

114-018-7D87
MOTC-IOT-113- H1CA001f

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)－ 新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業



交通部運輸研究所

中華民國 114 年 3 月

114-018-7D87
MOTC-IOT-113-H1CA001f

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)－ 新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

著者：張道光、黃宇謙

交通部運輸研究所

中華民國 114 年 3 月

GPN : 1011400207

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.(3/4):新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業 / 張道光, 黃宇謙著.-- 初版.-- 臺北市:交通部運輸研究所, 民
114.03

面; 公分

ISBN 978-986-531-655-6(平裝)

1.CST: 港埠工程 2.CST: 港埠管理

443.2

114001746

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

著者:張道光、黃宇謙

出版機關:交通部運輸研究所

地址:105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網址:www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電話:(04)2658-7200

出版年月:中華民國 114 年 3 月

印刷者:綠凌興業社

版(刷)次冊數:初版一刷 50 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價:250 元

展售處:

交通部運輸研究所運輸科技及資訊組•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:1011400207 ISBN:978-986-531-655-6(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(3/4)- 新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN：978-986-531-655-6(平裝)	政府出版品統一編號 1011400207	運輸研究所出版品編號 114-018-7D87	計畫編號 MOTC-IOT-113-H1CA001f
本所主辦單位：運輸技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：張道光 研究人員：黃宇謙 聯絡電話：(04)2658-7200 傳真號碼：(04)2657-1329			研究期間 自 113 年 1 月 至 113 年 12 月
關鍵詞：新興科技、巡查檢測、防波堤設施、無人飛行載具			
<p>摘要：</p> <p>港灣設施長期暴露於惡劣的海洋環境中，並經常遭受颱風及地震等極端自然災害的襲擊，其構成材料可能因此劣化，導致性能下降，構件亦可能因損壞而影響使用壽命。因此，對此類設施進行及時的巡檢、檢測與維護管理作業具有至關重要的意義。目前，港務單位的巡檢作業主要依賴人工目視檢查，結合巡檢人員的日常作業與輔助儀器的定期檢測。然而，由於人力與預算的限制，許多設施的潛在問題未能及時發現並加以處理，對設施的安全性與功能完整性構成潛在風險。本計畫主要研析防波堤設施巡查檢測遭遇問題，以及檢討維護管理制度與構件劣化判定標準，並精進港灣構造物之巡查與檢測作業。在新興科技應用於防波堤的經常巡查工作，可用港灣設施巡查行動應用程式（APP）進行現地巡查作業，而防波堤水下設施的定期檢測則可結合水下遙控載具 ROV 與 AUV 技術及多音束測深儀進行防波堤結構、水域底部和相關基礎設施的檢測，運用 UAV 輔助工具取代人工目視消波設施劣化度的判定等。透過這些新技術的導入以協助港務管理單位落實維護管理制度與提升維護管理效率。</p> <p>研究成果效益：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提供港務單位運用新興科技於防波堤設施巡檢作業，並精進巡查檢測作業研提相關案例與建議，藉以提升港灣構造物維護管理成效。 2. 提供港務管理單位行動應用程式進行防波堤設施現地巡檢，有效提高巡查工作效率。 <p>提供應用情形：</p> <p>本計畫成果除可提供港務管理單位做為防波堤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。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
114 年 3 月	160	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 (3/4) - New-Emerging Technologies are applied to Inspection and Detection Operations of Breakwater Facilities			
ISBN (or ISSN) 978-986-531-655-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011400207	IOT SERIAL NUMBER 114-018-7D87	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-113-H1CA001f
DIVISION: Transportation Technology Research Center DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tao-Kuang Chang PROJECT STAFF: Yu-Cian Huang PHONE: (04) 2658-7200 FAX: (04) 2657-1329			PROJECT PERIOD FROM: January 2024 TO: December 2024
KEY WORDS: Emerging technology , Inspection and detection, Breakwater Facilities, UAV			
<p>ABSTRACT:</p> <p>Port facilities are frequently exposed to harsh marine environments and often subjected to extreme natural disasters such as typhoons and earthquakes. Consequently, the materials used in these structures may deteriorate, leading to a decline in performance, while structural components may sustain damage that affects their service life. Therefore, conducting timely inspections, evaluations, and maintenance management of these facilities is critically important. Currently, inspection operations conducted by port authorities primarily rely on visual assessments performed by personnel, supplemented by routine inspections and periodic evaluations using auxiliary instruments. However, due to limitations in manpower and budget, many potential issues with these facilities cannot be promptly identified and addressed, posing potential risks to their safety and functional integrity. This project primarily focuses on analyzing the current challenges faced in the inspection and detection of breakwater facilities, reviewing maintenance management systems, and revising the criteria for component deterioration assessment. It aims to enhance the inspection and detection operations of port structures. Emerging technologies can be applied to routine inspections of breakwaters, utilizing a mobile application for on-site inspections of port facilities. Periodic inspections of underwater breakwater structures can integrate technologies such as remotely operated vehicles (ROV), autonomous underwater vehicles (AUV), and multibeam echo sounders to assess breakwater structures, seabed conditions, and related infrastructure. Additionally, UAV-assisted tools can replace manual visual assessments for determining the degree of deterioration of wave-dissipating structures. The introduction of these new technologies will help port management authorities implement maintenance management systems more effectively and improve maintenance efficiency.</p> <p>RESEARCH RESULTS AND BENEFITS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Offering breakwater authorities examples and suggestions for the application of emerging technologies in terminal inspections, along with improvements in inspection and detection operations, to enhance the effectiveness of harbor structure maintenance management. 2. The harbor facilities on-site inspection mobile application (APP) is designed to facilitate breakwater authorities in conducting on-site inspections of terminals, effectively enhancing the efficiency of inspection tasks. <p>APPLICATION AVAILABILITY:</p> <p>In addition to serving as a valuable reference for port management units in carrying out maintenance and management of harbor</p>			
PUBLICATION DATE March 2025	NUMBER OF PAGES 160	PRICE 250	
Remarks: Conclusions and recommendations of this study are not necessarily the view of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	VII
表目錄	XI
第一章 前 言	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 計畫目的	1-1
1.3 研究範圍、對象與利害關係人	1-1
1.4 研究方法與內容	1-2
第二章 防波堤設施巡查檢測制度之文獻回顧	2-1
2.1 國內維護管理制度	2-1
2.1.1 港灣設施維護管理計畫	2-1
2.1.2 巡查項目及表單	2-3
2.1.3 港灣設施檢測診斷	2-6
2.1.4 構材劣化度判定及性能弱化度評估方法	2-8
2.1.5 維護維修規劃	2-11
2.2 港灣設施維護管理系統	2-13
2.2.1 系統整體架構	2-13

2.2.2 港灣設施維護管理系統執行流程架構.....	2-14
2.2.3 系統功能架構.....	2-14
第三章 防波堤設施巡查檢測.....	3-1
3.1 防波堤設施之巡查.....	3-1
3.2 防波堤設施檢測構件劣化度判定標準.....	3-3
3.3 防波堤設施劣化缺失項目.....	3-10
3.3.1 防波堤設施經常巡查劣化缺失項目.....	3-10
3.3.2 防波堤設施特別巡查劣化缺失項目.....	3-13
3.4 防波堤設施巡查檢測作業之探討.....	3-16
3.4.1 防波堤定期檢測水下調查項目之探討.....	3-16
3.4.2 沉箱的檢測項目探討.....	3-19
第四章 新興科技應用於防波堤設施巡檢作業.....	4-1
4.1 現地巡查系統技術.....	4-1
4.2 水下檢測技術.....	4-7
4.2.1 水下無人載具.....	4-7
4.2.2 多音束測深儀應用於防波堤水下定期檢測.....	4-10
4.2.3 水下 3D 掃描掌握水下結構形狀的系統.....	4-12
4.3 海上陸地檢測技術.....	4-13
4.3.1 UAV 輔助工具取代人工目視消波工劣化度的判定... 4-13	4-13
4.3.2 UAV 與 AI 三維點雲模型的港灣設施定期檢查技術	4-15
4.3.3 以掃描聲納與雷射掃描組合的三維量測技術.....	4-16
4.3.4 透地雷達檢測技術.....	4-18

第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-2
5.3 研究成果之效益.....	5-2
5.4 提供政府單位應用情形.....	5-2
參考文獻.....	參-1
附錄一 專家學者座談會會議紀錄.....	附錄 1-1
附錄二 第 1 次工作會議紀要.....	附錄 2-1
附錄三 第 2 次工作會議紀要.....	附錄 3-1
附錄四 第 3 次工作會議紀要.....	附錄 4-1
附錄五 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附錄 5-1
附錄六 期末報告簡報資料.....	附錄 6-1

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖	1-3
圖 2.1 維護管理架構	2-2
圖 2.2 性能弱化評估流程	2-10
圖 2.3 維護維修工程實施前檢討流程	2-12
圖 2.4 系統整體架構圖	2-13
圖 2.5 港灣設施維護管理系統流程圖	2-14
圖 2.6 管理系統與 APP 功能模組	2-15
圖 2.7 港灣設施基本資料	2-16
圖 2.8 設施選擇表	2-17
圖 2.9 經常巡查表	2-17
圖 2.10 劣化紀錄	2-18
圖 2.11 定期檢測紀錄列表	2-18
圖 2.12 特別巡查表	2-19
圖 2.13 新增詳細檢測	2-19
圖 2.14 詳細檢測表	2-20
圖 2.15 新增日常維修紀錄	2-21
圖 2.16 上傳維修照片	2-21
圖 2.17 需維修構件搜尋結果	2-22
圖 2.18 設施必填欄位統計	2-22
圖 2.19 資料審核	2-23
圖 2.20 新增圖文資料	2-24

圖 3.1 防波堤設施經常巡查表(以防波堤堤面巡查項目為例)	3-1
圖 3.2 巡查劣化紀錄	3-2
圖 3.3 沉箱式防波堤檢測構件	3-4
圖 3.4 防波堤法線堤面構件劣化照片	3-11
圖 3.5 堤前消波塊構件劣化照片	3-12
圖 3.6 堤後土地劣化照片	3-13
圖 3.7 地震過後構件項目劣化照片	3-14
圖 3.8 颱風過後構件項目劣化照片	3-15
圖 3.9 船隻撞損劣化照片	3-15
圖 3.10 消波塊水中檢測狀況	3-17
圖 3.11 護面塊及護基塊檢測狀況	3-17
圖 3.12 海床檢測狀況	3-17
圖 3.13 多音束研判分析成果圖	3-18
圖 3.14 沉箱潛水檢查狀況	3-20
圖 3.15 延長桿目視巡檢情形	3-20
圖 4.1 APP 功能模組架構圖	4-2
圖 4.2 APP 平台介面	4-3
圖 4.3 登入主頁面功能選單	4-3
圖 4.4 APP 經常巡查現地巡查作業流程	4-5
圖 4.5 特別巡查 APP 推播訊息	4-6
圖 4.6 特別巡查現地巡查作業流程	4-6
圖 4.7 AUV 外廓設施檢測	4-8
圖 4.8 ROV 巡檢路徑	4-9

圖 4.9 港灣設施壁體檢測成果	4-9
圖 4.10 海床檢測成果.....	4-10
圖 4.11 護基塊護面塊散亂、下陷.....	4-11
圖 4.12 海底消波塊減少	4-11
圖 4.13 護基塊、護面塊散亂及缺少	4-11
圖 4.14 3D 掃描作業示意圖	4-13
圖 4.15 無人機形式.....	4-14
圖 4.16 損壞範圍縱斷面圖	4-14
圖 4.17 UAV 檢測概要.....	4-15
圖 4.18 掃描聲納 (SS) 和雷射掃描儀 (LS) 檢測示意圖	4-16
圖 4.19 巡檢步驟流程與概要圖	4-17
圖 4.20 透地雷達檢測作業概況	4-19
圖 4.21 透地雷達檢測成果.....	4-20
圖 4.22 透地雷達檢測成果損壞位置示意圖.....	4-21
圖 4.23 透地雷達檢測成果圖.....	4-21

表 目 錄

表 2-1 巡查類別.....	2-4
表 2-2 防波堤、海堤及護岸巡查表單	2-5
表 2-3 檢測類別.....	2-6
表 2-4 檢測診斷項目分類原則	2-7
表 2-5 防波堤檢測診斷項目分類	2-7
表 2-6 防波堤設施劣化度判定及性能弱化度評估標準實施單位	2-8
表 2-7 構件劣化度判定標準	2-9
表 2-8 性能弱化度評估標準	2-9
表 2-9 性能弱化評估方法	2-10
表 2-10 維護維修工程實施時機探討方法	2-12
表 3-1 防波堤設施巡查表單	3-3
表 3-2 沉箱式合成堤位移、下陷劣化度判定標準	3-5
表 3-3 沉箱劣化度判定標準	3-5
表 3-4 潛水調查沉箱劣化度判定標準	3-6
表 3-5 防波堤堤面劣化度判定標準	3-7
表 3-6 消波塊劣化度判定標準	3-7
表 3-7 消波塊、護面塊及護基塊等潛水調查劣化度判定標準	3-8
表 3-8 海床劣化度判定標準	3-9
表 3-9 防波堤法線堤面巡查結果	3-10
表 3-10 堤前消波塊巡查結果	3-12
表 3-11 堤後土地巡查結果.....	3-13

第一章 前言

1.1 計畫緣起

臺灣四面環海，港灣設施處在嚴峻的海洋惡劣環境與地震颱風的侵襲下，對構造物之安全性威脅甚大。因此，為維持港灣構造物其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物維護管理。

因港區幅員廣大，港灣設施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。目前港區巡檢多以人工為主，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發現。近年來自動化巡檢觀念的興盛，讓機器從事繁複任務及判識設施劣化狀況，可提供設施維護管理的重要輔助。

本計畫為延續型計畫，前期已初步探討應用新興科技於碼頭設施之巡查與檢測作業的可行性。今（113）年以前期研究成果為基礎，針對防波堤巡查檢測作業制度面遭遇的技術問題進行探討及精進，並評估導入新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業之可行性。

1.2 計畫目的

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

1.3 研究範圍、對象與利害關係人

本計畫研究範圍以國內相關商港之港灣構造物維護管理工作為主，

研究對象則為臺灣港務公司（以下簡稱港務公司）。研究成果可提供港務公司做為後續在維護管理作業精進之應用與參採，以及本所後續港灣構造物巡查技術精進之應用。

1.4 研究方法與內容

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

1.防波堤設施巡查檢測制度之文獻回顧

彙整國內防波堤設施巡查檢測維護管理機制相關研究及文獻探討，並研析既有的港灣設施維護管理制度。

2.防波堤設施巡查檢測問題探討

彙整港區各型式防波堤的巡檢的項目，收集防波堤的劣化缺失項目並探討與分析常見的防波堤劣化項目。

3.防波堤設施維護管理制度與構件劣化標準檢討

整理既有的防波堤設施維護管理制度與各構件劣化的判定檢測標準，並探討依維護管理制度執行防波堤巡檢作業時所遭遇問題，提出改進與精進的方式。

4.新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

探討防波堤設施之巡檢項目可應用新興科技取代現有的巡查檢測作業，並精進與提升維護管理效率。

本計畫研究流程如圖 1.1 所示。

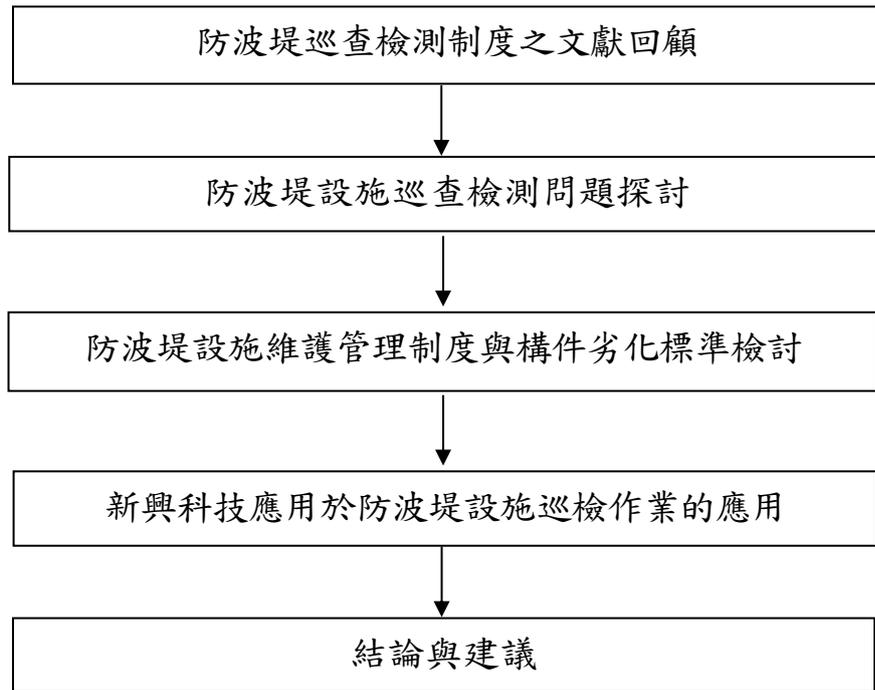


圖 1.1 研究流程圖

第二章 防波堤設施巡查檢測制度之文獻回顧

2.1 國內維護管理制度

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

為確保港埠設施正常運作、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]及「港灣設施維護管理計畫制定範例彙編」^[2]，研訂各港區之「港灣設施維護管理手冊」，除擬訂港灣設施檢測評估標準作業程序外，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設施之巡查及檢測工作，以落實港灣構造物維護管理制度。在 113 年臺灣港務公司修訂「港灣設施維護管理手冊」^[3]，提供各分公司據以辦理港灣設施之巡查及檢測工作，以落實港灣構造物維護管理制度。

2.1.1 港灣設施維護管理計畫

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「港灣設施維護管理手冊」，並依維護管理計畫程序及工作內容按手冊執行港灣設施維護管理。

1. 維護管理架構

維護管理架構如圖 2.1 所示。包括基本資料、巡檢診斷、綜合評估及維護維修等。

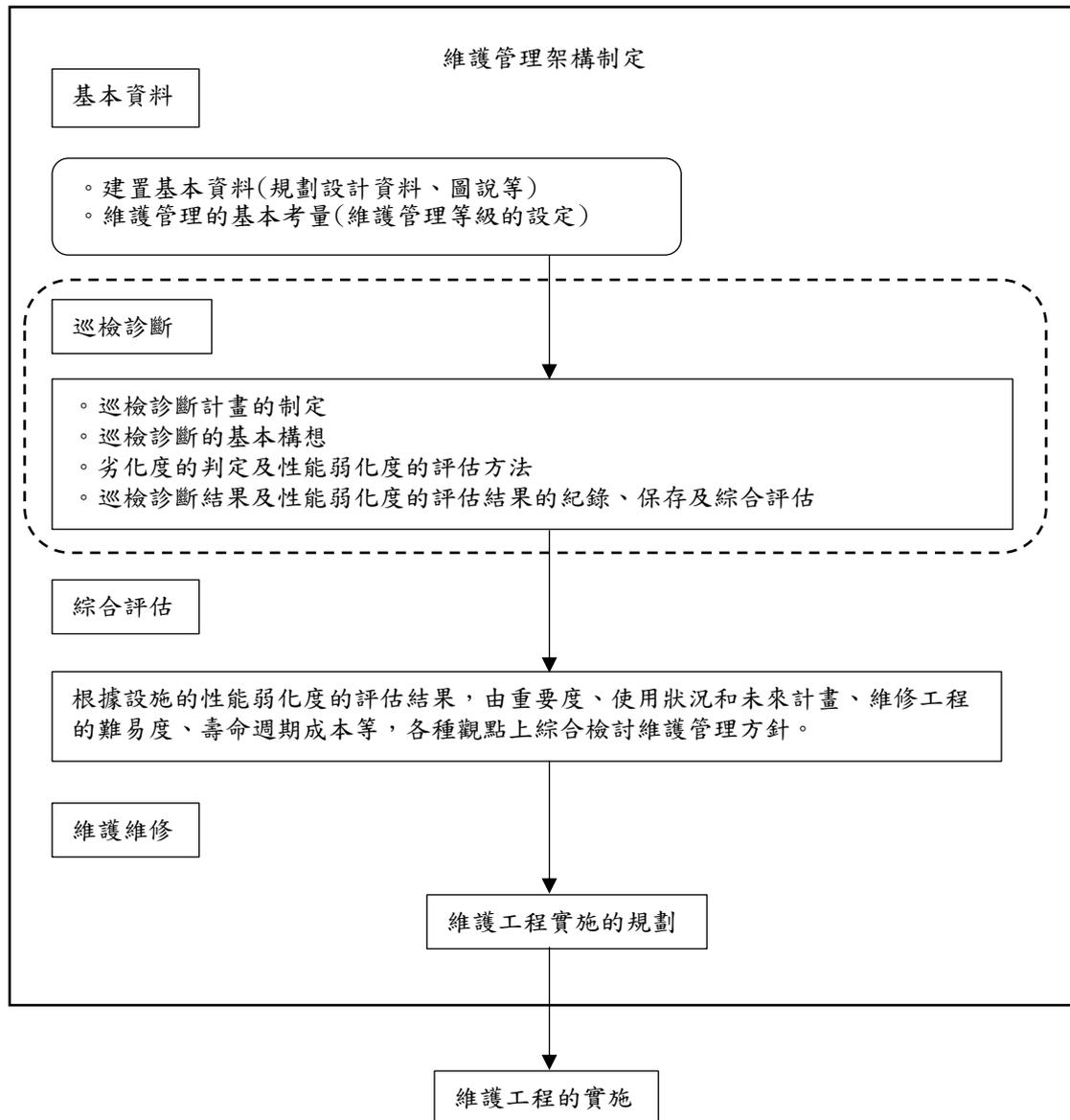


圖 2.1 維護管理架構

2.各執行項目說明

(1)基本資料

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

(2)巡檢診斷

根據檢測診斷種類執行、設施各構件之判定標準判定其劣化度、性能弱化度評估標準實施單位與性能弱化度的評估標準，評估該設施之性能弱化度。

(3)綜合評估

所謂綜合評估是針對檢測診斷結果，整理出設施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，得出的設施異狀，根據工程的專業判斷進行評估，作為設施性能弱化度的指標。

(4)維護維修計畫

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

2.1.2 巡查項目及表單

港灣構造物之巡查主要以構造物的構件目視檢測為主。

1.巡查類別

巡查包括經常巡查及特別巡查，2者巡查內容相同，惟其巡查時機不同，其巡查時機/頻率及方式，列如表 2-1。

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	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公共設施、作業場所設施、橋梁及隧道:至少每日一次。 2. 道路及其附屬設施:至少每週一次。 3. 助航設施至少每半個月一次。 4. 排水渠道(含明溝、暗溝、道路及碼頭附屬)至少每半個月一次。 5. 碼頭及繫船設施至少每週一次。 6. 防波堤、海堤、護岸:至少每季一次。 7. 高壓變電站設備:至少每月一次。 8. 圍牆及停車場、公共藝術至少每季一次。 9. 公共照明設備至少每半個月一次。 10. 其他港區公共基礎設施,依需求至少每半個月一次。 11. 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	有天然事件發生。有災害或意外災損事故通報發生(如意外撞擊、無預警損害等)。	目視/岸上/交通船

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「港灣設施維護管理手冊」，巡查項目針對各港管轄港橋梁及附屬設施、道路及附屬設施、碼頭及附屬設施、防波堤、海堤、護岸、浮動碼頭、高壓變電站設備、隧道、助航設施及排水渠道設施、圍牆及停車場、公共藝術設施及其他港區公共基礎設施。

防波堤、海堤及護岸經常(或特別)巡查設施、巡查項目及初步判斷分類，詳如表 2-2 所示。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進行簡單且初步之判斷，若有劣化現象，則將其劣化情形記錄於港灣設施維護管理系統。

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

備註：設施有劣化情形，應建立該筆劣化紀錄並上傳劣化照片於「港灣設施維護管理系統」，並在「狀況描述」欄位中敘明可量化之敘述，目前以行動應用程式提供電子化表單供巡查應用。

2.1.3 港灣設施檢測診斷

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

1. 檢測類別

港灣設施檢測類別包括定期檢測、特別檢測及詳細檢測。其執行單位、檢測頻率及方式，如表 2-3 所列。

表 2-3 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. 港灣設施: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。 4. 航道至少每年一次。 5. 迴船池至少每年一次。 6. 高壓變電站設備至少每年一次。 7. 港區公共電力設備至少每年一次。	目視(包含水下)視需要進行詳細檢測
特別檢測	委外發包廠商	於重大天然災害、意外事故發生後或巡查發現顯著異狀，管理及檢測單位認為必要時辦理之。	目視(包含水下)視需要進行詳細檢測
詳細檢測	委外發包廠商	於經查巡查、特別巡查、定期檢測或特別檢測後，認為有必要時進行之。	配合儀器做更進一步檢測

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

2. 檢測診斷項目分類

根據設施設置各項條件及形式，以及影響構造物性能的程度等分類原則，如表 2-4。

表 2-4 檢測診斷項目分類原則

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（特別是構造上的安全性）有直接影響之構件 如設施整體的位移、下陷、上部結構、主體結構、基礎結構等 	<ul style="list-style-type: none"> 對設施性能有所影響的構件 如鋼結構的防蝕措施 	<ul style="list-style-type: none"> 附屬設施 如防舷材、繫船柱、車擋等

3. 防波堤檢測診斷項目標準分類

防波堤檢測診斷項目分類係依其配置狀況、性能，及特別從影響構造物安全的角度來進行。防波堤檢測診斷項目分類如表 2-5。

表 2-5 防波堤檢測診斷項目分類

項目 類別 設施	I 類	II 類	III 類
防波堤	<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 	防舷材、繫船柱、車擋

2.1.4 構材劣化度判定及性能弱化度評估方法

1.劣化度判定及性能弱化度評估實施單位

在進行劣化度判定及性能弱化度評估時，須根據設施的種類、構造形式等以制定必要的實施單位。表 2-6 為防波堤設施劣化度的判定及性能弱化度的評估標準實施單位。

表 2-6 防波堤設施劣化度判定及性能弱化度評估標準實施單位

設施種類		實施單位	實施單位
防波堤 防砂堤 導流堤 突堤	沉箱式	沉箱每 1 座	以每 1 設施做為標準，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。
	拋石式	每 15～20m	
	消波塊式	冠牆每 1 跨距	
	樁式	每 1 浮體	
護岸	浮式	沉箱每 1 座	
	沉箱式	每 15～20m	
	拋石式 消波塊式	冠牆每 1 跨距	
	板樁式		

2.劣化度判定及性能弱化度評估標準

在進行設施構件的劣化度判定時，要根據設施的種類及結構形式，事先制定判定設施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 2-7 所列。

表 2-7 構件劣化度判定標準

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

3.性能弱化度評估方法

評估性能弱化度時，總括設施構件的劣化度，採用 4 個階段的指標來表示性能的弱化程度，如表 2-8 所示。基於檢測診斷結果進行性能弱化度的評估時，根據設施的種類及構造型式，制定評估單位。性能弱化的評估方法如表 2-9 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。

表 2-8 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 2-9 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	檢測診斷項目中「4有1個到數個」，設施的性能呈非常弱化的狀態	檢測診斷項目中「4亦或3有1個到數個」，設施的性能呈弱化狀態	A, B, D以外	全部是1	每個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	檢測診斷項目中「4有多個亦或幾乎都是4+3」，設施的性能呈非常弱化的狀態	檢測診斷項目中「4有多個亦或4+3有很多個」，設施的性能呈弱化狀態	A, B, D以外	全部是1	
III 類	—	—	D以外	全部是1	

[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2-7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2-9 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

2.1.5 維護維修規劃

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

1. 維護維修規劃基本考量

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規劃。維修的時機及方法，應考量構件異狀的發展及綜合評估的結果、殘餘使用年限、經濟性、構造物使用狀況、現場的限制條件等，適當訂定之。

2. 到實施維護工程為止的檢討流程，及維護維修規劃的定位

在維護維修規劃中，應制定維護工程的流程、維修時機和方法等基本計畫。由維護維修規劃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，則屬維護維修規劃範圍之外。

3. 維護維修工程實施時機

維修的實施時機，應考量構件異狀的發展及綜合評估結果、殘餘使用年限、設施使用現況、現場限制條件等，適當制定之。實施時機可用表 2-10 之方法探討。

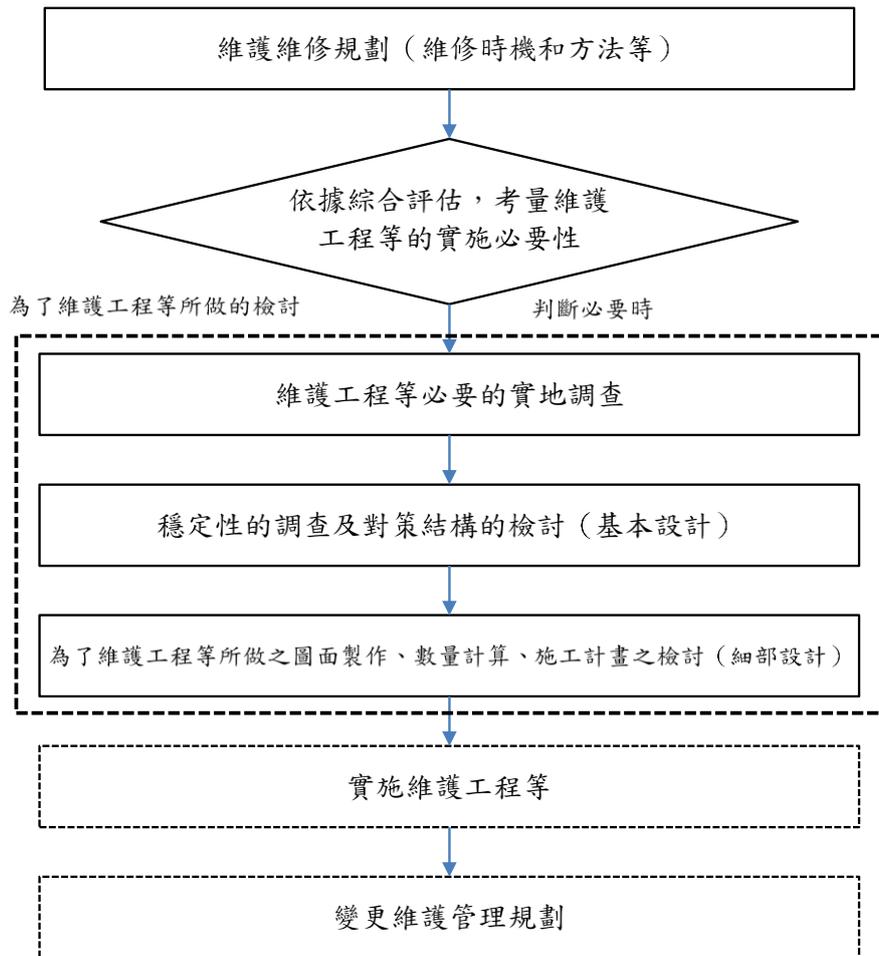


圖 2.3 維護維修工程實施前檢討流程

表 2-10 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	棧橋式碼頭上部結構
以耐用年限為準探討	被覆防蝕
探討異狀顯著時應行維修或更換	附屬設備
有多單元維修方法之構件	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	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 港灣設施維護管理系統

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，本所建置一套港灣設施維護管理系統，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。

2.2.1 系統整體架構

港灣設施維護管理系統之系統開發架構，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 港灣設施維護管理系統執行流程架構

港灣設施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。

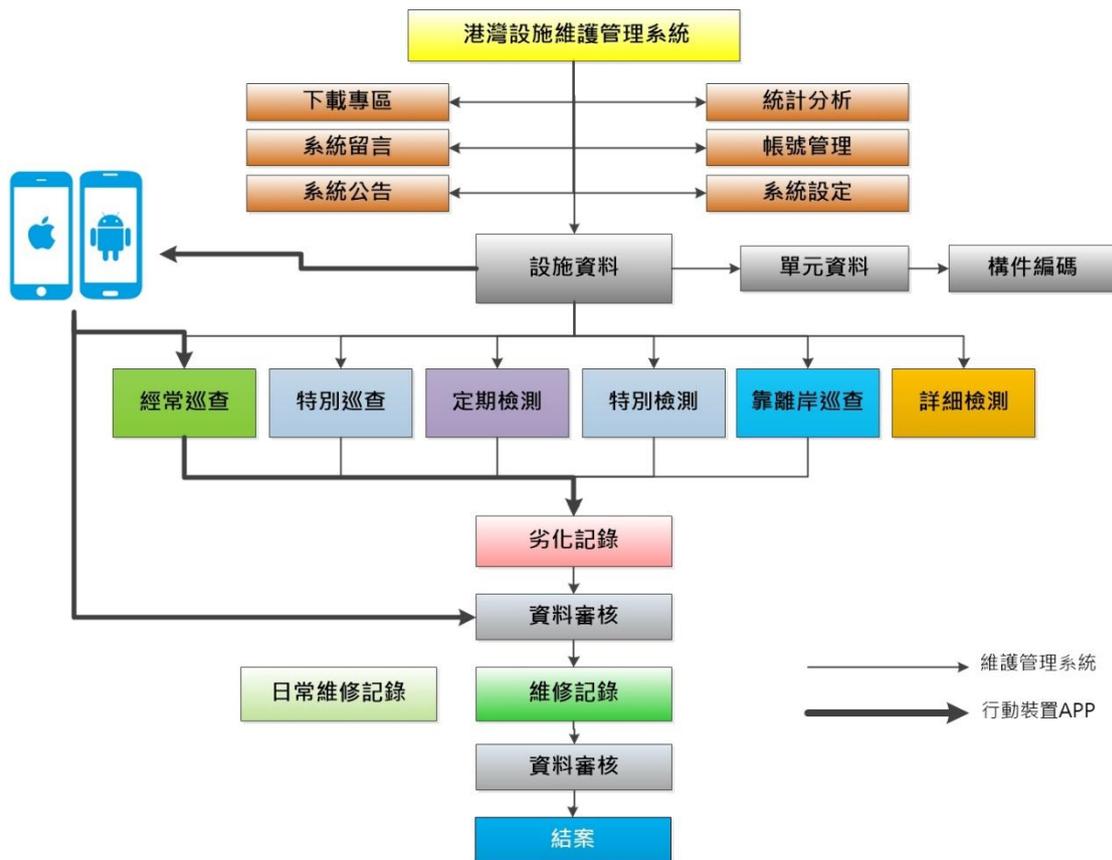


圖 2.5 港灣設施維護管理系統流程圖

2.2.3 系統功能架構

港灣設施維護管理系統包含十九個功能模組，如圖 2.6 所示，各模組功能簡述如下：

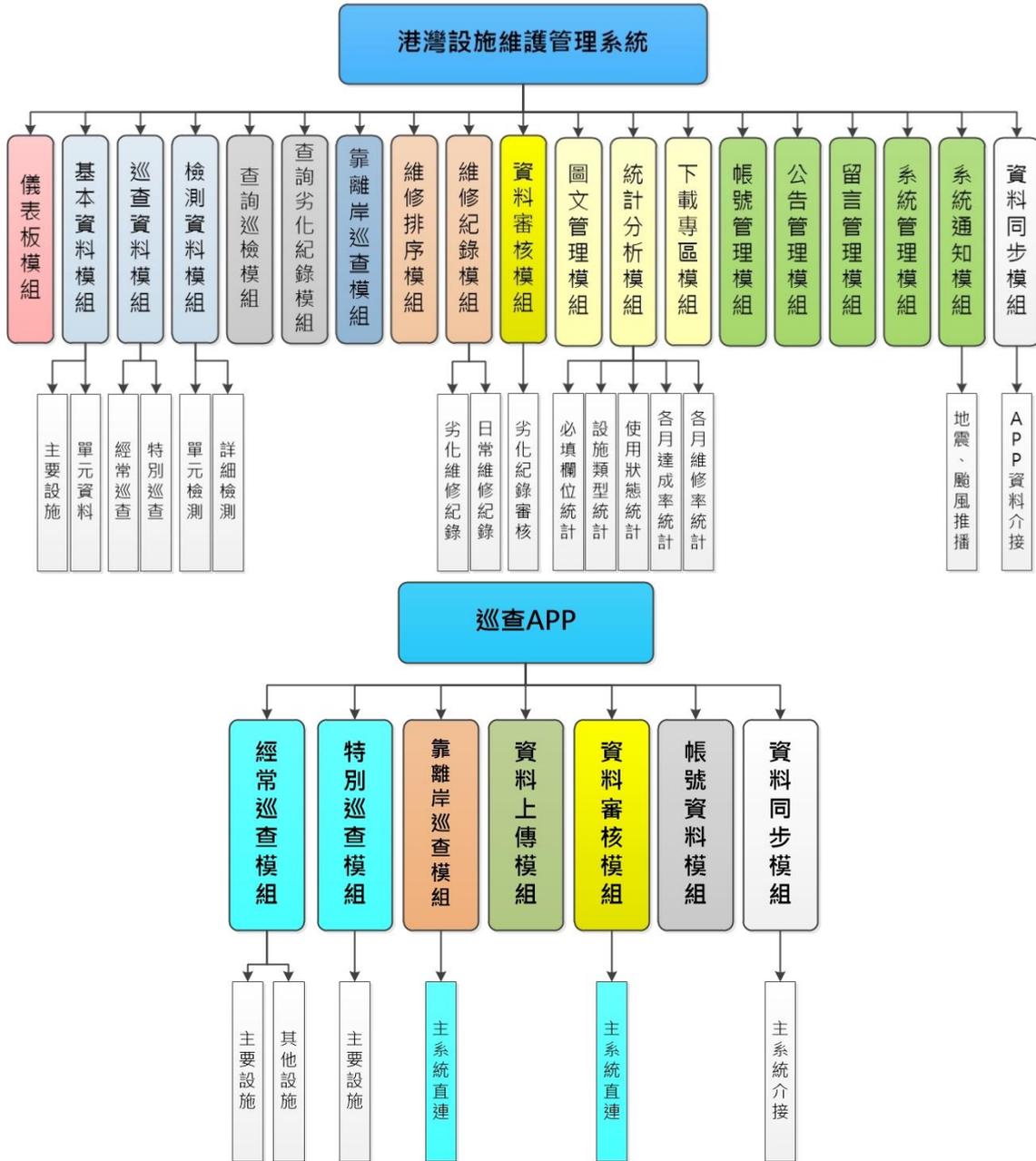


圖 2.6 管理系統與 APP 功能模組

1.基本資料模組

提供各港港灣設施數量、港灣照片、港灣簡介與港灣設施資料列表等資訊，如圖 2.7 所示，若要檢視設施的單元資料則可下拉選擇要檢視的設施後，點擊檢視即可檢視設施基本資料。

碼頭設施	防波堤、海堤、護岸	排水渠道	道路設施
58	23	2	32
001號碼頭	15號碼頭外圍護岸	東堤橋34-47號橋墩後排水渠道	115至117號橋墩後堤岸
高壓變電站	橋樑設施	防塵地	船廠設施
24	5	3	15

圖 2.7 港灣設施基本資料

2.巡查及檢測資料模組

(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，巡查基本資料提供巡查時間、巡查天候、巡查者與巡查意見，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，先選擇要巡查的設施（圖 2.8），再填寫設施巡查基本紀錄後，接續填列巡查表（圖 2.9），設施若有劣化情形，應建立該筆劣化紀錄並上傳劣化照片於「港灣設施維護管理系統」，並在「狀況描述」欄位中敘明可量化之敘述，目前以行動應用程式提供電子化表單供巡查應用（圖 2.10）。另外，可針對該筆巡查紀錄附加相關的照片及檔案。

新增經常巡查類型

我的設施	所有設施
碼頭	浮動碼頭
防波堤、海堤、護岸	
道路	變電站
橋梁	旅客橋
助航	排水渠道
其他港區公共基礎	
圍牆及停車場、公共藝術	
隧道-道路	隧道-電力設備
其他設施	說明

圖 2.8 設施選擇表

場面					
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. 堤面下陷、塌陷、坑洞	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	2. 堤岸變位外移	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	3. 鋼筋外露	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	4. 堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	0	添加	1
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	5. 堤面接縫開口、傾差或錯位	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	6. 船舶撞擊痕跡	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	7. 胸牆裂紋、缺損、接縫開裂	0	添加	1

堤前消波塊					
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. 消波塊流失	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	2. 消波塊塌陷	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	3. 消波塊排列變位或散亂	0	添加	
<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	4. 消波塊體破損	0	添加	

填寫完成，最後填寫巡查意見

圖 2.9 經常巡查表

編輯經常巡查 - 新增劣化紀錄

高雄港 - 二港口北防波堤

劣化單元

構件編碼

*構件或項目

*劣化類型

狀況描述

位置

範圍

前已通報 是 (勾選則不需進行審核)

詳細診斷 是 (建議此劣化需再詳細診斷)

無法檢視 是

無此構件 是

備註

圖 2.10 劣化紀錄

(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）。

*定檢日期 *天氣

*檢測單位

*檢測人員 主管或會同人員

*檢測結果

檢測異常見

檢測紀錄表
暫無資料

劣化紀錄表

狀態	單元	構件類型	類型	狀況描述	劣化狀況	位置	範圍	權責範圍	照片	操作	維修
定檢劣化紀錄 (狀態紀錄)	無	設施整體	I類	小規模錯位	2	北防波堤C5_0K+25	北防波堤(C5)	防波堤及護岸	<input type="button" value="照片"/>	<input type="button" value="檢視"/>	
定檢劣化紀錄 (狀態紀錄)	無	設施整體	I類	小規模錯位	2	北防波堤C5_0K+50	北防波堤(C5)	防波堤及護岸	<input type="button" value="照片"/>	<input type="button" value="檢視"/>	
定檢劣化紀錄 (狀態紀錄)	無	上部工	II類	小規模缺損	3	北防波堤C5_0K+461	北防波堤C5	防波堤及護岸	<input type="button" value="照片"/>	<input type="button" value="檢視"/>	

劣化等級統計

D=1	D=2	D=3	D=4
0	2	1	0

劣化評估

D

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），因特別巡查較常使用於天然災害等狀況發生後執行，故在特別巡查基本紀錄表上，需另外記錄檢測事由與事件發生日期，與事件名稱等相關資訊。

巡查日期: 2024-11-14
巡查事由: 地震 事件名稱: 0403地震26A倉庫巡查

特別巡查表A [帶已記錄] 說明 + 無劣化巡查照片 / 巡查照片數: 0

標題	否/是	前已記錄	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. 堤面下陷、塌陷、坑洞	0	添加	
	<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	2. 堤線變位外移	0	添加	
	<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	3. 堤筋外露	0	添加	
	<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	4. 堤面部混凝土龜裂、損傷、剝離	0	添加	
	<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	5. 堤面防沖牆開口、偏移或錯位	0	添加	
	<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	6. 船舶撞擊痕跡	0	添加	
	<input checked="" type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 是	<input type="checkbox"/>	7. 胸牆裂紋、缺損、接縫開裂	0	添加	

拍照完成, 最後填妥巡查表

圖 2.12 特別巡查表

(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. 查詢

動作	類型	名稱	編號	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	<input type="button" value="檢視"/> <input type="button" value="新增"/>
新增詳細檢測	碼頭	登一碼頭	LandingCraft1	正常使用		年/月	<input type="button" value="檢視"/> <input type="button" value="新增"/>
新增詳細檢測	碼頭	登二碼頭	LandingCraft2	正常使用		年/月	<input type="button" value="檢視"/> <input type="button" value="新增"/>
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	<input type="button" value="檢視"/> <input type="button" value="新增"/>
新增詳細檢測	碼頭	一號碼頭	1	正常使用	鋼板樁	年/月	<input type="button" value="檢視"/> <input type="button" value="新增"/>
新增詳細檢測	碼頭	二號碼頭	2	正常使用	重力式	年/月	<input type="button" value="檢視"/> <input type="button" value="新增"/>

圖 2.13 新增詳細檢測

檢測日期	<input type="text"/>
檢測單位	<input type="text"/>
檢測人員	<input type="text"/>
檔案名稱	<input type="text"/>
備註說明	<input type="text"/>
檔案上傳	<input type="button" value="選擇檔案"/> 未選擇任何檔案
	<input type="button" value="確定新增"/>

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建立之劣化資料，記錄是否完成維修使用。建立維修紀錄時，依照維修項目，填寫相關劣化紀錄（圖 2.15），並逐一上傳維修後照片（圖 2.16），同時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。除既有劣化紀錄維修外，另提供日常維修紀錄功能，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項目，各自分開記錄使用。

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 E1號碼頭 S1號碼頭
 S2號碼頭 S3號碼頭

防波堤 / 全選
 北防波堤

浮動碼頭 / 全選
 福康碼頭區1號浮動碼頭 福康碼頭區2號浮動碼頭

合約資料

合約編號 承辦人員

合約名稱

廠商名稱

負責人 聯絡人

廠商所在縣市

廠商地址

廠商電話 傳真電話

*維修工法

維修數量 單位

*維修金額

圖 2.15 新增日常維修紀錄

日常維修紀錄 - 維修照片

維修紀錄 維修照片 維修檔案

日期 照片說明 檔案 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

此模組提供搜尋需維修與已維修設施兩項功能，需維修設施搜尋功能（圖 2.17），主要針對劣化狀況 2 以上的劣化紀錄來進行搜尋排序，搜尋結果可提供維修相關人員進行維修發包排序之參考依據。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，查詢已建立之維修紀錄。

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 (狀態記錄)			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 (狀態記錄)			碼頭	26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 (狀態記錄)			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 (狀態記錄)			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 (狀態記錄)			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 (狀態記錄)			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 (狀態記錄)			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 (狀態記錄)			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 (狀態記錄)			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，進而搜尋目前記錄於系統中的各項紀錄，如劣化紀錄、巡查紀錄等等，從所查詢的結果可以快速檢視資料的內容。統計分析部分，系統提供了必填欄位（圖 2.18）、設施類型、使用狀態等各項統計功能，使用者可以利用統計分析的功能點選比較目前各項資料狀況，另也提供了各項巡查週期的統計功能並於登入首頁呈現，具有檢視巡查週期的人員可以於登入系統首頁上，立即查詢到目前尚未巡查的各設施狀況，進而安排巡查作業。

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
總設施數: 178 總必填欄位: 2838 總已填欄位: 2227 填寫率: 78.5%									
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庫	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)
	<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)
	<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（圖 2.20）。

新增圖文資料

文件日期

名稱

圖號

統一代碼

類型

版本

位置

圖文性質 文件資料 設計資料 竣工資料 施工資料 招標資料 月報資料

設施編碼圖 工程圖資 標準圖 断面圖 標準断面圖 平面圖

剖面圖 立面圖 剖面圖 詳繪圖 示意圖 配置圖

路權圖 洪度圖 其他

備註說明

檔案上傳 未選擇任何檔案

圖 2.20 新增圖文資料

8.下載專區模組

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

9.帳號管理模組

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

10.公告管理模組

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

11.留言管理模組

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

12.系統管理模組

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

13.系統通知模組

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

14.資料同步模組

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

第三章 防波堤設施巡查檢測

本計畫是以本所研訂之港灣設施維護管理手冊，依檢測項目對設施性能、安全性影響及重要性之劃分，針對常見各型式防波堤之檢測項目及劣化判斷標準說明。同時彙整港區各型式防波堤的巡檢的項目，蒐集防波堤的劣化缺失項目並探討與分析常見的碼頭劣化項目。

3.1 防波堤設施之巡查

依臺灣港務公司「各項設施之巡查、檢測及維護權責作業要點」^[4]及依臺灣港務公司委託本所修訂之「港灣設施維護管理手冊」，巡查項目針對各港管轄港防波堤設施。

港灣設施巡查的方式是以直接目視為主，目前以行動應用程式提供電子化表單供巡查應用。巡查人員可先至現場利用巡查 APP 選擇相關巡查的項目，由系統產出的巡查表單(以防波堤堤面巡查項目為例)，詳如圖 3.1 所示。若設施發現有劣化樣態，則依系統產出的表單，建立該筆劣化紀錄，如圖 3.2 所示。

The screenshot shows a mobile application interface for a dike inspection checklist. The screen is titled "巡查表 A" (Inspection Form A) and has a "堤面" (Dike Face) section. It lists six items to be checked, each with a "否" (No) or "是" (Yes) toggle, a "前已紀錄" (Previously Recorded) checkbox, and a "添加劣化" (Add Defect) button. The items are:

- 1. 堤面下陷、塌陷、坑洞 (Dike face subsidence, collapse, pits)
- 2. 堤線變位外移 (Dike line displacement)
- 3. 鋼筋外露 (Reinforcement exposed)
- 4. 堤面混凝土龜裂、損傷、剝離 (Dike face concrete cracking, damage, delamination)
- 5. 堤面接縫開口、偏差或錯位 (Dike joint opening, deviation, misalignment)
- 6. 船舶撞擊痕跡 (Ship impact marks)

At the bottom of the screen, there are two buttons: "巡查照片 (0)" (Add Photos (0)) and "總劣化數 (0)" (Total Defects (0)). A green bar at the very bottom says "填寫完成，最後填寫巡查意見" (Finish and write inspection comments).

圖 3.1 防波堤設施經常巡查表(以防波堤堤面巡查項目為例)

14:20 98%

返回 劣化記錄 展開地圖

拍照
相簿
錄影

構件編碼

構件名稱*

劣化類型* [查看](#)

狀況描述

位置

範圍

無法檢視 無此構件

前已通報 是 (勾選則不需進行審核)

詳細診斷 是 (建議需再詳細診斷)

圖 3.2 巡查劣化紀錄

防波堤設施巡查項目，包括法線堤面、堤前消波塊、堤後背填保護、堤後土地等，相關設施之詳細巡查項目及初判分類，整理如表 3-1。

表 3-1 防波堤設施巡查表單

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

3.2 防波堤設施檢測構件劣化度判定標準^[3]

本節以防波堤設施（沉箱式合成堤為例）之檢測診斷構件劣化度的判定標準進行說明。沉箱式合成堤可分為堤體、堤面、基礎、海床、護面工及消波塊，如圖 3.3 所示。沉箱式合成堤的檢測診斷中，就防波堤的位移、下陷、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。其檢測診斷項目標準分類整理如表 2-5，檢測構件劣化度判定標準如表 2-7。

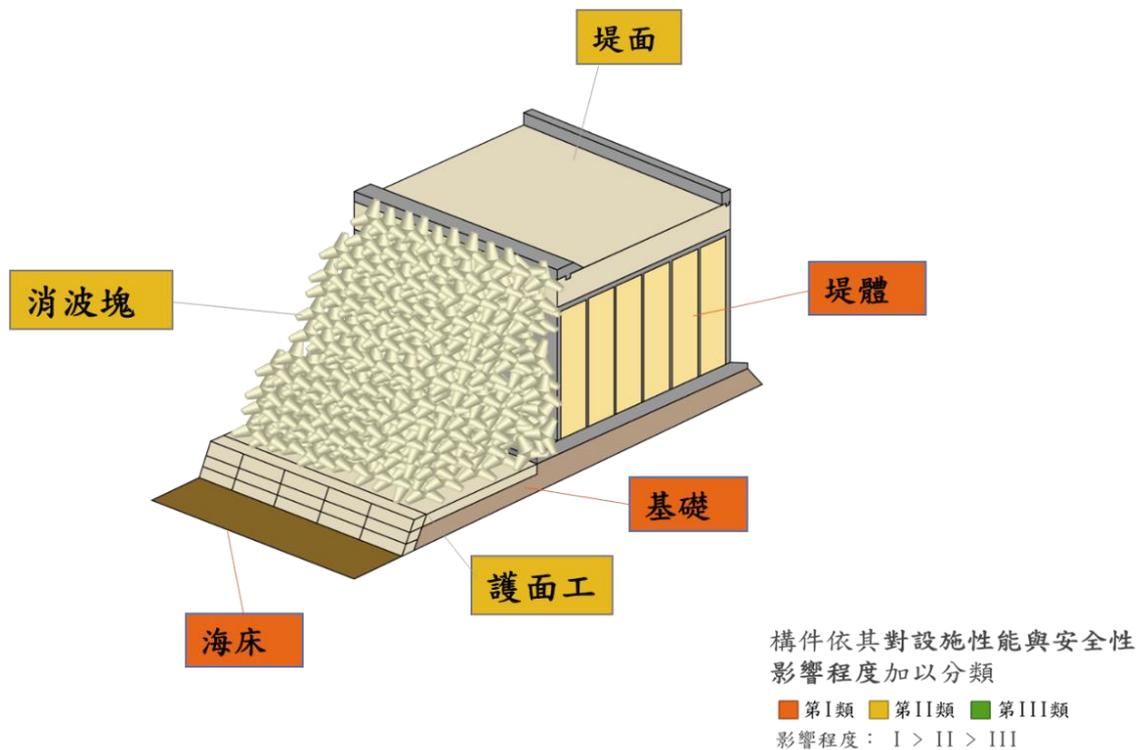


圖 3.3 沉箱式防波堤檢測構件

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、及堤面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，須注意會有造成沉箱滑動、傾覆等損傷風險，其劣化度判定標準如表 3-2 所示。

表 3-2 沉箱式合成堤位移、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	<input type="checkbox"/> 沉箱的一部分偏離拋石基礎
				3	<input type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有側壁厚程度（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

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，需注意若沉箱外牆有破洞，恐怕會有內填料的流出，其劣化度判定標準如表 3-3 所示。

表 3-3 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	<input type="checkbox"/> 有使內填料流出的破洞、裂紋、缺損 <input type="checkbox"/> 大範圍的鋼筋露出
					3	<input type="checkbox"/> 多個方向有 3mm 程度的裂紋
					2	<input type="checkbox"/> 在一方向有 3mm 程度的裂紋 <input type="checkbox"/> 局部有鋼筋露出。
					1	<input type="checkbox"/> 沒有變化

針對沉箱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，需注意由於沉箱外壁的破洞而發生內填料流出的情況。其劣化度判定標準如表 3-4 所示。

表 3-4 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	<input type="checkbox"/> 有使內填料流出的破洞，裂紋缺損 <input type="checkbox"/> 有大範圍鋼筋露出
					3	<input type="checkbox"/> 多方向有幅度 3mm 程度的裂紋
					2	<input type="checkbox"/> 1 方向有幅度 3mm 程度的裂紋 <input type="checkbox"/> 局部有鋼筋露出
					1	<input type="checkbox"/> 沒有變化

3.堤面

根據陸上及海上目視的狀況，以掌握堤面混凝土的劣化、損傷等的變化為準。堤面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。堤面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，其劣化度判定標準如表 3-5 所示。

表 3-5 防波堤堤面劣化度判定標準

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	
沉箱合成式防波堤	II類	堤面	混凝土的劣化、損傷	目視 裂紋、損傷，缺損 劣化的預兆等	4	<input type="checkbox"/> 有影響防波堤性能的損傷
					3	<input type="checkbox"/> 有幅度1cm以上的裂紋 <input type="checkbox"/> 有小規模的缺損
					2	<input type="checkbox"/> 幅度小於1cm的裂紋
					1	<input type="checkbox"/> 沒有變化

4.消波塊

消波塊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。由於消波塊的不連續部和下陷，消波塊斷面減少之處，因降低消波能力，沉箱容易發生變化，需特別注意，其劣化度的判定標準如表 3-6。

表 3-6 消波塊劣化度判定標準

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		
沉箱式合成堤	II類	消波塊	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	<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"/> 在檢測單位長度內，消波工斷面消波塊在減少。 (消波塊減少小於1層)	
					2	<input type="checkbox"/> 消波塊部分移動、散亂、下陷	
					1	<input type="checkbox"/> 沒有變化	
				損傷，斷裂	缺損塊的個數	4	<input type="checkbox"/> 四分之一以上的消波塊有缺損
						3	<input type="checkbox"/> 在4和2之間變化
						2	<input type="checkbox"/> 有很多消波塊缺損及部分變化
						1	<input type="checkbox"/> 沒有變化

在水下消波塊、護面塊及護基塊的檢測診斷，可根據水中的目視以掌握移動、散亂、下陷等的變化為準。由於波浪使消波塊、護面塊及護基塊等發生移動、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。由於消波塊的移動、散亂、下陷，使消波塊斷面縮小致波力增大，結果容易發生沉箱的變化。表 3-7 為檢測消波塊，護面塊、及護基塊等潛水調查劣化度判定標準。

表 3-7 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	
沉箱式 合成堤	II類	護面塊	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
		護基塊	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
		消波塊	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 波塊斷面消波塊減少 1層以上。
					3	<input type="checkbox"/> 在檢測單位長內，消波 塊斷面在減少中。
					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.海床

海床的檢測診斷係以掌握沖刷、土砂的淤積等變化為準。海床的沖刷、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，其劣化度判定標準如表 3-8 所示。

表 3-8 海床劣化度判定標準

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	海床	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"/> 沖刷防止襯墊遺失或褶皺。
					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

資料來源：「港灣設施維護管理手冊」^[3]

3.3 防波堤設施劣化缺失項目

本項目主要從港灣設施維護管理系統^[5]中的經常巡查作業中，蒐集各港區防波堤設施經常及特別巡查設施的劣化項目，並探討各劣化項目之類型比較，以深入了解防波堤常見的劣化項目。

3.3.1 防波堤設施經常巡查劣化缺失項目

防波堤設施經常巡查項目包含包括法線堤面、堤前消波塊、堤後背填保護、堤後土地等等項目。有關劣化項目，蒐集了各港(港務公司所轄港區防波堤)在 112 年 1 月~113 年 10 月的經常巡查的劣化項目。

1. 防波堤法線堤面

在防波堤法線堤面巡查結果共有 134 筆劣化項目，如表 3-9 所示，以堤面混凝土龜裂、損傷、剝離劣化項目較多有 43 筆，其次是堤面下陷、塌陷、坑洞 27 筆與堤線變位外移 25 筆。劣化相片如圖 3.4 所示。

表 3-9 防波堤法線堤面巡查結果

No.	劣化項目	筆數
1	堤面下陷、塌陷、坑洞	27
2	堤線變位外移	25
3	鋼筋外露	15
4	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	43
5	堤面接縫開口、偏差或錯位	6
6	船舶撞擊痕跡	0
7	胸牆裂紋、缺損、接縫開裂	18

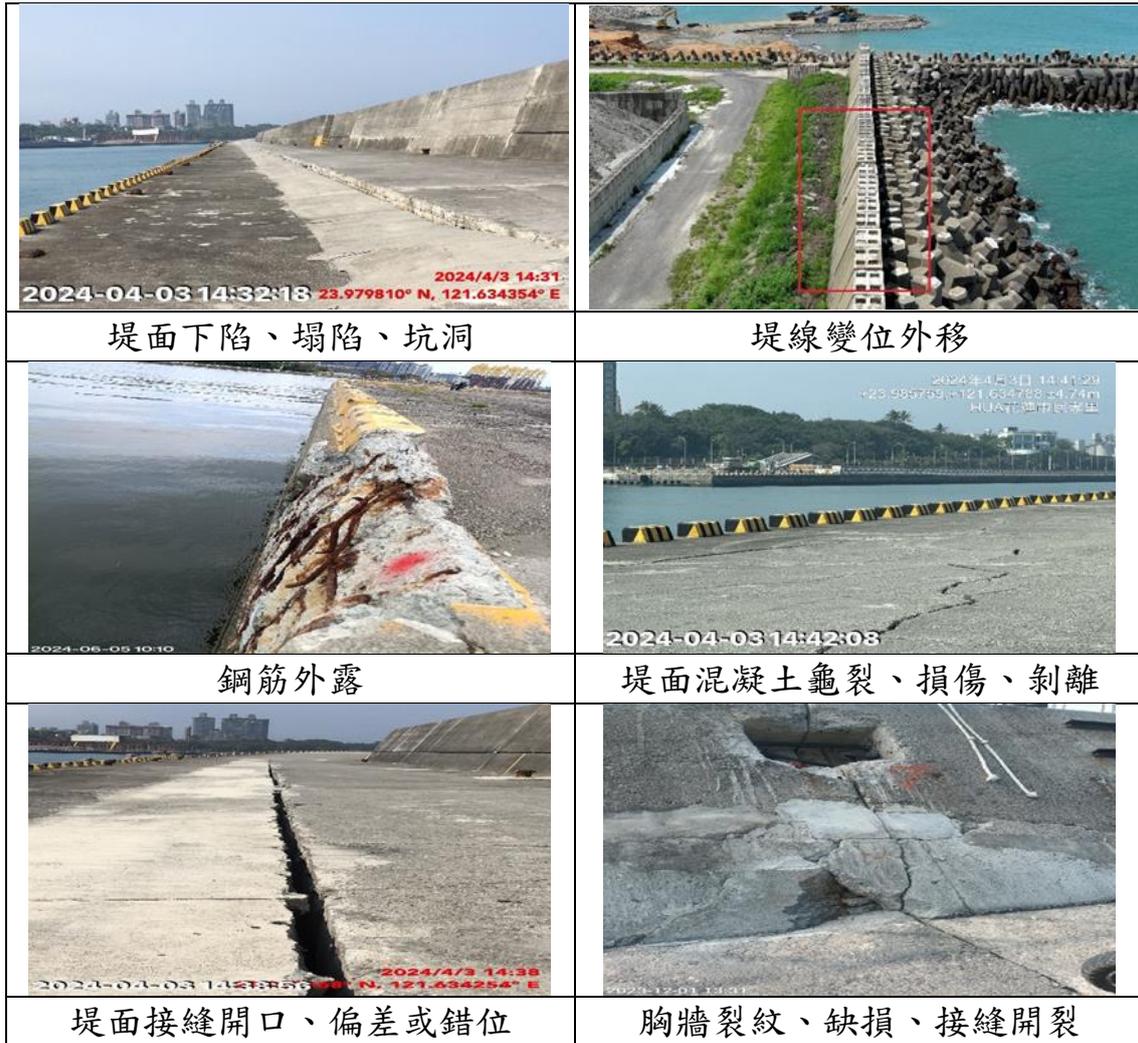


圖 3.4 防波堤法線堤面構件劣化照片

2. 堤前消波塊

在堤前消波塊巡查結果共有 10 筆劣化項目，如表 3-10 所示，以消波塊流失劣化項目較多有 7 筆，其次是消波塊排列變位或散亂 2 筆。劣化相片如圖 3.5 所示。

表 3-10 堤前消波塊巡查結果

No.	劣化項目	筆數
1	消波塊流失	7
2	消波塊塌陷	0
3	消波塊排列變位或散亂	2
4	消波塊體破損	1



圖 3.5 堤前消波塊構件劣化照片

3.堤後土地

在堤後土地巡查結果共發現有 10 筆劣化項目，如表 3-11 所示，以地面破洞或土砂流失 8 筆最多，其次是地面下陷 2 筆，劣化相片如圖 3.6 所示。

表 3-11 堤後土地巡查結果

No.	劣化項目	筆數
1	地面下陷	2
2	地面破洞或土砂流失	8
3	土壤液化導致地下土砂 冒出	0



圖 3.6 堤後土地劣化照片

3.3.2 防波堤設施特別巡查劣化缺失項目

當有天然事件發生後與有災害或意外災損事故通報發生，管理單位除有特殊原因外，將立即執行特別巡查，特別巡查主要以岸上目視為主，並填寫特別巡查表，選擇巡檢構件類型與劣化情形進行登錄，描述狀況與上傳照片等。

截至本年度 11 月底止，各港防波堤設施特別巡查之事件項目資料共計 32 筆，其地震之後之特別巡查劣化項目共有 5 筆，劣化相片如圖 3.7 所示。颱風過後之特別巡查劣化項目共有 15 筆，並增加在 11 月康芮颱風造成花蓮港防波堤的劣化項目 6 筆，劣化相片如圖 3.8 所示。船舶碰撞之特別巡查劣化項目共有 6 筆，劣化相片如圖 3.9 所示。

	
<p>堤面下陷、塌陷、坑洞</p>	<p>胸牆裂紋、缺損、接縫開裂</p>
	
<p>堤面下陷、塌陷、坑洞</p>	<p>堤面混凝土龜裂、損傷、剝離</p>

圖 3.7 地震過後構件項目劣化照片

	
<p>堤面混凝土龜裂、損傷、剝離</p>	<p>堤面下陷、塌陷、坑洞</p>
	
<p>堤面混凝土龜裂、損傷、剝離</p>	<p>消波塊體破損</p>

圖 3.8 颱風過後構件項目劣化照片

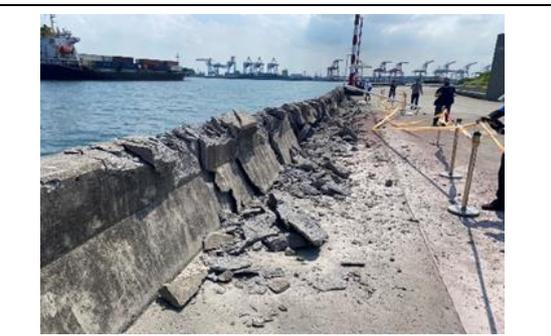
	
<p>船舶撞擊痕跡</p>	<p>堤面混凝土龜裂、損傷、剝離</p>
	
<p>堤面混凝土龜裂、損傷、剝離</p>	<p>堤面混凝土龜裂、損傷、剝離</p>

圖 3.9 船隻撞損劣化照片

3.4 防波堤設施巡查檢測作業之探討

依「港灣設施維護管理手冊」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、堤面、消波塊、水面下消波塊、護面塊及護基塊與海床，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。

3.4.1 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。

在水下消波塊、護面塊及護基塊的檢測診斷，可根據水中的目視以掌握移動、散亂、下陷等的變化為準。由於波浪使消波塊、護面塊及護基塊等發生移動、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。由於消波塊的移動、散亂、下陷，使消波塊斷面縮小致波力增大，結果容易發生沉箱的變化。圖 3.10 為消波塊水中的檢測狀況，圖 3.11 則為護面塊及護基塊的檢測狀況。在海床的檢測診斷係以掌握沖刷、土砂的淤積等變化為準。海床的沖刷、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 3.12 為海床檢測狀況。

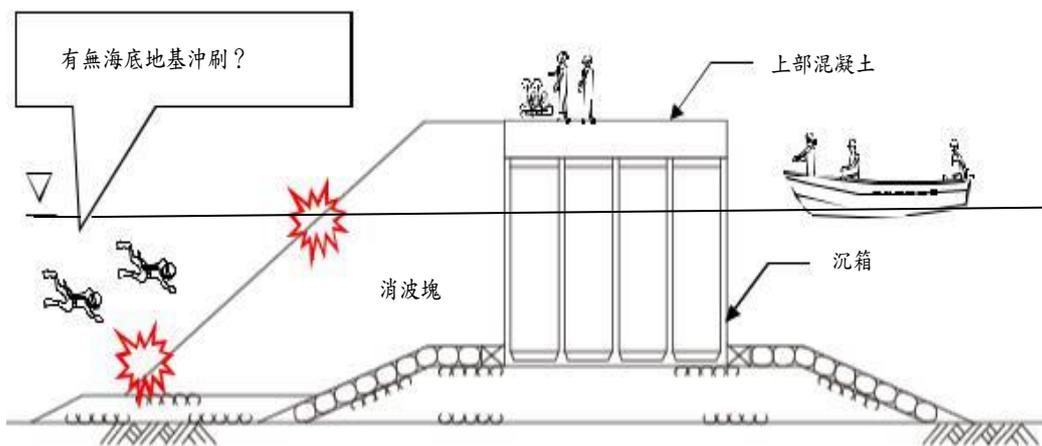


圖 3.10 消波塊水中檢測狀況

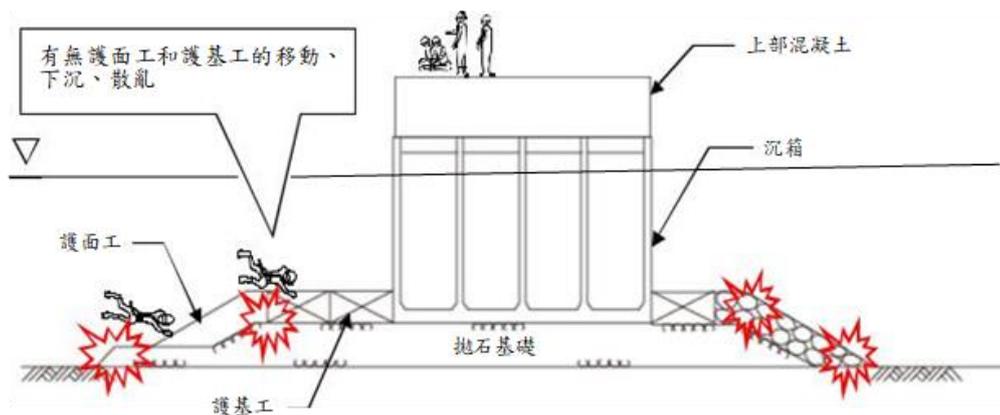


圖 3.11 護面塊及護基塊檢測狀況

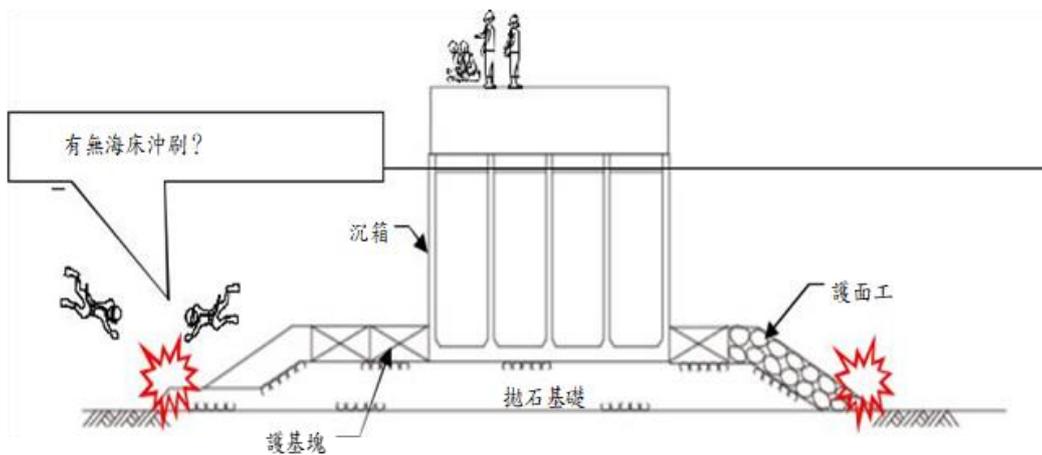


圖 3.12 海床檢測狀況

在有關水面下之消波塊、護基塊、護面塊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側掃聲納)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側掃聲納測深資料來進行劣化判定。

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 3.13 為用多音束檢測的防波堤地形成果。

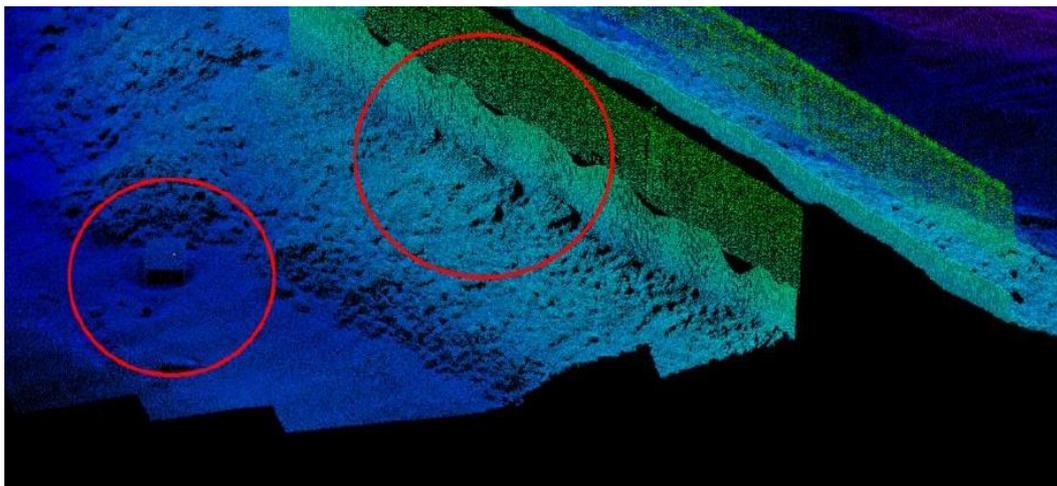


圖 3.13 多音束研判分析成果圖^[5]

在有關護面塊劣化度的判定標準，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。而在護基塊劣化度的判定標準，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。

3.4.2 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，圖 3.14 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，需注意由於沉箱外壁的破洞而發生內填料流出的情況。

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，其縫隙可用延長桿架設攝影機方式辦理，如圖 3.15。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。

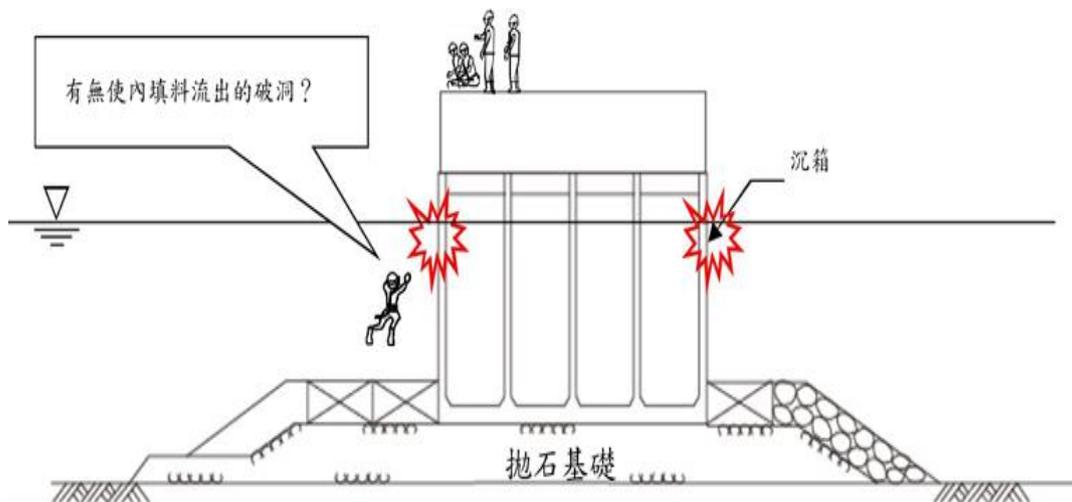


圖 3.14 沉箱潛水檢查狀況

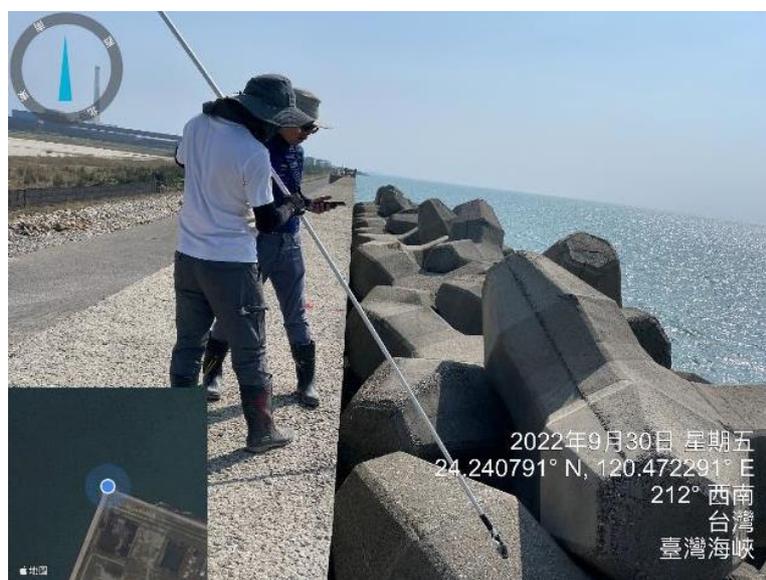


圖 3.15 延長桿目視巡檢情形

第四章 新興科技應用於防波堤設施巡檢作業

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

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

新興科技在防波堤設施巡查檢測中的應用，主要可分為現地巡查系統技術、水下檢測技術以及海上與陸地檢測技術。以下將分別說明各項技術的應用。

4.1 現地巡查系統技術^[5]

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

1. 行動應用程式 APP 模組

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

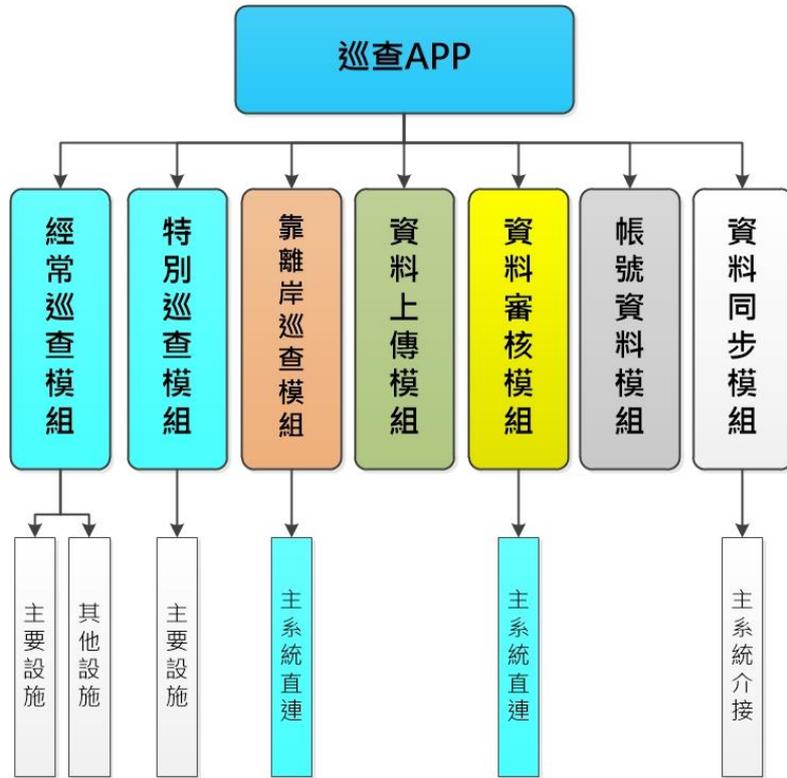


圖 4.1 APP 功能模組架構圖

2.行動應用程式基本功能

(1)支援雙平台

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

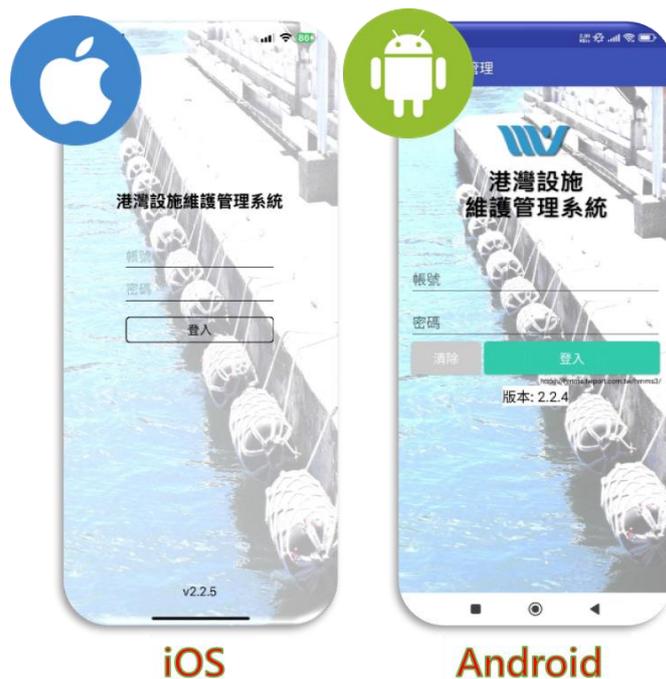


圖 4.2 APP 平台介面

(2)APP 登入主頁面功能選單

登入 APP 的主頁面，可看到功能選單，進行現地巡查時先選擇巡查的防波堤，再來依檢測的類型點擊相關功能。



圖 4.3 登入主頁面功能選單

(3)APP 經常巡查的現地巡查作業

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

(a)即時數據紀錄：

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

(b)GPS 定位功能：

行動裝置內建的 GPS 功能可用於準確記錄每一筆巡查的座標。這使得每一處構件劣化異常都能夠被確切地標記在地圖上，為後續處理提供了明確的位置參考。

(c)地圖即時顯示：

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

(d)圖像附件：

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

(e)數據分析和報告：

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

(f)離線模式：

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

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



圖 4.4 APP 經常巡查現地巡查作業流程

3.地震與颱風後之特別巡查

本系統 APP 結合本中心開發的地震速報系統，當地震事件發生大於四級以上時，系統會自動推播已安裝 APP 的相關巡查人員，請盡速執行特別巡查作業，並填報特別巡查表單，推播訊息如圖 4.5 所示，現地特別巡查作業流程與經常巡查相同，不同處為需要填寫災害事件，如圖 4.6 所示。



圖 4.5 特別巡查 APP 推播訊息



圖 4.6 特別巡查現地巡查作業流程

4.2 水下檢測技術

4.2.1 水下無人載具

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

水下無人載具 (Unmanned Underwater Vehicles, UUV) 可分為自主水下載具 (Autonomous Underwater Vehicles, AUV) 與水下遙控載具 (Remotely Operated Vehicle, ROV)。ROV 一般翻譯為遠距遙控操作無人機，機體與遙控器以電纜連接來進行遙控操縱的無人機，通常是指用於水中，所以又稱為水中遙控載具。所取得的資料能即時確認，機體本身遺失的可能性很低。ROV 可擴充性高並具備酬載能力，除原攝影機外可加裝聲納、輔助調查用感測器或簡易機械手臂等，並具有較大的推進能力可於一定流速下的水下環境工作。AUV 一般稱為自主式無人機或自主式水下載具。為可在水中活動的機器人，機體能自主航行、自主控制的無人機。可做高速廣範圍的觀測。機體遺失可能性比 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。目前業界在港灣設施檢測作業中，使用較多的水下載具為 ROV。以下就現有的水下無人載具巡查應用案例說明。

1. 使用自主型水下無人機 AUV 的外廓設施 (防波堤・海堤)^[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，以無人方式進行水下調查。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)海氣象條件: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 4.7 所示。

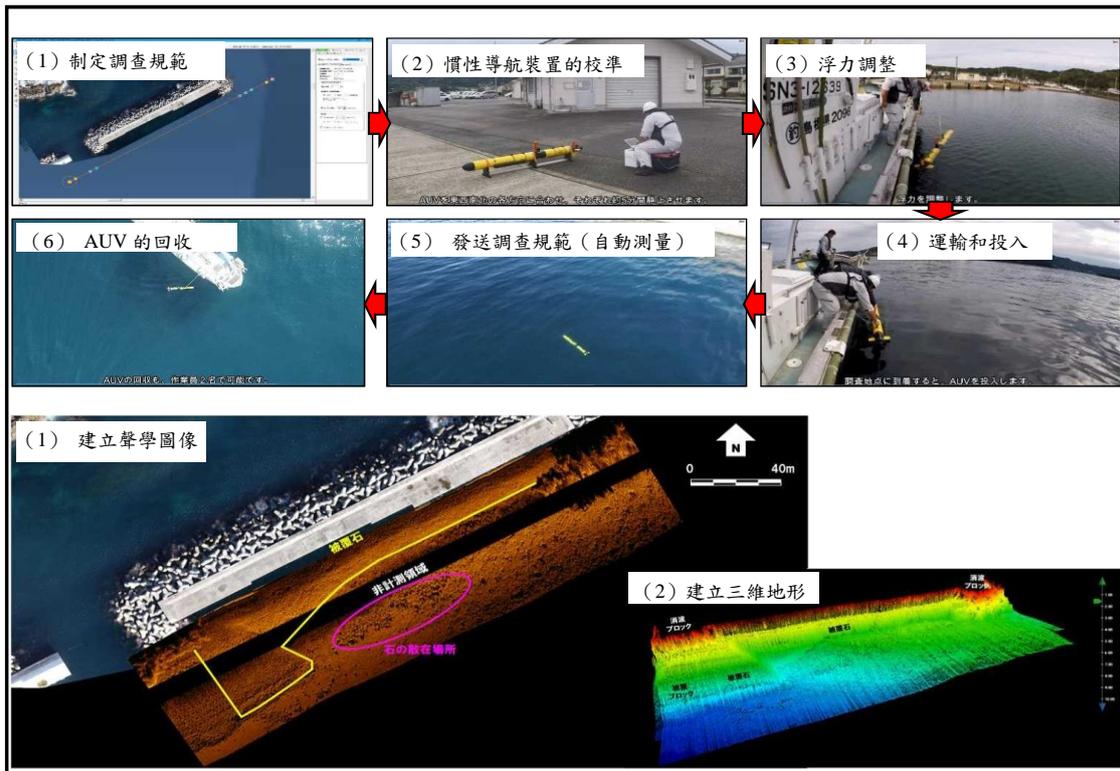


圖 4.7 AUV 外廓設施檢測^[6]

2. 港務公司 ROV 進行水下結構物壁體檢測^[7]

港務公司執行「碼頭水下無人載具檢測工作委託技術服務」，擇定 3 座港灣設施進行 ROV 結構物壁體之巡檢測試。主要工作是在水面下使用水下遙控載具，針對設施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 4.8 所示，檢測成果如圖 4.9~圖 4.10。其檢測方法也可應用於防波堤設施水下堤體之檢測。建議可利用 ROV 攜帶聲納系統輔助水中廣角攝影機，協助操作人員進行防波堤檢測作業，有效降低因水中能見度不佳造成的影響。

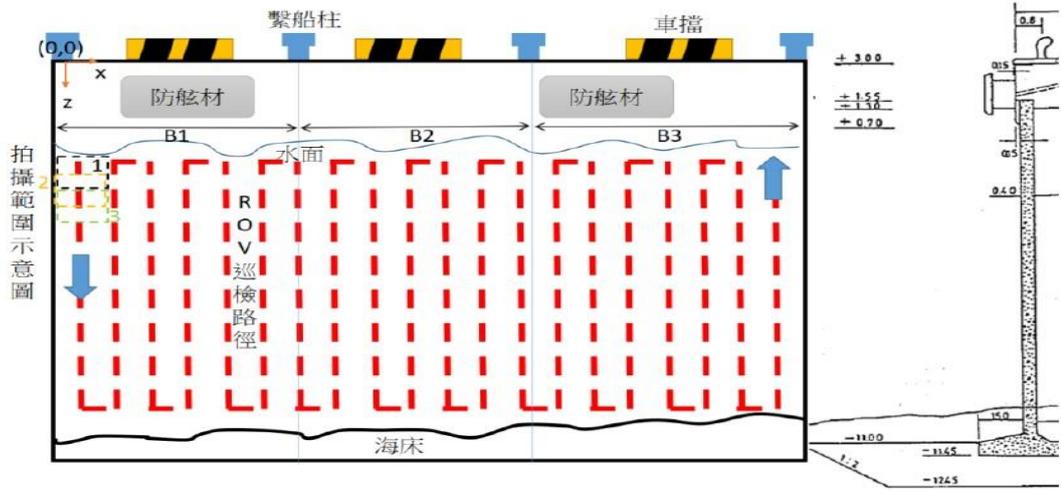


圖 4.8 ROV 巡檢路徑^[7]

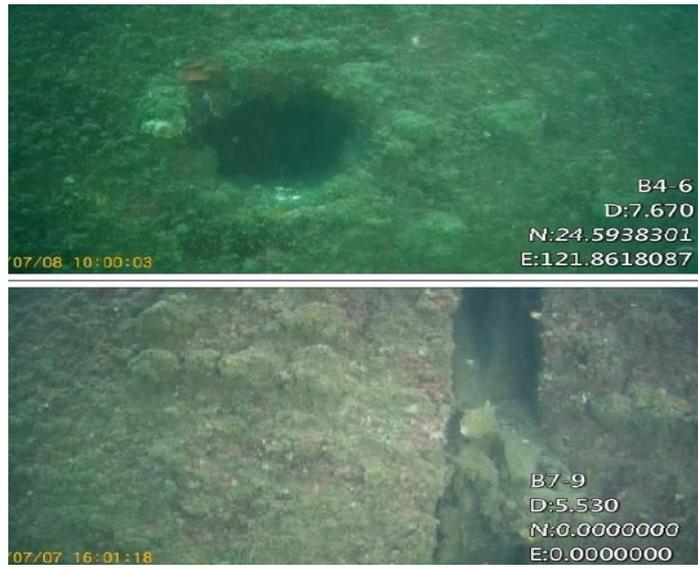


圖 4.9 港灣設施壁體檢測成果^[7]

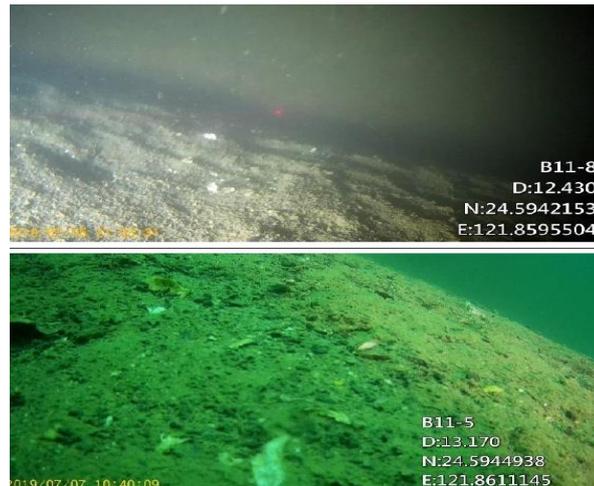


圖 4.10 海床檢測成果^[7]

4.2.2 多音束測深儀應用於防波堤水下定期檢測

防波堤水下調查項目，主要採用潛水員檢查，防波堤總長度較長，全段派潛水員檢測費用高，因此，可採用多音束測深儀或側掃聲納測深資料判斷。在護面塊，護基塊，消波塊，也是主要看是否有移動、散亂、下陷。在水下檢測很不容易，海水混濁，波浪很大，在執行上有很大困難，建議可用多音束來做地形測量，若發現有移動散亂及下陷等沖刷情形之疑慮，才由潛水人員確認。

水深測量主要是以測深儀測深，搭配 GNSS 衛星定位系統定位(採 RTK 定位方式並接收原始觀測資料作後解算代換坐標)，並配合周邊設備如湧浪補償儀或運動姿態感測器、水中聲速剖面儀、潮位儀、電羅經等儀器施測，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 4.11~圖 4.13 為用多音束檢測的防波堤地形成果，並配合表 3-8 消波塊、護面塊及護基塊等潛水調查劣化度判定標準，進行劣化之判釋。



圖 4.11 護基塊護面塊散亂、下陷^[5]

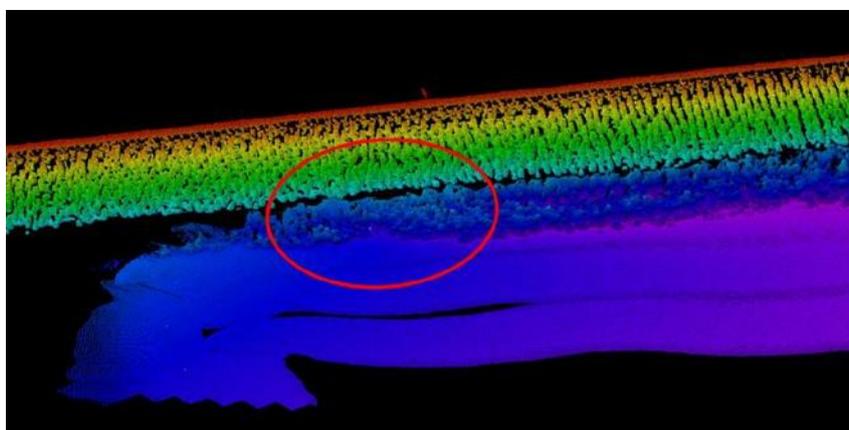


圖 4.12 海底消波塊減少^[5]

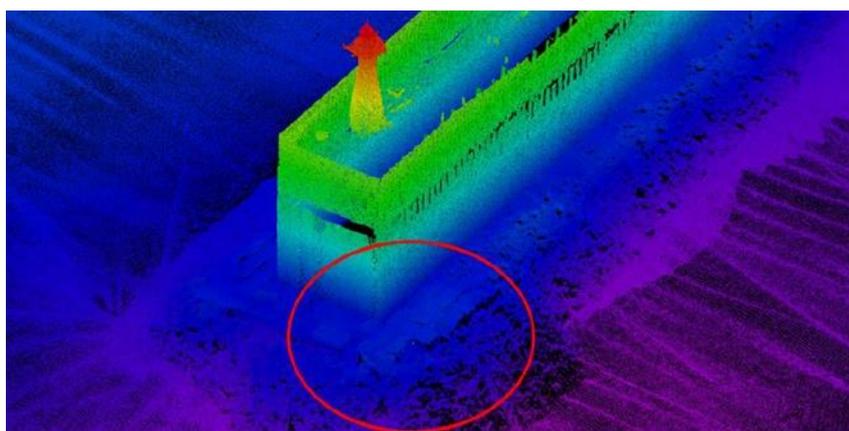


圖 4.13 護基塊、護面塊散亂及缺少^[5]

4.2.3 水下 3D 掃描掌握水下結構形狀的系統^{16]}

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

水下 3D 掃描儀（以下簡稱 3DSC）是一種聲波設備，用於以高精度和高密度的點雲數據測量水下結構和水底形狀。通常情況下，它在水底靜置狀態下進行測量。將其與動搖感應器結合，安裝在調查船上，實現了在航行過程中進行測量的技術。通過這項技術，能夠在船舶航行時高精度地把握水下基礎設施的形狀，從而極大地提高了安全性、效率和經濟性。由於 3DSC 體積輕小，只需 3 名調查員、一輛貨車和一艘作業船即可運營（無需重型設備），並且可以在混濁的水中以及流速達 2 米/秒的情況下進行操作，這是潛水員難以應對的情況。由於比多音束的頻率還高，所以點雲密度很高，可量測複雜的形狀與 10cm 左右的變異。因此它能夠高效測量可檢測沉箱開裂、覆蓋層或護基工的脫落、消波塊的下陷與損壞。其作業示意圖如圖 4.14 所示，並配合表 3-8 消波塊、護面塊及護基塊等潛水調查劣化度判定標準，進行構件劣化之判釋。

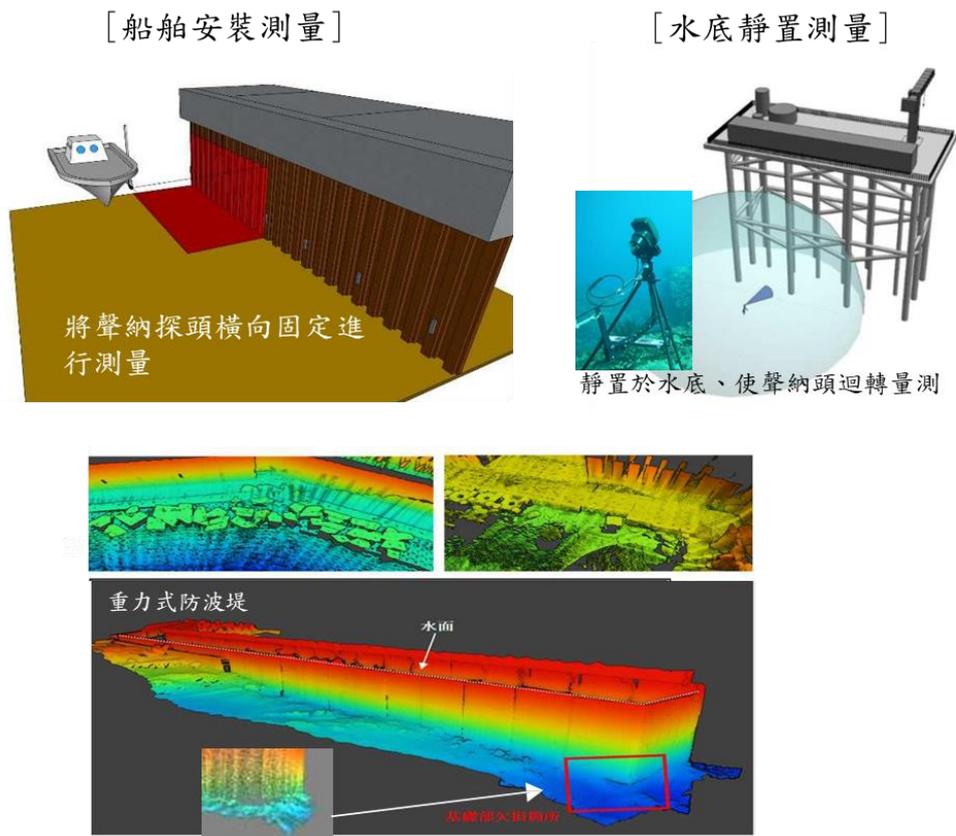


圖 4.14 3D 掃描作業示意圖^[6]

4.3 海上陸地檢測技術

4.3.1 UAV 輔助工具取代人工目視消波工劣化度的判定

無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)可擇定機型(如圖 4.15), 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蒐集任務中, 為在有限人力之下能夠持續檢測港區設施安全穩定的理想選擇。



圖 4.15 無人機形式

消波塊定期檢測診斷項目，如表 3-7 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，由於防波堤範圍既廣且長，又在海洋惡劣環境下進行巡檢作業，常會威脅工作人員的生命安全，以及無法對設施有全面瞭解。因此，建議以無人空中載具 (UAV) 等新興科技來取代與精進人工目視的方法，運用 UAV 建立港區海堤、防波堤之 3D 數值模型，再標示消波塊設施損壞位置，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^[6](如圖 4.16)，即可判識消波塊損壞的情形。

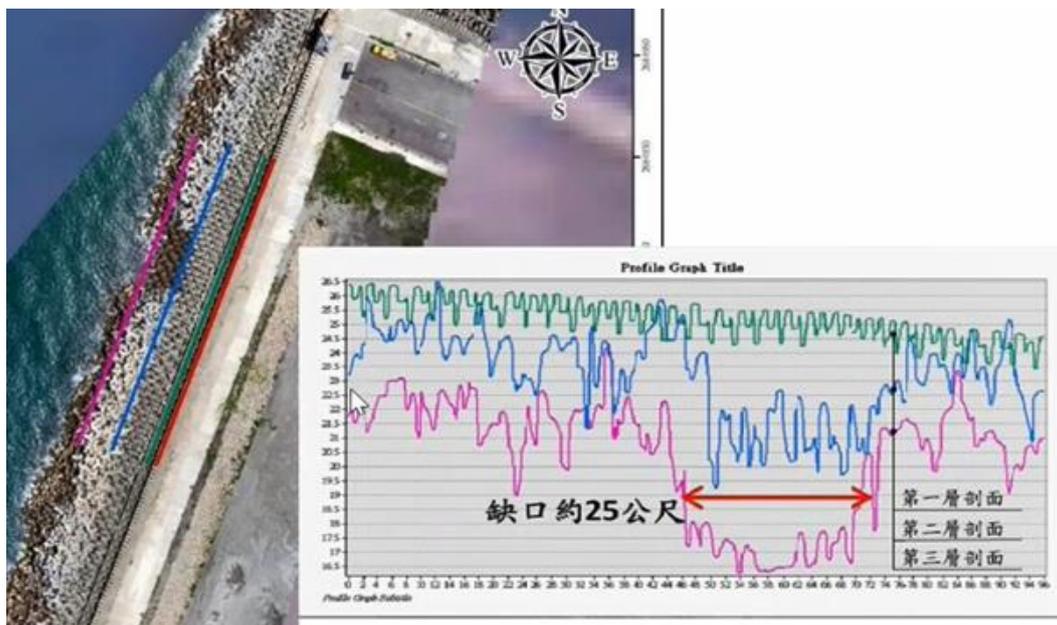


圖 4.16 損壞範圍縱斷面圖^[6]

4.3.2 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，利用無人機所拍攝的影像在雲端進行 AI 解析，找出裂縫等變形部位並製作損傷圖。此外，根據從獲取的影像復原的三維點雲模型生成剖面圖，找出位移、下陷等的變異。進一步地，將損傷照片與損傷圖鏈接至三維點雲模型上進行統一管理，從而更容易掌握變形位置、確認相關照片，並對未來的變化進行觀察，因此，這種方法有望提高維護管理工作的效率。統一化的數據可以做為資料輸出，允許在多個地點同時查看，其檢測概要如圖 4.17 所示。

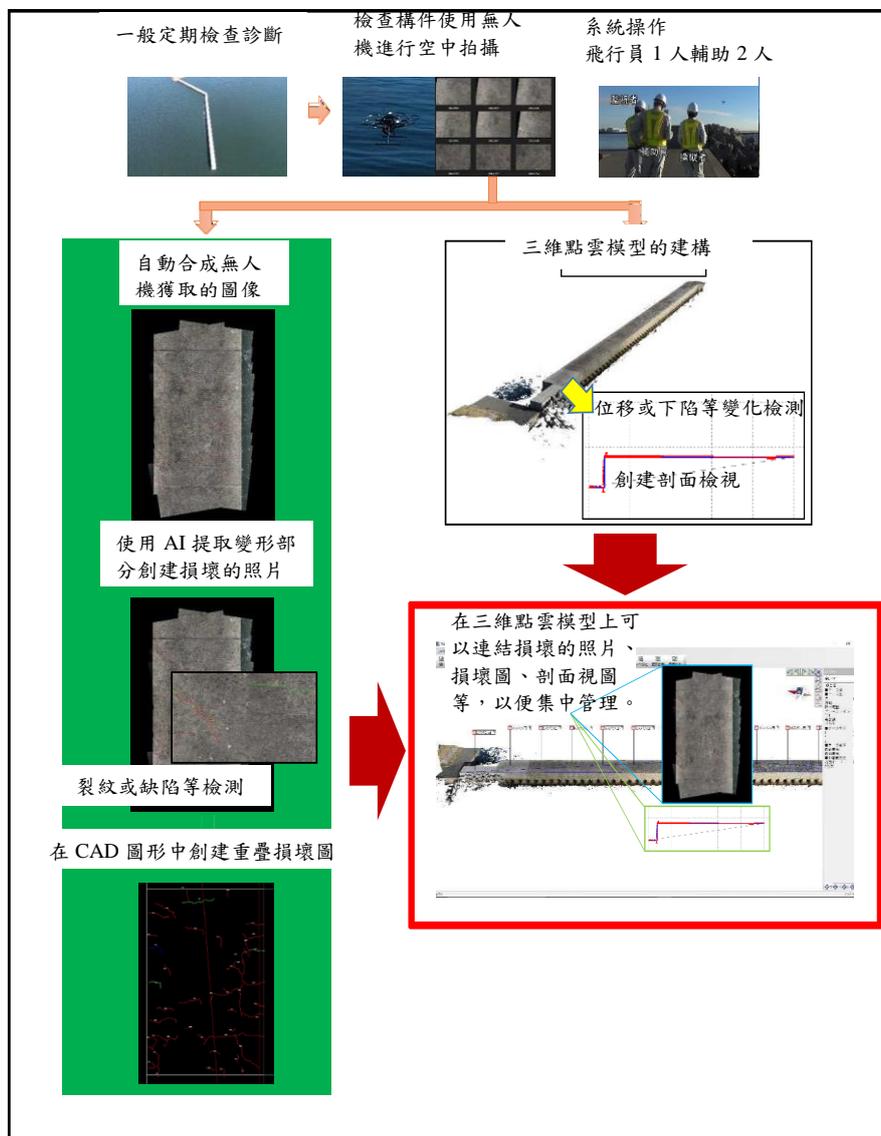


圖 4.17 UAV 檢測概要^[6]

4.3.3 以掃描聲納與雷射掃描組合的三維量測技術^[6]

利用掃描聲納（SS）和雷射掃描儀（LS）相結合的技術，對外圍設施和停泊設施進行三維量測。該技術能夠處理跨越海中部、海上部和陸上部的港灣設施形狀，並生成無縫的三維數據，從而實現對混凝土裂縫、損壞、鋼材孔蝕以及消波塊移動和沉陷等情況的精確計測。

SS（掃描聲納）利用聲納對海中部進行三維測量，須要有將機器投入海中的作業平台，LS（雷射掃描儀）則使用無稜鏡雷射對陸海上部分的目標物進行三維測量，須要有能將機器安定設置的地面。其巡檢內容適合在水下部分之消波塊、護面塊、護基塊及海床等之變化，以及陸地海上部分之結構物劣化。檢測之示意圖，如圖 4.18 所示。巡檢步驟流程與概要圖，如圖 4.19 所示。

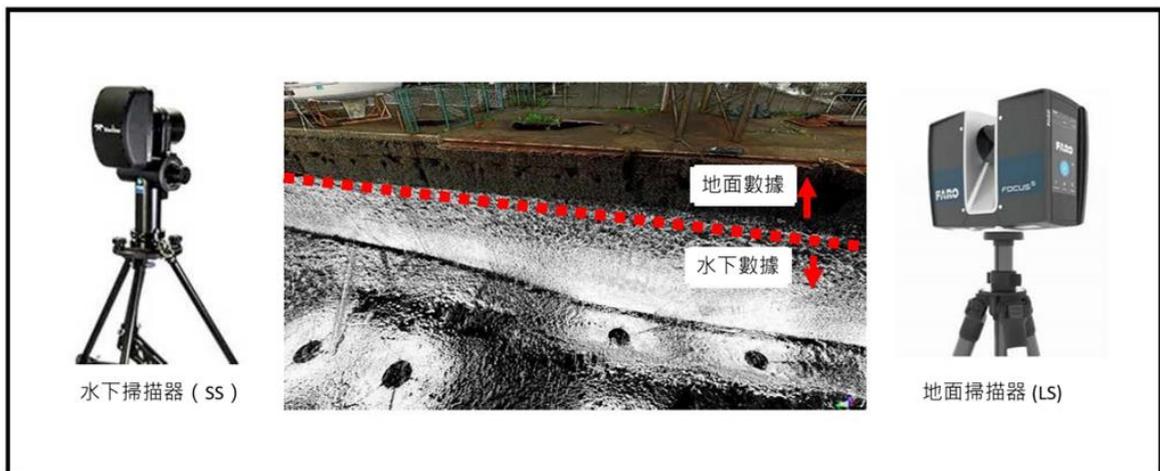
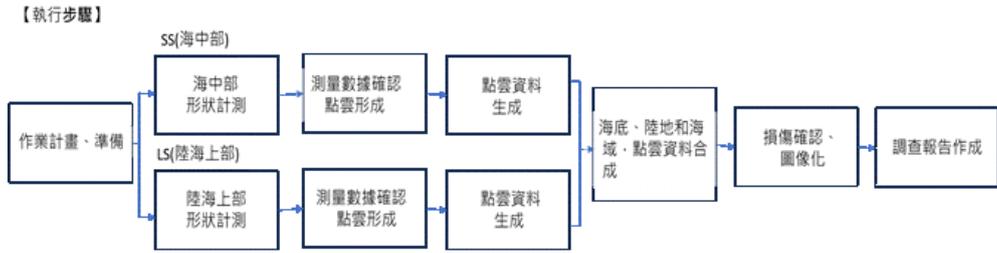


圖 4.18 掃描聲納（SS）和雷射掃描儀（LS）檢測示意圖^[6]



【測量數據】

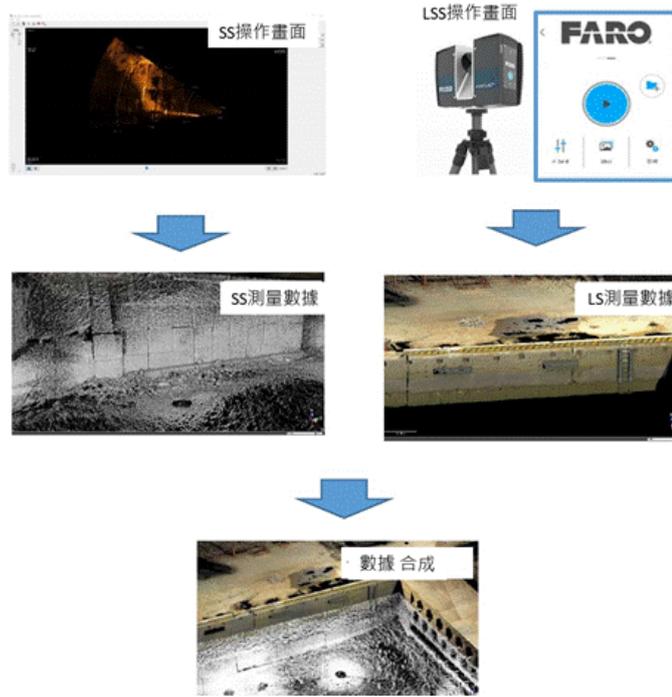


圖 4.19 巡檢步驟流程與概要圖^[6]

4.3.4 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 0.1~1.0 公尺內。以下就是有關透地雷達應用於碼頭設施檢測案例說明。

1. 特殊透地雷達 (GPR) 用於岸壁下方孔洞探測系統^[6]

日本國土交通省港灣局「港灣設施的新的檢測技術型錄」，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) 以下條件無法探查：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 4.20 所示。

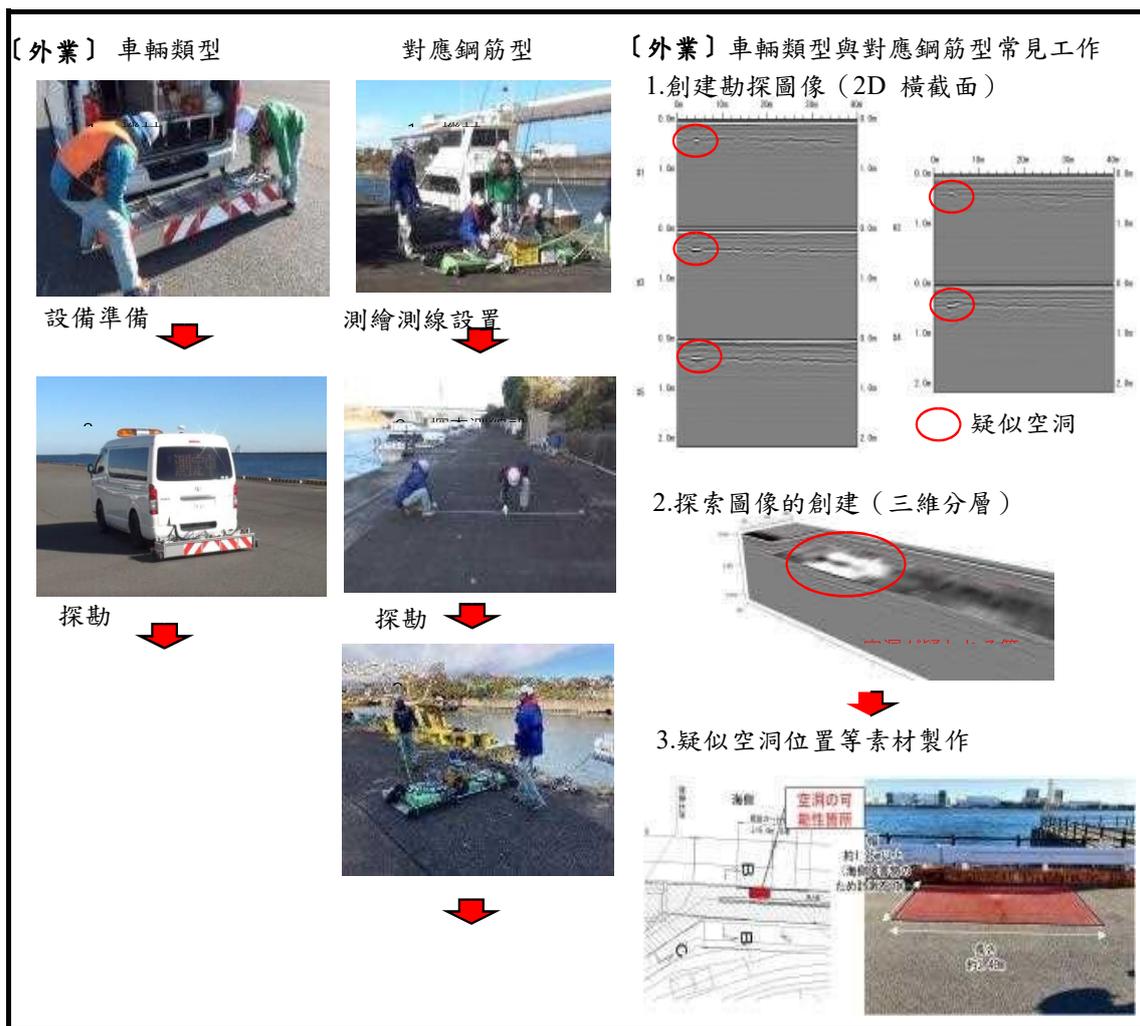


圖 4.20 透地雷達檢測作業概況^[6]

2. 透地雷達檢測案例

本所曾於蘇澳港進行蘇澳港南堤透地雷達檢測工作^[8]，以做為蘇澳港防波堤沉箱安全評估參考。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 4.21 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 4.22 所示。

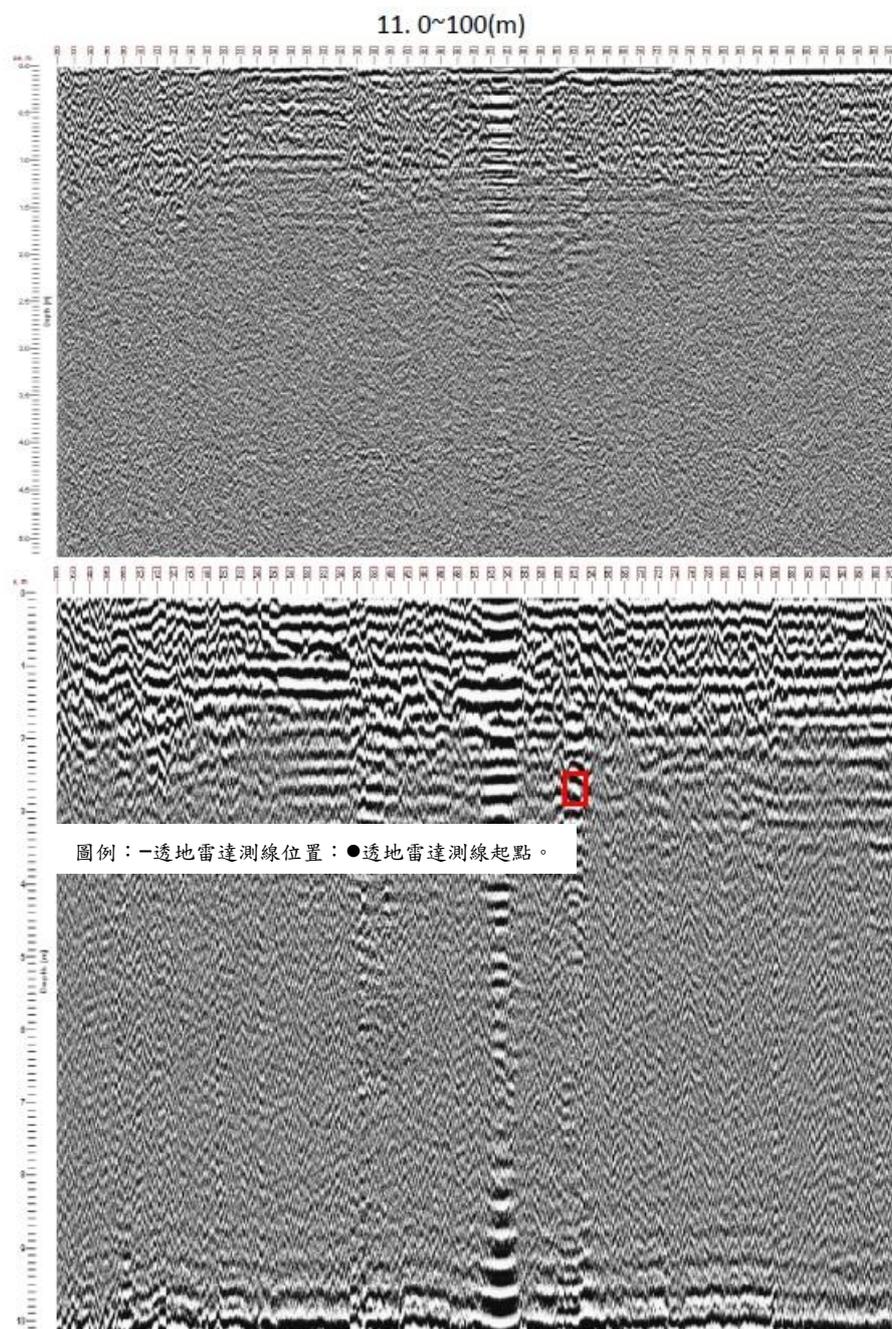
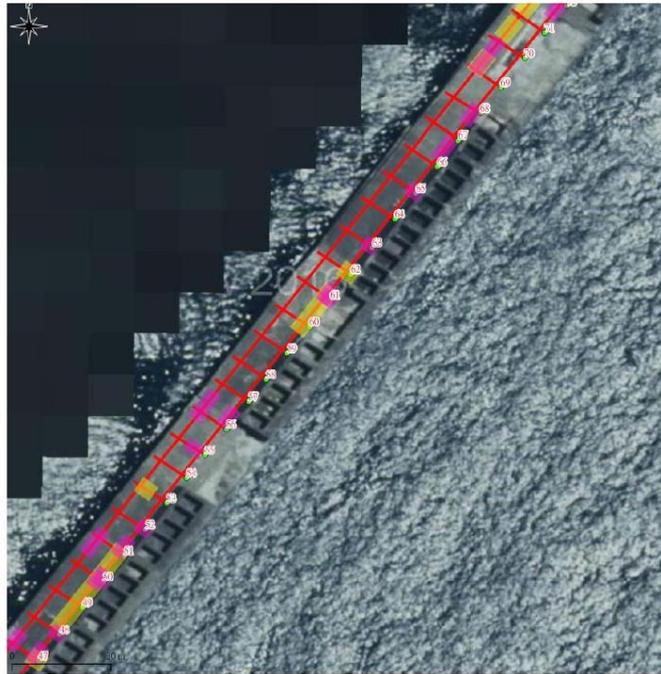


圖 4.21 透地雷達檢測成果^[8]



圖例：—透地雷達測線位置；●透地雷達測線起點；●高頻透地雷達檢測成果損壞位置；
●低頻透地雷達檢測成果損壞位置。

圖 4.22 透地雷達檢測成果損壞位置示意圖^[8]

臺中港也曾於南堤路海堤道路沿線，藉由透地雷達檢測技術^[6]，調查道路下方是否有空洞，本次檢測利用透地雷達波進入地層內所反射之訊號經儀器接收處理後，由波形圖上進行判釋，對於孔洞或大裂隙位置之搜尋具有優良之效果，其檢測成果如圖 4.23。

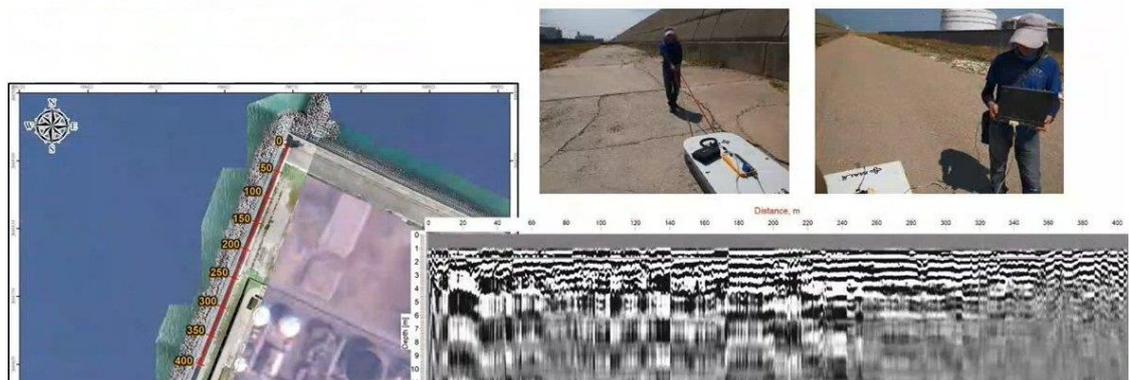


圖 4.23 透地雷達檢測成果圖^[5]

第五章 結論與建議

港區幅員遼闊，港灣設施長期暴露於惡劣的海洋環境和水下未知因素中，因此，港灣設施日常巡查與檢測，需要投入大量人力與時間。目前，港區巡檢作業主要以人工為主，由巡檢人員負責日常巡查，並輔以儀器進行水下定期詳細檢測。然而，由於人力與預算有限，許多設施劣化問題可能無法及時被發現與處理。近年來，自動化巡檢技術逐漸興起，讓機器能接替人工執行繁瑣的巡檢任務，並能準確辨識設施劣化狀況，提供設施維護與管理重要輔助，不僅提升巡檢效率，也有助於減少資源浪費。本計畫主要探討新興科技應用於防波堤設施之巡查檢測工作，並研析目前維護管理制度與防波堤設施巡查檢測項目與劣化判定標準，精進港灣構造物之巡查與檢測作業，以更有效率且資訊化方式，協助維護管理人員落實維護管理制度與提升維護管理效率。

5.1 結論

1. 有關防波堤設施水下之消波塊、護基塊、護面塊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側掃聲納)取得消波塊或護面塊及海床的高程數據，據以判斷消波塊或護面塊及海床，是否有移動散亂及下陷情形等沖刷造成之問題。
2. 新興科技港灣設施現地巡查 APP 版程式，利用行動裝置的優勢，可以迅速記錄巡查港灣設施之劣化與缺失狀況，同時利用 GPS 的功能記錄每一筆其座標，並立即於地圖上顯示及記錄構件劣化異常的位置，減少人工巡查紙本紀錄，提高記錄之準確性。本計畫並開發行動應用程式結合地震監測速報系統，透過 APP 推播通知巡查人員，執行後續必要之特別巡查作業。
3. 運用 UAV 輔助工具取代人工目視消波工劣化度的判定，以掃描聲納與雷射掃描組合的三維量測技術、利用 UAV 與 AI 三維點雲模型的

港灣設施檢查技術及透地雷達檢測技術，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. 在新興科技的應用，防波堤經常巡查可用港灣設施巡查行動應用程式進行現地巡查作業，水下定期檢測則可利用水下遙控載具 ROV 與 AUV 技術、水下 3D 掃描系統、多音束測深儀，進行防波堤結構、水域底部和相關基礎設施的檢測。

5.2 建議

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

5.3 研究成果之效益

本計畫研究成果與效益如下：

1. 提供港務單位港灣設施現地巡查行動應用程式 APP 進行防波堤設施現地巡檢作業，有效提高巡查效率。
2. 提供港務單位運用新興科技於防波堤設施巡檢作業，並提供案例與建議，藉以提升港灣構造物維護管理成效。

5.4 提供政府單位應用情形

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

參考文獻

1. 邱永芳、蔡瑤堂，「港灣設施巡檢診斷指南與實施要領彙編」，臺灣海洋工程學會，2018。
2. 邱永芳、蔡瑤堂，「港灣設施維護管理計畫制定範例彙編」，臺灣海洋工程學會，2018。
3. 交通部運輸研究所、臺灣港務股份有限公司，「港灣設施維護管理手冊」，2024。
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」，2024。
5. 臺灣海洋工程學會、交通部運輸研究所，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，2022。
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」，2023。
7. 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。
8. 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。

附錄一

專家學者座談會會議紀錄

交通部運輸研究所運輸技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：本所運輸技術研究中心第一科 113 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：113 年 4 月 23 日(星期二) 下午 2 時

參、地點：本所運輸技術研究中心 2 樓簡報室

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：黃宇謙

伍、出單位及人員：如簽到表

陸、與會委員意見：

一、王委員錦榮

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

1.橋基保護是維持橋梁結構安全最重要的一環，本研究利用地工織布鋪設與鼎型塊結合，既可保護橋基，也可減少鼎型塊之流失，效益顯著，應可推廣應用，建議建立長期觀測，進一步驗證使用性及探討後續如何再精進。

2.本工法是否可運用於港區橋梁？建議後續可評估。

(二) 113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究，對港灣結構物之防蝕工法具有指導性之指標，可提供公共工程金屬結構物防蝕設計、延長使用壽齡及降低維護成本之應用，故本案有其推動的必要性及可行性。

(三) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

港灣構造物巡檢作業是港口管理機構日常工作之一，如何利用新興科技來進行實有必要性。

(四) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

1.港區土地碼頭大部分均由填海造陸而成，故地震時土壤液

化有其風險性，例如：0403 花蓮地震，花蓮港確實產生土壤液化，並對碼頭造成破壞，爰此，針對港區地震液化風險的評估研究，確有必要性。

2.建議本研究可長期進行，並建立臺灣各商港液化風險模式及高液化風險資料庫為最終目標。

二、何委員鴻文

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

本案研究成果對於橋梁維管單位未來辦理橋基保護工作有助益，後續建議能依國 3 大甲溪橋試辦成效提出適用河段、織布規格、鋪設及固定綁紮方式等指南。

(二) 公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

1.本案研究成果有助於檢測空間受限之橋梁檢測工作，未來申請專利建議需對目前已實際使用之檢測設備差異性及未來專利使用原則慎予評估。

2.本工法是否可運用於港區橋梁？建議後續可評估。

(三) 人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

運用透地雷達於道路養護巡查並應用 AI 辨識將為未來趨勢，本案擬整合常用廠牌之資料前處理問題，將對後續 AI 辨識影像資料庫建置有助益。

(四) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

臺灣地區颱風、地震、豪雨頻繁，UAV 應用於邊坡防災之研議建議除公路主管單位外，亦可結合其他單位，例如：農業部農村發展及水土保持署、林業及自然保育署等。

三、吳委員松旺

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

1.大甲溪近年較無劇烈沖刷，相關驗證成果仍需視未來降雨規模持續進行追蹤。

2.本年度公路管理單位仍將繼續進行橋墩鼎塊保護，後續可配合研究討論相關現地鋪設，以達理論及實務合作。

(二) 公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

建議可配合定期橋檢作業，持續研討合適之工具與方式，例如：鋼箱梁內部檢測。

(三) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

公路管理單位使用 UAV 多是針對路權內邊坡，針對單一場址路權外邊坡非屬公路單位管養，然若需整體分析建議可一併納入資料蒐集。

四、林委員鎮華

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

橋梁監測資料，例如：水位、流速等，建議回饋數值模擬進行驗證，另可考量不同環境情境之模擬。

(二) 公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

建議蒐集開放式橋梁及封閉式橋梁之比例，藉以思考後續工具的研發或如何搭配其他檢測工具。

(三) 人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

建議可調查各式相關軟體的通用性，並取得不同單位的透地雷達使用資料，以增加資料量和 AI 學習之相容性。

(四) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

建議可針對有監測儀器之邊坡進行探討，以和 UAV 影像判識結果進行比較及相互驗證。

(五) 113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究建議納入在該環境中公共設施材料進行比對，探討其腐蝕速率變化以及如何回饋至防蝕和延壽，降低維護成本。

(六) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

建議建立防波堤透地雷達資料庫，並比對震後或其他災害

發生時之變化。

- (七) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進建議配合鑽探報告資料，未來可於地震前後進行比對。

五、張委員欽森

- (一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

- 1.本研究計畫共分111~114年共4年執行，之前尚有107~110年的相關研究，運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)同仁前前後後耗費8年時間進行本項研發工作，其中包括水工模型試驗、現場實作測試、數值模擬等作業，值得肯定，也希望本項研究最後能有良好成效，並實際推廣到相關政府單位來引用。
- 2.有關採用鼎型塊做為橋基保護工雖為一般橋梁河川慣用型式，惟因後續機關執行時，依政府採購法規定需有同等品之規定，以避免有綁標之嫌，因此，建議研究成果分析儘量可以較通則參數訂定此工法之材料型式，以利後續機關執行。
- 3.相關文獻及資料收集僅提到河道地形、歷年沖刷變化及流速等資料，建議應再增加相關河川流量、輸沙量及水位等水文資料，並進行必要之極值統計分析，以利試驗結果可對應後續設計所需採用之回歸期條件。
- 4.運技中心前往華光工程顧問股份有限公司(以下簡稱華光公司)推廣本研究成果時，曾提到本保護工法適用於卵礫石層，對砂質地形較不適用，在建置數值模式時對卵礫石層之模擬及試驗地形之重現合理性應是模式較為困難之處，也將攸關模式未來推測之成果，希望運技中心同仁多多費心思考相關議題，必要時可拜訪業界或學術界，共同討論研究。
- 5.建議本計畫可納入相關國內外經驗公式分析結果比較，如中興大學林呈教授對此領域有許多研究成果，除可進一步驗證國內適用之經驗公式之可行性外，亦可做為該工法量

化評估成效之參考。

(二) 公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

- 1.感謝運技中心蔡主任率領研究團隊到華光公司來分享本項研發成果，會中雙方進行相關技術及意見交流，希望對雙方都能有所助益。近期華光公司將爭取公路局橋梁檢測及耐震評估工作，以及鐵道局高架橋梁檢測業務，若能順利取得標案，將會適時與運技中心協商，應用此項研究成果在實際檢測工作之可行性。
- 2.前次推廣會議中，華光公司同仁曾建議鏡頭影像納入尺寸之可行性，以便在檢測時可即時判斷構件之劣化情形，及是否需再進一步仔細檢測之必要性。
- 3.在簡報中，辦理方式之推廣活動提到「評估本橋檢工具後續精進方向，或研發新型橋檢工具之可行性」，依以往工作經驗，港埠棧橋碼頭面板底部及港外碼頭連絡棧橋底部之檢測，各有其檢測之難處與限制，例如：棧橋碼頭面板底部或空間狹小，易受潮汐漲退影響，或碼頭縱深較深等；港外碼頭棧橋底部以往係以搭船並配合施工架方式進行檢測，需克服潮汐及風浪之影響，檢測作業都十分不方便，除耗時外，成果亦不易掌握。建議可思考納入後續研究之方向。
- 4.水管橋之檢測作業，沒有行車動線，如何考量應用於此類橋檢工作？

(三) 人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

- 1.目前運用透地雷達檢測辨識地下管線及孔洞等的位置正確率僅 60%，且與雷達波長有關，探測深度約 2~5 米，因此，如何蒐集及整理成正確的訓練樣本，提供後續人工智慧進行 AI 辨識，應是關鍵課題。
- 2.透地雷達影像如若受到干擾訊號，都需要利用處理軟體進行消除，增益等方式處理，各廠牌透地雷達的分析應用軟體，可能有所差異，透過與業界或學者等訪談瞭解，應是正確之方向，可藉此加強後端由 AI 判別之能力。

- 3.各道路面層、基層、底層及下方土層等層面及材料的差異所造成的圖像特徵不盡相同，是否能夠針對此差異分類蒐集，以利後續研究之進行。
- 4.未來人工智慧辨識 AI 成果，建議應與實地資料比對，建立檢核方法及標準。

(四) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

- 1.針對裸露型落石邊坡之浮落石、張力裂縫之 AI 深度學習之訓練樣本，建議可先找開源資料集，並納入本地訓練樣本，一起進行模型訓練，以提升 AI 判識之成效。
- 2.邊坡防災之危險因子多，且非常複雜，建議可以納入：坡度、坡向、地質條件等其它因素進行整體性之判斷，其中坡度、坡向可利用 UAV 成果進行 DEM 計算取得。
- 3.未來建議評估利用 Insar 之資料進行 AI 訓練之可能性。

(五) 113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

- 1.本研究包含大氣腐蝕及水下腐蝕，自 96 年開始執行大氣腐蝕、104 年加入水下腐蝕，應累積足夠多資料可做比對，目前研究是否都是針對該年度的腐蝕進行分析，建議可加入歷年分析，以瞭解大氣腐蝕環境及水下環境的長年趨勢。
- 2.建議補充試驗對應之腐蝕因子，如螺旋金屬暴露試驗主要所得之腐蝕因子為何？
- 3.簡報 35 頁有辦理大氣腐蝕環境調查取樣維護作業，但並無辦理水下腐蝕環境調查作業說明。
- 4.計畫有說明大氣腐蝕因子，但是否針對水下腐蝕因子進行調查並分析，請補充說明。另建議補充目前所研析之腐蝕因子有哪些？是否有針對流速及水溫對水下腐蝕之影響？

(六) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

- 1.建議可與臺灣港務股份有限公司(以下簡稱港務公司)討論調整防波堤劣化度判定標準，依據「港灣構造物維護管理手冊」，部分判定標準過於嚴苛，例如：沉箱部分劣化

判定標準 2 及 3 是規定 3mm 之裂紋；而沉箱量體大，3mm 之裂紋判定為缺損尺度有失比例原則、差異過大，且沉箱大部分位於水下，透過水下攝影判斷 3mm 之裂紋難度高。另外，上部工亦有類似之規範，1cm 之裂紋可能為施工所致，且並不影響防波堤功能，建議可適度調整。

2. 建議防波堤進行檢修時，將檔案蒐整及歸類可納入應辦工作項目中，以利後續 5 年一次結構安全檢核之正確性及延續性。
3. 相關資料中均未提及新興科技是哪些項目，是否有預想項目？
4. 拋石防波堤之破壞通常由堤腳沖刷開始，導致消波塊移動及滑落，然人工巡檢僅能執行水面上之目視，初步判斷是否有異常情形，而水面下部分則需由潛水偵下水檢查，但因水流及波浪影響，潛水偵基於安全不容易接近防波堤檢視，因此，多音速測量應可被納入考量進行水面下結構物是否移動之佐證工具，提供參考。

(七) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

1. 研究名稱所指精進定義是否僅為納入新建工程增加之地質資料，建議定義清楚是否僅為新增液化分析資料？
2. 研究項目及內容中，除液化潛能之評估及推估液化後沉陷量外，是否能增加其他可能造成碼頭損害之評估？

六、游委員中榮

(一) 公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

1. 發明專利之標的較廣，通常是物質、物品、方法、材料及其用途的描述，新型專利之標的則僅及於物品之形狀、構造或組合的創作，建議可以發明專利為主。
2. 取得專利後，建議供我國研究機構或企業在我國管轄區域內製造或使用為優先，並鼓勵於橋檢相關專案推廣使用，提升國內橋檢技術發展。

(二) 人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

- 1.提醒應用 AI 需要辨識者對於異徵的知識，並且樣本和基礎圖資需標準化。
- 2.透地雷達管線資料或許比較容易取得，就個人所知已經有數個地方政府，例如：臺北市、新北市、桃園市、臺中市等，有利用透地雷達調查管線，並與管線資料庫做比對，或許有機會可以取得透地雷達斷面資料提供 AI 訓練，惟縣市政府應無圖像前處理的經驗。
- 3.是否可以取得適當的地下孔洞模式以做為 AI 訓練？據悉臺北市新工處似有相關資料，資訊供參。

(三) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

- 1.建議明確定義判釋標的，例如：落石坡、緩坡、人工邊坡，因其破壞機制皆有所不同。另外欲判釋的邊坡特徵，例如：坡面植生、坡頂坡面裂縫、浮石、岩石解理、人工邊坡構造設施等，亦需考量。
- 2.UAV 影像取得並非一定是由機關自行拍攝，有可能是委外辦理，不同 UAV 影像取得則需要標準化，建議可評估設定航線自行飛行取得影像。
- 3.建議提出 UAV 影像取樣率、航高、路線、拍攝角度、是否有參考比例(地面控制點)、取樣範圍(公路維管單位的關注範圍)和影像製作方式等建議。

(四) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

據悉港務公司有委託臺灣大學利用 UAV 結合 AI 進行港區設施自動化調查，建議可以蒐集資料參考。

(五) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

- 1.液化潛勢評估方式有好幾種，據悉新版的基礎設計規範有數種液化潛勢分析方法，現行港灣設計規範似乎只有 Seed 法，或許不同的研究成果可以提供給港務公司，提供設計規範修改的參考依據。
- 2.本計畫是否有包含液化後地盤沉陷的分析？是 Ishihara

& Yoshimine 法或是 Tokimatsu and Seed 法？

柒、結論：

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

捌、散會：下午 4 時 10 分

會議簽到表

壹、會議名稱：本所運技中心第一科 113 年度自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：113 年 4 月 23 日(星期二)下午 2 時

參、地點：本所運輸技術研究中心2樓簡報室

肆、主持人：蔡主任立宏 蔡立宏

伍、出席單位及人員：

所外委員	簽名
王委員錦榮	王錦榮
何委員鴻文	何鴻文
吳委員松旺	吳松旺
林委員鎮華	林鎮華
張委員欽森	張欽森
游委員中榮	游中榮
本所運輸技術研究中心 柯副主任正龍	柯正龍
第一科	賴瑞豐 許松海 胡哲文 曾文偉 蔡登鍵 張道光 黃宇謙
第二科	李信翔
第三科	林雅雯

(註：簽到表請掃描成 pdf 檔，若欲與會議紀錄整併成 1 個 pdf 檔，可至「https://www.ilovepdf.com/zh-tw/merge_pdf」，將會議紀錄與簽到表上傳後進行合併，再上傳至公文系統附件區供陳核)

附錄二

第 1 次工作會議紀要

113 年 6 月工作會議紀要

採購/自辦案件編號：

會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 113 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

時間：113 年 6 月 26 日(星期三)上午 9 時至 12 時 30 分

地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：鄭登鍵

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

1. 數值水理分析及文獻蒐集。
2. 數值模型分析流程及檢定與驗證事件選取。
3. 階段性成果應用。

(二)公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

1. 相關智慧財產權及專利法規、專利申請程序，及專利地圖分析之相關研究文獻彙整。
2. 各構件之研發設計內容盤點，評估專利申請之可行性。
3. 本橋檢工具推廣應用工作執行進度。
4. 推廣活動回饋意見彙整。

(三)人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

1. 國內常用透地雷達廠牌、型號及其資料處理軟體彙整。
2. 支援相容各廠牌透地雷達分析應用軟體(第三方軟體)之基本

資訊彙整。

3. 專家學者訪談，訪談對象包括國內透地雷達代理商、業界專家及學界專家。

(四) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

1. UAV 結合 AI 於邊坡之相關研究文獻蒐集。
2. 公路局訪談摘要。
3. 邊坡維護管理機制及防災流程探討。

(五) 113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

1. 完成第 1、2 季大氣腐蝕劣化因子調查與現地暴露試驗取樣維護作業，完成 112 年第 4 季、全年與 113 年第 1 季，大氣腐蝕劣化因子化學分析及金屬試樣酸洗工作。
2. 完成 112 年度試驗資料綜整分析工作，並將資料擴增於資料庫，公開於本中心網站供外界查詢。
3. 完成撰寫及出版「2023 年臺灣大氣腐蝕劣化因子調查研究資料年報」工作，提供相關單位選用金屬材料與防蝕工法應用。

(六) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

1. 各港區防波堤之巡檢項目與維護管理制度彙整與研析。
2. 防波堤常見之劣化項目探討。

(七) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

1. 液化評估法相關文獻彙整。
2. 高雄港近 10 年新建工程之地質鑽探資料蒐集。
3. 完成高雄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(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

1. 討論文獻相關數據之引用應確認其適用性。

2. 討論數值模擬分析流程與檢定與驗證事件選取。
- (二) 公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣
1. 討論國內橋梁檢測相關設備專利發明現況。
 2. 討論推廣活動各橋檢廠商之回饋意見。
 3. 討論本橋檢工具後續精進方向及實務需求。
- (三) 人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探
1. 討論蒐集透地雷達檢測數據資料之方式，及蒐集過程中會遇到的困難。
 2. 討論透地雷達檢測數據資料儲存格式，及如何讀取並顯示人員可以判釋之訊號圖像。
- (四) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討
1. 討論現行公路邊坡維護管理機制及防災流程。
 2. 討論已蒐集之公路邊坡基本資料、分級、災害類型及監測手段。
 3. 討論公路局實務單位針對 UAV 結合 AI 進行增值應用之想法。
- (五) 113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究
1. 討論去年新增之十八王公橋試驗點的腐蝕情況與取樣事宜。
 2. 討論腐蝕試驗點之氣鹽試架安裝工作。
- (六) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業
1. 討論防波堤維護管理機制、巡查檢測項目與劣化判定標準。
 2. 討論各港之防波堤構件劣化項目。
- (七) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進
1. 討論土壤液化評估相關方法。
 2. 討論地質鑽探資料建置後，如何盤點及篩選。
 3. 討論後續報告內容的加強與補充。

貳、重點紀要/主要結論

一、鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址

數值模型建置及評估

- (一)梅雨季甫過，請視現場水位條件，安排於合適時間進行今年度現場試驗區第 1 次 UAV 觀測航拍，以觀測並記錄現場地形變化情形。
- (二)大甲溪石岡壩下游河段水理分析屬大範圍分析，請以二維模擬為宜；試驗橋址局部沖刷屬小範圍分析，請以三維模擬為宜，以有效率及合理分析評估本計畫工法之成效。

二、公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

- (一)橋檢人員回訓課程進行推廣時，設計調查問卷提供回訓學員填寫，持續蒐集第一線橋檢實務人員對本橋檢工具之專業意見及後續精進建議，並調查橋檢工作之實務需求。
- (二)依所蒐整推廣活動回饋意見，評估橋檢工具後續精進方向，並依實務需求，研擬後續研究計畫研發新式橋檢工具之可行性。

三、人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

- (一)對可能蒐集到之透地雷達檢測數據資料進行分類，如：訊號圖像（圖片檔案）、原始資料(Raw Data，二進位檔案格式)等，並分析不同類別數據資料對於訓練 AI 之助益。
- (二)後續報告中對於透地雷達儲存格式(二進位檔案格式)進行相關說明。

四、UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

- (一)依所蒐整之公路局優先關注邊坡曾經或正在應用 UAV 之狀況資料，釐清其邊坡災害類型及空拍影像數量，並以國內外文獻為借鏡，持續研析合適公路局之 UAV 結合 AI 切入課題及方法。
- (二)UAV 可實現酬載更換，以達更廣泛之情境使用。除蒐集 UAV 搭載光學鏡頭產製高解析度影像後進行之加值應用研究外，可擴大蒐集 UAV 搭載熱顯像、紅外線及 LiDAR 等結合 AI 之文獻。
- (三)依公路局提供轄下各分局管理之中高風險邊坡資訊，針對邊坡維護數量較多之山地工務段，安排後續訪談，並藉以瞭解實務需

求和研究著力點，達以終為始之目的。

五、113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

(一)研究成果後續可整理成論文，投稿防蝕研討會或港灣季刊。

(二)新增之十八王公橋試驗點腐蝕數據可提供維管單位參採。

六、港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

(一)統計並分類各防波堤構件之劣化項目，以瞭解防波堤常見損壞構件，提供後續防波堤維護之參考數據。

(二)水下之防波堤構件之檢測診斷項目可以探討用多音束與 ROV 來進行相關劣化度的判釋。

七、港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

(一)報告中呈現高雄今年新增港區之地質鑽探資料，應包含其新、舊資料之分佈區域，以利瞭解其分佈是否能滿足高雄港區液化評估之需求。

(二)今年度進行高雄港模式精進，除增加地質鑽探資料外，建議運用國內、外之液化分析方法，推估高雄港液化範圍及震陷量，提供地震速報簡訊之應用。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 113 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

貳、時間：113 年 6 月 26 日(星期三) 上午 9 時

參、地點：本所運輸技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：賴瑞應科長 賴瑞應

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸技術研究中心第一科	副研究員 副研究員 副研究員 副研究員 副研究員 副研究員 助理研究員	張道光 謝妙燭 周哲 曾文守 鄭登鍊 黃彥瑛 賴俊呈 王培源
本所運輸技術研究中心第二科	科長	李信穎
本所運輸技術研究中心第三科	科長	林雅雯

附錄三

第 2 次工作會議紀要

113 年 8 月工作會議紀要

採購/自辦案件編號：

會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 113 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

時間：113 年 8 月 26 日(星期一)上午 9 時至 12 時 30 分

地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：鄭登鍵

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

- (一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估
 - 1. 現場觀測成果說明。
 - 2. 數值模型分析流程及二維模型檢定成果說明。
 - 3. 階段性成果應用說明。
 - 4. 後續研究項目說明。
- (二)公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣
 - 1. 鐵道橋梁及箱涵橋梁檢測國內外文獻蒐集彙整。
 - 2. 橋檢工具專利申請評估結果說明。
 - 3. 橋檢工具推廣應用工作執行進度說明。
 - 4. 推廣活動回饋意見彙整。
- (三)人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探
 - 1. 探討數據資料前處理方法(程序)及前處理過程中會遭遇之問題及困難，並初步研擬解決對策。

2. 辦理專家訪談針對國內外應用 AI 辨識透地雷達訊號圖像，及數據資料之前處理方法，詢問相關專業看法及意見。

(四) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

1. 公路局邊坡資訊調查及蒐集情形說明。
2. 公路局邊坡維護管理機制及防災流程探討。

(五) 113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

1. 完成第 1、2 季大氣腐蝕劣化因子調查與現地暴露試驗的取樣維護、化學分析及金屬試樣酸洗工作，第 3 季工作辦理中。
2. 構建鋅金屬腐蝕速率與主要大氣腐蝕因子間的迴歸模式。
3. 後續工作項目說明。

(六) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

1. 各港區防波堤經常及特別巡查設施之劣化項目之探討。
2. 多音束水深測量與行動應用程式應用於防波堤巡檢作業。

(七) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

1. 建置高雄港地質鑽探資料，並盤點、篩選可用資料共 891 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(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

1. 今年度凱米颱風帶來可觀之降雨量，對於本計畫試驗區成效驗證有相當的幫助，對於整體量化成效之數據亦可藉此事件更新。
2. 對於本次凱米颱風事件下，石岡壩放流量及試驗區河床水位高之物理量，可建立通用性詞語或對等概念，便於對外說明使用。

(二)公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

1. 討論博大公司協助本橋檢工具專利申請評估結果。
2. 討論本橋檢工具於橋檢人員回訓課程推廣之問卷回饋意見。
3. 討論本橋檢工具於鐵道橋梁應用之可行性。

(三)人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

1. 討論蒐集透地雷達數據資料時，透地雷達的原始資料(Raw Data)要如何取得。
2. 討論若蒐集的透地雷達數據資料不足給 AI 進行訓練學習時，利用「生成對抗網路(GAN)」生成 AI 訓練學習資料的可能性。

(四)UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

1. 討論現行公路局邊坡維護管理機制及防災流程。
2. 討論公路局邊坡應用 UAV、LiDAR 等科技巡檢實際案例。

(五)113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

1. 討論迴歸模式之模式構建、解釋變數選定。
2. 討論後續迴歸模式之模式精進、解釋與預測工作。

(六)港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

1. 討論防波堤巡查檢測劣化項目與水下定期檢測劣化度探討。
2. 討論新興科技應用於防波堤巡檢作業。

(七)港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

1. 討論高雄港不同地震情境下液化潛勢分析。
2. 討論後續報告內容的加強與補充。

貳、重點紀要/主要結論

一、鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

- (一)凱米颱風事件後可驗證設置織布之保護效果，其中 P23 橋墩恰為左右各半採用傳統及織布保護工法之區域，相當適合做為本

計畫工法效果之說明。

(二)請依所規劃之後續工作項目執行。

二、公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

(一)鐵道橋梁之交通可及性與公路橋梁不同，應考量執行橋檢工作相關設備運送及人員之交通方式，以完整評估本橋檢工具於鐵道橋梁應用之可行性，建議接洽鐵道橋梁維管單位，並安排現場橋檢工作觀摩，以瞭解鐵道橋梁檢測實務之進行概況。

(二)本橋檢工具之後續精進方向，應以滿足橋檢公司及橋檢人員之實務需求，並請瞭解相關客製化所需成本，以利後續推廣工作之說明。

三、人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

(一)蒐集透地雷達數據資料時，透地雷達的原始資料(Raw Data)雖然大多由乙方掌握，請探討函請甲方要求其廠商(乙方)提供檢測的透地雷達原始資料(Raw Data)之可行性。

(二)後續請探討利用「生成對抗網路 (GAN)」生成 AI 訓練學習資料的可行性。

四、UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

(一)依現況調查資料，公路局各工務段邊坡曾經或正在應用 UAV 進行空拍之數量約有 77 處，本計畫過往已訪談公路局北分局、中分局等轄下工務段，建議再安排其他分局進行訪談，以廣泛瞭解不同區域之實務需求。

(二)本計畫已整理公路局科技應用邊坡案例，並提出目前使用 UAV 搭載光學鏡頭或 LiDAR 主要進行之應用場景、優點和適用條件，後續於進行研析 UAV 結合 AI 深度學習影像判識方法之工作項目時，請以相關應用場景如何搭配 AI 輔助為切入點進行探討。

五、113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

(一)後續可運用構建的迴歸模式進行金屬腐蝕速率預測。

(二)在選擇解釋變數時，可檢視腐蝕速率與腐蝕因子之散佈圖。

六、港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施
巡查檢測作業

- (一)多音束水深測量在防波堤水下定期檢測劣化度判定(護面塊與護基塊)問題，建議可再探討其適用性。
- (二)防波堤水下與水上沉箱壁體與消波塊構件之檢測診斷項目，可以探討用 UAV 與 ROV 新興科技來進行相關劣化度的判釋。

七、港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

- (一)請補充液化風險評估之機率分析與定值分析之差異處。
- (二)高雄港洲際二期(倉儲物流區及散雜貨碼頭)由於地質鑽探資料太少，建議高雄港不同地震情境下液化潛勢比較圖中，洲際二期暫時不要分析液化潛勢。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 113 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

貳、時間：113 年 8 月 26 日(星期一) 上午 9 時

參、地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室

肆、主持人：賴瑞應科長 賴瑞應

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸技術研究中心第一科	副研究員 副研究員 副研究員 副研究員 助理研究員 副研究員	胡懿 謝外屏 蔡登鍵 王浩源 賴俊呈 張道光 黃宇瑞 曾文傑 顏麗香
本所運輸技術研究中心第二科	科長	李修穎
本所運輸技術研究中心第三科	科長	林雅雯

附錄四

第 3 次工作會議紀要

113 年 10 月工作會議紀要

採購/自辦案件編號：

會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 113 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

時間：113 年 11 月 4 日(星期一)上午 9 時至 12 時 30 分

地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：黃烟宏

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(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

1. 113 年度前 3 季現場試驗觀測結果。
2. 二維數值模型建置情形。
3. 階段性成果應用。
4. 後續研究項目。

(二)公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

1. 本案橋檢工具專利申請作業進度。
2. 本案橋檢工具推廣工作執行狀況及進度。
3. 推廣活動回饋意見彙整。
4. 研發新型橋檢工具需求及規劃。

(三)人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

1. 透地雷達數據資料前處理過程遭遇之問題及初步解決對策。
2. 草擬合作研究計畫「應用深度學習輔助辨識透地雷達道路潛

在下孔洞訊號圖像之研究」研究主題與重點。

(四) UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

1. AI 深度學習技術探討。
2. UAV 結合 AI 深度學習影像判識方法。

(五) 113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

1. 完成第 1~3 季大氣腐蝕劣化因子調查與現地暴露試驗的取樣維護、化學分析及金屬試樣酸洗工作，第 4 季工作辦理中。
2. 構建鋅金屬腐蝕速率與主要大氣腐蝕因子間的迴歸模式，並應用模式進行鋅金屬腐蝕速率預測及腐蝕環境分類等級預測。

(六) 港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

1. 依維護管理制度執行防波堤巡檢作業時所遭遇之問題。
2. 新興科技 UAV、多音束水深測量與水下無人載具應用於防波堤巡檢作業。

(七) 港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

1. 高雄港不同地震情境下液化潛勢分析結果。
2. 高雄港不同地震情境下地震沉陷潛勢分布結果。

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(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

1. 二維模型參數率定選用。
2. 河床大斷面資料導入。
3. 三維模式參數率定及驗證。

(二) 公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

1. 本案橋檢工具授權及推廣模式。
2. 推廣活動回饋意見及本案橋檢工具功能精進方向。
3. 新型橋檢工具研發需求及後續規劃。

(三)人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

1. 保存數據資料、資料庫以及資料庫的不同及其必要性。
2. 對於透地雷達的訊號圖像而言，採用標註異常訊號特徵與標註正常訊號特徵做為 AI 訓練學習方式之優缺點。

(四)UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

1. 分辨式 AI 及生成式 AI 之基本原理、代表模型及資源需求等。
2. 生成式 AI 應用於影像辨識之適用性及切入點。

(五)113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

1. 迴歸模式的 R^2 值、以模式進行預測時的預測區間信賴水準。
2. 港區腐蝕因子調查數據的分析與應用，以及後續模式的精進方向。

(六)港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

1. 防波堤水下與陸上巡檢作業時所遭遇問題。
2. 應用新興科技強化防波堤之巡查與檢測作業。

(七)港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

1. 高雄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(3/4)-試驗場址數值模型建置及評估

(一)UAV 航拍勞務案，於完成康芮颱風事件之地形紀錄後，於 11 月下旬著手辦理相關結案驗收事宜，以利年度會計結算作業執行。

(二)請依所規劃之後續研究事項積極辦理，並如期於 11 月底前提交期末報告初稿。

二、公路橋梁梁底狹小空間檢測工具專利申請與推廣

(一)如未來本案橋檢工具有精進或客製化之規劃，應將本案彙整之

實務需求建議提供予本工具精進改良之執行單位或廠商，提升本橋檢工具應用價值，且符合應用單位之實際需要。

- (二)如未來規劃針對箱型橋梁內部檢測研發新式橋檢工具，應先完整調查箱型橋梁內部構造樣態及橋梁環境狀況，並充分瞭解檢測作業需求。

三、人工智慧辨識透地雷達訊號圖像之前處理初探

本計畫所探討蒐集透地雷達數據資料的 2 種方式，其中蒐集他人已完成之探(檢)測或試驗數據資料這個方式，不論是在蒐集的過程還是在進行資料前處理的過程，都會產生困難和問題，雖然這些問題本計畫有初步研擬相關解決的對策或建議，但是並沒有實際的執行經驗，建議將蒐集他人已完成之探(檢)測或試驗數據資料這個方式納入後續的合作研究計畫實際執行，以確認是否能透過這個方式蒐集到質量都適合訓練 AI 的數據資料。

四、UAV 結合深度學習輔助公路局邊坡災防應用探討

- (一)依照本研究應用 AI 深度學習結合 UAV 空拍影像輔助影像判識之目的，可依蒐集之資料量及品質，決定運用單一或多個 AI 模型，針對不同階段來予以協處。
- (二)建議針對 UAV 如何取得較為精良之資料成果、影像處理方式以及可結合 AI 深度學習影像判識之課題進行梳理，呈現一套架構流程圖，俾供應用單位及本所後續參採。

五、113 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與鋅金屬關聯性研究

- (一)後續可因應不同區域特性，構建相對應的關聯模式，並將風速、風向、雨量等氣象因子的影響納入模式。
- (二)後續可就特定地區的二氧化硫、氯鹽調查結果做進一步的深入分析。

六、港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

- (一)建議加強新興科技應用於防波堤設施構件劣化項目對應於檢測

項目的表單。

(二)建議補充新興科技 UAV 與多音束水深測量應用於巡檢案例的說明。

七、港區地震液化風險評估模式精進(3/5)-高雄港模式精進

請依據觸發門檻加速度及高潛勢區面積分析成果，推估高雄港區之分區地震沉陷量，俾更新高雄港地震簡訊災況初評內容，並說明與原來地震簡訊災況初評內容之差異。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所運輸技術研究中心第一科 113 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

貳、時間：113 年 10 月 31 日(星期四) 上午 9 時

參、地點：本所運輸技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：賴瑞應科長 賴瑞應

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸技術研究中心第一科	副研究員 副研究員 副研究員 副研究員 助理研究員 副研究員 助理研究員 副研究員	曾文傑 謝幼屏 張道光 蘇登建 賴俊呈 胡啟文 黃炳宏 黃牙瑤
本所運輸技術研究中心第二科	科長	李修穎
本所運輸技術研究中心第三科	科長	林雅雯

附錄五

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查意見	處理情形
張欽聰委員	
1. 新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業需考慮到設備成本、科技法規與安全限制、操作技術門檻、環境條件限制與數據隱私安全等，建議在實施過程中要注意各項的需求。	感謝委員的建議，未來在各項相關新興科技應用於設施巡查檢作業的作業，會考量各項實施過程中應注意的需求。
2. 研究報告部分內容建議修正如下： (1)p. 3-7，表 3-7，劣化度判定標準 4 四分之一以上的消波「塊」有缺失，請增加。 (2)p. 3-13 倒數 2 行，選擇巡查構「建」…，修正為「件」。 (3)p. 3-18 與 p5-1「測」掃聲納，修正為「側」；p. 3-18 與 p. 4-10 多音「速」，修正為「束」。 (4)p. 4-3 倒數 2 行，進行現地檢測時先選擇「碼頭」，請修正為「防波堤」。	(1) 已修正。 (2) 已修正。 (3) 已修正。 (4) 已修正。
3. APP 與地震速報系統的整合，如何避免延遲或錯誤的情況發生？	為了避免地震推播有延遲與差異不一致之情形，目前已將地震推播統一採用中央氣象署地震資料，避免因差異性產生作業混亂。
陳桂清委員	
1. APP 運用於港灣設施巡檢工作，在維護管理上非常便捷有效率值得推廣。	感謝委員意見。
2. 港務公司採用 APP 巡檢時間尚短，檢測人員在操作上遭遇那些問題？諸如操作介面是否改善，劣化度判定標準是否明確等，可提供維護系統未來在滾動式檢討時加以修正。	港灣設巡查 APP 已提供港務公司應用在港區巡查作業多年，相關之操作介面與劣化判定之標準，均會依港務公司操作遭遇問題及執行需求，進行滾動的修正與調整，以符實務需求。

審查意見	處理情形
3. 維護管理系統如再結合 AI 辨識資料庫 (廣泛建立各類構造物資訊), 可降低檢測人員在劣化判定的困惑。	感謝委員意見。
4. 維護管理系統是否已移交港務公司自行運作? 或由中心協助? 迄今成效如何?	有關維護管理系統已移交港務公司, 並實際運作中。本中心會依港務公司的需求協助滾動修正與精進維護管理系統, 港務公司已實際應用在日常的巡檢與維修工作, 運作成效良好。
5. 研究報告部分內容建議修正如下: (1)p. 2-3, 倒 1 行, 「2」修正為「兩」。 (2)p. 2-7, 3. 標題, 刪除「標準」。 (3)p. 3-10~第 1 行, 3. 3 標題, 刪除「缺失項目」, 修正為「檢測結果」。 (4)p. 3-10, 表 3-10 構件劣化筆數數量不一致, 請修正。	(1) 已修正。 (2) 已修正。 (3) 已修正。 (4) 已修正。
王慶福委員	
1. 表 2.4 應該是檢測項目分類的原則, 表 2.5 則為依此原則將檢測的項目所做的分類, 建議將表 2.4 改為分類的原則加以說明即可。另外, 表 2.5 的 III 類, 不應空白, 應寫上如防舷材、繫船柱、車擋等, 如此才較完整。	表 2-4 已修正為分類原則, 表 2.5 已修正。
2. 表 2.5 的 II 類中, 所謂的堤面, 在意義上可能無法含蓋防波堤的胸牆, 建議在探討一下是否可改為上部結構? 或是堤面+胸牆?	表 2-5, II 類中的堤面為維護管理手冊所訂的檢測項目分類, 後續將再進行相關探討, 並滾動修訂該項目名稱。
3. 表 2.6 外廓設施劣化度判定及性能弱化度評估標準實施單位, 建議刪除劣化度判定下的(4、3、2、1)及性能弱化度下的(A、B、C、D), 因為此表主要應為說明實施單位, 與判定無關。	表 2.6 已修訂。

審查意見	處理情形
4. p. 3-10 中有『冠牆龜裂、損傷 32 筆與冠牆鋼筋外露 32 筆』防波堤並無冠牆，此應為胸牆之誤。(但此報告檢測項目中未出現過胸牆)。	此段落說明有誤植，已完成修正。
5. p. 3-12 3. 堤後土地構件所說明的內容：以外殼嚴重鏽蝕劣化項目較多有 51 筆，其次是破損或斷裂 10 筆與基座破損 6 筆，此與表 3-12 堤後土地構件項目劣化內容完全不同，應加以修正。	此段落說明有誤植，已完成修正。
6. 有關新興科技的應用，如果能將以往須由海上所進行的檢測，改由陸上來進行，將可減少很多人員及經費，特別是搭配無人機的使用更是有助於海上檢測的實施，新興科技的利用，在初期可能費用較高，但由所得的資料來看，與過去的目視檢測相比，在時間及費用上應可逐步減低，今後應努力蒐集新興科技，導入更多實用可行的技術。	感謝委員意見。
賴瑞應委員	
1. 本計畫蒐集探討國內外新興科技應用於防波堤水上及水下檢測的技術，提供港務管理單位未來巡查檢測的應用，值得肯定。	感謝委員意見。
2. 本計畫透過本所建置提供給臺灣港務公司使用的港灣設施維護管理系統，從系統中蒐集防波堤巡查檢測的劣化構件，並予以統計歸類，提供港埠維管單位未來維管參考，值得肯定，惟後續劣化構件可依重要度區分，以利提供設計單位未來相關構件強化設計的參考，有	感謝委員意見。

審查意見	處理情形
利提升設施的使用壽齡。	
3. p. 3-1 提到巡查人員可先至現場利用巡查表單(A)進行巡查，此部分目前已使用手機 APP 巡查，請修訂。	遵照辦理，已修正。
4. p. 3-18 提到建議維護管理手冊可以增加採多音束測深儀或側掃聲納測深資料來進行劣化判定，因本中心每年協助港務公司滾動修訂港灣設施維護手冊，爰此，建議於明年納入手冊內修訂。	遵照辦理，後續會再協助港務公司進行修訂港灣設施維護手冊，增加防波堤水下之檢測納入多音束測深儀來進行構件項目劣化判定。
李俊穎委員	
1. 摘要內容建議增述說明完成事項或成果，例如提出水下檢測可行性之解決方案，維管手冊要增加檢測方式。	遵照辦理，已修正。
2. 第 4.2 節建議後續可再進一步分析其檢測技術可對應維管手冊之項目。	遵照辦理。
3. 特別巡查防波堤劣化項目建議若有康芮颱風對花蓮港損害事件可在補述。	遵照辦理，已補充於 3.3.2 節。
林雅雯委員	
1. p. 3-14~3-15 頁特別巡查的劣化項目僅展示圖片，建議有劣化項目說明。	p. 3-14 及 p. 3-15 頁，特別巡查的劣化項目已補充說明。
2. 第二章圖有些不清楚，建議檢核更換，第 3-19 頁倒數第二段最後一行及 4-8 頁第一段(4)文字有誤。	圖片已進行修正，文字誤植已修正。
3. 第 4-13 頁圖 4.14 右上角水下 3D 掃描儀(3DSC)似與 4-15 頁圖 4-17 掃描聲納(SS)相同。	因為是用不同儀器與技術的組合，兩者都有使用 3D 掃描儀與掃描聲納(SS)技術，故有相同檢測之儀器。

審查意見	處理情形
4. 第 4-16 頁第 4.3.3 節與 4.3.1 節皆為 UAV 的檢測，建議置於 4.3.1 節之後。	遵照辦理，已修正。

附錄六

期末報告簡報資料



港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)- 新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

MOTC-IOT-113-H1CA001f

報告人：張道光

113.12.24



1

大綱

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

2

01 研究緣起與目的

3

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

研究緣起 與目的

- 港區幅員廣大，港灣設施又長年處在惡劣的海洋及水下未知的環境，在執行港灣構造物之日常巡查與檢測時，常需投入大量的人力及時間來進行巡查與檢測工作。近年來自動化巡檢的興盛，利用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。
- 針對防波堤巡查檢測作業制度面遭遇的技術問題進行探討及精進，並評估導入新興科技於防波堤巡查檢測作業。
- 為提升巡檢工作的效率，精進港灣設施之巡查與檢測作業，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成效。

研究範圍 與應用單位

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

4

02 研究項目與內容

5

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

研究項目 與內容

- **防波堤設施巡查檢測問題探討**
彙整港區各型式防波堤的巡檢的項目，蒐集防波堤的劣化缺失項目並探討與分析常見的防波堤劣化項目。
- **防波堤設施維護管理制度與構件劣化標準檢討**
整理既有的防波堤設施維護管理制度與各構件檢測劣化判定標準，並探討依維護管理制度執行防波堤巡檢作業時所遭遇問題，提出改進與精進的方式。
- **新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用**
探討防波堤設施之巡檢項目可應用新興科技取代現有的巡查檢測作業，並精進與提升維護管理效率。

6

03 防波堤設施維護管理制度與巡查檢測項目及設施巡查檢測問題之探討

7

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防坡堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

● 防波堤設施巡查、檢測種類與頻率：

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

8

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

- 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（特別是構造上的安全性）有直接影響之構件 ◆ 如設施主體結構及基礎結構位移、下陷、破損等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 對設施性能有所影響的構件 ◆ 如鋼結構的防蝕措施 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 附屬設施 ◆ 如防舷材、繫船柱、車擋等

- 港灣構造物之構件劣化程度評估

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

9

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

- 港灣構造物之性能弱化程度評估

性能弱化度	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 」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	

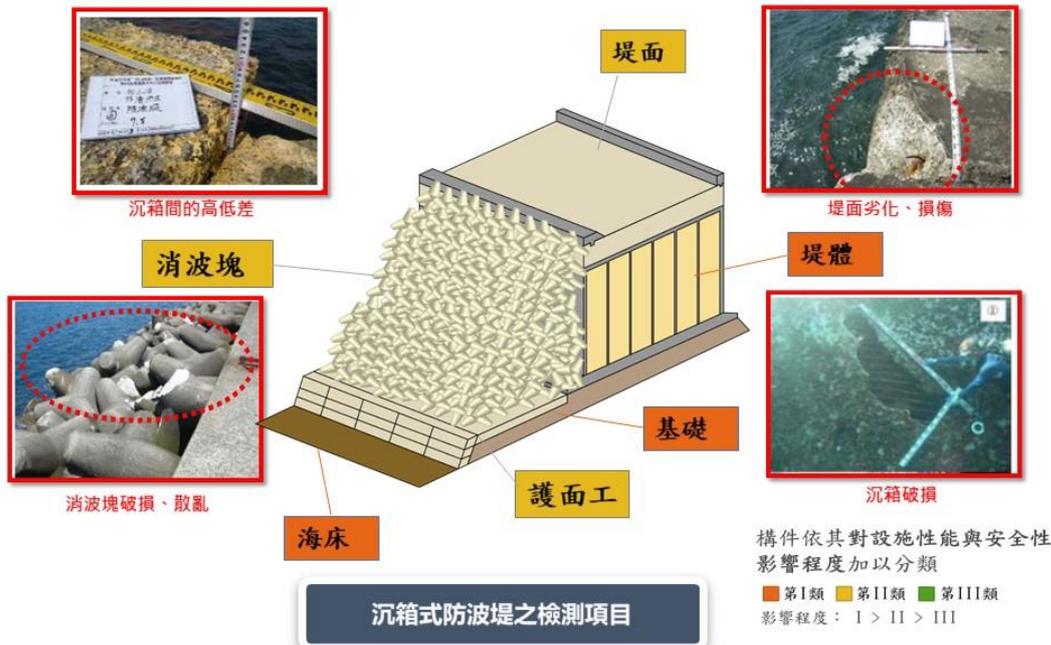
10

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

● 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 	-

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

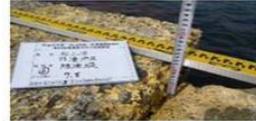


第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)
-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

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 <input type="checkbox"/> 沉箱的一部分偏離拋石基礎
				3 <input type="checkbox"/> 相鄰沉箱間有側壁厚程度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



13

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)
-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

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
沉箱合成式防波堤	II類	堤面 混凝土的劣化、損傷	目視裂紋、損傷、缺損劣化的預兆等	4 <input type="checkbox"/> 有影響防波堤性能的損傷
				3 <input type="checkbox"/> 有寬度1cm以上的裂紋 <input type="checkbox"/> 有小規模的缺損
				2 <input type="checkbox"/> 寬度小於1cm的裂紋
				1 <input type="checkbox"/> 沒有變化

有小規模缺損(3)



有影響防波堤性能的缺損存在(4)



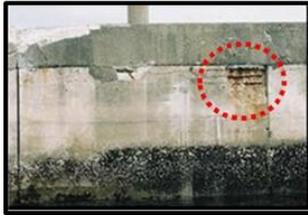
14

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)
-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

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
沉箱合成式防波堤	I類	沉箱 混凝土的劣化損傷。	低潮位時乘船或潛水夫目視 · 裂紋、剝離、損傷、缺損 · 鋼筋露出 · 劣化的徵兆等	4 <input type="checkbox"/> 有使內填料流出的破洞、裂紋、缺損。 <input type="checkbox"/> 大範圍鋼筋露出
				3 <input type="checkbox"/> 多個方向有3mm程度的裂紋
				2 <input type="checkbox"/> 在一方向有3mm程度的裂紋 <input type="checkbox"/> 局部有鋼筋露出。
				1 <input type="checkbox"/> 沒有變化



劣化度4



劣化度2



劣化度4

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)
-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

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	
沉箱合成式防波堤	II類	消波塊	低潮位時乘船目視 · 移動、散亂、下陷 · 消波工的頂部、法線面、法線肩等的變形	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 checked="" type="checkbox"/> 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 <input type="checkbox"/> 消波塊部分移動、散亂、下陷	
				1 <input type="checkbox"/> 沒有變化	
			損傷、斷裂	· 缺損消波塊的個數	4 <input type="checkbox"/> 四分之一以上的消波塊有缺損
					3 <input type="checkbox"/> 在4和2之間變化
					2 <input checked="" type="checkbox"/> 有很多消波塊缺損及部分變化
					1 <input type="checkbox"/> 沒有變化

消波工斷面在減少(3)



有多個缺損和部分有變化的消波塊(2)



第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)
-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

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	
沉箱式合成堤	II類	護面塊	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
		護基塊	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
		消波塊	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，消波塊斷面消波塊減少1層以上。
					3	<input type="checkbox"/> 在檢測單位長內，消波塊斷面在減少中。
					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

17

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4)
-新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(彙整港區防波堤設施的巡檢的項目)

設施	巡檢診斷項目分類	巡檢診斷項目		巡檢方法	劣化度判定標準	
沉箱合成式防波堤	I類	海床	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"/> 沖刷防止襯墊遺失或褶皺
					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

18

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤劣化缺失項目)

- 收集各港區防波堤經常及特別巡查設施之劣化項目

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	至少每季一次	法線 堤面	1. 堤面下陷、塌陷、坑洞 2. 堤線變位外移 3. 鋼筋外露 4. 堤面混凝土龜裂、損傷、剝離 5. 堤面接縫開口、偏差或錯位 6. 船舶撞擊痕跡 7. 胸牆裂紋、缺損、接縫開裂
	至少每季一次	堤前消波塊	1. 消波塊流失 2. 消波塊塌陷 3. 消波塊排列變位或散亂 4. 消波塊體破損
	至少每季一次	堤後背填保護	1. 保護塊石塌陷 2. 保護塊石沖失 3. 背填土壤陷落
	至少每季一次	堤後土地	1. 地面下陷 2. 地面破洞或土砂流失 3. 土壤液化導致地下土砂冒出

19

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01.01~113.10.01)

- 法線堤面構件/項目：134筆

No.	劣化項目	筆數
1	堤面下陷、塌陷、坑洞	27
2	堤線變位外移	25
3	鋼筋外露	15
4	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	43
5	堤面接縫開口、偏差或錯位	6
6	船舶撞擊痕跡	0
7	胸牆裂紋、缺損、接縫開裂	18



20

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01.01~113.10.01)
- 提前消波塊構件/項目：10筆

年份	巡查日期	巡查地點	巡查人員	劣化項目	劣化構件	劣化數量
111	2022/01/05	基隆港	林政宏	提前消波塊	提前消波塊	10
112	2023/01/05	基隆港	林政宏	提前消波塊	提前消波塊	10
113	2024/01/05	基隆港	林政宏	提前消波塊	提前消波塊	10



No.	劣化項目	筆數
1	消波塊流失	7
2	消波塊塌陷	0
3	消波塊排列變位或散亂	2
4	消波塊體破損	1



21

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤劣化缺失項目)

- 劣化項目-彙整各港的劣化構件(111.01.01~113.10.01)
- 堤後土地構件/項目：10筆

年份	巡查日期	巡查地點	巡查人員	劣化項目	劣化構件	劣化數量
111	2022/01/05	基隆港	林政宏	堤後土地	堤後土地	10
112	2023/01/05	基隆港	林政宏	堤後土地	堤後土地	10
113	2024/01/05	基隆港	林政宏	堤後土地	堤後土地	10



No.	劣化項目	筆數
1	地面下陷	2
2	地面破洞或土砂流失	8
3	土壤液化導致地下土砂冒出	0



22

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤的劣化缺失項目)

- 彙整各港(111.01.~113.10)
- 特別巡查防波堤劣化項目：26筆

NO	港灣	日期	設施名稱	構件/項目	劣化類型	特巡事件名稱
1	安平港	2024/10/4	南防波堤	堤面	堤面接縫開口、偏差或錯位	10/1~10/3山陀兒颱風停班停課後特別巡查
2	安平港	2024/10/4	北防波堤	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	10/1~10/3山陀兒颱風停班停課後特別巡查
3	安平港	2024/10/4	北防波堤	堤面	胸牆裂紋、缺損、接縫開裂	10/1~10/3山陀兒颱風停班停課後特別巡查
4	基隆港	2024/10/4	西防波堤	堤面	堤面下陷、塌陷、坑洞	山陀兒颱風巡查
5	基隆港	2024/10/4	東碎波堤	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	山陀兒颱風巡查
6	基隆港	2024/10/4	東碎波堤	堤面	堤面接縫開口、偏差或錯位	山陀兒颱風巡查
7	安平港	2024/7/27	南防波堤	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	7/24, 7/25, 7/26凱米颱風停班停課後特別巡查
8	安平港	2024/7/27	南護岸	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	7/24, 7/25, 7/26凱米颱風停班停課後特別巡查
9	基隆港	2024/7/26	西防波堤	堤前消波塊	消波塊體破損	凱米颱風巡查
10	基隆港	2024/7/26	西防波堤	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	凱米颱風巡查
11	基隆港	2024/7/26	貯木池防波堤(含貯木池道路)	堤後土地	地面破洞或土砂流失	凱米颱風巡查
12	基隆港	2024/7/26	貯木池防波堤(含貯木池道路)	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	凱米颱風巡查
13	高雄港	2024/6/11	二港口外海北離岸堤	堤面	鋼筋外露	本國籍油品船通運輪(TONG YUN)於113年6月8日出港時,撞損二港口外之離岸堤案
14	高雄港	2024/6/11	二港口外海北離岸堤	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	本國籍油品船通運輪(TONG YUN)於113年6月8日出港時,撞損二港口外之離岸堤案
15	花蓮港	2024/4/03	東防波堤(舊東堤身、道路)	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	花蓮7.2連續地震
16	花蓮港	2024/4/03	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	胸牆	面層裂紋、破損、剝離	花蓮7.2連續地震
17	花蓮港	2024/4/03	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	堤面	堤面下陷、塌陷、坑洞	花蓮7.2連續地震
18	花蓮港	2024/4/03	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	堤面	堤面混凝土龜裂、損傷、剝離	花蓮7.2連續地震

23

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤的劣化缺失項目)

- 彙整各港(111.01.01~113.10.01)
- 特別巡查防波堤劣化項目：26筆

NO	港灣	日期	設施名稱	構件/項目	劣化類型	特巡事件名稱
19	高雄港	2023/7/11	二港口內口護岸南護岸	堤面	船舶撞擊痕跡	1120710新加坡籍貨櫃船「華春輪(WAN HAI 312)」出港時撞損二港口(紅毛港)南護岸設施案
20	花蓮港	2023/7/10	東防波堤(舊東堤身、道路)	堤面	堤面下陷、塌陷、坑洞	地震
21	花蓮港	2023/6/01	東防波堤(舊東堤身、道路)	爬梯	外觀鏽蝕、變形、斷裂	112年瑪娃颱風
22	花蓮港	2023/6/01	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	救援設施	設備損壞	112年瑪娃颱風
23	花蓮港	2023/6/01	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	爬梯	本體損傷、脫落	112年瑪娃颱風
24	高雄港	2022/3/09	一港口南護岸	堤面	堤面下陷、塌陷、坑洞	111年3月7日新加坡籍貨櫃船「詠春輪(WAN HAI 173)」進港時撞損一港口南護岸設施案
25	高雄港	2022/3/09	一港口南護岸	堤面	堤面下陷、塌陷、坑洞	111年3月7日新加坡籍貨櫃船「詠春輪(WAN HAI 173)」進港時撞損一港口南護岸設施案
26	高雄港	2022/3/09	一港口南護岸	設施整體	移動	111年3月7日新加坡籍貨櫃船「詠春輪(WAN HAI 173)」進港時撞損一港口南護岸設施案

24

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤的劣化缺失項目)

- 彙整各港 (111.01.01~113.10.01)
- 特別巡查防波堤劣化項目：26筆



特別巡查-0403地震



特別巡查-船隻撞損

25

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

防波堤設施巡查檢測問題探討(收集防波堤的劣化缺失項目)

- 彙整各港 (111.01.01~113.10.01)



維修前

維修中

維修後

花蓮港0403地震防波堤設施之維修

26

04 新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

27

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

現地巡查系統 技術

- 港灣設施巡查行動應用程式APP

水下檢測

- 採用多音束測深儀
- 使用水下無人載具檢查構造物。
- 使用水下3D掃描儀的水下結構形狀識別系統。

海上陸地檢測

- 使用UAV進行目視定期檢測。
- 掃描聲納和雷射掃描儀的三維測量技術。
- 利用人工智慧和三維點雲模型的港口設施的定期檢查支援技術。
- 透地雷達 (GPR) 用於岸肩下方孔洞探測系統

28

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP 現地巡查系統技術

■ 基本功能

- ◆ 可作防波堤**經常巡查**、**特別巡查**等現地巡查作業。
- ◆ 支援雙平台
 - 支援**iOS**平台，版本iOS 11以上
 - 支援**Android**平台，版本5.0.1以上
- ◆ 即時劣化數據紀錄，可記錄拍攝照片GPS座標，可於地圖上顯示劣化構件座標位置。
- ◆ 可離線使用
 - 在有網路環境下，下載好港灣的基本資料後，即可**離線進行巡查紀錄**。
- ◆ 下拉式方式填寫
 - 在表單填列上，盡量採取**下拉式方式填寫**，減少鍵盤輸入次數。



新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP



iOS



Android



巡查選單

- 新增設施與其他巡查
- 新增設施特別巡查
- 上傳巡查紀錄
- 直連主系統
- 查閱系統公告
- 具審核身份才可使用

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP(經常巡查)

14:20

返回 新增

設施名稱* 西防波堤

日期* 2024-08-21

天氣* 晴

巡查單位 維護

巡查人員* 維護廠商

會同人員

*如有缺少構件請先至主系統編輯後再進行同步。
*請勾選要巡查的構件或項目。

全選所有項目

堤面

堤前消波塊

堤後背填保護

堤後土地

填寫完成，繼續填寫表A

先填寫巡查基本資料

14:21

返回 巡查表 A

堤面

否 是 1.堤面下陷、塌陷、坑洞

前已記錄 添加劣化

否 是 2.堤線變位外移

前已記錄 添加劣化

否 是 3.鋼筋外露

前已記錄 添加劣化

否 是 4.堤面混凝土龜裂、損傷、剝離

前已記錄 添加劣化

否 是 5.堤面接縫開口、偏差或錯位

前已記錄 添加劣化

否 是 6.船舶撞擊痕跡

添加劣化

巡查照片 (0) 總劣化數 (0)

填寫完成，最後填寫巡查意見

填寫巡查表A

14:20

返回 劣化記錄 展開地圖

拍照

相簿

錄影

構件編碼 請選擇

構件名稱 堤面

劣化類型* 堤面下陷、塌陷、坑洞

查看

狀況描述

位置

範圍

無法檢視 無此構件

前已通報 是 (勾選則不需進行審核)

詳細診斷 是 (建議當再詳細診斷)

填寫劣化記錄

31

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP(特別巡查)

14:21

返回 新增特別巡查

設施名稱* 東防波堤

日期* 2024-08-21

天氣* 晴

巡查單位 維護

巡查人員* 維護廠商

會同人員

巡查事由* 人為事故 新增/選擇事件

其他事由

發生日期 2024-07-29

事件名稱* 1130 亞泥 9 號船撞東 6 碼頭

*如有缺少構件請先至主系統編輯後再進行同步。
*請勾選要巡查的構件或項目。

全選所有項目

堤面

堤前消波塊

堤後背填保護

堤後土地

填寫完成，繼續填寫表A

先填寫特別巡查基本資料

14:29

返回 巡查表 A

堤前消波塊

否 是 1.消波塊流失

前已記錄 添加劣化

否 是 2.消波塊塌陷

前已記錄 添加劣化

否 是 3.消波塊排列變位或散亂

前已記錄 添加劣化

否 是 4.消波塊體破損

前已記錄 添加劣化

巡查照片 (0) 總劣化數 (0)

填寫完成，最後填寫巡查意見

填寫巡查表A

14:30

返回 劣化記錄 展開地圖

拍照

相簿

錄影

構件編碼 請選擇

構件名稱* 堤前消波塊

劣化類型* 消波塊排列變位或散亂

查看

狀況描述

位置

範圍

無法檢視 無此構件

前已通報 是 (勾選則不需進行審核)

詳細診斷 是 (建議當再詳細診斷)

填寫劣化記錄

32

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 港灣設施巡查行動應用程式APP

The screenshot shows the mobile application interface. On the left is a sidebar menu with options like '選擇港灣', '系統公告', '系統留言', '基本資料', '資料審核', '巡查資料', '新增經常巡查', '經常巡查列表', '新增特別巡查', '特別巡查列表', '查詢巡查資料', '其他設施項目設定', '離岸巡查', '檢測資料', '查詢巡查檢測', and '查詢劣化紀錄'. The main area displays a '特別巡查列表' (Special Inspection List) table with columns for NO, 設施名稱 (Facility Name), 設施類型 (Facility Type), 巡查日期 (Inspection Date), 巡查事由 (Inspection Reason), 發生日期 (Occurrence Date), 事件名稱 (Event Name), 巡查員 (Inspector), and 巡查結果 (Inspection Result).

NO	設施名稱	設施類型	巡查日期	巡查事由	發生日期	事件名稱	巡查員	巡查結果
1	防波堤(護岸-舊東堤大卵礫)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-17	地震	2024-08-17	113.08.17花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
2	內防波堤-西堤	防波堤、海堤、護岸	2024-08-17	地震	2024-08-17	113.08.17花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
3	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-17	地震	2024-08-17	113.08.17花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
4	東防波堤(舊東堤岸、邊路)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-17	地震	2024-08-17	113.08.17花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
5	防波堤(護岸-舊東堤大卵礫)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-16	地震	2024-08-16	113.08.16花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
6	內防波堤-西堤	防波堤、海堤、護岸	2024-08-16	地震	2024-08-16	113.08.16花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
7	東防波堤(舊東堤岸、邊路)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-16	地震	2024-08-16	113.08.16花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
8	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-16	地震	2024-08-16	113.08.16花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
9	防波堤(護岸-舊東堤大卵礫)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-15	地震	2024-08-15	113.08.15花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
10	內防波堤-西堤	防波堤、海堤、護岸	2024-08-15	地震	2024-08-15	113.08.15花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常
11	外防波堤-東堤(含25公尺長之突堤)	防波堤、海堤、護岸	2024-08-15	地震	2024-08-15	113.08.15花蓮4級地震特別巡查	張勳儒	無異常

地震與颱風後之特別巡查

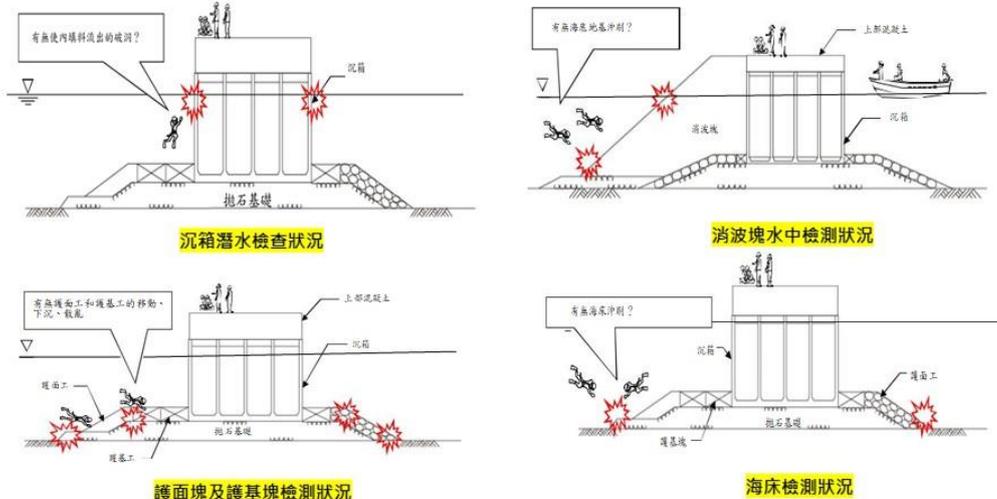
第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 多音束測深儀應用於防波堤水下定期檢測探討 水下檢測

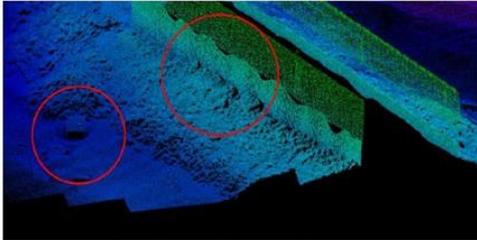
防波堤水下調查項目，主要採用潛水員檢查，防波堤總長度較長，全段派潛水員檢測費用高，因此可採用**多音束測深儀**或**側掃聲納**測深資料判斷。在護面塊，護基塊，消波塊，也是主要看是否有移動、散亂、下陷。在水下檢測很不容易，海水混濁，波浪很大，在執行上有很大困難，建議可用**多音束**來做地形測量，若發現有移動散亂及下陷等冲刷情形之疑慮，才再請潛水人員確認。



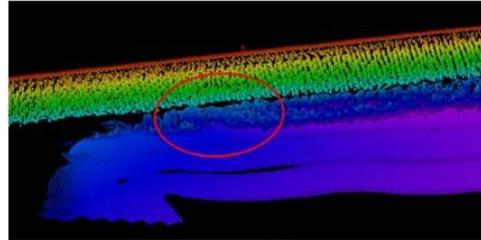
新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 多音束測深儀應用於防波堤水下定期檢測探討

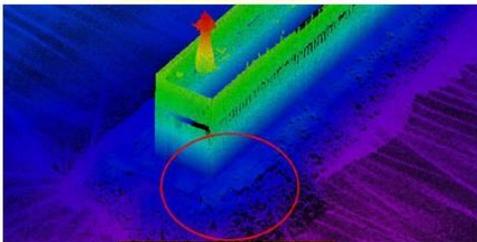
水深測量主要是以多音束測深儀測深，搭配GNSS衛星定位系統定位，並配合周邊設備如湧浪補償儀、運動姿態感測器、水中聲速剖面儀、潮位儀等儀器施測，藉由水深測量軟體整合各項即時的觀測資料，並於事後加入潮汐修正、水中聲速修正及湧浪與船隻姿態角修正後，則可得水深地形成果。



護基塊護面塊散亂、下陷



海底消波塊減少



護基塊、護面塊散亂及缺少

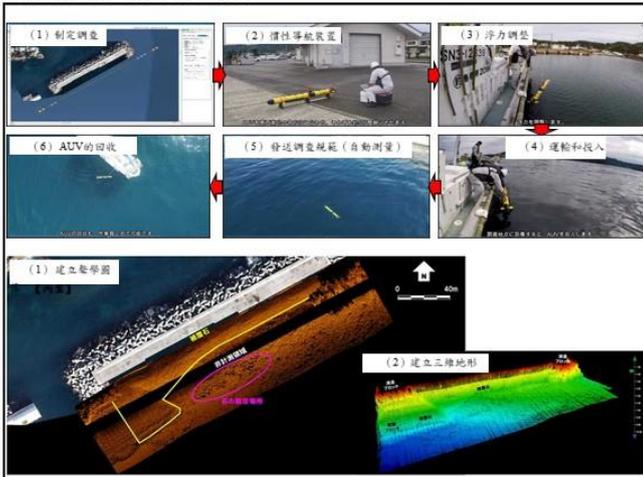
設施	檢測設備項目	檢測設備項目	檢測方法	劣化量的判定標準	
沉箱式 直堤	護面塊	移動、散亂、下陷	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	1	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	2	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	3	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	4	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	5	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	6	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
	護基塊	移動、散亂、下陷	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	1	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	2	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	3	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	4	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	5	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
			照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	6	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況
消波塊	移動、散亂、下陷	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	1	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	
		照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	2	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	
		照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	3	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	
		照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	4	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	
		照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	5	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	
		照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	6	照本測深 + 浮標、測部、斜 高儀測深等 照本和照深儀 照移動和散亂狀 況	

劣化判定基準表

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 使用自主型水下無人機AUV的外廓設施 (防波堤・海堤)

自主型水下無人載具AUV (Autonomous Underwater Vehicle) 是一種配備電腦和各種感測器的水下機器人。它能夠依照預先設定的路徑 (航線和深度) 自主航行，並利用搭載的側向聲納，獲取外廓設施 (防波堤、護岸) 的水下部分 (覆蓋、護址、消波、基礎工等，及海底地盤) 的聲音圖像和三維地形數據。



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」



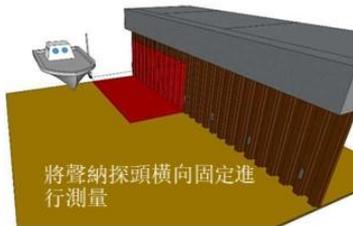
第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

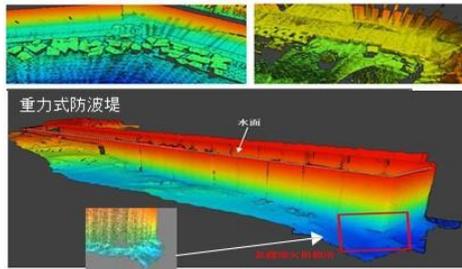
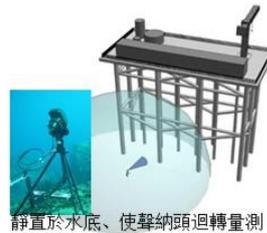
新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 使用水下3D掃描儀的水下結構形狀識別系統

[船舶安裝測量]



[水底靜置測量]



水下3D掃描儀是一種聲波設備，用於以高精度和高密度的點雲數據測量水下結構和水底形狀。可在水底靜置狀態下進行測量，也可在船舶安裝測量。由於比多音束的頻率還高，所以點雲密度很高，可量測複雜的形狀與10cm左右的變異。可檢測沉箱開裂、覆蓋層或護基工的脫落、消波塊的下陷與損壞。船舶裝備測量適用於水深15米，水底靜置測量適用於水深30米。

37

第6案

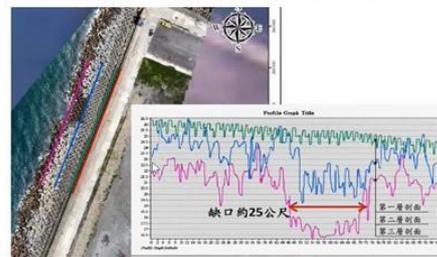
港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

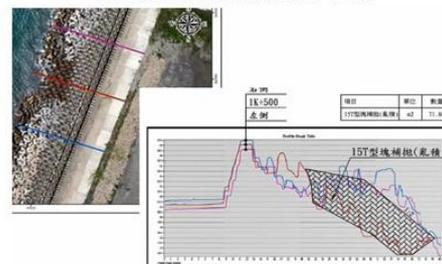
● 利用UAV輔助工具取代人工目視消波工劣化度的判定 海上陸地檢測

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	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
沉箱合式防波堤	II類	消波塊	低潮位時乘船目視	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。
			移動、散亂、下陷	3 <input checked="" type="checkbox"/> 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)。
			消波工的頂部、法線面、法線面等的變形	2 <input type="checkbox"/> 消波塊部分移動、散亂、下陷
		消波塊的個數	損傷、斷裂	1 <input type="checkbox"/> 沒有變化
			缺損消波塊的個數	4 <input type="checkbox"/> 四分之一以上的消波塊有缺損
				3 <input type="checkbox"/> 在4和2之間變化
	2 <input checked="" type="checkbox"/> 有很多消波塊缺損及部分變化			
	1 <input type="checkbox"/> 沒有變化			



利用UAV檢視消波塊減少區域



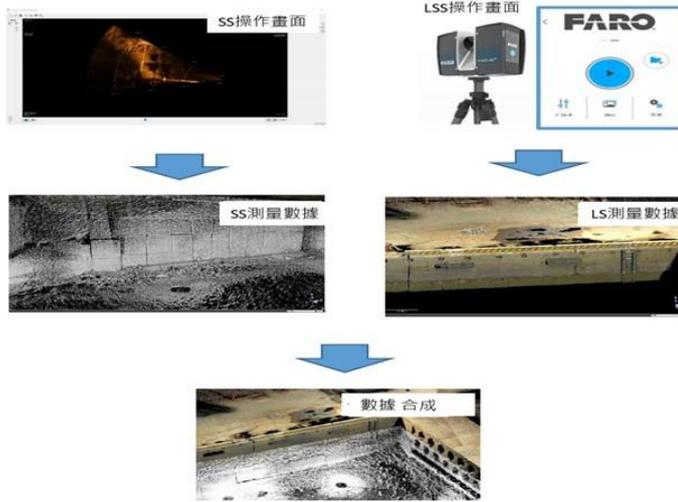
38

新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 掃描聲納和雷射掃描儀的三維測量技術

利用掃描聲納 (SS) 和雷射掃描儀 (LS) 相結合的技術，對外圍設施和停泊設施進行三維計測。該技術能夠處理跨越海中部、海上部和陸上部的港灣設施形狀，並生成無縫的三維數據，從而實現對混凝土裂縫、損壞、鋼材孔蝕以及消波塊移動和沉陷等情況的精確計測。

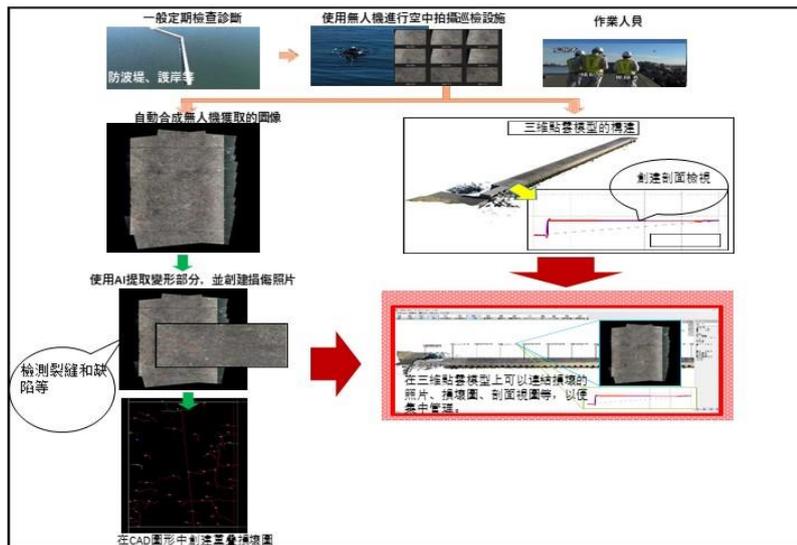
【測量數據】



新興科技應用於防波堤設施巡檢作業的應用

● 利用UAV與AI和三維點雲模型的港灣設施定期巡檢支援技術

這項技術針對防波堤和護岸，利用無人機拍攝的影像在雲端進行AI分析，以抽取裂縫等變化部位並生成損傷圖。進一步地，從獲得的影像中重建三維點雲模型，生成橫截面圖以檢測位移、階差等變化。



05 結論與建議

43

第6案

港灣構造物巡查檢測作業精進(3/4) -新興科技應用於防波堤設施巡查檢測作業

1

- 有關防波堤設施水下之消波塊、護基塊、護面塊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)取得消波塊或護面塊及海床的高程數據，據以判斷消波塊或護面塊及海床，是否有移動散亂及下陷情形等沖刷造成之問題。

2

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

3

- 運用UAV輔助工具取代人工目視消波工劣化度的判定、以掃描聲納與雷射掃描組合的三維量測技術、利用UAV與AI三維點雲模型的港灣設施檢查技術及透地雷達檢測技術，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

- 在新興科技的應用，防波堤的經常巡查可用港灣設施巡查行動應用程式進行現地巡查作業，而防波堤水下的定期檢測則可利用水下遙控載具ROV與AUV技術、水下3D掃描掌握水下結構形狀的系統、多音束測深儀，進行防波堤結構、水域底部和相關基礎設施的檢測。

5

- 為落實港灣構造物維護管理制度，需滾動調整或修訂維護管理手冊，俾以符合實務需求。

44



THANK YOU

簡報完畢
敬請指教



