

자유형상 구조물의 형상 정의 Form Definition of Free Form Structure

○ 박 재섭**, 우 일국**, 김 수영*
Jae Seob Park, Il Guk Woo, Soo Young Kim

요 약

3차원 자유형상 구조물인 선박, 비행체, 자동차 등의 최적형상 결정에 관한 구조해석을 위해서는 원하는 설계조건을 만족시키는 범위내에서 자유형상 구조물의 다양한 형상의 정의와 비교가 필요하다.

본 연구에서는 형상계수를 이용한 3차원 자유형상 구조물의 정의와 정의된 구조물의 체계적인 변화 및 구조해석을 위한 기하학적 형상정보의 도출을 시도하고, 이의 검증을 위해 선정된 자유형상 모델을 통해 이 방법의 유용성을 조사했다.

abstract

For the structural analysis of optimum form decision of 3-D free form structure such as ship, plane, automobile, definition of versatile forms and comparison between them satisfying the design criterion, is essential.

In this paper, three dimensional free-form structure and its variation are defined and attempts were made to obtain geometric form information for structural analysis. The validity of the method has been tested for a particular free-form model selected.

1. 서 론

전산기를 이용한 3차원 자유형상 구조물의 형상을 정의하기 위해서는 구조물의 형상을 수학적 으로 표현하는 것이 필요하고, 이 경우 정의하고자 하는 형상의 기하학적 특징을 나타내는 형상 계수를 정의한 후 이들의 조합으로 형상을 표현 하는 것이 구조물 형상의 기하학적 특성파악이나 체계적변형에 편리하다. 형상계수의 조합에 의 한 구조물의 형상정의는 경우에 따라서 부분적 표현에 불편한 점이 따르나, 사용하는 형상계수 들로부터 기하학적 특성파악이 쉽고, 형상계수 들의 값을 바꾸어줌으로써 체계적으로 형상변환 을 시킬 수 있는 장점을 갖는다.^[1,2]

따라서 본 연구에서는 자유형상 구조물의 형상 을 형상계수방법으로 정의하고, 정의된 구조물 형상을 각각의 형상계수들의 체계적 변경으로 변 환시켜 구조해석을 위한 기하학적 형상정보 도출 을 시도한다.

* 부산대학교 조선공학과 조교수

** 부산대학교 조선공학과 석사과정

또한 자유형상 구조물의 여러 특징을 나타내는 선박과 자동차 형상을 비교모델로 선택하여 본 방법의 유용성을 확인코자 한다.

2. 자유형상 구조물의 형상 정의 및 변형

3차원 자유형상 구조물의 정확한 형상정의는 구조물에 대한 계반계산(예를 들면, 구조강도 해석이나 공기나 물 등의 유동에 의한 외압 추정 등)의 수행 및 경우에 따라 필요하게 되는 최적 형상 결정을 위한 형상 변형작업을 위해 반드시 필요하다. 구조물의 형상을 보다 정확하게 정의 하기 위해서는 구조물의 기하학적 특성을 나타내 는 형상계수들이 잘 반영된 수학적 표현식에 의 해 정의하는 것이 좋다.

본 연구에서는 설계자가 원하는 형상 도출을 위해 형상계수를 정의한 후, 정의된 형상계수를 조합하여 자유형상 구조물을 표현한다.

형상계수란 구조물 형상의 특성을 나타내는 기하학적 크기로 정의할 수 있다. 형상계수 방법

이런 직접적인 형상설계 방법으로서 일련의 형상 계수들의 조합으로 직접 자유형상 구조물을 표현한다.

일반적으로 자유형상 구조물 설계에 사용되는 형상계수들은 Fig.1 에서 보듯이 점 parameter, 미분형 parameter, 그리고 적분형 parameter 들로 나눌 수 있다.[2]

- 점 parameter : $y_0 = y(0)$
 $y_1 = y(1)$
 $y_m = y(0.5)$ 등
- 미분형 parameter : $y'_0 = y'(0)$
 $y'_1 = y'(1)$
 $y''_0 = y''(0)$
 $y''_1 = y''(1)$ 등
- 적분형 parameter : $A = \int y(x) dx$
 $M = \int y(x) x dx$
 $I = \int y(x) x^2 dx$ 등

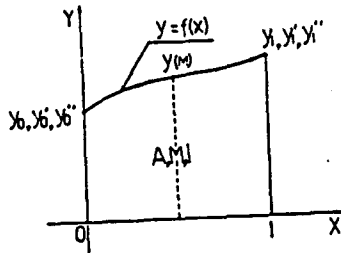


Fig.1 Set of Form parameter

구조물 형상의 세부적 표현 필요성에 따라서는 이들 외에 다른 형상계수들을 첨가하여 사용할 수가 있다. 즉 복잡한 구조물의 형상 표현을 위해서는 많은 형상계수들이 요구된다. 그러나 구조형상 표현의 결과를 설계자가 즉각적이고도 쉽게 해석 할수있게 하기 위해서는 상대적으로 작은 수의 형상계수를 사용하는 것이 편리하다.

또한 많은 형상계수의 선택은 다항식의 차수를 증가시키고 이것은 형상계수의 집합으로 표현되는 곡선의 진동 (oscillation)을 발생시키는 경향이 있기 때문에 형상계수 선택에 유의해야 한다. 즉 설계자는 다양한 형상계수들 중에서 가능한 최소의 형상계수들의 조합으로 우리가 원하는 정확성을 지니는 구조형상을 표현 할 수 있도록 해야 한다.

다양한 여러 구조물 형상들을 표현하는데는 일반적으로 다항식이 유리하다. 특히 구조물 형

상의 수학적 표현을 형상계수들의 결합으로 나타내고자 하는 경우에는 영향함수(influence function)로 정의되는 다항식들의 중첩에 의해서 원하는 형상곡선을 유도해 내는 기법이 이용될 수 있다.[3,4,5]

이것을 식으로 표현하면 곡선식 $y(x)$ 는

$$y(x) = \sum_{i=1}^J C_i Y_i(x) \quad (1.1)$$

여기서 C_i : i 번째의 형상계수의 값
 $Y_i(x)$: i 번째 영향함수
 J : 형상계수의 갯수

이며

영향함수 $Y_i(x)$ 는

$$Y_i(x) = \sum_{n=0}^{J-1} A_{in} X^n \quad (1.2)$$

로서 i 번째 형상계수에 대해서는 i 번째 영향함수만이 1로 정의되고 그 이외의 영향함수는 0으로 된다. 그리고 계수 A_{in} 은 형상계수들로부터 구해진다. 그러므로 형상을 나타내는 곡선식은 형상계수값 C_i 에 의해 곱해진 영향함수 $Y_i(x)$ 의 합으로 얻을수 있다.

그 결과의 곡선식은 :

$$y(x) = \sum_{n=0}^{J-1} B_n X^n \quad (1.3)$$

여기서 계수 $B_n = \sum_{i=1}^J C_i A_{in}$, $j=0,1,\dots,J-1$

로 된다

형상계수방법으로 3차원 자유형상을 표현하기 위해서 기본적으로 두가지 방법을 생각할 수 있다.[11]

- ① Two step method
- ② Single step method

Two step method는 자유형상을 표현하기 위해 2단계의 과정이 필요한 반면 Single step method는 1단계로써 바로 자유형상을 표현할 수 있다. 그러나 Single step method는 Two step method 비해 형상계수의 정의가 쉽지 않다.

따라서 본 연구에서는 3차원 자유형상 구조물의 형상정의물 위해 Two step method를 사용하였다.

Two step method

- 1단계 : 구조물 절단면 형상방정식의 결정
자유형상 구조물의 임의의 한 방향에 대한 절단면의 형상을 형상계수와 다항식의 조합으로 표현한다. 즉 절단면 형상으로부터 3차원 형상정의에 이용되는 기본곡선을 유도한다.
- 2단계 : 절단면 형상방정식의 Fitting
첫번째 단계에서 유도한 절단면에 대한 기본곡선을 이용하여, 임의의 좌표에 대한 절단면 형상방정식을 fitting하여 구함으로써 3차원 자유형상 구조물의 형상을 정의한다.

Fig.2는 구조물의 형상을 정의하는 일반적인 과정을 보여주며, Fig.3은 이에 대한 한 예로 자유형상 구조물의 하나인 선박에 대한 기본곡선 및 형상정의 과정을 나타내었다.

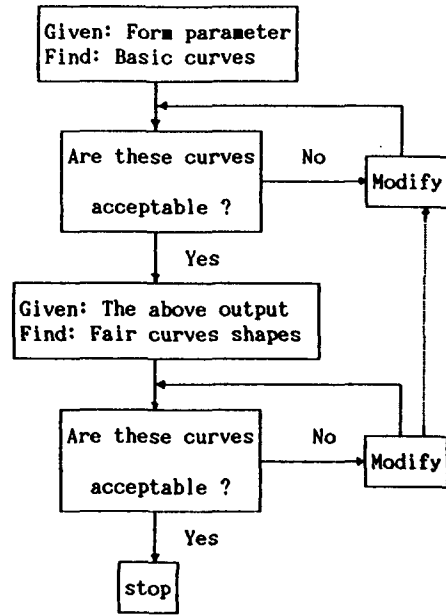


Fig.2 Procedure for Form Definition

2.1 자유형상 구조물의 형상 변형

3차원 자유형상 구조물의 변형에는 크게 다음의 3가지 방법이 있다.

- ① 형상계수의 변경에 의한 방법[1.2]
- ② 체계적인 변환에 의한 방법[7.9]
- ③ Control Vertex들을 이동시켜 변형시키는 방법[8]

3가지 방법중 특정방법의 선택 혹은 두가지 방법이상 병용은 그때그때의 경우에 따라 결정되며 본 연구에서는 형상계수의 변경에 의한 방법으로 형상변형을 시도했다.

형상계수의 변경에 의한 방법은 구조물의 형상을 정의하기 위해 사용된 형상계수중 설계자가 원하는 형상계수값을 기본곡선이 퇴화하지 않는 범위내에서 바꾸어 준다.

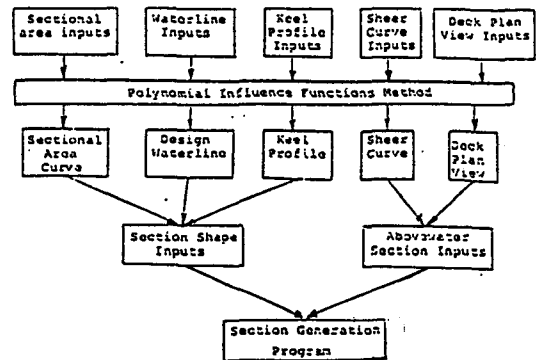


Fig.3 Procedure for Ship Form Definition

2.2 형상정의 및 변형 예

지금까지 정리된 방법을 이용하여

- ① $L_{pp}=180$ m, $B=28$ m, $T=10.5$
 $C_B = 0.75$, $LCB = 2.90$ m 인 화물운반선
- ② 길이(L) = 33 Cm
폭(B) = 12.54 Cm
최고높이(T) = 7 Cm 인 자동차 모형

이 사용되었다.

Fig.4.1~Fig.4.5는 선택한 선박의 형상계수값들에 의한 기본곡선들을 나타낸 것이며, Fig.5와 Fig.6은 각각 도출한 선박의 정면선도와 같은 방법으로 도출된 자동차의 3차원 형상을 나타낸 것이다.

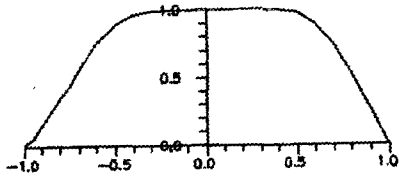


Fig.4.1 Sectional area curve

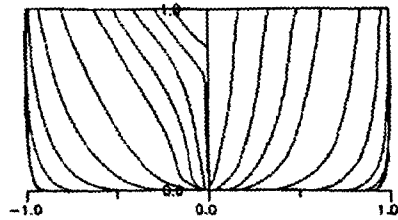


Fig.5 Body Plan of Bulkcarrier Ship

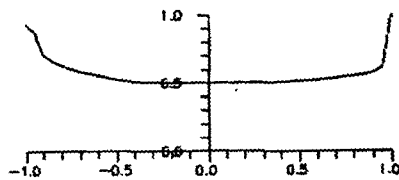


Fig.4.2 Centroid distribution

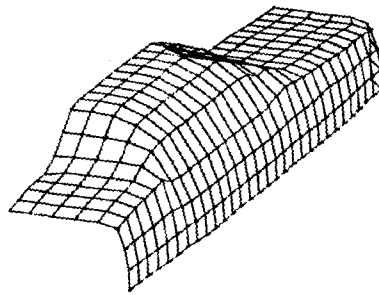


Fig.6 Three-Dimensional Form of Automobile

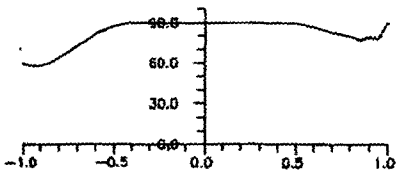


Fig.4.3 Angle of flare at DWL

Table 1.은 자유형상 구조물을 정의하고 변환하기 위해 필요한 형상계수에 대한 한 예로 선택한 선박 각 단면에서의 면적과 도심을 변경시킨 값을 변환전의 값과 비교하였다.

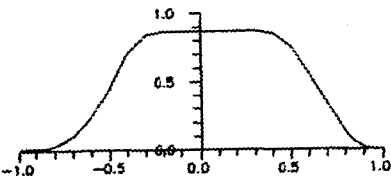


Fig.4.4 Bottom curve

Table 1. Sectional Area & Moment Comparison of Bulkcarrier Ship

Section Coordinate	Original Bulkcarrier		Varied Bulkcarrier	
	Area	Centroid	Area	Centroid
0.0	0.99513511	0.5022500	0.99513511	0.5022500
0.1	0.99513511	0.5022500	0.99513511	0.5022500
0.2	0.99513511	0.5022500	0.99513511	0.5022500
0.3	0.9943255	0.5026000	0.9943255	0.5026000
0.4	0.9930270	0.5031310	0.9930270	0.5031310
0.5	0.9714286	0.5097900	0.9714286	0.5097900
0.6	0.8939520	0.5211800	0.8939520	0.5211800
0.7	0.7394230	0.5329700	0.7394230	0.5329700
0.8	0.5208027	0.5507543	0.5118027	0.5527543
0.85	0.3913129	0.5605318	0.3823129	0.5625318
0.9	0.2557738	0.5762341	0.2457738	0.5782341
0.95	0.1168516	0.6166513	0.1078516	0.6186513
1.0	0.0	1.0	0.0	1.0

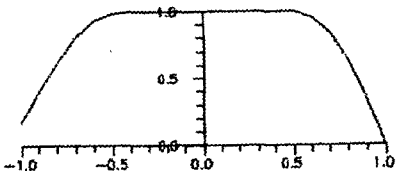
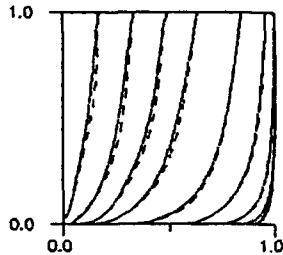


Fig.4.5 Design waterline curve

Fig.4 Basic Curves for Bulkcarrier Ship

여기서, 절단면의 좌표는 선박의 중앙형단면을 기준으로 하여 선수방향을 양의 방향으로 택하였다.

Fig. 7은 면적과 도심의 변화로 인하여 도출된 선형과 변형전 선박을 전반부 정면선도에서 비교하고 있다.



— : Original Bulkcarrier Ship
 - - - : Varied Bulkcarrier Ship
 Fig. 7 Body Plan of Original & Varied Ship

형상 정보의 도출은 구조계산이나 자유형상 외압계산 등을 위해서 필요하다. 정의되고 변형된 자유형상 구조물의 형상정보는 정의과정에서 도출(2)되거나 변환과정에서 직접적으로 얻어낼 수 있다.(2) 또한 도출된 형상은 B-spline Surface 기법으로 표현될 수 있고, 이렇게 표현된 형상을 필요한 제반계산의 편의에 따라 평면과의 교차점 결정으로 Grid generation에 이용할 수 있다.(10)

2.3 결과 분석

본 연구에서 정리한 형상계수 방법을 이용하여 실제 3차원 자유형상 구조물인 선박과 자동차의 형상정의 및 변형을 수행한 결과, 선박의 경우에는 형상계수에 대한 정보가 많이 축적되어 있어 별 어려움이 없었지만, 자동차의 경우에는 형상계수에 대한 정보가 적고, 모형의 자료를 이용하는 데도 어려움이 많았기 때문에 형상정의와 변형 결과가 많이 축적되지 않았다. 자동차의 경우에 발생하는 이러한 어려움은 단지 형상계수에 대한 정보만 정확히 얻어진다면(또는 자동차 형상정보만 충분히 얻어진다면) 무난히 해결될 것이라고 판단된다.

자동차나 선박 이외의 자유형상 구조물에 대한 형상 정의 및 변형을 시도할 경우에도 정확한 형상계수에 대한 정보가 반드시 필요하고, 이와같은 문제가 해결된다면 형상계수 방법은 대상 구조물의 형상을 정의하고 변형시키는데 매우 유용한 수단이 될 것이다. 특히 자동차나 선박의 형상은 일반구조물에서 볼 수 없는 자유형상을 지니므로 본 방법의 일반 구조물 형상 등에 대한 적용은 보다 쉬우리라 생각된다.

3. 결론

지금까지의 과정을 정리하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 형상계수 방법에 의해 3차원 자유형상 구조물의 형상정리가 가능하다.
2. 형상계수 방법은 정의된 자유형상을 설계자의 희망에 따라 체계적으로 변환시킬 수 있다.
3. 정의되고 변환된 자유형상으로부터 구조해석을 위한 형상정보 도출이 쉽게 수행되었다.

4. 참고 문헌

- [1] C.Kuo, "Computer Methods for Ship Surface Design", Longman Group Ltd., London 1971.
- [2] 강사원, "B-spline Form Parameter 방법에 의한 선형설계기법 연구" 부산대 대학원 석사 학위 논문, 1990.
- [3] H.Thieme, "About the Fundamentals for Mathematical Lines Plan for a Cargo Ship" (in German), Schiffstechnik, 1955/56.
- [4] G.Kuiper, "Preliminary Design of Ship Lines by Mathematical Methods", Journal of Ship Research, vol.14(1), 1970, pp.52-66
- [5] A.M.Reed, H.Nowacki, "Interactive Creation of Fair Ship Lines", Journal of Ship Research, vol.18, 1974, pp.94-112
- [6] P.S.Granville, "Geometrical Characteristics of Stream Shapes", Journal of Ship Research, vol.13(4), 1969, pp.299-313.
- [7] H.Lackenby, "On the Systematic Geometrical Variation of Ship Forms", Transaction INA, vol.92, 1950, pp.289-316
- [8] 김홍수, "B-spline Surface 기법을 이용한 선체형상의 표현에 관한 연구", 부산대 대학원 석사학위 논문, 1990.
- [9] 김수영, 강사원, 우일국, "선형의 변환기법에 관한 연구", 부산대학교 공과대학 연구보고, 12. 1990.
- [10] 강사원, 김수영, "실적선 DATA를 이용한 기준 선형의 정의 및 변환", 대한조선학회, 1991. Proceeding.