

112-016-7D33
MOTC-IOT-111-H1CA001e

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)- 新興科技應用於巡查檢測作業之探討



交通部運輸研究所

中華民國 112 年 3 月

112-016-7D33
MOTC-IOT-111-H1CA001e

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)- 新興科技應用於巡查檢測作業之探討

著者：張道光、黃宇謙

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 3 月

GPN : 1011200152
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. (1/4)：新興科技
應用於巡查檢測作業之探討 / 張道光, 黃宇謙
著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所, 民
112.03

面；公分

ISBN 978-986-531-474-3(平裝)

1.CST: 港埠工程 2.CST: 港埠管理

443.2

112001059

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

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 112 年 3 月

印刷者：OOOOOOOOO

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：1011200152 ISBN：978-986-531-474-3 (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(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討 | | | |
| 國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-474-3(平裝) | 政府出版品統一編號 1011200152 | 運輸研究所出版品編號 112-016-7D33 | 計畫編號 MOTC-IOT-111-H1CA001e |
| 本所主辦單位：港灣技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：張道光 研究人員：黃宇謙 參與人員：魏瓊蓉、黃淑鉉 聯絡電話：(04)2658-7174 傳真號碼：(04)2656-4418 | | | 研究期間 自 111 年 1 月 至 111 年 12 月 |
| 關鍵詞：新興科技、港灣構造物、巡查檢測、無人飛行載具、遠距遙控操作無人機 | | | |
| 摘要： 港區幅員廣大，碼頭與防波堤長年處在惡劣的海洋環境，日常巡查與檢測，需投入大量的人力及時間進行。目前港灣構造物之巡檢作業多以人工為主，透過巡檢人員進行日常巡查作業與配合儀器進行詳細水下的定期檢測，在有限的人力及預算下，許多設施發生問題無法及時處理。本研究主要為探討新興科技應用於港灣構造物之巡查檢測工作，與研析目前的維護管理制度與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。 | | | |
| 研究成果效益： 1.探討維護管理的制度與巡查檢測項目劣化判定標準，滾動調整或修訂維護管理手冊，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。 2.新興科技的運用，精進巡查檢測作業，提升港灣構造物維護管理成效。 3.協助臺中港務分公司執行防波堤之定期檢測所遇問題之釐清與巡檢方式之改進與精進。 | | | |
| 提供應用情形： 本研究成果除可提供港務管理單位辦理碼頭與防波堤等港灣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 |
| 112 年 3 月 | 220 | 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 (1/4) - Discussion on Application of New-Emerging Technology to Inspection and Detection | | | |
| ISBN (or ISSN) 978-986-531-474-3 (pbk) | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011200152 | IOT SERIAL NUMBER 112-016-7D33 | PROJECT NUMBER MOTC-IOT- 111-HICA001e |
| DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tao-Kuang Chang PROJECT STAFF: Yu-Cian Huang PROJECT TECHNICIAN: Chiung-Jung Wei, Su-Hsuan Huang PHONE: (04) 2658-7174 FAX: (04) 2656-4418 | | | PROJECT PERIOD FROM: January 2022 TO: December 2022 |
| KEY WORDS: Emerging technology, Harbor structures, Inspection and detection, UAV, ROV | | | |
| <p>ABSTRACT:</p> <p>Ports are vast in area, with wharfs and breakwaters constantly in the environment of harsh ocean and unknown water below; so, routine inspections and inspections of harbor structures usually take a lot of manpower and time to carry out. At present, most inspections in the port area are primarily carried out manually, where inspection personnel perform routine inspection operations with the aid of instruments for detailed regular underwater inspection. Subject to limited manpower and budgets, problems occurring to many facilities cannot be dealt with in time. The present research explores the application of emerging technologies in the inspection and detection of harbor structures and analyzes the current maintenance management system, inspections and detections, as well as the criteria for determining deterioration, to improve the inspection and inspection of harbor structures. Thus, with the help of more efficient and informative method, maintenance managers can really perform the maintenance management systems and the maintenance management efficiency will be improved.</p> <p>RESEARCH RESULTS AND BENEFITS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The system of maintenance management and the criteria for determining deterioration of subjects of inspection and test were explored. Maintenance management manuals were modified or revised in a rolling manner. Assistance was offered to maintenance managers in performing maintenance management systems and improving maintenance management efficiency. 2. Employment of emerging technologies helped perfecting inspection and testing operations, and in turn improved the effectiveness of maintenance and management of harbor structures. 3. Assistance was provided to Port of Taichung in clarifying the problems encountered in regular inspection of the breakwater and in improving the inspection method. <p>APPLICATION AVAILABILITY:</p> <p>The results of the present research can be provided as reference and application for port administrations in performing the maintenance and management of harbor facilities such as wharves and breakwaters. The detecting methods adopted or recommended during the course of research, and the results can be provided as reference for Taiwan's harbor administrations and engineering consultants, as well as for the Institute in follow-up research.</p> | | | |
| PUBLICATION DATE March 2023 | | NUMBER OF PAGES 220 | 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(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

目 錄

| | |
|-------------------------|------|
| 中文摘要..... | I |
| 英文摘要..... | II |
| 目 錄..... | III |
| 圖目錄..... | VII |
| 表目錄..... | XIII |
| 第一章 前 言..... | 1-1 |
| 1.1 計畫緣起..... | 1-1 |
| 1.2 計畫目的..... | 1-1 |
| 1.3 研究方法..... | 1-1 |
| 1.4 研究內容..... | 1-2 |
| 第二章 港灣構造物維護管理制度之探討..... | 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 |
| 2.1.1.1 維護管理計畫架構..... | 2-2 |
| 2.1.1.2 各執行項目說明..... | 2-3 |
| 2.1.2 巡查項目及表單..... | 2-3 |
| 2.1.2.1 巡查類別..... | 2-3 |
| 2.1.2.2 經常巡查表..... | 2-4 |
| 2.1.3 港灣構造物檢測診斷..... | 2-13 |

| | | |
|---------|------------------------------|------|
| 2.1.3.1 | 檢測類別 | 2-13 |
| 2.1.3.2 | 檢測診斷項目分類 | 2-14 |
| 2.1.3.3 | 碼頭及防波堤檢測診斷項目標準分類 | 2-15 |
| 2.1.4 | 構材劣化度判定及性能弱化度評估方法 | 2-18 |
| 2.1.4.1 | 劣化度判定及性能弱化度評估實施單位 | 2-18 |
| 2.1.4.2 | 劣化度判定及性能弱化度評估標準 | 2-19 |
| 2.1.4.3 | 性能弱化度評估方法 | 2-20 |
| 2.1.5 | 維護維修計畫 | 2-23 |
| 2.1.5.1 | 維護維修計畫基本考量 | 2-23 |
| 2.1.5.2 | 到實施維護工程為止檢討流程及維護維修計畫定位 | 2-23 |
| 2.1.5.3 | 維護維修工程實施時機 | 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 |
| 2.3 | 國內維護管理制度探討與精進 | 2-38 |
| 第三章 | 港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準 | 3-1 |
| 3.1 | 碼頭檢測構件劣化度的判定標準 | 3-1 |
| 3.1.1 | 重力式碼頭（以沉箱式碼頭為例） | 3-1 |
| 3.1.2 | 鋼板樁式碼頭 | 3-7 |
| 3.1.3 | 棧橋式碼頭 | 3-18 |
| 3.1.4 | 方塊式碼頭 | 3-25 |
| 3.1.5 | 碼頭附屬設施 | 3-25 |

| | |
|--------------------------------|------|
| 3.2 防波堤檢測構件劣化度的判定標準 | 3-32 |
| 3.2.1 沉箱合成式防波堤..... | 3-33 |
| 3.2.2 方塊式防波堤..... | 3-44 |
| 3.2.3 斜坡堤..... | 3-44 |
| 第四章 港灣構造物巡查檢測應用新興科技案例..... | 4-1 |
| 4.1 水下無人載具檢測技術 | 4-1 |
| 4.2 水下無人載具應用案例 | 4-3 |
| 4.3 UAV 檢測技術 | 4-13 |
| 4.4 UAV 應用案例 | 4-13 |
| 4.5 透地雷達檢測技術 | 4-18 |
| 4.6 水下非接觸式鋼材厚度量測技術..... | 4-22 |
| 第五章 港灣構造物巡查檢測作業之精進探討..... | 5-1 |
| 5.1 港灣設施檢測診斷相關技術開發 | 5-1 |
| 5.1.1 港灣設施檢測診斷現況課題 | 5-1 |
| 5.1.1.1 替代目視技術開發 | 5-1 |
| 5.1.1.2 鋼材腐蝕檢測診斷相關技術開發 | 5-2 |
| 5.1.1.3 防波堤與碼頭空洞探查相關技術開發 | 5-3 |
| 5.2 港灣構造物巡查檢測作業之精進..... | 5-3 |
| 第六章 結論與建議..... | 6-1 |
| 6.1 結論 | 6-1 |
| 6.2 建議..... | 6-2 |
| 6.3 研究成果之效益 | 6-2 |
| 6.4 提供政府單位應用情形 | 6-2 |

| | |
|-------------------------|--------|
| 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 | 3-1 |

| | |
|-------------------------------------|------|
| 圖 3.2 岸壁法線凹凸案例..... | 3-2 |
| 圖 3.3 鋪面下陷/沉陷案例（左瀝青鋪面、右混凝土鋪面） | 3-2 |
| 圖 3.4 鋪面裂紋案例..... | 3-4 |
| 圖 3.5 沉箱從海上及潛水檢測狀況..... | 3-5 |
| 圖 3.6 上部工檢測狀況..... | 3-6 |
| 圖 3.7 海底地基檢測狀況..... | 3-7 |
| 圖 3.8 板樁式碼頭主要檢測構件..... | 3-8 |
| 圖 3.9 鋪面檢測狀況..... | 3-9 |
| 圖 3.10 鋼板樁以目視檢測狀況..... | 3-11 |
| 圖 3.11 鋼板樁潛水目視檢測狀況..... | 3-11 |
| 圖 3.12 鋼板樁潛水檢測厚度狀況..... | 3-12 |
| 圖 3.13 塗裝缺損面積率..... | 3-13 |
| 圖 3.14 被覆防蝕工檢測狀況..... | 3-14 |
| 圖 3.15 陽極塊水中檢測狀況..... | 3-16 |
| 圖 3.16 上部工檢測狀況..... | 3-17 |
| 圖 3.17 棧橋式碼頭主要檢測構件..... | 3-19 |
| 圖 3.18 棧橋上部工(底面)梁的劣化損傷案例..... | 3-22 |
| 圖 3.19 棧橋上部工(底面)檢測狀況..... | 3-22 |
| 圖 3.20 棧橋上部工(底面)劣化度的判定方法案例..... | 3-24 |
| 圖 3.21 方塊式碼頭斷面..... | 3-25 |
| 圖 3.22 車擋損壞案例..... | 3-27 |
| 圖 3.23 沉錘式浮標..... | 3-31 |
| 圖 3.24 防波堤主要檢測構件..... | 3-32 |

| | |
|--------------------------------|------|
| 圖 3.25 沉箱合成式防波堤位移、下陷的檢測狀況..... | 3-34 |
| 圖 3.26 陸上及海上沉箱檢測狀況..... | 3-35 |
| 圖 3.27 用攝影機做沉箱側壁破洞調查..... | 3-36 |
| 圖 3.28 使用檢查孔做沉箱空洞化調查..... | 3-36 |
| 圖 3.29 沉箱潛水檢查狀況..... | 3-37 |
| 圖 3.30 上部工檢測狀況..... | 3-38 |
| 圖 3.31 消波工檢測狀況..... | 3-39 |
| 圖 3.32 消波工水中檢測狀況..... | 3-41 |
| 圖 3.33 護面工及護基工的檢測狀況..... | 3-41 |
| 圖 3.34 海底地基檢測狀況..... | 3-43 |
| 圖 3.35 方塊式防波堤..... | 3-44 |
| 圖 3.36 混凝土方塊缺損及滑出案例..... | 3-44 |
| 圖 3.37 拋石式斜坡堤及混凝土塊式斜坡堤斷面..... | 3-45 |
| 圖 3.38 混凝土塊式斜坡堤變化案例..... | 3-45 |
| 圖 4.1 水下遙控載具 ROV | 4-2 |
| 圖 4.2 ROV 系統機具配置 | 4-2 |
| 圖 4.3 自主水下載具 AUV | 4-3 |
| 圖 4.4 ROV 檢測作業示意圖 | 4-4 |
| 圖 4.5 鋼板樁腐蝕調查..... | 4-4 |
| 圖 4.6 棧橋鋼管樁陽極塊調查..... | 4-4 |
| 圖 4.7 海底地盤水深變化..... | 4-5 |
| 圖 4.8 AUV 外廓設施檢測..... | 4-6 |
| 圖 4.9 ROV 外觀..... | 4-7 |

| | |
|----------------------------------------|------|
| 圖 4.10 ROV 檢測情形 | 4-8 |
| 圖 4.11 SfM/MVS 取得棧橋下部結構 3D 展開圖 | 4-9 |
| 圖 4.12 3D 展開圖查出變異位置 | 4-9 |
| 圖 4.13 ROV 巡檢路徑 | 4-10 |
| 圖 4.14 碼頭壁體檢測成果 | 4-10 |
| 圖 4.15 陽極塊調查檢測成果 | 4-11 |
| 圖 4.16 海床檢測成果 | 4-11 |
| 圖 4.17 附掛水下無人機 | 4-12 |
| 圖 4.18 量測陽極塊電流 | 4-12 |
| 圖 4.19 無人機形式 | 4-13 |
| 圖 4.20 UAV 檢測概要 | 4-14 |
| 圖 4.21 RTK 技術示意圖 | 4-15 |
| 圖 4.22 金澤港西防波堤海浪入侵前後上部工比較 | 4-16 |
| 圖 4.23 UAV 航線規劃、多期影像比對及構件辨識於港區應用 | 4-17 |
| 圖 4.24 透地雷達檢測作業概況 | 4-19 |
| 圖 4.25 透地雷達測線位置分佈圖 | 4-20 |
| 圖 4.26 透地雷達檢測工作情形 | 4-20 |
| 圖 4.27 透地雷達檢測成果 | 4-21 |
| 圖 4.28 透地雷達檢測成果損壞位置示意圖 | 4-22 |
| 圖 4.29 電磁感應脈衝渦電流檢測 | 4-23 |
| 圖 5.1 UAV 消波塊損壞位置 | 5-5 |
| 圖 5.2 損壞範圍縱斷面圖 | 5-5 |
| 圖 5.3 多音束研判分析成果圖 | 5-8 |

| | |
|-----------------------|------|
| 圖 5.4 沉箱消波塊位置圖 | 5-10 |
| 圖 5.5 延長桿目視巡檢情形 | 5-10 |

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標準分類 | 2-15 |
| 表 2-11 板樁式碼頭檢測診斷項目標準分類 | 2-16 |
| 表 2-12 棧橋式碼頭檢測診斷項目標準分類 | 2-16 |
| 表 2-13 浮動碼頭檢測診斷項目標準分類 | 2-17 |
| 表 2-14 防波堤檢測診斷項目標準分類 | 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 2-22 巡查類別..... | 2-39 |
| 表 2-23 水域、道路、橋梁及附屬設施巡查表單(A)..... | 2-40 |
| 表 2-24 水域設施檢測診斷項目標準分類 | 2-42 |
| 表 2-25 水域設施劣化度的判定及性能弱化度評估標準實施單位..... | 2-42 |
| 表 2-26 水域設施劣化度判定標準 | 2-43 |
| 表 2-27 水域設施水深檢測診斷格式(必要時)..... | 2-43 |
| 表 2-28 檢測診斷項目分類修正 | 2-44 |
| 表 2-29 防撞設施劣化度判定標準修正 | 2-44 |
| 表 3-1 岸壁法線劣化度判定標準 | 3-2 |
| 表 3-2 鋪面下陷/沉陷劣化度判定標準 | 3-3 |
| 表 3-3 鋪面裂紋劣化度判定標準 | 3-4 |
| 表 3-4 沉箱劣化度判定標準 | 3-5 |
| 表 3-5 上部工劣化度判定標準 | 3-6 |
| 表 3-6 海底地基劣化度判定標準 | 3-7 |
| 表 3-7 岸壁法線劣化度判定標準 | 3-8 |
| 表 3-8 鋪面劣化度判定標準 | 3-10 |
| 表 3-9 鋼板樁劣化度判定標準 | 3-12 |
| 表 3-10 被覆防蝕工劣化度判定標準 | 3-15 |
| 表 3-11 陰極防蝕工電位及陽極塊損耗劣化度判定標準 | 3-16 |
| 表 3-12 上部工劣化度判定標準 | 3-17 |
| 表 3-13 海底地基劣化度判定標準 | 3-18 |
| 表 3-14 棧橋法線劣化度判斷標準 | 3-19 |
| 表 3-15 鋪面劣化度判定標準 | 3-20 |

| | |
|--------------------------------------|------|
| 表 3-16 擋土護岸背後鋪面劣化度判定標準 | 3-20 |
| 表 3-17 棧橋上部工劣化度判定標準 | 3-23 |
| 表 3-18 渡板劣化度判定標準 | 3-25 |
| 表 3-19 繫船柱及繫船環劣化度判定標準 | 3-26 |
| 表 3-20 防撞設施劣化度判定標準 | 3-26 |
| 表 3-21 照明設備劣化度判定標準 | 3-27 |
| 表 3-22 車擋劣化度判定標準 | 3-28 |
| 表 3-23 排水設施劣化度判定標準 | 3-28 |
| 表 3-24 柵欄、門及繩索劣化度判定標準 | 3-29 |
| 表 3-25 標誌劣化度判定標準 | 3-29 |
| 表 3-26 裝卸機械基礎劣化度判定標準 | 3-30 |
| 表 3-27 階梯及爬梯劣化度判定標準 | 3-31 |
| 表 3-28 浮標檢測診斷劣化度判定標準 | 3-32 |
| 表 3-29 沉箱合成式防波堤位移、下陷劣化度判定標準 | 3-34 |
| 表 3-30 沉箱從陸上及海上檢測劣化度判定標準 | 3-35 |
| 表 3-31 潛水調查沉箱劣化度判定標準 | 3-37 |
| 表 3-32 上部工劣化度判定標準 | 3-38 |
| 表 3-33 消波工劣化度判定標準 | 3-40 |
| 表 3-34 消波工、護面工及護基工等潛水調查劣化度判定標準 | 3-42 |
| 表 3-35 海底地基劣化度判定標準 | 3-43 |
| 表 4-1 棧橋上部結構檢查用 ROV 主要規格 | 4-7 |
| 表 5-1 消波工劣化度判定標準 | 5-4 |
| 表 5-2 消波塊、護面塊及護基塊等潛水調查劣化度判定標準 | 5-7 |

表 5-3 海底地基劣化度判定標準5-8

第一章 前言

1.1 計畫緣起

臺灣四面環海，港灣構造物處在海洋惡劣環境與受地震颱風侵襲下，安全性所受威脅甚大，對港埠營運影響更鉅。因此，為維持港灣構造物在使用期間能滿足性能要求，必須依維護管理計畫程序執行港灣構造維護管理。

然而，因港區幅員廣大，碼頭與防波堤又長年處在海洋惡劣及水下未知環境，執行港灣構造物日常巡查與檢測工作，需投入大量的人力及時間。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與配合儀器定期檢測作業，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。近年來自動化巡檢觀念的興盛，讓機器從事繁複的任務及判識設施的劣化狀況，提供設施維護管理的重要輔助。

1.2 計畫目的

為提升巡檢工作的效率，本計畫主要探討新興科技應用於港灣構造物之巡查與檢測工作，並精進以更有效率且資訊化方式，協助港務單位落實維護管理制度與提升維護管理效率。

1.3 研究方法

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，研究對象則為臺灣港務公司（以下簡稱港務公司），研究方法說明如下：

1. 蒐集港灣構造物維護管理文獻與研析相關資料

蒐集有關港灣構造物的形式、維護管理之相關研究文獻及維護管理制度的巡查檢測項目劣化的判定基準，以供後續探討運用。

2. 港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集

配合港灣構造物維護管理制度，蒐集相關新興科技應用於港灣構造物的巡檢案例。

3. 召開專家學者座談會

邀集專家學者及應用單位座談，聽取相關建議及需求，以供計畫後續執行與改善的參考。

4. 新興科技應用港灣構造物巡檢之可行性與巡查檢測作業之精進探討

針對港灣構造物巡查檢測技術問題、管理制度與劣化判定標準、新興科技應用於港灣構造物巡查檢測之可行性與巡查檢測作業之精進探討。

1.4 研究內容

本計畫 111 年主要研究內容說明如下，研究流程如圖 1.1 所示。

1. 港灣構造物維護管理制度之探討

整理與彙整國內港灣構造物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. 港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整

彙整既有的港灣構造物的巡查檢測的項目與各構件劣化的判定檢測標準。

3. 港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集

新興科技(UAV、ROV、透地雷達．．等)應用港灣構造物巡查檢測之案例蒐集。

4. 港灣構造物巡查檢測作業之精進探討

研析蒐整之資料，並探討相關新興科技應用於港灣構造物巡查與檢測之可行性分析與精進巡查檢測作業。

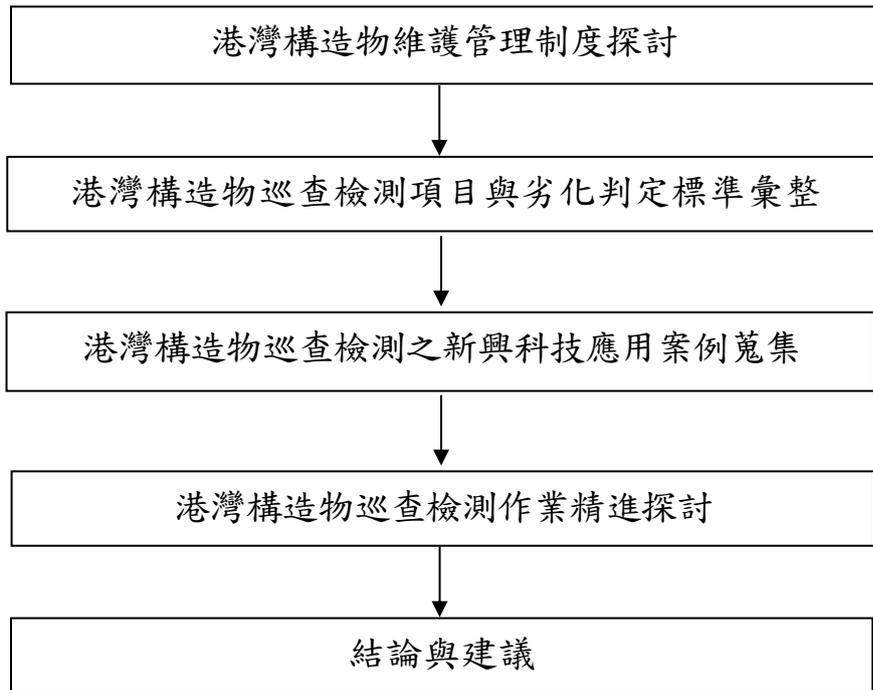


圖 1.1 研究流程圖

第二章 港灣構造物維護管理制度之探討

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。

2.1.1.1 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。

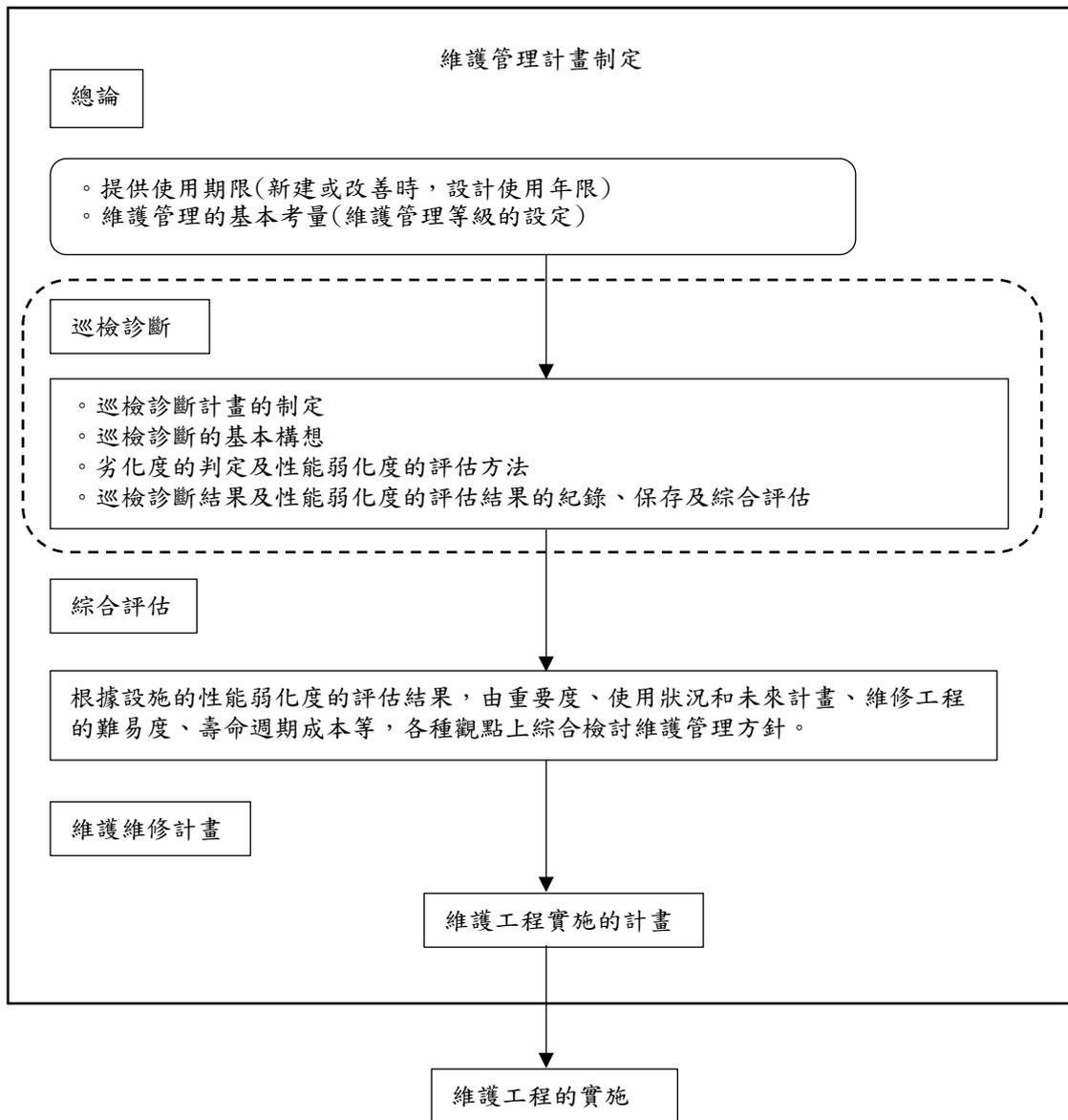


圖 2.1 維護管理計畫架構

2.1.1.2 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.檢測診斷

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。

2.1.2.1 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) |

2.1.2.2 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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. 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 |

| 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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. 氫氣壓力表 13. TE 溫度電驛檢查 |
| | 至少每月 一次 | 設備檢查項 目 | 中央監控系統設備： <ol style="list-style-type: none"> 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 | 設備檢查項 目 | <ol style="list-style-type: none"> 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。

2.1.3.1 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。

2.1.3.2 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 對設施性能產生影響的構件 鋼鐵構件的防蝕設施 防舷材 繫船柱 | <ul style="list-style-type: none"> 附屬設施 防護欄、爬梯等 |

註：檢測診斷項目分類已修正如表 2-28。

2.1.3.3 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標準其配置狀況、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標準分類分列如表 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標準分類

| 項目 類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 重力式 碼頭 (沉箱 式或方 塊式) | <ul style="list-style-type: none"> •【岸壁法線】凹凸、出入 •【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 | <ul style="list-style-type: none"> •【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 •【防舷材、繫船柱】劣化、損傷 | 左欄以外 |

表 2-11 板樁式碼頭檢測診斷項目標準分類

| 項目類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 板樁式碼頭 (鋼板樁或 RC 板樁) | <ul style="list-style-type: none"> • 【岸壁法線】凹凸、出入 • 【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 | <ul style="list-style-type: none"> • 【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 • 【防舷材、繫船柱】劣化、損傷 | 左欄以外 |

表 2-12 棧橋式碼頭檢測診斷項目標準分類

| 項目類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 棧橋式碼頭 | <ul style="list-style-type: none"> • 【棧橋法線】凹凸、出入 • 【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】 | <ul style="list-style-type: none"> • 【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 • 【防舷材、繫船柱】劣化、損傷 | 左欄以外 |

表 2-13 浮動碼頭檢測診斷項目標準分類

| 項目 類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 浮動 碼頭 | <ul style="list-style-type: none"> •【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 | <ul style="list-style-type: none"> •【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 •【防舷材、繫船柱】劣化、損傷 | 左欄以外 |

表 2-14 防波堤檢測診斷項目標準分類

| 項目 類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 防波堤 | <ul style="list-style-type: none"> •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 | <ul style="list-style-type: none"> •【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

2.1.4.1 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 | |
| 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 | |

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 設施都是不同構造形式所構成的情況，要根據每一構造形式的實施單位，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 | |

2.1.4.2 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 |

2.1.4.3 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形式，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 | |

[STEP 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。



[STEP 2]：每個檢測診斷項目性能弱化度（A、B、C、D）的評估，根據表2-8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。



[STEP 3]：性能弱化度（A、B、C、D）的評估在[STEP 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 | | | | | 各檢測項目分類分類之性能弱化度 | 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 | |
| 碼頭路面 | 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、出入 (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。

2.1.5.1 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。

2.1.5.2 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。

2.1.5.3 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。

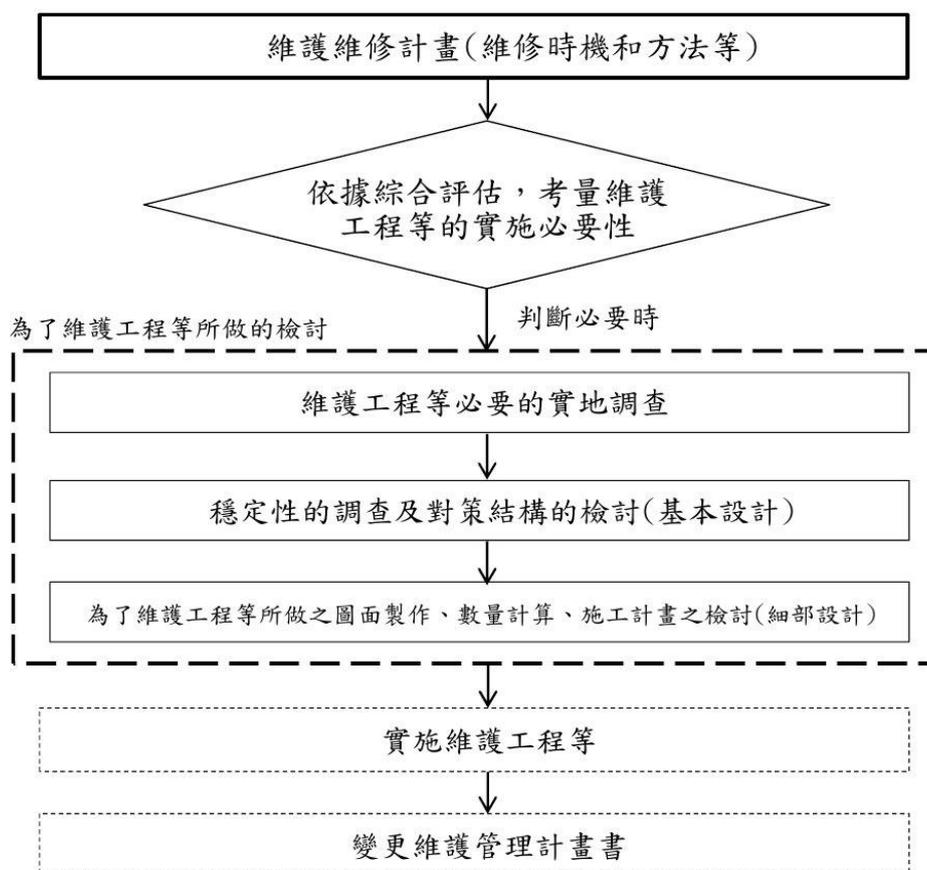


圖 2.3 維護維修工程實施前檢討流程

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。

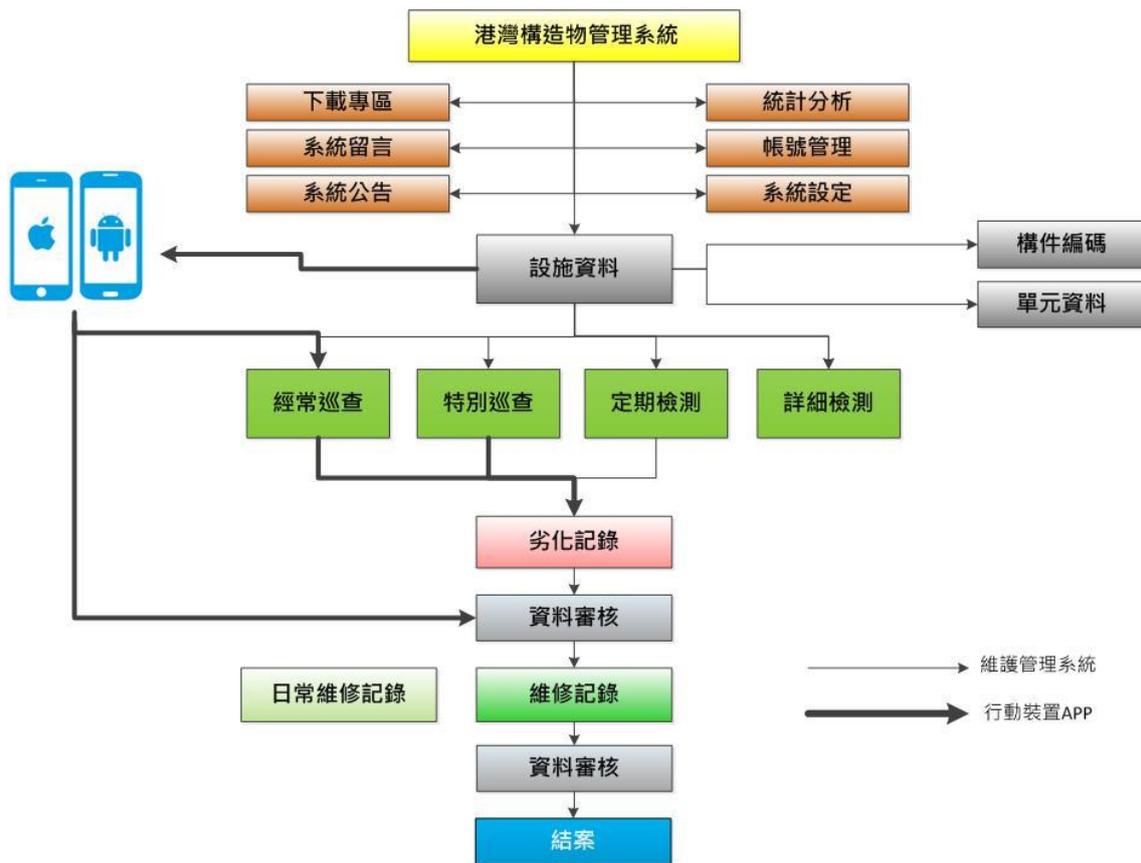


圖 2.5 港灣構造物維護管理系統流程圖

2.2.3 系統功能架構

港灣構造物維護管理系統包含十四個功能模組，如圖 2.6 所示，各模組功能簡述如下：

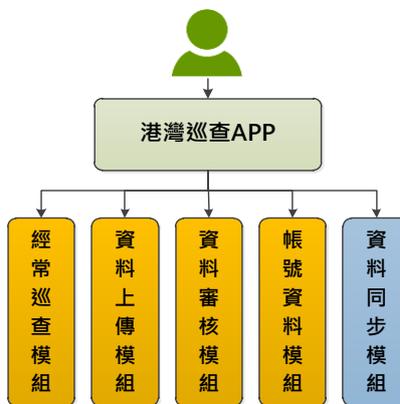
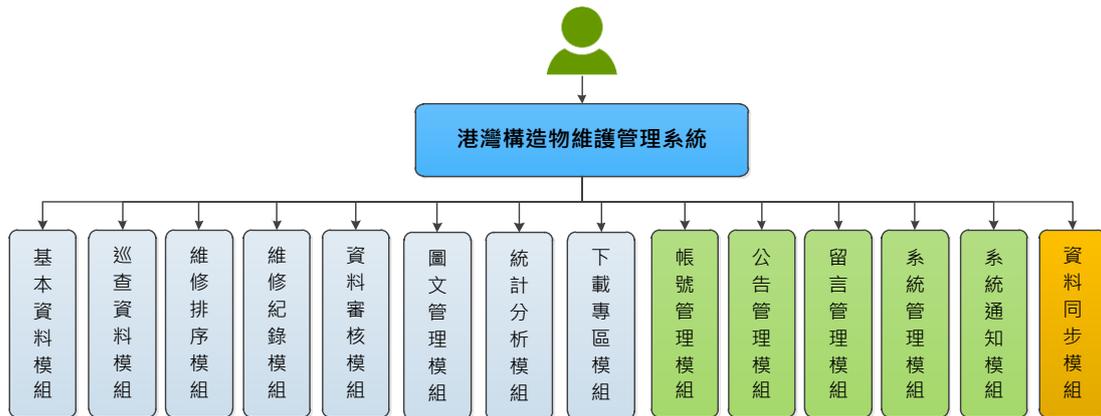


圖 2.6 管理系統與 APP 功能模組

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)，主要紀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 「前已紀錄」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 |
| <input type="radio"/> 否 <input checked="" type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 1.變位外移、下陷 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 2.冠牆龜裂、損傷 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 3.冠牆鋼筋外露 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 4.冠牆接縫錯位 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 5.混凝土剝落 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 6.岸肩下陷 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 7.棧橋面板接縫錯位 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 8.沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位 | 0 | 添加 | |
| <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 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

構件編碼

*構件或項目 碼頭法線

*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 設施有異狀已紀錄

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，需另外紀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 「前已紀錄」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 |
|------|------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----|------|------|
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 1. 變位外移、下陷 | 0 | 添加 | 1 |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 2. 冠牆龜裂、損傷 | 0 | 添加 | |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 3. 冠牆鋼筋外露 | 0 | 添加 | |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 4. 冠牆接縫錯位 | 0 | 添加 | |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 5. 混凝土剝落 | 0 | 添加 | |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 6. 岸肩下陷 | 0 | 添加 | |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 7. 樓梯面板接縫錯位 | 0 | 添加 | |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 8. 沉箱或方塊開口、偏差或接縫錯位 | 0 | 添加 | |
| | <input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是 | <input type="checkbox"/> | 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）。

1. 高雄港-設施列表

2.

| 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 | 銅板樁 | 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紀錄使用。

新增日常維修紀錄

選擇條件

碼頭 / 全選
 1號碼頭 2號碼頭 3號碼頭 4號碼頭 5號碼頭 6號碼頭
 52號碼頭 53號碼頭

防波堤 / 全選
 北防波堤

浮動碼頭 / 全選
 羅漢碼頭區1號浮動碼頭 羅漢碼頭區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: 2017-11-08 | 照片說明: | 紀錄維修狀況: | 檔案: 選擇檔案 2013100...sp.jpg 

 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。

| 操作 | 劣化ID | 類型 | 日期 | 狀態 | 預計維修完成 | 維修負責人員 | 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 | 防眩材 | 螺絲鬆脫突起 | 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 | 防眩材 | 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 | 防眩材 | 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 | 防眩材 | 螺絲鬆脫突起 | 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 | 防眩材 | 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 | 防眩材 | 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 | 28號碼頭 | 防眩材 | 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 | 28號碼頭 | 防眩材 | 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 | 28號碼頭 | 防眩材 | 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，進而搜尋目前紀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 | <input type="checkbox"/> 全選 (勾選設定後將具有權責範圍內的審核權限) <hr/> <input type="checkbox"/> 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) <input type="checkbox"/> 業者租賃及投資興建之專用碼頭、場地、房舍等 <input type="checkbox"/> 船修廠區範圍 <input type="checkbox"/> 港區道路、橋梁 <input type="checkbox"/> 港區排水溝 (蓋) <input type="checkbox"/> 港區路燈 <input type="checkbox"/> 各公用碼頭區及岸壁設施 (如繫纜樁、碰墊、輪擋、反光板等) <input type="checkbox"/> 防波堤及護岸 <input type="checkbox"/> 高壓變電站等機電設備 <input type="checkbox"/> 高雄港過港隧道 <input type="checkbox"/> 施工中工程之區域 |
| 設施維護審核 | <input type="checkbox"/> 全選 (勾選設定後將具有權責範圍內的維修審核權限) <hr/> <input type="checkbox"/> 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) <input type="checkbox"/> 業者租賃及投資興建之專用碼頭、場地、房舍等 <input type="checkbox"/> 船修廠區範圍 <input type="checkbox"/> 港區道路、橋梁 <input type="checkbox"/> 港區排水溝 (蓋) <input type="checkbox"/> 港區路燈 <input type="checkbox"/> 各公用碼頭區及岸壁設施 (如繫纜樁、碰墊、輪擋、反光板等) <input type="checkbox"/> 防波堤及護岸 <input type="checkbox"/> 高壓變電站等機電設備 <input type="checkbox"/> 高雄港過港隧道 <input type="checkbox"/> 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。

2.3 國內維護管理制度探討與精進

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，以下就各項之港灣設施之巡檢制度進行適當的滾動調整與修訂探討說明。

1. 總體設施的新增

維護管理手冊之適用範圍包括各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之維護管理。為因應港公司的需求增加水域設施的項目，並修訂手冊範圍，港灣設施包括：水域設施、外廓設施、碼頭設施、臨港交通設施與其他設施。

新增水域設施之巡查項目及經常巡查設施、巡查項目及初步判斷分類詳如表 2-22 與表 2-23。水域設施診斷項目的標準分類如表 2-24，表 2-25 為水域設施劣化度的判定及性能弱化度的評估標準實施單位。

表 2-22 巡查類別

| 種類 | 建議執行單位 | 巡查、檢測時機/頻率 | 檢測方式 |
|------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 經常巡查 | 業管單位 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 水域設施、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) |

表 2-23 水域、道路、橋梁及附屬設施巡查表單(A)

| 巡查設施 | 巡查頻率 | 巡查項目 | 初步判斷分類表 |
|---------------|--------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水域、道路、橋梁及附屬設施 | 至少每日一次 | 水域 | 1. 漂浮物 2. 障礙物 |
| | 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 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 |

| 巡查設施 | 巡查頻率 | 巡查項目 | 初步判斷分類表 |
|------|--------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 至少每日一次 | 標線 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 標線磨損 2. 標記脫落 3. 標線高差 |
| | 至少每日一次 | 號誌 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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 |

表 2-24 水域設施檢測診斷項目的標準分類

| 項目 類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|----------------|----------------------|------|-------|
| 水域設施 | •水深 •航道、迴船池亦或泊地狀況 | — | — |

表 2-25 水域設施劣化度的判定及性能弱化度的評估標準實施單位

| 設施種類 | | 劣化度判定 (4、1) | 性能降弱化的評估 (A、B、C、D) |
|------|--------|----------------|-----------------------|
| 水域設施 | 航道、迴船池 | 各個的計畫水深 | 各個的計畫水深 |
| | 泊地 | | |
| | 小船泊地 | | |

水域設施的檢測係以目視或簡單的測深為準。在水域設施的定期檢測中，除了以目視確認有無漂浮障礙物外，也要聽取設施使用者及以簡單的測深等來確認所須的水深。若漂浮障礙物的巡檢範圍很廣時，可在高地用望遠鏡或監視器等進行漂浮物的確認。有關測深範圍及間隔，可考慮淤積傾向等做適當的設定。另外隨著定位方法和測深方法所測得的數據精確度會有差異，所以在操作時需注意。劣化判定標準如表 2-26 所示。

表 2-26 水域設施劣化度的判定標準

| 設施 | 巡檢診斷項目分類 | 巡檢診斷項目 | 方法 | 判定標準 | |
|------|----------|-----------|------------------------|------|--------------------------------------|
| 水域設施 | I 類 | 水深 | 聽取相關者的意見或使用測深裝置進行簡單的測量 | 4 | <input type="checkbox"/> 有未達到規定水深的地方 |
| | | | | 3 | ----- |
| | | | | 2 | ----- |
| | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 確認達到規定水深 |
| | I 類 | 航道亦或泊地的狀態 | 目視 | 4 | <input type="checkbox"/> 有浮游障礙物 |
| | | | | 3 | ----- |
| | | | | 2 | ----- |
| | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有異樣 |

由於確保水域設施所需的水深很重要，但目視和簡單的測深，有時很難掌握設施整體的水深。因此，若有必要，也可充分利用水中地形調查(根據多音束測深儀)。表 2-27 為水域設施的檢測診斷格式(若有必要時)。

表 2-27 水域設施水深檢測診斷格式(必要時)

| 設施 | 巡檢診斷項目分類 | 巡檢診斷項目 | 巡檢方法 | 檢測結果的整理 |
|----|----------|--------|------|-------------------|
| 水域 | I 類 | 水深 | 水深測量 | 記錄水深數據、以等深線圖等形式整理 |

2. 附屬設施之檢測診斷項目之修訂

依維護管理手冊執行碼頭定期檢測，在進行碼頭整體性能劣化度判定時，因防撞設施檢測診斷項目分類被歸於 I 類，因少數防舷材構件損傷而性能劣化度被評為 A 類，易於產生不符目前設施之情況。因此，

基於防撞設施的檢測診斷項目分類的性能弱化度評估標準過於高，在防舷材構件必須要進行修正，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，防舷材與繫船柱分類為Ⅲ類，修正如表 2-28。防撞設施劣化度的判定標準由原來的Ⅰ類修正為Ⅲ類，如表 2-29 所示。

表 2-28 檢測診斷項目分類修正

| 類別 性能 | I 類 | II 類 | III 類 |
|----------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| | 影響程度 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 對設施性能產生影響的構件 鋼鐵構件的防蝕設施 |

表 2-29 防撞設施劣化度的判定標準修正

| 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 | Ⅲ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 | <input type="checkbox"/> 本體(橡膠):發生缺損、永久變形。 <input type="checkbox"/> 固定金屬零件:鬆弛,鬆脫,彎曲, |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ----- |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 本體(橡膠):缺損、龜裂、破碎。 <input type="checkbox"/> 固定金屬零件生鏽。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

第三章 港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準

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及防波堤之檢測項目及劣化判斷標準說明。

3.1 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。

3.1.1 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、出入、鋪面、上部工、本體工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。

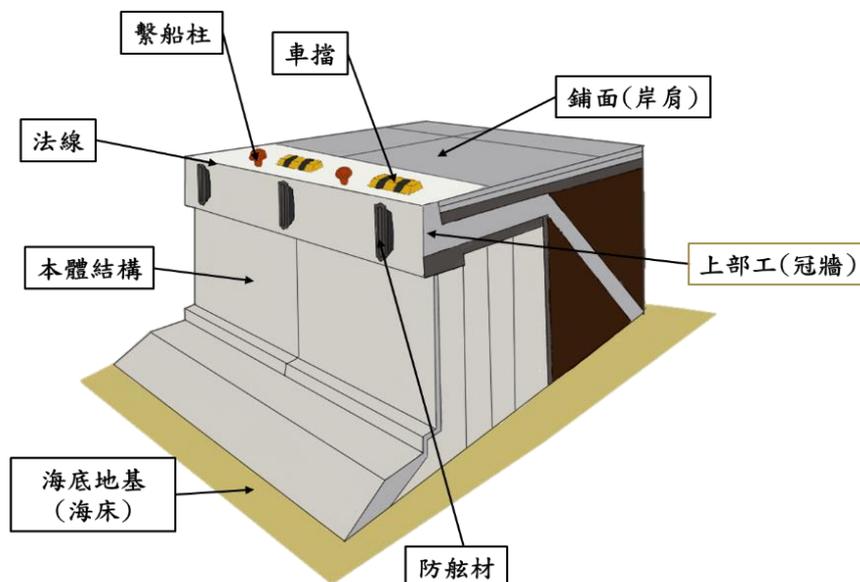


圖 3.1 沉箱式碼頭檢測構件

1. 岸壁法線

關於岸壁法線的檢測診斷，係根據陸上及海上目視，以掌握相鄰沉箱的凹凸、出入等的變化為準。岸壁法線凹凸案例如圖 3.2 所示，其劣化度的判定標準如表 3-1 所示。



圖 3.2 岸壁法線凹凸案例

表 3-1 岸壁法線劣化度判定標準

| 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 | |
|-------|----------|--------|-------|-------------|----------|--------------------------------------------------|
| 沉箱式碼頭 | I類 | 岸壁法線 | 凹凸、出入 | 目視 • 移動量 | 4 | <input type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有20cm以上的凹凸 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有10到20cm程度的凹凸 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 上述以外的情況，相鄰沉箱間有10cm以內的凹凸 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

2. 鋪面下陷/沉陷

有關鋪面的檢測診斷係根據目視掌握其下陷、沉陷及混凝土或瀝青的劣化、損傷等的變化為準。鋪面下陷/沉陷案例如圖 3.3 所示，其劣化度的判定標準如表 3-2 所示。



圖 3.3 鋪面下陷/沉陷案例（左瀝青鋪面、右混凝土鋪面）

表 3-2 鋪面下陷/沉陷劣化度判定標準

| 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 | |
|-------|----------|--------|-------|------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 沉箱式碼頭 | I類 | 鋪面 | 下陷、沉陷 | 目視 | 4 | <input type="checkbox"/> 沉箱背後有土砂流出 <input type="checkbox"/> 沉箱背後有土砂下陷 <input type="checkbox"/> 對車輛的通行和步行造成很大障礙 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 鋪面上有3cm以上的下陷 <input type="checkbox"/> 鋪面和背後地面間有30cm以上的下陷 <input type="checkbox"/> 沉箱接縫處有明顯的開口、偏差 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 鋪面上有小於3cm的下陷 <input type="checkbox"/> 鋪面和背後地面間有小於30cm的下陷 <input type="checkbox"/> 沉箱接縫處有輕微的開口、偏差 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

3. 鋪面裂紋

有關鋪面裂紋的程度可跟據混凝土鋪面的裂紋度、瀝青鋪面的裂紋率來判斷。所謂裂紋度是測定在混凝土鋪面上出現的裂紋長度，以總長度除以鋪面面積，可用下式子求出。

$$\text{裂紋度 (m/m}^2\text{)} = \text{裂紋長度總和 (m)} / \text{鋪面的面積 (m}^2\text{)}$$

另一方面裂紋率，測定瀝青鋪面產生裂紋部分的面積除以鋪面面積，可用下式求出。

$$\text{裂紋率 (\%)} = \text{裂紋部的面積 (m}^2\text{)} / \text{鋪面的面積 (m}^2\text{)} \times 100$$

鋪面裂紋案例如圖 3.4 所示，其劣化度的判定標準如表 3-3 所示。



圖 3.4 鋪面裂紋案例

表 3-3 鋪面裂紋劣化度判定標準

| 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 | |
|-------|----------|-------------------|--------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 沉箱式碼頭 | II類 | 鋪面（一般情況） | 混凝土或瀝青，損傷劣化。 | 目視 | 4 | <input type="checkbox"/> 混凝土鋪面裂紋度在 $2\text{m}/\text{m}^2$ 以上 <input type="checkbox"/> 瀝青鋪面裂紋率在 30% 以上 <input type="checkbox"/> 可看到影響車輛通行，步行的裂紋 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 混凝土鋪面裂紋度在 $0.5 \sim 2\text{m}/\text{m}^2$ <input type="checkbox"/> 瀝青鋪面裂紋率在 20~30% |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 可看到少許裂紋 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | 鋪面（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 | <input type="checkbox"/> 車輛行駛時危險的高度差、沉陷、車轍、裂紋等。 <input type="checkbox"/> 15mm以上的高度差 <input type="checkbox"/> 10mm以上的車轍 <input type="checkbox"/> 3mm以上的裂紋 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 10~15mm的高度差 <input type="checkbox"/> 小於3mm的裂紋 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 小於10mm的高度差 <input type="checkbox"/> 小於10mm的車轍 <input type="checkbox"/> 有細微裂紋 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

4. 沉箱

有關沉箱的劣化、損傷，從海上目視盡可能在潮位低，波高小時進行。有關混凝土的剝離，從外觀很難掌握，可用目視再加上測錘擊打回音調查並用。沉箱檢測狀況如圖 3.5 所示，其劣化度的判定標準如表 3-4 所示。

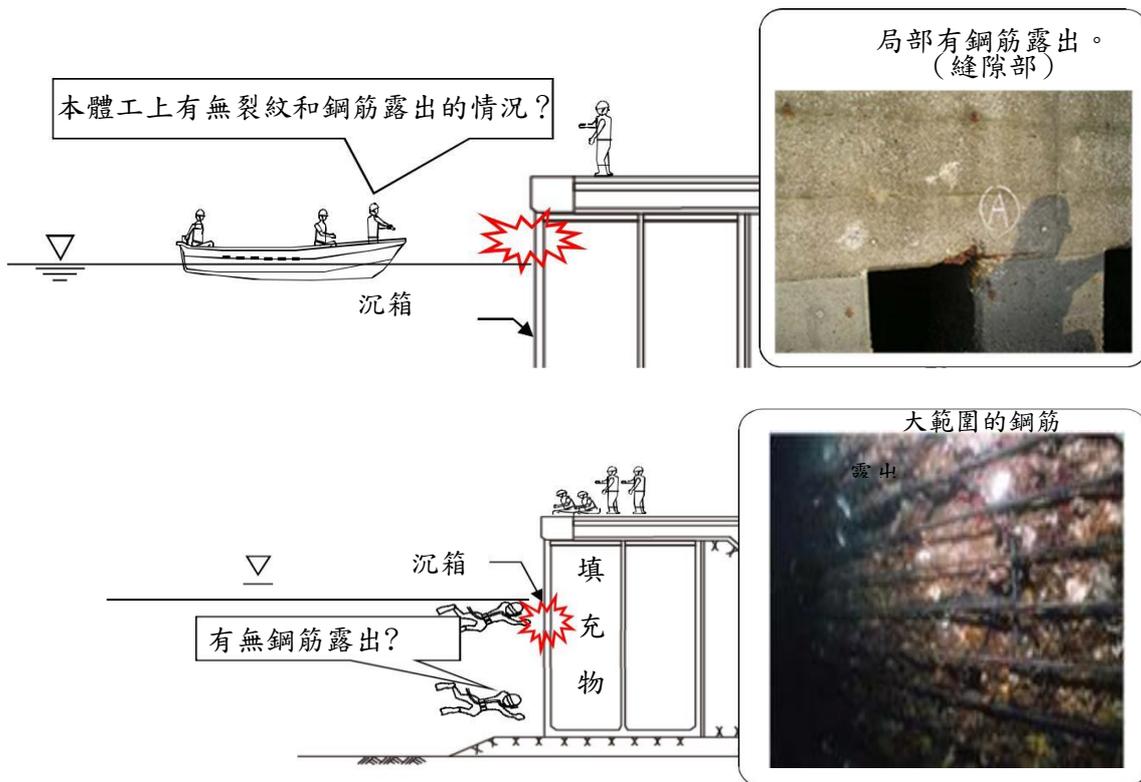


圖 3.5 沉箱從海上及潛水檢測狀況

表 3-4 沉箱劣化度判定標準

| 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 | |
|-------|----------|--------|----------|----------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 沉箱式碼頭 | I 類 | 沉箱 | 側壁的劣化、損傷 | 目視 • 裂紋、剝離、損傷 • 鋼筋露出 | 4 | <input type="checkbox"/> 有使內填料流出的破洞、裂紋和缺損 <input type="checkbox"/> 大範圍鋼筋露出 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在多個方向有 3mm 程度的裂紋 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 在一個方向有 3mm 的裂紋 <input type="checkbox"/> 局部有鋼筋露出 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

5. 上部工

上部工的檢測診斷可根據從陸上及海上的目視以掌握混凝土的劣化、損傷等的變化為準。上部工的檢測狀況如圖 3.6 所示，其劣化度的判定標準如表 3-5 所示。

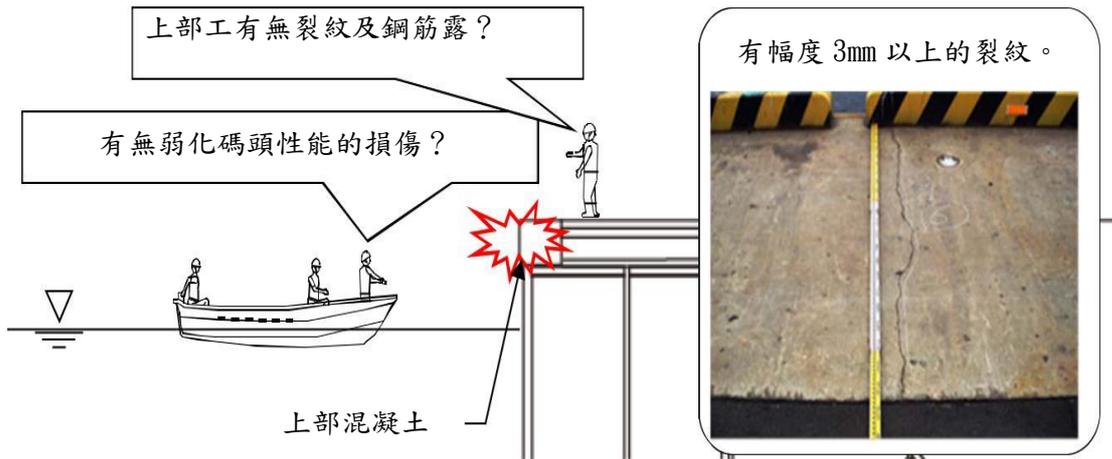


圖 3.6 上部工檢測狀況

表 3-5 上部工劣化度判定標準

| 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 | |
|-------|----------|---------------|-----------|----------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------|
| | | 上部工(鋼筋混凝土的情況) | 混凝土的劣化、損傷 | | 劣化度 | 判定標準 |
| 沉箱式碼頭 | II類 | 上部工(鋼筋混凝土的情況) | 混凝土的劣化、損傷 | 目視 • 裂紋、剝離、損傷 • 鋼筋腐蝕 • 劣化的預兆等 | 4 | <input type="checkbox"/> 有弱化碼頭性能的損傷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 有幅度3mm以上的裂紋。 <input type="checkbox"/> 大範圍鋼筋露出 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 幅度小於3mm的裂紋 <input type="checkbox"/> 局部鋼筋露出 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | 上部工(無筋混凝土的情況) | 混凝土的劣化、損傷 | 目視 • 裂紋、剝離、損傷 | 4 | <input type="checkbox"/> 有弱化碼頭性能的損傷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 有幅度1mm以上的裂紋 <input type="checkbox"/> 小規模缺損 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 幅度小於1mm的裂紋 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

6. 海底地基

海底地基的沖刷是因船舶靠離岸時螺旋槳捲起為原因之一。沖刷的發生使自重或上載荷重對斜面的安定恐怕會影響設施的性能（特別是構造上的安全性）。沉箱縫隙處附近的海底地基有土砂堆積，可能是背填料流出。海底地基的檢測狀況如圖 3.7，其劣化度的判定標準如表 3-6。

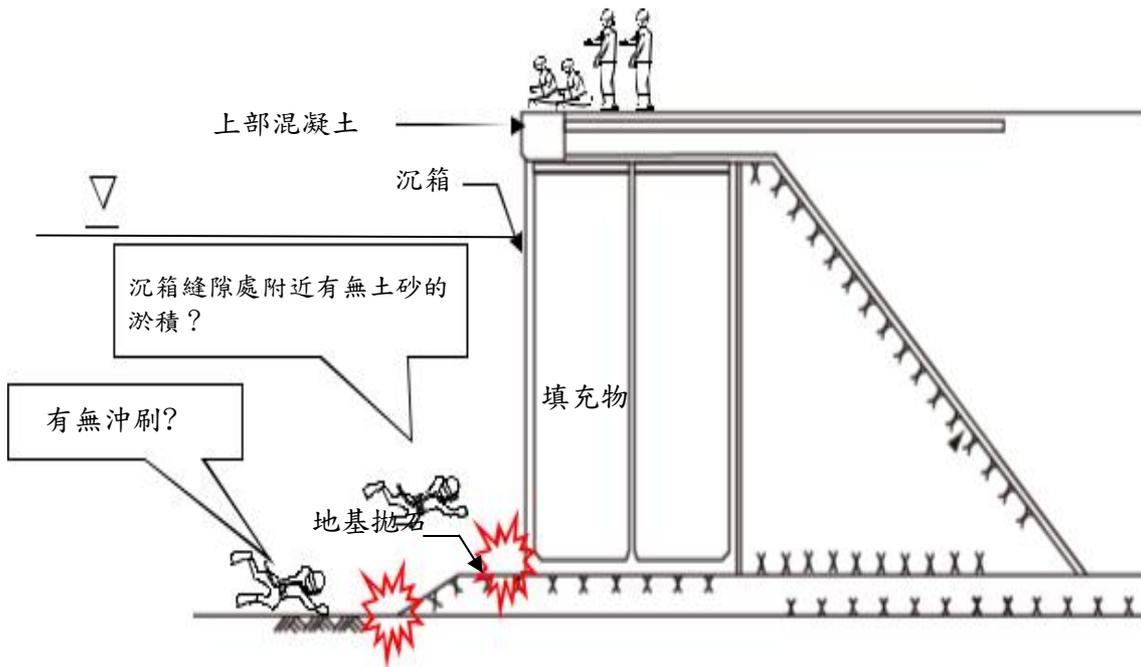


圖 3.7 海底地基檢測狀況

表 3-6 海底地基劣化度判定標準

| 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 |
|-------|----------|--------|-------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 沉箱式碼頭 | I 類 | 海底地基 | 沖刷、淤積 | 潛水調查 • 海底面的起伏 • 沖刷、淤積 | 4 <input type="checkbox"/> 岸壁前有深1m以上的沖刷 <input type="checkbox"/> 伴隨沖刷，對基礎及岸壁本體有影響 |
| | | | | | 3 <input type="checkbox"/> 在岸壁前有0.5~1.0m之沖刷深度 |
| | | | | | 2 <input type="checkbox"/> 有深度/高度小於0.5m的沖刷或淤積 |
| | | | | | 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

3.1.2 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 3.8 所示。

鋼板樁式碼頭檢測中，關於岸壁法線的凹凸、出入、鋪面、上部工、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。

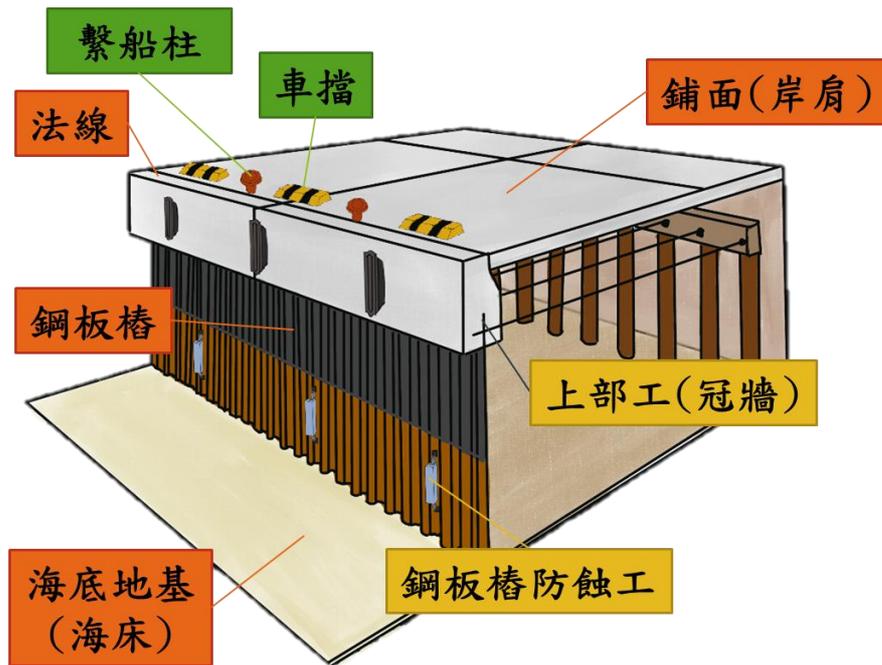


圖 3.8 板樁式碼頭主要檢測構件

1. 岸壁法線

岸壁法線的檢測診斷可根據從陸上及海上的目視，以掌握連接上部工的凹凸、出入和法線處理等的變化狀況為準。岸壁法線劣化度的判定標準如表 3-7。

表 3-7 岸壁法線劣化度判定標準

| 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 | |
|--------|----------|--------|-------|----------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 鋼板樁式碼頭 | I 類 | 岸壁法線 | 凹凸、出入 | 目視 • 移動量 • 下陷量 | 4 | <input type="checkbox"/> 連接上部工間有 20cm 以上凹凸 <input type="checkbox"/> 有損性能的法線的崩塌 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 可看出法線的變位 <input type="checkbox"/> 連接上部工間有 10 至 20cm 的凹凸 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 除上述情況，連接上部工間有小於 10cm 的凹凸 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

2. 鋪面

有關鋪面的檢測診斷可根據目視以掌握沉陷及混凝土或瀝青的劣化、損傷等的變化為準。鋼板樁式碼頭要注意錨碇工上的鋪面位置可能發生的裂紋。再者，若錨碇工位於鋪面的背後和倉庫間的位置時，宜掌握錨碇樁附近的鋪面和倉庫地面所產生的裂紋的變化。鋪面的檢測狀況如圖 3.9 所示，其劣化度的判定標準如表 3-8。而鋪面裂紋的判定標準則參考表 3-3。

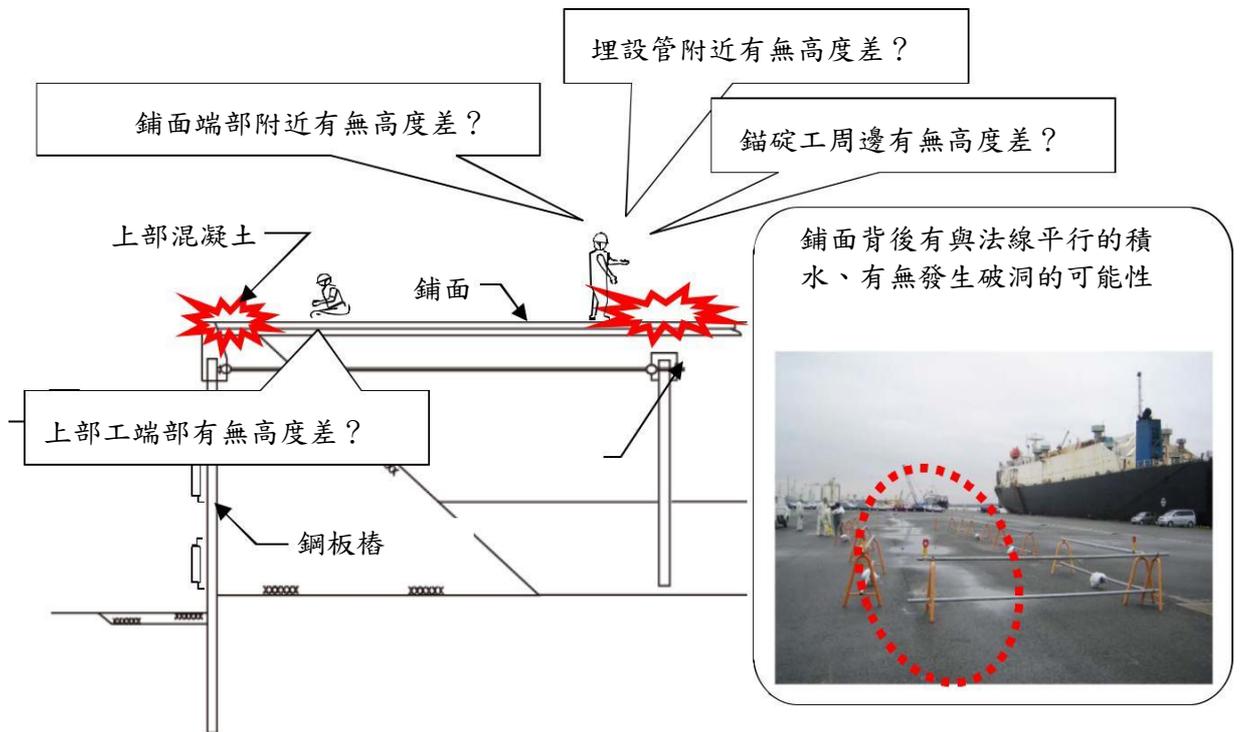


圖 3.9 鋪面檢測狀況

表 3-8 鋪面劣化度判定標準

| 設施 | 檢測診斷項目的分類 | 檢測診斷項目 | | 檢測方法 | 劣化度的判定標準 | |
|--------|-----------|--------|-------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 鋼板樁式碼頭 | I 類 | 鋪面 | 下陷、坍塌 | 目視 | 4 | <input type="checkbox"/> 板樁背後有土砂流出。 <input type="checkbox"/> 板樁背後鋪面下陷。 <input type="checkbox"/> 對車輛的通行和步行造成嚴重障礙。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 板樁背後有土砂流出的可能性。 <input type="checkbox"/> 鋪面上有小於3cm的下陷。 <input type="checkbox"/> 鋪面和背後地面間有 30cm 以上的高差。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 鋪面上有小於3cm的下陷。 <input type="checkbox"/> 鋪面和背後地面間有小於 30cm 的高差。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

3. 鋼板樁

鋼板樁的檢測診斷可根據從海上目視以掌握鋼材的腐蝕、龜裂、損傷等的變化為準。鋼板樁（含鋼管板樁）的腐蝕、龜裂、損傷，除腐蝕外，係由于背填土石壓力和漂流物碰撞等造成。這些變化會使鋼板樁的強度下降，乃是板樁碼頭機能喪失的原因。而且，由於鋼板樁的破洞使背填料流出，引起鋪面下陷、沉陷，對裝卸作業產生影響。因此在鋼板樁的定期檢查中，要注意是否有破洞，海面上鋼材的腐蝕及損傷等。一般鋼板樁的腐蝕，容易發生在 L.W.L.附近到 M.L.W.L.間，最好在低潮波浪小時進行檢測診斷。鋼板樁的檢測狀況如圖 3.10~圖 3.12，其劣化度的判定標準如表 3-9。

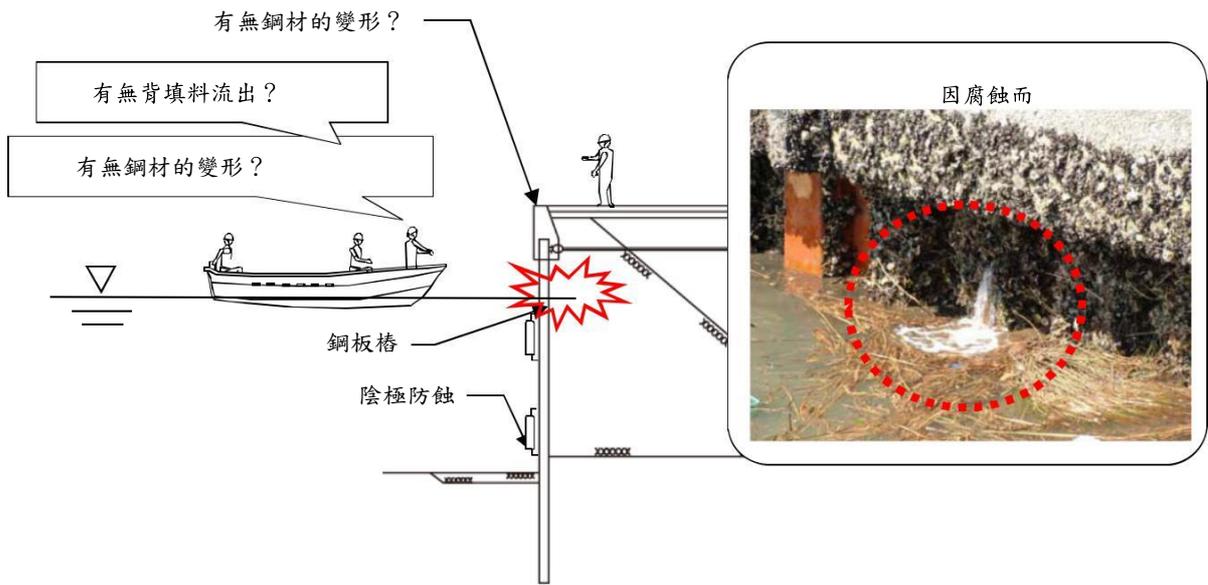


圖 3.10 鋼板樁以目視檢測狀況

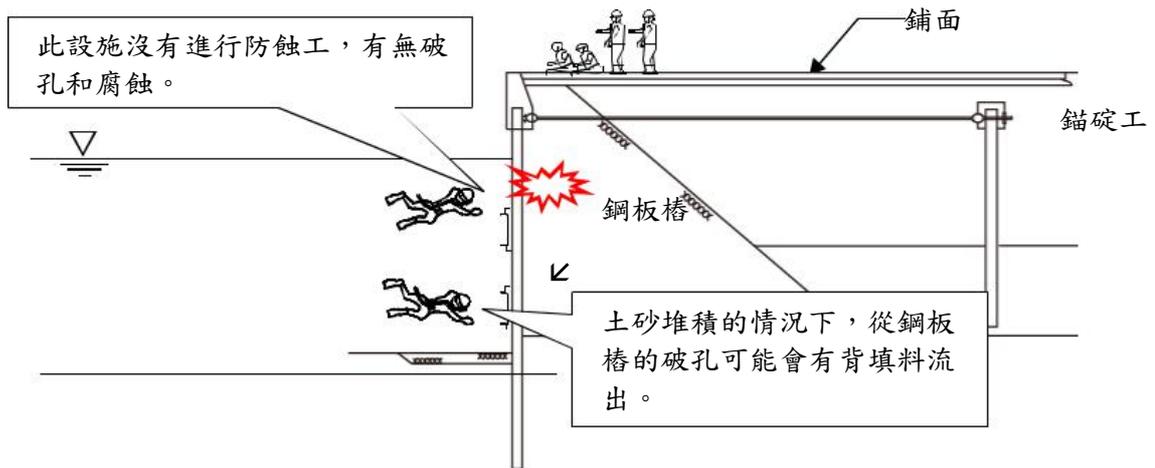


圖 3.11 鋼板樁以潛水目視檢測狀況

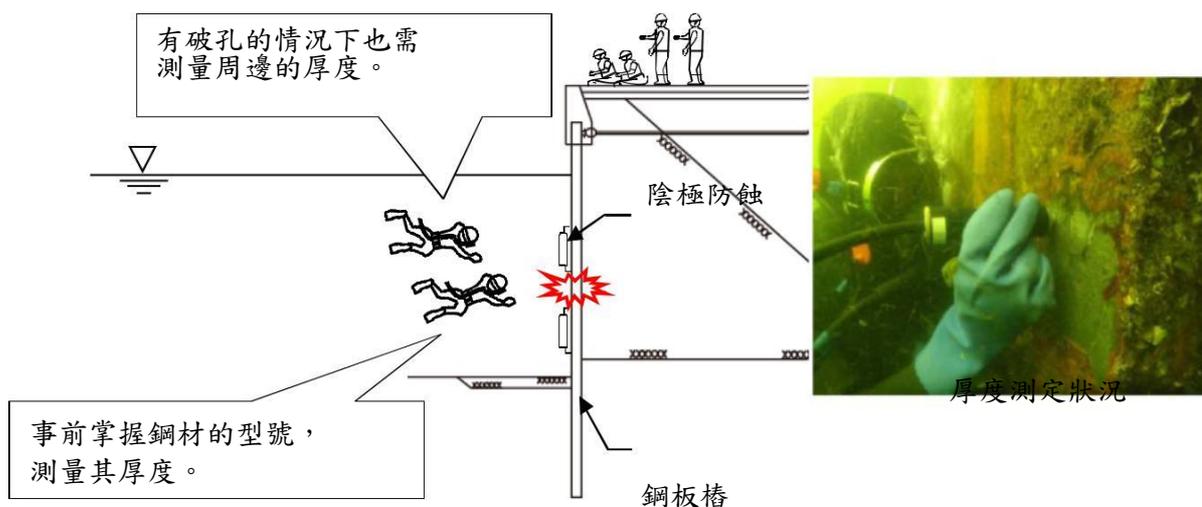


圖 3.12 鋼板樁潛水檢測厚度狀況

表 3-9 鋼板樁劣化度判定標準

| 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 | |
|--------|----------|--------|-------------|-------------------------|----------|-------------------------------------------------|
| 鋼板樁式碼頭 | I 類 | 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 | <input type="checkbox"/> 由於腐蝕引起的穿孔和變形，還有其他明顯的損傷 |
| | | | | | 3 | ----- |
| | | | | | 2 | ----- |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有由腐蝕引起的穿孔和變形 |

4. 被覆防蝕

被覆防蝕工的檢測診斷可根據從海上目視，目視的推測以掌握隔離材料及保護套變化為準。被覆防蝕工的檢測診斷因鋼板樁的腐蝕在 L.W.L. 與 M.L.W.L. 間最容易發生。因此至少從離 L.W.L. 下 1m 處進行。故檢測診斷最好在低潮波浪小時進行。被覆防蝕工檢測診斷主要項目如下：

(1) 塗裝的情況

- 塗裝材的膨脹、割裂、剝落，損傷、塗膜下或塗膜損傷部的鋼材表

面生鏽缺損面積率（參考 ASTM-D610 而定的，如圖 3.13 塗裝缺損面積率）

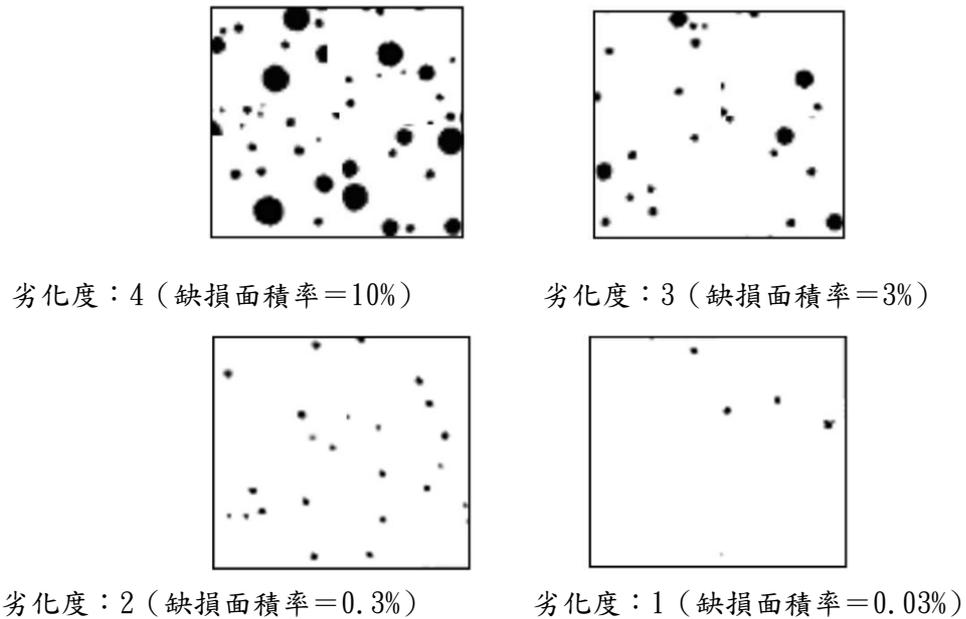


圖 3.13 塗裝缺損面積率

(2) 重型防蝕被覆、超厚膜被覆的情況

- 被覆材的剝離、膨脹、裂口

(3) 耐腐蝕性金屬被覆的情況

- 鋼材的腐蝕、生鏽、脫落、龜裂、破損、磨耗、撞傷

(4) 水中硬化型被覆的情況

- 被覆材的剝離、鼓起、膨脹、龜裂

(5) 礦脂被覆的情況

- 保護套的脫落、龜裂、變形、剝離
- 螺栓、螺帽的腐蝕、鬆弛

(6) 砂漿被覆的情況

- 砂漿的脫落、裂紋、剝離（無保護套的情況）
- 保護套的脫落、龜裂、變形（有保護套的情況）
- 螺栓、螺帽的腐蝕、鬆弛（有保護套的情況）

被覆防蝕工的檢測狀況如圖 3.14 所示，其劣化度的判斷標準如表 3-10 所示。

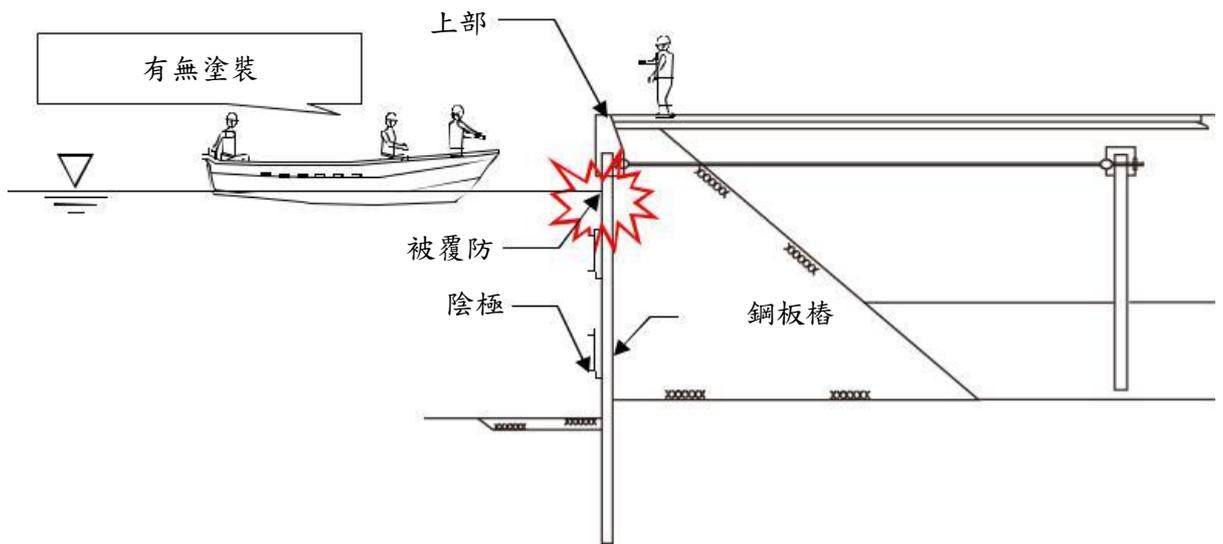


圖 3.14 被覆防蝕工檢測狀況

表 3-10 被覆防蝕工劣化度判定標準

| 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 | |
|--------|----------|--------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 鋼板樁式碼頭 | II類 | 鋼板樁 | 被覆防蝕工 | 塗裝 | 目視 · 銹和膨脹 · 塗膜的剝落 | 4 <input type="checkbox"/> 有大範圍的銹和膨脹 <input type="checkbox"/> 伴隨銹，有大範圍的剝落和傷痕 <input type="checkbox"/> 缺損面積率 10%以上。 |
| | | | | 3 <input type="checkbox"/> 有很大塊的銹和膨脹 <input type="checkbox"/> 伴隨銹，發生大範圍的剝落、缺損面積率達 0.3%至 10%以下。 <input type="checkbox"/> 缺損面積率 0.3%至 10%以下 | | |
| | | | | 2 <input type="checkbox"/> 有分散的銹和膨脹存在 <input type="checkbox"/> 有分散的塗膜的剝落和傷痕 <input type="checkbox"/> 缺損面積率 0.03%至 0.3%以下 | | |
| | | | | 1 <input type="checkbox"/> 與最初狀況一樣 <input type="checkbox"/> 缺損面積率小於 0.03% | | |
| | | | | 重型防蝕被覆 | 目視 · 被覆的劣化 | 4 <input type="checkbox"/> 重型防蝕被覆劣化顯著，鋼材呈腐蝕狀態。 3 <input type="checkbox"/> 部分鋼材發生被覆的變化，且有鋼材腐蝕。 2 <input type="checkbox"/> 鋼材沒大問題，但被覆的損傷很多 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化。 |
| | | | | 起厚膜被覆 | 目視 · 被覆的劣化 | 4 <input type="checkbox"/> 起厚膜被覆的劣化顯著，鋼材呈腐蝕狀態。 3 <input type="checkbox"/> 部分鋼材發生被覆的變化，且有鋼材的腐蝕。 2 <input type="checkbox"/> 鋼材沒問題，但被覆的損傷很多。 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化。 |
| | | | | 耐腐蝕性金屬被覆 | 目視 · 被覆的劣化 | 4 <input type="checkbox"/> 耐腐蝕金屬被覆的損傷顯著，鋼材呈腐蝕狀態。 3 <input type="checkbox"/> 部分鋼材發生被覆的變化，且有鋼材的腐蝕。 2 <input type="checkbox"/> 鋼材沒問題，但被覆的損傷很多。 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化。 |
| | | | | 水中硬化型被覆 | 目視 · 被覆的劣化 | 4 <input type="checkbox"/> 水中硬化型被覆劣化顯著，鋼材呈腐蝕狀態。 3 <input type="checkbox"/> 部分鋼材發生被覆的變化，且有鋼材的腐蝕。 2 <input type="checkbox"/> 鋼材沒問題，但被覆的損傷很多。 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化。 |
| | | | | 礦脂被覆 | 目視 · 保護套 · 螺栓、螺帽 | 4 <input type="checkbox"/> 保護套脫落，礦脂系防蝕材料露出或脫落，鋼材表面生銹。 3 <input type="checkbox"/> 保護套和蓋板有龜裂。 <input type="checkbox"/> 螺栓、螺帽腐蝕。 2 <input type="checkbox"/> 保護套變色或白堊化。 <input type="checkbox"/> 保護套表面微細的龜裂。 <input type="checkbox"/> 螺栓及螺帽等鬆弛。 <input type="checkbox"/> 邊緣部分剝離。 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化。 |
| | | | | 砂漿被覆 | 目視 · 保護套 · 砂漿的劣化、損傷 | 4 <input type="checkbox"/> 保護套大範圍脫落。 <input type="checkbox"/> 砂漿表面有銹水。 <input type="checkbox"/> 砂漿脫落，鋼材表面生銹。 <input type="checkbox"/> 護套材及砂漿層除去時，鋼材厚度減少。 3 <input type="checkbox"/> 保護套和連接材有裂紋，部分保護套剝落。 <input type="checkbox"/> 有輕微的銹水，但不會流出。 <input type="checkbox"/> 除去保護套時，發現砂漿有多處裂紋，也可見銹水。 2 <input type="checkbox"/> 保護套變色和白堊化等。 <input type="checkbox"/> 表面有裂紋，但範圍在 1%以下。 <input type="checkbox"/> 螺栓及螺帽等的保護套連接材有鬆弛現象。 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化。 |

5. 陰極防蝕工

(1)陰極防蝕工的檢測是為了掌握是否維持在防蝕所需電位，故以測定電位為準。

(2)陰極防蝕腐工可根據從水中目視以掌握陽極塊的消耗程度、脫落、連接金屬零件等損傷的變化狀況為準。

陽極塊水中檢測狀況如圖 3.15 所示，其電位及陽極塊損耗程度劣化度判定標準如表 3-11 所示。

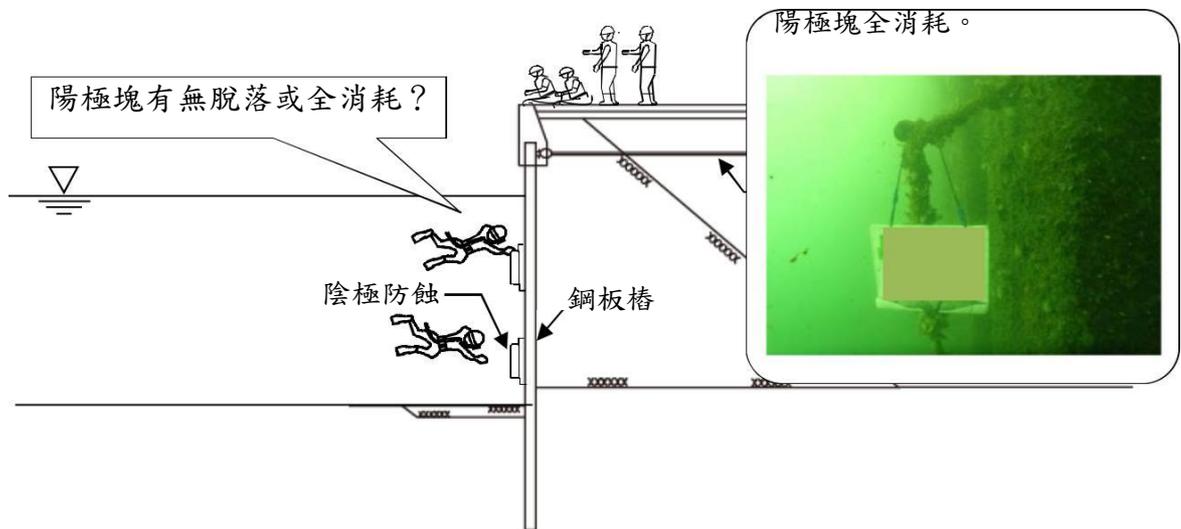


圖 3.15 陽極塊水中檢測狀況

表 3-11 陰極防蝕工電位及陽極塊損耗劣化度判定標準

| 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 | |
|--------|----------|--------|-------------|---------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | 劣化度 | 判定標準 |
| 鋼板樁式碼頭 | II類 | 鋼板樁 | 陰極防蝕工 | 電位測定（根據電極的防蝕管理電位） • 飽和甘汞-800mV • 海水氯化銀-800mV • 飽和硫酸銅-850mV | 4 | <input type="checkbox"/> 未維持在防蝕管理電位。 |
| | | | | | 3 | ----- |
| | | | | | 2 | ----- |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 有維持在防蝕管理電位。 |
| 鋼板樁式碼頭 | II類 | 鋼板樁 | 陰極防蝕工（犧牲陽極） | 潛水調查 • 現況的確認（全數） | 4 | <input type="checkbox"/> 陽極塊脫落或全部消耗。 <input type="checkbox"/> 陽極塊連接狀況不佳（搖晃下降）。 |
| | | | | | 3 | ----- |
| | | | | | 2 | ----- |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有脫落的異常。 |

6. 上部工

上部工的檢測診斷可根據從陸上及海上的目視以掌握混凝土的劣化、損傷等的變化為準。圖 3.16 為上部工檢測狀況，其劣化度的判定標準如表 3-12 所示。

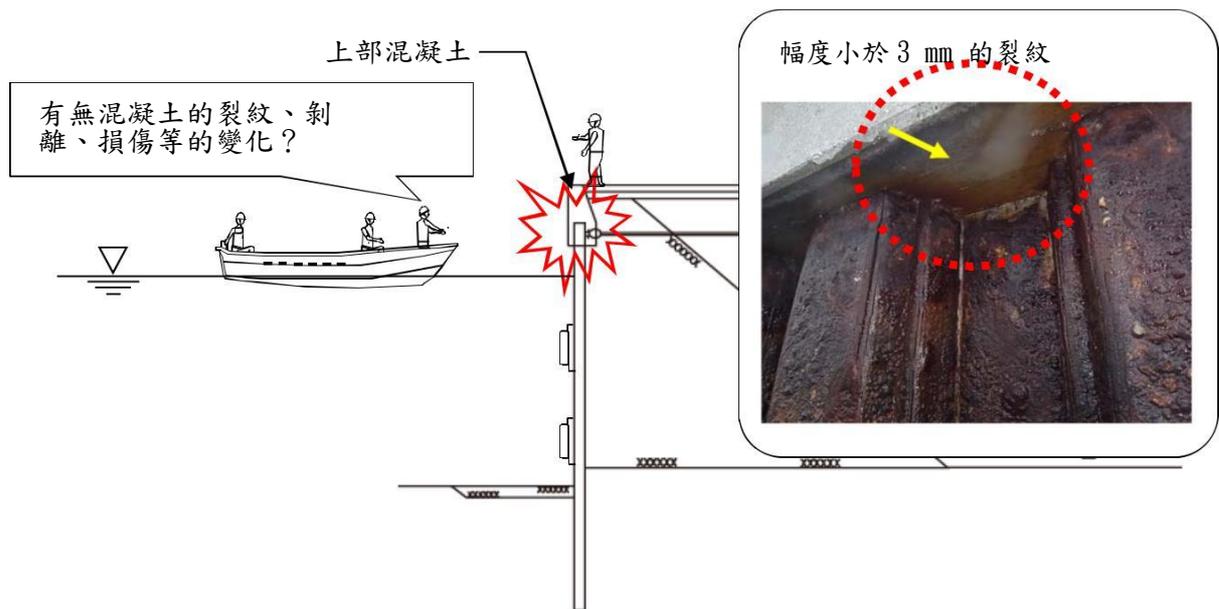


圖 3.16 上部工檢測狀況

表 3-12 上部工劣化度判定標準

| 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 | |
|--------|----------|--------|-----------|---------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | 4 | 3 |
| 鋼板樁式碼頭 | II類 | 上部工 | 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 | <input type="checkbox"/> 有損害碼頭性能的損傷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 幅度3mm以上的裂紋 <input type="checkbox"/> 大範圍鋼筋腐蝕 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 幅度小於3mm的裂紋 <input type="checkbox"/> 局部有鋼筋露出 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

7. 海底地基

海底地基的檢測診斷係以掌握沖刷、淤積等的變化為準。海底地基的沖刷乃是船舶靠離岸時，螺旋槳捲起造成。根據沖刷的進展，鋼板樁所需的貫入長度，若在沒有確保的情況下，會影響設施的性能（特別是構造上的安全性）。而且，鋼板樁前土砂若有淤積的情況下，可能鋼板樁有破洞使背填料流出。海底地基劣化度的判定標準如表 3-13 所示。

表 3-13 海底地基劣化度判定標準

| 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 | |
|--------|----------|--------|-------|------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 海底地基 | 沖刷，淤積 | | | |
| 鋼板樁式碼頭 | I 類 | 海底地基 | 沖刷，淤積 | 潛水調查 • 海底面的起伏 | 4 | <input type="checkbox"/> 岸壁前面深度 1m 以上的沖刷。 <input type="checkbox"/> 伴隨沖刷，可見對基礎和岸壁本體的影響。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 岸壁前面深度 0.5m 至 1m 的沖刷。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 深度/高度小於 0.5m 的沖刷或淤積。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

3.1.3 棧橋式碼頭

棧橋式碼頭主要檢測構件可分為本體結構、岸壁法線、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 3.17 所示。

棧橋式碼頭的檢測診斷，其中有關棧橋法線的凹凸、出入、鋪面、上部工、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。

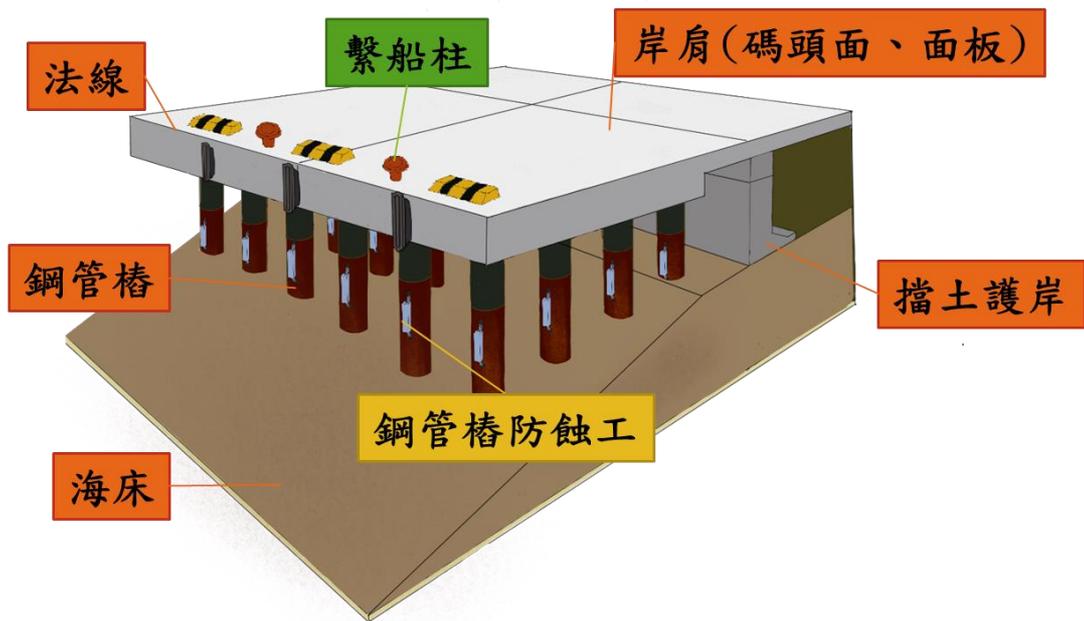


圖 3.17 棧橋式碼頭主要檢測構件

1. 棧橋法線

棧橋法線係根據從陸上和海上的目視，以掌握鄰接上部工的凹凸、出入等變化為準。棧橋法線劣化度的判斷標準如表 3-14 所示。

表 3-14 棧橋法線劣化度判斷標準

| 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 | |
|-------|----------|--------|-------|---------------|----------|----------------------------------------------------|
| | | 棧橋法線 | 凹凸、出入 | | | |
| 棧橋式碼頭 | I 類 | 棧橋法線 | 凹凸、出入 | 目視 位移量、下陷量 | 4 | <input type="checkbox"/> 鄰接上部工處有 20cm 以上凹凸 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 鄰接上部工處有 10 到 20cm 程度凹凸 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 上述以外的情況，鄰接上部工處小於 10cm 的凹凸 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

2. 鋪面

鋪面的檢測診斷係根據目視、以掌握下陷、沉陷及混凝土或瀝青的劣化、損傷等變化為準。需注意棧橋上部工岸肩的高點與背後鋪面的高差，特別是岸肩背後鋪面要考慮岸肩的構造形式，並進行必要檢測。鋪面劣化

度的判定標準如表 3-15 所示。擋土護岸背後鋪面劣化度的判定標準則如表 3-16 所示。鋪面裂紋的判定標準則請參考表 3-3。

表 3-15 鋪面劣化度判定標準

| 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 | 鋪面 | 下陷，坍塌 | 目視 | 4 | <input type="checkbox"/> 岸肩背後有土砂流出。 <input type="checkbox"/> 岸肩背後有鋪面沉陷。 <input type="checkbox"/> 對車輛的通行及步行造成重大的障礙。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 岸肩接縫有顯著的裂開或錯位。 <input type="checkbox"/> 鋪面有大於3cm的下陷。 <input type="checkbox"/> 鋪面和岸肩背後間有大於30cm的下陷。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 岸肩接縫有輕微的裂開、錯位。 <input type="checkbox"/> 鋪面有小於3cm的下陷。 <input type="checkbox"/> 鋪面和岸肩背後間有小於30cm的下陷。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

表 3-16 擋土護岸背後鋪面劣化度判定標準

| 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 | 擋土護岸背後鋪面 | 淘出、空洞化 | 透地雷達 根據鑽孔目視 確認等 | 4 | <input type="checkbox"/> 發生淘出，或有空洞化的可能性。 <input type="checkbox"/> 防砂板有破損。 <input type="checkbox"/> 有防砂條破損的可能性。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 有空洞發生的可能性。 <input type="checkbox"/> 接縫板有顯著的劣化、裂傷、損傷。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 接縫板有輕微的劣化、裂傷、損傷。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有發生淘出現象（沒有空洞化。） |

3. 鋼管樁

鋼管樁的的檢測診斷係根據從海上/潛水目視以掌握鋼材的腐蝕、龜裂、損傷等的變化為準。其劣化度的判定標準請參考表 3-9。

4. 被覆防蝕工

被覆防蝕工的的檢測診斷係根據從海上/水中目視，以掌握被覆材及保護套等的變化為準。其劣化度的判定標準請參考表 3-10。

5. 陰極防蝕工

陰極防蝕工的的檢測診斷是為了掌握是否維持在防蝕所需電位，故以測定電位為準。陰極防蝕腐工的檢測診斷可根據從水中目視以掌握陽極塊的消耗程度、脫落、連接金屬零件等損傷的變化狀況態為準。其劣化度判定標準請參考表 3-11。

6. 棧橋上部工(上、下部及側面部)

棧橋上部工(上、下面部、側面部)的檢測診斷係根據從海上目視，以掌握混凝土的劣化、損傷等之變化為準。

棧橋上部工底面的檢測診斷，可從小船上目視來執行。若小船無法進入棧橋下時，則由潛水員目視來進行，執行檢測作業時，若受到潮汐及船跡波的影響，則很難確保有充分的時間和良好的作業環境，因此有必要事先擬好作業計畫。混凝土的鼓起和剝離的檢測診斷，由目視很難確認的情況下，可以同時使用檢測錘來做擊音調查。根據棧橋上部工的構材種類和位置不同，變化的進展速度會有差異，對所有的構材(板，梁，樁帽)進行檢測是最基本的。比較前後兩次檢測診斷結果可以推定變化的進展速度。在棧橋上部工的底面無表面被覆時，要掌握塗裝的傷痕、剝落的變化等。若發現變化時，需注意混凝土也極可能產生裂紋。上部工若是預力混凝土，則裂紋的發生和 PC 鋼材和固定部的腐蝕會直接影響構材的安全性。故對於這些需要進行謹慎的檢測。若發現裂紋和銹水，即應迅速查明原因並實施對策。圖 3.18 為棧橋上部工(底面)梁的劣化損傷案例。圖 3.19 為棧橋上部工(底面)的檢測狀況。棧橋上部工劣化度的判定標準則如表 3-

17 所示。圖 3.20 為棧橋上部工(底面)劣化度的判定方法案例。



圖 3.18 棧橋上部工(底面)梁的劣化損傷案例

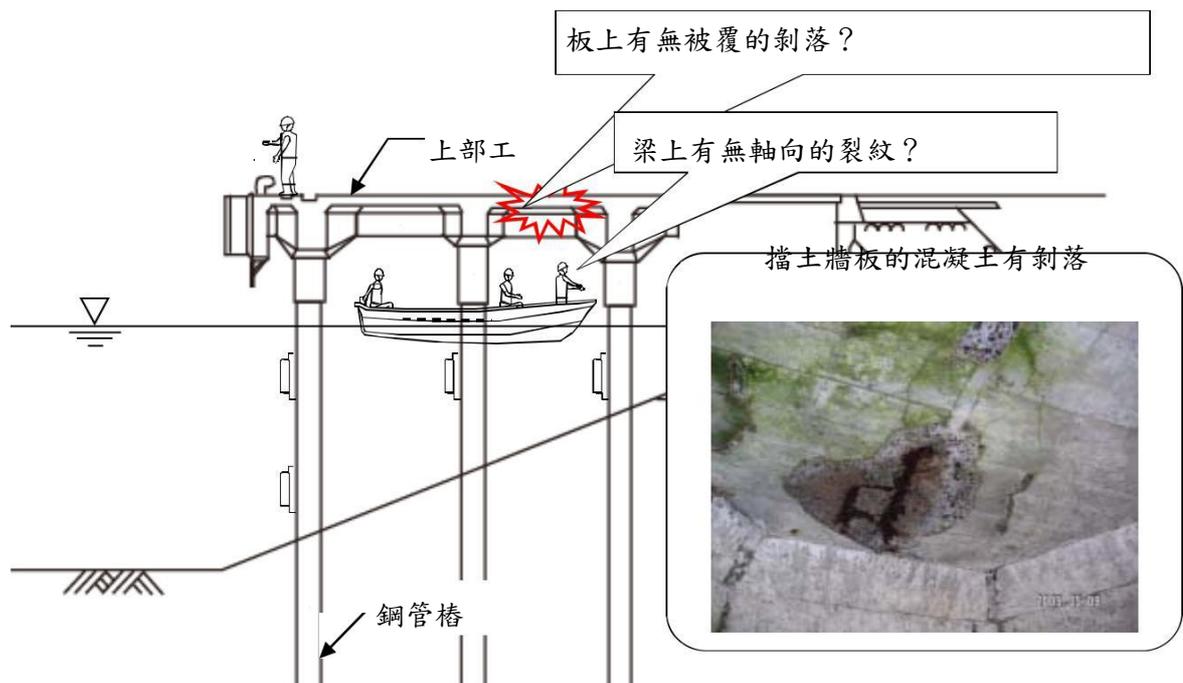


圖 3.19 棧橋上部工(底面)檢測狀況

表 3-17 棧橋上部工劣化度判定標準

| 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 | 上部工 (底面) (PC) | 混凝土 的劣化、 損傷 | 目視 • 裂紋發生情況 • 銹水發生情況 | 4 | <input type="checkbox"/> 有裂紋 <input type="checkbox"/> 有銹水 | | | | |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ----- | | | | |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> ----- | | | | |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 | | | | |
| | II 類 | 上部工 (底面) (RC) | 混凝土 的劣化、 損傷 | 目視 • 裂紋的方向 • 裂紋的條數、 長度和幅度 • 被覆材的剝落 情況 • 銹水的發生狀 況 • 鋼筋的腐蝕情 況 | 4 | 板： <input type="checkbox"/> 構材表面有50%以上網眼狀的裂紋。 <input type="checkbox"/> 有被覆材的剝落。 <input type="checkbox"/> 大範圍的銹水。 梁・樁帽： <input type="checkbox"/> 幅度3mm以上鋼筋軸向的裂紋。 <input type="checkbox"/> 有被覆材的剝落。 <input type="checkbox"/> 大範圍的鏽水。 | | | | |
| | | | | | 3 | 板： <input type="checkbox"/> 構材表面有小於50%網眼狀的裂紋。 <input type="checkbox"/> 產生一部分鏽水。 梁・樁帽： <input type="checkbox"/> 幅度小於3mm的鋼筋軸向的裂紋。 <input type="checkbox"/> 產生一部分銹水。 | | | | |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 板： <input type="checkbox"/> 一方向的裂紋若干帶狀或線狀的膠 狀噴出析出物 <input type="checkbox"/> 銹水成點狀產生。 梁・樁帽： <input type="checkbox"/> 只有與軸向成直角方向的裂紋。 <input type="checkbox"/> 鏽水成點狀產生。 | | | | |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 | | | | |
| | | | | | II 類 | 上部工 (上・ 側面部) | 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 | 4 | <input type="checkbox"/> 有降低碼頭性能的損傷。 |
| | | | | | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 有幅度3mm以上的裂紋。 <input type="checkbox"/> 有大範圍鋼筋露出。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有幅度小於3mm的裂紋。 <input type="checkbox"/> 局部有鋼筋露出。 | | | | |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 | | | | |

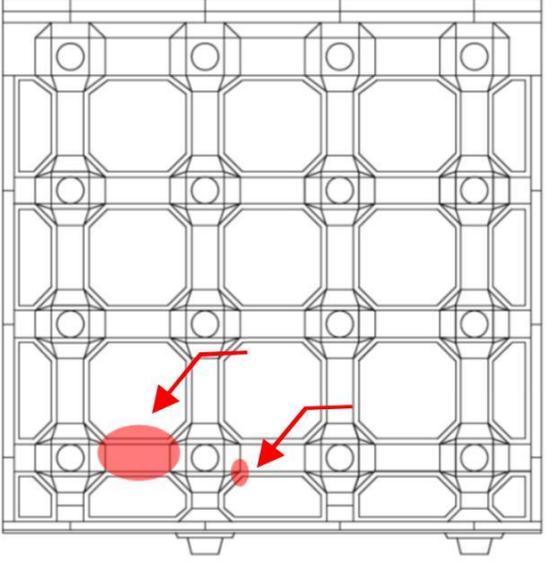
| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>大部分構材上都有點狀的銹水發生，劣化度判定結果為「2」</p>  |
| <p>①混凝土的剝落 劣化度的判定結果為「4」</p> | <p>②混凝土的剝落 劣化度的判定結果為「4」</p> |
|  |  |

圖 3.20 棧橋上部工(底面)劣化度的判定方法案例

7. 渡版

渡版的的檢測診斷係根據從陸上及海上的目視，以掌握劣化、損傷等的變化為準。渡版的檢測診斷，是要掌握渡版本體的損傷、固定性、可動性（確定是否保證設計時可移動及固定條件）等的變化。若可能可以用小船進入棧橋下對渡版下面的狀況和支承部進行檢查。表 3-18 版劣化度的判定標準。

表 3-18 渡板劣化度判定標準

| 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 | II類 | 渡版 | 本體的損傷、塗裝 | 目視 • 損傷、裂紋 • 塗裝的狀態 • 固定性 | 4 | <input type="checkbox"/> 對車輛的通行和步行帶來重大障礙。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 可見損傷 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 可見輕微損傷 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

3.1.4 方塊式碼頭

方塊式碼頭是用方塊、空心方塊、L 型塊等代替沉箱作為碼頭本體。方塊式碼頭的檢測診斷可參考沉箱式碼頭的檢測診斷。方塊、空心方塊的本體工要注意方塊間的移動和錯位來進行檢測診斷，參考圖 3.21。因為空心方塊沒有底板，所以要對填充物脫落進行檢測診斷項目的設定。

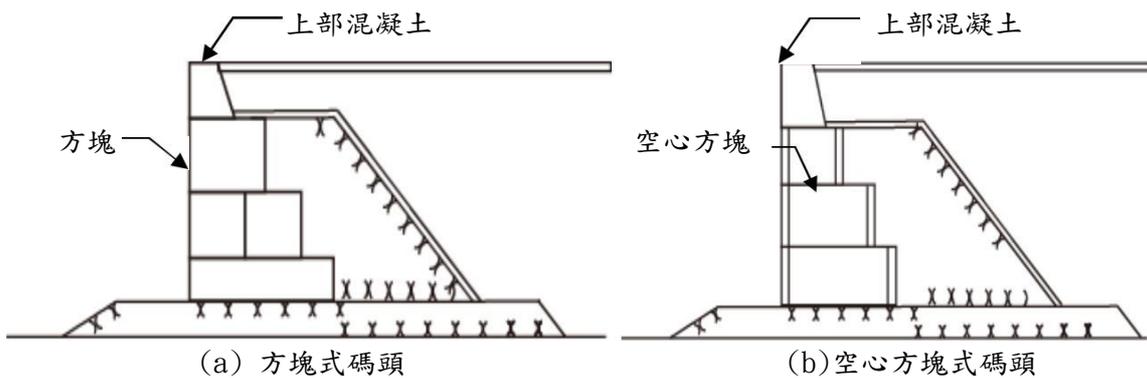


圖 3.21 方塊式碼頭斷面

3.1.5 碼頭附屬設施

碼頭附屬設施的檢測診斷係視種類以滿足性能要求，所當進行的檢測。附屬設施的檢測診斷要根據船舶靠岸及牽引、荷重、車輛的碰撞等作用造成的損傷等，為使該設施的機能不受損而持續使用，要用適當的方法進行檢測診斷。附屬設施的檢測診斷，經查巡查就可以掌握其狀態時，未必需要定期檢測診斷。

1. 繫船柱及繫船環

繫船柱及繫船環的檢測診斷係以從陸上的目視，以掌握本體的劣化、損傷、塗裝的剝落等的變化為準。繫船柱檢測診斷時，要同時掌握繫船柱

周圍上部工混凝土的變化情形，需注意上部工混凝土產生的裂紋可能影響到繫船柱的鬆脫和變型。繫船柱及繫船環劣化度的判定標準如表 3-19 所示。

表 3-19 繫船柱及繫船環劣化度判定標準

| 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 | III類 | 繫船柱及繫船環 | 本體的劣化、損傷、塗裝的剝落等情況 | 目視（包括用尺計量） • 損傷、變形 • 塗裝的狀況 | 4 | <input type="checkbox"/> 由於破損、損傷等造成不能使用狀況。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ———— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 繫船柱的損傷和變形、塗裝的剝落等。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

2. 防撞設施

防撞設施的檢測診斷係根據從陸上及海上的目視，以掌握防舷材的脫落、變形、缺損、固定金屬零件腐蝕等的變化狀況為準。防撞設施劣化度的判定標準如表 3-20 所示。

表 3-20 防撞設施劣化度判定標準

| 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 | I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 | <input type="checkbox"/> 本體(橡膠):發生缺損、永久變形。 <input type="checkbox"/> 固定金屬零件:鬆弛,鬆脫,彎曲,切斷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ———— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 本體(橡膠):缺損、龜裂、破碎。 <input type="checkbox"/> 固定金屬零件生鏽。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

註：防撞設施劣化度的判定標準修正如表 2-29。

3. 照明設備

照明設備的檢測診斷係根據從陸上的目視以掌握燈具、支柱、支柱基底的劣化、損傷等的變化為準。要掌握照明狀況，燈具的汙損，破損情況，塗裝剝落等。照明設備劣化度的判定標準如表 3-21 所示。

表 3-21 照明設備劣化度判定標準

| 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 | III類 | 照明設備 | 燈具、支柱、基底的劣化、損傷等情況 | 目視 • 鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 • 燈具的損傷 | 4 | <input type="checkbox"/> 燈具未點亮。 <input type="checkbox"/> 支柱變形。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ————— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 塗裝剝落，部分生鏽。 <input type="checkbox"/> 支柱基底混凝土有些裂紋。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

4. 車擋

車擋的檢測診斷係根據從陸上的目視，以掌握損傷、塗裝的剝落、腐蝕等的變化為準。有關車擋的檢測診斷，宜按車擋的構造型式、配置、材質等設定適當的檢測診斷項目和方法。圖 3.22 為車擋的損壞案例，其劣化度的判定標準如表 3-22 所示。



圖 3.22 車擋損壞案例

表 3-22 車擋劣化度判定標準

| 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 | Ⅲ類 | 車擋 | 本體的損傷、塗裝剝落、腐蝕 | 目視 • 損傷、變形 • 塗裝的狀況 • 腐蝕 | 4 | <input type="checkbox"/> 有缺損 <input type="checkbox"/> 發生性能障礙的損傷、變形。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ————— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 本體的損傷和變形、塗裝的剝落和腐蝕。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

5. 排水設施

排水設施的檢測診斷係根據從陸上及海上的目視，以掌握造成性能障礙的劣化、損傷等的變化為準。排水設施的檢測診斷要掌握排水溝、排水口、格柵板的劣化、損傷等的變化。排水設施劣化度的判定標準如表 3-23 所示。

表 3-23 排水設施劣化度判定標準

| 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 | Ⅲ類 | 排水設施 | 排水設施的破損、格柵板的變形、腐蝕 | 目視 • 排水溝的堵塞 • 破損、變形 • 格柵板的腐蝕 | 4 | <input type="checkbox"/> 排水溝有破損。 <input type="checkbox"/> 格柵板遺失。 <input type="checkbox"/> 格柵板變形，腐蝕顯著，不堪使用。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ————— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 格柵板變形、腐蝕。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

6. 柵欄、門及繩索

柵欄、門、及繩索的檢測診斷係根據從陸上目視，以掌握產生性能障礙的劣化、損傷等的變化為準。柵欄、門的檢測診斷要掌握本體的損傷和變形，塗裝的剝落，及鋼材的腐蝕等的變化。柵欄及門的塗裝常使用鍍鋅，但可掌握塗裝的變化。而繩索要掌握破損、磨損、織物鬆弛等的變化。柵欄、門及繩索劣化度的判定標準如表 3-24 所示。

表 3-24 柵欄、門及繩索劣化度判定標準

| 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 | III類 | 柵欄、門、繩索 | 破損、磨損、織物鬆弛等變化 | 目視 • 本體的損傷和變形、塗裝剝落 • 鋼材的腐蝕等 | 4 | <input type="checkbox"/> 產生性能障礙的損傷、變形。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ----- |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> ----- |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

7. 標誌

標誌的檢測診斷係根據從陸上的目視，以掌握產生性能障礙的劣化、損傷等的變化為準。標誌要掌握標誌的確認性、支柱基部、標識板或燈具等的劣化、損傷等。標誌劣化度的判定標準如表 3-25 所示。

表 3-25 標誌劣化度判定標準

| 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 | III類 | 標誌 | 標識板、支柱、柱基底的劣化、損傷等情況 | 目視 • 鋼材的腐蝕、龜裂、損傷 • 燈具的損傷 | 4 | <input type="checkbox"/> 標識板的確認性顯著變差、造成性能障礙的損傷、及變形。 <input type="checkbox"/> 支柱變形。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ----- |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 塗裝剝落，部分生鏽。 <input type="checkbox"/> 支柱基底混凝土有些許裂紋。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

8. 裝卸機械基礎

裝卸機械基礎的檢測診斷係根據從陸上的目視，以掌握造成性能障礙的劣化、損傷等的變化為準。裝卸機械基礎包括樁基礎上鋼筋混凝土連結梁形式、碎石基礎上鋼筋混凝土連結梁形式、或利用碼頭本體結構或其他結構物兼用形式等。其檢測診斷要掌握基礎的位移、沉陷、基礎上混凝土的劣化、損傷等的變化。如移動式貨櫃起重機軌道基礎的情況，裝卸機械基礎的檢測診斷需要掌握軌道通路、軌道高度差的基礎金屬零件、防止

傾倒的基礎金屬零件、防止脫離的基礎金屬零件、起重的基礎金屬零件、制動端的基礎金屬零件等的劣化、損傷、塗裝的剝落等的變化。裝卸機械基礎劣化度的判定標準如表 3-26 所示。

表 3-26 裝卸機械基礎劣化度判定標準

| 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 | III類 | 裝卸機械的基礎 | 混凝土的劣化、損傷 | 目視 • 裂紋、剝離、損傷 • 鋼筋腐蝕 • 劣化的徵兆等 | 4 | <input type="checkbox"/> 幅度3mm以上的混凝土鋼筋軸向的裂紋。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 幅度小於3mm的混凝土鋼筋軸向的裂紋。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 與鋼筋軸向成直角的裂紋。 <input type="checkbox"/> 產生點狀銹水。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | | 軌道的劣化、損傷、變形 | 目視 • 軌道的高度差、通路的狀況不佳等 • 軌道的損傷和變形等 | 4 | <input type="checkbox"/> 產生性能障礙的損傷、變形。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ———— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> ———— |
| | | | 基礎金屬零件的劣化、損傷、腐蝕 | 目視 • 本體的損傷和變形、塗裝的剝落 • 鋼材的腐蝕等 | 4 | <input type="checkbox"/> 產生性能障礙的損傷、變形。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ———— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

9. 階梯及爬梯

階梯一般配置在上部工位置，所以與上部工相同，要掌握混凝土的劣化、損傷等的變化。爬梯有鋼製、不銹鋼製、塑膠製等，就變化的主要原因，要考慮由於船舶的碰撞，災害引起的脫落、損傷、變形、或不銹鋼製的情況下，由於海水的作用，導致本體或連接金屬零件的腐蝕，塑膠製的情況下，會造成塑膠的劣化和連接金屬零件的腐蝕。階梯及爬梯劣化度的判定標準如表 3-27 所示。

表 3-27 階梯及爬梯劣化度判定標準

| 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 | Ⅲ類 | 爬梯 | 本體的損傷、塗裝脫落、腐蝕 | 目視 • 損傷、變形 • 塗裝的狀況 • 腐蝕(鋼製的情況) | 4 | <input type="checkbox"/> 脫落 <input type="checkbox"/> 損傷，腐蝕顯著，有使用上的危險。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ———— |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 本體的損傷、變形，塗裝的剝落和生鏽。 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

10. 浮標

浮標構造一般為沉錘式，如圖 3.23 所示，檢測診斷可根據目視來掌握燈具是否點亮、浮體本體的變形、塗裝的剝落等變化。另外潛水檢測診斷需掌握水中部份浮體下部面、浮筒鏈、沉錘等的變化等。

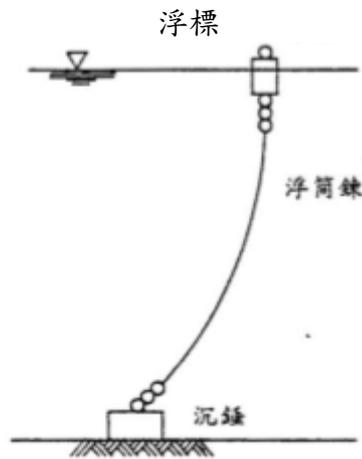


圖 3.23 沉錘式浮標

浮標檢測診斷劣化度的判定標準如表 3-28 所示。

表 3-28 浮標檢測診斷劣化度判定標準

(1) 岸上或水面上目視

| 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 | |
|----|----------|---------------------|------|----------|-----------------------------------------------|
| 浮標 | Ⅲ類 | 浮筒本體的損傷、劣化情形，燈具功能等。 | 目視 | 4 | <input type="checkbox"/> 有性能上障礙的損傷，變形、燈具未點亮等。 |
| | | | | 3 | <input type="checkbox"/> ----- |
| | | | | 2 | <input type="checkbox"/> ----- |
| | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

(2) 潛水調查

| 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 | |
|----|----------|----------------|-------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 浮標 | Ⅲ類 | 浮筒本體、浮筒鏈、沉錘等狀態 | 潛水調查(同一計畫水深內,有多個存在的情況,進行個別判定) | 4 | <input type="checkbox"/> 浮筒鏈、沉錘等有顯著的磨損或損耗。 <input type="checkbox"/> 失去浮筒的性能。 |
| | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 浮筒鏈、沉錘等有磨損及損耗。 |
| | | | | 2 | <input type="checkbox"/> ----- |
| | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

3.2 防波堤檢測構件劣化度的判定標準^[3]

防波堤主要檢測構件可分為堤面、法線、堤體、消波工、護面工、海底地基，如圖 3.24 所示。

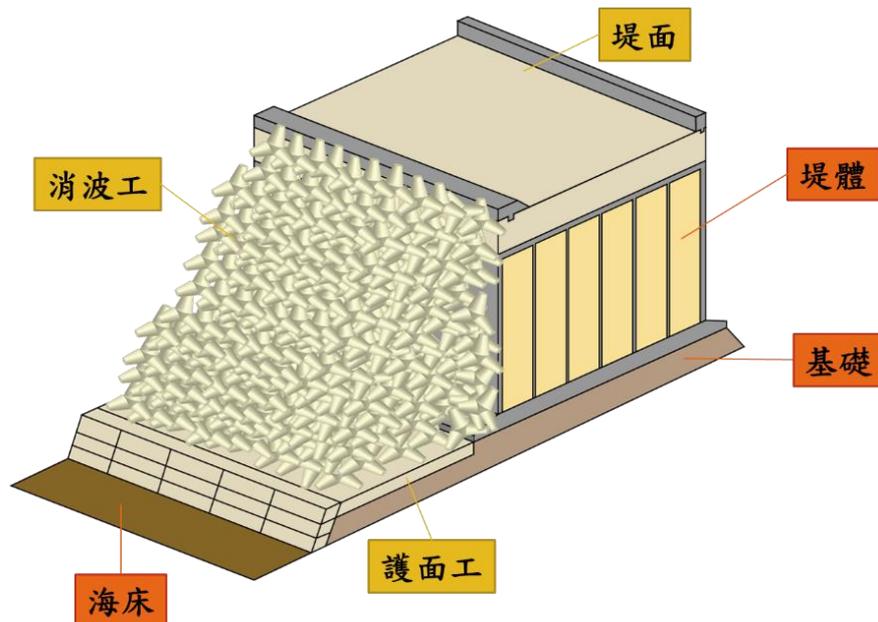


圖 3.24 防波堤主要檢測構件

以下就沉箱合成式防波堤、方塊式防波堤及斜坡堤之檢測診斷構件劣化度的判定標準說明。

3.2.1 沉箱合成式防波堤

沉箱合成式防波堤的檢測診斷中，就防波堤的位移、下陷、上部工、本體工及消波工等的變化進行劣化度判定，檢測診斷的方法係根據陸上及海上目視的外觀為準。

1. 防波堤的位移及下陷

防波堤的位移、下陷係根據陸上及海上的目視以掌握法線的偏離、及上部工的高低平面差等變化狀況為準。察看防波堤整體法線，若有較大的偏差和高度差的情況下，有需要注意沉箱的滑動，傾倒所帶來的損傷。沉箱的移動量由沉箱每 1 座 2 測點(法線方向兩端的法線直角方向的中央)或 4 測點(上部工的 4 角落)的座標可求得。沉箱的下陷量則可根據每一座沉箱上部工頂的 4 角的標高而求得。傾斜量則可利用每一座沉箱上部工頂所設置的傾斜計量測，或在上部工堤頂測到的標高差來計算，亦可以求得。圖 3.25 為沉箱合成式防波堤位移、下陷的檢測狀況，其劣化度的判定標準如表 3-29 所示。

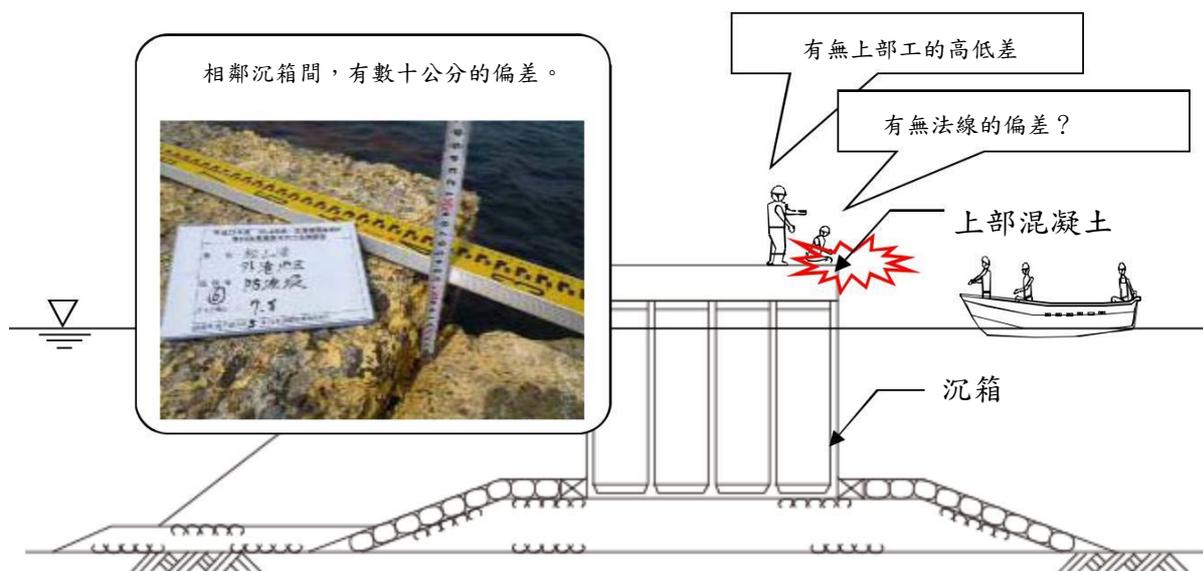


圖 3.25 沉箱合成式防波堤位移、下陷的檢測狀況

表 3-29 沉箱合成式防波堤位移、下陷劣化度判定標準

| 設施 | 檢測診斷項目分類 | 檢測診斷項目 | 巡檢方法 | 劣化度的判定標準 |
|----------|----------|--------|--------------------------|---------------------------|
| 沉箱合成式防波堤 | I 類 | 位移 | 目視（包含根據量尺的測量） • 水平移動量 | 4 沉箱的一部分偏離拋石基礎 |
| | | | | 3 相鄰沉箱間有側壁厚程度（40~50cm）的偏差 |
| | | | | 2 有小規模移動 |
| | | | | 1 沒有變化 |
| | II 類 | 下陷 | 目視 • 高低差 | 4 確認有顯著下陷（1m程度） |
| | | | | 3 相鄰沉箱間有數十公分程度的高低差。 |
| | | | | 2 相鄰沉箱間有數公分程度的高低差。 |
| | | | | 1 沒有變化 |

2. 沉箱

沉箱從陸上、海上及水下目視，以掌握混凝土劣化，損傷的變化狀況為準。確認沉箱上有多處裂紋及鋼筋露出的情況下，需注意若由於沉箱側壁有破洞，從中恐怕會有內填料的流出。圖 3.26 為陸上及海上沉箱的檢測狀況，其劣化度的判定標準如表 3-30 所示。

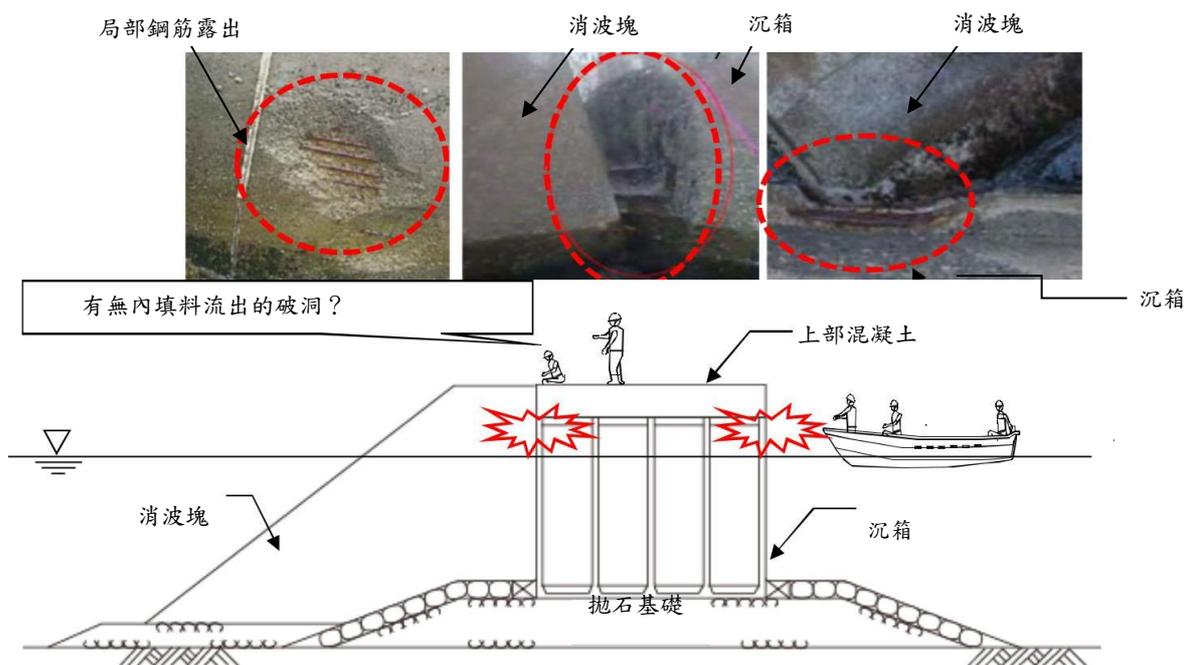


圖 3.26 陸上及海上沉箱檢測狀況

表 3-30 沉箱從陸上及海上檢測劣化度判定標準

| 設施 | 檢測診斷項目分類 | 檢測診斷項目 | | 檢測方法 | 劣化度判定標準 | |
|----------|----------|--------|-----------|-------------------------------------------|---------|-------------------------------|
| | | 沉箱 | 混凝土的劣化、損傷 | | 4 | 劣化度判定標準 |
| 沉箱合成式防波堤 | I 類 | 沉箱 | 混凝土的劣化、損傷 | 目視 • 裂紋、剝離、損傷、缺損 • 鋼筋露出 • 劣化的預兆等 | 4 | 有使內填料流出的破洞、裂紋、缺損。 大範圍的鋼筋露出 |
| | | | | | 3 | 多個方向有 3mm 程度的裂紋。 |
| | | | | | 2 | 在一方向有 3mm 程度的裂紋。 局部有鋼筋露出。 |
| | | | | | 1 | 沒有變化 |

有設置消波工的沉箱側壁，因從海上目視比較困難，若從防波堤堤頂以目視來確認變化情形，最好使用攝影機。而為使沉箱的破洞調查省力化，在上部工設置檢查孔，以掌握沉箱隔艙內填料的減少情況。

(1) 掌握沉箱側壁的破洞情況（使用水中攝影機法）

從上部工堤頂，把水中攝影機插入沉箱和消波塊的間隙，以確認沉箱混凝土側壁（參照圖 3.27）的狀況。

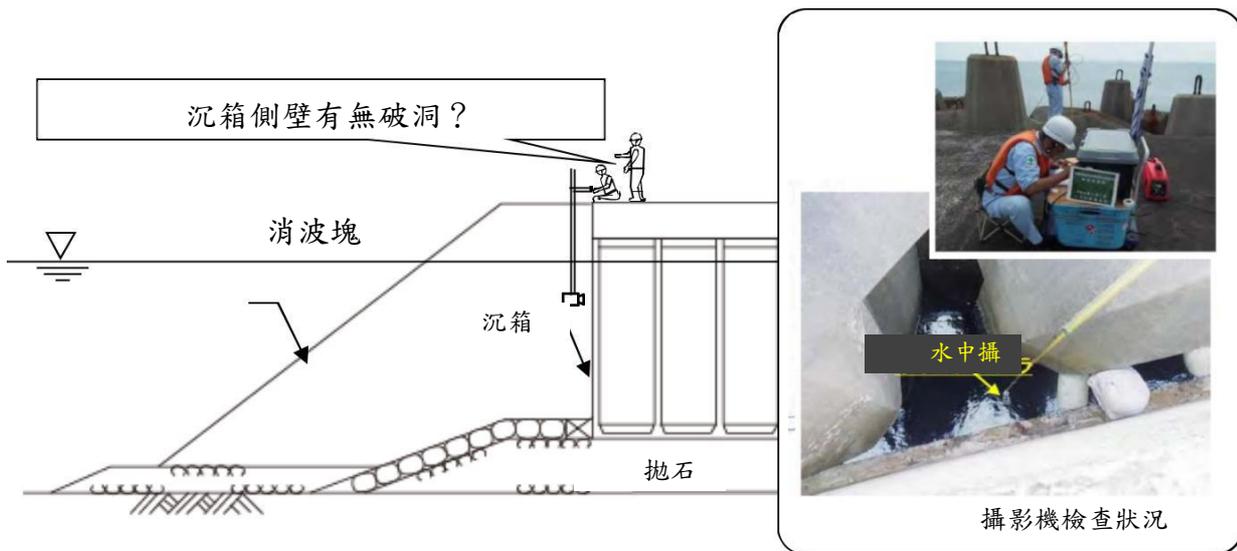


圖 3.27 用攝影機做沉箱側壁破洞調查

(2)掌握沉箱的空洞化的情況，在上部工設置檢查孔（參照圖 3.28）以掌握內填料的減少狀況。

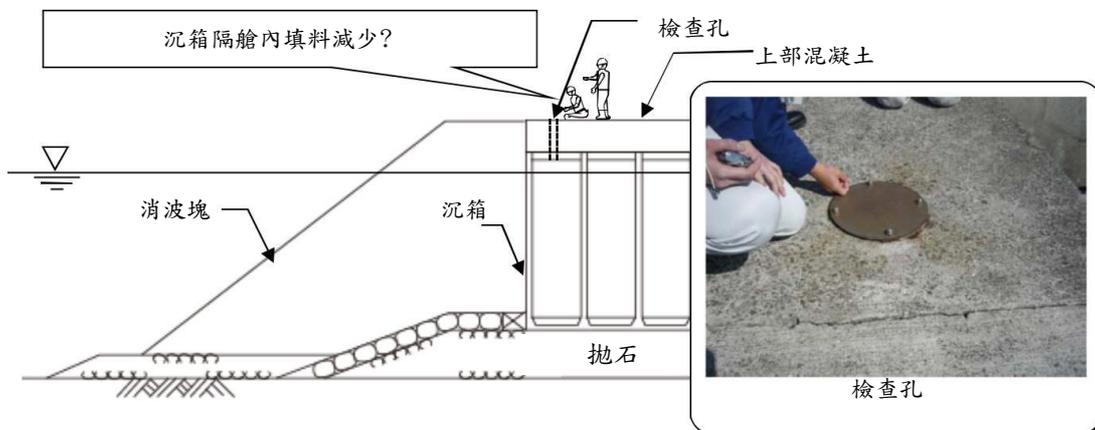


圖 3.28 使用檢查孔做沉箱空洞化調查

圖 3.29 為沉箱潛水檢查狀況，針對水中部份的目視以掌握混凝土的裂紋、剝離、損傷、缺損的變化。沉箱若有多處裂紋和鋼筋露出確認的情況下，需注意由於沉箱側壁的破洞而發生內填料流出的情況。其劣化度的判定標準如表 3-31 所示。

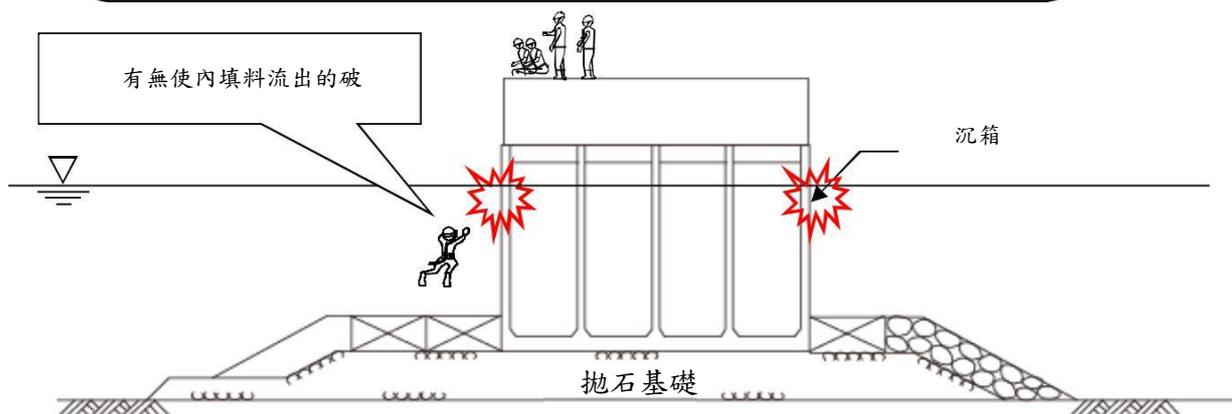
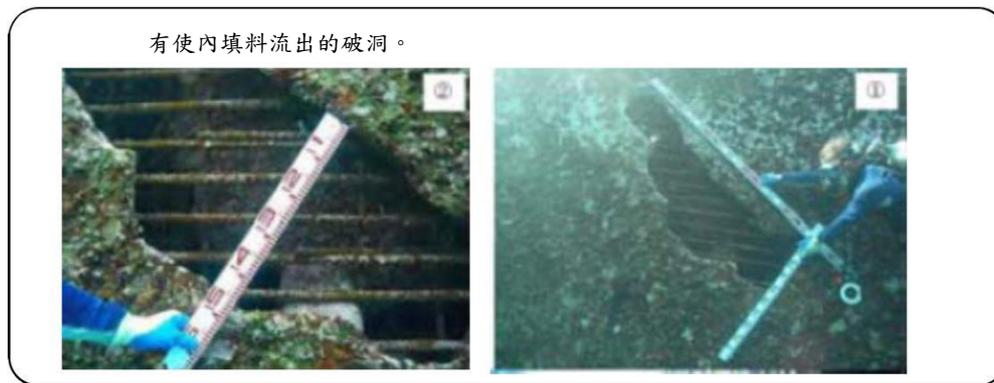


圖 3.29 沉箱潛水檢查狀況

表 3-31 潛水調查沉箱劣化度判定標準

| 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 | |
|------------------|----------|--------|-----------|---------------------------------------------|----------|---------------------------------|
| 沉箱 合成式 防波堤 | I 類 | 沉箱 | 混凝土的劣化、損傷 | 潛水調查 · 裂紋、剝離、損傷，缺損 · 鋼筋露出 · 劣化的預兆等 | 4 | 有使內填料流出的破洞， 裂紋缺損 有大範圍鋼筋露出 |
| | | | | | 3 | 多方向有幅度 3mm 程度的裂紋 |
| | | | | | 2 | 1 方向有幅度 3mm 程度的裂紋 局部有鋼筋露出 |
| | | | | | 1 | 沒有變化 |

3. 上部工

根據陸上及海上目視的狀況，以掌握上部工混凝土的劣化、損傷等的變化為準。上部工除因波浪的影響變化之外，還有消波工的撞擊。而混凝土的劣化及變化，可根據陸上及海上的目視，掌握混凝土的裂紋、損傷等

情況。上部工的變化直接影響設施性能的情況不多，但若是大規模的缺損時，要注意恐會影響設施構造上的安全性。圖 3.30 為上部工的檢測狀況，其劣化度的判定標準如表 3-32 所示。

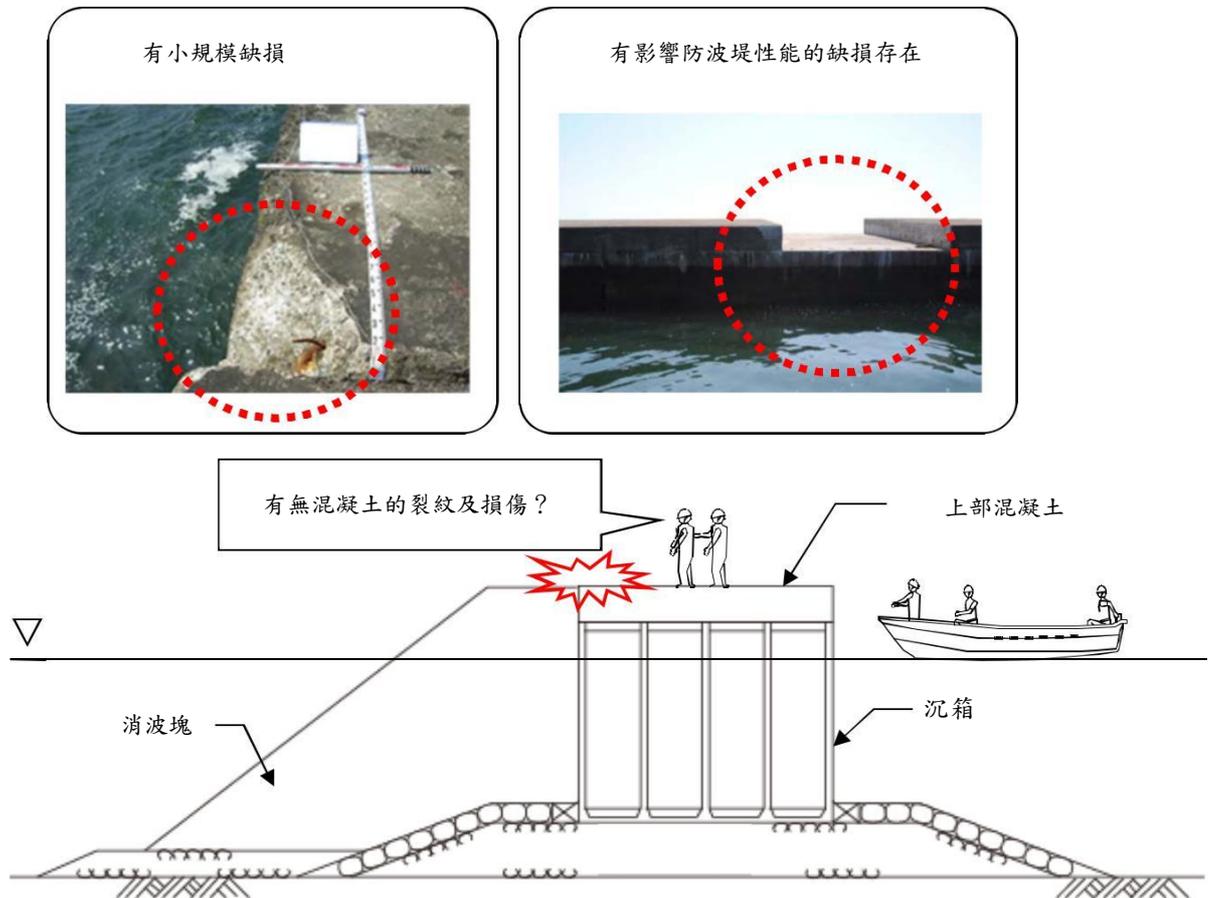


圖 3.30 上部工檢測狀況

表 3-32 上部工劣化度判定標準

| 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 | |
|----------|----------|--------|-----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| | | 上部工 | 混凝土的劣化、損傷 | | | |
| 沉箱合成式防波堤 | II類 | 上部工 | 混凝土的劣化、損傷 | 目視 裂紋、損傷，缺損 劣化的預兆等 | 4 | 有影響防波堤性能的損傷 |
| | | | | | 3 | 有幅度 1cm 以上的裂紋 有小規模的缺損 |
| | | | | | 2 | 幅度小於 1cm 的裂紋 |
| | | | | | 1 | 沒有變化 |

4. 消波工

(1)消波工可根據陸上及海上的目視，以掌握消波塊的移動、散亂、下陷及損傷、缺損等狀況為準。由於消波工的不連續部和下陷，消波工斷面減少之處，因降低消波能力，沉箱容易發生變化，需特別注意。圖 3.31 為陸上及海上消波工的檢測狀況，其劣化度的判定標準如表 3-33。

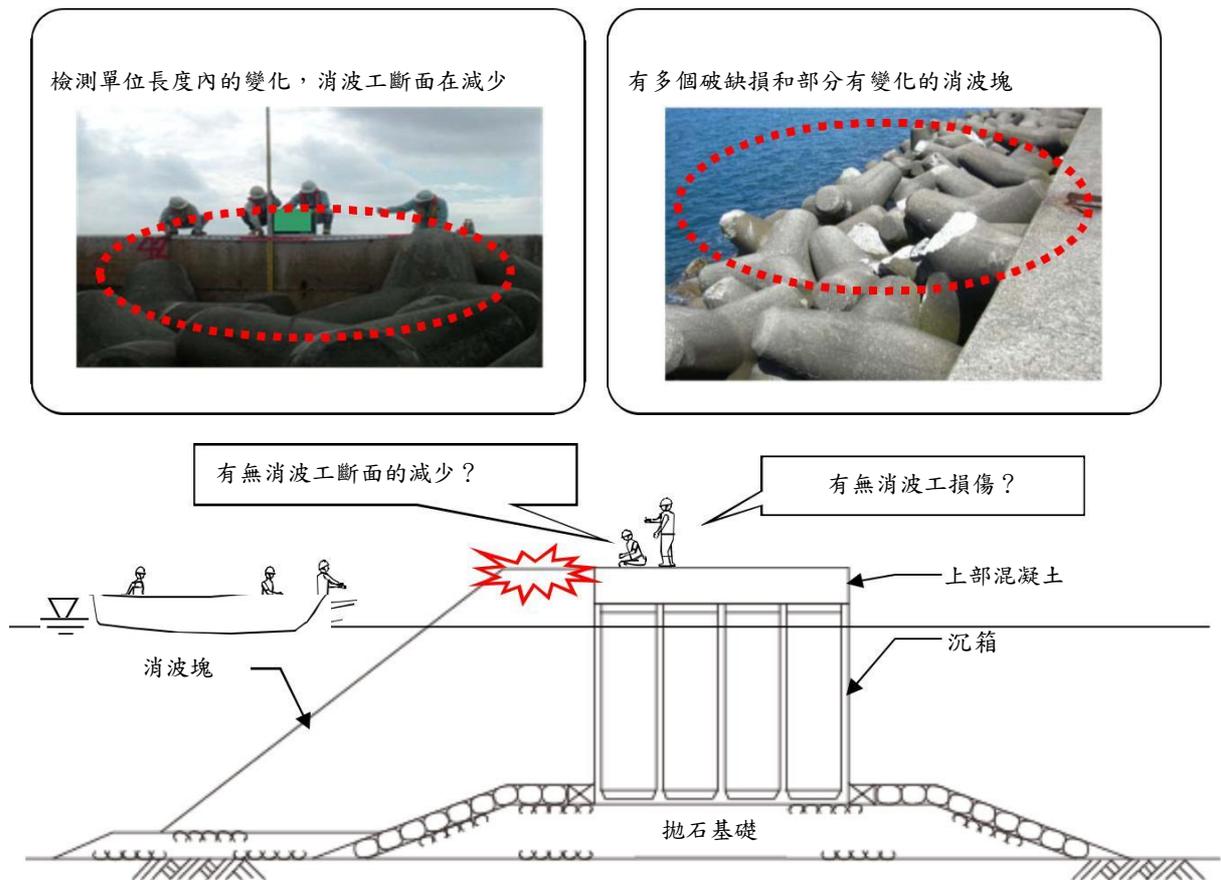


圖 3.31 消波工檢測狀況

表 3-33 消波工劣化度判定標準

| 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 | |
|----------|----------|--------|----------|-----------------------|---------------|----------------------------------|
| 沉箱合成式防波堤 | II類 | 消波工 | 移動、散亂、下陷 | 目視 消波工的頂部、法線斷面等的變形 | 4 | 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊減少1層分以上。 |
| | | | | | 3 | 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊在減少。(消波塊減少小於1層) |
| | | | | | 2 | 消波塊部分移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 1 | 沒有變化 |
| | | 損傷，斷裂 | 缺損塊的個數 | 4 | 1/4 以上的消波塊有缺損 | |
| | | | | 3 | 在 4 和 2 之間變化 | |
| | | | | 2 | 有很多消波塊缺損及部分變化 | |
| | | | | 1 | 沒有變化 | |

(2)消波工、護面工及護基工的檢測診斷，可根據水中的目視以掌握移動、散亂、下陷等的變化為準。由於波浪使消波工、護面工及護基工等發生移動、散亂、下陷等狀況。被覆塊石或拋石基礎的散亂、下陷等關係到沉箱的傾斜及沉陷。因此需注意其對性能(尤其是結構的安全性)的影響。由於消波工的移動、散亂、下陷，使消波工斷面縮小致波力增大，結果容易發生沉箱的變化。圖 3.32 為消波工水中的檢測狀況，圖 3.33 則為護面工及護基工的檢測狀況，而表 3-34 為檢測消波工，護面工、及護基工等潛水調查劣化度的判定標準。

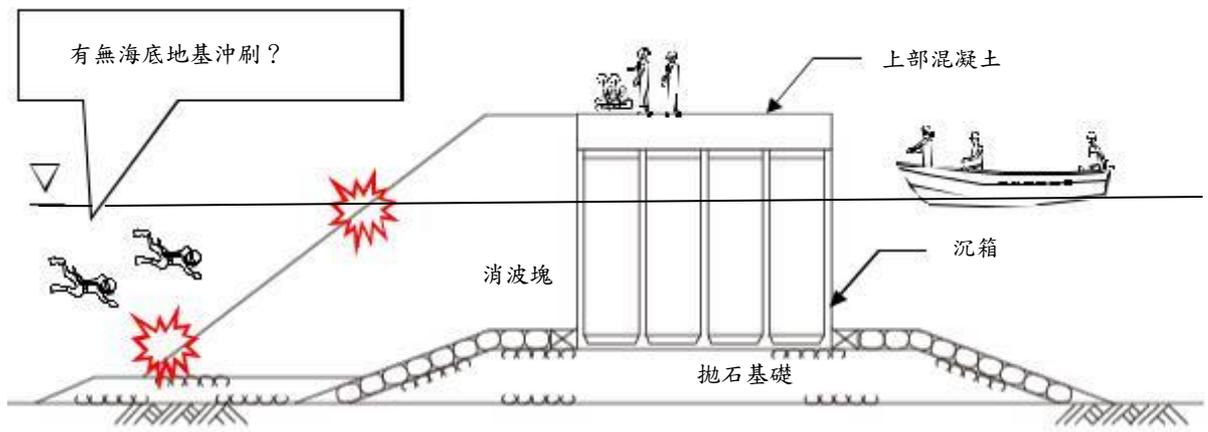


圖 3.32 消波工水中檢測狀況

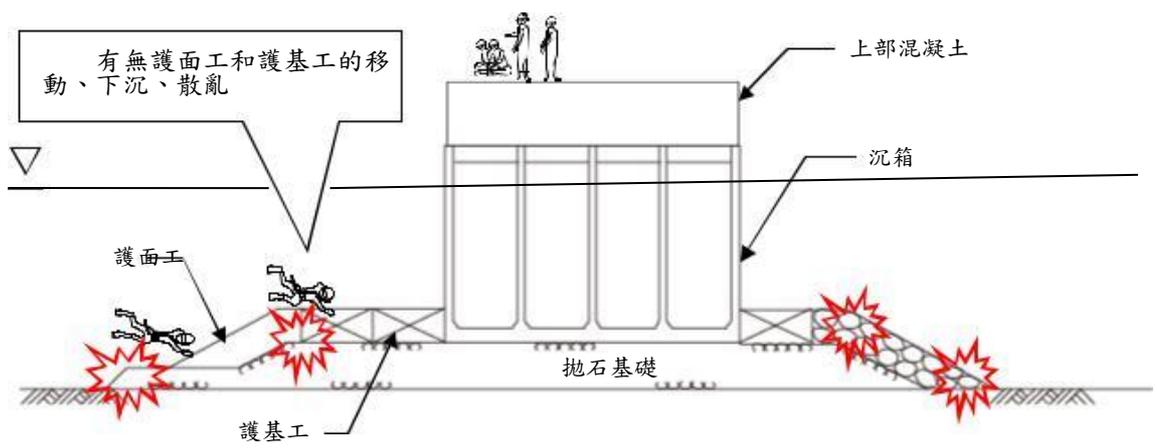


圖 3.33 護面工及護基工檢測狀況

表 3-34 消波工、護面工及護基工等潛水調查劣化度判定標準

| 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 | |
|----------|----------|--------|----------|---------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------|
| | | | | | | |
| 沉箱合成式防波堤 | II類 | 護面工 | 移動、散亂、下陷 | 潛水調查 • 平面、肩部、斜面等的變形 • 拋石和被覆塊石的移動和散亂狀況 | 4 | <input type="checkbox"/> 有受災率5%以上的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 有受災率1至5%的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有受災率1%以下的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | 護基工 | 移動、散亂、下陷 | 潛水調查 • 平面、肩部、底部等的變形 • 護基塊的移動和散亂 | 4 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長內，有50%以上大範圍的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長度內，有10到50%的範圍的移動、散亂 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長度內，有少於10%的移動、散亂 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | 消波工 | 移動、散亂、下陷 | 潛水調查 • 平面、肩部、底部等的變形 • 消波塊的移動和散亂狀況 | 4 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊減少1層以上。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長內，消波工斷面在減少中。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 消波塊部分出現移動（散亂，下陷） |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

5 海底地基

海底地基的檢測診斷係以掌握沖刷、土砂的淤積等變化為準。海底

地基的沖刷、被覆石或基礎拋石的散亂、下陷等關係到沉箱的傾斜、沉陷，因此須注意恐會影響到設施的性能。而且堤前的沖刷，會使水深增大，應注意可能會影響到波高的增大。圖 3.34 為海底地基檢測狀況，其劣化度的判定標準如表 3-35 所示。

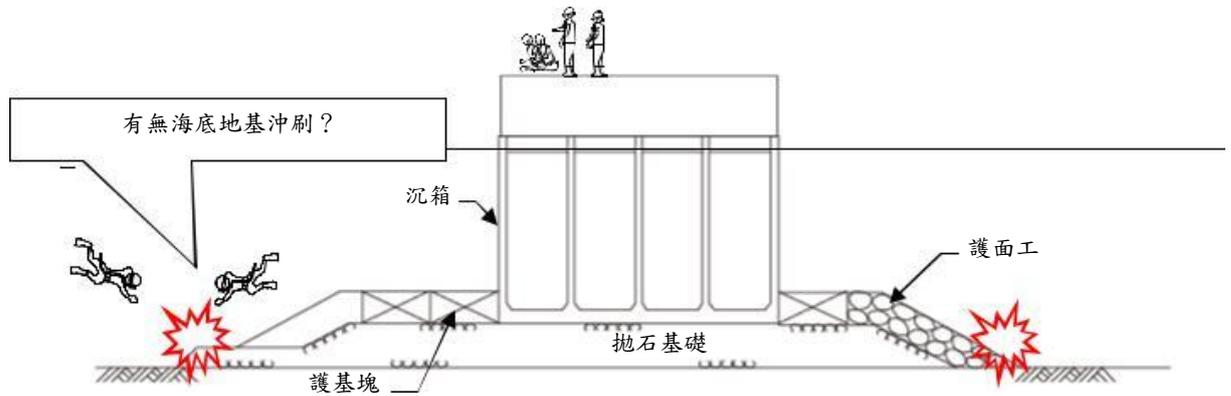


圖 3.34 海底地基檢測狀況

表 3-35 海底地基劣化度判定標準

| 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 | |
|----------|----------|--------|-------|-----------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 沉箱合成式防波堤 | I 類 | 海底地基 | 沖刷、淤積 | 潛水調查 ·海底面的起伏 | 4 | <input type="checkbox"/> 在護基塊法線前拋石，有 1m 以上的沖刷。 <input type="checkbox"/> 因沖刷可看出對拋石基礎和堤體沉箱的影響 <input type="checkbox"/> 沖刷防止襯墊在損傷中，或受影響的狀態。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在護基方塊前拋石有深 0.5m 至 1m 的沖刷。 <input type="checkbox"/> 沖刷防止襯墊有 50% 損傷 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有深度/高度小於 0.5m 的沖刷或淤積。 <input type="checkbox"/> 沖刷防止襯墊有 10% 的損傷 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

3.2.2 方塊式防波堤

方塊式防波堤(其構造如圖 3.35)的檢測診斷中須掌握混凝土塊的缺損和滑出等的變化。(參照圖 3.36)其檢測診斷方法可參考沉箱合成式防波堤。

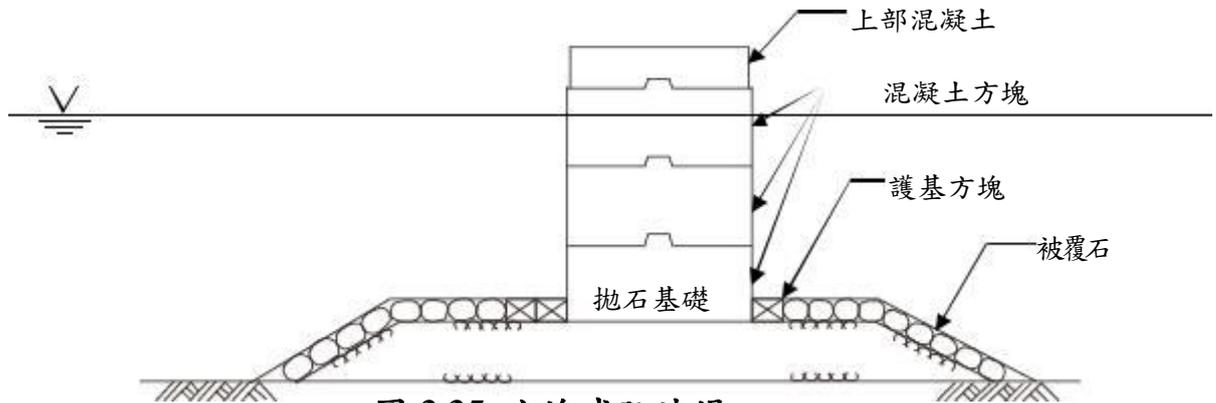


圖 3.35 方塊式防波堤



(混凝土方塊的缺損)



(混凝土塊的滑出)

圖 3.36 混凝土方塊缺損及滑出案例

3.2.3 斜坡堤

斜坡堤的檢測診斷要掌握堤心石及消波塊的移動、散亂、下陷等的變化。斜坡堤斷面如圖 3.37 所示，其混凝土塊散亂案例如圖 3.38 所示。其檢測診斷方法可參考沉箱合成式防波堤。

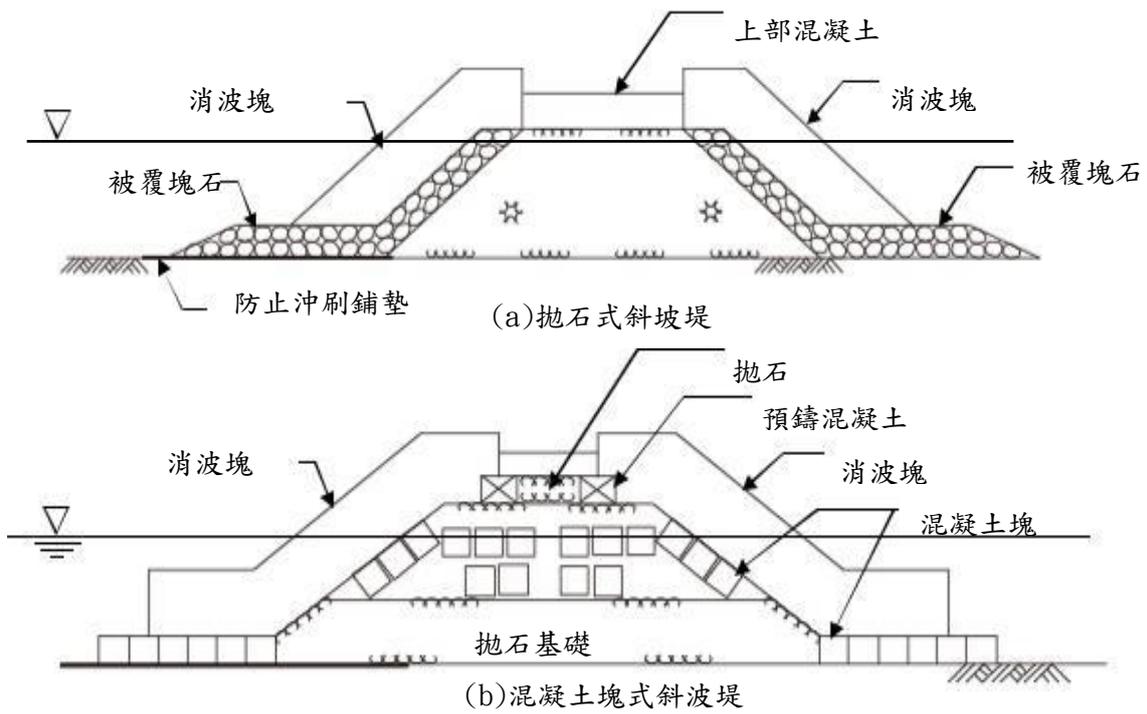


圖 3.37 拋石式斜坡堤及混凝土塊式斜坡堤斷面



(混凝土塊的散亂)



(混凝土塊的散亂)

圖 3.38 混凝土塊式斜坡堤變化案例

第四章 港灣構造物巡查檢測應用新興科技案例

港區幅員廣大，港灣構造物又長年處在惡劣的海洋及水下未知的嚴苛環境下，在執行巡檢測診斷的實施有很多困難。特別是港灣構造物在水下與海床等，人們很難接近。因此，現場作業人員即強烈要求開發出更有效率且能安全實施的檢測方法。近年來自動化巡檢觀念的興盛，讓機器從事繁複的任務及判識設施的劣化狀況，提供設施維護管理的重要輔助。以下就新興科技應用於巡查檢測作業的應用與案例說明。

4.1 水下無人載具檢測技術

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（圖 4.1 及圖 4.2 所示）。AUV（圖 4.3 所示）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。



圖 4.1 水下遙控載具 ROV^[5]

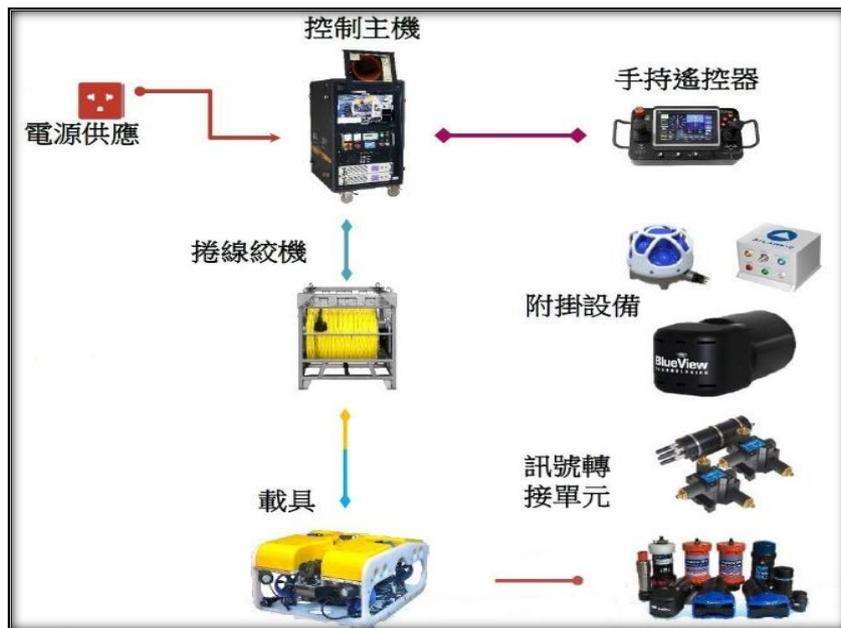


圖 4.2 ROV 系統機具配置^[5]



圖 4.3 自主水下載具 AUV^[6]

4.2 水下無人載具應用案例

1. 日本利用 ROV 港灣構造物的檢測^[6]

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 4.4 所示，其進行的檢測項目為鋼板樁的劣化調查(圖 4.5)，棧橋式鋼管樁的陽極塊調查(圖 4.6)，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 4.7 所示。

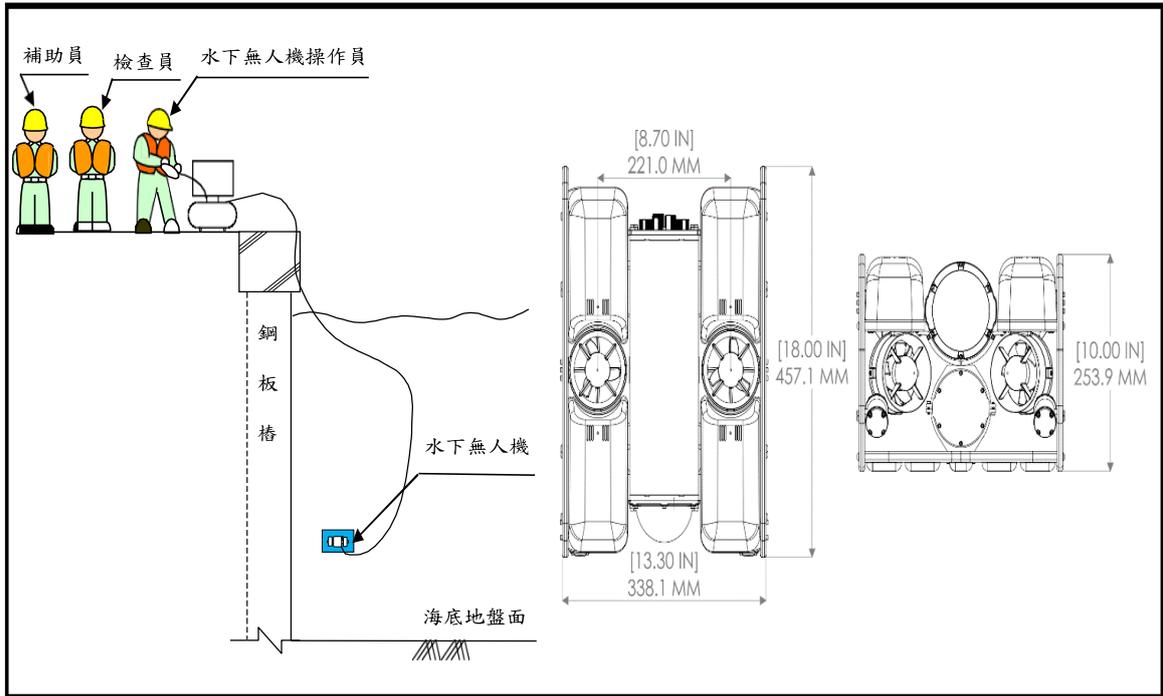


圖 4.4 ROV 檢測作業示意圖^[6]



圖 4.5 鋼板樁腐蝕調查^[6]



圖 4.6 棧橋鋼管樁陽極塊調查^[6]

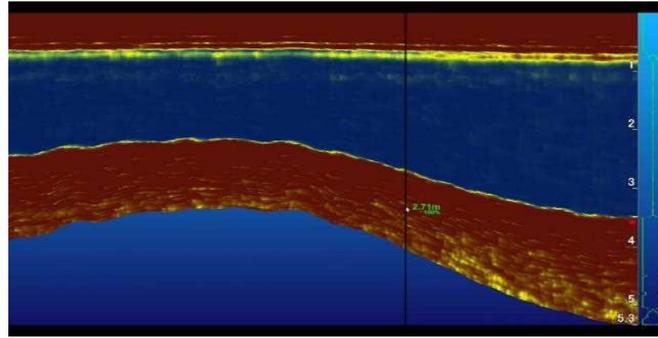


圖 4.7 海底地盤水深變化^[6]

2. 使用 AUV 的外廓設施的檢測^[6]

自主型水下無人機 AUV(Autonomous Underwater Vehicle)為搭載電腦與各種感應器的水中機器人。預先所設定的路線、深度使 AUV 自主航行，以搭載的側掃聲納來取得外廓設施(防波堤及海堤)的水中部(被覆、護基、消波塊、基礎等、海底地盤)的回聲畫像與 3 維地形資料。可以人力來攜帶，以無人進行水中的調查。由於 AUV 主體與各種感應器成一套裝化，所以安裝幾乎不須勞力。AUV 適用現場條件為(1)周邊條件:水面及水下漂流物不能太多(若螺旋槳捲入漂流物就會有無法航行的可能性，因此，必須避開漂流物來航行。)。 (2)作業範圍:由於是自主航行所以無限制。 (3)安全面的考量:航行船舶不能太多(避免與 AUV 碰撞)。 (4)氣海象條件:波浪(小於 1.0m)與流速(小於 0.5m/s)的影響很小。其進行的檢測步驟如圖 4.8 所示。

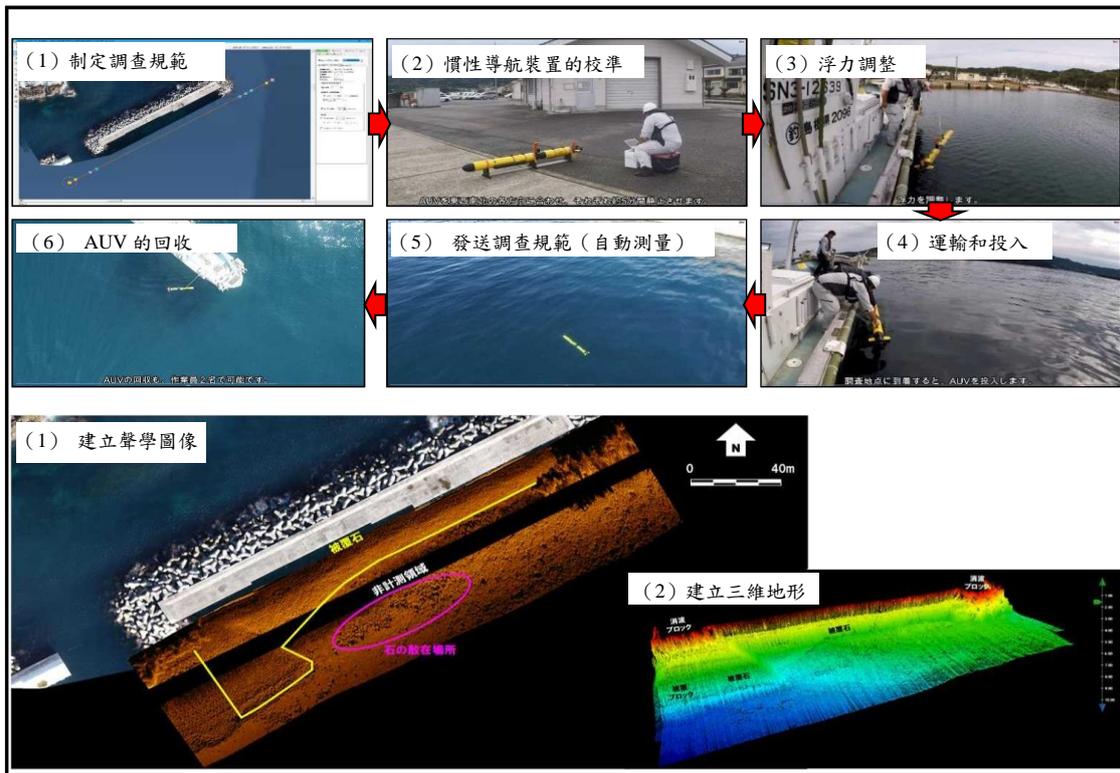


圖 4.8 AUV 外廓設施檢測^[6]

3. 棧橋上部結構用 ROV 檢測^[7]

日本港灣空港技術研究所以不受海況影響的調查方法、製作調查報告的省力化為開發目標，利用 ROV 進行棧橋式碼頭下部結構之探查，並以拍攝的圖像要有效地提取變形、判斷劣化並根據圖像生成 3D 數據創建檢查表等為開發重點功能。

棧橋上部結構檢測用 ROV 的主要規格如表 4-1，外觀如圖 4.9 所示。ROV 平台部的上面搭載上部結構攝影裝置，側面配備有額外的浮體使其成為半潛水型，以確保波浪等所造成搖晃的安定性。

表 4-1 棧橋上部結構檢查用 ROV 主要規格

| 項目 | 規格 |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|
| 型式 | 半潛水型（外部供電，有纜索） |
| 推進器 | 水平（菱形配置）×4，垂直×2 |
| 相機 | 操縱用×2（GigE相機） 影用×2（DSLR相機，GigE相機） |
| 觀測機能 | LED照明（前方2，上方8）×1式 閃光照明燈×1 LRF（3D 掃描儀）×2台 雷射距離儀×1台 平行雷射刻印機×1對 |
| 測位機能 | LRF（掃描+地圖對照→測位）定向旋轉儀（漏測時的方位內插） |
| 攝影位置的管理 | 相片的Exif GPS記錄在IFD標籤以及移動日誌 |
| 最大速度 | 1.5kt左右 |
| 尺寸 | L1200mm×W900mm×H971mm |
| 質量 | 約 90kg |



圖 4.9 ROV 外觀^[7]

上部結構攝影裝置為內置有攝影器材與相關感應器及控制裝置等

防水規格的相機系統。搭載有作為上部結構攝影用數位單眼反光相機 (DSLR) 1 台，作為操作補助用 GigE 相機 1 台將其鏡頭朝上設置。另外，搭載有攝影用的 LED 照明以及為了掌握與攝影對象距離的雷射距離儀等。所有的裝置，由陸上操作用經由 LAN 以遠距連接控制用 PC 來操作。檢測用 ROV 的最大特徵為，在無法利用 GPS 衛星定位技術的棧橋下面，事先給與鋼管樁的配置資訊，經由搭載於上部結構攝影裝置的 LRF (雷射位置儀, 3Dscanner) 所得到的鋼管樁與檢測用 ROV 的相對位置的比較，即可推定本機的位置。由此，即可取得附加位置資訊 (座標系) 的畫像資料，與能避免與鋼管樁或浮遊物等障害物衝突的附加機能。利用 ROV 檢測棧橋上部結構的檢測執行情形如圖 4.10，並利用目前普及化的 SfM/MVS (Structure from Motion/ Multi-View Stereo) 來取得由檢測用 ROV 所得到的畫像來作劣化度判定展開圖的方法，如圖 4.11 所示。後續利用所生成的 3D 展開圖，以輔助構材的劣化度判定作為目的，構築由畫像上查出會有龜裂或剝離等變異可能性的位置的系統，如圖 4.12 所示。

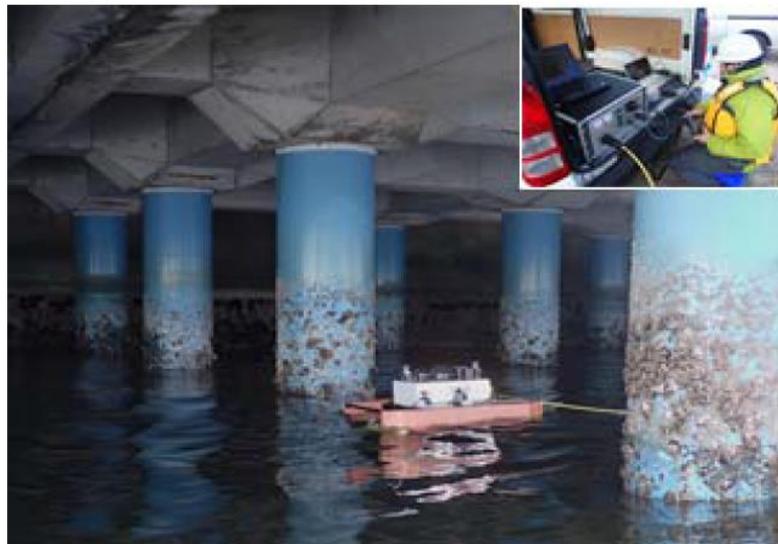


圖 4.10 ROV 檢測情形^[7]

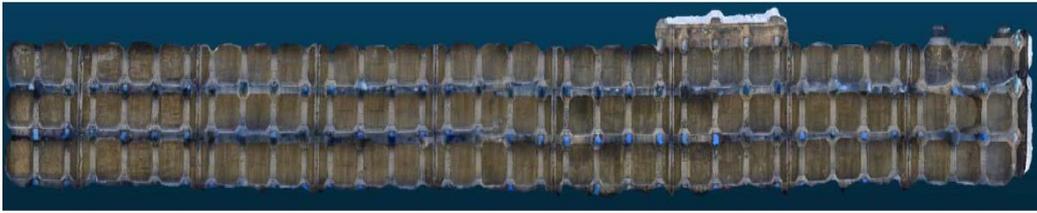


圖 4.11 SfM/MVS 取得棧橋下部結構 3D 展開圖^[7]

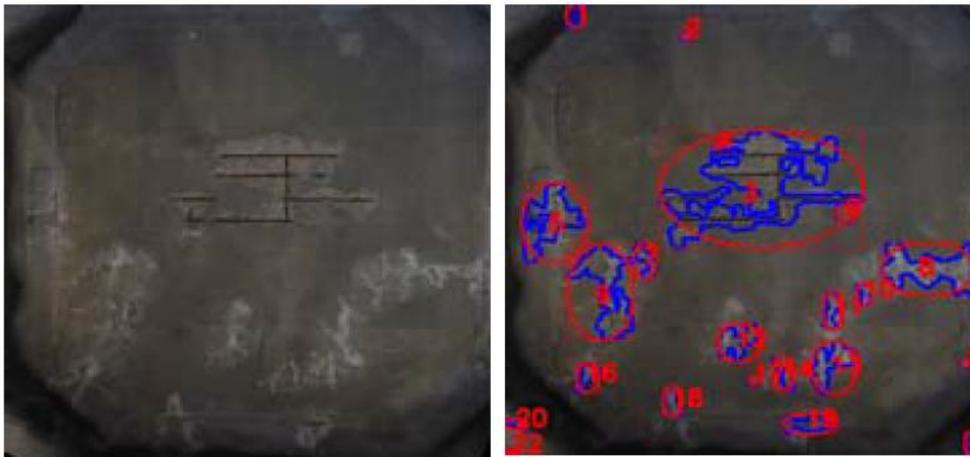


圖 4.12 3D 展開圖查出變異位置^[7]

4. 港務公司 ROV 進行水下碼頭壁體檢測^[8]

臺灣港務股份有限公司於 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。

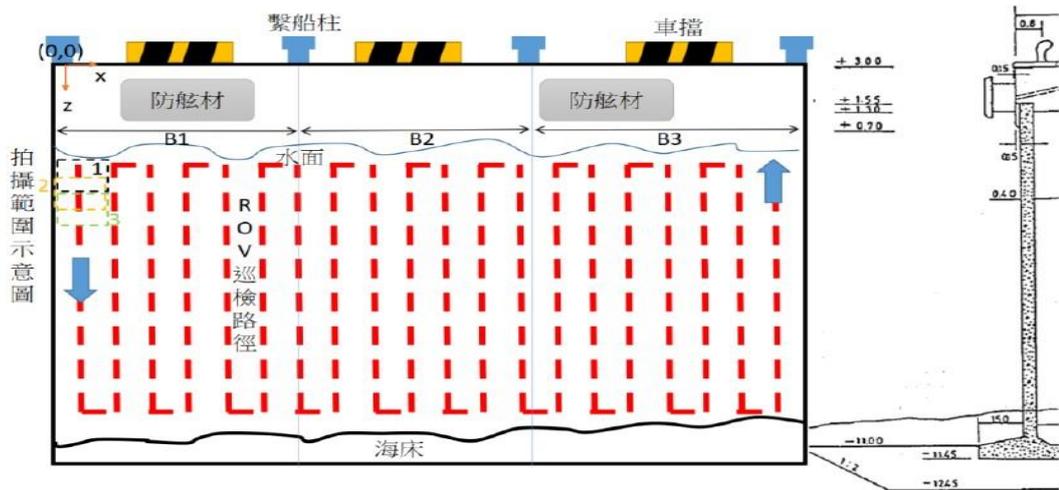


圖 4.13 ROV 巡檢路徑^[8]



圖 4.14 碼頭壁體檢測成果^[8]

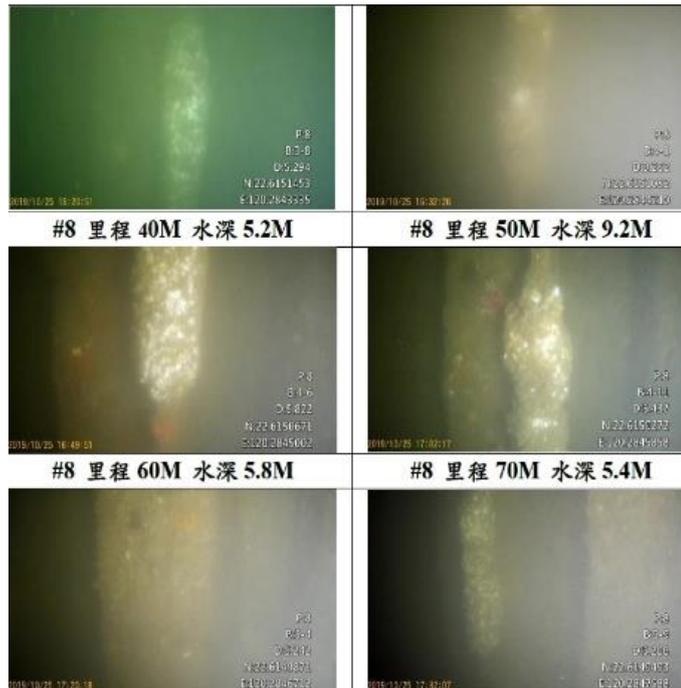


圖 4.15 陽極塊調查檢測成果^[8]

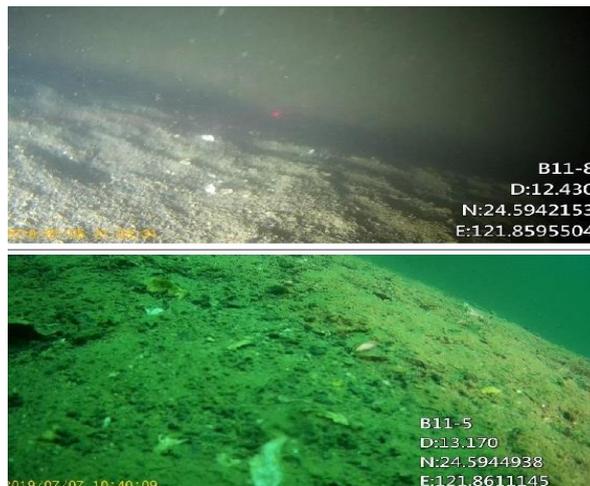


圖 4.16 海床檢測成果^[8]

5. 使用水下無人機進行陽極塊消耗調查^[9]

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^[9]

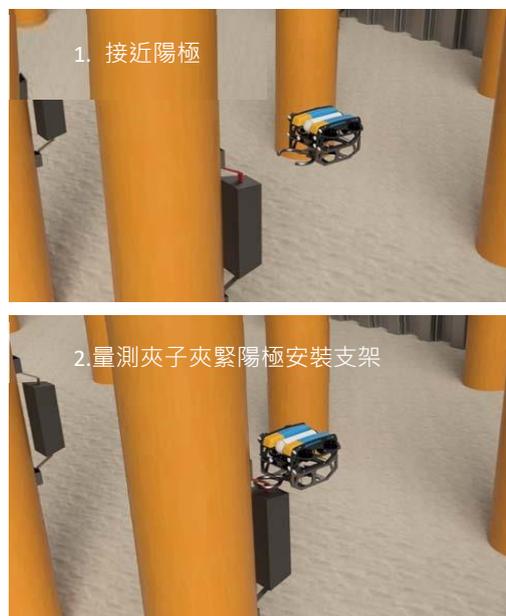


圖 4.18 量測陽極塊電流^[9]

4.3 UAV檢測技術

無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)可擇定機型(如圖4.19),在近年來發展成熟,其具有高度的移動性同時可搭載高解析攝影機以及遠距遙控功能,能夠取代人力快速且輕易地到達過去不容易接近的區域。再者目前 UAV 結合影像技術已經廣泛應用於大範圍或特殊環境條件下的資料收集任務中,為在有限人力之下要能持續檢測港區設施安全穩定的理想選擇。



圖 4.19 無人機形式

4.4 UAV應用案例

1. 利用 UAV 與 AI 三維點雲模型的港灣設施定期檢查技術^[6]

本技術為以防波堤與護岸作為對象,將無人機所拍攝的影像在雲端上以 AI 解析,找出龜裂等的變異處,作成損傷圖。另外,由取得的畫像由還原的三維點雲模式作成斷面圖,找出偏差、落差等的變異。此外,將三維點雲模式上使損傷相片與損圖連結,經由集中管理,可使變異位置把握與相片的確認以及今後的經過觀察變得容易,因此可使維護管理業務效率化。集中的資料可作為查看器來輸出,可同時在不同場所觀看,其檢測概要如圖 4.20 所示。

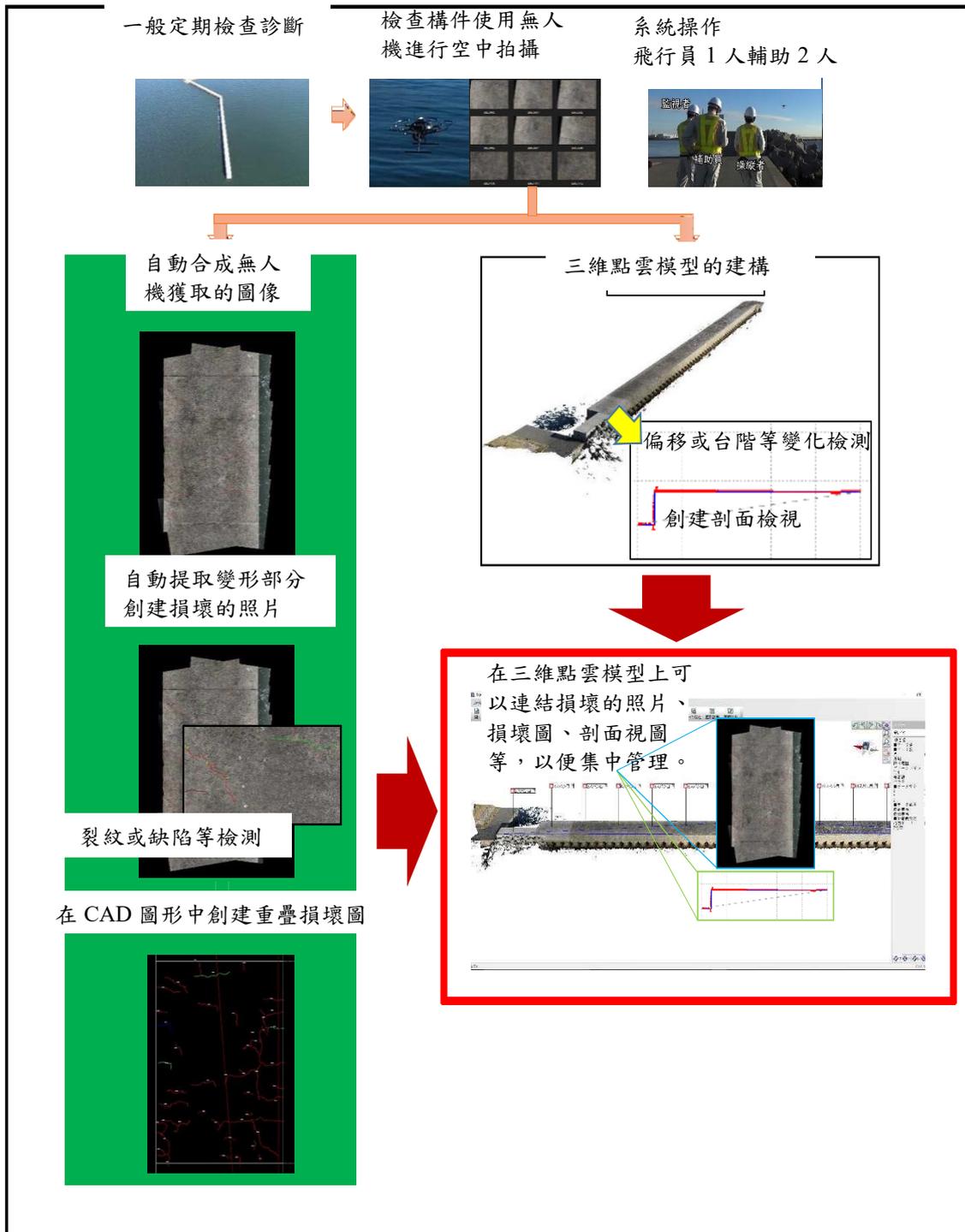
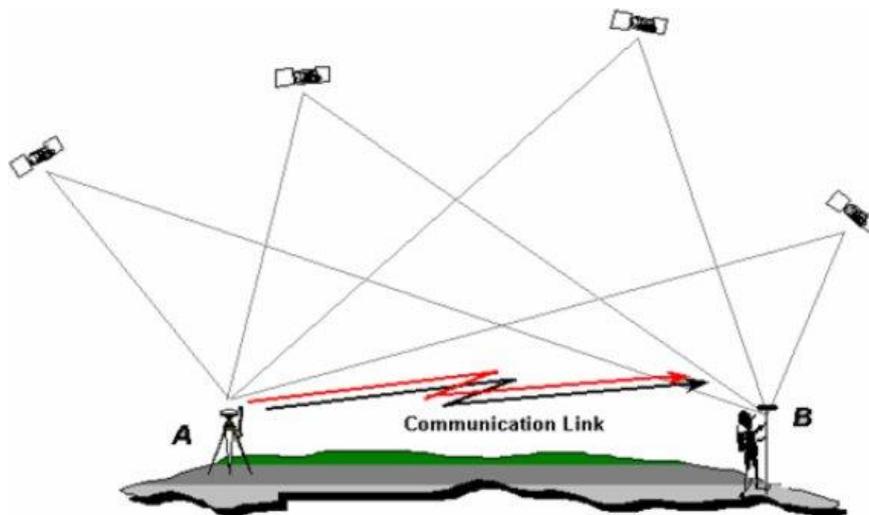


圖 4.20 UAV 檢測概要^[6]

2. 利用 UAV 與 RTK 及 5G 技術

即時動態技術(Real Time Kinematic, RTK), 是一種利用全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS), 由具接收器功能之基站(或稱固定站、參考站, base)持續接收衛星資訊(經度、緯度和高度), 並利用通訊儀器, 將資訊不斷傳送至移動站(rover), 相關資訊透過差分(differential)解算後, 即可在移動站移動時, 即時獲得精確的定位坐標, 達到高定位水準(示意圖如圖 4.21)。UAV 可搭配 RTK 或 VBS-RTK 技術, 並以現行高速率、低延遲傳輸之 5G 即時傳輸解算資訊, 達到欲觀測點位公分級定位座標。5G 技術特徵是超大行動寬頻、超低延遲、海量連結。透過 5G 企業專網傳輸無人載具資料, 再利用 5G 網路進行即時影像回傳, 並在無人載具導入 RTK 即時動態定位技術 (Real-time kinematic), 精準定位機制, 有助於提升巡檢作業任務對定位精準度的高要求。



資料來源：Guidelines for Real Time Kinematic-RTK Surveying

圖 4.21 RTK 技術示意圖

日本港灣空港技術研究所利用無人機，來探查颱風災害過後金澤港(金澤港)之防波堤之損害情形。搭配 RTK 技術，由地面基準站接收來自衛星的無線電波，再透過相關通訊設備傳送觀測資料至移動站(搭載於無人機上)，藉此，移動站可差分計算，獲得即時且精準之定位座標(可達公分級，約為 1.5cm)，提高了定位精度。

探查後發現，其港西側防波堤之上部工有損壞、消波塊凌亂等情形(如圖 4.22)



資料來源：「点検診断の効率化に向けた工夫事例集(案)」^[10]

圖 4.22 金澤港西防波堤海浪入侵前後上部工比較

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港灣設施檢測案例說明。

1. 使用特殊透地雷達碼頭岸肩空洞探查系統^[6]

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 4.24 所示。

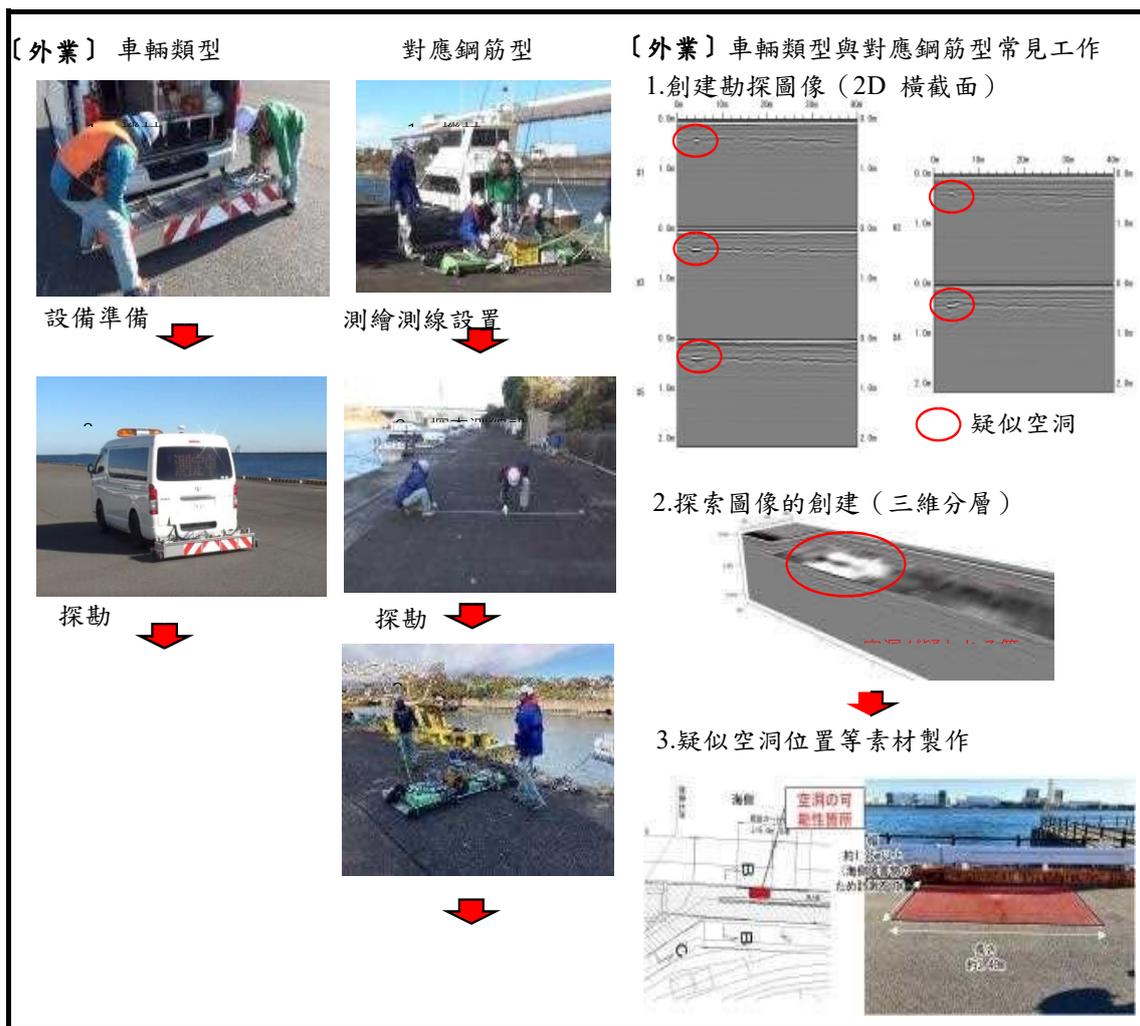


圖 4.24 透地雷達檢測作業概況^[6]

2. 蘇澳港南堤透地雷達檢測

本所於 109 年 11 月進行蘇澳港南堤透地雷達檢測工作^[12]，以作為蘇澳港防波堤沉箱安全評估參考。此次探測總共探測 102 條測線，探測總長度為 3150.4 公尺，測線位置示意圖如圖 4.25 所示，檢測工作情形如圖 4.26 所示。此次檢測採用等間距施測法，透地雷達現場施測採低頻 160MHz 測深距離約 10M 與高頻 450MHz 測深距離約 5M 交替檢測。此外，為加強顯像，使用濾波處理器，壓抑背景雜波訊號及增強反射訊號，藉以評估地層反射異常位置，檢測成果如圖 4.27 所示，將異常地層分佈標示於圖中，正常地層主要呈現均質、完整、連續之雷達波訊號，當地層內部出現淘空、疏鬆、埋有異物等均會使得雷達波訊號出

現不連續、繞射、衰減之雷達波訊號，紅色框選處為雷達波訊號異常區域，評估為疑似坑道構造物訊號。並將檢測結果高頻與低頻結果分別套繪於俯視圖中，以利了解損壞位置分佈全貌，如圖 4.28 所示。



圖例：—透地雷達測線位置；●透地雷達測線起點。

圖 4.25 透地雷達測線位置分佈圖^[12]



圖 4.26 透地雷達檢測工作情形^[12]

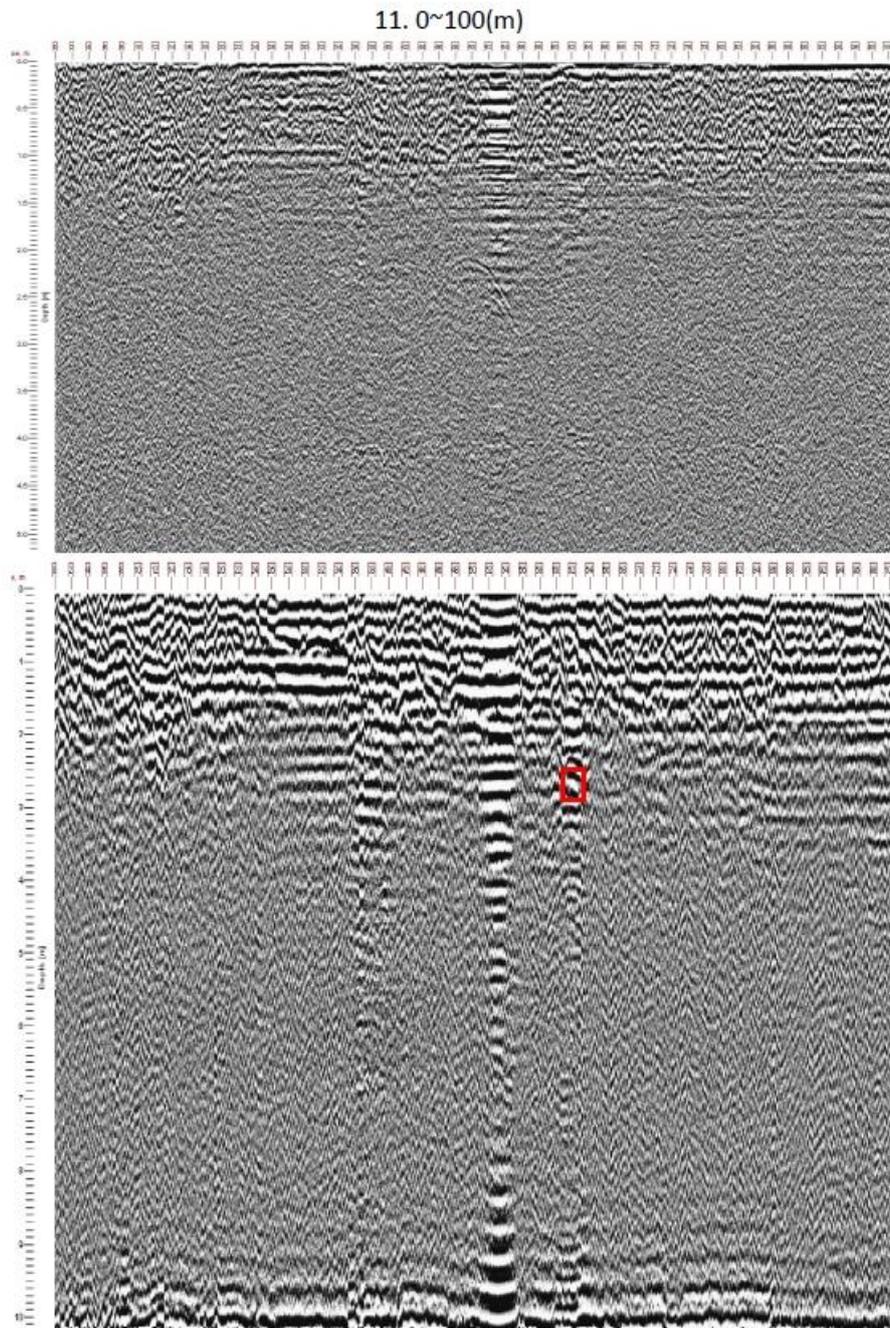


圖 4.27 透地雷達檢測成果^[12]

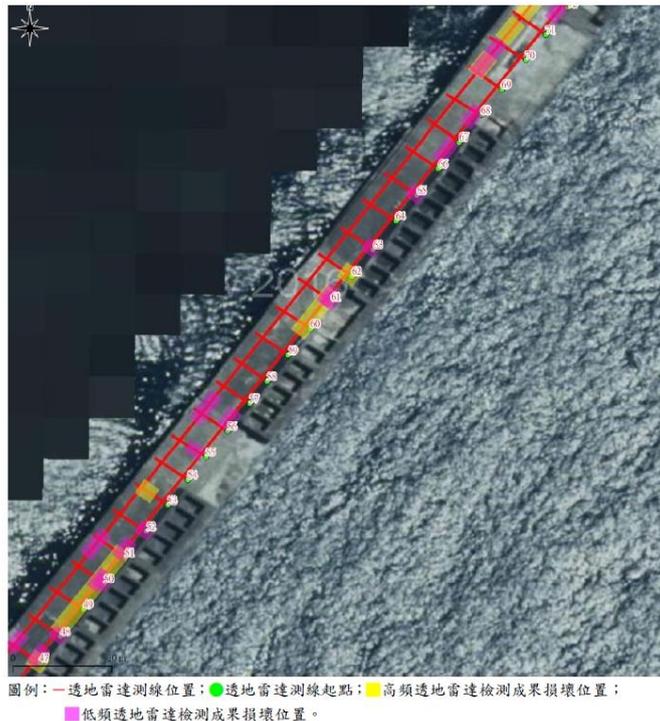


圖 4.28 透地雷達檢測成果損壞位置示意圖^[12]

4.6 水下非接觸式鋼材厚度量測技術

港灣鋼構造物的鋼材厚度的量測，一般是使用超音波厚度儀的方法，不過，此量測方法在量測前，必須先由潛水夫去清除附著於鋼材表面的貝殼等附著物，因此，除影響調查的作業效率外，再刮除附著物時也有可能傷到鋼材，造成鋼材腐蝕等的課題。日本若築建設所研發的非接觸型量測裝製稱為 INCOTEST(INSulated COmponent TESTing)^[13]，適用於實際海域的鋼板樁等的鋼板厚度調查。此為以電磁感應脈衝渦電流檢測的一種如圖 4.29 所示。為利用由磁線圈所感應出的渦電流在往鋼板擴散的同時滲透到厚度方向，當到達鋼板裏面時會衰減的測量方法。如果鋼板壁厚有減少，與完整的部分相比，渦電流的持續時間會因變薄而縮短，利用此來作相對評估。對於港灣設施所使用的鋼管樁與鋼板樁等，量測時可不用去除貝殼或包覆材，以非接觸來量測厚度狀況，所以，不會發生過去的調查所產生的貝殼等廢棄物，也不需做此處理，不用擔心有汙染海洋的問題。

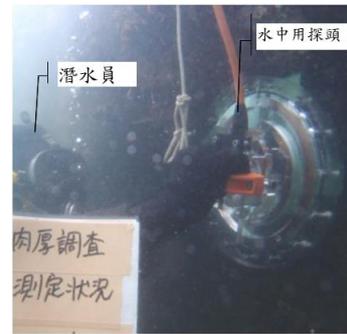
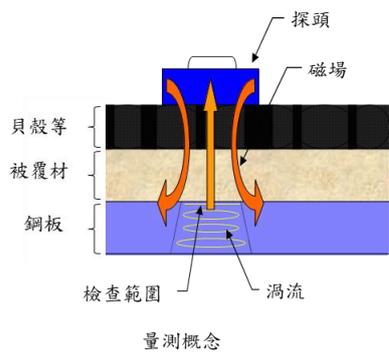


圖 4.29 電磁感應脈衝渦電流檢測^[13]

第五章 港灣構造物巡查檢測作業之精進探討

5.1 港灣設施檢測診斷相關技術開發

5.1.1 港灣設施檢測診斷現況課題

日本在 2014 年 3 月公佈的港灣設施檢測診斷指南，此為以管理者來進行定期檢測診斷做為目標，將各個構造型式的檢測診斷項目，以及定期與詳細檢測的方法加以說明，作為判定劣化度的概略基準。

由於港灣構造物建造在特殊且嚴苛的環境下，因此，與陸上構造物相比，檢測診斷的實施有很多困難的時候。特別是在水下與海床，人員難以接近，因此，現場作業人員即強烈要求開發出更有效率且能安全實施的檢測方法。

此技術的開發，必須要不受海氣象的影響，同時，還必須能取得客觀而且量化的檢測診斷資料。因此，感測器技術與傳感技術、機器人等的硬體技術開發，應為實現此目標的關鍵所在。

5.1.1.1 替代目視技術開發

1.ROV(Remotely Operated Vehicle) 的技術開發

由於港灣構造物部分構件位於海水下很難進行檢測，因此，日本港研所進行了各種的檢討，以達到不需人去也能檢測的技術。其中之一為在 ROV（水下遙控載具）上搭載相機作為替代目視用的技術。日本港研所，以受鹽害最嚴重的棧橋面板下面為對象，進行棧橋上部結構檢測用 ROV 之技術開發。本技術最大特點為可同時取得目標物之影像位置資訊，並利用三維重建技術與畫像診斷輔助系統，查出龜裂或剝落等變異可能性的位置。

2.無人機(UAV)適用性的檢討

對於防波堤與海堤護岸等構造物，以及航道與水域油污與漂流物的監測等，經由適用性的檢討，以無人機可發揮優點，並可有效應用於廣闊的面積與提升檢測安全。對於港區特殊氣候及通訊條件考量，如何使無人機在穩定與安全之前提下自動執行巡檢任務亦成為一大課題，同時對於無人機所蒐集之資料如何進行交換、分析與應用亦須進一步探討。

3.活用 UAV・AI 的檢測技術(能在廣範圍作有效率的檢測)

此為將無人機(UAV)作更進一步活用的技術。將搭載相機的無人機，在很長的外廓設施所拍攝數量龐大的影像，利用最新的 AI 技術，來檢驗出所拍攝的影像資料中設施變異(高差、錯位、龜裂等)處，經過 AI 的處理，能有效率且高精確性來掌握變異，減輕現場巡查人員的負擔。

4. 水中 3D 掃描 (可有效率檢測水中不易檢測處的技術)

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。

5.1.1.2 鋼材腐蝕的檢測診斷相關技術開發

1.鋼構造物的腐蝕、防蝕的檢測診斷相關的技術開發

鋼構造物檢測時，當鋼材厚度大幅減少，就無法支撐載重而損壞。因此，特別是對於未做防蝕的構造物，掌握殘餘的厚度就變得非常重要。要進行厚度量測時，首先潛水夫必須將附著於鋼構造的海生物刮除，因此，日本港研所開發了不須刮除附著物，也能量測的非接觸型厚度量測方法，包含超音波式非接觸式厚度測定儀及電磁感應脈衝渦電流非接

觸式測厚儀，此與過去的方法（超音波厚度計）相比較，可達到省力與縮短時間，進而節省費用。

另對於施行被覆防蝕（礦脂塗覆、水泥漿塗覆等）的鋼構造物，由外觀很難看出內部鋼材的腐蝕狀況。日本港研所正進行保護殼內埋設感測器，來監控鋼材的腐蝕狀況與防蝕材的性能變化的技術。

5.1.1.3 防波堤與碼頭空洞探查相關技術開發

在消波塊覆蓋堤，因消波塊反復作用到沉箱外壁，會有發生局部破壞時。沉箱外牆的破洞將造成內填料流出，也有因沉箱主體重量減少，使得防波堤的安定性明顯減低的案例。由於沉箱前面有消波塊，要確認外牆有無破洞是有困難。因此，在沉箱堤面設置檢測孔，由檢測孔來確認內填料，間接判斷沉箱有無破洞的方法。

另一方面，在碼頭的構造物，鋼板樁碼頭會由鋼材的腐蝕處及重力式碼頭沉箱的間隙處，會有漏失背填料的情形，因而造成岸肩處發生空洞。此種空洞檢測一般是以電磁波透地雷達來進行。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。現在技術可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及使用提高鋼筋混凝土岸肩空洞探查精度的多頻道透地雷達探查設備，來探測碼頭岸肩空洞。

5.2 港灣構造物巡查檢測作業之精進

依「港灣構造物維護管理手冊」之相關內容規定，防波堤的定期檢測的項目包括設施整體之位移與下陷、沉箱、上部工（堤面）、消波工（塊）、消波塊、護面塊及護基塊與海底地基（海床），每5年至少進行一次定檢，並依防波堤的檢測診斷項目與檢測構件的劣化標準，進行劣化度的評估與性能弱化的評估，最後結合工程實務之建議，評估構件是否要維修的急迫性。

臺中港務分公司在 110 年執行臺中港基礎設施（防波堤、海堤及護岸等）安全檢測計畫，並依港灣構造物維護管理手冊進行防波堤的定期檢測，在執行過程中也發現手冊一些規定在實際之執行上會有問題需要釐清，同時與本所共同討論提出改進與精進的方式。以下就其內容進行說明。

1. 利用 UAV 輔助工具取代人工目視消波工劣化度的判定

消波工定期檢測診斷的項目如表 5-1 所示，其檢測方法是以傳統步行目視方式來進行相關構件項目調查，由於防波堤的範圍既廣且長，又在海洋的惡劣環境下進行巡檢作業，常會造成工作人員的生命安全，以及無法對設施有全面的了解。因此，建議以 UAV 的新興科技來取代與精進人工目視的方法，利用 UAV 無人空中載具建立港區海堤、防波堤之 3D 數值模型，再進行消波塊設施損壞位置之標示(如圖 5.1)，利用前後期之影像比對構造物，比較 UAV DSM 前後期高程差異，繪製損壞範圍縱斷面圖(如圖 5.2)，即可判識消波塊損壞的情形。

表 5-1 消波工劣化度判定標準

| 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 | |
|----------|----------|--------|----------|----------------------------------|---------------|------------------------------------|
| 沉箱合成式防波堤 | II 類 | 消波工 | 移動、散亂、下陷 | 目視 消波工的頂部， 法線面、法線肩 等的變形 | 4 | 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊減少 1 層以上。 |
| | | | | | 3 | 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊在減少。(消波塊減少小於 1 層) |
| | | | | | 2 | 消波塊部分移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 1 | 沒有變化 |
| | | 損傷，斷裂 | 缺損塊的個數 | 4 | 1/4 以上的消波塊有缺損 | |
| | | | | 3 | 在 4 和 2 之間變化 | |
| | | | | 2 | 有很多消波塊缺損及部分變化 | |
| | | | | 1 | 沒有變化 | |

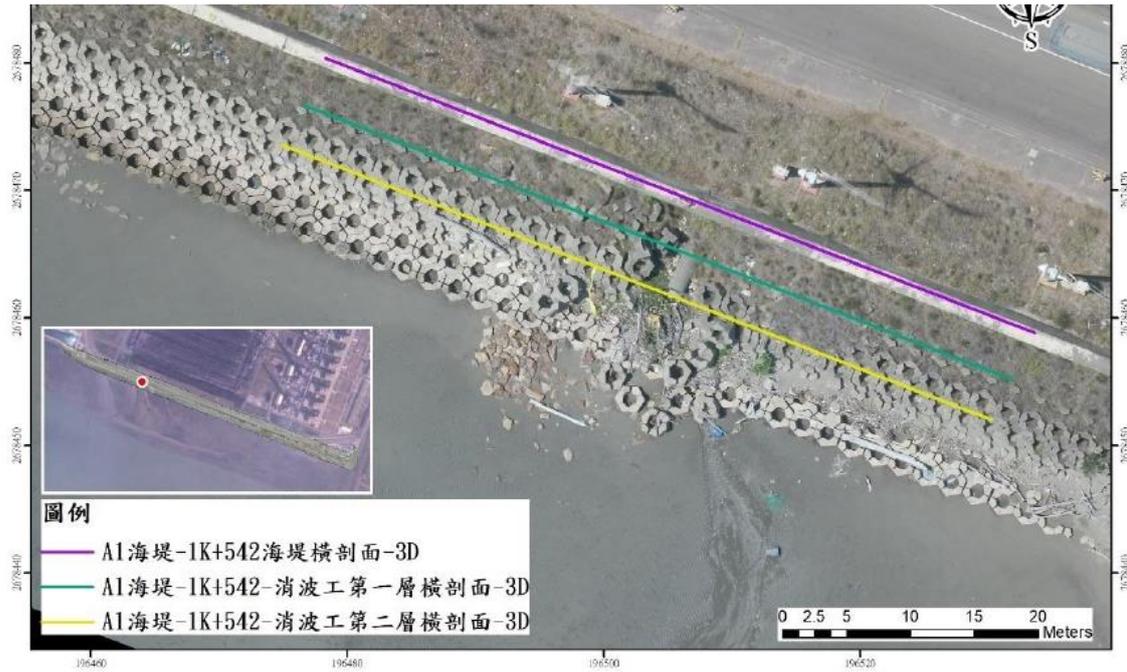


圖 5.1 UAV 消波塊損壞位置^[14]

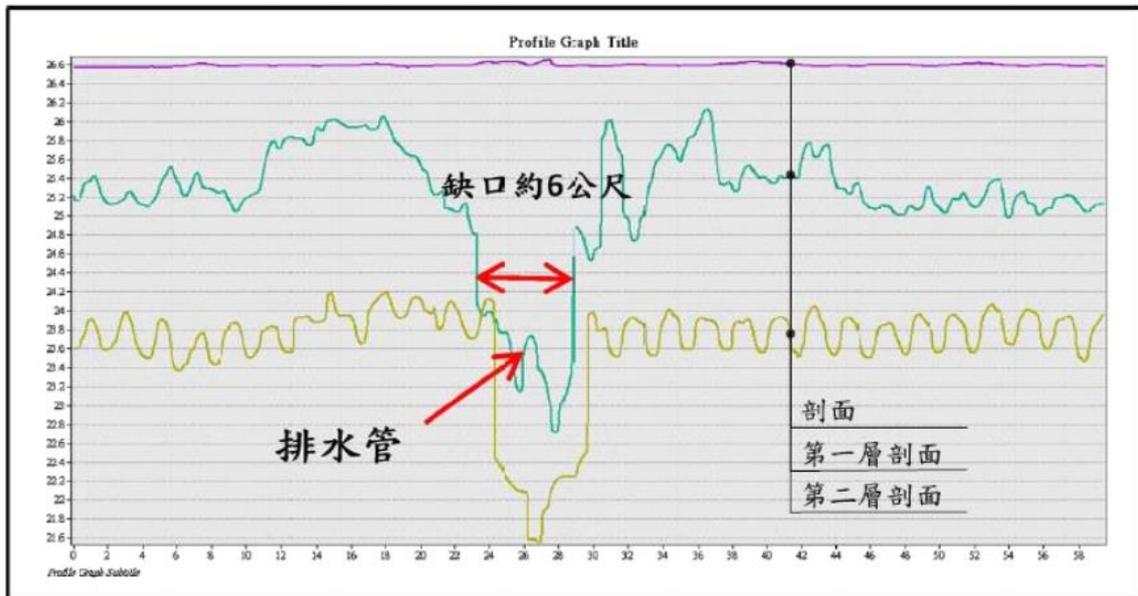


圖 5.2 損壞範圍縱斷面圖^[14]

2.防波堤定期檢測水下調查項目之探討

防波堤及海堤的水下檢測主要是由潛水員進行檢測，而防波堤的總長度較長，全段派潛水員檢測費用太高，又水下未知的海洋環境，在執行上確實會有一些安全的顧慮。因此，針對水下檢測執行實務所遭遇的問題，提出可行之解決方案供參考。

在有關消波工、護基工、護面工及海床辦理水下檢測部分，建議可以利用水中地形調查(使用多音束測深儀或測掃聲納)取得消波工或護面工及海床的高程數據，據以判斷消波工或護面工及海床是否有移動散亂及下陷情形等沖刷問題。針對其差異沉陷或變化較大之有疑慮部分，再採用潛水員或水下無人機或相機延長桿方式進行詳細檢測確認。因此建議維護管理手冊可以增加採多音束測深儀或測掃聲納測深資料來進行劣化判定，建議增加內容如表 5-2 與表 5-3 所示。

水深測量主要是以測深儀測深，搭配 GNSS 衛星定位系統定位，並配合周邊設備如湧浪補償儀、運動姿態感測器、水中聲速剖面儀、潮位儀等儀器施測，藉由水深測量軟體整合各項即時的觀測資料，並於事後加入潮汐修正、水中聲速修正及湧浪與船隻姿態角修正後，則可得水深地形成果。圖 5.3 為用多音速檢測的防波堤地形成果。

表 5-2 消波塊、護面塊及護基塊等潛水調查劣化度判定標準

| 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 | |
|----------|----------|--------|----------|----------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------|
| 沉箱合成式防波堤 | II類 | 護面工 | 移動、散亂、下陷 | 潛水調查或多音束測深儀 • 平面、肩部、斜面等的變形 • 拋石和被覆塊石的移動和散亂狀況 | 4 | <input type="checkbox"/> 有受災率5%以上的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 有受災率1至5%的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有受災率1%以下的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | 護基工 | 移動、散亂、下陷 | 潛水調查或多音束測深儀 • 平面、肩部、底部等的變形 • 護基塊的移動和散亂 | 4 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長內，有50%以上大範圍的移動、散亂、下陷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長度內，有10到50%的範圍的移動、散亂 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長度內，有少於10%的移動、散亂 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | 消波工 | 移動、散亂、下陷 | 潛水調查或多音束測深儀 • 平面、肩部、底部等的變形 • 消波塊的移動和散亂狀況 | 4 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊減少1層以上。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在檢測單位長內，消波工斷面在減少中。 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 消波塊部分出現移動（散亂，下陷） |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

表 5-3 海底地基劣化度判定標準

| 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 | |
|----------|----------|--------|-------|---------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 沉箱合成式防波堤 | I 類 | 海底地基 | 沖刷、淤積 | 潛水調查 多音束測深儀 ·海底面的起伏 | 4 | <input type="checkbox"/> 在護基塊法線前拋石，有 1m 以上的沖刷。 <input type="checkbox"/> 因沖刷可看出對拋石基礎和堤體沉箱的影響 <input type="checkbox"/> 沖刷防止襯墊在損傷中，或受影響的狀態。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在護基方塊前拋石有深 0.5m 至 1m 的沖刷。 <input type="checkbox"/> 沖刷防止襯墊有 50% 損傷 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有深度/高度小於 0.5m 的沖刷或淤積。 <input type="checkbox"/> 沖刷防止襯墊有 10% 的損傷 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |

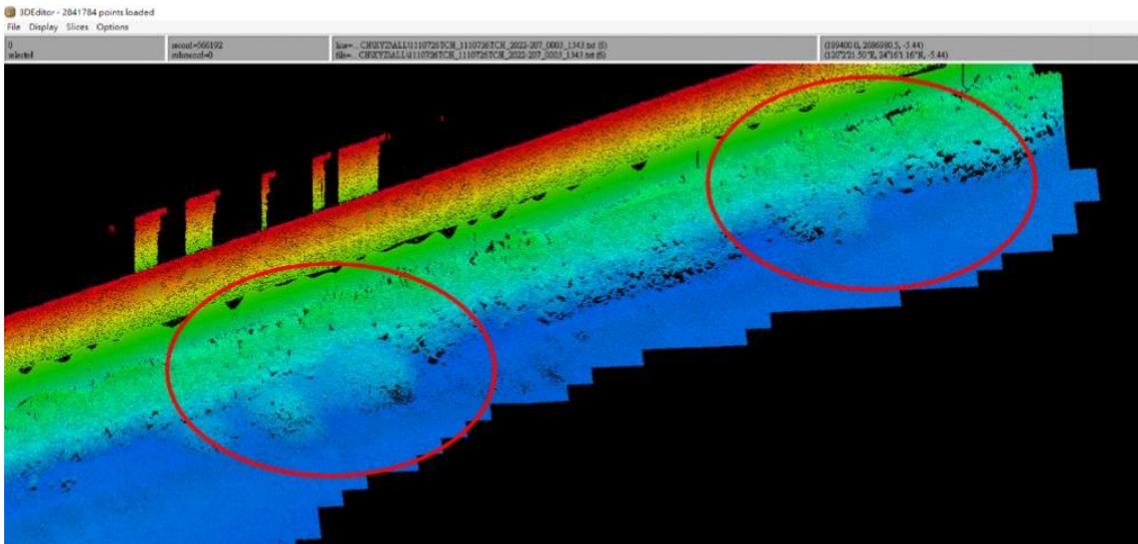


圖 5.3 多音束研判分析成果圖^[14]

在有關護面工劣化度的判定標準，有受災率百分比的移動、散亂、下陷如何計算與判定，其建議為檢測單位以固定距離單位進行評估，利用多音束測量成果與竣工圖的護面工進行比對其設計坡度。而在護基工劣化度的判定標準，在檢測單位長度內，有百分比的範圍的移動、散亂如何計算與判定，其建議為檢測單位以固定距離單位進行評估，利用多音束測量成果與DTM進行海堤剖面分析是否有高程變異。移動散亂下陷的比較基準，主要以竣工時的斷面為基礎做比較，若無竣工圖則建議以設計斷面的高程做比較，後續檢測建議可以前次檢測成果來比較移動散亂或下陷狀況，有沖刷疑慮再以潛水人員確認。

3.沉箱的檢測項目探討

防波堤沉箱壁體檢測診斷項目主要是針對壁體是否有裂紋、剝落、損傷、缺損及鋼筋露出等劣化項目，由於防波堤檢測範圍非常長，手冊也未對沉箱檢測密度與深度有訂定標準，在實務執行上是需要釐清。因此，在精進巡查檢測作業上建議沉箱壁體檢測深度為沉箱上緣至平均低潮位處(M.L.W.L.)，可於平均低潮位時用船勘查即可，有消波塊遮蔽時(如圖 5.4)，其縫隙可用延長桿架設攝影機方式辦理，如圖 5.5。拋石式斜坡堤不是沉箱結構，原則只要檢測消波塊是否有移動、散亂或沉陷。而檢測的密度也以沉箱單元之之向海隔艙數來決定。

在平均低潮位處(M.L.W.L.)下的沉箱表面，除非於上述檢視方式發現有異常，須進行進一步潛水夫或水下攝影機詳細檢視是否有裂縫或受損，否則不須檢視。

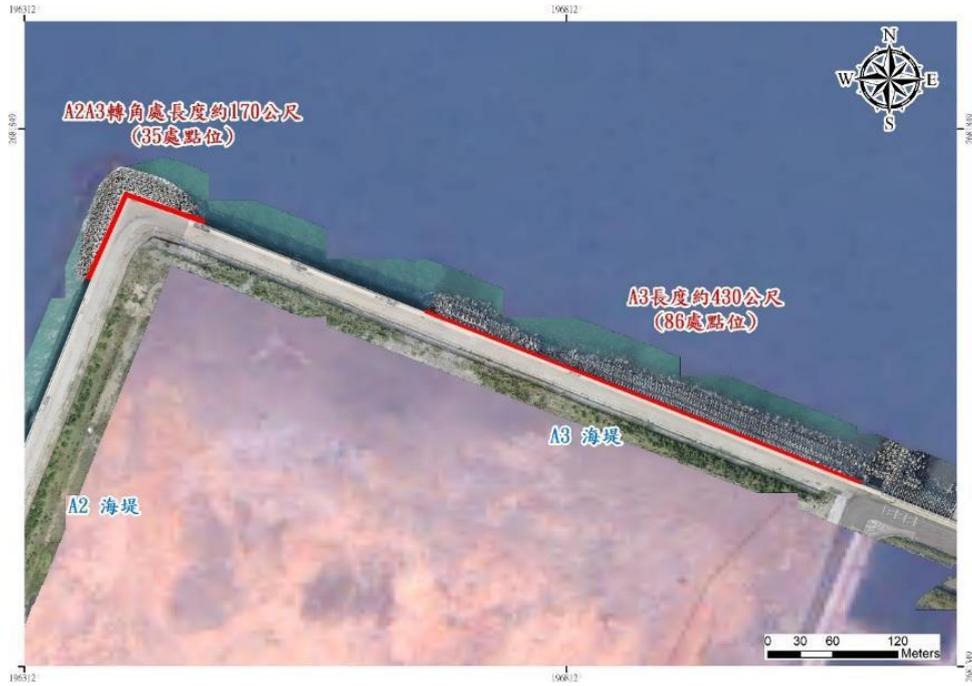


圖 5.4 沉箱消波塊位置圖

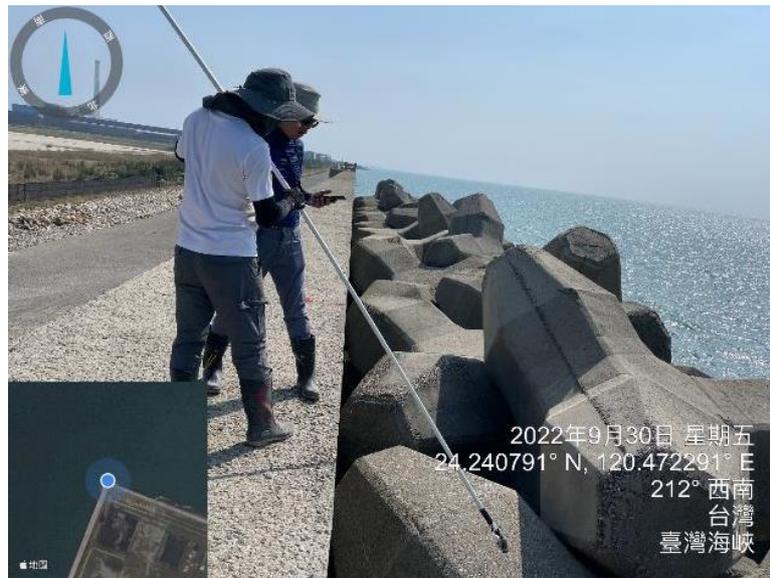


圖 5.5 延長桿目視巡檢情形

第六章 結論與建議

港區幅員廣大，碼頭與防波堤長年處在海洋惡劣及水下未知環境，執行港灣構造物日常巡查與檢測工作，需投入大量的人力及時間。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港灣構造物之巡查檢測工作，與研析目前的維護管理制度與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。

6.1 結論

1. 港灣設施水下巡檢作業，可以應用 ROV 取代人工巡檢，因應不同檢測需求，並可擴充附掛設備，藉以協助解決不同之構造物檢測項目。
2. UAV 結合 AI 技術與 5G 通訊應用，可即時定位與解析港灣設施的變異處，輔助人力巡檢工作，提升港區維護管理效率。
3. 本計畫彙整國內外可應用於港灣構造物巡檢新興科技，包含 UAV、ROV、AI 及透地雷達等，提供港務單位新的檢測方法參考應用，期以提升維護管理效率。
4. 防波堤沉箱壁體檢測主要針對壁體是否有裂紋、剝落、損傷、缺損及鋼筋露出等劣化項目，建議沉箱壁體檢測深度為沉箱上緣至平均低潮位處，可於平均低潮位時用船勘查，如有消波塊遮蔽時，其縫隙可用延長桿架設攝影機方式辦理。
5. 在精進巡查檢測作業上，有關消波工、護基工、護面工及海床辦理水下檢測部分，可以利用水中地形調查(使用多音束測深儀或測掃聲納)取得消波工或護面工及海床的高程數據，據以判斷消波工或護面工及海床，是否有移動散亂及下陷情形等沖刷造成之問題。

6.2 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。

6.3 研究成果之效益

本計畫研究成果與效益有：

1. 本計畫針對港灣構造物維護管理制度與巡查檢測項目劣化判定標準，滾動調整或修訂維護管理手冊，協助港務單位落實維護管理制度與提升維護管理效率。
2. 提供港務單位運用新興科技，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。
3. 協助臺中港務分公司釐清防波堤定期檢測所遇問題與巡檢方式改進與精進之建議。

6.4 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與防波堤等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. 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計畫書」，2019。
6. 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。
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. 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。
9. 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.
10. 日本國土交通省港灣局，「点検診断の効率化に向けた工夫事例集 (案)」，2020。
11. 交通部運輸研究所、國立臺灣大學，「110 年無人機影像監測技術應用於臺中港區管理之研究」，2021。

12. 交通部運輸研究所，「蘇澳港南外廓防波堤透地雷達檢測工作」完工報告，2020。
13. 海洋・港湾構造物維持管理士会第 19 回講演会，「鋼構造物の腐食等を非破壊で検出可能な技術」，2019 年 10 月 1 日，若築建設(株)技術研究所。
14. 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。

附錄一

專家學者座談會會議紀錄

交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：111 年 4 月 26 日(星期二) 上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人：蔡立宏主任 紀錄：鄭登鍵

伍、出單位及人員：如後附簽到表

陸、審查意見：

一、朱金元委員

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 各年度甘梯圖之工作項目宜更精準。
2. 斷面試驗或現場橋址記錄河床變化、鼎型塊變位或流失情形，宜作三維之量化紀錄。
3. 斷面水槽試驗，建議每次試驗都能全程錄影，尤其在鼎型塊或地工織布即將變位或流失之過程，可於成果說明時清楚呈現。

(二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 在 110 年合作計畫結束即研究擴大應用範圍，是很棒的計畫。
2. 建議對於執行現況探討可就前期研究沒處理的部分深入即可。
3. 加強前期研究成果推廣應用之執行情形，並研究如何精進，畢竟科技發展很快。

(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(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1. 相關 UAV 及山區道路崩塌研究，中心已有相當豐碩之前期研究成果，宜先探討其執行應用情形。
2. 本研究對象建議以山區道路或東部地區易崩塌路段為主，較能突顯成果。
3. 除後續應用於巡查作業外，建議未來能朝預警機制建立等賡續進行。

(四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

1. 本中心進行二十餘年持續性之腐蝕調查建置研究，支持繼續進行。
2. 原始資料紀錄越詳細越好。例如：樣本放置/收取/試驗時間，以作為後續分析使用。
3. 建議未來應用 AI 分析技術，作為後續不同地區金屬材料選用，構造物壽命評估及維護評估使用。

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 集中精力於相關新興科技應用案例，蒐集分析可行性應用評估，對於維護管理制度，檢查項目劣化標準等都有多年的探討，除非有必要才再花時間探討。
2. 檢測結果之自動辨識及判讀，後續維護之優先順序自動排序對於節省相關人力及提昇檢測精度可能更為重要。
3. 各項新興科技包括水下機器人都要在本計畫建置？從計畫經費概估表看不出來，如都用現成的東西，建議縮短工期。

(六) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 在原有之地理資訊系統(GIS)已有各種評估方法或液化潛勢評估方法，該系統已技術轉移給港務公司，如果有新的鑽探資料，應由港務公司人員自行建置資料，進行評估。
2. 如有更新的建築技術規則，也許可以增加此評估方法或調整相關參數進行比較。

3. 建議期程縮短，評估方法建立後，示範 1 個地點即可，其餘技轉給港務公司，自行建置評估。

二、王錦榮委員

(一) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

P.19，本案在召開專家學者座談會，建議先找臺鐵員工巡查員座談，確認問題的癥結，及人工智慧辨識的重點，避免產生運用上之盲點。

(二) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

1. 建議仿照前期(108-110 年)，以每 3 年為一個研究年期進行長期調查及研究，除可建立更完整的材料腐蝕環境，並可分析各類金屬材料腐蝕變化，並藉此建立環境變遷對應材料腐蝕之變化。
2. 臺灣各港口之水質、環境均有明顯差異，建立各港均應有試驗站，以利比對，分析水質、環境差異對腐蝕之影響性，建立影響因子。
3. 建議增加教育訓練之場次，以利港務公司更多同仁了解研究成果及後續因應作為。
4. 建議長期可以制定一套港灣金屬結構物(設施)全生命週期之防蝕、保養、維護管理手冊或規範。

(三) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 本計畫對於未來港務公司執行各類港灣構造物之巡查檢測作業非常有助益，建議可否擴大研究規模，以縮短本研究計畫年期，例如:碼頭+防舷材，防波堤+海堤分兩年完成。
2. 港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準，感謝運研所先前協助建立，建議 111 年可以重新檢視更新，並導入科技巡檢，以利更準確掌握構造物之現況。
3. 未來檢測巡查導入新興科技應用是必然的趨勢，建議加速推動，港公司全力支援與配合，包括由港公司編列經費來

擴大辦理。

(四) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 臺中港近期正加速南填區之圍堤造地，建議一併納入評估，以做為後續工程設計之檢討參考。
2. 臺北港及高雄港，此兩港近期已有完成新填土地，建議此二港口之液化風險評估，可併在 112 年來辦理。

三、朱我帆委員

(一) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 本案 2 週前與本局機務單位會議，申請調用復興號車箱一輛，做為今年研究案系統模組化安裝測試，車箱之外觀、尺寸已經研究單位現場勘查確認，調用之車箱預計 5 月上旬可運至大甲站。
2. 因車箱前、後構造不同，為考量日後維修車兩側牽引之採作便利，請研究單位應以輕巧、拆裝方便、穩固為主。若裝設於車底，則以易於調整設備角度及更換設備為重點。
3. 待設備安裝於車箱後，可先日間於大甲站側線測試，如成效良好則可改為夜間於正線測試，相關期程請研究單位再與本段確認。
4. 本案初期以時速 60 公里為測試目標，請研究單位評估最高測試車速，本局再予研究是否可連掛於日間列車運轉測試。
5. 前案因裂縫缺失態樣製作不易，辨識效果受限，本年度請研究單位可再提升此功能之成效。

(二) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

金屬材料腐蝕環境調查，因本局車站、橋梁均有相關結構，希能將其納入貴所之研究。

四、饒書安委員

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值

水理分析模型建置

1. 第 1 年工作及後續年度規劃，請考量本分局大甲段實際於國道 3 號大甲溪橋之橋墩基保護工程，原預計定於 111 年汛期前施工，惟考量目前現地主河道水量較大之施工便道目前較難施工，且整體施工工期約兩個月(P22~P23 及 P25-26 各約 1 個月)，將調整於今年汛期後(111.11~111.12)辦理施工，以上期程提供貴中心參考調整研究期程。
2. 有關計畫 111 年預計辦理之二維或三維之數值模擬水槽分析模型，建議未來可多蒐集相關文獻模擬成果。
3. 另外有關 UAV 結合攝影量測技術，後續相關成果希望可洽取供本段養護管理參考，作為兩機關合作成果。
4. 未來若有到現地因涉及國道主線安全，進場請先洽本局承辦人，除考量安全外並可提供本段橋梁承辦人共同參予研討並提升本同仁專業能力。
5. 最後還是肯定港研中心規劃 4 年度研究案，對於國道 3 號大甲溪橋墩保護工程的持續深入模擬與現地相互驗證，對於產官學合作建立良好機制。
6. 有關橋基保護工程分析模擬之成果，建議可辦理教育訓練提供本分局橋梁維護人員及顧問公司學習參考，或由本分局共同協助辦理及經費負擔。

(二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 主要工作項目中，巡檢成效如何？前期成果中，人工智慧辨識成功率有多高？當前遇到的問題是辨識種類增加，還是準確率提高？
2. 各種入侵物的樣態中，如果沒有足夠訓練影像樣本，如何進行？

(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(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

本研究若有需要，高速公路局大甲段可全力配合，不過裸露

坍塌地國道目前較少，建議增納其他模式如局部滑移及改善比對等。

(四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

有關金屬材料腐蝕環境調查建議可將國道3號竹南路段或和美路段增列國道位置隔音牆設點納入長期觀測。

五、張志新委員

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 有關保護成效觀測研究項目第一年到第四年的工作項目都是持續進行記錄周遭變化，鼎型塊流失情形。建議應多論述如何應用科研技術進行量化，量化頻率為何?量化範圍?並且在四年中有何進步的發展。
2. 第4年工作項目，本工法技術指引，該項工作沒有出現在第1~3年對應工作項目，若保護成效有限如何辦理技術指引與技術移轉?應經過如何的認證或是專利申請始可進行技術移轉?
3. 是不是僅限鼎型塊的應用?
4. UAV 對於水下紀錄如何克服?

(二) 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(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1. 本研究應釐清適用影像，若以計畫書相關需求建議以衛星影像為主較為合適。
2. 承上，衛星影像用於邊坡裸露判識已有前人研究之豐碩成果，建議應藉以此為基礎，再思考本案如何更強化及精準打擊。
3. 目前判識仍須結合現地地貌特徵，才能為崩塌地研判之可能，建議未來可思考如何解決及突破此問題。

(三) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 前期成果為何？
2. 研究項目內容中 P.37 港灣構造物巡檢項目與劣化判定標準之彙整。從兩行的內容文字彙整既有巡檢項目、構件劣化標準。似乎是距離計畫執行還有很長的路要走？
3. 建議盡速釐清前述項目與標準，選擇適合的新興應用科技作為技術提升的研發。
4. 除目前提出的方法外 InSAR 合成孔徑雷達影像適合於小位移變形的偵測可以嘗試看看。

(四) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 港區的液化風險不會有太大改變，會改變的是這些年新增設施，抗液化的風險或是易損性有不同，應朝向新增設備或設施抗液化風險評估及其對策研擬。
2. 經濟部中央地質調查所持續更新全臺液化潛勢，建議同樣是政府資源，可以採用中央地質調查所的系統新增鑽探資料，即可完成液化評估。

六、 許書王委員

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 橋基保護工法監測，應確保在需要監測時，相關設備均能使用。
2. 橋基周邊環境會隨降雨條件改變，此對於室內模擬或實驗是否應注意。

(二) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

P.37 新興科技應用於巡查檢測作業部分，由於港灣構造物其環境或有不同，對於研究時，建議針對不同環境最有利的科技產品應用，而不限於用單一科技應用於所有港灣構造物。

七、 鄭志宏委員

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

地工織布之耐久性為何?建議納入評估。

(二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 建議可針對臺鐵的巡察需求，先檢討使用的設備，如小構件的巡查，以無人車巡查可能較符合需求，大範圍大面積巡查，可優先檢討無人機運用，它物入侵等緊急應變處理，可考慮以 CCTV 搭配電子圍籬。
2. AI 辨識技術仍需要持續學習改善正確率，建議可納為持續研究討論改善正確率的做法。

(三) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究：

1. 建議團隊可考慮港口條件的特性，將生物影響及海象外力的影響列為變因來探討。
2. 港口金屬防蝕之工法，現階段常用鍍鋅工法、塗漆、鋁陽極塊等，其使用有一定的壽齡，因此如何提升使用壽齡，建議可納入本案研究。

(四) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 港灣構造物巡查檢測作業，以由運研所協助建置了線上使用系統，因此未來智慧化運用於巡查作業後，其巡查結果仍應納入該系統中管理，建議團隊研議如何讓系統互相結合，減少人為作業的程序。
2. 新興科技研究案例中，建議可將側掃聲納納入研究。本公司在研究水下 ROV 過程中，側掃聲納可在高濁度的環境下，取代高精攝影機的功能，傳回鋼板樁式碼頭及棧橋式碼頭的影像以供辨別。
3. 港口碼頭常附著生物蚌殼等，影響判別(版厚檢測需要先去除海生物才能執行)，建議可一併考慮如何解決。

(五) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 臺中港、高雄港、臺北港等，近期都有填海造地行為，造地材料常用均質、粉質砂岩等，且填築完成初期尚未完成

壓密行為，容易發生液化及沉陷，建議此高風險區域可優先討論。

2. 查以前團隊報告，也一併調查及研究港口的沉陷情形，109年的報告，又以布袋港沉陷最高，建議可併本案持續研究。

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 12 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 111 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：111 年 4 月 26 日(星期二)上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人：蔡立宏主任 蔡立宏

伍、出席單位及人員：

| 出席單位 | 簽名 |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 朱金元委員 |  |
| 王錦榮委員 | 王錦榮(視訊) |
| 朱我帆委員 | 朱我帆(視訊) |
| 饒書安委員 | 饒書安(視訊) |
| 張志新委員 | 張志新(視訊) |
| 許書王委員 | 許書王(視訊) |
| 鄭志宏委員 | 鄭志宏(視訊) |

| | |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <p>本所港灣技術研究中心 柯正龍副主任</p> | <p>柯正龍</p> |
| <p>本所港灣技術研究中心 第一科</p> | <p>賴瑞輝 張道光 謝幼屏 曾文傑 胡怡文 潘建明 黃宇謙 鄭望健 莊凱迪</p> |
| <p>本所港灣技術研究中心 第二科</p> | <p>李俊穎</p> |
| <p>本所港灣技術研究中心 第三科</p> | <p>林雅雯</p> |

附錄二

第 1 次工作會議紀要

111 年 6 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 111 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

時間：111 年 6 月 27 日(星期一)上午 9 時 30 分至 12 時 20 分

地點：視訊會議

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第一科

紀錄：莊凱迪

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(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 前期成果應用說明。
2. 二維數值水理分析模式比較及文獻蒐集。
3. 完成試驗區 UAV 觀測採購案。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 進行臺鐵局 5 項主要軌道檢查作業的檢查頻率、檢查內容探討。
2. 綜整軌道巡查作業各檢查項目之檢查方法與維修處理方法，探討臺鐵局在軌道檢查上不同於高鐵、捷運之特性。
3. 進行軌道巡查紀錄表分析，探討徒步(機車)查道、主管乘車

巡查時主要檢查到的軌道問題，以及各項問題的發生頻率。

(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
(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1. 航測技術比較及相關空拍影像取得管道和成本蒐整。
2. 深度學習影像辨識技術探討。
3. 卷積神經網路(CNN)架構探討。

(四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1. 大氣腐蝕因子調查與金屬材料現地暴露試驗，於 3 月 31 日已進行全島 111 年第 1 季大氣腐蝕劣化因子調查取樣，4 月 8 日已完成第 1 季金屬酸洗化學分析試驗，預計 6 月底完成第 2 季大氣腐蝕劣化因子調查取樣。
2. 5 月 15 日完成 2021 年臺灣大氣腐蝕劣化因子調查年報。並提供中華民國防蝕工程學會產、官、學、研各界參用交流。
3. 111 年 5 月 27 日完成投稿第 23 屆海洋與水下技術研討會，題目為「臺灣商港 2 年期水下金屬材料腐蝕調查研究」。

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 整理與彙整港灣構造物維護管理機制。
2. 港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整。
3. 持續蒐集國內外相關新興科技應用巡檢案例。

(六) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 蒐集彙整液化評估法相關文獻。
2. 5 月函文臺灣港務公司，蒐集臺中港近 10 年新建工程所增加之地質鑽探資料；6 月蒐集地調所臺中港地質鑽探資料。
3. 初步完成臺中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(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 本案執行 2 維數值水理分析、斷面渠槽沖刷試驗及 UAV 現場拍攝評估地工織布成效，工作項目相當充實，後續請補充前述三者之相關性。
2. 第三科有購置 MIKE-21 程式，可提供分析使用。
3. GoPro 之縮時攝影規劃因角度及流體混濁度可能影響拍攝成果，請思考因應對策。

(二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 本案建議先針對人工智慧影像辨識可執行之項目先做篩選，再擇與安全性相關性較高之項目做深入探討。
2. 在各項問題發生頻率分析之後，可將哪些項目對軌道安全影響較高、哪些較低整理出來，做為後續研究之方向。

(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(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

水土保持局建置之 BigGIS 巨量空間資訊系統蒐整邊坡衛星、航拍及 UAV 等空拍影像，建議了解該系統操作流程及圖資影像介接使用方式，以供後續研究之參用。

(四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1. 請補充公務單位高速公路局應用臺灣腐蝕環境分類資訊系統之應用實例。
2. 本所工業區試驗點及主要大氣腐蝕因子之關聯性討論。

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 維護管理機制、巡查檢測項目與劣化判定標準之討論。

2. 新興科技應用於巡查檢測作業，在港務公司目前應用的情形。

(六) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 地質鑽探資料盤點、篩選討論。
2. 土壤液化評估相關方法討論。
3. 後續報告內容的加強與補充討論。

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(1/4)-數值水
理分析模型建置

試驗區 UAV 觀測採購案已完成採購，後續至現場進行拍攝時，請同仁注意相關安全防護工作。

(二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

本案目的以 AI 輔助臺鐵局巡查，可考量 AI 特性、臺鐵局的巡查設備、巡查方式、巡查需求等因素，評估後，先將不適合 AI 執行項目排除，再就 AI 可輔助項目做深入探討。

(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
(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

請依研究標的決定採用之影像，並瞭解相關影像取得的難易，若無法符合研究需求，亦可考量自行或委外拍攝，以取得研究所需的圖資。

(四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

請彙整臺灣工業區金屬材料與腐蝕劣化因子及氣象因素等環境因子資料，並於第 2 次工作會議進行說明。

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測
作業之探討

1. 後續請補充探討目前港務公司在新興科技應用於巡查檢測作

業之項目。

2. 在探討新興科技應用案例過程，請同步分析港務公司目前在巡檢之需求與執行上困難，以利後續精進巡查檢測作業。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

針對今年新增的臺中港區的地質鑽探資料，請於第 2 次工作報告呈現新、舊資料的分佈區域，以利瞭解其分佈，並探討是否能滿足臺中港區液化評估的需求，若有區域鑽探資料不足之處，可再洽詢臺中港務分公司索取。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

貳、時間：111 年 6 月 27 日(星期一) 上午 9 時 30 分

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人：蔡立宏主任 賴瑞琪 代

伍、出席單位及人員：

| 出席單位 | 職稱 | 姓名 |
|-------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 港灣技術研究中心第一科 | 副研究員 研究員 研究員 助理研究員 = | 曾文輝 張凱迪 謝幼輝 張道光 胡哲文 莊凱迪 黃宇謙 王瑞博 |
| 港灣技術研究中心第二科 | | 請假 |
| 港灣技術研究中心第三科 | 科長 | 林雅雯 |

許序橋
顏麗香
黃淑鈴
孫景夏

附錄三

第 2 次工作會議紀要

111 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 111 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

時間：111 年 8 月 29 日(星期一)上午 9 時 0 分至 12 時 10 分

地點：視訊會議

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(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 近期保護成效觀測說明。
2. 二維數值水理分析模式參數選用、模型建置及暑期工讀生協助與學習事項說明。
3. 階段性成果應用說明。
4. 後續研究項目說明。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 學習進行影像辨識的程式語言 Python，理解 AI 影像辨識程式實際執行與作業情形。
2. 學習 AI 影像辨識的理論基礎、Yolo 模式架設、應用限制，做為評估各巡查項目應用 AI 影像辨識可能性的依據。

(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
(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1. 影像取得管道說明。
2. 深度學習網路模型探討。

(四)111年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1. 8月8日至9月30日進行全島及離島111年第3季大氣腐蝕劣化因子調查取樣及水下金屬第5年取樣作業。
2. 彙整臺灣工業區金屬材料與腐蝕劣化因子及氣象因素等環境因子進行關聯性統計分析。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 既有的港灣構造物的巡查檢測的項目與各構件劣化的判定檢測標準之探討。
2. 新興科技應用港灣構造物巡查檢測之案例(UAV, ROV)之探討。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 建置臺中港地質鑽探資料，包括：港研中心地工資料庫 168 筆、港務公司鑽探報告 155 筆、地調所地質資料庫 21 筆，共計 344 筆，並盤點、篩選可用資料共 311 筆地質鑽探資料。
2. 完成不同地震情境下液化潛勢比較。

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(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 數值模式參數係延續先前計畫之試驗參數，相關文獻引用已有一段時間，可再持續蒐集比對更新。
2. 數值模式各項參數可將參數敏感性分析之探討納入規劃考量。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 今年研究重點在評估可擴大應用之軌道巡查項目，宜優先處理。
2. 本研究重點在提出後續研究方向，影像辨識部分交由合作研究團隊去執行。

(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

(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

辦理執行計畫過程仍應以交通部利害關係人如：公路邊坡相關轄管單位，為後續執行應用及預期效益為主要評估對象。

(四)111年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1. 工業區金屬腐蝕材料與環境因子關聯性統計分析討論(以彰濱工業區為例)。
2. 後續報告內容的加強與補充討論。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 維護管理設施之巡查檢測之構件劣化度判斷問題之討論。
2. 新興科技應用於港灣構造物巡檢之案例補充。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 土壤液化評估相關方法討論。
2. 後續報告內容的加強與補充討論。

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(1/4)-數值水理分析模型建置

數值模式為避免有 GIGO(Garbage in, garbage out)的情形，若有需要可適時安排尋求相關專家學者進行訪談與指導。

二、應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

請依期程完成各主要工作項目(如擴大應用之軌道巡查項目)，影像辨識理論與程式可再慢慢精進。

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(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

建議訪談公路邊坡管理單位或相關工程顧問公司等專家學者，以利了解相關應用需求和適合蒐集影像之場址。

四、111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

建議透過統計結果及相關顯著性分析，建立腐蝕預測關係式，也可探討是否可套用於其他試驗站之可行性，另外，數據品質也需加強。

五、港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

請探討新興科技應用於港灣設施巡檢作業之設施構件劣化度判定標準之適用性，並增加補充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(1/5)-臺中港模式精進

請補充舊的地震液化風險評估模式與新的評估模式 NCEER 法與 HBF 法之比較，以利瞭解其評估模式精進之處。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

貳、時間：111 年 8 月 29 日(星期一) 上午 9 時

參、地點：視訊會議

肆、主持人：賴瑞應科長(視訊)

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本部 | 副主任 | 柯正祥 |
| 本所港灣技術研究中心第一科 | 研究員 研究員 副研究員 副研究員 即課研究員 | 謝幼亭 張道光 曹三宇 鄭登鍵 羅建明(視訊) 黃子強 |
| 本所港灣技術研究中心第二科 | | 請假 |
| 本所港灣技術研究中心第三科 | | 林雅雯 |

顏研香

附錄四

第 3 次工作會議紀要

111 年 10 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 111 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

時間：111 年 10 月 25 日(星期二)上午 9 時 0 分至 12 時 10 分

地點：視訊會議

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(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 近期保護成效觀測。
2. 二維數值水理分析模式參數選用及數值模式臨界流速(V_c)之探討。
3. 階段性成果應用。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 分析徒步查道各巡查項目之危安問題肇因、潛在危安態樣及危安案例。
2. 評估徒步查道各巡查項目採人工智慧辨識技術輔助巡查作業之可行性。

(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(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1. 影像蒐集原則及資料庫建立。

2. 專家學者訪談內容說明。

(四)111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1. 完成第 3 季大氣腐蝕氯鹽、二氧化硫化學分析及金屬酸洗試驗。

2. 完成臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港等水下金屬試片銹層清除作業與金門料羅及水頭港水下金屬試驗片取樣作業。

3. 工業地區金屬材料與腐蝕劣化因子關聯性統計分析說明。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 新興科技應用港灣構造物巡查檢測之案例(UAV、ROV、AI、透地雷達)說明。

2. 港灣構造物巡查檢測作業精進案例說明。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 臺中港不同地震情境下液化潛勢分析。

2. 臺中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(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 數值水理模式之斷面流量為均勻流或是穩定流，兩者流況不同，分析結果亦會不同。

2. 請補充說明數值模式分析工具之詳細介紹，並於期末報告中呈現。

3. 可嘗試分析探討於鋪設不織布下，對於臨界流速(V_c)之影響。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 危安態樣分析可進一步就各項目產生的問題依嚴重性、發生頻率做風險分析。
 2. 道床檢查、軌枕檢查，後續可考慮採用車載光達來輔助巡查。
- (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(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討
- 後續可先找出易致災或高風險邊坡所在路段，再以該路段去蒐集其邊坡多期多尺度影像，以提升資料庫建立效率。
- (四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究
- 工業區金屬材料與大氣腐蝕劣化因子之統計分析關聯性討論。
- (五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討
1. 新興科技應用水下港灣設施的檢測問題。
 2. 後續工作項目與報告內容。
- (六) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進
1. 臺中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(1/4)-數值水理分析模型建置
 - (一) 應將甘特圖放入簡報中，以瞭解計畫執行進度，據以管控。
 - (二) 建議製作研究過程相關成果影片，做為後續成果推廣、教育訓練、研討會…等活動展示使用。
- 二、應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

AI 除進行影像辨識外，亦可進行聲音、振動辨識，建議後續年度可將影像辨識與聲音、振動辨識結合，以達到更佳辨識結果。

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(1/2)-
影像蒐集及辨識演算法架構探討

建議未來參照訪談專家學者之內容，結合多期邊坡地貌比對並納入氣象、地質因子及地面監測儀器資料等，進行邊坡崩落類型及預測可能土方量之加值應用。

四、111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

請彙整分析工業區金屬材料與腐蝕劣化因子及氣象因素等環境因子資料，並於期末報告進行說明。

五、港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

請加強新興科技應用於港灣設施巡檢的運用與維護管理巡檢作業精進的說明，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(1/5)-臺中港模式精進

請依據門檻加速度及高潛勢區面積，推估臺中港區之分區震陷量，俾提供更新臺中港地震簡訊災況初評內容。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

貳、時間：111 年 10 月 25 日(星期二) 上午 9 時

參、地點：視訊會議

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本部 | 主任 | 蔣立宏 |
| | 副主任 | 柯正靜 |
| 本所港灣技術研究中心第一科 | 研究員 | 甘敏 |
| | 研究員 | 謝妙鴻 |
| | 研究員 | 曾文傑 |
| | 研究員 | 張道光 |
| | 副研究員 | 張建明 |
| | 助理研究員 | 鄭金鍊 |
| 本所港灣技術研究中心第二科 | 科長 | 李玲娟 |
| | | 請假 |

王瑞清 顏碩香

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. 本研究計畫重點在於新興科技導入港灣構造物巡查檢測之應用，除了國內外導入的應用案例探討，亦應對市場上既有及未來可能發展的感測設備，針對港灣構造物應檢測及巡查項目做相應可辨識之分類，俾利了解新興科技可輔助之程度。 | 有關委員的建議，後續研究會參照辦理。 |
| 2. 對於水下 ROV 的發展及搭載光學、熱學、聲學…等不同的感測設備的應用，藉以協助解決水質混濁亦能清楚辨識的能力，目前港務公司刻正研究中，請一併參考。 | 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。 |
| 陳桂清委員 | |
| 1. 港區幅員遼闊，各型構造物廣佈其間，運用新科技設備執行檢測，可節省巡查時間、人力等，亦可克服人員不易檢測的部位，降低檢測風險，且可即時掌握現況，快速做出適當的處置。 | 感謝委員肯定。 |
| 2. 新科技設備價格昂貴，檢測結果大多為影像波紋…等型式紀錄，判讀上需專業有實務經驗的人員，非一般巡檢人員可以處理。 | 感謝委員意見。 |
| 3. 目前港區構造物使用高科技儀器檢測之案例不多，建議再加強蒐集，並就人力巡檢與運用科技設備檢測兩者間做經濟效益評估。 | 參照辦理。 |

| 審查意見 | 處理情形 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 4. 港研中心協助建置的「港灣構造物維護管理系統」,港務公司運作狀況如何? | 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. 港務公司核定的「維護管理手冊」,建議應定期檢討滾動修訂,諸如巡檢頻率、項目、劣化標準...等,避免造成人員之困惑。 | 有關維護管理手冊會配合臺灣港務公司巡查、檢測及維護的需求滾動檢討修訂。 |
| 6. 研究報告有若干需勘誤(正)的部分如下: (1)p. 2-35 起 p. 2-37, 圖 2.15~圖 2.18, 更正圖之編碼。 (2)p. 3-5, 表 3-4, "裂化的預兆", 目視檢測有困惑, 建議刪除。 (3)p. 3-7, 倒 1 行, "電場" 更正為"電位"。 | 遵照辦理, 已修正。 |
| 蔡瑤堂委員 | |
| 1. p. 2-16, 表 2-9, 建議表下加註: 已修正如表 2-28。 | 遵照辦理。 |
| 2. p. 3-26, 表 3-20, 建議表下加註: 已修正為 III 類, 如表 2-29。 | 遵照辦理。 |
| 3. 本計畫使用新興科技作巡查檢測之方向正確, 報告中日本案例, 建議引進並實際操作變成本土化, 如 ROV 在高雄港及 UAV 在臺中港之使用都值得繼續推廣, 並依操作心得據以改善。 | 有關委員的建議, 後續研究會參照辦理。 |
| 4. 錯別字或誤植如下, 請確認修正。 (1)p. 2-13 水面「上方」防蝕塊脫落, 是否為「下方」。 (2)p. 2-16 表 2-8, 於「經查」巡查, 是否為「經常」。 | 遵照辦理, 已修正。 |

| 審查意見 | 處理情形 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <p>(3)p. 2-19 表 2-14，混凝土的「裂化」破損，是否為「劣化」。</p> <p>(4)p. 4-4，圖 4.6 棧橋鋼管樁的「陽極」調查，是否為「陽極塊」之誤。</p> <p>(5)p. 4-5…護基「消波」、基礎等，是否為「消波塊」之誤。</p> <p>(6)p4-6，圖 4-8(1)制定調查規，是否為規範，(2)慣性導航裝置的，似乎遺漏什麼。</p> <p>(7)p. 4-11「陽極」似應為「陽極塊」、有三處。</p> | |
| 賴瑞應委員 | |
| 1. 滾動檢討港灣構造物維護管理手冊，並探討新興科技應用於巡查檢測之技術及案例，研究成果值得肯定。 | 感謝委員肯定。 |
| 2. 透過協助臺中港務分公司執行防坡堤之安全檢測，解決港務公司防波堤定期檢測問題，研究效益值得肯定。 | 感謝委員肯定。 |
| 3. 報告第 3-26 頁，表 3-20 防撞設施之檢測診斷項目分類，請將 I 類修改為 III 類。 | 遵照辦理，已修正。 |
| 4. 報告 5.1 節港灣設施檢測診斷相關的技術開發，部分介紹日本新興科技應用於港灣構造物檢測的技術，相關翻譯文字請再檢視修訂。 | 遵照辦理，已對相關用語進行修正。 |
| 5. 報告 6.3 研究成果之效益，請補充協助臺中港務公司執行防坡堤之安全檢測。 | 遵照辦理。 |
| 6. 報告部分文字修訂，修訂於初稿報告，會後提供初稿報告供參。 | 遵照辦理。 |
| 李俊穎委員 | |
| 1. 研究彙整與檢討管理制度檢測項目及 | 感謝委員肯定。 |

| 審查意見 | 處理情形 |
|-----------------------------------|-------|
| 判定標準資料具參考性。 | |
| 2. 可行性評估建議後續就所提新興科技及所需巡檢項目說明。 | 遵照辦理。 |
| 3. 新興科技種類甚多，建議後續可再釐清所要探討項目。 | 遵照辦理。 |
| 林雅雯委員 | |
| 1. 建議後續年度增加文獻探討。 | 遵照辦理。 |
| 2. 建議未來針對水上、水下各一新興技術做更多文獻蒐集及技術探討。 | 參照辦理。 |

附錄六

期末報告簡報資料

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

港區工程基本資料庫移轉 建置研究

MOTC-IOT-110-H1CA001d

報告人：張道光

中華民國110年12月14日

大綱

一

• 研究緣起與目的

二

• 主要研究項目

三

• 研析既有系統之功能模組架構與資料檔案及可移轉之資料項目

四

• 基本資料庫移轉的查詢模組建置與圖資資料維護功能建置

五

• 結論與建議



港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)- 新興科技應用於巡查檢測作業之探討

MOTC-IOT-111-H1CA001e

報告人：張道光

111.12.14



大綱

- 01 研究緣起與目的
- 02 研究項目與內容
- 03 港灣構造物維護管理制度與巡查
檢測項目與劣化判定標準之探討
- 04 新興科技應用案例
- 05 港灣構造物巡查檢測作業之精
進探討
- 06 結論與建議

01 研究緣起與目的

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

研究緣起 與目的 (WHY)

- 港區幅員廣大，碼頭與防波堤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，可提供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。
- 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。

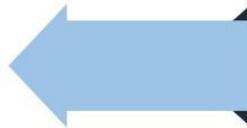
02 研究項目與內容

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

研究項目 與內容 (WHAT)

- **國內港灣構造物維護管理制度之探討**
整理與彙整港灣構造物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。
- **港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整**
彙整既有的港灣構造物的巡查檢測的項目與各構件劣化的判定檢測標準。
- **港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集**
新興科技(UAV、ROV、AI、5G、透地雷達等)應用港灣構造物巡查檢測之案例蒐集。
- **新興科技應用港灣構造物巡查檢測與巡檢作業之精進探討**
研析蒐整之資料，並探討相關新興科技應用於港灣構造物巡查與檢測之可行性分析與精進巡查檢測作業。



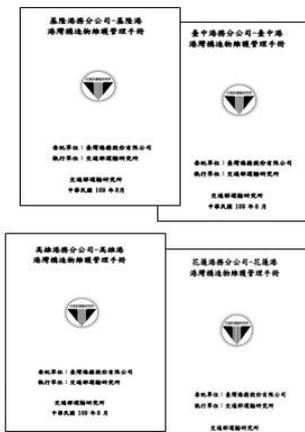
03 港灣構造物維護管理制度與巡查檢測項目及劣化判定標準之探討

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1.國內港灣構造物維護管理制度之探討(1/3)

◆ 本所參考日本現行港灣設施之巡查檢測制度、臺灣海洋工程學會之港灣設施巡檢診斷指南與實施要領彙編與港公司的作業要點，協助港公司訂定「**港灣構造物維護管理手冊**」，以利維護管理單位落實執行相關港灣構造物維護管理工作。日前臺灣港務股份有限公司於109年12月22日修訂頒佈「各項設施之巡查、檢測及維護權責作業要點」。



第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1.國內港灣構造物維護管理制度之探討(2/3)

維護管理計畫制定

總論

- 提供使用期限(新建或改善時,設計使用年限)
- 維護管理的基本構想(維護管理等級的設定)

巡檢診斷

- 巡檢診斷計畫的制定
- 巡檢診斷的基本構想
- 劣化度的判定及性能弱化度的評估方法
- 巡檢診斷結果及性能弱化度的評估結果的紀錄、保存及綜合評估

綜合評估

根據設施的性能弱化度的評估結果、重要度、使用狀況和未來計畫、維修工程的難易度、壽命週期成本等,從各種觀點上綜合檢討維護管理方針。

維護維修計畫

維護工程實施的計畫

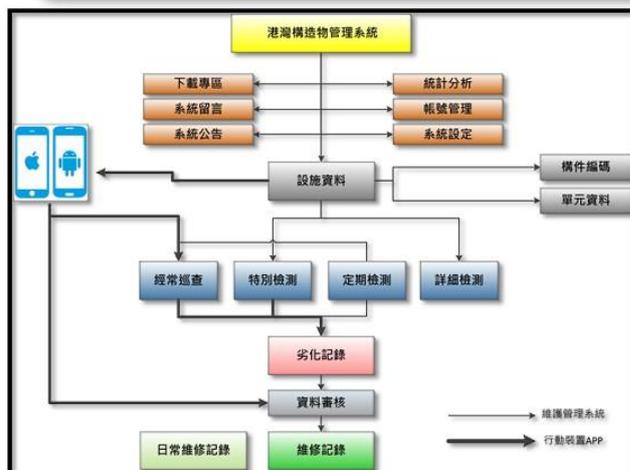
維護工程的實施

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1.國內港灣構造物維護管理制度之探討(3/3)

系統共計有：儀表板模組、基本資料模組、巡查資料模組、檢測資料模組、查詢資料模組、維修排序模組、維修紀錄模組、資料審核模組、圖文管理模組、統計分析模組、下載專區模組、帳號管理模組、公告管理模組、留言管理模組、系統管理模組、系統通知模組以及資料同步模組。



第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(1/13)

本研究針對常見之各型式碼頭(重力式、板樁式、棧橋式)及防波堤之巡查及檢測項目及劣化判斷標準進行及整理說明。

● 港灣構造物之巡查：

| 種類 | 建議執行單位 | 巡查類別時機/頻率 | 檢測方式 |
|------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 經常巡查 | 業管單位 | <ol style="list-style-type: none"> 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) |
| 特別巡查 | 業管單位 | <ul style="list-style-type: none"> ● 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) |

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(2/13)

● 港灣構造物之檢測：

| 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 | <ol style="list-style-type: none"> 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，作為日後巡檢的基本資料。
既有結構物，第一次巡檢時，必須建立該構造物之相關資料，作為日後巡檢的依據。

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(3/13)

本研究針對常見之各型式碼頭(重力式、板樁式、棧橋式)及防波堤之巡查及檢測項目及劣化判斷標準進行及整理說明。



第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(4/13)

- 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 | <ul style="list-style-type: none"> ◆ 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 | <ul style="list-style-type: none"> ◆ 對設施性能產生影響的構件 ◆ 鋼鐵構件的防蝕設施 ◆ 防舷材、繫船柱 | <ul style="list-style-type: none"> ◆ 附屬設施 ◆ 防護欄、爬梯等設施 |

- 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 |

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(5/13)

- 港灣構造物之性能弱化程度評估：

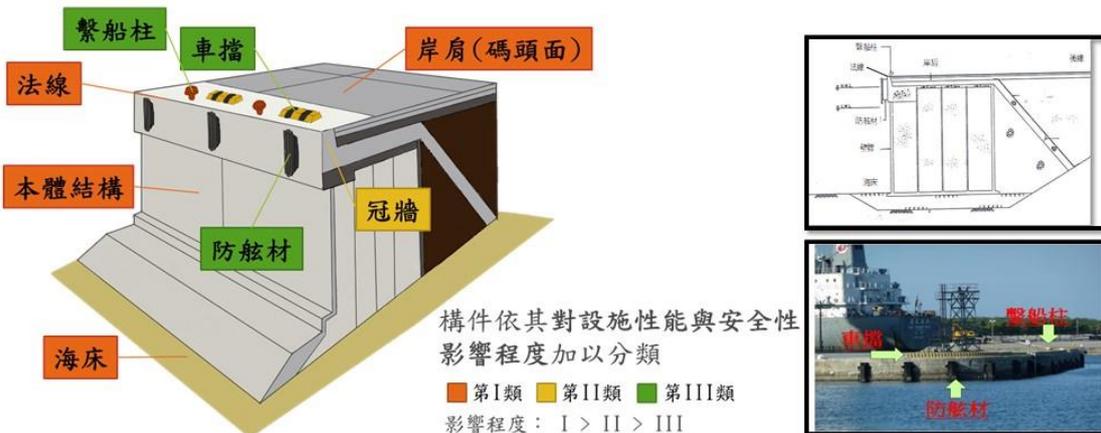
| 性能的弱化度 | 性能弱化度評估標準 |
|--------|------------------|
| A | 性能有顯著弱化情況 |
| B | 設施性能有弱化情況 |
| C | 有異狀，但還不到設施性能弱化狀態 |
| D | 未有異狀，設施性能充分保持的狀態 |

| 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 | 有「4從一個到數個」巡檢診斷項目，設施性能呈非常弱化的狀態 | 有「4且3從一到數個」巡檢診斷項目，設施性能呈弱化狀態 | 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 | 有「許多4且幾乎是4+3」巡檢診斷項目，設施性能呈非常弱化的狀態 | 有「數個4且許多4+3」巡檢診斷項目，設施性能呈弱化狀態 | A,B,D以外 | 全部是1 | |
| III類 | - | - | D以外 | 全部是1 | |

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(6/13)

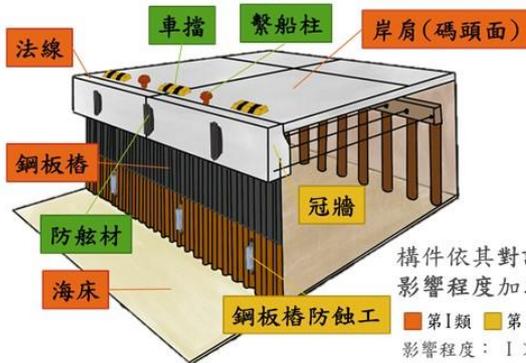


重力式碼頭之檢測項目(以沉箱式為例)

第5案

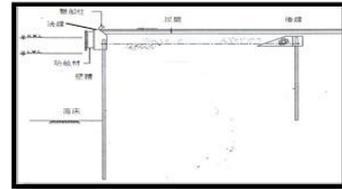
港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(7/13)



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

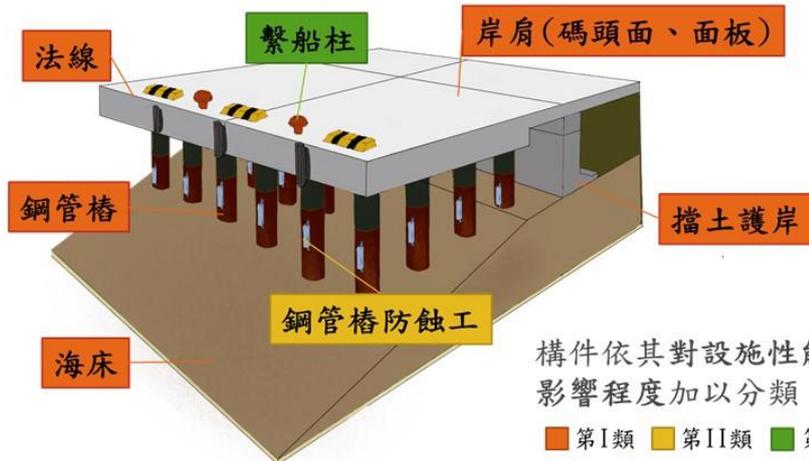


板樁式碼頭之檢測項目

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(8/13)



構件依其對設施性能與安全性
影響程度加以分類

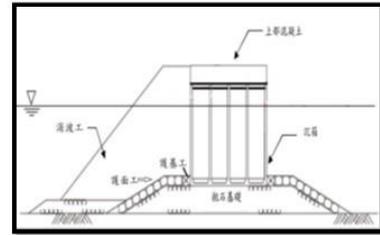
■ 第I類 ■ 第II類 ■ 第III類
影響程度：I > II > III

棧橋式碼頭之檢測項目

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)
-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(9/13)



沉箱式防波堤之檢測項目

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)
-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(10/13)

| 項目類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 重力式碼頭 | <ul style="list-style-type: none"> 【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 | <ul style="list-style-type: none"> 【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 |
| 板樁式碼頭 | <ul style="list-style-type: none"> 【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 | <ul style="list-style-type: none"> 【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 |

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)
-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(11/13)

| 項目類別 設施 | I 類 | II 類 | III 類 |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 棧橋式 碼頭 | <ul style="list-style-type: none"> 【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】 | <ul style="list-style-type: none"> 【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 |
| 防波堤 | <ul style="list-style-type: none"> 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 【海床】 沖刷、土砂的淤積 | <ul style="list-style-type: none"> 【堤面】 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 | - |

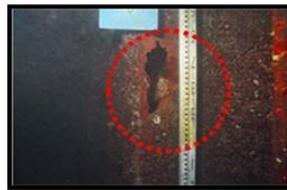
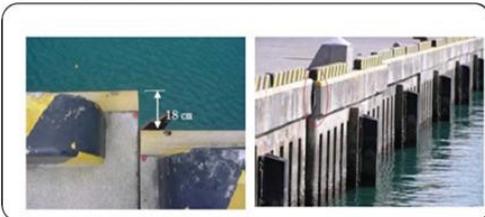
第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)
-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(12/13)

| 設施 | 巡檢 診斷 項目 分類 | 巡檢診 斷項目 | 巡檢 方法 | 劣化度的判定標準 |
|-----------|----------------------|------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 重力式 碼頭 | I類 | 岸 壁 法 線 | 凹 凸 出 入 目 視 ・ 移 動 量 | 4 <input type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有20cm以上的凹凸 |
| | | | | 3 <input checked="" type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有10到20cm程度的凹凸 |
| | | | | 2 <input type="checkbox"/> 上述以外的情況，相鄰沉箱間有10cm以內的凹凸 |
| | | | | 1 <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | | | | |

| 設施 | 巡檢 診斷 項目 分類 | 巡檢診 斷項目 | 巡檢 方法 | 劣化度的判定標準 |
|-----------------------|----------------------|-------------|------------------|------------------------------------------------------------|
| 板 樁 式 碼 頭 | I類 | 鋼 板 樁 | 潛 水 調 查 | 4 <input checked="" type="checkbox"/> 因腐蝕引起的破孔和變形，及其他明顯的損傷 |
| | | | | 3 _____ |
| | | | | 2 _____ |
| | | | | 1 <input type="checkbox"/> 無腐蝕引起的破孔和變形。 |
| | | | | |



第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整(13/13)

| 設施 | 巡檢診斷項目分類 | 巡檢診斷項目 | 巡檢方法 | 劣化度的判定標準 | |
|--------|----------|--------|--------------------------|----------|------------------------------------------------------|
| 沉箱式防波堤 | I類 | 位移 | 目視（包含根據量尺的測量） • 水平移動量 | 4 | <input type="checkbox"/> 沉箱的一部分偏離拋石基礎 |
| | | | | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有40~50cm的偏差 |
| | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有小規模移動 |
| | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |
| | II類 | 下陷 | 目視 • 高低差 | 4 | <input type="checkbox"/> 確認有顯著下陷（1m程度） |
| | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有數十公分程度的高低差。 |
| | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有數公分程度的高低差。 |
| | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |



04 新興科技應用案例

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(1/15)

- 蒐整文獻探討新興科技應用於港灣構造物之可行性，來精進港灣構造物之巡查檢測作業，提升港灣構造物維管效率。



第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(2/15)

- 水下無人載具

位於海中的港灣構造物的變異狀況，主要是由潛水夫以目視調查來了解。使用水下無人載具以替代潛水夫，由陸地上來進行港灣構造物的詳細檢測。



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。

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(3/15)

➤ 水下遙控載具(Remotely Operated Vehicle · ROV)



常見ROV系統，包括電源供應、控制主機、手持遙控器、捲線絞機、附掛設備、訊號轉接單元、載具。

資料來源：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計畫書」

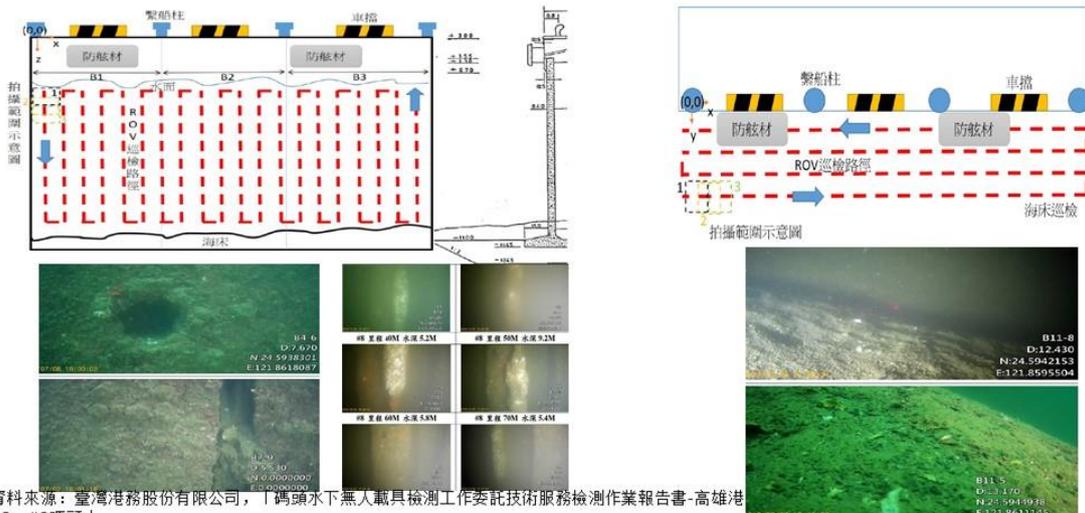
第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(4/15)

● 水下遙控載具(Remotely Operated Vehicle, ROV):

- ◆ 港公司在基隆港(# 30碼頭)、高雄港(# 8、# 9碼頭)、蘇澳港(# 4碼頭)進行ROV碼頭檢測。



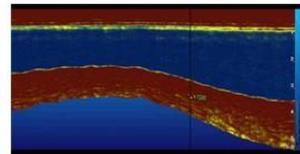
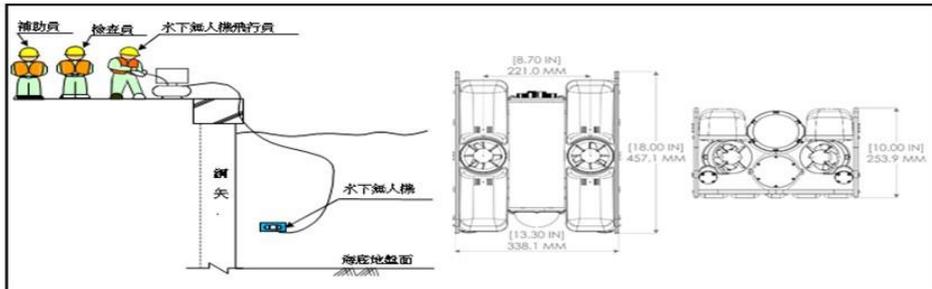
第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(5/15)

- 日本使用水下無人機檢查海洋結構

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，以實現早期發現板樁式構造物等的漏砂的技術。



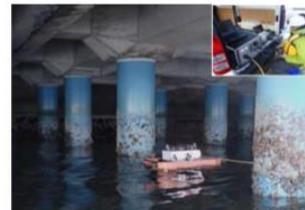
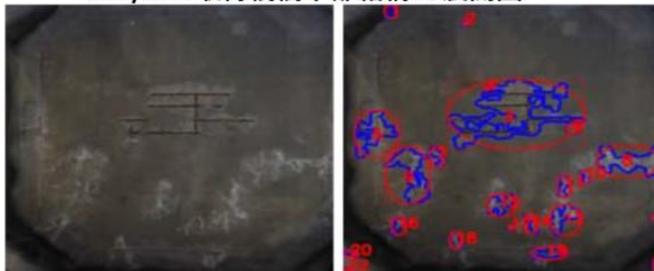
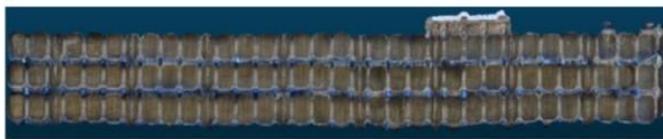
資料來源：日本國土交通省港灣局，「港灣の施設の新しい点検技術カタログ」

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(6/15)

- 棧橋上部結構用ROV檢測



資料來源：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」

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(7/15)

● 日本使用水下無人機檢查海洋結構



可擴充附掛設備

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。



使用水下無人機進行陽極塊消耗調查

資料來源：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」

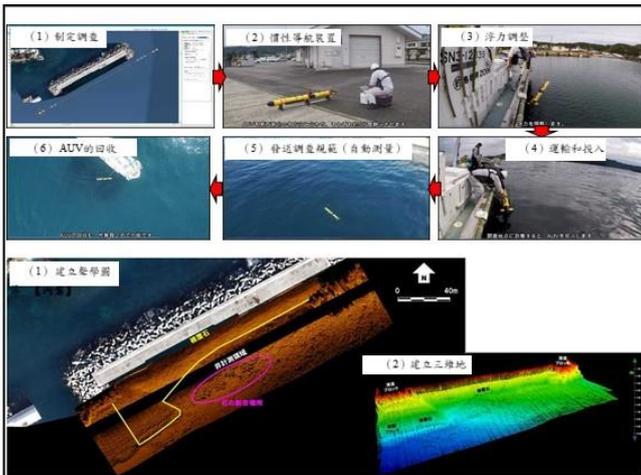
第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(8/15)

● 使用自主型水下無人機AUV的外廓設施（防波堤・海堤）

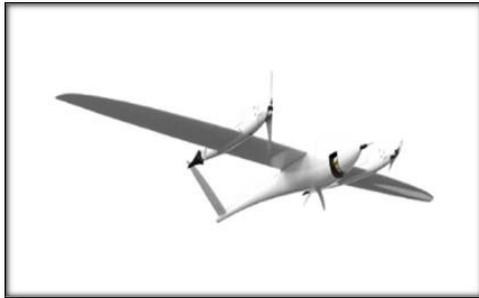
預先所設定的路線深度，使AUV自主航行，以搭載的側掃聲納來取得外廓設施(防波堤・海堤)的水中部(被覆・護基・消波・基礎等、海底地盤)的回聲畫像與3維地形資料。可以人力來攜帶，以無人進行水中的調查。



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」

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(9/15)

- 無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle · UAV) :
UAV具有移動便捷性，可達人力難以抵達或較難進入的空間進行作業，目前已廣泛運用於在航拍、資訊蒐集、巡檢、監控等應用服務領域。



定翼機

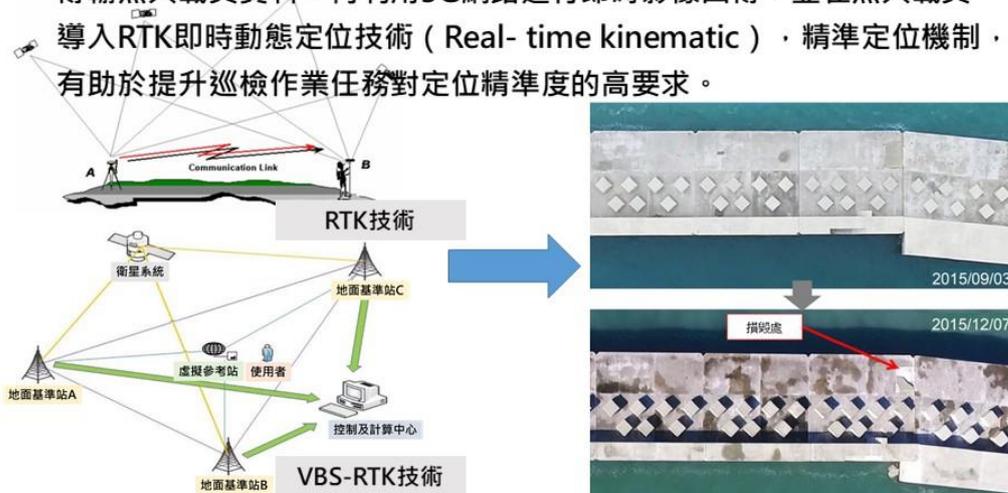


旋翼機

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(10/15)

UAV結合5G技術

- UAV可搭配RTK或VBS-RTK技術，並以現行高速率、低延遲傳輸之5G即時傳輸解算資訊，達到欲觀測點位公分級定位座標。
- 5G技術特徵：超大大行動寬頻、超低延遲、海量連結。透過5G企業專網傳輸無人載具資料，再利用5G網路進行即時影像回傳，並在無人載具導入RTK即時動態定位技術 (Real- time kinematic)，精準定位機制，有助於提升巡檢作業任務對定位精準度的高要求。



第5案

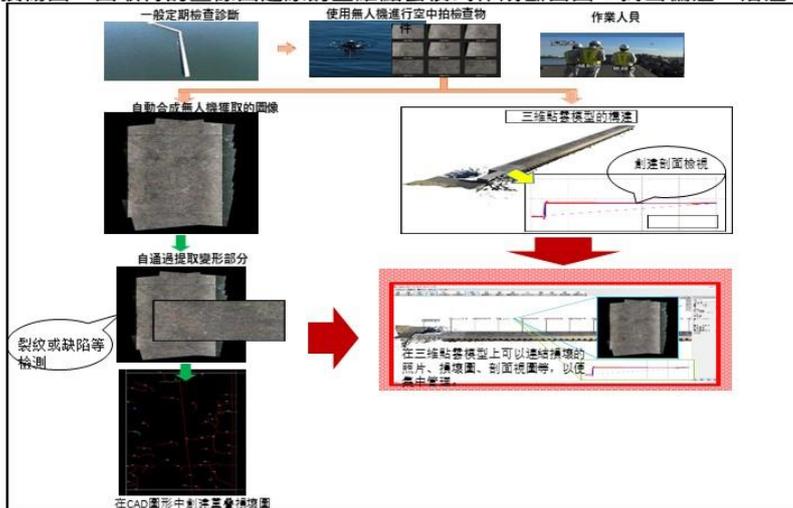
港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(11/15)

UAV結合AI技術

● 利用UAV與AI的港灣設施定期檢查技術

以防波堤與護岸作為對象，將無人機所拍攝的影像在雲端上以AI解析，找出龜裂等的變異處，作成損傷圖。由取得的畫像由還原的三維點雲模式作成斷面圖，找出偏差、落差等的變異。



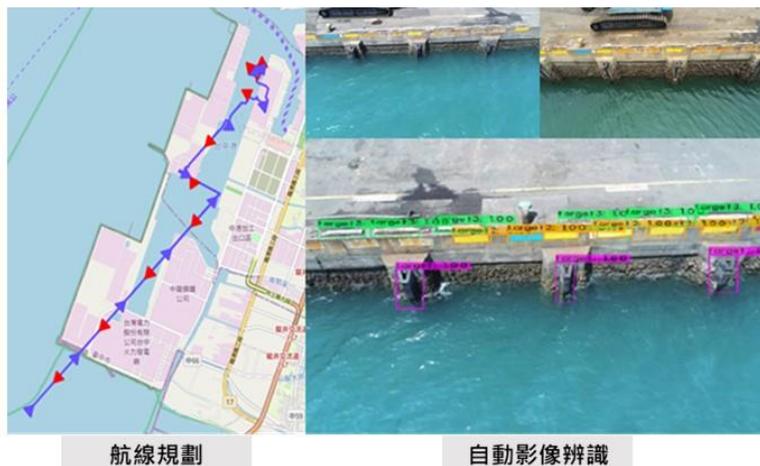
第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(12/15)

UAV結合AI技術

● UAV搭配深度學習影像辨識技術進行物件特徵提取達到自動辨識。



第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(13/15)

● 透地雷達

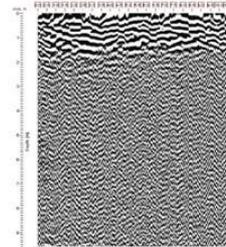
透地雷達法 (Ground-penetrating Radar Method) 簡稱GPR，。主要原理是藉著發射雷達波 (Radar Wave) 訊號，並利用雷達波遇到地層介面因上下地層之介電常數差異而產生反射波，分析反射波來回所需要的時間、波型、振幅等資料，來判別反射體的性質與位置。可以研判地下構造、層面、地下異常物分佈狀況。所發射的雷達波屬於一種高頻的電磁波，當所使用雷達波的頻率越高，波長越短，解析度相對提高但探測深度則較淺；反之當使用的雷達波頻率越低，波長越長，則探測深度愈深，但解析度稍差。



手推車式透地雷達



車載式透地雷達



透地雷達成果圖

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(14/15)

● 使用透地雷達碼頭岸肩空洞探查系統



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①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 (車輛型)、②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。

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テゴリー」

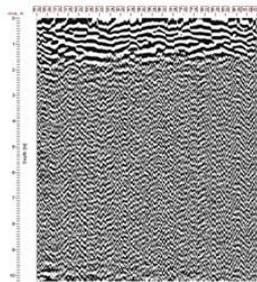


3.港灣構造物巡查檢測之新興科技應用案例蒐集(15/15)

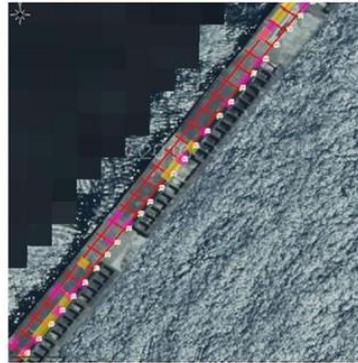
- 蘇澳港南堤透地雷達檢測
中心109年進行蘇澳港南堤透地雷達檢測工作，作為蘇澳港防波堤沉箱安全評估參考。



透地雷達測線位置分佈圖



透地雷達檢測成果



透地雷達檢測成果損壞位置示意圖

05 港灣構造物巡查檢測作業之精進探討

4.港灣構造物巡查檢測作業之精進(1/4)

➤ 港灣設施檢測診斷的現況課題

1.替代目視的技術開發

- ◆ROV的技術開發
- ◆UAV適用性的檢討
- ◆活用UAV・AI的檢測技術
- ◆水中3D掃描

2.鋼材腐蝕的檢測診斷相關的技術開發

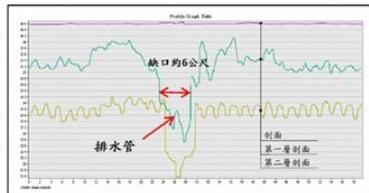
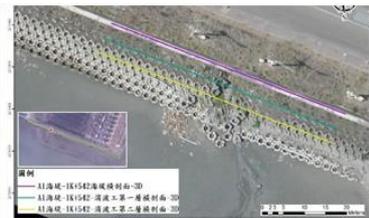
3.防波堤與碼頭的空洞探查相關的技術開發

4.港灣構造物巡查檢測作業之精進(2/4)

➤ 利用UAV輔助工具取代人工目視消波工劣化度的判定

利用UAV無人空中載具建立港區海堤、防波堤之3D數值模型，再進行消波塊設施損壞位置之標示，利用前後期之影像比對構造物，比較UAV DSM前後期高程差異，繪製損壞範圍縱斷面圖，即可判釋消波塊損壞的情形

| 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 | | |
|----------|----------|--------|----------------------|----------|----------------------------------|---------------|
| 沉箱合成式防波堤 | II類 | 消波工 | 目視消波工的頂部，法線面、法線肩等的變形 | 4 | 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊減少1層分以上。 | |
| | | | | 3 | 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊在減少。(消波塊減少小於1層) | |
| | | | | 2 | 消波塊部分移動、散亂、下陷 | |
| | | | | 1 | 沒有變化 | |
| | | | 損傷，斷裂 | 缺損塊的個數 | 4 | 四分之一以上的消波塊有缺損 |
| | | | | | 3 | 在4和2之間變化 |
| | | | | | 2 | 有很多消波塊缺損及部分變化 |
| | | | | | 1 | 沒有變化 |

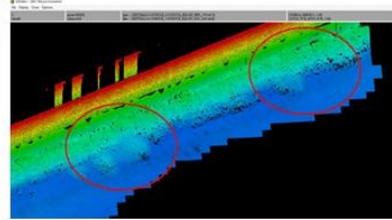


4.港灣構造物巡查檢測作業之精進(3/4)

➤ 防波堤定期檢測水下調查項目之探討

在有關消波工、護基工、護面工及海床辦理水下檢測部分，建議可以利用水中地形調查(使用多音束測深儀或測掃聲納測)取得消波工或護面工及海床的高程數據，據以判斷消波工或護面工及海床是否有移動散亂及下陷情形等沖刷問題。

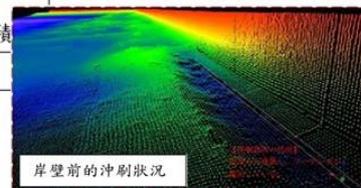
| 設施 | 檢測診斷項目分類 | 檢測診斷項目 | | 檢測方法 | 劣化度的判定標準 | |
|----------|----------|--------|-------|---------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 沉箱合成式防波堤 | I類 | 海底地基 | 沖刷、淤積 | 潛水調查 多音束測深儀 ·海底面的起伏 | 4 | <input type="checkbox"/> 在護基塊法線前拋石，有1m以上的沖刷。 <input type="checkbox"/> 因沖刷可看出對拋石基礎和堤體沉箱的影響 <input type="checkbox"/> 沖刷防止灘墊在損傷中，或受影響的狀態。 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 在護基方塊前拋石有深0.5m至1m的沖刷。 <input type="checkbox"/> 沖刷防止灘墊有50%損傷 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有深度/高度小於0.5m的沖刷或淤積。 <input type="checkbox"/> 沖刷防止灘墊有10%的損傷 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |



4.港灣構造物巡查檢測作業之精進(4/4)

➤ 碼頭定期檢測水下調查項目之探討

| 設施 | 巡檢診斷項目分類 | 巡檢診斷項目 | | 巡檢方法 | 劣化度的判定標準 | |
|-------|----------|--------|----------|----------------------------------|----------|-----------------------------------------------|
| 重力式碼頭 | I類 | 海床 | 沖刷 淤積 | 潛水調查、多音束測深儀 ·海底面的起伏 ·沖刷、淤積 | 4 | <input type="checkbox"/> 碼頭前有深1m以上的沖刷 |
| | | | | | 3 | <input type="checkbox"/> 伴隨著沖刷，可看出對基礎與碼頭本體的影響 |
| | | | | | 2 | <input type="checkbox"/> 有深度/高度小於0.5m的沖刷或淤積 |
| | | | | | 1 | <input type="checkbox"/> 沒有變化 |



06 結論與建議

第5案

港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4) -新興科技應用於巡查檢測作業之探討

結論與建議

1

• 彙整目前國內在港灣構造物維護管理的制度與巡查檢測項目與劣化判定標準。

2

• 依現有港灣構造物維護管理之巡檢作業，蒐集相關使用者意見，滾動修正維護管理手冊。

3

• 彙整國內外可應用於港灣構造物巡查檢測的新興科技，包含UAV、ROV、AI及透地雷達等輔助於港灣設施，提供新的檢測方法，以提升維護管理效率。

4

• 在精進巡查檢測作業上，有關消波工、護基工、護面工及海床辦理水下檢測部分，可以利用水中地形調查(使用多音束測深儀或測掃聲納測)取得消波工或護面工及海床的高程數據，據以判斷消波工或護面工及海床是否有移動散亂及下陷情形等冲刷問題。

5

• 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。



THANK YOU

簡報完畢
敬請指教



