

세미나 : 超大型船建造에 따르는 諸 問題點

肥大船의 最小抵抗船型

曹 奎 鍾*

§ 1 序 言

肥大船의 最小抵抗船型에 關係 考察해 보기로 한다. 따라서 먼저 肥大船의 概念부터 言及 하고자 한다.

最近建造되고 있는 tanker 들은 採算性向上의 見地로부터 甚히 巨大化 肥大化의 傾向을 밟고 있다. 우리나라에서도 明春부터 現代造船所에서 26萬噸級 tanker를 着工하기로 되어 있다. 이런 배의 特徵은 그 經濟性 때문에 길이에 비해 幅이 커졌고 肥大係數가 커져 거의 箱子型에 가까워졌고 크기에 비해 速度가 낮다는 點이다. 即 L/B 가 6~5.5, C_b 가 0.80~0.85, 速力이 18 kts 近處로서 速長比가 0.6 近處로 되어 있음이 그 特徵이다.

다음에 最小抵抗船型이란 말에 對하여 言及 하고자 한다. 이 말대로 하면 다른것은 全히 相關할것 없이 抵抗만의 見地에서 抵抗이 最少가 되는 船型을 意味하는 것이 되겠으나, 實際問題로서는 어디까지나 現實적으로 實用可能한 實質的인 意味에서의 推進性能까지를 고려한 最適 船型을 생각해 보기로 한다. 또한 여기서 船型이라함은 線圖를 意味하는 것으로 經濟的인 意味에서의 最適船型 即 主要寸法等의 決定은 따로 생각되어야 할것이고 여기서는 主要寸法等이 決定된 다음에 線圖를 決定하는 問題만을 對象으로 삼기로 한다. 主要寸法을 決定하기 위한 方法은 많이 있겠으나 參考文獻[17], [18]을 紹介하는것으로 그치겠다.

다음에는 抵抗의 概念인바

- 배의 抵抗은
 - 造波抵抗
 - 粘性抵抗 (摩擦抵抗
 - 造渦抵抗
 - 空氣抵抗

으로 分類하여 생각할수있고, 各各의 抵抗에 對한 研究가 數없이 많이 이루어져 왔다.

§ 2 Minimum Total Resistance Ships.

表面積의 摩擦抵抗을 包含해서 全抵抗이 極少가 되는

배의 模樣을 computer로 計算한 것으로 Welhausen等의 論文[3]을 들수 있으나[實用化되지 못했음] 大部分의 研究는 造波抵抗과 粘性抵抗으로 分離되어 遂行되어 왔고 特別히 Hughes에 依해서 形狀影響係數의 概念이 導入되기까지는 배의 形狀은 主로 造波抵抗을 極少로 하는 方向으로 集中되어 研究되어 왔다. 그러나 近來 肥大船의 出現으로 造渦抵抗等을 包含하여 粘性抵抗에 對한 研究가 活潑해 졌다.

그러나 여기서는 便宜上 肥大船의 船首部의 形狀과 船尾部의 形狀으로 區分하여 抵抗을 最少로 하는 形狀을 生覺해 보기로 한다.

§ 3 船首部의 形狀

結論부터 이야기하면 肥大船의 船首는 大型球狀船首로 하고 있음이 普通이다. 또 그렇게 해서 滿足한 結果를 얻고 있다.

本來 大型球狀船首는 主船體로서 發生되는 船首波를 相殺시킬 수 있는 波를 일으켜 造波抵抗을 줄이도록 하기 위해 考案된 船型[4], [5]으로 造波抵抗이 큰 高速船에만 有利한 것으로 알았었다. 그러나 最近의 Michigan 大學과 그밖의 여러곳에서 進行된 研究結果는 $C_b=0.80$ $V/\sqrt{L}=0.6$ 近處의 油槽船이나 平석운반선에 大型 bulb를 붙침으로써 比較的 큰 成果를 얻을 수 있다는 事實을 밝혔다.

이러한 배에 對한 模型試驗結果 抵抗의 減少率은 滿載狀態에서 大略 5%, 通常의인 油槽船의 ballast狀態에서 15%에 이르는 點을 알았다. 이들 結果는 實船試運轉에서 確認된바 있다. [13] 여기서 注目해야 할 事實은 bulb가 水面가가이에 오게 되는 ballast狀態에서 그와 같은 큰 效果가 나타난다는 點이다. bulb에 依해서 抵抗이 크게 減少하는 理由에 對해서는 完全히 밝혀진바 없으나 船首波를 相殺하는 作用外에도 다음 效果들을 주는것 같다.

(1) 어떤 船型 特別히 船首部의 斷面이 甚한 U型이거나 앞 部分에서의 bilge 曲率이 急한 船型의 船首의 尾部分에서 일어나는 흐름의 分離現象을 減少시키는 効

* 正會員, 仁荷大 工大

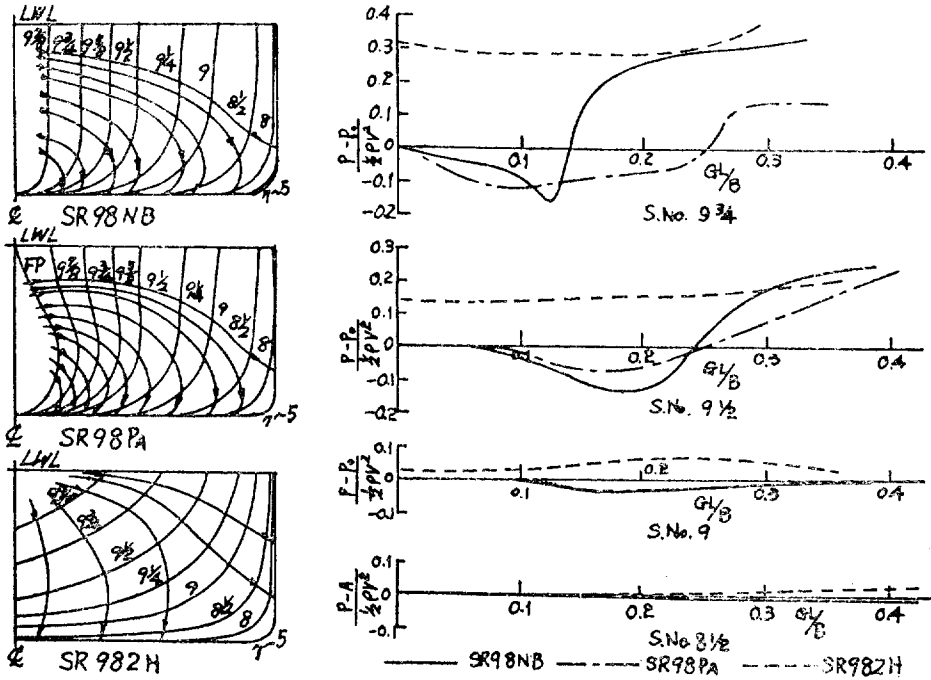


Fig. 1 船首에 있어서의 壓力分布
GL: Girth의 길이

果인듯 하다. 即 bulb에 依해서 船首 bilge 附近의 壓力降下가 輕減되고 局部 摩擦抵抗이 減少한다. 뿐만 아니라 交叉流의 原因이 되는 流線에 直角方向의 壓力勾配가 緩慢해 졌기 때문이라고 생각된다[9].

Fig. 1 은 神中의 方法[12]을 應用하여 nonbulb, bulb 불이 및 雙曲線狀肋骨線船型에 對해서 壓力分布를 求한 結果를 表示한다. [8]

(2) 큰 船首 bulb는 船體周圍의 흐름에 영향을 주어 船體周圍의 平均速度를 減少시키고 따라서 마찰저항을 減少시키는 것 같다. 即 bulb를 가진 배와 그와 같은 크기의 船首波를 發生시키는 bulb 없는 在來式 普通船型의 境遇 wave profile를 比較해 보면 다음 Fig.2와 같다.

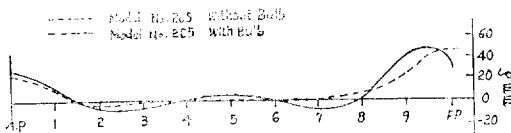


Fig. 2 벌브를 가진배와 가지지 않는 배의 波形
 $F_n=0.267$ (계획속도)

그림에서 보듯이 在來式 bulb 없는 船型이 일으키는 波形에서는 船首波頂 다음에 波底가 나타나는데 이것은 그部分에서 船體周圍의 流體壓이 낮고 流速이 크다는

것을 뜻한다. 이에 反하여 bulb가 붙은 球狀船首船型에서는 在來式 船型에서와 거의 같은 높이의 船首波頂이 나타나지만 그뒤의 波底가 없으며 水面은 그림에서 보는 것처럼 靜水面보다 높아진다. 이것은 그러한 船型에서는 船體周圍의 流速이 작아지고, 따라서 表面摩擦이 在來式 船型에서 보다 작게 됨을 뜻한다. 이러한 作用이 速長比가 낮은 큰 油槽船에서까지도 球狀船首船型을 採擇함으로써 全抵抗을 줄이게 하는 理由가 아닐는지? 萬若 그렇다면 表面摩擦抵抗을 줄이기 위해서도 船型을 研究할 必要가 있게 된다[13]. 要컨데 船首部의 模樣은 船首波에 依한 造波抵抗을 極少로 하도록 만든 球狀船首로서 造波抵抗은 勿論 粘性抵抗도 줄여주고 있는 것으로 思慮되어 現在로서는 最適船型인 것으로 判斷된다.

球狀船首船型의 計劃法은 後述 하기로 한다.

§4 船尾部의 形狀

船尾部의 形狀을 決定하는데는 最少抵抗만을 生覺해서 決定한 問題는 勿리고 실제로는 推進性能을 考慮할 때 不可避하게 함께 考慮되어야 할 自航要素, 即 推力減少係數 t , 伴流係數 w , 等도 함께 생각 하면서 決定해야 할 것이다.

船尾部는 造波抵抗만 하더라도 船首部와 달리 粘性의 영향을 훨씬 많이 받게 되는데, 아직도 境界層에 對

한 연구가 充分히 이루어 지지 않아 理論的인 究明이 充分히 못하다, 剝離現象, 造渦現象等 복잡한 현상이 많이 發生하고 겹쳐서 自航要素의 影響까지를 고려해야 하기 때문에 아직도 理論的으로 가장 좋은 船尾의 形狀을 決定하는 方法이 發見되고 있지는 못하다. 다만 여기서는 肥大型船의 경우 船尾의 形狀과 關聯되어 가

장 중요시되고 있는 船尾 bilge 渦와 關聯시켜서 船尾의 形狀을 決定하는 方法을 考察해 보기로 한다.

4-1 船尾 bilge 渦와 船型

一軸普通船尾型 肥大船의 模型에 對해서 流線觀測을 하면 船尾에서는 Bilge 上方의 船側에 軸이 進行方向과 大略平行한 兩隻의 渦를 볼 수 있다. 이것을 船尾 Bilge

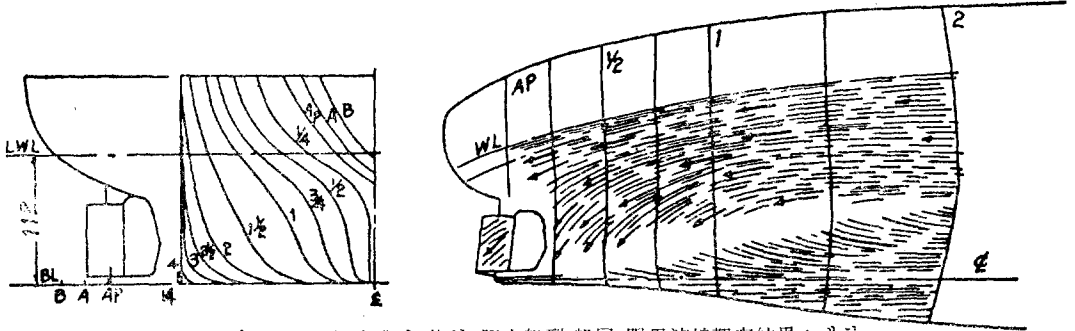


Fig. 3 藥品塗膜에 依한 肥大船型 船尾 限界流線觀察結果 스케치
M.No. MGT-1, $F_n=0.167$, 滿載狀態

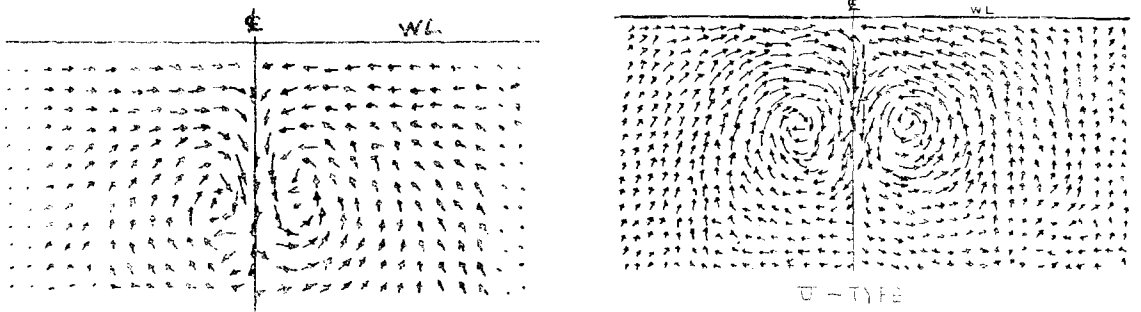


Fig. 4 1 軸 普通型 肥大船型船尾 bilge 渦의 Tuft grid 에 依한 觀察結果 M.No MGT-1

渦라고 한다[10]. 船尾 bilge 渦는 抵抗을 增加시키고 伴流分布, propeller 의 起振力에 影響을 미친다.

一軸普通型 船尾의 경우 船尾 bilge 渦의 軸은 propeller 回轉面內를 通過하고 bilge 渦는 船底境界層을 감아들여 伴流係數를 增加하고 均一化하는 效果가 있다. 따라서

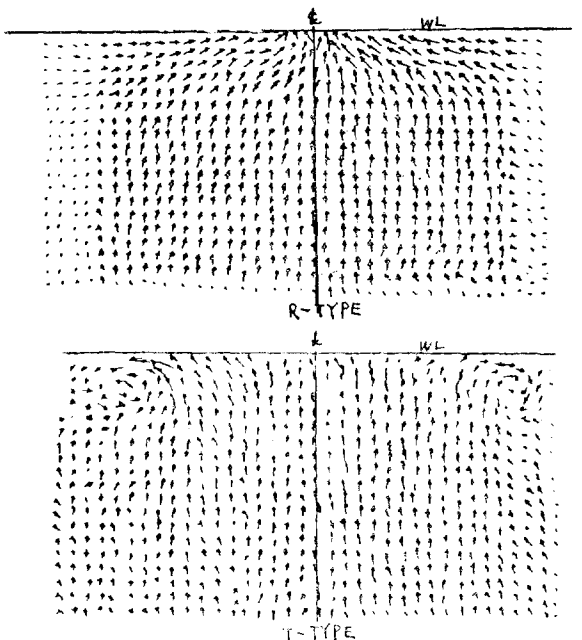


Fig. 6 Tuft grid 에 依한 Bilge 渦 觀察結果 $F_n=0.167$

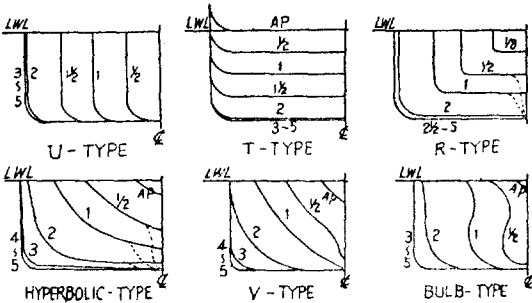


Fig. 5 各種船尾形狀

肥大型船尾에 bilge 渦가 거의 發生하지 않는 抵抗이 적은 船型을 採用하면 推進性能은 一般으로 惡化한다. 船尾 bilge 渦는 bilge 部에 있어서의 三次元的 境界層 剝離로 發生하는 故로 이 剝離를 防止하면 船尾 bilge 渦 發生을 防止할 수 있다. 그러기 위해서는 流線方向의 壓力 勾配가 적고 또 流線에 直角方向의 壓力 勾配도 적은 船型으로 하면 可할 것으로 여겨진다. 船幅이 큰 肥大船의 出現以來 研究되어온 各種 船尾形狀의 代表的인 것을 圖示하면 Fig. 5와 같다. 또 Tuft grid 에 의한 船尾 bilge 渦 觀測 結果를 Fig. 6에 表示한다.

4-2 船尾의 形狀

結局 船尾 bilge 渦를 重視하여 肥大船의 船尾形狀을 決定하는 데는 두가지 方向을 생각할 수 있다.

첫째는 bilge 渦를 發生시키게 하는 경우고 둘째는 bilge 渦가 發生하지 않도록 하는 方向이다.

1) bilge 渦를 發生시키는 경우 (1軸船의 경우)

船尾 bilge 渦의 作用은 豫想以上으로 有効하므로 배의 肥大度가 커서 船尾部的 剝離가 避할 수 없을 때는 차라리 願하는 位置에서 剝離가 發生하도록 하여 propeller 에 작용케 하고 다른 곳에서 剝離가 일어나지 못하도록 하면 좋다.

이런 船尾形狀으로는 現在 거의 標準型처럼 되고 있는 普通型 船尾가 딱 잘되어 있고 性能도 좋다. 그러나 現狀이 最適인지의 여부는 알 수 없다. 다만 發生渦의 크기는 기왕 發生渦를 利用하려는 것이니 그 크기가 propeller 圓을 꼭 덮을 程度로 커지게 될 때 가장 효과가 좋을 것은 틀림없다. 또 肥大度는 더욱 크게 하기를 바랄 것이니 그렇기 위해서는 全面剝離의 不安定 現象을 防止하도록 해야 할 것이다.

2) bilge 渦가 發生하지 않게 하는 경우 (2軸船의 경우)

剝離를 避하여 低抵抗이 되도록 하는 경우로서 그러기 위해서는 肥大度에 限度가 있다(아마 $C_b < 0.80$) [11].

아무리 無理가 없는 船型으로 하여도 肥大度의 限度는 (1)의 경우 即 渦를 發生케 하는 경우보다는 낮다. 이런 低抵抗 船尾를 만들려면 二次流가 發生하지 않도록 하면 된다.

따라서 prismatic curve 는 可及的 완만한 모양이 되어야 하고 그렇기 위해서는 A.P.에서의 橫斷面積을 可及的 크게 하여 cruiser stern 을 十分 利用함이 좋을 것이다.

또한 二次流가 發生치 않도록 하는 肋骨線의 模樣에 대해서는 Bessho M.에 의해서 구해 진바있다[9].

§ 5. 球狀船首船型의 計劃法

最近에 主로 日本의 Inui T.教授에 의해서 確立된 方

法을 紹介하기로 한다.

勿論 이 方法도 그 根源을 찾아 올라가면 Michell(1898), Havelock(1943)의 理論에 緣由하는 것이고, Wigley, Weinblum 等に 의해서 繼承된 것이었으나, 實際로 船首設計에 利用하게 發展시킨것은 最近의 일이며 主로 Inui에 의해서 이루어졌다[4], [5], [6].

流線追跡法이라고 불리워지고 있는 이 方法은 適當히 選定된 船體內的 曲面上에 特異點系를 分布시켜 그것을 流線追跡하여 理論船型을 求하고, 그 理論船型의 처진船底를 適切히 치켜올려, 即 lines 를 平底로 fairing 하여 實用化하고 있다.

이 方法에서 배에 對應되는 特異點系가 決定되면 自然 그에 의한 波系가 決定되고 따라서 造派抵抗도 決定되게 되는 것이다. 따라서 이 特異點系를 決定할 때 造派抵抗이 極少가 되도록 變分原理를 써서 特異點의 分布를 決定한다. 이때 決定된 特異點分布系를 流線追跡한 結果가 願하는 幾何學的 模樣에 가깝게 되도록 하기 위해 排水量이나 幅-長比 또는 水線面二次 moment 等を 一定하게 주는 것을 變分副條件으로 삼고 있다.

이 方法에 對한 詳細한 說明은 紙面關係로 여기서는 省略하겠으나 文獻[4], [5], [6], [7]을 보기 바란다. 또 國內 文獻으로도 [14], [15], [16]에 比較的 仔細히 說明했음을 添言해 두고자한다. 다만 前記 國內 文獻에 bulb 를 決定하는 問題는 言及되어 있지 않으나 若干의 說明을 加하고자 한다.

bulb의 形狀은 그가 일으키는 wave가 主船體가 일으키는 wave와 꼭 逆位相의 素成派를 生成하고 計劃速度에서 振幅函數가 서로 같은 것이 되도록 設計되어야 한다. FP 線上에 分布시킨 line doublet와 line source 에 의한 bulb가 일으키는 wave와 主船體가 일으키는 wave가 上記條件 即 꼭 逆位相이 되고 振幅函數가 같아지기 위해서는 主船體自體가 일으키는 wave가 單純한 必要가 있다. 그렇기 위해서는 單純한 plane source 로 부터 主船體가 追跡되어야 한다. 即 船首로부터 中央에 걸친 source의 分布函數가 한번만 極大值를 갖는 單純한 分布型이 이에 該當한다. Inui는 이와같은 船型을 單純船型이라 부르고 있다. 이 單純船型이 일으키는 큰 wave를 없애기 위해서 부쳐야 할 船首 bulb는 大型이 되고 이 單純船型과 大型 bulb로 組合된 것을 第1種의 waveless 船型이라고 부르고 있다.

이에 對해 主船體 自體를 極少造派抵抗이 되도록 만든 所謂 複雜船型을 第2種의 waveless 船型, 이 複雜船型에 補助的인 小型 bulb를 붙인것을 第3種의 waveless 船型이라고 부르고 있다.

bulb 를 決定하는데 있어서는 bulb의 크기 即 bulb面

積 對 主船體의 中央橫斷面積比를 얼마로 해야하느냐 bulb에 對한 source와 doublet의 混合比를 얼마式으로 하느냐, bulb의 上, 下, 前後位置를 어떻게하느냐 하는것들이 重要한 問題가 된다. 이런 點에 關한 國內文獻으로는 곧 發表될 洪性完, 鄭太準에 依한 72年度 科學技術處 研究報告書 “流線追跡에 依한 球狀船首船型의 決定法”에서 說明될 것이다.

文獻[7]은 主船體와 bulb를 함께 變分할수 있게한것이 特徵이다.

流線追跡으로 얻는 線圖는 船底가 처지므로 實用化하기 위해서는 平底가 되도록 線圖를 fairing해야 함은 不可避하다. fairing 할때는

- 1) sectional area curve에는 變動이 없도록,
- 2) 可及的 load water line 近處의 water line 模樣이 바뀌지 않도록,
- 3) 肋骨線의 模樣은 可及的 Bessho의 方法[9]을 念頭에 두고 決定하면 좋을 것이다.

參 考 文 獻

- [1] Weinblum G., “Schiffe geringsten wicherstancles”, *Jahrbuck der Schiffbautechnischen Gesellschaft*, V.51. 1957.
- [2] Hajime Maruo, Masatoshi Bessho, “Ships Minimum Wave Resistance” *J.S.N.A. Japan* Vol.114, 1963.
- [3] Wehausen, J.U., Webster, W.C. and Lin W.C., “Ships of Minimum Total Resistance”, Proc. of the International Seminar on Wave Resistance, The Univ. of Mishigan. 1963.
- [4] T. Inui, “Anew Theory of Wave-Making Resistance Based on the Exact Condition of the Surface of Ships.”
- [5] 乾 崇夫, “實驗船型學と 造派抵抗理論”, 造派抵抗シンポジウム, 日本造船學會 1965
- [6] 乾 崇夫, “理論船型決定にひたるまでの諸計算”, LITAC, 1969
- [7] A.Y.C. Lee, “Source Generated Ships of Minimum Theoretical wave Resistance.” *The Royal Institution of Naval Architects*. (1968)
- [8] 田古里 哲夫, “肥大船の渦”, 抵抗推進シンポジウム, 日本造船協會 1968.
- [9] 別所正利, “肋骨線に關する考察”, 日本造船協會論文 122號, 1967.
- [10] 田古里 哲夫, “船底彎曲部附近から發生する渦”, 造船協會誌 第450號 “肥大船の渦”, 抵抗推進シンポジウム 日本造船學會 1968
- [11] 笹島秀雄, “肥大船の船尾形狀”, 抵抗推進シンポジウム 日本造船學會 1968
- [12] 神中 龍雄, “船體のまわりの流線の計算法について”, 日本造船協會論文 118號, 1965
- [13] SNAME, “Principles of Naval Architecture,” Chapter VII
- [14] 曹奎鍾, 洪性完, “流線追跡法에 依한 Liner 船型의 改良”, 大韓造船學會誌 7-2, 1970
- [15] 曹奎鍾, “流線追跡에 依한 實用船型決定法에 關한 研究”, 大韓造船學會誌 8-1, 1971
- [16] 曹奎鍾, 洪性完, 金極天, “유선추적법에 의한 상공부 표준형선의 선형개량에 관한 연구”, 과학기술처 연구보고서, 1971
- [17] 成田仁, 國武吉邦, “[Tanker 最適船型設計의 ‘Tanker Design Diagram’ ための應用]”, 造船工業 3卷 1號, 1971,
- [18] 國安常雄, 並松正明, 田中 稔, “船の主要寸法決定に對する 電子計算機の應用”