
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 30 卷 第 2 號 1993 年 5 月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 30, No. 2, May 1993

형상계수에 의한 초기선형설계에 관한 연구

김동준*

A Study on the Initial Hull Form Design by Using Form Parameters

by

Dong-Joon Kim*

요 약

초기 선형을 생성하는 과정은 대개 3가지로서 유사선으로 부터 얻는 법, 계열시험 결과로 부터 얻는 법, 주어진 조건을 만족하도록 처음부터 선형을 생성하는 법 등으로 생각할 수 있다. 본 연구에서는 마지막 방법을 택하여 초기 선형을 선형 설계자에게 익숙한 형상계수들을 이용하여 얻고자 하였다. 즉 최소화한 몇 가지의 형상계수를 이용하여 기본 곡선등을 전산기 화면에서 생성하고 이를 제어함으로 선형을 생성하거나 수정하고자 하였다. 곡선을 수학적으로 표시하기 위하여 다항식과 B-Spline 곡선을 사용하였다. 먼저 정면도를 얻기 위하여 5가지의 기본 곡선을 정의하고 이를 얻는 과정을 보였다. Centerline Contour는 B-Spline을 이용하여 생성하였고 정면도와 결합하여 수선(Water Line)을 생성하는 과정을 설명하였다. 이 과정에서 좀더 순정된 결과를 얻기위해 2가지의 곡선이 제안되었으며 실선에 적용한 결과를 보이고 있다.

Abstract

This paper describes a method for generating an initial hull form by using form parameters. As a mathematical representation of curves, B-spline curves are used as well as the polynomials used by Durand et al. The five basic control curves and the centerline contour are defined to give the boundary conditions for body plan by using above mentioned mathematical models. From these curves body plan is determined. Two additional curves which are concerned the position of matching point between the cylindrical form and the water line are proposed to get the preliminary faired water lines.

발 표: 1992년도 대한조선학회 춘계 연구발표회('92. 4. 18)

접수일자: 1992년 5월 14일

* 정회원, 부산수산대학교 조선박공학과

1. 서 론

선박의 설계 과정은 대개의 설계가 그러하듯 시행착오의 과정을 밟게된다. 즉 결정 가능한 것부터 먼저 결정한 뒤 추정한 값을 하나하나 확인하며 수정과 검증을 반복하는 것이다. 이러한 선박 설계의 반복 과정에서 선형이 결정되어야하는 단계는 초기 과정에 속하는 것으로 선형이 먼저 결정되어야 주기관 선정, 복원성 검토등 다음 단계의 설계가 수행되게 된다. 따라서 초기 선형은 설계의 품질과 효율성을 생각할 때 가능한 빠른 시간내에, 정확하게 결정되는 것이 아주 중요하다.

일반적으로 초기 선형을 구하는 방법으로는 대개 세가지 정도를 들 수 있다. 첫째는 유사실적선을 이용하는 방법으로 가장 많이 사용하는 방법이다. 이 방법은 실선의 성능을 알고 있으므로 성능 추정이 용이한 장점이 있는 반면 건조 실적이 없는 경우는 사용할 수 없는 단점을 가지고 있다. 두번째는 계열시험 결과로부터 얻는 것으로 앞의 방법과 유사한 장단점을 가지고 있으나 저속비대선과 같은 새로운 경향의 선박의 경우 계열시험의 유효범위를 벗어나므로 그 정확도나 적용가능성이 떨어지게 된다. 마지막 방법으로는 앞의 두가지 방법을 사용하기 힘들 경우 주어진 조건을 만족하도록 직접 선형을 만드는 것이다.

본 연구에서는 마지막 방법을 이용하되 전산기를 이용하여 빠르고 정확한 초기선형을 얻고자 하였다. 전산기를 이용하여 선형을 설계하기 위해서는 우선 곡선을 수학적식으로 표현해야 한다. 이러한 방법에 대해서는 많은 연구들이 있다. Taylor[1]가 다항식으로 선체를 표시하기 시작한 이후로 여러가지 형태의 식이 시도되었으며, FORAN[2]의 경우 비대수함수(Non-algebraic Function)를 이용하기도 하였다. 또한 전산기의 발전과 더불어 여러가지 형태의 Spline이 사용되었다. Cubic Spline, Parabolic Blending, Bezier Curve등이 시도되었으며, Gordon & Riesenfeld[3]가 개발한 B-Spline곡선의 경우 연속성이 충분히 보장되고, 국부적으로 변형이 가능하며, 불연속점의 정의 및 직선의 표현이 가능하여 선형의 표현에 아주 적합하다고 알려져 있다[4]. 한편 전통적으로 조선기술자에게 익숙한 형상계수를 이용하여 초기 선형을 얻고자하는 노력도 많이 있어왔다. 이는 형상계수의 비교에 따라 선형의 물리적 특성의 비교가 용이하고, 또한 형상계수 값의 변화로

선형의 변화가 가능한 장점을 가지고 있기 때문이다.

이러한 형상계수를 이용한 선형의 초기 설계에 전산기를 이용하기 위해서는 적절한 형상계수를 주면 이를 만족시키는 곡선을 앞의 여러가지 수학적인 표현 방법으로 생성시키는 과정이 필요하다.

Michigan대학의 Durand등[5]은 다항식을 이용하여 곡선 양쪽 끝점에서의 좌표, 기울기, 곡선 내부 면적 등의 형상계수와 결합시켜 정면도(Body Plan)를 얻었다. Creutz[6]는 Order 4, 정점(Vertex Point)수 7의 Periodic B-Spline곡선과 끝점에서의 좌표, 기울기, 곡률, 면적 및 도심등의 형상계수를 결합하여 만족할 만한 결과를 얻은 바 있으며, 강 등[7]은 B-Spline 과 형상계수방법을 결합할 때 곡선이 퇴화하지 않을 형상계수 값의 허용범위를 밝힌 바 있다. 유체역학적인 특성과 밀접한 관계가 있는 선수 및 선미부의 생성에 관해서는 김 등[8]의 연구가 있다.

본 연구는 전산기를 이용하여 초기 선형을 얻는 기초 연구로서, 초기상태에서 선형 설계자가 입력하기 힘든 자료를 가능한 배제하고자 하였다. 정면도의 형상을 생성하는 과정은 곡률을 입력자료로 사용하지 않는 Durand 등[5]의 방법을 사용하였으나, 필요한 기본곡선을 5개로 최소화하였다. 또한 기본곡선의 표현에 있어서도 면적과 도심이 중요한 성질이 아닌 경우는 Open B-Spline곡선을 이용하여 대화식 기법의 적용을 용이하도록 하였다. 그리고 선수, 선미의 Centerline Contour와 결합하여 수선(Water Line)을 생성시켜 개략적인 순정을 할 수 있는 방법을 모색하고자 하였다.

2. 형상계수에 의한 선형의 생성

본 논문에서 형상 계수는 배수량, LCB등 선형의 기본적인 특성치와 스테이션 단면이 수선에서 이루는 각, 구상 선수부의 높이 등의 기하학적 특성치 및 이들을 길이 방향으로 표현한 기본곡선등을 총칭하고 있다. 형상계수에 의한 선형의 생성은 다음과 같은 두 가지의 단계로 구분하여 진행하였다.

우선 정면도를 얻는 과정으로 여기서는 Durand의 방법을 사용하되 기본곡선의 수를 5가지로 제한하고, 몇몇 기본곡선은 B-Spline곡선을 이용하여 표시하였다. Durand의 방법은 정면도 곡선의 수학적 표현으로 다항식을 사용하고, 다항식의 계수 값을

구하기 위한 경계조건들을 길이 방향으로 각각의 곡선으로 정의하여 이들 곡선을 제어함으로 정면도를 생성 및 수정하는 방법이다. 이러한 방법은 유체 역학적 특성에 큰 영향을 미치는 기본 곡선을 제어하여 원하는 정면도를 쉽게 얻을 수 있으므로 유체 역학적 성능향상을 위한 체계적인 접근을 가능하게 해준다. 정면도와 병행하여 생성시키는 Centerline Contour는 Open B-Spline과 선수미부의 기하학적 특성치들로 곡선을 얻는 김 등[8]의 방법을 이용하였다. 각 형상별로 각기 다른 형상계수를 선정하였으며 이들을 제어함으로 곡선을 수정할 수 있다.

다음은 수선을 얻는 과정으로 전 단계에서 얻어진 곡선들로부터 수선을 구하여 그림으로 확인하면서 Centerline Contour, 혹은 기본 곡선을 적절히 수정하여 다음 단계인 순정을 위한 초기 선형을 얻는다.

2.1 정면도의 생성

2.1.1 정면도

Durand등은 수면하의 단면을 표현하기 위하여 다음과 같은 다항식을 사용하였다.

$$y=a_0+a_1x+a_2x^2+a_3(x+1)^2+a_4(x+0.01)^{1/2}$$

여기서 계수 a_i 를 구하기 위해서는 Fig.1에 표시된 다섯가지의 경계조건이 필요하다.

1. 단면적
2. 바닥에서 곡선이 시작되는 점의 위치
3. 바닥에서 곡선이 시작되는 점에서의 기울기

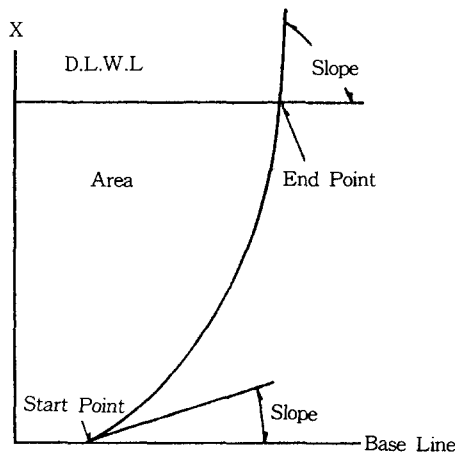


Fig.1 Input data for body plan

4. 수선에서의 점의 위치
5. 수선에서의 기울기

각 단면의 위치에서 이들에 대한 값을 지정해 주고 연립방정식을 풀면 곡선이 구해진다. 이렇게 얻어진 선형은 기본적으로 Cp, LCB, LCF 등의 선형의 특성치를 만족하는 것이나 일반적으로 순정된 곡선은 아니다.

2.1.2 기본곡선

앞절에서 언급한 다섯가지의 경계조건을 길이 방향으로 표시하면 각각 하나의 곡선이 된다. 여기서 이러한 곡선들을 기본곡선이라 한다. 첫번째 경계조건인 기본곡선은 잘 알고 있는 횡단면적곡선(Sectional Area Curve)이 되며 두번째, 네번째 조건은 Bottom Tangential Line과 만재흡수선곡선(Design Load Water Line)이 된다. 세번째, 다섯번째 조건은 그다지 조선 설계자에 알려져 있지는 않으나 길이 방향으로 연속되어야 한다는 것은 당연하므로 하나의 곡선으로 얻을 수 있다. 첫번째의 횡단면적곡선과 네번째의 만재흡수선곡선은 면적과 도심도 중요한 특성중의 하나이나 나머지 세 곡선은 연속성만이 문제가 된다. 따라서 면적 및 도심이 중요한 곡선과 나머지 곡선과는 생성 과정이 다를 수 있다. 본 논문에서는 Durand등이 제안한 다항식을 이용하여 횡단면적곡선과 만재흡수선곡선을 구하고, 나머지 곡선은 Open B-Spline 곡선을 이용하여 생성하였다. 여기서 B-Spline 곡선을 사용한 이유는 이들 곡선의 경우 면적 및 도심도의 지켜야할 특성이 있는 것이 아니고, 정면도를 원하는 형상으로 생성시키기 위해서는 이들 기본곡선의 수정이 용이하여야 하기 때문이다. Durand 등은 횡단면적곡선과 만재흡수선곡선을 수학적으로 표현하기 위하여 선수에서 중앙 평행부

Table 1. Input parameters for sectional area curve and design water line

Ordinate	Sectional Area Curve	Design Water Line
	Sec Area/max.Sec Area	Sec Beam/max.Beam
Input Parameters	Area at FP	Offset at FP
	Slope of Curve at FP	Slope of Curve at FP
	Start of the Midbody	Start of the Midbody
	Length of the Midbody	Length of the Midbody
	Area at AP	Offset at AP
	Slope of Curve at AP	Slope at Curve at AP
	LCB	LCF
	Cp	Cwp
	Four Tension Vectors	Four Tension Vectors

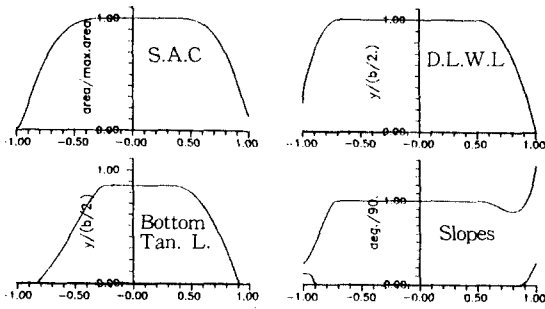


Fig.2 Control curves for sample input

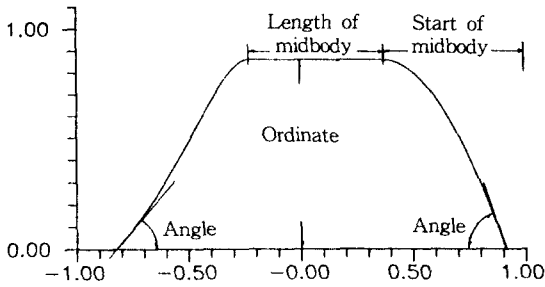


Fig.3 Input data for control curves generated by B-spline

가 시작하는 점까지와 평행부가 끝나는 점에서 선미까지의 2부분으로 나누어, 매개변수를 이용하여 다항식(Parametric Polynomial)으로 표시하였다. 이들 기본곡선을 생성하기 위해서 필요한 입력자료는 Table.1과 같으며 얻어진 예를 Fig.2에 보였다. 그외 기본곡선의 생성을 위한 입력자료는 Fig.3과 같다. 이들 입력자료로서 B-Spline의 정점을 찾은 뒤 이를 이용하여 곡선을 표현하거나 수정한다.

2.2 Centerline Contour의 생성

초기 선형은 정면도만으로도 대부분의 기본 계산

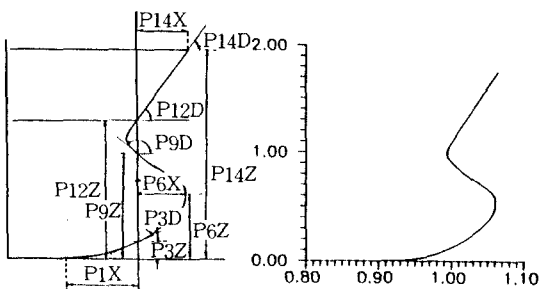


Fig.4-a Form parameters for stem with bulb
b Sample output for stem with bulb

(배수량 및 복원성능등)이 가능하나, 다음단계의 계산(구상선수부의 저항 성능 분석등)을 위해서는 Centerline Contour가 필요하다. Centerline Contour의 생성은 선형별로 구분된 기하학적인 특성치와 B-Spline곡선을 이용하였다[8]. 선수부의 한 예로서 필요한 입력자료와 생성된 결과를 Fig.4에 보이고 있다.

2.3 수선의 생성

앞에서 얻어진 정면도와 Centerline Contour에 대한 자료가 있으면 수선(Water Line)과 Buttock Line의 생성이 어느 정도 가능하므로 Centerline Contour와 정면도의 적합성을 판단하기 위해서는 수선 및 Buttock Line을 생성해보는 것이 필요하다. 수선을 얻기 위해서는 정면도와 Centerline Contour로부터 각 수선에서의 값을 계산하여 이를 Spline을 이용하여 부드럽게 연결하여야 한다. 그러나 각 단면(대개의 경우 스테이션)에 대한 값과 Centerline Contour에서 얻어진 끝점 만으로는 형상의 변화가 급격한 선수, 선미부를 처리하기가 쉽지 않다. 이러한 문제점은 2가지의 기본곡선을 추가함으로 어느 정도 해결할 수 있다. 일반적으로 선수부나 선미부에는 끝부분을 반원통의 형태로 처리하는 경우가 많다. 구상선수부의 경우가 한가지 대표적인 예로서 이러한 반원통의 반경도 홀수 방향으로의 변화가 부드러워야 한다. 그리고 반원이 수선과의 접하는 점의 위치도 역시 길이 방향으로 부드럽게 변해야 한다. 따라서 이 두가지 곡선을 기본곡선으로 정하면 수선의 생성 및 초보적인 순정이 가능하게 되고, 이를 이용하면 다음의 순정 단계에서 곡면으로 처리하는데 훨씬 수월한 이점을 가지게 된다[9]. 본 연구에서 이 두가지 곡선은 좌표의 입력으로 표현되었다.

3. 생성에 및 검토

선형 생성 과정을 검토하기 위한 대상 선박의 기본 제원 및 특성치는 Table 2와 같다. 대상 선박의 선수부는 구상선수를 가지며, 선미부의 형상은 바아지 형상을 하고 있다. 본 연구에서 정면도의 생성을 위해 제안된 방법의 경우 일반적인 선형에 대해서는 유용성이 입증되고 있으므로[5] 최근 선형의 대표적인 한가지 형상인 대상 선박에 대해 검토해 보고자 하였다. 대상 선박에 대한 다섯가지의 기본곡선을

Table 2. Ship particulars.

LBP	163	m
Breadth	26	m
Draft	10.9	m
Dead weight	29500	ton
Displacement	37129	m ³
Cb	0.804	
Cp	0.808	
Cwp	0.895	
LCB	+3.078	m(fore)
LCF	-3.8	m(aft)

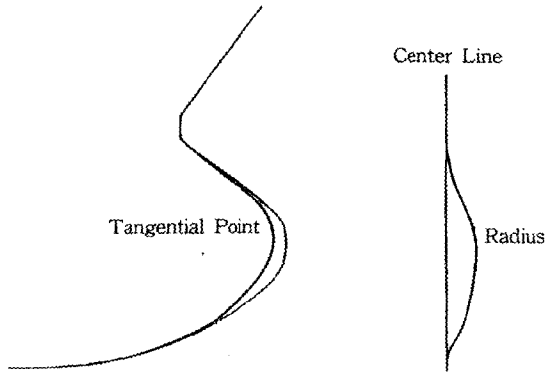


Fig.5 Radius and tangential point curves

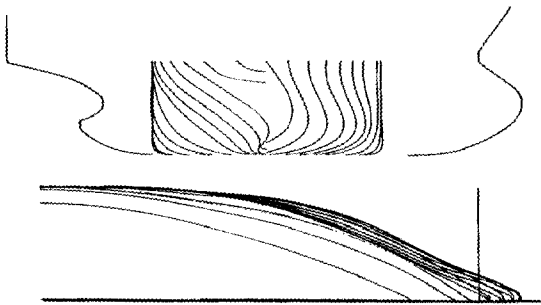


Fig.6 Sample output of water lines

Fig.2에 보였으며 Centerline Contour와 정면도를 Fig.6에 나타내었다. 수선을 표시하기 위해 사용된 홀수 방향으로의 끝부분 반경 변화 및 길이 방향으로의 접점 위치에 대한 곡선을 Fig.5에, 이를 이용해 얻어진 수선은 Fig.6에 나타내었다.

Fig.6의 결과를 보면 선수부의 생성은 대체로 만족할만 하나, 선미부의 바야지 형상은 그다지 만족스럽지 못하다. 이는 두가지의 원인에 기인하는 것으로 생각된다. 첫째는 기본곡선의 표현의 문제로서 바야

지 형상의 선미부를 가지게 되면 일반적인 선형과는 달리 횡단면적 곡선의 변화가 선미부에서 크게 발생하는데 이를 다항식으로 표현하는 과정에서 생기는 면적의 오차이다. 여기서 면적은 정면도의 입력자료이므로 정면도 오차의 원인이 된다. 둘째는 정면도의 표현의 문제로서 선미 Bulb를 가지면서 만재홀수선 곡선에서 반폭이 큰 단면을 본 연구에서 사용된 다항식으로는 제대로 표현하기가 어렵다는 것이다.

이러한 선박의 경우에 또하나의 어려움은 선수와 선미부의 단면중에는 홀수의 전구간에 걸쳐 있지 못하는 단면이 생기게 된다는 것이다. 즉 Bottom Tangential Line상에 나타나지 못하는 단면의 경우로서, 이러한 경우 앞에서 설명했던 정면도 생성시 필요한 다섯가지 경계조건이 만족되지 못하게 된다. 이러한 문제는 Centerline Contour를 먼저 생성하여 여기서 경계조건을 찾아옴으로 해결하였다.

4. 결 론

초기 설계용 선형을 전산기를 이용하여 얻는 방법을 연구하였다. 기존의 방법이 정면도를 생성하는데 중점을 두는 것과는 달리 수선을 함께 생성할 수 있도록 하였다. 비록 생성시킬 수 있는 선형의 제한 등 다양한 설계자의 요구를 만족시키기에는 미흡하지만 일반적인 상선의 초기선형을 얻는데는 만족할 만한 결과를 얻었다. 그리고 수선을 생성시키는 과정에 제한된 두가지의 기본곡선은 초기 수선의 생성을 가능하게 하였으며 다음 단계의 순정 과정을 보다 쉽게 해결 것으로 생각된다.

초기 설계 단계에서 입력이 힘든 곡률을 배제하기 위하여 정면도의 곡선식으로 다항식을 이용하였으나, 이로 인해 Chine등의 불연속 곡선의 표현이 불가능하였다. 곡률의 입력없이도 곡선의 표현에 B-Spline 곡선을 사용할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구의 결과를 이용하여 대화식 기법으로 프로그램을 작성하면 좀 더 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

5. 후 기

본 연구는 해사기술연구소의 '90 국책연구사업(CSDP)의 일환으로 수행된 연구의 일부이다. 지원해 주신 상기 기관에 감사드리며, 본 연구의 수행에

여러가지 도움을 주신 최항순교수님과 김동규군께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Taylor, D.W., "Calculations for Ship's Forms and the Light Thrown by Model Experiments upon Resistance, Propulsion and Rolling of Ships", *Tran. Int. Eng. Congress*, San Fransisco, 1915.
- [2] Jose Antonio Belda, "The FORAN System", ICCAS, Tokyo, 1973.
- [3] Gorden, W.J., Riesenfeld, R.F., "B-Spline Curves and Surfaces", in Barnhill, R.E., Riesenfeld, R.F.(eds.), *Computer Aided Geometric Design*, Academic, New York, 1974.
- [4] Rogers, D.F., "B-Spline Curves and Surfaces for Ship Hull Definition", SCAHD '77, Annapolis, 1977.
- [5] Durand, L.C., Meinhold, M.J., Younger, C.J., Parsons, M.G., "Computer-Aided Hull Definition Program(CAHDP)—User's Manual", Univ. of Michigan, NAME Report No. 281, September, 1984.
- [6] Creutz, G., "Curve and Surface Design from Form Parameters by Means of B-Splines"(In German), Doctoral Thesis, University of Berlin, 1977.
- [7] 강사원, 김수영, "B-Spline Form Parameter 방법에 의한 선형생성", 대한조선학회 Proceeding, November, 1990.
- [8] 김동준, 홍봉기, "B-Spline을 이용한 어선의 선수미부 초기 선형 설계", *한국어업 기술학회지*, Vol. 27, No.1, February 1991.
- [9] 김동준, "형상계수에 의한 선수미부 생성 기법 연구", 해사기술연구소 CSDP 위탁과제보고서, 1991.