

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)

參加英國皇家造船學會舉辦之『貨櫃船設計與營運』國際研討會

服務機關：台灣國際造船股份有限公司

出國人職稱、姓名：

十一等權理課長 周志明

出國地區：英國倫敦

出國期間 2008 年 07 月 2 日至 2008 年 7 月 6 日

報告日期：2008 年 08 月 16 日

單位主管	人事處	批 示

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。

壹、 摘要

公司近年來專注於貨櫃船之設計，在國際市場頗有好評，連續數年設計開發的新船均列入英國皇家造船學會名船錄。隨著巴拿馬運河拓寬計畫之進行，貨櫃船大型化所衍生之諸多結構設計新議題已成為近年來船級協會與設計人員之研究重點。主動積極參與國際技術研討會議並了解新船型設計開重點，對公司洞悉市場變化趨勢與提昇設計產品有莫大的助益。

貳、 目的

隨著巴拿馬新運河拓寬計畫之進行，公司目前也與驗船協會共同合作開發 12,600 TEU 新巴拿馬極限型超大型貨櫃船，此次會議中有多項專題即為主要驗船協會針對超大型貨櫃船所發表，對於公司目前定位於貨櫃輪專業船廠，對此類會議之參與更應掌握不可錯失。藉由此次會議吸取開發新船型設計之重點，並與各驗船協會、頂尖設計技術人員進行討論與經驗交流，進而瞭解更多未來發展趨勢，讓公司對未來市場與船型能有中長期之設計規劃，藉此提高產品的價值性、特殊性與精緻性，以求在貨櫃船市場上持續佔有優勢。

參、 過程

- 3.1 2008/07/02 由高雄啟程，前往英國倫敦。
- 3.2 2008/07/03~2008/07/04 會議進行。
- 3.3 2008/07/05 由英國倫敦啟程，2008/07/06 返抵高雄。

肆、 工作項目

會議發表專題主要項目：

4.1 前言：

隨著燃油高漲與新巴拿馬運河的開始興建，船舶大型化可以降低貨物運輸成本，增加航商競爭力。但船舶大型化後，剛性的增加比例相對而言較為有限，因此大型船舶的船樑自然頻率也較小型船舶為低，而維持較高船速也使得遭遇波浪頻率與船樑自然頻率更為接近，提高了與動態海況共振的潛在問題。相較以往較小船舶來說，主要差異來自於兩種現象，包括船樑最低自然頻率與遭遇波浪產生共振所造成的長期波振（springing），以及於惡劣風浪或淺吃水時產生波浪拍擊（bow flare impact、bottom slamming）之暫態抖動（whipping）。依船型大小、線形變化、航行速度、不同航線、與波浪遭遇角度等、都會使得動態負荷振幅超過現有法規計算值，而動態負荷與船舶結構的疲勞壽命與極限強度

有絕對的關係，因此深入了解此一問題並於設計階段即能加以預防，是非常重要的關鍵。

現有法規在計算船體運動與波浪負荷之關係，假設基礎為船樑是剛體（rigid body）而非彈性體（elastic body），因此當船樑剛性降低而彈性體之特性相對增高時，原法規之理論基礎與安全裕度是否能涵蓋此一現象所帶來之差異仍未明確。波浪動態負荷對於流體-剛性體（fluid - rigid hull structure）與對於流體-彈性體（fluid - elastic hull structure）會因為時間變化以及流體與結構體有不同的交互影響，必需透過較為先進的水動力學（hydrodynamic）、水彈力學（hydro-elastic）等非線性理論，並在現有較為可行與合理簡化的波浪理論基礎假設下，依據實船線形與船舶結構佈置進行計算分析，以合理掌握每一個船型特有的動態負荷分佈與變化，來有效預估結構應力變化與疲勞強度。經分析計算與船模實驗結果顯示，彈性體於動態負荷下承受之響應較剛性體來的大，因此這種直接計算法（direct calculation）對超大型船舶的設計更顯的重要。

4.2 Assessment of Whipping Effects on Global Loads of Ultra Large Container Ships (Germanischer Lloyd AG, Germany- HHI, Korea)

3DFEM - 3DBEM Model for Springing and Whipping of Container Ships (Bureau Veritas, France - Delft University of Technology, Netherland)

A Comprehensive and Practical Strength Assessment Methodology for Container Ships Taking into Account Non Linear and Hydroelastic Loading (Bureau Veritas, France)

Hydroelasticity of Very Large Container Ships (Bureau Veritas, France - University of Zagreb, Croatia)

GL 與 HHI 合作的 13,000 TEU 超大型貨櫃船，由 GL 進行數值分析計算，HHI 進行水槽試驗。較為特殊的是船模由四個模組組成，每個模組為 1/4 船長，並以負荷元件（load cell）相連結，艏艉處均設置加速規，並安置了十五個壓力感應器。於水槽內在艏、舢、艉分別做了錘擊試驗（hammering test）以求出船樑的二、三、四階自然頻率。GL 的數值計算假定了四種狀況，分別驗證與船模實驗值的正確性，並計算出剛體與彈性體在因為船艏、艉遭遇波擊產生抖動時船樑所受的垂向剪力與彎矩於船長方向分布的變化狀況，結果顯示彈性體的振幅響應會與剛性體的振幅有相位變化並上下震盪。以 GL 目前發展的 RANSE 程式數值計算結果與船模實驗數據有相當程度吻合，對於非線性波擊造成的暫態抖動狀況應可有效預測。

BV 與 Delft University（荷蘭戴爾夫特工業大學）也於頻率域與時間域的非線性流場水彈力理論進行波振與抖動現象對於超大型貨櫃船的疲勞強度與極限強度帶來的影響。由於彈性體引發的抖動現象將會連帶的增加

船樑垂向彎矩，BV 於一艘 250 米長的貨櫃輪進行全船量測，於惡劣海況下，抖動造成了 20~30% 的波浪彎矩增加，此結果與計算數據吻合。BV 也以發展多年的水動力學軟體 HydroSTAR 進行非線性水彈力現象的波振與抖動計算，並佐以水槽實驗來微調程式內參數。BV 並對 CMA-CGM 一艘 9,400 TEU 貨櫃輪進行全船量測驗證。截至 2008 年第一季，建造中超過 10,000 TEU 的超大型貨櫃輪已超過 180 艘，並將陸續於 2009 (17%)、2010 (29%)、2011 (43%) 交船，相信在未来幾年經由實船量測累積經驗，現有法規將會對超大型船舶有某種程度的修改。

4.3 Full Scale Measurements of Stresses and Deflections of Post-Panamax Container Ship (IHI Marine United, Japan)

Measurements of Wave Induced Vibrations and Fatigue Loading Onboard Two Container Vessels Operating in Harsh Wave Environment (Det Norske Veritas, Norway)

隨著貨櫃船舶大型化，除了結構強度是關心的議題，另外關於艙口變形，艙蓋與艙口圍緣間墊片的位移變化均是必須深入了解的項目。IHI Marine United 分別針對 1998 與 2002 年兩型 6,000⁺ TEU 貨櫃船進行全船量測，計畫執行與 NK 共同合作。量測系統與設備包括機艙設置一個六自由度迴轉儀、船艙設置一微波浪高感應器、船艙設置三個加速規、貨艙甲板與二重底於船長方向共佈置了七個光學式應變規、艙尖艙與艙推進器艙區設置波浪水壓感應器、橫向甲板的抗扭箱樑內設置位移鋼纜與橫向雷射位移感應器與縱向雷射位移感應器，其餘船速、風速、風向、船舶定位等資料由船舶本身裝備儀器取得，系統設定為每兩小時將自動記錄廿分鐘資料。該船每兩個月會返回日本，IHI 工程師再上船將資料取出，並向船長取得相關海上日誌，此一量測計劃執行了兩年半。其中主要分析資料顯示艙口變形與艙口蓋墊片設計關係之變位因素包括 $\delta 1$ (主要來自波浪彎矩造成的甲板變位)、 $\delta 2$ (主要來自橫向艙壁因船體運動造成的變位)、 $\delta 3$ (主要來自船樑扭轉造成大艙口的變位)，彼此之間並無交互作用而產生複雜的影響 (no correlation)，使的現有的計算公式可以單純化。

DNV 近來提出研究報告，船舶越趨大型化後，具有較低的自然頻率，更易由長浪引發更多能量的振動破壞，而此狀況不見得只在超大型貨櫃船預見，於壓載水狀況下航行的 220,000 DWT 的船艙肥胖的礦砂輪也會因波浪而衍生的振動產生疲勞破壞。DNV 此次提出兩艘航行於北大西洋實船量測報告，分別為 4,400 TEU 與 2,800 TEU 貨櫃船，結果顯示於惡劣海況航行時，船速均會降低，除了來自於船長的減速航行外，因惡劣海況所造成額外的附加質量亦為其中原因。

4.4 Ultimate Strength Assessment of The Engine Room Area of The Container Vessel MSC Napoli – January 2007 Incident (Det Norske Veritas, Norway)

DNV 針對 MSC Napoli 於 2007 年發生之海損事件，運用了最先進的理論計算與 3D 視覺效果處理，做了非常深入的研究，並對事發當時的現況模擬與分析計算，除了歸咎於惡劣海況外，貨櫃委運業主報關重量的不實、船舶設計本身強度餘裕、縱向連續材的適當配置與否均是造成此次海損事件的諸多原因。此計算由於已在非線性的範圍，因此核心程式是以 ABAQUS 來求解。

4.5 Guidelines for Application of YP47 Steel Plates to Strength Deck Construction of Ultra Large Container Ships (Class NK, Japan)

隨著船舶愈趨大型化，鋼材的厚度與強度要求也隨著提高，但超厚鋼板（大於 50mm）對於脆性破壞（brittle fracture）的遏止能力（arrestability）不如薄鋼板來的好，由 YH36、YP40 再提高到 YP47，可以將鋼板的厚度降低，以降低脆性破壞造成裂縫成長的風險。提高鋼材材質與強度的好處對於船東包括節省燃油、降低船舶重心、增加載貨量、降低 hatch side coaming 板厚以減少脆性破壞的風險；對於船廠包括節省鋼料成本、減少電鍍量、減少搬運成本等。針對高強度鋼材的使用，有許多須特別注意的重點，包括電鍍道儘可能以錯開方式排列、入熱量的控制、電鍍道的研磨與殘留應力消除等。

另關於 YP47 使用於超大型貨櫃船，由於板厚減少會降低船體剛性，因此受到波振與抖動的影響要考慮。

伍、心得與建議

5.1 此次會議主要發表之研究報告放在船舶大型化後，船體剛性並未與船舶尺寸同比例成長，因此船樑本身的自然頻率較小型船舶為低，與遭遇海況的波浪頻率也較為接近，所衍生之結構疲勞問題與所佔比例與經驗船皆有不同。這些新引發的議題在現有的法規計算與相關文獻並未有足夠的實際統計經驗值，或可靠的經驗公式可作為結構設計之額外負載考量，因此難以正確掌握，必需透過較為先進的水動力學（hydrodynamic）、水彈力學（hydroelastic）等非線性計算理論來預測。此種較為尖端之理論計算與分析程序，在公司發展超大船型與精緻設計的過程，為設計亟需建立與培植的重點，僅靠現有人力編制與能力無法獨自完成，必須與各驗船協會、技術機構、學術界共同合作，但仍應妥善計劃並逐年晉用高學歷（博、碩士）工程人員，將此種核心技術落實於公司內部。

5.2 BV、日本 IHI Marine United、與 DNV 分別就 9,400 TEU、6,000⁺ TEU、4,400 TEU、2,800 TEU 貨櫃船進行實船量測。此種量測計畫對於驗船協會或是船廠而言，均是建立與驗證最適化設計的最實務作法。實船量測可為設計帶來許多佐證與分析資料，供設計參考以往計算之基準是否需要調校，尤其在新船型開發過程中，能有設計與實船驗證來做判斷，不但可以適當提升設計人員的實務經驗，也可提供船東營運上更多的參考

數據，讓船員對於不同海況的操作能有更多了解，以避免或降低船舶損壞的機率。此點與 5.1 項建議所述相同，也應列為公司未來必須建立的核心技術項目，而逐步計畫完成。

- 5.3 燃油價格近年來居高不下，雖說短期內仍有起伏，但一般相信低油價的時代已經結束，如何節省船舶推進成本成為重要議題。以目前科技除了核能推進系統外（但初始投入成本太高），短期內要改變傳統內燃機推進方式並達相同效能似乎不太可能，因此節能技術的研究成為船廠推出新船型的秘密武器。公司設計研發方向近年來著重於節能研究也頗具成效，日前與其他船廠商討技術合作事宜，也以此為主要訴求，而此項目也成為公司未來重要核心技術與精緻化設計的重點。
- 5.4 目前公司設計人員編制僅足以應付新船設計之工作，針對上述三項重要核心技術，應計畫性補充年輕高學歷人才，並藉由各種外部資源與合作計畫來培訓現有人員，並適當歸屬於獨立之研發單位，才能真正將核心技術落實。