
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 31 卷 第 2 號 1994年 5月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 31, No. 2, May 1994

선형의 순정 기법에 관한 기초 연구

김동준*, 윤태경**

A Basic Study on the Fairing Method of Ship Hull Surface

by

D.J. Kim* and T.K. Yoon**

요 약

전산기를 이용한 순정작업은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫번째는 단면곡선, 즉 2차원 곡선을 순정하고 다른 단면에서도 역시 부드러운가를 확인하는 전통적인 방법이다. 두번째는 곡면을 이용하는 것으로 전산기의 발달과 더불어 최근 많이 사용하고 있는 방법이다. 그러나 이 경우 먼저 선형을 곡면으로 정의하여야 하나 복잡한 선형의 경우 쉽지가 않다. 본 연구에서는 곡선의 순정기법을 확장하여 그물망 곡선(mesh curve)의 경우에 대해 비균일(non-uniform) B-Sp line 곡선을 이용한 Rong의 방법으로 선형의 순정작업을 행하였다. 그러나 Rong의 방법에는 곡선의 양 끝점에서의 기울기가 고정되어야 하는 제한이 있으며 곡면화 방법에 대한 기술이 명확하지 못하다. 본 연구에서는 곡선의 양끝의 기울기를 고정시키지 않고 순정작업을 할 수 있도록 하였으며, 순정된 결과를 곡면화하는 방법을 제안하였다.

Abstract

In the previous researches on mesh curve fairing method, a set of discrete data points in a mesh can be selected as variables. End tangent vectors can not be variables. This restriction makes some problems in preparing the end tangent vectors at the bow or stern parts, because their slopes are not infinites or zeros. In this paper end tangent vectors are included as variables and the more smooth results are obtained. Also two methods of constructing ship hull surface from mesh curves are examined. It is shown that the skinning method is better than non-uniform B-spline fitting method in representing the area near boundary. The generation of a ship surface is given as an example.

 발 표 : 1993년도 대한조선학회 춘계연구발표회('93. 4. 17)

접수일자 : 1993년 5월 15일, 재접수일자:1994년 4월 6일

* 정희원, 부산수산대학교 선박공학과

** 한진중공업(주)

1. 서 언

선형의 순정은 우선 기본설계 단계에서 개략적으로 이루어진 뒤, 생산용 프레임별 선도를 얻기 위한 반복 작업에 의해 완성된다. 이러한 선형의 순정작업은 숙련된 기술자에 의해 행해져 왔다. 예전에는 현도장에서 직접 작업하던 것이 전산기의 발전에 따라 프로그램을 이용하여 이루어지고 있으나 여전히 숙련된 기술이 없이는 불가능하며 시간도 많이 소요되고 있다. 현재 많이 사용되고 있는 Autokon의 경우 단면곡선의 순정작업으로, 단지 현도장 작업을 전산기 화면과 축소된 도면으로 옮겼을 뿐 단면곡선의 교차순정, 순정도의 판단방법, 수학적 의미에서 곡면의 근사적 표현 등 곡선을 이용한 순정의 근본적인 문제점을 그대로 지니고 있다. 뿐만 아니라 조선분야의 CAD/CAM 기술 적용을 위해서 먼저 표현되어야 할 선체의 모델링으로 이러한 와이어 프레임 모델 (wire frame model)을 사용한다는 것은 출발부터 많은 제약을 포함하게 된다. 하지만 단면곡선은 지금까지 사용에 익숙한 기술자들에게 편리하며 현재까지의 여러가지 조선공학 적 이론의 적용이 용이한 장점이 있다.

곡선 모델의 단점을 극복하기 위한 방법으로 직접 곡면을 정의하고 이를 선형의 순정에 이용하고자하는 연구도 많이 있어 왔다[1][2][3][4]. 곡면 모델링을 이용한 선형의 순정에는 크게 두가지 어려움이 존재한다. 우선 주어진 선형자료로 선수미분을 포함하여 곡면을 정확하게 정의하기가 쉽지않다는 것과 곡면을 이용한 직접순정법의 경우 계산시간, 전산기의 저장용량 및 제한조건(constraint) 등에서 제약이 있어 손쉽게 적용하기가 힘들다는 것이다[5][6].

한편, 이러한 곡선 모델링의 장점을 살리고 곡면 모델링의 어려움을 극복하기 위하여, Fig.3에 입력자료로 표시된 것과 같은 3차원 그물망 곡선(mesh curve)을 이용한 순정에 대해서도 많은 연구가 있어 왔다. 즉, 2차 단면곡선이 아닌 3차원 그물망 곡선으로 순정을 수행한 뒤, 이를 이용하여 곡면을 얻고자하는 연구로 Hosaka[7]에 의해 처음 시도되었으며 Nowacki 등[8]에 의해 이어져 왔다.

최근 Rong 등[9]은 비균일(non-uniform) B-spline 곡선을 이용하여 그물망 곡선을 구성한 뒤, 곡선의 스트레인 에너지를 최소화하는 순정법을 발표하였다. 그러나 Rong의 방법에는 곡선의 양 끝점에서의 기울기가 고정되어야하는 제한이 있으며, 곡면화의 방법이 명확하게 밝혀져있지 못하다. 본 연구에서는 곡선의 양끝의 기울기를 고정시키지 않고 순정작업을 할

수 있도록 확장하였으며, 이를 이용하여 곡면화하는 과정을 제안하였다.

2. 그물망 곡선을 이용한 선형의 순정

2.1 비균일 B-spline 곡선

3차 비균일 B-spline 곡선은 정점(vertex point)의 좌표와 절점 벡터(knot vector)가 주어지면 절점 벡터의 차를 이용하여 다음과 같이 표현할 수가 있다[10].

$$P(u) = \sum_{i=1}^{n-1} P_i$$

$$P_i(u) = U N_i B \quad u \in [0, 1] \tag{1}$$

$$U = [1 \ u \ u^2 \ u^3] \quad B = [b_i \ b_{i+1} \ b_{i+2} \ b_{i+3}]^T$$

$$N_i = \begin{bmatrix} -n_{11} & (n_{11} - n_{13} - n_{14}) & n_{13} & (\nabla_i)^2 / \nabla_i^3 \nabla_i^2 \\ 3n_{11} & -(3n_{11} + n_{23}) & 3(\nabla_i)^2 / \nabla_{i-1}^3 \nabla_{i-1}^2 & 0 \\ -3n_{11} & (3n_{11} - n_{33}) & 3\nabla_i \nabla_{i-1} / \nabla_{i-1}^3 \nabla_{i-1}^2 & 0 \\ n_{11} & (1 - n_{41} - n_{43}) & (\nabla_{i-1})^2 / \nabla_{i-1}^3 \nabla_{i-1}^2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$n_{11} = (\nabla_i)^2 / \nabla_{i-1}^2 \nabla_{i-2}^3$$

$$n_{13} = -(1/3 n_{23} + n_{14} + (\nabla_i)^2 / (\nabla_i^2 \nabla_{i-1}^3))$$

$$\nabla_i^k = \nabla_i + \nabla_{i+1} + \dots + \nabla_{i+k-1}$$

$$\nabla_i = (t_{i+1} - t_i)$$

t_i : 절점 벡터

이러한 행렬 형태로 표현된 곡선식은 Cox-deBoor 순환식[11]과는 다른 표현식으로 계산에 있어 아주 효율적이다.

한편, 역으로 곡선상에 있는 n 개의 점들의 좌표 $\{P_i \mid i=1, 2, \dots, n\}$ 와 양 끝에서의 기울기 $\{s_i \mid i=1, 2\}$ 가 주어지면 n+2개의 정점 $\{b_i \mid i=1, 2, \dots, n+2\}$ 들은 (1)식으로부터 다음과 같이 구해진다. 먼저 절점 간격(knot span)을 구하여야 하는데 여기서는 (2)식과 같이 현길이 근사(chord length approximation)를 이용하여 구하였으며, 양끝에서는 다중 절점(multiple knot)을 사용하였다.

$$\nabla_i = |P_{i+1} - P_i| \tag{2}$$

기울기를 고려하고 (2)식을 사용하면 다음의 연립 방정식이 얻어진다.

$$\begin{bmatrix} -3 & 3 & & & & & & \\ 1 & 0 & & & & & & \\ 0 & f_2 & (1-f_2-g_2) & & & & & \\ & & f_{n-1} & (1-f_{n-1}-g_{n-1}) & g_{n-1} & & & \\ & & & 0 & & & & \\ & & & & 0 & & & \\ & & & & & -3 & 3 & \\ & & & & & & & \\ & & & & & & & \\ & & & & & & & \\ & & & & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{n+2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 \\ P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \\ s_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

식(3)은 $[A][B] = [P]$ 의 형태로 $[A]$ 가 tri-diagonal 행렬이므로 구하고자 하는 정점 $[B]$ 는 손쉽게 구해진다.

여기서

$$f_i = (\nabla_i)^2 / \nabla_{i-1}^2 \nabla_{i-2}^3$$

$$g_i = (\nabla_{i-1})^2 / \nabla_{i-1}^2 \nabla_{i-1}^3$$

이다.

2.2 비균일 B-spline 곡선 순정

그물망 곡선의 순정에 앞서 단독곡선의 순정과정은 먼저 살펴보자. 순정되지 않은 점들을 포함하여 n개의 좌표 $\{Q_i \mid i=1, 2, \dots, n\}$ 들과 양끝에서의 기울기가 주어졌을 때 미리 지정된 고정점을 지나면서 순정된 좌표 $\{P_i \mid i=1, 2, \dots, n\}$ 및 기울기를 구하는 과정은 다음과 같다.

주어진 좌표에 스프링을 달았다고 가정하고 곡선을 탄성 비임으로 생각하면 탄성 스트레인 에너지를 구할 수 있다[9].

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i \int_0^1 P_i''(u)^2 du \quad (4)$$

β_i 는 스프링과 탄성 비임의 강성비(stiffness ratio)이다.

적분을 수행하면

$$\int_0^1 \beta_i (P_i''(u))^2 du = [b_i \ b_{i+1} \ b_{i+2} \ b_{i+3}] [FA_i] [b_i \ b_{i+1} \ b_{i+2} \ b_{i+3}]^T \quad (5)$$

이다. 여기서

$$[FA_i] = \beta_i [N_i]^T [E] [N_i] \quad i=1, 2, \dots, n-1 \quad (6)$$

$$[E] = \begin{bmatrix} 12 & 6 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

이며, 곡선 전 구간에 대해 더하면 다음과 같이 구해진다.

$$\sum_{i=1}^{n-1} \beta_i \int_0^1 (P_i''(u))^2 du = [B]^T [FA] [B] \quad (7)$$

$[FA]$: FA_i 의 요소로 구성된 $(n+2) \times (n+2)$ 행렬

식(7)은 식(3)으로부터

$$\sum_{i=1}^{n-1} \beta_i \int_0^1 (P_i''(u))^2 du = [P]^T [FAM] [P] \quad (8)$$

$$[FAM] = [A^{-1}]^T [FA] [A^{-1}]$$

으로 나타낼 수 있으므로, 식(4)는 다음식으로 표현된다.

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2 + \frac{1}{2} [P]^T [FAM] [P] \quad (9)$$

여기서 n_2 개의 좌표 및 기울기를 고정하고 나머지 점 및 기울기를 자유로이 변화시킨다고 생각하자.

$$[P] = [P_1 \ Q_2]^T \quad (10)$$

$$[Q] = [Q_1 \ Q_2]^T$$

$[P_1]$: $n_1 \times 1$ 행렬로 미지 노드(unknown nodes)

$[Q_1]$: $n_1 \times 1$ 행렬로 변환될 점 및 기울기

$[Q_2]$: $n_2 \times 1$ 행렬로 고정된 점 및 기울기

$$n_1 = n + 2 - n_2$$

이를 이용하여 식(9)의 행렬을 분해하면 다음과 같이 얻어진다.

$$[FAM]_{(n+2) \times (n+2)} = \begin{bmatrix} FAM_1 & FAM_2 \\ FAM_3 & FAM_4 \end{bmatrix}_{\substack{n_1 \times n_1 & n_1 \times n_2 \\ n_2 \times n_1 & n_2 \times n_2}} \quad (11)$$

식(11)을 식(9)에 대입하여 최소화시키면

$$\frac{\partial U}{\partial P_1} = 0$$

이 되고, 이로부터 다음의 연립방정식이 얻어진다.

$$[K + FAM_1][P_1] = [Q_1] - [FAM_2][Q_2] \quad (12)$$

여기서, K는 항등 행렬(identity matrix)로서 대응하는 $[P_1]$ 이 기울기일 경우, 즉 기울기를 변수로 한 경우는 0이 된다.

본 연구에서 기울기를 변수로 할 수 있도록 개선한 이유는 선형설계의 경우 곡선의 양 끝점에서의 기울기를 결정해 주기가 힘든 경우가 있기 때문이다. 정면도의 경우 중앙 평행부가 아닌 부분에 있어서 기울기를 정확히 입력하기가 힘이 들며, 수선의 경우도 길이 방향에 대해 90°가 아니면 역시 마찬가지이다.

2.3 비균일 B-spline 그물망 곡선 순정

다음과 같이 두 방향으로의 곡선군들을 생각하면 이들에 의해 그물망 곡선이 얻어진다[9].

$$D = \{Q_j^i \mid i = 1, 2, \dots, m \text{ and } j = 1, 2, \dots, m_j\}$$

$$C = \{Q_i^j \mid j = 1, 2, \dots, n \text{ and } i = 1, 2, \dots, n_j\}$$

그물망 곡선의 순정법은 곡선군 C와 D의 교점들 중에서 변화시킬 점들과 기울기등을 지정하고, 이들을 변수로서 C, D의 순정된 곡선군을 얻는 방법이다. 순정과정은 그물망 곡선들의 스트레인 에너지를 최소화 하는 것으로 단독곡선의 순정과정을 확장한 것이다.

최종결과

$$[K + FAM_1^D + FAM_1^C][P_1] = [Q_1] - [FAM_2^D][Q_2^D] - [FAM_2^C][Q_2^C] \quad (13)$$

으로 얻어지며, [K]는 앞에서 정의된 것과 같다.

3. 곡면화 방법

3.1 선형 곡면화의 어려움

현재 공학설계에서 주로 사용되고 있는 일반적인 곡면화방법은 다음과 같이 크게 구분될 수 있다.

- 1) 점 데이터를 곡면으로 피팅(fitting)하는 방법
- 2) 경계곡선을 보간(interpolation)하는 방법
- 3) 2차원 곡면 원형(primitives)을 이용하는 방법

3)의 방법은 곡면을 원기둥, 원추, 구 등의 2차 곡면요소들의 조합으로 표시하는 것으로, 선박이나 자동차의 자유곡면을 표시하기에는 부적합한 방법이다. 따라서 선박의 곡면화에는 1)과 2)의 방법이 주로 적

용되어 왔다[5][8].

선형에 대한 곡면 모델링의 필요성은 이미 언급하였으나 여러가지 이유 등에 의해 정확히 곡면화 하기가 힘들다. 선형의 오프셋(offset)표로부터 곡면을 얻고자 할 경우 오프셋 데이터의 특징을 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 평면부와 곡면부가 동시에 존재한다.
- 2) 데이터들 간의 간격이 불균일하다.
- 3) 양 방향(선수미 방향 및 홀수 방향)으로 데이터 갯수가 각각 일정하지 못하다.
- 4) 선수나 선미의 경계곡선이 점 좌표로 표시된다.

1)의 특징은 한 곡면으로 피팅하게되면 정확한 평면부의 표현을 어렵게 한다. 이런 경우 평면부를 제외하고 곡면부만 먼저 생성하고 나중에 평면부와 접합하는 방법을 생각할 수 있다[6]. 2), 3)의 경우는 곡면 피팅 방법을 바로 적용할 수 없게 한다. 이는 곡면 피팅방법의 경우 각 방향으로 데이터 갯수가 일정해야하며, 그 간격도 대개 일정하여야 좋은 결과를 주기 때문이다 [10]. 이러한 문제는 적절한 방법을 이용하여 데이터들을 재배치하면 어느정도 극복할 수 있다. 그러나 재배치를 하더라도 균일 B-spline을 사용하기에는 양 방향으로 데이터간 간격이 균일하지 못하므로 곡면 모델링에 사용할 수 있는 표현방법으로 비균일 B-spline밖에 없게 된다. 또한 선수미부의 정확한 표현을 어렵게 만드는 4)의 문제는 여전히 남게된다. 김 등[6]은 데이터를 재배치하여 균일 B-spline 곡면을 이용하여 곡면화한 바가 있으나, 선수미부와 중앙평행부 근처에서의 곡면표현이 정확하지 못하였다. 4)의 경우를 정확히 해결하기 위해서는 점들로 곡면을 얻는 방법으로는 힘들며 경계곡선으로부터 곡면을 얻는 방법을 고려하여야 한다. 즉, 경계곡선이 주어질 때 곡면들의 연속조건을 고려하여 경계곡선을 보간하는 방법을 의미한다. 이러한 점을 생각할 때 우선 경계곡선을 구하는 그물망 곡선 순정법이 곡면화의 필요한 단계임을 알 수 있다.

3.2 비균일 B-spline 곡면을 이용한 곡면화

2절에서 구해진 순정된 그물망 곡선을 이용하여 곡면을 얻는 방법으로 우선 데이터를 재배치하고 비균일 B-spline 곡면 피팅법을 적용하여 보았다. 비균일 B-spline 곡면 피팅에 필요한 자료로는 양 방향으로 각각 동일한 갯수의 좌표 배열과 양 끝점에서의 기울기 및 네 모서리에서의 비틀림 벡터(twist vector)이다. 따라서 좌표 배열은 그물망 곡선 중에서 각 수선을 동

일한 갯수로 나누어 구하고, 기울기는 수선의 경우 그대로 사용하였다. 흡수방향 끝점에서의 기울기는 새로 구해진 점들을 차례로 이어 이를 곡선으로 생각하여 기울기를 구하였다. 즉, 양 끝에서 세 개의 점으로 포물선(parabolic curve) 피팅을 한 뒤, 곡선식에서 기울기를 구하는 Bessel의 끝점 조건(Bessel end condition)을 사용하였다[12]. 곡선 피팅에 있어서 중간점의 매개변수 값은 현질이 근사로 구하였다. 네 모서리에서의 비틀림 벡터는 0으로 하였다. 그물망 곡선 중에서 수선을 유지하면서 데이터를 재배치한 이유는 수선의 평행함을 이용하여 반균일 자료를 얻고자 함이었다. 비균일 B-spline 곡면 피팅의 경우 데이터 간격이 반균일(semi-even) 이상이어야 좋은 결과를 주기 때문이다[10].

3.3 양 방향 스키닝법에 의한 곡면화

앞에서 언급한 바와 같이 점들의 좌표와 기울기로서 선박과 같이 복잡한 경계면을 갖는 곡면을 정확하게 표현하기는 어려우므로 그물망 곡선을 이용할 수 있는 방법을 찾고자 하였다. 점들만의 자료보다는 구체적인 경계곡선이 주어질 때 원하는 곡면을 좀더 쉽게 얻을 수 있기 때문이다. 그물망과 같이 네 개의 경계곡선이 주어지는 경우 양 방향 스키닝법을 생각할 수 있다. 양 방향 스키닝법이란 네 개의 경계곡선 중에서 서로 마주보는 두 개를 단면곡선, 나머지 두 개를 안내곡선이라 할 때, 하나의 단면곡선이 안내곡선을 따라 맞은편 단면곡선으로 변해가면서 곡면을 이루는 방법이다. 선형 오프셋만으로 그물망 곡선을 구성하여 양 방향 스키닝법을 사용하게 될 때 이러한 네 개의 경계곡선을 만드는 것이 선수미부에서 어려움을 야기시킨다. 선수부 centerline contour와 두 개의 수선 및 스테이션 곡선으로 이루어지는 선수부 경계곡선의 경우 스테이션 경계곡선이 F.P 혹은 앞쪽의 스테이션이 되면 전 깊이에 걸쳐 네 개의 경계를 가진 사각형이 구성되지 못하게 된다. 전 깊이에 걸쳐 사각형이 구성되지 않기 위해서는 중앙부쪽의 스테이션을 선택해야 하는데 이렇게 되면 구상 선수부를 갖는 선형의 경우 스테이션과 선수부 centerline contour간의 간격이 너무 커지므로 정확한 형상을 표현하기가 어려워진다. 선미부 경우도 마찬가지이다. 이러한 어려움은 몇몇의 보조곡선을 줌으로써 어느 정도 해결이 가능하다. 선수부의 경우 구상선수부 가상곡선(imaginary line)을 보조곡선으로 이용하면 선수부의 급격한 형상변화를 표현하는데 많은 도움을 준다. 가상곡선이란 수선의 선수쪽 끝부분을 처리할 때 끝점에서 수직으로 그은 선

과 끝점 부근에서 수선 경향으로 이어진 선과 교차시켜 얻은 두 직선에 접하도록 원을 만들어 수선과 접촉하는데, 이 원의 반경을 구하여 흡수 방향으로 이어준 선을 의미한다[13]. 선미부도 마찬가지로 동일한 개념의 보조곡선을 생각할 수 있다. 그리고 중앙평행부 경우는 평행부도 포함하여 그물망을 구성하면 스키닝 결과가 평면을 벗어나는 부분이 발생하게 된다. 이 경우는 몇 개의 프레임을 추가하는 것으로 평면을 벗어나는 부분을 줄일 수는 있으나, 근본적인 해결책은 되지 못한다.

4. 계산에 및 결과 검토

단독곡선에 대한 순정결과를 Fig.1에 보였다. 곡률을 표시하여 순정도를 검토하였는데 좋은 결과를 보여준다. 계산에서 β_1 값은 0.01로 주었으며 순정과정을 네 번 반복하였다. Fig.2에는 끝점에서의 기울기를 변화할 수 있도록 개선한 결과를 보였다. 좌측의 그림은 끝점에서 경사를 90° 로 고정하였을 때이고 우측 그림은 기울기를 변화시킬 때의 결과이다. 이 경우 기울기 근처에서 몇 점은 고정하였다. 우측 그림이 좀 더 순정된 결과를 보여주는 것을 생각할 때, 선수나 선미부에서 점 좌표는 지나가도록 하면서 기울기를 고정해서 줄 수 없는 경우 좋은 해결책이 될 것이다. Fig.3에는 그물망 곡선 순정을 위해 입력된 그물망 곡선을 보였다. 선수부와 선미부로 나누어 표시하였으며, 선수부에 순정되지 못한 입력 부분을 원으로 표시하였다. 오프셋표에 없는 곡선으로 side tangential line과 가상곡선이 추가되었다. Fig.4에는 순정된 그물망 곡선으로부터 점 좌표를 재배치하여 비균일 B-spline곡면으로 피팅한 결과를 보였다. 왼쪽의 그림은 곡면을 평면과 교차시켜 단면곡선을 보인 것으로, 중앙평행부에서 수직으로 접속되는 부분과 바닥부근의 경계처리가 좋지 않은 결과를 보여준다. 또한 선미측부근이 처리가 완전하지 못함도 보여주고 있다. Fig.5에는 양 방향 스키닝법에 의한 곡면화 결과를 보여주었다. 패치(patch)로 표시된 곡면의 그림과 함께 각 단면곡선을 보였다. 선수부의 경우는 매우 좋은 결과를 보이고 있다. 선미부의 경우는 선미측 단면이 포함된 선미부 centerline contour의 영향이 선미측부근의 형상에 나타나는 결과를 보이고 있다. 이는 경계곡선이 너클을 포함할 때 양 방향 스키닝법에서 그 영향이 곡면에 나타나는 것으로 이에 대한 개선책이 필요하다고 생각된다. 선미부를 얻는데 사용한 가상곡선은 선수부와는 달리 스키닝법을 적용하기 위해 기하학적인 의미없이

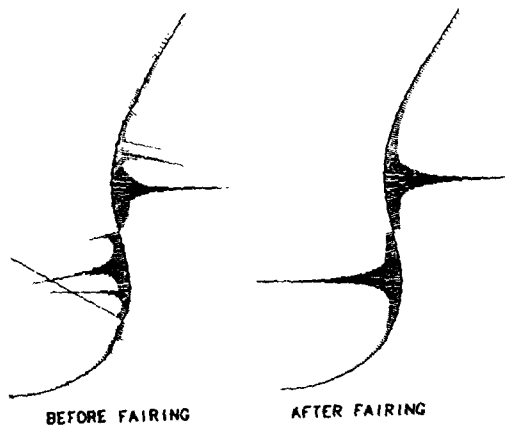


Fig.1 Result of mesh fairing for a curve

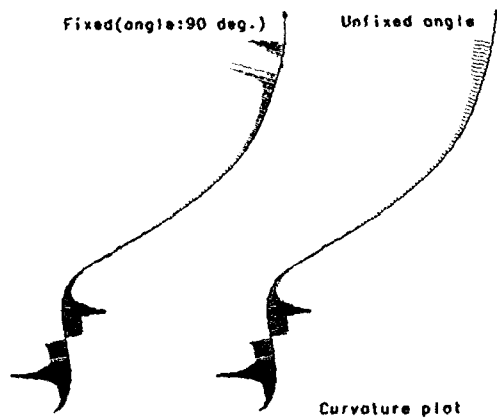


Fig.2 Effect of unfixing end tangent vector

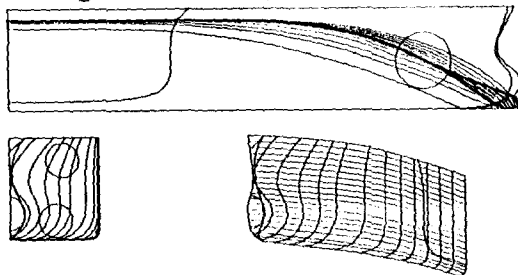


Fig.3a Input mesh curves(fore part)

도입되었다. 중앙평행부에서는 평면부의 정확한 표현을 위해 스킨닝으로 얻어진 점점들의 폭 방향 좌표가 폭보다 커지지 못하도록 구속하여 곡면을 생성하였다.

5. 결론

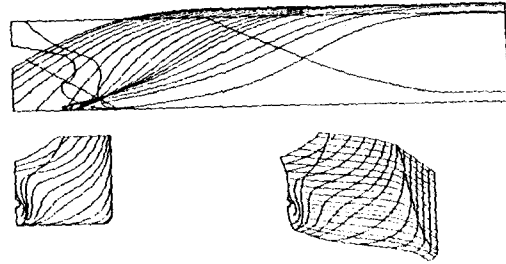


Fig.3b Input mesh curves (after part)

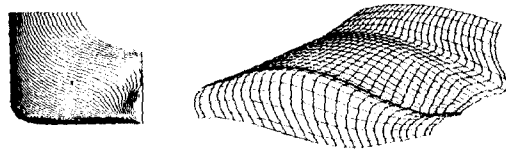


Fig.4 NUB fitted surface (after part)

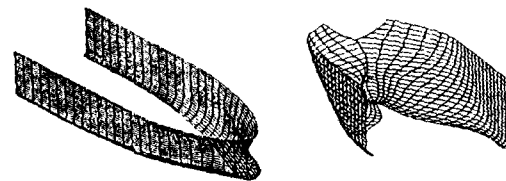


Fig.5a Skinning surfaces (after and fore)

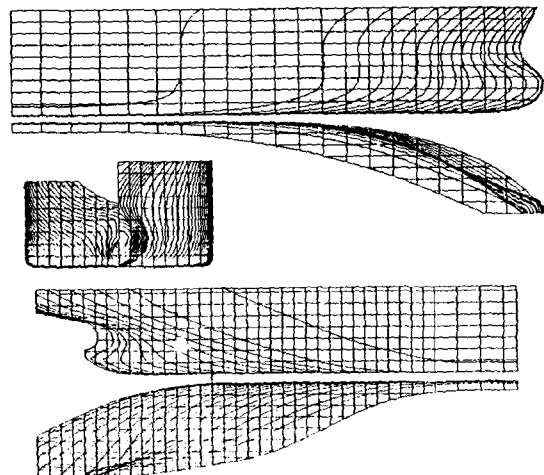


Fig.5b Sectional lines of skinning surfaces (after and fore)

선형의 순정방법으로 그물망 곡선을 이용한 순정법을 연구하였다. 먼저 그물망 곡선법에서 기울기를 변화시키도록 개선하여 적절한 기울기(예를 들면 수직)

를 주지 못할 경우에도 좋은 순정결과를 얻을 수 있음을 밝혔다. 곡면화 방법으로 좌표 재배치에 의한 곡면 피팅법과 경계곡선을 이용한 양 방향 스키닝법을 적용하였으며, 스키닝법에 의한 곡면화가 곡면 피팅법에 비해 좋은 결과를 주고 있음을 보였다. 결론적으로 그물망 곡선법은 선미부의 선미축 근처의 일부분을 제외하고는 선형의 순정을 가능하게 하였으며, 곡면 모델링에 있어서도 좋은 방법임을 알 수 있었다. 선미축 근처에서 너클이 발생하는 문제는 선미축 단면이후의 형상을 구상선수와 같이 선체가 계속된다고 가정하여 경계곡선을 만들고, 이 경계곡선을 이용 스키닝한 뒤 절단(trimming)하는 방법을 사용하게되면 해결할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 선수부나 선미부 표현의 문제점을 좀 더 근본적으로 해결하기 위해서는 경계곡선에 대한 별다른 제약이 없는 GC1(geometric continuity) composite 곡면 생성 방법을 사용하는 것도 한가지 방법이 될 것으로 생각된다.

후 기

본 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음을 밝히면서 상기 재단에 심심한 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

[1] Izumida, K. and Matida, Y., "Ship Hull Definition by Surface Techniques for Production Use", *ICCAS79*, 1979.

[2] Munchmeyer, F. C., Schubert, C. and Nowacki, H., "Interactive Design of Fair Hull Surfaces Using B-splines", *ICCAS79*, 1979.

[3] Rogers, D. F. and Satterfield, S. G., "Dynamic B-spline Surfaces", *ICCAS82*, 1982.

[4] 윤병호, 서승완, 김원돈, 김광욱, "B-spline을 이용한 선체표면의 표현에 관한 연구", 대한조선학회지, 제22권, 제3호, 1985.

[5] Lott, N. J. and Pullin, D. I., "Method for Fairing B-splines Surfaces", *CAD*, Vol. 20, No. 10, 1988.

[6] 김원돈, 남종호, 김광욱, "선형의 기하학적 모델링을 위한 직접순정법에 관한 연구", 대한조선학회지, 제28권, 제1호, 1991.

[7] Hosaka, M., "Theory of Curve and Surface Synthesis and Their Smooth Fitting", *Information Processing in Japan*, Vol 9, 1969.

[8] Nowacki, H., Liu, D. and Lu, X., "Mesh Fairing GC1 Surface Generation Method", *Proceedings of Theory and Practice of Geometric Modeling Symposium*, 1988.

[9] Rong, H., Chen, G. and Zhang W., "Nonuniform B-spline Mesh Fairing Method", *ICCAS91*, 1991.

[10] Choi, B. K., *Surface Modeling for CAD/CAM*, Elsevier, Amsterdam, 1991.

[11] Rogers, D. F. and Adams, J. A., *Mathematical Elements for Computer Graphics*, McGraw-Hill, New York, 1990.

[12] G. Farin, *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design: A Practical Guide*, Academic Press, New York, 1988.

[13] 김동준, "형상계수에 의한 선수미부 생성 기법 연구", 3차년도 CSDP 보고서, 해사기술연구소, 1991