

# 沿岸小型船運航모델의 最適 基本設計

## 에 관한 研究

梁在河\* · 朴命圭\*\*

A study on the operational models of small coastal  
vessels for optimum Basic design

*Jea-ha YANG , Myung-Kyu PARK*

### *Abstract*

For design of seagoing ships, there are mathematical programming and control theory available, which can be used at the preliminary stage of design and especially for the computer aided evaluation of alternatives. A search for such tools during an original research, reference showed that small vessels to be designed, a complete design model is non-existent in the accessible literature.

With an aim to replace the country-boat fleet operating along the main waterway in Korea, the models for design of commercial vessels had to be used in reference to investigate a series of alternatives of self-propelled cargo vessels and tug barge systems, thus requiring generation of enormous numbers of combinations.

The design model is static as they are developed on the basis of regression analysis of data of existing vessels however suitable for computerization and optimization and the design models have been presented for further critical examination and refinement, if need be, so that a persisting gap in the field of naval architecture of small vessels shall be reduced.

\* 석사과정 선박공학과 선박설계 전공

\*\* 선박공학과 교수

## 第 1 章 序 論

우리나라는 三面이 바다와 接하는 半島國이라는 地理的 條件과 國民經濟의 連續的인 高度成長으로 生産規模의 大型化, 多量化로 因하여 海上 流通物量의 膨脹을 유발하게 되었다.

특히, 沿岸海上輸送의 開發은 必須的 課題가 될 뿐만 아니라 輸送機能이 産業發展에서 차지하는 比重이 높아짐에 따라 全體運送 手段에 있어서 沿岸輸送이 擔當해야할 役割도 더욱 重要해질 것으로 生覺된다. 그러나 沿岸海運에 관한 研究, 특히, 沿岸海運의 基本要素인 沿岸船舶에 對한 研究는 매우 微微한 實情에 있어 그 適正規模가 正確하게 把握되지 못하고 있는 現實이다.

本 論文에서는 沿岸海運의 基本要素인 小型船 船舶設計와 물동량에 對한 데이터를 中心으로 沿岸 물동량 (Seaborne Cargo) 과 最適化 및 매개 변수에 따른 小型船 設計 시스템의 흐름에 關한 特性을 探究하는 것을 목적으로 하고 있다.

初期 本 研究에 있어서 문헌 조사...를 실시하였으나 설계상 미비한 점이 많아 韓國沿岸을 運航하는 沿岸海上貨物 運送船舶들에 대한 完전한 設計 모델 (Model) 을 컴퓨터 시뮬레이션 (Computer Simulation) 으로 모델링 (Modeling) 하여 가장 最適化인 設計過程을 거쳐 標本船 抽出에 役점을 두었다.

自航 運搬船의 여러 形態와 바지船 및 曳引船 시스템을 調查하기 위해서 沿岸의 小型 商船 設計에 關한 모델 (Model) 시스템들이 使用되었고 상당히 많은 要素들을 結合, 생성시켜야만 했었다. 데이터 베이스는 통계적 의사결정법 분석방법에 따라 실제 運航하고 있는 實船들의 資料들로 構成하였다.

開發된 모델들은 DWT 25t-500t사이의 범위까지 수용할만한 結果들을 나타내며, 拖-바지 小船團 시스템에서는 바지 용량 (Capacity) 50t-500t 사이의 범위까지 算出한 結果들이다. 그러므로 運航에 따르는 制限要因들인 여러가지 事情 卽, 항만시설, 부두 및 하역설비 등을 고려하여 船種, 船型, 船級別로 區分하여 대규모 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

## 第 2 章 最適化 技法

多變數, 制約條件을 가진 非船型 計劃 問題, (Nonlinear Programming Problem) 에 대한 最適化를 求하는 것은 多變數 無制限 問題를 풀때 使用했던 GRADIENT法을 비롯한 探查方法 (Search Method) 등이 역시 活用된다.

그러나, 船舶設計時 變數 制約條件을 取扱하는 過程에서 크게 두가지로 制約問題를 푸는 方法이 있다. 卽 妥當領域檢査法 (Feasibility Check Method) 과 修正目的函數法 (Modified Objective Function Method) 으로 나눌 수 있다.

妥當領域 檢査法은 制約條件에 위배되는지를 檢査하는 過程이 追加 된 것 외에는 無制約問題를 해결하는 方法과 거의 유사하다. 修正目的 函數法은 制約條件들을 目的函數에 結合시켜 無制約問題로 바꾸어 푸는 것을 말하며 흔히, 非妥當 領域에서는 目的函數에 罰責 (Penalty) 을 가하므로서 探查를 妥當領域으로 強制로 돌아가도록 罰責函數 (Penalty Function) 를 使用한다.

本 論文에서는 設計變數를 多變數, 制約問題로 해결할 수 있는 종래의 經驗이나 Rule에 의한 設計에서 벗어나 理論的 解析에 의한 經濟적이고 安全한 設計를 지향하는 最適化技法 (Optimization Technique) 을 利用한 컴퓨터 프로그램을 構成하여 沿岸小型船의 最適化 基本設計에 대한 標本船 抽出의 船型計劃을 시도하도록 하였다.

### 2.1 目的

本 프로그램은 實船 데이터 資料로 多變數의 비선형 函數를 비선형 制約條件 하에서 극대화 (Maximize) 또는 극소화 (Minimize) 하는 設計매개變數의 최적값을 求하는 것이다..

目的函數 (Maximize)

$$Z = F (X_1, X_2, X_3, \dots, X_N) \dots \dots (2.1)$$

制約條件

$$GK \quad XK \quad HK, \quad K=1, 2, \dots, M \dots \dots (2.2)$$

潛在變數 (Implicit Variable)  $X_{N+1}, \dots, X_M$ 는 實在變數 (Explicit Variable)  $X_1, X_2, \dots, X_N$ 의 函數이며 制約條件의 上限과 下限인 HK 와 GK 는 變數들의 函數이거나 또는 常數이다.

### 2.2 方 法

本 프로그램의 最適解를 얻는 技法은 HOOKE & JEEVES 직접탐색법으로 船體 最適化에 利用한

結果에서 開發된 自動적 (Automatic) 法이다. 이 方法은 變數들이 制約된 경우에 있는 問題들 을 푸는데 效果적으로 使用되는 순차적 探查技法 (Sequential Search Technique) 이며 函數값이 수렴한계에 到達할 때까지 또는 制約條件의 주변에 境界領域 (Boundary Zone) 이 들어설 때까지 無制約 問題에 대한 探查法이 수행된다. 境界領域에 대한 정의는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{下限領域 (Lower Zone)} \\
 & G_k - X_k - [G_k + (H_k - G_k) \cdot 10] \rightarrow + \\
 & \text{上限領域 (Higher Zone)} \quad \dots \dots (2.3) \\
 & H_k - X_k - [H_k - (H_k - G_k) \cdot 10] \rightarrow + \\
 & k = 1, 2 \dots \dots M
 \end{aligned}$$

모든 制約條件을 滿足시키며 境界領域에 놓이지 않는 初期 出發點을 정해야 하며 探查를 위한 計算은 每回 函數값을 檢討한 후에 다음 事項들을 追加로 수행하는 것 외에는 無制約 問題때 했던 探查와 똑 같다.

(1) 制約條件이 滿足되는 점에 대하여 現在의 最上의 目的函數값을 F° 라 하고 制約條件이 滿足 되고 追加로 境界領域에 위배되지 않는 점에 대한 最上의 目的函數값을 F 라 한다. F° 와 F 는 最初에 出發點에서는 같은 값을 갖는다.

(2) 만약 現在의 點에서 目的函數값 F° 가 F 보다 못하거나 또는 制約 條件이 위배 될때는 試驗 (Trial) 을 실패한 것이고, 無制約 問題에 대한 過程이 계속된다.

(3) 만약 現在의 點이 境界 領域內에 있다면 目的函數는 다음과 같이 修正된다.

$$\begin{aligned}
 F(\text{new}) &= F(\text{old}) - [F(\text{old}) - F] (3\lambda - 4\lambda + 2\lambda) \dots \dots (2.4) \\
 & \text{임계영역까지 거리} \\
 \lambda &= \frac{\dots \dots \dots}{\text{임계영역의 폭}} \\
 &= \frac{G_k + (H_k - G_k) \cdot 10 - X_k}{(H_k - G_k) \cdot 10} \quad (\text{하한영역}) \dots \dots (2.5)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{X_k - [H_k - (H_k - G_k) \cdot 10]}{(H_k - G_k) \cdot 10} \quad (\text{상한영역}) \dots \dots (2.6)$$

境界領域의 내부 변두리에서는 λ=0 즉, 函數값이 변하지 않는다.

$$F(\text{new}) = F(\text{old}) \dots \dots (2.7)$$

制約條件에서는 λ=1 이며 따라서 F(new)=F, 위의 事實을 종합하면 函數값은 境界領域에서 가 아닌 妥當領域 (Feasible Region) 에서 最上의 現在 函數값에 의하여 代替된다.

制約條件은 接近됨에 따라 향상되고 函數에 대하여 修正函數 (Modified Function) 는 境界 領域에 最適解를 가지고 있다.

(4) 境界領域이나 制約條件을 위배함이 없이 目的函數의 向上이 있었을 경우에 F = F° 로 놓고 探查過程을 계속한다.

(5) 수렴한계에 다달한 때 探查를 끝낸다.

따라서 本 論文에서는 自航船, 바지船, 曳引船, 데이터를 回歸分析 (Regression Analysis) 하여, 目的函數, 制約條件과 始發點을 서브루틴 프로그램 CALL P.Y 로 構成하여 計算되도록 하였다.

### 第 3 章 自 航 船

沿岸을 運航하는 實船 約50隻의 自航船 (Self-propelled vessels) 데이터를 圖式화된 것을 利 用하여 設計상의 要求條件을 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 最適解를 찾아 통계적 분석 방법에 따라

回歸分析 및 最適化 設計技法의 妥當性을 調査하고 CAD/CG (Computer Aided Design/Computer Graphics) 化 作業을 수행하였다....

### 3.1. 載貨重量

重量은  $\Sigma$  무게 = 排水量'으로 接近을 할 수 있고, 全體의 1% 程度 以下가 되는 어펜데이지 (Appendages) 外版 (Shell)은 무시한다. 初期 設計시 要求되는 DWT와 速力을 시발점으로 한다. 따라서

$$\Sigma \text{weight} = \text{displacement} \dots\dots (3.1)$$

$$\text{DWT}_0 = (\text{DWT}_c) \dots\dots (3.2)$$

$$\Delta = 1.281 \text{ DWT} + 7.726 \dots\dots (3.3)$$

여기서,

$$\text{DWT} = \text{DWT}_0 + \text{DWT}_c \dots\dots (3.4)$$

$$\Delta = F(L \times B \times d \times C_b) \text{ 이다. 또한 } \Delta \text{을 目的函數로 데이터베이스한 基礎方程式은 다음과 같}$$

다.

$$B = f(L) \text{ Powering}$$

$$D = f(L) \text{ Strength}$$

$$d = f(L) \text{ Secondary Function}$$

$$D = f(C_b) \text{ Stability}$$

$$d = f(B) \text{ Secondary Function}$$

$$d = f(D) \text{ Freeboard}$$

$$C_b = f(L, V)$$

### 3.2 主要寸法 및 形像

沿岸用 船舶의 設計에 있어서 主要寸法 (Dimension) 과 形像 (Form)에 대한 一般的인 고찰 대 상으로 設計時 주어지는 條件은 貨物船에 있어서는 적재(중)량과 速力, 건조선가, 운항가격의 관계상 충분수도 대략 要求하게 된다.

沿岸用 小型 貨物船의 船首는 曲線들이 지나친 돌출부를 피할 수 있도록 適切히 매끈한 曲線들 로 순정(Fairing) 되어진다. 프로펠러에 接觸되는 물의 흐름을 얻기 위해 船尾의 아래 부분은 가늘게 만들어진다. 船尾 아래부분의 가는 形態는 짐을 실었을 때 船首트림을 피하기 위해서도 必要하다. 또한 밸러스트를 하지않은 輕荷 狀態 (Light Weight)에서 프로펠러 沈水 (Propeller Immersion)에 도움을 준다.

이러한 것은 船體의 中央 平行部가 相對的으로 낮은 比率이기 때문에 느린 速力에서 利用할 수 있는 經驗式에 의해 豫想되는  $C_b$  (Block Coefficient) 보다 더 작은 값을 갖는 것을 보여준다. 빠른 速力에서는 上記 言及된 關聯式에 의해 豫想되는  $C_b$ 는 一般的으로 沿岸用 船舶에 使用되는  $C_b$ 보다 더 작아진다. 이런 設計 (Design) 모델은 韓國沿岸 貨物船 實例를 데이터로 分析한 回歸分析法 (Regression Analysis) 으로부터 開發된 다음의 經驗 關係式을 利用한다.

$$C_b = 1.0 - 0.425 \sqrt{V/L} \dots\dots (3.5)$$

어떤 特定속도는 推進力에 있어서도 經濟性이 고려되고 연관된 適切한 길이와  $C_b$ 를 要求하기 때문에 特別한 運送能力을 위해 許用 最大 幅 (B), 깊이 (D)와  $C_b$ 등도 결국 最小限의 建造와 維持費用이 所要되는 船舶의 問題點으로 귀착이 된다.

그러므로, 速力과 연관된  $C_b$  영향의 重要性을 BILES 및 ALEXANDER식, YAMAGATA식. 등의 經驗式에 의하여  $C_b$ 가 클수록 DWT당 建造費가 낮아진다. 그러나 一般的으로  $C_b$ 를 크게하면 抵抗이 增加되고 또한 推進性能이 나빠지게되어 燃料消費가 많고, 따라서 運航費가 높게된다. 이와같이 最小建造 및 維持 (Maintenance) 費用에 따른 船舶 길이는 다음식으로 求할 수 있다.

$$\text{LBP } C_b = 4.9878 \sqrt{V} + 20.80 \dots\dots (3.6)$$

식 (3.5) 와 (3.6) 으로부터 LBP 와  $C_b$  는 特定한 排水量과 速力에 따라 決定 되어질 수 있다. B와 D는 復原性 要求條件을 맞추기 위해서거나, 船體의 變形 (Hull Deflection) 을 피하기 위해서 決定되어 진다. 왜냐하면, 용골에서 부터 수직중력 중심과 횡메타 센터의 거리, 즉 GM은 沿岸用의 船舶에서 速力은 그렇게 重要하지도 않고 抵抗의인 측면에서 보아도 船幅의 抵抗效果는 FROUDE NO. 가 클수록 적기 때문에 이러한 배들일수록 船幅이 넓어진다. 또한 吃水의 제한은

幅.吃水比 (Breadth draft ratio) 를 더 높게 만든다. 結果적으로 이런 배들은 最小 要求條件들을 充分히 滿足시키며 항상 양호한 復原性を 나타내고 있다. 또한 輕荷 條件에서도 復原성은 항상 充分하다는 것을 나타낸다.

GM이 크게되면 初期 復原力은 증대되지만, 自由 횡요주기가 짧게 되어 작은 파랑에도 동요되어 많이 흔들리므로 승선사 기분이 나쁘며 Stiff Ship 이 되기 때문에 船型에 따라서 너무 크게 할 수 없다.

小型船에 있어서 船體의 變形은 길이.깊이 比 (Length Depth Ration) 가 問題가 되지 않으며 沿岸船의 평범한 材料 值數 를 가진 船舶의 船體變形에 必要한 材料 值數 는 상당히 작은 값으로 推定되므로 다음식으로 求할 수 있다.

$$B \cdot C_b = 1.8443 [(V/LBP) \times C_b]_{..} + 0.249 \dots \dots (3.7)$$

데이터를 回歸分析하여 使用되어진 배들의 吃水와 형심의 關係는 아래와 같다.

$$D = 1.25 d + 0.50 \dots \dots (3.8)$$

Fig. 1, 2 는 각각 船舶의 길이와 船幅을 決定하기 위한 相關關係와 推定關係를 보여준다.

여기에서  $L'p = (4.9878 \nabla - 20.80) / C_b$ , ( $\nabla$ =Volume of Disp. ft)이며

$$B'p = [1.8433 (\nabla / Lp C_b) + 0.249 / C_b] \text{ feet 로 計算되어진 것이다.}$$

### 3.3 重量의 構成要素

方程式 (3.1)을 滿足시키기 위한 重量의 構成成分을 正確히 알 必要가 있다. 그것들은 아래와 같이 推定되어진다.

#### 3.3.1 鋼材의 重量

船舶設計에서 컴퓨터의 使用으로 鋼材重量 (Steel Weight) 의 推定을 위한 實驗式은 大型船에 對해서는 造船學 측면에서 開發된 實驗式들이 많이 있다. 本 論文에서는 韓國 沿岸 貨物船 실선데이터로 船舶의變數 (Parameter) 들을 使用하여 鋼材重量을 關係式化 했다.

$$Y = mX + C \dots \dots (3.9)$$

여기에서 Y는 鋼材의 重量 (TONS) 이며 또한 沿岸用 船舶에서는 LOA는 LBP 보다 더 좋은 평가의 基準이 되므로 아래의 實驗式으로 表示한다.

$$X = LOA \cdot x B \cdot x D \cdot x C_b \dots \dots (3.10)$$

여기서

$$\begin{aligned} a_1 &= K \text{Log}_{10} LOA \\ a_2 &= K \text{Log}_{10} B \\ a_3 &= K \text{Log}_{10} D \\ a_4 &= \text{Log}_{10} (3.3식) \end{aligned}$$

또한,

$$K = 3 / [\text{Log}_{10} LOA + \text{Log}_{10} B + \text{Log}_{10} D] \text{ 이다.}$$

推定된 鋼材重量의 m 과 C 의 값은 2.2항의 方法에 의해서 컴퓨터 시뮬레이션으로 찾아 낼 수가 있고 Fig. 3 은 목적함수의 最適化 기법에 의해 구해진 鋼材重量 추정치의 關係를 보여 준다. 즉  $Y = 0.001187X + 5.748$  이다.

#### 3.3.2 機關部 重量 (MACHINERY WEIGHT)

機關 重量을 推定하기 위해서 概략적인 BHP를 初期 設計時 算出할 수 있는 推定 方程式은 다음과 같다.

$$BHP_A = 0.08V \cdot x DWT_{..} \dots \dots (3.11)$$

機械類의 重量 推定의 關係에서 機關 重量은 普通  $Y = mx$  形態로 나타내고 이 重量 (Dry Weight)은 75BHP x 2500RPM 에서 3000BHP x 1000RPM 사이의 범위인 主機關 製作者 (Maker) 의 仕様에서 回歸分析法으로 뽑아냈다. 轉축은 全 資料들을 네이티브화 하기 위해 特定된 RPM에서 M 오크率 (Torque Rating) 로 취했다. 抽出된 關係式은 아래와 같다.

$$DMW = 0.0129 BHP_A + 0.16 \dots \dots (3.12)$$

설치된 機械類 장비들의 總重量은 主機關 重量의 3.5 倍로 하는 것으로 한다.



### 3.3.3 其他重量 (Other Weight)

面積값인  $L \times B$  로 艦裝品 重量을 關係式化 하는 것이 보편화 되어있다.

$$OWT = 0.45 LBP \times B/100 \dots\dots (3.13)$$

### 3.4 馬力

Haruo Takei 는 抵抗의 構成成分을 分類하지 않고 有效馬力 (EHP) 을 計算할 수 있는 實船 資料에서 最近 小型船 設計에서 많이 活用할 수 있도록 發展시켰다. Ayre가 추적해 왔던 方法의 主要理論은 무차원인 길이/排水量比 ( $L/\nabla$ ) 에 상응하는  $C_{adm}$  (해군계수 : Admiralty /Coefficient) 커브에서 速長比에 대한  $Com$  값을 찾아내는 것이다. 이와 같이 얻은  $C_{adm}$  값은 중방향의 浮心の 실제 위치와 표준적 근사 위치와의 차이에 대하여 修正해 간다. 以上에서 求한 값은 아래와 같다.

$$EHP = \frac{0.64xV}{Com} \dots\dots (3.14)$$

또한, H. Takei 의 새로운 해군계수인  $C_{adm} = \frac{\Delta}{Pe(N)} \times 10$  의 제안과 비교검토

한 사항을 컴퓨터 시뮬레이션으로 비교 검증을 해 보았다.

### 3.5 推進

EMERSON의 公式은 QPC 推定에 利用하는 公式으로 아래와 같다.

$$QPC = K - NL/18,000 \dots\dots (3.15)$$

現在 프로펠러 設計에 많은 發展이 있는 것을 고려하여 K의 값은 單推進機船에 對해서는 0.84로 추정하고 GIFILLAN 과 WATON에 의해 提示되었던 값을 취했다.

#### 3.5.1 傳達效率

축에서 2% 의 손실을, 기어 (Gear) 에서 3% 의 손실을 가지므로 傳達 效率 (Transmission Efficiency)은 0.95로 취한다.

#### 3.5.2 連續最大出力

速力增加와 더불어 80% 에서 90% 사이까지 增加하는 것으로 취한다.

#### 3.5.3 엔진 低下率 (ENGINE DERATING)

좁은 機關室, 充分치 못한 통풍성 등으로 機關室의 온도는 相對的으로 높기 때문에 施設動力의 적당한 增加는 特定한 추력을 얻기 위해 必要하다. 本 論文에서는 沿岸 船舶들에 대한 실적調査를 통하여 1.08로 推定하였다.

#### 3.5.4 運航余留 (SERVICE MARGIN)

이 要素는 運航환경에 따라 상당히 영향을 많이 미친다. 해상의 一般的 15% 보다 적은 대표적 運航余留 係數를 1.10 으로 취한다.

## 第4章 바지船

짐을 싣고 다니는 效用性이 높은 바지는 滿載吃水 (Loaded Draft) 와 速力 (Speed) 의 均一性과 船型에 대한 要求가 달라진다.

유사한 크기의 바지들의 輕荷重量과 載貨重量比는 運搬하려는 商品의 種類와 의도하는 서비스 (Service), 運航方法에 따라 광범위하게 달라질 수 있다. 따라서 設計는 小型 바지 實績船의 設計圖面上의 바지 데이터를 回歸分析法으로 뽑아낸 關係式으로 抽出하였다.

船體의 細部構造는 무시하였으며  $C_b$ 는 0.85로 하고 船首部에는 適當한 경사 (Rake) 와 기울기

(Slope)를 주었다. 部分的으로 結合된 小型船團의 形像에 適合한 形態로 둥글고 適切한 船首部 RAKE 와 수직의 측면과 둥근 밑지 (Bilge) 를 가진 形態이며, 直四角形의 船尾모양을 가진 바지船體의 形像이 될 것이다...

4.1 寸法

지금까지 建造된 바지선의 데이터분석은 A船에서 D船과 같은 분포로 推定되고 독특한 바지容量 (Barge Capacity) 에 관한 載貨重量은 Fig. 4 의 LINE B로 부터 推定, 計算 되어진다. 初期設計過程에서 輕荷重量은  $L \times B \times D$  에서 計算 되어지고 따라서 아래와 같이 推定된 寸法 (Dimension) 으로 表示된다.

$$LBP = 4.356 V \dots \dots (4.1)$$

$$B = 0.235 \times LBP \dots \dots (4.2)$$

위 식의 直線들은 Fig. 4, 5 에서 보는 것과 같다.

自航船의 경우에서와 같이 要求된 乾舷은 바지船의 設計에도 適用된다.

$$D = 1.25 d \dots \dots (4.3)$$

近海에서 運航하는 바지에 對해서는 船體 좌굴과 要求되는 HOLD 의 크기 그리고 部材의 值數 (Scantling) 등이 바지 設計에 考慮되어야 한다.

4.2 重量의 構成

鋼材重量 (Steel Weight) 은 自航船에서와 같이 유사한 實船을 使用하여 計算한다. 係數와 常數의 값은 實船 데이터를 回歸분석을 하면  $Y = 0.001013X + 4.5620$ 으로 주어진다. 바지선은 現在 運航하는 바지선보다 각 부분의 部材值數를 增加시켜야 한다. 대개는 防舷材 (Fender) 는 使用하지 않는다. 부분적으로 높은 部材值數를 外板 (Side Shell) 에 채용하지 않는 代身에 係數 0.00110 와 常數 5.50 는 약 7.5 % 의 增加된 部材值數를 許用하는 수치가 될 것이다.

$$Steel\ Weight = 0.0011\ LOA \times B \times D \times Cb + 5.50 \dots \dots (4.4)$$

여기서

$$a1 = 3\ Log\ LOA / (Log\ LOA + Log\ B + Log\ D)$$

$$a2 = 3\ Log\ B / (Log\ LOA + Log\ B + Log\ D)$$

$$a3 = 3\ Log\ D / (Log\ LOA + Log\ B + Log\ D)$$

$$a4 = Log\ (3.3식)$$

甲板위의 船員室은 船舶의 국부 部材의 值數 (Scantling) 를 增加시켜주어야 하며 其他 重量은 아래 식에 의해서 計算된다.

$$OWT = 0.0302\ LBP \times B \dots \dots (4.5)$$

第 5 章 曳引船

曳引船의 設計에 관해서는 매우 광범위하게 實船資料가 있다. 曳引하지 않는 狀態의 運轉 (Free running)이 매우 重要하며 그때의 速力이 基準이 되어 設計의 근간이 되어야 한다. 그러나 特定한 動力, 適切한 船員室, 復原性を 확보할 수 있는 船幅, 적당한 吃水 등을 주기위해 初期 設計시 고려되어야 할 것이다. 一般的으로 曳引船은 充分한 조종성 확보를 위해 普通 2개의 프로펠러를 가진다.

과부하를 걸지 않고도 動力을 充分히 흡수하기 위한 適切한 큰 프로펠러 직경 (Propeller Diameter)을 許用하는 吃水는 特別히 제한된 물에서의 運航이 아니라면 실질적으로 크게 拘束된 問題는 아니다. 조종사가 비상시에 對해 직접 대응할 수 있도록 조타실 (W/House)에서 직접 조종 되는 감속기 (Reduction Gear) 를 가져야 하는 것은 물론이고, 과도한 重量도 피해야하는 중속 내지 고속 디젤엔진은 曳引船의 것으로는 PRIME MOVER TYPE 이어야 좋다.

5.1 曳引船의 馬力

추력 발생을 위해 必要로 하는 施設動力은 바지 船團과 曳引船의 全體抵抗의 합을 훨씬 넘어서는 것이란다. 즉 바지 船團과 曳引船의 상호작용에서 기인 되기 때문에 曳引船과 바지의 분리된 有效馬力의 합은 앞에 멀리서 끄는 曳引船의 경우에는 正確한 전 有效馬力을 주지 않아도 된다는 것이다. 自由 運航 (Free Running)時 曳引船에 상응하는 높은 速長比 보다는

훨씬 낮은 速長比를 나타내는 이익 때문이다.  
 바지의 寸法 (Dimension of Barge), 바지 船團의 形態, 曳引速力 등이 알려져 있을 때 한 船團의 抵抗은 HOWE의 抵抗 函數에 주어진 데로 計算되어 질 수 있다..

$$R_f = 0.07289 \cdot e_{\dots} \cdot V_{\dots} \cdot d_{\dots} \cdot L_{f..} \cdot B_{f..} \dots \dots \dots (5.1)$$

여기에서  $L_f = L \times \alpha$  이고  $B_f = B \times \alpha'$  로 推定하여  $\alpha$  및  $\alpha'$  를 Table 3의 Line과 Row의 바지 수를 곱한 값으로 하며 Waterway의 폭(W)과 Water깊이(H)의 매개변수로 構成한 다음 線圖(Lines) 作業時 最適化인 포물선에서 극값을 가진 四角型모양의 水線面으로 된 圖面을 構成할 수 있다.

5.2 寸法 과 形像

曳引船의 寸法 (Dimension) 과 形像이 初期에 推定 되어있지 않았다면 그것의 抵抗, 推進效率 등은 알 수가 없다. 길이를 선택키 위해 初期檢討을 한다는 것은 要求되는 曳引速力을 내기 위해 必要한 主.補機關들의 施設 可能性을 찾기 위한 것이다. 效果적인 抵抗감소를 위해 妥當한 길이를 선택해야하며 曳引船 設計에 있어서 과도한 Tunneling 條件을 피하기 위해 適切한 吃水, 보다 넓은 船幅, 조종성 등은 거의 고려되지 않는다. 小船團의 有效馬力(EHP)은 推定曳引 馬力을 얻기 위해 알맞게 增加 되어지고 要求 施設馬力의 初期산정을 위하여 推定 되었다. 初期 曳引船의 길이推定은 Fig.6 에 의하여 구해지며 또한 幅과 吃水도 같이 推定되어진다. Fig.7 은 길이와 吃水에 對해서 推定되어진다.

5.3 輕荷重量의 構成

3.3.1항에서와 같이 曳引船의 鋼材重量은 自航船에서 計算된 식 (3.9) 의 方法으로 컴퓨터 시뮬레이션하여 예인선의 最適化를 위한 C 와 m 의 값을 찾는다. 즉  $Y = 0.00161X + 5.4666$  이다. Fig.8 에서는 艤裝品의 推定重量을 볼 수 있다. 機關重量은 自航船과 같은 關係를 利用함으로써 計算되어진다.

$$DWM = [0.0129 (BHP/2).. + 0.1563] \times 2.0 \dots \dots \dots (5.2)$$

曳引船은 대부분 二軸(Twin screw)일 것이며 二軸을 갖는 推進船의 BHP는 2 로 나누어지고 主機關의 重量은 純重量의 두배이다. 曳引船의 艤裝品의 總重量은 그와 동등한 動力을 가진 自航船의 總重量보다 더 많다. 그러므로 自航船의 경우에 使用된 배수는 3.5 代身에 배수 4.0 이 使用된다. 曳引船에 있어서 다른 부류들의 大략적인 艤裝品 重量은 Caldwell에 의해 주어졌다.. 그러나 曳引船은 아래의 식으로 概略적 推定이 가능하다.

$$\begin{aligned} TWW &= TSWT \times 8.5/75.0 \\ TCFW &= TSWT \times 9.5/75.0 \\ TEQW &= TSWT \times 7.0/75.0 \dots \dots \dots (5.3) \end{aligned}$$

여기서 輕荷重量 (Light weight) 를 求할 수 있다.

$$TLWT = \Sigma_{WEIGHTS} = TSWT + TWW + TCFW + TEQW \dots \dots \dots (5.4)$$

特別히 要求하는 機械類를 설치하기 위한 길이를 決定할 때는 더욱 特別한 輕荷重量, 最小 要求 길이가 여기서 재 計算되고 이때의 輕荷重量은 아래 수식으로 求할 수 있다.

$$\text{Log}_{10} LBP = 0.3775 \times \text{Log}_{10}(TLWT) + 1.1125 \dots \dots \dots (5.5)$$

계속적으로 推定된 길이를 수용할 수 있을 程度로 근접될 때까지 全體 過程은 수식 (5.5) 에 따라 計算된 새로운 길이를 가지고 플로차트에 의해 施行錯誤法(Trial and Error)으로 反復計算 된다.

5.4 復原性

一般的인 曳引船 設計에 있어서 復原性(Stablity)은 언제나 보다 많은 주의를 要求하고 있다. 부록4의 現存하는 여러 실적데이터에 따라 메타센타의 범위는 靜的 復原性을 檢討하기 위해 잘 使用되어지는 것이다. 그러나 양호한 GM값을 얻기위해 要求되는 幅에 對해서 THEWLIS에 의한



復原性 약산식 檢討.를 위해 利用되어지는데 그 公式은 아래와 같다

$$B = \{KM - [d \left( \frac{5C_{wp} - C_b}{6C_{wp}} \right) d/mx] \} \dots \dots (5.6)$$

曳引船의 復原性 범위는 매우 重要하다. 曳引船에 對해 정적 復原力 범위는 70%까지 되어야 한다. 初期設計 단계이 있어서 適切한 乾舷을 확보함으로써 復原性이 幅넓게 考慮되어야 한다.

이 論文에서는 幅의 10% 程度의 最小 乾舷을 勸誘했다. 아래와 같은 條件도 같이 使用되며 강화된 값이다.

$$F \geq 0.10B \dots \dots (5.7)$$

5.5 運航上의 載貨重量

沿岸에서 運航上의 載貨重量 (Operational Deadweight)은 艙容의 重量에서 주로 기인된 것이며 艙容은 7일간 24시간씩의 運航을 위한 施設이 되어졌다.

煙料 消耗率은 0.38 lb/BHP/hour로 計算된다. 이와 같이 計算된 艙容重量은 潤滑油와 잔유 余留를 考慮하면 10% 程度 增加된다.

船員으로 인한 영향과 食料品 重量은 아래와 같다.

$$PROV. = 0.2x [0.129 (L \cdot B) + 0.10 (BHP)] \dots \dots (5.8)$$

5.6 曳引船의 有效馬力

Fig.9에서 알 수 있듯이 實船데이터들의 形像係數 (Form parameters) 분포는 沿岸에서 運航하고 있는 曳引船의 범위를 充分히 카바 (Cover) 한다.

5.7 推進

曳引船의 反류係數 推定을 위해 相互關係를 밝혀내는 作業으로 曳引船의 準推進效率 (Quasi-propulsive efficiency) 은 아래와 같다.

$$Tf = 3.769 \left[ \frac{V}{L} \right] - 13.271 \left[ \frac{V}{L} \right] + 27.708 \left[ \frac{V}{L} \right] - 33.492 \left[ \frac{V}{L} \right] + 20.943 \left[ \frac{V}{L} \right] - 5.323 \left[ \frac{V}{L} \right] \dots \dots (5.9)$$

이 關係는 부록4의 實船에서 생성된 데이터를 使用해서 發展 되었다. 實船에 의해 豫想된 效率는 密度 (Consistency) 와 케비테이션 (Cavitation) 基準에 관해 手計算으로 確認된다. 傳達 손실을 5%, 運航 환경條件으로 인한 엔진의 低下率 8% 그리고 運航余留를 10%로 취하면

$$Tf = \eta D \times 0.95 \times 0.92 \times 0.90 \dots \dots (5.10)$$

$$\eta D = AE/AO = \eta D \times \eta H \times \eta R \dots \dots (5.11)$$

$$\eta D = (Kt/Kq) (J/2\pi) \dots \dots (5.12)$$

가 되고 문헌에 따르면

$$KT = C_{x,y,z} (AE/AO) (P/D) (J) \dots \dots (5.13)$$

$$KQ = D_{x,y,z} (AE/AO) (P/D) (J) \dots \dots \text{이다.}$$

係數 C<sub>x,y,z</sub> 와 D<sub>x,y,z</sub> 의 값과 x,y,z 의 값은 4개의 단계를 가진 그래프에 對해 얻어진다.

連續 最大出力 (MCR) 은 速力이 增加함에 따라서 直線적으로 增加하는 80% 내지 90%로 취해왔다.

## 第 6 章 設計 過程의 要約

自航船의 경우 設計 過程은 實存船의 데이터 分析으로 回歸分析을 하여 그것의 最適化 解를 위한 目的函數를 찾아 부록3의 프로그램을 構成하여 컴퓨터 시뮬레이션으로 關係式들을 利用하여 제한 조건하에 初期 寸法 (Dimension) 매개변수를 推定함으로써 始作한다.

重量 構成要素의 推定도 이와 같이하며 機械類 重量의 경우 動力은 이 단계에서는 經驗式을 利用해서 計算된다. 이 過程은 계속 반복되어지고 最終 寸法의 매개變數와  $C_b$ 도 'Σ WEIGHT = displacement' 이라는 제한條件을 滿足 시키면서 決定된다. 要求되는 速力에 대하여, EHP의 計算은 H. Takei 의 새로운 해군 계수 (Cadm) 데이터를 利用하여 計算한다. 準 推進係數 (Quasi-Propulsive Coefficient)의 推定은 EMERSON의 公式을 利用한다.

바지船에 대한 設計는 運航하는 바지船의 데이터를 回歸分析法과 最適化로 부터 얻어진 關係를 利用하여 鋼鐵 材料 (Steel Material)의 推定을 하고 모든 Barg system에 대해서는 增加된 部材值數를 고려한다.

본 論文의 曳引船 設計는 特定한 船團과 주어진 曳引 速力에 適切한 曳引船 設計를 위해 도움을 준다. 小船團의 EHP는 HOWE의 抵抗函數를 使用함으로써 計算된다. 曳引船의 船體 形像 係數와 主要 寸法은 현존하는 부록4에서 얻어낸 相關關係式을 근거로 決定된다.

曳引船의 鋼材 重量은 係數와 常數를 가진 것만 除外하면 自航船들의 경우처럼 類似한 모델을 利用함으로써 計算된다. 이 係數와 常數는 曳引船의 鋼材重量推定法을 使用하여 回歸分析法으로 決定된다.

以上の 設計過程은 1개의 主 프로그램과 8개의 副 프로그램으로 作成하였다...

## 第 7 章 標本船 抽出

Table-1과 같이 自航船의 設計는 컴퓨터 시뮬레이션 시킨 결과 最適化 된 主要 要目 (Main Particular)을 찾을 수 있었다. 또한, Fig. 10은 47KW의 엔진 1개 길이 26M, 載貨重量 150ton CAPA.를 가진 배의 一般配置圖이며, 이 배의 航海速力 (Service Speed)은 시속 6KNOT의 程度가 될 것이다. 또한 이圖面은 8명의 전 船員을 위한 전형적인 施設인 船員室과 貨物積載를 위한 250 M. 程度의 加用空間을 보여준다. 甲板하의 알맞은 機關室과 船尾 甲板위의 船員室과 貨物積載를 위한 空間등 適切한 寸法 (Dimension) 要求를 設計 모델 (Model)로 부터 豫測할 수 있다.

Table- 2도 위와 같은 방법으로 계산된 標本 바지船 主要 要目들이다. Fig. 11은 모델에서 設計된 길이 27M 載貨容量 200톤의 一般配置圖이다. 두 사람을 위한 居住室은 船尾 甲板下에 設備되어 있다. 필수 艙裝品들이 이圖面에 表示되어져 있으며 貨物 積載를 위한 335 M. 以上の 加用空間이 있는데 沿岸에서 수송되는 貨物 200톤을 싣기에는 充分하다.

Table- 3은 標本 曳引船의 設計 要目이다.

Fig. 12는 曳引船의 모델 (Model)에서 設計된 一般配置圖 (G/A. Plan)인데 길이 15.4M 272kW의 動力을 갖추었다. 曳引力은 250ton 程度이며 操舵室 앞쪽은 확트인 視界를 갖는다.

甲板 上下에 船員用 空間으로 3명의 船員에 대한 安락한 住居施設이 確保되어있다. 機關室은 넓지만 機關室에 있는 사람은 그러한 小型船들에서와 같이 엔진의 계속적인 감시를 할 必要는 없다. 運航에 必要한 適切한 燃料油艙 (Bunkering) 空間이 있다.

이상과 같이 매개변수에 의해 最適化한 船舶의 主要 寸法은 아래와 같다.

### 1. 自航船

Length OA	27.21 m
Length WL	25.86 m
Breadth (ext)	6.48 m
Breadth (mid)	6.18 m
Depth	2.36 m
Draft	1.78 m
Power	47.0 KW
Complement	8

### 2. 바지船

Length	27.07 m
Breadth	6.46 m
Depth	2.17 m
Draft	1.72 m

3. 曳引船

Length OA	17.30 m
Length BP	15.40 m
Breadth (ext)	4.88 m
Breadth (mid)	4.57 m
Depth	1.85 m
Draft	1.30 m
Power	185 x 2 BHP 136 x 2 KW
Compiement	7

第 8 章 結 論

본 論文은 우리나라 沿岸 小型船 運航狀態를 分析하고 運送 作業을 할 수 있는 小型船들을 위한 設計 모델 (Model)에 대하여 기술 하였다. 小型船들의 建造는 尙소 造船所에서 主로 基本圖面만 가지고 攄外 資料는 經驗值로 大部分 建造되기 때문에 資料整理가 不充分하므로 本 論文의 模型 (Model)들은 尙後 小型船 設計에 좋은 자료가 될 수 있을 것이다. 尙으로 自航 貨物船, 바지船 및 曳引船의 設計에 있어서 設計者는 퍼스널 컴퓨터(PC)를 이용하여 小型船 最適化 設計 研究에 이용될 수 있는 컴퓨터 프로그래밍을 開發하였고 이것을 群小造船所에 널리 普及할 目的에 力點을 두었다. 比로 최초에는 500 DWT 容量 까지의 小型船의 開發을 위해 研究 되었지만, 本 論文에서는 沿岸 海運의 基本 要素인 小型 船舶과 物動量에 대한 데이터를 중심으로 우리나라 沿岸 物動量(Seaborne cargo)과 交通量의 흐름에 관한 特性을 考慮하였다. 沿岸 小型船舶의 初期 設計時 매개변수에 의한 主要 寸法의 模型들은 本 論文에서 開發된 프로그래밍에 의해 컴퓨터 시 뮬레이션 시킨 結果 尙당히 信賴性이 있었으며 또한 小型船의 材料에 관한 構成을 大別하여 分 判斷되었다...

將次 2000年代를 대비하여 건조선사 및 船主를 위한 沿岸 物動量 輸送에 필수적인 小型 船舶 들의 建造設計에 기여할 것으로 思料된다.

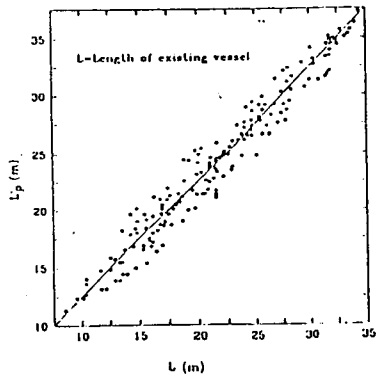


Fig. 1 Estimating relation for length.

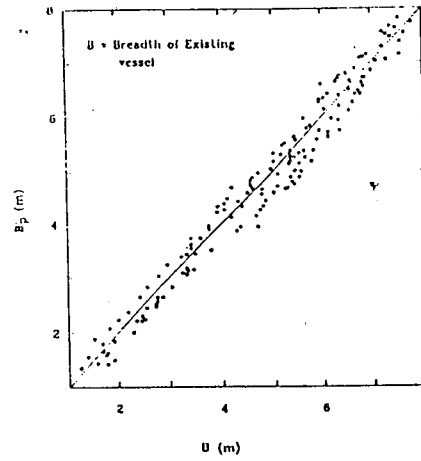


Fig. 2 Estimating relation for beam.

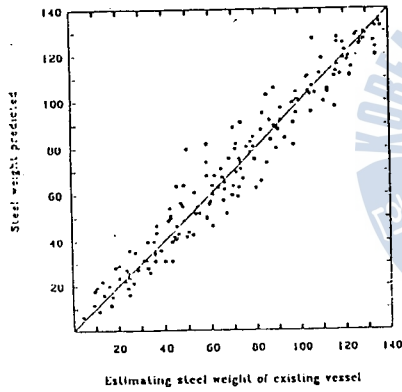


Fig. 3 Steel weight estimating relation.

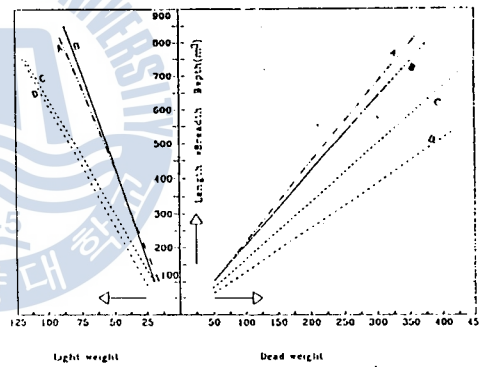


Fig. 4 Dimensions of different types of barges

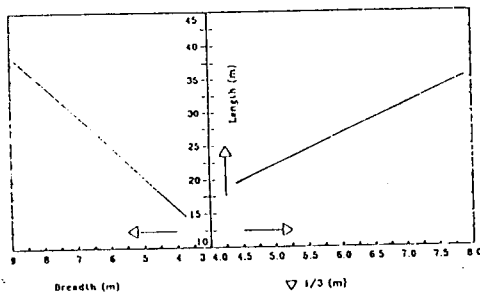


Fig. 5 Dimensions of barges.

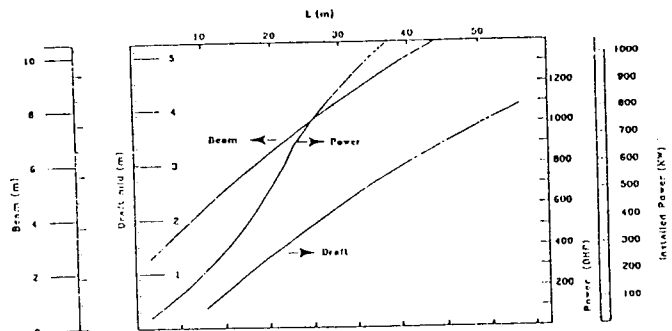


Fig. 6 Preliminary Tug dimensions.

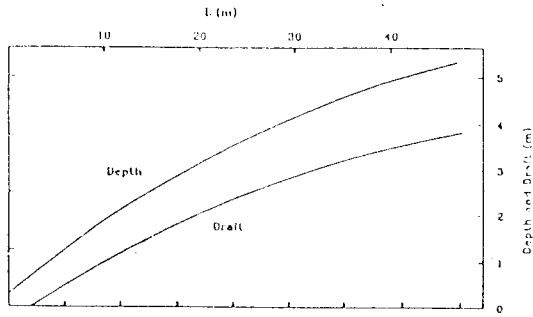


Fig.7 Depth and draft of tug.

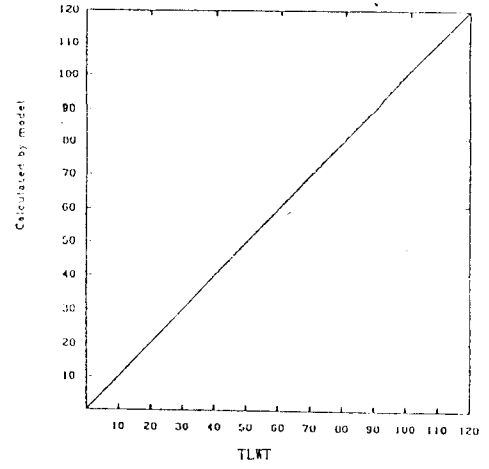


Fig.8 Predictability of steel weight estimation model tug

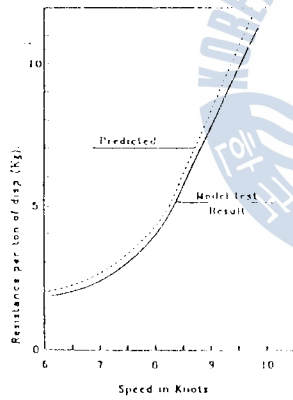


Fig.9 Predictability of model of estimating LHP

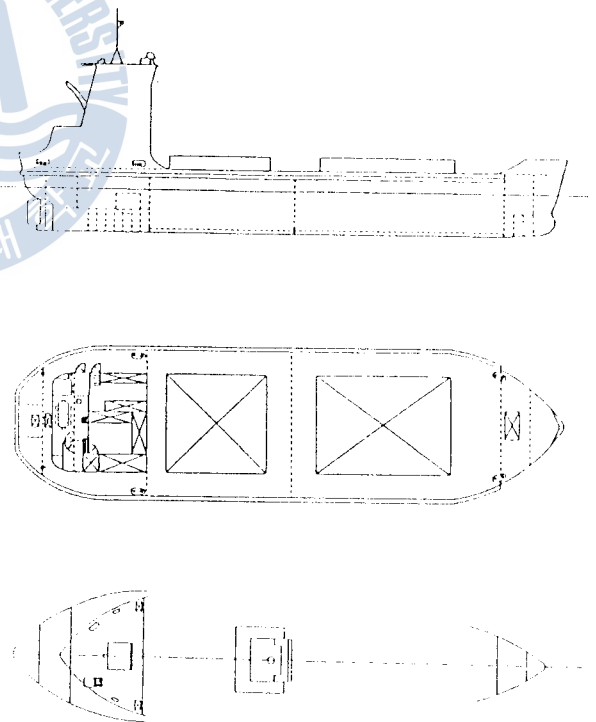


Fig.10 General arrangement of a 150 tons-propelled cargo carrier



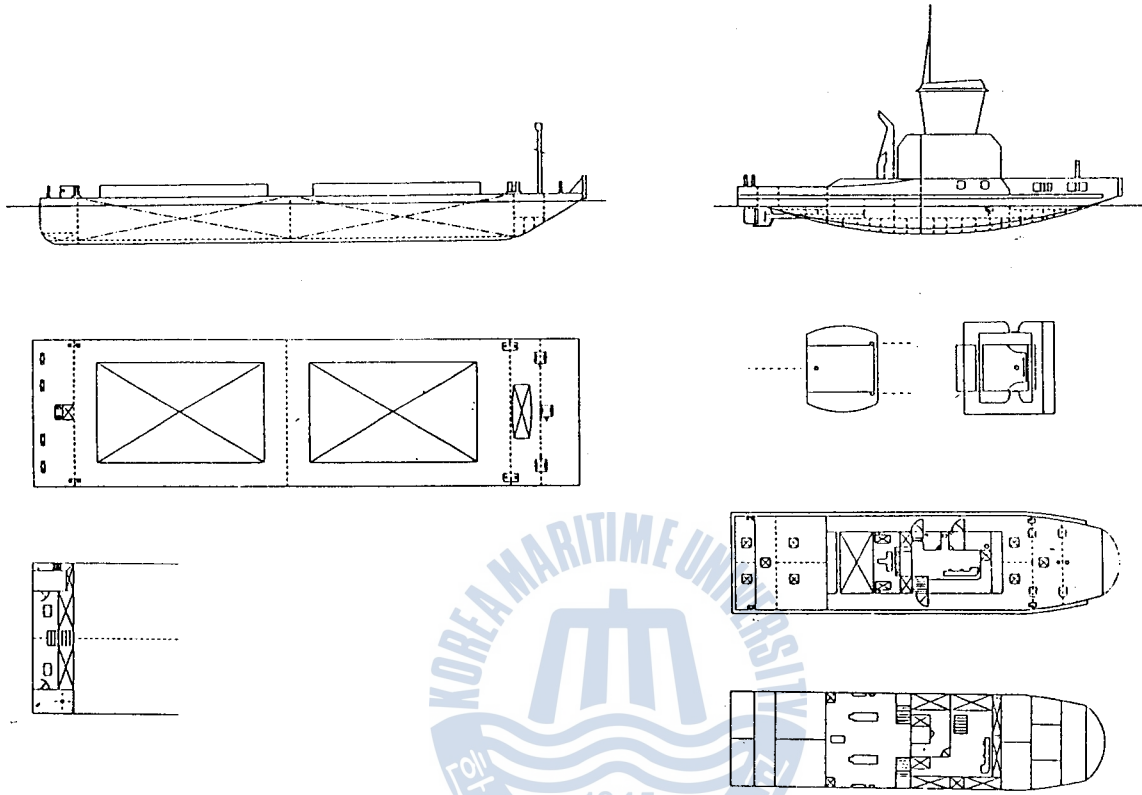


Fig. 11 General arrangement of a 200 tons Tug barge.

Fig. 12 General arrangement of a 15 meter Tug.

TABLE 1. Particular of sample self-propelled vessels

PARTICULARS OF SELF-PROPELLED VESSELS

caption	Design speed 6 knot								Design speed 8 knot							
	50	100	150	200	250	300	350	400	50	100	150	200	250	300	350	400
length betw. perp.(m)	16.82	21.77	25.35	28.06	30.55	32.65	34.86	37.38	17.85	22.83	26.23	29.31	31.67	33.95	36.61	39.45
Breath width(m)	4.76	5.51	6.06	6.53	6.91	7.23	7.61	8.14	5.01	5.75	6.32	6.76	7.15	7.54	8.06	8.49
Depth width(m)	1.84	2.12	2.32	2.49	2.63	2.75	2.82	2.82	1.93	2.20	2.41	2.58	2.72	2.82	2.82	2.82
block coef	0.757	0.762	0.798	0.838	0.816	0.822	0.827	0.831	0.663	0.702	0.722	0.731	0.747	0.755	0.762	0.765
Disp. fresh water (ton)	51.0	147.0	211.9	276.4	340.3	401.6	466.5	537.0	64.1	150.9	215.8	282.3	345.8	410.8	480.4	556.1
light wt (ton)	52.0	39.2	52.4	64.6	77.2	89.0	102.7	1120.4	27.6	42.7	56.2	70.1	82.7	96.3	114.6	132.7
steel wt (ton)	20.0	21.6	43.2	54.0	65.0	75.4	87.6	103.3	21.4	33.7	45.2	57.2	68.2	80.1	96.2	112.7
power instal. (kw)	24.0	27.6	31.1	34.7	38.1	41.4	44.9	49.2	43.2	50.9	58.4	65.6	72.8	80.2	88.6	96.5

caption	Design speed 10 knot							
	50	100	150	200	250	300	350	400
length betw. perp.(m)	19.00	24.09	27.67	30.41	32.93	35.97	39.04	41.96
Breath width(m)	5.31	5.04	6.56	7.04	7.41	7.96	8.52	8.99
Depth width(m)	2.06	2.31	2.51	2.65	2.81	2.82	2.82	2.82
block coef	0.560	0.627	0.652	0.668	0.681	0.691	0.700	0.706
Disp. fresh water (ton)	65.1	156.6	223.2	287.6	352.6	421.3	494.1	565.7
light wt (ton)	31.3	47.5	62.2	75.9	89.6	103.1	123.8	150.4
steel wt (ton)	23.0	36.2	45.6	60.2	72.0	88.0	106.2	125.2
power instal. (kw)	65.9	102.7	117.6	131.7	144.3	156.7	169.8	182.5

TABLE 2. Sample barge particulars

Cap(ton)	150	200	250	300	350
Length betw. perp.(m)	24.76	27.07	29.05	30.78	32.33
Breath width(m)	5.91	6.46	6.92	7.33	7.69
Depth width(m)	1.98	2.17	2.33	2.47	2.59
Block coef	15.83	1.732	18.6	1.977	2.07
Disp. fresh water (ton)	19.05	257.44	31.800	378.32	436.46
Steel wt (ton)	43.56	53.72	62.65	71.84	80.85
Power instal. (kw)	37.25	45.70	54.00	62.14	70.15

TABLE 3. Particulars of sample Tug

caption	Barge size: 250 tons Configuration: (in line 1 x in row 1)					Barge size: 250 tons Configuration: (in line 1 x in row 2)						
	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9
length betw. perp. (m)	12.13	12.63	13.34	14.15	15.34	16.97	12.75	13.66	14.78	16.32	17.98	19.92
breadth(m)	3.81	3.95	4.15	4.37	4.70	5.15	3.98	4.24	4.54	4.97	5.43	5.97
depth(m)	1.34	1.42	1.53	1.68	1.84	2.03	1.44	1.58	1.75	1.95	2.16	2.40
draft(m)	0.89	0.95	1.04	1.17	1.30	1.44	0.96	1.08	1.22	1.38	1.54	1.73
displ. (ton)	20.7	23.3	28.3	35.5	46.2	62.7	24.1	30.9	40.5	55.1	74.2	101.0
light wt. (ton)	18.1	20.1	23.2	27.4	33.9	43.6	20.6	24.7	30.6	39.3	50.7	66.4
steel wt. (ton)	11.6	12.3	13.3	14.6	16.7	20.1	12.4	14.8	15.7	18.7	22.5	27.9
mach. wt. (ton)	1.6	3.8	5.5	8.0	11.6	16.7	4.1	6.3	9.7	14.3	20.8	29.2
power (kw)	48	73	113	174	267	403	79	135	217	342	518	765

	Barge size: 250 tons Configuration: (in line 2 x in row 1)						Barge size: 250 tons Configuration: (in line 2 x in row 2)					
	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9
low speed miles / hour												
length betw. perp. (m)	12.28	12.89	13.74	14.73	16.14	17.78	13.05	14.02	15.42	17.20	10.02	21.16
breadth (m)	3.85	4.02	4.26	4.53	4.92	5.37	4.07	4.34	4.72	5.21	5.72	6.31
depth (m)	1.37	1.46	1.59	1.75	1.93	2.14	1.48	1.66	1.85	2.06	2.30	2.55
draft (m)	0.91	0.98	1.09	1.22	1.36	1.53	1.00	1.15	1.30	1.46	1.65	1.85
displ. (ton)	21.2	25	31.4	40.1	53.2	71.8	26.1	34.5	46.8	64.6	88.4	121.4
light wt. (ton)	18.7	21.2	25.0	30.3	38.2	49.3	21.9	26.8	34.3	45.0	59.0	78.1
steel wt. (ton)	11.8	12.6	13.9	15.6	18.3	22.0	12.9	14.4	16.9	20.6	25.3	31.0
mach. wt. (ton)	3.0	4.4	6.5	9.6	13.8	19.9	4.8	7.6	11.8	17.5	25.2	35.6
power (kW)	55	87	138	214	327	492	96	165	272	429	649	951

	Barge size: 250 tons Configuration: (in line 3 x in row 1)						Barge size: 250 tons Configuration: (in line 3 x in row 2)					
	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9
low speed miles / hour												
length betw. perp. (m)	12.39	13.07	13.87	15.13	16.61	18.33	13.22	14.37	15.90	17.74	19.75	21.93
breadth (m)	3.88	4.07	4.29	4.64	5.05	5.55	4.13	4.43	4.85	5.36	5.92	6.57
depth (m)	1.38	1.49	1.64	1.80	1.99	2.20	1.52	1.70	1.91	2.14	2.38	2.63
draft (m)	0.92	1.01	1.13	1.26	1.41	1.58	1.03	1.19	1.35	1.52	1.71	1.91
displ. (ton)	21.8	26.5	33.2	43.6	58.1	78.6	27.8	37.2	51.2	71.4	98.6	134.4
light wt. (ton)	19.2	22.0	26.1	32.4	41.7	53.3	22.9	28.5	37.0	49.0	64.9	85.6
steel wt. (ton)	11.9	12.9	14.1	16.3	19.3	23.4	13.2	14.9	17.8	22.2	27.4	34.5
mach. wt. (ton)	3.2	4.8	7.2	10.7	15.4	22.0	5.3	8.6	13.3	19.8	28.4	39.6
power (kW)	61	97	155	243	369	553	108	188	312	492	742	983



## 參考文獻

- 1) 池田勝著 “小型船의 設計と 製圖” 海文堂 昭和58年
- 2) 池田勝著 “小型船의 馬力と 速力” 海文堂 昭和44年
- 3) 社團法人 韓國造船工業協會 “實用船 總覽” 大一文藝社 1984年
- 4) Himmelblau, D.M “Applied Nonlinear Programing” McGraw-Hill Book Co., New York,
- 5) Rosan, J.B. “The Gradient Projection Method for Nonlinear Programing PART I linear Constraints,” J. Soc. Indust. appl. march., 8, P181-217, 1960年
- 6) Rosenbrock, H.H “ An Automatic Method for Finding the Greatest or Least value of a Function.” Computer J. 3, P175-184,
- 7) Hook, R., and T.A. Joeves. “Direct Search Soultion of Numerical and Statistical Problems.” J. Assoc. Com. March, 8 P212-229, 1961年.
- 8) Draper, N.R., and H. Smith. “Applied Regression Analysys.” John Wiley and Sons, Inc., New York., 1966年
- 9) J. Encarnacao, R. Schuster, E. Voge, “Product Data Interfaces in CAD/CAM Applications,” Springer Verlag, 1986年
- 10) 朴命圭 “전문가 시스템 구축용 도구인 OPS5에 대한 이해” 대한 조선 학회지 제29권 3호, 1992年
- 11) J. D. Foley, A. Van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes, “Computer Graphics-principles and Practice, chapt. 4: Graphics Hardware.” 2nd edition, Addison-Wesley, 1990年
- 12) 全國造船 教育 硏究會編, “商船設計” 海文堂 P27-29 昭和 44年
- 13) 高城清著 “實用船舶工學” 海文堂 P167-188 昭和 50年
- 14) 植用機械 硏究 クループ編 “船用機關子-タ. ブシク” 成山堂 昭和 44年
- 15) 竹井治雄 “新ア犬ミラルテイ 係數の提案” Journal of the M. E. S. J., Vol. 24, No5
- 16) Ayre A.L Approximating EHP-Revision of Data given in papers of 1927年& 1933年, North-East Coast inst. of Engineerings & Shipbuilder, Vol. 64(1947年/48年)
- 17) Emerson, A, and witrey, N.A., Experimental work on merchant ship model during the war, North-East coast inst. of merchant ship model Vol. 65, 1948年
- 18) Watson D.G.M and Gilfillan, A.W., “Some Ship Design Methords”. The Royal institution of Noval Architects, March 1977年
- 19) J.L. Foley, “Barges in Ocean Service” SNAME May, 1965年
- 20) 金喆俊 “Pusher 海上輸送方式-Barge Line System의 現況”
- 21) 李丙奭외 1人 “浦港綜合製鐵鋼材品의 沿岸輸送을 위한 1974年. 5 Pusher-Barge System에 관한 一考” 大韓造船學會 제11권1호
- 22) Home, C.W., “Mathematical Model of Barge tow Perfomance” Journal of waterway & harbour Div., November 1967年.
- 23) Wood, J.N. & Caldwell, A., caldwells Screw tug design, Itutchinson Educational 2nd. ed., 1969年

- 24) R. E. Barnhart and A. M. Thwils "computation of Righting Arms Form Principal dimanslons and Coefficient" MIT. 1990年
- 25) 朴命圭 著 "船舶 設計圖集" 海交出版社 1993年
- 26) 朴命圭 著 "散貨物船舶의 設計와 運航 經濟性과의 評價에 關한 研究"
- 27) 梁在河, 朴命圭 共著 "FRP船 建造" 世宗出版社. P. 61~76. 1992年
- 28) 梁在河 著 "船舶建造仕樣(1)" 六日文化社 P. 20~52. 1994年

