

113-016-7D55
MOTC-IOT-112- H1CA001e

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)- 新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113-016-7D55
MOTC-IOT-112-H1CA001e

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)- 新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

著者：張道光、黃宇謙

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

GPN : 1011300228
定價 250 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣構造物巡查檢測作業精進 (2/4) :新興科技應用
於碼頭設施巡查檢測作業/ 張道光、黃宇謙著. -- 初
版. -- 臺北市:交通部運輸研究所, 民 113.03
面; 公分
ISBN 978-986-531-575-7 (平裝)

1.CST: 港埠工程 2.CST: 港埠管理

443.2

113001632

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

著 者:張道光、黃宇謙

出版機關:交通部運輸研究所

地 址:105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址: www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電 話: (04)2658-7200

出版年月:中華民國 113 年 3 月

印 刷 者:綠凌興業社

版(刷)次冊數:初版一刷 50 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價:250 元

展 售 處:

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話:(02)2349-6789

國家書店松江門市:104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話:(02)2518-0207

五南文化廣場:400002 臺中市區中山路 6 號・電話:(04)2226-0330

GPN:1011300228 ISBN:978-986-531-575-7 (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分內容者,須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)- 新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-575-7(平裝)	政府出版品統一編號 1011300228	運輸研究所出版品編號 113-016-7D55	計畫編號 MOTC-IOT-112-H1CA001e
本所主辦單位：運輸技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：張道光 研究人員：黃宇謙 聯絡電話：(04)2658-7174 傳真號碼：(04)2656-4418			研究期間 自 112 年 1 月 至 112 年 12 月
關鍵詞：新興科技、巡查檢測、碼頭設施、遠距遙控操作無人機			
摘要： 港灣構造物長時間暴露於惡劣的海洋環境中，其材料可能因此劣化而降低性能，構件也可能因損壞而影響其使用年限。因此，對於這些港灣設施，及時進行巡查檢測和維護管理等作業是甚為重要的。目前港務單位巡檢工作多以人工目視為主，透過巡檢人員日常巡查作業與配合儀器定期檢測，囿於有限人力及預算，許多設施發生問題無法及時發現與處理。本計畫主要為探討新興科技應用於碼頭設施巡查檢測工作之可行性，與研析目前的碼頭設施巡查檢測遭遇問題及檢討維護管理制度與構件劣化判定標準，並精進港灣構造物之巡查與檢測作業，以更有效率且資訊化方式，協助港務管理單位落實維護管理制度與提升維護管理效率。 研究成果效益： 1.提供港務單位運用新興科技於碼頭巡檢作業，並精進巡查檢測作業研提相關案例與建議，藉以提升港灣構造物維護管理成效。 2.提供予港務管理單位港灣設施現地巡查行動應用程式(APP)進行碼頭現地巡檢作業，有效提高巡查工作效率。 提供應用情形： 本研究成果除可提供港務管理單位做為碼頭設施維護管理之應用參考外，研究過程採用或建議之相關檢測方法與成果，亦可提供國內港務單位、工程顧問公司等參用，另可做為本所後續相關研究之重要參據。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
113 年 3 月	180	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。
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Improved Inspection and Detection of Harbor Structures (2/4) - New-Emerging Technologies are applied to Inspection and Detection Operations of Wharf Facilities			
ISBN (or ISSN) 978-986-531-575-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011300228	IOT SERIAL NUMBER 113-016-7D55	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-112-H1CA001e
DIVISION: Transportation Technology Research Center DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tao-Kuang Chang PROJECT STAFF: Yu-Cian Huang PHONE: (04) 2658-7174 FAX: (04) 2656-4418			PROJECT PERIOD FROM: January 2023 TO: December 2023
KEY WORDS: Emerging technology , Inspection and detection, Wharf Facilities, ROV			
ABSTRACT: Structures in ports, exposed to harsh marine environments for extended periods, may experience material degradation, leading to a decline in performance and a potential reduction in their operational lifespan due to damages. Therefore, timely inspection, detection, and maintenance management of these harbor facilities are crucial. Presently, port authorities heavily rely on manual visual inspections by personnel, complemented by periodic instrument testing. However, constrained by limited manpower and budgetary constraints, many issues in facilities often go unnoticed and untreated. This research aims to explore the application of emerging technologies in the inspection and detection of terminal facilities. It involves analyzing current challenges in the inspection and detection of terminal facilities, along with a review of maintenance management systems and component degradation standards. The goal is to enhance the inspection and detection operations of harbor structures, employing more efficient and digitized methods to assist maintenance managers in implementing effective maintenance management systems and improving overall maintenance efficiency. RESEARCH RESULTS AND BENEFITS: 1. Offering port authorities examples and suggestions for the application of emerging technologies in terminal inspections, along with improvements in inspection and detection operations, to enhance the effectiveness of harbor structure maintenance management. 2. The harbor facilities on-site inspection mobile application (APP) is designed to facilitate port authorities in conducting on-site inspections of terminals, effectively enhancing the efficiency of inspection tasks. APPLICATION AVAILABILITY: In addition to serving as a valuable reference for port management units in carrying out maintenance and management of harbor facilities, the research outcomes, along with the recommended detection methods, can also be utilized by domestic port authorities and engineering consulting companies. Furthermore, they can serve as essential references for future research endeavors conducted by our institution in this field.			
PUBLICATION DATE March 2024	NUMBER OF PAGES 180	PRICE 250	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

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 前 言.....	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 計畫目的.....	1-2
1.3 研究範圍、對象與利害關係人.....	1-2
1.4 研究方法與內容.....	1-2
第二章 碼頭巡查檢測制度之文獻回顧.....	2-1
2.1 國內維護管理制度.....	2-1
2.1.1 港灣構造物維護管理計畫.....	2-1
2.1.2 巡查項目及表單.....	2-3
2.1.3 港灣構造物檢測診斷.....	2-13
2.1.4 構材劣化度判定及性能弱化度評估方法.....	2-18
2.1.5 維護維修計畫.....	2-23
2.2 港灣構造物維護管理系統.....	2-25
2.2.1 系統整體架構.....	2-25
2.2.2 港灣構造物維護管理系統執行流程架構.....	2-26

2.2.3 系統功能架構	2-26
第三章 碼頭設施巡查檢測	3-1
3.1 碼頭構造物之巡查	3-1
3.1.1 碼頭及附屬設施巡查項目	3-2
3.1.2 浮動碼頭巡查項目	3-5
3.2 碼頭檢測構件劣化度判定標準	3-6
3.2.1 重力式碼頭（以沉箱式碼頭為例）	3-6
3.2.2 鋼板樁式碼頭	3-9
3.2.3 棧橋式碼頭	3-13
3.2.4 浮動碼頭	3-17
3.3 碼頭劣化缺失項目	3-21
3.3.1 碼頭經常巡查劣化缺失項目	3-21
3.3.2 碼頭特別巡查劣化缺失項目（以撞損意外事故為例）	3-30
3.4 碼頭設施維護管理制度與構件劣化判定標準檢討	3-31
第四章 新興科技應用於碼頭設施巡檢作業	4-1
4.1 港灣設施巡查行動應用程式	4-1
4.2 水下無人載具檢測技術	4-6
4.3 水下 3D 掃描掌握水下結構形狀的系統	4-16
4.4 用於棧橋碼頭上部結構巡檢的無線區網(LAN)遙控船	4-17
4.5 透地雷達檢測技術	4-20
第五章 結論與建議	5-1
5.1 結論	5-1
5.2 建議	5-2

5.3 研究成果之效益	5-2
5.4 提供政府單位應用情形	5-2
參考文獻	參-1
附錄一 專家學者座談會會議紀錄	附錄 1-1
附錄二 第 1 次工作會議紀要	附錄 2-1
附錄三 第 2 次工作會議紀要	附錄 3-1
附錄四 第 3 次工作會議紀要	附錄 4-1
附錄五 期末審查意見及辦理情形說明表	附錄 5-1
附錄六 期末報告簡報資料	附錄 6-1

圖 目 錄

圖 1.1 研究流程圖	1-3
圖 2.1 維護管理計畫架構	2-2
圖 2.2 性能弱化評估流程	2-21
圖 2.3 維護維修工程實施前檢討流程	2-24
圖 2.4 系統整體架構圖	2-25
圖 2.5 港灣構造物維護管理系統流程圖	2-26
圖 2.6 管理系統與 APP 功能模組	2-27
圖 2.7 港灣設施基本資料	2-28
圖 2.8 主要設施基本資料選單	2-28
圖 2.9 巡查檢測表 A	2-30
圖 2.10 巡查檢測表 B	2-30
圖 2.11 定期檢測紀錄列表	2-31
圖 2.12 特別巡查表 A	2-31
圖 2.13 新增詳細檢測	2-32
圖 2.14 詳細檢測表	2-32
圖 2.15 新增日常維修紀錄	2-33
圖 2.16 上傳維修照片	2-33
圖 2.17 需維修構件搜尋結果	2-34
圖 2.18 設施必填欄位統計	2-35
圖 2.19 資料審核	2-36
圖 3.1 沉箱式碼頭檢測構件	3-6

圖 3.2 板樁式碼頭主要檢測構件	3-10
圖 3.3 棧橋式碼頭檢測標準分類圖	3-14
圖 3.4 浮動碼頭檢測標準分類圖	3-18
圖 3.5 碼頭法線構件項目劣化照片	3-22
圖 3.6 車擋構件項目劣化照片	3-23
圖 3.7 繫船柱構件項目劣化照片	3-24
圖 3.8 碼頭鋪面構件項目劣化照片	3-26
圖 3.9 防舷材構件項目劣化照片	3-28
圖 3.10 碼頭撞損意外事故劣化照片	3-30
圖 3.11 巡查及檢測作業流程圖	3-31
圖 3.12 上部結構底面 (劣化度判定案例).....	3-32
圖 4.1 APP 功能模組架構圖	4-2
圖 4.2 APP 平台介面	4-2
圖 4.3 登入主頁面功能選單	4-3
圖 4.4 APP 經常巡查現地巡查作業流程	4-5
圖 4.5 離靠岸巡查紀錄	4-5
圖 4.6 特別巡查 APP 推播訊息	4-6
圖 4.7 棧橋底板巡檢用 ROV	4-8
圖 4.8 由拍攝到巡檢診斷支援軟體生成報表整體流程	4-9
圖 4.9 ROV 檢測作業示意圖	4-11
圖 4.10 鋼板樁腐蝕調查	4-11
圖 4.11 棧橋鋼管樁陽極塊調查	4-12
圖 4.12 海底地盤水深變化	4-12

圖 4.13 ROV 巡檢路徑	4-13
圖 4.14 碼頭壁體檢測成果.....	4-13
圖 4.15 陽極塊調查檢測成果.....	4-14
圖 4.16 海床檢測成果	4-14
圖 4.17 附掛水下無人機.....	4-15
圖 4.18 量測陽極塊電流.....	4-15
圖 4.19 3D 掃描作業示意圖	4-17
圖 4.20 無線式 LAN 船作業示意圖	4-18
圖 4.21 劣化診斷作業流程圖	4-19
圖 4.22 透地雷達檢測作業概況.....	4-21

表 目 錄

表 2-1 巡查類別.....	2-4
表 2-2 道路、橋梁及附屬設施巡查表單	2-5
表 2-3 碼頭及附屬設施巡查表單	2-7
表 2-4 防波堤、海堤及護岸巡查表單	2-10
表 2-5 浮動碼頭巡查表單	2-11
表 2-6 高壓變電站設備巡查表單	2-12
表 2-7 經常巡查表(B).....	2-13
表 2-8 檢測類別.....	2-14
表 2-9 檢測診斷項目分類	2-14
表 2-10 重力式碼頭檢測診斷項目分類	2-15
表 2-11 板樁式碼頭檢測診斷項目分類.....	2-16
表 2-12 棧橋式碼頭檢測診斷項目分類	2-16
表 2-13 浮動碼頭檢測診斷項目分類	2-17
表 2-14 防波堤檢測診斷項目分類	2-17
表 2-15 防波堤劣化度判定及性能弱化度評估標準實施單位	2-18
表 2-16 碼頭劣化度判定及性能弱化度評估標準實施單位	2-19
表 2-17 構件劣化度判定標準	2-19
表 2-18 性能弱化度評估標準	2-20
表 2-19 性能弱化評估方法	2-21
表 2-20 性能弱化評估案例 (重力式碼頭).....	2-22
表 2-21 維護維修工程實施時機探討方法	2-24

表 3-1 碼頭經常巡查表(A) (以碼頭法線巡查項目為例)	3-1
表 3-2 經常巡查表(B)	3-2
表 3-3 碼頭及附屬設施巡查表單	3-3
表 3-4 浮動碼頭巡查表單	3-5
表 3-5 重力式碼頭檢測診斷項目標準分類	3-7
表 3-6 重力式碼頭-檢測標準	3-7
表 3-7 板樁式碼頭檢測標準分類	3-10
表 3-8 板樁式碼頭-檢測標準	3-11
表 3-9 棧橋式碼頭檢測標準分類	3-14
表 3-10 棧橋式碼頭-檢測標準	3-15
表 3-11 浮動碼頭檢測標準分類	3-18
表 3-12 浮動碼頭-檢測標準	3-19
表 3-13 碼頭法線構件項目劣化	3-21
表 3-14 車擋構件項目劣化	3-23
表 3-15 繫船柱構件項目劣化	3-24
表 3-16 碼頭鋪面構件項目劣化	3-25
表 3-17 防舷材構件項目劣化	3-27
表 3-18 各港區碼頭經常巡查項目劣化筆數	3-29
表 3-19 碼頭性能弱化評估表	3-32
表 3-20 防撞設施劣化度的判定標準	3-33
表 3-21 PC 樁劣化度的判定標準	3-34
表 4-1 棧橋上部結構檢查用 ROV 主要規格	4-8

第一章 前言

1.1 計畫緣起

臺灣四面環海，其港灣構造物處於多變的海洋環境中，受到地震和颱風等自然災害的嚴重威脅。這使得港灣構造物的安全性成為一個極具挑戰性的議題，同時也對港埠的正常營運產生極大的影響。面對這些威脅，我們必須制定有效的維護管理計畫，以確保港灣構造物在其使用期間能夠持續滿足性能要求。

由於港區範圍龐大，港灣設施長時間處於極端的海洋和未知的水下環境，進行日常巡查和檢測工作通常需要耗費大量人力和時間。目前，港區的巡檢主要仰賴人工，巡檢人員負責執行日常巡查工作並搭配儀器進行水下定期檢測。然而，在有限的人力和預算下，許多設施問題無法及時被發現。近年來，自動化巡檢的理念崛起，使得機器能夠執行繁複的任務並辨識設施的劣化狀況，提供了重要的維護管理輔助。這種技術的發展不僅能夠提高巡檢效率，還能有效檢測水下設施的變化，從而更早地發現可能的問題。透過自動化巡檢系統，我們能夠更迅速、全面地監控港灣構造物的狀態，有助於提前預防潛在的損害。引入自動化巡檢技術有助於克服人力和時間的限制，同時提高港區巡檢的效能。這種轉變不僅可以降低檢測成本，還能夠更有效地保護港灣構造物，確保其在極端環境中的安全運行。因此，導入自動化巡檢是現代港區管理的一個重要趨勢，有望為港埠運營提供更高效、更可靠的解決方案。

本計畫為延續型計畫，前期（111）年已初步探討應用新興科技於港灣構造物之巡查與檢測作業的可行性。今（112）年以前期的研究成果為基礎，針對碼頭巡查檢測作業制度面遭遇的技術問題做探討精進，並評估導入新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業。

1.2 計畫目的

為提升巡檢工作的效率，精進港灣構造物之巡查與檢測作業，以更有效率且資訊化方式，協助維護管理人員落實維護管理制度與提升維護管理效率。

1.3 研究範圍、對象與利害關係人

本計畫研究範圍以國內相關商港之港灣構造物維護管理工作為主，研究對象則為臺灣港務公司（以下簡稱港務公司）。研究成果可提供港務公司做為後續在維護管理作業精進之應用與參採，以及本所後續港灣構造物巡查技術精進之應用。

1.4 研究方法與內容

本計畫研究範圍以國內相關商港維護管理制度結合新興科技應用為主，研究對象則為港務公司，研究方法說明如下：

1.碼頭巡查檢測制度之文獻回顧

彙整國內碼頭巡查檢測維護管理機制相關研究及文獻探討，並研析既有的港灣構造物維護管理制度。

2.碼頭設施巡查檢測問題探討

彙整港區各型式碼頭巡檢項目，蒐集碼頭劣化缺失項目並進行探討與分析。

3.碼頭設施維護管理制度與構件劣化標準檢討

整理既有的碼頭設施維護管理制度與各構件劣化判定檢測標準，並探討依維護管理制度執行碼頭巡檢作業時所遭遇問題，提出改進與精進的方式。

4.探討新興科技應用於碼頭設施巡檢作業之可行性

探討碼頭設施之巡檢項目可應用新興科技取代現有的巡查檢測

作業，並精進與提升維護管理效率。

本計畫 112 年主要研究內容說明如下，研究流程如圖 1.1 所示。

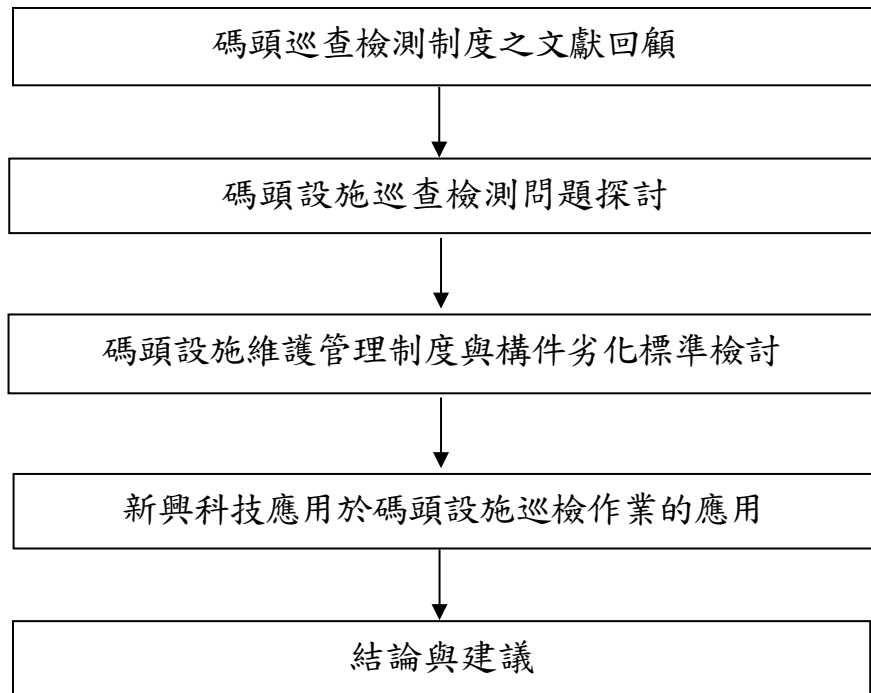


圖 1.1 研究流程圖

第二章 碼頭巡查檢測制度之文獻回顧

2.1 國內維護管理制度

維護管理機制其主要目的為確保構造物使用安全及延長其使用年限，以往公共工程與重要設施大都較注重興建，或發現嚴重問題後才開始想進行全面修護，對於日常之調查維護作業，經常僅編列少數或無維護經費，故其維護成效甚低至無，設施任其持續劣化終致損壞，最後淪為不能使用之命運。如何將現有之設施達到最有效率之使用，避免修護及龐大重建經費之耗費外，其營運停頓造成之損失更難以估計。為此，構造物維護管理機制之建立，方能達成其永續經營。

為確保港埠設施的正常運作、增進維護管理效能與瞭解設施現況，交通部運輸研究所（以下簡稱本所）整合近年來既有研究成果，並參考日本現行港灣設施之巡查檢測基本構想和臺灣海洋工程學會所出版之「港灣設施巡檢診斷指南與實施要領彙編」^[1]以及「港灣設施維護管理計畫制定範例彙編」^[2]，研訂各港區之「港灣構造物維護管理手冊」，除擬訂港灣構造物檢測評估標準作業程序，並確認港埠設施現況，提出維修排序及改善建議，提供港務公司據以辦理港灣構造物之巡查及檢測工作，以落實港灣構造物維護管理制度。在 109 年臺灣港務公司核定「港灣構造物維護管理手冊」^[3]，提供各分公司據以辦理港灣構造物之巡查及檢測工作，以落實港灣構造物維護管理制度。

2.1.1 港灣構造物維護管理計畫

一般港灣構造物處在嚴峻的自然環境下，材料的劣化、構件的損傷、基礎的沖刷、下陷、掩埋等皆會引起使用期間性能降低之疑慮。因此，為維持構造物其在使用期間能滿足性能要求，需要一套「港灣構造物維護管理手冊」，並依維護管理計畫程序及工作內容按手冊執行港灣構造物維護管理。

1. 維護管理計畫架構

維護管理計畫架構如圖 2.1 所示。包括總論、巡檢診斷、綜合評估及維護維修計畫等。

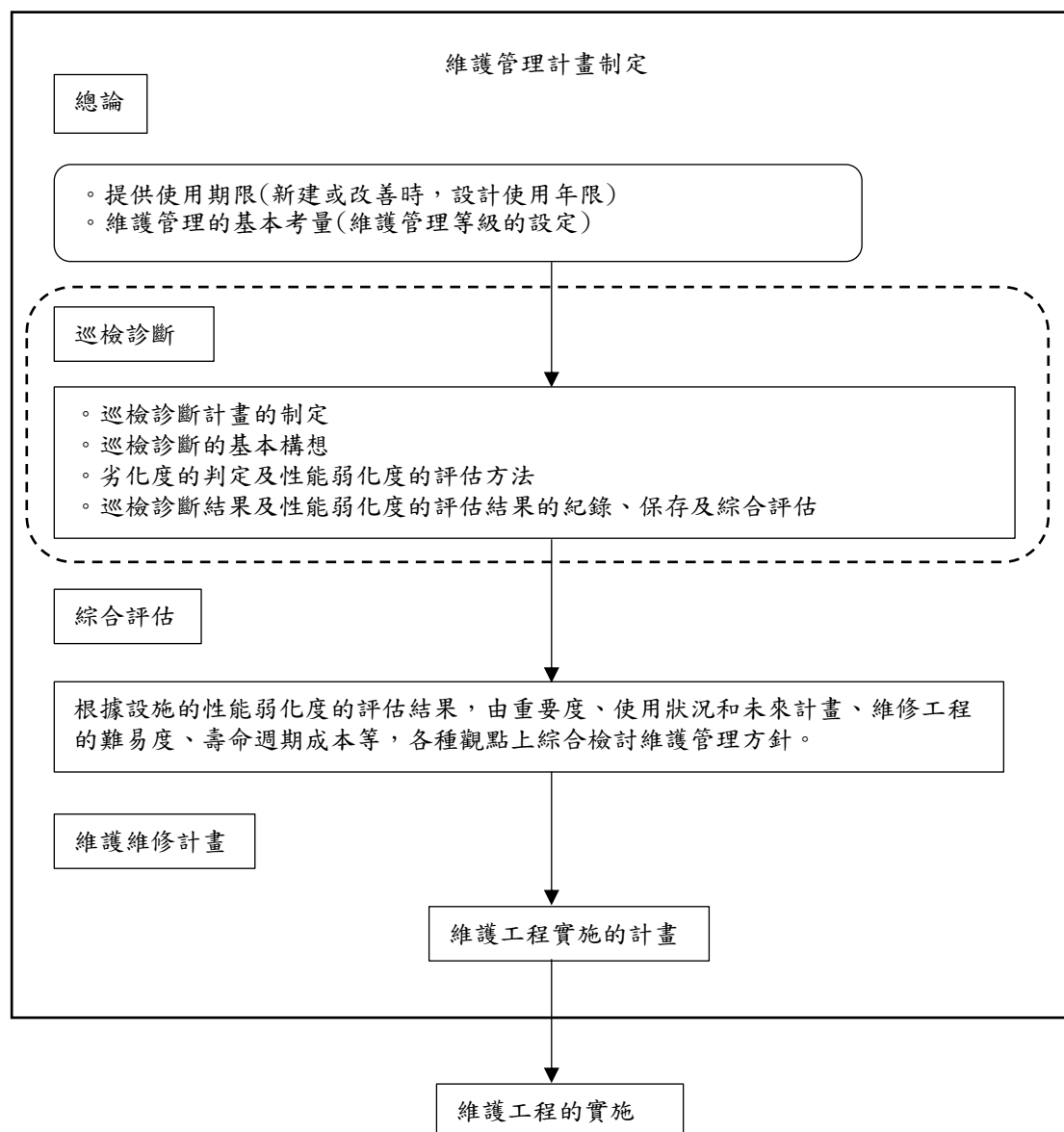


圖 2.1 維護管理計畫架構

2.各執行項目說明

(1)總論

主要將構造物之設計條件(計畫目標、使用年限、設計外力、區位環境、地質資料等)、圖說、施工紀錄、材料特性及初次檢測診斷結果等基本資料予以記錄保存。

(2)巡檢診斷

主要為決定巡查及檢測之實施頻率、項目、實施方式，另包含巡查及檢測後需填列之巡檢表單、相關資料紀錄方式等。

(3)綜合評估

所謂綜合評估是針對檢測診斷結果，整理出構造物整體發生怎樣的損傷、劣化等異狀的發生及發展到甚麼程度，得出的構造物異狀，根據工程的專業判斷進行評估，做為構造物性能弱化度的指標。

(4)維護維修計畫

根據檢測診斷及綜合評估結果，考量設施的安全性、重要性、維修的難易度和可行性、效果的持續性、維修相關費用等，訂定出維護維修方法和實施時機等。

2.1.2 巡查項目及表單

港灣構造物之巡查主要以構造物的構件目視檢測為主。

1.巡查類別

巡查種類包括經常巡查及特別巡查，其建議執行單位、時機頻率及實施方式，如表 2-1 所示。

表 2-1 巡查類別

種類	建議執行單位	巡查、檢測時機/頻率	實施方式
經常巡查	業管單位	1. 公共設施、作業場所、道路橋梁及其附屬設施:至少每日一次。 2. 碼頭及其附屬設施:至少每週一次。 3. 防波堤、海堤、護岸:至少每季一次。 4. 高壓變電站設備:至少每月一次。 5. 其他港區公共基礎設施依需求:至少每半個月一次。 6. 其他結構物各分公司有另訂巡查頻率者,從其規定。	目視/岸上/交通船
特別巡查	業管單位	重大災害 事故發生後 (颱風過後或地震大於 4 級) 或巡查發現顯著異狀	目視(岸上)

2.經常巡查表

依港務公司「各項設施之巡查、檢測及維護權責作業要點」^[4]及依本所修訂之「港灣構造物維護管理手冊」，巡查項目針對各港管轄港碼頭及其附屬設施、防波堤、海堤、護岸、公共設施、作業場所、道路、橋梁及其附屬設施、高壓變電站設備及其他港區公共基礎設施。

港灣設施巡查的方式是以直接目視為主，巡查人員可先至現場利用巡查表單(A)進行簡單且初步之判斷，若發現有劣化樣態，再填列巡查表單(B)，做更詳細之紀錄。

經常巡查設施、巡查項目及初步判斷分類巡查表單(A)，詳如表 2-2~表 2-6 所示。若有劣化現象，則將其劣化情形記錄於表 2-7 巡查表單

(B)。

(1)道路、橋梁及附屬設施

包括道路鋪面（含剛性鋪面及柔性鋪面）、橋梁（含橋面及主體結構）、標誌、標線、號誌、交通島、排水設施、人手孔蓋、照明、護欄及欄杆等。

表 2-2 道路、橋梁及附屬設施巡查表單

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
道路、橋梁及附屬設施	至少每日一次	剛性鋪面	1. 坑洞、下陷 2. 破裂、龜裂 3. 修補處損傷 4. 人手孔周邊損傷 5. 接縫損傷 6. 鋪面積水 7. 面層粗粒料散失、剝落、或鬆散損傷
	至少每日一次	柔性鋪面	1. 坑洞、下陷或破洞 2. 破裂、龜裂 3. 修補處損傷 4. 車轍嚴重 5. 鋪面變形推擠 6. 人手孔周邊損傷 7. 管道位置沉陷或損傷 8. 路面粗糙(含冒油、磨損、鬆散) 9. 車道與路肩或側溝高度差 10. 鋪面積水
	至少每日一次	橋梁- 橋面部分	1. 伸縮縫有異音或高低差 2. 雜物堵塞伸縮縫 3. 欄杆或護欄損傷、腐蝕或脫落 4. 緣石或人行道損傷 5. 橋面排水阻塞 6. 鋪面損傷 7. 橋面積水 8. 照明失效
	至少每日一次	橋梁- 主體結構	1. 橋墩、橋台或大梁裂縫或遭撞損傷 2. 鋼筋露出或鏽蝕 3. 鋼構件變形、鏽蝕或塗裝剝落 4. 混凝土構件裂縫或剝落

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
			5. 鋼索及錨座外露處嚴重且明顯鏽蝕 6. 鋼索外觀明顯有異狀
	至少每日一次	標誌	1. 標誌牌歪斜、傾倒、損傷、褪色 2. 反光導標斷裂或反光紙脫落 3. 塗裝剝落 4. 鎖固螺栓鬆動、脫落
	至少每日一次	標線	1. 標線磨損 2. 標記脫落 3. 標線高差
	至少每日一次	號誌	1. 號誌運作異常 2. 號誌桿歪斜、損傷 3. 號誌桿塗裝剝落 4. 鎖固螺栓鬆動、脫落
	至少每日一次	交通島	1. 緣石破損、缺漏 2. 反光導標脫落、損傷 3. 鋼筋露出、鏽蝕 4. 緣石臨接鋪面損傷 5. 緣石警示油漆剝落
	至少每日一次	排水設施	1. 鋪面積水 2. 排水溝(孔)損傷、阻塞 3. 蓋板或格柵遺失、鬆脫、跳動 4. 蓋板或格柵鏽蝕、變形、損傷 5. 溝牆與鄰近鋪面高低差
	至少每日一次	人手孔蓋	1. 與路面高低差 2. 人手孔蓋遺失、鬆脫、跳動 3. 人手孔蓋鏽蝕、變形、損傷
	至少每日一次	照明	1. 照度減弱、閃爍、異常 2. 燈具或相關零件脫落 3. 燈桿歪斜、鏽蝕、損傷 4. 燈桿塗裝剝落 5. 鎖固螺栓鬆動、脫落 6. 防撞設施脫落、缺損
	至少每日一次	護欄及欄杆	1. 混凝土護欄損傷、缺漏 2. 混凝土護欄剝落、損傷、腐蝕、鋼筋露出 3. 金屬欄杆損傷、缺漏、變形、鏽蝕 4. 鎖固螺栓鬆動、脫落 5. 護欄警示油漆剝落 6. 附掛雜物清除

(2)碼頭及附屬設施

包括碼頭法線、車擋、繫船柱、防舷材、軌道、鋪面、排水設施、棧橋面板、防颱固定裝置及暴風鎖、末端阻擋器、加水坑及岸電坑、電纜槽、電纜出線口、電信或其他人手孔、電位測試裝置、照明、爬梯等。

表 2-3 碼頭及附屬設施巡查表單

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
碼頭及附屬設施： 重力式 板樁式 棧橋式 複合式碼頭	至少每週一次	碼頭法線	1. 變位外移、下陷 2. 冠牆龜裂、損傷 3. 冠牆鋼筋外露 4. 冠牆接縫錯位 5. 混凝土剝落 6. 岸肩下陷 7. 棧橋面板接縫錯位 8. 沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位 9. 船舶撞擊痕跡
	至少每週一次	車擋	1. 損傷或變形 2. 鋼筋外露 3. 警示塗裝剝落
	至少每週一次	繫船柱	1. 外殼嚴重鏽蝕 2. 破損或斷裂 3. 基座破損
	至少每週一次	防舷材	1. 面板破損或缺漏 2. 面板鋼架鏽蝕 3. 橡膠開裂 4. 橡膠肢體變形或 5. 橡膠與背襯鋼板剝離 6. 鍊條斷裂缺損 7. 螺栓鬆脫突起 8. 螺栓脫落或斷裂 9. 基座混凝土破損
	至少每週一次	軌道	1. 鋼軌裂紋 2. 鋼軌接縫高低差 3. 鋼軌變形 4. 鋼軌鏽蝕

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
			5. 鋼軌磨損 6. 螺栓外露 7. 排水孔堵塞 8. 混凝土基座破損
	至少每週一次	碼頭鋪面	1. 坑洞、下陷或破洞 2. 破裂、龜裂 3. 修補處破損 4. 車轍嚴重 5. 鋪面變形推擠 6. 人手孔周邊損傷 7. 管道位置沉陷或損傷 8. 車道與路肩或側溝高度差 9. 鋪面積水及方向 10. 接縫破損 11. 路面粗糙(含冒油、磨損、鬆散) 12. 面層粗粒料散失、剝落、或鬆散損傷
	至少每週一次	排水設施	1. 鋪面積水 2. 排水溝(孔)損傷、阻塞 3. 蓋板或格柵遺失、鬆脫、跳動 4. 蓋板或格柵鏽蝕、變形、損傷 5. 溝牆與鄰近鋪面高低差
	至少每週一次	棧橋面板	1. 面板下陷 2. 混凝土龜裂 3. 面板破損、剝離 4. 鋼筋外露 5. 面板伸縮縫水平或高低錯位 6. 面板伸縮縫鋼護角鏽蝕
	至少每週一次	防颱固定裝置及暴風鎖	1. 坑內積水 2. 插銷連結固定裝置鏽蝕 3. 插銷連結固定裝置變形 4. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 5. 蓋板鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	末端阻擋器	1. 末端阻擋器遺失或變形 2. 基座螺栓鬆弛
	至少每週一次	加水坑及岸電坑	1. 坑內積水 2. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 3. 蓋板鏽蝕、變形、損傷

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
	至少每週一次	電纜槽	1. 電纜槽護角變形 2. 護角摩擦電纜 3. 異物未清除
	至少每週一次	電纜出線口	1. 出線口積水 2. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 3. 蓋板鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	電信或他人手孔	1. 坑內積水 2. 與路面高低差 3. 人手孔蓋遺失、鬆脫、跳動 4. 人手孔蓋鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	電位測試裝置	1. 不銹鋼電位量測盤變形 2. 量測盤破損
	至少每週一次	照明	1. 照度減弱、閃爍、異常 2. 燈具或相關零件脫落 3. 燈桿歪斜、鏽蝕、損傷 4. 燈桿塗裝剝落 5. 鎖固螺栓鬆動、脫落 6. 防撞設施脫落、缺損
	至少每週一次	爬梯	1. 本體材質老劣化 2. 本體損傷、脫落 3. 塗裝剝離 4. 外觀鏽蝕、變形、斷裂 5. 鎖固螺栓鬆動、脫落

(3)防波堤、海堤及護岸

表 2-4 防波堤、海堤及護岸巡查表單

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
防波堤、海堤及護岸： 沉箱或方塊 斜坡式 拋石式 消波塊式 板樁式	至少每季一次	堤面	1. 堤面下陷、塌陷、坑洞 2. 堤線變位外移 3. 鋼筋外露 4. 堤面混凝土龜裂、損傷、剝離 5. 堤面接縫開口、偏差或錯位 6. 船舶撞擊痕跡 7. 胸牆裂紋、缺損、接縫開裂
	至少每季一次	堤前消波塊	1. 消波塊流失 2. 消波塊塌陷 3. 消波塊排列變位或散亂 4. 消波塊體破損
	至少每季一次	堤後背填保護	1. 保護塊石塌陷 2. 保護塊石沖失 3. 背填土壤陷落
	至少每季一次	堤後土地	1. 地面下陷 2. 地面破洞或土砂流失 3. 土壤液化導致地下土砂冒出

(4)浮動碼頭

表 2-5 浮動碼頭巡查表單

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
浮動碼頭	至少每週一次	浮箱外部	1. 鋼材腐蝕、龜裂、損傷 2. 混凝土龜裂、劣化、破損、鋼筋外露、鏽水
	至少每週一次	滾輪	1. 聲音異常 2. 滑動異常 3. 海生物附著
	至少每週一次	固定樁	1. 樁體變形 2. 樁體破損 3. 歪斜 4. 腐蝕 5. 防蝕塗裝剝落 6. 海生物附著嚴重
	至少每週一次	聯絡橋	1. 聲音異常 2. 橋體破損、生鏽 3. 塗裝剝落 4. 欄杆、扶手、防滑保護等安全設施 5. 鉸鏈損傷 6. 螺栓鬆動 7. 滾輪損傷
	至少每週一次	鋪面	1. 鋪面裂紋 2. 鋪面破損
	至少每週一次	防蝕材	1. 防蝕塗裝破損、剝落 2. 水面下方防蝕塊脫落

(5)高壓變電站設備

包括高低壓電器設備、電器室等。

表 2-6 高壓變電站設備巡查表單

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
高壓變電站設備	至少每月一次	161/69kV 氣體絕緣開關設備點檢	1. SF6 氣體壓力 2. 油壓力/油位 3. 設備外觀構造檢查 4. LCC 控制箱
	至少每月一次	特高壓油浸式變壓器	1. 變壓器本體油位計 2. OLTC 油位計、油溫溫度 3. 一、二次線圈溫度計 4. 布氏電驛 5. 釋壓裝置檢查 6. OLTC 保護電驛 7. 衝擊油壓電驛 8. 呼吸器檢查 9. TR 外觀塗裝及漏油檢查 10. 冷卻風扇檢查 11. 油流幫浦 12. 氬氣壓力表 13. TE 溫度電驛檢查
	至少每月一次	相關設備檢查表	中央監控系統設備： 1. 控制盤電源及各指示燈是否正常 2. 資料伺服器是否正常 3. UPS、網路交換器電源、監控系統軟體及顯示器是否正常
	至少每月一次	相關設備檢查表	1. 高、低壓配電盤之電壓、電流、電力、功率因數及瓦時計點檢 2. 直流充電機檢查 3. 空調、通風機檢查 4. 消防設備檢查 5. 發電機檢查

表 2-7 經常巡查表(B)

巡查日期	年 月 日	巡查天氣	☐ 晴 ☐ 陰 ☐ 雨		
港灣名稱		設施編號			
巡查單位		巡查人			
設施名稱					
構件名稱	劣化狀況說明	劣化單元	劣化位置 (X,Y)/(編碼)	劣化數量 (m、m ² 、個)	照片 編號
巡查員意見：					

2.1.3 港灣構造物檢測診斷

港灣構造物之檢測通常為使用各類儀器，以更詳細、深入的方式調查結構物本身，以了解其實際情形，也因花費時間及經費較多，檢測對於同一結構物之頻率通常會間隔較長，或僅在認為有必要時進行，以釐清設施的劣化狀況。

1. 檢測類別

港灣構造物檢測類別包括定期檢測及詳細檢測。其執行單位、檢測頻率及方式，如表 2-8 所列。

表 2-8 檢測類別

種類	建議執行單位	巡查、檢測時機/頻率	檢測方式
定期檢測	委外發包廠商	1. 港灣構造物:至少 5 年一次。 2. 混凝土結構橋梁:至少兩年一次。 3. 鋼結構、複合結構及特殊性橋梁:一年一次。	目視(包含水下) 依需求配合儀器 進行詳細檢測
詳細檢測	委外發包廠商	於經常巡查、特別巡查或定期檢測後,認為有必要時進行之。	目視(包含水下) 依需求配合儀器 進行詳細檢測

註：新完工構造物，必須保留竣工圖及相關資料，作為日後檢測的基本資料。
既有結構物，第一次檢測時，必須建立該構造物之相關資料，作為日後檢測的依據。

2.檢測診斷項目分類

根據構造物設置各項條件及形式，及影響構造物性能的程度等分類如表 2-9。

表 2-9 檢測診斷項目分類

類別 性能	I 類	II 類	III 類
影響程度	- 對設施性能與安全性產生直接影響的構件 - 設施整體的位移和沉陷	- 對設施性能產生影響的構件 - 鋼鐵構件的防蝕設施	- 附屬設施 - 防護欄、爬梯等

3.碼頭及防波堤檢測診斷項目標準分類

碼頭及防波堤檢測診斷項目分類係依其配置狀況、性能，及特別從影響構造物安全的角度來進行。主要型式碼頭檢測診斷項目分類分列如表 2-10 至表 2-13，防波堤則列如表 2-14。

表 2-10 重力式碼頭檢測診斷項目分類

項目 類別 設施	I 類	II 類	III 類
重力式 碼頭 (沉箱 式或方 塊式)	•【岸壁法線】凹凸、錯位 •【鋪面】淘出、空洞化、下陷、坍塌 •【本體工】沉箱的空洞化混凝土的劣化、損傷 •【海底地基】沖刷，土砂的淤積	•【鋪面】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【上部工】混凝土的劣化、損傷	左欄以外

表 2-11 板樁式碼頭檢測診斷項目分類

項目 類別 設施	I 類	II 類	III 類
板樁式 碼頭 (鋼板 樁或 RC 板樁)	•【岸壁法線】凹凸、錯位 •【鋪面】淘出、空洞化、下陷、坍塌 •【鋼板樁】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【海底地基】沖刷、土砂的淤積	•【鋪面】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【上部工】混凝土的劣化、損傷 •【鋼板樁】塗裝防蝕工陰極防蝕工	左欄以外

表 2-12 棧橋式碼頭檢測診斷項目分類

項目 類別 設施	I 類	II 類	III 類
棧橋式 碼頭	•【棧橋法線】凹凸、錯位 •【鋪面】淘出、空洞化、下陷、坍塌 •【鋼管樁等】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【海底地基】沖刷、土砂的淤積 •【擋土護岸】	•【鋪面】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【上部工】混凝土的劣化、損傷 •【鋼管樁等】塗裝防蝕工陰極防蝕工 •【渡版】移動、損傷	左欄以外

表 2-13 浮動碼頭檢測診斷項目分類

項目 類別 設施	I 類	II 類	III 類
浮動 碼頭	•【鋼製浮箱】 •鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【混凝土製浮箱】 •混凝土的劣化、損傷 •【FRP 製浮箱】 •本體破洞、龜裂、損傷 •【固定樁等】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【滾輪】滾輪的劣化、損傷 •【連絡橋、渡橋】安全性、損傷、腐蝕	•【鋪面】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【固定樁及浮箱等鋼構材】塗裝防蝕工陰極防蝕工	左欄以外

表 2-14 防波堤檢測診斷項目分類

項目 類別 設施	I 類	II 類	III 類
防波堤	•設施整體的位移 •【堤體】混凝土的劣化、破損、沉箱的空洞化 •【基礎】移動、下陷、破損 •【海底地基】沖刷、土砂的淤積	•【上部工】混凝土的劣化、破損 •【護基工】移動、散亂、下陷 •【消波工】移動、散亂、下陷	—

2.1.4 構材劣化度判定及性能弱化度評估方法

1.劣化度判定及性能弱化度評估實施單位

在進行劣化度判定及性能弱化度評估時，須根據設施的種類、構造形式等以制定必要的實施單位。表 2-15 及表 2-16 分別為防波堤及碼頭劣化度的判定及性能弱化度的評估標準實施單位。

表 2-15 防波堤劣化度判定及性能弱化度評估標準實施單位

設施種類		劣化度判定 (4、3、2、1)	性能弱化度的評估 (A、B、C、D)
防波堤 防砂堤 導流堤 突堤	沉箱式	沉箱每 1 座	以每 1 設施作為標準，設施長度很長的情況，以構造形式和使用期間等作為根據，大致以 200～500m 程度做適當的制定。
	斜坡式	上部工每 1 跨距	
	拋石式 消波塊式	每 15～20m	
	樁式	上部工每 1 跨距	
	浮式	每 1 浮體	
護岸	沉箱式	沉箱每 1 座	
	斜坡式	上部工每 1 跨距	
	拋石式 消波塊式	每 15～20m	
	板樁式	上部工每 1 跨距	
	防潮堤、堤防、胸牆	每 1 跨距	
水門、閘門		每 1 構件	每 1 設施

表 2-16 碼頭劣化度判定及性能弱化度評估標準實施單位

設施的種類		劣化度判定 (4、3、2、1)	性能弱化度的評估 (A、B、C、D)
岸壁 卸貨碼頭	重力式	沉箱每 1 座	以每 1 船席或泊位為標準。 (註：每 1 設施都是不同構造型式所構成的情況，要根據每一構造型式的實施單位，做適當的設定。)
	板樁式	上部工每 1 跨距	
繫船浮筒		每 1 浮筒	
繫船樁		每 1 樁	
棧橋		上部工 每 1 單元	
浮動碼頭		每 1 浮箱	
曳船道		每 15m~20m	

2.劣化度判定及性能弱化度評估標準

在進行構造物構件的劣化度判定時，要根據構造物的種類及結構形式，事先制定判定構造物構件的劣化度判定標準。劣化度的判定標準，係根據各種設施構件的性能要求來進行，如表 2-17 所列。

表 2-17 構件劣化度判定標準

構材的劣化度	劣化度的判定標準
4	構材的性能有顯著降低狀態
3	構材的性能呈降低
2	有變化，但是構材的性能沒有降低
1	沒有變化

3.性能弱化度評估方法

評估性能弱化度時，總括設施構件的劣化度，採用 4 個階段的指標來表示性能的弱化程度，如表 2-18 所示。基於檢測診斷結果進行性能弱化度的評估時，根據設施的種類及構造型式，制定評估單位。性能弱化的評估方法如表 2-19 所示。其流程如圖 2.2 所示。另外，性能弱化度的評估，不能只根據每個檢測診斷項目的劣化度（4，3，2，1）的判定結果的多少做機械式的評估，也要根據對設施性能的影響作綜合性的評估。評估案例如表 2-20 所示。

表 2-18 性能弱化度評估標準

性能的弱化度	性能弱化度的評估標準
A	性能有顯著弱化情況
B	設施性能有弱化情況
C	有異狀，但還不到設施性能弱化狀態
D	未有異狀，設施性能充分保持的狀態

表 2-19 性能弱化評估方法

檢測診斷項目分類	每個檢測診斷項目的性能弱化度				性能弱化度
	A	B	C	D	
I 類	有「4從一個到數個」檢測診斷項目，設施的性能呈非常弱化的狀態	有「4 且3從一到數個」檢測診斷項目，設施的性能呈弱化狀態	A, B, D以外	全部是1	每個檢測診斷項目被評估的性能弱化度當中，最嚴格的判定。
II 類	有「許多4且幾乎是4+3」檢測診斷項目，設施的性能呈非常弱化的狀態	有「數個4且許多4+3」檢測診斷項目，設施的性能呈弱化狀態	A, B, D以外	全部是1	
III 類	—	—	D以外	全部是1	

[S T E P 1]：每個檢測診斷項目的劣化度（4、3、2、1）判定每個劣化度判定的單位，根據表2-17的標準、進行每個檢測診斷項目的劣化度判定。



[S T E P 2]：每個檢測診斷項目性能弱化度（A、B、C、D）的評估，根據表2-18的標準，每個「檢測診斷項目」性能弱化度可參考表2-19 進行評估。



[S T E P 3]：性能弱化度（A、B、C、D）的評估在[S T E P 2]得出的每個檢測診斷項目評估的性能弱化度中，要把最嚴格的判定作為性能弱化度的評估。

圖 2.2 性能弱化評估流程

表 2-20 性能弱化評估案例 (重力式碼頭)

[STEP.1]
⇒
[STEP.2]
⇒
[STEP.3]

檢測診斷項目		檢測診斷項目分類	劣化度的判定結果										合計					各檢測項目分類劣化性能弱化度	性能弱化度
			1BL	2BL	3BL	4BL	5BL	6BL	7BL	8BL	9BL	10BL	4	3	2	1	合計		
碼頭法線	凹凸、不平整	I 類	4	2	2	3	2	3	2	2	1	1	1	2	5	2	10	B	A
本體結構	混凝土劣化、損傷	I 類	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	4	6	0	10	B	
碼頭路面	下陷、損傷	I 類	1	2	2	2	2	4	3	2	2	3	1	2	6	1	10	A	
	混凝土或柏油的劣化、損傷	II 類	1	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	0	7	1	10	B	
海底地基	侵蝕、砂石堆積	I 類	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	0	4	6	0	10	B	
上部結構	混凝土劣化、損傷	II 類	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	10	0	10	C	

說明：

- (1)劣化度的判定結果中，例如 1BL 的「碼頭法線的凹凸、錯位（I 類）」的劣化度判定為「4」，碼頭兩邊對於該碼頭船舶靠離的安全性影響較小，故性能弱化度評估為「B」。
- (2)劣化度的判定結果中，例如 6BL 的「岸肩下陷、坍塌（I 類）」的劣化度判定為「4」，因其對在該碼頭的裝卸作業影響很大，故性能弱化度評估為「A」。
- (3)綜合每個檢測診斷項目的性能弱化度，整體性能弱化度評估結果為最嚴重「A」級。

2.1.5 維護維修計畫

維護維修計畫應考慮設施安全性、重要性、維修之難易度和可行性、效果的持續性及維修相關費用等，訂定出維修的時機及方法。

1.維護維修計畫基本考量

依照維護管理的基本構想、構造物設置的各項條件、檢測診斷及綜合評估結果，考量設施的安全性、重要性、維修的難易度和可行性、效果的持續性、維修相關費用等，訂定出維修方法和實施時機。為了確保設施的安全性、並提昇經濟性，從設計階段起，就應考量如何實施效率化的維護管理，以制定出有效的維護維修計畫。維修的時機及方法，應考量構件異狀的發展及綜合評估的結果、殘餘使用年限、經濟性、構造物使用狀況、現場的限制條件等，適當訂定之。

2.到實施維護工程為止檢討流程及維護維修計畫定位

在維護維修計畫中，應制定維護工程的流程、維修時機和方法等基本計畫。由維護維修計畫起至實際實施維修工程的檢討流程如圖 2.3 所示。實施維修工程時，一般來說，多半會先進行實地調查、基本設計、細部設計等。在判斷需要進行維修工程之後，實地調查、基本設計、細部設計等為了進行維修工程所做的檢討，則屬維護維修計畫範圍之外。

3.維護維修工程實施時機

維修的實施時機，應考量構件異狀的發展及綜合評估結果、殘餘使用年限、設施使用現況、現場限制條件等，適當制定之。實施時機可用表 2-21 之方法探討。

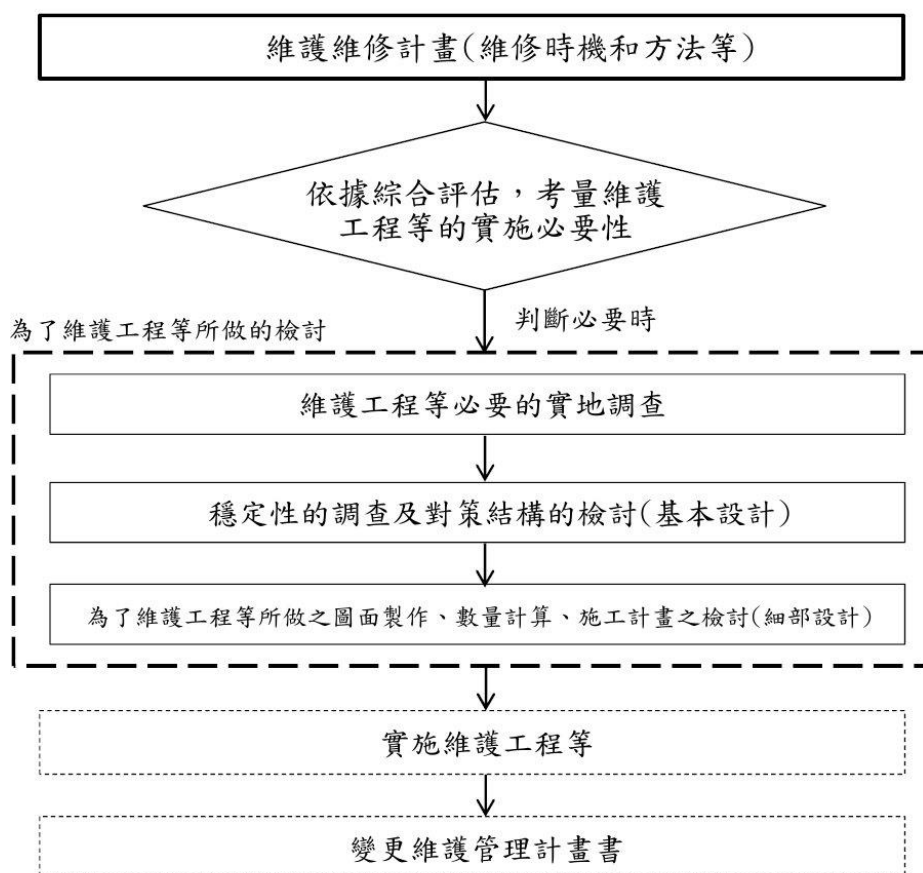


圖 2.3 維護維修工程實施前檢討流程

表 2-21 維護維修工程實施時機探討方法

探討基準	構件例
以劣化預測為準探討	如棧橋式碼頭上部結構
以耐用年限為準探討	如被覆防蝕
探討異狀顯著時應行維修或更換	如附屬設備
有多單元維修方法之構件	如棧橋上部結構等的 RC、PC 等
按照維修材料、條件，概略決定出維修方法的構件	如鋼材的被覆防蝕、電氣防蝕等
異狀顯著時，實施維修或更換的構件	碼頭構造物中的防舷材或車擋等附屬設備等

2.2 港灣構造物維護管理系統

為確保港埠設施的正常運作、增進維護管理效能與瞭解設施現況，本所建置一套港灣構造物維護管理系統，協助臺灣港務公司落實維護管理工作，用系統來代替維護管理計畫。除了研訂檢測評估標準作業程序及實際操作檢測評估方法外，並提出維修排序及改善建議，作為該港執行港埠設施維護管理作業依據。

2.2.1 系統整體架構

港灣構造物維護管理系統建置在中華電信 hicloud CVPC 雲主機環境，經過網際網路填寫、查詢、管理設施、巡查、檢測及維修資料。因此，針對系統開發架構如圖 2.4。網頁系統服務主要為 Apache，所有資料的存取則透過 MS SQL Server，使用者可使用一般網頁瀏覽器或 APP 進行填報相關紀錄。



圖 2.4 系統整體架構圖

2.2.2 港灣構造物維護管理系統執行流程架構

港灣構造物維護管理系統及行動應用程式(App)，透過行動裝置易於攜帶與使用的特性，讓相關的巡查與檢測人員，可以在現地更方便及快速地進行資料的紀錄以及相關功能的使用，且相關的工作也可以透過瀏覽進行操作，在瀏覽器操作的部分也多了統計的資料供使用者追蹤，相關架構流程，如圖 2.5 所示。

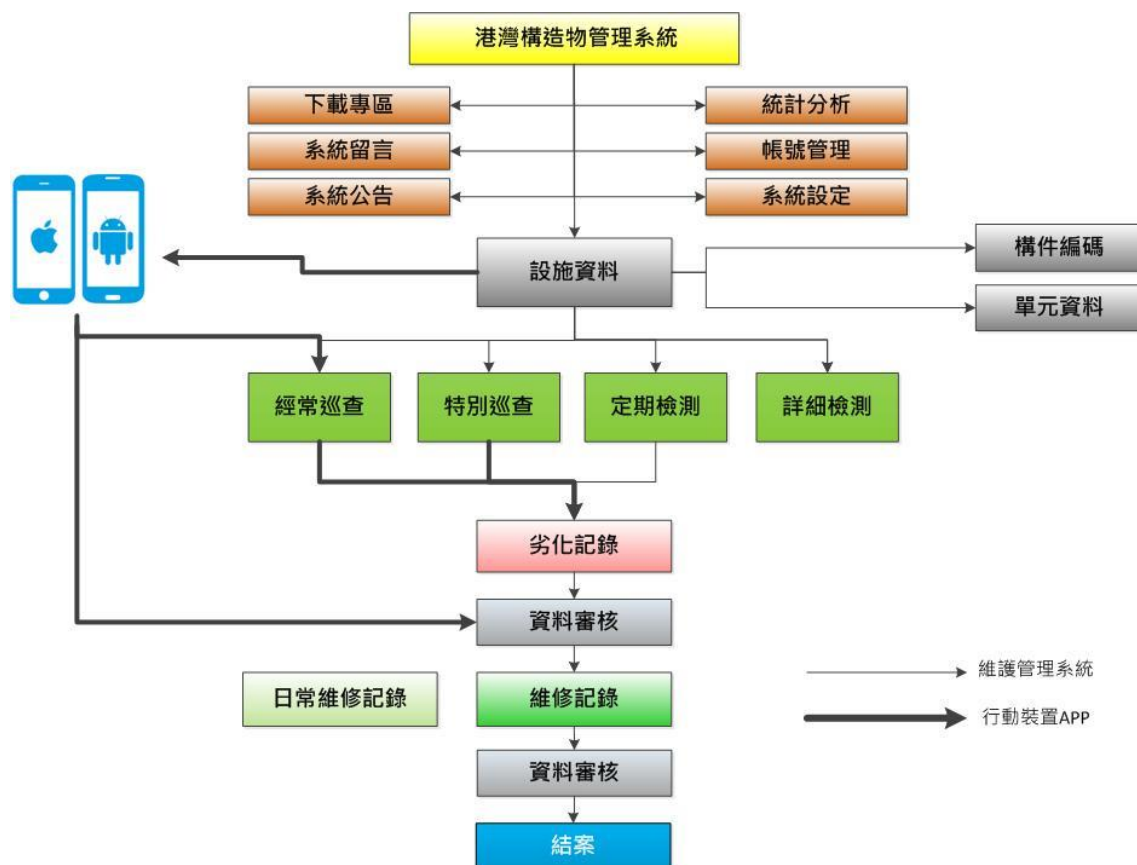


圖 2.5 港灣構造物維護管理系統流程圖

2.2.3 系統功能架構

港灣構造物維護管理系統包含十九個功能模組，如圖 2.6 所示，各模組功能簡述如下：

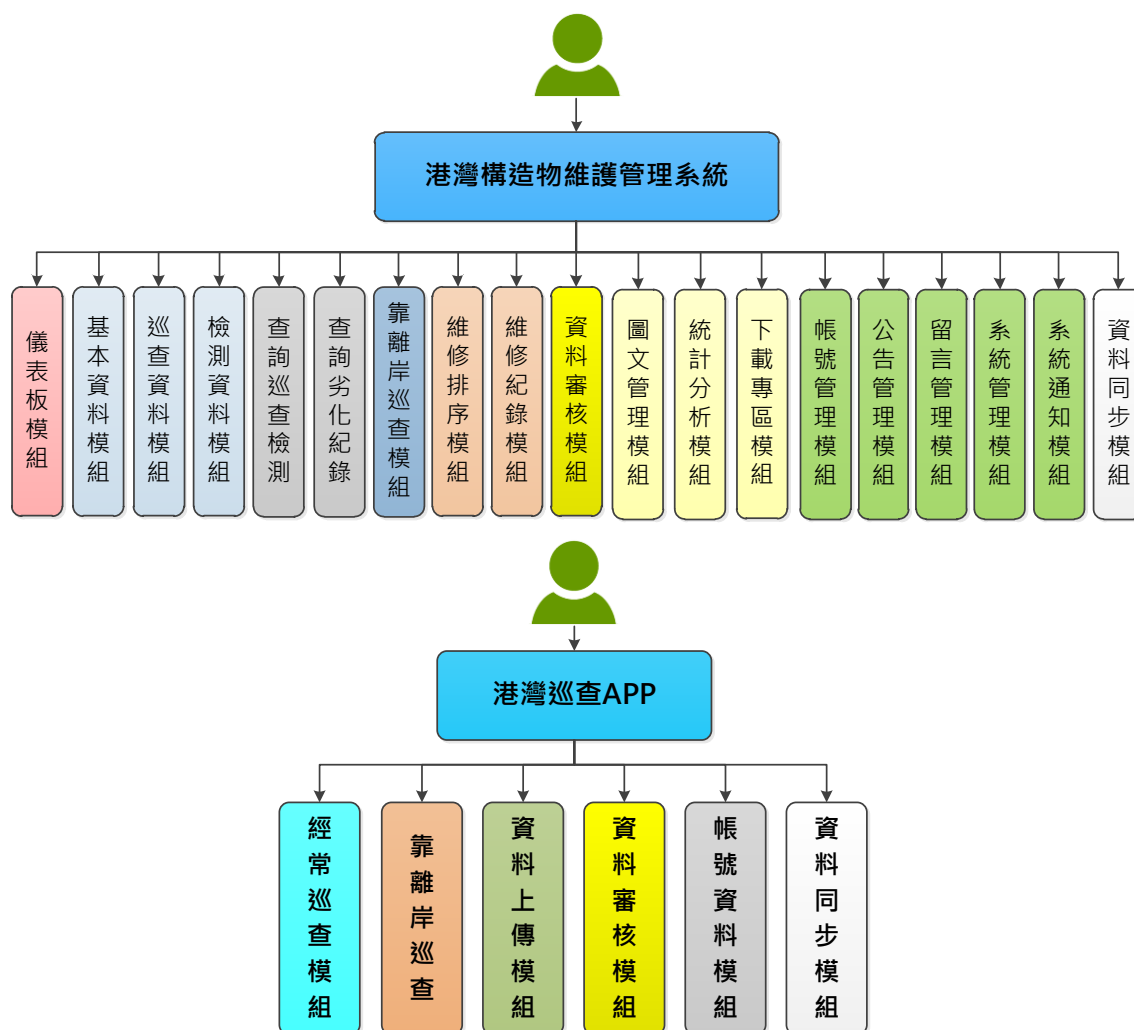


圖 2.6 管理系統與 APP 功能模組

1.基本資料模組

(1)港灣基本資料

提供碼頭數量、港灣照片、港灣簡介與碼頭資料列表等資訊，如圖 2.7 所示。

圖 2.7 港灣設施基本資料

(2)設施基本資料

目前可建立碼頭、浮動碼頭、防波堤、道路、橋梁、變電站等六項主要設施，如圖 2.8 所示，並針對不同設施提供不同基本資料填列表格，以碼頭為例，提供碼頭名稱、碼頭長度、碼頭設計水深、碼頭可靠泊水深、泊船噸位、用途說明、單元數量、碼頭型式、建造日期、建造經費等欄位資訊填列，在每個建立的設施資料中，也提供了圖片資料與相關資料等上傳模組。

圖 2.8 主要設施基本資料選單

(3)單元資料

依照單元劃分，可建立單元名稱、單元長度、防舷材數量、吊車軌道長度、車擋數量(或長度)與照片等資訊。

(4)構件編碼

對於各設施內的各構件予以編碼，依照構件的編碼原則，可透過此模組來建立對應的構件編碼紀錄表，也可以針對部分構件建立相關的構件資訊。

2.檢測資料模組

(1)經常巡查資料之查詢與新增

紀錄經常巡查的相關資料分為巡查基本資料、劣化紀錄、巡查照片與巡查檔案等四類，巡查基本資料提供檢測時間、檢測天候、檢測者與檢測意見，並可針對資料進行編輯、刪除；劣化紀錄則提供構件劣化類型、劣化等級、劣化位置、劣化數量、劣化照片等紀錄欄位。在巡查資料建立部分，填列的方式分為 A、B 兩表，先填寫巡查基本紀錄後接續填列巡查表 A（圖 2.9），若有劣化再填寫巡查表 B（圖 2.10），主要記錄各構件劣化狀況之等級、劣化單元位置、劣化位置、劣化數量與照片，另外，可針對該筆巡查紀錄附加相關的照片及檔案。

編輯經常巡查

高雄港 - 一號碼頭

巡查日期：2020-11-24

經常巡查表A 「前已記錄」說明

碼頭法線					
否/是	前已紀錄	劣化情形	筆數	劣化紀錄	歷次紀錄
☐ 否 ☒ 是	☐	1.變位外移、下陷	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	2.冠牆龜裂、損傷	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	3.冠牆鋼筋外露	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	4.冠牆接縫錯位	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	5.混凝土剝落	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	6.岸肩下陷	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	7.棧橋面板接縫錯位	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	8.沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	9.船舶撞擊痕跡	0	添加	

填寫完成，最後填寫巡查意見

圖 2.9 巡查檢測表 A

編輯經常巡查 - 新增劣化紀錄

高雄港 - 一號碼頭 型式：板樁式

劣化單元
檢視單元資料

構件編號
立即查看

代號說明

*構件或項目

碼頭法線

劣化參考

*劣化類型

變位外移、下陷

狀況描述

位置

範圍

前已紀錄
☐ 是 (勾選則不需進行呈核)

詳細診斷
☐ 是 (建議此劣化需再詳細診斷)

*權責範圍

備註

圖 2.10 巡查檢測表 B

(2)定期檢測資料之查詢與新增

新增/查詢部分同經常巡查填寫方式，但定期檢測其檢測頻率較長，執行定期檢測作業時必須詳加記錄各構件狀況（圖 2.11）。

高雄港 - 一號碼頭

基本資料	檢測紀錄	劣化紀錄	定檢照片	定檢檔案
------	------	------	------	------

*檢測日期: 2020-11-24 *天氣: 晴

*檢測單位: 檢測組

*檢測人員: 檢測人員A 會同人員:

檢測結果: ☒ 未完成 ☐ 設施無異狀 ☐ 設施有異狀已記錄

檢測員意見:

劣化等級統計

第 I 類(重要構件)	第 II 類(次要構件)	第 III 類(附屬設施)	劣化性評估
D=3 0 D=4 0	D=3 0 D=4 0	D=4 0	

圖 2.11 定期檢測紀錄列表

(3)特別巡查資料之查詢與新增

新增/查詢部分同經常巡查方式（圖 2.12），因特別檢測較常使用於天然災害等狀況發生後執行，故在特別檢測基本紀錄表上，需另外記錄檢測事由與事件發生日期，與事件名稱等相關資訊。

高雄港 - 一號碼頭
巡查日期: 2020-11-24
巡查事由: 地震 事件名稱: 20180206花蓮地震

特別巡查表A (前已記錄) 說明

否/是	前已紀錄	劣化情形	筆數	劣化紀錄	歷次紀錄
☒ 否 ☐ 是	☐	1.變位外移、下陷	0	添加	1
☒ 否 ☐ 是	☐	2.冠牆龜裂、損傷	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	3.冠牆鋼筋外露	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	4.冠牆接縫錯位	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	5.混凝土剝落	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	6.岸肩下陷	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	7.棧橋面板接縫錯位	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	8.沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位	0	添加	
☒ 否 ☐ 是	☐	9.船舶撞擊痕跡	0	添加	

填寫完成，最後填寫巡查意見

圖 2.12 特別巡查表 A

(4)詳細檢測資料查詢與新增

主要使用於儀器檢測後的檢測報告紀錄上傳，提供使用者可經由此模組上傳儀器檢測報告供日後查詢下載使用（圖 2.13 與圖 2.14）。

動作	類型	名稱	編碼	使用狀態	型式	竣工年月	操作
新增詳細檢測	碼頭	12		正常使用	重力式	不詳年/不詳月	檢視 編輯
新增詳細檢測	碼頭	登一碼頭	LandingCraft1	正常使用		年/月	檢視 編輯
新增詳細檢測	碼頭	登二碼頭	LandingCraft2	正常使用		年/月	檢視 編輯
新增詳細檢測	碼頭	新濱1號, 2號碼頭	Xinbin	正常使用	沉箱式	年/月	檢視 編輯
新增詳細檢測	碼頭	一號碼頭	1	正常使用	鋼板樁	年/月	檢視 編輯
新增詳細檢測	碼頭	二號碼頭	2	正常使用	重力式	年/月	檢視 編輯

圖 2.13 新增詳細檢測

高雄港 - 12

檢測日期

檢測單位

檢測人員

檔案名稱

備註說明

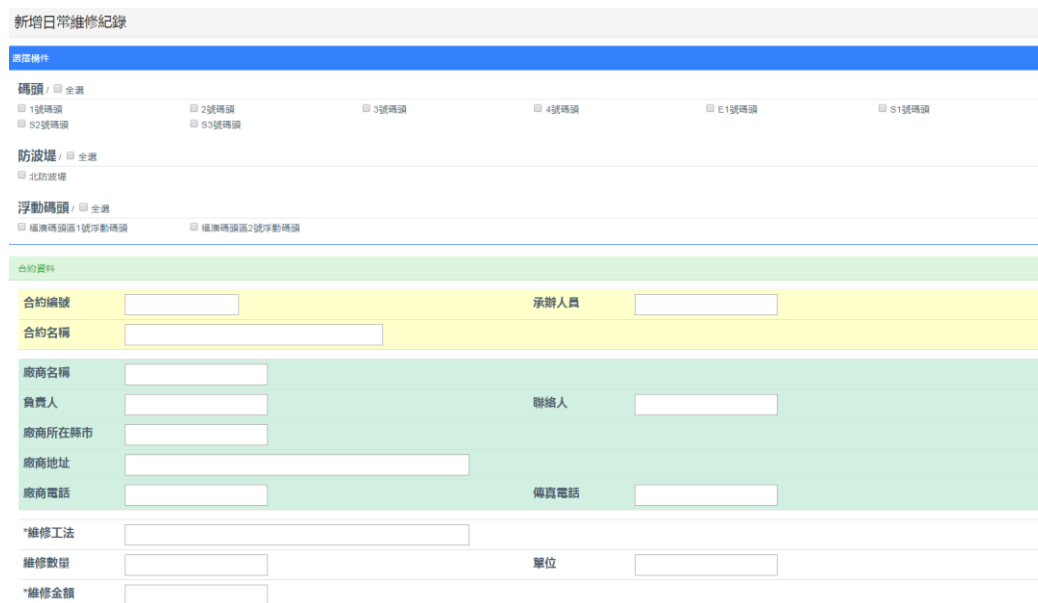
檔案上傳 未選擇任何檔案

圖 2.14 詳細檢測表

3.維修紀錄模組

此模組主要針對各巡查檢測，所建立的劣化紀錄進行維修紀錄使用，在建立其維修紀錄時依照維修契約所維修項目，出相關的劣化紀

錄（圖 2.15），並逐一建立上傳維修後的照片（圖 2.16），並在建立同時一併填入維修契約相關資訊，如：維修廠商、開工日期、維修金額、契約編號等相關資訊，除了既有劣化紀錄維修，另提供了日常維修紀錄功能，以主要設施為紀錄目標，僅需勾選維修設施項目，即可建立相關的維修契約內容，與系統所建立的劣化各自分開記錄使用。



新增日常維修紀錄

點選操作

碼頭 / ☐ 全選

☐ 1號碼頭 ☐ 2號碼頭 ☐ 3號碼頭 ☐ 4號碼頭 ☐ E1號碼頭 ☐ S1號碼頭

☐ S2號碼頭 ☐ S3號碼頭

防波堤 / ☐ 全選

☐ 北防波堤

浮動碼頭 / ☐ 全選

☐ 福康碼頭區1號浮動碼頭 ☐ 福康碼頭區2號浮動碼頭

合約資料

合約編號 承辦人員

合約名稱

廠商名稱

負責人 聯絡人

廠商所在縣市

廠商地址

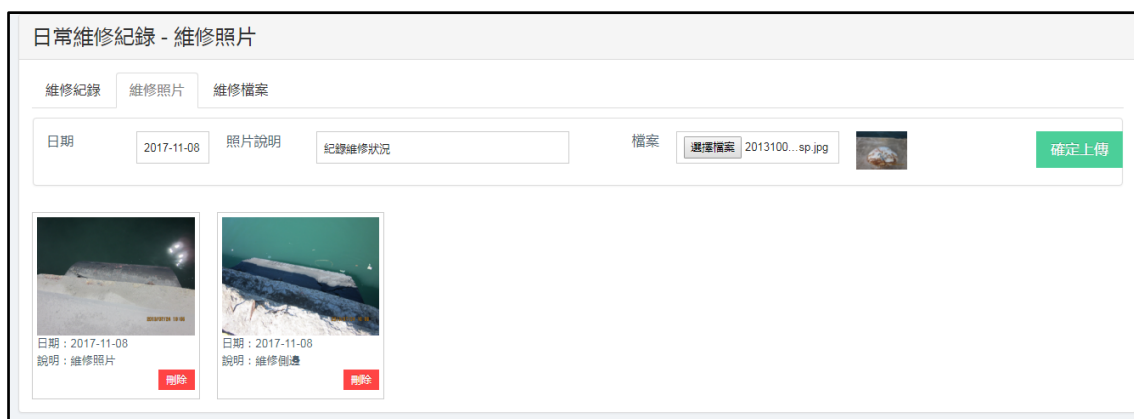
廠商電話 傳真電話

*維修工法

維修數量 單位

*維修金額

圖 2.15 新增日常維修紀錄



日常維修紀錄 - 維修照片

維修紀錄 維修照片 維修檔案

日期 照片說明 檔案

日期: 2017-11-08
說明: 維修照片

日期: 2017-11-08
說明: 維修側邊

圖 2.16 上傳維修照片

4.維修排序模組

此模組提供了需維修設施搜尋與已維修設施搜尋兩功能，需維修

設施搜尋功能（圖 2.17），主要針對系統內所記錄的劣化狀況 2 以上的劣化紀錄來進行搜尋排序，搜尋出的結果可提供維修相關人員進行維修發包時的參考依據，另已維修設施搜尋功能，則提供以劣化狀況或契約名稱等條件，進行已建立維修紀錄等查詢使用。

需維修構件列表															
操作	劣化ID	類型	日期	狀態	預計維修完成	維修負責人	設施	設施名稱	構件/項目	狀況描述	位置	範圍	送修編號	照片	操作
添加	33977	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	26號碼頭	防舷材	螺絲鬆脫夾起	5-4			1	檢視
添加	33975	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	25號碼頭	防舷材	橡膠開裂	1-2			1	檢視
添加	33973	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	24號碼頭	防舷材	橡膠開裂	2-3			1	檢視
添加	33972	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	23號碼頭	防舷材	螺絲鬆脫夾起	7-1			1	檢視
添加	33970	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	23號碼頭	防舷材	橡膠開裂	4-1			1	檢視
添加	33967	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	22號碼頭	防舷材	橡膠開裂	4-4			1	檢視
添加	33966	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	20號碼頭	防舷材	橡膠與背襯剝離	6-4			1	檢視
添加	33965	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	20號碼頭	防舷材	橡膠開裂	4-4			1	檢視
添加	33964	經常巡查	2021-01-04	已接收，等待維修 (狀態紀錄)			碼頭	20號碼頭	防舷材	橡膠開裂	4-2			1	檢視

圖 2.17 需維修構件搜尋結果

5.查詢統計模組

此模組提供使用者可以經由系統提供的查詢條件，進而搜尋目前記錄於系統中的各項紀錄，如劣化紀錄、巡查紀錄等等，從所查詢的結果可以快速檢視資料的內容。統計分析部分，系統提供了必填欄位（圖 2.18）、設施類型、使用狀態等各項統計功能，使用者可以利用統計分析的功能點選比較目前各項資料狀況，另也提供了各項巡查週期的統計功能並於登入首頁呈現，具有檢視巡查週期的人員可以於登入系統首頁上，立即查詢到目前尚未巡查的各設施狀況，進而安排巡查作業。

高雄港- 設施列表 必填欄位統計										
總設施數: 178 總必填欄位: 2838 總已填欄位: 2227 填寫率:78.5%										
NO	結果	類型	名稱	使用狀態	型式	竣工年月	使用單位	已填/必填	填寫率	
1	✓	碼頭設施	碼頭設施	正常使用	無	年/月	其他	0/0	100%	
2	✓	變電站	120貨櫃公用碼頭(全區)	正常使用	無	不詳年/不詳月	港務公司	11/11	100%	
3	✓	變電站	121貨櫃公用碼頭(全區)	正常使用	無	不詳年/不詳月	港務公司	11/11	100%	
4	✓	變電站	122公用碼頭(全區)	正常使用	無	不詳年/不詳月	港務公司	11/11	100%	
5	✓	變電站	33號碼頭水泥庫	正常使用	無	不詳年/不詳月	港務公司	11/11	100%	
6	✓	變電站	36庫區2樓	正常使用	無	不詳年/不詳月	港務公司	11/11	100%	
7	✓	變電站	45W水泥圖庫	正常使用	無	不詳年/不詳月	其他	11/11	100%	
8	✓	變電站	73公用碼頭(全區)	正常使用	無	不詳年/不詳月	港務公司	11/11	100%	
9	✓	變電站	74公用碼頭(全區)	正常使用	無	不詳年/不詳月	港務公司	11/11	100%	

圖 2.18 設施必填欄位統計

6. 資料審核模組

因應使用者需求，其巡查與維修作業大部分皆屬不同單位執行，對於巡查所記錄的劣化資訊也需經過管理階層的審核判定，才能排定是否維修等後續作業，因應此使用上的需求在系統中增加此資料審核模組，系統產出之劣化紀錄或排定維修的劣化紀錄，均可透過指定的陳核人員設定或具有審核權限的人員審核，由待審核人員進而判定此劣化狀況是否維修或不維修等狀態（圖 2.19）。

巡查權責審核	☐ 全選 (勾選設定後將具有權責範圍內的審核權限) ☐ 各公用碼頭棧埠作業區 (如碼頭面、貨櫃場、庫區房舍、倉儲區及其間道路、水溝等) ☐ 業者租賃及投資興建之專用碼頭、場地、房舍等 ☐ 船修廠區範圍 ☐ 港區道路、橋梁 ☐ 港區排水溝 (蓋) ☐ 港區路燈 ☐ 各公用碼頭區及岸壁設施 (如繫纜樁、碰墊、輪擋、反光板等) ☐ 防波堤及護岸 ☐ 高壓變電站等機電設備 ☐ 高雄港過港隧道 ☐ 施工中工程之區域
設施維護審核	☐ 全選 (勾選設定後將具有權責範圍內的維修審核權限) ☐ 各公用碼頭棧埠作業區 (如碼頭面、貨櫃場、庫區房舍、倉儲區及其間道路、水溝等) ☐ 業者租賃及投資興建之專用碼頭、場地、房舍等 ☐ 船修廠區範圍 ☐ 港區道路、橋梁 ☐ 港區排水溝 (蓋) ☐ 港區路燈 ☐ 各公用碼頭區及岸壁設施 (如繫纜樁、碰墊、輪擋、反光板等) ☐ 防波堤及護岸 ☐ 高壓變電站等機電設備 ☐ 高雄港過港隧道 ☐ 施工中工程之區域

圖 2.19 資料審核

7.圖文管理模組

對於港灣內相關的文件檔案可透過此模組上傳紀錄，系統目前有 13 種檔案類型提供選擇紀錄，並提供圖文相關的欄位紀錄，如圖號、統一代碼、版本等讓使用者自行選填紀錄並上傳對應的圖文檔案存放於系統上。

8.下載專區模組

主要提供使用者掃描 QR CODE 下載 APP 使用，在此功能頁面也提供了主系統與 APP 的使用手冊下載，並將最新的教育訓練使用講義也一併於此提供下載。

9.帳號管理模組

此模組僅供系統管理者以及各港灣管理者管理各港灣內的使用帳號，帳號資訊主要包含使用者姓名、單位、帳號、密碼、權限以及可檢視之港區，並開立所轄港灣內的使用帳號，如有開立廠商使用的帳號，亦可設定其使用期限來方便管理。

10.公告管理模組

此模組為系統管理者建立及發佈公告使用，而使用者在登入系統後可以看到相關的公告內容。

11.留言管理模組

使用者可以透過此功能進行留言，詢問系統相關的操作問題或是提供系統改善的建議等等，系統管理者可以針對留言進行回覆或是告知處理進度。

12.系統管理模組

關於管理系統中相關設定會於建立於此功能模組內，其設定權限僅提供系統管理者可進行設定使用，目前可設定範圍為巡查與定檢通知開啟設定與系統使用的劣化類型清單等匯入作業等。

13.系統通知模組

此模組為系統後端處理模組，主要針對各劣化建立時或審核狀態改變時通知使用，系統在接收到有使用者建立劣化紀錄時，會依據劣化紀錄上所輸入的所屬單位，進而發送電子郵件通知相關單位人員，收到通知的人員可登入系統進行審核作業進而改變其狀態，依據審核狀態的改變也會一併以電子郵件通知相關人員。

14.資料同步模組

此模組主要提供主系統與 APP 進行資料的交換使用，對於主系統所建立的設施或劣化清單，均透過此模組來進行同步至 APP 作業，而在 APP 上所建立的巡查紀錄、劣化紀錄等資訊，也是藉由此同步模組將紀錄資料同步至主系統中。

第三章 碼頭設施巡查檢測

本研究是以本所研訂之港灣構造物維護管理手冊，依檢測項目對設施性能、安全性影響及重要性之劃分，針對常見各型式碼頭之檢測項目及劣化判斷標準說明。同時彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目，蒐集碼頭的劣化缺失項目並探討與分析常見的碼頭劣化項目。

3.1 碼頭構造物之巡查

依臺灣港務公司「各項設施之巡查、檢測及維護權責作業要點」^[4]及依臺灣港務公司委託本所修訂之「港灣構造物維護管理手冊」，巡查項目針對各港管轄港碼頭及其附屬設施。

港灣設施巡查的方式是以直接目視為主，巡查人員可先至現場利用巡查表單(A) (以碼頭法線巡查項目為例)，詳如表 3-1 所示。進行簡單且初步之判斷，若發現有劣化樣態，則將其劣化情形記錄於表 3-2 巡查表單(B)。

表 3-1 碼頭經常巡查表(A) (以碼頭法線巡查項目為例)

巡查日期	年 月 日	巡查天氣	☐ 晴 ☐ 陰 ☐ 雨
港灣名稱		碼頭編號	
巡查單位		巡查人	
是/否	劣化情形		
☐ 是 ☐ 否	變位外移、下陷		
☐ 是 ☐ 否	冠牆龜裂、損傷		
☐ 是 ☐ 否	冠牆鋼筋外露		
☐ 是 ☐ 否	冠牆接縫錯位		
☐ 是 ☐ 否	混凝土剝落		
☐ 是 ☐ 否	岸肩下陷		
☐ 是 ☐ 否	棧橋面板接縫錯位		
☐ 是 ☐ 否	沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位		
☐ 是 ☐ 否	船舶撞擊痕跡		

註：上述劣化情形如有「是」者，請再填寫經常巡查表(B)。

表 3-2 經常巡查表(B)

巡查日期	年 月 日	巡查天氣	☐ 晴 ☐ 陰 ☐ 雨		
港灣名稱		設施編號			
巡查單位		巡查人			
設施名稱					
構件名稱	劣化狀況說明	劣化單元	劣化位置 (X,Y)/(編碼)	劣化數量 (m、m ² 、個)	照片編號
巡查員意見：					

3.1.1 碼頭及附屬設施巡查項目

包括碼頭法線、車擋、繫船柱、防舷材、軌道、鋪面、排水設施、棧橋面板、防颱固定裝置及暴風鎖、末端阻擋器、加水坑及岸電坑、電纜槽、電纜出線口、電信或其他人手孔、電位測試裝置、照明、爬梯等。相關設施之詳細巡查項目及初判分類等整理如表 3-3。

表 3-3 碼頭及附屬設施巡查表單

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
碼頭及附屬設施： 重力式 板樁式 棧橋式 複合式碼頭	至少每週一次	碼頭法線	1. 變位外移、下陷 2. 冠牆龜裂、損傷 3. 冠牆鋼筋外露 4. 冠牆接縫錯位 5. 混凝土剝落 6. 岸肩下陷 7. 棧橋面板接縫錯位 8. 沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位 9. 船舶撞擊痕跡
	至少每週一次	車擋	1. 損傷或變形 2. 鋼筋外露 3. 警示塗裝剝落
	至少每週一次	繫船柱	1. 外殼嚴重鏽蝕 2. 破損或斷裂 3. 基座破損
	至少每週一次	防舷材	1. 面板破損或缺漏 2. 面板鋼架鏽蝕 3. 橡膠開裂 4. 橡膠肢體變形或 5. 橡膠與背襯鋼板剝離 6. 鍊條斷裂缺損 7. 螺栓鬆脫突起 8. 螺栓脫落或斷裂 9. 基座混凝土破損
	至少每週一次	軌道	1. 鋼軌裂紋 2. 鋼軌接縫高低差 3. 鋼軌變形 4. 鋼軌鏽蝕 5. 鋼軌磨損 6. 螺栓外露 7. 排水孔堵塞 8. 混凝土基座破損
	至少每週一次	碼頭鋪面	1. 坑洞、下陷或破洞 2. 破裂、龜裂 3. 修補處破損 4. 車轍嚴重 5. 鋪面變形推擠 6. 人手孔周邊損傷

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
			7. 管道位置沉陷或損傷 8. 車道與路肩或側溝高度差 9. 鋪面積水及方向 10. 接縫破損 11. 路面粗糙(含冒油、磨損、鬆散) 12. 面層粗粒料散失、剝落、或鬆散損傷
	至少每週一次	排水設施	1. 鋪面積水 2. 排水溝(孔)損傷、阻塞 3. 蓋板或格柵遺失、鬆脫、跳動 4. 蓋板或格柵鏽蝕、變形、損傷 5. 溝牆與鄰近鋪面高低差
	至少每週一次	棧橋面板	1. 面板下陷 2. 面板破損 3. 混凝土龜裂 4. 面板破損、剝離 5. 鋼筋外露 6. 面板伸縮縫水平或高低錯位 7. 面板伸縮縫鋼護角鏽蝕
	至少每週一次	防颱固定裝置及暴風鎖	1. 坑內積水 2. 插銷連結固定裝置鏽蝕 3. 插銷連結固定裝置變形 4. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 5. 蓋板鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	末端阻擋器	1. 末端阻擋器遺失或變形 2. 基座螺栓鬆弛
	至少每週一次	加水坑及岸電坑	1. 坑內積水 2. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 3. 蓋板鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	電纜槽	1. 電纜槽護角變形 2. 護角摩擦電纜 3. 異物未清除
	至少每週一次	電纜出線口	1. 出線口積水 2. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 3. 蓋板鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	電信或其他人手孔	1. 坑內積水 2. 與路面高低差 3. 人手孔蓋遺失、鬆脫、跳動 4. 人手孔蓋鏽蝕、變形、損傷
	至少每週	電位測試	1. 不銹鋼電位量測盤變形

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
	一次	裝置	2. 量測盤破損
	至少每週一次	照明	1. 照度減弱、閃爍、異常 2. 燈具或相關零件脫落 3. 燈桿歪斜、鏽蝕、損傷 4. 燈桿塗裝剝落 5. 鎖固螺栓鬆動、脫落 6. 防撞設施脫落、缺損
	至少每週一次	爬梯	1. 本體材質老劣化 2. 本體損傷、脫落 3. 塗裝剝離 4. 外觀鏽蝕、變形、斷裂 5. 鎖固螺栓鬆動、脫落

3.1.2 浮動碼頭巡查項目

浮動碼頭巡查項目表單，如表 3-4 所示。

表 3-4 浮動碼頭巡查表單

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
浮動碼頭	至少每週一次	浮箱外部	1. 鋼材腐蝕、龜裂、損傷 2. 混凝土龜裂、劣化、破損、鋼筋外露、鏽水
	至少每週一次	滾輪	1. 聲音異常 2. 滑動異常 3. 海生物附著
	至少每週一次	固定樁	1. 樁體變形 2. 樁體破損 3. 歪斜 4. 腐蝕 5. 防蝕塗裝剝落 6. 海生物附著嚴重
	至少每週一次	聯絡橋	1. 聲音異常 2. 橋體破損、生鏽 3. 塗裝剝落 4. 欄杆、扶手、防滑保護等安全設施 5. 鉸鏈損傷 6. 螺栓鬆動

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
			7. 滾輪損傷
	至少每週一次	鋪面	1. 鋪面裂紋 2. 鋪面破損
	至少每週一次	防蝕	1. 防蝕塗裝破損、剝落 2. 水面下方防蝕塊脫落

3.2 碼頭檢測構件劣化度判定標準^[3]

本節以常見之碼頭，包含重力式碼頭（以沉箱式碼頭為例）、鋼板樁式碼頭、棧橋式碼頭、方塊式碼頭及碼頭附屬設施等檢測診斷構件劣化度的判定標準進行說明。

3.2.1 重力式碼頭（以沉箱式碼頭為例）

沉箱式碼頭可分為本體結構、岸壁法線、鋪面、海底地基以及防舷材、繫船柱等附屬設施，如圖 3.1 所示。沉箱式碼頭檢測診斷中，關於碼頭法線的凹凸、錯位、岸肩、冠牆、本體及附屬設施等的變化，執行劣化度判定及檢測診斷的方法，均以陸上及海上目視的外觀為準。其標準分類整理如表 3-5，檢測標準整理如表 3-6。

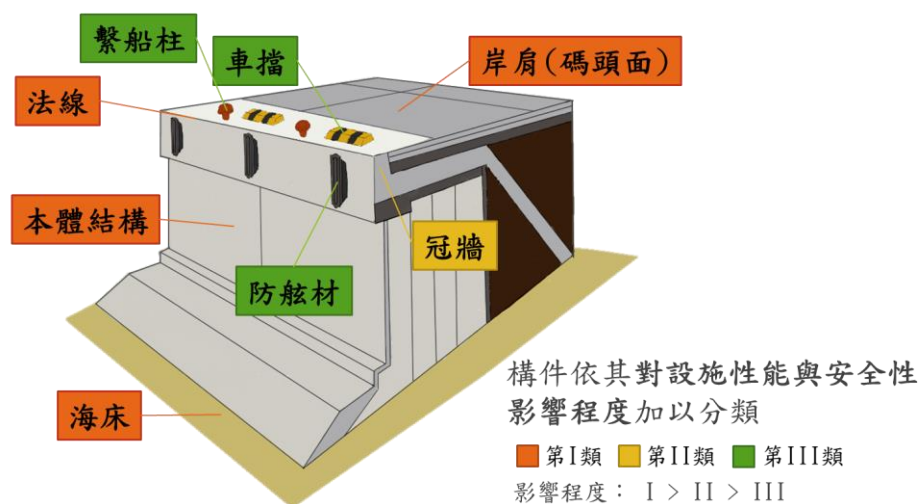


圖 3.1 沉箱式碼頭檢測構件

表 3-5 重力式碼頭檢測診斷項目標準分類

類別 設施	I 類	II類	III類
重力式碼頭 (沉箱式或 方塊式)	•【碼頭法線】凹凸、錯位 •【岸肩】漏砂、空洞化、下陷、坍塌 •【本體】沉箱的空洞化、混凝土的劣化、損傷 •【海底】沖刷、土砂的淤積	•【鋪面】混凝土/瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【冠牆】混凝土的劣化、損傷	左欄以外

表 3-6 重力式碼頭-檢測標準

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
重力式碼頭 (沉箱式)	I 類	岸壁法線	凹凸、錯位	目視 ● 位移量	4	□相鄰沉箱間有 20cm 以上的凹凸
					3	□相鄰沉箱間有 10 到 20cm 程度的凹凸
					2	□上述以外的情況，相鄰沉箱間有 10cm 以內的凹凸
					1	□沒有變化
		岸肩	下陷、坍塌	目視	4	□沉箱後線有土砂流出 □沉箱後線有土砂下陷 □對車輛的通行和步行造成很大障礙
					3	□岸肩上有 3cm 以上的下陷 □鋪面和岸肩和後線間有 30cm 以上的下陷 □沉箱接縫處有明顯的開口、偏差
					2	□鋪面上有小於 3cm 的下陷 □鋪面和背後地面間有小於 30cm 下陷 □沉箱接縫處有輕微的開口、偏差

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
					1	☐ 沒有變化
		沉箱	側壁的劣化、損傷	目視 ● 裂紋，剝離、損傷 ● 鋼筋露出 ● 裂化的預兆	4	☐ 有使內填料流出的破洞、裂紋和缺損 ☐ 大範圍鋼筋露出
					3	☐ 在多個方向有 3mm 寬度的裂紋
					2	☐ 在一個方向有 3mm 寬度的裂紋 ☐ 局部有鋼筋露出
					1	☐ 沒有變化
		海床	沖刷、淤積	潛水調查 ● 海底面的起伏 ● 沖刷、淤積	4	☐ 岸壁前有深 1m 以上的沖刷 ☐ 大範圍鋼筋露出
					3	☐ 伴隨著沖刷，可看出對基礎與岸壁本體的影響
					2	☐ 有深度/高度小於 0.5m 的沖刷或淤積
					1	☐ 沒有變化
	II 類	岸肩（一般情況）	混凝土/瀝青鋪面等的劣化、損傷	目視	4	☐ 混凝土鋪面裂紋度在 2m/m ² 以上 ☐ 瀝青鋪面裂紋率在 30%以上 ☐ 可看到影響車輛通行，步行的裂紋
					3	☐ 混凝土鋪面裂紋度在 0.5～2m/m ² ☐ 瀝青鋪面裂紋率在 20～30%
					2	☐ 可看到少許裂紋
					1	☐ 沒有變化
		岸肩（貨櫃碼頭使用限制嚴格的情況）	鋪面的凹凸、車轍、裂紋	目視	4	☐ 車輛行駛時危險的高度差、沉陷、車轍、裂紋等。 ☐ 15mm 以上的高度差 ☐ 10mm 以上的車轍 ☐ 3mm 以上的裂紋

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
					3	□10~15mm 的高度差 □小於 3mm 的裂紋
					2	□小於 10mm 的高度差 □小於 10mm 的車轍 □有細微裂紋
					1	□沒有變化
		冠牆（有 鋼筋混凝土的 情況）	混凝土 的劣 化、損 傷	目視 ● 裂紋，剝 離、損傷 ● 鋼筋露 出 ● 裂化的 預兆	4	□有弱化碼頭性能的損傷
					3	□有寬度 3mm 以上的裂紋 □大範圍鋼筋露出
					2	□寬度小於 3mm 的裂紋 □局部鋼筋露出
					1	□沒有變化
		冠牆（無 筋混凝土的 情況）	混凝土 的劣 化、損 傷	目視 ● 裂紋，剝 離、損傷 ● 裂化的 預兆	4	□有弱化碼頭性能的損傷
					3	□有寬度 1mm 以上的裂紋 □小規模缺損
					2	□寬度小於 1mm 的裂紋
					1	□沒有變化

3.2.2 鋼板樁式碼頭

板樁式碼頭主要檢測構件可分為本體結構、岸壁法線、鋪面、海底地基，鋼板樁防蝕工以及防舷材、繫船柱等附屬設施，如圖 3.2 所示。

鋼板樁式碼頭檢測中，關於碼頭法線的凹凸、錯位、岸肩、冠牆、鋼板樁及附屬設施等的變化，可進行劣化度判定。檢測診斷的方法是從陸上及海上目視，並以此為準。而關於實施陰極防蝕的鋼構材，則以電位測定為準。其標準分類整理如表 3-7，檢測標準整理如表 3-8。

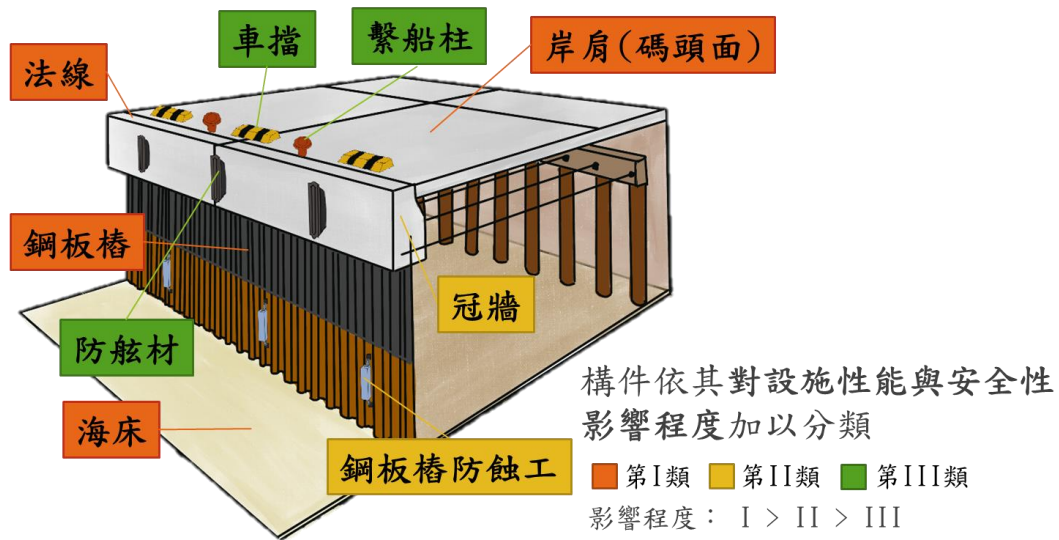


圖 3.2 板樁式碼頭主要檢測構件

表 3-7 板樁式碼頭檢測標準分類

類別 設施	I 類	II類	III類
板樁式碼頭 (鋼板樁或 RC 板樁)	•【岸壁法線】凹凸、錯位 •【岸肩】漏砂、空洞化、下陷、坍塌 •【鋼板樁】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【海床】沖刷、土砂的淤積	•【鋪面】混凝土/瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【冠牆】混凝土的劣化、損傷 •【鋼板樁】塗裝防蝕工、陰極防蝕工	左欄以外

表 3-8 板樁式碼頭-檢測標準

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
板樁式碼頭	I 類	碼頭法線	凹凸、錯位	目視 ● 位移量 ● 下陷	4	☐ 連接冠牆間有 20cm 以上凹凸 ☐ 有損性能的法線崩塌
					3	☐ 可看出法線的變位 ☐ 連接冠牆間有 10 至 20cm 的凹凸
					2	☐ 除上述情況，接連冠牆間有小於 10cm 的凹凸
					1	☐ 沒有變化
		岸肩	下陷、坍塌	目視	4	☐ 岸肩鋪面下陷。 ☐ 對車輛的通行和步行造成嚴重障礙
					3	☐ 岸肩鋪面上有小於 3cm 的下陷。 ☐ 岸肩和後緣地面間有 30cm 以上的高差。
					2	☐ 岸肩鋪面上有小於 3cm 的下陷 ☐ 岸肩和後緣有小於 30cm 高差
					1	☐ 沒有變化
		鋼板樁	鋼材的腐蝕、龜裂、損傷	目視(含潛水) · 破洞的有無 · 表面損傷的狀況	4	☐ 因腐蝕引起的破孔和變形，及其他明顯的損傷
					3	—————
					2	—————
					1	☐ 無腐蝕引起的破孔和變形
		海床	沖刷、土砂的淤積	潛水調查 ● 海底面的起伏	4	☐ 碼頭前有深度 1m 以上的沖刷 ☐ 伴隨沖刷，可見對基礎和岸壁本體的影響
					3	☐ 碼頭前有深度 0.5m 至 1m 的沖刷
					2	☐ 深度/高度小於 0.5m 的沖刷或淤積
					1	☐ 沒有變化

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
	II 類	岸肩（一般情況）	混凝土/瀝青鋪面等的劣化、損傷	目視 ●混凝土或瀝青的劣化、損傷	4	☐ 混凝土鋪面裂紋度 2m/m^2 以上 ☐ 瀝青鋪面裂紋率 30%以上 ☐ 對車輛的通行和步行造成障礙的裂紋和損傷
					3	☐ 混凝土鋪面裂紋度 $0.5\sim 2\text{m/m}^2$ ☐ 瀝青鋪面裂紋率 20%到 30%以上
					2	☐ 可看到少數裂紋
					1	☐ 沒有變化
		岸肩（貨櫃倉庫利用限制嚴重情況）	鋪面高度差、車轍、裂紋	目視 ●高度差 ●車轍印	4	☐ 對車輛行駛造成危險的高度差，沉陷、車轍、裂紋 ☐ 有 15mm 以上的高度差 ☐ 有 10mm 以上車轍印 ☐ 寬度 3mm 以上的裂紋
					3	☐ 10mm 以上的高度差 ☐ 寬度小於 3mm 的裂紋
					2	☐ 小於 10mm 的高度差 ☐ 小於 10mm 的車轍印 ☐ 有細小的裂紋
					1	☐ 沒有變化
		鋼板樁	陰極防蝕工	電位測定 (根據電極的防蝕)	4	☐ 未維持在防蝕管理電位
					3	_____
					2	_____

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
				管理電位) ●飽和甘汞： -800mV ●海水氯化銀： -800mV ●飽和硫酸銅： -850mV	1	☐ 有維持在防蝕管理電位
		鋼板樁	陰極防蝕工 (犧牲陽極)	潛水調查 ●現況的確認 (全數)	4	☐ 陽極塊脫落或全部消耗。 ☐ 陽極塊連接狀況不佳(搖晃下降)
					3	_____
					2	_____
					1	☐ 沒有脫落的異常
		冠牆	混凝土的劣化、損傷	目視 裂紋、剝離、損傷 鋼筋腐蝕 劣化的徵兆	4	☐ 有損害碼頭性能的損傷
					3	☐ 幅度 3mm 以上的裂紋 ☐ 大範圍鋼筋腐蝕
					2	☐ 幅度小於 3mm 的裂紋 ☐ 局部有鋼筋露出
					1	☐ 沒有變化

3.2.3 棧橋式碼頭

棧橋式碼頭主要檢測構件可分為本體結構、碼頭法線、鋪面、擋土護岸、海底地基、鋼管樁防蝕工以及防舷材、繫船柱等附屬設施，如圖 3.3 所示。

棧橋式碼頭的檢測診斷，其中有關棧橋法線的凹凸、錯位、岸肩、上部結構、鋼管樁、擋土護岸及附屬設施等的變化、劣化度進展等，其檢測診斷的方法，以陸上及海上目視的外觀為準。其標準分類整理如表 3-9，檢測標準整理如表 3-10。

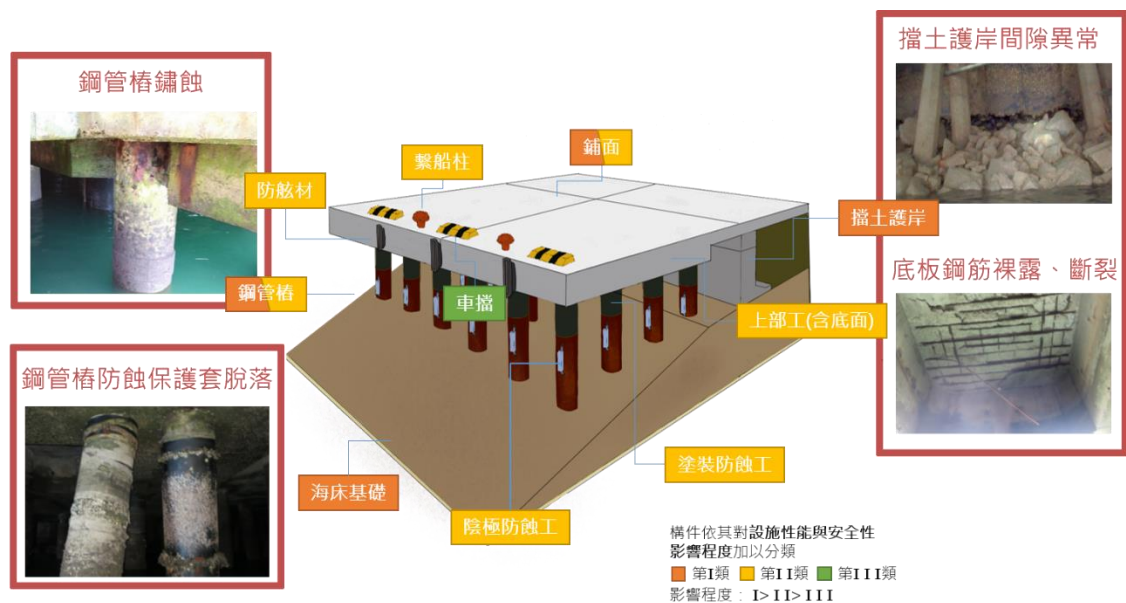


圖 3.3 棧橋式碼頭檢測標準分類圖

表 3-9 棧橋式碼頭檢測標準分類

類別 設施	I 類	II類	III類
棧橋式碼頭	•【棧橋法線】凹凸、錯位 •【岸肩】漏砂、空洞化、下陷、坍塌 •【鋼管樁】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【海床】沖刷、土砂的淤積 •【擋土護岸】淘出、空洞化	•【鋪面】混凝土/瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【上部結構】混凝土的劣化、損傷 •【鋼管樁等】塗裝防蝕工、陰極防蝕工 •【渡版】移動、損傷	左欄以外

表 3-10 棧橋式碼頭-檢測標準

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
棧橋式碼頭	I 類	棧橋法線	凹凸、錯位	目視 ● 位移量 ● 下陷	4	☐ 鄰接上部結構處有 20cm 以上凹凸
					3	☐ 鄰接上部結構處有 10 到 20cm 程度凹凸
					2	☐ 上述以外的情況，鄰接上部結構處小於 10cm 的凹凸
					1	☐ 沒有變化
		岸肩	下陷，坍塌	目視	4	☐ 岸肩崩塌沉陷 ☐ 對車輛的通行及步行造成重大的障礙
					3	☐ 岸肩接縫有顯著的裂開或錯位 ☐ 岸肩有 3cm 以上的下陷 ☐ 岸肩和後線間有 30cm 以上下陷
					2	☐ 擋土牆接縫有輕微的裂開、錯位 ☐ 岸肩有小於 3cm 的下陷 ☐ 岸肩和後線間有小於 30cm 下陷
					1	☐ 沒有變化
		鋼管樁	鋼材的腐蝕、龜裂、損傷	目視 ● 破洞的有無 ● 表面損傷狀況	4	☐ 由於腐蝕所帶來的破洞、變形及顯著的損傷
					3	_____
					2	_____
					1	☐ 無腐蝕引起的破洞和變形
		擋土護岸	淘出、空洞化	透地雷達 ● 根據鑽孔目視確認等	4	☐ 發生漏砂，或有空洞化的可能性 ☐ 防砂板有破損 ☐ 有防砂條破損的可能性
					3	☐ 有空洞發生的可能性 ☐ 接縫板有顯著的劣化、裂傷、損傷
					2	☐ 接縫板有輕微的劣化、裂傷、損傷
					1	☐ 沒有發生淘出現象（沒有空洞化）
		上部結構(底面)(PC)	混凝土的劣化、損傷	目視 ● 裂紋發生情況 ● 鏽水發生情況	4	☐ 有裂紋 ☐ 有鏽水
					3	_____
					2	_____
					1	☐ 沒有變化

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
	II 類	岸肩 (一般情況)	混凝土 或瀝青 的劣 化、損 傷	目視 ●混凝土 或瀝青 的劣化、 損傷	4	☐ 混凝土鋪面裂紋度 $2\text{m}/\text{m}^2$ 以上 ☐ 瀝青鋪面裂紋率 30%以上 ☐ 對車輛的通行和步行造成障礙的裂紋和損傷
					3	☐ 混凝土鋪面裂紋度 $0.5\sim 2\text{m}/\text{m}^2$ ☐ 瀝青鋪面裂紋率 20%至 30%
					2	☐ 可看到少數裂紋
					1	☐ 沒有變化
		岸肩 (貨櫃倉庫 利用限制 嚴重情況)	鋪面高 度差、 車轍、 裂紋	目視 ●高度差 ●車轍印	4	☐ 對車輛行駛造成危險高度差、沉陷、車轍、裂紋 ☐ 有 15mm 以上的高度差 ☐ 有 10mm 以上車轍印 ☐ 寬度 3mm 以上的裂紋
					3	☐ 10mm 以上的高度差 ☐ 寬度小於 3mm 的裂紋
					2	☐ 小於 10mm 的高度差 ☐ 小於 10mm 的車轍印 ☐ 有細小的裂紋
					1	☐ 沒有變化
		上部結構 (底面)(RC)	混凝土 的劣 化、損 傷	目視 ●裂紋的 方向、條 數、長度 和寬度 ●保護層 的剝落 情況 ●鏽水的 發生狀 況 ●鋼筋的 腐蝕情 況	4	板： ☐ 構材表面有 50%以上網眼狀的裂紋 ☐ 有保護層的剝落 ☐ 大範圍的鏽水 梁、樁帽： ☐ 寬度 3mm 以上鋼筋軸向的裂紋 ☐ 有保護層的剝落 ☐ 大範圍的鏽水
					3	板： ☐ 構材表面有小於 50%網眼狀的裂紋 ☐ 產生一部分鏽水 梁、樁帽： ☐ 寬度小於 3mm 的鋼筋軸向的裂紋 ☐ 產生一部分鏽水
					2	板： ☐ 一方向的裂紋若干帶狀或線狀的膠狀噴出析出物 ☐ 鏽水成點狀產生 梁、樁帽： ☐ 只有與軸向成直角方向的裂紋

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
		上部結構 (上、側面)	混凝土的劣化、損傷	目視 ● 裂紋、剝離、損傷 ● 鋼筋腐蝕 ● 裂化的預兆等		☐ 鏽水成點狀產生
					1	☐ 沒有變化
					4	☐ 有降低碼頭性能的損傷
					3	☐ 有寬度 3mm 以上的裂紋 ☐ 有大範圍鋼筋露出
					2	☐ 有寬度小於 3mm 的裂紋 ☐ 局部有鋼筋露出
		渡版	本體的損傷、塗裝	目視 ● 損傷、裂紋 ● 塗裝的狀態 ● 固定性	1	☐ 沒有變化
					4	☐ 對車輛的通行和步行帶來重大障礙
					3	☐ 可見損傷
					2	☐ 可見輕微損傷
					1	☐ 沒有變化

3.2.4 浮動碼頭

浮動碼頭主要檢測重點為浮箱、固定樁、連絡橋、鋪面、附屬設施等的變化(圖 3.4)，其標準分類整理如表 3-11，檢測標準整理如表 3-12。

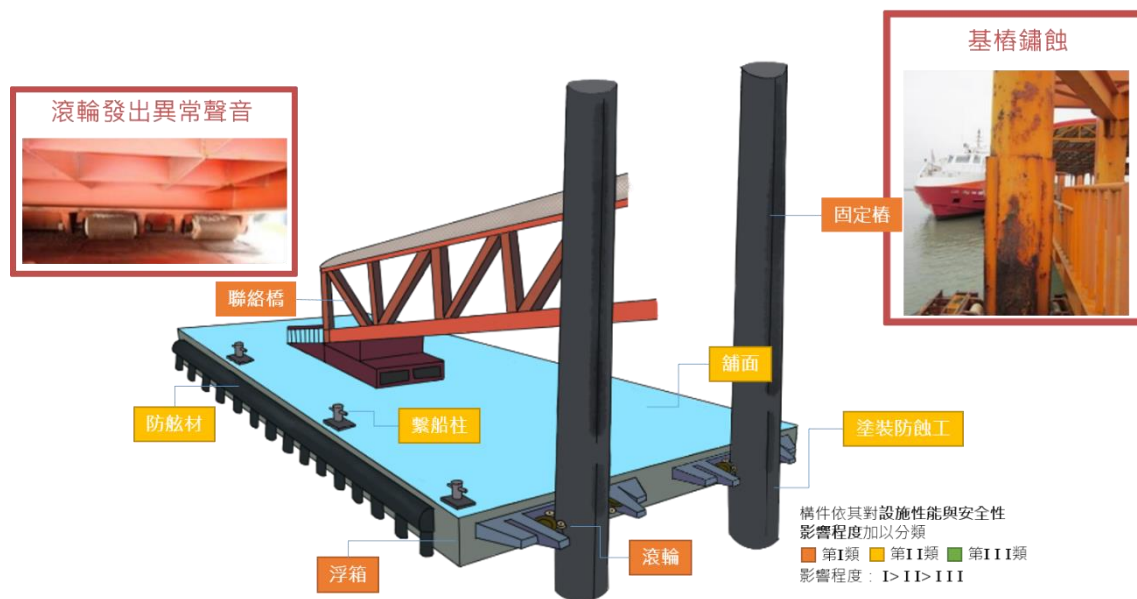


圖 3.4 浮動碼頭檢測標準分類圖

表 3-11 浮動碼頭檢測標準分類

類別 設施	I 類	II類	III類
浮動 碼頭	•【鋼製浮箱】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【混凝土製浮箱】混凝土的劣化、損傷 •【FRP 製浮箱】本體破洞、龜裂、損傷 •【固定樁】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 •【滾輪】滾輪的劣化、損傷 •【連絡橋、渡橋】安全性損傷、腐蝕	•【鋪面】混凝土/瀝青鋪面等的劣化、損傷 •【固定樁及浮箱等鋼構材】塗裝防蝕工、陰極防蝕工	左欄以外

表 3-12 浮動碼頭-檢測標準

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
浮動碼頭	I 類	浮箱外部 (鋼製或 FRP 製)	龜裂、損傷	目視 ●破洞的有無 ●表面損傷的情況	4	☐ 破洞、變形，和其他顯著的損傷
					3	_____
					2	_____
					1	☐ 無破洞、變形
		浮箱外部 (RC 製)	混凝土的劣化、損傷	目視 ●裂紋發生的方向 ●裂紋的條數、長度和寬度 ●保護層的剝落狀況 ●鏽水發生情況 ●鋼筋的腐蝕狀況	4	☐ 幅度 3mm 以上的混凝土裂紋 ☐ 有保護層的剝落 ☐ 鏽水大範圍的產生 ☐ 裂紋貫穿，恐怕會有沉降
					3	☐ 幅度小於 3mm 的混凝土裂紋 ☐ 產生一部分鏽水
					2	☐ 有輕微的裂紋 ☐ 鏽水成點狀產生
					1	☐ 沒有變化
		浮箱外部 (RC 製)	混凝土的劣化、損傷	目視 ●裂紋發生的情況 ●鏽水發生情況	4	☐ 有裂紋 ☐ 有鏽水
					3	_____
					2	_____
					1	☐ 沒有變化
		浮箱內部	本體的龜裂、損傷	目視 ●浸水情況	4	☐ 可見由於裂紋、龜裂、損傷引起的浸水
					3	_____
					2	_____

設施	分類	巡查與檢測項目		方法	劣化度的判定標準	
					1	☐ 沒有變化
		固定樁	磨損、塗裝、腐蝕	目視 ●固定樁的狀態	4	☐ 固定樁有變形，顯著的磨損和破洞
					3	☐ 固定樁有輕微的變形，顯著的磨損
					2	_____
					1	☐ 沒有變化
		滾輪部	劣化、損傷	異常聲音的有無	4	☐ 從滾輪處發出異常聲音
					3	_____
					2	_____
					1	☐ 滾輪處無異常聲音
		聯絡橋	安全性、損傷、腐蝕	目視 ●移動的安定性 ●生鏽、有無損傷 ●塗裝	4	☐ 連絡橋不安穩，很難移動到浮箱上
					3	_____
					2	☐ 可見塗裝的剝離和生鏽
					1	☐ 未見塗裝的剝離和生鏽，連絡橋很安穩
	II 類	岸肩	混凝土或瀝青的劣化、損傷	目視 ●混凝土或瀝青的裂紋、凹凸、高度差	4	☐ 混凝土鋪面之裂紋度達 $2\text{m}/\text{m}^2$ 以上 ☐ 瀝青鋪面之的裂紋率達 30%以上 ☐ 可見對車輛的通行及人行所產生障礙的裂紋和損傷
					3	☐ 混凝土鋪面之裂紋度 $0.5\sim 2\text{m}/\text{m}^2$ ☐ 瀝青鋪面之的裂紋率達 20%到 30%
					2	☐ 可見一些裂紋
					1	☐ 沒有變化

資料來源：「港灣構造物維護管理手冊」^[3]

3.3 碼頭劣化缺失項目

本項目主要從港灣構造物維護管理系統中的經常巡查作業中，蒐集各港區碼頭經常及特別巡查設施的劣化項目，並探討各劣化項目之類型比較，以深入了解碼頭常見的劣化項目。

3.3.1 碼頭經常巡查劣化缺失項目

碼頭經常巡查項目包含碼頭法線岸肩、車擋、繫船柱、防舷材、軌道、鋪面、排水設施、棧橋面板、防颱固定裝置末端阻擋器、電纜槽、電纜出線口、電信或其他人手孔、電位測試裝置、照明及爬梯等項目。有關劣化項目，蒐集了各港(港務公司所轄港區碼頭)在 111 年 1 月~112 年 10 月的經常巡查的劣化項目。

1.碼頭法線

在碼頭法線構件 9 項目劣化巡查項目共有 190 筆，如表 3-13 所示，以混凝土剝落劣化項目較多有 91 筆，其次是冠牆龜裂、損傷 32 筆與冠牆鋼筋外露 32 筆。劣化相片如圖 3.5 所示。

表 3-13 碼頭法線構件項目劣化

No.	劣化項目	筆數
1	變位外移、下陷	11
2	冠牆龜裂、損傷	32
3	冠牆鋼筋外露	32
4	冠牆接縫錯位	3
5	混凝土剝落	91
6	岸肩下陷	9
7	棧橋面板接縫錯位	3
8	沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位	0
9	船舶撞擊痕跡	9



圖 3.5 碼頭法線構件項目劣化照片

2.車擋

在車擋構件 3 項目劣化巡查項目共有 257 筆，如表 3-14 所示，以損傷或變形劣化項目較多有 166 筆，其次是鋼筋外露 58 筆與警示塗裝剝落 33 筆。劣化相片如圖 3.6 所示。

表 3-14 車擋構件項目劣化

No.	劣化項目	筆數
1	損傷或變形	166
2	鋼筋外露	58
3	警示塗裝剝落	33



圖 3.6 車擋構件項目劣化照片

3. 繫船柱

在繫船柱構件 3 項目劣化巡查項目共有 67 筆，如表 3-15 所示，以外殼嚴重鏽蝕劣化項目較多有 51 筆，其次是破損或斷裂 10 筆與基座破損 6 筆。劣化相片如圖 3.7 所示。

表 3-15 繫船柱構件項目劣化

No.	劣化項目	筆數
1	外殼嚴重鏽蝕	51
2	破損或斷裂	10
3	基座破損	6



圖 3.7 繫船柱構件項目劣化照片

4.碼頭鋪面

在碼頭鋪面構件 11 項目劣化巡查項目共有 666 筆，如表 3-16 所示，以坑洞、下陷或破洞劣化項目較多有 214 筆，其次是破裂、龜裂 172 筆與鋪面積水及方向 99 筆。劣化相片如圖 3.8 所示。

表 3-16 碼頭鋪面構件項目劣化

No.	劣化項目	筆數
1	坑洞、下陷或破洞	214
2	破裂、龜裂	172
3	修補處破損	10
4	車轍嚴重	1
5	鋪面變形推擠	7
6	人手孔周邊損傷	14
7	管道位置沉陷或損傷	42
8	車道與路肩或側溝高度差	9
9	鋪面積水及方向	99
10	接縫破損	63
11	其他	35

 2023-05-31 09:18:00	 2023年6月16日 上午9:16:32 24.286728N 120.522225E
接縫破損	坑洞、下陷或破洞
 2023-08-10 17:07	 2023-06-05 08:52:37
接縫破損	車轍嚴重
 2023-06-16 09:10:57	
破裂、龜裂	破裂、龜裂
 2023-06-16 09:06:15	 2023-06-16 09:00:26
人手孔周邊損傷	鋪面積水

圖 3.8 碼頭鋪面構件項目劣化照片

5.防舷材

在防舷材構件 9 項目劣化巡查項目共有 513 筆，如表 3-17 所示，以面板破損或缺漏項目較多有 181 筆，其次是橡膠開裂 163 筆與橡膠與背襯鋼板剝離 43 筆。劣化相片如圖 3.9 所示。

表 3-17 防舷材構件項目劣化

No.	劣化項目	筆數
1	面板破損或缺漏	181
2	面板鋼架鏽蝕	27
3	橡膠開裂	163
4	橡膠肢體變形	16
5	橡膠與背襯鋼板剝離	43
6	鍊條斷裂缺損	35
7	螺栓鬆脫突起	13
8	螺栓脫落或斷裂	33
9	基座混凝土破損	2

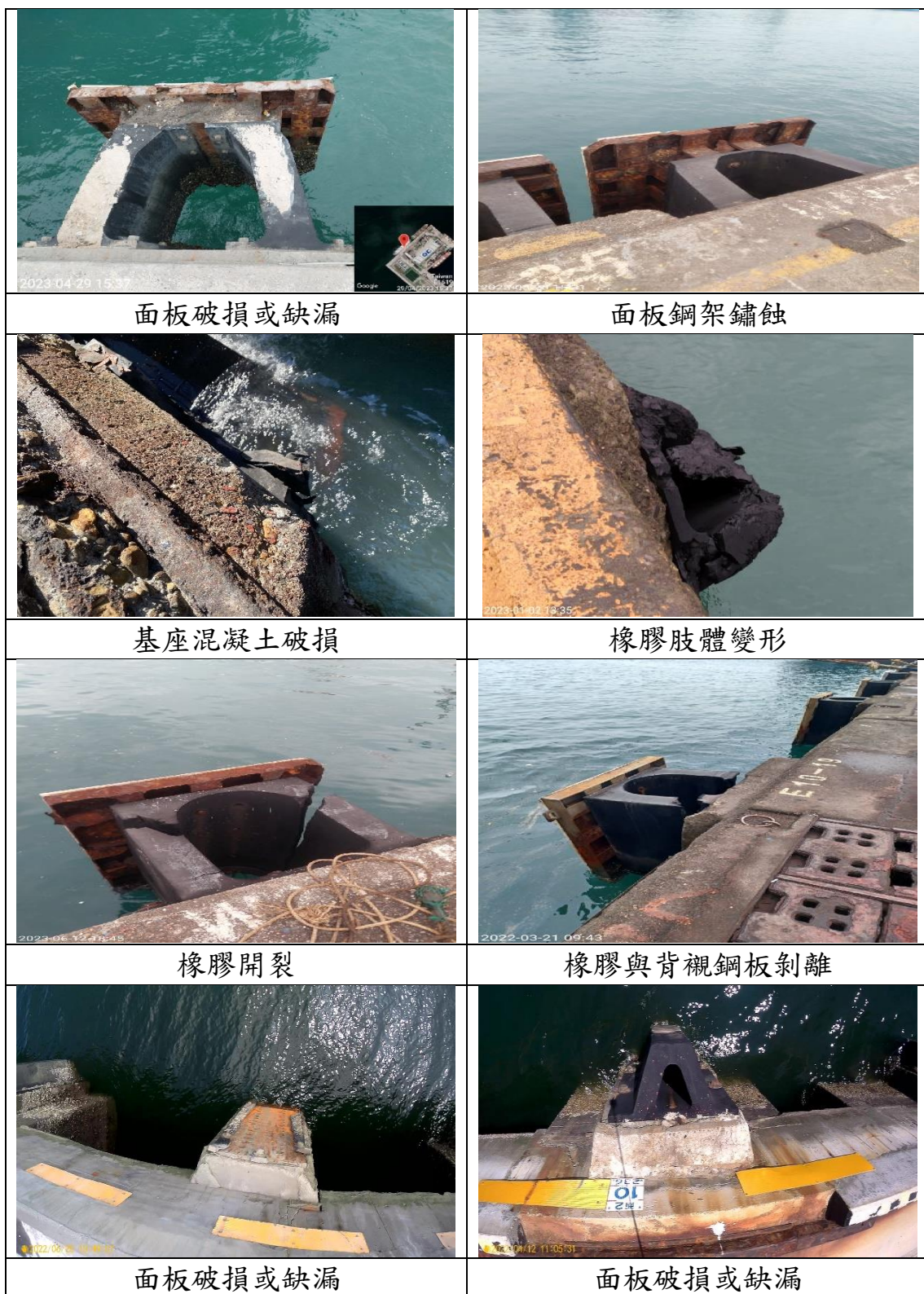


圖 3.9 防舷材構件項目劣化照片

彙整各港區(港務公司所轄港區)各型式碼頭經常巡查項目劣化筆數，如表 3-18 所示，其中以碼頭鋪面構件的劣化項目最多有 666 筆，其次是防舷材構件的劣化項目有 513 筆，車擋構件有 257 筆。而在碼頭型式部分的劣化項目：重力式碼頭所有的劣化項目以碼頭鋪面構件的劣化最多，所占比率為 38%。棧橋式碼頭所有的劣化項目以碼頭鋪面構件的劣化最多，所占比率為 35%。板樁式碼頭所有的劣化項目以防舷材構件的劣化最多，所占比率為 42%。鋼板樁複合式碼頭所有的劣化項目以防舷材構件的劣化最多，所占比率為 39%。

表 3-18 各港區碼頭經常巡查項目劣化筆數(111 年 1 月~112 年 10 月)

項目	碼頭 法線 構件	車擋 構件	繫船 柱構 件	防舷 材構 件	碼頭 鋪面 構件	加水 坑及 岸電 坑構 件	排水 設施 構件	照明 構件	電信 或其 他人 手孔 坑	合計
重力 式	107	88	28	210	399	4	95	54	60	1045
棧橋 式	11	83	20	77	160	9	80	17	0	457
板樁 式	44	43	8	164	103	9	7	14	2	394
鋼板 樁複 合式	28	43	11	62	4	0	5	4	0	157
合計	190	257	67	513	666	22	187	89	62	2053

3.3.2 碼頭特別巡查劣化缺失項目(以撞損意外事故為例)

當發生意外事故時，管理單位除有特殊原因外，將立即執行特別巡查，特別巡查主要以岸上目視為主，並填寫特別巡查表 A、B 表，選擇巡檢構建類型與劣化情形進行登錄，描述狀況與上傳照片等。

截至本年度 10 月底止，各港特別巡察屬人為意外事故資料共計 10 次，其撞損劣化項目如圖 3.10 所示，而其中又以高雄港 5 次為最高，發生意外主因以船舶碰撞為最多，損壞構件以碼頭法線與車檔發生機率最高約達 26.7%，其次則為繫船柱及防舷材均為 20%。

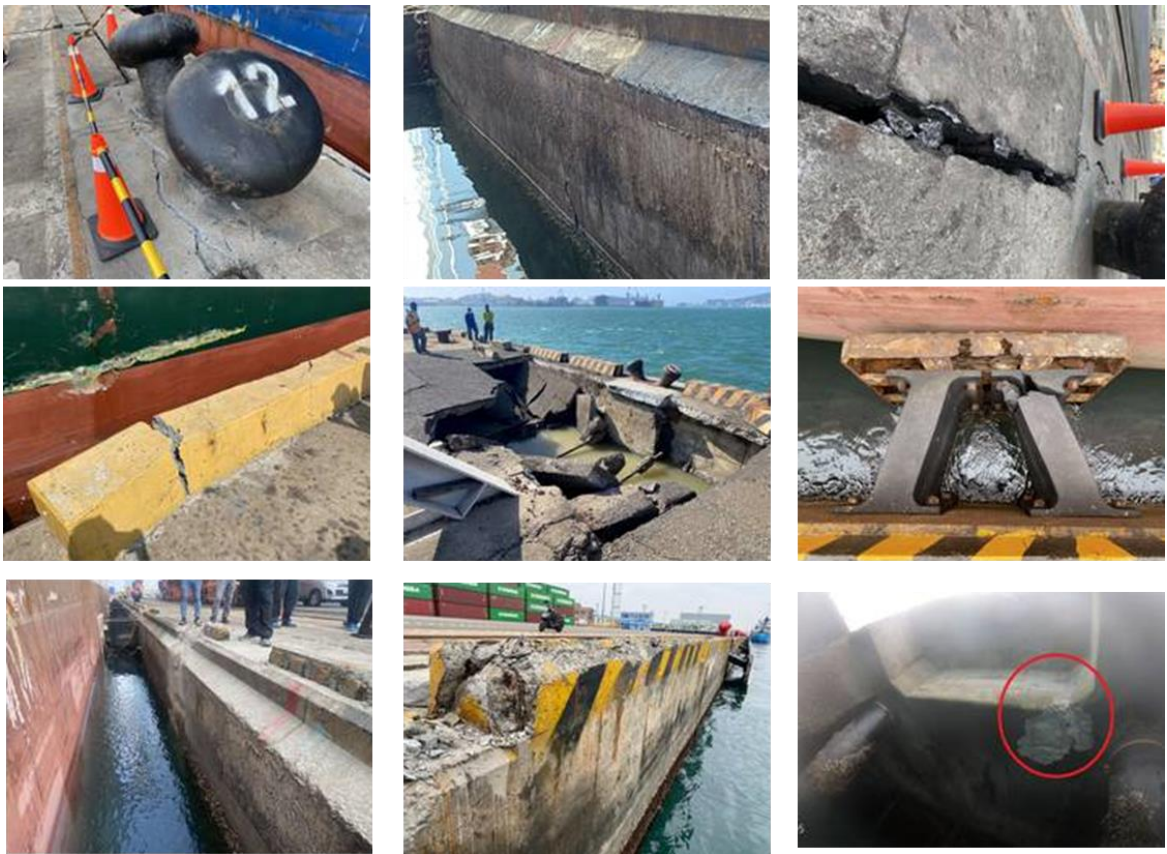


圖 3.10 碼頭撞損意外事故劣化照片

3.4 碼頭設施維護管理制度與構件劣化判定標準檢討

在 109 年臺灣港務公司核定本所研訂之「港灣構造物維護管理手冊」，提供各分公司據以辦理港灣構造物之巡查及檢測工作。因應維護管理制度的落實執行，相關之巡查檢測作業之檢討需滾動調整或修訂維護管理手冊，以符實務需求，目前以蒐集到某港的檢測資料，針對這個港區碼頭之檢測評估案例進行巡檢制度與構件劣化判定標準檢討。

港區碼頭的定期檢測主要是以目視方式對整體結構之損壞、變形或位移進行全面勘查。檢測包含海上與水下之目視，項目包括碼頭法線凹凸、錯位；岸肩的下陷坍塌、混凝土的損傷劣化；側壁損傷、鋼材的腐蝕龜裂損傷；海床的沖刷與淤積以及碼頭之附屬設施。針對檢測結果，整理出構造物之構件及整體發生怎樣的損傷、劣化等異狀及發展到甚麼程度，得出的構造物異狀，根據工程的專業判斷進行評估，作為構造物性能弱化度的指標。評估流程詳見圖 3.11。

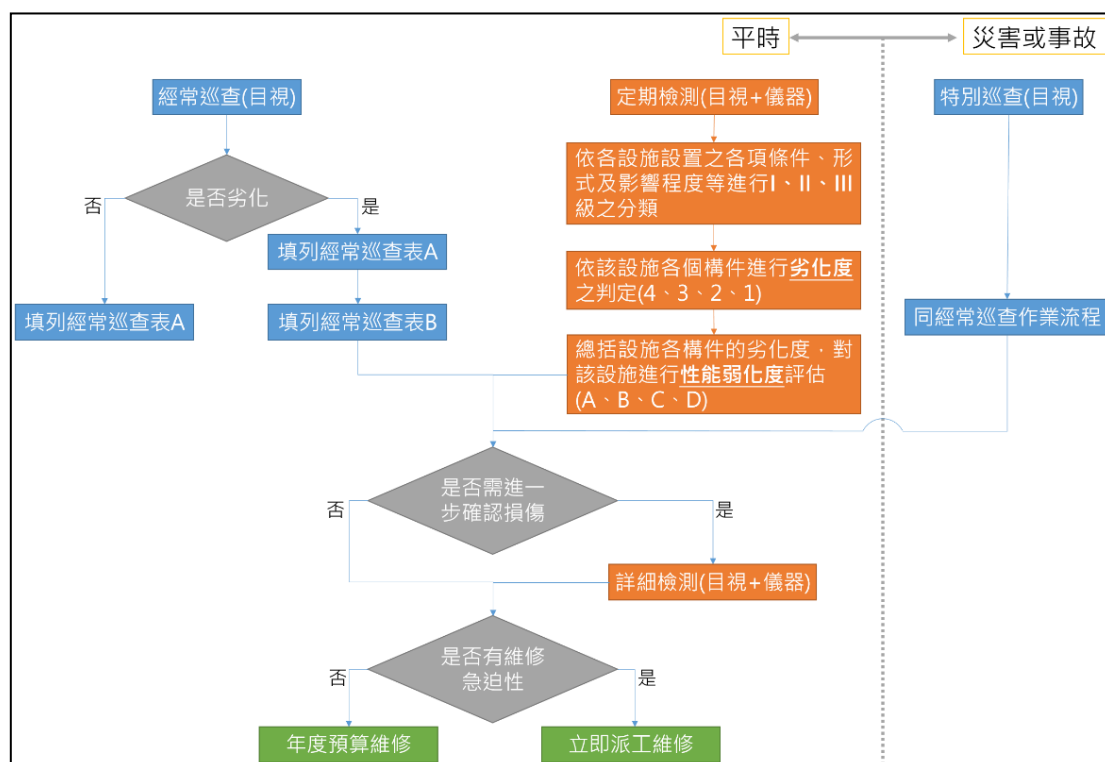


圖 3.11 巡查及檢測作業流程圖

本案例^[5]該港除依據「港灣構造物維護管理手冊」進行各型式碼頭（沉箱式、棧橋式-PC 樁、棧橋式-鋼管樁）的定期檢測，並且為了了解碼頭結構材料之劣化狀況也執行了多項試驗，包含混凝土的鑽心取樣的抗壓強度試驗反彈鎚試驗、混凝土中性化深度試驗與氯離子含量試驗、鋼管(板) 樁厚度量測、鋼管(板)樁電位檢測與鏽蝕鋼筋量測等。檢測結果根據構材劣化度判定和性能弱化度評估方法，進行碼頭構件的劣化度判定，圖 3.12 展示了碼頭上部結構底面劣化度判定的案例。同時，對碼頭構件的檢測診斷項目進行了整理，並進行了碼頭性能弱化的評估，具體詳見表 3-19 所示。



圖 3.12 上部結構底面 (劣化度判定案例)

表 3-19 碼頭性能弱化評估表

檢測診斷項目		檢測診斷項目分類	劣化度判定結果								統計				各項目性能弱化度	碼頭整體性能弱化度
			NBL	1BL	2BL	3BL	4BL	5BL	6BL	5BL	4	3	2	1		
岸壁法線	凹凸、出入	I	1	2	2	1	1	1	1	1			2	6	C	A
鋪面	下陷、沉陷	I	1	1	1	1	1	1	1	1				8	D	
鋪面	混凝土或瀝青，損傷劣化	II	2	3	1	1	2	2	1	2		1	4	3	C	
上部工 (上、側面部)	混凝土的劣化、損傷	II	1	1	3	1	1	3	2	2		2	2	4	C	
上部工 (底面)(PC)	混凝土的劣化、損傷	I	-	-	-	-	-	-	-	-					-	
上部工 (底面)(RC)	混凝土的劣化、損傷	II	4	4	4	4	4	4	4	4	8				A	
PC樁	樁身龜裂、損傷	I	4	1	1	1	1	1	1	1	1			7	C	
防撞設施	本體的損傷、破損、固定金屬零件鏽蝕	I	4	1	2	2	4	1	4	2	3		3	2	A	
繫船柱及繫船環	本體的劣化、損傷、塗裝的剝落等情況	III	2	2	2	2	2	2	2	2			8		C	
車擋	本體的損傷、塗裝剝落、腐蝕	III	1	1	1	1	1	1	1	4	1			7	C	
排水設施	排水設施的破損、格柵板的變形、腐蝕	III	-	-	-	-	-	-	-	-					-	
裝卸機械的基礎	軌道劣化	III	-	-	-	-	-	-	-	-					-	
裝卸機械的基礎	軌道基礎混凝土	III	-	-	-	-	-	-	-	-					-	

整理該港碼頭的定期檢測的現況調查、碼頭性能弱化評估及檢測試驗所遇問題，建議滾動修正相關維護管理機制。

1. 防撞設施之檢測診斷項目分類探討

表 3-19 碼頭性能弱化評估表，將防撞設施檢測診斷項目分類歸於 I 類，並且有 2 個碼頭單元構件列化度被判定為「4」，因此整體性能弱化度被評估為「A」級，表示碼頭性能有顯著弱化情況，若只因防舷材構件的劣化嚴重就把整體碼頭性能評估為顯著弱化，這種判釋是有疑慮。但經查維護管理手冊的防撞設施劣化的判定標準表的檢測診斷項目分類被誤植為 I 類，應為 II 類。其應修正為表 3-20 所示。但建議將繫船柱與防舷材修正為第 III 類，因第 III 類屬附屬設施，影響結構整體性能輕微，且於一般日常巡查即可發現缺失改善，因此建議未來第 III 類不要納入設施定期檢測之性能弱化度評估。

表 3-20 防撞設施劣化度的判定標準

設施	檢測診斷項目分類	檢測診斷項目		檢測方法	劣化度的判定標準	
附屬設施	II 類	防撞設施	本體的損傷、破損、固定金屬零件的腐蝕等情況	目視 • 橡膠部分的損傷 • 固定金屬零件的銹及損傷	4	☐ 本體(橡膠):發生缺損、永久變形。 ☐ 固定金屬零件:鬆弛,鬆脫,彎曲,
					3	☐ ————
					2	☐ 本體(橡膠):缺損、龜裂、破碎。 ☐ 固定金屬零件生鏽。
					1	☐ 沒有變化

2. 定期檢測的檢測項目探討

碼頭結構材料之劣化狀況也執行了多項試驗，包含混凝土的鑽心取樣的抗壓強度試驗反彈鎚試驗、混凝土中性化深度試驗與氯離子含量試驗、鋼管(板)樁厚度量測、鋼管(板)樁電位檢測與鏽蝕鋼筋量測等。除了鋼管(板)樁電位檢測是必要的項目，其餘項目是不列在定期檢測項目。混凝土強度檢測如鑽心取樣及氯離子檢測等屬詳細檢測部分，俟定

期檢測後對混凝土強度有疑慮時才執行詳細檢測。而鋼板(管)樁厚度檢測屬詳細檢測部分，俟定期檢測後對鋼板樁強度有疑慮時才執行詳細檢測。

3.維護管理手冊

本案例檢測的碼頭有棧橋式 PC 樁，但維護管理手冊中並未規範 PC 樁劣化判定標準。這項目會滾動修正於維護管手冊內，其 PC 樁的檢測診斷係掌握 PC 樁的裂紋、銹水等變化為準，其劣化度的判定標準請參考表 3-21。

表 3-21 PC 樁劣化度的判定標準

設施	檢測診斷項目分類	檢測診斷項目		檢測方法	劣化度的判定標準	
棧橋式碼頭	I 類	PC樁	混凝土的劣化、損傷	目視 • 裂紋發生情況 • 銹水發生情況	4	☐ 有裂紋 ☐ 有銹水
					3	☐ ————
					2	☐ ————
					1	☐ 沒有變化

第四章 新興科技應用於碼頭設施巡檢作業

由於港灣構造物建造在特殊而嚴苛的環境中，相較於陸上構造物，其檢測診斷的實施面臨著眾多困難。特別是在水下與海床的情況下，由於人員難以接近，因此現場操作人員迫切要求開發更為有效且能夠安全實施的檢測方法。

此技術的開發面臨著兩大挑戰：首先，必須在不受海氣象影響的情況下進行開發；其次，必須能夠獲取客觀且可量化的檢測診斷資料。因此，現地巡檢應用程式資訊系統、感測器技術、傳感技術，以及機器人等硬體技術的發展，成為實現此目標的關鍵要素。

4.1 港灣設施巡查行動應用程式^[6]

開發港灣設施現地巡查 APP 版程式，利用行動裝置的優勢，可以迅速地記錄巡查港灣設施的劣化缺失，同時以利用 GPS 的功能記錄每一筆缺失的座標，並可立即於地圖上顯示構件劣化異常的位置與記錄，可減少人工巡查紙本的紀錄，提高數據記錄的準確性。並且開發的行動應用程式結合地震監測速報系統，透過巡查 APP 來推播通知巡查人員，執行後續的特別巡查作業。以下就以開發港灣設施巡查行動應用程式的新興科技技術應用於巡查檢測的作業的介紹。

1.行動應用程式 APP 模組

行動應用程式 APP 支援雙平台(Android、iOS)，目前共計有：經常巡查模組、靠離岸巡查模組、資料上傳模組、資料審核模組、帳號資料模組、資料同步模組，其架構圖如圖 4.1。

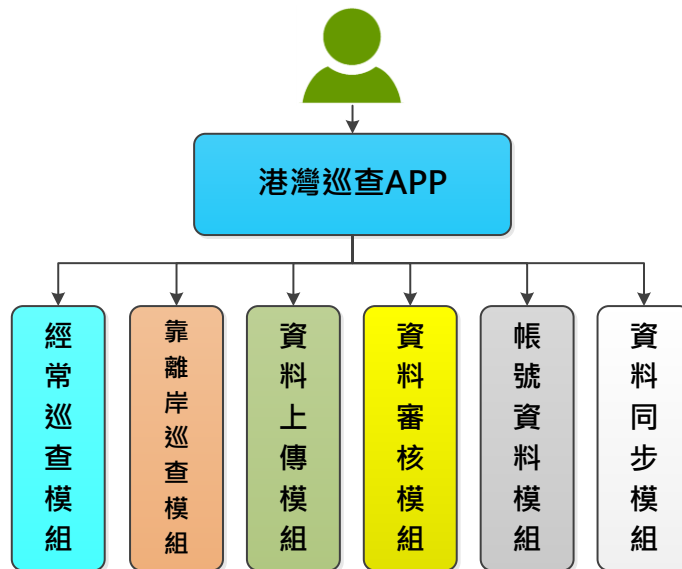


圖 4.1 APP 功能模組架構圖

2.行動應用程式基本功能

(1)支援雙平台

支援 iOS 平台，版本 iOS 11 以上；支援 Android 平台，版本 5.0.1 以上。平台介面如圖 4.2 所示。



圖 4.2 APP 平台介面

(2)APP 登入主頁面功能選單

登入 APP 的主頁面，可看到功能選單，進行現地檢測時先選擇檢測的碼頭，再來依檢測的類型點擊相關功能。



圖 4.3 登入主頁面功能選單

(3)APP 經常巡查的現地巡查作業

使用者利用手機、平板等進行現地巡查作業，利用行動裝置的優勢，可以極大地提高巡查效率並改進數據管理。現地巡查 APP 的功能如下：

(a)即時數據紀錄：

透過應用程式，巡查人員可以即時記錄港灣設施的劣化缺失。這消除了傳統巡查方式中使用紙本記錄的需求，使數據紀錄更加即時、確實，同時也減少了後續整理和輸入的工作。

(b)GPS 定位功能：

行動裝置內建的 GPS 功能可用於準確記錄每一筆巡查的座標。這

使得每一處構件劣化異常都能夠被確切地標記在地圖上，為後續處理提供了明確的位置參考。

(c)地圖即時顯示：

巡查應用程式可即時將劣化異常的位置顯示在地圖上，使得管理人員能夠一目瞭然地查看整個港灣設施的狀態。這提供了更直觀的數據視覺化，有助於快速識別重點區域和進行優先處理。

(d)圖像附件：

應用程式可以允許巡查人員拍攝照片或錄製視頻，附加到每一筆巡查記錄中。這提供了更豐富的信息，有助於詳細描述劣化缺失的情況，同時可作為後續維修和保養的參考。

(e)數據分析和報告：

巡查數據可以被整合和分析，生成報告以供管理人員參考。這有助於發現潛在的問題趨勢，並制定長期的維護策略。

(f)離線模式：

考慮到有些港區地區可能存在網絡連接不穩定的情況，應用程式可以支援離線模式，讓巡查人員在無網絡的情況下仍能夠進行巡查記錄，待網絡連接恢復時再進行數據同步。

現地巡查作業的流程，首先填寫巡查基本資料與勾選巡查構件項目，然後再填寫產出的巡查表 A，若有發現劣化，則添加劣化紀錄，並拍照劣化項目，若確定皆編輯完畢即可點選上傳資料完成巡查，流程順序如圖 4.4 所示。



圖 4.4 APP 經常巡查現地巡查作業流程

3.船舶靠離岸巡查功能

透過船舶靠離岸現地巡查 APP，能夠實時記錄船舶靠泊碼頭前後的碼頭結構、設施和設備的狀態，以建立詳盡的巡查報告，作為後續責任的釐清依據。其巡查功能紀錄如圖 4.5 所示。



圖 4.5 離靠岸巡查紀錄

4.地震與颱風後之特別巡查

本系統 APP 結合本中心開發的地震速報系統，當地震事件發生大於四級以上時，系統會自動推播已安裝 APP 的相關巡查人員，請盡速執行特別巡查作業，並執行特別巡查的表單的填報，推播訊息如圖 4.6 所示。



圖 4.6 特別巡查 APP 推播訊息

4.2 水下無人載具檢測技術

由於大部分港灣構造物檢測的目標設施位在水中或地下，在陸地上很難目視檢查，因此需要積極採用新技術，以有效進行巡檢診斷。

水下無人載具（Unmanned Underwater Vehicles, UUV）可分為自主水下載具（Autonomous Underwater Vehicles, AUV）與水下遙控載具（Remotely Operated Vehicle, ROV）。ROV 一般翻譯為遠距遙控操作無人機，機體與遙控器以電纜連接來進行遙控操縱的無人機，通常是指用於水中，所以又稱為水中遙控載具。所取得的資料能即時確認，機體本

身遺失的可能性很低。ROV 可擴充性高並具備酬載能力，除原攝影機外可加裝聲納、輔助調查用感測器或簡易機械手臂等，並具有較大的推進能力可於一定流速下的水下環境工作。AUV 一般稱為自主式無人機或自主式水下載具。為可在水中活動的機器人，機體能自主航行、自主控制的無人機。可作高速廣範圍的觀測。機體遺失的可能性比 ROV 還高，價格也比 ROV 還高。

「ROV」與「AUV」此兩者均為無人水下載具，最大的不同為有無電纜。ROV 為經由電纜來遙控操縱的機體，AUV 則不具電纜而是以自主航行與自主控制來運作的機體。目前業界在港灣構造物檢測作業中，使用較多的水下載具為 ROV。以下就現有的水下無人載具巡查應用案例說明。

1.用於碼頭棧橋上部結構巡檢的遙控無人載具^[7]

在日本港灣機場技術研究所中，正在開發一種稱為 ROV（遠端操作載具）型檢測裝置，通過陸地上的操作員進行遠端操作，拍攝了碼頭上部結構下方的情況。同時，還在開發一種巡檢診斷支援軟體，透過從拍攝圖像生成的 3D 資料，高效地進行分析異常、劣化判斷以及產生巡檢報告。

巡檢用 ROV 的外觀見圖 4.7，主要規格見表 4-1。巡檢用 ROV 在 ROV 平臺部的上表面上配備了碼頭上部工拍攝裝置，並在側面裝備了額外的浮體，使得以半沒入水，從而確保減少對於波浪等引起的干擾。拍攝裝置部分是一個防水設計的相機系統，包含了與拍攝設備相關的傳感器、控制裝置等。拍攝部分包括一台數位相機和一台用於操作輔助的 GigE 鏡頭，均向上安裝。此外，還配備了拍攝用的 LED 照明以及用於測量與拍攝目標距離的雷射測距儀等設備。所有這些裝置通過陸地上的操作員個人電腦通過 LAN 連接到控制用 PC 上，以進行遠程遙控操作。



圖 4.7 棧橋底板巡檢用 ROV^[7]

表 4-1 棧橋上部結構巡檢用 ROV 主要規格

項目	規格
相機	巡檢用 數位單鏡反光相機（焦距 14mm） ×1 GigE 鏡頭※（焦距 3.5mm） ×1 操作用 GigE 鏡頭※ ×3（空中-前後、水中-前）
推進器	水準方向推進器×4（菱形配置），垂直方向推進器×2
性能	最大前進速度 約 1.5 節
感應器	雷射測距計×1、雷射標記器×1、LRF×2、方位陀螺儀×1、GPS 方位計×1
其他功能	方位保持、深度保持、自動避免碰撞功能
尺寸與重量	長 1200×寬 800×高 925(825)mm，約 100kg

巡檢用 ROV 的最大特點是，在碼頭下無法利用 GPS 等衛星定位技術的情況下，通過預先提供的鋼管樁配置資訊以及安裝在拍攝裝置上的 LRD（雷射測距儀）與檢測用 ROV 之間的相對位置逐步比較，從而可以推測出自身的位置。透過這種方式，可以獲取帶有位置資訊的拍攝圖像，並且增加了未拍攝防止功能（軌跡顯示），以及避免與鋼管樁和漂浮物等碰撞的功能。

以巡檢用 ROV 進行拍攝，然後透過巡檢診斷支援軟體生成報告的流程如圖 4.8 所示。

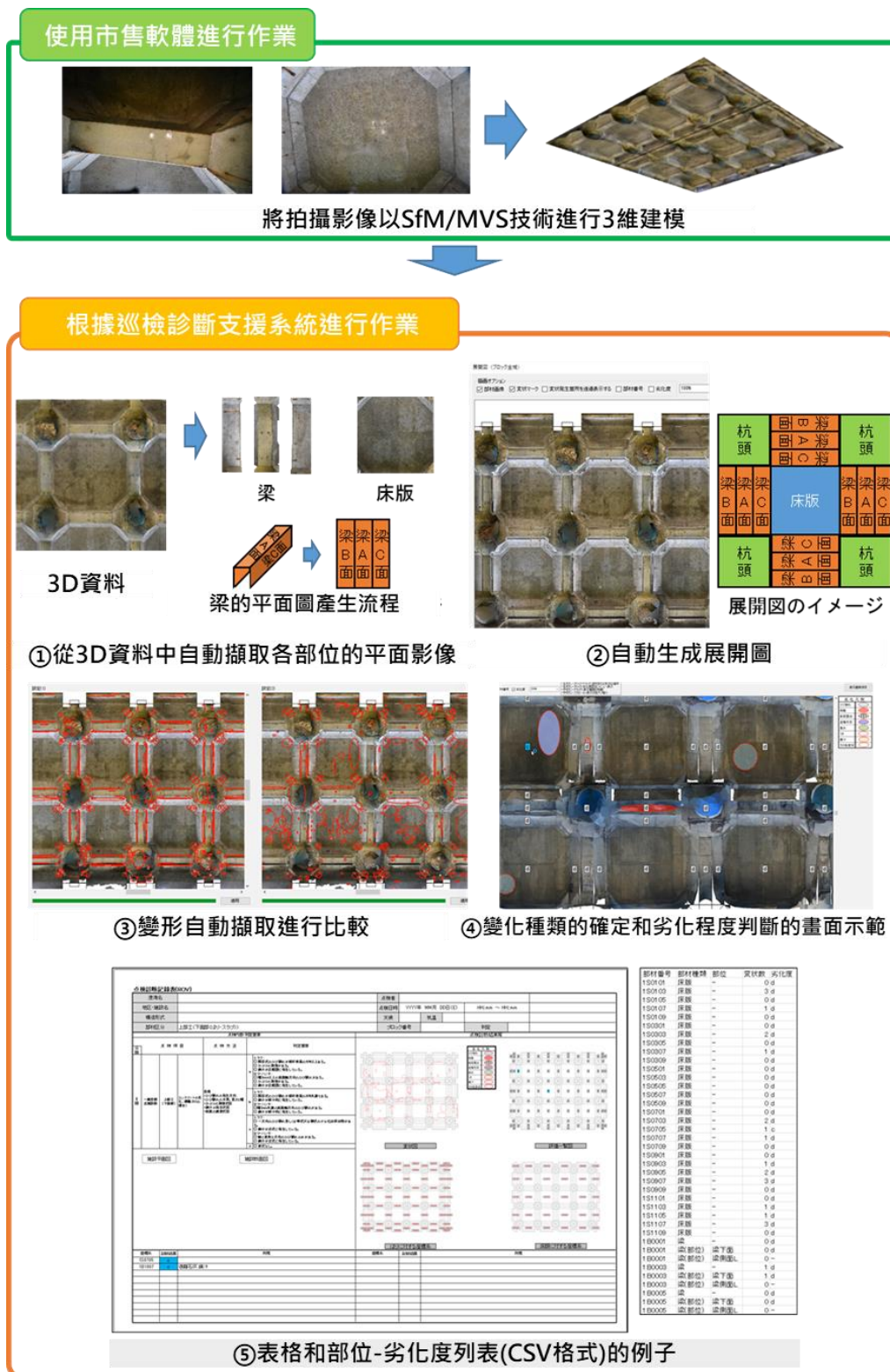


圖 4.8 由拍攝到巡檢診斷支援軟體生成報表整體流程^[7]

巡檢診斷支援軟體使用巡檢用 ROV 和攝影機等的拍攝圖像，以及由 SfM 軟體生成的紋理圖像、三維點雲數據和三維網格，以及設施資訊（塊數、各部件的尺寸和形狀、鋼管樁位置等）作為輸入資訊。程式啟動後，這些數據將自動加載，並由軟體用戶手動對齊 SfM 生成的數據與各部件的位置和形狀（按塊單位）（圖 4.8 ①）。然後，上部工的各部件的展開圖將自動生成（圖 4.8 ②）。

本軟體根據上部工可能發生的變狀，如鋼筋暴露、裂縫、剝離等，通過各部材展開圖的紋理圖像色相變化，具有自動抽取可能出現這些變狀的區域的功能。

在自動擷取變狀時，可以設定四種檢測參數，將每個檢測結果進行比較，從中選擇最適合的檢測參數進行變狀擷取（圖 4.8 ③）。變狀的位置和類型由軟體使用者決定，並根據變狀的情況輸入劣化度 1~4（圖 4.8 ④）。決定的變狀資訊和劣化度將在展開圖中表示，並與每個部材的劣化度列表一起輸出為報告（圖 4.8 ⑤）。

使用巡檢診斷支援軟體進行變狀展開圖的創建、劣化度判斷以及報告生成，不僅使原本由巡檢人員手工進行的工作變得輕鬆，而且已經確認可以減少與劣化度判斷和記錄相關的工作負擔）。

2.使用水下無人機(ROV) 檢查碼頭構造物^[8]

日本國土交通省港灣局於 2022 年 4 月所發布的『港灣設施新檢測技術型錄』，此型錄為各開發商所作的說明，亦即開發商依據國土交通省所公佈的維護管理指針，提出作為檢測技術的規格與性能有關的項目，以及在該項目下的性能，由國土交通省加以彙整而成的。以下就利用水中無人機的海洋構造物的檢測進行範例說明。

ROV 檢測的構造物設施為重力式碼頭與板樁式碼頭，在 ROV 附掛聲波測深機，檢測鋼板樁的腐蝕的同時也量測海床水深，以早期發現板樁式構造物等的漏砂。ROV 適用的現場條件為(1)周邊條件:海水不能汙濁(海水汙濁會影響檢測精度)(2)作業範圍:視線良好的狀態下可達

100m左右。(3)安全面的考量:為避免電纜纏繞,配置助理人員。(4)氣海象條件:波高 1.0m 以下,流速 1.0m/s 以下。作業示意圖如圖 4.9 所示,其進行的檢測項目為鋼板樁的劣化調查(圖 4.10),棧橋式鋼管樁的陽極塊調查(圖 4.11),ROV 外掛聲波測深機同時檢測鋼板樁的腐蝕與漏砂所造成海底地盤的水深變化,與過去的技术相比,可早期發現漏砂,如圖 4.12 所示。

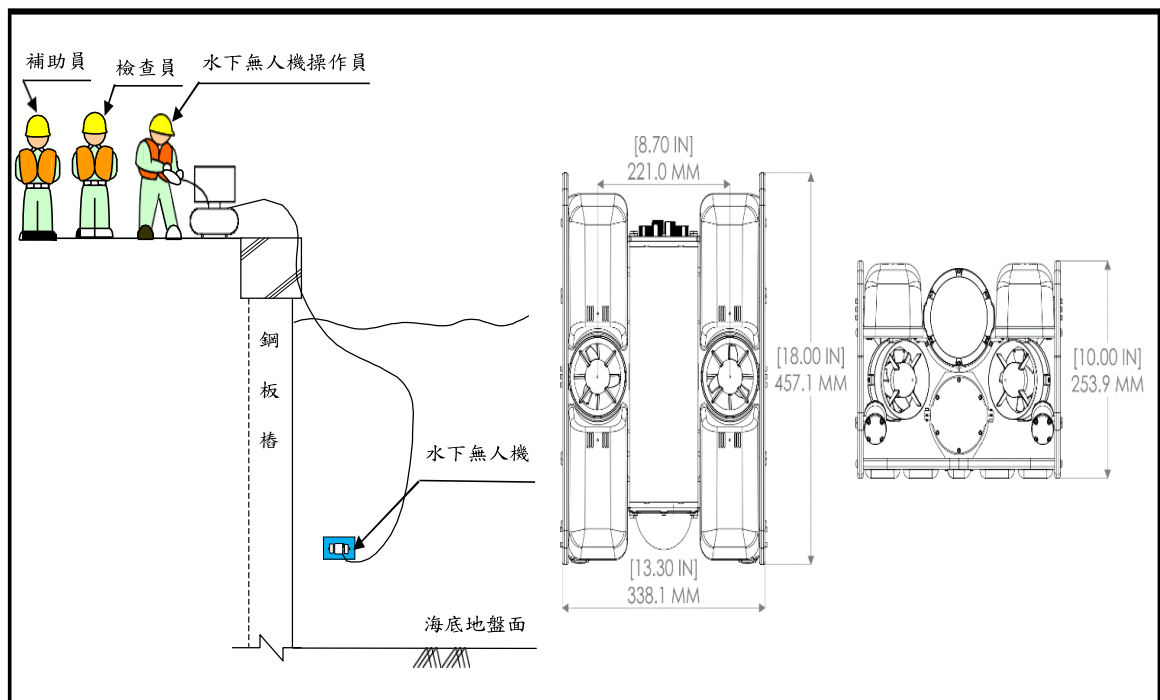


圖 4.9 ROV 檢測作業示意圖^[8]



圖 4.10 鋼板樁腐蝕調查^[8]



圖 4.11 棧橋鋼管樁陽極塊調查^[8]

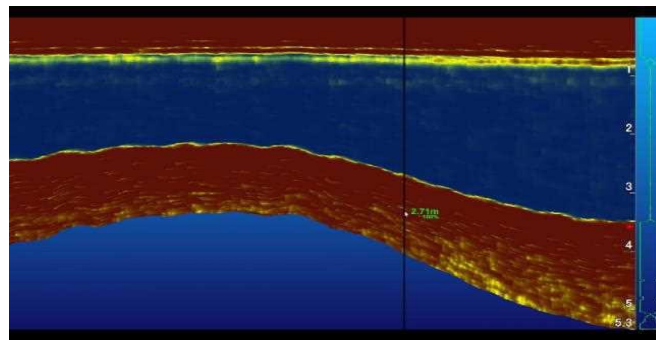


圖 4.12 海底地盤水深變化^[8]

3.港務公司 ROV 進行水下碼頭壁體檢測^[9]

另外港務公司於 108 年度執行「碼頭水下無人載具檢測工作委託技術服務」，擇定 3 座碼頭(2 座重力式、1 座鋼板樁式)進行 ROV 碼頭壁體之巡檢測試。主要工作是在水面下使用水下遙控載具，針對碼頭構造物進行水下壁體與海床檢測工作。ROV 檢測作業路徑如圖 4.13 所示，檢測成果如圖 4.14~4.16。初步水下拍攝成果尚符合巡檢需求。建議可利用 ROV 攜帶聲納系統輔助水中廣角攝影機，協助操作人員進行碼頭檢測作業，有效降低水中能見度不佳造成的影響。

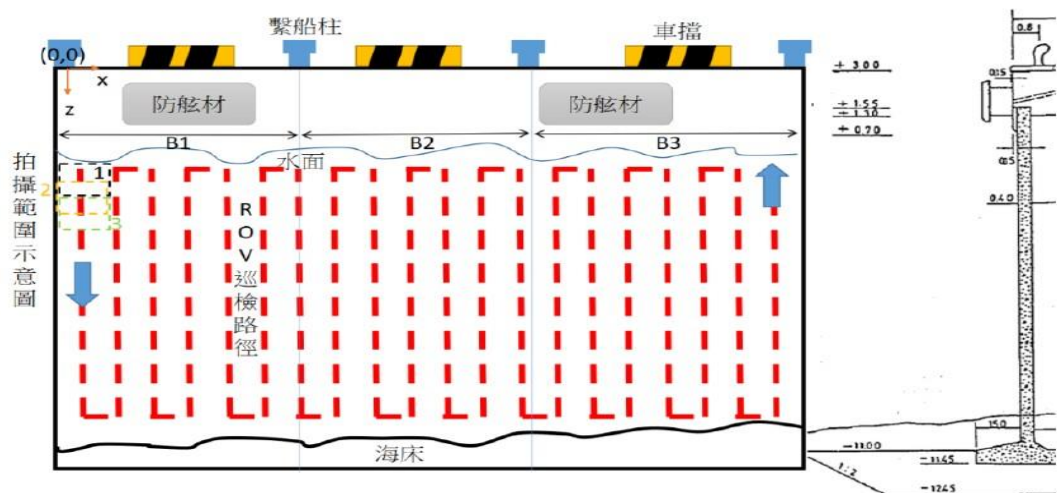


圖 4.13 ROV 巡檢路徑^[9]



圖 4.14 碼頭壁體檢測成果^[9]

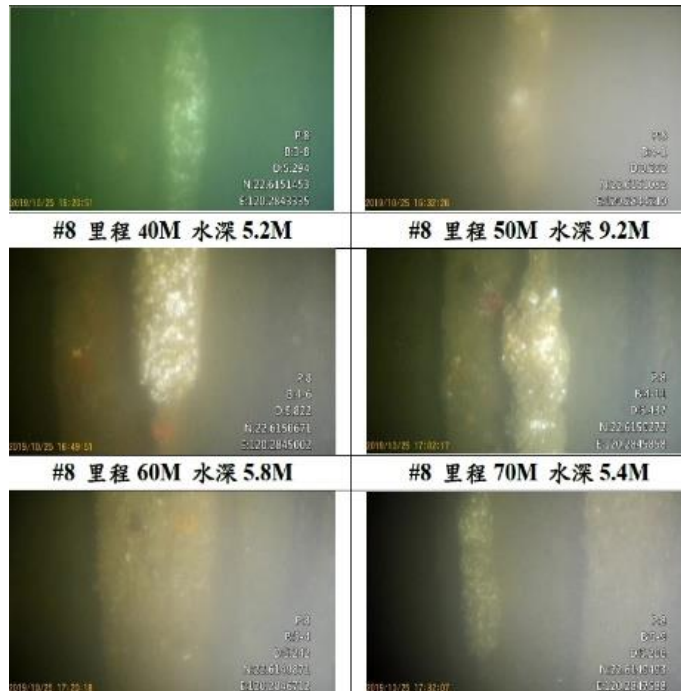


圖 4.15 陽極塊調查檢測成果^[9]

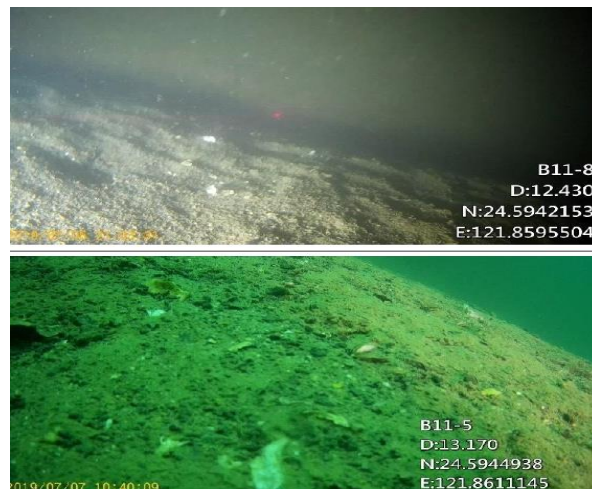


圖 4.16 海床檢測成果^[9]

4.使用水下無人機進行陽極塊消耗調查^[10]

水下無人機可以在裝載量的範圍內裝載各種調查機器。在本案例就是利用水下無人機附掛電流測量夾，進行陽極塊消耗量的調查。為了調查陽極塊消耗量，對使用的水下無人機進行了改良，在水下無人機的機身前下部搭載電流量測定用夾子，另外，為了視覺辨認陽極塊，將位

置確認用攝像機安裝在機體攝像機下方，此外，為了即使在作業環境中產生濁度的情況下也能準確識別陽極，將聲納安裝在機體上部，整體水下機器附掛如圖 4.17 所示，量測陽極塊電流情形如圖 4.18 所示。



圖 4.17 附掛水下無人機^[10]

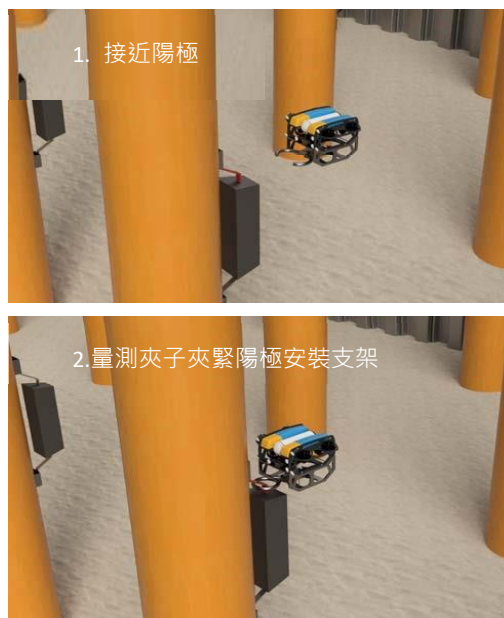


圖 4.18 量測陽極塊電流^[10]

4.3 水下 3D 掃描掌握水下結構形狀的系統^[8]

海底的淘刷、淤積，以及水中的設施檢測，目前大都由潛水夫以目視來進行，為減輕此負擔而導入水中 3D 掃描技術。由水中的機器往目標物照射音束以取得 3 維座標資料，因此可在廣闊範圍簡單快速掌握海中構造物的形狀與位置。不受海水汙濁的影響，也是水中 3D 掃描的優點。另外，也期待能作為地震等的災害後，迅速判斷設施是否健全的工具。

水下 3D 掃描儀（以下簡稱 3DSC）是一種聲波設備，用於以高精度和高密度的點雲數據測量水下結構和水底形狀。通常情況下，它在水底靜置狀態下進行測量。將其與動搖感應器結合，安裝在調查船上，實現了在航行過程中進行測量的技術。通過這項技術，能夠在船舶航行時高精度地把握水下基礎設施的形狀，從而極大地提高了安全性、效率和經濟性。由於 3DSC 體積輕小，只需 3 名調查員、一輛貨車和一艘作業船即可運營（無需重型設備），並且可以在混濁的水中以及流速達 2 米/秒的情況下進行操作，這是潛水員難以應對的情況。由於其目標是 10 釐米以上的變形，因此它能夠高效測量覆面塊的翻起、方塊的散亂、接縫的打開、陽極塊的磨耗或缺損，以及板樁的開孔能很有效率來量測。其作業示意圖如 4.19 所示。

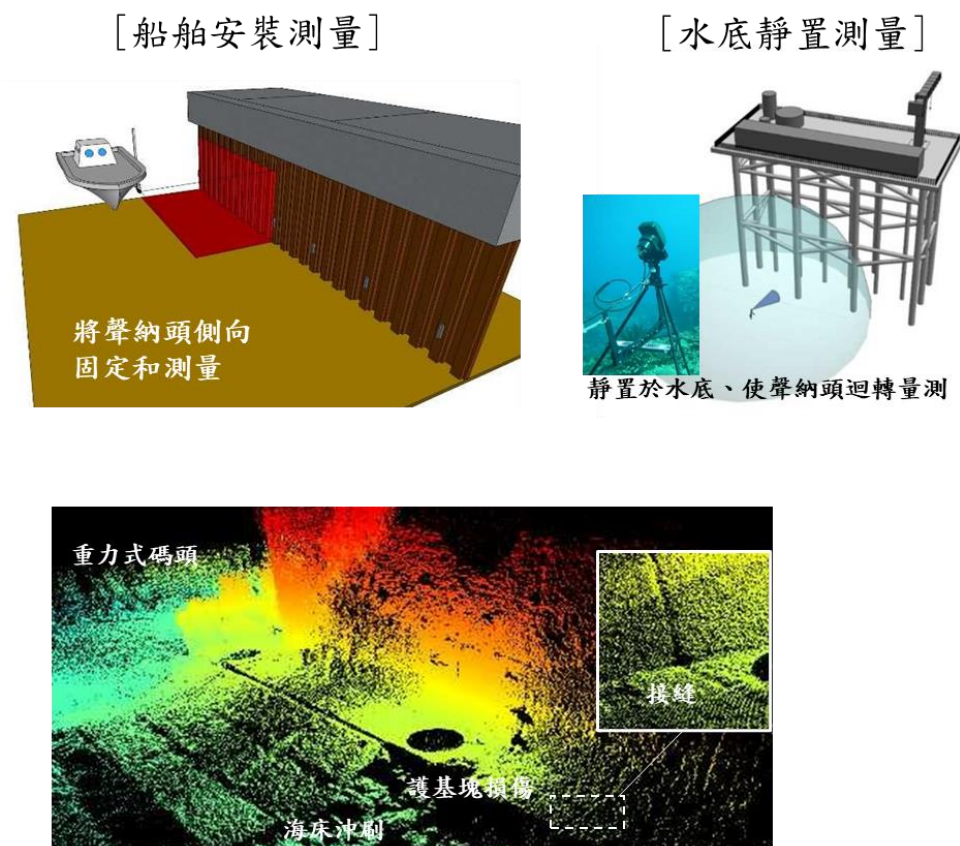


圖 4.19 3D 掃描作業示意圖^[8]

4.4 用於棧橋碼頭上部結構巡檢的無線區網(LAN)遙控船^[8]

這是一項在不需要專業技術人員進入碼頭下部的情況下，有效地進行調查的技術。該技術將配備具有船舶動態抑制裝置的相機的船隻，可以減少波浪的影響，並且可以高效地拍攝大量結構物的影像。此外，利用拍攝的影像，可以將整個碼頭底部建立為 3D 模型，並在 3D 模型內顯示裂縫、剝落等劣化區域，同時進行自動且客觀的劣化程度判定。此外，該系統還可以通過 3D 模型（BIM/CIM）來管理這些檢查資訊，通過 3D 模型（BIM/CIM）可以確認碼頭的劣化狀況，並且可以將檢查結果集中管理，從而可以了解結構物的隨時間變化情形。

傳統的棧橋碼頭巡檢調查，通常需要約三名調查人員乘坐小型船進行，而受到潮汐影響，調查時間受限。他們在船上觀察並拍攝照片，

繪製簡圖，以瞭解劣化狀況。劣化程度的診斷通常由專業技術人員根據照片和簡圖進行判斷。

無線式 LAN 小船全長 2.2 公尺，能夠進行遠程無線遙控操船和攝影機操作，其作業示意圖如圖 4.20 所示。攝影機配備高性能的雲台（穩定裝置），能夠抑制波浪引起的攝影機晃動，進行穩定的影像擷取。透過拍攝的圖像，利用 SfM/MVS (Structure from Motion/ Multi-View Stereo 運動/多視角立體成像) 技術，可以建立三維模型。使用專用軟體，根據裂縫密度、剝落面積、鋼筋暴露面積比等判斷標準，自動判斷劣化程度。而且進一步，可以生成包含 3D 模型、裂縫等示意的 CAD 圖以及部分元件的劣化程度資訊的 CIM 模型。這些模型可以作為維護管理數據資料儲存。劣化診斷作業流程圖如圖 4.21 所示。

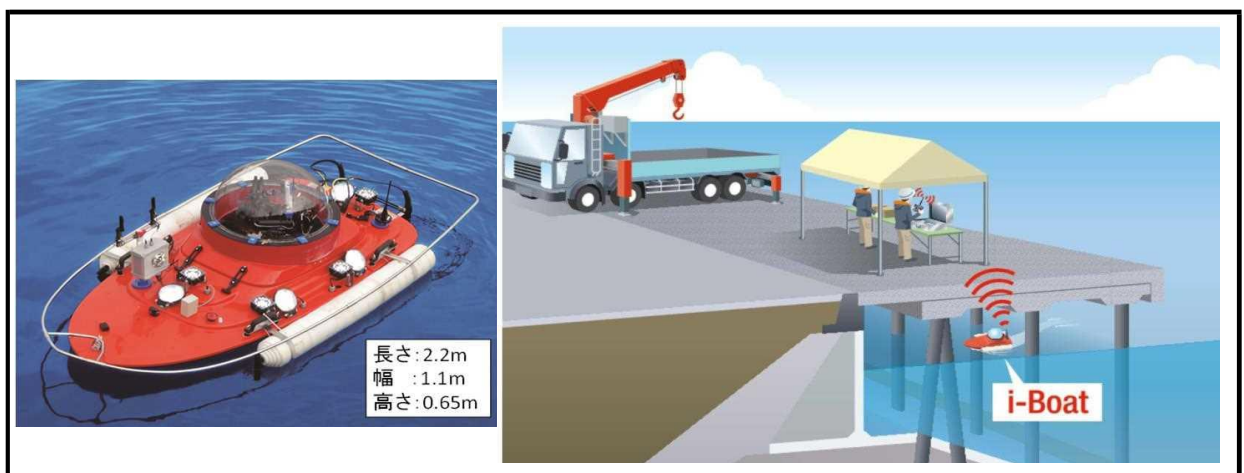


圖 4.20 無線式 LAN 船作業示意圖^[8]

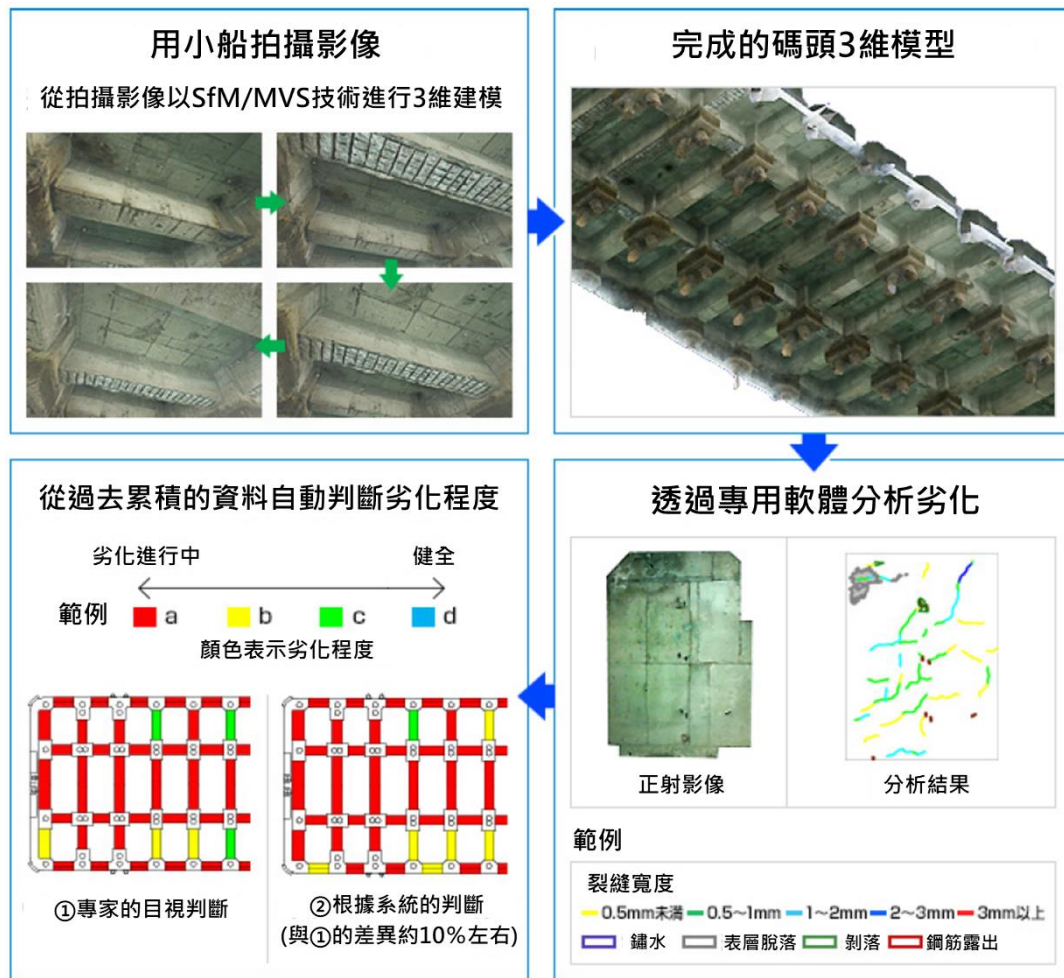


圖 4.21 劣化診斷作業流程圖^[8]

系統的特點如下：

1. 在不需要調查員進入碼頭下方的情況下，甚至在狹窄的地方，也能夠安全地進行客觀的調查和診斷。
2. 比起人工調查，調查速度能夠提高 2.5 倍。
3. 可以進入狹窄的區域，並且不容易受到潮汐的影響。
4. 透過圖像的三維建模，能夠準確地定位劣化位置，並通過定期的調查，容易比較劣化的隨時間變化情況。
5. 利用專用的劣化判斷軟體，能夠自動地判斷劣化程度，實現客觀的診斷。

4.5 透地雷達檢測技術

透地雷達法 (Ground-penetrating Radar Method) 簡稱 GPR。主要原理是藉著發射雷達波 (Radar Wave) 訊號，並利用雷達波遇到地層介面因上下地層之介電常數差異而產生反射波，分析反射波來回所需要的時間、波型、振幅等資料，來判別反射體的性質與位置。可以研判地下構造、層面、地下異常物分佈狀況。所發射的雷達波屬於一種高頻的電磁波，其頻率通常介於 10 MHz~1500 MHz，當所使用雷達波的頻率越高，波長越短，解析度相對提高但探測深度則較淺；反之當使用的雷達波頻率越低，波長越長，則探測深度愈深，但解析度稍差。基本上，GPR 之探測深度為其最大限制，而且容易受到地下水位及厚層鋪面（如鋼筋網）之干擾。依照國內環境探測經驗，低頻（12.5~50 MHz）約可探測至地下 10 公尺；中頻（100~400 MHz）約可探測至地下 1~5 公尺；高頻（1,200~1,600 MHz）可探測地下 0.1~1 公尺內。以下就是有關透地雷達應用於碼頭設施檢測案例說明。

1. 使用特殊透地雷達碼頭岸肩空洞探查系統^[8]

日本國土交通省港灣局發布的「港灣設施的新的檢測技術型錄」中，有關透地雷達的新科技技術說明，過去岸肩的空洞調查為單頻道而且是以手推的推車型透地雷達探查系統來進行，本技術在維持過去的探查可能深度的同時，以車輛來提升探查速度的多頻透地雷達探查設備，並使用提高鋼筋混凝土岸肩的空洞探查精度的多頻道透地雷達探查設備（對應鋼筋型），來探測碼頭岸肩空洞的系統。

本技術透地雷達適用現場條件為：(1)在以下的條件下無法探查：鋪設鐵板及積水的地方、明顯不平整之地、地下水位以下。(2)作業範圍：車輛能進入的場所。(3)氣海象條件：雨天時不能調查，雨天後積水的場所也不能調查。(4)鋪面條件：路基不能含礦渣，對應鋼筋型為鋪面厚度 0.4m 左右以下，鋼筋間隔 0.15m 以上，其檢測作業概況如圖 4.22 所示。

〔外業〕 車輛類型



設備準備



探勘

對應鋼筋型



測繪測線設置

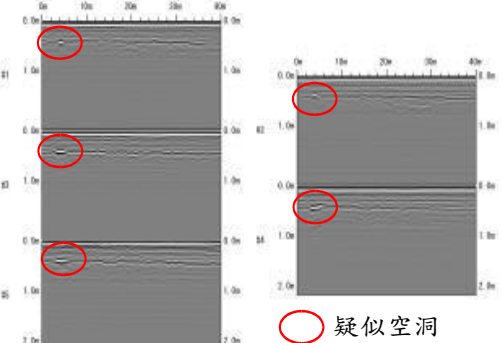


探勘



〔外業〕 車輛類型與對應鋼筋型常見工作

1. 創建勘探圖像 (2D 橫截面)



2. 探索圖像的創建 (三維分層)



3. 疑似空洞位置等素材製作

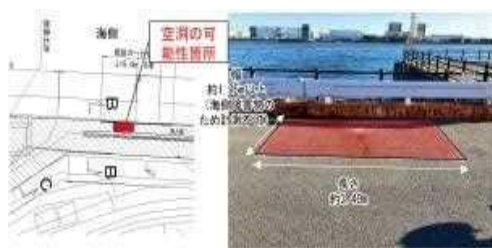


圖 4.22 透地雷達檢測作業概況^[8]

第五章 結論與建議

港灣構造物長時間暴露於惡劣的海洋環境中，其材料可能因此劣化而降低性能，構件也可能因損壞而影響其使用年限。因此，對於這些港灣設施，及時進行巡查檢測和維護管理等作業是甚為重要的。目前港務單位巡檢工作多以人工目視為主，透過巡檢人員日常巡查作業與配合儀器定期檢測，囿於有限人力及預算，許多設施發生問題無法及時發現與處理。本計畫主要探討新興科技應用於碼頭設施之巡查檢測工作，與研析目前的維護管理制度與碼頭巡查檢測項目與劣化判定標準，精進港灣構造物之巡查與檢測作業，以更有效率且資訊化方式，協助維護管理人員落實維護管理制度與提升維護管理效率。

5.1 結論

1. 碼頭設施的定期檢測主要是以目視進行全面的陸上與水下構件的檢查，而定檢項目如有混凝土的鑽心試驗、鋼板(管)樁厚度檢測的部分，則可在定檢發現缺失疑慮後，依需求配合儀器進行詳細檢測。
2. 新興科技港灣設施現地巡查 APP 版程式，利用行動裝置的優勢，可以迅速地記錄巡查港灣設施的劣化缺失，同時以利用 GPS 的功能記錄每一筆缺失的座標，並可立即於地圖上顯示構件劣化異常的位置與紀錄，可減少人工巡查紙本的紀錄，提高數據記錄的準確性。並且開發的行動應用程式結合地震監測速報系統，透過巡查 APP 來推播通知巡查人員，執行後續的特別巡查作業。
3. 運用水下無人載具 ROV 檢測技術，可以在水下進行碼頭棧橋上部結構的巡檢診斷、重力式碼頭與板樁式碼頭的水下壁體與鋼板樁腐蝕檢測與海床檢測工作。相對於傳統的潛水作業，ROV 碼頭檢測因為它減少了對潛水員的需求，並提高了檢測的效率。

4. 在新興科技的應用，碼頭的經常巡查可用港灣設施巡查行動應用程式 APP 進行現地巡查作業，而碼頭的定期檢測則可利用水下遙控載具 ROV 技術、水下 3D 掃描掌握水下結構形狀的系統、多音束測深儀與透地雷達檢測技術，進行碼頭結構、水域底部和相關基礎設施的檢測。

5.2 建議

1. 為落實港灣構造物維護管理制度，需滾動調整或修訂維護管理手冊，俾以符合實務需求。
2. 現代科技技術及工法日新月異，應用新興科技輔助港灣設施各項巡查及檢測作業，已然成為趨勢，建議應持續參採國內外新興科技應用案例，盤點可具體施行之標的，並於評估可行性後，進行場域試辦試行。

5.3 研究成果之效益

本計畫研究成果與效益有：

1. 提供港務單位運用新興科技在碼頭巡檢的應用，並精進巡查檢測作業之案例與建議，藉以提升港灣構造物維護管理成效。
2. 提供港務單位港灣設施現地巡查行動應用程式 APP 進行碼頭現地巡檢作業，有效提高巡查效率。

5.4 提供政府單位應用情形

本計畫研究成果除可提供港務管理單位辦理碼頭設施維護管理參考應用外，研究過程採用或建議之相關檢測方法與成果，亦可提供國內港務單位、工程顧問公司等參用，另可做為本所後續相關研究之重要參據。

參考文獻

1. 邱永芳、蔡瑤堂，「港灣設施巡檢診斷指南與實施要領彙編」，臺灣海洋工程學會，2018。
2. 邱永芳、蔡瑤堂，「港灣設施維護管理計畫制定範例彙編」，臺灣海洋工程學會，2018。
3. 交通部運輸研究所、臺灣港務股份有限公司，「港灣構造物維護管理手冊」，2020。
4. 臺灣港務股份有限公司，「各項設施之巡查、檢測及維護權責作業要點」，2020。
5. 111 年度「港灣碼頭及防波堤定期檢測要領及實務」研習會簡報。
6. 交通部運輸研究所，「港灣構造物維護管理系統」，2020。
7. 日本土木学会論文集 B3（海洋開発），[棧橋上部工点検用 ROV による点検の効率化に向けた取組み]，Vol. 74, No.2, 2018。
8. 日本國土交通省港灣局，「港灣の施設の新しい点検技術 カタログ」，2022。
9. 臺灣港務股份有限公司，「碼頭水下無人載具檢測工作委託技術服務檢測作業報告書-高雄港#8、#9 碼頭」，2019。
10. 日本国立研究開発法人海上港湾航空技術研究所(2020)，「水中ドローンを利用した港湾構造物の調査に関する検討」，No.1380，pp. 11-15.

附錄一

專家學者座談會會議紀錄

交通部運輸研究所臺灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：本所臺灣技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：112 年 4 月 24 日(星期一) 下午 2 時

參、地點：本所臺灣技術研究中心 2 樓簡報室

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：賴俊呈

伍、出單位及人員：如簽到表

陸、與會委員意見：

一、林委員鎮華

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

1. 鼎型塊排列方式亦會影響沖刷深度，建議可探討。
2. 是否有設置現場水位及流速監測設備？
3. 本工法設置於橋墩 P24L 有淤積之效果，保護成效如何量化？

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討

1. 透地雷達 AI 辨識，需要大量資料進行訓練、測試。
2. 目前深度學習以 CNN 為主，故可做圖像識別。
3. 若要即時識別，建議需建置雲端運算。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異辨識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 邊坡多尺度主要針對那些圖像？將會影響其適用性、實務應用。
2. 邊坡影像是以處理前/後為基準資料進行學習？

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

1. 本計畫以碳鋼金屬於大氣曝露下做腐蝕關聯性探討，如何應用於鋼筋混凝土及鋼構。
 2. 腐蝕劣化因子如何回饋至實務構件？
- (五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業
- 港區為地上物、水中物如何即時回饋、即時影像？
- (六) 港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進
- 港區大多為回填土層，是否有相關監測如水位計、地下土壤含水量及土壤層次監測。

二、 謝委員明志

港研中心一科 112 年 6 項自辦計畫，在計畫書裡每個計畫的緣起、目的、研究範圍、利害關係人、工作內容及作業時程，都有詳實的描述，是一份架構完整，描述清晰的計畫書。

- (一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析
- 本計畫是橋梁沖刷數值模型建置分析，分 4 年執行，是個循序漸進的計畫，規劃完整，且計畫完成後產出之三維水理分析模型具有實用性。
- (二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討
- 本計畫是透地雷達應用於省道巡查及 AI 辨識應用，為未來合作計畫的先期研究，藉此可先打下後續研究需求，更能明確知道目的及預期成效。
- (三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討
- 本計畫是空拍影像、深度學習在邊坡地貌變異判識之應用，符合交通部年度施政重點，引進新興科技，值得鼓勵。
- (四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

腐蝕環境與碳鋼金屬關聯性，為本土環境資料的調查，全臺灣只有港研中心有這類資料庫的建置，應持續推動。

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

本計畫是港灣構造物巡查檢測作業精進，也引入新興科技，應用於巡檢及風險判識，是個值得鼓勵的研究業務。

(六) 港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

本計畫是港區地震液化風險評估模式精進，針對臺北港進行評估，除了進行地工資料庫更新，也新增了這幾年國內外的液化分析方法，應會更加精確的推估，值得持續推動。

三、 何委員鴻文

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估 (2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

本計畫成果產出之技術指引具有實用性，另地工織布之耐久性為何？

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討

本計畫期待可擴及使用範圍至省道以外道路。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

本計畫之利害關係人建議增列各縣市政府。

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

本計畫建議其成果提供交通部技監室辦理橋梁相關設計規範訂定之參考。

四、 吳委員松旺

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估 (2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

1. 本計畫是多年期的計畫，在第 1 年的計畫即與高公局中

區分局大甲工務段密切的配合，在國道3號大甲溪橋現場設置鼎型塊織布橋基保護工法，目前已初步驗證有效減緩向下沖刷作用，尚待長期性觀測及超大豪雨事件來驗證，大甲工務段會持續配合本計畫。

2. 建議本計畫能擬訂鼎型塊織布橋基保護工法現場佈設的標準作業程序，讓現場佈設時有所依循。

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討

無論省道或者是國道都是線型的，都有一定的長度，標的物很大，所以建議目標要收斂，比如說在行車舒適度不佳的路段做試驗，要收斂調查，這樣對道路主管機關來說會更有幫助。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異辨識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 無論是省道或是國道尚需注意路權以外的邊坡，路權外的邊坡產生變異(開發行為)間接影響到省道或國道的邊坡，因為邊坡是一體的，不會說崩塌到國道的路權內就不崩塌，所以建議本計畫需把路權外的邊坡狀況納入探討。
2. 另大甲工務段轄區亦有邊坡場址，例如：後龍至苑裡路段，可提供本計畫做為探討的標的，或是若需要相關空拍圖資進行分析和訓練，也可洽詢大甲工務段提供、合作。

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

大甲工務段所轄管國道是最靠近海邊，若是本計畫有需要到大甲工務段的轄區來設置觀測站(點)，大甲工務段樂意配合。

柒、 結論：

感謝各位委員提供本所相當寶貴之專業建議，請案關業務同仁將委員意見納入參採，以符合實際應用面，並提升研究成果之廣度及實用性。

捌、散會：下午4時10分

會議簽到表

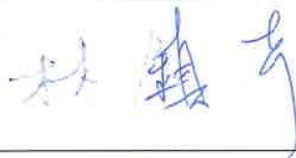
壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：112 年 4 月 24 日(星期一)下午 2 時

參、地點：本所港灣技術研究中心 2樓簡報室

肆、主持人：蔡立宏主任 

伍、出席單位及人員：

出席單位及人員	簽名
王委員錦榮	請假
林委員鎮華	
吳委員松旺	
何委員鴻文	
謝委員明志	

出席單位及人員	簽名
本所港灣技術研究中心 柯正龍副主任	柯正龍
本所港灣技術研究中心 第一科	賴瑞集 胡鴻文 張道光 鄭唯謙 黃子強 謝幼輝 曾文傑 賴俊呈
本所港灣技術研究中心 第二科	李修穎
本所港灣技術研究中心 第三科	林雅雯

附錄二

第 1 次工作會議紀要

112 年 6 月工作會議紀要

會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

時間：112 年 6 月 28 日(星期三)上午 9 時至 12 時 30 分

地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：鄭登鍵

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基冲刷數值模型建置與分析

1. 三維數值水理分析及文獻蒐集情形說明。
2. 本年度試驗區 UAV 第 1 次地形觀測辦理情形說明。
3. FLOW 3D 教育訓練辦理情形，及三維數值模型初步建置情形說明。

(二)透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探討

1. 蒐集並研析交通部公路總局(研究對象)省道養護巡查作業相關規定、柔性路面鋪面損壞分類、現象及原因。
2. 透地雷達應用於「地下埋設物及不明物體調查」、「地下水位深度及含水量變化探測」及「人工智慧辨識透地雷達訊號圖像」相關研究之文獻回顧。
3. 112 年 3 月 21 日訪談交通部公路總局陳進發總工程司，瞭解研究對象在政策面上對本計畫的看法及提供相關意見。
4. 112 年 5 月 24 日訪談交通部公路總局第一區養護工程處陳俊

堯處長，瞭解研究對象在管理面上對本計畫的看法及提供相關意見。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探
(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 蒐集彙整國內外 AI 應用於邊坡之相關文獻。
2. 辦理本案專家學者訪談。

(四)112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

1. 大氣腐蝕因子調查與金屬材料現地暴露試驗，完成第 1、2 季大氣腐蝕劣化因子調查與現地暴露試驗取樣維護作業，完成 111 年第 4 季、全年與 112 年第 1 季大氣腐蝕劣化因子化學分析及金屬試樣酸洗工作。
2. 精進及擴充臺灣腐蝕環境分類資訊系統資料庫，完成 111 年度大氣腐蝕因子調查與金屬材料現地暴露試驗資料綜整分析並繪製等位圖，並將相關資料擴增於「臺灣腐蝕環境分類資訊系統」資料庫，並公開於本中心網站供外界查詢。
3. 完成撰寫及出版「2022 年臺灣大氣腐蝕劣化因子調查研究資料年報」工作，提供相關單位選用金屬材料與防蝕工法應用。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

1. 彙整港區各型式碼頭的巡檢項目。
2. 彙整與探討碼頭常見的劣化項目。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

1. 彙整液化評估法相關文獻。
2. 蒐集臺灣港務股份有限公司於臺北港近 10 年新建工程所增加之地質鑽探資料。
3. 蒐集經濟部中央地質調查所於臺北港之地質鑽探資料。
4. 初步完成臺北港地質鑽探資料盤點。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

- (一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基冲刷數值模型建置與分析
1. 討論文獻所提數模參數敏感性分析，其背景條件與本計畫之差異及適用性。
 2. 討論渠槽試驗除規劃使用 GoPro 縮時攝影外，可增加其它監測設備，如流速計。
- (二)透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探
1. 討論訪談透地雷達領域之業界專家，蒐集業界對於本計畫執行及 AI 智慧化判識應用之看法。
 2. 討論後續於「AI 智慧化辨識透地雷達訊號圖像可行性探討」章節中，如何蒐集 AI 訓練之相關資料及建立 AI 訓練資料庫。
- (三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討
1. 討論邊坡原始資料取得、資料處理方法及 AI 模型建置於後續的實務應用。
 2. 討論 AI 監督式學習、非監督式學習及半監督式學習優缺點。
- (四)112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究
1. 討論工業區碳鋼金屬腐蝕與二氧化硫關聯性。
 2. 討論金屬腐蝕與腐蝕因子關聯性相關文獻。
- (五)港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業
1. 討論碼頭維護管理機制、巡查檢測項目與劣化判定標準。
 2. 討論各港之碼頭構件劣化項目。
- (六)港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進
1. 討論土壤液化評估相關方法。
 2. 討論地質鑽探資料盤點、篩選。
 3. 討論後續報告內容的加強與補充。

貳、重點紀要/主要結論

一、鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

(一)試驗區 UAV 觀測航拍活動於今年度 4 月初獲民航局申請許可，申請期間一次為 3 個月，迄今即將到期，請提醒委外廠商儘早再提出下一段申請，以避免下次豪大雨事件後，無法進場航拍觀測，影響計畫執行。

(二)請依所規劃之後續研究事項積極辦理。

二、透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探討

本計畫係為後續合作研究計畫的先期研究，需確認應用單位的需求、想法且要能落地應用。

三、多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

(一)建議依專家訪談提供之意見，於本計畫探討未來何種邊坡型式或破壞類型應用 AI 介入判識較具可行性和實務應用性，以利後續再以此為基礎進行深入探究。

(二)若時間允許建議可針對公路總局及轄下工程處、工務段、高速公路局和相關利害關係人等皆安排進行訪談，藉以瞭解實務需求和後續研究著力點，達以終為始之目的。

四、112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

(一)建議找出金屬腐蝕與大氣腐蝕因子氯鹽、二氧化硫間的關聯性。

(二)後續建立碳鋼金屬與環境因子迴歸模式時，建議說明模式中各環境因子對金屬腐蝕的影響是否符合腐蝕理論。

五、港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

(一)建議統計並分類各型式碼頭構件的劣化項目，瞭解碼頭常見的損壞構件，提供後續碼頭維護的參考數據。

- (二)建議彙整各港區特別巡查的構造物遭撞損的意外事故資料與劣化項目。

六、港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

- (一)今年針對臺北港進行液化評估，除進行地工資料庫更新，也建議運用近年來國內、外的液化分析方法，推估臺北港液化範圍及深度，提供地震速報之應用。
- (二)請於第 2 次工作報告時，呈現今年新增臺北港區的地質鑽探資料，其新、舊資料之分佈區域，以利瞭解其分佈是否能滿足臺北港區液化評估之需求。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

貳、時間：112 年 6 月 28 日(星期三) 上午 9 時

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：賴瑞應科長 賴瑞應

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所港灣技術研究中心第一科	研究員 研究員 副研究員 研究員 研究員 副研究員 助理研究員	謝幼屏 胡哲了 黃子豪 曾文傑 張道光 鄭登鍵 賴俊星 王浩翔 顏碩香
本所港灣技術研究中心第二科	科長	李修穎
本所港灣技術研究中心第三科	科長	林雅雯

附錄三

第 2 次工作會議紀要

112 年 8 月工作會議紀要

採購/自辦案件編號：

會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

時間：112 年 8 月 28 日(星期一)上午 9 時至 12 時 30 分

地點：本所港灣技術研究中心 2 樓簡報室

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：鄭登鍵

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基冲刷數值模型建置與分析

1. 112 年度前 3 季現場試驗觀測結果說明。
2. 三維數值模型建置情形。
3. 後續工作項目說明。

(二)透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探討

1. 探討透地雷達如何應用於省道一般道路柔性鋪面養護巡查及其可行性。
2. 訪談交通部公路總局(以下簡稱公路總局)第二區養護工程處彰化工務段陳禎康段長及中華大學土木工程系林鎮華助理教授之摘要說明。
3. 後續工作項目說明。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 探討邊坡破壞類型及遙測技術適用性。
2. 彙整公路邊坡維管機制與訪談公路邊坡維管單位。
3. 後續工作項目說明。

(四)112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

1. 完成第 1、2 季大氣腐蝕劣化因子調查與現地暴露試驗的取樣維護、化學分析及金屬試樣酸洗工作。
2. 進行碳鋼金屬腐蝕關聯性統計分析。
3. 後續工作項目說明。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

1. 檢討碼頭設施維護管理制度與構件劣化標準。
2. 新興科技行動應用程式應用於碼頭巡檢作業。
3. 後續工作項目說明。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

1. 建置臺北港地質鑽探資料，並盤點、篩選可用資料共 148 筆地質鑽探資料。
2. 完成不同地震情境下液化潛勢比較。
3. 後續工作項目說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

1. 討論三維數值分析結果，提供橋梁維管單位應用之方式。
2. 補充三維數值模型建置之模型尺寸及穩定沖刷時間說明。

(二)透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探

1. 討論透地雷達可以檢測探查之道路下潛在損壞因素，除了孔洞外，尚可檢測探查路基問題、回填材料問題、地下水及滲漏水等問題。

2. 討論不同廠牌透地雷達檢測後所輸出的訊號圖像，對於後續 AI 智慧化辨識的影響。
- (三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探
(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討
 1. 討論訪談公路邊坡之實務單位看法及需求。
 2. 討論後續 AI 切入實務應用之方向及目標。
- (四)112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究
 1. 討論以迴歸分析法進行碳鋼金屬腐蝕與環境因子關聯性分析過程中的相關考量。
 2. 討論教育訓練辦理方式，以及在網站上展示的腐蝕成果。
- (五)港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業
 1. 有關維護管理制度定期檢測與詳細檢測的探討。
 2. 討論行動應用程式應用在碼頭巡檢作業。
- (六)港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進
 1. 討論土壤液化評估相關方法。
 2. 討論後續報告內容的加強與補充。

貳、重點紀要/主要結論

- 一、鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析
 - (一)請儘速辦理部務會報相關資料簽報作業，另創新提案請妥為準備以爭取佳績。
 - (二)請依所規劃之後續研究事項積極辦理。
- 二、透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探討
 - (一)透地雷達可以檢測探查道路下潛在損壞因素不只有孔洞，建議可以針對公路養護手冊所列的柔性鋪面損壞樣態進行探討，探討透地雷達檢測切入的可行性。

(二)本計畫研究對象是公路總局，主要應用對象是道路主管機關，建議可以將研究成果投稿至公路相關的期刊。

三、多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

(一)過去訪談多針對公路總局，亦可針對交通部高速公路局進行訪談，藉以瞭解實務需求和應用遙測技術於邊坡巡查之機制。

(二)本研究可針對不同尺度空拍影像後續如何結合AI應用之方向進行整理探討和適用性分類。

四、112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

(一)在建立碳鋼金屬與環境因子迴歸模式的分析過程中，若模式配適度不佳，可考慮同時納入氯鹽、二氧化硫，或採用分季資料分析等不同方法來改善模式。

(二)進行迴歸模式校正時，可補充說明變數轉換、模式轉換的理由依據。

五、港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

後續請再探討新興科技應用於碼頭巡檢作業之設施構件劣化度判定標準之適用性，並增加與比較新興科技之應用案例。

六、港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

(一)請使用最新的臺北港配置現況圖資，以利後續臺北港液化風險評估分析。

(二)下次工作會議請補充液化風險評估 Cetin 機率法，以利瞭解機率分析與定值分析之差異處。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

貳、時間：112 年 8 月 28 日(星期一) 上午 9 時

參、地點：本所港灣技術研究中心2樓簡報室

肆、主持人：賴瑞應科長 賴瑞應

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所港灣技術研究中心	副主任	柯正光
本所港灣技術研究中心第一科	研究員 研究員 助理研究員 副研究員 副研究員 研究員 研究員	曾文榮 胡啟文 賴俊生 鄭宜鍵 黃育瑞 張道光 謝必昇
本所港灣技術研究中心第二科	科長	李俊穎
本所港灣技術研究中心第三科	科長	林雅雯

附錄四

第 3 次工作會議紀要

112 年 10 月工作會議紀要

採購/自辦案件編號：

會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

時間：112 年 10 月 27 日(星期五)下午 2 時至 5 時

地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：鄭登鍵

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基冲刷數值模型建置與分析

1. 112 年度前 3 季現場試驗觀測結果。
2. 三維數值模型建置情形-矩形樁基礎+鼎型塊，矩形樁基礎+鼎型塊+織布。
3. 階段性成果應用。

(二)透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探討

1. 透地雷達應用於省道一般道路柔性鋪面養護巡查可行性及落地應用對策。
2. 應用 AI 辨識透地雷達訊號圖像的可行性。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 公路邊坡維管機制與流程彙整。

2. 公路邊坡結合 AI 之加值應用。

3. 空拍影像處理技術。

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

1. 112 年第 1~3 季大氣腐蝕因子調查與金屬材料現地暴露試驗工作。

2. 碳鋼金屬腐蝕關聯性統計分析。

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

1. 依維護管理制度執行碼頭巡檢作業時所遭遇之問題。

2. 新興科技行動應用程式與水下無人載具應用於碼頭巡檢作業。

(六) 港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

1. 臺北港不同地震情境下液化潛勢分析。

2. 臺北港不同地震情境下地震沉陷潛勢分布。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基冲刷數值模型建置與分析

1. 織布具透水性，建議可將織布分離成幾小塊來模擬透水性。

2. 數值軟體雖無對應之保護工模組可應用，但利用土中應力增加方式來近似模擬，其模擬結果與試驗結果接近，說明具有其可行性，後續可再諮詢相關專家。

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探

1. 透地雷達檢測省道柔性鋪面於經常性或重複性損壞路段之成因，相較採用現場直接開挖方式有其優勢。

2. 應用 AI 辨識透地雷達訊號圖像，在市售商業軟體及客製化專案研發方式之區別。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 訪談公路邊坡之實務單位看法及後續切入方向。
 2. 後續年度工作內容及目標。
- (四)112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究
1. 碳鋼金屬腐蝕與腐蝕因子關聯模式建立後的模式說明、應用與推廣。
 2. 探討臺灣不同環境下金屬腐蝕差異性的方法。
- (五)港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業
1. 碼頭巡檢作業時所遭遇問題。
 2. 應用新興科技強化港灣構造物之巡查與檢測作業。
- (六)港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進
1. 臺北港不同地震情境下地震沉陷潛勢。
 2. 後續報告內容的加強與補充。

貳、重點紀要/主要結論

- 一、鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析
- (一)國道 3 號大甲溪橋橋墩 UAV 航拍勞務案，若 11 月中旬時無預期之颱風消息，可於 11 月下旬著手辦理相關結案驗收事宜，以利主計年度結算作業執行。
- (二)請依所規劃之後續研究事項積極辦理，並如期完成提交期末報告初稿。
- 二、透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化判識可行性之初步探討
- (一)透地雷達檢測省道柔性鋪面經常性或重複性損壞的成因具有一定的成效及優點，因此應用於省道養護巡查的「特別檢查」是具可行的且符合交通部公路局之需求。
- (二)應用 AI 辨識透地雷達訊號圖像，目前在臺灣市面上有相關的商業軟體可使用，但選擇性不多，也有依使用者需求進行客製化專案研發的方式，若要應用 AI 辨識道路下潛在損壞因素，則使用

客製化專案研發的方式較為合適。

(三)本計畫為後續合作計畫的先期計畫，故對於後續合作計畫時程、內容等需詳加規劃考量，俾利能落地應用。

三、多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

(一)針對空拍影像之處理方法應考量不同尺度載具及其搭載儀器間的區別，並對本案欲蒐集之公路邊坡影像進行適用性探討。

(二)經處理之邊坡空拍影像如何挑選適當之 AI 深度學習模型進行訓練，以獲得較佳的結果，係本研究之精隨所在，建議於期末報告中強化敘述。

(三)今年度已針對交通部公路局和交通部高速公路局進行實務單位訪談，建議後續可依實務單位意見延續相關研究課題，以配合實務需求並結合現行邊坡巡檢之機制。

四、112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

後續研究可分區進行關聯性統計分析，探討臺灣各地區不同大氣環境、不同污染特性區域間的腐蝕差異性。

五、港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

請加強新興科技應用於碼頭的檢測與維護管理作業的精進說明，並請掌握時效撰寫研究成果報告。

六、港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

請依據觸發門檻加速度及高潛勢區面積分析成果，推估臺北港區之分區地震沉陷量，俾提供更新臺北港地震簡訊災況初評內容。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

貳、時間：112 年 10 月 27 日(星期五) 下午 2 時

參、地點：本所運輸技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：賴瑞應科長 賴瑞應

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸技術研究中心第一科	副研究員 副研究員 副研究員 副研究員 副研究員 助理研究員	黃子謙 謝少屏 張道光 曾文傑 胡哲文 賴俊呈
本所運輸技術研究中心第二科	副研究員	李俊穎
本所運輸技術研究中心第三科	科長	林雅雯

附錄五

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查意見	處理情形
羅勝方委員	
1. 港灣設施巡查 APP 運用在巡查人員現地即時巡查紀錄，減少紙本作業，也方便維護位置的確認與紀錄，成效卓著。另結合維護管理系統可以追蹤修繕情形，俾利港灣構造物的機能維持。	感謝委員肯定。
2. ROV 攝影鏡頭在水質混濁處較不清楚，在港務公司搭配聲納探測後效果很好，裂縫及損壞處可清楚陳現。	後續會再與港務公司進行研究成果的交流，以加強 ROV 巡查檢測作業的應用。
3. 建議陸上 APP 巡查照片及 ROV 檢測影像或建模能否進一步結合 AI 判斷其損壞程度，俾利排列維修優先順序。	有關港灣設施 AI 的劣化辨識技術尚在開發，若要進行損壞程度的判斷尚須要有相關的研發，才能應用在維修排列的優先順序。
陳桂清委員	
1. 本年度開發完成之巡查 APP 行動應用程式，提供便捷、精確且有效率的巡查工作，值得推動。	感謝委員意見。
2. 新興科技設備進行港灣設施檢測，可大幅節省人力、時間及克服人員不易檢測部位，降低檢測風險。報告中蒐集各項科技設備運用，檢測成果相當良好，值得國內參考。	感謝委員意見。
3. 近年來國內部分港區亦曾運用新興科技設備進行檢測的案例，檢測的數據需要專業實務經驗人員判讀。建議中心或港務公司即早培訓相關人員參與分析。	相關新興科技設備應用於港灣設施的巡檢作業尚在研發中，未來技術成熟後將與港公司培訓相關人員參與分析。

審查意見	處理情形
4. 109 年港務公司核定之管理手冊，迄今有 3 年餘，又其維護管理系統使用情形如何？建議中心定期檢討修訂，以趨完善。	有關維護管理手冊會依港務公司的需求與執行情形，進行滾動檢討修訂。港務公司目前的維護管理工作是以「港灣構造物維護管理系統」來進行相關的日常的巡查檢測與維護工作，系統運作狀況良好。
5. APP 或維護管理系統對構件劣化判定的標準是由檢測(巡查)人員判定，還是由管理系統建置的劣化標準(AI 辨識)資料庫判定。	現場巡查作業是以目視方式進行劣化判定並以 APP 進行劣化紀錄，並上傳至系統進行後續的維修工作。
6. 研究報告需勘正(誤)如下： (1)p. 1-2, 14 行，建議刪除「整理與」。 (2)p. 2-3, 6 行，標題建議修正為「巡查診斷」與 p. 2-2, 2 行一致。 (3)p. 2-8, 棧橋面板項下，建議刪除「2. 面板破損」。 (4)p. 2-15 表 2-10, p. 2-16 表 2-11, p. 2-17 表 2-12, p. 3-7 表 3-6, p. 3-33 表 3-33 及 p. 2-22 表 2-20 說明(1), 「出入」更正為「錯位」。 (5)p. 2-11, 表 2-5 最下面欄位巡查項目「防蝕」更正為「防蝕材」。 (6)p. 3-13, 表中電極電位，飽和乾汞「-800mv」更正為「-750mv」, 海水氯化銀「-800mv」更正為「-780mv」。 (7)p. 3-23, 2. 車擋小項所述筆數與 p. 3-24 表 3-14 及 p. 3-30 表 3-18 之數量不一致，查核後修正。 (8)p. 3-25, 表 3-15 劣化筆數與 p. 3-30 表 3-18 之數量不一致，請修正。	(1) 已修正。 (2) 已修正。 (3) 已修正。 (4) 已修正。 (5) 已修正。 (6) 表中電極電位為維護管理手冊所訂之相關電位，需依據手冊內容。 (7) 已修正。 (8) 已修正。
蔡瑤堂委員	
1. p. 3-22, 碼頭經常巡查劣化缺失項目統計筆數配合現場照片資料對港務公司使用管理，甚至顧問公司的設計有很	感謝委員意見。

審查意見	處理情形
好的參考價值。	
2. p. 3-30，表 3-18 各港區碼頭經常巡查項目劣化筆數統計以碼頭鋪面構件 666 筆最多，其次是防舷材構件 513 筆，都值得使用管理、設計及施工參考。	感謝委員意見。
3. p. 3-32，滾動調整或修訂維護管理手冊，以符實務需求的做法值得肯定。	有關維護管理手冊會依港務公司的需求與執行情形，進行滾動檢討修訂。。
4. p. 4-1，港灣設施巡查行動應用程式的開發及應用對巡查工作大有幫助，值得肯定。	感謝委員意見。
5. 港務公司已用 ROV 檢測碼頭壁體、陽極塊及海床，其他儀器設備是日本尚在開發或已成熟可引進？建議說明。	有關其他的日本 ROV 檢測設備，尚在開發階段，需後續再收集相關資料探討。
李俊穎委員	
1. 第 3 章 3.3.1 巡查項目與第 3-30 頁表 3-18 略有不同，建議可補述或微調。	表 3-18 為統計有劣化的缺失項目，其未有的缺失項目則不列入。
2. 第 3-22 頁所收集各港的碼頭劣化缺失項目，建議補述清楚所涵蓋港口為何？	有關碼頭的劣化缺失項目，是以港公司所轄的港區碼頭為主。
3. 第 3-34 頁「表 3-18 碼頭…表」其表 3-18 誤植，請修改。	遵照辦理，已修正。
4. 第 4-6 頁特別巡查在 APP 上處理方式為何？建議可再補述。	當地震事件發生大於四級以上時，系統會自動推播已安裝 APP 的相關巡查人員，請盡速執行特別巡查作業，並執行特別巡查的表單的填報。
5. 建議後續計畫可再進一步歸納評估新	遵照辦理。

審查意見	處理情形
興科技對應至巡查表單之可行性。	
6. 第 3-34、35 頁所建議事項已相當具體，建議可對應維護管理手冊之表單。	遵照辦理。
林有騰委員	
1. P. 4-10 有關劣化度、劣化度集、劣化度集計表，部分文字應為日語漢字，請再確認。	已修正。
2. 「因第 III 類屬附屬設施，影響結構體性能輕微…因此建議採第 III 類不要納入設施定期檢測之性能弱化度評估」與 p. 2-21 性能弱化評估做法有所競合，建議可再討論。	此乃建議後續將維護管理手冊的性能弱化度的評估將第 III 類不要納入設施定期檢測之性能弱化度評估。

附錄六

期末報告簡報資料



港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)- 新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

MOTC-IOT-112-H1CA001e

報告人：張道光

112.12.21



1

大綱

- 01 → 研究緣起與目的
- 02 → 研究項目與內容
- 03 → 碼頭設施維護管理制度與巡查檢測項目及設施巡查檢測問題之探討
- 04 → 新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用
- 05 → 結論與建議

2

01 研究緣起與目的

3

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

研究緣起 與目的 (WHY)

- 港區幅員廣大，港灣設施又長年處在惡劣的海洋及水下未知的環境，在執行港灣構造物之日常巡查與檢測時，常需投入大量的人力及時間來進行巡查與檢測工作。近年來自動化巡檢的興盛，讓機器從事繁複的任務及判識設施的劣化狀況，更可作為設施維護管理的重要輔助。
- 為提升巡檢工作的效率，精進港灣構造物之巡查與檢測作業，以更有效率且資訊化方式，協助維護管理人員落實維護管理制度與提升維護管理效率。

研究範圍 與應用單位 (WHO)

- 本計畫研究範圍以國內相關商港之港灣構造物維護管理工作為主，研究對象則為臺灣港務公司。
- 提供臺灣港務公司及各分公司、交通部航港局、相關工程顧問公司等，在維護港灣構造物之應用。

4

02 研究項目與內容

5

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

研究項目 與內容 (WHAT)

- **碼頭設施巡查檢測問題探討**
彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目，收集碼頭的劣化缺失項目並探討與分析常見的碼頭劣化項目。
- **碼頭設施維護管理制度與構件劣化標準檢討**
整理既有的碼頭設施維護管理制度與各構件劣化的判定檢測標準，並探討依維護管理制度執行碼頭巡檢作業時所遭遇問題，提出改進與精進的方式。
- **新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用**
探討碼頭設施之巡檢項目可應用新興科技取代現有的巡查檢測作業，並精進與提升維護管理效率。

6

預期成果、
效益及應用

✓ 預期成果(效益)

- 完成碼頭設施巡檢之問題分析與探討。
- 完成新興科技項目應用於碼頭設施之巡查檢測作業評估。
- 精進巡查檢測作業，提升維護管理成效。

✓ 應用

- 研究成果可提供臺灣港務公司作為後續在維護管理作業精進之應用與參採，以及本所後續港灣構造物巡查技術精進之應用。



03 碼頭設施維護管理制度與巡查檢測 項目及設施巡查檢測問題之探討

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)

● 碼頭巡查、檢測種類與頻率：

種類	建議執行單位	巡查檢測時機/頻率	巡檢方式
經常巡查	管理單位或 委外廠商	碼頭每周1次	目視(岸上)
特別巡查	管理單位或 委外廠商	重大災害 事故發生後 (颱風過後或地震震度大於4級)	目視(岸上)
定期檢測	委外廠商	至少5年1次	目視(包含水下)、 依需求配合儀器進 行檢測
詳細檢測	委外廠商	巡查或檢測後認為 有進一步檢測需求	依需求配合儀器進 行詳細檢測

9

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)

- 構造物檢測診斷項目分類：根據構造物設置各項條件及形式，及影響構造物性能的程度等進行I、II、III級之分類。

性能類別	I類	II類	III類
影響程度	◆ 對設施性能（特別是構造上的安全性）有直接影響之構件 ◆ 如設施主體結構及基礎結構位移、下陷、破損等	◆ 對設施性能有所影響的構件 ◆ 如鋼結構的防蝕措施	◆ 附屬設施 ◆ 如防舷材、繫船柱、車擋等

- 港灣構造物之構件劣化程度評估

構件的劣化度	劣化度的判定標準
4	構材的性能顯著降低狀態
3	構材的性能呈降低
2	有變化，但是構材的性能沒有降低
1	沒有變化

10

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)

● 性能弱化評估方法

巡檢診斷項目分類	每個巡檢診斷項目的性能弱化度				性能弱化度
	A	B	C	D	
I類	檢測診斷項目中「4有1個到數個」，設施的性能呈非常弱化的狀態	檢測診斷項目中「4亦或3有1個到數個」，設施的性能呈弱化狀態	A,B,D以外	全部是1	每個巡檢診斷項目被評估的性能弱化度當中，最嚴格的判定。
II類	檢測診斷項目中「4有多個亦或幾乎都是4+3」，設施的性能呈非常弱化的狀態	檢測診斷項目中「4有多個亦或4+3有很多個」，設施的性能呈弱化狀態	A,B,D以外	全部是1	
III類	—	—	D以外	全部是1	

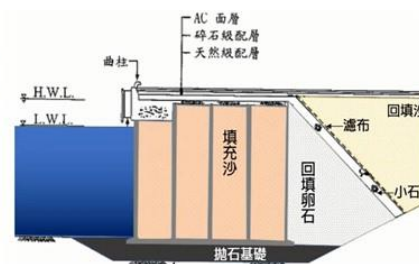
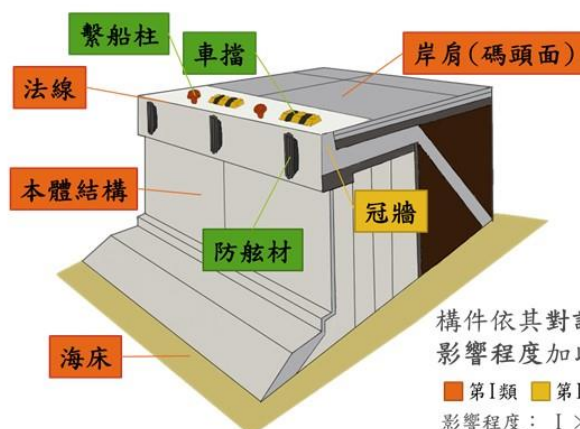
註：因第III類屬附屬設施，影響結構整體性能輕微，且於一般日常巡查即可發現缺失改善，因此建議未來第III類不要納入設施定期檢測之性能弱化度評估。

11

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)



構件依其對設施性能與安全性
影響程度加以分類

■ 第I類 ■ 第II類 ■ 第III類

影響程度：I > II > III

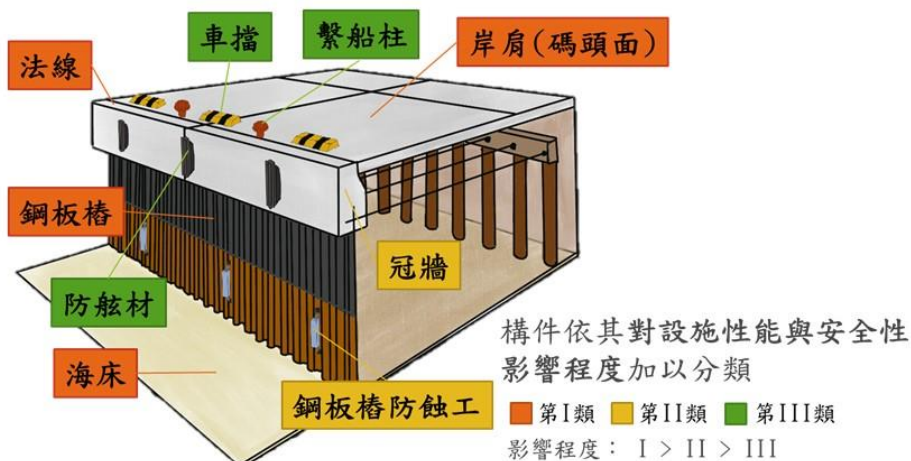
重力式碼頭之檢測項目(以沉箱式為例)

12

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)



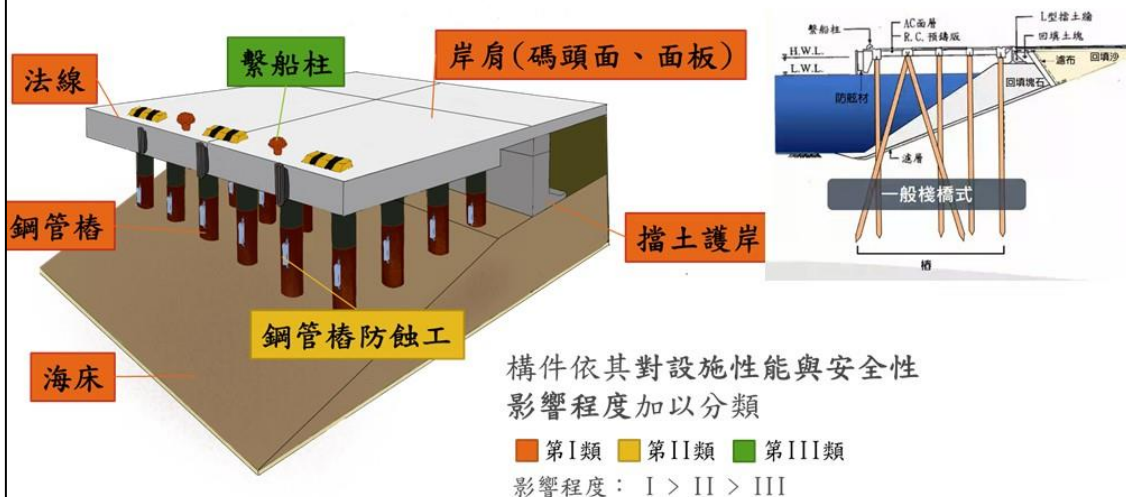
板樁式碼頭之檢測項目

13

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

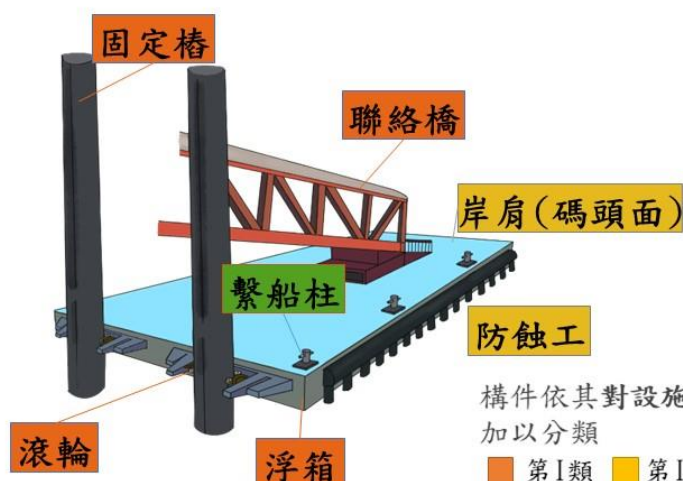
碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)



棧橋式碼頭之檢測項目

14

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)



浮動碼頭之檢測項目

15

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)

碼頭構件重要度分類

項目類別 設施	I 類	II 類	III 類
重力式碼頭	【碼頭法線】凹凸、錯位 【岸肩】漏砂、空洞化、下陷、坍塌 【本體結構】沉箱的空洞化 混凝土的劣化、損傷 【海床】沖刷、土砂的淤積	【岸肩】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 【冠牆】混凝土的劣化、損傷	左欄以外

項目類別 設施	I 類	II 類	III 類
板樁式碼頭	【碼頭法線】凹凸、錯位 【岸肩】漏砂、空洞化、下陷、坍塌 【鋼板樁】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 【海床】沖刷、土砂的淤積	【岸肩】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 【冠牆】混凝土的劣化、損傷 【鋼板樁】塗裝防蝕工 陰極防蝕工	左欄以外

16

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(彙整港區各型式碼頭的巡檢的項目)

項目類別 設施	I 類	II 類	III 類
棧橋式 碼頭	【碼頭法線】凹凸、錯位 【岸肩】漏砂、空洞化、下陷、坍塌 【鋼管樁等】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 【海床】沖刷、土砂的淤積 【擋土護岸】	【岸肩】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 【上部結構】混凝土的劣化、損傷 【鋼管樁等】塗裝防蝕工 陰極防蝕工 【渡版】移動、損傷	左欄 以外
項目類別 設施	I 類	II 類	III 類
浮動 碼頭	【鋼製浮箱】 - 鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 【混凝土製浮箱】 - 混凝土的劣化、損傷 【FRP製浮箱】 - 本體破洞、龜裂、損傷 【固定樁等】鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 【滾輪】滾輪的劣化、損傷 【連絡橋、渡橋】安全性、損傷、腐蝕	【岸肩】混凝土・瀝青鋪面等的劣化、損傷 【固定樁及浮箱等鋼構材】塗裝防蝕工陰極防蝕工	左欄 以外

17

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

- 收集各港區碼頭經常及特別巡查設施之劣化項目



碼頭及繫船設施之巡查項目

18

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
碼頭及附屬設施： 重力式 板樁式 棧橋式 複合式碼頭	至少每週一次	碼頭法線 岸肩 冠牆	1. 變位外移、下陷 2. 冠牆龜裂、損傷 3. 冠牆鋼筋外露 4. 冠牆接縫錯位 5. 混凝土剝落 6. 岸肩下陷 7. 棧橋面板接縫錯位 8. 沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位 9. 船舶撞擊痕跡
	至少每週一次	車擋	1. 損傷或變形 2. 鋼筋外露 3. 警示塗裝剝落
	至少每週一次	繫船柱	1. 外殼嚴重鏽蝕 2. 破損或斷裂 3. 基座破損
	至少每週一次	防舷材	1. 面板破損或缺漏 2. 面板鋼架鏽蝕 3. 橡膠開裂 4. 橡膠肢體變形或 5. 橡膠與背襯鋼板剝離 6. 鍊條斷裂缺損 7. 螺栓鬆脫突起 8. 螺栓脫落或斷裂 9. 基座混凝土破損

19

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
碼頭及附屬設施	至少每週一次	軌道	1. 鋼軌裂紋 2. 鋼軌接縫高低差 3. 鋼軌變形 4. 鋼軌鏽蝕 5. 鋼軌磨損 6. 螺栓外露 7. 排水孔堵塞 8. 混凝土基座破損
	至少每週一次	碼頭鋪面	1. 坑洞、下陷或破洞 2. 破裂、龜裂 3. 修補處破損 4. 車轍嚴重 5. 鋪面變形推擠 6. 人手孔周邊損傷 7. 管道位置沉陷或損傷 8. 車道與路肩或側溝高度差 9. 鋪面積水及方向 10. 接縫破損 11. 路面粗糙(含冒油、磨損、鬆散) 12. 面層粗粒料散失、剝落、或鬆散損傷

20

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
碼頭及 附屬設施	至少每週一次	排水設施	1. 鋪面積水 2. 排水溝(孔)損傷、阻塞 3. 蓋板或格柵遺失、鬆脫、跳動 4. 蓋板或格柵鏽蝕、變形、損傷 5. 溝牆與鄰近鋪面高低差
	至少每週一次	棧橋面板	1. 面板下陷 2. 面板破損 3. 混凝土龜裂 4. 面板破損、剝離 5. 鋼筋外露 6. 面板伸縮縫水平或高低錯位 7. 面板伸縮縫鋼護角鏽蝕
	至少每週一次	防颱固定裝置及暴風鎖	1. 坑內積水 2. 插銷連結固定裝置鏽蝕 3. 插銷連結固定裝置變形 4. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 5. 蓋板鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	末端阻擋器	1. 末端阻擋器遺失或變形 2. 基座螺栓鬆弛
	至少每週一次	加水坑及岸電坑	1. 坑內積水 2. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 3. 蓋板鏽蝕、變形、損傷

21

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

巡查設施	巡查頻率	巡查項目	初步判斷分類表
碼頭及附 屬設施	至少每週一次	電纜槽	1. 電纜槽護角變形 2. 護角摩擦電纜 3. 異物未清除
	至少每週一次	電纜出線口	1. 出線口積水 2. 蓋板遺失、鬆脫、跳動 3. 蓋板鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	電信或其他人手孔	1. 坑內積水 2. 與路面高低差 3. 人手孔蓋遺失、鬆脫、跳動 4. 人手孔蓋鏽蝕、變形、損傷
	至少每週一次	電位測試裝置	1. 不銹鋼電位量測盤變形 2. 量測盤破損
	至少每週一次	照明	1. 照度減弱、閃爍、異常 2. 燈具或相關零件脫落 3. 燈桿歪斜、鏽蝕、損傷 4. 燈桿塗裝剝落 5. 鎖固螺栓鬆動、脫落 6. 防撞設施脫落、缺損
	至少每週一次	爬梯	1. 本體材質劣化 2. 本體損傷、脫落 3. 塗裝剝離 4. 外觀鏽蝕、變形、斷裂 5. 鎖固螺栓鬆動、脫落

22

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01~112.10)

- 碼頭法線構件/項目: 190筆

No.	劣化項目	筆數
1	變位外移、下陷	11
2	冠牆龜裂、損傷	32
3	冠牆鋼筋外露	32
4	冠牆接縫錯位	3
5	混凝土剝落	91
6	岸肩下陷	9
7	棧橋面板接縫錯位	3
8	沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位	0
9	船舶撞擊痕跡	9

No.	劣化項目	筆數
1	變位外移、下陷	11
2	冠牆龜裂、損傷	32
3	冠牆鋼筋外露	32
4	冠牆接縫錯位	3
5	混凝土剝落	91
6	岸肩下陷	9
7	棧橋面板接縫錯位	3
8	沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位	0
9	船舶撞擊痕跡	9



23

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

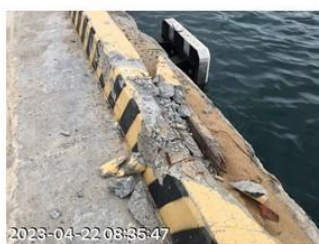
碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01~112.10)

- 車擋構件/項目: 267筆

No.	劣化項目	筆數
1	損傷或變形	176
2	鋼筋外露	58
3	警示塗裝剝落	33

No.	劣化項目	筆數
1	損傷或變形	176
2	鋼筋外露	58
3	警示塗裝剝落	33



24

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01~112.10)
- 繫船柱構件/項目：91筆

序號	項目	位置	規格	數量	備註
1	繫船柱	111.01	111.01	1	111.01
2	繫船柱	111.02	111.02	1	111.02
3	繫船柱	111.03	111.03	1	111.03
4	繫船柱	111.04	111.04	1	111.04
5	繫船柱	111.05	111.05	1	111.05
6	繫船柱	111.06	111.06	1	111.06
7	繫船柱	111.07	111.07	1	111.07
8	繫船柱	111.08	111.08	1	111.08
9	繫船柱	111.09	111.09	1	111.09
10	繫船柱	111.10	111.10	1	111.10

No.	劣化項目	筆數
1	外殼嚴重鏽蝕	75
2	破損或斷裂	10
3	基座破損	6



25

第5案

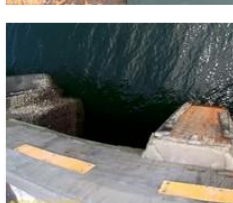
港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01~112.10)
- 防舷材構件/項目：513筆

序號	項目	位置	規格	數量	備註
1	防舷材	111.01	111.01	1	111.01
2	防舷材	111.02	111.02	1	111.02
3	防舷材	111.03	111.03	1	111.03
4	防舷材	111.04	111.04	1	111.04
5	防舷材	111.05	111.05	1	111.05
6	防舷材	111.06	111.06	1	111.06
7	防舷材	111.07	111.07	1	111.07
8	防舷材	111.08	111.08	1	111.08
9	防舷材	111.09	111.09	1	111.09
10	防舷材	111.10	111.10	1	111.10

No.	劣化項目	筆數
1	面板破損或缺漏	181
2	面板鋼架鏽蝕	27
3	橡膠開裂	163
4	橡膠肢體變形	16
5	橡膠與背襯鋼板剝離	43
6	鍊條斷裂缺損	35
7	螺栓鬆脫突起	13
8	螺栓脫落或斷裂	33
9	基座混凝土破損	2



26

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01~112.10)

- 碼頭鋪面構件/項目: 666筆

No.	劣化項目	筆數
1	坑洞、下陷或破洞	214
2	破裂、龜裂	172
3	修補處破損	10
4	車轍嚴重	1
5	鋪面變形推擠	7
6	人手孔周邊損傷	14
7	管道位置沉陷或損傷	42
8	車道與路肩或側溝高度差	9
9	鋪面積水及方向	99
10	接縫破損	63
11	其他	35

No.	劣化項目	筆數
1	坑洞、下陷或破洞	214
2	破裂、龜裂	172
3	修補處破損	10
4	車轍嚴重	1
5	鋪面變形推擠	7
6	人手孔周邊損傷	14
7	管道位置沉陷或損傷	42
8	車道與路肩或側溝高度差	9
9	鋪面積水及方向	99
10	接縫破損	63
11	其他	35



27

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

- 彙整各港(111.01~112.10)

各型式碼頭的劣化統計

	碼頭法 緣構件	車擋構 件	繫船柱 構件	防舷材 構件	碼頭鋪 面構件	加水坑 及電件 構件	排水設 施構件	照明構 件	電信或 人手孔	合計
重力式	107	88	28	210	399	4	95	54	60	1045
棧橋式	11	83	20	77	160	9	80	17	0	457
板樁式	44	43	8	164	103	9	7	14	2	394
鋼板樁 複合式	28	43	11	62	4	0	5	4	0	157
合計	190	257	67	513	666	22	187	89	62	2053

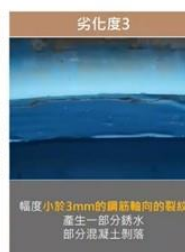
28

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

● 碼頭定期檢測實例探討

[illegible]

劣化度	説明
4	有異状、嚴重影響構件性能
3	有異状、影響構件性能
2	有異状、不影響構件性能
1	無異状



上部結構底面 (劣化度判定案例)

29

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

● 碼頭定期檢測實例探討



上部結構-版(劣化度判定案例)

鋼管樁-防蝕披覆(劣化度判定案例)



鋼管樁-防蝕披覆(劣化度判定案例)

30

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

● 碼頭定期檢測實例探討

碼頭性能弱化評估表

檢測診斷項目		檢測診斷項目分類	劣化度判定結果								統計				各項目性能劣化度	碼頭整體性能劣化度
			NBL	1BL	2BL	3BL	4BL	5BL	6BL	5BL	4	3	2	1		
岸壁法線	凹凸、出入	I	1	2	2	1	1	1	1	1			2	6	C	A
鋪面	下陷、沉陷	I	1	1	1	1	1	1	1	1				8	D	
鋪面	混凝土或瀝青・損傷劣化	II	2	3	1	1	2	2	1	2		1	4	3	C	
上部工 (上・側面部)	混凝土的劣化・損傷	II	1	1	3	1	1	3	2	2		2	2	4	C	
上部工 (底面)(PC)	混凝土的劣化・損傷	I	-	-	-	-	-	-	-	-					-	
上部工 (底面)(RC)	混凝土的劣化・損傷	II	4	4	4	4	4	4	4	4	8				A	
PC樁	樁身龜裂・損傷	I	4	1	1	1	1	1	1	1	1			7	C	
防撞設施	本體的損傷、破損、固定金屬零件鏽蝕	I	4	1	2	2	4	1	4	2	3		3	2	A	
繫船柱及繫船環	本體的劣化・損傷、塗裝的剝落等情況	III	2	2	2	2	2	2	2	2		8			C	
車擋	本體的損傷、塗裝剝落、腐蝕	III	1	1	1	1	1	1	1	4	1			7	C	
排水設施	排水設施的破損、格柵板的變形・腐蝕	III	-	-	-	-	-	-	-	-					-	
裝卸機械的基礎	軌道劣化	III	-	-	-	-	-	-	-	-					-	
裝卸機械的基礎	軌道基礎混凝土	III	-	-	-	-	-	-	-	-					-	

31

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

碼頭設施巡查檢測問題探討(收集碼頭的劣化缺失項目)

● 碼頭定期檢測實例探討

維護管理手冊中未規範PC樁劣化判定標準

- PC樁之劣化判定標準會增加於維護管理手冊，只要有裂紋、有銹水都判定為4。

定期檢測的檢測項目

- 混凝土強度檢測**如鑽心取樣及氯離子檢測等屬詳細檢測部分，俟定期檢測後對混凝土強度有疑慮時才執行詳細檢測。
- 鋼板(管)樁厚度檢測**屬詳細檢測部分，俟定期檢測後對鋼板樁強度有疑慮時才執行詳細檢測。

性能評估容易因防舷材影響被評斷為A級

- 設施之防撞設施之劣化度判定標準誤植為I類，應為II類，但建議將繫船柱與防舷材修正為第III類。
- 因第III類屬附屬設施，影響結構整體性能輕微，且於一般日常巡查即可發現缺失改善，因此建議未來第III類不要納入設施定期檢測之性能弱化度評估。

32

04 新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

33

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP

■ APP經常巡查的現地巡查作業

- ◆ 即時劣化數據紀錄
 - ◆ 透過應用程式，巡查人員可以即時記錄港灣設施的劣化缺失。
- ◆ GPS定位功能
 - ◆ 利用GPS的功能紀錄每一筆缺失的座標，並可立即於地圖上顯示構件劣化異常的位置與紀錄。
- ◆ 地圖即時顯示
 - ◆ 巡查應用程式可即時將劣化異常的位置顯示在地圖上，使得管理人員能夠一目瞭然地查看整個港灣設施的狀態。
- ◆ 可離線使用
 - 考慮到有些港區地區可能存在網絡連接不穩定的情況，應用程式可以支援離線模式，讓巡查人員在無網絡的情況下仍能夠進行巡查記錄。



34

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP



35

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP



36

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP



離靠岸巡查紀錄

- 透過船舶靠離岸現地巡查APP，能夠實時紀錄船舶靠泊碼頭前後的碼頭結構、設施和設備的狀態，以建立詳盡的巡查報告，作為後續責任的釐清依據。

37

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP

地震後之特別巡查

- 本系統APP結合本中心開發的地震速報系統，當地震事件發生大於四級以上時，系統會自動推播已安裝APP的相關巡查人員，請盡速執行特別巡查作業。

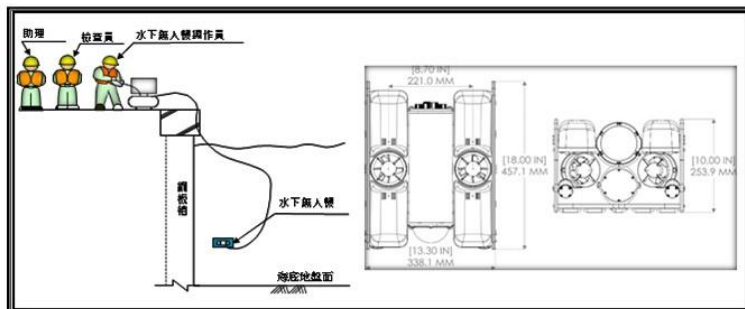
38

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 使用水下遙控載具(ROV) 檢查構造物



在水中ROV設置聲波測深機，檢測鋼板樁的腐蝕的同時，量測海床水深，判別是否有冲刷與淤積情形。



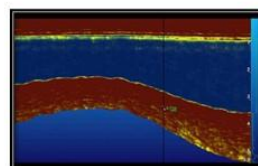
ROV



鋼板樁的腐蝕調查



棧橋鋼管樁的陽極調查



海底地盤的水深變化

資料來源：日本國土交通省港灣局，「港灣の施設の新しい点検技術 カタログ」，2022

39

第5案

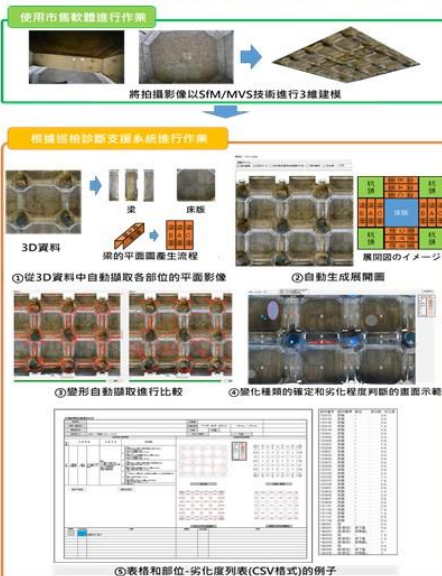
港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4) -新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 用於碼頭棧橋上部結構巡檢的遙控無人載具



資料來源：日本土木学会論文集B3（海洋開発），「棧橋上部工点検用ROVによる点検の効率化に向けた取組み」



日本港灣空港技術研究所利用 ROV進行棧橋式碼頭下部結構之檢測，在ROV上部搭載攝影裝置，並利用目前普及化的SfM/MVS軟體圖像分析技術來取得棧橋下部結構3D展開圖，以輔助構材的劣化度判定，構築由畫像上查出會混凝土有龜裂或剝離等劣化的位置。

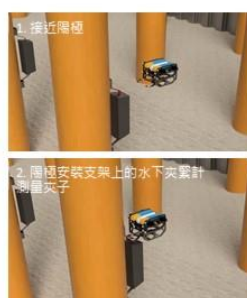
40

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 使用水下無人機進行陽極消耗調查



透過在ROV上加裝上視訊模組，ROV可以透過岸上的操作者在棧橋內穿越，檢測棧橋下方損害之程度。



在ROV加裝量測的電流儀器，可進行陽極塊消耗調查

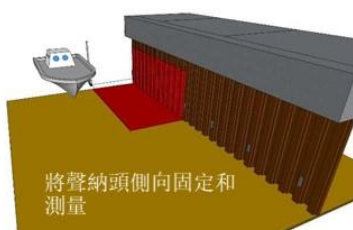
資料來源：日本國立研究開發法人海上港灣航空技術研究所(2020)，「水中ドローンを利用した港灣構造物の調査に関する検討」

41

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

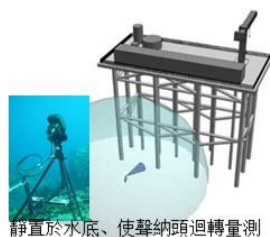
● 使用水下3D掃描儀的水下結構形狀識別系統

[船舶安裝測量]

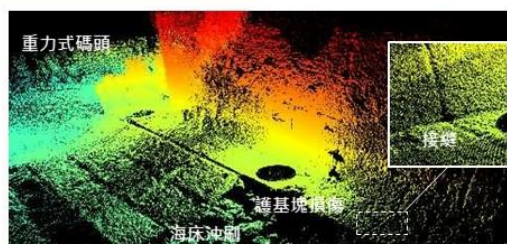


將聲納頭側向固定和測量

[水底靜置測量]



靜置於水底、使聲納頭迴轉量測



水下3D掃描儀是一種聲波設備，用於以高精度和高密度的點雲數據測量水下結構和水底形狀。可在水底靜置狀態下進行測量，也可在船舶安裝測量。由於比多音束的頻率還高，所以點雲密度很高，可量測複雜的形狀與10cm左右的變異。可檢測覆基塊的損傷或散亂、海床的冲刷、陽極塊的磨耗、缺損，板樁的開孔能很有效率來量測。

資料來源：日本國土交通省港灣局，「港灣の施設の新しい点検技術 カタログ」，2022

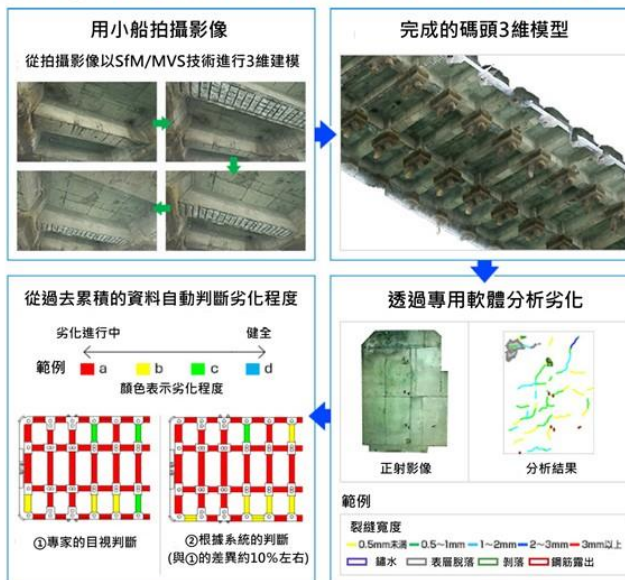
42

新興科技應用於碼頭設施巡檢作業的應用

● 使用i-Boat (無線區域網路船) 的港灣構造物檢測・診斷系統



無線式LAN船，能夠進行遠程無線遙控攝船和攝影機操作。攝影機配備高性能的雲台（穩定裝置），能夠抑制波浪引起的攝影機晃動，進行穩定的影像擷取。透過拍攝的圖像，利用SfM/MVS運動/多視角立體成像）技術，可以建立三維模型。使用專用軟體，根據裂縫密度、剝落面積、鋼筋暴露面積比等判斷標準，自動判斷劣化程度。



資料來源：日本國土交通省港灣局，「港灣の施設の新しい点検技術 カタログ」，2022

劣化診斷的流程圖

43

05 結論與建議

1. 新興科技港灣設施現地巡查APP版程式，利用行動裝置的優勢，可以迅速地記錄巡查港灣設施的劣化缺失，同時以利用GPS的功能紀錄每一筆缺失的座標，並可立即於地圖上顯示構件劣化異常的位置與紀錄，可減少人工巡查紙本的紀錄，提高數據記錄的準確性。
2. 運用水下無人載具ROV檢測技術，可以在水下進行碼頭棧橋上部結構的巡檢診斷、重力式碼頭與板樁式碼頭的水下壁體與鋼板樁腐蝕檢測與海床檢測工作。相對於傳統的潛水作業，ROV碼頭檢測因為它減少了對潛水員的需求，並提高了檢測的效率。
3. 在新興科技的應用，碼頭的經常巡查可用港灣設施巡查行動應用程式APP進行現地巡查作業，而碼頭的定期檢測則可利用水下遙控載具ROV技術、水下3D掃描掌握水下結構形狀的系統、多音束測深儀與透地雷達檢測技術，進行碼頭結構、水域底部和相關基礎設施的檢測。
4. 現代科技技術及工法日新月異，應用新興科技輔助於港灣設施各項巡查及檢測作業以然成為趨勢，建議可參採國內外新興科技應用案例，並盤點可實行之標的，於可行性評估後，進行場域試辦試行。
5. 為落實港灣構造物維護管理制度，需滾動調整或修訂維護管理手冊，俾以符合實務需求。



THANK YOU

簡報完畢
敬請指教



