

連江縣政府委託

『購建新臺馬輪之細部規劃  
及初步設計』勞務採購案

成果報告書

財團法人聯合船舶設計發展中心  
中華民國九十九年九月



## 目 錄

1. 前言 .....	1
2. 旅客與車輛裝載分析 .....	2
3. 台灣海峽海象與耐海性能評估 .....	5
3.1. 台灣周遭海象分析 .....	6
3.2. 耐海性能評估 .....	12
3.3. 耐海性能分析結論 .....	21
4. 參考船分析 .....	22
4.1. 挪威、地中海、英法海峽等，沿海歐洲國家航線參考船 .....	22
4.2. 日本周邊海域航線參考船 .....	34
4.3. 參考船分析結論 .....	41
5. 船型分析 .....	42
5.1. 船型概述 .....	42
5.2. 單體船介紹 .....	43
5.3. 雙體船介紹 .....	46
5.4. 三體船介紹 .....	47
5.5. 單體船、雙體船與三體船之比較分析 .....	49
5.6. 船型分析結論 .....	56
6. 船速分析 .....	58
6.1. 單體新臺馬輪船速與馬力預估 .....	58
6.2. 設計船速訂定分析 .....	60
6.3. 設計船速分析結論 .....	62
7. 內部設施(備)之安排規劃(含 3D 展示) .....	64
7.1. 客艙規劃設計 .....	64
7.2. 內部設施之安排規劃 .....	77
7.3. 3D 展示 .....	93
8. 綜合規劃 .....	111
8.1. 船型規劃 .....	111
8.2. 船體結構規劃 .....	114
8.3. 艙裝系統規劃 .....	118

8.4. 輪機系統規劃 .....	136
8.5. 電機系統規劃 .....	148
9. 採購招標之最佳模式分析 .....	160
9.1. 採購招標之決標原則之分析比較 .....	161
9.2. 國內具建造新臺馬輪能力之船廠資料彙整比較 .....	164
10. 綠色船舶內涵規畫 .....	180
10.1. 船舶油污染防治 .....	181
10.2. 船舶穢水污染防治 .....	182
10.3. 船舶垃圾污染防治 .....	183
10.4. 船舶空氣污染防治 .....	183
10.5. 船舶壓艙水污染防止 .....	186
10.6. 防止有毒防污漆污染 .....	186
10.7. 防止船舶拆解所造成的污染 .....	187
10.8. 廢熱回收系統 .....	187
10.9. 中央冷卻系統 .....	188
附件一 .....	189

## 表 目 錄

表 3.1 臺灣西側海域春夏季有義波高-有義波週期結合機率分佈表	8
表 3.2 臺灣西側海域秋季有義波高-有義波週期結合機率分佈表	9
表 3.3 臺灣西側海域冬季有義波高-有義波週期結合機率分佈表	9
表 3.4 臺灣西側海域全年有義波高-有義波週期結合機率分佈表	10
表 3.5 臺灣西側海域大於某陣風級的累積機率	11
表 3.6 臺灣西側海域小於某波長的累積機率	11
表 3.7 國際各海域之海況統計表	12
表 3.8 CCDTT 不同船型主要尺寸	15
表 3.9 CCDTT 耐海性能評估比較表	15
表 3.10 CCDTT 作耐海性能評估時不同海象之波高及周期	16
表 3.11 重心垂向加速度反應分析	19
表 4.1 挪威、地中海、英法海峽等，沿海歐洲國家航線參考船	22
表 4.2 日本周邊海域參考船	34
表 5.1 107 m 單體船、Incat 穿浪型雙體船、及 Austal 三體船之主要尺寸	51
表 5.2 107 m 單體船船速 20 節，航程時間與燃料費估算	53
表 5.3 Incat 74 m 穿浪型雙體船船速 37 節，航程時間與燃料費估算	54
表 5.4 Austal 三體船船速 39 節，航程時間與燃料費估算	55
表 6.1 單體船不同船速每航次油料費與推進系統價格比較	62
表 9.1 購建新臺馬輪預定招標階段及建造期程規劃	161
表 9.2 最有利標與最低價決標原則之比較	162

## 圖 目 錄

圖 2.1 臺馬輪年平均每航次平均載客人數 .....	3
圖 2.2 臺馬輪月平均每航次平均載客人數 .....	3
圖 2.3 臺馬輪年平均每航次裝載車輛數 .....	4
圖 2.4 臺馬輪月平均每航次裝載車輛數 .....	4
圖 3.1 BMT-PC 全球海洋資料庫分區圖 .....	6
圖 3.2 BMT-PC 台灣東北部 (41 區) 海象資料 .....	7
圖 3.3 BMT-PC 台灣西南部 (40 區) 海象資料 .....	7
圖 3.4 臺灣西側海域大於某有義波高的累積機率 .....	10
圖 3.5 CCDTT 耐海性能評估之單體船型 .....	13
圖 3.6 CCDTT 耐海性能評估之雙體船型 .....	14
圖 3.7 CCDTT 耐海性能評估之三體船型中間船體 .....	14
圖 3.8 CCDTT 不同船型在海象 4 級時之垂向加速度比較 .....	16
圖 3.9 CCDTT 不同船型在海象 5 級時之垂向加速度比較 .....	17
圖 3.10 CCDTT 不同船型在海象 6 級時之垂向加速度比較 .....	17
圖 3.11 「新台馬輪」水下線型圖 .....	18
圖 3.12 重心垂向加速度航向—航速極座標圖 (Sea State 4) .....	19
圖 3.13 重心垂向加速度航向—航速極座標圖 (Sea State 5) .....	20
圖 3.14 重心垂向加速度航向—航速極座標圖 (Sea State 6) .....	20
圖 4.1 沿海歐洲國家客貨船船長與噸位關係圖 .....	28
圖 4.2 沿海歐洲國家客貨船船寬與噸位關係圖 .....	28
圖 4.3 沿海歐洲國家客貨船吃水與噸位關係圖 .....	29
圖 4.4 沿海歐洲國家客貨船船速與噸位關係圖 .....	29
圖 4.5 沿海歐洲國家客貨船乘客(人)數與噸位關係圖 .....	30
圖 4.6 沿海歐洲國家客貨船船長與船速關係圖 .....	30
圖 4.7 沿海歐洲國家客貨船船長與福勞德數關係圖 .....	31
圖 4.8 沿海歐洲國家客貨單體船 LBT/100 的船速分佈圖 .....	31
圖 4.9 M/F Apollon Hellas .....	32
圖 4.10 M/F Aratere .....	32
圖 4.11 M/F Artemis .....	32
圖 4.12 M/F Blue Star 2 .....	33

圖 4.13 M/F Cotentin.....	33
圖 4.14 M/F Dionisios Solomos .....	33
圖 4.15 日本周邊海域之客貨船噸位與船長關係圖.....	35
圖 4.16 日本周邊海域之客貨船噸位與船寬關係圖.....	36
圖 4.17 日本周邊海域之客貨船噸位與吃水關係圖.....	36
圖 4.18 日本周邊海域之客貨船噸位與船速關係圖.....	37
圖 4.19 日本周邊海域之客貨船噸位與乘客(人)數關係圖 .....	37
圖 4.20 日本周邊海域之客貨船船長與船速關係圖.....	38
圖 4.21 日本周邊海域之客貨船船長與福勞德數關係圖 .....	38
圖 4.22 べにりあ .....	39
圖 4.23 FUJI .....	39
圖 4.24 FERRY KYOTO .....	39
圖 4.25 BOREAS SOYA .....	40
圖 4.26 フェリーきかい .....	40
圖 4.27 おれんじ 8.....	40
圖 5.1 高速客貨船分類 .....	42
圖 5.2 Round Bilge 及 Hard Chine 船型之線型 .....	43
圖 5.3 HSVA 船速度域劃分 .....	44
圖 5.4 Round Bilge 與 Hard Chine 之耐海性能比較 .....	45
圖 5.5 海洋拉拉號雙體船.....	46
圖 5.6 Incat 74 m 穿浪型雙體船.....	47
圖 5.7 三體船各種型式 (一) .....	48
圖 5.8 三體船各種型式 (二) .....	48
圖 5.9 Austal 102 m 三體船 .....	48
圖 6.1 船速與主機馬力曲線圖 .....	59
圖 6.2 船體阻力係數與福勞德數關係.....	61
圖 7-1 航行船橋甲板平面佈置圖.....	80
圖 7-2 駕駛室平面佈置圖 .....	80
圖 7-3 船長辦公室等平面佈置圖.....	81
圖 7-4 上層船艙甲板平面佈置圖.....	83
圖 7-5 貴賓套房平面佈置圖.....	84

圖 7-6 頭等艙雙人套房平面佈置圖 .....	84
圖 7-7 主甲板平面佈置圖 .....	86
圖 7-8 商務艙四人房平面佈置圖 .....	86
圖 7-9 歐式自助餐廳平面佈置圖 .....	87
圖 7-10 經濟艙房（自由艙）平面佈置圖 .....	87
圖 7-11 下層甲板平面佈置圖 .....	89
圖 7-12 船員艙臥室之平面佈置圖 .....	90
圖 7-13 經濟艙房（博愛艙）平面佈置圖（一） .....	90
圖 7-14 經濟艙房（博愛艙）平面佈置圖（二） .....	91
圖 7-15 電影院平面位置圖 .....	92
圖 7-16 電影院平面佈置圖 .....	92
圖 7-17 貴賓套房 3D 透視圖(一).....	93
圖 7-18 貴賓套房 3D 透視圖(二).....	94
圖 7-19 貴賓套房 3D 透視圖(三).....	94
圖 7-20 貴賓套房接待室 3D 透視圖(一).....	95
圖 7-21 貴賓套房接待室 3D 透視圖(二).....	95
圖 7-22 貴賓套房接待室剖面視圖 .....	96
圖 7-23 貴賓套房臥室 3D 透視圖(一) .....	96
圖 7-24 貴賓套房臥室 3D 透視圖(二) .....	97
圖 7-25 貴賓套房臥室 3D 透視圖(三) .....	97
圖 7-26 頭等艙雙人套房 3D 透視圖(一).....	98
圖 7-27 頭等艙雙人套房 3D 透視圖(二).....	99
圖 7-28 頭等艙雙人套房剖面視圖(一).....	100
圖 7-29 頭等艙雙人套房剖面視圖(二).....	100
圖 7-30 頭等艙雙人套房剖面視圖(三).....	101
圖 7-31 商務艙四人房 3D 透視圖(一) .....	102
圖 7-32 商務艙四人房 3D 透視圖(二) .....	102
圖 7-33 商務艙四人房剖面視圖(一) .....	103
圖 7-34 商務艙四人房剖面視圖(二).....	103
圖 7-35 歐式自助餐廳 3D 透視圖(一) .....	104
圖 7-36 歐式自助餐廳 3D 透視圖(二) .....	105



圖 7-37 歐式自助餐廳 3D 透視圖(三) .....	105
圖 7-38 歐式自助餐廳 3D 透視圖(四) .....	106
圖 7-39 歐式自助餐廳剖面視圖 .....	106
圖 7-40 電影院上視圖.....	107
圖 7-41 電影院 3D 透視圖 (一) .....	108
圖 7-42 電影院 3D 透視圖 (二) .....	108
圖 7-43 電影院 3D 透視圖 (三) .....	109
圖 7-44 電影院剖面視圖 (一) .....	109
圖 7-45 電影院剖面視圖 (二) .....	110
圖 8-3-1 錨機佈置示意圖 .....	118
圖 8-3-2 絞纜機佈置示意圖 .....	119
圖 8-3-3 艙側推器佈置示意圖.....	120
圖 8-3-4 穩定翼佈置示意圖 .....	120
圖 8-3-5 舷側斜向跳板兼門佈置示意圖 .....	122
圖 8-3-6 舷側斜向跳板兼門之工作範圍示意圖 .....	123
圖 8-3-7 船長級艙房佈置示意圖 .....	128
圖 8-3-8 貴賓套房示意圖.....	129
圖 8-3-9 頭等艙雙人套房示意圖 .....	129
圖 8-3-10 商務艙四人房示意圖 .....	130
圖 8-3-11 經濟艙 (自由艙) 示意圖 .....	130
圖 8-3-12 經濟艙 (博愛艙) 示意圖 (一) .....	131
圖 8-3-13 經濟艙 (博愛艙) 示意圖 (二) .....	131
圖 8-3-14 歐式自助餐廳示意圖.....	132
圖 8-3-15 電影院示意圖 .....	132
圖 9-1 中信造船股份有限公司主要廠區圖 .....	165
圖 9-2 中信新高廠 5000 噸級船台 .....	166
圖 9-3 中信造船廠廠區圖 .....	166
圖 9-4 中信造船廠廠區圖 .....	167
圖 9-5 中信造船廠廠房設備.....	168
圖 9-6 和港 3600HP VSP 拖船.....	169
圖 9-7 高港 2400HP 拖船 .....	169

圖 9-8 台船基隆廠廠區鳥瞰圖 .....	171
圖 9-9 台船基隆廠廠區鳥瞰圖 .....	172
圖 9-10 台船公司廠房設備 .....	174
圖 9-11 台船承造之 8,241 TEU 貨櫃輪 .....	174
圖 9-12 慶富、豐國造船廠廠區圖 .....	176
圖 9-13 慶富、豐國造船廠廠房設備 .....	177
圖 9-14 高港 4000HP 拖船 (KAO-161) .....	178
圖 9-15 高港 3200HP 拖船 (KAO-104) .....	178
圖 10-1 NOx 排放限制 .....	184

## 1. 前言

目前馬祖地區對臺灣本島的交通運輸分別由臺馬輪及立榮航空擔負海、空運輸的重責大任，由於海島氣候詭譎多變，無論是海運或空運受制於天候不良因素而中斷之頻率極高。每年 10 月東北季風吹起至隔年 3 月，海面風浪大於 9 級之比率極高，此時海上交通就中斷，冬季期間臺馬輪的開航率偏低，此時空運即成運輸主力。而空運於每年 2~4 月期間受霧季、5~7 月受南風影響，飛航須要靠目視進場，雖有南、北竿兩座機場卻經常處於關場狀態，或遇年節、假日等連假期間機場則必爆滿，旅客滯留情形極為嚴重，此時臺馬輪的正常開航，彌補空運量的不足，海運又成了夏季期間交通運輸的主力。由於地區天候及海況的特殊性，因此海、空交通在馬祖對外通聯上具有密切的互補功能。

有鑒於台馬間之重要橋樑—臺馬輪，船齡已逾 23 年，機器、設備均已老舊，故障頻繁，安全堪慮，雖於 94 年 1 月份完成大修，評估可再使用 6 至 8 年；惟為維護台馬間離島交通運輸安全，並促進觀光發展及兩岸小三通需求，同時配合中央藍色公路之建構，重造新輪，以提升百姓乘搭之興趣，藉以提振馬祖地區觀光事業，嘉惠地方百姓。

經評估新造乙艘臺馬輪從規劃設計至施工完成約需 6 至 8 年，目前船東已於 92 年完成新造臺馬輪之規劃評估，並於 96 年 7 月完成編撰具體完整之建造、財務、經營及管理計畫。該計畫書經過行政院經濟建設委員會、立法委員、交通部航政司、交通部運輸研究所、基隆港務局、以及相關學者專家的審查，並由連江縣政府驗收通過，其研究成果有堅實的公信力。

本案將以船東所編撰之「購建新臺馬輪之建造、財務、營運及管理計畫書」(以下簡稱船東所編撰計畫書)為基礎進行分析研究，完成細部規劃及初步設計，做為後續建造新船參考依據。

## 2. 旅客與車輛裝載分析

本案之旅客與車輛裝載計畫主要以船東所編撰之「購建新臺馬輪之建造、財務、營運及管理計畫書」(以下簡稱船東所編撰計畫書)為依據，該計畫書是臺灣大學船舶技術研究中心的研究成果，而且經過行政院經濟建設委員會、立法委員、交通部航政司、交通部運輸研究所、基隆港務局、以及相關學者專家的審查，並由連江縣政府驗收通過，其研究成果有堅實的公信力。

但該計畫書所蒐集分析的資料只有到中華民國 95 年，本計畫蒐集民國 95 年到 98 年臺馬輪載運旅客與車輛之數量作進一步的分析，以補足船東所編撰計畫書之分析年度，同時也對該計畫書之結論作補足與確認。資料部份承蒙新華航業股份有限公司的提供，在此表達本中心的感謝。

本案所作的分析以新華航業股份有限公司所提供，臺馬輪自民國 95 年到 98 年載運旅客與車輛之相關資料為基礎。若以年為分析單位，臺馬輪每航次平均載客人數約為 300 人左右(民國 98 年部份只分析到 5 月)，如圖 2.1。若以月為分析單位，如圖 2.2，7 月載客人數最多，平均載客人數約為 360 人，最高載客人數達 411 人；3 月載客人數最少，平均載客人數約為 236 人，最高載客人數達 323 人。值得注意的是 98 年度由於兩岸往來趨於熱絡，載客人數較 95 年到 97 年有增加的趨勢，將來兩岸往來更趨熱絡後，載客人數應有進一步增加的可能。船東所編撰計畫書內容，規劃新臺馬輪的載客人數為 500 人，應是合理的數字。然而考量目前每航次平均載客人數約 300 人的事實，擬規劃 300 人的臥鋪作為優先出售票位，如果遇到旺季旅客人數增加，則開放另外 200 人的坐鋪票位。

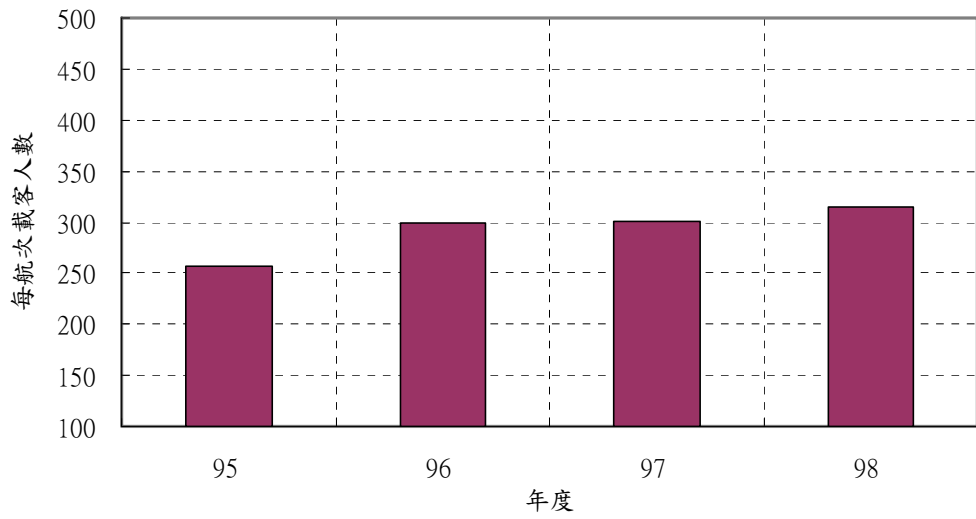


圖 2.1 臺馬輪年平均每航次平均載客人數

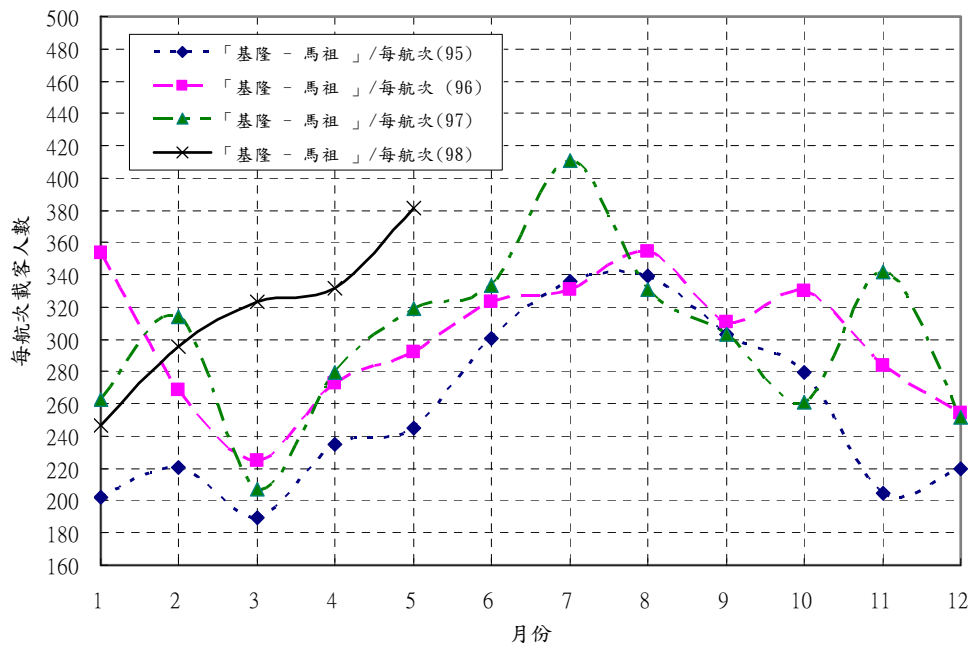


圖 2.2 臺馬輪月平均每航次平均載客人數

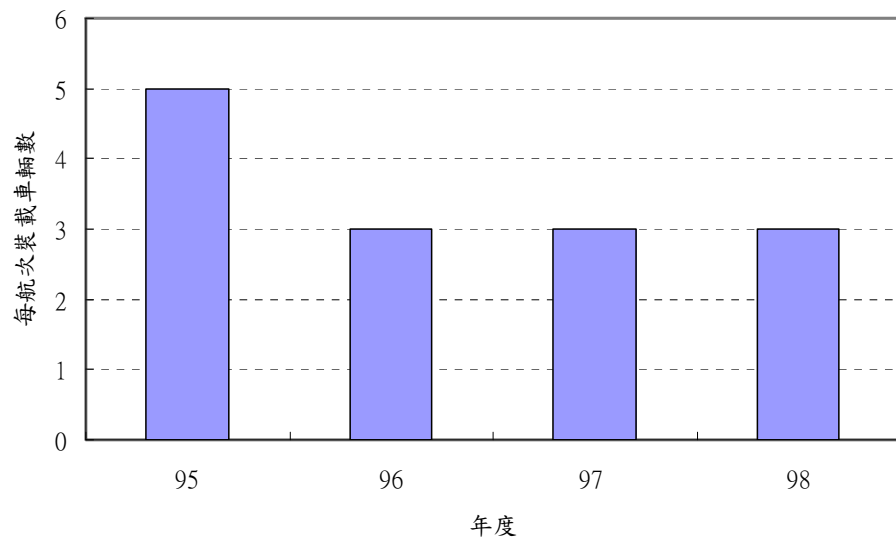


圖 2.3 臺馬輪年平均每航次裝載車輛數

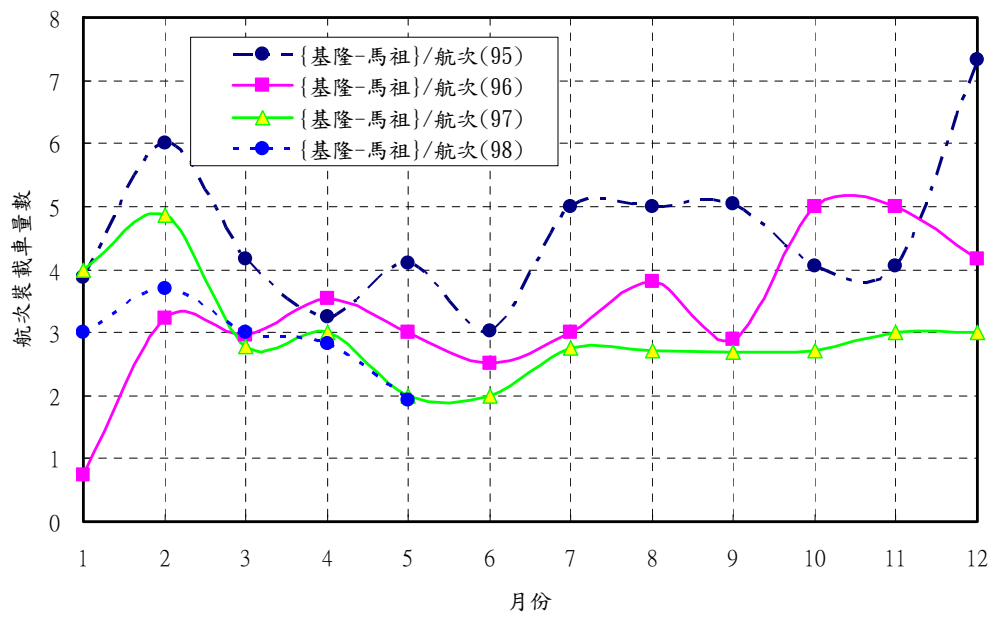


圖 2.4 臺馬輪月平均每航次裝載車輛數

### 3. 台灣海峽海象與耐海性能評估

海洋波浪統計特性因不同海域而異，正如同天氣之氣象般變幻多端，可稱之為海象，以便於瞭解。現今全球各海域的波浪統計特性係透過長時間的波浪計測加以分析，來表現其各自不同的海象。關於全球海洋波浪統計部份，國際間亦可見公開發表資料，以供所需者參考應用。一般而言，波浪統計結果均以波高（有義波高）和波週期（有義波週期）的結合機率分佈形式顯示，根據以上資料，即可進行在該海域中作業船舶或海洋結構的長期運動反應統計預測分析。一般言目前海洋波浪資料來源可分為下列三項：

儀器量測：儀器的量測隨著各國及量測儀器之不同而有不同之精度考量，就目前為止，利用衛星對特定海域量測之資料並不多，首顆衛星為 GEOS-3，量測時間由 1975 年 4 月至 1978 年 11 月，第二顆為美國國家海洋及氣象中心（NESDIS/NOAA）之 GEOSAT 衛星，於 1986 年 11 月發射昇空，迄今仍持續記錄波浪高度及風速資料。

風力換算：風與浪之關係並非線性，目前亦存在多種修正模式，藉由風力、地型及持續時間進行修正，目前最完整之資料庫為“海洋波譜型（SOWM）”資料庫，其包含 20 年長期風浪資料預估。

目測資料：國際氣象組織（WMO）自 1854 年便開始進行實船目視量測波高，其中英國氣象組織於 1967 年出版 OCEAN WAVE STATISTICS，其內容涵蓋全球 50 個海域，包含百萬組目視資料之紀錄。GLOBAL WAVE STATISTICS 一書於 1986 年出版，其採用 NMIMET 統計分析模式，將目測資料整理成更實用之資訊。

以現代化之儀器對波浪進行量測固然極佳，但限於海域之廣闊及長期波浪之蒐集，因而由風力換算及目測資料較為實用。目前本中心波浪資料庫涵蓋北大西洋、南太平洋及印度洋的海洋統計資料，主要是由英國氣象局（UK Meteorological Office）於 1854 年開始長期蒐集海洋衛星量測資料、風級資訊及船舶航行於各大洋時的觀測資料統計所得（BMT- PC GLOBAL WAVE STATISTICS 資料庫）。PC GLOBAL WAVE STATISTICS 資料庫將全球分

為 104 個海域如圖 3.1，依全年、春、夏、秋及冬季提供波高及波浪週期之結合機率分佈表（Scatter Diagram）以供分析使用。

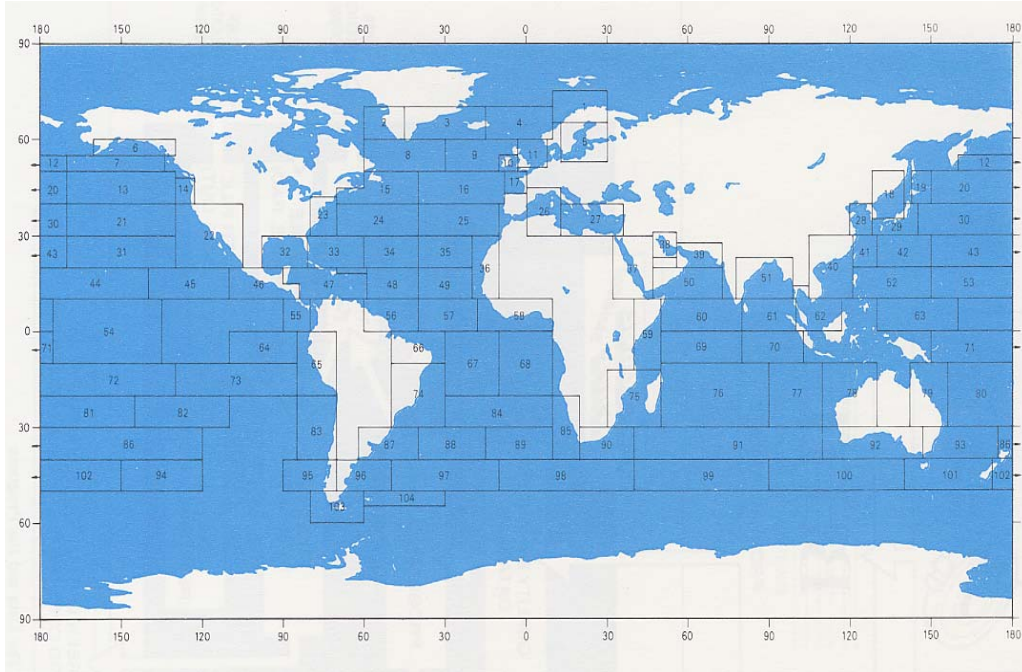


圖 3.1 BMT-PC 全球海洋資料庫分區圖

### 3.1. 台灣周遭海象分析

由 BMT- PC GLOBAL WAVE STATISTICS 資料庫擷取台灣周遭海象資料分佈於 40 及 41 區，如圖 3.2 及圖 3.3，BMT- PC 資料庫顯示台灣西側及西北側之有義波高最大發生機率在 1 m 和 2 m 之間。



Sig Hgt (m)	7547	79549	245134	314014	215923	96299	31756	8478	1953	406	79	Obs
> 14			1	10	31	46	41	26	12	5	2	173
13 to 14			1	8	22	30	25	14	6	2	1	109
12 to 13			2	16	40	51	40	21	9	3	1	183
11 to 12			5	31	75	90	67	34	13	4	1	321
10 to 11			11	65	146	166	116	57	21	7	2	590
9 to 10		1	26	144	303	322	211	97	35	10	3	1151
8 to 9		3	69	346	666	656	401	174	59	16	4	2393
7 to 8		10	194	880	1541	1393	788	318	101	27	6	5258
6 to 7		36	582	2337	3671	3009	1558	581	171	42	9	11996
5 to 6	1	132	1815	6314	8731	6382	2979	1011	273	63	13	27714
4 to 5	5	510	5737	16795	19921	12688	5230	1585	386	81	15	62954
3 to 4	28	2027	17776	41892	40978	21960	7749	2042	438	81	14	134986
2 to 3	170	8025	50342	88648	67005	28541	8204	1798	326	52	8	253118
1 to 2	1124	28254	106401	120944	62492	19083	4094	692	99	13	2	343197
0 to 1	6219	40549	62171	35586	10300	1883	254	28	3			156994
	< 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	9 ~ 10	10 ~ 11	11 ~ 12	12 ~ 13	> 13	
Zero Crossing Period (s)												

圖 3.2 BMT-PC 台灣東北部（41 區）海象資料

Sig Hgt (m)	15555	124064	296886	306470	173809	64953	18186	4170	833	151	26	Obs
> 14			3	14	29	32	22	10	4	1		115
13 to 14			2	11	20	20	12	5	2	1		74
12 to 13			4	20	36	34	20	9	3	1		128
11 to 12		1	9	40	68	61	35	14	5	1		235
10 to 11		1	21	85	136	115	62	24	8	2		455
9 to 10		4	52	192	287	229	117	44	13	3	1	940
8 to 9		10	134	459	638	476	229	81	23	5	1	2059
7 to 8		32	371	1155	1475	1020	459	152	41	9	2	4715
6 to 7	1	103	1066	2980	3458	2194	912	282	70	15	3	11085
5 to 6	5	348	3130	7710	7994	4583	1740	495	115	23	4	26146
4 to 5	21	1211	9138	19333	17501	8883	3022	778	165	30	5	60089
3 to 4	96	4204	25505	44559	34021	14827	4400	1002	190	32	5	128840
2 to 3	456	14002	63317	85542	52024	18515	4587	888	145	21	3	239500
1 to 2	2311	40950	118152	108322	46989	12444	2377	365	48	6	1	331965
0 to 1	12664	63198	75981	36048	9131	1521	192	20	2			198756
	< 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	9 ~ 10	10 ~ 11	11 ~ 12	12 ~ 13	> 13	
Zero Crossing Period (s)												

圖 3.3 BMT-PC 台灣西南部（40 區）海象資料

台灣週遭海域波浪統計資料主要來源係由台灣中油公司委託國立台灣大學海洋研究所進行的定點波浪量測結果，並加以有計畫地整理分析，期能獲得可供日後執行船舶耐航性能評估的重要參考資料。本波浪統計資料所涵

蓋台灣週遭海域計有長康海域 (CBK AREA)、致昌海域 (F AREA) 及基隆外海 (YAF AREA) 等三部份，其主要內容包括平均風速、有義波高及有義波週期等的月分佈表，如表 3.1、表 3.2、表 3.3、及表 3.4。由上述資料中可得知，有義波高的月平均分佈清楚表明海象在春夏與秋冬等季節間有明顯差異，於是進一步將全年海象變化概分為 1-3 月的冬季、4-8 月的春夏季及 9-12 月的秋季等三大時段詳加整理分析。根據統計分析結果顯示，長康海域的平均有義波高值在冬季為 1.89 m、春夏季為 1.00 m 及秋季為 2.01 m；致昌海域者在冬季為 1.61 m、春夏季為 1.02 m 及秋季為 1.90 m。

由於各分散量測點的實測值差異有限，於是著手建立一代表台灣西側受季風影響下的各季及全年等有義波高和有義波週期分佈統計資料，以為航行台灣西側海域船舶作長期運動反應分析。經由波浪統計分析得知，台灣西側海域的平均有義波高值在冬季為 1.75 m、春夏季為 1.02 m、秋季為 1.90 m 及年平均值為 1.62 m，平均有義波高在 1 m 到 2 m 之間，結果和 BMT-PC 資料庫非常吻合。至於有義波週期值在冬季為 6.42 秒 (尖峰週期 6.74 秒)、春夏季為 5.82 秒 (尖峰週期 6.11 秒)、秋季為 6.80 秒 (尖峰週期 7.14 秒) 及年平均值為 6.30 秒 (尖峰週期 6.62 秒)。

表 3.1 臺灣西側海域春夏季有義波高-有義波週期結合機率分佈表

	<0.250	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	>4.750	Sum.	H <sub>1/3</sub>
<0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	
3.000	0.075	3.590	0.375	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.115	
4.000	0.200	8.495	5.840	0.400	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	14.940	
5.000	0.195	11.330	10.575	3.980	0.255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	26.360	
6.000	0.515	9.000	8.215	5.085	2.695	0.510	0.005	0.010	0.000	0.000	0.000	26.035	
7.000	0.500	4.760	3.100	1.530	1.375	1.765	1.050	0.195	0.045	0.010	0.000	14.330	
8.000	0.100	2.420	1.900	1.235	0.785	0.490	0.785	0.400	0.090	0.030	0.000	8.235	
9.000	0.135	1.215	1.010	0.810	0.430	0.370	0.070	0.035	0.120	0.030	0.000	4.225	
10.000	0.070	0.300	0.120	0.145	0.030	0.220	0.120	0.050	0.005	0.000	0.000	1.060	
11.000	0.055	0.045	0.010	0.055	0.005	0.070	0.100	0.095	0.015	0.000	0.000	0.450	
12.000	0.000	0.080	0.020	0.025	0.005	0.010	0.025	0.025	0.000	0.000	0.000	0.190	
13.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.010	
14.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	
15.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
>15.500	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	
Sum.	1.845	41.275	31.175	13.340	5.585	3.435	2.155	0.810	0.285	0.070	0.025	100.000	

T<sub>1/3</sub>

Mean H<sub>1/3</sub> = 1.02 M

Mean T<sub>1/3</sub> = 5.82 Sec.

表 3.2 臺灣西側海域秋季有義波高-有義波週期結合機率分佈表

	<0.250	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	>4.750	Sum.	H <sub>1/3</sub>
<0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.000	0.070	0.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.370
4.000	0.215	1.580	0.335	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.215
5.000	0.390	3.370	3.695	2.180	1.090	0.225	0.030	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	10.995
6.000	0.215	3.145	4.920	7.990	7.970	2.805	0.680	0.105	0.030	0.000	0.000	0.000	27.860
7.000	0.055	2.165	3.625	4.795	6.525	9.320	6.540	1.295	0.250	0.000	0.000	0.000	34.570
8.000	0.000	1.090	2.020	2.435	2.060	1.805	2.730	2.235	1.150	0.380	0.050	0.000	15.955
9.000	0.050	0.140	0.485	0.795	0.570	0.650	0.485	0.355	0.495	0.550	0.135	0.000	4.710
10.000	0.015	0.070	0.150	0.225	0.235	0.145	0.170	0.230	0.205	0.110	0.280	0.000	1.835
11.000	0.045	0.030	0.035	0.075	0.005	0.020	0.030	0.055	0.020	0.030	0.240	0.000	0.585
12.000	0.015	0.035	0.025	0.065	0.050	0.015	0.000	0.165	0.000	0.000	0.045	0.000	0.415
13.000	0.050	0.015	0.030	0.035	0.000	0.000	0.005	0.015	0.000	0.000	0.225	0.000	0.375
14.000	0.000	0.015	0.005	0.015	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050
15.000	0.015	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
>15.500	0.015	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045
Sum.	1.150	11.955	15.330	18.725	18.505	14.985	10.670	4.485	2.150	1.070	0.975	100.000	

T<sub>1/3</sub>

Mean H<sub>1/3</sub> = 1.90 M  
 Mean T<sub>1/3</sub> = 6.80 Sec.

表 3.3 臺灣西側海域冬季有義波高-有義波週期結合機率分佈表

	<0.250	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	>4.750	Sum.	H <sub>1/3</sub>
<0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.000	0.000	0.095	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.175
4.000	0.020	1.665	1.625	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.380
5.000	0.100	3.020	6.130	3.745	0.395	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.405
6.000	0.290	3.275	7.490	12.250	10.000	2.760	0.125	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	32.900
7.000	0.205	2.585	2.810	4.205	6.560	8.905	6.200	1.325	0.100	0.005	0.000	0.000	32.900
8.000	0.035	1.015	0.450	1.415	1.025	0.930	2.635	2.420	0.960	0.065	0.000	0.000	10.950
9.000	0.075	0.160	0.150	0.105	0.815	0.040	0.140	0.225	0.380	0.185	0.000	0.000	2.275
10.000	0.040	0.055	0.090	0.170	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.390
11.000	0.025	0.020	0.035	0.000	0.035	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.135
12.000	0.000	0.000	0.010	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060
13.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
14.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
15.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
>15.500	0.035	0.010	0.015	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080
Sum.	0.835	11.920	18.885	22.030	18.830	12.695	9.100	4.000	1.440	0.255	0.010	100.000	

T<sub>1/3</sub>

Mean H<sub>1/3</sub> = 1.75 M  
 Mean T<sub>1/3</sub> = 6.42 Sec.

表 3.4 臺灣西側海域全年有義波高-有義波週期結合機率分佈表

	<0.250	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	>4.750	Sum.	$H_{1/3}$
<0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	
3.000	0.055	1.620	0.176	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.882	
4.000	0.160	4.483	2.951	0.213	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.808	
5.000	0.236	6.599	7.170	3.321	0.568	0.079	0.010	0.005	0.000	0.000	0.010	18.000	
6.000	0.359	5.617	6.935	7.845	6.280	1.838	0.260	0.047	0.010	0.000	0.000	29.190	
7.000	0.278	3.351	3.203	3.287	4.388	6.068	4.168	0.844	0.127	0.005	0.000	25.719	
8.000	0.050	1.625	1.578	1.680	1.270	1.038	1.896	1.517	0.661	0.155	0.017	11.487	
9.000	0.092	0.593	0.620	0.629	0.573	0.381	0.226	0.189	0.310	0.242	0.045	3.899	
10.000	0.044	0.162	0.123	0.178	0.091	0.146	0.107	0.098	0.070	0.037	0.096	1.151	
11.000	0.044	0.034	0.025	0.048	0.013	0.041	0.052	0.058	0.013	0.010	0.080	0.416	
12.000	0.005	0.045	0.019	0.045	0.019	0.009	0.010	0.065	0.000	0.000	0.015	0.233	
13.000	0.017	0.008	0.010	0.012	0.000	0.000	0.002	0.005	0.004	0.000	0.075	0.132	
14.000	0.003	0.008	0.006	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.026	
15.000	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	
>15.500	0.014	0.005	0.004	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	
Sum.	1.361	24.163	22.821	17.308	13.203	9.600	6.730	2.833	1.195	0.450	0.338	100.000	

$T_{1/3}$   
 Mean  $H_{1/3} = 1.62$  M  
 Mean  $T_{1/3} = 6.30$  Sec.

臺灣西側海域不同季節大於某一有義波高的累積機率，如圖 3.4，其中浪高在 1m~2m 之間，不同季節浪高的累積機率差異較大，浪高大於 3.5 m 後，不管什麼季節其發生機率幾乎都小於 5%。

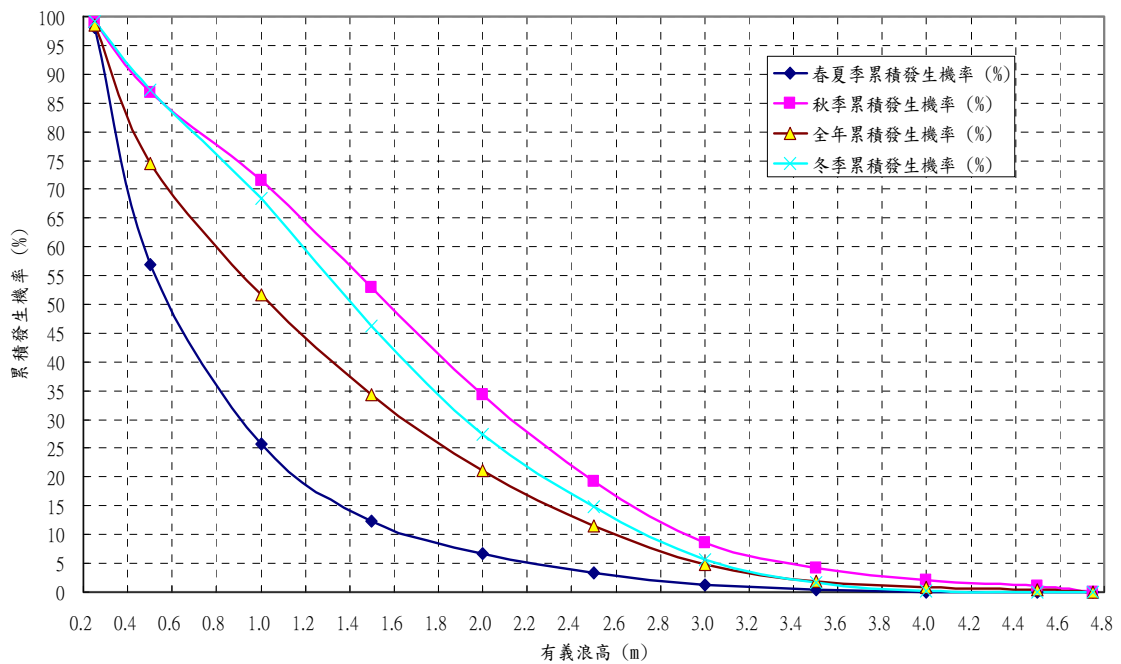


圖 3.4 臺灣西側海域大於某有義波高的累積機率

本案要求的設計基準為陣風 10 級，經 98 年 7 月 16 日詢問中央氣象局預報科，陣風 10 級約為平均風力 7~8 級，其風速約 28~40 kts，有義波高約 4~5 m，其發生機率幾乎都在 5% 以內，如表 3.5。

表 3.5 臺灣西側海域大於某陣風級的累積機率

陣風 (級)	平均風力 (級)	風速 (kts)	有義浪高 (m)	發生機率 (%)			
				春夏季	秋季	冬季	全年
6	3	8~12	0.30	98	99	99	99
6	4	13~16	0.88	31	75	73	57
7	4	13~16	0.88	31	75	73	57
7	5	17~21	1.88	8	38	32	23
8	5	17~21	1.88	8	38	32	23
8	6	22~27	3.25	< 2	6	3	3
9	6	22~27	3.25	< 2	6	3	3
9	7	28~33	4.00	< 2	3	2	2
<b>10</b>	<b>7</b>	<b>28~33</b>	<b>4.00</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>3</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>&lt; 2</b>
<b>10</b>	<b>8</b>	<b>34~40</b>	<b>5.00</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>&lt; 2</b>

依照臺灣海峽海域波浪長期統計資料，分析小於某波長的累積機率，如表 3.6，波長小於 77 m 約有 76 %~86 % 的機率，平均約 83 %。波長小於 100 m 約有 92 %~94 % 的機率。船長太短的船隻由於無法跨過波浪的一個波長，容易產生較大的橫搖角及垂向加速度，對耐海性能而言較為不利。本案規劃船長大於 100 m，即使在風浪不好的秋季至少也有約 92 % 的機率，可以在波浪中跨浪而行，對耐海性能有重要的助益。

表 3.6 臺灣西側海域小於某波長的累積機率

波長 (m)	發生機率 (%)			
	春夏季	秋季	冬季	全年
2	0	0	0	0
6	0	0	0	0
14	4	0	0	2
25	19	3	4	10
39	45	14	17	28
56	71	41	50	57
<b>77</b>	<b>86</b>	<b>76</b>	<b>83</b>	<b>83</b>
<b>100</b>	<b>94</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>94</b>
127	98	97	96	98
156	99	99	96	99
189	100	99	97	100
225	100	100	97	100
264	100	100	97	100
306	100	100	97	100
351	100	100	97	100

由於臺灣西側海域的海況並不好，秋季平均的有義波高可達 1.9 公尺以上，與國際間 14 個主要客貨船舶營運區域的海況作比較如表 3.7，除挪威西側、澳洲東側及加拿大西側等海域波象較臺灣近海者為差外，其餘均較臺灣近海為優，而馬祖周遭海域的湧浪狀況相當明顯，對船舶的耐海性能要求更為迫切。

表 3.7 國際各海域之海況統計表

地區/月平均波高(m)	1-3 月(冬)	4-8 月(春夏)	9-12 月(秋)	比較
台灣近海	1.5-2.0(1.75)	0.7-1.5(1.02)	1.4-2.3(1.90)	年平均(1.62)
韓國與日本九州間海域	0.8-1.5	0.6-1.0	0.8-1.3	優
韓國東側海域	0.6-1.5	0.5-1.0	0.8-1.3	優
日本東側海域	1.4-2.1	1.0-1.7	1.2-1.8	相近
日本瀨戶內海	-	-	-	優
希臘愛琴海	0.7-1.0	0.5-0.7	0.5-0.9	極優
義大利周圍海域	0.5-1.0	0.5-0.8	0.5-1.0	極優
挪威西側海域	1.6-2.3	1.2-1.7	1.5-3.0	略差
挪威東側海域	1.3-2.3	1.0-1.9	1.5-2.3	相近
巴西東南側海域	1.0-1.4	1.2-1.9	1.2-1.7	略優(年平均 1.5)
美國東側海域	1.4-2.5	1.0-1.6	1.1-2.0	相近
美國西側海域	1.0-1.8	1.0-1.8	1.0-1.7	略優
英法之間海域	1.3-2.2	0.8-1.6	1.0-2.2	相近
澳洲東側海域	1.0-2.2	1.2-2.7	1.0-2.5	稍差
加拿大西側海域	1.8-2.8	1.2-2.0	1.4-2.7	極差

### 3.2. 耐海性能評估

耐海性能方面一般最常以橫搖、縱搖、及垂向加速度作為耐海性能評估項目，尤其以垂向加速度和船員及旅客的舒適性最有關係。

橫搖反應部份，雙體船及三體船的橫向運動反應一般較單體船穩，但由於雙體船有著較大的橫向穩度，亦即意謂著較小的橫搖週期，雖然運動振幅小但搖晃快速，容易造成旅客乘坐不舒服。中間大主船體旁邊帶二個小浮體的三體船型，其橫搖週期比雙體船稍大，船橫向搖晃不像雙體船快速，旅客也比較不會感到不舒服。

縱搖是雙體船的弱點，由於船艙細長體的設計，使艙部水線投影面積十分細長，當傳統型雙體船在艱浪海況下高速航行，會造成大振幅的縱搖運動

反應，其將產生船艙下沉之危險，對於客輪航行的安全性與使用效率產生極大的限制。穿浪型雙體船船艙平台向下隆起之小船體（舢艖）可以增加艙俯時之艙浮力，減少船舶之縱搖反應，但是也因而造成波浪衝擊中艙體，引起額外的垂向加速度反應。雖然目前對於三體船耐海性能的研究還不是很完整，但其縱搖反應大概介於單體船和雙體船之間。

垂向加速度和船員及旅客的舒適性最有關係，Center for the Commercial Deployment of Transportation Technologies(CCDTT)於2007年1月完成一份單體船、雙體船及三體船耐海性能評估報告，此三種不同船型之外型如圖3.5、3.6、及3.7，主要尺寸如表3.8。

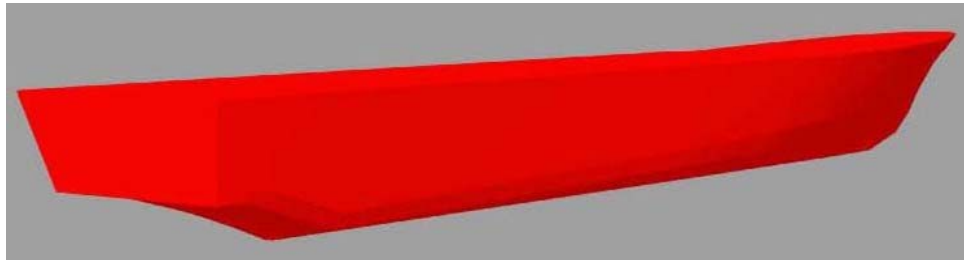
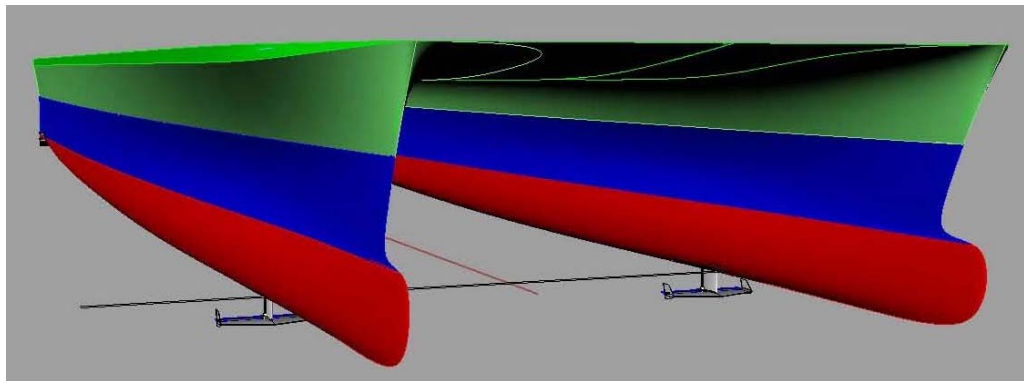


圖 3.5 CCDTT 耐海性能評估之單體船型



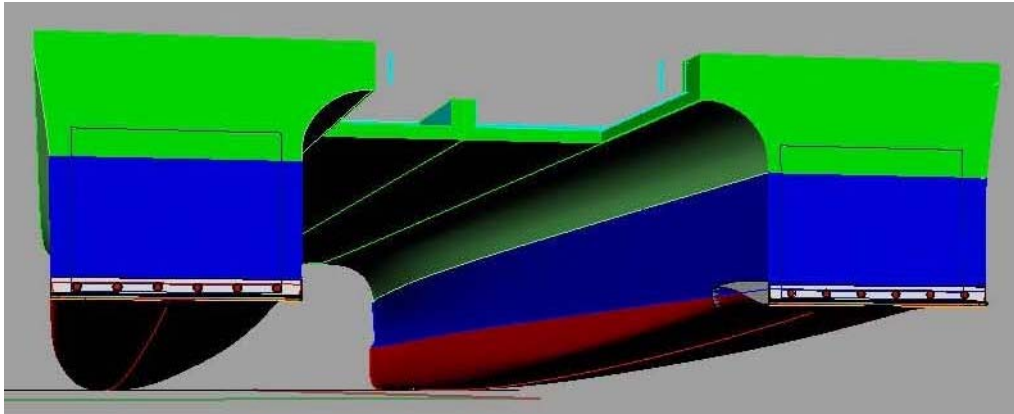


圖 3.6 CCDTT 耐海性能評估之雙體船型

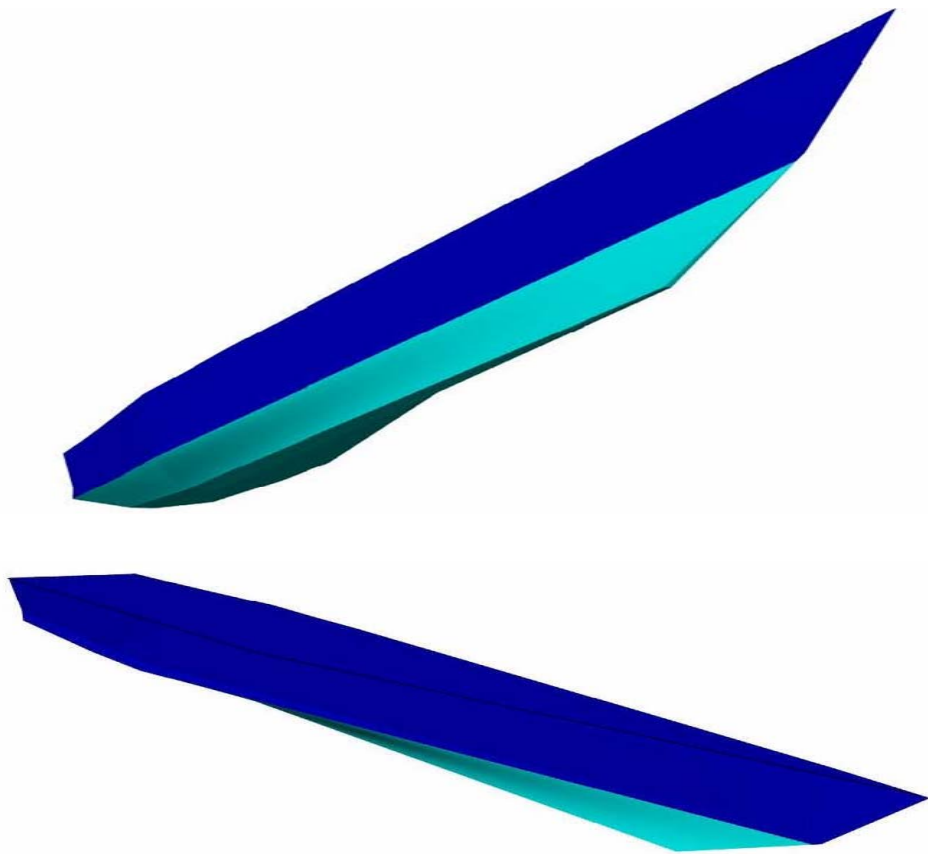


圖 3.7 CCDTT 耐海性能評估之三體船型中間船體



表 3.8 CCDTT 不同船型主要尺寸

船型	Mono Hull	Catamaran	Trimaran
船長 (m)	115.56	78.40	127.10
船寬 (m)	17.50	22.00	30.40
船深 (m)	10.00	7.75	8.69
吃水 (m)	3.34	3.50	4.50
排水量 (t)	<b>2315</b>	<b>950</b>	<b>3201</b>

其中以三體船之排水量最大，3201 噸；單體船次之，2315 噸；雙體船排水量最小，只有 950 噸。計算結果如表 3.9。

表 3.9 CCDTT 耐海性能評估比較表

Mono Hull		Sig nificant vertical acceleration in m/s <sup>2</sup>									
Speed	5 kts		10 kts		15 kts		20 kts		30 kts		40 kts
Heading	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	60
sea state	4										6.45
	5			2.72	2.88			4.16	4.37	6.26	6.73
	6			3.23	3.35			5.34	5.41		
	7	2.79	2.85	4.13	4.08	5.44	5.35				

Catamaran		Sig nificant vertical acceleration in m/s <sup>2</sup>										
Speed	5 kts		10 kts		15 kts		20 kts		30 kts		40 kts	
Heading	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	60	
sea state	4			11.70							10.50	13.30
	5			8.39	17.90			19.00	10.70	18.30	13.90	
	6			17.10	10.10	20.20	13.90	20.40	12.90			
	7	8.79	7.47	14.10	17.60	26.20	17.30					

Trimaran		Sig nificant vertical acceleration in m/s <sup>2</sup>									
Speed	5 kts		10 kts		15 kts		20 kts		30 kts		40 kts
Heading	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	60
sea state	4			1.47			2.18	2.93	2.60	3.55	3.07
	5			2.52	2.81			5.30	5.94	8.76	9.68
	6			3.35	3.58	4.86	5.27	7.11	7.55		
	7	3.03	3.15	4.50	4.60	6.49	6.65				

CCDTT 作耐海性能評估時不同海象之波高及周期如表 3.10，其中海象 6 級以經達到 10 級風標準。

表 3.10 CCDTT 作耐海性能評估時不同海象之波高及周期

Sea State	Significant Wave-Ht (m)	Max. Energy Period (sec)
4	2.04	7.14
5	3.26	9.02
6	4.43	10.53
7	7.74	13.91

比較不同船型在海象 4 級、5 級及 6 級時之垂向加速度如圖 3.8、圖 3.9 及圖 3.10。

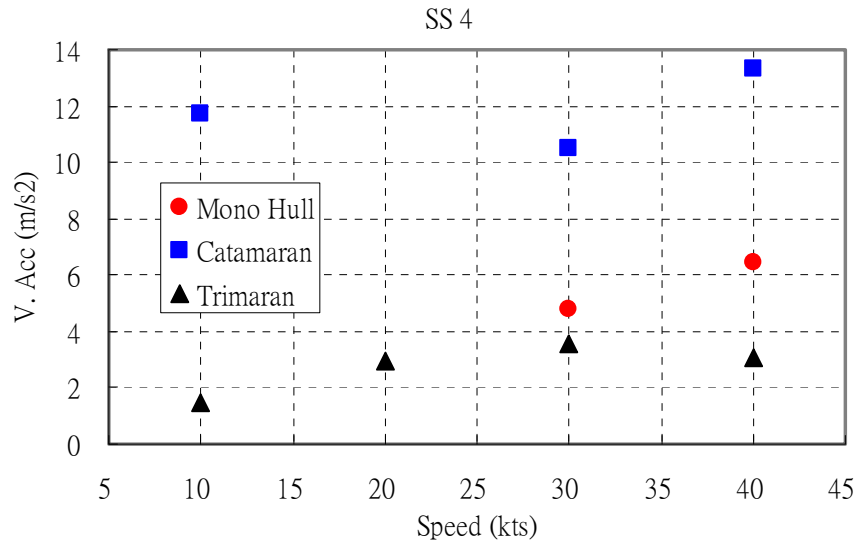


圖 3.8 CCDTT 不同船型在海象 4 級時之垂向加速度比較

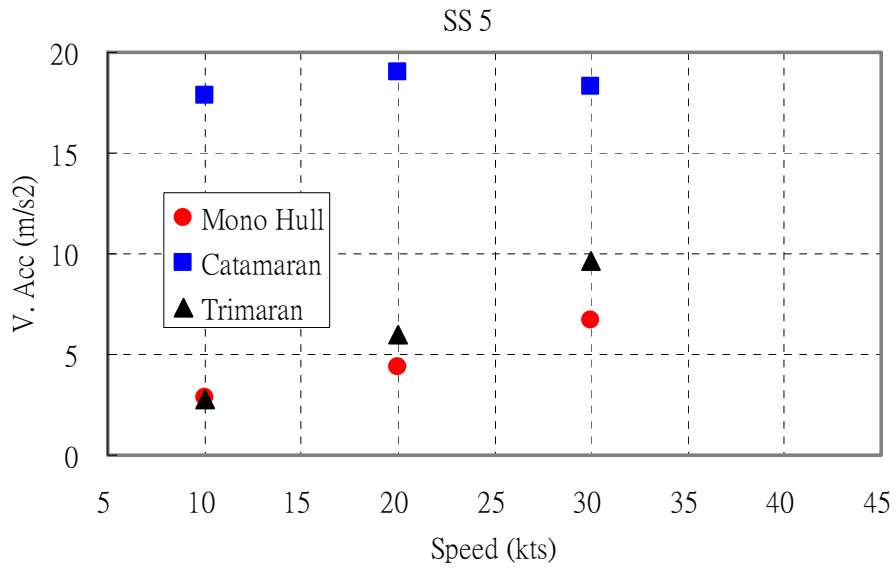


圖 3.9 CCDTT 不同船型在海象 5 級時之垂向加速度比較

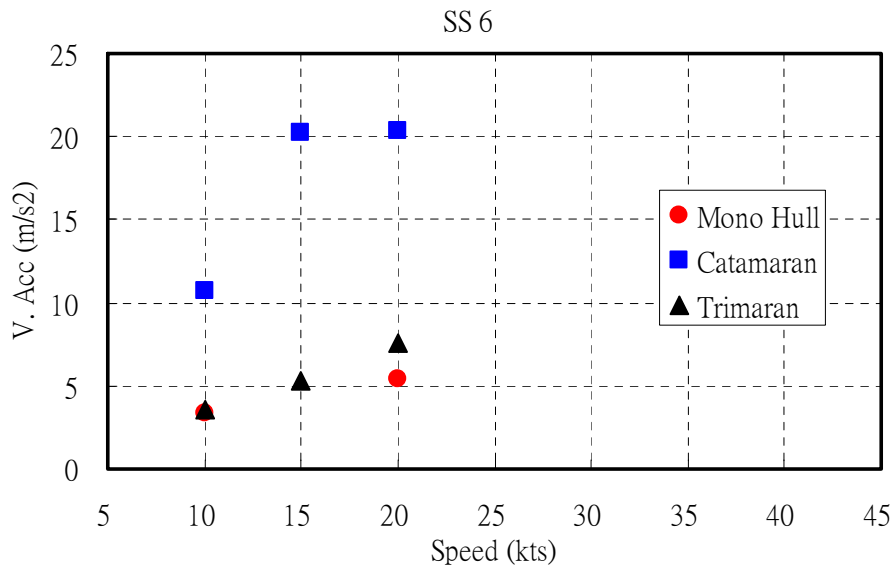


圖 3.10 CCDTT 不同船型在海象 6 級時之垂向加速度比較

在海象 4 級時雙體船之垂向加速度明顯比單體船或三體船大，而三體船之垂向加速較單體船小，尤其在船速 40 節時。海象 5 級和 6 級時雙體船之垂向加速度仍然明顯比單體船或三體船大，而單體船之垂向加速稍為優於三體船。當然在作此比較時必須特別提及，雙體船之排水量遠較其他兩種船型

小。

為了評估本規劃案單體船型之垂向加速度表現，以初步規劃之線形作初步評估，耐海性能分析工具係採用本中心船舶運動反應預估程式 (USDDCMO) 進行計算，此程式係以 Salvesen et al 的短波二維截片線性理論 (Strip method) 為基礎開發，並可在個人電腦上運算之船舶運動反應預估程式。

海域波譜採用 Bretschneider 波譜函數來模擬該船遭遇之海況，並作一短波頂 (Shortcrested sea) 之短期運動反應統計分析，航行速度範圍設定為 0~25 kts，海況則為 4、5 及 6 級。對應之有義波高分別為 2.01 m、3.05 m、及 4.87 m；計算船型之船長、船寬、吃水、及排水量分別為 107 m、16 m、4.6 m、及 3830 t。

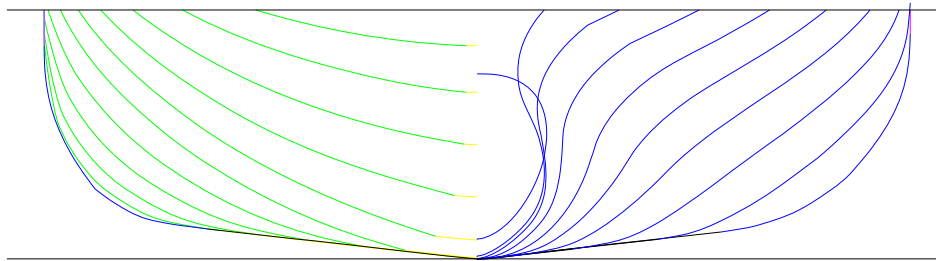


圖 3.11 「新台馬輪」水下線型圖

圖 3.12~圖 3.14 為本船分別在海況 4、5 及 6 級時重心垂向加速度反應之航向—航速極座標圖。表 3.11 為最大重心垂向加速度反應及對應之船速、航向角等發生狀況。

表 3.11 重心垂向加速度反應分析

海況	運動反應分析	
	最大加速度 (Significant, 0.01g)	最大反應發生狀況
Sea State 4	9.36	船速：25 節 航向角：105 至 135 度附近
Sea State 5	17.31	船速：25 節 航向角：150 至 210 度附近
Sea State 6	27.78	船速：25 節 航向角：165 至 195 度附近

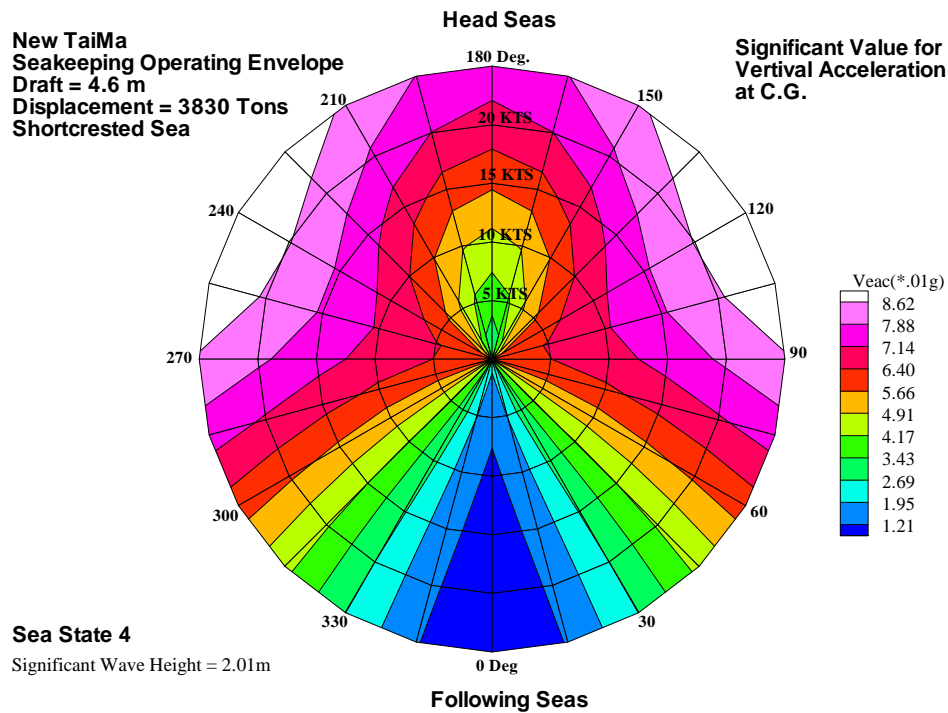


圖 3.12 重心垂向加速度航向—航速極座標圖 (Sea State 4)

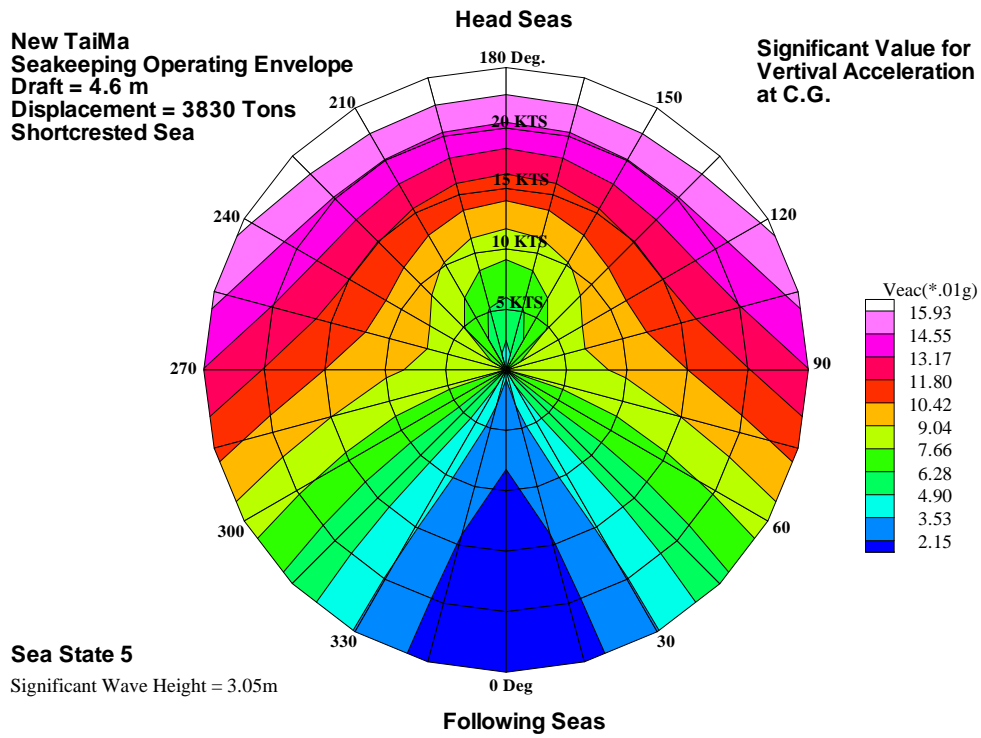


圖 3.13 重心垂向加速度航向—航速極座標圖 (Sea State 5)

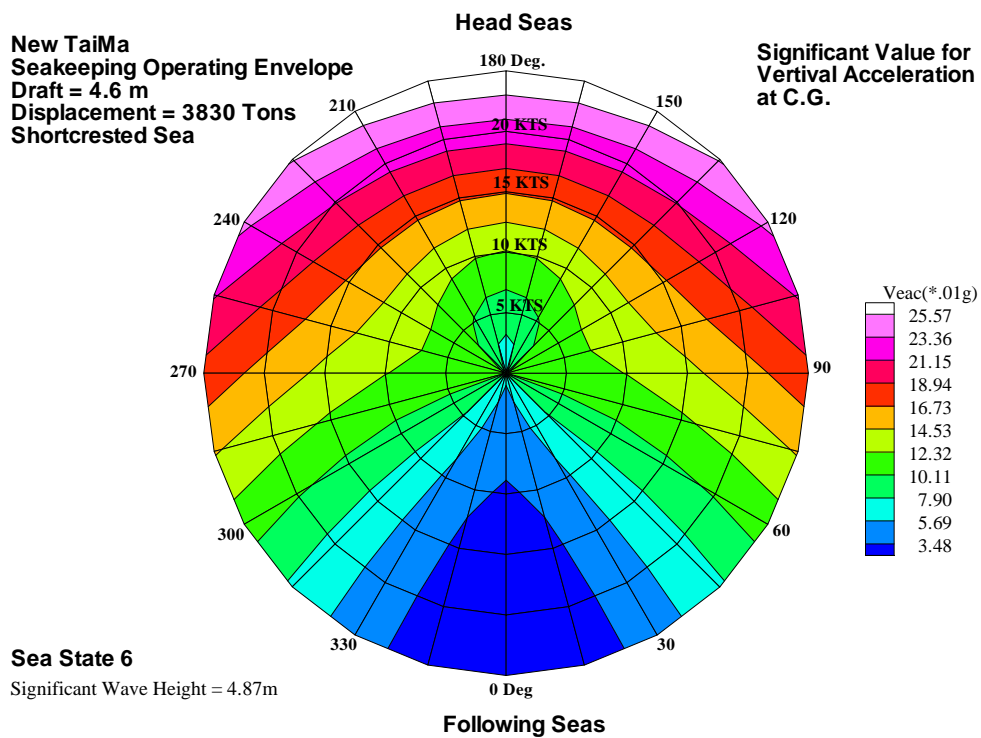


圖 3.14 重心垂向加速度航向—航速極座標圖 (Sea State 6)

### 3.3. 耐海性能分析結論

為了使新臺馬輪在陣風 10 級的海況仍能出海，必須在規劃時擬定適當的策略，以作為將來設計和建造時之依循。本案由結構強度、穩度、以及減低運動反應三方面加以考量。

結構強度方面，10 級陣風時由表 3.5 可以查到其有義波高為 5 m，由表 3.2、3.3、及 3.4 可以查到其有義週期約為 10 秒，因而在細部設計階段必須要求得標者依據此種條件作耐海性能計算，找出 10 級陣風時之最大彎矩（bending moment）與剪力（shear force），作為結構設計的基準，如此可以確保本船在 10 級陣風時結構強度可以抵抗風浪的侵襲。

穩度方面，10 級陣風時由表 3.5 可以查到其風速在 28~40 kts 之間，在細部設計階段必須要求得標者至少依據 50 kts 側面強風標準，計算本船的側風橫搖穩度，以確保本船可以抵抗 10 級陣風時的強風吹襲。

減低運動反應方面，首先本船船長規劃約在 100 m 左右，至少有約 92 % 的機率可以在波浪中跨浪而行，對耐海性能有重要的助益。艙區規劃時儘量降低受風面積，以減少側風橫搖。加上泌龍骨與穩定翼的規劃，可以減少波浪中的橫搖反應，增加人員搭載的舒適性。

## 4. 參考船分析

臺灣海域雖然在冬季海況並不十分平靜，但他山之石可以攻錯，有關國際間 14 個主要高速客貨船舶營運區域海況與台灣近海海況的平均波高比較分析，詳請參看表 3.7 所示。大體而言，日本以及環繞著挪威、地中海、英法海峽的海況和台灣西側海域相近，這些區域同時也是客貨輪高度發展的區域，蒐集與分析這個區域航線的客貨輪，對本案的規劃應該有很大的參考價值。

### 4.1. 挪威、地中海、英法海峽等，沿海歐洲國家航線參考船

蒐集挪威、地中海、英法海峽等，沿海歐洲國家航線的參考船共 72 艘，如表 4.1。其中單體船占多數，共有 49 艘，雙體船共 8 艘，而三體船有 15 艘。

表 4.1 挪威、地中海、英法海峽等，沿海歐洲國家航線參考船

船名	HSC Aeolos Kenteris II	HSC Alborán	HSC Alcantara	HSC Almudaina Dos
航線	Piraeus-Syros-Tinos-Mykonos	Algeciras - Ceuta	Algeciras - Tanger	Barcelona-Ibiza Barcelona-Mahón
建造年份	2001	1999	1995	1997
船東	Maritime Co. of Lesbos	Compania Trasmediterranea S.A.	Trasmediterranea	Acciona Trasmediterranea S.A.
航商	NEL Lines	Acciona Trasmediterranea	Acciona Trasmediterranea	Acciona Trasmediterranea
船長(公尺)	103	96	96.2	100
船寬(公尺)	15.7	26	14.6	17.1
吃水(公尺)	2.6	3.7	2.19	2.75
總噸位	5364	6346	3265	4662
主機	4* Pielstick 20 PA6 B6 V STC	Caterpillar	4 * Caterpillar 3616TA	4 * Ruston 20RK270
船速(節)	36	42	37	38
乘客(人)	777	900	590	700
床位(位)	0	0	0	0
汽車裝載量(輛)	190	240	76	148
船型	單體船	雙體船	單體船	單體船

船名	HSC Avemar Dos	M/F Ciudad de Malaga	HSC Jaume II	HSC Euroferrys Pacifica
航線	Algeciras - Ceuta	Algericas - Tanger	Algeciras - Ceuta	Algeciras - Ceuta
建造年份	1997	1998	1995	2001
船東	Buquebus	Trasmediterranea	Balearia	Europa Ferrys
航商	Balearia	Acciona Trasmediterranea	Balearia	EuroFerrys
船長(公尺)	82.3	139.7	80.65	101
船寬(公尺)	23	18.4	26	26.65
吃水(公尺)	2.86	3.72	3.14	4.2
總噸位	5517	8845	4112	8397
主機	4 * MTU 20V 1163 TB73L	2 * Deutz SBV 12M 640	Ruston	4 * Caterpillar 3618
船速(節)	41	19	37	37
乘客(人)	900	1.600 / 1.242	654	951
床位(位)	0	0	0	0
汽車裝載量(輛)	175	450	140	251
船型	雙體船	單體船	雙體船	雙體船



購建新臺馬輪之細部規劃及初步設計

船名	M/F Aurora af Helsingborg	HSC Highspeed 5	HSC Jaume III	M/F Ciudad de Malaga
航線	Helsingør - Helsingborg	Piraeus - Chania	Menorca Ibiza-Palma de Mallorca	Algericas - Tanger
建造年份	1992	2005	1996	1998
船東	Aurora 93 Trust	Hellas Flying Dolphins	Balearia	Trasmediterranea
航商	Scandlines AB (S)	Hellenic Seaways	Balearia	Acciona Trasmediterranea
船長(公尺)	111.2	85	81.15	139.7
船寬(公尺)	28.22	21.2	26	18.4
吃水(公尺)	5	2.9	3.14	3.72
總噸位	10845	4913	4305	8845
主機	4 * Wärtsilä 6R32E	4 * Caterpillar 3618	4 * Ruston RK270 MK2	2 * Deutz SBV 12M 640
船速(節)	14.9	37	37	19
乘客(人)	1250	810	654	1600 / 1242
床位(位)	0	0	0	0
汽車裝載量(輛)	238	154	140	450
船型	單體船	雙體船	參體船	單體船

船名	M/F Juraj Dalmatinac	M/F Manuel Azaña	HSC Milenium	M/F Nissos Chios
航線	Zadar - Preko	Ibiza-Ibiza Palma de Mallorca	Barcelona - Palma de Mallorca	Piraeus - Chios - Mytilene
建造年份	2007	1995	2000	2007
船東	Jadrolinija	Balearia S.A.	Gato de Mar S.A.	Hellas Flying Dolphins
航商	Jadrolinija	Balearia	Acciona Trasmediterranea	Hellenic Seaways
船長(公尺)	87.6	139.7	96	136.7
船寬(公尺)	17.5	18.4	26	21
吃水(公尺)	2.4	3.74	3.3	5.2
總噸位	3193	8851	6360	14717
主機	4 * Caterpillar 3412 E DITA	2*Deutz-MWM SBV 12M 640	4 * Ruston 20RK270	4 * Wärtsilä 12V38
船速(節)	13	19.5	42	27
乘客(人)	1200	811	900	1800
床位(位)	0	?	0	240
汽車裝載量(輛)	138	495	260	420
船型	單體船	單體船	參體船	單體船

船名	M/F Northern Adventure	HSC HD1	M/F Barfleur	M/F Ben-my-Chree
航線	Prince Rupert - Port Hardy	St-Johns-Helier-Peter Port-Cherbourg	Poole - Cherbourg	Douglas - Heysham
建造年份	2004	1998	1992	1998 / 2004
船東	British Columbia Ferries	Incat Chartering	SENAMANCHE	I.M.S.P.C
航商	BC Ferries	HD Ferries	Brittany Ferries	I.M.S.P.C
船長(公尺)	117	80.1	157.65	125.2
船寬(公尺)	20	19	23.3	23.4
吃水(公尺)	4.5	2.16	5.4	5.8
總噸位	7000	2357	20133	12504
主機	2 * MaK 16M32C	4 * Ruston 16RK270	4 * Wärtsilä 8R32D	2 * MAK 9L32
船速(節)	23	47	19	19
乘客(人)	1200	450	1212	332 / 500
床位(位)	304	0	200	80
汽車裝載量(輛)	200	89	590	275
船型	單體船	參體船	單體船	單體船

船名	M/F El Djazair II	HSC Stena Lynx III	HSC Speedrunner II	HSC T&T Express
航線	Alger - Alicante, Marseille	Fishguard - Rosslare	Sifnos-Sifnos-Milos-(Folegandros)	Trinidad - Tobago
建造年份	2005	1996	1996	1997
船東	E.N.T.M.V.	Stena Line	Jaywick Shipping Co Ltd	Government of Trinidad & Tobago
航商	Algerie Ferries	Stena Line	Aegean Speed Lines	Government of Trinidad & Tobago
船長(公尺)	145	80.61	94.5	91.3
船寬(公尺)	24	26	16	26
吃水(公尺)	6	3.14	2.89	3.7
總噸位	20124	4113	3.971	5617
主機	2 * Wärtsilä 12V46	4 * Ruston	M.T.U.	4 * Ruston 20 RK270
船速(節)	22	38	37	43 (Max 50)
乘客(人)	1300	660	580	900
床位(位)	728	0	0	0
汽車裝載量(輛)	132	153	173	240
船型	單體船	參體船	單體船	雙體船

購建新臺馬輪之細部規劃及初步設計

船名	M/F Hamnavoe	M/F Korcula	HSC Norman Arrow	HSC Normandie Express
航線	Scrabster - Stromness	Split - Vela Luka - Ublj	Dover - Boulogne	South-Caen Portsmouth-Cherbourg
建造年份	2002	2007	2009	2000
船東	NorthLink Orkney and Shetland Ferries	Jadrolinija	MGC Chartering Limited	Brittany Ferries
航商	NorthLink Ferries	Jadrolinija	LD Lines	Brittany Ferries
船長(公尺)	112	101.4	112.6	97.22
船寬(公尺)	18.5	17.3	30.5	26.62
吃水(公尺)	4.4	3.5	3.93	3.43
總噸位	8940	2336	10800	6581
主機	2 * Krupp MaK 9M32C	2 * Wärtsilä 95W280	?	4 * Ruston 20RK270
船速(節)	19	15.5	40	42 (Max 48)
乘客(人)	600	700	1200	840
床位(位)	32	?	0	0
汽車裝載量(輛)	95	170	417	267
船型	單體船	單體船	參體船	參體船

船名	HSC Jonathan Swift	M/F Hrossey	M/F Commodore Clipper	HSC Condor Express
航線	Holyhead - Dublin	Aberdeen-(Kirkwall)-Lerwick	Portsmouth,Cherbourg	Guernsey -Poole,Weymouth
建造年份	1999	2002	1999	1996
船東	Irish Continental Group PLC	link Orkney and Shetland Ferries	Commodore Shipping	Condor Limited
航商	Irish Ferries	NorthLink Ferries	Condor Ferries	Condor Ferries
船長(公尺)	86.6	125	129.14	86.62
船寬(公尺)	24	19.5	23.4	26
吃水(公尺)	3.2	5.3	5.8	3.63
總噸位	5992	11230	13460	5005
主機	4 * Caterpillar 3618	2 * Krupp MaK 6M43	2 * MaK 9M32	4 * Ruston 20RK270
船速(節)	40	24	18.5	42
乘客(人)	800	600	500	800
床位(位)	0	300	160	0
汽車裝載量(輛)	200	125	350	185
船型	雙體船	單體船	單體船	參體船

船名	M/F Acciarello	M/F Aethalia	HSC Albayzin	M/F Tin Ujevic
航線	Villa San Giovanni - Messina	Piombino - Portoferraio	Buenos Aires-Colonia del Sacramento	Split - Vis / Split - Stari Grad
建造年份	1997	1991	1994	2002
船東	MPS Leasing & Factoring SPA	Toremar	Los Cipreses S.A.	Jadrolinija
航商	Caronte & Tourist	Toremar	Buquebus	Jadrolinija
船長(公尺)	113.6	91.01	96.2	98.93
船寬(公尺)	19.15	16.01	14.6	17
吃水(公尺)	4.75	4	2.06	3.1
總噸位	7865	2781	3265	4130
主機	Wärtsilä	Fiat	Caterpillar	4 * Caterpillar 3508B
船速(節)	16.6	18	37	14
乘客(人)	1000	840 (winter) / 1,800 (summer)	450	1000
床位(位)	0	?	0	0
汽車裝載量(輛)	210	120	84	200
船型	單體船	單體船	單體船	單體船

船名	M/F Bang Chui Dao	HSC Benchijigua Express	HSC Bencomo Express	M/F Bergensfjord
航線	Dalian - Xingang	Santa Cruz de La Palma	Santa Cruz De Tenerif -Agaete	Sandvikvåg - Halhjem
建造年份	1995	2005	1999	2006
船東	China Shipping Group	Fred Olsen & Co.	Fred Olsen & Co.	Fjord1 Fylkesbaatane AS
航商	Dalian Marine Transport	Lineas Fred. Olsen	Lineas Fred. Olsen	Fjord1
船長(公尺)	134.8	126.7	95.47	129.8
船寬(公尺)	23.4	30.4	26.16	19.9
吃水(公尺)	5.4	4	?	4.5
總噸位	15560	8089	6344	4325
主機	2*Stork Wärtsilä 9SWD38	4 * MTU 20V 8000	4 * Ruston	RRM Bergen KVGs
船速(節)	20	40	40	17
乘客(人)	937	1350	871	589
床位(位)	937	0	0	0
汽車裝載量(輛)	226	341	271	212
船型	單體船	參體船	雙體船	單體船

購建新臺馬輪之細部規劃及初步設計

船名	HSC Jet Ferry 1	M/F Clansman	M/F Cres	HSC Tarifa Jet
航線	Skiathos-Skopelos-Alonissos	Coll-Tiree, Oban-Lochboisdale	Valbiska - Merag	Tarifa - Tanger
建造年份	1995	1998	2005	1997
船東	Ionion Pelagos S.A.	Caledonian MacBrayne	Jadrolinija	Förde Reederei Seetouristik
航商	GA Ferries	Caledonian MacBrayne	Jadrolinija	FRS Iberia
船長(公尺)	95	99	87.6	86.62
船寬(公尺)	17.4	15.8	17.5	26
吃水(公尺)	3.6	3.2	2.4	3.63
總噸位	4423	5499	2438	5007
主機	4*M.T.U. 20V1163TB73L	2 * MaK 8M32	Caterpillar	4 * Ruston 20RK270
船速(節)	32	16.5	11.5	40
乘客(人)	544	638	600	800
床位(位)	0	0	0	0
汽車裝載量(輛)	160	90	100	200
船型	單體船	單體船	單體船	參體船

船名	M/F Aqua Jewel	HSC Jet Ferry 1	HSC Croazia Jet	M/F Theologos P
航線	Paros-Naxos-Mykonos-Tinos-Andros-Rafina	Agios Konstantinos-Alonissos	Ancona - Split	Rafina-Andros-Tinos-Mykonos
建造年份	2003 / 2005	1995	1996	2000
船東	Alpha Ferries	Ionion Pelagos S.A.	Speedinvest	Fast Ferries
航商	Alpha Ferries	GA Ferries	S.N.A.V.	Fast Ferries
船長(公尺)	96.8 / 108.8	95	82.3	118.14
船寬(公尺)	16.8	17.4	23	21
吃水(公尺)	4.4	3.6	2.68	4.7
總噸位	3045/?	4423	5307	3227
主機	MAN-B&W	4* M.T.U. 20V1163TB73L	4* MTU 20V 1163 TB73	2 * Niigata 9PC2-6L
船速(節)	19	32	40.5	19
乘客(人)	795	544	676	350
床位(位)	36	0	0	168
汽車裝載量(輛)	155	160	175	156
船型	單體船	單體船	雙體船	單體船

船名	HSC Fjord Cat	M/S Fram	M/F Giuseppe Franza	M/F Maren Mols
航線	aid up in Korsør/Oplagt i Korsør	Cruise	Villa San Giovanni - Messina	Kalundborg - Århus
建造年份	1998	2007	1993	1996
船東	Fjord Line Skibsholding II	Hurtigruten Group ASA	Caronte Shipping S.p.A	Mols-Linien A/S
航商	Fjord Line	Hurtigruten	Caronte & Tourist	Mols-Linien
船長(公尺)	91.3	114	114.98	136.4
船寬(公尺)	26	20.2	17.02	24
吃水(公尺)	3.7	5.1	3.82	6
總噸位	5619	11647	1914	14221
主機	4 * Ruston 20RK270	4 * MaK 6M25	Nohab	MAN-B&W 9L35MC
船速(節)	48.1	16	13	19.2
乘客(人)	800	400	600	600
床位(位)	0	318	0	?
汽車裝載量(輛)	220	25	120	344
船型	參體船	單體船	單體船	單體船

船名	HSC Gotlandia	HSC Gotlandia II	M/F Hai Yang Dao	M/F Hamlet
航線	Visby-Grankullavik Nynäshamn	Visby - Nynäshamn	Dalian - Xingang	Helsingør - Helsingborg
建造年份	1999	2006	1995	1997
船東	Rederi AB Gotland	Rederi AB Gotland	China Shipping Group	Scandlines A/S
航商	Destination Gotland	Destination Gotland	Dalian Marine Transport	Scandlines GmbH
船長(公尺)	112.5	122.2	134.8	111
船寬(公尺)	15.7	16.65	23.4	28.2
吃水(公尺)	2.55	?	5.4	5.3
總噸位	5632	6554	15560	10067
主機	4 * Ruston 20RK270	4 * MAN B&W 20RK280	2 * Stork Wärtsilä 9SWD38	4 * Wärtsilä-Vasa 6R32E
船速(節)	35	40	20	14.9
乘客(人)	700	900	937	1000
床位(位)	0	0	937	0
汽車裝載量(輛)	140	160	226	238
船型	單體船	單體船	單體船	單體船

購建新臺馬輪之細部規劃及初步設計

船名	M/F Hammerodde	HSC HD1	M/F Hebrides	M/F Malita
航線	Rønne-Køge Sassnitz Rønne-Ystad	Lier Jersey- Guernsey-Cherbourg	Uig-Tarbert-Lochmaddy(N.Uist)	Mgarr - Cirkewwa
建造年份	2005	1998	2001	2002
船東	Bornholmstrafikken	Incat Chartering	Caledonian MacBrayne	Gozo Ferries Co. Ltd.
航商	Bornholmstrafikken	HD Ferries	Caledonian MacBrayne	Gozo Channel Line
船長(公尺)	124.9	80.1	99	85.4
船寬(公尺)	23.4	19	15.8	18
吃水(公尺)	5.3	2.16	3.22	4
總噸位	12504	2357	5506	4874
主機	MAK	4 * Ruston 16RK270	2 * MaK 8M32	4 * Normo Ulstein Bergen
船速(節)	18.5	47	16.5	13
乘客(人)	400	450	612	900
床位(位)	108	0	0	0
汽車裝載量(輛)	200	89	110	138
船型	單體船	參體船	單體船	單體船

船名	HSC SpeedOne	M/F Høgsfjord	M/F Juan J. Sister	M/F Tremestieri
航線	Århus i Tilbury / Oplagt i Tilbury	Lauvvik - Oanes	?	Villa San Giovanni - Messina
建造年份	1997	1992	1993	1993
船東	SpeedFerries	D.S.D AS	Trasmediterranea	MPS Leasing & Factory SPA
航商	SpeedFerries	Tide	Acciona Trasmediterranea	Caronte & Tourist
船長(公尺)	86.62	84.7	151.1	113.6
船寬(公尺)	26	15.5	26	19.15
吃水(公尺)	3.6	3.3	6	4.75
總噸位	5007	1187	22409	7747
主機	4 * Ruston 20RK270	4 * TA Detroit	4 * Wärtsilä 8R32E	4 * SWD 9FHD240
船速(節)	42	13	18	17
乘客(人)	876	400	550	1000
床位(位)	0	0	400	0
汽車裝載量(輛)	200	75	150	210
船型	參體船	單體船	單體船	單體船

船名	M/F Korcula	M/F Malita	M/F Maren Mols	HSC Tarifa Jet
航線	Split - Vela Luka - Ubli	Mgarr - Cirkewwa	Kalundborg - Århus	Tarifa - Tanger
建造年份	2007	2002	1996	1997
船東	Jadrolinija	Gozo Ferries Co. Ltd.	Mols-Linien A/S	Förde Reederei Seetouristik
航商	Jadrolinija	Gozo Channel Line	Mols-Linien	FRS Iberia
船長(公尺)	101.4	85.4	136.4	86.62
船寬(公尺)	17.3	18	24	26
吃水(公尺)	3.5	4	6	3.63
總噸位	2336	4874	14221	5007
主機	2 * Wärtsilä 95W280	4*Normo Ulstein Bergen	MAN-B&W 9L35MC	4 * Ruston 20RK270
船速(節)	15.5	13	19.2	40
乘客(人)	700	900	600	800
床位(位)	?	0	?	0
汽車裝載量(輛)	170	138	344	200
船型	單體船	單體船	單體船	參體船

船名	M/F Marjan	HSC Max Mols	HSC Milenium Dos	HSC Red Sea II
航線	Split - Supetar	Odden - Århus	?	?
建造年份	2005	1998	2003	1996
船東	Jadrolinija	Mols-Linien A/S	Trasmediterranea	Waves Shipping
航商	Jadrolinija	Mols-Linien	Acciona Trasmediterranea	Namma Lines
船長(公尺)	87.6	91.3	97.22	102
船寬(公尺)	17.5	26	26.6	15.4
吃水(公尺)	2.4	3.7	3.42	2.79
總噸位	3193	5617	6554	4934
主機	4 * Caterpillar 3412 E DITA	4 * Ruston 20RK270	4 * Ruston 20RK270	4 * M.T.U. 20V1163
船速(節)	11.5	48.1	42	37
乘客(人)	1200	800	900	500
床位(位)	0	0	0	0
汽車裝載量(輛)	130	220	267	148
船型	單體船	參體船	參體船	單體船

所蒐集的參考船，如圖 4.1 到圖 4.7，圖中藍色三角形點為單體船，綠色正方形點為雙體船，桃紅色菱形點為三體船。取噸位在 3000~6000 範圍

內之客貨船分析，單體船船長散佈範圍較大，約在 85~140 m 之間，雙體船與三體船則在 80~100 m 間，如圖 4.1；單體船船寬大約在 15~25 m 之間，雙體船與三體船則在 18~30 m 間，如圖 4.2；單體船吃水大部份小於 5 m，雙體船與三體船則大部份小於 4.2 m，如圖 4.3；單體船船速分為兩群，一群約在 12~18 kts 之間，一群則約在 35 kts 附近，雙體船與三體船則大於 37 kts 以上，如圖 4.4；單體船載客人數約集中在 400~800 人之間，雙體船與三體船則分佈很廣，有少到 50 人，也有多到將近 900 人，如圖 4.5。

取船長在 85~140 m 範圍之客貨船分析，單體船船速分為兩群，一群約在 20 kts 附近，一群則約在 35 kts 附近，雙體船與三體船則大於 37 kts 以上，如圖 4.6；單體船福勞德數 (Froude number,  $F_n$ ) 一群約在 0.2~0.4 之間，另一群在 0.6 附近，雙體船與三體船則約集中在 0.6~0.8 之間，如圖 4.7。

單體船船速分為兩群，如果以排水量的概念來探討船速的分佈，可以用 [船長 x 船寬 x 吃水 / 100] ( $LBT/100$ ) 代表排水量大小，則單體船船速分佈，如圖 4.8，船速 35 kts 附近之單體船  $LBT/100$  大致上小於 60，亦即排水量較輕的單體船比較可能設計較高的船速。本船之  $LBT/100$  約為 80 左右，其較為合適的船速約在 20 kts 左右。

由參考船的分析可以瞭解，船速超過 37 kts、勞德數大於 0.6 以上，比較可能採用雙體船與三體船的設計。

此外，在惡劣海象的海域，採用單體船的艘數遠多於採用雙體船或三體船。

參考船之寫真圖如圖 4.9 圖 4.14

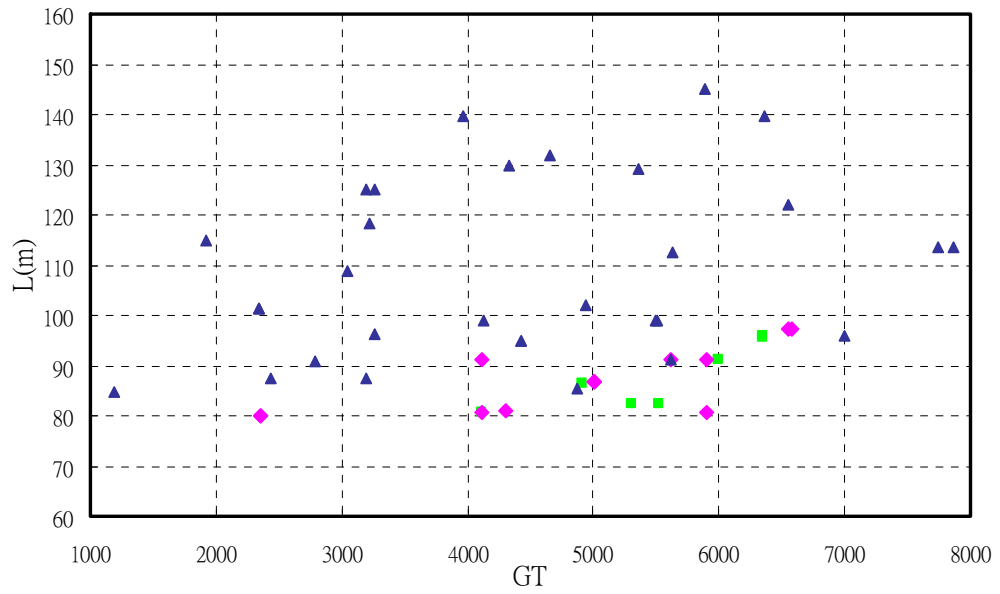


圖 4.1 沿海歐洲國家客貨船船長與噸位關係圖

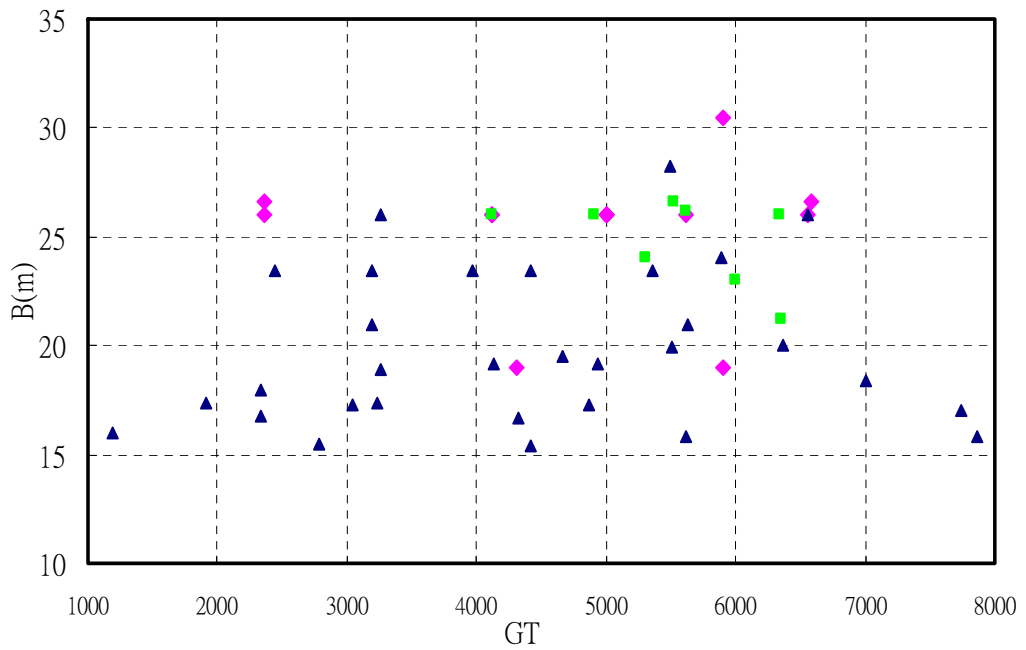


圖 4.2 沿海歐洲國家客貨船船寬與噸位關係圖

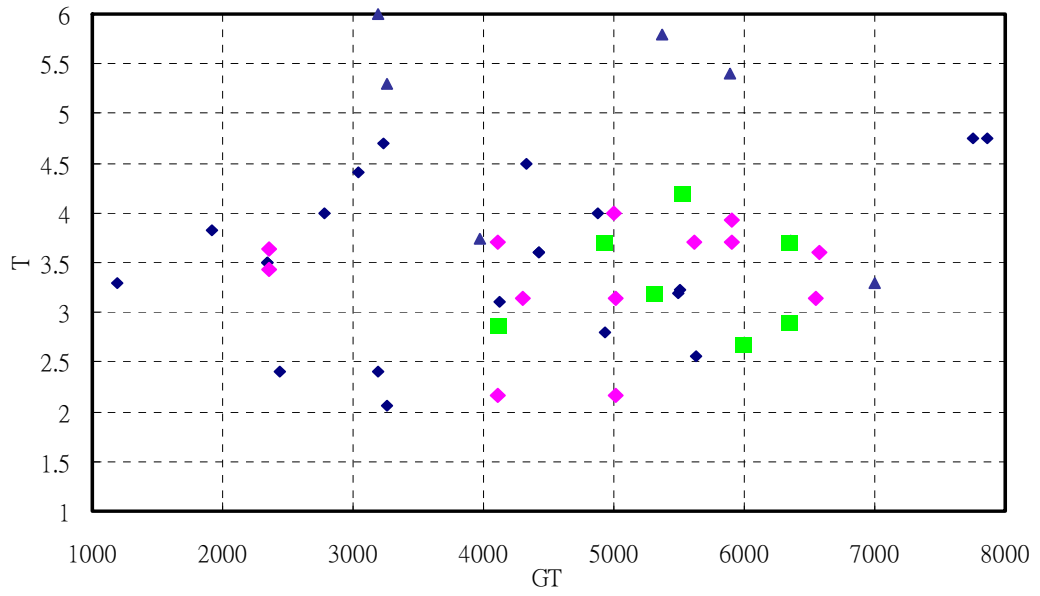


圖 4.3 沿海歐洲國家客貨船吃水與噸位關係圖

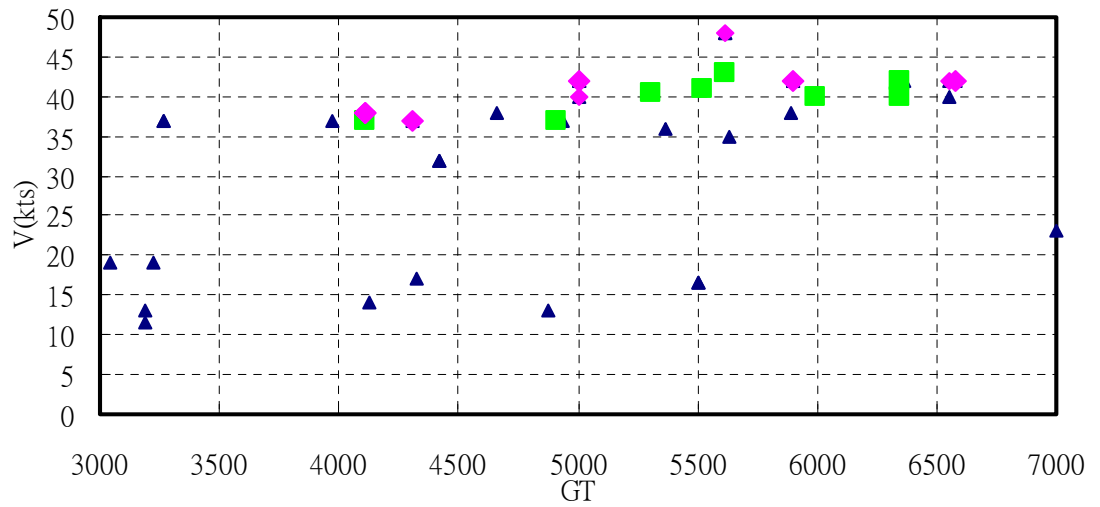


圖 4.4 沿海歐洲國家客貨船船速與噸位關係圖

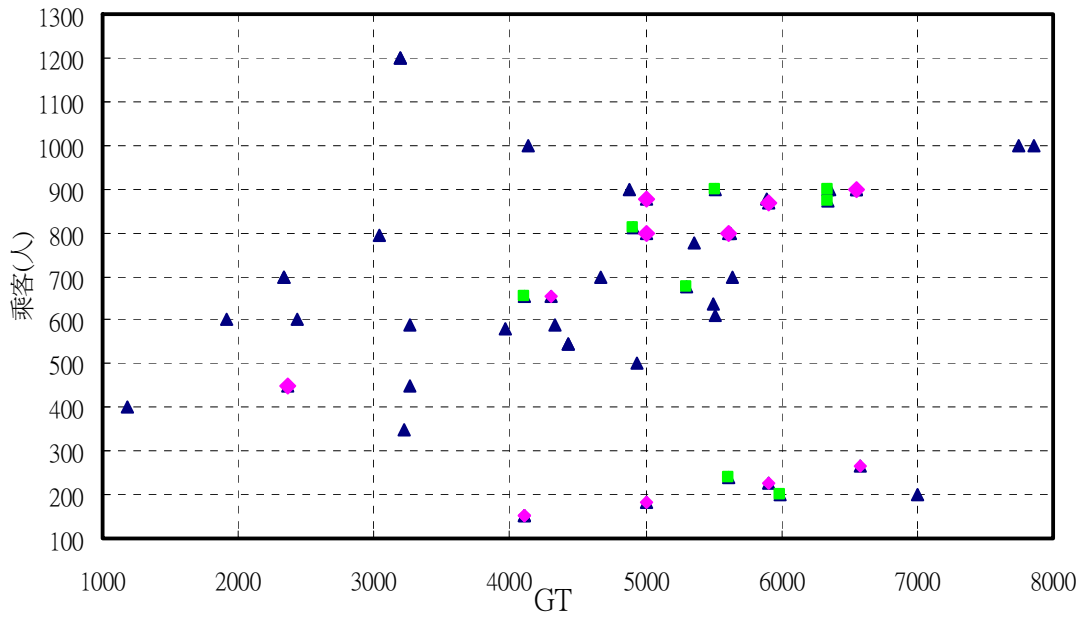


圖 4.5 沿海歐洲國家客貨船乘客(人)數與噸位關係圖

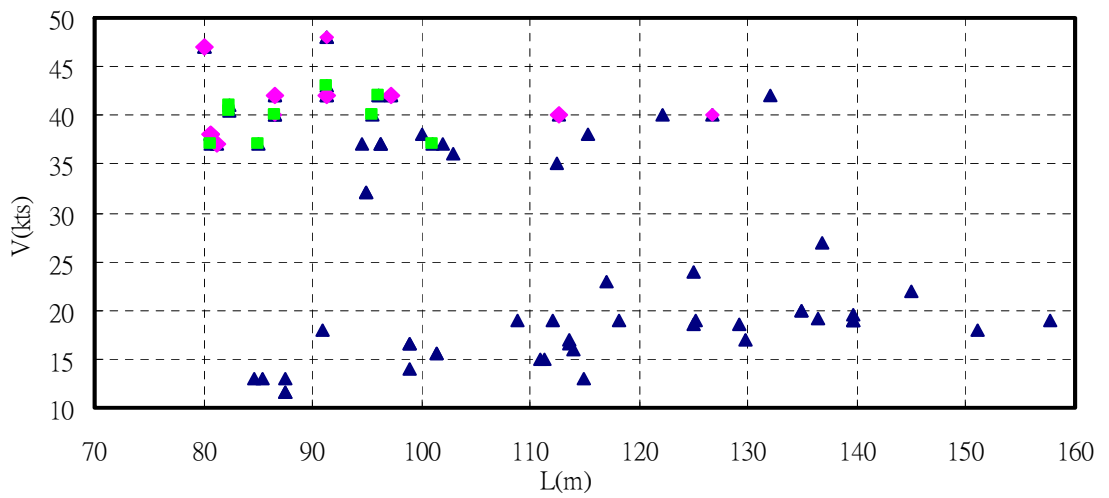


圖 4.6 沿海歐洲國家客貨船船長與船速關係圖



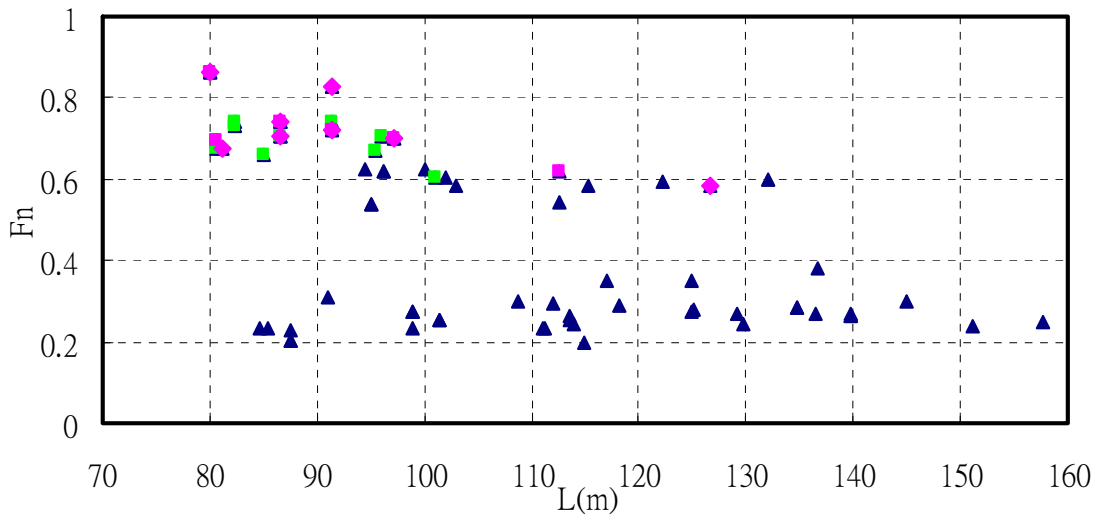


圖 4.7 沿海歐洲國家客貨船船長與福勞德數關係圖

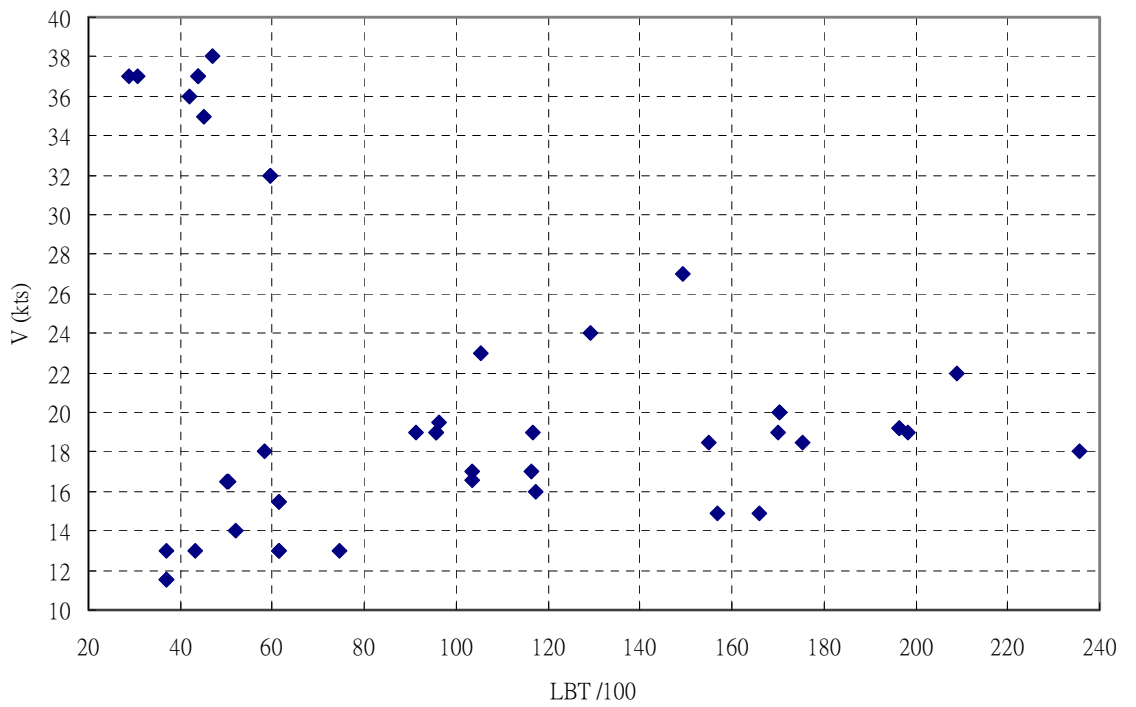


圖 4.8 沿海歐洲國家客貨單體船 LBT/100 的船速分佈圖



圖 4.9 M/F Apollon Hellas



圖 4.10 M/F Aratere



圖 4.11 M/F Artemis



圖 4.12 M/F Blue Star 2



圖 4.13 M/F Cotentin



圖 4.14 M/F Dionisios Solomos

## 4.2. 日本周邊海域航線參考船

蒐集日本周邊海域的參考船共 23 艘，如表 4.2，都是單體船。

表 4.2 日本周邊海域參考船

船名	フェリーおおさか	フェリーきょうと2	さんふらわああいほり	さんふらわあにしき
全長	160	167	153	150.9
全寬	25	25.6	25	25
總噸位	9347	9730	9245	9684
速度	22.9	23.2	22.4	22.1
汽車裝載量(輛)	260	280	220	160
乘客(人)	817	697	777	942

船名	おれんじ8	NIPPON MARU	NIPPON MARU	CLIPPER ODYSSEY
全長	163.6	167	166.6	102.9
全寬	25.6	24	24	15.4
吃水	?	6.55	6.6	4.3
總噸位	9975	23235	21903	5218
速度	22.5	18	18	14
汽車裝載量(輛)	139	?	?	
乘客(人)	750	160	532	110

船名	フェリーあまみ	フェリーきかい	フェリーこうち	べにりあ
全長	112	112.54	118.14	134.6
全寬	17.8	17.8	21	21
吃水	5.1	5.1		
總噸位	2942	2878	4140	6327
速度	21.4	21.4	22.18	20
汽車裝載量(輛)			110	
乘客(人)	243	365	350	800

船名	ISE MARU	FERRY OKI	OITA	フェリーきょうと2
全長	73.32	99.5	115	167
全寬	13.8	16	16	25.6
吃水	3.811	4.5	4.565	6
總噸位(GT)	2333	2366	2453	9730
速度	17.75	20.46	22.235	25.7
汽車裝載量(輛)	56	46	60	279
乘客(人)	500	890	500	841

船名	フェリーあけぼの	フェリーなみのうえ	BOREAS SOYA	FUJI
全長	145	145.61	95.7	83
全寬	24	22	85	14
吃水	6.2	6.26	4.081	3.8
總噸位	8083	6586	3578	1554
速度	21	23.6	20.48	18.5
汽車裝載量(輛)			76	67
乘客(人)	682	804	632	450

船名	フェリーくるしま	さんふらわあごーど	ロビアンハイランダー
全長	119	165	162.7
全寬	21	27	23.4
吃水			5.5
總噸位	4234	11380	21188
速度	18	23.2	25.26
汽車裝載量(輛)	114	213	116
乘客(人)	756	780	410

分析所蒐集的參考船，如圖 4.15 到圖 4.21，圖中皆為單體船。取噸位在 3000~6000 範圍內之客貨船分析，船長散佈範圍較大約在 95~120 m 之間，如圖 4.15；船寬大約在 15~21 m 附近，如圖 4.16；吃水大約在 3.8~6.5m，如圖 4.17；船速約集中在 18~22 kts 之間，如圖 4.18；載客人數分佈很廣，有多到 800 多人，也有少到將近 100 人，如圖 4.19。

取船長在 95~120 m 範圍時，船速約在 18~22 kts 之間，如圖 4.20；福勞德數散佈很廣，但都小於 0.35，如圖 4.21。

參考船之寫真圖如圖 4.22 到圖 4.27

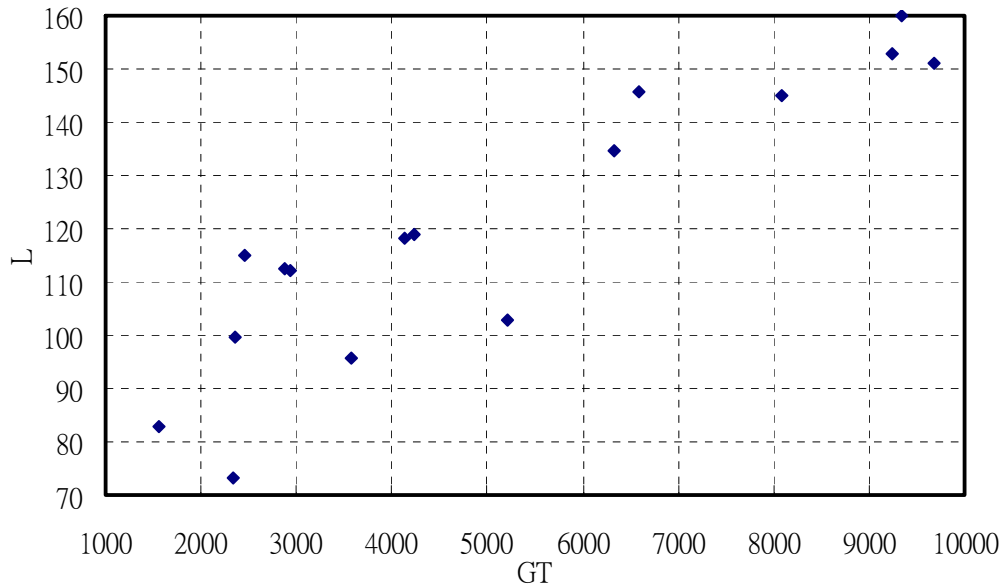


圖 4.15 日本周邊海域之客貨船噸位與船長關係圖

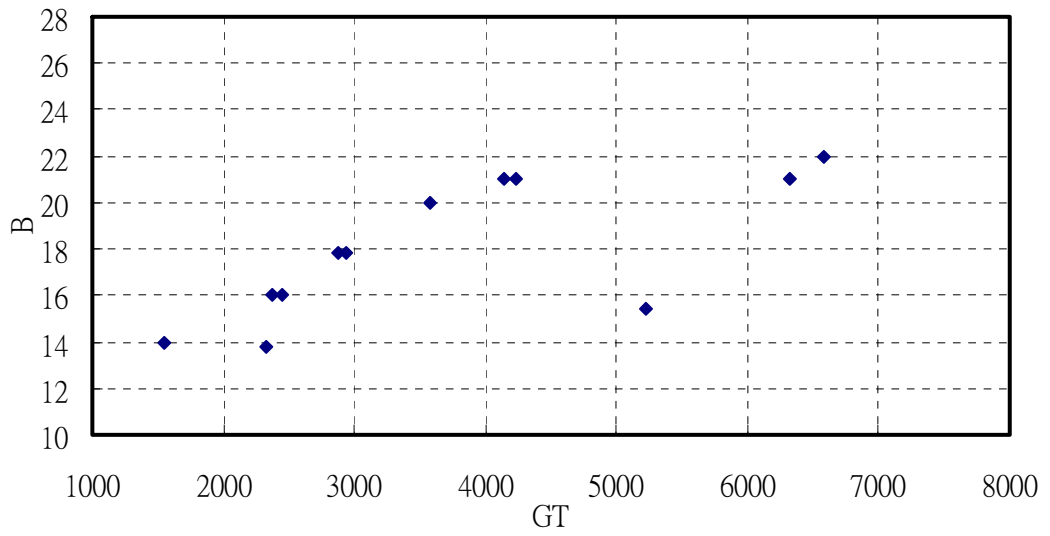


圖 4.16 日本周邊海域之客貨船噸位與船寬關係圖

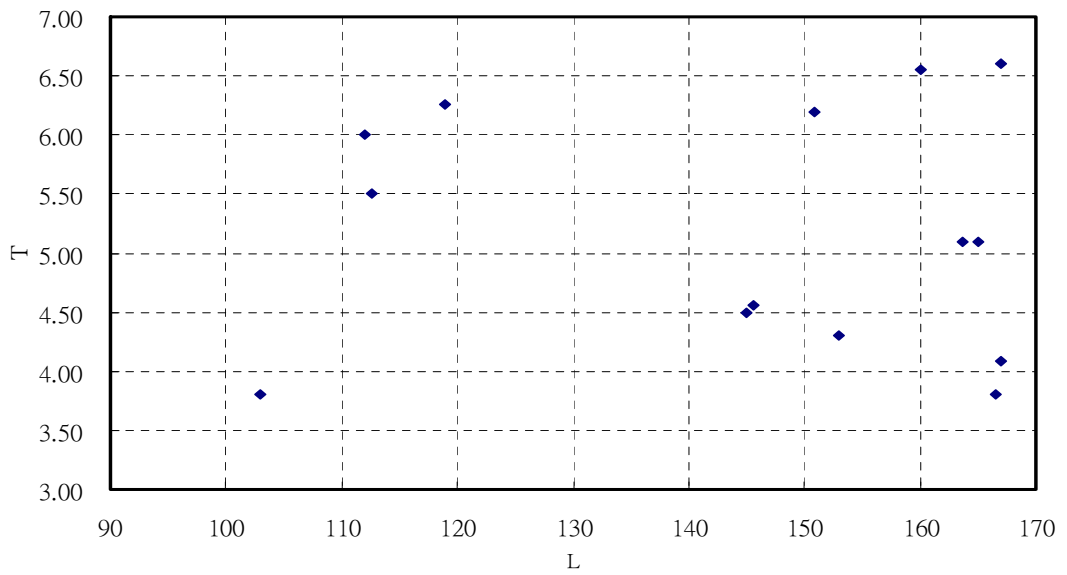


圖 4.17 日本周邊海域之客貨船噸位與吃水關係圖

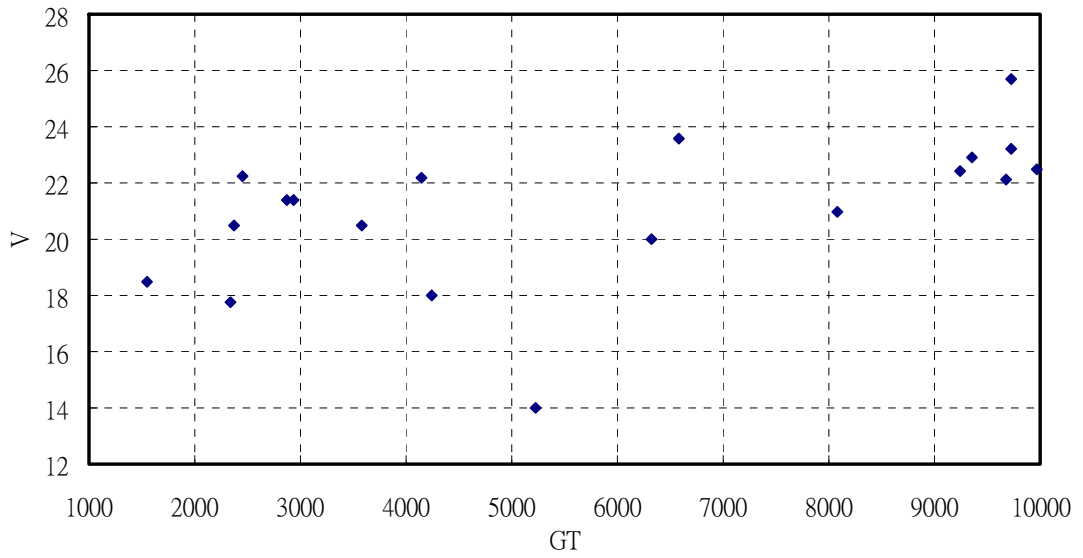


圖 4.18 日本周邊海域之客貨船噸位與船速關係圖

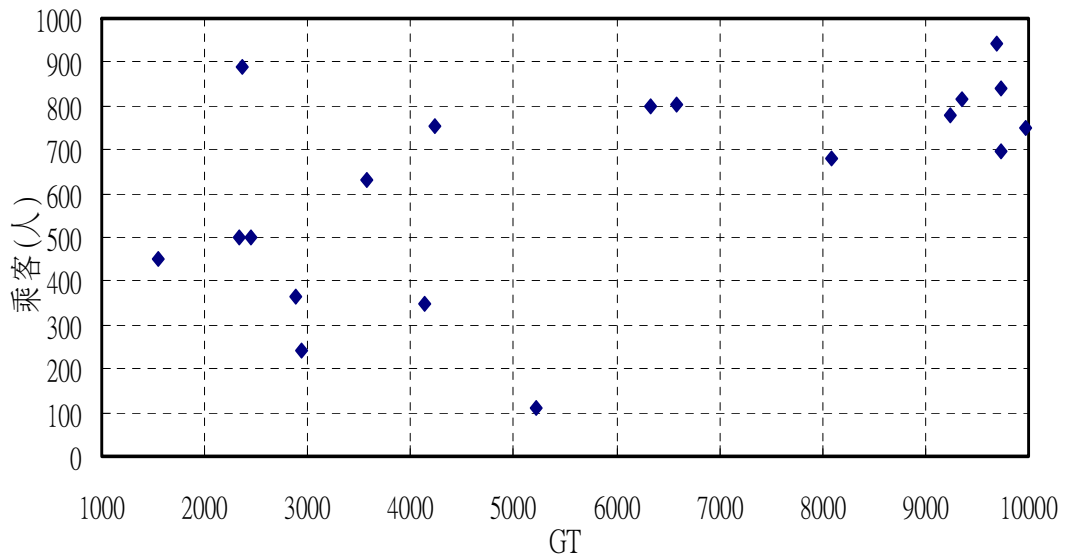


圖 4.19 日本周邊海域之客貨船噸位與乘客(人)數關係圖

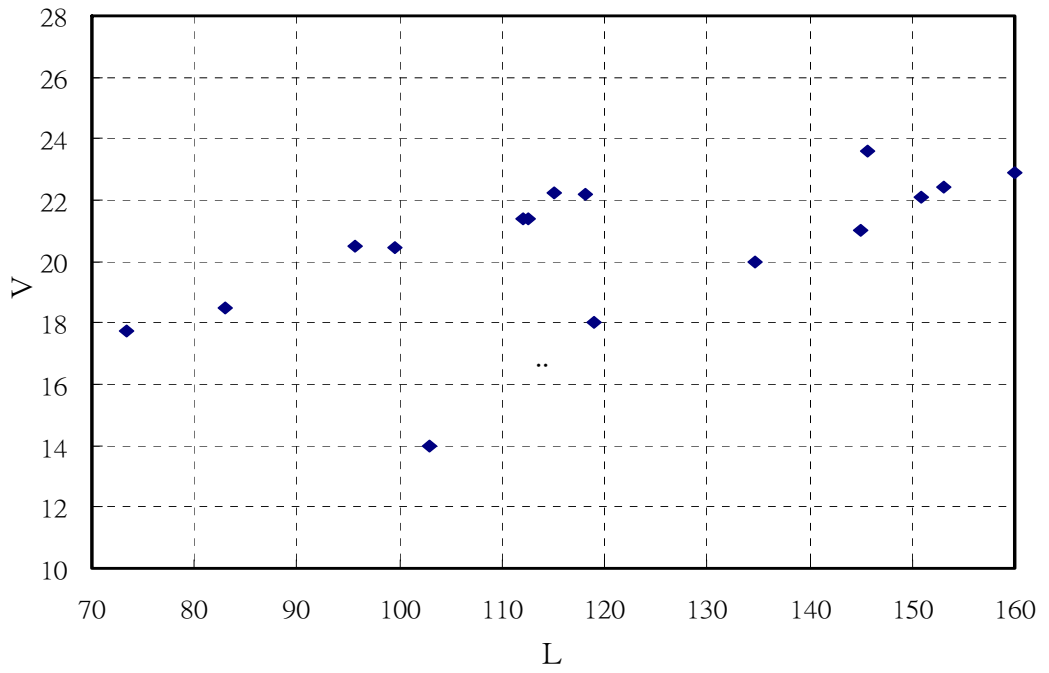


圖 4.20 日本周邊海域之客貨船船長與船速關係圖

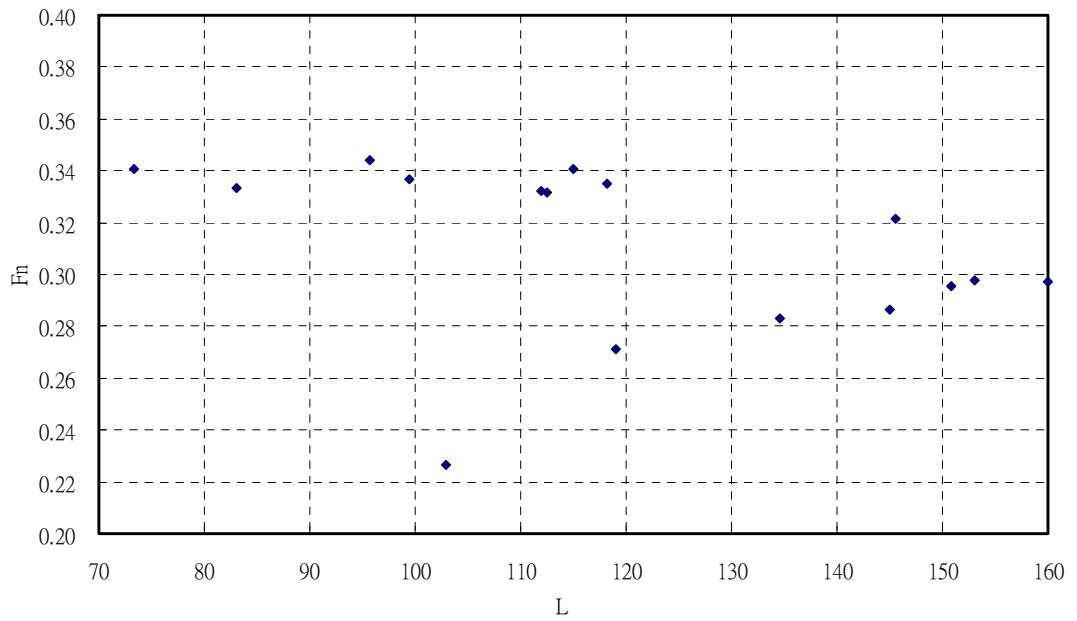


圖 4.21 日本周邊海域之客貨船船長與福勞德數關係圖





圖 4.22 ベにりあ



圖 4.23 FUJI



圖 4.24 FERRY KYOTO



圖 4.25 BOREAS SOYA



圖 4.26 フェリーきかい



圖 4.27 おれんじ 8

### 4.3. 參考船分析結論

由以上所蒐集挪威、地中海、英法海峽、沿海歐洲國家航線及日本周邊海域共 95 艘與台灣海域相近的參考船資料分析。其中歐洲海域部分的客貨船型，又分為單體船、雙體船及參體船，而日本海域只有單體船。由資料分析結果可以得到以下幾點結論：

採用單體船的艘數遠多於採用雙體船或三體船。

噸位 3000~6000 範圍內之客貨船，船長大致集中在 85~120 m 之間；船寬大約在 15~21 m；吃水大約在 6 m 以下。

單體船船速分為兩群，一群船速約在 20 kts 左右，此群之福勞德數大都小於 0.35；另一群在 35 kts 附近，此群之福勞德數大都大於 0.6，尤其大於 0.65。而且船速落在 35 kts 附近之單體船，其排水量相對上比較小。本船若採單體船設計則船速應落於 20 kts 左右之一群。

船速超過 37 kts、勞德數大於 0.6 甚至於 0.65 以上，比較可能採用雙體船或三體船的設計。

## 5. 船型分析

### 5.1. 船型概述

以支撐船體重量方式來區分，客貨船船型的種類，可概分為排水型（displacement type）、水動力支撐型（hydrodynamic support type）、空氣靜力支撐型（aerostatics support type）及空氣動力支撐型（aerodynamic support type）等四大類，詳見圖 5.1。

排水型船即為水靜力型或為浮力型，是由水靜力（浮力）支撐船重量，一般以單體船及雙體船最為常見，進年來三體船也持續在發展中。若以單純流體力學觀點而論，一般排水型船的水中阻力主要約可分為興波阻力及摩擦阻力兩大部份。然排水型船艇在水中高速航行時，必定產生大幅遞增的興波阻力，此現象明顯不利於高速航行。

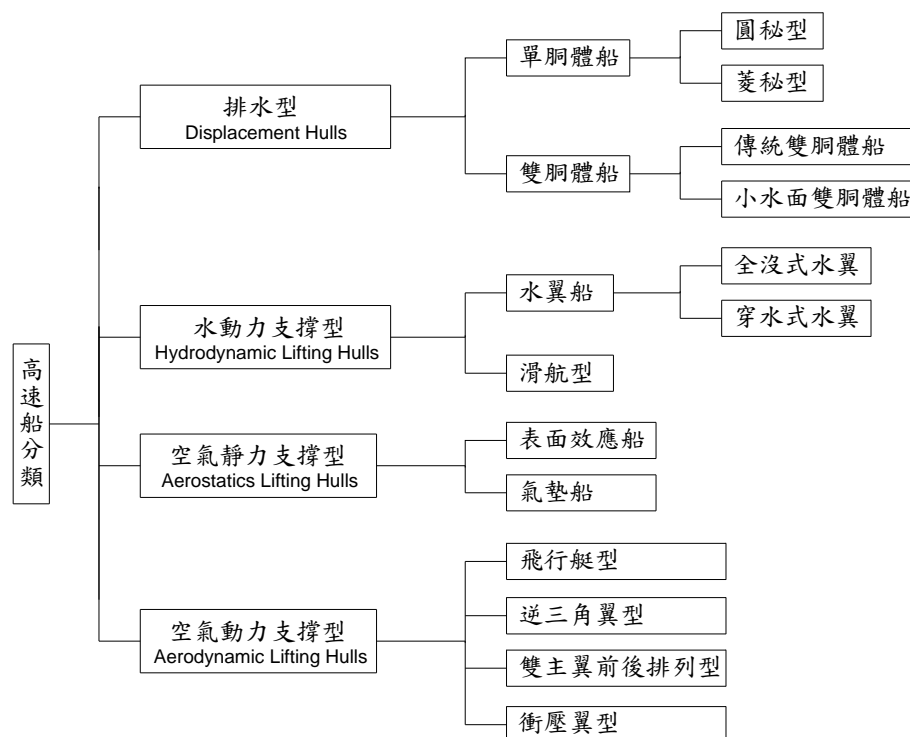


圖 5.1 高速客貨船分類

船型的選擇通常是依據營運航線之海域狀況、距離與航程、投資成本與經濟效益等因素來決定。全球營運之客貨輪船隊中，以雙體船及單體船為主要船型，目前也有船東漸漸採用三體船。本報告分別分析單體船、雙體船、及三體船的優劣，以作為本案擇優船型的參考。

## 5.2. 單體船介紹

單體船是最簡單、也是應用最多的船型，它只有一個船體。對於單體船在高速航行時效率的提昇，一般是在船體線型、推進系統及結構材料等方面進行研發。大體而言，此類船型可概分為 Round Bilge 及 Hard Chine 船型。

若船舫剖面形狀於泌部為以硬點連接的平順曲線，則歸納為 Hard Chine 船型；若泌部為圓滑平順曲線，則歸納為 Round Bilge 船型，如圖 5.2。對於兩船型的特性，茲從阻力及耐海性能等方面來分析。

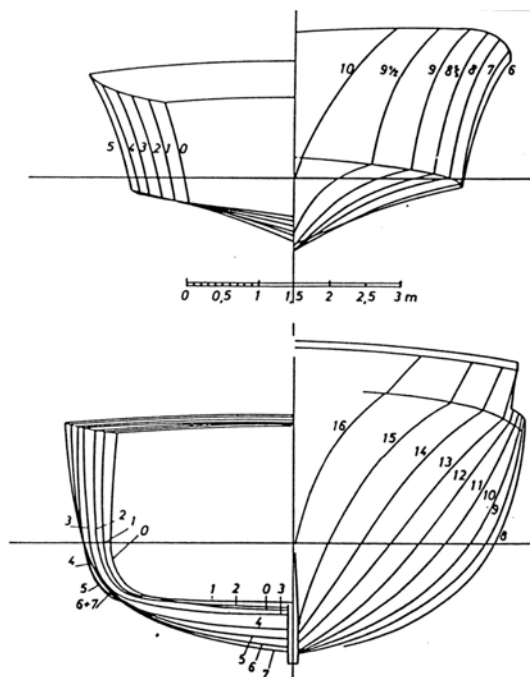


圖 5.2 Round Bilge 及 Hard Chine 船型之線型

在阻力方面，如何選擇一個阻力性能優異的船型，是相當重要的課題。因為船舶阻力是造船設計上最為重要的項目，當於海上公試時，船速若無法

達到合約要求，不但是商譽受損，而且還要遭受罰款。

在同一設計船速的條件下，阻力低的船型，其具有的優勢為：

- 初始成本較低：可以配備較小馬力的主機機型，反應到建造費用，即是代表船舶建造費用降低。
- 營運成本較低：在同一船速條件下，因為所需主機馬力小，所以是耗油量較低，代表營運費用降低。

一般說來，船型與使用速度域的關係密不可分 HSVA 對船速度域劃分如圖 5.3，Round Bilge 船型適用於排水型及高速排水型速度域，而 Hard Chine 船型則適用於滑航艇速度域，本案單體船之福勞德數（Froude Number， $F_n = \text{船速} / (9.81 \times \text{船長})^{0.5}$ ）約在 0.34 附近，應採 Round Bilge 船型較為有利

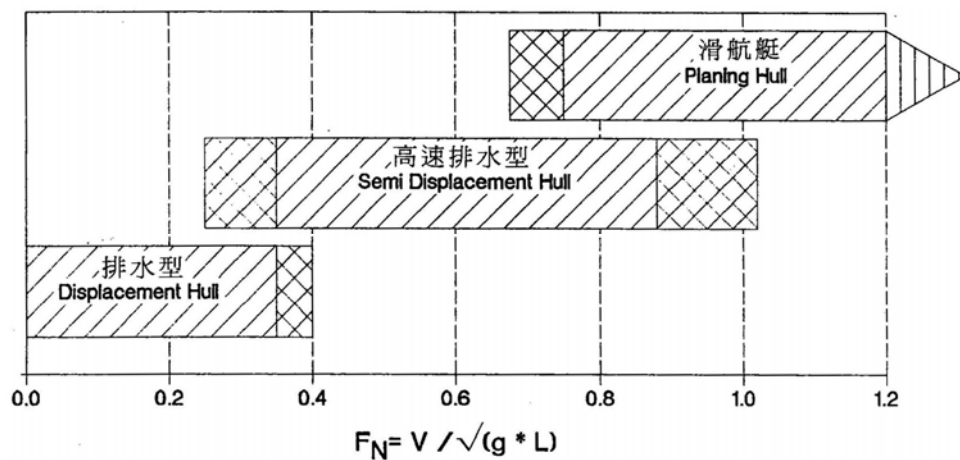


圖 5.3 HSVA 船速度域劃分

在耐海性能方面，優良的耐海性能代表著船舶每年可營運的日數增加（營運率高）；旅客及船員的暈船率低、舒適性提高；裝備受損率降低，保養維護費用低等。

一般耐海性能評估的項目，包括橫搖（rolling）、縱搖（pitching）、垂向加速度、船艙上浪等。其中垂向加速度尤其和船員及旅客的舒適性有關，不同的航向中以頂浪時的垂向運動反應最大，而且隨著船速之增加而加大。橫搖反應則在橫浪方向附近的反應較嚴重，但橫搖角度隨著速度的增加而降低。船舶尺寸愈大，各種運動反應會減小，抗橫搖系統裝置亦可有效降低橫搖運動之振幅，增加耐海性能。

Round Bilge 船型因其阻尼較小，在橫浪中之橫搖運動反應較大，因而 Hard Chine 船型之抗橫搖能力較 Round Bilge 船型為佳。以上海交大對 Round Bilge (JM-2031)與 Hard Chine (JM-2032)兩種船型所做的研究顯示，Hard Chine 船型的抗橫搖能力較 Round Bilge 船型要佳，其結果如圖 5.4 所示。

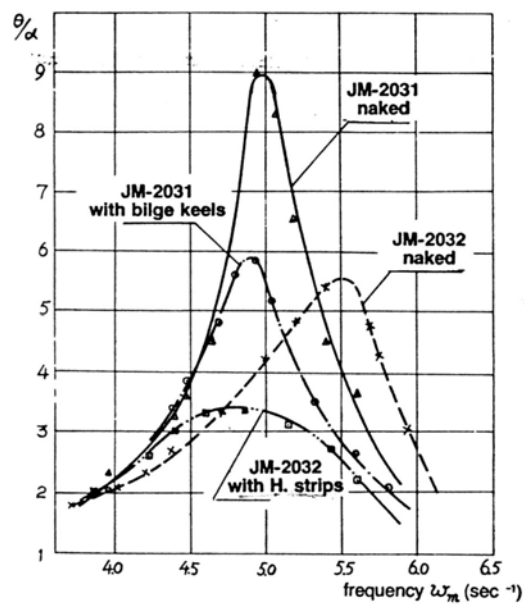


圖 5.4 Round Bilge 與 Hard Chine 之耐海性能比較

就阻力觀點考量，本規劃之船長約為 107 m（船垂間長 98 m），若以 20 kts 為設計船速則佛勞德數約為 0.33，仍屬於排水型船的範圍，應考慮採用 Round Bilge 船型為佳。就耐海性能觀點考量，本船規劃時考量加裝泌龍骨、抗橫搖櫃、及穩定翼以增進耐海性能，可以大幅降低橫搖反應。



### 5.3. 雙體船介紹

為獲得較寬敞的甲板面積，有效增加裝載空間，因而研究開發出以兩個單船體為主體，並在其中間採用平台連結而成的雙體船型，如圖 5.5。雙體船型以航行於海況較和緩的水域中為佳。近年來發展出另具特色之穿浪型雙體船，穿浪型雙體船係採用一中艏船體以降低雙體船在波浪中運動之艏俯現象。對於舢船體與水面之距離作最佳化設計，使其在微幅運動時，中艏船體不因接觸水面而增加船舶航行阻力，當船舶在波浪中作大振幅運動時，中艏船體因接觸水面而產生扶正力矩，藉以降低縱搖運動。另一方面，V 型中艏船體設計，更可緩和連結甲板底部受波擊（slamming）所造成的局部結構振動與破壞。

澳大利亞在穿浪型雙體船的研發和應用方面走在各國先端，率先應用於高速渡輪，從 1985 年至今，已建造船長為 25 米、37 米、45 米、74 米、101 米等系列型號的 30 多艘穿浪型雙體船，營運於歐洲、美洲、亞洲和大洋洲等海域。量產建造的海貓級，船長 74 米，寬 26 米，正常排水量 850 噸，採用 4 部 4050 kW 柴油機和噴水推進器推進，可載旅客 450 人，裝載車輛 84 輛，船速可達 37 節，如圖 5.6。



圖 5.5 海洋拉拉號雙體船



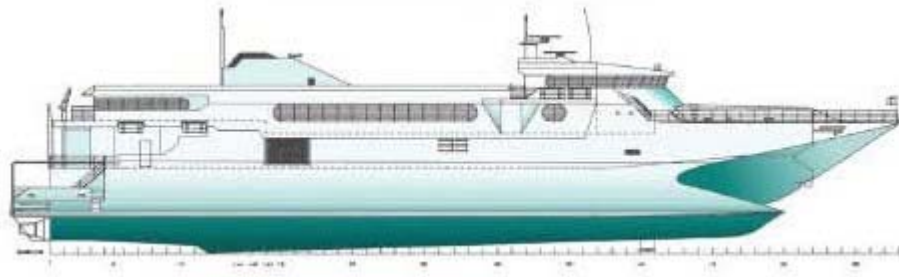


圖 5.6 Incat 74 m 穿浪型雙體船

雙體船的誘因在於有效的利用船體的細長化，以降低阻力並克服穩度的問題。另一個誘因則是雙體船能提供較大的甲板面積，以利客艙座位或房間的安排。另外，雙體船左右兩組推進器之間的大距離，可以使船隻很容易地在港內操作及轉彎。

具有細長雙體設計的快速雙體船（Catamaran）為目前市場上較受採用的高速客輪船型。在高速航行的設計要求下，雙體船之單體通常為細長型設計，藉以在適航範圍降低阻力以增加船速及消除艏浪，因此設計水線的入水角一般均十分小。

#### 5.4. 三體船介紹

三體船型主要為三個船體，通過上部的強力構造連成一體的船舶。三體船有各種不同的型式，包括三個船體相同的小水面船，如圖 5.7，以及一個大船體帶二個小浮體或二個大船體帶一個小浮體的三體船，如圖 5.8。客貨船最常採用的型式為以一個大尺寸的中間主船體為主，旁邊帶二個小浮體的三體船，如圖 5.9。三體船由於具有許多優良性能，在民用領域廣泛的被應用。近年來，隨著新技術、新材料的採用以及創新水準的不斷提高，三體船也開始受到世界各國海軍、特別是一些軍事大國的青睞，出現了一些不同類型、不同用途的軍用三體船。

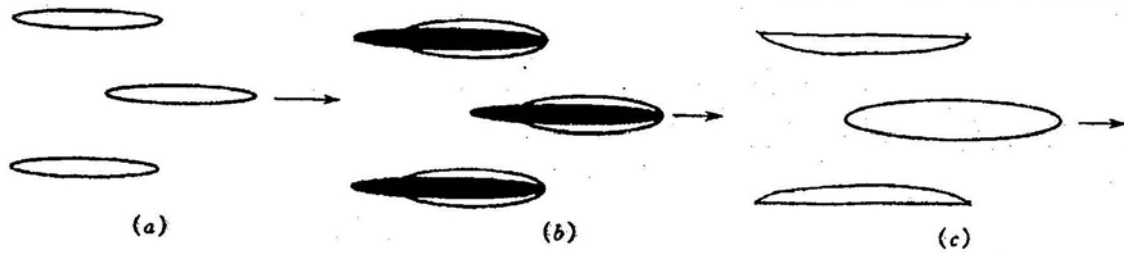


圖 5.7 三體船各種型式 (一)

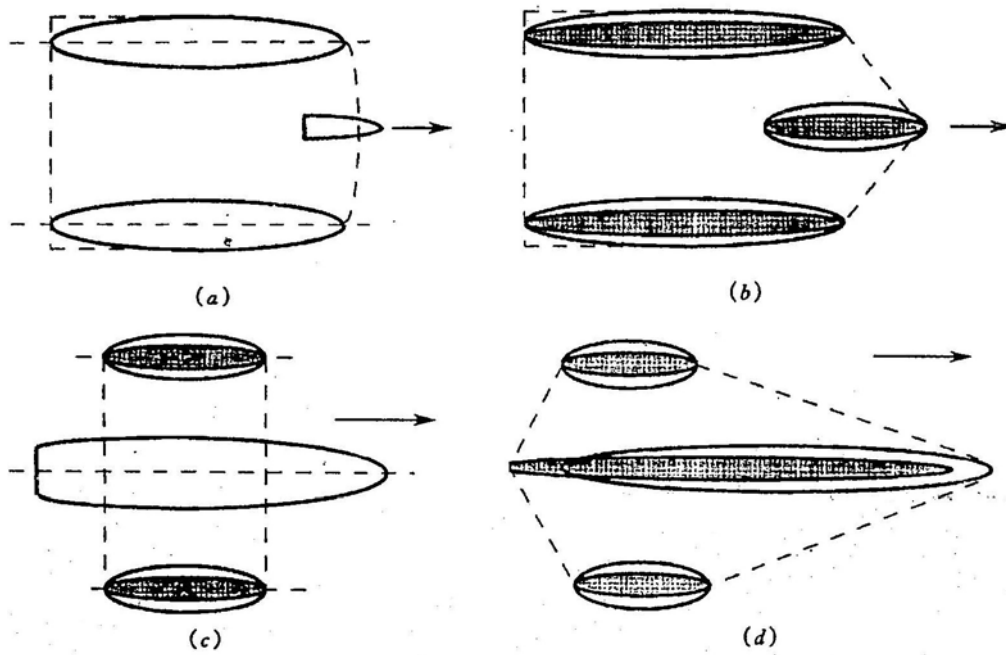


圖 5.8 三體船各種型式 (二)



圖 5.9 Austal 102 m 三體船

## 5.5. 單體船、雙體船與三體船之比較分析

阻力方面：

單體船型船速對馬力曲線（如圖 6.1）的一般特性為曲線的斜率隨著船速的增加而慢慢加大，增加到某一區域後斜率會快速的增加，曲線斜率的意義為每增加一單位船速所須要增加的馬力，就船長 100 m 附近之船速對馬力曲線關係，此區域約在 20 節上下。船速超過 21 節後，若要再增加船速將造成馬力急速的增加，進一步增加燃油消耗量，造成營運成本增加，不利長期營運。因而 21 節船速大概是採用單體船的上限。

船舶阻力可以大略分為興波阻力與摩擦阻力，低速時摩擦阻力占船舶阻力的主要部份，而浸水面積大小是影響摩擦阻力的重要因素，雙體船型在低速時其浸水面積比相同排水量之單體船型大，因而雙體船型並不適合在低速，佛勞德數小於 0.35，相對應船速小於 21 節左右採用。此外，兩單體之間會產生波浪干擾，引起額外的阻力，尤其在佛勞德數 0.5 附近（約  $0.4 < Fn < 0.7$ ）更形嚴重。如果以船長 70 m 的雙體船型為例，其船速適用範圍應大於 36 kts；若以船長 100 m 的雙體船型為例，其船速適用範圍應大於 43 kts。由於雙體船型具有細長雙體設計，在高速時可以降低興波阻力，興波阻力正是船在高速航行時總阻力之主要部份，佛勞德數大於 0.7 時雙體船型的總阻力一般而言會小於單體船型。

三體船型在低速時其浸水面積比相同排水量之單體船型或雙體船型大，因而更不適宜在低速時採用。三體船型在高速時減少興波阻力的方法不只是因為細長的船體設計，更重要的是藉由中間主船體產生的波和旁邊二個小船體產生的波互相干涉、互相抵消，以減少波能量的消耗。因而三體船型可以擺脫雙體船型船速設計不宜在佛勞德數 0.4 到 0.7 之間的限制。但是當船速愈高，為了使中間主船體產生的波和旁邊二個小船體產生的波互相抵消，主船體和旁邊小船體的距離必須更加大，如果三體船船速高過佛勞德數 0.7 以上，主船體和旁邊小船體的距離安排會變得更加困難。在本案中以船長 70 m 到 100 m 為例，三體船型的採用其船速不宜高於 36 kts 到 43 kts。

耐海性能方面：

雙體船及三體船的橫向運動反應一般較單體船穩，但由於雙體船有著較大的橫向穩度，亦即意謂著較小的橫搖週期，雖然運動振幅小但搖晃快速，容易造成旅客乘坐不舒服。中間大主船體旁邊帶二個小浮體的三體船型，其橫搖週期比雙體船稍大，船橫向搖晃不像雙體船快速，旅客也比較不會感到不舒服。

縱搖是雙體船的弱點，由於船艏細長體的設計，使艏部水線投影面積十分細長，當傳統型雙體船在艫浪海況下高速航行，會造成大振幅的縱搖運動反應，其將產生船艏下沉之危險，對於客輪航行的安全性與使用效率產生極大的限制。穿浪型雙體船船艏平台向下隆起之小船體（舢艏）可以增加艏俯時之艏浮力，減少船舶之縱搖反應，但是也因而造成波浪衝擊中艏體，引起額外的垂向加速度反應。雖然目前對於三體船耐海性能的研究還不是很完整，但其縱搖反應大概介於單體船和雙體船之間。

垂向加速度和船員及旅客的舒適性最有關係，一般而言雙體船的垂向加速度反應最大，而單體船的垂向加速度反應又略小於三體船，請參考第三章之評估。

結構方面：

單體船的結構最簡單，雙船體船型兩單體之間間距大，連接兩單體之間的甲板結構必須要特別考量，以承受波浪產生的橫向彎矩、剪力、扭矩等負荷，為保證其具有足夠的強度，必須加大構件重量，致使總體重量大為增加。三體船結構比單體船或雙船體更複雜，結構重量更重，設計難度大，建造、下水、錨泊和進塢都比較困難。

操縱性能方面：

雙船體左右兩組推進器之大距離可以使船隻很容易地在港內操作及轉彎，而由於船體細長，使直行穩定性更高。三組推進設計的三體船型也有這

樣的優點，但三體船型的寬度過大，也容易造成進出港口困難。

佈置方面：

雙船船型及三體船型甲板面積寬敞，便於艙室佈置，可為旅客提供寬敞的活動場所。三體船型在排水量相當的情況下，船長約為常規單體船的 0.7 倍，船寬約為 1.2 到 1.3 倍。

營運方面：

將 107 m 單體船型、Incat 量產建造的海貓級 74 m 穿浪型雙體船、以及 Austal 預計於 2010 年 2 月正式推出之 102 m 三體船作比較，此三型船之主要尺寸如表 5.1。107 m 單體船型的載重量約 830 t，Austal 102 m 三體船最大約 700 t，Incat 74 m 穿浪型雙體船只有 185~230 t。載客以 Austal 102 m 三體船最多，950~1165 人，最少為 Incat 74 m 穿浪型雙體船，450 人，107 m 單體船型居中，約 500 人。載車輛數以 107 m 單體船型最少，只有規劃約 20 輛。此三型船之設計船速分別為 20 節、37 節、及 39 節（載重量 340 t 時），於平靜海況 (calm sea) 所需之馬力分別為 6593 kW、14580 kW、及 24570 kW。本案之單體船型考量主機 85% 出力及 15% 海況餘裕，而 Incat 74 m 穿浪型雙體船及 Austal 102 m 三體船只考量主機 90% 出力，則總主機馬力分別為 8920 kW、16200 kW、及 27300 Kw。

表 5.1 107 m 單體船、Incat 穿浪型雙體船、及 Austal 三體船之主要尺寸

船名	新臺馬輪	Incat 74 m WPC	Austal Trimaram
船型	單體船	穿浪型雙體船	三體船
設計 / 建造	USDDC	INCAT	Austal
船長 (m)	107.00	73.60	102.00
船寬 (m)	16.00	26.00	26.80
吃水 (m)	4.60	3.10	4.20
載重量 (t)	830	185~230	340/500/700
乘客 (p)	500	450	950~1165
汽車裝載量 (輛)	20	84	245
燃油 (m <sup>3</sup> )	140	36	120
淡水 (m <sup>3</sup> )	260	5	70
船速 (節)	20	37	39/36/32
主機		4 x Ruston 16RK270	3 x MTU 20V8000M71L
總馬力 (kW)	8920.00	16200.00	27300.00

就營運面而言：航行時間及營運費用是本船規劃時重要的考量項目，其中燃油費用是船舶營運時最重要的支出之一。船舶耗油一般分為柴油(diesel oil, D.O.油，俗稱 A 油)及重油(heavy fuel oil, F.O.油，俗稱 C 油)兩種。柴油用於特殊狀況短暫時間內或於港內有污染空氣品質之虞等時機，重油則提供主機航行之用，用量較大。在任何船舶的營運成本中，燃油費用佔了很大的比例，且隨時跟著市場油價而大幅變動，本分析之油價計算基準依據中油 98.07.01 之海運重柴油公告價。

107 m 單體船型的航程時間，參照表 5.2，船由基隆開往東引，航程約 90 浬，以船速 20 kts 航行約需 4.5 小時，加上進出港需多耗約 1 小時，總共航程約需 5.5 小時。由東引開往南竿，航程約 34 浬，以船速 20 kts 航行約需 1.7 小時，加上進出港需多耗約 0.5 小時，總共航程約需 2.2 小時。再由南竿返回基隆，航程約 114 浬，以船速 20 kts 航行約需 5.7 小時，加上進出港需多耗約 1 小時，總共航程約需 6.7 小時。因而由「基隆-東引-南竿-基隆」航線，加上 1 小時中途載卸客貨時間，共需 15.4 小時，足可安排一天往返。每航次燃料費約 30 萬 2 千元。

船由基隆開往南竿、再到福州馬尾，航程約 125 浬，以船速 20 kts 航行約需 6.25 小時，加上進出港及停泊需多耗約 1.5 小時，中途南竿載卸客貨時間 0.5 小時，總共航程約需 8.25 小時。再由福州馬尾返回基隆，航程約 125 浬，以船速 20 kts 航行約需 6.25 小時，加上進出港及停泊需多耗約 1 小時，福州馬尾載卸客貨時間 1 小時，總共航程約需 8.25 小時。因而由「基隆-東引-南竿-基隆」航線，共需 16.5 小時，足可安排一天往返。每航次燃料費約 31 萬 5 千元。

船由基隆開往東引、再往南竿、再到福州馬尾，航程約 135 浬，以船速 20 kts 航行約需 6.75 小時，加上進出港及停泊需多耗約 2.5 小時，中途東引與南竿載卸客貨時間 1 小時，總共航程約需 10.25 小時。再由福州馬尾返回基隆，航程約 125 浬，以船速 20 kts 航行約需 6.25 小時，加上進出港及停泊需多耗約 1 小時，福州馬尾載卸客貨時間 1 小時，總共航程約需 8.25 小

時。因而由「基隆-東引-南竿-馬尾-基隆」航線，共需 18.5 小時，足可安排一天往返。每航次燃料費約 34 萬 7 千元。

表 5.2 107 m 單體船船速 20 節，航程時間與燃料費估算

航程	基隆-東引-南竿-基隆	基隆-南竿-馬尾-基隆	基隆-東引-南竿-馬尾-基隆
滙程數	238.0	250.0	260.0
航速(節)	<b>20.0</b>	<b>20.0</b>	<b>20.0</b>
進出港時間(小時)	2.50	2.50	3.50
航行時間(小時)	11.90	12.50	13.00
航程時間(小時)	<b>14.40</b>	<b>15.00</b>	<b>16.50</b>
中途載卸客貨時間(小時)	1.00	1.50	2.00
航程總時間(小時)	<b>15.40</b>	<b>16.50</b>	<b>18.50</b>
主機基本耗油量(克/kW.小時)	220	220	220
主機馬力(90% MCR, 15% SM, kW)	6593	6593	6593
C油每航次耗油量(噸)	20.89	21.76	23.93
C油每航次耗油量(公秉)	21.31	22.20	24.42
C油價格(元/公秉)	12752	12752	12752
C油費用(元)	271782	283106	311417
發電機基本耗油量(克/kW.小時)	200	200	200
發電機馬力(kW)	450	450	450
A油每航次耗油量(噸)	1.39	1.49	1.67
A油每航次耗油量(公秉)	1.66	1.78	2.00
A油價格(元/公秉)	13052	13052	13052
A油費用(元)	21691	23240	26057
滑油耗油量(公升)	139	145	159
滑油價格(元/公升)	60	60	60
滑油費用(元)	8313	8676	9556
每航次燃油費(元)	<b>301785</b>	<b>315022</b>	<b>347030</b>

Incat 74 m 穿浪型雙體船以船速 37 節航行時，如表 5.3，則「基隆-東引-南竿-基隆」航線、「基隆-南竿-馬尾-基隆」航線、以及「基隆-東引-南竿-馬尾-基隆」航線，航程分別需要 9.93 小時、10.76 小時、以及 12.53 小時。每航次燃料費分別需要約 39 萬 8 千元、41 萬 3 千元、以及 47 萬元。

表 5.3 Incat 74 m 穿浪型雙體船船速 37 節，航程時間與燃料費估算

航程	基隆-東引-南竿-基隆	基隆-南竿-馬尾-基隆	基隆-東引-南竿-馬尾-基隆
哩程數	238.0	250.0	260.0
航速(節)	<b>37.0</b>	<b>37.0</b>	<b>37.0</b>
進出港時間(小時)	2.50	2.50	3.50
航行時間(小時)	6.43	6.76	7.03
航程時間(小時)	<b>8.93</b>	<b>9.26</b>	<b>10.53</b>
中途載卸客貨時間(小時)	1.00	1.50	2.00
航程總時間(小時)	<b>9.93</b>	<b>10.76</b>	<b>12.53</b>
主機基本耗油量(克/kW.小時)	220	220	220
主機馬力(90% MCR, kW)	14580	14580	14580
C油每航次耗油量(噸)	28.65	29.69	33.77
C油每航次耗油量(公秉)	29.24	30.30	34.46
C油價格(元/公秉)	12752	12752	12752
C油費用(元)	372823	386359	439378
發電機基本耗油量(克/kW.小時)	200	200	200
發電機馬力(kW)	450	450	450
A油每航次耗油量(噸)	0.89	0.97	1.13
A油每航次耗油量(公秉)	1.07	1.16	1.35
A油價格(元/公秉)	13052	13052	13052
A油費用(元)	13990	15151	17644
滑油耗油量(公升)	183	190	216
滑油價格(元/公升)	60	60	60
滑油費用(元)	10992	11408	12984
每航次燃油費(元)	<b>397804</b>	<b>412918</b>	<b>470006</b>

Austal 推出的 102m 高速三體船，以船速 39 節計，如表 5.4，則「基隆-東引-南竿-基隆」航線、「基隆-南竿-馬尾-基隆」航線、以及「基隆-東引-南竿-馬尾-基隆」航線，航程分別需要 9.6 小時、10.41 小時、以及 12.17 小時。每航次燃料費分別需要約 63 萬 6 千元、66 萬、以及 75 萬 3 千元。



表 5.4 Austal 三體船船速 39 節，航程時間與燃料費估算

航程	基隆-東引-南竿-基隆	基隆-南竿-馬尾-基隆	基隆-東引-南竿-馬尾-基隆
滙程數	238.0	250.0	260.0
航速(節)	<b>39.0</b>	<b>39.0</b>	<b>39.0</b>
進出港時間(小時)	2.50	2.50	3.50
航行時間(小時)	6.10	6.41	6.67
航程時間(小時)	<b>8.60</b>	<b>8.91</b>	<b>10.17</b>
中途載卸客貨時間(小時)	1.00	1.50	2.00
航程總時間(小時)	<b>9.60</b>	<b>10.41</b>	<b>12.17</b>
主機基本耗油量(克/kW.小時)	220	220	220
主機馬力(kW)	24570	24570	24570
C油每航次耗油量(噸)	46.50	48.16	54.95
C油每航次耗油量(公秉)	47.45	49.15	56.08
C油價格(元/公秉)	12752	12752	12752
C油費用(元)	605073	626715	715087
發電機基本耗油量(克/kW.小時)	200	200	200
發電機馬力(kW)	450	450	450
A油每航次耗油量(噸)	0.86	0.94	1.10
A油每航次耗油量(公秉)	1.04	1.12	1.31
A油價格(元/公秉)	13052	13052	13052
A油費用(元)	13525	14663	17137
滑油耗油量(公升)	293	304	347
滑油價格(元/公升)	60	60	60
滑油費用(元)	17600	18247	20830
每航次燃油費(元)	<b>636198</b>	<b>659625</b>	<b>753053</b>

107 m 單體船型之設計船速訂在 20 節，不管是「基隆-東引-南竿-基隆」航線、「基隆-南竿-馬尾-基隆」航線、或是「基隆-東引-南竿-馬尾-基隆」航線，都可以安排一天往返的航程。

Incat 74 m 穿浪型雙體船船速為 37 節，「基隆-東引-南竿-基隆」航線、「基隆-南竿-馬尾-基隆」航線、或是「基隆-東引-南竿-馬尾-基隆」航線，總航程時間雖然較 107 m 單體船型分別少 5 小時 28 分、5 小時 44 分、以及 5 小時 58 分。雖然航行時間減少，但是並無法每天因而多增加一次往返的航程，每航次卻需要負擔 1.3 到 1.4 倍的燃料費。在此必須說明的是，船在高速航行時對重量非常敏感，Incat 74 m 穿浪型雙體船的載重量只有 185~230 t，如果要裝載到 107 m 單體船的 830 t，以海軍係數的概念，馬力和載重量的 2/3 次方成正比，則馬力需要增加到原來的 2.51 倍，也就是 40662 kW，此時相較單體船型需要多負擔 2.2 到 2.3 倍的燃料費。

Austal 推出的 102m 高速三體船船速為 39 節，「基隆-東引-南竿-基隆」航線、「基隆-南竿-馬尾-基隆」航線、或是「基隆-東引-南竿-馬尾-基隆」航

線，總航程時間雖然較新臺馬輪分別少 5 小時 48 分、6 小時 5 分、以及 6 小時 20 分。雖然航行時間減少，但是並無法每天因而多增加一次往返的航程。每航次卻需要負擔 2.1 到 2.2 倍的燃料費。Austal 102m 高速三體船船速 39 節時，載重量只有 340 t，如果要裝載到 107 m 單體船的 830 t，以海軍係數的概念，馬力和載重量的  $2/3$  次方成正比，則馬力需要增加到原來的 1.81 倍，也就是 49413 kW，此時相較單體船型需要多負擔 2.8 到 2.9 倍的燃料費。

建造費用方面：

單體船型的建造費用約 10 億新台幣左右、雙體船約 20 多億新台幣、而三體船約 30 多億新台幣。Incat 74 m 穿浪型雙體船及 Austal 102m 高速三體船之建造費用遠高於單體船型。

## 5.6. 船型分析結論

由以上阻力、耐海性能、結構、操縱性、以及營運面之綜合分析可以得到幾點結論：

- 雙體船型及三體船型由於可以提供寬敞的甲板面積，艙室佈置上較單體船有利，如果單體船要獲得相同的面積勢必要增加船長及船寬。
- 本船船速如果在 21 節以內則採用單體船型比較合適，一旦船速超過 21 節必須考慮採用雙體船型或三體船型，尤其船速設計在福勞德數介於 0.4~0.7 附近應採用三體船型，而船速高過 43 kts 後則雙體船型更合適。
- 三體船的耐海性能研究目前還不是很完整。雙體船縱搖運動反應是它使用上的最大弱點，必須加裝運動控制系統（如 T-foil）以提昇其耐海性能。單體船型的縱搖運動反應比雙體船佳，但橫搖運動反應是其弱點，如果加裝穩定翼與泌龍骨可以減少橫搖反應。
- 雙船體及三體船在航行及轉彎時操控性優於單體船，但是如果港口

狹窄或沒有寬廣的碼頭，三體船型的寬度過大，容易造成進出港口困難。

- 單體船型的建造費用約 10 億新台幣左右、雙體船約 20 多億新台幣、而三體船約 30 多億新台幣，建造費用上單體船型最便宜，其次為穿浪型雙體船，最貴為三體船。
- 以同樣的載重量 830 t 為比較基準，Incat 74 m 穿浪型雙體船每航次燃料費比單體船型多約 2.2 到 2.3 倍，Austal 102 m 三體船比單體船型多約 2.8 到 2.9 倍的燃料費。

如果本案採用單體船型，其船長約 107 m，足夠提供充足的面積作良好的空間規劃，而且船長足以跨過台灣海峽之波長，減少波浪中的運動反應。若再加裝穩定翼與泌龍骨可以進一步減少橫搖反應。船速 20 kts 的設計不管是「基隆-東引-南竿-基隆」航線，或是未來的兩岸三通航線，都可以安排一天往返的航程。再加上單體船型是最便宜的船型，建造費用以及未來的營運費用遠較雙體船或三體船經濟，因而單體船型應是本案最佳的選擇。

台灣大學郭真祥教授受連江縣政府委託，於民國 97 年「購建新臺馬輪之建造、財務、營運及管理計劃書」中，進行 40 節單體船、20 節單體船、20 節與 40 節雙速單體船、及 40 節高速三體船，四種可能船型和船速的 SWOT 分析後，結論為建造一耐海性能高、舒適性高的 20 節左右約 100 公尺的單體船，是最務實經濟的選擇。和以上的分析結果相吻合。

## 6. 船速分析

船速及馬力估算是造船設計上最為重要的項目之一，船舶在大海中航行，必須克服由風浪、水的黏滯性、波浪能量的消耗及空氣與風所引起的阻力。所以船體阻力的大小對船之速度及所需推進馬力有極大的影響，亦間接地影響到燃料需要量、載貨重量和空間。因此於設計船舶時均希望能使其在不影響其他因素下，達到最小船體阻力之目的。

影響船體阻力之因素甚為複雜，理論分析目前尚未達完全實用階段，同時理論亦需藉實驗來證實，故不得不求諸實驗。但是因為船體體積過於龐大，水域中的各項因素又不易控制，故多藉船模試驗以進行驗證工作。

但船模試驗常須花費較多的費用及時間，一般而言，往往會先使用船模試驗標準系列資料，或者類似船試驗資料，預估阻力及推進效率。由標準系列或者類似船資料所預估的結果，和將來作船模試驗或試航的結果比較，不但可以對標準系列預估之結果，如何修正到船模試驗或試航結果，有更多的了解和把握，同時可以增進將來預估船速的能力，使設計者在設計初期階段，即能適當的評估其馬力與船速的關係。

### 6.1. 單體新臺馬輪船速與馬力預估

新臺馬輪主要採用本中心資料庫中 2 艘類似船以前在德國漢堡船模試驗水槽 (HSVA) 作阻力試驗的結果估算阻力。在船舶設計上常以功率或能量的觀點來描述船舶的阻力及主機出力，將船於航行時所遭受到的阻力乘以速度，即為船舶在以該速度航行時消耗於阻力的功率或能量，我們可稱之為有效馬力 EHP。

$$EHP = \text{阻力} \times \text{船速}$$

為克服有效馬力，主機必須消耗燃油並產生能量，由主機產生的功率或能量稱為制動馬力 BHP (即一般所稱的主機馬力)，BHP 由主機端經過傳動軸到螺槳前端的馬力稱為 DHP (輸出馬力)，而在傳輸的過程中，會有能量

的損失，因而 BHP 的數值會大於 DHP，DHP 和 BHP 的比值即為傳輸效率（約取 0.95-0.98），DHP 經過螺槳的轉動將之轉變成可以推動船舶前進的推力 THP（推進馬力）的過程中也會有能量的損失，這個能量損失以螺槳效率和對轉效率表示，此外由於船舶的存在造成流經船體時流場的改變，所造成的能量損失，以船殼效率表示，所以：

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \text{BHP} \times \text{傳輸效率} \times \text{對轉效率} \times \text{螺槳效率} \times \text{船殼效率} \\ &= \text{BHP} \times \text{總效率} \end{aligned}$$

新船的螺槳效率以 MAU 標準螺槳系列求得，對轉效率及船殼效率則參考前述 2 艘類似船在德國 HSVA 作船模試驗的結果，而傳輸效率取 0.95，則新船主機馬力和船速的關係，如圖 6.1。

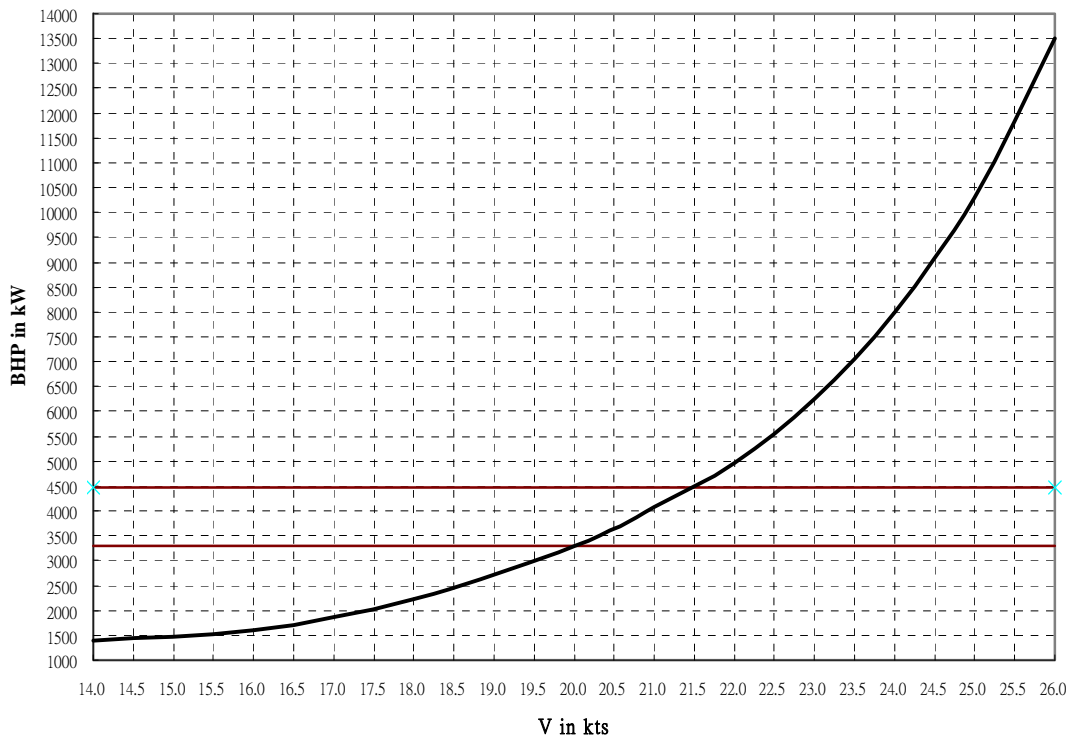


圖 6.1 船速與主機馬力曲線圖

從圖 6.1 船速與馬力曲線圖可以得到船速 20 節時，每部主機約 3296

kW，但這是在船殼潔淨且無風無浪狀況下所需的馬力，船舶於實際航行時，常因為風浪使得船舶阻力增加，因而加上百分之 15 的額外馬力以作為航海餘裕；此外一般主機在航行時，比較常用最大連續輸出馬力的百分之 85，以達到省燃油之功能，則船速 20 節時每部主機所需之主機馬力約為 4460 kW。

## 6.2. 設計船速訂定分析

至於本船的設計船速應該訂在幾節？我們可以由以下的分析找到答案。

就技術面而言：船速對馬力曲線（如圖 6.1 船速與馬力曲線圖）的一般特性為曲線的斜率隨著船速的增加而慢慢加大，增加到某一區域後斜率會快速的增加，曲線斜率的意義為每增加一單位船速所須要增加的馬力。因而最佳的船速應訂在曲線斜率將快速增加之前，就本船之船速對馬力曲線圖可以看出，此區域約在 19 到 21 節。船速超過 21 節後，若要再增加船速將造成馬力急速的增加，進一步增加燃油消耗量，造成營運成本增加，不利長期營運。

此外，所有的船舶因為興波阻力的因素，如圖 6.2 所示，在福勞德數（Froude Number,  $F_n = \text{船速} / (9.81 \times \text{船長})^{0.5}$ ）為 0.5 時船體的總阻力係數有一峯值，因此所有船舶的設計船速都會避開此峯值的附近，一般而言，速度範圍都會落在  $F_n < 0.35$  或者  $F_n > 0.65$ 。相對於  $F_n < 0.35$  或者  $F_n > 0.65$ ，新臺馬輪的設計船速一則應選在低於 21.1 節 ( $0.35 \times (9.81 \times 98)^{0.5} / 0.5144 = 21.1$ )，否則應選在高於 39.2 節 ( $0.65 \times (9.81 \times 98)^{0.5} / 0.5144 = 39.2$ ) 的速度。但若設計速度為 39 節時有兩個隱憂：第一是推進器與引擎的價格太高，第二是當船在浪中前進時或因下水一段時間後船殼附生海生物，造成阻力增加使船速下降時，會讓船的福勞德數由 0.65 往 0.5 的方向，使船速下降到高阻力區，造成雙重的阻力增加，使船速更嚴重的下降，甚至使的船速無法越過福勞德數為 0.5 的 30 節。因而就技術面考量，本船之設計船速宜訂在 20 節。

由參考船的分析中得到的結果為：單體船船速分為兩群，一群船速約在 20 kts 左右，此群之福勞德數大都小於 0.35；另一群在 35 kts 附近，此群之

福勞德數大都大於 0.6，尤其大於 0.65。而且船速落在 35 kts 附近之單體船，其排水量相對上比較小。本船若採單體船設計，船速 20 kts 正呼應以上的結論。

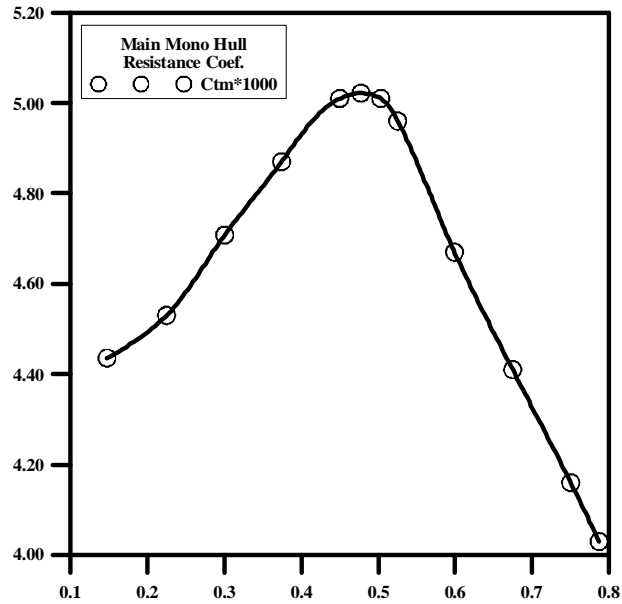


圖 6.2 船體阻力係數與福勞德數關係

就經濟面考量：台灣大學郭真祥教授受連江縣政府委託，於民國 97 年「購建新臺馬輪之建造、財務、營運及管理計劃書」中，分析單體船型不同船速每航次總油料費用與推進系統價格，其燃油費參考中油公司油品價格，其中 A 油每噸以 22400 元，而 C 油每噸以 13540 元計算。當船速為 19 或 25 節時，所需主機馬力較小，推進系統可採用柴油引擎與螺槳搭配；但是當船速增加至 30 節以上時，所需主機馬力快速增大（馬力至少隨速度的三次方增加），推進系統則須採用大馬力柴油引擎與噴水推進器搭配，噴水推進器之價格較傳統式之螺槳貴很多，導致高速時，推進系統之費用亦提高甚多，有關每航次的燃油費用及推進系統價格之估算如表 6.1。

表 6.1 單體船不同船速每航次油料費與推進系統價格比較

	20節	25節	30節	35節	40節
C油費(元)	301,947	1,163,279	1,879,627	2,462,076	2,841,152
A油費(元)	70,208	77,898	108,657	116,347	124,037
潤滑油費(元)	6,027	23,305	37,676	49,359	56,964
總油料費用(元)	378,182	1,264,482	2,025,960	2,627,782	3,022,153
推進器型式	螺槳x2	螺槳x2	噴水推進器x4	噴水推進器x4	噴水推進器x4
推進系統價格(億元)	1.109	3.7558	8.403	12.3514	15.6881

即使將船速由 20 節提高到 25 節，只節省航程 54 分鐘，可是每航次必須多付出約 89 萬元，推進系統價格增加約 2.6 億元，是否值得？更不必提船速提高到 30 節的代價。因而就經濟面的考量，本船之設計船速由 20 節提高到 25 節並不適宜。

就營運面而言：由前一章節對 107 m 單體船、Incat 穿浪型雙體船、及 Austal 三體船的比較分得知，107 m 單體船型之設計船速訂在 20 節，不管是「基隆-東引-南竿-基隆」航線，或是未來的兩岸三通航線「基隆-南竿-馬尾-基隆」航線及「基隆-東引-南竿-馬尾-基隆」航線，都可安排一天往返的航程。

船速為 37 節的 Incat 74 m 穿浪型雙體船及船速為 39 節 Austal 推出的 102m 高速三體船，雖然航行時間減少，但是對未來小三通航線並無法每天因而多增加一次往返的航程。以同樣的載重量 830 t 為比較基準，Incat 74 m 穿浪型雙體船每航次燃料費比單體船型多約 2.2 到 2.3 倍，Austal 102 m 三體船比單體船型多約 2.8 到 2.9 倍的燃料費。建造費用上 Incat 74 m 穿浪型雙體船及 Austal 102 m 高速三體船又遠高於單體船型。

### 6.3. 設計船速分析結論

由以上分析，不管就技術面、經濟面或營運面，本船之設計船速訂在 20 節都是最合宜的考量。本船的規劃往低噪音，低振動、舒適平穩、良好的空間規劃、多樣化的休閒娛樂設施等著手，即使有些較長的航程，相信不但不會影響旅客搭乘的意願，甚至於有些旅客更想要多一些時間享受這一趟海上之旅。



台灣大學郭真祥教授受連江縣政府委託，於民國 97 年「購建新臺馬輪之建造、財務、營運及管理計劃書」中，進行 40 節單體船、20 節單體船、20 節與 40 節雙速單體船、及 40 節高速三體船，四種可能船型和船速的 SWOT 分析後，結論為建造一耐海性能高、舒適性高的 20 節左右約 100 公尺的單體船，是最務實經濟的選擇。本案在避免船速落入高「單位船速耗油率」速度域的前提下，將設計船速儘量提高到 20 kts，此時最高船速可以到達約 21.5 kts。