

大韓造船學會論文集
 제 30 卷 第 3 號 1993 年 8 月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 30, No. 3, August 1993

선체 구조설계로 부터 구조해석 모델 생성에 필요한 데이타의 추출과 정형화에 관한 연구

이재환*, 김용대**

A Study on the Data Extraction and Formalization for the Generation
 of Structural Analysis Model from Ship Design Data

by

Jae Hwan Lee* and Yong Dae Kim**

요 약

선체 구조해석에서 유한요소의 활용에 따라 3차원적인 모델이 필요하게 되었으나 선체구조는 매우 복잡하고 주문생산에 따른 선체규격의 상이함에 의해 유한요소 모델링에 어려움이 많다고 할 수 있다. 유한요소 소프트웨어에서 제공하는 pre-processor나 geometric modeler를 활용하여 모델링을 짧은 시간내 편리하게 하기 위해서는 DB에 저장된 설계 데이타로 부터 요소형성에 긴요한 데이타들을 추출하여 사용할 필요가 있게 된다. 본문에는 engineering database의 부분적인 구현 예로서, 설계-해석 자동화의 한 분야인 유한요소 모델링에 필요한 내용들이 설계 데이타로 부터 추출되어 관계형 데이타 테이블로 정형화되는 과정이 개념적으로 나타나 있다.

Abstract

As the finite element method has become a considerable and effective design tool in ship structural analysis, modeling of three dimensional finite element mesh is more necessary than before. However, the unique style and complexity of a ship usually make the modeling be hard and costly. Although most pre-processor of FEM software and geometric modeler provides modeling function, the capability is quite limited for complicated structure. In order to perform FEM modeling quickly, it is necessary to extract, rearrange, and formalize

발 표 : 1992년도 대한조선학회 춘계연구발표회('92. 4. 18.)

접수일자 : 1992년 5월 25일, 재접수일자 : 1993년 5월 26일

* 정회원, 충남대학교 선박해양공학과

** 정회원, 한국기계연구원 선박·해양공학연구센터

data from ship design database for partially automatic mesh generation. In this paper, the process of designing relational data tables from design data is shown as a part of analysis automation with the application of engineering database concept.

1. 서 언

최근 선박설계 및 생산업무처리과정을 전산화하는 연구(CSDP)가 진행되고 있으며 초기 기본설계로부터 구조해석(CAE) 및 생산에 이르는 과정을 자동화하는 과정이 수반되고 있다[1]. 선박설계에는 다량의 데이터가 사용되며 구조해석 및 생산과 연관된 정보를 발생한다. 이 중에서 필요한 데이터는 적합한 형태의 데이터 테이블로 구성된 후 database(DB)에 저장되어 구조해석에 사용될 경우 설계와 해석과정 연결에 기여할 수가 있다.

선체구조는 중부재, 횡부재, 늑골, 거더, 횡격벽 등의 복잡한 3차원 구조물이며 주문생산이라 선체마다 상이한 유한요소 모델이 필요한 문제가 있다. 따라서 유한요소 프로그램에서 제공하는 pre-processor로 유한요소 모델링을 하기에는 미흡한 점이 많으며 발전된 geometric modeler 사용시 다소 편리하나, 자동화된 모델링기법이 없는 경우 각종 선체에 따라 반복작업을 하는 어려움이 있게 된다. 따라서 모델링 및 해석 소프트웨어에 공통적으로 사용가능한 형태의 데이터가 정형화될 필요가 있다.

본 논문에서는 유한요소 모델링에 필요한 데이터가 설계데이터로부터 추출되어, 구조해석용 데이터를 제공하는데 필요한 관계형 데이터 테이블로 정형화되었으며, 또한 선체구조해석후 과도한 용력과 변형이 발생하는 부분에 대한 정보가 역시 구조해석 DB에 저장되어 재설계에 대한 정보로써 귀환 되는 점 등이 고려되었다.

2. 엔지니어링 데이터 베이스

데이터베이스는 실세계의 대상이나 사상에 관한 사실을 모델화해서 표현한 것으로, 서로 연관된 정보의 중복을 최소화하여 한 곳에 모아 저장함으로써 다수의 사용자로 하여금 필요한 정보를 공유하도록 한 정보의 집합체이다. 지금까지 실용화되어 실제 이용되고 있는 대부분의 데이터베이스는 주로 일상의 언어, 즉 숫자를 포함한 간단한 문자열만을 처리대상으로 함으로써 그 용도가 비즈니스 업무용으로 한정되

어 왔다. 그러나 오늘날의 선박설계업무에서 제품을 설계, 생산하는 각각의 업무를 컴퓨터를 이용하여 자동화함으로써 비용절감, 생산기간단축, 품질향상, 수요자의 요구에 부응하는 제품을 생산하는데 모든 노력이 경주되고 있으며, 특히 그런 과정에서 발생하는 각 업무 단계별로 고립된 자동화(islands of automation) 현상을 극복하기 위해 엔지니어링 데이터베이스 개념을 토대로 CIM(computer integrated manufacturing system : 컴퓨터 통합 생산시스템)을 실현하고자 추진하고 있다.

2.1 엔지니어링 데이터베이스의 개념

기존의 선박설계 분야에서는 AUTODEF 같은 생산 설계용 전문 프로그램이 상세설계와 선도 수정업무 등에 사용되어 왔으나 근래에 국산화 선박설계 및 생산과정 시스템을 통합하는 작업이 진행되고 있다. 선박설계의 전산화에는 다량의 데이터가 처리되며 구조해석 및 생산에서 서로 연관된 정보를 발생한다. 이러한 정보처리 과정에 데이터베이스 관리 시스템(Database Management System : DBMS)의 이용은 필수적이어서 종래 사무처리 분야에서 점차 엔지니어링 분야에 까지 확산되고 있다[2, 3]. 설계 및 생산을 중심으로 하는 엔지니어링 업무를 지원하기 위한 데이터베이스(DB)를 엔지니어링 데이터베이스(EDB)라 하며 제품의 설계제원이나 치수 등의 데이터, 품질관리 데이터, 생산기술 데이터, 규격류의 데이터 등과 수주사양, 설계조건 등의 데이터를 관리한다. 이는 초기설계 정보로부터 생산설계 단계까지 일관적이고 효율적으로 사용할 수 있으며 필요에 따라 제조공정이나 생산관리에 까지 확장, 사용할 수 있기 때문이다. 설계·생산관련 정보의 형식과 의미에 관한 고찰과 데이터구조(data structure)에 관한 속성이 Ohsuga[3]에 의해 논의됐으며 데이터모델의 고려방법과 특징이 설명되었다.

CAD 기능을 이용한 선체 모델링의 장점은 공동과제를 수행하는 사람들 간에 이해와 의사소통을 원활히 하는데 있으며 설계사로 하여금 신속하게 문제점을 발견하고 효과적으로 해석 등을 통하여 설계변경을 할 수 있게 하는데 목적이 있다. 설계·생산에서

CAD를 활용하는 전산자동화의 주 구성요소는 기본 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어 그리고 설계자 사이에 위치하는 다음과 같은 내용들이라 할 수 있다.

- 엔지니어링 데이터베이스
- 문서, 데이터, 그래픽 통신
- 전자출판과 데이터 처리 연산식
- 그래픽 기능
- 사용자 편의 기능
- 사용자-시스템 상호작용(interface)

엔지니어링 데이터베이스에는 다음 내용들이 저장되어야 하며 데이터의 정확성과 일관성이 늘 점검되어야 한다.

- 디자인 모델
- 문서, 데이터, 그래픽 요소
- 제품 특성
- 설계·생산 추진과정 및 문서화

위의 특성 중 엔지니어링 설계에 있어 모델링에 필요한 형상 정보는 필수적으로 포함되며 이러한 형상 데이터는 IGES, PDES 등 데이터통신을 위한 형태로도 표현되며, product data exchange와 관련된 그래픽스 표준화에 관한 연구조사가[4] 이에 참조될 수 있다. EDB는 일반 데이터베이스에 비해 다음과 같은 특성을 갖추어야 한다.

- 1) 기존 DB 보다 풍부한 semantics 표현과 동적변환 지원
- 2) 복합적인 데이터형 지원
- 3) 제품-부품간의 계층표현 가능
- 4) 사용자 지향적인 인터페이스 지원
- 5) 업무의 진행에 따른 정보의 확장성
- 6) 복잡한 업무성격을 반영한 사용자 지정 operation 가능
- 7) 형상정보를 포함한 다량의 복잡한 데이터의 동시 처리
- 8) 정보의 변경이 설계작업이 진행되는 오랜시간에 걸쳐 일어나므로 long-term transaction을 지원

2.2 관계형 데이터베이스

데이터베이스 시스템 관리 및 설계에 관한 내용에서 Date[5]는 데이터베이스(DB)가 유익한 이유와 함께 관계형(relational), 망형(network), 및 계층(hierarchical) 모델 방법과 각각의 데이터 구조에 관하여 기술하고 SQL 등을 이용한 DB 사용법을 논의하였다. 참고문헌[6]에는 목적시스템의 조사, 분석과

모델화, 데이터 분석과 설계, 정보생산 시스템 설계 등이 논의되어 실질적인 DB 설계기법 방향을 제시해 주고 있다. DB 설계에 필요한 알고리즘들과 분산 DB 시스템에 관한 내용들이 [7]에 있다. 특히 관계형 DB는 불필요한 정보를 중복이 없도록 저장하고 정보를 쉽게 찾을 수 있는 관계형 스키마들을 형성하고 있으며 링크나 포인터를 이용하여 연산을 행하는 계층모델이나 망모델에 비해 관계형 대수나 해석 연산자를 사용함으로써 용이하게 데이터를 조작할 수 있다. 간단하고 효율성이 높은 이외에도 큰 장점은 데이터 구성방법을 인식할 필요가 없는 독립성을 갖고 있는 점이며 데이터는 레코드로 나타내어 2차원적인 테이블 형태로 구성된다[5, 7].

최근에 관계형데이터 모델을 이용한 선체구조 표현에 관한 연구[8]도 수행되었는데 선체구조 설계 관련 정보를 관계형 데이터 모델을 이용하여 유기적인 관계를 갖도록 전산데이터 처리하였고, 설계단계에서 일관성이 유지된 데이터베이스 시스템을 형성하여 실용예를 보여주고 있다. 한편 엔지니어링 분야의 복잡한 응용요구를 보다 잘 만족시키기 위해 근래에 객체지향(object-oriented) 데이터베이스도 연구되고 있다. 이러한 객체지향형 DB 실용화는 두방향으로 분리되어 첫째, 기존의 관계형 데이터 모델을 확장하거나 둘째, 객체지향형 프로그램을 활용하는 방안으로 추진되고 있다.

2.3 선체 구조 해석에의 응용

선박과 같은 거대 구조물 해석에 유한요소법이 사용되고 있으며 구조해석을 위한 데이터로는 유한요소 생성에 필요한 정보(preprocessing data)와 유한요소 데이터, 그리고 해석결과(postprocessing data) 등이 있다. 이중 유한요소생성용 데이터는 선체설계로부터 파생됨으로 DB에 저장된 설계 데이터와의 자동연계가 필요하다. 구조해석 결과(postprocessing data)로는 변위, 응력, 고유진동수 등이 있으며 구조설계에 긴요하게 사용될 이러한 결과들이 저장되어야 할 데이터 테이블도 필요하다.

선체는 선종별로 구조가 상이하며 bulkhead의 stool, webfram cutout hole 등 복잡한 형상이 존재하여 일관성 있는 유한요소 생성에 많은 공수가 소요된다. 보다 효율적인 FEM 모델링용 자동화 프로그램이 발표되었는데[9], 선체중양부 화물창 구조의 해석용 형상, 위치, 치수 등의 설계 데이터를 화일형태로 입력하여 ANSYS용 입력데이터를 형성, 해석

하는 과정이 소개되었다. 구조해석관련 각종 설계 데이터가 테이블형태로 DB에서 추출되어 유한요소 모델링에 적용될 경우 선체 설계·해석 자동화 과정에 기여할 수 있을 것이다. 본문에서는 [9]와 같은 모델링, 해석과정에 사용되는 데이터가 관계형 데이터 베이스 테이블로 정형화되는 과정이 소개되었으며 이를 위해 다음과 같은 내용이 연구될 필요가 있다.

1) 선체 구조설계 데이터의 고찰

선체해석에 필요한 데이터를 설계 데이터로부터 추출하기 위해서 설계 데이터의 특성과 해석 데이터와의 관계가 연구되고 해석 데이터를 산출하는데 필요한 설계 데이터가 정의된다.

2) 해석과 유한요소 생성에 필요한 데이터 정립 및 관계형 테이블의 형식화

유한요소 생성에 필요한 데이터가 정의되어 관계형 테이블로 표현되, [9]에 사용된 FEM 모델링 생성 프로그램에 적용되도록 방향이 정립되고 여러 유한요소 입력화일 생성에 사용될 수 있어야 한다.

3) 유한요소 해석에 사용되는 코드들의 특성연구 현재 조선소에서 주로 사용되는 유한요소 코드인 ANSYS와 NASTRAN 요소에 관한 특성의 조사, 비교.

4) 해석용 형상 데이터와 구조해석 모델링 생성에 필요한 데이터의 Interface 과정 설계 DB로부터 해석용 형상 DB 테이블이 형성되고 유한요소 모델링 프로그램에 적합한 형태로 데이터를 제공하기 위하여 관계형 DB를 이용한 interface 과정 설계가 필요하다.

5) 선체구조설계에 귀환되는 해석결과 데이터 정립 과다한 응력과 변위가 발생하는 구조부재에 관한 데이터의 정립을 통해 재설계시 설계자의 인지를 보조해 주는 방향제시.

3. 데이터 테이블 정형화

설계에서 추출된 선체해석용 데이터는 본 연구에서 개념적으로 형성된 관계형 데이터 테이블의 형식에 적합한 형태로 저장될 수 있으며 완성된 테이블은

기능상 3가지 형태로 구분된다.

- Group I : 설계 데이터에서 파생되는 FEM 모델링용 선체 형상에 관한 데이터
- Group II : 구조해석에 필요한 경계조건, 하중치 등의 데이터
- Group III : 해석 후 생성되는 변형, 응력 등에 관한 데이터

3.1 구조해석용 형상 데이터

Fig. 1은 설계 DB에서 유한요소 모델링용 데이터가 생성되는 과정을 보이는 데, 이 데이터들은 문헌 [9]의 입력데이터로 사용되는 정보들이다. Fig. 1에서 Program(1)은 설계데이터를 DB에서 추출하여 유한요소 생성용 형상데이터 테이블을 만드는 과정이다. 선체구조요소는 대부분 막/판, 보/봉 요소로 구성되고, 임의 형상의 종·횡 부재는 폐곡면 경계절점(grid)이 입력되어야 ANSYS, NASTRAN등에 의해 폐곡면내 요소가 생성된다. 각 유한요소 코드에는 폐곡면 형상정의 절점 갯수에 제한이 있어 유한요소 자동생성시 이 점이 고려되어야 한다. 유한요소 자동생성 기법에 관한 연구는 Zienkiewicz[10]에 의해 2차원 평면의 superelement를 다수의 소형요소로 분할하는 과정으로 시작되어 Wu[11]에 의해 절점중복을 방지하고 삼각형 요소를 생성하는 내용이, [12]에서는 다양한 경계조건의 2차원 형상이 4, 8절점 사각형과 3, 6절점 삼각형으로 생성되는 연구가 발표되었다. [13]에는 최적형상 삼각형요소 생성과정, [14]에는 Looping 알고리즘을 기초로 하여 요소망밀도가 급변하는 영역의 요소망에 8-절점 루프 operator를 이용하여 사각형 유한요소를 자동생성하는 기법이 소개되었다.

선체를 유한요소로 분할, 표현하기 위해 double bottom등 종방향 부재, web frame등 횡방향 부재, bulkhead 등으로 분류 가능하며 각 부재의 접속관계는 절점(grid)으로 나타난다[8, 9]. 종부재 경우 일관성있고 자동화된 요소 생성이 가능하나, 횡 부재, 격벽경우 종부재보다는 복잡한 편이다. 따라서 각종 부재의 경계절점 정보를 갖는, Group I에 속하는 요소 생성용 형상데이터 테이블이 형성되 설계DB 혹은 국부적 해석DB에 저장될 필요가 있다. Fig. 1의 Program(2)은 DB에 저장된 요소생성용 형상데이터가 추출돼 ANSYS, NASTRAN용 입력데이터 형성에 사용되는 과정으로 [9]의 연구가 이에 해당되나 [9]에서는 데이터 테이블이 아닌 화일 형태로 형상

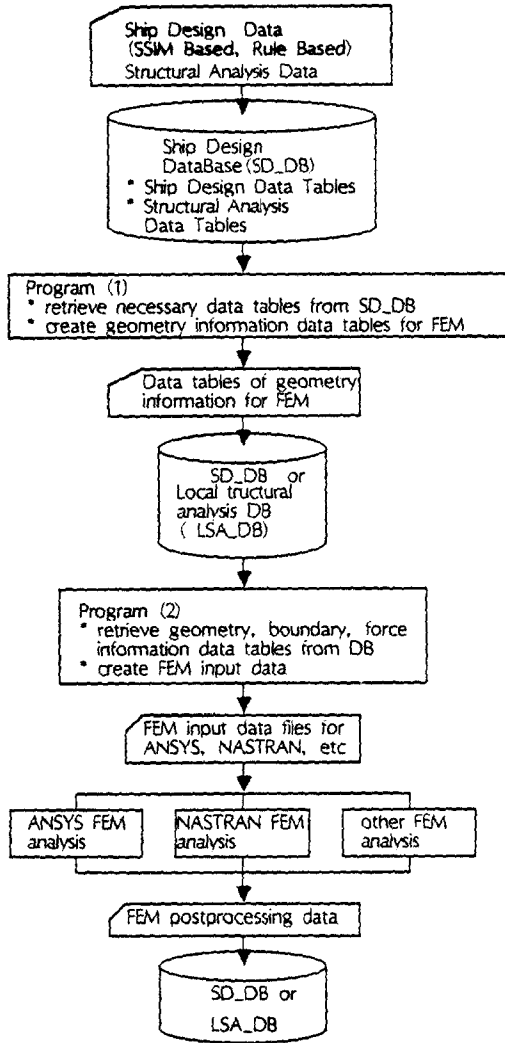


Fig. 1 Structural design-analysis data interface

이타가 추출되었다. 해석자동화를 위해서는 본문에서 제시된 데이터 테이블 형태로 정형화되고 DB에 저장, 추출되는 과정이 [9]와 같은 연구에 포함되어야 한다. Fig. 1의 과정에서 Program(1)과 (2)가 합쳐질 경우 설계DB에서 추출된 형상관련 데이터가 다시 DB에 저장되지 않고 Program(2) 과정에 직접 사용될 수도 있다.

부재 배열 특성에 따라 Program(1)에서 생성되는 유한요소 생성용 형상데이터 테이블들은 Longitudinal and Transverse Panel Tables, Bulkhead Data Table로 분류될 수 있다.

A) Longitudinal Panel Data Table

Fig. 2의 종방향 부재는 선체 중앙부에서 길이 방향으로 일정하게 배열되어 있어 YZ축 평면상의 절점으로(grid points) 형상이 설정되어 유한요소용 입력데이터 생성에 사용된다. Fig. 2에 표현된 것 같이 각 부재는 시작과 끝점 2개의 절점으로 표현되며, 예로써 girder 1은 G1과 G15로 표현된다. 부재별로 부착되어 있는 stiffener와 seam line 정보가 저장된 유한요소 형성시 고려된다. 종부재용 형상데이터 테이블들은 다음과 같으며 이중 longitudinal panel data의 관계형 테이블이 Tabel 1에 각종 속성(attribute)과 개체(tuple)로 소개되었다. 본문에 있는 각종 데이터 테이블들은 Table 1과 같은 형식으로 [15]에 정형화되어 있다.

- Longitudinal Panel Table
- Longitudinal Seam Plate Table
- Longitudinal Stiffener Table

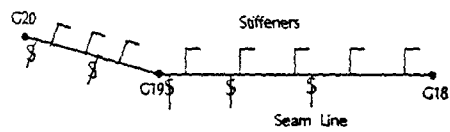
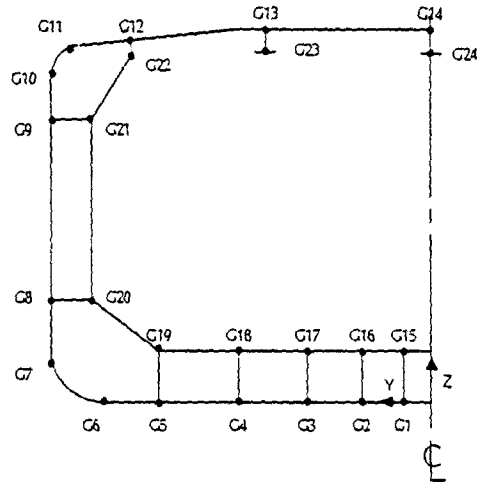


Fig. 2 Longitudinal panel

Table 1 Longitudinal panel table

Longitudinal Panel ID	Longitudinal Panel Name	Grid 1	Grid 2	Number of Seam Plates
LOGXID	LOGXNM	G1	G2	NSMPL
Int	Char(40)	Int	Int	Int

Description :

이 테이블은 YZ평면상에서 double bottom등 종방향 부재들의 위치에 관한 정보를 보유함.

- Longitudinal Panel ID : 각 부재의 ID
- Longitudinal Panel Name : 다음과 같은 종부재의 이름들 Bottom Plate, Deck Platel, Deck Plate2, Topwing Tank plate, Inner Bottom Plate, Girder1, Girder2, GirderN, Deck Girder, Side Shell1, Side Shell2, Hopper Tank Up Plate, Topwing Tank Up Plate
- Gird 1 : 파넬의 시작점 ID
- Gird 2 : 파넬의 끝나는 점 ID
- Number of Seam Plates : Seam Line으로 분할되는 판 부재의 갯수

Note :

- 각 부재의 YZ평면상 좌표 G1, G2에 의해 결정됨
- 여기에 Knuckle point는 사용되지 않음

Related Database Tables :

- Longitudinal Seam Plate Table
- Grid Point Table

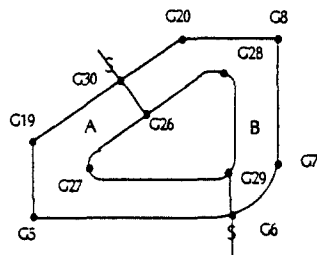
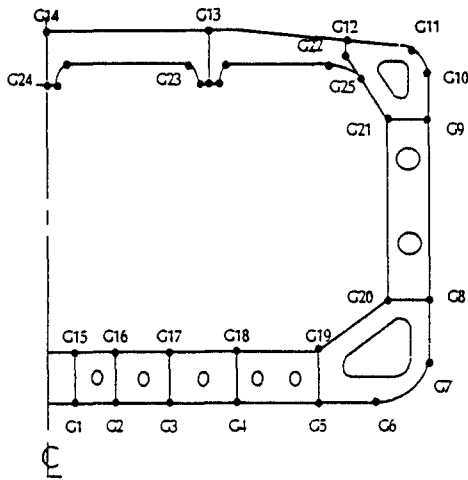


Fig. 3 Transverse panel

B) Transverse Panel Data Table

횡방향 부재는 선체 중앙부에서 frame별로 위치해 있으며 한 선체에서 여러 상이한 web 형상이 나타나기도 한다. 따라서 모든 횡부재의 형상이 테이블에 저장되나 동일한 형상의 경우 중복되는 데이터는 제외된다. 횡방향 부재는 Fig. 3에 보이듯 seam line에 따라 여러 절점으로 표현이 된다. 일례로 hopper tank web는 seam line의 위치에 따라 2개의 폐곡면 부재로 분류돼 여러개의 절점을 갖게 된다(Fig. 3에서 부재 A와 B). 이와 같은 데이터 정보가 Table 2에 있으며 web에 보강되는 face bar에 대한 정보는 Web Face Bar Table에 저장된다.

- Transverse Panel Table
- Web Face Bar Table

Table 2 Transverse panel table

Web Type ID	Transverse Panel ID	Transverse Panel Name	Plate Thickness	Number of Face Bar	Number of Grids	Grid1	...	GridN
WEBID	LOGYID	LOGYNM	LYPLT	LYFBAR	NOGD	G1		GN
Int	Int	Char(40)	R	Int	Int	Int		Int
			0.5MM					

Description :

이 테이블은 Web등 횡방향 부재의 위치 및 특성에 관한 정보를 보유함.

- Web Type ID : 횡방향 부재 ID
- Transverse Panel ID : Web 형태 ID
- Transverse Panel Name : 다음과 같은 횡부재의 이름들 Side web, Deck Trans, Floor1, Floor2, FloorN, Hopper Tank Web1, Hopper Tank Web2, Topwing Tank Web1, Topwing Tank Web2
- Plate Thickness : 횡방향 부재는 Seam Line으로 분할되는 곳에 따라 분류되므로 한 부재가 한 두께를 갖음
- Number of Face Bar : Web에 부착된 facebar의 갯수
- Number of Grids : 각 부재 경계 표현 Grids의 갯수
- Grid1, GridN : 각 횡부재의 경계를 표현하는 포인트 ID

Note :

- 각 Frame에 위치한 Web등 Transverse Panel은 주로 공통 형상을 주로 갖으나 때론 상이한 형상을 갖는다.

Related Database Tables :

- Frame Type Table
- Grid Point Table
- Web Face Bar Table

C) Bulkhead Data Table

Bulkhead는 구조적으로 stool, diaphragm, corrugation plate로 구성되며 요소형성을 위해 lower와 upper 부분으로 구분된다. Lower와 upper stools은

수평과 수직 seam line을 고려하여 부분 부재 (components)로 분할되고 각기 다른 치수를 가져 형상이 상이하므로, stool 자체에 대한 ID도 주어지고 각 부분 부재도 고유의 ID를 갖는다. Diaphragm도 lower 혹은 upper stool에 위치함에 따라 lower, upper diaphragm으로 분류되고 수평 seam line도 고려된다. Corrugation 형태는 regular 혹은 irregular형으로 분류되며, regular 형은 반복 형상이므로 소수의 절점으로, irregular 형은 형태가 바뀌는 점들이 필요하여 다수의 grids로 표현된다. 이와 같은 내용이 Fig. 4에 나타나 있다. 형성되는 데이터 테이블은 다음과 같으며 이중 bulkhead lower stool에 관한 정보가 Table 3에 있다.

- BHD Lower and Upper Stool Tables
- BHD Lower and Upper Diaphragm Tables
- BHD Lower and Upper Diaphragm Seam Tables
- BHD Corrugation, Seam, Geometry Tables

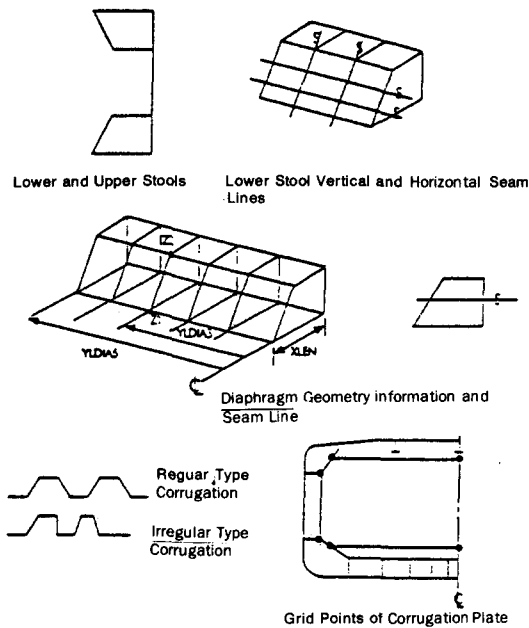


Fig. 4 Bulkhead(BHD) geometry information

Table 3 BHD lower stool table

BHD Lower Stool Type ID	Lower Stool Component ID	Lower Stool Location	Stool Thickness	Material ID	Number of Stiffeners		Number of Grid Points
					V	H	
LSTYPID	LSTID	LSTLOC	LSTTHK	MATID	STVSTF	STHSTF	MLSTGD
Int	Int	Char(1)	R	Int	Int	Int	Int
		A/F	0.5MM				

DB table continues

ID of Grid Points				
Grid 1	Grid 2	-	-	Gridn
G1	G2	-	-	GN
Int	Int	Int	Int	Int

Description :
 이 테이블은 두께, Stiffeners, 경계위치등 Lower Stool에 관한 데이터를 소유함.
 - Lower Stool Type ID : 각 BHD에서 Lower Stool의 형태가 상이할 수 있으므로 이에 대한 ID가 필요
 - Lower Stool Component ID : Seam Line에 의해 분할되는 Lower Stool에는 여러개의 부분부재(Component)가 발생하므로 이를 ID로 분류
 - Lower Stool Location : 선수부 혹은 선미부 방향의 Lower Stool 위치
 - Stool Thickness : Stool의 각 부분 부재의 두께
 - Number of Stiffeners : 각 Stool의 부분부재에 부착되어 있는 수평 혹은 수직 Stiffeners의 갯수
 - Number of Grid Points : 수평 혹은 수직으로 Stool이 분할된 부분부재가 발생시 부분부재의 경계를 표현하는 (Knuckle) 점들의 갯수
 - ID of Grids : 각 점들의 ID

Note :
 Related Database Tables :
 - Frame Type Table
 - Grid Points Table
 - Material Table

D) 기타 Data Table

기타 상기 부재 표현 테이블외에 공통적으로 사용되는 테이블들은 Frame의 위치, grid points 위치 등으로 다음과 같다.

- Frame Type and Space Tables
- Material, Grid Points, Stiffener Tables

3.2 FEM 구조해석 결과 데이터

FEM을 사용한 구조해석에서 경계조건은 선체의 대칭 특성이 고려되 형성되며 하중은 선적 상태에 따라 변경된다. 설계 DB에 저장되고 해석시 사용되는

데이터 테이블들은 다음과 같이 Group II로 분류된다.

- Boundary Condition Table
- Applied Force Value Table

구조해석 후 선체 부분의 응력과 변위는 유한요소 코드에서 다음과 같이 표현된다.

- i) Binary data
- ii) Ascii file data
- iii) on CRT(Color)

이때 binary나 ascii data file에는 방대한 양의 데이터가 저장되므로 설계자가 인식하기에 어려움이 있다. 또한 모든 데이터를 저장하기 보다는 설계기준에 제시되는 응력과 변위등을 데이터 테이블에 저장함이 바람직하다. 이때 과도한 응력이나 변위가 발생하는 부재에 대해서 응력, 변위등의 최대값을 인지하여 데이터 테이블에 저장한다. Fig. 5와 같이 DB에 저장된 데이터를 이용하여 재설계시 부재별로 과도 응력을 표현할 수 있으며 다음과 같은 응력데이터 테이블들을 고려할 수 있다. 필요시 부재별 변위 테이블도 같은 형식으로 표현된다.

- Eigenvalue Table
- Element Stress Table
- Element Nodal Point Stress Table
- Longitudinal and Transvers Panel Stress Tables
- BHD Lower and Upper Stool Stress Tables
- BHD Lower and Upper Diaphragm Stress Tables
- BHD Corrugation Stress Table
- Nodal Point Displacement Table

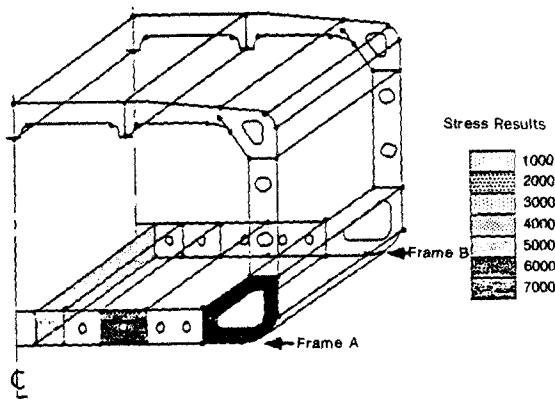


Fig. 5 Highly stressed girder i, floor j, and hopper tank web

4. 구조해석용 데이터의 개념적 추출과정

Fig. 1의 Program(2)에서 형상데이터 테이블이 입력돼 FEM 데이터가 형성될 수 있는데 이 과정이 자동화되는 것이 바람직하다. 따라서 형상데이터 테이블로부터 FEM 데이터 형성을 위해 DBMS가 사용되는 과정이 개념적으로 설명되었다.

4.1 전처리 데이터 생성

설계 DB에서 형상 데이터를 포함한 테이블들이 Fig. 1과같이 생성될 경우, 요소형성을 위한 입력데이터로 사용될 수 있게 연결되는 과정이 필요하다. 각 부재별 관련 테이블에서 데이터가 추출되어 Fortran문 등에 사용되는 예로 longitudinal panel 요소생성을 위해 grids, stiffener, seam에 관한 정보가 추출되는 과정이 관계형 DBMS query 언어인 SQL 등이 사용되어 설계되었다. 여기서 SELECT, FROM 등 대문자는 관계형 DBMS의 query 언어인 SQL command를 나타낸다.

```

open Longitudinal Panel Table
open Longitudinal Seam Plate Table
open Longitudinal Stiffener Table
DO A 1 to End of Longitudinal Panel Table
  SELECT Longitudinal Panel ID(LOGXID)
  SELECT Panel Name, Grid 1, Grid 2
  SELECT Number of Seam Plates
  FROM Longitudinal Panel Plates
  store into Fortran variables
  DO B 1=1 to Number of Seam Plates
    SELECT Same LOGXID
    SELECT Plate ID identical to I
    SELECT Seam Plate Thickness and Material ID
    FROM Longitudinal Seam Plate Table
    store into Fortran variables
  B CONTINUE
  SELECT Number of Stiffeners, Stiffener Type
  SELECT Material ID for the same LOGXID
  FROM Longitudinal Stiffener Table
  compute geometry properties of Stiffener
  store into Fortran variables
A CONTINUE
close Longitudinal Panel Table
close Longitudinal Seam Plate Table
close Longitudinal Stiffener Table
    
```


4.2 구조해석 결과데이터 활용

대부분 조선소에서는 구조해석 결과 데이터를 일정기간 output file 형태로 저장하여 사용한다. 선형과 설계조건이 달라 반복작업의 효율성이 적으나 유사한 선박설계시 선형구조해석 결과가 유용하게 사용될 경우가 있다. 이때 file 형태 보다는 구조해석 종류, 부위별, 데이터 테이블 형태로 저장하여 재사용하는 방안도 고려해 볼 수 있다.

ANSYS나 NASTRAN으로 해석 후 발생하는 post-processing 데이터는 자체내 데이터 구조를 가지며 변위, 응력등이 ascii나 binary file로 저장된 후 자체 post-processor나 연결된 geometric modeler에 의해 터미널상에 칼리로 표현된다. 필요한 데이터를 테이블에 저장하기 위해서는 ascii나 binary file로부터 데이터를 추출해야 하는데 FEM 코드별로 각 기능을 살펴보면 다음과 같다.

ANSYS

○ Ascii file : FILE14. DAT, filename. OUT

○ Binary file : FILE12. DAT

ANSYS 경우 FILE12. DAT에서 절점의 변위, 요소의 응력등을 얻기 위해서는 file utility에서 제공하는 subroutine들을 사용한다.

NASTRAN

○ Ascii file : filename. PCH, filename. F06

○ Binary file : filename. BIN

Punch file을 얻기 위해서는 case control deck에서 punch 기능을 제시하고, binary file은 DMAP ALTER 기능을 이용한 후 file utility에서 제공하는 subroutine을 사용한다. 예로 다음과 같은 NASTRAN punch file을 고려할 수 있다.

```

$TITLE = STATIC RESPONSE          1
$SUBTITLE = PLATE-BEAM PROBLEM WITH OFFSET  2
$LABEL =                            3
$DISPLACEMENTS                    4
$REAL OUTPUT                        5
$SUBCASE ID = 1                     6
    1 G 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00  7
-CONT- 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00  8
    2 G -6.839409E-06 5.319540E-06 1.559735E-04  9
-CONT- -2.954067E-05 -1.445052E-04 0.000000E+00 10

```

5. 결 언

본 연구에서는 설계 데이터로부터 선체 유한요소 모델링에 필요한 데이터를 정립하여 관계형 데이터 테이블을 개념적으로 구성하였고, 이러한 테이블에서 유한요소용 데이터를 추출하는 연결 방향이 설계되었다. 이와 같이 개념적으로 설계된 내용들이 구체적으로 DB에 저장, 추출, 정형화 되어 선체구조해석에 활용되는 과정이 향후 필요하다. 복잡한 선체구조 형상이지만 종부재는 길이 방향으로, 횡부재는 frame마다 그리고 bulkhead도 유사한 형상으로 반복됨으로써 이러한 데이터 정립이 가능하다. 또한 해석결과 후 나타나는 과도한 응력과 변위에 관한 데이터가 부재별로 데이터 테이블에 저장될 경우 재설계나 유사선종 설계시 적합한 설계방향을 결정하는데 이용될 수가 있다.

6. 후 기

본 연구는 과학기술처의 국책연구과제로 선박·해양공학연구센터에서 수행중인 CSDP 선체구조설계시스템 개발의 위탁 과제 결과이며, 연구 수행에 많은 도움을 주신 관계자 여러분께, 깊은 감사를 드린다.

참 고 문 헌

- [1] 선박 설계. 생산 전산시스템, 한국해사기술연구소(KRISO), 1990, 2.
- [2] Chorafas, D. N., and Legg, S. J., The Engineering Database, Butterworths, London, 1991, 2.
- [3] Ohsuga, S. Data 구조와 Modeling 기술, 일본 정보처리 Vol. 27, No. 2, 1986, 2.
- [4] 한순홍, 서승완, "컴퓨터 그래픽 표준에 대한 조사연구", 대한조선학회 논문집 제29권 제2호, 1992. 5.
- [5] Date, C. J. An Introduction to Database Systems, 4thed, Addison-wesley, 1986.
- [6] 송영재, 조기형 편저, 데이터베이스 시스템의 설계, 흥릉과학출판사, 1989.
- [7] 문송천역, 데이터베이스 시스템 총론, 형설출판사, 1988.
- [8] 김용대, 이규열, 서승완, 류호율, 홍창호, "관계형 데이터 모델을 이용한 선체 구조의 표현에 관

- 한 연구”, 대한조선학회 논문집, 제 28권 2호, 1991, 10.
- [9] 박성환, 신종계, “유조선 구조해석을 위한 유한 요소 입력자동화 프로그램의 개발”, 대한조선학회 논문집 제29권 제3호, 1992, 8.
- [10] Zienkiwicz, O.C. and Philips, D.V., “An Automatic Mesh Generation Scheme for Plane and Curved Surfaces by Isoparametric Co-ordinates”, *Int. J. Numer. Meth. Engrg* 3, pp. 519-528, 1971.
- [11] Wu, E-R, “Techniques to Avoid Duplicate Nodes and Relax Restrictions on the Superlement Numbering in a Mesh Generator”, *Comput. Struct.* 15, pp. 419-422, 1982.
- [12] Liu, Y. and Chen, K., “A Two-Dimensional Mesh Generator for Variable Order Triangular and Rectanglular Elements”, *Comput. Struct.* 29, pp. 1033-1053, 1988.
- [13] Pourazady, M. and Radhakrisnan, M., “Optimization of a Triangular Mesh”, *Comput. Struct.* 40, pp. 795-804, 1991.
- [14] 신보성, 채수원, 박삼진, “사각형 유한요소망의 자동생성 기법에 관하여”, 대한기계학회 91년도 추계학술대회논문집, pp. 196-200.
- [15] 이재환, 선체 구조설계로부터 구조해석 모델 생성에 필요한 데이터의 Interface 개발, 충남대학교 산업기술연구소, 1991.