
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 33 卷 第 1 號 1996年 2月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 33, No. 1, February 1996

조선 CIM을 위한 선형 설계 시스템에 관한 연구

우일국*, 이원준*, 조학중*, 윤덕영**, 최영복***

A Study on the Hull Form Design System for CIM in Shipbuilding

by

I. G. Woo*, W. J. Lee*, H. J. Jo*, D. Y. Yoon** and Y. B. Choi***

요 약

선형 설계는 concurrent ship design의 첫단계로서, 조선 CIM 시스템 구축을 위해 매우 중요하다. 본 논문에서는, 이러한 인식하에 CIM 개념에 입각한 초기 설계 단계에서의 선형 설계 업무와 기능에 대하여 정리하였다. 그리고, 상용 3D-CAD 시스템을 이용한 선형 설계 시스템(DWHULL)을 개발하였다. 결론 부분에서는 향후 개발 방향 및 시스템 보완 사항을 제시하였다.

Abstract

The hull form design is the first step of the concurrent ship design and production. At this point of view, to provide the hull form design system is very important to build the CIM system in shipbuilding.

For this, we described about the functionality and the practices of the hull form design for the initial design stage based on the CIM concept. Also, we developed the hull form design system (DWHULL) using commercial 3D-CAD system.

In the conclusions, we suggested the advance of the system and the direction of further development functions.

발 표 : 1995년도 대한조선학회 춘계연구발표회('95. 4. 21)

접수일자 : 1995년 5월 29일, 재접수일자 : 1995년 12월 1일

* 대우중공업(주) 선박해양기술연구소 CIMS 팀

** 정회원, 조선대학교 선박해양공학과

*** 정회원, 대우중공업(주) 기본설계부

1. 연구 배경

최근 조선소에서는 기술력 우위와 생산성 향상을 통한 경쟁력 확보의 일환으로 컴퓨터 통합 생산 체계(CIM)의 필요성을 느끼고 있다. 조선 업은 그 규모가 복잡/방대하고 각 분야별로 각종 CAD/CAM 시스템이 활용되고 있어, 제품 모델을 기반으로 한 통합 시스템의 구현이라는 CIM의 추진은 필수 불가결한 과제이다. 선박을 설계하고 생산하는 전 과정에서 발생하는 각종 정보의 손실과 이에 따른 반복 생성, 그리고 이들 정보간의 정합성 문제에 대한 효율적인 대처 방안은 선박을 데이터베이스 내에 제품 모델로서 저장하고, 제품 모델을 근간으로 하여 각 단계별 설계와 생산 과정을 유기적으로 연결하는 것인데, 이것은 CIM 추진 목표와 일치한다. 본 연구에서는 조선 CIM 구축을 목표로 그 첫단계인 초기 선형 설계 지원 시스템을 구축하고자 하였다. 이는 조선 CIM 시스템의 한 부분으로서, 선형 설계 과정과 선체 곡면 모델링 과정을 유기적으로 연결한 선형 설계 지원 시스템을 개발하는 것이다.

종래의 선형 설계에서는 설계 parameter들(L, B, D, Cb, LCB, Cm, 등)의 결정과 힘든 Cross Fairing 작업 후의 결과가 단지 Lines와 Offset으로만 남아 있다. 따라서, 상세 설계 등, 선형 설계 이후의 공정에서 Offset 데이터 이외의 상세한 선형 데이터가 필요한 경우, Lines로부터 측정하여 이들 정보를 얻어야만 한다. 이것은 매번 선형을 다시 정의하여야만 한다는 것이며, 측정 자와 측정 방법에 따라 초기 선형 데이터와의 불일치를 초래한다. 또한 구조/의장 등과 같이 독자적인 시스템(예를 들면 구조 설계의 SteerBear 시스템과 의장 설계의 CV 시스템 등)을 구축한 상이한 공정들 간에서는 선형을 정의하는 방식마저도 Cubic-spline과 B-spline이라는 차이가 있어, 반복 생성에 의한 인력의 낭비와 더 많은 데이터의 불일치를 일으킨다. 한편, 선형 설계 과정도 이중구조로 나누어져 있다. 해석과 성능적인 측면에서 선형을 결정된 후에, 다시 생산 요소를 고려한 추가적인 선형 정의를 진행한다. 즉, 상세 설계 이후

에 요구되는 정보를 부가하기 위해 반복적인 형상 정의 과정과 fairing 작업을 수행하는 것이다. 또한 선형에 대한 평가에 있어서도 종래의 선형 설계 과정에서는 유체력 계산 등의 해석 모듈들이 선형이 확정된 이후에 설계자의 주관적인 판단에 대한 확인 수단으로 활용되지만, 보다 우수한 선형의 개발을 위해서는 예상되는 모든 설계 변경에 대해 선형 정의 과정과 평가가 순차적으로 반복 검토되어야 한다. 그리고, 동시다발적인 공정의 진행이라는 조선 공업의 특성상, 선형 설계와 더불어 구조 설계, 의장 설계, 생산 계획 등의 일련의 작업들이 동시에 진행되어야 함에도 불구하고, 정보를 공유하거나 기존에 정의된 선형을 활용할 수 있는 설계 시스템이 없기 때문에, 선형 설계 과정이 끝난 이후에야 타 부문의 작업이 진행될 수 있다. 위에서 언급된 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 제품 모델 형태로 선형을 정의하는 선형 설계 시스템의 개발이 반드시 필요하다. 선형 설계 시스템 구축시, 시스템에서 요구되는 기능 요건은 다음과 같다.

- 1) 초기 설계에서 생산 설계를 거쳐 생산까지의 선박 건조 전 과정에 걸쳐 완전한 선형 정보를 제공할 수 있어야 한다.
- 2) 선형 정보의 일관성을 유지하면서 설계 변경을 쉽게 할 수 있어야 한다.
- 3) 설계 parameter 변경에 따라, 이후의 설계 과정이 시스템에 의해 자동적으로 재 수행되어야 한다.
- 4) 이를 위해서는 형상 모델러, 데이터베이스, Parametric Design 기능, 조선 공학 제계산 기능이 필요하고 이러한 기능들을 각 조선소별 특성에 맞는 설계 과정과 접목해야 한다.

이와 같은 요구 조건을 만족한 선형 설계 시스템이 구축되었을 때, 선형 설계자는 따로 생산용 정보의 추가에 대한 부담이 없어지고, 성능적인 측면에서의 고려만으로도 선형의 정의가 가능하다. 또한, 설계와 생산, 전 공정에 걸쳐 선형 정보의 전달이 원활하게 된다.

대우중공업(주)에서 선형 설계 시스템 개발에 대한 연구는 현재 실용화를 목표로 활발히 진행되

고 있다. 이전에 발표된바 있는 연구에서는 선형 설계 시스템 개발을 위한 시스템의 형상 모델러에 대한 연구가 진행되었다. 자유 곡면 표현에 유리하다고 알려진 B-spline을 이용한 모델러 개발 [1,2]이 연구 대상이었다. 그러나, 모델러를 직접 개발하는 것은 많은 시간을 요구하였으며 아울러 안정적인 실용 시스템의 실현 가능성도 매우 작았다. 따라서, 형상 모델러는 기능적으로 우수하고 CIM 구현에 적절하며, 빠른 속도로 발전되는 상용 CAD시스템을 선택하여 활용하고, 조선소에서는 축적된 조선 실무 지식을 바탕으로 모델링과 설계의 유기적인 결합에 연구 목표를 두는 것이 선형 설계 시스템 개발 전략으로 가장 효율적이라는 결론을 얻었다[3]. 모델러로서의 상용 CAD 시스템의 채택은 연구 개발 과정에 대한 시각의 전환을 요구한다. 시스템 개발자는 상용 CAD 시스템에 대해 일반적인 형상-곡선, 곡면 등을 표현하기 위한 도구라는 인식을 먼저 가져야 하며, 또한 상용 CAD 시스템만으로는 선형 설계를 직접적으로 지원하지는 못한다는 것을 알아야만 한다. 선형 설계 과정과 설계 기법에 따라, 새로운 명령들을 만들고, 기존의 명령들을 전용화된 명령으로 바꾸어 나가는 과정이 중요하다. 이에 따라 상용 CAD 시스템 중의 하나를 모델러로 선택하였고, 이를 근간으로 선체 특성을 반영한 곡면 모델링에 대한 방법론을 연구하였으며[4], 본 연구의 기초로 사용하였다. 또, 모델링 방법론을 정립한 후, 선형 설계 절차와 세부 기법에 대한 조사를 하였고[5,6], 종래의 선형 설계 과정에서 발생하는 문제점들을 해결하고, 개발된 시스템에 대해 기존의 설계자들이 사고의 획기적인 전환이나 불편함이 없이 자연스럽게 CIM 진행에 참여할 수 있는 방안을 협의하여, 선형 설계 시스템의 개발 계획안으로 활용하였다.

본 논문은 그 동안의 개발 과정에서 얻은 연구 결과로서, 상용 CAD 시스템(VDS: Vehicle Design System)을 형상 모델러로 사용하여[7,8,9] CIM의 첫단계인 초기 설계용 선형 설계 시스템을 구축한 방법론과 그 개발 결과이다.

2 선형 설계 시스템

2.1 선형 설계 과정

선형 설계 시스템의 구성 관계를 Fig.1에 나타내었다. 먼저, 데이터베이스를 통해 선주의 요구 조건에 맞는 기준선형을 선택하고, 주요목 변환(Dimension Variation)과 Cp 변환을 통해 선형을 구체화시킨다. 이 과정에서는 Cp 곡선의 확인 작업과 유체 정역학적 및 동역학적 검토가 반복적으로 수행된다. 그리고 곡선에 대한 Fairing 작업을 진행하고, 선체 곡면을 정의한 뒤, Fairness 검토에 따라 곡면 Fairing을 수행한다. 설계의 변경에 따라 이 과정들은 반복될 수 있으며, 최종적인 선형이 확정되면, 이들 정보를 데이터베이스에 저장한다. 후공정으로의 선형 데이터의 전달은 각 단계별로 데이터베이스를 통해 수시로 이루어진다.

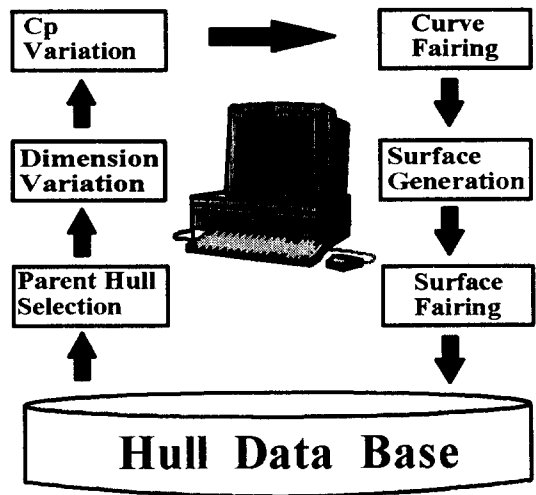


Fig.1 선형설계 시스템의 구성

2.2 개발된 선형 설계 시스템의 개요[10]

현재 구현된 선형 설계 시스템이 갖추고 있는 기능은 Table 1.에 표시되어 있다. 이것에서 알 수 있듯이 개발된 시스템은 크게 선형을 정의하는 기능과 fairing, 변환 및 출력의 4가지 기능으로 나

누어진다. 본 선형 설계 시스템은 선형이 데이터 베이스 내에 곡면까지 정의되어 있는 경우와 종래의 선형 설계 과정에서 사용된 데이터 파일 형태로 존재하는 경우를 모두 지원한다. 개발된 선형 설계 시스템에 의해 많은 선형 설계가 진행되고, 선형들이 데이터베이스 내에 저장되면 종래의 선형 설계 과정에서 사용된 데이터 파일 형태에 대한 지원은 불필요하게 될 것이다.

Table 1. Functions of Hull Design System

선형 정의	Principal Dimension의 정의	
	데이터 파일 확인 및 수정	
	점 및 선형 곡선의 대화식 생성	
	점 및 선형 곡선의 자동 생성	
	교차(Intersection)에 의한 Lines 곡선 생성	
선형 변환	곡면 정의	
	Hydrostatic 계산 및 Cp 곡선의 Display	
	주요 목 변환	L, B, T, D 변환
		Bossing 높이의 변환
		Transom 위치(길이, Immersion Depth) 변환
Bulbous Bow의 길이 변환		
Cp 곡선에 의한 변환		
선형 순정	곡선 변환과 연관성을 가진 곡률 표시	
	선형 Data 의 조정	곡선에 임의의 점의 추가 및 삭제
		설계자 지정 2차원 면상에서의 데이터 점(Data Point) 이동
	GUI를 이용한 데이터 점의 점진적 이동	
	곡선의 Global 형상 변경	
Control Vertex 조정에 의한 Fairing		
출력	Frame 데이터 추출	
	선체곡면 정보 분리	
	도면 생성	
	Hydrostatic 계산 Package(SIKOB) 입력 파일 (inhull74) 생성	
CFD code(SHIPFLOW) 입력 데이터 제공		

2.2.1 선형의 정의

Offset 데이터와 곡선의 Option을 읽어 들여 자동으로 지정한 곡선을 생성하고 최종적으로 선형을 곡면으로 정의한다. 설계자가 만들어 주는 선형 입력 데이터 형식은 Fig.2와 같고, 곡선의 Option은 다음의 5 가지로 분류된다.

- R : Reference Point [11]
- L : Straight Line
- F : Free Form Curve (Least square Curve)
- A : Arc
- D : Direct Fit Curve

INDATA xyz	:	Data 작성 순서는 x, y, z 좌표 순임. 예) Waterline의 경우 : zxy
SEC_-0.3 -5.500	:	Section -0.3번으로 A.P.에서 -5.5 m 떨어짐.
HBr Hgt	:	이 지점의 좌표를 Centerline Profile로 부터 Reference하여 생성하고 Direct Fitting하여 곡선정의
R CEN_AFT_A D	:	
0.51000 18.00000		
2.72000 19.00000		
8.26600 23.00000		
8.52500 23.30000 L		
8.52500 34.00000		
SEC_0 0.000		
HBr Hgt	:	다음 Option이 나올때 까지의 데이터를 이용하여 Free Form Curve 정의
R CEN_AFT_A F	:	다음 지점까지 직선
1.66000 17.00000		
3.94000 18.00000		
10.83200 23.00000		
11.04500 23.30000 L		
11.04500 34.00000		
SEC_10 170.000		
HBr Hgt	:	3점에 의한 Arc 정의
R CEN_AFT_A L	:	
32.00000 0.00000 A		
33.73200 1.00000		
34.00000 34.00000 L		

Fig.2 선형 입력 데이터 형식

선체 곡면 정의는 각 작업 단계별로 정의하는 방법을 달리한다. 초기 단계에서는 대략적인 곡면만을 정의하고, 설계가 구체화되면 곡면도 구체화시킨다.

한 예로 초기에는 초기 공정 물량 산출을 위해 전체 선형중 Hold부위만 정의하고, 이후에 모든 검토가 끝난 후 설계가 완성되는 시점에 선수미부를 정의한다.

2.2.2 선형의 변환

주요목 변환 및 Cp 곡선의 변환에 의한 전체 변환을 지원한다. 또한 선형 주요 특성 곡선인 Centerline Profile, Bottom Tangent, Side Tangent의 국부 변경이 가능하다.

(1) 주요목 변환

주요목의 비율에 따른 기준선의 Offset을 변환한다. 이때에는 주요목비 (길이비, 폭비, 흘수비)뿐만 아니라 선미의 경우 Shaft Center Height, Transom의 잠김 위치 지정에 따른 변환을 할 수 있고, 선수의 경우에는 선수 벌브의 길이에 따른 변환을 할 수 있으며, 중앙 평행부에서는 빌지 반경의 형상(사분원)을 유지하면서 변환을 할 수 있다.

(2) Cp 변환

요구된 Cb(용적), LCB의 조정을 위해 Frame 단면을 이동한다. 본 연구에서 사용된 변환 방법은 Lackenby 방법[12]이 사용되었다. Cp 곡선의 변환시 설계자는 다음의 두 가지 조합으로 목적 값을 주어 이를 만족하는 새로운 Offset 데이터 및 선형 Parameter 값들을 구하는 것이 가능하다.

- 선수미부 각각에 대한 주형계수(또는 방형비척 계수)와 중앙 평행부 길이 지정
- 선박 전체에 대한 주형계수(또는 방형비척계수)와 길이 방향 부심 위치, 중앙 평행부 길이 지정

(3) Cp 곡선의 표시

Hydrostatic 계산과 길이 방향 단면 면적 분포를 보여주는 Cp 곡선을 표시할 수 있다. 그 내용은 다음과 같다.

- 주요목
- Cp 계수 분포
- Volume
- Cb, Cp, Cm, LCB

이 과정이 끝나면 각각의 곡선에 대한 수정 작업 및 fairing 작업에 들어가게 되고 곡면 모델을

생성할 수 있게 된다. 정의 및 변환된 선형의 검증을 위한 Cp 곡선과 Hydrostatic 계산 예를 Fig.3에 나타내었다.

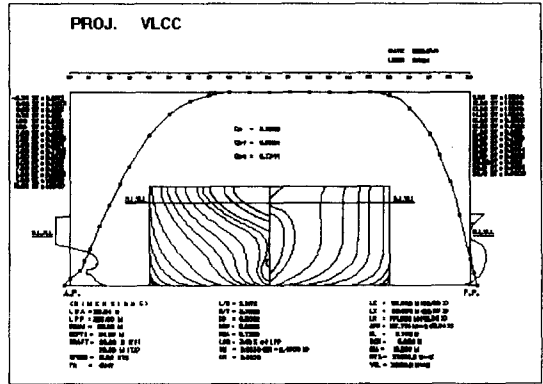


Fig.3 Cp 곡선과 Hydrostatic 계산 결과

2.2.3 선형의 수정 기능 및 fairing 작업

초기에 변환된 선형의 데이터 점(Data Point)들을 사용하여 선형 fairing(Lines Fairing) 작업을 한다. 주어진 모든 Offset point에서 곡선, 곡면에 이르는 모델링 과정이 연관 관계를 가지고 있어 곡선의 fairing 작업 결과는 최종 곡면 모델에까지 직접 영향을 미쳐 원하는 선형의 곡면 모델을 얻을 수 있다. 즉, 이미 수행된 모델링 과정은 설계자가 재 수행할 필요 없이 시스템에서 자동적으로 수행된다. 이는 선형 설계 작업의 결과가 단순히 기하학적인 결과만을 가지고 있는 것이 아니라 설계 과정까지 포함하고 있음을 의미한다.

선형의 fairing 작업은 fairness의 검토, 수정의 과정이 반복적으로 이루어진다. 본 시스템에서는 이를 위해 다음의 기능을 갖는 프로그램을 작성하였다.

- 곡선과 연관성을 갖는 곡률 반경 Display 기능
- 입력 Data Point의 이동, 삭제, 추가 기능
- GUI를 이용한 Data Point의 조정
- 곡선의 Global 형상 변경

곡선의 fairing 작업시 설계자의 판단을 보조하

기 위해 곡선의 곡률 반경을 표시한다. 이 명령은 데이터 점의 변경에 따라 곡선의 형상이 바뀌면 그 곡선의 곡률 값을 자동으로 계산하여 그 변화를 즉각 화면상에 나타내는 기능이다. 이러한 기능은 곡선 변화에 따라 설계자가 매번 곡률을 다시 계산하라는 명령을 선택하는 것보다 훨씬 효율적이고 편리하다. 이 예를 Fig.4에 나타내었다.

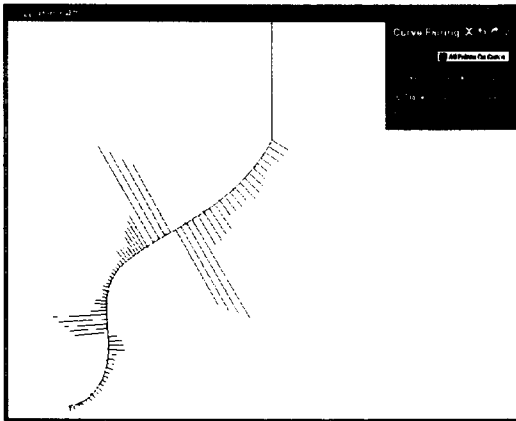


Fig.4 곡선의 변경과 곡률 변화

2.2.4 출력

설계가 완료된 선형은 데이터베이스에 저장이 되며 여러 가지 요구에 대응되는 선형 정보를 동일한 선형 모델에서 일관되게 제공한다. 현재 개발된 시스템에서 제공되는 기능은 아래와 같다.

- 정의된 선형(곡면)으로부터 Frame 별 Offset 데이터 추출 기능(Fig. 5)
- 구획이나 구조 설계시 데이터 양을 줄이고 선체 곡면만을 편리하게 선택할 수 있도록, 점 및 곡선 정보를 제외하고, 곡면 정보(NURBS 곡면)만을 따로 분리하여 전달하는 기능
- 도면 생성을 위한 Plotting 기능
- Hydrostatic 계산 Package(SIKOB) 입력 파일 (inhull74) 생성 기능
- CFD code(SHIPFLOW) 입력 데이터 제공 기능

1.000 Station	16.100
1.354	1.000
2.161	2.000
2.636	3.000
2.916	4.000
2.000 Station	32.200
5.469	1.000
6.677	2.000
7.439	3.000
.	.
.	.
.	.

Fig.5 곡면 모델에서 생성된 Frame 데이터

2.3 선형 설계 적용 예 (VLCC 선형)

앞에서 논의한 선형 설계 및 모델링 방법에 대한 검증에 대해 실선에 대한 선형 설계 작업을 수행하였다. 설계된 선형 모델은 곡선, 곡면 모델을 모두 포함하고 있으므로 곡면 모델의 fairness 검사를 한 후 곡선 모델을 수정하는 일련의 반복 작업을 거쳐 만족스러운 선형을 얻을 수 있다. Fig. 6는 최종 정의된 선형을 보여 준다.

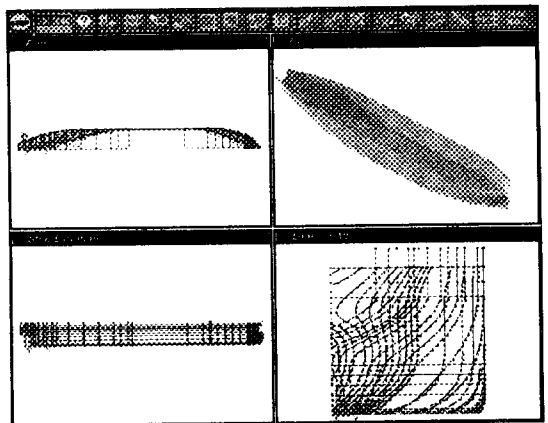


Fig.6 최종 정의된 선형

3. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 종래의 선형 설계 과정에서 발생하는 문제점 해결과 조선 CIM 시스템 개발의 일환으로 상용 CAD 시스템을 이용하여 선형 설계 시스템을 개발하였다. 그 과정을 통해 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 조선 CIM 구축을 위한 통합 시스템의 한 부분으로서, 선형 설계 과정과 선체 곡면 모델링 과정을 유기적으로 연결한 초기 선형 설계 지원용 시스템을 개발하였다.

2) 선형을 제품 모델 형태(선체 곡면, 설계 과정, 평가 결과 등이 모두 포함된 형태)로 정의함으로써, 설계 및 생산 전 공정에서 선형 정보의 통합성이 유지된다.

3) 선형 설계가 완전히 끝나지 않은 상태에서도 초기 선형을 사용한 동시다발적인 공정의 진행이 가능하므로 설계/생산의 공정 지연을 줄일 수 있다.

4) 곡면으로 정의된 선형 모델로부터 다양한 선형 정보를 제공 받을 수 있어, 광범위한 성능 평가 및 해석을 통해 원하는 설계 목표를 쉽게 찾을 수 있다.

현재 개발된 선형 설계 시스템은 본 연구의 목적에 완전히 부합하지는 못한다. 기존의 선형 설계자들이 사용하였던 데이터 파일을 개발된 선형 설계 시스템에서 사용하기 위해서는 다소의 수정이 필요하다. 또한, 선수미 끝단 round 부분과 선미 Boss 부분 같은 상세 설계 이후에 요구되는 형상 특성들을 정확하게 정의하기가 어렵다. 앞으로 이런 문제를 해결하기 위해서 지속적인 연구와 개발이 진행될 것이다. 그리고 선형 설계 시스템의 지능화 작업도 함께 추진할 것이다. 이러한 보완 작업이 어느 정도 완료되었을 때, 실제 선형 설계 업무에 적용하여, 연구와 실무 사이에서 발생하는 차이를 없애고자 한다.

이상으로 개발된 선형 설계 시스템에 대해 현재의 상황과 앞으로의 개발 방향을 살펴보았다. 본 과제는 조선 CIM 구축의 첫단계로서, 일단 과제가 성공적으로 완료되면 조선 CIM추진에 있어 하나의 지표로 작용하리라고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Rong Huanzong 등, "Nonuniform B-spline mesh fairing method", ICCAS '91, pp 261-272, 1991
- [2] 이상찬, "자동차 외형 설계를 위한 CAD 시스템의 개발", 서울 대학교, 박사 학위 논문, 1992.8
- [3] 小山健夫 등, "船形設計用 3次元 CAD 시스템의 試作", 일본 조선 학회 논문집 제174호, pp 745-754, 1993
- [4] 우일국 외, "상용 CAD 시스템을 이용한 선형 정의", 대한 조선 학회 '94 춘계 연구 발표회, 1994.4
- [5] 김호충, "저속 비대선의 선형 계획", 대한 조선 학회 '93 춘계 연구 발표회, 1993.4
- [6] 森正彦, "船形設計 Note 1~10", 선의 과학 vol.46, 1993~1994.
- [7] Intergraph, *I/VDS Reference Manual*, 1993.
- [8] Intergraph, *PPL Reference Manual*, 1993.
- [9] Intergraph, *Forms Reference Manual*, 1993.
- [10] 우일국 외, "상용 CAD 시스템을 이용한 선형설계 시스템 개발", 선박설계연구회 '95 동계연구 발표회, 1995. 2.
- [11] KCS, *SteerBear Hull Modelling User's Guide*, 1991.
- [12] H.Lackenby, "On the Systematic Geometrical Variation of Ship Forms", *Transactions RINA*, vol.92, pp 289-316, 1950