

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第29卷 第2號 1992年 5月  
 Transactions of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 29, No. 2, May 1992

## B-Spline 형상계수 방법에 의한 선형 생성

김수영\*, 강사원\*

### Ship Lines Creation by B-Spline Form Parameter Method by

S. Y. KIM\* and S. W. KANG\*

#### 요 약

3차원 자유형상 물체인 선형의 정의에는 여러 방법이 있으나 선형의 기하학적 특징을 나타내는 형상계수들의 조합으로 선형을 표현하는 형상계수방법이 전산기의 이용과 함께 주목받고 있다.

그러나 종래의 형상계수방법은 실제 선형 설계시 여러가지 문제점을 노정시킴으로 본 논문에서는 자유형상 물체의 수학적 표현에 매우 적합한 B-spline곡선과 형상계수 방법을 접목시켜 선형생성을 시도했다. 응용예로서 Bulk carrier선형을 표현한 결과를 보였으며, 기존선형과 도출선형을 비교하여 본 연구의 실용 가능성을 검토했다.

#### Abstract

There has been considerable reseach on the representation of a hull form which is a 3-dimensional free surface. A form parameter method to describe the hull form by means of form parameters which represent the characteristics of the given hull form geometry has been recently paid special attention with the advent of powerful computer. However, there have been reported many problems to the conventional form parameter for the practical hull form generation.

In the present paper, an attempt has been made to creat hull form by combining the form parameter method with the B-spline curve which can be best fitted to free surfaces. In an application, the present method is used to generates a Bulk carrier hull form and compared with the existing hull form to prove its applicability for the hull form generation.

---

발 표 : 1990년도 대한조선학회 추계연구발표회('90. 11. 10.)

접수일자 : 1991년 1월 18일, 재접수일자 : 1991년 8월 12일

\* 정회원, 부산대학교 조선공학과

1. 서 론

전산기를 사용한 선박설계를 위하여 수학적으로 선체형상을 표현하는 방법이 필요하다. 수학적으로 선체형상을 표현하고자 하는 노력은 Taylor[1], Weinblum[2] 이래 많은 조선학자들에 의해 꾸준히 지속되어 왔으며, 최근에는 선체를 곡면으로 처리하여 순정상태(Fairness)를 개선해 가면서 선형을 수학적으로 표현하고자하는 연구들이 활발히 진행되고 있다[3-4]. 그러나 아직은 주어진 옵션으로부터 곡선 혹은 곡면을 얻고 필요에 따라서 이를 국부적으로 수정하는 단계에 머물고 있다.

한편 주어진 옵션으로부터 단순히 근사(혹은 보간)시키는 개념을 넘어서서 형상의 특성을 나타내는 형상계수들의 결합에 의해서 설계자가 원하는 형상을 직접 도출할 수 있다면 이러한 방법은 선형설계에 매우 유용하게 사용할 수 있게 된다. 특히 컴퓨터 그래픽 기법의 발달과 더불어 형상계수의 결합으로부터 원하는 형상요소를 지니는 물체를 유도해 내고자하는 형상계수방법은 선박설계에서 뿐만 아니라 비행체나 자동차 설계 등과 같은 자유형상 설계분야에서 이용되고 있는데 이는 이 방법이 사용되는 형상계수의 선정 및 형상계수 값에 따른 형상의 기하학적 특성 비교와 생성된 형상이 갖는 물리적 특성 비교가 용이하며 또한 형상계수 값을 변경시킴으로써 형상변형이 신속하게 가능해진다는 점에서 자유형상 설계에 매우 유용하다. 그러나 종래와 같이 형상계수들의 결합을 다항식으로 표현하면 사용되는 형상계수의 수가 증가할 경우 그에 따른 다항식의 차수 증가로 인해 곡선이 진동할 위험이 있고, 또한 무한점

선벡터를 가지는 형상을 표현할 수 없다는 등의 단점이 있다.

한편 최근에는 B-spline 이론을 이용한 형상표현 방법이 많은 분야에 걸쳐 사용되어지고 있는데 이는 이 방법이 충분한 연속성 보장, 국부적인 변형 가능, 불연속점정의 가능, 직선표현 가능, 형상예측 용이 등 여러 가지 장점들을 가지고 있어 임의의 형상을 보다 정확하고 간편하게 수학적으로 정의할 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라 B-spline 이론은 Table 1에서 보는 바와 같이 다른 여러 곡선들과는 달리 형상계수 방법과의 연결사용에도 매우 적합한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 원하는 형상요소들을 가지는 선형을 직접 도출해 낼 수 있는 형상계수 방법과 자유형상 물체의 표현에 매우 적합한 B-spline 이론을 서로 연결시킨 B-spline 형상계수 방법에 의해 선형생성을 시도하고 이 방법에 의해 생성된 선형을 비교 검토함으로써 이 방법이 갖는 간편하고 정확한 선형도출의 유용성을 확인하고자 한다.

2. B-spline 형상계수 방법

2.1 형상계수의 선정 및 B-spline 곡선의 차수(degree) 결정

일반적으로 선박 설계에 사용되고 있는 형상계수 들로는 점 parameter, 미분형 parameter 및 적분형 parameter들이 이용될 수 있다. 그러나 실제 사용시에는, 이용되는 형상계수들이 불러 일으키는 여러가지 문제점들 때문에 형상계수들의 숫자가 제한된다[5-9,11].

Table 1 Theoretical characteristics of curve generation techniques

함 수 형 태	이 용 가 능 성			연속성	계산의 간편성	형상 제어 변수	특기 사항
	Interpolation	Fairing	Form parameter 방법과의 연결				
Standard polynomial	(+)	(+)	(+)	/	上	data points 위치	진동 위험
Cubic spline	+	+	-	C <sup>2</sup>	下	data points 위치 및 end tangent vector	
Parabolic blending	+	-	-	C <sup>1</sup>	上	data points 위치	신 속
Bezier	+	(+)	-	C <sup>m-2</sup>	中上	정점의 위치 및 갯수	Global 성질
B-spline	+	+	+	C <sup>k-2</sup>	中下	정점 위치 및 갯수 곡선의 order 다중정점의 수 및 위치	Local 성질

\*. m : 정점의 갯수      k : 곡선의 order (=degree + 1)  
 \*. + : 적용 가능      (+) : 일정한 조건 아래 적용 가능  
 - : 의미있게 적용 할 수 없다.

한편 형상설계에서는 곡선의 곡률연속을 위해 2차 미분까지의 연속성이 요구될 경우가 많다. B-spline에서는 차수 3 (order 4) 이상일 경우 이 요구조건을 만족시키고 있으나, 차수가 3 이상으로 증가함에 따라서 계산이 복잡해지고 또한 많은 시간이 소요되므로 일반적인 형상설계시에는 차수가 3인 B-spline 곡선이 주로 선택되고 있다.

형상계수와 B-spline 사이의 관계를 조사한 Creutz[10]에 의하여 형상계수 방법과 B-spline 방법을 연결시킨 B-spline 형상계수 방법으로 선형을 처리하기 위해서는:

1. 곡선의 곡률 연속 보장.
  2. 양 끝단에서의 offsets와 그 도함수들이 각각 양 끝단의 세 정점들을 제어하면서 반대편 끝단에 대해서는 서로 독립인 특성이 보장.
- 되는 차수 3, 정점수 7인 표준 B-spline 곡선의 채택이 편리하며, 이 경우 사용되는 형상계수들은 Fig.1에서 정의되는 것과 같이

- 끝점 offsets :  $(x_0, y_0), (x_1, y_1)$
- 끝점 접선각 :  $a_0, a_1$
- 끝점 곡률 :  $k_0, k_1$

면 적 :  $A = \int_{x_0}^{x_1} y(x) dx$

도심의 x 좌표:  $X_c$   
등이다.

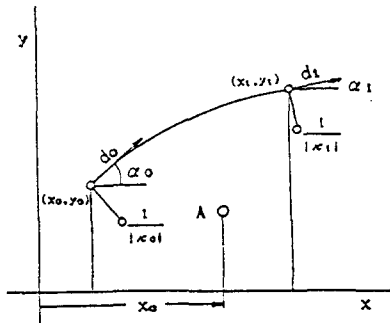


Fig. 1 Definition of form parameters

2.2 B-spline 형상계수 방법

B-spline 곡선식은 :

$$\bar{Q}(t) = \sum_{i=0}^{n-1} N_i \cdot \bar{P}_i \tag{1}$$

- $\bar{P}_i$  : 곡면 정의 vector(control vertex)
- $N_i, k(td)$  : B-spline 기본함수
- $K$  : 곡선의 order

$n$  : 정점의 갯수  
 $t$  : parameter  
으로 정의되며, 차수 3 (order 4)인 B-spline 곡선일 경우 (1)식을 (2)식으로 변형시키면 사용상 더 편리하게 된다.

$$\bar{Q}(t) = \sum_{j=0}^3 U_j(t) \bar{P}_{i+j}, \quad 0 \leq t \leq n-3 \tag{2}$$

여기서,  
 $U_j(t) = \begin{cases} U_j(u) & , i \leq t \leq i+1 \\ 0 & , \text{그외} \end{cases} \quad u=t(\text{mod}1)$

이고,  $U_j(u)$ 는

$$U_j(u) = u M$$

$$u = [u^3 \ u^2 \ u \ 1]$$

$$M = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & 6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \tag{3}$$

이 B-spline 곡선의 한 끝에서 ( $t=t_0$ 에서)

- offsets :  $\bar{Q}_0 = (x_0, y_0)$
- 접선 경사각 :  $\alpha_0$
- 곡률 :  $k_0$

인 형상계수가 사용된다면, 이 곡선의 경계 끝단  $Q_0$ 에 대응하는 세 정점은

$$\bar{P}_0 = \bar{Q}_0 - \dot{\bar{Q}}_0 + \frac{1}{3} \ddot{\bar{Q}}_0$$

$$\bar{P}_1 = \bar{Q}_0 - \frac{1}{6} \ddot{\bar{Q}}_0$$

$$\bar{P}_2 = \bar{Q}_0 - \dot{\bar{Q}}_0 + \frac{1}{3} \ddot{\bar{Q}}_0 \tag{4}$$

여기서,  $\bar{Q} = [x(t), y(t)] = [x_0, y_0]$

$$\dot{\bar{Q}}_0 = [(dx/dt)_0, (dy/dt)_0] = [d_0 \cos \alpha_0, d_0 \sin \alpha_0]$$

$$\ddot{\bar{Q}}_0 = [(d^2x/dt^2)_0, (d^2y/dt^2)_0] = d_0^2 k_0 [-\sin \alpha_0, \cos \alpha_0]$$

$d_0$  : 접선 벡터의 길이

로 표현된다(Fig.2).

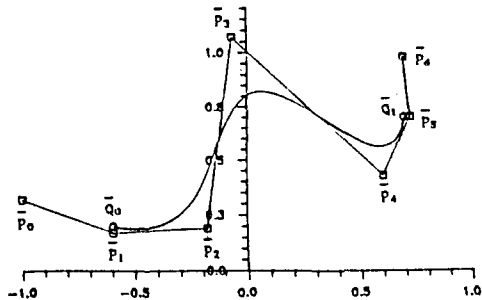


Fig. 2 B-spline curve of 3-rd degree and its defining polygon with 7 vertices

마찬가지 방법으로 다른 끝단  $\bar{Q}_1$ 에 대응하는 세 정점  $\bar{P}_4, \bar{P}_5, \bar{P}_6$  이 구해지고, 중간 정점( $P_3$ )은 이미 구한 나머지 6개의 정점과 원하는 면적 및 도심을 이용하여 계산한다. [10-11] 즉, 선형을 표현하는 곡선형상은 7개의 정점 결정으로 얻어지며, 이들 중앙 끝단으로 부터의 3개씩은 점 parameter 및 미분형 parameter로 부터 연계 되고, 가운데의 정점은 적분형 parameter에 의해서 구해지게 된다.

이러한 형상계수 들로 부터 정의되는 B-spline 곡선에서는 한 끝점에 있는 형상계수는 B-spline의 국부제어(local control) 특성에 따라 다른 끝단에 있는 형상계수들에 영향을 미치지 않고, 또한 중간정점은 적분 parameter들(면적, 모멘트)에 의해서 제어되므로 형상의 국부적인 수정이 용이해진다. 한편 필요에 따라서 위에서 언급한 형상계수들 중에서 어떤 항목을 배제하거나 혹은 다른 항목을 더 추가시켜 사용할 수도 있다. 다만 앞에서 언급한 형상계수들이 실제 사용에 유용함을 알 수 있다.

2.3 형상계수 값의 변경에 따른 곡선 형상

2.3.1 형상계수값의 변경에 따른 곡선 형상

B-spline 형상계수 방법으로 곡선 설계를 할 때 형상계수 값의 변경에 따른 곡선형상을 조사해 볼 필요가 있다.

Fig. 3은 B-spline 형상계수 방법에 따라 기울기, 곡률, 접선 벡터의 크기 및 도심을 각각 변경시켰을 때의 곡선모양을 보여주고 있다. 이러한 조사들로부터 형상계수 값의 변경에 따른 다양한 형상을 신속하게 그려낼 수 있음을 알 수 있다.

2.3.2 형상계수값의 허용 범위

B-spline 형상계수 방법에 의한 선형설계시, 설계자는 사용하게 되는 형상계수 값들의 변화 범위에 관한 조사가 필요하게 된다.

본 연구에서는 주로 이용되는 형상계수들에 관한 조사를 수행하여, 그 결과를 아래와 같이 정리했다.

$x_1 \geq x_0, y_1 \geq y_0$  일때

1) 곡선이 퇴화를 수반하지 않을 조건으로는 다음과 같다.

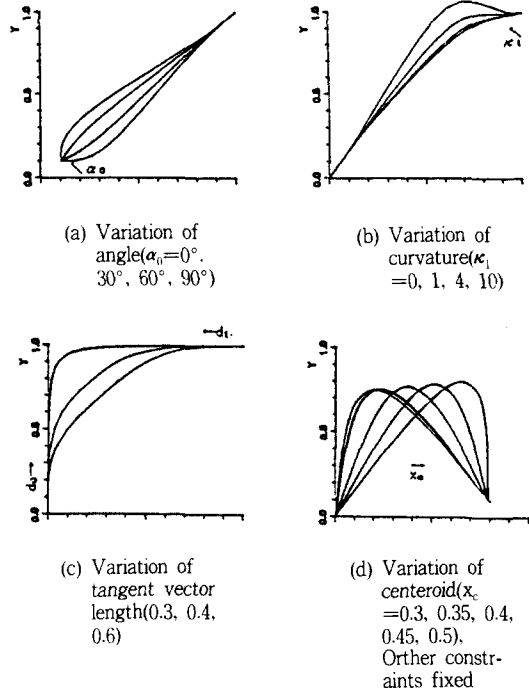
조건 1. 기울기 조건 :

$0^\circ \leq \alpha_0 \leq 90^\circ$

$0^\circ \leq \alpha_1 \leq 90^\circ$

조건 2. 곡률조건 :

$\alpha_0 = 0^\circ$  일때  $k_0 \geq 0$



\* (a), (b), (c) : Integral form parameters as dependent variable, Other constraints fixed

Fig. 3 B-spline curves with modified form parameter values

$\alpha_0 = 90^\circ$  일때  $k_0 \leq 0$

$\alpha_1 = 0^\circ$  일때  $k_1 \leq 0$

$\alpha_1 = 90^\circ$  일때  $k_1 \geq 0$

조건 3. 면적조건 :

$A \leq y_1 (x_1 - x_0)$

$A \geq y_0 (x_1 - x_0)$

조건 4. 모멘트 조건 :

$M_x = A x_c$  임으로

$1/2y_0(x_1^2 - x_0^2) \leq M_x \leq 1/2y_1(x_1^2 - x_0^2)$

2) 곡선내에서 변곡점이 발생하지 않을 조건으로는 다음과 같다.

조건 5.  $\beta = \tan^{-1} \left( \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \right)$  일때,

1.  $0^\circ \leq \alpha_0 < \beta$  이면  $\beta < \alpha_1 \leq 90^\circ$  이고  $k_1 \geq 0$

2.  $\beta < \alpha_0 \leq 90^\circ$  이면  $0^\circ \leq \alpha_1 < \beta$  이고  $k_1 \leq 0$

3.  $\alpha_0 = \beta$  이면  $\alpha_1 = \beta$  이고  $k_1 = 0$

Fig. 4는 위 조건들을 위배했을 경우에 나타나게 되는 곡선의 퇴화 및 변곡점이 발생하는 예를 보여주고 있다.

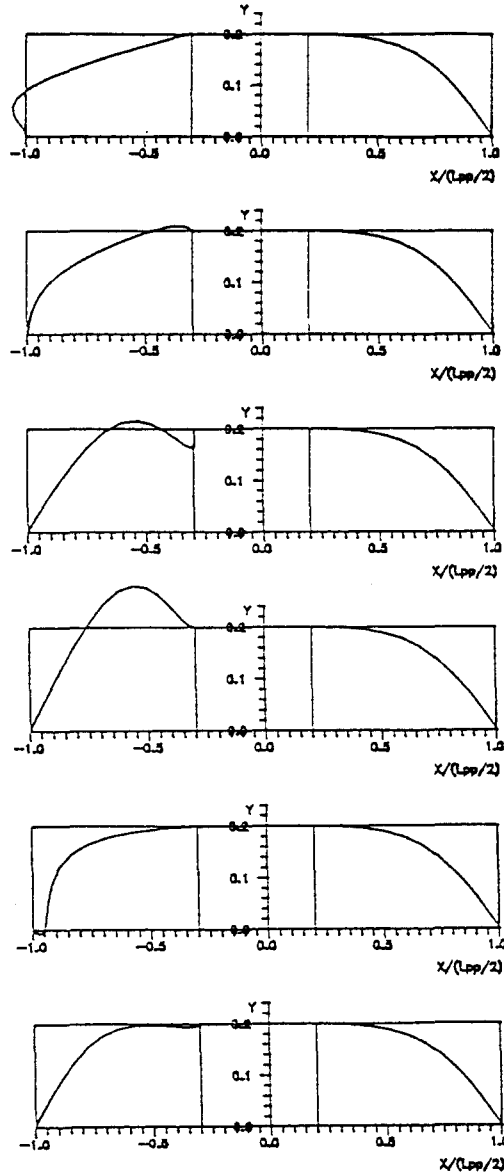


Fig. 4 The examples of degenerated curve by false form parameters

3. B-spline 형상계수 방법에 의한 선형 도출

먼저 선형을 정의하기 위해서는 기본치수를 비롯하여 여러개의 독립변수가 요구된다. 이것은 상호간의 간섭 때문에 종종 복잡한 문제들을 야기하기도 한다. 그러나 무차원화된 좌표계를 사용하면 기본치수의 영향을 배제할 수 있어 사용상 편리하다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 5 에서 보이는 바와 같은 무차원화된 좌표계를

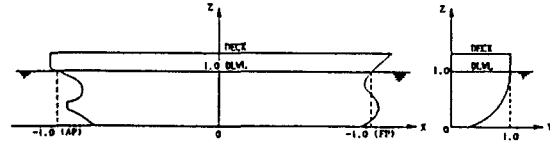


Fig. 5 Non-dimensionalized coordinate system

사용하였다.

3.1 기본 곡선에 대한 정의

B-spline 형상계수 방법으로 선형을 생성하는 일반적 과정은 Fig. 6에 나타나 있고, 이 과정을 위해 필요한 기본 곡선들은 다음과 같다.

- Sectional Area Curve (: SAC)
- Design Waterline (: DWL)
- Stem, Stern and Keel profile
- Deck at centerline & at side

이들 기본 곡선들을 위한 정보는 설계자에게 축적된

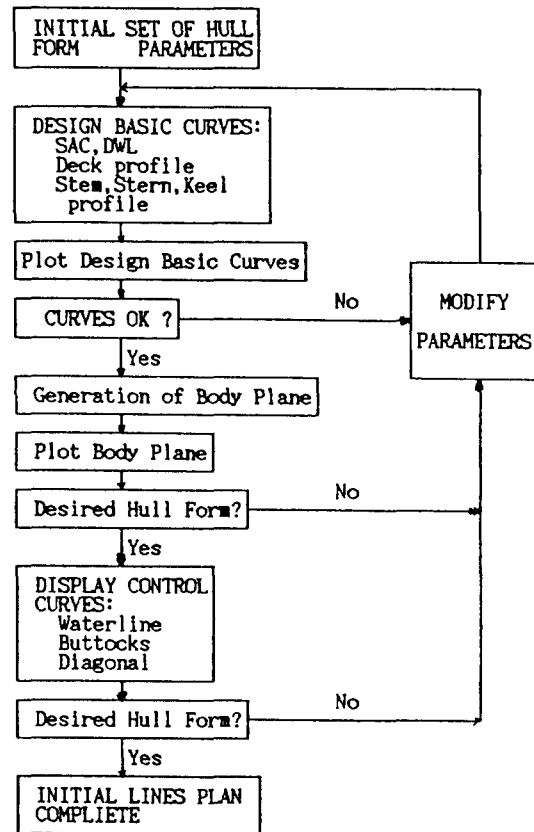


Fig. 6 Flow diagram of B-spline form parameter method for ship hull generation

경험, 또는 Series 선이나 그외 기존의 우수 실적선으로부터 제공된다. 이렇게하여 얻은 선형은 형상계수에 대한 자료들을 곡선생성을 위하여 B-spline 형상계수로 변환하여 기본곡선들을 그린다.

Fig. 7은 기본곡선들을 생성(Creation)시키는데 필요한 B-spline 형상계수들을 직교 좌표계에 표시한 것이다. 그림에서 보듯이 기본곡선을 위해서는 모두 24개의 형상계수가 필요하다. 그러나 실제 사용에 있어 13개의 형상계수만 유용하고 나머지 형상계수는 처음부터 그 값을 쉽게 결정할 수 있으므로 수정할 필요가 없어진다. 13개의 형상계수는 Table 2에서 표시된 것과 같다.

Fig. 8은 Table 2의 형상계수를 사용하여 도출한 기본곡선의 예(횡단면적곡선)를 보여주고 있다. 기본곡선 도출시에는 곡선이 매끄러운 곡률분포가 되도록 형상계수값을 조정해 가면서 수정한다.

Table 2 Input B-spline form parameters for basic curve creation

B-SPLINE FORM PARAMETERS	TYPE1	TYPE2
$A_R$	0.55	0.775
$X_{CR}$	-0.59	-0.50
$\alpha_{OR}$	60°	60°
$K_{OR}$	-2.00	0.00
$K_{IR}$	0.00	0.00
$X_{IR}$	-0.30	-0.10
$Y_M$	1.00	1.00
$X_{OE}$	0.20	-0.10
$A_E$	0.60	0.775
$X_{CE}$	0.52	0.325
$K_{OE}$	0.00	0.00
$\alpha_{IE}$	-50°	-20°
$K_{IE}$	-2.00	0.00

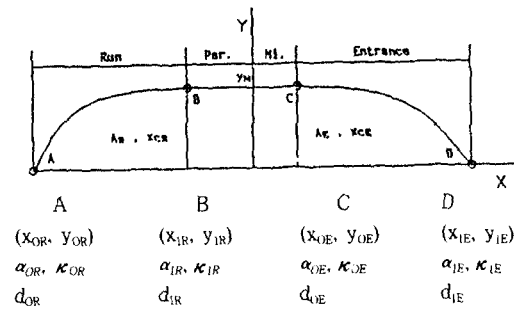


Fig. 7 Set of B-spline form parameter

### 3.2 B-spline 형상계수 방법에 의한 선형 생성

B-spline 형상계수 방법은 기준선형 없이 주요치수 및 형상계수들의 결합으로부터 직접 새로운 선형을 도출해 내는 방법이지만 본 연구에서는 이 연구방법의 검증을 위해 Verluis[12]가 사용한  $C_{th}=0.75$ 인 벌크선으로 삼아, DWL 아래 부분에 대해 B-spline 형상계수 방법으로 선형을 도출한 후 그 결과를 Verluis의 결과와 비교해 보았다. 이를 위해서는 기준선에 대한 형상계수 값들을 계산할 필요가 있는데 본 연구에서는 B-spline 이론을 사용하여 모델선의 점, 미분형 및 적분형 parameter 수

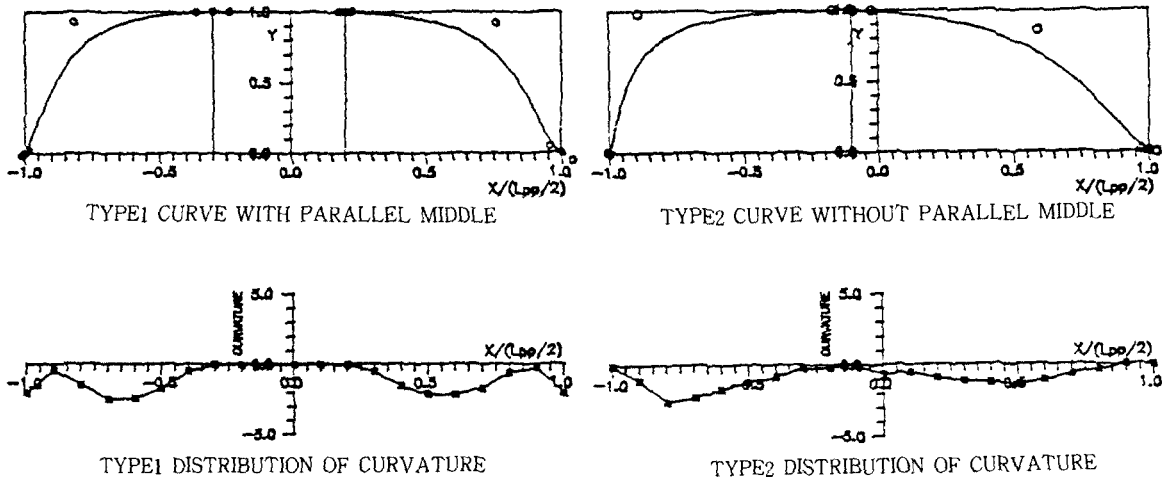


Fig. 8 Creation of basic curve and its distribution of curvature

치값들을 계산하였다. 특히 적분형 parameter값은 이 방법으로 곡선을 생성함에 있어 매우 중요한 요소로 작용하는데, Table 3은 B-spline 방법으로 계산한 각 단면의 면적 및 모멘트를 Versluis[12]의 계산치와 비교한 예이다.

Table 3 Calculation of sectional area & moment at a bulkcarrier ship

SECTION NUMBER	B-SPLINE		VERSLUIS[12]	
	AREA	MOMENT	AREA	MOMENT
0	6.02	58.55	6.08	59.0
1	16.29	149.07	16.25	148.8
2	41.97	313.24	41.96	313.1
3	69.91	484.65	69.92	484.6
4	100.97	665.49	100.96	665.3
5	164.81	1013.34	164.84	1013.1
6	221.56	1289.92	221.68	1289.3
7	262.61	1460.02	262.87	1460.1
8	283.99	1528.07	284.36	1528.1
9	290.85	1541.45	291.30	1541.6
10	292.15	1542.94	292.59	1543.0
11	292.13	1542.92	292.58	1542.9
12	292.14	1542.92	292.59	1542.9
13	292.13	1542.92	292.59	1543.0
14	292.13	1542.92	292.58	1542.9
15	292.19	1542.97	292.63	1543.0
16	291.52	1542.45	291.95	1542.3
17	285.20	1528.48	285.60	1528.7
18	261.66	1433.49	261.94	1433.4
19	215.76	1215.19	215.92	1215.1
20	150.39	873.28	150.47	873.3
21	112.38	664.00	112.40	663.9
22	72.26	438.71	72.24	438.5
23	31.71	205.97	31.69	205.9
24	0.00	0.00	0.00	0.0

\*. Ordinate moments in m<sup>3</sup> with respect to the base line

Fig. 9은 기준선에 대한 기본곡선을 나타낸 것이다. 여기서 그려진 SAC, DWL는 B-spline 형상계수 방법에 의해 전반부와 후반부로 나누어진 2개의 부분으로 표현하였다. 한편 나머지 기본곡선들(예를들면 곡률, 접선벡터의 크기 등)은 국부적인 수정을 할때 사용한다.

Fig. 10는 Fig. 9의 기본 곡선들에 따른 B-spline 형상계수방법으로 도출한 선형을 기준선의 Offsets와 비교해서 보여주고 있는데 B-spline 형상계수방법으로 기준선을 충분히 정확하게 표현할 수 있음(실선표시)을 보여준다. 이 결과로부터 우리는 실제 각 선형의 형상계수값들을 정확히 계산해 내기만하면 - 특히, 적분형 pa-

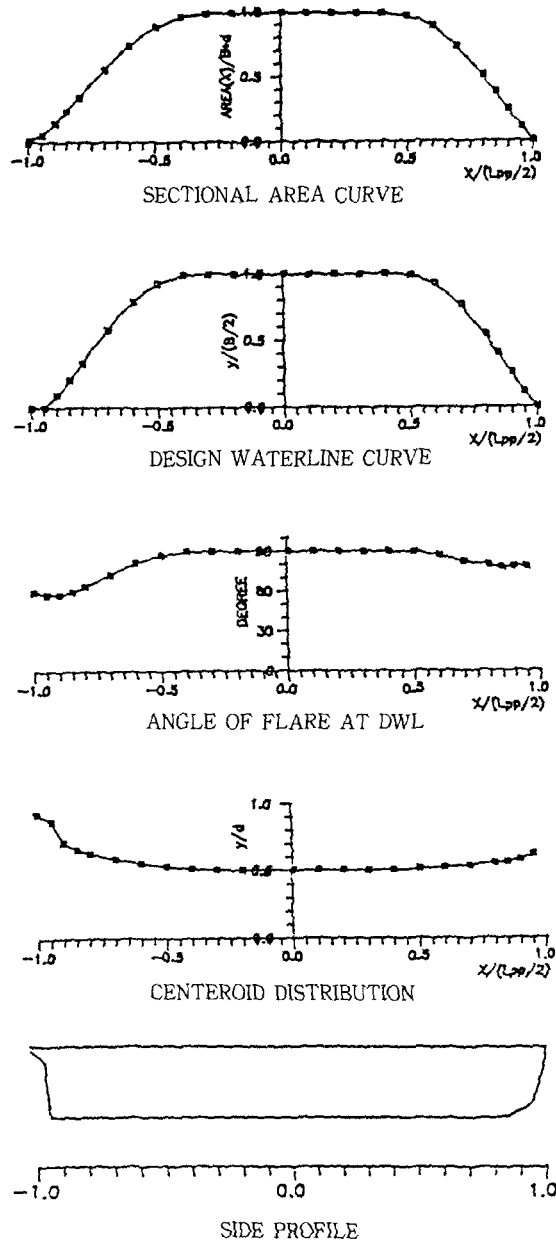
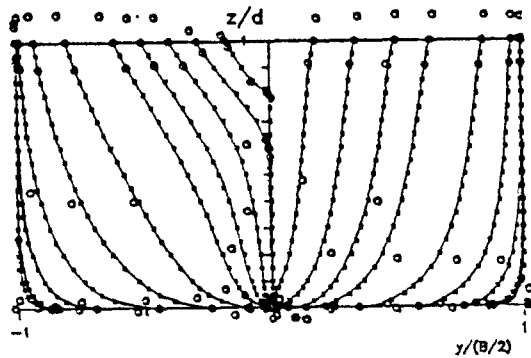


Fig. 9 Basic curves for bulkcarrier ship

parameter들의 값을 - 기준선형을 이용한 선형변화(Hull variation)에도 이 방법이 매우 적절하게 사용될 수 있음을 알 수 있다.

Ship particulars :  
 $L_{pp}=180m$ ,  $B=28m$ ,  $T=10.5m$ ,  $C_b=0.75$ ,  $LCB=+2.90m$



- : Offsets of original Body plan
- : Vertices calculated from Fig. 9
- - : B-spline curves generated from form parameters

Fig. 10 Body plan of bulkcarrier ship

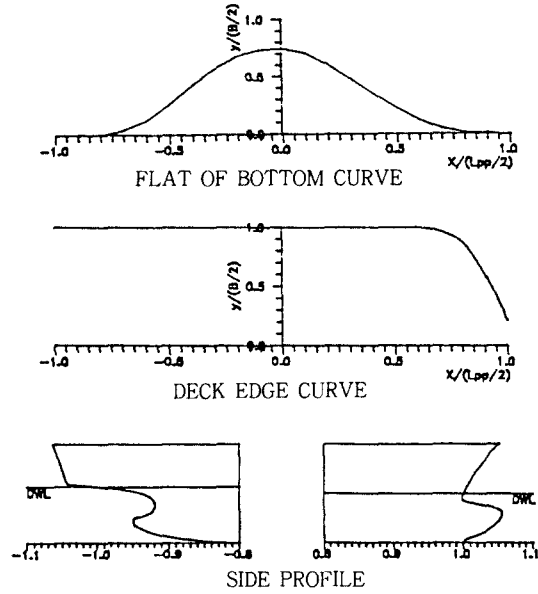


Fig. 11 Basic curves for container ship

Ship particulars :  
 $L_{pp}=225m$ ,  $B=32m$ ,  $T=10.8m$ ,  $C_b=0.65$

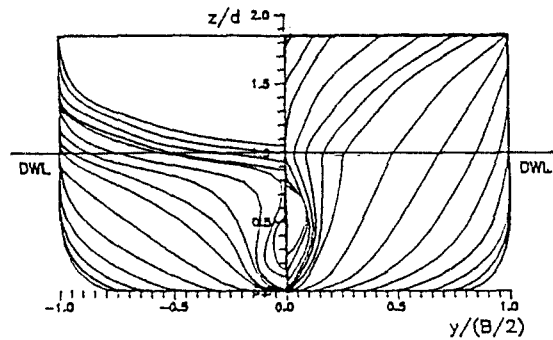
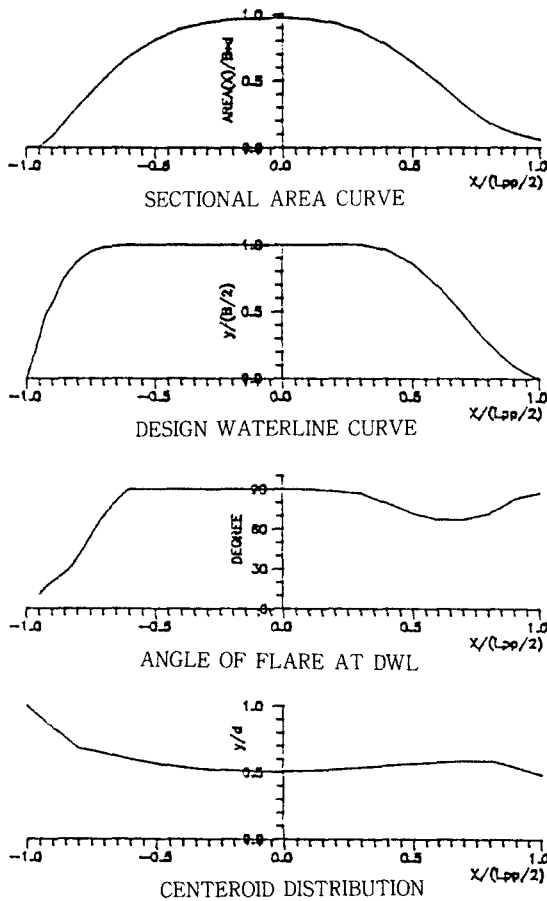


Fig. 12 Body plan of container ship

한편, 만재홀수선 상부형상도 마찬가지로의 방법을 적용하여 표현할 수 있었다. 즉, DWL을 기준으로 수면아래 부분의 끝점에 대한 입력정보(예를들면 점 및 미분형 parameter에 대한 자료)를 수면 위 부분의 시작점에서의 입력정보로 함으로써 곡률연속인 선형으로 연결되고 끝단에 대한 입력정보로 Deck 부분에서의 점 및 미분형 parameter값을 지정해 줌으로써 쉽게 만재홀수선을 중심으로 한 상하부의 연결 선형이 도출된다. 홀수선 위 부분에서는 근사적 방법으로 중간점점을 구하여 선형을 결정한다. Fig. 12은 Fig. 11의 기본곡선을 이용하여 이



방법에 의해 도출된 별브를 가진 Container 선형의 정면선도를 보여주고 있다.

4. 대화식 기법에 의한 B-spline 형상계수 방법

선형생성은 Fig. 9-12에서 볼 수 있는 바와 같이 설계자의 의도대로 도출된다. 그러나 B-spline 형상계수방법에 의한 선형설계는 형상계수값의 결정을 위해 지루한 반복작업이 요구된다. 이러한 단점을 개선하는 한 방법으로 기존의 B-spline 형상계수 방법에 대화식 기법을 적용해 보았다. Fig. 13은 설계자가 원하는 형상을 결정하는데 있어 대화식 기법을 적용하여 형상계수 값을 결정하는 과정을 보여주고 있다.

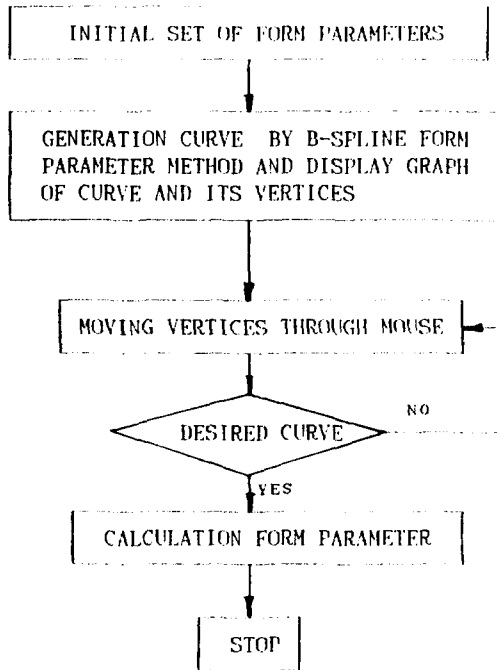
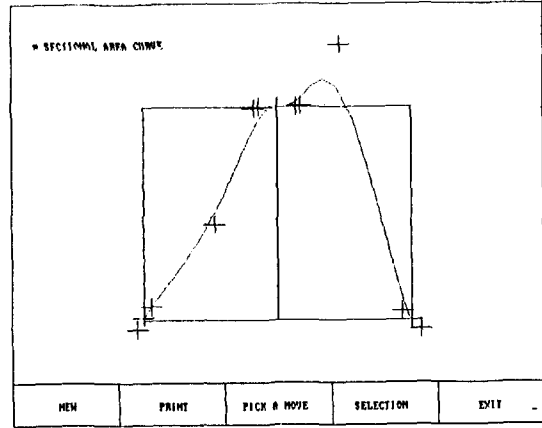
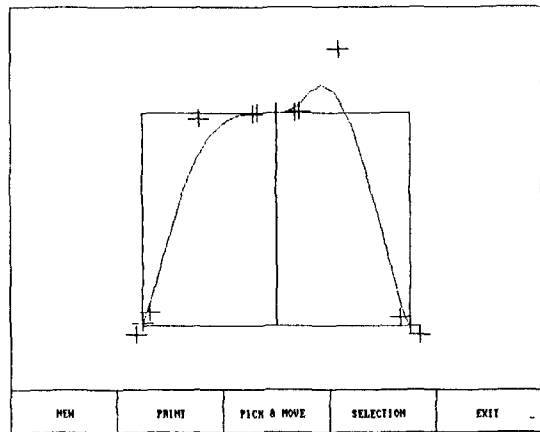


Fig. 13 Interactive procedure for decision form parameter

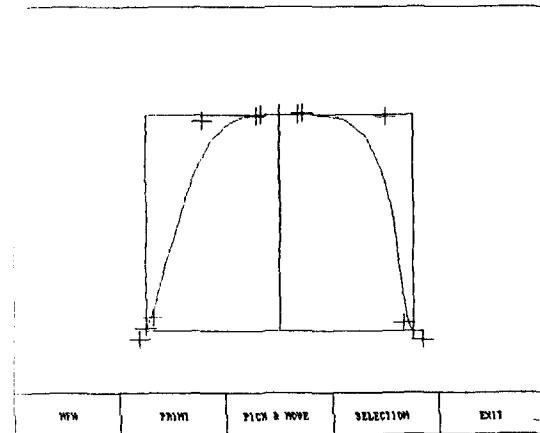
Fig. 13에서와 같이 대화식 기법을 적용하면, 설계자가 형상계수에 대한 사전 지식이 없거나 적을지라도 계산기의 화면에서 형상에 대한 지지정점의 위치만을 확인하면서 원하는 형상도출 작업을 진행할 수 있게 되어 대화식 기법을 적용하지 않은 경우에 비해서 현저하게 작업시간이 단축되고 효율적으로 된다. 기본곡선 도출에 적용해 본 대화식 기법의 한 예로서 Fig. 14는 횡단면적



(a) Sectional area curve generated from initial form parameter



(b) Control sectional area curve by moving vertices



(c) Sectional area curve generated from modified vertices

Fig. 14 Generated setional area curve using interactive procedure

곡선을 도출하는 모습을 보여준다. Fig. 14 (a)는 설계자가 설정한 초기 형상계수로 부터 결정된 횡단면적 곡선이다. Fig. 14 (b) (c)는 마우스로 지지점들을 이동시켜 설계자가 원하는 횡단면적 곡선을 결정하는 과정을 나타낸다. 이상의 과정에서 결정된 횡단면적 곡선의 지지점으로부터 형상계수를 역으로 구한다. 마찬가지로 하여 선형도출에 필요한 다른 기본곡선들과 각 기본곡선에 대한 형상계수 값들을 결정한다. Fig. 14(a)에서 Fig. 14(c)까지에서 나타내 보인 대화식 기법 적용에 해사기술연구소에서 사용하는 Halo Professional Software를 사용하였다.

## 5. 결 론

전산기를 이용한 선형설계에서 형상계수 방법과 B-spline 이론을 연결시킨 B-spline 형상계수 기법의 연구로부터 다음의 결론을 얻는다.

1. B-spline 형상계수 방법은 사용되는 형상계수들이 갖고 있는 선형의 기하학적 특성을 잘 표현한다.
2. B-spline 형상계수 방법은 곡선형상의 예측이 용이하고, 형상계수 방법에서 발생하는 곡선의 퇴화 제거가 확인되었다.
3. B-spline 형상계수 방법은 선체형상의 전체적 표현과 국부적 변형 및 수정이 용이하다. 따라서, 만개 홀수선을 경계로 한 상하부의 연결문제나 설계시 필요로 하는 불연속부의 생성 및 선수미부의 형상 설계에 유용하다.
4. B-spline 형상계수 방법은 사용되는 형상계수들의 값의 조정에 의해 선형 변환이 용이하다.

「B-spline 형상계수 방법에 대한 대화식 기법의 적용은 적절한 형상 수값의 신속한 결정과 화면을 통한 기본곡선 형상비교를 가능하게 하고 작업시간의 현저한 단축을 가져온다」

## 후 기

본 연구는 해사기술연구소에서 추진중인 CSDP 계획중 초기선형생성에 관한 내용의 일부입니다. 본 연구를 지원해준 해사기술연구소와 CSDP 사업단의 이 규열 박사

님과 한 순홍 박사님께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Taylor, D.W. "Calculations for Ships' Forms and the Light Thrown by Model Experiments upon Resistance, Propulsion and Rolling of Ships", *Trans. Int. Eng. Congress*, San Francisco, 1915
- [2] Weinblum, G. "Contributions to the Theory of Ship Surface" (in German), *Werft-Reederei-hafen*, pp. 462-466, 489-493, 1929 and pp.12-14, 1930.
- [3] Lott, N.J. Pullin, D.I. "Method for Fairing B-spline surfaces", *CAD*, Vol.20, No.10, Dec.1988.
- [4] 김원돈, 남종호, 김광욱, "선형 모델링에 위한 직접순정법에 관한 연구", 대한조선학회, 1990
- [5] Thieme, H. "About the Fundamentals for Mathematical Lines Plan for a Cargo Ship" (in German), *Schiffstechnik*, 1955/56.
- [6] Kuiper, G. "Preliminary Design of Ship Lines by Mathematical Methods", *Journal of ship research*, Vol. 14(1), pp.52-66, 1970.
- [7] Granville, P.S., "Geometrical Characteristics of Streamlined Shapes", *Journal of ship research*, Vol.13(4), pp.299-313, 1969.
- [8] Kuo, C., "Computer Methods for Ship Surface Design", Longman Group Ltd., London, 1971.
- [9] Reed, A.M., Nowacki, H., "Interactive Creation of Fair Ship Lines", *Journal of ship research*, Vol.18, pp. 96-112, 1974.
- [10] Greutz, G., "Curve and Surface Design from Form Parameters by means of B-splines" (in German), doctoral thesis, University of Berlin, 1977
- [11] 강사원, "B-spline form parameter 방법에 의한 선형설계기법 연구" 석사학위 논문, 부산대학교, 1990
- [12] Versluis, "Computer Aided Design of Ship Form by Affine Transformation", *International Shipbuilding progress*, Vol. 24(274), pp.147-160, 1977.