup>)，則可算出各檢測點之強度差異值。經由表 3-12 則可算出混凝土材料之劣化損失率。雖然本案例並非沉箱碼頭，β2 之值可以不列入考慮，算例中則加以考慮以做為分析案例。β3 為孔洞所佔碼頭體之體基比，檢測結果顯示測點 P4 處，岸壁下方約 3.7 公尺處，一處明顯的空洞現象，其最大寬度及深度約 15 公分；測點 P5 之岸壁下方碼頭塊石基礎之破壞情形，該處裂縫主要為垂直方向，長達 1.35 公尺，顯示為塊石與塊石交接處有位移發生，裂縫深度最大達約 51 公分，最大寬度則達 10 公分，其餘檢測數據中未測出孔洞，故除了 P4 及 P5 單元外、β3 之值為 1。相關計算成果則列於表 3-13 中。經計算後得出。

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}] = 0.9043$$

表 3-11 碼頭壁體混凝土強度檢測結果

Member	β1	β2	β3	β <sub>1</sub> ·β <sub>2</sub> ·β <sub>3</sub>	α <sub>ve</sub>	α <sub>e</sub>	δ <sub>e</sub>	Φ
#1	1	0.982	1.0	0.982	0.928	1.018	.90625	.9046
#2	1	0.995	1.0	0.995	1	15	.90625	.9058
#3	1	0.992	1.0	0.992	1	18	.90625	.9055
#4	1	0.983	0.99	0.983	1	1.028	.90625	.9037
#5	1	1.0	0.98	1.0	1	1.02	.90625	.9045
#6	1	0.983	1.0	0.983	0.948	1.017	.90625	.9047
#7	1	0.946	1.0	0.946	0.934	1.057	.90625	.9011
Avg								.9043

表 3-12 重力式碼頭壁體混凝土強度檢測結果

測點	平均 R 值	查表強度	修正強度	設計強度 相差值	1-劣化損失率	各測點平均 (1-劣化損失率)
P1-1	45.1	433.6	325.20	-25	0.928	
P1-2	48.7	491.2	368.40	0	1	
P1-3	51.3	537.1	402.83	0	1	
P1-4	50.2	518.4	388.80	0	1	0.982
P2-1	50.4	521.8	391.35	0	1	
P2-2	47.1	465.6	349.20	-1	0.997	
P2-3	46.7	459.2	344.40	-6	0.983	
P2-4	51.1	533.7	400.28	0	1	0.995
P3-1	50.9	530.3	397.73	0	1	
P3-2	46.3	452.8	339.60	-11	0.968	
P3-3	47.4	470.4	352.80	0	1	
P3-4	49.9	513.3	384.98	0	1	0.992
P4-1	47.1	465.6	349.20	-1	0.997	
P4-2	47.6	473.6	355.20	0	1	
P4-3	46.4	454.4	340.80	-10	0.971	
P4-4	45.3	436.8	327.60	-13	0.963	0.983
P5-1	50.1	516.7	387.53	0	1	
P5-2	48.8	494.6	370.95	0	1	
P5-3	50.8	528.6	396.45	0	1	
P5-4	50.9	530.3	397.73	0	1	1.0
P6-1	49.0	496.0	372	0	1	
P6-2	50.6	525.2	393.90	0	1	
P6-3	45.7	443.2	332.40	-18	0.948	
P6-4	46.7	459.2	344.40	-6	0.983	0.983
P7-1	45.8	444.8	333.60	-17	0.951	
P7-2	45.3	436.8	327.60	-23	0.934	
P7-3	45.9	446.4	334.80	-16	0.954	
P7-4	45.6	441.6	331.20	-19	0.946	0.946

註：查表、修正與設計強度相差值單位為  $\text{kg/cm}^2$

### 3.碼頭結構安全評估

因此、依照本計算過程中得出，整體結構安全指標  $\Phi$  為 0.9043  $\geq 0.85$ 。符合 Level1： $\Phi$  值  $\geq 0.85$  時，結構基本為安全僅需日常檢測維修即可。

## 第四章 港灣構造物維護管理系統建置

本案建置之系統乃依循「基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究」、「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」與本案前兩年期等進行系統建置，系統亦已納入基隆港西 2~4 號與西 14~15 號碼頭之定期巡查資料(基隆港西 14 號碼頭包含連續兩年之定期巡查資料)，由於系統建置迄今已約 5 年，執行相關案件期間，檢測執行流程亦已有所變革，且原始設計資料庫與系統架構亦需配合修正，考量上述之因素，故本案將以原有的系統功能模組架構下重新建置系統，以便符合未來之需求。另外，原有系統模組並未包含報表印製之功能，為便於系統使用者將巡查資料輸出，今年度亦配合新增「檢測報告產出模組」，以增加系統使用性。而研擬分析預測工具可藉由系統化的計算方式，以作為未來維護管理系統執行之用。以下即就上述內容進行說明：

### 4.1 維護管理系統更新與港灣構造物資料擴充

#### 4.1.1 維護管理系統更新

##### 1. 系統軟體架構

架構內容包含伺服器軟體、資料庫軟體與地理資訊系統等，如圖 4.1 所示，本案伺服器使用 Apache 系統，其支援 HTML、PHP 與 JavaScript 等語言，而採用的資料庫為 MySQL，並藉由 PHP 語言進行資料庫的輸出入，地理資訊系統採用 Googlemaps，並藉由 JavaScript 語言將相關資訊展示地圖中。以下伺服器軟體、資料庫軟體與地理資訊系統等說明如下：

- (1) 伺服器 Apache: Apache 是目前全世界使用得最多的網頁伺服器，原本 Apache 只是一個開放原始碼的網頁伺服器計畫，但隨著開放原始碼的蓬勃發展，它從只支援網頁伺服器軟體的組織，變成了支援了許多與全球資訊網應用相關的大計畫，並且改名為 Apache

Foundation。根據 Netcraft 在 2009 年 12 月的統計數據，Apache 的市佔率為 53.67%，IIS(Microsoft 系統)為 18.26%。其支援語言簡述如下：

- ①HTML：超文件標示語言(Hypertext Markup Language，HTML)是為「網頁建立和其它可在網頁瀏覽器中看到的訊息」設計的一種標示語言。HTML 被用來結構化訊息，例如標題、段落和列表等等，也可用來在一定程度上描述文件的外觀和語意。HTML 檔案最常用的副檔名是.html，可以用任何文字編輯器或所見即所得的 HTML 編輯器來編輯 HTML 檔案。
  - ②PHP：超文字預處理器(Hypertext Preprocessor，PHP)是一種開源的通用電腦指令碼語言，尤其適用於網路開發並可嵌入 HTML 中使用。PHP 的語法借鑒吸收了 C 語言、Java 和 Perl 等流行電腦語言的特點，易於一般程式設計師學習。PHP 的主要標的是允許網路開發人員快速編寫動態頁面，但 PHP 也被用於其他很多領域。
  - ③JavaScript：為一種直譯式程式語言，是一種動態型別、弱型別、基於原型的語言，內建支援型別。它的直譯器被稱為 JavaScript 引擎，為瀏覽器的一部份，廣泛用於客戶端的腳本語言，最早是在 HTML 網頁上使用，用來給 HTML 網頁增加動態功能。
- (2)資料庫 MySQL：MySQL 是一個開放原始碼的關聯式資料庫管理系統，原開發者為瑞典的 MySQLAB 公司，該公司於 2008 年被昇陽微系統(Sun Micro systems)收購。2009 年，甲骨文公司(Oracle)收購昇陽微系統公司，MySQL 成為 Oracle 旗下產品。MySQL 由於效能高、成本低、可靠性好，已經成為最流行的開源資料庫，因此被廣泛地應用在 Internet 上的中小型網站中。隨著 MySQL 的不斷成熟，它也逐漸用於更多大規模網站和應用，比如維基百科、Google 和 Facebook 等網站。
- (3)地理資訊系統 Google maps：是 Google 公司向全球提供的電子地

圖服務，地圖包含地標、線條、形狀等訊息，提供向量地圖、衛星照片、地形圖等三種視圖。

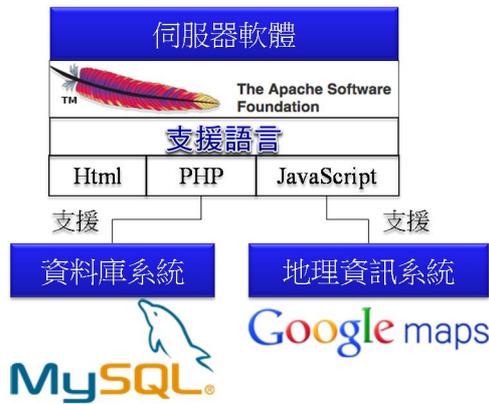


圖 4.1 本案維護管理軟體架構

## 2.系統資料庫架構

維護管理系統資料庫為建置之核心，若資料拆分合宜，會降低儲存空間並增加執行效率，本案系統資料庫中各資料表說明如下。各資料可將不同的資料表以聯集方式查詢，以便於資料的使用，如圖 4.2 所示，可將港灣基本資料、碼頭基本資料與單元基本資料，藉由港灣編碼(hbID)與碼頭編碼(portCode)將三個資料表聯集，以便於系統中獲得所有資料。

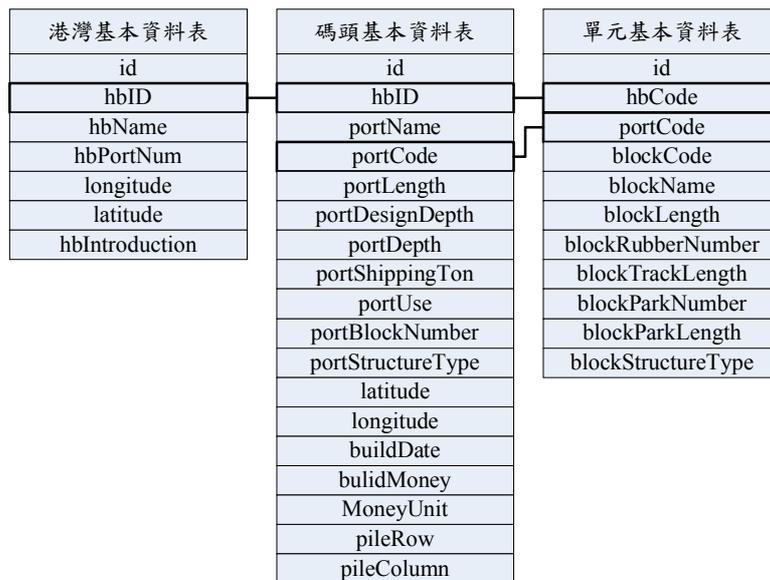


圖 4.2 關聯式查詢方式示意

- (1)港灣基本資料：建置內容為港灣編碼、港灣名稱、碼頭數量、港灣經度、港灣緯度與港灣簡述等，其欄位設定與資料範例如表 4-1 所示。
- (2)碼頭基本資料：建置內容為港灣編碼、碼頭名稱、碼頭編號、碼頭長度、設計水深、可靠泊水深、停泊噸位、使用性質、單元數量、結構型式、碼頭經度、碼頭緯度、建造日期、建造經費、經費單位、墩柱列數與墩柱行數等，其欄位設定與資料範例如表 4-2 所示。
- (3)單元基本資料：建置內容為港灣編號、碼頭編號、單元名稱、單元長度、防舷材數量、吊車軌道長度、車擋數量、車擋長度、單元結構型式等，其欄位設定與資料範例如表 4-3 所示。
- (4)構件基本資料：建置內容為第一層構件名稱、第二層構件名稱、構件編碼、結構型式、巡查型式、權重等，其欄位設定與資料範例如表 4-4 所示。
- (5)劣化類型資料：建置內容為構建編碼、結構型式、劣化類型、劣化編碼、劣化位置編碼與劣化數量編碼等，其欄位設定與資料範例如表 4-5 所示。
- (6)劣化描述資料：建置內容為構件編碼、結構型式、劣化類型、劣化編碼、劣化等級與劣化描述等，其欄位設定與資料範例如表 4-6 所示。
- (7)經常巡查基本資料：建置內容為港灣編號、碼頭編號、檢測日期、使用者代號、檢測意見等，其欄位設定與資料範例如表 4-7 所示。
- (8)經常巡查詳細資料表：建置內容為港灣編號、碼頭編號、單元編碼、構件編碼、劣化編碼、劣化等級、劣化數量(長度)、劣化數量(面積)、劣化數量(數量)、劣化位置(X 值)、劣化位置(Y 值)、劣化位置(N 值)、劣化照片、檢測日期等，其欄位設定與資料範例如表 4-8 所示。
- (9)經常巡查基本資料：建置內容為港灣編號、碼頭編號、檢測日期、使用者代號、檢測意見、是否完成檢測等，其欄位設定與資料範例如表 4-9 所示。

- (10)經常巡查詳細資料表：建置內容為港灣編號、碼頭編號、單元編碼、構件編碼、劣化編碼、劣化等級、劣化數量(長度)、劣化數量(面積)、劣化數量(數量)、劣化數量(百分比)、劣化數量(體積)、劣化位置(X 值)、劣化位置(Y 值)、劣化位置(Z 值)、劣化位置(N 值)、劣化位置(R 值，墩柱行值)、劣化位置(C 值，墩柱列值)、劣化照片、檢測日期等，其欄位設定與資料範例如表 4-10 所示。
- (11)特別巡查基本資料：建置內容為港灣編號、碼頭編號、檢測日期、使用者代號、檢測意見等，其欄位設定與資料範例如表 4-11 所示。
- (12)特別巡查詳細資料表：建置內容為港灣編號、碼頭編號、單元編碼、構件編碼、劣化編碼、嚴重否、劣化數量(長度)、劣化數量(面積)、劣化數量(數量)、劣化位置(X 值)、劣化位置(Y 值)、劣化位置(N 值)、劣化照片、檢測日期等，其欄位設定與資料範例如表 4-12 所示。
- (13)修復工法資料表：建置內容為修復工法編碼、修復工法名稱、修復工法單價等，其欄位設定與資料範例如表 4-13 所示。
- (14)修復工法對應資料：建置內容為修復工法編碼、構件編碼、劣化等級等，其欄位設定與資料範例如表 4-14 所示。
- (15)維修紀錄表架構：建置內容為修復日期、港灣編碼、維修契約編號、維修金額、維修碼頭編碼、維修照片、維修檔案等，其欄位設定與資料範例如表 4-15 所示。

**表 4-1 港灣基本資料表架構**

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(5)	1
hbID	varchar(3)	klh
hbName	varchar(10)	基隆港
hbPortNum	int(5)	56
longitude	float	121.745
latitude	float	25.1375
hbIntroduction	text	

表 4-2 碼頭基本資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(11)	1
hbID	varchar(3)	klh
portName	varchar(10)	西 2 號碼頭
portCode	varchar(5)	0w02
portLength	int(3)	205
portDesignDepth	float	9
portDepth	float	9
portShippingTon	int(5)	1,000
portUse	varchar(20)	客貨碼頭
portBlockNumber	int(3)	22
portStructureType	varchar(10)	棧橋式
latitude	double	25.134839
longitude	double	121.741411
buildDate	varchar(8)	
bulidMoney	int(10)	
MoneyUnit	varchar(5)	
pileRow	int(2)	1
pileColumn	int(2)	10

表 4-3 單元基本資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(11)	1
hbCode	varchar(3)	klh
portCode	varchar(5)	0w02
blockCode	varchar(3)	B01
blockName	varchar(10)	1 號單元
blockLength	float	30
blockRubberNumber	int(2)	1
blockTrackLength	float	30
blockParkNumber	int(2)	3
blockParkLength	float	
blockStructureType	varchar(10)	棧橋

表 4-4 構件基本資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(4)	1
elementNameL1	varchar(10)	碼頭本體
elementNameL2	varchar(10)	壁體
elementCode	varchar(4)	mswa
structureType	varchar(10)	重力
elementType	varchar(3)	RE
weight	double	0.29

表 4-5 劣化類型資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(11)	1
elementCode	varchar(10)	mswa
structureType	varchar(10)	重力
defectType	varchar(10)	裂縫
defectCode	varchar(10)	cr
positionType	int(2)	3(代表為記錄 xz 值)
quantityType	int(2)	1(代表記錄長度)

表 4-6 劣化描述資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(4)	1
elementCode	varchar(4)	mswa
structureType	varchar(10)	重力
defectType	varchar(10)	裂縫
defectCode	varchar(10)	cr
defectLevel	varchar(1)	2
defectScript	varchar(200)	局部可見到 2~3 個部位有裂縫 (裂縫寬度約 3mm 以下)

表 4-7 經常巡查基本資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	Int(10)	1
hbID	varchar(3)	klh
portCode	varchar(5)	0w02
inspectionDate	varchar(8)	20130910
inspectionWeather	varchar(2)	晴
inspectionUserName	varchar(10)	cyjian
inspectorComment	varchar(400)	無

表 4-8 經常巡查詳細資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(10)	1
hbID	varchar(3)	klh
portCode	varchar(5)	0w02
blockCode	varchar(3)	B01
elementCode	varchar(4)	mssh
defectCode	varchar(10)	cr
defectGrade	int(1)	2

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
defectQuantityL	float	10
defectQuantityA	float	
defectQuantityN	int(2)	
defectPositionX	float	2
defectPositionY	float	3
defectPositionN	int(2)	
defectPhoto	varchar(50)	20130910klh0w02Rumsshcr.jpg
inspectionDate	varchar(8)	20130910

表 4-9 定期巡查基本資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	Int(10)	1
hbID	varchar(3)	klh
portCode	varchar(5)	0w02
inspectionDate	varchar(8)	20130910
inspectionWeather	varchar(2)	晴
inspectionUserName	varchar(10)	cyjian
inspectorComment	varchar(400)	無
isFinished	Int(1)	1(0 為未完成、1 為完成)

表 4-10 定期巡查詳細資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(10)	1
hbID	varchar(3)	klh
portCode	varchar(5)	0w02
blockCode	varchar(3)	B01
elementCode	varchar(4)	mssh
defectCode	varchar(10)	cr
defectGrade	int(1)	2
defectQuantityL	float	10
defectQuantityA	float	
defectQuantityN	int(2)	
defectQuantityP	float	
defectQuantityV	int(2)	
defectPositionX	float	2
defectPositionY	float	3
defectPositionZ	float	
defectPositionN	float	
defectPositionR	int(2)	
defectPositionC	int(2)	
defectPhoto	varchar(50)	20130910klh0w02Rumsshcr.jpg
inspectionDate	varchar(8)	20130910

表 4-11 特別巡查基本資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	Int(10)	1
hbID	varchar(3)	klh
portCode	varchar(5)	0w02
inspectionDate	varchar(8)	20130910
inspectionWeather	varchar(2)	晴
inspectionUserName	varchar(10)	cyjian
inspectorComment	varchar(400)	無

表 4-12 特別巡查詳細資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(10)	1
hbID	varchar(3)	klh
portCode	varchar(5)	0w02
blockCode	varchar(3)	B01
elementCode	varchar(4)	mssh
defectCode	varchar(10)	cr
ynValue	varchar(5)	yes
defectQuantityL	float	10
defectQuantityA	float	
defectQuantityN	int(2)	
defectPositionX	float	2
defectPositionY	float	3
defectPositionN	float	
defectPhoto	varchar(50)	20130910klh0w02Rumsshcr.jpg
inspectionDate	varchar(8)	20130910

表 4-13 修復工法資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(10)	1
methodCode	varchar(10)	C01
methodName	varchar(50)	樹脂砂漿塗抹工法
methodUnitCost	float	937.5

表 4-14 修復工法對應資料表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(5)	1
methodCode	varchar(10)	C01
elementCode	varchar(8)	msshcr
defectGrade	int(1)	2

表 4-15 維修紀錄表架構

欄位名稱	欄位屬性	資料範例
id	int(20)	1
repairDate	int(8)	20130910
hbID	varchar(10)	klh
contractNum	varchar(20)	1021023-R01
money	int(20)	500,000
maintenancePort	varchar(400)	0e01,0e02
maintenancePhoto	varchar(50)	klhPhoto201310232969.jpg
maintenanceFile	varchar(50)	klhFile201310232969.xls

### 3.系統功能架構與建置成果

系統功能架構如圖 4.3 所示，各模組功能概述如下，詳細之操作說明請參閱附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊第六章所示：

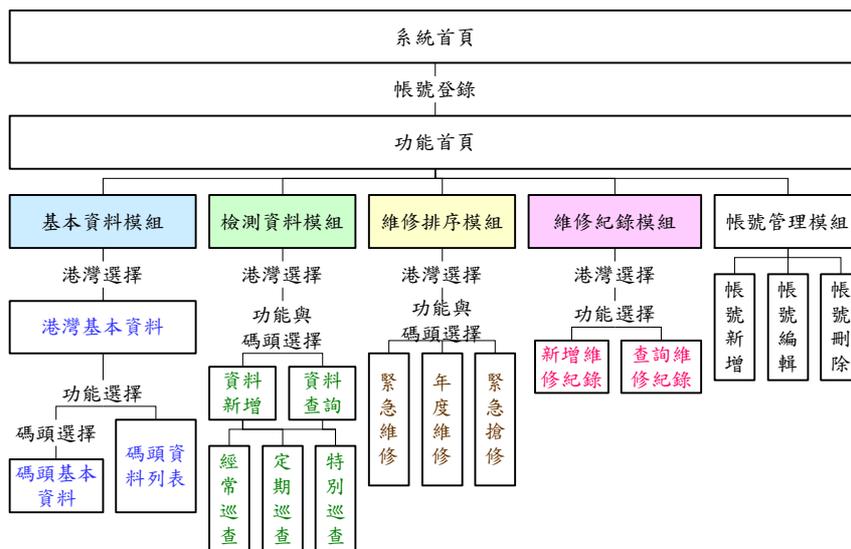


圖 4.3 碼頭維護管理系統功能架構

- (1)基本資料模組：此模組可展示港灣資料，包含港灣名稱、碼頭數量、港灣簡介，如圖 4.4 所示，並可選擇「碼頭資料列表」與「碼頭選擇」（以地圖型式）來查閱碼頭資料。「碼頭資料列表」可展示碼頭名稱、碼頭長度、設計水深、可靠泊水深泊船噸位、用途、單元數量、結構型式、建造日期、建造經費、碼頭照片與斷面圖，如圖 4.5 所示。「碼頭選擇」（以地圖型式），如圖 4.6 所示，可藉由已選

港區之地圖選擇欲查詢的碼頭來展示其基本資料(資料與前述列表資料相同，如圖 4.7 所示)，並可查詢已選碼頭的單元基本資料，包含單元名稱、單元長度、防舷材數量、吊車軌道長度、車擋數量(或長度)與單元照片，如圖 4.8 所示。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

港灣名稱	基隆港
碼頭數量	10個
碼頭資料列表	<input type="button" value="選擇"/>
碼頭選擇[地圖]	<input type="button" value="選擇"/>

基隆港為國際港埠，肩負促進國際貿易及發展航業之重責大任，尤其接近政治、經濟中心之大台北都會區，都會週邊又密佈各類型工業區，腹地廣大，人口稠密，資源豐富，向為台灣高價值貨物吞吐最主要之門戶，港埠地位甚為顯要。為突破營運瓶頸，積極改善聯外道路系統，進行台北港之興建及基隆新港之規劃，為當前首要的工作。

由於國際貿易持續繁榮成長和貨櫃運輸的發展，根據財政部統計資料，民國101年（西元2012年）度全國關稅總收入（基隆、台北、台中、高雄）共為1,562億餘元，其中經基隆港收入為725億餘元，佔總收入46.42%，由此可見，基隆港對國家經濟發展的重大貢獻。

基隆港是屬於大家的，衷心期望您能瞭解本港，更多利用本港，本港優良安全之設備，高效率、高品質之人力，均隨時為您提供服務，希望我們的努力，能獲得您的滿意與肯定，也盼望在您的愛護、耕耘、照顧，讓基隆港永遠展現國際大港的活力與希望。

圖 4.4 港灣基本資料展示-以基隆港為例

碼頭名稱	碼頭長度 (M)	設計水深 (M)	可靠泊水深 (M)	泊船噸位 (T)	用途	單元數量 (個)	結構型式	建造日期	建造經費	碼頭照片	斷面圖
東1號碼頭	96	4.5	4.5	0	港勤碼頭	4	板樁式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
東2號碼頭	200	9	9	10000	客貨碼頭	7	板樁式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
東3號碼頭	183	9	9	10000	雜貨碼頭	7	板樁式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
西2號碼頭	205	9	9	0	客貨運碼頭	22	重力、棧橋式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
西3號碼頭	100	9	9	0	雜貨碼頭	20	重力、棧橋式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
西4號碼頭	100	9	9	0	雜貨碼頭	19	重力、棧橋式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
西14號碼頭	100	9	9.5	1000	砂石碼頭	0	重力、棧橋式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
西15號碼頭	100	9	9.5	1000	砂石碼頭	0	重力、棧橋式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
西16號碼頭	157	12	12	10000	貨櫃碼頭	8	板樁式	無	無	<a href="#">照片</a>	無
西1b號碼頭	91	9	9	0	軍方碼頭	10	棧橋式	無	無	<a href="#">照片</a>	無

圖 4.5 港灣基本資料展示-以基隆港為例



圖 4.6 港灣碼頭地圖選擇-以基隆港為例

碼頭名稱	西2號碼頭
碼頭長度(M)	205
設計水深(M)	9
可靠泊水深(M)	9
泊船噸位(T)	0
用途說明	客貨運碼頭
單元數量	22
碼頭型式	重力、棧橋式
建造日期	—
建造經費	—
斷面圖	<a href="#">圖片</a>

顯示碼頭單元資料

圖 4.7 碼頭基本資料展示-以基隆港西 2 號碼頭為例

單元名稱	單元長度(M)	防眩材數量(個)	吊車軌道(M)	車擋數量或長度(個或M)	照片
1號單元	8.9	0	無	無	
2號單元	9.2	1	無	無	
3號單元	9.3	1	無	無	

圖 4.8 單元基本資料展示-以基隆港西 2 號碼頭為例

(2)檢測資料模組：與此模組中選擇港灣後，可以進入各類型巡查之查詢與新增功能中，如圖 4.9 所示。

- ①經常巡查之新增與查詢：選擇經常巡查之查詢並以碼頭為標的，可進入經常巡查資料列表，如圖 4.10 所示，列表資料包含檢測時間、檢測天候、檢測者、檢測者意見、並可針對各料表資料查詢、編輯、刪除與列印(此部份於下節檢測報告模組說明)。詳細的巡查資料如圖 4.11 所示，可展示各檢測時間，經常巡查資料的內容，包含各構件劣化異狀的狀況、劣化單元、劣化位置、劣化數量與照片等，並可編輯與刪除各構件。巡查資料的編輯可針對選擇構件劣化異狀發生之單元進行變更、並可變更劣化狀況等級、劣化位置、劣化數量與劣化照片，亦可刪除此筆巡查紀錄(即此劣化構件異狀為 1 無異狀)，如圖 4.12、圖 4.13 所示。而圖 4.10 之編輯功能，則為針對各筆巡查資料修正巡查天候與檢測者意見，如圖 4.14 所示。選擇經常巡查之新增並以碼頭為標的，即可新增一筆新的經常巡查資料，如圖 4.15 所示，檢測者除可輸入一般性的巡查資料，如檢測天氣、與檢測員意見，並可針對岸上構件劣化異狀輸入其劣化等級(有不同的劣化描述與圖示予以對應)、劣化單元、劣化位置、劣化數量與劣化照片等。



圖 4.9 檢測資料模組巡查類型之查詢與新增-以基隆港為例

花蓮港-東2號碼頭經常巡查資料列表 <a href="#">回到碼頭選擇</a>							
檢測時間	檢測天候	檢測者	檢測者意見	詳細資料	刪除記錄	編輯記錄	檢測報告
20131024	晴	簡臣佑	無	<a href="#">查詢</a>	<a href="#">刪除</a>	<a href="#">編輯</a>	<a href="#">列印</a>

圖 4.10 碼頭經常巡查資料列表-以基隆港東 2 號碼頭為例

基隆港-東2號碼頭-經常巡查記錄表									
港灣名稱	花蓮港	碼頭編號	東2號碼頭	檢測日期	20131024				
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯		
岸肩	裂縫	1					<a href="#">編輯</a>		
	剝落	1					<a href="#">編輯</a>		
	沉陷	4	B04	X=3m, Y=2m	20m <sup>2</sup>	<a href="#">照片</a>	<a href="#">編輯</a>		
後線	沉陷	1					<a href="#">編輯</a>		
繫船柱	腐蝕龜裂	1					<a href="#">編輯</a>		
防舷材	龜裂破損	2	B04	3個	1個	<a href="#">照片</a>	<a href="#">編輯</a>		
車擋	龜裂破損	1					<a href="#">編輯</a>		
起重機軌道	腐蝕位移	1					<a href="#">編輯</a>		

圖 4.11 碼頭經常巡查紀錄表-以基隆港東 2 號碼頭為例



碼頭維護管理資訊系統

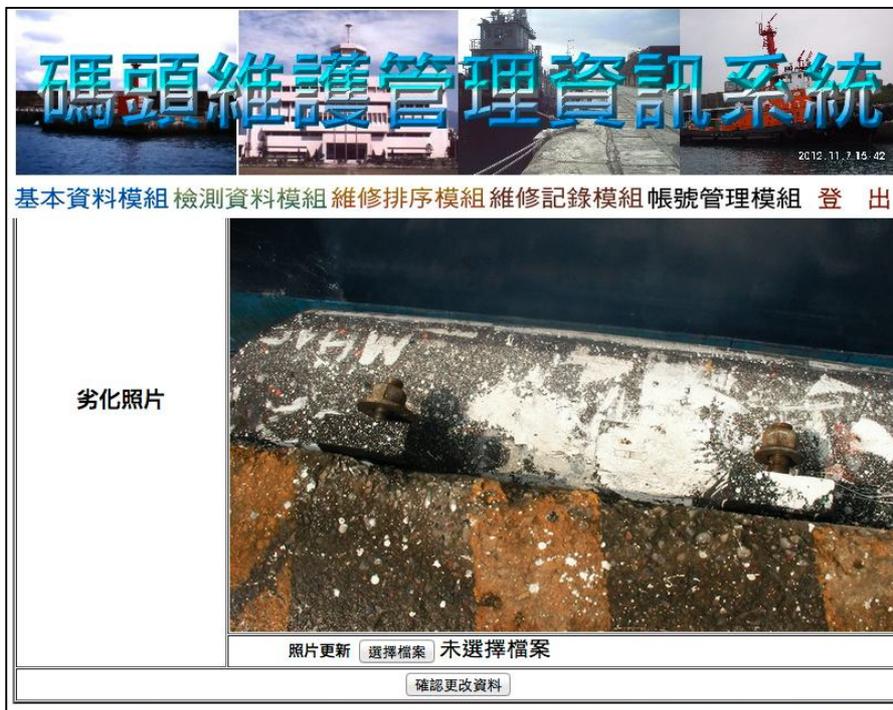
基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

回到碼頭選擇 回到碼頭資料列表 回到碼頭資料列表

經常巡查資料編輯

檢測時間	20131024		
港灣名稱	基隆港		
碼頭名稱	東2號碼頭		
單元名稱	B04		
構件名稱	附屬設施-防舷材		
劣化類型	龜裂破損		
劣化狀況	1		
劣化位置X	X=	0	m
劣化位置Y	Y=	0	m
劣化位置N	第	3	個
劣化數量(面積)		0	m <sup>2</sup>
劣化數量(長度)		0	m

圖 4.12 碼頭經常巡查紀錄編輯-1-以基隆港東 2 號碼頭為例



碼頭維護管理資訊系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

劣化照片

照片更新 選擇檔案 未選擇檔案

確認更改資料

圖 4.13 碼頭經常巡查紀錄編輯-2-以基隆港東 2 號碼頭為例

圖 4.14 碼頭經常巡查基本資料編輯-以基隆港東 2 號碼頭為例

檢測日期	2013年10月23日				檢測天氣	晴
港灣名稱	基隆港	碼頭名稱	西2號碼頭		檢測人員	簡臣佑
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化描述	劣化單元	劣化位置	劣化數量
岸肩	裂縫	2	局部可見到2~3個部位有裂縫(裂縫寬度約3mm以下)圖示	1	X Y	m
	剝落	1	無異狀	1	X Y	m <sup>2</sup>
	沉陷	1	無異狀	1	X Y	m <sup>2</sup>
後線	沉陷	1	無異狀	1	X Y	m <sup>2</sup>

圖 4.15 碼頭經常巡查資料新增-以基隆港西 2 號碼頭為例

- ② 定期巡查之新增與查詢：選擇定期巡查之查詢並以碼頭為標的，可進入定期巡查資料列表，如圖 4.16 所示，與經常巡查不同之處為，增加了「繼續檢測」選項，此部分將於定期巡查之新增進行說明。而定期巡查的詳細資料則以各單元構件劣化異狀進行表列，且為便於各單元間的資料檢視，表首提供快速切換至各單元的選項，如圖 4.17 所示。巡查資料之編輯同經常巡查方式，但

由於定期巡查是針對各單元構件劣化異狀進行紀錄，故編輯功能中單元不能選擇，如圖 4.18 所示。選擇定期巡查之新增並以碼頭為標的，即可新增一筆新的定期巡查資料，但由於定期巡查較為繁複，故紀錄之新增方式不同於經常巡查，在使用者進入後，系統即自行產生碼頭各單元構件劣化異狀資料，並皆以劣化狀況為 1 表列，此表列方式與圖 4.17 相同，但表中增加「完成檢測」功能，若使用者確認已完成所有紀錄，則可如圖 4.16 選擇相關的功能，若為否，則該筆資料僅能「刪除」與「繼續檢測」兩功能可選擇，如圖 4.19 所示。

基隆港-西2號碼頭定期巡查資料列表 <a href="#">回到碼頭選擇</a>								
檢測時間	檢測天候	檢測者	檢測者意見	詳細資料	刪除記錄	編輯記錄	繼續檢測	檢測報告
20080625	晴	簡臣佑	無	<a href="#">查詢</a>	<a href="#">刪除</a>	<a href="#">編輯</a>	<a href="#">編輯</a>	<a href="#">列印</a>

圖 4.16 碼頭定期巡查資料列表-以基隆港西 2 號碼頭為例

基隆港-西2號碼頭-定期巡查記錄表						
<a href="#">B01</a> <a href="#">B02</a> <a href="#">B03</a> <a href="#">B04</a> <a href="#">B05</a> <a href="#">B06</a> <a href="#">B07</a> <a href="#">B08</a> <a href="#">B09</a> <a href="#">B10</a> <a href="#">B11</a> <a href="#">B12</a> <a href="#">B13</a> <a href="#">B14</a> <a href="#">B15</a> <a href="#">B16</a> <a href="#">B17</a> <a href="#">B18</a> <a href="#">B19</a> <a href="#">B20</a> <a href="#">B21</a> <a href="#">B22</a>						
單元編號	構件類型	劣化類型	劣化程度	劣化位置	劣化數量	劣化照片
<a href="#">B01</a> <a href="#">回頂層</a>	碼頭本體岸肩	裂縫	1			<a href="#">編輯</a>
B01	碼頭本體岸肩	剝落	1			<a href="#">編輯</a>
B01	碼頭本體岸肩	沉陷	1			<a href="#">編輯</a>
B01	碼頭本體後線	沉陷	1			<a href="#">編輯</a>
B01	海床	沖刷	1			<a href="#">編輯</a>
B01	附屬設施繫船柱	腐蝕龜裂	1			<a href="#">編輯</a>
B01	附屬設施防絞材	龜裂破損	1			<a href="#">編輯</a>

圖 4.17 碼頭定期巡查紀錄表-以基隆港西 2 號碼頭為例



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

定期巡查資料編輯	
檢測時間	20080625
港灣名稱	基隆港
碼頭名稱	西2號碼頭
單元名稱	B01
構件名稱	碼頭本體-岸肩
劣化類型	裂縫
劣化狀況	1
劣化位置X	X= <input type="text"/> m
劣化位置Y	Y= <input type="text"/> m
劣化位置Z	Z= <input type="text"/> m
劣化位置N	第 <input type="text"/> 個
劣化位置(For墩柱)	第 <input type="text"/> 行

圖 4.18 碼頭定期巡查紀錄編輯-以基隆港西 2 號碼頭為例



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

基隆港-西2號碼頭定期巡查資料列表 <a href="#">回到碼頭選擇</a>								
檢測時間	檢測天候	檢測者	檢測者意見	詳細資料	刪除記錄	編輯記錄	繼續檢測	檢測報告
20080625	晴	簡臣佑	無	<input type="button" value="查詢"/>	<input type="button" value="刪除"/>	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="列印"/>
20131023	晴	簡臣佑	無	<input type="button" value="查詢"/>	<input type="button" value="刪除"/>	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="列印"/>

圖 4.19 碼頭定期巡查資料列表(未完成檢測範例)

-以基隆港西 2 號碼頭為例

- ③特別巡查之新增與查詢：選擇特別巡查之查詢(或新增)並以碼頭為標的，可進入特別巡查資料列表，由於特別巡查方式為災後的巡視，故僅確認是否有發生劣化狀況等級 4 的狀況，故其巡查紀錄表之新增，如圖 4.20 所示與查詢，如圖 4.21 所示，皆以「yes/no」顯示劣化狀況，其餘功能與經常巡查相同。



碼頭維護管理資訊系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

特別巡查檢測表						
檢測日期	2013年10月25日				檢測天氣	晴
港灣名稱	基隆港	碼頭名稱	西1b號碼頭		檢測人員	簡臣佑
構件名稱	劣化類型	是/否	劣化描述	劣化單元	劣化位置	劣化數量
岸肩	裂縫	<input type="radio"/> 是 / <input checked="" type="radio"/> 否	裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約5mm以上)	1	X Y	m
	剝落	<input type="radio"/> 是 / <input checked="" type="radio"/> 否	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15cm，深度>2.5cm	1	X Y	m <sup>2</sup>
	沉陷	<input type="radio"/> 是 / <input checked="" type="radio"/> 否	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)	1	X Y	m <sup>2</sup>
	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積				X Y	

圖 4.20 碼頭特別巡查資料新增-以基隆港西 1b 號碼頭為例



碼頭維護管理資訊系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

回到碼頭選擇		回到碼頭資料列表					
港灣名稱	花蓮港	碼頭編號	東1號碼頭	檢測日期	20131025		
構件名稱	劣化類型	緊急搶修否	劣化單元	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
岸肩	裂縫	no					編輯
	剝落	no					編輯
	沉陷	no					編輯
後線	沉陷	yes	B01	X=30m	10m <sup>2</sup>	照片	編輯
繫船柱	腐蝕龜裂	no					編輯
防舷材	龜裂破損	no					編輯
車擋	龜裂破損	no					編輯
起重機軌道	腐蝕位移	no					編輯

圖 4.21 碼頭特別巡查紀錄表-以花蓮港 25 號碼頭為例

(3)維修排序模組：此模組在選擇港灣後，可進入港區地圖並針對「緊急維修」、「年度維修」與「緊急搶修」於選擇碼頭後進行查詢，如圖 4.22 所示，排序資料以最近一次巡查紀錄進行分析。排序方式若為結構性構件，則依「附錄 1 碼頭維護管理手冊」中，將各構件劣化狀況等級配合構件權重配合進行計算與排序，若為附屬設施則

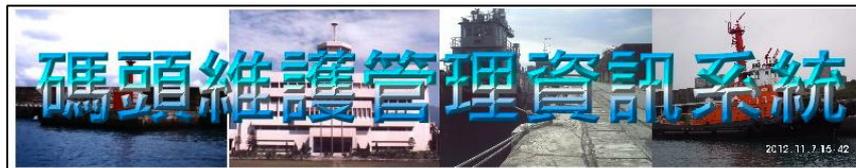
僅以劣化狀況等級排序。圖 4.23 為緊急維修範例，若構件發生狀況等級 4 之狀況，則會顯示紅色字體，以便讓維修人員便於確認狀況；圖 4.24 為年度維修範例，構件劣化狀況表列排序，並提供劣化異狀處置對策(如剝落等級為 2 採用修補水泥砂漿工法，其餘詳見「附錄 1 碼頭維護管理手冊」)；圖 4.25 為緊急搶修，表列出碼頭狀況等級為 4 之構件，並提供處置對策供決策之用。



圖 4.22 維修排序模組之維修方式與碼頭選擇-以基隆港為例

緊急維修構件列表								
港灣名稱		基隆港		碼頭名稱		東2號碼頭	檢測時間	20131024
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	修復排序	處置對策
結構性構件	碼頭本體-岸肩	沉陷	4	B04	X=3m Y=2m	20m <sup>2</sup>	1	持續觀察並回填粒料
附屬設施	附屬設施-防眩材	腐蝕龜裂	2	B04	第3個	1個	1	持續觀察

圖 4.23 緊急維修構件列表-以基隆港東 2 號碼頭為例

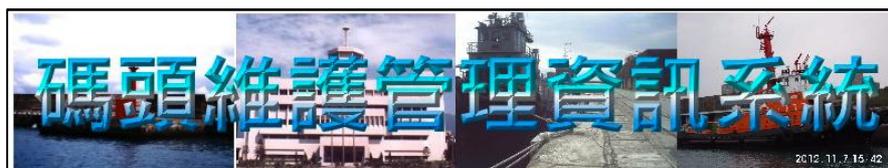


基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

### 年度維修構件列表

港灣名稱		基隆港		碼頭名稱		西3號碼頭	檢測時間	20080625
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	修復排序	處置對策
結構性構件	面版-岸肩底部	剝落	2	B20	第1個	0.02m <sup>2</sup>	1	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B19	第1個	0.5m <sup>2</sup>	2	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B17	第5個	0.02m <sup>2</sup>	3	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B16	第5個	0.4m <sup>2</sup>	4	修補水泥砂漿工法
	面版-梁	裂縫	3	B11	第3個	1.5m	5	灌注環氧樹脂工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B10	第5個	0.15m <sup>2</sup>	6	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B03	第1個	0.25m <sup>2</sup>	7	修補水泥砂漿工法

圖 4.24 年度維修構件列表-以基隆港西 3 號碼頭為例



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

### 緊急搶修構件列表

港灣名稱		基隆港		碼頭名稱		東1號碼頭	檢測時間	20131025
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化單元	劣化位置	劣化數量	修復排序	處置對策	
結構性構件	碼頭本體-後線	沉陷	B01	X=30m	10m <sup>2</sup>	1	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法	

圖 4.25 緊急搶修構件列表-以基隆港東 1 號碼頭為例

(4) 維修紀錄模組：此模組在選擇港灣後，即可選擇「新增」或「查詢」維修紀錄，如圖 4.26 所示。維修紀錄新增內容包含維修契約編號、維修金額、維修碼頭、維修照片與維修檔案(預算書)等資料，如圖 4.27 所示。圖 4.28 為查詢歷史維修紀錄資料，並可進行資料的編輯。



圖 4.26 維修紀錄模組功能示意



圖 4.27 維修紀錄模組-新增維修紀錄示意



圖 4.28 維修紀錄模組-查詢維修紀錄示意

(5)帳號管理模組：此模組目前僅「系統管理者」可進入使用，進入後為使用者帳號列表，如圖 4.29 所示，可顯示使用者的姓名、服務單位、使用者代號、密碼、使用者類型，並可編輯與刪除使用者。使用者新增與編輯如圖 4.30、圖 4.31 所示。

帳號管理模組 <span>新增帳號</span>						
姓名	服務單位	使用者代號	密碼	使用者類型	編輯	新增
簡臣佑	財團法人臺灣營建研究院	cyjian	██████████	系統管理者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
柯正龍	交通部運輸研究所臺灣技術研究中心	jerry	██████████	一般使用者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>

圖 4.29 帳號管理模組-使用者列表

使用者資料新增	
姓名	<input type="text"/>
服務單位	<input type="text"/>
使用者代號	<input type="text"/>
密碼	<input type="text"/>
使用者類型	系統管理者 ▾
<input type="button" value="新增"/>	

圖 4.30 帳號管理模組-使用者新增

圖 4.31 帳號管理模組-使用者編輯

#### 4.1.2 港灣構造物資料擴充

本案今年度針對基隆港碼頭基本資料與經常巡查資料(共 5 座)擴充如下表 4-16 所示，表中針對西 1b 號碼頭、西 16 號碼頭、東 1~3 號碼頭建置之單元基本資料包含單元長度、防舷材數量、吊車軌道長度、車擋數量、車擋長度與單元結構型式等。表列資料亦建置於維護管理系統中。圖 4.32 可視上述擴充碼頭圖示，圖 4.33 為基隆港東 2 號碼頭單元基本資料列表。圖 4.34 為基隆港東 2 號碼頭經常巡查紀錄表，圖 4.35 為前述紀錄表中劣化照片示意。

表 4-16 本年度港灣構造物資料擴充單元基本資料列表

港灣編碼	碼頭編碼	單元編碼	單元名稱	單元長度	防舷材數量	吊車軌道長度	車擋數量	車擋長度	單元結構型式
klh	0w02	B01	1 號單元	8.9	0	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B02	2 號單元	9.2	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B03	3 號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B04	4 號單元	8.8	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B05	5 號單元	8.7	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B06	6 號單元	9	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B07	7 號單元	9	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B08	8 號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B09	9 號單元	6	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B10	10 號單元	12.2	1	無	無	無	棧橋

港灣編碼	碼頭編碼	單元編碼	單元名稱	單元長度	防舷材數量	吊車軌道長度	車擋數量	車擋長度	單元結構型式
klh	0w02	B11	11號單元	9	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B12	12號單元	9.4	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B13	13號單元	9.5	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B14	14號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B15	15號單元	9.5	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B16	16號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B17	17號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B18	18號單元	9.7	1	無	無	無	棧橋
klh	0w02	B19	19號單元	8.4	1	無	3	無	棧橋
klh	0w02	B20	20號單元	9.1	1	無	6	無	棧橋
klh	0w02	B21	21號單元	9.3	1	無	6	無	棧橋
klh	0w02	B22	22號單元	9.2	1	無	6	無	棧橋
klh	0w03	B01	1號單元	7.2	1	無	6	無	棧橋
klh	0w03	B02	2號單元	11.1	1	無	7	無	棧橋
klh	0w03	B03	3號單元	9.3	1	無	6	無	棧橋
klh	0w03	B04	4號單元	9.4	1	無	6	無	棧橋
klh	0w03	B05	5號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B06	6號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B07	7號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B08	8號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B09	9號單元	8.9	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B10	10號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B11	11號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B12	12號單元	9.2	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B13	13號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B14	14號單元	9.2	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B15	15號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B16	16號單元	9.2	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B17	17號單元	8.9	1	無	無	無	棧橋
klh	0w03	B18	18號單元	9.2	1	無	6	無	棧橋
klh	0w03	B19	19號單元	9.2	1	無	6	無	棧橋
klh	0w03	B20	20號單元	9.1	1	無	6	無	棧橋
klh	0w04	B01	1號單元	9.2	2	無	6	無	棧橋
klh	0w04	B02	2號單元	8.8	2	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B03	3號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B04	4號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B05	5號單元	9.5	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B06	6號單元	9	1	無	無	無	棧橋

港灣 編碼	碼頭編 碼	單元 編碼	單元 名稱	單元 長度	防舷材 數量	吊車軌道 長度	車擋 數量	車擋長 度	單元結 構型式
klh	0w04	B07	7號單元	8.7	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B08	8號單元	9.7	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B09	9號單元	8.2	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B10	10號單元	10	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B11	11號單元	9.2	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B12	12號單元	9.7	1	無	無	無	棧橋
klh	0w04	B13	13號單元	8.9	1	無	5	無	棧橋
klh	0w04	B14	14號單元	8.7	1	無	6	無	棧橋
klh	0w04	B15	15號單元	9.9	1	無	6	無	棧橋
klh	0w04	B16	16號單元	8.8	1	無	6	無	棧橋
klh	0w04	B17	17號單元	9.4	1	無	7	無	棧橋
klh	0w04	B18	18號單元	9.4	1	無	6	無	棧橋
klh	0w04	B19	19號單元	7.2	1	無	5	無	棧橋
klh	w01b	B10	10號單元	9.3	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B09	9號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B08	8號單元	9	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B07	7號單元	9.5	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B06	6號單元	8.6	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B05	5號單元	10.5	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B04	4號單元	8.5	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B03	3號單元	9.1	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B02	2號單元	9.8	1	無	無	無	棧橋
klh	w01b	B01	1號單元	7	1	無	無	無	棧橋
klh	0e01	B01	1號單元	28	6	無	無	無	板樁
klh	0e01	B02	2號單元	28	6	無	無	無	板樁
klh	0e01	B03	3號單元	10	3	無	無	無	板樁
klh	0e01	B04	4號單元	28	6	無	無	無	板樁
klh	0e02	B01	1號單元	30	5	無	9	無	板樁
klh	0e02	B02	2號單元	30	5	無	19	無	板樁
klh	0e02	B03	3號單元	30	5	20	19	無	板樁
klh	0e02	B05	5號單元	30	5	30	20	無	板樁
klh	0e02	B04	4號單元	30	5	30	19	無	板樁
klh	0e02	B06	6號單元	30	5	30	20	無	板樁
klh	0e02	B07	7號單元	20	3	20	19	無	板樁
klh	0e03	B01	1號單元	10	2	10	7	無	板樁
klh	0e03	B02	2號單元	10	6	30	20	無	板樁

港灣編碼	碼頭編碼	單元編碼	單元名稱	單元長度	防舷材數量	吊車軌道長度	車擋數量	車擋長度	單元結構型式
klh	0e03	B03	3號單元	10	5	32	22	無	板樁
klh	0e03	B04	4號單元	10	4	4.5	17	無	板樁
klh	0e03	B05	5號單元	10	4	無	22	無	板樁
klh	0e03	B06	6號單元	10	5	無	17	無	板樁
klh	0e03	B07	7號單元	10	4	無	20	無	板樁
klh	0w16	B01	1號單元	18	4	18	無	無	板樁
klh	0w16	B02	2號單元	22	3	33	無	無	板樁
klh	0w16	B03	3號單元	22	4	22	無	無	板樁
klh	0w16	B04	4號單元	24	3	24	無	無	板樁
klh	0w16	B05	5號單元	26	4	26	無	無	板樁
klh	0w16	B06	6號單元	28	4	28	無	無	板樁
klh	0w16	B07	7號單元	22	3	22	無	無	板樁
klh	0w16	B08	8號單元	4.5	1	4.5	無	無	板樁



圖 4.32 港灣資料擴充後之碼頭檢視圖

單元名稱	單元長度 (M)	防舷材數量 (個)	吊車軌道 (M)	車擋數量或長度 (個或M)	照片
1號單元	10	2	10	7 個	
2號單元	10	6	30	20 個	
3號單元	10	5	32	22 個	

圖 4.33 基隆港東 3 號碼頭單元基本資料

基隆港-東2號碼頭-經常巡查記錄表							
港灣名稱	花蓮港	碼頭編號	東2號碼頭	檢測日期	20131024		
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
岸脣	裂縫	1					<input type="button" value="編輯"/>
	剝落	1					<input type="button" value="編輯"/>
	沉陷	1					<input type="button" value="編輯"/>
後緣	沉陷	1					<input type="button" value="編輯"/>
繫船柱	腐蝕龜裂	1					<input type="button" value="編輯"/>
防舷材	龜裂破損	2	B04	3個	1個	<a href="#">照片</a>	<input type="button" value="編輯"/>
車擋	龜裂破損	1					<input type="button" value="編輯"/>
起重機軌道	腐蝕位移	1					<input type="button" value="編輯"/>

圖 4.34 基隆港東 2 號碼頭經常巡查紀錄表



圖 4.35 基隆港東 2 號碼頭防舷材劣化異狀照片

## 4.2 檢測報告產出模組建置

此模組並未建置獨立選項供使用者選擇，而是置於各類型巡查資料列表中，如圖 4.10、圖 4.16 所示。圖中選擇列印，即進入巡查報告下載頁面中。當點擊選擇，即會顯示以 PDF 格式產出之報告，報告分為兩部分，第一部分為港灣名稱、碼頭名稱與檢測時間等一般性資料與各構件劣化狀況列表，如圖 4.36 所示，列表資料包含劣化構件、劣化類型、劣化狀況、劣化單元、劣化位置與劣化數量；而第二部分為配合前述列表對應之劣化照片，如圖 4.37 所示。

基隆港定期巡查報告					
碼頭名稱：西2號碼頭			檢測時間：20080625		
劣化構件	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量
面版岸肩底部	剝落	2	E01	第3個	0.15m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E02	第1個	0.25m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E05	第2個	0.15m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E06	第1個	0.15m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E10	第4個	0.03m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E12	第3個	0.05m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E18	第2個	0.61m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E20	第5個	0.61m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E21	第3個	0.05m <sup>2</sup>
面版岸肩底部	剝落	2	E22	第3個	0.05m <sup>2</sup>
無檢測意見					
檢測者簽章：			審核單位簽章：		

圖 4.36 定期巡查報告資料料表-以基隆港西 2 號碼頭為例

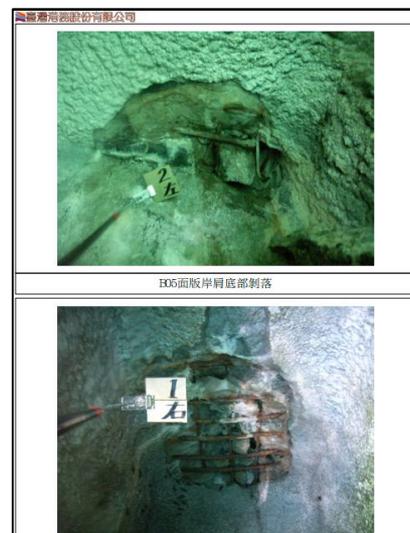


圖 4.37 定期巡查報告照片

## 4.3 分析預測工具之研擬

### 1. 分析預測工具之選擇

本案研擬分析預測工具之目的，乃希望藉由碼頭構造物劣化，進行生命週期成本的分析，以便了解未來碼頭構造物未來修復成本估算，如此除可作為未來修復成本編列參考外，亦可藉由經費之投入，了解碼頭構造物狀況的修復成效。

目前設施劣化預測之方式以迴歸分析法、馬可夫鏈法、可靠度法與類神經網路法等較具研究成果，表 4-17 乃針對資料需求量、特性、準確性、使用性與產出成果使用等。惟馬可夫鏈法、可靠度法與類神經網路法等乃藉由數學方法計算劣化狀況後再間接求取維修經費，其計算上勢必加入更多假設，以便求取最後結果。為將碼頭檢測維護對策與修復費用預估編列加以連貫，本案開始之初即針對各構件的可能劣化狀況進行區分，以利各構件一旦有劣化產生，即可有其維護對策來因應，輔以檢測期間，記錄劣化數量與系統內建置的工法單價資料庫，即可產出修復費用預估的編列，提供現地工程師參考，為此，本案在分析預測目的上，為求得碼頭構造物未來修復經費，以供管理單位作為未來預算運用掌握之用，故採取直接以迴歸分析配合檢測後預估之修復費用估算與歷年修復成本，作為本研究計算之方式。

表 4-17 各分析預測方法比較表

	資料需求量	特性	準確性	使用性	產出成果使用
迴歸分析	普通	方法簡單，容易進行	尚可	簡單	可針對構造物劣化狀況或修復經費進行統計分析
馬可夫鍊法	少	連續兩年資料即可進行預測	尚可	簡單	產出成果為構件狀況轉換機率，需再考量各狀況值之修復成本方可估算修復經費。
可靠度法	較多	可解釋構件狀況隨時間變化的不確定性	較高	複雜	產出成果為可靠度指標 $\beta$ ，藉此計算失效構件比率，藉此比率考量修復數量以便估算修復經費。
類神經網路	較多	可考量更多輸入因子以作為輸出值之考量	較高	複雜	產出各構件之狀況指標(如碼頭的 D 值)，需考量數量以估算修復經費。

- (1)各年度估算修復費用( $C_{(E,i)}$ ,E 為估算金額(estimate),i 為年)計算: $C_{(E,i)}$ 藉由歷年巡查資料將各構件劣化數量配合劣化類型所需修復工法之單價進行計算而得，如圖 4.38 所示。
- (2)各年度實際修復累加費用( $C_{(R,i)}$ ,R 為實際發生金額(Real),i 為年):如有該年度實際修復費用發生，則將各年度實際修復費用累加，如圖 4.39(a)所示。另外在實際狀況，可能多年皆無任何維護手段介入，如圖 4.39(b)與圖 4.39(a)相較，第 3 年未有實際修復，理論上，該年度的預估修復費用將會隨時間增加(劣化如未處理，其狀況等級將隨時間增加)。
- (3)預測修復累加費用( $C_{(P,i)}$ ,P 為預測金額(Predict),i 為年):將各年修復費用( $C_{(E,i)}+C_{(R,i)}$ )迴歸分析，經迴歸分析後，可推估下一年度，或若干年後之年度預估修復總費用，如圖 4.40 之  $C_{(P,6)}$ 所示。第 6 年度修復費用需將  $C_{(P,6)}$ 扣除累加至前一年度之實際修復總費用( $C_{(R,5)}$ )即為該年度估算修復費用( $C_{(E,6)}$ )。

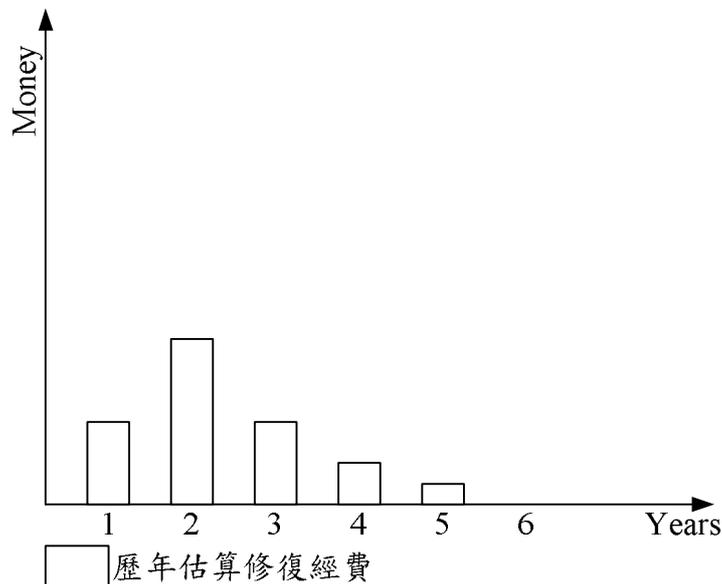


圖 4.38 各年度估算修復經費( $C_{(E,i)}$ )

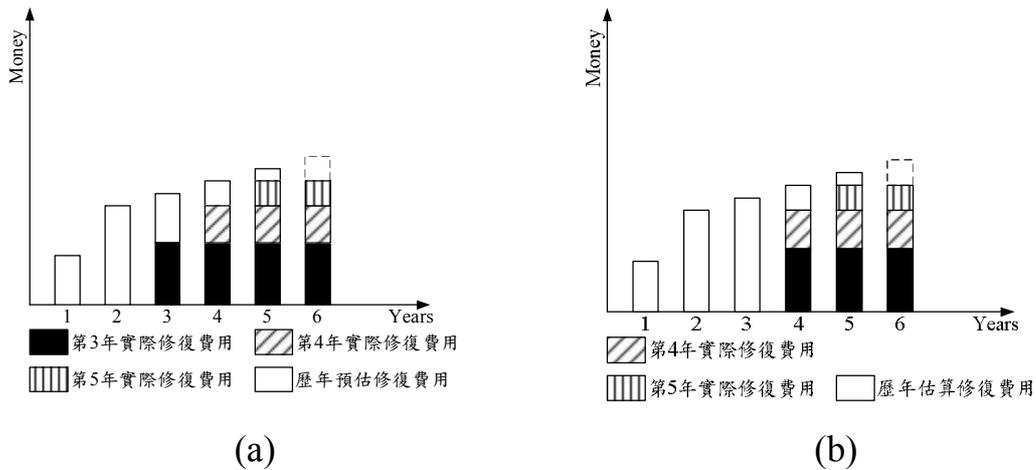


圖 4.39 各年度實際修復經費( $C_{(R,i)}$ )與估算修復經費( $C_{(E,i)}$ )

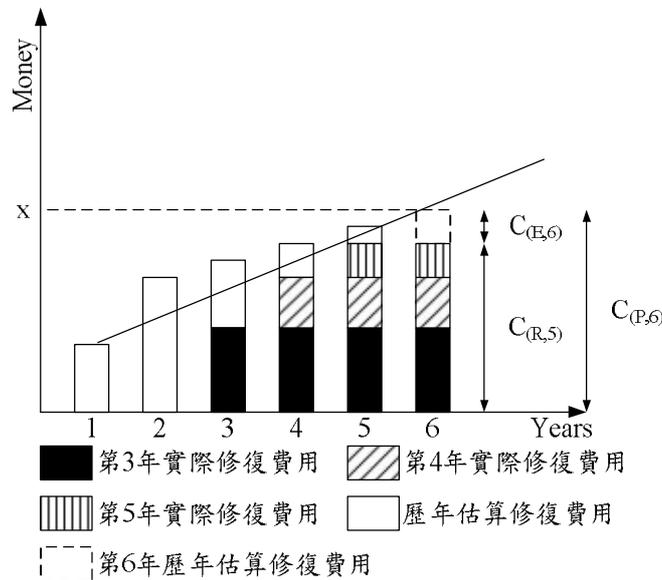


圖 4.40 未來修復費用預測

## 2.分析預測工具之實例計算

經上述流程之說明，本研究藉由實際資料計算以便說明，引用資料為基隆港西 14 號碼頭於 2011 與 2012 兩年之定期巡查資料，故可得知各構件劣化類型、劣化程度、劣化數量(面積或長度)，再配合各劣化類型與程度對應之修復對策與單價，估算此兩年度之估算修復費用( $C_E$ )。惟計算內容需考量兩項因素：

- 兩次檢測中有記錄之壁體”層間位移”異狀因判斷上有疑慮故不列入修復經費之考量。
- 修復構件若為水下作業，則複價後需再考量假設工程費用，其中假設工程費用以構件修復費用的 10%加計。

計算內容如下所示：

(1)各年度估算修復費用( $C_{(E,i)}$ )計算：前述兩年期西 14 號碼頭各單元構件劣化類型、劣化程度、劣化數量(面積或長度)列表，如表 4-18 所示，配合附錄 1 碼頭構造物維護管理手冊 5.1 節處置對策之修復工法與單價(如表 2-24~表 2-27 所示)計算各構件修復費用，以便計算該年度碼頭檢測後之修復費用，如表 4-18”複價”欄所示。

**表 4-18 2010 年基隆港西 14 號碼頭定期巡查構件估算修復費用(節錄)**

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化程度	劣化面積	劣化長度(m)	單價	複價
B7	土堤-岸肩	裂縫	2		10.34	937.5	9694
B15	土堤-岸肩	腐蝕	3	0.5		2350	1175
B7	土堤-岸肩	腐蝕	3	0.3		2350	705
B1	面板-岸肩	腐蝕	3	2.56		2350	6016
B10	面板-岸肩	腐蝕	3	0.84		2350	1974
B10	面板-岸肩	腐蝕	3	0.4		2350	940
B14	面板-岸肩	腐蝕	3	0.18		2350	423
B14	面板-岸肩	腐蝕	3	0.15		2350	353

(2)各年度實際修復累加費用( $C_{(R,i)}$ )：本研究目前並無實際修復費用( $C_{(R,i)}$ )資料。

(3)預測修復累加費用( $C_{(P,i)}$ )：2010 年度為 349,897 元，2011 年度為 364,781 元，由於目前僅兩個數值，故僅繪製一直線，如圖 4.41 所示。

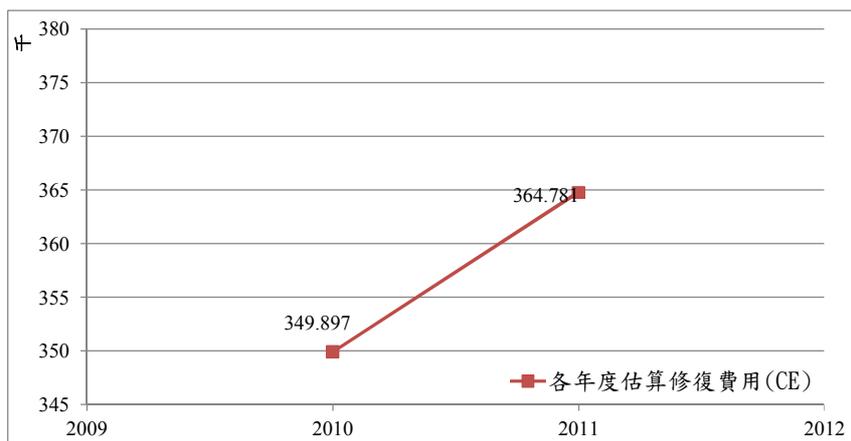


圖 4.41 各年修復費用(C<sub>(p,i)</sub>)

## 2.分析預測工具之討論

雖前述之實例僅兩數值可供計算，但亦可以此趨勢預測下一年度修復費用，如圖 4.42 所示，如經由修復預估趨勢線可計算出 2012 年度估算修復費用約 380,000 元，相信隨著估算修復費用與實際修復費用資料的增加，將更有效反應實際之情形；另外，由上述 2010 與 2011 年度之估算修復費用隨時間增加而增加。

未來，當迴歸資料越趨完善，若迴歸趨勢線斜率，如圖 4.43CaseA，穩定成長，代表碼頭構造物並無急劇劣化，則配合年度維修，其狀況應可有效掌握；但若迴歸趨勢線斜率急劇上升，如圖 4.43CaseB，代表碼頭狀況急劇惡化，其修復費用急劇上昇，代表其年度修復費用過高，則可進一步考量拆除重建是否更有效率。

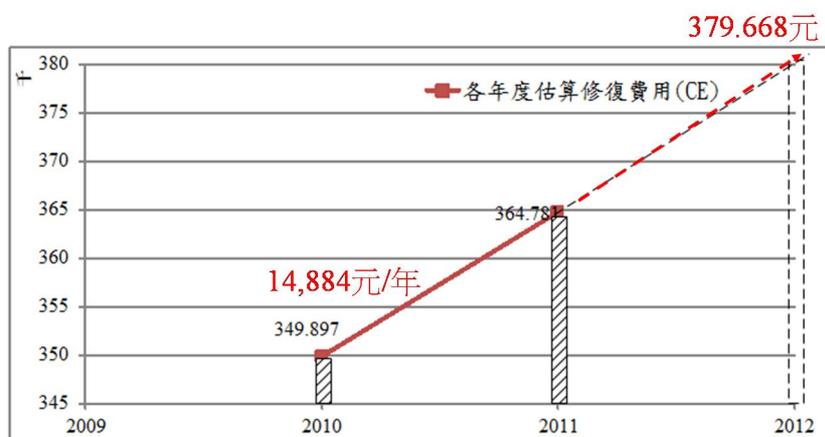


圖 4.42 分析預測修復費用示意

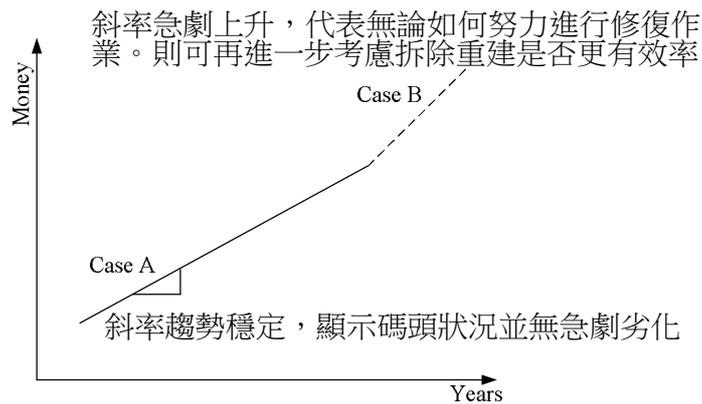


圖 4.43 分析預測修復費用迴歸趨勢斜率應用

#### 4.4 小結

港灣構造物維護管理系統建置部分，本年度考量原有系統建置已因本案歷次之檢測作業標準更新，資料庫架構與巡查資料記錄均以不敷需求，故今年度將系統予以更新，另外，今年度亦針對基隆港增建 5 座碼頭之基本資料，以擴充資料庫內容，現有基隆港建置之碼頭數為 10 座碼頭，均可藉由系統進行各類型巡查作業；檢測報告產出模組部分，可藉由巡查後之資料，匯出檢測報告(PDF 檔)，以便管理單位使用；分析預測工具之研擬，乃藉由基隆港西 14 號碼頭連續兩年之定期巡查資料，藉由劣化數量與修復工法單價之計算，預估兩年之修復費用，藉以預測未來之修復費用。

## 第五章 結論與建議

港灣工程多以鋼筋混凝土及鋼材作為主要之建造材料，由於臺灣位處高溫高濕之海洋環境，構造物老劣化問題嚴重，常造成潛伏性與立即性之損壞，為確保港灣設施正常運作，避免耗費巨資重建，必需先針對國內港灣構造物是否安全堪用進行瞭解，以便採取適當之維護措施，此外，以往公共工程與重要設施大都較注重興建，或發現嚴重問題後才開始想進行全面修護，對於日常之調查維護作業，經常僅編列少數或無維護經費，故其維護效益甚低至無，設施任其持續劣化終致損壞，最後淪為不能使用之命運。其營運停頓造成之損失更難以估計。為此，構造物檢測與安全評估等維護管理機制之建立，必為未來各項工程領域刻不容緩之課題，方能達成其永續經營。港灣構造物之維護管理當然不應自外於主流趨勢。因應世界潮流與營建主流趨勢，未來國內公共工程等構造物，其維護管理所佔之權重，將比興建或全面維修更形重要。

本研究為4年期計畫之第3年，主要研究目的如下：

- (1) 檢測作業標準制訂、安全評估方法之檢討與維護管理系統建置等進行相關的探討，並作為修訂碼頭結構物檢測、評估與維護手冊之依據。
- (2) 延續前一年度成果檢測作業標準，修正檢測標準內容與增加檢測圖示，以增加檢測結果的一致性。
- (3) 彙整各儀器檢測技術之「檢測原理」、「檢測程序」、「檢測注意事項」與「檢測內容」，以提供現地工程師參考，並修正構件權重與評估方法，以改善初步檢測安全評估方式。

本研究所獲致之結論與建議詳列如後。

## 5.1 結論

### 1. 港灣構造物檢測作業標準制訂部分

- (1) 碼頭構造物單元編碼修正：針對重力與板樁式碼頭修正以繫船柱作為切割依據，以便於實際作業之需。
- (2) 各類型巡查表格修正：完成經常、定期與特別巡查檢測表格、以符合各類型巡查之特性。
- (3) 儀器檢測紀錄之增列：增加 3D 光達檢測與防蝕系統(陽極塊)腐蝕電位測定技術之案例，提供更便利的技術與案例於維護管理手冊中，供檢測人員參考。
- (4) 修復工法之處置對策補充與單價建置：本年度增列 18 項工法，以便對應構件各劣化狀況等級之處置方式，並針對常見之修復工法，建置其單價，以便配合劣化數量予以估算修復費用。

### 2. 現有港灣構造物安全評估方法之檢討

- (1) 各類型碼頭安全評估方法之建立：完成各類型碼頭安全評估方法之建置。
- (2) 各類型安全評估方法案例之分析：針對各類型碼頭安全評估方法，提供案例作為應用時之參考。

### 3. 港灣構造物維護管理系統建置

- (1) 維護管理系統更新與港灣構造物資料擴充：更新既有維護管理系統，並已配合前述之檢測作業標準，以便以制定之各類巡查方式與檢測標準進行資料記錄，資料庫並已增加 5 座碼頭之基本資料，亦可操作進行各類型之巡查。
- (2) 檢測報告產出模組建置：已建置可依巡查日期，產出各類型巡查報告之模組，以便管理單位使用。
- (3) 分析預測工具之研擬：提出未來修復費用之預測，並藉由實際之

巡查紀錄(連續兩年資料)估算修復費用，並預測未來修復費用，作為示範案例。

## 5.2 建議

由於本年度針對「港灣構造物檢測作業標準制定」部分，已初步完備，未來將於此架構上，擴大港灣設施資料的建置(例如剩餘之基隆港碼頭基本資料)，以增加「港灣構造物維護管理系統建置」部分的可操作性，並持續收集歷年維護工法的資料，充實單價資料庫。港灣構造物安全評估部分，目前已將各類型碼頭建置分析方法並提供案例，故後續建議針對分析方法擬定安全評估程序，以便使用時有所依循。

## 5.3 成果效益與應用情形

1. 在施政上，本研究成果可提供交通部、航港局與港務公司在研擬港灣設施之維護政策之參考。
2. 在實務上，本研究成果將提供港務公司、漁業署、縣市政府或工程顧問公司在辦理工商港或漁港碼頭及防坡堤等港灣設施之維護參考
3. 在經濟效益上，可藉由掌握碼頭劣化異狀，有效維護，減少資源浪費。

## 參考文獻

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

nacomplexworld，Pittsburgh,PA:RWSPublications，1990。

12. Carl A Thoresen，"Port designer's handbook-recommendations and guidelines"，2003。
13. 交通部運輸研究所，"海洋環境下鋼筋混凝土與鋼材構造物陰極防蝕技術與應用研討會"，2004。
14. 交通部運輸研究所，"港灣構造物設計基準研究-碼頭設計基準研訂及說明草案" P3-14，1997。
15. 交通部高雄港務局，"高雄港港灣設施維護管理手冊"，2006.12。
16. 陳添宇，"類神經網路於橋梁老劣化預測之研究"，2005.01。
17. 許文政，"橋梁生命週期成本評估構件劣化預測模式之研究"，2005.06。
18. BlueView Technologies，<http://www.blueview.com/>。

# 附錄一

## 碼頭構造物維護管理手冊

(含系統手冊)

102-

MOTC-IOT-102-H1DB006b

# 碼頭構造物維護管理手冊 (含系統手冊)



交通部運輸研究所

中華民國 102 年

# 碼頭構造物維護管理手冊

## 目 錄

目錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	VII
第一章 碼頭構造物檢測類型與頻率.....	1
1.1 巡查類型.....	1
1.2 巡查時應注意事項.....	3
第二章 碼頭構造物構件編碼原則.....	4
2.1 重力與板樁式碼頭.....	4
2.2 棧橋式碼頭.....	5
第三章 碼頭構造物目視檢測評估標準.....	7
3.1 重力式碼頭.....	7
3.2 板樁式碼頭.....	8
3.3 棧橋式碼頭.....	10
3.4 附屬設施.....	12
3.5 碼頭構造物目視檢測標準圖示.....	13
第四章 碼頭構造物儀器檢測.....	201
4.1 鋼筋混凝土構造物儀器檢測.....	20
4.2 鋼構造物儀器檢測.....	33
4.3 其他類型儀器檢測.....	40
4.4 碼頭構件儀器檢測建議.....	44
第五章 碼頭構造物初步安全評估與處置對策.....	46

5.1 初步安全評估 .....	46
5.2 碼頭構造物處置對策 .....	50
第六章 碼頭構造物維護管理資訊系統.....	81
6.1 系統模組說明 .....	81
6.2 系統登錄與首頁資訊 .....	83
6.3 基本資料模組 .....	804
6.4 檢測資料模組 .....	838
6.5 維修排序模組 .....	927
6.6 維修紀錄模組 .....	100
6.7 帳號管理模組 .....	101
附件一 碼頭構造物經常、定期與特別巡查表	
附件二 一般鋼料焊接與水中硬化劑塗裝工程規範	

## 圖目錄

圖 1.1 碼頭構造物維護管理程序.....	1
圖 2.1 重力、板樁與棧橋式碼頭單元編碼示意.....	4
圖 2.2 重力或板樁式碼頭俯視圖.....	5
圖 2.3 重力或板樁式碼頭正視圖.....	5
圖 2.4 棧橋式碼頭岸肩底部梁版編號示意.....	6
圖 2.5 棧橋墩註劣化位置描述.....	6
圖 3.1 重力或板樁式構件層級.....	7
圖 3.2 棧橋式構件層級.....	10
圖 4.1 碼頭岸壁面繪製方格.....	21
圖 4.2 鋼筋腐蝕電位量測示意圖.....	23
圖 4.3 應力波與表面裂縫之互制作用.....	25
圖 4.4 敲擊式繞射波傳輸時間法之裂縫檢測.....	26
圖 4.5 鑽心試體切割.....	31
圖 4.6 試體之蓋平.....	31
圖 4.7 試體之抗壓試驗.....	31
圖 4.8 抗壓機讀取之數據.....	31
圖 4.9 混凝土粉末浸泡於蒸餾水煮沸.....	32
圖 4.10 靜置 24 小時後，過濾之澄清液.....	32
圖 4.11 離子層析儀試驗 1.....	32
圖 4.12 離子層析儀試驗 2.....	32
圖 4.13 水面下量測鋼板樁厚度之情形.....	33
圖 4.14 測厚儀量測之示意圖.....	34

圖 4.15 防蝕效果的判定方法.....	36
圖 4.16 電位測定示意圖.....	36
圖 4.17 陽極尺寸測定示意圖.....	37
圖 4.18 多音束水深測量音鼓正打側打差異示意圖.....	38
圖 4.19 RESON SEABAT 8124 多音束測深機.....	39
圖 4.20 多音束測深儀 RESON SEABAT8124 系統架構示意圖.....	39
圖 4.21 HYPACK MAX 軟體—多音束測深系統施測畫面.....	40
圖 4.22 水深測量作業流程圖.....	41
圖 4.23 透地雷達施測圖示說明.....	43
圖 4.24 各類型碼頭水準高程測量點位建議示意圖.....	44
圖 5.1 單一構件評估說明.....	46
圖 5.2 整體構造物評估說明.....	47
圖 5.3 碼頭構造物處置對策程序.....	49
圖 5.4 碼頭構造物劣化處置對策表.....	52
圖 5.5 使用水泥砂漿注射工法於牆面構造修復示意.....	68
圖 5.6 使用水泥砂漿注射工法於梁修復示意.....	69
圖 5.7 特密管於墩柱海床交接面之修復.....	69
圖 5.8 防水箱涵示意.....	70
圖 5.9 灌漿管示意.....	70
圖 5.10 FRP 接合工法示意圖.....	71
圖 5.11 碼頭鋼板(管)樁犧牲陽極法示意圖.....	72
圖 5.12 碼頭鋼板(管)樁外加電流法示意圖.....	72
圖 5.13 鉚釘打設工法示意圖.....	73
圖 5.14 防蝕包覆修補法示意圖.....	74

圖 5.15 拋石護基工法示意圖 .....	74
圖 5.16 拋放麻袋混凝土法示意圖 .....	75
圖 5.17 新增護基方塊法示意圖 .....	76
圖 6.1 碼頭維護管理資訊系統功能架構 .....	77
圖 6.2 系統登錄首頁示意 .....	79
圖 6.3 系統首頁示意 .....	79
圖 6.4 基本資料模組-港灣選擇 .....	80
圖 6.5 基本資料模組--港灣基本資料展示 .....	81
圖 6.6 基本資料模組-港灣基本資料展示 .....	81
圖 6.7 基本資料模組-碼頭選擇 .....	82
圖 6.8 基本資料模組-碼頭基本資料展示 .....	82
圖 6.9 基本資料模組-單元基本資料展示 .....	83
圖 6.10 檢測資料模組-碼頭選擇 .....	84
圖 6.11 檢測資料模組-經常巡查資料展示與功能 .....	84
圖 6.12 檢測資料模組-經常巡查詳細資料 .....	85
圖 6.13 檢測資料模組-經常巡查詳細資料編輯 .....	85
圖 6.14 檢測資料模組-經常巡查基本資料編輯 .....	86
圖 6.15 檢測資料模組-經常巡查報告下載 .....	86
圖 6.16 檢測資料模組-經常巡查資料新增 .....	87
圖 6.17 檢測資料模組-定期巡查資料展示與功能 .....	88
圖 6.18 檢測資料模組-定期巡查詳細資料 .....	88
圖 6.19 檢測資料模組-定期巡查詳細資料編輯 .....	89
圖 6.20 檢測資料模組-定期巡查資料展示(未完成檢測情形) .....	89
圖 6.21 檢測資料模組-特別巡查詳細資料 .....	90

圖 6.22 檢測資料模組-特別巡查詳細資料編輯 .....	91
圖 6.23 檢測資料模組-特別巡查資料新增 .....	91
圖 6.24 維修排序模組-碼頭與維修類型選擇 .....	92
圖 6.25 維修排序模組-緊急維修建議 .....	93
圖 6.26 維修排序模組-年度維修建議 .....	93
圖 6.27 維修排序模組-緊急搶修建議 .....	93
圖 6.28 維修紀錄模組選項 .....	94
圖 6.29 維修紀錄模組-資料查詢 .....	94
圖 6.30 維修紀錄模組-資料新增 .....	95
圖 6.31 帳號管理模組-使用者列表 .....	95
圖 6.32 帳號管理模組-使用者新增 .....	96

## 表目錄

表 1-1 檢測作業種類比較 .....	2
表 2-1 重力與板樁式碼頭劣化位置描述說明 .....	4
表 2-2 棧橋式碼頭劣化位置描述說明 .....	5
表 3-1 重力式碼頭目視檢測標準 .....	7
表 3-2 板樁式碼頭目視檢測標準 .....	8
表 3-3 棧橋式碼頭目視檢測標準 .....	10
表 3-4 附屬設施目視檢測標準 .....	12
表 4-1 鋼筋腐蝕電位與腐蝕機率關係 .....	23
表 4-2 圓柱試體長度直徑比 .....	31
表 4-3 超音波脈波速度與混凝土品質之關係 .....	32
表 4-4 防蝕率與海水浸水率之關係 .....	35
表 4-5 重力式碼頭構件儀器檢測對應 .....	44
表 4-6 板樁式碼頭構件儀器檢測對應 .....	44
表 4-7 棧橋式碼頭構件儀器檢測對應 .....	45
表 5-1 重力式碼頭權重 .....	47
表 5-2 板樁式碼頭權重 .....	47
表 5-3 棧橋式碼頭權重 .....	47
表 5-4 碼頭附屬設施權重 .....	47
表 5-5 重力式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣 .....	50
表 5-6 板樁式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣 .....	50
表 5-7 棧橋式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣 .....	51
表 5-8 重力式碼頭劣化異狀與處置對策 .....	53

表 5-9 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(續).....	534
表 5-10 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策 .....	55
表 5-11 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續).....	56
表 5-12 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續).....	57
表 5-13 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策 .....	57
表 5-14 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續).....	58
表 5-15 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續).....	59
表 5-16 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續).....	60
表 5-17 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續).....	61
表 5-18 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策 .....	61

# 第一章 碼頭構造物檢測類型與頻率

為確保碼頭構造物之完善、確保船舶停靠安全及維持其功能，各港灣養護單位必須確實執行巡查工作，隨時瞭解碼頭狀況並填具報告表陳報。如有重大特殊情況，則應以專案或緊急案件處理，以確保航運安全。其巡查範圍以碼頭本體與其所附屬之設施為主，

## 1.1 巡查類型

碼頭構造物的檢測工作，通常可分為平時進行的經常巡查、檢測時間及頻率固定之定期巡查與重大災害發生時之特別巡查(如下所示)。另外，當定期檢測作業或災後巡查無法確實掌握劣化原因及擬定適當維修對策，需依檢測評估結果辦理更精確的檢測。

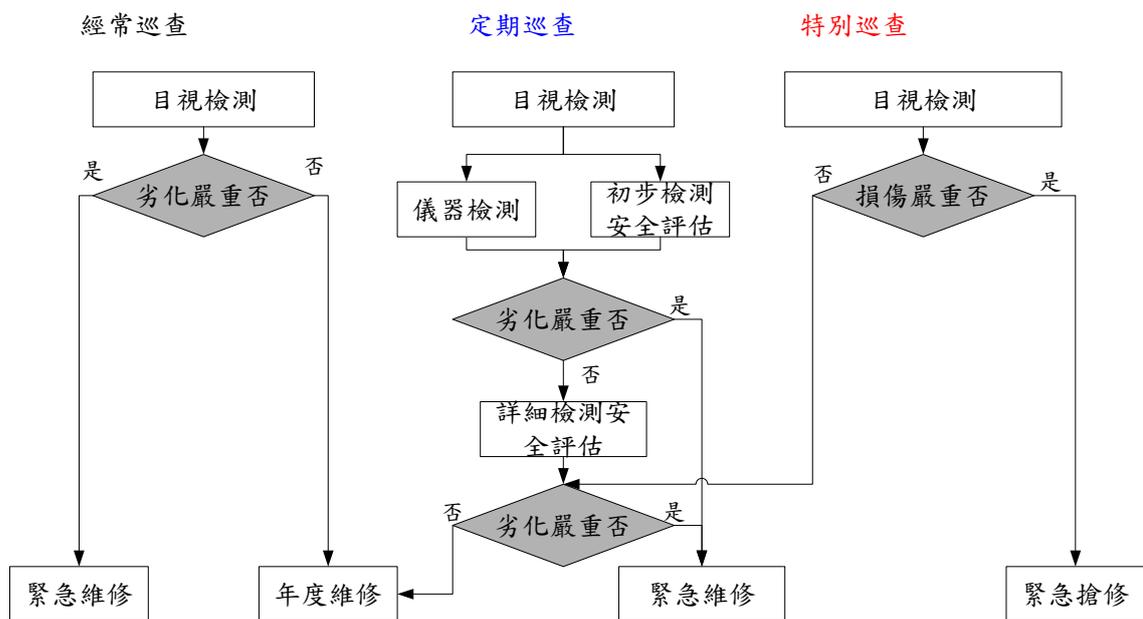


圖 1.1 碼頭構造物維護管理程序

### (1) 經常巡查

經常巡查以附件 1 表格進行。由於該表建議為提供碼頭工務

權責單位平時使用，其檢測方式以整體碼頭岸上構件進行記錄，故若各構件有劣化異狀發生，則填寫其最嚴重的劣化狀況等級(表格中僅顯示數值，對應之劣化狀況等級描述附加於其後)，並紀錄其所發生的單元位置與劣化位置，數量則以總數量為準，照片編號則紀錄拍攝相片編號之用。

## (2)定期巡查

定期巡查以單一單元方式進行，如附件 1 表格所示。巡查時除岸上目視檢測外，尚包含水下目視檢測，因此以碼頭各單元檢視各構件劣化異狀，並紀錄最嚴重者之劣化狀況等級與其劣化位置，並將該類型劣化數量以總量紀錄(照片編號同前述之經常巡查)。

## (3)特別巡查

特別巡查乃針對天然或人為災後發生後為主，故以檢視岸上構件是否有達到劣化狀況為 4 之情形，故並非紀錄碼頭構件劣化狀況等級，而以紀錄「是/否」值，如附件 1 表格所示。由於該表建議由工務權責單位於重大災害事故後進行快速岸上目視檢測，確認是否需進行緊急搶修，故除此部份外，其餘方式相同於經常巡查方式。

上述三種巡查作業，可分別依負責單位、巡查時機及巡查方式等差異，整理如表 1-1 所示。

**表 1-1 檢測作業種類比較**

種類	建議執行單位	巡查時機	巡查方式
經常巡查	工務權責單位	日常 (建議每季一次)	目視巡查(岸上)
定期巡查	委外發包廠商	固定時間 (建議兩年一次)	目視巡查(包含水下)、簡單儀器、依需求配合詳細儀器檢測
特別巡查	工務權責單位	重大災害 事故發生後	目視巡查(岸上)

## 1.2 巡查時應注意事項

- (1)巡查時發現有影響結構安全者應即予處理。巡查完畢應即填具巡查報告表陳報，必要時應即派員處理。
- (2)依勞工安全衛生設施規則第 286-1 條：雇主對於勞工從事水下作業，應視作業危害性，使勞工配置必要之呼吸用具、潛水、緊急救生及連絡通訊等設備。
- (3)依勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法第 70 條：雇主使勞工從事下列異常氣壓作業時，應使該勞工就其作業有關事項實施檢點：  
A.潛水作業、B.高壓室內作業、C.沈箱作業、D.氣壓沈箱、沈筒、潛盾施工等作業。
- (4)依勞工安全衛生教育訓練規則第 11 條與第 14 條，雇主應針對進行潛水作業勞工，使其接受有害作業主管之安全衛生教育訓練與特殊作業安全衛生教育訓練。
- (5)依異常氣壓危害預防標準相關規定執行潛水作業。
- (6)巡查工具之準備
  - ①巡查表格：使用附件各巡查表格進行以紙本方式進行現場檢測作業。
  - ②平板電腦：設備需能上網登錄碼頭維護管理資訊系統，並於現場選擇檢測資料模組進行各類型巡查。
  - ③數位相機：若使用①紙本方式進行巡查，則需搭配此設備作業，若使用②平板電腦，目前設備均附有相機功能，故可不用攜帶。
  - ④捲尺與輪距尺：巡查時若遇劣化異狀需進行記錄，需使用捲尺進行尺寸量測，而對於劣化異狀於單元位置之量測，可使用輪距尺作業，若無此設備，建議可以步測方式替代。

## 第二章 碼頭構造物構件編碼原則

### 2.1 重力與板樁式碼頭

重力與板樁式碼頭為連續式結構(重力式沈箱碼頭有結構單元區分)，故針對各碼頭單元編碼，以 10m 為一單元(Block)(若重力與板樁式編碼至最後一單元不足 10m，則仍需編列為一單元)，如圖 2.1 重力式碼頭 1 所示，則編碼為 B1，若屬重力式沈箱碼頭，則以各沈箱作為單元區分為 B1 與 B2(如圖 2.1 重力式碼頭 2 所示)，編碼之順序以碼頭編號增加方向進行。各單元構件劣化狀況評定依第三章填列，而其劣化位置之描述如表 2-1、圖 2.2 與圖 2.3 所示。

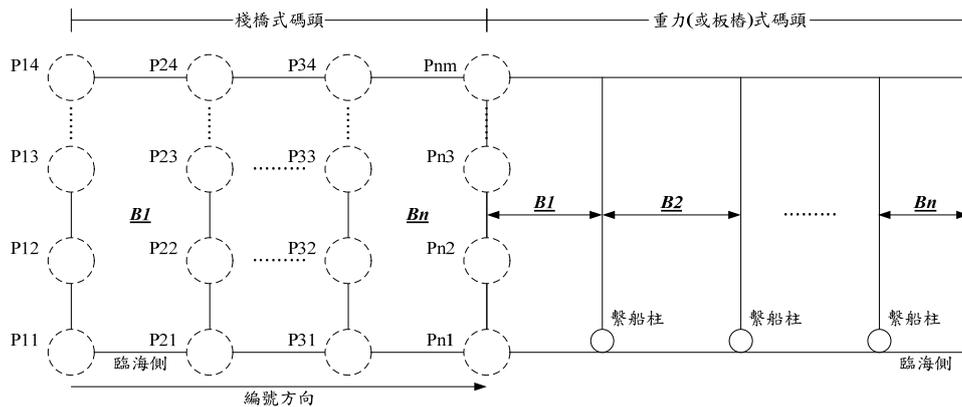


圖 2.1 重力、板樁與棧橋式碼頭單元編碼示意

表 2-1 重力與板樁式碼頭劣化位置描述說明

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
碼頭本體	岸肩	紀錄 X、Y 值(如圖 2.2 所示)
	壁體	紀錄 X、Z 值(如圖 2.3 所示)
	後線	紀錄 X 值(如圖 2.2 所示)
海床		紀錄 X 值(如圖 2.3 所示)
附屬設施	車擋	以整體性描述
	繫船柱	編號(如圖 2.3 所示)
	防舷材	編號(如圖 2.3 所示)
	吊車軌道	以整體性描述

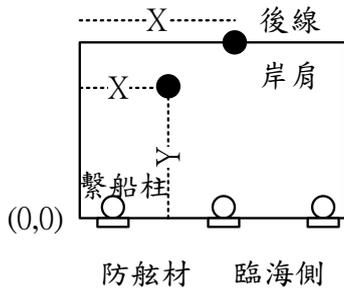


圖 2.2 重力或板樁式碼頭俯視圖

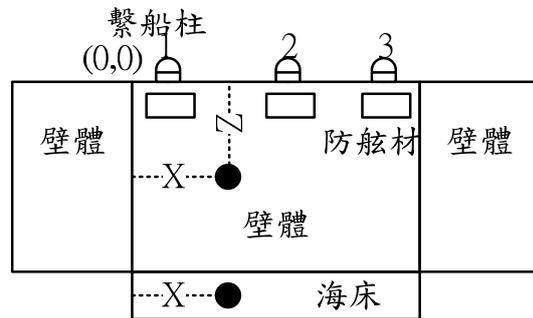


圖 2.3 重力或板樁式碼頭正視圖

## 2.2 棧橋式碼頭

棧橋式碼頭單元則依墩柱縱向柱線間距進行單元編碼(B1...Bn)(如圖 2.1 所示)，棧橋式墩柱編碼方式 Pnm(n 為橫向編號、m 為縱向編號)，如圖 2.1 中的 P22 為單一碼頭第 2 柱線由臨海側起算第 2 根墩柱。棧橋式岸肩底部與梁劣化位置記錄方式如圖 2.4 所示(編號方式由臨海側開始編號，Bn(n=1~n)為梁，Sn(n=1~n)為底板，依實際狀況進行編號)。墩柱依圖 2.5 A 記錄劣化位於墩柱之行列位置與其縱軸深度，如圖 2.5 B。

表 2-2 棧橋式碼頭劣化位置描述說明

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
面版	梁	編號(如圖 2.4 所示)
	岸肩	同重力與板樁式紀錄方式
	岸肩底部	編號(如圖 2.4 所示)
	後線	同重力與板樁式紀錄方式
墩柱		編號(如圖 2.5 所示)
拋石護坡		紀錄 X、Y 值
海床		同重力與板樁式紀錄方式

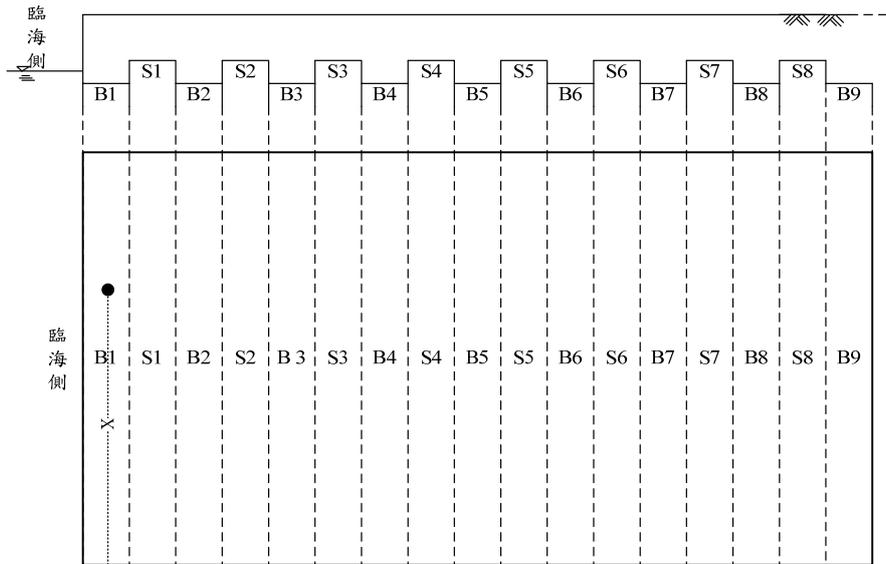


圖 2.4 棧橋式碼頭岸肩底部梁版編號示意

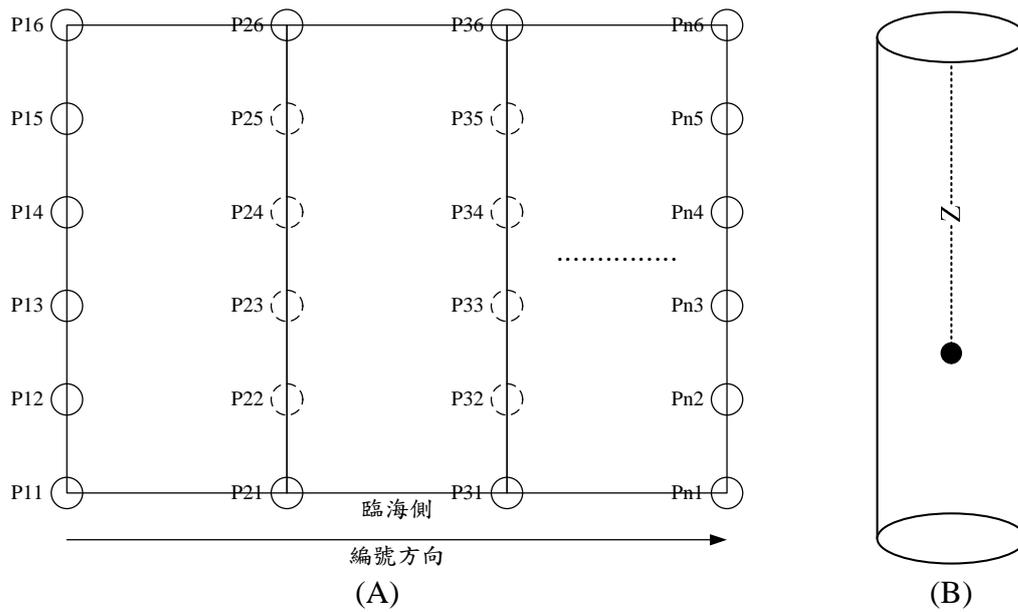


圖 2.5 棧橋墩註劣化位置描述

### 第三章 碼頭構造物目視檢測評估標準

以下即就重力式、板樁式、棧橋式碼頭(分鋼管樁與混凝土樁)與碼頭附屬設施等構造物目視檢測評估標準進行說明。

#### 3.1 重力式碼頭

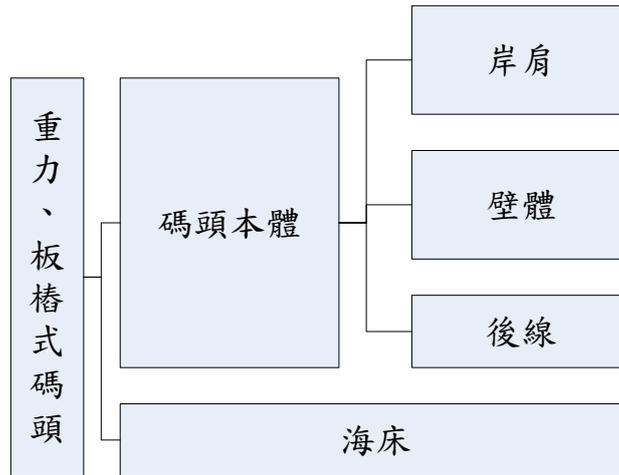


圖 3.1 重力或板樁式構件層級

表 3-1 重力式碼頭目視檢測標準

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	岸肩	裂縫	1	無異狀
			2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
		剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
		沈陷	1	無異狀
			2	岸肩輕微下陷(面積<5 m <sup>2</sup> 、高度<2.5 cm)
			3	岸肩明顯下陷(面積≤5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm 或面積>5 m <sup>2</sup> 、高度≤2.5 cm)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	壁體	裂縫	4	岸肩嚴重下陷(面積 $>5\text{ m}^2$ 、高度 $>2.5\text{ cm}$ )
			1	無異狀
			2	局部( $1\text{ m}^2$ )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
	壁體	剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 $<15\text{ cm}$ ，深度 $<2.5\text{ cm}$
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 $\leq 15\text{ cm}$ ，深度 $>2.5\text{ cm}$ 或剝落寬度直徑 $>15\text{ cm}$ ，深度 $\leq 2.5\text{ cm}$
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 $>15\text{ cm}$ ，深度 $>2.5\text{ cm}$
		漏砂	1	無異狀
			2	壁體出現孔洞，但並未漏砂
			3	壁體裂縫已可觀察出漏砂
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂
	後線	沈陷	1	無異狀
			2	後線輕微下陷(高度 $<10\text{ cm}$ 、面積 $<10\text{ m}^2$ )
			3	後線明顯下陷( $10\leq\text{高度}\leq 15\text{ cm}$ 、 $10\text{ m}^2\leq\text{面積}\leq 20\text{ m}^2$ )
4			後線嚴重下陷(高度 $>15\text{ cm}$ 、面積 $>20\text{ m}^2$ )	
海床	冲刷	1	無異狀	
		2	基礎輕微淘刷(冲刷坑深度目視約 50cm 以下)	
		3	基礎中等淘刷(冲刷坑深度目視約 50~100cm)	
		4	基礎嚴重淘刷(冲刷坑深度目視約 100cm 以上)	

### 3.2 板樁式碼頭

表 3-2 板樁式碼頭目視檢測標準

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	岸肩	裂縫	1	無異狀
			2	局部( $1\text{ m}^2$ )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
		剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 $<15\text{ cm}$ ，深度 $<2.5\text{ cm}$
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 $\leq 15\text{ cm}$ ，深度 $>2.5\text{ cm}$ 或剝落寬度直徑 $>15\text{ cm}$ ，深度 $\leq 2.5$

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	
				cm	
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	
			沈陷	1	無異狀
				2	岸肩輕微下陷(面積<5 m <sup>2</sup> 、高度<2.5 cm)
		3		岸肩明顯下陷(面積≤5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm 或面積>5 m <sup>2</sup> 、高度≤2.5 cm)	
		4		岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)	
		壁體	接縫開裂	1	無異狀
				2	開裂深度輕微(文公尺可入裂縫約<10cm 深)
	3			開裂深度中等(文公尺可入裂縫 10~20cm 深)	
	4			開裂深度嚴重(文公尺可入裂縫約>20cm 深)	
	碼頭本體	壁體	穿孔	1	無異狀
				2	帶狀區域的鏽蝕、局部小型穿孔(面積小於 5 cm <sup>2</sup> )現象
				3	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔(面積介於 5~20 cm <sup>2</sup> )現象
				4	連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔(面積大於 20 cm <sup>2</sup> )擴大且有漏砂現象
			防蝕系統	1	無異狀
				2	防蝕塊耗損小於 1/3
3				防蝕塊耗損介於 1/3~2/3	
4				防蝕塊耗損大於 2/3	
後線		沈陷	1	無異狀	
			2	後線輕微下陷(深度<10 cm、面積<10 m <sup>2</sup> )	
			3	後線明顯下陷(10≤深度≤ 15 cm、10 m <sup>2</sup> ≤面積≤ 20 m <sup>2</sup> )	
			4	後線嚴重下陷(深度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )	
海床		沖刷	1	無異狀	
			2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	
			3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	

### 3.3 棧橋式碼頭

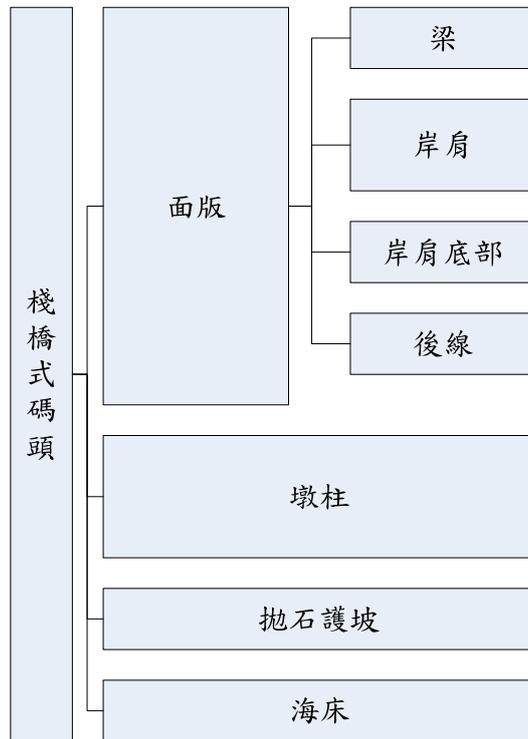


圖 3.2 棧橋式構件層級

表 3-3 棧橋式碼頭目視檢測標準

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
面版	梁	裂縫	1	無異狀
			2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
		剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 < 15 cm，深度 < 2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 > 2.5 cm 或剝落寬度直徑 > 15 cm，深度 ≤ 2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 > 15 cm，深度 > 2.5 cm
	岸肩	裂縫	1	無異狀
			2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
		剝	1	無異狀

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
		落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
			1	無異狀
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積<5 m <sup>2</sup> 、高度<2.5 cm)
			3	岸肩明顯下陷(面積≤5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm 或面積>5 m <sup>2</sup> 、高度≤2.5 cm)
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)
			1	無異狀
	岸肩底部	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
			1	無異狀
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
			1	無異狀
	後線	沈陷	2	後線輕微下陷(深度<10 cm、面積<10 m <sup>2</sup> )
			3	後線明顯下陷(10≤深度≤ 15 cm、10 m <sup>2</sup> ≤面積≤ 20 m <sup>2</sup> )
			4	後線嚴重下陷(深度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )
			1	無異狀
墩柱 (鋼管樁)	腐蝕	2	局部區域有鏽蝕集中	
		3	帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔	
		4	連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大	
		1	無異狀	
	防蝕披覆損壞	2	劣化面積 0.3% 以下	
		3	劣化面積介於 0.3~10% 之間	
		4	劣化面積 10% 以上	
		1	無異狀	
墩柱 (混凝土樁)	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	
		3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	
		1	無異狀	
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 $\leq 15$ cm，深度 $>2.5$ cm 或剝落寬度直徑 $>15$ cm，深度 $\leq 2.5$ cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 $>15$ cm，深度 $>2.5$ cm
拋石護坡	破壞	1	無異狀	
		2	護坡塊石輕微受損(護坡塊石破壞率約 5%以下)	
		3	護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5%~20%)	
		4	護坡塊石嚴重受損(護坡塊石破壞率約 20%以上)	
海床	沖刷	1	無異狀	
		2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	
		3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	
		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	

### 3.4 附屬設施

表 3-4 附屬設施目視檢測標準

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
繫船柱	腐蝕龜裂	1	無異狀
		2	材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂
防舷材	龜裂破損	1	無異狀
		2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損
		3	材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象
		4	材質老化、構件變形或掉落
車擋	龜裂破損	1	無異狀
		2	材質表面輕微龜裂情形
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形
		4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損
起重機軌道	腐蝕位移	1	無異狀
		2	兩軌間距左右差 $\leq 5$ mm、鋼軌接縫高差 $\leq 3$ mm
		3	兩軌間距左右差 5mm~10mm、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm
		4	兩軌間距左右差 $>10$ mm、鋼軌接縫高差 $>4.25$ mm

### 3.5 碼頭構造物目視檢測標準圖示

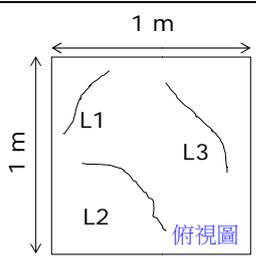
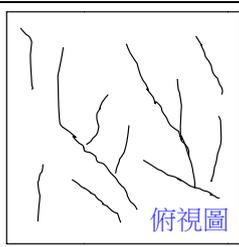
#### (1) 碼頭構造物目視檢測標準圖示

##### ① 重力式碼頭

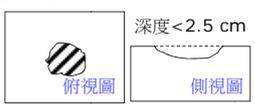
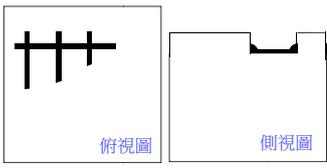
##### A. 碼頭本體

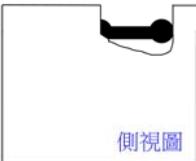
##### (A) 岸肩

##### a. 裂縫

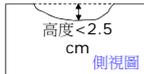
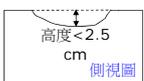
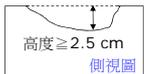
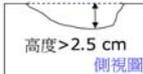
劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>局部(1m<sup>2</sup>)可見到2~3個寬度3mm以下的裂縫</p>	 <p>裂縫寬度約3~5mm以內</p>	 <p>裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約5mm以上</p>

##### b. 剝落

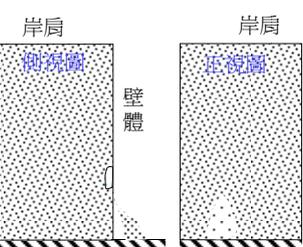
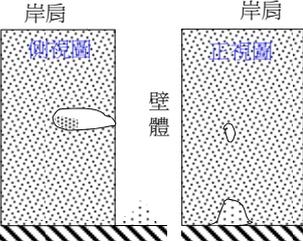
劣化狀況	劣化狀況圖示
2	 <p>混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑&lt;15 cm，深度&lt;2.5 cm</p>
3	<p>寬度直徑 ≥ 15 cm</p>  <p>深度 &lt; 2.5 cm</p> <p>或</p> <p>寬度直徑 &lt; 15 cm</p>  <p>深度 ≥ 2.5 cm</p>  <p>鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 &gt; 2.5 cm 或剝落寬度直徑 &gt; 15 cm，深度 ≤ 2.5 cm</p>

劣化狀況	劣化狀況圖示	
4		 <p>俯視圖</p>  <p>側視圖</p> <p>鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑&gt;15 cm，深度&gt;2.5 cm</p>

### c. 沈陷

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>面積 &lt; 5 m<sup>2</sup></p> <p>俯視圖</p>  <p>高度 &lt; 2.5 cm</p> <p>側視圖</p>	 <p>面積 ≥ 5 m<sup>2</sup></p> <p>俯視圖</p>  <p>高度 &lt; 2.5 cm</p> <p>側視圖</p> <p>或</p>  <p>面積 &lt; 5 m<sup>2</sup></p> <p>俯視圖</p>  <p>高度 ≥ 2.5 cm</p> <p>側視圖</p>	 <p>面積 &gt; 5 m<sup>2</sup></p> <p>俯視圖</p>   <p>高度 &gt; 2.5 cm</p> <p>側視圖</p>

### (B) 壁體-漏砂

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>岸肩</p> <p>側視圖</p> <p>壁體</p> <p>岸肩</p> <p>正視圖</p> <p>牆面出現孔洞，但並未漏砂</p>	 <p>岸肩</p> <p>側視圖</p> <p>壁體</p> <p>岸肩</p> <p>正視圖</p> <p>牆面裂縫已可觀察出漏砂</p>	 <p>岸肩</p> <p>側視圖</p> <p>壁體</p> <p>岸肩</p> <p>正視圖</p> <p>背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂</p>

(3)後線-沈陷

劣化狀況	劣化狀況圖示	
2	<p>高度 &lt; 10 cm</p> <p>岸肩</p> <p>臨海側</p> <p>側視圖</p>	<p>岸肩</p> <p>面積 &lt; 10 m<sup>2</sup></p> <p>臨海側</p> <p>俯視圖</p>
3	<p>10 ≤ 高度 ≤ 15 cm</p> <p>岸肩</p> <p>臨海側</p> <p>側視圖</p>	<p>岸肩</p> <p>10 ≤ 面積 ≤ 20 m<sup>2</sup></p> <p>臨海側</p> <p>俯視圖</p>
4	<p>高度 &gt; 15 cm</p> <p>岸肩</p> <p>臨海側</p> <p>側視圖</p>	<p>岸肩</p> <p>面積 &gt; 20 m<sup>2</sup></p> <p>臨海側</p> <p>俯視圖</p>

B.海床-沖刷

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	<p>岸肩</p> <p>壁體</p> <p>&lt; 50 cm</p> <p>側視圖</p>	<p>岸肩</p> <p>壁體</p> <p>50 ~ 100 cm</p> <p>側視圖</p>	<p>岸肩</p> <p>壁體</p> <p>&gt; 100 cm</p> <p>側視圖</p>

## ②板樁式碼頭

### A.碼頭本體-壁體-接縫開裂

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	<p>開裂深度輕微(文公尺可入裂縫約 &lt; 10cm深)</p>	<p>開裂深度中等(文公尺可入裂縫 10~20cm深)</p>	<p>開裂深度嚴重(文公尺可入裂縫約 &gt; 20cm深)</p>

### (3)碼頭本體-壁體-穿孔

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	<p><math>\leq 5\text{cm}^2</math></p> <p>D=2 正視圖</p>	<p>5~20cm<sup>2</sup></p> <p>D=3 正視圖</p>	<p>&gt;20cm<sup>2</sup></p> <p>D=4 正視圖</p>

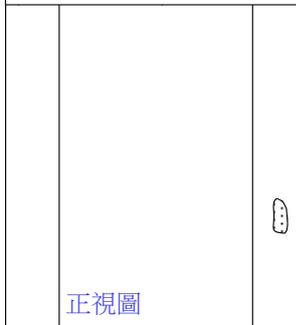
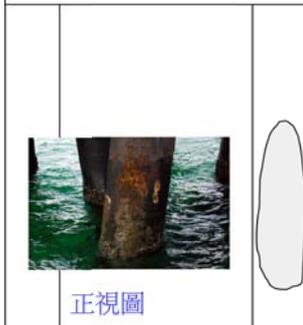
## ③棧橋式碼頭

### A.墩柱(鋼管樁)

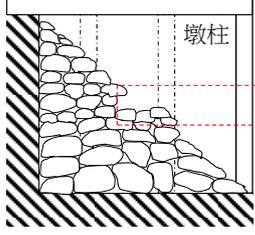
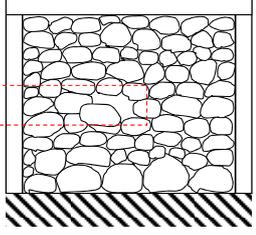
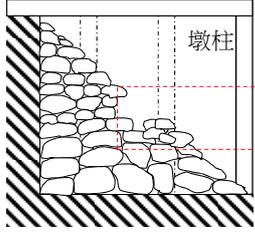
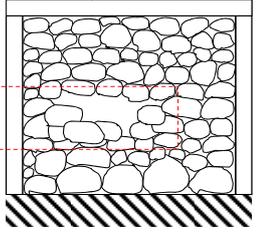
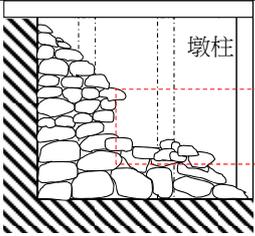
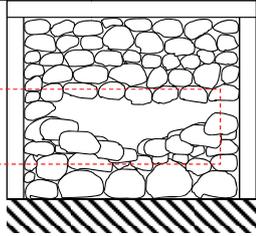
#### (A)腐蝕

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	<p>正視圖</p>	<p>正視圖</p> <p>穿孔</p> <p>帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔</p>	<p>正視圖</p> <p>穿孔</p> <p>連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大</p>

(B)防蝕披覆損壞

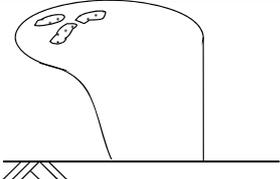
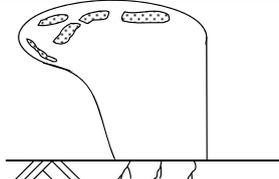
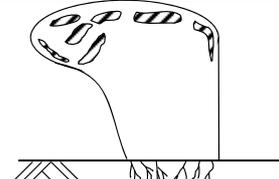
劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>正視圖 劣化面積&lt;0.3%</p>	 <p>正視圖 <math>0.3\% \leq \text{劣化面積} \leq 10\%</math></p>	 <p>正視圖 劣化面積&gt;10%</p>

B.拋石護坡-破壞

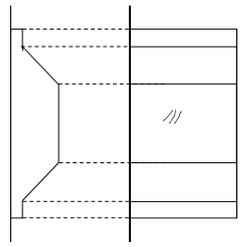
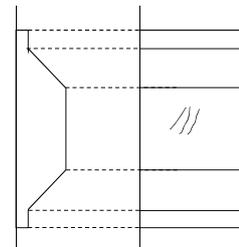
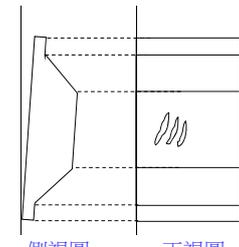
劣化狀況	劣化狀況圖示	
2	 <p>側視圖</p>	 <p>正視圖</p>
	破壞率<5%	
3	 <p>側視圖</p>	 <p>正視圖</p>
	5%≤破壞率≤20%	
4	 <p>側視圖</p>	 <p>正視圖</p>
	破壞率>20%	

④碼頭附屬設施目視檢測標準圖示

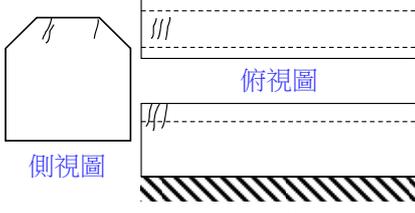
A. 繫船柱

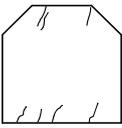
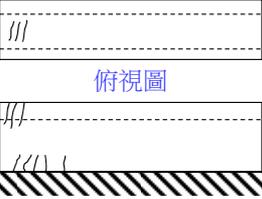
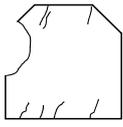
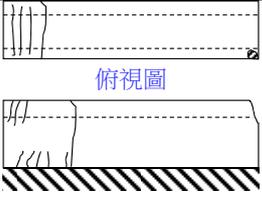
劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形</p>	 <p>材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形</p>	 <p>材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂</p>

B. 防舷材

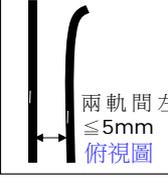
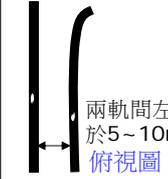
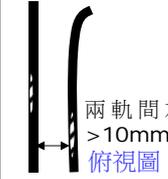
劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>側視圖 正視圖</p> <p>材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損</p>	 <p>側視圖 正視圖</p> <p>材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象</p>	 <p>側視圖 正視圖</p> <p>材質老化、構件變形、掉落，靠船時開裂過大、失去避震功能</p>

C. 車擋

劣化狀況	劣化狀況圖示
2	 <p>側視圖 俯視圖 正視圖</p> <p>材質表面輕微龜裂情形</p>

劣化狀況	劣化狀況圖示	
3	 <p>側視圖</p>	 <p>俯視圖</p> <p>正視圖</p> <p>材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形</p>
4	 <p>側視圖</p>	 <p>俯視圖</p> <p>正視圖</p> <p>材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損</p>

### D. 起重機軌道

劣化狀況	2	3	4
劣化狀況圖示	 <p>兩軌間左右差 <math>\leq 5\text{mm}</math></p> <p>俯視圖</p>  <p>兩軌間高差 <math>\leq 3\text{mm}</math></p> <p>正視圖</p>	 <p>兩軌間左右差介於 <math>5 \sim 10\text{mm}</math></p> <p>俯視圖</p>  <p>兩軌間高差介於 <math>3 \sim 4.25\text{mm}</math></p> <p>正視圖</p>	 <p>兩軌間左右差 <math>&gt; 10\text{mm}</math></p> <p>俯視圖</p>  <p>兩軌間高差 <math>&gt; 4.25\text{mm}</math></p> <p>正視圖</p>

## 第四章 碼頭構造物儀器檢測

### 4.1 鋼筋混凝土構造物儀器檢測

#### 1. 非破壞性試驗

##### (1) 反彈錘法

參考規範為 CNS 10732 硬化混凝土反彈數試驗法與 ASTM C805 “Standard test method for rebound number of hardened concrete”，反彈錘的構造主要構件有四部份：(1)外殼；(2)衝擊桿；(3)錘塊；及(4)彈簧。實際檢測強度時，將突出儀器外面的衝擊桿與混凝土表面接觸，當衝擊桿還是突出儀器外面時，其內部的錘塊將會被卡損固定在桿頂端，此時把儀器外殼推向混凝土表面，使連接儀器外殼與錘塊的彈簧伸長，當外殼推到與桿頂接觸時，卡損將放開錘塊，使其衝向混凝土，而撞擊到衝擊桿上的突肩部分，並反彈回去。反彈錘塊將會帶動指針，以顯示反彈的距離。反彈距離的刻度數字由 10 到 100 之間，稱為反彈值。

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

因為反彈錘法只檢測到混凝土表面層附近的強度，所以並不能代表就是混凝土內部的強度。若表面有碳化現象存在，會導致測得的表面強度大於內部的強度；同樣地，表面乾燥時測得強度會比內部潮溼的混凝土強度高。而鑄模的種類也會影響

表面強度，如木範本支撐而成的混凝土表面強度將比鋼範本支撐而成的混凝土表面強度高。只有表面數英吋的厚度情況會對強度有較大的影響而已。當表面較粗糙時，所測得的強度會比實際值低，故測粗糙表面情況的混凝土必須先磨平。如果表面有用墾刀處理過，其表面會較堅硬，而可以得到較高之反彈值。另外，檢測時儀器與表面的角度也會影響反彈值。

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

此法檢測時依構造物面積大小，選擇面積約 1x2 m 的混凝土表面，繪製 20 cm 見方之方格進行試錘試驗，每一方格測試 12 個數據，計算時先將最大與最小值剔除後，求其平均值，再依儀器所附之反彈值與混凝土抗壓強度推估曲線，獲得混凝土表面硬度。比對反彈值推估所得與鑽心試體之抗壓強度試驗結果，試驗情形如圖 4.1。



圖 4.1 碼頭岸壁面繪製方格

## (2)鋼筋電阻係數量測

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

## (3)鋼筋電位值量測

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

鋼筋腐蝕電位量測前，須先在結構物上找出鋼筋位置，用鑽孔機破壞鋼筋保護層混凝土，使鋼筋能與測量儀器連接成一通路，將導線與電錶連接後，移動參考電極即可量測出整個結構物內半電池腐蝕電位(Half Cell)，如圖 4.2 所示。電極棒內之硫酸銅溶液應在飽和狀態，電極移動時溶液與內部銅棒須完全接觸同時電極前面須用海綿填充。測定前導線應檢查內部銅線是否腐蝕或電阻過大，才能讀出正確的腐蝕電位，結構物表面在量測前應潑水使成面乾內飽和狀態。

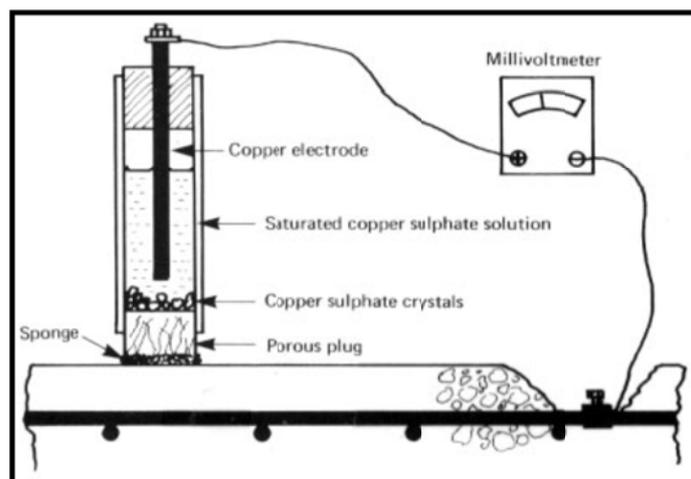


圖 4.2 鋼筋腐蝕電位量測示意圖

腐蝕電位與鋼筋腐蝕關係，依據 ASTM C-876 及 Van Daveer 建議電位在  $-200\text{mV CSE}$  (飽和硫酸銅電極) 時腐蝕機率各為小於 10% 和 5% 電位在  $-200\text{mV}$  至  $-350\text{mV CSE}$  時腐蝕機率為大於 50%，電位若小於  $-350\text{mV CSE}$  時，腐蝕機率則提高至大於 90% 和 95%。如表 4-1 所示。

表 4-1 鋼筋腐蝕電位與腐蝕機率關係

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

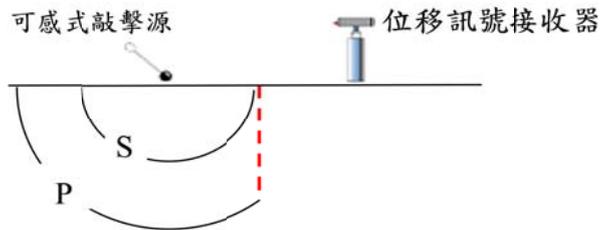
利用鋼筋電位推估鋼筋腐蝕相當簡便，但其缺點為：

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

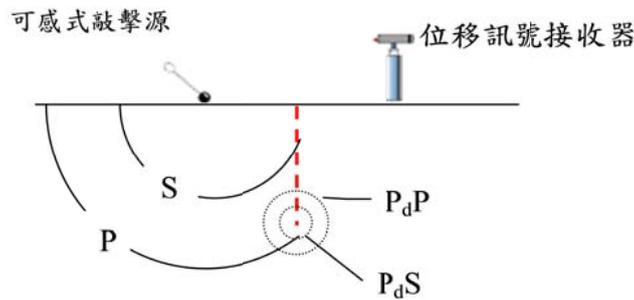
#### (4) 混凝土裂縫探測

參考規範為 ASTM C1383 “Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and the Thickness of Concrete Plates Using the Impact-Echo Method”。一般常用檢測方式為敲擊回音法 (Impact echo)，可量測混凝土之裂縫深度以及保護層厚度。1983 年起，在美國國家標準及科技院 (National Institute of Standards and Technology) 及康乃爾大學 (Cornell University) 資助下，由 Carino 及 Sansalone 博士研究發展敲擊回音法 (Impact-Echo Method)，與超音波法同樣是利用應力波動原理，但其改變了應力波激發源為機械性的敲擊方式，接收器改成由點接觸之位移訊號接收器，除了直接在時間領域上，對量測到的位移波形作訊號分析外，亦透過快速傅利葉轉換 (FFT) 的處理，在頻率領域上作訊號分析。其原理與施測方式已列入 ASTM C-1383。

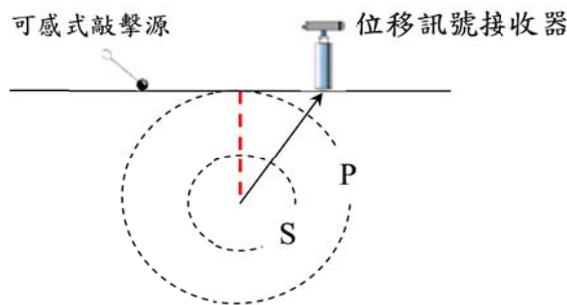
目前國內常採用敲擊式繞射波傳輸時間法，該方法是以應力波傳動原理為基礎，以小直徑的鋼珠當為敲擊源導入應力波，在表面敲擊後主要將產生三種形式的應力波，其中應力波 P-波及 S-波向物體內部傳動 (如圖 4.3(a))，而另外一種表面 R 波主要是沿著混凝土表面傳動。這三種類型的應力波以 P 波波速最快，S 波次之。由於 P-波波速較快，所以 P-波之波前 (Wave-front) 先遇到裂縫之尖端，而 S-波則跟隨在後，入射 P-波在裂縫尖端處將產生繞射波 (如圖 4.3(b))，如同在裂縫尖端處形成另一個波源，以球狀波形方式向四面八方傳動出去 (如圖 4.3(c))；當繞射波傳回至敲擊表面時將會產生擾動，經由裂縫尖端繞射再抵達裂縫另一側表面的歷時，故在裂縫兩側各配置一個可感式敲擊源及位移接收器，監測所得之波形為紀錄可感式敲擊源敲擊起始時間 (即訊號擷取系統啟動時間)，另與敲擊點不同側之接收器 (Receiver) 監測得之起始擾動訊號，為 P-波繞過裂縫尖端到達所引起，此乃因為表面開裂裂縫阻絕或延遲表面 P 波以及 R-波之到達所致，之後所測得的位移波形則為後續反射波及繞射波到達所引起。



(a) 應力波導入測試物體



(b) 應力波遭遇尖端產生繞射



(c) 繞射應力波向外傳動

圖 4.3 應力波與表面裂縫之互制作用

圖 4.4(a)為敲擊式繞射波傳輸時間法之裂縫檢測示意圖，第一接收器與敲擊源相距  $H_0$ ，敲擊源及第二接收器與裂縫之距離分別為  $H_1$  及  $H_2$ ，當第一接收器接收到表面波向下的位移反應時，整個監測系統將被啟動，此一表面波之波到時間假設為  $t_1$ ，如圖 4.4(b) 所示，而在第二接收器記錄到之裂縫繞射波之波到時間為  $t_2$  如圖 11(c)，從監測系統啟動到第二接收器感應到繞射波到達之時間為  $t_2 - t_1$ ，但是敲擊乃發生在監測系統啟動之前的某一時間，這個時間恰好是 R 波由敲擊源傳動至第一接收器所需時間，亦即是  $H_0$  除

以 R 波的波速( $C_R$ )，於是 P 波由敲擊源至第二接收器所經歷的總時間( $\Delta t$ )可依下列公式計算而得：

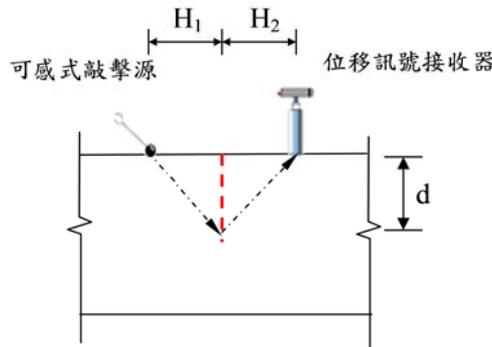
$$\Delta t = t_2 - t_1 \dots\dots\dots (1)$$

總時間得到後，P 波所走的總路徑則等於 P 波波速( $C_p$ )乘以總時間。因此，表面開裂縫之深度( $d$ )可依下列公式計算得到：

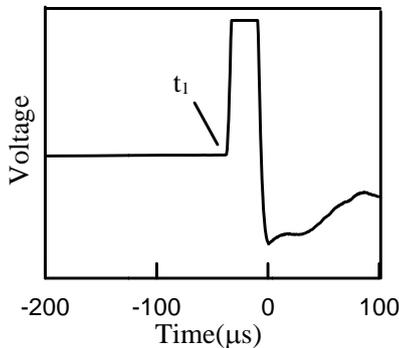
$$d = \sqrt{\left[ \frac{(C_p \times \Delta t)^2 + H_1^2 - H_2^2}{2 \times C_p \times \Delta t} \right]^2 - H_1^2} \dots\dots\dots (2)$$

若是兩接收器與裂縫之距離相等(即  $H_1=H_2=H$ )，則上式可改寫為：

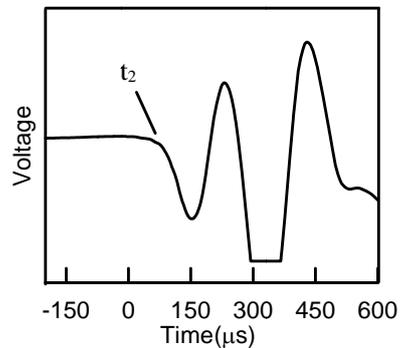
$$d = \sqrt{\left[ \frac{(C_p \times \Delta t)}{2} \right]^2 - H^2} \dots\dots\dots (3)$$



(a) 試驗配置-側視圖



(b) 可感式敲擊源之波形圖



(c) 位移接收器之波形圖

圖 4.4 敲擊式繞射波傳輸時間法之裂縫檢測

## A. 儀器介紹

敲擊式繞射波傳輸時間法所使用之試驗系統，係由四個主要元件組合而成：1.訊號擷取卡、2.筆記型電腦、3.可感測敲擊源、4.位移接收器，分別說明如下。

(A)訊號擷取卡：接收器接收連續之類比(Analog)訊號時，必須由 A/D 卡抓取並轉換成不連續之數位(Digital)之訊號，以便後續之訊號處理、分析及儲存。本案所使用之 PicoScope3224 之 A/D 卡以 USB port 連結電腦並提供兩個 BNC 插槽用以外接位移接收器，資料的最快擷取速率為 10MHz(每 0.1 $\mu$ s 紀錄一筆資料)，解析度(resolution)為 12 bits。

(B)筆記型電腦：A/D 卡轉換完成之數位訊號，可透過軟體抓取到記憶體中，再進行訊號處理、分析或儲存於硬碟裡。

(C)可感式敲擊源及位移接收器其說明如下：

a.敲擊源：小直徑(3~12mm)的鋼珠即是一個很好的敲擊源，透過鋼珠自由落下與試體表面產生碰撞而導入應力波。本案採用可感測敲擊時間原點之敲擊源，此敲擊鋼珠內部裝設有可感測位移變化之壓電材料，可在能量導入檢測物體的同時，感應到時間的原點。

b.接收器：為一種很小成倒錐體形之壓電材料，因此可視為類似點之接觸，所反應出來之訊號與垂直表面位移量成正比。

## B. 使用時機與注意事項

國內針對表面開裂裂縫之深度量測常規範以超音波法進行量測。其應用範圍相當廣範，包括金屬材料瑕疵、焊接品質、殘留應力、人體檢查...等，惟其在混凝土材料上之應用並不理想，主要缺點為：(1)超音波引進混凝土內部之高頻波，容易被混凝土內部之小孔隙所散射，雖然後來已有較低頻之超音波儀器上市，但其透過電壓激發壓電材料變形所產生之波源，能量仍不足，限制了應力波傳動距離；(2)埋設在混凝土內部鋼筋之

影響，無法有效去除；(3)探頭尺寸過大，為了能有效產生激發源及訊號接收，混凝土表面必須特別處理並塗抹耦合液，施測時須給予適度壓力，容易產生誤差；(4)市售之數字化簡易型超音波儀器，無任何波形訊號供分析用，無法辨識第一波到訊號之真正來源，可能產生誤判情形。因此在無重大突破前，建議目前表面開裂裂縫仍宜使用敲擊式繞射波傳輸時間法

### C.操作步驟

1998 年利用敲擊回音法量測鋼筋混凝土板之厚度已被納入 ASTM 之試驗標準(編號 ASTM C-1383)。利用敲擊回音法量測鋼筋混凝土板之厚度 ASTM C-1383 之檢測程式步驟，並加以改良即為目前現行表面裂縫開裂之裂縫深度量測。因此其操作程式包括：

- (1)表面縱波(P 波)波速( $C_p$ )量測。
- (2)裂縫深度量測。
- (3)利用公式裂縫深度(D)。

其中步驟(1)表面 P 波波速( $C_p$ )之量測，乃利用表面敲擊方式以產生暫態應力波，並以兩個置於已知距離(H)之接收器記錄由暫態應力波造成之表面位移，縱波(P 波)為最早到達二個接收器之應力波，由兩個接收器間之距離(H)及縱波(P 波)到達兩接收器之時間差( $\Delta t$ )相除，即可求得縱波(P 波)波速。

步驟(2)再將儀器適當配置於裂縫的兩側，進行裂縫深度之檢測。並將步驟所得的波速，搭配自敲擊源經裂縫尖端，產生新的波源再到第二接收器之時間歷時。最後進入步驟三。步驟(3)將所得資料代入式 1~式 3 即可。

## 2.局部破壞性試驗

此試驗的主要目的是在決定結構體中部份區域之抗壓強度，同時取出之試體可做中性化試驗與超音波檢測。鑽心試驗是依據 CNS

規範中之規定，其取樣之試驗抗壓強度之圓柱試體，其試體直徑至少為最大粗粒料粒徑之 3 倍。鑽小試體長度最好為其直徑之 2 倍，或者不得小於其直徑。

#### (1) 中性化試驗

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

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

觀察指示劑顏色的變化，以判斷其中性化深度，該試劑在 pH 值在 8.5 以上之鹼性環境中會變為紅色，而 pH 值在小於 8.5 的環境下則為無色，實際測定則以剖面的分界點來判定未中性化程度。一般在維修時，即以此方法來判定應敲除混凝土劣化區域與決定修復範圍。中性化深度量測時最容易產生誤差有兩個：第一是指示劑不能放太久，否則混凝土變色不易；第二是混凝土試體取出後不能和空氣接觸太久，否則試體表面混凝土均已中性化就無從判斷混凝土中性化的深度。

#### (2) 抗壓試驗

鑽心試體進行抗壓試驗(依 CNS 1232 混凝土圓柱試體抗壓強度檢驗法)時應依以下之步驟進行：

##### A. 兩端平整處理

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

#### B. 潮濕狀況

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

#### C. 蓋平

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

#### D. 度量

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

#### E. 試驗

可依 CNS1232 混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法試驗之。

#### F. 計算及報告

試體受力方向，與原結構物內受力方向之關係，需在報告內註明。試體之抗壓強度，可根據其平均直徑，算出每平方公分所受壓力。如試體長度直徑比小於 2 時，可將求得之抗壓強度乘以表 4-2 之更正因數(表中未列入之值，可由內差法求之)。

表 4-2 圓柱試體長度直徑比

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

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



圖 4.5 鑽心試體切割



圖 4.6 試體之蓋平



圖 4.7 試體之抗壓試驗



圖 4.8 抗壓機讀取之數據

### (3) 超音波脈波速度量測

使用英國 CNS 儀器公司出品之 PUNDIT(Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester)超音波脈波速度測定儀，量測在硬固混凝土材質內超音波脈波之傳遞速度，瞭解混凝土之品質狀況。脈波速度與混凝土品質關係如表 4-3 所示，可作初步研判。

表 4-3 超音波脈波速度與混凝土品質之關係

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

(4) 氯離子檢測

本試驗依 AASHTO-T260 規範硬固混凝土氯離子含量試驗(水溶法)與 CNS 12891 混凝土配比設計準則與 3090 預拌混凝土。此法乃是將混凝土粉末，浸泡於蒸餾水中，加熱沸騰後(如圖 4.9)，靜置 24 小時後過濾之(如圖 4.10)，以離子層析儀測得之 Cl<sup>-</sup>含量(如圖 4.11、圖 4.12 所示)。



圖 4.9 混凝土粉末浸泡於蒸餾水煮沸



圖 4.10 靜置 24 小時後，過濾之澄清液

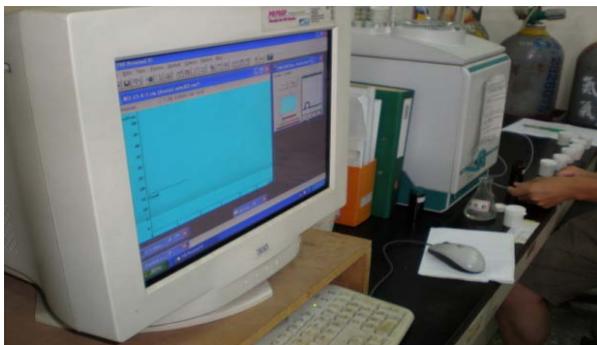


圖 4.11 離子層析儀試驗 1

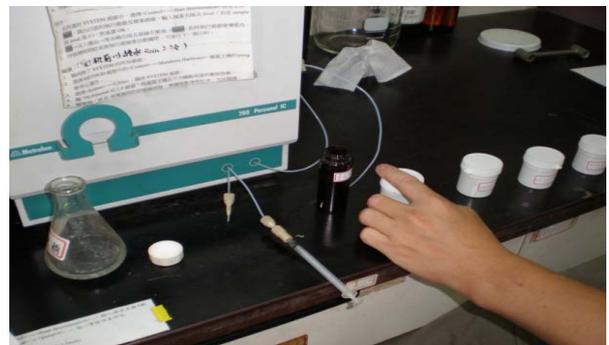


圖 4.12 離子層析儀試驗 2

## 4.2 鋼構造物儀器檢測

### 1.材料厚度檢測

以超音波厚度儀之探頭，接觸已敲除清理乾淨之鋼板表面，即可讀取鋼板樁厚度，鋼板樁每面於每一水深測點，量取兩次厚度數據，平均後即為現有厚度。圖 4.13 為潛水人員於海中量測鋼板(管)樁厚度之情形。

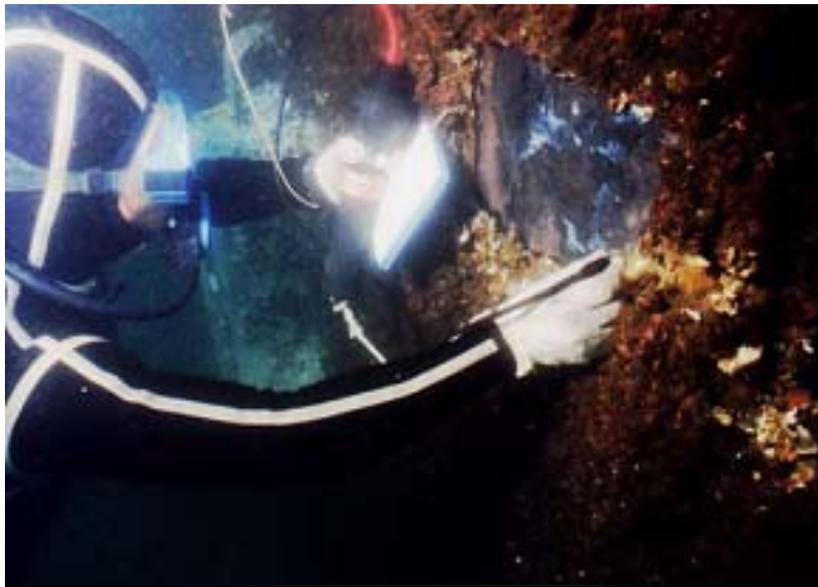


圖 4.13 水面下量測鋼板樁厚度之情形

(1)厚度量測之原理：超音波厚度儀係利用脈衝原理，由於音波在鋼材之傳播速率為一定值，因此，由探頭傳送出一彈性波，經鋼材表面至內壁之傳播時間，即可算出波通過路徑之距離(鋼材厚度)，精準度可達 $\pm 0.1\text{mm}$ ，可由接收器直接讀取厚度，其量測原理簡示於圖 4.14。

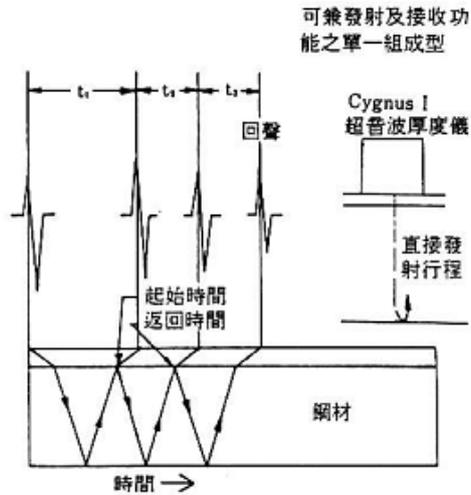


圖 4.14 測厚儀量測之示意圖

厚度計算可由下列數學式求得：

$$S_i = V \times \frac{1}{2} (T_{i+1} - T_i) \dots\dots\dots (4)$$

式中 V：超音波在鋼板樁中之傳播速度(5920m/sec)。

$S_i$ ：現有鋼板樁厚度讀數(mm)。

$T_{i+1}$ ， $T_i$ ：探頭接受回聲及初始傳播的時間。

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

$$\begin{aligned} \text{腐蝕速率} &= \text{腐蝕量} / \text{使用年期} \\ &= (\text{原始厚度} - \text{現有厚度}) / \text{使用年期} \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

腐蝕速率又可分為兩種：(1)未作防蝕措施前之腐蝕速率；(2)採用防蝕措施後之腐蝕速率，其公式如下：

$$V_c = \frac{C}{Y_c + (1-P)Y_p} \dots\dots\dots (6)$$

$$V_p = \frac{C - V_c \times Y_c}{Y_p} \dots\dots\dots (7)$$

式中  $V_c$ =無防蝕措施之腐蝕速率(mm/yr.)

$V_p$ =有防蝕措施之腐蝕速率(mm/yr.)

$Y_c$ =無防蝕措施之年期(yr)

$Y_p$ =有防蝕措施之年期(yr)

$C$ =腐蝕量(mm)

$P$ =防蝕率，防蝕率與海水浸水率之關係示如表 4-4。

**表 4-4 防蝕率與海水浸水率之關係**

海水浸水率(%)	防蝕率(%)
0~40	40 以下
41~80	41~60
81~99	61~90
100	90 以上

## 2.防蝕系統檢測

(1)腐蝕電位測定:電氣防蝕效果的檢測通常是以電位的測定來進行，透過高電阻電壓計與檢驗電極來測定鋼質構造物的電位，掌握防蝕設施的電位分佈狀況進而得知防蝕狀態。如圖 4.15 所示，使用海水氯化銀電極進行電位測定，數值假如比-780 mV(腐蝕電位)低的話，就表示處在防蝕狀態。電位測定裝置，如圖 4.16 所示，測定儀器包含高電阻電壓計、檢驗電極及電位測定裝置。實施電位測定的地點通常是在測定裝置設置地點與其相鄰的中間點。但是

若在這些測定地點不包括陽極中間點的場合，為了掌握整個防蝕設施電位分佈狀況，則可在距離陽極最遠的地點進行電位測定。在構造物的深度方向的測定是以 1 m 間隔在進行，另外在棧橋式鋼管樁未安裝陽極的場合，必須選定前列樁進行測定。

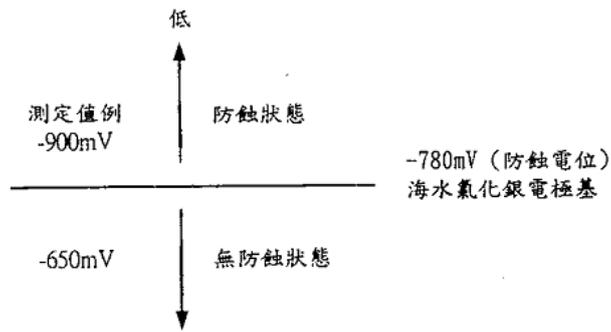


圖 4.15 防蝕效果的判定方法

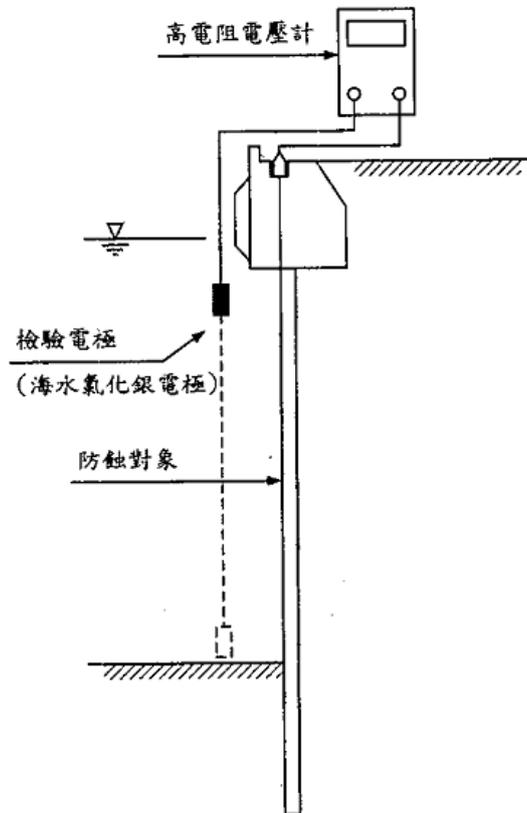


圖 4.16 電位測定示意圖

## (2)陽極塊測定

A.利用陽極形狀尺寸的殘量計算：利用水中作業除去附在陽極表面的腐蝕生成物，依圖 4.17 所示的要領進行計測。此時必要的話，也需進行攝影。陽極殘量= $[(D/4)^2 \times L - \text{蕊棒體積}] \times \text{陽極密度}$ ，在此 D 為平均周長 $(D_1 + D_2 + D_3)/3$ ， $D_1$  與  $D_3$  為距殘存洋極端頭約 10 cm 的位置的外周長， $D_2$  為殘存陽極中央不為的外周長，L 為殘存陽極長度。

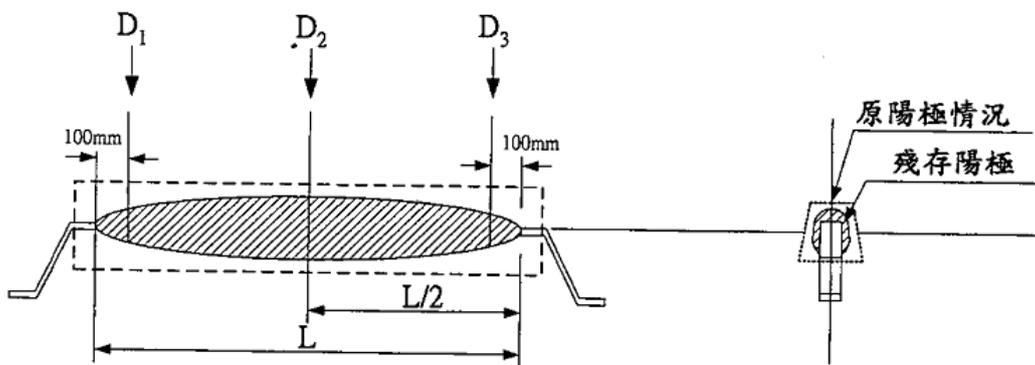


圖 4.17 陽極尺寸測定示意圖

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

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

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

另外，也可從陽極平均發生電流求取殘存壽命

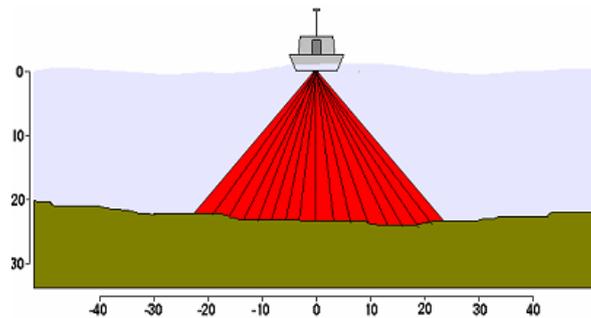
殘存壽命= $(\text{陽極殘存量} \times \text{陽極有效電氣量}) / \text{陽極平均發生電流}$

## 4.3 其他類型儀器檢測

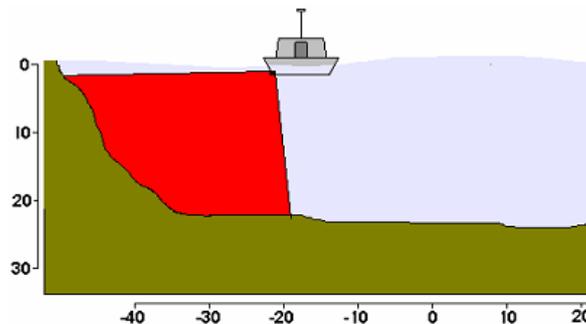
### 1. 水深多音束探測

#### (1) 探測原理

為精確詳實的呈現水深地形的細微變化，可採用高效率、高測點密度的多音束水深測量系統。多音束測深音鼓可以傾斜約 35 度角的方式安置，由音束側打方式主要針對碼頭面，且仍然可以施測碼頭旁水深地形。音鼓側打與正打差異之示意圖如圖 4.18 所示。



(A) 正打示意圖



(B) 側打示意圖

圖 4.18 多音束水深測量音鼓正打側打差異示意圖

一般採用的多音束測深機(以 RESON SeaBat 8124 為例)，其作業功能及系統架構如下圖 4.19、圖 4.20 所示：

A. 音束涵蓋範圍 120 度，約為 3.4 倍水深之寬度，共有 80 個音束，

每個音束大小為 1.5 度×1.5 度。

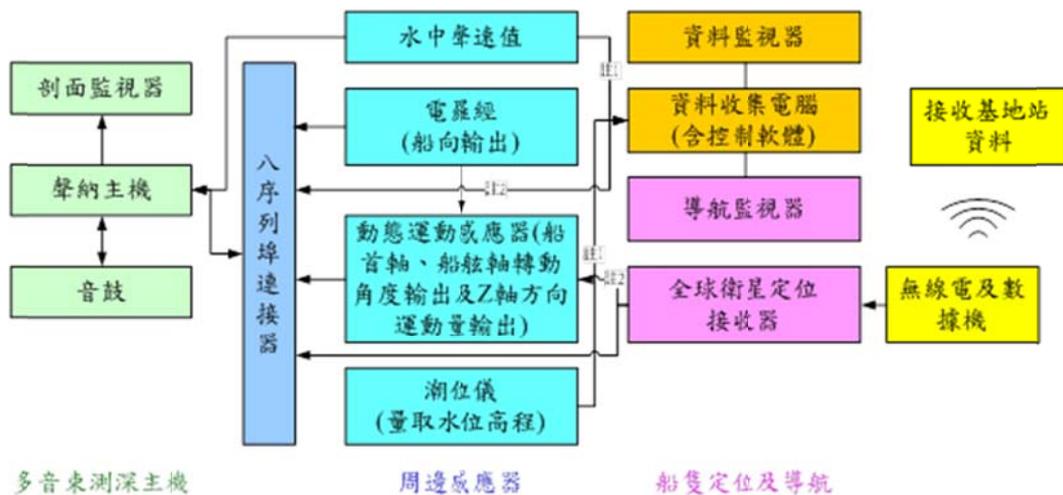
B.測深可達 300m，測深解析度 1 cm，測深精度符合國際海測組織 IHO 規範。

C.聲納頻率 200kHz，施測頻率最高可達 40 Hz，最高船行作業速度可達 12 節。

D.搭配 Hypack 資料收集軟體(如圖 4.21)，可即時了解測區深度，觀測覆蓋狀況等。



圖 4.19 RESON SeaBat 8124 多音束測深機



註 1：此資料可在資料處理時輸入。

註 2：用以修正船隻轉彎所引起之離心加速度。

圖 4.20 多音束測深儀 RESON SeaBat8124 系統架構示意圖

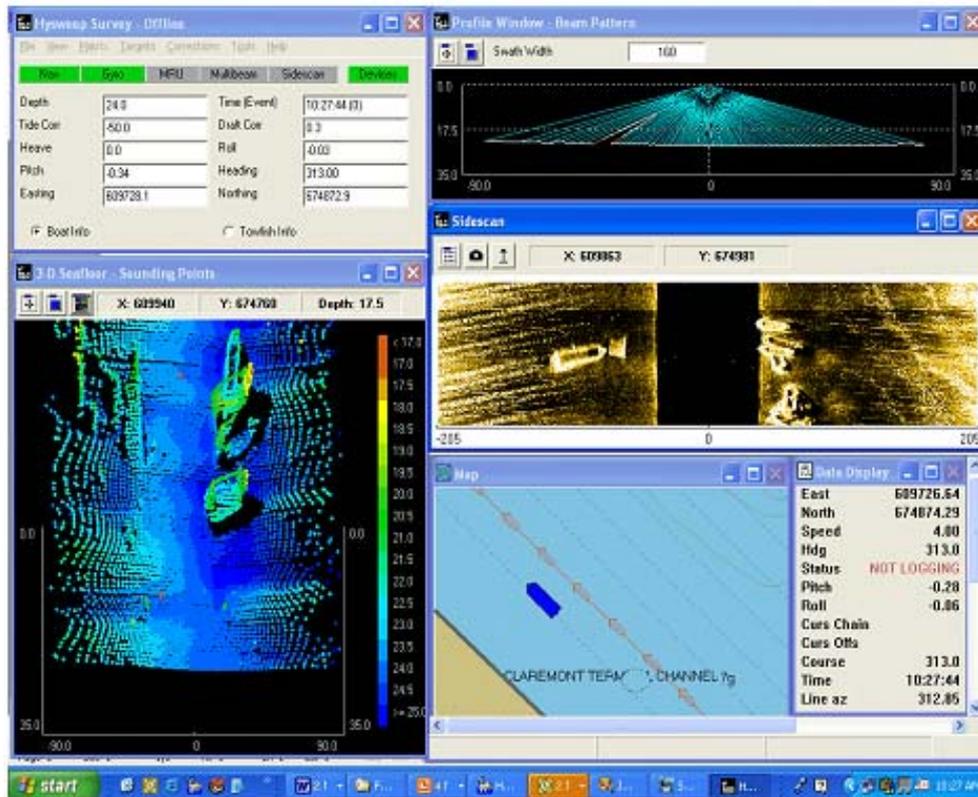


圖 4.21 HYPACK MAX 軟體—多音束測深系統施測畫面

多音束水深測量主要是以測深儀測深，搭配 GPS 衛星定位系統定位，並配合周邊設備如運動姿態感測器、電羅經、聲速儀、潮位儀等施測，達到高精度、高效率之海域地形測量方式。水深測量作業流程如圖 4.22 所示，各項作業步驟分述如下：

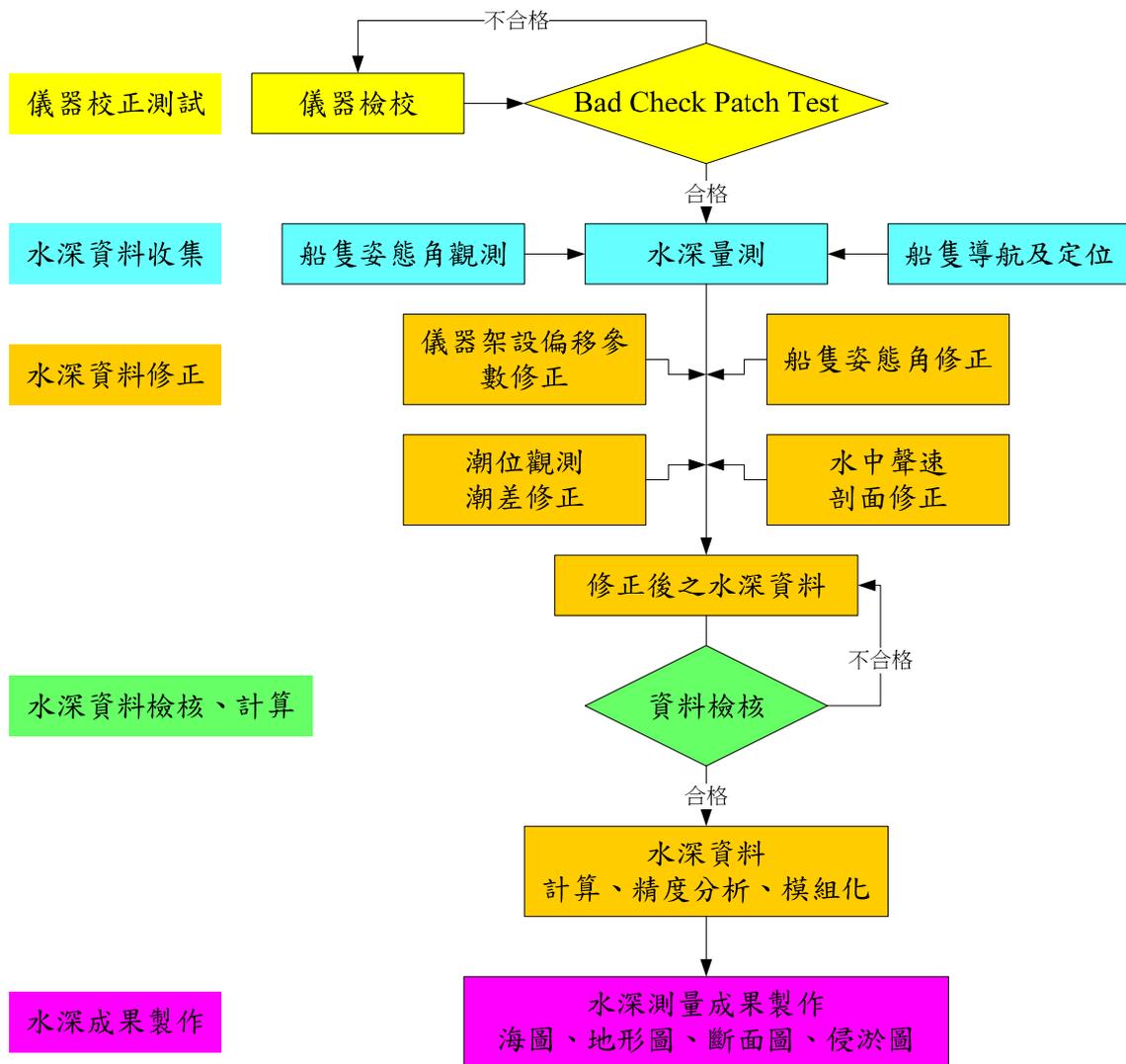


圖 4.22 水深測量作業流程圖

## 2.透地雷達檢測

### (1)探測原理

透地雷達是一種類似反射震測的電磁波法，其施測原理如圖 4.23(a)所示，用天線將 15M~3GHz 之電磁波發射出去，使電磁波以  $V_m \approx \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}}$  之波速在介質中傳遞，其中  $C = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$  為光速， $\epsilon_r$  為介電常數(dielectric constant)，為相對空氣之容電率 (dielectric permittivity)，當電磁波碰到介電常數界面則發生部份反射，例如

空洞、地下管線、地層界面、水層等等界面，均會反射部份能量回到接收天線處，而由天線接收。其中反射係數為  $R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}$ ，其中  $\epsilon_1$  為第 1 層之介電常數， $\epsilon_2$  為第 2 層之介電常數。沿地表或襯砌表面連續掃描，將這些資料排在一起，則可得到地層或襯砌之剖面，當地表下方有地下管線或掏空之現象存在，則可看到明顯的反射訊號。

## (2) 探測儀器

本探測使用美國 GSSI 公司生產之 SIR-3000 系列透地雷達，此系統之設計相當有彈性，發射之電磁波頻率及紀錄儀器之操作範圍相當廣，可適用於不同探測目的及探測場地之施測工作，其組件分為主機、天線罩及電源供應器三個部分，各組件之功能說明如下：

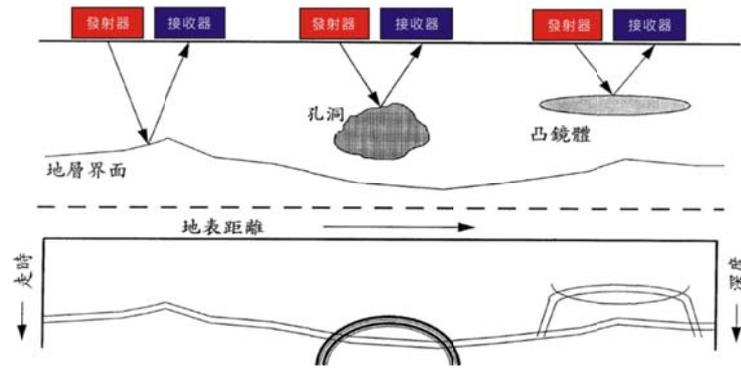
A. 透地雷達主機：主要在控制天線罩之發射信號及接收信號，內含數值轉換器、影像顯示器、掃描資料儲存設備等等。儀器輕巧防水可方便在各種不同環境底下施測。儀器之解析能力可達 16 位元，紀錄之動態範圍為 24 位元，並具有資料重合之功能，可重複疊加訊號，加強訊號之能量。此外主機內含硬式磁碟，方便現場工作資料之儲存。

B. 天線罩：天線罩中包含發射天線及接收天線，此系統之電磁波頻率操作範圍由 15MHZ 及 2GMHZ，其探測深度可由數十公分到數十公尺，依所需之探測深度選擇適用之天線罩頻率。

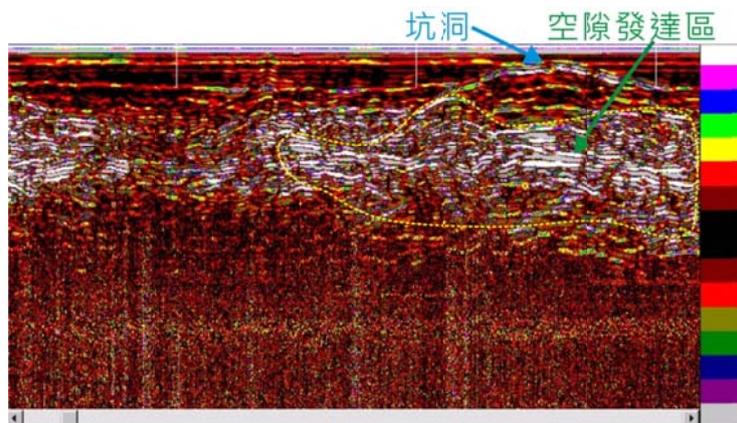
## (3) 施測成果

施測參數設定為總歷時(total duration)100ns(10<sup>-9</sup> sec)，每條描線(trace)取樣 1024 點，每公尺 50 次掃描。在資料處理分析上應用速度分析、頻率濾波、解迴旋、影像處理等技巧。圖 4.23(b)為透地雷達成果剖面範例，剖面圖中以 16 種不同色彩代表雷達波場振幅，色階中愈靠近中間之部分，色調愈暗表示反射愈弱，即介質

之介電常數的差異較小，如地層較為緊密或介質介電常數接近；而色階中愈靠近上下兩端之部分，色調愈亮表示反射愈強，介質之介電常數變化較大，如有坑洞、金屬管線、鋼支保或含水，均會造成強反射。



(a)



(b)

圖 4.23 透地雷達施測圖示說明

### 3.光學測量檢測

此項儀器檢測以水準儀針對各型式碼頭岸肩進行高程量測，藉以確認是否有沈陷情況發生。若為棧橋式碼頭，則以各柱線間的墩柱位置進行高程量測，如圖 4.24 所示(是否需每個墩柱皆量測，視實際應用而定)，而重力與板樁式碼頭，則因為連續式結構，故量測上以離岸線固定距離(如圖 4.24 測線 A~C，本案以離岸線 5

公尺與 10 公尺劃設兩測線)為測線，並於每測線固定間隔(如圖 4.24 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>~A<sub>n</sub>所示，本案以 5 公尺間隔進行測線各點位的劃設)作為量測點進行高程測量。

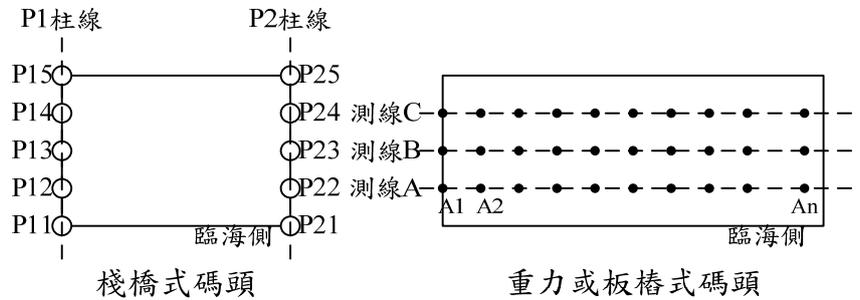


圖 4.24 各類型碼頭水準高程測量點位建議示意圖

#### 4.4 碼頭構件儀器檢測建議

表 4-5 重力式碼頭構件儀器檢測對應

第 1 層構件	第 2 層構件	建議儀器檢測項目	
		結構性檢測	材料性檢測
碼頭本體	岸肩	透地雷達、光學測量、三維光達、混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量測、鋼筋電位值量測、中性化試驗、抗壓試驗、超音波脈波速度量測、氯離子檢測
	壁體		
	後線	光學測量、三維光達	—
海床		水深多音束探測	—

表 4-6 板樁式碼頭構件儀器檢測對應

第 1 層構件	第 2 層構件	建議儀器檢測項目	
		結構性檢測	材料性檢測
碼頭本體	岸肩	透地雷達、光學測量、三維光達、混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量測、鋼筋電位值量測、中性化試驗、抗壓試驗、超音波脈波速度量測、氯離子檢測
	壁體		
	後線	光學測量、三維光達	材料厚度檢測、防蝕系統檢測
海床		水深多音束探測	—

表 4-7 棧橋式碼頭構件儀器檢測對應

第 1 層構件	第 2 層構件	建議儀器檢測項目	
		結構性檢測	材料性檢測
面版	梁	混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量、鋼筋電位值量測、超音波脈波速度量測
	岸肩底部		
	岸肩	透地雷達、光學測量、三維光達、混凝土裂縫探測	反彈錘法、鋼筋電阻係數量測、鋼筋電位值量測、中性化試驗、抗壓試驗、超音波脈波速度量測、氯離子檢測
	後線	光學測量、三維光達	—
墩柱		—	—
拋石護坡		—	—
海床		水深多音束探測	

## 第五章 碼頭構造物初步安全評估與處置對策

### 5.1 初步安全評估

#### 1. 單一構件評估

各構件之評估以目視檢測後之劣化狀況乘上各構件權重值進行計算。若同一構件有不同劣化異狀，則以最嚴重值為代表。如圖 5.1 所示，單元 B11 有 B1 與 B2 兩個梁構件劣化，且 B1 梁同時有裂縫與腐蝕異狀，因裂縫劣化狀況較嚴重，故採用 3，而 B2 僅腐蝕異狀，故直接採用 2，而 B12 單元有 S1 與 S2 兩個位置有腐蝕異狀，因僅一種劣化異狀故直接採用劣化狀況為 2。其後為維修排序需求，將前述權重值配合構件採用之劣化狀況值進行計算，藉此將碼頭構件進行排序，依下表所示，B11 碼頭單元之面板-梁構件，其計算結果為 0.12，為最優先進行維修。

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化位置	劣化程度	採用	權重	結果
B11	面板-梁	裂縫	B1	3	3	0.07	0.21
B11	面板-梁	腐蝕	B1	2			
B11	面板-梁	腐蝕	B2	2	2	0.02	0.14
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S1	2	2		
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S2	2	2	0.04	0.04

圖 5.1 單一構件評估說明

#### 2. 整體構造物評估

以碼頭或防波堤整體狀況進行計算，將構造物各構件最嚴重者，採用其劣化狀況配合各構件權重進行計算後累加，即為構造物整體狀況。如圖 5.2 所示以棧橋式碼頭為例，圖中各構件權重參照碼頭權重所示，各構件劣化狀況判定以採用該構造物構件最嚴重者，進行加權計算後累加即為整體評估。

棧橋式碼頭	面版	梁	權重 0.07	判定 4	評估 0.28
		岸肩	0.02	3	0.06
		岸肩底部	0.02	4	0.08
		後線	0.01	1	0.01
	墩柱	0.49	3	1.47	
	拋石護坡	0.24	1	0.24	
	海床	0.15	1	0.15	
Sum					2.29

圖 5.2 整體構造物評估說明

表 5-1 重力式碼頭權重

構件名稱	第 2 層	各構件分配權重
碼頭本體 (0.53)	岸肩(0.35)	0.19
	壁體(0.55)	0.29
	後線(0.10)	0.05
海床(0.47)		0.47

表 5-2 板樁式碼頭權重

第 1 層	第 2 層	各構件分配權重
碼頭本體 (0.55)	岸肩(0.43)	0.24
	壁體(0.44)	0.24
	後線(0.13)	0.07
海床(0.45)		0.45

**表 5-3 棧橋式碼頭權重**

第 1 層	第 2 層	各構件分配權重
面版(0.12)	梁(0.58)	0.07
	岸肩(0.20)	0.02
	岸肩底部(0.15)	0.02
	後線(0.08)	0.01
墩柱(0.49)		0.49
拋石護坡(0.24)		0.24
海床(0.15)		0.15

**表 5-4 碼頭附屬設施權重**

構造物名稱	分配權重
繫船柱	0.22
防舷材	0.30
車擋	0.13
起重機軌道	0.36

## 5.2 碼頭構造物處置對策

處置對策依前述圖 1.1 分為「年度維修」、「緊急維修」與「緊急搶修」方式，如圖 5.3 所示：

### 1. 年度維修

確認能否掌握劣化原因，若否則需進行詳細檢測後，擬定維修補強策略後，進行施工。

### 2. 緊急維修

為構件為目視檢測標準為等級 4 之狀況，需確認是否掌握劣化原因，若否則需交由專案檢測小組進行探討後，遴選顧問公司與營造廠進行施工。

### 3. 緊急搶修

由於屬事故或災後之修復，亦為目視檢測標準為等級 4 之狀況，

因屬緊急狀況，故直接委由顧問公司與營造廠商進行快速補強設計，進行施工。

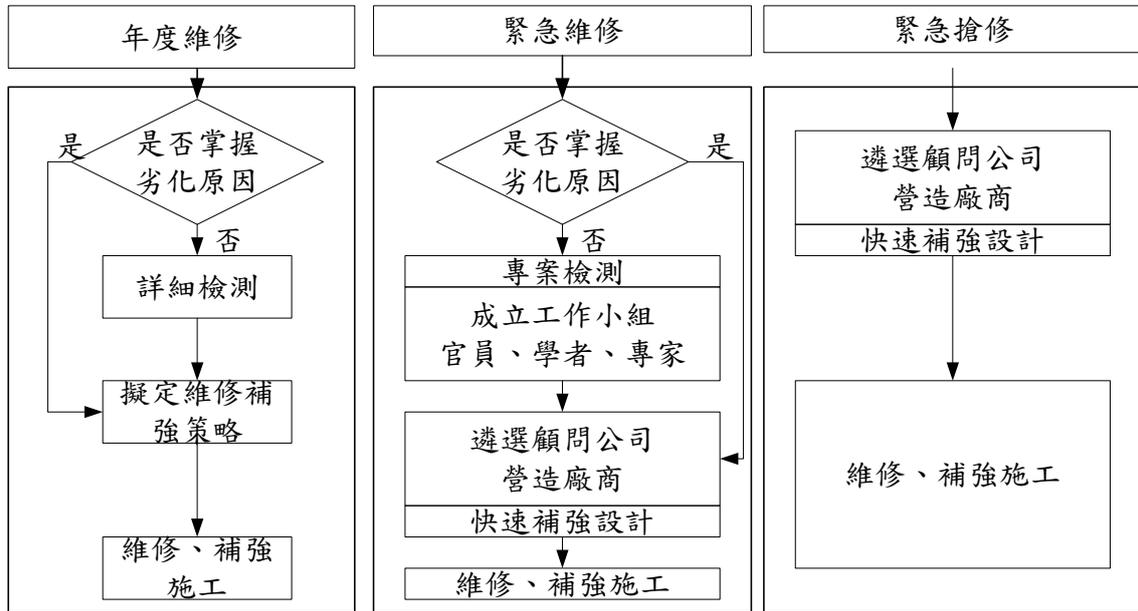


圖 5.3 碼頭構造物處置對策程序

本節針對各劣化異狀所建議的修復工法進行列表，並於其後說明各工法的施工說明與工料分析，以供現地工程師使用，惟在此僅針對一般性修復工法進行說明，補強工法部分因事涉進一步結構分析與設計，故在此不予以羅列。以下為各型式碼頭劣化異狀與處置對策對照表，處置對策中各工法說明如下表 5-5~表 5-8(表格中工法編號可參照圖 5.4 所示)，而工法說明以鋼筋混凝土構造物(C)、鋼構造物(S)與其他構造物(O)加以區分，各型式碼頭構件各劣化狀況等級與其處置對策矩陣如表 5-5、表 5-6、表 5-7 所示：

表 5-5 重力式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣

劣化狀況	岸肩、壁體									壁體			後線			海床		
	裂縫			剝落			沉陷			漏砂			沈陷			沖刷		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
持續觀察											√	√		√				
C01	√																	
C02		√																
C03				√	√									√				
C04																		
C05																		
C06												√			√			
O01																	√	
O02																		√
O03																		√

註：劣化狀況 4 為需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 5-6 板樁式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣

劣化狀況	岸肩									壁體						後線			海床					
	裂縫			剝落			沉陷			接縫開裂			穿孔			防蝕系統			沈陷			沖刷		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
持續觀察																		√						
C01	√																							
C02		√																						
C03				√	√															√				
C05										√	√													
C06																					√			
S01									√		√		√	√										
S02												√		√										
S03																	√							
S04															√	√								
O01																						√		
O02																							√	
O03																								√
O10			√			√	√	√	√															

註：劣化狀況 4 為需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 5-7 板樁式碼頭各劣化狀況等級與其處置對策矩陣

劣化狀況	岸肩、梁			岸肩			壁體			後線			海床			岸肩底部						墩柱(鋼管樁)						墩柱(混凝土樁)						拋石護坡					
	裂縫			剝落			沉陷			漏砂			沈陷			沖刷			裂縫			剝落			腐蝕			防蝕包覆損壞			裂縫			剝落			破壞		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4			
持續觀察									√	√		√															√												
C01	√																																						
C02		√																																					
C03				√	√							√																											
C04																																							
C06											√		√																										
C07																																							
C08																																							
C09																																							
C10																																							
C11																																							
S01																																							
S02																																							
S05																																							
S06																																							
S07																																							
O01																																							
O03																																							
O10				√				√																															

註：劣化狀況 4 為需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

鋼筋混凝土構件修復工法	C1	樹脂砂漿塗抹工法	鋼構件修復工法	S1	新增鋼板焊補法
	C2	灌注環氧樹脂工法		S2	水中硬化環氧樹脂塗附法
	C3	修補水泥砂漿工法		S3	犧牲陽極式防蝕系統
	C4	混凝土及鋼筋修補		S4	外加電流式防蝕系統
	C5	陸側水中混凝土填補法		S5	鉚釘打設工法
	C6	回填料填補壓實法		S6	防蝕包覆修補法
	C7	水泥砂漿注射工法		S7	防蝕包覆重鋪法
	C8	水中混凝土澆置工法	其他構件修復工法	O1	拋石護基工法
	C9	噴凝土修復		O2	拋放麻袋混凝土法
	C10	增厚工法		O3	新增護基方塊法
	C11	FRP接合工法		O4	鋼軌矯正
			O5	鋼軌汰換	
			O6	防蝕塗料維修	
			O7	置換繫船柱	
			O8	構件脫落之維修	
			O9	置換防舷材	

圖 5.4 碼頭構造物劣化處置對策表

表 5-8 重力式碼頭劣化異狀與處置對策

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法 (C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法 (C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 < 15 cm，深度 < 2.5 cm	修補水泥砂漿工法 (C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 > 2.5 cm 或剝落寬度直徑 > 15 cm，深度 ≤ 2.5 cm	修補水泥砂漿工法 (C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 > 15 cm，深度 > 2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補 (C4)
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積 < 5 m <sup>2</sup> 、高度 < 2.5 cm)	持續觀察
			3	岸肩明顯下陷(面積 ≤ 5 m <sup>2</sup> 、高度 > 2.5 cm 或面積 > 5 m <sup>2</sup> 、高度 ≤ 2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
			4	岸肩嚴重下陷(面積 > 5 m <sup>2</sup> 、高度 > 2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新鋪設
	壁體	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法 (C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法 (C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 5-9 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	壁體	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強混凝土及鋼筋修補(C4)
		漏砂	2	壁體出現孔洞，但並未漏砂	持續觀察
			3	壁體裂縫已可觀察出漏砂	持續觀察並回填粒料
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強回填料填補壓實法(C6)
	後線	沈陷	2	後線輕微下陷(高度<10 cm、面積<10 m <sup>2</sup> )	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10≤高度≤15 cm、10 m <sup>2</sup> ≤面積≤20 m <sup>2</sup> )	持續觀察或修補水泥砂漿工法(C3)
			4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強回填料填補壓實法(C6)
	海床	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀察 拋石護基工法(O1)
3			基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)	
4			基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)	

表 5-10 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 <15 cm，深度 <2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 >2.5 cm 或剝落寬度直徑 >15 cm，深度 ≤ 2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 >15 cm，深度 >2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積 <5 m <sup>2</sup> 、高度 <2.5 cm)	持續觀察
			3	岸肩明顯下陷(面積 ≤ 5 m <sup>2</sup> 、高度 >2.5 cm 或面積 >5 m <sup>2</sup> 、高度 ≤ 2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
			4	岸肩嚴重下陷(面積 >5 m <sup>2</sup> 、高度 >2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新鋪設

表 5-11 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	壁體	接縫開裂	2	開裂深度輕微(文公尺可入裂縫約<10cm 深)	持續觀察、新增鋼板焊補法(S1)
			3	開裂深度中等(文公尺可入裂縫 10~20cm 深)	持續觀察、陸側水中混凝土填補法(C5)
			4	開裂深度嚴重(文公尺可入裂縫約>20cm 深)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強。新增鋼板焊補法(S1)+陸側水中混凝土填補法(C5)
		穿孔	2	帶狀區域的鏽蝕、局部小型穿孔(面積小於 5 cm <sup>2</sup> )現象	水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)
			3	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔(面積介於 5~20 cm <sup>2</sup> )現象	新增鋼板焊補法(S1)
			4	連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔(面積大於 20 cm <sup>2</sup> )擴大且有漏砂現象	新增鋼板焊補法(S1)+水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)
		防蝕系統	2	防蝕塊耗損小於 1/3	確認其腐蝕電流是否符合規定，若是則持續觀察，若否則進行外加電流式防蝕系統(S4)
			3	防蝕塊耗損介於 1/3~2/3	外加電流式防蝕系統(S4)
			4	防蝕塊耗損大於 2/3	犧牲陽極式防蝕系統(S3)
	後線	沈陷	2	後線輕微(<≤10 m <sup>2</sup> )	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10≤高度≤15 cm、10m <sup>2</sup> ≤面積≤20 m <sup>2</sup> )	持續觀察或修補水泥砂漿工法(C3)
			4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)

表 5-12 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
海床	沖刷		2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀察 拋石護基工法(O1)
			3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)

表 5-13 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
面版	梁	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
	岸肩	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 5-14 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
面版	岸肩	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積<5 m <sup>2</sup> 、高度<2.5 cm)	持續觀察
			3	岸肩明顯下陷(面積≤5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm 或面積>5 m <sup>2</sup> 、高度≤2.5 cm)	持續觀察
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
	岸肩底部	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)、FRP 接合工法(C11)
			3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

表 5-15 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
面版	岸肩底部	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)、噴凝土修復(C9)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強混凝土及鋼筋修補(C4)
	後線	沈陷	2	後線輕微下陷(深度<10 cm、面積<10 m <sup>2</sup> )	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10≤深度≤15cm、10m <sup>2</sup> ≤面積≤20 m <sup>2</sup> )	持續觀察或修補水泥砂漿工法(C3)
			4	後線嚴重下陷(深度>15 cm、面積>20 m <sup>2</sup> )	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強回填料填補壓實法(C6)
墩柱(鋼管樁)	腐蝕	2	局部區域有鏽蝕集中	水中硬化環氧樹脂塗佈法(S2)	
		3	帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔	新增鋼板焊補法(S1)	
		4	連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大	鉚釘打設工法(S5)	
	防蝕包覆損壞	2	劣化面積 0.3% 以下	水中硬化環氧樹脂塗佈法(S2)	
		3	劣化面積介於 0.3~10% 之間	防蝕包覆修補法(S6)	
		4	劣化面積 10% 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強防蝕包覆重鋪法(S7)	

表 5-16 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
墩柱 (混凝土樁)	裂縫	2	局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫	持續觀察 水泥砂漿注射工法(C7)	
		3	裂縫寬度約 3~5mm 以內	水中混凝土澆置工法(C8)	
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強增厚工法(C10)	
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)	
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)	
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強混凝土及鋼筋修補(C4)	
拋石護坡	破壞	2	護坡塊石輕微受損(護坡塊石破壞率約 5%以下)	拋石護基工法(O1)	
		3	護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5%~20%)	拋放麻袋混凝土法(O2)	
		4	護坡塊石嚴重受損(護坡塊石破壞率約 20%以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強新增護基方塊法(O3)	

表 5-17 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
海床		沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	拋石護基工法(O1)
			3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	拋放麻袋混凝土法(O2)
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)

表 5-18 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策(續)

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
繫船柱	腐蝕龜裂	2	材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6)
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6) 灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂	置換繫船柱(O7)
防舷材	龜裂破損	2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損	持續觀察
		3	材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	構件脫落之維修(O8)
		4	材質老化、構件變形或掉落	置換防舷材(O9)
車擋	龜裂破損	2	材質表面輕微龜裂情形	持續觀察
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形	持續觀察
		4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損	置換車擋
起重機軌道	腐蝕位移	2	兩軌間距左右差 $\leq 5\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $\leq 3\text{mm}$	持續觀察
		3	兩軌間距左右差 5mm~10mm、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm	鋼軌矯正(O4)
		4	兩軌間距左右差 $>10\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $>4.25\text{mm}$	鋼軌汰換(O5)

## 1.鋼筋混凝土修復工法

### (1)樹脂砂漿塗抹工法(C1)

#### A.施工規範

- (A)在塗抹樹脂砂漿修補材料前，必須將混凝土表面以高壓水清洗乾淨。
- (B)如遇混凝土剝離或鋼筋鏽蝕則必須先完成混凝土表層修復及鋼筋除鏽及防蝕處理，並經工地工程司同意後以實做數量併入該修補工法計量與計價。
- (C)施作前徹底以清水浸濕混凝土表面，確保活性矽化合物能經由擴散作用深入混凝土毛細孔及通道形成結晶物質。
- (D)施作時須選用半硬的尼龍刷、鏟刀、掃帚(用於大的水平表面)、或特別的噴灑工具，塗層至少以 0.8mm 厚度平均塗抹。
- (E)當防水塗層達到初凝足夠硬度時即刻開始均勻噴霧狀水養護，以確保品質。
- (F)施工安全防護措施及塗佈方式須經材料廠商之建議方式施作，承商建議之方式應事先取得工地工程司之同意。

#### B.材料規範

- (A)施工前承商應依甲方指示，準備材料樣本、出廠證明書(正本)、原廠品質證明書(正本)，送交甲方審核通過，方可施工。
- (B)樹脂砂漿不低於原混凝土結構物強度。
- (C)防護塗層材料規格：

試驗項目	規格值	試驗方法
抗滲透水壓	$\geq 1.2\text{Mp}2$ ，無滲漏	CRD-C48
結晶滲透厚度	$\geq 30\text{mm}$ ，30 天	掃瞄式電子顯微鏡 (SEM) 能量分散光譜儀(EDS) 及 X 射線綜合分析

## (2) 灌注環氧樹脂工法(C2)

### A. 施工規範

- (A) 畫定欲修復之裂縫，標示其尺寸，同時記錄於檢測圖上，經工地工程司同意後方可施工。
- (B) 以高壓水刀清理裂縫表面與周邊雜質。
- (C) 固定裂縫灌注器於裂縫上，灌注器間距須視裂縫寬度而定，間距為 15 至 40 公分之間(視採用廠牌而定)，以能灌滿裂縫為原則。
- (D) 安裝灌注器底座。
- (E) 裂縫密封之裂縫表面須用密封劑沿著裂縫作寬度約 30mm，厚 3mm 之密封，以避免注入之修補材料流出。
- (F) 請工地工程司檢查，經其同意後繼續施作。
- (G) 環氧樹脂灌注：灌注的壓力須由裂縫寬度、深度及修補材的稠度來決定，原則上須採用低壓低速方式灌注。灌注時須從裂縫最寬處開始，若在垂直或傾斜面施工時，通常先從最低的灌注點開始依序向上灌注，當環氧樹脂溢過上方的灌注點時，再移至新灌注點進行灌注。若有需要且在該裂縫灌注 30 分鐘內，可再進行補灌。記錄每一灌注之環氧樹脂使用量，並送交工程司備查。
- (H) 請現地工程司確實監督灌滿後至少養生 24 小時，拆除灌注器底座，並進行披土磨平。
- (I) 完成後施工區塊噴塗水泥漿式油漆以遮飾整修之裂縫。

### B. 材料規範

- (A) 施工前承商應依甲方指示，準備材料樣本、出廠證明書(正本)、原廠品質證明書(正本)，送交甲方審核通過，方可施工。
- (B) 環氧樹脂注入粘劑之審核：承包商須提送由獨立(具公信力)

合格之實驗試所簽發之完整實驗報告，驗明其計劃使用之環氧樹脂注劑符合本施工規範所列之環氧樹脂注劑材料規範之全部要求。(如係進口材料，其由原製造廠所提之實驗報告及證明書等文件均應由我國駐派國代表處簽證)，送請工程司及業主審核同意後使用。

(C)使用之環氧樹脂粘劑之品質證明：每一批將用於本工程之注入粘劑承包商均須提供證明其環氧樹脂均符合第 2 款所列環氧樹脂之需求。其證明應包含每批產品之實驗報告。

(D)本工程所審核承包商所提送之文件，文件內容由承包商負完全之責任，如經工程司要求抽驗，而抽驗取樣送經檢驗後，如有任何數據與承包商原提送文件登載不合者，承包商應負一切損害賠償及法律責任。

(E)裂縫灌注環氧樹脂材料規格：

試驗項目	規格值	測試方法
粘滯度	$\geq 8\text{Pa}\cdot\text{s}$	CNS13065(ASTM D293-86)
粘接強度	$\geq 90\text{kg}/\text{cm}^2(14\text{days})$	ASTM C882-87
抗拉強度	$\geq 30\text{kg}/\text{cm}^2$	CNS1011(ASTM C109-85)

### (3)修補水泥砂漿工法(C3)

#### A.施工規範

(A)畫定欲敲除混凝土範圍，標示其尺寸，同時記錄於檢測圖上，經工地工程司同意後方可施工。

(B)以高壓水刀鑿除劣化混凝土至堅實面。

(C)修飾被敲除之混凝土範圍，使其邊緣盡量成為方邊，且方邊深度不小於 10mm。

(D)以高壓噴鎗清除表面粉塵及鬆動碎屑，同時請工地工程師檢查，經其同意後方可繼續施作。

- (E)塗抹環氧樹脂接著劑於新舊混凝土接觸面上，而此接著劑須與補修材料及混凝土具有相容特性。
- (F)於接著劑處於濕潤狀態時，以補修材料將蜂窩灌滿並加以整平及養護，修補材料須為經工程司核可之無收縮混凝土或無收縮水泥砂漿，可施工於垂直面，並具修補厚度可達現場要求之特性。
- (G)混凝土剝落處以無收縮水泥砂漿修補後，其暴露在外的表面要妥善的保護，避免受到風、雨的侵蝕，同時亦應避免高溫使水泥砂漿快速地乾燥而強度不足，承包商若採水泥砂漿養護劑進行養護，應事先提送甲方工地工程司核可後據以施作。
- (H)應由外觀檢查，以確定填補材料沒有裂縫產生。
- (I)承包商須依據採用之材料特性，擬定合適之養護方法，送經甲方工地工程司核可後據以施做。

#### B.材料規範

- (A)施工前承商應依甲方指示，準備材料樣本、出廠證明書(正本)、原廠品質證明書(正本)，送交甲方審核通過，方可施工。
- (B)樹脂砂漿不低於原混凝土結構物強度。
- (C)使用之環氧樹脂粘劑之品質證明：每一批將用於本工程之注入粘劑承包商均須提供證明其環氧樹脂均符合第2款所列環氧樹脂之需求。其證明應包含每批產品之實驗報告。
- (D)本工程所審核承包商所提送之文件，文件內容由承包商負完全之責任，如經工程司要求抽驗，而抽驗取樣送經檢驗後，如有任何數據與承包商原提送文件登載不合者，承包商應負一切損害賠償及法律責任。
- (E)環氧樹脂底漆(新舊混凝土接著劑)及修補材料與新舊混凝土接著劑規格：

### 環氧樹脂底漆(新舊混凝土接著劑)規格

試驗項目	規格值	測試方法
抗壓強度	$\geq 385 \text{ kg/cm}^2$	CNS1010(ASTM C109-90)
抗拉強度	$\geq 50 \text{ kg/cm}^2$	CNS1011(ASTM C190-85)

### 修補材料與新舊混凝土接著劑規格

試驗項目	規格值	測試方法
抗壓強度	$> 180 \text{ kg/cm}^2 @ 7 \text{ 天}$ $> 220 \text{ kg/cm}^2 @ 28 \text{ 天}$	CNS1010 (ASTM C109-90)
粘接強度	$> 15 \text{ kg/cm}^2$	ASTM 882-87
膨脹率	$0 \sim 0.4\% @ 7 \text{ 天}$	ASTM C827
氯離子含量	$< 0.3 \text{ kg/m}^3$	CNS3090

#### (4) 混凝土及鋼筋修補(C4)

##### A. 施工規範

- (A) 畫定欲敲除混凝土之範圍，標示其尺寸，同時記錄於檢測圖上，經工地工程司同意後方可施工。
- (B) 沿鋼筋軸向方向多敲除 50mm 之混凝土，以確保無鋼筋銹蝕發生，並將敲除後之不規則修復面調整為規則面，規則面邊界切割深度不可小於 10mm。
- (C) 敲除已產生鋼筋銹蝕之表面混凝土至鋼筋內側約 2.5cm 處，並將表面打毛。
- (D) 鋼筋或套管以水刀除銹，並將工作面清理乾淨。同時請工地工程司檢查，經其同意後方得繼續施作。
- (E) 銹蝕處理後於一小時內塗上防銹劑。
- (F) 塗抹新舊混凝土接著劑於新舊混凝土交界面上，接著劑須與修補物質及混凝土具有相容特性。
- (G) 於接著劑處於濕潤狀態時，以修補材料將打除混凝土部份灌

滿，修補材料須為經工程司核可之無收縮混凝土或無收縮水泥砂漿，可施工於垂直面，並具修補厚度可達現場要求之特性。

(H)將表面修飾整平，承包商並須依據採用之材料特性，事先擬定合適之養護方法，送經甲方工地工程司核可後據以施做。

(I)應由外觀檢查，以確定填補材料沒有裂縫產生。

#### B.材料規範

(A)鋼筋防銹劑(漆)須為抗酸鹼性、耐後性及具黏結性之績優產品，使用前應先提送樣品並附產品說明書等詳細資料經甲方工程司核定同意後方可施工。

(B)修補材料及新舊混凝土接著劑規格：

#### 修補材料規格

試驗項目	規格值	測試方法
抗壓強度	$\geq 180\text{kg/cm}^2@7$ 天 $\geq 220\text{kg/cm}^2@28$ 天	CNS1010(ASTM C109-90)
粘接強度	$\geq 15\text{kg/cm}^2$	ASTM 882-87
膨脹率	0~0.4% @7 天	ASTM C827
氯離子含量	$\leq 0.6\text{kg/m}^3$	CNS3090

#### 新舊混凝土接著劑規格

試驗項目	規格值	測試方法
抗壓強度	$> 350\text{kg/cm}^2$	CNS1010(ASTM C109-90)
抗拉強度	$> 50\text{kg/cm}^2$	CNS1011(ASTM C190-85)

(5)陸側水中混凝土填補法(C5)：於開裂處之陸側打設水中混凝土。待混凝土完成養護後以原開挖起之級配料運回進行填補壓實，最後進行基底層及碼頭面層鋪設。

①施工項目：水中混凝土打設、級配填補壓實、碼頭面層鋪設。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02316 章、第 02317 章、第 02463 章、第 02722 章、第 02726 章、第 02742 章、第 02745 章、第 02747 章、第 03110 章、第 03390 章。

(6)回填料填補壓實法(C6)：挖除原鋪面及基底層，並壓實下層回填料後，重新鋪基底層及鋪面。

①施工項目：下陷區域混凝土挖除、回填料填補壓實、基底層鋪設、混凝土面層鋪設、表面鏟整。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02316 章、第 02317 章、第 02722 章、第 02726 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03350 章、第 03390 章。

(7)水泥砂漿注射工法(C7)

水泥砂漿注射工法方法是一種簡易的注射方式，此法為注射水泥砂漿並適用於特殊位置且其範圍較小，如圖 5.4、圖 5.5 所示。

假設注射範圍較長，則會以一端注射並於另一端排出的方式，藉以確認漿液充滿。當灌注時，其灌注壓力需視現場情況調整，以避免灌注過快，造成漿液的流失。

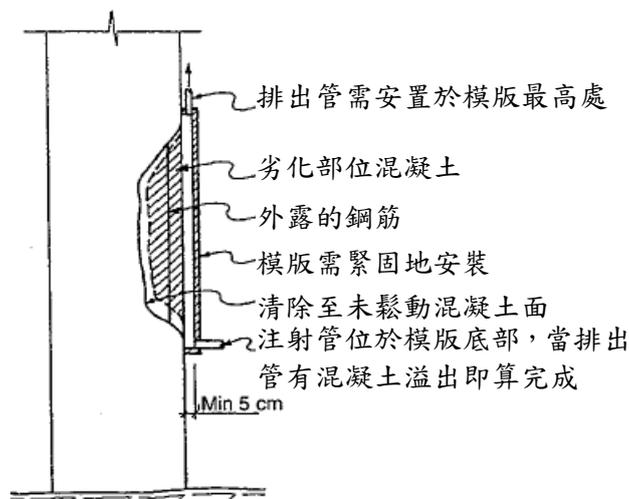


圖 5.5 使用水泥砂漿注射工法於牆面構造修復示意

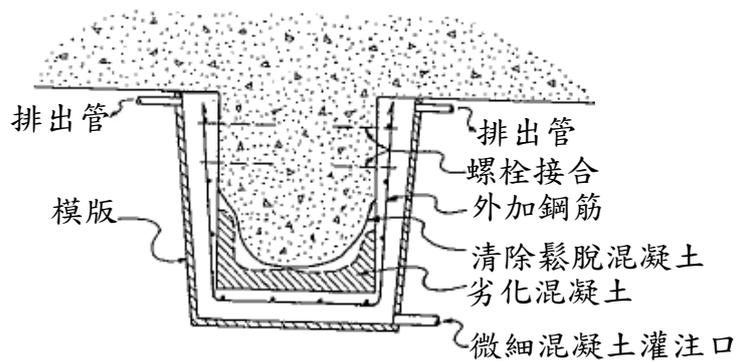


圖 5.6 使用水泥砂漿注射工法於梁修復示意

(8)水中混凝土澆置工法(C8)

海中墩柱與結構構件在使用特密管修復上有其相同的特性，其皆使用覆蓋物(Mantle)環繞構造物周圍，以便使新舊介面的接合度提高，這亦可應用於劣化異狀僅出現於構件單側之情況，無論是否需加強構造物的強度，使用鋼筋網是有其必要性的，其目的可增加混凝土澆置時的附著力。

當劣化異狀發生於混凝土與海床交接處時，必須清除舊有混凝土部分，並且覆蓋物需使用螺栓與海床連接，因應澆置覆蓋物的模版與海床交接部分亦需依其外型予以修整，以符合其外形。覆蓋物厚度必須有充足的空間供特密管於模版與鋼筋網之間放入。當混凝土澆置時，特密管於需裝設於墩柱兩側，如圖 5.6 所示。

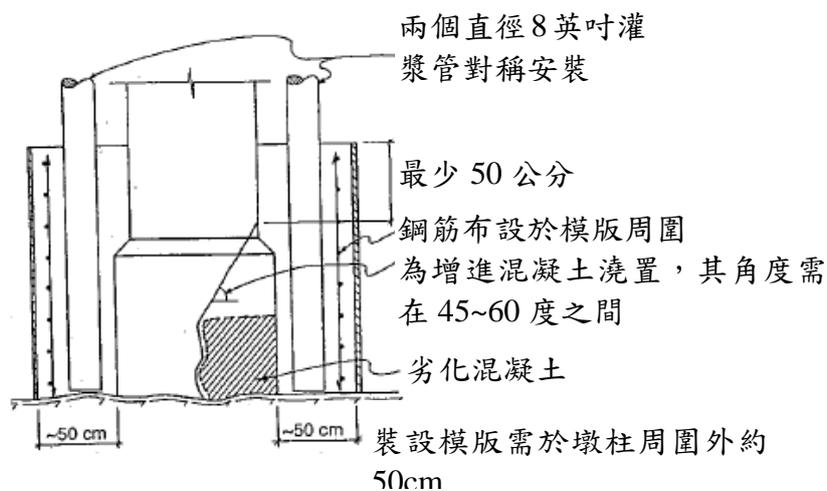


圖 5.7 特密管於墩柱海床交接面之修復

### (9) 噴凝土工法(Shotcrete or gunite)(C9)

當混凝土表面鑿除與噴砂處理後，視需要安置鋼筋於預定位置，並使用噴凝土於墩柱或牆面，以恢復它原有的斷面尺寸(如圖 5.7 所示)。此方面並不建議使用環氧樹脂黏著劑，因其會發生腐蝕。當墩柱混凝土劣化至外形如沙漏般時，則必須先使用噴凝土修補後，再使用鋼筋進行斷面修復(如圖 5.8 所示)。

施工上最好能施做兩層厚度 2~3 公分的混凝土，其效果上比一次施做 4~5 公分為佳。一般來說，高壓縮力混凝土在黏著力與特性上較低壓縮力的為佳。

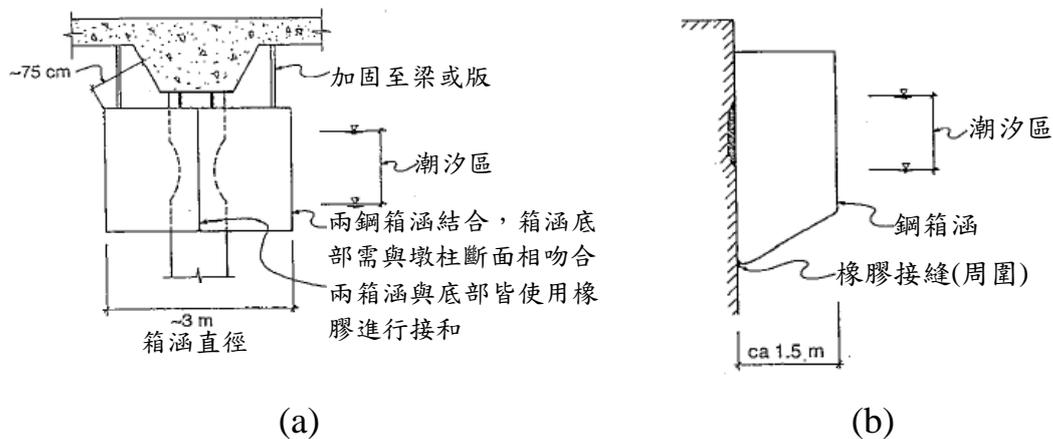


圖 5.8 防水箱涵示意

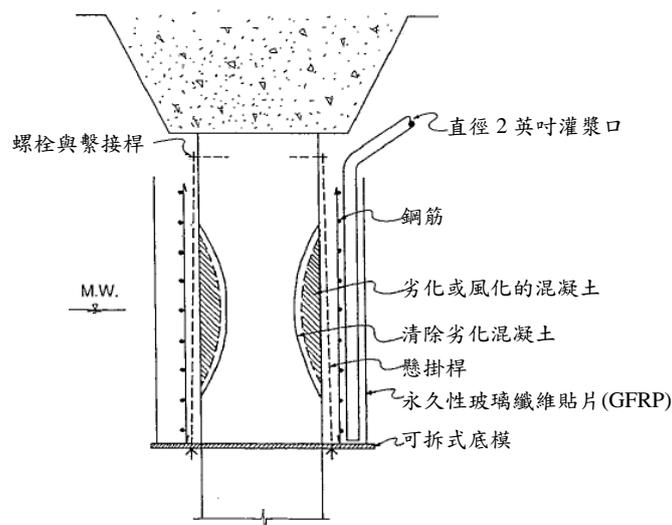


圖 5.9 灌漿管示意

(10)增厚工法(C10)：係於構材上、下面或側面重新配置鋼筋並與舊構材結合後打設新混凝土，使其結合一體。

①施工項目：鋼筋彎紮，打設混凝土。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03110 章及第 03210 章。

(11)FRP 接合工法(C11)：混凝土斷面的外面接合玻璃纖維、碳纖維等纖維材料，使其與既有構材成為一體，而且在其上面反覆塗上環氧樹脂等基材(如圖 5.10 所示)。

①施工項目：表面清洗、塗敷接著劑、纖維強化複合材料黏貼、塗敷面層。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 09969 章。

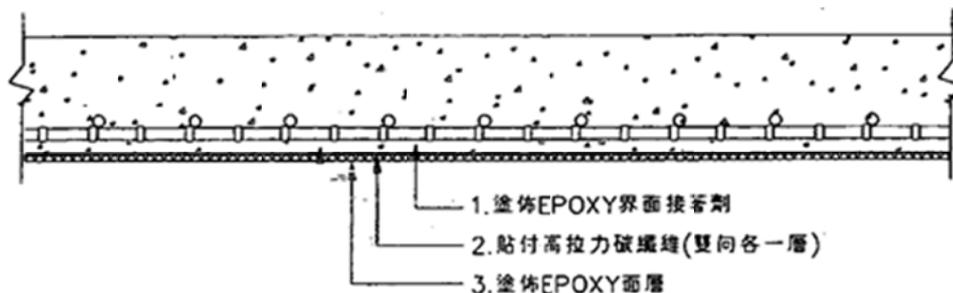


圖 5.10 FRP 接合工法示意圖

## 2.鋼構造物修復工法

(1)新增鋼板焊補法(S1)：一般處理方法為裂縫周圍鋼板表面處理後，以水下電焊將新增之鋼板焊補於穿孔或劣化之鋼板樁位置，並於補焊鋼板表面塗裝水中硬化環氧樹脂。

①施工項目：潛水俠清除海生物、水下電焊焊補鋼板樁、分層塗裝水中硬化環氧樹脂。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 05091 章、第 05125 章，以及「一般鋼料焊接」、「水中硬化劑塗裝工程」(詳參見附件 2)。

(2)水中硬化環氧樹脂塗附法(S2):一般處理方法為刮除鏽點及海生物後，鏽蝕位置分層塗附水中硬化環氧樹脂，阻絕持續腐蝕因子。

①施工項目：板樁表面處理、水中硬化環氧樹脂塗裝。

②相關規範：詳參見附件 2。

### (3)犧牲陽極式防蝕系統(S3)

犧牲陽極法主要是利用電位較負的金屬(如鎂、鋁、鋅等合金)為陽極，與被保護鋼構造物(陰極)在介質(如海水、海底土等)中形成一電化學電池；由於異類金屬相接觸，活性較大(active)之金屬(陽極)會在反應中被消耗，而活性較小(noble)的鋼鐵(陰極)則會被保護。以碼頭鋼板(管)樁之防蝕為例，如圖 5.10 所示

### (4)外加電流式防蝕系統(S4)

外加電流式陰極防蝕系統主要是利用一外部直流電源供應器來提供陰極與陽極間的電位差。陽極必須接於直流供應器之「+」端，而被保護金屬則接於直流供應器的「-」端。以碼頭鋼板(管)樁為例，電流從陽極經過海水或海底土到達鋼板(管)樁表面，然後經導線回到電源，如此鋼板(管)樁便受到保護，如圖 5.11 所示。

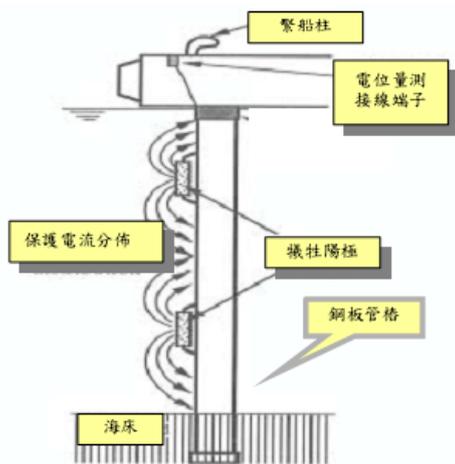


圖 5.11 碼頭鋼板(管)樁犧牲陽極法示意圖

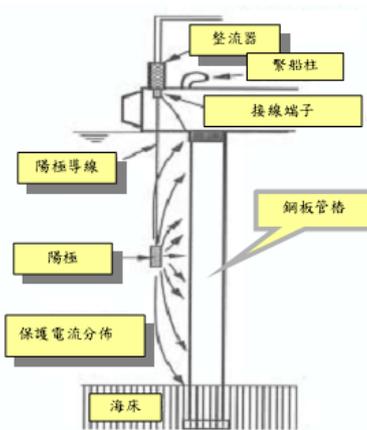


圖 5.12 碼頭鋼板(管)樁外加電流法示意圖

(5) 鉚釘打設工法(S5)：帶狀區域的鏽蝕部位噴砂處理完全後，先以防蝕帶覆蓋，其上再以 PE/PU 材被覆，並於兩邊用剛性高之 U 型 FRP 壓條密貼，其上以攻牙鉚釘鑽入鋼管樁固定，鉚頭外部以黏土及保護套保護之，如圖 5.13 所示。

① 施工項目：表面噴砂處理、防蝕帶覆蓋、PE/PU 材被覆，U 型 FRP 壓條以鉚釘固定。

② 相關規範：鋼管樁包裹防蝕(詳參見附件 2)。

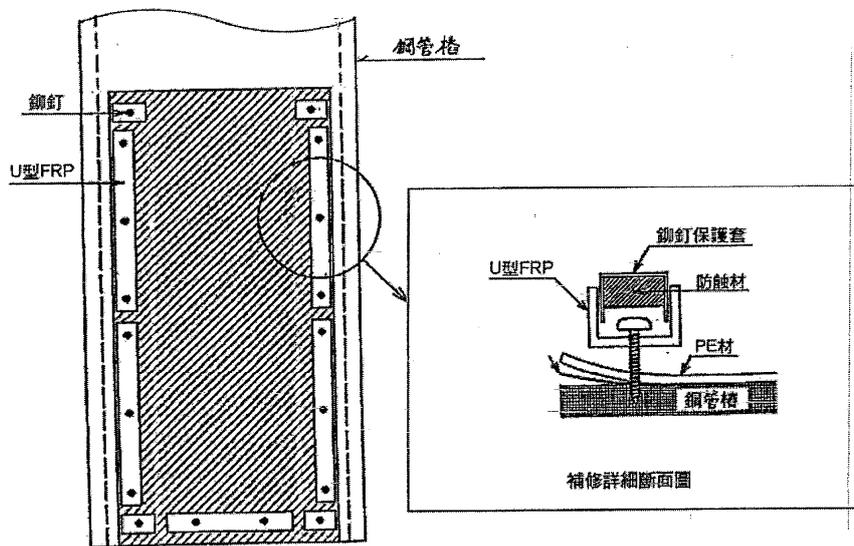


圖 5.13 鉚釘打設工法示意圖

(6) 防蝕包覆修補法(S6)：鋼管樁平滑處先固定剪力釘，其餘部位以重防蝕材被覆，以弧形鋼板壓住防蝕材並以螺栓固定於剪力釘上，弧形內空間注入漿材形成保護層，其補修斷面圖如圖 5.14 所示。

① 施工項目：剪力釘焊接、固定弧形鋼板、灌注漿材。

② 相關規範：公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 05091 章、第 05123 章。

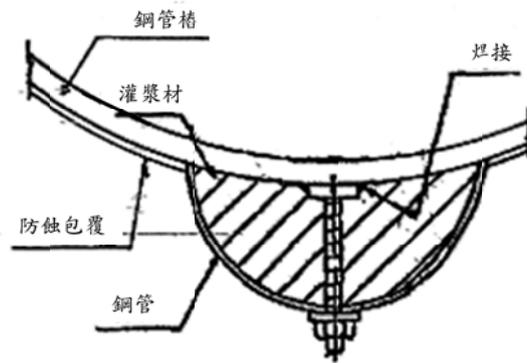


圖 5.14 防蝕包覆修補法示意圖

(7)防蝕包覆重鋪法(S7)：重新施作包裹防蝕施工，並加強固定方式。

①施工項目：表面清理、安設固定箍並確實鎖緊、包覆防蝕帶(應確保能緊貼鋼管表面)、保護套(FRP)組合及安裝等。

②相關規範：鋼管樁包裹防蝕(詳參見附件 2)。

### 3.其他修復工法(O)

(1)拋石護基工法(O1)：先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再局部拋放卵塊石護基，如圖 5.15 所示。

①施工項目：水深地形勘測、卵塊石拋放。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

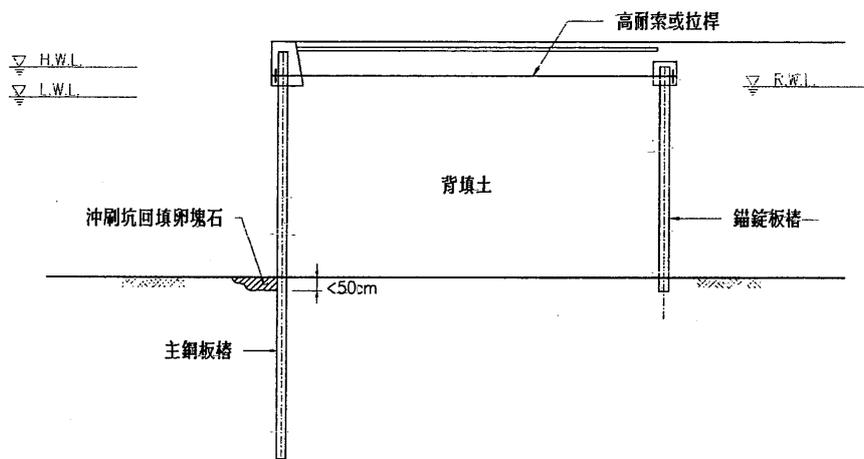


圖 5.15 拋石護基工法示意圖

(2)拋放麻袋混凝土法(O2):先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再進行麻袋混凝土拋放之沖刷防護措施，如圖 5.16 所示。

①施工項目：水深地形勘測、麻袋混凝土拋放。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

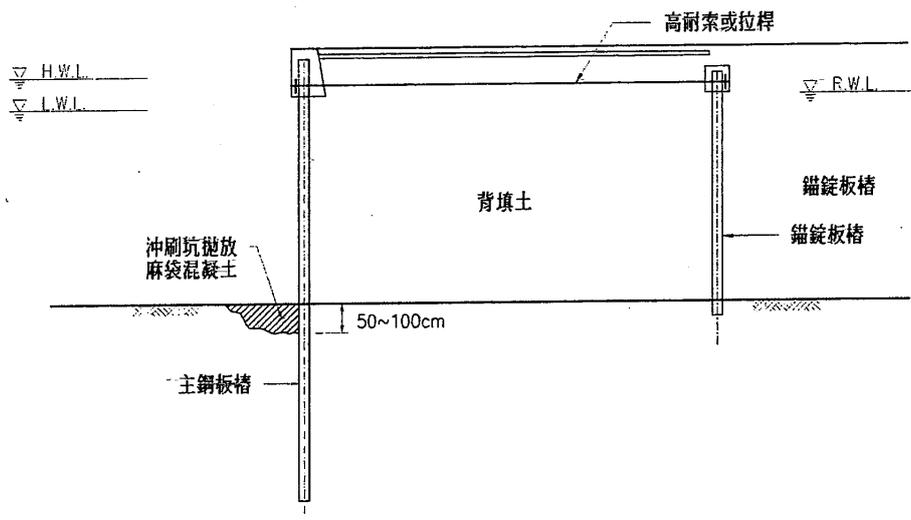


圖 5.16 拋放麻袋混凝土法示意圖

(3)新增護基方塊法(O3):先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再進行新增護基方塊之沖刷防護措施，如圖 5.17 所示。

①施工項目：水深地形勘測、襯墊鋪設、卵塊石拋放、護基方塊新製、護基方塊吊拋。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02392 章、第 03110 章、02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03310 章、第 03390 章。

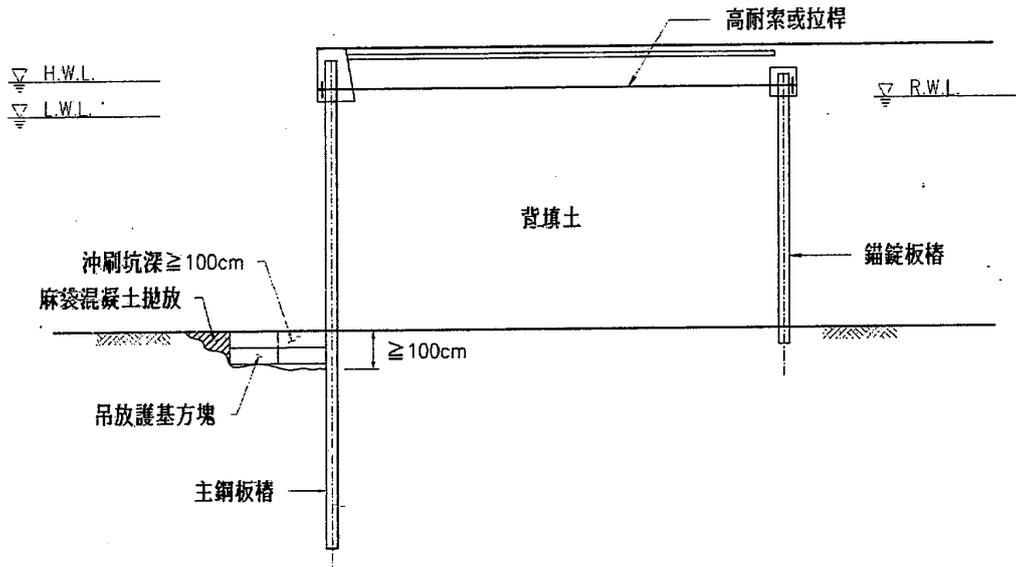


圖 5.17 新增護基方塊法示意圖

(4)鋼軌矯正(O4)：鋼軌傾斜、歪扭或上下左右彎曲或波浪狀變形應予矯正，鋼軌發生流潰時，應及時以鋼軌研磨機修整之。鋼軌與魚尾板之接觸處，如已生鏽，應清除之，並使達於密合程度。而取下螺栓帽應將螺旋部分施以清潔潤油。

①施工項目：鋼軌矯正、鋼軌拆裝。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02394 章、第 05651 章、第 05652 章、第 05653 章、第 05654 章、第 05655 章、第 05656 章、第 05658 章、第 05659 章。

(5)鋼軌汰換(O5)：損壞之鋼軌汰換。

①施工項目：鋼軌拆卸、鋼軌安置。

②相關規範：公共工程施工綱要規範第 02394 章、第 05651 章、第 05652 章、第 05653 章、第 05654 章、第 05655 章、第 05656 章、第 05658 章、第 05659 章。

# 第六章 碼頭構造物維護管理資訊系統

## 6.1 系統模組說明

系統功能架構如圖 6.1 所示，共分為 5 個模組，各模組功能簡述如下：

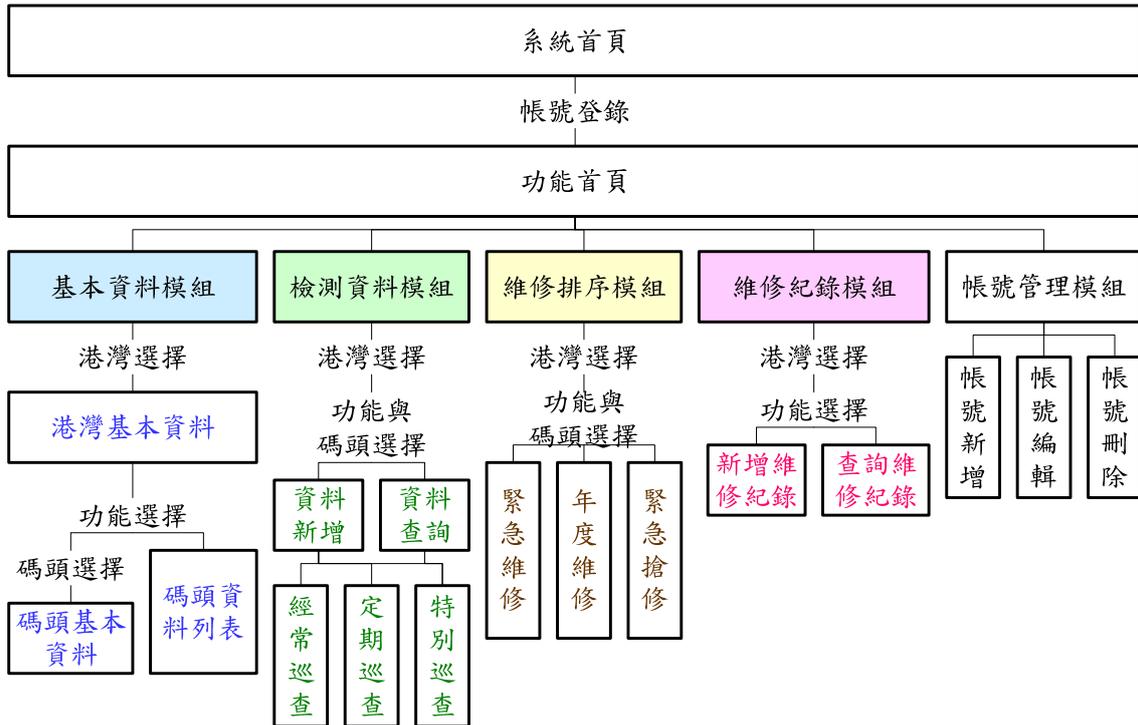


圖 6.1 碼頭維護管理資訊系統功能架構

### 1. 基本資料模組

- (1) 各港灣基本資料查詢：提供碼頭數量、港灣照片、港灣簡介與碼頭資料列表等資訊。
- (2) 碼頭基本資料查詢：提供碼頭名稱、碼頭長度、碼頭設計水深、碼頭可靠泊水深、泊船噸位、用途說明、單元數量、碼頭型式、建造日期、建造經費與斷面圖等資訊。
- (3) 單元基本資料查詢：提供單元名稱、單元長度、防舷材數量、吊車軌道長度、車擋數量(或長度)與照片等資訊。

## 2. 檢測資料模組

- (1) 經常巡查資料之查詢與新增
- (2) 定期巡查資料之查詢與新增
- (3) 特別巡查資料之查詢與新增

## 3. 維修排序模組

此模組提供各碼頭進行緊急維修、年度維修與緊急搶修之建議，排序資料以各碼頭最近期的巡查資料為主。排序僅針對結構構件進行，其方式以各構件劣化異狀等級配合構件全重排列，附屬設施則直接以劣化狀況等級排列。構件各劣化異狀依其狀況等級，提供建議的處置對策。

## 4. 維修紀錄模組

此模組提供各港灣針對維修事件資料之紀錄與查詢。其紀錄之資料依維修契約編號為準、配合紀錄其維修金額、選擇維修標的碼頭，並可上傳維修照片與維修預算書檔案，供資料保存與未來查詢分析之用。

## 5. 帳號管理模組

此模組僅供系統管理者管理使用者帳號，帳號資訊包含使用者姓名、單位、帳號、密碼與類型設定。

## 6.2 系統登錄與首頁資訊

### 1. 系統登錄

使用瀏覽器進入系統(網址：<http://140.124.63.38/HMMS>)，並輸入帳號與密碼後按「登錄」進入，如圖 6.2 所示。



圖 6.2 系統登錄首頁示意

## 2.系統首頁說明

系統首頁如圖 6.3 所示，圖中「1」為系統功能模組列，由左至右依序為基本資料模組、檢測資料模組、維修排序模組、維修紀錄模組與帳號管理模組；圖中「2」為系統資訊列，當巡查資料上傳紀錄於系統中，則首頁會顯示相對應的訊息；圖中「3」為各模組介紹，使用者點選後，將另開視窗並以多媒體影片方式介紹；圖中「4」為系統使用手冊下載，提供使用者下載以便獲得本手冊內容。



圖 6.3 系統首頁示意

## 6.3 基本資料模組

### 1. 港灣基本資料查詢

(1) 港灣基本資料：如圖 6.4 所示，使用者依需求選擇港灣，如圖中「1」所示。進入後畫面展示如圖 6.5 所示，圖中「1」為港灣名稱、「2」為碼頭數量(依目前資料建置數量顯示)、「3」為全碼頭資料列表、「4」為碼頭選擇、「5」為港灣照片、「6」為港灣簡介。

(2) 全碼頭資料列表：當選擇圖 6.5 「3」選項後，即可進入碼頭資料列表，顯示畫面如圖 6.6 所示，圖中顯示各碼頭之名稱、長度、設計水深、可靠泊水深等資訊。



圖 6.4 基本資料模組-港灣選擇

**碼頭維護管理資訊系統**

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

1 2 3 4 5 6

港灣名稱 基隆港

碼頭數量 10個

碼頭資料列表 [選擇]

碼頭選擇[地圖] [選擇]

基隆港為國際港埠，肩負促進國際貿易及發展航業之重責大任，尤其接近政治、經濟中心之大台北都會區，都會週邊又密布各類型工業區，腹地廣大，人口稠密，資源豐富，向為台灣高價值貨物吞吐最主要之門戶，港埠地位甚為顯要。為突破營運瓶頸，積極改善聯外道路系統，進行台北港之興建及基隆新港之規劃，為當前首要的工作。

由於國際貿易持續繁榮成長和貨櫃運輸的發展，根據財政部統計資料，民國101年（西元2012年）度全國關稅總收入（基隆、台北、台中、高雄）共為1,562億餘元，其中經基隆港收入為725億餘元，佔總收入46.42%，由此可見，基隆港對國家經濟發展的重大貢獻。

基隆港是屬於大家的，衷心期望您能瞭解本港，更多利用本港，本港優良安全之設備，高效率、高品質之人力，均隨時為您提供服務，希望我們的努力，能獲得您的滿意與肯定，也盼望在您我之愛護、耕耘、照顧，讓基隆港永遠展現國際大港的活力與希望。

圖 6.5 基本資料模組--港灣基本資料展示

**碼頭維護管理資訊系統**

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

碼頭名稱	碼頭長度 (M)	設計水深 (M)	可靠泊水深 (M)	泊船噸位 (T)	用途	單元數量 (個)	結構型式	建造日期	建造經費	碼頭照片	斷面圖
1號碼頭	130	7.5	7	6000	多功能碼頭	8	重力式	1939	7500000日圓	照片	圖紙
2號碼頭	130	7.5	7	6000	多功能碼頭	7	重力式	無	無	照片	圖紙
3號碼頭	150	7.5	7	6000	多功能碼頭	7	重力式	無	無	照片	圖紙
4號碼頭	160	8.5	8	10000	油品及散雜貨碼頭	6	板樁式	1962	35914600元	照片	圖紙
5號碼頭	160	8.5	8	10000	砂石碼頭	6	板樁式	無	無	照片	圖紙
6號碼頭	150	8.5	8	10000	砂石碼頭	6	板樁式	1973	64153000元	照片	圖紙
7號碼頭	120	6.5	6	4000	散雜貨碼頭、備用砂石碼頭	7	重力式	無	無	照片	無
8號碼頭	220	10.5	9.1	15000	水泥專業碼頭	8	板樁式	無	無	照片	無
9號碼頭	103	9.5	9.1	5000	非營運碼頭	4	重力式	1978	324944823元	照片	無
10號碼頭	182	9.5	9.1	12000	水泥碼頭	7	重力式	無	無	照片	無
11號碼頭	185	9.5	9.1	12000	礫石碼頭	7	重力式	無	無	照片	無
12號碼頭	150	7.5	7	6000	非營運碼頭	6	重力式	無	無	照片	無
13號碼頭	185	9.5	9.1	12000	水泥碼頭	7	重力式	無	無	照片	無

圖 6.6 基本資料模組-港灣基本資料展示

## 2.碼頭基本資料查詢

碼頭基本資料：當選擇圖 6.5「4」選項後，即可進入碼頭選擇頁面，如圖 6.7 所示，如圖所示選擇 W04 碼頭後，即可顯示碼頭基本資料，如圖 6.8 所示。圖中顯示碼頭長度、設計水深、可靠泊水深等資訊。



圖 6.7 基本資料模組-碼頭選擇



圖 6.8 基本資料模組-碼頭基本資料展示

### 3.單元基本資料查詢

單元基本資料：當選擇圖 6.8「2」選項後，即可進入單元基本資料頁面，如圖 6.9 所示，圖中可展示單元的長度、防舷材數量、吊車軌道長度等資訊。

單元名稱	單元長度 (M)	防銹材數量 (個)	吊車軌道(M)	車擋數量或長度 (個或M)	照片
1號單元	9.2	2	無	6 個	
2號單元	8.8	2	無	無	

圖 6.9 基本資料模組-單元基本資料展示

## 6.4 檢測資料模組

### 1. 經常巡查新增與查詢

#### (1) 經常巡查資料查詢

- ① 港灣選擇：如圖 6.4 「1」所示，選擇港灣進入。
- ② 碼頭選擇：如圖 6.10 所示，選擇巡查類型為「經常巡查」、並選擇「資料查詢」，再選擇碼頭後進入。
- ③ 巡查資料功能選擇：如圖 6.11 所示，檢測資料依檢測時間排列，可查詢每一筆資料詳細檢測資訊，如圖「1」所示、並可刪除資料，如圖「2」所示、編輯資料，如圖「3」所示與列印資料，如圖「4」所示。
  - a. 詳細巡查資料查詢：選擇圖 6.11 「1」即可進入詳細巡查資料頁面，如圖 6.12 所示。圖中「1」為構件有發生列化異狀的情形，故紀錄資訊包含劣化狀況等級、劣化單元、劣化位置、劣化數量與劣化照片，選擇圖 6.12 「2」即可編輯構件相關資訊，如圖 6.13 所示。
  - b. 巡查資料編輯：選擇圖 6.11 「3」即可進入編輯頁面，如圖

6.14 所示，圖中可於「1」編輯檢測天氣、與檢測員意見等資訊，並按「2」後完成。

c. 巡查資料列印：選擇圖 6.11「4」即可進入檢測報告下載頁面，如圖 6.15 所示，使用者點選圖中 Adobe 圖示即可產出 PDF 格式報告。



圖 6.10 檢測資料模組-碼頭選擇



圖 6.11 檢測資料模組-經常巡查資料展示與功能



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

回到碼頭選擇 回到碼頭資料列表

**基隆港-東2號碼頭-經常巡查記錄表**

港灣名稱	花蓮港	碼頭編號	東2號碼頭	檢測日期	20131024		
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
岸肩	裂縫	1					編輯
	剝落	1					編輯
	沉陷	1					編輯
後線	沉陷	1				編輯	
繫船柱	腐蝕龜裂	1				1	編輯
防舷材	龜裂破損	2	B04	3個	1個	照片	2
車擋	龜裂破損	1					編輯
起重機軌道	腐蝕位移	1					編輯

圖 6.12 檢測資料模組-經常巡查詳細資料



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

回到碼頭選擇 回到碼頭資料列表 回到碼頭資料列表

**經常巡查資料編輯**

檢測時間	20131024		
港灣名稱	基隆港		
碼頭名稱	東2號碼頭		
單元名稱	B04		
構件名稱	附屬設施-防舷材		
劣化類型	龜裂破損		
劣化狀況	1		
劣化位置X	X=	0	m
劣化位置Y	Y=	0	m
劣化位置N	第	3	個
劣化數量(面積)		0	m <sup>2</sup>
劣化數量(長度)		0	m

圖 6.13 檢測資料模組-經常巡查詳細資料編輯

經常巡查基本資料編輯	
檢測天氣	晴
檢測員意見	無

確認修改

圖 6.14 檢測資料模組-經常巡查基本資料編輯

經常巡查報告下載

回到碼頭選擇

回到碼頭資料列表

圖 6.15 檢測資料模組-經常巡查報告下載

(2)經常巡查資料新增：於圖 6.10 中，選擇巡查類型為「經常巡查」、並選擇「資料新增」，再選擇碼頭後，即可進入，如圖 6.16 所示，圖中「1」所示為劣化異狀等級之選擇，其後之劣化描述亦會跟隨等級之選擇而變動，並提供劣化圖示供使用者參考。

檢測日期	2013年10月25日			檢測天氣	晴
港灣名稱	基隆港	碼頭名稱	東1號碼頭	檢測人員	簡臣佑
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化描述	劣化單元	劣化位置
岸肩	裂縫	1	無異狀	1	X Y
	剝落	3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕, 剝落寬度直徑≤15 cm, 深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm, 深度≤2.5 cm圖示	1	X Y
	沉陷	1	無異狀	1	X Y
	沉陷	1	無異狀	1	X Y

圖 6.16 檢測資料模組-經常巡查資料新增

## 2. 定期巡查新增與查詢

### (1) 定期巡查資料查詢

- ① 港灣選擇：如圖 6.4 「1」所示，選擇港灣進入。
- ② 碼頭選擇：如圖 6.10 所示，選擇巡查類型為「定期巡查」、並選擇「資料查詢」，再選擇碼頭後進入。
- ③ 巡查資料功能選擇：如圖 6.17 所示，檢測資料依檢測時間排列，可查詢每一筆資料詳細檢測資訊，如圖「1」所示、並可刪除資料，如圖「2」所示、編輯資料，如圖「3」所示、繼續檢測，如圖「4」所示與列印資料，如圖「5」所示。
  - a. 詳細巡查資料查詢：選擇圖 6.17 「1」即可進入詳細巡查資料頁面，如圖 6.18 所示。由於定期巡查針對各單元構件進行紀錄，考量碼頭單元數會有較多之情況，故提供如圖中「1」之單元選擇列表，以便快速切換至欲紀錄劣化之單元。選擇圖 6.12 「2」即可編輯構件相關資訊，如圖 6.19 所示。
  - b. 巡查資料編輯：選擇圖 6.11 「3」即可進入編輯頁面，如圖 6.14 所示，圖中可於「1」編輯檢測天氣、與檢測員意見等資

訊，並按「2」後完成。

c.繼續檢測：當檢測作業尚未完成，則會顯示如圖 6.20 所示，圖中僅可選擇「刪除紀錄」與「繼續檢測」。選擇「繼續檢測」後，即可進入圖 6.18 繼續檢測作業，並於最後選擇「完成檢測」後，此筆資料才會如圖 6.17 顯示。

d.巡查資料列印：選擇圖 6.11「4」即可進入檢測報告下載頁面，如圖 6.15 所示，使用者點選圖中 Adobe 圖示即可產出 PDF 格式報告。

檢測時間	檢測天候	檢測者	檢測者意見	詳細資料	刪除紀錄	編置記錄	繼續檢測	檢測報告
20080625	晴	簡臣佑	無	查詢	刪除	編置	編輯	列印

圖 6.17 檢測資料模組-定期巡查資料展示與功能

單元編號	構件類型	劣化類型	劣化程度	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
B01 回頂層	碼頭本體岸肩	裂縫	1				編輯
B01	碼頭本體岸肩	剝落	1				編輯
B01	碼頭本體岸肩	沉陷	1				編輯
B01	碼頭本體後線	沉陷	1				編輯
B01	海床	沖刷	1				編輯
B01	附屬設施繫船柱	腐蝕龜裂	1				編輯
B01	附屬設施防舷材	龜裂破損	1				編輯

圖 6.18 檢測資料模組-定期巡查詳細資料



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

定期巡查資料編輯	
檢測時間	20080625
港灣名稱	基隆港
碼頭名稱	西2號碼頭
單元名稱	B01
構件名稱	面版-岸肩底部
劣化類型	剝落
劣化狀況	2
劣化位置X	X= 0 m
劣化位置Y	Y= 0 m
劣化位置Z	Z=- 0 m
劣化位置N	第 3 個
劣化位置(For墩柱)	第 0 行

圖 6.19 檢測資料模組-定期巡查詳細資料編輯



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

基隆港-東2號碼頭定期巡查資料列表 <a href="#">回到碼頭選擇</a>								
檢測時間	檢測天候	檢測者	檢測者意見	詳細資料	刪除記錄	編輯記錄	繼續檢測	檢測報告
20131025	晴	簡臣佑	無	<a href="#">查詢</a>	<a href="#">刪除</a>	<a href="#">編輯</a>	<a href="#">編輯</a>	<a href="#">列印</a>

圖 6.20 檢測資料模組-定期巡查資料展示(未完成檢測情形)

- (2)定期巡查資料新增：於圖 6.10 中，選擇巡查類型為「定期巡查」、並選擇「資料新增」，再選擇碼頭後，即可進入，如圖 6.18 所示，待檢測完成後，並於最後選擇「完成檢測」後完成作業。

### 3.特別巡查新增與查詢

#### (1)經常巡查資料查詢

- ①港灣選擇：如圖 6.4 「1」所示，選擇港灣進入。
- ②碼頭選擇：如圖 6.10 所示，選擇巡查類型為「特別巡查」、並選擇「資料查詢」，再選擇碼頭後進入。
- ③巡查資料功能選擇：如圖 6.11 所示，檢測資料依檢測時間排列，可查詢每一筆資料詳細檢測資訊，如圖「1」所示、並可刪除資料，如圖「2」所示、編輯資料，如圖「3」所示與列印資料，如圖「4」所示。
  - a.詳細巡查資料查詢：選擇圖 6.11 「1」即可進入詳細巡查資料頁面，如圖 6.21 所示。圖中「1」為構件是否需緊急搶修需求。選擇圖 6.21 「2」即可編輯構件相關資訊，如圖 6.13 所示。
  - b.巡查資料編輯：選擇圖 6.11 「3」即可進入編輯頁面，如圖 6.14 所示，圖中可於「1」編輯檢測天氣、與檢測員意見等資訊，並按「2」後完成。
  - c.巡查資料列印：選擇圖 6.11 「4」即可進入檢測報告下載頁面，如圖 6.15 所示，使用者點選圖中 Adobe 圖示即可產出 PDF 格式報告。

港灣名稱	花蓮	碼頭編號	東1號碼頭	檢測日期	20131025		
構件名稱	劣化類型	緊急搶修否	劣化單元	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
岸屑	裂縫	no					編輯
	剝落	no					編輯
	沉陷	no					編輯
後線	沉陷	no					編輯
繫船柱	腐蝕龜裂	no					編輯
防舷材	龜裂破損	no					編輯
車擋	龜裂破損	no					編輯
起重機軌道	腐蝕位移	no					編輯

圖 6.21 檢測資料模組-特別巡查詳細資料



圖 6.22 檢測資料模組-特別巡查詳細資料編輯

(2)特別巡查資料新增：於圖 6.10 中，選擇巡查類型為「特別巡查」、並選擇「資料新增」，再選擇碼頭後，即可進入，如圖 6.23 所示，圖中「1」所示可供使用者依劣化描述，述判斷現場狀況是否達到此狀況。



特別巡查檢測表						
檢測日期	2013年10月25日				檢測天氣	晴
港灣名稱	基隆港	碼頭名稱	東3號碼頭		檢測人員	關臣佑
構件名稱	岸肩	劣化類型	劣化描述	劣化單元	劣化位置	劣化數量
		是/否				
	裂縫	<input type="radio"/> 是 / <input checked="" type="radio"/> 否	裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度的約5mm以上)	1	X Y	m
	剝落	<input type="radio"/> 是 / <input checked="" type="radio"/> 否	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15cm，深度>2.5cm	1	X Y	m <sup>2</sup>
	沉陷	<input type="radio"/> 是 / <input checked="" type="radio"/> 否	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)	1	X Y	m <sup>2</sup>
	後緣嚴重下陷(高度>15 cm、面積	<input type="radio"/> 是 / <input checked="" type="radio"/> 否			X Y	

圖 6.23 檢測資料模組-特別巡查資料新增

## 6.5 維修排序模組

### 1. 港灣選擇

如圖 6.4 「1」所示，選擇港灣進入。

### 2. 碼頭與維修類型選擇

於圖 6.24 「1」選擇維修類型，並於「2」選擇碼頭後進入。

- (1) 緊急維修：如圖 6.25 所示，圖中若構件需進行此等級維修，則會以紅字顯示。
- (2) 年度維修：如圖 6.26 所示，圖中碼頭內各構件會依劣化狀況等級配合構件權重進行排序。
- (3) 緊急搶修：如圖 6.27 所示，圖中所列構件為建議進行緊急搶修構件(即劣化狀況等級為 4 之情形)。



圖 6.24 維修排序模組-碼頭與維修類型選擇



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

**緊急維修構件列表**

港灣名稱		基隆港		碼頭名稱		東2號碼頭	檢測時間	20131024
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	修復排序	處置對策
結構性構件	碼頭本體-岸肩	沉陷	4	B04	X=3m Y=2m	20m <sup>2</sup>	1	持續觀察並回填粒料
附屬設施	附屬設施-防眩材	腐蝕龜裂	2	B04	第3個	1個	1	持續觀察

圖 6.25 維修排序模組-緊急維修建議



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

**年度維修構件列表**

港灣名稱		基隆港		碼頭名稱		西3號碼頭	檢測時間	20080625
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	修復排序	處置對策
結構性構件	面版-岸肩底部	剝落	2	B20	第1個	0.02m <sup>2</sup>	1	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B19	第1個	0.5m <sup>2</sup>	2	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B17	第5個	0.02m <sup>2</sup>	3	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B16	第5個	0.4m <sup>2</sup>	4	修補水泥砂漿工法
	面版-梁	裂縫	3	B11	第3個	1.5m	5	灌注環氧樹脂工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B10	第5個	0.15m <sup>2</sup>	6	修補水泥砂漿工法
	面版-岸肩底部	剝落	2	B03	第1個	0.25m <sup>2</sup>	7	修補水泥砂漿工法

圖 6.26 維修排序模組-年度維修建議



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

**緊急搶修構件列表**

港灣名稱		基隆港		碼頭名稱		東1號碼頭	檢測時間	20131025
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化單元	劣化位置	劣化數量	修復排序	處置對策	
結構性構件	碼頭本體-後線	沉陷	B01	X=30m	10m <sup>2</sup>	1	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法	

圖 6.27 維修排序模組-緊急搶修建議

## 6.6 維修紀錄模組

於圖 6.4 「1」選擇港灣後進入維修紀錄模組，如圖 6.28 所示，可選擇新增或查詢資料。



圖 6.28 維修紀錄模組選項

### 1. 維修紀錄查詢

查詢資料包含維修契約編號、維修金額、維修碼頭、維修照片、維修檔案(如預算書檔案)等，並可「編輯」與「刪除」資料，如圖 6.29 所示。

### 2. 維修紀錄新增

紀錄欄位資料為維修契約編號、維修金額、維修碼頭選擇、維修照片與維修檔案上傳(如預算書檔案)等，如圖 6.30 所示。

維修契約編號	維修金額(元)	維修碼頭	維修照片	維修檔案	編輯	刪除
1021023-R01 [20131023]	500000	東1號碼頭,東2號碼頭	照片	檔案	編輯	刪除

圖 6.29 維修紀錄模組-資料查詢

碼頭維護管理資訊系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

基隆港維修記錄新增

維修契約編號	<input type="text"/>
維修金額	<input type="text"/>
維修碼頭	<input type="checkbox"/> 東1號碼頭 <input type="checkbox"/> 東2號碼頭 <input type="checkbox"/> 東3號碼頭 <input type="checkbox"/> 西2號碼頭 <input type="checkbox"/> 西3號碼頭 <input type="checkbox"/> 西4號碼頭 <input type="checkbox"/> 西14號碼頭 <input type="checkbox"/> 西15號碼頭 <input type="checkbox"/> 西16號碼頭 <input type="checkbox"/> 西1b號碼頭
維修照片	<input type="button" value="選擇檔案"/> 未選擇檔案
維修檔案	<input type="button" value="選擇檔案"/> 未選擇檔案
<input type="button" value="新增"/>	

圖 6.30 維修紀錄模組-資料新增

## 6.7 帳號管理模組

帳號管理模組僅供系統管理者進入，如圖 6.31 所示，如圖所示可針對個帳號進行「編輯」與「刪除」。選擇圖中「1」新增帳號，即可進入，如圖 6.32 所示。

碼頭維護管理資訊系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

帳號管理模組  1

姓名	服務單位	使用者代號	密碼	使用者類型	編輯	新增
簡臣佑	財團法人臺灣營建研究院	cyjian	██████████	系統管理者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
柯正龍	交通部運輸研究所臺灣技術研究中心	jerry	██████████	一般使用者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>

圖 6.31 帳號管理模組-使用者列表

碼頭維護管理資訊系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

使用者資料新增	
姓名	<input type="text"/>
服務單位	<input type="text"/>
使用者代號	<input type="text"/>
密碼	<input type="text"/>
使用者類型	系統管理者 ▾
<input type="button" value="新增"/>	

圖 6.32 帳號管理模組-使用者新增

## 附錄一

### 附件 1 碼頭構造物經常、定期 與特別巡查表

## 碼頭經常巡查檢測表

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭資料	港灣名稱			碼頭編號			
檢測單位：				檢測人：			
碼頭本體							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
岸肩	裂縫	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X__,Y__	m		
	剝落	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
	沈陷	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
後線	沈陷	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X____	m <sup>2</sup>		
附屬設施							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
繫船柱	腐蝕龜裂	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		—	個		
防舷材	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		第____個	個		
車擋	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		第____個	個		
起重機軌道	腐蝕位移	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X____	m		
檢測員意見：							

構件劣化狀況說明：

構件名稱		劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3~5mm 以內)
			4	裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約 5mm 以上)
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 $\leq 15$ cm, 深度 $\leq 2.5$ cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕, 剝落寬度直徑 $\leq 15$ cm, 深度 $>2.5$ cm 或剝落寬度直徑 $>15$ cm, 深度 $\leq 2.5$ cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕, 且鋼筋底部混凝土剝落, 且剝落寬度直徑 $>15$ cm, 深度 $>2.5$ cm
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積 $\leq 5$ m <sup>2</sup> 、高度 $\leq 2.5$ cm)
			3	岸肩明顯下陷(面積 $\leq 5$ m <sup>2</sup> 、高度 $>2.5$ cm 或面積 $>5$ m <sup>2</sup> 、高度 $\leq 2.5$ cm)
			4	岸肩嚴重下陷(面積 $>5$ m <sup>2</sup> 、高度 $>2.5$ cm)
	後線	沈陷	2	後線輕微下陷(高度 $\leq 10$ cm、面積 $\leq 10$ m <sup>2</sup> )
			3	後線明顯下陷( $10 \leq$ 高度 $\leq 15$ cm、 $10$ m <sup>2</sup> $\leq$ 面積 $\leq 20$ m <sup>2</sup> )
			4	後線嚴重下陷(高度 $>15$ cm、面積 $>20$ m <sup>2</sup> )
碼頭附屬設施	繫船柱	腐蝕龜裂	2	材質輕微鏽損狀況, 基座無明顯龜裂情形
			3	材質明顯鏽損狀況, 基座有明顯龜裂情形
			4	材質嚴重鏽損與剝落, 基座嚴重龜裂
	防舷材	龜裂破損	2	材質表面褪色、輕微劣化, 螺帽鬆脫或缺損
			3	材質表面劣化明顯, 螺栓缺損, 靠船時能明顯觀察到龜裂現象
			4	材質老化、構件變形或掉落
	車擋	龜裂破損	2	材質表面輕微龜裂情形
			3	材質表面有明顯龜裂, 基座有龜裂情形
			4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損
	起重機軌道	腐蝕位移	2	兩軌間距左右差 $\leq 5$ mm、鋼軌接縫高差 $\leq 3$ mm
			3	兩軌間距左右差 5mm~10mm、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm
			4	兩軌間距左右差 $>10$ mm、鋼軌接縫高差 $>4.25$ mm

# 碼頭定期巡查檢測表(重力式)<sup>註1</sup>

編號：\_\_\_\_\_

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		☐晴☐陰☐雨				
碼頭基本資料	港灣名稱		碼頭編號							
	碼頭用途		☐貨櫃碼頭 ☐散雜貨碼頭 ☐客運碼頭 ☐其他碼頭							
	碼頭型式		■重力式 ☐板樁式 ☐棧橋式 ☐混合式(_____)							
檢測資料		檢測單元 <sup>註2</sup>		B						
檢測單位：				檢測人：						
碼頭本體										
巡查項目		劣化輕微(D=2)		劣化中等(D=3)		劣化嚴重(D=4)		劣化數量	劣化位置 <sup>註3</sup>	照片編號
岸肩	裂縫	☐局部可見到2~3個部位有裂縫(裂縫寬度約3mm以下)		☐局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約3~5mm以內)		☐裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約5mm以上)		m	X： Y： m	
	剝落	☐混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑≤15cm，深度≤2.5cm		☐鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15cm，深度>2.5cm 或剝落寬度直徑>15cm，深度≤2.5cm		☐鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15cm，深度>2.5cm		m <sup>2</sup>	X： Y： m	
	沈陷	☐岸肩輕微下陷(面積≤5m <sup>2</sup> 、高度≤2.5cm)		☐岸肩明顯下陷(面積≤5m <sup>2</sup> 、高度>2.5cm 或面積>5m <sup>2</sup> 、高度≤2.5cm)		☐岸肩嚴重下陷(面積>5m <sup>2</sup> 、高度>2.5cm)		m <sup>2</sup>	X： Y： m	
壁體	裂縫	☐局部可見到2~3個部位有裂縫(裂縫寬度約3mm以下)		☐局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約3~5mm以內)		☐裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約5mm以上)		m	X： Z： m	
	剝落	☐混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑≤15cm，深度≤2.5cm		☐鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15cm，深度>2.5cm 或剝落寬度直徑>15cm，深度≤2.5cm		☐鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15cm，深度>2.5cm		m <sup>2</sup>	X： Z： m	
	漏砂	☐牆面出現孔洞，但並未漏砂		☐牆面裂縫已可觀察出漏砂		☐背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂			X： Z： m	
後線	沈陷	☐岸肩輕微下陷(高度≤10cm、面積≤10m <sup>2</sup> )		☐岸肩中等下陷(10≤高度≤15cm、10≤面積≤20m <sup>2</sup> )		☐岸肩嚴重下陷(高度>15cm、面積>20m <sup>2</sup> )		m <sup>2</sup>	X： m	
海床	沖刷	☐基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約50cm以下)		☐基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約50~100cm)		☐基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約100cm以上)		cm	X： m	
附屬設施										
繫船柱	腐蝕龜裂	☐材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形		☐材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形		☐材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂		-	-	
防	龜裂	☐材質表面褪		☐材質表面劣化明		☐材質老化、構件		個	第 個	

舷材	破損	色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損	顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	變形或掉落			
車擋	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 材質表面輕微龜裂情形	<input type="checkbox"/> 材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形	<input type="checkbox"/> 材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損	個	第	個
起重機軌道	腐蝕位移	<input type="checkbox"/> 兩軌間距左右差 $\leq 5\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $\leq 3\text{mm}$	<input type="checkbox"/> 兩軌間距左右差 $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $3\text{mm}\sim 4.25\text{mm}$	<input type="checkbox"/> 兩軌間距左右差 $> 10\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $> 4.25\text{mm}$	m	X:	m
檢測員意見：							

註 1. 巡查評估記錄以 1 單元填寫一張表格進行。

註 2. 檢測單元劃分與編碼：重力與板樁式為連續式結構(重力式沈箱碼頭有結構單元區分)，故針對此類碼頭碼，以兩繫船柱間為一單元(Block)如圖 1 所示，若各碼頭間之交界並非繫船柱，則仍須編列為一單元，如圖 1(1)所示。各碼頭單元構件拆解分為碼頭本體、海床與附屬設施。碼頭本體再拆分成岸肩、壁體與後線；附屬設施拆分成繫船柱、防舷材、車擋與起重機軌道。

註 3. 各構件之劣化狀況位置記錄如表 1 所示。

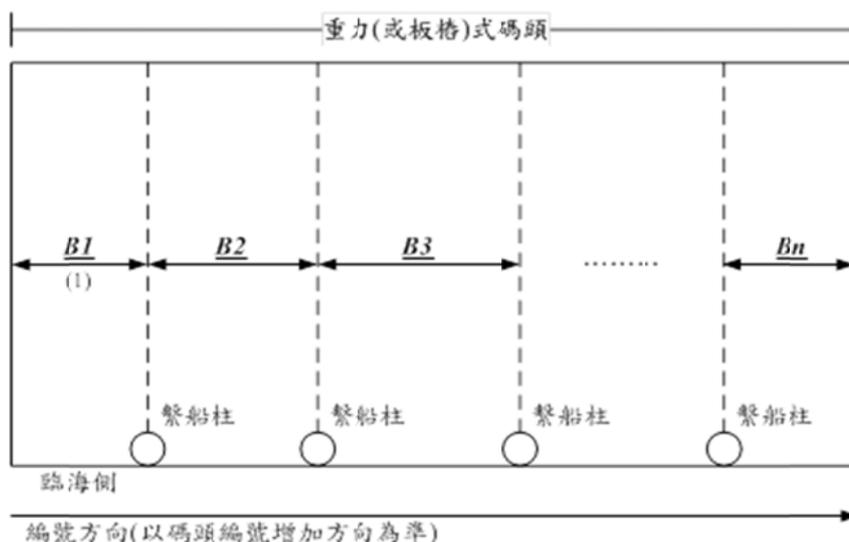


圖 1 碼頭單元編碼方式示意

表 1 重力式碼頭構件劣化位置記錄方式說明

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
碼頭本體	岸肩	紀錄 X、Y 值(如圖 2(a)之(1)所示)
	壁體	紀錄 X、-Z 值(如圖 2 之(2)所示)
	後線	紀錄 X 值(如圖 2 (a)之(2)所示)
海床		紀錄 X 值(如圖 2 (b)之(1)所示)
附屬設施	車擋	紀錄第 n 個
	繫船柱	無(一單元僅有一個)
	防舷材	紀錄第 n 個
	吊車軌道	紀錄 X 值

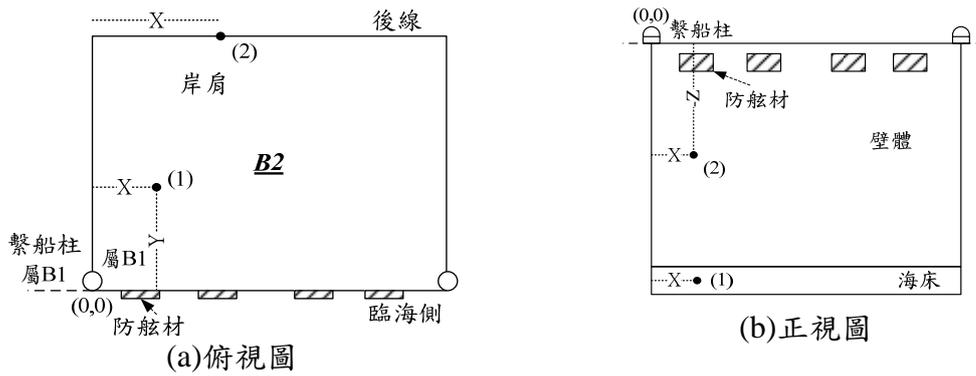


圖 2 重力式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示

## 碼頭特別巡查檢測表

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭資料	港灣名稱			碼頭編號			
檢測單位：				檢測人：			
碼頭本體							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
岸肩	裂縫	裂縫擴散至整個岸肩? 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m		
	剝落	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
	沈陷	岸肩嚴重下陷(面積>5 m <sup>2</sup> 、高度>2.5 cm)(雨天檢視) 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m <sup>2</sup>		
後線	沈陷	岸肩嚴重下陷(高度>10 cm、面積>10 m <sup>2</sup> ) 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X____	m <sup>2</sup>		
附屬設施							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
繫船柱	腐蝕龜裂	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		—	個		
防舷材	龜裂破損	材質老化、構件變形或掉落是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		第____個	個		
車擋	龜裂破損	材質嚴重龜裂或脫落是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		第____個	個		
起重機軌道	腐蝕位移	兩軌間距高差>=4.25mm、兩軌間距左右差>=10mm、大範圍生鏽影響功能是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X____	m		
檢測員意見：							

## 附錄一

# 附件 2 一般鋼料銲接與水中硬化劑 塗裝工程規範

## 一般鋼料焊接

- 1.說明：一般鋼料焊接及試驗工作標準以本規範為準，本規範未註明者以行政院工程會頒布之施工規範為準。
- 2.材料：所用焊條應按設計圖規定辦理，若設計圖無註明者則使用 AWS.E70 或 CNS.E50 或 JIS.D50 系焊條，並應提出材料試驗報告送請工程師認可後採用之。
- 3.一般要求：
  - 3.1 焊工資格：須通過內政部、台電、中油、中鋼、中船、或中國驗船協會考驗合格之優良技工，持有證明文件者。
  - 3.2 焊接環境：焊接工作不得在低於 5°C 時施工，亦不得在濕面雨天或強風中施工；且焊工須在安全情況下工作。
  - 3.3 尺寸、長度及焊位：焊接之尺寸及長度不得少於設計圖及本施工說明書之規定。如須加焊或變更焊位，均須事先徵得工程司允許。
  - 3.3 焊接方法：以手工電弧焊接為原則或其他經工程司同意之方法，並應依 AWS 規範或 CNS 規範之有關規定確實施工，焊條直徑未規定者以不超過 5m/m 為原則。
  - 3.4 允許公差：上下兩鋼管樁焊接時，務必保持兩節樁中心軸成一直線，焊接後之管面誤差須在 2mm 以內，樁身彎曲應在全長之 1/1,000 以內。
- 4.施工準備：
  - 4.1 焊接面必須光平、正直，且無雜物、破裂或影響焊接強度之缺點。
  - 4.2 焊接面須無鬆屑皮、熔渣、油脂或雜物，以免影響正常焊接施工或產生不良氣味。
  - 4.3 鋼面鱗片或屑皮或已乾之油薄面及薄防漆，如不能以鋼絲刷刷除，

可允許存留。

4.4 氣焰切邊須用機械焰切機，其切邊須光平、正直且無熔渣，并符合劃線，否則應予磨平修整。

5.拼裝施工：

5.1 以角焊接連之構材須使兩者儘可能密接，其間空隙不得大於 1.5mm，如空隙大於 1.5mm，角焊之焊肢，應隨超額空隙之尺寸增加之。

5.2 搭接兩接面間之空隙，或對接面與其底背板面之空隙，均不得大於 1.5mm。

5.3 以對焊連接構材之對接，須使其均在準確位置，最大偏差不得超過 3mm，最大偏斜不得超過 2 度。

5.4 空隙之間，如設計圖未標明，不得以墊片填充，否則須得工程司之許可。

5.5 焊接構材時，須使其均在準確位置，并須保持不變，以至焊接完成，但應預留收縮餘裕。

5.6 為保持構材，在其正確位置之預先焊接(假焊)須能有正式焊接之同等品質。且須儘量縮小，凡與正焊衝突處，應完全熔於正焊內，使其接連成為一體，不合規定之預焊須先予以剔除，再行施焊。

5.7 拼裝焊接須在平穩位置上施工。

6.防縮施工：

6.1 拼合連接、組合構材或鋼筋與其焊接之施工程序，乙方須先提出妥善計畫，經工程司同意後行之。

6.2 所有焊接施工程序之安排應以能平衡進行焊接所生之加熱為準。

6.3 有較大扭曲或收縮之焊接，乙方應預先擬妥施工程序，以便有效控制。

## 7. 手工掩弧焊接：

7.1 焊接時須儘可能在平焊位置施工。

7.2 焊條種類、焊接尺寸、弧長、電壓、電流須符合材料厚度、溝槽式樣、焊位及焊接環境。

7.3 焊條之最大尺寸除圖說另有規定外，應符下述各項要求：

7.3.1 平焊位所有焊接，除根部外，最大焊條為 8mm。

7.3.2 橫焊位角焊最大焊條為 6mm。

7.3.3 平焊位之根部角焊及底背板之對焊根部開口大於 6mm 時，最大焊條為 6mm。

7.3.4 立焊位及仰焊位用低氫焊條最大為 4mm。

7.3.5 除上述各種焊接及根部對焊外，最大焊條為 5mm。

7.4 根部角焊以外，每層最大焊厚及對焊之各層焊厚如下：

7.4.1 根部對焊最大焊厚 6mm。

7.4.2 平焊位之每層最大焊厚 3mm。

7.4.3 立焊位、仰焊位、橫焊位之每層最大焊厚 5mm。

7.4.4 根部之最少焊接須能防止龜裂。

7.5 一次焊成最大角焊：

7.5.1 平焊位：9mm。

7.5.2 橫及仰焊位：5mm。

7.5.3 立焊位：12mm。

7.6 立焊位焊接時，每層須由下而上。

7.7 在已焊接處加焊，須先清除溶渣，並將焊接及其相鄰鋼料以鋼絲刷

除乾淨。

7.8 所有對焊其未用底背板者，須將最初之底部削去或削除至健全金屬處，再行焊接。如用與母材同等性質之背板對焊，須將焊著金屬熔入背板。

7.9 對焊之端部須用同一緣形，而寬比焊材厚度為大之補助板使焊接延出構材之邊端外。俟焊接完畢，冷卻時除去該板，并以砂輪或其他機具，將凸出之焊喉及構材修整齊平。

7.10 母材預熱及各層溫度須如下表之規定：

掩弧焊接母材預熱規定表

母材厚度(mm)	掩弧焊接 (不用低氫焊條)	掩弧焊接 (用低氫焊條)
19 以下	—	—
19~39	>65°C	>1°C
39~65	>106°C	>65°C
65 以上	>150°C	>106°C

8. 潛弧焊接：

8.1 除角焊外，所有潛弧焊接均須在平焊位施工，角焊可在平或橫焊位行之。一切焊成之角焊厚度不得大於 8mm。

8.2 最大焊條直徑為 6mm。

8.3 除底(根)繪個及面層外，最厚焊層不得大於 6mm。如根部開口達 12mm 以上，則須分層分側施工。每層寬若超過 16mm，則宜分側疊層為之。

8.4 任一焊接之熔解深或寬度均不得超過焊接面寬度。

8.5 焊接電流、電壓及移動速度須能使每層焊接連到適當熔解，且其鋼料及焊料應無重疊及傷損現象。

8.6 潛弧焊接面及其相鄰接面均須按規定清除乾淨，且不得含有水汽。

- 8.7 每層焊接後，須先徹底除淨焊渣，再續焊上層。
- 8.8 對焊端處之焊接品質須與焊接中部同等良好。如有必要，可加延伸板條，並於焊後除去。端部則仍應保持光滑平整。
- 8.9 對焊之根部可用低氫焊條，以手工掩弧焊接，藉防初次潛弧焊接之燒透。
- 8.10 潛弧焊接之預熱及各層需要溫度全手工掩弧焊接。

#### 9. 預熱：

- 9.1 焊接前，對焊件焊接處 75mm 範圍內須加預熱，並須于施焊進行中，保持預熱溫度。
- 9.2 以潛弧焊接作連續之平焊，或須重熔並與原焊合成者，均得免施預熱。

#### 10 品質及改正

- 10.1 焊接部份之露出表面應平整而有規則，並符合設計要求；不論情形如何，焊著金屬斷面不得小於設計斷面。唯斷面過大而缺陷過多時，其工作亦視為不合格。
- 10.2 角焊面應平直，可略有凹凸，超焊之高度均不得大 $(0.1S+0.75)$ mm，S 為角焊之尺寸(mm)。
- 10.3 對焊之上下面，除規定者外，宜略加厚(施補強焊)。補強焊之厚度不得超過 3mm，且須與本鋼面成順勢之弧線。
- 10.4 所有焊接均須良好無裂痕，少有氣泡空隙及熔渣。若缺陷最大尺寸超過最大尺寸之和逾 1 公分者均須除卻之。
- 10.5 垂直於應力方向之傷損鋼料，不得超過 0.21mm 深，平行於應力方向，則不得超過 0.8mm。
- 10.6 焊接全線之焊著金屬與母材之間及焊層間均須完全熔合。

- 10.7 焊接部不得有重疊及低陷。
- 10.8 所有燃燒之凹坑應予焊接填平。
- 10.9 有龜裂之焊接須全部除去。
- 10.10 剷除不良焊接可用鑿、磨及氫氧焰等，且不得傷及原焊接之焊料及鋼料。
- 10.11 以補焊改正不良焊接宜用較小焊條(不超過 4mm)，并須先將其表面清除乾淨，方可補焊。
- 10.12 不適合之拼連，得切斷重焊。其因焊接所生之扭曲，得以機械矯正或加熱校正，但溫度不得超過 650°C(暗紅色)。
- 10.1313 所有焊渣均須清除。焊接未完成前，不得油漆。

# 水中硬化劑塗裝工程

本防蝕規範使用前，針對本塗裝工程如有接續之前一或後一塗裝工程其所採用之材料，須與本規範採用之材料進行接著性確認。

## 1.通則

### 1.1 本章概要

1.1.1 本章說明鋼管樁(或鋼板樁)式碼頭之防蝕工程材料、設備、施工及檢驗等相關規定，本章未註明者依行政院工程會頒布之施工規範為準。

1.1.2 本工程需配合土木工程以後工法施作，並採責任施工。

### 1.2 工作範圍

1.2.1 鋼管指包裹防蝕帶、混凝土平台底部間、或鋼板樁鏽蝕之水中硬化劑塗裝。

1.2.2 為完成本項工作，承包商應自行負責提供所需之一切船機、潛水設備等。

1.3 相關率則：依本章各節之規定。

### 1.4 資料送審

1.4.1 品質管制計畫

1.4.2 施工計畫

1.4.3 施工圖

1.4.4 製造程序書

1.4.5 承包商資料

1.4.6 人員資格證明

#### 1.4.7 材料符合規範之合格試驗證明

#### 1.4.8 材料樣品

### 1.5 品質保證

#### 1.5.1 提送各項材料證明文件：

- (1)通過 CNLA 認證且其認證領域可提供本項材料檢驗之實驗機構出具之檢驗合格證明文件。
- (2)國外產品不能於國內試驗時，需提送經業主工程師認可之公證公司所簽發之「合格證書」。
- (3)提送經業主工程師同意於工廠試驗之「產品出廠證明」及「合格檢驗報告」。

### 1.6 運送、儲存及處理

#### 1.6.1 防蝕塗料

- (1)塗料應以製造廠之原包裝運達工地，容器上應附有標籤，載明規格、材料、廠牌、產品編號及生產、有效期限。
- (2)搬運時應防止容器碰撞、破損，運送至現場的產品應完好無缺。
- (3)運至工地之塗料應儲存於清潔、乾燥、通風良好之場所。
- (4)防蝕塗料及其相關製品儲放場所應有防止火災發生之完善措施。

### 1.7 工作順序及進度

1.7.1 工作順序：依業主工程師之指示配合土木工程施作。

1.7.2 進度：依契約規定辦理。

### 1.8 保固

1.8.1 本工程保固期限為 3 年。

## 1.8.2 保固部分

(1)防蝕效果：依本章各節之規定。

(2)保固起始日：自驗收完成日起算。

## 2.產品

### 2.1 功能

#### 2.1.1 防蝕塗料

(1)防蝕塗裝材料為無公害之環氧樹脂水中塗料。

(2)材料之特性：

項目	物性標準
鹽霧試驗	無鏽蝕現象
抗拉強度	25 N/mm <sup>2</sup> 以上
彎曲強度	30 N/mm <sup>2</sup> 以上
壓縮強度	35 N/mm <sup>2</sup> 以上
彈性率	5,500 N/mm <sup>2</sup> 以上

2.1.2 其他產品依相關圖說之規定。

### 2.2 材料

2.2.1 除另有規定時，本章工作所用之材料應符合 CNS 或 ASTM、JIS、DIN 之規定為依據。

## 3.施工

### 3.1 準備工作

3.1.1 依工程圖說及特性提出施工計畫。

3.1.2 施工前，應先進行下列之工作：

(1)施工場地整理。

## (2)臨時安全措施

### 3.2 施工方法

#### 3.2.1 防蝕塗裝

- (1)塗裝區域表面需噴砂處理，鋼管樁(或鋼板樁)表面需達 SIS Sa21/2 標準，不得有油脂現象，混凝土表面需將表面灰塵及鬆動之雜物清除乾淨，不得有乳化面現象；以刷、掃、真空吸塵或高壓空氣吹除之方式除去表面灰塵及鬆動之雜物。表面處理需經工程師認可後方得進行塗裝作業。塗膜厚度以平均 5mm，最低膜厚 4.5 mm 為原則。
- (2)相對溼度高於 85% 以上時，氣溫低於 10°C 時，鋼構件表面溫度超過 40°C 或低於露點時不得施工，但塗料製造廠商另有建議，且經工程師同意者不在此一限。施工環境不可有塵土飛揚情形，以免污染。
- (3)本項工作需配合土木工程施工，承包商應妥為規劃責任範圍內之作業場地，不得因場地及處理能力而造成其他承包商作業之堵塞。

### 3.3 檢驗

#### 3.3.1 防蝕塗裝

- (1)防蝕塗裝材料成份之檢驗應由承商提送檢驗證明，檢驗費用及工期由承包商自行負責。
- (2)防蝕塗裝材料成份之檢驗方法。

項目	試驗方法
鹽霧試驗	ASTM B 1 17
抗拉強度	ASTM D638
彎曲強度	ASTM D790
壓縮強度	ASTM D695
彈性率	ASTM D790

3.3.2 各項材料之檢驗應運至工地後再行抽樣檢驗或只提送檢驗證明由工程師核可依該項工程相關圖說規定辦理。

3.3.3 除上述各項材料及施工之檢、試驗項目外，其餘材料之檢驗項目、依據之標準、規範之要求、頻率應依設計圖說、施工說明書及相關章節之檢驗部分辦理。

### 3.4 現場品質管制

#### 3.4.1 防蝕塗裝

(1) 施工期間承包商必需進行水中照相，並提送照片及電子檔案各一份，供業主工程師存參；全部之鋼管樁(或鋼板樁)及混凝土底版均需編號照相，鋼管樁每支(或鋼板格每處)至少 4 張，拍攝內容包括鋼料表面清理、塗裝前及塗裝後實況，照片上應標示位置、編號以利查核並為驗收之用。倘由於海水污濁度造成照片不清，不能提供業主工程師查核驗收，則由業主工程師自派人員檢驗。

(2) 目視表面不得有垂流、起泡、裂縫等不良現象，塗膜厚度以膜厚計檢驗，若有任何一點不合格，承包商應負全責查定原因並予改善，至業主工程師認定合格後始認為完工。

(3) 保固期內，承包商應會同業主工程師追蹤調查，第一年內每六個月一次，翌年起每一年一次，並作成紀錄提交業主工程師作為判定防蝕效果之依據。

(4) 防蝕效果：若有任何位置目視表面有垂流、起泡、裂縫等不良現象，即判定為未達防蝕效果，承包商應負責查明原因並予以改善，若無法改善則應拆除重做。

3.4.2 本節未說明之工作項目依設計圖說及契約項目或依該施工項目章節中之現場品質管制部分辦理。

### 3.5 許可差

3.5.1 本節未說明之工作項目依設計圖說及契約項目或依該施工項目之章節中之許可差部分辦理。

## 4. 計量與計價

### 4.1 計量

#### 4.1.1 防蝕塗裝

(1)以「平方公尺」為計量單位。

4.1.2 本節未說明之工作項目依契約項目或併入章節之適用項目內計量

### 4.2 計價

#### 4.2.1 防蝕塗裝

(1)以「平方公尺」為計價單位。

(2)本項單價包含材料、檢驗、試驗、表面處理、安裝等工作，凡為完成本項工作所需之一切直接、間接工、料、設備、動力機具、船舶、零料等均包括在內。

4.2.2 本節未說明之工作項目依契約項目或併入相關章節之適用項目內計價。

4.2.3 本單價已包括所有人工、材料、工具、機具、設備、運輸及其他為完成本工作所必需之費用在內。

附錄二  
工作會議記錄

## 第一季工作會議記錄

採購案編號：MOTC-IOT-102-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

時間：102年3月20日（星期三）下午1：30 - 2：30

地點：港研中心5樓會議室

出席者：港研中心：謝明志科長、陳桂清研究員、柯正龍研究員  
財團法人臺灣營建研究院：張嘉峰博士、簡臣佑工程師

記錄：柯正龍研究員

---

### 討論議題

第一次工作內容說明及進度報告。

### 主要結論

- 1.請研究團隊針對目前各港務分公司執行維護管理工作之方式，列表進行探討，以供專家座談會議時討論。
- 2.是否可藉由收集養護資料來做為分析預測工具產出之對照，請研究團隊檢討提出所需資料，以便本所發函請各港務分公司提供必要協助。
- 3.請研究團隊彙整研究成果，並將之投稿本所刊物「港灣報導」。
- 4.專家座談會訂於5月底6月初舉行，會議所需資料之（包含維護管理系統及操作手冊、檢測評估與維護管理手冊..等），請於會議召開前完成，以便提供討論。
- 6.本所目前另一研究案，進行成本計算係將其過往成本依物價指數換算為今年度(102年)的成本，建議本研究參考辦理。
- 7.本研究建置之維護管理系統，需能符合港務分公司實際應用需求，以利推廣應用。
- 8.簡報中，迴歸分析之「預估修復費用」一詞，易使讀者誤解為預測值，建議修正為「推估或推測費用」等來代表檢測後之修復費用計算。

交通部運輸研究所 (港研中心)

MOTC-IOT-102-H1DB006b 港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

第一季工作會議簽到冊

一、時間：102年3月20日(星期三)下午1時30分

二、地點：港研中心5樓會議室

三、主席：謝明志

記錄：柯正輝

四、出席單位及人員：

本所港研中心：

謝明志, 陳松清, 柯正輝

執行單位：(財團法人臺灣營建研究院)

汪素亭 簡夏佑

列席單位：

## 第二季工作會議記錄

採購案編號：MOTC-IOT-102-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

時間：102年6月19日（星期二）下午1：30

地點：港研中心5樓簡報室

出席者：謝明志科長、陳桂清研究員、柯正龍研究員

財團法人臺灣營建研究院張嘉峰博士、簡臣佑工程師

記錄：簡臣佑工程師

---

### 討論議題

第二季工作內容說明及進度報告。

### 主要結論

- 1.針對新式評估法部分，以契約要求內容，應針對重力、板樁與棧橋式碼頭來進行分析。
- 2.儀器檢測部分，可針對混凝土材料性能試驗等非破壞技術進行說明。
- 3.除透地雷達外，是否可採用紅外線技術來進行碼頭構造物劣化的檢測？
- 4.板樁式碼頭壁體的接縫開裂劣化，因其回填料粒徑較大，故數值建議調整以符合實際狀況。
- 5.修復費用估算在「灌注環氧樹脂工法」內的大工與小工差價是否過小？是否能反應其技術上的差異？
- 6.防波堤構造物現場檢測示範建議以花蓮港較佳，其相較於其他港灣，環境較為惡劣，劣化亦較明顯，建議可配合本所前往花蓮港檢測時一起執行
- 7.岸肩底部裂縫開裂應不僅只於寬度上探討，其深度亦很重要，是否能就此部分確認敲擊回音法之應用。



## 第三季工作會議記錄

採購案編號：MOTC-IOT-102-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

時間：102年8月29日（星期四）下午1時30分

地點：國立中山大學海洋環境工程學系 4013 會議室

出席者：港研中心謝明志科長、柯正龍研究員

財團法人臺灣營建研究院張嘉峰博士、簡臣佑工程師

國立中山大學李賢華教授

記錄：簡臣佑工程師

---

### 討論議題

第三季工作內容說明及進度報告。

### 主要結論

1. 維護管理系統部分，經簡報說明，目前均依進度執行中，惟需注意本次工作內容提及之擴大港灣構造物資料庫與建置檢測報告產出模組……等工作項目，應符合港務管理單位實際應用，此外，請再新增基隆港碼頭基本資料與檢測案例。
2. 結構安全評估方法研擬部分，請研究團隊除提出分析方法外，另應提供評估案例，俾利理解與實務參用。
3. 請研究團隊確實掌握研究進度與工作項目內容，並於契約規定期限內履約項目。

交通部運輸研究所（港研中心）

MOTC-IOT-102-H1DB0066 港灣構造物安全檢查評

估之研究（3/4）

第 3 季工作會議簽到冊

時間：民國 102 年 8 月 29 日 下午 1 時 30 分

地點：國立中山大學海洋環境工程學系 4013 會議室

主席：謝明志 記錄：柯正龍

出席人員

臺灣營建研究院：

張嘉峰 簡臣佑

國立中山大學：

李俊華

## 附錄三

# 「碼頭構造物維護管理手冊」座談 會會議記錄

## 「碼頭構造物維護管理手冊」座談會會議記錄

採購案編號：MOTC-IOT-102-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

時間：102年7月11日（星期三）下午1：30

地點：財團法人臺灣營建研究院

出席者：健行科技大學土木系許書王教授、陳明正教授、交通部臺灣區國道高速公路局王吉杉科長、中興顧問股份有限公司陳護升工程師、交通部運輸研究所港灣技術研究中心謝明志科長、陳桂清研究員、柯正龍研究員、臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司陳華雄督導、康復堯工程師、臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司蘇澳港營運處張傳榮工程師、臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司范良基工程師、財團法人臺灣營建研究院張嘉峰博士、簡臣佑工程師

記錄：簡臣佑工程師

### 討論議題

碼頭構造物維護管理手冊(臺灣營建研究院張嘉峰博士簡報略)。

### 主要結論

專家學者所提之意見	臺灣營建研究院答覆及處理情形
健行科技大學土木系 陳明正教授	
1.若本手冊僅在初擬階段，建議於手冊封面加註草案，以免造成誤解。	將於手冊中加註「草案」。
2.腐蝕電位檢測應用於港灣結構物目前成功案例不多，使用機率來推測腐蝕的方法亦非很好的方式，建議慎選或於手冊中加註說明。	此部份研究團隊在來考量如何修正。
3.針對鑽心試驗的部份，若僅需了解結構強度，建議以反彈錘取代較佳。	若在手冊中說明不採用鑽心來了解混凝土強度，此部份變革較大，恐會造成問題。當然，鑽心後填補的良劣會對混凝土造成影響，研究團隊後續在考量如何措辭於手冊中。

<b>健行科技大學土木系許書王教授</b>	
1.建議於手冊中加註案例解說。	已加註於手冊封面中。
2.手冊中的名詞請統一，如「工程師」與「工程司」等。	已檢視並將角色相同的名詞統一。
3.手冊用字請盡量簡潔。	遵照辦理。
4.手冊中之單位需統一用法，如公釐或 mm。	遵照辦理。
5.工法對應不同的劣化狀況等級，此應不為固定，建議可對工法之優劣與適用時機予以說明，以便使用者參考。	此部份若能收集相關工法的文獻，將予以補充。
6.經常巡查的建議執行單位於文中有所不同，請確認。	此部份已修正。
7.檢測標準針對裂縫部分在狀況等級為 3 說明為「局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3~5mm 以內)」，應為 3~5mm 之間。	已修正。
8.簡報第二頁提及的「預算編列」，建議以「決策及執行」較佳。	謝謝委員意見，將參照修正。
<b>三、交通部臺灣區國道高速公路局王吉杉科長</b>	
1.手冊部分建議未來可將補強部分納入，以便更為完整。	感謝委員意見，因受限於本案執行時間，故將於期末中建議。
2.手冊中也需要對基本資料的建置方式予以著墨。	由於手冊以維護管理為主，故此部份較無著墨，僅說明與基本資料建置較為相關之編碼方式，未來將予以補充。
3.高公局對巡查與檢測是有所區別的，巡查意指僅用人前往檢視而無儀器的部份，故需確認手冊中對此兩名詞的定義。但名詞的定義與使用者有關，若港灣管理單位有既定之用語，則依循即可。	此部份港灣領域較無制式之用語，目前將以「巡查」來定義為以人力進行港灣構造物目視檢視作業之內容。
4.在初步評估上，單一構件與整體碼頭評估是以哪個為主？或者要如何應用，應於一開始說明。	目前初步評估單一構件排序乃作為構件修復優先序之用，而整體碼頭初評，則供管理單位綜覽港區碼頭狀況的指標，並不會作為維修之依據。

四、中興顧問股份有限公司陳護升工程師	
1.定期巡查因包含水下部分，如以兩年一次應會造成港務公司很大的負擔。	目前各類型巡查均為建議值，亦需視實際狀況而定。
2.電位量測部分鋼板樁與鋼管樁由鋼材製成，且皆有設防蝕塊，故其檢測是有其必要性。另外，厚度部分之檢測亦同前述之需求性。	此部份已於手冊中提供相關的儀器檢測技術供使用者參考。
3.劣化狀況等級最差為 4，若構件經巡查後皆為 4，排序將會有所困難。在實際執行時，除探討 D 值外，亦將 E 值一併探討，以便有其差異性。	由於目前檢測標準已將原本的 E 值與 D 值(即劣化狀況)整併，並記錄劣化數量，故若經巡查後，發現構件劣化狀況皆較為惡劣，則可以再依構件劣化數量的加總予以區別。

## 附錄四

### 期中報告審查意見處理情形表

**交通部運輸研究所合作研究計畫  
期中報告審查意見處理情形表**

計畫編號：MOTC-IOT-102-H1DB006b

計畫名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

執行單位：財團法人臺灣營建研究院

審查日期：102 年 07 月 16 日

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
<b>國立臺灣海洋大學 郭世榮教授</b>		
1.本報告第三章現有港灣構造物安全評估方法已提出①混凝土構造物棧橋式碼頭②鋼板樁碼頭等新型評估方式，建議後續可否進行一些簡易的實驗分析，以利工程師了解相關安全評估流程	簡易的實驗分析在本計畫中已進行過，將在後續報告中包括進來，並配合安全評估流程加以說明。	同意辦理方式
2.報告書 2-33 頁及 2-34 頁中，鋼板樁補強工法及增厚工法，建議可在附錄 1-75 頁及 1-76 頁加強說明其相關內容及示意圖。	鋼板樁補強工法已於後續維護管理手冊修正中移除，增厚工法會先由各港務分公司進行收集，如無此相關資料，再考量是否需進行繪製。	同意辦理方式
<b>國立臺灣科技大學 沈得縣教授</b>		
1.本研究為四年期計畫之第三年計畫，主要工作項目為延續第二年計畫進行港灣構造物檢測作業標準制訂，針對現有港灣構造物安全評估方法檢討及從事港灣構造物維護管理系統建置。本期中報告已增加甚多研究成果，值得肯定，但缺中英文摘要，請補充。	已補充。	同意辦理方式
2.依期中報告 P1-3 所示，本計劃之研究對象為碼頭與防波堤等港灣構造物，但附錄 1 所提供者為「碼頭構造物維護管理	期中部分目前是以碼頭部分為主，防波堤部分目前已有檢測標準與檢測方式，待後續修復對策部分補充後，即可完整手冊內	同意辦理方式

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
手冊」，手冊之適用對象未包括防波堤且與本研究題目港灣構造物安全檢查評估之研究不符，請檢討修正。建議修正為「港灣構造物維護管理手冊」。	容，後續將以「港灣構造物維護管理手冊」為名稱。	
3. 港灣構造物維護管理手冊之編訂，建議參考公共工程施工綱要規範格式，相關檢測及試驗方法採用 CNS 國家標準。	手冊中提到之相關修復對策已有部分提及檢測標準，未提到之部分亦以「公共工程施工綱要規範」內容對照，其規範內已自有其相關檢測規範。	同意辦理方式
4. 第一章緒論中缺乏研究進度甘梯圖，以呈現期中報告之預定進度及實際進度，請補充。	已補充甘梯圖。	同意辦理方式
5. 請將各期研究成果加以整理並舉辦教育訓練或公聽會以利推廣應用於實際工程上，並適時作修正。	本計劃於今年度並未有教育訓練之規劃，但前兩期之成果已藉由教育訓練進行推廣，若有需要明年度將與業主討論是否再進行。	同意辦理方式
<b>健行科技大學 許書王教授</b>		
1. 由於工程數量多少與單價有關，團隊在考量編列預算時，對於搶修、維修應有不同單價之性質。	針對搶修與維修之價格差異，將於手冊中之工法內容註明單價使用之限制，以避免造成工程單位使用之困擾，此部份已於報告 2.6.2 節補充。	同意辦理方式
2. 歷次所列之工作會議結論，研究團隊宜有回應之處理。	此部份已補充，請參閱附錄 2。	同意辦理方式
3. 報告中有過多之錯漏字，此將影響品質，請團隊加強檢核。	已修正錯字部分，感謝委員指正。	同意辦理方式
4. 工程單價應與損壞等級有關，報告中針對腐蝕 3 及 4 級均編為 2,350 元，宜考量合理性。	已將腐蝕 3 級對應之「修補水泥砂漿工法」修正為 1,000 元/m <sup>2</sup> 與腐蝕 4 級對應之「混凝土及鋼筋修補」單價以原單價為主。	同意辦理方式

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
5.P2-5 檢測相關是否應加入 AAR。	由於巡查檢測表格中均有提供「檢測員意見」欄位。故當發生此異狀時。建議可將其紀錄於此，以便做相對應之處置。	同意辦理方式
6.P2-27 劣化發生，應有即時維修為佳的作法，可能較不宜僅以持續監測作處置對策。	已重新審視處置對策之內容，並以「持續觀察」取代「持續監測」。若有發生劣化，是以即時維修為佳，但針對平時較不易可及之處(如岸肩底部)，考量其修復所需之假設成本較高，故若僅發生等級 2 或 3 之劣化較不建議立即修復。	同意辦理方式
7.合約內容與實際執行內容應注意是否符合及修正。	感謝委員提醒，已審視契約內容與目前工作是否相符，並已就契約規定之工作內容撰寫鄉對應之章節以便對照。	同意辦理方式
<b>國立臺灣科技大學 鄭明淵教授</b>		
1.P1-6 圖 1.1 中以不同區塊表示進度，但為黑白列印不易分辨其差異。	為避免此問題，已將不同區塊之框線以不同型式之線型繪製以便分辨。	同意辦理方式
2.P4-4 建議 PDA 介面中提供劣化程度參考圖例，使用者可容易判斷劣化程度。	由於 PDA 畫面較小，原設定 PDA 即以文字說明各劣化類型與等級之說明。	同意辦理方式
3.建議補充說明 PDA 版所使用作業系統之限制，PDA 介面是採取網頁架構還是應用軟體(app)，如為應用軟體是否需針對 Microsoft、Apple 或 Google 平台進行開發。	目前系統採用網頁架構，故可攜式電腦(如 PDA 或平板電腦)僅需可上網並有安裝瀏覽器程式即可上網登入使用，並未開發對應之 App 程式。	同意辦理方式
4.P4-12 4.2.2 節中，針對馬可夫鏈、可靠度分析及類神經網路文獻回顧，但並未採用此三種方法，請說明原因。	此部份僅作為劣化預測之文獻收集，以便述明為何本計劃要採用迴歸分析之方式。	同意辦理方式

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
5.P4-31 表 4-9 中比較各分析預測方法，迴歸分析似乎不是最佳之方案，請說明為何最終僅採用迴歸分析。	經比較，相較於其他方法，迴歸分析雖不是最準確之方式，但其方法簡易，且在經本系統之資料收集後，相信可以依此法進行有效的預測。	同意辦理方式
6.P4-34 建議列出迴歸式中各項因子與參數值，即顯示建議之迴歸方程式。	迴歸分析並非使用許多參數，僅由歷年預估與實際修復費用藉以推測未來之實際修復費用，故其輸入之參數應僅為時間。	同意辦理方式
<b>交通部運輸研究所港灣技術研究中心 陳桂清研究員</b>		
1.儀器檢測之適用性，請再詳細斟酌考量。	本案於座談會議進行手冊討論中有專家學者提及由於鑽心取樣仍會影響混凝土結構之性能，故建議在說明中提到若非必要建議可以其他非破壞檢測方式替代，故將以此原則審視手冊中各儀器技術之適用性。	同意辦理方式
2.劣化狀況區分標準，有何依據？	劣化標準乃彙整國內外港灣構造物檢測標準(包含港灣構造物安全檢測與評估之研究、港灣構造物維護管理準則之研究、日本港灣空港技術研究所—棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究與日本海岸保護設施維護管理手冊)等內容，惟有不足之處先由研究團隊制訂之後續再經專家座談會議討論後確定。	同意辦理方式
3.維護管理手冊內容之文字敘述需適當的修正，以達通順易讀。	已修正，感謝委員指正。	同意辦理方式
4.巡查檢測表內容、文字是否適當請再斟酌。	巡查檢測表針對經常部分，考量以單元進行較為繁複，故後續將改採一碼頭為一檢測表格進行。	同意辦理方式

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
5. 維護管理系統應進行實際案例操作之應用，以修正其適用性。	系統部分與檢測方式有其關連性，承上現有較常採用之經常巡查若採用一碼頭進行填表，將可簡化工作，增加其操作性。	同意辦理方式
<b>交通部運輸研究所港灣技術研究中心 柯正龍研究員</b>		
1. 建議已建置之經常巡查表格作為範例，以便推廣。	原有巡查表格是以單元進行檢測，後續將改採一碼頭為一檢測表格進行。	同意辦理方式
2. 重力式部分之評估方式請再補述說明。	將在接續之研究中建議及說明。	同意辦理方式
3. 建議能將本案目前成果，投稿於港灣報導期刊中。	本研究中有關新型結構安全評估方式之相關成果，除將投稿港灣報導之外，並將投稿國外之相關研討會及期刊。	同意辦理方式
<b>交通部運輸研究所港灣技術研究中心 謝明志科長</b>		
1. 針對安全評估部分，下次工作會議請研究團隊李賢華教授務必出席以便討論。	期中報告同時因在國外學術會議中演講，下次工作會議定將參加。	同意辦理方式
2. 有關劣化預測部分，針對相關方法，若後續未採用，則建議刪除。	劣化預測部分為說明為文獻收集，並作為本研究採用方式之比較分析基礎，後續將以簡要方式說明前述之內容，以有其連貫性。	同意辦理方式

## 附錄五

### 期末報告審查意見處理情形表

**交通部運輸研究所合作研究計畫  
期末報告審查意見處理情形表**

計畫編號：MOTC-IOT-102-H1DB006b

計畫名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

執行單位：財團法人臺灣營建研究院

審查日期：102 年 11 月 12 日

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
<b>健行科技大學 許書王教授</b>		
1.以 p2-4 表 2-3 劣化狀況 2 為例，2-3 個部位有裂縫，裂縫寬度 3 mm 以下，若有 3 個以上之部位裂縫寬度仍為 3 mm 以下，其劣化等級如何判斷？	已修正為等級 2 為局部(1m <sup>2</sup> )可見到 2~3 個寬度 3mm 以下的裂縫；等級 3 為裂縫寬度 3~5mm 以內；等級 4 為裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度 5mm 以上，圖示亦一併修正，請參閱表 2-3 所示。	同意辦理方式
2.p2-13 倒數第 5 行及附錄 1-2 第 9 行「專業檢測人員」，請予以定義清楚，以利執行。	已修正，請參閱 p2-13 「(2)定期巡查檢測表」所示。	同意辦理方式
3.p2-24 圖 2-19、p2-41 圖 2-25，宜修正清晰為宜。	圖 2-19 將以彩色照片展現較能凸顯圖中意義，圖 2-25 已修正，請參閱。	同意辦理方式
4.p2-43 倒數第 3 行，「清掃」宜修正為「清潔」。	已更正，請參閱報告 p2-43 所示。	同意辦理方式
5.附錄 1-3 執行單位為工務權責單位或養護單位，應請統一，另同頁定期巡查及特別巡查。應由養護單位正、副主管或指派專人辦理與附錄 1-2 p9 建議人員，不甚相符。	已刪除附錄 1.2 節(1)之項目。	同意辦理方式
6.附錄 1-6 表 2-2 所提圖 2.5 與所附圖說是否對應，請再斟酌。	已補充圖說註解，請參閱附錄 1-6 圖 2.5 所示。	同意辦理方式
7.養護手冊部分，建議未來應詳細審查，以利應用。	遵照辦理。	同意辦理方式
8.所附工程單價應註記時間。	已於報告表 2-24~表 2-34 標註「單價調查日期」。	同意辦理方式

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
<b>國立臺灣科技大學 沈得縣教授</b>		
1. 本計畫為「港灣構造物安全檢查評估之研究」四年期計畫之第3年計畫，主要工作項目為延續第2年計畫，進行港灣構造物檢測作業標準制訂、現有港灣構造物安全評估方法檢討及港灣構造物維護管理系統建置，期末報告內容豐富，值得肯定。	感謝委員肯定。	同意辦理方式
2. 依據期末報告 p1-2 所示，本計畫之目的在建立港灣構造物之維護管理手冊，其中港灣構造物應包括碼頭構造物及防波堤構造物，但期末報告僅提及碼頭構造物維護管理手冊(草案)，並未提出防波堤構造物維護管理手冊(草案)，因此是否滿足本計畫契約規定，應作檢討。	防波堤部分本案前期計畫已建置目視檢測標準，後續將配合防波堤部份之系統更新將其納入維護管理手冊中。	同意辦理方式
3. 依期末報告 p1-3 所示，本計畫研究對象為碼頭與防波堤等港灣構造物，但研究內容侷限於碼頭構造物，而防波堤構造物甚少涉及，理由何在？	防波堤部分本案前期計畫已建置目視檢測標準，後續將配合防波堤部份之系統更新將其納入維護管理手冊中。	同意辦理方式
4. 為方便港灣構造物維護管理手冊推廣及應用，建議應建立各種檢測及評估表格，並優先採用國內之施工規範及檢測標準，作為安全評估之依據。	目前已依不同巡查時機建立不同之評估表格，而評估中相關之標準，已藉由國內既有研究配合國外文獻作為依據，不足之處亦藉由召開座談會議討論決定。	同意辦理方式
5. 期末報告附錄 2 之第一次及第二次會議紀錄中，開會時間誤植為 101 年，應修正為 102 年。	已改正，請參閱附錄 2 所示。	同意辦理方式
<b>國立臺灣海洋大學 郭世榮教授</b>		

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
1. 期末報告第 2-29 頁「壁體漏砂」之”壁體出現孔洞，但並未漏砂”劣化狀況，請補充說明出現孔洞但未漏砂的原因。	「壁體出現孔洞，但並未漏砂」表重力式碼頭壁體出現孔洞，但由於孔洞較小，故並未有漏砂之情形。	同意辦理方式
2. 第 3-10 頁，3.3.3. 小節：一般規則的結構物承受變動載重(例如活載重)，約略可單獨採用值判別其結構安全，但在偶發載重(如地震力)，則與結構的整體韌性(延展性)行為有密切關係，建議在 3.3.3. 小節，是否可加強說明其相關力學理論或是其適用性。	目前發展中結構破壞指標，為根據結構檢測後之破壞狀況數據而建議，材料的韌性也列入相關係數中，所針對的目標為一般使用狀態，在地震或其他天災作用之極端狀態須特別考慮時，則破壞指標之型式將更為複雜，以現有檢測技術能獲得之數據及能檢測之範圍限制下，仍建議先維持原議。	同意辦理方式
3. 表 3-2(第 3-11 頁)之案例，是否可提供一簡易的計算方式，以利工程師瞭解及使用。另請補充說明，表 3-2 中 Avg. $E_i$ 是如何求得。	表 3-2 中之所有算例均為相關公式中所示，未來若結合於系統時，則自動運算系統將能自動計算，Avg. $E_i$ 值由式(3-5)計算出，該算例在相關文獻中有較詳細說明，請卓參文獻。	同意辦理方式
<b>國立臺灣科技大學 鄭明淵</b>		
1. 巡檢表之設計有否考量劣化範圍(如長度、寬度…)，對結構物安全之重要性。	劣化標準如裂縫已考量裂縫寬度、長度的部份註記於劣化數量中。	同意辦理方式
2. 港灣構造物之定義與研究範圍，可做詳細說明。	已於 1.3 節之研究對象與範圍說明以碼頭(包含重力式、板樁式與棧橋式三種)與防波堤等港灣構造物為主。	同意辦理方式
3. 構造物劣化種類與修復工法可考量編碼，然後以構造物劣化類型為直座標，修復工法為橫座標，建立矩陣彙整表。	遵照辦理，請參閱報告表 2-16~表 2-18 所示。	同意辦理方式
4. 個別構件破壞指標與整體破壞指標間是否有關？若有，請說明其關聯性。	整體破壞指標依個別構件破壞的能量與變形(報告式 3-1)與作為整體破壞指標參數之考量，故有其關連性存在。	同意辦理方式

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位 審核意見
5.系統的測試與教育訓練，建議應予落實。	本案今年度並未有教育訓練部分，但於前兩期均有針對成果進行，後續第 4 期會將此工項納入，以推廣研究成果。	同意辦理方式
<b>交通部運輸研究所港灣技術研究中心 陳桂清研究員</b>		
1.構造物各種檢測評估標準，有許多部份諸如：劣化範圍定義、劣化標準等不明，應再檢討。	檢測標準部份已於計畫執行期間召開座談會議討論進行修正與改善，本期期末會議各委員意見已納入修正。	同意辦理方式
2.維護管理系統請再與港務公司相關人員溝通，並實際現地系統測試，已達系統之適用與簡便性。	系統部份已藉由本年度碼頭資料的擴充(基隆港 5 座碼頭)，與基隆港務分公司說明系統內容。	同意辦理方式
3.不同的修護工法，修護單價可能有很大差異，編列維修經費建議做適度調整。	報告所提之修復工法僅針對一般性為主；另外假設工程費用會因個案而有所差異，未包含此部份。	同意辦理方式
4.碼頭維護管理手冊，請再詳細編撰，並製作一冊縮版之簡便管理手冊。	現有手冊編撰目的為讓港灣維護權責單位瞭解維護管理程序中各項步驟之內容，如巡查構件之拆解、目視檢測標準、初步安全評估計算方式與處置對策方式，簡便版之手冊將以巡查時便於查詢，並且能快速依構件劣化類型對應其處置對策為方向進行編撰，建議於下一年度納入。	同意辦理方式

## 附錄六

### 期末報告簡報資料

# 港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)

## 期末報告

計畫主持人：張嘉峰 博士

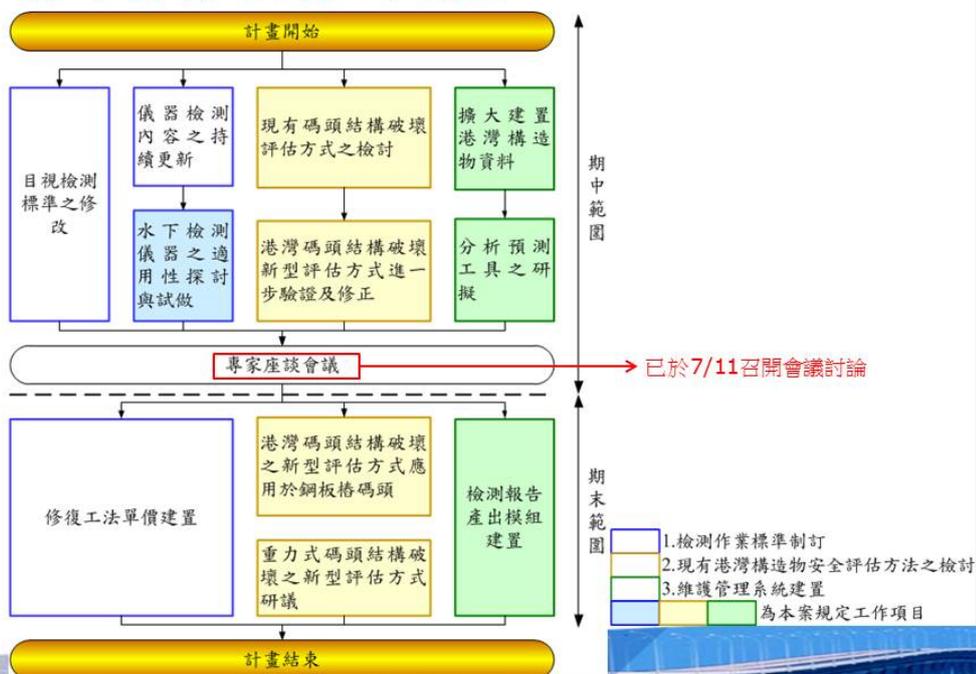
協同主持人：李賢華 教授

廖振程 博士

財團法人臺灣營建研究院

2013.11.12

### 工作項目與研究流程



# 港灣構造物檢測作業標準制訂

## 期中執行成果說明

### 🔍 目視檢測標準內容之修正

- ⊕ 板樁式碼頭本體－壁體－接縫開裂
- ⊕ 附屬設施－起重機軌道之損壞

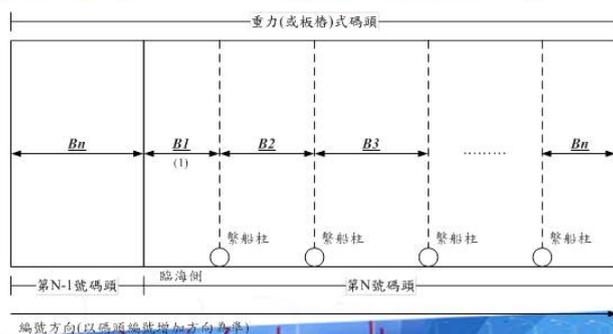
### 🔍 儀器檢測內容之補充

- ⊕ 三維光達(3D Lidar)
- ⊕ 陽極塊腐蝕電位檢測



## 碼頭構造物構件編碼原則修正

- 目前重力與板樁式碼頭以10 m為一單元進行編碼，惟此編碼方式單元切割較多且檢測進行時較不易判別單元，故經專家座談會議後之建議，修正為以繫船柱進行編碼(棧橋式因其結構型式與判別較為容易，故仍維持原有方式)



4

## 碼頭構造物檢測表格修正(1/4)

- 巡查類型、執行單位、巡查時機與巡查方式

種類	建議執行單位	巡查時機	巡查方式
經常巡查	工務權責單位	日常 (建議每月一次)	目視巡查(岸上)
定期巡查	委外發包廠商	固定時間 (建議兩年一次)	目視巡查(包含水下)、 簡單儀器、依需求配合 詳細儀器檢測
特別巡查	工務權責單位	重大災害 事故發生後	目視巡查(岸上)

5

## 碼頭構造物檢測表格修正(2/4)

### 經常巡查檢測表

- ◆ 以整體碼頭岸上構件進行記錄
- ◆ 填寫其最嚴重的劣化狀況等級
- ◆ 紀錄其所發生的單元位置與劣化位置

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭資料		港灣名稱		碼頭編號			
檢測單位:				檢測人:			
碼頭本體							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
岸身	裂縫	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X_Y_	m		
	剝落	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X_Y_	m <sup>2</sup>		
	沈陷	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X_Y_	m <sup>2</sup>		
後緣	沈陷	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X_____	m <sup>2</sup>		
附屬設施							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
繫船柱	腐蝕龜裂	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		-	個		
防銹材	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		第__個	個		
繫樁	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		第__個	個		
起重機軌道	腐蝕位移	<input type="checkbox"/> 1、 <input type="checkbox"/> 2、 <input type="checkbox"/> 3、 <input type="checkbox"/> 4		X_____	m		
檢測員意見:							

6

## 碼頭構造物檢測表格修正(3/4)

### 定期巡查檢測表(表2-11)

- ◆ 採單一單元紀錄方式進行
- ◆ 紀錄最嚴重者之劣化狀況等級與其劣化位置，並將該類型劣化數量以總量紀錄

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭本資料		港灣名稱		碼頭編號			
		碼頭用途		<input type="checkbox"/> 貨櫃碼頭 <input type="checkbox"/> 散雜貨碼頭 <input type="checkbox"/> 客運碼頭 <input type="checkbox"/> 其他碼頭			
檢測資料		碼頭型式		<input type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input type="checkbox"/> 樁橋式 <input type="checkbox"/> 混合式(_____)			
檢測單元		B					
檢測單位:				檢測人:			
碼頭本體							
巡查項目	劣化輕微(D=2)	劣化中等(D=3)	劣化嚴重(D=4)	劣化數量	劣化位置 <sup>m3</sup>	照片編號	
岸身	<input type="checkbox"/> 局部可見到2~3個部位有裂縫(裂縫寬度約3mm以下)	<input type="checkbox"/> 局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約3~5mm之間)	<input type="checkbox"/> 裂縫擴散至整個岸身(裂縫寬度約5mm以上)	m	X: m Y: m		
	<input type="checkbox"/> 混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 $\leq$ 15 cm, 深度 $\leq$ 2.5 cm	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(或鋼筋網)外露腐蝕, 剝落寬度直徑 $\leq$ 15 cm, 深度 $>$ 2.5 cm或剝落寬度直徑 $>$ 15 cm, 深度 $\leq$ 2.5 cm	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土外露腐蝕, 且鋼筋底部混凝土剝落, 且剝落寬度直徑 $>$ 15 cm, 深度 $>$ 2.5 cm	m <sup>2</sup>	X: m Y: m		

7

# 碼頭構造物檢測表格修正(4/4)

## 特別巡查檢測表

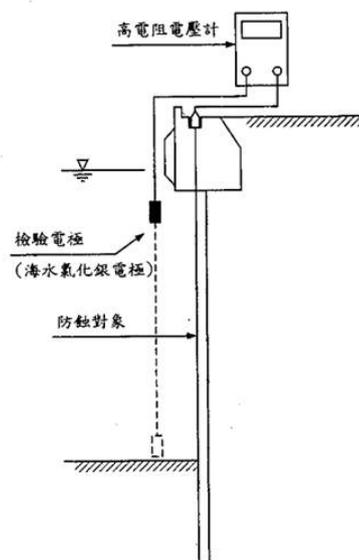
- 此類型巡查乃針對天然或人為災後，為避免二次災害所進行之快速巡查，故以**整體碼頭岸上構件**進行記錄，以檢視是否有達到劣化狀況為**4**之情形
- 構件劣化狀況等級，而以紀錄「**是/否**」值

檢測日期		年 月 日		檢測次數		□陸□海□兩	
碼頭資料	港灣名稱	檢測單位		檢測人員		碼頭編號	
構件名稱		劣化類型		劣化程度		劣化位置	
岸壁	剝離	剝離深度是否超過 5cm? 是□否□			X__Y__	m	
	剝離	鋼筋外露是否超過 15cm, 且剝離面積是否 > 15 cm <sup>2</sup> , 深度 > 2.5 cm? 是□否□			X__Y__	m <sup>2</sup>	
	剝離	是否有嚴重下陷(面積 > 5 m <sup>2</sup> , 深度 > 2.5 cm)(兩次檢核) 是□否□			X__Y__	m <sup>2</sup>	
後緣	剝離	深層嚴重下陷(深度 > 10 cm, 面積 > 10 m <sup>2</sup> ) 是□否□			X__	m <sup>2</sup>	
附屬設施							
繫船柱	腐蝕/剝離	腐蝕/剝離面積是否 > 5 cm <sup>2</sup> ? 是□否□			-	個	
防船柱	腐蝕/剝離	腐蝕/剝離面積是否 > 5 cm <sup>2</sup> ? 是□否□			第__個	個	
系樁	腐蝕/剝離	腐蝕/剝離面積是否 > 5 cm <sup>2</sup> ? 是□否□			第__個	個	
起重機軌道	腐蝕/剝離	軌道間距是否 > 4.25mm, 軌道間距是否 > 10mm, 軌道間距是否 > 10mm? 是□否□			X__	m	

# 水下檢測儀器之適用性探討與試做-防蝕系統(陽極塊)腐蝕電位測定

## 檢測原理

- 防蝕系統效果的檢測通常是以電位的測定來進行，透過高電阻電壓計與檢驗電極來測定鋼質構造物的電位，掌握防蝕設施的電位分佈狀況進而得知防蝕狀態
- 使用海水氯化銀電極進行電位測定，其電位值比 **-780 mV**(腐蝕電位)低的話，就表示處在防蝕狀態



## 儀器檢測內容之補充

### 🎯 檢測注意事項

- ⊕ 實施電位測定的地點通常是在測定裝置設置地點與其相鄰的中間點，並確認其是否有所導通
- ⊕ 為掌握整個防蝕設施電位分佈狀況，則可在距離陽極最遠的地點進行電位測定



10

## 儀器檢測內容之補充

### 🎯 檢測成果

碼頭編號	陽極塊編號	海生物清除前 發生電位(mV)			海生物清除後 發生電位(mV)		
		上	中	下	上	中	下
#4 (花蓮港)	1	-995	-990	-995	-998	-994	-1001
	2	-994	-992	-994	-997	-999	-998
	3	-993	-992	-992	-993	-992	-992
	4	-994	-997	-994	-996	-1002	-997
	5	-993	-995	-992	-999	-1000	-997
	6	-996	-996	-994	-998	-998	-996
	7	-999	-1001	-998	-1001	-1004	-1001
	8	-997	-995	-997	-999	-1001	-1001
	9	-998	-1000	-995	-1001	-1006	-997
	10	-1003	-1004	-1001	-1006	-1012	-1004



11

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🌀 修復工法之處置對策建置說明(1/2)

- ⊕ 處置對策針對各劣化異狀所建議的修復工法進行列表，並於其後說明各工法的施工說明與工料分析，針對一般常用的維修工法，提供現地工程師使用
- ⊕ 內容針對一般性修復工法進行說明，補強工法部分因事涉結構安全與穩定，建議仍需進行結構分析再行設計補強

12

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🌀 修復工法之處置對策建置說明(2/2)

- ⊕ 各型式碼頭劣化異狀與處置對策對照表，如報告表2-16~表2-19(表格中工法編號與其後之工法說明可相互參照)，而工法說明以鋼筋混凝土構造物(C)、鋼構造物(S)與其他構造物(O)加以區分，共計有27項常見的維修工法

13

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### ● 修復工法之處置對策-劣化異狀與處置對策對照表

第1層構件	第2層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部可見到2~3個部位有裂縫(裂縫寬度約3mm以下)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約3~5mm以內)	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約5mm以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性,再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 $\leq 15$ cm, 深度 $\leq 2.5$ cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕,剝落寬度直徑 $\leq 15$ cm, 深度 $>2.5$ cm或剝落寬度直徑 $>15$ cm, 深度 $\leq 2.5$ cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕,且鋼筋底部混凝土剝落,且剝落寬度直徑 $>15$ cm, 深度 $>2.5$ cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性,再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### ● 修復工法之處置對策

#### ⊕ 鋼筋混凝土構件修復工法

鋼筋混凝土構件修復工法	C1	樹脂砂漿塗抹工法	C7	水泥砂漿注射工法
	C2	灌注環氧樹脂工法	C8	水中混凝土澆置工法
	C3	修補水泥砂漿工法	C9	噴凝土修復
	C4	混凝土及鋼筋修補	C10	增厚工法
	C5	陸側水中混凝土填補法	C11	FRP接合工法
	C6	回填料填補壓實法		粗體部分為本期新增

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🎯 修復工法之處置對策

#### ⊕ 鋼構件與其他構件修復工法

鋼構件修復工法	S1	新增鋼板焊補法	其他構件修復工法	O1	拋石護基工法
	S2	水中硬化環氧樹脂塗附法		O2	拋放麻袋混凝土法
	S3	犧牲陽極式防蝕系統		O3	新增護基方塊法
	S4	外加電流式防蝕系統		O4	鋼軌矯正
	S5	鉚釘打設工法		O5	鋼軌汰換
	S6	防蝕包覆修補法		O6	防蝕塗料維修
	S7	防蝕包覆重鋪法		O7	置換繫船柱
				O8	構件脫落之維修
				O9	置換防舷材

粗體部分為本期新增

16

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🎯 修復工法之處置對策-以新增鋼板焊補法(S1)為例

#### ⊕ 一般說明

- ⊕ 裂縫周圍鋼板表面處理後，以水下電焊將新增之鋼板焊補於穿孔或劣化之鋼板樁位置，並於補焊鋼板表面塗裝水中硬化環氧樹脂

#### ⊕ 施工項目

- ⊕ 潛水伏清除海生物、水下電焊焊補鋼板樁、分層塗裝水中硬化環氧樹脂

#### ⊕ 相關規範

- ⊕ 公共工程施工綱要規範第05091章、第05125章，以及「一般鋼料焊接」、「水中硬化劑塗裝工程」

17

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🏠 修復工法單價建置

巡查後之劣化狀況與數量，配合建置的修復工法與該工法的單價，計算各劣化之修復費用。

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{劣化狀況} \\ \hline \text{數量(m}^2\text{)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{修復工法} \\ \hline \text{單價} \\ \hline \text{(m}^2\text{/元)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{修復費用} \\ \hline \text{(元)} \\ \hline \end{array}$$

#### ⊕ 工法單價建置使用方式與困難點

- ⊕ 部分劣化數量記錄單位與修復工法單價單位，無法配合(如墩柱剝落劣化數量記錄為面積(m<sup>2</sup>)，但對應之水中混凝土澆置工法計價為體積(m<sup>3</sup>))。
- ⊕ 部分修復工法單價資料尚收集不夠完整，因此於系統中的工法資料庫，提供未來上傳其相關資料，作為後續分析之用。

18

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🏠 修復工法單價建置

#### ⊕ 參考資料來源

- ⊕ 工程會「公共工程價格資料庫」
- ⊕ 交通部運輸研究所港灣技術研究中心「碼頭本體設施維護管理系統建置之研究」
- ⊕ 臺灣營建研究院「營建物價」
- ⊕ 臺北市政府「RC橋梁維修補強手冊」

19

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🎯 修復工法單價建置

#### ⊕ 使用限制說明

- ⊕ 修復工法僅針對一般常見之方式提供單價建議。針對報告2.6.1節表2-16~表2-19所列之劣化狀況為2、3之等級。
- ⊕ 礙於資料收集，目前鋼筋混凝土修復工法C7~C9與C11、鋼構件修復工法S2、S4與S6與其他構件修復工法O4~O5並未羅列。未來可藉由本案建置之維護管理系統提供維修紀錄模組之功能，來上傳收集。

20

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🎯 修復工法單價建置

#### ⊕ 使用限制說明

- ⊕ 針對報告2.6.1節表2-16~表2-19羅列之處置對策，若其劣化狀況等級為4者，因需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，以利進行結構補強
- ⊕ 表2-20所列之修復工法單價，未包含假設工程費用，因此費用會因個案而有所差異
- ⊕ 因緊急維修與緊急搶修有時間急迫性，修復單價難以估計，故不屬本案修復工法單價範疇

21

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🚧 修復工法單價建置-建置成果

工法名稱	單位	單價(元)
1.鋼筋混凝土修復工法(C)		
(1)樹脂砂漿塗抹工法(C1)	m	937.5
(2)灌注環氧樹脂工法(C2)	m	2,600
(3)修補水泥砂漿工法(C3)	m <sup>2</sup>	1,000
(4)混凝土及鋼筋修補(C4)	m <sup>2</sup>	2,350
2.鋼構造物修復工法		
(1)新增鋼板焊補法(S1)	m	2,082
3.其他修復工法(O)		
(1)拋石護基工法(O1)	m <sup>3</sup>	870
(2)拋放麻袋混凝土法(O2)	m <sup>3</sup>	2,950
(3)新增護基方塊法(O3)	m <sup>3</sup>	3,290
(4)防蝕塗料維修(O6)	個	617
(5)置換繫船柱(O7)	個	22,944
(6)構件脫落之維修(O8)	個	5,629
(7)置換防舷材(O9)	個	56,295
(8)置換車擋(O10)	個	1,350

22

## 修復工法之處置對策補充與單價建置

### 🚧 修復工法單價建置

#### ✦ 單價分析表-以樹脂砂漿塗抹工法(C1)為例

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	樹脂砂漿塗抹工法(裂縫寬度小於0.3mm、龜裂、保護層不足及白華)	m	1			
1	混凝土修復,水刀鑿除,工資	m	1	250.00	250.00	
2	混凝土修復,底漆,工料	式	1	30.00	30.00	
3	混凝土修復,水性壓克力樹脂砂漿,補平	KG	0.1	58.30	5.83	
4	混凝土修復,補平,工資	m <sup>2</sup>	0.1	170.00	17.00	
5	混凝土修復,水性壓克力樹脂砂漿,軟性保護	KG	2.50	180.00	450.00	
6	產品,卜特蘭水泥	KG	2.50	3.00	7.50	
7	混凝土修復,噴塗,工資	m <sup>2</sup>	1.0	150.00	150.00	
8	零星工料(含耗損)	式	1	27.17	27.17	
	計	m	1		937.50	

23



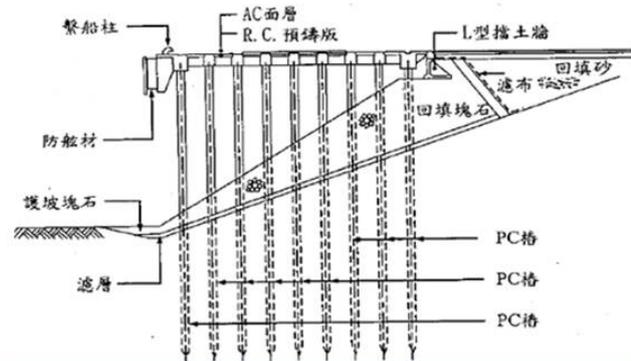
## 現有港灣構造物安全評估方法之檢討

### 各型碼頭檢測後結構安全評估方式

- 🚫 碼頭破壞檢測項目及方法
- 🚫 個別構件破壞指標
- 🚫 整體結構破壞指標
- 🚫 棧橋式碼頭之結構安全評估方式
- 🚫 板樁式碼頭之結構安全評估方式
- 🚫 重力式碼頭之結構安全評估方式

## 棧橋式碼頭之構件破壞指標

棧橋式(landing pier)碼頭。利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。如圖所示即棧橋式碼頭結構型式，碼頭面版可用鋼筋混凝土構造，基樁則以PC、RC或鋼管樁作為碼頭岸壁之支撐。



26

## 棧橋式碼頭個別構件破壞指標

- 個別構件之評估方式以破壞指標來敘述

$$D_e = \frac{\delta_{Me}}{\delta_{ue}} + \frac{\beta_e}{pQ_{ye} \delta_{ue}} \sum_i^p E_i^e$$

- 該評估式主要由 **Park and Wen (Park and Wen, 1986)** 所發展之鋼筋混凝土梁破壞指標之發展而來
- 構件  $e$  破壞前累計吸收之能量，假設為由數個 ( $p$  個) 斷面之破壞情形累積得出，單一斷面之破壞能量表示如下為：

$$E_i^e = \sigma_{ri} \delta_{est.i}$$

27

## 棧橋式碼頭之整體指標

- 本階段研究中整體結構指標，經重新整合並簡化，以便應用於其他型式之碼頭結構後，修正如下

$$\Phi = \frac{2}{M} \sum_e^M \left[ \frac{\phi_r}{\phi_l} \cdot \delta_e^{\alpha_e} \right]$$

- 若相互銜接之構件為同一型式之構件，如均屬版構件，或均為梁構件時

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}]$$

- M** 為結構體中屬於主結構構件之總數， $\phi_l$  = 結構設計之荷載因子， $\phi_r$  = 結構設計時與構件型式相關之減強因子

28

## 其他相關參數表示式

$$\delta_e = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{\sum E_i}{\Delta} + \frac{\delta_{Me}}{\delta_{ue}} \right]$$

$$\alpha_e = \frac{1}{\alpha_{le} \alpha_{ve}}$$

其中 $\Delta$ 為相關材料之延展性，目前依據鋼筋混凝土最大應變與彈性應變之比設 $\Delta=5$

$\alpha_{ve}$  為檢測數據變異數參數，其表示式為： $\alpha_{ve} = (1 - \text{檢測數據誤差百分比})$ 。

$\alpha_{le}$  則為包含斷面損失、裂縫分佈及延展性損失等檢測結果之參數

29

## 棧橋式碼頭整體結構安全指標相關之係數

參數	範圍	定義	判斷依據
De	≥1.0	構件現況破壞係數	依檢測數據計算
$\alpha_{ve}$	≤ 1	實測數據變異係數	(1 - 檢測數據誤差%) / 0.95，若 ≤ 5% 則不以計入
$\alpha_{le}$	≤ 1	延展性損失係數	$\alpha_{le} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$
$\beta_1$	≤ 1	延展性線材（鋼筋）斷面損失係數	(1 - $R_{sl}$ )
$\beta_2$	≤ 1	構件材料（混凝土）劣化係數	(1 - $R_{dl}$ )
$\beta_3$	≤ 1	脆性影響係數	(1 - $R_{cl}$ )

30

## 棧橋式碼頭結構安全評估

$$S_d \leq S_n \cdot \Phi$$

- 🚫  $S_n$  為設計時之標稱強度(nominal strength)，例如所使用之材料強度
- 🚫  $S_d$  則為設計時實際所用之強度(design strength)
- 🚫 若檢測之數據經過以上之過程運算後，能滿足整體結構安全評估指標，則結構在使用上為安全，僅需做日常一般性檢測維修即可，若否則必須做進一步較大規模之維修或更複雜之改建或重建等

31

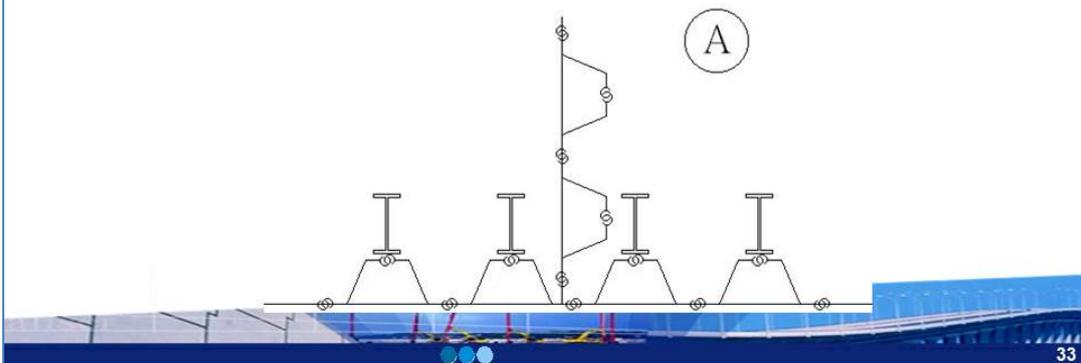
## 單獨以 $\Phi$ 值作安全判定時

- ⚽ **Level 1**： $\Phi$ 值  $\geq 0.85$  時，結構基本為安全僅需日常檢測維修即可
- ⚽ **Level 2**： $0.85 > \Phi$ 值  $\geq 0.68$ 時，結構安全有局部威脅，需進一步進行檢修，但仍可使用。
- ⚽ **Level 3**： $0.68 > \Phi$ 值  $\geq 0.50$ 時，結構安全有重大問題，應停止使用或做即時監測並進行大型檢修
- ⚽ **Level 4**： $\Phi$ 值  $< 0.50$ 時，結構已重大毀損為不堪用狀態，應立即停止使用並考慮重建計畫

32

## 鋼板樁碼頭構造

- ⚽ 下圖中所示為典型之鋼板樁構造情形，其構造為凹凸相間之鋼板彼此組合而成一片牆狀之擋土結構。而實際的構造若從斷面圖中，可以看出來其為兩片Z-型鋼板組合而成。為了加強側向抵抗力，對於較深的鋼板樁碼頭陸側有時還加上I-型鋼板，以增加其對於側向外力之抵抗



33

## 鋼板樁碼頭破壞檢測

### 鋼板樁之破壞主要有三大原因：

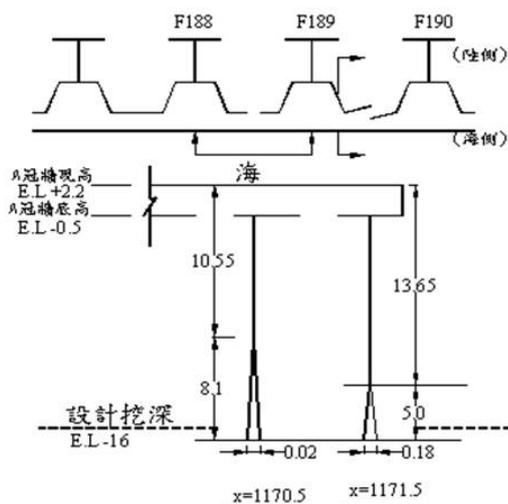
- ✧ 一為鋼板樁本身鏽蝕、破洞
- ✧ 二為鋼板樁接合處破壞、此兩者均可能造成碼頭後線回填區土壤之淘空
- ✧ 三為及整體位移及岸壁上方冠牆破壞



水下進行鋼板樁厚度檢測

34

## 鋼板樁碼頭之破壞檢測



35

## 鋼板樁碼頭之個別構件破壞指標

- 本階段研究中將以目前發展之應用於抗彎構件之新型安全評估方法，在相關參數重新修正後應用用於鋼板樁碼頭之安全評估。
- 鋼板樁之設計及分析均假設外力為均勻分佈時，取鋼板樁剖面以類似懸臂樑之受力方式來分析。因此在有限寬度鋼板樁之岸壁間，若有以上所述之破壞現象時，亦可以設計時所使用之分析方法加以分析。
- 其優點為：一、不同構造型式但受力方式類似之碼頭，所使用之安全評估方式具有一致性；二、依構造型式之差異、評估重點也加以區分，對於構造物應力行為之掌控將更為貼切；三則為不同材料之檢測方法及結果之應用能更加適切之考慮。

36

## 鋼板樁碼頭之個別構件破壞指標

- 因此鋼板樁構件之指標估算，其中如構件 $e$ 代表某一長度段碼頭(依實際檢測時之規劃而定)。該段碼頭破壞前累計吸收之能量，假設為由數個( $p$ 個)斷面之破壞情形累積得出，斷面之定義為檢測時不同深度之檢測位置。單一斷面(檢測深度處斷面)之破壞能量表示如下為

$$E_i^e = \sigma_{ri} \delta_{est,i} \longrightarrow D_e = \frac{\delta_{Me}}{\delta_{ue}} + \frac{\beta_e}{pQ_{ye} \delta_{ue}} \sum_i^p E_i^e$$

- 式中  $\sigma_{ri}$  = 斷面 $i$ 之強度(remaining strength)；
- 估算之該斷面最大可能變形能力(remaining deforming capability)

37

## 鋼板樁碼頭之個別構件破壞指標

- 但由於鋼板樁通常不進行強度檢測，且鋼鐵材料構造物之承載能力(構件勁度)之損失通常肇因於構件斷面損失，因此本研究中、鋼板樁之斷面強度將以剩餘斷面強度(remaining resistance)表示如下：

$$\sigma_{ri} = \sigma_{oi} \times \left(1 - \frac{t_i}{d_o}\right)^3$$

- 式中  $\sigma_{oi}$  為鋼板樁設計時之原始強度、 $t_i$  及  $d_o$  則分別為鋼板樁之損失厚度及鋼板樁斷面計算慣性矩之原始深度。



38

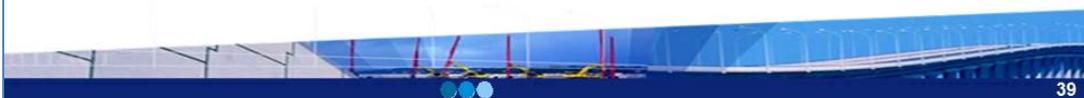
## 鋼板樁碼頭之整體破壞指標

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}]$$

- 式中， $M$  為結構體中屬於主結構構件之總數，同樣則為包含斷面損失、裂縫分佈及延展性損失等檢測結果之係數，但由於鋼板樁本身為延展性材料，且在構造中無其他脆性材料相結合之。因此、係數應用於鋼板樁構造時將較為簡化。其中影響係數之參數  $\beta_1$  為鋼板樁斷面損失係數，表示如下

$$\alpha_{ie} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$$

$$\beta_1 = (1 - \text{鋼板樁斷面損失率}) = (1 - R_{sl})$$



39

## 鋼板樁碼頭整體結構破壞指標相關之係數

參數	範圍	定義	判斷依據
De	$\geq 1.0$	構件現況破壞係數	依檢測數據計算
$\alpha_{ve}$	$\leq 1$	實測數據變異係數	(1 - 檢測數據誤差%) / 0.95，若 $\leq 5\%$ 則不以計入
$\alpha_{ie}$	$\leq 1$	延展性損失係數	$\alpha_{ie} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$
$\beta_1$	$\leq 1$	鋼板樁損失係數	(1 - $R_{sl}$ )
$\beta_2$	$\leq 1$	板樁厚度損失外，材料劣化係數	(1 - $R_{dl}$ )
$\beta_3$	$\leq 1$	裂縫或破損係數	(1 - $R_{al}$ )

40

## 鋼板樁碼頭之整體安全評估

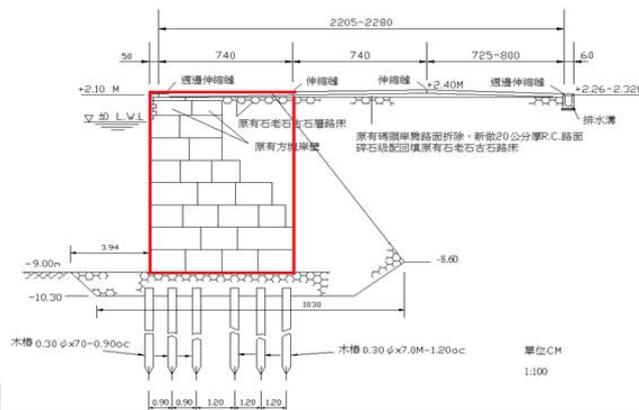
$$0.85 \leq \Phi$$

-  上式中  $\Phi$  則為計算所得之整體結構安全指標，其值必須至少為原設計綜合安全係數值之**0.85**倍，結構方視為安全。
-  若檢測之數據經過以上之過程運算後，能滿足整體結構安全評估指標，則結構在使用上為安全，僅需做日常維修即可，若否則必須做進一步較大規模之維修或更複雜之改建或重建等。

41

## 重力式碼頭結構破壞之新型評估方式

- 重力式碼頭構造在設計分析時主要以靜力分析為主。其考慮要件主要為以結構物本身之重力抵抗外力之作用，其中包括了抗彎矩作用及抗剪力作用，結構材料之主要性質則為重量及底床土壤性質。因此在安全分析上，通常以靜力分析為主



42

## 重力式碼頭之破壞檢測

- 重力式碼頭檢測的項目又可分為整體結構變形檢測及附屬設施檢測，整體結構變形檢測中包含之檢測項目有：碼頭壁體(海側冠牆面)傾斜、位移檢測，碼頭法線平直度偏移檢測，碼頭面破壞、沈陷檢測，混凝土方塊及冠牆破壞檢視等
- 碼頭非主結構體的檢測項目則不限於碼頭型式包括有：護舷材(或防舷材)破損、劣化及裂縫檢查；繫船柱外觀鏽蝕程度、基座混凝土裂縫、柱體損壞、移位及變形檢測；其他附屬設施如擋車牆破損、斷裂等

43

## 重力式碼頭之個別破壞指標

- 重力式碼頭在設計時必須做壁體滑動、壁體傾覆及基礎承载力檢討，以確定碼頭之安全性。碼頭壁體傾覆危害指標及碼頭壁體滑動危害指標為

$$D_m = 1.2 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{l_l}{l_0} \right)$$

$$D_f = 1.2 \cdot \left( 1 - \frac{l_l}{l_0} \right)$$

- 式中  $l_l$  及  $l_0$  分別為重力式碼頭壁體之損失底寬及原設計底寬，而損失底寬則依照壁體基礎之土壤性質，及檢測時超挖或掏刷深度，配合土壤力學原理加以估算得出

44

## 重力式碼頭之個別破壞指標

- ⊗ 超挖深度內土壤崩塌範圍，亦即壁體寬度內損失之單位長度土壤面積

$$l_l = \frac{h_o}{\frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma} \tan \phi} = \frac{h_o \gamma}{(\gamma - \gamma_0) \tan \phi}$$

- ⊗ 式中

- ⊗  $h_o$  為超挖深度、 $\gamma$  為土壤單位體積重、 $\gamma_0$  則為海水單位體積重、 $\phi$  為土壤崩塌角。

45

## 重力式碼頭之整體結構破壞指標

- 假設整體重力式碼頭檢測後，共有M個結構單元之數據，則重力式碼頭之整體破壞指標如下式

$$D_e = \frac{1}{p} \sum_i^p \frac{1}{2} (D_{mi} + D_{fi})$$

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\delta_e^{\alpha_e}]$$

- 式中

$$\delta_e = \frac{D_e}{1.2}$$

46

## 重力式碼頭之破壞指標之相關參數

- $\beta_1$ 為重力式碼頭沉陷量係數

$$\beta_1 = (1 - \text{碼頭不均勻沉陷損失率}) = (1 - R_{sl})$$

- 材料劣化對於重力式碼頭之影響，主要為沉箱式碼頭較為明顯。除了沉箱式碼頭之外， $\beta_2 = 1$

$$\beta_2 = (\text{d-混凝土壁面劣化深度})/d = (1 - R_{dl})$$

- $\beta_3 = (1 - \text{孔洞體積占原體積比}) = (1 - V_{tc}/V_0) = (1 - R_{vl})$

式中 $V_0$ 為該檢測範圍重力式碼頭之總體積。

47

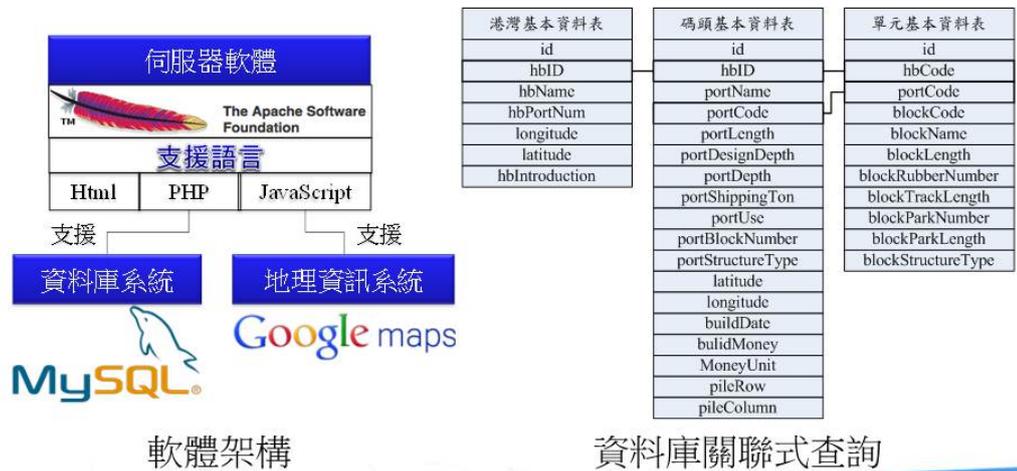
## 重力式碼頭整體結構安全指標相關之係數

參數	範圍	定義	判斷依據
De	$\geq 1.0$	構件現況破壞係數	依檢測數據計算
$\alpha_{ve}$	$\leq 1$	實測數據變異係數	(1 - 檢測數據誤差%)/0.95，若 $\leq 5\%$ 則不以計入
$\alpha_{ie}$	$\leq 1$	綜合損失係數	$\alpha_{ie} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$
$\beta_1$	$\leq 1$	碼頭沉陷量係數	(1- $R_{sl}$ )
$\beta_2$	$\leq 1$	材料劣化係數	(1- $R_{dl}$ )
$\beta_3$	$\leq 1$	孔洞體積係數	(1- $R_{vl}$ )



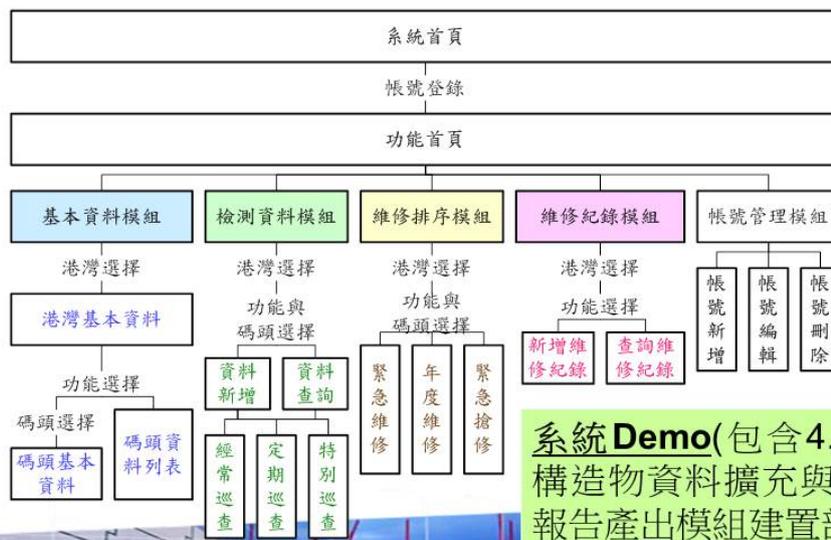
# 維護管理系統更新與港灣構造物資料擴充

## 維護管理系統更新



# 維護管理系統更新與港灣構造物資料擴充

## 維護管理系統更新



## 分析預測工具之研擬

### 🎯 分析方法之選擇

- ⊕ 分析預測的目的，本計畫鎖定為：碼頭構造物未來修復經費之編列與預測，供管理單位作為未來預算編列之用。
- ⊕ 考量與檢測程序與標準作一結合。本計劃針對各構件的可能劣化狀況建立標準，以利各構件一旦有劣化產生，即有其維護對策來因應，輔以檢測期間，記錄劣化數量與系統內建置的工法單價資料庫，即可產出修復費用預估的編列，提供現地工程師參考。
- ⊕ 故採取以迴歸分析配合檢測後預估修復費用，以利後續維修經費編列之用。

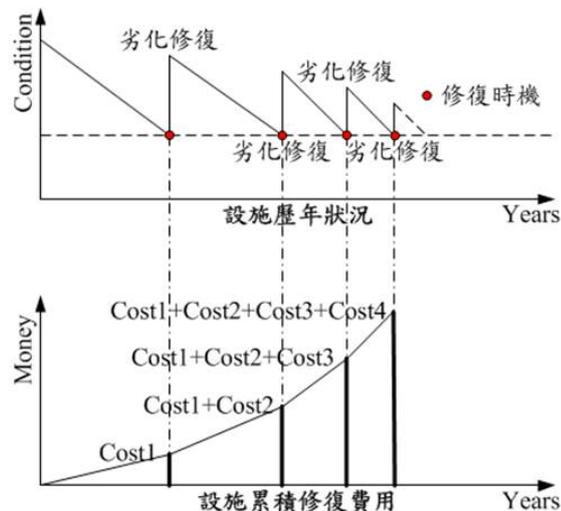
52

52

## 分析預測工具之研擬

### 🎯 資料迴歸預測說明

#### ⊕ 概念



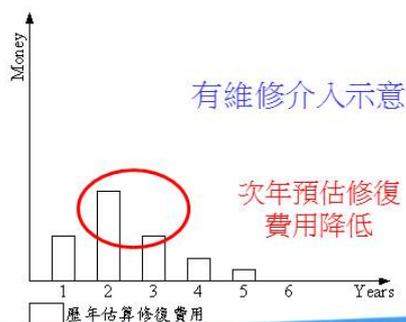
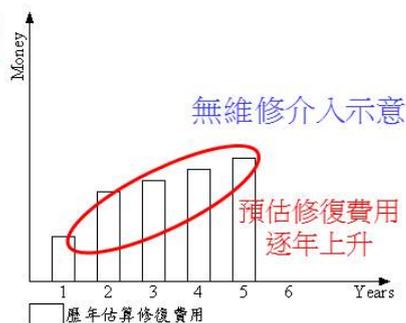
53

53

## 分析預測工具之研擬

### 資料迴歸預測

- Step1: 各年度估算修復費用 ( $C_{(E,i)}$ , E為估算金額 (estimate), i為年) 計算:  $C_{(E,i)}$  藉由歷年巡查後資料將各構件劣化數量配合劣化類型所需修復工法之單價進行計算而得。

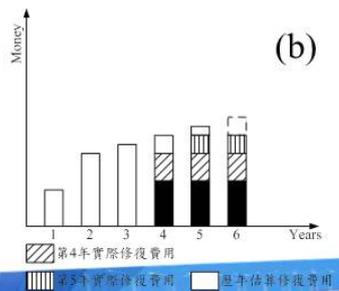
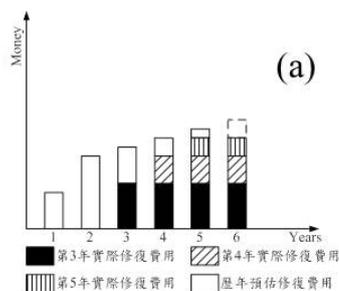


54

## 分析預測工具之研擬

### 資料迴歸預測

- Step2: 各年度實際修復費用 ( $C_{(R,i)}$ , R為實際發生金額 (Real), i為年): 如有年度實際修復費用發生, 則將各年度實際修復費用累加, 如圖 (a) 所示。若圖 (b) 第3年未有實際修復, 理論上, 該年度的預估修復費用將會隨時間增加 (劣化程度亦同步增加)

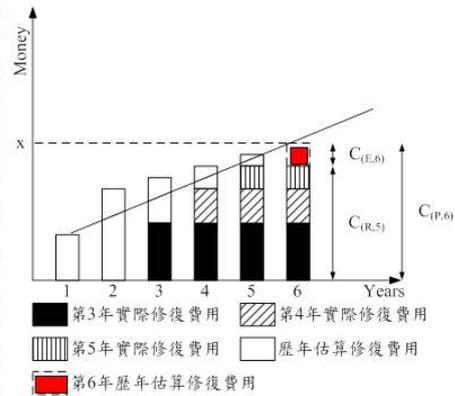


55

# 分析預測工具之研擬

## 資料迴歸預測

◆ **Step3**：預測修復累加費用 ( $C_{(P,i)}$ , P為預測金額(Predict), i 為年)：將各年修復費用 ( $C_{(E,i)}+C_{(R,i)}$ )迴歸分析，可推估下一年度，或若干年後之年度修復費用(如圖之 $C_{(P,6)}$ 所示)。第6年度修復費用需將 $C_{(P,6)}$ 扣除累加至前一年度之實際修復費用( $C_{(R,5)}$ )即為該年度估算修復費用( $C_{(E,6)}$ )



$$C_{(E,i)} = C_{(P,i)} - C_{(R,i-1)}$$

# 分析預測工具之研擬

## 檢測資料之實例計算(1/7)

◆ **基隆港西14號碼頭**

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化程度	劣化面積	劣化長度(m)
B7	土堤-岸肩	裂縫	2		10.34
B15	土堤-岸肩	剝落	3	0.5	
B7	土堤-岸肩	剝落	3	0.3	
B1	面板-岸肩	剝落	3	2.56	
B10	面板-岸肩	剝落	3	0.84	
B10	面板-岸肩	剝落	3	0.4	
B14	面板-岸肩	剝落	3	0.18	
B14	面板-岸肩	剝落	3	0.15	

樹脂砂漿塗抹工法  
**(C1)**

混凝土及鋼筋修補  
**(C4)**

# 分析預測工具之研擬

## 🎯 檢測資料之實例計算(2/7)

⊕ 各年度估算修復費用( $C_{(E,i)}$ )計算：修復工法列表

劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
裂縫	2	局部可見到2~3個部位有裂縫(裂縫寬度約3mm以下)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)、 <b>混凝土面層修補法(C2)</b>
	3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約3~5mm以內)	灌注環氧樹脂工法(C3)、 回填料填補壓實法(C4)
	4	裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約5mm以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C4)
剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 $\leq 15$ cm，深度 $\leq 2.5$ cm	修補水泥砂漿工法(C5)
	3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 $\leq 15$ cm，深度 $>2.5$ cm或剝落寬度直徑 $>15$ cm，深度 $\leq 2.5$ cm	混凝土及鋼筋修補(C6)
	4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落且剝落寬度直徑 $>15$ cm，深度 $>2.5$ cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

58

# 分析預測工具之研擬

## 🎯 檢測資料之實例計算(3/7)

⊕ 混凝土及鋼筋修補(C4)(參考台北市RC橋梁維修補強手冊)

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
	混凝土剝落及鋼筋銹蝕修補	m <sup>2</sup>	1			
1	水刀鑿除鬆脫混凝土及表面	式	1	150	150	
2	環氧樹脂接著劑	式	1	100	100	
3	鋼筋除銹並塗上防銹漆	式	1	150	150	
4	樹脂砂漿修補材料	式	1	910	910	
5	二級技工	工	0.3	1700	510	
6	小工	工	0.5	1500	450	
7	廢料處理	式	1	30	30	
8	零星工料(含耗損)	式	1		50	
	計	m <sup>2</sup>	1		2,350	

59

59

## 分析預測工具之研擬

### 🎯 檢測資料之實例計算(4/7)

⊕ 基隆港西14號碼頭各年度估算修復費用( $C_{(E,i)}$ )計算(節錄，詳請參閱附錄3所示)：

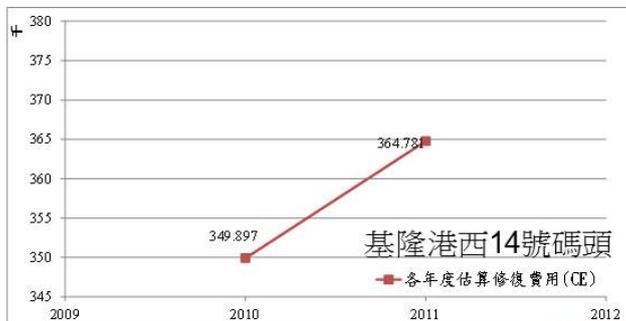
單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化程度	劣化面積	劣化長度(m)	單價	複價
B7	土堤-岸肩	裂縫	2		10.34	937.5	9694
B15	土堤-岸肩	剝落	3	0.5		2350	1175
B7	土堤-岸肩	剝落	3	0.3		2350	705
B1	面板-岸肩	剝落	3	2.56		2350	6016
B10	面板-岸肩	剝落	3	0.84		2350	1974
B10	面板-岸肩	剝落	3	0.4		2350	940
B14	面板-岸肩	剝落	3	0.18		2350	423
B14	面板-岸肩	剝落	3	0.15		2350	353

60

## 分析預測工具之研擬

### 🎯 檢測資料之實例計算(5/7)

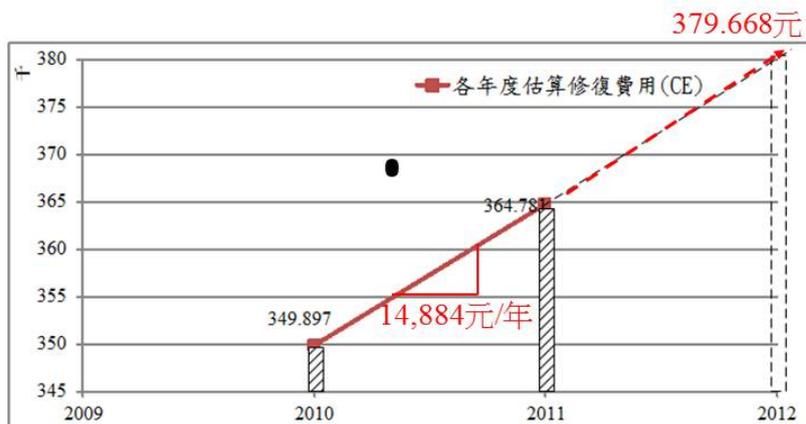
- ⊕ 各年度實際修復累加費用( $C_{(R,i)}$ )：本研究目前並無實際修復費用( $C_{(R,i)}$ )資料
- ⊕ 預測修復累加費用( $C_{(P,i)}$ )：2010年度為349,897元，2011年度為364,781元，由於目前僅兩個數值，故僅繪製一直線



61

## 分析預測工具之研擬

### 🏆 檢測資料之實例計算(6/7)



62

## 分析預測工具之研擬

### 🏆 檢測資料之實例計算(7/7)

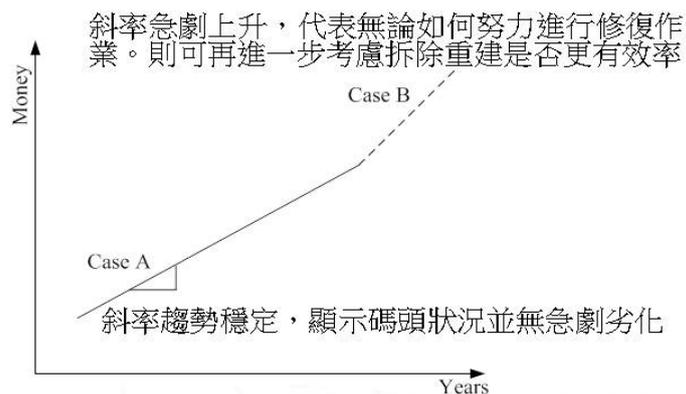


63

# 分析預測工具之研擬

## 分析預測工具之討論

- ⊕ 隨著估算修復費用與實際修復費用資料的增加，將更有效反應實際之情形。



64

## 結論與建議

## 結論(1/3)

### 🎯 港灣構造物檢測作業標準制訂

- ✓ 碼頭構造物單元編碼修正：針對重力與板樁式碼頭修正以繫船柱作為切割依據，以利實際作業之需。
- ✓ 各類型巡查表格修正：完成經常、定期與特別巡查檢測表格。
- ✓ 儀器檢測紀錄之增列：增加3D光達檢測與防蝕系統(陽極塊)腐蝕電位測定技術之案例。
- ✓ 修復工法之處置對策補充與單價建置：本年度增列18項工法，對應構件各劣化狀況等級之處置方式，並針對常見之修復工法，建置其單價，配合劣化數量予以估算修復費用。

66

## 結論(2/3)

### 🎯 現有港灣構造物安全評估方法之檢討

- ✓ 各類型碼頭安全評估方法之建立：完成各類型碼頭安全評估方法之建置(簡報P31~P48)。
- ✓ 各類型安全評估方法案例之分析：針對各類型碼頭安全評估方法，提供案例作為應用時之參考。

67

## 結論(3/3)

### 🏆 港灣構造物維護管理系統建置

- ✓ 維護管理系統更新與港灣構造物資料擴充：更新既有維護管理系統，資料庫並增加5座碼頭之基本資料，亦可操作進行經常、定期與特別巡查。
- ✓ 檢測報告產出模組建置：已建置依巡查日期，產出各類型巡查報告之模組，以便管理單位使用。
- ✓ 分析預測工具之研擬：結合巡查程序，由實際之巡查紀錄，估算修復費用，亦可預測未來修復費用。本計畫將基隆港西14號碼頭2010與2011年度的岸上巡查資料配合今年度岸上巡查資料進行其差異分析，其主要差異為沉陷所致。
- ✓ 單價部分除使用既有建置資料外，未來可配合維護管理系統中之維修記錄模組分析相關資料藉以求得修復工法單價

68

## 建議

- 🏆 由於本年度針對「港灣構造物檢測作業標準制定」部分，已初步完備，未來將於此架構上，擴大港灣設施資料的建置(例如剩餘之基隆港碼頭基本資料)，以增加「港灣構造物維護管理系統建置」部分的可操作性；並持續收集歷年維護工法的資料，充實單價資料庫。港灣構造物安全評估部分，後續建議針對分析方法擬定安全評估程序，以便使用時有所依循。

69



簡報完畢 敬請指教



期中審查意見回覆概要

## 期中審查意見回覆概要(1/4)

### 參與審查人員及其所提意見

### 合作研究單位處理情形

國立臺灣海洋大學 郭世榮教授

本報告第三章現有港灣構造物安全評估方法已提出1.混凝土構造物棧橋式碼頭、2.鋼板樁碼頭等新型評估方式，建議後續可否進行一些簡易的實驗分析，以利工程師了解相關安全評估流程

簡易的實驗分析在本計畫中已進行過，將在後續報告中包括進來，並配合安全評估流程加以說明

國立臺灣科技大學 沈得縣教授

港灣構造物維護管理手冊之編訂建議參考公共工程施工綱要規範格式，相關檢測及試驗方法採用CNS國家標準

手冊中提到之相關修復對策已有部分提及檢測標準，未提到之部分亦以「公共工程施工綱要規範」內容對照，其規範內已自有其相關檢測規範

72

## 期中審查意見回覆概要(2/4)

### 參與審查人員及其所提意見

### 合作研究單位處理情形

健行科技大學 許書王教授

1. 由於工程數量多少與單價有關，團隊在考量編列預算時，對於搶修、維修應有不同單價之性質

針對搶修與維修之價格差異，將於手冊中之工法內容註明單價使用之限制，以避免造成工程單位使用之困擾。此部份已於報告2.6.2節補充

2. 工程單價應與損壞等級有關，報告中針對腐蝕3及4級均編為2,350元，宜考量合理性

已將腐蝕3級對應之「修補水泥砂漿工法」修正為1,000元/m<sup>2</sup>與腐蝕4級對應之「混凝土及鋼筋修補」單價以原單價為主

3. P2-5檢測相關是否應加入AAR

由於巡查檢測表格中均有提供「檢測員意見」欄位。故當發生此異狀時。建議可將其紀錄於此，以便做相對應之處置

73

## 期中審查意見回覆概要(3/4)

### 參與審查人員及其所提意見

### 合作研究單位處理情形

國立臺灣科技大學 鄭明淵教授

1. 建議補充說明PDA版所使用作業系統之限制，PDA介面是採取網頁架構還是應用軟體(app)，如為應用軟體是否需針對Microsoft Apple或Google平台進行開發

目前系統採用網頁架構，故可攜式電腦(如PDA或平板電腦)僅需可上網並有安裝瀏覽器程式即可上網登入使用，並未開發對應之App程式

2. P4-31表4-9中比較各分析預測方法，迴歸分析似乎不是最佳之方案，請說明為何最終僅採用迴歸分析

經比較，相較於其他方法，迴歸分析雖不是最準確之方式，但其方法簡易，且在經本系統之資料收集後相信可以依此法進行有效的預測

74

## 期中審查意見回覆概要(4/4)

### 參與審查人員及其所提意見

### 合作研究單位處理情形

交通部運輸研究所港灣技術研究中心 陳桂清博士

1. 巡查檢測表內容、文字是否適當請再斟酌

巡查檢測表針對經常部分，考量以單元進行較為繁複，故後續將改採一碼頭為一檢測表格進行

2. 維護管理系統應進行實際案例操作之應用，以修正其適用性

系統部分與檢測方式有其關連性，承上現有較常採用之經常巡查若採用一碼頭進行填表，將可簡化工作增加其操作性

交通部運輸研究所港灣技術研究中心 柯正龍研究員

1. 建議已建置之經常巡查表格作為範例，以便推廣

原有巡查表格是以單元進行檢測，後續將改採一碼頭為一檢測表格進行

2. 重力式部分之評估方式請再補述說明

將在接續之研究中建議及說明

75