

고속활주선의 선형 최적화를 통한 저항성능 개선에 관한 연구

김선범[†]

A Study on Improvement in the Resistance Performance of Planing hulls by Hull Shape Optimization

Sunbum Kim[†]

ABSTRACT

This paper describes the method of hull shape optimization to improve the resistance performance of planing hulls when a reference hull shape and its principal dimensions are given. First, the planing hull of precedent research is adopted as the reference hull and an optimization problem is formulated by defining hull shape parameters. The search space of this research is discretized for computing cost and DPSO(Discrete binary version of Particle Swarm Optimization) method is used to solve the optimization problem. As the result of optimization, the decrease of resistance is confirmed from the comparison between the reference hull's and the modified hull's planing performance from computational results.

Key words : Planing hull, Shape optimization, DPSO, Resistance performance

요 약

본 연구에서는 선형의 기본 파라메타가 주어졌을 때, 선형 최적화를 통하여 고속으로 주행하는 활주선의 저항성능을 개선하는 기법을 제안하였다. 먼저 선형연구된 활주선형을 기준 선형으로 채택한 뒤, 선형 변경지점을 정의해 설계변수로 하여 최적화 문제를 수립하였다. 계산 효율을 위하여 탐색공간을 이산화하고, 최적화 문제를 풀기위하여 DPSO(Discrete binary version of Particle Swarm Optimization) 알고리즘을 사용하였다. 최적화 수행 후 기준 선형과 수정 선형의 목적함수 출력의 비교를 수행하였고, 이를 통해 고속영역에서의 저항성능의 개선을 확인하였다.

주요어 : 활주선, 형상 최적화, DPSO, 저항성능

1. 서론

함정의 고속화는 해상 작전성능 향상을 위해 우선적으로 고려되는 사항이다. 그러나 함정의 속력은 조선기술이 성숙함에 따라 그 한계에 점차 수렴하고 있다. 함정의 속력을 결정하는 요소는 크게 추진기관과 선형으로 나뉜다. 추진기관에서 발생시키는 추력이 강할수록, 또 선형에서 발생하는 저항이 작을수록 함정의 속력은 증가한다. 그러나 추진기관의 요구마력은 함정의 속력의 세제곱에 비해

하기 때문에 고속 함정에서 추진기관의 추력을 높이는 것은 일반적으로 비용이 많이 들며 구현에 있어 기술적인 난이도가 높다. 따라서 가급적 저항성능이 우수한 선형을 설계하여 함정의 저항을 낮추는 것이 바람직하다.

활주선형은 고속 함정에 사용되는 선형 중 대표적인 선형이라 할 수 있다. 활주선형이란, 고속으로 주행할 때에 선체하부(선저)에 양력이 효과적으로 작용하도록 설계된 선형이다. 일반적으로 선박은 부력으로 선체의 무게를 상쇄시켜 부양한다. 그러나 활주선형은 고속 주행 중 선체의 무게를 지지하기 위해 부력보다 양력에 더욱 의존하도록 설계된다. 이러한 활주선형은 다른 고속선과 비교할 때 설계 및 건조가 용이하여 고속선형의 대부분을 차지한다. 활주선형의 저항은 활주선의 선형과 선체 무게와 무게중심의 위치, 그리고 활주선의 주행 중 부상량과

Received: 27 March 2018, Revised: 9 May 2018,
Accepted: 6 June 2018

[†] Corresponding Author: Sunbum Kim
E-mail: kimsunbum@add.re.kr
Agency for Defense Development

자세에 따라 선저에 작용하는 유체력의 상호작용의 결과이다. 이러한 활주선형에 대한 저항성능의 추정기법에 대하여 선도적인 선형연구들(Savitsky et al., 1964, 2007, 2012)이 수행되었으며, 국내에서도 관련 연구(D.J. Kim et al., 2014)가 수행된 바 있다.

한편, 활주선형의 저항성능 추정기법은 선체 형상을 변수로 하는 음함수로서 복잡한 계산을 필요로 한다. 또, 3차원 형상인 활주선형의 선형의 변화를 이산화하여 후보 선형을 유한집합으로 한정할지라도 모든 조합을 고려할 때 천문학적인 수의 시행으로 인한 수행 불가능한 계산시간이 필요하게 되므로 좀 더 현실적인 탐색방법이 필요하게 된다. 이 때, 최적화기법을 적용해 보다 우수한 저항성능의 선형을 효율적으로 채택할 수 있다. 활주선형의 저항성능 관점의 선형 최적화에서는 다변수의 비선형 음함수를 목적함수로 사용하기 때문에 기울기 기반 방법(Gradient-based method)보다는 탐색공간에서 임의의 해를 추출해 전역 최적해를 찾는 방법이 더욱 효과적이다(K.H. Kim et al., 2012).

이러한 방법의 일환으로 PSO(Particle Swarm Optimization)법(Kennedy et al., 1995)의 적용을 고려해 볼 수 있다. PSO법은 새나 곤충들이 정보를 공유하며 먹이를 찾는 과정을 모사한 기법으로써, 비교적 간단한 알고리즘으로 전역 최적점을 탐색하는 것이 가능하다. 특히, PSO법의 대안으로 생각되어지는 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)의 경우, 선별, 교차, 변이를 구현함으로써 인한 탐색과정의 복잡성이 존재하는데 PSO법은 보다 간단하고 직관적으로 최적화를 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다(K.H. Kim et al., 2012). PSO법을 이용한 형상 최적화의 선형연구로서, 컨테이너선을 다목적 최적화 한 경우(Pinto et al., 2007), 히트 파이프의 형상을 최적화 한 경우(K.H. Kim et al., 2012) 등의 사례가 있으나 PSO법을 활용해 고속활주선의 선형을 최적화한 연구는 아직 수행된 바 없다.

본 연구에서는 고속활주선의 기준 선형과 기본설계 파라미터(선체 길이, 폭, 높이, 무게, 수직/수평 무게중심 등), 그리고 설계속력이 주어졌을 때, 활주선의 고속 주행 중 저항성능이 개선된 선형을 도출해내는 기법을 개발하고자 한다. 이를 위해 먼저 활주선형의 형상변화를 조절할 파라미터들을 설정할 것이다. 이때 설정된 파라미터들은 활주선의 저항을 출력으로 하는 목적함수의 변수로 사용된다. 이 목적함수를 PSO법을 이용해 최적화하고 그 결과를 고찰할 것이다.

2. 문제 정의 및 최적화 기법

2.1 문제 정의

2.1.1 활주선형 정의

활주선형의 측면도와 A-A 지점에서 자른 단면이 각각 Figure 1, 2에 나타나있다. 활주선형은 선수부를 제외하면 5각기둥 모양으로 단순화 할 수 있다. 최하단의 모서리를 Keel이라 하며 Keel에서 폭 방향에 위치한 양끝의 모서리들을 Chine이라 한다. 또 상부의 나머지 두 모서리가 이루는 면을 Deck이라고 한다. 문제의 단순화를 위해 Deck과 Chine이 이루는 각은 항상 직각이며 Deck의 폭은 일정하다고 가정한다. Chine과 Keel이 만드는 면을 선저라고 칭하며, 선저와 Keel에서 그은 기준선이 이루는 각을 선저각 β (Deadrise angle)이라 한다. 활주선형이 주행속력 U 로 주행할 때, 활주선은 일정한 각도로 기울어져 주행하게 되는데 이 때 활주선의 기준선과 수면이 이루는 각을 트림각 τ (Trim angle)이라 한다.

목적함수의 타당성과 최적화의 결과를 비교하기 위해서 기준 선형을 선정하였다. 본 연구에서는 선형 연구(D.J. Kim et al., 2016)되어 실험을 통해 주행 중 저항이

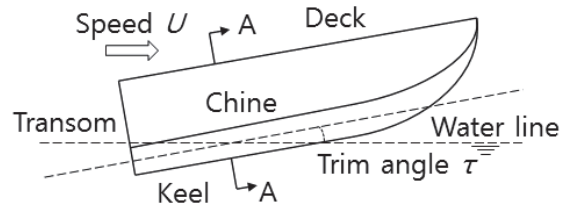


Fig. 1. Conceptual diagram of planing hull

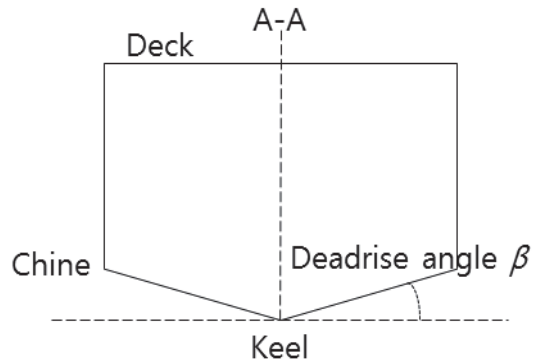


Fig. 2. A-A cross section of planing hull

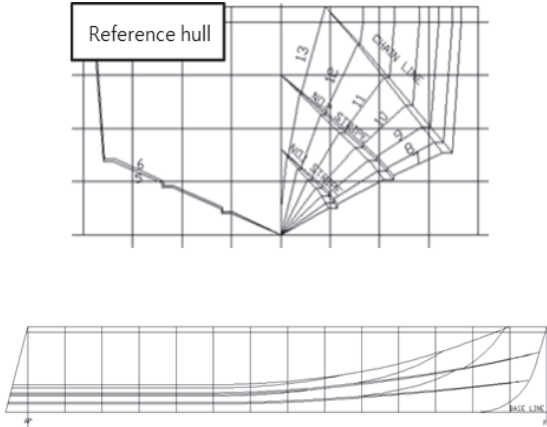


Fig. 3. Body plan and sheer plan of reference hull

Table 1. Principal dimensions of reference hull

Variables	Value
Mass (kg)	2,600
Chine breadth (m)	1.8
Distance from transom to center of gravity (m)	2.298
Distance from keel to center of gravity (m)	0.873
Distance from center of gravity to thrust line (m)	0.711
Inclination of thrust line relative to keel (degree)	0.0

알려진 활주선형을 기준 선형으로 하였다. Figure 3 및 Table 1에 기준 선형의 형상과 주요목이 나타나있다. 먼저 기준 선형의 저항값과 목적함수의 계산결과를 비교하여 목적함수의 타당성을 검증할 것이다. 그리고 선형최적화를 통해 기준 선형과 같은 주요목을 갖는 활주선형의 설계 속력 35노트에서의 주행 중 저항성능을 개선하고 기준 선형의 결과와 비교할 것이다.

위에서 설명된 기준 선형의 저항성능을 모형시험과 비교하기 위하여 1/6.5 스케일로 축소시킨 뒤 단순화 시킨 형상이 Figure 4에 나타나있다. 선수부의 형상에 다소 차이가 있으나 고속활주 중에서는 트림각을 가지고 주행하여 수면위에 위치하기 때문에 저항성능 추정에는 영향을 미치지 않는다.

2.1.2 변수 정의

기준 선형의 기본설계 파라미터(선체 길이, 폭, 높이, 무게, 수직/수평 무게중심 등)가 상수로 주어졌을 때, 선형을 구성할 수 있는 형상 파라미터를 다음과 같이 정의하였다. 먼저 Figure 5에 나타난 바와 같이, 고속활주선

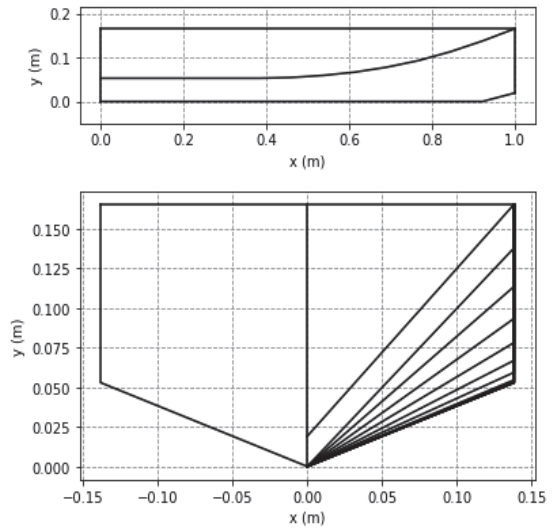


Fig. 4. Simplified body plan and sheer plan of reference hull

을 길이방향으로 5등분 하도록 Chine에 0번부터 4번까지의 5개의 선형 변형지점을 설정한다. 0번 변형지점은 Transom에 위치하며 트림각이 기준 선형의 ± 1 도인 범위에서 상하로 움직일 수 있다. 나머지 변형지점은 Warped hull(Savitsky, 2012)의 형상을 이룰 수 있도록 앞 변형지점의 트림각보다 0도에서 5도까지 더 큰 범위에서 상하로 움직일 수 있다. 인접한 선형 변형지점 사이의 Chine은 선형적으로 변한다고 정의한다. 이로써 5개의 선형 변형지점이 1자유도를 가지고 움직이며, 고속활주선의 다양한 선형을 구현할 수 있게 된다. 그 결과, 5개의 변수를 사용하는 5차원 탐색공간이 설정된다.

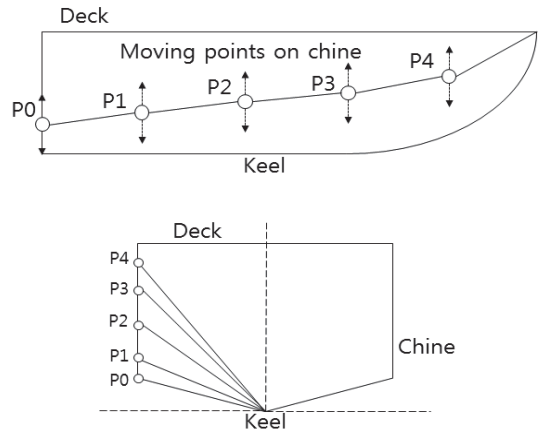


Fig. 5. Definition of hull shape parameter

2.1.3 목적함수 정의

위에서 정의된 문제를 최적화문제로 정식화하기 위해서는 활주선의 기본설계 파라미터와 주행속력 등이 주어졌을 때, 활주선이 받는 저항을 예측할 수 있어야 한다. 즉, 활주선의 형상 및 주요재원을 변수로 하는 저항함수를 본 연구의 목적함수로 정의할 수 있다. 고속활주선의 저항에 관한 연구는 Savitsky 등(1964, 2007, 2012)에 의해 집대성되었다. Savitsky 등(1964)은 먼저 선저경사각이 일정한 경우의 주상체 활주선의 정수 중에서의 항주 자세와 저항의 예측기법을 개발하였다. 그러나 그 결과는 압력면적의 작용만을 고려한다는 한계를 가지고 있었다. 이는 그의 후속 연구(Savitsky et al., 2007)에서 스프레이 저항 및 공기 저항이 추가로 고려되며 개선되었다. 또 Savitsky (2012)는 기존의 예측기법을 수정하여 비주상체 선형(Warped hull)에서도 적용할 수 있는 정수 중의 항주 자세와 저항 예측기법을 개발하였다. 이러한 일련의 연구결과들은 국내의 연구(D.J. Kim et al., 2014)에서도 사용된 바 있다. 본 연구에서도 Savitsky가 제안한 활주선의 저항성능에 대한 예측기법(이하 Savitsky method)을 목적함수로 활용할 것이며 그 내용을 아래에 요약하였다. 먼저 사용된 기호들의 정의를 Table 2에 정리하였다. Savitsky method의 기본 개념이 Figure 6에 나타나 있다. 정수 중을 주행하는 주상체(Prismatic hull)에 작용하는 유체력은 실험에서 획득한 경험식을 통해 예측할 수 있다. 3자유도(Surge, Heave, Pitch)의 힘과 모멘트의 평형을 고려하면, 최종적으로 아래와 같은 중동요 모멘트 평형식을 얻을 수 있다.

$$Mg \left(\frac{[1 - \sin\tau \sin(\tau + \epsilon)]c}{\cos\tau} - f \sin\tau \right) + R_v(a - f) = 0$$

여기서 g 는 중력가속도 9.81 m/s이며, c 는 선저에 작용하는 유체력의 모멘트 암, R_v 는 점성저항, a 는 점성저

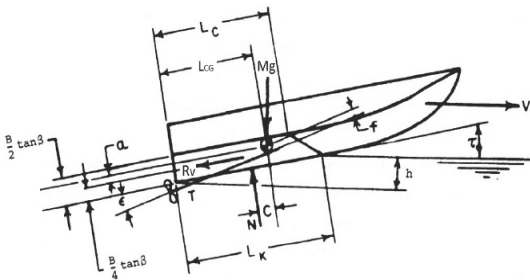


Fig. 6. Moment equilibrium of a prismatic planing hull in steady running (Savitsky, 1964)

Table 2. Variables of Savitsky method(1964)

Variables	Definition
M	Mass
B	Chine breadth
U	Speed
β	Deadrise angle
L_{CG}	Distance from transom to center of gravity
V_{CG}	Distance from keel to center of gravity
f	Distance from center of gravity to thrust line
ϵ	Inclination of thrust line relative to keel
λ	Mean wetted length/Breadth (= $(L_K + L_C)/2/B$)
τ	Trim angle
R_v	Viscous drag

항의 모멘트 암을 의미한다. 주어진 주행조건에서 위의 중동요 모멘트 평형식을 만족시키는 해, 즉, 주상체에 작용하는 유체력과 중력이 평형을 이루는 트림각을 반복적인 방법으로 도출하여 최종적으로 활주선형의 항주자세와 저항을 도출한다. 위의 절에서 설정한 목적함수의 5개의 변수로 형성된 선형은 각각의 평균 침수 길이/폭 λ 에 해당하는 선저 경사각 β 를 결정한다. 이를 이용해 반복적인 방법으로 선체의 트림각과 선체에 작용하는 점성저항 R_v 을 구할 수 있다.

본 연구에 사용된 기준 선형의 1/6.5의 스케일로 수행한 모형시험 결과(D.J. Kim et al., 2016)와 Savitsky method의 계산결과를 비교를 통해 Savitsky method의 목적함수로서의 타당성을 검증하였다. 평균침수 길이/폭 λ 의 도출을 위한 선체의 부상량 분석을 위하여 Figure 7과 같이 실험결과와 계산결과를 비교를 수행하였다. 전주행영역에서 모형시험 결과와 Savitsky method의 계산결과가 오차범위 10%내에서 유사한 경향을 보였다. 또한, 주행 중 선체 저항 계산도출을 위한 주행 자세 분석을 위하여 Figure 8과 같이 트림각의 비교를 수행하였다. 트림각 결과 비교 역시 오차범위 10% 부근에서 유사한 경향을 보였다. 마지막으로 위에서 얻은 결과를 이용해 최적화 대상인 선체의 저항을 계산하여 Figure 9와 같이 비교하였다. 저속인 15 knots의 결과를 제외한 전주행영역에서 오차범위 10%내의 유사 경향이 보였다. 이는 점성 저항 R_v 에 사용되는 경험식이 활주상태인 고속영역에 기반하고 있기 때문이라고 생각되어지며, 고속영역의

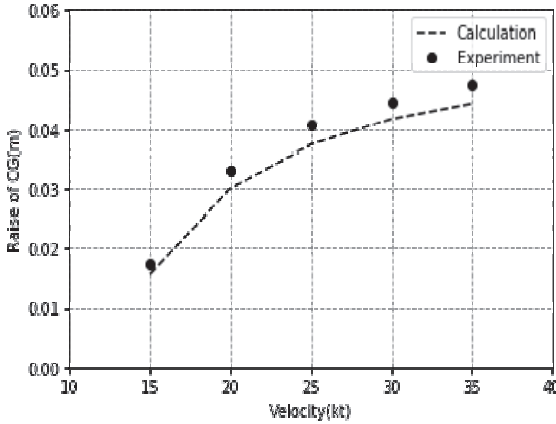


Fig. 7. Comparison between experimental and computational results of raise of CG

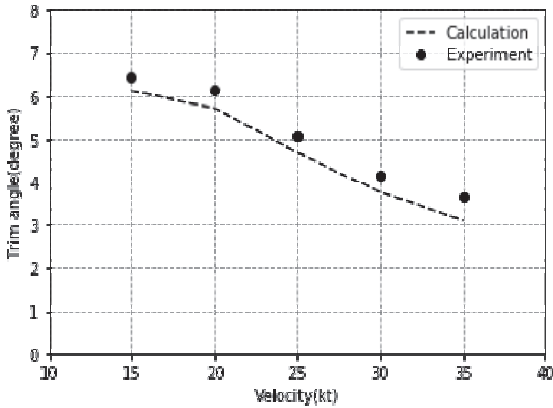


Fig. 8. Comparison between experimental and computational results of trim angle

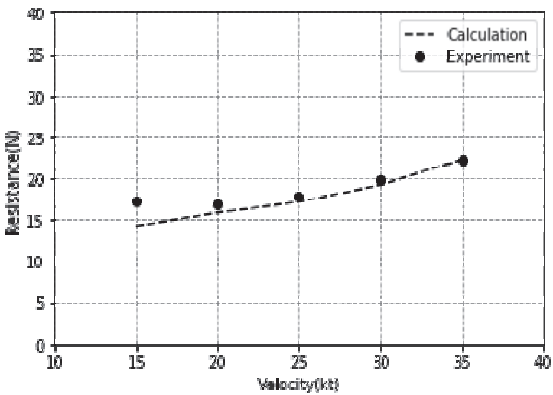


Fig. 9. Comparison between experimental and computational results of resistance

로 갈수록 더 일치하여 설계속도인 35 knots에서는 거의 동등한 결과가 나타난 것을 통해서도 확인할 수 있다. 위와 같은 비교를 통하여 본 연구에서 Savitsky method의 저항 계산결과를 목적함수의 출력으로 활용할 수 있음을 확인하였다.

2.2 최적화 기법

본 연구에서 사용하기로 한 PSO법은 전산 최적화 기법의 일종인 메타 휴리스틱(Meta-heuristic)에 속하는 방법으로써, 특정한 종료조건을 필요로 하지 않는다. 일반적으로 정해진 반복횟수가 만족될 경우 종료되므로, 일정 반복횟수를 정하여 최적화를 수행 후 저항성능의 개선을 확인하기로 한다. PSO법의 알고리즘은 Table 3과 같다.

여기서 5번째 단계의 속도 계산방법은 아래 식과 같이 표현된다.

$$V_i^{n+1} = wV_i^n + c_1r_1(P_i^n - X_i^n) + c_2r_2(G^n - X_i^n)$$

$$X_i^{n+1} = X_i^n + V_i^{n+1}$$

여기서 $i = 1, 2, \dots, N$, N 은 군집을 구성하는 Particle의 총 개수를 나타내며, w , c_1 , c_2 는 각 항의 가중치로서 본 논문에서는 $w = 1.0$, $c_1 = c_2 = 2.0$ 을 적용하였다. r_1 , r_2 는 0과 1사이의 난수인 실수 그리고 n 은 현재 계산 스텝 수이다. 그리고 속도의 최대치와 최소치를 $V_{max} = 6.0$, $V_{min} = -6.0$ 로 설정하였다. 또한 본 연구에서는 비록 실수영역의 연속적인 탐색공간에서의 최적화를 수행하지만 탐색공간의 크기와 선저각도의 실효적인 변화를 고려하고자 이산화된 탐색공간을 사용하였다. 이산적인 최적화를 위해 변수를 2진수로 변환해 정수형 문제를 최적화 하는

Table 3. The algorithm of PSO method

Step	Operation
1	Initialize D -dimensional vectors, X_i^0 for position and V_i^0 for velocity.
2	Calculate the object function values of each particles.
3	Update the particles' best known position.
4	Update the swarm's best known position.
5	Update the particles' velocity
6	Update the particles' position
7	If the termination condition is satisfied, end or go to 2.

DPSO법(Kennedy et al., 1997)을 사용하였다. 이러한 방법은 Kim et al.(2013)과 Kang(2017)의 연구에서도 사용된 바 있다. DPSO법은 기존의 PSO와 같은 알고리즘을 사용하나, 정수형 문제를 풀기 위해 해를 이진벡터 $X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}]$ 로 표현한다. 이 때 i 번째 particle의 속도 V_i 도 해와 동일한 크기의 실수 벡터로 구성된다. 즉, $V_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}]$ 의 d 번째 성분인 v_{id} 를 아래와 같이 Sigmoid 함수에 입력해, 0부터 1사이의 실수로 변환한다.

$$S_{id} = sig(v_{id}) = \frac{1}{1 + e^{-v_{id}}}$$

여기서 0부터 1사이의 난수 U 를 생성하고 이를 Sigmoid 함수값과 비교해 0 또는 1의 값을 결정한다.

If $U < S_{id}$ then $X_{id} = 1$
 Else $X_{id} = 0$

이러한 방법으로 확률적으로 해의 위치를 갱신한 뒤, X_i 를 정수화 시킴으로써 정수형 문제의 최적화를 수행한다. 본 연구에서는 위에서 정의한 선형 변형지점 $P0$ 의 선저경사 변화간격을 0.1도로, $P1, \dots, P4$ 의 선저경사 변화간격은 0.2도로 제한함으로써 변수가 유의미한 변화폭을 가짐과 동시에 탐색공간의 범위를 효과적으로 감소시키도록 하였다.

3. 최적화 결과 및 고찰

Particle의 개수를 7개, Step 수를 40으로 설정하여 총 280회의 목적함수 계산을 통해 최적화를 수행하였다. 최적화 수행 후의 수정 선형과 기준 선형의 형상비교가 Figure 10에 나타나 있다. 기준 선형에 비해 수정 선형의 선체 중간 부분의 선저 각도가 증가하여 Chine의 높이가 상승한 형상으로 재설계된 것을 알 수 있다. 선미부에서는 거의 변화가 없는 점이 특징적이다. 최적화 전후의 목적함수에서 얻어진 선체 부상량, 트림각 및 저항의 비교가 Figure 11, 12, 13에 각각 나타나 있다. 기준 선형의 경우 35 knots의 속도 상사에 대한 저항값이 22.260 N인 것에 비해, 수정 선형의 경우 저항값이 20.533 N으로 나타나, 약 7.76%의 저항 감소를 확인하였다. Figure 10에 나타난 주행 중 선체 부상량의 비교에서는 15 knots에서

35 knots까지의 전 영역에서 수정 선형의 부상량이 기준 선형의 부상량보다 근소하게 크게 나타나는 것을 알 수 있으나, 여기에는 유체력의 작용 뿐 아니라 트림각에 의한 무게중심의 들림도 포함되어 있다. Figure 11에서는 주행 중 트림각의 비교가 나타나 있다. 15 knots를 제외한 전 영역에서 수정 선형의 트림각이 기준 선형의 트림각보다 작게 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 선체 중반부에서 큰 선저경사각을 가지는 수정 선형의 선저형상은, 저속 영역에서는 기준 선형의 보다 평평한 선저형상에 비해 같은 트림각에서 선체를 부양시키기 위한 양력을 발생시키기에 불리하다는 것을 의미한다.

이로 인하여 과도한 트림이 발생하고 추진 기관 축의 각도가 커지면서 추진 성능에 악영향을 끼칠 수 있다. 이러한 저속 영역에서의 과도한 트림각 발생을 방지하기

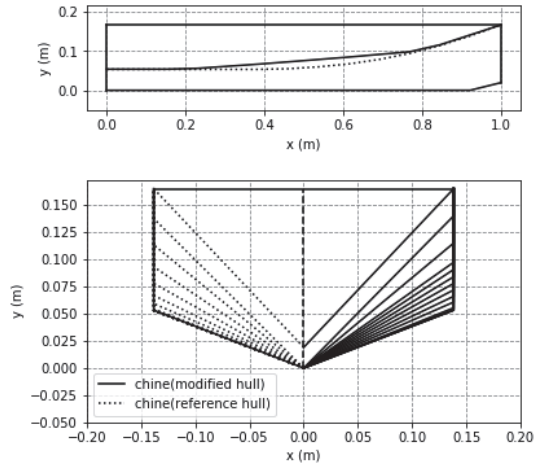


Fig. 10. Hull shape comparison between reference hull and modified hull

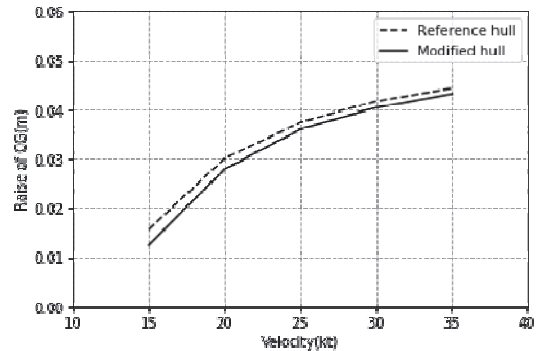


Fig. 11. Performance comparison of raise of CG

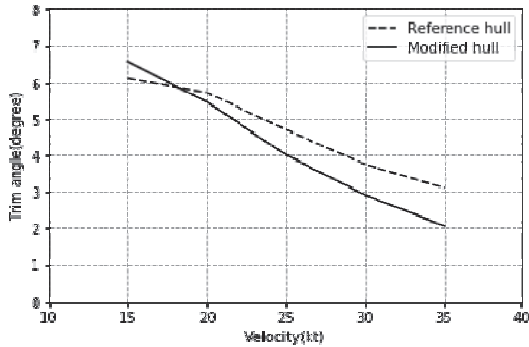


Fig. 12. Performance comparison of trim angle

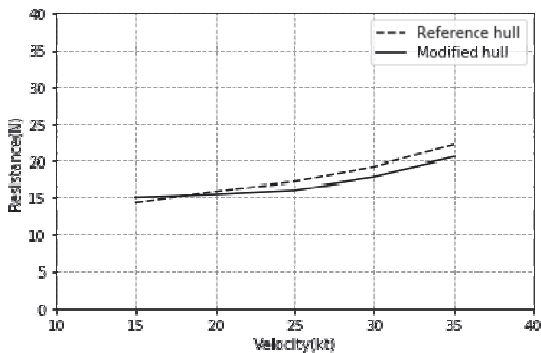


Fig. 13. Performance comparison of resistance

위해서는 선미부에 돌출된 선저확장부를 설계할 수 있다 (D.J. Kim et al., 2014). Figure 12에서는 주행 중 저항의 비교가 나타나 있다. 트림각의 경우와 같이 15 knots를 제외한 전 영역에서 수정 선형의 저항이 기준 선형의 트림각보다 작게 발생하는 것을 알 수 있다. 트림각 비교에서 예측했던 바와 같이, 과도한 트림각 발생이 저속영역에서 수정 선형의 저항성능을 기준 선형보다 약간 저하시킨 원인으로 생각되어진다. 하지만 고속영역으로 갈수록 작은 트림각으로도 충분한 양력을 받게 되므로 저항성능은 개선되어 설계속력인 35 knots에서는 가장 큰 저항성능의 개선을 보여준다.

본 연구에서 이산화한 탐색공간은 총 7,812,500가지의 경우의 수를 가지고 있으나, DPSO법을 사용하여 280 회의 계산만으로 만족할만한 저항감소를 확인하였다. 목적함수가 가지는 복잡성을 고려할 때, 본 연구가 제안한 방법을 활용함으로써 많은 시행착오가 수반되는 설계 초기단계에서 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 결과를 종합할 때, 선형 설계 시 본 연구가 제안한 고속활주선의 선형 최적화 기법을 적용함으로써 활주선형의

고속영역에서의 저항성능을 개선할 수 있음이 확인되었다. 이를 통해 활주선형을 채용한 함정에 기대되어지는 고속영역에서의 작전성능 향상을 도모 할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구에서는 고속활주선의 작전성능 향상을 위하여 활주선형의 기준 선형 및 기본 파라미터와 설계속력이 주어졌을 때, 선형 최적화를 통해 고속 영역에서의 저항성능을 저감시키는 기술을 개발하고자 하였다.

먼저 문제의 정식화를 위해 선정한 기준 선형을 단순화하고, 선형을 길이방향으로 5등분 하는 변형지점 5개를 Chine상에 설정하였다. 이러한 변형지점을 목적함수의 변수로 활용하였다. 또한, 선형 연구된 Savitsky 등의 연구결과를 활용해 선형과 선체의 주요 파라미터가 주어졌을 때, 선체의 활주자세 및 저항을 추정할 수 있는 목적함수를 구현하였다. 목적함수의 결과와 기준 선형의 모형실험 결과를 비교하고 일치를 확인한 뒤 목적함수로 사용하였다.

최적화 문제를 풀기 위하여 PSO법을 채택하였다. 여기서 탐색공간의 크기 감소와 선저각도의 실효적인 변화를 위하여 선저각도 변화량을 이산화하였고, 이산화 된 탐색공간에서의 최적화를 위해 PSO법 중에서도 정수형 문제를 최적화 하는 DPSO법을 사용하였다.

최적화를 수행한 뒤, 기준 선형과 수정 선형의 활주자세와 저항크기를 비교하였다. 선체 중앙부의 선저각도가 커진 수정 선형은 기준 선형과 비교할 때 저속영역에서 저항성능이 근소하게 감소하였으나, 고속영역으로 갈수록 저항성능이 개선됨을 보여 본 연구의 소기의 목적을 달성하였다.

DPSO법을 최적화 방법으로 사용함으로써, 최적화 결과의 전역적인 최적성이 보장되지 않는 것이 본 연구의 한계로 판단된다. 하지만, 목적함수가 다변수의 비선형 음함수임을 고려할 때, 실보다는 탐색 효율에서 얻는 득이 더 크다고 생각되어진다. 이러한 부분은 설계 변수의 민감도해석을 통한 후속연구로 보완할 수 있을 것으로 생각된다.

마지막으로, 본 연구 결과를 바탕으로 활주선형을 채용한 고속함정 설계 시, 개략적으로 설계된 선형을 입력함으로써 설계속력에서 저항성능이 개선된 수정 선형을 쉽게 획득할 수 있어, 함정 설계 및 건조에 유용한 참고가 될 수 있을 것으로 생각된다.

References

Dong jin Kim et al., (2014), “Effects of hull form variations on resistance and seakeeping performance of planing hulls with and without incoming regular waves”, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 51, No. 5, pp. 369-379.

Dong jin Kim et al., (2016), Hydrodynamic performance prediction method for multi-purpose intellectual USV, Technology transfer service for hydrodynamic performance of high-speed ship hull, Korea Research Institute of Ships & Ocean engineering. (다목적 지능형 무인선 유체성능 추정 기술, 고속 선형 유체성능해석 기술이전용역, 선박해양플랜트연구소)

Jong-gu Kang (2017), “A Study on an Arrangement of Passive Sonars by using DPSO Algorithm”, Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 26, NO. 1, pp. 39-46.

J. Kennedy and R. Eberhart (1995), Particle swarm optimization, Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks, pp. 1942-1948.

J. Kennedy and R. Eberhart (1997), A discrete binary version of the particles swarm algorithm, Proceedings of the IEEE international conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 4104-4108, IEEE press

K.H. Kim, K.H. Lee and S.W. Baek (2012), A Study on grooved wick heat pipe optimization using PSO algorithm, Conference Proceeding of Korean Society for Computational Fluids Engineering, pp. 339-342.

Pinto A., Peri D. and Campana E.F., (2007), Multiobjective optimization of a containership using deterministic particle swarm optimization, Journal of Ship Research, 51, pp 217-228

Savitsky D., (1964), “Hydrodynamic design of planing hull. Marine Technology, 1(1), pp. 71-96

Savitsky D. Delorme, M.F. and Datla, R., (2007), Inclusion of whisker spray drag in performance prediction method for high-speed planing hulls. Marine Technology, 44(1), pp. 35-56.

Savitsky D., (2012), The effect of bottom warp on the performance of planing hulls. Proceedings of 3rd Chesapeake Powerboat Symposium, Annapolis, Maryland, USA, 15-16 June 2012, pp. 1-40.

Sunbum Kim et al., (2013), “A Study on Modified PSO for the Optimization of Stochastic Simulations”, Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 22, No. 4, pp. 21-28.



김 선 범 (kimsunbum@add.re.kr)

2011 Osaka University 지구중합공학과 선박해양공학 학사
 2013 Osaka University 지구중합공학전공 선박해양공학 석사
 2013~ 국방과학연구소 연구원

관심분야 : 수치해석, 모델링&시뮬레이션, 유체역학, 전산유체역학(CFD)