

101-27-7601

MOTC-IOT-100-H1DB006b

港灣構造物安全檢查評估之研究 (1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 3 月

GPN : 1010100335

定價 250 元

101-27-7601

MOTC-IOT-100-H1DB006b

港灣構造物安全檢查評估之研究 (1/4)

著 者：陳桂清、柯正龍、廖振程、張嘉峰、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 101 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(1/4)/陳桂清等著.

--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，民 101.03
面 ； 公分

ISBN 978-986-03-1795-4 (平裝)

1. 港埠工程 2.港埠管理

443.3

101002661

港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

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 (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 101 年 3 月

印 刷 者：群彩印刷科技股份有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：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：1010100335

ISBN：978-986-03-1795-4 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部
運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所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(1/4)			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-03-1795-4 (平裝)	政府出版品統一編號 1010100335	運輸研究所出版品編號 101-27-7601	計畫編號 100-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：廖振程 研究人員：張嘉峰、李賢華、簡臣佑、邱信諺、張永昌、林嘉澤 地址：231 新北市新店區中興路 2 段 190 號 11F 聯絡電話：02-89195000		研究期間 自 100 年 2 月 至 100 年 11 月
關鍵詞：港灣構造物、檢測標準、執程序、新式評估方法			
摘要： 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。 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。 本計畫係針對碼頭(重力式、板樁式與棧橋式等型式)與防波堤等港灣構造物，藉由本所歷年已完成之碼頭檢測評估研究等基礎，初步擬定碼頭安全檢查方式與評估程序，並深入探討與擴充。本年度（民國100年）為4年期計畫執行之第1年，研究內容主要針對各種不同型式碼頭，研擬安全檢查與評估標準，並蒐集國內外相關文獻，進行比較分析，建置檢測執程序與撰寫維護管理手冊(包含碼頭檢測分類與實施頻率、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)，提出結合目視與儀器檢測之新式評估方法。研究成果除可提供各港務局依據各港碼頭設施特性，建立維護管理制度與實務應用參考外，另將提供產官學研各界依其不同需求酌參，及作為本所後續相關研究依據及參考。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
101 年 3 月	268	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。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 (解密條件：☐ 年 月 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密) ☒普通			
備註：本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**

TITLE: The research of Safety Inspection Assessment for Harbor Structures			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-03-1795-4 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010100335	IOT SERIAL NUMBER 101-27-7601	PROJECT NUMBER 100-H1DB006b
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kuei-Ching Cheng PROJECT STAFF: Jeng-Long Ko PHONE: 04-26587118 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM February 2011 TO November 2011
RESEARCH AGENCY: Taiwan Construction Research Institute PRINCIPAL INVESTIGATOR: J. C. Liao PROJECT STAFF: Chia-Feng Chang, H. H. Lee, C. Y. Jian, S. Y. Chiu, Y. C. Chang, C. J. Lin ADDRESS: 11F, No.190, Sec. 2, Zhongxing Rd., Xindian Distric, New Taipei City 231, Taiwan (R.O.C.) PHONE: (02) 89195000			
KEY WORDS: Harbor Structure, Inspection Standard, Inspecting Procedure, New Assessment Method			
ABSTRACT: According to the two major policies, "Rebuilding international gateway to enhance national competitiveness" and "Promoting sustainable green transportation to meet the carbon reduction," provided by The Ministry of Transportation and Communications (MOTC), the main commercial ports of Taiwan must be strengthened the effectiveness of port facilities to improve servicing capacity and quality. Those would reach the core values of international ports and rebuild competitiveness of transportation hub in East Asia; they also boost the local economical development. Recent decades, public transportation and other major construction projects extensively have been made of reinforced concrete, because the durability of reinforced concrete leads little to none maintenance. However, structures are very vulnerable to damage due to its servicing environments (such as being corrosive and ultra-loaded). Its durability and safety is increasingly being questioned and concerned. This project is a four-year period project that focused on the harbor structures including gravity type wharf, sheet-pile type wharf, trestle type wharf and breakwater. By applying historical projects achievements, the project is executed at the first year as follows: establishing the field inspecting procedure and safety evaluating standard, drawing up a appropriate maintaining manual which contains inspection types and frequency, structural component principles, visual inspection assessment and equipments inspection advices and repair arrangement. Finally the study achievements would provide ports and other authorities with an appropriate maintaining strategy.			
DATE OF PUBLICATION March 2012	NUMBER OF PAGES 268	PRICE 250	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRE ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

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
第二章 港灣構造物目視檢測標準制訂	2-1
2.1 國外港灣構造物目視檢測標準研析	2-1
2.1.1 碼頭目視檢測標準	2-1
2.1.2 防波堤	2-6
2.2 國內港灣構造物目視檢測標準研析	2-12
2.3 港灣構造物目視檢測標準制訂	2-23
2.4 小結	2-33
第三章 港灣構造物檢測程序與手冊研擬	3-1
3.1 國內外港灣構造物維護管理程序文獻	3-1

3.1.1 國外港灣構造物維護管理程序	3-1
3.1.2 國內港灣構造物維護管理程序	3-11
3.2 港灣構造物檢測程序建置	3-20
3.2.1 港灣構造物檢測類型、頻率、注意事項與程序	3-20
3.2.2 港灣構造物構件編碼原則	3-23
3.2.3 系統資料庫架構規劃	3-27
3.3 港灣構造物檢測手冊研擬	3-32
3.3.1 總則	3-32
3.3.2 設施狀態檢測	3-32
3.3.3 設施評價方法	3-33
3.3.4 修復補強方式	3-35
3.4 小結	3-59
第四章 港灣構造物實作模擬訓練	4-1
4.1 基隆港西 14 號碼頭目視檢測	4-1
4.2 基隆港西 14 號碼頭設施評價	4-11
第五章 港灣結構安全檢測評估方式	5-1
5.1 實驗規劃	5-9
5.2 試驗材料基本性質分析及模具介紹	5-10
5.2.1 試驗材料分析	5-10
5.2.2 細粒料之含水量、比重、面乾內飽和水量即表面水量之試驗	5-15
5.2.3 粒料標準篩分析	5-17

5.2.4 粒料單位重及孔隙率試驗	5-18
5.3 各項參數選定	5-19
5.3.1 混凝土配比選定	5-19
5.3.2 鋼筋量選定	5-21
5.3.3 組別編號方式	5-23
5.4 試體製作過程	5-23
5.4.1 綁筋	5-23
5.4.2 模具組裝及鋼筋定位	5-24
5.4.3 混凝土之拌合程序及澆灌	5-28
5.5 試驗項目	5-29
5.5.1 抗壓強度試驗	5-29
5.5.2 疲勞破壞試驗	5-30
5.6 試驗設備介紹	5-33
5.7 實驗結果分析討論	5-38
5.7.1 模型 RC 梁設計	5-38
5.7.2 MTS 往覆荷載疲勞破壞試驗結果	5-39
5.7.3 破壞指標應用於試驗結果之探討	5-50
第六章 結論與建議	6-1
6.1 結論	6-1
6.2 建議	6-2
參考文獻	參-1

附錄一 工作會議紀錄.....	附錄 1-1
附錄二 專家座談會議紀錄.....	附錄 2-1
附錄三 期中審查意見回覆表.....	附錄 3-1
附錄四 期末審查意見回覆表.....	附錄 4-1
附錄五 期末報告審查簡報.....	附錄 5-1

圖目錄

圖 2.1 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖	2-7
圖 2.2 重力或板樁式碼頭構件層級.....	2-24
圖 2.3 棧橋式碼頭構件層級.....	2-28
圖 3.1 生命週期維護管理之概念.....	3-1
圖 3.2 設施資產維護管理系統架構圖.....	3-8
圖 3.3 重要的資產管理架構必要條件.....	3-9
圖 3.4 新南威爾斯省航海局與碼頭所有人所扮演之角色.....	3-10
圖 3.5 各公共渡輪碼頭之安全檢查及核定程序步驟.....	3-11
圖 3.6 港灣構造物安全檢測實施流程圖	3-16
圖 3.7 維護管理工作流程圖.....	3-19
圖 3.8 碼頭設施維護管理程序.....	3-23
圖 3.9 港灣設施各類型維修程序.....	3-23
圖 3.10 重力與板樁式碼頭編碼示意.....	3-24
圖 3.11 重力或板樁式碼頭俯視圖	3-25
圖 3.12 重力或板樁式碼頭正視圖	3-25
圖 3.13 棧橋式碼頭編碼示意	3-25
圖 3.14 棧橋式碼頭岸肩底部梁版編號示意.....	3-26
圖 3.15 港灣防波堤設施檢測方式說明.....	3-26
圖 3.16 港灣設施檢測巡查時機與程序.....	3-32
圖 3.17 單一構件設施評價說明.....	3-34

圖 3.18 整體設施評價說明	3-35
圖 3.19 防水箱涵示意	3-51
圖 3.20 灌漿管示意	3-52
圖 3.21 特密管於墩柱海床交接面之修復	3-53
圖 3.22 使用微細混凝土於牆面構造修復示意	3-53
圖 3.23 使用微細混凝土於梁修復示意	3-54
圖 3.24 碼頭鋼板(管)樁犧牲陽極法示意圖	3-55
圖 3.25 碼頭鋼板(管)樁外加電流法示意圖	3-55
圖 3.26 沉箱重整工法示意圖	3-56
圖 3.27 沉箱分離式工法示意圖	3-57
圖 3.28 樁式碼頭構造工法示意圖	3-58
圖 3.29 棧橋式碼頭修復工法示意圖	3-59
圖 4.1 基隆港西 14 號碼頭單元示意	4-1
圖 4.2 基隆港西 14 號碼頭(重力式)整體評價	4-19
圖 4.3 基隆港西 14 號碼頭(棧橋式)整體評價	4-19
圖 5.1 鋼筋混凝土梁之累積變形計算示意圖	5-6
圖 5.2 細粒料級配曲線圖	5-12
圖 5.3 模具上視示意圖	5-13
圖 5.4 模具 3D 示意圖	5-14
圖 5.5 模具照片	5-14
圖 5.6 養護齡期及抗壓強度圖	5-21

圖 5.7 鋼筋量 0.03 之配筋示意圖	5-22
圖 5.8 鋼筋量 0.015 之配筋示意圖	5-23
圖 5.9 鎖上兩邊夾板	5-25
圖 5.10 將一邊側板推至最底	5-26
圖 5.11 以粉筆在底板上標記鋼筋位置	5-26
圖 5.12 將鋼筋以熱熔膠固定在底板並加以補強	5-27
圖 5.13 確定寬度是否正確	5-27
圖 5.14 側板突出部分開口處與根部數值一樣即為鉛直	5-28
圖 5.15 疲勞破壞試驗示意圖	5-31
圖 5.16 以螺絲系統將 RC 柱鎖死於底板上	5-32
圖 5.17 Strain Gauge 擺放位置	5-32
圖 5.18 直徑 12cm 標準圓柱鐵模	5-34
圖 5.19 電子秤	5-34
圖 5.20 電子游標尺	5-35
圖 5.21 圓筒式混凝土拌合機	5-35
圖 5.22 MTS 油壓系統致動器	5-36
圖 5.23 MTS 控制器及訊號接收器	5-36
圖 5.24 單軸雙線應變規	5-37
圖 5.25 應變規訊號接收器	5-37
圖 5.26 萬能材料試驗機	5-38
圖 5.27 H2-1 力量位移圖	5-41

圖 5.28 H2-2 力量位移圖	5-42
圖 5.29 H2-3 力量位移圖	5-42
圖 5.30 M2-1 力量位移圖	5-43
圖 5.31 M2-2 力量位移圖	5-43
圖 5.32 M2-3 力量位移圖	5-44
圖 5.33 L2-1 力量位移圖	5-44
圖 5.34 L2-2 力量位移圖	5-45
圖 5.35 L2-3 力量位移圖	5-45
圖 5.36 H4-1 力量位移圖	5-46
圖 5.37 H4-2 力量位移圖	5-46
圖 5.38 H4-3 力量位移圖	5-47
圖 5.39 M4-1 力量位移圖	5-47
圖 5.40 M4-2 力量位移圖	5-48
圖 5.41 L4-1 力量位移圖	5-48
圖 5.42 L4-2 力量位移圖	5-49
圖 5.43 L4-3 力量位移圖	5-49

表目錄

表 1-1 本案各年期規劃內容	1-2
表 2-1 棧橋一般點檢診斷之項目與判定基準	2-2
表 2-2 披覆防蝕之一般點檢診斷之方法與劣化程度判定標準	2-3
表 2-3 下部結構詳細診斷之項目與檢測標準	2-4
表 2-4 日本初級評估及二次詳檢之檢測項目及方法	2-8
表 2-5 覆面層(覆面塊體)評估分級指標	2-9
表 2-6 胸牆劣化評估分級指標	2-9
表 2-7 堤頂評估分級指標	2-10
表 2-8 堤前坡評估分級指標	2-10
表 2-9 堤後坡評估分級指標	2-11
表 2-10 砂岸評估分級指標	2-11
表 2-11 基礎評估分級指標	2-12
表 2-12 港灣設施目視檢測標準	2-13
表 2-13 港灣設施目視檢測標準(續)	2-14
表 2-14 重力式碼頭劣化程度目視檢測標準	2-15
表 2-15 板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準	2-16
表 2-16 板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準(續)	2-17
表 2-17 棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準	2-17
表 2-18 棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準(續)	2-18
表 2-19 沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準	2-18

表 2-20 沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準(續).....	2-19
表 2-21 斜坡堤劣化程度目視檢測標準	2-20
表 2-22 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表	2-21
表 2-23 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表(續 1).....	2-22
表 2-24 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表(續 2).....	2-23
表 2-25 本研究建置之重力式碼頭目視檢測標準	2-25
表 2-26 本研究建置之重力式碼頭目視檢測標準(續).....	2-26
表 2-27 本研究建置之板樁式碼頭目視檢測標準	2-26
表 2-28 本研究建置之板樁式碼頭目視檢測標準(續).....	2-27
表 2-29 本研究建置之棧橋式碼頭目視檢測標準	2-28
表 2-30 本研究建置之棧橋式碼頭目視檢測標準(續 1).....	2-29
表 2-31 本研究建置之棧橋式碼頭目視檢測標準(續 2).....	2-30
表 2-32 本研究建置之碼頭附屬設施目視檢測標準	2-31
表 2-33 本研究建置之防波堤設施目視檢測標準	2-31
表 2-34 本研究建置之防波堤設施目視檢測標準(續).....	2-32
表 3-1 重力式碼頭檢測項目及頻率	3-2
表 3-2 板樁式碼頭檢測項目及頻率	3-2
表 3-3 棧橋式碼頭檢測項目及頻率	3-3
表 3-4 防波堤檢測項目及頻率	3-3
表 3-5 資產管理之各國定義	3-5
表 3-7 基隆港務局港埠設施維護檢修作業-重力式碼頭檢測項目及頻率	3-12

表 3-8 基隆港務局港埠設施維護檢修作業-板樁式碼頭檢測項目及頻率	3-12
表 3-9 基隆港務局港埠設施維護檢修作業-棧橋式碼頭檢測項目及頻率	3-13
表 3-10 基隆港務局港埠防波堤(沈箱式)設施維護檢修項目	3-13
表 3-11 基隆港務局港埠防波堤(拋石堤)設施維護檢修項目	3-13
表 3-12 檢測作業種類比較	3-21
表 3-13 重力與板樁式碼頭劣化位置描述說明	3-24
表 3-14 棧橋式碼頭劣化位置描述說明	3-25
表 3-15 港灣基本資料表	3-28
表 3-16 碼頭基本資料表	3-28
表 3-17 碼頭單元基本資料表	3-29
表 3-18 單元檢測資料表	3-30
表 3-19 維修紀錄資料表	3-30
表 3-20 權限管理資料表	3-31
表 3-21 構件拆解資料表	3-31
表 3-22 維修工法資料表	3-31
表 3-23 重力式碼頭權重	3-33
表 3-24 板樁式碼頭權重	3-33
表 3-25 棧橋式碼頭權重	3-34
表 3-26 重力式碼頭劣化異狀與處置對策	3-36
表 3-27 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(續 1)	3-37

表 3-28 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(續 2).....	3-38
表 3-29 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策	3-38
表 3-30 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續 1).....	3-39
表 3-31 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續 2).....	3-40
表 3-32 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策	3-40
表 3-33 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 1).....	3-41
表 3-34 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 2).....	3-42
表 3-35 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 3).....	3-43
表 3-36 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 4).....	3-44
表 3-37 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策	3-45
表 4-1 碼頭單元目視檢測紀錄表(以岸肩底部為例).....	4-2
表 4-2 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整	4-3
表 4-3 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 1).....	4-4
表 4-4 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 2).....	4-5
表 4-5 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 3).....	4-6
表 4-6 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 4).....	4-7
表 4-7 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 5).....	4-8
表 4-8 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 6).....	4-9
表 4-9 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 7).....	4-10
表 4-10 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整	4-11
表 4-11 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 1).....	4-12

表 4-12 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 2).....	4-13
表 4-13 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 3).....	4-14
表 4-14 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 4).....	4-15
表 4-15 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 5).....	4-16
表 4-16 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 6).....	4-17
表 4-17 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 7).....	4-18
表 5-1 整體結構破壞指標相關之係數	5-8
表 5-2 水泥物理性質	5-10
表 5-3 水泥之化學成分	5-11
表 5-4 粗粒料之基本性質	5-11
表 5-5 細粒料之物理性質	5-11
表 5-6 細粒料之級配分析表	5-12
表 5-7 初始規劃配比.....	5-20
表 5-8 各圓柱試體平均抗壓數據	5-20
表 5-9 決定使用的配比材料表	5-21
表 5-10 H2 組受力位移數據.....	5-40
表 5-11 M2 組受力位移數據	5-40
表 5-12 L2 組受力位移數據.....	5-40
表 5-13 H4 組受力位移數據.....	5-40
表 5-14 M4 組詳細受力位移數據.....	5-41
表 5-15 L4 組受力位移數據	5-41

表 5-16 試驗數據得出之構件吸收能量數據	5-50
表 5-17 各組構件之原始強韌度及比較	5-51

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。

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，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。

針對國內港灣構造物是否安全堪用，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。國內雖已有初步之成果，然為建立本土化之結構物評估制度，港灣構造物安全檢查評估之研究確有其必要性。

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，做低效益、無專業技術之表面粗淺之維護工作。而英、美、日等先進國家則均依環境腐蝕特性，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，因此需建立一套完善的港灣構造物檢測程序與安全評估方法。

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，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，本案有以下 3 項主要之目的：

- 1.港灣構造物檢測標準之研析。
- 2.港灣構造物檢測程序及檢測手冊研擬。
- 3.現有港灣構造物檢測成果安全評估方法之檢討。

本案為四年期第一年期計畫，後續規劃架構如表 1-1 所示：

表 1-1 本案各年期規劃內容

年期	第一年	第二年	第三年	第四年
工作內容				
目視檢測	1.國內檢測標準之概況分析。	檢測標準之試用。	—	—
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。	水上檢測儀器之適用性探討。	水下檢測儀器之適用性探討。	建立港灣構造物儀器技術項目與檢測程序。
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。	複合式構件之評估方法擬定。	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.檢測系統試執行。 3.檢測報告產出模組建置。	1.擴大建置港灣構造物資料。 2.系統修正。 3.分析預測工具之研擬。	1.分析預測工具模組建置。 2.持續建置港灣構造物資料。

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，目前交通部運輸研究所港灣技術研究中心已執行「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，再進行更深入之探討與未來港灣設施維護管理系統之建置。

2. 研究計畫範圍

本年度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执行程序，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。

第二章 港灣構造物目視檢測標準制訂

2.1 國外港灣構造物目視檢測標準研析

2.1.1 碼頭目視檢測標準

1. 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：此研究僅針對棧橋式結構進行目視檢測標準之訂定，其依結構特性分為上、下部結構。檢測類型分為一般與詳細點檢，惟上部結構之詳細點檢於此研究屬儀器檢測部分，故將於本研究期末報告說明。檢測標準中，一般點檢除將上部結構下面部與上側面部、鋼管樁檢測標準進行描述外，亦特別針對防蝕披覆部分之檢視方法進行說明。而下部結構詳細檢測檢視標準即配合潛水調查進行，相關說明如表 2-3~表 2-3 所示。

表 2-1 棧橋一般點檢診斷之項目與判定基準

點檢項目			點檢方法	判定基準	
上部工 (上、側 面部)	混凝土 劣化損傷		目視 1.裂縫、剝離、 損傷。 2.鋼筋腐蝕。 3.劣化徵兆。	a	☐ 繫船岸之性能損毀。
				b	☐ 產生 3mm 以上裂縫。 ☐ 大範圍的鋼筋露出。
				c	☐ 產生 3mm 以下裂縫。 ☐ 局部的鋼筋露出。
				d	☐ 無異狀。
鋼管樁	鋼材腐蝕、龜 裂、損傷(設置 防蝕措施)		目視 1.是否有穿孔。 2.水面上之鋼 材腐蝕。 3.表面損傷狀 況。	a	☐ 因腐蝕之開孔與變形，或其他損 傷。
				b	☐ 低水位線(L.W.L.)附近發生孔 蝕。 ☐ 全體性之鏽蝕情況。
				c	☐ 部分之鏽蝕情況。
				d	☐ 可見鏽蝕或開孔等損傷。
	防蝕 披覆	塗裝	目視 1.劣化比率。	a	☐ 劣化面積 10%以上。
				b	☐ 劣化面積介於 0.3%~10%。
				c	☐ 劣化面積介於 0.03%~0.3%。
				d	☐ 劣化面積小於 0.03%。
		有機、凡 士林、砂 漿、金屬 等披覆	目視 1.鋼材之腐蝕 與露出。 2.披覆材料損 傷。 3.保護材料狀 況。	a	☐ 鋼材露出，並產生鏽蝕。
				b	☐ 披覆材已損傷達鋼材。 ☐ 保護材料損失。
				c	☐ 披覆材未損傷達鋼材。 ☐ 保護材料損壞。
				d	☐ 無異狀。

資料來源：港灣空港技術研究所^[1]

表 2-2 披覆防蝕之一般點檢診斷之方法與劣化程度判定標準

防蝕披覆之種類	點檢方法	判定標準	
塗裝	目視 1.鏽蝕、塗膜鼓起、破損、剝落。 2.劣化比率。	a	☐ 廣範圍的鏽蝕與鼓起。 ☐ 鏽蝕伴隨著廣範圍的裂縫。 ☐ 劣化面積 10%以上。
		b	☐ 大範圍的鏽蝕與鼓起。 ☐ 廣範圍的發生鏽蝕與剝落。 ☐ 劣化面積介於 0.3%~10%。
		c	☐ 散佈著鏽蝕與鼓起。 ☐ 最後一層的塗料剝落與裂縫散佈。 ☐ 劣化面積介於 0.03%~0.3%。
		d	☐ 無顯著的異狀。 ☐ 劣化面積小於 0.03%。
有機披覆	目視 1.鏽蝕、塗膜鼓起、破損、剝落。	a	☐ 披覆脫落嚴重鋼材露出並產生鏽蝕。
		b	☐ 一部份披覆脫落達鋼材，並產生部分鏽蝕。
		c	☐ 披覆零星脫落，且未達鋼材。
		d	☐ 無初期異狀。
礦脂披覆	目視 1.保護層剝落、龜裂、變形與剝離。 2.螺絲腐蝕與脫落。	a	☐ 礦脂披覆脫落，鋼材表面鏽蝕。
		b	☐ 礦脂披覆龜裂。 ☐ 螺栓或螺帽腐蝕。
		c	☐ 礦脂披覆白化。 ☐ 披覆表面出現細微裂縫。 ☐ 螺栓、螺帽與橡膠材鬆脫。
		d	☐ 無初期異狀。
水泥漿披覆	目視 1.砂漿脫落與發生裂縫、剝離(無保護層)。 2.保護層脫落、龜裂、變形(有保護層)。 3.螺絲腐蝕與脫落。	a	☐ 水泥砂漿水泥硬化脫落，鋼材外露腐蝕。
		b	☐ 裂縫寬度增大，小部分的披覆脫落，並有鏽水流出。 ☐ 保護層損失，並有鏽水流出。
		c	☐ 披覆表面產生細微裂縫。
		d	☐ 無初期異狀。
金屬披覆	目視 1.鏽蝕、損傷與脫落。	a	☐ 鋼材表面鏽蝕並產生剝離。
		b	☐ 披覆材出現腐蝕現象，並很快會達到鋼材主體。
		c	☐ 披覆材小範圍損傷，但無腐蝕現象。
		d	☐ 無初期異狀。

資料來源：港灣空港技術研究所^[1]

表 2-3 下部結構詳細診斷之項目與檢測標準

檢查項目		檢查方式	檢測標準	
鋼材腐蝕、龜裂、損傷(防蝕施作之場合)		潛水調查。	a	☐ 因腐蝕之開孔與變形，或其他損傷。
			b	☐ 低水位線(L.W.L.)附近發生孔蝕。 ☐ 全體性之鏽蝕情況。
			c	☐ 部分之鏽蝕情況。
			d	☐ 無異狀。
防蝕披覆	塗裝	潛水調查 1.鏽蝕、塗膜膨脹、破損、剝落。 2.損傷面積。	a	☐ 劣化面積 10%以上。
			b	☐ 劣化面積介於 0.3%~10%。
			c	☐ 劣化面積介於 0.03%~0.3%。
			d	☐ 劣化面積小於 0.03%。
		詳細調查 1.鏽蝕、塗膜膨脹、破損、剝落。	鏽蝕、塗膜鼓起、裂縫、破損等變化狀況圖彙整。	
	有機披覆 礦脂披覆 水泥漿披覆 金屬披覆	潛水調查 1.鋼材腐蝕、露出。 2.披覆材損傷。 3.保護層狀態。	a	☐ 鋼材露出，並產生鏽蝕。
			b	☐ 披覆材已損傷達鋼材。 ☐ 保護材料損失。
			c	☐ 披覆材未損傷達鋼材。 ☐ 保護材料損壞。
			d	☐ 無異狀。
		詳細調查 1.鋼材腐蝕、露出。 2.披覆材損傷。 3.保護層狀態。	鏽蝕、塗膜鼓起、裂縫、破損等變化狀況圖彙整。	
	陽極	潛水調查 1.現存狀況確認	a	☐ 陽極脫落與全部耗損。
			b	☐ 陽極取付有問題。
			c	—
			d	☐ 無脫落等異狀發生。
電氣防蝕(外部電源方式)	直流電源及電氣設備	詳細調查 1.端部的變色。 2.螺栓、螺帽的鬆脫。	a	☐ 端部變色，螺栓與螺帽鬆脫。
			b	—
			c	—
			d	☐ 無異狀。

資料來源：港灣空港技術研究所^[1]

2. 國土技術政策綜合研究所－港灣設施維護管理計畫制訂之基本考量：此研究針對各型式碼頭提供建議之設施維護管理計畫書，藉以作為日本港灣設施管理單位針對其轄下碼頭進行管理之用，以下即針對研究中目視檢測標準進行說明，由於棧橋式碼頭部分與上述雷同，故在此即不再贅述。

(1) 重力式碼頭

點檢項目		點檢方法	判定基準	
岸壁 法線	凹凸、落差	目視移動量	a	相鄰的沈箱間距 20cm 以上之凹凸。
			b	相鄰的沈箱間距 10~20cm 之凹凸。
			c	上述以外之場合，相鄰沈箱凹凸未滿 10cm。
			d	無異狀。
沈箱	混凝土劣化損傷	目視 1. 裂縫、剝落損傷。 2. 鋼筋露出。	a	沈箱內部土砂流出，裂縫與破損。
			b	複數方向 3mm 之裂縫，且鋼筋露出。
			c	一方向 3mm 之裂縫，局部鋼筋露出。
			d	無異狀。
岸肩	沈陷	目視	a	重力式主體背後土砂流出。 重力式主體背後岸肩沈陷。
			b	重力式主體顯著開裂。
			c	重力式主體輕微開裂。
			d	無異狀。
	混凝土與瀝青鋪面落差、裂縫	目視 1. 落差、凹凸、裂縫。	a	可導致車輛行走危險之落差、沈陷、車轍、裂縫。15mm 以上之落差、50mm 以上之凹凸、10mm 以上之車轍、3mm 以上之裂縫。
			b	10~15mm 之落差、20~50mm 之凹凸、未滿 3mm 之裂縫。
			c	未滿 10mm 之落差、未滿 20mm 之凹凸、未滿 10mm 之車轍、微小之裂縫。
			d	無異狀。
海底地盤	掏刷與土砂堆積	潛水調查、水深測量	a	岸壁前深 1m 以上之掏刷。
			b	岸壁前深 0.5m~1m 以上之掏刷。
			c	岸壁前深未滿 0.5m 之掏刷。
			d	無異狀。

資料來源：國土技術政策綜合研究所^[2]

(2)板樁式碼頭

點檢項目		點檢方法	判定基準	
岸壁 法線	凹凸、 落差	目視移動量	a	相鄰的沈箱間距 20cm 以上之凹凸。
			b	相鄰的沈箱間距 10~20cm 之凹凸。
			c	上述以外之場合，相鄰沈箱凹凸未滿 10cm。
			d	無異狀。
板樁 防蝕	保護層	目視、潛水調查 1.鋼材腐蝕露出。 2.保護層狀態。	a	鋼材露出，鏽蝕發生。
			b	保護層發生顯著剝落，鋼材損傷。
			c	保護層發生輕微剝落，鋼材損傷。
			d	無異狀。
岸肩	沈陷	目視	a	重力式主體背後土砂流出。 重力式主體背後岸肩沈陷。
			b	重力式主體顯著開裂。
			c	重力式主體輕微開裂。
			d	無異狀。
	混凝土與 瀝青鋪面 落差、裂 縫	目視 1.落差、凹凸、 裂縫。	a	混凝土鋪面裂縫比率為 $2\text{m}/\text{m}^2$ 。 瀝青混凝土鋪面裂縫率 30%以上。
			b	混凝土鋪面裂縫比率為 $0.5\sim 2\text{m}/\text{m}^2$ 。 瀝青混凝土鋪面裂縫率 20~30%以上。
			c	可見若干裂縫
			d	無異狀。
海底 地盤	掏刷與 土砂堆 積	潛水調查、水 深測量	a	岸壁前深 1m 以上之掏刷。
			b	岸壁前深 0.5m~1m 以上之掏刷。
			c	岸壁前深未滿 0.5m 之掏刷。
			d	無異狀。

資料來源：國土技術政策綜合研究所^[2]

2.1.2 防波堤

由於日本防波堤結構與臺灣較為相似，且有完整的檢測評估方法，因此本小節將就日本農林水產省農村振興局防災課及國土交通省港湾局海岸防災課等共同研擬之海岸保護設施維護管理手冊^[2]之評估內容予以詳細說明，其管理策略及量化檢測觀念，可供臺灣防波堤維護管理機關參考。日本海岸保護設施維護管理，是以生命週期管理(Life cycle management, LCM)的概念進行，由掌握沿海保護設施之老劣化及功能降低的狀況，來執行設施在服務年限內成本/效益比最大化的維護管理。如圖 2.1 所示，若設施尚未破壞至必須更新重作的狀況即加以修補，雖在使用年限內修補次數較多，但累積總費用卻較低。

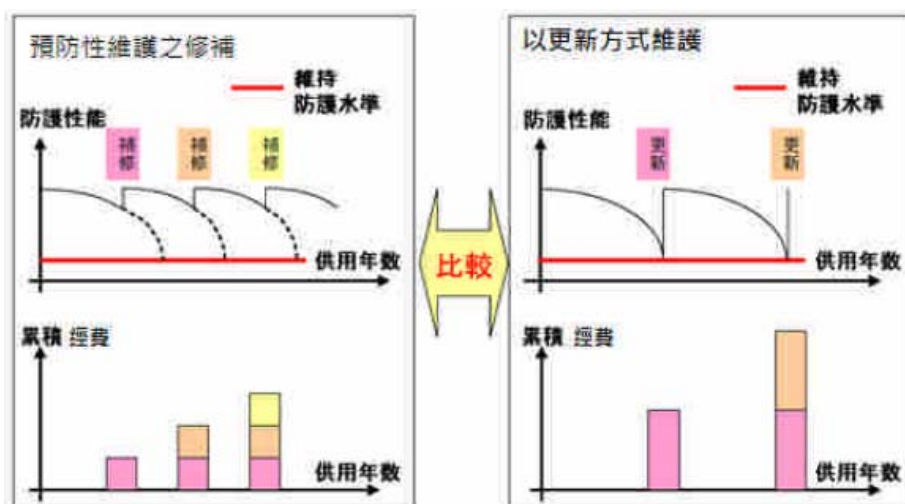


圖 2.1 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[2]

然而為達成預防性維護目標，該手冊亦提出完整的對策：首先對防波堤構造物作初始外觀檢視(初步檢查)，過濾出劣化部位，再實施二次詳細檢測，最後對檢測結果之破壞程度作評估及分級，來決定維護修補策略。初步檢查是以目視法檢查方式快速記錄構造物各部位是否有劣化，而二次詳檢的目的，在確認劣化位置、劣化範圍、及詳細劣化程度。二次詳檢基本檢測的檢測標的部位及項目如表 2-4 所示，檢測時是以尺、裂縫尺、鐵鎚等簡單儀器量測劣化範圍及程度。但為能確實檢查到二次詳檢要求的檢查項目，或是探究劣化成因，須以特殊器具或試驗方法做二次詳檢，其檢測標的及檢測項目亦顯示於表 2-4。舉例而言，前方海底對地盤的掏刷及基礎破壞可能需要以潛水調查，或以雷達探查堤體內部是否有掏空狀況。二次詳檢的結果將做為劣化程度的分級評估的依據，依照各檢查部位所列檢查項目分別評估，由嚴重至輕微分為 A 至 D 級。其中在檢查項目標示為灰階底色部分，是與防波堤受波浪掏刷、衝擊或越波時所造成之連鎖劣化反應相關，最後可能導致潰堤，其餘部分可能與材料老劣化關係較大。

表 2-4 日本初級評估及二次詳檢之檢測項目及方法

檢測位置	檢測項目	檢測項目	初步檢查項目	二次檢查(進階檢查)/檢查方法
胸牆	裂縫	⊙		
	剝離、損傷	⊙	⊙/目測、尺測	
	鋼筋腐蝕	⊙	⊙/目測、尺測	⊙/採樣試驗
	接縫、施工縫位移	⊙	⊙/目測、尺測	
	修補處劣化狀況	⊙		
	防護高度			⊙/測量
	混凝土強度			⊙/鑽心、反彈錘
	混凝土中性化			⊙/中性化試驗
	混凝土鹽害			⊙/鹽分含量試驗
堤頂、堤後坡、堤前坡	沉陷、陷落	⊙	⊙/目測、尺測	
	剝離、損傷	⊙	⊙/目測、尺測	
	裂縫	⊙	⊙/目測、尺測	
	接縫、施工縫位移	⊙	⊙/目測、尺測	
	漏水痕跡	⊙		
	修補處劣化狀況	⊙		
	植生異常繁茂	⊙		
	鋼筋腐蝕註 1	⊙	⊙/目測、尺測	⊙/採樣試驗
	混凝土強度			⊙/鑽心、反彈錘
	混凝土中性化			⊙/中性化試驗
	混凝土鹽害			⊙/鹽分含量試驗
	堤身內部空洞化，堤心流出			⊙/雷達探測、鑽孔量測
砂岸	侵蝕、堆積	⊙	⊙/目測	
覆面層 (覆面塊)	移動、散亂及下滑	⊙	⊙/目測	
	覆面塊體破損	⊙	⊙/目測	
基礎	裂縫			⊙/潛水調查
	剝離、損傷			⊙/潛水調查
	混凝土強度			⊙/鑽心、反彈錘
	混凝土中性化			⊙/中性化試驗
	混凝土鹽害			⊙/鹽分含量試驗
	接縫、施工縫位移			⊙/潛水調查
	移動、下沈			⊙/潛水調查
前面海底地盤	沖刷			⊙/潛水調查
	堤心流出			⊙/潛水調查

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[2]

表 2-5 覆面層(覆面塊體)評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	移動、散亂及滑動	覆面層有一整層以上的減少	覆面層斷面有減少現象(未滿一層覆塊減少)	部分消波塊移動、散亂及下滑	排列未改變
	覆面塊體破損	覆面塊破損損量超過 1/4	不到 1/4 的覆面塊體破損	少數的覆面塊體破損	覆面塊體上有小裂縫

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[2]

表 2-6 胸牆劣化評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	剝離、損傷	發生大範圍且深層的剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍的剝離損傷
	鋼筋腐蝕	有明顯的浮銹，整體鋼筋斷面積有減少	有許多浮銹，鋼筋表面可看到大範圍的鏽蝕	表面有許多的銹痕，推測內部大範圍的鋼筋腐蝕	見到部分銹痕及點蝕
	接縫、施工縫位移	有傾倒或嚴重破損情形	由於位移使得接縫變大。接縫有滲水現象。	有接縫開裂但沒有滲水現象。	接縫處稍有位移，僅看到段差及開裂。

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[2]

表 2-7 堤頂評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本 檢測 項目	沈陷、陷落	混凝土陷落	因堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷
	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	接縫、施工縫位移	有傾倒或嚴重破損情形	由於位移使得接縫變大。接縫有滲水現象。	有接縫開裂但沒有滲水現象。	接縫處稍有位移，僅看到段差及開裂。
	剝離、損傷	發生大範圍且深層剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍剝離損傷

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[2]

表 2-8 堤前坡評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本 檢測 項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	沈陷、陷落	混凝土陷落	堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷
	接縫、施工縫位移	接縫背後砂土滲出	接縫有劣化狀況但無砂土滲出	—	接縫處有微小偏差，僅看到段差及開裂
	剝離、損傷	發生大範圍且深層的剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍的剝離損傷
	鋼筋腐蝕	有明顯的浮鏽，整體鋼筋斷面積有減少	有許多浮鏽，鋼筋表面可看到大範圍的鏽蝕	表面有許多鏽痕，推測內部大範圍的鋼筋腐蝕	見到部分鏽痕及點蝕

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[2]

表 2-9 堤後坡評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	沈陷、陷落	混凝土陷落	因堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷
	接縫、施工縫位移	接縫背後砂土滲出	接縫有劣化狀況但無砂土滲出	—	接縫處有微小偏差，僅看到段差及開裂
	剝離、損傷	發生大範圍且深層的剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍的剝離損傷

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[2]

表 2-10 砂岸評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	侵蝕、堆積	在大範圍的砂岸破壞或是掏刷造成砂崖的形成	有形成砂崖的跡象	海岸線有後退的情況	沒有變化

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[2]

表 2-11 基礎評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	諸如大裂縫或小的龜裂發生	小裂縫發生(裂縫寬度 0.2mm)	無劣化
	剝離、損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	小範圍表面剝離損傷	無劣化
	接縫、施工縫位移	位移明顯並有高差	小規模的位移，並有高差	—	無改變
	移動、下沈	基礎流失或損毀的情形	有小規模的移動或是下沈	—	無異狀

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[2]

2.2 國內港灣構造物目視檢測標準研析

國內目視檢測標準以橋梁設施發展較為完備，且亦有相關規範可依循。其標準依結構劣化情形依「嚴重程度(Degree)」、「範圍(Extend)」、「對設施結構安全性與服務性之影響(Relevancy)」與「維修急迫性(Urgency)」，稱為 D.E.R.&U.評估法。國內港灣構造物目視檢測評估標準之相關研究亦尋此法進行評估，其中以交通部運輸研究所港灣技術研究中心著墨較多，以下即針對該所於民國 89 年委託國立中山大學李賢華教授之「港灣構造物安全檢測與評估之研究」與民國 93 年委託國立臺灣海洋大學郭世榮教授之「港灣構造物維護管理準則之研究」來進行說明：

1. 港灣構造物安全檢測與評估之研究^[3]：此研究以各式碼頭之重點劣化異狀進行管控，如重力式碼頭之漏砂、板樁式碼頭之板樁開裂、棧橋式碼頭之鋼管樁腐蝕與防波堤之基礎沖刷等，並將其劣化程度描述分級，請參看下表 2-12、表 2-13 所示。

表 2-12 港灣設施目視檢測標準

碼頭型式	檢測重點	劣化現象	劣化描述	劣化程度
重力碼頭	基礎冲刷	刷深、沈陷、基礎護石位移	基礎顯示刷深現象，基礎護石觀察出沈陷位移情形	3
			基礎嚴重刷深現象，基礎護石嚴重沈陷或移動情形	4
	側牆岸壁混凝土	傾斜、破損、混凝土剝離龜裂	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	2
			混凝土龜裂，鋼筋完全露出、無腐蝕現象。鋼筋部分露出，且有腐蝕現象。	3
			可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出。	4
	漏砂檢測	漏砂	牆面裂縫已可觀察出漏砂	3
			背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	4
	殘留水位	水位變化	平均水位有稍微降低現象	2
			平均水位有異常降低現象	3
板樁碼頭	板樁開裂	開裂長度、寬度	開裂長度達 10~20cm	2
			開裂長度達 20~30cm	3
			開裂長度達 30cm 以上	4
	鋼板厚度	不足	平均厚度不足為 5~10%以內	2
			平均厚度不足為 10~20%以內	3
			平均厚度不足達 20%以上	4
	鋼板腐蝕檢測	腐蝕	局部區域有鏽蝕集中	2
			帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔現象	3
			連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔範圍擴大且有嚴重漏砂現象	4
	防蝕塊檢測	鏽蝕位置	陰極防蝕塊耗損達設計數量 1/3 時	2
			陰極防蝕塊耗損達設計數量 1/2 時	3
			陰極防蝕塊耗損達設計數量 2/3 時	4

資料來源：李賢華，港灣構造物安全檢測與評估之研究^[3]

表 2-13 港灣設施目視檢測標準(續)

碼頭型式	檢測重點	劣化現象	劣化描述	劣化程度
棧橋式碼頭	基樁傾斜	基樁傾斜、位移	原設計非傾斜基樁產生傾斜現象	3
			多支基樁均產生傾斜或傾斜已造成結構破壞	4
	鋼管腐蝕檢測	腐蝕、穿孔	基樁局部區域有鏽蝕集中	2
			帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔現象	3
			連續性多之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔範圍擴大	4
	樁頂接頭檢測	鬆動、破損	樁頂接頭稍有破損現象	3
			樁頂接頭破損造成連結問題或附近結構之破壞	4
防波堤	基礎沖刷	刷深、沈陷、基礎護石位移	基礎顯示刷深現象，基礎護石觀察出沈陷位移情形	3
			基礎嚴重刷深現象，基礎護石嚴重沈陷或移動情形	4
	側牆岸壁混凝土	傾斜、破損、混凝土剝離龜裂	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	2
			混凝土龜裂，鋼筋完全露出、無腐蝕現象。鋼筋部分露出，且有腐蝕現象。	3
			可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出。	4
	漏砂檢測	漏砂	牆面裂縫已可觀察出漏砂	3
			背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	4
	沈箱面版鋼筋腐蝕	腐蝕	局部區域有鏽蝕集中	2
			帶狀區域的鏽蝕，混凝土出現紅橙色成帶狀剝落	3
			一半區域的鋼筋鏽蝕，混凝土出現紅橙色剝落達構件 1/3 的範圍	4

資料來源：李賢華，港灣構造物安全檢測與評估之研究^[3]

2. 港灣構造物維護管理準則之研究^[4]：此案已進一步將各型式碼頭構件進行拆解，諸如重力式碼頭包含岸壁結構、岸肩與基礎等。其後再針對各拆解構件劣化異狀之劣化程度進行描述與定義，以下即針對碼頭設施(包含重力式、板樁式與棧橋式)與防波堤(包含沈箱式防波堤與斜

坡堤)之目視檢測標準進行說明。

(1)碼頭設施

a.重力式碼頭

表 2-14 重力式碼頭劣化程度目視檢測標準

檢測位置 與項目		劣化描述	劣化 程度
岸 壁 結 構	鋼筋混凝土	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4
	混凝土裂縫	局部可見到 2、3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	2
		混凝土可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)	3
		混凝土裂縫擴散到整個岸壁	4
	混凝土剝落	局部可見到剝落	2
		混凝土鬆動、剝落多(在一小區域面積的四成以下)	3
		混凝土多處鬆動、剝落嚴重(在一小區域面積約四成以上)	4
	岸壁傾斜	輕微傾斜(傾斜度 $\leq 3\%$)	2
		明顯傾斜($3\% < \text{傾斜度} \leq 5\%$)	3
		嚴重傾斜(傾斜度 $\geq 5\%$)	4
	混凝土塊或層 間相對位移	明顯位移	3
		嚴重位移	4
岸 肩	岸肩鋪面龜裂	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下)	2
		鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ²)	3
		鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ²)	4
	岸肩下陷	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	3
		岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	4
基 礎	基礎淘刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	2
		基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	3
		基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	4

資料來源：郭世榮，港灣構造物維護管理準則之研究^[4]

b.板樁式碼頭

表 2-15 板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準

檢測位置 與項目		劣化描述	劣化 程度
岸 壁 結 構	板樁接縫開裂	有輕微開裂(長度約達 10~20cm)	2
		有明顯開裂(長度約達 20~30cm)	3
		明顯嚴重開裂(長度約達 30cm 以上)	4
	防蝕電位	參考電位>-350mV(v.s. Cu/CuSO ₄)	2
		參考電位-350~-850mV(v.s. Cu/CuSO ₄)	3
		參考電位<-850mV(v.s. Cu/CuSO ₄)	4
	冠牆腐蝕	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4
	冠牆裂縫	局部可見到 2、3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	2
		混凝土可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)	3
		混凝土裂縫擴散到整個岸壁	4
	冠牆剝落	局部可見到剝落	2
		混凝土鬆動、剝落多(在一小區域面積的四成以下)	3
		混凝土多處鬆動、剝落嚴重(在一小區域面積約四成以上)	4
	板樁腐蝕	板樁局部區域有生鏽呈點狀膨脹。表層塗料的剝落龜裂呈點狀(缺陷面積率約 0.1%以下)	2
		相當大的生鏽呈點狀膨脹(缺陷面積率約 0.1%以上)	3
		被認為有大範圍的生鏽與膨脹(缺陷面積率約 0.3%以上)	4
	板樁穿孔	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔現象	3
		連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔擴大且有漏砂現象	4
	陰極防蝕塊	陰極防蝕塊厚度輕微損壞	2
		陰極防蝕塊厚度明顯損壞	3
		陰極防蝕塊厚度嚴重損壞	4
	板樁傾斜	輕微傾斜(傾斜度≤3%)	2
		明顯傾斜(3%<傾斜度≤5%)	3
		嚴重傾斜(傾斜度≥5%)	4

資料來源：郭世榮，港灣構造物維護管理準則之研究^[4]

表 2-16 板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準(續)

檢測位置 與項目		劣化描述	劣化 程度
岸 肩	岸肩鋪 面龜裂	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下)	2
		鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ²)	3
		鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ²)	4
	岸肩下 陷	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	3
		岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	4
基 礎	基礎淘 刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	2
		基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	3
		基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	4

資料來源：郭世榮，港灣構造物維護管理準則之研究^[4]

c. 棧橋式碼頭

表 2-17 棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準

檢測位置 與項目		劣化描述	劣化 程度
上 部 結 構	法線變位	法線輕微變位(目視約 0.2~0.3m)	2
		法線嚴重變位(目視約 0.3m 以上)	4
	碼頭面版 龜裂	局部可見到 2、3 個部位有龜裂	2
		混凝土可見到數個部位有龜裂	3
		混凝土擴散到整個面版	4
	碼頭面版 下陷	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	3
		岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	4
	面版鋼筋 腐蝕	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4
	格梁裂縫	局部可見到 2、3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	2
		混凝土可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)	3
		混凝土裂縫擴散到整個岸壁	4
	格梁混凝 土剝落	局部可見到剝落	2
		混凝土鬆動、剝落多(在一小區域面積的四成以下)	3
		混凝土多處鬆動、剝落嚴重(在一小區域面積約四成以上)	4
	格梁鋼筋 腐蝕	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4

資料來源：郭世榮，港灣構造物維護管理準則之研究^[4]

表 2-18 棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準(續)

檢測位置 與項目		劣化描述	劣化 程度
基礎 護 坡	基礎淘刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	2
		基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	3
		基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	4
	護坡破壞	護坡塊石輕微受損(護坡塊石破壞率約 5%以下)	2
		護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5%~20%)	3
		護坡塊石嚴重受損(護坡塊石破壞率約 20%以上)	4
基 樁 結 構	防蝕披覆破 損、脫落	披覆破損	3
		披覆脫落	4
	陰極防蝕塊	陰極防蝕塊厚度輕微損壞	2
		陰極防蝕塊厚度明顯損壞	3
		陰極防蝕塊厚度嚴重損壞	4
	基樁腐蝕 及變形	局部區域有鏽蝕集中	2
		帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔	3
		連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大	4
	基樁破損 、變形	非原設計之明顯傾斜或破裂	3
		非原設計之嚴重傾斜、破裂或樁體曲折	4

資料來源：郭世榮，港灣構造物維護管理準則之研究^[4]

(2)防波堤設施

a.沈箱式防波堤

表 2-19 沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準

檢測位置 與項目			劣化描述	劣化 程度
水 上 部 份	胸 牆	龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			胸牆斷裂	4
		剝離與鋼 筋外露	局部混凝土剝落	2
			胸牆損傷致高度不足	3
			混凝土剝落致鋼筋外露	4
	堤 面	龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			堤面混凝土斷裂	4

表 2-20 沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準(續)

檢測位置 與項目			劣化描述	劣化 程度
水上 部份	堤 面	沈陷	輕微不均勻沈陷(輕微積水)	2
			明顯不均勻沈陷(嚴重積水)	3
		鋼筋外露	局部混凝土剝落	2
			混凝土剝落致鋼筋外露	3
			堤面混凝土斷裂	4
水下 部份	沈 箱	變位	堤體變位不明顯(變位量約<5cm)	2
			堤體變位明顯(變位量約>5cm)	3
			堤體嚴重變位(變位量約>10cm)	4
		傾斜	輕微傾斜(傾斜度≤3%)	2
			明顯傾斜(3%<傾斜度≤5%)	3
			嚴重傾斜(傾斜度>5%)	4
		龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			堤體混凝土斷裂	4
		鋼筋外露	壁體側牆混凝土剝落但鋼筋未外露	2
			壁體剝落致鋼筋外露	3
			堤體混凝土破洞	4
	沈 箱	龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			壁體剝落製鋼筋外露	3
			堤體混凝土斷裂(破洞)	4
	護 基 方 塊	變位	部分發生下陷位移(變位量約<5cm)	2
			小規模下陷位移(變位量約 5~10cm)	3
			大範圍下陷位移(變位量約>10cm)	4
	消 波 塊	滑 落 與 沈 陷	部分消波塊移動或滾落	2
			消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞	3
			消波塊斷面減少，堤體滑動安全率已減低	4
	基 礎 海 床	沖 刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	2
			基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	3
			基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	4

資料來源：郭世榮，港灣構造物維護管理準則之研究^[4]

b.斜坡堤

表 2-21 斜坡堤劣化程度目視檢測標準

檢測位置 與項目			劣化描述	劣化 程度
水上 部份	胸 牆	滑 移	輕微變位(變位量約<5cm)	2
			小規模變位(變位量約>5cm)	3
			大規模變位(變位量約>10cm)	4
		龜 裂 損 傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			胸牆斷裂	4
		鋼 筋 外 露	混凝土剝落致鋼筋外露	3
	堤 面	龜 裂 損 傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			堤面混凝土斷裂	4
		沈 陷	輕微不均勻沈陷(輕微積水)	2
			明顯不均勻沈陷(嚴重積水)	3
		鋼 筋 外 露	局部混凝土剝落	2
			混凝土剝落致鋼筋外露	3
			堤面混凝土斷裂	4
	港 側 坡 面	沖 刷 與 滑 移	護坡塊石輕微受損(護坡塊石破壞率約 5%以下)	2
			護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5%~20%)	3
			護坡塊石嚴重受損(護坡塊石破壞率約 20%以上)	4
		覆 面 層 塊	受損不明顯(護面破壞率約<5%)	2
			明顯受損(護面破壞率約 5~20%)	3
			嚴重(護面破壞率約>20%)	4
水下 部份	消 波 工	滑 落 與 沈 陷	部分消波塊移動或滾落	2
			消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞	3
			消波塊斷面減少，堤體滑動安全率已減低	4
	海 床	沖 刷	輕微沖刷(沖刷坑深度約<50cm)	2
			消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞	3
			消波塊斷面減少，堤體滑動安全率已減低	4

資料來源：郭世榮，港灣構造物維護管理準則之研究^[4]

3.港灣防波堤維護管理系統建置之研究：本研究將斜坡式防波堤與沈箱式及特殊式防波堤劣化程度(D)與維修急迫性(U)列表如下表所示。

表 2-22 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
胸牆	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5cm，寬度<3mm
			局部混凝土剝落	
			輕微變位	變位量<5cm
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5cm，寬度>3mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	鋼筋外露
			胸牆損傷致高度不足	胸牆局部斷裂損傷
			小規模變位	變位量>5cm
堤面	4	4	胸牆斷落	
			大規模變位	變位量>10cm
	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5cm，寬度<3mm
			局部混凝土剝落	混凝土有剝落情形
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5cm，寬度>3mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	
			輕微不均勻沈陷	沈陷量<5cm(擬定值)
港側及海側坡面	4	4	明顯不均勻沈陷	沈陷量>5cm(擬定值)
			堤面混凝土斷裂	
	1	1	無異狀	
	2	2	受損不明顯	拋石坡面破壞率約<5%
	3	3	明顯受損	拋石坡面破壞率約 5%~20%
	4	4	嚴重受損	拋石坡面破壞率約>20%
消波塊	1	1	無異狀	
	2	2	部分消波塊移動或滾落	
	3	3	消波塊沈陷達一層	消波塊沈陷量>1m(擬定值)
			堤體有滑動之虞	
基礎海床	4	4	消波斷面減少，堤體可能滑動	
	1	1	無異狀	
	2	2	輕微沖刷	沖刷坑深度約<50cm(擬定值)
	3	3	大量沖刷	沖刷坑深度約 50cm~100cm 之間(擬定值)
	4	4	嚴重沖刷	沖刷坑深度約>100cm(擬定值)

資料來源：蘇乙評，港灣防波堤維護管理系統建置之研究^[5]

表 2-23 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表(續 1)

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
開孔胸牆/消波槽室	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5cm，寬度<3mm
			局部混凝土剝落	
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5cm，寬度>3mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	鋼筋外露
			胸牆損傷致高度不足	胸牆局部斷裂損傷
			支撐壁損傷影響消波效果	支撐壁破洞
	4	4	胸牆斷落	
			支撐壁斷落	
堤面	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5cm，寬度<3mm
			局部混凝土剝落	混凝土有剝落情形
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5cm，寬度>3mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	
			輕微不均勻沈陷	沈陷量<5cm(擬定值)
	4	4	明顯不均勻沈陷	沈陷量>5cm(擬定值)
			堤面混凝土斷裂	
水上沈箱	1	1	無異狀	
	2	2	堤體變位不明顯	位移量<20cm(擬定值) 原建議值為位移量<5cm
			堤體輕微損傷	龜裂長度<5cm，寬度<3mm
			壁體側牆混凝土剝落但鋼筋未外漏	
			輕微傾斜	傾斜率<3%
	3	3	堤體變位明顯	位移量>20~40cm 之間 原建議值為位移量>5cm
			堤體明顯損傷	龜裂長度>5cm，寬度>3mm
			壁體剝落致鋼筋外露	
			明顯傾斜	傾斜率 3~5%
	4	4	堤體嚴重變位	位移量>40cm(擬定值) 原建議值為位移量>10cm
			堤體混凝土斷裂	
			嚴重傾斜	傾斜率>5%

資料來源：蘇乙評，港灣防波堤維護管理系統建置之研究^[5]

表 2-24 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表(續 2)

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
護基方塊	1	1	無異狀	
	2	2	堤體輕微損傷	龜裂長度<5cm，寬度<3mm
	3	3	堤體明顯損傷	龜裂長度>5cm，寬度>3mm
			壁體剝落致鋼筋外露	鋼筋外露
	4	4	堤體混凝土斷裂	
	1	1	無異狀	
	2	2	部分發生下陷位移	變位量<50cm(擬定值)
				原建議值為變位量<5cm
	3	3	小規模下陷位移	變位量 50~90cm 之間(擬定值)
				原建議值為變位量 5~10cm
	4	4	大範圍下陷位移	變位量>90cm(擬定值)
				原建議值為變位量>10cm
消波塊	1	1	無異狀	
	2	2	部分消波塊移動或滾落	
	3	3	消波塊沈陷達一層	消波塊沈陷量>1m(擬定值)
			堤體有滑動之虞	
	4	4	消波斷面減少，堤體可能滑動	
基礎海床	1	1	無異狀	
	2	2	輕微沖刷	沖刷坑深度約<50cm(擬定值)
	3	3	大量沖刷	沖刷坑深度約 50cm~100cm 之間(擬定值)
	4	4	嚴重沖刷	沖刷坑深度約>100cm(擬定值)

資料來源：蘇乙評，港灣防波堤維護管理系統建置之研究^[5]

2.3 港灣構造物目視檢測標準制訂

依民國 100 年 6 月 15 日召開之座談會議(會議記錄請參見附錄 2 所示)，研究團隊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、港灣空港技術研究所—棧橋的生命週期戶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)，並據此制訂港灣構造物目視檢測標準。

目視檢測標準之訂定未避免既有評估方式之複雜，故將目前現有之 D.E.R.&U.評估標準簡化為僅評估 D 值，而 E 值部分則會併於 D 值

中說明，以摒除以往 E 值評估不易的情形，R 值部分未來則以構件權重進行取代，以作為計算構件維修排序以設施整體評價之用，而 U 值部分則配合 D 值來進行維修急迫性之判別，D 值越大，則越優先維修。

1. 港灣碼頭設施

(1)重力式碼頭：重力與板樁式碼頭因其堤體以混凝土或鋼板樁構築，內填土砂材料，故其構件層級相同(如圖 2.2 所示)。重力與板樁式碼頭第 2 層構件之壁體因其構築材料不同，故於檢測劣化異狀即有所分別，其餘構件皆相同，詳請參閱表 2-25 所示。

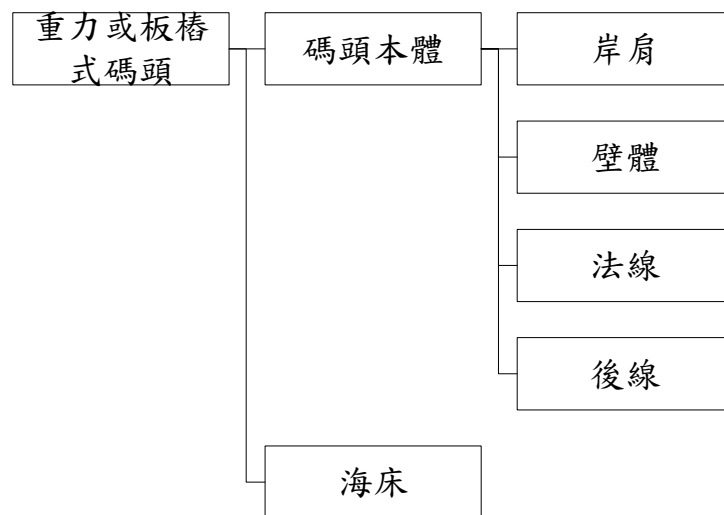


圖 2.2 重力或板樁式碼頭構件層級

表 2-25 本研究建置之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 程度	劣化程度說明
碼頭 本體	岸 肩	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%以上)
		腐蝕	2	局部可見鏽水
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)
			3	岸肩明顯下陷(有明顯積水現象)
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)
	壁 體	腐蝕	2	局部可見鏽水
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出
		傾斜	2	輕微傾斜(傾斜度≤3%)
			3	中等傾斜(3%<傾斜度≤5%)
			4	嚴重傾斜(傾斜度>5%)
		漏砂	3	牆面裂縫已可觀查出漏砂
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂

表 2-26 本研究建置之重力式碼頭目視檢測標準(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
碼頭本體	法線	變位	2	法線輕微變位(目視約 0.2m 以下)
			3	法線中等變位(目視約 0.2~0.3m)
			4	法線嚴重變位(目視約 0.3m 以上)
	後線	沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)
			3	岸肩中等下陷(有明顯積水現象)
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)
海床	冲刷	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)	

(2)板樁式碼頭

表 2-27 本研究建置之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	劣化程度	劣化程度說明
碼頭本體	岸肩	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%以上)
		腐蝕	2	局部可見鏽水
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)
			3	岸肩中等下陷(有明顯積水現象)
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)

表 2-28 本研究建置之板樁式碼頭目視檢測標準(續)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
碼頭本體	壁體	板樁腐蝕	2	板樁局部區域有生鏽呈點狀膨脹。表層塗料的剝落龜裂呈點狀。(缺陷面積率約 0.1%以下)
			3	相當大的生鏽呈點狀膨脹(缺陷面積率約 0.1%~0.3%之間)
			4	被認為有大範圍的生鏽與膨脹(缺陷面積率約 0.3%以上)
		接縫開裂	2	有輕微開裂(長度約達 10~20cm)
			3	有中等開裂(長度約達 20~30cm)
			4	有嚴重開裂(長度約達 30cm 以上)
		腐蝕電位	2	參考電位<-850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)
			3	參考電位-500~850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)
			4	參考電位>-500mV (v.s. Cu/CuCO ₄)
		穿孔	3	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔(面積 1 cm ²)現象
			4	連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔(面積 1~3cm ²)擴大且有漏砂現象
		防蝕系統	2	較為損耗(壞)
			3	明顯損耗(壞)
			4	嚴重損耗(壞)
		傾斜	2	輕微傾斜(傾斜度≤3%)
			3	中等傾斜(3%<傾斜度≤5%)
			4	嚴重傾斜(傾斜度>5%)
	法線	變位	2	法線輕微變位(目視約 0.2m 以下)
			3	法線中等變位(目視約 0.2~0.3m)
			4	法線嚴重變位(目視約 0.3m 以上)
	後線	沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)
			3	岸肩中等下陷
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)
海床	冲刷	冲刷	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)棧橋式碼頭：此類型碼頭因其構築型式似框架結構，故以面版、墩柱進行構件拆解，由於其為港灣結構，故需設置拋石護坡予以保護墩柱，並注意近岸海床之狀況，其構件拆解如圖 2.3 所示，各構件劣化異狀檢測標準如下表所示。

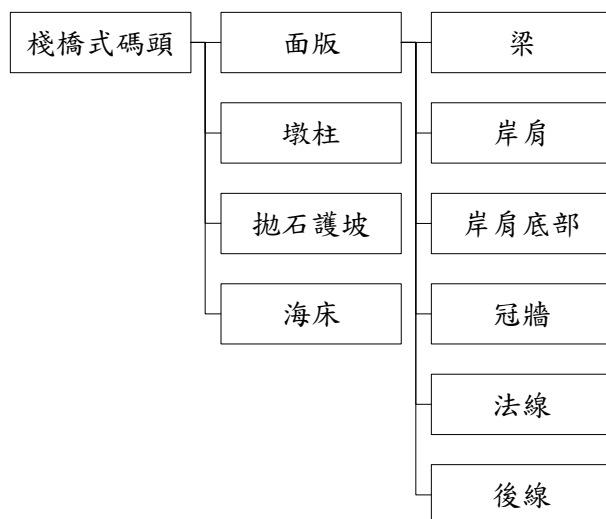


圖 2.3 棧橋式碼頭構件層級

表 2-29 本研究建置之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	劣化程度	劣化程度說明
面版	梁	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ²)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ²)
		腐蝕	2	局部可見鏽水
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出
	岸肩	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%以上)

表 2-30 本研究建置之棧橋式碼頭目視檢測標準(續 1)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
面版	岸肩	腐蝕	2	局部可見鏽水
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)
			3	岸肩中等下陷(有明顯積水現象)
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)
	岸肩底部／冠牆	龜裂	2	產生輕微裂縫
			3	產生中等裂縫
			4	產生嚴重裂縫
		腐蝕	2	局部可見鏽紋
			3	局部可見鏽紋、鋼筋露出且輕微腐蝕
			4	鋼筋露出已腐蝕
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以下)
			4	混凝土裂縫擴散至全部構件
		剝落	2	混凝土剝落，但未見粗粒料
			3	混凝土剝落，且看見部分粗粒料露出
			4	混凝土剝落，且整個粗粒料掉落
	法線	變位	2	法線輕微變位(目視約 0.2m 以下)
			3	法線中等變位(目視約 0.2~0.3m)
			4	法線嚴重變位(目視約 0.3m 以上)
	後線	沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)
			3	岸肩中等下陷
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)
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
	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
	傾斜變形		3	基樁可目視出飛原設計之明顯傾斜或破裂現象
			4	基樁可目視出飛原設計之嚴重傾斜或破裂現象或樁體有曲折現象

表 2-31 本研究建置之棧橋式碼頭目視檢測標準(續 2)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度
墩柱 (混凝土樁)	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)
		3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)
		4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%以上)
	腐蝕	2	局部可見鏽水
		3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕
		4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著
	裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
		3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)
		4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象
		3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象
		4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出
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)
		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	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)

(4) 附屬設施

表 2-32 本研究建置之碼頭附屬設施目視檢測標準

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
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，靠船時有輕微龜裂現象
		3	材質表面劣化明顯，靠船時能明顯觀察到龜裂現象
		4	材質老化、構件變形、掉落，靠船時開裂過大、失去避震功能
車檔	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	材質嚴重龜裂或多處破損
起重機軌道	腐蝕位移	2	兩軌間距高差<3mm、兩軌間具左右差<5mm、縱向坡度<2/1000、彎曲度<0.05mm/2m、小區域的生鏽
		3	兩軌間距高差 3mm~4.25mm、兩軌間距左右差 5mm~10mm、縱向坡度 2/1000~3/1000、彎曲度 0.05mm/2m~0.1mm/2m、局部區域有生鏽
		4	兩軌間距高差>=4.25mm、兩軌間距左右差>=10mm、縱向坡度>=3/1000、彎曲度>=0.1mm/2m、大範圍生鏽

2. 港灣防波堤設施

表 2-33 本研究建置之防波堤設施目視檢測標準

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
覆面層	移動、散亂及下滑	2	受損不明顯(護面破壞率約<5%)
		3	明顯受損(護面破壞率約 5~20%)
		4	嚴重受損(護面破壞率約>20%)
	覆面塊體破損	2	少數的覆面塊體破損
		3	<1/4 的覆面塊體破損
		4	>1/4 的覆面塊體破損
堤前(後)坡	位移	3	接縫有劣化狀況但無砂土滲出
		4	接縫背後砂土滲出
	裂縫	2	產生單向寬度超過數 mm 裂縫，未貫穿
		3	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿
		4	裂縫貫穿至背面，產生超過 5mm 寬度龜裂
	沈陷、陷落	2	
		3	堤內砂土沈陷造成表面凹陷
		4	混凝土陷落
	剝離、損傷	2	大範圍表面剝離損傷
		3	發生淺層至深層的剝離損傷
		4	發生大範圍且深層的剝離損傷

表 2-34 本研究建置之防波堤設施目視檢測標準(續)

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
堤前 (後) 坡	鋼筋 腐蝕	2	表面有許多鏽痕，推測內部有大範圍的鋼筋腐蝕
		3	有許多浮鏽，鋼筋表面可看到大範圍的鏽蝕
		4	有明顯的浮鏽，整體鋼筋斷面積有減少
堤頂	沈陷	3	輕微不均勻沈陷
		4	明顯不均勻沈陷
	龜裂 損傷	2	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)
		3	明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)
		4	堤面混凝土斷裂
	鋼筋 外露	2	局部混凝土剝落
		3	混凝土剝落致鋼筋外露
		4	堤面混凝土斷裂
	接縫、 施工縫 位移	2	有接縫開裂但沒有滲水現象
		3	由於位移使得接縫變大。接縫有滲水現象
		4	有傾倒或嚴重破損情形
	剝離、 損傷	2	大範圍表面剝離損傷
		3	發生淺層至深層的剝離損傷
		4	發生大範圍且深層的剝離損傷
胸牆	龜裂 損傷	2	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)
		3	明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)
		4	堤面混凝土斷裂
	剝離、 損傷	2	大範圍表面剝離損傷
		3	發生淺層至深層的剝離損傷
		4	發生大範圍且深層的剝離損傷
	鋼筋 腐蝕	2	表面有許多鏽痕，推測內部有大範圍的鋼筋腐蝕
		3	有許多浮鏽，鋼筋表面可看到大範圍的鏽蝕
		4	有明顯的浮鏽，整體鋼筋斷面積有減少
	接縫、 施工縫 位移	2	有接縫開裂但沒有滲水現象
		3	由於位移使得接縫變大。接縫有滲水現象
		4	有傾倒或嚴重破損情形
基礎	滑落與 沈陷	2	部分消波塊移動或滾落
		3	消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞
		4	消波斷面減少，堤體滑動安全率已減低
	沖刷	2	輕微沖刷(沖刷坑深度約<50cm)
		3	消波塊散落達一層，堤體滑動安全率有減低之虞
		4	消波塊斷面減少，堤體滑動安全率已減低

2.4 小結

本章藉由國內外檢測標準之收集，將港灣設施目視檢測標準予以彙整，並透過座談會方式進行研討，藉以制訂較為符合現場需求的檢測標準，本研究亦將過往 D.E.R.&U.檢測評估方式，簡化為 D 值(劣化程度)評估，藉此簡化工程人員於現場評估作業之內容。未來將結合構件權重進行排序，並利用各構件之劣化 D 值，決定維修工法供工程師參考。

第三章 港灣構造物檢測程序與手冊研擬

3.1 國內外港灣構造物維護管理程序文獻

3.1.1 國外港灣構造物維護管理程序

1.日本相關文獻說明：依港灣空港技術研究所^[1]所撰寫之棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究中所提及之生命週期維護管理程序(如圖 3.1 所示)。如圖所示港灣設施首先需針對維護管理計畫進行檢討，配合設施使用年限與使用狀況進行現場檢測診斷，根據設計與環境條件進行綜合評價後，藉由港灣設施後續的使用計畫與年限來進行維護策略的研擬，以達成生命週期維護管理最適化之目的，其間有關檢測診斷、綜合評價與維護策略研擬等需藉由歷次的執行將檢測、評價與對策等資訊輸入資料庫中，並可於流程執行時隨時取用參考與分析。

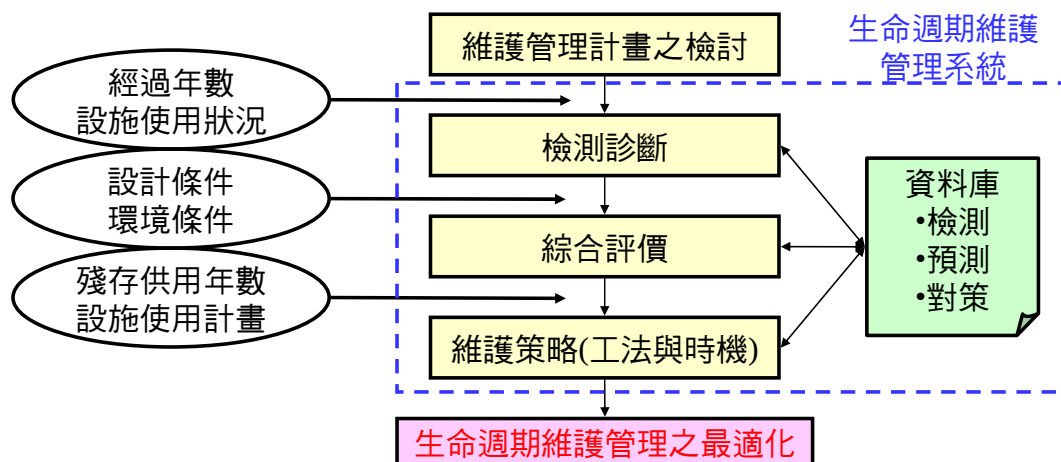


圖 3.1 生命週期維護管理之概念

資料來源：港灣空港技術研究所^[1]

另有關檢測診斷內容日本運輸省沿岸開發技術研究所提出的「港灣構造物的維護之修補手冊^[2]」亦就其檢測作業進行概要性的說明，以下即以港灣碼頭與防波堤構造物進行說明：

(1)港灣碼頭構造物

a.重力式碼頭：此類碼頭檢測作業之檢查項目及頻率如表 3-1 所示。

表 3-1 重力式碼頭檢測項目及頻率

位置	項目	檢測頻率
上部結構	下陷	兩年一次
	傾斜	兩年一次
	法線凹凸	地震災害後
岸肩	下陷	兩年一次、惡劣天氣候、地震災害後
	坡度	兩年一次
	龜裂縫部的破損	兩年一次
背填料	下陷、被吸出	兩年一次、惡劣天氣候、地震災害後
繫船柱、車擋	損傷狀況	一年兩次
防舷材	損傷狀況	一年兩次

資料來源：日本運輸省沿岸開發技術研究所^[7]

b.板樁式碼頭：此類碼頭檢測作業之檢查項目及頻率如表 3-2 所示。

表 3-2 板樁式碼頭檢測項目及頻率

位置	項目	檢測頻率
板樁結構	法線凹凸	兩年一次、地震災害後
	腐蝕狀況	兩年一次(厚度測定 5 年 1 次)
岸肩	下陷	兩年一次、惡劣天氣候、地震災害後
	表面凹凸	兩年一次、惡劣天氣候、地震災害後
	坡度	兩年一次
	龜裂	兩年一次、惡劣天氣候、地震災害後
背填料	下陷、被吸出	兩年一次、惡劣天氣候、地震災害後
繫船柱、車擋	損傷狀況	一年兩次
防舷材	損傷狀況	一年兩次

資料來源：日本運輸省沿岸開發技術研究所^[7]

c.棧橋式碼頭：此類碼頭檢測作業之檢查項目及頻率如表 3-3 所示。

表 3-3 棧橋式碼頭檢測項目及頻率

位置	項目	檢測頻率
樁	腐蝕狀況	兩年一次
	局部挫曲、防蝕工程破損	異常時檢查
上部結構	龜裂狀況	兩年一次、異常時檢查
岸肩鋪面	下陷、移動、損害狀況	異常時檢查
繫船柱、車擋	損傷狀況	一年兩次
防舷材	損傷狀況	一年兩次

資料來源：日本運輸省沿岸開發技術研究所^[7]

(2)港灣防波堤構造物：檢測作業之檢查項目及頻率如表 3-4 所示。

表 3-4 防波堤檢測項目及頻率

檢查對象	檢測位置	檢測項目	檢測頻率
沈箱滑動、下陷、傾斜	上部結構	移動、下陷、傾斜	每兩年檢測一次，水下結構檢測配合潛水人員進行。
上部結構的裂縫、剝落損傷		龜裂深度(長度)、鋼筋有無外露	
沈箱的龜裂、剝落損傷	沈箱本體	龜裂深度(長度)、鋼筋有無外露	
拋石基礎的下陷	護基方塊	下陷、移動	
	基礎保護塊石或消波塊	下陷、移動	
	拋石基礎	下陷、移動	
消波塊的下陷、散亂	消波塊	下陷、移動	
海底地盤	拋石基礎前斜坡	移動	

資料來源：日本運輸省沿岸開發技術研究所^[7]

2.美國 TRB 資產管理文獻^[8]

目前國外一些先進國家如美國、加拿大、英法、澳洲與日本等，其維護管理均採生命週期維護管理之觀念，依據工程結構營運目標的

訂定，藉由安全性及服務性的提昇，配合設施的現況評估及其危害度評估與風險分析，決定各結構物施予維護管理之優先序及維護方式，再根據優先序及維護方式，進行結構物之維護管理規劃，並以成本—效益分析為基礎，編列合理化之維護管理經費，之後，透過公聽會讓結構物維護管理經費之取得與分配程式透明化。

目前美加地區維護管理之經費編列流程，均已納入「取之於民，用之於民」之觀念，然國內維護管理經費採此固定經費預算模式的決定與國外作法迥異。此種由預算決定後才進行維護管理策略規劃之維護管理制度與美、加交通廳之作法大相逕庭等(根據美國 NCHRP 於 2004 年對二十六個美國州交通廳及加拿大省交通廳調查其交通策略規劃與經費預算間之關係，發現目前無任何一個交通廳以此方式運作)。分析目前國內外維護策略及經費決定過程之差異，可知其主因為國內目前缺乏一套完備之生命週期維護管理制度。

(2)設施資產管理

設施資產管理被逐漸強調之發展背景，乃肇因於設施飽和及老化之同時，無論中央或地方政府皆需在相當嚴峻之財務狀況下，一面進行必要之建設，一面維持設施應提供之服務水準。因此，有效率地進行為數眾多之設施之維護管理確有其必要性，特別是，雖尚未針對設施維護管理費用本益分析要求其說明責任，但伴隨著公共行政經營手法導入，對於政府支出之所有相關評估已逐漸時興成為一種社會要求。因此藉由設施資產管理所需費用相關之資產評估與政策評估間之關係加以明確化，以期建構一得使行政系統更適切地經營設施之系統。目前有關設施資產管理尚無一統一性之定義，本案參考其他國家行政機關之構想(如表 3-5 所示)，整理出以下之設施資產管理定義與內容。

表 3-5 資產管理之各國定義

出處		定義
美國	聯邦運務局「資產管理入門」	所謂資產管理乃是從成本觀點，就如何有效維持，提昇機能及運作之系統流程
	公共業務會資產管理專業外觀	持不足資金得以有效分配因應需求之手法
澳洲	AUSTROAD「資產管理改善戰略」	為提供有效率地應有效果地公共服務所進行長期資產管理(營運)之系統手法
	AUSTROAD「針對路網系統之整合型資產管理導引」	所謂整合資產管理乃指道路局或道路利用者，資產持有者所要求能明確被理解，此外，能使上述事項能夠在資產管理之架構中被納入之評估流程
英國	運輸地方自治體，地域省「資產管理計畫及共通資本戰略之實踐—基礎報告」	服務水準及財務利益觀點而言，能使資產利用最佳化之流程(處所謂資產，乃包括土地和建物)

資料來源：張嘉峰，交通設施生命週期評估技術整合與應用^[8]

a.設施資產管理定義

(a)資產管理之狹義定義(即維護管理之觀點)：為維持基礎設施之健全狀態及提供使用者具穩定性之服務水準，透過定期檢測等方法以確認其健全性之同時，透過 Life-cycle Cost(生命週期成本)等管理手法，有效地進行維護管理(註：本定義乃參考美國聯邦運輸局「資產管理入門書」)。

(b)資產管理之廣義定義：對於有限之預算，在分配給各基礎建設時，得所依據之最佳化組合及針對包括預備進行之基礎建設，得以維持所要求之價值及服務水準或達成所要求之成果，所謂資產管理系統即是為達成前述目的，對於預算及資產價值加以進行管理之系統。

b.設施資產管理內容

(a)定期檢測制度：一般而言，關於結構體或構件之異狀多屬設定可確認之內容或檢測頻率，今後有必要針對為確認評估結構物或構件老化後之安全性與服務性，來確立涵括設施之資產管理系統。

- (b)安全性與服務性評估系統：依據定期檢測所得資料以評估結構物之安全性與服務性，若發現異常時，應即進行詳細檢測，以建立詳細調查結果。期間針對安全性與服務性應將(I)服務水準，(II)危及第三者之可能排除性，(III)承载力水準，(IV)耐久性影響等，皆予以確認配合既有之規範加以判斷。
- (c)利用 LCC 進行修繕計畫之預算管理：為進行預測結構物或構件未來之安全性與服務性，或維持長期安全性與服務性，希望能運用 LCC 最佳化來進行修繕計畫之管理，對於有年度預算限制，多年預算皆未上調等情形以致未能有機會進行全體設施之修繕時，乃屬根據設施或構件群所計算之最佳化 LCC 進行個別結構體或構件之修繕計畫，透過這樣手法，能發揮作為設施(有時應可涵括新建工程投資)複數年度預算管理系統之功能。
- (d)資產價值管理：除具有預算管理之特性外，設施之資產價值管理亦為重要之機能，資產價值常因劣化而減少，當然亦會依據所投入修繕費用之多寡而維持或上昇，此外，因資產價值與服務水準有相關性，亦可將資產價值管理視為服務水準管理。
- (e)政策評估：將資產價值與服務水準等相關因素加以定量評估，即能進行與設施相關之政策評估，利用成果指標或社會效益等加以定量評估，在作為提供政策相關經營判斷之補助系統之同時，亦能針對如何獲得預算或如何發揮社會說明責任有所對應。

資產管理一般需配合先進之功能評估技術，因此，主管機關應發展一套效能評估基準，以評估不同型態資產之價值與現況，而當執行資產管理時，資料庫於計畫成本分析、生命週期分析、取捨分析及財務成本分析之應用愈形重要。

關於資產管理，AASHTO 和 FHWA 確信資產管理是做商業管

理很好的一種方式。資產管理概念集中於投資的利潤，就像是成本和交通運輸資源之間的投資組合。資產管理是促進實施商業行為，且能反應增加系統需求、老化的基礎設施和有限的資源。資產管理要有新資訊和分析工具、新方法來對組織做訊息傳遞和實踐新的管理。AASHTO 和 FHWA 兩個合夥努力致力於確認知識之間的間隙、發展和資助長期的研究議程和協助新工具、技術的實施和改善資產管理的管理方法和商業慣例，以提升公共建設之資產價值。

目前設施營運維護管理方式，已與過去有所不同，其比較如表 3-6 所示。過去，維護管理系統只考量工程本身及其所花費的成本，而未考量資產管理的過程，例如資金取得與分配、行政上的強制執行與使用管理等。相較之下，資產維護管理系統之範疇較過去之維護管理系統更為寬廣，其整合內容包含各階段工程設計、施工、營運使用、資源管理(不單指成本)、財務、行銷與系統操作，因此，歐美等先進國家(包含紐西蘭)已將商業經營管理的作法帶到公路及橋梁等公部門單位，以充分有效地運用其維護管理資金，並使用資產維護管理方法來提升效率、生產力，及使用者之服務水準。

表 3-6 設施管理與營運方法過去與現在差異比較表

	過去的方法	目前的方法
預算準備	以首要支出為主，整體而言，包含橋梁、路權及其他構件成本估算。	依據需求、具體興建方案與詳細的方案資訊。
成本估算	估計每單位面積之成本。	各構件單位面積之成本。
方案選擇	依據主觀判斷、民眾抱怨與過去的經驗。	依據客觀資料(鋪面情況、估計成本排序方案)。
目前設施情況	未使用設施狀況指標、幾何及歷史資料。	使用當前的設施狀況指標、幾何及歷史資料。
設施評估	未評估。	依據客觀資訊評估方案，描述目前的條件能力以決定維護行為。
設施規劃	未有預算計畫。	快速分析計畫、排程、資源分配與預算等客觀資料。

資料來源：張嘉峰，交通設施生命週期評估技術整合與應用^[8]

資產維護管理系統主要有三大項目，分別為政府政策目標、系統規劃與評估，及系統執行，其各項目之細項如圖 3.2 所示。資產管理之工作流程包含(1)預期成果、目標一致性、可用預算、組織政策等建立可使用之分析流程，如決策系統架構；(2)蒐集分析存貨與工作資訊；(3)分析工具的使用及實行成本效益的策略再造流程，以利分配預算，藉此方式來評估與滿足相關單位之要求與使用者需求。

科技賦予資產管理之系統功能，而資產管理仰賴科技之支援有以下二個範圍，(1)資料的蒐集、儲存及分析，使得資料使用上更具時效性與品質，(2)將分析結果之描述與訊息傳遞予內部決策者及外部相關單位。資產管理決策架構描述如圖 3.3 所示。因此為健全港灣構造物維護管理，未來需建立一套結合縣地檢測、劣化描述、照片及評估分析的系統，並於執行檢測後，系統能自動地產出維護策略，以供養護單位決策之用。

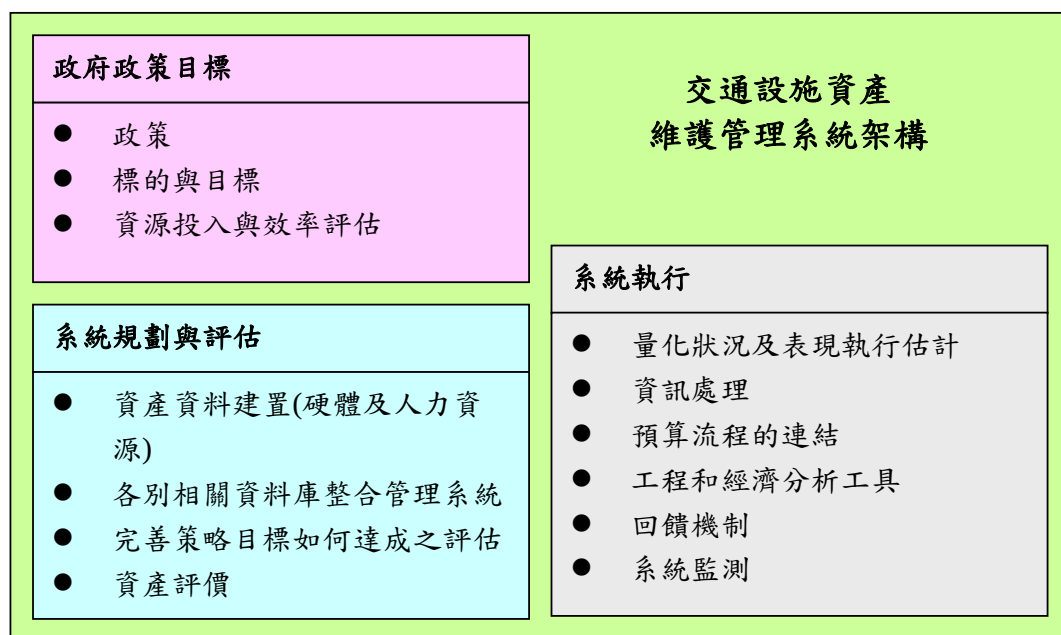


圖 3.2 設施資產維護管理系統架構圖

資料來源：張嘉峰，交通設施生命週期評估技術整合與應用^[8]

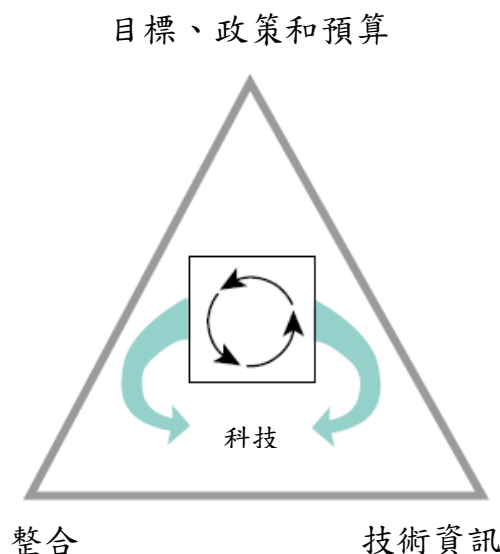


圖 3.3 重要的資產管理架構必要條件

資料來源：張嘉峰，交通設施生命週期評估技術整合與應用^[8]

3.澳洲新南威爾斯省公共渡輪碼頭安全評估程序^[9]：該省確保商用及娛樂船隻於境內之安全運作，並於 2004 年新增條例”新南威爾斯航海局對公共渡輪碼頭之相關檢測具聯合責任”，若風險確認後，授權新南威爾斯航海局人員現有權力進行：

- (1)對公共輪渡碼頭之所有人或維修負責人發佈改善通知，要求執行安全修正工作。
- (2)對公共輪渡碼頭之所有人發布禁止通知，禁止任何可能對使用者之安全或健康、碼頭運作或旅客服務造成風險之所有活動。

對於這些指南條文不遵守則視為輕微事件，新南威爾斯航海局將首先發佈缺失報告通知，要求公共輪渡碼頭之所有人提供時刻表及維修策略。若所有人拒絕通報缺失情況，則新南威爾斯航海局將進而發佈正式的改善通知或禁止通知。

拒絕遵照改善或禁止通知之個別用戶將最高可處罰款\$27,000，營業公司則可處最高\$55,000 之罰金。圖 3.4 將概述新南威爾斯航海局於海安法案之作用及碼頭所有人之責任，圖 3.5 為各公共渡輪碼頭之安全檢查及核定程序步驟。

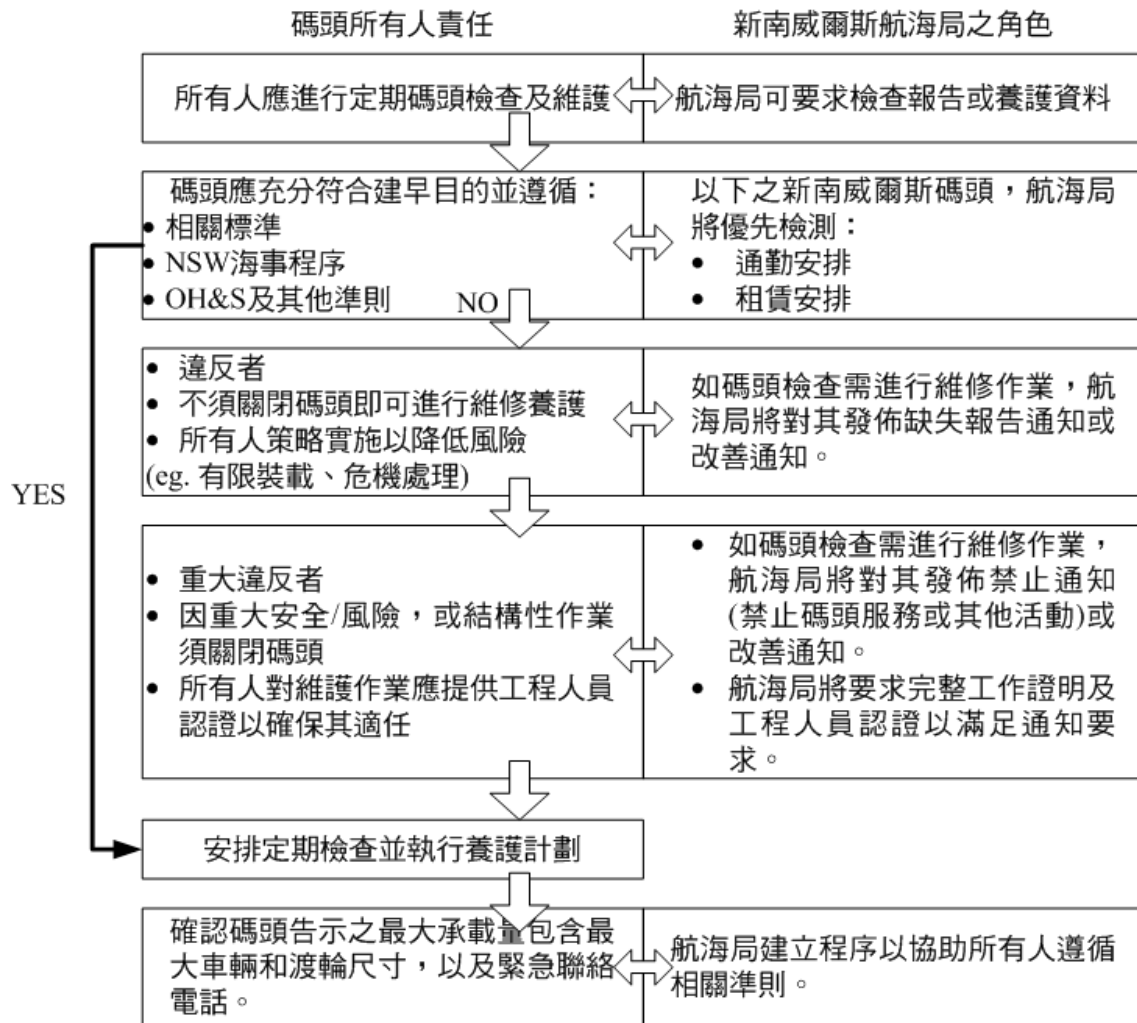


圖 3.4 新南威爾斯省航海局與碼頭所有人所扮演之角色

資料來源：NSW Maritime, Procedure for the Assessment of Public Ferry Wharf Safety^[9]

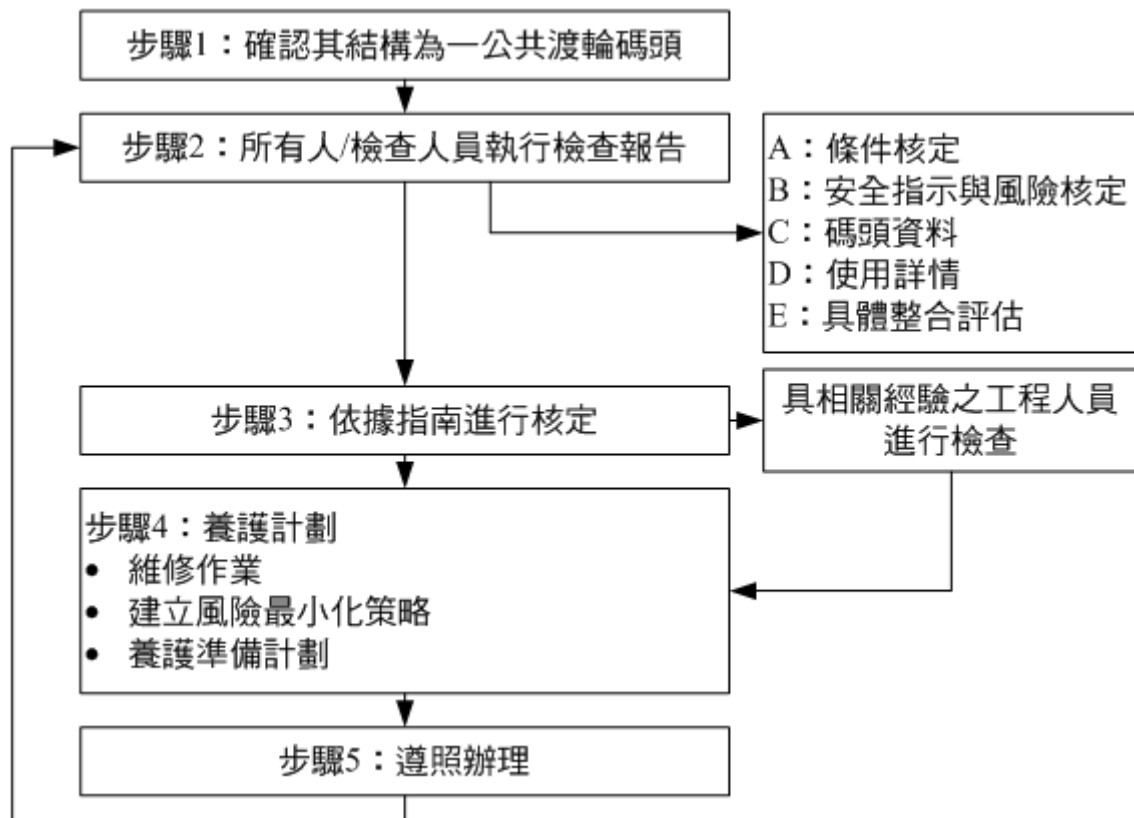


圖 3.5 各公共渡輪碼頭之安全檢查及核定程序步驟

資料來源：NSW Maritime，Procedure for the Assessment of Public Ferry Wharf Safety^[9]

3.1.2 國內港灣構造物維護管理程序

本節主要針對「基隆港務局港埠設施維護檢修作業」、「港灣構造物安全檢測與評估之研究」與「港灣構造物維護管理準則之研究」等做一整理說明。

1. 基隆港務局港埠設施維護檢修作業^[10]

目前國內交通部所轄各港務局，有關港埠設施維護檢修作業相關規定，以基隆港務局作為完備。將此檢測作業規定彙整如表 3-7~表 3-11 所示。依該作業規定，碼頭定期檢查時間，主要配合颱風季節前後執行，俾利配合必要之專案檢修預算編列時程。碼頭定期檢查項目中，基礎岸壁結構及碼頭面版類之檢測，係由工務所派員逐一檢查，

水下部份洽船舶所調用潛水人員進行檢測。碼頭沈陷量則由測量隊配合特殊或需要時檢測。

表 3-7 基隆港務局港埠設施維護檢修作業-重力式碼頭檢測項目及頻率

類別	檢測項目	四月定檢	十月定檢	特檢
基礎岸壁結構	基礎穩固、沖失、下陷	✓		
基礎岸壁結構	方塊損壞、裂離	✓		
基礎岸壁結構	沈箱損壞、裂離	✓		
碼頭面類	冠牆破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	緣石破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	碼頭面破損、下陷、不平、積水、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	繫船柱鬆動、破損	✓	✓	
碼頭面類	護舷設備是否適於泊船	✓	✓	
碼頭面類	水溝暢通、溝壁完整、溝蓋破損欠缺	✓	✓	
碼頭面類	步梯破損、欄杆傾斜破爛	✓	✓	
測量類	碼頭沈陷量測			✓

資料來源：基隆港務局港埠設施維護檢修作業^[10]

表 3-8 基隆港務局港埠設施維護檢修作業-板樁式碼頭檢測項目及頻率

類別	檢測項目	四月定檢	十月定檢	特檢
基礎岸壁結構	基礎穩固、沖失、下陷	✓		
基礎岸壁結構	鋼板樁岸壁損壞、裂離	✓		
基礎岸壁結構	鋼板樁	✓		
碼頭面類	冠牆破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	緣石破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	碼頭面破損、下陷、不平、積水、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	繫船柱鬆動、破損	✓	✓	
碼頭面類	護舷設備是否適於泊船	✓	✓	
碼頭面類	水溝暢通、溝壁完整、溝蓋破損欠缺	✓	✓	
碼頭面類	步梯破損、欄杆傾斜破爛	✓	✓	
測量類	碼頭沈陷量測			✓

資料來源：基隆港務局港埠設施維護檢修作業^[10]

表 3-9 基隆港務局港埠設施維護檢修作業-棧橋式碼頭檢測項目及頻率

類別	檢測項目	四月定檢	十月定檢	特檢
基礎岸壁結構	基礎穩固、沖失、下陷	✓		
基礎岸壁結構	基樁損壞	✓		
基礎岸壁結構	梁板結構	✓		
碼頭面類	冠牆破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	緣石破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	碼頭面破損、下陷、不平、積水、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	繫船柱鬆動、破損	✓	✓	
碼頭面類	護舷設備是否適於泊船	✓	✓	
碼頭面類	水溝暢通、溝壁完整、溝蓋破損欠缺	✓	✓	
碼頭面類	步梯破損、欄杆傾斜破爛	✓	✓	
測量類	碼頭沈陷量測			✓

資料來源：基隆港務局港埠設施維護檢修作業^[10]

表 3-10 基隆港務局港埠防波堤(沈箱式)設施維護檢修項目

檢查位置	檢查對象	檢查重點	檢查頻率	
			定期檢查	不定期檢查
水下部份	基礎拋石	沈陷、位移	每年 3~4 月及 9~10 月間檢查一次，每年共計檢查兩次。	遇特殊情況配合重點檢查。
	護基方塊	位移、散失		
	沈箱主體	破損、龜裂、位移、傾斜		
	消波塊或拋石護陂	崩潰、缺陷		
水上部份	胸牆	龜裂、位移		
	堤面	龜裂沈陷		
	沈箱主體	破損、龜裂		

資料來源：基隆港務局港埠設施維護檢修作業^[10]

表 3-11 基隆港務局港埠防波堤(拋石堤)設施維護檢修項目

檢查對象	檢查重點	檢查頻率	
		定期檢查	不定期檢查
胸牆	龜裂損傷、位移、鋼筋外露	每年 3~4 月及 9~10 月間檢查一次，每年共計檢查兩次。	遇特殊情況配合重點檢查。
拋石護坡	滑移、沖刷		
覆面層	滑移、滾落		
堤面	龜裂、沈陷		
基礎拋石	沈陷、位移		
海床	沖刷		

資料來源：基隆港務局港埠設施維護檢修作業^[10]

2. 港灣構造物安全檢測與評估之研究

港灣構造安全檢測實施之實績可蓋分為，定期(或不定期)實施之一般性安全檢測，及在重大災害發生時之緊急檢測，檢測時機如大型颱風過後，重大地震發生時，碼頭營運中發生重大事故(如大型船隻操船不當而碰撞)以致造成碼頭結構安全受損，以及施工時因故造成之結構破壞等。圖 3.6 所顯示即為檢測實施之流程，以下則將此流程圖加以較詳細之說明。

(1)一般性安全檢測

一般性安全檢測通常以定期實施的方式進行，針對各種不同港灣構造型式以及設施完工後使用狀況、年限、環境等條件，實施之期間則容許有差異性。在實施中發現較為嚴重破壞狀況，但尚無需立即修復或立即修復有困難時，即進入密集監測階段，其檢測實施期間宜縮短以維護港灣營運安全。而不定期實施之一般性檢測則作為補充性檢測，即在定期實施之檢測有困難時，如機具、人員調度、環境惡劣而無法定期實施時，實施時雖未明定檢測進行之時間或間距，但宜訂出在一定期間內應實施之次數或完成之時間。

(2)緊急災變檢測

重大災害發生時必須進行緊急檢測，如大型颱風過後在波浪可能襲擊的範圍，及以防浪為主的構造物如防波堤、消波設施等應進行緊急檢測；地震發生時，針對地表加速度及動力作用較敏感的港灣構造，如重力式構造物或為固定在與海床接觸之構造等，亦應進行緊急檢測，較嚴重之地震發生時則應對所有港灣構造物進行全面性檢測；碼頭營運中心發生重大事故如大型船隻操船不當而碰撞，導致碼頭結構安全受損，以及施工時因故造成之結構破壞等事故時，針對個別構造物及其周遭之港灣構造物亦應進行緊急檢測。

(3)分階段檢測及評估

檢測工作可區分為兩個階段實施，第一階段為初步檢測，一般性安全檢測及重大災害發生時之緊急檢測，均必須先經過第一階段之初步檢測，依初步檢測之結果，經過評估判定後再決定是否必須進行第二階段之檢測。第一階段之檢測其檢測項目及檢測重點，依照港灣構造物型式、使用狀況及環境條件等，建立成表格化之形式，使得在經常性實施時具有較高的效率，及較正確之結果。第一階段檢測工作完成後，即進入檢測結果初評階段，評估時期標準主要有兩大部分：其一為結構安全是否有問題，其二為構造之功能性是否有問題，依據評估結果構造之初步檢測結果可分為三個等級，第一等級為安全無虞，無須進行細部檢測或未來增加檢測頻率；第二等級為安全無虞，無須進行細部檢測但於未來必須增加檢測頻率；第三等級為安全堪虞，必須進行第二階段之細部檢測以進一步瞭解構造物破壞狀況。

第二階段的檢測工作根據一般性檢測或緊急檢測而有所區分。若為一般性檢測時，第二階段的細部檢測工作將依構件位置、材料特性等來加以區分，並同樣將檢測重點、具體要求之數據建立成表格化之形式，以便於能經常性執行。立即性的緊急檢測在第二階段實施時，屬於較嚴重損壞，而有立即修復必要的港灣構造，則必須建立檢測計畫，因其檢測結果除了顯示構造破壞之程度外，並將成為未來修復工作之重要參考。檢測計畫可參考一般性檢測，第二階段細部檢測表格內之檢測項目及重點，並可考慮未來修復之重點，加上個別港灣構造之特殊檢測項目來加以建立。

第二階段檢測工作完成後，則進入檢測結果終評階段，評估時期標準區分為三大部分：其一為結構安全是否有問題，其二為構造之功能性是否有問題，其三為整體經濟效益之評估。港灣夠造物之細部檢測數據依據評估結果同樣可分成三個等級，第一等級為輕微受損，結構安全及構造之功能均無虞，僅需進行日常維

修即可，但於未來必須增加初步檢測之頻率；第二等級為構造物損壞但結構安全及構造之功能均無立即危險，應進行維修若無法立即實施則必須在維修前進行同步監測工作；第三等級為嚴重損壞，結構安全有立即危險，且構造之功能亦無法發揮，必須立即停止使用該構造物並進行大規模維修，或依經濟效益之考慮而拆除重建。

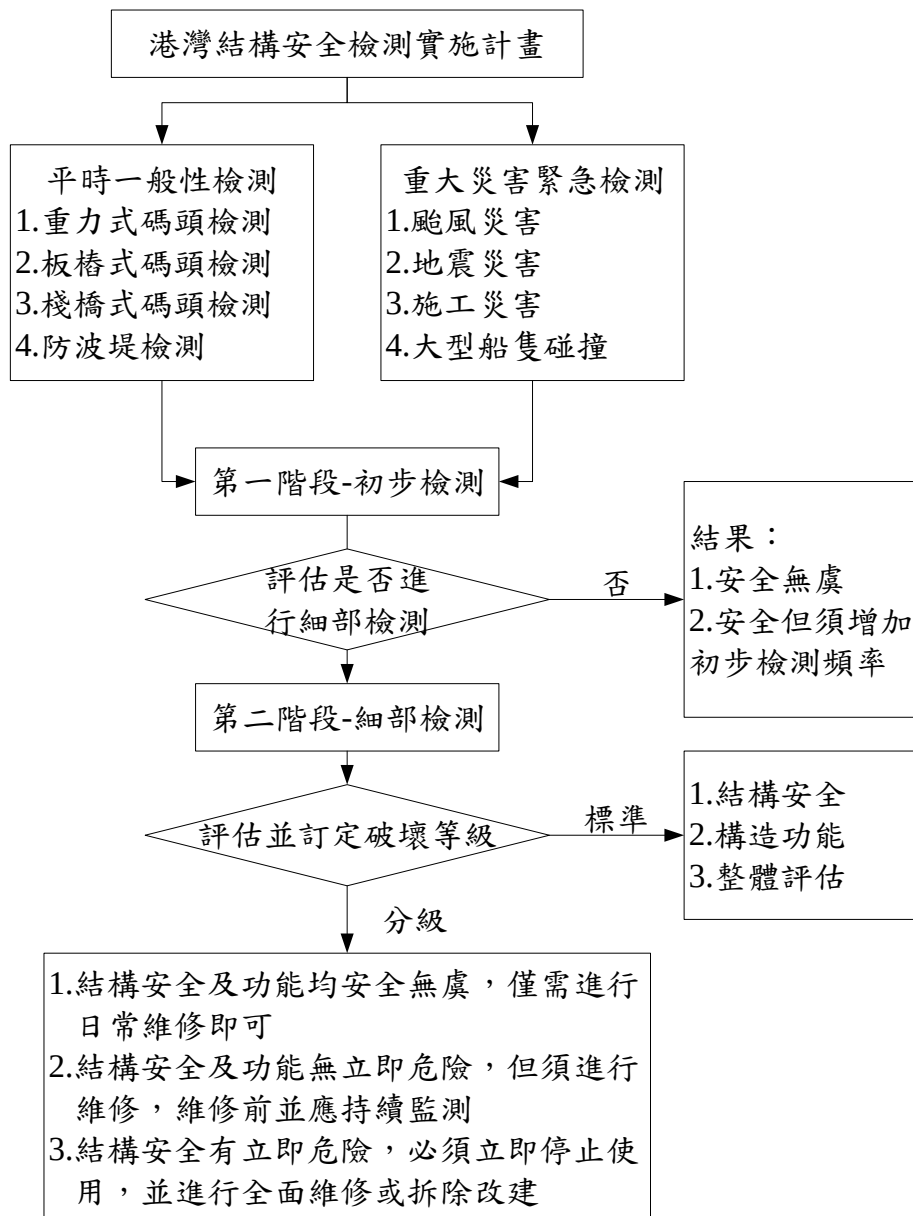


圖 3.6 港灣構造物安全檢測實施流程圖

資料來源：李賢華，港灣構造物安全檢測與評估之研究^[3]

3. 港灣構造物維護管理準則之研究

進行構造物之維護管理，首先應充分瞭解不同構造物破壞的原因，針對構造物的各種損壞模式進行有系統的檢測，並做相關健全度評估分析，若調查結果認定構造物已有劣化情形或是預測將有劣化情形產生，就必須充分考慮構造物殘存耐用年限，從強化檢測、維修補強、解體及拆除當中選定實施對策。

現就檢測、評估及維護分別說明如下。檢測是以平時巡檢、定期檢測及特別檢測等為主體來調查構造物的狀態、損傷狀況、殘存功能等的行為。評估主要是依據檢測結果來評估構造物健全度及判斷是否需要維護的行為。而維護可分為維修及補強兩類，期中維修是抑制、防止構件產生劣化的因素，藉以減緩以劣化構件未來劣化的進行速度，及提升構造物耐久性為目標的行為。而補強勢對性能下降的構造物做局部的重建，使得構造物性能提升或恢復到設置目的所要求的功能。

港灣構造物的維護管理工作，是根據維護管理計畫，實施檢測調查及設施的健全度評估，然後在必要時進行修護。構造物的檢測作業其考慮要點包括檢測範圍、檢測頻率、項目、精確性、方便性與經濟性等。依港灣構造物檢測實施之時機，可分為平時巡檢、定期巡檢及特別檢測等三種，另外在進行維修作業時，若定期檢測或特別檢測無法準確掌握構造物的劣化原因及擬定適當維修對策，需依檢測評估有問題的項目辦理更精確的檢測。特別檢測是在重大災害發生或施工時因故造成之結構破壞等情況下，實施的不定期檢測，如大型颱風過後，或重大地震發生時，或碼頭營運中發生可能造成碼頭結構安全受損之重大事故(如大型船隻操船不當而碰撞)。定期檢測依檢測目標可分為兩類，第一類為構造物的功能性調查，其檢測頻率要夠密，一般其檢測方法及評估方式較為簡易。第二類為構造物的安全性調查，其檢測頻率可以長一點，其檢測及評估較為複雜。平時巡檢主要是巡檢構造物的功能性，藉以維持港灣正常營運。上述三項檢測作業，主要是由港務局的工務權責單位負責辦理

檢測及維修工作，另外碼頭構造物的平時巡檢工作，得再指派管理使用單位(非專業工程人員)執行平時每日的目視調查，其進行方式適當現場作業人員發現構造物及設備有異常或損毀時，立即向工務權責單位提出通報，再由權責單位指派具相關專業背景的工程師至現場勘查，以確認劣化的程度，並依急迫性擬定適當的維護對策。

當構件的劣化程度超過容許範圍，依構件的劣化特性及結構物的受損狀況，判定維修工作是否有急迫性和時效性的需要，由此可將維修分成年度維修及緊急維修。第一種為年度維修，是當評估構造物受損狀況無立即性危險，且構造物或構件性能不會短時間內快速下降，此時可採用年度維修，在年度預算內檢討辦理，或編入下年度預算內適時辦理維修。第二種為緊急維修，是當評估構造物損傷狀況會造成立即性危險，或構造物劣化度在短時間內會快速下降，此時考慮時效性及急迫性，應立即進入緊急維修，在短時間內進行維修、補強、設計及施工。

由上述說明，此研究所提港灣構造物維護管理工作的流程，如圖 3.7 所示，首先是資料閱讀，接著進行平時巡檢、定期巡檢或特別檢測及評估，當評估構件劣化，損傷超過容許範圍，則須進行維修、補強，反之則採用年度維修，適時辦理維修工作。最後將檢測、評估維修等資料儲存，以利後續的維護管理。

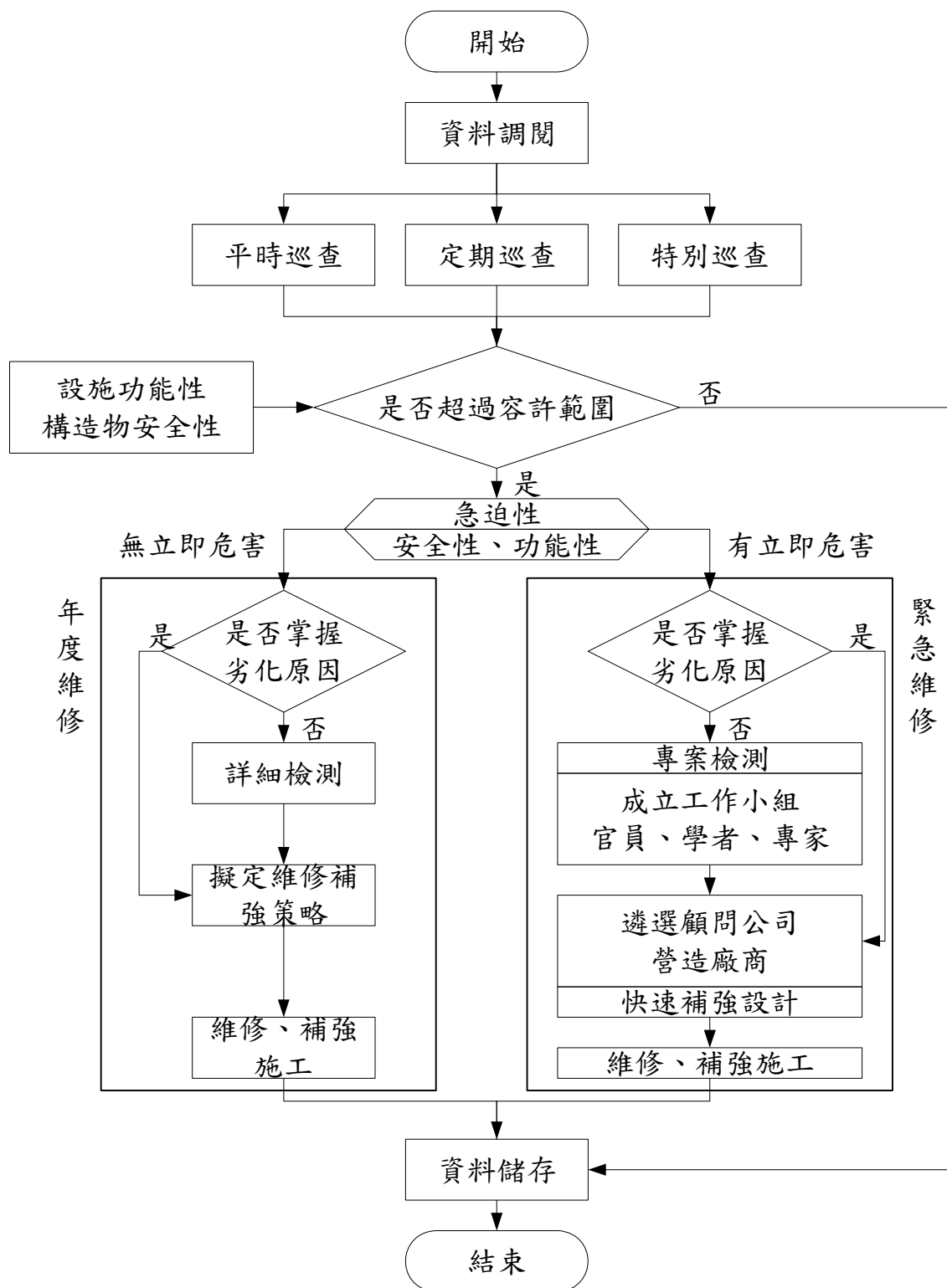


圖 3.7 維護管理工作流程圖

資料來源：郭世榮，*港灣構造物維護管理準則之研究*^[4]

3.2 港灣構造物檢測程序建置

3.2.1 港灣構造物檢測類型、頻率、注意事項與程序

為確保港灣設施之完善、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檢工作，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，其巡檢範圍為碼頭(以本體與其所附屬之設施為主)與防波堤。

1. 巡檢類型與頻率

港灣構造物的檢測工作，通常可分為平時進行的經常巡檢、檢測時間及頻率固定之定期巡檢與重大災害發生時之特別巡檢。另外，當定期檢測作業或災後巡檢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。

(1)經常巡檢

經常巡檢是由管理使用單位及工務權責單位平時進行的目視巡檢，主要是以構造物的功能性為巡檢目標，藉以維持港灣的正常營運功能。就港灣構造物而言依經常巡檢之檢測單位及詳細程度的不同，分別由工務權責單位及管理使用單位負責辦理檢測工作。其中管理使用單位負責每日的目視檢測巡檢，當使用單位發現構造物有異常現象時，應立即向工務權責單位通報，並由工務權責單位進行現場勘查，判定是否需要維修。此檢測方式由於屬平時之作業，故以人員在岸上目視可見之構件是否有異狀作為巡檢之重點。

(2)定期巡檢

定期巡檢指在固定時間及頻率所進行的檢測作業，一般是採用目視(包含水下)及較簡單之儀器對結構物進行檢測。此類型巡檢參照國內交通部橋梁定期檢測之執行，建議可委外由顧問公司執行，相關檢測人員應有工程專業背景，並有實際檢測實績方可

進行。定期檢測可依港灣構造物之型式、使用狀況及環境條件等基本資料，建立相關的檢測項目、評估等級等檢測評估資料，並繪製成表格型式，使得檢測工作具有較高的效率及較正確的結果。進行檢測時，可加以拍照繪圖描述記錄。依檢測結果配合已蒐集之背景資料，以對設施進行狀況評估。當定期檢測後對較為嚴重或無法判定之部分，其需在經由詳細安全分析後，再進行後續維修的作業。基本上，定期巡檢在經由目視檢測作業後，配合簡單儀器檢測(如混凝土材料試驗、光學測量等)，判斷是否需進行更詳細的評估。若否，則針對其檢測成果配合執行預算限度進行劣化異狀修復。

(3)特別巡檢

其為不定期檢測，通常於颱風、海嘯、豪雨與地震等災害後，或港灣設施發生重大事件及施工不當之人為破壞，當構造物安全或營運有虞慮時，由工務權責單位負責辦理特別巡檢。檢測人員應於事故發生能安全到達現場，快速完成檢測評估作業。檢測方式以目視或簡單工具為主，檢測結果應依相關規定紀錄後儲存以利後續的維護管理。其檢測特點在於短期內掌握碼頭及設施主體週邊設施之損壞狀況，評估有無二次災害之危險因素及安全性，經檢測評估在必要時，則快速擬定管制計畫和搶修措施，以避免災害擴大。

上述三種檢測作業，可分別依負責單位、檢測時機及檢測方式等差異，整理如表 3-12 所示。

表 3-12 檢測作業種類比較

種類	負責單位	檢測時機	檢測方式
經常巡檢	管理使用單位	日常 (每月一次)	目視巡檢(岸上)
定期巡檢	工程顧問公司 (建議)	固定時間 (每兩年一次)	目視巡檢(包含水下)、簡單儀器、依需求配合詳細儀器檢測
特別巡檢	工務權責單位	重大災害、事故發生後	目視巡檢(岸上)

2. 巡檢時應注意事項

- (1)經常巡檢應由指定工程司辦理。定期巡檢及特別巡檢應由養護單位正、副主管或指派專人辦理。
- (2)巡檢時發現有影響結構安全者應即予處理。巡檢完畢應即填具巡檢報告表陳報，必要時應即派員處理。
- (3)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。
- (4)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。
- (5)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。
- (6)依異常氣壓危害預防標準相關規定執行潛水作業。

3. 檢測程序

依前述將各檢測類型定義後，其各自之檢測程序如圖 3.8 所示，圖中各檢測類型經目視檢測後，經常巡檢確認檢測後發現之劣化異狀並判斷其嚴重性(以前述 2.3 節制訂的檢測標準進行)，若嚴重則進行緊急維修之處置，若否則將其排入年度維修之處置。定期巡檢經目視檢測進行評估後選定儀器檢測試驗位置(考量儀器試驗無法全面施行，必須藉由目視檢測作為依據進行位置之挑選)，藉此判斷其劣化嚴重性，如為是，則處置方式為進行緊急維修，否則再進行詳細評估，藉以詳細判斷劣化之嚴重性，若為是則進行緊急維修之處置，若為否則進行年度維修之處置。特別巡檢因為災後巡檢，故當目視檢測發現異狀嚴重時，則需進行緊急搶修，以維持設施之功能

運行，若否，則需再進行詳細評估，藉此進一步判斷其劣化嚴重性，若為是則進行緊急維修，若為否則排入年度維修。各維修方式之程序如圖 3.9 所示，而各構件劣化程度對應的修復方式請參照 3.3.4 節所示。

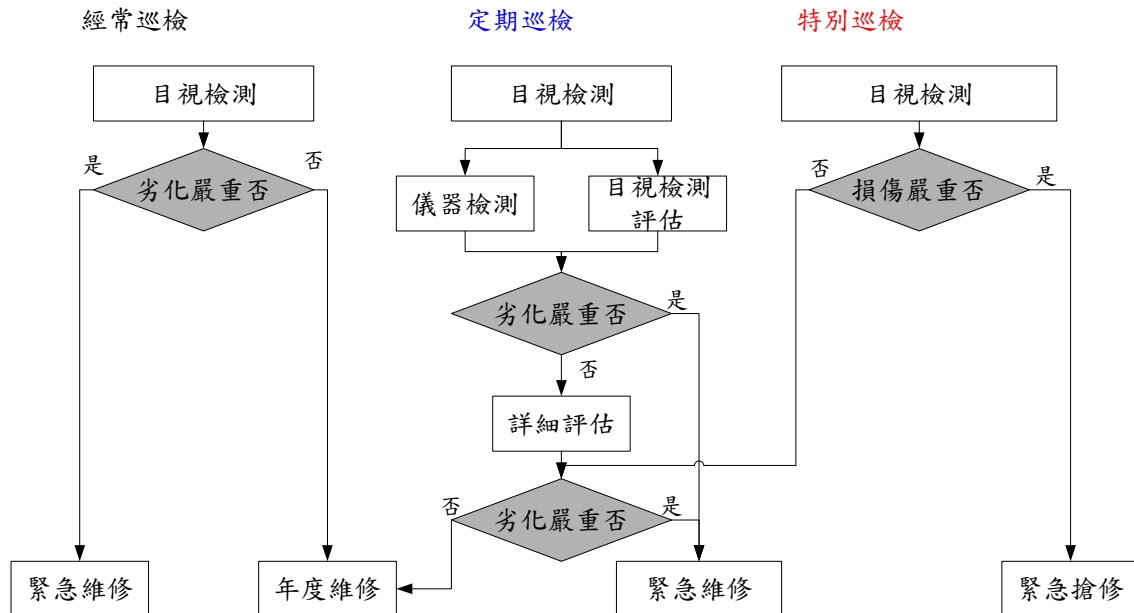


圖 3.8 碼頭設施維護管理程序

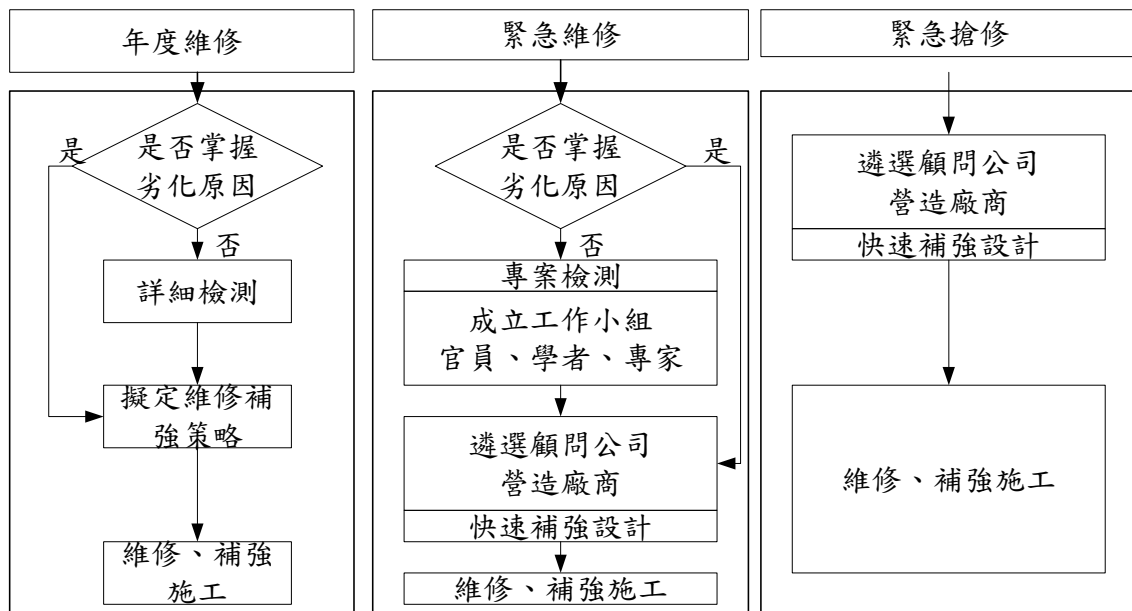


圖 3.9 港灣設施各類型維修程序

3.2.2 港灣構造物構件編碼原則

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，以一碼頭為一單元(Block)，如圖 3.10 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 3.10 重力式碼頭 2 所示)。各單元構件劣化異狀評定依 2.3 節填列，而其劣化位置之描述如表 3-13、圖 3.11 與圖 3.12 所示。



圖 3.10 重力與板樁式碼頭編碼示意

表 3-13 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 3.11 所示)
	壁體	紀錄 X、Z 值(如圖 3.12 所示)
	法線	紀錄 X 值(如圖 3.11 所示)
	後線	紀錄 X 值(如圖 3.11 所示)
海床		紀錄 X 值(如圖 3.12 所示)
附屬設施	車擋	以整體性描述
	繫船柱	編號(如圖 3.12 所示)
	防舷材	編號(如圖 3.12 所示)
	吊車軌道	以整體性描述

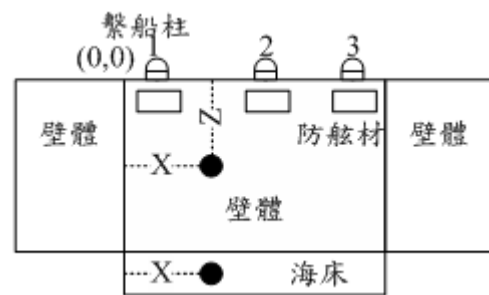
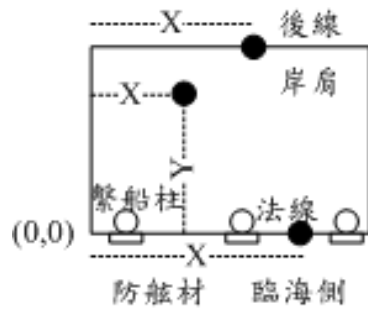


圖 3.11 重力或板樁式碼頭俯視圖 圖 3.12 重力或板樁式碼頭正視圖

2. 棧橋式碼頭

棧橋式碼頭依墩柱縱向柱線間距進行單元區分(如圖 3.13 所示)，單元右側墩柱歸屬於其中(如 B1 右側墩柱 P1~P3 屬 B1)，故一棧橋式碼頭可藉由縱向柱線區分不同單元(B1~Bn)，劣化位置描述如表 3-14 所示，而每一單元面版底部版與梁之編號如圖 3.14 所示，面版底部以 S 進行編號，而梁以 B 進行編號。

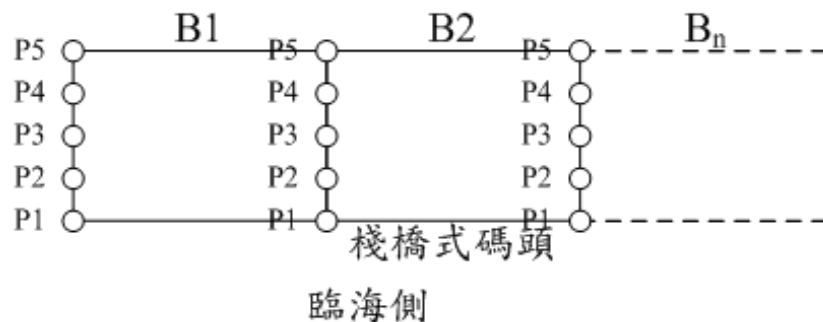


圖 3.13 棧橋式碼頭編碼示意

表 3-14 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 3.14 所示)
	岸肩	同重力與板樁式紀錄方式
	岸肩底部	編號(如圖 3.14 所示)
	冠牆	紀錄 X 值(如圖 3.14 所示)
	法線	同重力與板樁式紀錄方式
	後線	同重力與板樁式紀錄方式
墩柱		編號(如圖 3.11 所示)
拋石護坡		紀錄 X、Y 值
海床		同重力與板樁式紀錄方式

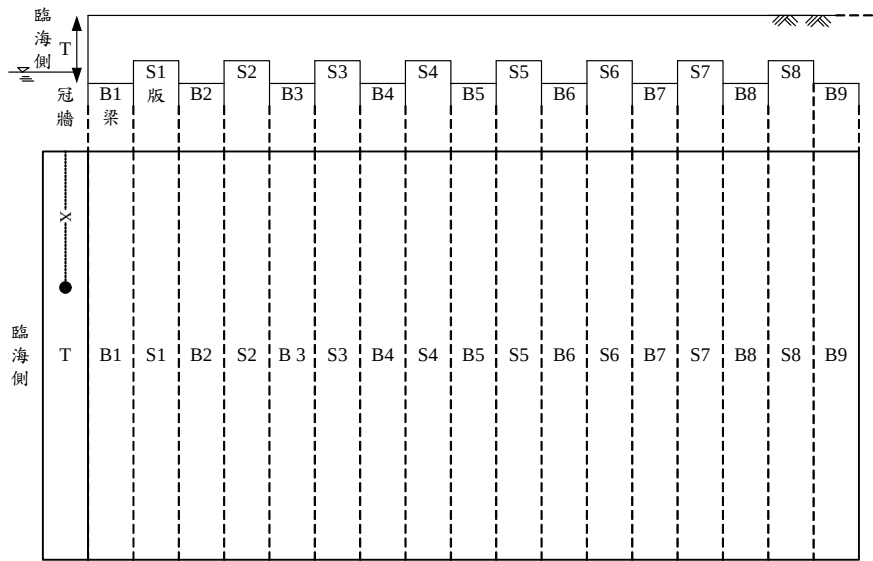


圖 3.14 棧橋式碼頭岸肩底部梁版編號示意

3. 防波堤

防波堤因為連續性結構，故以構件拆解方式或以一間距方式進行編碼會較為繁瑣，且不利現場檢測作業，故檢測作業上，以 GPS 記錄劣化位置的方式進行檢測記錄。如圖 3.15 所示，圖中防波堤所建置之檢測基本資料為港灣名稱、防波堤編號、檢測單位、檢測日期、檢測人員、與氣候等。而針對劣化異狀之記錄，則由檢測人員於現場記錄異狀發生位置(GPS 值)、記錄劣化構件類型、劣化類型、劣化程度(D 值)、劣化範圍(記錄面積或長度)與劣化照片。

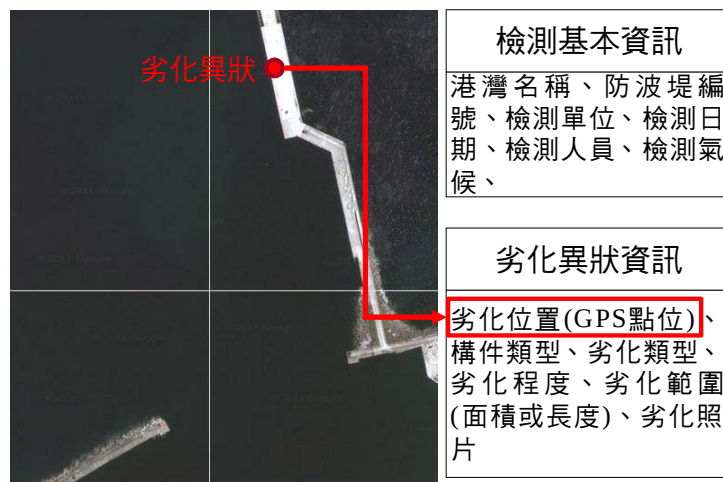


圖 3.15 港灣防波堤設施檢測方式說明

3.2.3 系統資料庫架構規劃

本案系統資料庫架構如下所述，基本資料模組包含港灣基本資料庫、碼頭基本資料庫與單元基本資料庫，其單元切割原則請參照 3.2.2 節所述，各系統模組資料庫存取方式說明如下：

1. 基本資料模組

基本資料模組主要為各港灣、碼頭與單元的基本資料查詢，故港灣基本資料可查詢港灣編號、港灣名稱、港灣介紹、港灣照片與碼頭數量等資料，並可藉港灣編號聯集查詢碼頭基本資料，包含碼頭編號、碼頭名稱、碼頭型式、所在縣市...等資料。而單元基本資料亦可藉由碼頭編號，藉此將港灣與碼頭基本資料關聯，藉此查詢單元基本資料，包含單元編號、結構型式、單元長度、梁數量...等資料。

2. 檢測資料模組

檢測資料查詢部分依其資料庫建置港灣、碼頭與單元編號，故查詢時，可藉由聯集查詢，依使用者需求顯示歷史檢測資料。檢測資料新增部分，亦藉由前述聯集查詢方式便於讓使用者選定欲檢測標的，並將檢測資料輸入資料庫中，其輸入內容包含港灣編號、碼頭編號、單元編號、檢測日期、天候狀況、檢測單位、填表人員、檢測類型、結構型式、劣化構件、劣化類型、劣化程度、劣化範圍、劣化位置、劣化數量與劣化照片等。

3. 維修排序模組

維修排序模組乃將檢測資料庫中各單元構件劣化程度與範圍數值依 3.3.3 節構件狀況指標計算方式進行排序，並配合維修工法資料庫，在劣化構件、劣化類型、劣化程度之條件下搜尋適合的維修工法，配合其所建置之維修單價與檢測資料之劣化數量進行計算，藉以求取維修金額。

另外，針對碼頭狀況指標，則藉由檢測資料庫配合其計算原則

藉以選擇單碼頭各類型構件最嚴重者進行加權計算，藉以求得碼頭狀況指標。

4. 維修紀錄模組

維修紀錄資料庫其為紀錄實際之修復成果，雖然修復工作會參照檢測結果進行，但實際修復數量多大於檢測劣化數量，故此資料庫之資料紀錄將與檢測資料獨立。故其僅藉由港灣、碼頭與單元編號和基本資料庫進行關聯，藉此輸入修復資料。

本案依據基本資料、檢測資料、維修排序資料、維修紀錄資料以及權限管理資料，說明資料庫規劃架構，其資料庫架構設計之範例格式如表 3-15~表 3-22 所示。

表 3-15 港灣基本資料表

表格名稱	港灣基本資料	資料表類型	主要資料表
主鍵	id		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	id	自動編號	不可重複
2	港灣編號	文字	
3	港灣名稱	文字	
4	港灣介紹	文字	
5	港灣照片	OLE 物件	
6	照片副檔名	文字	
7	碼頭數量	數字	

表 3-16 碼頭基本資料表

表格名稱	碼頭基本資料	資料表類型	主要資料表
主鍵	id		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	id	自動編號	不可重複
2	港灣編號	文字	
3	港灣名稱	文字	
4	碼頭編號	文字	
5	碼頭名稱	OLE 物件	
6	碼頭型式	文字	
7	所在縣市	文字	

表格名稱	碼頭基本資料	資料表類型	主要資料表
主鍵	id		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
8	管理機關	文字	
9	碼頭管理者	文字	
10	竣工日期	日期/時間	
11	啟用日期	日期/時間	
12	工程經費	數字	
13	碼頭用途	文字	
14	碼頭長度	數字	
15	軌道長度	數字	
16	岸肩寬度	數字	
17	岸肩高程	數字	
18	繫船柱數量	數字	
19	自重	數字	
20	設計均佈載重	數字	
21	設計震度	數字	
22	設計水深	數字	
23	殘留水位	數字	

表 3-17 碼頭單元基本資料表

表格名稱	碼頭單元基本資料	資料表類型	主要資料表
主鍵	id		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	id	自動編號	不可重複
2	港灣編號	文字	
3	港灣名稱	文字	
4	碼頭編號	文字	
5	碼頭名稱	文字	
6	結構型式	文字	
7	縱向墩柱數量	數字	
8	縱向墩柱間距	數字	
9	單元長度	數字	
10	冠牆深度	數字	
11	梁數量	數字	
12	梁深度	數字	
13	梁寬度	數字	
14	繫船柱數量	數字	
15	防舷材數量	數字	

表 3-18 單元檢測資料表

表格名稱	單元檢測資料	資料表類型	主要資料表
主鍵	id		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	id	自動編號	不可重複
2	港灣編號	文字	
3	碼頭編號	文字	
4	檢測日期	日期/時間	
5	天候狀況	文字	
6	檢測單位	文字	
7	填表人員	文字	
8	檢測類型	文字	
9	單元編號	文字	
10	結構型式	文字	
11	劣化構件	文字	
12	劣化類型	文字	
13	劣化程度	數字	
14	劣化位置	文字	
15	劣化數值	數字	
16	單位	文字	
17	照片	OLE 物件	
18	副檔名	文字	

表 3-19 維修紀錄資料表

表格名稱	維修紀錄資料	資料表類型	主要資料表
主鍵	id		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	id	自動編號	不可重複
2	港灣編號	文字	
3	碼頭編號	文字	
4	維修日期	日期/時間	
5	天候狀況	文字	
6	維修單位	文字	
7	填表人員	文字	
8	單元編號	文字	
9	劣化構件	文字	
10	劣化類型	文字	
11	維修工法	文字	
12	維修數量	數字	
13	維修金額	數字	

表格名稱	維修紀錄資料	資料表類型	主要資料表
主鍵	id		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
14	照片	OLE 物件	
15	副檔名	文字	

表 3-20 權限管理資料表

表格名稱	user	資料表類型	主要資料表
主鍵	userid		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	userid	數字	
2	id	數字	
3	Type	文字	
4	Email	文字	
5	name	文字	
6	org	文字	
7	tel	文字	
8	AuthCode	文字	

表 3-21 構件拆解資料表

表格名稱	構件拆解	資料表類型	次要資料表
主鍵	無		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	結構型式	文字	
2	構件類型	文字	
3	劣化構件	文字	
4	劣化類型	文字	

表 3-22 維修工法資料表

表格名稱	維修工法	資料表類型	次要資料表
主鍵	無		
項次	欄位名稱	資料類型	備註
1	結構型式	文字	
2	劣化構件	文字	
3	劣化類型	文字	
4	劣化程度	數字	
5	維修工法	文字	
6	維修單價	數字	

3.3 港灣構造物檢測手冊研擬

3.3.1 總則

1. 手冊目的：為使港灣構造物的維護管理，朝向制度化、格式化及電腦化，以增進管理效率，確實掌握港灣構造物現況，早期發現劣化構件，適時辦理維修作業，及維持港灣構造物的功能及安全，特訂本準則。
2. 手冊適用對象：本維護管理準則適用於碼頭及附屬設施、防波堤設施等構造物。

3.3.2 設施狀態檢測

1. 設施檢測分類：檢測類型可分為初次巡檢、經常巡檢、定期巡檢、與特別巡檢。初次巡檢係針對設施竣工後整體狀況之檢視，並記錄其異常狀況。而針對經常、定期與特別巡檢則如 3.2.1 節之說明所示。經初次巡檢後，設施即進入平時的經常巡檢，以及固定週期的定期巡檢，並在目視巡檢後選定認為有需進行進一步儀器檢測的構件。而當設施經歷地震、颱風後則需進行特別巡檢，以確保設施安全與功能性。

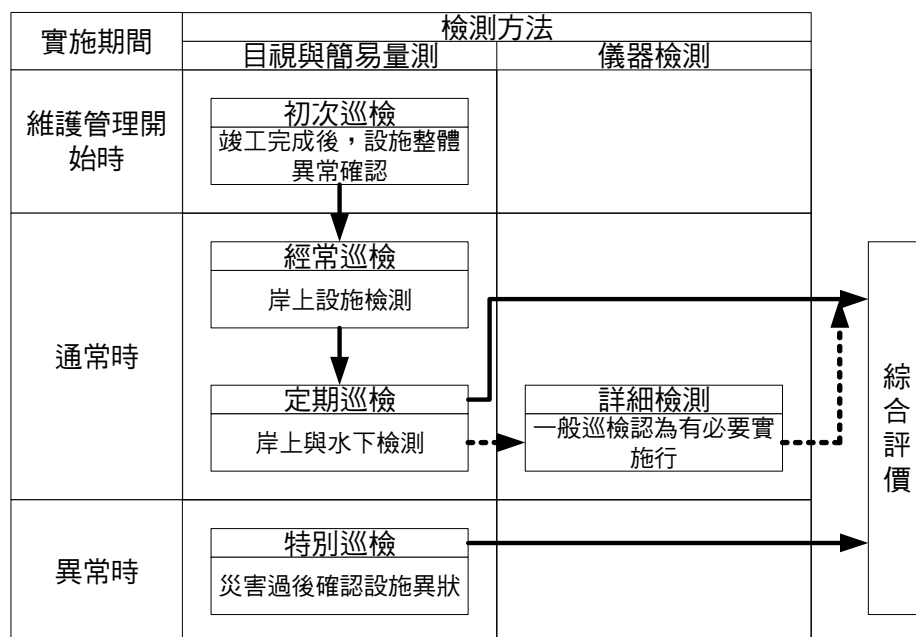


圖 3.16 港灣設施檢測巡查時機與程序

2. 設施檢測頻率與單位：各類型檢測頻率與實施單位請參照表 3-12 所示。
3. 設施檢測標準：檢測標準請參照 2.3 節表 2-25~表 3-12 所示。

3.3.3 設施評價方法

設施之評價針對需求可分為針對各構件修復進行排序的單一構件設施評價與針對瞭解各設施整體狀況的整體設施評價，先藉由各構件目視檢測後之結果，配合構件權重之加權進行計算，其說明如後：

1. 設施構件權重

權重之使用，參照「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」所制訂之結果進行計算。

表 3-23 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(0.54)	岸肩(0.23)	0.12
	壁體(0.42)	0.22
	法線(0.28)	0.15
	後線(0.07)	0.05
海床(0.46)		0.46

表 3-24 板樁式碼頭權重

第 1 層	第 2 層	各構件分配權重
碼頭本體(0.51)	岸肩(0.23)	0.12
	壁體(0.41)	0.20
	法線(0.28)	0.15
	後線(0.07)	0.04
海床(0.49)		0.49

表 3-25 棧橋式碼頭權重

第 1 層	第 2 層	各構件分配權重
面版(0.1)	梁(0.41)	0.04
	岸肩(0.09)	0.01
	岸肩底部(0.13)	0.01
	冠牆(0.12)	0.01
	法線(0.19)	0.02
	後線(0.06)	0.01
墩柱(0.56)		0.56
拋石護坡(0.16)		0.16
海床(0.18)		0.18

2. 設施評價

(1)單一構件設施評價：各構件之評價以目視檢測後之劣化程度(即 D 值)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 3.17 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，因裂縫劣化程度較嚴重，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程度為 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程度值進行計算，藉此將碼頭構件進行排序。

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	0.04	0.12
B11	面板-梁	腐蝕	B1	2			
B11	面板-梁	腐蝕	B2	2	2	0.01	0.08
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S1	2	2		0.02
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S2	2	2		0.02

圖 3.17 單一構件設施評價說明

(2)整體設施評價：以碼頭或防波堤整體狀況進行計算，將設施各構件最嚴重者，採用其劣化程度(即 D 值)配合各構件權重進行計算後累加，即為設施整體狀況。如圖 3.18 所示以重力式碼頭為例，圖中

各構件權重參照表 3-23 所示，各構件劣化程度判定以採用該設施構件最嚴重者，進行加權計算後累加即為設施整體評價。

				權重	判定	評價
重力式碼頭	土堤	岸肩		0.12	3	0.36
		壁體		0.22	1	0.22
		法線		0.15	2	0.30
		後線		0.05	1	0.05
	海床			0.46	1	0.46
Sum						1.39

圖 3.18 整體設施評價說明

3.3.4 修復補強方式

據前述 2.3 節對各型式碼頭構件劣化異狀程度定義後，本小節即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 3-26~表 3-37(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(C)、鋼結構物(S)與緊急搶修(E)加以區分：

表 3-26 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	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%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
		腐蝕	2	局部可見鏽水	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	混凝土及鋼筋修補(C4)
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	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
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 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 3mm 以上)	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁	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，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出	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 3-27 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(續 1)

第 1 層 構件	第 2 層 構件	劣化 類型	劣化 程度	劣化程度說明	建議處置對策
碼頭 本體	岸 肩	沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	持續觀測
			3	岸肩明顯下陷(有明顯積水現象)	
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)	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
	壁 體	龜裂	2	產生輕微裂縫	持續觀測
			3	產生明顯裂縫	噴凝土修復(C5)
			4	產生嚴重裂縫	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
		腐蝕	2	局部可見鏽水	持續觀測
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	噴凝土修復(C5)
			4	鋼筋露出且已腐蝕,可見鏽水顯著	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
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	持續觀測
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)	噴凝土修復(C5)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁	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,或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	持續觀測
			3	混凝土龜裂,鋼筋完全露出,無腐蝕現象。鋼筋部分露出,而且有腐蝕現象	噴凝土修復(C5)
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出	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
		傾斜	2	輕微傾斜(傾斜度 $\leq 3\%$)	持續觀測
			3	明顯傾斜($3\% < \text{傾斜度} \leq 5\%$)	持續觀測
			4	嚴重傾斜(傾斜度 $\geq 5\%$)	沉箱重整工法(E1)、沉箱分離式工法(E2)、樁式碼頭構造工法(E3)
		漏砂	3	牆面裂縫已可觀查出漏砂	持續觀測
			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

表 3-28 重力式碼頭劣化異狀與處置對策(續 2)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
碼頭本體	法線	變位	3	法線明顯變位(目視約 0.2~0.3m)	持續觀測
			4	法線嚴重變位(目視約 0.3m 以上)	沉箱重整工法(E1)、沉箱分離式工法(E2)、樁式碼頭構造工法(E3)
	後線	沈陷	3	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	持續觀測
			4	岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	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
海床		冲刷	2	基礎輕微淘刷(冲刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀測
			3	基礎明顯淘刷(冲刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊
			4	基礎嚴重淘刷(冲刷坑深度目視約 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

表 3-29 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	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%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
		腐蝕	2	局部可見鏽水	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	混凝土及鋼筋修補(C4)
			4	鋼筋露出且已腐蝕,可見鏽水顯著	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
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 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 3mm 以上)	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁	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 3-30 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續 1)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出	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
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	持續觀測
			3	岸肩明顯下陷(有明顯積水現象)	
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)	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
	壁體	板樁腐蝕	2	板樁局部區域有生鏽呈點狀膨脹。表層塗料的剝落龜裂呈點狀。(缺陷面積率約 0.1%以下)	
			3	相當大的生鏽呈點狀膨脹(缺陷面積率約 0.1%~0.3%之間)	
			4	被認為有大範圍的生鏽與膨脹(缺陷面積率約 0.3%以上)	
		接縫開裂	2	有輕微開裂(長度約達 10~20cm)	持續觀測
			3	有明顯開裂(長度約達 20~30cm)	持續觀測
			4	明顯嚴重開裂(長度約達 30cm 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
		腐蝕電位	2	參考電位 <-850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	持續觀測
			3	參考電位 -500~850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	持續觀測
			4	參考電位 >-500mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	防蝕系統更換(S1、S2)
		穿孔	3	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔(面積 1 cm ²)現象	持續觀測
			4	連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔(面積 1~3cm ²)擴大且有漏砂現象	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
		防蝕系統	2	較為損耗(壞)	無
			3	明顯損耗(壞)	無
			4	嚴重損耗(壞)	防蝕系統更換(S1、S2)

表 3-31 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策(續 2)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
碼頭本體	壁體	傾斜	2	輕微傾斜(傾斜度 $\leq 3\%$)	持續觀測
			3	明顯傾斜($3\% < \text{傾斜度} \leq 5\%$)	持續觀測
			4	嚴重傾斜(傾斜度 $\geq 5\%$)	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
	法線	變位	3	法線明顯變位(目視約 0.2~0.3m)	持續觀測
			4	法線嚴重變位(目視約 0.3m 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
	後線	沈陷	3	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	持續觀測
4			岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	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	
海床		冲刷	2	基礎輕微淘刷(冲刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀測
			3	基礎明顯淘刷(冲刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊
			4	基礎嚴重淘刷(冲刷坑深度目視約 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

表 3-32 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	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
面版	梁	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m^2 以下)	持續觀測
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 $0.5\sim 2\text{m}^2$)	微細混凝土(C7)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m^2)	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
		腐蝕	2	局部可見鏽水	持續觀測
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	微細混凝土(C7)
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	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 3-33 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 1)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
面版	梁	裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	持續觀測
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)	微細混凝土(C7)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁	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，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	持續觀測
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象	微細混凝土(C7)
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出	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	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ²)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ²)	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
		腐蝕	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)	混凝土及鋼筋修補(C4)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%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
		裂縫	2	局部可見鏽水	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	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 3-34 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 2)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
面版	岸肩	剝落	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 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 3mm 以上)	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁	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
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	持續觀測
			3	岸肩明顯下陷(有明顯積水現象)	
			4	岸肩嚴重下陷(有嚴重積水現象)	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／冠牆	龜裂	2	產生輕微裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	產生明顯裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			4	產生嚴重裂縫	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
		腐蝕	2	局部可見鏽紋	持續觀測
			3	局部可見鏽紋、鋼筋露出且輕微腐蝕	微細混凝土(C7)
			4	鋼筋露出已腐蝕	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
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	持續觀測
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以下)	微細混凝土(C7)
			4	混凝土裂縫擴散至全部構件	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	混凝土剝落，但未見粗粒料	持續觀測
			3	混凝土剝落，且看見部分粗粒料露出	微細混凝土(C7)
			4	混凝土剝落，且整個粗粒料掉落	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
	法線	變位	3	法線明顯變位(目視約 0.2~0.3m)	持續觀測
			4	法線嚴重變位(目視約 0.3m 以上)	棧橋式碼頭修復工法(E4)

表 3-35 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 3)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
面版	後緣	沈陷	3	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	持續觀測
			4	岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	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
墩柱(鋼管樁)	腐蝕		2	局部區域有鏽蝕集中	持續觀測
			3	帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔	持續觀測
			4	連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大	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
	防蝕披覆損壞		2	劣化面積 0.3%以下	持續觀測
			3	劣化面積介於 0.3~10%之間	持續觀測
			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
	傾斜變形		3	基樁可目視出飛原設計之明顯傾斜或破裂現象	持續觀測
			4	基樁可目視出飛原設計之嚴重傾斜或破裂現象或樁體有曲折現象	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
墩柱 (混凝土樁)	龜裂		2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、瀝青鋪面龜裂率目測約 20%以下)	持續觀測
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 20~30%)	特密管灌漿(C6)、噴凝土修復(C5)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、瀝青鋪面龜裂率目測約 30%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
	腐蝕		2	局部可見鏽水	持續觀測
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	特密管灌漿(C6)、噴凝土修復(C5)
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	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 3-36 棧橋式碼頭劣化異狀與處置對策(續 4)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
墩柱 (混凝土樁)	裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	持續觀測
		3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)	特密管灌漿(C6)、噴凝土修復(C5)
		4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁	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，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	持續觀測
		3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象	特密管灌漿(C7)、噴凝土修復
		4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出	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
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)	持續觀測
		3	護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5%~20%)	持續觀測
		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
海床	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀測
		3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊
		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

表 3-37 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	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
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形	防蝕塗料維修
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂	置換構件
防舷材	龜裂破損	2	材質表面褪色、輕微劣化，靠船時有輕微龜裂現象	無
		3	材質表面劣化明顯，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	無
		4	材質老化、構件變形、掉落，靠船時開裂過大、失去避震功能	置換構件
車檔	龜裂破損	2	材質表面輕微龜裂情形	無
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形	無
		4	材質嚴重龜裂或多處破損	置換構件
起重機軌道	腐蝕位移	2	兩軌間距高差<3mm、兩軌間具左右差<5mm、縱向坡度<2/1000、彎曲度<0.05mm/2m、小區域的生鏽	無
		3	兩軌間距高差 3mm~4.25mm、兩軌間距左右差 5mm~10mm、縱向坡度 2/1000~3/1000、彎曲度 0.05mm/2m~0.1mm/2m、局部區域有生鏽	無
		4	兩軌間距高差 ≥4.25mm、兩軌間距左右差 ≥10mm、縱向坡度 ≥3/1000、彎曲度 ≥0.1mm/2m、大範圍生鏽	置換構件

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、鋤刀、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	$\geq 1.2\text{Mp2}$ ，無滲漏	CRD-C48
結晶滲透厚度	$\geq 30\text{mm}$ ，30 天	掃描式電子顯微鏡 (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)(相關規範：公共工程施工綱要規範 03930 章 混凝土修復)

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	$\geq 8\text{Pa.s}$	CNS13065(ASTM D293-86)
粘接強度	$\geq 90\text{kg/cm}^2(14\text{days})$	ASTM C882-87
抗拉強度	$\geq 30\text{kg/cm}^2$	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)以高壓水刀鑿除劣質混凝土至堅實面。

(c)修飾被敲除之混凝土範圍，使其邊緣成為方邊，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，以確保無鋼筋鏽蝕發生，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)敲除已產生鋼筋鏽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鏽，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)鏽蝕處理後於一小時內塗上防鏽劑。
- (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)鋼筋防鏽劑(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	$\geq 180\text{kg/cm}^2@7\text{天}$ $\geq 220\text{kg/cm}^2@28\text{天}$	CNS1010(ASTM C109-90)
粘接強度	$\geq 15\text{kg/cm}^2$	ASTM 882-87
膨脹率	$0\sim 0.4\%@7\text{天}$	ASTM C827
氯離子含量	$\leq 0.6\text{kg/m}^3$	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)噴凝土工法(Shotcrete or gunite)(C5)(相關規範：公共工程施工綱要規範 03372 章噴凝土)

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 3.19 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 3.20 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。

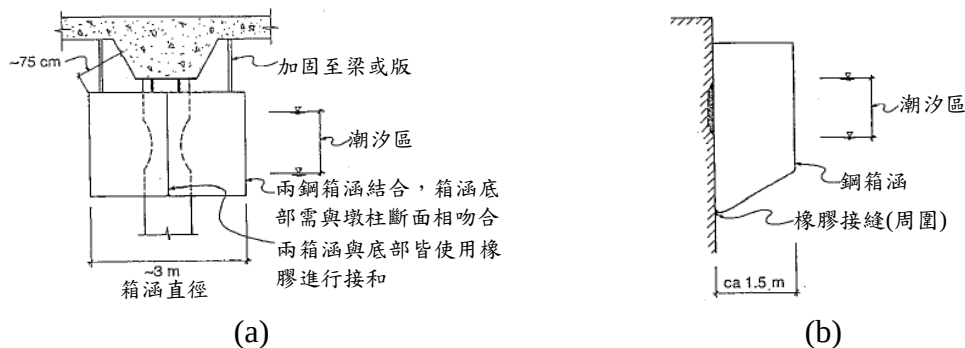


圖 3.19 防水箱涵示意

資料來源：Carl A Thoresen[20], 2003

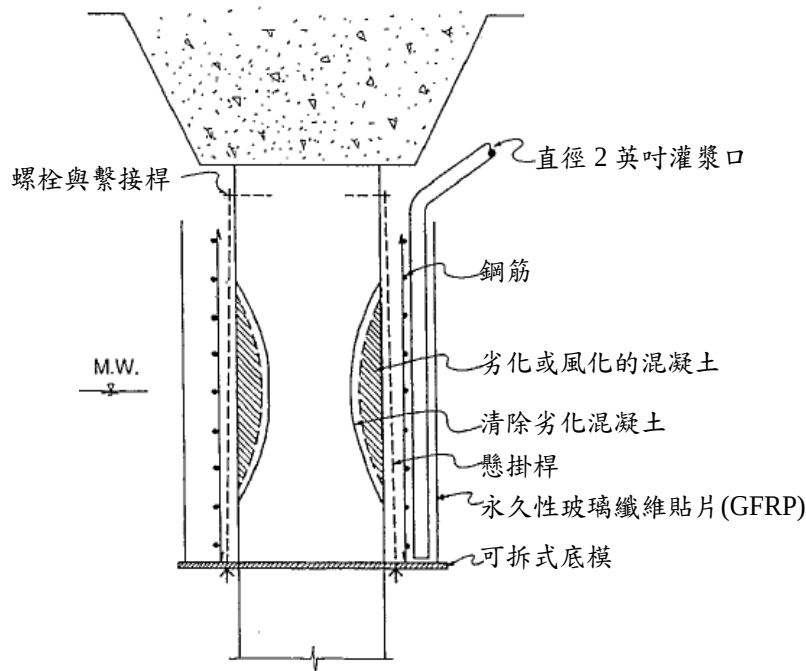


圖 3.20 灌漿管示意

資料來源：Carl A Thoresen[20], 2003

(6)特密管灌漿(Termie pipe concreting)(C6)

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 3.21 所示。

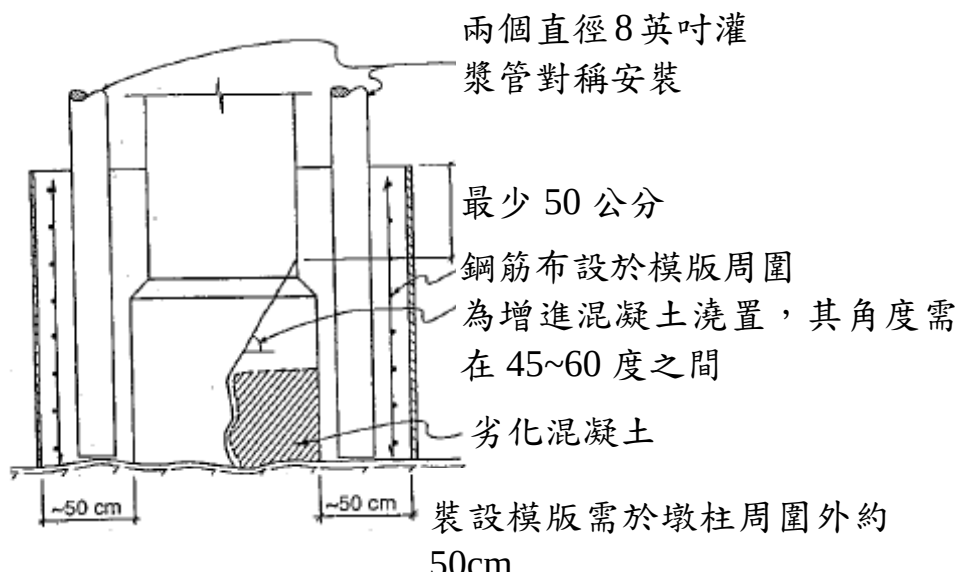


圖 3.21 特密管於墩柱海床交接面之修復

資料來源：Carl A Thoresen[20], 2003

(7)微細混凝土(Micro-concrete)(C7)

微細混凝土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 3.22、圖 3.23 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。

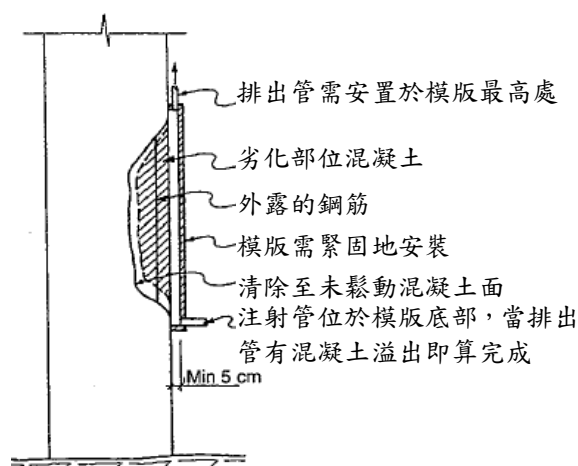


圖 3.22 使用微細混凝土於牆面構造修復示意

資料來源：Carl A Thoresen[20], 2003

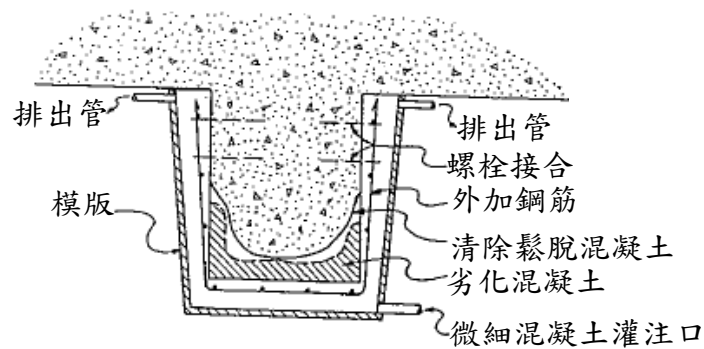


圖 3.23 使用微細混凝土於梁修復示意

資料來源：Carl A Thoresen[20], 2003

2. 鋼構造物修復工法

鋼構造物修復，主要以防蝕系統修復為主，目前所採陰極防蝕技術應用於港灣構造物上，經國外多年之研究及使用經驗，業已被肯定為防蝕效能極佳之工法。國內亦已由交通部運輸研究所於民國 92 年研訂「港灣構造物陰極防蝕準則草案-(鋼構造物部份)」，針對港灣鋼構造物之陰極防蝕技術制訂準則草案，草案中以(1)犧牲陽極式防蝕系統與(2)外加電流式防蝕系統兩者說明其設計基本原則、陰極防蝕系統設計、材料及裝置、系統安裝、系統驗收與系統維護與管理等內容，其工法概要說明如下：

(1) 犧牲陽極式防蝕系統(S1)

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 3.24 所示

(2) 外加電流式防蝕系統(S2)

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 3.25 所示。

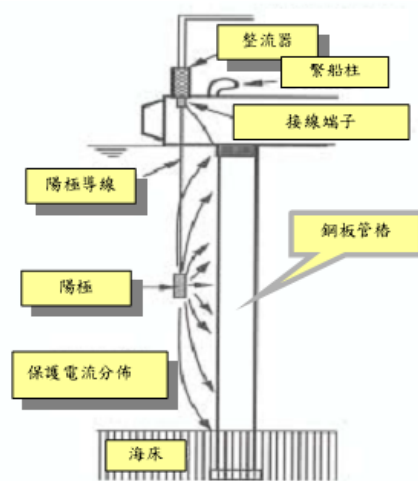
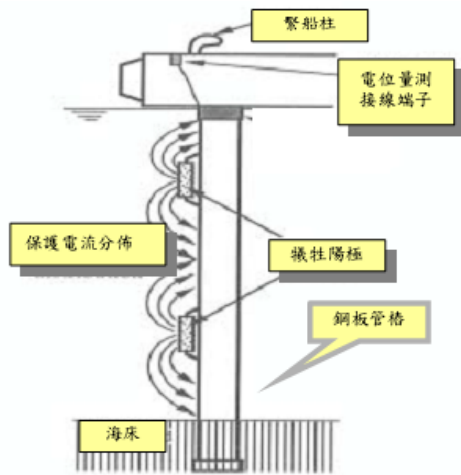


圖 3.24 碼頭鋼板(管)樁犧牲陽極法示意圖 圖 3.25 碼頭鋼板(管)樁外加電流法示意圖

資料來源：交通部運輸研究所^[21], 2004

3. 緊急搶修工法

(1) 沉箱重整工法(E1)：圖 3.26 係碼頭法線呈不規則之移位，且後線腹地需予改善，而將少數偏差沉箱予以特殊處理之工法，其工法為：

- 沉箱上層混凝土破碎，填充料挖除，重新澆置，並調整碼頭法線。
- 沉箱後方打鋼管樁(直樁+斜樁)。
- 填實各段基礎砂石料。
- 以 PC 中空橫梁連接沉箱與樁。
- 碼頭後線土壤施抗液化工作。

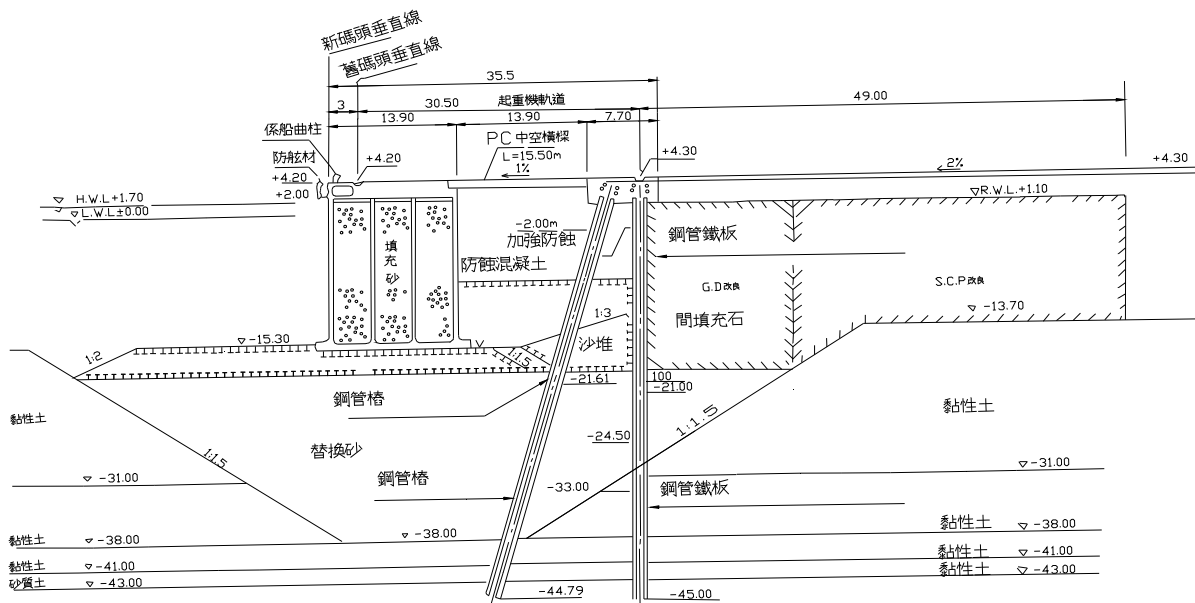


圖 3.26 沉箱重整工法示意圖

資料來源：陳永祥、震後港灣及河海堤快速診斷手冊之建立與震後港灣及河海堤快速補強手段^[22], 2000

如少數沉箱突出原有法線，可改慮予以重新浮揚或澆置而維持原法線與寬闊之水域。沉箱如因後側土壓導致向海域傾斜，則可以掘挖後側土壤，並予校正沉箱至法線位置後再施予地盤改良之回填。

(2)沉箱分離式工法(E2)：圖 3.27 係多數碼頭沉箱呈嚴重之位移、破壞，於原碼頭沉箱無法修復，考慮港灣營運，乃不得已於原碼頭法線前另行拖放新碼頭法線沉箱，使原碼頭沉箱留存於新碼頭腹地之修補方法，其工法為：

- 於前方重訂碼頭法線，另安放沉箱。
- 新舊沉箱之間隔以拋石填充。
- 新舊沉箱之間以中空橫梁連結。
- 碼頭後線土壤施抗液化工作。

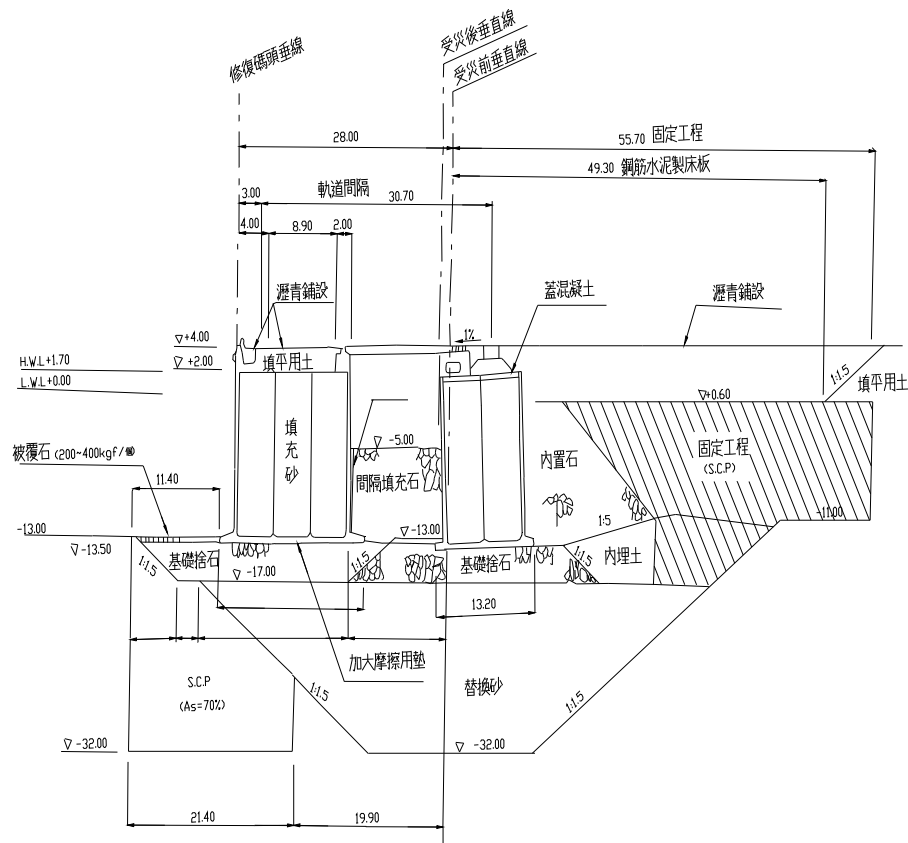


圖 3.27 沉箱分離式工法示意圖

資料來源：陳永祥、震後港灣及河海堤快速診斷手冊之建立與震後港灣及河海堤快速補強手段^[22], 2000

本工法將減少近 30m 之船隻運作水域，考量港灣長期之營運，於狹窄之港域多難採用，綜觀臺灣各港域情形，不宜採用，若遇是項嚴重之地震災損，宜研討其他替代工法。

(3) 樁式碼頭構造工法(E3)：圖 3.28 地震災損使原沉箱碼頭無法使用時，可於碼頭前另訂新法線，以快速方式施打基樁，另造棧橋式碼頭接合沉箱碼頭使用，其工法為：

- 前方造鋼管樁棧橋碼頭。
- 棧橋與沉箱間拋石填充。
- 棧橋與沉箱以中空橫梁連結。
- 碼頭後線土壤施抗液化工作。

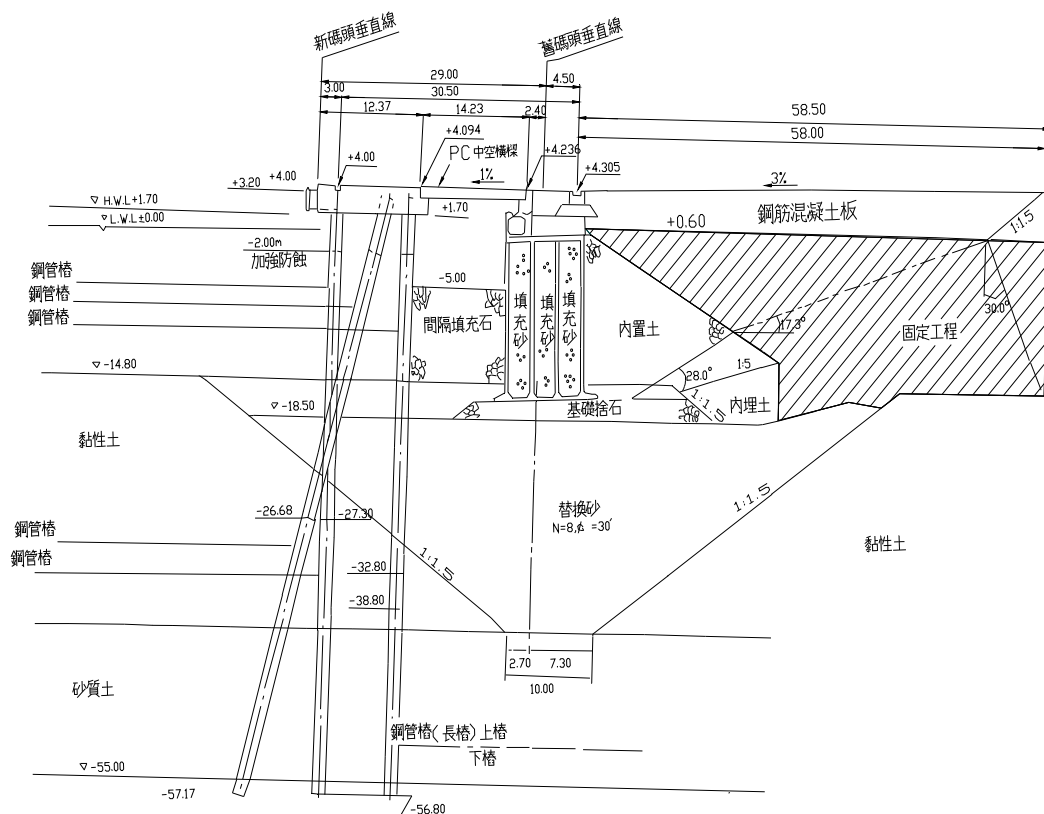


圖 3.28 樁式碼頭構造工法示意圖

資料來源：陳永祥、震後港灣及河海堤快速診斷手冊之建立與震後港灣及河海堤快速補強手段^[22], 2000

本項樁式碼頭構造工法佔用之水域廣，於沉箱碼頭無法使用採用本工法時，宜考慮基樁之儘量加長與水域之儘少佔用。原沉箱因地震傾向海側時，可考慮原沉箱陸側之減壓處理，減少樁式碼頭與原沉箱間之拋石寬度，以縮小水域之佔用；於原沉箱碼頭位移不大，亦可於凹入沉箱前打管樁或修正沉箱碼頭之撞墊方式處理。

(4)棧橋式碼頭修復工法(E4)：圖 3.29 棧橋式碼頭如震後無法作用亦多法線之變形，考慮拆除重建之工程浩大，不如於其前端迅即新造較小之棧橋碼頭結合使用，其工法為：

- a. 舊棧橋碼頭前端海域打設鋼管樁。
- b. 舊棧橋碼頭前方開挖及拋石至設計線高程。

- c.澆置上部混凝土。
- d.新舊棧橋碼頭以渡版連接。
- e.碼頭後線土壤施抗液化工作。

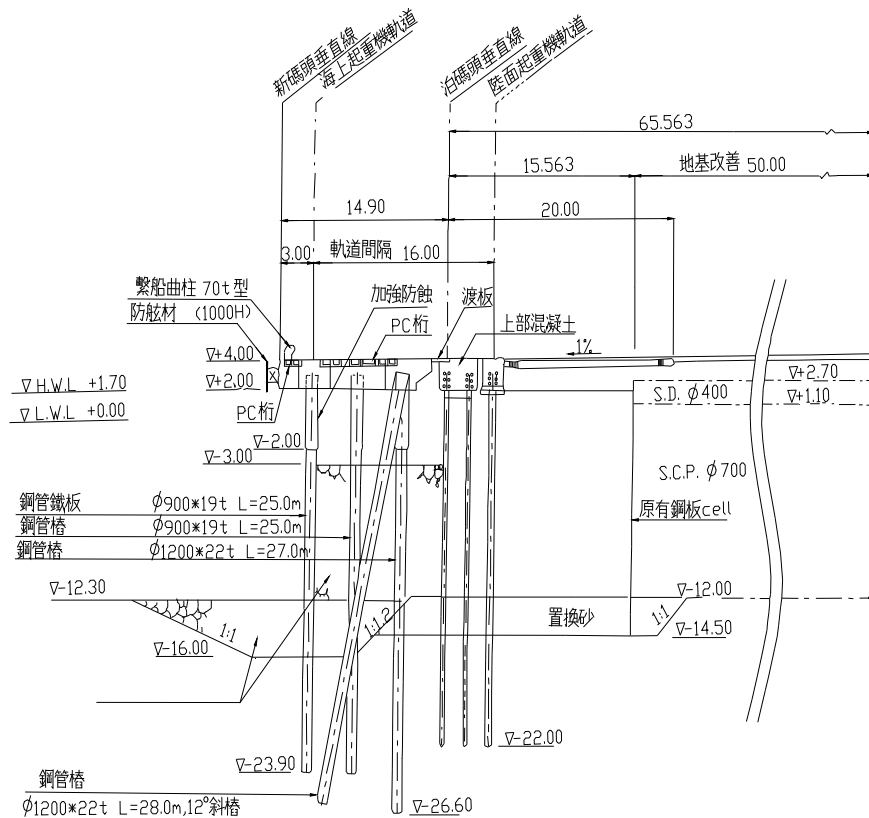


圖 3.29 棧橋式碼頭修復工法示意圖

棧橋碼頭因地震發生而須採用本工法修復時，則重力式沉箱碼頭多已嚴重災損，更需長時間之修復處理，該時棧橋碼頭之修復，實至緊急狀態，修復之時限更須嚴謹控制。

3.4 小結

本章藉由國內外港灣構造物維護管理程序文件之收集，藉此擬定本案檢測程序，以訂定檢測類型、頻率、與執行注意事項等，並進而建立碼頭與防波堤構造物之編碼原則，故可配合前述之目視檢測標準

進行現場檢測評估，並作為系統資料庫架構之基礎，未來碼頭設施將採逐跨記錄，而防波堤則輔以 GPS 定位進行記錄。檢測手冊可提供現場檢測人員進行構件檢視時之判斷標準，並提供設施評價方法供工程人員針對單一構件與設施整體進行評估，藉此作為維修排序之參考依據，並針對各構件劣化異狀提供修復方式，以作為維修補強之參考。

第四章 港灣構造物實作模擬訓練

4.1 基隆港西 14 號碼頭目視檢測

依 3.2.2 節碼頭設施構件編碼原則，本案即以基隆港西 14 號碼頭為例分為 23 個單元(其中單元 7 與 15 為擁壁(重力)式)，其示意圖如圖 4.1 所示。

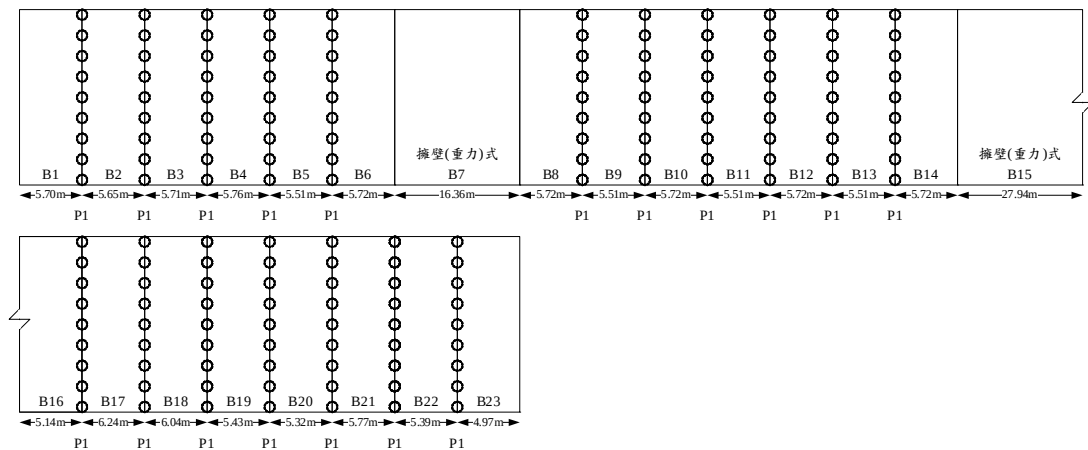


圖 4.1 基隆港西 14 號碼頭單元示意

為便於紀錄各單元目視檢測狀況，故本案以下表 4-1(以岸肩底部為例)作為各單元檢測結果之填寫表格，表中需紀錄檢測基本資料，包含檢測日期、檢測港灣、檢測碼頭、檢測單元、檢測單位與紀錄人員，其後紀錄單元檢測資料，包含劣化位置簡圖之繪製，繪製方式依 3.2.2 節進行標註；劣化異狀之詳細資料填列，包含編號、構件項目、異狀類型、異狀評估(劣化程度 D 填寫，其填寫標準請參照 2.3 節所述)、劣化位置與範圍；最後配合編號附上各異狀的照片。表 4-2~表 4-9 為基隆港西 14 號碼頭劣化異狀彙整表，並表列各劣化異狀的單元編號、構件名稱、劣化類型劣化位置、異狀評估與劣化面積(或長度)等。

表 4-1 碼頭單元目視檢測紀錄表(以岸肩底部為例)

檢測日期：2010/07/27 天氣：晴

港灣名稱：基隆港	碼頭編號：西 14 號碼頭	檢測單元：B1			
檢測單位：臺灣營建研究院		紀錄人員：簡臣佑			
異狀簡圖					
臨海側 ↑ 冠牆 T ↓ 臨海側 } 裂縫 # 腐蝕 ▽ 剝落					
異狀描述					
編號	構件項目	劣化類型	劣化評估 (Degree)	位置	範圍 m ² (或長度 m)
1	梁	裂縫	3	B1	0.4 m
2	岸肩底部	腐蝕	3	S1	2.5 m ²
3	岸肩底部	裂縫	2	S3	0.3 m
4	岸肩底部	腐蝕	2	B6	3 m ²
劣化照片					
1		2		3	
4					

表 4-2 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	劣化面積 (m ²)	劣化長度 (m)
B1	面版-冠牆	裂縫	T	3		0.6
B1	面版-冠牆	腐蝕	T	3	1.5	
B1	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	3	2.0	
B1	面版-梁	腐蝕	B3	3	0.5	
B1	面版-梁	腐蝕	B4	3	0.5	
B1	面版-梁	腐蝕	B6	3	0.5	
B1	面版-梁	裂縫	B7	3		1.2
B1	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	3	0.5	
B1	面版-梁	裂縫	B8	3		0.5
B1	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	3	1.8	
B1	面版-冠牆	裂縫	T	3		0.6
B10	面版-岸肩	腐蝕	5.0,5.9	3	0.84	
B10	面版-岸肩	腐蝕	0.2,10.8	3	0.4	
B10	面版-岸肩底部	腐蝕	S3	2	3	
B10	面版-岸肩底部	裂縫	S4	2		0.7
B10	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.48	
B10	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	1.95	
B10	面版-梁	腐蝕	B1	3	0.3	
B10	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.35	
B10	面版-梁	裂縫	B3	2		0.7
B10	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.5	
B10	面版-梁	腐蝕	B4	2	2.4	
B10	面版-梁	腐蝕	B5	2	2.1	
B10	面版-梁	裂縫	B6	3		0.6
B10	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.45	
B10	面版-梁	剝落	B8	2		1.6
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.5	
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S3	2	0.3	
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S4	2	0.27	
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.05	
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.8	
B11	面版-岸肩底部	剝落	S7	2	1	
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	2	
B11	面版-梁	裂縫	B1	3		0.8

表 4-3 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 1)

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化位置	劣化程度	劣化面積(m ²)	劣化長度(m)
B11	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.08	
B11	面版-梁	腐蝕	B2	2	1.6	
B11	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.5	
B11	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.72	
B11	面版-梁	腐蝕	B5	2	1.6	
B11	面版-梁	腐蝕	B6	2	1.6	
B11	面版-梁	腐蝕	B7	2	1	
B11	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.03	
B12	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2		1.2
B12	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	1.476	
B12	面版-岸肩底部	腐蝕	S2	2	1.274	
B12	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	2.08	
B12	面版-梁	裂縫	B1	3		0.8
B12	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.65	
B12	面版-梁	腐蝕	B2	2	1.5	
B12	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.9	
B12	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.27	
B12	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.64	
B12	面版-梁	裂縫	B6	2		1
B12	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.4	
B12	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.78	
B12	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.06	
B13	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.2	
B13	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.24	
B13	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	1.1	
B13	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.112	
B13	面版-梁	腐蝕	B2	2	1.04	
B13	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.05	
B13	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.26	
B13	面版-梁	裂縫	B5	3		1.1
B13	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.52	
B13	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.198	
B13	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.55	
B13	面版-梁	腐蝕	B9	4	2.2	

表 4-4 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 2)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	劣化面積 (m ²)	劣化長度 (m)
B14	面版-岸肩	腐蝕	1.5,6.1	3	0.18	
B14	面版-岸肩	腐蝕	1.5,8.4	3	0.15	
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S2	2	0.31	
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S3	2	0.2	
B14	面版-岸肩底部	裂縫	S5	3		0.575
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.8	
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.255	
B14	面版-梁	裂縫	B1	2		1.1
B14	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.2	
B14	面版-梁	裂縫	B2	3		0.45
B14	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.5	
B14	面版-梁	腐蝕	B4	2	7.7	
B14	面版-梁	腐蝕	B5	2	6.82	
B14	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.5	
B14	面版-梁	裂縫	B7	3		0.3
B14	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.5	
B14	面版-梁	腐蝕	B9	4	1.3	
B15	碼頭本體-岸肩	腐蝕	22.8,6.2	3	0.5	
B15	碼頭本體-壁體	腐蝕	0.5,1	3		
B15	碼頭本體-壁體	層間位移	4,7.9	2		
B15	碼頭本體-壁體	層間位移	5,8.6	2		
B16	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.5	
B16	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.25	
B16	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.7	
B16	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.55	
B16	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.11	
B16	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.1	
B16	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.4	
B16	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.55	
B16	面版-梁	裂縫	B9	3		1
B17	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.56	
B17	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.18	
B17	面版-梁	裂縫	B1	3		0.75
B17	面版-梁	裂縫	B2	3		1

表 4-5 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 3)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	劣化面積 (m ²)	劣化長度 (m)
B17	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.44	
B17	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.671	
B17	面版-梁	裂縫	B4	3		0.8
B17	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.5	
B17	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.12	
B17	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.112	
B17	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.14	
B17	面版-梁	裂縫	B8	3		1
B17	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.2	
B17	面版-梁	腐蝕	B9	4	1.74	
B18	面版-岸肩底部	腐蝕	S2	2	1	
B18	面版-岸肩底部	裂縫	S4	2		0.512
B18	面版-梁	裂縫	B1	3		0.71
B18	面版-梁	裂縫	B2	3		0.6
B18	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.34	
B18	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.25	
B18	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.084	
B18	面版-梁	裂縫	B5	3		1
B18	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.05	
B18	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.05	
B18	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.385	
B18	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.4	
B18	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.52	
B19	面版-岸肩	腐蝕	4.0,3.6	3	3.23	
B19	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2		0.42
B19	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.412	
B19	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	1.12	
B19	面版-梁	裂縫	B1	3		1
B19	面版-梁	裂縫	B2	3		0.415
B19	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.106	
B19	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.72	
B19	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.2	
B19	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.18	
B19	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.45	

表 4-6 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 4)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	劣化面積 (m ²)	劣化長度 (m)
B19	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.175	
B19	面版-梁	裂縫	B8	3		1
B19	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.112	
B2	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	1.5	
B2	面版-岸肩底部	裂縫	S2	3		0.5
B2	面版-梁	腐蝕	B4	3	0.06	
B2	面版-梁	裂縫	B5	3		0.6
B2	面版-梁	裂縫	B7	2		0.4
B2	面版-梁	腐蝕	B8	3	0.32	
B2	面版-梁	腐蝕	B9	4	2	
B20	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.25	
B20	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.525	
B20	面版-梁	裂縫	B1	3		0.82
B20	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.22	
B20	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.2	
B20	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.4	
B20	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.2	
B20	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.42	
B20	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.1	
B20	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.55	
B21	面版-岸肩	腐蝕	0.9,5.2	3	0.32	
B21	面版-岸肩	腐蝕	2.7,6.6	3	0.27	
B21	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.65	
B21	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.09	
B21	面版-梁	裂縫	B1	3		0.6
B21	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.18	
B21	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.5	
B21	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.7	
B21	面版-梁	裂縫	B8	2		1.6
B21	面版-梁	腐蝕	B8	3	1.6	
B21	面版-梁	腐蝕	B9	4	1.65	
B22	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2		0.4
B22	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.6	
B22	面版-岸肩底部	腐蝕	B9	4	1.68	

表 4-7 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 5)

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化位置	劣化程度	劣化面積(m ²)	劣化長度(m)
B22	面版-冠牆	裂縫	T	2		1
B22	面版-梁	裂縫	B1	3		1.2
B22	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.06	
B22	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.225	
B22	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.33	
B22	面版-梁	裂縫	B6	2		1.45
B22	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.1	
B22	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.1	
B22	面版-梁	裂縫	B8	3	1	
B22	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.12	
B23	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2		1.1
B23	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.3	
B23	面版-冠牆	裂縫	T	4		1
B23	面版-梁	裂縫	B1	4		0.7
B23	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.48	
B23	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	
B23	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.01	
B23	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.06	
B23	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.03	
B23	面版-梁	裂縫	B8	4		1.1
B23	面版-梁	腐蝕	B9	4	1.1	
B3	面版-岸肩	腐蝕	5.5,6.8	3	9.92	
B3	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.1	
B3	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.03	
B3	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.75	
B3	面版-梁	腐蝕	B4	2	1.5	
B3	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.5	
B3	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.3	
B3	面版-梁	腐蝕	B9	4	1.5	
B4	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.3	
B4	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	2.4	
B4	面版-梁	裂縫	B1	4		0.6
B4	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.25	
B4	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.75	

表 4-8 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 6)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	劣化面積 (m ²)	劣化長度 (m)
B4	面版-梁	腐蝕	B3	2	1.1	
B4	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.96	
B4	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.5	
B4	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.5	
B4	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.07	
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.2	
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S4	2	0.5	
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.33	
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	1.6	
B5	面版-梁	裂縫	B1	4		0.8
B5	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.27	
B5	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.027	
B5	面版-梁	裂縫	B3	3		0.9
B5	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.08	
B5	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.3	
B5	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.24	
B5	面版-梁	裂縫	B6	2		0.9
B5	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.18	
B5	面版-梁	裂縫	B8	3		0.8
B6	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.1	
B6	面版-梁	裂縫	B1	4		0.8
B6	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.2	
B6	面版-梁	裂縫	B3	3		0.8
B6	面版-梁	裂縫	B4	4		1.1
B6	面版-梁	腐蝕	B4	3	0.6	
B6	面版-梁	裂縫	B5	3		0.6
B6	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.2	
B6	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.045	
B6	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.4	
B6	面版-梁	腐蝕	B9	4	1.25	
B7	碼頭本體-岸肩	裂縫	13.5,10.8	2		10.34
B7	碼頭本體-岸肩	腐蝕	13,7.4	3	0.3	
B8	面版-岸肩底部	裂縫	S1	3		1.2
B8	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	1.38	

表 4-9 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 7)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	劣化面積 (m ²)	劣化長度 (m)
B8	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.6	
B8	面版-冠牆	裂縫	T	3		0.6
B8	面版-梁	裂縫	B1	3		1
B8	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.254	
B8	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.12	
B8	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.25	
B8	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.5	
B8	面版-梁	裂縫	B7	3		0.75
B8	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.256	
B9	面版-岸肩	腐蝕	5.5,6.4	3	0.21	
B9	面版-岸肩底部	裂縫	S4	3		1
B9	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.3	
B9	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	1.65	
B9	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	2.275	
B9	面版-梁	裂縫	B1	3		0.9
B9	面版-梁	裂縫	B2	2		0.3
B9	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.256	
B9	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.84	
B9	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.43	
B9	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.2	
B9	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.132	
B9	面版-梁	腐蝕	B7	2	1.8	
B9	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.12	

4.2 基隆港西 14 號碼頭設施評價

1. 單一構件設施評價：依 3.3.3 節針對單一構件設施之計算，將表 4-2~表 4-9 中各構件評估後值列表如表 4-10~表 4-17 所示。

表 4-10 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化位置	劣化程度	權重	評價
B15	碼頭本體-壁體	腐蝕	0.5,1	3	0.22	0.66
B15	碼頭本體-壁體	層間位移	5,8.6	2	0.22	0.44
B15	碼頭本體-壁體	層間位移	4,7.9	2	0.22	0.44
B15	碼頭本體-岸肩	腐蝕	22.8,6.2	3	0.12	0.36
B7	碼頭本體-岸肩	腐蝕	13,7.4	3	0.12	0.36
B7	碼頭本體-岸肩	裂縫	13.5,10.8	2	0.12	0.24
B13	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B14	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B17	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B2	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B20	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B21	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B23	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B23	面版-梁	裂縫	B8	4	0.04	0.16
B23	面版-梁	裂縫	B1	4	0.04	0.16
B3	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B4	面版-梁	裂縫	B1	4	0.04	0.16
B5	面版-梁	裂縫	B1	4	0.04	0.16
B6	面版-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B6	面版-梁	裂縫	B4	4	0.04	0.16
B6	面版-梁	裂縫	B1	4	0.04	0.16
B1	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B10	面版-梁	裂縫	B6	3	0.04	0.12
B10	面版-梁	腐蝕	B1	3	0.04	0.12
B11	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12

表 4-11 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 1)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	權重	評價
B12	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B13	面版-梁	裂縫	B5	3	0.04	0.12
B14	面版-梁	裂縫	B7	3	0.04	0.12
B14	面版-梁	裂縫	B2	3	0.04	0.12
B16	面版-梁	裂縫	B9	3	0.04	0.12
B17	面版-梁	裂縫	B8	3	0.04	0.12
B17	面版-梁	裂縫	B4	3	0.04	0.12
B17	面版-梁	裂縫	B2	3	0.04	0.12
B17	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B18	面版-梁	裂縫	B5	3	0.04	0.12
B18	面版-梁	裂縫	B2	3	0.04	0.12
B18	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B19	面版-梁	裂縫	B8	3	0.04	0.12
B19	面版-梁	裂縫	B2	3	0.04	0.12
B19	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B2	面版-梁	腐蝕	B8	3	0.04	0.12
B2	面版-梁	裂縫	B5	3	0.04	0.12
B2	面版-梁	腐蝕	B4	3	0.04	0.12
B20	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B21	面版-梁	腐蝕	B8	3	0.04	0.12
B21	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B22	面版-梁	裂縫	B8	3	0.04	0.12
B22	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B5	面版-梁	裂縫	B8	3	0.04	0.12
B5	面版-梁	裂縫	B3	3	0.04	0.12
B6	面版-梁	裂縫	B5	3	0.04	0.12
B6	面版-梁	腐蝕	B4	3	0.04	0.12
B6	面版-梁	裂縫	B3	3	0.04	0.12
B8	面版-梁	裂縫	B7	3	0.04	0.12
B8	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B9	面版-梁	裂縫	B1	3	0.04	0.12
B10	面版-梁	剝落	B8	2	0.04	0.08
B10	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B10	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08

表 4-12 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 2)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	權重	評價
B10	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B10	面版-梁	裂縫	B3	2	0.04	0.08
B10	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B10	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B11	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	裂縫	B6	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B12	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.04	0.08
B13	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B13	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B13	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B13	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B13	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B13	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B13	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.04	0.08
B14	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B14	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B14	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B14	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B14	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B14	面版-梁	裂縫	B1	2	0.04	0.08

表 4-13 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 3)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	權重	評價
B14	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.04	0.08
B16	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B16	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B16	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B16	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B16	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B16	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B16	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B17	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B17	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B17	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B17	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B17	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B17	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B17	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B18	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B19	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B19	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B19	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B19	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B19	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B19	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B19	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B2	面版-梁	裂縫	B7	2	0.04	0.08
B20	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B20	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B20	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08

表 4-14 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 4)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	權重	評價
B20	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B20	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B20	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B21	面版-梁	裂縫	B8	2	0.04	0.08
B21	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B21	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B21	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B22	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B22	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B22	面版-梁	裂縫	B6	2	0.04	0.08
B22	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B22	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B22	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B22	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B23	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B23	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B23	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B23	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B23	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B3	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B3	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B3	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B3	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B3	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B3	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.04	0.08
B4	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B4	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B4	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B4	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B4	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B4	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B4	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.04	0.08
B5	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B5	面版-梁	裂縫	B6	2	0.04	0.08

表 4-15 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 5)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	權重	評價
B5	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B5	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B5	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B5	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B5	面版-梁	腐蝕	B1	2	0.04	0.08
B6	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B6	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B6	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B6	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B8	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B8	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B8	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B8	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B8	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	腐蝕	B8	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	腐蝕	B7	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	腐蝕	B6	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	腐蝕	B5	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	腐蝕	B4	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	腐蝕	B3	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	裂縫	B2	2	0.04	0.08
B9	面版-梁	腐蝕	B2	2	0.04	0.08
B10	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B12	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B19	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B22	面版-岸肩底部	腐蝕	B9	4	0.01	0.04
B4	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B8	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B9	面版-岸肩底部	腐蝕	S8	4	0.01	0.04
B1	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	3	0.01	0.03
B1	面版-岸肩	腐蝕	5.0,6.8	3	0.01	0.03
B10	面版-岸肩	腐蝕	5.0,5.9	3	0.01	0.03

表 4-16 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 6)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	權重	評價
B10	面版-岸肩	腐蝕	0.2,10.8	3	0.01	0.03
B14	面版-岸肩底部	裂縫	S5	3	0.01	0.03
B14	面版-岸肩	腐蝕	1.5,8.4	3	0.01	0.03
B14	面版-岸肩	腐蝕	1.5,6.1	3	0.01	0.03
B19	面版-岸肩	腐蝕	4.0,3.6	3	0.01	0.03
B2	面版-岸肩底部	裂縫	S2	3	0.01	0.03
B21	面版-岸肩	腐蝕	2.7,6.6	3	0.01	0.03
B21	面版-岸肩	腐蝕	0.9,5.2	3	0.01	0.03
B3	面版-岸肩	腐蝕	5.5,6.8	3	0.01	0.03
B8	面版-岸肩底部	裂縫	S1	3	0.01	0.03
B9	面版-岸肩底部	裂縫	S4	3	0.01	0.03
B9	面版-岸肩	腐蝕	5.5,6.4	3	0.01	0.03
B8	面版-冠牆	裂縫	T	3	0.01	0.03
B1	面版-岸肩底部	腐蝕	B6	2	0.01	0.02
B10	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.01	0.02
B10	面版-岸肩底部	裂縫	S4	2	0.01	0.02
B10	面版-岸肩底部	腐蝕	S3	2	0.01	0.02
B11	面版-岸肩底部	剝落	S7	2	0.01	0.02
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.01	0.02
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.01	0.02
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S4	2	0.01	0.02
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S3	2	0.01	0.02
B11	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B12	面版-岸肩底部	腐蝕	S2	2	0.01	0.02
B12	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2	0.01	0.02
B12	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B13	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.01	0.02
B13	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.01	0.02
B13	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.01	0.02
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.01	0.02
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.01	0.02
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S3	2	0.01	0.02
B14	面版-岸肩底部	腐蝕	S2	2	0.01	0.02
B16	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02

表 4-17 基隆港西 14 號碼頭檢測紀錄彙整(續 7)

單元 編號	構件名稱	劣化 類型	劣化 位置	劣化 程度	權重	評價
B22	面版-冠牆	裂縫	T	2	0.01	0.02
B1	面版-岸肩底部	裂縫	S3	2	0.01	0.02
B17	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.01	0.02
B17	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B18	面版-岸肩底部	裂縫	S4	2	0.01	0.02
B18	面版-岸肩底部	腐蝕	S2	2	0.01	0.02
B19	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.01	0.02
B19	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2	0.01	0.02
B2	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B20	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.01	0.02
B20	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B21	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.01	0.02
B21	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B22	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.01	0.02
B22	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2	0.01	0.02
B23	面版-岸肩底部	腐蝕	S6	2	0.01	0.02
B23	面版-岸肩底部	裂縫	S1	2	0.01	0.02
B4	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.01	0.02
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S4	2	0.01	0.02
B5	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B6	面版-岸肩底部	腐蝕	S1	2	0.01	0.02
B8	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.01	0.02
B9	面版-岸肩底部	腐蝕	S7	2	0.01	0.02
B9	面版-岸肩底部	腐蝕	S5	2	0.01	0.02

2. 整體設施評價：由於基隆港西 14 號碼頭同時存在重力式與棧橋式碼頭，故個別針對各型式碼頭選擇最嚴重構件(D 值最大者)進行計算，其計算結果如圖 4.2、圖 4.3 所示，其計算結果重力式為 1.68、棧橋式為 1.2，因分數越大其劣化程度越嚴重，故以 1.68 作為此碼頭之代表值。

重力式碼頭	碼頭本體	岸肩	權重	判定	評價
			0.12	3	0.36
		壁體	0.22	3	0.66
		法線	0.15	1	0.15
		後線	0.05	1	0.05
	海床		0.46	1	0.46
Sum					1.68

圖 4.2 基隆港西 14 號碼頭(重力式)整體評價

棧橋式碼頭	面版	梁	權重	判定	評價
			0.04	4	0.16
		岸肩	0.01	3	0.03
		岸肩底部	0.01	4	0.04
		冠牆	0.01	4	0.04
		法線	0.02	1	0.02
		後線	0.01	1	0.01
	墩柱		0.56	3	1.68
	拋石護坡		0.16	1	0.16
	海床		0.18	1	0.18
Sum					2.32

圖 4.3 基隆港西 14 號碼頭(棧橋式)整體評價

第五章 港灣結構安全檢測評估方式

本章中將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。有別於複雜之結構力學分析及計算方法，本安全評估方法較為簡化，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。

本方法為延續李等(2010)過去之研究成果，首先以結構分析方法進行較為簡單案例，如單一構件或簡單構造之破壞分析比較，其次則進行簡單結構模型之破壞試驗，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，以得到一個比較能具體呈現破壞現象的破壞指標，結合該破壞指標可得到港灣碼頭結構物安全評估之合理方法。

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。因此本研究之安全評估方式亦將以非重力式結構之評估當作目標。但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，其適用對象將以混凝土剛架式構造(concrete frame structure)如棧橋式碼頭為首要目標。

1.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 DER 或 DERU 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。

該方法中於各損壞分類中並將損壞程度加以分級，分成五等的判定標準中如前述 D.E.R.法中之分類，例如其中對於損壞程度(D)的分等：如 "1" 表良好，"2" 表尚可，"3"為差， "4"表示嚴重損壞。損壞範圍(E)的分等為 10% 以下為"1"，10% 至 30% 中間等級為"2"，30% 至 60% 之間等級為 "3"，大於 60% 則為 "4"。該構件損壞對整體結構之影響性(R)之分級亦類似。 "0" 則代表無此項目或無法判定。近來相關之研究中，或將此分及方式更為明確定義，以便現場之檢測人員在經驗不足時，更易於依循填寫相關之檢測表。

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。以下則分別說明：

(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。

2. 港灣碼頭結構破壞之新型評估方式

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。

(1)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：

$$D_e = \frac{\delta_{Me}}{\delta_{ue}} + \frac{\beta_e}{pQ_{ye}\delta_{ue}} \sum_i^p E_i^e \dots\dots\dots (5-1)$$

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

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

β_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 Park and Wen 所發展之鋼筋混凝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。

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)。

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

$$E_i^e = \sigma_{ri} \delta_{est.i} \dots\dots\dots (5-2)$$

式中 σ_{ri} = 實測所得斷面 i 之強度(residual strength)

σ_{max} = 實測所得之最大強度

$\delta_{est.i}$ = 估算之該斷面最大可能變形能力 (remaining deforming capability)，其估算方式如以梁構件為例，若考慮主要變形為旋轉角時，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)。另外若有明顯裂縫之檢測資料時亦可參照 Park 及 Paulay(1975)之方法參照圖 5.1 其旋轉角表示如下：

$$\delta_{est.i} = \theta = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{d - k_i d} \dots\dots\dots (5-3)$$

其中 S_i 為某量測段(i 段)鋼筋之伸長量。由於無法實際測出，可以梁斷面上裂縫寬(如圖 5.1)來替代；其餘參數如圖上所示。

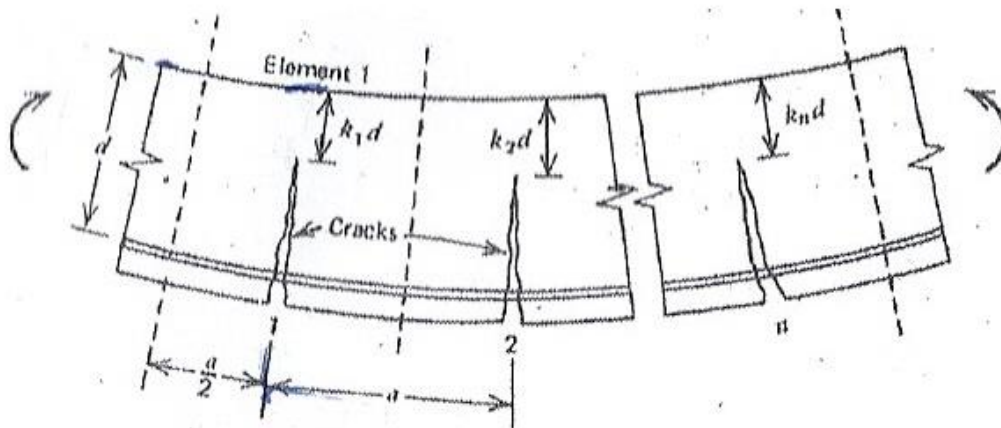


圖 5.1 鋼筋混凝土梁之累積變形計算示意圖

同樣的外力作用下， e 構件之最大變形量 δ_{Me} ，若非即時監測系統並無法得知，必須利用力學原理加以推估，在推估斷面將包含最大可能變形斷面之條件下，可將其值設定為

$$\delta_{Me} = \text{Max}(\delta_{est.i}) \dots\dots\dots (5-4)$$

以上與構件破壞指標相關之係數將列於表 5-1 中，包括相關說明。

(2) 整體結構破壞指標 (structural damage index, Φ)

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為主要考量依據；而整體結構破壞指標則結合結構使用之功能性做整體之考慮，其表示如下：

$$\Phi = \frac{2}{M} \sum_e^M [(\phi_r / \phi_l) \cdot \exp(-\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 / 100)]_e \dots\dots\dots (5-5)$$

或如下式，若相互銜接之構件為同一型式之構件，如均屬版狀構件，或均為梁構件時

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_e^M [\exp(-\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 / 100)]_e \dots\dots\dots (5-6)$$

式中，M 為結構體中屬於主結構構件之總數

ϕ_l = 結構設計之荷載因子，由鋼筋混凝土之原設計資料得出

ϕ_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

$\alpha_1 = D_e$ 現況破壞係數，為個別構件之現況破壞指標。

$\alpha_2 = 5.0 / \alpha_\delta$; $\alpha_\delta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \left(\frac{\delta_u}{\delta_e} \right)$ 延展性係數，為延展性相關

係數，與延展性線材(鋼筋)斷面損失 β_1 、構件材料(混凝土)劣化情形 β_2 及延性及脆性材料間接合情形 β_3 有關；範圍為 1.0~5.0。其中： $\beta_1 = (1 - \text{線材斷面損失率})$ ； $\beta_2 = (d - \text{劣化深度}) / d$ ， $\beta_2 = 1$ 當材料無劣化現象時； $\beta_3 = 1$ 材料間結合良好時。 β_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。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%。

α_3 = 現場實測數據變異係數，其值依變異數而定，為 1~4 之範圍。

以上與整體結構破壞指標相關之係數則列於表 5-1 中，包括相關說明。

表 5-1 整體結構破壞指標相關之係數

參數	範圍	定義	判斷依據
$\alpha_1 = D_e$	≥ 1.0	構件現況破壞係數	依檢測數據計算
$\alpha_2 = \frac{5}{\alpha_\delta}$	≥ 1.0	延展性係數	依檢測數據計算
α_3	1.0~4.0	實測數據變異係數	為 1,2,3,4 當變異值分別為 <10%；或介於 10%~20% 之間；或介於 20%~30% 之間；或 >30% 時
$\alpha_\delta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \left(\frac{\delta_u}{\delta_e} \right)$	1.0~5.0	延展性損失係數	$5 \geq \left(\frac{\delta_u}{\delta_e} \right) \geq 1$
β_1	≤ 1	延展性線材(鋼筋)斷面損失係數	(1－線材斷面損失率)
β_2	≤ 1	構件材料(混凝土)劣化係數	(d－材料劣化深度)/d
β_3	≤ 1	材料間接合係數	(1－接合損失率)

(3) 整體結構安全評估指標 (safety capability S_d)

$$S_d \leq S_n \cdot \Phi \dots\dots\dots (5-7)$$

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. 港灣碼頭結構破壞之新型評估方式之初步驗證

前述介紹之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。在初期階段將以方便在實驗室中試驗之單一構件進行。因此在本年度後續工作中，將先針對單一構件破壞指標 D_e 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。

試驗工作規劃之工作項目如下：

- (1) 以抗彎構件作為初步之試驗模型、目前規劃為懸臂梁。
- (2) 進行模型灌漿用之可重複使用模版設計並製作。
- (3) 使用材料之配合比分析及設計、主要以港灣工程使用之混凝土材料為主。
- (4) 進行模型製作，包含灌漿、養護、拆模等工作。
- (5) 進行測試資料擷取之數據試片安裝，如應變計、位移計等。
- (6) 試體裝置至實驗室準備進行往負荷重試驗，直至試體完全破壞為止。

5.1 實驗規劃

混凝土柱受到梁的受力行為時，混凝土梁會產生彎曲形變，導致一邊受拉力，一邊受壓力。而混凝土為一脆性材料，雖具有良好的抗壓能力，但抗拉能力卻不足，故添加鋼筋以提升梁的抗拉能力，即為鋼筋混凝土。而鋼筋量的多寡為影響梁受力能力的一大關鍵要素，特別為梁的設計為抗拉破壞時。本研究之模型梁同樣設計為抗拉破壞，針對不同鋼筋量以及不同的混凝土強度配比來製作模型梁，先決定三個目標強度，再試驗數種配比來選定 RC 梁之混凝土配比。初步試驗中

先選擇三種混凝土配比及兩種鋼筋量共六種組合，每一個組合製作三支 RC 梁進行實驗，再將實驗數據平均進行分析。每一混凝土配比另外製作一批圓柱試體，試驗混凝土抗壓強度。養護達一定齡期後使用 MTS 油壓制振器以產生推力及擷取數據，並產生應力位移圖來進行結果分析討論。

5.2 試驗材料基本性質分析及模具介紹

5.2.1 試驗材料分析

1. 拌合水

本研究使用國立中山大學海洋環境及工程學系工程材料實驗室內自來水。

2. 水泥

本實驗所採用之水泥為臺灣水泥公司生產的波特蘭 I 水泥，符合 CNS 61 波特蘭水泥規範。其物理特性如表 5-2 所示；化學成分如表 5-3 所示。

表 5-2 水泥物理性質

試驗項目	中華民國國家標準 CNS 61-R2001	試驗值
壩料空氣含量:Air Content Mortar	Max:12.0	7.2
細度:Fineness (cm ² /g)	Min:2800	3310
健度:Soundness (%)	Max:0.80	0.05
抗壓強度:Compressive Strength [kgf/cm ² (Mpa)]		
3 天	Min:126 (12.35)	210 (20.60)
七天	Min:197 (19.31)	282 (27.66)
28 天	Min:281 (19.54)	384 (37.67)
凝結時間:Time of Setting		
初凝:Initial	Min:00:45	02:30
終凝:Finisf	Max:08:00	03:50

資料來源：臺灣水泥公司

表 5-3 水泥之化學成分

水泥型號	波特蘭 I 型水泥(Type I Cement)	
化學成分(%)	CNS 61	試驗值
二氧化矽 (SiO ₂)	-	20.7
氧化鐵 (Fe ₂ O ₃)	-	5.4
氧化鋁 (Al ₂ O ₃)	-	3.2
氧化鈣 (CaO)	-	63.9
氧化鎂 (MgO)	MAX:6.0	2.0
三氧化硫 (SO ₃)	MAX:3.5	-
燒失量 (L.O.I)	MAX:3.0	1.0
不溶殘渣 (Ins.Res)	MAX:0.75	0.1
矽酸三鈣 (C ₃ S)		51.0
矽酸二鈣 (C ₂ S)		21.3
鋁酸三鈣(C ₃ A)		8.9
鋁鐵酸四鈣(C ₄ AF)		9.8

資料來源：臺灣水泥公司

3.粗粒料

本研究所使用之粗粒料，是來自屏東縣里港的天然河川石塊經破碎機壓碎所製成之碎石，且經過網目約 2~3cm 之篩網過篩，以避免過大石塊影響灌漿與搗實。粗粒料之基本性質如表 5-4。

表 5-4 粗粒料之基本性質

試驗項目	依據規範	試驗結果
比重(SSD)	ASTM C127	2.67
吸水率	ASTM C1287	0.7%

4.細粒料

本研究所使用之細粒料，是來自屏東縣里港的河砂，其細粒料之物理性質如表 5-5 所示，細粒料之級配分析表及級配曲線圖如表 5-6 及圖 5.2。

表 5-5 細粒料之物理性質

試驗項目	依據規範	試驗結果
比重(SSD)	ASTM C128	2.64
吸水率(%)	ASTM C128	2%
細度模數(FM)	CNS 486、CNS 1240	2.77

表 5-6 細粒料之級配分析表

篩號	殘留量(g)	殘留百分比(%)	累積百分比(%)	通過百分比(%)	CNS1240 要求
#4	4	0.4	0.4	99.6	95~100
#8	178	17.78	18.18	81.82	80~100
#16	199	19.88	38.06	61.94	50~85
#30	196	19.58	57.64	42.36	25~60
#50	165	16.48	74.12	25.88	5~30
#100	139	13.89	88.1	11.9	0~10
底盤	120	11.99	100.09	---	
總重	1001				----
細度模數 (F.M)	2.77				

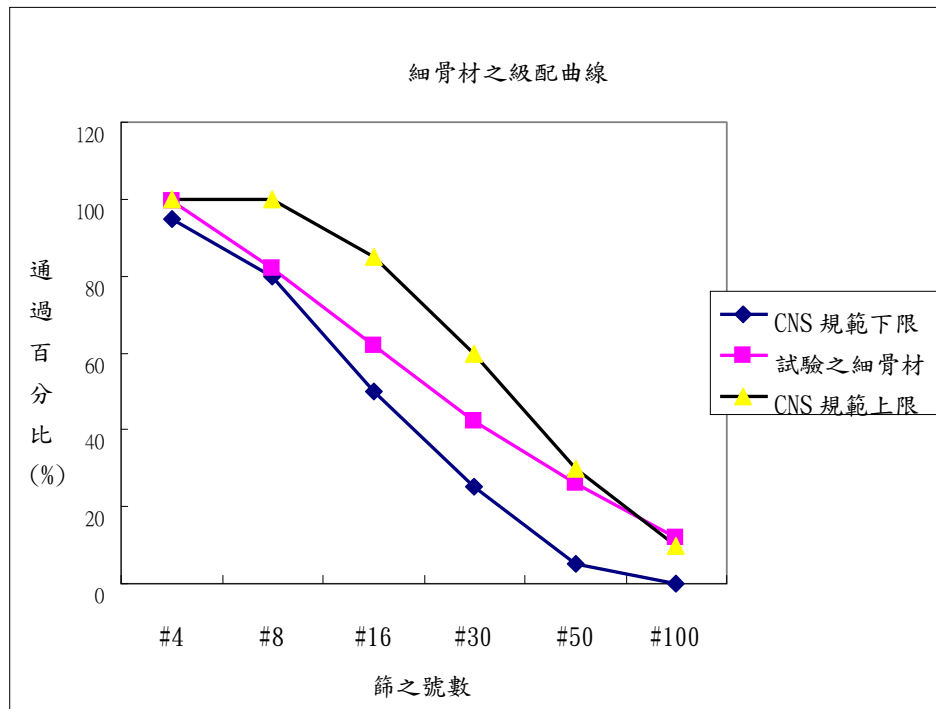


圖 5.2 細粒料級配曲線圖

5.鋼筋

由於本研究的模型斷面為 20cm*10cm，且鋼筋到混凝土表面至少需要保留兩公分的保護層，等於是想要在 6cm 中配入若干支鋼筋，考慮到如果鋼筋太細比較無法發揮功效，但太粗的話將會使間隔太

小，所以本研究使用較為平衡的鋼筋 4 分鋼筋。模具高度為 60 公分，但考慮到灌漿之後便於控制鋼筋不造成偏差，故每根鋼筋均比 60 公分略長。為了可以與混凝土接觸得更為緊密，鋼筋的外表為竹節狀。

6. 模具

由於混凝土將體的比重相當大，且柱型模型灌漿時漿體給模具的壓力會因為高度落差大的原因而變得更大，故模具必須非常堅固，故本研究採用鐵製模具，考量到模具如果鐵板厚度不夠，則鎖緊時或灌漿時可能導致鐵板變形，而太厚的話模具的重量太重移動不便，故將模具的厚度定為 0.8cm。此模具分為一對夾板、一對活動式可伸縮之側板以及底板，各板之間以螺絲鎖緊固定。夾板之間距離固定為 20cm，而活動式的測板上有數個平行的水平溝槽，以方便調整兩側板之距離，最小可到 6cm 最大可達 20cm。且附有一個底板，其上有螺絲孔用來固定兩個夾板的位置，可以節省模具組裝的時間。示意圖及模具照片如圖 5.3~圖 5.5。

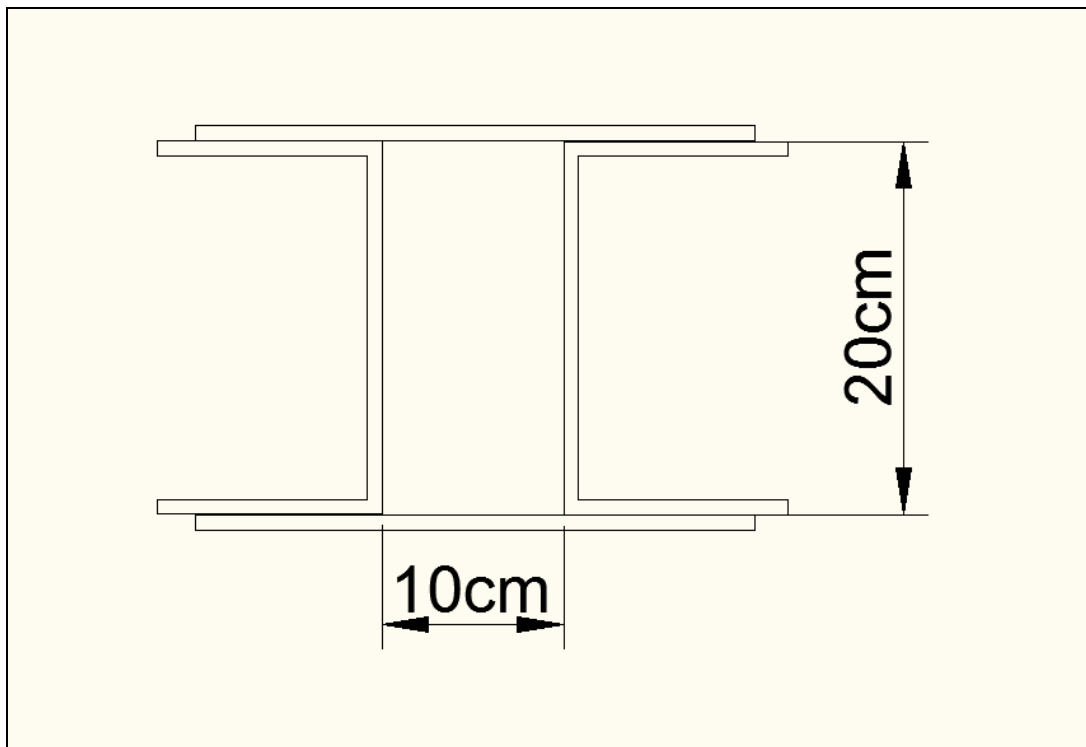


圖 5.3 模具上視示意圖

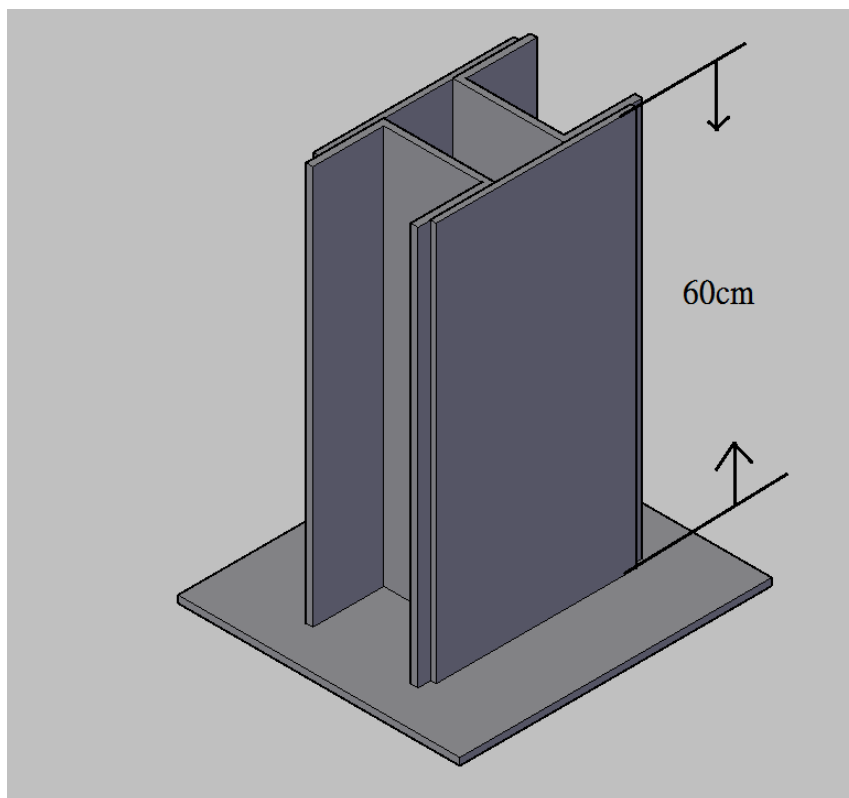


圖 5.4 模具 3D 示意圖



圖 5.5 模具照片

5.2.2 細粒料之含水量、比重、面乾內飽和水量即表面水量之試驗

參考規範：

ASTM C-128，ASTM C-566，CNS 387，CNS 1240，ASTM C-70，CNS 487，CNS 3001

實驗目的：

求出細粒料之實際含水量、比重、面乾飽和水量與表面水量，作為配比拌合時的參考。比重值以面乾內飽和之細粒料為準。細粒料之比重一般約在 2.6~2.7 之間，比重較大者吸水率較小，其耐久性與強度表現皆較為優秀。

粒料表面水量會影響到粒料之單位體積重，顆粒越小者其影響程度越高，乃由於粒料表面之水膜會阻止顆粒間互相接處，且水分會佔去整體體積，此即減少單位體積之原因。

實驗步驟：

1.含水量測定：

- (1)用四分法秤取試樣約一公斤記為 W_1 。
- (2)置入烘箱，於 $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘乾 24 小時至恆重。
- (3)取出秤其重量記為 W_2 (取試樣之旅盤須先烘乾後置於室溫下使冷卻至室溫)。

2.面乾內飽和時含水量測定：

- (1)將試體浸水 24 小時(水面需淹過試體)。
- (2)取出攤放於不吸水平台以風扇吹乾。
- (3)隨時以手緊握試體，確認試體乾燥程度，當達到微乾程度時關閉電風扇。
- (4)將試體分兩層裝入圓錐鐵模後提起，圓錐鐵模提起時，若是體保持

原狀則繼續重複(2)、(3)步驟，直至圓錐鐵模提起時不能保持原狀而自然崩塌，此時試體為面乾內飽和狀態。

(5)秤其重量為 W_3 。

3.比重測定(比重瓶法)

(1)將清水裝入比重瓶中至規定刻度，秤其重量為 W_4 。

(2)倒出約一半之水量，以漏斗倒進呈面乾內飽和狀態之 100g 砂樣試體，搖動比重瓶以逐出內部氣泡。

(3)再加水至規定刻度後秤其重量為 W_5 。

公式計算：

各含水乾重之百分比：

$$a. \text{含水量 } M' = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (5-8)$$

$$b. \text{面乾飽和水量 } M'_5 = \frac{W_5 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (5-9)$$

$$c. \text{表面水量 } M'_0 = M' - M'_5 = \frac{W_1 - W_5}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (5-10)$$

各含水量對面乾飽和狀態的百分比：

$$a. \text{含水量 } M = \frac{W_1 - W_2}{W_5} \times 100\% (5-11)$$

$$b. \text{面乾飽和水量 } M_5 = \frac{W_5 - W_2}{W_5} \times 100\% \dots\dots\dots (5-12)$$

$$c. \text{表面水量 } M_0 = M - M_5 = \frac{W_1 - W_5}{W_5} \times 100\% \dots\dots\dots (5-13)$$

比重計算：

$$\text{a. 比重 } \rho_r = \frac{100}{(100 + W_4) - W_5} \times 100\% \dots\dots\dots (5-14)$$

5.2.3 粒料標準篩分析

參考規範：

CNS 486，ASTM C-136

實驗目的：

本實驗之目的為以篩分法來決定粗細粒料之粒徑分布。藉由粒料篩分析可以得知粒料組成的情況，並依此定義細度模數，作為混凝土配比設計依據。藉由篩分析可以瞭解粗粒料之最大粒徑，同時可篩選適當尺寸的粒料作為拌合使用，一般混凝土所使用之粒料，細粒料之細度模數(F.M.)為 2.3~3.1 之間；粗粒料則以 5.5~7.5 為佳。

實驗步驟：

1. 試體準備：

將試體於 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 烘乾至恆重。

2. 試體稱取：

以四分法稱取規定所需之試樣，規定如下：

細粒料

(1) 通過#8 篩佔 95%以上---最少 100g。

(2) 通過#4 篩佔 85%以上且通過#8 篩在 5%以下---最少 400g。

粗粒料

依照其最大尺寸決定其量，如表 3-9 所示。

3. 篩之選取：

依下表選取各篩連同底盤及頂蓋，依照孔徑大小相疊，由大至小，最下層為底盤。

4. 篩分析：

- (1) 倒入試樣置於篩分析機上篩動。
- (2) 當一分鐘內通過任一篩之量不超過停留在該篩量的 1% 時(通常約五分鐘以上)，即停止篩動。
- (3) 秤取停留於各篩上之量。

5.2.4 粒料單位重及孔隙率試驗

參考規範：

CNS 1163，ASTM C-29

實驗目的：

本實驗之目的在於測定粗、細或混合粒料的單位體積重及粒料間隙之體積，以決定粒料組織與級配性質，經常作為混凝土配比設計中粒料用量之參考。

實驗步驟：

1. 試樣準備：

試樣須先於 $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 溫度下烘乾，並依取樣法取樣後再充分混合。

2. 單位重量之測定：

夯實法(Rodding Procedure)

本法適用於粒料最大顆粒為 4cm(1 1/2") 以下。

- (1) 試樣分三次裝入量筒，每次 1/3 並以搗棒搗平，再均勻夯實 25 次。
- (2) 最上一層夯時後以搗棒刮平，秤其重。

3. 公式計算：

粒料單位重

$$\gamma = \frac{W}{V} (\text{kg/l} = \text{T/m}^3) \dots\dots\dots (5-15)$$

式中：

W=試樣重(kg)

V=量筒容積(l)

$$\text{實體積比} = \frac{\gamma}{\rho_c} \times 100\% \dots\dots\dots (5-16)$$

$$\text{空隙率} = (1 - \frac{\gamma}{\rho_c}) \times 100\% \dots\dots\dots \rho_c = \text{粒料容積比重(BSG)} (5-17)$$

同一式樣各次實驗所得結果相差需在 1%之內。

5.3 各項參數選定

5.3.1 混凝土配比選定

參考混凝土配比設計法，加上本次模型中間鋼筋的間距不大，假設工作度過低有可能會增加搗實困難度造成底部蜂窩狀的考量下，故初步設定水膠比在 0.4~0.5 之間，又考量到粗粒料是整個混凝土結構中主要的強度來源，在水膠比較高的配比中特別再減少粗粒料的使用量以減低強度，使強度的差距可以更大。在決定混凝土柱配比之前，預先澆灌數個有些差距的配比製作成直徑 12cm 的圓柱試體進行抗壓試驗，每一個配比均澆灌 9 個試體，分三個齡期進行抗壓試驗，每次抗壓試驗的數據採三次平均，如表 5-7 所示。其中，為了可以看到編號即可知道此配比，故編號編排方式為該配比的水膠比，如後面有接著一數字則為粗粒料降低的比例，例如編號 0.475-0.6 的配比即為水膠比 0.475，且粗粒料的量為原本的 60%。經過養護 7 天、14 天、28 天進行抗壓試驗之後所得之數據為表 5-8 及圖 5.6，混凝土柱要使用的配比就由這幾種配比中挑出比個適合的，預先設計的 28 天抗壓強度大約在 300kgf/cm²、250 kgf/cm²、200 kgf/cm²。由表 5-8 及圖 5.6 中可知道水

膠比 0.4 的抗壓強度超過 300 kgf/cm^2 ，而 0.43 及 0.45 都在 300 kgf/cm^2 以下，考慮到 0.45 的趨勢較為正常，而 0.43 在製作圓柱試體時某些試體可能導實有些不足造成空洞使抗壓強度降低，故在水膠比 0.4 及 0.45 中決定 300 kgf/cm^2 的水膠比，為了不要讓各個組的水膠比太接近，故捨棄水膠比 0.425，選用水膠比 0.42 來灌漿。200 kgf/cm^2 方面，在圖 5.6 中如暫不考慮水膠比 0.43 的偏差，水膠比 0.475 比 0.45 更接近 250 kgf/cm^2 ，但又稍微不足，故將 250 kgf/cm^2 的水膠比選定為 0.47，期望依照數據表現可以更接近預期。另外可以明顯看出在 28 天的抗壓試驗數據上，水膠比 0.475 但粗粒料比例縮減的組別都非常接近 200 kgf/cm^2 ，在這三組數據中，粗粒料 90% 的 14 天抗壓數據曾經飆高到 272 kgf/cm^2 ，且與上一組的配比太接近會使實驗數據較難分析，粗粒料 80% 及 70% 的趨勢較為正常，且都幾乎在 200 kgf/cm^2 上，故選擇中間值 75%(9.75kg) 的粗粒料，但由於大型磅秤刻度僅到 0.5kg，較難準確測量出 0.75kg，故選擇將粗粒料調高至方便測量的 10kg，為了不使強度過高，於是將水膠比微調至 0.48。決定的方案彙整如表 5-9，在依其預期的抗壓強度來給予 H(High)、M(Medium)、L(Low) 的編號以便辨認。

表 5-7 初始規劃配比

編號\材料	水(kg)	水泥(kg)	細粒料(kg)	粗粒料(kg)
0.4	4.364	10.91	10.91	13
0.45	4.91	10.91	10.91	13
0.475	5.182	10.91	10.91	13
0.475-0.9	5.182	10.91	10.91	11.7
0.475-0.8	5.182	10.91	10.91	10.4
0.475-0.7	5.182	10.91	10.91	9.1

表 5-8 各圓柱試體平均抗壓數據

編號\養護齡期	7 天(kgf/cm^2)	14 天(kgf/cm^2)	28 天(kgf/cm^2)
0.4	274	318	332
0.43	295	275	261
0.45	218	224	278
0.475	193	193	244
0.475-0.9	235	272	191
0.475-0.8	175	191	199
0.475-0.7	173	158	203

表 5-9 決定使用的配比材料表

代號	H	M	L
材料\目標	300 kgf/cm ²	250 kgf/cm ²	200 kgf/cm ²
水	4.582	5.122	5.236
水泥	10.91	10.91	10.91
砂	10.91	10.91	10.91
石	13	13	9.75(75%)
水膠比	0.42	0.47	0.48

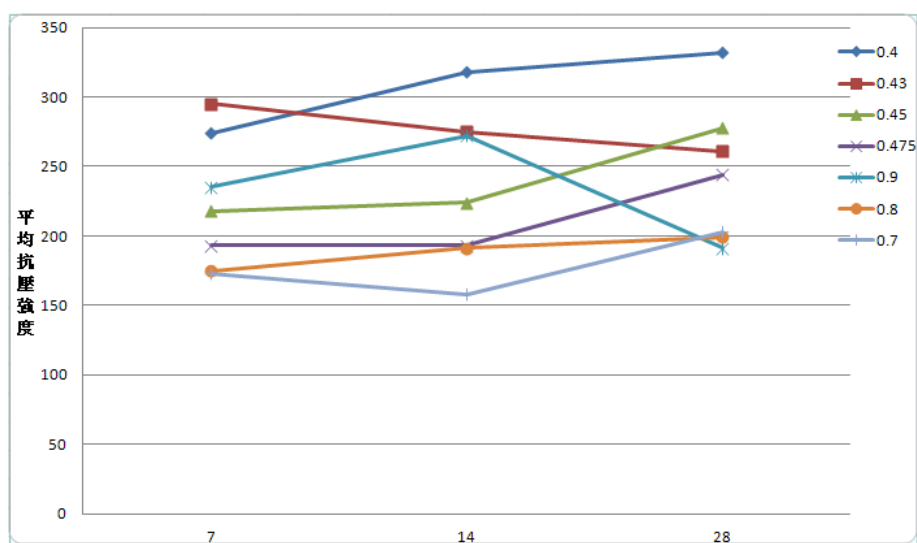


圖 5.6 養護齡期及抗壓強度圖

5.3.2 鋼筋量選定

為研究鋼筋腐蝕後斷面損失對鋼筋混凝土梁的影響，故規劃兩個組別來進行試驗分析。一組代表對照組，而另一組模擬鋼筋受腐蝕下的混凝土梁。在一般情況下，鋼筋被侵蝕時，會從鋼筋表面往中心逐漸變質，變質的鋼筋會失去其作用，侵蝕越嚴重代表功能正常的鋼筋斷面越小而變細。本研究不採用強酸快速腐蝕試驗而採用鋼筋量的變化來模擬鋼筋受腐蝕的狀況。鋼筋量之計算式為下列式 5-18。假設鋼筋混凝土梁受到腐蝕之後，鋼筋斷面積與總斷面積的比值將會降低，故預先設定兩組比值分別為 0.03 與 0.015 的鋼筋量來模擬兩種不同程度的侵蝕。另外考量 RC 理論是假定鋼筋與混凝土結為一體才能發揮它

的最大效益，若使用較細的鋼筋勢必要擺放較多支鋼筋，支數上升會使鋼筋間距過小導致灌漿時無法進行搗實，將會使鋼筋與混凝土不夠密合而讓鋼筋的作用沒辦法發揮到最大，加上鋼筋與混凝土表面至少要保留 2cm 的保護層，基於力學對稱及符合原設計抗拉破壞原則而採用 4 支鋼筋，鋼筋量為 0.0253，配筋方式如圖 5.7。組別 0.015 依公式求得需要 2.36 支鋼筋，故擺放 2 支 4 號鋼筋，鋼筋量為 0.0127，配法如圖 5.8。

計算式：

$$\text{鋼筋量} = \frac{A_s}{A_{\text{Total}}} \dots\dots\dots (5-18)$$

式中： A_s = 鋼筋總斷面積

A_{Total} = 鋼筋混凝土總斷面積

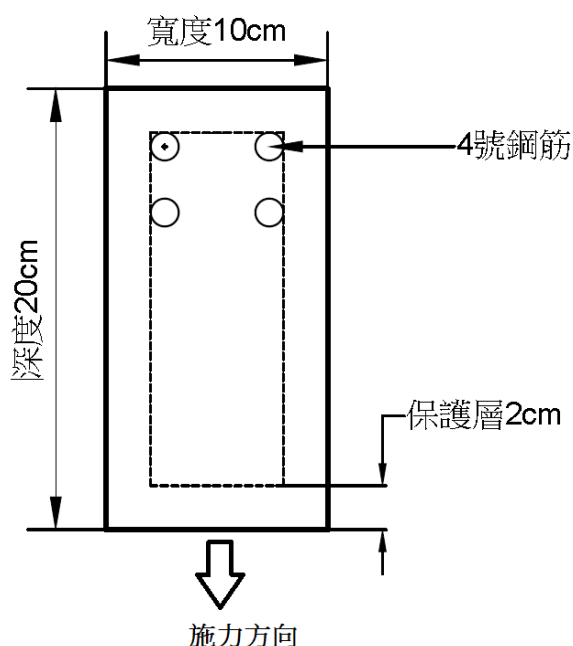


圖 5.7 鋼筋量 0.03 之配筋示意圖

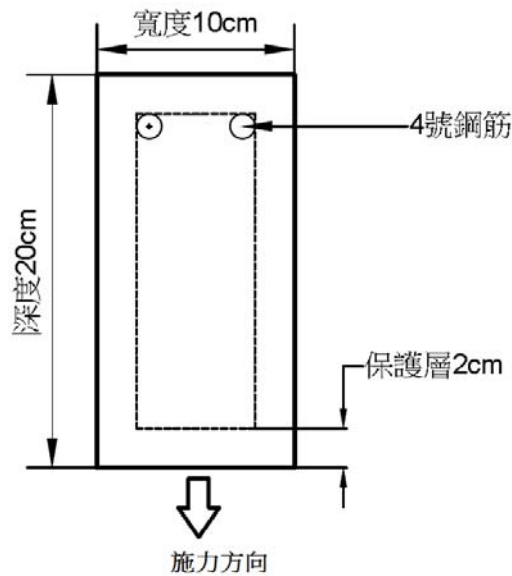


圖 5.8 鋼筋量 0.015 之配筋示意圖

5.3.3 組別編號方式

本研究鋼筋量分為兩組，混凝土配比分為三組。故設計一個兩碼的編號方式以便辨認。編碼方式為前頭一個英文字母加上後面一個數字，英文字母為 H(High)、M(Medium)、L(Low)即依序代表混凝土配比的設計強度為 300kgf/cm^2 、 250kgf/cm^2 、 200kgf/cm^2 。數字為 2、4 兩個數字即代表此組 RC 梁中含有的鋼筋支數。例如：編碼 M4 即代表此 RC 梁中有 2 支鋼筋且混凝土設計強度為 250kgf/cm^2 。實驗獲得之數據皆遵循此編碼方式呈現。

5.4 試體製作過程

5.4.1 綁筋

依照 5.3.2 章鋼筋量之選定，本研究分為兩組鋼筋量，分別為模型混凝土梁斷面中有 4 支鋼筋及 2 支鋼筋。考量到鋼筋之間距僅有 3.46cm ，綁鋼筋的鐵絲如佔過大空間亦會使混凝土中的粗粒料卡在鐵絲上，其下便有空洞產生，為避免此情況，故選定由比較細的鐵絲來綁鋼筋。本研究使用 #16(較細)、#18(較粗)的鐵絲來綁筋，在鋼筋上每

一匝至少繞鋼筋 2 圈以確保鋼筋之位置可以固定。由於#18 鐵絲較粗，綁完之後比較容易固定形狀與鋼筋間距，故先在鋼筋兩端使用#18 鋼絲各綁一匝使鋼筋位置得以固定，在中間再使用#16 鐵絲補強一匝，共三匝鋼筋。綁筋完成後須泡入水中潤濕避免鋼筋吸收過多混凝土漿體的水分。

5.4.2 模具組裝及鋼筋定位

一般模具在設計時邊常已經固定，故模具螺絲孔都是固定位置，也就是無法再改變各項數值，因此在模具組裝部分就只有鎖緊螺絲，相當容易，也不會有偏差。但本研究的模具比較特殊，夾板是正常的螺絲孔，但在側板是數條平行的水平溝槽，螺絲穿過此溝槽便可以自由滑動，移動到適當位置再鎖緊即可。但相對地來說，在組裝過程也繁複許多，而且難以控制每次組裝的長度都剛剛好，側板的距離在本研究需要 10cm，在組裝時，達到 $10\text{cm} \pm 0.2\text{cm}$ 就會鎖緊，大概 2% 的誤差值都是可容許範圍。由於無法在底板上鑿洞來固定鋼筋底部的位置，故本研究使用熱熔膠來將鋼筋根部固定在底板上，在開口處的側板上刻畫出鋼筋的正確位置，使用目視法將鋼筋對齊記號，如此便可以將鋼筋位置固定。詳細組裝步驟如下：

- Step 1. 兩邊的夾板先上鎖於底板上，但不鎖死，僅稍微扣住夾板使其不會有太大的轉動，如圖 5.9 所示。
- Step 2. 一邊的側板置入兩夾板之中，螺絲一樣鎖到稍微扣住即可。
- Step 3. 將側板推入並確定四個角落皆達最底，如此才可確保此側板與夾板垂直，並且加以鎖緊，以確保為三面固定不動。除了底板之外，其他三片模具內側先刷上一層機油或礦物油以便脫模。如圖 5.10。
- Step 4. 由於其他三面已經定位完成，此時是將鋼筋底部定位的最佳時機。在底板上測量好各鋼筋擺置的位置並以粉筆畫記，如圖 5.11。
- Step 5. 在記號上擠熱熔膠並趁膠冷卻之前插上鋼筋，定位完成之在上

熱熔膠加以補強鋼筋與底板的緊密度，如圖 5.12。

- Step 6. 將另一側板置入三面固定的模具上，並且稍微鎖上螺絲使其可以方便滑動調整間距。
- Step 7. 使用電子游標尺測量上方開口處兩側板之間距是否在誤差值內如圖 5.13，是則鎖緊最上端的螺絲，否則進行微調。假設間距過小，需要用手拉出側板但因必須施相當大的力量，很難控制位移的量，所以此情況下都先拉出一段距離後，再以木槌平均敲擊側板外部的各點使側板可以平衡的進入夾板之中，且容易控制力道。
- step 8. 在側板間距 10 公分之下，側板尾部正好較夾板外凸一點點，於是使用電子游標尺測量凸出部分之長度如圖 5.14。
- Step 9. 為了保持側板與夾板間距從頂部到根部都可以在範圍之內，最方便量測的方式就是測量頂部及根部側板較夾板的突出之部分是否一致，如不一致則照Step 5.之方式進行微調，確定上下一致之後將螺絲全部鎖緊，並在頂部的模具上刻劃鋼筋的正確位置以供灌模時對照鋼筋位置，模具組裝完成。



圖 5.9 鎖上兩邊夾板



圖 5.10 將一邊側板推至最底



圖 5.11 以粉筆在底板上標記鋼筋位置



圖 5.12 將鋼筋以熱熔膠固定在底板並加以補強



圖 5.13 確定寬度是否正確



圖 5.14 側板突出部分開口處與根部數值一樣即為鉛直

5.4.3 混凝土之拌合程序及澆灌

混凝土拌合的過程中，各項材料放入的順序扮演重要的關鍵，如順序不對會造成水泥在攪拌桶內結塊使配比規劃造成偏差。依5.3.1混凝土配比選定中規劃的配比，以體積法計算所需的材料數量。採用圓筒拌合機拌製混凝土，其拌合程序如下：

- Step 1. 將拌合機、鋼筋及所有會碰到混凝土的工具潤濕。
- Step 2. 將砂倒入滾桶內並啟動拌合機，可以降低極易吸水的灰塵的含量。
- Step 3. 將水泥倒入滾筒與砂拌勻，此時因為滾桶內已潤濕過含有很多水氣，水泥此時已經開始發生化學反應，故不能攪拌過久。
- Step 4. 在砂與水泥均勻混合後，在滾筒滾動中緩緩到入拌合水，可以避免水泥結塊，如果水泥結塊過於嚴重，須使用小鏟子將r結塊

挖開以便於拌合。

Step 5. 倒入粗粒料，攪拌至完全均勻即可澆灌。

Step 6. 進行灌模，如果是四支鋼筋的組別時，部分混凝土應從鋼筋籠的中心灌入，以避免鋼筋籠內有過大的空隙產生，亦可避免單方面的水壓太大而使鋼筋根部位移

Step 7. 灌模時將混凝土分成四次灌入，最底下1/4灌完時，需用搗棒將邊角及鋼筋底部確實搗實，之後再分層灌入其他部分，每層澆灌完皆須搗實，且搗棒不可搗入下一層。灌模過程中應盡量避免鋼筋頂部偏離正確位置過多以免鋼筋根部被拔離熱熔膠體。

Step 8. 混凝土灌滿之後，如鋼筋頂部未對齊標記，則使用木槌持續敲擊模具表面使內部混凝土漿體震動即可輕鬆移動鋼筋，並敲擊到混凝土表面平滑即完成灌模程序。

Step 8. 在模具頂部蓋上濕布後靜置 48 小時即可拆模。

Step 9. 將鋼筋混凝土柱試體放入石灰水桶中進行養護，並以濕布連接石灰水及試體頂部使試體可以完整養護。

5.5 試驗項目

5.5.1 抗壓強度試驗

本試驗參照 ASTM C39、CNS 1232 進行，每組至少製作三個試體，拌合完成後施以養護，當試體養護達設計齡期後，由飽和石灰水取出，抗壓試驗前將表面磨平或蓋平。隨即置於萬能材料試驗機上，以每秒 $1.4 \sim 3.4 \text{ kgf/cm}^2$ 的加壓速度進行單軸載重試驗。待試體破壞後，紀錄其最大值即破壞值，將此最大荷重除上承壓面積即可得試體抗壓強度。

計算及要求：

$$1. \text{抗壓強度} = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots (5-19)$$

式中： P=最大荷重(kg)

$A = \text{面積}(\text{cm}^2)$

- 2.不良試體及重試：如試體有顯著損傷或缺陷，或其試驗強度與同樣同齡期其他試體之平均值相差在 10%以上時，則應予剔除不計，如剔除後所剩之同樣同齡期試體少於二個時，則應全部廢棄重試。

5.5.2 疲勞破壞試驗

本研究之疲勞破壞試驗使用 MTS 油壓系統產生動力，由致動器推動 RC 梁並即時回傳作用力及位移，進行試驗時亦貼上 Strain Gauge 監測受拉面的伸長變形量。示意圖如圖 5.15。詳細步驟如下：

- Step 1. 將 RC 梁置於鋼板底座上，此底座使用螺絲鎖死於實驗室樓板上，底座上有一方框為固定 RC 梁之用。RC 梁一面抵住方框，其餘三面使用螺絲螺帽鎖死使夾具夾緊 RC 梁，此 RC 梁根部遂成 Fixed End 狀態。如照片 3-9 所示。
- Step 2. 以 MTS 控制器啟動水冷風扇及油壓系統，將壓力調至 High Pressure 讓致動器取得推力，在控制器 status 界面中 set point 框內，順時針轉動旋鈕緩慢將致動器萬向夾頭推向 RC 柱並稍微抵住，再以夾具將 RC 梁頂部與致動器夾頭鎖死，如圖 5.16 所示。
- Step 3. RC 梁上下皆鎖死後觀察控制器之受力數據是否過高，過高則將致動器調向數值接近 0 的方向並停止於受力數據最接近 0 之位置並記錄之，此即為本次實驗之 set point。接著將 RC 梁應變規黏貼處以細砂紙打磨拋光，使用應變規專用之膠水將單軸向 strain gauge 以上下之方向貼牢，如圖 5.17 所示，即完成 RC 梁之安裝。
- Step 4. 電腦接收數據律定。由於 MTS 控制器上可擷取正確數值，但控制器無法記錄實驗過程，於是須將訊號透過接受器轉給電腦進行處理與記錄。但由控制器輸出到擷取器之訊號為一電壓值，無法接收到正確數值僅能得到比較值，故須透過律定求得放大倍率。在率定前須 reset 在 MTS 控制器上 METERS 框內之舊有

參數。先將 MTS 往正方向前進 1mm 再回歸到 Set point，控制器上即可顯示此次位移得到的最大受力，與電腦上所擷取之最大受力數據相除即可得到放大倍率，再將 MTS 往前推 1.5mm 再回歸到 Set point，檢查放大倍率是否正確，位移數據的律定方意亦同。反力歸零參數為靜止於 set point 點時 MTS 控制器偵測到的平均反力，位移歸零參數則為 set point 之位置座標。如此即完成律定工作。

Step 5. 開始試驗。採位移控制，第一次由 set point 往前+3mm 再回歸到 Set point，如此反覆進行 3 次稱為一個階段，如在此階段 RC 梁尚未被破壞，則在加上一個間距進行下一階段的測試。前四個階段間距為+3mm，接著四個階段為+2mm，由於跑完前 8 個階段已達 20mm，往後間距皆為 1mm 至破壞或最大受力無法上升且應變規亦無法在偵測到更大的應變，即判定為已破壞終止試驗。

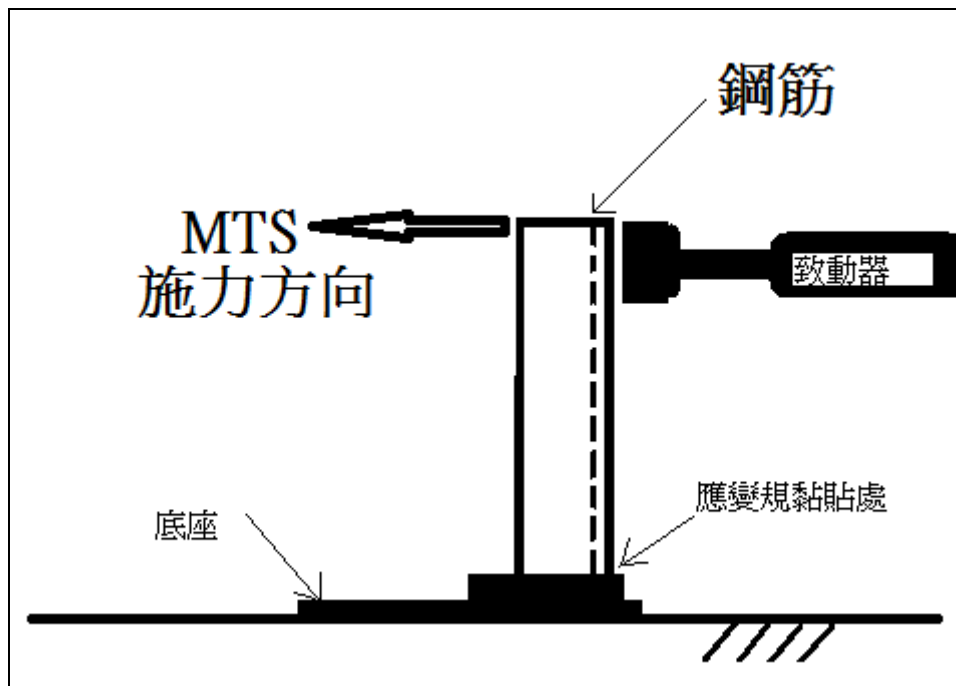


圖 5.15 疲勞破壞試驗示意圖

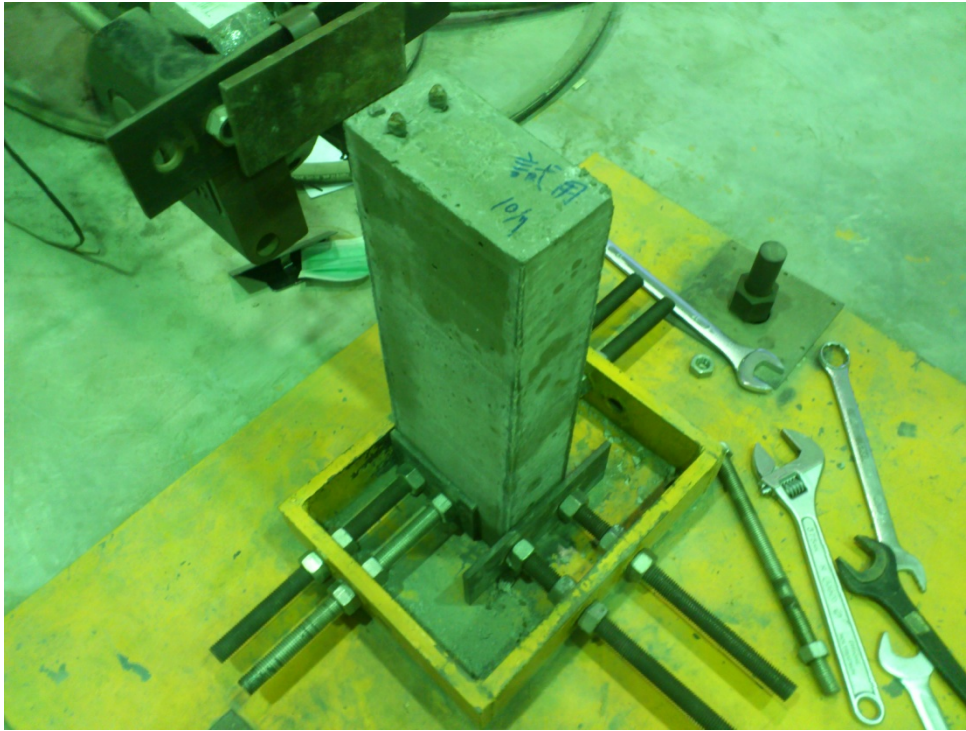


圖 5.16 以螺絲系統將 RC 柱鎖死於底板上

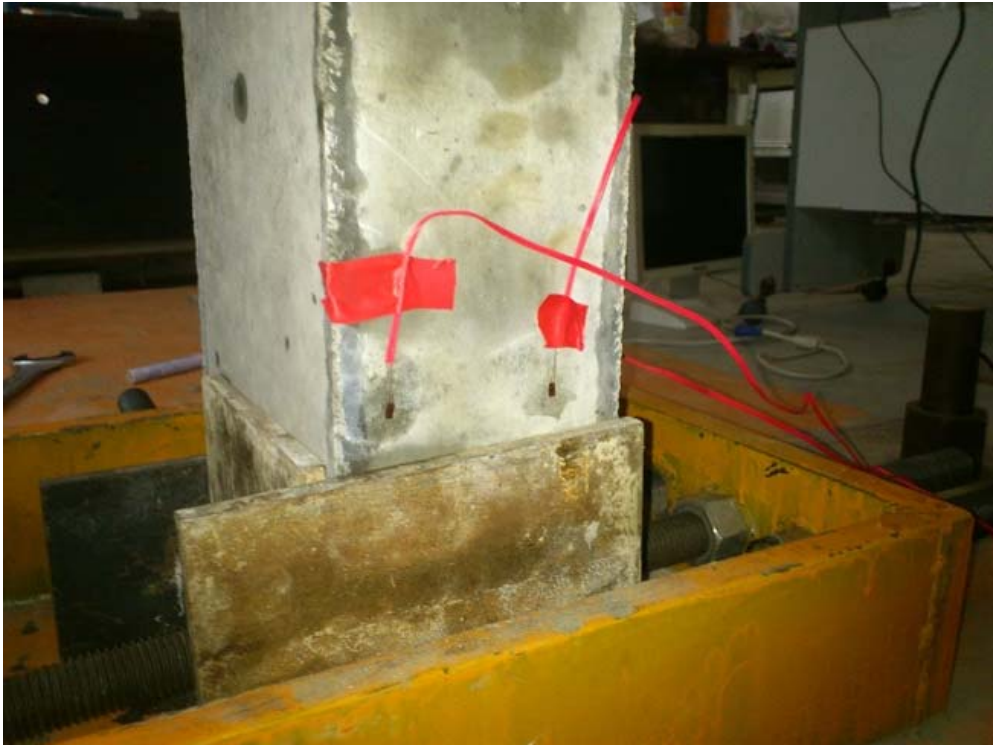


圖 5.17 Strain Gauge 擺放位置

5.6 試驗設備介紹

◆直徑 12cm 圓柱鐵模

混凝土抗壓強度試驗之標準圓柱鐵模，可製造出符合標準的直徑 12cm 高 24cm 之混凝土試體以進行抗壓試驗。如圖 5.18。

◆電子秤

如圖 5.19，量測試驗樣品及試驗材料之重量，精度達 0.001kg，且便於扣器皿重，最大載重 15kg。

◆電子游標尺

量測精度達 0.01mm，便於測量內外徑及深度，如圖 5.20。

◆混凝土拌合機

進行混凝土拌合用，如圖 5.21。

◆MTS 油壓系統及訊號接收器

MTS 系統大致上可分為三個部份，分別為：

- 1.動力單元，如油壓機(HPU)負責提供系統所需動力。
- 2.負荷單元，Actuator 提供試驗所需之作用，本研究使用之致動器如圖 5.22。
- 3.控制單元，用以控制油壓機動力單元與負荷單元，以達成試驗，如圖 5.23。

◆應變規及電壓接收放大器

應變規(strain gauge 圖 5.24)使用在測量長度的微量變化，由於敏感度高且使用簡單，被廣泛用於結構變形的量測或監控。應用原理為利用應變規中金屬導線阻值之變化來量測應變量。就電阻的特性，阻值會隨著長度之改變而成正比的變化。惠司敦電橋為應變規量測技術中一個相當重要的介面，利用電橋之不平衡的原理造成一微

電壓之輸出，再利用放大器將訊號處理成我們所需要之電壓、去做量測、監控、以及回授控制。圖 5.25 為本研究使用之單軸向雙線應變規，可處理應變規傳回之電壓至電腦。

◆萬能材料試驗機

進行混凝土圓柱試體抗壓測試用，可以自由設定位移速率，壓力上升速率或破壞點等，如圖 5.26。



圖 5.18 直徑 12cm 標準圓柱鐵模



圖 5.19 電子秤



圖 5.20 電子游標尺



圖 5.21 圓筒式混凝土拌合機



圖 5.22 MTS 油壓系統致動器



圖 5.23 MTS 控制器及訊號接收器

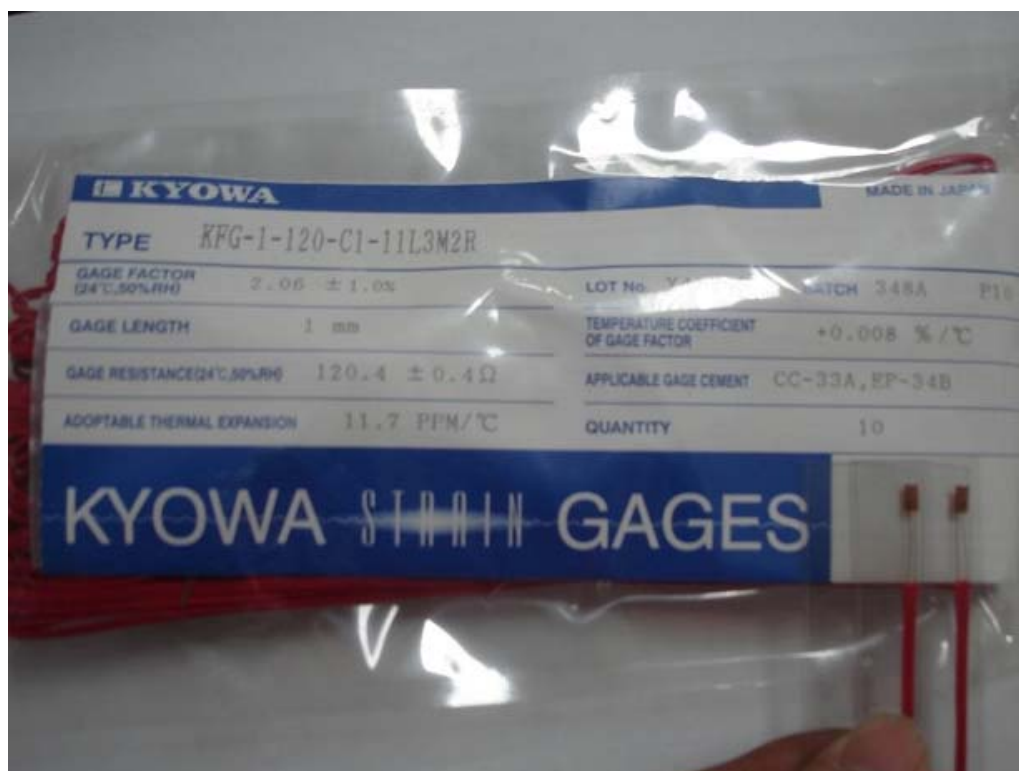


圖 5.24 單軸雙線應變規



圖 5.25 應變規訊號接收器



圖 5.26 萬能材料試驗機

5.7 實驗結果分析討論

本實驗探討模擬具不同鋼筋量的 RC 梁受到腐蝕之後的各項力學表現，並以不同強度的混凝土來進行比較，以瞭解當鋼筋混凝土結構之材料強度，或材料斷面受環境作用產生變化時，如鋼筋受到腐蝕作用或混凝土材料劣化時，本計畫中所建議之破壞指標是否具有可行性，必要時作相關之修訂。此為一系列實驗計畫中之最初步試驗，旨在評估單一鋼筋混凝土抗彎構件所建議使用之破壞指標其可行性。

5.7.1 模型RC梁設計

模型 RC 梁依照一般鋼筋混凝土梁之設計規範，設計為抗拉破壞，以下則為斷面為 $10\text{cm} \times 20\text{cm}$ ，三種不同混凝土強度下，兩種鋼筋斷面之懸臂梁之估算強度。

1.較高強度混凝土($f_c'=300\text{kgf/cm}^2$)

平衡鋼筋量 $A_{sb}=0.85f_c'\times\beta_1\times[\epsilon_c/(\epsilon_c+f_y/E_s)]\times b\times d/f_y=10.62\text{ cm}^2$

低鋼筋量 H2($\rho=0.0127$)時之彎矩強度為

$$A_s\times f_y\times d(1-0.59\times\rho\times f_y/f_c')=132292.5\text{ kgf}\times\text{cm}$$

高鋼筋量 H4($\rho=0.0253$)時之彎矩強度為

$$A_s\times f_y\times d(1-0.59\times\rho\times f_y/f_c')=244846.6\text{ kgf}\times\text{cm}$$

2.一般強度混凝土($f_c'=250\text{kgf/cm}^2$)

平衡鋼筋量 $A_{sb}=0.85f_c'\times\beta_1\times[\epsilon_c/(\epsilon_c+f_y/E_s)]\times b\times d/f_y=8.852\text{ cm}^2$

低鋼筋量時 M2($\rho=0.0127$)之彎矩強度為

$$A_s\times f_y\times d(1-0.59\times\rho\times f_y/f_c')=130303\text{ kgf}\times\text{cm}$$

高鋼筋量時 M4($\rho=0.0253$)之彎矩強度為

$$A_s\times f_y\times d(1-0.59\times\rho\times f_y/f_c')=236920\text{ kgf}\times\text{cm}$$

3.較低強度混凝土($f_c'=200\text{kgf/cm}^2$)

平衡鋼筋量 $A_{sb}=0.85f_c'\times\beta_1\times[\epsilon_c/(\epsilon_c+f_y/E_s)]\times b\times d/f_y=7.08\text{ cm}^2$

低鋼筋量時 L2($\rho=0.0127$)之彎矩強度為

$$A_s\times f_y\times d(1-0.59\times\rho\times f_y/f_c')=127318.7\text{ kgf}\times\text{cm}$$

高鋼筋量時 L4($\rho=0.0253$)之彎矩強度為

$$A_s\times f_y\times d(1-0.59\times\rho\times f_y/f_c')=225030\text{ kgf}\times\text{cm}$$

5.7.2 MTS往覆荷載疲勞破壞試驗結果

依照實驗規劃，將模型 RC 梁放置於試驗基座上，並使用 MTS 制振器輸出，擷取出力及位移瞬時數據，並使用 LABVIEW 撰寫程式將之數據記錄並加以分析結果。所獲得之位移外力圖由試驗數據繪製得

出，由於模型 RC 梁在實驗時僅僅施力於自由端，故其自由端之位移越大，可代表整體 RC 模型梁的角變形量越大，以下之位移數據皆代表 RC 模型梁自由端之位移。本研究分為兩組鋼筋量，三組混凝土強度配比，故有六種組別。以下依組別分別介紹：

H2 組試驗平均最大受力 21063.9N (預估值為 21629 N)，位移 31.291 mm，詳表 5-10。

表 5-10 H2 組受力位移數據

編號 / 數值	最大受力(N)	最大受力之位移(mm)	圖
H2-1	19738.8	33.099	4-1
H2-2	22503.7	22.878	4-2
H2-3	20949.2	33.896	4-3

M2 組平均最大受力 20417.3N(預估值為 21304 N)，位移 27.583mm，詳見表 5-11。

表 5-11 M2 組受力位移數據

編號 / 數值	最大受力(N)	最大受力之位移(mm)	圖
M2-1	20742.3	20.586	4-4
M2-2	19018	23.752	4-5
M2-3	21491.7	39.414	4-6

L2 組平均最大受力 17816N(預估值為 20816 N)，位移 24.875mm，詳見表 5-12。

表 5-12 L2 組受力位移數據

編號 / 數值	最大受力(N)	最大受力之位移(mm)	圖
L2-1	17313.8	17.236	4-7
L2-2	20601	27.931	4-8
L2-3	15536.7	29.46	4-9

H4 組最大受力 26046N(預估值為 40036 N)，位移 53.1346mm 詳見表 5-13。

表 5-13 H4 組受力位移數據

編號 / 數值	最大受力(N)	最大受力之位移(mm)	圖
H4-1	26365.7	45.44	4-10
H4-2	25813	50.58	4-11
H4-3	25957.2	63.3839	4-12

M4 組平均最大受力 25098.65N(預估值為 38736 N)，最大位移 57.49mm，詳見表 5-14。

表 5-14 M4 組詳細受力位移數據

編號 / 數值	最大受力(N)	最大受力之位移(mm)	圖
M4-1	24839.6	59.197	4-13
M4-2	25357.7	55.798	4-14

註：模型梁 M4-3 由於灌漿之疏失而導致數據差距極大，故不列入。

L4 組平均最大受力 22963.8N(預估值為 36792 N)，最大位移 40.39mm，詳見表 5-15。

表 5-15 L4 組受力位移數據

編號 / 數值	最大受力(N)	最大受力之位移(mm)	圖
L4-1	22228.4	38.544	4-15
L4-2	24511.6	48.13	4-16
L4-3	22151.3	34.5	4-17

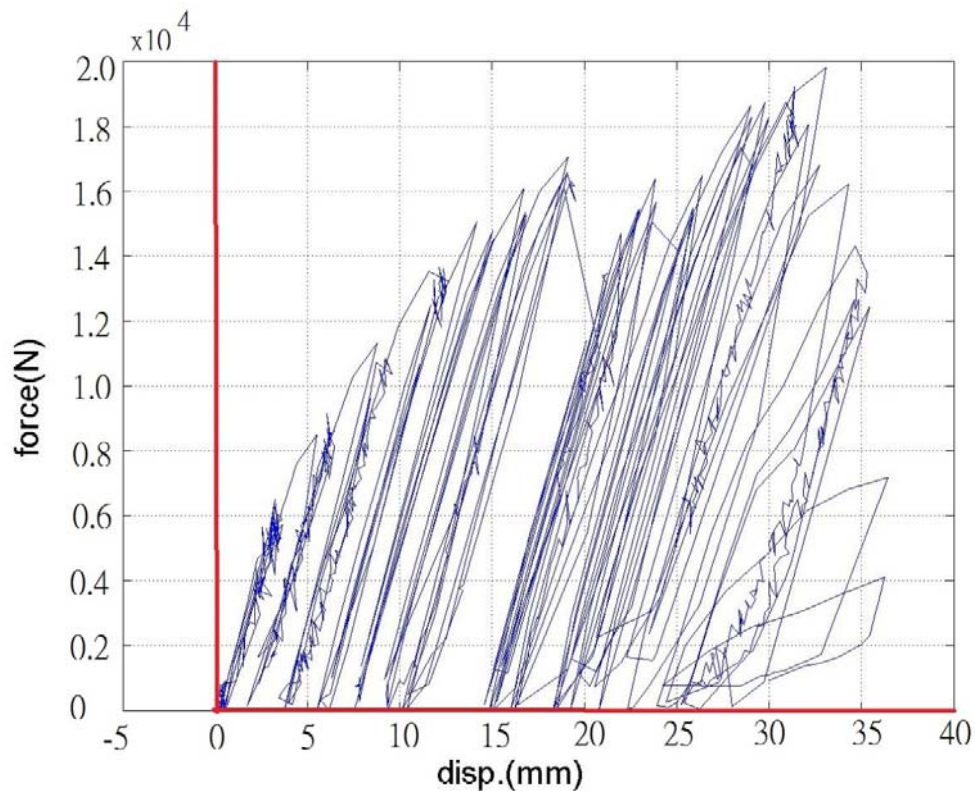


圖 5.27 H2-1 力量位移圖

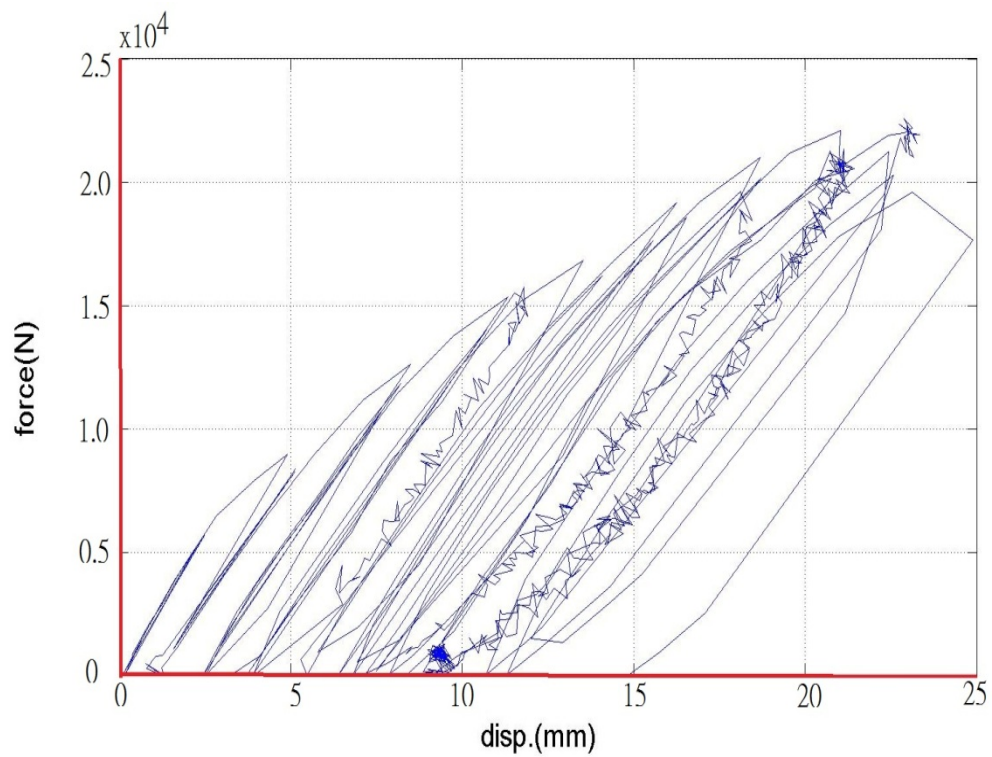


圖 5.28 H2-2 力量位移圖

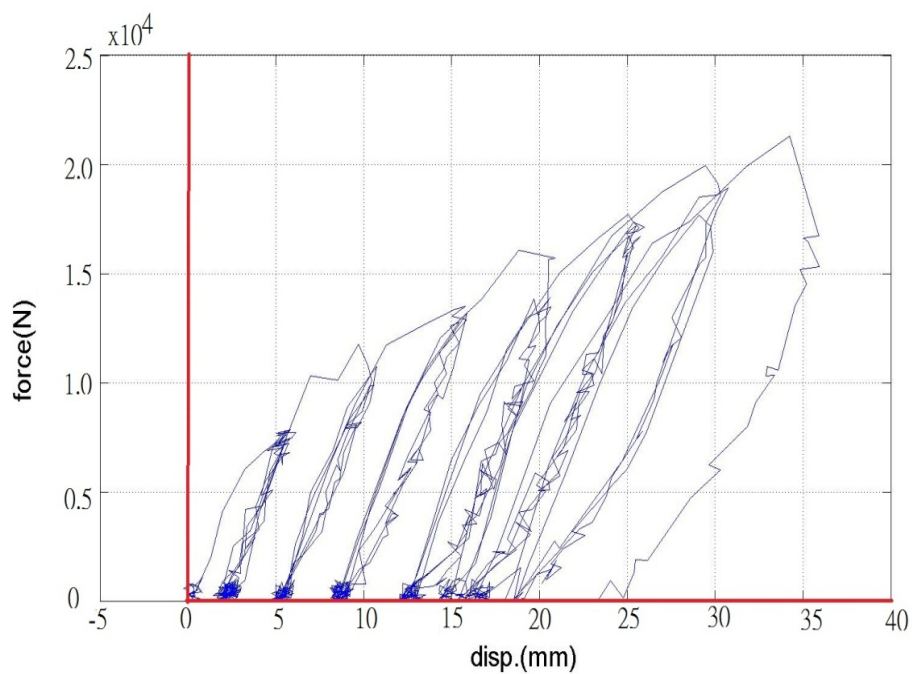


圖 5.29 H2-3 力量位移圖

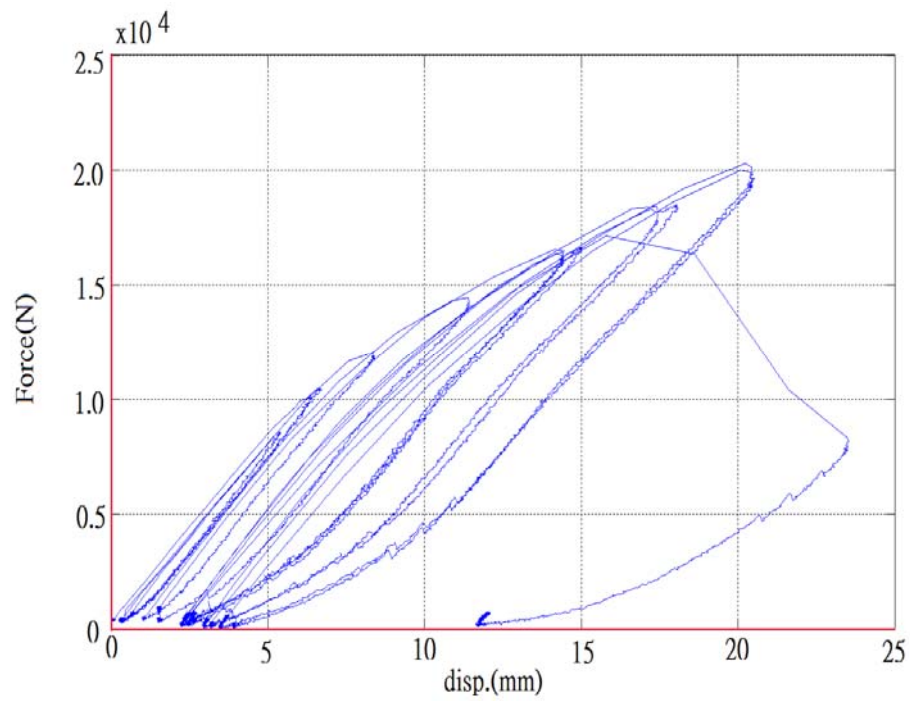


圖 5.30 M2-1 力量位移圖

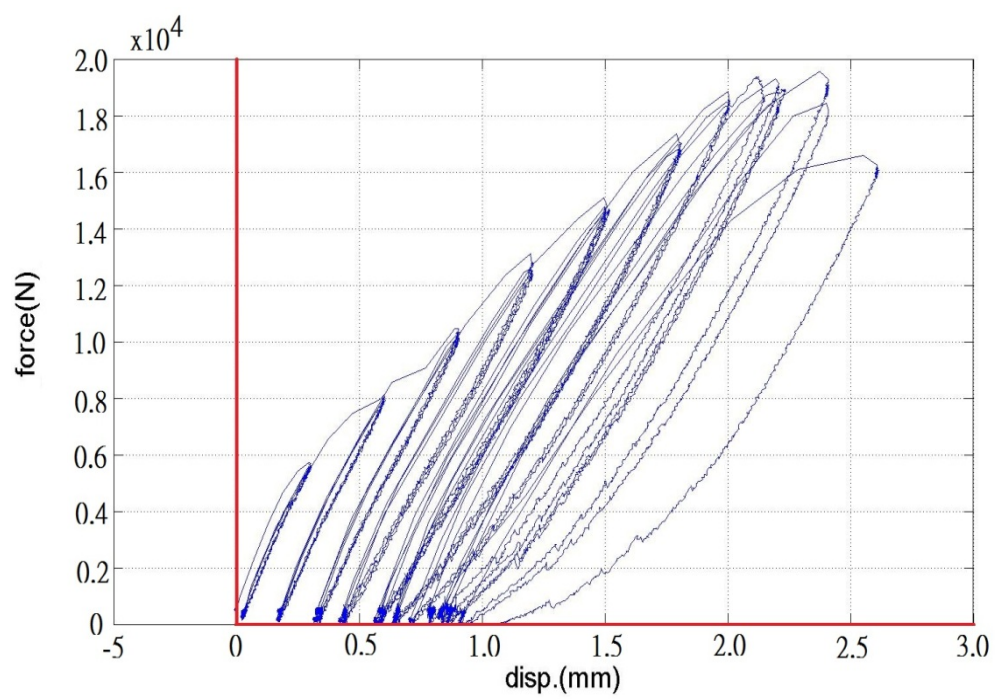


圖 5.31 M2-2 力量位移圖

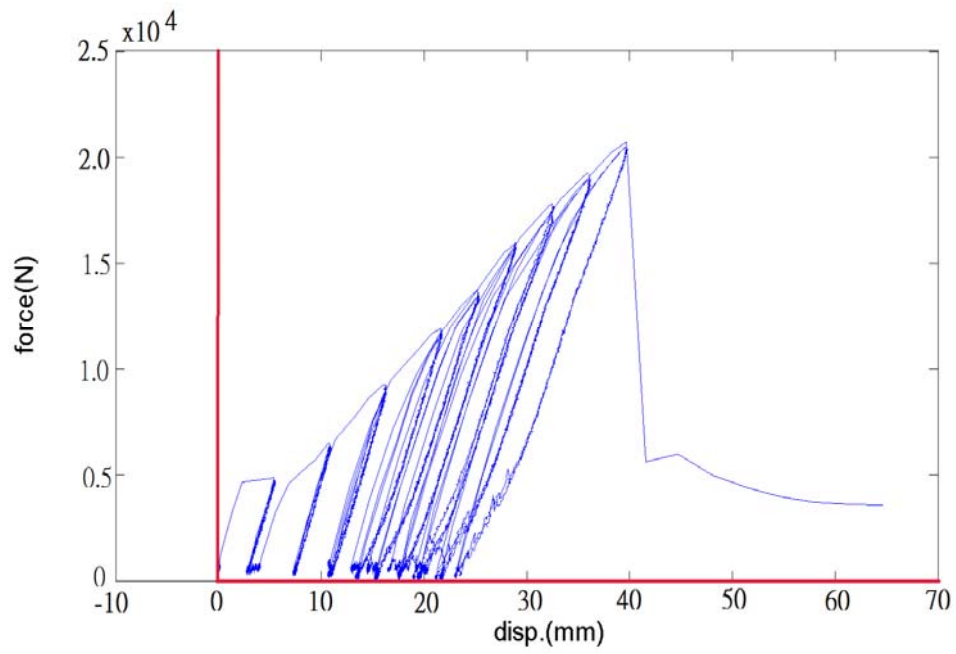


圖 5.32 M2-3 力量位移圖

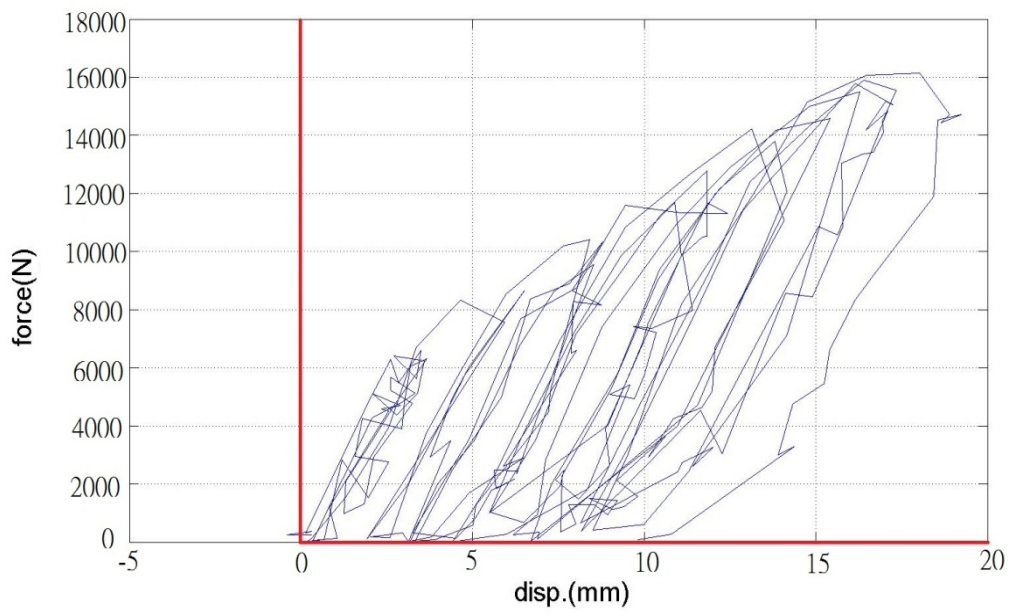


圖 5.33 L2-1 力量位移圖

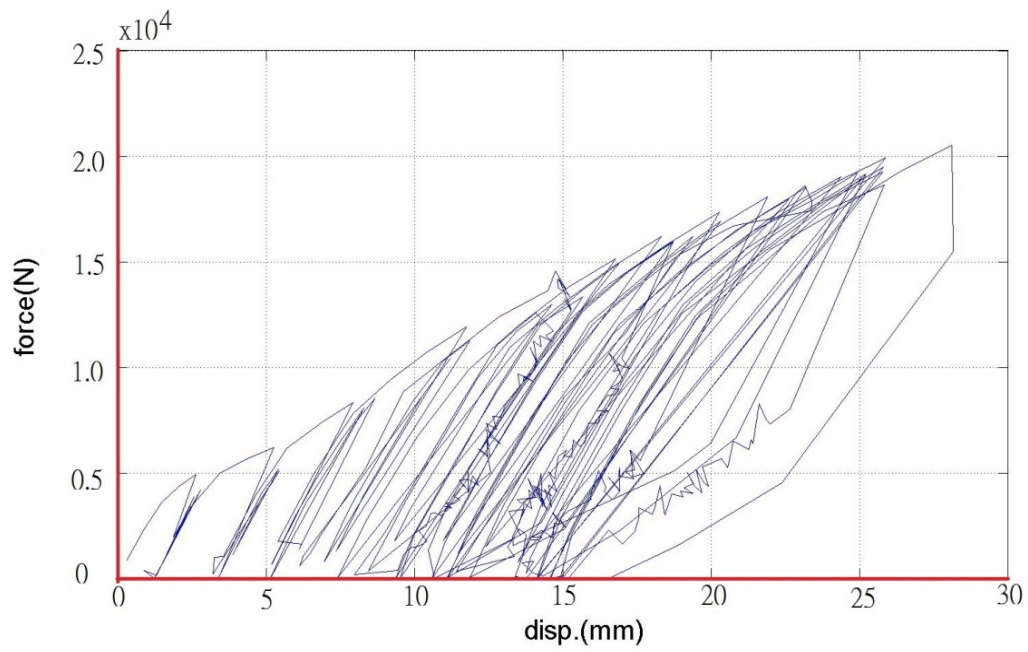


圖 5.34 L2-2 力量位移圖

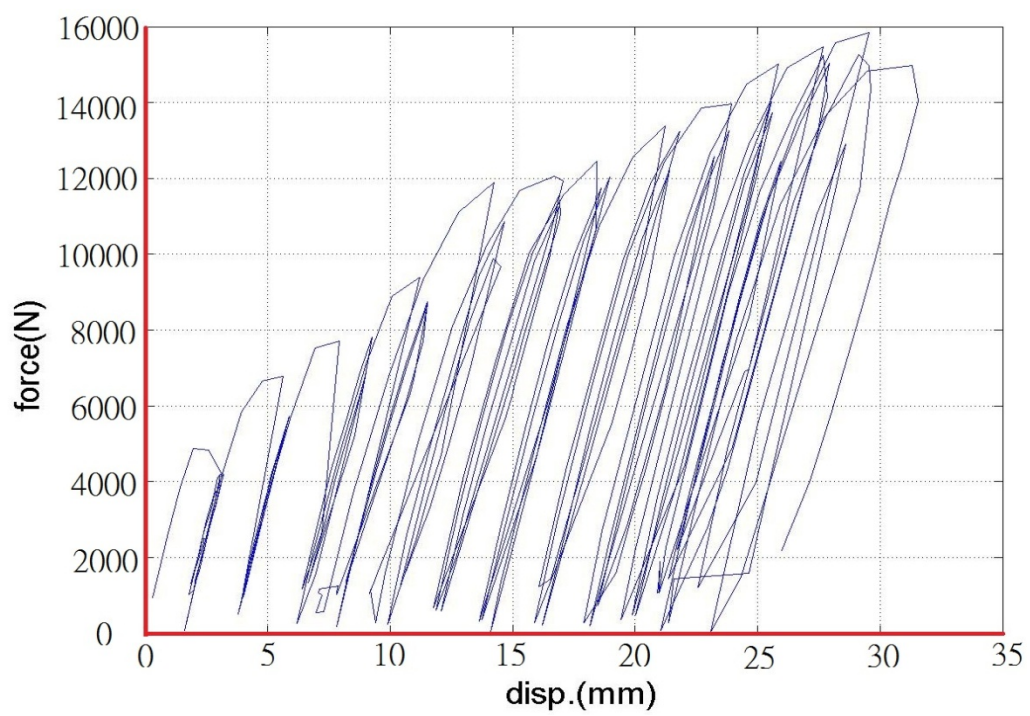


圖 5.35 L2-3 力量位移圖

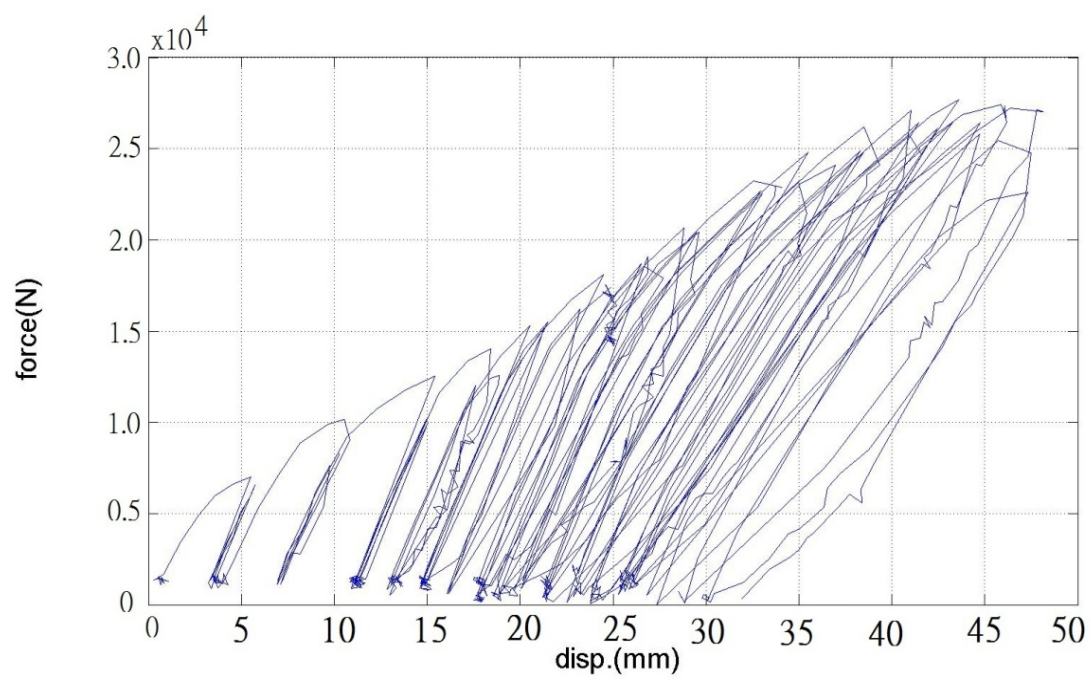


圖 5.36 H4-1 力量位移圖

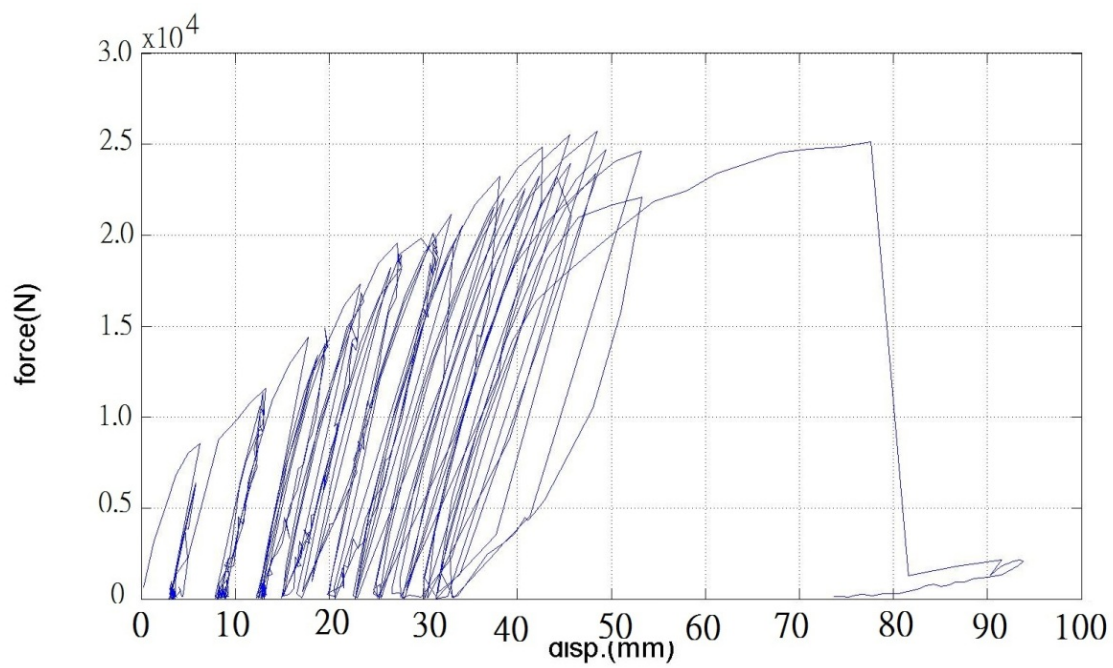


圖 5.37 H4-2 力量位移圖

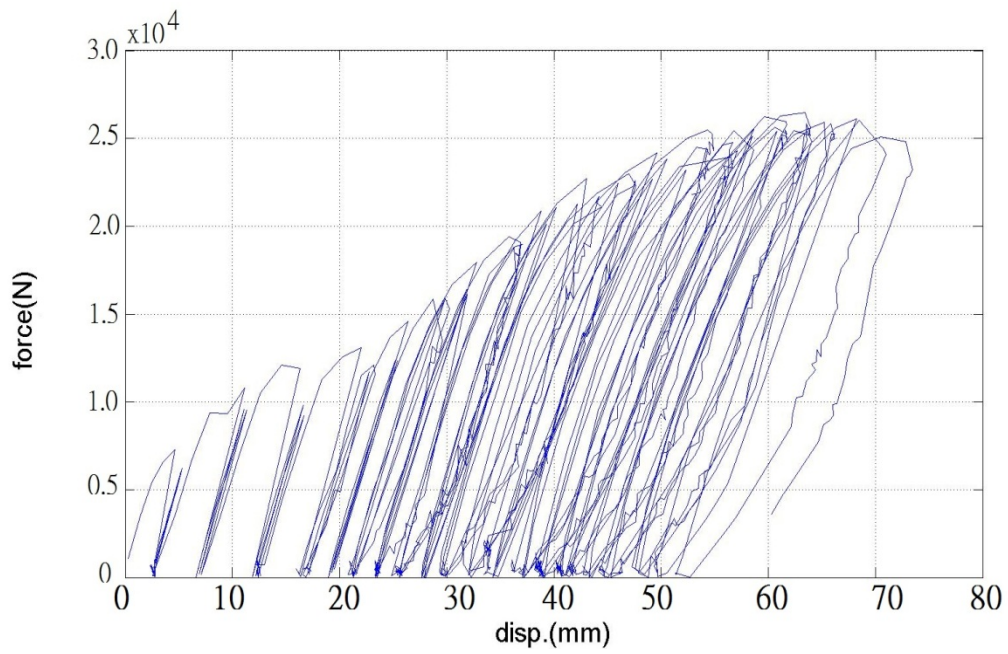
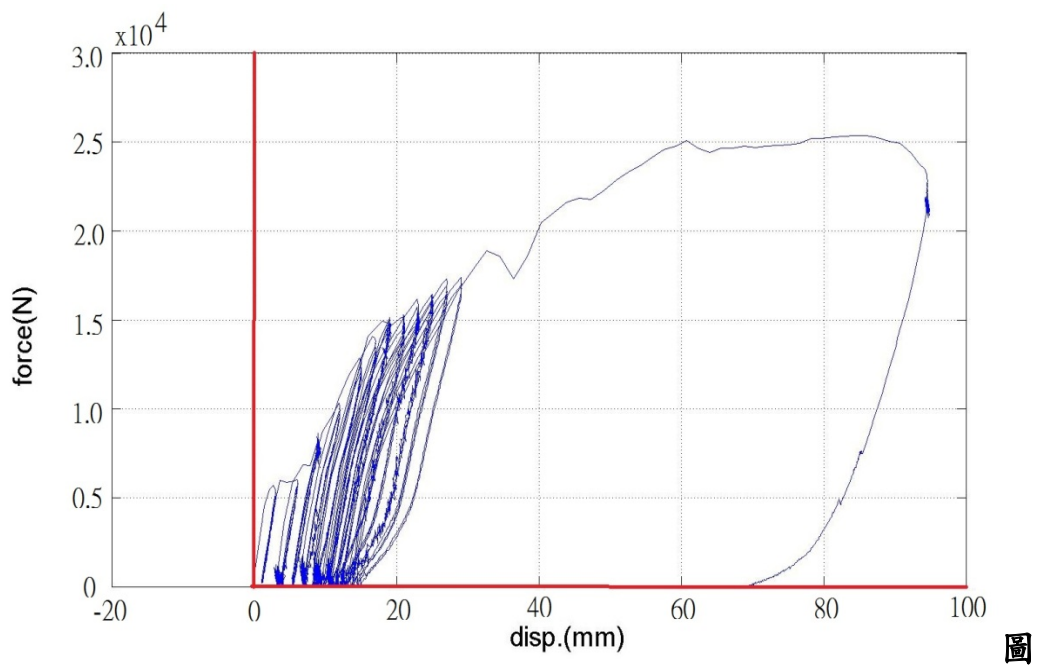


圖 5.38 H4-3 力量位移圖



5.39 M4-1 力量位移圖

圖

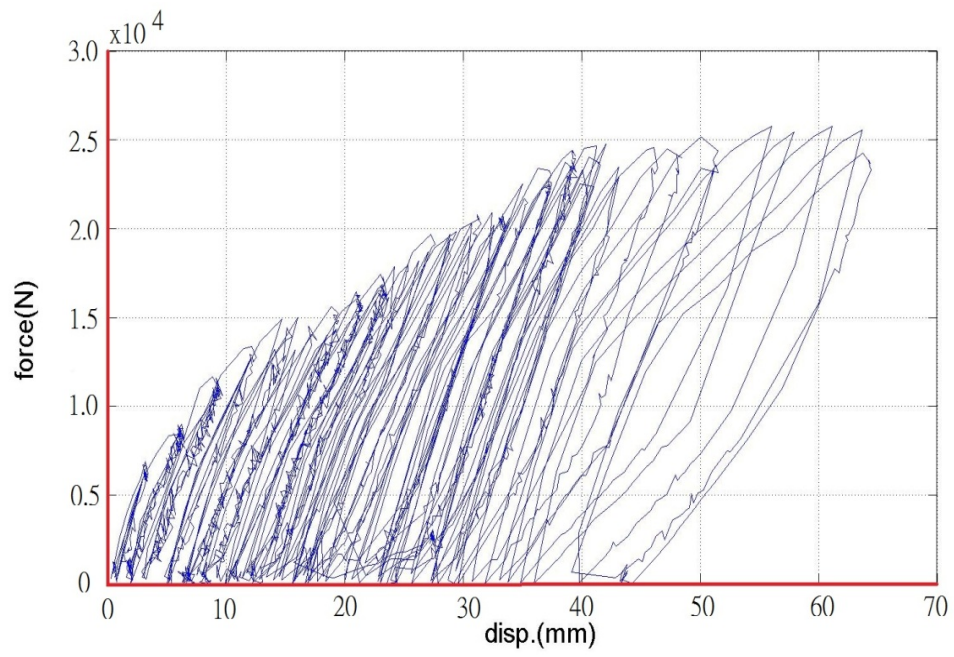


圖 5.40 M4-2 力量位移圖

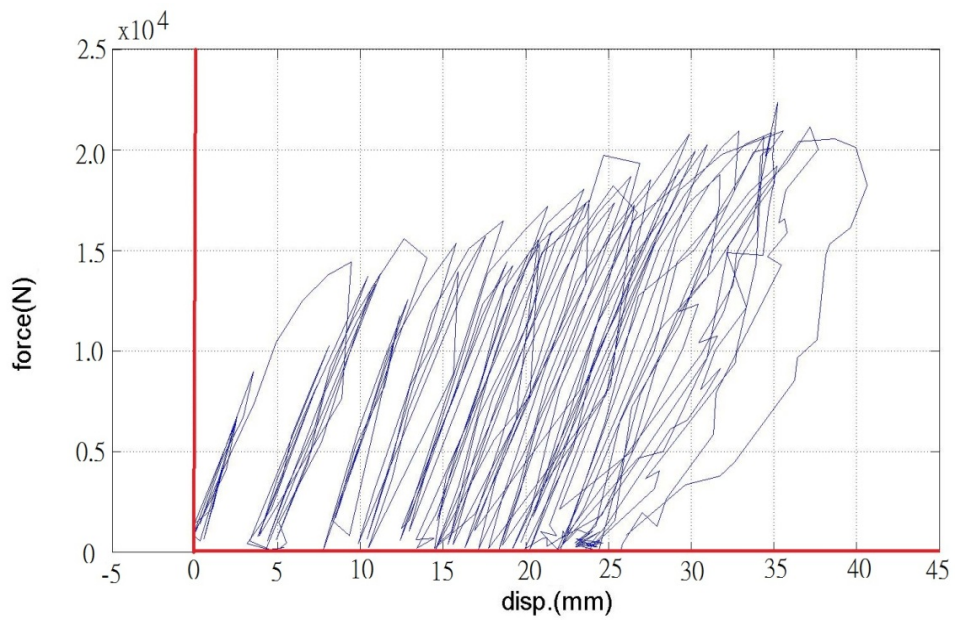


圖 5.41 L4-1 力量位移圖

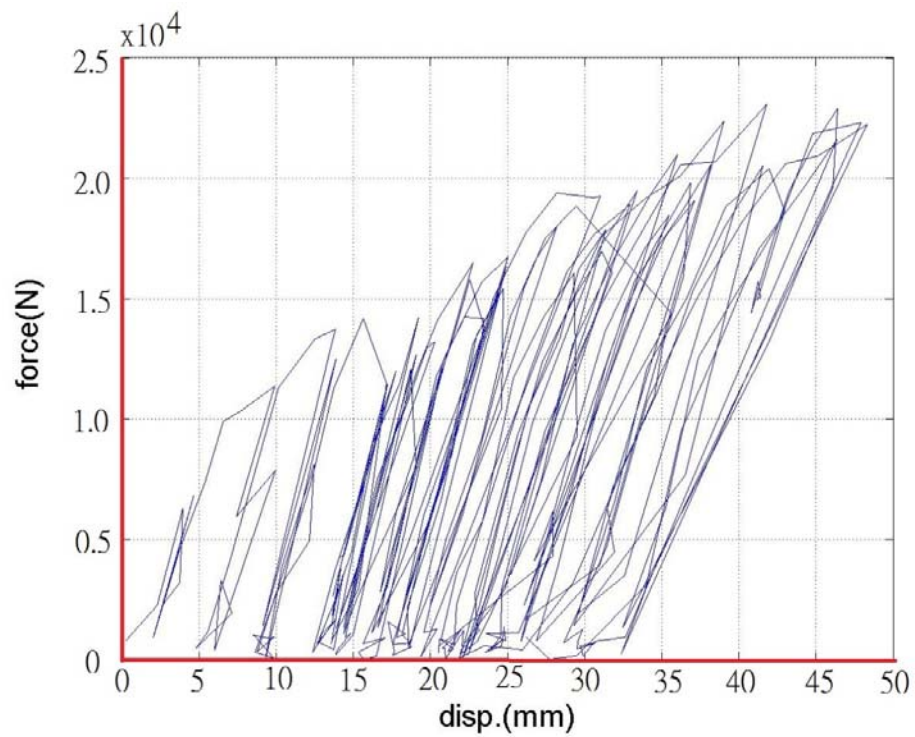


圖 5.42 L4-2 力量位移圖

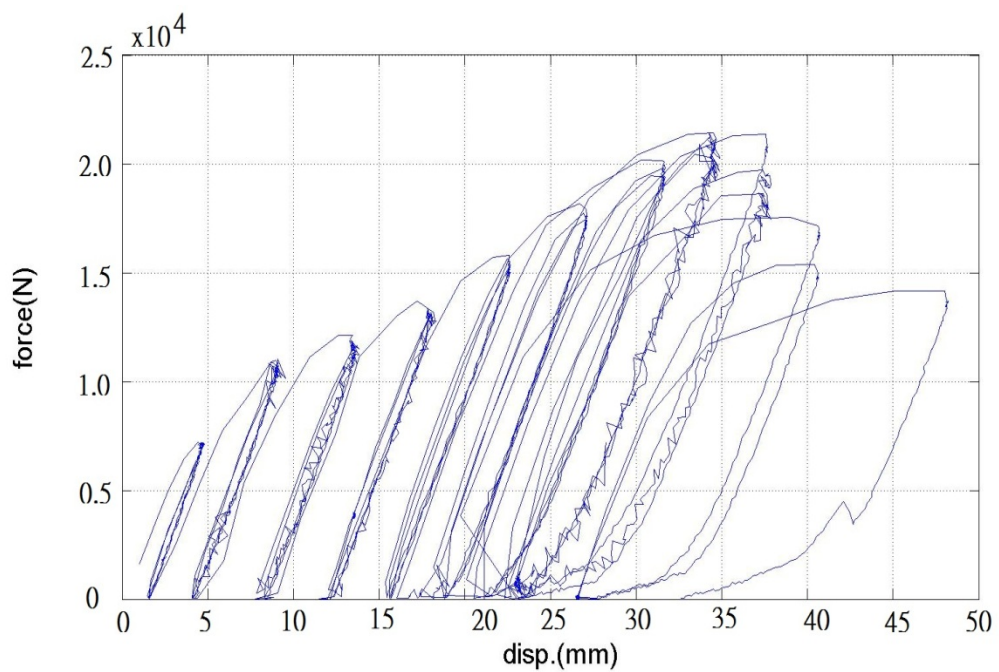


圖 5.43 L4-3 力量位移圖

5.7.3 破壞指標應用於試驗結果之探討

本試驗主要探討之重點為，破壞指標以累積吸收應變能為指標之可行性，考慮之主要參數先行以混凝土強度變化及鋼筋量變化為對象，由於試驗設計關係，不易觀察構件破壞過程中裂縫發展狀況，故暫時不討論裂縫發展之影響，另外有關破壞指標中延展性指標亦暫不考慮。

試驗結果中有關構件所吸收之應變能，可由往負荷載中之迴圈計算其環繞之面積，並將每次環繞之面積加以累積後得出，其結果如表 5-16 所示。

表 5-16 試驗數據得出之構件吸收能量數據

組別	總能量(N-mm)	組別加總(N-mm)	平均(N-mm)
H2-1	347,930.60	1065722	355,241
H2-2	319,597.00		
H2-3	398,194.00		
M2-1	146,019.20	758504	252,835
M2-2	264,297.40		
M2-3	348,187.00		
L2-1	136,690.37	422299	140,766
L2-2	192,667.89		
L2-3	92,941.16		
H4-1	1,035,894.00	4453058	1,484,353
H4-2	2,114,011.00		
H4-3	1,303,153.00		
M4-1	1,633,081.00	3215491	1,071,830
M4-2	1,582,410.00		
L4-1	774,950.00	2818597	939,532
L4-2	1,143,825.00		
L4-3	899,822.00		

各構件之原始參數 Q_y 假設為設計強度，而最大變形量 δ_u 則假設為試驗所得之最大值，經計算後六組構件之原始強韌度(toughness)並予吸收之能量相互比較如表 5-17 所示。

表 5-17 各組構件之原始強韌度及比較

比較	H2	M2	L2	H4	M4	L4
Q_y, N	21629	21304	20816	40036	38736	36792
$\delta u, mm$	42.2	39.40	29.50	63.40	59.20	48.10
$Q_y \times \delta u$	912,744	839,378	614,072	2,538,282	2,293,171	1,769,695
β	1	1	1	1	1	1
$\beta \square E$	355,241	252,835	140,766	1,484,353	1,071,830	939,532
%	38.92	30.12	22.92	58.48	46.74	53.09
修正 β	2.5	2.5	2.5	1.7	1.7	1.7
修正 $\beta \square E / Q_y \delta u$	0.973	0.753	0.573	0.994	0.795	0.903

由以上之比較中可知，單純將往負荷載之迴圈面積累積後，與原始設計強度及變形能力之乘積相比，作為構件受力破壞之指標，在不同數量鋼筋之構件設計時將有出入，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。

若將係數 β 列入考慮，在不同鋼筋量時加以修正為大於一之值，如表 4-8 中所示，則最後所得出之構件強韌度破壞指標將較接近 1，意指構件已接近破壞(值為"1"時為完全破壞)。其中在低鋼筋量且低混凝土強度時，使用相同之係數 β 值時，較無法正確顯示實際破壞狀態，此有待進一步之研究釐清。

第六章 結論與建議

港灣構造物是否安全堪用，必需明確瞭解，俾採必要之防範措施，基於此一要求，亟需規範其安全檢查評估工作，以期達到安全，經濟、有效益之維護管理作業並增長其使用壽命之目的。惟目前國內尚無針對港灣構造物建立一套完整之檢查評估制度。

本研究為 4 年期計畫執行之第 1 年，主要研究目的即為針對港灣構造物建立一套本土化完整之檢查評估制度，期能確保港灣構造物安全性、使用功能及延長使用年限，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等，本年度工作項目包含：(1) 港灣構造物檢測標準之研析；(2) 港灣構造物檢測程序及檢測手冊研擬；(3) 現有港灣構造物檢測成果安全評估方法之檢討，本年度研究結論與建議如下：

6.1 結論

1. 國內外港灣設施目視檢測標準之彙整與研析：收集國內外目視檢測標準之概況，可作為各港務局辦理碼頭結構物檢測安全評估分析之依據。並比較歐美及日本等國之檢測標準之差異性，訂定本土化的港灣設施目視檢測標準。
2. 港灣設施目視檢測程序的更新：藉由國內外文獻之收集，據以修正過往建置之程序，配合目視檢測標準之制訂，以便現地工程人員能瞭解緊急搶修、緊急修復與年度維修的啟動機制。
3. 港灣設施檢測手冊研擬：參考國內外研究所擬訂的準則，擬定本案檢測手冊之內容，文中總則說明手冊目的與適用範圍、港灣設施狀態檢測之標準(以各構件區分)、單一構件與設施整體的評價方法與維修補強處置對策之對應等，藉此提供現場工程師檢測之需求。
4. 港灣構造物實作模擬訓練：實作模擬訓練以基隆港西 14 號碼頭為例

並操作檢測程序與手冊進行實作，針對定期巡檢之水上水下檢測資料配合本案建置之檢測標準進行檢測資料之撰寫，當資料彙集後，配合設施評價方法進行單一構件與設施整體的評價。

- 5.本項安全評估方法，考量力學理論，並結合實驗數據，區分不同水灰比、鋼筋量來進行試驗，因此本研究之新安全評估方法可行性相當高。

6.2 建議

本案後續建議針對目視檢測、儀器檢測、安全評估、維護管理手冊與維護管理系統等部分之說明如下：

- 1.目視與儀器檢測部分：針對今年度建置之標準，進行國內港灣管理單位之訪談，藉以確認標準之適用性與使用性。針對儀器檢測部分，蒐集國內外文獻，並探討適用性後建置對應的儀器檢測內容與檢測標準。
- 2.安全評估部分：針對複和式構件之評估方法擬定其計算方式。
- 3.維護管理手冊部分：配合檢測標準，於各港灣管理單位進行表單之試填，並進行修正。
- 4.維護管理系統部分：本年度針對既有系統檢測標準改為僅以 D 值進行修正，並針對今年度規劃之防波堤設施系統架構進行實作(構件拆解與各異狀標準系統建立)，配合防波堤之巡檢建置檢測資料作為後續推廣的範例，最後增加報告模組，供書面文件之製作。

本年度目視檢測標簡化為僅填列 D 值，除讓現地工程師便於填寫外，亦可讓劣化異狀與維修補強工法能有所對應。本計畫為建立港灣構造物安全檢查評估之程序，實乃需長期的檢測資料作為研究輔助，藉以達成維護管理最適化之目的。

參考文獻

1. 加藤 繪萬等，”棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究”，港灣空港技術研究所，2009。
2. 日本國土交通省港灣局海岸防災課，海岸保護設施維護管理手冊。
3. 李賢華，”港灣構造物安全檢測與評估之研究”，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，2000。
4. 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。
5. 蘇乙評，”港灣防波堤維護管理系統建置之研究”，國立臺灣海洋大學碩士論文，2010。
6. 高橋 宏直等，”港灣設施之維持管理計畫策定之基本考量”，國土交通省 國土技術綜合研究所，2007。
7. 運輸省港灣技術研究所，”港灣構造物之維持修補手冊”，財團法人沿岸開發技術研究所，1999。
8. 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，2006。
9. NSW Maritime，”Procedure for the Assessment of Public Ferry Wharf Safety”，2007。
10. 交通部基隆港務局，”基隆港務局港埠設施維護檢修作業規定”，1998。
11. 張嘉峰等，”捷運隧道段、出土段與特殊高架車站結構設施之損壞修復作業手冊委託研究案”，臺北市政府捷運工程局，2008。
12. 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。

13. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。
19. 交通部基隆港務局，”基隆港東防波堤延伸工程規劃評估”，2005。
20. Carl A Thoresen，”Port designer’s handbook- recommendations and guidelines”，2003。
21. 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。
22. 陳永祥，”震後港灣及河海堤快速診斷手冊之建立與震後港灣及河海堤快速補強手段”，行政院公共工程委員會，2000.11。
23. 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。

附錄一

工作會議紀錄

第一季工作會議紀錄

採購案編號：MOTC-IOT-100-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

時間：民國 100 年 3 月 16 日上午 09 點 30 分整

地點：交通部運輸研究所港灣技術研究中心 5F 會議室

出席者：謝明志科長、陳桂清研究員、柯正龍研究員、賴瑞應研究員
童佩怡助理、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

第一季工作內容說明及進度報告。

主要結論

1.陳桂清博士

- (1)目前檢測標準國內外文獻皆有提及，然請研究團隊能收集後進行更明確的定義。
- (2)專家座談舉行的時機是否能更為適切？

2.柯正龍研究員

- (1)針對前期系統是否能將維護手冊與修補工法放入？
- (2)本所五月即將舉行的研討會再請研究團隊協助辦理。
- (3)目前針對此設施所定的檢測標準以郭世榮教授與李賢華教授為主，研究團隊後續將以何者為準？

3.賴瑞應研究員

- (1)檢測標準之訂定希望能朝快速易操作之目標來執行，至於標準如何訂定，則可召集座談會議以共識決定之。

4.謝明志科長

- (1)針對特別巡查需提供現場工程人員於災害後目視檢查之重點與哪些異狀下需使用何種儀器檢測來確認結構安全性。
- (2)針對上述之問題，請研究團隊於三月底前提供幾張簡報以供本所提供各港務局參考。

第二季工作會議紀錄

採購案編號：MOTC-IOT-100-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

時間：中華民國 100 年 6 月 2 日（星期四）下午 2：30

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、童佩怡助理
財團法人臺灣營建研究院張嘉峰博士、簡臣佑工程師

記錄：童佩怡助理

討論議題

第二季工作內容說明及進度報告。

主要結論

- 1.專家座談會議所需資料請於會議前先行寄送給委員參考，以便於會議中直接討論。
- 2.除日本與澳洲文獻外，是否可就歐美等區域之資料進行蒐集，以便作為本案之參考。研究團隊將就委員意見蒐集歐美等國資料。
- 3.座談會邀請名單，專家為許書王博士、郭世榮教授、李賢華教授與李釗教授。另包含基隆港務局、高雄港務局與臺中港務局養護單位。

第三季工作會議紀錄

採購案編號：MOTC-IOT-100-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

時間：中華民國 100 年 9 月 27 日（星期二）下午 3：00

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

第三季工作內容說明及進度報告。

主要結論

1. 本案之 GRB 請儘速填寫。
2. 請注意本案期末報告初稿繳交時間(10/28)，審查時間應會於 11 月中旬舉行。
3. 經常與特別巡查雖以水上目視檢測為主，但若有特殊狀況，還是可配合水下與儀器檢測作進一步確認。
4. 目視檢測標準簡化為 E 值，目前以美國 FHWA 的 NBIS 分成九等描述狀況來進行評估，類似於目前本案簡化之結果，藉此避免 E. R. & U. 值評估的難度。
5. 除參考長崎線港灣設施維護手冊外，亦可針對過往日本港灣技術研究中心以及本中心過往進行的相關研究來進行參照，以健全本手冊之內容。
6. 請將海堤之名稱改為防波堤為宜。
7. 模擬訓練方式的進行，岸上部分可使用 PDA 系統於線上填寫，而水下部份因需配合潛水作業，故可將照片彙整後，於室內評估其狀況後，配合 Web 版系統填寫。

8.防波堤檢測以 GPS 做為位置記錄而不以構件拆解進行，主要考量防波堤劣化範圍較大，故並不用非常精確記錄其位置，只要得知其大略位置在哪即可。

附錄二

專家座談會議紀錄

專家座談會議紀錄

採購案編號：MOTC-IOT-100-H1DB006b

採購案名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

時間：中華民國 100 年 6 月 15 日（星期三）下午 2：00

地點：財團法人臺灣營建研究院會議室

出席者：國立中央大學李釗教授、清雲科技大學許書王教授、交通部基隆港務局臺北港分局馬榮聰工程司、易序良工程司、交通部臺中港務局王建忠主任、黃偉奇工程司、交通部高雄港務局歐家榮工程司、交通部花蓮港務局鄭景文科長、羅偉佑工程司、交通部運輸研究所港灣技術研究中心陳桂清博士、柯正龍研究員、財團法人臺灣營建研究院張嘉峰博士、廖振程博士、邱信諺工程師

記錄：簡臣佑工程師

討論議題(討論內容詳請參閱簡報所示)

- 1.計畫工作內容概述。
- 2.港灣構造物維護流程與構件分類概述。
- 3.港灣構造物構件目視檢測標準討論。

專家學者意見

1.國立中央大學李釗教授

- (1)P18 重力式碼頭岸壁混凝土劣化之描述混和傾斜、破損、混凝土剝離龜裂等狀況，是否可以分離出以便讓工程人員瞭解。
- (2)既然是需針對規則進行修訂，且時間也隔了許久，相關技術也有相當的發展，是否可於其他案中針對此些技術進行彙整與收集，以便工程人員參考。

- (3)針對修復工法之探討，各位可參考「鋼筋混凝土修補技術指引」一書內容之說明。

2.清雲科技大學許書王教授

- (1)以封橋標準為例，會因個人判斷標準的不同，而會有不同的執行時機，故檢測標準的訂定若過為模糊，則會讓不同的人有不同的解讀空間，故若能以明確、量化且嚴謹的方式來制訂此些標準。
- (2)以混凝土鋼筋外露在簡報上的標準 D 為 3，要到鋼筋外露且生鏽才為 4，通常在結構的行為上，鋼筋完全外露即為非常嚴重的情況，故有必要再對劣化狀況與影響結構性能的程度來進行考量。
- (3)以鋪面為例，其破壞型式有很多類型，但美國工兵署在判斷上卻只有 3 到 4 種，故到底是否需要將各劣化異狀皆進行檢測評估？或者從中挑選較為重要的項目進行評估即可？
- (4)針對岸肩沈陷部分，輕微與嚴重傾斜之描述會讓工程人員有不同的解讀，需在探討有何種方式讓工程人員較為明確的判斷。
- (5)若臺中港要發包，可將此些表格提供試寫，以便作為探討之成果。

3.交通部基隆港務局臺北港分局

- (1)目前是以評分方式來瞭解碼頭狀況，但何種狀況是會有立即危險，是否可說明？
- (2)本港每年都會執行陰極防蝕之檢測與維修，以便維持碼頭設施之防蝕性能。
- (3)港灣設施除災害發生之情況，有大規模破壞之狀況應屬不多見，故像重力式碼頭的鋼筋外露腐蝕，雖狀況很嚴重，但是否真有需立即進行修復之必要？

4.交通部臺中港務局

- (1)臺中港相較於其他港區屬於年紀較小的港，過去三十年陸續在新

建中。有關維護管理上，除 921 有較大的損壞外，平時為岸上的巡查為主，當發現有較大的毀損，會立即以適切的工法進行修復。今年臺中港將會進行例行的修復作業，若能配合此評估方式與系統，以作為發包之依據，本港會配合執行。

5.交通部高雄港務局

- (1)目前港區的修復以發現異狀後再行修復的方式處理。
- (2)檢測類型類似本港先前制訂的維護管理手冊，但並未如這些方式處理，一般以災後巡查為主。
- (3)檢測標準每個人皆有一套標準，通常若碼頭有問題時，會先行調閱設計圖、瞭解碼頭使用狀況以便瞭解損壞原因。通常於現場會查看法線與壁體狀況，並量測碼頭水深，以便確認損壞嚴重性。

6.交通部花蓮港務局

- (1)不管檢測標準之簡化結果為何，還是希望以主要構件來進行檢測標準之訂定為主。
- (2)判斷標準盡量不要已嚴重、輕微等字眼以避免現場工程師無法判斷盡量具體化與量化。
- (3)以此標準來進行檢測，實際執行上會有個人主觀意識來做實際上的修正，故判斷標準若能更為明確，可以避免差異的產生。至於水下檢測作業，只能以簡單的語言，跟潛水人員說明後，根據拍攝照片在自行判斷與彙整。

7.交通部運輸研究所港灣技術研究中心陳桂清博士

- (1)港研中心在過去這十年非常重視此部分的發展，但很可惜的是，在後續推廣應用上，無法如預期來執行，不曉得各港務局目前的維護管理的執行方式為何？
- (2)針對目視檢測標準的簡化與明確化，當然務必求能降低不同人員

判斷上的差異，但是實務上還是有其困難度存在。

- (3) 因需配合系統執行，劣化程度(D)值的制訂是有其必要性的，但標準亦會在歷次的使用與執行後有所修正，以更符合實際之需求。

8.交通部運輸研究所臺灣技術研究中心柯正龍研究員

- (1) 簡報中重力式與板樁式並未分開述明，但實際上結構型式有所不同，故請分開說明。
- (2) 本案過往建立的系統，是否可先將此推廣至各港務局，以便瞭解使用上之問題，並進行修正。
- (3) 系統上出現的圖說與專有名詞，請參考臺灣工程專有名詞統一名稱。
- (4) 斷面圖之部分，是否可再重新繪製？
- (5) 板樁開裂的長度宜改成寬度較佳。
- (6) 檢測程序與手冊是否能於下次座談會議中提出以便討論。

9.財團法人臺灣營建研究院張嘉峰博士

- (1) 有關判斷準則的部分，研究團隊會加以分離各情況，以避免工程人員在現場判斷混淆的問題。
- (2) 檢測技術的部分，已規劃於四年期計畫之儀器檢測類別中。
- (3) 研究團隊會再針對鋼筋混凝土腐蝕狀況之判斷標準進行修正。
- (4) 針對岸肩沈陷的描述，研究團隊會再行探討有無其他種方式，讓檢測人員能較為明確判斷。
- (5) 有關重力式與板樁式的部分，研究團隊會把它獨立說明。
- (6) 系統的運用上，會於期中報告後，於訪談港務局時，一併進行說明與測試。

- (7)圖說與港灣名詞部分研究團隊會再進行修正。
- (8)手冊部分亦會於第二次座談會議來提出。
- (9)檢測標準的提出，若能輔以照片來加以判斷是會更好，但礙於資料的收集，此部分上無法立即達成。
- (10)若臺中港需對檢測廠商進行教育訓練，研究團隊可協助辦理執行。
- (11)再過往執行案件中，研究團隊是將各構件劣化程度予以確定，再配合維修工法，以便讓工程師瞭解如何修復。
- (12)以設施生命週期的角度來看維護管理而言，並非等到港灣設施發生破壞後才進行修復，而是需由不同類型的檢測發覺異狀，以便及早進行處置，避免設施突發的破壞發生。

主要結論

- 1.建置檢測表格(初稿)，提供臺中港務局試填使用之參考。
- 2.與會專家學者所提供之意見，將納入研究團隊進行檢測標準修訂之依據。
- 3.檢測表內容將朝更嚴謹方向修正。
- 4.期望能將此檢測標準與表格訂定後，能提供各港務局使用，若需研究團隊協助，我們樂於協助。

附錄三
期中審查意見回覆表

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

☒期中☐期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-100-H1DB006b

計畫名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

執行單位：財團法人臺灣營建研究院

審查日期：100 年 7 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 審查意見
正修科技大學土木工程系 江慶堂副教授		
1.目前國內既有檢測項目及標準實施情況，是否可作為修改檢測標準之參考。	目前國內尚無實際的檢測作業標準可供參考，故目前即以彙整港研中心兩研究案所制訂之標準配合專家座談會議進行討論，不足之處再以國外標準補充。	同意辦理方式。
2.制定港灣碼頭結構破壞之新型評估方式，其中相關係數需有實際檢測值來驗證；另 P4-5 敘述強度及變形量之量測似有困難度，建議採用較準確方式。	為此本計畫已完成相關試驗規劃；另針對 P4-5 所述之強度將以實驗室試驗來做參考。另外變形將採一單位長度下最大裂縫寬度總和來計算之，以求保守評估。	同意辦理方式。
3.請提出 P4-9 所提試驗工作之規定及規模；針對材料劣化之變數是否將列入。	相關試驗規模將於期末報告說明，而材料劣化由於與時間有關，需要長期觀察，因此本計畫將以實驗室試驗為主，並於期末提出未來是否會將材料劣化納入。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院後續確實辦理。
國立臺灣海洋大學河海工程系 翁文凱副教授		
1.港灣結構的安全與否與①結構型式②使用頻率③目前狀況④	目前本案以針對各式港灣構造物之狀況進行檢測為主，委	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 審查意見
外力狀況等 4 種影響因素而定，此 4 種影響因素建議首先需敘明影響特性及程度，目前計畫內容著墨於第③部份，第①項執行面相可能過窄，不夠全面化，建議由此 4 種影響因素著與個別分析。	員所提之結構型式、使用頻率與外力狀況等雖會影響港務單位養護上之判斷，但此部分屬港灣營運考量，目前非屬本案考量範圍。	
2.計畫書內部份檢測評估標準不夠量化，未來在執行時，可能衍生疑義，如顯著裂縫、輕微裂縫等標準，建議修正。	針對劣化異狀無法明確描述或量化之異狀，研究團隊在此先予以提出此判斷標準，待後續之使用，以便修正。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院後續確實辦理。
3.港灣結構物安全評估檢查，不應僅著重於混凝土及鋼筋的劣化、腐蝕等，畢竟其影響可能僅影響局部破壞，部份結構物的整體破壞緣於基礎掏空、側移，此可能影響結構物整體之破壞，建議應著重於此，而不僅著重於構件結構(如棧橋式碼頭等)。	報告中除針對構件檢測異狀除針對材料劣化外，亦針對如壁體傾斜、法線變位與後線沈陷等狀況(請參照 3.3 節所述)進行檢測。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。
4.建議增加日本以外國家之檢測標準頻率等規範。	研究團隊將會持續收集其他國家相關檢測標準與頻率等資料，以供本案參考。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院後續確實辦理。
清雲科技大學土木工程系 許書王助理教授		
1.文章格式部份-僅舉例，尚請全文檢視修正 (1)如 2-10 第 2 段與前段排版應一致。 (2)如 2-26 頁，第一行應與表同	(1)已將此段排版一致化。 (2)已將此表至於同一頁中。 (3)已於各表結尾標註資料來源。 (4)文中為「如圖 2.7 所示」，已	(1)同意辦理方式。 (2)同意辦理方式。 (3)同意辦理方式。 (4)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 審查意見
頁。 (3)如 2-29 表 2-19 及表 2-20 等等，其資料來源應註記參考文獻編碼。 (4)如 2-34 頁第三段第 1 行如所示，不知所云……。 (5)如 3-7 及 3.8 頁等表應有文字鋪陳，圖、表亦應有文字說明引用。 (6)如 3-10 表最後一行文字有一半在表格外。 (7)如 4-1 頁第二段本方法將延續李等(2010)……，建議修正。 (8)如附錄 2-2(2)要到鋼筋外露且<u>升秀才</u>為 4，應為錯字請修正。 (9)2-17 及 2-18 圖 2.5 與 2.5 文字不清楚。	修正。 (5)以補充文字說明與對應。 (6)已修正，請參照。 (7)已修正為「延續研究團隊於「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」乙案之研究成果」。 (8)已修正為「且生鏽才…」。 (9)已重新繪製圖片，請參照。	(5)同意辦理方式。 (6)同意辦理方式。 (7)同意辦理方式。 (8)同意辦理方式。 (9)同意辦理方式。
2.研究內容 (1)4-1 頁第 3 段—大部分港灣構造物所使用材料為混凝土及<u>鋼筋材料</u>，是否改為混凝土、鋼筋混凝土及鋼鐵材料。 (2)研判方式應加入尺寸及照片以利判識(針對嚴重、稍嚴	(1)已依委員意見修正為「混凝土、鋼筋混凝土及鋼鐵材料」。 (2)研判方式未來除以文字描述外，後續將朝向提供簡圖與照片供檢測人員判讀之用。 (3)以岸肩沈陷為例，已將其分	(1)同意辦理方式。 (2)同意辦理方式，請臺灣營建研究院後續確實辦理。 (3)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 審查意見
重、良好)。 (3)針對嚴重、稍嚴重、良好，是否考慮改用良好、輕度、中度、重度。 (4)本案所呈現之評估方式，應盡快進入現場驗證(含規劃)，更利成果實用性。 (5)4-9 頁(6)，請說明何謂試體完全破壞。 (6)試體製作應考量能模擬現況為優。	為輕微、明顯與嚴重三等級，此似輕度、中度與重度之分級。 (4)第一次專家座談會議時即有港務單位有興趣配合執行，研究團隊將依委員意見於期中報告後與港務單位配合執行。 (5)試體完全破壞不若混凝土圓柱試體之抗壓試驗，而是以反覆加載將試體壓至破壞之情況。 (6)感謝委員指正，本研究研提之試驗，將以抗彎構件作為初步之試驗模型，目前規劃為懸臂梁。	(4)同意辦理方式，請臺灣營建研究院後續確實辦理。 (5)同意辦理方式。 (6)同意辦理方式。
國立嘉義大學土木及水資源工程系 林裕淵教授(書面審查)		
1.P.4-4 式(4-1)之等號右邊第一項為位移(變形)之比值，第二項為能量之比值，兩不同量之比值相加，變成破壞指標，可否稍說明其理論基礎。另外，參數 P 在(4-1)式中為何？	(1)其理論基礎所使用之破壞指標模式可以表示為結構受力最大變形量及其韌性變化之函數。 (2)p 不為公式內之參數，其為項次，如同 $\sum_i^p E_i^e$ 中的 p 值。	(1)同意辦理方式。 (2)同意辦理方式。
2.式(4-2)、(4-5)、(4-6)如何得之？ 式(4-3)，Σ 在 $\theta=$ 上面，何意？ 式(4-3)看似開裂後轉角，故帶入式(4-2)中，E_i^e 是否為混凝土	(1)鋼筋混凝土受到地震、風力、波浪力或其他反覆作用力作用時，其破壞指標模式可以表示為結構受力最大變形量及其韌性變化之函	(1)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 審查意見
開裂後至破壞前吸收之應變能？若是，建議於式(4-1)中說明，彈性應變能？塑性應變能 or 其他？	數，其由 Park and Wen 於 1985 年提出，公式如 4-2 式所示。 (2)此為文字表達之錯誤，兩者皆位於同一位階，請參照式 4-3。 (3) E_i^e 為混凝土開裂後至破壞前吸收之應變能，其為塑性應變能。	(2)同意辦理方式。 (3)同意辦理方式。
3.後續報告建議舉一範例，以說明如何計算及使用(4-1)～(4-7)式。建議應於期末報告中展現。	研究團隊將於期末報告以實驗室試驗結果配合範例說明公式之使用。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院後續確實辦理。

附錄四
期末審查意見回覆表

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

☐期中☒期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-100-H1DB006b

計畫名稱：港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

執行單位：財團法人臺灣營建研究院

審查日期：100 年 11 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 審查意見
正修科技大學土木工程系 江慶堂教授		
1.本期末報告所提出各年期研究規劃架構方向、內容尚屬合宜，目前已完成本年期作業內容，獲得初步研究理論成果，擬先在試驗室獲取實驗數據作為驗證之依據，其研究方向值得肯定。	感謝委員肯定。	
2.P5-19~5-21 混凝土配比中，由表 5-7 規劃之配比經推算其單位用水量介於 255~315 kg/cm ³ ，新拌混凝土可能會產生析離現象，造成混凝土品質不均勻，再從表 5-8 抗壓強度數據許多不合理情況可證明，若以此試驗數據作為選定混凝土配比之依據，對於將來試驗結果分析想會有落差，建議檢核使用之混凝土配比。	有關混凝土強度控制之配比確實具相當之挑戰，更感謝委員提出原因分析，未來有關強度控制之混凝土配比，如委員意見將尋求更精確之方法。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。
3.P5-19 敘述製作 9 個 12φ*24cm 試體，表 5-7 規劃配比使用材料之體積較試體少，材料用量是否有誤，建議檢核。	表 5-7 為配比值、非總用量；有關混凝土強度控制之配比確實具相當之挑戰，未來有關強度控制之混凝土配比，如委員意見將尋求更精確之方法。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。

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 審查意見
4.P5-24 第 5 行「.....編碼 M4 即代表此 RC 梁中有 2 支鋼筋.....」應為「4 支鋼筋」之筆誤。	該處為筆誤，已在文中改正，感謝委員指正。	同意辦理方式。
5.試體已製作完成，請附試驗時混凝土實際強度，始能計算理論承受荷重。	試驗時混凝土之實際強度，大致如縮體結構製作前之事前試驗結果所示；縮小尺度之懸臂樑實驗結果確實受到相對之影響。未來有關強度控制之混凝土配比，如委員意見將尋求更精確之方法。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。
6.港灣鋼筋混凝土構造物現況與試驗是條件差異頗大，建議在試驗室模擬，以作為新型評估方式相關係數之修正或調整。	試驗室之試體確實與港灣結構存在一定之差異，未來有關材料長期於環境作用下劣化之加速模擬，將研擬適當方式，以更貼近現場狀況。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。
清雲科技大學土木工程系 許書王教授		
1.P2-2 到 2-5 以及 2-10 等等表格內之文字格式應統一，建議全文檢視。	已改正 P2-2 至 P2-5 與 P2-10 表格格式，並讓表格不跨頁。	同意辦理方式。
2.P5-22 依公式求得鋼筋量為 4.7 支，採用 4 支？	因梁設計為抗拉破壞，基於力學對稱且符合設計精神故採用四支。	同意辦理方式。
3.P5-13 第 2 段混凝土將體，是否為誤植請察對。	已修正，謝謝指正。	同意辦理方式。
4.P5-29 拌合程序之部分文字若可以量化，建請修正。例如不能攪拌	已依委員會議意見修正，謝謝指正。	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 審查意見
過久？另結塊？團塊？若敘述同一現象建請統一文字。		
5.P3-18 有關年度維修及緊急維修，文內定義均針對構造物，並未探討對於使用上的危害，此部分建議再考量。	依本案建置之檢測標準，劣化程度為4之狀況即為緊急情況，但修復對策為緊急維修或緊急搶修則需視劣化類型與危害程度而定，如屬結構整體性劣化之傾斜會影響結構安全，則建議以緊急搶修處置，其他非屬此狀態則以緊急維修處置。而年度維修則針對劣化程度3(或以下)之情況進行處置。	同意辦理方式。
6.由於異常氣候頻仍，如 P3-16 對於重大災害之型態，是否再考慮過大之降雨因素？	P3-16 流程圖為參考文獻，已將委員考量內容增加說明於本研究提出之程序「特別巡檢」中。	同意辦理方式。
7.P3-32 檢測手冊，格式請參考運研所相關格式編撰。	手冊內容經與運研所討論，由於手冊目前尚未定案，故格式部分待後續研究定案後再行修正。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。
8.P3-34 2.設施[評價]？是否採用[評估]較符合研究題目？	評價為日文文獻之用語，將統一改為「評估」。	同意辦理方式。
國立嘉義大學土木及水資源工程系 林裕淵教授		
1.P2-22:建議先解釋 D.E.R.&U.各字母之意義。	已於 2.2 節說明 D.E.R.&U.的說明。	同意辦理方式。
2.P3-44~P3-55:施工規範及材料規範，若公共工程委員會中已有，建議直接引用並註明，若不同亦請註明。	已針對所研擬之工法於工程會施工綱要規範有提及之處，加註可參考之章節名稱，如灌注環氧樹脂工法與噴凝土工法，請參閱。	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 審查意見
3.P4-3:表中”異狀類型”建議改為”劣化類型”(以跟 2-3 節的表一致), E 值那欄要嗎? P2-22 中不是說要屏除 E 值嗎?(因 E 值不易評估)。裂縫寬度也很重要, 可否增列在 4-1 與 4-2 表中。	表格中 E 值欄位已刪除, 且將異狀類型改為劣化類型。	同意辦理方式。
4.P4-11 中: 面板對牆的權重 0.12 是否有誤, 請再確認。	權重值誤植, 應為 0.01, 已改正。	同意辦理方式。
5.P4-18: 整體評價分數達 1.68, 是高 or 低? 幾分以上應補強 or 更進一步詳細評估?	是否需補強需按構件評估標準為等級 4 時需進行。整體評估為瞭解整體港灣碼頭設施的狀況做為預算分配之用。	同意辦理方式。
6.期末報告中還是沒有式(5-1)~式(5-7)應用的範例。	該組公式在計畫工作中以驗證其可行性為主, 待試驗室試驗其具相當之可行性後, 將於後續工作中應用於實際案例分析。	同意辦理方式, 請臺灣營建研究院確實辦理。
國立臺灣科技大學營建工程系 沈得縣教授(書面審查)		
1.本期末報告為本計劃四年期第一年期計畫之研究成果, 內容豐富值得肯定, 但期末報告缺中英文摘要, 請補充。	已補充英文摘要。	同意辦理方式。
2.依期末報告 P1-2 所示, 本計劃目的在探討港灣構造物之檢測標準, 檢測程序及安全評估方法, 並研擬一套維護管理手冊。因此研究內容應聚焦在這四個部份, 其中檢	檢測標準已盡量力求判斷標準的具體、簡單與量化。	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 審查意見
測標準程序及評估方法均為維護管理手冊之內容，內容應以具體、簡單及量化之方式呈現。		
3.本計劃之主要工作目標為研擬港灣構造物之維護管理手冊，因此建議期末報告應參考一般使用手冊之格式撰寫，並將港灣構造物維護管理手冊列入專章或期末報告附件中，以利本計劃後續實施教育訓練或推廣應用，或舉辦研討會使用。	後續期程會將設施維護管理列入專章進行說明。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。
4.期末報告第 2 章港灣構造物檢測標準中，日本之判定基準採劣化等級(A.B.C.D)較國內採用之劣化程度(2.3.4 缺 1)具體明確，值得參考採用。	日本判定基準為本研究制訂檢測標準之參考內容，並作為與國內相關研究比較之基準。	同意辦理方式。
5.期末報告第 3 章主要為彙整國內外港灣構造物維護管理程序之文獻，並研擬港灣構造物檢測手冊。為何不是研擬國內港灣構造物維護管理手冊，並檢討手冊內容及章節之規劃是否欠完整。	國內雖有相關港灣構造物維護管理之相關研究，但目前並無完整的港灣構造物維護管理手冊，故本研究為收集彙整國內外相關資料藉此制訂此手冊。	同意辦理方式，惟仍請臺灣營建研究院，再行檢討及規劃手冊各章節內容，如何最為適用本土化需求。
港灣技術研究中心 陳桂清研究員		
1.整體設施評估之各構件權重是否適當，請研究團隊在審慎評估。	權重為「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」乙案執行時依專家問卷訂定，若需再審視是否適當，會再於下期增加專家問卷訪談以增加適當性。	同意辦理方式，請臺灣營建研究院確實辦理。

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 審查意見																				
2.構建物檢測手冊內容，對於劣化程度、說明，建議處理對策等之判定成文字敘述應力求明確、嚴謹，避免造成判定之困擾。	各構件劣化程度之描述，已審視，並盡量力求以數值描述增加判斷之明確性。	同意辦理方式。																				
3.P3-39 頁及文中其他表格中，腐蝕電位及防蝕系統欄位中之判定有錯誤建議更正如下： <table><tr><td rowspan="3">腐蝕電位</td><td>2</td><td>參考電位<-850mV (v.s. Cu/CuCO₄)</td><td>定期監測</td></tr><tr><td>3</td><td>參考電位-500~850mV (v.s. Cu/CuCO₄)</td><td>持續監測</td></tr><tr><td>4</td><td>參考電位>-500mV (v.s. Cu/CuCO₄)</td><td>防蝕系統更換 (S1,S2)</td></tr><tr><td rowspan="3">防蝕系統</td><td>2</td><td>..較為損耗(壞)</td><td>定期監測</td></tr><tr><td>3</td><td>..明顯損耗(壞)</td><td>依腐蝕電位 等級處理</td></tr><tr><td>4</td><td>..嚴重損耗(壞)</td><td>防蝕系統更換 (S1,S2)</td></tr></table>	腐蝕電位	2	參考電位<-850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	定期監測	3	參考電位-500~850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	持續監測	4	參考電位>-500mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	防蝕系統更換 (S1,S2)	防蝕系統	2	..較為損耗(壞)	定期監測	3	..明顯損耗(壞)	依腐蝕電位 等級處理	4	..嚴重損耗(壞)	防蝕系統更換 (S1,S2)	已更正，請參照表 2-28 所示。	同意辦理方式。
腐蝕電位		2	參考電位<-850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	定期監測																		
		3	參考電位-500~850mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	持續監測																		
	4	參考電位>-500mV (v.s. Cu/CuCO ₄)	防蝕系統更換 (S1,S2)																			
防蝕系統	2	..較為損耗(壞)	定期監測																			
	3	..明顯損耗(壞)	依腐蝕電位 等級處理																			
	4	..嚴重損耗(壞)	防蝕系統更換 (S1,S2)																			
4. P.IV、圖表錯置	已更正並將圖表名分開。	同意辦理方式。																				

附錄五

期末報告簡報資料


港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center
Institute of Transportation, MOTC


港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

港灣構造物安全檢查評估之研究 (1/4)

期末簡報

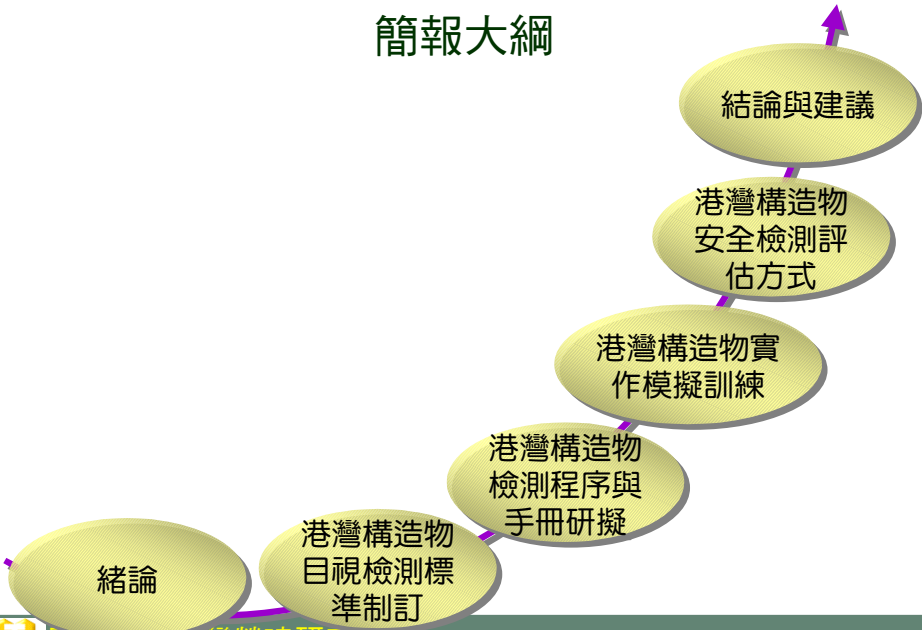
簡報人：廖振程 博士
2011.11.16


財團法人臺灣營建研究院


財團法人臺灣營建研究院
1
1

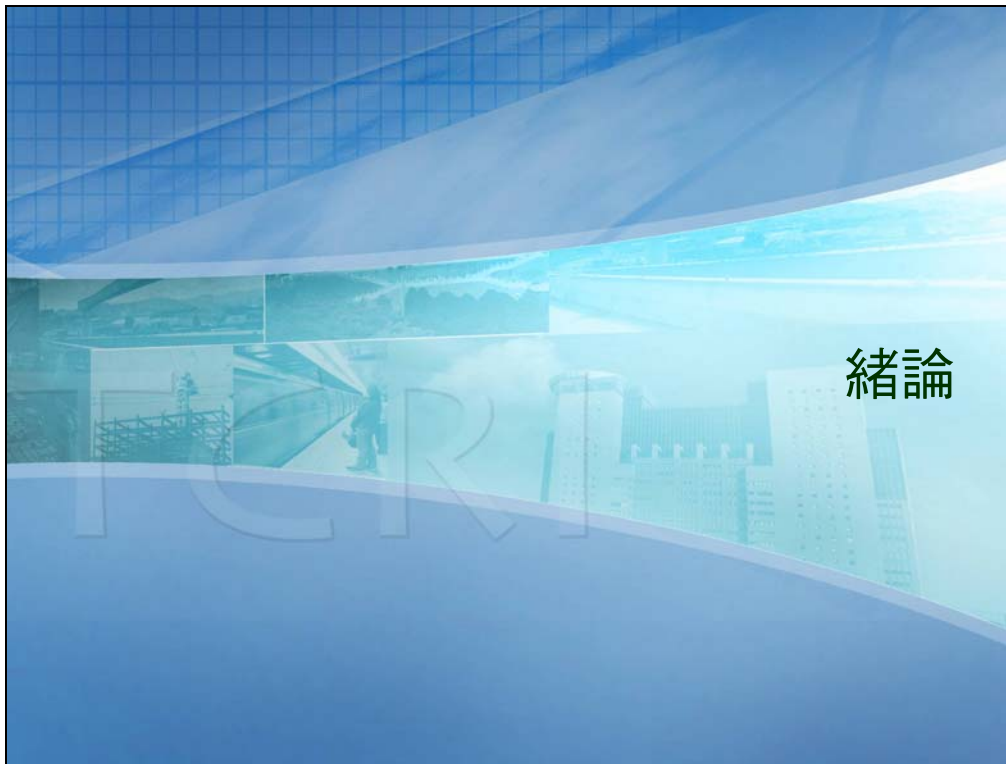

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

簡報大綱



- 緒論
- 港灣構造物目視檢測標準制訂
- 港灣構造物檢測程序與手冊研擬
- 港灣構造物實作模擬訓練
- 港灣構造物安全檢測評估方式
- 結論與建議


財團法人臺灣營建研究院
2





港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

緣起與背景

緣起

依據交通部施政方向，重建臺灣在東亞運輸樞紐地位及再造臺灣21世紀競爭力目的，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

港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)

完善的港灣構造物檢測程序與安全評估方法，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，減低對人、社會及環境造成最低之衝擊

背景



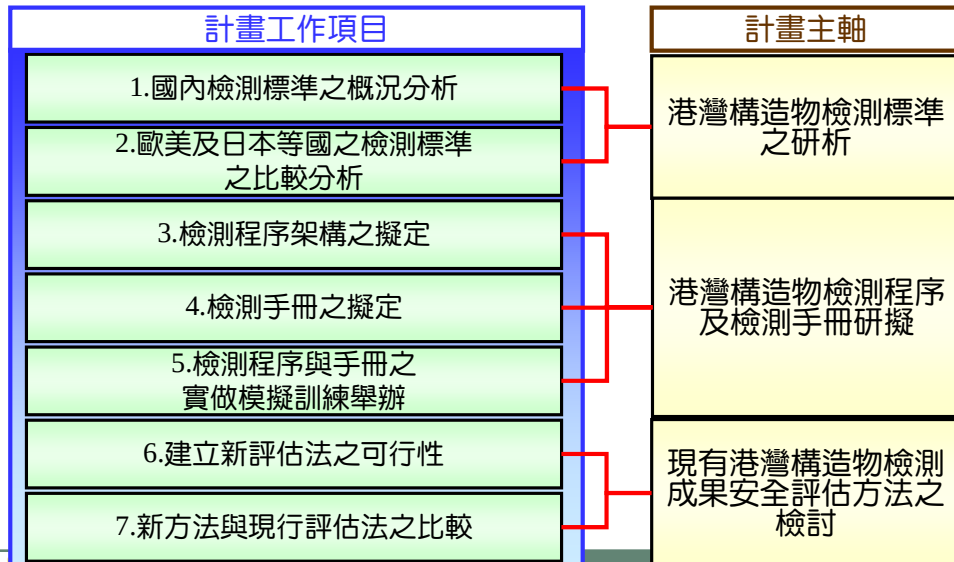
財團法人臺灣營建研究院



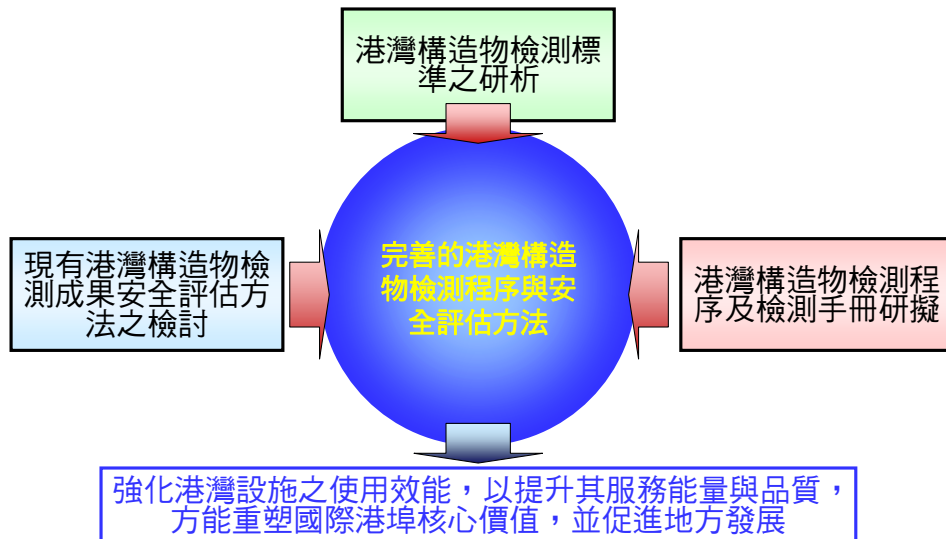
4



工作項目



計畫目的

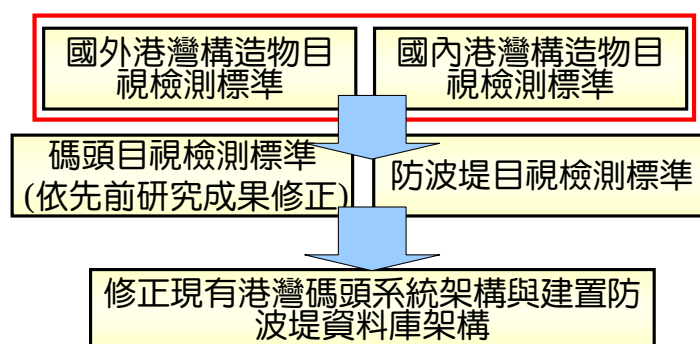


港灣構造物目視檢測標準制訂



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

標準制訂方法



財團法人臺灣營建研究院

8



參考標準

◆ 國外

- ✦ 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
- ✦ 日本國土交通省港灣局海岸防災課，海岸保護設施維護管理手冊
- ✦ 國土交通省 國土技術綜合研究所，港灣設施之維持管理計畫策定之基本考量

◆ 國內

- ✦ 李賢華教授，港灣構造物安全檢測與評估之研究
- ✦ 郭世榮教授，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
- ✦ 蘇乙評，港灣防波堤維護管理系統建置之研究



標準制訂原則與重點

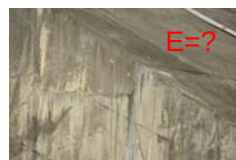
◆ 目視檢測評估標準的簡化(1/2)

- ✦ 避免過於複雜的評估方式
- ✦ 部分構件劣化異狀D值會將E值納入

	0	1	2	3	4
劣化範圍 (Extent)	無法 檢測	微<10%	<30%	<60%	<



鋼筋腐蝕外露

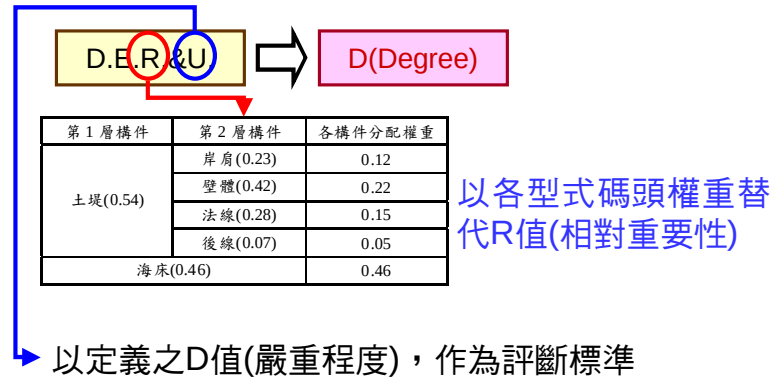


混凝土裂縫



標準制訂原則與重點

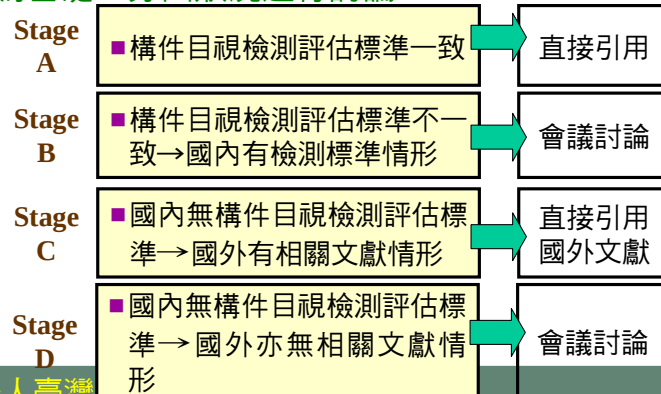
◆ 目視檢測評估標準的簡化(2/2)



標準制訂原則與重點

◆ 檢測標準之討論與訂定

✚ 已於6月15日召開專家座談會並以「港灣構造物安全檢測與評估之研究」與「港灣構造物維護管理準則之研究」為基礎，分四狀況進行討論





標準制訂原則與重點

◆ 檢測標準制訂結果(以棧橋式碼頭面板-梁構件為例)

第1層構件	第2層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
面板	梁	龜裂	2	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5m/m ² 以下、柏油鋪面龜裂率目測約 20% 以下)
			3	鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2m/m ² 、柏油鋪面龜裂率目測約 20~30%)
			4	鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2m/m ² 、柏油鋪面龜裂率目測約 30% 以上)
		腐蝕	2	局部可見鏽水
			3	局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕
			4	鋼筋露出且已腐蝕，可見鏽水顯著
		裂縫	2	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)
			3	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)
			4	混凝土裂縫擴散至整個岸壁
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象
			3	混凝土龜裂，鋼筋完全露出，無腐蝕現象。鋼筋部分露出，而且有腐蝕現象
			4	可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出



標準制訂原則與重點小結

- ◆ 藉由國內外檢測標準之收集，將港灣設施目視檢測標準予以彙整，並透過座談會方式進行研討，藉以制訂較為符合現場需求的檢測標準，本研究亦將過往D.E.R.&U.檢測評估方式，簡化為D值(劣化程度)評估
- ◆ 簡化工程人員於現場評估作業之內容，未來將結合構件權重進行排序，並利用各構件之劣化D值，決定維修工法供現場工程師參考
- ◆ 未來將彙整工法單價，配合檢測數量記錄，可作為維修費用概估，待資料之累積方可完成工法成效之驗證



港灣構造物檢測程序與手冊研擬

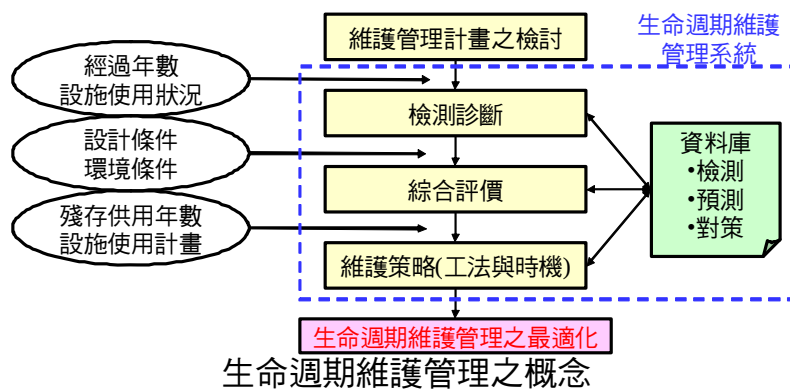


港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

目視檢測標準與維護管理程序

◆ 文獻收集－國外港灣構造物維護管理程序

✦ 日本港灣空港技術研究所之「棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究」



財團法人臺灣營建研究院

16



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 文獻收集－國外港灣構造物維護管理程序

- ✦ 日本運輸省沿岸開發技術研究所提出的「港灣構造物的維護之修補手冊」：針對各式碼頭與防波堤就其位置、項目與檢測頻率進行建議

檢查對象	檢測位置	檢測項目	檢測頻率
沈箱滑動、下陷、傾斜	上部結構	移動、下陷、傾斜	每兩年檢測一次，水下結構檢測配合潛水人員進行。
上部結構的裂縫、剝落損傷		龜裂深度(長度)、鋼筋有無外露	
沈箱的龜裂、剝落損傷	沈箱本體	龜裂深度(長度)、鋼筋有無外露	
拋石基礎的下陷	護基方塊	下陷、移動	
	基礎保護塊石或消波塊	下陷、移動	
	拋石基礎	下陷、移動	
消波塊的下陷、散亂	消波塊	下陷、移動	
海底地盤	拋石基礎前斜坡	移動	



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 文獻收集－國外港灣構造物維護管理程序

- ✦ 美國交通運輸研究委員會(Transportation Research Board, TRB)之資產管理(Asset Management)

各國對資產管理之定義

	出處	定義
美國	聯邦運務局「資產管理入門」	所謂資產管理乃是從成本觀點，就如何有效維持，提昇機能及運作之系統流程
	公共業務會資產管理專業外觀	持不足資金得以有效分配因應需求之手法
澳洲	AUSTROAD「資產管理改善戰略」	為提供有效率地應有效果地公共服務所進行長期資產管理(營運)之系統手法
	AUSTROAD「針對路網系統之整合型資產管理導引」	所謂整合資產管理乃指道路局或道路利用者，資產持有者所要求能明確被理解，此外，能使上述事項能夠在資產管理之架構中被納入之評估流程
英國	運輸地方自治體，地域省「資產管理計畫及共通資本戰略之實踐－基礎報告」	服務水準及財務利益觀點而言，能使資產利用最佳化之流程(處所謂資產，乃包括土地和建物)

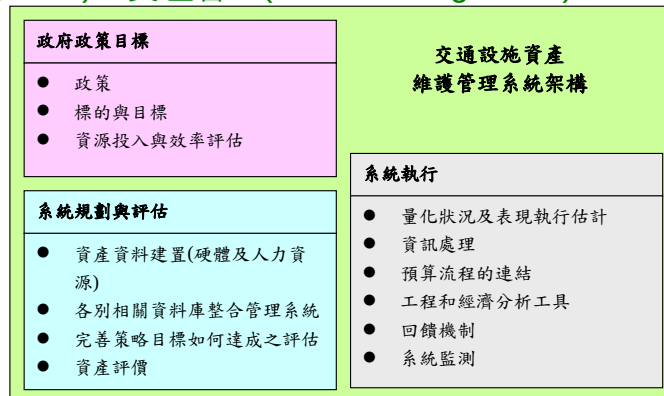




目視檢測標準與維護管理程序

◆ 文獻收集－國外港灣構造物維護管理程序

✦ 美國交通運輸研究委員會(Transportation Research Board, TRB)之資產管理(Asset Management)



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 文獻收集－國內港灣構造物維護管理程序

✦ 基隆港務局港埠設施維護檢修作業：提出各式碼頭與防波堤設施檢測項目與頻率

類別	檢測項目	四月定檢	十月定檢	特檢
基礎岸壁結構	基礎穩固、沖失、下陷	✓		
基礎岸壁結構	基樁損壞	✓		
基礎岸壁結構	梁板結構	✓		
碼頭面類	冠牆破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	緣石破損、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	碼頭面破損、下陷、不平、積水、裂紋	✓	✓	
碼頭面類	繫船柱鬆動、破損	✓	✓	
碼頭面類	護舷設備是否適於泊船	✓	✓	
碼頭面類	水溝暢通、溝壁完整、溝蓋破損欠缺	✓	✓	
碼頭面類	步梯破損、欄杆傾斜破爛	✓	✓	
測量類	碼頭沈陷量測			✓

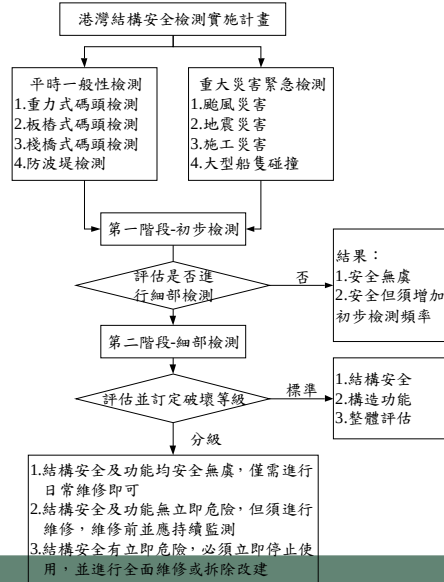




目視檢測標準與維護管理程序

◆ 文獻收集—國內港灣構造物維護管理程序

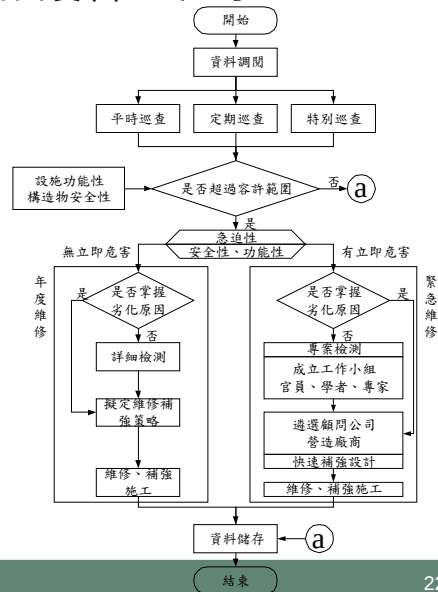
✦ 港灣構造物安全檢測與評估之研究



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 文獻收集—國內港灣構造物維護管理程序

✦ 港灣構造物維護管理準則之研究





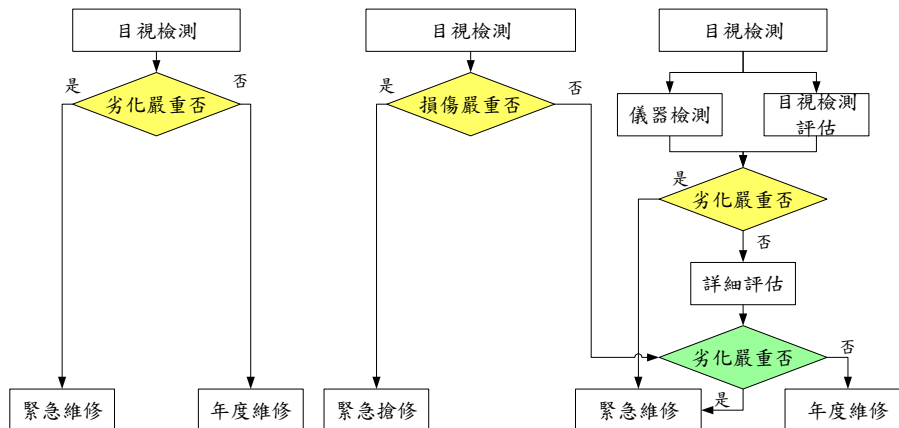
目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣構造物檢測程序建置

經常巡檢

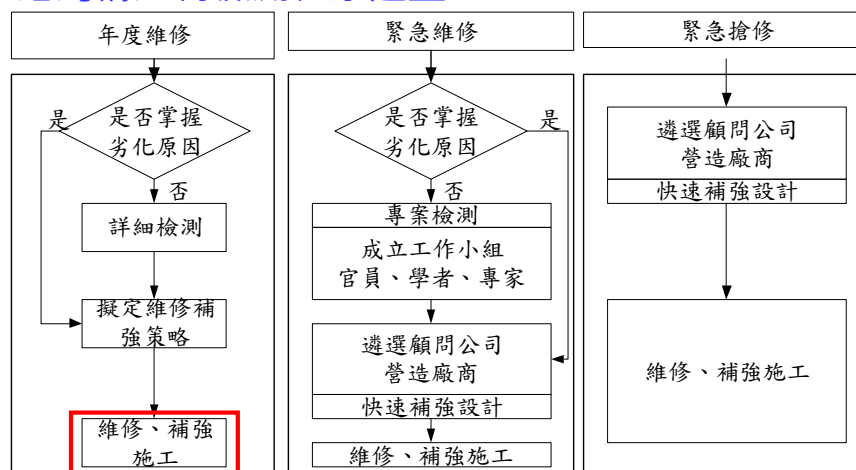
特別巡檢

定期巡檢



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣構造物檢測程序建置





目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣構造物檢測類型與頻率

⊕ 經常巡檢

- 經常巡檢是由管理使用單位及工務權責單位平時進行的目視巡檢
- 主要是以構造物的功能性為巡檢目標
- 由工務權責單位及管理使用單位負責辦理檢測工作，每個月至少辦理一次碼頭構造物的平時巡檢作業
- 此檢測方式由於屬平時之作業，故以人員在岸上目視可見之構件是否有異狀作為巡檢之重點



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣構造物檢測類型與頻率

⊕ 定期巡檢

- 定期巡檢指在固定時間及頻率(兩年一次)所進行的檢測作業，一般是採用目視(包含水下)及較簡單之儀器對結構物進行檢測
- 此類型巡檢建議參照國內交通部橋梁定期檢測之執行，建議可委外由顧問公司執行，相關檢測人員應有工程專業背景，並有實際檢測實績方可進行
- 定期檢測可依港灣構造物之型式、使用狀況及環境條件等基本資料，建立相關的檢測項目、評估等級等檢測評估資料，並繪製成表格型式，使得檢測工作具有較高的效率及較正確的結果





目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣構造物檢測類型與頻率

⊕ 特別巡檢

- 為不定期檢測，通常於颱風、海嘯、大型船隻碰撞、施工災害與地震等災害後，或碼頭發生重大事件及施工不當之人為破壞，當構造物安全或營運有虞慮時，由工務權責單位負責辦理特別巡檢
- 檢測人員應於事故發生能安全到達現場，快速完成檢測評估作業。檢測方式以目視或簡單工具為主，檢測結果應依相關規定紀錄後儲存以利後續的維護管理
- 其檢測特點在於短期內掌握碼頭及設施主體週邊設施之損壞狀況，評估有無二次災害之危險因素及安全性，經檢測評估在必要時，則快速擬定管制計畫和搶修措施，以避免災害擴大



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣構造物檢測類型與頻率

種類	執行單位	檢測時機	檢測方式
經常巡檢	管理使用單位	日常 (每月一次)	目視巡查(岸上)
定期巡檢	工程顧問公司(建議)	固定時間 (每兩年一次)	目視巡查(包含水下)、 簡單儀器、依需求配合 詳細儀器檢測
特別巡檢	工務權責單位	重大災害、 事故發生後	目視巡查(岸上)

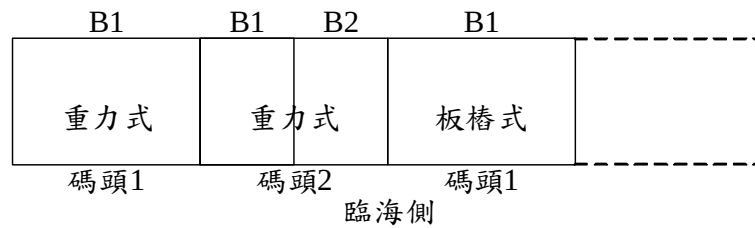




目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣結構構件編碼原則－碼頭設施(1/7)

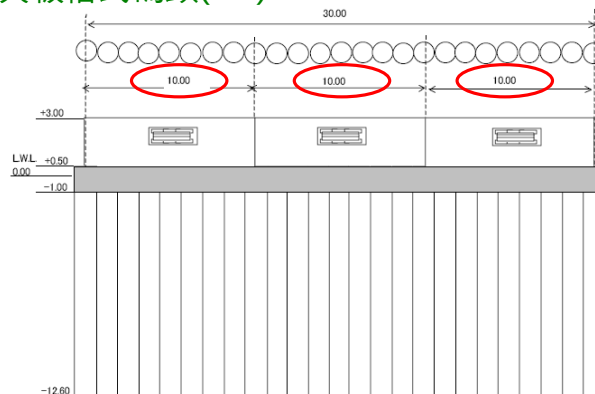
- ⊕ 重力與板樁式碼頭(1/4)：為連續式結構，故針對各碼頭單元編碼，如下圖碼頭1所示，則編碼為B1(建議10m)；若重力式碼頭屬沈箱構築，則以各沈箱作為單元區分為B1與B2(如下圖碼頭2所示)



目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣結構構件編碼原則－碼頭設施(2/7)

- ⊕ 重力與板樁式碼頭(2/4)



板樁式碼頭單元切割方式(參考日本國土技術綜合研究所)

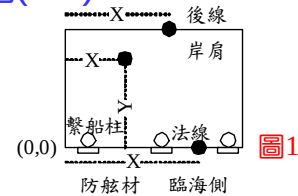


目視檢測標準與維護管理程序

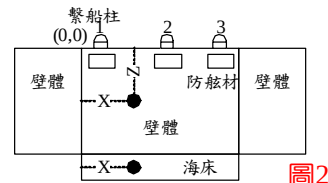
◆ 港灣結構構件編碼原則－碼頭設施(4/7)

⊕ 重力與板樁式碼頭(4/4)

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



重力或板樁式碼頭俯視圖

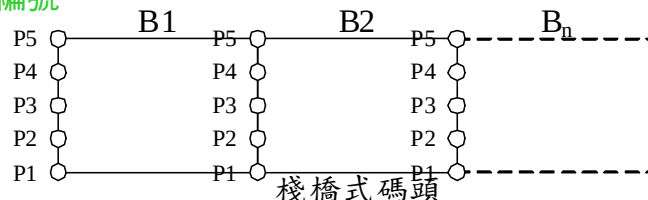


重力或板樁式碼頭正視圖

目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣結構構件編碼原則－碼頭設施(5/7)

⊕ 棧橋式碼頭(1/3)：棧橋式碼頭依墩柱縱向柱線間距進行單元區分(如下圖所示)，單元右側墩柱歸屬於其中(如B1右側墩柱P1~P5屬B1)，故一棧橋式碼頭可藉由縱向柱線區分不同單元(B1~Bn)，而每一單元面版底部版與梁之編號如所示，面版底部以S進行編號，而梁以B進行編號



臨海側

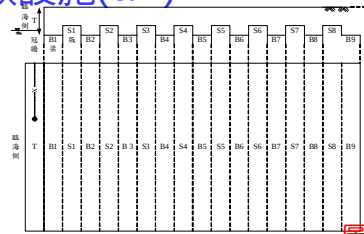


目視檢測標準與維護管理程序

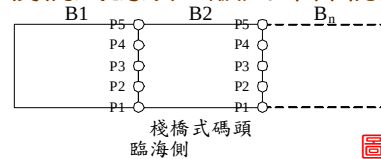
◆ 港灣結構構件編碼原則—碼頭設施(6/7)

⊕ 棧橋式碼頭(2/3)

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



棧橋式碼頭面版底部仰視圖



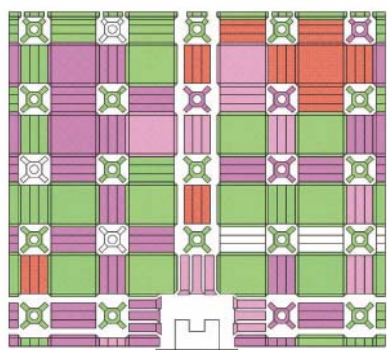
棧橋式碼頭墩柱編號示意圖



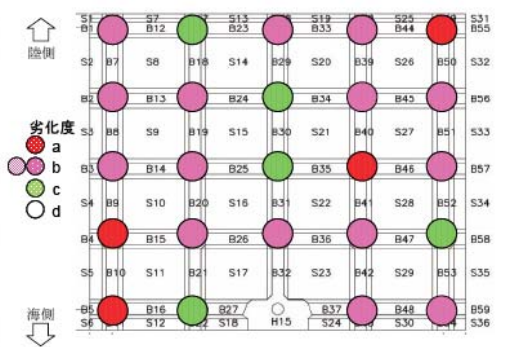
目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣結構構件編碼原則—碼頭設施(7/7)

⊕ 棧橋式碼頭(3/3)



上部工(下部面)



下部工(基樁)





目視檢測標準與維護管理程序

◆ 港灣結構構件編碼原則－防波堤設施



檢測基本資訊

港灣名稱、防波堤編號、檢測單位、檢測日期、檢測人員、檢測氣候、

劣化異狀資訊

劣化位置(GPS點位)、構件類型、劣化類型、劣化程度、劣化範圍(面積或長度)、劣化照片



港灣構造物檢測手冊研擬

◆ 手冊內容

- ⊕ 總則
- ⊕ 設施狀態檢測
- ⊕ 設施評價方法
- ⊕ 修復補強方式





港灣構造物檢測手冊研擬

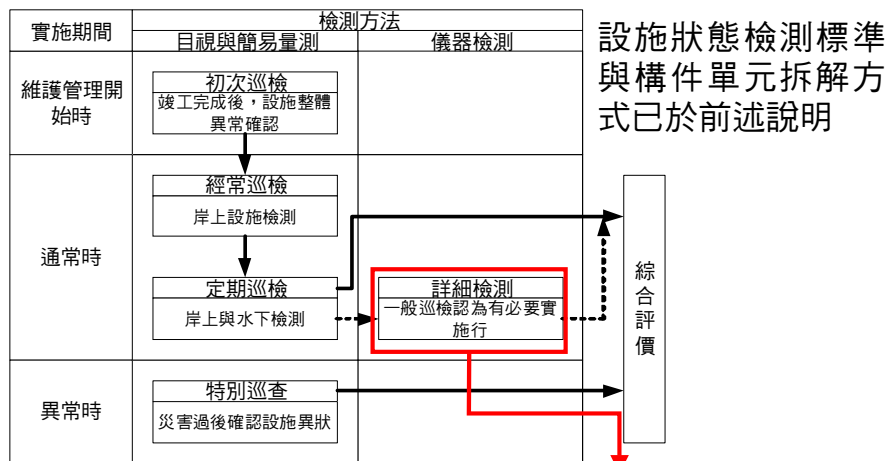
◆ 總則

- ✚ 手冊目的：為使港灣構造物的維護管理，朝向制度化、格式化及電腦化，以增進管理效率，確實掌握港灣構造物現況，早期發現劣化構件，適時辦理維修作業，及維持港灣構造物的功能及安全，特訂本準則。
- ✚ 手冊適用對象：本維護管理準則適用於碼頭及附屬設施、防波堤設施等構造物



港灣構造物檢測手冊研擬

◆ 設施狀態檢測





港灣構造物檢測手冊研擬

◆ 設施評價方法

⊕ 設施構件權重

重力式碼頭

第 1 層構件	第 2 層構件	各構件分配權重
土堤(0.54)	岸肩(0.23)	0.12
	壁體(0.42)	0.22
	法線(0.28)	0.15
	後緣(0.07)	0.05
海床(0.46)		0.46

板樁式碼頭

第 1 層構件	第 2 層構件	各構件分配權重
土堤(0.51)	岸肩(0.23)	0.12
	壁體(0.42)	0.20
	法線(0.28)	0.15
	後緣(0.07)	0.04
海床(0.49)		0.49



港灣構造物檢測手冊研擬

◆ 設施評價方法

⊕ 設施構件權重

棧橋式碼頭

第 1 層構件	第 2 層構件	各構件分配權重
面版(0.1)	梁(0.41)	0.04
	岸肩(0.09)	0.01
	岸肩底部(0.13)	0.01
	冠牆(0.12)	0.01
	法線(0.19)	0.02
	後緣(0.06)	0.01
墩柱(0.56)		0.56
拋石護坡(0.16)		0.16
海床(0.18)		0.18





港灣構造物檢測手冊研擬

◆ 設施評價方法

⊕ 設施評價－單一構件設施評價

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	0.04	0.12
B11	面板-梁	腐蝕	B1	2			
B11	面板-梁	腐蝕	B2	2	2	0.01	0.08
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S1	2	2		0.02
B12	面板-岸肩底部	腐蝕	S2	2	2		0.02



港灣構造物檢測手冊研擬

◆ 設施評價方法

⊕ 設施評價－整體設施評價

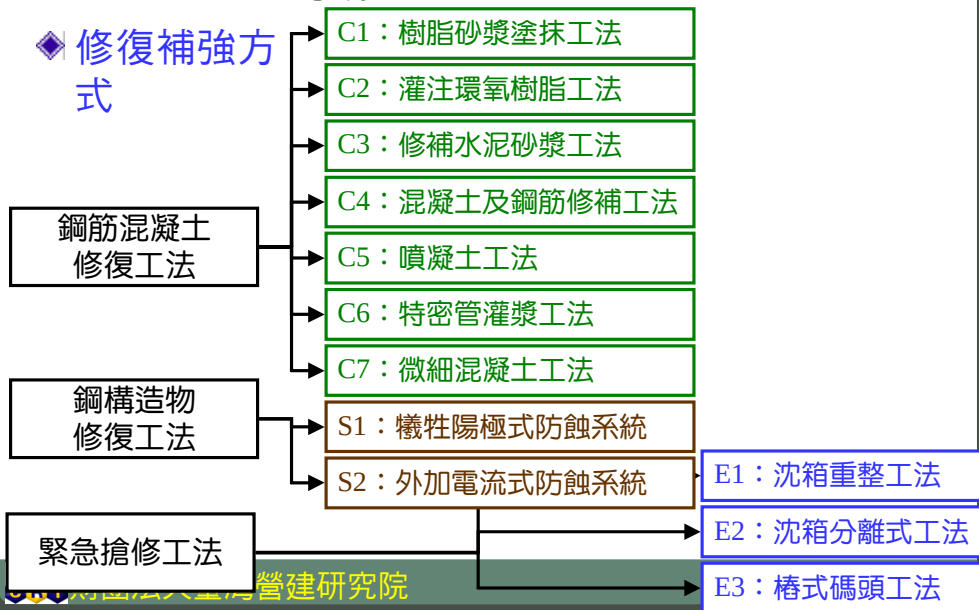
		權重	判定	評價
重力式碼頭	土堤			
	岸肩	0.12	3	0.36
	壁體	0.22	1	0.22
	法線	0.15	2	0.30
	後線	0.05	1	0.05
	海床	0.46	1	0.46
Sum				1.39





港灣構造物檢測手冊研擬

修復補強方式



港灣構造物檢測手冊研擬

修復補強方式—依各構件劣化狀況程度進行對應

第1層構件	第2層構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處理對策
土版	壁體	龜裂	2	產生細微裂縫	持續監測
			3	產生明顯裂縫	噴凝土修復(C5)
			4	產生嚴重裂縫	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
			5	產生嚴重裂縫	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
		腐蝕	2	局部可見鏽紋	持續監測
			3	局部可見鏽紋，鋼筋露出且輕微腐蝕	噴凝土修復(C5)
			4	鋼筋露出已腐蝕	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
			5	鋼筋露出已腐蝕	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	裂縫	2	局部可見約 2-3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)	持續監測
			3	局部可見數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以下)	噴凝土修復(C5)
			4	混凝土裂縫擴散至全部構件	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
			5	混凝土裂縫擴散至全部構件	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	混凝土剝落，但未見鋼骨材	持續監測
			3	混凝土剝落，且看見部分鋼骨材	噴凝土修復(C5)
			4	混凝土剝落，且整個鋼骨材掉落	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
			5	混凝土剝落，且整個鋼骨材掉落	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
	傾斜	輕微傾斜(傾斜度<=3%)	2	輕微傾斜(傾斜度<=3%)	持續監測
			3	明顯傾斜(3%<傾斜度<=5%)	持續監測
		嚴重傾斜(傾斜度>=5%)	4	嚴重傾斜(傾斜度>=5%)	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
			5	嚴重傾斜(傾斜度>=5%)	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
	層間位移	明顯位移	3	明顯位移	持續監測
			4	嚴重位移	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

D=4因屬嚴重損壞，故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

D≤3即依構件劣化異狀進行對應工法修復



港灣構造物檢測程序與手冊研擬小結

- ◆ 藉由國內外港灣構造物維護管理程序文件之收集，藉此擬定本案檢測程序，以訂定檢測類型、頻率、與執行注意事項等
- ◆ 建立碼頭與防波堤構造物之編碼原則，故可配合前述之目視檢測標準進行現場檢測評估，並作為系統資料庫架構之基礎
- ◆ 防波堤則輔以GPS定位進行記錄
- ◆ 檢測手冊可提供現場檢測人員進行構件檢視時之判斷標準，並提供設施評價方法供工程人員針對單一構件與設施整體進行評估，藉此作為維修排序之參考依據，並針對各構件劣化異狀提供修復方式，以作為維修補強之參考



港灣構造物實作模擬訓練

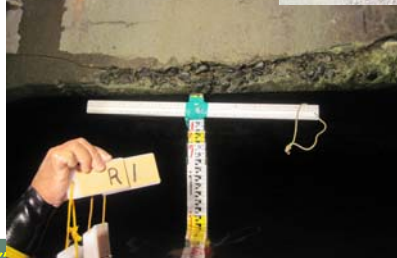
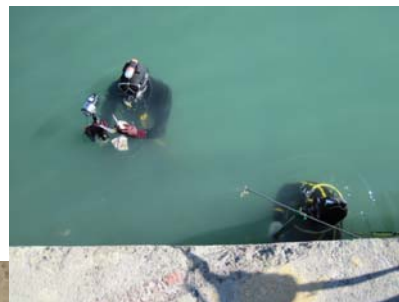
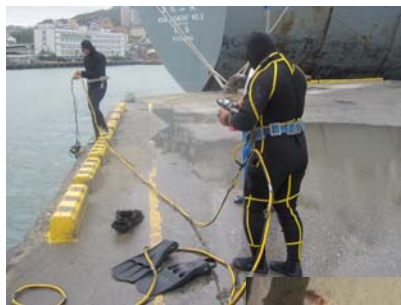


水下檢測說明(1/2)

- ◆ 11月02日上午8時潛水員於基隆港西碼頭派出所集合，辦理通行證後進入港區西14碼頭作業
- ◆ 工作方式使用水中通訊系統聯絡潛水員進行碼頭底部底版檢查及拍照，水下通知岸台記錄位置及異常現象，同時進行基樁檢查(含拋石面斜坡深度及底質測量記錄)及擁壁式碼頭水下異常調查
- ◆ 作業時間為上午完成碼頭外線及第1區調查，下午繼續進行第2及第3區作業持續至下午7時全部完成



水下檢測說明(2/2)





各構件劣化異狀列表

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化位置	劣化程度	劣化面積 (m ²)	劣化長度 (m)
B1	面板-冠牆	裂縫	T	3		0.6
B1	面板-冠牆	腐蝕	T	3	1.5	
B1	面板-岸肩底部	腐蝕	S1	3	2.0	
B1	面板-梁	腐蝕	B3	3	0.5	
B1	面板-梁	腐蝕	B4	3	0.5	
B1	面板-梁	腐蝕	B6	3	0.5	
B1	面板-梁	裂縫	B7	3		
B1	面板-岸肩底部	腐蝕	S7	3	0.5	
B1	面板-梁	裂縫	B8	3		0.5
B1	面板-岸肩底部	腐蝕	S8	3	1.8	
B1	面板-冠牆	裂縫	T	3		0.6
B10	面板-岸肩	腐蝕	5.0,5.9	3	0.84	
B10	面板-岸肩	腐蝕	0.2,10.8	3	0.4	
B10	面板-岸肩底部	腐蝕	S3	2	3	
B10	面板-岸肩底部	裂縫	S4	2		0.7

B1單元檢測表單如後所示



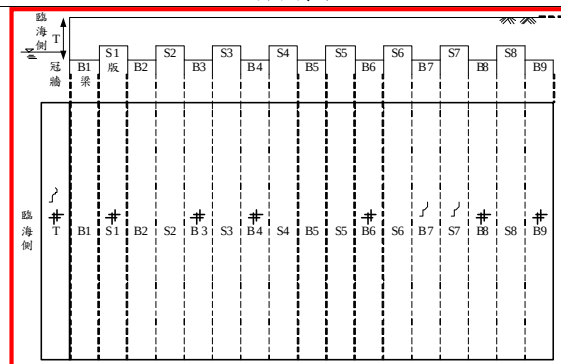
各構件檢測表單(1/2)

檢測日期：2011/11/02 天氣：晴

港灣名稱：基隆港	碼頭編號：西 14 號碼頭	檢測單元：B1
檢測單位：臺灣營建研究院	紀錄人員：簡臣佑	

檢測基本資料

異狀簡圖



構件劣化位置簡圖

裂縫 腐蝕 剝落





各構件檢測表單(2/2)

編號	構件項目	異狀類型	異狀描述		範圍 m ² (或長度 m)
			異狀評估	位置	
1	冠牆	裂縫	3	T	0.6 m
2	冠牆	腐蝕	3	T	1.5 m ²
3	岸肩底部	腐蝕	3	S1	2.0 m ²
4	梁	腐蝕	3	B3	0.5 m ²
5	梁	腐蝕	3	B4	0.5 m ²
6	梁	腐蝕	3	B6	0.5 m ²
7	梁	裂縫	2	B7	1.2 m
8	岸肩底部	腐蝕	2	S7	0.5 m ²
9	梁	裂縫	2	B8	0.5 m
11	岸肩底部	腐蝕	3	S8	1.8 m ²

劣化異狀描述

劣化異狀照片



單一構件評價示意

單元編號	構件名稱	劣化類型	劣化位置	劣化程度	權重	評價
B15	土堤-壁體	腐蝕	0.5,1	3	0.22	0.66
B23	面板-冠牆	裂縫	T	4	0.12	0.48
B15	土堤-壁體	層間位移	5,8,6	2	0.22	0.44
B15	土堤-壁體	層間位移	4,7,9	2	0.22	0.44
B15	土堤-岸肩	腐蝕	22,8,6,2	3	0.12	0.36
B7	土堤-岸肩	腐蝕	13,7,4	3	0.12	0.36
B8	面板-冠牆	裂縫	T	3	0.12	0.36
B22	面板-冠牆	裂縫	T	2	0.12	0.24
B7	土堤-岸肩	裂縫	13,5,10,8	2	0.12	0.24
B13	面板-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B14	面板-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B17	面板-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16
B2	面板-梁	腐蝕	B9	4	0.04	0.16

依目視檢測結果配合構件權重進行評價





整體設施評價(1/2)

- 由於基隆港西14號碼頭同時存在重力式與棧橋式碼頭，故個別針對各型式碼頭選擇最嚴重構件(D值最大者)進行計算，計算結果重力式為1.68、棧橋式為2.32，因分數越大其劣化程度越嚴重，故以棧橋式碼頭2.32作為此碼頭之代表值

		權重	判定	評價
重力式碼頭	土堤			
	岸肩	0.12	3	0.36
	壁體	0.22	3	0.66
	法線	0.15	1	0.15
	後緣	0.05	1	0.05
	海床	0.46	1	0.46
Sum				1.68

與去年檢測無差異



整體設施評價(2/2)

		權重	判定	評價
棧橋式碼頭	面板			
	梁	0.04	4	0.16
	岸肩	0.01	3	0.03
	岸肩底部	0.01	4	0.04
	冠牆	0.01	4	0.04
	法線	0.02	1	0.02
	後緣	0.01	1	0.01
	墩柱	0.56	3	1.68
	拋石護坡	0.16	1	0.16
	海床	0.18	1	0.18
Sum				2.32



去年評價
為1.2



港灣構造物安全檢測評估方式



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

一般說明

- ◆ 藉由探討模擬具不同鋼筋量的RC樑受到腐蝕之後的各項力學表現，並以不同強度的混凝土來進行比較，以瞭解當鋼筋混凝土結構之材料強度，或材料斷面受環境作用產生變化時，如鋼筋受到腐蝕作用或混凝土材料劣化時，本計畫中所建議之破壞指標是否具有可行性，必要時作相關之修訂



財團法人臺灣營建研究院

56



模型RC梁設計

◆ 模型RC樑依照一般鋼筋混凝土梁之設計規範，設計為抗拉破壞，以下則為斷面為10cm×20cm，三種不同混凝土強度下，兩種鋼筋斷面之懸臂樑之估算強度

- ⊕ 較高強度混凝土($f_c'=300\text{kgf/cm}^2$)：再依鋼筋量之不同分為低鋼筋量(H2)與高鋼筋量(H4)
- ⊕ 一般強度混凝土($f_c'=250\text{kgf/cm}^2$)：再依鋼筋量之不同分為低鋼筋量(M2)與高鋼筋量(M4)
- ⊕ 較低強度混凝土($f_c'=200\text{kgf/cm}^2$)：再依鋼筋量之不同分為低鋼筋量(L2)與高鋼筋量(L4)



MTS往覆荷載疲勞破壞試驗結果

◆ 依照實驗規劃，將模型RC樑放置於試驗基座上，並使用MTS制振器輸出，擷取出力及位移瞬時數據，並使用LABVIEW撰寫程式將之數據記錄並加以分析結果，由於模型RC樑在實驗時僅僅施力於自由端，故其自由端之位移越大，可代表整體RC模型梁的角變形量越大，以下之位移數據皆代表RC模型樑自由端之位移

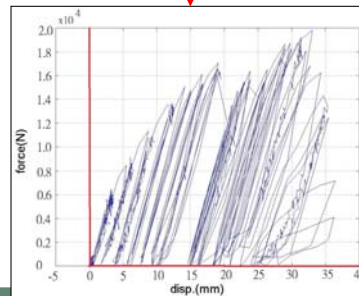


MTS往覆荷載疲勞破壞試驗結果

◆ 試驗數據(以H2為例，其餘參看簡報附件所示)

H2 組受力位移數據

編號 / 數值	最大受力(N)	最大受力之位移(mm)	圖
H2-1	19738.8	33.099	4-1
H2-2	22503.7	22.878	4-2
H2-3	20949.2	33.896	4-3



H2-1力量位移圖

破壞指標應用於試驗結果之探討

◆ 本試驗主要探討之重點為，破壞指標以累積吸收應變能為指標之可行性，考慮之主要參數先行以混凝土強度變化及鋼筋量變化為對象，由於試驗設計關係，不易觀察構件破壞過程中裂縫發展狀況，故暫時不討論裂縫發展之影響，另外有關破壞指標中延展性指標亦暫不考慮

◆ 試驗結果中有關構件所吸收之應變能，可由往負荷載中之迴圈計算其環繞之面積，並將每次環繞之面積加以累積後得出如下表所示



破壞指標應用於試驗結果之探討

試驗數據得出之構件吸收能量數據

組別	總能量(N-mm)	組別加總(N-mm)	平均(N-mm)
H2-1	347,930.60	1065722	355,241
H2-2	319,597.00		
H2-3	398,194.00		
M2-1	146,019.20	758504	252,835
M2-2	264,297.40		
M2-3	348,187.00		
L2-1	136,690.37	422299	140,766
L2-2	192,667.89		
L2-3	92,941.16		
H4-1	1,035,894.00	4453058	1,484,353
H4-2	2,114,011.00		
H4-3	1,303,153.00		
M4-1	1,633,081.00	3215491	1,071,830
M4-2	1,582,410.00		
L4-1	774,950.00	2818597	939,532
L4-2	1,143,825.00		
L4-3	899,822.00		



破壞指標應用於試驗結果之探討

- ◆ Q_y 假設為設計強度，而最大變形量 δu 則假設為試驗所得之最大值，經計算後六組構件之原始強韌度(toughness)並予吸收之能量相互比較如下

試驗數據得出之構件吸收能量數據

比較	H2	M2	L2	H4	M4	L4
Q_y, N	21629	21304	20816	40036	38736	36792
$\delta u, mm$	42.2	39.40	29.50	63.40	59.20	48.10
$Q_y \times \delta u$	912,744	839,378	614,072	2,538,282	2,293,171	1,769,695
β	1	1	1	1	1	1
$\beta \times E$	355,241	252,835	140,766	1,484,353	1,071,830	939,532
%	38.92	30.12	22.92	58.48	46.74	53.09
修正 β	2.5	2.5	2.5	1.7	1.7	1.7
修正 $\beta \times E / Q_y \delta u$	0.973	0.753	0.573	0.994	0.795	0.903





破壞指標應用於試驗結果之探討

- ◆ 將往負荷載之迴圈面積累積後，與原始設計強度及變形能力之乘積相比，作為構件受力破壞之指標，在不同數量鋼筋之構件設計時將有出入，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
- ◆ 若將係數 β 列入考慮，在不同鋼筋量時加以修正為大於1之值，如上表所示，則最後所得出之構件強韌度破壞指標將較接近1，意指構件已接近破壞(值為"1"時為完全破壞)。其中在低鋼筋量且低混凝土強度時，使用相同之係數 β 值時，較無法正確顯示實際破壞狀態，此有待進一步之研究釐清



結論與建議



結論

1. 國內外港灣設施目視檢測標準之彙整與研析：收集國內外目視檢測標準之概況，可作為各港務局辦理碼頭結構物檢測安全評估分析之依據。並比較歐美及日本等國之檢測標準之差異性，訂定本土化的港灣設施目視檢測標準
2. 港灣設施目視檢測程序的更新：藉由國內外文獻之收集，據以修正過往建置之程序，配合目視檢測標準之制訂，以便現地工程人員能瞭解緊急搶修、緊急修復與年度維修的啟動機制



結論

3. 港灣設施檢測手冊研擬：參考國內外研究所擬訂的準則，擬定檢測手冊，此提供現場工程師檢測之需求
4. 港灣構造物實作模擬訓練：實作模擬訓練以基隆港西14號碼頭為例並操作檢測程序與手冊進行實作，針對定期巡檢之水上水下檢測資料配合本案建置之檢測標準進行檢測資料之撰寫與設施評價
5. 本項安全評估方法，考量力學理論，並結合實驗數據，區分不同水灰比、鋼筋量來進行試驗，因此本研究之新安全評估方法可行性相當高





建議

1. 本案後續建議針對目視檢測、儀器檢測、安全評估、維護管理手冊與維護管理系統等部分之說明如下：
 - a. 目視與儀器檢測部分：針對今年度建置之標準，進行國內港灣管理單位之訪談，藉以確認標準之適用性與使用性。針對儀器檢測部分，蒐集國內外文獻，並探討適用性後建置對應的儀器檢測內容與檢測標準
 - b. 安全評估部分：針對複和式構件之評估方法擬定其計算方式
 - c. 維護管理手冊部分：配合檢測標準，於各港灣管理單位進行表單之試填，並進行修正



建議

- d. 維護管理系統部分：本年度針對既有系統檢測標準改為僅以D值進行修正，並針對今年度規劃之防波堤設施系統架構進行實作(構件拆解與各異狀標準系統建立)，配合防波堤之巡檢建置檢測資料作為後續推廣的範例，最後增加報告模組，供書面文件之製作
2. 本年度目視檢測標簡化為僅填列D值，除讓現地工程師便於填寫外，亦可讓劣化異狀與維修補強工法能有所對應。本計畫為建立港灣構造物安全檢查評估之程序，實乃需長期的檢測資料作為研究輔助，藉以達成維護管理最適化之目的





後續期程規劃

年期	第一年	第二年	第三年	第四年
工作內容				
目視檢測	1.國內檢測標準之概況分析。	檢測標準之試用。	—	—
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。	水上檢測儀器之適用性探討。	水下檢測儀器之適用性探討。	建立港灣構造物儀器技術項目與檢測程序。
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。	複合式構件之評估方法擬定。	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.檢測系統試執行。 3.檢測報告產出模組建置。	1.擴大建置港灣構造物資料。 2.系統修正。 3.分析預測工具之研擬。	1.分析預測工具模組建置。 2.持續建置港灣構造物資料。



感謝聆聽
敬請指教



better technologies for a better life

