

생산성을 고려한 평블록의 최적 구조 설계

이주성^{†*}, 김종문^{*}

울산대학교 조선해양공학부^{*}

Optimum Structural Design of Panel Block Considering the Productivity

Joo-Sung Lee^{†*} and Jong-Mun Kim^{*}

School of Naval Architecture & Ocean Engineering, University of Ulsan^{*}

Abstract

The ultimate goal of structural design is to find the optimal design results which satisfies both safety and economy at the same time. Optimum design has been studied for the last several decades and is being studied. In this study, an optimum algorithm which is based on the genetic algorithm has been applied to the multi-object problem to obtain the optimum solutions which minimizes structural weight and construction cost of panel blocks in ship structures at the same time. Mathematical problems are dealt at first to justify the reliability of the present optimum algorithm. And then the present method has been applied to the panel block model which can be found in ship structures. From the present findings it has been seen that the present optimum algorithm can reasonably give the optimum design results.

※Keywords: Genetic algorithms(유전자 알고리즘), Pareto set(Pareto 최적해), Multi-objective optimization technique(다목적함수 최적화), Distance method (거리법), GENOCOP(GENetic algorithm for Numerical Optimization for COnstrained Problems)

1. 서론

기술 개발 분야에서 제품의 경제성과 효율성을 극대화하기 위해서 여러 가지 방법들을 시도해 왔는데, 이러한 방법들 중 하나가 최적화 방법(optimization method)이다. 그렇기 때문에 지난

수십 년 간 최적화 과정이 중요시 되었고 여러 산업 분야에서 적용되어져 오고 있으며, 조선해양공학 분야에서도 합리적인 설계를 위해서 최적화 이론을 토대로 한 설계가 많이 연구되고 있다. 컴퓨터의 발전으로 최적화 방법을 사용하여 해결할 수 있는 문제들도 증가하게 되었지만, 한편, 점차 복잡해져 가는 조합의 문제와 제한 조건이 많은 이산화 문제들을 해결하기 위해서는 전통적 최적화 방법이 한계를 보이고 있으며, 특히 목적함수가

접수일: 2006년 12월 15일, 승인일: 2007년 2월 3일

† 교신저자: jslee2@mail.ulsan.ac.kr, 052-259-2162

복잡한 경우에 그 최적 점을 찾는 데 어려움이 있고 또한 여러 개의 국부적 최적해가 존재할 경우 찾아낸 최적해가 전역적 최적해인지 신뢰하기가 힘들다(Arora 2004). 이러한 경우의 문제들을 해결하기 위해 제안된 것 중의 하나가 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)이며 이 알고리즘을 구조물 설계에 최초 적용한 것은 Goldberg와 Santani가 시작하였다(Gen and Cheng 1996).

본 논문에서는 앞에서 언급한 유전자 알고리즘의 기본적인 개념 및 제한 조건을 처리하는 방법과 실제의 예로서 선박의 구조 설계에 대해 구조 중량과 건조비의 양쪽 모두를 합리적으로 만족해야 하는 다목적 최적화 문제에 적용해보았다.

2. 최적화 기법

2.1 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 생물 진화의 원리와 유전학에 바탕을 두고 있으며, 우수한 형질을 가진 개체가 잘 적응하여 우수한 자손들을 생성하듯이 유전자 알고리즘도 이러한 개념을 토대로 만들어 졌다는 점에서 전통적 최적화 방법(classical optimization)들과는 다르다. 전통적 최적화 방법들은 도함수(gradient)를 이용하고 한정된 공간에서 모든 점들의 목적함수(objective function)를 한 번에 하나씩 또는 어떤 임의의 점을 선택하여 탐색을 시작하는 방법들을 사용하여 좁은 영역에서는 효율적이었다. 그러나 유전자 알고리즘에서는 도함수의 개념을 전혀 사용하지 않고, 확률적 방향성 있는 탐색을 수행하기 때문에 연속, 불연속, Non-convex 영역 등을 포함하는 최적화 문제를 해결 할 수 있는 장점이 있다(Gen and Cheng 1997, Deb and Agawal 1999).

유전자 알고리즘은 개체(Individual)들의 집단(Population)을 가지고, 선택(Selection), 교배(Crossover), 돌연변이(Mutation)라는 세 가지 과정을 수행함으로써 최적화를 하는 것으로, 이 세 가지 요소는 유전자 알고리즘에서 가장 기본이며 중요한 연산자들이다.

선택이란 각각의 적합도(Fitness)에 따라 복제되어지는 과정으로 다음 세대로 진화하는 과정에

서 높은 적합도를 갖는 개체들이 그만큼 살아남 확률이 높아 다음 세대에도 살아있고 그렇지 못한 개체는 죽어 사라지는 것이다.

교배란 선택된 염색체들의 일부를 서로 교환함으로써 정보를 교환하는 과정으로 염색체들은 높은 최적치를 가질 수 있는 기회를 가지며, 수렴 속도를 가속화 시켜주는 역할을 한다.

돌연변이란 선택과 교배 과정에서 얻을 수 없는 정보를 획득하는 과정으로 전역적인 탐색 효과를 나타내준다. 즉 집단의 다양성을 높이는 효과를 줄 수 있지만, 돌연변이 확률이 너무 높으면 무작위 탐색이 될 수도 있다.

2.2 제한 조건의 취급

유전자 알고리즘은 기본적으로 제한 조건이 없는 문제의 최대 및 최소 값을 구한다. 그러므로 제한 조건이 있는 문제는 제한 조건이 없는 문제로 변환되어야 한다. 가장 많이 사용되고 연구되어 온 기법으로는 제한 조건의 위반 정도에 따라 벌점(Penalty)을 부과하는 방법인 벌점 전략(Penalty strategy)이 있고 위반한 개체들을 버려 버리는 거부 전략(Reject strategy)이 있으며 위반한 개체들을 어떤 특수한 장치로 보상하는 보상 전략(Repair strategy)이 있다(Eiben 1994).

본 논문에서 사용한 기법으로는 Michalewicz와 Janikow (Michalewicz 1999)가 제안한 GENOCOP III (GEnetic algorithm for Numerical Optimization for CONstrained Problems)를 사용하였다. 이 기법은 선형 제한 조건에 강력한 GENOCOP I에서 발전된 것으로서 GENOCOP I은 선형 제한 조건에서 각 개체에 대한 각각의 변수에 제한 조건을 만족하는 구간을 재설정하는 것으로서 교배와 돌연변이에 의해서도 항상 조건을 만족하는 개체들이 생겨나게 한다.

GENOCOP III에서 선형 조건은 GENOCOP I과 같이 취급하고 비선형 제약조건의 위반은 보상 전략으로써 취급한다. Fig. 1은 복구과정(Repair process)의 개념을 보여 주는데, 이는

$$\text{Repair process : } Z = aS + (1 - a)R \quad (1)$$

와 같이 주어진다. 여기서,

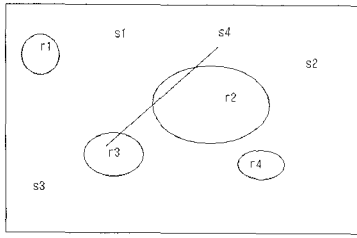


Fig. 1 Repair process

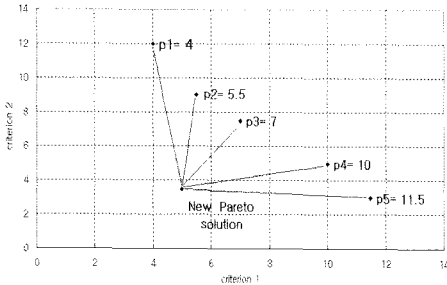


Fig. 2 Potential value & distance

a : 0과 1 사이의 임의의 수.

S : 선형 제약조건을 만족하는 해.

R : 선형 · 비선형 제약조건을 만족하는 해.

Z : 복구 전략에 의해 새로 구해진 해.

2.3 다목적 함수 최적화 기법

다목적 함수 최적화 기법으로는 1896년 발표된 Pareto에 의한 다목적함수 최적화 기법을 이용했으며, Pareto optimal set는 Distance method를 사용하여 구하였다. 이 방법은 '가능한 값 (Potential value)'의 개념을 사용하였으며, 이는 각각의 Pareto 해에 할당 된 스칼라 값으로써 Pareto 해의 적합도에 따라 다르게 할당된다.

Fig. 2 에서와 같이 현재 존재하는 Pareto 해에 각각 다른 가능한 값 p_1 , p_2 와 p_3 가 주어지고, 새롭게 생성된 해와 존재하고 있는 모든 Pareto 해의 거리 중 가장 짧은 거리를 새로운 해의 적합도 계산에 이용 한다 (Gen and Cheng 2000).

$$\text{적합도} : f = p_{\max} + d_{\min} \quad (2)$$

$$\text{거리 } d(x) = \sqrt{\sum_{k=1}^q \left(\frac{f_{kl} - \Phi_k(x)}{f_{kl}} \right)^2} \quad (3)$$

Distance method의 전체적인 흐름은 다음과 같다.

- Step 1. Pareto 해로써 첫 번째 해를 생성하고 가능한 값(potential value) p_1 의 크기를 준다. (p_1 의 크기는 임의로 설정)
- Step 2. 새로운 해를 생성하고 존재하고 있는 Pareto 해에 대한 최소 거리를 구한다.
- Step 3. 새로운 해를 존재하고 있는 모든 Pareto 해를 다음과 같은 방법으로 비교한다.

- 1) 구해진 해가 새로운 Pareto 해가 되고 현재 존재하고 있는 Pareto 해의 집합 중에서 적어도 하나의 해를 집합에서 제외시킬 수 있다면, 적합도를 $f = p_{\max} + d_{l(x)}$ 로 두고 이 때, 새로운 Pareto 해로 Pareto 해의 집합을 갱신한다.
- 2) 구해진 해가 새로운 Pareto 해라면 적합도를 $f = p_l + d_{l(x)}$ 로 둔다.
- 3) 구해진 해가 새로운 Pareto 해가 아니라면 적합도를 $f = p_l - d_{l(x)}$ 로 둔다. (구해진 적합도가 $f < 0$ 이면, $f=0$ 이다.)

- Step 4. 모든 존재하고 있는 Pareto 해의 가능한 값의 크기로 가능한 값의 최고 크기를 준다.
- Step 5. 수렴 조건이 만족하지 않는다면 Step 2로 간다.

3. 최적화 알고리즘의 검증

본 절에서는 유전자 알고리즘의 타당성을 보이기 위해 Single objective problem과 Multi-objective problem에의 적용 예를 보였다.

3.1 Test_1

Single Objective Problem에 대한 적용 예로서 4개의 비선형 제약조건이 주어져 있고, 전역해를 가지는 문제를 선택하였다(Michalewicz 1999).

Table 1. Comparison of solutions

	x1	x2	x3	x4
exact	2.3309	1.9513	-0.4775	4.3657
GENOCOP III	2.3077	1.9479	-0.2099	4.3717
	x5	x6	x7	f
exact	-0.6245	1.0381	1.5942	680.63
GENOCOP III	-0.6164	1.0758	1.5525	680.79

결과인 Table 1에서 보는 바와 같이 최적화 진행 후의 해가 정해와 차이를 보이지 않고 있으며 제약 조건의 위반도 없다.

- 목적함수(minimize) :

$$f(x) = (x_1 - 10)^2 + 5(x_2 - 12)^2 + x_3^4 + 3(x_4 - 11)^2 + 10x_5^6 + 7x_6^2 + x_7^4 - 4x_6x_7 - 10x_6 - 8x_7 \quad (4)$$

- 제약함수 :

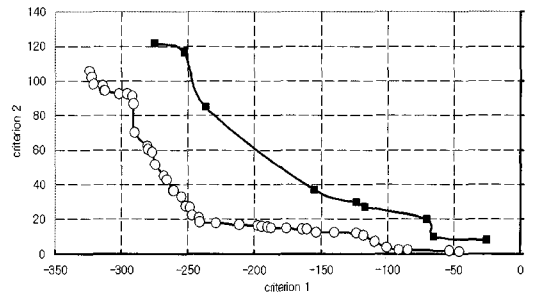
$$\begin{aligned} 127 - 2x_1^2 - 3x_2^4 - x_3 - 4x_4^2 - 5x_5 &\geq 0, \\ 282 - 7x_1 - 3x_2 - 10x_3^2 - x_4 + x_5 &\geq 0, \\ 196 - 23x_1 - x_2^2 + 3x_1x_2 - 2x_3^2 - 5x_6 &+ 11x_7 \geq 0, \\ -4x_1^2 - x_2^2 + 3x_1x_2 - 2x_3^2 - 5x_6 + 11x_7 &\geq 0 \\ -10.0 \leq x_i \leq 10.0, \quad i = 1, 2, \dots, 7. \end{aligned} \quad (5)$$

3.2 Test_2

Multi-Objective Problem에 대한 적용 예로서 2개의 비선형 목적 함수가 주어지고, 제약 조건으로는 4개의 선형 제약과 2개의 비선형 제약을 가지고 있는 문제로 최적화(minimize)를 수행 하였다 (Gen and Cheng 2000).

- 목적 함수(minimize) :

$$\begin{aligned} f_1 &= -25(x_1 - 2)^2 - (x_2 - 2)^2 - (x_3 - 1)^2 \\ &\quad - (x_4 - 4)^2 - (x_5 - 1)^2 \\ f_2 &= (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 1)^2 + (x_3 - 1)^2 \\ &\quad + (x_4 - 1)^2 + (x_5 - 1)^2 \end{aligned} \quad (6)$$



○- solution by the distance ■- solution by the stochastic

Fig. 3 Comparison of Pareto solutions

- 제약함수 :

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 - 2 &\geq 0, \\ 6 - x_1 - x_2 &\geq 0, \\ 2 + x_1 - x_2 &\geq 0, \\ 2 - x_1 + x_2 &\geq 0, \\ 4 - (x_3 - 3)^2 - x_4 &\geq 0, \\ (x_5 - 3)^2 + x_6 - 4 &\geq 0 \\ 0 \leq x_i \leq 10, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \end{aligned} \quad (7)$$

Fig. 3은 Distance method와 Stochastic method의 결과를 비교한 것으로서 보는 바와 같이 Distance method가 더 좋은 해를 찾는 것으로 나타났다.

4. 실제 문제에서의 적용

4.1 적용 대상 블록

실제 선체블록에의 적용 예로서 Fig. 4에 보인 평 블록을 대상으로 선정하였다(나승수 2005a, 나승수 2005b). 이 구조물은 판 부재와 보강재로 구성되어 있으며, 이산화 치수로 설계되고 보다 더 좋은(최적화) 설계를 위해서는 판 두께 및 보강재의 간격 등에 변화를 줌으로써 얻어질 수 있다. 이하의 결과에서 비용은 2006년 현재를 기준으로 한 미화 달러 (US \$)이다.

Fig. 4에 보인 평블록의 주요치수들은 다음과 같다.

$$L = 320m \quad B = 60m \quad D = 30m \quad T = 22m$$

$$C_u = 40\$/m \quad L_1 = 20m \quad L_2 = 50m$$

$$D_1 = 28B + 205\sqrt{T} \text{ mm}$$

4.2 설계 변수

설계 변수로는 이산화 변수로 하였으며, 판의 두께는 0.5mm 씩 증감시켰고, 재료 특성치는 Table 4에 보인 세 가지 종류에서 선택되도록 하였다. 보강재의 최소 및 최대 간격은 각각 700mm와 1500mm로 제한하여 10mm씩 증감되도록 하였다.

- x1 = T1 : 외저판의 두께
- x2 = T2 : 내저판의 두께
- x3 = T3 : 거더의 두께
- x4 = 재료 특성치 번호 (Material property no)
: 1, 2 또는 3
- x5 = s : 보강재 간격

$$5 \leq x_i \leq 50, \quad i = 1, 2, 3$$

$$1 \leq x_4 \leq 3$$

$$700 \leq x_5 \leq 1500$$

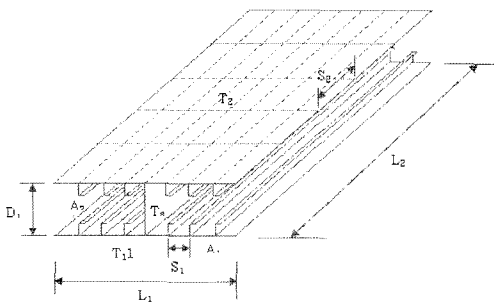


Fig. 4 Panel block model

Table 2. k, Mc and σ_o to x4

x4	k	Mc (\$/ton)	σ_o (MPa)
1	1	450	235
2	0.78	480	315
3	0.72	530	390

4.3 목적 함수

목적 함수로는 블록의 중량과 건조비를 선정하였고 중량은 판 부재와 보강재의 중량으로 하였고, 건조비는 용접장의 길이를 기준으로 구한다.

- 목적 함수 (Minimize, discrete problem):

$$F_1 = W_1 + W_2$$

$$F_2 = C_M + C_1 \tag{8}$$

- 판의 중량 :

$$W_1 = \{(T_1 + T_2)L_1L_2 + T_3D_1L_2\} \times 7.85 \tag{9}$$

- 보강재의 중량 :

$$W_2 = 4 \times AL_2 \left(\int \left(\frac{L_2/2}{s} \right) - 1 \right) \times 7.85 \tag{10}$$

- 재료 비용 :

$$C_M = F_1 \times M_C \tag{11}$$

- 보강재의 용접 비용 :

$$C_1 = 4 \times \left(\text{int} \left(\frac{L_2/2}{s} \right) - 1 \right) L_2 C_U \tag{12}$$

Mc : Unitary material cost(\$/ton)

Cu : Unitary man-hour cost(\$/m-h)

s : space of longitudinal

A : area of longitudinal

4.4 제한 조건

설계에 대한 제한조건으로서 Lloyd의 선급 규정 Ship Structures의 Part3,4, Ch.9의 Double Bottom Hull Oil Tankers의 부분을 참고하였다.

$$T_1 = \frac{s}{J} + 2 \leq x_1$$

$$T_2 = \frac{t_0}{\sqrt{2 - F_B}} \leq x_2$$

$$T_3 = (0.007D_1 + 1.0) \sqrt{k} \leq x_3$$

$$Z = 0.056skh_1 l_e^2 F_1 F_s \leq Z_1 \tag{13}$$

여기에서

$$J = 1720.5 \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{\alpha}}{\sigma_o}} \quad \text{for } \alpha \leq 2$$

$$= 860.7 \sqrt{\frac{\alpha}{\sigma_o}} \quad \text{for } \alpha > 2$$

$$\alpha = \frac{\sigma_o}{\sigma_c}$$

σ_o = specified minimum yield stress, N/mm²

σ_c = maximum compressive hull vertical bending stress

$$t_0 = 0.005s \sqrt{kh_1}$$

l_e = effective length of member

4.5 설계 결과 및 비교

Table 3은 최적화를 수행한 후의 변수들의 값을 나타낸 것으로서, 선급규정에서 제안한 보강재 간격에 대한 최소 두께를 모두 만족한다.

Table 4는 최적화를 수행 한 후의 최적해들을 보여주고 있는데, 각각의 점에서의 재료비 및 건조비를 보여주고 있다. 이 결과를 토대로 살펴보면 A 점에서 최소 중량을 보이고 있고, F 점에서는 최소 건조비를 보여주고 있다.

Fig. 5는 PMOFM (Pareto optimal based multi-objective function method)에 의해 구해진 Pareto 해와 Distance method에 의해 구해진 Pareto 해를 비교한 것으로 두 결과에 약간의 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 PMOFM에 의한 방법에서는 보강재의 개수를 설계 변수로 설정한 반면에 본 논문에서는 각 부재의 두께를 설계 변수로 두었고, 사용한 선급규정이 다르기 때문인데, 큰 차이를 보이고 있지는 않다.

Table 3 Optimum design results

O.P.	T1 (mm)	T2 (mm)	T3 (mm)	K	s (mm)
A	30.0	22.0	17.5	2	860
B	29.0	22.5	17.5	2	840
C	27.5	20.0	17.5	2	790
D	27.0	20.5	20.5	3	830
E	25.5	19.0	20.0	2	730
F	25.0	19.0	21.5	3	780
G	23.0	18.0	21.5	3	710

(Note) O.P. : Optimal point)

Table 4 Comparison of Pareto solutions

O.P.	weight (ton)	cost (\$)	remarks
A	472.91	381596	min. cost
B	468.99	385112	
C	442.24	388276	
D	440.70	393568	
E	425.94	396451	
F	418.91	398024	
G	400.02	404011	min. weight

(Note) O.P. : Optimal point)

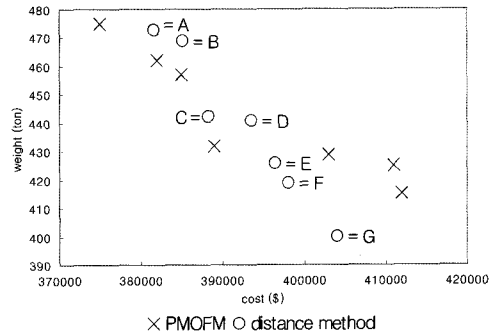


Fig. 5 Comparison of Pareto solutions for the present panel block model

5. 용접 변형 제어 및 교정 공수 적용

4절에서 다룬 중량과 건조비의 최적화 문제는 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 논문에서는 건조비를 실제와 더 가까운 것으로 추정하기 위하여 용접변형의 제어방법의 적용에 대한 비용을 고려하여 최적화를 수행하였다.

실제의 용접 변형의 형태는 서로 복합적으로 발생하기 때문에, 여기에서는 모든 변형형태를 고려하지 않고 용접변형에 비교적 큰 영향을 주는 횡방향으로의 각변형만을 고려하였다(이주성 2004).

5.1 설계 변수

4절에서 수행한 최적화 문제에서 변형 제어 방법에 관한 설계 변수가 추가되어 설계 변수는 6개가 된다.

- x1 = T1 : 외저판의 두께
- x2 = T2 : 내저판의 두께
- x3 = T3 : 거더의 두께
- x4 = 재료 특성치 번호 (Material property no)
: 1 또는 2 또는 3
- x5 = 용접 변형 제어 방법 : 1~5
- x6 = s : 보강재 간격

용접변형 제어방법의 적용 효과와 이에 따른 비용을 Table 5와 같이 부여하였다.

용접 후 변형 교정비용의 산출에 있어서는 각 변형량의 단위 길이(mm) 당 교정 공수로 하였으며, Fig. 6과 같이 각변형량의 크기가 증가함에 따라 증가하지만 비례하지 않는 모델로 가정하였다.

Table 5 Effect of deformation control method

No	Method	DR	Weight & cost
1	No application	0%	
2	Constraint method	30%	Cost for installing constraint points
3	Attaching carling	50%	- Weight of carlings - Cost for attaching carlings
4	Inverse deformation	40%	Working cost
5	MTM	60%	Cost for installing mechanical tensioning apparatus

(Note) MTM : mechanical tensioning method
DR : Deformation reduction rate

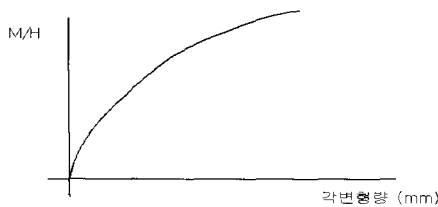


Fig. 6 Relation between man hour and weld-induced deformation

5.2 목적 함수와 제한조건

4절에서 수행한 최적화의 목적 함수에서 건조비의 항목 중 용접변형 제어방법을 적용에 따른

비용과 변형 교정비용이 포함된 모델을 사용하였다. 그 이외 변수들에 대한 설명은 4절에서와 동일하다.

- 목적 함수 (minimize, discrete problem):

$$F_1 = W_1 + W_2$$

$$F_2 = C_M + C_1 + C_2 + C_3$$

여기에서, C_2 = 변형 제어방법 적용 비용
 C_3 = 변형 교정작업 비용

제한 조건은 4.4절에서 기술한 내용과 같다.

5.3 최적화 결과

건조비 추정항목에서 변형 제어 및 교정 비용이 추가 된 것 외에는 제한 조건, 목적 함수 등은 4절에서 기술한 내용과 같다.

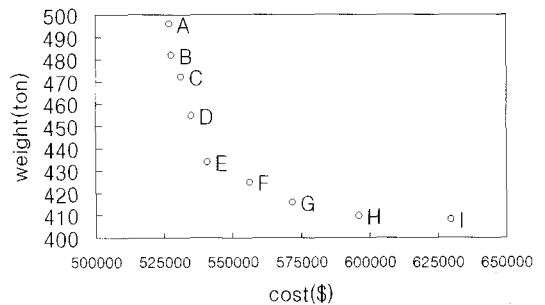


Fig. 7 Comparison of Pareto solutions for the present panel block model

Table 6 Optimum design results

O.P.	T1 (mm)	T2 (mm)	T3 (mm)	K	W	s (mm)
A	29.0	26.0	17.0	3	5	910
B	29.5	23.0	18.0	2	3	840
C	27.5	23.0	19.0	2	5	800
D	27.5	21.0	22.0	3	5	850
E	25.5	19.5	19.5	2	5	740
F	25.5	19.5	19.0	3	3	780
G	23.5	19.5	21.0	3	3	730
H	24.0	18.0	19.0	3	2	720
I	23.5	18.0	21.0	3	1	720

(Note) K : material property no.
W : deformation control method no.

Table 7 Comparison of Pareto solution

O.P.	Weight (ton)	Cost (\$)	Remarks
A	495.94	526979	min. cost
B	482.01	527783	
C	472.00	531137	
D	454.76	535111	
E	434.00	540760	
F	424.90	556355	
G	415.93	571681	
H	409.94	595984	
I	408.08	629773	min. weight

(Note) O.P. : Optimal point)

Fig. 5와 Fig. 7을 비교하면 구해진 Pareto 해들은 전체적으로 건조비와 중량이 증가 하였다. 특히 건조비의 부분에서는 목적 함수에 두 개의 항목이 추가됨으로써 그 증가가 눈에 띄지만, 중량의 부분에서는 증가한 양이 크지는 않다. 중량의 증가는 Carling 부착법에서 Carling의 중량과 장력법에서의 Tap piece에 의한 중량 증가뿐이기 때문에 전체 중량에 비교해 그 차지하는 비중이 아주 작기 때문에 중량의 증가는 미소하다.

Table 6과 7은 Fig. 7의 해들을 표로 나타낸 것으로 건조비의 증가를 수치적으로 알 수 있다. Table 6은 각 해들에 해당하는 설계 변수의 값을 나타내고 있는데, 재료 특성치를 보면 고장력강 일수록 Cost관련 최적설계에 가까워지고 용접 변형 제어방법에 따라서는 Carling 부착법과 장력법이 주를 이루고 있다. 실제 조선소에서 선박을 건조 할 때도 Carling 부착법을 많이 사용하며, 이 방법이 최적화 결과로 보아 비용관점에서 유리한 것으로 보인다. 다만, 건조비의 추정에서 변형 제어 및 교정 공수가 정확한 값이 아니기 때문에 건조비의 절대적인 수치는 크게 의미가 없을 수 있지만, 이에 대해 보다 실질적인 데이터를 이용한다면, 최적화 결과를 실용적으로 활용할 수 있을 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 이산화 문제에 적용 가능한 유전자 알고리즘을 기반으로 다목적 함수 최적화를 수

행하였다. 먼저 Single Objective Problem 및 Multi-Objective Problem에 대한 수학적 모델을 선정하여 그 적용 가능성을 검증하였고, 실제의 평블록 모델에 적용하여 최적화를 수행하였다.

3절과 4절의 결과에서 보듯이 본 논문에서 적용한 최적화 방법은 Single Objective Problem과 Multi-Objective Problem에 성공적으로 적용할 수 있음을 확인하였고 또한 선박의 구조설계와 관련된 이산화 문제의 모델에 대해서도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구결과에 의하면 Distance method를 이용하여 Pareto 해를 구하는 것이 Stochastic method를 이용하는 경우보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었고, PMOFM에 의한 방법과는 설계 변수의 설정 등에 다른 점이 있어서 직접적으로 비교할 수는 없었지만 최적화 결과에는 큰 차이가 없음을 확인하였다.

본 논문에서는 건조비 산정에 있어서 용접변형 제어방법의 적용과 교정작업에 대한 비용을 고려할 수 있는 비용 모델을 적용하여 최적화를 수행하는 부분을 시도하였다. 최적화 결과 값에 절대적인 의미를 부여할 수는 없지만 변형제어 방법 적용과 교정 비용의 모델을 보다 더 현실적인 것을 사용한다면 그 결과를 실용적으로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구된 결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다(KRF-2004-041-D00819).

참 고 문 헌

- 나승수, 2005A, "Pareto 최적점 기반 다목적 함수 기법 개발에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 2호, pp, 184-191.
- 나승수, 2005B, "Pareto 최적점 기반 다목적 함수 기법에 의한 이중선각유조선의 최적구조 설계," 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 3호, pp, 284-289.

- 이주성, 2004, "평블록의 용접변형예측 시뮬레이터," 대한조선학회 논문집, 제 41권, 제 1호, pp. 55-63.
- Arora, J.S. 2004, "Introduction to Optimum Design," Elsevier Pub. co.
- Deb, K. and Agrawal, S., 1999, "Artificial Neural Nets & Genetic Algorithms," Springer-Verlag.
- Eiben, A.E. 1994, "Solving Constraint Satisfaction Problems Using Genetic Algorithms," Proceedings of The First IEEE Conference on Evolutionary Computation. volume II, pp. 542-547.
- Gen, M. and Cheng, R., 1996, "A Survey of Penalty Techniques in Genetic Algorithms," Proceedings of The First IEEE Conference on Evolutionary Computation. pp. 804-809.
- Gen, M. and Cheng, R., 1997, "Genetic Algorithms & Engineering Design," A Wiley-Interscience publication.
- Gen, M. and Cheng, R., 2000, "Genetic Algorithms & Engineering Optimization," A Wiley-Interscience publication.
- Michalewicz, Z., 1999, "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs," Springer.



< 이 주 성 >

< 김 종 문 >