

세미나 : 超大型船 造建에 따르는 諸 問題點

超大型船의 構造設計

任 尙 鍊\*

1. 緒 言

最近數年 사이에 나타나기 시작한 油槽船超大型化的 趨勢는 先行船의 經驗의 蓄積을 기다릴 餘裕도 없이 持續되어 DWT 50萬 ton의 油槽船의 出現을 보게 되었고, 그 크기가 앞으로 더 增大될 것으로 展望되고 있다.

그것은 油槽船이 大型化할수록 輸送單價가 低廉해진다 는 經濟的인 魅力때문에 技術上의 難點들을 무릅쓰고 性急히 推進되어 왔다. 그동안 經濟的인 考慮 때문에 船型에도 相當한 變化가 있었고(表1 參照), 이에 따라 構造設計面에서도 많은 問題들이 露呈되었다. 또한, 이와 같은 大型化에 따라 船價에서 構造費가 차지하는 比率이 커지므로(表2 參照) 構造設計의 重要性이 相對的으로 增大되고 따라서 合理的인 船型의 採擇과 構造設計가 더욱 切實하게 되었다.

表 1. 過去와 現在의 油槽船의 主要치수의 比較 (1970 ISSC Proceedings, p. 98)

	DWT 18,750 ton-Tanker (built in 1955)	DWT 326,500 ton-Tanker (present)
$L_{PP}$	530'	1082'-8"
$B$	69'-3"	175'
$D$	39'	105'
$L/B$	7.65	6.18
$L/D$	13.6	10.3

表 2. 一般貨物船과 超大型油槽船의 船價中 材料費의 比率 (川崎重工資料)

	貨 物 船 (DWT 12,200 tons)	油槽船 (DWT 215,000 tons)
鋼材	19.3%	42.9%
主機	19.7%	16.0%
其他	61.0%	41.1%
計	100%	100%
材料費 / 船價	70.6%	67.8%

이에 따라 超大型油槽船의 構造設計에서는 詳細한 應力解析을 要求하게 되었고, 그것을 뒷받침하기 위하여 關聯分野에서의 研究가 活氣를 띄게 되어 많은 새로운

知識이 얻어진 바 있으나, 아직도 純粹한 理論的인 方法으로 船體構造를 設計할 수 있는 段階에는 이르지 못하고 있다.

2. 船型의 特異성과 構造設計上의 問題

油槽船의 超大型化는 곧 主要치수의 增大를 가져오나, 要求되는 容積의 增加를 배의 길이의 增大에 의해 얻는 것 보다는 그 斷面의 增大에 의해 達成하는 것이 船價面에서 有利하기 때문에, 짧고 뚱뚱한 船型이 開發되기에 이르렀다. 이와같은 船型의 特徵을 살펴보면, 船長에 있어서는 DWT 30萬 ton級 以上에서 1,000 ft를 넘게 되었고,  $L/B$ 는 從來의 7~8로부터 現在의 5~6으로 떨어졌고,  $L/D$ 는 從來의 12~15로부터 現在의 9~11로 떨어졌으며,  $C_B$ 는 0.85 以上으로 되는 傾向을 보이고 있다.

이와 같은 特異船型은 經驗의 뒷받침을 얻을 수 있는 範圍를 벗어나는 것이며, 따라서 그 構造設計에 있어서 經驗을 土臺로 하는 從來의 方法을 쓸수 없게 되므로 理論的인 構造解析에 依存하지 않을 수 없게 된다.

船長( $L$ )이 1,000 ft를 넘으면  $L$ 을 土臺로 하는 經驗式에 의하여 主要部材의 치수를 算定하고 縱強度를 確保하는 在來式方法은 不合理하게 過大한 값을 주게 된다. 그것은, 在來式方法이 배가 自身과 같은 길이의 트로코이드波(波高는  $L/20$  또는  $1.1\sqrt{L}$ ) 위에 놓이게 된다는 것을 假定하고 있는데 反하여, 길이 1,000 ft 以上의 배는 自身과 같은 길이의 波濤를 만나는 일이 거의 없을뿐만 아니라 긴 波濤의 波高는  $L/20$  이나  $1.1\sqrt{L}$  보다 낮다는 것이 그 理由인 것으로 알려져 있다.

따라서 이와 같은 배의 構造設計에서는 船體에 걸릴 荷重을 合理的으로 推定하고 그것에 견딜 수 있는 最適의 構造를 創案하는 理論的인 方法이 要請된다. 그러나 그것을 위해서는 實際의 大洋波의 觀測 解析結果를 利用하여 波濤의 荷重을 正確하게 算定할 수 있게 되고, 이와같은 荷重에 對應하는 船體構造部材들의 靜的動的 舉動을 詳細히 解析할 수 있게 되고, 또한 全體의 局部的 構造의 破壞機構에 關한 理論이 確立되어야 할 것이다. 이 세 分野에서의 研究는 各各 놀랄만

\* 正會員, 서울大學校 工科大學

한 進展을 보이고 있어서 멀지 않은 將來에 純粹한 理論의인 構造設計가 可能해질 것으로 展望되고 있으나 아직은 滿足스러운 段階에 이르지 못하고 있다.

한편, 이와 같은 船型에서는 斷面이 相對적으로 크기 때문에 縱強度上 要求되는 斷面係數의 確保가 容易해지므로 縱強度보다도 橫強度가 더 問題가 된다. 그러나, 從來의 배에서는 대개 縱強度가 重要視되었고 따라서 縱強度에 對한 知識은 相當히 發達되어 있으나 橫強度에 對해서는 앞으로의 研究에 期待해야 할 部分이 많이 남아 있다. 또한, 이런 船型에서는 要求되는 斷面係數의 確保에 必要한 船底板이나 甲板의 두께가 얇아지기 때문에 (200,000 ton 級 油槽船의 船底板이 20,000 ton 級 油槽船의 그것보다 얇을 수 있다), 局部強度(특히 挫屈強度)가 重要해 진다.

### 3. 構造設計의 現實

上述한 바와 같이 超大型油槽船의 構造設計는 理論의인 方法에 依存하는 方向으로 기울어져가고 있으나, 船體荷重推定, 構造舉動解析 및 破壞機構確立 등이 完全히 이루어질 때까지는 그들 分野에서 部分的으로 밝혀진 知識과 設計者의 判斷에 따를 수 밖에 없는 部分이 許多할 것이다.

船體에 作用하는 荷重中 靜的인 部分에 對해서는 別로 어려움이 없으나, 動的荷重에 對해서는 大洋波의 觀測結果를 統計的인 方法으로 處理하여 特定한 배가 特定한 航路에서 就役中에 만나게 될 波濤를 正確하게 豫報할 수 있게 하려는 研究가 相當한 進展을 보이고 있다. 그러나 그것을 構造設計에 使用할 수 있는 段階에는 이르지 못하고 있으며, 따라서 이 部分에 對해서는 設計者의 裁量의 余地가 남아 있다.

한편, 주어진 荷重에 對한 特定된 船體構造의 舉動을 解析하려는 分野에서는 高速大型電子計算機와 最近에 注目を 끌고 있는 有限要素法의 導入으로 急速한 進展이 이룩되었다.

有限要素法은 解析하려는 構造物을 多數의 有限要素로 分割하고 各要素에 對한 平衡方程式과 適合變形條件式들을 組立하여 매트릭스形式으로 表示하고 주어진 境界條件들을 代入한 뒤에 그 式을 滿足하는 數值解를 電子計算機에 依해 求하는 方法이며, 構造解析뿐만 아니라 모든 工學分野에 널리 利用되고 있는 가장 有力한 方法인 것이다.

이 解法을 利用한 大型構造解析用 프로그램으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

프로그램名稱	開發關係	使用機種	풀수있는問題	許容크기	備考
SAMIS (Structural Analysis and Matrix Interpretive System)	發注者: NASA 開發者: Dr. Melosh 完成年: 65年	IBM 7094-7040 DCS(with 16 Tape unit or Disc)	靜的應力 및 變形度 分布(熱應力包含), 挫屈, 振動, 非線型問題, 粘彈性問題	未知數 10,000元	變位法
BGPAS(Bell General Purpose Analysis System)	開發者: Bell Aero-Systems, A. Textron Co.	IBM 7090(with 18 Tape unit)	彈性應力分布, 彈性安定, 有限變位, 有限變形度解析, 振動問題	未知數 2,000元 要素數 1,000個 材料 35種 荷重條件 9種	變位法
FORMAT Version I, II, III (Fortran Matrix Abstraction Technique)	發注者: USAF 開發者: Douglas Aircraft Co. 完成年: 65年, 67年, 68年	IBM 7094-7044 DCS or GE 635	靜的應力 및 變形度 分布, 挫屈, 振動, 動的應力	未知數 2,000元	應力法
DAISYS(Displacement Analysis Investigative System-Seattle)	發注者: Boeing Aircraft Co. 開發者: Arizona大學 Prof. Kamel 完成年: 68年	CDC 6600 (6400)	彈性應力 및 變形度 分布, 大變形(large deflection), 塑性問題, 粘彈性問題	未知數 6,000元 要素數 4,000個 節點數 1,500個	變位法 이 프로그램은 68년부터 ABS와 Chevron Shipping Co.가 共同으로 油槽船의 構造解析에 使用하고 있음

<p>STRUDL Version I, II (the Structural Design Language)</p>	<p>發注者: IBM 開發者: MIT Civil Eng. 完成年: 67年, 69年 ICES(Integrated Civil Engineering System)의 一環</p>	<p>IBM 360/65 or Equivalent</p>	<p>靜的應力 및 變形度 分布, 挫屈, 振動, 非線型問題, 보 構造의 最適設計 (部材치수 指定)</p>		<p>變位法</p>
<p>ASKA(Automated System for Kinematic Analysis)</p>	<p>發注者: North American Rockwell Corp. 開發者: 西獨 Stuttgart大學 Prof. Argyris 完成年: 70年</p>	<p>CDC 6600 or IBM 360/65</p>	<p>彈性, 塑性 問題, 大變形(large deflection), 挫屈, 振動, 非定常應答, 流體力學問題</p>	<p>未知數: 無制限</p>	<p>變位法 이 프로그램은 어떤 問題라도 풀수 있다는 것이나 特徵이 많은 時間이 걸린다는 短點이 있다</p>
<p>STRESS (Structural Engineering System Solver)</p>	<p>發注者: IBM 開發者: MIT 完成年:</p>	<p>IBM 7090 or IBM 1130</p>	<p>2次元 및 3次元 敍대 構造의 靜的 解析</p>	<p>IBM 1130 節點數: 125個 部材數: 250個 荷重條件: 6種</p>	
<p>CASDOS (Computer Aided Structural Detailing of Ships)</p>	<p>發注者: USN 開發者: Auther D. Little Inc. 完成年: 68年</p>	<p>IBM 7090/94 (with 11 tape unit)</p>	<p>배의 基本치수, Off-sets, 基本構造圖의 資料(Digital Ship Model)를 Input 하여 生産工作圖面을 Output로 얻을 수 있음.</p>		

上記 프로그램들을 利用하는 船體構造解析에서는 第 1 段階로서 船體를 三次元 敍대 構造 또는 箱子型 板殼 構造로 보고 比較的 거칠게 分割하여 解析한 뒤에, 第 2 段階로서 甲板, 舷側板, 船底, 隔壁 등을 메너이 2 次元 解析을 하고, 應力集中이 있는 部分에 對해서는 더 잘게 分割하여 第 3 段階의 解析을 實施한다.

그러나 이와 같은 解析으로부터 얻어지는 結果는 주어진 荷重下에서의 提案된 構造의 各部의 舉動(應力, 變形度, 振巾等)일 뿐이더, 各部分의 安全與否는 3 次元 應力狀態에서의 破壞機構가 밝혀질 때까지는 判斷하기 困難하다. 破壞理論으로서는 몇가지 說이 있고 部分의으로는 實驗과 잘 맞는 것도 있으나 아직 普遍的인 定說이 確立되어 있지 않다.

그러므로, 現實의으로 超大型船의 構造設計에서는 設計者의 識見과 判斷에 따라 荷重을 假定하고, 이에 對應되는 構造를 考案하고, 그것을 前記荷重下에서 解析하여 應力分布를 얻은 뒤에 어떤 破壞理論에 비추어 各部分이 一定한 安全係數를 갖도록 部材의 配置나 치수를 修正해 나가는 方式을 擇하고 있다.

#### 4. 結 言

上述한 바와 같이 超大型 油槽船의 構造設計는 經驗爲主의 方式으로부터 벗어나 理論的인 解析에 依存하는 方式으로 바뀌고 있으나, 아직도 最適의 設計를 바로 얻을 수 있는 段階에는 이르지 못하고 있다.

그것이 이루어지려면 船體荷重推定, 船體構造解析 및 破壞理論確立 등이 先行되어야 하나, 그들 分野에서의 研究가 많은 成果를 올리고 있는 것으로 미루어 멀지 않은 將來에 完全한 理論的인 構造設計가 可能해 질 것으로 期待된다.

#### 參 考 文 獻

- [1] "ISSC Proceedings," 1970
- [2] S. Kendrick, "The Structural Design of Supertankers", *Trans. RINA*, 1970.
- [3] "Surveyor", Quarterly Publication of ABS., Aug. 1969.
- [4] 日本造船學會誌, 第486號, 1970年 12月
- [5] 川崎重工業副社長長谷川健二氏 講演資料

- [6] J.J. Nachtshiem, B.W. Romberg, and J.B. O'Brien,  
"Computer Aided Structural Detailing of Ships  
(CASDOS)," *Trans. SNAME*, 1967
- [7] "*Principles of Naval Architecture*," Chapt 9,

SNAME, 1966.

- [8] "Structural Engineering System Solver (STRESS)  
for the IBM 1130 (1130-EC-03X), Version 2,  
User's Manual," IBM, 1967.