

109-005-7B52  
MOTC-IOT-108-H2DB001e

# 船舶斷纜預警系統建置及繫纜 方式研擬



交通部運輸研究所

中華民國 109 年 2 月

109-005-7B52  
MOTC-IOT-108-H2DB001e

# 船舶斷纜預警系統建置及繫纜 方式研擬

著者：洪維屏、蘇青和、楊瑞源、陳信宏、  
莊紫晴、余昇鴻、潘詠祈、許文陽

交通部運輸研究所

中華民國 109 年 2 月



國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬 / 洪維屏  
等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，民  
109.02  
面；公分  
ISBN 978-986-531-079-0(平裝)

1.港埠管理 2.神經網路

557

108023134

船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬

著者：洪維屏、蘇青和、楊瑞源、陳信宏、莊紫晴、余昇鴻、潘詠祈、  
許文陽

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：[www.ihmt.gov.tw](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版>中心出版品)

電話：(04)26587126

出版年月：中華民國 109 年 2 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定價：300 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

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

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

GPN：1010900116 ISBN：978-986-531-079-0 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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



## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                             |                            |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 出版品名稱：船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                             |                            |                                                              |
| 國際標準書號（平裝）<br>ISBN 978-986-531-079-0 (平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 政府出版品統一編號<br>1010900116                                                                                     | 運輸研究所出版品編號<br>109-005-7B52 | 計畫編號<br>MOTC-IOT-108-H2DB001e                                |
| 本所主辦單位：港研中心<br>主管：蔡立宏<br>計畫主持人：蘇青和<br>研究人員：洪維屏<br>聯絡電話：04-26586126<br>傳真號碼：04-26560661                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會<br>計畫主持人：楊瑞源<br>研究人員：陳信宏、莊紫晴、許文陽、余昇鴻、潘詠祈<br>地址：台南市東區大學路1號<br>聯絡電話：06-2757575 ext.63246 |                            | 研究期間<br>自 108 年 3 月<br>至 108 年 11 月                          |
| 關鍵詞：不同情境、船舶受力、船舶繫纜力、斷纜事件、船舶繫纜、預警模式、散裝船、油輪                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                             |                            |                                                              |
| <p>摘要：</p> <p>本計畫旨在建立一套船舶斷纜預警系統及提供建議之繫纜方式供使用單位參考。本計畫包含下列六項工作項目即：(1)不同情境船舶受力分析，(2)不同情境船舶繫纜力分析，(3)斷纜事件之探討與分析，(4)研擬船舶繫纜方式，(5)建立預警模式，(6)辦理至少一場教育訓練。</p> <p>研究計畫中有關不同情境船舶受力分析與船舶繫纜力分析係藉由ANSYS AQWA，及Orcina OrcaFlex等套裝數值模擬輔助1/50等比縮尺之風浪船舶互制靠泊試驗研究校驗比較後進行探討。經由水工模型試驗校驗後之數值模擬，以兩種船型(散裝船、油輪)分別在風速(5組)、風向(16組)、波浪(5組)及吃水深(4組)進行共1,600個不同情境之船舶受力與船舶繫纜力之數值模擬分析。同時本研究亦針對斷纜事件做探討分析與研擬船舶之繫纜方式。綜整以上研究所獲之成果，乃進一步建立了預警模式，該預警模式整合了船舶資訊、碼頭資訊、環境資訊及繫纜斷裂警示燈號。綜言之，本計畫所獲得之成果如下：</p> <p>1.提出建議之船舶繫纜方式，2.針對所建議之繫纜方式建立了不同風浪與船型(散裝船、油輪)之船舶斷纜預警模式，3.辦理一場教育訓練。</p> <p>此外本計畫所建置之預警模式所作之船舶繫纜張力預測分析資料庫，將可提供各港務主管單位之營運管理，於颱風或強風來襲時，可藉由此預警模式，預先評估船舶之繫纜力，預作相關防範措施，以降低發生斷纜之風險，進而降低相關可能引致之災損發生。</p> |                                                                                                             |                            |                                                              |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 頁數                                                                                                          | 定價                         | 本出版品取得方式                                                     |
| 109 年 2 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 330                                                                                                         | 300                        | 凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。 |
| <p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（解密條件：<input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密，<input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p>■普通</p>                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                             |                            |                                                              |
| 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**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                              |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TITLE: Study on ship broken cable early warning system establishment and cable tethering method investigation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                              |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                     |
| ISBN (OR ISSN)<br>978-986-531-079-0 (pbk)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1010900116 | IOT SERIAL NUMBER<br>109-005-7B52                                              | PROJECT NUMBER<br>MOTC-IOT-108-H2DB001e                                                                                                                                                                             |
| DIVISION: Harbor & Marine Technology Center<br>DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Qing-Huo Su                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                              | PROJECT STAFF: Wei-Ping Hung<br>PHONE: +886-4-26587126<br>FAX: +886-4-26560061 |                                                                                                                                                                                                                     |
| PROJECT PERIOD<br>FROM March 2019<br>TO Nov. 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                              |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                     |
| RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yang, Ray-Yeng<br>PROJECT STAFF: Chen, S.H, Chuang, T.C., Hsu, W.Y., Yu, S. H , Pan, Y.C.<br>ADDRESS: No.1, University Road, Eastern District, Tainan City.<br>PHONE: (06) 2757575 ext.63246                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                              |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                     |
| KEY WORDS:<br>DIFFERENT SITUATIONS, FORCE ANALYSIS OF SHIPS, MOORING CABLE FORCE ANALYSIS OF SHIPS, MOORING CABLE BROKEN EVENTS, SHIP MOORING CABLE, EARLY WARNING SYSTEM, BULK CARRIER, TANKER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                              |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>The purpose of this project is to establish an early warning system of ship broken cable and provide a proposed tethered cable method for the reference of the users. Six major works (shown as follow) are conducted in this project, including:(1)Force analysis of ships in different situations, (2)Mooring cable force analysis of ships in different situations, (3)Discussion and analysis of mooring cable broken events, (4)Investigation on ship mooring cable method, (5)Establishing an early warning system, (6)Organizing at least one educational training.</p> <p>Analyses of force on the ship and mooring cable force of ship under different situations in the port terminal area are conducted by ANSYS AQWA and Orcina OrcaFlex software simulations and verified by 1/50 undistorted scale wind/wave vessel berthing hydraulic model test. After validation of hydraulic model experiments, then two ship types (bulk carrier, tanker) are respectively investigated under different situations of wind speeds (4 groups), wind directions (16 groups), waves (5 groups) and draughts (4groups). There are total 1,600 test runs for numerical simulation of force analysis of ships and mooring cable force analysis of ships. Meanwhile, investigation and analysis of mooring cable broken events and study on ship mooring cable methods will also have detailed discussion.</p> <p>Based on all the above obtained results, an early warning system is established in this project. This early warning system integrates the ship information, pier information, environment information and mooring cable fracture warning lights.</p> <p>To sum up, the obtained results of this project are as follow: (1)to propose suggested ship tethering method, (2)to establish an early warning system for broken mooring cable under different wind/wave and ship types(bulk carrier, tanker) based on the proposed ship tethering method, (3)to conduct one educational training.</p> <p>An early warning system for forecasting the tension force of mooring cable can be further employed in the future. Once a typhoon or strong wind approaching, the administrative authority of the harbors can determine what prevention response should be implemented according to the output of this early warning system, thus the disasters induced by typhoon or strong wind events can be mitigated.</p> |                                              |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                     |
| DATE OF PUBLICATION<br>February,2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | NUMBER OF PAGES<br>330                       | PRICE<br>300                                                                   | CLASSIFICATION<br><input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL<br><input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                              |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                     |

# 船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬

## 目 錄

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 中文摘要 .....                | I    |
| 英文摘要 .....                | II   |
| 目錄 .....                  | III  |
| 圖目錄 .....                 | VI   |
| 表目錄 .....                 | XI   |
| 第一章 緒論 .....              | 1-1  |
| 1.1 計畫緣起與目的 .....         | 1-1  |
| 1.2 計畫執行工作項目 .....        | 1-2  |
| 第二章 文獻回顧 .....            | 2-1  |
| 2.1 臺灣商港相關斷纜事件之資料蒐集 ..... | 2-1  |
| 2.2 船舶繫纜方式 .....          | 2-7  |
| 2.3 船舶繫泊受力分析 .....        | 2-8  |
| 2.4 繫纜破壞機制初探 .....        | 2-8  |
| 2.5 國內各港務公司防颱作業規定 .....   | 2-10 |
| 2.6 國內各港務公司船舶繫泊作業要點 ..... | 2-13 |
| 2.7 國際預警模式相關軟體 .....      | 2-15 |
| 第三章 斷纜事件之探討與分析 .....      | 3-1  |
| 3.1 國內外重大船舶斷纜事件 .....     | 3-1  |
| 3.2 船舶斷纜重要影響因素 .....      | 3-14 |

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 第四章 研擬船舶繫纜方式 .....            | 4-1  |
| 4.1 單浮筒或單點繫泊 .....            | 4-2  |
| 4.2 常規浮筒或多浮筒繫泊 .....          | 4-3  |
| 4.3 地中海式繫泊 .....              | 4-4  |
| 4.4 運行繫泊 .....                | 4-5  |
| 第五章 船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗 .....    | 5-1  |
| 5.1 試驗方法 .....                | 5-1  |
| 5.2 試驗配置 .....                | 5-3  |
| 5.3 試驗條件 .....                | 5-14 |
| 5.4 試驗流程 .....                | 5-19 |
| 5.5 試驗量測項目 .....              | 5-20 |
| 5.6 試驗結果 .....                | 5-21 |
| 5.6.1 船舶自然運動衰減試驗 .....        | 5-21 |
| 5.6.2 繫纜繩張力試驗 .....           | 5-25 |
| 5.6.3 船體靜穩度 .....             | 5-35 |
| 第六章 不同情境船舶受力及繫纜受力數值模擬分析 ..... | 6-1  |
| 6.1 船舶水動力數值分析 .....           | 6-1  |
| 6.1.1 不同船隻類型介紹與船模建立 .....     | 6-3  |
| 6.1.2 不同船隻類型水動力計算 .....       | 6-7  |
| 6.1.3 船體水動力驗證與綜合討論 .....      | 6-10 |
| 6.2 船舶繫纜受力數值計算 .....          | 6-12 |
| 6.2.1 座標系統定義 .....            | 6-12 |
| 6.2.2 船舶繫纜繩參數 .....           | 6-13 |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 6.2.3 船舶防舷材配置 .....             | 6-14  |
| 6.2.4 環境模擬條件 .....              | 6-15  |
| 6.2.5 船舶受力與繫纜繩受力計算結果-單一條件 ..... | 6-16  |
| 6.3 數值驗證與綜合討論 .....             | 6-20  |
| 6.3.1 繫纜繩受力實驗與數值比對 .....        | 6-20  |
| 6.3.2 船舶繫纜繩受力統計特性 .....         | 6-23  |
| 第七章 預警模式建立與教育訓練 .....           | 7-1   |
| 7.1 繫纜資料庫與展示介面建置 .....          | 7-1   |
| 7.2 教育訓練 .....                  | 7-8   |
| 第八章 結論與建議 .....                 | 8-1   |
| 8.1 結論 .....                    | 8-1   |
| 8.2 建議 .....                    | 8-3   |
| 8.3 成果效益及應用情形 .....             | 8-4   |
| 參考文獻 .....                      | 參-1   |
| 附錄一 防颱作業規定 .....                | 附 1-1 |
| 附錄二 各港務公司船舶繫泊作業要點 .....         | 附 2-1 |
| 附錄三 期中審查意見及辦理情形說明表 .....        | 附 3-1 |
| 附錄四 期末審查意見及辦理情形說明表 .....        | 附 4-1 |
| 附錄五 期末報告簡報 .....                | 附 5-1 |



## 圖 目 錄

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| 圖 2.1 臺灣港務公司與各分公司間之災害防救體系 .....             | 2-11 |
| 圖 2.2 災害通報流程圖 .....                         | 2-12 |
| 圖 2.3 災害復原通報流程圖 .....                       | 2-13 |
| 圖 2.4 描述船隻及繫纜繩基本資料 .....                    | 2-15 |
| 圖 2.5 描述泊位及船隻繫泊點數據 .....                    | 2-16 |
| 圖 2.6 繫纜繩分析結果 .....                         | 2-16 |
| 圖 3.1 近五年(2015 年~2019 年)來臺灣曾出現之繫纜破壞事件分佈圖 .. | 3-8  |
| 圖 3.2 人員受傷的不同事故類型 .....                     | 3-16 |
| 圖 3.3 纜繩外觀破舊、老化 .....                       | 3-17 |
| 圖 3.4 莫蘭蒂颱風期間，強風來襲導致纜繩斷裂，貨輪擦撞港口 ..          | 3-17 |
| 圖 4.1 單點繫泊示意圖 .....                         | 4-2  |
| 圖 4.2 常規浮筒或多浮筒繫泊示意圖 .....                   | 4-3  |
| 圖 4.3 地中海式繫泊法示意圖 .....                      | 4-4  |
| 圖 4.4 運行繫泊法示意圖 .....                        | 4-5  |
| 圖 4.5 平靠繫泊示意圖 .....                         | 4-6  |
| 圖 4.6 船艙纜實際繫泊 .....                         | 4-6  |
| 圖 4.7 前向纜及後向纜繩 .....                        | 4-7  |
| 圖 4.8 防颱纜繫泊示意圖 .....                        | 4-7  |
| 圖 4.9 T 型碼頭船舶繫泊示意圖 .....                    | 4-7  |
| 圖 4.10 散裝船繫泊示意圖 .....                       | 4-8  |
| 圖 4.11 散裝船船尾繫纜方式 .....                      | 4-10 |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 圖 4.12 散裝船橫纜繫纜方式.....   | 4-11 |
| 圖 4.13 五穀雜糧船船頭繫纜方式..... | 4-11 |
| 圖 4.14 五穀雜糧船橫纜繫纜方式..... | 4-11 |
| 圖 4.15 貨櫃船船尾繫纜方式.....   | 4-12 |
| 圖 4.16 散裝船船頭繫纜方式.....   | 4-12 |
| 圖 4.17 平時靠泊之繫纜工作.....   | 4-13 |
| 圖 4.18 八字環繞繫纜方式.....    | 4-15 |
| 圖 4.19 兩種型態之繫纜阻尼.....   | 4-16 |
| 圖 5.1 風波流循環試驗水槽.....    | 5-4  |
| 圖 5.2 平面造波機.....        | 5-7  |
| 圖 5.3 造風機系統.....        | 5-7  |
| 圖 5.4 造風機變頻驅動單元.....    | 5-7  |
| 圖 5.5 波高計.....          | 5-7  |
| 圖 5.6 陀螺儀.....          | 5-7  |
| 圖 5.7 張力計.....          | 5-7  |
| 圖 5.8 風速計.....          | 5-8  |
| 圖 5.9 多節點資料擷取系統架構圖..... | 5-8  |
| 圖 5.10 油輪船體模型.....      | 5-8  |
| 圖 5.11 模型船配重方式.....     | 5-9  |
| 圖 5.12 模型船配重完成圖.....    | 5-10 |
| 圖 5.13 試驗配置-方案一.....    | 5-11 |
| 圖 5.14 試驗配置-方案二.....    | 5-12 |
| 圖 5.15 碼頭的佈置過程.....     | 5-12 |



|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| 圖 5.16 張力計與陀螺儀佈置 .....                     | 5-13 |
| 圖 5.17 碼頭與船座標定義 .....                      | 5-13 |
| 圖 5.18 台車上架設波高計 .....                      | 5-13 |
| 圖 5.19 台車上架設風速計 .....                      | 5-13 |
| 圖 5.20 高雄港區碼頭配置圖 .....                     | 5-15 |
| 圖 5.21 最高潮位波高分佈圖 .....                     | 5-15 |
| 圖 5.22 風速率定配置圖 .....                       | 5-17 |
| 圖 5.23 V20 試次風速率定分佈圖 .....                 | 5-18 |
| 圖 5.24 V36 試次風速率定分佈圖 .....                 | 5-18 |
| 圖 5.25 船體橫搖(Roll)自然運動衰減之時序列圖 .....         | 5-22 |
| 圖 5.26 船體縱搖(Pitch)自然運動衰減之時序列圖 .....        | 5-22 |
| 圖 5.27 船體起伏(Heave)自然運動衰減之時序列圖 .....        | 5-22 |
| 圖 5.28 船體橫搖(Roll)自然運動衰減之頻率分析圖 .....        | 5-23 |
| 圖 5.29 船體縱搖(Pitch)自然運動衰減之頻率分析圖 .....       | 5-23 |
| 圖 5.30 船體起伏(Heave)自然運動衰減之頻率分析圖 .....       | 5-24 |
| 圖 5.31 平均高潮位下各試次之纜繩最大張力值 .....             | 5-27 |
| 圖 5.32 平均高潮位波浪作用下(H-W)繫纜繩張力時序列圖 .....      | 5-28 |
| 圖 5.33 平均高潮位波浪與風(H-WV20)作用下繫纜繩張力時序列圖 ..... | 5-28 |
| 圖 5.34 平均高潮位波浪與風(H-WV36)作用下繫纜繩張力時序列圖 ..... | 5-28 |
| 圖 5.35 平均高潮位風(H-V20)作用下繫纜繩張力時序列圖 .....     | 5-29 |
| 圖 5.36 平均高潮位風(H-V36)作用下繫纜繩張力時序列圖 .....     | 5-29 |
| 圖 5.37 平均高潮位離岸風(H-RV20)作用下繫纜繩張力時序列圖 .....  | 5-29 |
| 圖 5.38 平均高潮位離岸風(H-RV36)作用下繫纜繩張力時序列圖 .....  | 5-30 |

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| 圖 5.39 平均低潮位各試次之纜繩最大張力值.....                      | 5-32 |
| 圖 5.40 平均低潮位波浪(L-W)作用下繫纜繩張力時序列圖 .....             | 5-33 |
| 圖 5.41 平均低潮位波浪與風(L-WV20)作用下繫纜繩張力時序列圖              | 5-33 |
| 圖 5.42 平均低潮位波浪與風(L-WV36)作用下繫纜繩張力時序列圖              | 5-33 |
| 圖 5.43 平均低潮位風(L-V20)作用下繫纜繩張力時序列圖 .....            | 5-34 |
| 圖 5.44 平均低潮位風(L-V36)作用下繫纜繩張力時序列圖 .....            | 5-34 |
| 圖 5.45 平均低潮位離岸風(L-RV20)作用下繫纜繩張力時序列圖 ...           | 5-34 |
| 圖 5.46 平均低潮位離岸風(L-RV36)作用下繫纜繩張力時序列圖 ...           | 5-35 |
| 圖 5.47 船體於平均高潮位各條件作用下之最大運動角度(Roll、Pitch、Yaw)      | 5-37 |
| 圖 5.48 船體於平均高潮位波浪(H-W)作用下之運動角度時序列圖 .....          | 5-38 |
| 圖 5.49 船體於平均高潮位波浪與風(H-WV20)作用下之運動角度時序列圖 ...       | 5-39 |
| 圖 5.50 船體於平均高潮位波浪與風(H-WV36)作用下之運動角度時序列圖 ...       | 5-40 |
| 圖 5.51 船體於平均低潮位各條件作用下之最大運動角度(Roll、Pitch、Yaw)      | 5-42 |
| 圖 5.52 船體於平均低潮位波浪(H-W)作用下之運動角度時序列圖 .....          | 5-43 |
| 圖 5.53 船體於平均低潮位波浪與風(H-WV20)作用下之運動角度時序列圖 ...       | 5-44 |
| 圖 5.54 船體於平均低潮位波浪與風(H-WV36)作用下之運動角度時序列圖 ...       | 5-45 |
| 圖 6.1 船舶繫纜受力數值模擬架構圖 .....                         | 6-2  |
| 圖 6.2 船舶 6 軸運動座標定義(Korte 等人,2017).....            | 6-3  |
| 圖 6.3 散裝船與油輪外觀圖與幾何資料(尺寸、重量、吃水與重量)..               | 6-4  |
| 圖 6.4 DyneTanker 油輪 2D 船圖剖面(上圖)，3D 薄船殼圖(下圖) ..... | 6-6  |
| 圖 6.5 散裝船受向岸浪作用的 6 軸荷載 RAO .....                  | 6-8  |
| 圖 6.6 油輪受向岸浪作用的 6 軸荷載 RAO .....                   | 6-9  |
| 圖 6.7 散裝船型風阻力係數與入射角關係.....                        | 6-10 |

|                                                  |      |
|--------------------------------------------------|------|
| 圖 6.8 油輪自由衰減-實驗與數值時序列及能量譜比對 .....                | 6-11 |
| 圖 6.9 船舶座標系統與繫纜繩編號定義 .....                       | 6-13 |
| 圖 6.10 聚丙烯繫纜繩(Polypropylene Rope, 8 Strand)..... | 6-13 |
| 圖 6.11 數值模擬防舷材安裝位置與數量 .....                      | 6-14 |
| 圖 6.12 防舷材壓縮材料特性曲線圖 .....                        | 6-15 |
| 圖 6.13 50 年迴歸期作用下船舶 8 條繫纜繩張力變化.....              | 6-18 |
| 圖 6.14 50 年迴歸期作用下船舶 6 軸運動時序列.....                | 6-19 |
| 圖 6.15 50 年迴歸期作用下船舶受力分析 .....                    | 6-19 |
| 圖 6.16 油輪繫纜繩受力實驗與數值比對-純風作用(離岸風速=36 公尺/秒) ....    | 6-21 |
| 圖 6.17 油輪繫纜繩受力實驗與數值比對-純浪作用(H=2m,T=14sec).....    | 6-22 |
| 圖 6.18 散裝船繫纜繩最大受力與波高、風速關係.....                   | 6-23 |
| 圖 6.19 滿載油輪(吃水=14.25 公尺)繫纜繩最大受力與波高、風速關係.....     | 6-24 |
| 圖 6.20 裝卸過程油輪(吃水=10.00 公尺)繫纜繩最大受力與波高、風速關係..      | 6-24 |
| 圖 6.21 空船油輪(吃水=6.00 公尺)繫纜繩最大受力與波高、風速關係.....      | 6-25 |
| 圖 6.22 篩選破斷力>560kN，波高大於 0.2m，風速大於 1m/sec.....    | 6-26 |
| 圖 6.23 篩選破斷力>560kN，波高小於 1m，風速大於 70m/sec.....     | 6-27 |
| 圖 6.24 篩選破斷力>7,000kN，波高大於 0.2m，風速大於 1m/sec...    | 6-27 |
| 圖 6.25 模擬繫纜老舊，破斷力=1,000kN。波高小於 0.5m，風速大於 70m/sec | 6-28 |
| 圖 7.1 手機版船舶繫纜預警系統介面 .....                        | 7-7  |
| 圖 7.2 教育訓練課程表 .....                              | 7-9  |
| 圖 7.3 教育訓練上課情形 .....                             | 7-9  |



## 表 目 錄

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| 表 2-1 臺灣港務公司各港區船舶 101 年-106 年歷年斷纜情境描述表     | 2-1  |
| 表 2-2 各港區事故地點船舶斷纜次數分佈 .....                | 2-5  |
| 表 2-3 各不同風速船舶斷纜事件之發生分佈(非颱風期間).....         | 2-5  |
| 表 2-4 各船型斷纜事件之發生分佈 .....                   | 2-6  |
| 表 2-5 高雄港不同事故地點發生斷纜情形之分佈 .....             | 2-6  |
| 表 2-6 各港區 101 年-106 年船舶斷纜統計數一覽表 .....      | 2-7  |
| 表 2-7 繫纜破壞分類與機制 .....                      | 2-9  |
| 表 3-1 臺灣近五年(2015 年~2019 年)內之重大船舶斷纜事件 ..... | 3-1  |
| 表 3-2 國外近年之重大船舶斷纜事件 .....                  | 3-9  |
| 表 5-1 高雄港外海各方向各迴歸期設計波高分析表 .....            | 5-14 |
| 表 5-2 颱風侵襲臺灣之最大風速資料表 .....                 | 5-16 |
| 表 5-3 試驗條件一覽表.....                         | 5-17 |
| 表 5-4 船體運動自然頻率與週期 .....                    | 5-24 |
| 表 5-5 平均高潮位時各條件作用下纜繩最大張力變化值(ton) .....     | 5-26 |
| 表 5-6 平均高潮位時各條件作用下纜繩最大張力值(ton) .....       | 5-26 |
| 表 5-7 平均高潮位時各條件作用下纜繩之預張力值(ton) .....       | 5-27 |
| 表 5-8 平均低潮位時各條件作用下纜繩最大張力變化值(ton) .....     | 5-31 |
| 表 5-9 平均低潮位時各條件作用下纜繩最大張力值(ton) .....       | 5-31 |
| 表 5-10 平均低潮位時各條件作用下纜繩之預張力值(ton) .....      | 5-32 |
| 表 5-11 平均高潮位船體之運動角度(°).....                | 5-36 |
| 表 5-12 平均低潮位船體之運動角度(°).....                | 5-41 |

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 表 6-1 油輪不同吃水深相關參數 .....      | 6-5  |
| 表 6-2 實驗與數值共振週期比較表 .....     | 6-12 |
| 表 6-3 散裝船與油輪繫纜繩防舷材安裝 .....   | 6-14 |
| 表 6-4 環境外力模擬條件 .....         | 6-16 |
| 表 6-5 油輪最大繫纜張力實驗與數值比較表 ..... | 6-22 |
| 表 7-1 預警模式之資料庫架構 .....       | 7-2  |
| 表 7-2 預警模式之預設情境數據 .....      | 7-4  |

# 第一章 緒論

## 1.1 計畫緣起與目的

身為島國的臺灣，每年深受颱風侵襲，所帶來的強陣風及港內洶湧之浪況，對於停靠於港內之船舶將造成劇烈的船體搖晃。此搖晃運動對各纜繩都會施加張力，當纜繩張力大於容許值時，將造成斷纜進而讓船舶與碼頭結構身陷危險。分析船舶繫纜力的方法，有分基於物理定律而建構的數值模式，和依據模型試驗取得相關統計資料而建立的黑盒數值模式。基於物理定律而建構的數值模式，雖然比較能夠算出較準確的結果，但設定複雜、計算費時，除非能事先早在颱風生成之前就開始計算，不然很難趕上時效，故不具適用性。而依據模型試驗取得相關統計資料而建立的黑盒數值模式，若能在建構的過程中輸入足夠的準確資料，則在應用時，只要把各項輸入條件丟到模式中，模式就能快速把靠泊船舶之最大纜繩受力計算出來。前期本中心於 107 年計畫中，已先針對較常出現斷纜之船型進行研究。經設定不同的情境，採用水工模型的方式，取得風、浪等自然條件及繫纜方式等相關資訊與纜繩最大張力之間關聯性之樣本資料，再利用類神經網路、因次分析等相關數值方法，建立起各輸入條件與纜繩最大張力之間的函數關係。

爰此，本中心乃於今(108)年乃藉由”船舶斷纜預警系統建置及繫纜方法研擬”(以下簡稱本計畫)之執行以建立一套船舶斷纜預警系統，及提供建議之繫纜方式供使用單位參考。未來利用此預警系統，只需將相關條件資料輸入，即可獲得船舶纜繩受力分析，並可評斷是否有斷纜之風險，提供相關管理單位於颱風期間進行決策之用；另本計畫中也蒐集斷纜歷史事件予以分類探討其原因，依據現場相關資訊提出建議之繫纜方式以降低異常氣候下斷纜之風險。

船舶停靠於港灣其受力及繫纜，每年都將受到颱風所帶來的強陣

風與洶湧波濤之嚴峻考驗，不論是強風吹襲亦或是大浪之推力，都會讓船舶繫纜產生極大的張力，致使有斷纜風險存在。透過 107 年「風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估」計畫成果，係以船舶繫纜所受到外力因素(風力及波浪)等為考量，再利用數值模擬及模型試驗交叉比對建立船舶纜繩受力數值模式；本計畫於本年係運用了 AQWA 及 Orcina OrcaFlex 等套裝數值模式輔予 1/50 等比縮尺之風浪船舶互制靠泊試驗研定進行不同情境下之船舶繫纜力分析，探討不同斷纜因素。冀期最終能建立一套人工智能船舶斷纜預警系統及提供建議之繫纜方式，供相關管理及使用單位於颱風期間進行決策、參考之用，可讓各管理單位有多一決策選擇之參考性。

## 1.2 計畫執行工作項目

一般船艦在靠泊於開敞式或遮蔽條件較差之港內碼頭時，可能受颱風或暴雨洪水期間之颶風、大浪與強流等之影響，致靠泊船體搖晃劇烈且險象環生，甚而對船體安全造成重創。為了減小此繫泊船艦之搖晃運動，一般均以艀纜、艫纜、橫纜及倒纜將船艦繫於碼頭上；另外，為了減輕船艦對碼頭的撞擊力，則於碼頭和船艦間設有防撞護舷。如此，船艦、繫纜繩、碼頭及港域水體共同組成一個藕合的彈性結構體系，在波浪、水流和風等動力負載作用下，使繫泊船艦產生具有 6 個自由度的運動(即起伏、橫搖、縱搖、縱移、橫移、平擺)，還產生對碼頭之撞擊力及繫纜力，其綜合之物理現象甚為複雜。然影響船艦泊穩之因素仍大致可歸納為水文、風動力、船艦特性與繫泊條件等三大類。基此本計畫於 108 年將完成下列六項工作項目即：

### 1. 不同情境船舶受力分析

依據蒐集之資料適當選擇船型、風、浪等條件，進行不同情境之船舶受力數值模擬，並進行受力分析。

### 2. 不同情境船舶繫纜力分析



選擇不同船型、風、浪等條件，進行不同情境之船舶纜繩受力數值模擬，並進行受力分析。

### **3. 斷纜事件之探討與分析**

選擇斷纜歷史事件，針對船型、繫纜方式、風浪條件等，探討斷纜可能原因。

### **4. 研擬船舶繫纜方式**

依據船舶受力、纜繩受力分析以及斷纜原因分析結果，提出建議之繫纜方式。

### **5. 建立預警模式**

本研究針對建議之繫纜方式進行研擬，依據不同波浪、風力等條件，模擬預測船舶繫纜力，建立船舶斷纜預警模式，亦將颱風情境列入考量。

### **6. 辦理至少一場教育訓練**

本研究將與操船業者和使用單位充分溝通，以增加研究成果之實用性，並辦理教育訓練推廣本項研究。



## 第二章 文獻回顧

本計畫文獻回顧蒐集整理如下：

### 2.1 臺灣商港相關斷纜事件之資料蒐集

針對一般氣候與極端事件，蒐集港內外海氣象資料，包含碼頭數量、港內外水深、航道水深與配置、波浪、波向、風速、風向等。透過資料處理與統計分析，綜整各港口海氣象特性。此外，本計畫亦蒐集船舶停靠碼頭時之國內外規範與準則，進行法規安全之綜合比較，並且針對斷纜事件進行資料蒐集，歸納船型、港內發生位置、當時海氣象情況、纜繩斷裂位置等。表 2-1 即為臺灣港務股份有限公司(以下簡稱臺灣港務公司)整理之各港區船舶歷年斷纜情境描述表。

表2-1臺灣港務公司各港區船舶101年-106年歷年斷纜情境描述表

| 事故時間<br>(年/月/日<br>/時:分) | 事故地點 |                  | 船型            | 背景描述            |           |                    |                         |
|-------------------------|------|------------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------|-------------------------|
|                         | 港口   | 碼頭               |               | 碼頭<br>水深<br>(m) | 浪高<br>(m) | 風力(m/sec or<br>級數) | 其他                      |
| 106/07/29<br>/23:47     | 基隆港  | 東 4 號            | 雙胴體高速船        | -9              | <0.5      | 10 級               |                         |
| 104/08/08<br>/03:15     | 臺中港  | 連續壁              | 雜貨輪           | -16             |           |                    | 蘇迪勒颱風期間，臺中港區最大陣風達 16 級。 |
| 104/08/08<br>/04:00     |      | 連續壁              | 雜貨輪           | -16             |           |                    |                         |
| 104/08/08<br>/05:27     |      | W7 號             | 油輪            | -14             |           |                    |                         |
| 104/08/08<br>/05:32     |      | W6 號             | 軍艦            | -14             |           |                    |                         |
| 104/08/08<br>/05:49     |      | W9 號             | 散裝輪           | -14             |           |                    |                         |
| 105/09/27<br>/15:39     |      | 3 號              | 散裝輪           | -13             |           |                    | 梅姬颱風期間，臺中港區最大陣風達 17 級。  |
| 105/09/27<br>/15:47     |      | 30 號             | 散裝輪           | -14             |           |                    |                         |
| 105/09/14<br>/14:30     | 安平港  | 29 號(現為<br>15 號) | 臺閩之星<br>— 客貨船 | 7.5             | 1~2       | 8 級                | 莫蘭蒂颱風                   |

**表 2-1 臺灣港務公司各港區船舶 101 年-106 年歷年斷纜情境描述表  
(續)**

| 事故時間<br>(年/月/日<br>/時:分) | 事故地點 |                         | 船型                      | 背景描述            |           |                    |    |
|-------------------------|------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|--------------------|----|
|                         | 港口   | 碼頭                      |                         | 碼頭<br>水深<br>(m) | 浪高<br>(m) | 風力(m/sec or<br>級數) | 其他 |
| 101/01/25<br>/17:25     | 高雄港  | 21/22 浮筒                | 陸海 3 號<br>－運輸駁船         |                 |           | 3 m/s(2 級)         |    |
| 101/03/05<br>/06:25     |      | 21/22 浮筒                | 陸海 3 號<br>－運輸駁船         |                 |           | 11 m/s(6 級)        |    |
| 101/04/24<br>/14:05     |      | 21/22 浮筒                | 陸海 3 號<br>－運輸駁船         |                 |           | 6 m/s(4 級)         |    |
| 101/05/27<br>/18:35     |      | 21/22 浮筒                | 陸海 3 號<br>－運輸駁船         |                 |           | 4 m/s(3 級)         |    |
| 101/06/08<br>/14:47     |      | 21/22 浮筒                | 陸海 3 號<br>－運輸駁船         |                 |           | 11 m/s(6 級)        |    |
| 101/08/01<br>/20:25     |      | 23/24 浮筒                | 索爾星輪－全<br>貨櫃            |                 |           | 15 m/s(7 級)        |    |
| 101/08/01<br>/23:10     |      | 23/24 浮筒                | 索爾星輪－全<br>貨櫃            |                 |           | 15 m/s(7 級)        |    |
| 101/12/01<br>/07:45     |      | 53/54 浮筒                | CAPE<br>WARRIOR－<br>散裝船 |                 |           | 1 m/s(1 級)         |    |
| 102/03/05<br>/15:00     |      | 51/52 浮筒                | 清像－解體船                  |                 |           | 7 m/s(4 級)         |    |
| 102/04/02<br>/15:36     |      | 49/50 浮筒                | 領導者輪－煤<br>炭船            |                 |           | 10 m/s(5 級)        |    |
| 102/06/02<br>/06:48     |      | 51/52 浮筒                | 華衛 7－油輪                 |                 |           | 1 m/s(1 級)         |    |
| 102/06/21<br>/15:22     |      | 52/53 浮筒                | 清像－解體船                  |                 |           | 19 m/s(8 級)        |    |
| 102/08/10<br>/14:00     |      | 51 碼頭                   | 麒麟－散裝船                  |                 |           | 5 m/s(3 級)         |    |
| 102/08/21<br>/23:55     |      | 52/53 浮筒                | 華衛 7－油輪                 |                 |           | 21 m/s(9 級)        |    |
| 102/10/26<br>/12:35     |      | 21/ 22 浮筒               | 陸海 3 號輪－<br>運輸駁船        |                 |           | 4 m/s(3 級)         |    |
| 102/11/09<br>/06:35     |      | 53/54 浮筒                | 朱紅－液化石<br>油氣            |                 |           | 1 m/s(1 級)         |    |
| 102/12/26<br>/13:55     |      | 53/54 浮筒                | 奈良－油輪                   |                 |           | 7 m/s(4 級)         |    |
| 103/01/06<br>/20:00     |      | 57 碼頭移泊<br>至 28 碼頭<br>時 | 善仁－油化船                  |                 |           | 2 m/s(2 級)         |    |
| 103/03/31<br>/03:20     |      | 53/54 浮筒                | 賽納－全貨櫃                  |                 |           | 28 m/s(10 級)       |    |
|                         |      | 58 碼頭                   | 瑪特拉－油化<br>船             |                 |           |                    |    |
|                         |      | 51/52 浮筒                | 浩洋－油輪                   |                 |           |                    |    |

**表 2-1 臺灣港務公司各港區船舶 101 年-106 年歷年斷纜情境描述表  
(續)**

| 事故時間                | 事故地點 |          | 船型             | 背景描述            |           |                    |     |
|---------------------|------|----------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|-----|
| (年/月/日<br>/時:分)     | 港口   | 碼頭       |                | 碼頭<br>水深<br>(m) | 浪高<br>(m) | 風力(m/sec or<br>級數) | 其他  |
| 103/03/31<br>/04:48 | 高雄港  | 52/53 浮筒 | 台塑八號—液<br>體化學船 |                 |           | 7 m/s(4 級)         |     |
| 103/03/31<br>/16:45 |      | 40 碼頭    | 來興旺—液化<br>氣體船  |                 |           | 16 m/s(7 級)        |     |
| 103/03/31<br>/04:48 |      | 52/53 浮筒 | 台塑八號—液<br>體化學船 |                 |           | 7 m/s(4 級)         |     |
| 103/03/31<br>/16:45 |      | 40 碼頭    | 來興旺—液化<br>氣體船  |                 |           | 16 m/s(7 級)        |     |
| 103/03/31<br>/16:45 |      | 23/24 浮筒 | 澳萬達—軍用<br>船舶   |                 |           |                    |     |
|                     |      | 25 浮筒    | 立竝—散裝船         |                 |           |                    |     |
|                     |      | 49/50 浮筒 | 賓坦—油輪          |                 |           |                    |     |
|                     |      | 51/52 浮筒 | 浩洋—油輪          |                 |           | 16 m/s(7 級)        |     |
|                     |      | 52/53 浮筒 | 台塑八號—液<br>體化學船 |                 |           |                    |     |
|                     |      | 53/54 浮筒 | 賽納—全貨櫃         |                 |           |                    |     |
| 103/05/17<br>/05:20 |      | 52/53 浮筒 | 立德—油輪          |                 |           | 1 m/s(1 級)         |     |
| 104/02/02<br>/02:50 |      | 52/53 浮筒 | 米洛斯—油化<br>船    |                 |           | 4 m/s(3 級)         |     |
| 104/02/06<br>/07:28 |      | 53/54 浮筒 | 慈利輪—礦砂<br>船    |                 |           | 2 m/s(2 級)         |     |
| 104/03/08<br>/12:05 |      | 40 碼頭    | 浩帆 2—雜貨<br>船   |                 |           | 6 m/s(4 級)         |     |
| 104/08/08<br>/15:03 |      | 75 碼頭    | 新能—油輪          |                 |           | 21 m/s(9 級)        |     |
| 105/01/05<br>/07:00 |      | 53/54 浮筒 | 華運—油品船         |                 |           | 3 m/s(2 級)         |     |
| 105/02/09<br>/06:35 |      | 21/22 浮筒 | 宏瑞—雜貨船         |                 |           | 3 m/s(2 級)         |     |
| 105/04/13<br>/14:30 |      | 51/52 浮筒 | 新長鑫輪—雜<br>貨船   |                 |           | 14 m/s(7 級)        |     |
| 105/05/21<br>/16:53 |      | 53/54 浮筒 | 興達勝輪—油<br>輪    |                 |           | 1 m/s(1 級)         |     |
| 105/07/08<br>/07:55 |      | 新濱碼頭     | 阿凡達—軍用<br>船舶   |                 |           | 32 m/s(11 級)       | 尼伯特 |
| 105/07/08<br>/07:59 |      | 35 碼頭    | 全球—散裝船         |                 |           | 32 m/s(11 級)       |     |
| 105/07/10<br>/10:39 |      | 52/53 浮筒 | 臺塑晶華—液<br>化氣體船 |                 |           | 4 m/s(3 級)         |     |

**表 2-1 臺灣港務公司各港區船舶 101 年-106 年歷年斷纜情境描述表  
(續)**

| 事故時間<br>(年/月/日<br>/時:分) | 事故地點 |                                   | 船型                              | 背景描述            |           |                    |     |
|-------------------------|------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------------|-----|
|                         | 港口   | 碼頭                                |                                 | 碼頭<br>水深<br>(m) | 浪高<br>(m) | 風力(m/sec or<br>級數) | 其他  |
| 105/09/14<br>/12:11     | 高雄港  | 75 碼頭                             | 平多魯—全貨櫃                         |                 |           | 29 m/s(11 級)       | 莫蘭蒂 |
|                         |      | 86 碼頭                             | 風明輪—全貨櫃                         |                 |           |                    |     |
|                         |      | 89 碼頭                             | 獵鷹 9 號—油輪                       |                 |           |                    |     |
|                         |      | 51 碼頭                             | 同茂 101—雜貨船                      |                 |           |                    |     |
|                         |      | 25 碼頭                             | 海興—全貨櫃                          |                 |           |                    |     |
| 105/09/14<br>/13:51     |      | 由前鎮漁港因纜繩被吹斷 4 船相繫一起飄移至 61~62 碼頭擱淺 | 順天 606、富冠 606、富冠 707、永興發 168—漁船 |                 |           | 32 m/s(11 級)       |     |
| 105/09/15<br>/10:42     |      | 70 碼頭                             | 平多魯—全貨櫃                         |                 |           | 10 m/s(5 級)        |     |
| 105/09/22<br>/20:25     |      | 22 浮筒                             | 駿業—全貨櫃                          |                 |           | 1 m/s(1 級)         |     |
| 105/10/22<br>/15:05     |      | 31/32 浮筒                          | 連利 57—油輪                        |                 |           | 2 m/s(2 級)         |     |
| 106/07/01<br>/17:45     |      | 57 碼頭                             | 英格輪—液化氣體船                       |                 |           | 9 m/s(5 級)         |     |
| 106/07/16<br>/17:19     |      | 24/25 浮筒                          | 海興—全貨櫃                          |                 |           | 17 m/s(7 級)        |     |
| 106/08/06<br>/22:10     |      | 51/52 浮筒                          | 豪溢—油化船                          |                 |           | 1 m/s(1 級)         |     |
| 106/10/12<br>/17:55     |      | 4 碼頭                              | 新金豐 6 號—拖船                      |                 |           | 5 m/s(3 級)         |     |
| 106/11/11<br>/07:53     |      | 51/52 浮筒                          | 領航—液化氣體船                        |                 |           | 2 m/s(2 級)         |     |
| 106/11/20<br>/17:17     |      | 21/22 浮筒                          | 新吉航—全貨櫃                         |                 |           | 2 m/s(2 級)         |     |

依表 2-1 所獲之相關斷纜情境資訊，吾人進一步依各港區事故地點、各不同風速與各船型之斷纜事件發生分佈情形整理如表 2-2~表 2-4 所示。另表 2-5 則為高雄港於碼頭及港域浮筒發生斷纜之分佈情形。表 2-6 係就各港區 101 年-106 年之船舶斷纜統計數一覽表。

表 2-2 各港區事故地點船舶斷纜次數分佈

| 港區  | 次  | 百分比     |
|-----|----|---------|
| 基隆港 | 1  | 1.54%   |
| 台中港 | 7  | 10.77%  |
| 安平港 | 1  | 1.54%   |
| 高雄港 | 56 | 86.15%  |
| 總計  | 65 | 100.00% |

表 2-3 各不同風速船舶斷纜事件之發生分佈(非颱風期間)

| 風速   | 次  | 百分比     |
|------|----|---------|
| 1 級  | 7  | 12.07%  |
| 2 級  | 8  | 13.79%  |
| 3 級  | 6  | 10.34%  |
| 4 級  | 5  | 8.62%   |
| 5 級  | 3  | 5.17%   |
| 6 級  | 2  | 3.45%   |
| 7 級  | 11 | 18.97%  |
| 8 級  | 2  | 3.45%   |
| 9 級  | 2  | 3.45%   |
| 10 級 | 4  | 6.90%   |
| 11 級 | 8  | 13.79%  |
| 合計   | 58 | 100.00% |

註:105 年臺中港區最大陣風達 17 級 2 次船舶斷纜(梅姬颱風期間),104 年臺中港區最大陣風達 16 級 5 次船舶斷纜(蘇迪勒颱風期間)

表 2-4 各船型斷纜事件之發生分佈

| 船型     | 次  | 百分比     |
|--------|----|---------|
| 散裝船    | 4  | 6.15%   |
| 雜貨船    | 4  | 6.15%   |
| 全貨櫃    | 11 | 16.92%  |
| 運輸駁船   | 6  | 9.23%   |
| 油輪     | 12 | 18.46%  |
| 液化氣體船  | 4  | 6.15%   |
| 油化船    | 4  | 6.15%   |
| 雜貨輪    | 2  | 3.08%   |
| 散裝輪    | 3  | 4.62%   |
| 漁船     | 1  | 1.54%   |
| 雙艙體高速船 | 1  | 1.54%   |
| 軍用船舶   | 2  | 3.08%   |
| 軍艦     | 1  | 1.54%   |
| 解體船    | 2  | 3.08%   |
| 液體化學船  | 2  | 3.08%   |
| 油品船    | 1  | 1.54%   |
| 液化石油氣船 | 1  | 1.54%   |
| 礦砂船    | 1  | 1.54%   |
| 煤炭船    | 1  | 1.54%   |
| 拖船     | 1  | 1.54%   |
| 客貨船    | 1  | 1.54%   |
| 合計     | 65 | 100.00% |

表 2-5 高雄港不同事故地點發生斷纜情形之分佈

| 位置 | 次  | 百分比     |
|----|----|---------|
| 碼頭 | 17 | 30.36%  |
| 浮筒 | 39 | 69.64%  |
| 合計 | 56 | 100.00% |



表 2-6 各港區 101 年-106 年船舶斷纜統計數一覽表

| 港口  | 件數 | 年度  | 件數 | 風力級數 | 件數 | 船型    | 件數 |
|-----|----|-----|----|------|----|-------|----|
| 基隆港 | 1  | 101 | 8  | 1    | 7  | 油輪    | 12 |
| 臺中港 | 7  | 102 | 9  | 2    | 8  | 全貨櫃   | 11 |
| 安平港 | 1  | 103 | 13 | 3    | 6  | 散裝船   | 7  |
| 高雄港 | 56 | 104 | 9  | 4    | 5  | 運輸駁船  | 6  |
|     |    | 105 | 19 | 5    | 3  | 雜貨船   | 6  |
|     |    | 106 | 7  | 6    | 2  | 油化船   | 5  |
|     |    |     |    | 7    | 11 | 液化氣體船 | 4  |
|     |    |     |    | 8    | 2  | 液體化學船 | 2  |
|     |    |     |    | 9    | 2  | 解體船   | 2  |
|     |    |     |    | 10   | 4  | 軍用船舶  | 2  |
|     |    |     |    | 11   | 8  | 液化石油氣 | 1  |
|     |    |     |    | 12   |    | 高速船   | 1  |
|     |    |     |    | 13   |    | 礦砂船   | 1  |
|     |    |     |    | 14   |    | 客貨船   | 1  |
|     |    |     |    | 15   |    | 軍艦    | 1  |
|     |    |     |    | 16   | 5  | 拖船    | 1  |
|     |    |     |    | 17   | 2  | 煤炭船   | 1  |
|     |    |     |    |      |    | 漁船    | 1  |

## 2.2 船舶繫纜方式

當船隻停泊於港內時，為防止船舶受環境外力作用而撞擊岸壁或其他船隻，故利用繫纜將船舶繫在岸上的繫纜樁上，繫纜固定方式與船型大小(例如，遊艇、漁船、郵輪、滿載/輕載貨輪、工作船與軍艦等)及碼頭配置有關。同時為防止船殼與碼頭岸壁直接摩擦與碰撞，會在碼頭邊壁上裝設防舷材以吸收衝擊能量。上述資料可提供未來實驗配置調整與數值模擬之參數輸入，期能夠找出最佳船舶繫纜方式。

## 2.3 船舶繫泊受力分析

劉(1989)將繫泊船受力分為四種，包括慣性力、阻尼力(wave radiation, 黏性阻力、繫纜阻尼)、恢復力(浮力與繫纜張力)與激盪外力(風、浪、流與岸壁效應、港池共振)等。針對上述外力來源，模擬船體運動最常使用的方式為透過截片理論來建立船體六自由度的運動方程，使用不同演算法將非線性外力結合，進一步求得時間域解析之船舶動態與繫纜張力大小。除使用數值模擬外，實驗可針對某一船型、繫纜方式與港域環境，進行船模實驗探討船體運動響應、繫纜最大張力、斷纜順序與邊壁效應等課題，並與數值交互比對驗證。

## 2.4 繫纜破壞機制初探

Akers (2015)針對 2001-2010 年繫(離)岸之繫纜系統之繫纜損壞的因素，整理出主要原因為：側向彎曲、超額荷載、材料疲勞、鏽蝕與磨損以及等，其原因與破壞機制以及相關說明如表 2-7 所示。一般季風條件下，港內波浪能量雖然較小，此時需注意波浪頻率與船體的頻率差距，避免共振發生；颱風等極端氣候下，強風與長浪所引發的外力可能超出纜繩破壞張力，因而發生斷纜事件。其中，前三項機制發生的時間尺度較短，在一次極端事件即可造成繫纜損壞，此種瞬間引發的繫纜損壞的研究課題長久以來在學術領域一直是許多學術研究的重點。

表 2-7 繫纜破壞分類與機制

| 繫纜<br>損壞種類                       | 原因與破壞機制                                                                                                                                             | 時 間<br>尺 度 | 圖 例 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|
| 側向彎曲<br>Out-of-plane bending     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 錨鍊孔(Chain hawse)彎曲</li> <li>● 繫纜預張力過高</li> <li>● 鏈結處於驗證荷載時已發生變形</li> <li>● 高荷載導致連結處過於緊繃</li> </ul>         | 短          |     |
| 超額荷載<br>Ultimate load exceedance | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 外力超過破壞強度</li> <li>● 極端暴潮</li> <li>● 高預張力與波浪疊加</li> <li>● 材料疲勞引起破壞強度降低</li> <li>● 瞬荷載(Snap load)</li> </ul> | 短          |     |
| 材料疲勞<br>Fatigue                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 長時間週期性之荷載</li> <li>● 由於鏽蝕或磨損，導致繫纜強度降低</li> <li>● 瞬荷載</li> </ul>                                            | 短~長        |     |
| 鏽蝕<br>Corrosion                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 水溫、流速以及水中溶氧等</li> <li>● 磨損造成表面防護失效</li> <li>● 微生物附著所造成</li> <li>● 水中酸鹼</li> </ul>                          | 長          |     |
| 磨損<br>Abrasion                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 繫纜(Chain or taut line)與其他元件接觸</li> <li>● 錨鍊(Chain)間的連接處與海底床摩擦</li> <li>● 導纜孔(Fairlead)之磨損</li> </ul>       | 長          |     |

## 2.5 國內各港務公司防颱作業規定

因臺灣所處地理位置的關係，且又接近赤道鄰近太平洋，常受到大陸和太平洋高低氣壓所影響，位於颱風常經之路，屢屢受到颱風的侵襲進而發生災害，而颱風在眾多自然災害中，是最能事先預知，並提早做好防災準備，「多一分防颱準備，少一分防颱損失」，只要在颱風來臨前防範得宜，必能使災害損失減至最低程度。所以國內各港務分公司皆有自訂一防颱作業相關管理規定。

在國內訂定防颱作業之相關目的乃是為了健全臺灣各港務公司之防颱應變及防救體系，強化防颱預防及發生時之緊急應變、復原等應有作為，特制定防颱緊急應變計畫，以求有效執行預防、減災、應變、重建等災害防救各階段工作，俾能減少災害發生與生命財產損失，進而邁向港口永續經營與發展之目標。

颱風季節來臨前會召開「防颱協調會議」，各分公司港務處在每年三月開始防颱籌備作業，訂定時間召開防颱協調會議，協調港區公民營單位作好防颱準備及溝渠疏浚工作。

臺灣港務公司轄管基隆、臺中、高雄、花蓮等四個港務分公司，負責管理、督導各分公司防颱救災業務，考量各分公司轄管港口之特性及需求，各分公司於處理颱風災害防救業務時，相關情資均應送臺灣港務公司應變小組，經臺灣港務公司應變小組研析，陳送召集人作為災防措施決策之參考。臺灣港務公司與各分公司間之災害防救體系如下圖 2.1 所示：

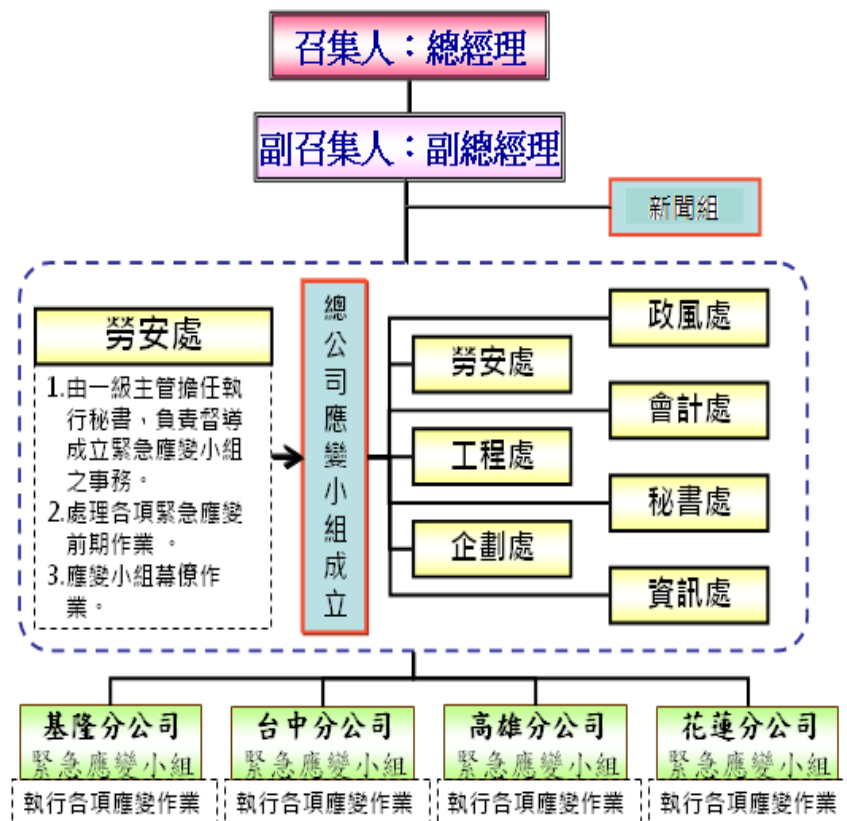


圖 2.1 臺灣港務公司與各分公司間之災害防救體系

防颱準備方面：當中央氣象局發布颱風通報，臺灣港務公司以簡訊及聯絡群組通報各港進行應變小組成立準備。當中央氣象局發布海上颱風警報，臺灣港務公司通報各港二級開設成立防颱緊急應變小組，應變人員進駐並通報港區業者防颱準備。當中央氣象局發布陸上颱風警報，臺灣港務公司通報各港一級開設成立防颱緊急應變小組，各分公司應變及主管人員進駐並通報港區業者防颱作業巡檢，由港務長邀集港區各單位進行防颱會議，會後進行港埠設施、施工機具及車船機、鷹架繫固等海陸巡檢作業。各港務分公司邀請各航務中心，聯合執行港區船舶巡檢作業，辦理抽檢各留港船舶繫纜及船員留守應變情形。

颱風災害應變方面，臺灣港務公司於商港區域內之船舶發生災害或緊急事故時，依商港法第 22 及 41 條規定，視實際情況得將其拖離船席或拖出港外，並動員商港區域內各公民營事業機構之人員及裝備

緊急救災，及同時配合有關機關之指揮及處理。港務公司及公民營港勤拖船人員於防颱期間值勤備便，當接獲颱風災害通報時，由各分公司應變小組(港務長)指揮，協同航港局各區航務中心、引水人公會、港區警消等，進行人員救援及船舶事故應變處理，如有重大事故並主動提高指揮層級並由總公司副總經理參與應變小組，並依防颱規定通報交通部及航港局等單位有關應變救援情況。港區如發生重大事故污染事件，即提高指揮層級，並設立前進指揮所並調派機具拖船支援，如涉及公權力事宜並與航港局、環保局、警消單位共同合作處理。

在颱風期間，臺灣港務公司 24 小時對船舶繫泊碼頭動態加以監控，隨時蒐集港區任何事故及災情。通報流程如圖 2.2 所示：

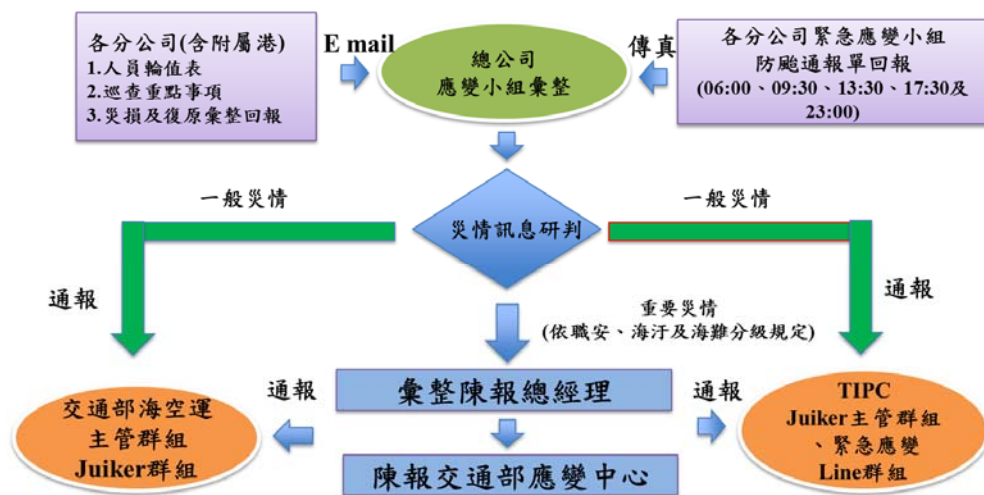


圖 2.2 災害通報流程圖

氣象局於發布陸上颱風警報解除，港區如有災損將進行統計及通報各港進行復原作業，相關災損統計、復原通報流程如下圖 2.3。

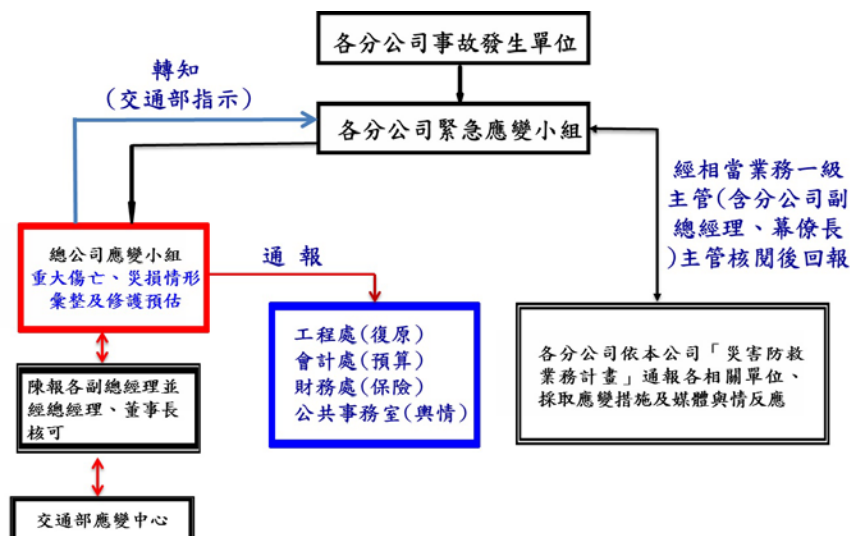


圖 2.3 災害復原通報流程圖

在附錄一~附錄五有詳細列出臺灣港務公司及其分公司之防颱作業相關規定。

## 2.6 國內各港務公司船舶繫泊作業要點

國內在船舶繫泊有其業務監督管理要點，乃由臺灣港務股份有限公司訂定，臺灣港務各分公司之船舶帶解纜作業，除法令另有規定外，其相關事項悉依臺灣港務股份有限公司訂定之規定執行。

在船舶帶解纜業者設置方面，須在期限內依法辦理公司或商業變更登記後，始得營業，需自備所需帶解纜作業器材、車輛、無線電裝備、個人防護具及工作服。應投保公共意外險與僱主責任險，以確保發生事故或員工受傷害時，得獲得合理補償。依當地分公司規定之期限內，未依規定備置設備、人員、辦公處所，及檢送相關證照文件至當地分公司備查或未經審查核可，而擅自營業，或逾期未備置設備者，終止其經營權。

業者應將僱用人員之相關人事資料造冊送當地分公司備查，車輛、人員須申請碼頭通行證，應將調派作業、纜工作業、特殊事故等，含其他必要之紀錄，詳載於工作日誌簿，以備當地分公司檢查，其保



存期限 2 年。業者所有之帶解纜船，不得有妨害港區安全之行為。業者因故不能繼續營運時，應於終止營運前 6 個月，以書面通知當地分公司。

業者有下列情事之一者，當地分公司得以書面告誡限期改善，逾期不改正，得終止其經營權，業者不得異議或申請補償：

1. 轉讓或出租經營權利。
2. 未調派纜工辦理船舶帶解纜作業，導致船方或當地分公司重大損害。
3. 未調派纜工或延誤執行船舶帶、解纜作業，經查證屬實。
4. 未依當地分公司通知補足履約保證金。
5. 業者所屬員工（含纜工），未經船方同意，擅自登輪或登輪後有違法情事，情節重大。

業者應全年全日二十四小時分班值勤，配合船舶帶、解纜作業，並配合引水人之指揮及調派連繫工作。作業中纜工需穿戴救生衣、反光制服、安全鞋、安全帽。業者於無作業時，除調派連繫人員外，需配置足夠纜工備勤待命，以因應防颱期間、天然災害或其他特殊情事時突發事件之處理。業者接獲引水人召僱調派通知後，應立即調派纜工；纜工應提前抵達作業現場並排除妨礙帶、解纜障礙，同時向引水人報到待命。纜工作業時，應即時將船舶帶、解纜作業時間，以無線電通報業者登錄。

業者對於其所僱用之纜工人員應遵守勞動基準法、全民健康保險法、勞工安全衛生法等相關法令規定，纜工人員之薪資、福利、保險以及因執行本項業務而導致之任何意外，概由業者自負全責。有關各港船舶帶解纜之纜工調派、作業人數、帶解纜方法、連繫事項、特殊狀況處理等相關規定，由當地分公司依照港區環境狀況與實際需要另定之。在附錄六~附錄十三有詳細列出臺灣港務公司及其分公司之船舶繫泊作業相關規定。



## 2.7 國際預警模式相關軟體

OPTIMOOR 是一種目前國際上所使用的繫泊分析計算機程序，可供船舶和碼頭人員以及港口設計師使用。它係基於石油公司國際海洋論壇(OCIMF)的建議和程序，將風和海流資料用於油輪繫纜分析。OPTIMOOR 可用於評估碼頭繫泊設備和船舶繫泊設備的充足性。施加風或海流的極限，和輸入潮汐水位，可以輔助判斷繫纜繩的需求和有效性，然後預測繫纜狀況。OPTIMOOR 預警模式之軟體操作介面如圖 2.4~圖 2.6 所示。

**船舶  
基本資料**

|               |                |                             |
|---------------|----------------|-----------------------------|
| 船舶名稱: OCIMF-W | 海流的基礎阻力:       | 風的基礎阻力:                     |
| 垂線間長(m):      |                |                             |
| 寬度(m):        | 船舶 防弦材 極限/垂線間長 | 船舶/船艙 風面積 (m <sup>2</sup> ) |
| 深度(m):        | 船艙 防弦材 極限/垂線間長 | 側邊風面積(m <sup>2</sup> )      |
| 岐管(m):        | 船舶 艙部          | 距離形心船艙艙部                    |

**繫纜類型與  
基本資料**

|           |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 繫纜編號      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11 |
| 艙部至導纜口    | 178.8 | 169.3 | 147.3 | 144.2 | 142.6 | -162.0 | -163.0 | -166.0 | -180.0 | -180.0 |    |
| 中心線至導纜口   | 15.3  | 16.8  | 21.1  | 24.3  | 25.9  | 21.4   | 20.2   | 18.4   | 3.1    | -3.1   |    |
| 主甲板上方高度   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |    |
| 距離至繫纜柱/絞機 | 6.0   | 6.0   | 42.5  | 44.0  | 35.0  | 32.0   | 32.0   | 7.5    | 6.0    | 6.0    |    |
| 系纜繩線徑     | 42    | 42    | 42    | 42    | 42    | 42     | 42     | 42     | 42     | 42     |    |
| 繫纜繩類型     | SF    | SF    | SF    | SF    | SF    | SF     | SF     | SF     | SF     | SF     |    |
| 系纜繩強度     | 98    | 98    | 98    | 98    | 98    | 98     | 98     | 98     | 98     | 98     |    |
| 尾索長度      |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |    |
| 尾索線徑      |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |    |
| 尾索類型      |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |    |
| 絞車制動極限    |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |    |
| 預張力目標     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      |    |

圖 2.4 描述船隻及繫纜繩基本資料

|                |           |    |    |
|----------------|-----------|----|----|
| OCIMF-W 的泊位資料  | 潮汐調整      | 高  | 低  |
| 螢幕上方位置安排的方向    | 延遲時間      |    |    |
| 航道寬度           | 高度因子      |    |    |
| 在基準之上的參考或平均水線  | 標高校正      |    |    |
| 在基準之上的泊位高度(固定) | 潮流        | 退潮 | 漲潮 |
| 在基準之下的淺深深度     | 延遲時間(min) |    |    |
| 可允許縱向漂移 船舶/船艀  | 節         |    |    |
| 可允許橫向漂移 船舶/船艀  | 方向 (° N)  |    |    |
| 風速作用高度:        | 指定深度之流速   |    |    |

|         |  |
|---------|--|
| 繫纜樁編號:  |  |
| X距離至原點  |  |
| 與防弦材距離  |  |
| 在泊位上的高度 |  |

|            |  |
|------------|--|
| 防弦材編號:     |  |
| X距離至原點(m)  |  |
| 力移比 (mm/t) |  |

圖 2.5 描述泊位及船隻繫泊點數據

|         |            |        |      |      |
|---------|------------|--------|------|------|
| 潮流速度    | 風速大小       | 風作用之角度 | Ref  | 日期時間 |
| 作用於船之角度 | 運動半徑 (m)   |        | 分析時間 |      |
| 船隻移動    | 船舶         | inw    | 右舷   | 吃水深  |
| (在岐管)   | 在泊位之上的甲板高度 |        | 餘裕水深 | 縱傾   |

圖 2.6 繫纜繩分析結果

### 第三章 斷纜事件之探討與分析

#### 3.1 國內外重大船舶斷纜事件

臺灣係屬海島型經濟體，國家對外運輸以海運為主，而國家經濟發展則以港埠發展為依託。國際上，船舶運輸噸位有越來越大型化之趨勢，靠港裝卸貨物作業時間拉長，若港內靜穩度不佳，停靠於碼頭之船舶將受到風、波以及潮汐水流等之影響，可能造成船體不穩定與劇烈之運動，並易對繫泊用之繫纜造成極大之張力，使繫纜破壞之機率升高，而防舷材與碼頭結構亦將間接受到影響。表3-1整理出臺灣近五年(2015年~2019年)來所曾出現之重大船舶斷纜事件。另表3-2則為近年來所蒐集之國外重大斷纜事件回顧。

表3-1臺灣近五年(2015年~2019年)內之重大船舶斷纜事件

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 圖片                                                                                                             |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2015年4月 | <p>北竿橋仔澳口泊區一艘小型漁船發生斷纜意外，漁船由橋仔漂流至芹壁70據點下方翻覆待援，船上原配有一部船外機也因撞擊脫落沉沒海中。</p> <p>資料來源：北竿社區佈告欄<br/><a href="http://board.matsu.idv.tw/board_view.php?board=44&amp;pid=58551&amp;link=0&amp;start=">http://board.matsu.idv.tw/board_view.php?board=44&amp;pid=58551&amp;link=0&amp;start=</a></p> |  <p>橋仔澳口泊區漁船斷纜漂至芹壁岸際翻覆</p> |

表3-1臺灣近五年(2015年~2019年)內之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 圖片                                                                                                                      |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2015年8月 | <p>蘇迪勒颱風侵襲，臺中梧棲氣象站測到最大陣風16級風，每秒風速54.2公尺，打破該站成立40多年最大陣風，造成臺中港5艘商船、1艘海軍馬公紀德艦斷纜，紀德艦從船頭被撞到船尾，約100公尺長，右側船身變形，救生筏遺失一個、艦尾欄杆及飛行甲板安全護網受損、通風管變形等，被拖往較深海域下錨，幸未影響其功能</p> <p>資料來源：蘋果日報<br/> <a href="https://tw.appledaily.com/headline/daily/20150809/367125">https://tw.appledaily.com/headline/daily/20150809/367125</a></p> |  <p>臺中港的紀德艦船體受創，救生筏掉落，長榮貨櫃也被強風吹翻</p> |



表3-1臺灣近五年(2015年~2019年)內之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                            | 圖片                                                                                                                                |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2016年9月 | <p>高雄港受莫蘭蒂颱風影響，瞬間陣風達17級，港內共計有10艘貨輪斷纜漂流；其中，台船建造中的陽明海運「風明輪」，撞爛對岸陽明子公司高明貨櫃碼頭第六貨櫃中心兩座橋式貨櫃起重機與其他機具，估計光是碼頭設施損失超過6億元。</p> <p>資料來源：中時電子報<br/> <a href="https://www.chinatimes.com/newspapers/20160915000042-260202">https://www.chinatimes.com/newspapers/20160915000042-260202</a></p> |  <p>「風明輪」撞爛六櫃兩台價值1,800萬美元的橋式貨櫃起重機。圖臺灣港務公司提供</p> |
| 2016年9月 | <p>梅姬颱風來襲，造成停泊在蘇澳港區的2艘無動力工作平臺船斷纜及南方澳港區的裕益發168號漁船斷纜，幸經基隆港務分公司蘇澳港營運處處理得宜，對蘇澳港未造成重大災損。最大陣風16級風以上。</p> <p>資料來源：自由電子報<br/> <a href="http://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/1036590">http://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/1036590</a></p>                                         |  <p>梅姬颱風造成之災損照片</p>                           |

表3-1臺灣近五年(2015年~2019年)內之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                            | 圖片                                                                                                       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2017年2月 | <p>臺中港發生強風斷纜，導致印尼籍船員重摔命危。大翰船務公司所代理陽冠輪靠泊臺中港西一碼頭，夜間船舶不敵強風，導致船舶向後移動撞到後方輪船，陽冠輪纜繩斷裂，一名印尼籍船員慘摔，腦部重創，凌晨手術完畢，送加護病房觀察，仍有生命危險。</p> <p>資料來源：自由電子報<br/> <a href="http://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/1985056">http://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/1985056</a></p> |  <p>陽冠輪纜繩斷裂，導致船員重傷</p> |

表3-1臺灣近五年(2015年~2019年)內之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 圖片                                                                                                         |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2017年7月 | <p>尼莎颱風來襲，繫泊在基隆港碼頭避颱風的麗娜輪客船，不堪14級強陣風吹襲，纜繩斷裂漂離碼頭，交通部航港局表示，該局即立刻成立專案小組因應處理，並通知各港加強在港船舶避颱風期間防颱繫固措施，並將深入了解這次斷纜事件原因，研擬因應之道，避免再次發生斷纜事件影響港安</p> <p>資料來源：蘋果即時<br/> <a href="https://tw.appledaily.com/new/realtime/20170730/1171821/">https://tw.appledaily.com/new/realtime/20170730/1171821/</a></p> |  <p>莎颱風來襲，麗娜輪纜繩斷裂撞軍艦</p> |

表3-1臺灣近五年(2015年~2019年)內之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 圖片                                                                                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018年6月 | <p>高雄港3艘繫纜浮筒船隻斷纜。繫纜在高雄港浮筒的3艘散裝貨輪於14日晚間7時左右，因受10級強風吹襲之影響導致斷纜，乃立即拖到碼頭繫妥纜繩，以維安全。臺灣港務公司高雄港務分公司表示，因受熱帶性低氣壓及其外圍環流影響，高雄港水域於14日晚間7時左右，吹起10級強陣風，致繫纜在高雄港2、4、5號浮筒的3艘散裝貨輪，隨即斷纜移位。</p> <p>資料來源：今日新聞<br/> <a href="https://www.nownews.com/news/20180614/2771848/">https://www.nownews.com/news/20180614/2771848/</a></p> |                                              |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>交通8號載引水人冒險搶救斷纜船隻</p>  <p>工作拖船搶救斷纜船隻</p> |



表3-1臺灣近五年(2015年~2019年)內之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 圖片                                                                                                                              |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018年8月 | <p>8月23日強風造成高雄港外5艘船隻擱淺，拖救團隊於昨傍晚將拖攬接上飛龍輪，但因風浪太大，拖帶後不久即斷纜。當日早再順利帶上拖攬試拖1小時，仍因風浪太大造成拖攬斷裂，無法順利拖救。預計風浪減弱後，再續進行拖救。</p> <p>根據氣象預報資料，隔日下午則有另一波低氣壓抵達，預估平均風力將達7至8級，最大陣風達10級。高雄港務分公司除啟動防災應變機制，通報港內船舶做好防災應變外，港外船舶也已建議提前離港避風。</p> <p>資料來源：蘋果及時<br/> <a href="https://tw.appledaily.com/new/realtime/20180825/1417918/">https://tw.appledaily.com/new/realtime/20180825/1417918/</a></p> |  <p>強風造成高雄港外5艘船隻擱淺，因風浪太大拖救不順。相片由臺灣港務公司提供。</p> |

一般來說，造成繫泊破壞可分為三大因素—**泊位的地域位置與海況、船舶自身因素**(如，船舶體積龐大、受風面積大、纜繩破舊、老化、繫纜強度不足、受力不均等)、**人為因素**(如，值班人員疏忽、安全巡檢不到位、未及時根據潮水漲落與裝卸情況調整繫泊鬆緊)等。綜整上述臺灣近五年來所曾發生繫泊破壞事件(如圖3.1)，可發現在港口內發生繫泊破壞事件有72%是因為颱風事件，強風與其他因素所導致之破壞事件則各占14%。高雄港近五年來曾發生斷纜事件約占全國的43%，一來是因為高雄港吞吐貨運量大，有較多大型船隻出入，二來是因為颱風頻傳，造成較大之風險；而臺中港之斷纜事件則占全國近30%，主要也是因為颱風侵襲，強烈陣風造成船舶斷纜。故高雄港為本計畫所選擇之主要研究港埠環境，並以颱風事件為研究對象，來進行評估與研究。

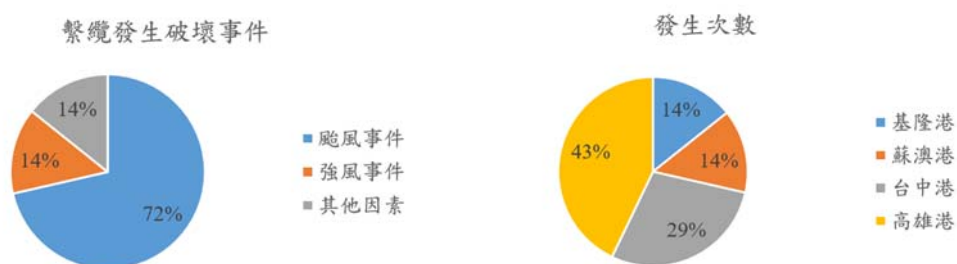


圖3.1近五年(2015年~2019年)來臺灣曾出現之繫纜破壞事件分佈圖

表3-2國外近年之重大船舶斷纜事件

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 圖片                                                                                                                  |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2006年9月 | <p>貨船 Creciente 靠泊在 Port Hedland港口時，當時風速4節，在貨物運上船後負載過重，同時遇上退潮，纜線因此斷裂導致貨船失控脫離港口</p> <p>資料來源：<br/> <a href="http://www.atsb.gov.au/publications/investigation_reports/2006/MAIR/pdf/mair232_001.pdf">http://www.atsb.gov.au/publications/investigation_reports/2006/MAIR/pdf/mair232_001.pdf</a> </p>                                                                           |  <p>Creciente脫離Port Hedland港口</p> |
| 2009年5月 | <p>貨船在靠泊Port Island Container-Berth時，繫在泊位上的一根纜繩斷裂，集中兩位工人死亡。平均風速：3.6~3.7m/s，最大風速約9.8m/s，斷纜原因可能為當時風力導致纜繩所受外力變大超過纜繩本身所能承受的張力。</p> <p>資料來源：<br/> <a href="http://www.mlit.go.jp/jtsb/bunseki-kankoubutu/jtsbdigests_e/jtsbdigests_No3/No3_pdf/jtsbdi-03_0912.pdf">http://www.mlit.go.jp/jtsb/bunseki-kankoubutu/jtsbdigests_e/jtsbdigests_No3/No3_pdf/jtsbdi-03_0912.pdf</a> </p> |  <p>因風力過大斷掉的纜繩</p>              |

表3-2國外近年之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 圖片                                                                                                                |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2017年6月 | <p>深圳CCT碼頭地處珠江口東岸，受珠江水流影響明顯。汛期因強降水緣故，在急流水的作用下（特別是落流水），泊船的纜繩受力會突然加大並發生斷裂，正在CCT碼頭執行靠泊引航作業的在港泊船「MSC BUSAN」輪幾根艙纜因受力不均勻而尾部艙纜、艙倒纜全部崩斷，船艙倒纜也有兩根崩斷，為防止船艙外移，船艙內轉碰撞碼頭，船長主動解掉船首艙纜，船舶處於無動力狀態失去控制漂離碼頭進入西部公共航道。</p> <p>資料來源:每日頭條<br/> <a href="https://kknews.cc/society/ao5lo2v.html">https://kknews.cc/society/ao5lo2v.html</a></p> |  <p>巨輪斷纜險情一觸即發！深圳引航人爭分奪秒急救援</p> |

表3-2國外近年之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期     | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                         | 圖片                                                                                                               |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2017年11月 | <p>兩艘油輪:新加坡阿芙拉型油輪，長246.8米，寬42米，載重噸為107123噸；馬爾他成品油輪，長170.1米，寬26.2米，載重噸為25385噸，在碼頭作業時強風和巨浪襲擊該港，造成上述兩船出現斷纜現象。在船員和碼頭人員的密切配合下緊急離開西班牙La Coruna的Repsol碼頭，避免災難發生。</p> <p>資料來源:每日頭條<br/> <a href="https://kknews.cc/world/ez89a9q.html">https://kknews.cc/world/ez89a9q.html</a></p>  |  <p>強風浪襲擊港口導致的油輪斷纜，兩艘緊急離碼頭</p> |
| 2018年1月  | <p>荷蘭於爾克(Urk)一艘仿照《舊約聖經》中「挪亞方舟」造型、長70公尺作為博物館用途的大型船隻，因為遭時速高達每小時113公里強風吹斷纜索，而衝上港口。雖然鋼製的方舟沒有受到太大損壞，但卻撞上另外8艘船，其中2艘嚴重損毀。</p> <p>資料來源:蘋果即時<br/> <a href="https://tw.appledaily.com/new/realtime/20180106/1273089/">https://tw.appledaily.com/new/realtime/20180106/1273089/</a></p> |  <p>不敵強風「挪亞方舟」衝上港口撞爛8船</p>   |

表3-2國外近年之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 圖片                                                                                                                           |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018年9月 | <p>已經在駐紮香港多年的Nan Jiao 86通常停靠在昂船洲的軍事碼頭，但是在颱風期間必須將軍艦從碼頭移走，並使用鋼纜錨定在預定位置，以防止它被波浪推入海中。當日中午左右Nan Jiao 86號鋼纜斷裂，船隻被風吹到了位於交椅洲東側的岩石海灘。</p> <p>資料來源:每日頭條<br/> <a href="https://www.hongkongfp.com/2018/09/20/chinese-navy-ship-stranded-hong-kong-running-aground-typhoon-mangkhut/">https://www.hongkongfp.com/2018/09/20/chinese-navy-ship-stranded-hong-kong-running-aground-typhoon-mangkhut/</a></p> |  <p>颱風Mangkhut過境後，駐紮在香港的中國海軍艦艇在島外海域擱淺。</p> |



表3-2國外近年之重大船舶斷纜事件(續)

| 發生日期    | 事件內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 圖片                                                                                                         |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2019年1月 | <p>國電15輪在威海靠泊卸貨期間，遭受寒潮襲擊。當時觀測氣象儀記錄陣風7級，瞬間風速8級。船的概況：長225米，寬32.26米，型深19.6米，全船纜繩配備：前後4+2帶纜。觀察除了風浪造成搖晃，纜繩磨損的主要原因還有船身較高，纜繩在碼頭纜樁繫固後和船身夾角太大，特別是船首，因為高度差更大，纜繩容易在船邊磨損。合計斷掉纜繩9根，斷纜次數11次。</p> <p>資料來源：每日頭條<br/> <a href="https://kknews.cc/zh-tw/society/q4yqemy.html">https://kknews.cc/zh-tw/society/q4yqemy.html</a></p> |  <p>8萬噸級船舶遭遇寒潮，斷纜11次</p> |

## 3.2 船舶斷纜重要影響因素

此外，根據國外歷史斷纜事件資料所統計顯示，外在環境可能影響斷纜因素，其風險評估如下。

可能原因可分為三大部分：天氣因素、港口條件及船隻狀況。

### 1. 天氣因素

- (1) 風力施加在船的上部結構和水線以上的船體，對繫纜系統總負荷占大部分比例。
- (2) 波浪在低潮位或高潮位等不同波浪條件下，特別在相對淺水時的繫泊也有可能導致纜線受力太大而斷纜。
- (3) 穩定流況與其他負載重結合產生的外力，特別是在低水深時碎波條件下的水位，會對船舶施加很大的拉力作用。
- (4) 風跟海流的交互影響以及潮汐方向變化的影響。
- (5) 颱風之前、期間和之後的潮汐湧動，導致異常大的潮汐或是低於預期的水位，都可能使停靠碼頭的船隻斷纜。

### 2. 港口條件：

- (1) 港口和泊位本身的特點以及任何不尋常的歷史事件。
- (2) 泊位的特殊功能，如懸垂的靠泊佈置、起重機的阻礙、岸邊結構轄管效應。
- (3) 岸上繫泊設備的設計、類型、位置、質量和數量，包括颱風時的繫泊、防舷材以及拖船。
- (4) 平時以及緊急狀況下可能延誤(岸上繫泊設備，繫泊人員和拖船等)可用性。
- (5) 靠近泊位附近的其他船隻距離和其危險性。



(6) 繫纜樁在颱風時的可用性，貨物裝卸期間可能無法使用或禁止在泊位工作。

(7) 極端條件下的港口、碼頭程序及其適用性。

### 3. 船隻狀況:

(1) 船舶的尺寸、類型，特別是風阻區域（包括貨物和其造成的風阻區域）

(2) 繫泊設備的設計、類型和條件，其局限性和缺點。

(3) 繫泊模式的適用性(纜線線條、長度，角度、數量以及在纜線上保持均勻的張力大小)。

(4) 正常和惡劣天氣條件下的船員可用性。

(5) 天氣預報和警告的可靠性。

(6) 發動機，推進器，錨和甲板上的動力準備情況。

(7) 額外繫泊設備的可用性，條件和準備情況。

另根據一份日本運輸安全委員會的海洋調查報告顯示，斷纜型式可分為三種：

#### 1. 削減

任何有切口穿透一條或多條纜線的25%的區域將會嚴重削弱繩索拉力，繩索應切割和拼接或者更換。

#### 2. 外部磨損

在外觀上容易觀察到有磨損，如果磨損程度使繩索減少5%的直徑，則此繩索需被淘汰。當任何一根鋼絲的磨損超過鋼絞線面積的15%左右，纜繩也應該切割和拼接。

#### 3. 內部磨損

內部磨損是繩索經歷循環負重，由股線和紗線相互摩擦引起的，如果當紗線磨損程度嚴重時，繩索應該更換。

另外，由UK P&I CLUB(Ship Owners' Liability Insurance & Risk Management)，英國保賠協會在2009年時統計20年期間歷史資料(如圖 4.81)因纜線所導致人員受傷的比例，其中因斷纜導致事故發生的比例占了53%，其中又分一般繫纜占58%，拖船相關占13%，天氣相關占10%等等，可見一般繫纜為最大比例。

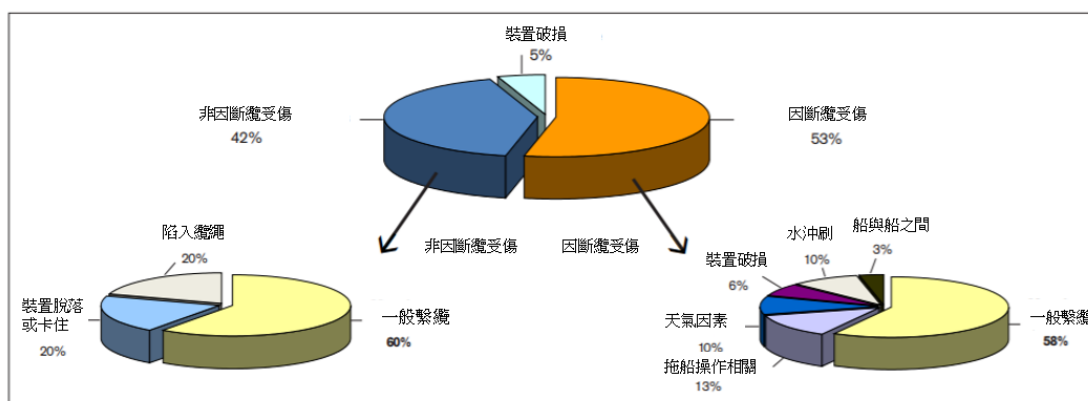


圖3.2人員受傷的不同事故類型

吾人進一步深究船舶斷纜主要可能於下列三種情況發生：

1. 在湧浪影響下，發生斷纜的原因往往是由於船體長時間擺盪，纜繩與導纜孔、碼頭繫纜樁反覆摩擦導致嚴重磨損，或因為湧浪作用導致纜繩受力不均，反覆拉伸、收縮而纜繩內部疲勞應力受損，最後繫纜的實際破斷拉力小於湧浪對船舶造成的擺盪作用力而斷裂。
2. 在強風影響下，若大型船舶吃水不深且甲板裝有多層貨櫃導致受風面積巨大，強陣風對船舶造成瞬間強盛的推力，當艏、艉纜受力不均或纜繩老舊時，則風力造成的推力容易超過纜繩的實際破斷拉力而崩斷(如圖 4.82)。圖 4.83 則為颱風期間強風引致之船舶斷纜事件。

3. 在急流影響下，若大型船舶滿載過重時，導致水下受力面積大，急流對船舶造成瞬間強盛的推力，假如艏、艉纜受力不均或纜繩老舊，急流推力容易超過纜繩的實際破斷拉力而崩斷。

根據統計，船舶常見實際斷纜情況是以上三個因素中任意兩者或是三者疊加導致斷纜。



圖 3.3 纜繩外觀破舊、老化



圖 3.4 莫蘭蒂颱風期間，強風來襲導致纜繩斷裂，貨輪擦撞港口



## 第四章 研擬船舶繫纜方式

船舶須藉由繫泊設備協助方能留於預定水域或繫泊於碼頭。繫泊設備通常包括繫繩、浮筒、繫泊碼頭、岸邊或他船時所需帶纜樁、導纜器、纜索捲車和繫纜機械等。繫泊設備通常佈置在艙、艏部或甲板的舷側。一般左右對稱佈置，以保證船舶兩舷都能停靠。帶纜樁靠近船舷，船首尾各有一對。導纜鉗和導纜孔應與帶纜樁對應佈置。

良好的繫泊設備必須具有足夠的強度抵抗通過船隻的風、海流所產生的力，以及波浪和湧浪的影響；且具有足夠的勁度以限制偏轉、振動或任何其他對繫泊的預期用途和性能產生不利影響的變形；同時，繫泊設備需要足夠靈活以提供負載分配，減少峰值動態負載並允許諸如潮汐變化之類的事件。

繫泊設備是船舶必要的艙裝設備，而屬具數則是決定繫泊設備的重要數值。屬具數一般稱為equipment number，它是一無單位之數值，一般的入級船舶，需依照各船級協會規定的屬具數公式計算，或者非入級船舶可由國際通用的屬具數公式求得。求得此屬具數後，在依此查屬具表，即可決定船上的船錨重量、數量與錨鏈種類、總長及其公稱直徑，以及拖纜與繫纜索之長度、數量與其各種承載負荷等數據。一般入級之船舶屬具數計算公式為：

$$EN = \Delta^{2/3} + 2BH + 0.1A \dots\dots\dots(4.1)$$

其中 $\Delta$ 為至夏季載重線之模排水量 (ton)， $B$ 為模寬 (m)， $H = a + \sum h$  (m)， $a$ 為在艏部自夏季載重線垂直量至最上層連續甲板樑在舷邊之上緣 (m)， $\sum h$ 為所有船艙寬度超過 $0.25B$ 者，位於船中心線上各層高度之總和， $A$ 為夏季載重線以上規定船長以內所有寬達 $0.25B$ 以上之船身、船艙及甲板室之側面積總和 ( $m^2$ )。

1. 計算 $H$ 時，可不計舷弧、拱高及俯仰。若船艙其寬度大於**0.25B**而置於小於**0.25B**寬度船艙之上時，僅寬者之高度計入。

2. 計算 $H$ 及 $A$ 時，高度大於 $1.5\text{ m}$ 之隔屏及舷牆，均視同甲板室之一部分。若隔屏及舷牆高度隨處變化時，則計算高度超過 $1.5\text{ m}$ 之部分。

船舶繫泊方式隨船舶大小、碼頭或船閘情況、水域和氣候條件以及作業要求而異，以下介紹4種常見之繫泊方式：

#### 4.1 單浮筒或單點繫泊(Single buoy or single point mooring)

單浮筒或單點繫泊(如圖4.1)通常用於不能靠近港口和碼頭的大型船舶，在港口限制範圍之外或在避風錨地停泊，並且借助單點或單浮筒繫泊進行貨物轉運。浮筒的基本原理是保持船舶相對於浮的位置穩定，同時允許船舶擺動到風和海。通常在船尾設置拖船以使船舶保持固定狀態。角度和距離浮筒的距離。通過將浮筒定位在與其連接的四個錨的中心來固定浮筒。船隻在一個或兩個繫纜的幫助下快速製成浮筒，該繫纜固定在船首擋板上。通常，在接近單點或單浮筒繫泊時，天氣是決定是否停泊船隻的主要標準。

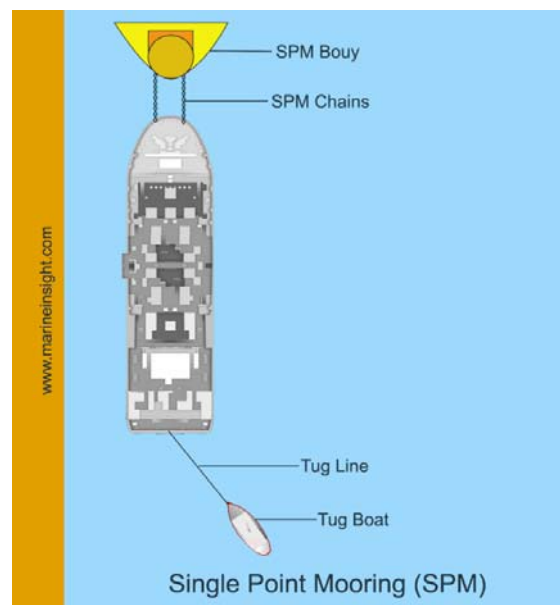


圖4.1單點繫泊示意圖

## 4.2 常規浮筒或多浮筒繫泊(Conventional buoy or multi buoy mooring)

常規浮筒或多浮筒繫泊方法(如圖4.2)，船的船艏使用錨固定於海床上，而船尾固定在它周圍的浮筒上。在該方法中，首先船舶以90度的角度從前方接近最終靠泊位置，直到最後的靠泊方向。然後在船舶正在前進時，右舷錨在先前確定的位置放開。一旦船舶停在水港，錨就會鬆開，因此船隻沿著中心線將船尾定位在分叉浮筒上。為了使載具沿著該中心線對齊，將繫纜放出，並且用右側推進器將右舷繫纜加入。在此操作過程中要小心使用的舵和發動機，以確保船尾擺動任何浮筒。在鬆開過程中，錨索被拉入以使船舶向前移動並且重量在迎風線上進行，同時拋棄其他線路以防止船尾擺動到其他浮筒中。

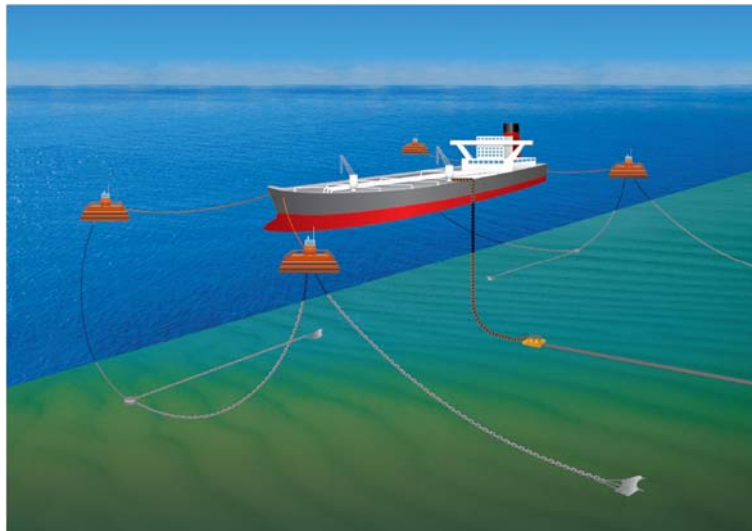


圖4.2 常規浮筒或多浮筒繫泊示意圖

### 4.3 地中海式繫泊(Mediterranean mooring)

對於地中海式這種類型的繫泊(如圖4.3)，須先將船隻開往預先計算的位置再進行後續工作。船首最初是傾向於泊位，右舷錨在那個位置放開。在此之後，引擎向後運行並且端口錨在指定的位置處放開。船隻向後傾斜並向右舷擺動。因此，當船靠近碼頭時，船隻由兩個錨固定。然後傳遞粗厚的繫纜線。而後使用錨索將繫泊設備保持緊固。船舶的定位使得繫泊完成，每個錨上有四個鉤環。通常用於不同潮位時控制船舶向碼頭的漂移，同時透由在其中一個錨來加以定位。

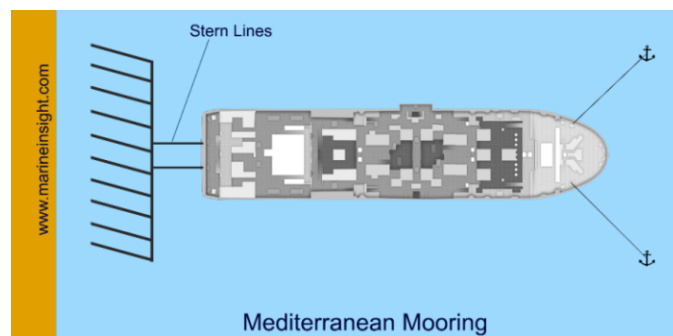


圖4.3地中海式繫泊法示意圖



## 4.4 運行繫泊(Running Mooring)

與地中海式繫泊相比，運行繫泊(如圖4.4)之操作持續時間相對較短，並提供對船隻的更多控制。該船的右舷錨在距船頭最後位置大約四個到五個繫船接環的位置放開，並且在發動機前進的同時支付了大約9個繫船接環。然後當它在潮汐下降時，港口錨被放開，右舷錨被拉到五個枷鎖上。因此這種方法可限制了擺動空間並減少了捲揚機的負荷。

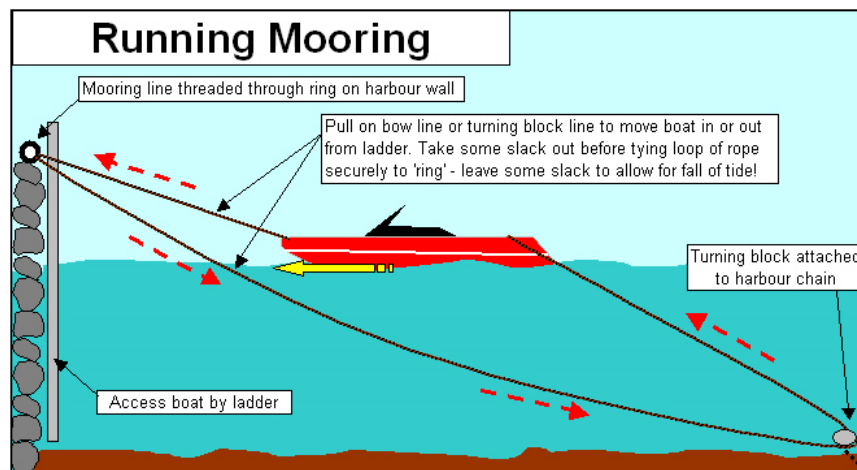


圖4.4運行繫泊法示意圖

在臺灣，最常見之繫泊方法為平靠繫泊(如圖4.5)。一般情況下，平靠繫泊之船身與碼頭間，計有下列4組繫掛的纜繩：

### 1. 船艏纜

如圖4.6中船艏所示4條纜繩。

### 2. 船艉纜

如同船艏一樣，從船艉繫掛於纜樁。

### 3. 前向纜

防止船隻向前移動，為圖4.7中船艏纜後方纜繩(在船名上方)。

#### 4. 後向纜

防止船隻向後移動。前向纜及後向纜又稱為「倒拉纜」。

一般情況下共計以8-11條纜繩將船隻固定繫泊於港內。

圖4.8和圖4.9中多條纜繩及防颱纜用於固定碼頭旁邊的船泊，運用合適的防舷材、木樁護舷和纜樁使船舶與結構物保持距離。也可使用T型碼頭讓在水流流速較高港域中的船舶與流向保持平行。

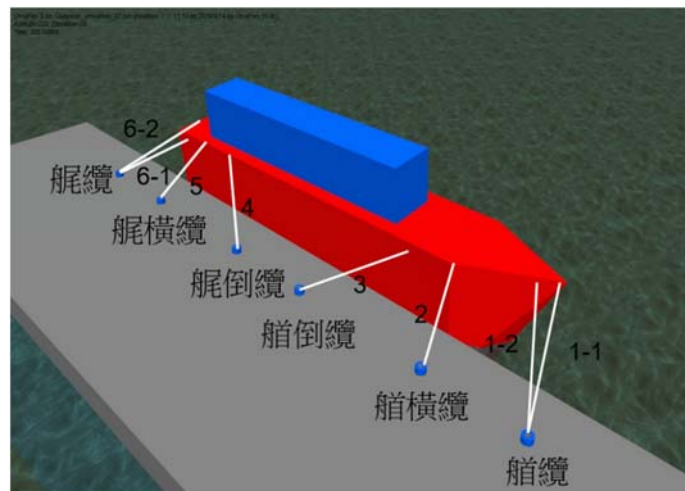


圖4.5平靠繫泊示意圖



圖4.6船艏纜實際繫泊



圖4.7前向纜及後向纜

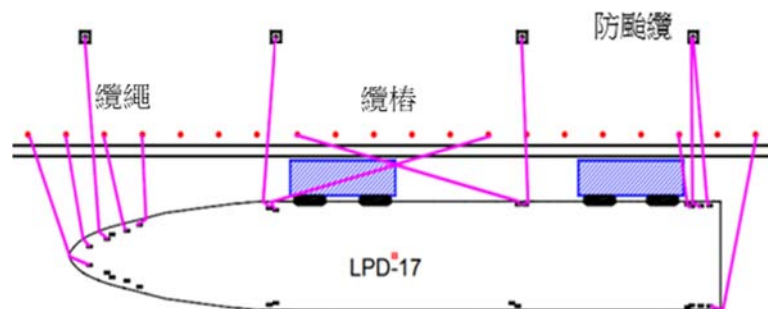


圖4.8防颱纜繫泊示意圖

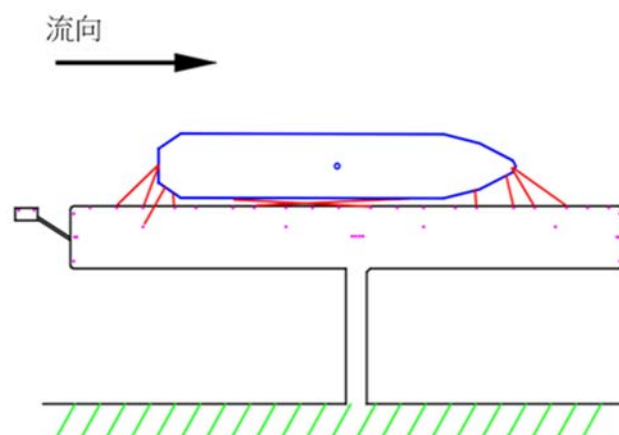


圖4.9 T型碼頭船舶繫泊示意圖

本計畫係以平靠繫泊作為研究標的，希望能藉由改良平靠繫泊方法或建議不同繫泊材料來降低繫纜破壞機率。

而散裝船繫纜配置因船型的不同也隨之變化，船型分為四種(如圖4.10)

#### 1. 海岬型散裝船

總載重量在10萬噸以上之散裝船。

#### 2. 巴拿馬型散裝船

船型能通過巴拿馬運河的最大型散裝船，總載重量為6萬噸左右。

#### 3. 靈便型散裝船

總載重量3.5-4萬噸之散裝船。

#### 4. 小型散裝船

總載重量2-2.7萬噸之散裝船。

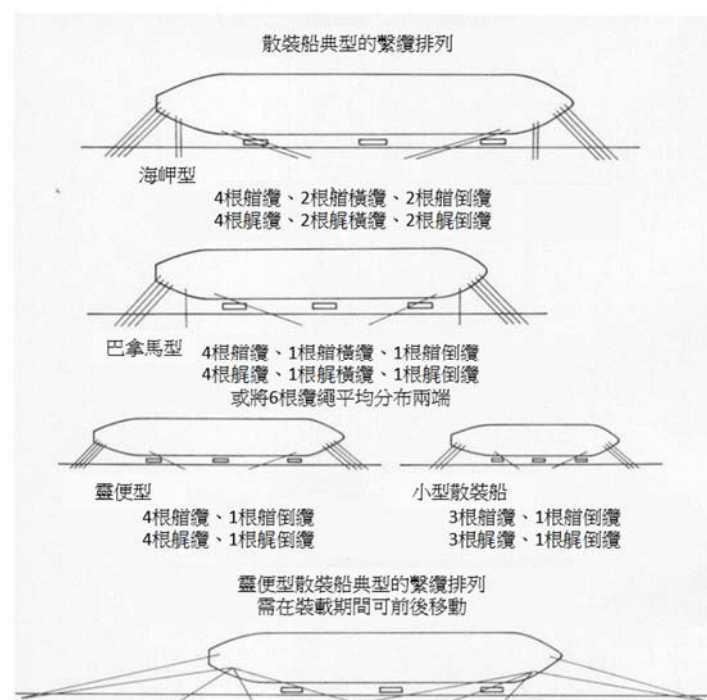


圖4.10散裝船繫泊示意圖

為瞭解船舶繫纜現場作業與繫纜方式，本中心107年計畫”風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估”曾與帶解纜業者前往高雄港實地瞭解，並特別委請凱晟股份有限公司撥空解說。圖4.11~圖4.16為不同船型之繫纜方式。帶解纜也有其工作守則暨安全注意事項：

#### 1. 工作守則：

- (1)帶解纜工作首重「安全」「正確」「迅速」來達成工作所託。
- (2)帶解纜工作時以「人安」「船安」「航安」為首要考慮，如預期會發生事故，船長可立即停止或暫停工作並回報，待危險因素消失後再繼續工作。
- (3)帶解纜工作人員服裝規定：公司所發制式工作服，戴白色安全膠盔，黑色膠鞋，以維工作安全之所需。(服裝不整若經查獲將處以罰款)
- (4)帶纜順序，倒纜＞橫纜＞艀艀纜，解纜反順序，如有特殊狀況以大船工作人員或領港之指示為主。
- (5)纜艇拖帶纜索時纜艇上帶纜人員需注意自身安全並作橫向聯繫指揮之責，如遇鋼絲纜索時工作須戴棉紗手套加強安全防護。
- (6)執行浮筒帶解纜時，視天候狀況穿著救生衣並注意纜索安全狀況。
- (7)纜索解纜時，以碼頭旗幟（燈號）配合現場工作人員、船上人員及領港繫掛適當之纜樁，唯誇越不同碼頭時，需先徵得該碼頭現場人員同意方可，否則均以碼頭內之纜樁為主。
- (8)纜艇之碼頭工作時，需瞭解船隻停泊位置是否纜艇帶纜等相關資訊後，船長將纜艇停泊安全水域內，另船長靠泊碼頭接水手時，切記不可影響大船運轉造成航安事故發生。

## 2. 安全注意事項：

- (1) 特殊工作碼頭 #102～#111，#58～#62 嚴禁煙火，禁止吸煙（現場有巡視人員及監視器系統）。
- (2) 纜索帶（解）好後，在絞（收）纜時，不可站立於纜樁前後（兩公尺）以免纜索斷裂或甩尾纜所造成之傷害。
- (3) 纜艇至碼頭工作時，上下碼頭人員需注意安全，船長可選擇適當位置上下，夜間必要時可開啟探照燈輔助之。
- (4) 上班工作期間人員嚴禁酗酒，如發現酗酒者可禁止其工作並報請公司處罰。
- (5) 危險品碼頭及浮筒工作前，領班及船長務必事先檢查船隻、人員裝備（手套、救生衣）及所需工具是否完整，備便齊全方可執行工作。
- (6) 工作安全是全面性、善變性，每一個人都應遵守並確實執行，事前的防範與叮嚀總比事後悔恨與檢討的好，故不必嫌麻煩，不必嫌囉嗦，安全零事故，工作幸福多。

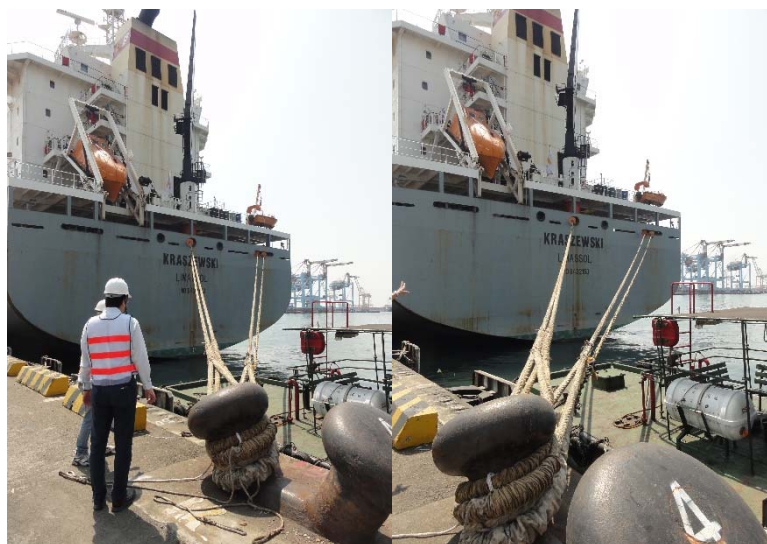


圖4.11散裝船船尾繫纜方式





圖4.12散裝船橫纜繫纜方式

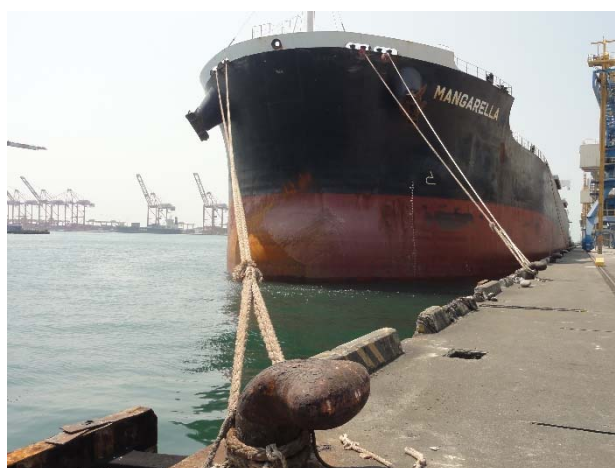


圖4.13五穀雜糧船船頭繫纜方式



圖4.14五穀雜糧船橫纜繫纜方式



圖4.15貨櫃船船尾繫纜方式



圖4.16散裝船船頭繫纜方式

綜以上蒐集資料有關預防船舶泊港後之斷纜事故及相關繫纜方式建議如下：

1. 船舶在進港前，需提前與當地港口聯繫，了解港口特性、海況及目前交通情況等，有效地落實應對措施，做好充分準備。提前對船上設備進行檢查，確保動力系統保持良好狀態。若港口易受強風影響，應做好防風準備，適當加纜；若港口流況湍急、潮差大，裝卸貨過程中船舶吃水變化大等原因易導致纜繩磨損，應做好各種防止纜繩摩擦措施。另外，船方應做好相關應急預備方案。



2. 靠泊前要有完備的繫泊方案：倒纜應保持一定受力，使得船舶不會與防舷材相撞；橫纜從船上延伸到船舷外，確保所有的纜繩鬆緊一致；在靠泊期間倒纜和橫纜均可調至自動張力模式，使各根纜繩受力平均；若要防止船舶沿碼頭移動，以利裝卸貨工作，可將倒纜調至剎車模式。同時仔細觀察泊位主風向和風浪情況，結合抵港前獲得的資訊，決定艏、艉纜的角度和纜繩受力程度的控制。若風向為離岸風，在碼頭繫纜樁有選擇餘地的條件下，繫纜應選擇離船稍近的艏、艉纜的繫纜樁以增加船舶水平方向的纜繩拉力，增加抗風性，艏、艉纜適度調整到相同張力，均衡受力；若風偏向於艏、艉來風，則應選擇離船稍遠繫纜樁，即減小纜繩與船舶艏、艉向間的夾角以增加船舶艏、艉方向的繫泊拉力，並且調整迎風面的纜繩使受力平均，背風面則保持適度拉力即可，以免產生過大扭力增加迎風面纜繩負荷。(如圖 4.17)



圖 4.17 平時靠泊之繫纜工作

此外繫泊期間安全之防範工作則建議如下：

## 1. 改善纜繩受力

- (1) 裝卸過程避免單邊裝卸引起船舶過度傾斜，導致艏、艉纜受力不均或傾斜受力造成張力集中，增加繫纜的負荷。
- (2) 按照纜繩新舊情況適時調整其鬆緊，新纜可適當收緊，舊纜可適當鬆弛。
- (3) 採用統一材料及相同直徑的纜繩。
- (4) 適時轉換使用自動纜：船舶設置自動纜的目的在於自動調整前後繫纜的鬆緊度，始終保持纜繩平均受力，使船緊貼泊位以利作業，但自動纜也有其使用限制，當超過額定拉力，絞纜機將啟動自動保護休止工作。因此受湧浪影響大、常受強風侵襲區域，建議不宜使用自動纜，應改為手動繫纜且繫緊後用剎車剎住，並脫開離合器，避免纜繩拉力一直作用在離合器上，導致其變形。
- (5) 各纜樁在繫纜時不可太過緊繃，在受強風或急流影響時應讓其先伸長後滑出，接著加繫幾圈，當再次受力時，則不讓它們再度滑出，以此緩解纜繩鬆緊不均衡的狀態。

## 2. 預防風中漂移

靠泊繫纜是保持各纜繩受力平均，其次可適時前後各加一根纜繩，再根據天氣預報的風向決定加纜的繫纜角度，以「8字環繞」方式在雙帶纜上繞5道，打半結以防滑脫(如圖4.18)，並加強巡視，時常調整使其與其他纜繩平均受力。若船在強風中漂離泊位，切忌強行硬絞纜繩使船歸位，應利用剎車保持住原有漂離狀態，待強陣風停止再絞進貼緊，並同時全船廣播應急預備，備妥主機和側推，適時拋下船錨，向港務人員申請拖船協助。



圖4.18八字環繞繫纜方式

### 3. 減輕纜繩磨損

當繫纜角度決定後，船舶的繫纜點應避免使用固定孔洞的繫纜孔，應使用滾輪、滾柱等可流動纜孔，纜繩在因湧浪造成船舶起伏摩擦運動中，將隨流動的滾輪一起運動，可有效避免對纜繩磨損傷害。目前多數船採用雙槽式絞盤，一般情況下可將繫泊時受力的纜繩盤繞在較窄纜槽內，而將剩餘纜繩盤繞在較寬纜槽內，計算各槽內纜繩的分配量時根據本船繫纜孔位置，結合各碼頭的纜樁間隔情況適當分配，最佳的分配方法是纜繩上樁繫緊後，保持受力的窄槽內剩餘約一層纜繩，如此既可以減少力臂增加纜繩拉力，又可避免纜繩層數過多，導致纜繩因受力嵌入其他疏鬆的纜繩圈內卡住。若纜繩與導纜孔、船體防舷材等摩擦不可避免，船方應提前做好各種防摩擦準備：纜繩不宜受力太緊，保持適度鬆弛以免受力過大導致纜孔的磨損，可在不影響裝卸和靠泊安全前提下，讓船舶稍微偏離泊位；在纜繩與纜孔摩擦部位四周以「雙8字」方式纏上防滑鏈條或綁上麻袋、布等，避免纜繩與鐵質纜孔直接接觸磨損；當因為潮位、泊位高度等原因，船上的繫纜點低於碼頭的纜樁時，纜繩將與碼頭邊緣摩擦，可在碼頭邊緣放置麻袋、布等以防摩擦。

#### 4. 降低瞬荷載發生：

瞬荷載(snap load)對於繫泊斷纜有主導性的影響，不僅因為瞬荷載容易在短時間內產生極大之張力值，使纜繩破壞，亦容易造成繫泊纜繩之疲勞破壞。因此，增加阻尼於繫泊纜繩上能有效降低纜繩破壞機率。圖 4.19 為兩種常見纜繩阻尼系統：



圖4.19兩種型態之繫纜阻尼

左圖為義大利籍公司OCEAN所設計，右圖為澳大利亞籍公司BOAT ACCESSORIES AUSTRALIA所設計。

#### 5. 加強值班

- (1)即時掌握海況、潮汐、水位等變化，加強對全船及船舶周圍安全檢查，並即時根據潮水漲退和裝卸情況調整纜繩鬆緊，確保纜繩受力均衡。
- (2)確保船舶設備處於隨時可用的良好狀態，可減少拆卸、修理主機等相關狀況的發生。

然萬一發生船舶斷纜後處置方案建議如下：

1. 依應急預備方案，採取備車、加纜、拋錨等有效措施控制船舶位置。
2. 向航管中心 VTS(Vessel Traffic Service ;船舶交通服務系統)報告，通知碼頭和周邊船舶，避免再次發生事故，若正在裝卸貨船隻則應立刻停止作業。
3. 申請拖輪協助。

註：VTS為針對近岸水域、航行船隻防碰、暗礁淺灘危險區域等範圍，提供更安全之導航系統功能；其次，亦提供港口之交通流量管制、貿易與經濟控管、海上搜索與急難救助、環境保護等功能。



## 第五章 船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

本計畫水工模型試驗將建立有關不同情境船舶靜穩度及繫纜張力之量測，進一步探討船舶停靠在碼頭區時，受到波浪與風力作用下其動態反應及繫纜繩張力，並將試驗成果與數值模擬結果進行分析比較。為達此目標，吾人將針對模型縮尺設計與外力作用下之動態反應進行船舶靜穩度及繫纜張力之量測，以提供數值模擬計算所需之參數調校與模擬驗證。

### 5.1 試驗方法

#### 1. 模型律

在水工模型試驗中大多採用了縮尺後的模型來研究流體造成的物理現象問題，此時首先要保證模型物理現象與原型物理現象的相似。在水工模型試驗中常使用福祿數(Froude number)相似來建立模型，以符合原型的幾何形狀。假設模型長度/原型模型長度= $\lambda_p$ ，一般而言波浪與水流等動力相似參數(如波高、週期與流速等)在縮尺後多數能落在實驗室設備的輸出範圍。在模型試驗中，船舶於靠泊碼頭時所受之外力以波力、水動力及風力為主，因此實體與模型間動力相似需遵循福祿律(Froude law)，亦即實體之福祿數與模型之福祿數應相同：

$$\left[ \frac{V}{\sqrt{gL}} \right]_p = \left[ \frac{V}{\sqrt{gL}} \right]_m \dots\dots\dots (5.1)$$

其中下標 p、m 分別表示有關實體及模型之物理量，V 為特性速度，L 為特性長度，g 為重力加速度。一般在地球緯度相似，高度相同處之重力加速度相同，因此式(5.1)可改寫為

$$\left[ \frac{V}{\sqrt{L}} \right]_p = \left[ \frac{V}{\sqrt{L}} \right]_m \dots\dots\dots (5.2)$$

當幾何縮尺 $\lambda_\ell = L_m / L_p$ 決定後，由式(5.2)可得速度縮尺

$$\lambda_V = \frac{V_m}{V_p} = \left( \frac{L_m}{L_p} \right)^{1/2} = \lambda_\ell^{1/2} \dots\dots\dots (5.3)$$

進而可得時間及重量之縮尺如下

$$\lambda_t = \frac{T_m}{T_p} = \frac{(L/V)_m}{(L/V)_p} = \left[ \frac{L_m}{L_p} \right] / \left[ \frac{L_m}{L_p} \right]^{1/2} = \left( \frac{L_m}{L_p} \right)^{1/2} = \lambda_\ell^{1/2} \dots\dots\dots (5.4)$$

$$\lambda_w = \frac{(\rho g L^3)_m}{(\rho g L^3)_p} = \frac{\rho_m}{\rho_p} \left( \frac{L_m}{L_p} \right)^3 = \lambda_\rho \cdot \lambda_\ell^3 \dots\dots\dots (5.5)$$

然而如重量與慣性矩等參數其縮尺比分別達到 $(\lambda_\ell^3$ 與 $\lambda_\ell^5)$ 。此外由於結構物彈性比(或稱 Cauchy Number)的模擬將影響結構的自然頻率，故須將模型的彈性比模擬和原型相同。然而在模型的製作上，對於彈性比的模擬相當困難，所以一般在實際的運用上是以質量比與史特赫數(Strouhal Number)為模擬基準，因結構物受風作用產生渦散作用(Vortex Shedding)之主要特徵指標為史特赫數。換句話說，模型須考慮重量及重心等尺度效應，若模型和原型能夠符合質量的模擬，且滿足史特赫數時，則彈性比之物理特性即可有較合宜地呈現。

彈性比(Cauchy Number)：

$$\left( \frac{E}{\rho U^2} \right)_m = \left( \frac{E}{\rho U^2} \right)_p \dots\dots\dots (5.6)$$

E：結構的彈性模數， $\rho$ ：流體的密度

史特赫數(Strouhal Number)：



$$\left(\frac{f_0 D}{U}\right)_m = \left(\frac{f_0 D}{U}\right)_p \dots\dots\dots (5.7)$$

其中 $f_0$ ：為結構的自然頻率

## 2. 模型比尺

綜整可能比尺效應影響，根據大多數研究顯示，無論選用何者模型相似準則，為減低比尺效應影響應儘可能選擇較大的模型比尺進行試驗；條件允許情況下，可進行不同比尺系列模型試驗，但為求嚴謹性應與現場原型資料作比對驗證，以調整各參數的模型比尺。本研究考量福祿數與滿足動力相似條件、試驗範圍、實驗設備、水深、船體模型大小及試驗場地大小等因素之限制，決定水工模型試驗之長度比尺為1/50，並依據前述推導之相似律，可得速度比尺為 $1/\sqrt{50}$ 、時間比尺為 $1/\sqrt{50}$ 、重量比尺為1/125000。

## 5.2 試驗配置

### 1. 試驗設備與儀器

計畫執行之相關場地、試驗設備由國立成功大學水工試驗所提供，包括成功大學安南校區水工試驗所之風波流循環水槽(造風/波/流)設備；將納含波高量測、張力量測、加速度量測與風速量測等項目，而量測儀器包括波高計、張力計、風速計、陀螺儀及資料收錄系統等，試驗場地及試驗設備儀器分別介紹如下：

#### (1) 風波流循環水槽

本研究試驗工作將於水工試驗所風波流循環水槽進行(圖5.1)，該水槽長27 m、寬19 m、深1 m。可同時造風、造波與造流，南北向(長度方向)為造波及造風方向，而東西向(寬度方向)為造流方向。在風波流水槽中試驗區域範圍為長7 m，寬3 m。

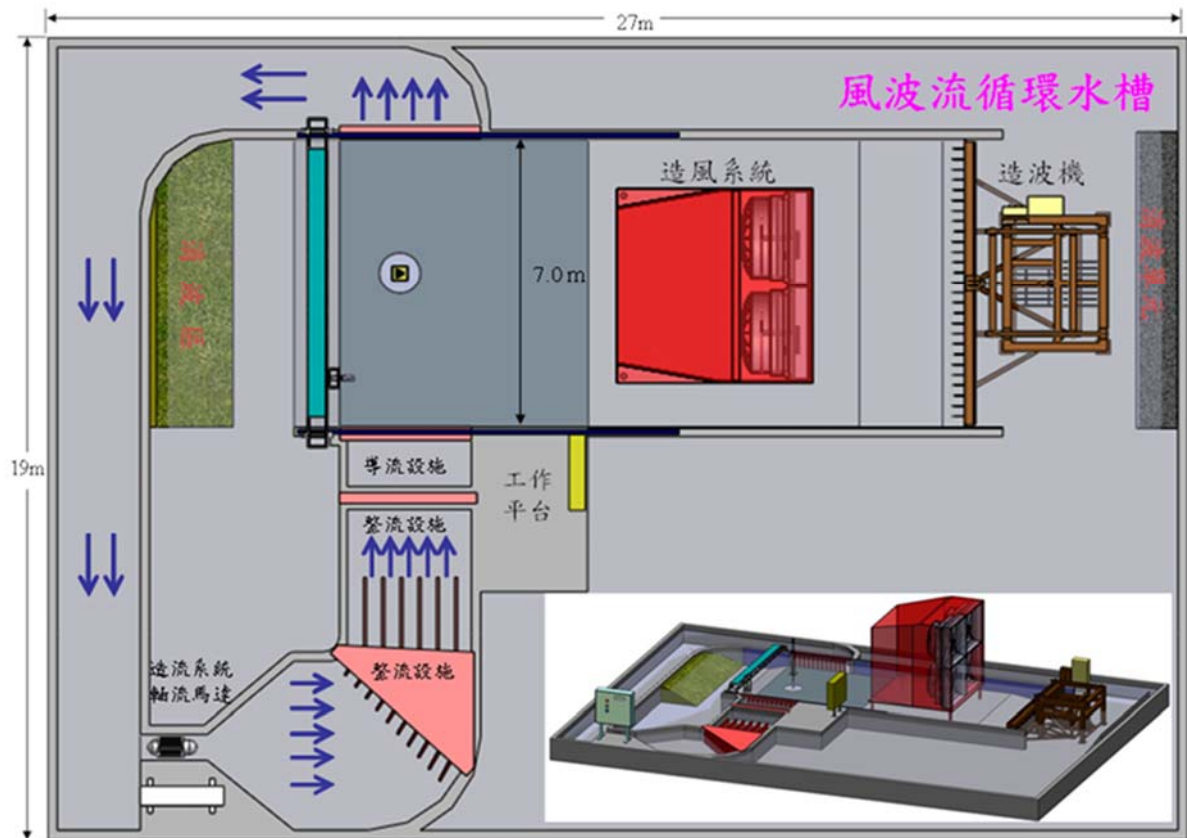


圖5.1 風波流循環試驗水槽

### (2) 造波機

試驗水槽北端安置一部平推活塞式(piston type)不規則造波機(圖 5.2)，該造波機寬 7 m、高 1.2 m，造波單元為液壓動力驅動系統，造波功能於水深 0.8 m 時，波浪週期 1.6 sec~2.5 sec 之範圍內可造出最大波高 0.32 m 之不規則波。造波機配置具有主動補償反射波系統(Active Reflection Compensation system)之裝置，該裝置乃是於造波板配備三組波高計及一組電子信號盒，以量測造波板前即時水位，依據原始計算所得之造波板上之水位與實際發生之水位進行回饋補償的動作。

### (3) 造風系統

造風系統由 4 組鋁合金三葉風扇、4 組變頻器、4 組風速計及導風設施所組成，使得風波流可同時作用於離岸結構物之試

驗水槽(圖 5.3)。而風速控制系統主要是由水工試驗所自行研發撰寫之風波流/離岸風機動力機制分析收錄軟體，包含研華 AD/DA16 通道多功能控制模組、四台造風機風扇以及水工試驗所自行組裝的四組三相交流 220V 2HP 變頻驅動單元所組成，而此變頻驅動單元可以接收外部 0~10V DV 類比訊號分別驅動四台造風機風扇(圖 5.4)，最大可造出 9~10 m/sec 之風速。此造風控制系統可經由切換開關選擇手動控制模式或者自動模式，手動控制模式部分可以不受電腦端收錄軟體控制，可任意做手動啟動、停止及調速功能，而自動控制模式部分則是由電腦端的風波流/離岸風機動力機制分析收錄軟體做自動化控制。

#### (4) 電容式波高計

波高之測定乃採用水工所自行研發之電容式波高計(圖 5.5)，每組波高計包含測線電容檢測器及電源供應器三部分，測線乃由鐵弗龍電線及一電極形成一電容迴路。隨著波面沿著測線上下起伏，此一迴路亦產生電容變化，藉由檢測器檢測電容之變化，並將之轉換為電流的變化而輸出，傳送至控制站再轉換成電壓後輸入資料收集器予以儲存。此波高計之量測範圍可視需要而調整其測線長短，並維持其量測精度在額定輸出之 0.5% 以內。

#### (5) 陀螺儀

陀螺儀(圖 5.6)為 XSens Technologies BV 所製造之小型 MEMS 架構動作追蹤器(IMU、VRU、AHRS 和 GPS/INS)，具三軸向的加速度、角速度及地磁場訊號，AHRS 透過內建 DSP 運算擁有三維度姿態角度。其資料更新速率為 1000Hz，定向性能 Pitch $\pm 90^\circ$ 、Roll/Yaw $\pm 180^\circ$ ，加速度性能為 $\pm 160 \text{ m/s}^2$ ，角速度性能為 $\pm 2000 \text{ deg/s}$ ，地磁場性能為 $\pm 1.9 \text{ Gauss}$ 。

#### (6) 張力計

張力計為 SSK 公司所製造之 LT6-10 型式超小型張力計(圖 5.7)，最大受力為 10.0Kgf，依據不同型號則最大受力可達 100Kgf，再現性為 0.2%FS，非直線性則為 0.2%FS，溫度特性為 0.05%RO/°C，輸出電壓為 $\pm 10V$ ，其入出力抵抗為 500 $\Omega$  且可於溫度為-15°C~+75°C 之間進行量測。

#### (7) 風速計

風速計為臺灣路昌公司製造之 TR-AMT1A4 型風速計，包含風速感測器與訊號處理盒，如圖 5.8 所示，量測風速度範圍為 0.4~30 m/sec，輸出電流為 4~20 mA，解析度為 $\pm 2\% + 0.3$  m/s，可於 0°C~50°C 溫度之間進行量測，操作濕度需低 80%RH，工作電壓為 AC90~260V(50/60Hz)。

#### (8) 資料收錄系統

由成功大學水工試驗所提供資料收錄系統，包括工業電腦、訊號擷取卡、訊號收錄盒等。收錄儀器所有訊號均連接至水工所自行開發設計之多節點資料擷取系統(Multi Node Data Acquisition System，簡稱 MNDAS 系統，如圖 5.9 所示)。該系統除了特別為此一多頻道同步收錄試驗所設計外，並改善以往經常發生於長距離傳輸所造成之訊號衰減現象。另外，透過 MNDAS 能建立一套一般化之標準量測程序，讓試驗執行人員從初始之實驗儀器規劃、率定、資料量測及資料儲存等程序均有一定之模式可依循。



圖 5.2平面造波機



圖 5.3造風機系統



圖 5.4造風機變頻驅動單元



圖 5.5波高計



圖 5.6陀螺儀



圖 5.7張力計



圖 5.8風速計

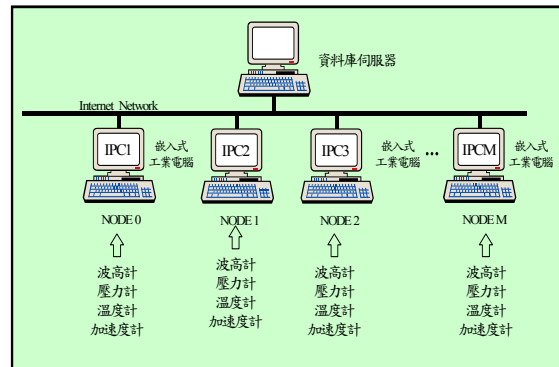


圖 5.9多節點資料擷取系統架構圖

## 2. 船體模型與配重

本次試驗船體模型選用油輪船型(Dyne Tanker)，如圖 5.10 所示，此油輪船體模型由國立成功大學系統系所提供，其相關尺寸資料如下所示：

- 長：2.630 m
- 寬：0.383 m
- 高：0.235 m



圖 5.10油輪船體模型



試驗船體模型為空船之狀態，經由配重方式來調整模型船體重量與重心位置。而配重方式如圖 5.11 所示，採用鐵塊放置於船體中心線位置並調整重心；配重過程中也需考慮船蓋板及貨櫃模型之重量，如圖 5.12 所示。此油輪船體模型配重至  $3/4$  吃水深，其相關配重資料如下所示：



圖 5.11 模型船配重方式

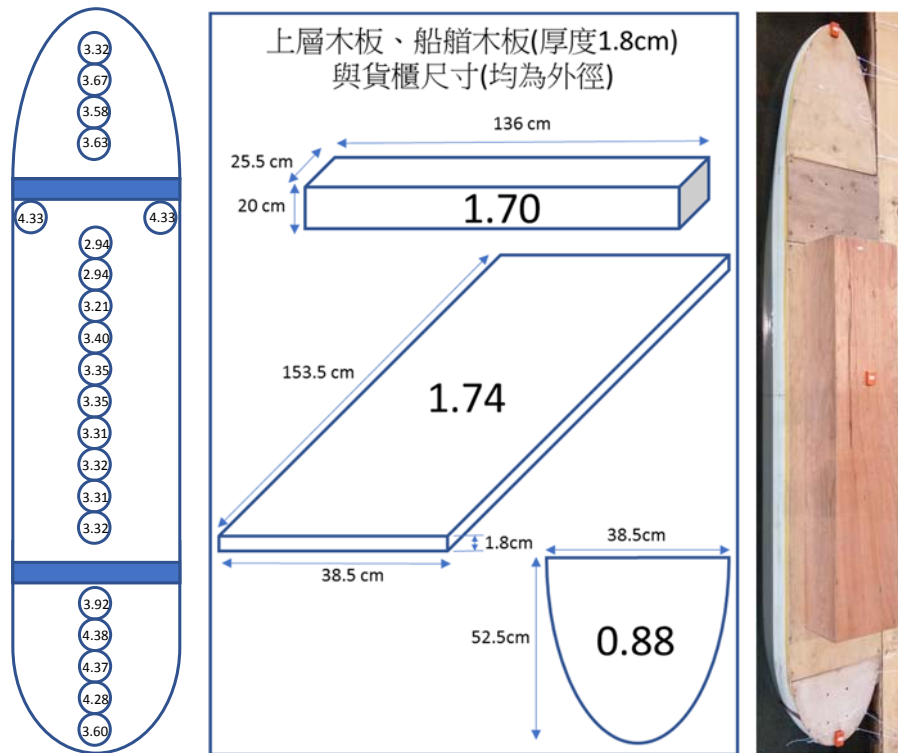


圖 5.12 模型船配重完成圖

- 空船：31 kg
- 配重：75.86 kg
- 吃水深：3/4 船高

### 3. 試驗佈置

船舶靜穩度及繫纜張力之動態水工模型試驗於成功大學水工試驗所風波流循環水槽中進行，試驗場地配置位置如圖 5.13 所示，在風波流水槽中試驗區域範圍為長 7 m，寬 3 m，試驗區域左右兩側為造流之循環水道，搭配軸流式馬達進行造流，水流行進過程中分別以導流片與蜂巢式整流設施加以整流與穩定水流，而使流況穩定；而且於水槽中造波機前方建構一造風系統，此造風系統由風扇、風速控制系統、風速計及導風設備所組成，以模擬現場陣風及颱風風速。試驗區域範圍內將建置碼頭區，船體模型停靠於碼頭旁靠近中央位置，如圖 5.13 與圖 5.14 所示。其中方案一之佈置為波浪與風速同向( $0^\circ$ )，而方案二之佈置之風速為逆向( $180^\circ$ )之狀況。其中碼頭的佈置過程如圖 5.15 所示，並於碼頭



邊緣貼上防舷材，以防止船體直接撞擊碼頭。

此外，為量測繫纜繩張力及船體穩定度，分別在船艏及船尾位置附近裝置 8 條繫纜繩及 6 組張力計；而量測船體穩定度之陀螺儀則固定於船艏、船中心及船尾之位置，碼頭與船相關佈置及張力計與陀螺儀座標定義如圖 5.16 與圖 5.17 所示。另外，利用試驗區段中之軌道與台車架設波高計及風速計(圖 5.18 與圖 5.19)，以量測入射波高與造風之風速。

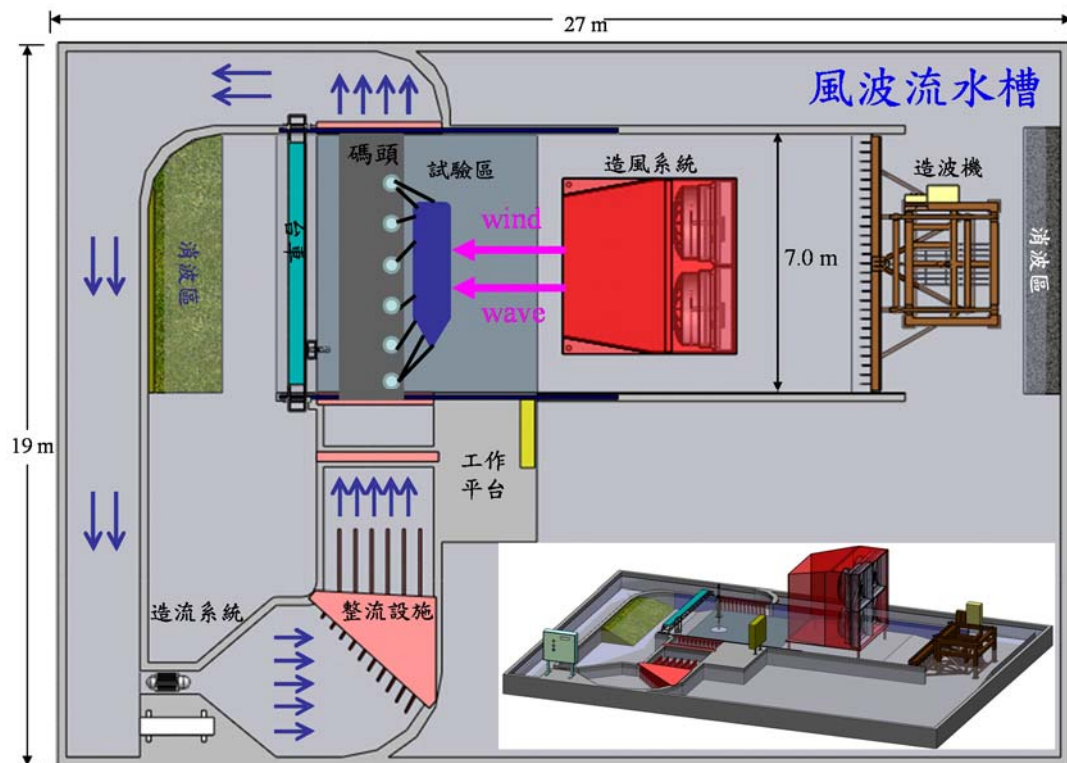


圖 5.13 試驗配置-方案一

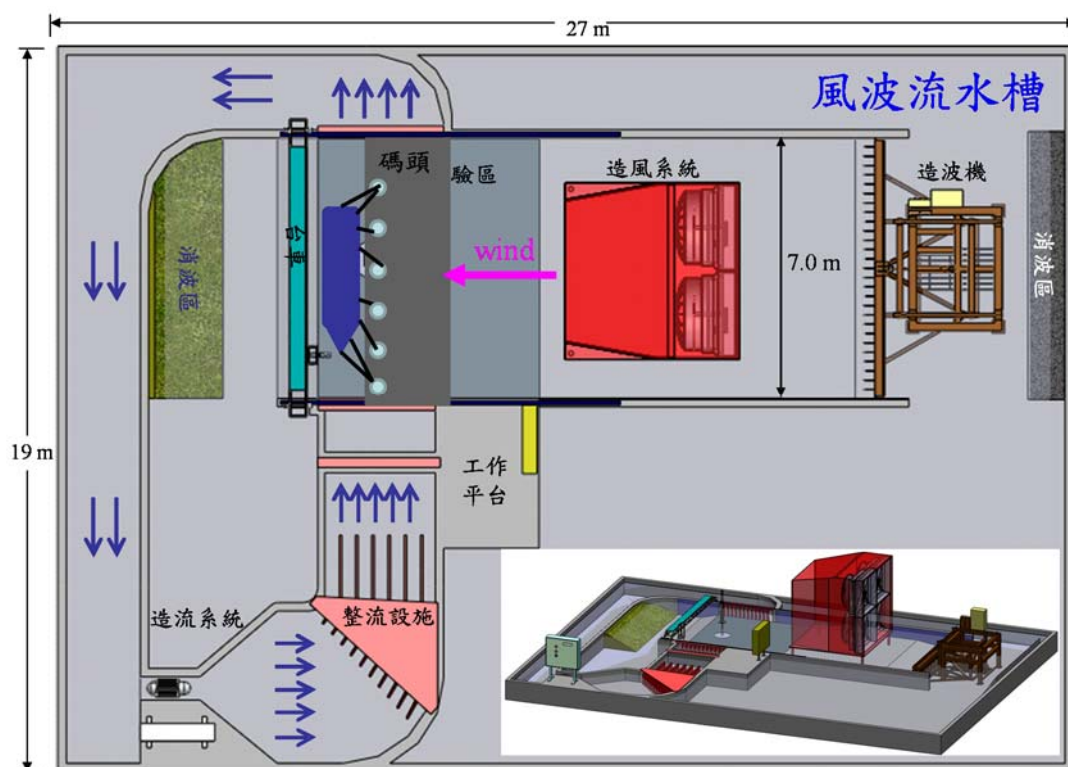


圖 5.14 試驗配置-方案二



圖 5.15 碼頭的佈置過程

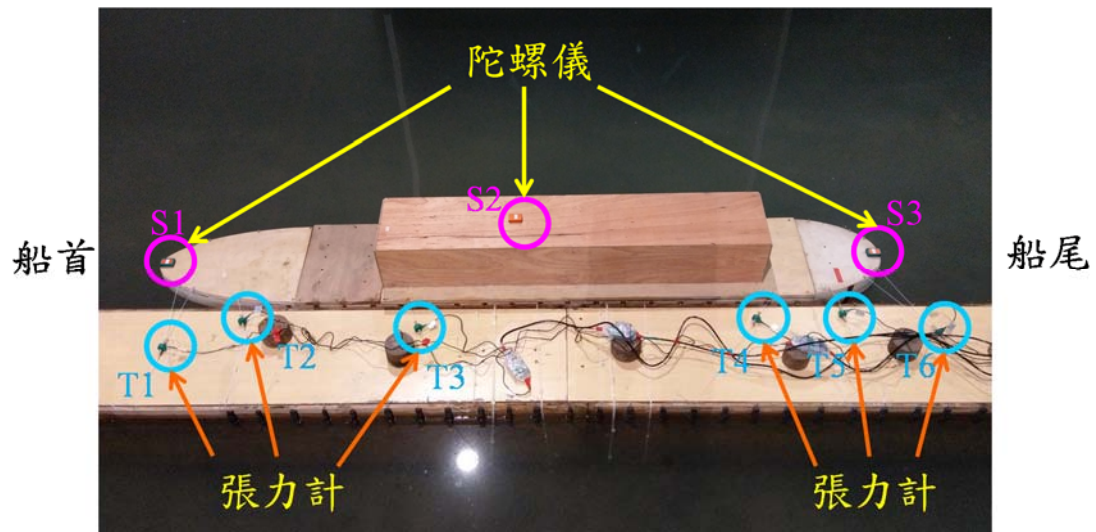


圖 5.16張力計與陀螺儀佈置

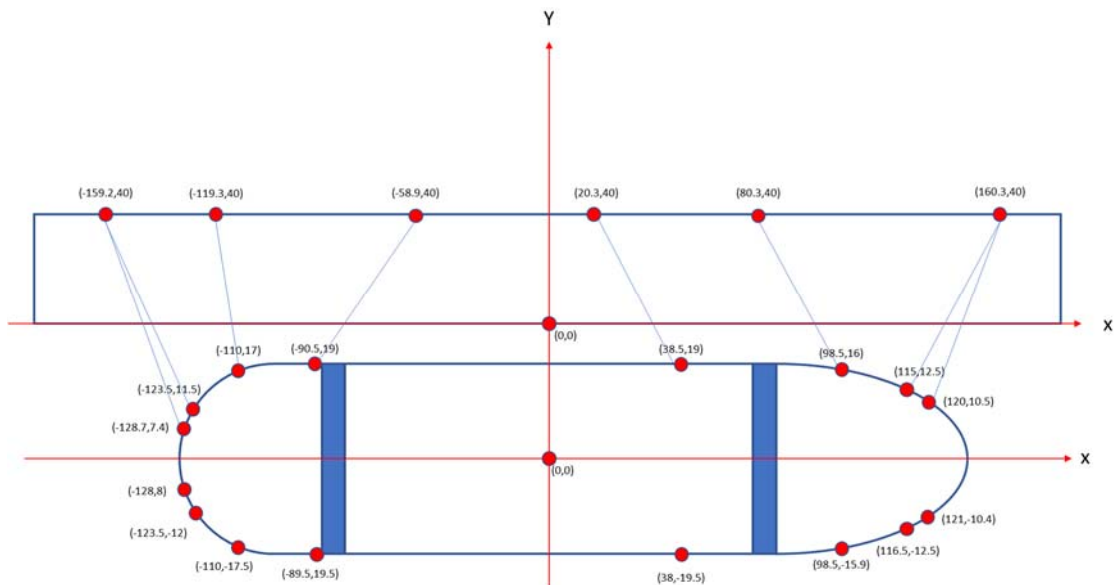


圖 5.17碼頭與船座標定義



圖 5.18台車上架設波高計



圖 5.19台車上架設風速計

### 5.3 試驗條件

考量本計畫選定高雄港為模擬區域，需考慮高雄港海域及港內碼頭之相關條件，以符合現場風速與波浪實際環境狀況下，進行完整的測試模擬，以重現現場實際海況與風況之條件。依高雄港外海各方向各迴歸期設計波高分析，如表 5-1 所示，其中 50 年迴歸期波浪為一般港灣與碼頭設計之條件，若以高雄港為考量則 NW、WNW、W 與 WSW 為主要影響之波向。成功大學水工試驗所於 2011 年執行「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫委託技術服務工作—水工模型試驗」計畫，針對洲際貨櫃中心第二期工程進行遮蔽試驗，圖 5.20 為高雄港區碼頭配置圖。經由遮蔽試驗結果，在最高潮位下受 WNW 波向之颱風波(波高 5.3m、週期 9.7sec)作用下，此波向影響洲際貨櫃碼頭港區波高分布甚劇，除受遮蔽影響之 S4~S9 及 S14~S19 號碼頭，波高分布約在 1.5m 以下，其餘碼頭波高分布均在 1.5m 以上，圖 5.21 為 WNW 波向，波高 5.3m、週期 9.7sec 之颱風波浪作用之洲際貨櫃碼頭港區波高分布圖。

表5-1高雄港外海各方向各迴歸期設計波高分析表

| 迴歸期<br>(年)<br>波向 | 250  |      | 200  |      | 100  |      | 50   |      | 25  |      | 20  |      | 10  |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|
|                  | Hs   | Ts   | Hs   | Ts   | Hs   | Ts   | Hs   | Ts   | Hs  | Ts   | Hs  | Ts   | Hs  | Ts   |
| NW               | 5.3  | 9.7  | 5.2  | 9.6  | 4.9  | 9.3  | 4.5  | 8.9  | 4.1 | 8.5  | 3.9 | 8.3  | 3.5 | 7.9  |
| WNW              | 6.2  | 10.5 | 6.1  | 10.4 | 5.7  | 10.0 | 5.3  | 9.7  | 4.8 | 9.2  | 4.6 | 9.0  | 4.1 | 8.5  |
| W                | 6.6  | 10.8 | 6.5  | 10.7 | 6.0  | 10.3 | 5.5  | 9.8  | 5.0 | 9.4  | 4.8 | 9.2  | 4.3 | 8.7  |
| WSW              | 8.9  | 12.5 | 8.6  | 12.3 | 7.8  | 11.7 | 6.9  | 11.0 | 6.0 | 10.3 | 5.7 | 10.0 | 4.8 | 9.2  |
| SW               | 10.0 | 13.3 | 9.7  | 13.1 | 8.7  | 12.4 | 7.7  | 11.7 | 6.7 | 10.9 | 6.3 | 10.5 | 5.2 | 9.6  |
| SSW              | 12.0 | 14.5 | 11.6 | 14.3 | 10.4 | 13.5 | 9.2  | 12.7 | 7.9 | 11.8 | 7.5 | 11.5 | 6.1 | 10.4 |
| S                | 13.0 | 15.1 | 12.6 | 14.9 | 11.5 | 14.2 | 10.3 | 13.5 | 9.0 | 12.6 | 8.5 | 12.2 | 7.1 | 11.2 |
| SSE              | 13.3 | 15.3 | 13.0 | 15.1 | 11.9 | 14.5 | 10.8 | 13.8 | 9.5 | 12.9 | 9.1 | 12.7 | 7.6 | 11.6 |

註：1.依據 1940~2009 年間之颱風資料推算

2.推算目標區為 120.26°E，22.47°N

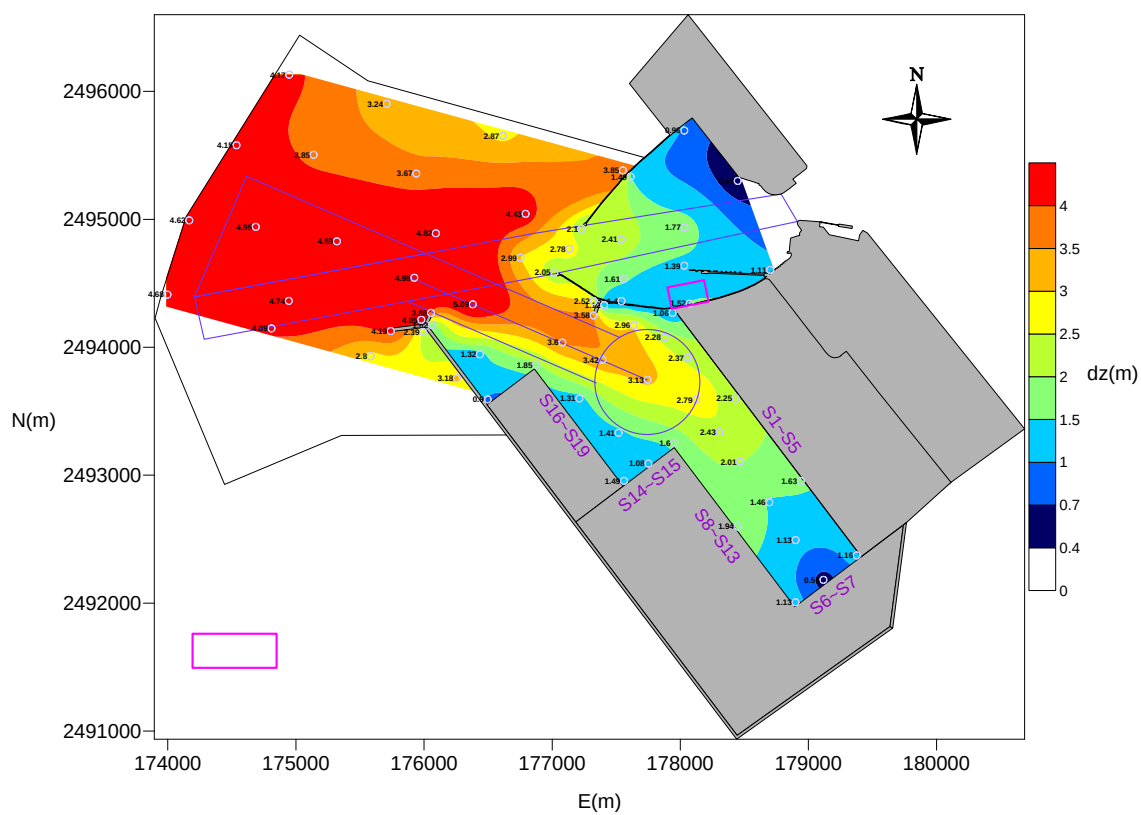
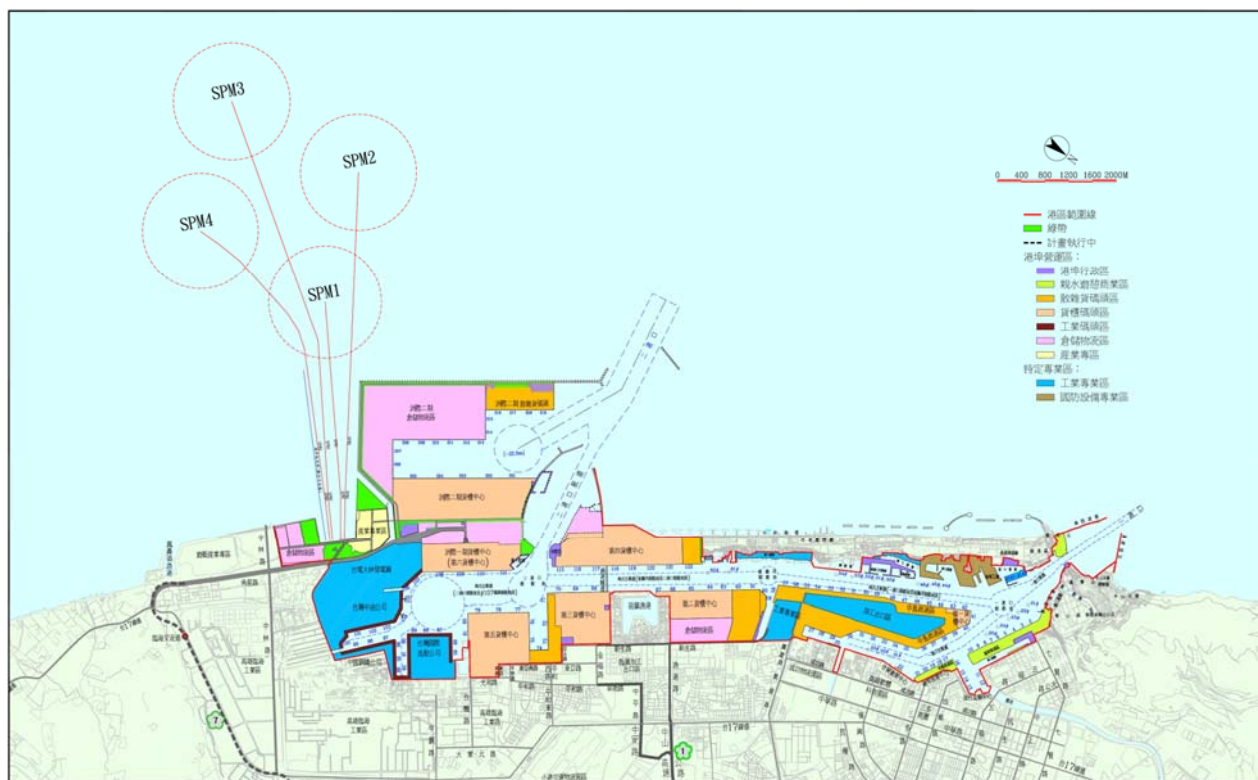
3.目標區水深為-192.4m

4.Hs 單位為 m，Ts 單位為 sec

5. $T_s=4.2\sqrt{H_s}$

6.資料來源：台灣世曦工程顧問公司





依據本中心「106 年國際商港海氣象觀測與特性分析」報告中，高雄港 2017 年  $H_s$  波高平均值為 0.6 m，波向以 SW 向所站比率最高，約為全年度 83.7%， $T_s$  週期以小於 6 sec 比率較高，約為全年度 46.2%，全年波高極值發生於 7 月海棠颱風侵襲期間，波高值為 3.55 m，相對應週期為 6 sec，波向為 WSW 向。而高雄港 2017 年流速平均值為 25 cm/sec，全年流速極值發生於 12 月，約為 81.8 cm/sec，相對應流向為 S 向，本地區潮位以全日潮為主，半日潮為輔，主要為複合潮，海流方向主要集中於沿岸平行方向，呈西北~南南東向間週期性往復運動。另外，報告中針對高雄港 107 年風速風向資料分析，風速平均值為 4.3 m/sec，全年風速極值發生於 7 月海棠颱風侵襲期間，為 22.5 m/sec，對應風向為 NNW 向，年度風向結構以 W~N 向所佔比率最高，為全年度 50.4%。

而根據中央氣象局颱風資料，統計近幾年來侵襲臺灣之颱風最大風速，包含中心附近與靠近或登陸台灣之最大風速，詳如表 5-2 所示，可以發現 2016 年莫蘭蒂颱風與 2018 年山竹颱風靠近臺灣後最大風速達到 60 m/sec。經考量高雄港相關海氣象收集資料，規劃整體船體靜穩度與繫纜繩張力水工模型試驗之試驗條件如表 5-3 所示。

表5-2颱風侵襲臺灣之最大風速資料表

| 年份   | 颱風名稱 | 最大風速 (m/sec) |    |
|------|------|--------------|----|
|      |      | 中心附近         | 近臺 |
| 2011 | 桑達   | 70           | 55 |
| 2012 | 杰拉華  | 68           | 55 |
| 2013 | 天兔   | 68           | 55 |
| 2016 | 尼伯特  | 73           | 58 |
| 2016 | 莫蘭蒂  | 75           | 60 |
| 2018 | 瑪莉亞  | 65           | 55 |
| 2018 | 山竹   | 75           | 60 |

表5-3試驗條件一覽表

| 試驗<br>編號 | 水深<br>(m)   | 風速<br>(m/sec) | 波浪         |             | 風向   | 波向  | 備註           |
|----------|-------------|---------------|------------|-------------|------|-----|--------------|
|          |             |               | 波高 (m)     | 週期 (sec)    |      |     |              |
| V20      | 20<br>(0.4) | 20 (2.83)     | ---        | ---         | 0°   | --- | 風向向碼頭        |
| V36      |             | 36 (5.09)     | ---        | ---         | 0°   | --- | 風向向碼頭        |
| W        |             | ---           | 2.0 (0.04) | 14.0 (1.98) | ---  | 0°  | 波向向碼頭        |
| WV20     |             | 20 (2.83)     | 2.0 (0.04) | 14.0 (1.98) | 0°   | 0°  | 風向與波向<br>向碼頭 |
| WV36     |             | 36 (5.09)     | 2.0 (0.04) | 14.0 (1.98) | 0°   | 0°  | 風向與波向<br>向碼頭 |
| RV20     |             | 20 (2.83)     | ---        | ---         | 180° | --- | 風向離碼頭        |
| RV36     |             | 36 (5.09)     | ---        | ---         | 180° | --- | 風向離碼頭        |

\*( )模型試驗條件；\*\*波浪為規則波；

\*\*\*考量平均高潮位(+0.581m)與平均低潮位(-0.148)

而在進行試驗之前必須先進行波高與風速之率定，風速之率定過程中，考慮船體長度與高度而在台車上架設 4 組風速計(W1~W4)且搭配不同高程，並規劃量測 5 組位置(L1~L5)，相關風速率定配置規劃如圖 5.22 所示。圖 5.23 與圖 5.24 為 2 組試驗條件風速率定結果，風速分佈相當均勻。

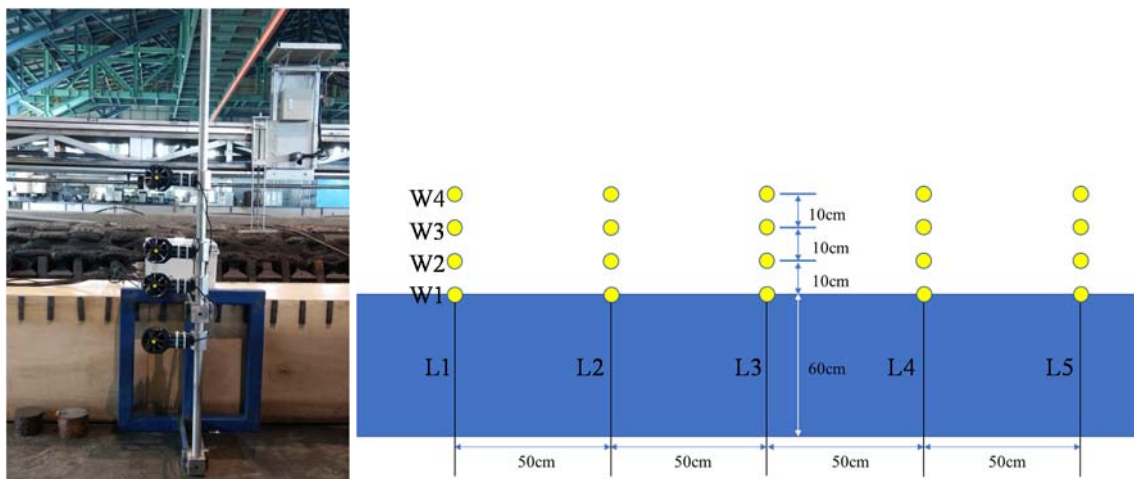


圖 5.22風速率定配置圖

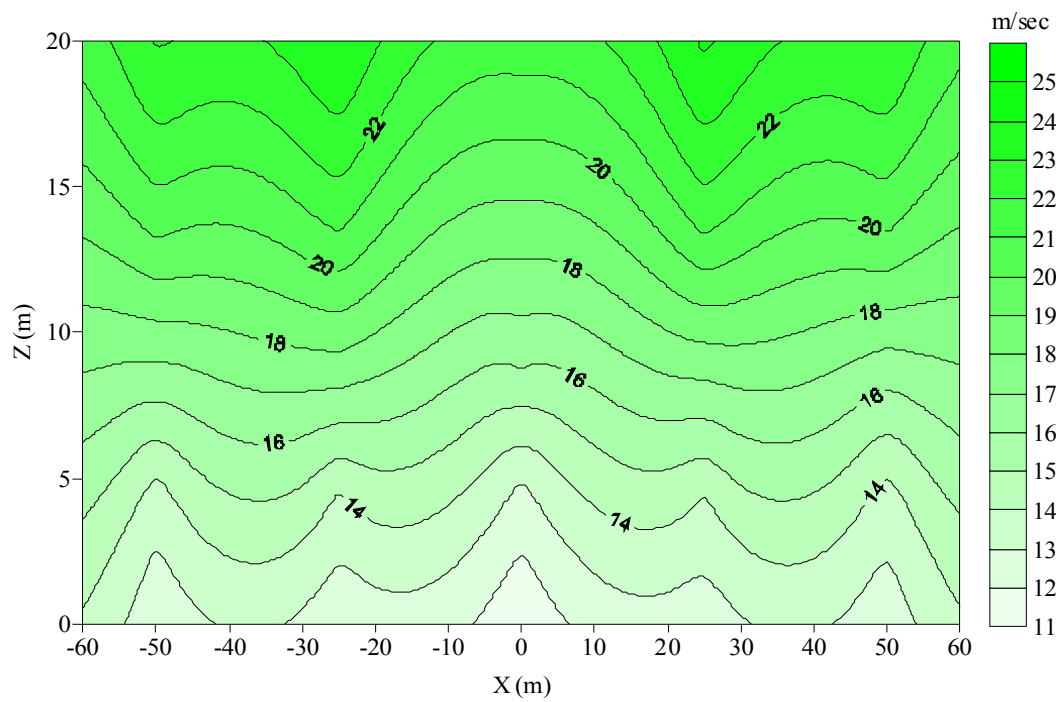


圖 5.23 V20試次風速率定分佈圖

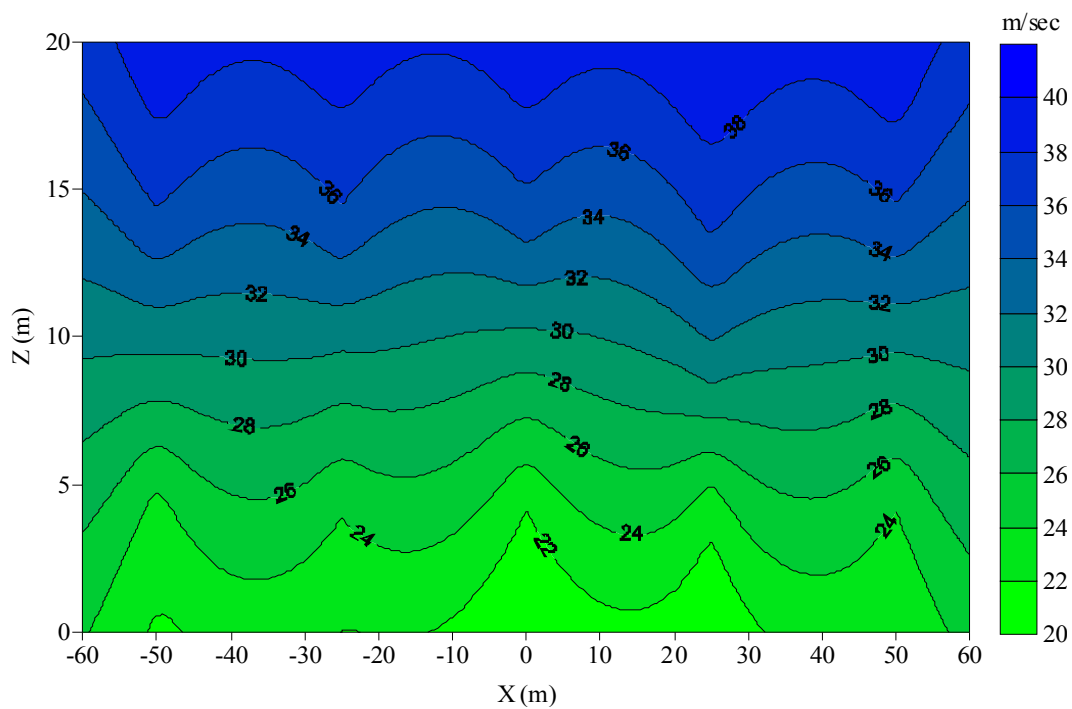


圖 5.24 V36試次風速率定分佈圖



## 5.4 試驗流程

本計畫水工模型試驗之進行均依以下主要步驟執行之。

### 1. 模型比尺之決定

依照試驗比尺(1/50)及船體模型，並製作碼頭模型，再搭配船體與碼頭模型設計儀器安裝孔位與繫纜樁。

### 2. 整地與模型鋪設

依給定水深建構一碼頭模型，並將船體模型、繫纜樁與繫纜繩架設於測試區域之水槽內。

### 3. 量測儀器之率定及架設

量測儀器如波高計、陀螺儀、張力計及風速計，部分儀器先進行率定之工作，再依模型斷面規劃之位置進行儀器架設之工作。

### 4. 下放水深、波浪條件與風速之率定

依照給定之水深、波浪條件與風速先進行率定。欲使造波機造出所選定之試驗波浪條件，須於試驗前率定出其波高與週期，而本試驗所使用之造波機具備主動消波功能，僅需調整 2~3 次即可造出預定波浪。此外，風速則由造風控制系統搭配風速計來進行率定。

### 5. 進行風速與波浪不同試次試驗

至於每一試次試驗過程則如下所列：

- (1) 造風與造波前均先檢視試驗水位，俟水位完全靜穩，再開始造風或造波；若有同時作用之情況時，則先進行造波再開始造風。
- (2) 檢視相關儀器，確認平衡歸零後，啟動造風系統與造波機。
- (3) 造風、造波的同時以電腦收錄各儀器之量測資料，各儀器包含波高計與張力計之取樣頻率為 25Hz，而陀螺儀之取樣頻率為 100Hz，取樣時間皆為 120 秒，並同步分析量測資料之基本統

計值。

- (4) 試驗過程中，以攝影機拍攝風波作用於船體之過程。
- (5) 觀察船體在波浪及風力作用期間之情形。
- (6) 每一條件之試次，均進行 2~3 次，並分析量測資料之基本統計值。

#### 6. 不同測試條件依以上 1 至 5 步驟進行之。

由試驗結果之綜合整理比較，可以分別就不同試驗狀況與數值模擬結果進行比對，可作為修正數值模式之相關參數後，更接近真實狀況之驗證。未來便能以數值模擬不同風向與波向之角度等不同情景，以更接近現場之實際狀況。

### 5.5 試驗量測項目

試驗中相關量測項目如下所示：

#### 1. 風速作用之船體靜穩度與繫纜繩張力試驗：

- 船體  $0^{\circ}$  與  $180^{\circ}$  之迎風角度。
- 碼頭水深為 20m。
- 2 組風速：20 m/sec 與 36m/sec。
- 量測項目：船體靜穩度、繫纜繩張力。

#### 2. 波浪作用之船體靜穩度與繫纜繩張力試驗：

- 船體  $0^{\circ}$  之迎波角度。
- 碼頭水深為 20m。
- 1 組波浪：波高 2.0 m 與週期 14 sec。
- 量測項目：船體靜穩度、繫纜繩張力。

### 3. 波浪與風速作用之船體靜穩度與繫纜繩張力試驗：

- 船體  $0^\circ$  之迎風與迎波角度。
- 碼頭水深為 20m。
- 2 組風速：20 m/sec 與 36m/sec。
- 1 組波浪：波高 2.0 m 與週期 14 sec。
- 量測項目：船體靜穩度、繫纜繩張力。

## 5.6 試驗結果

### 5.6.1 船舶自然運動衰減試驗

自由運動衰減試驗為船體在靜穩下，給予一固定初始位移/傾角，再配合陀螺儀量測橫搖(Roll)、縱搖(Pitch)與起伏(Heave)運動軌跡隨時間衰減之時序列，再經由頻率分析，求得橫搖(Roll)、縱搖(Pitch)與起伏(Heave)自然運動頻率。為減小實驗誤差與增加資料可靠度，每個自由度測試將重複試驗 3 次以上，檢視整體實驗重複性與誤差收斂速度。圖 5.25～圖 5.27 為船體橫搖(Roll)、縱搖(Pitch)與起伏(Heave)自然運動衰減之時序列圖形。

為求得該船體運動之自然頻率，將自由運動衰減時序列進一步作 FFT 分析，可求得該自由度在頻率域上的振幅，一般定義振幅峰值所對應的頻率極為自然頻率。圖 5.28 至圖 5.30 為自由運動衰減實驗 FFT 頻率分析圖結果。綜合其 FFT 結果，Roll，Pitch 與 Heave 自由度之自然頻率分別為 0.14 Hz、0.13 Hz 與 0.16 Hz。上述自由度自然頻率與週期統整於表 5-4。

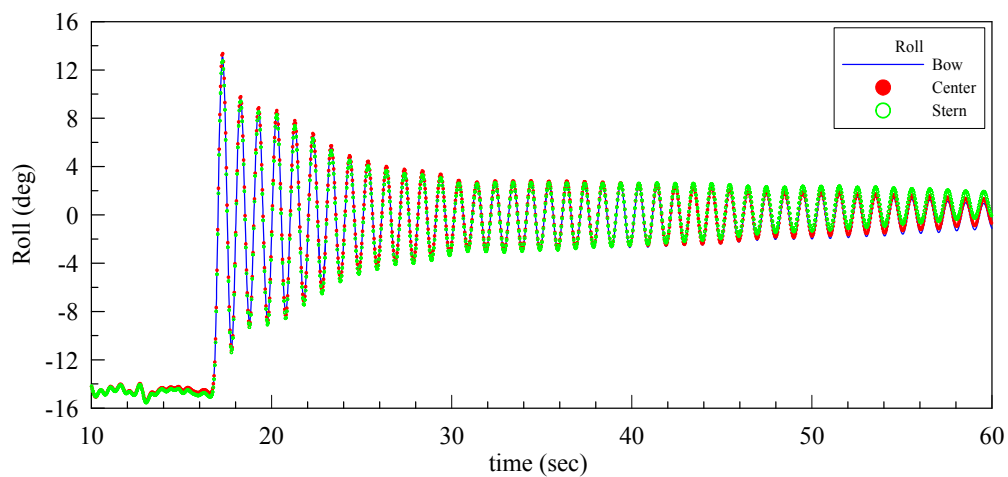


圖 5.25 船體橫搖(Roll)自然運動衰減之時序列圖

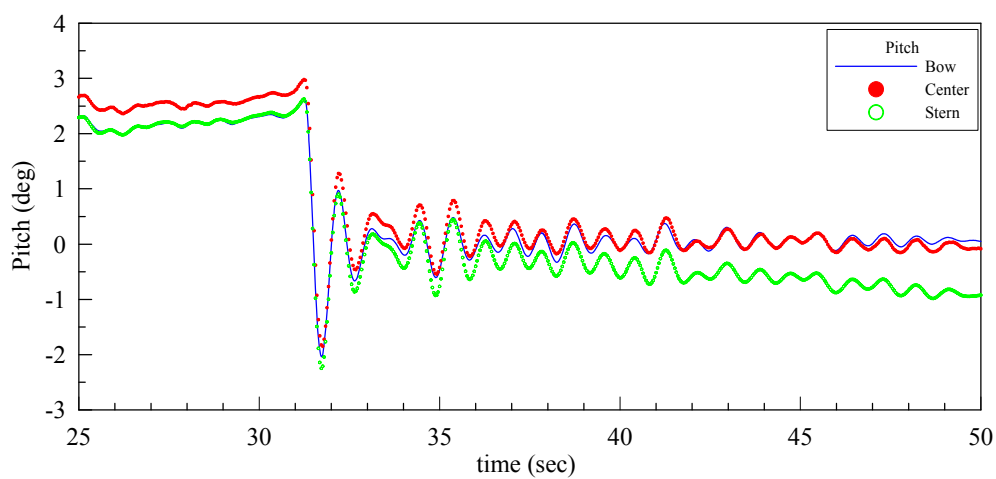


圖 5.26 船體縱搖(Pitch)自然運動衰減之時序列圖

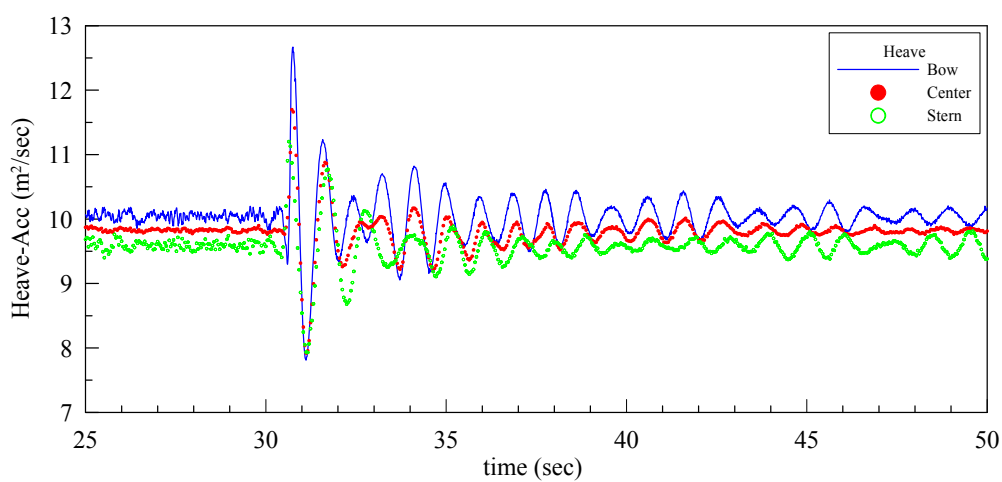


圖 5.27 船體起伏(Heave)自然運動衰減之時序列圖

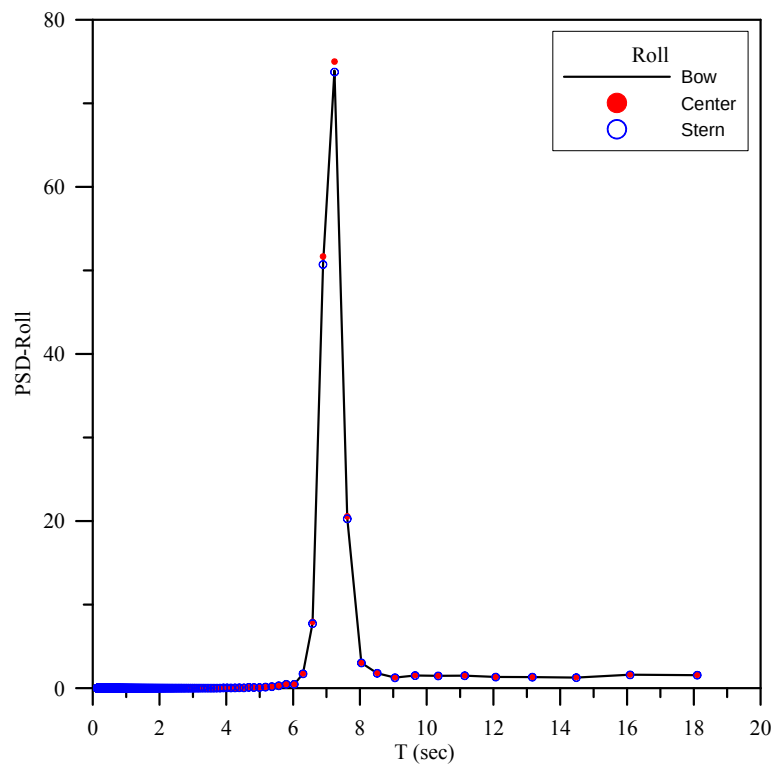


圖 5.28 船體橫搖(Roll)自然運動衰減之頻率分析圖

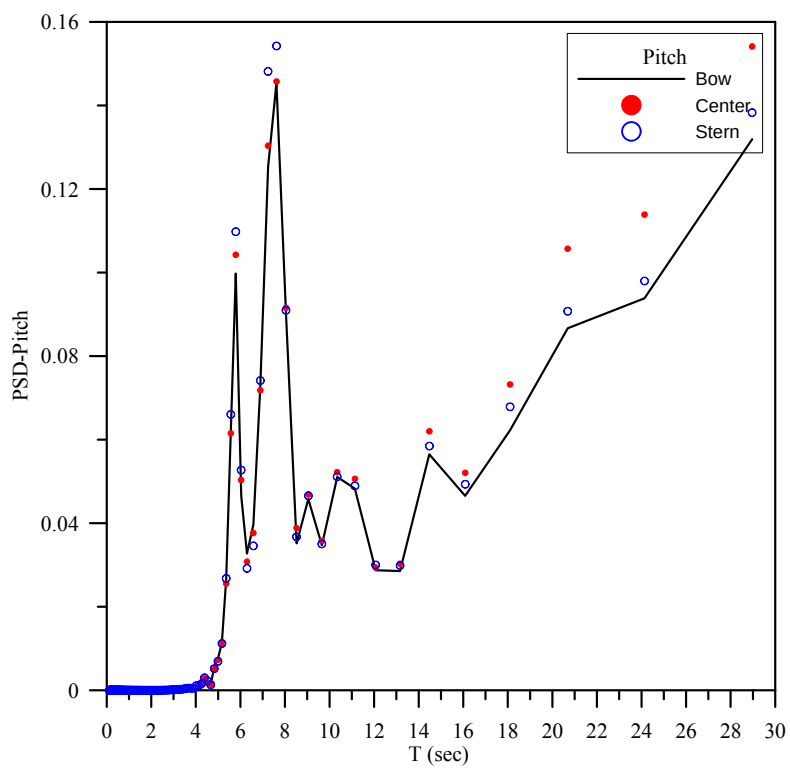


圖 5.29 船體縱搖(Pitch)自然運動衰減之頻率分析圖

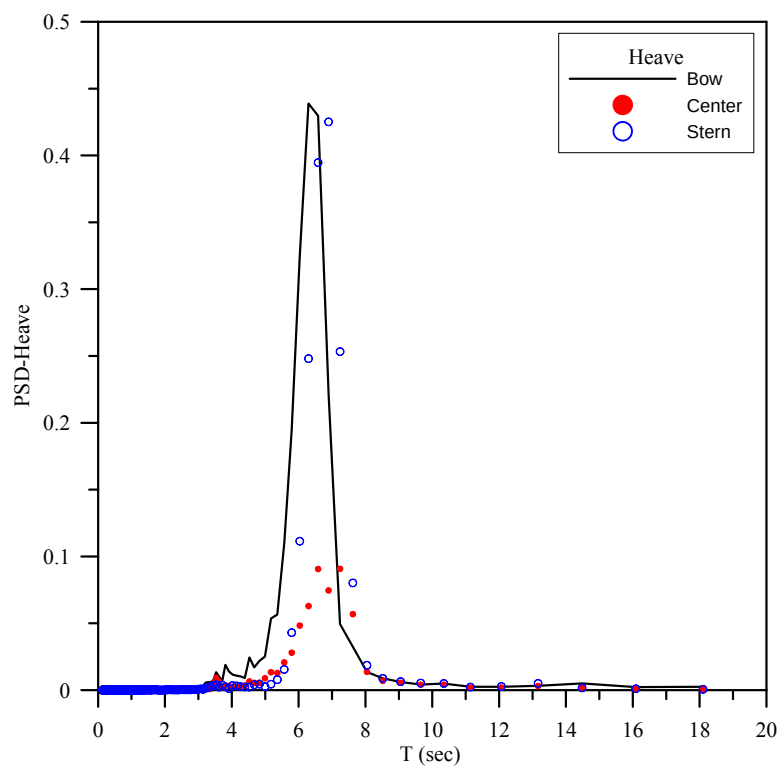


圖 5.30 船體起伏(Heave)自然運動衰減之頻率分析圖

表5-4 船體運動自然頻率與週期

| 項目 |         | Roll |      |      | Pitch |      |      | Heave |      |      |
|----|---------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| 位置 |         | B    | C    | S    | B     | C    | S    | B     | C    | S    |
| 模型 | 週期(sec) | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.07  | 1.07 | 1.07 | 0.88  | 0.90 | 0.92 |
|    | 頻率(Hz)  | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.94  | 0.94 | 0.94 | 1.14  | 1.11 | 1.09 |
| 現場 | 週期(sec) | 7.24 | 7.24 | 7.24 | 7.54  | 7.54 | 7.54 | 6.21  | 6.39 | 6.48 |
|    | 頻率(Hz)  | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.13  | 0.13 | 0.13 | 0.16  | 0.16 | 0.15 |

備註：船艏(B)；船舳(C)；船艉(S)

### 5.6.2 繫纜繩張力試驗

船舶繫纜試驗過程中，造風、造波與同時造風造波時，均以電腦收錄各儀器之量測資料，各儀器包含 2 組波高計、3 顆陀螺儀與 6 組張力計，且波高計與張力計之取樣頻率為 25Hz，取樣分析時間為 60 秒，共 1500 筆資料；陀螺儀取樣頻率則為 100Hz，取樣分析時間則依照試驗不同分別為 50 秒至 80 秒，共 5000 至 8000 筆資料，最後同步分析各儀器量測資料之基本統計值。為檢視船舶繫纜於風作用下之受拉力及運動反應，分別以  $0^\circ$  與  $180^\circ$  進行測試， $0^\circ$  為風將船舶向碼頭吹之方向，而  $180^\circ$  則為風將船舶吹離碼頭，並量測  $0^\circ$  與  $180^\circ$  進行試驗時張力計與陀螺儀的 Roll、Pitch 及 Yaw 三個自由度資料。

#### 1. 平均高潮位(+0.581m)

本試驗於平均高潮位(+0.581m)與平均低潮位(-0.148m)時，各進行 7 組試驗條件試次，考量不同水位高時繫纜之角度不相同可能也會影響到繫纜繩之張力。表 5-5 為平均高潮位(+0.581m)時不同位置纜繩之最大張力變化值。由試驗結果可知，再不考慮繫纜預張力之情況下，繫纜繩之張力變化值大多以 T1 與 T4 這兩根纜繩較大，在純波與波風作用下之 T1 與 T4 跟其他纜繩最大張力變化值差距約莫 5 倍至 6 倍；而在純風作用下，則約莫為 3 倍至 4 倍的差距，顯示在此種繫纜方式的情況下，T1 與 T4 需承受較大的張力值。而表 5-6 與圖 5.31 為平均高潮位(+0.581m)時不同位置纜繩之張力最大值，表 5-7 為各纜繩之預張力值。由圖 5.32 分析結果中可看出當有波浪作用的試次時，各纜繩承受的張力值均遠大於純風的試次，可看出波浪作用對於船舶繫纜張力的影響高於風作用的情況，圖 5.33 至圖 5.34 為純波與波風同時作用時之時序列示意圖。

純風作用下纜繩因風向不同而有不同的張力表現情形，在向岸風( $0^\circ$ )時，其風向為將船舶吹向碼頭，因此風速越大時則纜繩張力則反而越小，如圖 5.35 與圖 5.36 所示，然而試驗中因模擬靠港之情形，將船緊靠碼頭旁的防舷材，因此張力隨風速大小變化之數值並不大；而在離

岸風(180°)時則因其風向為將船舶吹離碼頭，因此風速越大時則纜繩張力則越大，此變化情形可在圖 5.37 與圖 5.38 中可明顯看出。然而相同風速之下，離岸風向所造成的最大張力值雖然較向岸風向為大，然而離岸風向的平均張力變化卻較向岸風向為小，推測應為纜繩有預張力之情況下，受到離岸風向作用時增加之張力有限，然而卻較易受到風紊流產生之瞬負載影響。

**表 5-5 平均高潮位時各條件作用下纜繩最大張力變化值(ton)**

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | Avg.  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H-W       | 369.2 | 147.7 | 128.7 | 394.1 | 221.0 | 70.5  | 221.9 |
| H-WV20    | 379.4 | 180.4 | 154.0 | 424.8 | 220.6 | 85.8  | 240.8 |
| H-WV36    | 330.6 | 293.3 | 189.6 | 345.8 | 154.5 | 160.2 | 245.7 |
| H-V20     | 15.5  | 10.6  | 12.6  | 12.8  | 10.8  | 11.5  | 12.3  |
| H-V36     | 9.7   | 6.9   | 7.5   | 17.0  | 13.4  | 8.8   | 10.6  |
| H-RV20    | 16.6  | 10.9  | 17.5  | 26.9  | 9.4   | 16.1  | 16.2  |
| H-RV36    | 24.6  | 11.4  | 25.0  | 46.4  | 29.4  | 26.4  | 27.2  |

**表 5-6 平均高潮位時各條件作用下纜繩最大張力值(ton)**

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | Avg.  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H-W       | 469.8 | 209.3 | 257.0 | 445.5 | 250.7 | 270.0 | 317.1 |
| H-WV20    | 445.9 | 277.0 | 283.9 | 473.7 | 240.4 | 278.0 | 333.2 |
| H-WV36    | 428.6 | 293.8 | 254.4 | 497.7 | 155.2 | 272.5 | 317.0 |
| H-V20     | 170.4 | 140.6 | 110.9 | 13.2  | 66.5  | 176.5 | 113.0 |
| H-V36     | 157.8 | 148.2 | 118.3 | 17.4  | 68.3  | 190.3 | 116.7 |
| H-RV20    | 170.1 | 98.5  | 131.8 | 139.8 | 41.0  | 62.2  | 107.2 |
| H-RV36    | 185.1 | 94.7  | 135.5 | 179.6 | 57.6  | 64.1  | 119.4 |



表 5-7 平均高潮位時各條件作用下纜繩之預張力值(ton)

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5   | T6    | Avg.  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| H-W       | 100.6 | 61.6  | 128.3 | 51.4  | 29.7 | 199.5 | 95.2  |
| H-WV20    | 66.5  | 96.6  | 129.9 | 48.9  | 19.8 | 192.2 | 92.3  |
| H-WV36    | 98.0  | 0.5   | 64.8  | 151.9 | 0.7  | 112.3 | 71.4  |
| H-V20     | 154.9 | 130.0 | 98.3  | 0.4   | 55.7 | 165.0 | 100.7 |
| H-V36     | 148.1 | 141.3 | 110.8 | 0.4   | 54.9 | 181.5 | 106.2 |
| H-RV20    | 153.5 | 87.6  | 114.3 | 112.9 | 31.6 | 46.1  | 91.0  |
| H-RV36    | 160.5 | 83.3  | 110.5 | 133.2 | 28.2 | 37.7  | 92.2  |

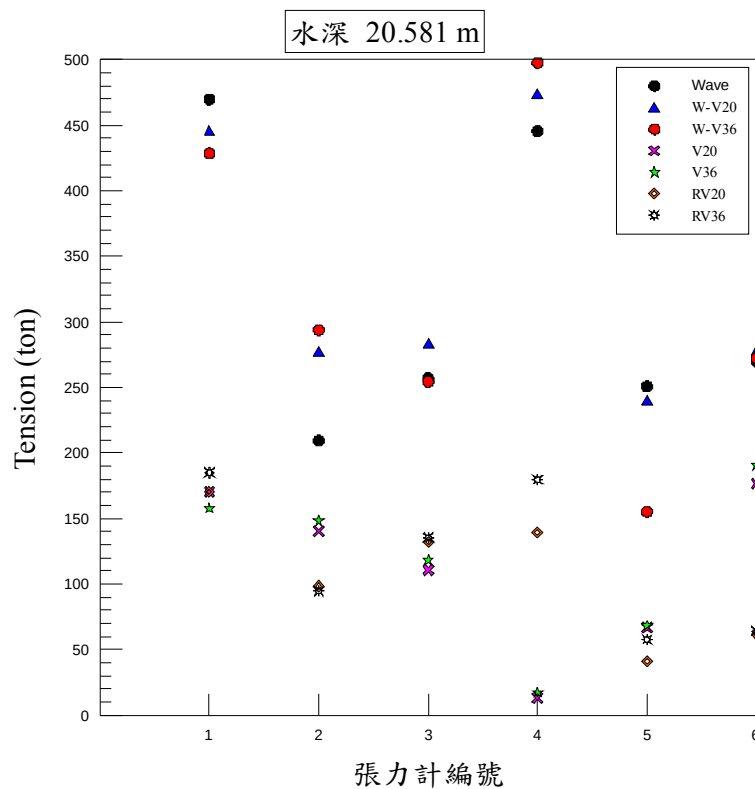


圖 5.31 平均高潮位下各試次之纜繩最大張力值

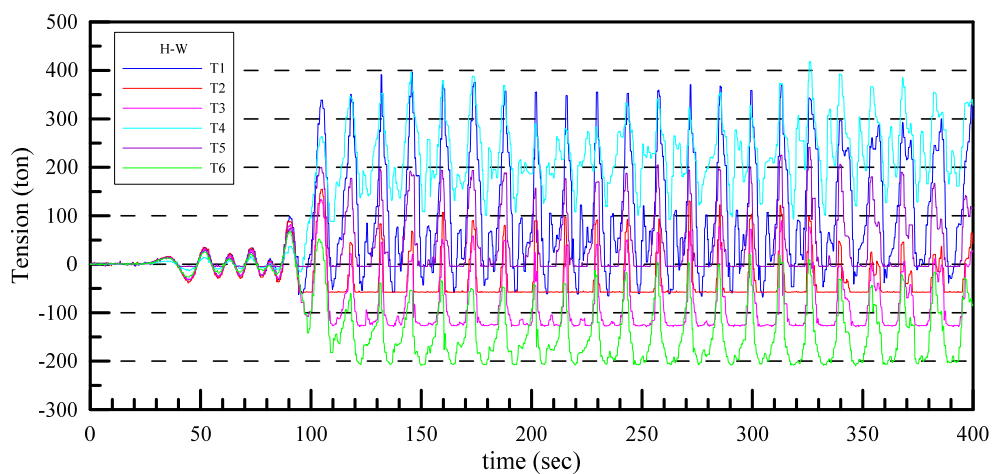


圖 5.32 平均高潮位波浪作用下(H-W)繫纜繩張力時序列圖

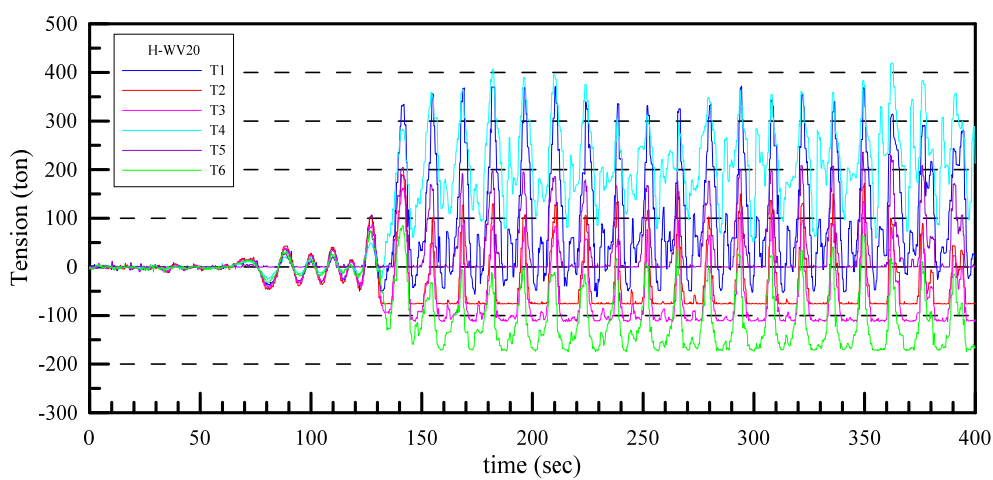


圖 5.33 平均高潮位波浪與風(H-WV20)作用下繫纜繩張力時序列圖

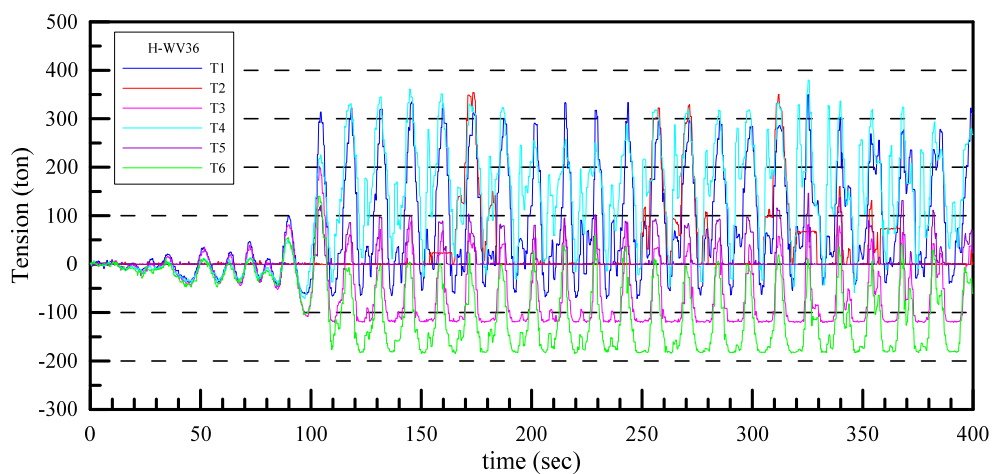


圖 5.34 平均高潮位波浪與風(H-WV36)作用下繫纜繩張力時序列圖

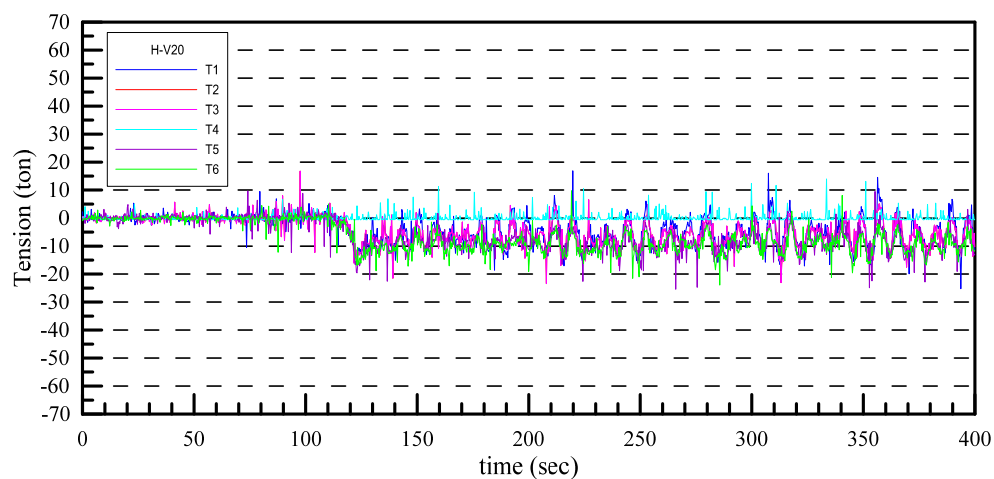


圖 5.35 平均高潮位風(H-V20)作用下繫纜繩張力時序列圖

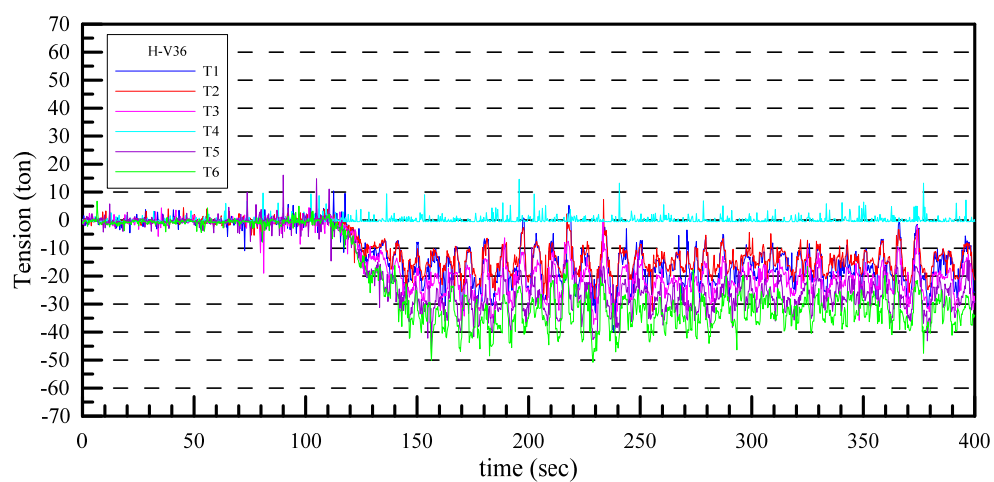


圖 5.36 平均高潮位風(H-V36)作用下繫纜繩張力時序列圖

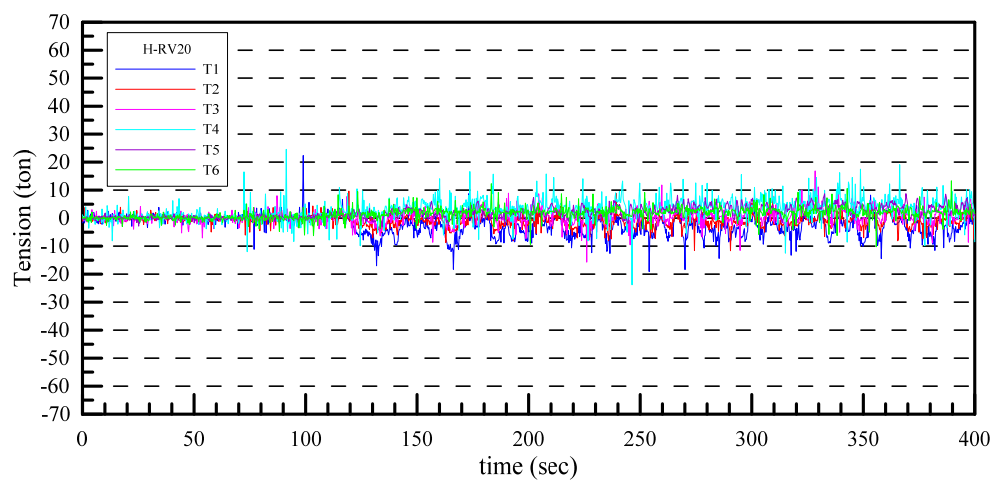


圖 5.37 平均高潮位離岸風(H-RV20)作用下繫纜繩張力時序列圖

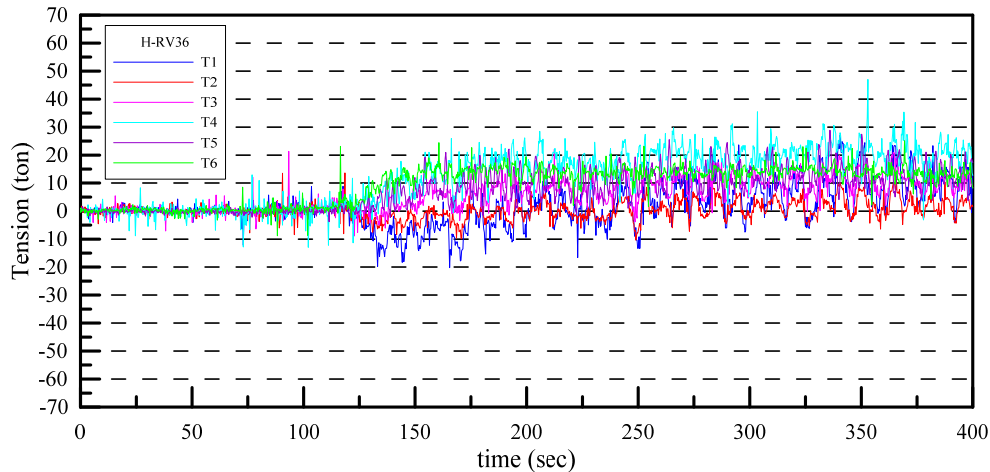


圖 5.38 平均高潮位離岸風(H-RV36)作用下繫纜繩張力時序列圖

## 2. 平均低潮位(-0.148m)

表 5-8 為平均低潮位(-0.148m)時不同位置繫纜繩之最大張力變化值，由試驗結果可知在純波與波風之試次中，繫纜繩之張力變化值仍以 T1 與 T4 這兩根纜繩較大，然而對比平均高潮位之情況下，與其他纜繩張力差距則減少到 1.5 倍約 2 倍；而在純風作用下，除 L-RV36 試次之 T4 張力變化值較為明顯以外，其他試次並無明顯差距之情形，可能受到平均低潮位時在此種繫纜方式的情況下，因纜繩與碼頭繫纜樁之角度較小，而使得整體纜繩張力受力較為平均。而表 5-9 與表 5-10 平均低潮位(-0.148m)時不同位置繫纜繩之張力最大值與各纜繩之預張力值。由圖 5.39 中仍可看出當有進行造波的試次時，各纜繩承受的張力值均遠大於純風的試次，波浪作用對於船舶繫纜張力的影響高於風作用的情況，而對比平均高潮位的張力結果來看，整體張力值有較低的情形，判斷應是纜繩與碼頭繫纜樁之角度較小，使得繫纜在波浪作用下時受到船舶起伏時拉動之瞬負載較低之緣故。圖 5.40 至圖 5.42 為純波與波風同時作用時之時序列示意圖。

純風作用下之纜繩張力變化情形則與平均高潮位時之趨勢相同，在向岸風( $0^\circ$ )時，其風向為將船舶吹向碼頭，因此風速越大時則纜繩張力則反而減小，如圖 5.43 與圖 5.44 所示。然而試驗中因模擬靠港之情形，將船緊靠碼頭旁的防舷材，因此張力隨風速大小變化之數值並不大；

而在離岸風(180°)時則因其風向為將船舶吹離碼頭，因此風速越大時則纜繩張力則越大，此變化情形可在圖 5.45 與圖 5.46 中可明顯看出。然而相同風速之下，離岸風向所造成的最大張力值雖然較向岸風向為大。

**表 5-8 平均低潮位時各條件作用下纜繩最大張力變化值(ton)**

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | Avg.  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L-W       | 271.8 | 160.2 | 126.6 | --    | 123.8 | 145.9 | 165.7 |
| L-WV20    | 289.8 | 184.7 | 174.8 | 235.1 | 206.0 | 176.2 | 211.1 |
| L-WV36    | 288.2 | 162.9 | 182.0 | 238.9 | 194.4 | 166.3 | 205.5 |
| L-V20     | 13.4  | 12.1  | 10.7  | 7.7   | 9.8   | 8.5   | 10.3  |
| L-V36     | 6.5   | 5.8   | 10.4  | 7.5   | 11.7  | 15.3  | 9.5   |
| L-RV20    | 17.7  | 13.2  | 15.3  | 19.5  | 6.7   | 16.6  | 14.8  |
| L-RV36    | 17.4  | 12.6  | 15.5  | 40.6  | 24.2  | 28.3  | 23.1  |

**表 5-9 平均低潮位時各條件作用下纜繩最大張力值(ton)**

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | Avg.  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L-W       | 387.3 | 194.9 | 227.9 | --    | 149.9 | 319   | 280.8 |
| L-WV20    | 415.8 | 187.6 | 258.8 | 429.2 | 311.8 | 270.7 | 312.3 |
| L-WV36    | 424.6 | 170.9 | 269.8 | 442.8 | 310.1 | 265.1 | 313.9 |
| L-V20     | 86.4  | 138.3 | 89.9  | 185.7 | 120.9 | 129.1 | 125.1 |
| L-V36     | 120.6 | 12.4  | 109.9 | 172.5 | 116.1 | 130.4 | 110.3 |
| L-RV20    | 176.8 | 124.7 | 148.4 | 126.5 | 50.7  | 68.7  | 116.0 |
| L-RV36    | 184.7 | 134   | 160   | 142.9 | 72.4  | 89.5  | 130.6 |

表 5-10 平均低潮位時各條件作用下纜繩之預張力值(ton)

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | Avg.  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H-W       | 115.5 | 34.7  | 101.3 | --    | 26.1  | 173.1 | 90.1  |
| H-WV20    | 126.0 | 2.9   | 84.0  | 194.1 | 105.8 | 94.5  | 101.2 |
| H-WV36    | 136.4 | 8.0   | 87.8  | 203.9 | 115.7 | 98.8  | 108.4 |
| H-V20     | 73.0  | 126.2 | 79.2  | 178.0 | 111.1 | 120.6 | 114.7 |
| H-V36     | 114.1 | 6.6   | 99.5  | 165.0 | 104.4 | 115.1 | 100.8 |
| H-RV20    | 159.1 | 111.5 | 133.1 | 107.0 | 44.0  | 52.1  | 101.1 |
| H-RV36    | 167.3 | 121.4 | 144.5 | 102.3 | 48.2  | 61.2  | 107.5 |

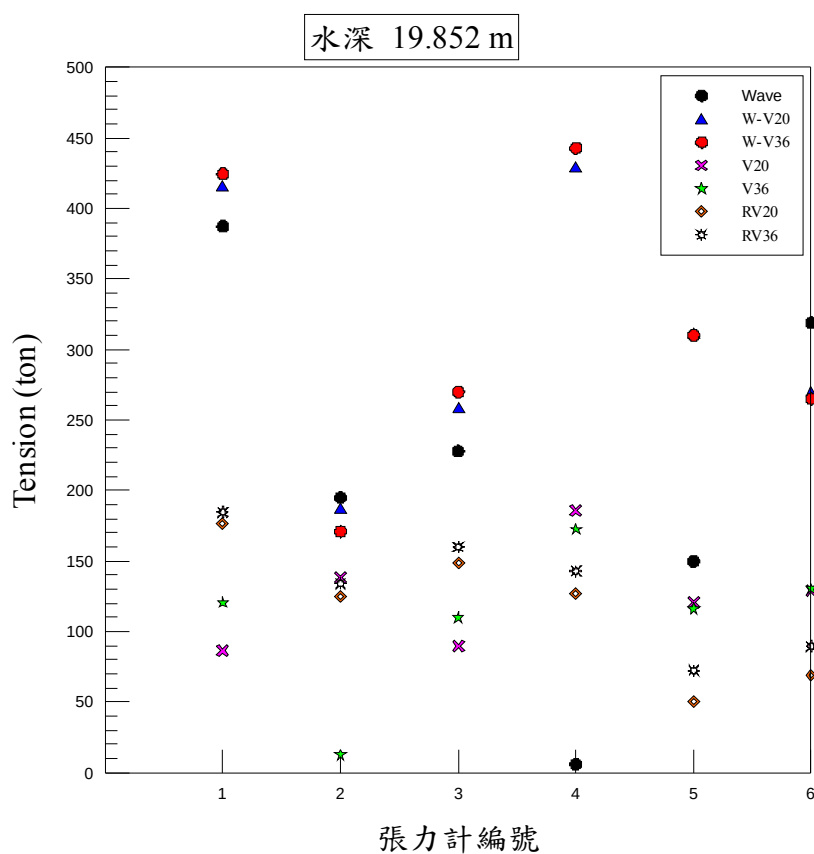


圖 5.39 平均低潮位各試次之纜繩最大張力值

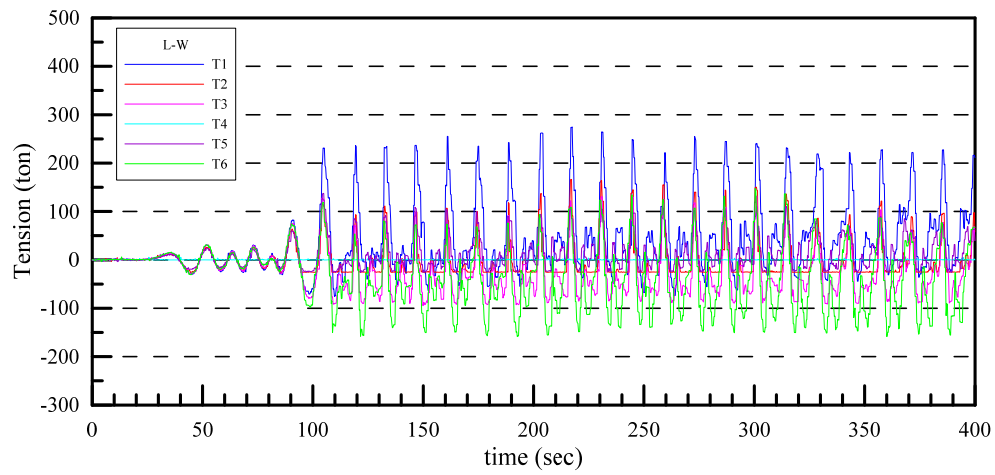


圖 5.40 平均低潮位波浪(L-W)作用下繫纜繩張力時序列圖

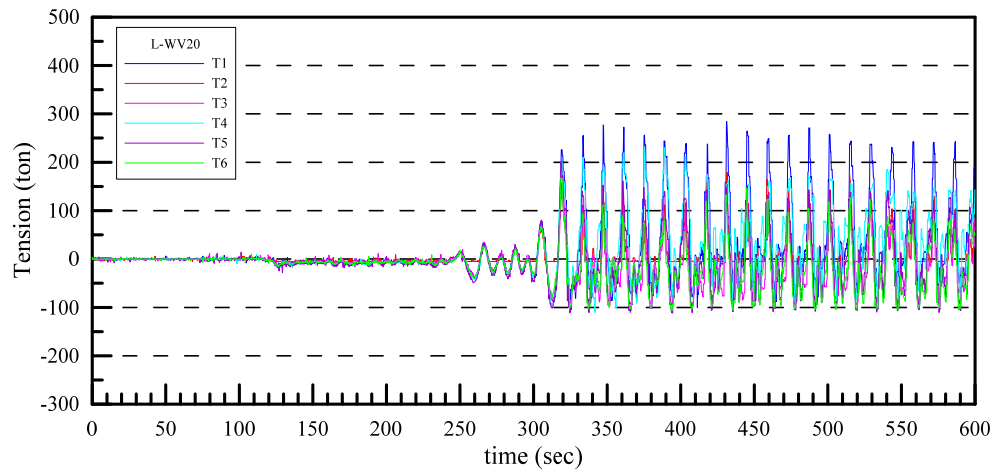


圖 5.41 平均低潮位波浪與風(L-WV20)作用下繫纜繩張力時序列圖

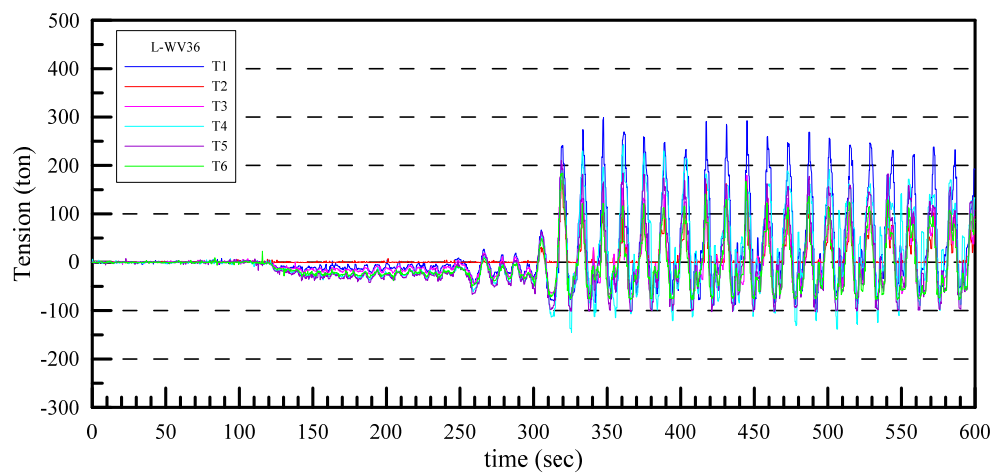


圖 5.42 平均低潮位波浪與風(L-WV36)作用下繫纜繩張力時序列圖

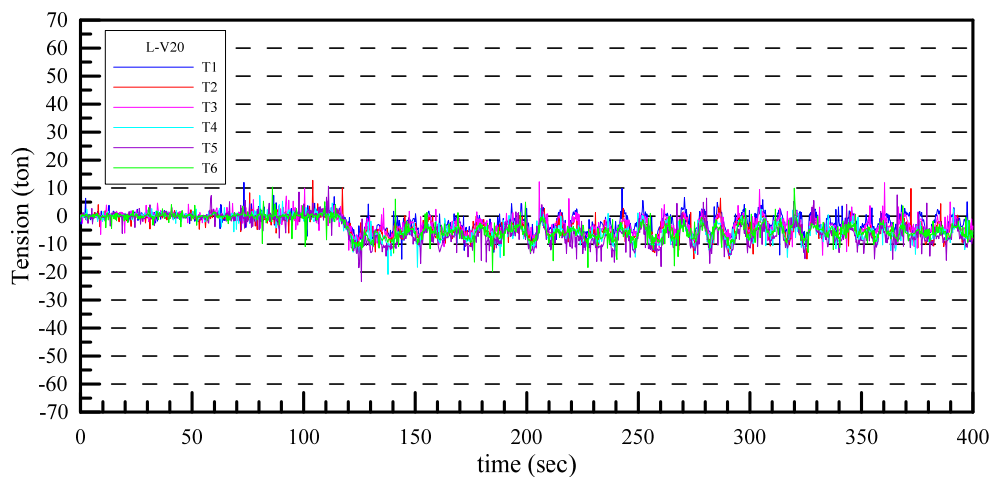


圖 5.43 平均低潮位風(L-V20)作用下繫纜繩張力時序列圖

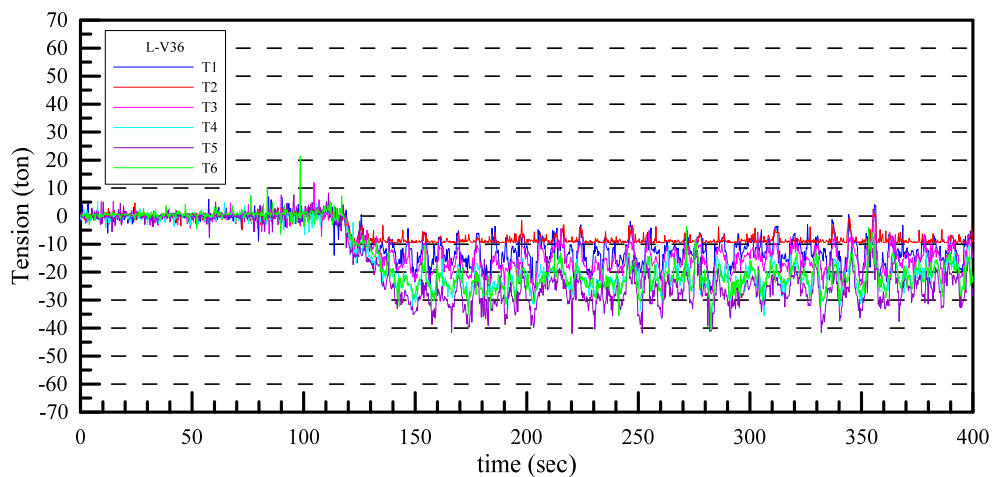


圖 5.44 平均低潮位風(L-V36)作用下繫纜繩張力時序列圖

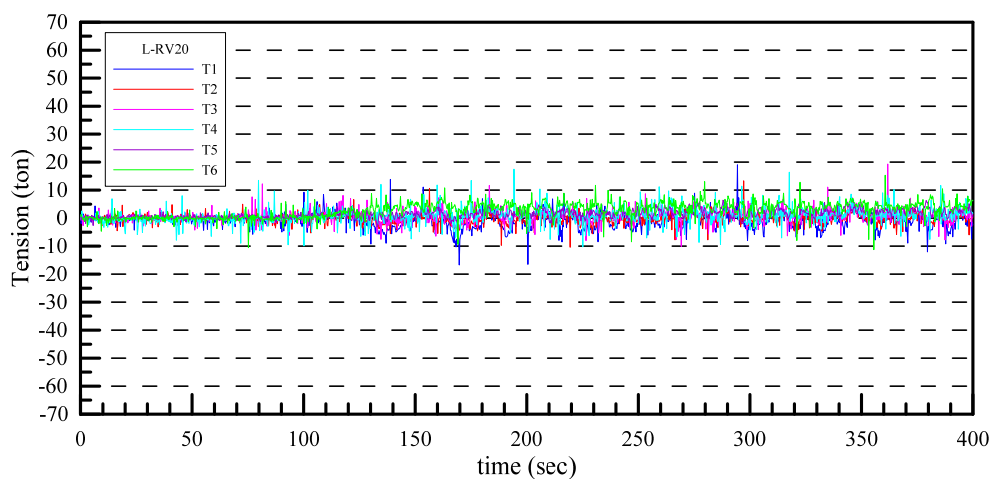


圖 5.45 平均低潮位離岸風(L-RV20)作用下繫纜繩張力時序列圖



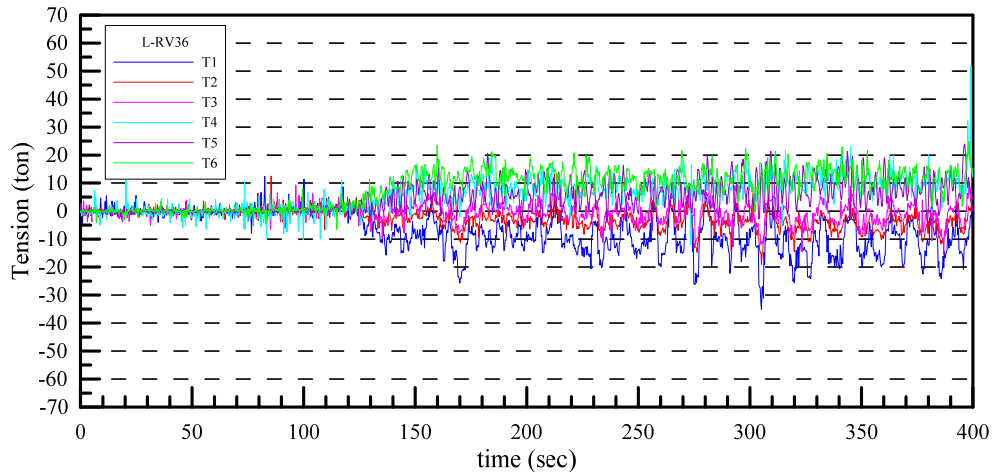


圖 5.46 平均低潮位離岸風(L-RV36)作用下繫纜繩張力時序列圖

### 5.6.3 船體靜穩度

#### 1. 平均高潮位

船體靜穩度試驗中，於船體模型中裝置 3 組陀螺儀，分別架設於船艏、船舦與船艉三處位置，以量測船體繫纜狀態下受波浪與風作用之靜穩度。當在平均高潮位受波浪與風作用下船體之運動角度如表 5-11 與圖 5.47 所示，試驗結果顯示波浪作用下，船體 Roll 之運動角度最大約  $4.67^\circ$ ；而當波浪與風(WV20)同時作用下，船體 Roll 之運動角度最大達到  $4.9^\circ$ 。但當波浪與更大之風速(WV36)同時作用下，船體 Roll 之運動角度最大只達到  $4.28^\circ$ ，但整體搖晃角度則達到最大  $8.36^\circ$ 。若只有風速作用下，則船體 Roll 之運動角度最大只有  $0.49^\circ$ ，可見純風作用時，對於船體之靜穩度影響不大。另外，船體的 Pitch 與 Yaw 之運動角度都明顯偏小，最大只來到  $1.03^\circ$  與  $1.05^\circ$ 。圖 5.48～圖 5.50 為船體於平均高潮位各波浪與波風作用下之運動角度時序列圖。

表 5-11 平均高潮位船體之運動角度(°)

| Test case | Roll |       | Pitch |       | Yaw  |       |
|-----------|------|-------|-------|-------|------|-------|
|           | max  | min   | max   | min   | max  | min   |
| W-B       | 4.60 | -3.30 | 0.64  | -0.81 | 0.39 | -0.06 |
| W-C       | 4.67 | -3.27 | 0.62  | -0.74 | 0.20 | -0.07 |
| W-S       | 4.60 | -3.32 | 0.59  | -0.80 | 0.23 | -0.09 |
| WV20-B    | 4.90 | -3.22 | 0.94  | -0.52 | 1.05 | -0.04 |
| WV20-C    | 4.87 | -3.32 | 0.80  | -0.57 | 0.43 | -0.03 |
| WV20-S    | 4.84 | -3.33 | 0.48  | -0.92 | 0.35 | -0.04 |
| WV36-B    | 4.11 | -4.19 | 0.85  | -0.71 | 0.86 | 0.00  |
| WV36-C    | 4.14 | -4.22 | 1.03  | -0.42 | 0.47 | -0.05 |
| WV36-S    | 4.07 | -4.28 | 0.74  | -0.70 | 0.44 | -0.06 |
| V20-B     | 0.08 | -0.17 | 0.03  | -0.03 | 0.09 | -0.12 |
| V20-C     | 0.12 | -0.18 | 0.32  | -0.02 | 0.30 | -0.03 |
| V20-S     | 0.04 | -0.26 | 0.05  | -0.12 | 0.13 | -0.04 |
| V36-B     | 0.11 | -0.28 | 0.04  | -0.05 | 0.27 | -0.04 |
| V36-C     | 0.08 | -0.46 | 0.34  | -0.04 | 0.43 | -0.02 |
| V36-S     | 0.10 | -0.49 | 0.16  | -0.03 | 0.07 | -0.06 |
| RV20-B    | 0.05 | -0.07 | 0.03  | -0.03 | 0.03 | -0.10 |
| RV20-C    | 0.24 | -0.23 | 0.18  | -0.28 | 0.12 | -0.17 |
| RV20-S    | 0.09 | -0.06 | 0.02  | -0.09 | 0.09 | -0.03 |
| RV36-B    | 0.10 | -0.14 | 0.08  | -0.05 | 0.22 | -0.04 |
| RV36-C    | 0.09 | -0.16 | 0.24  | -0.06 | 0.31 | -0.02 |
| RV36-S    | 0.10 | -0.29 | 0.07  | -0.10 | 0.06 | -0.03 |

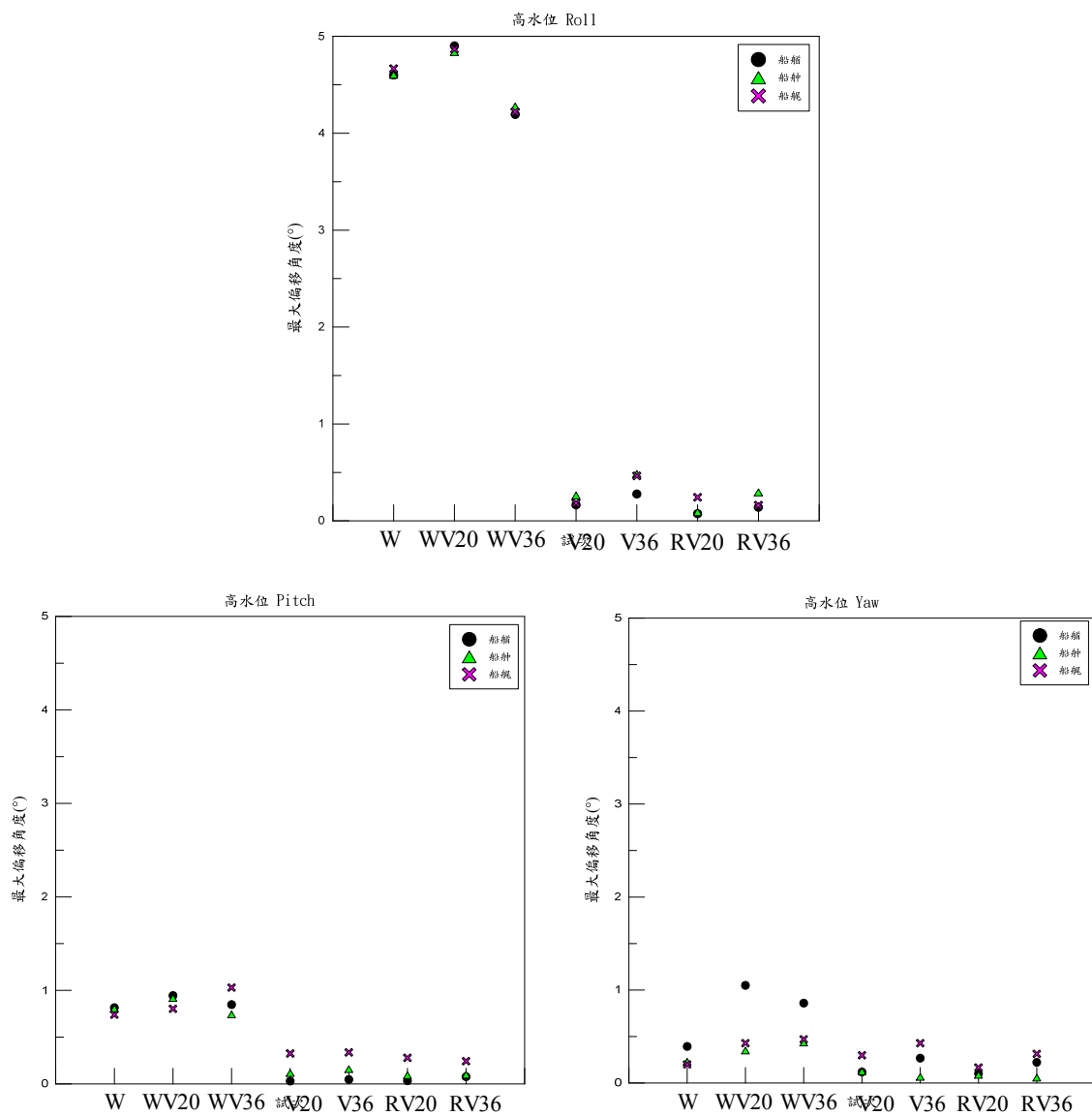


圖 5.47 船體於平均高潮位各條件作用下之最大運動角度(Roll、Pitch、Yaw)

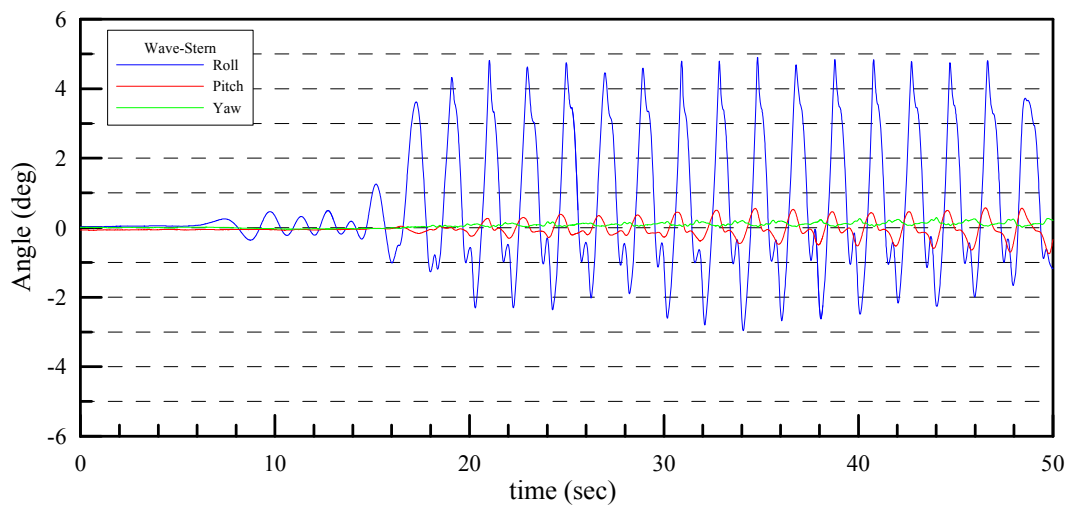
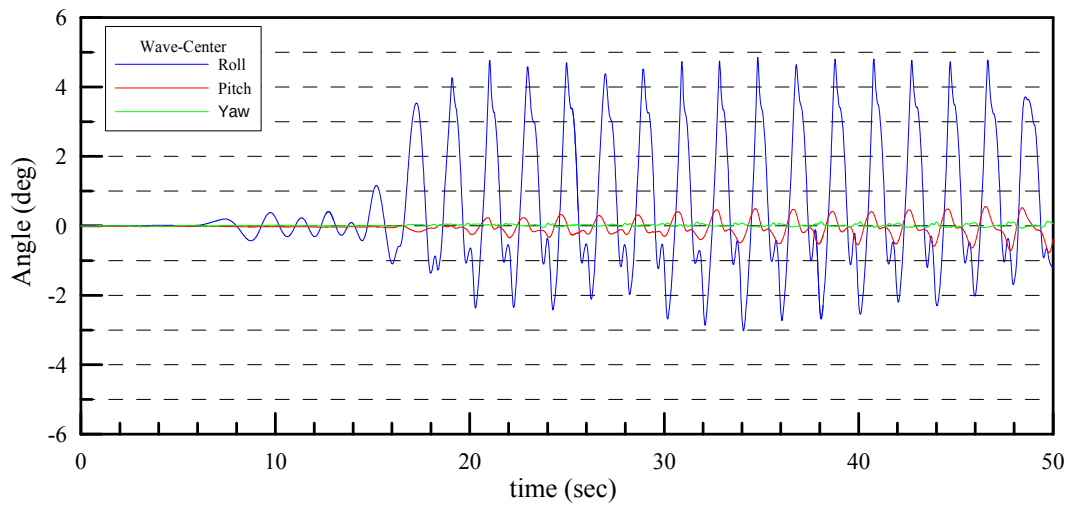
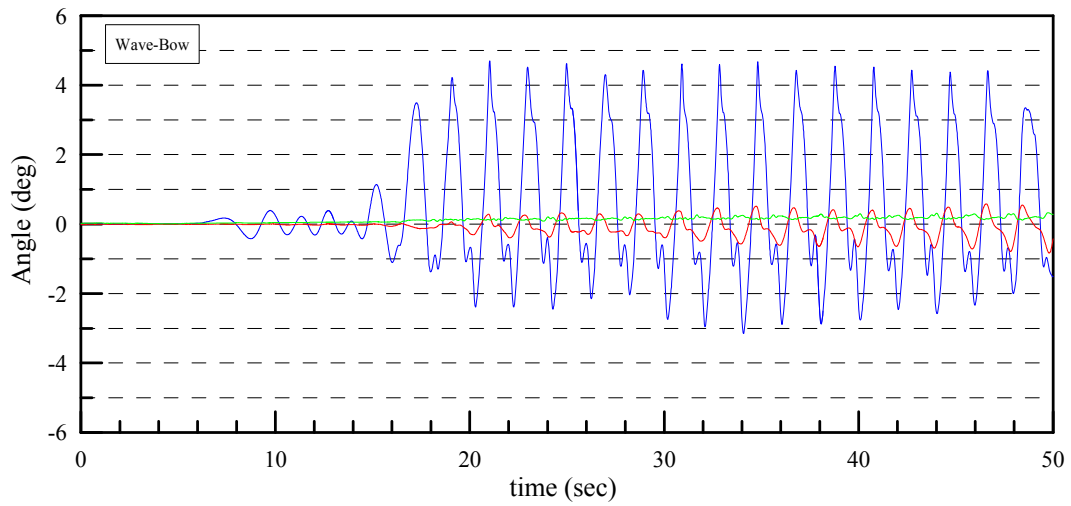


圖 5.48 船體於平均高潮位波浪(H-W)作用下之運動角度時序列圖

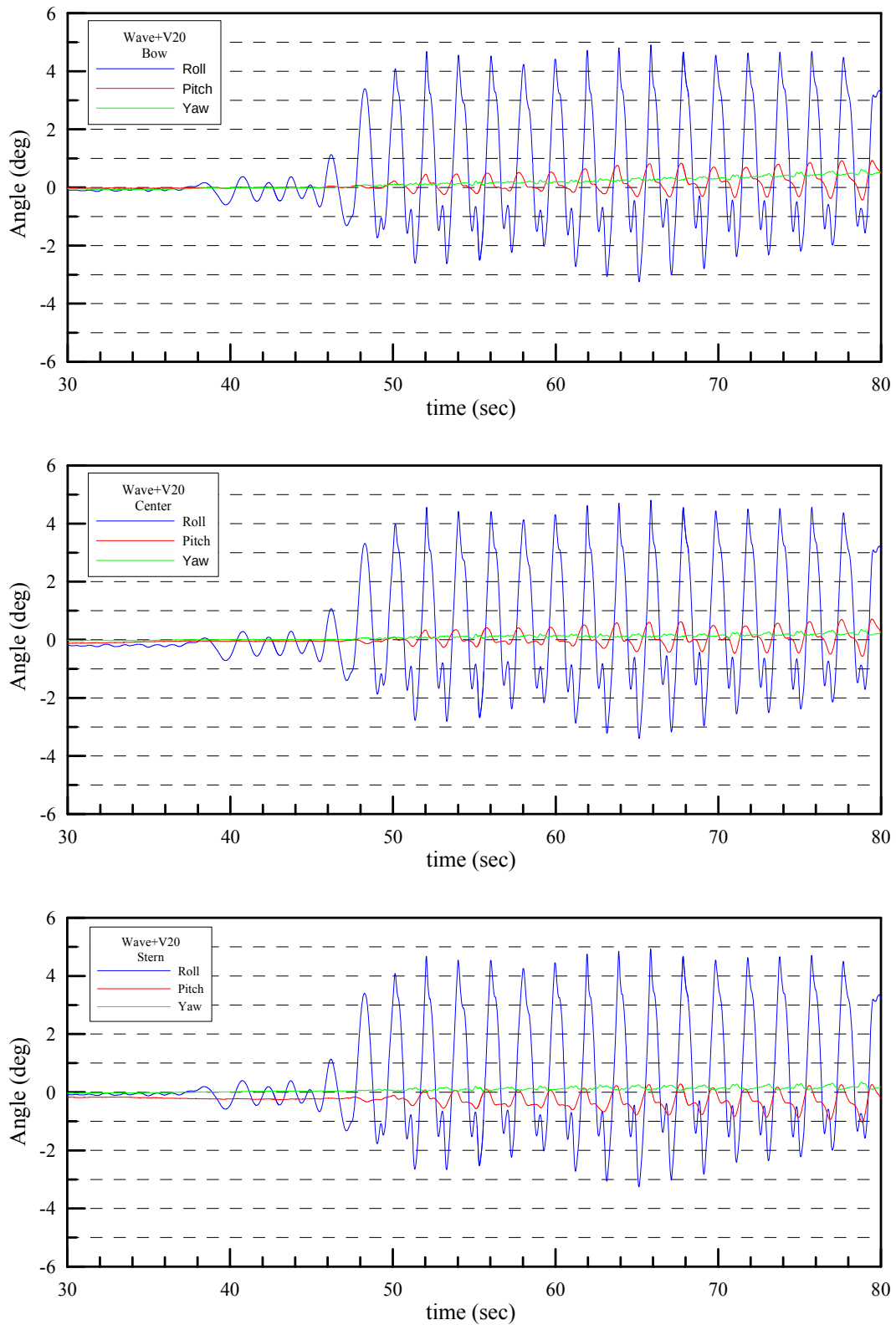


圖 5.49 船體於平均高潮位波浪與風(H-WV20)作用下之運動角度時序列圖

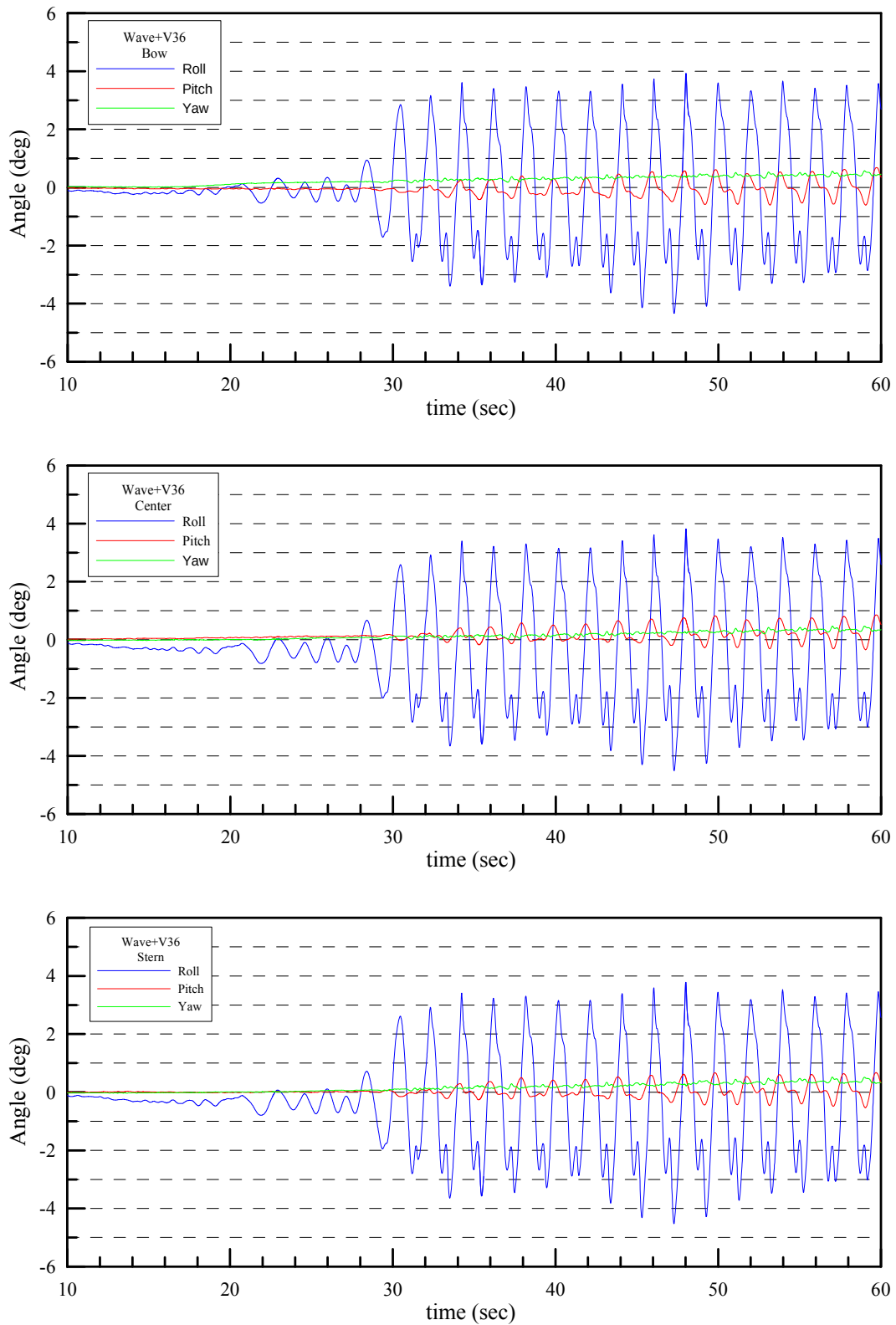


圖 5.50 船體於平均高潮位波浪與風(H-WV36)作用下之運動角度時序列圖

## 2. 平均低潮位

當在平均低潮位受波浪與風作用下船體之運動角度如表 5-12 與圖 5.51 所示。試驗結果顯示在平均低潮位波浪作用下，船體 Roll 之運動角度最大約  $3.53^{\circ}$ ；而當波浪與風(WV20)同時作用下，船體 Roll 之運動角度最大達到  $3.82^{\circ}$ 。但當波浪與更大之風速(WV36)同時作用下，船體 Roll 之運動角度最大達到  $4.16^{\circ}$ ，而整體搖晃角度則達到最大  $7.41^{\circ}$ 。若只有風速作用下，則船體 Roll 之運動角度最大只有  $0.41^{\circ}$ ，可見純風作用時，對於船體之靜穩度影響不大。另外，平均低潮位船體的 Pitch 與 Yaw 之運動角度也都明顯偏小，最大只來到  $1.1^{\circ}$ 與  $0.97^{\circ}$ 。圖 5.52～圖 5.54 為船體於平均低潮位波浪與波風作用下之運動角度時序列圖。整體而言，當水位較低時繫纜繩之角度較小，則船體有較好之靜穩度。

表 5-12 平均低潮位船體之運動角度( $^{\circ}$ )

| Test case | Roll |       | Pitch |       | Yaw  |       |
|-----------|------|-------|-------|-------|------|-------|
|           | max  | min   | max   | min   | max  | min   |
| W-B       | 2.93 | -3.53 | 0.65  | -0.83 | 0.27 | -0.01 |
| W-C       | 3.02 | -3.44 | 0.82  | -0.77 | 0.19 | -0.08 |
| W-S       | 3.03 | -3.44 | 0.83  | -0.69 | 0.23 | -0.04 |
| WV20-B    | 3.45 | -3.67 | 0.67  | -0.70 | 0.62 | 0.00  |
| WV20-C    | 3.44 | -3.72 | 0.73  | -0.65 | 0.46 | 0.00  |
| WV20-S    | 3.31 | -3.82 | 0.60  | -0.79 | 0.42 | -0.01 |
| WV36-B    | 3.54 | -3.83 | 0.77  | -0.63 | 0.97 | -0.05 |
| WV36-C    | 3.49 | -3.92 | 1.10  | -0.35 | 0.54 | 0.04  |
| WV36-S    | 3.20 | -4.16 | 0.68  | -0.76 | 0.19 | -0.54 |
| V20-B     | 0.13 | -0.13 | 0.03  | -0.05 | 0.17 | -0.02 |
| V20-C     | 0.19 | -0.14 | 0.18  | 0.02  | 0.28 | -0.04 |
| V20-S     | 0.02 | -0.31 | 0.05  | -0.08 | 0.04 | -0.04 |
| V36-B     | 0.18 | -0.24 | 0.04  | -0.04 | 0.42 | 0.07  |
| V36-C     | 0.13 | -0.34 | 0.23  | -0.03 | 0.34 | -0.02 |
| V36-S     | 0.07 | -0.41 | 0.04  | -0.14 | 0.06 | -0.07 |

|        |      |       |      |       |       |       |
|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| RV20-B | 0.05 | -0.12 | 0.03 | -0.04 | 0.17  | -0.12 |
| RV20-C | 0.07 | -0.09 | 0.11 | -0.08 | 0.32  | 0.08  |
| RV20-S | 0.01 | -0.22 | 0.04 | -0.08 | -0.06 | -0.14 |
| RV36-B | 0.17 | -0.14 | 0.07 | -0.04 | 0.03  | -0.10 |
| RV36-C | 0.31 | -0.07 | 0.22 | -0.04 | 0.47  | -0.10 |
| RV36-S | 0.10 | -0.22 | 0.10 | -0.03 | 0.09  | -0.04 |

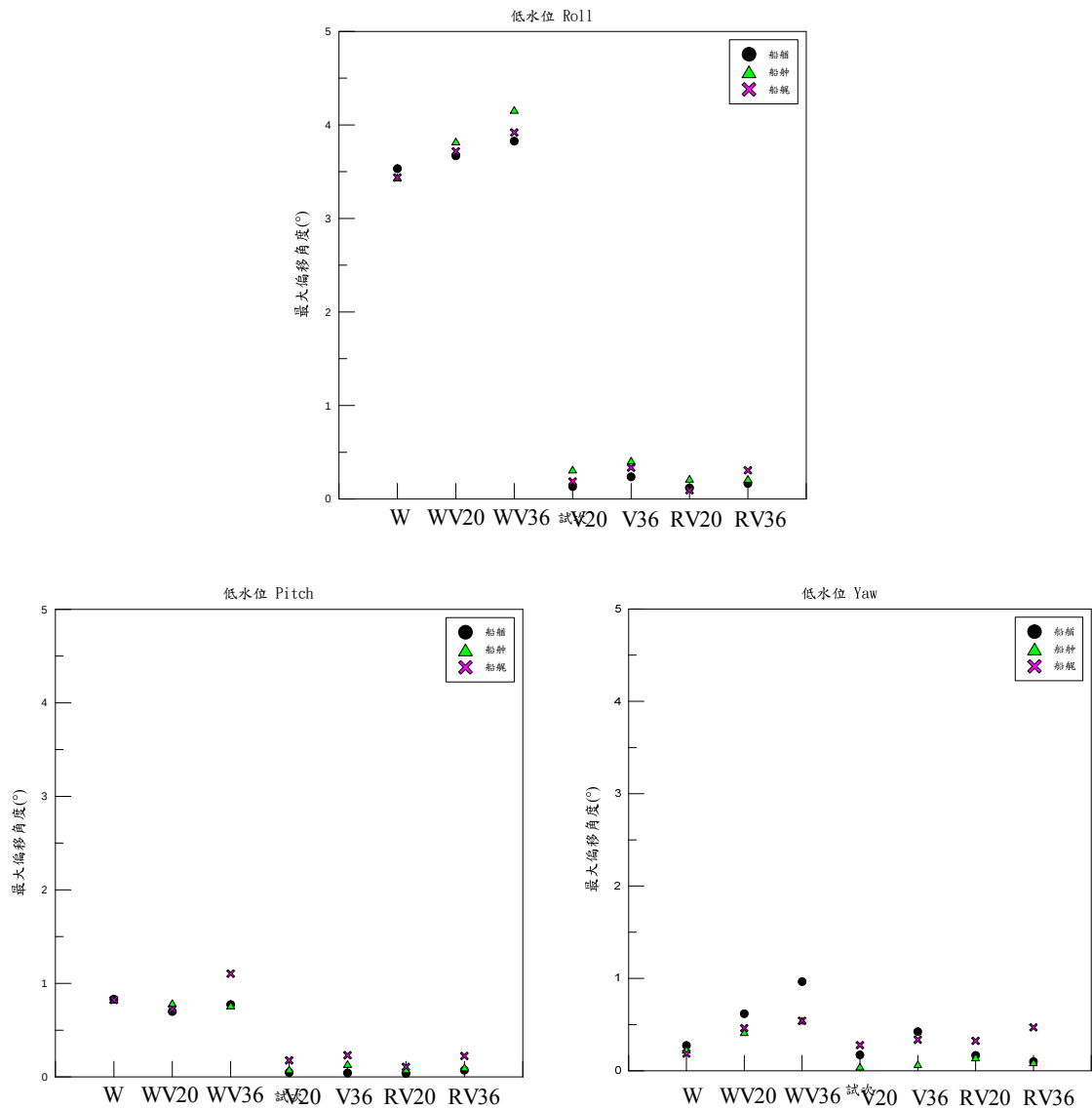


圖 5.51 船體於平均低潮位各條件作用下之最大運動角度(Roll、Pitch、Yaw)



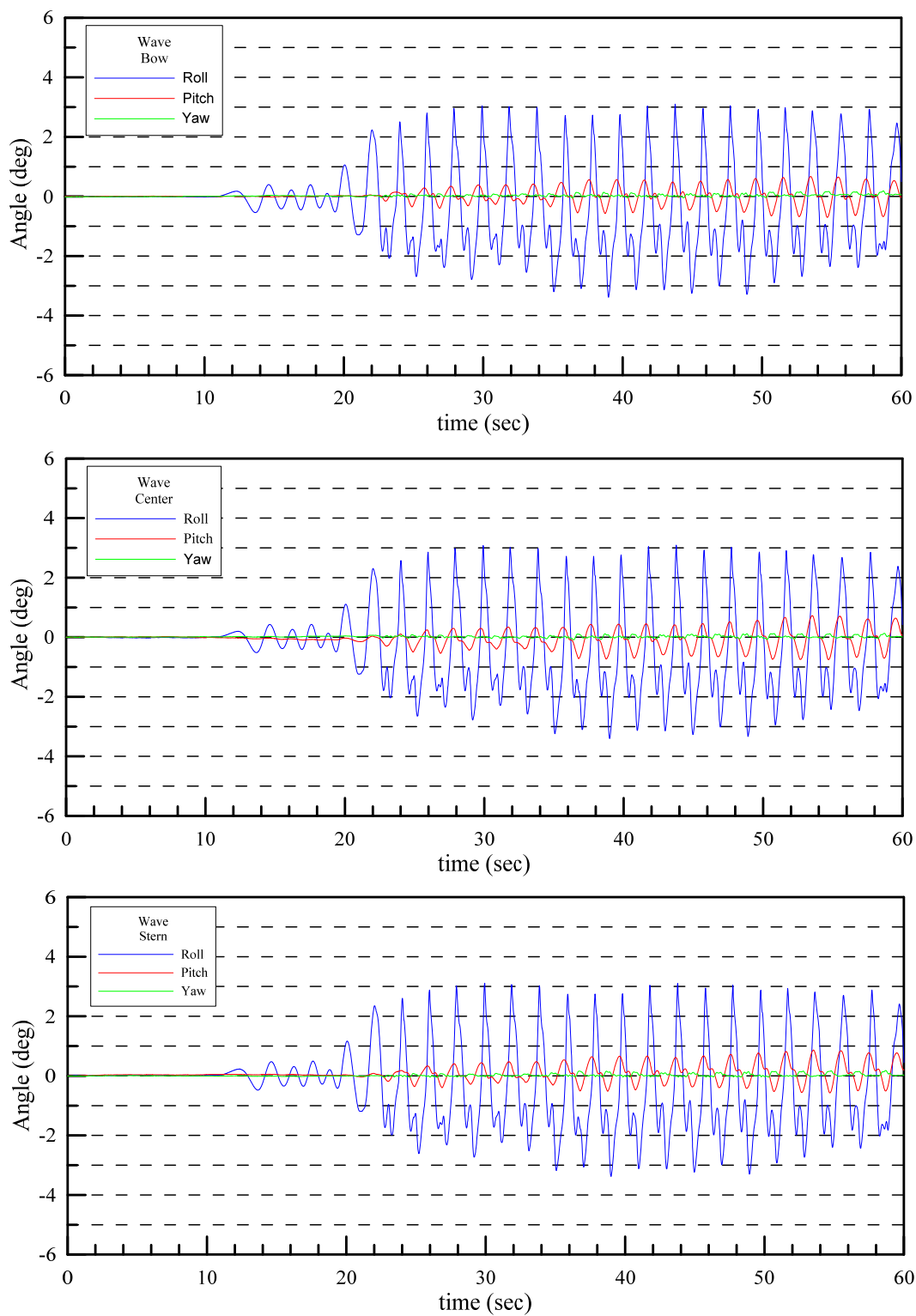


圖 5.52 船體於平均低潮位波浪(H-W)作用下之運動角度時序列圖

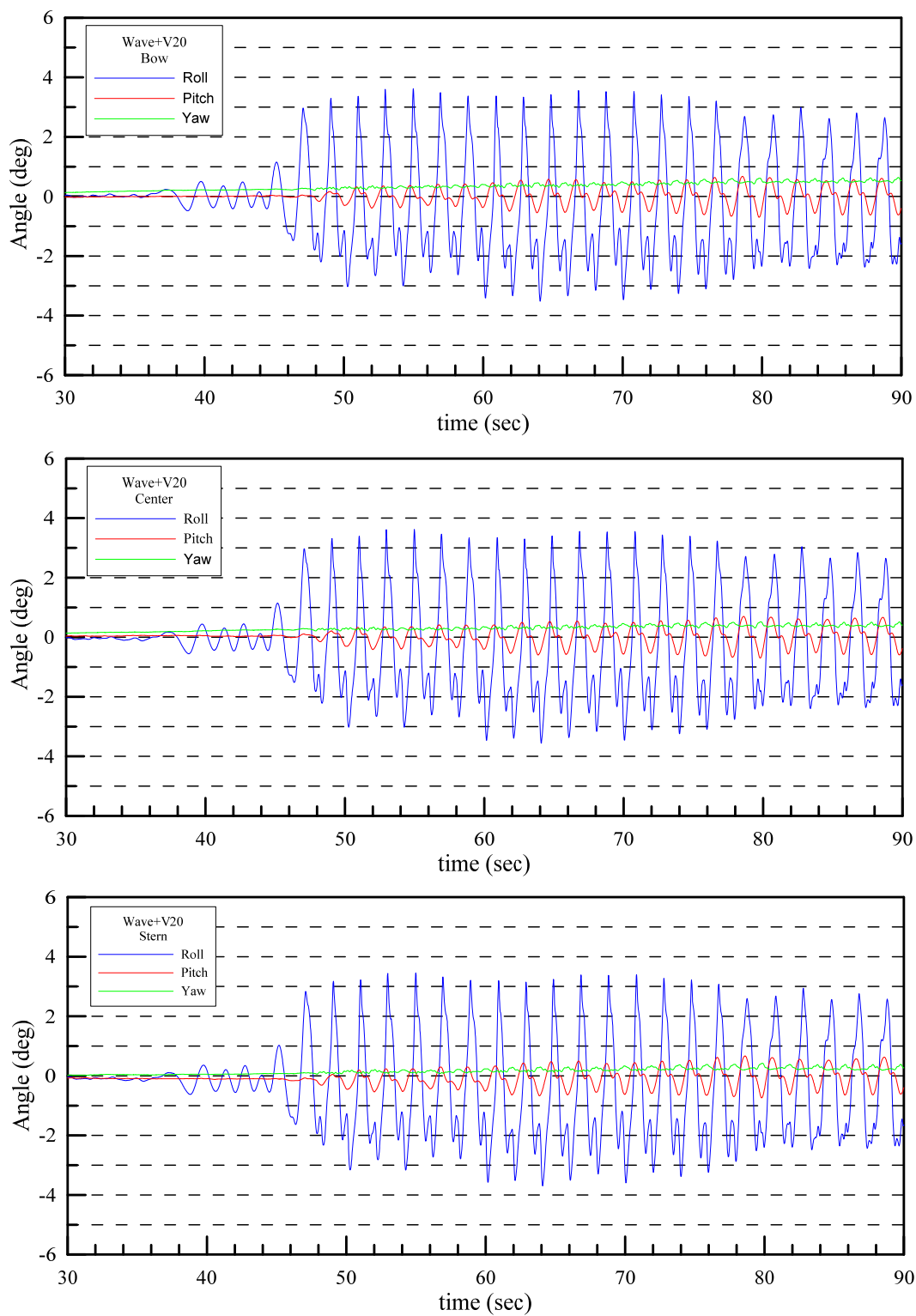


圖 5.53 船體於平均低潮位波浪與風(H-WV20)作用下之運動角度時序  
列圖

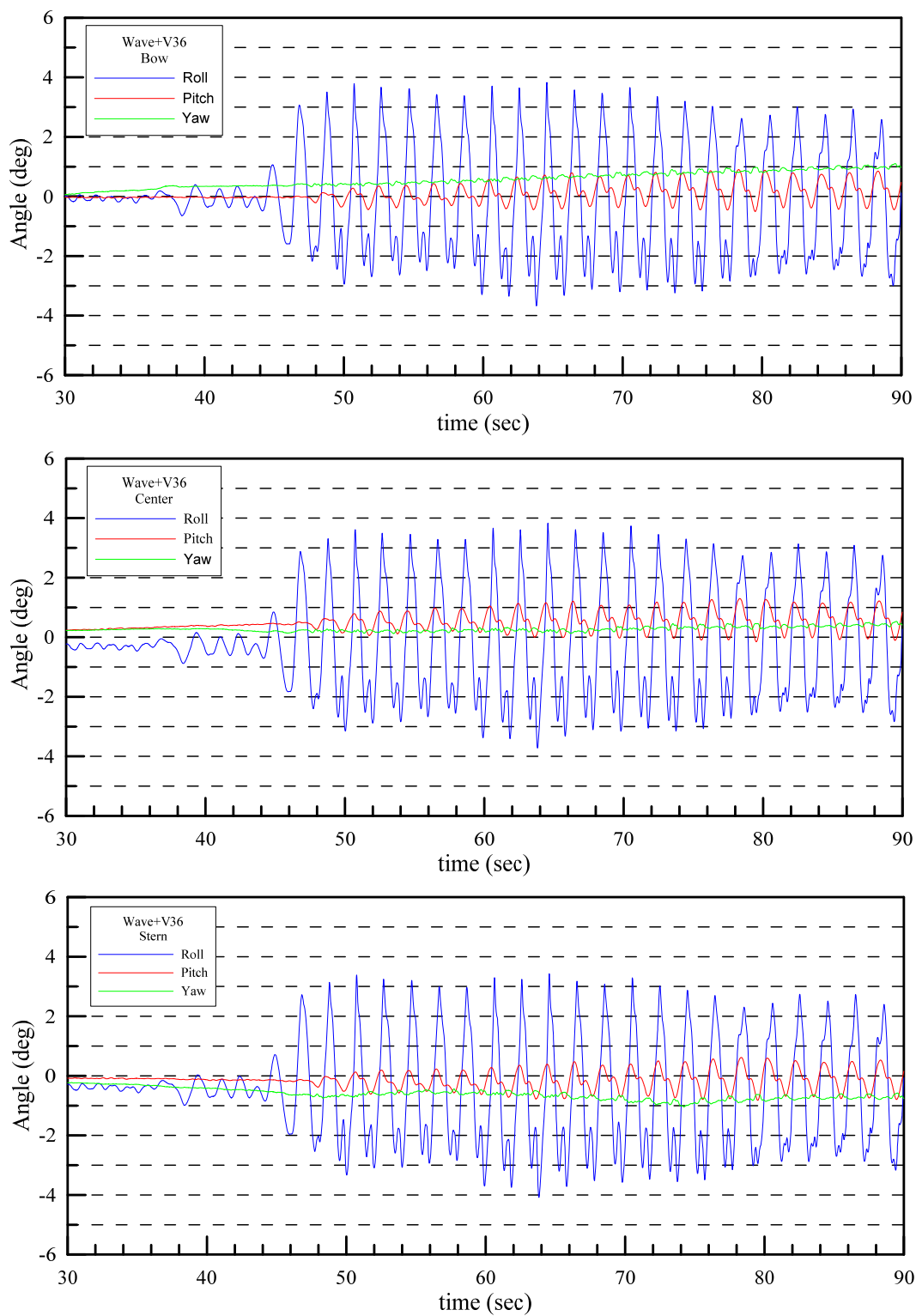


圖 5.54 船體於平均低潮位波浪與風(H-WV36)作用下之運動角度時序  
列



## 第六章 不同情境船舶受力及繫纜受力數值模擬分析

本章節依據前述國內外斷纜事件的蒐集與分析，歸納出斷纜原因為環境因素(風浪的強度與方向)、船舶與繫纜(船舶幾何重量、繫纜強度與老化)，以及人為因素等。由於影響船舶斷纜因素眾多且交錯複雜，本年度主要以海氣象環境(波高周期、風速風向，共 400 組條件)，2 艘噸位不同船隻(散裝船與油輪)，以及油輪吃水變化等參數，模擬船舶停靠於高雄港中島商港區 45 號時的繫纜受力。並透過鄰近搜索方式，進行其他情境模擬，可廣泛涵蓋環境外力。為模擬不同情境船舶繫纜力，本研究已建立適合模擬商港之水動力數學模式，並考量船體運動，進行高解析時域計算。模擬成果將與數值模擬分析交互比對驗證。最後，透過不同境境計算結果的統計分析，找出主要環境外力特性，提供船舶繫纜時參考，並將計算成果彙整為資料庫，提供繫纜預警系統使用。

### 6.1 船舶水動力數值分析

本項工作項目為針對散裝船(船長 103 公尺)以及油輪(船長 263 公尺)兩艘不同類型的船隻，透過流固耦合數值模擬計算，分析船舶停靠碼頭時遭遇不同風浪情境下的船體外力以及繫纜繩受力。上述受力為多項外力耦合行為，包含環境外力(波浪與風力作用)、船體水動力(受到不同波高與週期作用下的水動力特性)、多條繫纜繩拉伸力與防舷材壓縮力對船體的作用力等。需特別強調的地方是，本研究目前所提及的船和繫纜耦合模式，為單向耦合(one way couple)之模擬分析，船舶水動力於頻率域上先求解完成，並將頻域水動力轉換時域，透過力平衡方程式與繫纜及風力等外進行交互作用。

求解上述運動方程式可透過理論解析、參數型模式以及計算流體(CFD)等方式。由於本研究旨在建置船舶繫纜斷纜的預警系統，需建立繫纜繩

在不同情境下的受力資料庫，估計每一個船型需計算至少 400 組情境，因此本研究採用計算速度較快之參數型模式進行耦合計算。計算流程包含四大區塊，整體模擬架構如圖 6.1，包含根據不同船隻幾何形狀建立船模、進行頻率域的水動力計算、時間域的繫纜受力計算，以及繫纜預警資料庫與展示介面呈現。本章節將針對船體建模與水動力計算說明其理論與計算方法，分述如下：

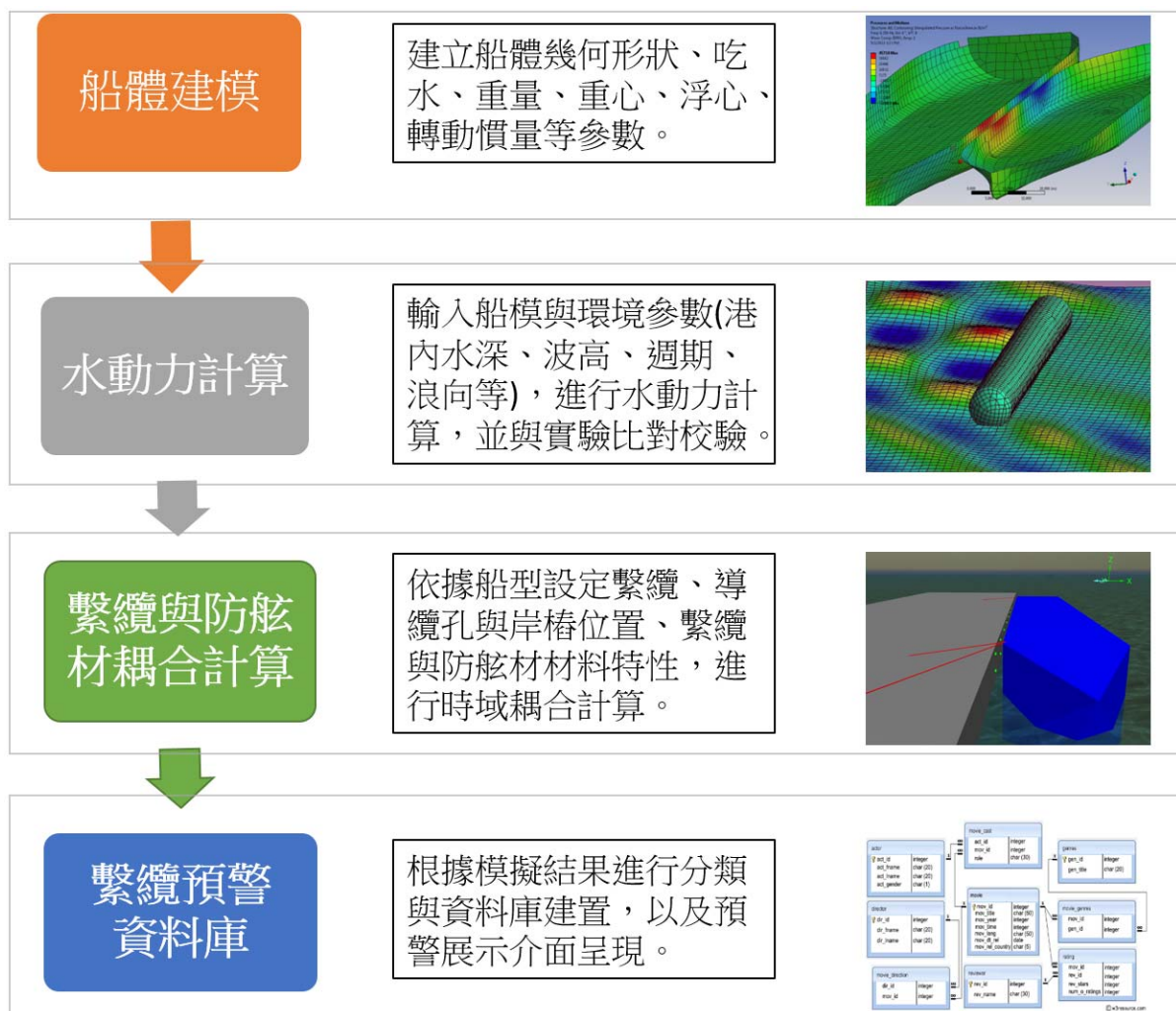


圖 6.1 船舶繫纜受力數值模擬架構圖

### 6.1.1 不同船隻類型介紹與船模建立

船舶於寬闊海域且無使用繫纜情形下，船舶受到不同波浪週期波高作用時，波浪作用下的六軸運動可分為六自由度，分別為三個位移，相對於直角座標系統分別為縱移(Surge)、橫移(Sway)、起伏(Heave)及三軸旋轉，即縱搖(Pitch)、橫搖(Roll)、平擺(Yaw)，如圖 6.2。波浪對於船體的水動力主要受到船體水面下的幾何形狀、吃水深度、重心位置、浮心位置、船重量、轉動慣量、附加質量、勁度與阻尼係數等。因此，計算流程為必須建立船的幾何形狀以及相關輸入參數，作為計算水動力的輸入條件。

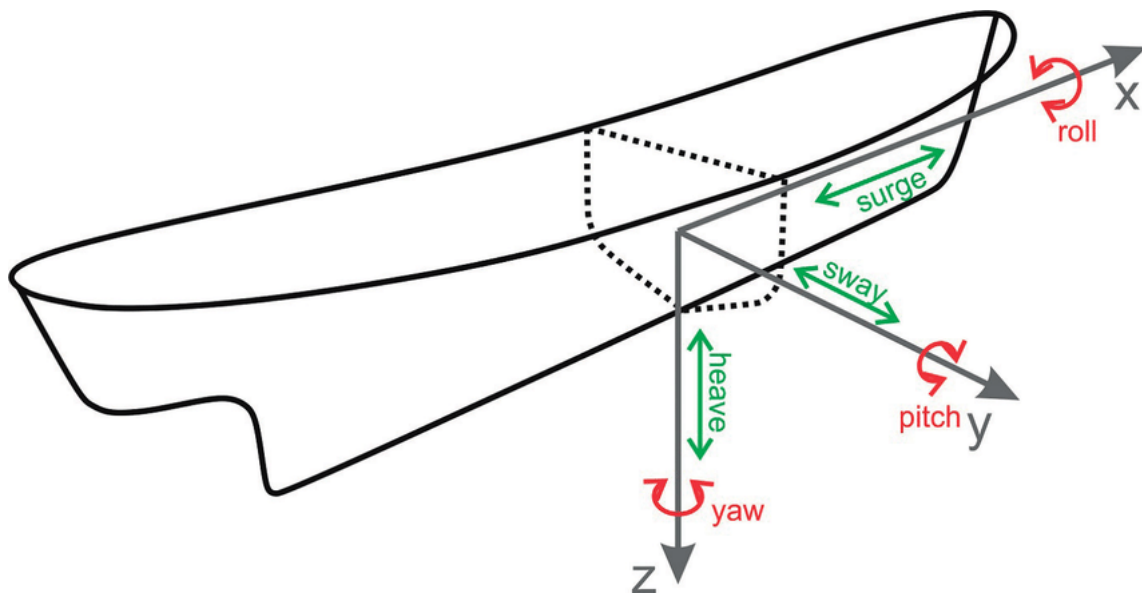
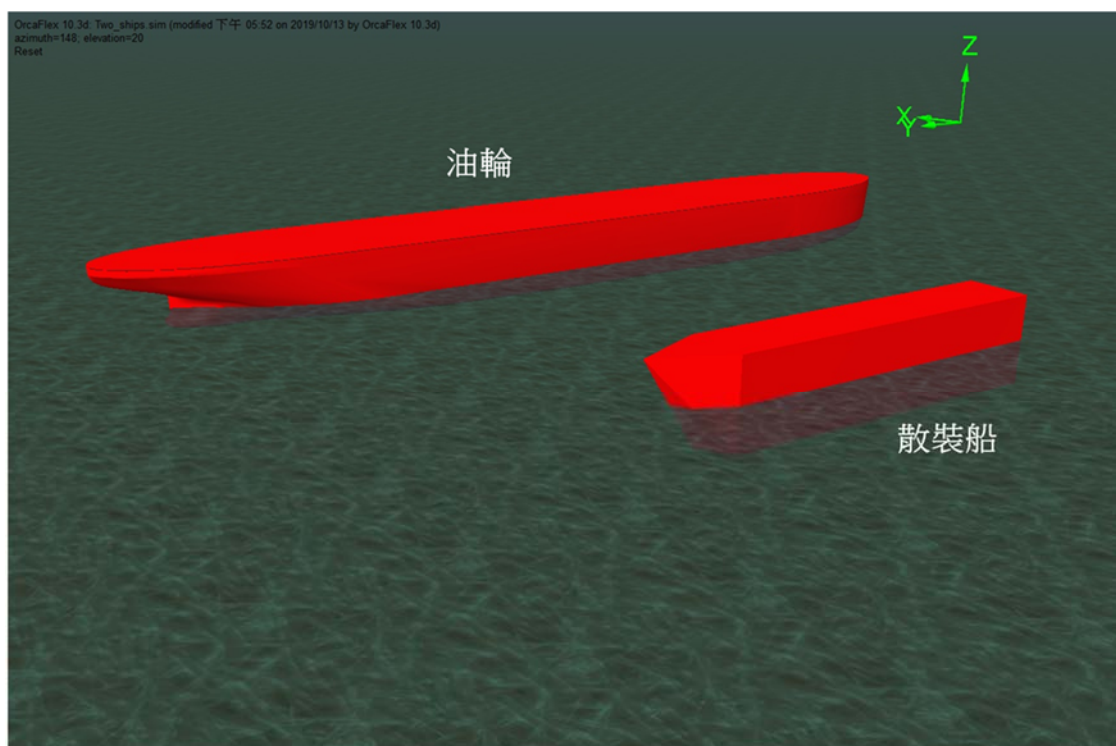


圖 6.2 船舶 6 軸運動座標定義(Korte 等人,2017)

在本計畫採用港內常見的兩類型船隻進行模擬，分別為散裝船與油輪。散裝船為分析軟體(Orcina OrcaFlex)內建船型，另一艘則挑選船型資料公開的 DyneTanker，該船型屬於油輪。上述兩艘船隻的外觀與幾何參數如標準船型建立船舶繫纜數值模擬架構。該船型之資料包含船體幾何形狀、總重量、吃水深、慣性張力矩與重心位置等如圖 6.3 所示。此外，本計畫亦考慮油輪在裝卸過程中，船體水動力隨著吃水變淺且重量變輕的變化過程，規劃共三組吃水，分別為滿載(吃水 14.25 公尺)、裝卸過程(吃水 10 公尺)以及空船(吃水 6 公尺)等三種不同條件，如表 6-1。



以下就針對油輪的船模建立流程進行說明。Dyne Tanker 船圖是於 1990 年船舶黏性流體會議(Ship Viscous Flow)所公開，由於該船型時由不具名的與會人士所提供，所以又稱為神秘案件(the Mystery Case)。爾後，該船型被廣泛應用在船舶流體計算。圖 6.4 上圖為 Dyne Tanker 油輪的 2D 剖面圖，描述船體在不同橫截面下的幾何形狀。將該幾何參數依序於 CAD 軟體內進行 3D 薄船殼繪製，結果如圖 6.4 的下圖。



| 散裝船            |      | 油輪(滿載)         |        |
|----------------|------|----------------|--------|
| 船長 L (m)       | 103  | 船長 L (m)       | 253    |
| 船寬 W (m)       | 16   | 船寬 W (m)       | 38.33  |
| 船高 (m)         | 6    | 船高 (m)         | 19     |
| 吃水深度 $h_d$ (m) | 6.6  | 吃水深度 $h_d$ (m) | 14.25  |
| 重量 (ton)       | 8800 | 重量 (ton)       | 113800 |

圖 6.3 散裝船與油輪外觀圖與幾何資料(尺寸、重量、吃水與重量)



表 6-1 油輪不同吃水深相關參數

| 油輪參數                      | 滿載      | 裝卸過程    | 空船      |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| 吃水深 (m)                   | 14.25   | 10      | 6       |
| 重量 (ton)                  | 119,311 | 81,176  | 47,129  |
| 重心(m)<br>水面上為正            | -6.65   | -3.71   | 0.07    |
| Ixx (ton.m <sup>2</sup> ) | 32.12E6 | 20.56E6 | 11.8E6  |
| Iyy(ton.m <sup>2</sup> )  | 632.2E6 | 419.2E6 | 242.6E6 |
| Izz(ton.m <sup>2</sup> )  | 652.7E6 | 433.0E6 | 250.6E6 |

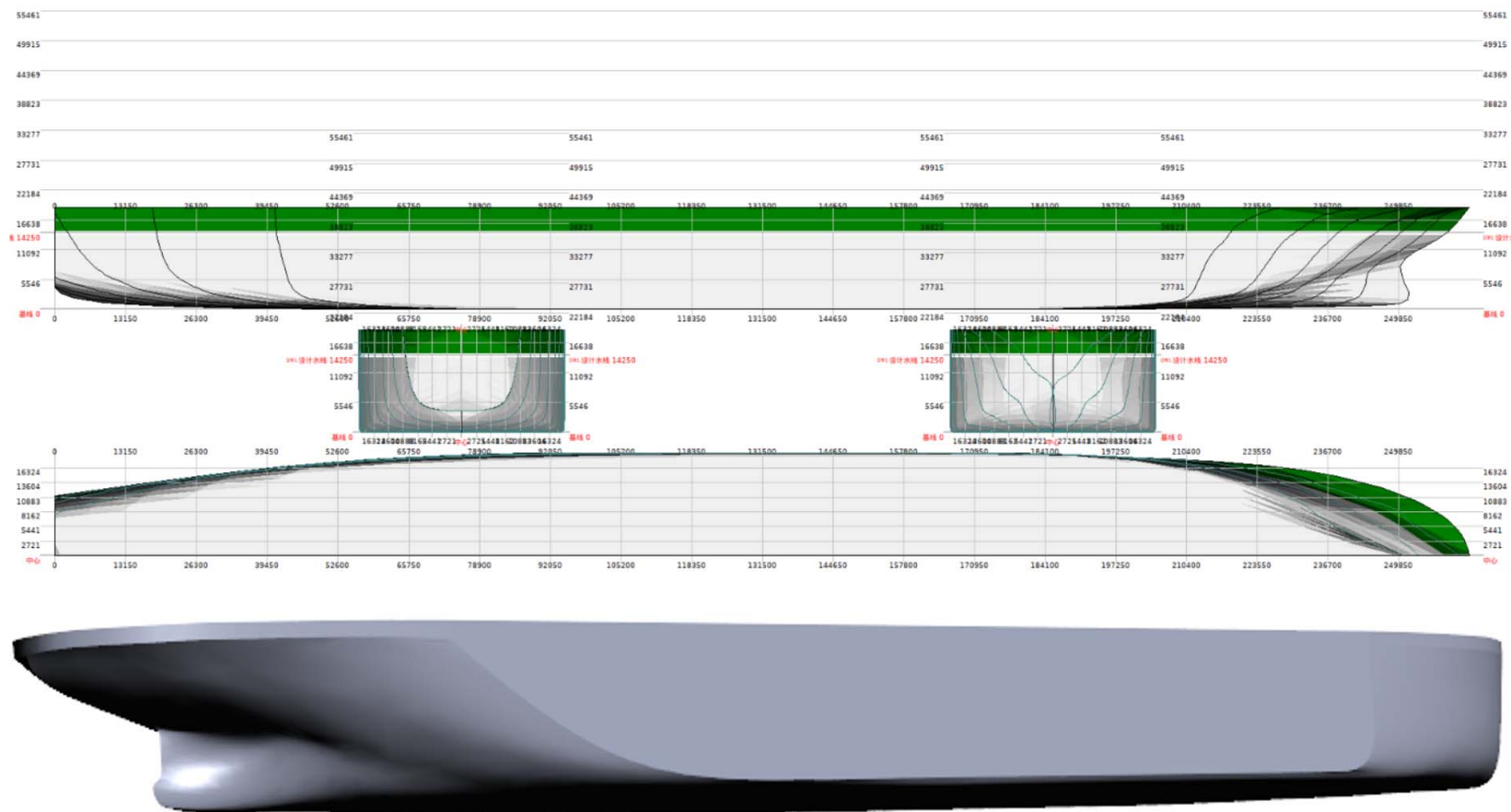


圖 6.4 DyneTanker 油輪 2D 船圖剖面(上圖)，3D 薄船殼圖(下圖)

### 6.1.2. 不同船隻類型水動力計算

船體在開放邊界之水域環境以及勢能流理論假設下，流體為非黏性與不可壓縮流體，船體運動方程式為：

$$(M + M_A(\omega))\ddot{x} + (D + B(\omega))\dot{x} + (K + K_H)x = F_{FK} + F_D \dots\dots\dots (6.1)$$

其中， $M$  為質量(包含船體、壓艙水與荷載)， $M_A(\omega)$  為頻域附加質量， $D$  為衰減係數， $B$  為頻域輻射阻尼， $K$  為繫纜回復力係數， $K_H$  為衰減係數， $\ddot{x}$ 、 $\dot{x}$  與  $x$  分別為船體總加速度、速度與位移。等號右邊則為波浪引致(wave excitation)外力，其中  $F_{FK}$  (Froude-Krylov) 為波浪引起之非穩態壓力場組成，包含一階與二階波浪力。 $F_D$  則為波浪繞射效性所產生之外力。

若考量船體重心位置，並以該位置代表船體時間域的運動方程式可表示為：

$$m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{me}(t) + F_{damp}(t) + F_{cable}(t) \dots\dots\dots (6.2)$$

其中  $m$  為浮體質量矩陣， $\ddot{X}$  為浮體位移與轉動加速度向量， $F_{wext}$  為波浪作用力與扭矩向量， $F_{hyd}$  為浮體重力/浮力與扭矩向量， $F_{me}$  為莫里森力與扭矩向量， $F_{damp}$  為非黏性阻尼力與扭矩向量， $F_{cable}$  為繫纜繩的作用力與扭矩向量。由於船體多為軸向對稱，因此不同入射浪向所引起的波浪效應也不同。此外，不同週期對於方程式(6.1)之頻率係數也有影響，因此模擬條件通常會含括船體可能遭遇之週期範圍。波高大小的效應則透過無因次反應振幅因子(Response Amplitude Operator, RAO)來轉換，包含六軸 RAO、波浪荷載 RAO (力與力矩)，同時並透過二次轉換函數(Quadratic Transfer Function, QTF)來描述波浪引起的二階飄移效應。本計畫使用專業水動力分析軟體(ANSYS AQWA)，透過有限元素或邊界元素法進行勢能流水動力數值求解。計算流程為輸入船模參數，設定環境參數如水深、波高、週期、浪向，並依據船長與波長關係式決定格網大小，進行計算船體水動力，結果說明如下。

船舶受不同周期的波浪作用力可用波浪力荷載(Load RAOs)表示。

波浪荷載 RAO 定義為船體受波浪作用的荷載/力矩振幅大小除上波浪振幅的比值。例如，surge 方向波浪荷載 RAO 為 300kN/m 時，可視為波高為 2 公尺(振幅 1 公尺)的條件下，surge 方向船體受到一階波浪力 $\pm 300\text{kN}$  的正弦週期性外力。此外力可視為方程式(6.2)內的波浪作用力  $F_{wext}$ 。

圖 6.5 為散裝船在向岸浪(波浪從船的側邊，自遠方向船傳遞)作用下的波浪荷載 RAOs。由於波浪設定為自側面來，因此 sway 的受力遠大於 surge，相差約 50 倍，且 Sway 在週期七秒左右達到峰值。Heave 受力大小與週期為正相關，並隨著周期增加而逐漸趨緩。旋轉力矩則以 Pitch 方向最大，其主要原因為該方向的力臂較 Roll 方向長，因此即便與入射浪向垂直，但其產生的力矩為最大。

圖 6.6 為油輪在向岸浪作用下的波浪荷載 RAOs，並且比較不同吃水深度的影響。由該圖可發現，滿載的油輪(吃水最深)所受到的波浪力作用在六軸皆為最大，主要原因為吃水越深，其與波浪作用的濕周面積(或沉浸面積)越大。此外，可以發現隨著吃水變深，船體重量變輕，最大受力峰值對應的頻率有越往小週期移動的趨勢。

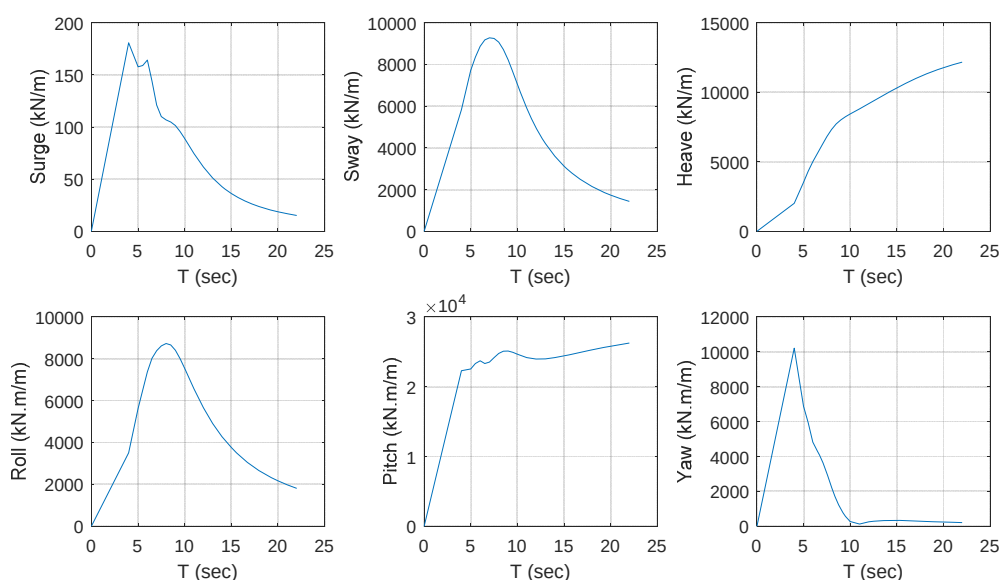


圖 6.5 散裝船受向岸浪作用的 6 軸荷載 RAO

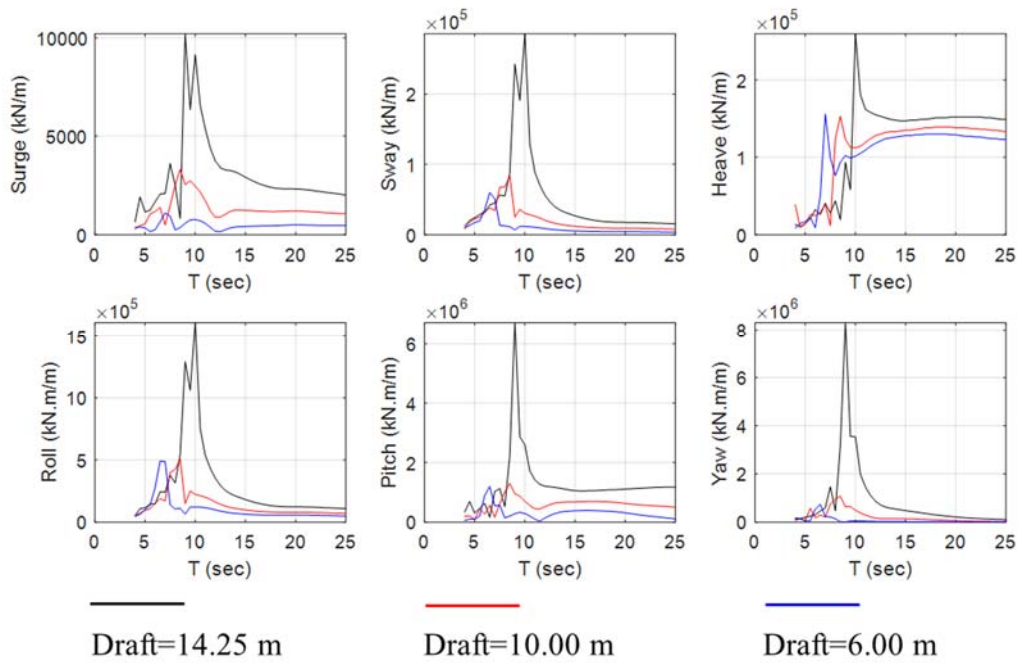


圖 6.6 油輪受向岸浪作用的 6 軸荷載 RAO

另一方面，因風所引致之作用力則可透過莫里森方程式來計算。為能夠考量不同的風向，本研究採用可變風阻力係數來計算不同角度受力。此作法的好處為可維持原來結構物的幾何尺寸，不必隨入射風角度轉換投影面積大小。此外，風作用非正交截面積時所引起的尾流效應也一併透過阻力係數來修正。不同風向對於船體的推力可表示為：

$$F_{\text{surge}} = \frac{1}{2} C_{\text{surge}} \rho_a V_a^2 A_{\text{surge}} \dots\dots\dots (6.3)$$

$$F_{\text{sway}} = \frac{1}{2} C_{\text{sway}} \rho_a V_a^2 A_{\text{sway}} \dots\dots\dots (6.4)$$

$$M_{\text{yaw}} = \frac{1}{2} C_{\text{yaw}} \rho_a V_a^2 A_{\text{yaw}} \dots\dots\dots (6.5)$$

其中，C 為隨角度變化的阻力係數， $\rho_a$  為空氣密度， $V_a$  為入射風速，A 為截面積。圖 6.7 為 Surge、Sway 與 Yaw 方向的阻力係數變化圖。

其中，surge 與 sway 的係數大致呈現 90 度的相位差，係數震盪範圍則落在 -1 到 1 之間。

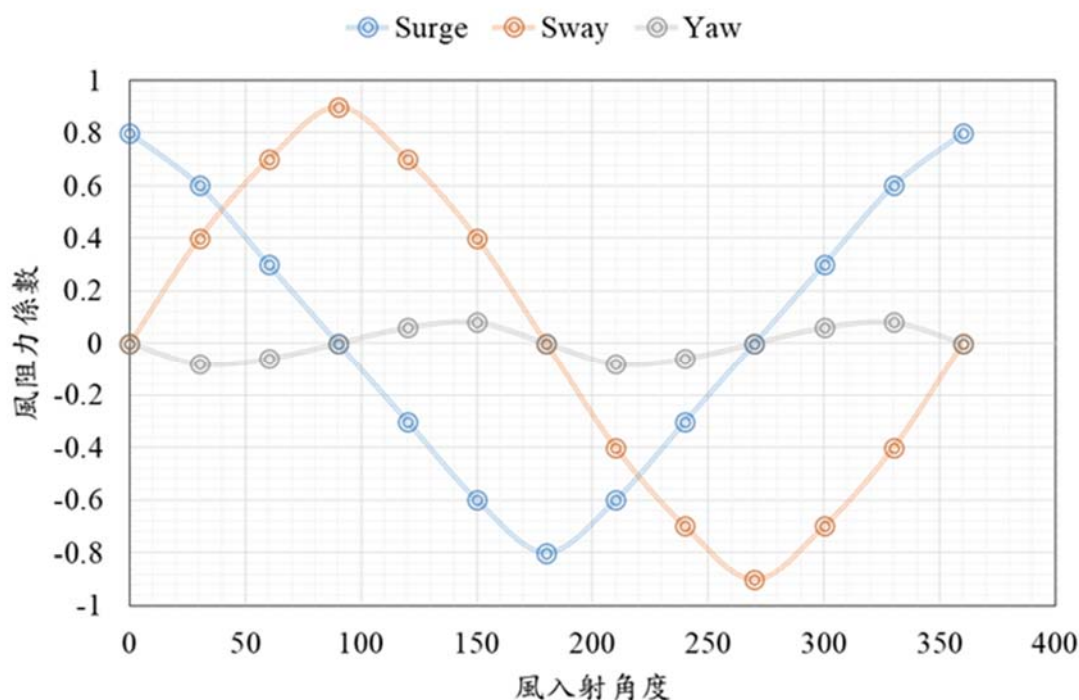


圖 6.7 散裝船型風阻力係數與入射角關係

### 6.1.3 船體水動力驗證與綜合討論

本章節將針對油輪(Dyne Tanker)的自由衰減運動，進行數值與實驗比對，藉以確數值水動力計算的合理性，並討論可能造成誤差的成因，提供後續研究精進參考。圖 6.8 為針對油輪滿載情況下(吃水 14.25 公尺)，將實驗與數值在 Heave、Roll 與 Pitch 方向的自由衰減運動，進行比較。所有數值皆已轉換至現場的尺度。

將時序列資料透過傅立葉轉換為能量譜後，數值結果顯示 Heave 與 Roll 的週期峰值皆略大於實驗，兩者誤差約在 20%以內。然而 pitch 方向的誤差較大。從自由衰減 pitch 時序列資料來看，兩者在船體自傾斜釋放後，皆在 2 至 3 個震盪循環即衰減掉大部分的能量，顯示在 pitch 方向上阻尼非常的大。實驗呈現多峰值現象(最大能量週期在 7.5 秒左

右)，其餘略低能量涵蓋非常廣的週期範圍。數值雖無明顯的峰值週期，但寬廣能量分布的現象與實驗十分類似，上述結果綜整於表 6-2。

綜合上述比對結果，由於本研究主要針對船體停靠碼頭的船體與繫纜繩受力，該方向主要為 surge、heave 與 roll 的運動，pitch 方向運動十分不明顯，應可忽略。造成誤差的原因可分為實驗與數值設定。該實驗船長度為 2.63 公尺，與實體船長採用 1:100 縮尺，在縮尺效應為造成誤差的來源之一。數值雖為計算原始尺寸，但並未將黏性效應考慮進去，亦可能造成衰減特性與實驗差異。針對 heave 與 roll 的自由衰減比對，兩者的誤差為 20%，應為可接受的合理範圍。

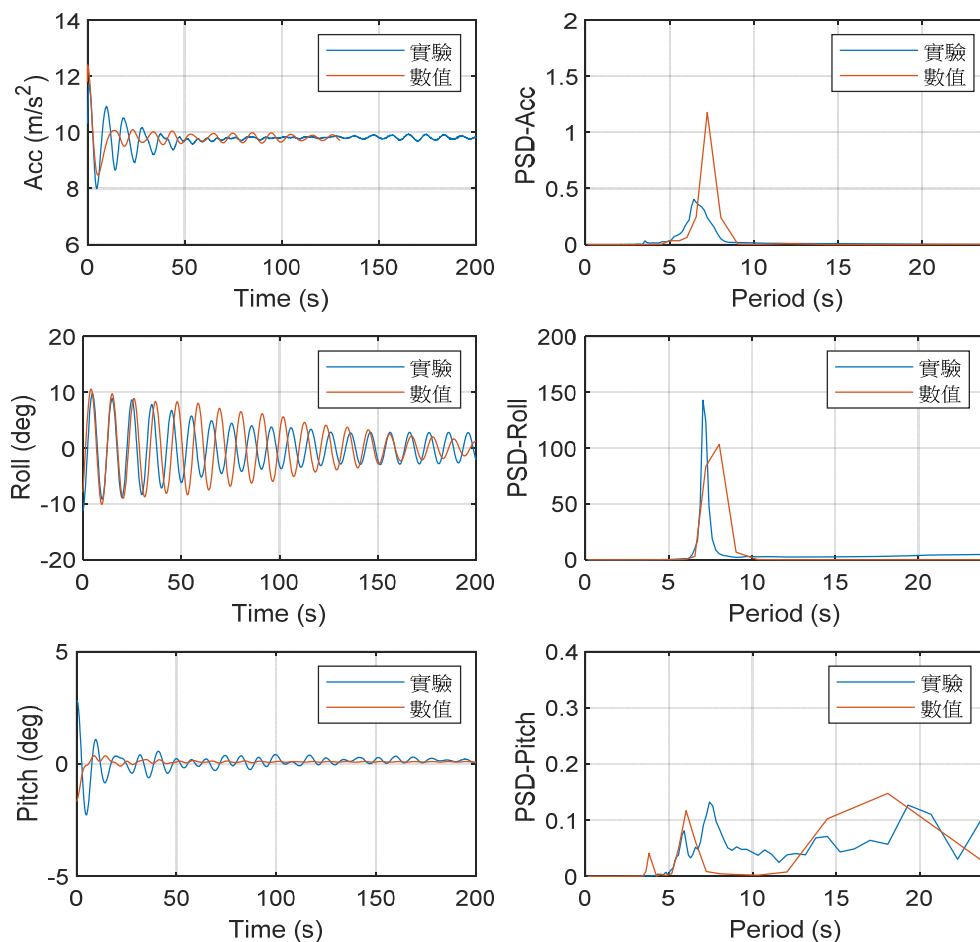


圖 6.8 油輪自由衰減-實驗與數值時序列及能量譜比對

表 6-2 實驗與數值共振週期比較表

|                | 實驗   | 數值   |
|----------------|------|------|
| Heave 共振週期 (秒) | 6.58 | 7.2  |
| Roll 共振週期 (秒)  | 7.24 | 8.04 |
| Pitch 共振週期(秒)  | 7.5  | 6.03 |

## 6.2 船舶繫纜受力數值計算

在完成船體頻率域求解後即可解析船體在自由寬廣海域之受力大小，並進一步模擬船體停泊在港內，連結數條繫纜至岸樁以及與船體與防舷材反作用力的情境，以及計算繫纜受到風浪作用之瞬間受力。本計畫以海事工程專業軟體(Orcina OrcaFlex Ver. 10.3c)進行時間域分析，包含環境外力、船體、繫纜與防舷材耦合受力計算。此外，依據高雄港特定泊位的岸樁位置與防舷材位置與數目，以及船體導纜孔、纜繩數目，建立數值模擬環境。其中，繫纜繩材料特性可考慮鐵鍊或聚合物材料，設定線直徑、單位重、軸向/彎曲勁度、破斷力、阻力、摩擦係數等參數。此外，防舷材則可依據實際情況佈放於不同位置，並考慮軸向勁度與摩擦力之效應。透過上述環境參數設定，環境外力之給定將更具彈性，可模擬不同強度與方向之風浪於。主要輸出結果包含各繫纜繩張力時序列、最大值張力值、船體 6 軸穩定度(位移與轉動)等。以下針對座標系統定義、繫纜繩參數、防舷材參數與、模擬環境外力、船舶與繫纜受力逐一敘述：

### 6.2.1 座標系統定義

本研究座標系統定義為船艏指向為正北方(X 方向)，如圖 6.9。環境外力採用來向定義，例如向岸傳遞的波浪其方向為西。船舶繫纜方式以 8 條繫纜繩分別附掛於 6 碼頭岸樁，分別為艏纜(1-1; 1-2)、艏橫纜(2)、艏倒纜(3)、艏倒纜(4)、艏橫纜(5)與艏纜(6-1; 6-2)。



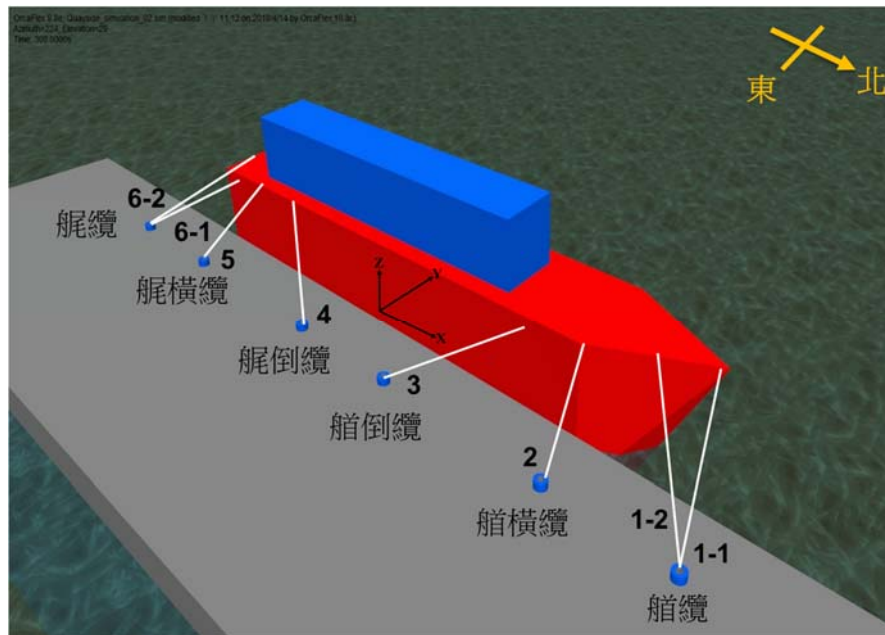


圖 6.9 船舶座標系統與繫纜繩編號定義

### 6.2.2 船舶繫纜繩參數

本研究採用的繫纜繩為聚丙烯材質 8 辦編織(Polypropylene Rope, 8 Strand)，該材料為船常使用的標準繫泊纜繩，如圖 6.10。針對散裝船與油輪的受力特性挑選不同繫纜外徑，分別為 6.8 公分與 24.6 公分。其單位重量、軸向勁度、扭轉勁度、數值預張力設定與破斷力，如表 6-3 所示。



圖 6.10 聚丙烯繫纜繩(Polypropylene Rope, 8 Strand)

表 6-3 散裝船與油輪繫纜繩防舷材安裝

|              | 散裝船繫纜 | 油輪繫纜    |
|--------------|-------|---------|
| 線徑 (m)       | 0.068 | 0.246   |
| 單位重量 (kg/m)  | 3.3   | 43      |
| 軸向勁度 (kN)    | 7,659 | 100,230 |
| 扭轉勁度 (kN.m2) | 80    | 80      |
| 預張力 (kN)     | 3     | 500     |
| 破斷力(kN)      | 800   | 10000   |

### 6.2.3 船舶防舷材配置

碼頭面的防舷材數量共安裝 30 顆，採上下兩層，每一層 15 顆排列，彼此間距 20 公尺，上下間距為 5 公尺。同時，假設防舷材為非線性可壓縮材料以模擬真實的情況。數值模擬防舷材的配置與壓縮材料特性曲線如圖 6.11 與圖 6.12 所示。

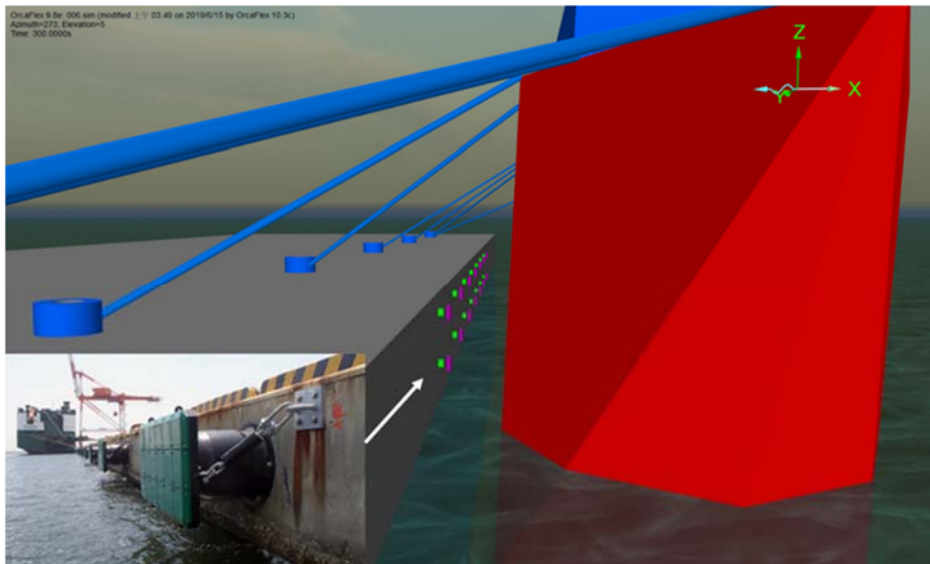


圖 6.11 數值模擬防舷材安裝位置與數量

OrcaFlex 10.3c: Quayside\_simulation.sim (modified 下午 11:12 on 2019/4/14 by OrcaFlex 10.3c)  
Fender non-linear stiffness profile

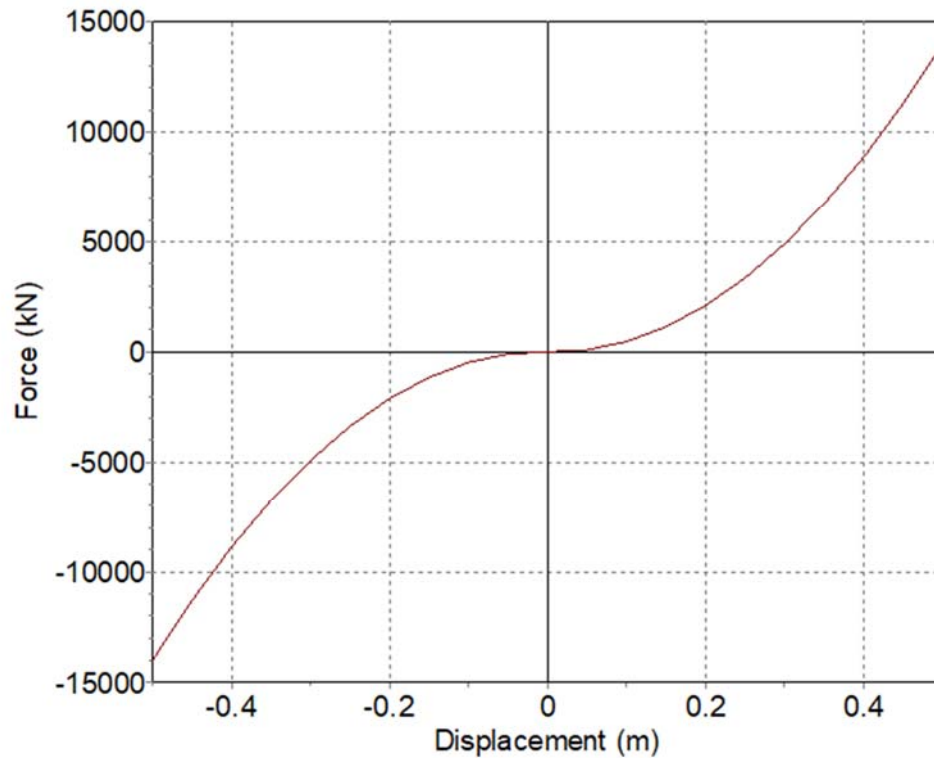


圖 6.12 防舷材壓縮材料特性曲線圖

#### 6.2.4 環境模擬條件

為能夠考慮在不同波浪強度、風力強弱與風向等不同情境下，船舶繫纜繩受力大小。本研究設計 5 種風速、16 風向、五組波浪條件，針對散裝船(一組吃水)與油輪(三組吃水)，每一船型設計 400 組環境條件，進行數值計算，建立船舶繫纜繩在不同環境外力下的受力資料庫。詳細參數如表 6-4。此外，船舶以朝向北方為模擬初始條件，固定浪為向岸浪(東向)，每艘船皆搭載堆高共 10 公尺的貨櫃，總重 1,000 噸。

表 6-4 環境外力模擬條件

| 環境/船體參數          | 模擬條件                                                                                          | 組數    |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 風速 (m/s)         | 1, 10, 20, 40, 70                                                                             | 5     |
| 風向 (deg)         | 0, 22.5, 45, 67.5, 90, 112.5, 135, 157.5, 180, 202.5, 225, 247.5, 270, 292.5, 315, 337.5, 360 | 16    |
| 波浪(m)<br>週期(sec) | H= 0.2    0.6    1.0    1.5    2.0<br>T= 6.0    8.0    10    12    14                         | 5     |
| 吃水 (m)           | 散裝船: 6.6<br>油輪: 14.25、10.00、6.00(空船)                                                          | 4     |
| 總計               |                                                                                               | 1,600 |

#### 6.2.5 船舶受力與繫纜繩受力計算結果-單一條件

由於模擬條件總共有 1600 組，其計算流程皆一致，僅有船型與環境外力的差異，因此本章節先以散裝船的船體時間域運動方程式(式 6.2)為例，說明停泊船隻在 50 年重現期(向岸浪:波高=2 公尺、週期 14 秒、離岸風速=70 公尺/秒)為範例，說明耦合計算結果，並分別討論船體姿態與繫纜繩受力。於下一章節，再以統計方式，進行綜合討論。

圖 6.13 為在 50 年迴歸期作用下，8 條繫纜繩的張力時序列。結果顯示，在 180 度的強風吹襲下，編號 L2-5 所受的張力大於船艏與船艉不少。同時，為結合本計畫之預警系統設定，以 70%繫纜破斷力作為紅色警戒燈號，可發現艏纜(L1-1 與 L1-2)以及艉纜(L6-1 與 L6-2)低於警戒值。上述繫纜張力分佈主要的原因有兩個，船艏與船艉的繫纜繩綁法主要為抵抗 surge 方向的移動，而船身側邊(L2-L5)設計上主要以抵抗 sway 方向的位移，因此在目前風向作用時，船身中間的繫纜受力

較大。此外，船艏與船艉的繫纜繩以兩條為一組繫於碼頭裝上，此綁法有利於分攤受力大小，因此在針對單條繫纜受力時，其張力較小屬合理。

船身在極端天候下的穩定度有關於人員與貨物的安全，因此圖 6.14 分析在 50 年迴歸期作用下船體的 6 軸運動。在 sway 方向(船橫移)的位移量可達到將近 3 公尺，垂直上下(heave)則接近波浪的波高約為 2 公尺。船體受強風浪與繫纜拉扯下，船身橫搖(roll)約為+3~-4 度，並約有 1 度左右的平均傾斜。其於旋轉(yaw)與俯仰(pitch)則相對安定很多。

最後，方程式(6.2)的合力與各分項受力大小分析如圖 6.15 所示。結果顯示，除了 $F_{hyd}$ 相對較小之外，其於波浪 $F_{wext}$ 與非黏性阻尼力 $F_{hyd}$ 為大致為相互抵銷作用，在扣除阻尼外力後，波浪作用力約在 $\pm 1,000\text{kN}$ 震盪。此量級略小於風力作用( $F_{me} \sim 2500\text{ N}$ )。因此，在極端條件下，風作用力略大於浪，但浪的作用仍然不可忽略。

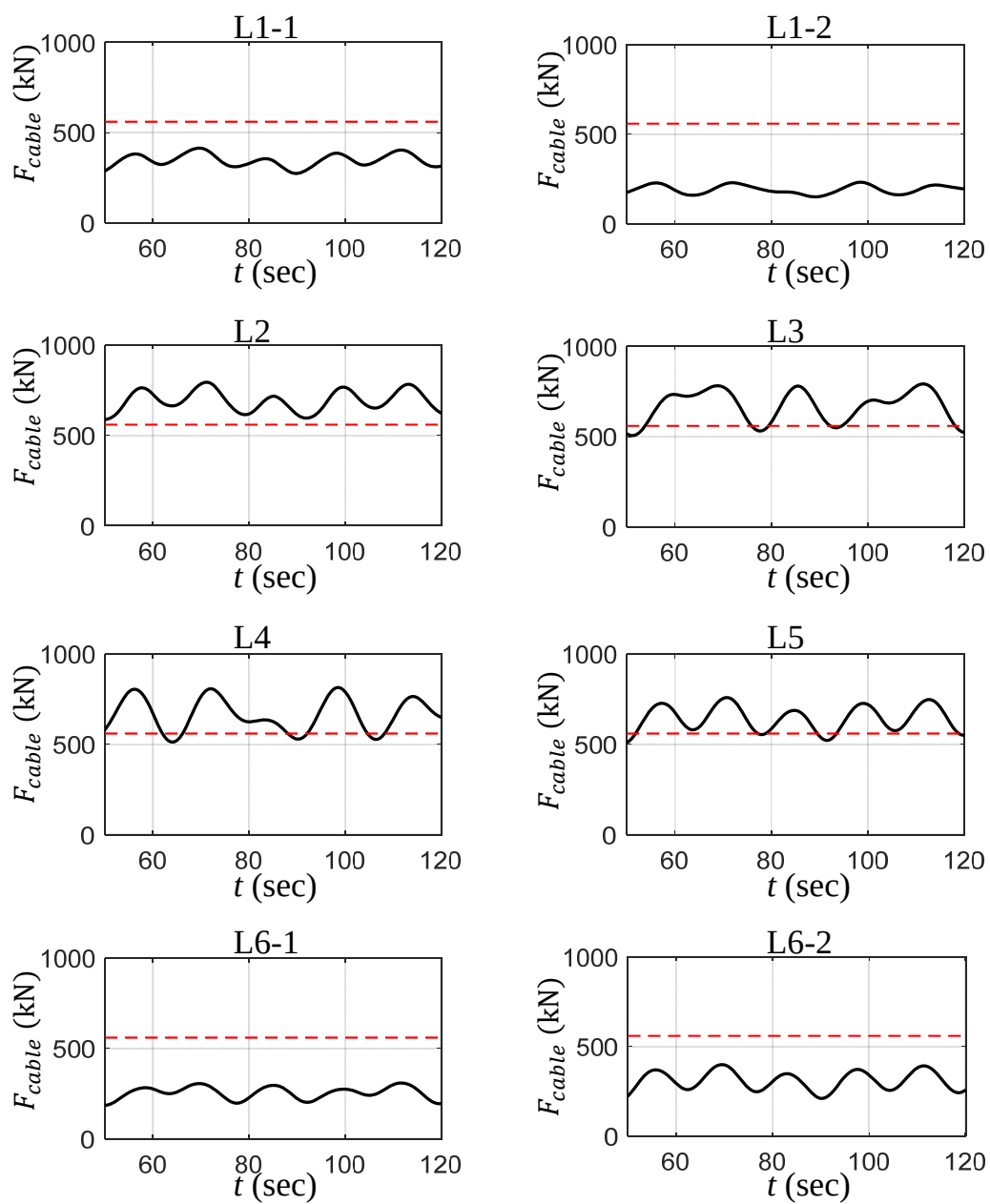


圖 6.13 50 年迴歸期作用下船舶 8 條繫纜繩張力變化

(虛線標示 70%破斷力=560 kN)

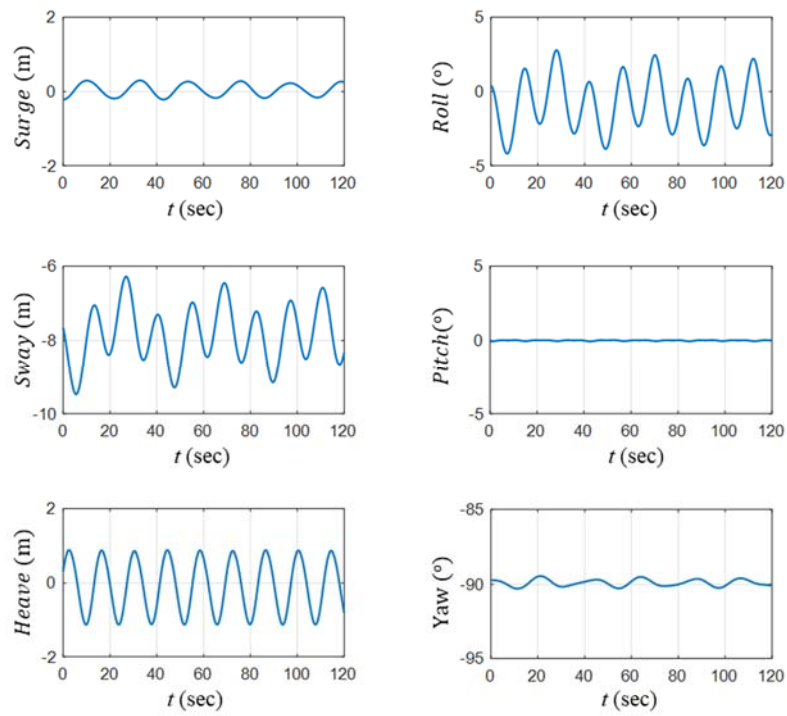


圖 6.14 50 年迴歸期作用下船舶 6 軸運動時序列

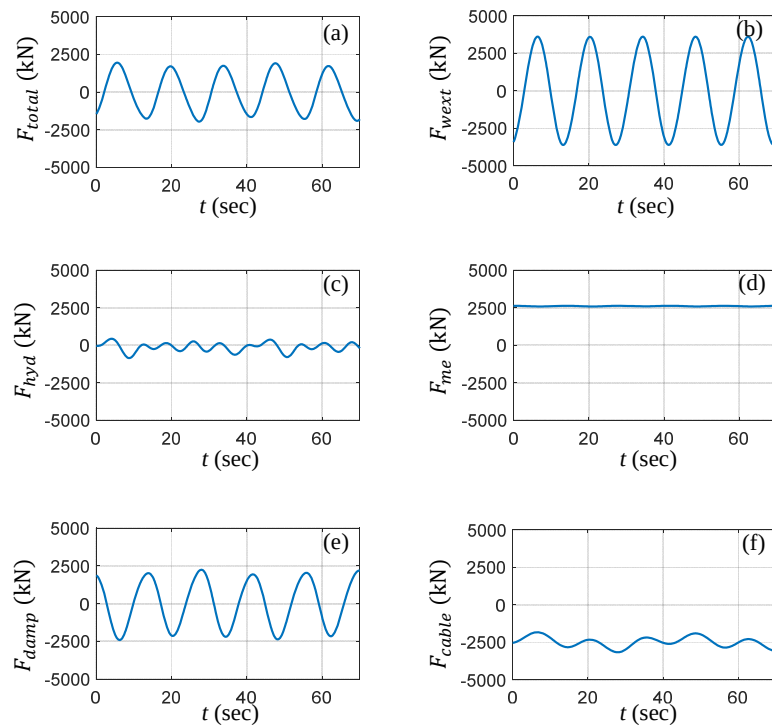


圖 6.15 50 年迴歸期作用下船舶受力分析

## 6.3 數值驗證與綜合討論

### 6.3.1 繫纜繩受力實驗與數值比對

本節針對油輪(滿載吃水)，分別比對實驗與數值在純風(離岸風速=36 公尺/秒)，以及純浪(向岸浪:波高 2 公尺，週期 14 秒)的條件下，6 個碼頭樁的受力。由於實驗張力計安裝的位置較接近碼頭樁，其中船艏樁與船艉樁的分別為 2 條繫纜繩的合力。因此數值計算透過三角函數轉換，計算船艏 2 條與船艉 2 條繫纜繩對於岸樁的合力。圖 6.16 為純風條件下，實驗與數值的比較。整體而言，在離岸風速=36 公尺/秒作用下，各繫纜繩張力的變化皆呈現定值，代表船體運動微乎其微，可視為穩定的外力作用。但整體而言，實驗與數值張力的差異 0.5 倍~4 倍不等。造成此誤差的原因將於下一段落討論。

圖 6.17 為純波浪作用下，實驗與數值各繫纜的張力。結果顯示張力在規則波的作用下，在耦合水動力、防舷材與繫纜繩後，實驗與數值張力的相位變化仍相當一致。但其量值則有 0.1~2.3 倍不等差異，實驗與數值最大張力比較如表 6-5。

造成此誤差可能的原因包含縮尺的尺度效應、預張力設定差異、防舷材參數、繫纜繩材料差異，皆有可能造成誤差。



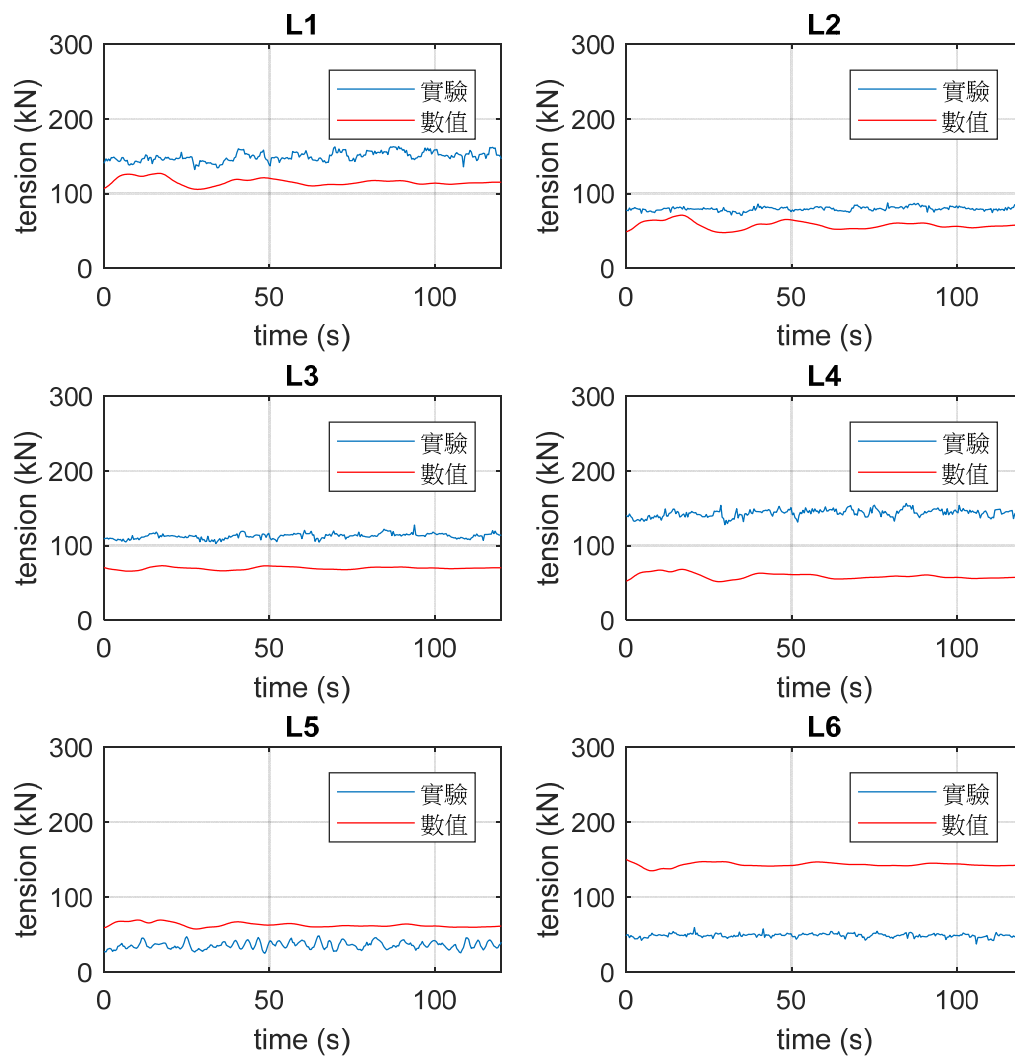


圖 6.16 油輪繫纜繩受力實驗與數值比對-純風作用(離岸風速=36 公尺/秒)

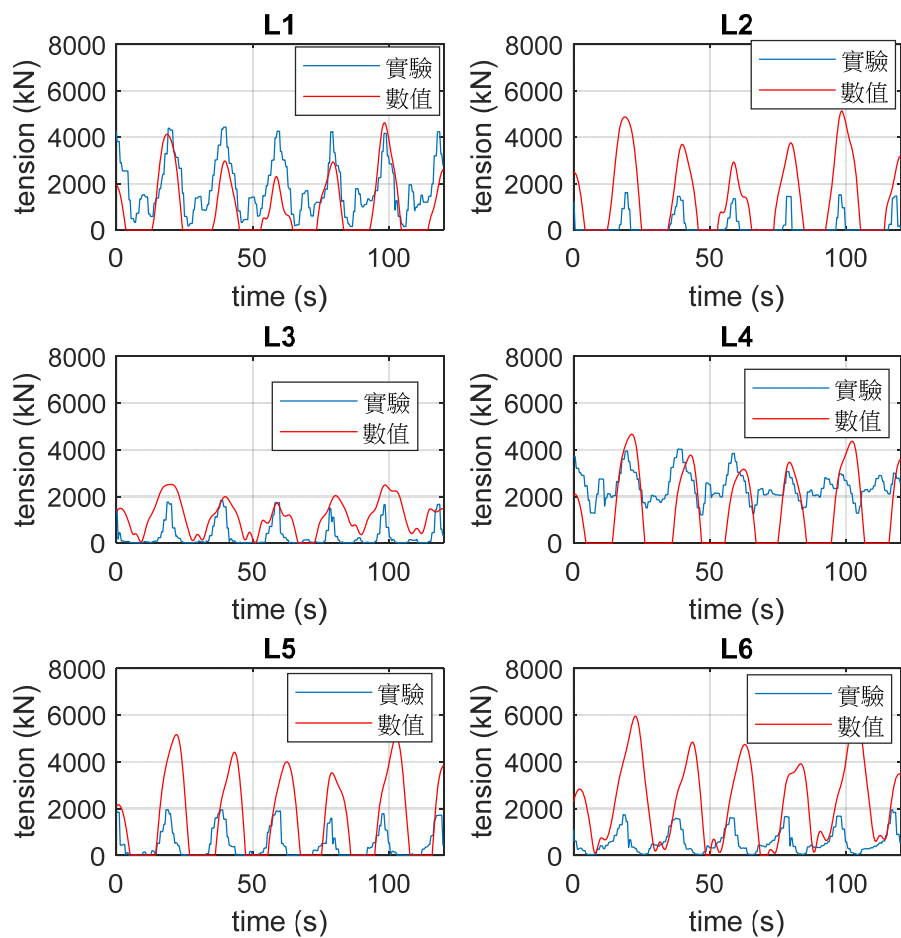


圖 6.17 油輪繫纜繩受力實驗與數值比對-純浪作用(H=2m,T=14sec)

表 6-5 油輪最大繫纜張力實驗與數值比較表

|         | 實驗    | 數值    |
|---------|-------|-------|
| T1 (kN) | 4,644 | 4,621 |
| T2 (kN) | 2,087 | 5,127 |
| T3 (kN) | 2,572 | 2,623 |
| T4 (kN) | 4,341 | 4,668 |
| T5 (kN) | 2,414 | 5,164 |
| T6 (kN) | 2,732 | 6,235 |

### 6.3.2 船舶繫纜繩受力統計特性

圖 6.18~圖 6.21 分別為散裝船、滿載油輪(吃水=14.25 公尺)、裝卸過程油輪(吃水=10.00 公尺)與空船油輪(吃水=6.00 公尺)，在固定風向為離岸風以及向岸浪條件下，分析每一環境條件下繫纜繩最大受力，與風速及波浪強弱的關係。整體而言，散裝船(圖 4.18)的趨勢較為散亂，但仍可看出風速由弱到強的過程中，繫纜繩張力逐漸變大。波浪作用亦同，波高越大，整體繫纜張力越大。值得注意的是，在風速只有 1 公尺/秒(微風)條件下，最大的繫纜受力比部分風速為 10 與 20 公尺/秒較大。此現象解釋為，在無風條件下繫纜繩預張力可能不足，因此波浪造成較大的位移，因而產生較大的瞬間張力。當離岸風速超過 10 公尺/秒後，提供相當程度的額外預張力，有助於穩定船隻，因船隻晃動程度較小，因此最大張力較小。

油輪的情況則與散裝船不同。圖 6.19~6.21 可明顯看出，繫纜張力主要隨著波高增加而增加，風速對於繫纜張力的貢獻為次要因素。此現象與實驗所觀測到的現象一致。另外可明顯發現，隨著吃水變淺船種變輕，因船體運動幅度增加，因此繫纜繩受力也隨著增加。

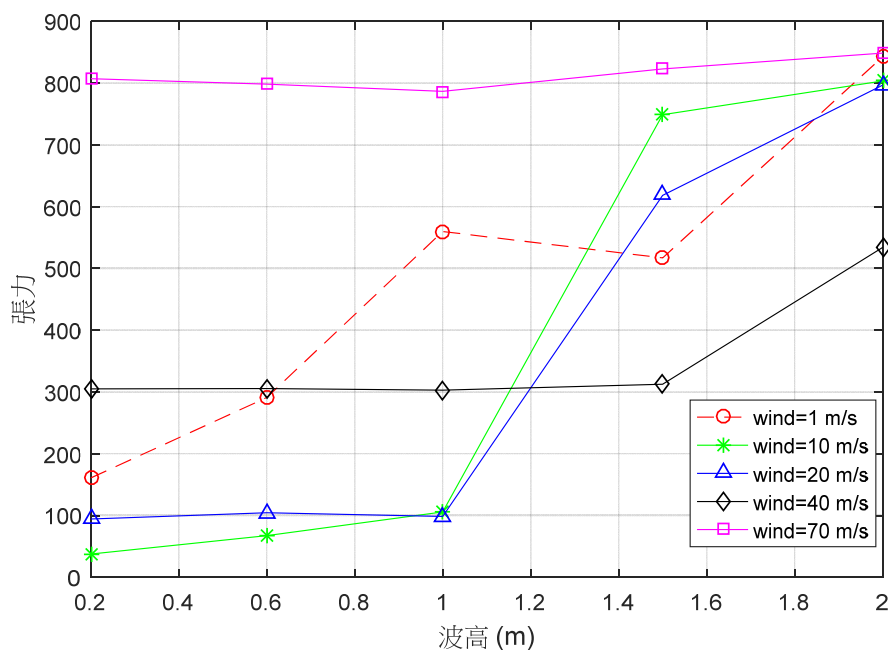


圖 6.18 散裝船繫纜繩最大受力與波高、風速關係

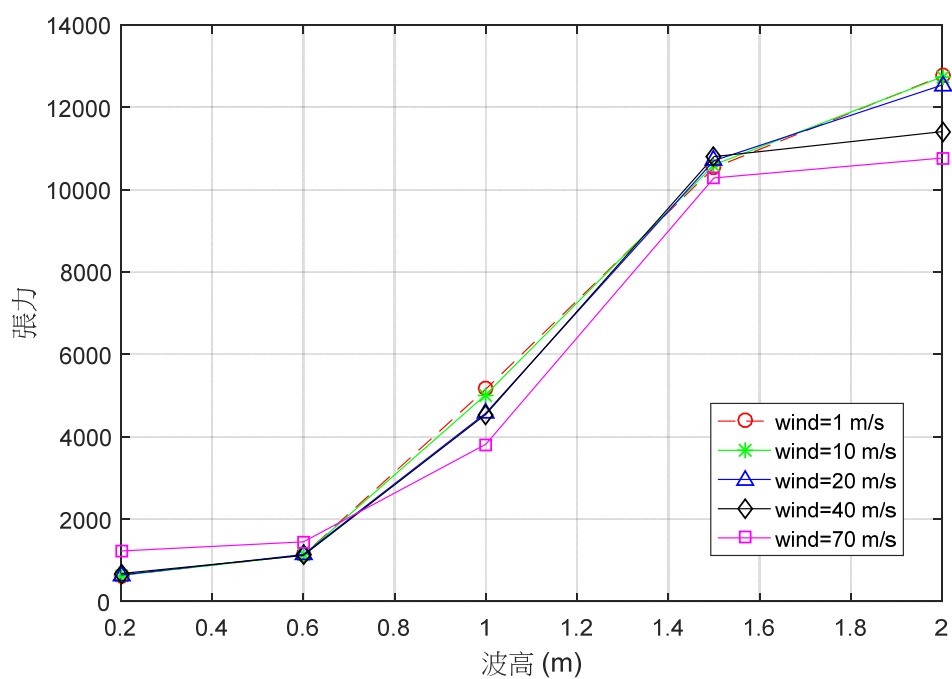


圖 6.19 滿載油輪(吃水=14.25 公尺)繫纜繩最大受力與波高、風速關係

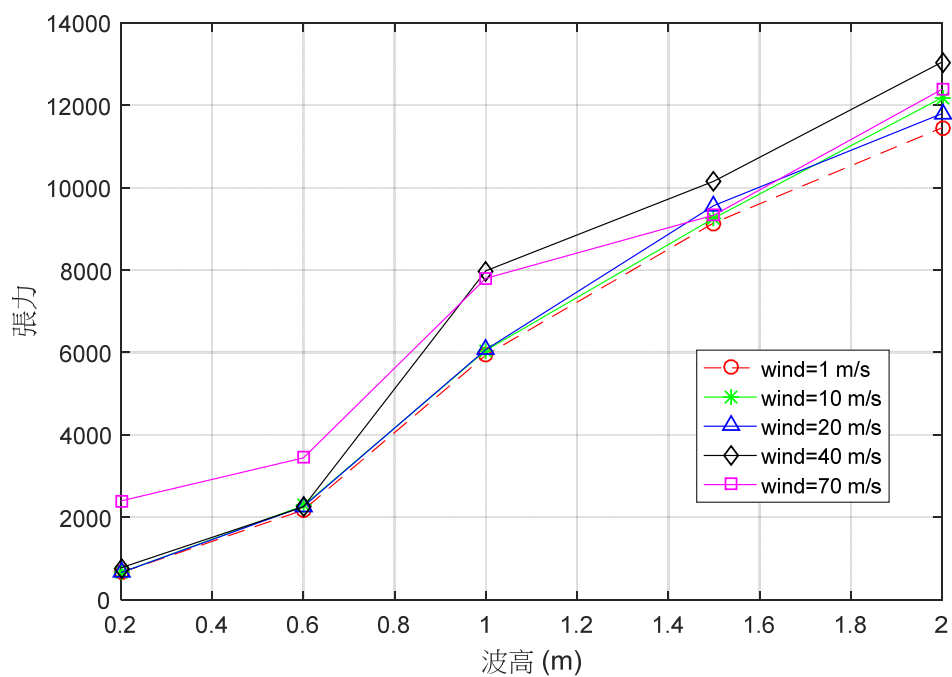


圖 6.20 裝卸過程油輪(吃水=10.00 公尺)繫纜繩最大受力與波高、風速關係

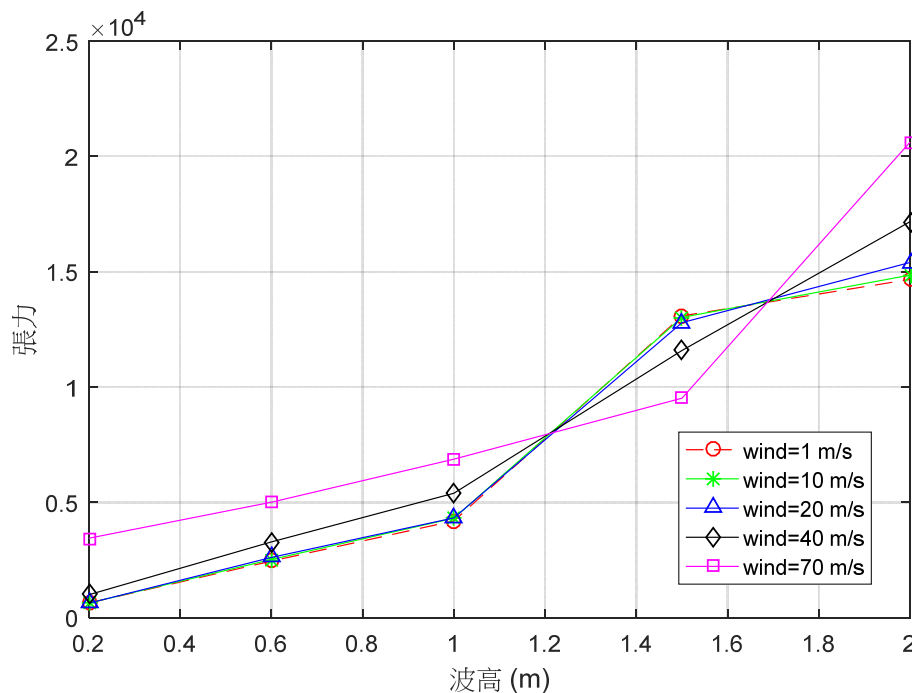


圖 6.21 空船油輪(吃水=6.00 公尺)繫纜繩最大受力與波高、風速關係

圖 6.22~圖 6.25 分別為散裝船、滿載油輪(吃水=14.25 公尺)、裝卸過程油輪(吃水=10.00 公尺)與空船油輪(吃水=6.00 公尺)，在警戒燈號為紅燈(張力大於破斷力的 70%)，風向、風速與波高的統計特性。

針對散裝船所模擬的 400 組條件，當繫纜張力達到紅色警戒(70% 破斷力=560kN)，分析所有風向與浪高統計特性。在上述條件下，離岸風(東風)的警戒數目略多於向岸風(西風)，但無非常明顯趨勢(圖 6.22)。主要原因為在波浪達 2 公尺時，警戒燈號數量占大多數，此時代表波浪主宰警戒燈號，風速大小為次要因子。若進一步將波浪條件設為小於 1 公尺條件下，此時可以發現 70m/s 以上的強風，有非常明顯的方向性(圖 6.23)。警戒燈號多數落在東北、東與東南風。綜合上述統計特性，散裝船在大浪條件下(波高>1.5 公尺)，多數警戒燈號由大浪所造成，此時風向變化為次要因子。若在波高 1 公尺以下時，且強風 (70m/s)以上的條件，此時波浪作用力為次要因素，警戒燈號與風向呈現高度相關性，此時需特別注意離岸風。

圖 6.24 為針對滿載油輪所模擬 400 組條件，挑選張力達到紅色警戒(70%破斷力=7,000kN)，分析所有風向與浪高統計特性。在上述條件下，風速與方向對於警戒燈號幾乎無相關性，主要因為大型油輪的纜繩受力，波浪水動力的作用約大於風速的 10 倍，即波浪為主宰因子，風速為次要因素。另此部分與實驗觀測到的現象一致。油輪在波高大於 1.5 公尺以上，需特別注意，警戒數量急速上升。

圖 6.25 為模擬油輪繫纜繩老舊，其破斷力自原始 10,000kN 下降至 1,000kN 的條件下，模擬在港內波高不大但遭遇強風吹襲的情境(波高小於 0.5 公尺，風速大於 70 公尺/秒)，此時可發現風向與警戒燈號則呈現高度相關。

散裝船警戒燈數量與波高、風速、風向關係

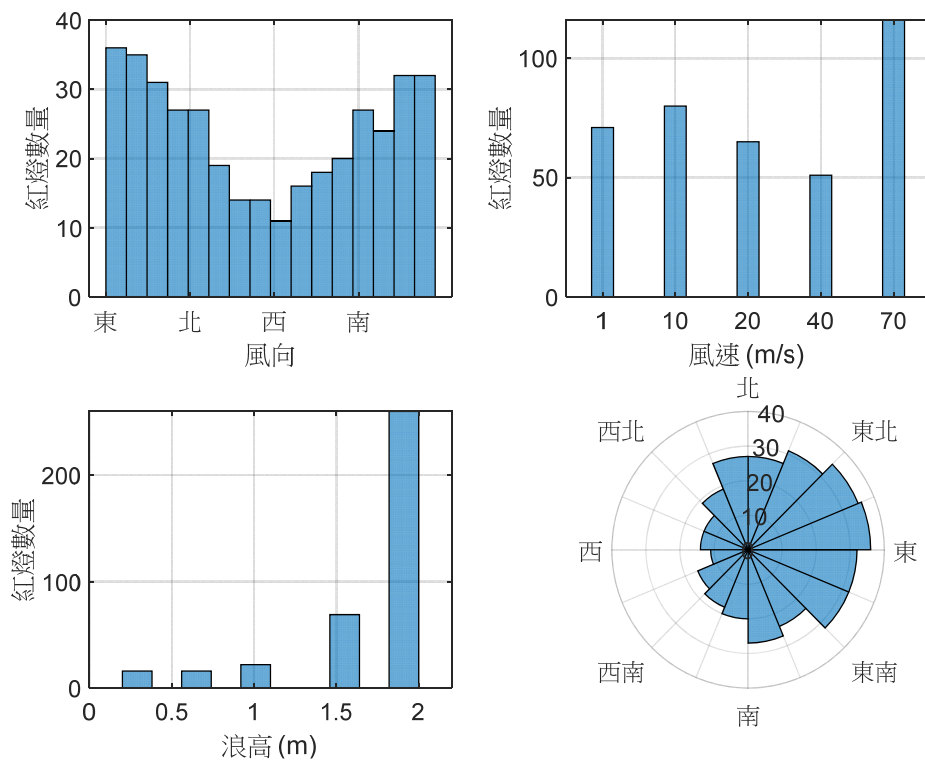


圖 6.22 篩選破斷力>560kN，波高大於 0.2 公尺，風速大於 1m/s

散裝船警戒燈數量與波高、風速、風向關係

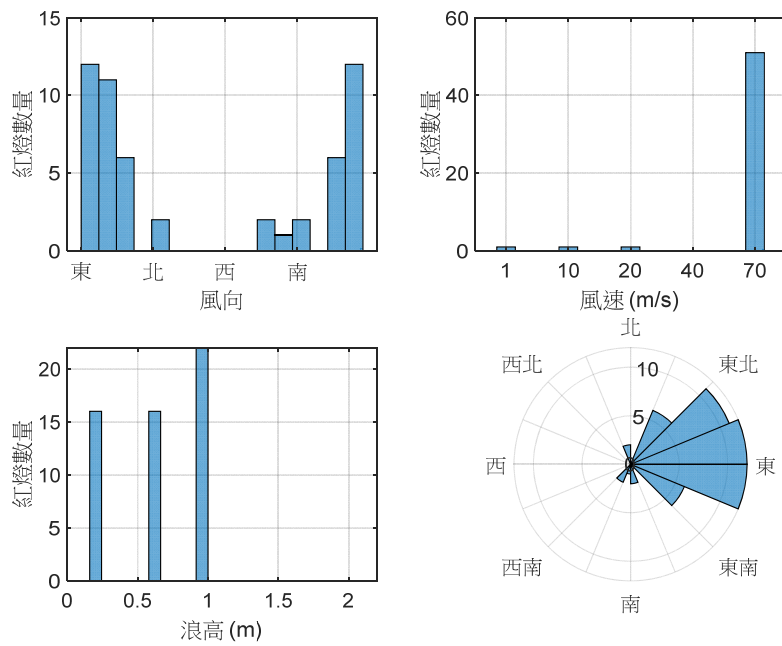


圖 6.23 篩選破斷力>560kN，波高小於 1 公尺，風速大於 70 公尺/秒

滿載油輪警戒燈數量與波高、風速、風向關係

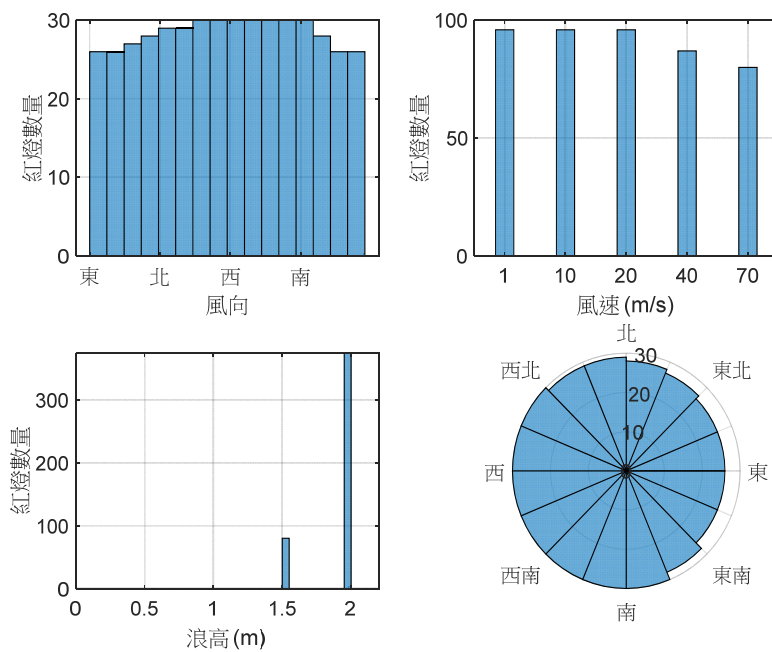


圖 6.24 篩選破斷力>7,000kN，波高大於 0.2m，風速大於 1m/sec

滿載油輪警戒燈數量與波高、風速、風向關係

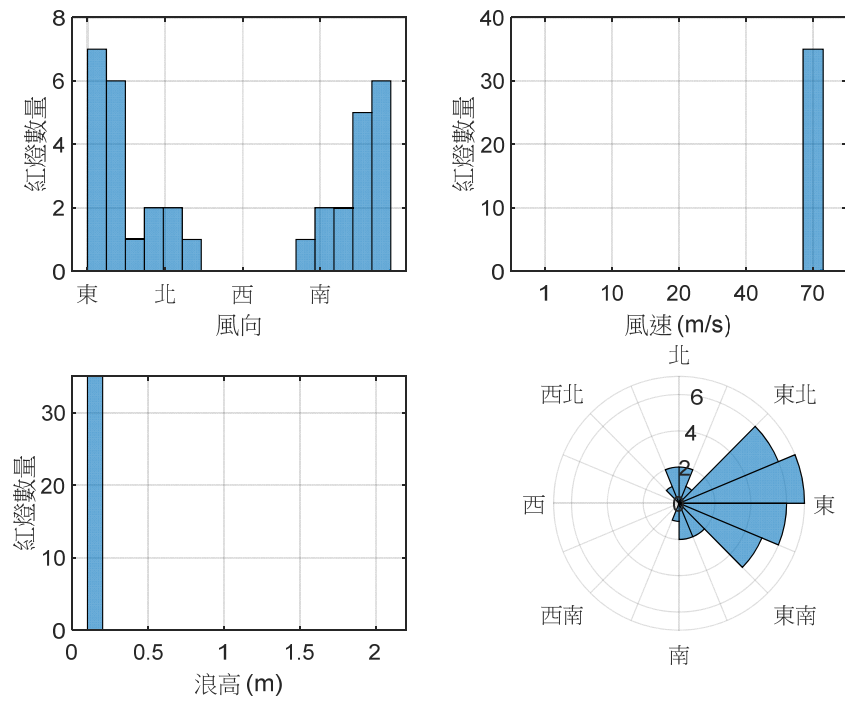


圖 6.25 模擬繫纜老舊，破斷力=1,000kN。波高小於 0.5m，風速大於 70m/sec



## 第七章 預警模式建立與教育訓練

當不同情境數值模擬完成後，相關預警系統之架構將基於模擬數據之資料庫建置之，說明如下；

### 7.1 繫纜資料庫與展示介面建置

完成上述情境數值模擬後，預警系統將模擬情境之數值與其得到之艀纜、艀橫纜、艀倒纜、艀倒纜、艀橫纜、艀纜等受力值存入資料庫中，建立各纜繩情境受力資料庫。

使用者僅須透過介面選擇情境條件，如：選擇船型，即會帶出船長(m)、船寬(m)、乾舷高度(m)、吃水深度(m)、船舶指向(degree)等重要數值；選擇碼頭，即會帶出水深(m)、與碼頭距離(m)、與碼頭樁高度(m)、貨櫃高度(m)、繫纜破斷力(kN)等數值；選擇環境時間，即會帶出未來三小時之波高(m)、潮汐潮位(m)、風速(m/s)、風向(degree)、波浪週期(sec)等模擬氣象資訊，憑藉這些參數，即可推算各纜繩受力情況，藉以提出紅、黃、藍、綠等四種危險程度給予使用者預警預測。

以下詳述執行方案：

#### 1. 資料庫之建置

資料庫建置將採用MySQL RDB、InnoDB engine，因每筆為獨立的資料，故僅設立表格BoatKN紀錄船舶、碼頭、環境等相對應的模擬受力資料，無設立關聯表格，但因船舶之船長、船寬、乾舷高度、吃水深度、船舶深度與碼頭資訊之水深、繫纜破斷力、船與碼頭相對距離、倒纜孔與碼頭樁相對高度、貨櫃高度與環境資訊之波高、波浪週期、風速、風向、潮汐潮位等參數同值將會有相同的艀纜、艀橫纜、艀倒纜、艀倒纜、艀橫纜、艀纜之受力，故為避免人為疏失輸入重複之資料，故將參數組合設定為「多重唯一鍵」，以防止重複參數之輸入，並設定為索引鍵，加快搜尋速度，表格架構如表7-

1所說明。

表7-1預警模式之資料庫架構

| 欄位名稱 | 欄位說明              | 欄位型態          |
|------|-------------------|---------------|
| id   | 流水序號              | Int           |
| L1   | 艏纜 1-1 之受力        | DECIMAL(10,2) |
| L1_2 | 艏纜 1-2 之受力        | DECIMAL(10,2) |
| L2   | 艏橫纜 2 之受力         | DECIMAL(10,2) |
| L3   | 艏倒纜 3 之受力         | DECIMAL(10,2) |
| L4   | 艏倒纜 4 之受力         | DECIMAL(10,2) |
| L5   | 艏橫纜 5 之受力         | DECIMAL(10,2) |
| L6   | 艏纜 6-1 之受力        | DECIMAL(10,2) |
| L6_2 | 艏纜 6-2 之受力        | DECIMAL(10,2) |
| SL   | 船長，單位:公尺          | Int           |
| SW   | 船寬，單位:公尺          | Int           |
| FB   | 乾舷高度，單位:公尺        | Int           |
| QWH  | 水深，單位:公尺          | Int           |
| HDQ  | 倒纜孔與碼頭樁相對高度，單位:公尺 | Int           |
| CA   | 貨櫃高度，單位:公尺        | Int           |
| SQD  | 船與碼頭相對距離，單位:公尺    | Int           |
| IAN  | 船艏指向              | Int           |

表7-1預警模式之資料庫架構(續)

| 欄位名稱       | 欄位說明                                                                           | 欄位型態          |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| TC         | 繫纜破斷力，單位:KN                                                                    | Int           |
| HS         | 波高，單位:公尺                                                                       | DECIMAL(10,1) |
| TS         | 波浪週期，單位:秒                                                                      | DECIMAL(10,1) |
| WS         | 風速，單位:公尺/秒                                                                     | DECIMAL(10,2) |
| WD         | 風向，數值型態                                                                        | DECIMAL(10,2) |
| TE         | 潮汐潮位，單位:公尺                                                                     | DECIMAL(10,2) |
| HD         | 吃水深度，單位:公尺                                                                     | DECIMAL(10,1) |
| fromSource | 資料來源。<br>S: 由數值模擬推算，<br>D: 由歐幾里得距離演算法推算，<br>M: 由曼哈頓距離演算法推算，<br>C: 由餘弦相似度演算法推算。 | VARCHAR(1)    |

## 2. 預設情境之決定

資料庫建置後，預警系統將提供介面予使用者選擇相關情境條件，根據條件決定對應之纜繩最大受力。

在船舶資訊部分，目前提供選擇的船型有散裝船、油輪(滿載、裝卸過程、空船)；碼頭目前以高雄港為示範場域，因此資訊提供選擇的碼頭為高雄港；模式的環境外力已介接至本中心的環境資訊，提供選擇的環境時間為未來一至三小時，。另提供全手動與預設測試環境數據(50年颱風重現期)做為示範，如表7-2。

表7-2預警模式之預設情境數據

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| 船舶資訊-散裝船    |                 |
| 船長          | 103 m           |
| 船寬          | 16 m            |
| 高度          | 15 m            |
| 吃水深度        | 6.6 m           |
| 碼頭資訊-高雄港    |                 |
| 水深          | 20 m            |
| 繫纜破斷力       | 800 kN          |
| 船與碼頭相對距離(X) | 5 m             |
| 倒纜孔與碼頭樁相對高度 | 5 m             |
| 貨櫃高度        | 10 m            |
| 環境資訊-測試情境   |                 |
| 風速          | 70 m/s          |
| 風向          | 180 degree (東風) |
| 波高          | 2 m             |
| 波浪週期        | 14 sec          |

### 3. 纜繩最大受力值之推估

因已將數據模擬N種情境下纜繩所承受之最大力之數值建入資料庫中，因而使用者可透過介面輸入相關數值後，取得相同情境下之模擬承受力。雖能以數據模擬出N種情境下之承受力，然仍無法

涵蓋所有可能之情境，因此若使用者輸入之情境尚未被資料庫所涵蓋，則將使用機器學習中之「最近鄰搜索演算法」取得相似情境下之承受力，以推擬該未知環境之最大受力，並將此情境傳回至資料庫，並註明該筆運算資料由何種演算法求得，藉此擴充資料庫，使得下次相同情境下，可直接進入資料庫取得資料，加速預警結果之回傳。

最近鄰搜索(Nearest neighbor search, NNS)常用於分類或回歸中，其分類乃採用特徵多維向量空間的訓練點，相同類別的訓練點，彼此的相似度高，即彼此於向量空間中的距離相近；此演算法常用於推薦系統(Recommendation Systems)中的基於使用者之協同過濾(User-Based Collaborative Filtering)，其使用方式為建立使用者之喜好矩陣，計算目標使用者與所有使用者間的喜好矩陣之空間距離，搜索與目標使用者空間距離相鄰最相近之使用者，以該相似使用者喜好之項目推薦予目標使用者，以此填補缺漏之空間維度。因此，本計畫乃基於此概念，採用此方式，若於資料庫中尚未建立目標情境，則以最近鄰搜索之方法，以鄰近相似情境之最大受力，推估目標情境之最大受力。

而最近鄰搜索計算距離的方式繁多，常見的計算方式有：歐幾里德距離(Euclidean Distance)(Deza 等人，2009)、曼哈頓距離(Manhattan Distance)(Eugene，1987)、餘弦相似度(Tan 等人，2005)，前兩者越接近0代表距離越近、越相似，餘弦相似度越接近1，代表兩者向量夾角越接近0度、代表越相似；歐幾里德距離乃是空間維度中兩點的直線距離；曼哈頓距離為兩點的「街區」距離，非直線距離；餘弦相似度的概念為衡量兩個向量方向的差異。

當數據向量分別為 $x_i$ (目標向量)、 $x_j$ (相似向量)，空間維度為 $n$ ，因此向量分別為： $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ 、 $x_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jn})$ ，則公式分別如下：

$$\text{歐幾里德距離：} d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \dots\dots\dots (7.1)$$

$$\text{曼哈頓距離：} d(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}| \dots\dots\dots (7.2)$$

$$\text{餘弦相似度：} \cos(x_i, x_j) = \frac{\sum_{k=1}^n x_{ik} x_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{ik}^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n x_{jk}^2}} \dots\dots\dots (7.3)$$

#### 4. 介面呈現

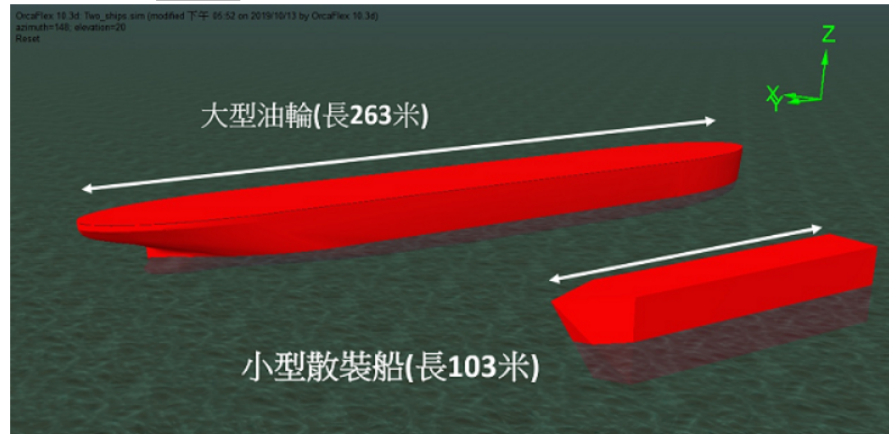
介面將以Web Application呈現，使用者將可不受限於作業系統、軟體等形式使用預警系統；除此之外，由於目前智慧型設備的普及，為方便使用者可隨時隨地使用任何設備使用預警系統，將使用Responsive Web Design (RWD)技術，使預警系統除可使用電腦之網頁瀏覽器外，亦可於港內外等無法使用電腦之情況下，透過手機使用預警系統，並透過新穎的RWD網頁技術，使得介面可以自適應於任何尺寸之設備，使用者可依據情境之不同而輸入不同條件，點選「計算」按鈕，方會出現計算結果。經過多次會議討論、修改，為貼近使用者習慣，將版面進行調整改善，修改後的電腦版介面之雛型概念呈現如圖7.1。 ，

除船舶資訊、碼頭資訊、環境資訊等三大塊之參數輸入改以選項選擇、帶出數值外，亦針對版面編排進行微調，而八條繫纜之受力，則以紅、黃、藍、綠燈號呈現危險程度給予警告，紅燈標準為 $0.7T_B \leq T_m$ 、橘燈為 $0.4T_B \leq T_m < 0.7T_B$ 、藍燈為 $0.1T_B \leq T_m < 0.4T_B$ 、綠燈則為 $T_m < 0.1T_B$ ，條件標準目前採經驗定立，可再依使用者或實際情況調修。

## 船舶資訊

選擇船型: 小型散裝船 ▼

|      |         |     |       |         |    |
|------|---------|-----|-------|---------|----|
| 船長   | 103.00  | m   | 船寬    | 16.00   | m  |
| 高度   | 15.00   | m   | 吃水深度  | 6.60    | m  |
| 重量   | 8800.00 | ton | 繫纜破斷力 | 1200.00 | kN |
| 貨櫃高度 | 10.00   | m   |       |         |    |



## 碼頭資訊

選擇碼頭: 高雄港-中島商港區45號 ▼

|             |       |   |          |      |   |
|-------------|-------|---|----------|------|---|
| 水深          | 20.00 | m | 船與碼頭相對距離 | 5.00 | m |
| 倒纜孔與碼頭樁相對高度 | 5.00  | m |          |      |   |



圖7.1 手機版船舶繫纜預警系統介面

# 環境資訊

選擇時間: 未來三小時 ▾

|    |      |     |      |         |
|----|------|-----|------|---------|
| 風速 | 6.08 | m/s | 風向   | 西北      |
| 波高 | 0.8  | m   | 波浪週期 | 5.7 sec |
| 風速 | 6.96 | m/s | 風向   | 西北      |
| 波高 | 0.95 | m   | 波浪週期 | 6.1 sec |
| 風速 | 8.1  | m/s | 風向   | 西北      |
| 波高 | 1.05 | m   | 波浪週期 | 6.8 sec |

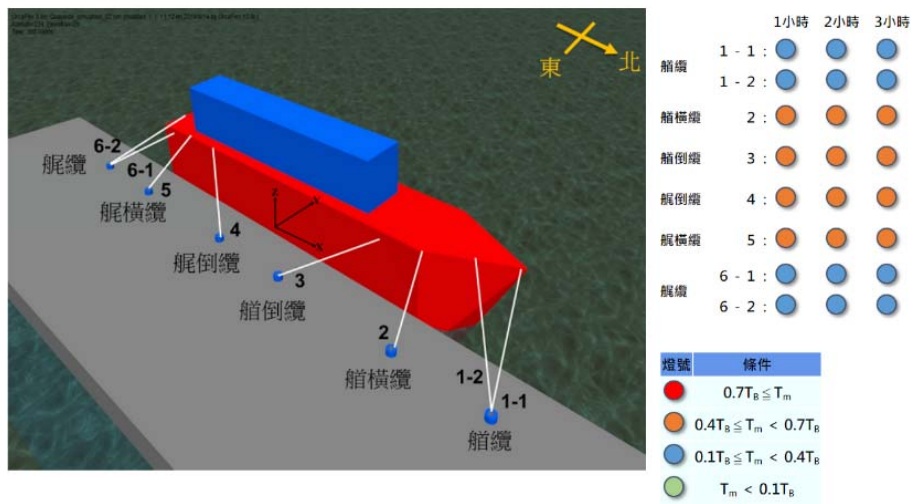


圖7.1 手機版船舶繫纜預警系統介面(續)

## 7.2 教育訓練

本計畫經由不同情境數值模擬大批次之綜合演算分析成果，相關預警模式乃進一步架構於模擬數據建置之資料庫。為能讓未來使用者對於該預警系統有進一步了解，於108年11月5日於臺灣港務股份有限公司-高雄港務分公司舉行教育訓練，課程內容如圖7.2所示，上課情形如圖7.3所示。

該課程結束後，高雄港務分公司同仁表示該系統將有助於未來



港公司管理船停靠碼頭的安全性，並針對可能產生斷纜的情境提出警戒，供船東參考。然因是執行約九月之研究計畫成果，所建立之預警模式仍存有未盡規劃縝密詳盡之處，此次與船舶和港埠管理單位等之講習溝通與經驗分享，獲得具體及實務操作的建議，使初建的預警模式可有更完整的呈現與精進，以增加研究成果之實用性。

### 船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬 教育訓練議程表

一、時間：2019 年 11 月 15 日 星期五

二、地點：臺灣港務股份有限公司-高雄港務分公司 / 高雄市鼓山區蓬萊路 10 號

| 時間                     | 行程                                           | 備註                                    |
|------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| 09:45-10:00<br>(15 分鐘) | 現場簽到                                         |                                       |
| 10:00-10:20<br>(20 分鐘) | 【課程一：國內外斷纜事件探討與分析】<br>講師：楊瑞源副教授/成大水利及海洋工程學系  | 斷纜歷史事件蒐集與分享，分析斷纜可能原因與因應方式             |
| 10:20-11:00<br>(40 分鐘) | 【課程二：繫纜受力模擬與實驗方法介紹】<br>講師：許文陽研究員/財團法人工業技術研究院 | 簡介船舶繫纜理論、數值架構與實驗驗證。                   |
| 11:00-11:10<br>(10 分鐘) | 休息時間                                         |                                       |
| 11:10-11:30<br>(20 分鐘) | 【課程三：船舶繫纜預警系統介面操作】<br>講師：許文陽研究員/財團法人工業技術研究院  | 介紹資料庫與展示介面建置。電腦版及手機版之船舶繫纜預警系統介面操作與說明。 |
| 11:30-12:00<br>(30 分鐘) | 詢答及經驗交流分享                                    |                                       |

圖7.2 教育訓練課程表



圖7.3 教育訓練上課情形



## 第八章 結論與建議

本研究計畫中有關不同情境船舶受力分析與船舶繫纜力分析係藉由 ANSYS AQWA，及 Orcina OrcaFlex 等套裝數值模擬輔予 1/50 等比縮尺之風浪船舶互制靠泊試驗研究校驗比較後進行探討，總共進行了兩種船型(油輪及散裝船)共 1,600 個不同情境狀況下之模擬分析。同時亦針對斷纜事件做探討分析與研擬船舶之繫纜方式。綜整以上研究所獲之成果，乃進一步建立了預警模式。總結本計畫所獲得之結論及對未來之研究方向建議如下：

### 8.1 結論

1. 完成不同船型(散裝船與油輪)在不同情境下的水動力計算。其中，油輪考慮滿載、裝卸過程與空船三種不同吃水條件。數值計算結果與實驗進行自由衰減比對，比較共振週期的誤差，其中 heave 與 pitch 方向誤差在 20%以內。在考量縮尺效應與數值理論架設等差異，誤差範圍屬可接受範圍。
2. 完成不同船型(散裝船與油輪)在不同情境下的繫纜繩張力分析。依據不同船型的繫纜繩材料特性進行數值計算，並與實驗進行比對驗證，兩者趨勢一致，但張力差異較大，各繫纜繩張力差異約為 0.1~2.3 倍。
3. 根據數值計算不同情境下的繫纜繩受力，散裝船的繫纜繩張力同時隨著波浪與風增強，明顯增加。因此，散裝船的警戒燈號數量多數落在大浪(波高兩公尺)，此時風向的變化對於警戒燈號無明顯關係。若進一步篩選波高小於 1 公尺的浪高，此時強風(風速大於 70 公尺/秒)對於警戒燈號有明顯的方向性，東北、東與東南風等離岸風為主要造成警戒燈號的風向。

4. 油輪繫纜繩張力大小主要隨著波高增加，波浪造成張力上升的幅度遠大於風速增強所造成的效應。另外可明顯發現，隨著吃水變淺船種變輕，因船體運動幅度增加，因此繫纜繩受力也隨著增加。油輪在波高大於 1.5 公尺以上，警戒數量急速上升，需特別注意。另外，當假設油輪繫纜繩老舊，其破斷力自原始 10,000kN 下降至 1,000kN 的條件下，港內波高不大但遭遇強風吹襲的情境時(波高小於 0.5 公尺，風速大於 70 公尺/秒)，此時風向與警戒燈號則呈現高度相關。
5. 一般來說，造成船舶繫泊破壞可分為三大因素即泊位的地域位置與海況、船舶自身因素(如船舶體積龐大、受風面積大、纜繩破舊、老化、繫纜強度不足、受力不均等)、人為因素(如值班人員疏忽、安全巡檢不到位、未及時根據潮水漲落與裝卸情況調整繫泊鬆緊)等。而船舶所受外在海況環境常見之實際斷纜情況則是以湧浪、強風及急流等三個影響因素中任意兩者或是三者疊加導致斷纜。
6. 為期改善船舶斷纜發生機率之發生，相關繫纜方式可依改善繫纜受力情況、預防風中漂移、減輕纜繩磨損及降低瞬荷載發生與加強值班等來構思預防斷纜相關措施。
7. 完成船舶繫纜繩警戒介面建置。該介面分為船舶資訊、港口資訊與環境外力資訊。介面可依使用者需求自動填入預設參數或提供使用者手動輸入參數。其中，環境資訊與本中心海氣象預報資料介接，可提供未來三小時的船舶繫纜預警資訊。
8. 所建立之預警模式仍存有未盡規劃縝密詳盡之處，在藉由與臺灣港務股份有限公司-高雄港務分公司之講習溝通與經驗分享，透由教育訓練之舉辦，給予更多具體及實務操作的建議，使初建的預警模式可有更完整的呈現，以增加研究成果之實用性。

## 8.2 建議

1. 根據臺灣港務公司提供資料，國內發生斷纜事件最數量最多為高雄港，繫纜形式包含碼頭繫纜與浮筒繫纜。本期計畫(108 年度)「船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬」，已發展一套船舶繫纜受力數學模型，且與實驗交互驗證比對良好。透過該模式建立的繫纜資料庫，可針對特定船型停靠於特定碼頭進行未來 3 小時斷纜預警。然而，該系統目前僅能針對散裝船與油輪等船型，以及特定碼頭進行預警，無法廣泛應用於高雄港其他碼頭與不同船型。因此，後續計畫可進一步蒐集斷纜事件機率高的船型(如貨櫃船、雜貨船、油輪等)與其繫纜種類，建立參數群並進行因次分析，找出可代表廣泛船型的水動力與繫纜系統，以斷纜事件機率高的船型以及通用船型，搭配合適的繫纜方式計算港內各碼頭繫纜警戒張力，增加模擬不同船型的適用性。此外，亦可分析高雄港水深地形資料，作為港內各碼頭遮蔽係數數值計算的輸入條件，建立與海象預報連動的動態資料庫，提供繫纜預警系統環境外力自動輸入。

2. 由於船舶靠泊繫纜其繫纜繩受外在環境負載所衍生之張力為十分複雜的計算過程，目前本研究已完成基礎架構，可初步提供使用者針對特定船型與港口泊位進行繫纜預警。然因港內停靠船之類型眾多、採用繫纜繩老舊程度不一、停靠泊位也不同。因此，預警介面自動化為未來主要方向，方能提高使用者的意願與方便管理者使用。惟要能夠達到預警介面自動化，預計仍有數個需克服的技術及未來需進行之研究議題，分別為：

- (1)船舶斷纜預警模式之精進系統(如自動化、垂直壁反射)，
- (2)失效模式與效應分析(斷纜後影響範圍)，
- (3)船舶斷纜預警模式特殊情境模擬(繫纜疲勞、陣風效應、部分斷纜)，
- (4)繫纜輔助系統評估(阻尼器、張力維持器等)。

### 8.3 成果效益及應用情形

本研究旨在建立一套船舶斷纜預警系統及提供建議之繫纜方式供使用單位參考。在經由斷纜事件做探討分析與研擬船舶之繫纜方式後，乃進一步進行不同情境船舶受力分析與船舶繫纜力分析，並藉由 ANSYS AQWA 及 Orcina OrcaFlex 等套裝數值模擬輔予 1/50 等比縮尺之風浪船舶互制靠泊試驗研究校驗比較後進行探討。經由水工模型試驗校驗後之數值模擬，以兩種船型(散裝船、油輪)分別在風速(5 組)、風向(16 組)、波浪(5 組)及吃水深(4 組)進行共 1,600 個不同情境之船舶受力與船舶繫纜力之數值模擬分析。所獲之成果資料庫乃建立了預警模式，該預警模式整合了船舶資訊、碼頭資訊、環境資訊及繫纜斷裂警示燈號。

而此預警模式所衍生之成果效益及可達之應用情形乃為完成船舶繫纜繩警戒介面建置。該介面整合船舶資訊、港口資訊與環境外力資訊。介面可依使用者需求自動填入預設參數或提供使用者手動輸入參數。另其中環境資訊並可與本中心海氣象預報資料介接，已可提供未來三小時的船舶繫纜預警資訊。此外透由與臺灣港務股份有限公司-高雄港務分公司之講習溝通與經驗分享，給予更多具體及實務操作的建議，已使初建的預警模式可有更完整的呈現，及更具實務應用之可行性。

## 參考文獻

1. 劉順能、邱逢琛、梁乃匡，風浪作用下之繫泊船舶運動及繫纜力之統計分析。海洋工程研討會，第十屆，1988，pp. 435-462。
2. 洪憲忠等，潮流、波浪對船舶運動、繫纜受力之偶和效應研究，基本研究，臺灣省交通處港灣技術研究所。1988。
3. 邱永芳、洪憲忠、江金德、張金機，噴水浮式防波堤之消波特性及繫纜受力探討。海洋工程研討會論文集，第 18 屆，1996，pp. 350-359
4. 李焱、鄭寶友、高峰、孟祥瑋(2007)，浪流作用下繫泊船舶撞擊力和繫纜力試驗研究，海洋工程，Vol. 25，pp. 57-63
5. 蔣慶、葛宏徵、謝鵬(2007)，船舶類型及噸位因素對船舶繫纜力的影響。水運工程，第 9 期 總第 407 期，pp.51-59
6. 彭詠耕、邱逢琛(2008)，環境外力作用下繫纜船舶之非線性反應分析。
7. 方銘川、陳韻茹(2008)，繫泊船舶在浪流作用下之動態模擬。中國造船暨輪機工程學刊，27(4)
8. 船舶運動數值模式建立之研究(四)，民國 98 年，交通部運輸研究所。
9. 港灣構造物設計基準，民國 100 年，交通部運輸研究所。
10. 孟祥瑋、高學平、張文忠、姜雲鵬(2011)，波浪作用下船舶繫纜力的計算方法。天津大學學報，第 44 卷第 7 期，pp. 593-596
11. 邱逢琛、蔣德普、洪憲忠，蘇澳港防波堤改善工程規劃，第八子計畫，進出港操船及繫纜船舶運動計算系統之研究，省交通處基隆港務局蘇澳港分局。1997。

12. 孟祥瑋、高學平、張文忠、姜云鵬，波浪作用下船舶繫纜力的計算方法。天津大學學報，第 44 卷第 7 期，2011，pp. 593-596
13. 蕭冠宇、陳信宏、黃文財、江文彬、黃國書，「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫委託技術服務工作水工模型試驗」，成大水工試驗所研究報告第 455 號，2011 年。
14. 邱永川、周良勳、陳文俊、吳佳璟，紫外線曝曬對壓縮負載下的圓筒形橡膠防舷材靜態及周次行為影響研究。海洋工程研討會，39 屆，2017，pp. 273-278
15. 財團法人中國驗船中心，鋼船建造與入級規範。2018，第 II 篇第 25 章。
16. 蔡立宏、羅冠顯、曾俊傑，「106 年國際商港海氣象觀測與特性分析」，交通部運輸研究所研究報告 (106-37-7610，MOTC-IOT-106-H2DA001a)，2018。
17. 洪維屏、蔡立宏、吳南靖、魏志強、蔡如正、吳冠德，「風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估」，交通部運輸研究所報告，MOTC-IOT-107-H2DB001e，2019。
18. Eugene F. Krause. Taxicab Geometry. Dover, ISBN 978-0-486-25202-5, 1987.
19. "Proceedings of 1990 SSPA-CTH-IIHR Workshop on Ship Viscous Flow", Larsson, L., Patel, V.C., Dyne, G., Research Report No 2, FLOWTECH International AB, Gothenburg, June 1991.
20. The Oil Companies International Marine Forum (OCIMF) Mooring Equipment Guidelines, 1992
21. P.-N. Tan, M. Steinbach & V. Kumar, "Introduction to Data Mining". Addison-Wesley, ISBN 0-321-32136-7, 2005, chapter 8; page 500.
22. Unified Facilities Criteria, Design: Moorings. UFC 4-159-03, 2005.



23. Deza, Elena; Deza, Michel Marie. Encyclopedia of Distances, Springer. 2009: 94.
24. Akers R, Why Good Mooring Systems Go Bad Fatigue Factors in Mooring Systems for Floating Offshore Wind Turbines, Maine Marine Composites, 2015.
25. H. Korte S. Stuppe J.-H. Wesuls T.Takagi, 2017” The Inertia Value Transformation in Maritime Applications”, In book: Kinematics Chapter: 2. Intech OpenDOI: 10.5772/intechopen.71445
26. Villa-Caro, Raúl, and Carral, Juan Carlos, and Fraguera, José Ángel, and López, Mario, and Carral, Luis, "A review of ship mooring systems.", 2018.
27. Orcina Orcaflex, “Manual Version 10.3c,” Orcina Ltd., 2019, Cumbria, UK.
28. Optimoor - Mooring Analysis Software,  
(<https://www.tensiontech.com/software/optimoor>)



## 附錄一

### 防颱作業規定



## 風災緊急應變作業程序

中華民國 106 年 7 月 28 日訂定

### 一、依據

#### (一) 災害防救法

- 1、第 14 條：災害發生或有發生之虞時，為處理災害防救事宜或配合各級災害應變中心執行災害應變措施，災害防救業務計畫及地區災害防救計畫指定之機關、單位或公共事業，應設緊急應變小組，執行各項應變措施。
- 2、第 19 條：公共事業應依災害防救基本計畫擬訂災害防救業務計畫，送請中央目的事業主管機關核定。

#### (二) 災害防救法施行細則

- 1、第 3 條：本法所稱公共事業，指經中央目的事業主管機關指定之大眾傳播事業、電業、自來水事業、電信事業、公用氣體燃料事業、石油業、運輸業及其他事業。
- 2、第 12 條：災害應變中心指揮官依本法第 31 條第一項規定實施相關事項時，應指定相關機關（單位）執行之。

#### (三) 海洋污染防治法

- 1、第 11 條：各類港口管理機關應依本法及其他相關規定採取措施，以防止、排除或減輕所轄港區之污染。各類港口目的事業主管機關，應輔導所轄港區之污染改善。
- 2、第 32 條：船舶發生海難或因其他意外事件，致污染海域或有污染之虞時，船長及船舶所有人應即採取措施以防止、排除或減輕污染，並即通知當地航政主管機關、港口管理機關及地方主管機關。前項情形，主管機關得命採取必要之應變措施，必要時，主管機關並得逕行採取處理措施；其因應變或處理措施所生費用，由該船舶所有人負擔。災害防救法暨施行細則。

#### (四) 商港法

##### 1、第 15 條

- (1) 商港區域內停泊之船舶，商港經營事業機構、航港局或指定機關認為妨礙船席調度或港區安全時，得指定地點

令其移泊或疏散他處停泊；未依規定移泊者，得逕行移泊。

(2) 商港經營事業機構、航港局或指定機關為維護港區秩序、疏導航運、便利作業，得對港區內小船艘數、停泊位置、行駛及作業，予以限制；必要時並得將小船移置他處停放。

(3) 船舶、浮具未經商港經營事業機構、航港局或指定機關同意，不得在港區內行駛或作業。

(4) 第一項、第二項由商港經營事業機構、航港局或指定機關執行移泊、停放所需之費用，由船舶所有人負擔。

2、第 22 條：商港區域內之船舶於颱風警報發布後，應自行加強防颱措施或依商港經營事業機構、航港局或指定機關指示移泊或出港。船舶不依前項指示移泊或出港者，得由航港局或指定機關為必要之處分。商港區域內之船舶發生災害，商港經營事業機構、航港局或指定機關得視實際情況將其拖離船席或拖出港外。

3、第 41 條：商港經營事業機構、航港局或指定機關應擬訂災害防救業務計畫，報請主管機關核定之。前項計畫應定期檢討，必要時，得隨時為之。商港區域內發生災害或緊急事故時，商港經營事業機構、航港局或指定機關得動員商港區域內各公民營事業機構之人員及裝備，並應配合有關機關之指揮及處理。商港區域內各公民營事業機構應配合商港經營事業機構、航港局或指定機關實施災害防救演習及訓練。

## 二、目的

為健全本公司之防颱應變及防救體系，強化防颱預防及發生時之緊急應變、復原等應有作為，特制定本防颱緊急應變計畫，以求有效執行預防、減災、應變、重建等災害防救各階段工作，俾能減少災害發生與生命財產損失，進而邁向港口永續經營與發展之目標。

## 三、預防措施：

(一) 颱風季節來臨前召開「防颱協調會議」，各分公司港務處

每年三月開始防颱籌備作業，訂定時間召開防颱協調會議，協調港區公民營單位作好防颱準備。

(二) 颱風季節來前做好防颱準備及溝渠疏浚工作。

#### 四、防颱組織架構

(一) 本公司轄管基隆、臺中、高雄、花蓮等四個港務分公司，負責管理、督導各分公司防颱救災業務，考量各分公司轄管港口之特性及需求，各分公司於處理颱風災害防救業務時，相關情資均應送本公司應變小組，經本公司應變小組研析，陳送召集人作為災防措施決策之參考。本公司與各分公司間之災害防救體系如下圖 2-1：

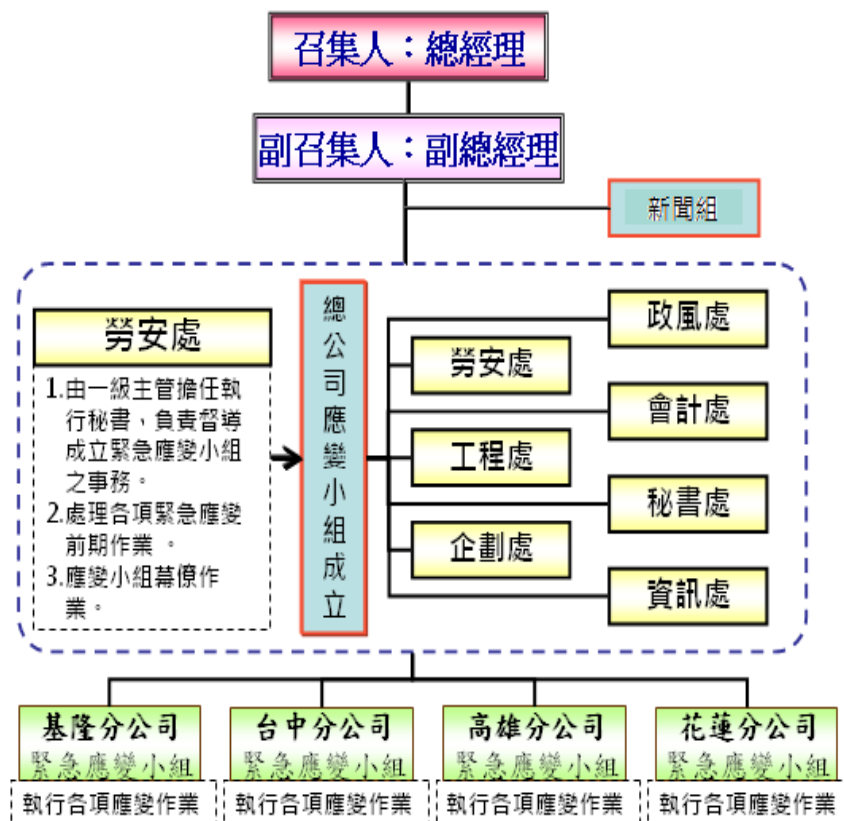


圖 2.1 台灣港務公司與各分公司間之災害防救體系

(二) 為有效處理颱風期間造成之重大災害，各分公司除依據「災害防救法」有關規定，制定相應之災害防救應變措施，及依交通部通報與管轄區域成立一級或二級「緊急應變小組」，動員執行防救災業務計畫外，本公司在嚴重災害發生或必要時，即迅速召集應變小組成員，依防災業務計畫執行各項防救應變措施。

(三) 應變小組之編組與任務如下：

1. 編組：

- (1) 總公司應變小組置召集人1人，由總經理擔任，副召集人1人，由行政副總經理擔任。另置執行秘書1至2人，由勞安處處長（副處長）及災害組主政單位處長（副處長）擔任，秘書1人，由災害組主政單位之二級主管擔任。
- (2) 各分公司緊急應變小組置召集人1人，由分公司總經理擔任，副召集人兼現場指揮官1人，由港務長擔任。另置執行秘書1至2人，由港務處處長（副處長）及勞安處處長（副處長）擔任，秘書1人，由港務處之二級主管擔任。

## 2.任務

- (1) 召集人：統一指揮、協調與整合本公司範圍內發生之事故與災害。
- (2) 副召集人：襄助召集人處理相關事務，並兼任新聞發言人。
- (3) 執行秘書：負責協處各項事務及督導各港前期之緊急應變執行；分公司港務處處長（副處長）負責綜理並督導港區緊急應變執行。
- (4) 秘書：襄理執行秘書，並執行災情之蒐集、評估、處理、彙整及報告事項與橫向協調、聯繫事宜，並擔任與上級單位之聯繫協調窗口，及應變小組行政支援相關事宜。
- (5) 新聞組：新聞發布、處理及更正事宜。並依據「交通部所屬各機關於風、水災應變中心開設期間加強新聞服務注意事項」辦理新聞服務與媒體刊登資訊提供相關事宜。

## 五、防颱準備

### （一）港區防颱預防準備

#### 1、中央氣象局發布颱風通報



總公司以簡訊及聯絡群組通報各港進行應變小組成立準備。

## 2、中央氣象局發布海上颱風警報

總公司通報各港二級開設成立防颱緊急應變小組，應變人員進駐並通報港區業者防颱準備。

## 3、中央氣象局發布陸上颱風警報

(1) 總公司通報各港一級開設成立防颱緊急應變小組，各分公司應變及主管人員進駐並通報港區業者防颱作業巡檢，並由港務長邀集港區各單位(航港局、港消、港警、海巡、漁會、海軍司令部、造船公司、承租航商業者及在建工程廠商等)進行防颱會議，會後進行港埠設施、施工機具及車船機、鷹架繫固等海陸巡檢作業。

(2) 各港務分公司邀請各航務中心，聯合執行港區船舶巡檢作業，辦理抽檢各留港船舶繫纜及船員留守應變情形。

### (二) 港區防颱宣導

1、由各分公司依港口特性研判出港作業優先順序指示出港船舶出港，不依指示出港船舶，得依商港法第22條由航港局為必要之處分。

2、由各港與各公民營單位建置防颱通報群組織Line平台進行防颱相關資訊傳遞及宣導。

## 六、颱風災害應變

### (一) 港區公民營單位防颱分工事項

#### 1、本公司

(1) 於商港區域內之船舶發生災害或緊急事故時，依商港法第22及41條規定，視實際情況得將其拖離船席或拖出港外，並動員商港區域內各公民營事業機構之人員及裝備緊急救災，及同時配合有關機關之指揮及處理。

(2) 本公司及公民營港勤拖船人員於防颱期間值勤備便，當接獲颱風災害通報時，由各分公司應變小組(港務長)指揮，協同航港局各區航務中心、引水人公會、港區警消等，進行人員救援及船舶事故

應變處理，如有重大事故並主動提高指揮層級並由總公司副總經理參與應變小組，並依防颱規定通報交通部及航港局等單位有關應變救援情況。

- (3) 港區如發生重大事故污染事件，即提高指揮層級，並設立前進指揮所並調派機具拖船支援，如涉及公權力事宜並與航港局、環保局、警消單位共同合作處理。

## 2、航港局

成立防颱應變小組，隨時處理突發之事故。

## 3、國防部海軍司令部

依據災害防救法相關規定，通報中央應變中心統一調度支援緊急救難任務。

## 4、行政院海岸巡防署

颱風期間執行海上災害事故人員救災處理。

## 5、港區內造船公司

成立防颱應變小組，隨時處理突發之事故。

## 6、行政院農業委員會漁業署

由地方政府及漁會成立防颱應變小組，隨時處理突發之事故。

## 7、承租航商及業者

成立防颱應變小組，隨時處理突發之事故。

## 8、在建工程廠商

於成立防颱應變小組，隨時待命處理突發之事故。

## (二)災情蒐集與通報

- 1、在颱風期間，本公司 24 小時對船舶繫泊碼頭動態加以監控，隨時蒐集港區任何事故及災情。

## 2、通報方式

### (1) 簡訊通報

依據交通部及本公司重大事故緊急通報程序規定辦理，總公司通報總公司長官成立或解除應變小組，各分公司通報總公司及分公司長

官各項災情及應變作為，並另行通報港區公務機關及業者各項港區重要資訊。

## (2) 傳真通報

依據交通部災害緊急通報作業要點辦理，總公司於彙整各港災情資料後，傳真中央災害應變中心並副知交通部交通動員會，各分公司於彙整該分公司災情資料後，傳真至總公司及所在航務中心。**通報頻率於有災情每小時更新一次；若無災情，每四小時更新一次。**

## (3) 災情網路填報系統

總公司彙整各港災情資料後，於交通部災情網路填報系統通報。通報頻率於有災情每小時更新一次；如無災情，每四小時更新一次。

## (4) 交通部海空運主管群組(Juiker)及 TIPC 主管群組(Juiker)通報平台

總公司彙整各港災情資料後，於交通部海空運主管群組(Juiker)及 TIPC 主管群組(Juiker)通報平台通報。

## (5) 臺灣港務公司緊急應變通報群組(LINE)通報平台

各分公司彙整各港災情資料，於臺灣港務公司緊急應變通報群組(LINE)通報平台通報，供總公司災情資料彙整。

## (6) 各港與各公民營單位建置防颱通報群組織 Line 平台

各公民營單位發生災情資料，於各公民營單位防颱通報群組織 Line 平台通報，由各分公司災情資料彙整陳報。

## 3、通報流程如下：

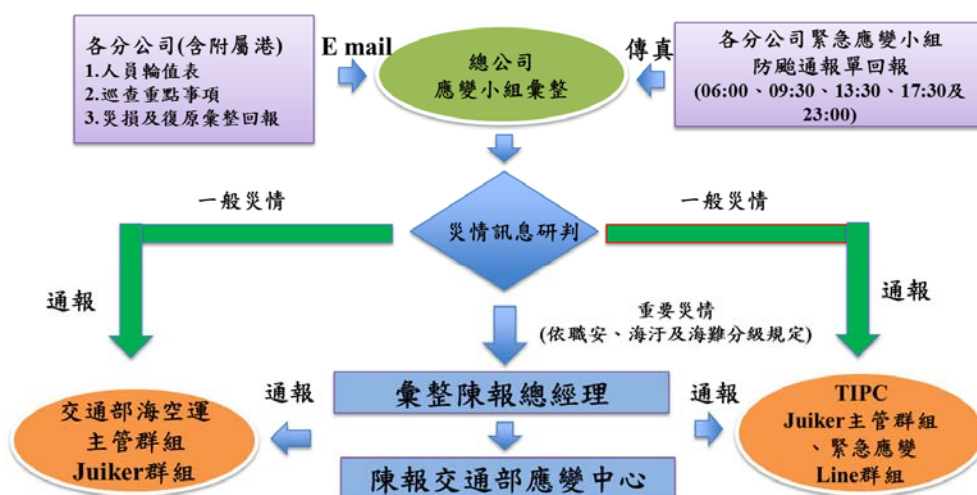


圖 2.2 災害通報流程圖

## (三) 災情訊息發布

由前進指揮聯絡中心，負責彙整搶救過程撰擬新聞稿，發布予媒體以爭取時效。

## 七、災害復原重建

氣象局於發布陸上颱風警報解除，港區如有災損將進行統計及通報各港進行復原作業，相關災損統計、復原通報流程如下

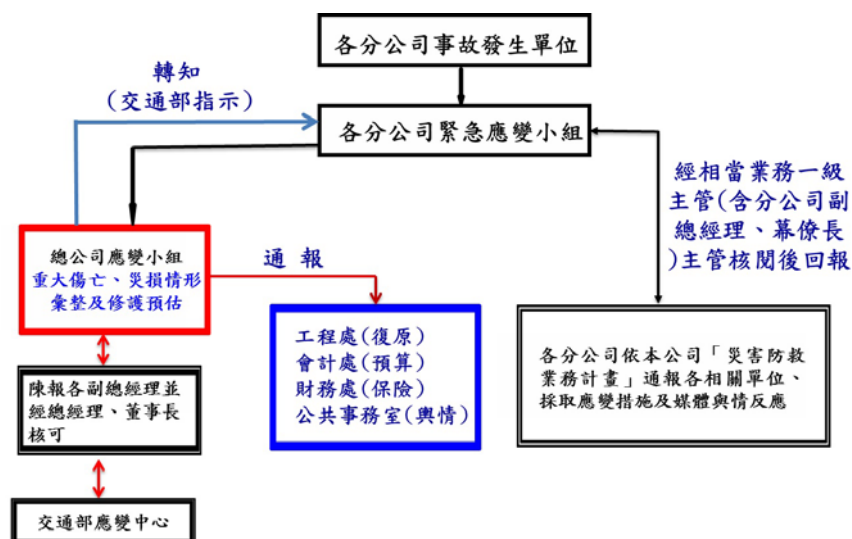


圖 2.3 災害復原通報流程圖

## 八、其他

本要點自頒布日起實施，如有未盡事宜得隨時修訂之。

# 基隆港颱風期間船舶靠泊作業細則

基隆港務分公司 102 年 6 月 28 日基港港灣字第 1021054215 號函制定

臺灣港務股份有限公司 102 年 7 月 9 日港總勞字第 1020055223 號函備查

臺灣港務股份有限公司 106 年 9 月 19 日港總勞字第 1061055544 號函修訂

## 一、依據：

- (一) 災害防救法第 19 條
- (二) 商港法第 41 條
- (三) 臺灣港務股份有限公司災害防救業務計畫
- (四) 臺灣港務股份有限公司颱風期間船舶靠泊作業原則要點

## 二、定義：

- (一) 颱風期間(含各級)：颱風期間係指中央氣象局發布海上、陸上颱風警報(警戒區域涵蓋基隆港)起至陸上颱風警報解除後至少 24 小時之時段。

- (二) 風力依據：

以本分公司航管中心(以下簡稱為 VTS)之海氣象儀測數為準。

中央氣象局網站之「藍色公路航段海象預報資訊系統」、「漁業氣象」之「三天漁業」、「台灣近海」之氣象預報資料或船舶設備判讀之其他海氣象資訊。

- (三) 平均風力：海氣象儀測數在 15 分鐘內之風力平均值。

## 三、基隆港務分公司防颱緊急應變小組成立與解除時機：

- (一) 本分公司防颱緊急應變小組設於海港大樓五樓港務處港務行政科，電話計(02) 2420-6251、6252、6260、6265 等四線，另設(02) 2426-6960 傳真機一部，均隨時保持暢通。

(二)當中央氣象局發布海上颱風警報後，依情況（或奉交通部指示）適時宣布成立緊急應變小組執行防颱救助工作。

(三)相關單位聯絡電話如下：

- 1.基隆港務消防隊救災救護指揮中心：2420-6527。
- 2.基隆港務警察總隊勤務中心：2425-1575。
- 3.海巡署第一海巡隊：2462-1451 轉 9 或 2462-9784。
- 4.基隆市政府：2420-1122。
- 5.基隆市消防局：2425-2119 轉 9。
- 6.海巡署海洋巡防總局北部地區機動海巡隊：臺北港辦公室 2619-4165#217900、基隆港辦公室 24225943
- 7.航港局北部航務中心港政科：2428-5369。
- 8.本分公司航管中心：2462-7031。
- 9.本分公司監控中心：2420-6253、2420-6254、2420-6255。
- 10.臺灣港務港勤公司基隆營運所：2420-6312、2420-6318、2420-6319 傳真：2425-1920。

(四)當中央氣象局解除颱風警報後，依情況（或奉交通部指示）適時宣布解除緊急應變小組。

四、國際線客輪（含兩岸客輪）應於 7 級暴風圈抵達基隆港 6 小時前強制離港，但本國籍客輪得視情況依本細則規定留港避風。

五、7 級暴風圈抵達基隆港 6 小時前，緊急應變小組綜合中央氣象局資料及引水人辦事處意見研判分析，適時宣布暫停船舶進出港作業。已駛抵港口外海水域或在港繫泊危險品船（含油輪及化學品船）、汽車船、貨櫃船及吃水較深之船舶均應離港避風，不得滯留港內，但國內線小型空載油輪，必須持有船舶清艙檢驗機構檢查合格之清艙證明或第三方出

具之等效證明，及經壓艙後無安全顧慮，方得由船長具結留港避風。出港需領港協助時，應儘早協調，另請相關公會轉知所屬會員颱風期間之相關規定，並請基隆港引水人辦事處加派人員協助上開船舶出港。

六、港區各相關單位及公司於颱風期間，應要求所屬船舶務必留守足夠人員應變。

如在港船舶未依規定駐留船員及指示移泊或出港，得報請相關單位為必要之處分。

七、颱風期間船舶停靠應避免影響緊急救援任務，停泊本港碼頭之船舶，應繫帶強度足夠之纜繩，並注意船舶吃水變化與乾舷高度受風面之影響，適時調整纜繩使吃力均，以及纜繩有無外力加注而易斷裂，避免斷纜造成災害。

八、當颱風遠離並經綜合中央氣象局資料、引水人辦事處意見研判分析後，適時宣布解除船舶進出管制並開放港區作業。

九、營運船舶（含工作船）防颱及靠泊作業原則：

（一）颱風來襲前，本分公司將參考中央氣象局資料及基隆港引水人辦事處意見受理避風船席申請，避風船舶應填寫「颱風期間基隆港船席動態申請表」（附件 1）向本分公司申請同意後始得進港避風。

（二）海上颱風警報發布後，船方應注意颱風動態，欲進出港之船舶，應儘早辦理進出港手續，以免颱風接近本港風大浪高時，無法進出港。

（三）本港外港區因接近港口受風力影響甚鉅，為策安全，該區各碼頭及水域與東八、東九、東十、東十一等正對主航道之碼頭嚴禁船舶靠（錨）泊。

（四）內港得採雙檔靠泊，但以船舶噸位大小、長度、船舷高低相當者為限，並須加強纜繩、增掛碰墊以維安全。若船長不同意併靠或無適當船席時，應及早申請出港避風。

(五) 未依規定出港避風者，將通報交通部航港局依商港法裁處，其滯港期間如發生意外災害，其所產生之一切責任由船方負責。

(六) 基隆市船舶貨物裝卸承攬商業同業公會應轉知所屬會員各機具操作手，配合船方及本分公司棧埠事業處現場單位做好裝卸防颱工作。

#### 十、港勤及公務船防颱及靠泊作業原則：

(一) 基隆港港區各單位所屬船艇(含海巡署進港避風之艦艇)避風時，應向本分公司通報並協調避風船席，且應配合接受本分公司指揮，並避開東一碼頭、田寮河口與本分公司救災拖船停靠泊位，俾免影響救災任務遂行。

另基隆市政府東四抽水站於東三及東四號碼頭15及19號纜樁處設置抽水泵出水口處，颱風期間請相關船艇應適當調整船位，避免影響排洪能力。

(二) 基隆關小型緝私艦如疏散至牛稠港泊位，以不影響港勤中心拖船離、靠執行救難為原則。

(三) 海巡署 100 噸以下公務船舶，除需保持機動性出任務之船艇，以靠泊緝私艦外檔避風為原則，其餘無執行任務之船艇應儘早進入牛稠港及東十六號碼頭水域尋覓適當避風泊位，惟泊靠牛稠港水域時，不得影響本分公司港勤船進出及西七、八號碼頭商船靠、離作業。

#### 十一、漁船進入基隆港防颱及靠泊作業原則：

(一) 颱風警報發佈後，颱風邊緣尚未到達前，漁船來港避風應先以正濱漁港為停泊區，漁港不敷停泊時，可暫錨泊漁港附近水域，但不得妨礙外港商船泊地及航道，並不得拋棄垃圾，排放汙油水。

(二) 颱風暴風半徑邊緣到達時，漁船如無適當安全泊地，得依次駛入牛稠港避風，但需依本分公司指定之避風泊地，不



得進入前開所示以外之區域錨泊或靠泊。

- (三) 進港避風漁船應排列整齊，保持良好秩序，不得阻塞四週航道亦不得妨礙其它船隻行動，遇有阻礙情形時應隨時移讓。
- (四) 船上必須保持機動，切實注意本身之航泊安全，並防止火警及意外事件發生。
- (五) 當海上颱風警報解除後，滯港漁船應立即駛離本港，不得滯留。
- (六) 漁船違規停泊，除依商港法有關規定辦理外，一切損失應自行負責，如因而造成其它損失者，亦應負一切賠償責任。
- (七) 港警總隊轄區單位應協助聯繫進入內港水域避風漁船資料，並維護靠泊秩序，本分公司港勤中心應加強與老碼頭中隊、新碼頭中隊聯繫，避免漁船阻礙拖船機動進出。如有未配合或違反規定者，應檢具有關資料逕送本分公司防颱緊急應變小組移送漁政單位裁處。

十二、本細則如有未盡事宜，得適時檢討修訂之。

## 臺中港颱風期間船舶進出港航行與靠泊作業規定摘要表

臺灣港務股份有限公司 101 年 11 月 28 日港總企字第 1016052104 號函訂定

臺中港務分公司 101 年 12 月 24 日中港務字第 1018112041 號函公告

臺灣港務股份有限公司 105 年 2 月 2 日港總勞字第 1050050880 號函核備

臺中港務分公司 105 年 2 月 4 日中港務字第 1052050705 號函公告修正

臺中港務分公司 106 年 9 月 21 日中港務字第 1062112258 號函公告修正

表 2.1 臺中港颱風期間船舶進出港航行與靠泊作業規定摘要表

| 颱風<br>風級<br>數 | 航行<br>徑               | 作業規定                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 備<br>註 |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 強烈<br>颱風      | 中央氣象局發布海上、陸上颱風警報，警戒區域 | <p>一、<br/>作業規定依據「臺灣港務股份有限公司颱風期間船舶靠泊作業原則要點」第六條訂定。</p> <p>二、<br/>船舶進出港管制：中央氣象局發布海上、陸上颱風警報警戒區域涵蓋臺中地區，且經測得北防波堤 15 分鐘平均風力(級)達蒲福風級 8 級(風速為 17.2m/s~20.7m/s)以上者，得暫停一切船舶進出港航行作業。風力(級)測得以北防波堤為主，航管中心(VTS)為輔，中央氣象局梧棲氣象站為參考。</p> <p>三、<br/>臺中港液化天然氣(LNG)船颱風期間船舶靠泊作業：</p> <p>(一) 預計進港：陸上颱風警報發佈後，未來 12 小時可能侵襲本港時，管制 LNG 進港。</p> <p>(二) 已繫泊時：海上颱風警報發佈後，LNG 船應採快卸快裝為原則，完成裝卸作業後，應儘速駛離本港；陸上颱風警報發佈後，颱風警戒區域涵蓋本</p> |        |

| 颱風級數 | 颱風行徑   | 作業規定                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 備註 |
|------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|      | 涵蓋臺中地區 | <p>港時，LNG 船應於 4 小時內出港避風。</p> <p>四、</p> <p>上颱風警報發佈後，中央氣象局預測颱風路徑 8 小時可能涵蓋臺中地區本港時，應出港避風或移泊船舶如次：</p> <p>(一) 總噸逾 30,000 之客輪及汽車船。</p> <p>(二) 所有貨櫃船。</p> <p>(三) 空載(定義參照附註一)總噸逾 25,000 之散裝船。</p> <p>(四) 本港工作船渠東堤、西堤及西碼頭之船舶(含工作船及油駁船等)，均須配合本分公司指示移泊其他碼頭。</p> <p>(五) 危險品船舶(含油輪及化學品船等)：</p> <p>1. 空載危險品船均應出港避風，如主張非空載拒不出港者，船方應提供船舶載貨證明文件，並依本項第 3 款規定辦理，惟列屬本項第 2 款規定者，仍應出港避風。</p> <p>2. 非空載總噸逾 5,000 之危險品船應出港避風。</p> |    |

| 颱風<br>風級<br>數 | 颱風<br>行徑 | 作業規定                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 備<br>註 |
|---------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|               |          | <p>3. 非<br/>空載總噸 5,000 以下危險品船如不出港應依下列<br/>規定辦理：</p> <p>(1) 如<br/>靠泊公用碼頭，由船長或其代理人簽具切結(如<br/>附件)自願滯留港區避風，並依商港法及商港港<br/>務管理規則等相關規定，做好污染防治及加強繫<br/>纜等防颱安全措施後，得滯港避風，滯港期間如<br/>發生意外災害，致本分公司或第三方受有損失，<br/>由船方負損害賠償責任；</p> <p>(2) 如<br/>靠泊專用碼頭，應先經碼頭租用公司同意，並依<br/>第(1)規定出具切結，得滯港避風，滯港期間如<br/>發生意外災害，致本分公司或第三方受有損失，<br/>由船方及專用碼頭承租公司負損害賠償責任；惟<br/>經本分公司協調指泊者，損害賠償責任由船方負<br/>責。</p> <p>五、 已<br/>駛抵本港區範圍所有船舶均須離港避風。</p> <p>六、 本<br/>作業規定如有未盡事宜，得適時檢討修訂之。</p> |        |
| 中<br>度<br>風   | 同<br>上   | 同上                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |

|      |      |      |    |
|------|------|------|----|
| 颱風級數 | 颱風行徑 | 作業規定 | 備註 |
| 輕度颱風 | 同上   | 同上   |    |

**附註：**

（陸上颱風警報發佈後，中央氣象局預測颱風路徑 8 小時內可能涵蓋臺中地區本港時）

- 一、以本港為卸  
載目的港之貨物卸完後即視為空載。
- 二、VTS 彙整在  
港船舶資料陳港務長參酌，決定客船、汽車船、散裝船、貨櫃船、空載危險品船舶（含油輪及化學品船等）出港避風時間，並電話及傳真通知出港避風。
- 三、停泊本港碼頭  
頭之船舶，加強繫纜作業基準訂定如下：總噸位未達 1 萬者，艀、艀繫纜各應至少 5 條（含倒纜）；總噸位 1 萬以上者，艀、艀繫纜各應至少 7 條（含倒纜）。
- 四、為維本港安  
全，強制出港避風船舶以受風面大之高乾舷船舶為優先。
- 五、非強制出港  
避風船舶，如經現場判斷或跡象顯示具有危險性，本分公司得請該船出港避風。

- 六、可在港內滯  
港船舶，仍請審慎檢視船況、貨載等情況，必要時及早出港避風。  
如決定滯港應依照防颱作業規定辦理，並加強繫纜及各項防颱抗  
風工作；如決定出港避風，應及早備便，並須在規定時間內出港。
- 七、白天或夜晚  
之能見度，自航管中心（VTS）無法目視到南內堤燈塔或燈塔發  
光點（兩地相隔距離約 740 公尺）時，即暫停船舶進出港航行作  
業。
- 八、實施船舶暫  
停進出港管制作業後，當颱風暴風範圍離開本港區時，且 15 分  
鐘平均風力低於管制基準值（8 級風）並持續 2 小時，得恢復船  
舶進出港作業。

## 颱風期間應出港避風船舶自願滯留港區切結書

立書人\_\_\_\_\_ (以下簡稱本公司)，所屬  
(代理)靠泊於貴港之船舶：

船舶編號：\_\_\_\_\_ 船種：\_\_\_\_\_

船名：\_\_\_\_\_ 船舶呼號：\_\_\_\_\_

總噸位：\_\_\_\_\_ 船長(公尺)：\_\_\_\_\_

靠泊碼頭：\_\_\_\_\_

依貴分公司防颱相關規定，該輪應出港避風，茲因船方意願，自願滯留港區防颱避風，本公司確認並保證在港避風期間，該輪將依商港法及商港港務管理規則等相關規定，做好污染防治及加強繫纜等防颱安全措施，如發生斷纜、碰撞或其他意外災害，致貴分公司及第三方受有損失(包括但不限於設施損壞、營運損失及訴訟費用等)，本公司願負完全賠償責任。

本公司特此確認因本切結書產生之任何爭議，本公司同意依中華民國相關法律辦理，並以臺灣臺中地方法院為第一審管轄法院。

此 致

臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司

立書人(簽章)：

地址：

電話：

年            月            日



## 高雄分公司風災防救作業要點 107.4 修正

### 一、依據：

- (一) 災害防救法
- (二) 商港法
- (三) 海洋污染防治法
- (四) 商港港務管理規則
- (五) 臺灣港務股份有限公司風災緊急應變作業程序
- (六) 高雄港務分公司災害防救業務計畫
- (七) 公共工程汛期工地防災減災作業要點
- (八) 因應颱風豪雨來襲抽查在建工程防颱防汛整備情形運作機制
- (九) 國際及國內（澎湖、布袋）商港公共基礎設施天然災害勘查復建作業原則

### 二、目的：

為健全本分公司天然災害之災害防救體系，強化災害之預防、災害發生時之緊急應變及災後之復原重建措施，提昇高雄港對於災害之應變能力，減輕災害損失。

### 三、預防措施

- (一) 每年三月開始防颱籌備作業，訂定時間召開「防颱協調會議」，協調港區公民營單位作好防颱準備。
- (二) 颱風來臨前做好防颱準備及溝渠疏浚工作。

### 四、防颱組織架構

#### (一)、本分公司防颱緊急應變小組：

##### 1.防颱小組

(1) 本分公司緊急應變小組置召集人 1 人，由分公司總經理擔任，副召集人兼現場指揮官 1 人，由港務長擔任。另置執行秘書 1 人，由港務處處長擔任，秘書 1 人，由港務處監控中心經理擔任。

(2) 其下轄設任務編組如下：

1 颱風業務組：港務處監控中心人員組成。

2 航行管理組：港務處航管中心人員組成。

3 聯繫處理組：港務處港務行政科人員組成。

4 船舶繫靠組：港務處船席調派人員組成。

5 船艇分派組：港務處港勤中心人員組成。

6 車輛駕駛：秘書處派員。

## 2.開設時機、設置地點

(1) 二級開設：

中央氣象局發佈海上颱風警報，中央成立災害應變中心，本分公司即行成立高雄港防颱救災指揮中心（二級開設），人員 24 小時機動待命。

(2) 一級開設：

當中央氣象局發佈海上陸上颱風警報，且將高雄地區列為警戒區域時，防颱中心一級開設，編組人員進駐，並啟動防颱作業，通報港區業者防颱作業巡檢，並由港務長邀集港區各單位(航港局、港消、港警、海巡、漁會、海軍司令部、造船公司、承租航商業者及在建工程廠商等)進行防颱會議，會後進行港埠設施、施工機具及車船機、鷹架繫固等海陸巡檢作業。

(3) 設置地點：

臺灣港務股份有限公司辦公廳一樓監控中心。設有自動電話二線：5519620、5519018 及內用電話：5622127、傳真電話：

5513953 及語音專線：5622125。

(二) 海上及陸上防救站：

高雄港防颱中心轄分海上防救站及陸上防救站，海上防救站設於港務處監控中心值勤室（電話 5622127、5519018）；陸上防救站設於高雄港務消防隊救災救護指揮中心（報案電話：5622601～6 或自動電話：5337900）。

五、防颱準備措施

(一) 各單位應利用 166 氣象電話、電視新聞報導、中央氣象局網站（[www.cwb.gov.tw](http://www.cwb.gov.tw)）或交通部運輸研究所港灣技術研究中心港灣環境資訊網查閱，隨時注意颱風預報及路徑等最新動態，尤其颱風已接近台灣東部海面、巴士海峽或台灣海峽時，更應特別注意。為利港區各單位執行防颱與通報作業，本分公司全球資訊網（網址：<https://kh.twport.com.tw>）建置「高雄港災防通報」專用網頁，供查詢港區最新防颱作業及各類通報表單下載與上傳。

(二) 海上陸上颱風警報發佈後，颱風 7 級風暴風圈邊緣到達高雄地區，且港區平均風力已達 7 級時，防颱中心得宣佈全港海上陸上停止作業，及停止船舶進出港作業，並請在港各船舶加強繫泊措施。

(三) 商船防颱措施：

1. 海上颱風警報發佈後，請各船公司及代理行注意颱風動態，欲進出港之商船，應儘早辦好進出港手續，以免颱風接近本港風強浪高時，無法進出港。
2. 在港船舶，港務處監控中心對船席儘早調配。請各輪船公司或代理行務必告知各輪船船長及船員於陸上颱風警報發布後，應自動回船，以資應變，共同維護船舶及港區安全。

3. 颱風期間停泊船舶應依商港法第 18 條及商港港務管理規則第 14 條規定，有足夠之人員留守，並有高級船員留船，俾有足以操縱船舶航行及應付緊急事變之能力，機動船舶均應準備主機，俾必要時可啟動主機應變。本分公司與航港局列為防颱巡檢重點並追蹤改善，未改善者依商港法處理。

為確實掌握颱風期間港區滯港船舶船況，以備於發生船舶意外事故時，可立即作為派遣救援措施及油物料處理之參考依據，請船公司或代理行確實填報「颱風期間在港滯留船舶船況資料表」(如附表 5)並回傳至本分公司監控中心彙整。

4. 海上陸上颱風警報發佈，且高雄地區列為警戒區時，應即開啟船上 VHF 對講機，鎖定 Chennel-11 頻道，除隨時主動與本分公司船舶交通服務中心（VTS）取得聯繫外，並接收 VTS 廣播防颱訊息。本分公司視狀況得聯繫民營帶纜業者主動前往各船席加纜，請各船公司、代理行及各船隻協助配合。
5. 無正當理由，應出港未出港避風之船舶，依商港法處理，其滯港期間如發生意外災害情事，有關損害賠償事宜，不得主張船舶所有人責任限制。
6. 海上陸上颱風警報發布後，經研判該颱風將侵襲本港時，本分公司即停止受理繫泊浮筒之申請；於下列情形，繫泊浮筒船隻應全部淨空，辦理移泊至安全船席或出港避風，以免發生斷纜、擱淺等情事。

(1) 當颱風自西南方來，海上颱風警報發佈（尚未發佈陸上颱風警報），港區風力實測已達 5 級（第一、二港口任一風力達 5 級風標準）。

(2) 颱風自東岸來，海上陸上颱風警報發布，高雄地區列為警戒區。

前項颱風動態經本分公司公佈，並電話聯繫浮筒船隻，若不配合移泊或出港者，本分公司依商港法規定移送處理。

7. 錨區船隻淨空，比照前一點有關繫泊浮筒船隻避風之標準及規定辦理。
8. 海上陸上颱風警報發佈，且高雄地區列為警戒區時，泊港船舶除應換用新纜或鋼絲纜繫泊外，應再加防颱纜，必要時另以錨鏈加強繫於碼頭，停港甚久待命之船舶，應使用安全鋼絲纜或錨鏈繫泊以策安全。
9. 防颱期間停泊本港碼頭之船舶，加強繫纜作業基準如下：總噸位未達 1 萬者，艏、艉繫纜各應至少 5 條（含倒纜）；總噸位 1 萬以上者，艏、艉繫纜各應至少 7 條（含倒纜）。

（四）高雄港船舶進出港管制基準，如附件 1。

（五）客輪、危險品船、貨櫃船與其他船舶防颱措施特別規定：

1、海上陸上颱風警報發布，且高雄地區列為警戒區時，泊港危險品船出港避風規定：

- （1）總噸逾 5,000 之危險品船（含空載危險品船）應出港避風，以免颱風侵襲時，發生漂流、碰撞等致生危險，各專用租用碼頭之業主應督導危險品船儘速出港。無正當理由拒不出港者，除依商港法移送裁處外，如發生任何意外災害，專用租用碼頭業主應負全責。
- （2）總噸 5,000 以下危險品船得選擇不出港，但應依下列事項辦理：

靠泊專用碼頭時，應經租用公司同意及船長出具切結自願滯留港區避風，並做好污染防制，與依第伍點第(三)項第八、九款規定加強繫纜等防颱安全措施後，得滯港避風，滯港期間如發生意外災害，應由船

長及專用租用碼頭公司負責；惟第 30、104、105 號等三座碼頭，因受偏南風直接吹襲且為離岸風對靠船影響較大，基於安全考量，仍應出港避風，以維港船安全。

(3) 凡靠泊中油碼頭之環島小型油輪若不出港，碼頭業主應負責督導防颱措施，如發生任何意外災害，專用碼頭業主應負全責。

(4) 裝載非危險品之油槽船，颱風期間做好污染防制，並依第伍點第(三)項第八、九款規定加強繫纜等防颱安全措施後，得滯港避風。

2、客輪（含國內、國際線、兩岸）、貨櫃船與其他船舶等防颱作業規定，請依照本分公司「高雄港客輪（含國內、國際線、兩岸）、危險品船、貨櫃船與其他船舶等防颱出港避風作業規定摘要表」辦理，如附件 3。

(六) 港區工作(工程)船防颱規定如下，並請海事工程公會轉知所屬會員配合。

1. 海上陸上颱風警報發佈且高雄地區列為警戒區時，工作船應均停泊於本分公司海事工作船渠，繫泊牢靠並派員守值，以備隨時應變處理。
2. 工作船如因故未能停泊於海事工作船渠，其停泊位置不得妨礙航道進出安全，並繫泊牢靠派員守值。
3. 颱風期間停泊本港之工作船，如經本分公司巡查發現未繫泊牢靠者，即通知處理，若仍未處理依商港法規定處理。處理改善結果應以照片傳送防颱中心備查。
4. 颱風期間繫泊第十船渠或施工用臨時工程船渠之工程船舶，停止作業後，請業管工程公司督促加強繫纜，並請監造單位(台灣世曦工程顧問公司)依本分公司傳送之附表 1-1 彙整填送工程船舶防颱情形，及附表 1-2 停泊區

守值人員名冊及聯絡電話，以傳真(fax：5513953)送防颱中心或透過「高雄港災防通報」專用網頁上傳備查。

(七) 漁船防颱事項：

1. 港內所有漁船應駛至各漁港及漁船渠內避風，不得停泊商港區碼頭或其他船渠水域，請高雄市政府海洋局依漁港防颱作業方式執行，並轉請各漁會與高雄市漁輪、鮪魚、圍網及魷魚等各公會協助勸導，要求所屬漁船遵照。請港警總隊於發現未依上述規定地點停泊者，應勸導該等漁船駛至漁港，並通知防颱中心。
2. 海上颱風警報發布後，前鎮漁港西碼頭外側深水碼頭一律不准漁船靠泊，請高雄市政府海洋局協助督導配合辦理，以維高雄港主航道航行安全。
3. 颱風季節期間，請高雄市政府海洋局協助通知高雄區及小港區等漁會及其辦事處，將派駐連絡人姓名及電話號碼，告知本分公司港務處監控中心（電話：5622127），以利防颱聯繫之用。
4. 海上陸上颱風警報發布，且高雄地區列入警戒區時，本分公司即傳送附表 1-1，請高雄市政府海洋局協助配合依附表 1-1，彙整商港區內漁港總噸 500 以上之漁船防颱避風情形，傳回防颱中心(fax:07-5513953) 及透過「高雄港災防通報」專用網頁上傳備查。

(八) 原木防颱方面：

颱風期間，漂散之有主原木，由本分公司棧埠事業處中島(2)管理中心會同原木基金會迅速撈除，並請港警總隊派警艇於撈除作業期間協助警戒，撈獲之原木，應集中地點看管處理。至港區無主原木及漂流木，由本分公司勞安處處理。

(九) 本分公司、台灣港務港勤公司及民營船機防颱作業事項：

1. 全港海上、陸上停止作業時，本分公司及台灣港勤公司等所有港勤船（含船機處工作船），除留守緊急應變船隻外，均應依防颱部署所指定位置迅速靠（繫）泊就位，其他民營交通船、工作船及撈油船等應加強防範。
2. 本港所有之貨櫃起重機，復位及固定應依各該機具相關防颱規定辦理，請棧埠事業處及各租用貨櫃碼頭之公司應提高警覺嚴加防範，確實按規定實施。
3. 本分公司棧埠事業處轄管裝卸車機（含 49 號碼頭卸煤設備），以及公民營經管 47 號、71 號和 72 號穀倉等裝卸機具，在陸上颱風警報發佈後，海上、陸上停止作業時，各經管機構應分別停放防颱部署位置且需確實固定。
4. 請本分公司過港隧道管理中心，於颱風期間應確保過港隧道之抽水系統、電力系統、交通號誌系統等可用狀態，並先作反覆測試及檢查，減少故障及災害，且避免影響旗津地區交通及第四貨櫃中心碼頭營運。

（十）其他防颱注意事項：

1. 各公民營修造船公司對於進塢或靠泊碼頭修理或建造中之船舶，因無動力且空船吃水淺、乾舷高，應加強繫纜，若可行且必要時應挹注壓艙水。

在建或修理中船舶總噸逾 6 萬者，應進船塢或出港避風，若滯留碼頭船席避風，則應挹注壓艙水，並加強繫纜及派人員、拖船留值。若因故未能挹注壓艙水時，業主應預先評估颱風災情，採取加繫防颱鋼纜、錨鍊或其他防颱抗風措施，如因防颱措施不足或疏失而發生斷纜漂移致生災害，不得以不可抗力事由，主張減免損害賠償責任。

2. 海上陸上颱風警報發佈且高雄地區列入警戒區域時，請台灣國際造船公司及台灣區造船工業同業公會等單位，請依本分公司傳送之附表 1-1，填寫港內在建或在修船



船舶防颱措施，傳回防颱中心（FAX:07-5513953）或透過高雄港災防通報專區網頁上傳，以彙整全港區各類船舶防颱避風狀況。

另請台灣國際造船公司在附表 1-1，一併登載所屬留守防颱備變拖船資料回傳，以備必要時，配合執行風災緊急事件應變。

3. 承租前鎮河南岸起水碼頭之安通有限公司、億松船務公司等所屬回收廢油水船隻，均應將廢油水抽除並加強防颱措施，且依規定派足人員留守，以資應變，防止其發生斷纜、漂流情事。
4. 請引水人辦事處於海上陸上颱風警報發布後，指派值班引水人，以協助處理港內斷纜漂流之船舶等緊急事故。本港宣佈一、二港口管制船隻進出港後，請防颱值班引水人於引水人辦事處值班，隨時待命，並將值班人員名冊傳送防颱中心（FAX:07-5513953）。
5. 海上陸上颱風警報發佈且高雄地區列為警戒區時，請港內大型散雜貨船依附件 3 規定出港避風，但經船長出具切結該船吃水深逾 8 公尺者，並依規定加強繫纜後，得滯留港內避風。其他大型散雜貨船，由業主以安全考量，自行決定該大型船是否出港避風，若泊港避風，則應依第伍點第（三）項第八、九款規定妥為繫泊，並完成其他防颱措施，以策港區安全。
6. 蓬萊區及苓雅區碼頭靠泊高金線、高馬線等貨輪，颱風期間應加強繫纜等防颱措施，並依規定派足夠之船員留守，以資應變。
7. 海上陸上颱風警報發佈且高雄地區列為警戒區時，租用各貨櫃碼頭之航商，對於堆放於貨櫃場地靠近港區圍籬邊緣之貨櫃，凡堆放達二層以上者，應加強繫妥等防颱措施，以避免強風吹倒造成災損。

8. 颱風警報發佈後，租用碼頭公司對靠泊其碼頭未超過 30,000 總噸船舶，認為會影響作業及機具安全，得洽請船長或請聯絡本分公司監控中心通知船務代理公司要求該船舶出港避風。

9. 民營拖船業高雄港勤公司，颱風期間應指派拖船（除有正當理由外，應依約定高雄港勤公司 6 艘）停泊既有基地待命擔任救援工作。臺灣港務港勤公司於應指派拖船 5 艘，分別停泊港勤基地及第二港口適當水域待命執行救援工作。

海上陸上颱風警報發布且高雄地區列為警戒區時，請依本分公司傳送之附表 1-1 及 1-2，填寫所屬拖船輪值備勤狀況，及調度站值班人員名冊（手機號碼）等傳回防颱中心或透過「高雄港防災通報」專用網頁上傳備查。

10. 請海軍左營後勤支援指揮部於海上陸上颱風警報發布，且高雄地區列為警戒區時，將繫泊軍用碼頭船舶避風，及待命拖船輪值等情形，依本分公司傳送附表 1-1 格式填製後，傳送防颱中心或透過「高雄港災防通報」專用網頁上傳備查。

請海巡署第七巡防區將轄屬待命應變船舶輪值情形，依本分公司傳送之附表 1-1 格式填製後，傳送防颱中心或透過「高雄港災防通報」專用網頁上傳彙整備查。

11. 當防颱中心接獲船舶請求救援電話，立即通知 VCT 塔台監控及通知領港與輪值之公民營拖船馳往現場，VTC 塔台管制員應告知船長，其請求救援作業已全程錄音，並視為船長同意切結，若救援時有毀損其船舶、他船或港埠設施之情形，應由該船全部負責。在領港尚未抵達現場前，拖船得透過 VTC 塔台管制員之協助，與求援船通聯先提供推頂等救助，直至領港抵達現場指揮救援，避免漂至航道或產生事故碰撞。

12. 本分公司為落實防颱措施，訂有「高雄港防颱應變各項措施檢核表」，依防颱中心成立前中後三階段，偕同航港局組成港區海、陸聯合巡檢小組，查核陸上倉庫設備、泊港船舶繫纜情形與船員留守人數等。

巡檢發現未符本規定或顯有危安顧慮情事，經巡檢人員通知後，未改善者，依商港法處理。處理改善結果應以照片傳送防颱中心備查。

13. 港區內發生災害事件或發現顯有衍生災害顧慮之情事，除各經管單位須先採取防救災措施外，應立即透過電話、通訊軟體 LINE 或 VHF 無線電話等方式通報防颱中心、VTC 航管中心、港務消防隊或港務警察總隊等聯繫處理或救援，並應輔以填報，同時傳真送多個請求支援機構救援，以爭取時效。
14. 颱風期間港區各公營機構應隨時注意轄管區域內船舶、港棧設施災損狀況，除急險狀況須作緊急處理或請求救援外，颱風警報解除或暴風圈脫離後，本分公司即傳送附表 3 災損統計表，即請清查災損情形，在解除颱風警報或暴風圈脫離後次日傳回防颱中心或透過「高雄港災防通報」專用網頁上傳彙整備查
15. 高雄港區防颱應變通報聯繫機關（構）一覽表。
16. 本分公司安平港營運處、馬公管理處及布袋管理處等轄（託）管商港區防颱相關作業，準用本作業規定或自行另訂相關作業規定。惟防颱中心開設、各項災害通報單及颱風災害清查統計表等作業，仍依臺灣港務公司規定，須通報本分公司彙轉。

## 六、災情蒐集、傳遞與通報：

### （一）蒐集、傳遞

在颱風期間，本公司 24 小時對船舶繫、泊碼頭動態加

以監控，隨時蒐集事故及災情。

## (二) 通報：

### 1. 簡訊通報

(1) 據臺灣港務股份有限公司重大事故緊急通報程序規定，通報臺灣港務公司、本公司長官成立或解除應變小組。

(2) 通報臺灣港務公司及本分公司長官各項災情及應變作為，並另行通報港區航商業者各項港區重要資訊。

### 2. 傳真通報：

(1) 依據交通部災害緊急通報作業要點。

(2) 彙整本分公司災情資料後，傳真至臺灣港務股份有限公司並副知交通部交通動員會。

有災情每小時更新一次；若無災情，每四小時更新一次。

### 3. 公務 LINE：

(1) 港區災害與事故發送 LINE 通知臺灣港務股份有限公司及本分公司總經理及災防單位。

(2) 過港隧道管制訊息、氣象局發布異常氣候（颱風、強陣風）、港區管制及解除、進出港船舶發送 LINE 通知航商業者。

## 七、災後復原

(一) 防颱中心解散與通報。

(二) 傳真通報各單位依「國際及國內(澎湖、布袋)商港公共基礎設施天然災害勘查復建作業原則」進行勘災、災害受損善後處理及通報工作。

(三) 彙整各單位災情通報表傳送臺灣港務股份有限公司。

## 八、其他

(一) 有關安平、馬公及布袋等各港相關風災防救作業要點，另自行訂定。

(二) 本要點自頒布日起實施，如有未盡事宜得隨時修訂之。

## 附件 1

### 高雄港船舶進出港管制基準

#### ◆壹、名詞定義：

一、颱風期間：係指中央氣象局發佈海上颱風警報起至海上颱風警報解除後 48 小時內止之時段。

二、平時期間：係指除颱風期間以外之時段。

三、風力依據：以高雄港船舶交通服務中心於一港口、二港口設置之海氣象儀測數為準。

四、平均風力：指 15 分鐘內之風力平均值。

#### ◆貳、船舶進出港管制基準

一、平時期間：以一、二港口別各自測得平均風力達 7 級以上或外海湧浪浪高 3 公尺以上，依港口別得分別暫停該港口一切船舶進出港。

二、颱風期間：

(一) 一港口：平均風力 5 級以上未達 7 級，依下列基準之一者得暫停船舶進、出港。

1. 暫停進港：

(1) 船種：

A、油輪、化學品船、國內航線及港區內工程用國籍船舶。

B、油輪、化學品船、國內航線及港區內工程用國籍船舶。

(2) 一港口外海湧浪浪高 2 公尺以上；二港口外海湧浪浪高 3 公尺以上。

(3) 引水人辦事處建議。

## 2. 暫停出港：

船種：國內航線及港區內工程用國籍船舶。

(二) 二港口：比照本管制基準之貳、一辦理。

三、颱風期間：平時原免用引水人引領之船舶，於符合進港條件時，得雇用引水人或由船長切結自行進港。

四、一港口暫停進出港，而二港口仍開放進出港時段，船長得申請改由二港口進出港。

五、一、二港口實施暫停進出港後，以平均風力降到 6 級風持續 1 小時後，先開放船舶出港作業，一港口波高降至低於 2 公尺；二港口波高降至低於 3 公尺時，再分別開放一、二港口由引水人出港領航進港，於引水人可安全登輪後全面恢復進出港作業。

◆參、颱風期間及平時期間：能見度達下列情況時，得暫停船舶進出港：

### 一、總噸位 500 以上船舶：

1. 一港口：能見度低於 1,000 公尺（即第一信號台至一港防波堤口距離）。

2. 二港口：能見度低於 1 哩（1,852 公尺，即 VTC 塔台至二港防波堤口距離）。

### 二、總噸位小於 500 船舶：

能見度低於 500 公尺。

- ◆肆、其他特殊個案申請（如軍艦、挖泥船、研究船或其他船舶須於港口附近作業時，海事案件等），經核准後得配合實施管制船舶進出港。

附件 3

表 2.2 高雄港客輪（含國內、國際線、兩岸）、危險品船、貨櫃船與其他船舶等防颱出港避風作業規定摘要表

| 狀況   | 情境                 | 作業規定（亦得分別制定海上、陸上颱風警報發布時之不同作業規定）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 備註                    |
|------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 強烈颱風 | 由東部侵襲或由台灣海峽或巴士海峽侵襲 | <p>1.總噸 30,000 以上貨櫃船及總噸逾 5,000 危險品船等出港避風。惟第 30、104、105 號等三座碼頭，因受偏南風直接吹襲且為離岸風對靠船影響較大，基於安全考量，總噸 5,000 以下危險品船仍應出港避風，以維港船安全。</p> <p>2.總噸逾 15,000 之汽車載運船及總噸逾 30,000 之客輪等出港避風。</p> <p>3.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。</p> <p>4.港內散雜貨船總噸逾 5 萬者，應出港避風。但經船長出具切結該船吃水已逾 8 公尺者，並依規定加強繫纜後，得選擇滯港避風。其他總噸 5 萬以下之大型散雜貨船，由業主以安全考量，自行決定是否出港避風，若泊港避風，則應依附註二規定妥為繫泊，並完成其他防颱措施，以策港區安全。</p> <p>5.在建或修理中船舶總噸逾 6 萬者，應進船塢或出港避風，若滯留碼頭船席避風，則應挹注壓艙水，並加強繫纜及派人員、拖船留值。若因故未能挹注壓艙水時，業主應預先評估颱風災情，採取加繫防颱鋼纜、錨鍊或</p> | 出港避風時間由港務長依颱風動態研判後啟動。 |

|          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|          |           | 其他防颱抗風措施，若因防颱作為措施不足或疏失，而發生斷纜漂移致生災害，不得以不可抗力事由，主張減免損害賠償責任。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 中度<br>颱風 | 由東部<br>侵襲 | <p>1.繫泊第五貨櫃 76、第六貨櫃 108、109、110、<b>111</b> 及第四貨櫃中心 115、116、117、118、119、120、121 等 <b>12</b> 座貨櫃碼頭總噸 30,000 以上貨櫃船出港避風。</p> <p>2.本港預測平均風力 7 級以上時（參照氣象局颱風風力預測表），除上述第二項 12 座碼頭以外，其餘港區各碼頭總噸 50,000 以上貨櫃船出港避風。</p> <p>3.非屬上述須出港避風之貨櫃船，由航商自行決定滯港或出港避風，如出港避風應於港口風力達 5 級時，即備便出港。</p> <p>4.總噸逾 5,000 危險品船出港避風。惟第 30、104、105 號等三座碼頭，因受偏南風直接吹襲且為離岸風對靠船影響較大，基於安全考量，總噸 5,000 以下危險品船仍應出港避風，以維港船安全。</p> <p>5.總噸逾 15,000 之汽車載運船及總噸逾 50,000 之客輪等出港避風。</p> <p>6.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。</p> <p>7.港內散雜貨船總噸逾 6 萬者，應出港避風。但經船長出具切結該船吃水已逾 8 公尺者，並依規定加強繫纜後，得選擇滯港避風。其他總噸 6 萬以下之大型散雜貨船，由業主以安全考量，自行決定是否出港避風，若泊港避風，則應依附註二規定妥為繫泊，並完成其他防颱措施，以策港區安全。另繫泊 122 號碼頭逾 5 萬總噸之散雜貨船仍須出</p> |  |



|  |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|--|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |              | <p>港避風。</p> <p>8.在建或修理中船舶總噸逾 6 萬者，應進船塢或出港避風，若滯留碼頭船席避風，則應挹注壓艙水，並加強繫纜及派人員、拖船留值。若因故未能挹注壓艙水時，業主應預先評估颱風災情，採取加繫防颱鋼纜、錨鍊或其他防颱抗風措施，若因防颱作為措施不足或疏失，而發生斷纜漂移致生災害，不得以不可抗力事由，主張減免損害賠償責任。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|  | 由台灣海峽或巴士海峽侵襲 | <p>1.總噸 30,000 以上貨櫃船及總噸逾 5,000 危險品船等出港避風。惟第 30、104、105 號等三座碼頭，因受偏南風直接吹襲且為離岸風對靠船影響較大，基於安全考量，總噸 5,000 以下危險品船仍應出港避風，以維港船安全。</p> <p>2.總噸逾 15,000 之汽車載運船及總噸逾 30,000 之客輪等出港避風。</p> <p>3.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空疏散避風。</p> <p>4.港內散雜貨船總噸逾 5 萬者，應出港避風。但經船長出具切結該船吃水已逾 8 公尺者，並依規定加強繫纜後，得選擇滯港避風。其他總噸 5 萬以下之大型散雜貨船，由業主以安全考量，自行決定是否出港避風，若泊港避風，則應依附註二規定妥為繫泊，並完成其他防颱措施，以策港區安全。</p> <p>5.在建或修理中船舶總噸逾 6 萬者，應進船塢或出港避風，若滯留碼頭船席避風，則應挹注壓艙水，並加強繫纜及派人員、拖船留值。若因故未能挹注壓艙水時，業主應預先評估颱風災情，採取加繫防颱鋼纜、錨鍊或</p> |  |

|          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|          |           | 其他防颱抗風措施，若因防颱作為措施不足或疏失，而發生斷纜漂移致生災害，不得以不可抗力事由，而主張減免損害賠償責任。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| 輕度<br>颱風 | 由東部<br>侵襲 | <p>1.繫泊第五貨櫃 76、第六貨櫃 108、109、110、111 及第四貨櫃中心 115、116、117、118、119、120、121 等 12 座貨櫃碼頭總噸 50,000 以上貨櫃船出港避風。</p> <p>2.除上述 12 座碼頭以外，其餘港區各碼頭總噸在 80,000 以上貨櫃船出港避風。</p> <p>3.非屬上述須出港避風之貨櫃船，由航商自行決定滯港或出港避風，如出港避風應於港口風力達 5 級時，即備便出港。</p> <p>4.總噸逾 5,000 危險品船出港避風。惟第 30、104、105 號等三座碼頭，因受偏南風直接吹襲且為離岸風對靠船影響較大，基於安全考量，總噸 5,000 以下危險品船仍應出港避風，以維港船安全。</p> <p>5.總噸逾 50,000 之客輪及總噸逾 15,000 之汽車載運船等出港避風。</p> <p>6.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。</p> <p>7.港內散雜貨船總噸逾 6 萬者，應出港避風。但經船長出具切結該船吃水已逾 8 公尺者，並依規定加強繫纜後，得選擇滯港避風。其他總噸 6 萬以下之大型散雜貨船，由業主以安全考量，自行決定是否出港避風，若泊港避風，則應依附註二規定妥為繫泊，並完成其他防颱措施，以策港區安全。另繫泊 122 號碼頭總噸 50,000 以上散雜貨船出港避風。</p> <p>8.在建或修理中船舶總噸逾 6 萬者，應進船</p> |  |

|  |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|--|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |                     | <p>塢或出港避風，若滯留碼頭船席避風，則應挹注壓艙水，並加強繫纜及派人員、拖船留值。若因故未能挹注壓艙水時，業主應預先評估颱風災情，採取加繫防颱鋼纜、錨鍊或其他防颱抗風措施，若因防颱作為措施不足或疏失，而發生斷纜漂移致生災害，不得以不可抗力事由，主張減免損害賠償責任。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|  | <p>由台灣海峽或巴士海峽侵襲</p> | <p>1.繫泊第五貨櫃 76、第六貨櫃 108、109、110、111 及第四貨櫃中心 115、116、117、118、119、120、121 等 12 座貨櫃碼頭總噸 50,000 以上貨櫃船出港避風。</p> <p>2.除上述 12 座碼頭以外，其餘港區各碼頭總噸在 80,000 以上貨櫃船出港避風。</p> <p>3.非屬上述須出港避風之貨櫃船，由航商自行決定滯港或出港避風，如出港避風應於港口風力達 5 級時，即備便出港。</p> <p>4.總噸逾 5,000 危險品船出港避風。惟第 30、104、105 號等三座碼頭，因受偏南風直接吹襲且為離岸風對靠船影響較大，基於安全考量，總噸 5,000 以下危險品船仍應出港避風。</p> <p>5.總噸逾 30,000 之客輪、總噸逾 15,000 汽車運送船等出港避風。</p> <p>6.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。</p> <p>7.港內散雜貨船總噸逾 5 萬者，應出港避風。但經船長出具切結該船吃水已逾 8 公尺者，並依規定加強繫纜後，得選擇滯港避風。其他總噸 5 萬以下之大型散雜貨船，由業主以安全考量，自行決定是否出港避風，若泊港避風，則應依附註二規定妥為繫泊，並完成其他防颱措施，以策港區安全。</p> |  |

|          |                    |                                                                                                                                                             |  |
|----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|          |                    | 8.在建或修理中船舶總噸逾 6 萬者，應進船塢或出港避風，若滯留碼頭船席避風，則應挹注壓艙水，並加強繫纜及派人員、拖船留值。若因故未能挹注壓艙水時，業主應預先評估颱風災情，採取加繫防颱鋼纜、錨鍊或其他防颱抗風措施，若因防颱作為措施不足或疏失，而發生斷纜漂移致生災害，不得以不可抗力事由，而主張減免損害賠償責任。 |  |
| 海上陸上颱風警報 | 7 級風暴風圈半徑接近或到達高雄地區 | 1.港口平均風力達 5 級或 7 級時，防颱中心依「高雄港船舶進出港管制基準」得宣佈暫時停止船舶進出第一或第二港口作業。<br>2.港口平均風力達 7 級時，防颱中心得宣佈海上陸上停止作業。租用貨櫃碼頭裝卸作業由租用航商自行決定。                                         |  |

附註：

一、預測颱風自東岸登陸 7 級暴風圈預定抵達前 6 小時，自台灣海峽或巴士海峽侵襲，7 級暴風圈預定抵達前 12 小時，彙整在港船舶資料供港務長參酌，決定浮筒、錨區、客船、危險品船及貨櫃船、大型散雜貨船等疏散、出港避風時間，並電話或傳真通知各類船舶移泊碼頭或疏散出港避風。

二、強制出港避風船舶出港作業優先順序：

（一）國際線客輪為優先。

（二）其次，大型散雜貨船及靠泊第五貨櫃 76；第六貨櫃 108、109、110、111；第 4 貨櫃中心 115、116、117、118、119、120、121 等 12 座貨櫃碼頭之貨櫃船。

（三）其他大型散雜貨船、貨櫃船、汽車運送船等再次之。

三、非強制出港避風船舶，如經現場判斷或跡象顯示具有危險性，本分公司得下令該船出港避風。

四、可在港內滯港船舶，仍請審慎檢視船況、貨載等情況，必要時及早出港避風。如決定滯港應依照防颱作業規定辦理，並加強繫纜及各項防颱抗風工作；如決定出港避風，應及早備便，並須在規定時間內出港。

五、船舶進出第一、二港口管制解除及港區作業恢復之時間，由防颱中心依港口實測及氣象局發布颱風資訊，研判後宣布之。

## 臺灣港務股份有限公司颱風期間船舶靠泊作業原則要點

一、臺灣港務股份有限公司（以下簡稱本公司）為維護颱風期間本公司所屬各港碼頭設施及船舶進出港航行安全，特訂定本作業要點，供本公司各分公司（以下簡稱分公司）訂定所屬港口船舶靠泊作業細則。

### 二、定義：

（一）颱風期間：係指中央氣象局發布海上、陸上颱風警報（警戒區域涵蓋所屬各港地區）起至陸上颱風警報解除後 24 小時之時段。

（二）風力依據：

1、船舶交通服務中心（以下簡稱為 VTS）海氣象儀測得平均風力。

2、中央氣象局網站「藍色公路航段海象預報資訊系統」、「漁業氣象」之「三天漁業」、「臺灣近海」之氣象預報資料。

（三）平均風力：海氣象儀測數在 15 分鐘內之風力平均值。

三、海上颱風警報發佈後，請各輪船公司及船務代理公司注意颱風動態，欲進出港之船舶，應儘早辦好進出港手續，以免颱風接近港口風大浪高時，無法進出港。

四、各分公司應通知各輪船公司或船務代理公司告知商輪船長及船員務必於陸上颱風警報發布後，應自動回船以茲應變，共同維護船舶及港區之安全。

五、海上、陸上颱風警報發布後，經研判颱風可能侵襲所轄港口，該分公司商港港務單位應掌握在港船舶動態，並至少應於 7 級暴風圈預定抵達 6 小時前，決定港區內相關船舶出港時間，另儘早規劃船席調配事宜，必要時得移泊至安全船席或出港，以免發生斷纜、擱淺等事故。

- 六、各分公司各港務單位應考量所轄各港特性，依颱風級數、行徑、海（陸）上颱風警報發佈等情況，訂定颱風期間依船舶種類【如客輪（含國內、國際航線、兩岸）、危險品船和貨櫃船等】、噸數分級之進出港航行與靠泊作業細則，並得訂定漁船防颱或特殊與例外條件之相關作業辦法。
- 七、強制出港船舶得由各分公司依港口特性訂定出港作業優先順序，非強制出港船舶，如經現場判斷或跡象顯示具有危險性，得下令該船舶出港。
- 八、可在港內滯港船舶，仍請審慎檢視船況、貨載情況，必要時及早出港。如決定滯港應依照各分公司規定加強繫纜並辦理各項防颱作業事宜；如決定出港應及早備便，在規定時間內出港。各分公司得訂定在港滯港船舶，加強繫纜之處理原則。
- 九、颱風期間停泊港區船舶應有足夠人員留守，並須有高級船員留船，俾有足以操縱船舶航行及應付緊急事變之能力，機動船舶均應備便主機，俾必要時可立即應變。
- 十、為加強國際航線及兩岸客輪進出港靠泊安全，各分公司應優先處理並儘早將颱風相關動態及港區管制措施，告知該輪船公司或船務代理公司以為因應。
- 十一、船舶未依規定出港違規者，得要求前述違規船舶船長簽訂切結書，承諾「滯港期間發生意外事故，由船長及船東自行負責。
- 十二、本要點自公布日實施，如有未盡事宜，得適時檢討修訂之。

表 2.3 花蓮分公司花蓮港(客輪(含國內、國際線、兩岸)、危險品船、貨櫃船與其他船舶)颱風期間船舶靠泊作業規定摘要表

| 颱風級數 | 颱風行徑   | 作業規定(亦得分別制定海上、陸上颱風警報發布時之不同作業規定)                         | 備註 |
|------|--------|---------------------------------------------------------|----|
| 強烈颱風 | 東部侵襲或巴 | 一、依據中央氣象局發布颱風形成或影響東部海域時，花蓮港務分公司（以下簡稱本公司）港務處即通知各代理行轉知所代理 |    |

|      |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|      | 士海峽侵襲。       | <p>之船舶應加強繫纜，並備足油、水及各項補給品，以便港內產生湧浪時能即出港避浪（湧）。</p> <p>二、依據中央氣象局對東部地區發布海上颱風警報，本分公司成立應變小組即通知港口相關單位召開防颱會議，並依決議執行防颱措施，在港船舶建議適時出港避颱，港灣作業採取只出不進管制方式。</p> <p>三、受颱風外圍影響時，船舶應加強繫纜並加掛防颱纜，如觀察外港 25 號碼頭浪湧起伏達 1 公尺以上，致使船舶靠泊碼頭有損害港埠設施或船舶安全顧慮時，本分公司得指示代理辦理船舶出港避風（湧）。</p> <p>四、在港船舶因主機故障無法出港避浪（湧），本公司得指示移泊，必要時可申請拖船協助推頂穩固，其與船費用依規定辦理收費。</p> <p>五、颱風過後本分公司參酌港域湧浪狀況，視 25 號碼頭浪湧起伏 1 公尺以下，再適時通知各船舶恢復進出港作業；如出港避浪（湧）船舶又再次預報進港裝卸貨作業，本港以先出港避颱之船舶於返抵後先行安排進港為原則，其次再排當日預報船舶進港作業。</p> |  |
| 中度颱風 | 東部侵襲或巴士海峽侵襲。 | 同上                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |



|          |                                  |    |  |
|----------|----------------------------------|----|--|
| 輕度<br>颱風 | 東部<br>侵襲<br>或巴<br>士海<br>峽侵<br>襲。 | 同上 |  |
|----------|----------------------------------|----|--|



## 附錄二

### 各港務公司船舶繫泊作業要點



## 臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理要點

### 第一章 總則

- 一、臺灣港務股份有限公司（以下簡稱本公司）為監督管理所轄各分公司（以下簡稱當地分公司）之船舶帶解纜業務，特訂定本要點。
- 二、當地分公司之船舶帶解纜作業，除法令另有規定外，相關事項悉依本要點之規定執行。
- 三、船舶帶解纜依業務開放方式之不同，其取得經營權之業者（以下簡稱業者）區分如下：
  - （一）業務委外承攬業者。
  - （二）民間經營業者。
- 四、船舶帶解纜業務開放方式、內容，由當地分公司以公告方式辦理之。

### 第二章 設置

- 五、業者應於當地分公司規定之期限內，依法辦理公司或商業變更登記後，始得營業；逾期未登記者，不論是否已正式營業，終止其經營權。
- 六、業者應自備所需帶解纜作業器材、車輛、無線電裝備、個人防護具及工作服。
- 七、業者自營運日起應投保公共意外險與僱主責任險，以確保發生事故或員工受傷害時，得獲得合理補償。保險內容須包括：
  - （一）帶纜車、船之強制與意外險。
  - （二）作業中事故造成船舶、人員、碼頭或其他設施損害之賠償。
  - （三）每期保險期間不得少於一年，期滿須接續保險，不得中斷。
  - （四）保險契約期滿或中途退保應即辦理續保或再保，並於十日內檢送保險契約影本送當地分公司備查。

八、業者於當地分公司規定之期限內，未依規定備置設備、人員、辦公處所，及檢送相關證照文件至當地分公司備查或未經審查核可，而擅自營業，或逾期未備置設備者，終止其經營權。

### 第三章 營運

九、業者應於營運前，將僱用人員之相關人事資料造冊送當地分公司備查；如有更換人員時亦同。

十、業者應依法辦理經營事項變更登記，並檢具公司或商業登記證明文件送當地分公司備查後，始得營運。

十一、業者車輛、人員須申請碼頭通行證，應依當地分公司相關規定作業辦理，非經營業務範圍不得使用。

十二、業者應於當地分公司所規定之日期前，縫製指定之各類營運月報表，並將營業稅繳款書、營業人銷售額與稅額申報書及統一發票明細表影本各一份，報請當地分公司查核，以為計費之依據。如經當地分公司發現有錯誤情事，應通知業者於七日內更正。

十三、業者應將調派作業、纜工作業、特殊事故等，含其他必要之紀錄，詳載於工作日誌簿，以備當地分公司檢查，其保存期限2年。

十四、當地分公司為業務及安全需要，得派員查閱業者之營運狀況及請業者提供有關資料，業者不得拒絕，但當地分公司派員進行查閱時，應主動出示證明文件。

十五、業者所有之帶解纜船，不得有下列妨害港區安全之行為：

（一）違規載運人、或危險物品。

（二）超出營運範圍或規定航行之區域。

（三）無證照航行或借用他船之證照或將證照轉借他人使用。

（四）所僱之船員未持有合格證照。

(五) 不遵照指定之區域停泊。

(六) 夜航不依規定懸掛號燈。

十六、業者有下列情事之一者，當地分公司得以書面告誡限期改善，逾期不改正，得終止其經營權，業者不得異議或申請補償：

(一) 轉讓或出租經營權利。

(二) 未調派纜工辦理船舶帶解纜作業，肇致船方或當地分公司重大損害。

(三) 未調派纜工或延誤執行船舶帶、解纜作業，經查證屬實。

(四) 未依當地分公司通知補足履約保證金。

(五) 業者所屬員工（含纜工），未經船方同意，擅自登輪或登輪後有違法情事，情節重大。

十七、業者因故不能繼續營運時，應於終止營運前 6 個月，以書面通知當地分公司，未能依期限通知或擅自終止營業者，當地分公司得沒入全數保證金。如造成船舶或當地分公司損害者，應責成業者負全部賠償責任。

#### 第四章 作業

十八、業者應全年全日二十四小時分班值勤，配合船舶帶、解纜作業，並配合引水人之指揮及調派連繫工作。作業中纜工需穿戴救生衣、反光制服、安全鞋、安全帽。

十九、業者指派之纜工人員應符合下列要求：

(一) 品行端正，謙和有禮，工作認真確實。

(二) 服裝儀容整潔，並佩帶識別證。

(三) 業者指派之纜工作業人員，經船公司或船務代理公司反應或經當地分公司查獲如有工作不力、配合度不佳、不遵守工作紀律之情事者，業者應檢討改派其他人員作業。

二十、業者於無作業時，除調派連繫人員外，需配置足夠纜工備勤待命，以因應防颱期間、天然災害或其他特殊情事時突發事件之處理。非經當地分公司同意，纜工不得擅離候工處所。

二十一、纜工調派時間應參考當地分公司所公布之港灣及棧埠資訊查詢項目辦理，惟遇當地分公司、引水人、船長或突發事件，須變更作業時間或作業船席時，業者亦應即時調派纜工協助作業，不得拒絕或推諉延誤。

二十二、業者接獲引水人召僱調派通知後，應立即調派纜工；纜工應提前抵達作業現場並排除妨礙帶、解纜障礙，同時向引水人報到待命；如有未能處理事項，纜工須通報業者之調派人員，轉知當地分公司權責單位協助處理，並做成紀錄。

二十三、纜工作業時，應即時將船舶帶、解纜作業時間，以無線電通報業者登錄。

二十四、遇有船舶碰撞碼頭設施或其他事故發生，纜工與業者需立即通知當地分公司權責單位知情。必要時，業者立即調派纜車，派員會同至事故現場查證與辦理簽證、紀錄事宜。

## 第五章附則

二十五、業者對於其所僱用之纜工人員應遵守勞動基準法、全民健康保險法、勞工安全衛生法等相關法令規定，如有違反概由業者自負全責，如遇有重大事故致人員傷亡時，應即採取必要之急救、搶救等措施，並應拍照存證，並於二十四小時內向勞動檢查機構申報，並副知當地分公司。

二十六、纜工人員之薪資、福利、保險以及因執行本項業務而導致之任何意外，概由業者自負全責。

二十七、有關各港船舶帶解纜之纜工調派、作業人數、帶解纜方法、連繫事項、特殊狀況處理等相關規定，由當地分公司依照港區環境狀況與實際需要另定之。

二十八、本要點如有未盡事宜，得隨時修訂之。



## 基隆港船舶帶解纜作業準則

一、臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司（以下簡稱本分公司）為維持基隆港（以下簡稱本港）船舶靠離船席之帶解纜作業迅速、確實與作業之安全，依「臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理要點」第二十七點規定，訂定本準則（以下簡稱本準則）管理之。

二、船舶帶、解纜作業得開放由民間公司承攬（以下簡稱業者）辦理，其經營許可，依合約載明之碼頭區域為限，含下列船舶：

（一）進出本港之國內外船舶，靠離碼頭、船舶外檔之船舶帶解纜作業（不含 500 噸以下船舶）。

（二）未經許可經營之區域，其船舶帶解纜作業，須經本分公司核准後始得辦理。

（三）軍艦、公務船或靠泊台灣國際造船公司碼頭之船舶，非經本分公司核准不得作業。

（四）帶纜船由本分公司提供。

三、為迅速準時提供本港船舶帶解纜作業之服務，業者應購置下列基本配備始得經營：

（一）車輛總重 3 噸以上之帶纜作業用車 6 輛以上（含 6 輛，正式營運前汽車行車執照正反面影本送本分公司查驗）。

（二）業者辦公處所應鄰近港區或租用本分公司建物；並裝置電話 2 部、傳真機 2 部、電腦（含與本分公司連線）2 部、25W 無線電基地台（經本分公司核備後購置）2 組，作業中纜工須攜帶手持無線電。

（三）業者纜工配置人數應在 45 人以上（含 45 人）；全年全日（24 小時）分班備勤，配合船舶帶、解纜作業。

四、一般規定：

- (一) 業者應依據本分公司港務處（繫船科）船席調配、暨船舶預報動態作業時間之通知，按引水人召僱，調派續工至現場，執行船舶帶解纜作業。
- (二) 本分公司港務處（繫船科）、業者作業人員、引水人等，宜注意連繫配合作業。
- (三) 纜工作業時，應服從引水人指揮執行任務，不得有怠慢情事。
- (四) 纜工作業時應戴安全帽，穿著反光制服、安全鞋與救生衣，動作力求迅速確實，服務態度務須親切和藹。
- (五) 纜工等人員非因作業需要，不得藉故登輪。
- (六) 引水人於船方完成運轉準備，入港前 2 海浬，或安檢完畢時，以無線電，通知業者調派纜工至現場待命作業。
- (七) 纜工作業時，應將帶解纜作業時間纜立即以無線電通報業者；其起訖時間為：靠泊時，第一根船纜帶上纜樁起計，離開船席，最後一根船纜解離纜樁止。

#### 五、連繫規定:

- (一) 業者資訊人員，應即時將船舶靠、離船席之作業時間，輸入港灣作業系統中，以利本分公司港務處（繫船科）船席管理與運用。經由資訊網路，供有關單位作為船舶靠、離資料、紀錄統計、計費之依據。
- (二) 本分公司港務處（繫船科）於每日船席調配會議後，立即將船席指泊輸入港灣作業系統中（緊急時以電話、傳真機先行通知），供各相關單位使用。
- (三) 本分公司港務處（繫船科）於每日 17 時 30 分前，應將夜間時段（18:00 時至翌日 09:00 時）船舶動態預報資料，

輸入港灣作業系統，遇知各單位執行船舶靠、離船席之依據，以及配置夜間當值人數。

(四) 本分公司港務處（繫船科）於船席臨時變更時，以電話或傳真機通知業者、本分公司接埠處、引水人辦事處等單位，並輸入港灣作業系統，便利船舶得迅速靠、離碼頭。

(五) 業者依據本分公司港務處（繫船科）之船席指泊表包含：船舶長度、船席號數、靠、移、離、時間、船與船之相關停泊位置等資料，核計船舶停泊位置及繫泊樁位，鍵入港灣作業系統，便於業者調派纜工作業，及本分公司棧埠處（現場單位）與貨櫃場承租業者，配合移離岸邊機具，提供船舶靠離船席安全。

(六) 橋式起重機定期保養表，由本公司棧埠處（貨櫃場承租業者）於每月底前，將下一個月保養表提前送本分公司港務處與業者參考，如有更改，應即時通知，以策機船安全。

(七) 本分公司棧埠處（現場單位）、貨櫃場承租業者，依據港灣作業系統之船舶靠、離船席時間、停泊位置等資訊，適時將碼頭岸肩停放之機具、車輛或其他雜物等廓清，貨櫃碼頭並應將橋式機停放適當位置，以利船舶靠、離船席共維船舶機具安全。

(八) 特殊情況之處理：

1. 颱風侵襲前，本分公司港務處（繫船科）、業者應派員共同赴現場勘查船舶船纜繫掛狀況。船舶如需加纜，船方與業者立即配合辦理，並作成紀錄。防颱期間業者亦配合留值充足纜工，並將值勤名單通知本分公司港務處（調度中心）備查，業者不得拒絕，非經許可或防颱解除，纜工不得擅離候工場所。

2. 本分公司棧埠處（現場單位）與碼頭承租業者，夜間或例假日，遇有特殊情況，足以影響船舶靠離作業時，應即通知本公司港務處（繫船科），或業者協助處理。

3. 引水人員認為岸肩機具停放位置不當，應於船舶引領作業前半小時，以無線電或電話通知業者，協調本分公司棧埠處與碼頭承租業者排除障礙，再執行引領作業。
4. 引水人、纜工，如發現船舶撞損港埠設施，或岸上機具時，應以無線電通知本分公司港務處（調度中心），該中心立即轉知受損管理單位及有關單位處理並填寫船舶撞損碼頭設施簽證單，經簽證後送交本分公司港務處（港灣科），辦理賠償事宜。

#### 六、現場作業規定：

- （一）纜工出勤時間，務須駐在候工地點待命，非經許可不可擅自離開。
- （二）業者調度人員，遇有妨礙靠泊安全之通報時，應即作適當處理。未能處理時通報權責單位或報請上級處理，並作成日誌。
- （三）業者調度人員，視船舶長度與工作需要調派作業人員，其調派原則如下：
  1. 船舶長度在 300 呎（不含）以下，靠離船席時派 2 名。
  2. 船舶長度在 300 呎（含）以上至 600 呎以下，靠離船席時派 3 至 4 名（400 呎以上派 4 名為原則）。
  3. 船舶長度在 600 呎以上，靠離船席時派 4 至 6 名。
  4. 使用粗重鋼索船纜或沉水纖維纜索之船舶，其帶解纜作業，由調派人員視作業需要，調派纜車協助拖曳，或增派纜工，以維作業安全。
- （四）作業時，纜工預先 15 分鐘前到達工作現場，並向引水人報到待命，聽候指揮執行帶解纜作業。

- (五) 纜工到達現場後，應立即插置碼頭旗，並對有影響作業之障礙物予以清除，或通報權責單位清除或報請上級處理。
- (六) 船舶帶纜時，不得妨礙他船作業，如繫船柱已有甲船使用，而乙船亦須使用該同一繫船柱時，應將乙船之纜索由甲船纜孔之下端穿入，然後套掛於柱上，如同一繫船柱已有甲乙兩船共用時，丙船纜索之套掛亦同。未按本項規定作業，致船方需截斷船纜或導致其他損失者，疏失者應負賠償責任。
- (七) 船舶靠泊時，船上擲下撇纜，應注意其方向，並迅速拉住撈上，將船纜儘快繫帶於纜柱上。
- (八) 船纜繫帶於纜柱後，纜工於船上使用絞機收纜時，應遠離纜柱適當距離外，並注意安全。
- (九) 船舶因天候不良，機械故障或其他因素，必須由纜船協助時，引水人員應於船舶靠泊船席前 30 分鐘，通知本分公司港務處（調度中心）調派纜船協助帶纜作業。
- (十) 纜船應引水人要求調派至現場，應完全聽令引水人指揮，無論實際作業或在旁待命備便，照費率表規定按次計收費。
- (十一) 外檔作業時，本分公司港務處（調度中心）應調派纜船協助將船舶之艀纜、艕纜，帶至岸邊交與纜工繫掛。
- (十二) 業者之調派人員，視作業實際情況需要，調派纜車至現場協助作業。
- (十三) 船舶帶解纜作業時，各纜工應攜帶無線電話對講機 1 部，以便與船上引水人通話，其通話內容要簡明，語詞要清晰。
- (十四) 解纜時，若發現纜索被他船纜索壓住，應設法解開，非經船方同意不得擅自割纜。

(十五) 靠泊時，纜工應俟船方人員表示帶纜完妥後，始可離開。  
開船時，纜工應俟船舶遠離船席，始可離開。

(十六) 業者，應於每月 3 日前，印製前 1 個月船舶靠、離船席統計表、業者船舶帶解纜次數統計表，檢送本分公司業務處查核，以為計算業者帶解纜費及管理費之依據。

(十七) 夜間無論有無船舶靠離船席，均應有值勤之纜工、調派人員留守待命。

七、本準則未規定事項，依其他相關規定辦理。

## 臺北港船舶帶解纜作業準則

一、臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司臺北港營運處（以下簡稱本處）維持臺北港（以下簡稱本港）船舶靠離船席之帶解纜作業迅速、確實與作業之安全，依「臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理要點」第二十七點規定，訂定本準則（以下簡稱準則）管理之。

二、船舶帶、解纜作業得開放由民間業者經營（以下簡稱業者）辦理，其經營許可，依合約載明之碼頭區域為限。

三、一般規定：

（一）船舶帶解纜經營業者（以下簡稱業者），依據臺北港船席指泊暨船舶預報動態作業時間，並接受船公司或船務代理公司委託，調派纜工至現場，執行船舶（不含軍艦、公務船及 500 噸以下船舶）帶解纜作業。

（二）業者須指派調度人員負責與船公司或船務代理公司協調連繫，及管理指揮纜工人員工作，並遵守本港一切規定及服從本處之督導與臨時交付之任務，如遇引水人或船長或因突發事件變更作業時間或作業船席，業者亦應即時調派纜工協助作業，不得拒絕或推諉延誤。

（三）業者應提供緊急聯絡電話並應保持 24 小時暢通，不得以電話故障、關機或收訊不良等理由拒接。

四、作業規定：

（一）引水人或船長於船舶完成運轉準備，由船長、船公司或船務代理公司應通知業者，調派纜工至現場待命作業。

（二）纜工作業時，應立即以無線電將靠泊時第一根船纜帶上纜樁時間，及離開船席最後一根船纜解離纜樁時間，通報本處信號台，信號台值班人員，立即將船舶靠、離船席之作

業時間，輸入船舶動態系統中，以利船席管理與計費之依據。

- (三) 有關船舶動態本處港勤所於每日下午 1630 時船席指泊排定後，於本港網站船舶動態訊息資料中公布，供各相關單位使用。
- (四) 業者應依據本處港勤所之船席指泊表所示：船舶長度、船席號數、靠、移、離時間、船與船之相關停泊位置等資料，核計船舶停泊位置及繫泊樁位，調派纜工作業，提供船舶靠離船席安全。
- (五) 業者應依據本港網站船舶動態資料之船舶靠、離船席時間、停泊位置等資訊，通知裝卸承業者適時將碼頭岸肩停放之機具、車輛或其他雜物等清除，以利船舶靠、離船席，俾維護船舶、機具安全。
- (六) 纜工如發現船舶撞損港埠設施，或岸上機具時，應立即通報信號台，必要時，業者應立即調派纜車，派員會同本處至事故現場查證與辦理簽證、紀錄事宜。
- (七) 纜工帶解纜作業時，應服從引水人或船長指揮執行任務，不得有怠慢情事。
- (八) 纜工帶解纜作業時應戴安全帽，穿著救生衣及安全鞋，動作力求迅速確實，服務態度務須親切和藹。
- (九) 纜工出勤時間，務須於安全地點待命，非經許可不可擅自離開。
- (十) 業者調度人員，如接獲妨礙船舶靠泊安全之通報時，應即作適當處理，並作成紀錄。
- (十一) 業者調度人員，視船舶長度與工作需要調派作業人員，其調派原則如下：



1. 船舶長度在 90 公尺（不含）以下，靠離船席時派兩名。
2. 船舶長度在 90 公尺（含）以上至 180 公尺（不含）以下，靠離船席時派 3 至 4 名（120 公尺以上派四名為原則）。
3. 船舶長度在 180 公尺（含）以上，靠離船席時派 4 至 6 名。
4. 使用粗重鋼索船纜或沉水纖維纜索之船舶，其帶解纜作業，由調度人員視作業需要，調派纜車協助拖曳，或增派纜工，以維作業安全。

（十二）作業時，纜工應預先 15 分鐘前到達工作現場，並向引水人報到待命，聽候指揮執行帶解纜作業。

（十三）纜工到達現場後，應先行檢查碼頭狀況，並對有影響作業之障礙物予以清除；日間插置碼頭旗，夜間以發光之指揮棒或帶纜車頭光指引船舶靠泊位置。

（十四）船舶帶纜時，不得妨礙他船作業，如繫船柱已有甲船使用，而乙船亦須使用該同一繫船柱時，應將乙船之纜索由甲船纜孔之下端穿入，然後套掛於柱上，如同一繫船柱已有甲乙兩船共用時，丙船纜索之套掛亦同。未按本項規定作業，致船方需截斷船纜或導致其他損失者，業者應負賠償責任。

（十五）船舶靠泊時，船上擲下撇纜，纜工應注意其方向，並迅速拉住撈上，將船纜儘快繫帶於繫纜柱上。

（十六）船纜繫帶於纜柱後，船員於船上使用絞機收纜時，纜工應離開繫纜柱適當距離外，並注意安全。

（十七）業者之調派人員，應視作業實際情況需要，調派纜車至現場協助作業。

- (十八) 船舶帶解纜作業時，各纜工應攜帶無線電話對講機乙部，以便與船上引水人通話，其通話內容應簡明扼要，語詞要清晰。
- (十九) 解纜時，若發現纜索被他船纜索壓住，應設法解開，非經船方同意不得擅自割纜。
- (二十) 靠泊時，纜工應俟船方人員表示帶纜完妥後，始可離開；開船時，於船纜完全解離，船舶遠離碼頭後，再行離開作業場所。
- (二十一) 業者應於每月三日前，印製前一個月船舶靠、離船席統計表、船帕帶解纜次數統計表，檢送業務課查核，以為計算管理費之依據。
- (二十二) 無論有無船舶靠離船席，或防颱期間有無船舶在港，均應有值勤之纜工、調派人員留守待命。

## 蘇澳港船舶帶解纜作業準則

一、臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司蘇澳港營運處（以下簡稱本處）維持蘇澳港（以下簡稱本港）船舶靠離船席之帶解纜作業迅速、確實與作業之安全，依「臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理要點」第二十七點規定，訂定本準則（以下簡稱本準則）管理之。

### 二、一般規定：

- （一）船舶帶解纜承攬業者（以下簡稱業者），依據本處港勤船席指泊暨船舶預報動態作業時間，並接受船公司或船務代理公司委託，調派纜工至現場，執行船舶（不含軍艦、公務船及 500 噸以下船舶）帶解纜作業
- （二）業者須指派調度人員負責與船公司或船務代理公司協調連繫，及管理指揮纜工人員工作，並遵守本處之一切規定及服從本處之督導與臨時交付之任務，如遇引水人或船長或因突發事件變更作業時間或作業船席，業者亦應即時調派纜工協助作業，不得拒絕或推諉延誤。
- （三）業者應提供緊急聯絡電話並應保持 24 小時暢通，不得以電話故障、關機或收訊不良等理由拒接。

### 三、作業規定：

- （一）引水人或船長於船舶完成運轉準備，由船長、船公司或船務代理公司應通知業者，調派纜工至現場待命作業。
- （二）纜工作業時，應立即以無線電將靠泊時第一根船纜帶上纜樁時間，及離開船席最後一根船纜解離纜樁時間，通報本處信號台，信號台值班人員，立即將船舶靠、離船席之作業時間，輸入船舶動態系統中，以利船席管理與計費之依據。

- (三) 有關船舶動態本處港勤所於每日下午 1630 時船席指泊排定後，於本港網站船舶動態訊息資料中公布，惟當日臨時進出港時間異動於本處港勤所無線電發佈訊息通知各相關單位使用。
- (四) 業者應依據本處港勤所之船席指泊表所示：船舶長度、船席號數、靠、移、離時間、船與船之相關停泊位置等資料，核計船舶停泊位置及繫泊樁位，調派纜工作業，提供船舶靠離船席安全。
- (五) 業者應依據本港網站船舶動態資料之船舶靠、離船席時間、停泊位置等資訊，通知裝卸承業者適時將碼頭岸肩停放之機具、車輛或其他雜物等清除，以利船舶靠、離船席，俾維護船舶、機具安全。
- (六) 纜工如發現船舶撞損港埠設施，或岸上機具時，應立即通報港勤所，必要時，業者應立即調派纜車，派員會同本處至事故現場查證與辦理簽證、紀錄事宜。
- (七) 纜工帶解纜作業時，應服從引水人或船長指揮執行任務，不得有怠慢情事。
- (八) 纜工帶解纜作業時應戴安全帽，穿著救生衣及安全鞋，動作力求迅速確實，服務態度務須親切和藹。
- (九) 纜工出勤時間，務須於安全地點待命，非經許可不可擅自離開。
- (十) 業者之調度人員，如接獲妨礙船舶靠泊安全之通報時，應即作適當處理，並作成紀錄。
- (十一) 業者之調度人員，視工作需要調派作業人員，其調派原則如下：
1. 船舶長度在 90 公尺（不含）以下，靠離船席時派兩名。
  2. 船舶長度在 90 公尺（含）以上至 180 公尺（不含）以下，靠離船席時派 3 至 4 名。
  3. 船舶長度在 180 公尺（含）以上，靠離船席時派 4 名。

4. 使用粗重鋼索船纜或沉水纖維纜索之船舶，其帶解纜作業，由調度人員視作業需要，調派纜車協助拖曳，或增派纜工，以維作業安全。

(十二) 作業時，纜工應預先 15 分鐘前到達工作現場，並向引水人報到待命，聽候指揮執行帶解纜作業。

(十三) 纜工到達現場後，應先行檢查碼頭狀況，並對有影響作業之障礙物予以清除。

(十四) 船舶帶纜時，不得妨礙他船作業，如繫船柱已有甲船使用，而乙船亦須使用該同一繫船柱時，應將乙船之纜索由甲船纜孔之下端穿入，然後套掛於柱上，如同一繫船柱已有甲乙兩船共用時，丙船纜索之套掛亦同。未按本項規定作業，致船方需截斷船纜或導致其他損失者，業者應負賠償責任。

(十五) 船舶靠泊時，船上擲下撇纜，纜工應注意其方向，並迅速拉住撈上，將船纜儘快繫帶於繫纜柱上。

(十六) 船纜繫帶於纜柱後，船員於船上使用絞機收纜時，纜工應離開繫纜柱適當距離外，並注意安全。

(十七) 業者之調派人員，應視作業實際情況需要，調派纜車至現場協助作業。

(十八) 船舶帶解纜作業時，各纜工應攜帶無線電話對講機乙部，以便與船上引水人通話，其通話內容應簡明扼要，語詞要清晰。

(十九) 解纜時，若發現纜索被他船纜索壓住，應設法解開，非經船方同意不得擅自割纜。

(二十) 靠泊時，纜工應俟船方人員表示帶纜完妥後，始可離開；開船時，於船纜完全解離，船舶遠離碼頭後，再行離開作業場所。

- (二十一) 業者應於每月三日前，印製前一個月船舶靠、離船席統計表、船舶帶解纜次數統計表，檢送業務課查核，以為計算管理費之依據。
- (二十二) 無論有無船舶靠離船席，或防颱期間有無船舶在港，均應有值勤之纜工、調派人員留守待命。

## 臺中港船舶帶解纜作業準則

一、本準則依臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理準則（草案）第二十七條規定訂定。

二、船舶帶、解纜作業得開放由民間業者經營（以下簡稱業者）辦理，其經營許可，依合約載明之碼頭區域為限。

三、一般規定：

（一）船舶帶解纜經營業者（以下簡稱業者），依據本分公司網站「船舶動態」訊息預報之進出港時間，並接受船公司或船務代理公司委託，調派纜工至現場，執行船舶（不含軍艦、公務船及 500 噸以下船舶）帶解纜作業。

（二）業者須指派調度人員負責與船公司或船務代理公司協調連繫，及管理指揮纜工人員工作，並遵守本分公司一切規定及服從本分公司之督導與臨時交付之任務，如遇引水人或船長或因突發事件變更作業時間或作業船席，業者亦應即時調派纜工協助作業，不得拒絕或推諉延誤。

（三）業者應提供緊急聯絡電話並應保持 24 小時暢通，不得以電話故障、關機或收訊不良等理由拒接。

四、作業規定：

（一）引水人或船長於船舶完成運轉準備，由船長、船公司或船務代理公司通知業者，調派纜工至現場待命作業。

（二）纜工作業時，應立即以無線電將靠泊時第一根船纜帶上纜樁時間，及離開船席最後一根船纜解離纜樁時間，通報本分公司港勤中心調度室。

（三）有關船舶動態，本分公司船舶交通服務中心於每（一般上班）日中午 12:00 船席電話會議指泊排定後，於本分公司網站「船舶動態」訊息中公布，供各相關單位使用。

- (四) 業者應依據本分公司船舶交通服務中心之船席指泊表所示：船舶長度、船席號數、靠、移、離時間、船與船之相關停泊位置等資料，核計船舶停泊位置及繫泊樁位，調派纜工作業，提供船舶靠離船席安全。
- (五) 業者應依據本分公司網站「船舶動態」訊息之船舶靠、離船席時間、停泊位置等資訊，通知裝卸承業者適時將碼頭岸肩停放之機具、車輛或其他雜物等清除，以利船舶靠、離船席，俾維護船舶、機具安全。
- (六) 纜工如發現船舶撞損港埠設施，或岸上機具時，應立即通報船舶交通服務中心，必要時，業者應立即派員會同本分公司至事故現場查證與辦理簽證、紀錄事宜。
- (七) 纜工帶解纜作業時，應服從引水人或船長指揮執行任務，不得有怠慢情事。
- (八) 纜工帶解纜作業時應戴安全帽，穿著救生衣及安全鞋，動作力求迅速確實，並加著適當裝備及防護具，服務態度務須親切和藹。
- (九) 纜工出勤時間，務須於安全地點待命，非經許可不可擅自離開。
- (十) 業者之調度人員，如接獲妨礙船舶靠泊安全之通報時，應即作適當處理，並作成紀錄。
- (十一) 業者之調度人員，視工作需要調派作業人員，其調派原則如下：

使用粗重鋼索船纜或沉水纖維纜索之船舶，其帶解纜作業，由調度人員視作業需要，調派纜車協助拖曳，或增派纜工，以維作業安全。進出港船舶帶解纜未滿一千噸者派纜工兩人，一千噸以上派纜工三人以上作業。粗重纜索及鋼纜繫纜作業需過纜或帶掛岸間遠纜應使用帶纜車拖帶。



- (十二) 作業時，纜工應預先 15 分鐘前到達工作現場，並向引水人報到待命，聽候指揮執行帶解纜作業。
- (十三) 纜工到達現場後，應先行檢查碼頭狀況，並對有影響作業之障礙物予以清除；日間插置碼頭旗，夜間以發光之指揮棒或帶纜車頭光指引船舶靠泊位置。
- (十四) 船舶靠泊時，船上擲下撇纜，纜工應注意其方向，並迅速拉住撈上，將船纜儘快繫帶於繫纜柱上。
- (十五) 船纜繫帶於纜柱後，船員於船上使用絞機收纜時，纜工應離開繫纜柱適當距離外，並注意安全。
- (十六) 船舶帶解纜作業時，各纜工應攜帶無線電話對講機乙部，以便與船上引水人通話，其通話內容應簡明扼要，語詞要清晰。
- (十七) 靠泊時，纜工應俟船方人員表示帶纜完妥後，始可離開；開船時，於船纜完全解離，船舶遠離碼頭後，再行離開作業場所。
- (十八) 業者應於每月八日前，印製前一個月帶解纜營運明細表，檢送本處港勤中心調度室先審核後送業務處查核，以為計算管理費之依據。
- (十九) 無論有無船舶靠離船席，或防颱期間有無船舶在港，均應有值勤之纜工、調派人員留守待命。
- 五、帶解纜車應指派具有駕照人員駕駛，使用車輛拖帶纜索時不可將船上纜索直接套上或固定在車輛上，應以引索將船纜活套於拖釣並用人員控制，指揮車輛適度吃力。
- 六、油品、易燃物、化學品輸送船離靠碼頭作業及其碼頭區禁止吸煙。
- 七、帶纜作業，纜索不得任意帶掛，若繫纜栓已有它船纜索繫帶，後靠船舶要由前靠船之纜索孔環下端穿入套掛繫纜栓上，並應俟船上表示帶纜完畢後始得離開現場。

八、離泊解纜發現纜索被它船纜索壓著時應設法解決，非不得以並經船上同意始得割纜。解纜人員須等船舶開航離岸始可離開。

九、當臺中地區陸上颱風警報發佈後，業者纜車、纜工應立即配合本（臺中）分公司與各輪船公司、代理行執行繫纜靠船舶加纜作業，船舶重大災難事故時免費配合港務單位實施船舶疏散。

十、船方加強繫泊防颱纜樁時，應於纜繩明顯處加掛警示燈及警示旗，並於纜繩下方之碼頭面通道兩側適當區域，放置必要之日夜間安全警示設施（拒馬），以維安全。

本準則如有未盡事宜，得隨時修訂之。

## 高雄港船舶帶解纜作業準則

一、臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司（以下簡稱本分公司）為維持高雄、安平兩港船舶靠離船席之帶解纜作業迅速、確實與作業之安全，依「臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理要點」第二十七點規定，訂定本準則（以下簡稱本準則）管理之。

二、商船噸位與纜工人數調派原則：

- （一）未滿一千五百噸者：進出港船帶解纜各派續工二人。
- （二）一千五百噸以上，未滿二萬噸者：進港船帶纜派纜工四人，出港船解纜派纜工二人。
- （三）二萬噸以上者：進港船帶纜派纜工六人，出港船解纜派纜工四人。

三、作業規定：

- （一）各型船除繫纜外，另繫有鋼索者不論進出港，照前述調派原則增派二人作業。
- （二）危險品船舶為顧及靠離安全，平離平靠，帶解纜均派二組人員作業。
- （三）靠離浮筒，靠進帶纜時派纜工四人，離出解纜時派纜工二人，如繫有鋼索時各予增派一人。
- （四）若以帶纜車、機執行帶纜作業，可酌情減派纜工，以能順利執行帶纜為原則。
- （五）如有特殊情況，得視實際需要機動調整之。
- （六）颱風警報期間由本分公司視准予經營家數，依序通知各家經營業者輪流免費執行緊靠浮筒船舶加纜防颱作業及處理緊急情況。

## 安平港船舶帶解纜作業準則

一、臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司（以下簡稱本分公司）為維持高雄、安平兩港船舶靠離船席之帶解纜作業迅速、確實與作業之安全，依「臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理要點」第二十七點規定，訂定本準則（以下簡稱本準則）管理之。

二、商船噸位與纜工人數調派原則：

- （一）未滿一千五百噸者：進出港船帶解纜各派續工二人。
- （二）一千五百噸以上，未滿二萬噸者：進港船帶纜派纜工四人，出港船解纜派纜工二人。
- （三）二萬噸以上者：進港船帶纜派纜工六人，出港船解纜派纜工四人。

三、作業規定：

- （一）各型船除繫纜外，另繫有鋼索者不論進出港，照前述調派原則增派二人作業。
- （二）危險品船舶為顧及靠離安全，平離平靠，帶解纜均派二組人員作業。
- （三）靠離浮筒，靠進帶纜時派纜工四人，離出解纜時派纜工二人，如繫有鋼索時各予增派一人。
- （四）若以帶纜車、機執行帶纜作業，可酌情減派纜工，以能順利執行帶纜為原則。
- （五）如有特殊情況，得視實際需要機動調整之。
- （六）颱風警報期間由本分公司視准予經營家數，依序通知各家經營業者輪流免費執行緊靠浮筒船舶加纜防颱作業及處理緊急情況。

## 花蓮港船舶帶解纜作業準則

一、為花蓮港船舶靠離船席帶解纜作業迅速確實，依「臺灣港務股份有限公司船舶帶解纜業務監督管理要點（草案）第二十七點規定，訂定本準則（以下簡稱本準則）。

二、船舶帶解纜作業，相關事項悉依本準則之規定執行。

三、一般規定：

- （一）帶解纜作業，依據港務處（航管中心）船席調配、及船舶預報動態作業時間之通知，調派纜工至現場，執行船舶帶解纜作業。
- （二）港務處（航管中心）調派拖船、纜工作業人員；通知引水人等，宜注意連繫配合作業。
- （三）纜工作業時，應服從引水人指揮執行任務，不得有怠慢情事。
- （四）纜工作業時應戴安全帽，穿著救生衣與安全鞋，動作力求迅速確實，服務態度務須親切和藹。
- （五）纜工等人員非因作業需要，不得藉故登輪。
- （六）引水人或免引水船長於船舶完成開航準備後，以無線電向本分公司信號台申請進出港，經信號台值班人員確認准予進出港後，再由航管中心調派纜工至現場待命作業。
- （七）船舶於靠泊船席後，由引水人或免引水船長向本分公司信號台通報靠好時間，纜工通報繫纜樁號碼；船舶離開船席，最後一根纜繩解離纜樁後，帶解纜作業人員須向信號台通報 OO 輪離開碼頭以利登錄系統查核。
- （八）若須要使用帶（解）纜車作業時，纜工應通報航管中心，並由航管中心人員填妥「使用帶（解）纜車證明單」，送核登錄系統後，送交業務處，作為計費依據。

#### 四、連繫規定：

- (一) 港務處信號台人員，應即時將當次船舶靠、離船席之作業時間，輸入港灣管理作業系統中，以利船席管理與運用，並經由資訊網路，供有關單位作為船舶靠、離資料、紀錄統計、計費之依據。
- (二) 港務處航管中心人員於船舶預報變更時，以無線電話通知拖船及纜工等相關單位，並輸入本分公司港灣管理作業系統，便利船舶得迅速靠、離碼頭。
- (三) 特殊情況之處理：
  - 1. 颱風侵襲前船舶緊急出港避湧後，纜工應檢查港埠設施是否損壞，船舶加水設備是否收回。防颱解除後，纜工須配合港灣科人員檢查碼頭狀況及復原加水孔蓋等設施，非經許可或防颱解除現場復原設施工作完成後，纜工不得擅離候工場所。
  - 2. 引水人員或船務代理公司認為岸肩機具停放位置不當，應於船舶引領作業前，以無線電或電話通知航管中心，協調相關單位排除障礙，再執行引領作業。
  - 3. 引水人、纜工及船員，如發現船舶撞損港埠設施，或岸上機具時，應以無線電通知（航管中心）處理，並由航管中心人員通知港灣科人員填寫船舶撞損碼頭設施簽證單，經船方及船務代理公司簽證確認後，辦理賠修復償事宜。

#### 五、現場作業規定：

- (一) 纜工出勤時間，務須駐在候工地點待命，非經許可不可擅自離開。
- (二) 港務處航管中心人員，遇有妨礙靠泊安全之通報時，應即作適當處理，未能處理時通報權責單位或報請上級處理，並作成電話紀錄。

(三) 航管中心或帶解纜作業人員，視船舶長度與工作需要調派作業人員，其調派原則如下：

1. 船舶長度 90 公尺（不含）以下者，進港調派 3 名、出港調派 2 名作業。
2. 船舶長度 90 公尺（含）至 140 公尺（不含）者，進出港均調派 3 名作業。
3. 船舶長度 140 公尺（含）以上者，進出港均調派 4 名作業。
4. 帶解纜作業，由調派人員視作業需要，調派纜車協助拖曳，或增派纜工，以維作業安全。

(四) 作業時，纜工預先 15 分鐘前到達工作現場，並向引水人報到待命，聽候指揮執行帶解纜作業。

(五) 纜工到達現場後，應以無線電回報航管中心，並於日間插置碼頭旗，夜間以警示燈指引船舶靠泊位置，及對有影響作業之障礙物予以清除，或通報權責單位清除或報請上級處理。

(六) 船舶帶纜時，不得妨礙他船作業，如繫船柱已有甲船使用，而乙船亦須使用該同一繫纜柱時，應將乙船之纜索由甲船纜孔之下端穿入，然後套掛於柱上，如同一纜船柱已有甲乙兩船共用時，丙船纜索之套掛亦同。未按本項規定作業，致船方需截斷船纜或導致其他損失者，疏失者應負賠償責任。

(七) 船舶靠泊時，船上擲下撇纜，應注意其方向，並迅速拉住撈上，將船纜儘快繫帶於纜柱上。

(八) 船纜繫帶於纜柱後，纜工於船上使用絞機收纜時，應離開纜柱 15 呎外，並注意安全。

- (九) 船舶帶解纜作業時，各纜工應攜帶無線電話對講機 1 部，以便與船上引水人通話，其通話內容要簡明，語詞要清晰。
- (十) 解纜時，若發現纜索被他船纜索壓住，應設法解開或由航管中心人員聯絡處理，非經船方同意不得擅自割纜。
- (十一) 靠泊時，纜工應俟船方人員表示帶纜完妥後，始可離開。開船時，纜工應俟船舶安離船席，始可離開。
- (十二) 夜間無論有無船舶靠離船席，均應有值勤之纜工、調派人員留守待命。
- (十三) 工作區域：自內港區 1 號碼頭至 15 號碼頭，外港區 17 號碼頭至 25 號碼頭為範圍。

六、本準則未規定事項，依其他相關規定辦理。

七、本要點自公布日實施。



## 附錄三

### 期中審查意見及辦理情形說明表



## 附件 期中報告審查意見回覆

### 交通部運輸研究所合作研究計畫

#### ■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                               | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                            | 本所計畫承辦單位<br>審查意見      |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 蕭士俊委員：                                          |                                                                                                                                                                           |                       |
| 1. 整體計劃內容相當符合要項。                                | 感謝委員的肯定。                                                                                                                                                                  | 符合。                   |
| 2. 報告座標系統要一致。                                   | 感謝委員意見。座標系統在綜合考量水工模型試驗配置、數值座標系統、海氣象預報與港務港勤公司意見後，本計畫將統一以北方為正 X 方向，逆時針 90 度旋轉為正 Y 方向(西)。另外，定義正北方向順時鐘旋轉與船艏夾角為船艏向，浪與風皆定義為來向(例如，浪向為北，代表波浪由北向南傳遞)。<br>座標系統將於期末報告統一修正。(如 P.4-63) | 依處理情形辦理。              |
| 3. 圖 4.5 決定 Cd 值，參考值為那一角度？有考慮船體轉動導致的面受力面積變化之影響？ | 本計畫採用數值模式可考量不同風向與動態船體的作用力。一般計算方式有兩種，分別為改變受風面的投影面積或改變阻力係數，本模式採用後者。為能夠描述船體動態與入射風的相對角度，模式將計算入射風與船體低頻(low-frequency)姿態的相對角度。如此一來，將能夠描述船體轉動與風向變化的影響。詳細計算方式將補充於期末報告。(參見 P.4-14) | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| 4. 情境資料預計如何設計？共幾組？                              | 本年度計畫將以單一船型(Dyne tanker)進行模擬。預計模擬情境條件包含 16 風向、4 組風速、5 組波浪條件(單一浪向-向岸浪)、2 組吃水深。預計共 640 組條件。模擬環境含括風平浪靜至 50 年重現期颱風。(參見 P.4-66)                                                | 依處理情形辦理。              |
| 5. 纜繩之初始狀態(預拉力、長度等)如何設定？                        | 繫纜初始狀態為假設預張力 3 kN(~306 公斤)，繫纜長度則由導纜孔與碼頭樁的直線距離決定。目前數值設定繫纜長度約 18-40 公尺不等。下半年將參考實際操作條件與水工模型試驗佈置，進行細部調整，冀能夠與實際操作情境相符。(參見 4.2.3 節)                                             | 依處理情形辦理。              |
| 蔡添厚委員(書面審查)：                                    |                                                                                                                                                                           |                       |

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                                                     | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 本所計畫承辦單位<br>審查意見      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 由 P.10 表 2-1 得知，繫泊高雄港浮筒之船隻斷纜比例偏高，應探討其原因並研擬因應策略。                                                                                                    | 本期計畫以靠泊於港內碼頭船舶之斷纜作為研討對象，有關浮筒之船隻斷纜則可列為後續研究計畫之探討重點。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 依處理情形辦理。              |
| 2. 船隻若斷纜，除船隻本身可能致災，亦可能連帶影響港內其他船隻及港埠設施之安全，值得投入更多，可否導入「提高安全系數」之概念，請參考。                                                                                  | 感謝委員之建議。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 符合。                   |
| 3. P.45，張力計與拉力計有何不同？                                                                                                                                  | 水工模型試驗進行時，將會使用張力計來量測繫纜繩之張力。以試驗上而言，張力計與拉力計皆可以使用，在於儀器之外在構造不同會有不同之固定方式，以量測纜繩之張力(拉力)。                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 符合。                   |
| <b>韓文育委員：</b>                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |
| 1. 本案研究現階段似乎著眼於標準船型在不同情境下之受力及船舶繫纜力分析，該「標準船型」能否代表過去諸多斷纜船舶船型不無疑問，況本研究對纜繩僅設定單一破斷張力 800KN，於實務上各種船舶配置之不同纜繩本體極限拉力並無相關論述或收集，對本案最終建立之預警模式能否符合計畫目的及使用者需求，宜請說明。 | 本計畫中長期目標為針對國內各港口與泊位停靠不同噸位之船型時，依據海氣象預報來提出船舶斷纜預警系統。<br>為達成上述目的，需開發精確且經實驗校驗的數值模式，進行不同情境模擬(風浪流環境外力、港區泊位、船型、繫纜特性、防舷材等)，建立完整的船隻繫纜受力資料庫，並結合海氣象預報與類神經計算，方有機會提出可靠的船隻斷纜預警系統，協助使用者(如港務港勤公司或航港局)判斷斷纜風險與決策擬定。<br>爰此，本年度計畫目標將建立可靠的船隻繫纜受力分析工具，輔以水工模型實驗進行校驗，已完成預警系統架構。<br>期中報告所採用的標準船型為測試階段成果，因此繫纜繩破斷力 800 kN 為假設值。下半年將以油輪(Dyne Tanker)為模擬標的，並蒐集相同噸位油輪之繫纜繩破斷力進行模擬，期符合實際現況。(參見 P.4-8) | 依處理情形辦理。              |
| 2. 本研究 P.47 收集諸多過去斷纜實際案例，但可惜僅臚列事件內容，並未就該等寶貴資料分類做斷纜原因分析，建議於期末報告時提出，以符合計畫工作項目要求。                                                                        | 有關進一步之斷纜原因分析將於期末報告中補述。(參見表 2-2~表 2-6)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| 3. 本研究 P.68 預警模式中情境條件建議考量參考 OPTIMOOR 預警模式納入船舶噸位及不同之纜繩特性參數，或許日後較能建立可供廣泛使用者需求之預警系統。                                                                     | 謝謝委員意見。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 符合。                   |
| <b>簡仲璟委員：</b>                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                  | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                        | 本所計畫承辦單位<br>審查意見      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 表 2-1 僅有列表簡單描述，建議進一步分析比較，並蒐集蘇澳，花蓮及其他港口歷年斷纜事件資料。                                                 | 將依委員意見就表 2-1 進行進一步分析比較。(參見表 2-2~表 2-6)                                                                                                                                                                                                                                                | 依處理情形辦理。              |
| 2. 圖 2-1~2-3 是否為 OPTIMOOR 軟體之操作畫面？該軟體是否免費？其適用性如何？本研究擬開發之預警系統與其相較有何差異？                              | OPTIMOOR 為基於石油公司國際海洋論壇(OCIMF)的建議和程序，所用之商業分析軟體，可供船舶和碼頭人員以及港口設計師使用。本研究參考其架構，擬研發適用性之斷纜預警系統。                                                                                                                                                                                              | 符合。                   |
| 3. 預警模式之風力條件是否需考量陣風造成之纜繩張力瞬間超過極限而發生斷纜？此外纜繩受力與船舶型式，載重吃水，纜繩材質，繫纜方式等有關，模式中是否也會一併考量？                   | 本年度工作項目以平均風速作為模擬條件，最大風速達 70m/s，理應含括陣風的風速範圍。惟陣風屬於短延時高強度的作用力，有可能造成繫纜瞬間拉扯(瞬荷載 snap load)，其破壞行為與持續強風吹襲造成的破壞機制不同。本團隊將蒐集相關資料，並於期末報告提出陣風可能造成繫纜破壞的機制與原因，作為後續研究方向參考。<br>載重吃水的部分預計考量 3 組吃水深，分別代表滿載、裝卸過程與空載等情形。由於 Dyne Tanker 屬於油輪，其幾何外型較類似於矩形體。因此，濕水面積與吃水深大致為線性關係，對於後續類神經計算推估其他吃水深條件應不至於造成太大誤差。 | 依處理情形辦理。              |
| 4. 參加教育訓練的單位(操船業者不是主要對象)請再討論後確定。訓練的主要內容為何？是否包括預警模式的操作？                                             | 有關教育訓練的單位會再與港研中心研議後確定執行內容、日期及參與對象。(參見 4-6 節)                                                                                                                                                                                                                                          | 依處理情形辦理。              |
| 5. 試驗佈置之風向說明建議以向岸(碼頭)，及離岸(碼頭)配合 0 度及 180 度作說明。表 4-3 試驗條件一覽表建議增加佈置方案一個欄位說明。試驗時之纜繩預拉力(張力)如何設定？請補充說明。 | 感謝委員建議。試驗佈置之風向說明將以向岸(碼頭)及離岸(碼頭)配合風向 0 度及 180 度作說明與調整。而表 4-3 試驗條件一覽表將增加佈置方案一個欄位加以說明。(參見表 4-6)<br>水工模型試驗時，纜繩之預張力將會進行率定，各纜繩調整為同一預張力值再開始進行試驗。                                                                                                                                             | 依處理情形辦理。              |
| <b>蔡立宏委員：</b>                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |
| 1. 表 2-1 歷年各港區斷纜綜整，建議能進一步歸納分析。                                                                     | 遵照委員意見，將於期末報告中就歷年各港區斷纜綜整進行進一步歸納分析。(參見表 2-2~表 2-6)                                                                                                                                                                                                                                     | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| 2. 水工試驗要提供模式驗證的項目有那些？                                                                              | 水工試驗提供模式驗證的項目包含船隻之靜穩度與纜繩量測之張力值。                                                                                                                                                                                                                                                       | 依處理情形辦理。              |
| 3. 4.3 斷纜事件探討，是否能收集到調查結果。                                                                          | 此部份事件之詳細調查結果，目前較缺乏資料之揭露；惟會再努力蒐集。                                                                                                                                                                                                                                                      | 依處理情形辦理。              |
| 4. 預警系統建議能對所有船舶提出預警，其條件以最保守(最差)條件或一般條件做考量。                                                         | 目前預警系統採 criteria > 0.7 (繫纜受力/破斷力)即為紅色警戒。在相同環境外力作用下，繫纜受力與船舶噸位預期應為正相關。同時，大噸位的船也傾向使用較粗的繫纜(高破斷力)。因此理論上不同噸位船舶可能存在相近的 criteria 並可對應到相同的風速與浪況。                                                                                                                                               | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                       | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                        | 本所計畫承辦單位<br>審查意見      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                         | 然而，為能夠達成上述目標，需釐清 criteria 與不同噸位船隻的關係。首先需建立不同噸位船隻的繫纜特徵資料庫(破斷力、繫纜數目與綁法)，並將重新計算每艘船的水動力資料庫(幾何、重量、重心、阻尼等)，透過因次分析或統計方式來找出在不同風浪條件下 criteria 與船隻的關係式。目前不同船隻繫纜破斷力資料庫仍不易取得的情況下，要對所有船隻提出通用的警戒條件實有困難。本團隊亦將持續尋找國內外相關研究，並於期末報告提出建議。 |                       |
| 5. 水工模型試驗僅考慮垂直方向波浪及風，為何不考慮平行碼頭法線(90 度，270 度)條件。                                         | 目前試驗已考量船體之最大受波力與受風力面積，故規劃垂直碼頭法線方向之波浪及風。                                                                                                                                                                               | 依處理情形辦理。              |
| <b>黃茂信委員：</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                       |                       |
| 1. 有關船體模型，油輪(標準船型)或模擬部份除外，是否依台灣近五年內之重大船舶斷纜事件中選出較具代表性之案件，建置相關模型，以利後續預警模式，驗證使用，及配合工作項目 3。 | 考慮目前可獲完整之船舶設計圖形，先以 Dyne tanker 進行數模與物模之校驗後，以提升數模分析之準確度後再建立所需之資料庫作為預警系統之用。(參見圖 4.9)                                                                                                                                    | 依處理情形辦理。              |
| 2. 部份文字及格式有誤，請修正，如 P.3、P.5、P.53、P.70。                                                   | 遵照委員意見於期末報告中進行修正。(已依主辦單位提供之格式修正編輯)                                                                                                                                                                                    | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| 3. 預警系統後續可否朝標準作業化及自動化執行。                                                                | 本計畫預警系統將蒐集/輸入參數分為三大類，分別為港口泊位資料、船型與繫纜資料以及海氣象資料。此分類將有助於持續歸納與蒐集各斷纜事件參數，建立預警系統標準作業化程序，以利應用於更廣泛船隻與港口。此外，目前海氣象條件已完成自動擷取預報資料，可達自動化。惟船型繫纜與港口資料，尚需蒐集更多資料方可達成自動化。未來將持續朝向預警模式標準與自動化方向改善。(參見 5.2 節)                               | 依處理情形辦理。              |
| 4. P.28 於 50 年迴歸期作用下 8 條纜繩張力變化 L2、L4 起始便已超越警戒質，是否為正常？                                   | 每一組數值模擬時間長度為 180 秒。由於初始階段(前 60 秒)計算尚未達穩定，因此該圖呈現第 120-180 秒的計算結果。該圖時間軸修正與說明將於期末報告修訂。(參見 P.4-66)                                                                                                                        | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| <b>許義宏委員：</b>                                                                           |                                                                                                                                                                                                                       |                       |
| 1. 表 2-1 斷纜情形表，建議可整理統計分析主要的斷纜樣態，例如 53/54 浮筒斷纜事件出現比例                                     | 將依委員意見進行相關統計分析。(參見表 2-2~表 2-6)                                                                                                                                                                                        | 依處理情形辦理。              |

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                              | 合作研究單位<br>處理情形                                                                              | 本所計畫承辦單位<br>審查意見      |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 很高。                                                            |                                                                                             |                       |
| 2. 第二章文獻回顧，可適度加入本中心前期蒐集的文獻及研究成果資料。                             | 感謝委員意見，將於期末報告中適度納入前期文獻回顧及研究成果作為補充。(參見P.2-10~P.2-14 及 P.4-104~P.4-107)                       | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| 3. 本計畫分析繫纜受力係採用 Orcina OrcaFlex，對於該軟體的基本資訊及參數設定條件，建議可在報告中稍加敘述。 | 數值軟體 Orcina OrcaFlex 的理論架構與參數設定，將於期末報告補充說明。(參見圖 4.7)                                        | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| 4. 第 4.3~4.4 節為斷纜事件及繫纜方式之探討，建議可新增一章專門探討。                       | 考慮計畫之工作項目及章節論述之編排，仍將保留第 4.3~4.4 節之探討內容。                                                     | 依處理情形辦理。              |
| 5. P53 分析繫纜破壞有 72% 為颱風事件，但比對 P10 表 2-1 蒐集的資料，似乎不相符合，建議再予補充說明。  | 此部份為引用前期之研究成果，會依委員意見與表 2-1 新蒐集之資料作補充說明。(參見圖 4.80 為重大斷纜事件)                                   | 依處理情形辦理。              |
| 6. 第 4.4 節建議可進一步蒐集現行繫泊作業規定及帶解纜作業方式。                            | 感謝委員意見，會再進一步蒐集相關資料。(參見 P.4-104~P.4-107)                                                     | 依處理情形辦理。              |
| <b>臺灣港務股份有限公司:</b>                                             |                                                                                             |                       |
| 1. 研究計畫船模一標準船型 (P6-P.13) 乾舷高度是否顯示為，空載船與重載船？(一致性)               | 簡報資料乾舷高度有誤植情形。將於期末報告修正。(參見表 4-2 及表 4-14)                                                    | 所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。 |
| 2. 模擬之風向及浪向為負相關，一般狀態屬正相關。                                      | 一般浪況皆由外海向岸傳遞，因此本計畫浪向皆固定為向岸浪。該模擬條件為最差情境，因此設定離岸風將船隻吹離碼頭。若採用向岸風，風與浪的作用力將多數由防舷材抵銷，繫纜受力將小於離岸風不少。 | 符合。                   |
| 3. 建議斷纜預警系統，建構各碼頭座向與來風切角，風力強度之危險扇形角度之預警。                       | 感謝委員建議。本計畫下半年將進行 16 風向模擬，預計可產生各方位(扇形角度)的警戒值。(參見表 4-14 及圖 4.76~圖 4.79)                       | 依處理情形辦理。              |





## 附錄四

### 期末審查意見及辦理情形說明表



## 附件 期末報告審查意見回覆

### 交通部運輸研究所合作研究計畫 □期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：船舶斷纜預警系統建置及繫纜方式研擬

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                      | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>林銘崇委員：</b>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
| 1.執行內容大致符合計畫規劃目標。                                                      | 感謝委員之肯定。                                                                                                                                                                                                                                                      | 符合。              |
| 2.船舶繫纜耦合模式計算之情境設定，與斷纜事件探討分析之連結可稍加說明。                                   | 本計畫先針對國內外斷纜事件進行蒐集與分析，歸納出斷纜原因為環境因素(風浪的強度與方向)、船舶與繫纜(船舶幾何重量、繫纜強度與老化)，以及人為因素等。由於影響船舶斷纜因素眾多且交錯複雜，本年度主要以海氣象環境(波高周期、風速風向，共 400 組條件)，2 艘噸位不同船隻(散裝船與油輪)，以及油輪吃水變化等參數，模擬船舶停靠於高雄港中島商港區 45 號時的繫纜受力。並透過鄰近搜索方式，進行其他情境模擬，可廣泛涵蓋環境外力。未來將持續蒐集船舶斷纜事件的環境背景資料，期能重現並探討斷纜成因，提出相關因應措施。 | 符合。              |
| 3.第四章內容含蓋本計畫所有工作內容，建議適度分章說明。                                           | 感謝委員建議，正式成果報告會將第四章內容作適度之分章編撰之說明。                                                                                                                                                                                                                              | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| <b>李兆芳委員：</b>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
| 1.本計畫執行內容相當確實，且針對工作項目分別完成，應符合委託單位的要求。                                  | 感謝委員之肯定。                                                                                                                                                                                                                                                      | 符合。              |
| 2.這裡提及的船和 cable 耦合模式，看起來為波浪直接作用在船和 cable，並沒有看到船和 cable 互為函數，建議在說明上可釐清。 | 目前所提及的船和 cable 耦合模式，為單向耦合(one way couple)之模擬分析，船舶水動力於頻率域上先求解完成，在透過實序列轉換與繫纜及風力等外進進行交互作用。將於正式成果報告增補說明，並將耦合等字眼修訂為交互作用，避免混淆。                                                                                                                                      | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| 3.風力計算在數值模式中是否也同時作用在船和 cable？                                          | 風力與船體及繫纜的交互作用，可參考期末報告(初稿)方程式 4-2。該式為力平衡方程式，                                                                                                                                                                                                                   | 依處理情形辦理。         |

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                  | 因此可同時考量風力、船體受力與繫纜受力。                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |
| 4. 自然頻率量測值和數值模式計算出來的結果是否有互相檢核？                                                                                   | 有關自然頻率之試驗量測值與數值模式之計算分析，均有作相關之校核比對，將於正式成果報告增述其互相檢核之說明。                                                                                                                                                                                                                                                                       | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| 簡仲璟委員：                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
| 1. 在不同船隻類型水動力計算部分，請依圖 4.12 補充不同吃水下散裝船受向岸浪作用的 6 軸荷載 RAO。請依圖 4.13 補充油輪船型風阻力係數與入射角關係。圖 4.14 可否增列 surge 及 heave 之比較。 | <p>散裝船隻屬於淺吃水船型，與重型油輪不一樣。因此在計算設定上，散裝船以單一吃水進行模擬，而油輪則考量 3 種不同吃水變化。</p> <p>散裝船的阻力係數係由 OrcaFlex 所提供，期計算為根據 CFD 數值模擬不同角度的風向，求出阻力係數。本研究假設油輪與散裝船接為狹長船體，故兩艘船型風組力係數採用一致，並透過作用力面積的不同，來評估受力大小不同。</p> <p>圖 4.14 為自由衰減比對。一般自由衰減測試為模擬無繫纜條件下的水動力反應，由於 surge 方向運動在無係纜情形下，無法進行。因此未納入比對範圍。實驗進行 heave 自由衰減時採用加速度規量測，並未轉換至位移量。因此比對採用重力加速度取代。</p> | 依處理情形辦理。         |
| 2. 數值部分為何採用均質配重？是模式本身的限制？是否可與實驗採相同的配重，以便數值與實驗兩者比較。                                                               | 數值計算可處理均質與非均質配重。作法為改變質量重心的慣性矩，亦即計算各軸的重量分配對於值量重心的總慣性矩，此作法應能較接近實驗的非均值配重。值得注意的是，油輪一般來說應偏向均值配重，因此本研究將分別針對實驗以及不同情境模擬採用不同慣性矩。                                                                                                                                                                                                     | 依處理情形辦理。         |
| 3. 第 4-70 頁有關實驗與數值比對繫纜繩受力，其結果似乎不太理想？其原因說明請再加強。                                                                   | 呈上題所述，數值採用非均質配重可能為誤差來源之一。另外，實驗繫纜繩的預張力在設定上不易調整至每一條皆一樣，此部分與數值設定固定的預張力亦有所不同。詳細原因討論，將於修正報告中呈現。                                                                                                                                                                                                                                  | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| 4. 預警模式是否已建立完成？目前模式是否僅限於油輪及散裝船兩種船型？而不包括貨櫃輪？是否僅限於高雄港？其他港口不適用？請再補充說明。                                              | 預警模式已完成，可提供未來 3 小時預報。礙於執行期限與計算資源，加上船模取得不易。因此，本年度先考慮油輪及散裝船兩種船型。貨櫃輪尚未考慮。其他港口的水深與船停泊方向若與本研究相似，亦可適用。                                                                                                                                                                                                                            | 依處理情形辦理。         |
| 5. 第 4-116 頁所述「---將可考慮串聯港灣港局之船型資訊---」，是否誤植？請修正。「港                                                                | 部分文字為誤植，將於期末修正報告一併修訂。                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 同意辦理，請納入修正報告。    |

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                 | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                              | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 灣環境資訊網」之模擬氣象資料。然目前因應模擬數值尚未完全建立，此敘述似乎與事實不符。                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
| 6.期中之審查意見請回覆處理情形確實辦理。例如(1)蘇澳及花蓮港歷年斷纜事件蒐集，(2)陣風可能造成繫纜破壞的機制說明，(3)實驗時之纜繩預拉力(張力)如何設定？ | (1)臺灣港務公司所提供之 101 年~106 年歷年各商港斷纜事件之資料較乏蘇澳港及花蓮港相關事件之陳述。未來如有相關計畫之執行，可再探詢有關港務單位提供。<br>(2)目前仍未蒐集到相關陣風造成繫纜破壞機制之研究文獻，且數值模擬及水工實驗對於陣風之模擬亦有其難度仍待技術突破。因之本研究建議此研究議題可作為未來之重要研究課題。<br>(3)有關水工模型試驗時，纜繩之預張力於試驗前都會進行律定再開始進行試驗，但因船體為浮動狀態，調整各纜繩為同一預張力值仍存一定之難度，只能盡可能調整各纜繩之預張力值為接近之狀態。試驗中各試次之預張力值將整理成表格放入期末報告中。 | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| 7.教育訓練辦理後之相關資料請於正式報告之補充。                                                          | 教育訓練辦理後之相關資料將補充於正式報告內。                                                                                                                                                                                                                                                                      | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| <b>蘇青和委員：</b>                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
| 1.建議預警系統環境資訊部分介接本中心環境資訊網資訊，以達到 24 小時預警之功能(以時間軸展示燈號)。                              | 目前繫纜預警系統已完成納接至貴單位環境資訊網資訊，可進行未來 3 小時計算。修正報告將新增未來 3 小時時間軸展示功能。                                                                                                                                                                                                                                | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| 2.報告章節分配建議重新組合。                                                                   | 正式成果報告之報告章節將依委員意見做調整及分配組合。                                                                                                                                                                                                                                                                  | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| 3.建議將重要研究成果製作成果影片或簡報檔。                                                            | 相關期末研究成果之簡報將附錄於正式成果報告。                                                                                                                                                                                                                                                                      | 依處理情形辦理。         |
| <b>黃茂信委員：</b>                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
| 1.有關摘要及結論請依中心出版品規定進行修正。                                                           | 感謝委員建議，相關中英文摘要將於正式報告作修正補述。                                                                                                                                                                                                                                                                  | 依處理情形辦理。         |
| 2.有關論文撰寫排版(第一章~三章)，不宜與計畫之研究主題與重點工作項目相同，如「辦理一場教育訓練」。其中第三章內容極為缺乏論述。                 | 正式成果報告之編撰章節，將會作適確之調整。                                                                                                                                                                                                                                                                       | 依處理情形辦理。         |
| 3.P4-70 及 P4-73 表 15 針對繫纜繩受力實驗與數值比對，於 T2.T5.T6 有 2 倍之差異，其解                        | 感謝委員建議，將於期末正式報告增加論述及說明。                                                                                                                                                                                                                                                                     | 同意辦理，請納入修正報告。    |

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                   | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                  | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 釋原因，須增加說明。                                                                                                          |                                                                                                                                                                 |                  |
| 4.本計畫建置預警系統主要是提供港務公司使用，其系統輸入值相對煩雜，建議於教育訓練後，針對港公司之意見，修正程式之相關介面。                                                      | 感謝委員建議，介面輸入參數將持續朝向自動化改善，並於教育訓練過程聽取港公司意見。修正成果將更新至期末修正報告。                                                                                                         | 依處理情形辦理。         |
| 許義宏委員：                                                                                                              |                                                                                                                                                                 |                  |
| 1.建議第一章與第三章可以整併，而第四章篇幅過多，則可以分章敘述。                                                                                   | 感謝委員建議。正式成果報告相關章節之編撰將會作適切之調整。                                                                                                                                   | 依處理情形辦理。         |
| 2.圖 4.72 散裝船最大受力與波高、風速關係較為散亂，其原因為何？(最大受力之纜繩是否為不同條)                                                                  | 由於散裝船重量較輕，對於環境外力作用較為敏感。除了不同風速、風向與波浪大小因素之外，上述3個因子存在相位差異，因此導致在不同強弱環境外力下，仍有可能觸發警界燈號。<br>統計方式為計算每一組模擬情境，各繫纜超過破斷警戒時的最大受力，因此不一定為同一條纜繩。                                | 符合。              |
| 3.另外在 P4-76 分析散裝船表示波浪主宰警戒燈號，風速大小為次要因子，但對應圖 4.72 則看不出這個結果(如，波高 0.2~0.6 間，風速=70m/s 相對風速=40m/s 有明顯差異)。建議可再深入探討散裝船分析結果。 | P4-76 為統計特性，波浪 1.5 米以上的警戒燈號明顯增加，相較於風力 40m/s 以上，其燈號增加幅度不如波浪明顯，因此在統計上波浪的影響仍略大於風力。值得注意的是，在波浪小於 1.5 米的強風，仍有機會觸發燈號。因此，散裝船整體而言，仍受到波浪與風力的影響，且波浪因素略大於風力。相關討論將更新至期末修正報告。 | 同意辦理，請納入修正報告。    |
| 4.從分析結果來看，波浪對船舶繫纜影響明顯高於風的影響，似乎與文獻蒐集到的影響因素稍有不同。原因為何？建議補充說明。                                                          | 波浪與風力對船舶繫纜的關係可參考期末報告（初稿）方程式 4-2。船隻的水動力特性為重要因子，本研究案例結果為散裝船受到波浪與風力的影響；油輪則主要受到波浪影響為主。                                                                              | 依處理情形辦理。         |
| 5.為利後續研究精進，5.2 節可從今年度研究結果提出未來研究方向的 Roadmap、模擬驗證方法，以及實務應用方式等具體建議。                                                    | 感謝委員建議。亦將持續蒐集國內外資訊，以及港公司使用者意見，持續改善預警系統。                                                                                                                         | 符合。              |

## 附錄五

### 期末報告簡報





# 船舶斷纜預警系統建置 及繫纜方式研擬 (MOTC-IOT-108-H2DB001e)

期末審查會議  
楊瑞源、陳信宏、莊紫晴、許文陽



## 期中報告審查意見-蕭士俊委員

| 參與審查人員及其所提之意見                              | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 整體計劃內容相當符合要項                            | 感謝委員的肯定。纜繩之初始狀態(預拉力、長度等)如何設定？                                                                                                                                           |
| 2. 報告座標系統要一致。                              | 感謝委員意見。座標系統在綜合考量水工模型試驗配置、數值座標系統、海氣象預報與港務港勤公司意見後，本計畫將統一以北方為正X方向，逆時針90度旋轉為正Y方向(西)。另外，定義正北方向順時鐘旋轉與船艏夾角為船艏向，浪與風皆定義為來向(例如，浪向為北，代表波浪由北向南傳遞)。座標系統將於期末報告統一修正。(如P.4-63)          |
| 3. 圖4.5決定Cd值，參考值為那一角度？有考慮船體轉動導致的面受力面積變化之影響 | 本計畫採用數值模式可考量不同風向與動態船體的作用力。一般計算方式有兩種，分別為改變受風面的投影面積或改變阻力係數，本模式採用後者為能夠描述船體動態與入射風的相對角度，模式將計算入射風與船體低頻(low-frequency)姿態的相對角度。如此一來，將能夠描述船體轉動與風向變化的影響。詳細計算方式將補充於期末報告。(參見P.4-14) |
| 4. 情境資料預計如何設計？共幾組？                         | 本年度計畫將以單一船型(Dyne tanker)進行模擬。預計模擬情境條件包含16風向、4組風速、5組波浪條件(單一浪向-向岸浪)、2組吃水深。預計共640組條件。模擬環境含括風平浪靜至50年重現期颱風。(參見P.4-66)                                                        |
| 5. 纜繩之初始狀態(預拉力、長度等)如何設定？                   | 繫纜初始狀態為假設預張力3 kN(~306公斤)，繫纜長度則由導纜孔與碼頭樁的直線距離決定。目前數值設定繫纜長度約18-40公尺不等。下半年將參考實際操作條件與水工模型試驗佈置，進行細部調整，冀能夠與實際操作情境相符。(參見4.2.3節)                                                 |

期末審查會議

## 期中報告審查意見-蔡添厚委員

| 參與審查人員及其所提之意見                                                       | 合作研究單位處理情形                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 由 P.10 表 2-1 得知，繫泊高雄港浮筒之船隻斷纜比例偏高，應探討其原因並研擬因應策略                   | 本期計畫以靠泊於港內碼頭船舶之斷纜作為研討對象，有關浮筒之船隻斷纜則可列為後續研究計畫之探討重點。                                 |
| 2. 船隻若斷纜，除船隻本身可能致災，亦可能連帶影響港內其他船隻及港埠設施之安全，值得投入更多，可否導入「提高安全系數」之概念，請參考 | 感謝委員之建議。                                                                          |
| 3. P.45，張力計與拉力計有何不同？                                                | 水工模型試驗進行時，將會使用張力計來量測繫纜繩之張力。以試驗上而言，張力計與拉力計皆可以使用，在於儀器之外在構造不同會有不同之固定方式，以量測繫繩之張力(拉力)。 |

### 期末審查會議

## 期中報告審查意見-韓文育委員(1/2)

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                        | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 本案研究現階段似乎著眼於標準船型在不同情境下之受力及船舶繫纜力分析，該「標準船型」能否代表過去諸多斷纜船舶船型不無疑問，況本研究對繫繩僅設定單一破斷張力 800KN，於實務上各種船舶配置之不同繫繩本體極限拉力並無相關論述或收集，對本案最終建立之預警模式能否符合計畫目的及使用者需求，宜請說明 | 本計畫中長期目標為針對國內各港口與泊位停靠不同噸位之船型時，依據海氣象預報來提出船舶斷纜預警系統。<br>為達成上述目的，需開發精確且經實驗校驗的數值模式，進行不同情境模擬(風浪流環境外力、港區泊位、船型、繫纜特性、防舷材等)，建立完整的船隻繫纜受力資料庫，並結合海氣象預報與類神經計算，方有機會提出可靠的船隻斷纜預警系統，協助使用者(如港務港勤公司或航港局)判斷斷纜風險與決策擬定。<br>爰此，本年度計畫目標將建立可靠的船隻繫纜受力分析工具，輔以水工模型實驗進行校驗，已完成預警系統架構。<br>期中報告所採用的標準船型為測試階段成果，因此繫纜繩破斷力 800 kN 為假設值。下半年將以油輪(Dyne Tanker)為模擬標的，並蒐集相同噸位油輪之繫纜繩破斷力進行模擬，期符合實際現況。(參見 P.4-8) |

### 期末審查會議

## 期中報告審查意見-韓文育委員(2/2)

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                 | 合作研究單位處理情形                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 2. 本研究P.47收集諸多過去斷纜實際案例，但可惜僅臚列事件內容，並未就該等寶貴資料分類做斷纜原因分析，建議於期末報告時提出，以符合計畫工作項目要求。  | 有關進一步之斷纜原因分析將於期末報告中補述。(參見表2-2~表2-6) |
| 3. 本研究P.68預警模式中情境條件建議考量參考OPTIMOOR預警模式納入船舶噸位及不同之纜繩特性參數，或許日後較能建立可供廣泛使用者需求之預警系統。 | 謝謝委員意見。                             |

期末審查會議

## 期中報告審查意見-簡仲璟委員(1/2)

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                    | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 表2-1僅有列表簡單描述，建議進一步分析比較，並蒐集蘇澳、花蓮及其他港口歷年斷纜事件資料。                                 | 將依委員意見就表2-1進行進一步分析比較。(參見表2-2~表2-6)                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 圖2-1~2-3是否為OPTIMOOR軟體之操作畫面？該軟體是否免費？其適用性如何？本研究擬開發之預警系統與其相較有何差異？                | OPTIMOOR為基於石油公司國際海洋論壇(OCIMF)的建議和程序，所用之商業分析軟體，可供船舶和碼頭人員以及港口設計師使用。<br>本研究參考其架構，擬研發適用性之斷纜預警系統。                                                                                                                                                                                      |
| 3. 預警模式之風力條件是否需考量陣風造成之纜繩張力瞬間超過極限而發生斷纜？此外纜繩受力與船舶型式、載重吃水、纜繩材質、繫纜方式等有關，模式中是否也會一併考量？ | 本年度工作項目以平均風速作為模擬條件，最大風速達70m/s，理應含括陣風的風速範圍。惟陣風屬於短延時高強度的作用力，有可能造成繫纜瞬間拉扯(瞬荷載snap load)，其破壞行為與持續強風吹襲造成的破壞機制不同。本團隊將蒐集相關資料，並於期末報告提出陣風可能造成繫纜破壞的機制與原因，作為後續研究方向參考。<br>載重吃水的部分預計考量3組吃水深，分別代表滿載、裝卸過程與空載等情形。由於Dyne Tanker 屬於油輪，其幾何外型較類似於矩形體。因此，濕水面積與吃水深大致為線性關係，對於後續類神經計算推估其他吃水深條件應不至於造成太大誤差。 |

期末審查會議

## 期中報告審查意見-簡仲璟委員(2/2)

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                  | 合作研究單位處理情形                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. 參加教育訓練的單位(操船業者不是主要對象)請再討論後確定。訓練的主要內容為何？是否包括預警模式的運作？                                         | 有關教育訓練的單位會再與港研中心研議後確定執行內容、日期及參與對象。(參見表4-6)                                                                                         |
| 5. 試驗佈置之風向說明建議以向岸(碼頭)，及離岸(碼頭)配合0度及180度作說明。表4-3試驗條件一覽表建議增加佈置方案一個欄位加以說明。試驗時之纜繩預拉力(張力)如何設定？請補充說明。 | 感謝委員建議。試驗佈置之風向說明將以向岸(碼頭)及離岸(碼頭)配合風向0度及180度作說明與調整。而表4-3試驗條件一覽表將增加佈置方案一個欄位加以說明。(參見表4-6)<br>水工模型試驗時，纜繩之預張力將會進行率定，各纜繩調整為同一預張力值再開始進行試驗。 |

## 期末審查會議

## 期中報告審查意見-蔡立宏委員

| 參與審查人員及其所提之意見                                 | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 表2-1歷年各港區斷纜綜整，建議能進一步歸納分析。                  | 遵照委員意見，將於期末報告中就歷年各港區斷纜綜整進行進一步歸納分析。(參見表2-2~表2-6)水工模型試驗僅考慮垂直方向波浪及風，為何不考慮平行碼頭法線(90度，270度)條件。                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. 水工試驗要提供模式驗證的項目有那些？                         | 水工試驗提供模式驗證的項目包含船隻之靜穩度與纜繩量測之張力值。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3. 4.3斷纜事件探討，是否能收集到調查結果。                      | 此部份事件之詳細調查結果，目前較缺乏資料之揭露；惟會再努力蒐集。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4. 預警系統建議能對所有船舶提出預警，其條件以最保守(最差)條件或一般條件做考量。    | 目前預警系統採 $criteria > 0.7$ (繫纜受力/破斷力)即為紅色警戒。在相同環境外力作用下，繫纜受力與船舶噸位預期應為正相關。同時，大噸位的船也傾向使用較粗的繫纜(高破斷力)。因此理論上不同噸位船舶可能存在相近的 $criteria$ 並可對應到相同的風速與浪況。<br>然而，為能夠達成上述目標，需釐清 $criteria$ 與不同噸位船舶的關係。首先需建立不同噸位船舶的繫纜特徵資料庫(破斷力、繫纜數目與綁法)，並將重新計算每艘船的水動力資料庫(幾何、重量、重心、阻尼等)，透過因次分析或統計方式來找出在不同風浪條件下 $criteria$ 與船隻的關係式。目前不同船隻繫纜破斷力資料庫仍不易取得的情況下，要對所有船隻提出通用的警戒條件實有困難。本團隊亦將持續尋找國內外相關研究，並於期末報告提出建議。 |
| 5. 水工模型試驗僅考慮垂直方向波浪及風，為何不考慮平行碼頭法線(90度，270度)條件。 | 目前試驗已考量船體之最大受波力與受風力面積，故規劃垂直碼頭法線方向之波浪及風。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## 期末審查會議



## 期中報告審查意見-黃茂信委員

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                          | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 有關船體模型，油輪(標準船型)或模擬部份除外，是否依台灣近五年內之重大船舶斷纜事件中選出較具代表性之案件，建置相關模型，以利後續預警模式，驗證使用，及配合工作項目3。 | 考慮目前可獲完整之船舶設計圖形，先以Dyne tanker進行數模與物模之校驗後，以提升數模分析之準確度後再建立所需之資料庫作為預警系統之用(參見圖4.9)                                                                                                        |
| 2. 部份文字及格式有誤，請修正，如P.3、P.5、P.53、P.70。                                                   | 遵照委員意見於期末報告中進行修正。(已依主辦單位提供之格式修正編輯)                                                                                                                                                    |
| 3. 預警系統後續可否朝標準作業化及自動化執行。                                                               | 本計畫預警系統將蒐集/輸入參數分為三大類，分別為港口泊位資料、船型與繫纜資料以及海氣象資料。此分類將有助於持續歸納與蒐集各斷纜事件參數，建立預警系統標準作業化程序，以利應用於更廣泛船隻與港口。此外，目前海氣象條件已完成自動擷取預報資料，可達自動化。惟船型繫纜與港口資料，尚需蒐集更多資料方可達成自動化。未來將持續朝向預警模式標準與自動化方向改善。(參見5.2節) |
| 4. P.28於50年迴歸期作用下8條纜繩張力變化L2、L4起始便已超越警戒質，是否為正常？                                         | 每一組數值模擬時間長度為180秒。由於初始階段(前60秒)計算尚未達穩定因此該圖呈現第120-180秒的計算結果。該圖時間軸修正與說明將於期末報告修訂。(參見P.4-66)                                                                                                |

### 期末審查會議

## 期中報告審查意見-許義宏委員

| 參與審查人員及其所提之意見                                                 | 合作研究單位處理情形                                                          |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1. 表2-1斷纜情形表，建議可整理統計分析主要的斷纜樣態，例如53/54浮筒斷纜事件出現比例很高。            | 將依委員意見進行相關統計分析。(參見表2-2~表2-6)                                        |
| 2. 第二章文獻回顧，可適度加入本中心前期蒐集的文獻及研究成果資料。                            | 感謝委員意見，將於期末報告中適度納入前期文獻回顧及研究成果作為補充。(參見P.2-10~P.2-14及P.4-104~P.4-107) |
| 3. 本計畫分析繫纜受力係採用Orcina OrcaFlex，對於該軟體的基本資訊及參數設定條件，建議可在報告中稍加敘述。 | 數值軟體Orcina OrcaFlex的理論架構與參數設定，將於期末報告補充說明(參見圖4.7)                    |
| 4. 第4.3~4.4節為斷纜事件及繫纜方式之探討，建議可新增一章專門探討。                        | 考慮計畫之工作項目及章節論述之編排，仍將保留第4.3~4.4節之探討內容                                |
| 5. P53分析繫纜破壞有72%為颱風事件，但比對P10表2-1蒐集的資料，似乎不相符合，建議再予補充說明。        | 此部份為引用前期之研究成果，會依委員意見與表2-1新蒐集之資料作補充說明。(參見圖4.80為重大斷纜事件)               |
| 6. 第4.4節建議可進一步蒐集現行繫泊作業規定及帶解纜作業方式。                             | 感謝委員意見，會再進一步蒐集相關資料。(參見P.4-104~P.4-107)                              |

### 期末審查會議

## 期中報告審查意見-臺灣港務股份有限公司

| 參與審查人員及其所提之意見                                  | 合作研究單位處理情形                                                                                  |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 研究計畫船模一標準船型(P6-P.13)乾舷高度是否顯示為，空載船與重載船？(一致性) | 簡報資料乾舷高度有誤植情形。將於期末報告修正。(參見表4-2及表4-14)                                                       |
| 2. 模擬之風向及浪向為負相關一般狀態屬正相關。                       | 一般浪況皆由外海向岸傳遞，因此本計畫浪向皆固定為向岸浪。該模擬條件為最差情境，因此設定離岸風將船隻吹離碼頭。若採用向岸風，風與浪的作用力將多數由防舷材抵銷，繫纜受力將小於離岸風不少。 |
| 3. 建議斷纜預警系統，建構各碼頭座向與來風切角，風力強度之危險扇形角度之預警。       | 感謝委員建議。本計畫下半年將進行16風向模擬，預計可產生各方位(扇形角度)的警戒值。(參見表4-14及圖4.76~圖4.79)                             |

期末審查會議

## 計畫緣起與目的

1. 每年深受颱風侵襲，所帶來的強陣風及港內洶湧之浪況，對於停靠於港內之船舶將造成劇烈的船體搖晃。**將造成斷纜進而讓船舶與碼頭結構身陷危險。**
2. 交通部運輸研究所港灣技術研究中心擬藉由”**船舶斷纜預警系統建置及繫纜方法研擬**”之執行建立一套船舶斷纜預警系統及提供建議之繫纜方式供使用單位參考。
3. 本計畫於108年乃將運用ANSYS AQWA，及 Orcina OrcaFlex等套裝**數值模式**輔予1/50合宜縮尺之**風浪船舶互制靠泊試驗**研定進行不同情境下之船舶繫纜力分析，探討不同斷纜因素。
4. 冀期最終能**建立一套船舶斷纜預警系統及提供建議之繫纜方式**，供相關管理及使用單位於颱風期間進行決策、參考之用，可讓各管理單位有多一決策選擇之參考性。

期末審查會議

## 年度工作項目

### 一、不同情境船舶受力分析

依據蒐集之資料適當選擇船型、風、浪等條件，進行不同情境之船舶受力數值模擬，並進行受力分析。

### 二、不同情境船舶繫纜力分析

選擇不同船型、風、浪等條件，進行不同情境之船舶繫纜力數值模擬，並進行受力分析。

### 三、斷纜事件之探討與分析

選擇斷纜歷史事件，針對船型、繫纜方式、風浪條件等，探討斷纜可能原因。

### 四、研擬船舶繫纜方式

依據船舶受力、繫纜受力分析以及斷纜原因分析結果，提出建議之繫纜方式。

### 五、建立預警模式

本研究針對建議之繫纜方式進行研擬，依據不同波浪、風力等條件，模擬預測船舶繫纜力，建立船舶斷纜預警模式，亦將颱風情境列入考量。

### 六、辦理至少一場教育訓練

本研究將與操船業者和使用單位充分溝通，以增加研究成果之實用性，並辦理教育訓練。

期末審查會議

## 一、不同情境船舶與繫纜受力分析

1-1 座標定義

1-2 不同船隻類型介紹與船模建立

1-3 頻域水動力與時域耦合計算理論介紹

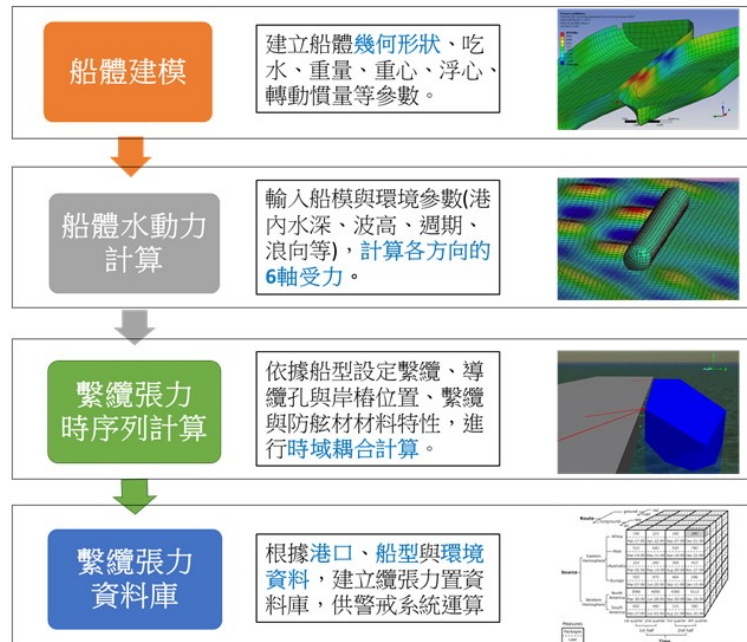
1-4 散裝船與滿載油輪繫纜受力數值計算-以50年重現期颱風為例

1-5 不同環境外力模擬條件設定

1-6 結果與討論

期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式



期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

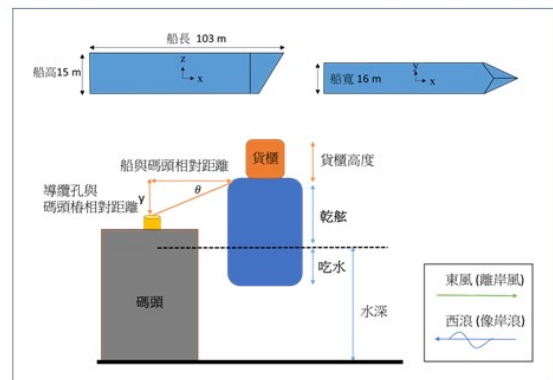
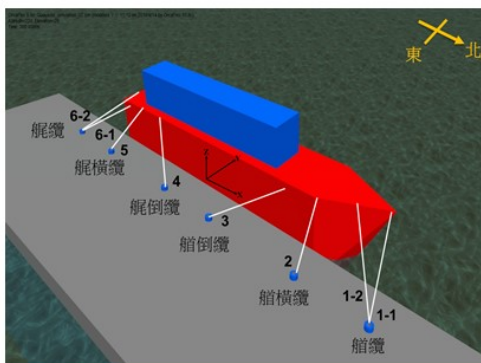
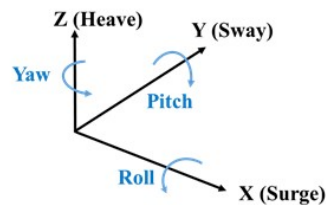
### 1-1、座標定義

船舶向: 北

浪向: 向岸浪, 西

風向: 離岸風, 東

繫纜編號: 由船舶往船艙遞增。艙纜與艙纜由兩條為一組，附掛同一岸樁



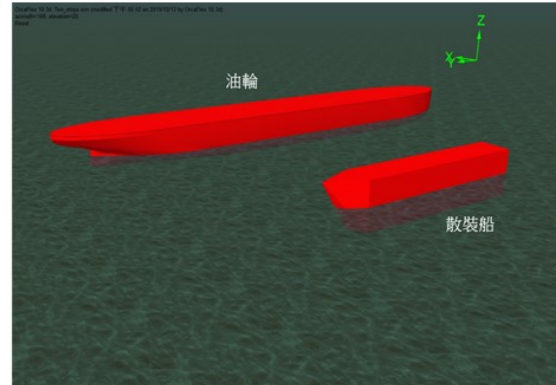
期末審查會議



## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-2、不同船隻類型介紹與船模建立

- 以港內常見的兩類型船隻進行模擬，分別為散裝船與油輪。
- 散裝船為分析軟體(Orcina OrcaFlex) 內建船型，另一艘則挑選船型資料公開的DyneTanker，該船型屬於油輪。
- 本計畫亦考慮油輪在裝卸過程中，船體水動力隨著吃水變淺且重量變輕的變化過程，規劃共三組吃水，分別為滿載(吃水14.25米)、裝卸過程(吃水10米)以及空船(吃水6米)。

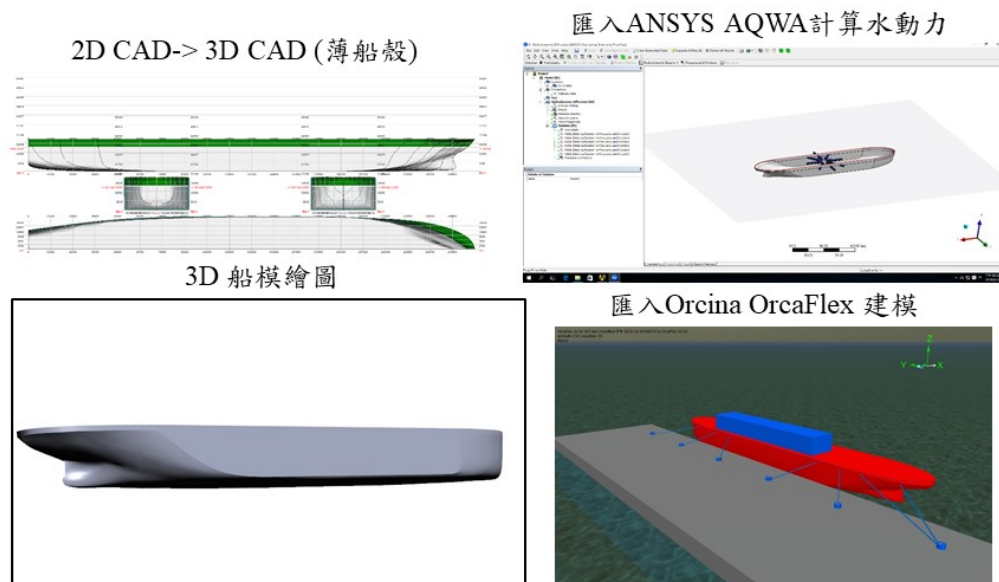


| 散裝船            |      | 油輪(滿載)         |        |
|----------------|------|----------------|--------|
| 船長 L (m)       | 103  | 船長 L (m)       | 253    |
| 船寬 W (m)       | 16   | 船寬 W (m)       | 38.33  |
| 船高 (m)         | 6    | 船高 (m)         | 19     |
| 吃水深度 $h_d$ (m) | 6.6  | 吃水深度 $h_d$ (m) | 14.25  |
| 重量 (ton)       | 8800 | 重量 (ton)       | 113800 |

期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 數值模擬-油輪建模流程



期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-3、頻域船體水動力計算 ANSYS AQWA→ Orcaflex

- 使用水動力分析軟體(ANSYS AQWA)，應用邊界元素法求解船體水動力 → 6軸船舶水動力矩陣( $F_{wext} + F_{hyd} + F_{damp}$ )。
- 將上述船體水動力轉換為時域解，於OrcaFlex內整合風與繫纜/防舷材等時域外力( $F_{me} + F_{cable}$ )，進行耦合計算 → 船舶繫纜受力

由ANSYS AQWA計算頻域船體水動力

$$m\ddot{X} = \underbrace{F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t)}_{\text{AQWA結果匯入Orcina OrcaFlex 進行時域耦合計算}} + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$$

其中  $m$  為浮體質量矩陣， $\ddot{X}$  為浮體位移與轉動加速度向量， $F_{wext}$  為波浪作用力與扭矩向量， $F_{hyd}$  為浮體重力/浮力與扭矩向量， $F_{damp}$  為非黏性阻尼力與扭矩向量， $F_{me}$  為莫里森力與扭矩向量， $F_{cable}$  為繫纜繩與防舷材的作用力與扭矩向量。

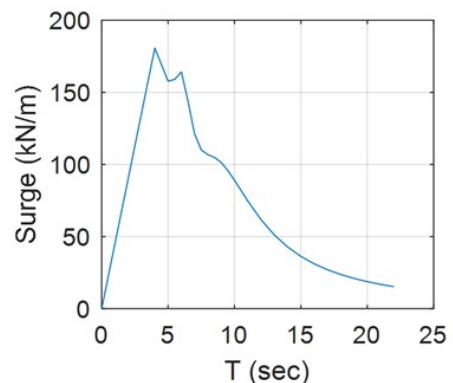
期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

$$m\ddot{X} = \underbrace{F_{wext}(t)}_{\text{波浪作用力}} + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$$

### 波浪作用力 ( $F_{wext}$ )

- $F_{wext}$  主要描述船舶受不同周期的波浪作用力，常用波浪力荷載(Load RAOs)表示。波浪荷載RAO定義為船體受波浪作用的荷載/力矩振幅大小除上波浪振幅的比值。
- 例如，surge 方向波浪荷載RAO為300kN/m時，可視為波高為2米(振幅1米)的條件下，surge方向船體受到一階波浪力 $\pm 300\text{kN}$ 的正弦週期性外力。



期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

浮體重力/浮力( $F_{hyd}$ )與非黏性阻尼力( $F_{damp}$ )

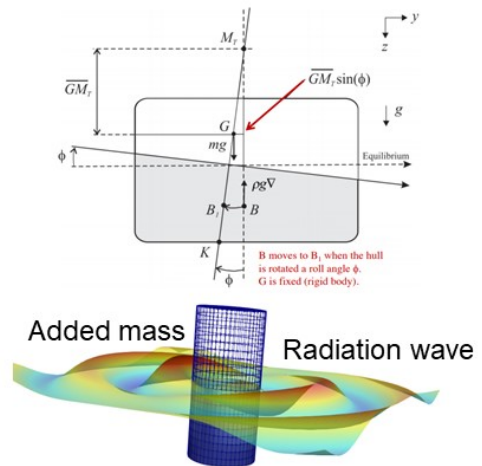
$$m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$$

$F_{hyd}$  由於船體上下運動導致浮力變化，以及船體旋轉造成傾覆與回復力矩變化。

$F_{hyd}$  一般為3\*3矩陣

$F_{damp}$  為船體在非黏性水體運動的阻尼項。

1. 附加質量(added mass)為具加速度運動的船體在流體中所需額外推動物體周圍的一部分流體，額外的作用力。
2. 輻射效應波(radiation wave)為船體上下運動排開水體的做工，類似造波運動。



期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

風向變化對船舶受力影響( $F_{me}$ )  $m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$

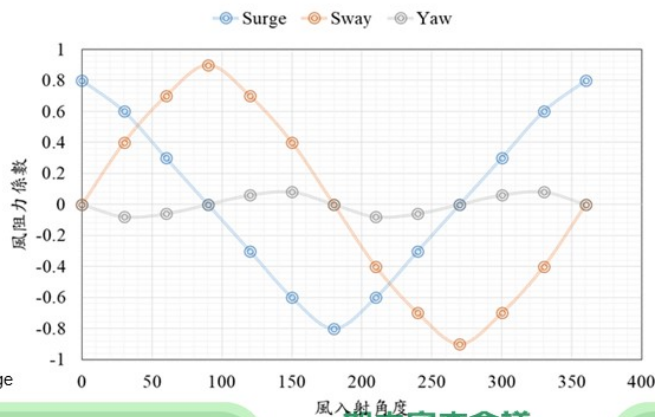
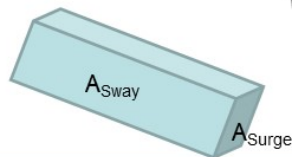
模擬不同入射角度風向，將以Morison方程式進行計算。藉由改變不同角度之阻力係數，來計算各風向變化對於6自由度對於重心位置的力與力矩。

$$F_{me-surge} = \frac{1}{2} C_{surge} \rho_a V_a^2 A_{surge}$$

$$F_{me-sway} = \frac{1}{2} C_{sway} \rho_a V_a^2 A_{sway}$$

$$M_{me-yaw} = \frac{1}{2} C_{yaw} \rho_a V_a^2 A_{yaw}$$

C=阻力係數  
 $\rho$  = 空氣密度  
 V=入射風速  
 A=截面積



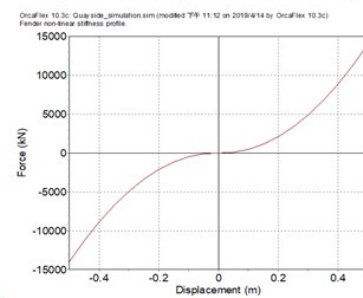
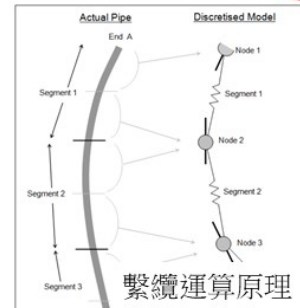
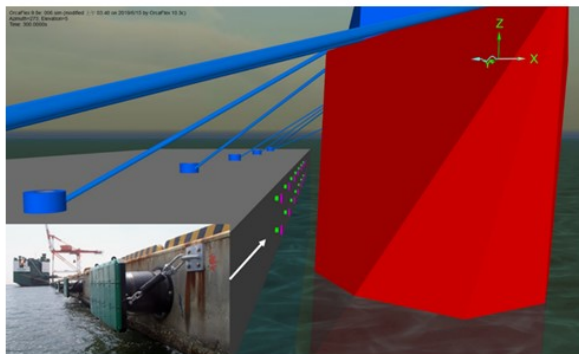
期末審查會議



## 一、船舶繫纜耦合模式

繫纜與防舷材對船體作用 ( $F_{cable}$ )  $m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$

- OrcaFlex將繫纜繩離散為數個線段(segment)與節點(node)，每個節點同時考慮兩個線段的張力、彎矩、剪應力與扭轉矩。再藉由堆積質量法(lumped mass method)計算整條繫纜的受力。
- 將防舷材假設為1維(離岸/向岸方向)材料壓縮特性，船體在離岸/向岸方向上運動，材料對船體的反作用力如下圖



期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-4、散裝船與滿載油輪繫纜受力數值計算-以50年重現期颱風為例

| 船舶資訊-散裝船        |      |
|-----------------|------|
| 船長 L (m)        | 103  |
| 船寬 W (m)        | 16   |
| 船高 $H_{ta}$ (m) | 12.6 |
| 吃水深度 $h_d$ (m)  | 6.6  |
| 船艏指向            | 北    |
| 貨櫃高度 $h_c$ (m)  | 10   |
| 繫纜破斷力 BC (kN)   | 800  |

| 環境資訊-50年重現期 |         |
|-------------|---------|
| 風速 WS (m/s) | 70      |
| 風向 WD       | 東(離岸風)  |
| 浪高 H (m)    | 2 米     |
| 周期 T (sec)  | 14 秒    |
| 浪向 WaD      | 西 (向岸浪) |

| 船舶資訊-油輪 (滿載)    |       |
|-----------------|-------|
| 船長 L (m)        | 263   |
| 船寬 W (m)        | 38.33 |
| 船高 $H_{ta}$ (m) | 19    |
| 吃水深度 $h_d$ (m)  | 14.25 |
| 船艏指向            | 北     |
| 貨櫃高度 $h_c$ (m)  | 20    |
| 繫纜破斷力 BC (kN)   | 10000 |

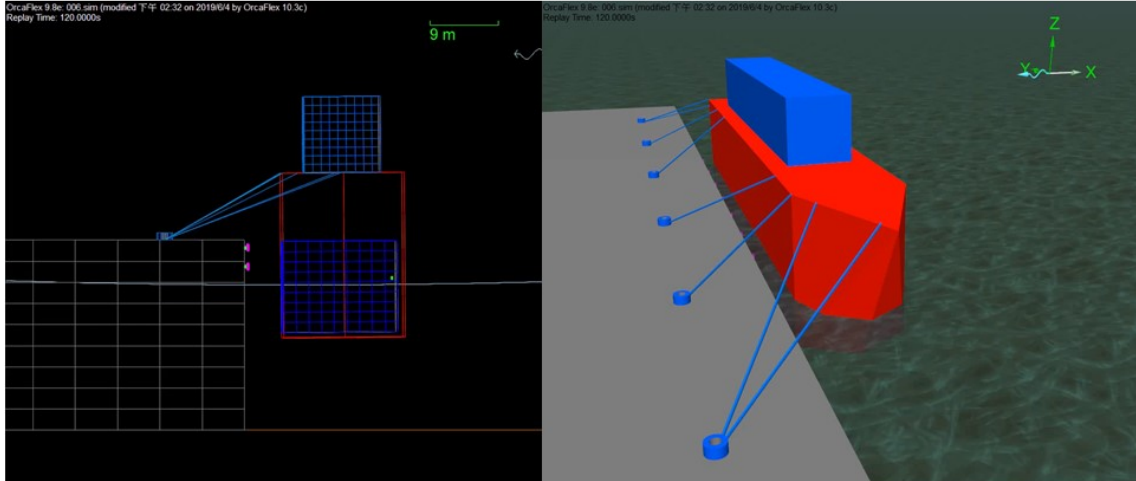
| 碼頭資訊-高雄港-中島商港區46號                 |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 水深 h (m)                          | 20                                  |
| 船與碼頭相對距離 x (m)                    | 5                                   |
| 導纜孔與碼頭樁相對高度 y (m)                 | 10                                  |
| 防舷材數量與k值                          | 14 / 非線性*                           |
| 防舷材間隔 $\Delta x$ ; $\Delta y$ (m) | $\Delta x = 10$<br>$\Delta y = 2.5$ |

期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 散裝船50年重現期颱風模擬動畫

時域耦合方程式  $m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$

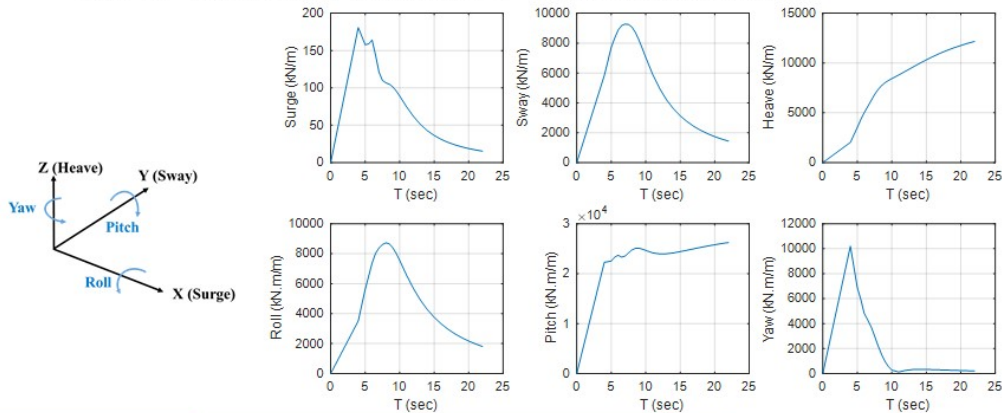


期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

散裝船受向岸作用水動力RAO ( $F_{wext}$ )  $m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$

散裝船在向岸浪(波浪從船的側邊，自遠方向船傳遞)作用下的波浪荷载RAOs。由於波浪設定為自側面來，因此sway的受力遠大於surge，相差約50倍，且Sway在週期七秒左右達到峰值。Heave受力大小與週期為正相關，並隨著周期增加而逐漸趨緩。旋轉力矩則以Pitch方向最大，其主要原因為該方向的力臂較Roll方向長，因此即便與入射浪向垂直，但其產生的力矩為最大。



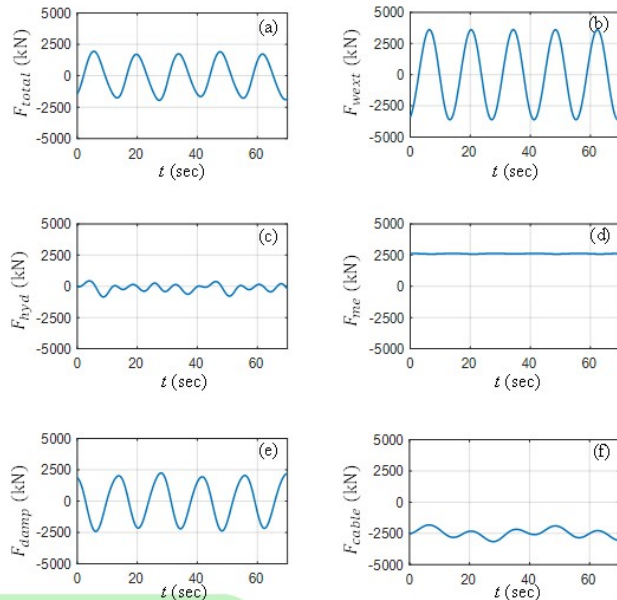
期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 散裝船受向岸浪作用-各分項受力時序列

$$m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$$

- 除了 $F_{hyd}$ 相對較小之外，其於波浪 $F_{wext}$ 與非黏性阻尼力 $F_{damp}$ 主宰船舶水動。水動力作用力( $F_{wext} + F_{hyd} + F_{damp}$ )約在 $\pm 1000\text{kN}$ 震盪。
- 風力 $F_{me}$ 約為 $2500\text{ kN}$ 。在極端條件下，風作用力略大於浪，但浪的作用仍然不可忽略。

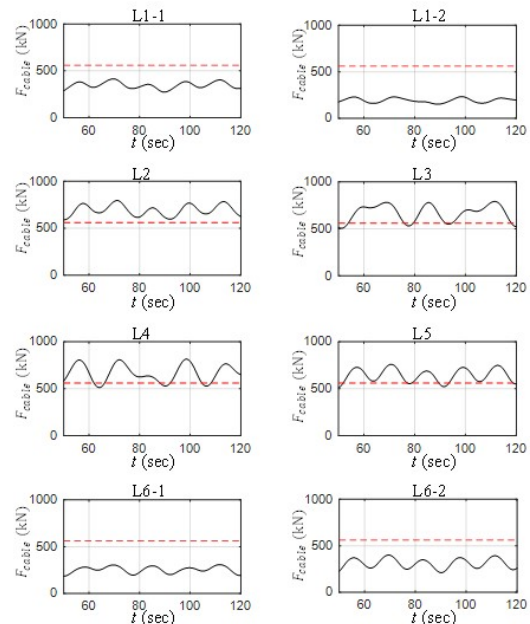
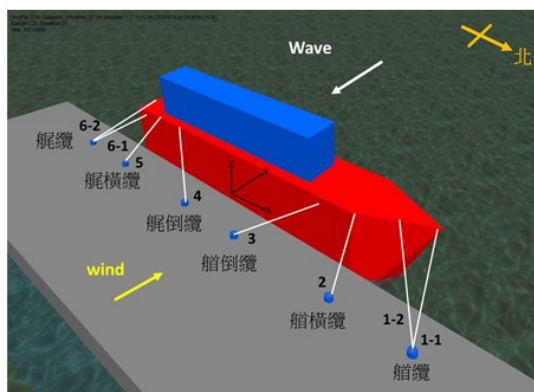


期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 散裝船受向岸浪作用-各繫纜繩張力變化

在離岸強風吹襲下，編號L2~L5所受的張力大於船艙與船艙不少。同時，為結合本計畫之預警系統設定，以70%繫纜破斷力(破斷力=800kN)作為紅色警戒燈號，可發現艙纜(L1-1與L1-2)以及艙纜(L6-1與L6-2)低於警戒值。



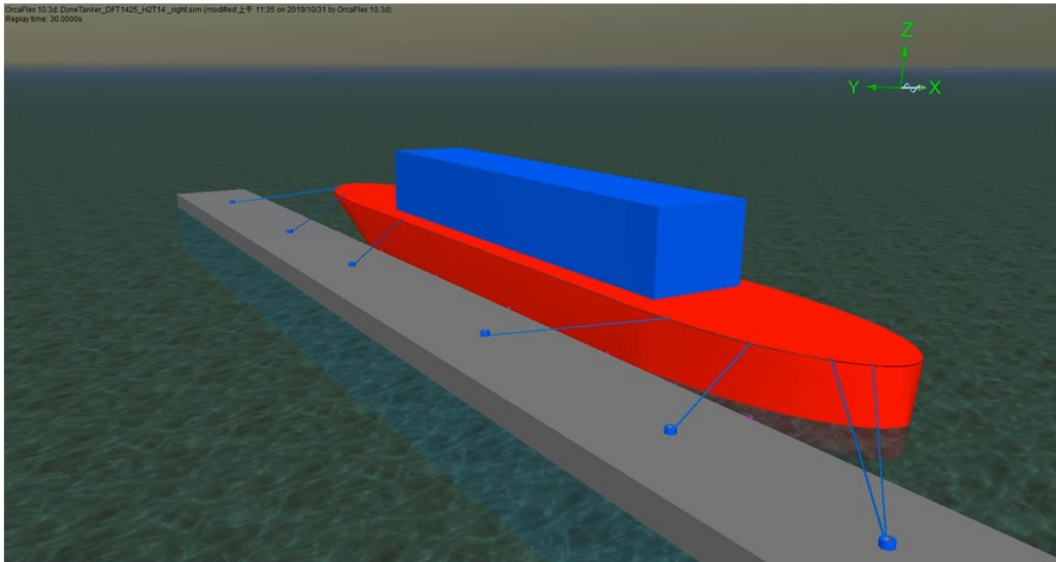
期末審查會議



## 一、船舶繫纜耦合模式

### 滿載油輪50年重現期颱風模擬動畫

時域耦合方程式  $m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$



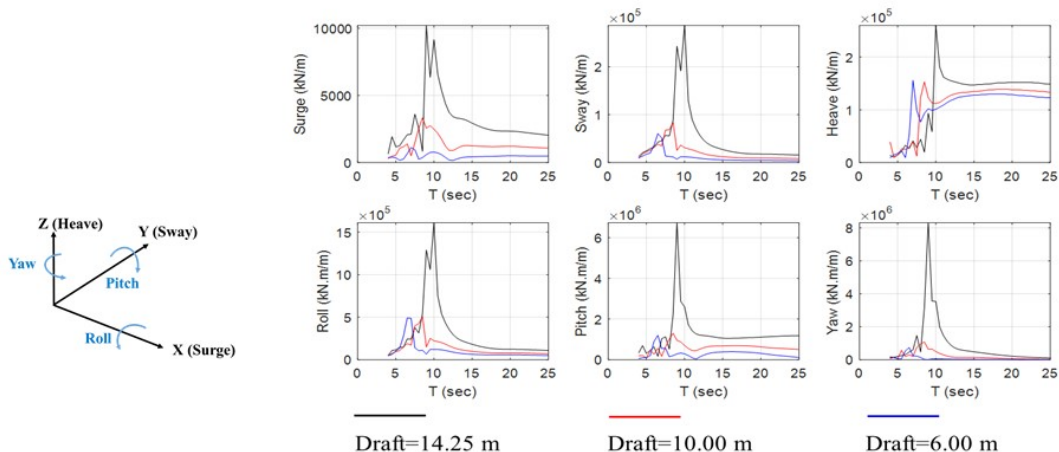
期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 滿載油輪受向岸作用水動力RAO( $F_{wext}$ )

$m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$

油輪在向岸浪作用下的波浪荷載RAOs，並且比較不同吃水深度的影響。由該圖可發現，滿載的油輪(吃水最深)所受到的波浪力作用在六軸皆為最大，主要原因為吃水越深，其與波浪作用的濕周面積(或沉浸面積)越大。此外，可以發現隨著吃水變深，船體重量變輕，最大受力峰值對應的頻率有越往小週期移動的趨勢。



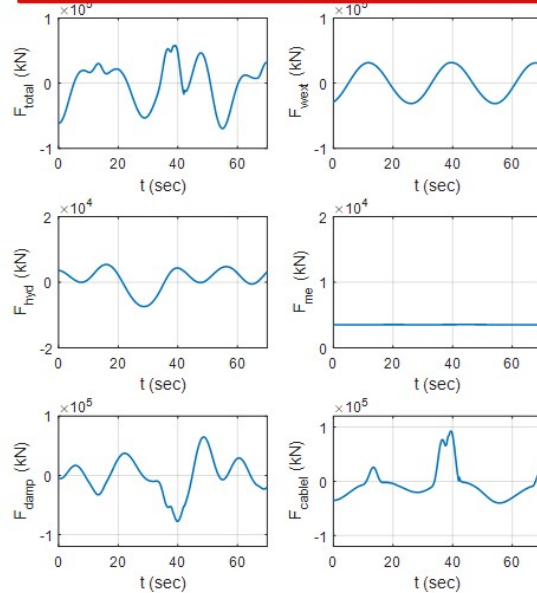
期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 滿載油輪受向岸浪作用-各分項受力時序列

$$m\ddot{X} = F_{wext}(t) + F_{hyd}(t) + F_{damp}(t) + F_{me}(t) + F_{cable}(t)$$

- 船體水動力 ( $F_{wext} + F_{hyd} + F_{damp}$ ) 約在  $\pm 50000\text{kN}$  震盪。此量級遠大於風力作用 ( $F_{me} \sim 3300\text{kN}$ )。
- 因此，在極端條件下，波浪作用力遠大於風的影響。此情形與散裝船不同。

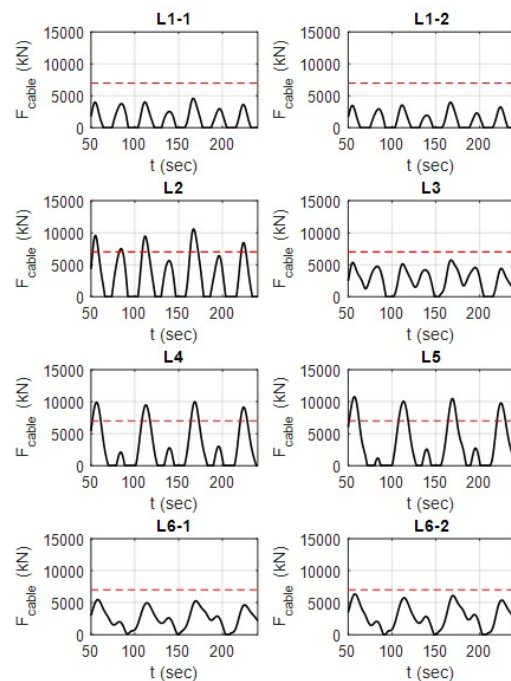
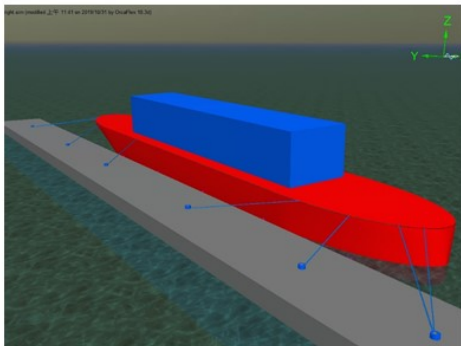


期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 散裝船受向岸浪作用-各繫纜繩張力變化

在離岸強風吹襲下，編號L2-5所受的張力略大於船艏與船艉。同時，為結合本計畫之預警系統設定，以70%繫纜破斷力(破斷力=10,000kN)作為紅色警戒燈號，可發現L2、L4與L5超過警戒值。





## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-5、不同環境外力模擬條件與繫纜繩設定

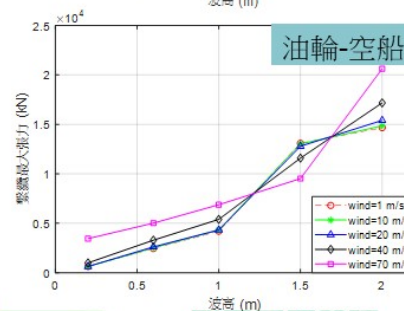
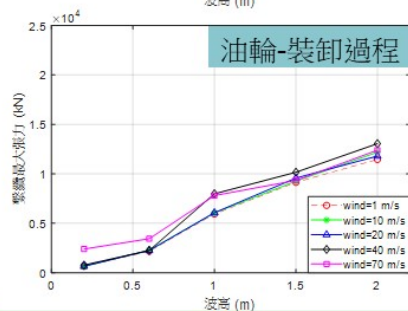
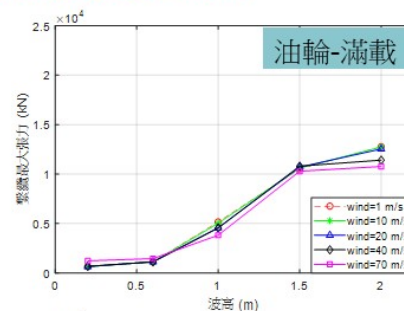
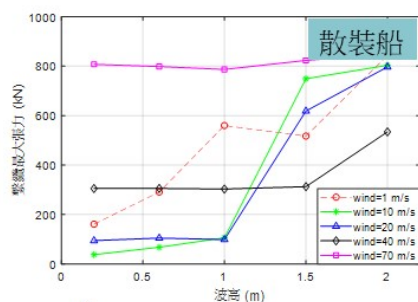
| 環境/船體參數                   | 模擬條件                                                                                          | 組數      |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 風速 (m/s)                  | 1, 10, 20, 40, 70                                                                             | 5       |
| 風向 (deg)                  | 0, 22.5, 45, 67.5, 90, 112.5, 135, 157.5, 180, 202.5, 225, 247.5, 270, 292.5, 315, 337.5, 360 | 16      |
| 波浪(m)<br>週期(sec)          | H= 0.2   0.6   1.0   1.5   2.0<br>T= 6.0   8.0   10   12   14                                 | 5       |
| 吃水 (m)                    | 散裝船: 6.6<br>油輪: 14.25(滿載)、10.00(裝卸過程)、6.00(空船)                                                | 4       |
| 總計                        |                                                                                               | 1600    |
| 繫纜參數                      | 散裝船繫纜                                                                                         | 油輪繫纜    |
| 線徑 (m)                    | 0.068                                                                                         | 0.246   |
| 單位重量 (kg/m)               | 3.3                                                                                           | 43      |
| 軸向勁度 (kN)                 | 7,659                                                                                         | 100,230 |
| 扭轉勁度 (kN.m <sup>2</sup> ) | 80                                                                                            | 80      |
| 預張力 (kN)                  | 3                                                                                             | 500     |
| 破斷力 (kN)                  | 800                                                                                           | 10,000  |

期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-6、數值模擬結果: 不同船型離岸風作用下繫纜最大受力

- 在離岸風(東風)作用下，分析各船型在**不同風速與波浪條件下**，繫纜最大受力關係。**散裝船同時受到風速與波浪影響；油輪受波浪影響為主**

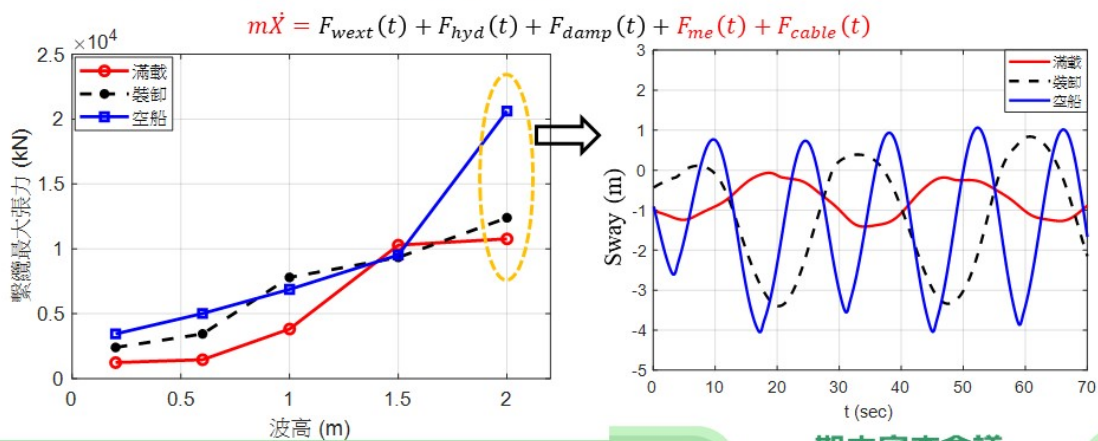


期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-6、數值模擬結果:油輪繫纜最大受力與不同吃水深關係

- 在離岸風作用下，以波高2米為例。繫纜最大受力由大到小排列，分別為空船、裝卸過程與滿載。
- 滿載油輪的吃水深較大，因此其水動力大於吃水淺的空船。但由於滿載油輪重量亦大，導致其加速度與位移(以SWAY時序為例)未必大於空船。**主要機制為波浪作用力與船體重量的比值決定。**



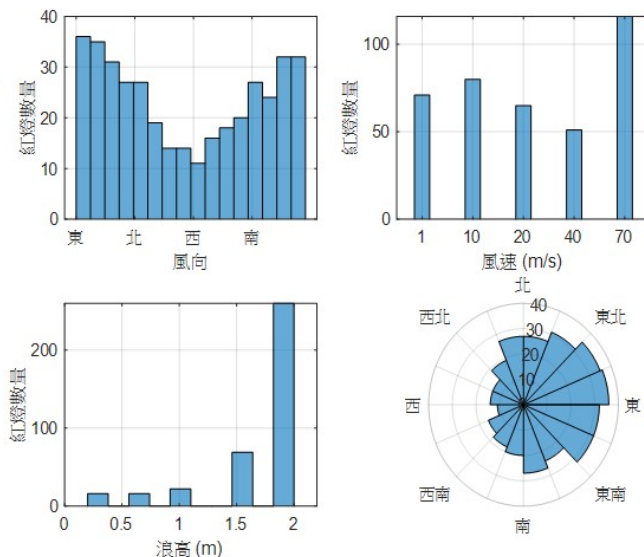
期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-6、數值模擬-數值結果:散裝船張力預警方向(1)

#### 繫纜張力警戒與風向關係

- 針對散裝船模擬400組條件，挑選張力達到紅色警戒(70%破斷力=560kN)，分析**所有風向與浪高統計特性**。
- 離岸風(東風)的警戒數目略多於向岸風(西風)，但風速大小的趨勢不甚明顯；波浪則在1.5米以上時，警戒燈號占大多數。
- 警戒燈號同時受波浪、風速與方向影響。

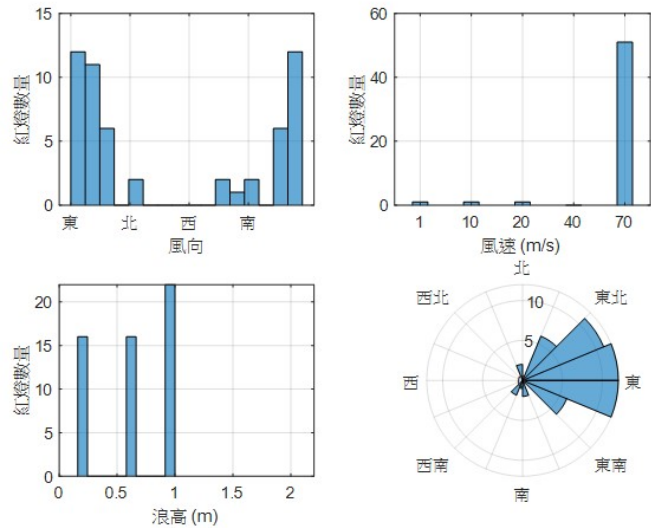


期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-6、數值模擬-數值結果:散裝船張力預警方向(2)

- 接續上頁，將波浪條件設為小於1米條件下，此時可以發現70m/s以上的強風，才足以觸發警戒燈號，且風向影響甚大。警戒燈號多數落在東北、東與東南風。
- 小結:若在波高1米以下且強風(70m/s)條件，警戒燈號與風向呈現高度相關性，需特別注意離岸風。波浪大於1.5米以上，波浪為影響燈號的主要因子。



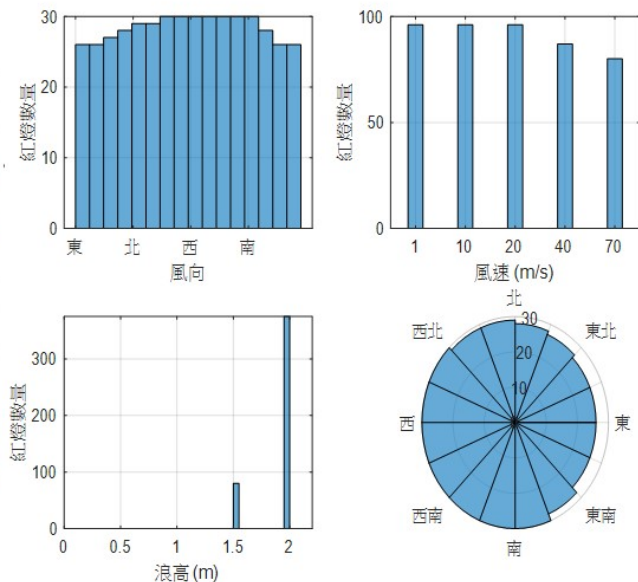
期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-6、數值模擬-數值結果:滿載油輪張力預警方向(3)

#### 繫纜張力警戒與風向關係

- 針對滿載油輪所模擬400組條件，挑選張力達到紅色警戒(70%破斷力=7000kN)，分析所有風向與浪高統計特性。
- 風速與方向對於警戒燈號幾乎無相關性，主要因為大型油輪的纜繩受力，受到波浪水動力的作用約大於風速的10倍。此部分與實驗觀測到的現象一致。
- 油輪在波高大於1.5米以上需特別注意，警戒數量急速上升。



期末審查會議

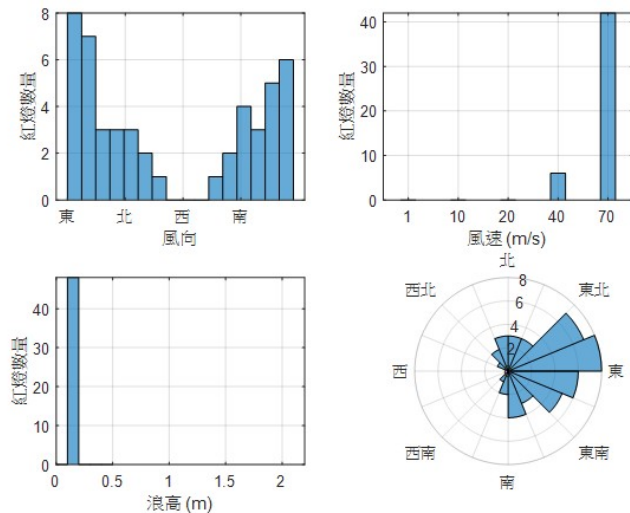


## 一、船舶繫纜耦合模式

### 1-6、數值模擬-數值結果:滿載油輪張力預警方向(4)-纜繩老化情形

#### 繫纜張力警戒與風向關係

- 本案例模擬油輪繫纜繩老舊的特殊案例，其破斷力自原始10000kN下降至1000kN的條件下，模擬港內波高不大但遭遇強風吹襲的情境(波高小於0.5米，風速大於40米/秒)，此時可發現風向與警界燈號則呈現高度相關。



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

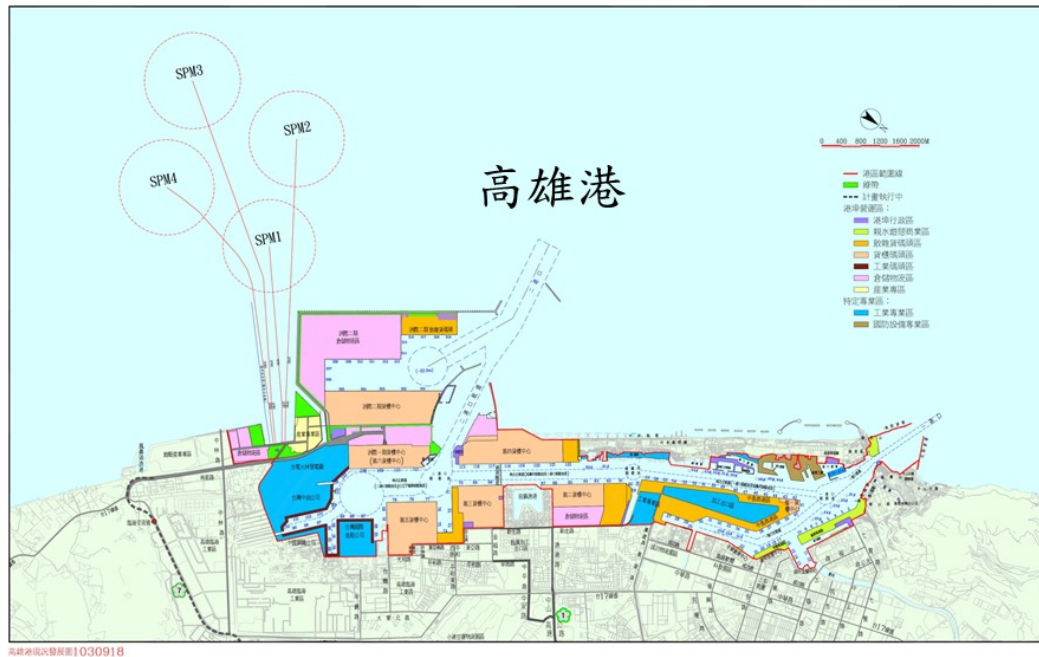
### ➤ 水工模型試驗介紹

- 有關不同情境船舶靜穩度及繫纜張力之水工模型試驗
- 試驗條件擬以純波、純風、風波耦合之外在動力負載環境進行模擬分析
- 試驗比尺：**1/50**
- 船體模型
  - 長：2.630 m
  - 寬：0.383 m
  - 高：0.235 m



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ► 試驗條件規劃

#### ● 高雄港外海各方向各迴歸期設計波高分析表

| 迴歸期<br>(年) | 250  |      | 200  |      | 100  |      | 50   |      | 25  |      | 20  |      | 10  |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|
|            | Hs   | Ts   | Hs   | Ts   | Hs   | Ts   | Hs   | Ts   | Hs  | Ts   | Hs  | Ts   | Hs  | Ts   |
| 波向         |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |     |      |     |      |
| NW         | 5.3  | 9.7  | 5.2  | 9.6  | 4.9  | 9.3  | 4.5  | 8.9  | 4.1 | 8.5  | 3.9 | 8.3  | 3.5 | 7.9  |
| WNW        | 6.2  | 10.5 | 6.1  | 10.4 | 5.7  | 10.0 | 5.3  | 9.7  | 4.8 | 9.2  | 4.6 | 9.0  | 4.1 | 8.5  |
| W          | 6.6  | 10.8 | 6.5  | 10.7 | 6.0  | 10.3 | 5.5  | 9.8  | 5.0 | 9.4  | 4.8 | 9.2  | 4.3 | 8.7  |
| WSW        | 8.9  | 12.5 | 8.6  | 12.3 | 7.8  | 11.7 | 6.9  | 11.0 | 6.0 | 10.3 | 5.7 | 10.0 | 4.8 | 9.2  |
| SW         | 10.0 | 13.3 | 9.7  | 13.1 | 8.7  | 12.4 | 7.7  | 11.7 | 6.7 | 10.9 | 6.3 | 10.5 | 5.2 | 9.6  |
| SSW        | 12.0 | 14.5 | 11.6 | 14.3 | 10.4 | 13.5 | 9.2  | 12.7 | 7.9 | 11.8 | 7.5 | 11.5 | 6.1 | 10.4 |
| S          | 13.0 | 15.1 | 12.6 | 14.9 | 11.5 | 14.2 | 10.3 | 13.5 | 9.0 | 12.6 | 8.5 | 12.2 | 7.1 | 11.2 |
| SSE        | 13.3 | 15.3 | 13.0 | 15.1 | 11.9 | 14.5 | 10.8 | 13.8 | 9.5 | 12.9 | 9.1 | 12.7 | 7.6 | 11.6 |

註：1. 依據1940~2009年間之颱風資料推算  
2. 推算目標區為120.26°E，22.47°N  
3. 目標區水深為-192.4m

4. Hs單位為m，Ts單位為sec

5.  $T_s = 4.2\sqrt{H_s}$

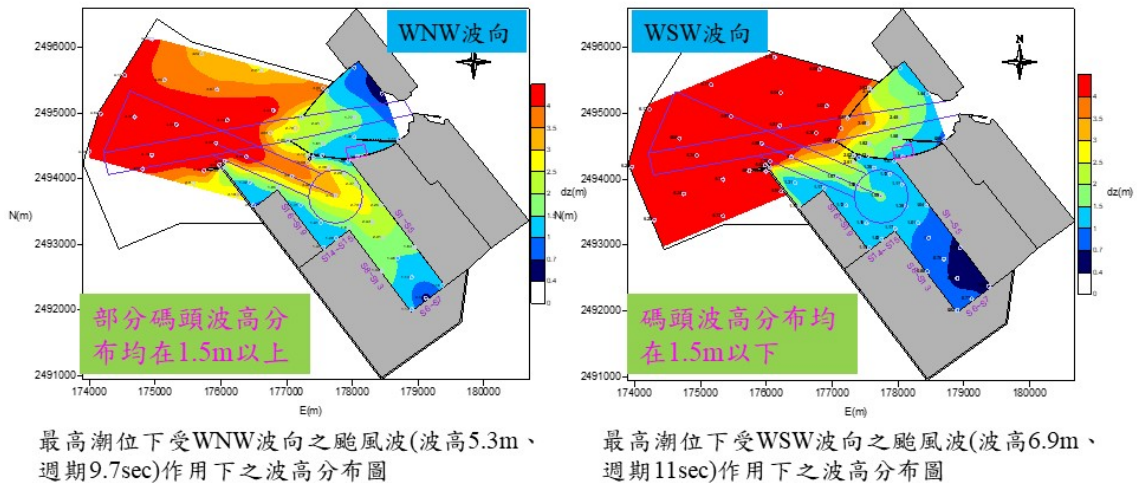
6. 資料來源：台灣世曦工程顧問公司

期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ► 試驗條件規劃

#### ● 高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫委託技術服務工作—水工模型試驗



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ► 試驗條件規劃

#### ● 高雄港風速資料

依據港灣技術研究中心「106年國際商港海氣象觀測與特性分析」報告中，高雄港107年風速風向資料分析，風速平均值為4.3 m/sec，全年風速極值發生於7月海棠颱風侵襲期間，為22.5 m/sec，對應風向為NNW向，年度風向結構以W~N向所佔比率最高，為全年度50.4%。

#### ● 颱風侵襲台灣之最大風速資料表

| 年份   | 颱風名稱 | 最大風速 (m/sec) |    |
|------|------|--------------|----|
|      |      | 中心附近         | 近臺 |
| 2011 | 桑達   | 70           | 55 |
| 2012 | 杰拉華  | 68           | 55 |
| 2013 | 天兔   | 68           | 55 |
| 2016 | 尼伯特  | 73           | 58 |
| 2016 | 莫蘭蒂  | 75           | 60 |
| 2018 | 瑪莉亞  | 65           | 55 |
| 2018 | 山竹   | 75           | 60 |

期末審查會議



## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 試驗項目

- 船舶靜穩度
- 繫纜張力

### ➤ 試驗比尺：1/50

### ➤ 船體模型

- 長：2.630 m
- 寬：0.383 m
- 高：0.235 m

### ➤ 吃水深：0.143 m



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 試驗條件

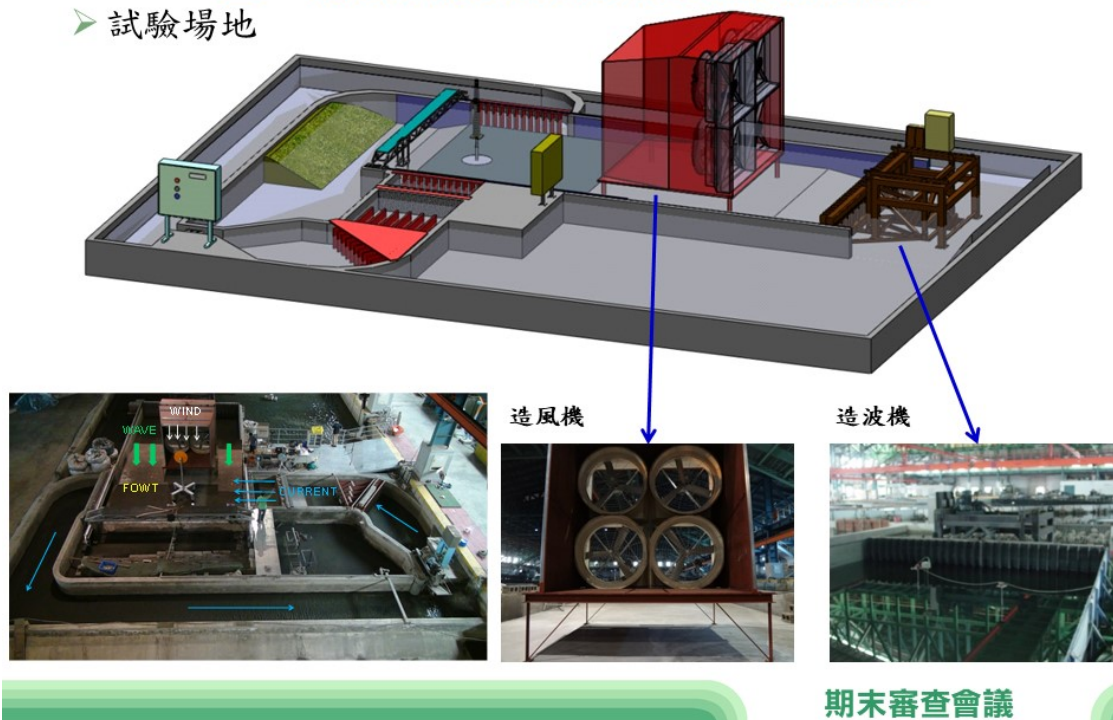
| 水深<br>(m)   | 風速<br>(m/sec)          | 波浪         |             | 風向   | 波向  | 備註          |
|-------------|------------------------|------------|-------------|------|-----|-------------|
|             |                        | 波高 (m)     | 週期 (sec)    |      |     |             |
| 20<br>(0.4) | 20 (2.83)<br>36 (5.09) | ---        | ---         | 0°   | --- | 風向向岸(碼頭)    |
|             | ---                    | 2.0 (0.04) | 14.0 (1.98) | ---  | 0°  | 波向向岸(碼頭)    |
|             | 20 (2.83)<br>36 (5.09) | 2.0 (0.04) | 14.0 (1.98) | 0°   | 0°  | 風向與波向向岸(碼頭) |
|             | 20 (2.83)<br>36 (5.09) | ---        | ---         | 180° | --- | 風向離岸(碼頭)    |

\*( )模型試驗條件；\*\*波浪為規則波；\*\*\*考量平均高潮位(+0.581m)與平均低潮位(-0.148)

期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### 試驗場地



## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

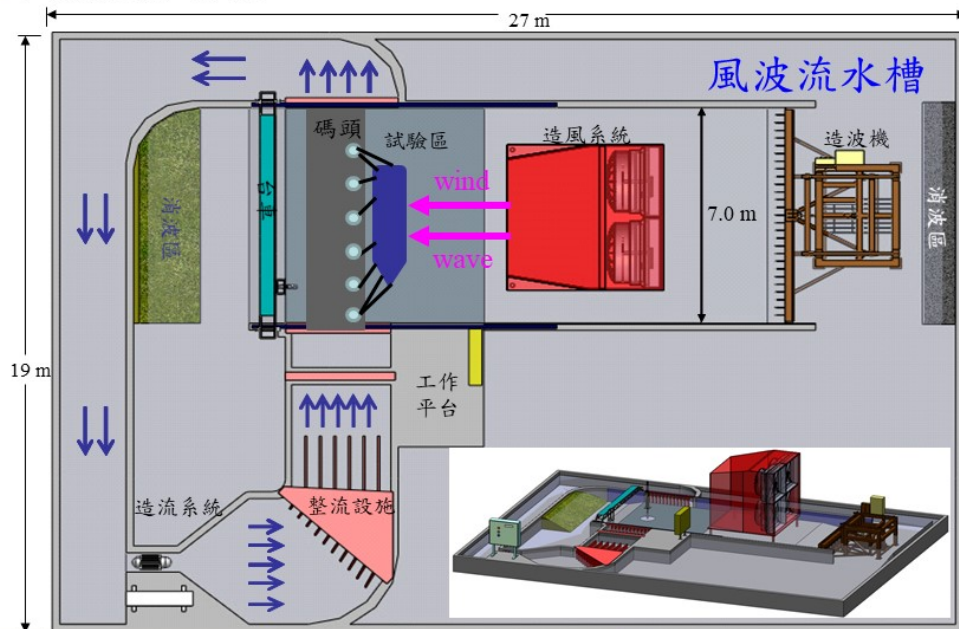
### 試驗儀器





## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

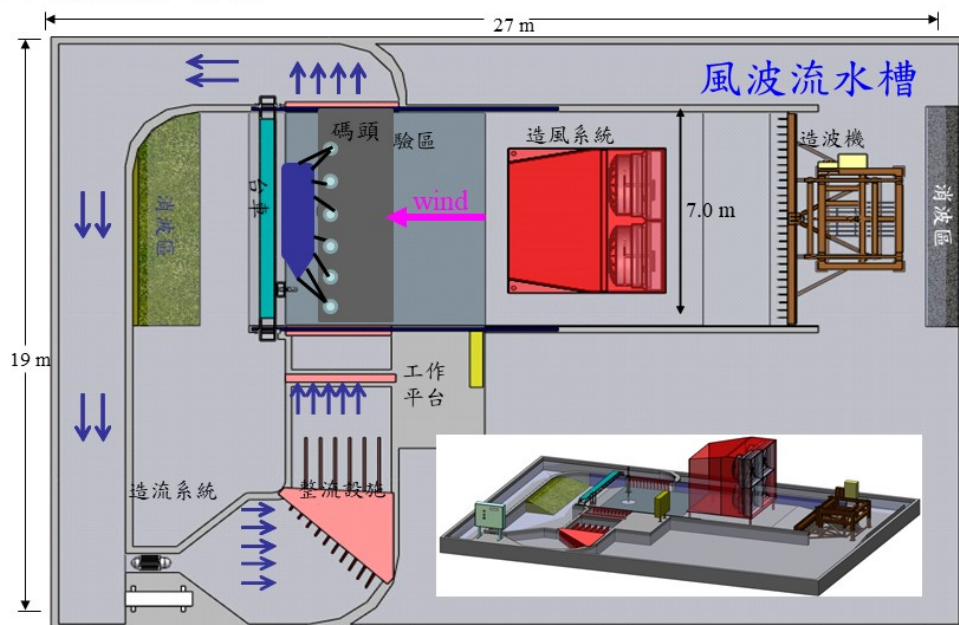
### ► 試驗配置-方案一



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

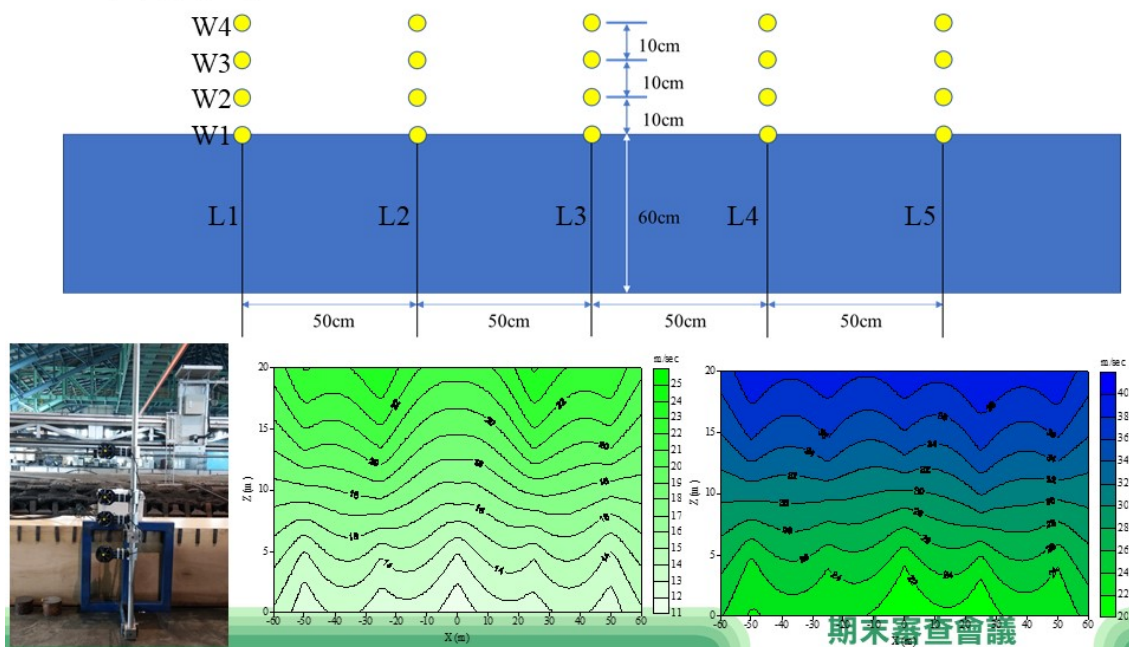
### ► 試驗配置-方案二



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 風速率定



## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

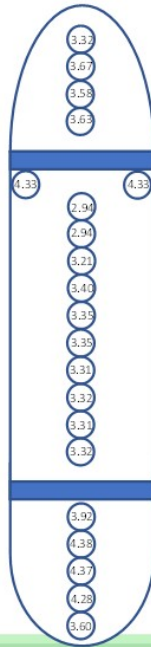
### ➤ 試驗場地整理與碼頭模型建置



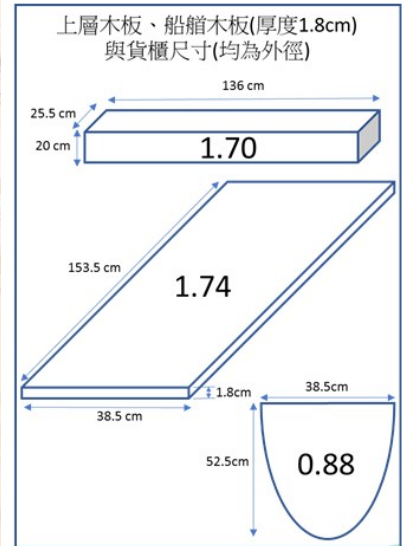


## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ► 船模配重



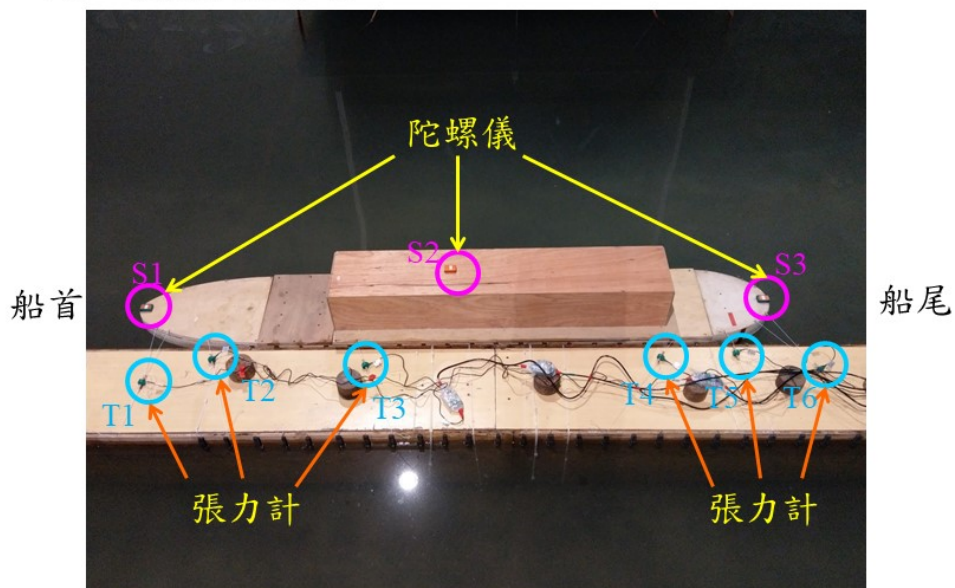
空船：31 kg  
配重：75.86 kg  
吃水深：3/4船高



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

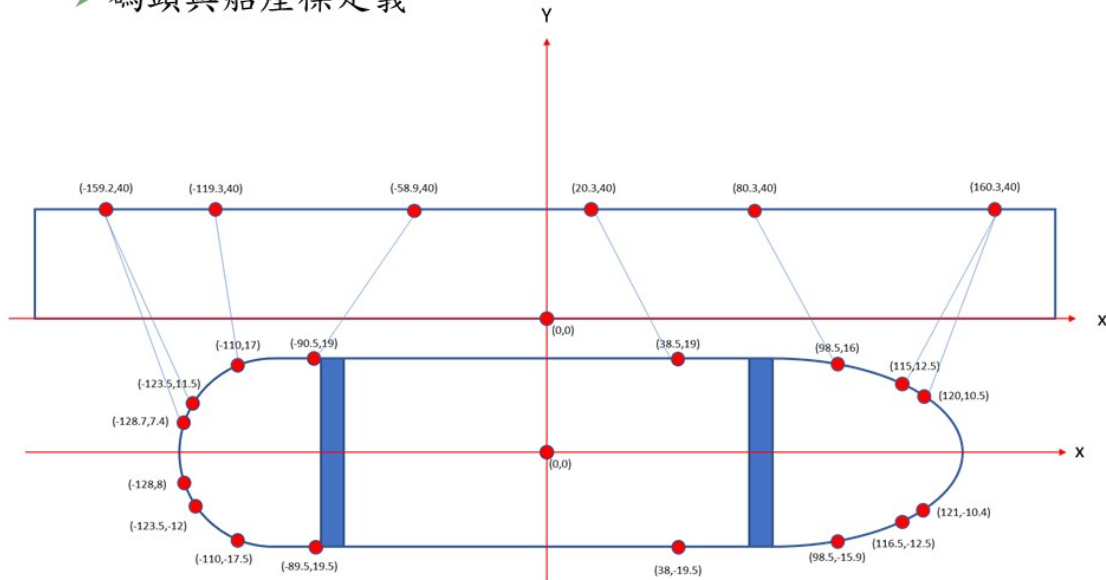
### ► 試驗配置與儀器安裝



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 碼頭與船座標定義



期末審查會議

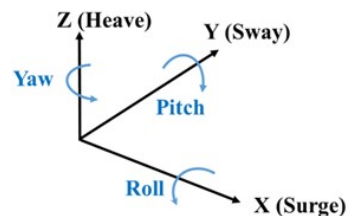
## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 自由運動衰減試驗

- 自由運動衰減試驗為船體在靜穩下，給予一固定初始位移/傾角，再配合陀螺儀量測**橫搖(Roll)**、**縱搖(Pitch)**與**起伏(Heave)**運動軌跡隨時間衰減之時序列
- 為減小實驗誤差與增加資料可靠度，每個自由度測試將**重複試驗3次以上**，檢視整體實驗重複性與誤差收斂速度
- 量測參數

#### ◆ 自然頻率

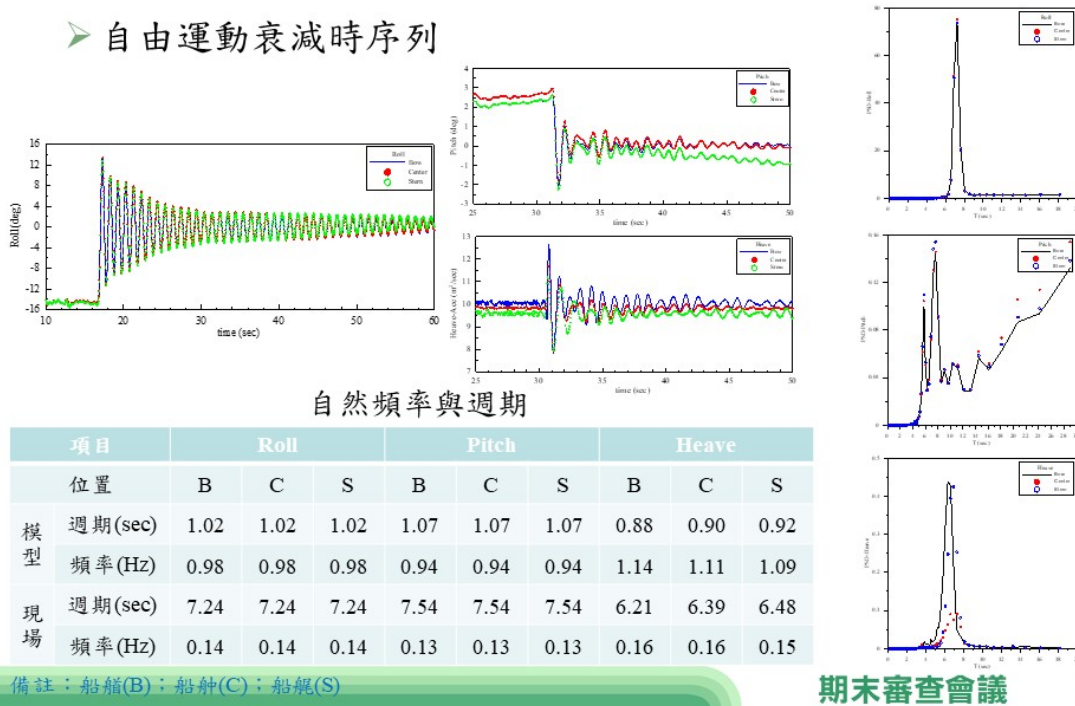
- 橫搖(Roll)
- 縱搖(Pitch)
- 起伏(Heave)



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### 自由運動衰減時序列



## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### 繫纜繩最大張力

#### 平均高潮位(+0.581m)

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W         | 469.8 | 209.3 | 257.0 | 445.5 | 250.7 | 270.0 |
| WV20      | 445.9 | 277.0 | 283.9 | 473.7 | 240.4 | 278.0 |
| WV36      | 428.6 | 293.8 | 254.4 | 497.7 | 155.2 | 272.5 |
| V20       | 170.4 | 140.6 | 110.9 | 13.2  | 66.5  | 176.5 |
| V36       | 157.8 | 148.2 | 118.3 | 17.4  | 68.3  | 190.3 |
| RV20      | 170.1 | 98.5  | 131.8 | 139.8 | 41.0  | 62.2  |
| RV36      | 185.1 | 94.7  | 135.5 | 179.6 | 57.6  | 64.1  |

期末審查會議



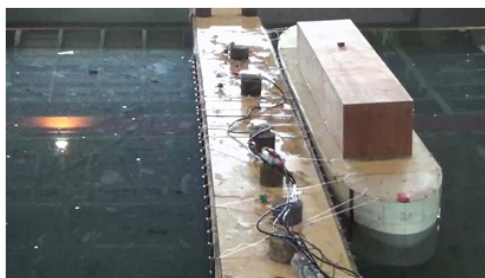
## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 繫纜繩最大張力

#### ➤ 平均低潮位(-0.148m)

| test case | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W         | 387.3 | 194.9 | 227.9 | 405.9 | 149.9 | 319.0 |
| WV20      | 415.8 | 187.6 | 258.8 | 429.2 | 311.8 | 270.7 |
| WV36      | 424.6 | 170.9 | 269.8 | 442.8 | 310.1 | 265.1 |
| V20       | 86.4  | 138.3 | 89.9  | 185.7 | 120.9 | 129.1 |
| V36       | 120.6 | 12.4  | 109.9 | 172.5 | 116.1 | 130.4 |
| RV20      | 176.8 | 124.7 | 148.4 | 126.5 | 50.7  | 68.7  |
| RV36      | 184.7 | 134.0 | 160.0 | 142.9 | 72.4  | 89.5  |

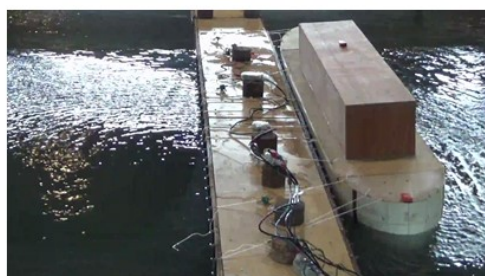
期末審查會議



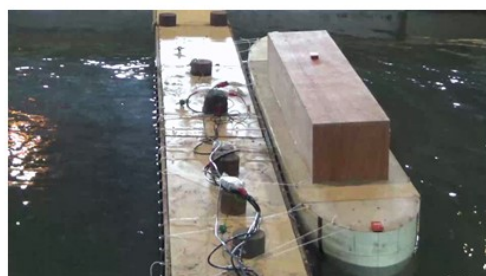
波浪



波浪+風(20 m/sec)



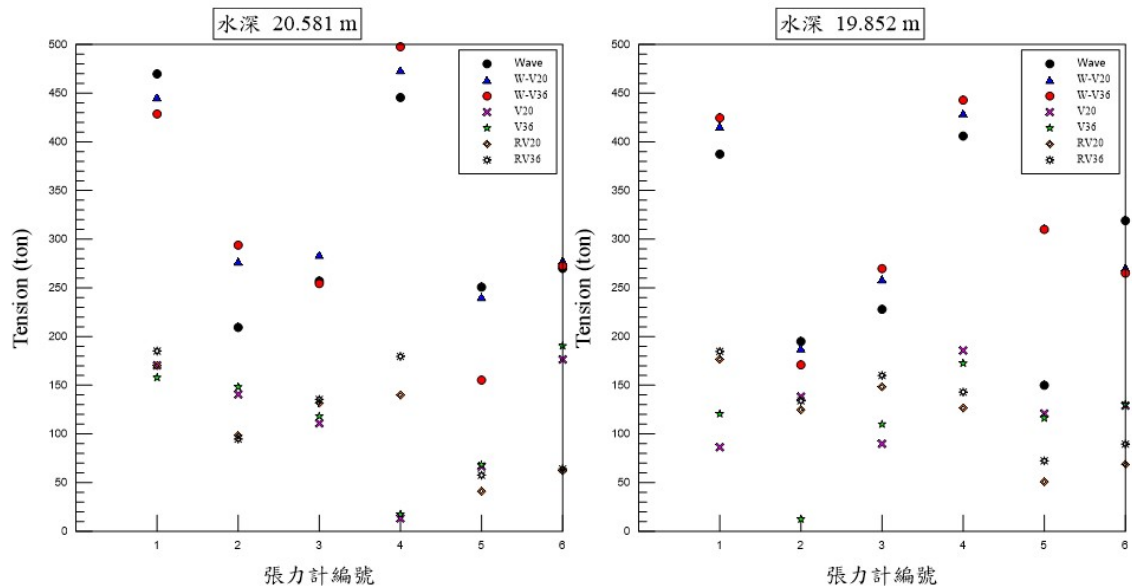
波浪+風(36 m/sec)



風(36 m/sec)

期末審查會議

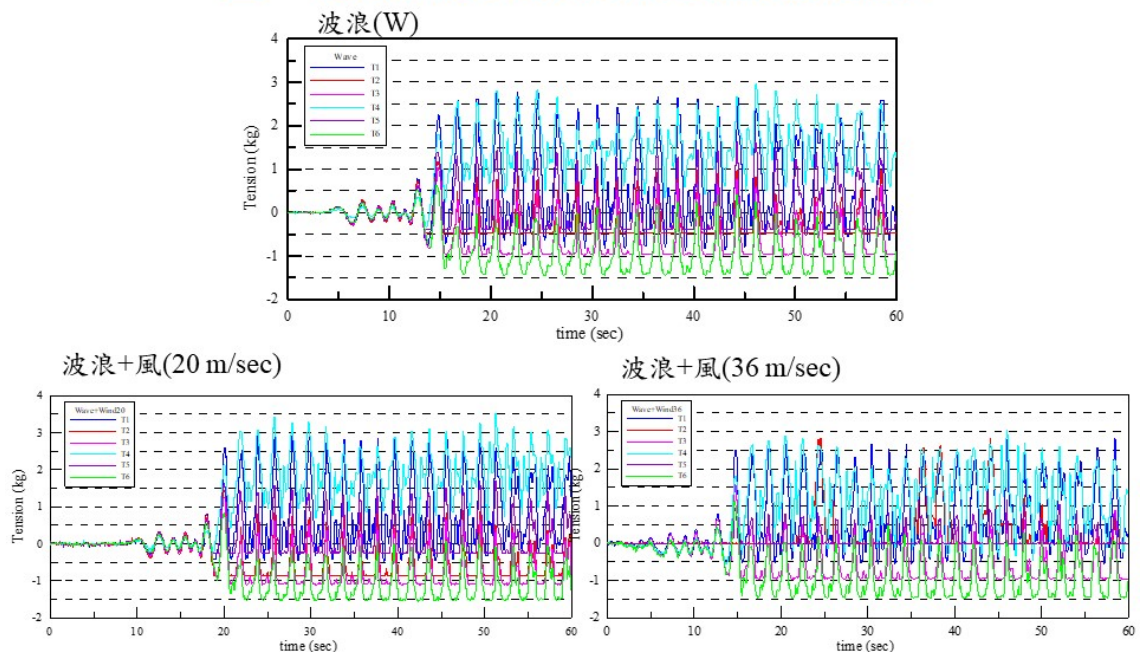
## 繫纜繩最大張力



- 波浪作用時，各纜繩承受的張力值遠大於純風之作用，且T1與T4需承受較大的張力值
- 平均低潮位整體張力值比平均高潮位略低

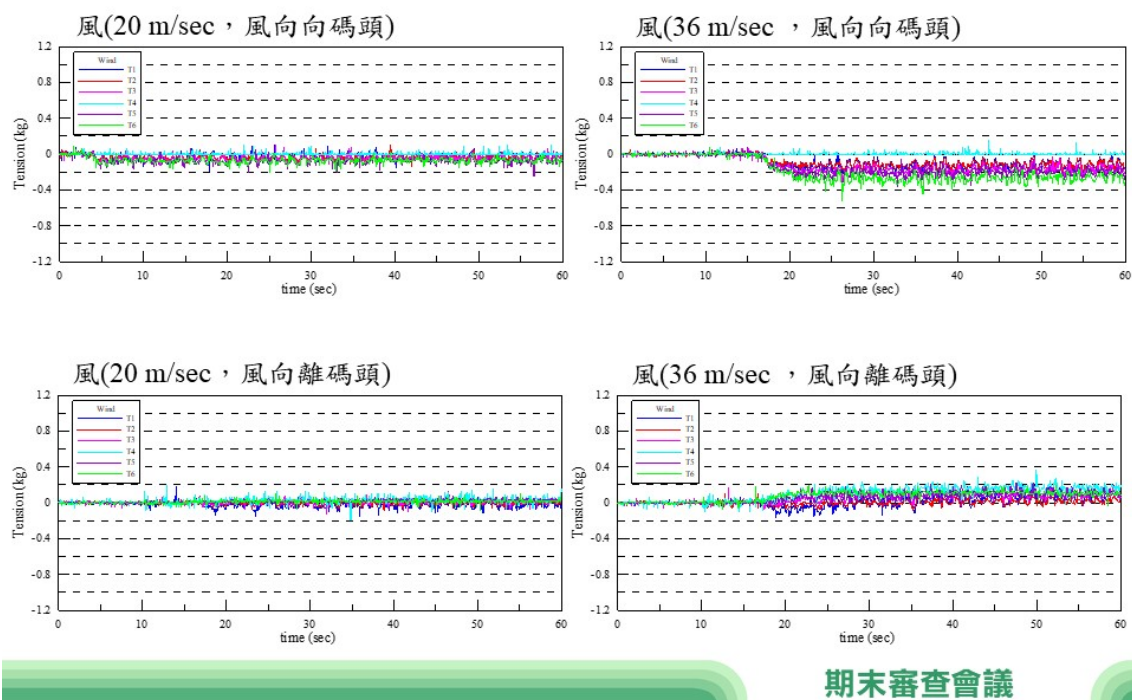
期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗



## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 船體穩定性(平均高潮位)

| Test case | Roll |       | Pitch |       | Yaw  |       |
|-----------|------|-------|-------|-------|------|-------|
|           | max  | min   | max   | min   | max  | min   |
| W-B       | 4.60 | -3.30 | 0.64  | -0.81 | 0.39 | -0.06 |
| W-C       | 4.67 | -3.27 | 0.62  | -0.74 | 0.20 | -0.07 |
| W-S       | 4.60 | -3.32 | 0.59  | -0.80 | 0.23 | -0.09 |
| WV20-B    | 4.90 | -3.22 | 0.94  | -0.52 | 1.05 | -0.04 |
| WV20-C    | 4.87 | -3.32 | 0.80  | -0.57 | 0.43 | -0.03 |
| WV20-S    | 4.84 | -3.33 | 0.48  | -0.92 | 0.35 | -0.04 |
| WV36-B    | 4.11 | -4.19 | 0.85  | -0.71 | 0.86 | 0.00  |
| WV36-C    | 4.14 | -4.22 | 1.03  | -0.42 | 0.47 | -0.05 |
| WV36-S    | 4.07 | -4.28 | 0.74  | -0.70 | 0.44 | -0.06 |

船艙(B)；船舳(C)；船艉(S)

期末審查會議



## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

### ➤ 船體穩定性(平均高潮位)

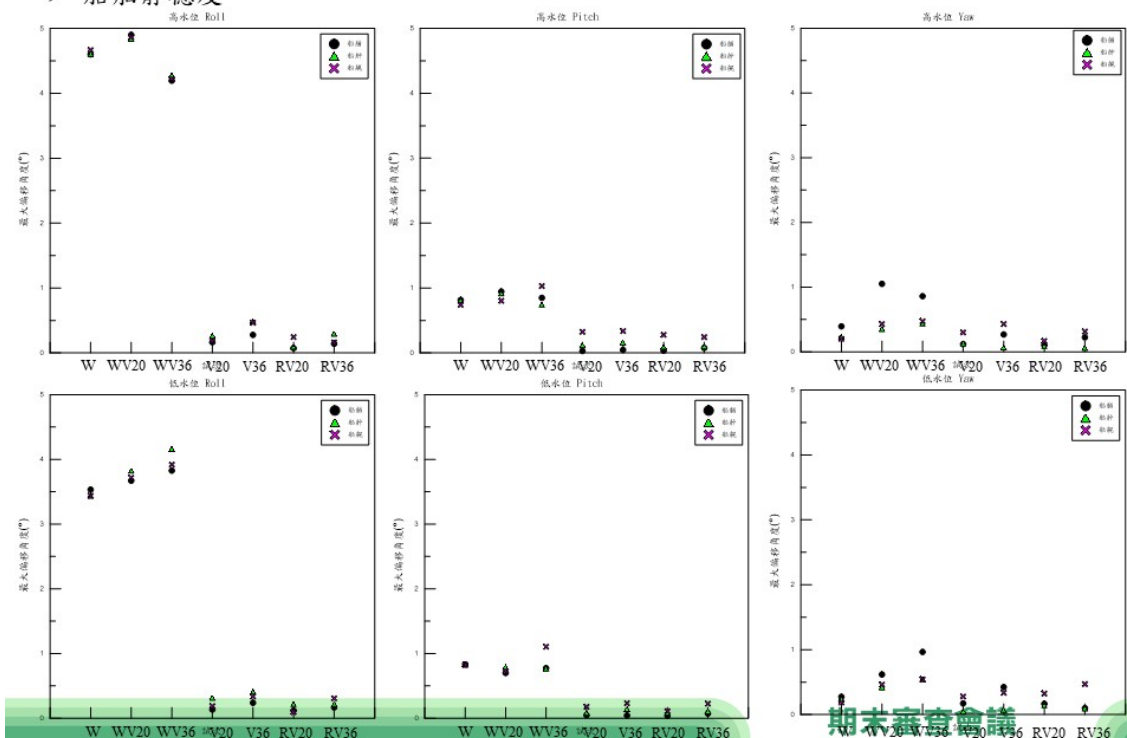
| Test case | Roll |       | Pitch |       | Yaw  |       |
|-----------|------|-------|-------|-------|------|-------|
|           | max  | min   | max   | min   | max  | min   |
| V20-B     | 0.08 | -0.17 | 0.03  | -0.03 | 0.09 | -0.12 |
| V20-C     | 0.12 | -0.18 | 0.32  | -0.02 | 0.30 | -0.03 |
| V20-S     | 0.04 | -0.26 | 0.05  | -0.12 | 0.13 | -0.04 |
| V36-B     | 0.11 | -0.28 | 0.04  | -0.05 | 0.27 | -0.04 |
| V36-C     | 0.08 | -0.46 | 0.34  | -0.04 | 0.43 | -0.02 |
| V36-S     | 0.10 | -0.49 | 0.16  | -0.03 | 0.07 | -0.06 |
| RV20-B    | 0.05 | -0.07 | 0.03  | -0.03 | 0.03 | -0.10 |
| RV20-C    | 0.24 | -0.23 | 0.18  | -0.28 | 0.12 | -0.17 |
| RV20-S    | 0.09 | -0.06 | 0.02  | -0.09 | 0.09 | -0.03 |
| RV36-B    | 0.10 | -0.14 | 0.08  | -0.05 | 0.22 | -0.04 |
| RV36-C    | 0.09 | -0.16 | 0.24  | -0.06 | 0.31 | -0.02 |
| RV36-S    | 0.10 | -0.29 | 0.07  | -0.10 | 0.06 | -0.03 |

船艏(B)；船舢(C)；船艉(S)

期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

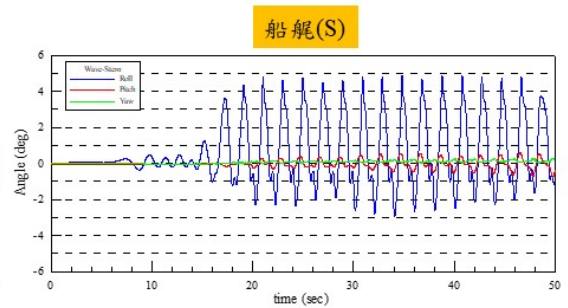
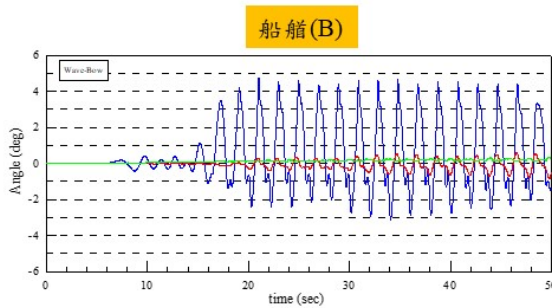
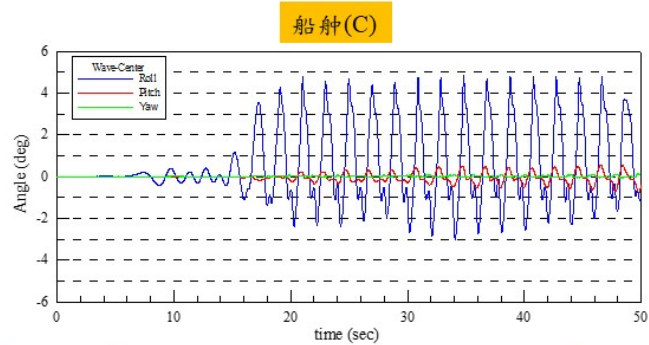
### ➤ 船舶靜穩度



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

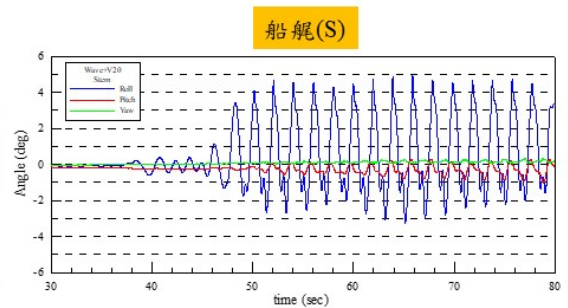
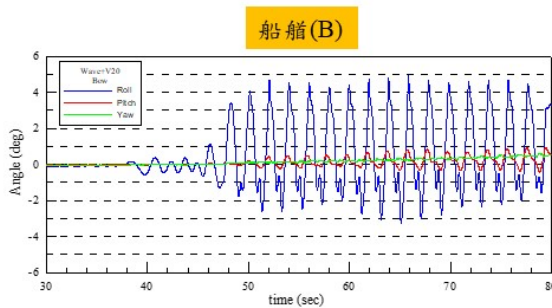
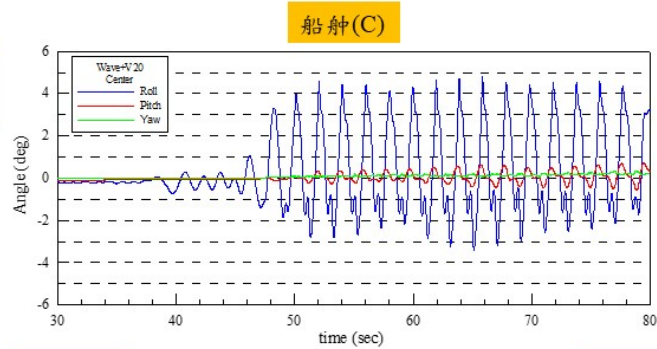
波浪作用  
(W)



期末審查會議

## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

波浪+風作用  
(WV20)

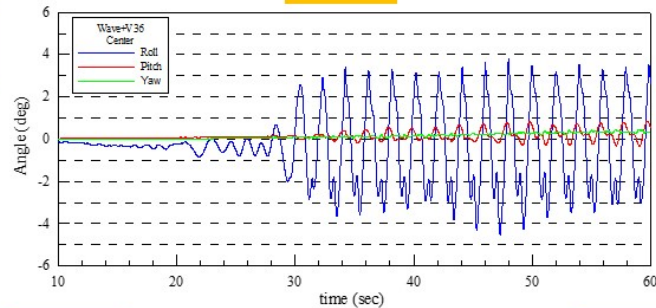


期末審查會議

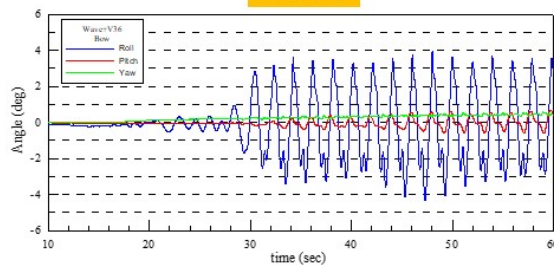
## 二、船舶靜穩度及繫纜張力水工模型試驗

波浪+風作用  
(WV36)

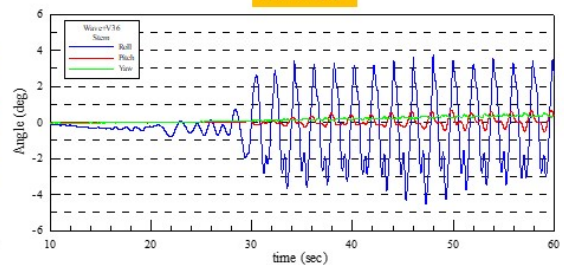
船舯(C)



船艙(B)



船艏(S)



期末審查會議

## 三、斷纜事件之探討與分析

### 3-1 國際斷纜事件

| 船隻類型         | 可能斷纜原因  | 地點             | 日期         |
|--------------|---------|----------------|------------|
| 國電15輪        | 寒潮      | 威海             | 2019-01-30 |
| 阿芙拉型油輪       | 強風巨浪    | 西班牙Repsol油碼頭   | 2017-11-08 |
| MSC BUSAN    | 汛期(急流水) | 珠江口東岸          | 2017-06-20 |
| 挪亞方舟         | 強風      | 荷蘭爾克 ( Urk )   | 2018-01-03 |
| Nan Jiao 86  | 颱風      | 香港             | 2018-09-20 |
| 集貨船          | 強風      | 香港             | 2009-05-20 |
| 散裝船Creciente | 裝載過重、潮汐 | 澳洲Port Hedland | 2006-09-10 |



期末審查會議

### 三、斷纜事件之探討與分析

#### 3-2 國內斷纜事件

##### 1. 各港區船舶斷纜次數

| 港區  | 次  | 百分比     |
|-----|----|---------|
| 基隆港 | 1  | 1.54%   |
| 台中港 | 7  | 10.77%  |
| 安平港 | 1  | 1.54%   |
| 高雄港 | 56 | 86.15%  |
| 總計  | 65 | 100.00% |

##### 2. 高雄港斷纜情形

| 位置 | 次  | 百分比     |
|----|----|---------|
| 碼頭 | 17 | 30.36%  |
| 浮筒 | 39 | 69.64%  |
| 合計 | 56 | 100.00% |

##### 3. 各風速船舶斷纜事件

| 風速  | 次  | 百分比     |
|-----|----|---------|
| 1級  | 7  | 12.07%  |
| 2級  | 8  | 13.79%  |
| 3級  | 6  | 10.34%  |
| 4級  | 5  | 8.62%   |
| 5級  | 3  | 5.17%   |
| 6級  | 2  | 3.45%   |
| 7級  | 11 | 18.97%  |
| 8級  | 2  | 3.45%   |
| 9級  | 2  | 3.45%   |
| 10級 | 4  | 6.90%   |
| 11級 | 8  | 13.79%  |
| 合計  | 58 | 100.00% |

資料來源: 臺灣港務股份有限公司提供

期末審查會議

### 三、斷纜事件之探討與分析

#### 3-2 國內斷纜事件

##### 4. 各船型斷纜事件

| 船型     | 次  | 百分比     |
|--------|----|---------|
| 散裝船    | 4  | 6.15%   |
| 雜貨船    | 4  | 6.15%   |
| 全貨櫃    | 11 | 16.92%  |
| 運輸駁船   | 6  | 9.23%   |
| 油輪     | 12 | 18.46%  |
| 液化氣體船  | 4  | 6.15%   |
| 油化船    | 4  | 6.15%   |
| 雜貨輪    | 2  | 3.08%   |
| 散裝輪    | 3  | 4.62%   |
| 漁船     | 1  | 1.54%   |
| 雙艙體高速船 | 1  | 1.54%   |
| 軍用船舶   | 2  | 3.08%   |
| 軍艦     | 1  | 1.54%   |
| 解體船    | 2  | 3.08%   |
| 液體化學船  | 2  | 3.08%   |
| 油品船    | 1  | 1.54%   |
| 液化石油氣船 | 1  | 1.54%   |
| 礦砂船    | 1  | 1.54%   |
| 煤炭船    | 1  | 1.54%   |
| 拖船     | 1  | 1.54%   |
| 客貨船    | 1  | 1.54%   |
| 合計     | 65 | 100.00% |

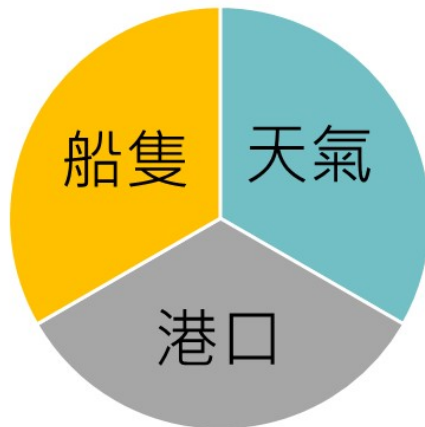
資料來源: 臺灣港務股份有限公司提供

期末審查會議



### 三、斷纜事件之探討與分析

#### 斷纜三大主因



- **天氣因素：**

- **風荷載**施加在船的上部結構和水線以上的船體，對繫纜系統總負荷占很大比例。

- **波浪**在低潮或高潮不同波浪條件下，特別在相對淺水中的繫泊也有可能會造成纜線受力太大造成斷纜。

- **港口因素：**

- **港口和泊位**的特點和歷史紀錄上任何不尋常的事件。

- **船隻因素：**

- **船舶的尺寸、類型**，特別是風阻區域（包括由於貨物或貨物造成的風阻區域）

- 繫泊設備的設計/類型和條件，其局限性和缺點。

期末審查會議

### 三、斷纜事件之探討與分析

#### 天氣因素之三種斷纜情況

- **湧浪：**

- **船體長時間擺盪**，纜繩與導纜孔、碼頭繫纜樁反覆摩擦導致嚴重磨損。

- **纜繩反覆拉伸、收縮**而纜繩內部疲勞應力受損，繫纜的實際破斷拉力小於湧浪對船舶造成的作用力而斷裂。

- **強風：**

- 若大型船舶**吃水不深**且甲板裝有多層貨櫃導致**受風面積巨大**，強陣風對船舶造成瞬間強推力，則風力造成的推力容易超過纜繩的實際破斷拉力而崩斷。

- **急流：**

- 若大型船舶**滿載過重**時，導致**水下受力面積大**，急流對船舶造成瞬間強推力，急流推力容易超過纜繩的實際破斷拉力而崩斷。

➤ 船舶常見**實際斷纜情況**是以上任意兩者或是三者因素疊加導致斷纜。

期末審查會議

### 三、斷纜事件之探討與分析

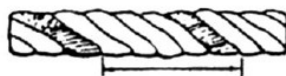
#### 斷纜發生形式



切口削減7%



外表顯著磨損



內部紗股磨損

#### ● 削減：

- 當有任何切口穿透一條或多條股線的25%區域將會嚴重削弱繩索強度，導致斷纜。

#### ● 外部磨損：

- 在外觀上容易觀察到有磨損，如果磨損程度使繩索減少5%的直徑，則此繩索容易斷裂。

#### ● 內部磨損：

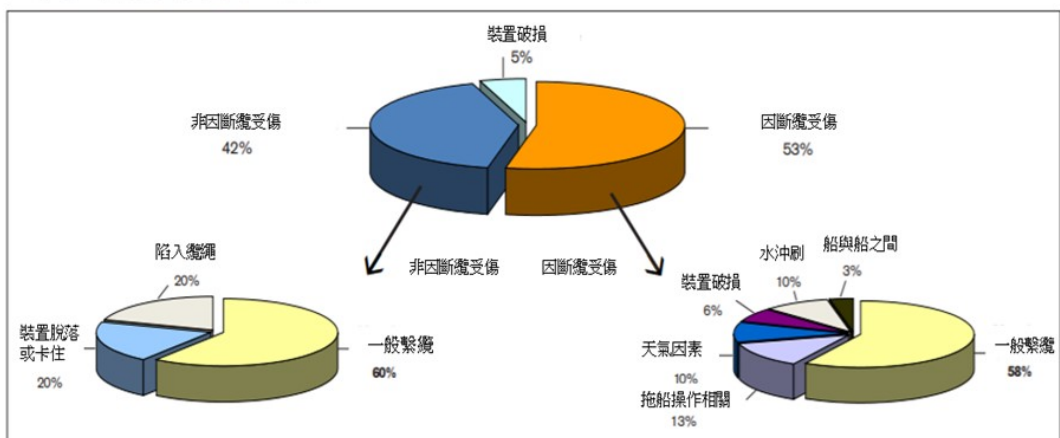
- 內部磨損是繩索多次重複使用，由股線和紗線相互摩擦引起的，如果當紗線磨損程度嚴重時，則此繩索可能斷裂。

期末審查會議

### 三、斷纜事件之探討與分析

#### 繫纜相關事故統計 - by UK Club

#### 人員受傷的不同事故類型



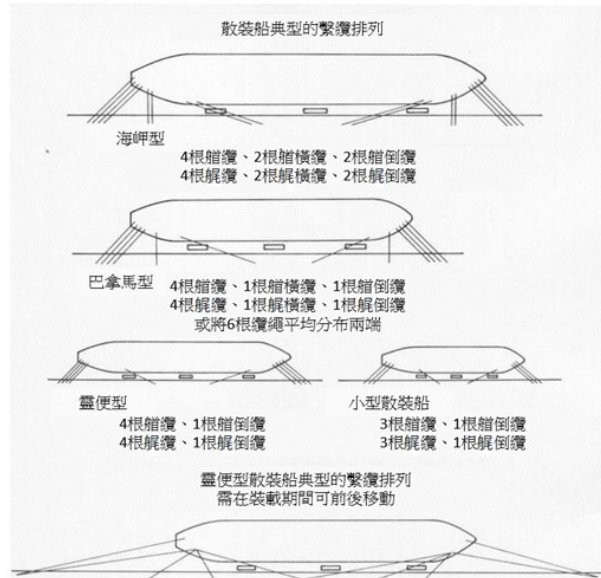
期末審查會議

## 四、研擬船舶繫纜方式

### 散裝船之繫纜配置

- 海岬型: 4-2-2 (前、後)
- 巴拿馬型: 4-1-1 (前、後)
- 靈便型: 4-1 (前、後)
- 小型散裝船: 3-1 (前、後)

小型散裝船—碼頭繫泊後，在裝載或卸載過程中可以前後移動



期末審查會議

## 四、研擬船舶繫纜方式

| a. 單艘船多點固定 |     |                                                                                |
|------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------|
| 繫纜類型       | 圖號  | 描述                                                                             |
| 碼頭         | 2-1 | 多條張力線用於固定碼頭旁邊的船隻。合適的防舷材、防舷材樁和碼頭樁使船舶偏離結構。可使用T型碼頭讓在高速流場中的船舶與流向保持平行。              |
|            | 2-2 |                                                                                |
| 錨柱         | 2-3 | 多個垂直結構鋼樑用於固定船舶，例如浮動船塢。這種類型的繫泊對於臨時在淺水中工作的建造駁船特別有效。錨柱繫泊特別容易受到動態過程的影響，例如港口的海蝕和地震。 |

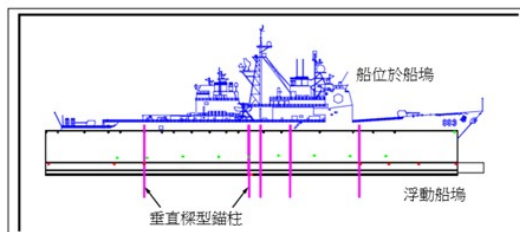


圖2.3 浮動船塢錨柱繫泊(錨柱固定於碼頭，浮動船塢在錨柱上下浮動，如圖示)

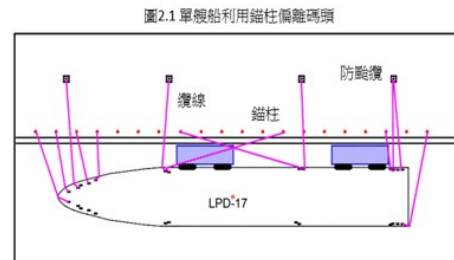
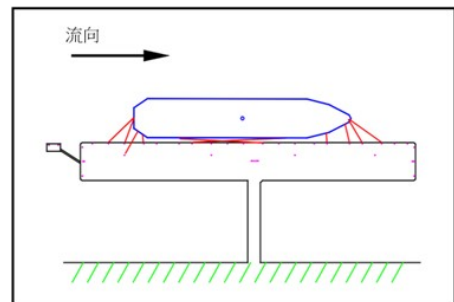
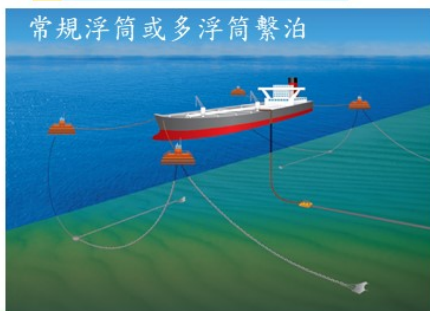
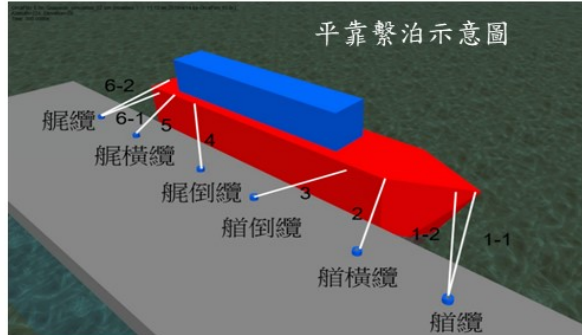
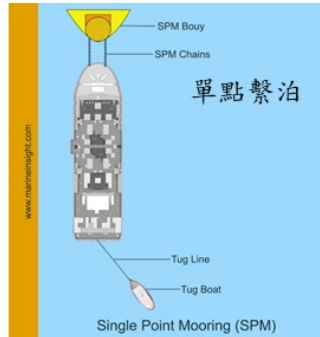


圖2.2 T型碼頭船舶(平面圖)



期末審查會議

#### 四、研擬船舶繫纜方式



期末審查會議

#### 四、研擬船舶繫纜方式

##### 預防斷纜相關措施

- **改善纜繩受力：**
  - 裝卸過程**避免單邊裝卸**引起船舶過度傾斜，導致艏、艏纜受力不均或傾斜受力造成張力集中。
  - 採用**統一材料及相同直徑**的纜繩，新纜可適當收緊，舊纜可適當鬆弛。
  - 適時轉換**使用自動纜**，自動調整前後繫纜的鬆緊度，始終保持纜繩平均受力。
- **預防風中漂移：**
  - 適時**前後各加一根纜繩**，依天氣預報的風向決定繫纜角度，以「8字環繞」方式在雙帶纜上繞5道，打半結以防滑脫，時常調整纜繩使其平均受力。
- **減輕纜繩磨損：**
  - 船舶的繫纜點避免使用固定孔洞的繫纜孔，應**使用滾輪、滾柱等可流動纜孔**，有效避免因湧浪造成船舶起伏摩擦對纜繩磨損傷害。

期末審查會議



## 四、研擬船舶繫纜方式

### 繫纜改善方法

#### ● 降低瞬荷載發生：

- 瞬荷載(snap load)對於繫泊斷纜有主導性的影響，不僅因為瞬荷載容易在短時間內產生極大之張力值，使纜繩破壞，亦容易造成繫泊纜繩之疲勞破壞。
- 因此，增加阻尼於繫泊纜繩上能有效降低纜繩破壞機率。以下為兩種常見纜繩阻尼系統。

#### ● 加強值班：

- 即時掌握海況變化、裝卸情況調整纜繩鬆緊，加強對全船安全檢查工作。

期末審查會議

## 四、研擬船舶繫纜方式

### 繫纜改善方法

#### Mooring spring



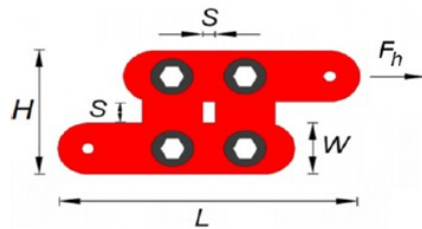
- <https://www.youtube.com/watch?v=VwkZRYyFCLE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=S0ChRanfvBg>

期末審查會議

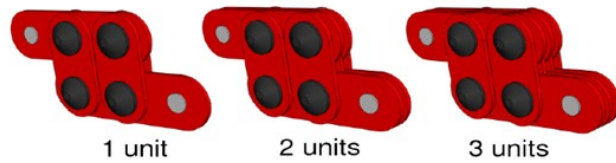
#### 四、研擬船舶繫纜方式

繫纜改善方法

##### Mooring damper



$F_h$  - damper capacity  
 $t$  - plate thickness  
 $\Delta$  - amplitude  
 $n_u$  - number of units



<https://www.damptech.com/video-gallery>

期末審查會議

#### 五、預警系統與展示介面

- 5-1 國際預警模式相關軟體
- 5-2 繫纜張力資料庫格式
- 5-3 預警系統模塊建立-船舶、碼頭與環境資訊
- 5-4 船舶繫纜預警展示介面

期末審查會議

## 五、預警系統與展示介面

### 5-1 國際預警模式相關軟體 (OPTIMOOR)

#### Step 1. 描述船隻及繫 纜繩基本資料

##### 船舶 基本資料

|               |                |                             |
|---------------|----------------|-----------------------------|
| 船舶名稱: OCIMF-W | 海流的基礎阻力:       | 風的基礎阻力:                     |
| 垂線間長(m):      |                |                             |
| 寬度(m):        | 船舶 防弦材 極限/垂線間長 | 船舶/船艏 風面積 (m <sup>2</sup> ) |
| 深度(m):        | 船艏 防弦材 極限/垂線間長 | 側邊風面積(m <sup>2</sup> )      |
| 較管(m):        | 船舶 艏部          | 距離形心船舶艏部                    |

##### 繫纜類型與 基本資料

|           |
|-----------|
| 繫纜編號      |
| 艏部至導纜口    |
| 中心線至導纜口   |
| 主甲板上方高度   |
| 距離至繫纜柱/絞機 |
| 系纜繩線徑     |
| 繫纜繩類型     |
| 系纜繩強度     |
| 尾索長度      |
| 尾索線徑      |
| 尾索類型      |
| 絞車制動極限    |
| 預張力目標     |

|                                                                                                 |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----|
| Vessel File - H:\optimoor.win\OCIMF-W.vst                                                       |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Vessel: OCIMF-W                                                                                 |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Basis of Current Drag: OCIMF (Conventional Bow) Basis of Wind Drag: OCIMF Tanker (V-shaped Bow) |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Lpp: 329.3 m                                                                                    | Fwd Fender Limit / Lpp: 0.35                             |       |       |       |       | Fwd /Aft Wind Area: 777 m <sup>2</sup> |        |        |        |        |    |
| Breadth: 51.8 m                                                                                 | Aft Fender Limit / Lpp: 0.40                             |       |       |       |       | Side Wind Area: 1157 m <sup>2</sup>    |        |        |        |        |    |
| Depth: 24.0 m                                                                                   | Manifold: 0.0 m fwd midship Dist Centroid fwd Midship: m |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Mooring Line No.                                                                                | 1                                                        | 2     | 3     | 4     | 5     | 6                                      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11 |
| Midship to Fairlead                                                                             | 178.8                                                    | 169.3 | 147.3 | 144.2 | 142.6 | -162.0                                 | -163.0 | -166.0 | -180.0 | -180.0 |    |
| Centreline to Fairlead                                                                          | 15.3                                                     | 16.8  | 21.1  | 24.3  | 25.9  | 21.4                                   | 20.2   | 18.4   | 3.1    | -3.1   |    |
| Ht above Main Deck                                                                              | 0.0                                                      | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0                                    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |    |
| Dist to Bitt/Winch                                                                              | 6.0                                                      | 6.0   | 42.5  | 44.0  | 35.0  | 32.0                                   | 32.0   | 7.5    | 6.0    | 6.0    |    |
| Line Diameter (mm)                                                                              | 42                                                       | 42    | 42    | 42    | 42    | 42                                     | 42     | 42     | 42     | 42     |    |
| Type of Line                                                                                    | SF                                                       | SF    | SF    | SF    | SF    | SF                                     | SF     | SF     | SF     | SF     |    |
| Strength of Line (t)                                                                            | 98                                                       | 98    | 98    | 98    | 98    | 98                                     | 98     | 98     | 98     | 98     |    |
| Length of Tail                                                                                  |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Tail Diameter (mm)                                                                              |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Type of Tail                                                                                    |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Strength of Tail (t)                                                                            |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Winch Brake Limit                                                                               |                                                          |       |       |       |       |                                        |        |        |        |        |    |
| Pre-Tension Aim                                                                                 | 2                                                        | 2     | 2     | 2     | 2     | 2                                      | 2      | 2      | 2      | 2      |    |

石油公司國際海洋論壇(OCIMF)

期末審查會議

#### Step 2. 描述泊位及船 隻繫泊點數據

|                |
|----------------|
| OCIMF-W 的泊位資料  |
| 屏幕上方位置安排的方向    |
| 航運寬度           |
| 在基準之上的參考或平均水線  |
| 在基準之上的泊位高度(固定) |
| 在基準之下的淺灘深度     |
| 可允許縱向漂移 船舶/船艏  |
| 可允許橫向漂移 船舶/船艏  |
| 風速作用高度:        |

|         |
|---------|
| 繫纜編號:   |
| X距離至原點  |
| 與防弦材距離  |
| 在泊位上的高度 |

|            |
|------------|
| 防弦材編號:     |
| X距離至原點(m)  |
| 力移比 (mm/t) |

|                                                |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
|------------------------------------------------|--------|--------|-------|------|-------|-------|----|----|--|--|--|
| Berth File - H:\optimoor.win\Snag_HoA.tbl      |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Berth Data for OCIMF-1                         |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Top of Screen Site Plan Faces: 90° N           |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Channel Width: 200 m                           |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Reference or Mean W/L above Datum: 1.2 m       |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Berth Height (Fixed) above Datum: 1.6 m        |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Dredged Depth below Datum: 24.0 m              |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ± 1.00 m  |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ± 1.00 m |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Wind Speed Specified at Height: 10.0 m         |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Tide Adjustments High Low                      |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Time Lag (mins) 0 0                            |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Height Factor ^ 0.00 0.00                      |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Elevation Corr. 0.00 0.00                      |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Tidal Current Ebb Flood                        |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Time Lag (mins) 0 0                            |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Knots per m Tide 0.0 0.0                       |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Direction (°N) 0° 0°                           |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Current Specified at Depth mean                |        |        |       |      |       |       |    |    |  |  |  |
| Rollard                                        | A      | B      | C     | D    | E     | F     | G  | H  |  |  |  |
| X-Dist to Origin                               | -183.0 | -135.0 | -30.0 | 30.0 | 154.0 | 193.0 |    |    |  |  |  |
| Dist from Fenders                              | 34.8   | 34.8   | 10.6  | 10.6 | 34.8  | 34.8  |    |    |  |  |  |
| Ht above Berth                                 | 0.0    | 0.0    | 0.0   | 0.0  | 0.0   | 0.0   |    |    |  |  |  |
| Fender                                         | aa     | bb     | cc    | dd   | ee    | ff    | gg | hh |  |  |  |
| X-Dist to Origin                               | -120.0 | -75.0  | -30.0 | 30.0 | 75.0  | 120.0 |    |    |  |  |  |
| Compliance (mm/t)                              | 20.0   | 20.0   | 20.0  | 20.0 | 20.0  | 20.0  |    |    |  |  |  |

#### Step 3. 繫纜繩分析 結果

|         |            |        |      |      |
|---------|------------|--------|------|------|
| 潮流速度    | 風速大小       | 風作用之角度 | Ref  | 日期時間 |
| 作用於船之角度 | 運動半徑 (m)   |        | 分析時間 |      |
| 船隻移動    | 船舶 inw     | 右舷     | 水位   | 吃水深  |
| (在較管)   | 在泊位之上的甲板高度 |        | 餘裕水深 | 縱傾   |

|                                                                                     |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--|--|
| Static Mooring Response for OCIMF-W at OCIMF-1                                      |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
| Dirx Display Options Model Sweep Window Help                                        |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
| Current: 1.0 knt 50 knt Wind 80° to Ship Ref: OCIMF 1978 1823 Jul 23 1999           |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
| et 5° to Ship Radius of Motion 0.00 m Analysis for Time: 3:00 16 Sep 1993           |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
| Vessel Shifts 0.1 fwd 0.8 inw 0.1 stbd Water Level 0.61 m rising Draft 10.2 m       |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
| (at Manifold) Deck Level: 12.7 m above Berth Clearance under Keel 13.9 m Trim 0.9 m |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
| 繫纜編號                                                                                | Line             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 14    | 15    |  |  |
| 至繫纜柱/鉤子編號                                                                           | to Bollard/Hook  | A    | A    | B    | B    | B    | E    | E    | E    | F    | F    | C     | C     |  |  |
| 拉進來位置 (m)                                                                           | Pull-in (m)      | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.03  | 0.03  |  |  |
| 繫纜繩長度                                                                               | Line Length      | 52.2 | 52.6 | 84.6 | 82.3 | 71.4 | 72.6 | 74.0 | 52.0 | 65.3 | 71.4 | 104.9 | 103.4 |  |  |
| 絞機滑移                                                                                | Winch Slippage   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
| 傾角                                                                                  | Inclination Down | 17°  | 16°  | 18°  | 20°  | 21°  | 17°  | 17°  | 16°  | 12°  | 11°  | 11°   | 11°   |  |  |
| 繫纜張力值 (ton)                                                                         | Tension (t)      | 31.4 | 33.2 | 31.8 | 39.9 | 50.4 | 48.9 | 45.8 | 59.2 | 31.7 | 24.4 | 34.5  | 35.6  |  |  |
| 所受張力與破壞強度<br>強度比(%)                                                                 | % of Strength    | 32%  | 34%  | 33%  | 41%  | 52%  | 50%  | 47%  | 61%  | 32%  | 25%  | 35%   | 36%   |  |  |

期末審查會議



## 五、預警系統與展示介面

### 5-2 繫纜張力資料庫格式

資料庫建置將採用MySQL RDB、InnoDB engine，共分為3大輸入區塊，分別為**船體**、**碼頭**與**環境資料**。並鏈結至繫纜張力資料庫，進行演算，推估各立纜警戒值。

| 欄位名稱 | 欄位說明       | 欄位型態          |
|------|------------|---------------|
| id   | 流水序號       | Int           |
| L1   | 艏纜1-1之受力   | DECIMAL(10,2) |
| L1_2 | 艏纜1-2之受力   | DECIMAL(10,2) |
| L2   | 艏橫纜2之受力    | DECIMAL(10,2) |
| L3   | 艏倒纜3之受力    | DECIMAL(10,2) |
| L4   | 艏橫纜4之受力    | DECIMAL(10,2) |
| L5   | 艏橫纜5之受力    | DECIMAL(10,2) |
| L6   | 艏橫纜6-1之受力  | DECIMAL(10,2) |
| L6_2 | 艏橫纜6-2之受力  | DECIMAL(10,2) |
| SL   | 船長，單位:公尺   | Int           |
| SW   | 船寬，單位:公尺   | Int           |
| FB   | 乾舷高度，單位:公尺 | Int           |
| QWH  | 水深，單位:公尺   | Int           |

|     |                                                                                       |               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| HDQ | 倒纜孔與碼頭樁相對高度，單位:公尺                                                                     | Int           |
| CA  | 貨櫃高度，單位:公尺                                                                            | Int           |
| SQD | 船與碼頭相對距離，單位:公尺                                                                        | Int           |
| IAN | 船舶指向                                                                                  | Int           |
| TC  | 繫纜破斷力，單位:KN                                                                           | Int           |
| HS  | 波高，單位:公尺                                                                              | DECIMAL(10,1) |
| TS  | 波浪週期，單位:秒                                                                             | DECIMAL(10,1) |
| WS  | 風速，單位:公尺/秒                                                                            | DECIMAL(10,2) |
| WD  | 風向，數值型態                                                                               | DECIMAL(10,2) |
| TE  | 潮汐潮位，單位:公尺                                                                            | DECIMAL(10,2) |
| HD  | 吃水深度，單位:公尺                                                                            | DECIMAL(10,1) |
|     | 資料來源。<br>S: 由數值模擬推算，<br>D: 由歐幾里得距離演算法推算，<br>M: 由曼哈頓距離演算法推算，<br>C: 由餘弦相似度演算法推算(本計畫採用)。 | VARCHAR(1)    |

期末審查會議

## 五、預警系統與展示介面

### 5-3 預警系統模塊-船舶資訊

#### 船舶資訊

選擇船型: 小型散裝船

下拉式選單

- 小型散裝船
- 小型散裝船
- 大型油輪-滿載
- 大型油輪-裝卸過程
- 大型油輪-空船

船長: 103.00 m 船寬: 16.00 m  
 高度: 15.00 m 吃水深度: 6.60 m  
 重量: 8800.00 ton 繫纜破斷力: 800.00 kN  
 貨櫃高度: 10.00 m

大型油輪(長263米)

小型散裝船(長103米)

船長

船高

船寬

貨櫃

貨櫃高度

船與碼頭相對距離

導纜孔與碼頭樁相對距離

吃水

水深

東風(離岸風)

西浪(像岸浪)

期末審查會議

## 五、預警系統與展示介面

### 5-3 預警系統模塊-碼頭與環境資訊

#### 碼頭資訊

選擇碼頭: 高雄港-中島商港區45號

水深 20.00 m 船與碼頭相對距離 5.00 m  
倒鑽孔與碼頭槽相對高度 5.00 m



#### 環境資訊

選擇時間: 測試情境  
風速 70 m/s 風向 東  
波高 2 m 波浪週期 14 sec

- 預設(50年重現期)
- 手動輸入
- 未來3小時港外預報資料



期末審查會議

## 五、預警系統與展示介面

### 5-4 船舶繫纜預警展示介面

<http://35.201.238.238/boat.aspx>

**船舶資訊**

選擇船型: 小型散裝輪

|    |             |      |           |
|----|-------------|------|-----------|
| 船長 | 103.00 m    | 船寬   | 16.00 m   |
| 吃水 | 15.00 m     | 吃水深度 | 5.00 m    |
| 重量 | 8800.00 ton | 繫纜單力 | 800.00 kN |
| 長度 | 10.00 m     |      |           |

**碼頭資訊**

選擇碼頭: 高雄港-中島商港區45號

水深 20.00 m 船與碼頭相對距離 5.00 m  
倒鑽孔與碼頭槽相對高度 5.00 m

## 六、辦理一場教育訓練

預計2019年11月15日於臺灣港務股份有限公司-高雄港務分公司舉行，教育訓練的施行課程大綱如下：

1. 簡介不同情境船舶受力及船舶繫纜力數值模擬分析之方法。  
(含水工模型試驗之校核)
2. 簡介繫纜資料庫與展示介面之建置。
3. 電腦版及手機版之船舶繫纜預警系統介面操作與說明。
4. 詢答及經驗交流分享。

| 時間                 | 行程                  | 備註                                    |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 09:45-10:00 (15分鐘) | 現場簽到                |                                       |
| 10:00-10:20 (20分鐘) | 【課程一：國內外斷纜事件探討與分析】  | 斷纜歷史事件蒐集與分享，分析斷纜可能原因與因應方式             |
| 10:20-11:00 (40分鐘) | 【課程二：繫纜受力模擬與實驗方法介紹】 | 簡介船舶繫纜理論、數值架構與實驗驗證。                   |
| 11:00-11:10 (10分鐘) | 休息時間                |                                       |
| 11:10-11:30 (20分鐘) | 【課程三：船舶繫纜預警系統介面操作】  | 介紹資料庫與展示介面建置。電腦版及手機版之船舶繫纜預警系統介面操作與說明。 |
| 11:30-12:00 (30分鐘) | 詢答及經驗交流分享           |                                       |

期末審查會議

## 結論(1/3)

1. 完成不同船型(散裝船與油輪)在不同情境下的水動力計算。其中，油輪考慮滿載、裝卸過程與空船三種不同吃水條件。數值計算結果與實驗進行自由衰減比對，比較共振週期的誤差，其中heave與pitch方向誤差在20%以內。在考量縮尺效應與數值理論架設等差異，誤差範圍屬可接受範圍。
2. 完成不同船型(散裝船與油輪)在不同情境下的繫纜繩張力分析。依據不同船型的繫纜繩材料特性進行數值計算，並與實驗進行比對驗證，兩者趨勢一致，但張力差異較大，各繫纜繩張力差異約為0.1~2.3倍。
3. 根據數值計算不同情境下的繫纜繩受力，散裝船的繫纜繩張力同時隨著波浪與風增強，明顯增加。因此，散裝船的警戒燈號數量多數落在大浪(波高兩公尺)，此時風向的變化對於警戒燈號無明顯關係。若進一步篩選波高小於1公尺的浪高，此時強風(風速大於70公尺/秒)對於警戒燈號有明顯的方向性，東北、東與東南風等離岸風為主要造成警戒燈號的風向。

期末審查會議



## 結論(2/3)

4. 油輪繫纜繩張力大小主要隨著波高增加，波浪造成張力上升的幅度遠大於風速增強所造成的效應。另外可明顯發現，隨著吃水變淺船種變輕，因船體運動幅度增加，因此繫纜繩受力也隨著增加。油輪在波高大於1.5公尺以上，警戒數量急速上升，需特別注意。另外，當假設油輪繫纜繩老舊，其破斷力自原始10,000kN下降至1,000kN的條件下，港內波高不大但遭遇強風吹襲的情境時(波高小於0.5公尺，風速大於70公尺/秒)，此時風向與警戒燈號則呈現高度相關。
5. 一般來說，造成船舶繫泊破壞可分為三大因素即泊位的地域位置與海況、船舶自身因素(如船舶體積龐大、受風面積大、纜繩破舊、老化、繫纜強度不足、受力不均等)、人為因素(如值班人員疏忽、安全巡檢不到位、未及時根據潮水漲落與裝卸情況調整繫泊鬆緊)等。而船舶所受外在海況環境常見之實際斷纜情況則是以湧浪、強風及急流等三個影響因素中任意兩者或是三者疊加導致斷纜。

期末審查會議

## 結論(3/3)

6. 為期改善船舶斷纜發生機率之發生，相關繫纜方式可依改善繫纜受力情況、預防風中漂移、減輕纜繩磨損及降低瞬荷載發生等來構思預防斷纜相關措施。
7. 完成船舶繫纜繩警戒介面建置。該介面分為船舶資訊、港口資訊與環境外力資訊。介面可依使用者需求自動填入預設參數或提供使用者手動輸入參數。其中，環境資訊與港灣技術研究中心海氣象預報資料介接，可提供未來三小時的船舶繫纜預警資訊。
8. 所建立之預警模式仍存有未盡規劃縝密詳盡之處，在藉由與相關船舶和港埠管理單位等之講習溝通與經驗分享，透由教育訓練之舉辦，給予更多具體及實務操作的建議，使初建的預警模式可有更完整的呈現，以增加研究成果之實用性。

期末審查會議

## 建議

要能夠達到預警介面自動化，預計仍有數個需克服的技術及未來需進行之研究議題，分別為：

1. 港內遮蔽係數之數值計算模擬，
2. 船隻受力參數群建立與因次分析，
3. 船舶斷纜預警模式之精進系統(如自動化、垂直壁反射)，
4. 失效模式與效應分析(斷纜後影響範圍)，
5. 船舶斷纜預警模式特殊情境模擬（繫纜疲勞、陣風效應、部分斷纜），
6. 繫纜輔助系統評估（阻尼器、張力維持器等）。

期末審查會議

謝 謝 聆 聽  
敬 請 指 教

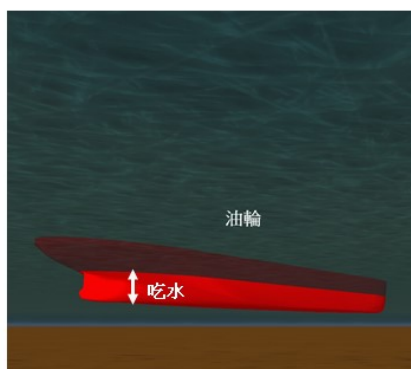
期末審查會議



## 附件

期末審查會議

### 油輪不同吃水深相關參數



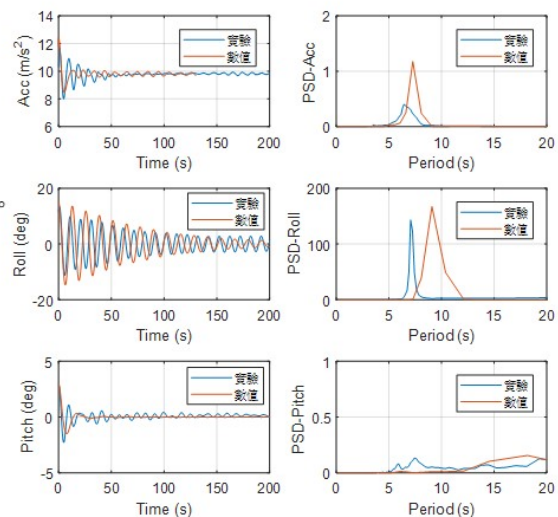
| 油輪參數                           | 滿載      | 裝卸過程    | 空船      |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| 吃水深 (m)                        | 14.25   | 10      | 6       |
| 重量 (ton)                       | 119,311 | 81,176  | 47,129  |
| 重心(m)<br>水面以上為正                | -6.65   | -3.71   | 0.07    |
| $I_{xx}$ (ton.m <sup>2</sup> ) | 32.12E6 | 20.56E6 | 11.8E6  |
| $I_{yy}$ (ton.m <sup>2</sup> ) | 632.2E6 | 419.2E6 | 242.6E6 |
| $I_{zz}$ (ton.m <sup>2</sup> ) | 652.7E6 | 433.0E6 | 250.6E6 |

期末審查會議

## 1.2.3 船體水動力驗證與綜合討論

- 自由衰減實驗與數值比對結果顯示，數值計算的Heave與Roll週期峰值皆略大於實驗，兩者誤差約在20%以內。兩者的誤差為20%，應為可接受的合理範圍。然而pitch方向的誤差較大。
- 船體停靠碼頭的船體與繫纜繩受力，該方向主要為surge、heave與roll的運動，pitch方向運動不明顯，應可忽略。
- 造成誤差的原因可能為縮尺效應、配重方法、理論不考慮黏性效應等。

|               | 實驗   | 數值   |
|---------------|------|------|
| Heave共振週期 (秒) | 6.58 | 7.2  |
| Roll 共振週期 (秒) | 7.24 | 9.05 |
| Pitch共振週期(秒)  | 7.5  | NA   |



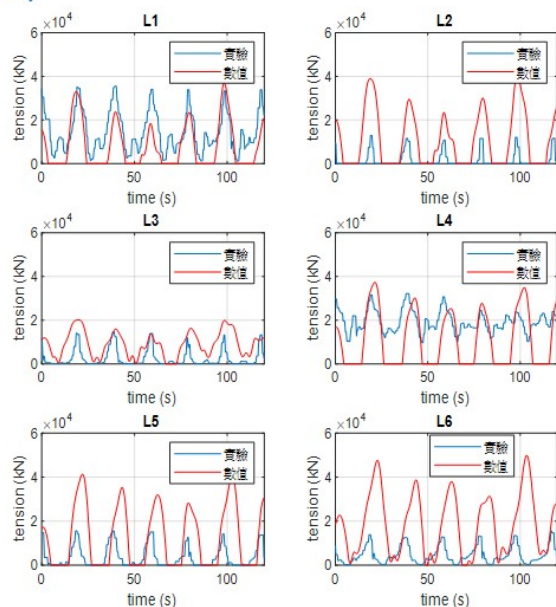
## 2.3 數值驗證與綜合討論

比對條件  $H=2\text{m}$ ,  $T=14\text{ sec}$  (無風)

- 波浪作用下個纜繩張力比對
- 尺度效應、預張力設定、防舷材、繫纜材料皆可能造成誤差。
- 最大張力誤差在2.3倍以內。

最大張力比較

|    | 實驗     | 數值     |
|----|--------|--------|
| T1 | 37,155 | 36,967 |
| T2 | 16,994 | 41,018 |
| T3 | 20,576 | 20,983 |
| T4 | 34,726 | 37,340 |
| T5 | 19,310 | 41,316 |
| T6 | 21,853 | 49,880 |

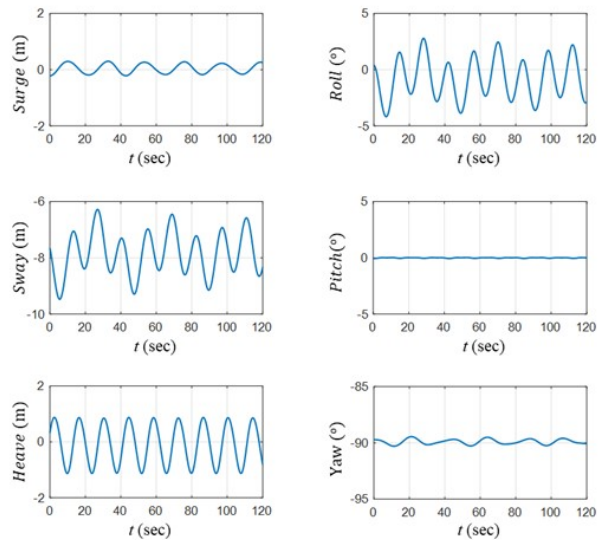
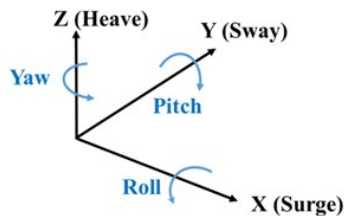


期末審查會議

## 一、船舶繫纜耦合模式

### 水動力模擬耦合繫纜與防舷材-船體6軸運動

在sway方向(船橫移)的位移量可達到將近3公尺，垂直上下(heave)則接近波浪的波高約為2公尺。船體受強風浪與繫纜拉扯下，船身橫搖(roll)約為+3~-4度，並約有1度左右的平均傾斜。其於旋轉(yaw)與俯仰(pitch)則相對安定很多。

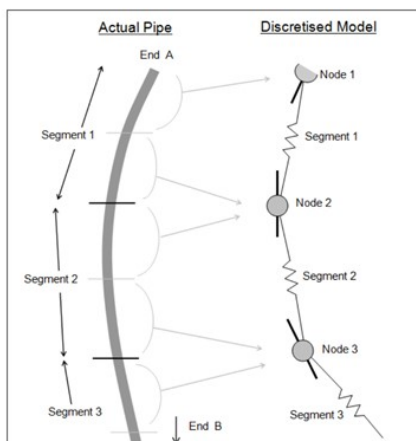


期末審查會議

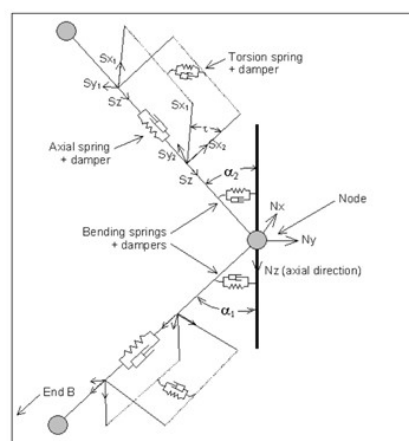
### 2.2.2 船舶繫纜受力計算- $F_{cable}$

OrcaFlex將繫纜繩離散為數個線段(segment)與節點(node)，每個節點同時考慮兩個線段的張力、彎矩、剪應力與扭轉矩。再藉由堆積質量法(lumped mass method)計算整條繫纜的受力。

整條繫纜運算原理



繫纜單節點運算原理



期末審查會議

