

---

 論 文
 

---

大韓造船學會誌  
 第27卷 第1號 1990年 3月  
 Journal of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 27, No. 1, March 1990

## Modified Cubic Spline에 의한 선체형상의 수치적 표현

강원수\*, 이규열\*, 김용철\*

### Numerical Representation of Hull Form Using Modified Cubic Spline

by

W.S. Kang\*, K.Y. Lee\* and Y.C. Kim\*

#### 요 약

선체형상의 수치적 표현 방법에는 선형을 구성하고 있는 일련의 곡선들을 이용하여 선형을 표현하는 curve approach와 선형을 직접 surface로 수식 처리하여 선형을 정의하는 surface approach가 있다. 본 논문에서는 2차원 곡선인 transverse section curve와 3차원 곡선인 longitudinal curve로 구성되는 곡선군들에 의해 형성되는 곡면요소를 수학적으로 처리하여 선체형상을 정의하는 curve approach방법에 대해 기술하였다. 형상 표현에 사용된 곡선형태는 일반적인 parametric cubic spline을 보완한 modified cubic spline으로서 이 spline형태는 곡선 segment의 양 끝점에서의 접선 각도가 큰 경우에도 아주 부드러운 곡률 분포를 얻을 수 있게 하기 때문에 선박 계산뿐만 아니라 유체동역학적 계산을 위한 선형 정의용으로 사용 가능할 정도의 정확성을 가진 기본 설계용 선형정의 결과를 얻을 수 있었다.

응용 예로서 SWATH 선형과 해양 조사선 선형을 표현한 결과를 보였으며, 본 선형 정의 방법을 선형 변환 기법과 연결하여 설계 요구 조건에 적합한 선형을 얻기 위한 선형 변환 예도 보였다.

#### Abstract

Hull form can be described numerically by two approaches, one is to describe a hull form with a set of curves ("curve approach"), and the other is to describe it with surfaces directly ("surface approach"). This paper describes the numerical definition scheme of hull form using curve approach method which defines the hull form by a set of curves consisting of 2-dimensional transverse section curves and 3-dimensional longitudinal curves. A set of curves in the hull form definition scheme is described by the modified cubic spline which modified the general parametric cubic spline in order to ensure a very smooth curvature distribution within the curve segment even though a curve segment has large tangent angle at its end points.

Illustrative examples are given showing the application of the method to represent the hull form of SWATH ship and oceanographic research vessel. Also, examples for hull form transformation are shown by using this method connected with transformation technique.

---

본 원고는 대한조선학회 1989년도 추계연구발표회(1989.11.10~11)에서 발표된 논문을 수정, 보완한 것임.  
 접수일자: 1990년 1월 10일

\* 정회원, 한국해사기술연구소

### 1. 서 언

선체 형상 표현 방법에는 일련의 곡선들을 이용해서 선형을 표현하는 곡선에 의한 선형표현법("curve approach")과 선체형상을 직접 곡면으로 수식처리하는 곡면에 의한 선형표현법("surface approach")이 있다. 본 논문에서는 2차원 곡선인 횡단면 형상 곡선과 수선면 형상곡선을 3차원으로 확장한 "longitudinal curve"로 구성되는 곡선군들에 의해 형성되는 곡면 요소를 수학적으로 처리하여 선체형상을 표현하는 곡선에 의한 선형표현법에 대해 기술하였다.

형상표현에 사용된 곡선형태는 일반적인 parametric cubic spline을 보완한 modified cubic spline으로서 이 spline 형태는 곡선 segment의 양끝점에서의 접선각도가 클 경우에도 아주 부드러운 곡률분포를 얻을 수 있게 하기 때문에 정확도가 요구되는 선박계산 뿐만 아니라 유체동역학적 계산을 위한 선형정의에도 활용될 수 있다.

본 연구를 통해 modified cubic spline에 의한 선형정의 프로그램을 개발하였고, 이를 활용한 계산 예를 보였으며 또한 이 선형표현 방법을 선형변환 기법과 연결하여 설계 요구조건에 적합한 선형을 얻기 위한 선형 변환 계산에도 보였다.

### 2. Modified Cubic Spline

선체 형상을 표현하는데 많이 이용되는 곡선 형태는 cubic spline[1], B-spline[2], Bezier curve, rational cubic spline[3]등이 있는데, 여기서는 일반적인 parametric cubic spline표현식을 조금 수정하여 곡선의 곡률분포를 부드럽게 되도록 한 modified cubic spline을 이용하였다.

Fig. 1에서와 같이  $n$ 개의 곡선 segment로 구성되는 곡선에서 점  $P_i(X_i, Y_i)$ 와 점  $P_{i+1}(X_{i+1}, Y_{i+1})$ 로서 이루어지는  $i$ 번째 곡선 segment를 일반적인 parametric cubic spline함수의 벡터식으로 표시하면 다음과 같다.

$$\vec{P}(t) = \vec{P}_i + (\vec{P}_{i+1} - \vec{P}_i)t + t(1-t)[\vec{A}_i(1-t) - \vec{B}_i t] \tag{2-1}$$

여기서,  $\vec{P}(t) = [X(t) \ Y(t)]$

$$\begin{aligned} \vec{P}_i &= [X_i \ Y_i], \quad \vec{P}_{i+1} = [X_{i+1} \ Y_{i+1}] \\ \vec{A}_i &= [-(Y_{i+1} - Y_i)a_i \ (X_{i+1} - X_i)a_i] \\ \vec{B}_i &= [-(Y_{i+1} - Y_i)b_i \ (X_{i+1} - X_i)b_i] \\ i &= 1, \dots, n \end{aligned}$$

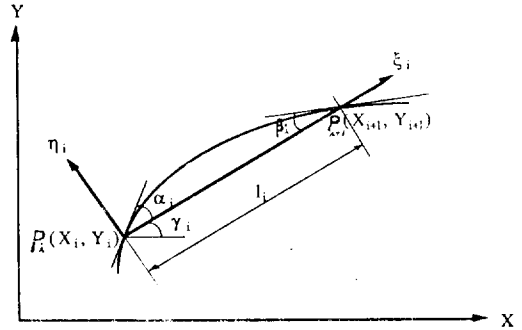


Fig. 1 Definition of parametric cubic spline segment

$t$ 는 매개 변수이며  $\vec{A}_i$ 와  $\vec{B}_i$ 는 미지수로서 다음과 같이 구해진다. 즉, 점  $P_i$ 와  $P_{i+1}$ 에서의 접선 각도와 곡률이 인접 곡선 segment에서의 그것과 각각 같아야 한다는 조건과 곡선의 양 끝점에서의 경계조건을 고려하여 형성된 선형 방정식으로 부터  $\vec{A}_i$ 와  $\vec{B}_i$ 를 구할 수 있다. 한편, 식 (2-1)을 스칼라 식의 형태로 나타내면 다음과 같다.

$$X = X_i + (X_{i+1} - X_i)t - (Y_{i+1} - Y_i)t(1-t) \tag{2-2a}$$

$$[a_i(1-t) - b_i t]$$

$$Y = Y_i + (Y_{i+1} - Y_i)t + (X_{i+1} - X_i)t(1-t) \tag{2-2b}$$

$$[a_i(1-t) - b_i t]$$

식 (2-1)로 표현되는 일반적인 cubic spline은 선체 형상 표현 방법에 많이 사용되는 형태이다. 그러나, 이 곡선 형태는 점  $P_i$ 와  $P_{i+1}$ 에서의 접선 각도가 클 경우에는 곡선을 부드럽게 표현하는데 어려움이 있으므로 식 (2-1)의 수식 형태를 그대로 유지한 채  $\vec{A}_i$ 와  $\vec{B}_i$ 를 각각 다음과 같은 형태로 수정하여 그 단점을 보완하였다.

$$\begin{aligned} \vec{A}_i &= [X_i - X_{i+1} + 21i \cos(\alpha_i + \gamma_i)/(1 + \cos \alpha_i) \\ &\quad Y_i - Y_{i+1} + 21i \sin(\alpha_i + \gamma_i)/(1 + \cos \alpha_i)] \tag{2-2c} \\ \vec{B}_i &= [-X_{i+1} + X_i + 21i \cos(\beta_i - \gamma_i)/(1 + \cos \beta_i) \\ &\quad - Y_{i+1} + Y_i + 21i \sin(\beta_i - \gamma_i)/(1 + \cos \beta_i)] \tag{2-2d} \end{aligned}$$

이와 같이 수정된 cubic spline을 이용해서 SWATH 선의 원형 단면 형상을 부드럽게 표현한 예가 Fig. 7에 나타나 있다.

### 3. 선체형상 표현 기법

#### 3.1. 곡선에 의한 선형표현법

선체 형상을 표현하는 방법에는 여러가지가 있으나 본고에서는 Fig. 2에서와 같이 2차원 곡선인 횡단면

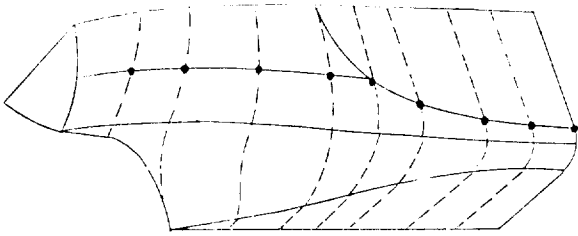


Fig. 2 Hull form definition by means of 2-dimensional transverse section curve (···) and 3-dimensional longitudinal curve (—)

형상 곡선(“transverse section curve”)과 2차원 곡선인 수선면 형상 곡선을 3차원으로 확장한 개념의 “longitudinal curve”로서 이루어지는 곡선들에 의해 선형을 표현하는 방법을 고찰하였고 이를 전산화 하였다.

Longitudinal curve는 3차원 곡선이므로 X-Y평면과 X-Z평면에 각각 투영하여 얻어지는 2개의 2차원 곡선으로 표시될 수 있다. 이러한 곡선들은 2절에서 다룬 modified cubic spline을 이용하여 수치적으로 표현되며 따라서 longitudinal curve와 transverse section curve와의 모든 교차점(“mesh point”, Fig. 2의 ·로 표시된 곳)에서의 X-, Y-, Z-좌표와 X-, Y-, Z-방향의 접선 각도를 계산할 수 있다. 이와같이 각각의 mesh point에서 3개의 좌표, 3개의 접선각도를 구해 놓으면 이를 이용하여 선체표면 보간법에 의해 선체표면상의 어떠한 점에 대해서도 좌표를 구할 수 있다.

3.2. 선체표면 보간법(Hull Surface Interpolation Method)

Fig. 3에서와 같이 4개의 곡선으로 이루어지는 어떠한 선체표면 요소가 4개의 점  $P_1, P_2, P_3, P_4$ 와 그 점에서의 접선각도로서 표현된다고 할때 이 표면요소상의 임의의 점에 대한 좌표를 구하는 문제는 다음과 같이 정식화된다.

주어진 조건 : 4개의 점에 대한 좌표

$$P_1(X_1, Y_1, Z_1); P_2(X_2, Y_2, Z_2);$$

$$P_3(X_3, Y_3, Z_3); P_4(X_4, Y_4, Z_4)$$

4개의 점에 대한 접선각도

$$E_1(\tau_1, \delta_3, \delta_1); E_2(\tau_2, \delta_4, \delta_2);$$

$$E_3(\tau_3, \delta_7, \delta_5); E_4(\tau_4, \delta_8, \delta_6)$$

구하는 해 : 주어진 X-, Z-에 대한 Y-좌표

Fig. 3에서 보는 바와 같이  $P_1$ 과  $P_2$ 를 지나는 3차원 longitudinal curve를  $L_u$ 라 할 때 이  $L_u$ 는  $Z=0$ 과  $Y=0$

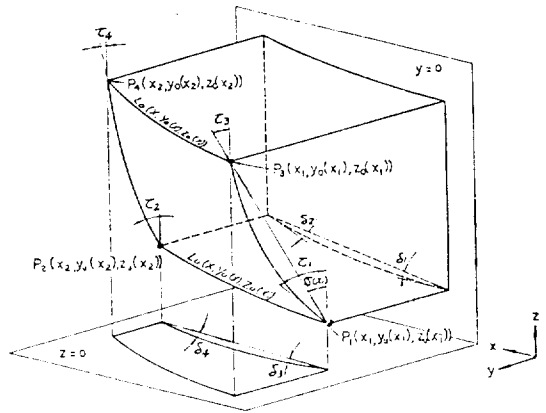


Fig. 3 Hull surface interpolation by means of transverse section curves and longitudinal curves

평면상에 각각 투영된 2개의 2차원 곡선으로 표시될 수 있다.

즉,

Z=0 평면상 :

$$X = X_1 + (X_2 - X_1)S_1 - (Y_2 - Y_1)S_1(1 - S_1) [A_1(1 - S_1) - B_1S_1] \quad (3-1a)$$

$$Y = Y_1 + (Y_2 - Y_1)S_1 + (X_2 - X_1)S_1(1 - S_1) [A_1(1 - S_1) - B_1S_1] \quad (3-1b)$$

Y=0 평면상 :

$$X = X_1 + (X_2 - X_1)S_2 - (Z_2 - Z_1)S_2(1 - S_2) [A_2(1 - S_2) - B_2S_2] \quad (3-2a)$$

$$Z = Z_1 + (Z_2 - Z_1)S_2 + (X_2 - X_1)S_2(1 - S_2) [A_2(1 - S_2) - B_2S_2] \quad (3-2b)$$

여기서,

$$A_1 = \tan \delta_3, B_1 = \tan \delta_4$$

$$A_2 = \tan \delta_1, B_2 = \tan \delta_2$$

$$0 \leq S_1 \leq 1, 0 \leq S_2 \leq 1, S_1, S_2 \text{는 매개변수}$$

또한,  $P_3$ 와  $P_4$ 를 지나는 3차원 longitudinal curve를  $L_0$ 라 할 때 이  $L_0$ 는  $L_u$ 와 같은 형태로 표시할 수 있다.

한편, Longitudinal curve  $L_0$ 와  $L_u$ 의 Y 및 Z 좌표는 X의 함수이므로 일반적으로  $Y_u(X), Z_u(X), Y_0(X), Z_0(X)$ 로 표시할 수 있다. 그러면  $P_1$ 과  $P_3$ 를 지나는 횡단면 형상 곡선은 다음과 같이 나타낼 수 있다 (Fig. 4 참조).

$$Z(X_1, t) = Z_u(X_1) + [Z_0(X_1) - Z_u(X_1)]t - [Y_0(X_1) - Y_u(X_1)]t(1-t) [A_3(1-t) - B_3t] \quad (3-3a)$$

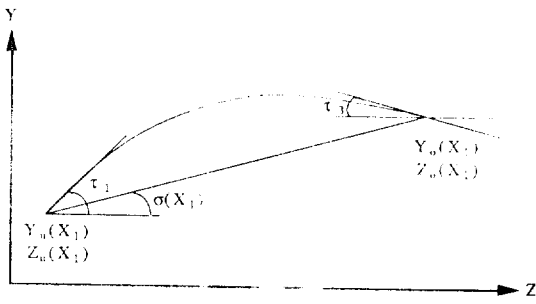


Fig. 4 Definition of transverse section curve

$$Y(X_1, t) = Y_n(X_1) + [Y_0(X_1) - Y_n(X_1)]t + [Z_0(X_1) - Z_n(X_1)]t(1-t) [A_3(1-t) - B_3t] \quad (3-3b)$$

여기서,

$$A_3 = \tan(\tau_1 - \sigma(X_1)), B_3 = \tan(\tau_2 - \sigma(X_1))$$

$$\sigma(X_1) = \arctan\left[\frac{Y_0(X) - Y_n(X)}{Z_0(X) - Z_n(X)}\right] \quad (3-3c)$$

$0 \leq t \leq 1$ ,  $t$ 는 매개 변수

마찬가지로  $P_2$ 와  $P_4$ 를 지나서 transverse section curve는 식 (3-3a), (3-3b) 및 (3-3c)에  $X_1, \tau_1, \tau_2$  대신에  $X_2, \tau_2, \tau_4$ 를 대입하면 된다.

이상의 특별한 경우를 일반화하면 즉  $X_1$  대신에  $X$ 를 대입하면 다음과 같이 된다.

$$Y(X, t) = Y_n(X) + [Y_0(X) - Y_n(X)]t + [Z_0(X) - Z_n(X)]K \quad (3-4a)$$

$$Z(X, t) = Z_n(X) + [Z_0(X) - Z_n(X)]t - [Y_0(X) - Y_n(X)]K \quad (3-4b)$$

여기서,

$$K = t(1-t)[\tan\{\tau_n(X) - \sigma(X)\}(1-t) - \tan\{\tau_0(X) - \sigma(X)\}t] \quad (3-4c)$$

$$0 \leq t \leq 1$$

식 (3-4a), (3-4b) 및 (3-4c)는 선체표면상에 있는 4개의 점에 대한 좌표 및 그 점에서의 접선 각도가 각각 주어졌을때 그 표면상의 임의의 점에 대한 좌표를 구하는 선체 표면 보간식이다. 즉, 주어진  $X, Z$ 에 대해서  $Y$ 를 구할 수 있으므로 선체 표면은 완전히 정의 될 수 있다.

3.3. 선체 표면 정의 처리 절차

$\bar{X}, \bar{Z}$ 가 주어졌을때  $\bar{Y}$ 를 구하는 절차는 다음과 같다.

i) 주어진  $\bar{X}$ 에 대해서 식 (3-1)을 이용하여  $Y_n(\bar{X})$ 를 구한다. 즉, 식 (3-1a)에  $X$ 대신에  $\bar{X}$ 를 대입하면 식 (3-1a)는  $S_1$ 에 대한 3차식으로 표시되고 이 비선형 3차 방정식의 해  $\bar{S}$ 를 구한 후(예를 들면 Newton-

Raphson 방법을 이용한다), 식 (3-1b)에 대입하던  $Y_n(\bar{X})$ 를 구할 수 있다. 마찬가지로 식 (3-2a), (3-2b)로부터  $Z_n(\bar{X})$ 를 구할 수 있고, 같은 방법으로  $Y_0(\bar{X}), Z_0(\bar{X})$ 도 구할 수 있다.

ii)  $\sigma(\bar{X}) = \arctan\{[Y_0(\bar{X}) - Y_n(\bar{X})] / [Z_0(\bar{X}) - Z_n(\bar{X})]\}$

iii)  $\tau_n(X), \tau_0(X)$ 는  $\tau_1, \tau_2$  및  $\tau_3, \tau_4$ 를 이용하여 선형 보간법으로 구한다.

iv) 식 (3-4c)에  $\tau_n(X), \tau_0(X)$  및  $\sigma(X)$ 를 대입하여  $K$ 를 계산한다.

v) 식 (3-4b)에  $Z_n(X), Z_0(X), Y_0(X), Y_n(X)$  및  $K$ 를 대입하고  $t$ 에 관한 3차 방정식의 해  $t$ 를 구한다.

vi) 식 (3-4a)에 그 해  $t$ 를 대입하면  $Y(X, t)$ 를 구할 수 있다. 즉,

$$Y(X, t) = Y_n(X) + [Y_0(X) - Y_n(X)]t + [Z_0(X) - Z_n(X)]K$$

4. 선형 정의용 프로그램 개발

이상에서 기술한 바와 같은 선형 표현 기법을 토대로 선형 정의용 프로그램을 개발하였으며, 또한 본 개발 프로그램을 선형 변환 기법[4]과 연결하여 선형 설계를 효율적으로 수행할 수 있도록 하였다. 이때 선형 변환은 식 (4-1a), (4-1b), (4-1c)에서 표시한 바와 같은 변환함수  $F$ 에 의해 수행된다.

$$X_n = X + F_1(X) \quad (4-1a)$$

$$Y_n = Y + F_4(X) * F_5(Y) * F_6(Z) \quad (4-1b)$$

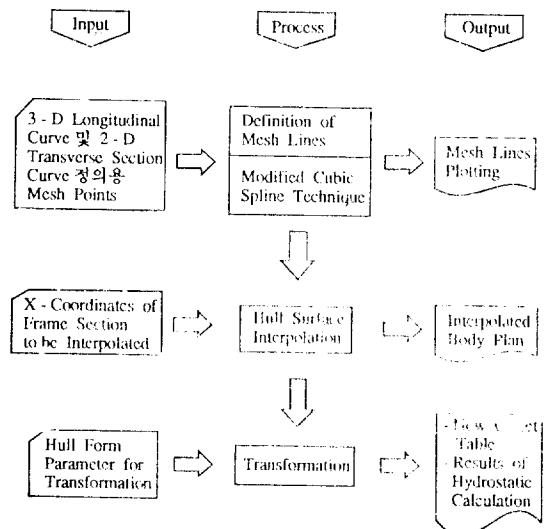


Fig. 5 Configuration of the Developed Program

**Table 1** Structure of input data for hull form definition

NX				
NS(i)	NP(i)	ZMAX(i)	YMAX(i)	X <sub>n</sub> (i)
i=1, NX				
Z(i,j)	Y(i,j)	M(i,j)		
j=1, NP(i)				

NX : Number of Transverse section Curve  
 NS(i) : i-th Transverse Section Curve Number  
 NP(i) : Number of Offset Point in i-th Transverse Section Curve  
 ZMAX(i) : Maximum Z-Coordinate of i-th Transverse Section Curve  
 YMAX(i) : Maximum Y-Coordinate of i-th Transverse Section Curve  
 X<sub>n</sub>(i) : X-Coordinate of i-th Transverse Section Curve  
 Z(i,j) : Z-Coordinate of j-th Offset Point in i-th Transverse Section Curve  
 Y(i,j) : Y-Coordinate of j-th Offset Point in i-th Transverse Section Curve  
 M(i,j) : Longitudinal Curve Number of j-th Offset Point in i-th Transverse Section Curve

$$Z_n = Z + F_7(X) * F_8(Y) * F_9(Z) \quad (4-1c)$$

여기서,

X, Y, Z : 기준선형의 선체표면상의 점

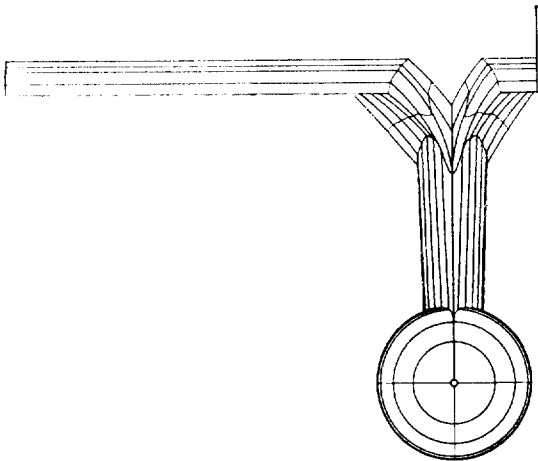
X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub> : 변환된 선형의 선체표면상의 점

본 프로그램의 개략적인 구성도는 Fig. 5에 나타나 있다. 한편, 선형정의를 위한 입력 data는 Fig. 2에 표시된 2차원 곡선인 횡단면 형상 곡선과 side tangential line, bottom tangential line 등과 같은 3차원 곡선인 longitudinal curve들을 정의하는 mesh point들로 구성된다. 이들 mesh points에 관한 정보는 Table 1에 설명되어 있는 바와 같은 형태로 작성된다.

5. 응용 예

5.1. 선형 정의

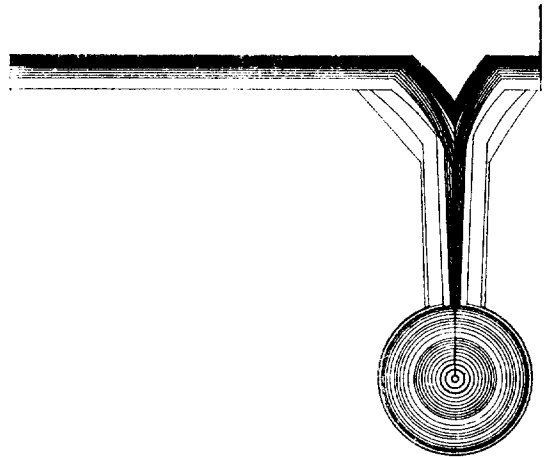
Fig. 6~Fig. 9는 각각 최소 수선면 쌍동선(SWATH)



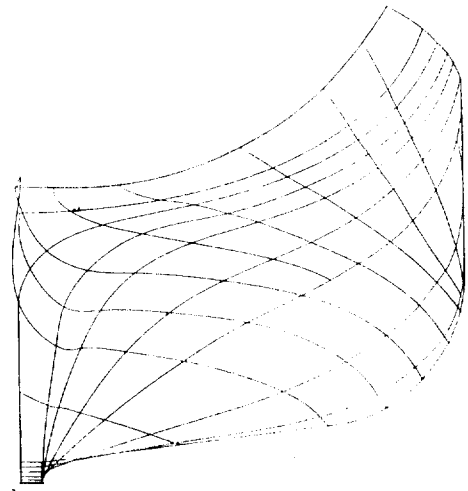
**Fig. 6** Input data curves to represent a forebody of SWATH by means of modified cubic spline

과 총톤수 600톤급 해양 조사선에 대해 본 연구를 통해 개발된 선형 정의용 프로그램을 적용한 예를 보여 주고 있다.

Fig. 6은 modified cubic spline을 이용하여 SWATH 선의 선수부 형상 정의를 위한 input data curve를 나타내고 있으며, Fig. 7은 선체 표면 보간법에 의해 interpolation한 선형 정의 결과를 나타내고 있다. 또한, Fig. 8 및 Fig. 9는 총톤수 600톤급 해양 조사선의 선미부 형상에 대한 input data curve 및 interpolation한 선형 정의 결과를 각각 나타내고 있다.



**Fig. 7** Calculated interpolation curves to represent the forebody of SWATH shown in Fig. 6 by hull surface interpolation method



**Fig. 8** Input data curves to represent an aftbody of G/T 600ton class oceanographic research vessel by means of modified cubic spline

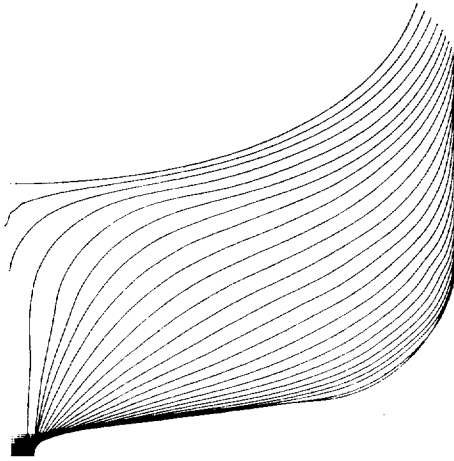


Fig. 9 Calculated interpolation curves to represent the aftbody of G/T600ton class oceanographic research vessel by hull surfaces interpolation method

5.2. 선형 변환

본 연구를 통해 개발된 선형 정의용 프로그램을 변환함수를 이용한 선형 변환 기법과 연결시켜 설계 요구 조건에 적합한 선형을 얻을 수 있도록 하였는데 이에 대한 예로서 총톤수 600톤급 해양 조사선과 DWT 7400톤급 다목적 화물선에 대해 적용해 보았다.

Fig. 10 및 Fig. 11은 각각 총톤수 600톤급 해양 조사선의 선수부 및 선미부의 deadrise형상을 변화시킨

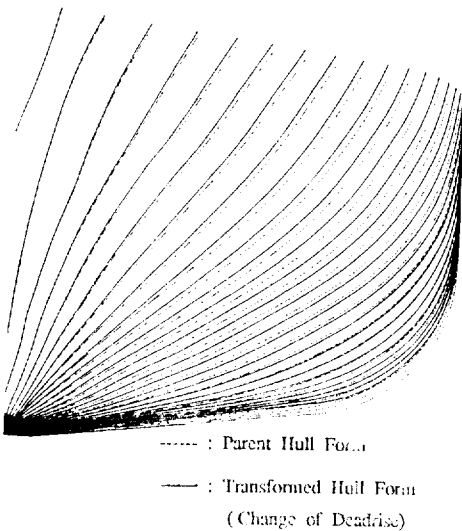


Fig. 10 Change of deadrise for forebody of G/T 600ton class oceanographic research vessel

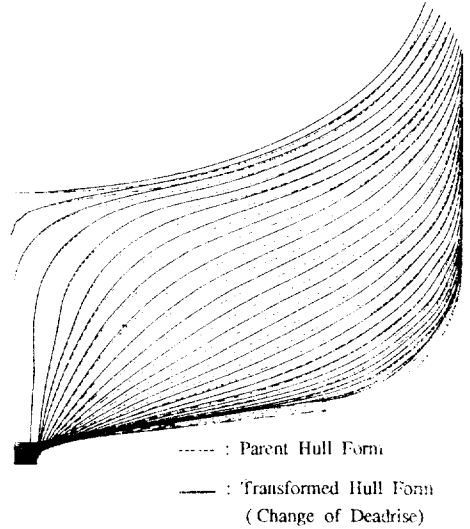


Fig. 11 Change of deadrise for aftbody of G/T 600ton class oceanographic research vessel

FORM - VALUE OF PARENT SHIP

*****		*****
*	LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	111.700
*	BREADTH	19.200
*	DRAFT AT VOLUME INTEGRATION	6.450
*	DISPLACEMENT VOLUME	10160.
*	LCB FROM M.S. (+ FORWARD)	.699
*	KB	3.427
*	WATERPLANE AREA	1852.
*	LCF FROM M.S. (+ FORWARD)	-1.887
*	WETTED SURFACE AREA	2934.
*	LONGI. MOMENT OF INERTIA OF WL	1535531.
*	TRANS. MOMENT OF INERTIA OF WL	49200.
*	MTC	13747.
*	KML	154.561
*	KM	8.269
*	CB	.734
*	CP	.751
*	CM	.978
*	CWP	.864
*****		*****

FORM - VALUE OF NEW SHIP

*****		*****
*	LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	111.700
*	BREADTH	19.200
*	DRAFT AT VOLUME INTEGRATION	6.450
*	DISPLACEMENT VOLUME	10181.
*	LCB FROM M.S. (+ FORWARD)	.705
*	KB	3.420
*	WATERPLANE AREA	1849.
*	LCF FROM M.S. (+ FORWARD)	1.887
*	WETTED SURFACE AREA	2939.
*	LONGI. MOMENT OF INERTIA OF WL	1527119.
*	TRANS. MOMENT OF INERTIA OF WL	49082.
*	MTC	13672.
*	KML	153.412
*	KM	8.241
*	CB	.736
*	CP	.753
*	CM	.978
*	CWP	.862
*****		*****

Table 2 Hydrostatic calculation results of parent and transformed hull form for G/T 600 ton class oceanographic research vessel

$Y_1$  = Half Breadth of Keel Plate  
 $Y_2$  = Half Breadth of Ship

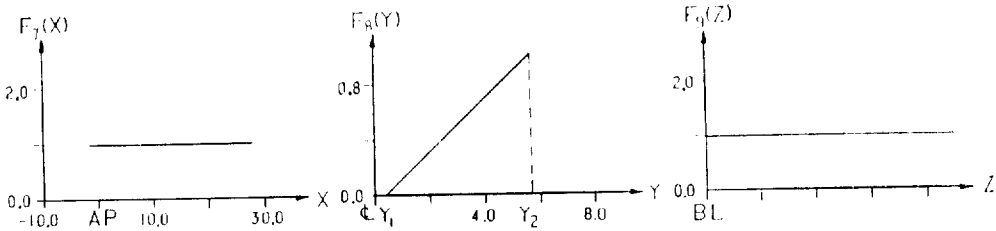


Fig. 12 Z Coordinates transformation function  $F_7(X)$ ,  $F_8(Y)$ , and  $F_9(Z)$  to generate deadrise

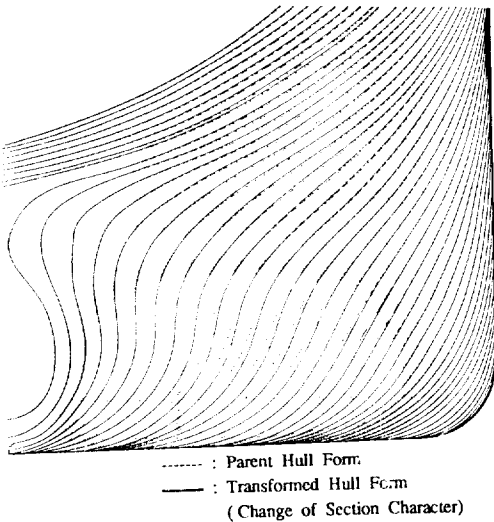


Fig. 13 Change of section character for aftbody of DWT 7400ton class multi-purpose cargo vessel

결과를 나타내고 있는데, 이때 원하는 deadrise를 갖도록 하기 위해 사용된 변환함수는 Fig. 12에 나타나 있다. 그리고 Table 2에는 deadrise 형상을 변화시키기의 기준선형과 변환 후의 선형에 대해 수행된 배수량등 유체 정역학적 계산 결과를 나타내고 있다. 또한 Fig. 13은 DWT 7400톤급 다목적 화물선의 선미부 단면 형상의 특성을 Fig. 14에 나타나 있는 변환함수를 이용하여 변화시킨 결과를 나타내고 있는데, 변환 전과 변환 후의 선형에 대한 배수량등 유체 정역학적 계산 결과는 Table 3에 나타나 있다. 한편, Fig. 10, Fig. 11 및 Fig. 13에서 점선으로 표시된 부분은 기준선형을 나타내는 것이고 실선으로 표시된 부분은 변환된 선형을 각각 나타낸다.

FORM VALUE OF PARENT SHIP

*****	54.000	*
* LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	11.000	*
* BREADTH	3.800	*
* DRAFT AT VOLUME INTEGRATION	1262.	*
* DISPLACEMENT VOLUME	1.037	*
* LCB FROM M.S. (+ FORWARD)	2.311	*
* KB	519.	*
* WATERPLANE AREA	-3.004	*
* LCF FROM M.S. (+ FORWARD)	736.	*
* WETTED SURFACE AREA	106279.	*
* LONGI. MOMENT OF INERTIA OF WL	4350.	*
* TRANS. MOMENT OF INERTIA OF WL	1968.	*
* MTC	86.539	*
* KML	5.758	*
* KM	.559	*
* CB	.640	*
* CP	.873	*
* CM	.874	*
* CWP	*****	*

FORM-VALUE OF NEW SHIP

*****	54.000	*
* LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	11.000	*
* BREADTH	3.800	*
* DRAFT AT VOLUME INTEGRATION	1307.	*
* DISPLACEMENT VOLUME	-1.120	*
* LCB FROM M.S. (+ FORWARD)	2.287	*
* KB	527.	*
* WATERPLANE AREA	-3.157	*
* LCF FROM M.S. (+ FORWARD)	751.	*
* WETTED SURFACE AREA	109843.	*
* LONGI. MOMENT OF INERTIA OF WL	4490.	*
* TRANS. MOMENT OF INERTIA OF WL	2034.	*
* MTC	86.299	*
* KML	5.721	*
* KM	.579	*
* CB	.645	*
* CP	.898	*
* CM	.887	*
* CWP	*****	*

Table 3 Hydrostatic calculation results of parent and transformed hull form for DWT 7400 ton class multi-purpose cargo vessel

6. 결 언

본 연구를 통해 2차원 곡선인 횡단면 형상 곡선과 2차원 곡선인 수선면 형상 곡선을 3차원으로 확장한 개년의 longitudinal curve로 구성되는 곡선군들에 의

$X_1$  = End of Parallel Keel Plate     $Y_1$  = 1/4 Ship Breadth     $Z_1$  = Height, where no change is required  
 $X_2$  = End of Parallel Middle Body     $Y_2$  = Half Breadth of Ship     $Z_2$  = Depth

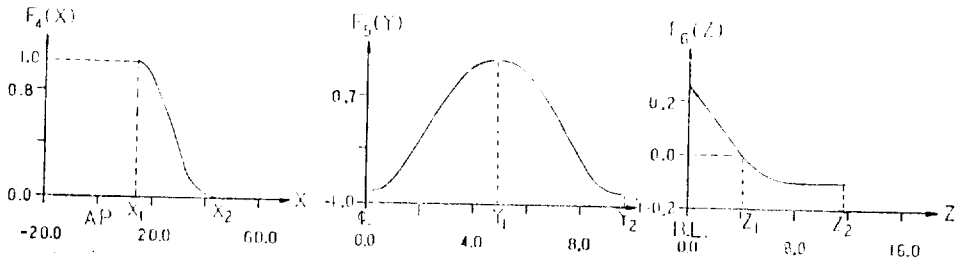


Fig. 14 Y Coordinates transformation function  $F_4(X)$ ,  $F_5(Y)$  and  $F_6(Z)$  to change section character

해 선형을 표현하는 선체 형상 표현 기법을 고찰하였고 이를 전산화하였다. 형상 정의에 사용된 곡선 형태는 일반적인 parametric cubic spline을 보완한 modified cubic spline으로서 이 spline은 곡선 segment의 양 끝점에서의 접선 각도가 클 경우에도 아주 부드러운 곡률 분포를 얻을 수 있어 정확도가 요구되는 선박 계산뿐만 아니라 유체 동역학적 계산을 위한 선형 정의에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 선체 형상 표현 기법을 선형 변환 기법과 연결하므로써 선형 설계를 효율적으로 수행할 수 있도록 하였다.

참 고 문 헌

[1] H. Spaeth, "Spline Algorithms for Curves and

Surfaces", Utilitas Mathematica Publishing Company, 1974.

[2] Ding Qiulin, B.J. Davies, "Surface Engineering Geometry for Computer-Aided Design and Manufacture", John Wiley & Sons, 1987.

[3] 강원수, 이규열, "Rational Cubic Spline을 이용한 선형 정의", 대한조선학회 춘계연구발표집, 1989.

[4] 이규열, 강원수, "선형 변환에 의한 최적 초기 선형 설계 기법에 관한 연구", 대한조선학회지, 제 24권 제 2호, 1987.