
 論 文

大韓造船學會誌
 第21卷 第4號 1984年 12月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 21, No. 4, December 1984

最小 抵抗 理論에 입각한 最適 船型 開發에 관한 研究

閔 季 植* · 金 根 濟*

 A Study on the Optimum Hull Form Development
 based on the Minimum Resistance Theory

by

Keh-Sik Min* · Keun Jae Kim*

Abstract

As a way of overcoming or improving the great depression in the world shipping and shipbuilding industries, a great effort has been made on the development of fuel-economic hull forms.

Recently, the author(s) had presented part of the results of his study on this subject (full slow speed ships) in PRADS 83, and are presently carrying out the research program on the same subject for fine fast speed ships. This paper is the introduction and summary of the basic concept and mathematical treatment applied in this research.

I. 서 론

인류의 오랜 역사를 통하여 오늘날과 같이 선박의 경제성이 중요시 된적이 없다. 몇번에 걸친 유류 파동과 유가의 지속적인 상승의 결과로 전세계 경제는 불황에 허덕이고 있으며 해운업도 그 예외일수가 없다. 이러한 때에 그 타개책의 하나로 선박운용의 경제성이 크게 주목을 받고 있다.

경제성 향상책으로는 기술적인면(Technical Side), 조업적인면(Operational Side), 정책적인면(Policy)등 다각적인 면에서 생각해 볼 수 있으나 그중 무엇보다도 중요하고 큰 비중을 차지하는 것이 기술적인 면으로서의 연료 절약형 경제선형 개발이다. 저자는 오래 전부터 경제 선형 개발의 중요성을 인식하여 여러가지 서로 다른 논리에 의한 경제선형 개발을 연구해 오고

있으며 PRADS 83에서 저속 비대선에 대한 연구 결과의 일부 [1]*를 발표한바 있다.

곧 이어 저자는 고속 세장선(Fine Fast Speed Ship)의 경제선형 개발에 대한 연구를 착수 하였으며 본 논문은 그에 대한 기본 개념과 수학적 처리 과정의 소개 및 요약이라고 할 수 있다.

본 논문에 소개된 방법에 의하여 개발된 몇개의 선형에 대하여 이론적인 방법으로 저항 추진 특성을 추정하고 또한 제한된 모형시험을 실시해본 결과 증대의 선형에 비하여 현저한 향상이 있음을 알 수 있게 되었다.

따라서 본 연구는 Parameter 변화에 따른 약 18개 정도의 Series 선형을 개발하고 모형시험을 통하여 하나 하나의 성능을 확인한후 그 전체적인 성능에 대한 회귀분석(Regression Analysis)를 통하여 성능 추정 전산 Program을 완성 함으로써 연구를 끝낼 예정이다.

接受日字: 1984年 6月 22日, 再接受日字: 1984年 9月 24日

* 正會員, 大宇造船工業(株)

* [] 안의 번호는 참고 서적의 번호를 표시함.

경제선형 개발 과정에 있어서 특별 추진 장치에 의한 추진 성능 향상은 전혀 고려하지 않았으며 오늘날의 고도로 발전된 직결구동 저속 Diesel Engine의 특성을 충분히 반영하여 순수한 선형개발에 의한 경제성 향상을 꾀하였다.

이렇게 개발된 선형에 대해서 저항 추진 성능 향상을 위하여 부분적으로 적용되는 극부적 연구결과를 더한다면 더욱 현저한 향상이 이루어질 것이다.

여기서 한가지 언급하고 싶은 것은 많은 사람들이 우수 유사 실적선의 변형(variation)에 의하여 선형을 개발하는 방법과 본 방법과를 크게 혼동하고 있다는 것이다.

두 가지 방법은 기본 개념 및 접근방식이 전혀 다르다.

먼저 방법은 선형개발이라기 보다는 선형변형이라고 하는 것이 더 적절한 표현일 것이며 이론이나 논리적인 배경보다는 과거의 경험 및 trial & error 방식에 의존하고 있는 반면 본 방법은 과거의 경험보다는 확립된 이론 및 논리에 근거를 두고 있으므로 주어진 parameter에 대한 경제 선형을 논리적이고 체계적으로 신속히 구할 수 있을 뿐만 아니라 구해진 선형에 대한 성능 특성도 거의 정확히 추정할 수 있다.

II. 선형의 특성 (Characteristics of Hull Form)

선형을 정의하기 위해서는 기본치수를 비롯하여 여러개의 독립 변수가 요구된다. 그러나 무차원화된 좌표계를 도입함으로써 기본치수의 영향을 제외 할 수 있다. 한 걸음 더 나아가 실용성과 용이성을 위하여 Series 선형을 정의하는 기본 매개변수로 방형 비척계수(Block Coefficient, C_B)를 택하였다. 조선학자나 유체역학자에게는 Prismatic Coefficient (C_P)가 더 의미 있는 것으로 생각될지도 모른다. 그러나 선박설계의 입장에서 볼 때 Block Coefficient (C_B)가 더 편리하다. 왜냐하면 고려 대상선의 치수가 주어졌을 때 그 기본치수에 대한 직접적인 척도는 C_B 가 되기 때문이다. 중앙 단면 계수(C_M), 선수부(L_E), 중앙평행부(L_X), 선미부(L_R), Longitudinal Center of Buoyancy (LCB), Half Entrance Angle ($1/2\alpha_E$) 등과 같은 그 외의 매개변수는 다음에 논하는 바와 같이 C_B 에 따라 구해진다.

1. 선수부 · 중앙 평행부 · 선미부 (L_E , L_X and L_R)

전체적인 선형을 개발함에 있어서 최초의, 그리고 가장 중요한 의문이 발생하는 바, 즉 선수부(L_E), 평행부(L_X)와 선미부(L_R)의 비율을 얼마로 하여야 하는

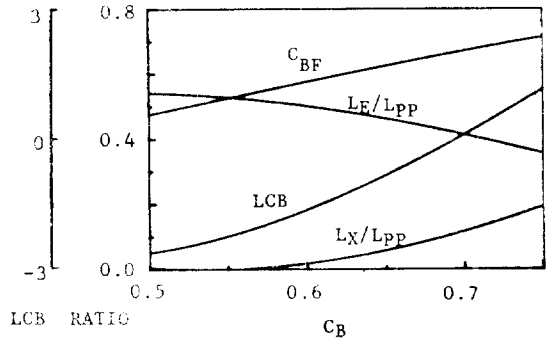


Fig. 1 Initial Choice of some Principal Characteristics

가 하는 것이다.

이 문제에 대한 하나의 가능한 답을 찾기 위하여 지난 10여년간 전세계에서 건조된 약 300척의 실적선 중에서 60여척의 우수한 설계만을 골라 조사 분석을 실시하였다.

그 통계적 분석을 기반으로 하여 상당히 타당성이 있다고 생각되는 $L_E-L_X-L_R$ 의 범위를 구했으며 대체적인 비례 관계를 Fig. 1에서 볼 수 있다. Fig. 1에서 C_{BF} 는 선수에서 선체 중앙부까지의 부분에 대한 방형 비척계수이며 LCB 는 Longitudinal Center of Buoyancy를 나타낸다.

2. Longitudinal Center of Buoyancy(LCB)

일반적으로 LCB 는 C_B 가 낮은 고속선에서는 후방에 위치하고 C_B 가 높은 저속비대선에서는 전방에 위치한다. 이것은 저항 성분 중 조파 저항과 점성 저항 성분의 비율 및 조파 저항에 있어서 선수파와 선미파의 분담율이 속도에 따라 변하고 있기 때문이다.

고속이 될수록 조파 저항이 전체 저항에 있어서 차지하는 비중이 커진다. 물이 완전 유체라면 전후 대칭선이 가장 조파 저항이 적을 것이나 [2] 실제에 있어서는 점성의 영향으로 선미파는 감쇄되어 발생하므로 선체 후반부는 Full하게 하고 전반부는 Fine하게 하여 선수조파를 억제하여야 한다.

그러므로 고속 세장선에서는 일반적으로 LCB 가 후방에 위치한다. 그러나 LCB 의 최적 위치(Optimum Position)에 대해서는 앞서 언급한 조사(Survey)에 의해서도 통계적 결론을 얻을 수 없었다.

따라서 앞서 언급한 실적선 자료로부터 유사선들의 LCB 의 위치와 Wave Profile 관계에 대한 분석을 통하여 일반적으로 바람직한 변화(Variation)를 유도 하였으며 그 결과를 Fig. 1에서 볼 수 있다. 저속 비대선

에 대해서는 제한된 모형 시험결과 LCB 의 위치가 저항 추진 특성에 미치는 영향이 미소하다는 사실이 입증되었다[1].

3. 중앙 단면(Midship Section) 또는 최대 단면(Maximum Section)

Midship Section에 대해서는 고속함정에 있어서와 같이 bottom에 대한 구속조건이 전혀 없거나 또는 Deadrise가 있는 자유형과, 오늘날의 일반적인 상선에 있어서와 같이 Deadrise가 없고 Bottom Tangent가 있는 구속형으로 나누었다.

그리고 중앙 단면 계수(Midship Section Coefficient)는 대체적으로 조선소의 Production Standard에 따라 결정하도록 하였으며 본 연구에 있어서는 직접적으로 취급되는 Parameter가 아니다. 중앙 단면에 대해서는 III-1 절에서 구체적으로 논의될 것이다.

4. Half Entrance Angle($1/2\alpha_E$)

이것은 조파저항에 지대한 영향을 미치며 선형 개발에 있어서 대단히 중요한 Factor이나 III 장 및 IV 장에서 논의될 기본 방정식 및 최적화 기법에 의하여 자동적으로 구해진다.

III. 선형 개발에 대한 기본 개념
(Basic Concept of Hull Form Generation)

선형 개발에 있어서 선수와 선미는 서로 다른 개념에서 생각되어야 한다. 즉 선수 선형은 저항이라는 견지에서, 선미 선형은 추진이라는 관점에서 개발되어야 한다. 선수 선형 개발에 있어서는 전통적인 Potential 이론을 포함하여 몇가지 서로 다른 이론을 활용할 수 있다.

그러나 선미 선형 개발에 있어서는 극히 제한된, 그리고 부분적인 이론의 적용이 가능할 뿐이다

선체의 선수쪽에서 선미쪽으로 이동함에 따라 유체의 경계층(Boundary Layer)이 점점 두꺼워지고 때로는 Separation 현상이 발생하기 때문에 일반적인 Potential Theory는 전혀 쓸모가 없게 될뿐만 아니라 추진 장치의 설치를 위한 특별한 고려가 있어야 하므로 아직은 일반적으로 적용할 수 있는 이론이 개발된 바 없다

1. 선수 선형(Fore-body Hull Form)

(1) 기본 방정식(Governing Equation)

선수 선형 개발을 위해서 고전적인 최소 저항 이론을 활용하였다. 여기서 총 저항은 다음과 같이 표시된다.

$$R_T = R_F + R_r$$

저항 성분중 선형에 따라 크게 영향을 받는 항목으로는 조파저항과 형상 저항을 들 수 있다.

잉여 저항(R_r)은 이 두 저항의 합으로 표시되므로 물리적인 원인을 찾기 위한 양으로서는 부적합하나 선형 설계에 있어서는 편리한 지표가 된다.

전체 형상 계수를 선수 형상 계수와 선미형상 계수의 합이라고 표시할 때, 즉

$$k = k_f + k_A$$

라고 할때 선수 부분에서 오는 영향 k_f 는 k_A 에 비해서 매우 미소하므로 선수 부분에 대한 전체 저항에 대해서는 대략 다음과 같이 쓸수 있다.

$$R_T = R_F + R_W$$

여기서 각각의 저항 성분에 대하여 다음과 같은 가정을 하고 동시에 다음과 같은 개념을 도입한다.

—조파저항:

이상 유체라는 가정하에 평행부분이 시작되는 점 또는 최대단면이 되는 점을 기준으로 한 전후 대칭선으로 가정하여 최소 조파 저항 선형을 구한다.

—점성 저항:

Reynolds Number (R_n)가 일정할 때 점성저항 계수는 일정하다는 가정하에 최소 접촉 면적을 갖는 선형을 구한다.

그러므로 선수 선형을 유도하는 기본 개념은 전장이 $2 \cdot L_E$ 가 되고 최소 저항을 갖는 전후 대칭선을 구하여 그 반쪽을 Entrance (L_E) 부분으로 사용하자는 것이다. 선형을 Fig. 2에 보이는 바와 같이 표시할 때 그 각각의 저항성분은 다음과 같이 표시된다.

$$R_F = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_F \cdot V^2$$

$$R_W = \frac{4\ell g^2}{\pi v^2} \iint_S dx dz \iint_{\xi} d\xi d\zeta f_x(x, z) \cdot f_{\xi}(\xi, \zeta) \times \int_0^{\pi/2} d\theta \sec^3 \theta \cdot e^{g/v^2(z-\zeta) \sec^2 \theta} \cdot \cos \left[\frac{g}{v^2} (x-\xi) \sec \theta \right]$$

여기서

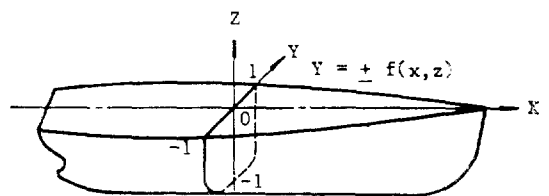


Fig. 2 General Nondimensional Coordinate System

$$S = 2 \cdot \iint \sqrt{1 + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} dx dz \cong \iint \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \right] dx dz$$

$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$: 1957 ITTC Correlation Line

(2) 선형에 대한 수학적 표시 및 구속 조건

II-3절에서 간단히 논의 한바와 같이 중앙단면, 또는 최대단면의 형상에 따라 선형에 대한 다음과 같은 가정을 하고 그에 적합한 구속조건을 적용한다.

—자유형

자유형이란 왜곡선이나 고속함정에 있어서와 같이 선저(bottom)에 대한 구속조건이 전무하거나 약한 선형을 의미하며 그에 따라 A형과 B형으로 분류한다. 자유 A형은 Fig. 3에 보이는 바와 같이 특별한 구속조건이 없는 형상을 의미하고 자유 B형은 Fig. 4에 보이는 바와 같이 deadrise나 bottom slope에 대한 구속조건이 있는 형상을 나타낸다.

자유형에 공통으로 적용하는 선형식 및 구속조건은 다음과 같다.

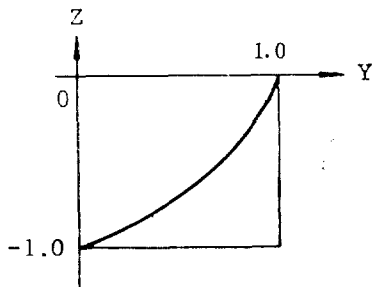


Fig. 3 Typical Midship (Maximum) Section Shape of Free A Type.

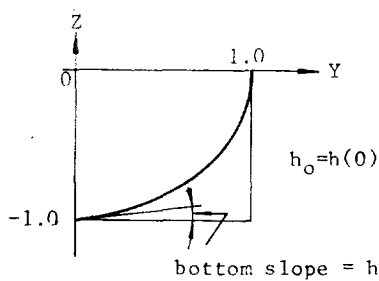


Fig. 4 Typical Midship (Maximum) Section Shape of Free B Type.

$$Y = +f(x, z) = +X(x) \cdot Z(z)$$

$$\int_{-1}^1 \int_{-1}^0 X(x) \cdot Z(z) dx dz = 2C_B$$

$$X(\pm 1) = 0$$

$$X(0) = 1$$

$$Z(0) = 1$$

$$Z(-1) = 0$$

이외에 자유 B형에는 다음과 같은 구속 조건이 추가 된다.

$$\frac{\partial Z}{\partial y} = \frac{1}{\frac{\partial f}{\partial z}} = h(x) \text{ at } Z = -1$$

—구속형

구속형이란 선저 (bottom)에 구속조건이 있는 선형을 의미하며 그에 따라 역시 A형과 B형으로 분류한다.

구속 A형은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 bottom tangent에 대한 구속조건은 있으나 그 이상의 구속조건은 없는 단면형상을 의미하며 구속 B형은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 bilge circle이 있는 일반 상선의 형상을 나타낸다.

그러나 Bilge circle은 무차원화에 의한 영향으로 인하여 Fig. 6에 보이는 바와 같이 일반적으로 타원의 형상으로 나타낸다.

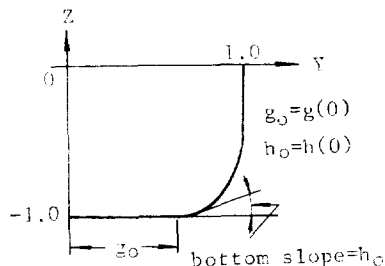


Fig. 5 Typical Midship (Maximum) Section Shape of Constrained A Type.

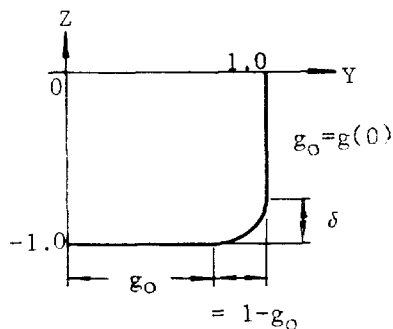


Fig. 6 Typical Midship (Maximum) Section Shape of Constrained B Type.

구속형에 공통적으로 적용되는 선형식 및 구속조건은 다음과 같다.

$$Y = \int_{(-)}^+ f(x, z) dz = \int_{(-)}^+ [1-g(x)] X(x) \cdot Z(x) + g(x)$$

$$\int_{-1}^1 \int_{-1}^0 f(x, z) dx dz = 2C_B$$

$$f(\pm 1, z) = 0, \text{ 즉 } X(\pm 1) = 0 \text{ and } g(\pm 1) = 0$$

$$Z(0) = 1 \text{ and } f(x, 0) = [1-g(x)] \cdot X(x) + g(x)$$

$$Z(-1) = 0 \text{ and } f(x, -1) = g(x)$$

이외에 구속 A형과 B형에는 다음과 같은 구속조건이 각각 추가된다.

구속 A형

$$X(0) = 1 \text{ and } f(0, Z)$$

$$= \begin{cases} g_0 & \text{at } Z = -1 \\ (1-g_0) Z(x) + g_0 & \text{for } -1 < Z \leq 0 \end{cases}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial y} = \frac{1}{\partial f} = h(x) \text{ at } Z = -1$$

구속 B형

$$X(0) = 1 \text{ and}$$

$$f(0, Z) = \begin{cases} g_0 & \text{at } Z = -1 \\ y_c + k \sqrt{\delta^2 - (Z - Z_c)^2} & \text{for } -1 < Z \leq \delta \\ 1.0 & \text{for } \delta < Z \leq 0 \end{cases}$$

실제의 선형을 나타내는 수학적 표현으로는 다음과 같은 미지 계수를 갖는 다항식·삼각함수식·복합 Series 식 들을 서로 조합을 이루어 활용하도록 하였다.

$$\text{다항식 형 : } X(x) = \sum_{i=0}^N a_i x^i + \sum_{i=1}^N a_i |x|^i, \quad n=4-9$$

(i even) (i odd)

$$\text{삼각함수형 : } X(x) = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \cos \frac{\pi}{2} x, \quad n=4-9$$

$$\text{복합 Series형 : } Z(z) = b_0 + b_1 Z + b_2 Z^2 + b_3 \sqrt{z+\epsilon} + b_4 e^{\alpha z}$$

Bottom Tangent :

$$g(x) = \begin{cases} \sum_{i=0}^3 g_i x^i \\ g_0 \sin \left[\frac{1}{2} (1-x) \pi \right] \end{cases}$$

Bottom slope :

$$h(x) = \sum_{i=0}^3 h_i x^i$$

그러므로 선수선형 개발에 대한 과제는 주어진 구속 조건을 만족 하면서 전체저항을 최소로 만드는 선형식의 계수들을 구하는 문제로 귀착된다.

2. 선미 선형(Aft-body Hull Form)

이미 앞에서 언급한 바와 같이 선미선형 개발에 있어서는 극히 제한된 이론의 적용이 가능한 뿐이며 따라서 주로 경험에 의존하는 수밖에 없다. 그러므로 접근 가능한 현존 자료 중에서 가장 성공 적인 선미, 선형을 선택한 후 성능 향상을 위하여 단계적인 수정을 행하였다.

추진 효율 향상을 위한 인자중 선형에 크게 관계되는 것으로는 thrust deduction fraction (t)과 wake fraction (w)이 있으며 thrust deduction fraction은 낮고 wake fraction이 커야 hull efficiency 및 전체적인 추진 효율이 증가한다는 것은 조선학의 상식이다.

이렇게 하기 위한 일반적인 방법이 참고 서적 [1]에 논의되어 있다. 본 연구에서는 이러한 일반적인 방법 외에도 반류 성분이 절성성분과 potential성분으로 구성된다는 점에 착안하여 potential flow의 corner flow effect를 적용하여 t 는 적게유지 하는 한편 w 가 커지도록 하였다.

IV. 최적화 기법(Optimization Technique)

참고서적 [1]에서 논의한 바와 같이 저속비대선 Series 에 대해서는 최소 저항 선형 유도를 위하여 Lagrangian Multiplier 방법을 사용하였다. 그러나 Lagrangian 방정식을 풀기가 지극히 어렵다.

M. Krein은 조파저항의 하한선(Lower bound)은 존재하나 연속함수 중에서는 얻을 수 없기 때문에 일반적으로 해가 없음을 보여주었다.

참고 서적 [2]는 해를 찾기 위하여 약간의 후퇴가 필요 하며 그에 대한 논의가 되어 있으나 결과는 꾸불꾸불한 선형이 되어 실제 설계에 이용이 불가능하다.

실제로 비선형 문제에 있어서는 일반적으로 적용되는 최적화 기법이 존재하지 않으므로 그때 그때의 상황을 참작하여 방법을 선택, 또는 개발하여야 한다.

이러한 점을 고려하여 저자는 근년(1970년대)에 개발된 특수 최적화 기법을 응용 하였으며 그에 대해서 하나 하나 간단히 논의 하고자 한다.

1. 최적화 문제의 수식화(Mathematical Formulation for Optimization Problem)

함수 F 가 최소 또는 최대가 되는 n 차원상의 점 $x \in R^n$ 을 찾는 문제를 수식으로 표현하면 다음과 같다.*

F, g, h 가 연속이고 미분 가능한 함수일때

$$\text{Find } x^* \in R^n$$

* 여기서 x 는 일반적인 변수를 표시하며 본 연구의 논문의 앞절에서 소개된 좌표계와는 무관하다.

$$\begin{aligned} &\text{Minimize} && F(x) \\ &\text{Subject to} && g(x) \geq 0 \\ & && h(x) = 0 \end{aligned}$$

여기서, $g(x) = g_1(x) : \text{Inequality constraints}$

$$\vdots$$

$$g_m(x)$$

$h(x) = h_1(x) : \text{Equality constraints}$

$$\vdots$$

$$h_r(x)$$

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

: 설계변수(Design variable)

$$F(x) = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

: 목적함수(Objective function)

$$\text{최적해 } x^* = \left\{ x \mid \min. F(x), g_i(x) \geq 0, h_i(x) = 0 \right\}$$

위와 같은 함수 · 변수 및 제한조건들이 본 연구에 있어서는 다음에 상당한다.

목적함수(Objective function) : R_T (전체저항)

설계변수(Design Variable) : a_i 와 b_i

Equality Constraints : C_B (일정체적)

Inequality Constraints : 기타 경계조건

2. 비선형 문제의 최적화 기법

비선형 문제의 최적화 기법에는 Table 1에 보이는 바와 같이 Gradient Method와 Search Method의 크게 두가지로 분류된다.

Gradient Method는 수렴속도는 빠르나 본 문제와 같이 Gradient의 계산이 복잡한 경우에는 Search Method가 보다 효율적이다.

Table 1 비선형 문제 계획법의 종류

Gradient Method	Search Method
Steepest Descent	Univariate Search
Newton-Raphson	Hooke and Jeeves Search
Fletcher-Reeves	Nelder and Mead Simplex
Davidson-Fletcher-Powell	Rosenbrock's Rotating Coordinate Search
	Powell's Conjugate Direction

구속조건을 처리하는 방법으로는 여러가지 방법이 존재하나, 일반적으로 직접처리법과 위반함수법(Penalty Function Method)를 많이 이용하고 있다.

직접 처리법은 문제의 구속조건을 그대로 사용하여 답을 구하는 방법으로, 보통 Gradient Method와 같이 사용된다.

위반 함수법은 목적함수에 Penalty term을 추가하여 설계변수가 설계가능 영역(Feasible region)을 벗어나는 경우 Penalty를 주어 다시 가능 영역으로 넘어 오

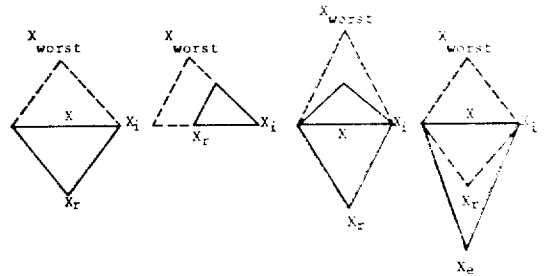
도록 하는 방법으로 Internal Penalty Function Method와 External Penalty Function Method가 있다.

그러나 Internal Penalty Function Method를 사용할 경우 출발점이 반드시 설계 가능 영역에서 시작해야 한다는 단점이 있는 반면 External Penalty Function Method에 있어서는 출발점이 어디에 있어도 관계 없고 제한 조건이 실제로 침해되었을 때만 Penalty term이 작용하므로 출발점 선정에 크게 신경을 쓸 필요가 없다는 장점이 있다. 물론 출발점이 잘 선정되면 계산 시간이 단축된다.

따라서 본 연구에서는 구속조건의 처리 방법으로 External Penalty Function Method와 함께 Search Method 중의 Nelder and Mead Simplex Method를 사용하였으며 다음절에서 그에 대한 간단한 논의를 하고자 한다.

3. Nelder and Mead Simplex Method

이 방법은 Multi-Variable Constrained Nonlinear Function의 최솟치 (Minimum)를 구하기 위하여 개발되었으며 본 문제에 대한 상기 방법의 적용은 다음과



Reflection Reduction Contraction Expansion

Fig. 7 Shape of 2-D simplex

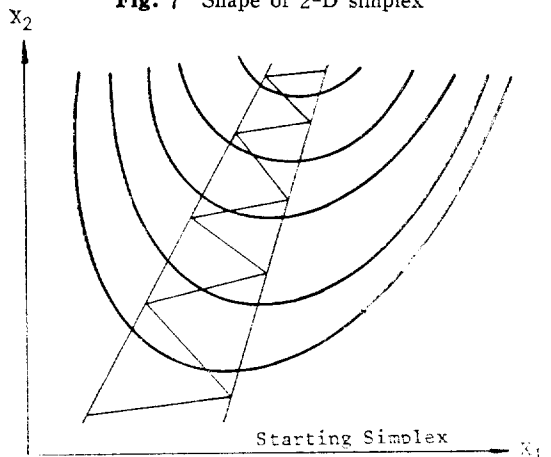


Fig. 8 2-Dimensional Nelder & Mead Simplex Method

같이 요약될 수 있다.

(1) 먼저 다음과 같이 External Penalty Term이 포함된 목적함수를 구성한다.

$$P(a_i, b_j, r_k) = R_T(a_i, b_j) + r_k \sum_{n=1}^{NC} \min \{ G_n(a_i, b_j), 0 \}^2$$

(2) n 차원상에 있는 $(n+1)$ 개의 점으로 이루어지는 초기 simplex를 구성한다.

(3) Fig. 7과 8에 보이는 바와 같이 Reflection, Expansion, Contraction과 Reduction의 거동을 통하여 Simplex의 형상을 변화시키면서 최적점으로 접근한다.

이 방법은 다른 Method에 비하여 최적점 접근 속도는 느리나 수렴성(Stability)이 우수하다는 장점이 있다.

이 방법에 대한 Algorithm은 Fig. 9에 표시되어 있다.

V. 응용예 (Example of Application)

지금까지 논의한 방법을 실제 설계에 응용하여 보았으며 Fig. 10, 11, 12와 13은 자유 A형, B형, 구속 A형과 B형 각각에 대한 결과를 보여주고 있다.

자유 A형과 구속 B형에 대하여 제한된 저항 추진 시험을 실시해 본 결과 우수한 기존 선형에 비하여 자유 A형에서는 16%, 구속 B형에서는 6%의 향상이 있음을 알 수 있었으며 이로 미루어 보아 대체적으로

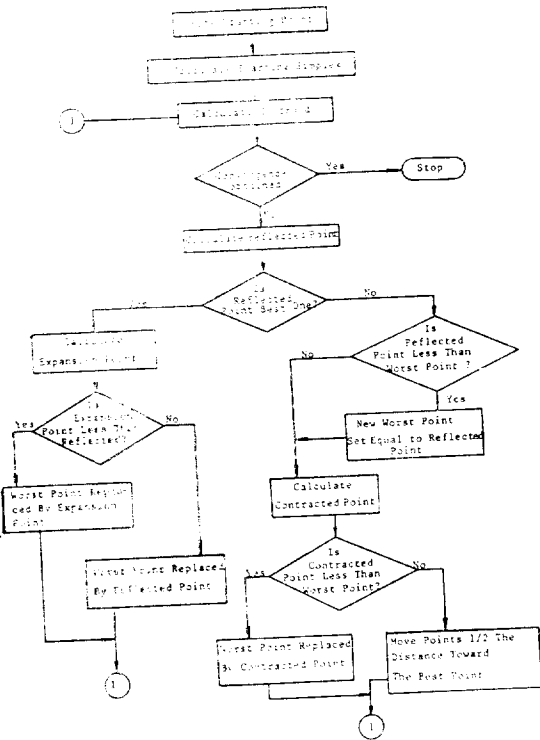


Fig. 9 Nelder and Mead (NELDER ALGORITHM) Logic Diagram

응 용 예

1. 자유형 A

$L_{pp} = 18.0M$, $B = 2.0M$, $T = 1.5M$, $C_B = 0.434$, $F_N = 1.0$

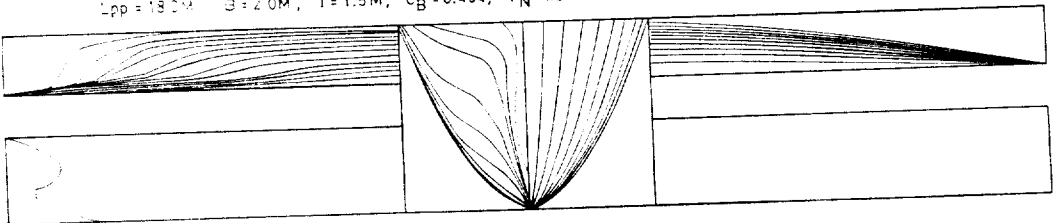


Fig. 10 Optimized Hull Form for High Speed Small Ship (Free A Type)

2. 자유형 B

$L_{pp} = 170.0M$, $B = 17.0M$, $T = 6.0M$, $C_B = 0.484$, $F_N = 0.50$

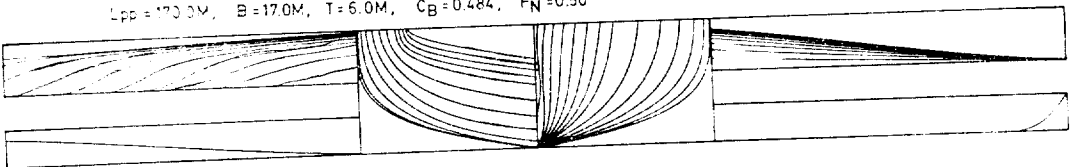


Fig. 11 Optimized Hull Form for Large Destroyer (Free B Type)

3. 구속형 A

$$L_{pp} = 245.0M, \quad B = 32.2M, \quad T = 11.0M, \quad C_B = 0.60, \quad F_N = 0.241$$

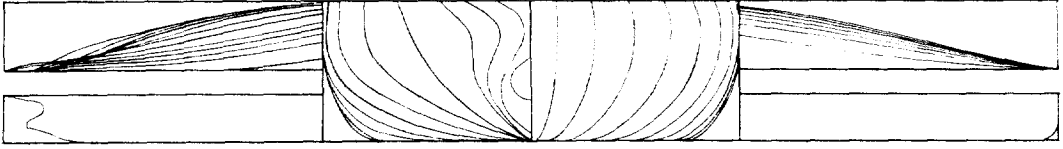


Fig. 12 Optimized Hull Form for Large Container Ship (Constrained A Type)

4. 구속형 B

$$L_{pp} = 245.0M, \quad B = 32.2M, \quad T = 11.0M, \quad C_B = 0.60, \quad F_N = 0.241$$

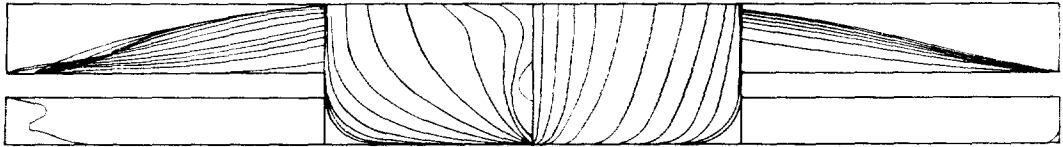


Fig. 13 Optimized Hull Form for Large Container Ship (Constrained B Type)

6~16%의 향상이 있을 것이라는 추정을 할 수 있다.

VI. 결 론 (Conclusion)

본 연구는 현재 일차적으로 이론적 연구가 끝나 전산 Program화 되어 있고 구하고자 하는 선형의 기본 Parameter만 Input시키면 바로 Plotter가 선형을 그리도록 되어 있다. 또한 제한된 모형시험에 의하면 종래의 선형에 비하여 저항추진상 현저한 향상이 있음을 알 수 있다.

그러나 본 연구는 다음의 면을 좀더 검토하여야 한다.

첫째, 본 연구에서 응용한 최적화 기법에 의한 최소 저항 선형이 Local Minimum이 되는지, 또는 Global Minimum이 되는지 하는 점이다.

둘째로 다른 최적화 기법에 의한 영향이다.

셋째로 선형을 나타내는 수식과 Parameter변화에 의한 영향이다.

위의 의문들은 현재 최적화 기법의 전문가들의 자문을 받아 검토중에 있으며 다음 연구 보고서에서 발표할 예정이다.

본 연구는 앞으로 이러한 검토가 끝난뒤 약 18개 정

도의 Series 선형을 개발하여 모형시험을 실시하고 그 성능에 대한 회귀분석(Regression Analysis)을 통하여 선형에서 부터 성능 추정까지 전산화 함으로써 연구를 끝맺을 예정이다.

참고서적 (References)

- [1] K-S. Min and S-K. Hong, "Systematic Study for New Ship Series", The Proceedings of the 2nd International Symposium on Practical Design in Shipbuilding (PRADS '83), October 1983.
- [2] J.V. Wehausen, Unpublished Lecture notes on Ship Hydrodynamics, University of California, Berkeley.
- [3] K-S. Min, S-K. Hong and K-S. Kim, "A Study on the Ship Hull Form Generation by Interactive Characteristic Curve Fitting", Journal of SNAK Vol. 20, No. 1, March 1983
- [4] J.A. Nelder and R. Mead, "A Simplex Method for Function Minimization", Computer Journal, Vol. 7, 308, 1965.