

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：其他)

參加 RINA 『貨櫃輪之設計與操作』會議與拜訪 LR 總部

服務機關：中國造船股份有限公司

出國人職稱：工程師

姓名：蔡坤宗

出國地區：英國倫敦

出國期間：95 年 11 月 20 日至 95 年 11 月 25 日

報告日期：96 年 1 月 8 日

單位主管	人事室	批示
		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 登錄 KM 平台共享專區

註：送存報告應由出國人員自返國之日起二個月內提出，依行政程序併陳逐級審核。

參加 RINA 『貨櫃輪之設計與操作』會議與拜訪 LR 總部
出國報告

目 錄

摘 要	3
一、目的	4
二、過程與結果	4
三、結論與建議	22

摘 要

RINA 舉辦之『貨櫃輪之設計與操作』會議，會中各造船先進單位(船級協會、船模試驗水槽、主機廠家、航運公司、船舶設計中心、船舶顧問公司等)將分別針對貨櫃輪設計的相關議題發表最新的研究成果。

有鑒於貨櫃輪為本公司主力業務，近年來本公司高雄廠主要建造船型為中大型以上貨櫃輪，基隆廠為 Feeder 級貨櫃船，本次會中亦將針對超大型貨櫃船及 Feeder 貨櫃船之船體結構、流體動力、耐海性能及貨櫃裝卸貨操作等相關設計議題進行介紹，因此奉准前往參加會議，吸收新知及蒐集資料並與與會人員討論、交換心得，將有助於提升本公司未來貨櫃輪設計能力及增加承攬新船業務競爭力。

基於提升船舶安全理由，2006/4/1 起散裝貨輪必須符合結構共同規範 CSR(Common Structure Rule)以及 2010/8/1 以後交船之新船必須符合燃油艙保護法等法規要求，對散裝貨輪設計變更很大，本次藉拜訪 LR 倫敦總部，討論並收集符合上述法規之散裝貨輪設計技術發展及最新市場狀況。

一. 目的

拜訪 LR 倫敦總部，主要目的如下：

- 1). 討論並收集符合 CSR(Common Structure Rule) , CPS(Coating Performance Standard)、燃油艙保護法及單殼船/雙殼船等議題之散裝貨輪最新設計技術發展。
- 2). 了解散裝貨輪最新市場狀況。

參加英國皇家造船工程師協會(RINA)『貨櫃輪之設計與操作』會議，主要目的如下：

- 1). 吸收各造船先進（船級協會、船模水槽、主機廠家、日韓等船廠、船舶設計顧問公司）對貨櫃輪設計的最新研究成果。
- 2). 蒐集超大型貨櫃輪設計的相關資料，Know-How、潛在問題與因應對策
- 3). 蒐集各大船廠貨櫃輪設計趨勢
- 4). 蒐集主機最新技術及對設計之影響
- 5). 蒐集貨櫃輪於提昇操作安全性應該注意之設計細節

二. 過程與結果

本次出國差旅的過程與結果簡述如下：

2006/11/20 拜訪 LR，討論的專題計有：

1) Bulk Carrier Market Outlook

就運載散裝貨物之主要物品而言，主要為礦砂(Iron Ore)及燃煤(Steam Coal)，而近年來由於中國鋼鐵產量成長幅度驚人，帶動所需之煤、礦砂進口需求量以及相對運載原料所需之散裝貨輪運載量也大幅增加。詳如附件一，此意味著至 2010 年散裝貨輪之前景應仍為樂觀的。

然就現有之散裝貨輪船隊船齡分析，詳如附件二，顯示船齡超過 20 年以上之 Handysize 將要淘汰之建造量較有潛力，反之 Capesize B/C 船齡超過 20 年以上，將要淘汰之建造量很小，這對於本公司於散裝貨輪建造只專注於海岬型可提供作為有用之參考資訊。

惟 2010 年後，中國所需之煤礦砂原料進口前景為何，因時間過長，LR 尚未進行相關之預測。

2) Common Structure Rule 之設計因應

基本上，LR 只負責審圖，並不會花費人力進行船型規劃、佈艙，艙剖面設計最佳化等基本設計作業，因此任何可改善船舶性能之修改方案，例如以中船欲新開發之 Capesize B/C(NDX project)為例，是否應調整雙重底高度，增加船深以增加吃水及載重量以及水艙之佈置是否要改變，LR 船級協會皆沒任何意見，而 LR 目前亦無法提供其他船廠之新設計供參考，但 LR 表示就船員於裝卸貨過程中，調整船舶俯仰觀點而言，建議每一個貨艙就配置一對水艙較方便。但中船基於成本/破損穩度/調整俯仰/破損強度等綜合考量，認為新一代 NDX B/C 水艙佈置應採 NO.1/2/9 貨艙各一對水艙，其餘 NO.3&4/5&6/7&8 各一對水艙，共 6 對較適宜。

至於因符合 CSR 增加之鋼料重量，是否應朝提高高張力鋼比例，LR 亦無意見，但 LR 表示因 CSR 針對腐蝕餘裕之要求，對增加 HT 比例，優勢已不如以往之設計，對成本會較為不利。當然提高高張力鋼比例對節省輕船重量仍有幫助。

3) Single Side Skin (SSS)與 Double Side Skin (DSS) design 之比較

LR 表示就船舶結構安全及船級協會立場而言，極力推薦船廠採用 DSS 設計，但因實際上採用 DSS 較採用 SSS 有其優缺點如下，因此仍由市場機制決定，惟目前基於成本因素仍以 SSS 設計較多

優點 1：DSS 設計較容易進行清艙工作，可節省船舶於卸貨過程中之停港時間

優點 2：DSS 設計可保護貨艙船殼結構因推土機等機械作業所產生之損傷

優點 3：DSS 設計，針對貨艙船殼結構處較容易進行檢驗工作，而且進出檢驗較安全

優點 4：DSS 設計可提升船舶遭碰撞時之抵抗能力

缺點 1：DSS 設計船價成本較高

缺點 2：DSS 設計會減少貨艙體積及載重量

缺點 3：DSS 設計針對嚴重側向破損至貨艙之情況，因泛水不對稱性之關係，使的橫傾角會較大而對船舶之破損穩度較不利

4) Fuel Oil Protection

LR 表示散裝貨輪採用之燃油艙保護法皆採用決定論(即以雙重殼方式隔開)，一般有二種佈置方式

- a) 燃油艙置放於最後一個貨艙之 upper wing tank，以 cofferdam 隔開(靠船舷邊)，燃油艙靠船中心邊。
- b) 燃油艙置放於最後一個貨艙之 lower stool 中，惟其缺點為因 grab 抓斗作業或推土機作業較容易刮傷 lower stool 之鋼板而易造成危險，另外因貨艙裝載煤等具腐蝕性原料較易造成 lower stool 之鋼板產生腐蝕問題。

綜合以上，燃油艙位置之佈置仍以方案 a)較佳。另柴油艙佈艙原則同燃油艙，但位置若機艙空間足夠可考量放置於機艙內

5) Coating Performance Standard (CPS) (或稱 Performance Standard for Protective Coating) (PSPC)

LR 表示因為船級協會不參與基本設計之作業，因此 LR 對符合 CPS 規定可進行之設計變更/改善，並無任何建議，對現場塗裝程序等施工亦無意見，只要能符合 CPS 之規定，完全由船廠自己決定其塗裝及相關之施工作業流程，另 IACS 並不要求船級協會必須介入 CPS 所需之檢驗相關工作，CPS 內容中規定之 CTF (Coating Technical File) 必須由船廠負責，船級協會將來只針對船廠提供之 CTF 做審核。

表面處理和塗裝程序的檢查須經船東、造船廠、油漆廠商同意後送主管機關或其認可機構審核。這些檢查須明確的紀錄在塗層技術檔案(Coating Technical File, CTF)內。

LR 表示 IMO 將於 95 年 12 月 8 日開會討論本議題，經 IMO 海上安全委員會(MSC)第 82 屆會議 2006 年 12 月 8 日批准通過了這一標準。內容簡要如下：

- a) 修正規則 II-1/3-2，適用於 500 總噸以上所有船舶之專用海水壓載艙和船長 150m 以上散裝船之雙層舷側空間(Double-side skin spaces)上保護性塗層。
 - 建造合約在 2008 年 7 月 1 日以後訂立者，或
 - 若無建造合約時，2009 年 1 月 1 日以後安放龍骨或建造達類似階段者，或
 - 在 2012 年 7 月 1 日以後交船者。

- b) 符合 IACS CSR 之船舶，建造合約簽訂在 2006 年 12 月 8 日(含)以後者之 Bulk Carrier & Oil tanker，須實施 IMO PSPC 之規定。

2006/11/21 RINA 第一天會議的專題計有：

1). Technology Advances in Design and Operation of Large Container Carriers

此一研究係美國船級協會 (ABS) 針對增進超大型貨櫃船結構完整性及操作安全性所應注意之設計分析/計算，說明如下：

a) 合理之船級協會法規

b) 主要之工程分析

- 採用非線性波浪負荷模式(non-linear wave load)，進行全船 FEM 分析
- 船艏與船艉波擊(slamming)分析
- 彈性與抖動(Spring and Whipping) 分析
- 疲勞分析
- 以 FE 法進行貨櫃拉緊 lashing 分析
- 避免發生參數化橫搖(Parametric Rolling)分析
- 振動分析(free and forced vibration)
- 排軸分析

另外，因為船舶大型化，住艙與機艙之佈置建議採分離式(two space)，其主要原因如下：

a) 住艙區前移，對視界性能較佳

b) 住艙區位於船舳附近，如此一來住艙區前/後甲板開口長度接近，最大艙口變形量會較小

2). Development of 13,400 TEU Post Panamax Container Ships

此一研究係德國船級協會 (GL) 與現代(HHI)船廠研發新一代 13,400 TEU 貨櫃船的成果，其中對新型貨櫃船開發的設計過程與注意事項，非常值得本公司參考，簡述如下：

a) 貨櫃船大型化，主要乃基於經濟性之考量，當船舶大型化，其單位 TEU 載運之成本會持續下降，詳如附件三，當然從第一艘超巴拿馬極限型貨櫃船至目前 11,000 TEU+之實現，不過是短短一、二十年間左右的事，支持貨櫃船持續超大型化，主要為相關設計議題如結構強度/螺槳/振動、碼頭設施如吊車 outreach 及主機馬力等問題，現今皆可順利解決，但超過 10,000 TEU 以上之貨櫃船設計，則面臨之設計問題更多，因此必需更加審慎處理與評估。

b) 主要尺寸之選定

下表為典型貨櫃輪大型化之主要尺寸演進

TEU	Panamax	6500	7500	8500	9500	12500	14500
LBP	283.0	289.0	304.0	319.0	321.0	366.0	395.0
B	32.3	40.0	42.8	42.8	45.6	54.2	57.0
D	21.8	24.2	24.5	24.5	27.2	27.2	27.2
Ts	13.5	14.5	14.5	14.5	15.0	15.0	15.0

c) 船深與 Air Draft

船深之決定與貨艙中放置貨櫃之層數有關，另因為有越來越多之貨櫃採高櫃(9'6")之趨勢，因此船深設計時應將貨艙中採用之高櫃層數列入考量

假設艙口蓋至雷達最上方之距離為 33.6m (= $8 \times 2.896 + 0.5 + 2.9 + 7$)，因此貨櫃輪可能最大之 air draft 即可根據設計船深，艙口蓋高度與預估之艙口蓋至雷達最上方之距離推導出

Note:

- 冷凍貨櫃皆為高櫃設計
- 很多 40' 標準貨櫃亦為高櫃設計(目前約 50-60%，將來比率還會再增加)
- 若貨艙中設計為可裝載 10 層貨櫃，建議船深以裝載 $9 \times 8'6" + 1 \times 9'6"$ 為考量，因為 $9 \times 8'6" + 1 \times 9'6" \doteq 9 \times 9'6"$ ，如此之規劃可同時兼顧船深與裝貨之彈性

d) 住艙與機艙之位置安排

以往 3000 TEU 以上之貨櫃輪，其住艙區皆設置在半後置 (semi-aft)，主要為住艙區直接坐落於機艙區上方，可避免減少貨艙中之貨櫃數，但隨著貨櫃船超大型化後(指 12,000 TEU 以上)，住艙區前移至船艙附近，對整體而言是有利的，其利益如下：

- 住艙區前移，視界性能提升，甲板上增加之貨櫃數反而比貨艙中損失之貨櫃數多，因此整體貨櫃數增加，請參考附件四
- 住艙區位於船艙附近，對整體之穩度及靜彎曲力矩(still bending moment)最有利
- 住艙區位於船艙附近對船員之舒適性最佳
- 若再考量 MARPOL 針對燃油艙保護法之規定，油艙放置於住艙區下方可充分利用此空間，在符合此法規之要求下相較於其他於水密隔艙壁設置燃油艙之設計可減少鋼料重量

e) 艙口變形量之分析

貨櫃船大型化後，相對其艙口開口很大，因此艙口變形量會持續增加，若能將住艙區前移至船艙附近，則因為抗扭強度提昇，艙口變形量將隨之將低，GL 以 13400 TEU 為研究例，其最大艙口變形量從 120mm 減少為 100mm (降低幅度為 20%)

至於未來貨櫃船最大之可能噸位及尺寸，GL 表示只要未來貨櫃市場需求持續成長，貨櫃船將持續朝大型化發展，當然目前全世界預測最大之貨櫃輪可能為可通過麻六甲海岬之 18,000 TEU MalaccaMax C/V。詳如附件五。

3). Energy Price and Container Shipping

此一研究係勞氏船級協會 (LR) 針對油價對貨櫃船之影響以及建議之因應方案

基本上自 1990 年起貨櫃運輸量以平均約 10% 之幅度穩定之成長，詳如附件六，目前超巴拿馬極限型貨櫃輪船隊佔所有貨櫃輪船隊之 32%，而超巴拿馬極限型貨櫃輪新船訂單更佔了 50% 貨櫃船總訂單，由此可看出貨櫃船大型化為未來之趨勢。

以下為貨櫃船大型化之演進史

- | | |
|------|---|
| 1972 | Liverpool Bay class, 3000 TEU |
| 1981 | Maersk Tokyo, First Panamax C/V with capacity exceeding 3,800 TEU |
| 1982 | US Line, First vessel exceeding 4,000 TEU |
| 1990 | Alcione (original name Bell Pioneer), First hatchcoverless |
| 1996 | Regina Maersk, First vessel exceeding 6,000 TEU |
| 1997 | Maersk Kiel, First vessel exceeding 6,500 TEU |

- 2005 CSCL Asia, Seaspán 8,500 TEU
- 2006 Xin Los Angeles, Seaspán 9,600 TEU
- 2005/6 Order placed for 10,000 TEU (COSCO), 11,400 TEU (CMA-CGM)
- 2006 Emma Maersk, 11,000+
- 2015 Panama Canal Third Set of Locks – 主導未來由亞洲至美國東岸之貨櫃貿易

貨櫃運輸需求量之增加為船舶大型化之主要原因，未來超大型貨櫃輪基於經濟效應，應該仍會再增大其尺寸，但下述幾個重點應予以考量：

a) 長度之增加：

可能最大之船長可達到 400 米左右，因船長之增加會受到鋼板最大厚度之限制(on upper deck & hatch coaming)

b) 寬度之增加：

最大之船寬度須考量甲板上貨櫃的列數以及因而所需要碼頭吊車的能及範圍，惟目前世界主要貨櫃港口之吊車設備已可達 22 Row，詳如附件七，另一可解決之方案為採用 graving dock 之方式

c) 堆疊高度之增加

貨艙中之最大堆疊高度/層數限制為貨櫃本身可承受之最大壓力但為了增加甲板上之最大堆疊高度/層數，可考量增高 lashing Bridge 之高度/層數，因為超大型貨櫃輪較無穩度之問題。

d) 住艙位置變更(可參考前章節之敘述，不再贅述)

根據 LR 統計大型貨櫃船於歐洲-亞洲-美洲航線實際之貨櫃裝載重量顯示平均單櫃重量約為 7.3-9.1 MT，此統計資料可作為船廠設計人員之參考重點如下：

- a) Charterers 喜歡用 Homo.14 MT/TEU 來評估船舶之裝載性能，LR 認為在 Panamax C/V 或 Feeder C/V 則較實際，但 LR 認為對超大型貨櫃船用 Homo.14 MT/TEU 來評估船舶之裝載性能較不切實際
- b) LR 另外提供之訊息顯示，多半航次之吃水皆較原訂定之設計吃水低(abt 85% Td)，因此 LR 建議 12,500 TEU C/V 之船設計吃水可減少，其方案如下，主要好處是 14 缸主機仍能使船速達到 25.0 knots。
- c) 於初步設計階段，評估較輕之均勻貨櫃裝載性能(如 homo. 8-10 MT/TEU)是必需的。

	Original Proposal	New Proposal
Nominal Capacity	12,500 TEU (9'6")	12,500 TEU (9'6")
Equivalent Capacity	13,970 TEU (8'6")	13,970 TEU (8'6")
Lbp/Lwl	381/384 M	381/384 M
B	57.0 M	57.0 M
Tdes	15.0 M	13.5 M
Cb/ Cm/Cw	0.63/0.99/0.786	0.613/0.989/0.750
LCB	-2.25% aft	-2.0% aft
Vs (85% MCR on Td)	Below 25 Knots	25.0 Knots
M/E		14RTA96C or 14K98MC

但根據本處以往之設計經驗，設計吃水/最大吃水可不必減少，可以減少 Cb 值而達減少設計吃水/最大吃水載重量之效

大型貨櫃船燃油費用佔其營運成本比率很大，而其比率又受到船速與燃油價格之左右，概估數據如下表(Fuel Cost/Total Operation Cost)

	20 kt	21 kt	22 kt	23 kt	24 kt	25 kt	26 kt
US\$ 160/T	30%	33%	36%	39%	42%	45%	48%
US\$ 321/T	46%	49%	52%	56%	59%	62%	65%
US\$ 500/T	57%	60%	63%	66%	69%	72%	75%

LR 進行評估不同船速及燃油價格下，其每單位貨櫃之營運成本(USD/TEU)如下

6800 TEU	20 kt	21 kt	22 kt	23 kt	24 kt	25 kt	26 kt
US\$ 160/T	213	212	211	212	213	215	218
US\$ 321/T	267	271	276	283	291	299	309
US\$ 500/T	327	338	349	362	377	393	410

12500 TEU	20 kt	21 kt	22 kt	23 kt	24 kt	25 kt	26 kt
US\$ 160/T	157	157	156	157	158	160	162
US\$ 321/T	197	201	205	210	216	222	229
US\$ 500/T	242	250	259	269	280	292	305

由上表可得到以下結論：

- a) 當燃油價格較低時，設計船速對營運成本之影響差異不大，但當燃油價格高漲時，船速增加，每單位貨櫃營運成本會明顯增加
- b) 在貨櫃裝載比率相同之前提下，船舶大型化可大幅降低每單位貨櫃營運成本
- c) 建議當燃油費用很高時，應當適當之降低設計船速

4). Advanced Structure Design of Containerships to Achieve Overall Safety and Economy

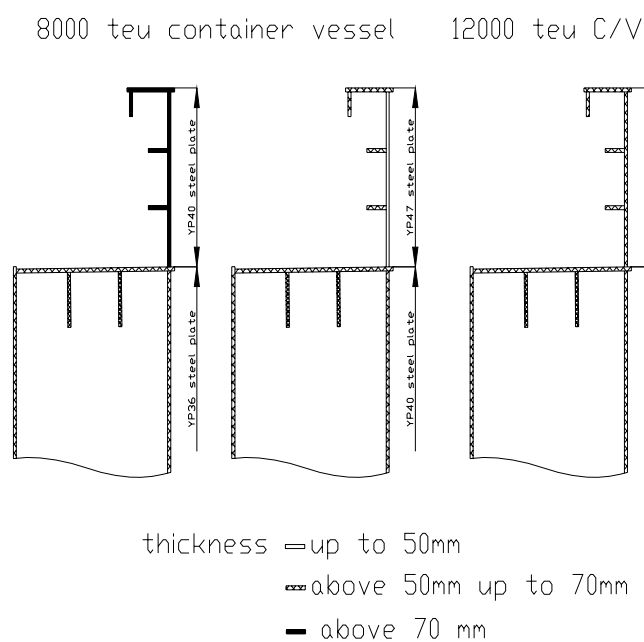
此專題為 IHI 船廠針對大型貨櫃船在初步設計最佳化及艙口變形量與結構強度所作之研究，IHI 鑑於此需求，自行開發一套 SPB-HULL 之分析軟體，可以進行初步設計最佳化及廣泛之結構分析系統，並結合實船艙口變形量量測回饋修正其係數至 SPB-HULL 之分析軟體中，以使其 SPB-HILL 軟體在將來進行超大型貨櫃船之設計開發階段，能更準確之預估相關之結構強度問題，如此鋼料重量之預估方會更準確。

在初步設計最佳化之使用，IHI 以 7,750 TEU 貨櫃船研究為例如下，在給定貨櫃數/載重量等目標函數後，分別針對主要尺寸船長、船寬、船深不同之組合，再得出不同組合方案之各種性能比較(如貨櫃總數、耗油量貨船速、鋼料重量等等)，再選擇最佳設計方案與主要尺寸搭配，其設計之方法可作為本公司將來進行超大型貨櫃船之參考。

	Case	15 row 9 tiers +1 bay	15 row 10 tiers 19 bays	16 row 9 tiers +0 bays	16 row 10 tiers -1 bays	17 row 9 tiers -1 bays	17 row 10 tiers -2 bays
Limit Condition	I/Y (Deck) %	100.0	100.6	100.3	100.9	100.5	100.4
	I/Y(Bott.) %	114.2	114.8	105.5	119.0	120.1	126.1
	最大艙口變形量 mm	57.5	58.9	69.9	69.6	69.4	69.6
Result	Number of Cont. (TEU)	-120	-	+46	+138	+136	+202
	“ in hold	-312	-	-258	+42	-230	+56
	“ on deck	+192	-	+304	+96	+366	+146
	Hull steel weight/TEU	106.5	100	99.5	96.5	97.8	97.0
	Building Cost /TEU	102.0	100	99.0	97.9	97.8	97.0
	FO consump/TEU/Mile	101.0	100	101.9	100.8	101.9	101.1
	Vs	100.7	100	97.6	97.4	96.5	96.4

5). Technical Requirements to Ensure Structure Reliability for Mega Container Ships – Application of New Higher Strength Hull Structural Steel Plates of Heavy Thickness

此專題為日本驗船協會（NK）與日本長崎總和科學大學合作開發新高張力鋼材料 YP47 應用於未來超大型貨櫃船之可行性。其應用對於上甲板與 hatch coaming 板厚之影響如下圖。



YP47 鋼板之機械性質如下表

Grade	Tensile test			CVN Impact Test	
	Y.P. (N/mm ²)	T.S. (N/mm ²)	EL (%)	Test Temp. (°C)	Absorved Energy (J)
YP47	513	614	25	-40	230

8,000 TEU 級以上之超大型貨櫃船，若採用一般 YP32/36/40 之高張力鋼，所需最大厚板已將超過 70 mm，然板厚超過 70 mm 以上對焊接、採購、結構等等將造成很多限制與不便，因此若將來真能順利使用 YP47 而降低所需之鋼板厚度，應是值得採用之方案，本公司應可密切注意此新材料之發展與應用。

6). Design and implementation of a Comprehensive Full- Scale Measurement System for a Large Container Carrier

此專題係三星重工(SHI)船廠自行開發之實船量測及應用程式，此計劃 SHI 與 ABS 與 OOCL 船東共同合作，並成功應用於 8,000 TEU 貨櫃船交船之首航上，其程式主要包含以下三個功能，尤其 SORAS 更可供船員根據不同天氣/海況對應之船舶運動及耐海性能進而提供最佳之航海路線選擇。

- a) Hull Stress Monitoring System (HSMS)
- b) On Board Wave Monitoring System (WaveFinder system)
- c) Voyage Optimization System (Samsung Optimum Navigation System, SORAS)

7). Experimental and Full Scale investigation of the importance of Fatigue Damage Due to Wave-induced Vibration Stress in a Container Vessel

本專題為挪威 Cesos 大學的學院文章，主要內容敘述高頻率之疲勞損壞之重要性。

以往設計者較注重之重點在於由波浪引起振動(wave induced vibration)導致之疲勞裂痕與疲勞損傷起問題，但作者特別強調高頻率引起之疲勞損壞對未來貨櫃船設計之重要性。且利用船模試驗統計出 Wave Frequency (WF) 與 High Frequency (HF)高頻引起船舶結構損傷之比例約為 60%/40%做為佐證高頻率疲勞損壞之重要性。

8). Comprehensive Studies on the Wave Load Analysis and Structural Strength Assessment of Container Ships

此專題為日本驗船協會（NK）針對貨櫃船結構強度分析與波浪負荷之研究。作者強調，要有準確之強度計算結果，首先波浪負荷必須符合實際海上航行波浪之實際力，惟目前船級協會規定之波浪負荷值乃考量方便考量而將其標準化為簡單之公式，但事實上船舶於海上航行所遭遇之波浪力是非線性且複雜的，因此 NK 近年來於波浪負荷之取值做了很多努力，並結合實船量測，希望未來 NK 能訂定出更符合實際波浪負荷之標準。

9). Development of Requirements to Safeguard Large Container Ships from the Effects of Bow Flare Slamming

此專題為勞氏驗船協會（LR）針對大型貨櫃船如何由法規需求，改善船舶遭受船艏波擊之結構安全性。

一般船艏波擊導致之結構損壞形式有

- a) shell plate deformation
- b) stiffener web damage
- c) Transverse web damage

LR 針對法規之改善做法與流程如附件八

由船艏波擊導致之結構損害案例提出之改善作法

- a) 降低船速與改變航向(即船艏與波前進方向之夾角)，其中經研究計算分析得知當船速降低 50%，船艏受到波擊壓力可降低 1/3
- b) 細部結構之改變，一般結構設計與外板相接之 stiffener 因考量前後向外板之角度會一直改變，因此考量施工便利性，stiffener 之角度皆設計為水平，而非與外板垂直，詳如附件九，但如此之設計卻會降低 stiffener 之有效 SM 值，而且當 flare angle 越大，減少之 SM 值越多，例如當 web tilt angle 與外板垂直/偏 20/40/60 度，其減少之 SM 值分別為 7%/28%/56%，因此 LR 建議減少船艏 flare angle 或採垂直外板之 side stiffener 設計。

2006/11/22 RINA 第二天會議的專題計有：

1). Investigation on the Vibration Characteristics of the Superstructure of Mega Container Ships

此專題為日本 IHI 船廠針對提升大型貨櫃船住艙區振動性能評估之研究。

以往貨櫃船住艙區大都只有 7 層高度，但因為大型化後為了增加視界性能與貨櫃裝載數而增加住艙區高度至 8 - 9 層，使的住艙區之自然振頻降低，而更容易產生振動問題。

當住艙區只有 7 層高度時，因其上構縱向自然振頻將超過 5Hz，因此並不會與主機三階激振力(X moment)產生共振(if MCR = 100 RPM, 3 order * 100 rpm/60 = 5 Hz)，但當住艙區增加為 8 - 9 層高度時，因其上構縱向自然振頻將接近 5Hz，因此就很容易產生共振問題。(因一般主機三階激振力(X moment)皆很小，因此實際上較無主機三階引起之振動問題)

另外對於 6,000 – 8,000 TEU C/V 上構扭轉振動/垂直振動之振頻約為 10 Hz，有與螺槳之激振力產生共振之問題，設計者必須注意。(if MCR = 100 RPM, Zp = 6, then, 6 order * 100 rpm/60 = 10 Hz)

為了於初期設計階段能更準確之預估上構振動性能，作者經研究發現，以往採船艙後半部之 FEM 振動分析分析之結果並不準確，必須採用全船振動 model 進行分析，另由於船舶大型化主機之重量已增大其影響量，作者強調採用簡化之主機模型進行上構振動性能分析，其結果與實船量測之結果仍有很大之差異。

因此作者後來採用詳細的主機建模 (detail main engine model and method of applying excitation force of main engine) 搭配全船振動模式 (whole ship model) 進行 6,000 TEU C/V 與 7,500 TEU C/V 之上構振動性能分析，其結果與實船量測之結果非常一致。此點應可提供本公司作為參考。

2). Efficient Initial Design of Container Ships

此專題為芬蘭 NAPA 公司針對其 NAPA (Naval Architectural Package) 3D 套裝軟體應用於合約設計/報價設計可增加合約設計/報價設計時效及準確度之介紹。

貨櫃船設計，以下幾點具有相關性，因此設計者於初期規劃時應特別注意：

- a) 貨櫃總數影響船長、船寬、船深與吃水
- b) 船長受到結構強度之限制如上甲板最大板厚

- c) 船寬受到碼頭吊車 out reach 限制
- d) 吃水受到碼頭或航線限制，如巴拿馬運河最大吃水 12 m
- e) 貨櫃堆疊高度受到貨櫃結構強度及視界要求之限制
- f) 船深及船寬對船舶穩度與運動性能影響較大
- g) 船速之選定影響 Cb 值之訂定，相對亦影響機艙位置與軸長度
- h) 貨櫃形式如 8'6" 普通櫃或 9'6" 高櫃將影響貨櫃重心、穩度、橫搖加速度、貨櫃固縛與壓載水量
- i) 航線決定是否需配置甲板吊車以及相關之一般佈置
- j) 甲板上貨櫃堆疊高度受到視界要求之限制，因此與住艙區高度、位置、船員舒適性及機艙位置有關

配合短時間之報價需求，以下之設計計算與分析是必須的：

- a) 靜水性能計算
- b) 貨櫃佈置與艙區佈置
- c) 輕船重量分佈
- d) 穩度與強度計算
- e) 視界性能計算
- f) 貨艙中貨櫃與船殼間隙之檢查
- g) 船速馬力性能預估
- h) 耐海性能預估
- i) 操縱性能預估
- j) 鋼料重量預估
- k) 建造成本預估
- l) 強度與振動性能分析(in some case)

以上本公司於進行傳統型船型之報價設計除 h & i 項外，亦皆有進行相關之計算。作者強調 Napa 公司之套裝軟體在進行任何主要尺寸等設計改變，皆可以原母船快速之進行相關計算，對節省報價設計時程及報價之準確性而言，是一個非常值得推薦之軟體，惟中船 10 多年來採用 Tribon 軟體，加上自行開發之軟體已經可滿足快速且準確完成合約設計/報價設計所需之資料。因此並不建議再引進 Napa 軟體。

3). Advanced Hydrodynamic Design of Container Carrier for Improved Transport Efficiency

此專題為德國 FRIENDSHIP SYSTEM 公司針對該公司新發展軟體 FRIENDSHIP-Optimizer 之功能介紹。

該軟體主要功能為針對目標船型，可提供迅速之 SAC 改變，並結合 CFD 自動之計算，得出最佳船舶性能或創新性之 SAC，稱為 InSAC (Innovative Section Area Curve)。

船廠進行線形開發，受限於時間壓力，一般僅能利用 10 組左右之線形佐以 CFD 進行船速馬力性能改善之評估，然而作者宣稱該最佳化軟體提供之優勢使得線形最佳化版本可多至數千版。因此要省下 4-5% 之馬力是很容易達成之目標。而這馬力改善所省下燃油費用之經濟效益，對於初期投入之評估成本(舉例 10 萬美金)，約五個月就可回收。

作者以一實船為例進行 3,500 組線形，並以 $KM_t/KM_t(\text{ref})$ 為 X 軸，排水量/排水量(ref)為 Y 軸， $RT/RT(\text{ref})$ 為 Z 軸，分別將各其點在 XYZ 軸上，如此一來，船廠很容易可針對目標挑選出幾組具優良之線形，再進一步進行評估或做不同之選擇，例如：

- a) More Displacement, same KM_t
- b) Reduced resistance, same displacement
- c) Less displacement, same payload

Note: 作者稱以上之改善絕無增加建造成本或對船舶操作上有任何負面效應。

受限於 CFD 之預估準確性，作者特別提醒利用 CFD 評估出船艙之馬力改善量較船艙可靠與準確。另外作者表示程式本身並不進行 optimum trim 之評估，要了解設計吃水/對大吃水最佳俯仰值，一般皆於船模試驗時進行之。

本公司曾於 94 年度已經針對 FRIENDSHIP 軟體進行試用評估，惟因考量人力負荷等原因，因此並未引進該軟體，配合 95 年度針對 1,700 TEU C/V 船形之改善研發案成果，將來應會藉機與 FRIENDSHIP 進行合作，以 1,700 TEU C/V 最佳線形為母船，委託 FRIENDSHIP 進行設計改善，以驗證其軟體之改善功力與成效。

4). Bow Flare Slamming of Container Ships and it's Impact on Operational Reliability

本案為荷蘭 MARIN 水槽利用試驗來推導出一個較簡化預估由於船艙波擊引發 whipping response 之方法，惟目前只成功使用於某一型 fast slender C/V，將來是否能有效應用於其他大型貨櫃船仍有待爾後進一步之研究與驗證，另外作者提供以下二點供參：

- a) Direction of wave 對 slamming 造成之影響較小，但 flare angle 對 slamming 造成之影響較大

- b) 爲了提醒船東/船廠更重視 slamming 對船舶航行之影響，作者認爲應將 slamming 造成船舶到港延遲(delay)以及對船艙結構造成損傷之成本列入考量

5). Efficient Propulsion of a Container Ship Using The “Inclined Keel” Concept

此專題爲英國 Newcastle 大學所發表之文章，主要想法爲利用 Inclined Keel 之觀念使船艙螺槳與船殼間隙大幅增加，進而可採用大直徑螺槳，低轉速之螺槳設計以提升推進效率達到節能之目的。

以往航行在淺水域(shallow water)地區之船型設計，有類似的觀念”Tunnel Stern”其作法亦是在增加螺槳直徑以提升推進效率。

本文作者以 3,600 TEU C/V 爲例，採用 IKH (Inclined Keel Hull)的作法，並將其分爲 IKH-A，IKH-B(詳如附件十)，使的螺槳直徑可增加 11%，轉速降低 17.5%，總馬力節省 2%。其它如螺槳空蝕性能/操縱性能/靜水性能，BH(Bare Hull)與 IKH 皆相當。

另就實用性而言，IKH-B 較 IKH-A 可行，惟 IKH 之設計目前仍有部份問題點，有待爾後克服，否則不易推廣

- a) 就貨櫃船主機而言之轉速皆較高，因此採用 IKH 降低螺槳轉速之高馬力低轉速主機必需相繼開發
- b) 採用 IKH 將來針對 ballast condition，螺槳沒水率可能無法達到 100%以上
- c) 採用 IKH 將來針對 full load condition 需保持 trim by stern 2 米，雖然作者認爲在 harbor 萬一受到碼頭吃水限制時可利用壓載水調整 trim，但如此一來壓載水量及產生 BM/SF 增加的因素亦必須列入考量，另外 trim by stern 2 米時對滿足視界要求亦是另一個問題。

雖然 IKH 觀念或許無法一時之間被船廠使用，但作者提出之創新性觀念值得本公司設計人員效法與參考。

6). Latest Engine Technologies Bring Benefits in Container Ships

此專題爲 Sulzer 主機廠家針對省能源開發之最新技術發表文章，主要分爲以下三部份：

- a) Wartisla Pulse Lubricating System (PLS)

採用 PLS 優點如下

- Reduce cylinder oil feed rate and reduce engine operating costs
Feed cylinder oil rate from 0.8 to 0.5 g/ps.h
Save US\$ 210,000/year or 36% cylinder cost for 12RT-flex96C M/E
 $68640 \text{ KW} * 1.359 \text{ PS/KW} * 85\% \text{ MCR} * 6000 \text{ Hr/year} * (0.8-0.5)\text{g/ps.Hr} * \text{US } 1500/\text{MT} = 210,000/\text{Year}$
- Precisely timed delivered of lubricating oil to the cylinder liner surface
- Accurately metered quantities of lubricating oil delivered to the liner surface
- Improved distribution of cylinder oil on the liner

b) High efficiency waste heat recovery (WHR)

採用 WHR 主要觀念為利用回收 exhaust gas 能源，轉換為電力，如此可提升主機 11.4%之效率，請參考附件十一。

目前全世界第一部採用 WHR 裝置之船舶為 APM 7,500 TEU C/V, installed 2005/06。

主機廠家宣稱初期裝置費數百萬美金，以目前之燃油價格，約 5 年可回收成本。另裝置 WHR，節熱器空間要加大，對機艙煙囪等佈置空間有很大影響，本公司輪設課同仁應注意此裝備未來之實用情形。

c) New RT-flex82C common-rail engine

新開發之 RT-flex82C 主機將於 2008 年第一季開始交貨(by HHI)

其他 RT-flex 主機之優點如可降低 dead slow 至 10 多轉等，因本公司目前 HNO.826-828，，HNO.831-834 已採用，因此不再贅述。

7). Risk Assessment for Container Ships Focusing on Cargo Fire

此專題為 GL、Aker 船廠與 Peter Doehle 船東針對貨櫃船發生火災之風險評估所發表之文章。

目前船舶設計針對防火安全規章乃依據IMO規定，即裝設滅火系統/裝置。但事實上由發生火災之災難事件統計事件顯示其頻率仍然很高($3.7 * 10^{-3}$ per ship year)，目前之作法仍太過被動，因此作者利用 CFD 模擬於貨櫃中發生火災在短短時間內火災所蔓延範圍危及至鄰邊貨櫃與嚴重之程度。

作者建議降低船舶火災之風險控制措施如下：

Measure	Position	Description
Smoke and fire detection		
Smoke detection	Inside a container	Smoke detectors coupled with radio frequency transmitter
Smoke detection	Inside cargo hold	Improve the detection inside C/H by different fire detection methods
Detect of smoke & hot air	Cargo on deck	Detect hot air or smoke by infrared cameras, etc.
Fire fighting measures		
Fire fighting	Inside a container	Additional mobile equipment inside a container
Fire fighting	Inside cargo hold	Improvement of existing CO2/Inert Gas system
Fire fighting	Cargo on deck	Additional equipment for efficient fire fighting and containment of a cargo fire on deck
Equipment/Outfit/Management		
Passive fire protection	Container	Improved fire protection of container floor
Sealing of container	Container	Improved sealing for dangerous goods
Safety eq. for fire fighters	Personal or mobile eq.	To be investigated
Information about cargo	Cargo inside container	Cargo information can help to identify and separate fire risk

本項措施只是 GL 建議，短期間並不可能實施，設計者僅供參考即可。

8). Design of Container Ships for Safer Securing and Access

此為英國港務局及 LR 所發表係有關貨櫃船設計與碼頭工人作業安全的研究，由簡報資料看到許多貨櫃船為節省船廠成本，施工設計並未考量實際船員作業空間需求，使得碼頭工人的受傷機率居高不下，因此作者提出以下之設計改善措施供參，作者希望未來 ILO Maritime Labor Convention 能將保護碼頭工人的安全設計相關保護措施列入未來法規中強制執行，以確實保護工人安全。

- a) Ramps and walkway：採用 rubber 或 FRP 等防滑 grating，確保 non-slip surface
- b) Marking：安全作業區加以標示，以利碼頭工人作業時能清楚辨別安全區域
- c) Working platform：要有足夠空間供工人作業
- d) Hatch cover and coaming design：要有足夠空間，另 flat 高度要正確
- e) Lighting：要有足夠照明特別是在工作作業區如 lashing bridge, deck crane 等

- f) Stowage : lashing bars/twist lock and other fittings 所置放之空間要充足、遠離危險區，另外置放物品安排如 twistlock 避免左右手混合
- g) Others: 採用 Fully Automatic Twist Locks (FATL) 以避免 container top 作業產生危險，deck crane 之通訊系統要清楚。

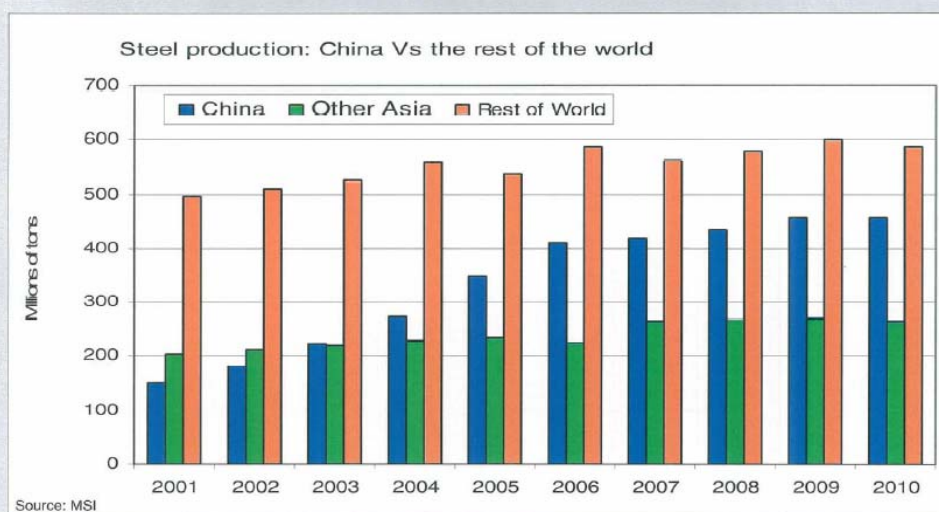
三. 結論與建議

本次參加 RINA 會議獲益良多，茲綜合略述如下：

- 1). 本公司應密切注意巴拿馬運河拓寬計畫對貨櫃運輸市場及船型之影響，並做適當因應。
- 2). GL 與 HHI 之 13,400 TEU C/V 合作模式及設計考量重點、方法等可供本公司欲開發 10,000 TEU C/V 之參考。
- 3). 貨櫃採高櫃(9'6")之趨勢越來越多，因此船深設計時應將貨艙中採用之高櫃層數列入考量。
- 4). 對 10000 TEU+以上之超大型貨櫃船而言，住艙區往前移至船艙附近，應該是較佳之設計。
- 5). YP47 新材料之應用可降低所需之鋼板厚度，本公司設計應密切注意其發展情況。
- 6). 欲準確進行超大型貨櫃船之上構振動性能分析，應採用詳細的主機建模並搭配全船振動模式。
- 7). 主機技術之發展，將來對設計影響很大，設計者應時時注意其最新發展動態。
- 8). 此次會議見識到各造船相關單位以及日韓主要造船廠，針對造船技術研發，投入很多人力、物力，此外為提升船舶性能，亦有許多創新性之構想，值得我們學習，本公司除致力降低生產成本之外，亦應持續強化自己的創新及研發能力，引進設計新血，方能保持競爭優勢不被市場淘汰。

附件一 鋼鐵產量(2001-2010)與煤、礦砂運載市況

Market conditions – Steel production



Market conditions - demand

Iron ore imports 2001 – 2010 (millions of tons)

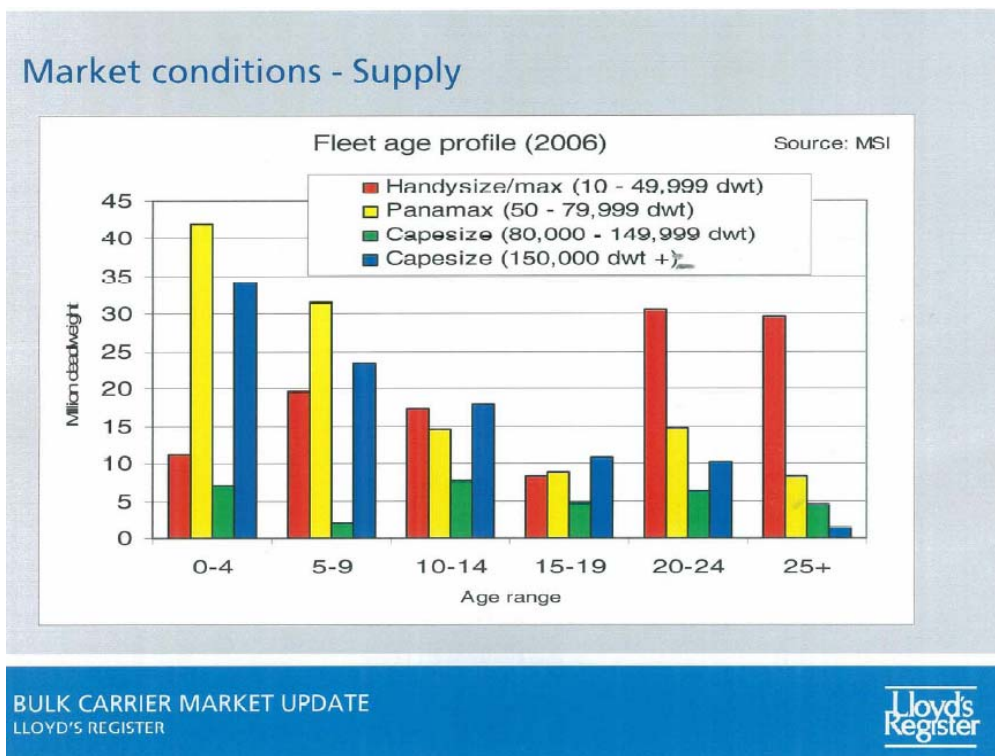
Western Europe	124	to 144	Increasing
Japan	125	to 126	Static
China	92	to 371	Dominating growth



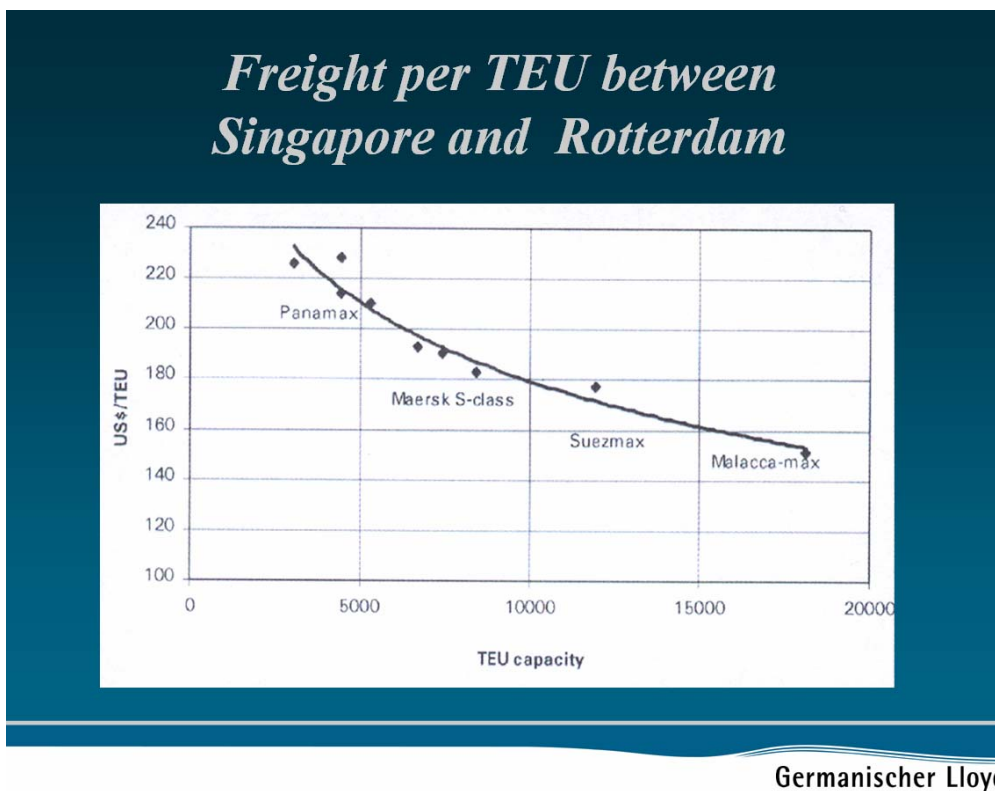
Coal Exports 2001 – 2010 (millions of tons)

Australia	194	to 303	Remains the largest coal exporter
Indonesia	66	to 157	Has become the 2 nd largest exporter

附件二 散裝貨輪現有船齡分析

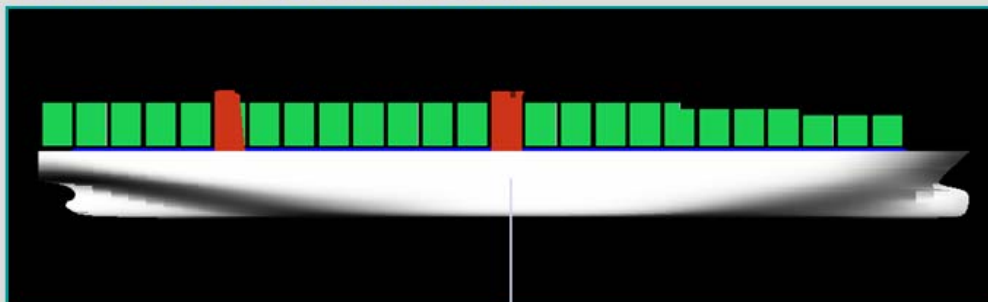


附件三 貨櫃船大型化之經濟效益

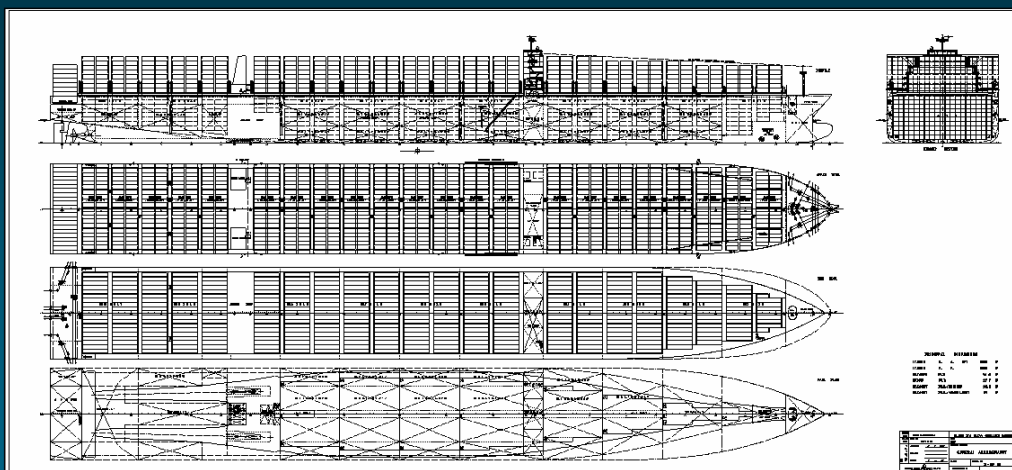


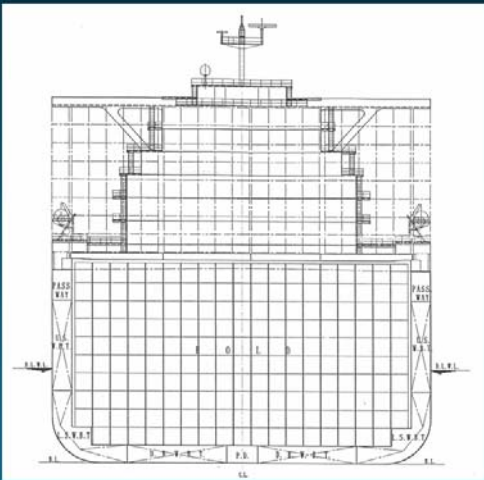
附件四 住艙區位置與貨櫃總數

Effect of re-locating superstructure



13.000 TEU Post-Panamax Ship with $L = 382\text{ m}$, $B = 54,2\text{ m}$



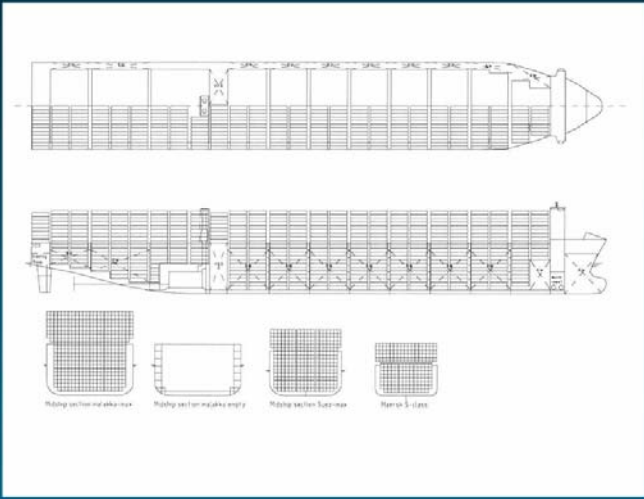


Principal Dimensions	
Length o.a. abt.	382 m
Length b.p.	366 m
Breadth	54.2 m
Depth	27.7 m
Draught (design)	13.5 m
Draught (scantling)	15.0 m

Germanischer Lloyd

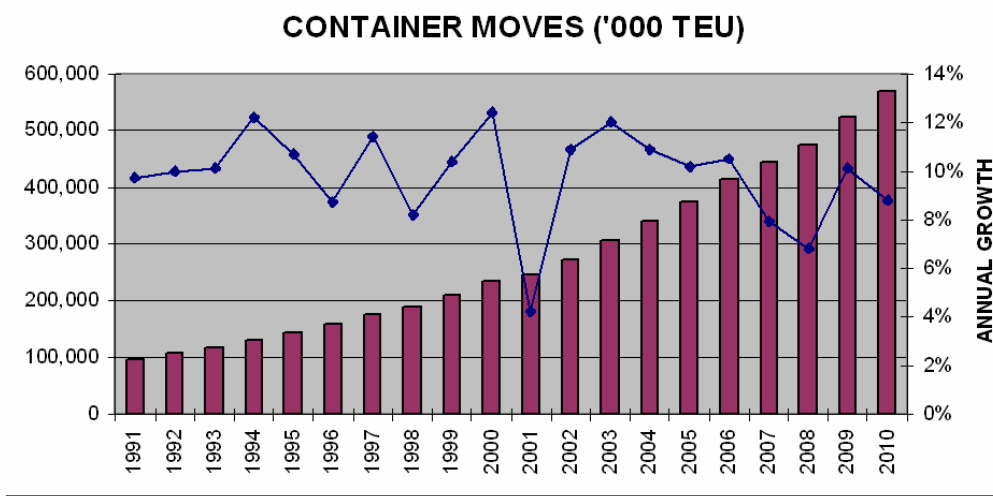
附件五 麻六甲極限型貨櫃船主要尺寸

Malacca Max Container Ship
 $L = 400\text{ m}; B = 60\text{ m}; H = 35\text{ m}; T = 21\text{ m}$

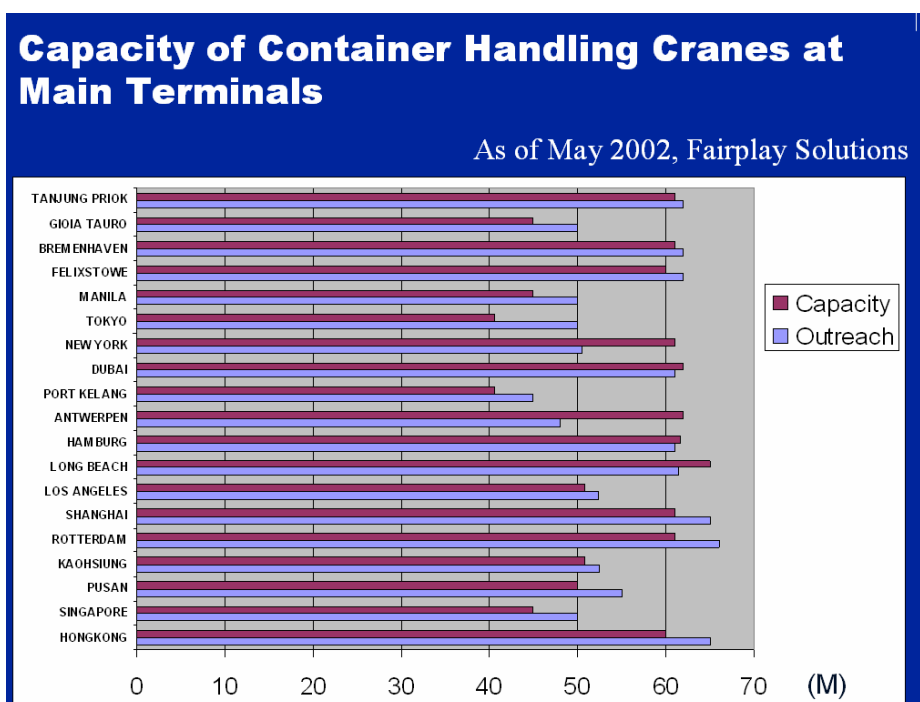


Germanischer Lloyd

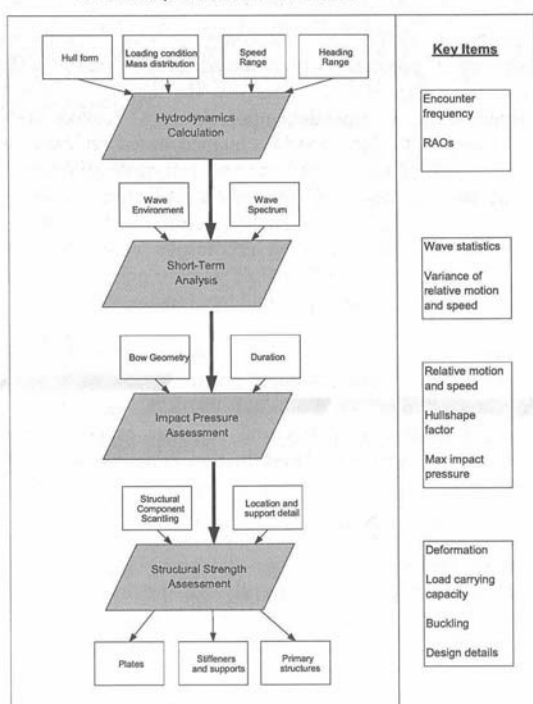
附件六 貨櫃貿易成長量



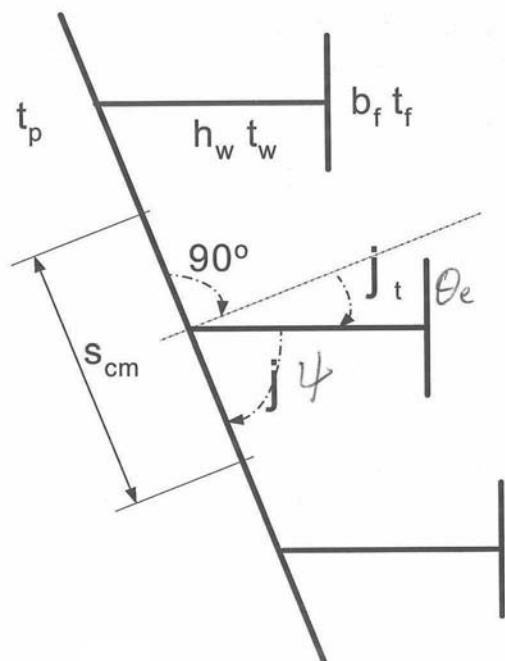
附件七 世界主要貨櫃港口之吊車設備



附件八 Flow chart of LR Slamming impact Assessment



附件九 Non-perpendicular arrangement of Side Stiffener



附件十 IKH-A/IKH-B 之比較

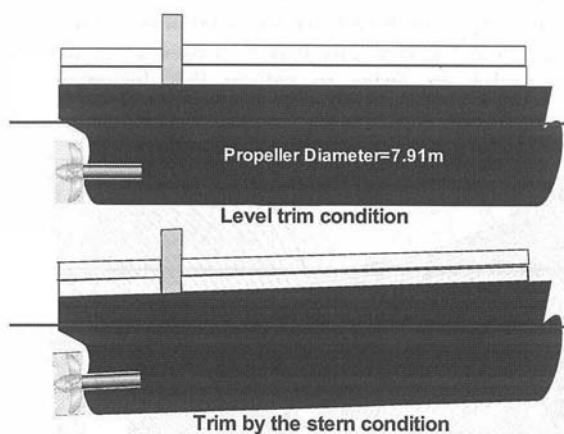


Figure 1: Basis Hull

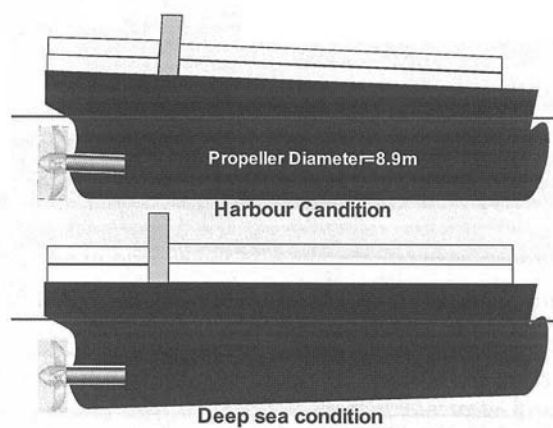


Figure 2: Definition of Inclined Keel Hull (IKH-A)

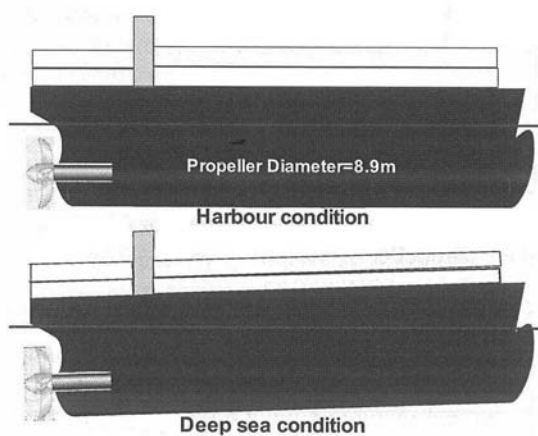


Figure 3: Definition of Inclined Keel Hull (IKH-B)

附件十 IKH-A/IKH-B 之比較

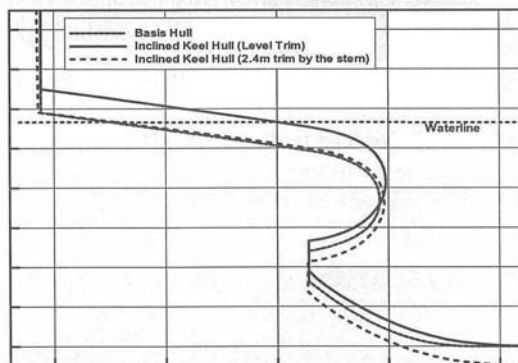


Figure 7: Stern profile modifications for a larger propeller

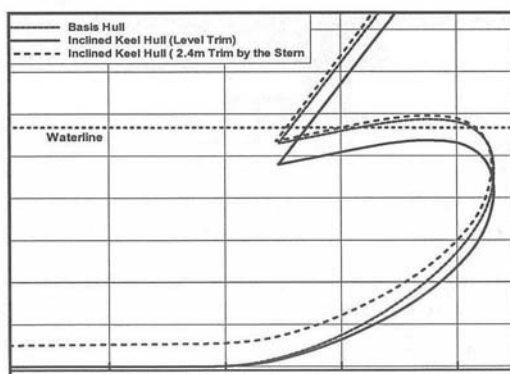


Figure 8: Bow profile modifications for a larger propeller

附件十一 with/without heat recovery heat balance 比較

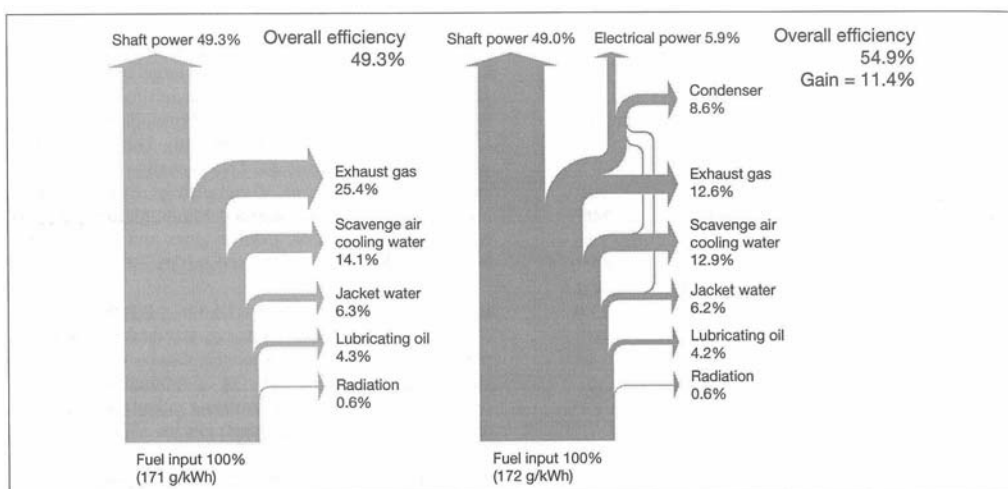


Figure. 9: Comparison of heat balances for Wärtsilä 12RT-flex96C engines without heat recovery (left) and with the high-efficiency waste heat recovery plant (right) showing an 11.4% gain in overall efficiency with WHR.