

## 선형변환 방법에 대한 소고

이춘주 †\*, 윤현세\*, 유재문\*\*

한국해양연구원 해양시스템안전연구소\*/ 충남대학교 선박해양공학과\*\*

### A Note on the Hull Form Variational Methods

Chun-Ju Lee\*, Hyun-Se Yoon\* and Jae-Moon Lew\*\*

Korea Research of Ships & Ocean Engineering, KORDI\*/ Chungnam National University\*\*

#### Abstract

Systematic geometrical variation method of hull forms, such as "1-Cp", "Swinging" and "Lackenby" are widely used in the early stage of a new design from those of a similar parent ship, which shows a better performance through the model test and/or sea trials. This method is simple and easy to modify original hull forms without changing the main characteristics. The shape of the prismatic curve can be easily varied by these methods, however, the frame line shape in the body plan can't be generated easily, when the section shapes are complicated or have discontinuities or the mismatch of the body plan and the stem and stern profiles. To overcome this drawback of the hull form variations, a simple and useful method has been proposed in the present study.

※Keywords: Geometrical variational method of hull forms(선형 변환방법), Body plan(정면도), Frame line shape(늑골선 형상), Hull form design(선형설계)

#### 1. 서언

일반적으로 선주의 요구조건과 설계조건이 주어지면 단면적 곡선(cp curve), 선수미 늑골선(frameline)의 모양, 선수 벌브(bulbous bow), 선미 profile 형상(stern contour), lcb 위치(longitudinal center of buoyancy), DLWL 형상

등의 주요 선형개념을 체계적이고 효율적으로 정립하여 종합적인 유체성능이 우수하고 효율적으로 일반구획배치가 가능한 선형을 개발하게 된다.

초기설계 단계에서 초기선형을 생성하는 방법은 다음과 같이 3가지로 분류할 수 있다.

- 기준선형의 체계적인 변환
- 형상계수로부터 선형을 도출하는 방법
- 표준 계열선으로부터의 보간법

접수일: 2002년 2월 20일, 승인일: 2003년 1월 3일

† 주저자, E-mail: reslcj@kriso.re.kr

Tel:042-868-7248

여기서 형상계수로부터 선형을 도출하는 방법

과 표준 계열선으로부터의 보간법은 선형계수나 도표로부터 정면도를 직접 생성하는 방법이다. 예를 들어 Taylor 계열선형은 모두 158척이며, 무차원화된 각각의 수선에 따라 주형계수별로 각 스테이션에서 반폭을 무차원화한 도표를 이용하여 주어진 주형계수에 따라 초기선형을 쉽게 도출할 수 있으며, 저항성능도 함께 추정할 수 있게 된다.

기준선형을 체계적으로 변환하는 방법은 길이방향의 배수량 분포곡선(cp curve)상의 각 스테이션의 위치를 다양한 cp curve 변환방법들을 사용하여 길이방향으로 이동시킴으로써 cp curve 형상을 변환하는 방법이다. 이 방법에는 기준선형을 변환하는 방법은 1-Cp 방법, Swinging 방법 및 Lackenby 방법 등의 다양한 방법이 제시되어 사용되고 있다. 이 방법에서는 모형시험이나 실선 시운전을 통하여 우수한 성능이 검증된 유사선 중에서 기준선을 선정하여 설계선의 특성을 그대로 유지하면서 선형을 쉽게 변환할 수 있기 때문에 대부분의 조선소에서 이 방법을 주로 사용하고 있다.

그러나 기준선형의 체계적인 변환 방법에서는 cp curve 형상은 쉽게 변환시킬 수 있으나, 정면도의 형상이 복잡하거나 불연속점이 있는 경우 또는 정면도와 선수미 profile이 일치되지 않는 문제들 때문에 변환된 cp curve 형상에 따라 새로운 정면도(body-plan)를 생성하기가 쉽지 않다.

본 논문에서는 기준선형의 체계적인 변환 방법을 정리하고, 이 방법을 이용하여 초기선형을 효율적으로 도출할 수 있도록 정면도 설계시 문제가 되는 부분을 점검하여 해결 방안을 강구하고, 아울러 선정된 기준선으로부터 정면도의 늑골선 형상을 직접 변환하여 선형을 쉽게 생성할 수 있는 방법을 제안하였다.

## 2. Cp curve 변환 방법

일반적으로 선형의 비대도는 방형비척계수(CB)로 나타내며, 길이방향으로 cp curve 면적을 적분하여 방형비척계수를 계산한다. Cp curve 형상은 선수 입사부(LE)와 중앙 평행부(LX) 및 선미 run 부(LR) 등 세 부분으로 나눌 수 있으며, 이들에

대한 방형비척계수도 선수입사부의 방형비척계수(CBE), 중앙 횡단적계수(CM) 및 선미 run부(CBR) 구분하여 나타낸다. 따라서 전체 방형비척계수는 다음과 같이 계산된다.

$$C_B = C_{BE} \cdot \frac{L_E}{LBP} + C_M \cdot \frac{L_X}{LBP} + C_{BR} \cdot \frac{L_R}{LBP} \quad (1)$$

여기서 LBP는 수선간 길이

이와 같은 Cp curve를 이용하여 선형을 변환하는 방법에는 세 가지가 있으며, 이 중에서 1-Cp와 Swinging 방법은 식 (1)처럼 선수미 방형비척계수는 동일하게 유지하면서 선수미 길이비만을 조정하여 선형을 변환시키는 방법이며, Lackenby 방법은 중앙 평행부를 고정하거나 조정하면서 선수미 방형비척계수와 선수미 길이 비를 함께 조정하여 cp curve를 변환할 수 있는 방법으로, 고속 세장선처럼 중앙평행부가 거의 없는 경우에도 방형비척계수를 줄이는 선형변환이 가능하다.

## 3. Cp curve 변환 후 정면도 생성 방법

주어진 방형비척계수와 lcb 위치를 cp curve 변환방법으로 정확히 일치시킬 수 있으나, cp curve 변환을 수행한 다음, 기준선과 같은 스테이션 기준으로 정면도 형상을 생성하는 작업을 별도로 수행하여야 한다. 또한 선수미 profile과 밑지 반경 등을 수정되는 경우에는 방형비척계수와 lcb 위치가 바뀌기 때문에 방형비척계수와 lcb 위치를 일치시키기 위한 추가작업이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제들을 고려하여 cp curve 변환 후에 정면도 형상을 효과적으로 생성하는 방법을 제안하였다.

### 3.1 cp curve 변환 범위 조정

일반적으로 cp curve를 변환후에 대상선의 주요목에 따라 정면도 형상과 선수미 profile을 생성하여야 하나, 선수미 profile 부분에서는 정면도 형상과 서로 복잡하게 연결되어 있기 때문에 선미부는 0.5 스테이션(20등분시) 미만과 선수부는 19.75 스테이션 이상은 고정시켜 놓고 선형을 변환하게 된다.

따라서 이 부분을 고정시키고 선형을 변환하면 cp curve 형상이 바뀌지 않기 때문에 기준선과 같이 변환된 선형에서도 정면도 형상과 선수미 profile 형상이 자동으로 일치하게 된다. 이러한 경우는 선형변환의 기본적인 가정처럼 선형계수의 변화가 작은 경우에는 이들 부분에서 면적비(cp)가 절대적으로 작기 때문에 변환된 cp curve 형상에 큰 영향을 받지 않는다.

그러나 선형계수의 변화가 큰 경우에는 고정되는 부분을 축소하여 선형을 변환하여야만 변환후에도 수선을 자연스럽게 생성될 수 있다. 이 때는 대신에 정면도 형상과 선수미 profile을 일치시키기 위한 수정 작업량이 많아지게 된다.

3.2 중앙 횡단부(Midship) 형상 변화

선형변환시 중앙 횡단부 형상을 바꿔야 하는 경우가 종종 발생하며, 그림 1과 같이 밀지 반경을 갖는 중앙 횡단부인 경우에는 주어진 밀지 반경으로 중앙 횡단면적 형상을 먼저 설계하고, 새로 변환된 스테이션중에 기선에서 선평방향 움직임이 반쪽에서 밀지 반경을 뺀 값보다 클 때는 그 스테이션을 중앙 횡단부(parallel middle body)로 대체하여 주는 방법으로 밀지 반경을 변경시켜 줄 수 있다.

또한 deadrise나 선평경사를 갖는 형상은 cp curve 변환 후에 일반적인 방법으로 정면도를 생성하면 되지만, 밀지 반경을 갖는 중앙 횡단부를 deadrise나 선평경사를 갖는 중앙 횡단부로 바꾸는 경우는 일반적인 방법으로 정면도 형상을 생성 후에 수정해야 한다.

3.3 선수 Profile 형상 및 선수벌브 변화

일반적으로 대상선의 설계개념에 따라 선수벌브의 형상과 길이가 바뀌게 되므로 변환된 선형에서는 정면도 형상과 선수 profile 형상이 서로 일치하지 않게 된다. 그래서 선부벌브의 길이는 선형변환시에 미리 반영시키고, 선형변환후에 선수 profile형상에 따라 그림 2처럼 생성된 정면도 형상을 수정하는 것이 바람직하다.

일반적으로 선수 profile을 배길이 비로 전체적으로 변화시켜서 선수벌브의 길이를 변화시키게

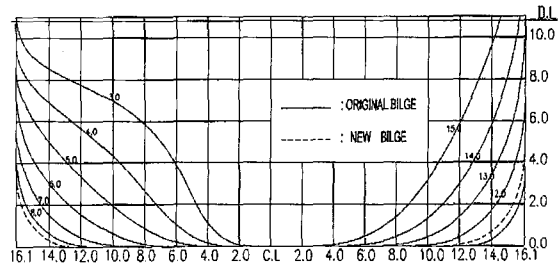


Fig. 1 Change of bilge radius

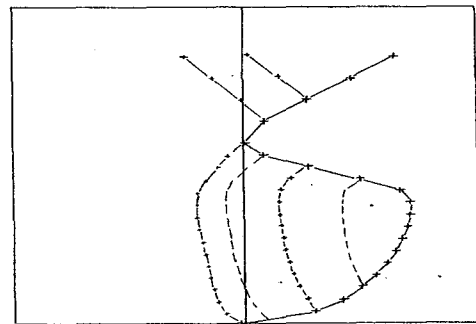


Fig. 2 Faring of bulbous bow

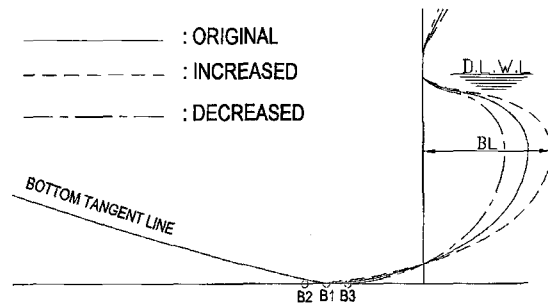


Fig. 3 Change of bulbous bow length

되며, 그 때 벌브 길이는 정확히 일치시킬 수 있으나, 선수 profile이 시작되는 부분도 선미쪽으로 이동하기 때문에 기선(baseline)에서 bottom tangent와 불일치하게 되는 문제가 발생된다(그림 3).

따라서 선수벌브 길이를 조정하여 선형변환을 수행한 후에 선수벌브 형상을 원하는 모양으로 먼저 수정하고 그 모양에 따라 정면도 형상을 일치

시켜 주어야 효율적이다. 만약 선수벌브 길이를 선형변환 후에 수정하면 방형비척계수나  $l_{cb}$  위치 등의 선형계수와 선형 수정량에 많은 영향을 미치게 된다.

### 3.4 선미 Profile 형상

일반적으로 선미 profile 형상은 추진기와 타를 배치하고 유체특성을 개선하도록 설계되어야 하기 때문에 선수 profile보다는 훨씬 복잡하다. 따라서 선미선형을 변환시에서도 선미 profile이 주요목중에서 배길기와 흡수 비에 따라 자동으로 변환되기 때문에 선형 변환전에 선미부의 수정량이 많은 영향을 미치는 트랜섬 높이를 미리 반영하는 것이 필요하다.

트랜섬 높이의 조정은 늑골선 변환에서 사용하는 방법처럼 기준선과 설계선의 흡수 비를 이용하여 동시에 기준선의 정면도와 트랜섬 높이를 대상선에서 원하는 트랜섬 높이로 쉽게 바꿀 수 있다.

그리고 단계적으로 트랜섬 길이와 축계 높이 및 A.P.에서 stern 보싱끝단부까지 거리등을 인위적으로 수정한 다음 그림4처럼 정면도형상을 국부적으로 수정하여 선형을 순정하는것이 바람직하다.

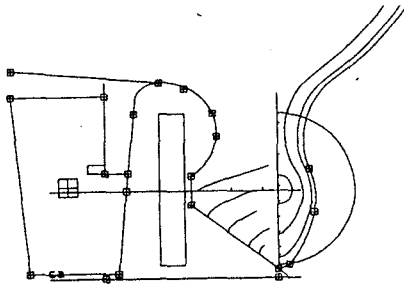


Fig. 4 Fairing of stern profile

## 4. 늑골선(frameline) 변환 방법

앞에서 설명한 바와 같이 cp curve 변환후 정면도를 생성하는 방법은 각각의 수선들을 길이방향으로 표현하고 그것들을 변환된 cp curve에 따라 보간하여 늑골선 형상을 생성하게 되므로, 정면도의 형상이 복잡한 경우나 불연속점이 있는 경우는 기준선과 같은 정면도를 정확하게 생성할 수

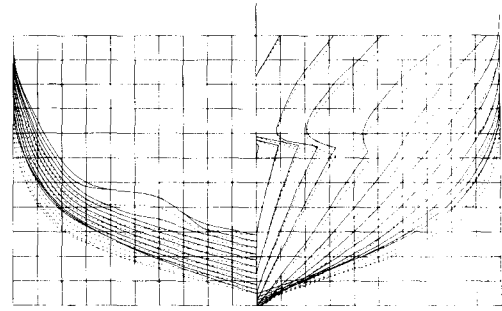


Fig. 5 Frameline variation

없다. 또한 cp curve 변환방법은 기준선의 정면도형상의 경향이 거의 그대로 유지하기 때문에 설계선의 유체성능과 일반구획배치를 고려하여 정면도형상을 체계적으로 수정하기가 곤란하다.

따라서 주어진 선형계수에 따라 정면도형상을 직접 변환시켜서 기준선과는 다른 정면도형상을 생성할 수 있고 또한 cp curve 변환시 문제가 되었던 정면도의 생성과 선수미 profile을 일치시켜야 하는 문제 등을 자동적으로 해결해 줄 수 있는 새로운 방법[4]으로 제안하고자 한다. 이 변환 방법은 유체성능과 일반 구획배치를 고려하여 정면도형상을 직접 변환하는 방법이므로, 선형변환 후 그림 5와 같이 정면도상의 불연속점을 유지시킬 수 있고, 하나의 수선에 2~3점에 교차하는 늑골선을 가진 복잡한 정면도형상도 변환이 가능하다는 장점이 있다.

이러한 늑골선 변환방법에는 horizontal type, vertical type, crossing type 등의 3가지 있으며, 각각의 특성은 다음과 같다.

### 4.1 Horizontal type

늑골선 변환방법 중에 horizontal type은 정면도의 각 스테이션을 선폭과 흡수 비에 따라 일률적으로 변환시키는 방법이다. 변환방법은 식 (2)에서 보는 바와 같이 변환시키려는 수선은 계획흡수의 차이에 따라 base line과 변환위치에서의 선폭의 차이를 반폭으로 나눈 값에 변환전의 수선을 더함으로써 구할 수 있다. 따라서 정면도형상 변환은 기선 위치에서의 반폭부터 변환이 시작되고, 선폭으로 갈수록 변화량이 증가하게 된다.

$$(WL)_o = WL + (T - T_o) \times \frac{(BB)wl - (BB)bl}{HB} \quad (2)$$

- 여기서, (WL)<sub>o</sub> = 변환위치의 수선
- WL = 초기 수선
- T = 초기 계획률수
- T<sub>o</sub> = 변환되는 계획률수
- (BB)wl = 변환 수선에서의 폭
- (BB)bl = Base line에서의 폭
- HB = 반폭

따라서 변환된 정면도 형상의 단면적을 계산한 후에 cp curve를 나타낼 수 있으며, 길이방향에 따라 그림 6의 선미부에서 보는 바와 같이 cp curve의 길이방향 변화량이 같은 경향을 갖는다. 그러나 이 방법에서는 선수미 profile은 변하지 않는다.

#### 4.2 Vertical type

늑골선 변환방법 중에 유체성능, 일반구획배치를 고려하여 정면도의 늑골선 형상을 간단하게 변환하는 방법으로 vertical type이 있다. Vertical type은 계획률수의 차이로 수선만 변환시키는 방법이며, 변환방법은 식 (3)과 같다.

$$(WL)_o = WL \times \frac{T_o}{T} \quad (3)$$

- 여기서, (WL)<sub>o</sub> = 변환위치의 수선,
- WL = 초기 수선
- T = 초기 계획률수,
- T<sub>o</sub> = 변환되는 계획률수

이 방법은 출수방향에 따라 선형이 변환되므로 그림 7에서 보는 바와 같이 수선값이 클 부분일수록 변화량이 크고, 중앙 횡단부에서 선수미 끝단부로 갈수록 cp curve 변화량이 커진다. 따라서 이 방법으로 정면도를 변환시에는 선수미 profile이 함께 변환되며, 선미 트랜스의 높이 변화에 따라 선형 변화량이 크므로 선형변환시 트랜스의 높이를 꼭 반영시켜 주어야 한다.

#### 4.3 Crossing type

끝으로 crossing type은 기준선 또는 유사한 선

형을 horizontal type이나 vertical type으로 선형 변환한 후에 기준선과 복합시켜 선형을 변환하는 방법으로, 그림 8에서 보는 바와 같이 변화량을 가장 크게 할 수 있다.

Fig. 8에서 기준이 되는 두 선형은 각각의 스테이션에서 세 번째와 일곱 번째 늑골선이며, 이들 보다 안쪽의 세 개의 늑골선은 두 선형을 내접하여 생성한 것이며, 바깥쪽 두 늑골선은 외접하

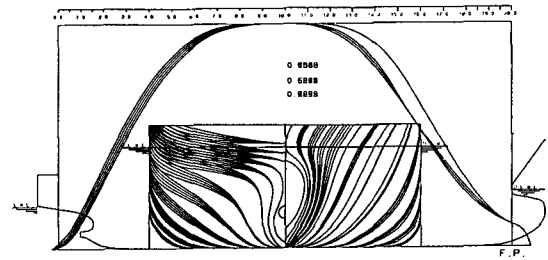


Fig. 6 Frameline variation-horizontal type

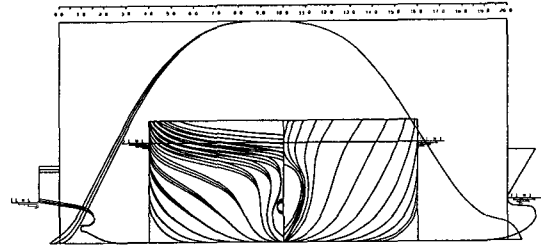


Fig. 7 Frameline variation-vertical type

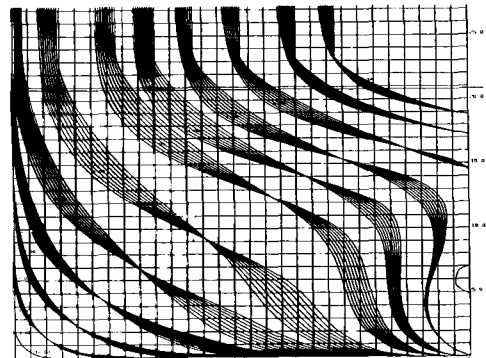


Fig. 8 Frameline variation-crossing type

여 생성한 것들이다. 만약 cp curve형상이 똑같은 상태에서 이 방법으로 선형을 변환하면 그림같이 각 스테이션상에서 늑골선의 교차점을 갖는다.

## 5. 결 언

기준선형의 체계적인 변환방법은 curve 변환방법을 이용하여 주어진 주요목과 선형계수에 따라 cp curve 형상만을 변경시켜 주는 방법이므로, 선형변환시에 설계선의 선형개념에 따라 늑골선의 형상을 바꾸거나 선수벌브, 발지반경 및 선미트랜성 높이를 변경하여 선형을 생성하는 것이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 cp curve 방법을 이용하여 선형을 변환한 후 정면도 형상을 효율적으로 생성시키면서 선수미 profile 형상을 정면도와 일치시키고, 발지반경을 반영시킬 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

특히 정면도의 형상이 복잡하고 불연속점이 있는 경우 또는 설계선의 선형개념에 따라 기준선의 정면도 형상의 경향을 바꿔야 하는 경우에는 저자가 제안한 늑골선 변환방법을 제시한 방법을 사용하여 정면도 형상과 자동으로 일치된 선수미 profile 형상을 쉽게 생성시키도록 하여 선형설계자로 하여금 효율적인 선형설계 작업에 직접적인 도움을 주고자 하였다.

## 후 기

본 논문의 내용은 본인이 충남대학교 공학석사

학위논문중 일부내용과 한국과학재단의 우수연구센터 지원과제(R11-2002-008-04003-0)의 일부로 수행된 것을 함께 정리한 것으로, 위 기관의 후원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 이춘주, 2000, "체계적인 선형개념 정립과 선형 설계 프로그램 개발", 충남대학교 석사학위논문
- Gertler, M., 1954, "A Reanalysis Original Test Data for the Taylor Standard Series", Navy Dept, DTMB Report 806.
- Lackenby, H., 1950, "On the Systematic Geometrical Variation of the Ship Forms", Transaction I.N.A., Vol. 92, pp. 289-316.
- Verluis, A., "Computer Aided Design of Shipform by Affine Transformation".



< 이 춘 주 >



< 윤 현 세 >



< 유 재 문 >