

108-010-7B01
MOTC-IOT-107-H2DB001e

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

中華民國 108 年 2 月

108-010-7B01
MOTC-IOT-107-H2DB001e

風力作用下船舶受力及繫纜力 之預警評估

著者：洪維屏、蔡立宏、吳南靖、魏志強、
蔡加正、吳冠德

交通部運輸研究所

中華民國 108 年 2 月

108

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

GPN: 1010800160

定價: 400 元

風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估 / 洪維屏等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，民 108.02
面；公分
ISBN 978-986-05-8579-7(平裝)

1.港埠管理 2.神經網路

557

108001038

風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估

著者：洪維屏、蔡立宏、吳南靖、魏志強、蔡加正、吳冠德

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路 240 號

網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電話：(04) 26587126

出版年月：中華民國 108 年 02 月

印刷者：采峰實業有限公司

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：400 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：1010800160 ISBN：978-986-05-8579-7 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，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：風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估			
國際標準書號 978-986-05-8579-7	政府出版品統一編號 1010800160	運輸研究所出版品 編號 108-010-7B01	計畫編號 MOTC-IOT-107 -H2DB001e
本所主辦單位：港研中心 主管：朱金元 計畫主持人：洪維屏 研究人員：蔡立宏 聯絡電話：04-26587126 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立嘉義大學 計畫主持人：吳南靖 研究人員：魏志強、蔡加正、吳冠德 地址：600 嘉義市東區學府路 300 號 聯絡電話：05-2717684		研究期間 自 107 年 2 月 至 107 年 11 月
關鍵詞：船舶繫纜、無因次化、類神經網路			
摘要： 船舶繫纜之受力與船舶間的運動是一個非常複雜的問題。在風、浪作用下，繫泊於碼頭邊之船舶眾多纜繩中，那一條受力最大，受力多大，為高度複雜的非線性問題。本計畫利用水工模型試驗的方式，量測模型船在眾多風、波作用情境之下，繫纜船舶之纜繩最大受力。然後利用因次分析的方法，將這些情境的風、波條件，以及船型尺寸諸元，予以無因次化，再將這些無因次參數，丟到類神經網路進行訓練，試圖找出風、波條件、船型尺寸諸元，與纜繩最大受力之間的關聯函數關係。 經實驗發現，對於繫泊於港內碼頭之船舶而言，在颱風之強風正在吹襲的情況下，波浪對船舶繫纜力的影響遠小於風的影響，故在我們建立的模式中，暫且不需要輸入波浪條件。而和國外文獻比對，本計畫所量測之風對於船舶作用力，有相當高的可信度。本計畫製作兩艘模型船，考量兩種不同繫纜方式、5 種風向、多種吃水載重條件與風速條件，總計完成 244 個情境之試驗。最後將類神經網路訓練的結果，分別建置貨櫃輪與油輪之船舶繫纜力預報模式。 本計畫所建置之船舶繫纜力預報模式，將可提供給各港務公司、各港口之營運管理層、各海運公司與各帶解纜公司，於颱風來臨時，可透過此預報模式，預先評估船舶之繫纜力，降低發生斷纜之風險，進而減少颱風造成之災損。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
108 年 2 月	316	400	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: The warning assessment of wind forces acting on the ships and tensions in the mooring cables			
ISBN(OR ISSN) 978-986-05-8579-7	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010800160	IOT SERIAL NUMBER 108-010-7B01	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-107-H2D B001e
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Jin-Yuan Zhu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Wei-Ping Hung PROJECT STAFF: Li-Hung Tsai PHONE: +886-4-26587126 FAX: +886-4-26560661			PROJECT PERIOD FROM Feb. 2018 TO Nov. 2018
RESEARCH AGENCY: National Chiayi University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Nan-Jing Wu PROJECT STAFF: Chih-Chiang , Wei, Chia-Cheng , Tsai, Kuan-Te Wu ADDRESS: No.300 Syuefu Rd., Chiayi City 60004, Taiwan (R.O.C.) PHONE: +886-5-2717684			
KEY WORDS: MOORING LINES , NON-DIMENSIONALIZED , ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS			
ABSTRACT: The analysis of internal forces in mooring lines is complicated when the ship moves by the exertion of wind and waves. It is difficult to determine which one among mooring lines bears the most and how large that internal force is. In this study, we observe the mooring line tensions of ship models under various conditions of wind and waves. The wind/wave conditions are non-dimensionalized as well as the length scales of the ship and become the input scenarios as the training data for the artificial neural networks (ANN). The maximum tension among all the mooring lines could be forecasted as its relationship to the input scenarios is validated. It is found in our observation that for ships mooring at docks, the effect of wind is much greater than the waves. Therefore, the wave effect is not considered for forecasting the mooring line tensions. The magnitude of wind forces in our observation is quite reliable as we compare them with the results estimated by using the methods proposed in other studies. Totally 2 model ships are used. Two ways of binding the ship to the dock are considered. Five wind directions relative to the ship are tested. By implementing several wind and ballast conditions, totally 244 scenarios are included for the training and verifying the ANN. And finally, models for forecasting the maximum tension among the mooring lines in both oil tanker and container ship are established. The numerical model for forecasting the tensions in mooring lines can be further employed in the future. Once a typhoon is approaching, the administrative authorities of the harbors can determine what response should be implemented according to the output of this model thus the Typhoon disaster can be mitigated.			
DATE OF PUBLICATION February 2019	NUMBER OF PAGES 316	PRICE 400	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
圖目錄	VI
表目錄	XI
第一章 緒論	1-1
1.1 研究動機	1-1
1.2 研究目的	1-7
1.3 研究內容與工作項目	1-7
1-4 文獻回顧	1-7
第二章 防颱規定與船舶斷纜事件	2-1
2.1 國內各港務公司防颱作業規定	2-1
2.2 國內各港務公司船舶繫泊作業要點	2-4
2.3 靠泊船型繫纜方式	2-6
2.4 船舶斷纜事件蒐集及分析	2-10
2.5 蒲氏風力級數	2-19
第三章 研究方法	3-1
3.1 因次分析	3-1
3.2 水工模型試驗	3-7
3.3 類神經網路	3-12

第四章 模型試驗與分析	4-1
4.1 模型相似度與正確性之探討	4-1
4.1.1 Isherwood (1972) 公式	4-1
4.1.2 藤原敏文等 (2005) 公式	4-2
4.1.3 港灣構造物設計基準 (2011) 公式	4-3
4.1.4 試驗結果與公式計算值之比較	4-3
4.2 波浪作用力之試驗分析	4-10
4.3 風力作用下之繫纜力量測	4-21
4.3.1 貨櫃輪在風力作用下之繫纜力	4-21
4.3.2 油輪在風力作用下之繫纜力	4-29
第五章 繫纜力預報模式之建置與測試	5-1
5.1 貨櫃輪繫纜力預報模式	5-1
5.1.1 類神經網路之訓練結果	5-1
5.1.2 繫纜力預報模式	5-3
5.2 油輪繫纜力預報模式	5-7
5.2.1 類神經網路之訓練結果	5-7
5.2.2 繫纜力預報模式	5-11
第六章 結論與建議	6-1
6.1 結論	6-1
6.2 建議	6-2
6.2 成果效益及後續應用情形	6-3
參考文獻	參-1
附錄一 期中審查意見及辦理情形說明表	附 1-1

附錄二 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附 2-1
附錄三 防颱作業規定-臺灣港務股份有限公司	附 3-1
附錄四 防颱作業規定-基隆分公司	附 4-1
附錄五 防颱作業規定-臺中分公司	附 5-1
附錄六 防颱作業規定-高雄分公司	附 6-1
附錄七 防颱作業規定-花蓮分公司	附 7-1
附錄八 各港務公司船舶繫泊作業要點-臺灣港務股份有限公司 ...	附 8-1
附錄九 各港務公司船舶繫泊作業要點-基隆港船舶帶解纜作業準則.....	附 9-1
附錄十 各港務公司船舶繫泊作業要點-臺北港船舶帶解纜作業準則.....	附 10-1
附錄十一 各港務公司船舶繫泊作業要點-蘇澳港船舶帶解纜作業準 則.....	附 11-1
附錄十二 各港務公司船舶繫泊作業要點-臺中港船舶帶解纜作業準 則.....	附 12-1
附錄十三 各港務公司船舶繫泊作業要點-高雄港船舶帶解纜作業準 則.....	附 13-1
附錄十四 各港務公司船舶繫泊作業要點-安平港船舶帶解纜作業準 則.....	附 14-1
附錄十五 各港務公司船舶繫泊作業要點-花蓮港船舶帶解纜作業準 則.....	附 15-1
附錄十六 錨泊、繫泊及拖曳操作.....	附 16-1
附錄十七 期末報告簡報.....	附 17-1

圖 目 錄

圖 1.1 橋仔澳口泊區近日白浪滔滔，一漁船斷纜漂至芹壁岸際翻覆	1-2
圖 1.2 臺中港的紀德艦船體受創，救生筏掉落一個（上圖箭頭處）。 長榮貨櫃也被強風吹翻（下圖）	1-3
圖 1.3 強颱莫蘭蒂造成之災損照片一	1-3
圖 1.4 強颱莫蘭蒂造成之災損照片二	1-3
圖 1.5 陽冠輪纜繩斷裂，導致船員重傷	1-4
圖 1.6 尼莎颱風來襲，麗娜輪纜繩斷裂撞軍艦	1-4
圖 1.7 交通 8 號載引水人冒險搶救斷纜船隻	1-5
圖 1.8 工作拖船搶救斷纜船隻	1-5
圖 1.9 貨輪於港區停泊時纜繩布置。(上) 平行靠泊 (下) 垂直靠泊	1-8
圖 2.1 臺灣港務公司與各分公司間之災害防救體系	2-2
圖 2.2 災害通報流程圖	2-3
圖 2.3 災害復原通報流程圖	2-4
圖 2.4 船舶繫纜位置	2-6
圖 2.5 船舶纜繩套於繫纜樁上	2-6
圖 2.6 散裝船船尾繫纜方式	2-8
圖 2.7 散裝船橫纜繫纜方式	2-9
圖 2.8 五穀雜糧船船頭繫纜方式	2-9
圖 2.9 五穀雜糧船橫纜繫纜方式	2-9
圖 2.10 貨櫃船船尾繫纜方式	2-10
圖 2.11 散裝船船頭繫纜方式	2-10

圖 3.1 為試驗水槽（左）與繫纜碼頭及轉向環（右）	3-9
圖 3.2 纜繩繫纜於船身與拉力計之繫纜圖	3-9
圖 3.3 纜繩經過轉向環之拉力平衡示意圖	3-10
圖 3.4 為試驗所用之造波機	3-10
圖 3.5 為強力風扇（左），導風流道（中），出風口（右）	3-10
圖 3.6 為風力計（左），拉力計（右）	3-11
圖 3.7 貨櫃輪船模型圖，滿載貨櫃輪（上），空船貨櫃輪（下） ..	3-11
圖 3.8 油輪船模型圖	3-11
圖 3.9 油輪船甲板上蓋及配重鉛塊之照片	3-12
圖 3.10 類神經網路模型示意圖	3-13
圖 4.1 驗證模型試驗正確性兩種不同繫纜綁法之照片	4-4
圖 4.2 試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較（吃水 3 cm）	4-8
圖 4.3 試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較（吃水 4.1 cm） .	4-8
圖 4.4 試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較（吃水 5.3 cm） .	4-9
圖 4.5 不同受力公式計算結果比較示意圖	4-9
圖 4.6 波高計設置照片（一）	4-10
圖 4.7 波高計設置照片（二）	4-10
圖 4.8 水位時序列資料一，由上而下分別為第一支、第二支、第三 支波高計（週期 1.25 秒，波高 0.72 cm，模型船吃水 4.1 cm）	4-13
圖 4.9 水位時序列資料二，由上而下分別為第一支、第二支、第三 支波高計（週期 1.0 秒，波高 1.03 cm，模型船吃水 4.1 cm）	4-14
圖 4.10 水位時序列資料三，由上而下分別為第一支、第二支、第 三支波高計（週期 0.85 秒，波高 0.82 cm，模型船吃水 4.1	

cm)	4-15
圖 4.11 水位時序列資料四，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 0.73 秒，波高 1.14 cm，模型船吃水 4.1 cm）	4-16
圖 4.12 水位時序列資料五，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 1.25 秒，波高 1.37 cm，模型船吃水 5.3 cm）	4-17
圖 4.13 水位時序列資料六，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 1 秒，波高 1.23 cm，模型船吃水 5.3 cm）	4-18
圖 4.14 水位時序列資料七，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 0.85 秒，波高 1.22 cm，模型船吃水 5.3 cm）	4-19
圖 4.15 水位時序列資料八，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 0.73 秒，波高 1.35 cm，模型船吃水 5.3 cm）	4-20
圖 4.16 貨櫃輪風力試驗之繫纜配置	4-23
圖 4.17 油輪風力試驗之繫纜配置（8 條）	4-29
圖 4.18 油輪風力試驗之繫纜配置（5 條）	4-30
圖 5.1 貨櫃輪繫纜力預報模式之類神經網路訓練結果之一：正規化輸出值	5-2
圖 5.2 貨櫃輪繫纜力預報模式之類神經網路訓練結果之二：將正規化輸出值還原為力的大小	5-3

圖 5.3 貨櫃輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗.....	5-4
圖 5.3 貨櫃輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（續 1） .	5-5
圖 5.4 貨櫃輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境外之檢驗	5-6
圖 5.5 油輪繫纜 8 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之一：	
正規化輸出值.....	5-7
圖 5.6 油輪繫纜 5 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之一：	
正規化輸出值.....	5-8
圖 5.7 油輪繫纜 8 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之二：	
將正規化輸出值還原為力的大小	5-11
圖 5.8 油輪繫纜 5 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之二：	
將正規化輸出值還原為力的大小	5-11
圖 5.9 油輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（繫纜 8	
條）	5-12
圖 5.9 油輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（繫纜 8	
條）（續 1）	5-13
圖 5.10 油輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境之檢驗（繫纜 5	
條）	5-15
圖 5.10 油輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境之檢驗（繫纜 5	
條）（續 1）	5-16
圖 5.11 油輪繫纜力預報模式之測試三：試驗船型條件或範圍外之	
檢驗.....	5-17
圖 5.12 油輪繫纜力預報模式之測試四：試驗船型條件或範圍內之	
檢驗	5-18

圖 5.13 油輪繫纜力預報模式之測試五：放大船體與試驗風速之正 確性檢驗	5-19
圖 5.14 油輪繫纜力預報模式之測試六：風速與纜繩最大受力關聯 性之檢驗	5-21
圖 5.14 油輪繫纜力預報模式之測試六：風速與纜繩最大受力關聯 性之檢驗（續 1）	5-22
圖 5.15 油輪繫纜力預報模式之測試七：碼頭出水高之遮蔽對纜繩 最大受力之影響	5-23
圖 5.15 油輪繫纜力預報模式之測試七：碼頭出水高之遮蔽對纜繩 最大受力之影響（續 1）	5-24
圖 5.16 油輪繫纜力預報模式之測試八：纜繩數量之影響	5-26
圖 5.17 油輪繫纜力預報模式：三種不同吃水深之纜繩最大受力 ...	5-27

表 目 錄

表 1.1 近年國內發生船舶斷纜重大事件.....	1-2
表 1.2 繫纜破壞分類與機制.....	1-11
表 2.1 臺灣各港區船舶歷年斷纜一覽表.....	2-12
表 2.2 船舶斷纜統計數一覽表.....	2-17
表 2.3 油輪與貨櫃輪之船舶資料.....	2-18
表 2.4 蒲福風級表.....	2-20
表 4.1 驗證模型試驗正確性之試驗條件列表.....	4-5
表 4.2 驗證模型正確性之試驗結果與文獻公式計算結果比較	4-7
表 4.3 波浪作用力試驗之條件一覽表.....	4-11
表 4.4 貨櫃輪風力試驗之量測結果.....	4-24
表 4.4 貨櫃輪風力試驗之量測結果（續 1）	4-25
表 4.4 貨櫃輪風力試驗之量測結果（續 2）	4-26
表 4.5 貨櫃輪風力試驗之無因次參數值.....	4-27
表 4.5 貨櫃輪風力試驗之無因次參數值（續）	4-28
表 4.6 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果 （繫纜 8 條）	4-32
表 4.6 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果 （繫纜 8 條，續 1）	4-33
表 4.6 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果 （繫纜 8 條，續 2）	4-34

表 4.7 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果 (繫纜 5 條)	4-35
表 4.7 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果 (繫纜 5 條，續 1)	4-36
表 4.7 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果 (繫纜 5 條，續 2)	4-37
表 4.8 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值 (繫纜 8 條)	4-38
表 4.8 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值 (繫纜 8 條，續 1)	4-39
表 4.8 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值 (繫纜 8 條，續 2)	4-40
表 4.9 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值 (繫纜 5 條)	4-41
表 4.9 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值 (繫纜 5 條，續 1)	4-42
表 4.9 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值 (繫纜 5 條，續 2)	4-43
表 5.1 繫纜 8 條類神經網路輸入層與隱藏層神經元間之連結腱值 $w_{i,j}^{(1)}$	5-9
表 5.2 繫纜 8 條類神經網路隱藏層與輸出層神經元間之連結腱值 $w_i^{(2)}$	5-10

表 5.3 繫纜 5 條類神經網路輸入層與隱藏層神經元間之連結鍵值 $w_{i,j}^{(1)}$	5-10
---	------

表 5.4 繫纜 5 條類神經網路輸入層與隱藏層神經元間之連結鍵值 $w_i^{(2)}$	5-10
---	------

第一章 緒論

1.1 研究動機

近年來隨著氣候的變化，全球暖化所造成的環境及經濟社會問題是全人類所要面對的挑戰，而臺灣是一個海島型國家，也應氣候的變遷，也要被迫面臨到極端的氣候事件和天災頻繁的發生，尤其是 2009 年莫拉克風災發生後，在相關環境治理和災害應變處理措施之制定亦刻不容緩。

臺灣位於亞洲重要運輸島國，且在全球經濟發展迅速下，海上運輸貨物顯得極為重要，考慮停靠碼頭岸邊之船舶體積噸位龐大，裝載卸貨作業時間長，假若是港口靜穩度不佳，則停靠於碼頭之船舶將受到風、潮流及波浪等外力作用下，將會使船舶受到較劇烈之船體運動，其不僅會影響到裝載及卸載貨物間的作業，也將對繫纜於船舶間之纜繩施加一張力，並施力於繫船柱及繫纜樁上，而船舶與碼頭間的防舷材將會受到壓力亦或是衝擊力，而碼頭結構將間接受到影響。

船舶繫纜之受力與船舶間的運動是一個非常複雜的問題，其間涉及到船舶會受到風、潮流及波浪等外力作用，以及碼頭防舷材和纜繩受力等對船舶的非線性運動之約束。若繫纜方式不佳或是繫纜纜繩不堅固，可能會導致船舶會有斷纜之風險。在繫纜纜繩拉力之問題，不單只能單純考慮波浪及潮流，其受到風之影響也是很大，實際上當風速較高時，其所造成的風速擾動能量較大，將會使得繫泊之船舶有明顯的運動，所引發的繫纜拉力將會是纜繩斷纜的關鍵因素之一。

國內對於港內船舶在颱風期間之受力與繫纜之分析，乃以波浪造成之外力主要考量。由於外廓防波堤之遮蔽，港內水域之水面靜穩度遠較外海為佳，故颱風期間港內為各式船舶之較佳避難場所。然而，外廓防波堤雖遮避了外海波浪，卻遮不了颱風帶來之強陣風，港口因颱風造成之災損，乃以風力造成者為大。也因為如此，極需發展一套

風力及波浪作用下船舶受力及繫纜力之預警評估模式，以降低斷纜之風險。表 1.1 彙整近幾年國內發生船舶斷纜重大事件，由匯整的資料可以看到較常發生斷纜的因素乃因強風所造成的。

表 1.1 近年國內發生船舶斷纜重大事件

年份	新聞內容	圖片
2014 年 7 月	受到強烈颱風「浣熊」外圍環流影響，花蓮海域出現長浪及湧浪，外海還出現六級大浪，瞬間陣風達七級，港內五艘貨輪回報，因為港內湧浪太大，船身不斷劇烈搖晃，導致繫在碼頭上的纜繩全部被扯斷，船公司獲報後，均要求緊急出港避颱，等颱風過後再返回	
2015 年 4 月	不敵強勁風浪，橋仔 1 漁船斷纜漂至芹壁翻覆。 「清明暴」的威力果然驚人，近日地區出現強勁風浪，昨天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，船主損失慘重。	 圖 1.1 橋仔澳口泊區近日白浪滔滔，一漁船斷纜漂至芹壁岸際翻覆 (資料來源：北竿社區佈告欄 http://board.matsu.idv.tw/board_view.php?board=44&pid=58551&link=0&start=)

2015 年 8 月	臺中 16 級風，紀德艦斷纜撞凹。臺中梧棲氣象站昨晨 5 時測到最大陣風 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，有民眾拍照向《蘋果》爆料，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	 圖 1.2 臺中港的紀德艦船體受創，救生筏掉落一個（上圖箭頭處）。長榮貨櫃也被強風吹翻（下圖） （資料來源：蘋果日報 https://tw.appledaily.com/headline/daily/20150809/36712586)
2016 年	強颱莫蘭蒂為高雄帶來 13 級的強陣風，造成高雄港許多船隻斷纜。有船隻撞毀港口起重機等重要機具設備，臺船表示「卅八條纜線都綁不住，船漂移後，出動六艘拖船怎麼頂都頂不住」。另有船隻斷纜後在港內漂移、擱淺，然後漏油，造成嚴重損失。	 圖 1.3 強颱莫蘭蒂造成之災損照片一 （資料來源：自由電子報 http://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/1032811) 圖 1.4 強颱莫蘭蒂造成之災損照片二

		(資料來源：自由電子報 http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1827549)
2016 年	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。	
2017 年 2 月	在臺中港發生強風斷纜，導致印尼籍船員重摔命危。午後變天，海線風速強勁。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。	 圖 1.5 陽冠輪纜繩斷裂，導致船員重傷 (資料來源：自由電子報 http://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/1985056)
2017 年 7 月	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	 圖 1.6 尼莎颱風來襲，麗娜輪纜繩斷裂撞軍艦 (資料來源：蘋果即時 https://tw.appledaily.com/new/realtime/20170730/1171821/)

2018 年 6 月	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，目前均已拖到碼頭繫妥纜繩，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，高雄港水域於今(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。	 圖 1.7 交通 8 號載引水人冒險搶救斷纜船隻  圖 1.8 工作拖船搶救斷纜船隻 (資料來源：今日新聞 https://www.nownews.com/news/20180614/2771848/)
-----------------------	---	---

船舶斷纜的主要原因有：船舶停靠的位置和海上的氣候因素有關。如停靠的位置靠近河流湍急地段或是河海接壤處，與易受強湧浪影的港口，及強風襲擾的港口；颱風季節的強陣風，洪水期，大潮汛，湧浪，急漲、急落水，低潮前後的急流等不良氣候因素；船尾指向河流的上游，碼頭長度短、樁少或位置不佳，碼頭邊航道窄且常有大船經過，碼頭低矮而船舷高、附近無擋風物等外界環境。

其次是船舶本身也會導致斷纜事故發生，主要是由於大型船舶體積龐大，上層建築物高聳，受風面積極大，在受強風影響下，導致作用於前後繫纜的拉力將非常巨大；因大型船舶質量大，如受湧浪影響，船舶將會產生上下前後起伏運動，巨大的慣性衝擊將使繫纜繩的拉伸摩擦更為強烈；另外船舶本身存在某種缺陷和不利前提也易造成斷

纜事故的發生，如船體肥胖，繫纜數少，纜繩破舊、老化，纜繩強度不足、受力不均，繫纜設備不全或導纜裝置故障等。

而人為因素也不容小覷。導致船舶斷纜的人為因素主要是在繫、穩泊期間，值班員工作疏忽、全船安全巡查工作不到位，沒有及時根據潮水漲落和裝卸情況調整繫泊纜繩，進而導致斷纜。簡單說，斷纜主要有三種情況：一是在強湧浪影響下，發生斷纜的原因往往是由於繫纜長時間搖蕩，纜繩與導纜孔、船體凸起物或碼頭邊緣反覆摩擦導致嚴重磨損，或因湧浪作用纜繩受不均衡的張力反覆拉伸收縮導致繫纜內部受疲勞應力損傷，最後受損繫纜的實際破壞拉力小於湧浪對船舶造成的搖晃而崩斷。二是在強風影響下，若大型船舶吃水不大且甲板裝有多層集裝箱導致受風面積巨大，猛烈的強陣風對船舶造成瞬間強大的推力，假如前後繫纜受力不均或纜繩狀況不好，將很輕易超過纜繩的實際破壞拉力而崩斷。三是在急流影響下，若大型載重船舶吃水大則水下受力面積大，急流對船舶造成瞬間強大的推力，假如前後繫纜受力不均或纜繩狀況不好，也輕易超過纜繩的實際破壞拉力而崩斷。當然，也可能是以上三個因素中任意兩者疊加甚至是三者疊加導致斷纜。

故船舶其受力及繫纜力之極限值分析評估為一重要研究方向，在進行是否要解纜出港避災之評估時，若同時考量風、浪之外力，比單純只用浪的外力來分析應具有較高之可信度。若能據此建立一套預報模式，未來只要輸入風力、浪高、船型、繫纜方式等資料，即可立即算出斷纜之風險，將大大提升管理單位之決策效率。

由於外廓防波堤之遮蔽，港內水域之水面靜穩度遠較外海為佳，故颱風期間港內為各式船舶之較佳避難場所。然而，外廓防波堤雖遮得了外海波浪，卻遮不了颱風帶來之強陣風，港口因颱風造成之災損，乃以風力造成者為大。也因為如此，鄰國日本遇有颱風來襲時，會將船舶趕出港口躲避風雨，讓船舶在港外以本身的動力來承受颱風之風力。

1.2 研究目的

本研究的目的為發展一套風力及波浪作用下船舶受力及繫纜力之預警評估模式。未來可提供臺灣港務公司、縣市政府、漁業署等機關船舶繫纜預警之參考，以預防斷纜之風險。只要輸入風、浪等條件，以及船型、繫纜方式等資料，即可快速評估斷纜風險，供管理單位進行決策之用；另為針對以往發生斷纜之事件進行探討，以提供後續繫纜方式改進之研擬。

1.3 研究內容與工作項目

- (1) 蒐集並綜整國內外港務防颱作業相關管理規定、各靠泊船型繫纜方式等。
- (2) 針對船舶斷纜事件蒐集及分析，包括船型、港內發生位置、當時海氣象情況、纜繩斷裂位置等。
- (3) 建立船舶纜繩受力數值模式。以試驗結果及文獻資料，建立船舶纜繩受力數值模式。
- (4) 進行數值模式驗證所需之模型或現場試驗。依據數值模式所需進行之試驗，以提供數值模式驗證及相關參數擬定。

1.4 文獻回顧

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（如圖 1.9 所示）。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。

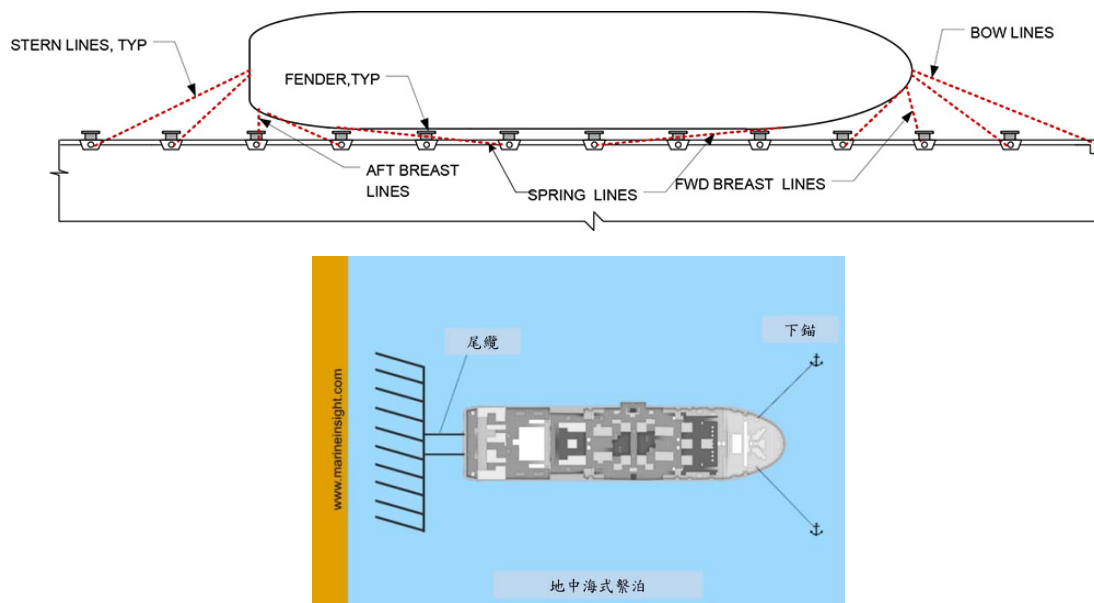


圖 1.9 貨輪於港區停泊時纜繩布置。(上) 平行靠泊 (下) 垂直靠泊

(資料來源：Mooring of Ships to Piers and Wharves, ASCE, 2014; Marine in Sight 網站, <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/mooring-methods-ships/>)

Herman Bomze, and Fredeic R. (1974) 其研究針對船舶繫泊對環境誘導負荷的運動響應，可將其分為三個頻率段：(1) 靜態部份，風、浪、流的平均作用力不引起船舶運動；(2) 低頻運動部份 ($<0.01\text{Hz}$)，指船舶繫泊對風浪流波動的響應部份；(3) 隨波浪頻率運動部份。

洪等 (1989) 運用波譜法概估船舶及繫纜在不規則波、流作用下之動力反應，其入射波之波譜由實測而得，轉換函數由試驗貨運用數值計算方法而得，當達成用數值計算方法直接計算淺海船舶運動及繫纜受力之轉換函數後，再加上實測得之波譜，可對淺海船舶運動及繫纜受力做數值模擬估算。

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。

Natarajan & Ganapathy (1995) 其研究在於推導當船舶受到風、浪、流等環境外力下，繫泊纜繩的靜態平衡方程式，且在模型船上進行實驗，將實驗結果與程式進行比對，發現其具有良好的一致性。

邱等 (1997) 考慮大波高波浪中繫纜船體水下形狀之時間變化所造成的橫向與縱向運動之耦合效應，以及包含依動量理論處理之橫傾衝擊力在內的非線性效應，建立了可輸入繫纜位置、方向、彈性常數而計算其船體運動與繫纜力時序列之程式，供港研所於算得反應函，並給定港池內之波浪分佈時，即可進行繫覽船舶運動與繫纜力統計分析之用。

向等 (2001) 對繫泊船纜繩張力的計算建立了數學模型，用蒙特卡洛算法對繫泊非線性方程組進行了求解，並編製了計算程序，與實驗結果相比，有較好的一致性，用此數學模型的方法求解船舶在風浪流聯合作用下的纜繩的靜張力是可行的。

李等 (2007) 分別進行單流、單浪和浪流共同作用下，繫泊船舶撞擊力和繫纜力試驗，研究不同水位、不同船舶載度、不同浪流夾角、單流、單浪和浪流共同作用時對船舶撞擊力和繫纜力的影響。

蔣等 (2007) 船舶因素對船舶繫纜力的影響主要包括船舶噸級、船舶載量、船舶類型，通過模型試驗研究、船舶裝載量及船舶類型對船舶繫纜力的影響。

彭等 (2008) 其研究以 VISUAL C++ 程式語言撰寫繫纜船舶運動模擬系統，將風，浪等分別建立物件，可單獨選用進行運動模擬，亦

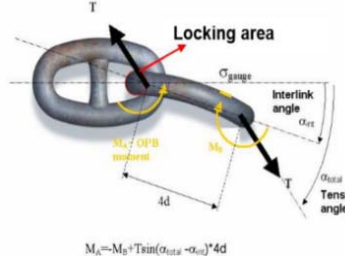
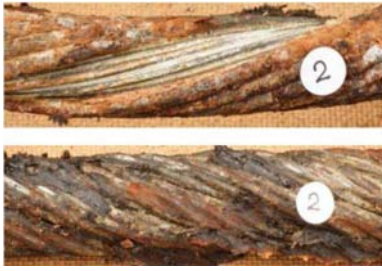
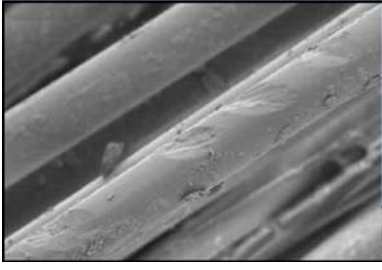
可同時選用，經此一模擬程式運算可得到時序列上的船體運動，繫纜張力、防舷材反力等，得到這些繫纜船舶的非線性反應特性。

方等（2008）建立一套可用以模擬繫泊船舶之動態行為之非線性數學模式，此模式包括了船舶與繫纜之耦合運動效應，由於波浪、洋流與繫纜的流體動力交互作用，使得船舶繫纜系統之動態分析變得相當複雜，此繫纜系統問題屬於兩端點邊界值問題，一般不易求解，其利用多重射擊法結合四階朗奇庫塔數執法來求得相關的六度船體運動與繫纜之動態模擬，其結果顯示相當符合物理現象。

孟等（2011）基於波浪作用下船舶繫纜力之試驗資料，分析了船舶特性、波浪參數對繫泊船隻波浪之影響規律，提出作用於船舶上波浪總力之計算公式，以及由波浪產生船舶繫纜力之計算方法。

Akers（2015）針對 2001-2010 年繫離岸系統其繫纜損壞的因素，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 1.2 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，強風與長浪所帶來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者研究的重點。

表 1.2 繫纜破壞分類與機制

繫纜損壞種類	原因與破壞機制	時 間 尺 度	圖 例
側向彎曲 Out-of-plane bending	● 錨鍊孔(Chain hawse)彎曲 ● 繫纜預張力過高 ● 鏈結處於驗證荷載時已發生變形 ● 高荷載導致連結處過於緊繃	短	 $M_L = -M_B + T \sin(\alpha_{tst} - \alpha_0) * 4d$
超額荷載 Ultimate load exceedance	● 外力超過破壞強度 ● 極端暴潮 ● 高預張力與波浪疊加 ● 材料疲勞引起破壞強度降低 ● 瞬荷載(Snap load)	短	
材料疲勞 Fatigue	● 長時間週期性之荷載 ● 由於鏽蝕或磨損，導致繫纜強度降低 ● 瞬荷載	短~長	
鏽蝕 Corrosion	● 水溫、流速以及水中溶氧等 ● 磨損造成表面防護失效 ● 微生物附著所造成 ● 水中酸鹼	長	
磨損 Abrasion	● 繫纜(Chain or taut line)與其他元件接觸 ● 錨鍊(Chain)間的連結處與海底床摩擦 ● 導纜孔(Fairlead)之磨損	長	

第二章 防颱規定與船舶斷纜事件

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。

2.1 國內各港務公司防颱作業規定

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：

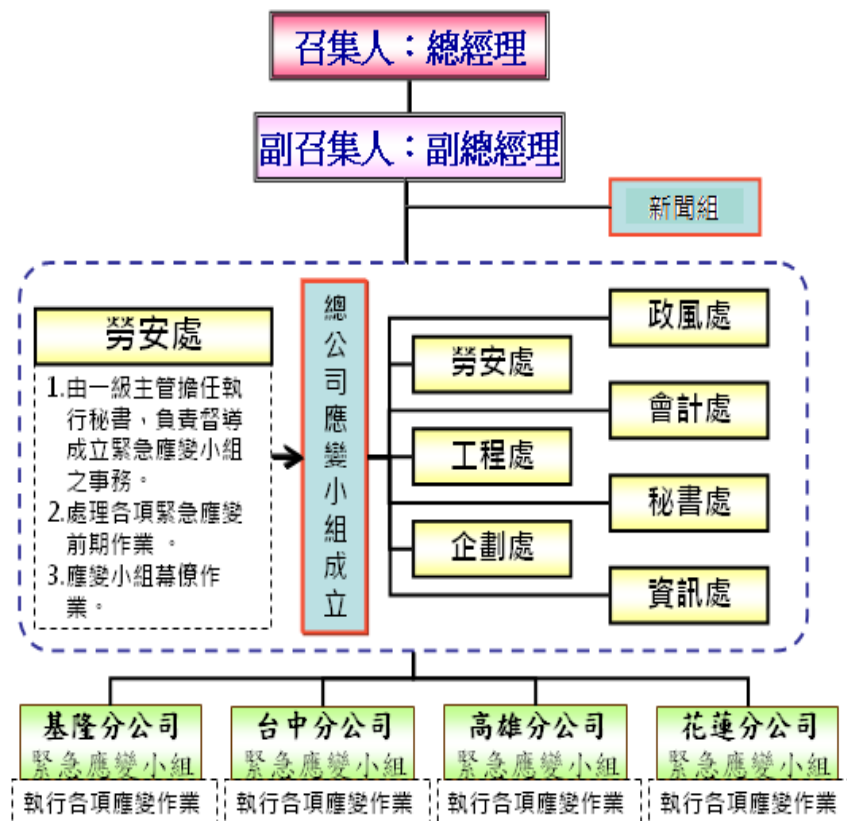


圖 2.1 臺灣港務公司與各分公司間之災害防救體系

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：

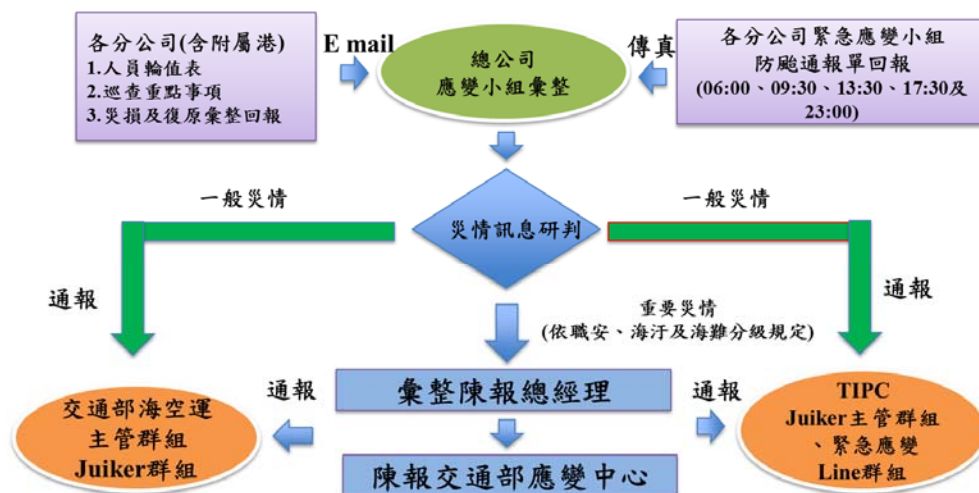


圖 2.2 災害通報流程圖

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。

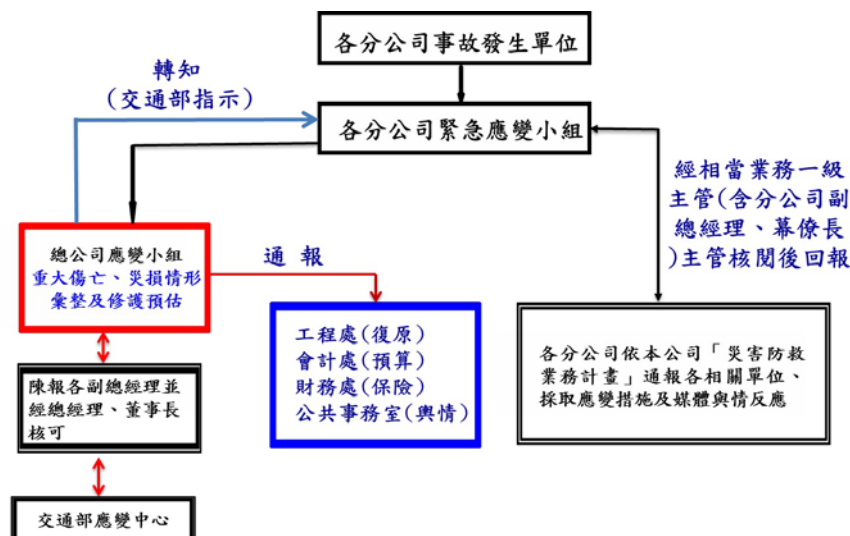


圖 2.3 災害復原通報流程圖

在附錄三~附錄七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。

2.2 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：

- (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。

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。在附錄八~附錄十五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。

2.3 靠泊船型繫纜方式

船舶繫泊是將船舶停靠於碼頭，繫泊需要用到纜繩，靠纜繩固定船舶，纜繩的一端繫於碼頭岸上的繫纜樁上，而另一端則繫於船上的纜車或繫纜樁上，繫纜設計考量一為輕細利於操持，二為結實便於有力固定位置。船舶繫泊於碼頭按纜繩的位置、出纜方向和作用不同，分為首纜、尾纜、前向纜、後向纜、橫纜、撇纜、穿演。圖 2.4 為船舶繫纜位置。如圖 2.5 為纜繩套於繫纜樁之套法，有兩個眼環套於同一個繫纜樁上，第二個眼環需先穿入第一個眼環，然後再套入繫纜樁，如此二者均可各別鬆出。各纜繩之作用為首纜及尾纜分別控制船艏及船艉與碼頭之距離，船後向纜及船後向纜可制止船舶前進，船前向纜及船前向纜可制止船舶後退。

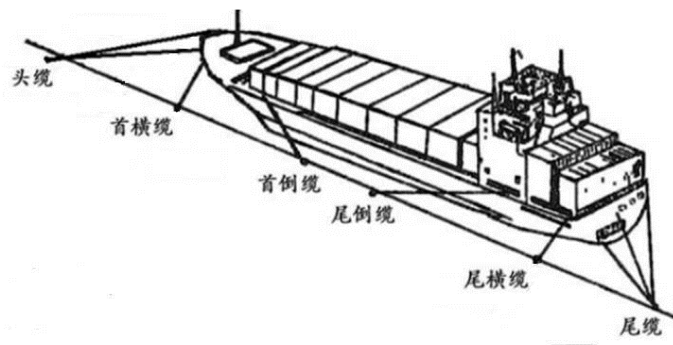


圖 2.4 船舶繫纜位置

(網站 <https://www.getit01.com/p20171227547256809/>)



圖 2.5 船舶纜繩套於繫纜樁上

(網站 <https://www.getit01.com/p20171227547256809/>)

為瞭解船舶繫纜現場作業與繫纜方式，與帶解纜業者前往高雄港實地瞭解，特別感謝凱晟股份有限公司撥空解說。圖 2.6～2.11 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：

一、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＞艏艉纜，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，唯跨越不同碼頭時，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。

二、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 2.6 散裝船船尾繫纜方式



圖 2.7 散裝船橫纜繫纜方式



圖 2.8 五穀雜糧船船頭繫纜方式



圖 2.9 五穀雜糧船橫纜繫纜方式



圖 2.10 貨櫃船船尾繫纜方式



圖 2.11 散裝船船頭繫纜方式

2.4 船舶斷纜事件蒐集及分析

因本研究的目的是在於瞭解船舶繫纜在風力作用下其所能承載的最大繫纜力，當船舶停靠於碼頭時，船舶受到強烈陣風或是波浪的牽引，造成船舶產生劇烈的搖晃時，會使船舶與繫於碼頭上的繫纜樁間的纜繩產生一極大的拉應力，當纜繩的拉應力超過其所能承載的臨界力時，船舶的繫纜將會斷裂，會造成船舶處於危險的狀態，而近年來因氣候變遷的因素，導致颱風所產生的強陣風已讓臺灣近年來發生船舶斷纜事件有增多的趨勢，為了瞭解近年臺灣各港區船舶斷纜事件，委請臺灣港務公司協助統計近年臺灣各港區船舶斷纜事件，在統計的表

格內有發生事故時間、地點、船型、碼頭水深、浪高、風力及其他（如表 2.1 所示），在此統計表內乃是船舶斷纜事件有紀錄的，由表 2.2 可以看到，統計的時間由 101 年至 106 年總共有 65 件，發生的地點分別是基隆港 1 件、臺中港 7 件、安平港 1 件、高雄港 56 件。發生的時間分別是 101 年 8 件、102 年 9 件、103 年 5 件、104 年 9 件、105 年 15 件、106 年 7 件。而在風力級數發生船舶斷纜事件分別為 1 級 7 件、2 級 8 件、3 級 6 件、4 級 5 件、5 級 3 件、6 級 2 件、7 級 11 件、8 級 2 件、9 級 2 件、10 級 4 件、11 級 8 件、16 級 5 件、17 級 2 件，由此可以看到不管是幾級陣風都有可能造成船舶斷纜的風險，而在較低的陣風會造成斷纜的原因有可能是纜繩過舊或是繫纜數不夠所造成的斷纜。而在較大的風速發生斷纜的事件比較少的原因，有可能是因為已事先得知此次風力強度，為了降低船舶斷纜之風險，停靠於港口的船舶已事先多加纜繩固定，無法加裝纜繩或是有比較危險物品的船舶，都會選擇出港避風。

而在船型的斷纜事件方面，由表 2.2 的統計可以看到油輪在發生斷纜有 12 件為最多，其次是貨櫃輪有 11 件，散裝船有 7 件、運輸駁船與雜貨船各有 6 件、油化船 5 件、液化氣體船 4 件，其於都在 2 件以下。本研究將製作兩艘模型船，而這兩艘模型船分別是發生最多斷纜的油輪與貨櫃輪。

為了製作研究所需的模型船，必須要能夠知道在發生斷纜之各艘油輪與貨櫃輪之實際尺寸大小，在由實際船舶尺寸大小利用縮尺比例製作出模型船，在本研究中油輪其縮尺比例為 1/100，貨櫃輪其縮尺比例為 1/150，表 2.3 為發生過斷纜之油輪與貨櫃輪之船舶資料，此船舶資料感謝航港局提供。

表 2.1 臺灣各港區船舶歷年斷纜一覽表

事故時間	事故地點		船型	背景描述			
(年/月/日/ 時:分)	港口	碼頭		碼頭水深 (公尺)	浪高(公 尺)	風力(公尺/ 秒 or 級數)	其他
106/07/29/2 3:47	基隆港	東 4 號	雙胴體高速船	-9	<0.5	10 級	
104/08/08/0 3:15	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。
104/08/08/0 4:00		連續壁	雜貨輪	-16			
104/08/08/0 5:27		W7 號	油輪	-14			
104/08/08/0 5:32		W6 號	軍艦	-14			
104/08/08/0 5:49		W9 號	散裝輪	-14			梅姬颱 風 期 間，臺 中港區 最大陣 風達 17 級。
105/09/27/1 5:39		3 號	散裝輪	-13			
105/09/27/1 5:47		30 號	散裝輪	-14			
105/09/14/1 4:30	安平港	29 號 (現為 15 號)	臺閩之星－客 貨船	7.5	1~2	8 級	莫蘭蒂 颱風
101/01/25/1 7:25	高雄港	21/22 浮 筒	陸海 3 號－運 輸駁船			3 m/s (2 級)	
101/03/05/0 6:25		21/22 浮 筒	陸海 3 號－運 輸駁船			11m/s (6 級)	
101/04/24/1 4:05		21/22 浮 筒	陸海 3 號－運 輸駁船			6 m/s (4 級)	
101/05/27/1 8:35		21/22 浮 筒	陸海 3 號－運 輸駁船			4 m/s (3 級)	

表 2.1 臺灣各港區船舶歷年斷纜一覽表（續）

事故時間	事故地點		船型	背景描述			
(年/月/日/ 時:分)	港口	碼頭		碼頭水深 (公尺)	浪高(公 尺)	風力(公尺/ 秒 or 級數)	其他
101/06/08/1 4:47		21/22 浮筒	陸海 3 號－運 輸駁船			11m/s (6 級)	
101/08/01/2 0:25		23/24 浮筒	索爾星輪－全 貨櫃			15m/s (7 級)	
101/08/01/2 3:10		23/24 浮筒	索爾星輪－全 貨櫃			15m/s (7 級)	
101/12/01/0 7:45		53/54 浮筒	CAPE WARRIOR－ 散裝船			1 m/s (1 級)	
102/03/05/1 5:00		51/52 浮筒	清像－解體船			7 m/s (4 級)	
102/04/02/1 5:36		49/50 浮筒	領導者輪－煤 炭船			10m/s (5 級)	
102/06/02/0 6:48		51/52 浮筒	華衛 7－油輪			1 m/s (1 級)	
102/06/21/1 5:22		52/53 浮筒	清像－解體船			19m/s (8 級)	
102/08/10/1 4:00		51 碼頭	麒麟－散裝船			5 m/s (3 級)	
102/08/21/2 3:55		52/53 浮筒	華衛 7－油輪			21m/s (9 級)	
102/10/26/1 2:35		21/ 22 浮筒	陸海 3 號輪－ 運輸駁船			4 m/s (3 級)	
102/11/09/0 6:35		53/54 浮筒	朱紅－液化石 油氣			1 m/s (1 級)	
102/12/26/1 3:55		53/54 浮筒	奈良－油輪			7 m/s (4 級)	

表 2.1 臺灣各港區船舶歷年斷纜一覽表（續）

事故時間	事故地點		船型	背景描述			
(年/月/日/ 時:分)	港口	碼頭		碼頭水深 (公尺)	浪高(公 尺)	風力(公尺/ 秒 or 級數)	其他
103/01/06/2 0:00		57 碼頭 移泊至 28 碼頭 時	善仁－油化船			2 m/s (2 級)	
103/03/31/0 3:20		53/54 浮 筒	賽納－全貨櫃			28m/s (10 級)	
		58 碼頭	瑪特拉－油化 船				
		51/52 浮 筒	浩洋－油輪				
103/03/31/0 4:48		52/53 浮 筒	臺塑八號－液 體化學船			7 m/s (4 級)	
103/03/31/1 6:45		40 碼頭	來興旺－液化 氣體船			16m/s (7 級)	
		23/24 浮 筒	澳萬達－軍用 船舶				
		25 浮筒	立竑－散裝船				
		49/50 浮 筒	賓坦－油輪				
		51/52 浮 筒	浩洋－油輪				
		52/53 浮 筒	臺塑八號－液 體化學船				
		53/54 浮 筒	賽納－全貨櫃				
103/05/17/0 5:20		52/53 浮 筒	立德－油輪			1 m/s(1 級)	

表 2.1 臺灣各港區船舶歷年斷纜一覽表（續）

事故時間	事故地點		船型	背景描述			
(年/月/日/ 時:分)	港口	碼頭		碼頭水深 (公尺)	浪高(公尺)	風力(公尺/ 秒 or 級數)	其他
104/02/02/0 2:50		52/53 浮筒	米洛斯－油化船			4 m/s(3 級)	
104/02/06/0 7:28		53/54 浮筒	慈利輪－礦砂船			2 m/s (2 級)	
104/03/08/1 2:05		40 碼頭	浩帆 2－雜貨船			6 m/s (4 級)	
104/08/08/1 5:03		75 碼頭	新能－油輪			21m/s (9 級)	
105/01/05/0 7:00		53/54 浮筒	華運－油品船			3 m/s(2 級)	
105/02/09/0 6:35		21/22 浮筒	宏瑞－雜貨船			3 m/s (2 級)	
105/04/13/1 4:30		51/52 浮筒	新長鑫輪－雜貨船			14m/s (7 級)	
105/05/21/1 6:53		53/54 浮筒	興達勝輪－油輪			1 m/s (1 級)	
105/07/08/0 7:55		新濱碼頭	阿凡達－軍用船舶			32m/s (11 級)	尼伯特
105/07/08/0 7:59		35 碼頭	全球－散裝船			32m/s (11 級)	
105/07/10/1 0:39		52/53 浮筒	臺塑晶華－液化氣體船			4 m/s (3 級)	
105/09/14/1 2:11		75 碼頭	平多魯－全貨櫃			29m/s (11 級)	莫蘭蒂
		86 碼頭	風明輪－全貨櫃				
		89 碼頭	獵鷹 9 號－油輪				

表 2.1 臺灣各港區船舶歷年斷纜一覽表（續）

事故時間 (年/月/日/ 時:分)	事故地點		船型	背景描述			
	港口	碼頭		碼頭水深 (公尺)	浪高(公 尺)	風力(公尺/ 秒 or 級數)	其他
105/09/14/1 3:51		51 碼頭	同茂 101－雜 貨船			32m/s (11 級)	
		25 碼頭	海興－全貨櫃				
		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				
105/09/15/1 0:42		70 碼頭	平多魯－全貨 櫃			10 m/s (5 級)	
105/09/22/2 0:25		22 浮筒	駿業－全貨櫃			1 m/s (1 級)	
105/10/22/1 5:05		31/32 浮 筒	連利 57－油 輪			2 m/s (2 級)	
106/07/01/1 7:45		57 碼頭	英格輪－液化 氣體船			9 m/s (5 級)	
106/07/16/1 7:19		24/25 浮 筒	海興－全貨櫃			17 m/s (7 級)	
106/08/06/2 2:10		51/52 浮 筒	豪溢 一油化 船			1 m/s (1 級)	
106/10/12/1 7:55		4 碼頭	新金豐 6 號－ 拖船			5 m/s (3 級)	
106/11/11/0 7:53		51/52 浮 筒	領航－液化氣 體船			2 m/s (2 級)	
106/11/20/1 7:17		21/22 浮 筒	新吉航－全貨 櫃			2 m/s (2 級)	

表 2.2 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

表 2.3 油輪與貨櫃輪之船舶資料

油輪(船名)	載重噸(噸)	全長(公尺)	模深(公尺)	模寬(公尺)	滿載模吃水(公尺)
華衛 7—油輪	4900.00	112.00	8.20	16.50	
奈良—油輪	47172.00	182.50	19.10	32.20	12.666
浩洋—油輪	4287.00		7.50	15.40	6.250
賓坦—油輪	7133.00	100.00	8.10	18.20	5.000
賓坦—油輪		65.00	4.95	10.00	3.000
立德—油輪	74999.00	228.00	20.90	32.24	14.437
立德—油輪	4999.00	99.00	8.40	16.50	6.000
新能—油輪	5953.30	90.00	8.00	17.50	6.42
興達勝輪—油輪					
獵鷹 9 號—油輪					
連利 57—油輪	4999.00	107.00	9.80	17.20	6.091
貨櫃輪(船名)	載重噸(噸)	全長(公尺)	模深(公尺)	模寬(公尺)	滿載模吃水(公尺)
索爾星輪—全貨櫃					
賽納—全貨櫃	41962.00	240.20	14.460	32.20	11.72
平多魯—全貨櫃	18581.00	168.80	13.50	27.30	8.415
風明輪—全貨櫃	145077.00	368.00	25.66	51.00	
海興—全貨櫃			7.30	15.00	
駿業—全貨櫃			7.80	17.60	
新吉航—全貨櫃			6.60	12.60	

2.5 蒲氏風力級數

蒲福風級是由愛爾蘭出生的英國海軍少將，同時也是海道測量員及探險家的法蘭西斯·蒲福（Francis Beaufort, 1774~1857）於 1805 年所發明。最初並沒有訂定實際的風速數值標準，乃是蒲福依據風力對戰艦的風帆使用狀況，劃分為 0~13 共 14 個風力級數。1838 年 12 月 28 日英國皇家海軍宣布所有海軍船隻都要在航海日誌中使用蒲福風級來紀錄風力，並且略做修改為 0~12 共 13 個級數。

1874 年國際氣象組織（IMO, WMO 的前身）也開始採用增加了更多內容的蒲福風級表做為國際間的天氣預報使用。

1906 年，喬治·克拉克·辛普森（George Clarke Simpson, 1878~1965）對蒲福風級做出了修改，改為使用風對沿岸地區及陸地上影響的敘述，並且被英國氣象局（Meteorological Office）所採納。1921 年，辛普森更開始了蒲福風級與實際風速對應關係的研究，1926 年這項研究在維也納的國際氣象組織會議上得到了認可，蒲福風級從此正式開始有了對應的風速數值標準。

目前經過修正後的對應經驗公式為： $V = 0.836 * (B^{3/2})$ （ V =風度 m/s， B =風級）

1927 年德國一位船長 P·彼得森（P. Peterson）進一步提出了蒲福風級對照開放海域洋面狀況的描述，而這些描述及 1906 年辛普森所提出的敘述仍一直被沿用至今。

1946 年國際氣象組織決議將蒲福風級增加第 13~17 級，總共設 18 個等級，但擴展後的風級並沒有被廣泛採用。目前只有中國及臺灣等地在表示颱風強度時會拿來使用。

表 2.4 為臺灣中央氣象局現行的風級標準，中央氣象局採用的標準等同於 1946 年由 WMO 所公布的國際標準，陸地與海面情形就是辛普森及彼得森所做的對照描述。

表 2.4 蒲福風級表

級數	國際標準（由 WHO 公布）					香港標準		風浪對照			陸地情形； 海面情形
	名稱	風速				名稱	風速	名稱	一般	最大	
		m/s	km/h	knot	mph		km/h		m		
0	無風	0-0.2	<1	<1	<1	無風	<2	-	-	-	靜，煙直上；海面如鏡
1	軟風	0.3-1.5	1-5	1-3	1-3	輕微	2-6	微波	0.1	0.1	炊煙可表示風向，風標不動；海面有鱗狀波紋，波峰無泡沫。
2	輕風	1.6-3.3	6-11	4-6	4-7		7-12		0.2	0.3	風拂面，樹葉有聲，普通風標轉動；微波明顯，波峰光滑未破裂。
3	微風	3.4-5.4	12-19	7-10	8-12	和緩	13-19	小波	0.6	1.0	樹葉及小枝搖動，旌旗招展；小波，波峰開始破裂，泡沫如珠，波峰偶泛白沫。
4	和風	5.5-7.9	20-28	11-16	13-18		20-30	小浪	1.0	1.5	塵沙飛揚，紙片飛舞，小樹幹搖動；小波漸高，波峰白沫漸多。

表 2.4 蒲福風級表（續）

級數	國際標準（由 WHO 公布）					香港標準		風浪對照			陸地情形； 海面情形
	名稱	風速				名稱	風速	名稱	一般	最大	
		m/s	km/h	knot	mph		km/h		m		
5	清風	8.0-10.7	29-38	17-21	19-24	清勁	31-40	中浪	2.0	2.5	有葉之小樹搖擺，內陸水面有小波；中浪漸高，波峰泛白沫，偶起浪花。
6	強風	10.8-13.8	39-49	22-27	25-31	強風	41-51	大浪	3.0	4.0	大樹枝搖動，電線呼呼有聲，舉傘困難；大浪形成，白沫範圍增大，漸起浪花。
7	疾風	13.9-17.1	50-61	28-33	32-38		52-62		4.0	5.5	全樹搖動，迎風步行有阻力；海面湧突，浪花白沫沿風成條吹起。
8	大風	17.2-20.7	62-74	34-40	39-46	烈風	63-75	巨浪	6.0	7.5	小枝吹折，逆風前進困難；巨浪漸升，波峰破裂，浪花明顯成條沿風吹起。

表 2.4 蒲福風級表（續）

級數	國際標準（由 WHO 公布）					香港標準		風浪對照			陸地情形； 海面情形
	名稱	風速				名稱	風速	名稱	一般	最大	
		m/s	km/h	knot	mph		km/h		m		
9	烈風	20.8-24.4	75-88	41-47	47-54		76-87	猛浪	7.0	10.0	煙突屋瓦等將被吹損；猛浪驚濤，海面漸呈洶湧，浪花白沫增濃，減低能見度。
10	暴風	24.5-28.4	89-102	48-55	55-63	暴風	88-103	狂濤	9.0	12.5	陸上不常見，見則拔樹倒屋或有其他損毀；猛浪翻騰波峰高聳，浪花白沫堆集，海面一片白浪，能見度減低。
11	狂風	28.5-32.6	103-117	56-63	64-72		104-117		11.5	16.0	陸上絕少，有則必有重大災害；狂濤高可掩蔽中小海輪，海面全為白浪掩蓋，能見度大減。

表 2.4 蒲福風級表（續）

級數	國際標準（由 WHO 公布）					香港標準		風浪對照			陸地情形； 海面情形
	名稱	風速				名稱	風速	名稱	一般	最大	
		m/s	km/h	knot	mph		km/h		m		
12	颶風	32.7-36.9	118-133	64-71	73-82	颶風	118-135		14.0	-	空中充滿浪花白沫，能見度惡劣。
13		37.0-41.4	134-149	72-80	83-92				-	-	
14		41.5-46.1	150-166	81-89	93-103				-	-	
15		46.2-50.9	167-183	90-99	104-114				-	-	
16		51.0-56.0	184-201	100-108	115-125				-	-	
17		56.1-61.2	202-220	109-118	126-136				-	-	

第三章 研究方法

由於風力作用下船舶之運動狀態相當複雜，而船舶靠泊在港內，雖然水面較港外為靜穩，但波浪之影響仍不容小覷，故整個動力分析是相當難以達成的一件事。基此，本研究採用（a）無因次分析（b）水工模型試驗（c）類神經網路 這三個方法來建構風力作用下快速預報船舶受力之數值模式。茲各別說明如下：

3.1 因次分析

船舶靠泊在港內時，影響纜繩受力之因素，主要為船舶之船型大小，當時港內之海象、氣象狀況，以及地表上的幾個基本物理量。依據相關文獻之記載，影響纜繩受力之各因素詳列如下：

船舶之長度(m)： L_{OA}

船舶之寬度(m)： B

船舶之吃水深度(m)： D_s

船舶含貨物之總質量(kg)： M_s

船舶之淨出水高度(m)： H_{BR}

船舶之乾舷出水高度(m)： H_{SR}

船舶之重心到船首之距離(m)： L_C

船舶之重心到船底之距離(m)： D_C

水面上軸向投影面積(m²)： A_T

水面上側向投影面積(m²)： A_L

水面上側向投影形心至船首之距離(m)： C

水面上側向投影形心至水面之距離(m)： H_C

甲板上微小物件之側向投影形心至船首距離(m)： S

船舶之浮心位置(與靜水面之距離，m)： D_b

靠泊位置之水深(m)： h

靠泊位置之碼頭出水高(m)： H_D

靠泊位置之波高(m)： H

靠泊位置之波浪週期(s)： T

海水密度(kg/m³)： ρ_w

靠泊位置之風速(m/s)： V_a

風向與船首夾角： θ

空氣密度(kg/m³)： ρ_a

重力加速度(m/s²)： g

軸向投影面上可視之微小面積團塊個數(個)： M

上述甲板上微小物件，以及微小面積團塊，乃桅桿、階梯、欄杆等，不含艦橋及船艙本體。不同的繫纜方式，亦對纜繩受力有所影響。繫纜時，纜繩不只一條，且每條纜繩之受力亦不斷隨著時間而改變。在斷纜發生時，只要有一條斷，其他纜繩會因要分擔更多的力而接二連三跟著斷，故只要取所有纜繩中最大的受力來評估安全性即可。此受力為

纜繩最大受力 (N)： $F_{\max}$

綜合以上，可知纜繩最大受力 $F_{\max}$ 為至少 24 個變因之函數。即表示為

$$F_{\max} = f(L_{OA}, B, D_s, M_s, H_{BR}, H_{SR}, L_c, D_c, A_T, A_L, C, H_C, S, D_b, h, H_D, H, T, \rho_w, V_a, \theta, \rho_a, g, M) \quad (3-1)$$

由於變因相當多，屬多變量分析的問題，若直接拿 24 個因素來做分析，勢必需要大量的樣本或情境，且現實環境也不允許。

為能順利進行本研究，乃蒐集國內外相關研究之文獻，從以上 24 個變數中，挑出較為重要的，進行因次分析，得到若干無因次參數，再利用水工模型試驗的方式，得到這些參數的情境樣本，然後利用類神經網路，將這些情境樣本的關聯性建立起來。

依據 Isherwood (1972) 之研究，在風力作用下，影響船舶受力之因子有以下幾項：

空氣密度(kg/m³)： ρ_a

風速(m/s)： V_a

水面上軸向投影面積(m²)： A_T

水面上側向投影面積(m²)： A_L

水面上側向投影形心至船首之距離(m)： C

船舶之長度(m)： L_{OA}

船舶之寬度(m)： B

甲板上微小物件之側向投影形心至船首距離(m)： S

風向與船首夾角： θ

軸向投影面上可視之微小面積團塊個數(個)： M

經過無因次化，得船舶受力公式如下：

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho_a V_a^2 A_T \quad (3-2)$$

$$F_y = \frac{1}{2} C_y \rho_a V_a^2 A_L \quad (3-3)$$

其中， F_x 與 F_y 分別為軸向受力與側向受力； C_x 與 C_y 分別為軸向與側向之風壓係數，為以下若干無因次參數之函數。

$$C_x = C_x\left(\frac{A_L}{L_{OA}^2}, \frac{A_T}{B^2}, \frac{L_{OA}}{B}, \frac{S}{L_{OA}}, \frac{C}{L_{OA}}, \theta, M\right) \quad (3-4)$$

$$C_y = C_y\left(\frac{A_L}{L_{OA}^2}, \frac{A_T}{B^2}, \frac{L_{OA}}{B}, \frac{S}{L_{OA}}, \frac{C}{L_{OA}}, \theta, M\right) \quad (3-5)$$

依據 Fujiwara et. al (1998) 及 藤原敏文等 (2005) 之研究，在風力作用下，影響船舶受力之因子有以下幾項：

空氣密度(kg/m³)： ρ_a

風速(m/s)： V_a

水面上軸向投影面積(m²)： A_T

水面上側向投影面積(m²)： A_L

甲板上側向投影面積(m²)： A_{OD}

水面上側向投影形心至船首之距離(m)： C

船舶之長度(m)： L_{OA}

船舶之寬度(m)： B

淨出水高度(m)： H_{BR}

水面上側向投影形心至水面之距離(m)： H_C

類似 Isherwood (1972) 之做法，Fujiwara et. al (1998) 及 藤原敏文等 (2005) 亦得到如同式 (3-2) 及式 (3-3) 之公式，但不同在於 C_x 與 C_y 這兩個風壓係數：

$$C_x = C_x \left(\frac{B}{L_{OA}}, \frac{H_{BR}}{L_{OA}}, \frac{H_C}{L_{OA}}, \frac{C}{L_{OA}}, \frac{A_T}{L_{OA}^2}, \frac{A_L}{L_{OA}^2}, \frac{A_{OD}}{L_{OA}^2}, \theta \right) \quad (3-6)$$

$$C_y = C_y \left(\frac{B}{L_{OA}}, \frac{H_{BR}}{L_{OA}}, \frac{H_C}{L_{OA}}, \frac{C}{L_{OA}}, \frac{A_T}{L_{OA}^2}, \frac{A_L}{L_{OA}^2}, \frac{A_{OD}}{L_{OA}^2}, \theta \right) \quad (3-7)$$

Ueno et. al (2012) 在其研究中指出， $\frac{A_T}{L_{OA}^2}$ 、 $\frac{A_L}{L_{OA}^2}$ 、 $\frac{A_{OD}}{L_{OA}^2}$ 這三個無因次量，其實和船的總長度 L_{OA} 、船的寬度 B ，以及載貨的程度有關，並且可迴歸出一條公式。該論文裡的載貨程度，指的是介於滿載與空船之間一個大小為 0~1 的數字。可惜，該文獻只以圖形展示成果，並無列出公式裡係數的確實數字，且展示的圖形僅有滿載及空船的 $\frac{A_T}{L_{OA}^2}$ 與 $\frac{A_L}{L_{OA}^2}$ 部分，缺 $\frac{A_{OD}}{L_{OA}^2}$ ，故無法進一步與本研究試驗量測結果做進一步分析比對。

依據船舶的幾何特性，一艘船的總長度 L_{OA} 及寬度 B 若確定，則其吃水程度其實就直接和其淨出水高度 H_{BR} 與乾舷出水高度 H_{SR} 有關。故依循 Ueno et. al (2012) 的研究成果，可用 H_{BR} 、 H_{SR} 取代 A_T 、 A_L 、 A_{OD} 及 D_s 。況且，在 Isherwood (1972) 中， A_{OD} 並未被納入考量，故此舉當為可行。

考量實用性，要製作繫纜力快速預報模式給使用單位在颱風來襲時使用，應以考量最重要參數為原則。水面上側向投影形心至船首之距離 C 、水面上側向投影形心至水面之距離 H_C ，還有甲板上微小物件之側向投影形心至船首距離 S 、軸向投影面上可視之微小面積團塊個數 M 這四個參數，或確有其影響性，但在本研究中不予納入。相信在使用時，若要輸入 C 、 H_C 、 S 、 M 這四個參數，使用者必定茫然無所適從，故不予納入。

另靠泊於碼頭之船舶，其受力也有受到碼頭岸壁出水高 H_D 之影響。當風正向吹襲船的側面，要將船吹離碼頭，碼頭岸壁之出水高度可減少一部分受風面積，進而使纜繩受力略為減低。故碼頭岸壁出水

高 H_D ，雖在 Isherwood (1972)、Fujiwara et. al (1998) 及藤原敏文等 (2005) 文獻中並未提及，但必需納入考量。

綜合以上文獻資料之蒐集與歸納，以及考量本研究實用性之需求，以船寬為特徵長度，則靠泊於碼頭之船舶在風力作用下，分析船舶受力需考量之無因次參數為 $\frac{B}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H_{BR}}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H_{SR}}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H_D}{L_{OA}}$ 、 θ 這幾項，而力的無因次參數，則為 $F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right)$ 。

在波浪作用力方面，相關的參數有船舶之長度 L_{OA} 、船舶含貨物之總質量 M_s 、靠泊位置之水深 h 、靠泊位置之波高 H 、靠泊位置之波浪週期 T 、重力加速度 g 等。經無因次化，得無因次參數 $F_{\max} / (M_s g)$ 、 $\frac{h}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H}{L_{OA}}$ 、 $\frac{L_{OA}}{T} / \sqrt{gh}$ 。其中， $\frac{L_{OA}}{T} / \sqrt{gh}$ 這一項，由於在前面已用 L_{OA} 、 ρ_a 、 V_a 當因次分析之基底參數，基於參數相互獨立的特性，乃可用 $\frac{L_{OA}^{\frac{1}{2}}}{g^{\frac{1}{2}} T}$ 替代之。同理，這一項 $F_{\max} / (M_s g)$ ，也可改成 $(M_s g) / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right)$ 。

綜合以上之說明，要建立一組無因次參數之間的函數關係

$$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right) = \Phi \left(\frac{B}{L_{OA}}, \frac{H_{BR}}{L_{OA}}, \frac{H_{SR}}{L_{OA}}, \frac{H_D}{L_{OA}}, \theta, \frac{h}{L_{OA}}, \frac{H}{L_{OA}}, \frac{L_{OA}}{T} / \sqrt{gh}, (M_s g) / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right) \right) \quad (3-8)$$

其中 Φ 即為要用類神經網路找出來的函數，而 $F_{\max}$ 則為所有纜繩在風力作用歷程下受力之最大值。比如有 8 條，則這 8 條纜繩在風力作用歷程下各有其受力之最大值，而這 8 個受力最大值再取最大，即為 $F_{\max}$ 。未來應用時，只要當時的 $\frac{B}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H_{BR}}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H_{SR}}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H_D}{L_{OA}}$ 、 θ 、 $\frac{h}{L_{OA}}$ 、 $\frac{H}{L_{OA}}$ 、 $\frac{L_{OA}}{T} / \sqrt{gh}$ 、 $(M_s g) / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right)$ 這 9 個無因次參數有包括在本研究以水工模型試驗

所產生情境之範圍內，則可應用本研究建構之數值模式，快速把 Φ 值算出來，然後乘上 $\frac{1}{2}\rho_a V_a^2 L_{OA}^2$ ，即可知這些纜繩之受力最大可到什麼程度。

3.2 水工模型試驗

本研究為了進行水工模型試驗，特別考量可能之情境及縮尺比例，製作一實驗水槽，詳圖 3.1 所示。此水槽之內緣大小分別為長 2.4m，寬 1.3m，高 0.3m，其結構為鋼板所製作而成。此實驗水槽目前設置於國立嘉義大學水工與材料試驗場。水槽內平鋪壓克力板，用以調整試驗情境之水深。試驗情境之碼頭，亦為壓克力板所製。在壓克力製的模型碼頭上，鎖上金屬轉向環，做為繫船柱。船身繫纜至轉向環，纜繩再接到拉力計，不論模型船如何晃動，拉力計記錄到纜繩的最大拉力值，皆是船身到繫纜樁的拉力值。圖 3.2 為纜繩繫纜於船身及拉力計之繫纜圖。

試驗用之纜繩，為漁船捲線機專用之高拉力低延展性 PE 編織線。試驗不考慮是否會斷纜，纜繩所受之張力，全數傳遞至轉向環後方的拉力計。由於轉向環為金屬所製，與 PE 編織線之接觸面極為光滑，但為確保試驗結果之正確性，在轉向環內緣再特別塗抹凡士林，以增加光滑度。基於力學上之靜力平衡，纜繩經過轉向環，纜繩兩端之拉力必定相等。如圖 3.3 所示，繫於船體那一端的拉力為 T，繫於拉力計那一端的拉力亦為 T。本研究採用之拉力計，為可記錄峰值之拉力計。拉力計之最小刻度為 0.005 kg。

圖 3.4 為造波機，為了配合實驗水槽，製作一個符合此次實驗之造波機，其結構為馬達帶動曲柄軸，讓下方的造波板作有頻率性的上下運動，去碰觸水槽表面的水，使其產生週期性的波浪，此造波機可調節其馬達轉速，讓其產生的波浪有快慢的週期差異。造波機連結在推車上，可由推車之油壓缸將造波機做上下調整，可使造波機所造出的浪有大小區分。

在進行船舶模型水工試驗時，在還沒把船放下去之前，將先另行使用波高計，率定出該試次之波浪條件。待率定完成後，才開始進行船舶模型水工試驗。在各試次中，利用壓克力板、壓克力基座等材料，調整該試次之底床高程與碼頭高度。

本研究之目的乃在探討風力作用下船舶繫纜力的大小，為了能夠產生有如颱風般的強風，乃改造原本放在溫室內的抽風扇，將風扇葉片放大。另為了能夠讓風扇所產生的風集中，在風扇前面加裝一導風流道，一來可使風集中，讓風力變強，二來可讓風集中吹向放置在實驗水槽內的模型船，強力風扇之出風口寬 120cm，高 60cm，圖 3.5 為本次試驗所用的強力風扇。依據前面的無因次分析，模型與實體之風速比例關係為 $\frac{V_p}{V_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}}$ ，其中，下標 p 表示實體，下標 m 表示模型。本

研究風扇可產生之風速為 4~12 m/s，若模型為 1/200，則相當於實際現場 56~170m/s 之風速；若模型為 1/100，則相當於實際現場 40~120m/s 之風速；若模型為 1/50，則相當於實際現場 28~85m/s 之風速。圖 3.6 為此次試驗所使用的風力測速計。造風設備所吹來的風，都會透過風速計來量測其風速，此風速都依據模型縮小比例來模擬實際船舶所受到的強陣風，所以試驗的風速是以模型的風速為依據。為了使試驗的結果更準確，在強力風扇加裝導風罩，目的是為了讓風扇吹出的風依照導風罩的出口吹出強風，且導風罩的出口盡量靠近模型船，降低亂流現象對試驗結果之影響。

本研究製作兩艘模型船，由前面的船舶斷纜統計分析可知，油輪與貨櫃輪在斷纜事件中經常發生，於是在此研究將製作油輪與貨櫃輪之模型船。圖 3.7 為此次試驗所製作的貨櫃輪模型船，模型船大小分別為全長 110cm，模寬 15.3cm，船總高 19.0cm，船底至船舷最高點為 9.5cm。在不同的吃水深度 d 之條件下，乾舷出水高為 $(9.5-d)$ cm，船的淨出水高則為 $(19-d)$ cm。未加載貨物之船體質量為 4.4 公斤，吃水深度為 2.9cm。載滿貨物時含貨物之總質量為 6.53 公斤，吃水深度為 4.6cm。

圖 3.8 為此次試驗所製作的油輪模型船，模型船全長為 120cm，模寬 19cm，船總高 27.0cm，船底至船舷最高點為 12.2cm。在不同的吃水深度 d 之條件下，乾舷出水高為 $(12.2-d)$ cm，船的淨出水高則為 $(27-d)$ cm。模型船之甲板可打開，如圖 3.9 所示。可在模型船裡面放置配重鉛塊以調整不同的吃水深度。由於在下水前有在船隻前後各畫上刻度，故在配重時，可從船隻前後的水位刻度之判斷重心和形心是否在相同位置，並且藉此調整配重鉛塊的位置。當船隻前後的水位刻度一致，則表示重心、形心、浮心三心在同一垂直線上，可開始進行試驗。

實驗之模型船靠泊於碼頭時，纜繩穿過轉向環接到拉力計後，均預先予以拉緊，讓拉力計上的讀數略大於 0，但仍在 0.005kg 之下。



圖 3.1 為試驗水槽（左）與繫纜碼頭及轉向環（右）



圖 3.2 纜繩繫纜於船身與拉力計之繫纜圖

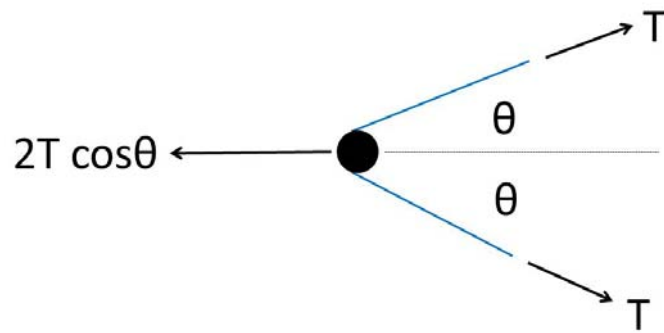


圖 3.3 纜繩經過轉向環之拉力平衡示意圖



圖 3.4 為試驗所用之造波機



圖 3.5 為強力風扇（左），導風流道（中），出風口（右）



圖 3.6 為風力計（左），拉力計（右）



圖 3.7 貨櫃輪船模型圖，滿載貨櫃輪（上），空船貨櫃輪（下）



圖 3.8 油輪船模型圖



圖 3.9 油輪船甲板上蓋及配重鉛塊之照片

3.3 類神經網路

依據前面的說明，先利用水工模型的方式，先產生出式 (3-8) 對應關係之統計樣本。由於一般傳統的統計方法大多用於單變數函數，對於多變數函數無法處理，而本研究要分析的屬於多變數函數問題，因此需將計算出的結果透過類神經網路 (Artificial neural network, ANN) 訓練找出函數關係。

類神經網路於近十幾年興起，類神經網路是一種模仿生物（尤其是人類）神經網路系統結構和功能的數學計算預測模型，經過學習並獲得推論能力過程。通常透過高速電腦的計算能力，可順利進行非線性的統計方法建立輸入與輸出間複雜的關係。簡單的說，有人告訴它 (ANN) 什麼樣的情況會得到什麼樣的結果，當告訴它越多正確的範例它就能夠正確的回答你，甚至於沒有學過的範例，它也能告訴你可能的結果。一般在類神經網路架構中，有所謂的「隱藏層」，利用隱藏層的大量節點連結輸入層與輸出層，每一條連結線代表不同的權重，電腦在隱藏層進行複雜的演算，經過機器學習過程，得到目標輸出值。

本研究採用最廣被應用的倒傳遞類神經網路 (Back-Propagation Network, BPN) 來建立預測 (或推估) 模式以推算船舶在港內之受力情形。BPN 採用多層感知器 (Multi-Layer Perception, MLP) 架構，並以誤差倒傳遞演算法 (Error Back Propagation) 進行學習，屬於多層前饋式網路，以監督式學習 (Supervised Learning) 來處理輸入輸出間的映射關係。BPN 架構主要可分為三層 (如圖 3.10)，第一層是輸入層，

做為外界輸入訊息的傳遞介面，並不對資料做特別處理，第二、三層之隱藏層與輸出層之神經元利用權重值乘積和偏權值調整並加上活化函數（Activation Function）處理進行模擬，其輸出、輸入層映射方程式如下：

$$y_r = f_2 \left(\sum_{q=0}^{n_2} w_{qr}^2 \cdot f_1 \left(\sum_{p=0}^{n_1} w_{pq}^1 \cdot x_p \right) \right) \quad r \in [1, n_3] \quad (3.9)$$

其中， p 是輸入層節點引數； q 是隱藏層節點引數； r 是輸出層節點引數； x_p 是輸入層輸入節點； w_{pq}^1 為輸入層神經元與隱藏層神經元之連結權重； w_{qr}^2 為隱藏層神經元與輸出層神經元之連結權重； y_r 為輸出層輸出值； $f_1(\cdot)$ 是隱藏層活化函數； $f_2(\cdot)$ 是輸出層活化函數。

圖 3-10 中，輸入項參數為船舶總長度、寬度等參數，而輸出項則為纜繩最大受力。

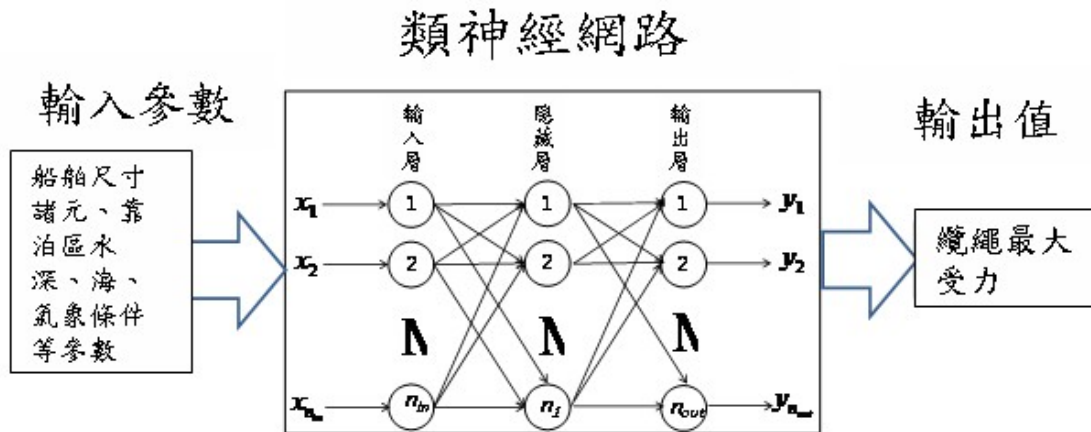


圖 3.10 類神經網路模型示意圖

監督式學習法為利用目標輸出值與相對應之輸入值共同訓練類神經網路，其方法為計算網路輸出值與目標輸出值之間的誤差，不斷修正使其誤差最小，誤差方程式如下：

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (d_k - y_k)^2 \quad (3.10)$$

其中， d_k 為輸出層中第 k 個神經元之目標值； y_k 為輸出層中第 k 個神經元之網路輸出值。

倒傳遞類神經網路是使用最陡坡降法以疊代方式將誤差值最小化，在學習階段，利用已知的輸入值與輸出值進行資料訓練，求得一組隱藏層連接的權重，使輸入資料經過此權重運算後得出目標輸出結果；在回想階段使用一筆新的輸入值，經過學習階段求出之權重，得到新的輸出值，即預測值。在建立 MLP 模式時，本研究採用三層類神經網路結構（即輸入層、隱藏層和輸出層各為一層），隱藏層的活化函數（Activity function）採用最常用的 S 型函數（sigmoid function）；MLP 主要有三個參數需設定，一為隱藏層神經元數量（The number of neurons in hidden layer），二是學習速率（Learning rate），三為是動量修正係數（Momentum）。其中，隱藏層神經元數量可採用 Trenn（2008）所建議的方式，即（輸入層神經元個數+輸出層神經元個數-1）/2 作為參數設定；學習速率和動量修正係數則可採用試誤法進行評估。

在模式訓練過程中，將收集的資料分割為訓練集（Training set）和驗證集（Validation set）。將採前面實驗所分析的資料進行切割，一部分數據作為訓練集、另一部分為驗證集。本研究在模式訓練過程中，可再針對各項參數項研擬不同的資料集組合方案，以便在多種預測結果下評選出最佳的預測值或推估值。

第四章 模型試驗與分析

本研究採用水工模型試驗來產生建構類神經網路數值模式所需之資料群集。首先，先檢查模型相似度與正確性。其次，再試驗可能的風、波情境，並量得在該情境下的纜繩受力，做進一步的相關迴歸分析，以建立建構類神經網路數值模式。

4.1 模型相似度與正確性之探討

本研究首先採用只有兩條纜繩的綁法，以風向垂直於船軸中心線的方式，讓風吹襲模型船的側面，量測拉力，做進一步分析。由於只有綁兩條纜繩，再加上纜繩角度已知，即可直接由靜力平衡分析算出船舶所受風壓合力與方向，和文獻公式的計算值做比對，即可探討試驗結果之正確性。茲先針對各文獻進行說明。

4.1.1 Isherwood (1972) 公式

Isherwood (1972) 曾進行一連串的風洞試驗，探討船舶受風力作用下之軸向受力與側向受力，並列出公式供後續研究者在進行相關研究時可參考計算。由於 Isherwood (1972) 之研究有完整的理論架構，雖是風洞試驗的結果，但迴歸得到的公式，可應用於長度達上百米之實體船舶於強風吹襲時之受力情況，在國際上至今被引用次數達三百以上，故其公式之可信度相當高。

利用 Isherwood (1972) 公式計算船舶受風力作用下之受力時，風壓係數之計算公式如下：

$$C_x = A_0 + A_1 \frac{2A_L}{L_{OA}^2} + A_2 \frac{2A_T}{B^2} + A_3 \frac{L_{OA}}{B} + A_4 \frac{S}{L_{OA}} + A_5 \frac{C}{L_{OA}} + A_6 M \quad (4-1)$$

$$C_y = B_0 + B_1 \frac{2A_L}{L_{OA}^2} + B_2 \frac{2A_T}{B^2} + B_3 \frac{L_{OA}}{B} + B_4 \frac{S}{L_{OA}} + B_5 \frac{C}{L_{OA}} + B_6 \frac{A_{SS}}{L_{OA}} \quad (4-2)$$

其中， A_0 、 A_1 、...、 A_6 、 B_0 、 B_1 、...、 B_6 為迴歸得到的係數， L_{OA} 為船

船之長度、 B 為船舶之寬度、 A_T 水面上軸向投影面積、 A_L 為船側受風投影面積、 C 為水面上側向投影形心至船首之距離、 S 為甲板上微小物件桅桿、階梯、欄杆等之側向投影形心至船首距離， A_{SS} 為微小構件如桅桿、階梯、欄杆等之側向投影面積，一般予以不計，而 M 為軸向投影面看得到的面積團塊個數，如桅桿、階梯、欄杆等，不包括艦橋等主體，一般亦予以不計。

當風向垂直於船軸中心線時，風壓係數為：

$$C_x = 0.355 - 0.247 \frac{S}{L_{OA}} + 0.018M \quad (4-3)$$

$$C_y = 0.889 + 0.138 \frac{2A_T}{B^2} - 0.66 \frac{C}{L_{OA}} \quad (4-4)$$

4.1.2 藤原敏文等（2005）公式

Fujiwara et. al（1998）及藤原敏文等（2005）也提出類似的相關的公式。Fujiwara et. al（1998）的研究也是有完整的理論架構，亦可應用於長度達上百米之實體船舶於強風吹襲時之受力情況，在國際上至今被引用將近一百次，可信度亦相當高。由於藤原敏文等（2005）所提出之公式，為 Fujiwara et. al（1998）公式之改良版，作者為同一群人，雖以日文撰寫，在國際上較少被引用，但其公式應較 Fujiwara et. al（1998）公式為新。

藤原敏文等（2005）比 Isherwood（1972）複雜許多，考慮的因素亦較多，但當風向垂直於船軸中心線時，計算側向受力之風壓係數所要用的許多項值都變成 0，反而變得較為簡潔

$$C_x = 0 \quad (4-5)$$

$$C_y = 0.404 + 0.386 \frac{A_T}{BH_{BR}} + 0.902 \frac{H_{BR}}{L_{OA}} \quad (4-6)$$

其中， H_{BR} 為船舶之淨出水高度、 L_{OA} 為船舶之長度、 B 為船舶之寬度、 A_T 水面上軸向投影面積。

4.1.3 港灣構造物設計基準（2011）公式

我國交通部運輸研究所出版的文件「港灣構造物設計基準」亦有類似的公式，可以計算船舶受風力作用下之軸向受力與側向受力。其風壓係數如下：

$$\text{貨輪 } C = 1.325 - 0.05 \cos 2\theta - 0.35 \cos 4\theta - 0.175 \cos 6\theta \quad (4-7)$$

$$\text{客輪 } C = 1.142 - 0.142 \cos 2\theta - 0.367 \cos 4\theta - 0.133 \cos 6\theta \quad (4-8)$$

$$\text{油輪 } C = 1.20 - 0.083 \cos 2\theta - 0.25 \cos 4\theta - 0.177 \cos 6\theta \quad (4-9)$$

其中， θ 為風向與船軸中心線夾角

我國設計基準之公式，較為簡單，在判定船舶類型之後，直接算出船舶受力之合力大小

$$F = \frac{\rho_a}{2} C_x V_a^2 (A_T \cos^2 \theta + A_L \sin^2 \theta) \quad (4-10)$$

及合力方向

$$\varphi = \left[1 - 0.15 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right) - 0.80 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right)^3 \right] \cdot 90 \quad (4-11)$$

當風向垂直於船軸中心線時，貨輪、客輪、油輪之風壓係數分別為 1.2、1.033 及 1.21。而合力方向之 φ 均為 90 度，即垂直於船軸中心線。

4.1.4 試驗結果與公式計算值之比較

本研究首先採用只有兩條纜繩的綁法，以風向垂直於船軸中心線的方式，讓風吹襲模型船的側面，量測拉力，做進一步分析。採用兩種綁法，分別是有經過轉向環的和沒有經過轉向環的。圖 4.1 為兩種繫纜綁法之照片，以油輪模型船進行試驗。儘量減少纜繩仰角對計算結果之影響，故選較外側的兩個繫點來綁纜繩。這些試次中，纜繩仰角均在 10 度以內，可直接從正向拍攝之照片量得纜繩水平偏角，再利用

力平衡分析算出船在受風吹襲下之風壓合力與的力方向。

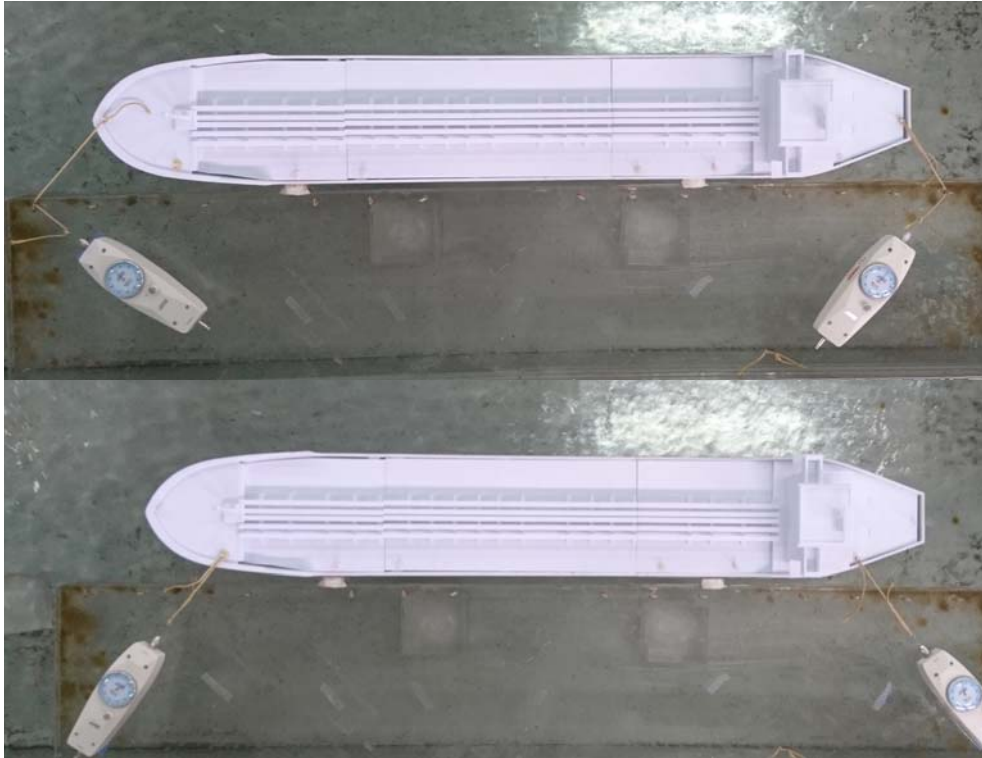


圖 4.1 驗證模型試驗正確性兩種不同繫纜綁法之照片

本研究採用三種不同的吃水深度，分別為 3cm、4.1cm、5.3cm。試驗之水深為 7cm，碼頭出水高度為 1cm。由於有一部分船的側投影面積被碼頭出水高度遮蔽，故用於計算所採用之受風投影面積要扣除被遮蔽的部分。試驗條件如下表：

表 4.1 驗證模型試驗正確性之試驗條件列表

吃水深(m)	D_s	0.030	0.041	0.053
船總長(m)	L_{OA}	1.200	1.200	1.200
船寬(m)	B	0.190	0.190	0.190
淨出水高(m)	H_{BR}	0.240	0.229	0.217
水面上正投影面積(m ²)	A_T	0.03223	0.03019	0.02796
水面上側投影面積(m ²)		0.10715	0.09504	0.08184
船側受風投影面積(m ²)	A_L	0.09615	0.08404	0.07084
船側受風投影面積形心到船首之距離(m)	C	0.660	0.660	0.660
Isherwood(1972)之風壓係數	C_x	0.355	0.355	0.355
	C_y	0.772	0.757	0.740
藤原敏文等(2005) 之風壓	C_x	0.000	0.000	0.000
	C_y	0.845	0.831	0.817
我國設計基準(2011) 之風壓	C_x	0.000	0.000	0.000
	C_y	1.210	1.210	1.210
風速(m/s)	4.3~7.3，共 4 種			
繫纜綁法	有穿過轉向環和直接接拉力計，共 2 種			

總共 3 種吃水深，4 種風速，兩種繫纜綁法，共 24 個試次。試驗量測結果之數據與三種不同公式之計算結果詳列如表 4.2 所示。另將不同吃水深之下風速與合力繪圖比較詳圖 4.2 至圖 4.4 所示。

本計畫使用之機械式拉力計之最小刻度為 0.005kg，故過小之拉力儀器將無法顯示。在試驗結果中，有幾個試次量到的拉力僅為 0.03kg，比拉力計之最小刻度並沒有大出多少，故風速較低的這幾個試次，試驗之精確度較低。而在風速較高纜繩又不經過轉向環直接接到拉力計的幾個試次中，由於船身較為不穩，晃動程度較大，量到的拉力值和纜繩有經過轉向環再接到拉力計的量測結果差異較大，故風速較高且纜繩未經過轉向環的這幾次試驗之精確度較低。雖然如此，仍可由量測與計算結果研判試驗之合理性。

經比較試驗結果，在風壓合力大小方面，量測結果與藤原敏文等（2005）及 Isherwood（1972）之公式都相當接近，但港灣構造物設計基準(2011)公式之計算結果則明顯偏大，比試驗結果及國外學者的公式計算結果大出約 50%。由於設計考量的是結構物是否會在使用年限內受到極限條件作用下是否會發生損壞，故設計基準公式之計算結果偏保守亦屬合理。在風壓合力之作用方向方面，量測結果之作用力方向平均往船尾偏 23 度，Isherwood（1972）公式則計算出作用力方向往船尾偏 10 度左右，而藤原敏文等（2005）之公式與港灣構造物設計基準（2011）之公式均算得作用力方向會和船軸中心線垂直。綜合風壓合力之大小及方向，本計畫量測得到之結果與 Isherwood（1972）公式算極為接近，而 Isherwood（1972）公式在國際期刊論文上已被引用三百餘次，在「船舶運動數值模式建立之研究（一）」（2006 年）及「船舶運動數值模式建立之研究（四）」（2009 年）報告書中，亦引用此公式做為風力計算結果之檢核依據，故本計畫模型試驗在風力方面的量測結果，可信度算是相當高。

在合力作用方向方面，由於船首呈流線形，存有一弧度，在強風吹壓下，船首那裡的弧面上的風壓自然而然會產生一個朝向船尾的風力分量。在這一點的分析上，而 Isherwood（1972）公式確實較為正確且合理。圖 4.5 為各公式與量測計算結果比較之示意圖，以吃水 4.1 cm，風速 7.3 m/s 之試次為說明。圖中藍色箭頭為用設計基準（2011）公式所算出之船舶所受風壓合力，紅色箭頭為用藤原敏文等（2005）公式所算出之船舶所受風壓合力，綠色箭頭為用 Isherwood（1972）公式所算出之船舶所受風壓合力，而黑色箭頭則為用兩條纜繩之拉力量測值至纜繩角度所算出之船舶所受風壓合力。

表 4.2 驗證模型正確性之試驗結果與文獻公式計算結果比較

條件		試驗量測結果								我國設計基準(2011)		藤原敏文等(2005)		Isherwood(1972)	
吃水 (cm)	風速 (m/s)	角度(度)		拉力(kg)		拉力分量(N)		合力大小 (N)	合力偏角 (度)	合力大小 (N)	合力偏角 (度)	合力大小 (N)	合力偏角 (度)	合力大小 (N)	合力偏角 (度)
		前	後	前	後	x	y								
3	4.3	58	54	0.055	0.045	0.842	0.496	0.977	30.5	1.387	0.000	0.968	0.000	0.90	8.8
3	4.3	53	57	0.055	0.030	0.765	0.309	0.825	22.0	1.387	0.000	0.968	0.000	0.90	8.8
3	5.3	55	56	0.090	0.060	1.318	0.631	1.461	25.6	2.108	0.000	1.471	0.000	1.36	8.8
3	5.3	53	57	0.090	0.060	1.342	0.564	1.456	22.8	2.108	0.000	1.471	0.000	1.36	8.8
3	6.3	53	59	0.130	0.110	2.151	0.907	2.334	22.9	2.978	0.000	2.079	0.000	1.92	8.8
3	6.3	54	58	0.110	0.085	1.733	0.775	1.899	24.1	2.978	0.000	2.079	0.000	1.92	8.8
3	7.3	51	60	0.175	0.145	2.911	1.068	3.101	20.1	3.999	0.000	2.791	0.000	2.58	8.8
3	7.3	55	57	0.155	0.130	2.498	1.215	2.778	25.9	3.999	0.000	2.791	0.000	2.58	8.8
4.1	4.3	52	55	0.055	0.050	0.925	0.412	1.013	24.0	1.213	0.000	0.833	0.000	0.77	9.6
4.1	4.3	52	56	0.065	0.050	1.025	0.429	1.111	22.7	1.213	0.000	0.833	0.000	0.77	9.6
4.1	5.3	56	53	0.080	0.060	1.198	0.648	1.362	28.4	1.842	0.000	1.266	0.000	1.17	9.6
4.1	5.3	51	57	0.080	0.065	1.302	0.510	1.399	21.4	1.842	0.000	1.266	0.000	1.17	9.6
4.1	6.3	52	52	0.120	0.105	1.954	0.919	2.159	25.2	2.603	0.000	1.789	0.000	1.65	9.6
4.1	6.3	55	58	0.100	0.090	1.671	0.803	1.854	25.7	2.603	0.000	1.789	0.000	1.65	9.6
4.1	7.3	54	55	0.165	0.130	2.584	1.232	2.863	25.5	3.495	0.000	2.402	0.000	2.22	9.6
4.1	7.3	51	60	0.130	0.120	2.267	0.854	2.422	20.6	3.495	0.000	2.402	0.000	2.22	9.6
5.3	4.3	52	55	0.050	0.045	0.838	0.372	0.916	23.9	1.022	0.000	0.690	0.000	0.64	10.7
5.3	4.3	50	58	0.030	0.030	0.539	0.207	0.578	21.0	1.022	0.000	0.690	0.000	0.64	10.7
5.3	5.3	52	54	0.060	0.050	0.968	0.431	1.059	24.0	1.553	0.000	1.048	0.000	0.97	10.7
5.3	5.3	50	59	0.040	0.035	0.681	0.245	0.723	19.8	1.553	0.000	1.048	0.000	0.97	10.7
5.3	6.3	51	55	0.105	0.085	1.691	0.692	1.827	22.3	2.194	0.000	1.481	0.000	1.37	10.7
5.3	6.3	52	57	0.060	0.060	1.065	0.463	1.161	23.5	2.194	0.000	1.481	0.000	1.37	10.7
5.3	7.3	53	56	0.150	0.125	2.431	1.091	2.665	24.2	2.946	0.000	1.989	0.000	1.83	10.7
5.3	7.3	51	58	0.085	0.085	1.523	0.615	1.642	22.0	2.946	0.000	1.989	0.000	1.83	10.7

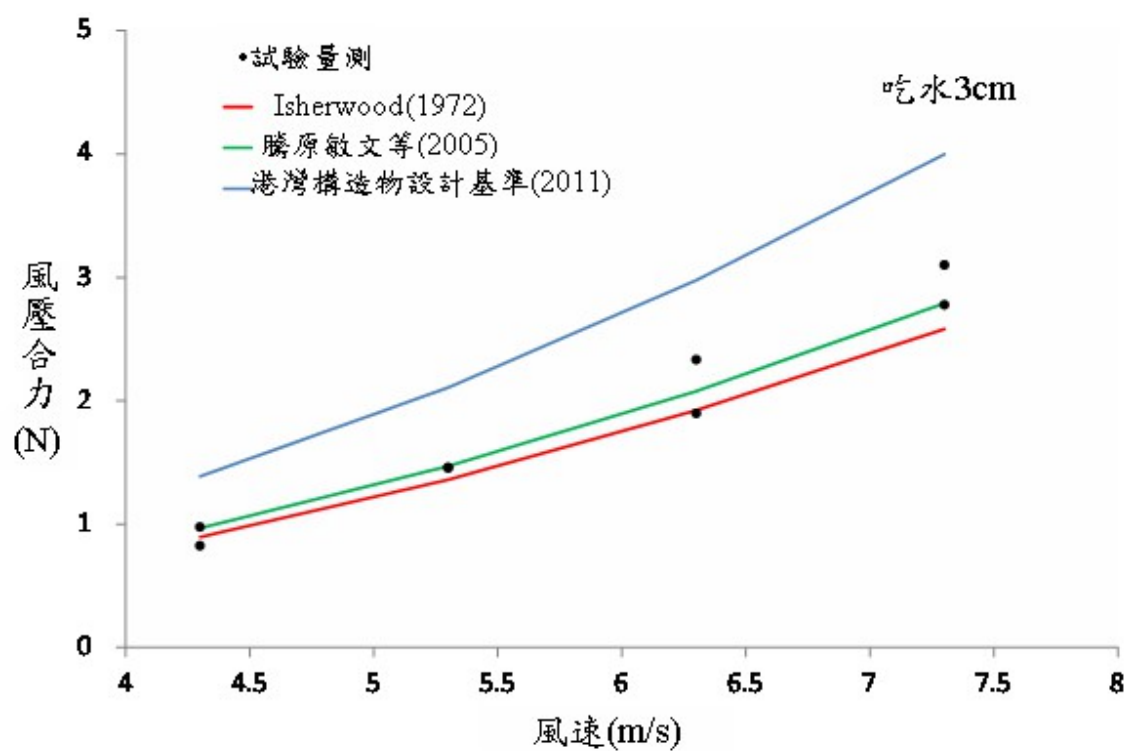


圖 4.2 試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較 (吃水 3 cm)

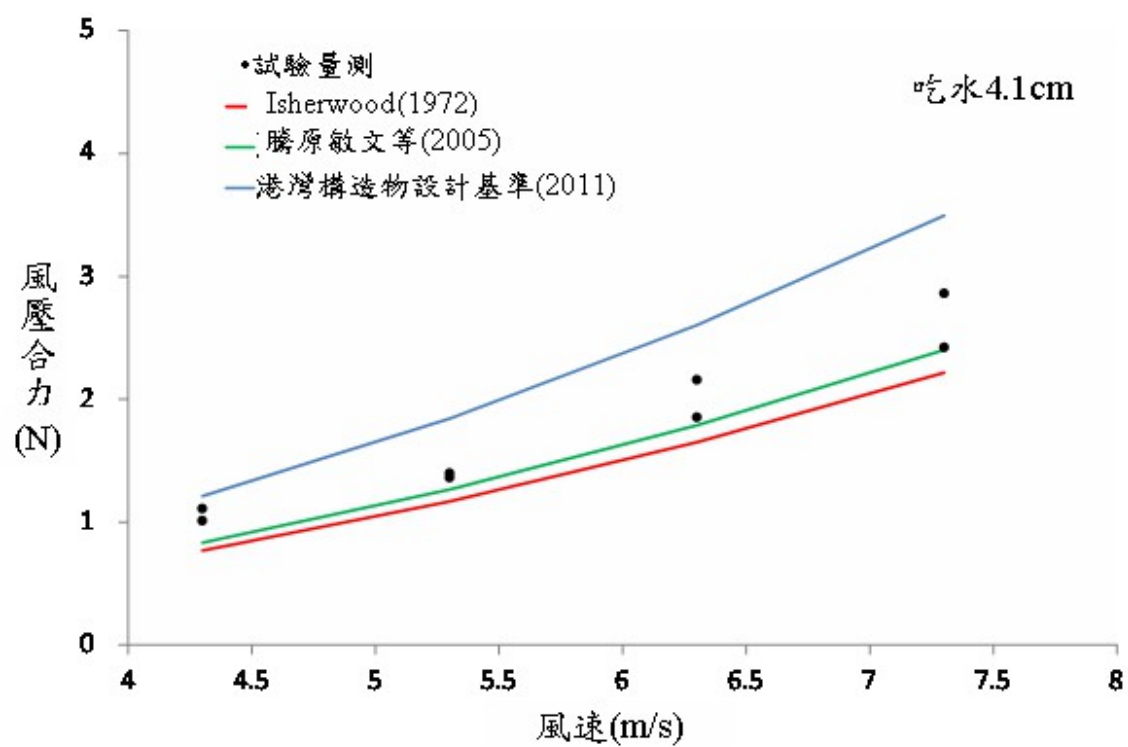


圖 4.3 試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較 (吃水 4.1 cm)

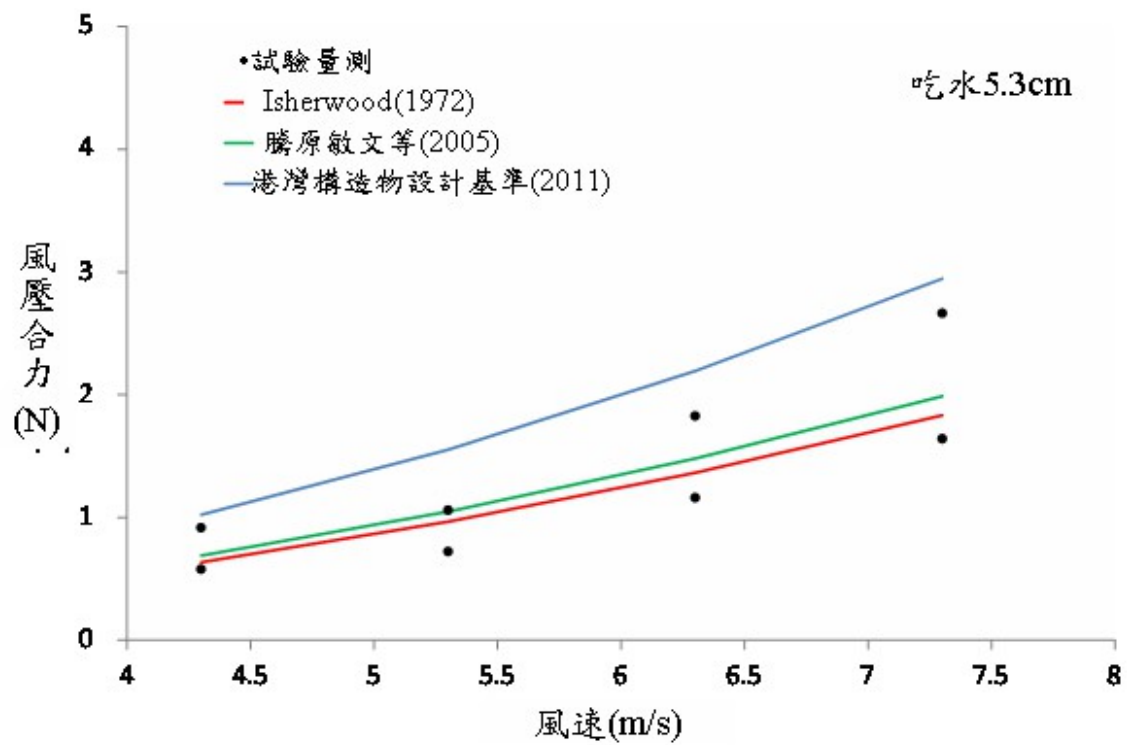


圖 4.4 試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較（吃水 5.3 cm）

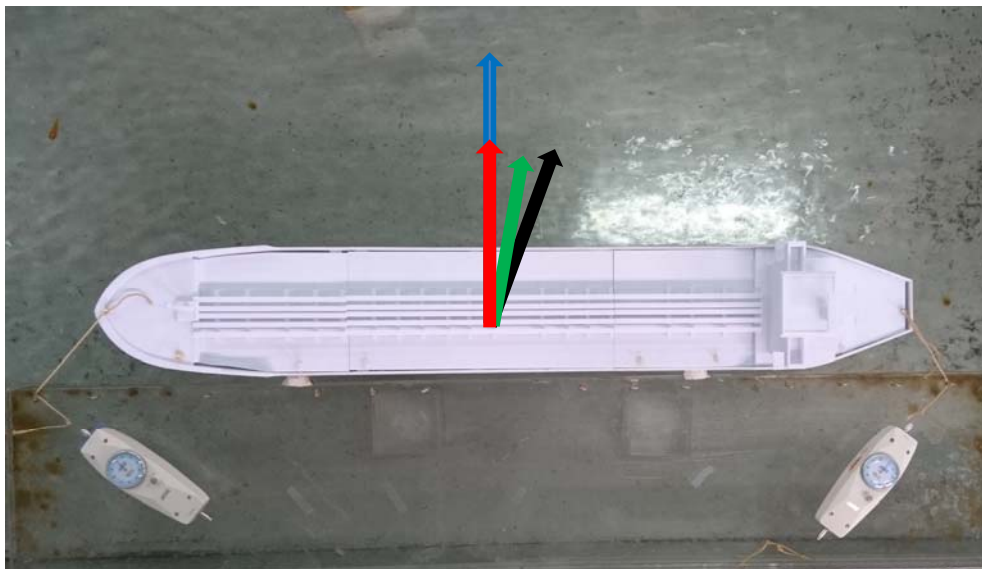


圖 4.5 不同受力公式計算結果比較示意圖

4.2 波浪作用力之試驗分析

為了分析波浪對靠泊於碼頭船舶繫纜力之影響，本計畫特地分別向國立高雄科技大學海洋環境工程系及國立成功大學水工試驗所各商借波高計三支，以及相關波高資料蒐錄設備，並獲提供人力協助架設。國立高雄科技大學之波高計為超音波式，屬非接觸式，而國立成功大學之波高計為電阻式，必須有探頭伸入水中。由於波高計之架設必須有支撐架，而這些支撐架會阻擋吹風，造成影響，故試驗的部分僅探討波浪對靠泊於碼頭船舶繫纜力之影響，未有風、波同時作用之情境。圖 4.6 為同時有兩種共 6 支波高計之配置照片。由於水槽底部為可透光之壓克力，水深只有 7 cm，又超音波波高計到水面之距離過短，故超音波量到的雜訊過大，所得之資料不予採用。故全部資料均為電阻式波高計所收錄。圖 4.7 為只設置電阻式波高計之配置照片。



圖 4.6 波高計設置照片（一）

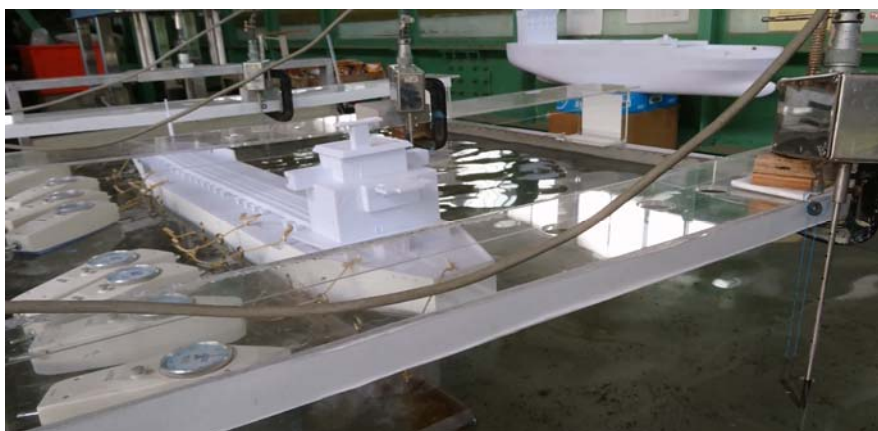


圖 4.7 波高計設置照片（二）

試驗條件為水深 7cm，碼頭出水高度 1cm，油輪模型船總長度 120cm，寬度為 19 cm。試驗兩種不同的吃水深，分別為 4.1 cm 及 5.3 cm。三支電阻式波高計均設置於水槽的中心軸上，第二支波高計在正中心，而第一支和第三支各位於第二支波高計上、下游 50cm 處。以第二支波高計量到的水位時序列資料來計算該試次的波高。

為使能觀察到較大之受力，乃設定波浪之前進方向和碼頭法線平行。模型船為實體船舶之 1/100，故實體船為 120 m，寬度為 19 m，吃水深為 4.1 m 及 5.3 m。參照港灣構造物設計基準之相關資料，此船型相當於 5,000~10,000 DWT 之油輪。試驗之波浪週期分為 0.725~1.25 秒，相當於現場之 7.25~12.5 秒之波浪，為颱風期間海中常見波浪之範圍。其所對應之波長，為 55~100 m，小於船的總長。試驗波高為 0.72~1.37cm，相當於實際現場 0.72~1.37cm 之波高，亦在港內靠泊之靜穩條件範圍內。試驗條件詳表 4.3 所示。

表 4.3 波浪作用力試驗之條件一覽表

試次	水深	碼頭出水高	模型船總長度	模型船寬度	吃水深度	波高	週期
1	7	1	120	19	4.1	0.72	1.25
2	7	1	120	19	4.1	1.03	1
3	7	1	120	19	4.1	0.82	0.85
4	7	1	120	19	4.1	1.14	0.73
5	7	1	120	19	5.3	1.37	1.25
6	7	1	120	19	5.3	1.23	1
7	7	1	120	19	5.3	1.22	0.85
8	7	1	120	19	5.3	1.35	0.73

長度單位：公分

時間單位：秒

圖 4.8 至圖 4.15 為波高計收錄到之水位時序列資料。每次試驗都讓造波機持續造波 2 分鐘。由於波高與水深之比在 1/5~1/10，已屬高度非線性波的範圍，故在試驗的水位量測資料中發現，水位之變化，仍具週期性，量到的主週期亦為設定之週期，但在一個週期內有出現許多次頻成份波，確實已達高度非線性水波。

在此等高度非線性水波之狀況下，即使把纜繩數減數，只綁5條，3條首纜，2條尾纜，不綁倒纜，量到的纜繩拉力仍在拉力計的最小刻度之下。雖然肉眼看得出模型船受水波作用而有週期性的擺盪，但所量到的拉力都是0。

基於此結果，對於靠泊於港內碼頭之船舶而言，在颱風風力強力吹襲之情境下，波浪對船舶繫纜力的影響遠小於風的影響，故可再將模式進一步簡化。式(3-8)可簡化為

$$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right) = \Phi \left(\frac{B}{L_{OA}}, \frac{H_{BR}}{L_{OA}}, \frac{H_{SR}}{L_{OA}}, \frac{H_D}{L_{OA}}, \theta \right) \quad (4-12)$$

只需要5個無因次參數，即可計算。

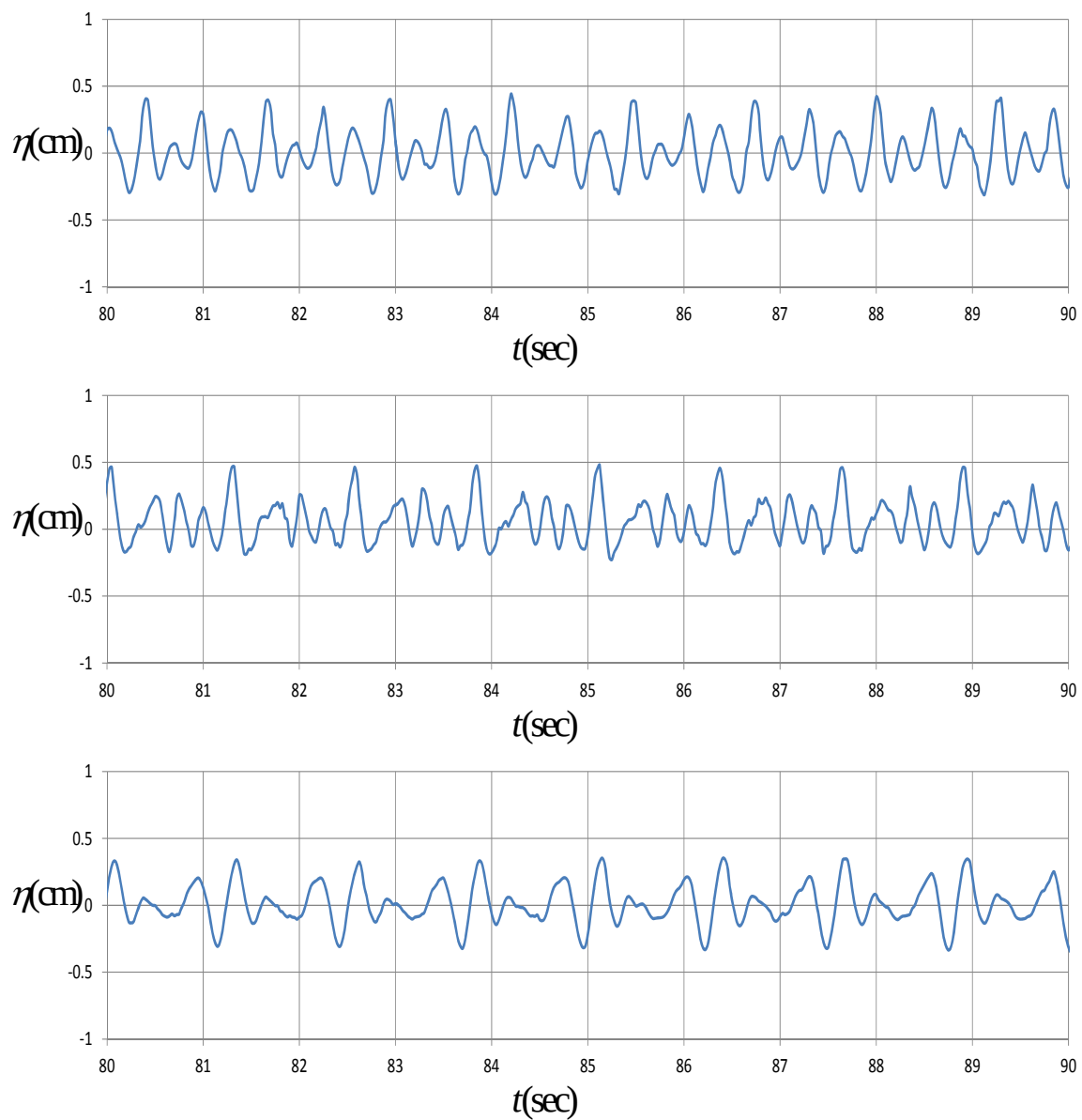


圖 4.8 水位時序列資料一，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 1.25 秒，波高 0.72 cm，模型船吃水 4.1 cm）

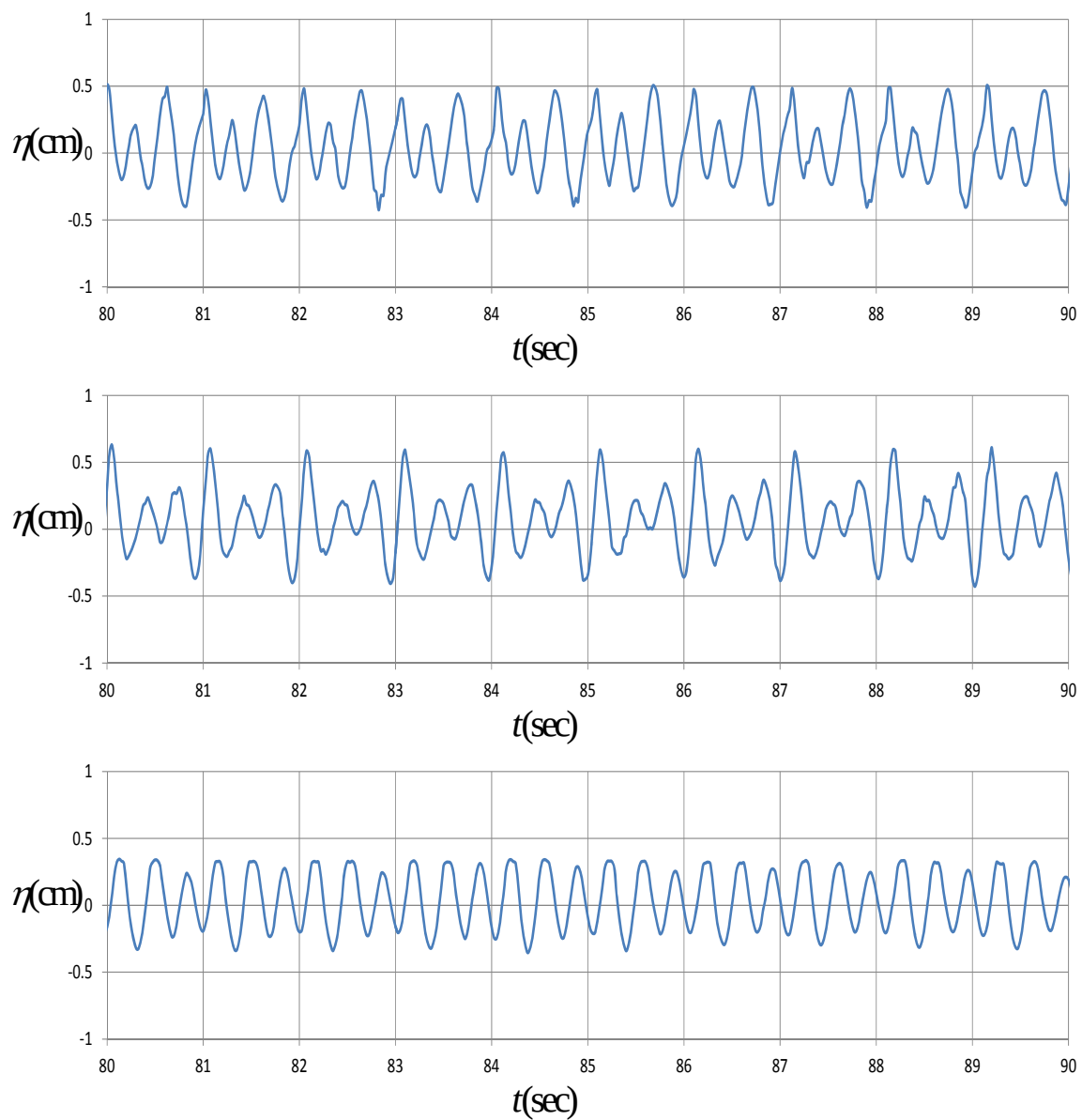


圖 4.9 水位時序列資料二，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 1.0 秒，波高 1.03 cm，模型船吃水 4.1 cm）

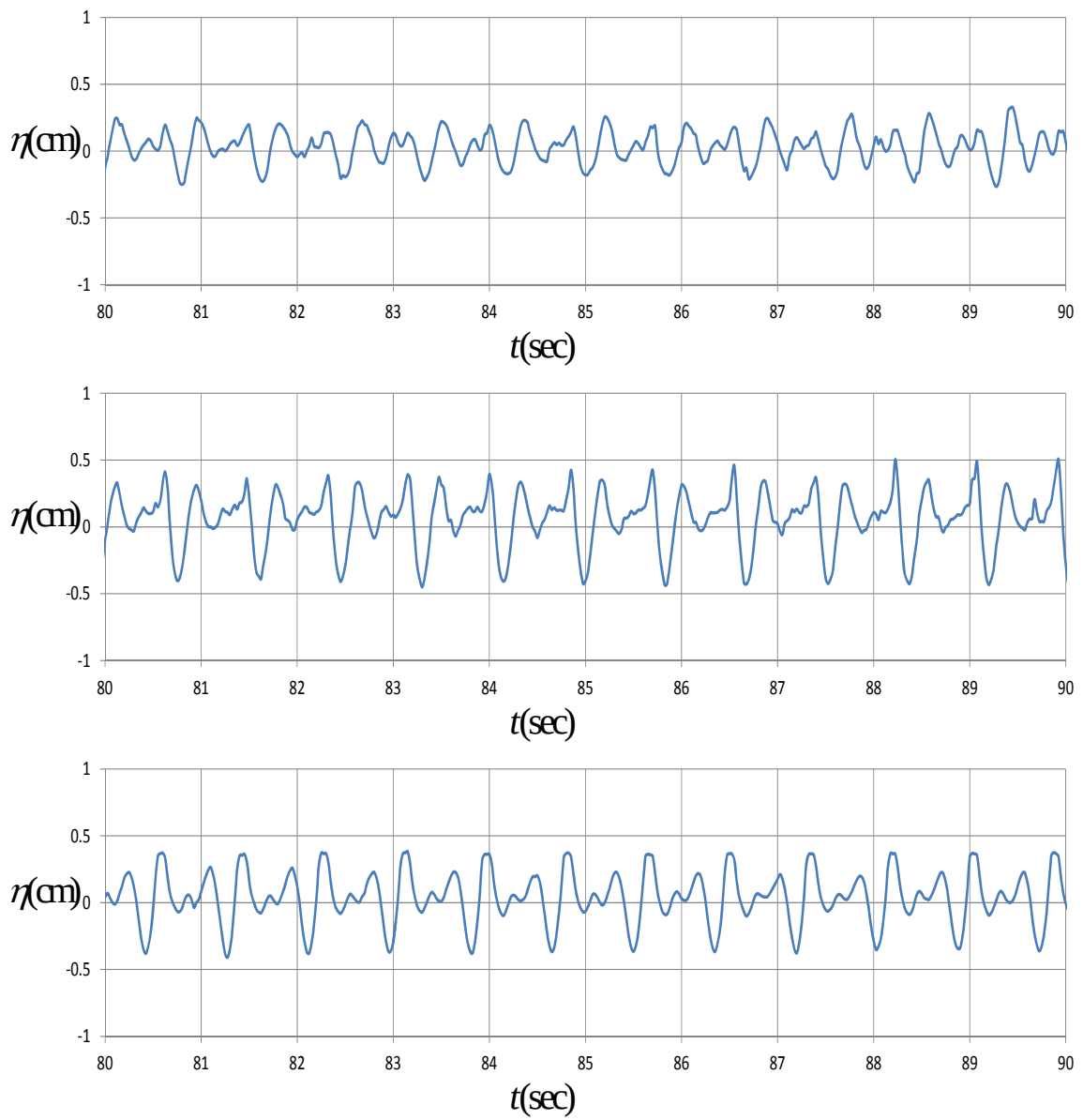


圖 4.10 水位時序列資料三，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 0.85 秒，波高 0.82 cm，模型船吃水 4.1 cm）

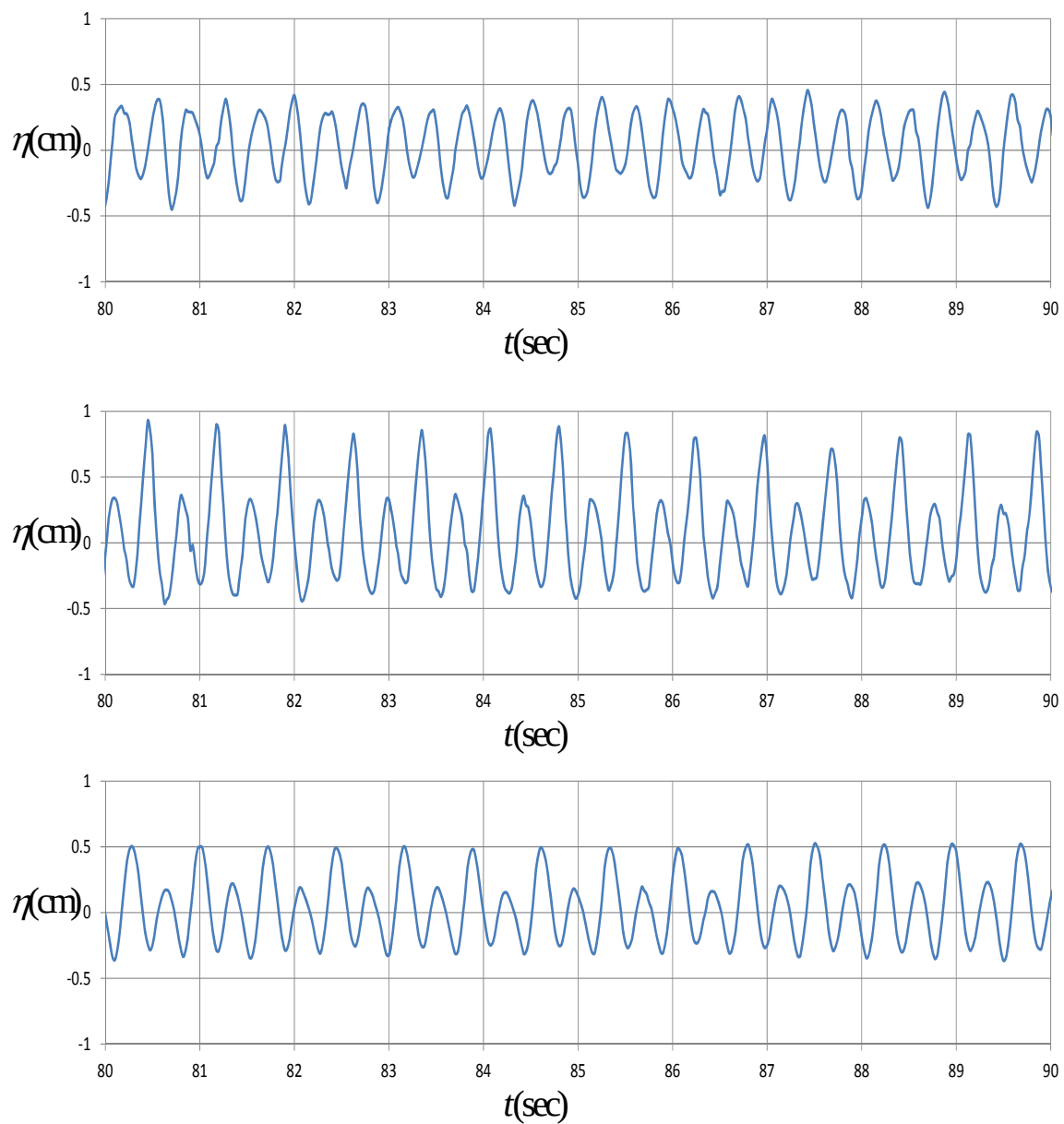


圖 4.11 水位時序列資料四，由上而下分別為第一支、第二支、第三支
波高計（週期 0.73 秒，波高 1.14 cm，模型船吃水 4.1 cm）

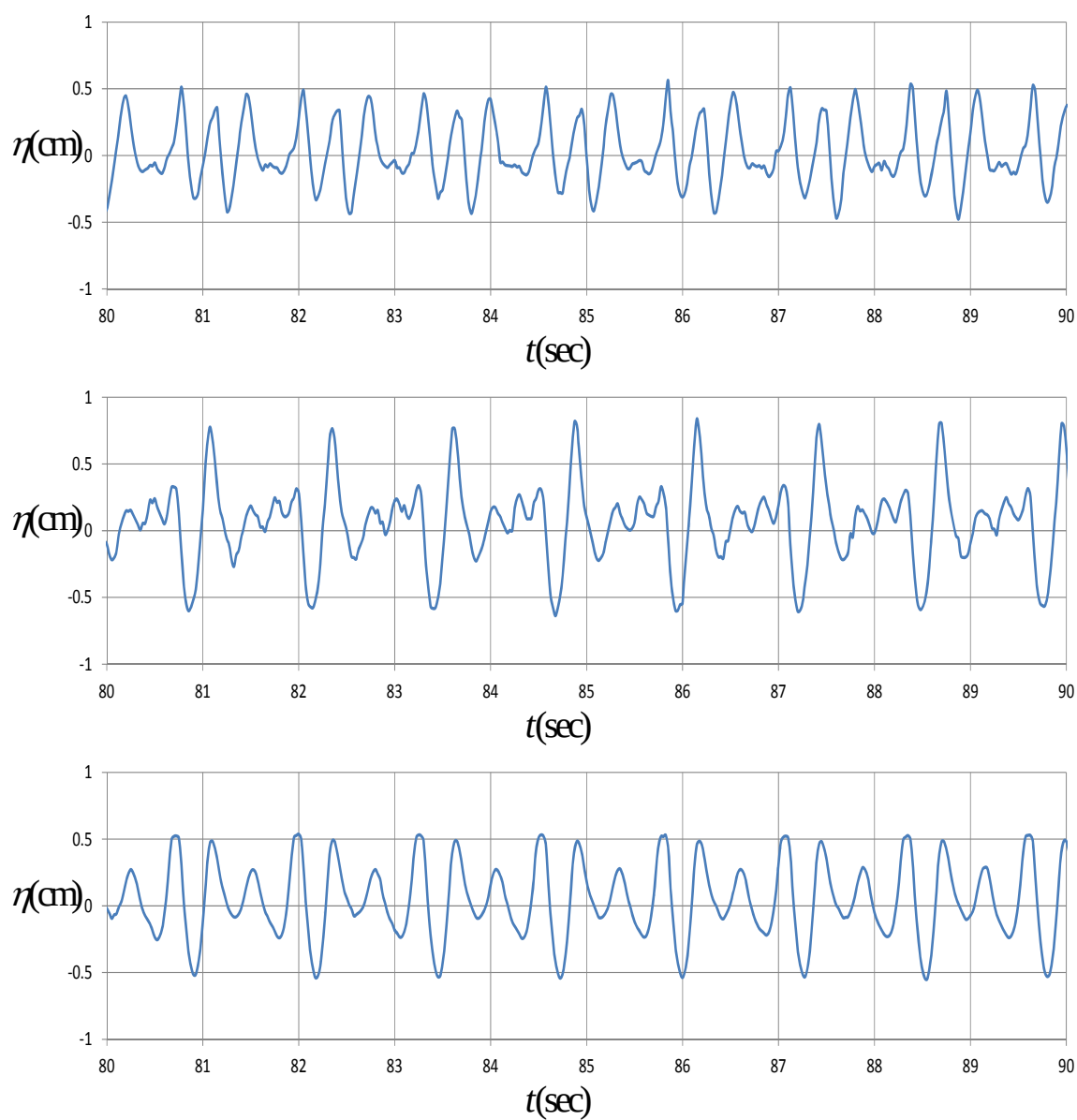


圖 4.12 水位時序列資料五，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 1.25 秒，波高 1.37 cm，模型船吃水 5.3 cm）

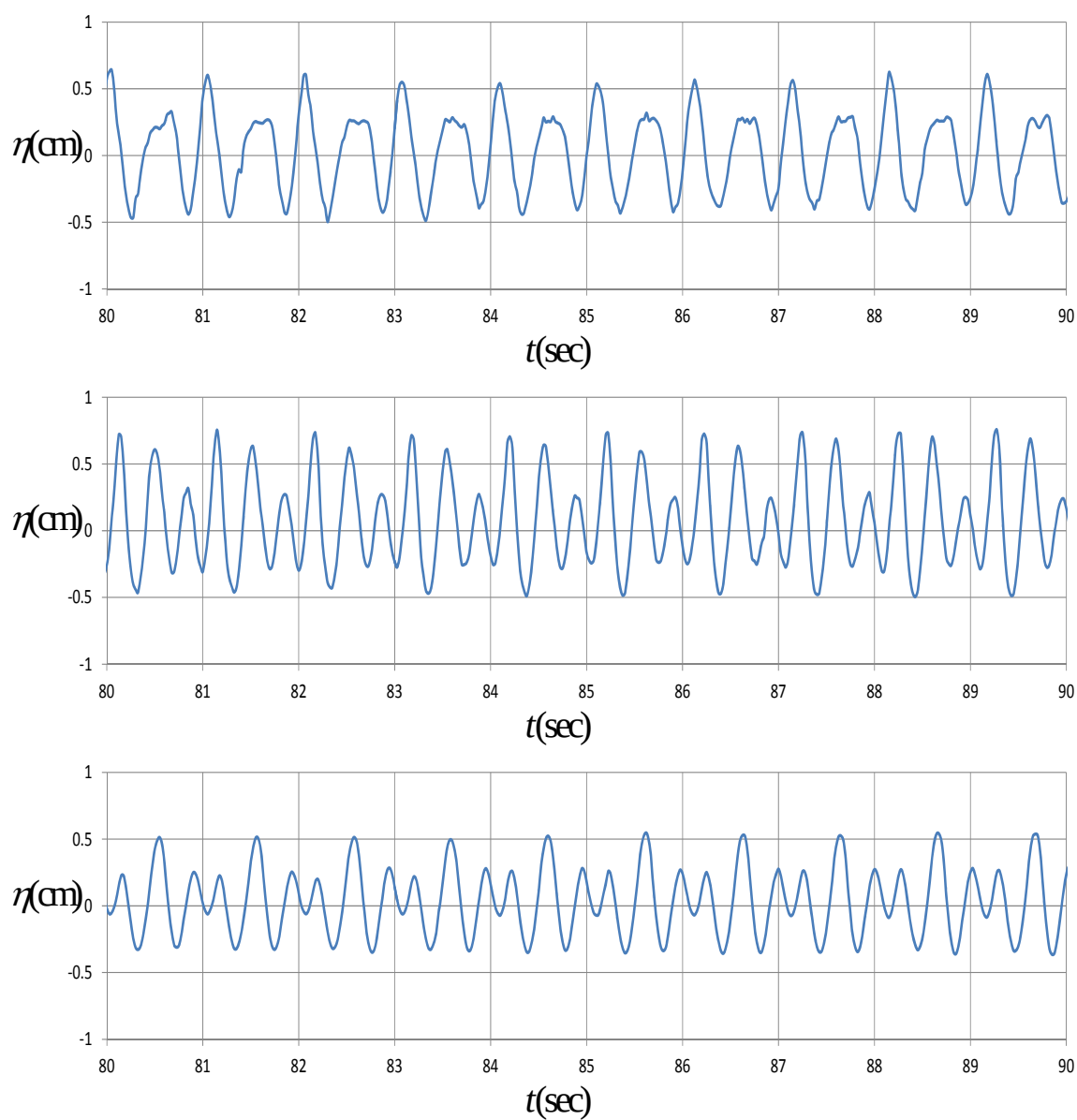


圖 4.13 水位時序列資料六，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 1 秒，波高 1.23 cm，模型船吃水 5.3 cm）

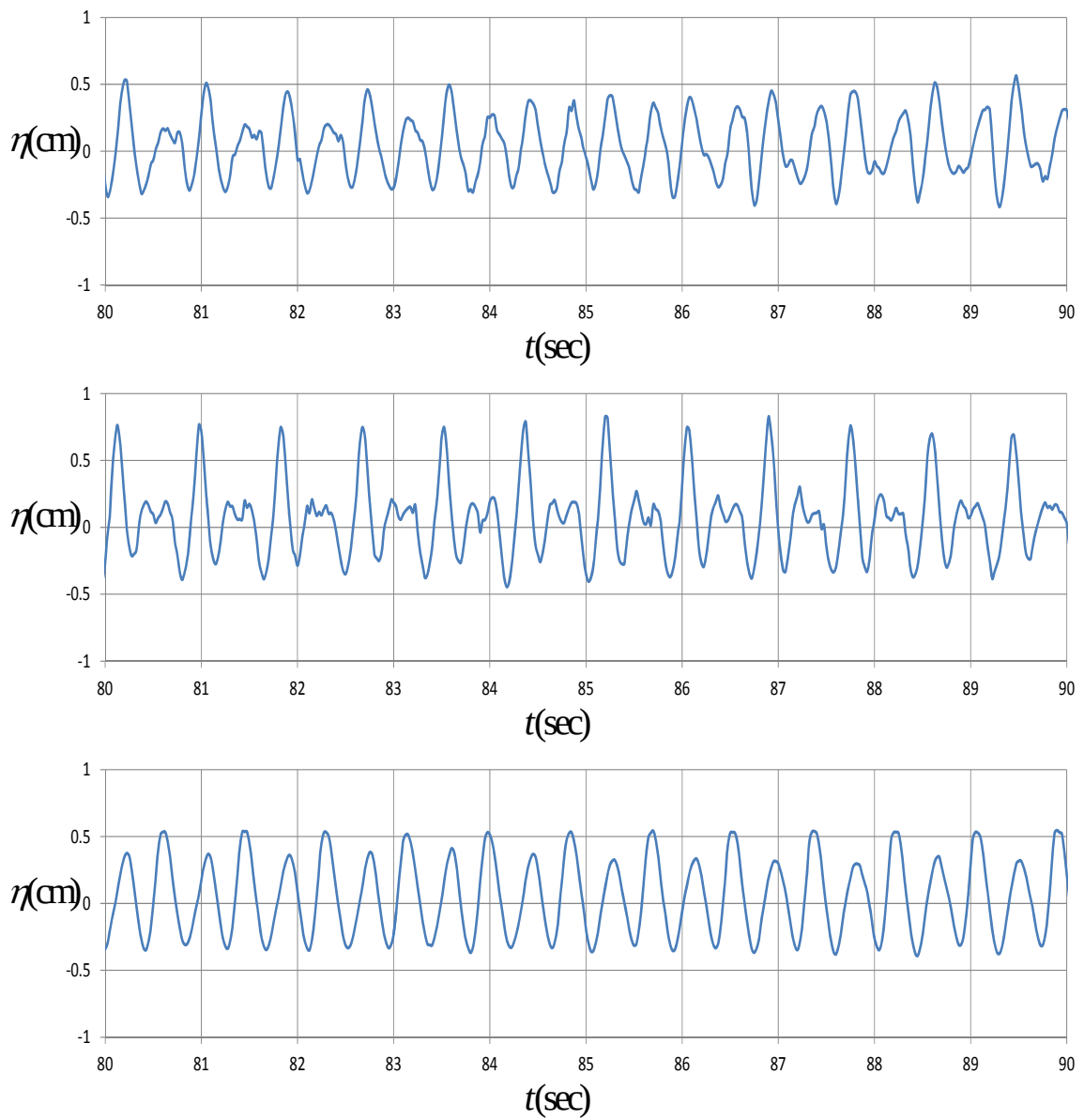


圖 4.14 水位時序列資料七，由上而下分別為第一支、第二支、第三支波高計（週期 0.85 秒，波高 1.22 cm，模型船吃水 5.3 cm）

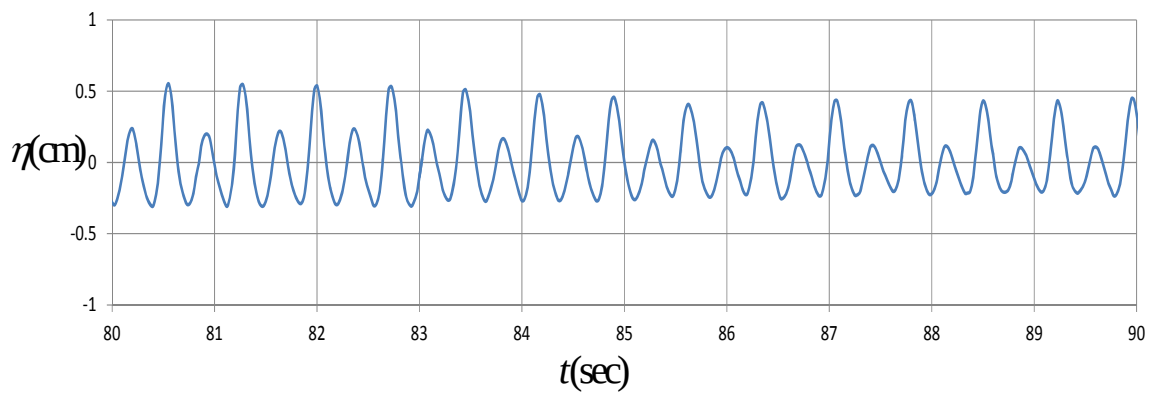
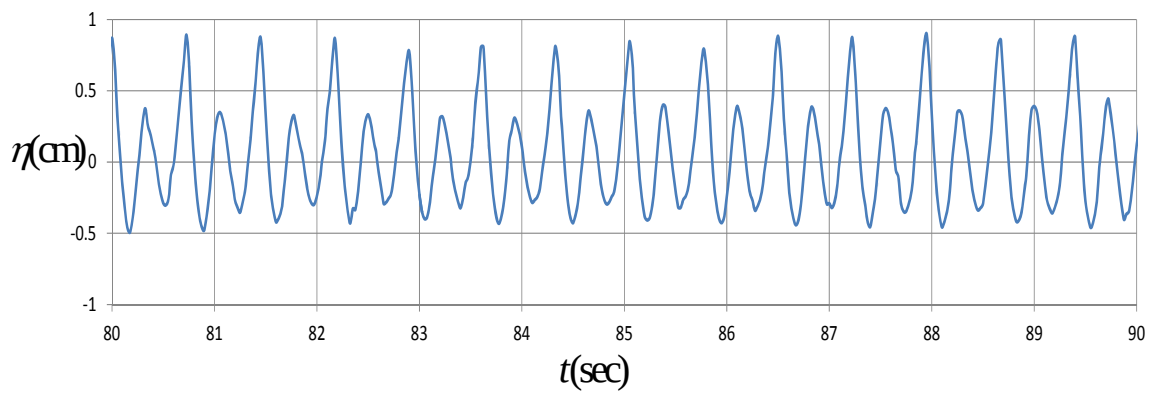
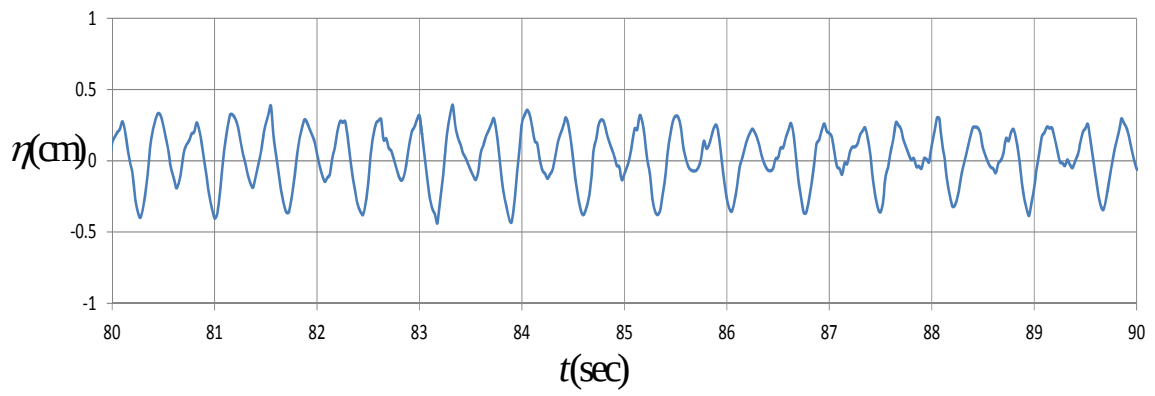


圖 4.15 水位時序列資料八，由上而下分別為第一支、第二支、第三支
波高計（週期 0.73 秒，波高 1.35 cm，模型船吃水 5.3 cm）

4.3 風力作用下之繫纜力量測

本研究乃是要探討在風力之作用下，船舶繫纜其纜繩的所受到最大之拉扯力。而為了要確實取得纜繩所受的拉扯力，本研究將船舶等比例縮小製作出模型船，將模型船安置於水槽的碼頭岸邊，纜繩的一端繫於船舶之繫纜樁上，另一端則穿過轉向環，繫於放置於岸邊的拉力計上。當船舶受到風力時，若沒有纜繩將其固定於碼頭繫纜樁上，則船身可能會因為風吹的關係而偏離碼頭。當纜繩無法承載拉扯力時，亦會因斷纜而釀災。

雖然船舶在風力作用下之總受力可參考相關文獻的公式來計算，但實際上船舶靠泊時的繫纜不只一條或兩條，無法像前幾節那樣直接用力平衡分析來算出一條或兩條纜繩的受力。實際的繫纜包含首纜、尾纜、前倒纜、後倒纜，可能會有 5 至 8 條。有時船公司為安全起見，船上同一個繫點到碼頭上的繫纜樁，一般只綁一條的，也會再多綁一條，故也有可能到 8 條以上甚至十幾條。即使能用相關文獻的公式算出船舶的總受力，但如何把這個總力分配到各條纜繩？哪一條受力會最大？最大是多少？不同風向作用下，可能有一部分纜繩不受力，而其它纜繩則特別受力，這些又如何去算？相信以目前的科技，要用基於物理定律之數值計算方法直接把各纜繩的受力求出來應該是沒有辦法。因此，本研究利用模型試驗的方式來產生樣本群集，再用類神經網路來分析，試圖迴歸出不同風力情境時的纜繩最大受力。

本計畫分別試驗貨櫃輪模型及油輪模型在不同載重、不同風向、不同風速、不同纜繩數之下，量取纜繩所受之最大拉力。說明如后。

4.3.1 貨櫃輪在風力作用下之繫纜力

本計畫在貨櫃輪的部分，考量以 8 條纜繩繫纜的方式，詳圖 4.16 所示。考量 3 種不同的載重，5 種風向，4 種不同的風速。合計 60 種情境。考量的方向，分別為與船軸中心線夾角 0 度、45 度、90 度、135 度，及 180 度。每種風向以 4 種不同的風速吹，風速的範圍為 7.21~10.68

m/s。以模型船縮尺 1/150，實體船長度 165m 來算，相當於現場風速 88~131 m/s，雖然驚人，實際風速不可能這麼大，但依據 Isherwood (1972) 之理論，只要確保模型尺寸比例正確，即式 (3-4) 及式 (3-5) 裡的 $\frac{A_L}{L_{OA}^2}$ 、 $\frac{A_T}{B^2}$ 、 $\frac{L_{OA}}{B}$ 、 $\frac{S}{L_{OA}}$ 、 $\frac{C}{L_{OA}}$ 、 θ 這幾個無因次參數一樣，則模型船和實體船的 C_x 就會一樣，船舶所受之 $F_x / \left(\frac{1}{2} C_x \rho_a V_a^2 A_T \right)$ 也會一樣。同樣的，模型船和實體船的 C_y 會一樣，船舶所受之 $F_y / \left(\frac{1}{2} C_y \rho_a V_a^2 A_L \right)$ 也會一樣，不需另外再考量模型船的 V_a 是否大到超過合理值。這一點在完成類神經網路數值模式的建置之後會再做進一步的測試。

由於肉眼判讀確實易有誤差，故讀取數據時皆再三確認避免看錯、抄錯數字等人為疏失。每一個情境，都進行三次的量測。每次吹風 2 分鐘後，關掉風扇電源，進行判讀並抄寫拉力計上的讀數。然後將拉力計上的拉力峰值歸 0，再重新開啟風扇電源，重複試驗，最後再把三次量測的結果取平均。量測結果詳表 4.4 所示。

由於只有製作一艘貨櫃輪的模型，船的長寬比、寬深比都是固定，加再上貨櫃堆疊上去之後，受風面積增加，但吃水增加，淨出水高減少，受力大小反而和淨出水高成負相關，故在貨櫃輪的分析上，改用

$$F_{\max} / (M_s g) = \Phi \left(\frac{H_{BR}}{L_{OA}}, \frac{V_a}{\sqrt{gL_{OA}}}, \theta \right) \quad (4-13)$$

來迴歸風速情境與纜繩受力之函數關係。未來若計畫持續進行，能夠再多製作 2 至 3 艘貨櫃輪模型，則應可獲得更多的樣本來建構風速情境與纜繩受力之函數關係。表 4.5 為貨櫃輪風力試驗所得到之無因次參數。

取表 4.5 中的第 1、第 6、第 11、第 16 這 4 個情境來看。同一艘船，吃水深度一樣，吹風角度也一樣，只差在吹風之風速不同，而結果量得的纜繩最大拉力也不同。這 4 個情境之風速分別為 10.08 m/s、9.52 m/s、8.22 m/s、7.32 m/s，而 8 條纜繩中，最大的受力分別為 0.192

kgf、0.170 kgf、0.130 kgf、0.093 kgf，可算出這四個情境的

$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$ ，分別為 1.23、1.22、1.25、1.12，4 個值非常接近。

因此，即使把模型試驗所採用之風速還原回現場的實境風速太大太驚人，對繫纜力預報數值模式之建構，並但不影響準確性，而反因風速大，力也大，在拉力計上面的讀數較易於判讀，會讓模式建構出來的輸出結果更加準確。

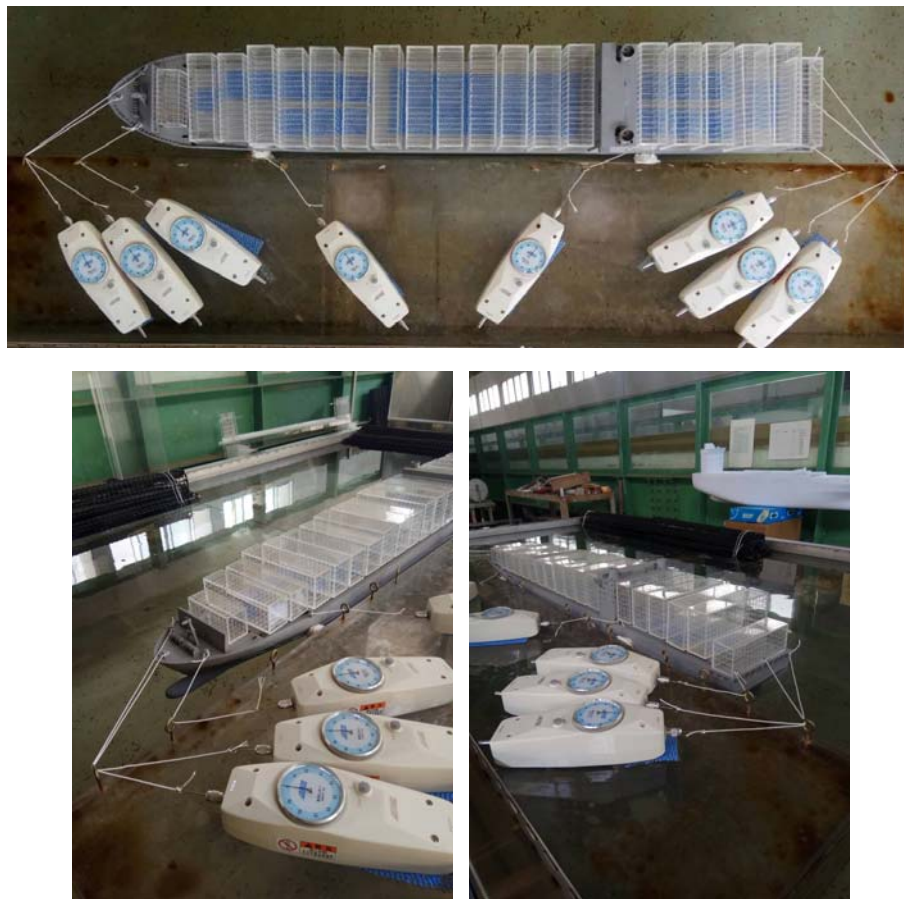


圖 4.16 貨櫃輪風力試驗之繫纜配置

表 4.4 貨櫃輪風力試驗之量測結果

情境編號	船舶質量(kg)	靠泊區水深 (m)	吃水深度 (m)	風向角 (度)	風速 (m/s)	纜繩受力(kg)							
						第1條	第2條	第3條	第4條	第5條	第6條	第7條	第8條
1	6.53	0.09	0.046	90	10.08	0.097	0.068	0.192	0.037	0.085	0.100	0.082	0.140
2	6.53	0.09	0.046	0	10.45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.028	0.000	0.000
3	6.53	0.09	0.046	180	10.34	0.000	0.000	0.057	0.032	0.003	0.002	0.033	0.028
4	6.53	0.09	0.046	45	10.48	0.065	0.042	0.095	0.013	0.033	0.030	0.035	0.068
5	6.53	0.09	0.046	135	10.25	0.075	0.053	0.167	0.028	0.060	0.078	0.080	0.140
6	6.53	0.09	0.046	90	9.52	0.082	0.055	0.170	0.032	0.067	0.077	0.070	0.120
7	6.53	0.09	0.046	0	9.79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.023	0.000	0.000
8	6.53	0.09	0.046	180	9.47	0.000	0.000	0.047	0.022	0.000	0.000	0.020	0.022
9	6.53	0.09	0.046	45	9.61	0.057	0.035	0.078	0.012	0.030	0.027	0.025	0.058
10	6.53	0.09	0.046	135	9.41	0.065	0.048	0.132	0.028	0.037	0.058	0.070	0.118
11	6.53	0.09	0.046	90	8.22	0.065	0.038	0.130	0.018	0.047	0.055	0.055	0.098
12	6.53	0.09	0.046	0	8.83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.012	0.000	0.000
13	6.53	0.09	0.046	180	8.31	0.000	0.000	0.032	0.027	0.000	0.000	0.012	0.017
14	6.53	0.09	0.046	45	8.60	0.047	0.028	0.060	0.003	0.027	0.018	0.020	0.048
15	6.53	0.09	0.046	135	8.39	0.040	0.028	0.087	0.010	0.015	0.035	0.050	0.095
16	6.53	0.09	0.046	90	7.32	0.050	0.030	0.093	0.008	0.028	0.030	0.042	0.075
17	6.53	0.09	0.046	0	7.58	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000
18	6.53	0.09	0.046	180	7.47	0.000	0.000	0.023	0.013	0.000	0.000	0.008	0.013
19	6.53	0.09	0.046	45	7.41	0.033	0.020	0.050	0.000	0.022	0.015	0.017	0.043
20	6.53	0.09	0.046	135	7.21	0.038	0.025	0.050	0.000	0.005	0.020	0.040	0.083

表 4.4 貨櫃輪風力試驗之量測結果（續 1）

情境編號	船舶質量(kg)	靠泊區水深 (m)	吃水深度 (m)	風向角 (度)	風速 (m/s)	纜繩受力(kg)							
						第1條	第2條	第3條	第4條	第5條	第6條	第7條	第8條
21	5.5	0.09	0.036	90	10.54	0.068	0.040	0.082	0.050	0.032	0.038	0.052	0.083
22	5.5	0.09	0.036	0	10.16	0.010	0.005	0.000	0.000	0.023	0.030	0.000	0.000
23	5.5	0.09	0.036	180	10.25	0.000	0.000	0.037	0.040	0.000	0.000	0.020	0.022
24	5.5	0.09	0.036	45	10.28	0.052	0.030	0.052	0.027	0.033	0.035	0.028	0.058
25	5.5	0.09	0.036	135	10.16	0.065	0.037	0.085	0.028	0.028	0.042	0.067	0.103
26	5.5	0.09	0.036	90	9.55	0.057	0.035	0.067	0.038	0.032	0.032	0.045	0.075
27	5.5	0.09	0.036	0	9.61	0.010	0.005	0.000	0.000	0.018	0.025	0.000	0.000
28	5.5	0.09	0.036	180	9.44	0.000	0.000	0.032	0.032	0.000	0.000	0.013	0.017
29	5.5	0.09	0.036	45	9.67	0.042	0.025	0.035	0.022	0.027	0.030	0.022	0.048
30	5.5	0.09	0.036	135	9.23	0.050	0.028	0.068	0.030	0.020	0.035	0.047	0.092
31	5.5	0.09	0.036	90	8.34	0.045	0.025	0.052	0.030	0.025	0.027	0.038	0.065
32	5.5	0.09	0.036	0	8.83	0.005	0.000	0.000	0.000	0.012	0.018	0.000	0.000
33	5.5	0.09	0.036	180	8.74	0.000	0.000	0.027	0.023	0.000	0.000	0.012	0.017
34	5.5	0.09	0.036	45	8.74	0.032	0.018	0.028	0.018	0.018	0.023	0.017	0.042
35	5.5	0.09	0.036	135	8.28	0.038	0.020	0.048	0.015	0.017	0.030	0.045	0.072
36	5.5	0.09	0.036	90	7.52	0.035	0.020	0.040	0.014	0.015	0.017	0.032	0.047
37	5.5	0.09	0.036	0	7.44	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000
38	5.5	0.09	0.036	180	7.64	0.000	0.000	0.018	0.015	0.000	0.000	0.007	0.008
39	5.5	0.09	0.036	45	7.50	0.023	0.010	0.018	0.013	0.013	0.013	0.010	0.027
40	5.5	0.09	0.036	135	7.21	0.030	0.015	0.033	0.010	0.010	0.015	0.035	0.057

表 4.4 貨櫃輪風力試驗之量測結果（續 2）

情境編號	船舶質量(kg)	靠泊區水深 (m)	吃水深度 (m)	風向角 (度)	風速 (m/s)	纜繩受力(kg)							
						第1條	第2條	第3條	第4條	第5條	第6條	第7條	第8條
41	4.4	0.09	0.029	90	10.34	0.037	0.027	0.055	0.040	0.015	0.020	0.017	0.033
42	4.4	0.09	0.029	0	10.68	0.010	0.007	0.000	0.000	0.062	0.038	0.000	0.000
43	4.4	0.09	0.029	180	10.02	0.000	0.000	0.032	0.040	0.000	0.000	0.022	0.018
44	4.4	0.09	0.029	45	10.57	0.050	0.028	0.040	0.012	0.028	0.038	0.010	0.030
45	4.4	0.09	0.029	135	10.28	0.035	0.023	0.070	0.048	0.022	0.030	0.035	0.045
46	4.4	0.09	0.029	90	9.52	0.033	0.017	0.047	0.035	0.012	0.017	0.010	0.018
47	4.4	0.09	0.029	0	9.73	0.005	0.005	0.000	0.000	0.055	0.027	0.000	0.000
48	4.4	0.09	0.029	180	9.64	0.000	0.000	0.025	0.033	0.000	0.000	0.018	0.017
49	4.4	0.09	0.029	45	9.67	0.042	0.027	0.035	0.010	0.020	0.030	0.008	0.025
50	4.4	0.09	0.029	135	9.50	0.032	0.022	0.058	0.038	0.015	0.028	0.030	0.042
51	4.4	0.09	0.029	90	8.57	0.027	0.015	0.042	0.028	0.008	0.010	0.005	0.013
52	4.4	0.09	0.029	0	8.77	0.002	0.002	0.000	0.000	0.037	0.017	0.000	0.000
53	4.4	0.09	0.029	180	8.63	0.000	0.000	0.020	0.025	0.000	0.000	0.015	0.013
54	4.4	0.09	0.029	45	8.74	0.030	0.017	0.017	0.005	0.017	0.027	0.007	0.018
55	4.4	0.09	0.029	135	8.54	0.023	0.017	0.042	0.025	0.015	0.022	0.022	0.030
56	4.4	0.09	0.029	90	7.67	0.018	0.010	0.037	0.023	0.005	0.007	0.002	0.003
57	4.4	0.09	0.029	0	7.90	0.002	0.000	0.000	0.000	0.025	0.010	0.000	0.000
58	4.4	0.09	0.029	180	7.84	0.000	0.000	0.010	0.017	0.000	0.000	0.007	0.010
59	4.4	0.09	0.029	45	7.21	0.017	0.008	0.010	0.003	0.005	0.010	0.000	0.007
60	4.4	0.09	0.029	135	7.35	0.015	0.007	0.030	0.017	0.008	0.010	0.012	0.023

表 4.5 貨櫃輪風力試驗之無因次參數值

情境編號	$F_{\max} / (M_s g)$	H_{BR} / L_{OA}	$V_a / \sqrt{g L_{OA}}$	θ	情境編號	$F_{\max} / (M_s g)$	H_{BR} / L_{OA}	$V_a / \sqrt{g L_{OA}}$	θ
1	0.0294	0.1464	3.067	90	21	0.0152	0.1400	3.208	90
2	0.0046	0.1464	3.182	0	22	0.0055	0.1400	3.094	0
3	0.0087	0.1464	3.147	180	23	0.0073	0.1400	3.120	180
4	0.0145	0.1464	3.191	45	24	0.0106	0.1400	3.129	45
5	0.0255	0.1464	3.120	135	25	0.0188	0.1400	3.094	135
6	0.0260	0.1464	2.899	90	26	0.0136	0.1400	2.908	90
7	0.0036	0.1464	2.979	0	27	0.0045	0.1400	2.926	0
8	0.0071	0.1464	2.882	180	28	0.0058	0.1400	2.873	180
9	0.0120	0.1464	2.926	45	29	0.0088	0.1400	2.944	45
10	0.0202	0.1464	2.864	135	30	0.0167	0.1400	2.811	135
11	0.0199	0.1464	2.502	90	31	0.0118	0.1400	2.538	90
12	0.0018	0.1464	2.688	0	32	0.0033	0.1400	2.688	0
13	0.0048	0.1464	2.529	180	33	0.0048	0.1400	2.661	180
14	0.0092	0.1464	2.617	45	34	0.0076	0.1400	2.661	45
15	0.0145	0.1464	2.555	135	35	0.0130	0.1400	2.520	135
16	0.0143	0.1464	2.229	90	36	0.0085	0.1400	2.290	90
17	0.0008	0.1464	2.308	0	37	0.0015	0.1400	2.264	0
18	0.0036	0.1464	2.273	180	38	0.0033	0.1400	2.326	180
19	0.0077	0.1464	2.255	45	39	0.0048	0.1400	2.282	45
20	0.0128	0.1464	2.193	135	40	0.0103	0.1400	2.193	135

表 4.5 貨櫃輪風力試驗之無因次參數值(續)

情境編號	$F_{\max} / (M_s g)$	H_{BR} / L_{OA}	$V_a / \sqrt{g L_{OA}}$	θ	情境編號	$F_{\max} / (M_s g)$	H_{BR} / L_{OA}	$V_a / \sqrt{g L_{OA}}$	θ
41	0.0125	0.1309	3.147	90	51	0.0095	0.1309	2.608	90
42	0.0140	0.1309	3.253	0	52	0.0083	0.1309	2.670	0
43	0.0091	0.1309	3.050	180	53	0.0057	0.1309	2.626	180
44	0.0114	0.1309	3.217	45	54	0.0068	0.1309	2.661	45
45	0.0159	0.1309	3.129	135	55	0.0095	0.1309	2.599	135
46	0.0106	0.1309	2.899	90	56	0.0083	0.1309	2.335	90
47	0.0125	0.1309	2.961	0	57	0.0057	0.1309	2.405	0
48	0.0076	0.1309	2.935	180	58	0.0038	0.1309	2.388	180
49	0.0095	0.1309	2.944	45	59	0.0038	0.1309	2.193	45
50	0.0133	0.1309	2.891	135	60	0.0068	0.1309	2.238	135

4.3.2 油輪在風力作用下之繫纜力

本研究在油輪的部分，考量兩種繫纜的方式。第一種，為首纜、尾纜、前倒纜、後倒纜各 2 條，合計 8 條，和貨櫃輪試驗的纜繩數相同，但配置略有不同。第二種，則為首纜 2 條，尾纜 2 條，加前倒纜 1 條，合計 5 條。纜繩繫纜的方式，詳圖 4.17 及圖 4.18 所示。



圖 4.17 油輪風力試驗之繫纜配置（8 條）

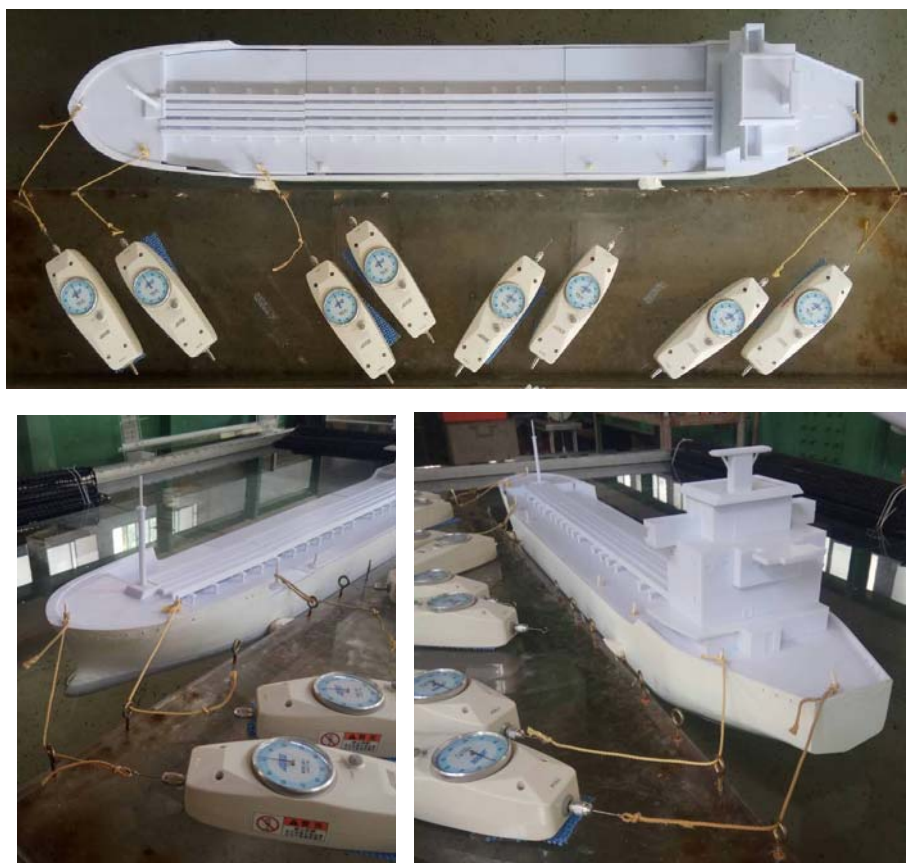


圖 4.18 油輪風力試驗之繫纜配置（5 條）

考量 3 種不同的吃水深度，5 種風向，4 種不同的風速，繫纜 8 條的有 60 個情境，繫纜 5 條的也有 60 個情境。另外，由於貨櫃輪於甲板上無貨物時，基本上其受風力作用之型態和油輪的類似，另外也針對貨櫃輪在和油輪一樣的風速風向情境下，量取拉力資料，並納入分析。為確保有足夠的樣本群集大小，在繫纜 8 條與繫纜 5 條的條件再另外多做 12 個情境之量測，故各有 92 個情境。碼頭出水高為 1 cm。

考量的方向，分別為與船軸中心線夾角 0 度、45 度、90 度、135 度，及 180 度。每種風向以 4 種不同的風速吹，風速的範圍為 3.8~8.43 m/s。以模型船縮尺 1/100，實體船長度 120m 來算，相當於現場風速 38~84.3 m/s，大約是蒲福風級之 12 級風至 17 級以上的風速。如同前面之論述，依據 Isherwood (1972) 之理論，只要確保模型尺寸比例正

確，即式(3-4)及式(3-5)裡的 $\frac{A_L}{L_{OA}^2}$ 、 $\frac{A_T}{B^2}$ 、 $\frac{L_{OA}}{B}$ 、 $\frac{S}{L_{OA}}$ 、 $\frac{C}{L_{OA}}$ 、 θ 這幾個無因次參數一樣，則模型船和實體船的 C_x 就會一樣，船舶所受之 $F_x / \left(\frac{1}{2} C_x \rho_a V_a^2 A_T \right)$ 也會一樣。同樣的，模型船和實體船的 C_y 會一樣，船舶所受之 $F_y / \left(\frac{1}{2} C_y \rho_a V_a^2 A_L \right)$ 也會一樣，不需另外再考量模型船的 V_a 是否大到超過合理值。這一點在完成類神經網路數值模式的建置之後會再做進一步的測試。量測結果詳表 4.6 及表 4.7 所示。

由於樣本的船型仍然太少，只有兩艘，且用 L_{OA} 當基底參數，其前式(4-12)的前 4 個無因次參數的值都很接近 0，這樣在進行類神經網路訓練時，要花比較久的時間才會收斂。用 L_{OA} 當基底參數和用 B 當基底參數，所得結果差異不大，但若用 B 當基底參數，可使無因次參數值的範圍變得大一點，後續類神經網路在訓練時能更快收斂。因此，在這裡改成用 B 當基底參數，故式(4-12)可改寫成

$$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right) = \Phi \left(\frac{L_{OA}}{B}, \frac{H_{BR}}{B}, \frac{H_{SR}}{B}, \frac{H_D}{B}, \theta \right) \quad (4-14)$$

各無因次參數值詳列如表 4.7 及表 4.8 所示。

原本一艘船有只有一個 $\frac{L_{OA}}{B}$ ，碼頭出水高 1 cm，對應的也只有一個 $\frac{H_D}{B}$ ，而 $\frac{H_{SR}}{B}$ 和 $\frac{H_{BR}}{B}$ 則互為相依參數。把兩艘船的無因次參數放在同一個表之後，這幾個無因次參數的值則變得較為多元。雖然只有兩艘船的參數，尚嫌不足，但仍可從中找到各參數對纜繩最大拉力值影響之規律。相關分析結果，在下一章有進一步的說明。

表 4.6 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果
(繫纜 8 條)

代號	L_{OA}	B	H_D	H_{BR}	H_{SR}	V_a	θ	D_s	F_{max}
單位	m	m	m	m	m	m/s	degree	m	kg
1	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.300	0	0.029	0.0000
2	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.300	0	0.029	0.0067
3	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.400	0	0.029	0.0200
4	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.300	0	0.029	0.0300
5	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.333	45	0.029	0.0050
6	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.300	45	0.029	0.0200
7	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.300	45	0.029	0.0367
8	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.333	45	0.029	0.0500
9	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.167	90	0.029	0.0067
10	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.167	90	0.029	0.0217
11	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.100	90	0.029	0.0300
12	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.167	90	0.029	0.0417
13	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.100	135	0.029	0.0133
14	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.033	135	0.029	0.0250
15	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.167	135	0.029	0.0367
16	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.133	135	0.029	0.0517
17	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.133	180	0.029	0.0017
18	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.133	180	0.029	0.0033
19	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.233	180	0.029	0.0050
20	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.200	180	0.029	0.0100
21	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.800	0	0.030	0.0100
22	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.967	0	0.030	0.0250
23	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.100	0	0.030	0.0283
24	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	8.433	0	0.030	0.0467
25	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.533	45	0.030	0.0300
26	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.600	45	0.030	0.0467
27	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.433	45	0.030	0.0583
28	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.867	45	0.030	0.0717
29	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.533	45	0.030	0.0300
30	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.600	45	0.030	0.0467
31	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.533	45	0.030	0.0583

表 4.6 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果
(繫纜 8 條，續 1)

代號	L_{OA}	B	H_D	H_{BR}	H_{SR}	V_a	θ	D_s	F_{max}
單位	m	m	m	m	m	m/s	degree	m	kg
32	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.800	45	0.030	0.0717
33	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.700	90	0.030	0.0517
34	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.733	90	0.030	0.0767
35	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.700	90	0.030	0.0983
36	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.700	90	0.030	0.1233
37	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.433	135	0.030	0.0250
38	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.200	135	0.030	0.0400
39	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.300	135	0.030	0.0583
40	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	8.000	135	0.030	0.0833
41	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.500	135	0.030	0.0283
42	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.600	135	0.030	0.0500
43	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.600	135	0.030	0.0650
44	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.800	135	0.030	0.0767
45	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.333	180	0.030	0.0167
46	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.833	180	0.030	0.0267
47	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.433	180	0.030	0.0333
48	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.867	180	0.030	0.0433
49	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.367	180	0.030	0.0600
50	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.700	180	0.030	0.0667
51	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.667	180	0.030	0.0883
52	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	8.067	180	0.030	0.0933
53	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.433	0	0.041	0.0000
54	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.467	0	0.041	0.0050
55	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.300	0	0.041	0.0167
56	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.633	0	0.041	0.0317
57	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.200	45	0.041	0.0050
58	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.500	45	0.041	0.0350
59	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.700	45	0.041	0.0283
60	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.800	45	0.041	0.0550
61	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.433	90	0.041	0.0200
62	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.467	90	0.041	0.0333

表 4.6 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果
(繫纜 8 條，續 2)

代號	L_{OA}	B	H_D	H_{BR}	H_{SR}	V_a	θ	D_s	F_{max}
單位	m	m	m	m	m	m/s	degree	m	kg
63	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.300	90	0.041	0.0517
64	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.633	90	0.041	0.0650
65	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.267	135	0.041	0.0200
66	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.367	135	0.041	0.0300
67	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.400	135	0.041	0.0500
68	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.300	135	0.041	0.0650
69	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.533	180	0.041	0.0167
70	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.600	180	0.041	0.0300
71	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.667	180	0.041	0.0367
72	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.900	180	0.041	0.0550
73	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.767	0	0.053	0.0017
74	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.800	0	0.053	0.0100
75	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.900	0	0.053	0.0283
76	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	7.600	0	0.053	0.0383
77	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	3.967	45	0.053	0.0067
78	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.000	45	0.053	0.0250
79	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.000	45	0.053	0.0350
80	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	7.000	45	0.053	0.0533
81	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	3.800	90	0.053	0.0200
82	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.800	90	0.053	0.0267
83	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.900	90	0.053	0.0383
84	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.700	90	0.053	0.0550
85	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.600	135	0.053	0.0150
86	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.600	135	0.053	0.0217
87	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.900	135	0.053	0.0333
88	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	7.500	135	0.053	0.0433
89	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.533	180	0.053	0.0100
90	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.700	180	0.053	0.0300
91	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.800	180	0.053	0.0517
92	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	7.967	180	0.053	0.0683

表 4.7 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果
(繫纜 5 條)

代號	L_{OA}	B	H_D	H_{BR}	H_{SR}	V_a	θ	D_s	F_{max}
單位	m	m	m	m	m	m/s	degree	m	kg
1	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.300	0	0.029	0.0000
2	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.300	0	0.029	0.0083
3	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.300	0	0.029	0.0233
4	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.333	0	0.029	0.0317
5	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.333	45	0.029	0.0017
6	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.300	45	0.029	0.0050
7	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.300	45	0.029	0.0133
8	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.300	45	0.029	0.0267
9	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.300	90	0.029	0.0083
10	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.300	90	0.029	0.0200
11	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.300	90	0.029	0.0317
12	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.300	90	0.029	0.0400
13	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.300	135	0.029	0.0050
14	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.300	135	0.029	0.0200
15	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.333	135	0.029	0.0250
16	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.100	135	0.029	0.0383
17	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	4.200	180	0.029	0.0017
18	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	5.233	180	0.029	0.0100
19	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	6.233	180	0.029	0.0200
20	1.100	0.153	0.010	0.161	0.066	7.300	180	0.029	0.0300
21	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.800	0	0.030	0.0217
22	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.033	0	0.030	0.0250
23	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.233	0	0.030	0.0383
24	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	8.233	0	0.030	0.0533
25	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.567	45	0.030	0.0300
26	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.600	45	0.030	0.0517
27	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.800	45	0.030	0.0800
28	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.767	45	0.030	0.0883
29	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.533	90	0.030	0.0400
30	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.667	90	0.030	0.0700
31	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.667	90	0.030	0.0700

表 4.7 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果
(繫纜 5 條，續 1)

代號	L_{OA}	B	H_D	H_{BR}	H_{SR}	V_a	θ	D_s	F_{max}
單位	m	m	m	m	m	m/s	degree	m	kg
32	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	8.033	90	0.030	0.0917
33	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.000	135	0.030	0.0217
34	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.233	135	0.030	0.0350
35	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.567	135	0.030	0.0617
36	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.367	135	0.030	0.0900
37	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.567	135	0.030	0.0350
38	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.533	135	0.030	0.0533
39	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.300	135	0.030	0.0700
40	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	7.300	135	0.030	0.0967
41	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.633	180	0.030	0.0050
42	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	4.933	180	0.030	0.0050
43	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.700	180	0.030	0.0300
44	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	5.967	180	0.030	0.0200
45	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.800	180	0.030	0.0550
46	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	6.933	180	0.030	0.0350
47	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	8.067	180	0.030	0.0850
48	1.200	0.190	0.010	0.240	0.092	8.067	180	0.030	0.0633
49	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.800	0	0.041	0.0217
50	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.100	0	0.041	0.0317
51	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.300	0	0.041	0.0467
52	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	8.100	0	0.041	0.0583
53	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.733	45	0.041	0.0167
54	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.967	45	0.041	0.0317
55	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.967	45	0.041	0.0517
56	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.833	45	0.041	0.0733
57	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.300	45	0.041	0.0367
58	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.500	45	0.041	0.0600
59	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.133	45	0.041	0.0833
60	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	8.300	45	0.041	0.1067
61	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.133	90	0.041	0.0200
62	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.233	90	0.041	0.0350

表 4.7 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之風力試驗量測結果
(繫纜 5 條，續 2)

代號	L_{OA}	B	H_D	H_{BR}	H_{SR}	V_a	θ	D_s	F_{max}
單位	m	m	m	m	m	m/s	degree	m	kg
63	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.667	90	0.041	0.0533
64	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.900	90	0.041	0.0667
65	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.300	135	0.041	0.0233
66	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.300	135	0.041	0.0383
67	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.267	135	0.041	0.0617
68	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.400	135	0.041	0.0833
69	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	4.600	180	0.041	0.0167
70	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	5.733	180	0.041	0.0350
71	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	6.800	180	0.041	0.0533
72	1.200	0.190	0.010	0.229	0.081	7.833	180	0.041	0.0783
73	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.800	0	0.053	0.0217
74	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.833	0	0.053	0.0333
75	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.900	0	0.053	0.0533
76	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	7.500	0	0.053	0.0633
77	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.000	45	0.053	0.0200
78	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.033	45	0.053	0.0317
79	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.000	45	0.053	0.0500
80	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.900	45	0.053	0.0683
81	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.133	90	0.053	0.0200
82	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.800	90	0.053	0.0300
83	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.900	90	0.053	0.0500
84	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.600	90	0.053	0.0650
85	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.700	135	0.053	0.0200
86	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.567	135	0.053	0.0317
87	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.833	135	0.053	0.0467
88	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	7.500	135	0.053	0.0633
89	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	4.667	180	0.053	0.0200
90	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	5.767	180	0.053	0.0350
91	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	6.900	180	0.053	0.0550
92	1.200	0.190	0.010	0.217	0.069	7.967	180	0.053	0.0800

表 4.8 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值
(繫纜 8 條)

情境 編號	$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$	$\frac{L_{OA}}{B}$	$\frac{H_D}{B}$	$\frac{H_{BR}}{B}$	$\frac{H_{SR}}{B}$	θ
1	0.0000	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
2	0.1542	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
3	0.3172	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
4	0.3658	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
5	0.1730	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
6	0.4626	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
7	0.6002	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
8	0.6041	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
9	0.2495	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
10	0.5273	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
11	0.5238	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
12	0.5271	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
13	0.5153	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
14	0.6411	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
15	0.6265	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
16	0.6597	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
17	0.0634	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
18	0.0822	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
19	0.0836	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
20	0.1253	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
21	0.1829	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
22	0.2959	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
23	0.2368	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
24	0.2764	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
25	0.6150	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
26	0.6269	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
27	0.5938	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
28	0.4879	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
29	0.6150	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
30	0.6269	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
31	0.5758	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45

表 4.8 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值
(繫纜 8 條，續 1)

情境 編號	$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$	$\frac{L_{OA}}{B}$	$\frac{H_D}{B}$	$\frac{H_{BR}}{B}$	$\frac{H_{SR}}{B}$	θ
32	0.4963	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
33	0.9854	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90
34	0.9826	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90
35	0.9229	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90
36	0.8764	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90
37	0.5359	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
38	0.6232	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
39	0.6192	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
40	0.5486	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
41	0.5895	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
42	0.6717	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
43	0.6287	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
44	0.5309	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
45	0.3739	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
46	0.4809	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
47	0.4757	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
48	0.5304	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
49	0.6236	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
50	0.6257	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
51	0.6332	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
52	0.6043	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
53	0.0000	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
54	0.0705	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
55	0.1769	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
56	0.2290	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
57	0.1194	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
58	0.4875	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
59	0.2659	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
60	0.3809	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
61	0.4287	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90
62	0.4699	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90

表 4.8 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值
(繫纜 8 條，續 2)

情境 編號	$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$	$\frac{L_{OA}}{B}$	$\frac{H_D}{B}$	$\frac{H_{BR}}{B}$	$\frac{H_{SR}}{B}$	θ
63	0.5484	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90
64	0.4700	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90
65	0.4629	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
66	0.4388	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
67	0.5143	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
68	0.5139	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
69	0.3417	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
70	0.4030	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
71	0.3476	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
72	0.3713	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
73	0.0309	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
74	0.1252	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
75	0.2507	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
76	0.2796	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
77	0.1785	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
78	0.4213	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
79	0.4096	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
80	0.4586	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
81	0.5835	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
82	0.4876	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
83	0.4640	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
84	0.5162	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
85	0.2987	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
86	0.2911	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
87	0.2950	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
88	0.3246	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
89	0.2050	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180
90	0.3890	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180
91	0.4708	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180
92	0.4536	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180

表 4.9 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值
(繫纜 5 條)

情境 編號	$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$	$\frac{L_{OA}}{B}$	$\frac{H_D}{B}$	$\frac{H_{BR}}{B}$	$\frac{H_{SR}}{B}$	θ
1	0.0000	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
2	0.1927	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
3	0.3820	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
4	0.3826	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	0
5	0.0577	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
6	0.1156	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
7	0.2183	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
8	0.3251	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	45
9	0.2928	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
10	0.4626	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
11	0.5184	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
12	0.4877	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	90
13	0.1757	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
14	0.4626	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
15	0.4050	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
16	0.4941	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	135
17	0.0614	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
18	0.2372	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
19	0.3344	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
20	0.3658	7.1895	0.0654	1.0523	0.4314	180
21	0.3962	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
22	0.2894	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
23	0.3087	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
24	0.3315	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	0
25	0.6061	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
26	0.6941	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
27	0.7289	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
28	0.6170	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	45
29	0.8200	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90
30	0.9184	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90
31	0.6636	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90

表 4.9 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值
(繫纜 5 條，續 1)

情境 編號	$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$	$\frac{L_{OA}}{B}$	$\frac{H_D}{B}$	$\frac{H_{BR}}{B}$	$\frac{H_{SR}}{B}$	θ
32	0.5984	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	90
33	0.5705	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
34	0.5384	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
35	0.6025	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
36	0.6987	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
37	0.7071	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
38	0.7339	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
39	0.7431	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
40	0.7642	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	135
41	0.0981	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
42	0.0866	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
43	0.3890	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
44	0.2367	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
45	0.5011	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
46	0.3068	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
47	0.5503	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
48	0.4101	6.3158	0.0526	1.2632	0.4842	180
49	0.3962	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
50	0.3585	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
51	0.3689	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
52	0.3746	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	0
53	0.3134	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
54	0.3747	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
55	0.4485	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
56	0.5035	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
57	0.8355	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
58	0.8357	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
59	0.6900	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
60	0.6523	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	45
61	0.4932	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90
62	0.5384	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90

表 4.9 貨櫃輪無載貨及油輪 3 種不同吃水深之無因次參數值
(繫纜 5 條，續 2)

情境 編號	$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$	$\frac{L_{OA}}{B}$	$\frac{H_D}{B}$	$\frac{H_{BR}}{B}$	$\frac{H_{SR}}{B}$	θ
63	0.5056	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90
64	0.4500	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	90
65	0.5317	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
66	0.5749	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
67	0.6616	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
68	0.6411	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	135
69	0.3318	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
70	0.4486	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
71	0.4859	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
72	0.5378	6.3158	0.0526	1.2053	0.4263	180
73	0.3962	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
74	0.4127	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
75	0.4720	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
76	0.4744	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	0
77	0.5266	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
78	0.5266	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
79	0.5852	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
80	0.6047	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	45
81	0.4932	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
82	0.5486	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
83	0.6052	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
84	0.6287	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	90
85	0.3814	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
86	0.4305	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
87	0.4211	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
88	0.4744	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	135
89	0.3869	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180
90	0.4434	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180
91	0.4867	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180
92	0.5311	6.3158	0.0526	1.1421	0.3632	180

第五章 繫纜力預報模式之建置與測試

經利用水工模型試驗得到建構類神經網路數值模式所需之資料群集後，可將其用來建置繫纜力預報模式。

5.1 貨櫃輪繫纜力預報模式

5.1.1 類神經網路之訓練結果

經計算可得到貨櫃輪船總長：船寬=7.19、(淨出水高-乾舷出水高)：船總長=0.0864，繫纜 8 條之資料群集共 60 筆。由於資料有限，未來要應用本模式時，若船總長：船寬不是 7.17，或(淨出水高-乾舷出水高)：船總長不是 0.0864，或是纜繩數不是首纜加前倒纜有 4 條，尾纜加後倒纜也有 4 條，則模式無法準確算出最大纜繩受力。但只要符合這個長寬比、寬高比，繫纜之纜繩數也符合，淨出水高和船總長的比值也有在本計畫試驗的情境範圍之內，則不管風速是多少，都可算出合理且接近真值的最大纜繩受力。

為了進行繫纜力預報模式之建置，首先將這 60 個情境資料進行正規化，讓其值的範圍變成 0~1。比如 H_{BR}/L_{OA} 的值為 0.1309~0.1464，讓 $x_1 = (H_{BR}/L_{OA} - 0.1309)/(0.1464 - 0.1309)$ ，同樣也可得 $x_2 = (V_a/\sqrt{g L_{OA}} - 2.193)/(3.253 - 2.193)$ 及 $x_3 = \theta/180$ 之正規化結果。這三個正規化的參數，即為要餵給類神經網路輸入神經元的 data，同樣地用 $y = \left(\frac{F_{\max}}{M_s g} - 0.0008 \right) / (0.0294 - 0.0008)$ 來得到要餵給類神經網路輸出神經元的 data。這些數字的上、下限範圍，都可在表 4-5 找得到。

接下來，用亂數將這 60 個樣本分成兩群，第一群有 40 個樣本，第二群有 20 個樣本。然後第一群的樣本來進行類神經網路的訓練。

測試採用 2~6 個隱藏層神經元之架構，得知使用 5 個或 6 個隱藏層神經元，會有過度描述的現象，即當輸入為訓練樣本時，可得到相

當正確的輸出值，但若輸入為驗證用樣本時，則得到的輸出值誤差會很大。另若只採用 2 個或 3 個隱藏層神經元，則建構出來的類神經網路不足以準確描述 input 與 output 之間的複雜關聯。最後決定採用 4 個隱藏層神經元。圖 5.1 為類神經網路最後之訓練結果。訓練組之均方差為 0.0398。驗證組之均方差為 0.0464。其中，均方差之計算方式如下：

$$E_r = \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_{o,i} - y_{\text{result},i})^2 / N} \quad (5-1)$$

式中，下標 i 表是樣本在該群集之編號。N 是指樣本個數，比如訓練組，其樣本個數就是 40，而驗證組之樣本個數就是 20。下標 o 表示是量測得到的資料，而下標 result 則是計算的結果。

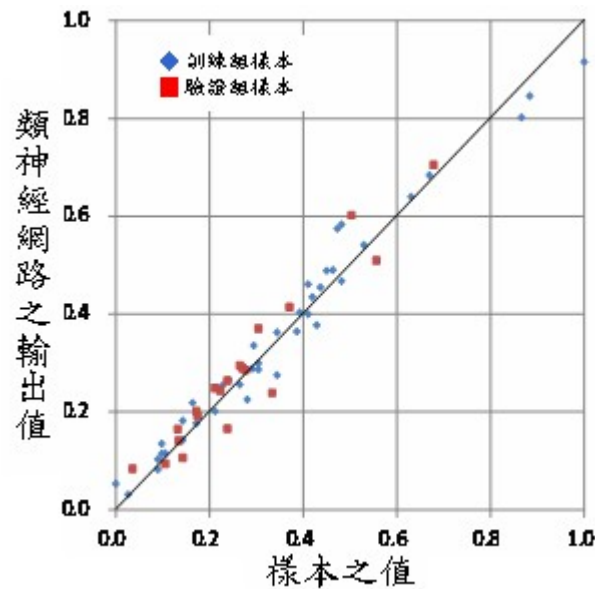


圖 5.1 貨櫃輪繫纜力預報模式之類神經網路訓練結果之一：正規化輸出值

將類神經網路之最後訓練結果還原為纜繩之最大受力，詳圖 5.2 所示，且計算整體相對誤差約為 10.9%。

$$E_{rr} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_{o,i} - y_{\text{result},i})^2 / \sum_{i=1}^N y_{o,i}^2} \quad (5-2)$$

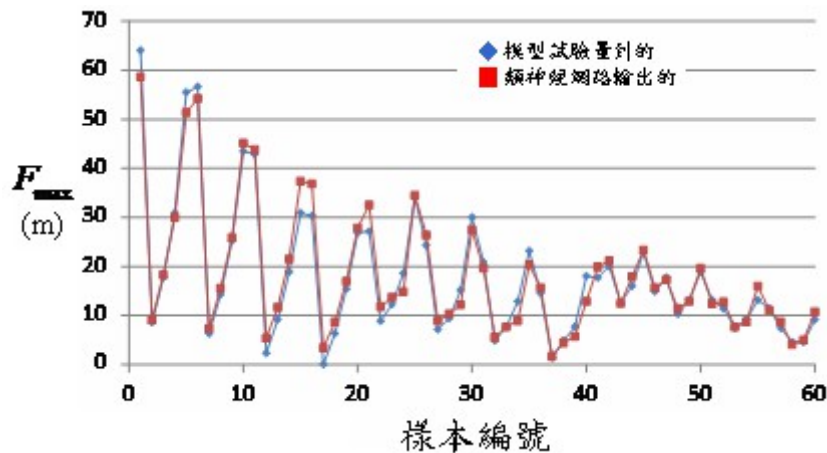


圖 5.2 貨櫃輪繫纜力預報模式之類神經網路訓練結果之二：將正規化輸出值還原為力的大小

5.1.2 繫纜力預報模式

預報模式係由 Visual Basic 語言撰寫而成。考量編譯成執行檔後，將來使用單位開檔案時萬一誤判為病毒而把檔案刪除，且未來程式還有發展擴充的空間，為保留擴充的彈性，故暫時將程式寫在 excel 裡面。大多數電腦都有安裝 excel，等確定都完善了，再移植到 VB 編譯成執行檔亦不遲。

為進行測試，先選表 4.3 之中，風向 90 度的情境來做測試。圖 5.3 為情境編號 41、46、51、56 之模式計算結果。模式計算的結果分別為 0.0617 kgf、0.0492 kgf、0.396 kgf、0.356 kgf，而量測得到的力為 0.055 kgf、0.047 kgf、0.042 kgf、0.037 kgf。雖沒有完全一樣，但值接近，趨勢也接近。若輸入比試驗情境更小的風速值，模式仍可以算出一個纜繩的拉力值，但若設定的船舶尺寸長寬比和試驗的船型不一樣，則模式會跳出訊息，顯示無法計算，詳圖 5.4 所示。

請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	0.153	10.34
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
0.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
0.066	4.4	
計算		最大纜繩受力(kgf)
		0.0617
結束		最大纜繩受力(Tf)
		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：

- (1) 船總長：船寬=7.19
- (2) (淨出水高-乾舷出水高):船總長=0.0864
- (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	0.153	9.52
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
0.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
0.066	4.4	
計算		最大纜繩受力(kgf)
		0.0492
結束		最大纜繩受力(Tf)
		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：

- (1) 船總長：船寬=7.19
- (2) (淨出水高-乾舷出水高):船總長=0.0864
- (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

圖 5.3 貨櫃輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗

請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	0.153	8.57
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
0.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
0.066	4.4	
計算		最大纜繩受力(kgf)
		0.0396
結束		最大纜繩受力(Tf)
		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：

- (1) 船總長：船寬=7.19
- (2) (淨出水高-乾舷出水高):船總長=0.0864
- (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	0.153	7.67
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
0.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
0.066	4.4	
計算		最大纜繩受力(kgf)
		0.0356
結束		最大纜繩受力(Tf)
		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：

- (1) 船總長：船寬=7.19
- (2) (淨出水高-乾舷出水高):船總長=0.0864
- (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

圖 5.3 貨櫃輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（續 1）

請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	.153	6.5
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
.066	4.4	
計算		最大纜繩受力(kgf)
結束		0.0327
		最大纜繩受力(Tf)
		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：

- (1) 船總長：船寬=7.19
- (2) (淨出水高-乾舷出水高):船總長=0.0864
- (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	.15	6.5
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
.066		
計算		最大纜繩受力(kgf)
結束		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：

- (1) 船總長：船寬=7.19
- (2) (淨出水高-乾舷出水高):船總長=0.0864
- (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

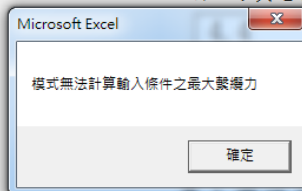


圖 5.4 貨櫃輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境外之檢驗

5.2 油輪繫纜力預報模式

5.2.1 類神經網路之訓練結果

如前述，雖然只製作一艘油輪的模型船，但為求輸入樣本多元，把貨櫃輪在未裝載貨物的狀態之下當成另一艘油輪的模型，這樣子在繫 5 條纜繩及繫 8 條纜繩的情況下，各有 92 個情境。一樣要把這總共 184 個情境資料進行正規化，讓其值的範圍變成 0~1，才有辦法讓餵給類神經網路做訓練。由於參數數量比前一個例子多出許多，而正規化的方法一模一樣，故在此就不綴述。進行正規化所需要的各個無因次參數上、下限範圍，都可在表 4.8 和表 4.9 找得到。

接下來，用亂數將兩種不同繫纜方式的 92 個樣本各分成兩群，第一群有 70 個樣本，第二群有 22 個樣本。然後第一群的樣本來進行類神經網路的訓練。測試採用 2~6 個隱藏層神經元之架構，最後決定採用 5 個隱藏層神經元。圖 5.5 為繫纜 8 條之類神經網路最後之訓練結果，訓練組之均方差為 0.1134，驗證組之均方差為 0.1124。圖 5.6 為繫纜 5 條之類神經網路最後之訓練結果，訓練組之均方差為 0.1300，驗證組之均方差為 0.1090。

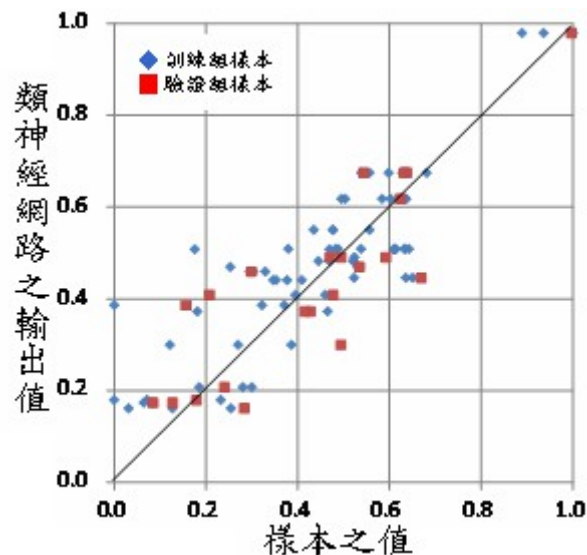


圖 5.5 油輪繫纜 8 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之一：
正規化輸出值

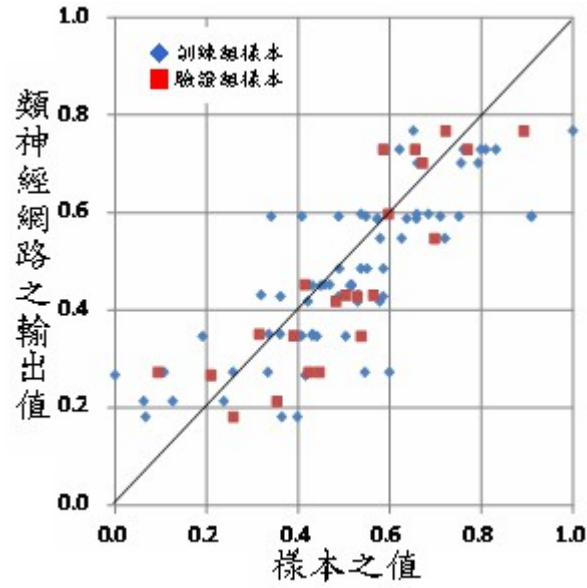


圖 5.6 油輪繫纜 5 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之一：
正規化輸出值

將類神經網路之最後訓練結果還原為纜繩之最大受力，詳圖 5.7 及圖 5.8 所示。經計算，繫纜 8 條之整體相對誤差約為 18.8%，而繫纜 5 條之相對整體相對誤差約為 21.7%。

依據前述，在油輪繫纜力預報模式的類神經網路中，輸入值與輸出值之間的關係如下：

$$F_{\max} = \frac{\rho_a V_a^2 B^2}{2} \times \eta \quad (5-3)$$

其中 $\eta = y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \times y$ ，依據表 4.8 及表 4.9，繫纜 8 條之 $y_{\min}$ 及 $y_{\max}$ 分別為 0 及 0.9854，繫纜 5 條之 $y_{\min}$ 及 $y_{\max}$ 則分別為 0 及 0.9184，而 y 值之計算如下：

$$y = w_0^{(2)} + \sum_{i=1}^{n_{(1)}} w_i^{(2)} \xi_i \quad (5-4)$$

其中

$$\xi_i = \frac{1}{1 + \exp(-u_i)} \quad (5-5)$$

$$u_i = w_{i,0}^{(1)} + \sum_{j=1}^{n_{in}} w_{i,j}^{(1)} x_j \quad (5-6)$$

其中，

$$x_1 = (L_{OA} / B - x_{1,\min}) / (x_{1,\max} - x_{1,\min}) \quad (5-7)$$

$$x_2 = (H_D / B - x_{2,\min}) / (x_{2,\max} - x_{2,\min}) \quad (5-8)$$

$$x_3 = (H_{BR} / B - x_{3,\min}) / (x_{3,\max} - x_{3,\min}) \quad (5-9)$$

$$x_4 = (H_{SR} / B - x_{4,\min}) / (x_{4,\max} - x_{4,\min}) \quad (5-10)$$

$$x_5 = (\theta - x_{5,\min}) / (x_{5,\max} - x_{5,\min}) \quad (5-11)$$

依據表 4.8 及表 4.9， $x_{1,\min} = 6.31579$ ， $x_{1,\max} = 7.18954$ ， $x_{2,\min} = 0.05263$ ， $x_{2,\max} = 0.06536$ ， $x_{3,\min} = 1.05229$ ， $x_{3,\max} = 1.26318$ ， $x_{4,\min} = 0.36316$ ， $x_{4,\max} = 0.48421$ ， $x_{5,\min} = 0$ ， $x_{5,\max} = 180$ 。而 $w_{i,j}^{(1)}$ 和 $w_i^{(2)}$ ，則分別為輸入層神經元與隱藏層神經元間之連結鍵值，以及隱藏層神經元與輸出層神經元間之連結鍵值。詳列如表 5.1 至表 5.4 所示。由於最後採用之隱藏層神經元個數為 5 個，故 $n_{(1)} = 5$ ，而輸入之無因次參數也是 5 個，故 $n_{in} = 5$ 。

表 5.1 繫纜 8 條類神經網路輸入層與隱藏層神經元間之連結鍵值 $w_{i,j}^{(1)}$

	j=0	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
i=1	-0.7508	1.8712	2.5009	-0.0052	3.0737	8.6431
i=2	-2.6426	-0.5043	-0.3709	1.8200	3.7089	-5.6420
i=3	3.6467	1.2125	0.7266	2.3929	2.2268	4.5717
i=4	2.0648	-1.7146	-1.6632	2.0279	-0.1172	-15.6749
i=5	14.7339	0.2295	0.5589	4.7749	-1.1610	-12.9259

表 5.2 繫纜 8 條類神經網路隱藏層與輸出層神經元間之連結鍵值 $w_i^{(2)}$

	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
	0.323	-1.306	1.069	-0.811	-1.403	2.248

表 5.3 繫纜 5 條類神經網路輸入層與隱藏層神經元間之連結鍵值 $w_{i,j}^{(1)}$

	j=0	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5
i=1	-3.262	-1.663	-1.812	0.866	1.679	11.334
i=2	2.447	3.603	3.446	2.354	5.568	-7.979
i=3	-6.766	3.507	3.733	3.302	15.698	-12.929
i=4	-3.290	1.888	2.172	1.517	8.027	-3.690
i=5	2.121	-0.432	-0.639	3.397	4.005	6.085

表 5.4 繫纜 5 條類神經網路隱藏層與輸出層神經元間之連結鍵值 $w_i^{(2)}$

	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
	3.016	0.616	0.617	0.767	-1.035	-3.220

在圖 5.8 中，發現第 45、47、48 這三個情境模式之輸出結果明顯比試驗量測得到之結果還低很多。經檢查輸入資料，發現第 45 和第 47 情境均為訓練組之樣本，故可排除類神經網路之過度訓練或過度描述。再檢驗與其他情境之類似程度，發現第 45 號情境和第 46 號情境類似，是同一艘船，吃水深度一樣，第 45 號情境的風速略小一點點，是到的拉力值卻大很多。而第 41 號到第 48 號情境都是同一艘船，吃水深度也都一樣，依據模式的設定，以及相關理論與公式， $F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$ 的值也應該相同，但在無因次參數的列表中，這幾個情境的 $F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 B^2 \right)$ 變異量頗大。在此研判，應該是量測或記錄數據時不夠仔細所致。若將第 45、47、48 這三個情境模式之輸出結果扣除，

重新計算整體相對誤差，則得到的結果為 18.2%，和繫纜 8 條之整體相對誤差接近。所幸類神經網路有一個優點，就是若用來做訓練的資料若少部分是有問題的，訓練出來的結果亦不致受到關鍵性的影響。

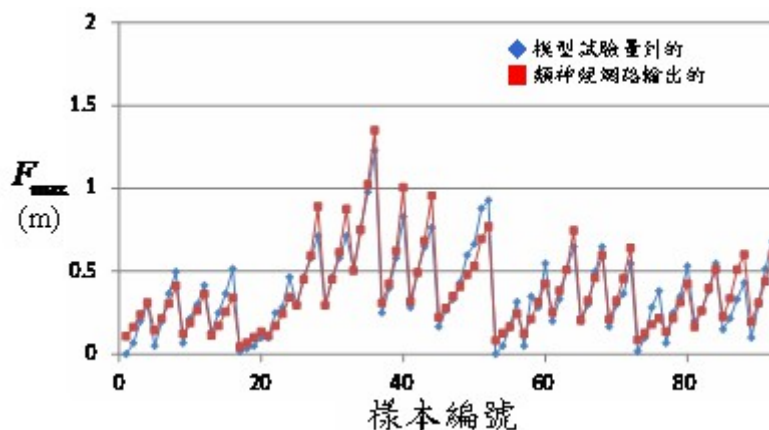


圖 5.7 油輪繫纜 8 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之二：
將正規化輸出值還原為力的大小

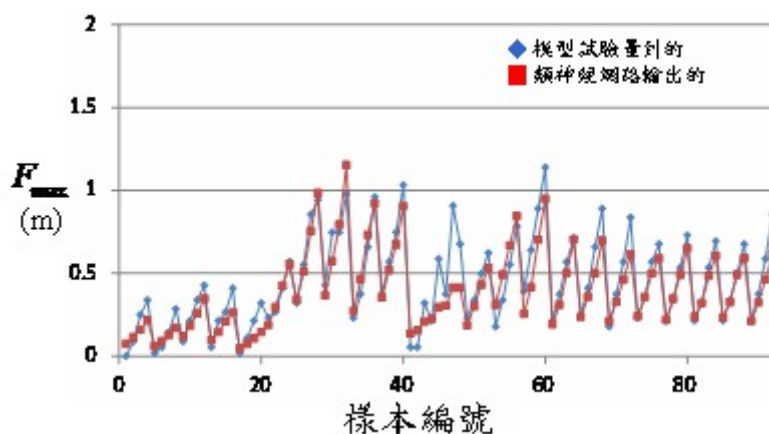


圖 5.8 油輪繫纜 5 條之繫纜力預報模式類神經網路訓練結果之二：
將正規化輸出值還原為力的大小

5.2.2 繫纜力預報模式

選取表 4.5 中的第 8 號、第 35 號、第 68 號、第 84 號情況來測試預報模式在繫纜 8 條時之表現。這幾個情境，分別是各個不種吃水深度情境量測到的纜繩最大拉力第二名者。不取最大，是怕萬一這些最大值係量測或記錄數據時可能不夠細心而引入之偏差。圖 5.9 為測試結

果。這幾個情境之量測最大纜繩拉為分別為 0.050 kgf、0.0983 kgf、0.0650 kgf、0.0550 kgf，而模式的輸出值則分別為 0.041 kgf、0.103 kgf、0.06 kgf、0.051 kgf。雖沒有完全一樣，但值接近，趨勢也接近。

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.1		7.333
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.153	.01	45
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.161		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.066		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前倒纜	0.41	
4	纜繩最大受力(kN)	
	0.00041	
尾纜加後倒纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	0.041	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000041	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		6.7
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.19	.01	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.240		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.092		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前倒纜	1.01	
4	纜繩最大受力(kN)	
	0.00101	
尾纜加後倒纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	0.103	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000103	

圖 5.9 油輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（繫纜 8 條）

圖 5.9 展示了油輪繫纜力預報模式的測試一：試驗情境之檢驗（繫纜 8 條）。圖中顯示了兩個測試情境的輸入數據和計算結果。

測試情境一（繫纜 8 條）：

項目	輸入值	計算結果
船的長度(m)	1.2	
船的寬度(m)	.19	
船淨出水高(m)	.229	
乾舷出水高(m)	.081	
碼頭區水深(m)		
碼頭出水高(m)	.01	
碼頭區波高(m)		
波浪週期(sec)		
風速(m/s)	7.3	
風的來向與正北夾角(degree)	135	
船首指向與正北夾角(degree)	0	
碼頭在船的哪一邊？(1是左，2是右)	2	
纜繩數：		
首纜加前倒纜	4	
尾纜加後倒纜	4	
纜繩最大受力(N)		0.59
纜繩最大受力(kN)		0.00059
纜繩最大受力(kgf)		0.06
纜繩最大受力(Tf)		0.00006

測試情境二（繫纜 1 條）：

項目	輸入值	計算結果
船的長度(m)	1.2	
船的寬度(m)	.19	
船淨出水高(m)	.217	
乾舷出水高(m)	.069	
碼頭區水深(m)		
碼頭出水高(m)	.01	
碼頭區波高(m)		
波浪週期(sec)		
風速(m/s)	6.7	
風的來向與正北夾角(degree)	90	
船首指向與正北夾角(degree)	0	
碼頭在船的哪一邊？(1是左，2是右)	2	
纜繩數：		
首纜加前倒纜	4	
尾纜加後倒纜	4	
纜繩最大受力(N)		0.5
纜繩最大受力(kN)		0.0005
纜繩最大受力(kgf)		0.051
纜繩最大受力(Tf)		0.000051

圖 5.9 油輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（繫纜 8 條）（續 1）

再取表 4.6 中的第 16 號、第 32 號、第 59 號、第 80 號情況來測試預報模式在繫纜 5 條時之表現。選取這幾個情境來做測試的理由如前述。圖 5.10 為測試結果。這幾個情境之量測最大纜繩拉為分別為 0.0383 kgf、0.0917 kgf、0.0833 kgf、0.0863 kgf，而模式的輸出值則分別為 0.025 kgf、0.108 kgf、0.066 kgf、0.061 kgf。雖沒有完全一樣，但值接近，趨勢也接近。

但若輸入的船舶尺寸長寬比超出試驗船型的範圍，或是輸入的纜繩數不是試驗用的纜繩數，則模式會跳出訊息，顯示無法計算，詳圖 5.11 所示。圖中第一種情形是因為纜繩數量為 6 條，故模式無法計算，而第二種情形則是因為輸入船長寬比超出試驗用模型船的範圍，怕萬一輸出錯誤的結果，故模式無法計算。

但若輸入的船舶尺寸長寬在試驗船型的範圍，且輸入的纜繩數也試驗用的纜繩數，則即使輸入的情境不是試驗情境的任何一個，模式仍會計算出一個結果，詳圖 5.12 所示。在圖中之第一種情形，改變了船的寬度，而在圖中之情形，改變了輸入的風向，模式仍可運作。

選取試驗情境中的其中一個，然後把船放大 100 倍，風速放大 10 倍，則如同 Isherwood (1973) 論文之描述，力會放大 1000000 倍，詳圖 5.13 所示。雖然 Isherwood (1973) 分析的是船舶在強風吹襲下所受之總力，而本研究的是這個總力分配給纜繩後，纜繩的最大受力，兩者目的略有不同，但在力的大小與船舶比例縮尺之關係下，兩者是一致的。

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.1		7.1
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.153	.01	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.161		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.066		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前倒纜	0.24	
3	纜繩最大受力(kN)	
	0.00024	
尾纜加後倒纜	纜繩最大受力(kgf)	
2	0.025	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000025	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		8.033
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.19	.01	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.24		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.092		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前倒纜	1.06	
3	纜繩最大受力(kN)	
	0.00106	
尾纜加後倒纜	纜繩最大受力(kgf)	
2	0.108	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000108	

圖 5.10 油輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境之檢驗（繫纜 5 條）

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		7.133
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.19	.01	45
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.229		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.081		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	0.64	
3	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	0.00064	
2	纜繩最大受力(kgf)	
	0.066	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000066	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		6.9
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.19	.01	45
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.217		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.069		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	0.6	
3	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	0.0006	
2	纜繩最大受力(kgf)	
	0.061	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000061	

圖 5.10 油輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境之檢驗（繫纜 5 條）
（續 1）

請輸入基本資料

船的長度(m) 1.2	碼頭區水深(m) 	風速(m/s) 6.9
船的寬度(m) .19	碼頭出水高(m) .01	風的來向與正北夾角 (degree) 45
船淨出水高(m) .217	碼頭區波高(m) 	船首指向與正北夾角 (degree) 0
乾舷出水高(m) .069	波浪週期(sec) 	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右) 2

纜繩數：
首纜加前倒纜
3

尾纜加後倒纜
3

纜繩最大受力(kN)
0.0006

纜繩最大受力(kgf)
0.061

纜繩最大受力(Tf)
0.000061

計算

結束

Microsoft Excel

目前程式無法依照所輸入的條件計算纜繩受力

確定

請輸入基本資料

船的長度(m) 1.2	碼頭區水深(m) 	風速(m/s) 6.9
船的寬度(m) .2	碼頭出水高(m) .01	風的來向與正北夾角 (degree) 45
船淨出水高(m) .217	碼頭區波高(m) 	船首指向與正北夾角 (degree) 0
乾舷出水高(m) .069	波浪週期(sec) 	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右) 2

纜繩數：
首纜加前倒纜
3

尾纜加後倒纜
2

纜繩最大受力(kN)
0.0006

纜繩最大受力(kgf)
0.061

纜繩最大受力(Tf)
0.000061

計算

結束

Microsoft Excel

目前程式無法依照所輸入的條件計算纜繩受力

確定

圖 5.11 油輪繫纜力預報模式之測試三：試驗船型條件或範圍外之檢驗

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		6.9
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.185	.01	45
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.217		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.069		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	0.53	
3	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	0.00053	
2	纜繩最大受力(kgf)	
	0.054	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000054	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.1		6.9
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.153	.01	175
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.165		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.063		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	0.23	
3	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	0.00023	
2	纜繩最大受力(kgf)	
	0.024	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000024	

圖 5.12 油輪繫纜力預報模式之測試四：試驗船型條件或範圍內之檢驗

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		7.3
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
.19	.01	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
.229		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.081		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	0.59	
4	纜繩最大受力(kN)	
	0.00059	
尾纜加後倒纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	0.06	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.00006	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		73
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	589142.02	
4	纜繩最大受力(kN)	
	589.14202	
尾纜加後倒纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	60055.252	
	纜繩最大受力(Tf)	
	60.055252	

圖 5.13 油輪繫纜力預報模式之測試五：放大船體與試驗風速之正確性檢驗

再用不同的風速當輸入，詳圖 5.14 所示。風速 30 m/s 計算得到纜繩最大受力，是風速 15 m/s 計算得到纜繩最大受力的 4 倍；風速 45 m/s 計算得到纜繩最大受力，是風速 15 m/s 計算得到纜繩最大受力的 9 倍；風速 60 m/s 計算得到纜繩最大受力，是風速 15 m/s 計算得到纜繩最大受力的 16 倍。雖然 Isherwood (1973) 分析的是船舶在強風吹襲下所受之總力，而本計畫研究的是這個總力分配給纜繩後，纜繩的最大受力，兩者目的略有不同，但力的大小和風速平方成正比，這一點本計畫與 Isherwood(1973)論文所述是一致的。

輸入不同的碼頭出水高，詳圖 5.15 所示。在風向垂直於船軸中心線的狀況下，碼頭出水愈高，纜繩的最大受力就愈小，這是因為碼頭出水會提供一點點遮蔽，減少受風面積。因為試驗情境與資料有限，船也只有兩艘，故只能讓碼頭出水高從 1 m 增加到 1.24 m。將來若能持續進行本計畫之後續研究，相信可模式計算出來的結果將更為可靠。

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		15
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	24874.64	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	24.87464	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	2535.641	
	纜繩最大受力(Tf)	
	2.535641	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		30
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	99498.56	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	99.49856	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	10142.565	
	纜繩最大受力(Tf)	
	10.142565	

圖 5.14 油輪繫纜力預報模式之測試六：風速與纜繩最大受力關聯性之檢驗

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		45
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	223871.76	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	223.87176	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	22820.77	
	纜繩最大受力(Tf)	
	22.82077	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	397994.23	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	397.99423	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	40570.258	
	纜繩最大受力(Tf)	
	40.570258	

圖 5.14 油輪繫纜力預報模式之測試六：風速與纜繩最大受力關聯性之檢驗（續 1）

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	454183.2	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	454.1832	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	46297.982	
	纜繩最大受力(Tf)	
	46.297982	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1.08	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	447672.76	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	447.67276	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	45634.328	
	纜繩最大受力(Tf)	
	45.634328	

圖 5.15 油輪繫纜力預報模式之測試七：碼頭出水高之遮蔽對纜繩最大受力之影響

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1.16	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	441405.04	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	441.40504	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	44995.417	
	纜繩最大受力(Tf)	
	44.995417	

請輸入基本資料		
船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1.24	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前倒纜	435301.99	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後倒纜	435.30199	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	44373.292	
	纜繩最大受力(Tf)	
	44.373292	

圖 5.15 油輪繫纜力預報模式之測試七：碼頭出水高之遮蔽對纜繩最大受力之影響（續 1）

同一艘船，相同的吃水深度，相同的風速與風向，繫 8 條纜繩和繫 5 條纜繩所算出來的纜繩的最大受力就不一樣。繫纜數量少的，纜繩的最大受力略大一些，詳圖 5.16 所示。

透過油輪繫纜力預報模式進行三種不同吃水深情境下計算纜繩最大受力，分別是 case1(船淨出水高 0.24 m、船舷出水高 0.092 m)、case2(船淨出水高 0.229 m、船舷出水高 0.081 m)與 case3(船淨出水高 0.217 m、船舷出水高 0.069 m)，風速為固定 5 m/s，風向為 0~180°，每 15°計算一次纜繩最大受力。圖 5.17 為三種不同吃水深之纜繩最大受力圖，由圖可以看到在當風向越往 90°時，其纜繩受力會越來越大，超過 90°後，其纜繩受力就開始往下，所以當風向在 75°~105°區間，纜繩將會有最大的受力值。由圖也可以看到 case1 的纜繩受力比較大，可得知當船淨出水高越大，其纜繩受力也會跟著越大。在 case1 與 case2 中，各有一個斷點，分別是 case1 在風向 75°與 case2 在風向 15°這兩個位置，在預報模式中都無法計算出其纜繩最大受力，會造成這樣的結果乃因試驗的船型有限、試驗之樣本數過少與量測之不確定等因素所導致。

請輸入基本資料

船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1.24	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2

纜繩數:

首纜加前倒纜

尾纜加後倒纜

纜繩最大受力(N)

纜繩最大受力(kN)

纜繩最大受力(kgf)

纜繩最大受力(Tf)

4

4

435301.99

435.30199

44373.292

44.373292

計算

結束

請輸入基本資料

船的長度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角 (degree)
19	1.24	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角 (degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2

纜繩數:

首纜加前倒纜

尾纜加後倒纜

纜繩最大受力(N)

纜繩最大受力(kN)

纜繩最大受力(kgf)

纜繩最大受力(Tf)

3

2

455490.29

455.49029

46431.222

46.431222

計算

結束

圖 5.16 油輪繫纜力預報模式之測試八：纜繩數量之影響

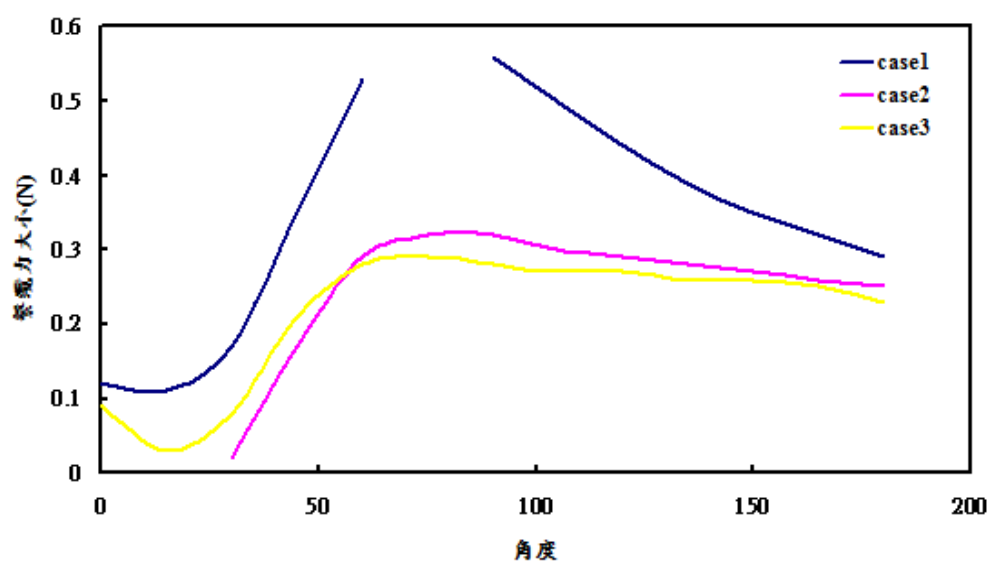


圖 5.17 油輪繫纜力預報模式：三種不同吃水深之纜繩最大受力

第六章 結論與建議

在風力作用下，繫泊於碼頭邊之船舶眾多纜繩中，那一條受力最大，受力多大，為高度複雜的非線性問題。本研究利用水工模型試驗的方式，量測模型船在眾多風、波作用情境之下，繫纜船舶之纜繩最大受力。然後利用因次分析的方法，將這些情境的風、波條件，以及船型尺寸諸元，予以無因次化，再將這些無因次參數，丟到類神經網路進行訓練，試圖找出風、波條件、船型尺寸諸元，與纜繩最大受力之間的關聯函數關係。本研究製作兩艘模型船，考量兩種不同繫纜方式、5種風向、多種吃水載重條件與風速條件，總計完成244個情境之試驗。最後將類神經網路訓練的結果，分別建置貨櫃輪與油輪之船舶繫纜力預報模式。

6.1 結論

- 1.在試驗正確性方面，將船舶用2條纜繩繫泊於岸邊，以垂直船身的風向吹襲，量得纜繩各自的拉力和角度，直接求出風作用之合力大小與方向，並文獻之經驗公式比較。由試驗量測數據算出來的風力大小，和Isherwood（1972）之公式甚為接近。
- 2.在試驗中，對於繫泊於港內碼頭之船舶而言，在颱風之強風正在吹襲的情況下，波浪對船舶繫纜力的影響遠小於風的影響，即使打出來的水波波高已經是水深的1/6，屬於高度非線性之波浪，肉眼看得到模型船隨著水波經過而有前後左右擺盪搖晃，但拉力計就是量不到讀數。
- 3.由因次分析之理論、Isherwood（1972）、Fujiwara et. al（1998）、藤原敏文等（2005）之研究，均顯示風力的大小與風速平方成正比，本研究試驗分析結果亦有此特性，與這些相關研究一致。
- 4.在貨櫃輪的試驗及類神經網路訓練結果中，由於只有一艘貨櫃輪的

模型，情境樣本數量有限，故雖亦能建構出一個模式，但未來還是應再多做一些相關試驗，取得更多情境樣本，才可能讓模式計算出來的纜繩受力更具可信度。

- 5.由於貨櫃輪不載貨物時，船的外形和油輪的類似，故將貨櫃輪不載貨物的情境和油輪在不同載重吃水下的情境一起分析，以使模式的參數更為多元，參數範圍亦更為廣泛。所完成的模式，可計算兩種繫纜方式之纜繩受力計算，分別為首纜加前倒纜 4 條且尾纜加後倒纜 4 條，以及首纜加前倒纜 3 條且尾纜加後倒纜 2 條。只要輸入的船舶長寬比、寬高比是在本研究試驗船型的長寬比與寬高比範圍內，模式都可輸出合理的計算值。

6.2 建議

- 1.在時間、經費均有限的狀況下，只能以長度 110~120 cm 之試驗船進行實驗，力本來就都很小，再加上只能用機械式的拉力計來量測力的大小，還要由人的肉眼判讀數據，容易有不夠仔細而引入很大誤差之情形。未來研究若能持續進行，則建議允許編列設備費，以便購置精度較高且能自動記錄數據的電子式拉力計。
- 2.本研究之試驗量測結果，雖然有一些誤差和雜訊，但仍可掌握到纜繩受力與船型諸元及風力條件之間的關聯規律。不過情境樣本仍不夠多，建議未來能持續進行相關研究，多做個幾百組不同船型的試驗情境，方能使模式的輸出結果更具可信度。未來的研究，或許可再加入實境測試。
- 3.在試驗中，對於繫泊於港內碼頭之船舶而言，在颱風之強風正在吹襲的情況下，波浪對船舶繫纜力的影響遠小於風的影響，即使已經打出波高為水深 $1/6$ 的高度非線性波，機械式拉力計仍量不到讀數。建議若要進行波浪對船舶繫纜力影響之相關分析研究，應採用較大點的模型船。

6.3 成果效益及後續應用情形

本研究利用水工模型試驗、參數無因次化、類神經網路等方法，完成一個只要輸入風速風向等條件、船型尺寸諸元即可算出靠泊於港內碼頭在颱風之強風吹襲下纜繩最大受力之數值模式。未來在應用時，使用者只要依據螢幕上所顯示的欄位填入相關的數據，按下按鈕，則可得到計算結果，對於決策的時間效益上，可大幅提昇。

未來若能持續進行相關研究，讓資料量更多，且再加入實境測試，則模式之可信度將更加提昇。若能自動連結其他數值模式，用其他模式的計算結果當本模式的輸入條件，以減少颱風事件時人為手動輸入之參數量，提升預報效率。其他撰寫程式的技術性問題都可輕易克服。

參考文獻

1. 劉順能、邱逢深、梁乃匡 (1988)，風浪作用下之繫泊船舶運動及繫纜拉力之統計分析。第 10 屆海洋工程研討會，pp. 435-462
2. 洪憲忠、歐陽餘慶、邱逢深、黃清和、李勇榮、徐進華、曾相茂、邱永芳、廖慶堂、張富東、謝瑞豐、蔡金吉、蔡瑞成、何炳紹、李永勝、陳進冰、楊怡芸(1989)，潮流、波浪對船舶運動、繫纜受力之耦合效應研究
3. 邱逢琛、蔣德普、洪憲忠(1997)，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
4. 向溢、譚家華(2001)，碼頭繫泊纜繩張力的蒙特卡洛算法，上海交通大學，Vol. 35，pp.548-551
5. 藤原敏文、上野道雄、池田良穗，2005 年。成分分離型モデルを利用した新しい風圧力推定法。日本船舶海洋工学会論文集，第二期，第 243-255 頁。
6. 船舶運動數值模式建立之研究(一)，民國 95 年，交通部運輸研究所。
7. 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
8. 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
9. 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。
10. 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)

11. 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。
12. 港灣構造物設計基準，民國 100 年，交通部運輸研究所。
13. 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
14. Akers R, 2015. Why Good Mooring Systems Go Bad Fatigue Factors in Mooring Systems for Floating Offshore Wind Turbines, *Maine Marine Composites*
15. Fujiwara T. Ueno M. Nimura. Estimation Method of Wind Forces and Moments Acting on Ships. Journal of The Society of Naval Architects of Japan, Vol.183, 1998 (in Japanese)
16. Fujiwara T. Ueno M. Nimura. An Estimation Method of Wind Forces and Moments Acting on Ships. Mini symposium on prediction of ship manoeuvring performance 18 October, 2001.
17. Herman Bomze, and Frederic R., 1974, Analytical determination of Ship Motion and Mooring Force, *Proc Offshore Technology Coference*, paper No 2072.
18. Isherwood R.M. Wind Resistance of Merchant Ships. The Royal Institute of Naval Architects, 1972, pp327-338.
19. Natarajan, R., and Ganapathy, C., 1995, “Analysis of Moorings of a Berthed Ship, *Marine Structures*, Vol. 8, pp. 481-499.
20. Trenn, S., 2008. Multilayer perceptrons: approximation order and necessary number of hidden units. *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 19(5), pp. 836-844.
21. Ueno M. Kitamura F. Sogihara N. Fujiwara T. A Simple Method of Estimate Wind Loads on Ships. The 2012 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM' 12), August 26-30, 2012.

附錄一

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：風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估

執行單位：國立嘉義大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
林銘崇委員：		
1. 水工模型試驗時，纜繩最大受力如何界定？	在船舶受風、浪作用時，各纜繩所受之拉力均為時間的函數，即任一纜繩在不同時刻所受之拉力均未相同。為取得各纜繩最大受力，每一條纜繩均配置一支日本進口可記錄峰值之拉力計。一個情境之試驗做完之後，可從各拉力計讀取各纜繩在整個歷程中之最大受力。	依處理情形辦理。
2. 預報模式及水工試驗，有關繫纜單元，除繫纜方式外，繫纜強度之考量是否有其必要性？	水工模型試驗不考慮斷纜，纜繩之全部受力均反應於拉力計上。未來應用時，只要用預報模式算出纜繩最大受力，即可將該最大受力除以當時所用纜繩之斷面積而得到最大應力，若此最大應力超過纜繩之容許應力，則有斷纜之虞。	依處理情形辦理。
3. 預報模式內關於斷纜風險評估判斷式或基準如何？	依據前述纜繩最大應力與容許應力之比較，即可評估斷纜風險。	依處理情形辦理。
4. 類神經網路方法輸入層資料如何設定？	我們會把模式設定好，輸入的資料為船舶的長度、寬度、出水高度、含貨物之總質量等船舶特徵基本資料，以及靠泊區之水深、風速、風向、波高、週期等外力條件資料，經模式將這些資料轉換為無因次參數，再轉換成正規化參數，變成類神經網路之輸入層資料。	依處理情形辦理。
邱永芳委員：		
1. 以最簡單的影響參數結合 Taicom Model 以每個碼頭上的風波潮流計算出來，做為船舶運動的外力，再計算船舶的繫纜力計算出來，以供防災使用。	臺灣近岸海象預報系統(TaiCOM Model)，只有算出碼頭所在區域之風速風向、波高週期以及潮位等，並沒有船舶運動的外力。若要直接用船舶運動與動力分析的數值模式來計算船舶繫纜力，除了考慮風速風向、波高週期以及潮位這些自然條件之外，還有船型、船線、載重、配重、出水高、吃水深等因素，困難度相當高。因此，本研究團隊考量船的尺寸諸元等若干特徵，預先設計許多能反應颱風發生時船舶受力之風、浪情境，採用水工模型試驗的方式來產生足夠的資料庫，並利用類神經網路這種較先進的人工智慧數值演算法，來建立本計畫所需之數值模式。	依處理情形辦理。
2. 各種海象條件對船舶不同時，就會有不同的結果，因此應以資料庫的方式，來做比對使用，方能競其功。	委員的看法，本研究團隊深感贊同。	符合。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. 模型試驗只是用來驗證數學模式的結果，並非每一個狀況的試驗。	若是只能取得少數幾次模型試驗的結果，則確實模型試驗只能用來驗證數學模式。但若能準確依循模型試驗之動力相似律，則模型試驗的結果可真實反應實體船舶在風、浪作用情境下之受力狀況。由於直接用船舶運動與動力分析的數值模式來計算船舶繫纜力，同時又要考慮風、浪、船型、船線、載重、配重等因素，困難度相當高。因此，以模型試驗的方式來產生委員於前一個問題所提之資料庫，便利性相對較高。	依處理情形辦理。
4. 應說明類神經網路以統計方式和直接用模式計算，何者較能準確及便利使用。	若能準確依循模型試驗之動力相似律，則模型試驗的結果可真實反應實體船舶在風、浪作用情境下之受力狀況。除了前述困難度較高的因素外，由於必需輸入船線、船型，以便在電腦中建立船舶數值模型，方能丟到船舶運動與動力分析的數值模式做計算，而這些都是船公司不對外公開的機密資料，故直接用模式計算之便利性極低。相對之下，若能預先建立資料庫，內含船舶受力與風浪情境及幾項重要船舶特徵之對應關係，再用類神經網路將這些對應關係串連起來，則將來在應用時，只要把船的長度、寬度、出水高、吃水深、載重等若干船舶特徵，還有靠泊區之水深、風速、風向、波高、週期等外力條件資料當做模式的輸入，就能立即得到纜繩最大受力的預估值，便利性相對較高。	依處理情形辦理。
李忠潘委員：		
1. 模型試驗的風速，相當於現場的何種風速？請於文內簡介模型定律。	模型試驗的風速，相當於現場的何種風速，係依照模型試驗之動力相似律來計算，在簡報中已有提及，期中報告文內未說明之處，將於期末報告中補述。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
2. 以模型試驗所取得的有限資料，是否足以提供類神經網路訓練所需？是否需改變不同的船型、風速、及其他變數？	為取得足夠資料提供類神經網路訓練所需，本研究團隊會再採用不同船型、風速、水深等條件來做更多情境的試驗。依據契約，我們還會再做一艘模型船。如未來經費充裕，則可製作更多不同船型產生更多資料來提供類神經網路訓練所需。	依處理情形辦理。
3. 風扇轉速 60-45 的風速為何？	我們有購買一支風速計，用來量測試驗時的風速。試驗情境的資料，以風速計量得之資料為準。用風扇轉速來描述風速大小，本身意義不大，我們會在期末報告中修正相關論述及說明。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
蕭松山委員：		
1. 建議參考文獻中簡體字修正為正體字，又國外相關文獻宜加強回顧。	感謝建議。將在期末報告中加強這一部分。	符合。
2. 所模擬的吹風速度方向對應於實際線地之強(颱)風大小方向是否符合？宜說明對應於船型縮尺之風場情形。	現地之實際風速，可依據船型之縮尺比例及動力相似律推算。我們會依據所設定的吹風情境，仔細檢討試驗所採用之風速。相關理論與情境設定，將於期末報告中補充。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
3. PPT 中 P.10 風扇可產生之風速為 4-12m/s，另 P. 12 中針對模型船試驗風	風扇可產生 4-12m/s 之風速，是風扇的出廠功能設定。而試驗風速，則是用風速計量得之結果。目前採用之風速在較大比例縮尺時確實是在現地不可能發生的過大情	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 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
速為 8.67~12.67m/s，是否矛盾？	形，故我們會增加風速的試驗範圍，讓資料更完整，並在期末報告中補充。	
4. 試驗結果數據將提供類神經網路學習或驗證使用，因此，數據之可靠度應是重要因素。	委員的看法，本研究團隊深感贊同。我們會依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，並將相關理論呈現於報告中。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
5. 港內碼頭波動應是斷纜事件重要因素，是否考量(港內波高)港池共振現象？	牽涉實際的船體運動的因素的確相當多。港內波高及港池共振確實是重要因素之一。我們後續會在試驗中再加入波浪的因素。但港池共振問題還涉及港形及港內水深分佈、碼頭配置與反射率等，相當複雜，在有限經費下實難將港池共振因素納入本計畫。建議業主將來編列更多預算來執行相關研究。	依處理情形辦理。
岳景雲委員：		
1. P.45 參考文獻部分缺出處、頁碼且缺類神經網路文獻。非常實務的研究	將於期末報告補充相關文獻。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
2. P.17 表 2-1 風力 10 級(狂風)，11 級(暴風)代表陸面、海面狀態?海波浪高大小?建議加蒲福式風級表。	本計畫所發展的模式，將來要輸入的是船舶停靠處的風浪條件。這資料可由氣象局的預報、現場量測，或是其他數值模式推算而得，不限陸面或海面。在期末報告中將依委員建議加入蒲福氏風級表。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
3. P.40 圖 4-2~圖 4-6 模型船改為流線型。	感謝建議。實際上我們的模型船就是流線形。特別委託知名船舶模型製造商北玄科技公司依實際船型製作。但礙於船模公司和海運公司有簽保密協定，無法告知本模型船是哪艘實體船的縮小模型，只能得知本船型之實體長度大概就是 160m 左右的貨櫃輪。期中報告相關圖面之展現方式確會引起誤解，我們會在期末報告中把相關圖面之展現方式做通盤的修正。	依處理情形辦理。
4. P.43 表 4-1 建議加入單位? m/s? kg	感謝建議，我們會仔細檢查所有物理量之單位，並在期末報告中加入。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
5. 建議加一個水工模型試驗表格，並將試驗果換算成實際物理量。	感謝建議，相關對應表格將於期末報告中加入。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
6. P.40 圖 4-1 8 條纜繩是否對稱?不對稱，對船舶運動影響有無差異?若其中一條斷纜是否會產生更大破壞?	圖 4-1 那張照片是還沒開始試驗之前的展示照片。實際上我們做實驗時有仔細校對過船的中心位置。在期末報告中我們會放入正確的照片。	依處理情形辦理。
7. 貨櫃輪是空載?半滿載?受風面積不同影響也不一樣。	的確，載重不同則吃水深度不同，受風面積自然也不同。因為現階段只做一艘模型船，而這艘船的總高度是固定的，出水高度等於總高度減去吃水深度，受風面積又會反應在船的出水高度和吹風角度，所以能分析的參數尚有限。待試驗繼續進行，有更多的資料，就能加入更多的影響參數。	依處理情形辦理。
蔡立宏委員：		
1. 目前的受力分析，必須規劃考量後續作為繫纜或斷纜預警評估。	感謝建議，這正是本研究團隊努力要達成之目標。	符合。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. 試驗條件若還原為原型，其範圍是否涵蓋現況條件。	我們會依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，並將相關理論呈現於期末報告中。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
3. 目前繫纜方式及規定如何？	經洽詢台灣港務公司，目前繫纜作業係委外由專業的繫纜公司經營。本研究團隊正努力聯繫各繫纜公司，將擇期前往拜會討論，並檢討試驗所採用的繫纜方式是否與目前的方式與規定相同。	依處理情形辦理。
4. 類神經網路學習，其樣本數及樣本如何確保預測結果的準確性。	這牽涉兩個層面，第一是模型試驗所得到的資料是否能真實反應實體船的受力狀況。第二是是否有足夠的樣本資料庫來供類神經網路學習。就第一個層面而言，我們會依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，以確保準確性。就第二個層面而言，我們會持續用各種不同的情境來進行模型試驗，以獲得足夠的樣本供類神經網路學習。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
洪憲忠委員：		
1. 前言中有關港內船舶受力、繫纜力與風力、波浪力之相關論述，宜更明確。	感謝建議，相關述論將重寫，讓它更具體完整。	符合。
2. 模型船宜取該港進出之代表性船舶或關鍵性船舶。繫纜方式宜考量該港常用方式。	目前考量船型之選定，係統計國內發生斷纜較多之船型，為貨櫃輪及油輪。這些船有大有小，目前係以中間大小之船型來做代表。本計畫現階段主要先建立一套研究方法及初步可行之模式。若能持續進行，則將再用更多船型來做試驗，讓之前邱永芳委員所提及之資料庫更為豐富。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
3. 水工試驗，船模與實船間宜滿足動力相似(Dynamic Similarity)。	感謝提醒。本研究團隊將蒐集相關文獻，依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，並將相關理論呈現於期末報告中。	依處理情形辦理。
4. P.51 附件二高雄港務局是否改為高雄港？P.73 基隆港務局是否改為臺灣港務公司？	相關文字繕打錯誤之處，將在期末報告一併修正。	依處理情形辦理。
5. 期末報告宜對所用類神經網路進行論述。	遵照辦理。	符合。
羅冠顯委員：		
1. P. 26 描述若停靠船舶長度大於200m 則可忽略 H/Ls 項，但依據 P.22 表 2-3 所蒐集斷纜船隻顯示，有船長資料共 11 艘，其中僅 3 艘船長大於200m，以前述 200m 為參數 H/Ls 省略不考慮條件，是否合宜？	在後續的試驗中，會加入波浪的因素，並呈現於期末報告。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
2. 本案風速設定範為偏高，建請嘉義大學團隊再行檢討。	目前採用之風速在較大比例縮尺時確實是在現地不可能發生的過大情形，故我們會增加風速的試驗範圍，讓資料更完整，並在期末報告中補充。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。
3. P.43 表 4-1 風力試驗結果表請補充	遵照辦理。	符合。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
m/s、kg 單位。		
台中港務分公司 廖森雲督導：		
1. 預報模式使用者僅須鍵入少數幾個關鍵因素後能夠知道要帶何種不同的纜繩數。	本研究是建立一個預報模式，讓使用者僅須鍵入少數幾個關鍵因素後能夠知道纜繩最大受力，至於要帶幾條，是否會斷纜，則是使用者要自己依據所使用纜繩之容許應力去評估。	依處理情形辦理。
2. 有關港務分公司法規之蒐集能夠更精準。	遵照辦理。相關文字繕打錯誤之處，將在期末報告一併修正。	所提意見及執行內容調整，列入期末報告辦理。

附錄二

期末審查意見及辦理情形說明表

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：風力作用下船舶受力及繫纜力之預警評估

執行單位：國立嘉義大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
林銘崇委員：		
1. 船舶斷纜統計資料何以不考慮繫纜強度數據？是否可據此統計資料綜合整理斷纜過程模型？	船舶斷纜資料只能根據當時纜繩是否有斷纜做紀錄，不會去紀錄纜繩從何處斷裂，其斷裂之橫剖切面為何，且纜繩上並無加裝任何有關紀錄器，而每艘船舶所使用的纜繩材質並不一樣，所能承受的強度並不會相同，所以就沒有考慮纜繩強度之數據。 因統計資料只有紀錄船舶斷纜時，其當時的海象狀況，而記錄內有各種船舶，海象狀況並不一樣，所以無法根據此統計資料彙整成斷纜過程模型。	依處理情形辦理。
2. 繫纜力預報模式處理貨櫃輪與油輪迥異，考量需求依據如何？	貨櫃輪和油輪的受力機制迥異，是因為貨櫃堆疊上去之後，淨出水高減少，但受風面積增加，受力大小反而和淨出水高成負相關。因此，本計畫針對貨櫃輪和油輪各別建構繫纜力預報模式。	依處理情形辦理。
3. 港區碼頭近傍颱風風力效應遠大於波浪，雖有其道理，唯長週期波亦有其效應。	颱風遠颶所產生之湧浪確有其效應，但在諸多文獻中已有探討，非本研究探討對象。將於成果報告強調本研究係針對船舶繫泊於港區碼頭在一般颱風波浪作用受到防波堤遮蔽下之情形。	同意辦理，請納入修正報告。
4. 有關類神經網路之學習、訓練過程，建議適度說明。	遵照辦理。	符合。
邱永芳委員：		
1. 試驗精確性要再確認與詳細說明。	遵照辦理。	符合。
2. 建議與基準的結果做驗證比較，並進一步說明，來研究之可	遵照辦理。	符合。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
參考性。		
3. 風力並非吹出來的風速，應以模型的風速為準，其造成亂流的現象應有說明。	風力所吹來的風，都會透過風速計來量測當時的風速，此風速都依據模型縮小比例來模擬實際船舶所受到的強陣風，所以試驗的風速是以模型的風速為依據。為了使試驗的結果更準確，在強力風扇加裝導風罩，目的是為了讓風扇吹出的風依照導風罩的出口吹出強風，且導風罩的出口盡量靠近模型船，降低風扇吹出的風會有亂流的現象，而影響到試驗的結果。	依處理情形辦理。
李忠潘委員：		
1. §4.2，P4-8，請將波浪的試驗條件，列表表示。	遵照辦理。	符合。
2. 所謂"風對船舶的作用，遠大於浪"，這是因為港內的波浪，已經防波堤遮蔽，已在允許停泊的條件下。	將於成果報告強調本研究係針對船舶繫泊於港區碼頭在一般颱風波浪作用受到防波堤遮蔽下之情形。	同意辦理，請納入修正報告。
3. ANN 經由學習得到各參數對研究現象的影響關係。學習對象的代表性將決定 ANN 的正確與否，目前雖有 244 個情境，是否可用將視未來應用在實際船舶的繫纜測試，尤其在斷纜的預警評估上。	感謝建議。未來的研究，或許可加入實境測試。這一點將寫在成果報告的結論與建議相關章節中。	同意辦理，請納入修正報告。
岳景雲委員：		
1. 與期中報告比較改善許多值得肯定。	感謝肯定。	符合。
2. P 2-1 頁 2.1 國內各港務公司防颱… P 2-47 頁 2.2 國內各港務公司繫泊… P 2-73 頁 2.3 錯泊、繫泊及拖曳… 建議放在附錄內	遵照辦理。	符合。
3. P 2-92 頁建議除了風力級表外增加風速大小(參考蒲氏風力	遵照辦理。	符合。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
級表)。		
4. CH3 研究方法將期中有 17 個變因增加為 23 變因，請說明多考慮了那些重點。	寫期中報告時，因為蒐集的文獻不夠多，所以列出的變因較少。將於成果報告中說明。	同意辦理，請納入修正報告。
5. P 4-1 頁公式(4-1)(4-2)與 P 3-4 頁公式(3-4)(3-5)是否不同？	第三章的公式僅為通用函數表示式，係用於表示應變量與哪幾項變因有關聯。而第四章的公式則依據文獻之內容明確列出如何將各項變因輸入並算出應變量的數值。我們發現在式(3-4)(3-5)都各少列了一項變因，將於成果報告中修正。	同意辦理，請納入修正報告。
6. P 3-4 頁方程式(3-6)(3-7)是否有誤？	式(3-7)裡下標 y 打成 x，將於成果報告中修正。	同意辦理，請納入修正報告。
7. P 4-3 頁□□是否為貨輪、客輪、油輪？方程式是否(4-10)少了一個質量 M？風向垂直於船軸 $\theta=90^\circ$ $C=1.20$ 與表 4-1 $C_y=1.21$ 不同？	式(4-7)、(4-8)、(4-9)中的□□確實為貨輪、客輪、油輪，打字疏忽，將於成果報告中修正。方程式(4-10)並沒有少了一個質量，此方程式來自於「港灣構造物設計基準」。 $\theta=90^\circ$ 時， $C=1.2+0.083-0.25+0.177=1.21$ 。	依處理情形辦理。
8. P 4-5 頁不同吃水深表示船體質量不同，文內先說明？kg 是否會影響合力之計算？與滿載、半載、空載作一連結。	由於已取得船模的 STL 檔，各個吃水深所對應的受風面積都可算得出來。可直接代入各個文獻裡的公式並算出船舶受風吹襲下之合力大小。而量測的部分，只要量拉力計的讀數和角度，即可由力學裡的向量分析算出船舶受風吹襲下之合力大小。故船體質量雖確實會影響吃水深，亦會影響到船舶的受力，但在計算上用不到。	依處理情形辦理。
9. 採用機械式拉力計其精度如何？以肉眼判讀誤差大，須注意。	本計畫使用之機械式拉力計之最小刻度為 0.005kg，將於成果報告中說明。肉眼判讀確實易有誤差，故讀取數據時皆再三確認避免看錯、抄錯數字等人為疏失。	依處理情形辦理。
10. 試驗纜繩受力(kg)→(N)→換算成實體？N。	在建構完成的模式中，輸出的纜繩受力包含各種不同單位的型式，有 kg 的，有 ton 的，有 N 的，也有 kN 的。只要輸入船舶尺寸諸元以及風速風向條件，即可輸出纜繩受力。試驗纜繩受力換算成實體纜繩受力，在第五章油輪繫纜力預報模式之有相關說明及測試。	依處理情形辦理。
蔡立宏委員：		
1. 第二章綜整許多相關緊急應	遵照辦理。	符合。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
變及颱風航行與靠泊作業程序有規定，建議能提出綜合討論。		
2. 由船舶斷纜事件，跟不同港口與碼頭有關，較大風速反而發生件數少，是否船舶已出港避風有關。	將於成果報告第二章之相關資料蒐集的部分將這些推論納入。	同意辦理，請納入修正報告。
3. 試驗驗證僅列各計算結果值，建議增加比較數據，另本表以縮尺做比較是否合適。	將於第五章中詳列類神經網路訓練過程的各項數據，並列出訓練結果神經元間各個鍵結的權重值及閾值。	同意辦理，請納入修正報告。
4. 報告編撰請依本所出版品規定編排，第六章結果與建議中需增加成果效益及後續應用情形一節。	遵照辦理。	符合。
5. 本研究成果應用至實際其他船種、船型，其可信度如何，因目前僅用試驗及縮尺建立模式。	可信度隨著 data library 的大小而增加。若能持續進行相關研究，則可信度可提升。未來的研究，或許可加入實境測試。這一點將寫在成果報告的結論與建議相關章節中。這些將於成果報告的結論與建議相關章節予以補充。	同意辦理，請納入修正報告。
6. 第四章不同受力公式，需再增加計算示意圖。	遵照辦理。	符合。
洪憲忠委員：		
1. 已蒐集相關管理規定及繫纜方式。	感謝肯定。	符合。
2. 本計畫試驗是否包含波浪，敘述宜避免矛盾，如 P 6-1 第六章「結論與建議」第一段及相關敘述。	遵照辦理。	符合。
3. 報告論述港內波浪對繫纜受力影響很小，宜再確認，例如颱風湧浪(尚未發布颱風警報)引起花蓮港池共振、船舶斷纜現象，波浪週期因素不宜忽視。	颱風遠颶所產生之湧浪確有其效應，但在諸多文獻中已有探討，非本研究探討對象。將於成果報告強調本研究係針對船舶繫泊於港區碼頭在一般颱風波浪作用受到防波堤遮蔽下之情形。	同意辦理，請納入修正報告。
4. P3-7「試驗用之纜繩，為漁船捲線機專用之高拉力低展延性 PE 編織繩」，纜繩之彈性係數是否符合模型相似率？本試驗結	纜繩只要斷一根，其他受力增加，就更容易接連著斷。因此，本研究考慮的是所有纜繩中最大的受力。使用高拉力低展延性的材料，是為了讓拉力能確實傳遞給拉力計，避免因纜繩過度延展而量到過低的拉力值。或許在纜繩之彈	依處理情形辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
果之精確性宜確認。	性係數方面無法完全符合模型相似律，但就量測所有纜繩中最大的受力這個目的而言，符合預期。	
羅冠顯委員：		
1. 報告 P.2-86~P.2-87 之表格編號不符（內文為表 2-4，表格為表 2.4）請修正，另第三章也有此情況，請一併修正。	遵照辦理。	符合。
2. 報告 P.3-13 圖 3-10 右邊應為「輸出值」，而非「輸入值」，請修正。	遵照辦理。	符合。
3. 報告 P.4-3 式（4-7）、（4-8）、（4-9），公式 $\square\square C$ 為何？請修正。	式（4-7）、（4-8）、（4-9）中的 $\square\square$ 確實為貨輪、客輪、油輪，打字疏忽，將於成果報告中修正。	符合。
4. 報告 P.4-10 內文描述模型船受造浪影響有擺盪現象，但儀器所量測到之拉力值均為 0，是否為儀器精度問題？	因精度較高之儀器費用昂貴，惟本計畫使用之機械式拉力計之最小刻度為 0.005kg，故過小之拉力儀器將無法顯示。	依處理情形辦理。
5. 報告貨櫃輪、油輪預報模式所需輸入之風速、風向值可與數值模式結合，以減少颱風事件時人為手動輸入之參數量，提升預報效率。	若能自動連結其他數值模式，用其他模式的計算結果當本模式的輸入條件，則沒問題。這些撰寫程式的技術性問題都可克服。	依處理情形辦理。
臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司(曾宇庠 副管理師)		
1. 請說明如何挑選代表性模型船之依據？理由？	由曾經發生斷纜的事件中，貨櫃輪與油輪各挑一艘。取船舶長度之中間值為代表。惟無法取得這些船的船圖，故請船舶模型製造商從他們手中現有模型裡找出長、寬高比例接近的船型。無法和曾經發生斷纜事件船型百分之百吻合。	依處理情形辦理。
2. 挑選出模型船之重量是否與實際船隻的載重噸成比例。	船舶浮於水面，其重量等於排開水的重量。故只要模型船與實體船的長寬高比例有一致，則載重噸的比例就能推算出來。為長度比例的三次方。	依處理情形辦理。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. 如何設計強陣風之模擬情境？	因本計畫為初步考量不同級風速對纜繩受力之影響，無特別將強陣風情境列入考量	依處理情形辦理。
4. 已繫固船隻本身應存在某一程度之拉力，實驗之模型船靠泊碼頭狀態，是否已緊靠碰墊？	將於成果報告中加以說明。	同意辦理，請納入修正報告。
港研中心 洪維屏助理研究員 (承辦)		
1. 報告中英文摘要內容請填列完整。	遵照辦理。	符合。
2. P.1-2~P.1-5 之表格內部分文字不清楚，請修正。	遵照辦理。	符合。
3. P.2-92 之表格中年度總件數和 65 件不符，請修正。	遵照辦理。	符合。
4. 模型試驗條件請以表格載明清楚。	遵照辦理。	符合。

附錄三

防颱作業規定

臺灣港務股份有限公司

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：

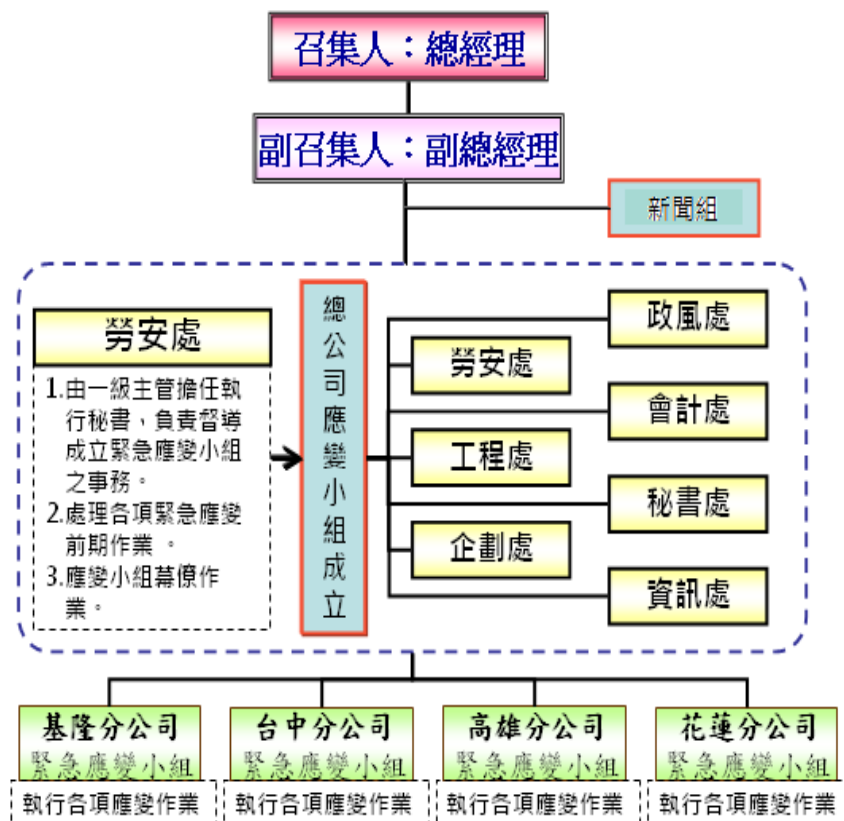


圖 2.1 台灣港務公司與各分公司間之災害防救體系

(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：

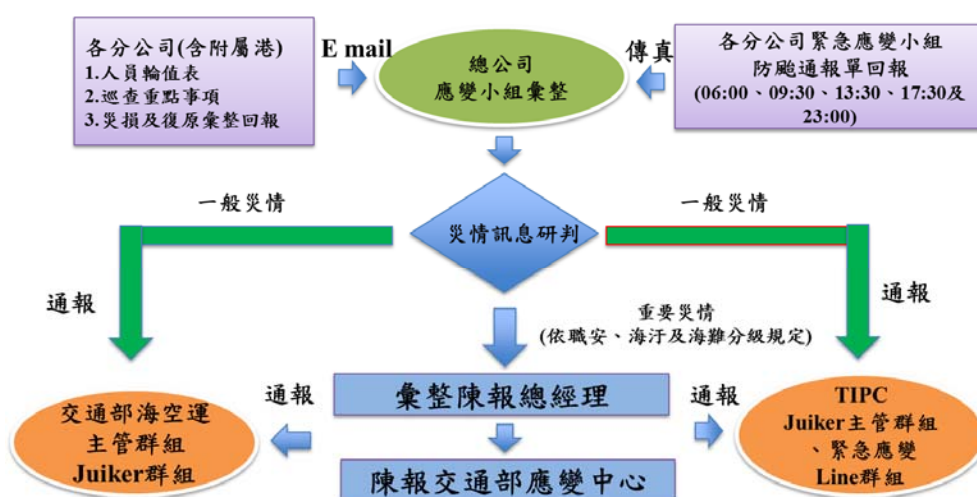


圖 2.2 災害通報流程圖

(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

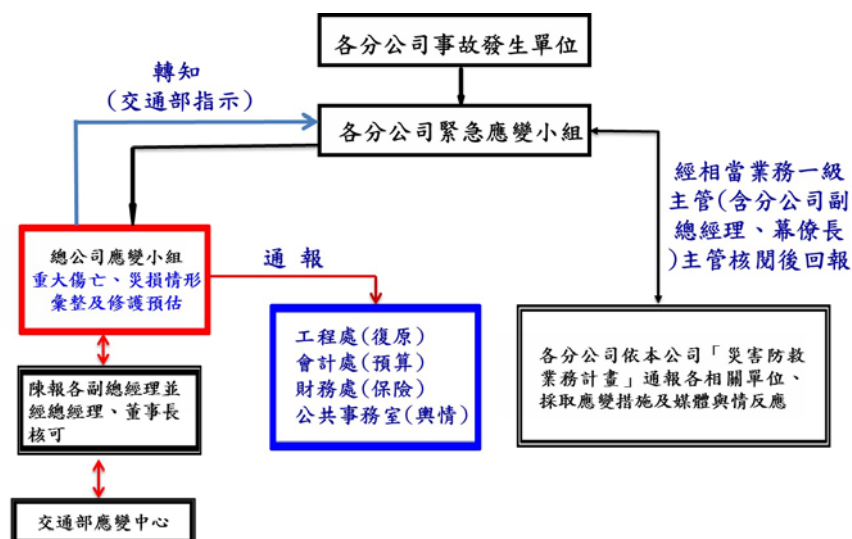


圖 2.3 災害復原通報流程圖

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。

附錄四

防颱作業規定

基隆分公司

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。

附錄五

防颱作業規定

臺中分公司

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

颱風級數	颱風行徑	作業規定	備註
強烈颱風	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	一、本作業規定依據「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。 二、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。 三、臺中港液化天然氣(LNG)船颱風期間船舶靠泊作業： (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。 (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	

颱風級數	颱風行徑	作業規定	備註
		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港時，LNG 船應於 4 小時內出港避風。 四、陸上颱風警報發佈後，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： (一) 總噸逾 30,000 之客輪及汽車船。 (二) 所有貨櫃船。 (三) 空載(定義參照附註一)總噸逾 25,000 之散裝船。 (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。 (五) 危險品船舶(含油輪及化學品船等)： 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。 2. 非空載總噸逾 5,000 之危險品船應出港避風。 3. 非空載總噸 5,000 以下危險品船如不出港應依下列規定辦理： (1) 如靠泊公用碼頭，由船長或其代理人簽具切結(如附件)自願滯留港區	

颱風 級數	颱風行徑	作業規定	備 註
		避風，並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後，得滯港避風，滯港期間如發生意外災害，致本分公司或第三方受有損失，由船方負損害賠償責任； (2) 如靠泊專用碼頭，應先經碼頭租用公司同意，並依第(1)規定出具切結，得滯港避風，滯港期間如發生意外災害，致本分公司或第三方受有損失，由船方及專用碼頭承租公司負損害賠償責任；惟經本分公司協調指泊者，損害賠償責任由船方負責。 五、已駛抵本港區範圍所有船舶均須離港避風。 六、本作業規定如有未盡事宜，得適時檢討修訂之。	
中 度 颱風	同上	同上	
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、停泊本港碼頭之船舶，加強繫纜作業基準訂定如下：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、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

附錄六

防颱作業規定

高雄分公司

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）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布，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，海上颱風警報發布（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布，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，應再加防颱風纜，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. 防颱風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風措施特別規定：

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. 颱風期間港區各公民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	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。 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。 3.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。 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。 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。	出港避風時間由港務長依颱風動態研判後啟動。
中度	由東部侵襲	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、	

颱風		119、120、121 等 12 座貨櫃碼頭總噸 30,000 以上貨櫃船出港避風。 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。 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。 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。 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。 6.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。 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港避風。 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。	
	由台灣海峽或巴士海峽侵襲	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。 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。 3.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空疏散避風。 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。 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 颱 風	由東部 侵襲	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。 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。 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。 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。 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。 6.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。 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。 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。	
	由台灣海峽或巴士海峽侵襲	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。 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。 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。 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。 5.總噸逾 30,000 之客輪、總噸逾 15,000 汽車運送船等出港避風。 6.港內浮筒及港外錨區等所有船隻須淨空或疏散避風。 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。 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。 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。

附錄七

防颱作業規定

花蓮分公司

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	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（以下簡稱本分	

	或巴士海峽侵襲。	公司) 港務處即通知各代理行轉知所代理之船舶應加強繫纜，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)。 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。 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)。 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。 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。	
中度颱風	東部侵襲或巴士海峽侵襲。	同上	

	士海峽侵襲。		
輕度 颱風	東部侵襲或巴士海峽侵襲。	同上	

附錄八

各港務公司船舶繫泊作業要點

臺灣港務股份有限公司

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，纜工不得擅自離候工處所。

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。

附錄九

各港務公司船舶繫泊作業要點

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，立即將船席指泊輪入港灣作業系統中（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、艀纜，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。

附錄十

各港務公司船舶繫泊作業要點

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。

附錄十一

各港務公司船舶繫泊作業要點

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。

附錄十二

各港務公司船舶繫泊作業要點

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鈎並用人員控制，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。

附錄十三

各港務公司船舶繫泊作業要點

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。

附錄十四

各港務公司船舶繫泊作業要點

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。

附錄十五

各港務公司船舶繫泊作業要點

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。

附錄十六

錨泊、繫泊及拖曳操作

本章指出有關錨泊、繫泊及拖曳的須注意事項。尤其重要的是，風險評估應考慮到在這些設備的某部分有故障時的後果。

1. 下錨與起錨

下錨前，應由一位合資格海員檢查制動器是否已制妥，制動裝置已處於備用狀態。要有一位專責船員負責統領一隊錨泊人員，並配備足夠的通訊系統，與駕駛台保持聯繫。錨泊隊應穿戴合適的安全衣物，最低限度要包括安全頭盔、安全鞋和護目鏡，以免為在操作時飛揚的灰塵、鏽屑和碎屑所傷。錨泊隊應盡量站在起錨機的後方。

駕駛台與錨泊隊若是以手提無線電對講機聯繫，每次通話必須清楚報上船舶的名稱，以免錯誤地聽從了其他使用同樣設備頻道者的指示。

下錨前，應察看船頭下有沒有小艇或其他障礙物。為安全計，應先把錨落至管道外才拋錨。配備重錨及錨鏈的大型船舶，應先把錨完全落至管道外才拋錨，以免令制動器過度受力（以及若制動器無法制停錨和錨鏈，令錨鏈固定端過度受力）。

若將錨從存放位置拋錨，鬆開制動器後，錨仍然不動，船員不要試圖搖晃錨鏈。應再次操作制動器並再鬆開，使錨機正常運轉，把錨落至管道外才拋錨。

應讓錨鍊自動收進錨鏈艙。若船員有須要進入錨鏈艙，不論是什麼原因，都要站在有受保護的位置，並盡量與錨機操作員保持聯繫。

請繫穩已經收好及暫時不用的錨，以免意外鬆開。

2. 綁纜與解纜

繫泊及解纜時，應在船舶兩頭各編配充足人手，確保操作安全。船舶每頭應有一位專責高級船員統領繫泊工作，兩位專責高級船員與駕駛台之間應以適當的方式保持聯繫。若是以手提無線電聯繫，通話

時必須報上船舶名稱，免生誤會。擔任此項操作的船員均必須穿著適當的保護衣物。

船舶的拋纜繩應在每端打上猴拳結。為免船員受傷，切勿在繩結內加進其他重物。

繫泊甲板不要有雜物防礙工作，亦應鋪上固定踏板或塗上防滑塗漆，整個工作空間要有充足照明，方便在黑暗環境下工作。

要定期檢查所有於繫泊操作中使用的設備，並盡快把毛病糾正。特別要留意絞車有無漏油；導纜滾筒、繫纜樁、繫纜柱和捲筒的表面均須清潔並狀況良好。滾筒和導纜滾筒應順滑地轉動，並應不時檢視有沒有鏽蝕。尤其要確保台式導纜滾輪、纜樁、繫纜柱等是否：

- (a) 設計妥善，符合一切預期中的操作載荷和情況；
- (b) 所處位置正確；及
- (c) 有效地安裝在經適當加固的船體上。

繫泊時所用的纜索、鋼索和制絆索，均須完好無缺。要經常檢查纜索的外表和索股之間有否磨損。鋼索應定期塗上適當的潤滑劑，並檢查裡面有否損耗和外面的索股有否斷裂。另亦要定期檢查纜索和鋼索的接插位，確保完整。若鋼索連接於纖維索時，應在纖維索的索眼處放入索眼襯環或其他裝置。鋼索與纖維索的索股紋路方向要相同。

纜索和鋼索不可自捲盤上直出使用，而應先從捲盤拉出，整齊安全地平放在甲板上，確保長度足以應付任何突發需要。若不能肯定所拉出的長度是否足夠，應索性把所有纜索拉出來。

要達到理想的繫纜佈置通常有其難度。若緊記下述原則，則可使船上設備連至最佳的效果：

- (a) 橫纜，提供大部分的橫向制約；
- (b) 後纜，提供大部分的縱向制約；

(c) 太短的纜繩可免則免，因為在船舶移動時會承受絕大部分的載荷。

繫纜佈置要細心，不要讓導纜的角度太小，而纜索和鋼索亦不會穿過同一的導纜或繫纜樁。繫纜佈置要事先計劃好，並須先就操作進行風險評估，尤其是在船舶要使用不常見或非標準繫纜佈置前，更要如此。

船員在任何情況下均不得站在纜索或鋼索的繩圈。絞車的操作最好由合資格船員擔任，確保繫泊時的負荷不會過重。

繫泊裝置受力時，所有站在附近的船員應走到安全區，要避免進入所有「反彈」區。強硬地建議要就繫泊裝置製作鳥瞰圖（從船舶上可用的高點俯瞰）標示出危險區域。若裝置的任何部分顯得受力過度，應立即減輕負荷。小心留意纜索或鋼索不會在受力時軋住，以便在需要時可以即時鬆開。

若繫泊索的導索繞著台式導纜滾輪，則「反彈」區會改變，範圍亦會加大。除在繫泊船舶時外，繫泊索不應繞著台架，而是繞在繫纜柱上，基架上應盡量沒有纜繩。

圖 1~圖 5 顯示簡單及複雜繫泊系統的圖片，以及繫泊甲板上實際的安排，舉例顯示有關的「反彈」區。有關「反彈」區的其他資料，見油公司國際海洋論壇 (Oil Companies International Marine Forum, OCIMF) 刊發的「繫泊設備指引」第 6.3.5 節。



圖 1 簡單繫泊系統，已顯示潛在的「反彈」區範圍



圖 2 複雜繫泊系統，已顯示潛在的「反彈」區範圍

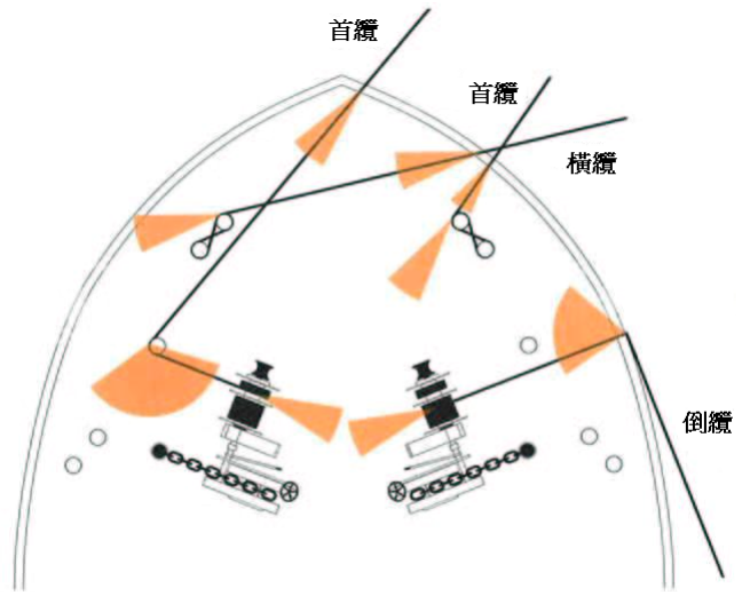


圖 3 繫泊甲板安排的實例，已顯示潛在的「反彈」區範圍



圖 4 繫泊甲板安排實例的照片，已顯示潛在的「反彈」區範圍

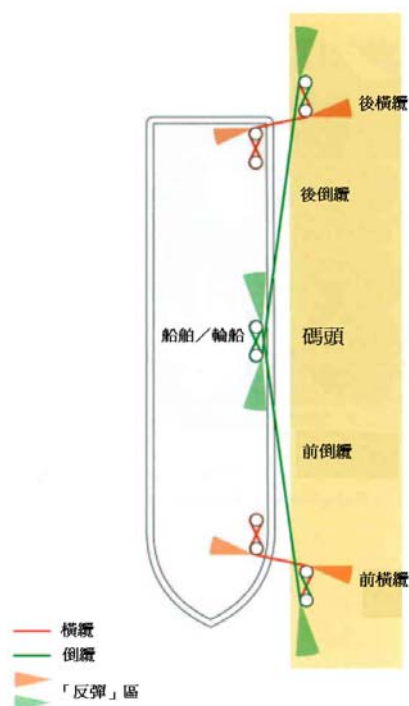


圖 5 國內航線客輪與船舶在碼頭的全面安全繫泊安排，已顯示潛在的「反彈」區

使用捲筒圍圈絞纜的安全方法，是派駐一人在筒末，再由另一人從旁協助，圍捲收回的纜索。在大多數情形下，在捲筒上繞三個圈已經足夠。不可將繞在捲筒末的鋼索用作定位索。

鋼索不應橫過在繫纜樁上的纖維索。鋼索及纖維索應使用不同的導纜孔或纜樁。

制絆繫泊的時候，應遵守下述各點：

- (a) 天然纖維索應以天然纖維索制絆。
- (b) 人造纖維索應以人造纖維索制絆（聚酰胺索除外）。
- (c) 纜索宜採用「西部」法制絆（即雙重加逆轉制絆法）。
- (d) 鋼索應使用鏈條來制絆。方式是以雙合結的形式的半結兩個。鏈尾在一個適當的距離逆索股方向繞轉，以確保鋼鏈不會纏阻或拆散鋼索的索股。

3. 浮筒繫泊

當浮筒繫泊的工作是在船舶的工作艇或小艇上進行時，負責操作的船員應穿上救生衣，艇上亦應有連接救生索的救生圈備用。

工作艇或小艇上應附有設備，以便有人跌進水裡後仍可爬回工作艇或小艇上。若果使用繩梯，則梯上應附以重物，使其下端的梯板處於水面以下。

若是從船上進行浮筒繫泊，應有連接足夠長度救生索的救生圈備用。

若是用滑索將船舶繫泊在浮筒或繫船浮筒上，索的索眼絕不應套進繫纜柱上，以免解繫時因受力而不能將索從繫纜柱上取出。為免鋼索眼意外地滑進繫纜柱或其他障礙物，應將索眼孔纏小

4. 拖曳

有不少涉及船員的意外，在進行收放拖輪拖纜這類相對簡單的操作時發生。一般原因是拖纜在不同的狀況下被繃緊，導致（例如）纜索掰開並擊傷船員，或纏在海員的手上，做成重傷。

拖曳設備須作充分保養，使用前也須檢查，因為拖曳操作過程中，纜索、鋼索、導纜滾筒、繫纜柱和接頭處各點的負荷可能會過重。

開始拖曳操作前，船長應確立適用的通訊方式，交換有關資料（例如船舶的速度），並與拖輪的船長協定拖曳計劃。

所有參與拖曳操作的船員均須獲得足夠指示，並明白自己的任務和應採取的安全措施。船員應穿戴個人保護衣物，包括戴上安全頭盔和穿上安全鞋。

船員應盡量與拖輪船員協定投擲拋纜的區域。使用絞車將連着拖輪拖纜的導索絞上船，將拖纜的索眼置在繫船柱上並加以制絆。絞纜索筒上只需足夠圈數的導索從絞上拖纜即可。油輪方面，切勿將拖纜

的索眼套在已套上火線的繫纜樁上。如無其他繫纜樁可用，則應先將火線除下。

連上拖輪後，非必要的船員應遠離操作範圍。若有任何人獲指示留在該區，或在拖曳時看守拖曳裝置，應要非常小心，避開纜索或鋼索的繩圈和「反彈」區，以防纜索斷裂時受傷。暴露在危險區域的時間要盡量可能的少。

操作時，以下各方應保持聯繫：

- (a) 拖輪與被拖船舶的駕駛台及船頭人員；及
- (b) 拖曳隊與駕駛台船員。

每次通訊時，各方應表明身分，以免誤會。拖輪船長應得悉機器的運作情況及其推力。繫泊隊的專責船員須時刻監察拖纜，並在拖纜因不同的原因開始繃緊時警告隊員。

解開拖纜時，在與拖船隊員有確實的溝通，並得悉他們隨時可以接住拖纜之前，切勿嘗試鬆開拖纜。將拖纜所附的導索綁在鬆的拖纜上，加上制絆後，方可將拖纜從繫纜樁上解下。

使用繞在繫纜樁上的導索控制拖纜被拖船船員收回的速度。如任由拖纜不受控制地鬆開會做成鞭子效應，擊傷船員，導致重傷。

有關拖曳的詳情建議載於《商船通告》內。

5. 國內航線客輪與船舶在碼頭的安全繫泊

船員在小型船舶繫泊在碼頭上的獲認可及安全方法，乃使用下述所有纜索：前倒纜；後倒纜；前橫纜；和後橫纜。須就全面繫泊安排進行風險評估，並須包括圖解。

如認為安全程度足夠，可減少所用的繫泊安排，但只可在考慮到天氣和海面情況、潮汐狀況、潮汐流動和相應的「反彈」區後才可進行。

乘客和船員盡量不要在「反彈」區內逗留。

若繫泊時，從船舶中部拉緊纜索是唯一可行的辦法，須有橫纜直接從船舶中部繫到碼頭上。

不建議並且應避免採用單點繫泊和在纜索繫上碼頭的繫纜樁後使用船上的主機。經進行全面風險評估及在良好天氣下，通常獲接納的最低標準為兩條纜索，登船點兩邊各一條。應常查明當地附例和尋求指導。

附錄十七

期末報告簡報



風力作用下船舶受力及繫纜力之 預警評估 期末報告

簡報人：吳南靖

2018/11/09



國立嘉義大學
National Chiayi University



簡報內容大綱

- 計畫緣起與目的
- 研究內容與工作項目
- 重要文獻回顧
- 研究方法及進行步驟
- 風力試驗
- 數值模式
- 結論



國立嘉義大學
National Chiayi University

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 水工模型試驗時，纜繩最大受力如何界定？	在船舶受風、浪作用時，各纜繩所受之拉力均為時間的函數，即任一纜繩在不同時刻所受之拉力均未相同。為取得各纜繩最大受力，每一條纜繩均配置一支日本進口可記錄峰值之拉力計。一個情境之試驗做完之後，可從各拉力計讀取各纜繩在整個歷程中之最大受力。
2. 預報模式及水工試驗，有關繫纜單元，除繫纜方式外，繫纜強度之考量是否有其必要性？	水工模型試驗不考慮斷纜，纜繩之全部受力均反應於拉力計上。未來應用時，只要用預報模式算出纜繩最大受力，即可將該最大受力除以當時所用纜繩之斷面積而得到最大應力，若此最大應力超過纜繩之容許應力，則有斷纜之虞。
3. 預報模式內關於斷纜風險評估判斷式或基準如何？	依據前述纜繩最大應力與容許應力之比較，即可評估斷纜風險。
4. 類神經網路方法輸入層資料如何設定？	我們會把模式設定好，輸入的資料為船舶的長度、寬度、出水高度、含貨物之總質量等船舶特徵基本資料，以及靠泊區之水深、風速、風向、波高、週期等外力條件資料，經模式將這些資料轉換為無因次參數，再轉換成正規化參數，變成類神經網路之輸入層資料。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 以最簡單的影響參數結合Taicom Model以每個碼頭上的風波潮流計算出來，做為船舶運動的外力，再計算船舶的繫纜力計算出來，以供防災使用。	臺灣近岸海象預報系統(TaiCOM Model)，只有算出碼頭所在區域之風速風向、波高週期以及潮位等，並沒有船舶運動的外力。若要直接用船舶運動與動力分析的數值模式來計算船舶繫纜力，除了考慮風速風向、波高週期以及潮位這些自然條件之外，還有船型、船線、載重、配重、出水高、吃水深等因素，困難度相當高。因此，本研究團隊考量船的尺寸諸元等若干特徵，設計許多能反應颱風發生時船舶受力之風、浪情境，採用水工模型試驗的方式來產生足夠的資料庫，並利用類神經網路這種較先進的人工智慧數值演算法，來建立本計畫所需之數值模式。
2. 各種海象條件對船舶不同時，就會有不同的結果，因此應以資料庫的方式，來做比對使用，方能競其功。	委員的看法，本研究團隊深感贊同。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
3. 模型試驗只是用來驗證數學模式的結果，並非每一個狀況的試驗。	我們會把模式設定好，輸入的資料為船舶的長度、寬度、出水高度、含貨物之總質量等船舶特徵基本資料，以及靠泊區之水深、風速、風向、波高、週期等外力條件資料，經模式將這些資料轉換為無因次參數，再轉換成正規化參數，變成類神經網路之輸入層資料。
4. 應說明類神經網路以統計方式和直接用模式計算，何者較能準確及便利使用。	若能準確依循模型試驗之動力相似律，則模型試驗的結果可真實反應實體船舶在風、浪作用情境下之受力狀況。除了前述因難度較高的因素外，由於必需輸入船線、船型，以便在電腦中建立船舶數值模型，方能丟到船舶運動與動力分析的數值模式做計算，而這些都是船公司不對外公開的機密資料，故直接用模式計算之便利性極低。相對之下，若能預先建立資料庫，內含船舶受力與風浪情境及幾項重要船舶特徵之對應關係，再用類神經網路將這些對應關係串連起來，則將來在應用時，只要把船的長度、寬度、出水高、吃水深、載重等若干船舶特徵，還有靠泊區之水深、風速、風向、波高、週期等外力條件資料當做模式的輸入，就能立即得到纜繩最大受力的預估值，便利性相對較高。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 模型試驗的風速，相當於現場的何種風速？請於文內簡介模型定律。	模型試驗的風速，相當於現場的何種風速，係依照模型試驗之動力相似律來計算，在簡報中已有提及，期中報告文內未說明之處，已在期末報告中補述。
2. 以模型試驗所取得的有限資料，是否足以提供類神經網路訓練所需？是否需改變不同的船型、風速、及其他變數？	為取得足夠資料提供類神經網路訓練所需，本研究團隊已採用不同船型、風速、水深等條件來做更多情境的試驗。依據契約，我們總共製作2艘模型船，貨櫃輪各油輪各一艘。在有限的資源下，我們把貨櫃輪不載貨的情境和油輪的情境一起丟進類神經網路做分析，以求輸入樣本之多元。如未來經費充裕，則可製作更多不同船型產生更多資料來提供類神經網路訓練所需。
3. 風扇轉速60-45的風速為何？	我們有購買一支風速計，用來量測試驗時的風速。試驗情境的資料，以風速計量得之資料為準。用風扇轉速來描述風速大小，本身意義不大，我們已在期末報告中修正相關論述及說明。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 建議參考文獻中簡體字修正為正體字，又國外相關文獻宜加強回顧。	感謝建議。已在期末報告中加強這一部分。
2. 所模擬的吹風速度方向對應於實際線地之強(颶)風大小方向是否符合?宜說明對應於船型縮尺之風場情形。	現地之實際風速，可依據船型之縮尺比例及動力相似律推算。我們會依據所設定的吹風情境，仔細檢討試驗所採用之風速。相關理論與情境設定，已在期末報告中補充。
3. PPT中P.10風扇可產生之風速為4-12m/s，另P.12中針對模型船試驗風速為8.67~12.67m/s，是否矛盾?	風扇可產生4-12m/s之風速，是風扇的出廠功能設定。而試驗風速，則是用風速計量得之結果。目前採用之風速在較大比例縮尺時確實是在現地不可能發生的過大情形，故我們會增加風速的試驗範圍，讓資料更完整，已在期末報告中補充。另其實依據因次分析相關理論，以Isherwood(1973)之研究，只要模型船和實體船的比例一樣，則力的大小與風速平方的比值就會一樣，故即使用較大的風速來做試驗，亦不會影響試驗的正確性。相關說明詳第四、五章。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 建議參考文獻中簡體字修正為正體字，又國外相關文獻宜加強回顧。	感謝建議。已在期末報告中加強這一部分。
2. 所模擬的吹風速度方向對應於實際線地之強(颶)風大小方向是否符合?宜說明對應於船型縮尺之風場情形。	現地之實際風速，可依據船型之縮尺比例及動力相似律推算。我們會依據所設定的吹風情境，仔細檢討試驗所採用之風速。相關理論與情境設定，已在期末報告中補充。
3. PPT中P.10風扇可產生之風速為4-12m/s，另P.12中針對模型船試驗風速為8.67~12.67m/s，是否矛盾?	風扇可產生4-12m/s之風速，是風扇的出廠功能設定。而試驗風速，則是用風速計量得之結果。目前採用之風速在較大比例縮尺時確實是在現地不可能發生的過大情形，故我們會增加風速的試驗範圍，讓資料更完整，已在期末報告中補充。另其實依據因次分析相關理論，以Isherwood(1973)之研究，只要模型船和實體船的比例一樣，則力的大小與風速平方的比值就會一樣，故即使用較大的風速來做試驗，亦不會影響試驗的正確性。相關說明詳第四、五章。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. P.45參考文獻部分缺出處、頁碼且缺類神經網路文獻。非常實務的研究	已在期末報告補充相關文獻。
2. P.17表2-1風力10級(狂風)，11級(暴風)代表陸面、海面狀態?海波浪高大小?建議加蒲福式風級表。	本計畫所發展的模式，將來要輸入的是船舶停靠處的風浪條件。這資料可由氣象局的預報、現場量測，或是其他數值模式推算而得，不限陸面或海面。已在期末報告中將依委員建議加入蒲福氏風級表。
3. P.40圖4-2~圖4-6模型船改為流線型。	感謝建議。實際上我們的模型船就是流線形。特別委託知名船舶模型製造商北玄科技公司依實際船型製作。但礙於船模公司和海運公司有簽保密協定，無法告知本模型船是哪艘實體船的縮小模型，只能得知本船型之實體長度大概就是160m左右的貨櫃輪。期中報告相關圖面之展現方式確會引起誤解，我們已在期末報告中把相關圖面之展現方式做通盤的修正，相關展示圖面詳第三、四、五章之試驗照片。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
4. P.43表4-1建議加入單位? m/s? kg	感謝建議，我們會仔細檢查所有物理量之單位，已在期末報告中加入。
5. 建議加一個水工模型試驗表格，並將試驗果換算成實際物理量。	感謝建議，相關對應表格已在期末報告中加入。
6. P.40 圖4-1 8條纜繩是否對稱?不對稱，對船舶運動影響有無差異?若其中一條斷纜是否會產生更大破壞?	圖4-1那張照片是還沒開始試驗之前的展示照片。實際上我們做實驗時有仔細校對過船的中心位置。已在期末報告中放入正確的照片。
7. 貨櫃輪是空載?半滿載?受風面積不同影響也不一樣。	的確，載重不同則吃水深度不同，受風面積自然也不同。因為現階段只做一艘模型船，而這艘船的總高度是固定的，出水高度等於總高度減去吃水深度，受風面積又會反應在船的出水高度和吹風角度，所以能分析的參數尚有限。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 目前的受力分析，必須規劃考量後續作為繫纜或斷纜預警評估。	感謝建議，這正是本研究團隊努力要達成之目標。
2. 試驗條件若還原為原型，其範圍是否涵蓋現況條件。	我們依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，並已將相關理論呈現於期末報告中。
3. 目前繫纜方式及規定如何？	經洽詢台灣港務公司，目前繫纜作業係委外由專業的繫纜公司經營。本研究團隊已聯繫各繫纜公司，並依約前往拜會討論，並檢討試驗所採用的繫纜方式是否與目前的方式與規定相同。
4. 類神經網路學習，其樣本數及樣本如何確保預測結果的準確性。	這牽涉兩個層面，第一是模型試驗所得到的資料是否能真實反應實體船的受力狀況。第二是是否有足夠的樣本資料庫來供類神經網路學習。就第一個層面而言，我們依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，以確保準確性。就第二個層面而言，我們持續用各種不同的情境來進行模型試驗，以獲得足夠的樣本供類神經網路學習。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 目前的受力分析，必須規劃考量後續作為繫纜或斷纜預警評估。	感謝建議，這正是本研究團隊努力要達成之目標。
2. 試驗條件若還原為原型，其範圍是否涵蓋現況條件。	我們依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，並已將相關理論呈現於期末報告中。
3. 目前繫纜方式及規定如何？	經洽詢台灣港務公司，目前繫纜作業係委外由專業的繫纜公司經營。本研究團隊已聯繫各繫纜公司，並依約前往拜會討論，並檢討試驗所採用的繫纜方式是否與目前的方式與規定相同。
4. 類神經網路學習，其樣本數及樣本如何確保預測結果的準確性。	這牽涉兩個層面，第一是模型試驗所得到的資料是否能真實反應實體船的受力狀況。第二是是否有足夠的樣本資料庫來供類神經網路學習。就第一個層面而言，我們依據動力相似律詳細核算模型受力與實體船受力之間關聯性，以確保準確性。就第二個層面而言，我們持續用各種不同的情境來進行模型試驗，以獲得足夠的樣本供類神經網路學習。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. P. 26描述若停靠船舶長度大於200m則可忽略H/Ls項，但依據P.22表2-3所蒐集斷續船隻顯示，有船長資料共11艘，其中僅3艘船長大於200m，以前述200m為參數H/Ls省略不考慮條件，是否合宜？	在後續的試驗中，已加入波浪的因素，且已呈現於期末報告。依據我們的試驗結果，風的影響遠大於波，建議業主將來編列更多預算，用更大的模型船來執行相關研究。
2. 本案風速設定範為偏高，建請嘉義大學團隊再行檢討。	目前採用之風速在較大比例縮尺時確實是在現地不可能發生的過大情形，故我們已增加風速的試驗範圍，讓資料更完整，已在期末報告中補充。
3. P.43 表4-1 風力試驗結果表請補充m/s、kg單位。	遵照辦理。

期中報告審查意見

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
1. 預報模是使用者僅須鍵入少數幾個關鍵因素後能夠知道要帶何種不同的纜繩數。	本研究是建立一個預報模式，讓使用者僅須鍵入少數幾個關鍵因素後能夠知道纜繩最大受力，至於要帶幾條，是否會斷纜，則是使用者要自己依據所使用纜繩之容許應力去評估。或建議請業主再持續編經費成立計畫進行相關研究。
2. 有關港務分公司法規之蒐集能夠更精準。	遵照辦理。相關文字繕打錯誤之處，已在期末報告一併修正。

計畫緣起與目的

- 國內、外對於港內船舶在颱風期間之繫纜受力分析，乃以**波浪**造成之外力主要考量。然而，強颱風帶來之**強陣風**，也是災害因素之一
- 依據媒體報告，強颱風帶來之強陣風，造成船隻斷纜，然後災損嚴重



橋式起重機「風明輪」(右)撞斷。(記者黃加福攝)



基隆港，安平港及金門縣西海域均發生船舶碰撞事件，圖為基隆港碰撞畫面。(記者洪定宏攝)

在進行是否要解纜出港避災之評估時，若同時考量風、浪之外力，比單純只用浪的外力來分析應具較高之可信度。

若能據此建立一套預報模式，未來只要輸入風力、浪高、船型、繫纜方式等資料，即可立即算出斷纜風險，將大大提升管理單位之決策效率。

近年國內發生船舶斷纜重大事件

年份	新聞標題
2014年7月	花蓮港五貨輪斷纜 二艘碰撞
2015年4月	不敵強勁風浪 橋仔1漁船斷纜漂至芹壁翻覆
2015年8月	台中16級風 紀德艦斷纜撞凹
2016年	百年來最慘//強颱重創高雄港 38條纜線也綁不住風明輪
2016年	梅姬影響 蘇澳港區、南方澳港區有漁船斷纜
2017年2月	台中港強風斷纜 印尼籍船員重摔命危
2017年7月	麗娜輪纜繩斷裂撞軍艦 航港局：專案小組處理
2018年6月	高雄港3艘繫纜浮筒船隻斷纜 林園外海2艘油輪擱淺



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

研究內容與工作項目

- (1) 蒐集並綜整國內外港務防颱作業相關管理規定、各靠泊船型繫纜方式等
- (2) 針對船舶斷纜事件蒐集及分析，包括船型、港內發生位置、當時海氣象情況、纜繩斷裂位置等
- (3) 建立船舶纜繩受力數值模式。以**試驗結果及文獻資料**，建立船舶纜繩受力**數值模式**
- (4) 進行數值模式驗證所需之**模型或現場試驗**。依據數值模式所需進行之試驗，以提供數值模式驗證及相關參數擬定

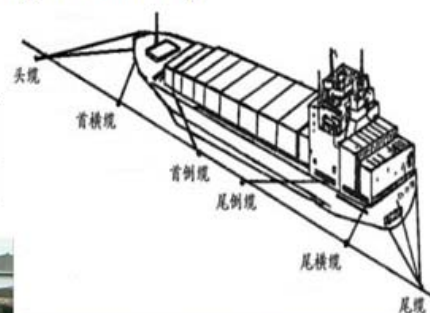
各港務分公司防颱作業規定

- 基隆分公司
<https://kl.twport.com.tw/chinese/cp.aspx?n=4C8CD008602E6094>
- 臺中分公司
<https://tc.twport.com.tw/chinese/FileDownload.aspx?n=F02E5343C55762E7&sms=7ED4CFEDE0035C54>
- 高雄分公司
<https://kh.twport.com.tw/chinese/cp.aspx?n=8F0F16AD79174631>
- 花蓮分公司
<https://hl.twport.com.tw/chinese/cp.aspx?n=8A4337DBF0E803A9>

船舶繫纜方式

- 船艏纜：船艏那4條纜繩
- 船艉纜：如同船艏一樣，從船艉繫掛於纜樁
- 防止船隻向前移動，船艏纜後方那幾條纜繩(在船名上方)
- 後向纜：防止船隻向後移動
- 依船身的長度決定繫船纜繩的規格

船身長(呎)	27' 以內	28' -31'	32' -36'	37' -45'
纜繩直徑(吋)	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"



船舶斷纜統計數一覽表

船型	件數	船舶尺寸大小	港口	件數	年度	件數	風力級數	件數
油輪	12	長207m 寬32.2m 深18.8m 吃水深13.6m	基隆港	1	101	8	1	7
全貨輪	11	長968m 寬31m 深29.85m 吃水深10.6m 載重可達146073噸	臺中港	7	102	9	2	8
散裝船	7		安平港	1	103	13	3	6
礦砂船	6	噸位：1,263 公噸 噸位：4,212 公噸 噸位：100,38 公噸；載：27.48公噸；載：6.10公噸； 全載重吃水4.7公尺 最大載重(Dead weight) 10,199 噸	高雄港	56	104	9	4	5
煤油船	6	長110m 寬18.8m 吃水深7.9m 噸位7200G/T			105	19	5	3
油化船	5	長94.8m 寬16.2m 深4.8m			106	7	6	2
油化貨輪	4	長292m 寬48.35m 深26.25m					7	11
油化貨輪	2	長98m 寬17.2m 深4.2m 設計吃水2.8m 吃水吃水3.3m					8	2
油化船	2						9	2
軍用船	2						10	4
油化貨輪	1						11	8
油化船	1	長10712噸 長112m 寬30.8m					16	5
油化船	1						17	2
軍用船	1	長134m 寬20m 吃水深5.8m 噸位9351噸 載重869噸						
軍用船	1							
油化船	1							
油化船	1							
油化船	1							



國立嘉義大學
National Chiayi University

船舶資料-油輪

油輪(船名)	載重噸(噸)	全長(公尺)	艙深(公尺)	艙寬(公尺)	滿載艙吃水(公尺)
華衛7-油輪	4900.00	112.00	8.20	16.50	
奈良-油輪	47172.00	182.50	19.10	32.20	12.666
浩洋-油輪	4287.00		7.50	15.40	6.250
賓坦一油輪	7133.00	100.00	8.10	18.20	5.000
賓坦一油輪		65.00	4.95	10.00	3.000
立德一油輪	74999.00	228.00	20.90	32.24	14.437
立德一油輪	4999.00	99.00	8.40	16.50	6.000
新能一油輪	5953.30	90.00	8.00	17.50	6.42
達利57-油輪	4999.00	107.00	9.80	17.20	6.091

(船舶資料由航港局提供)



國立嘉義大學
National Chiayi University



船舶資料 - 貨櫃輪

貨櫃輪(船名)	載重噸(噸)	全長(公尺)	模深(公尺)	模寬(公尺)	滿載模吃水(公尺)
賽納-全貨櫃	41962.00	240.20	14.460	32.20	11.72
平多魯-全貨櫃	18581.00	168.80	13.50	27.30	8.415
風明輪-全貨櫃	145077.00	368.00	25.66	51.00	
海興-全貨櫃			7.30	15.00	
駿業-全貨櫃			7.80	17.60	
新吉航-全貨櫃			6.60	12.60	

(船舶資料由航港局提供)

國立嘉義大學
National Chiayi University

重要文獻回顧

- **洪等(1989)**運用波譜法概估船舶及繫纜在不規則波、流作用下之動力反應，其入射波之波譜由實測而得，轉換函數由試驗貨運用數值計算方法而得，當達成用數值計算方法直接計算淺海船舶運動及繫纜受力的轉換函數後，再加上實測得之波譜，可對淺海船舶運動及繫纜受力做數值模擬估算
- **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
- **邱等(1997)**考慮大波高波浪中繫纜船體水下形狀之時間變化所造成的橫向與縱向運動之耦合效應，以及包含依動量理論處理之橫傾衝擊力在內的非線性效應，建立了可輸入繫纜位置、方向、彈性常數而計算其船體運動與繫纜力時序列之程式，供港研所於算得反應函，並給定港池內之波浪分佈時，即可進行繫泊船舶運動與繫纜力統計分析之用
- **向等(2001)**對繫泊船繫纜張力的計算建立了數學模型，用蒙特卡洛算法對繫泊非線性方程組進行了求解，並編製了計算程序，與實驗結果相比，有較好的一致性，用此數學模型的方法求解船舶在風浪流聯合作用下的繫纜的靜張力是可行的

國立嘉義大學
National Chiayi University

重要文獻回顧

- **李等(2007)**分別進行單流、單浪和浪流共同作用下，繫泊船舶撞擊力和繫纜力試驗，研究不同水位、不同船舶載度、不同浪流夾角、單流、單浪和浪流共同作用時對船舶撞擊力和繫纜力的影響
- **蔣等(2007)**船舶因素對船舶繫纜力的影響主要包括船舶噸級、船舶載量、船舶類型，通過模型試驗研究、船舶裝載量及船舶類型對船舶繫纜力的影響
- **彭等(2008)**其研究以VISUAL C++程式語言撰寫繫纜船舶運動模擬系統，將風，浪等分別建立物件，可單獨選用進行運動模擬，亦可同時選用，經此一模擬程式運算可得到十序列上的船體運動，繫纜張力、防舷材反力等，得到這些繫纜船舶的非線性反應特性

國立嘉義大學
National Chiayi University

重要文獻回顧

- **方等(2008)**建立一套可用以模擬繫泊船舶之動態行為之非線性數學模式，此模式包括了船舶與繫纜之耦合運動效應，由於波浪、洋流與繫纜的流體動力交互作用，使得船舶繫纜系統之動態分析變得相當複雜，此繫纜系統問題屬於兩端點邊界值問題，一般不易求解，其利用多重射擊法結合四階朗奇庫塔數執法來求得相關的六度船體運動與繫纜之動態模擬，其結果顯示相當符合物理現象
- **孟等(2011)**基於波浪作用下船舶繫纜力之試驗資料，分析了船舶特性、波浪參數對繫泊船隻波浪之影響規律，提出作用於船舶上波浪總力之計算公式，以及由波浪產生船舶繫纜力之計算方法
- **Akers (2015)**針對2001-2010年繫離岸系統其繫纜損壞的因素，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一所示。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，強風與長浪所帶來的外力可能超出繫繩破壞張力，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者研究的重點

以上這些**基於物理定律之數值模式**，設定複雜、計算費時、不具通用性(即不同船型、不同條件，都要另外再重算)

研究方法與步驟

研究方法：

- (a) 因次分析與參數之無因次化
- (b) 水工模型試驗
- (c) 類神經網路

採用本方法之原因：

- (1) 同時考慮風與浪，則基於物理定律之數值模式更不好用。
- (2) 直接拿模型試驗量得之資料來進行統計迴歸，可得到具有快速預報功能之統計數值模式。

影響纜繩受力之因素

船舶之長度(m) : L_{oa}
 船舶之寬度(m) : B
 船舶之吃水深度(m) : D_t
 船舶含貨物之總質量(kg) : M_t
 船舶之淨出水高度(m) : H_{sa}
 船舶之乾艙出水高度(m) : H_m
 船舶之重心到船首之距離(m) : L_c
 船舶之重心到船底之距離(m) : D_c
 水面上軸向投影面積(m²) : A_f
 水面上側向投影面積(m²) : A_s
 水面上側向投影形心至船首之距離(m) : C
 水面上側向投影形心至水面之距離(m) : H_c
 甲板上微小物件之側向投影形心至船首距離(m) : S
 船舶之浮心位置(與靜水面之距離, m) : D_b
 靠泊位置之水深(m) : h
 靠泊位置之波高(m) : H_b
 靠泊位置之波浪週期(s) : T
 海水密度(kg/m³) : ρ_w
 靠泊位置之風速(m/s) : V_s
 風向與船首夾角 : θ
 空氣密度(kg/m³) : ρ_a
 重力加速度(m/s²) : g

纜繩最大受力(N) : F_{max}

變因太多，分析不完

因次分析與參數之無因次化

$$F_{\max} = f(L_{OA}, B, D_s, M_s, H_{BR}, H_{SR}, L_c, D_c, A_T, A_L, C, H_C, S, D_b, h, H_D, H, T, \rho_w, V_a, \theta, \rho_a, g)$$

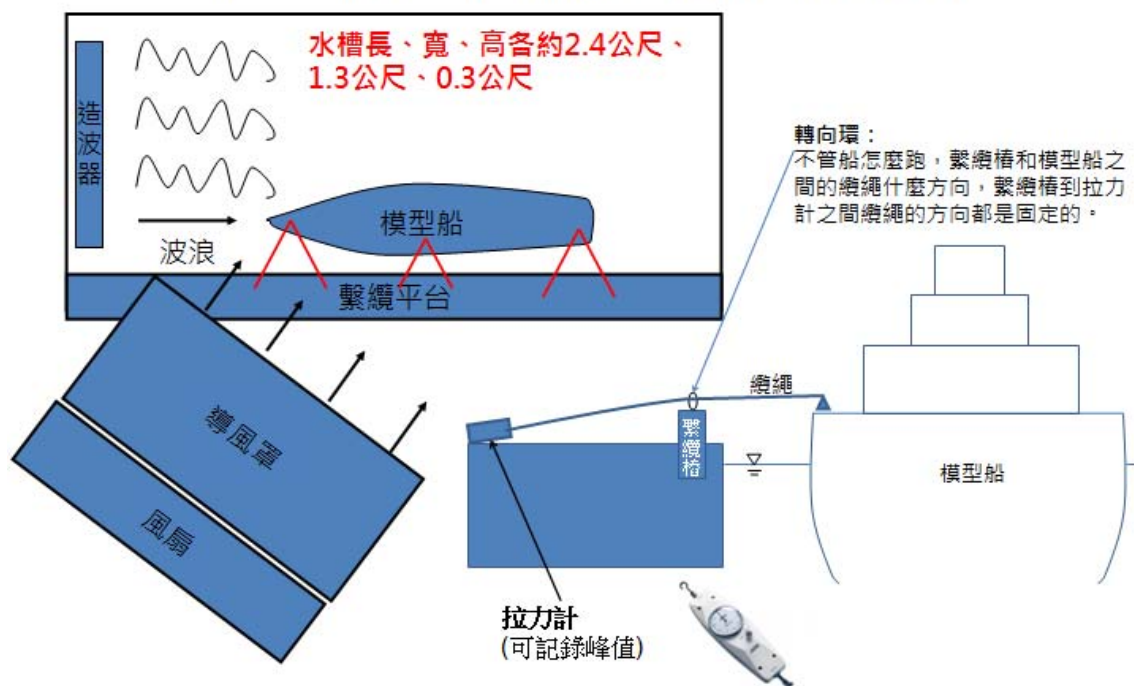
利用因次分析與參數之無因次化

地表之重力加速度、海水密度、空氣密度大致上為定值，可大幅減少參數。

$$F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right) = \Phi \left(\frac{B}{L_{OA}}, \frac{H_{BR}}{L_{OA}}, \frac{H_{SR}}{L_{OA}}, \frac{H_D}{L_{OA}}, \theta, \frac{h}{L_{OA}}, \frac{H}{L_{OA}}, \frac{L_{OA}}{T} / \sqrt{gh}, (M_s g) / \left(\frac{1}{2} \rho_a V_a^2 L_{OA}^2 \right) \right)$$

但仍需要**上百組樣本**才足以迴歸。用**基於物理定律之數值模式**來分析，需要耗費多大的時間成本？

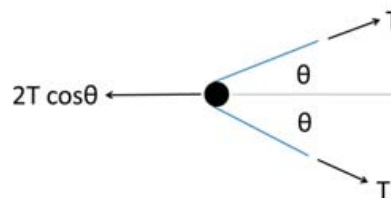
水工模型試驗之配置規劃



試驗水槽



- 水槽長、寬、高各約2.4公尺、1.3公尺、0.3公尺
- 碼頭繫纜樁間距8cm



- 纜繩繫纜於船身與拉力計
- 纜繩經過轉向環之拉力平衡

造波機



- 可調節造波週期及造波高度

強力風扇



- 強力風扇之出風口寬120cm，高60cm
- 風扇可產生之風速為4~12 m/s，若模型為1/200，則相當於實際現場56~170m/s之風速；若模型為1/100，則相當於實際現場40~120m/s之風速；若模型為1/50，則相當於實際現場28~85m/s之風速

拉力計與風力計



拉力計



風力計

貨櫃輪模型

- 全長110cm，模寬15.3cm，船總高19.0cm，船底至船舷最高點為9.5cm

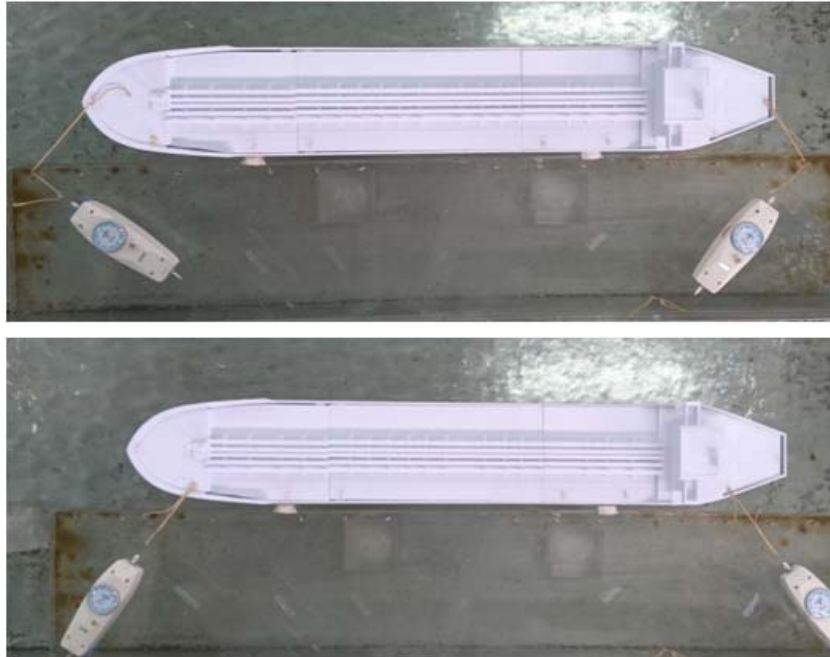


油輪模型

- 全長120cm，模寬19cm，船總高27.0cm，船底至船舷最高點為12.2cm。內放鉛塊配重，可試驗不同吃水深度的情境



試驗結果正確性之探討



只綁兩條纜繩，風以和船軸中心線呈90度的方向吹。

由纜繩拉力和角度，可算出風作用合力。

和文獻及相關規範比較，則可驗證試驗結果之正確性。

試驗結果正確性之探討

Isherwood (1972) 公式

當 θ 等於90度

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho_a V_a^2 A_T$$

$$F_y = \frac{1}{2} C_y \rho_a V_a^2 A_L$$

$$C_x = 0.355 - 0.247 \frac{S}{L_{OA}} + 0.018M$$

$$C_y = 0.889 + 0.138 \frac{2A_T}{B^2} - 0.66 \frac{C}{L_{OA}}$$

空氣密度(kg/m³) : ρ_a

風速(m/s) : V_a

水面上軸向投影面積(m²) : A_T

水面上側向投影面積(m²) : A_L

水面上側向投影形心至船首之距離(m) : C

船舶之長度(m) : L_{OA}

船舶之寬度(m) : B

甲板上微小物件之側向投影形心至船首距離(m) : S

風向與船首夾角 : θ

M 為軸向影面明顯看得到的面積團塊個數，如桅桿、階梯、欄杆等，不包括艦橋等主體。



試驗結果正確性之探討

藤原敏文等 (2005) 公式

當 θ 等於90度

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho_a V_a^2 A_T$$

$$F_y = \frac{1}{2} C_y \rho_a V_a^2 A_L$$

$$C_x = 0$$

$$C_y = 0.404 + 0.386 \frac{A_T}{BH_{BR}} + 0.902 \frac{H_{BR}}{L_{OA}}$$

空氣密度(kg/m³): ρ_a

風速(m/s): V_a

水面上軸向投影面積(m²): A_T

水面上側向投影面積(m²): A_L

船舶之長度(m): L_{OA}

船舶之寬度(m): B

淨出水高度(m): H_{BR}



國立嘉義大學
National Chiayi University



試驗結果正確性之探討

我國設計基準

$$\text{油輪 } C = 1.20 - 0.083 \cos 2\theta - 0.25 \cos 4\theta - 0.177 \cos 6\theta$$

$$\text{合力大小 } F = \frac{\rho_a}{2} C_x V_a^2 (A_T \cos^2 \theta + A_L \sin^2 \theta)$$

$$\text{作用方向 } \varphi = \left[1 - 0.15 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right) - 0.80 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right)^3 \right] \cdot 90$$

當 θ 等於90度

$$F_x = 0$$

$$F_y = \frac{1}{2} C \rho_a V_a^2 A_L$$

$$C = 1.20 + 0.083 - 0.25 + 0.177 = 1.21$$



國立嘉義大學
National Chiayi University

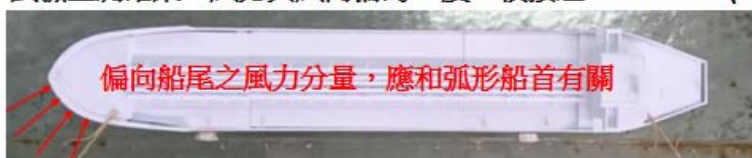
驗證模型試驗正確性之試驗條件列表

吃水深(m)	D_t	0.030	0.041	0.053
船總長(m)	L_{OA}	1.200	1.200	1.200
船寬(m)	B	0.190	0.190	0.190
淨出水高(m)	H_{RR}	0.240	0.229	0.217
水面上正投影面積(m ²)	A_T	0.03223	0.03019	0.02796
水面上側投影面積(m ²)		0.10715	0.09504	0.08184
船側受風投影面積(m ²)	A_L	0.09615	0.08404	0.07084
船側受風投影面積形心到船首之距離(m)	C	0.660	0.660	0.660
Isherwood(1972)之風壓係數	C_x	0.355	0.355	0.355
	C_y	0.772	0.757	0.740
藤原敏文等(2005)之風壓	C_x	0.000	0.000	0.000
	C_y	0.845	0.831	0.817
我國設計基準(2011)之風壓	C_x	0.000	0.000	0.000
	C_y	1.210	1.210	1.210
風速(m/s)		4.3~7.3, 共4種		
繫纜綁法		有穿過轉向環和直接接拉力計, 共2種		

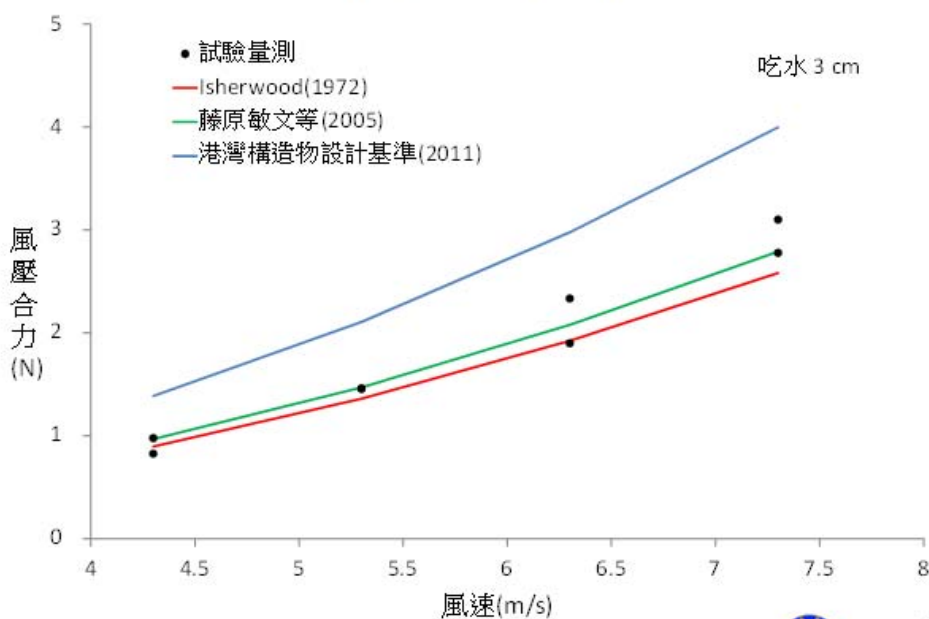
風力與風向偏約10度

風力與風向一樣

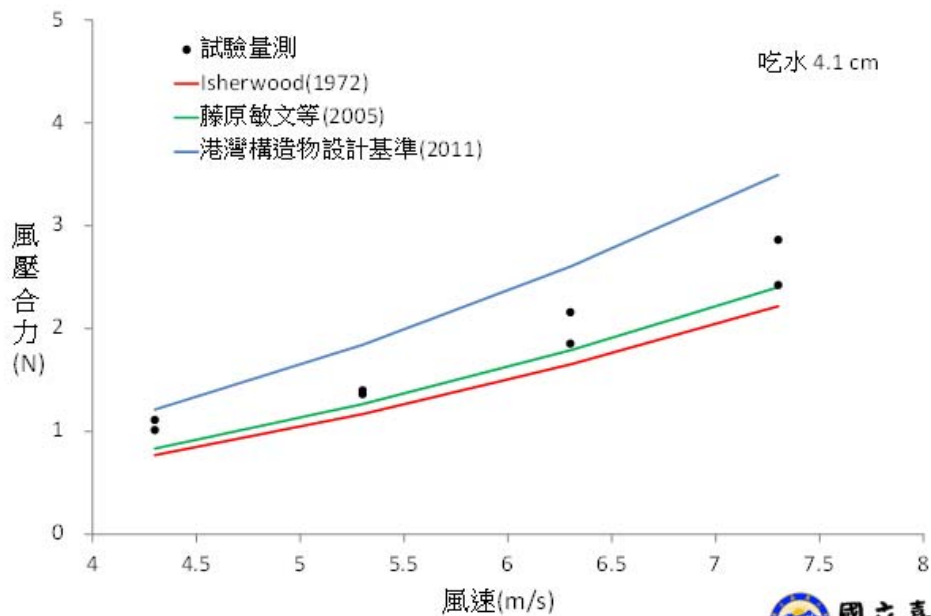
試驗量測結果，風力與風向偏約23度，較接近Isherwood(1972)



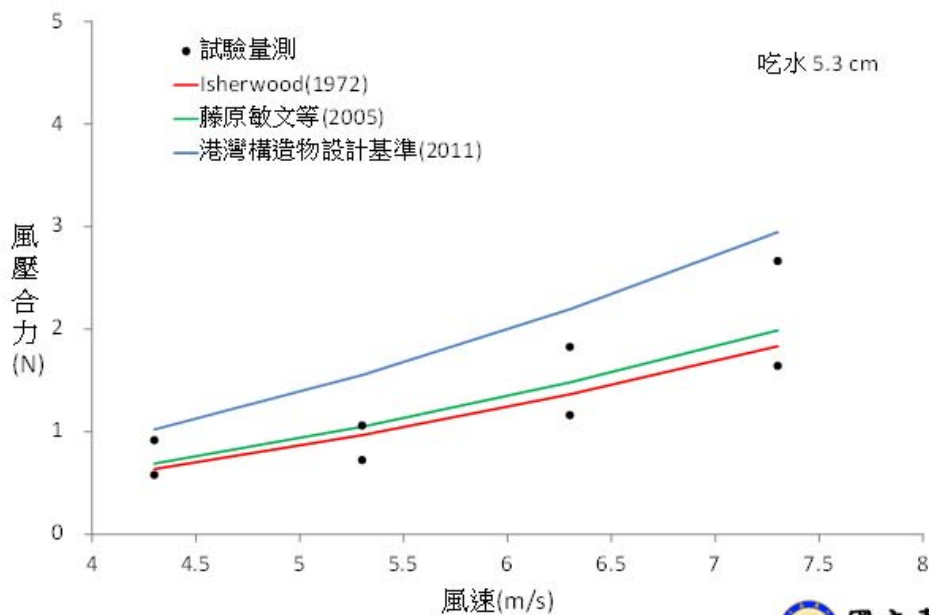
試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較 (吃水3 cm)



試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較 (吃水4.1 cm)



試驗結果風壓合力與文獻公式計算結果比較 (吃水5.3 cm)

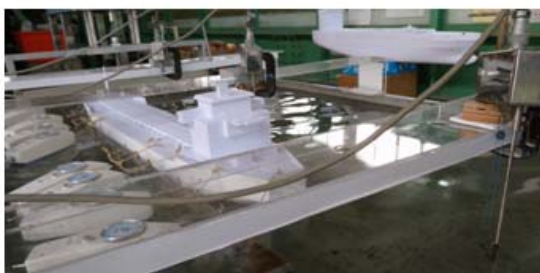


波浪作用力之試驗分析



模型船縮尺為1/100。實體船為120 m，寬度為19 m，吃水深為4.1 m及5.3 m。此船型相當於5,000 ~ 10,000 DWT之油輪。

試驗之波浪週期分為0.725 ~ 1.25秒，相當於現場之7.25 ~ 12.5秒之波浪，為颱風期間海中常見波浪之範圍。

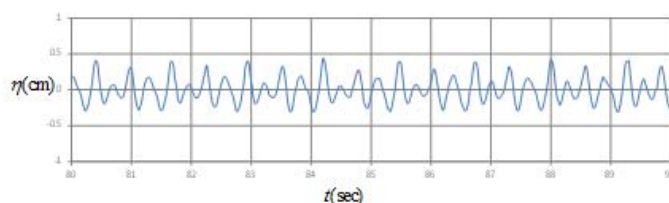


試驗水深7cm，對應實境水深7m，波長為55 ~ 100 m，小於船的總長。

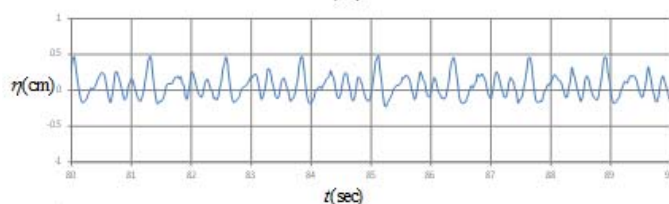
試驗波高為0.72 ~ 1.37cm，相當於實際現場0.72 ~ 1.37cm之波高，亦在港內靠泊之靜穩條件範圍內。

試驗結果顯示，即使我們打到高度非線性波(波高/水深=1/5 ~ 1/10)，所能量到的纜繩拉力仍在拉力計最小刻度之下。

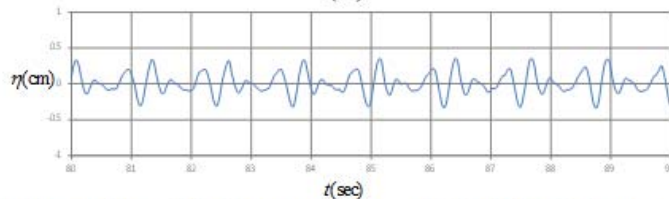
水位時序列資料一



第一支



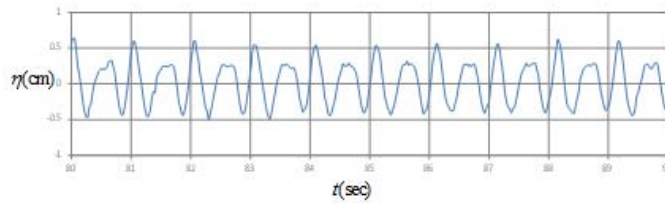
第二支



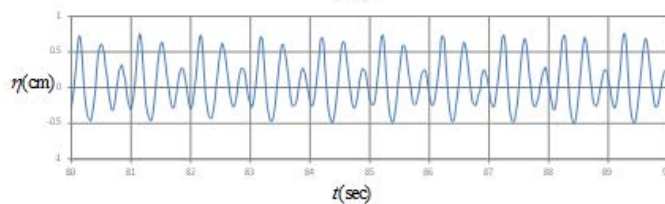
第三支

週期1.2秒，波高0.72 cm，模型船吃水4.1 cm

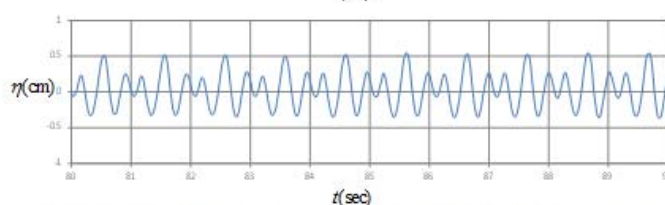
水位時序列資料二



第一支



第二支



第三支

週期1秒，波高1.23 cm，模型船吃水5.3 cm

風力試驗分析

貨櫃輪的部分，考量以8條纜繩繫纜的方式



3種不同的載重，5種風向，4種不同的風速。合計60種情境。

風向：與船軸中心線夾角0度、45度、90度、135度，及180度。

風速：7.21~10.68 m/s。

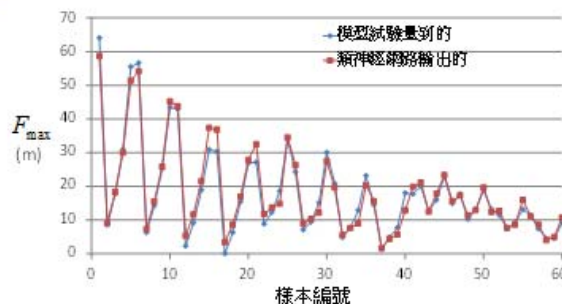
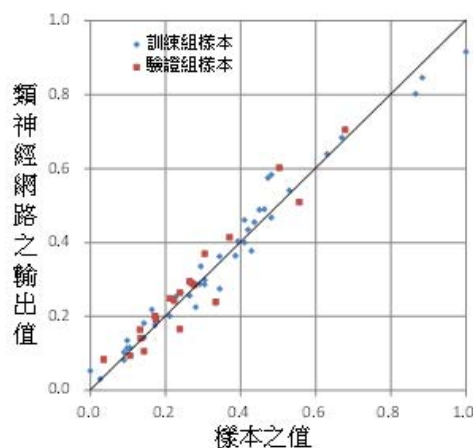


雖然以模型船縮尺1/150，實體船長度165m來算，相當於現場風速88~131 m/s，實際風速不可能這麼大，但依據Isherwood (1972) 之理論，只要確保模型尺寸比例正確，模型船實體船的 C_x 和 C_y 就會一樣。

不管風速大或小，船舶受力就是和風速平方成正比。

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho_a V_a^2 A_T \quad F_y = \frac{1}{2} C_y \rho_a V_a^2 A_L$$

貨櫃輪繫纜力預報模式



類神經網路之訓練結果

貨櫃輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗

船的长度(m)	1.1	船の宽度(m)	0.153	風速(m/s)	10.34
船の淨出水高(m)	0.161	風向與船首夾角(度)	90		
船の乾舷出水高(m)	0.066	船の質量(kg)	4.4		
計算				最大纜總受力(kgf)	0.0617
結束				最大纜總受力(Tf)	0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：
 (1) 船總長：船寬=7.19
 (2) (淨出水高-乾舷出水高)：船總長=0.0864
 (3) 繫纜方式=首纜加前側纜共4條，尾纜加後側纜也是4條

船的长度(m)	1.1	船の宽度(m)	0.153	風速(m/s)	9.52
船の淨出水高(m)	0.161	風向與船首夾角(度)	90		
船の乾舷出水高(m)	0.066	船の質量(kg)	4.4		
計算				最大纜總受力(kgf)	0.0492
結束				最大纜總受力(Tf)	0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：
 (1) 船總長：船寬=7.19
 (2) (淨出水高-乾舷出水高)：船總長=0.0864
 (3) 繫纜方式=首纜加前側纜共4條，尾纜加後側纜也是4條

貨櫃輪繫纜力預報模式之測試二：試驗 情境外之檢驗

請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	.153	6.5
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
.066	4.4	
計算		最大纜繩受力(kgf)
結束		0.0327
		最大纜繩受力(Tf)
		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：
 (1) 船總長：船寬=7.19
 (2) (淨出水高-乾舷出水高)：船總長=0.0864
 (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

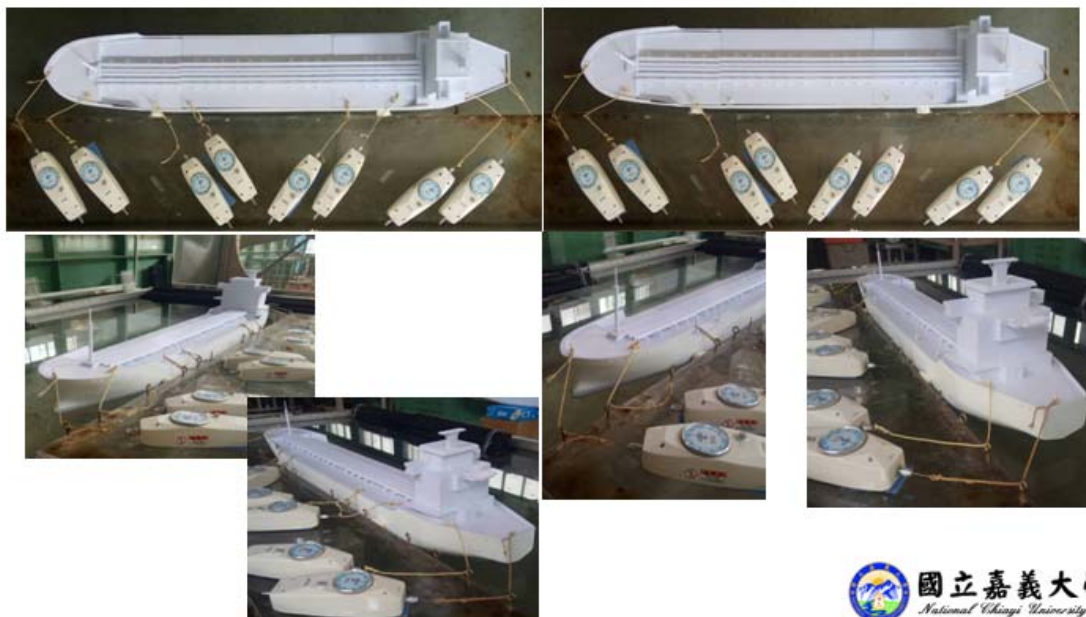
請輸入基本資料

船的長度(m)	船的寬度(m)	風速(m/s)
1.1	.15	6.5
船的淨出水高(m)	風向與船首夾角(度)	
.161	90	
船的乾舷出水高(m)	船的質量(kg)	
.066		
計算		力(kgf)
結束		0

說明：目前本模式只適用以下條件之計算：
 (1) 船總長：船寬=7.19
 (2) (淨出水高-乾舷出水高)：船總長=0.0864
 (3) 繫纜方式=首纜加前倒纜共4條，尾纜加後倒纜也是4條

風力試驗分析

油輪的部分，考量的纜繩繫纜的方式有分8條和5條



風力試驗分析

3種不同的載重，5種風向，4種不同的風速。

另外，由於貨櫃輪於甲板上無貨物時，基本上其受風力作用之型態和油輪的類似，故我們另外也針對貨櫃輪在一樣的風速、風向及碼頭出水高的情境下，量取拉力資料，並納入分析。碼頭出水高為1 cm。

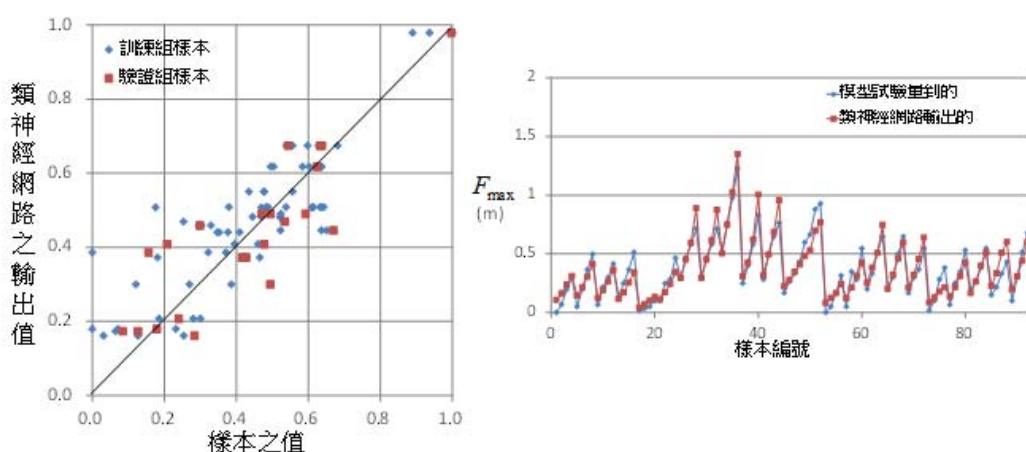
為確保有足夠的樣本群集大小，我們在繫纜8條與繫纜5條的條件再另外多做12個情境之量測，故各有92個情境。

兩船淨出水高不同，碼頭出水高/淨出水高的差異對繫纜力之影響就可反應在模式裡。

風速的範圍為3.8~8.43 m/s。以模型船縮尺1/100，實體船長度120m來算，相當於現場風速38~84.3 m/s，大約是蒲福風級之12級風至17級以上的風速。

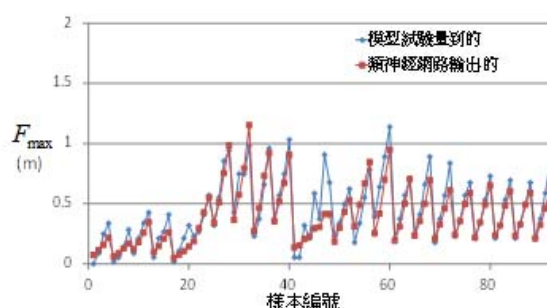
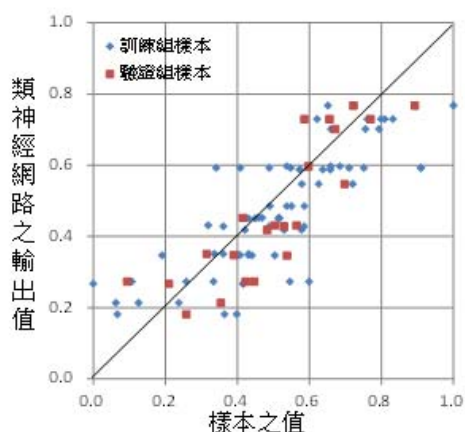
油輪繫纜力預報模式-油輪繫纜8條

類神經網路之訓練結果



油輪繫纜力預報模式-油輪繫纜5條

類神經網路之訓練結果



油輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（繫纜8條）

船的长度(m) 1.1	碼頭區水深(m) 7.333	風速(m/s) 7.333
船的寬度(m) 0.153	碼頭出水高(m) 0.01	風的來向與正北夾角(deg) 45
船浮出水高(m) 0.161	碼頭區波高(m) 0	船首指向與正北夾角(deg) 0
艏艙出水高(m) 0.066	波浪週期(sec) 0	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右) 2
纜繩數: 前纜加前側纜 4	纜繩最大受力(N) 0.41	計算
尾纜加後側纜 4	纜繩最大受力(kN) 0.00041	
	纜繩最大受力(kgf) 0.041	
	纜繩最大受力(Tf) 0.000041	
		結束

船的长度(m) 1.2	碼頭區水深(m) 6.7	風速(m/s) 6.7
船的寬度(m) 0.19	碼頭出水高(m) 0.01	風的來向與正北夾角(deg) 90
船浮出水高(m) 0.240	碼頭區波高(m) 0	船首指向與正北夾角(deg) 0
艏艙出水高(m) 0.092	波浪週期(sec) 0	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右) 2
纜繩數: 前纜加前側纜 4	纜繩最大受力(N) 1.01	計算
尾纜加後側纜 4	纜繩最大受力(kN) 0.00101	
	纜繩最大受力(kgf) 0.103	
	纜繩最大受力(Tf) 0.000103	
		結束

餵給ANN學習的樣本，纜繩最大受力0.050 kgf、0.0983 kgf，而模式的輸出值則分別為0.041 kgf、0.103 kgf。雖沒有完全一樣，但值接近，趨勢也接近

油輪繫纜力預報模式之測試一：試驗情境之檢驗（繫纜8條）

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		7.3
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角(degree)
.19	.01	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
.229		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)
.081		2
纜繩數：	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前側纜	0.59	
4	纜繩最大受力(kN)	
	0.00059	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	0.06	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.00006	

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		6.7
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角(degree)
.19	.01	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
.217		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)
.069		2
纜繩數：	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前側纜	0.5	
4	纜繩最大受力(kN)	
	0.0005	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	0.051	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000051	

餵給ANN學習的樣本，纜繩最大受力0.0650 kgf、0.0550 kgf，而模式的輸出值則分別為0.06 kgf、0.051 kgf。雖沒有完全一樣，但值接近，趨勢也接近

油輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境之檢驗（繫纜5條）

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.1		7.1
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角(degree)
.153	.01	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
.161		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)
.066		2
纜繩數：	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前側纜	0.24	
3	纜繩最大受力(kN)	
	0.00024	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
2	0.025	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000025	

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		8.033
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角(degree)
.19	.01	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
.24		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)
.092		2
纜繩數：	纜繩最大受力(N)	計算
首纜加前側纜	1.06	
3	纜繩最大受力(kN)	
	0.00106	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
2	0.108	結束
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000108	

餵給ANN學習的樣本，纜繩最大受力0.0383 kgf、0.0917 kgf，而模式的輸出值則分別為0.025 kgf、0.108 kgf。雖沒有完全一樣，但值接近，趨勢也接近

油輪繫纜力預報模式之測試二：試驗情境之檢驗（繫纜5條）

Figure 17-30 shows two screenshots of the software interface for testing the oil tanker mooring force prediction mode. The left screenshot displays input values for ship length (1.2m), width (0.19m), draft (0.229m), and mooring area depth (7.133m). The right screenshot displays the same inputs but with different mooring area depth (6.9m) and draft (0.217m). Both screenshots show the calculation results for mooring force.

餵給ANN學習的樣本，纜繩最大受力0.0833 kgf、0.0863 kgf，而模式的輸出值則分別為0.066 kgf、0.061 kgf。雖沒有完全一樣，但值接近，趨勢也接近

油輪繫纜力預報模式之測試三：試驗船型條件或範圍外之檢驗

Figure 17-31 shows two screenshots of the software interface for testing the oil tanker mooring force prediction mode. The left screenshot displays input values for ship length (1.2m), width (0.19m), draft (0.217m), and mooring area depth (6.9m). The right screenshot displays the same inputs but with different mooring area depth (6.9m) and draft (0.217m). Both screenshots show the calculation results for mooring force.

如果繫纜狀況不是試驗情境，或是船的長、寬、高超過試驗情境的比例範圍，則模式不計算繫纜力

油輪繫纜力預報模式之測試四：試驗船型條件或範圍內之檢驗

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		6.9
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
.185	.01	45
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
.217		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.069		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	
首纜加前側纜	0.53	
3	纜繩最大受力(kN)	
	0.00053	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
2	0.054	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000054	
		計算
		結束

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.1		6.9
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
.153	.01	175
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
.165		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.063		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	
首纜加前側纜	0.23	
3	纜繩最大受力(kN)	
	0.00023	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
2	0.024	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.000024	
		計算
		結束

但若繫纜狀況是5條或8條，且船的長、寬、高在試驗情境的比例範圍內，雖輸入的情境不是試驗情境，模式仍可正常運作

油輪繫纜力預報模式之測試五：放大船體與試驗風速之正確性檢驗

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
1.2		7.3
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
.19	.01	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
.229		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
.081		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	
首纜加前側纜	0.59	
4	纜繩最大受力(kN)	
	0.00059	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	0.06	
	纜繩最大受力(Tf)	
	0.00006	
		計算
		結束

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		73
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
19	1	135
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
22.9		0
艏艙出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	
首纜加前側纜	589142.02	
4	纜繩最大受力(kN)	
	589.14202	
尾纜加後側纜	纜繩最大受力(kgf)	
4	60055.252	
	纜繩最大受力(Tf)	
	60.055252	
		計算
		結束

放大船體與風速，模式計算出來的力有合乎模型理論

油輪繫纜力預報模式之測試六：風速與纜繩最大受力關聯性之檢驗

船隻參數		碼頭參數		風速參數	
船長(m)	120	碼頭水深(m)		風速(m/s)	15
船寬(m)	19	碼頭出水高(m)	1	風向與正北夾角(°)	
船淨出水高(m)	22.9	碼頭區波高(m)		船首指向與正北夾角(°)	135
艀艀出水高(m)	8.1	波浪週期(sec)		碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)	2
纜繩數： 首纜加前側纜 4 尾纜加後側纜 4		纜繩最大受力(N) 24874.64 纜繩最大受力(kN) 24.87464 纜繩最大受力(kgf) 2535.641 纜繩最大受力(Tf) 2.535641		計算 結束	

船隻參數		碼頭參數		風速參數	
船長(m)	120	碼頭水深(m)		風速(m/s)	30
船寬(m)	19	碼頭出水高(m)	1	風向與正北夾角(°)	
船淨出水高(m)	22.9	碼頭區波高(m)		船首指向與正北夾角(°)	135
艀艀出水高(m)	8.1	波浪週期(sec)		碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)	2
纜繩數： 首纜加前側纜 4 尾纜加後側纜 4		纜繩最大受力(N) 99498.56 纜繩最大受力(kN) 99.49856 纜繩最大受力(kgf) 10142.565 纜繩最大受力(Tf) 10.142565		計算 結束	

同一艘船在相同位置但不同風速作用下，力的大小與風速平方成正比，符合學理，也和文獻(Isherwood, 1972)一致

油輪繫纜力預報模式之測試六：風速與纜繩最大受力關聯性之檢驗

船隻參數		碼頭參數		風速參數	
船長(m)	120	碼頭水深(m)		風速(m/s)	45
船寬(m)	19	碼頭出水高(m)	1	風向與正北夾角(°)	
船淨出水高(m)	22.9	碼頭區波高(m)		船首指向與正北夾角(°)	135
艀艀出水高(m)	8.1	波浪週期(sec)		碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)	2
纜繩數： 首纜加前側纜 4 尾纜加後側纜 4		纜繩最大受力(N) 223871.76 纜繩最大受力(kN) 223.87176 纜繩最大受力(kgf) 22820.77 纜繩最大受力(Tf) 22.82077		計算 結束	

船隻參數		碼頭參數		風速參數	
船長(m)	120	碼頭水深(m)		風速(m/s)	60
船寬(m)	19	碼頭出水高(m)	1	風向與正北夾角(°)	
船淨出水高(m)	22.9	碼頭區波高(m)		船首指向與正北夾角(°)	135
艀艀出水高(m)	8.1	波浪週期(sec)		碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)	2
纜繩數： 首纜加前側纜 4 尾纜加後側纜 4		纜繩最大受力(N) 397994.23 纜繩最大受力(kN) 397.99423 纜繩最大受力(kgf) 40570.258 纜繩最大受力(Tf) 40.570258		計算 結束	

同一艘船在相同位置但不同風速作用下，力的大小與風速平方成正比，符合學理，也和文獻(Isherwood, 1972)一致

油輪繫纜力預報模式之測試七：碼頭出水高之遮蔽對纜繩最大受力之影響

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
19	1	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	
8.1		
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
首纜加前側纜	454183.2	2
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後側纜	454.1832	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	46297.982	
	纜繩最大受力(Tf)	
	46.297982	
計算		
結束		

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
19	1.08	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	
8.1		
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
首纜加前側纜	447672.76	2
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後側纜	447.67276	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	45634.328	
	纜繩最大受力(Tf)	
	45.634328	
計算		
結束		

碼頭出水高的差異對繫纜力之影響可反應在模式裡。
當風吹船側，淨出水高會略微降低纜繩受力。

油輪繫纜力預報模式之測試七：碼頭出水高之遮蔽對纜繩最大受力之影響

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
19	1.16	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	
8.1		
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
首纜加前側纜	441405.04	2
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後側纜	441.40504	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	44995.417	
	纜繩最大受力(Tf)	
	44.995417	
計算		
結束		

船的长度(m)	碼頭區水深(m)	風速(m/s)
120		60
船的寬度(m)	碼頭出水高(m)	風的象向與正北夾角(degree)
19	1.24	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(degree)
22.9		0
乾舷出水高(m)	波浪週期(sec)	
8.1		
纜繩數:	纜繩最大受力(N)	碼頭在船的哪一邊? (1是左, 2是右)
首纜加前側纜	435301.99	2
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後側纜	435.30199	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	44373.292	
	纜繩最大受力(Tf)	
	44.373292	
計算		
結束		

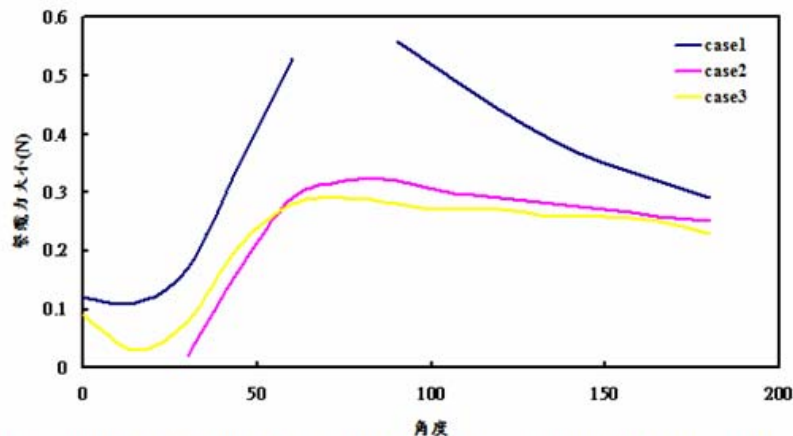
碼頭出水高的差異對繫纜力之影響可反應在模式裡。
當風吹船側，淨出水高會略微降低纜繩受力。

油輪繫纜力預報模式之測試八：纜繩數量之影響

船身長(m)	碼頭水深(m)	風速(m/s)
120		60
船身寬(m)	碼頭出水高(m)	風的來向與正北夾角(deg)
19	1.24	90
船淨出水高(m)	碼頭區波高(m)	船首指向與正北夾角(deg)
22.9		0
艀艀出水高(m)	波浪週期(sec)	碼頭在船的哪一邊？(1是左, 2是右)
8.1		2
纜繩數：	纜繩最大受力(N)	計算 結束
首纜加前側纜	435301.99	
4	纜繩最大受力(kN)	
尾纜加後側纜	435.30199	
4	纜繩最大受力(kgf)	
	44373.292	
	纜繩最大受力(Tf)	
	44.373292	

纜繩數量變少，則受力會略微增加。

油輪繫纜力預報模式：風向角與纜繩最大受力之關聯性



風向若偏向船頭，則纜繩最大受力會較小。風向與船舶中心線夾角接近90度，則纜繩最大受力會較大。風向若偏向船尾，情況和偏船頭類似，但較不明顯



結論

- 在試驗正確性方面，我們將船舶用2條纜繩繫泊於岸邊，以垂直船身的風向吹襲，量得纜繩各自的拉力和角度，直接求出風作用之合力大小與方向，並文獻之經驗公式比較。由試驗量測數據算出來的風力大小，和Isherwood (1972) 之公式甚為接近
- 在我們的試驗中，波浪對船舶繫纜力的影響遠小於風的影響，即使打出來的水波波高已經是水深的 $1/5 \sim 1/10$ ，屬於高度非線性之波浪，肉眼看得到模型船隨著水波經過而有前後左右擺盪搖晃，但拉力計就是量不到讀數
- 由因次分析之理論、Isherwood (1972)、Fujiwara et al (1998)、藤原敏文等 (2005) 之研究，均顯示風力的大小與風速平方成正比，本計畫試驗分析結果亦有此特性，與這些相關研究一致



結論

- 在貨櫃輪的試驗及類神經網路訓練結果中，由於只有一艘貨櫃輪的模型，情境樣本數量有限，故雖亦能建構出一個模式，但未來還是應再多做一些相關試驗，取得更多情境樣本，才可能讓模式計算出來的纜繩受力更具可信度
- 由於貨櫃輪不載貨物時，船的外形和油輪的類似，故我們將貨櫃輪不載貨物的情境和油輪在不同載重吃水下的情境一起分析，以使模式的參數更為多元，參數範圍亦更為廣泛。所完成的模式，可計算兩種繫纜方式之纜繩受力計算，分別為首纜加前倒纜4條且尾纜加後倒纜4條，以及首纜加前倒纜3條且尾纜加後倒纜2條。只要輸入的船舶長寬比、寬高比是在本計畫試驗船型的長寬比與寬高比範圍內，模式都可輸出合理的計算值





建議

- 在時間、經費均有限的狀況下，只能以長度110~120 cm之試驗船進行實驗，力本來就都很小，再加上只能用機械式的拉力計來量測力的大小，還要由人的肉眼判讀數據，容易有不夠仔細而引入很大誤差之情形。未來計畫若能持續進行，則建議允許編列設備費，以便購置精度較高且能自動記錄數據的電子式拉力計
- 本計畫之試驗量測結果，雖然有一些誤差和雜訊，但仍可掌握到纜繩受力與船型諸元及風力條件之間的關聯規律。不過情境樣本仍不夠多，建議未來能持續進行相關研究，多做個幾百組不同船型的試驗情境，方能使模式的輸出結果更具可信度
- 在我們的試驗中，波浪對船舶繫纜力的影響遠小於風的影響。在波浪作用下，即使已經打出波高為水深1/6的高度非線性波，機械式拉力計仍量不到讀數。建議若要進行波浪對船舶繫纜力影響之相關分析研究，應採用較大點的模型船



簡報結束
敬請指教

