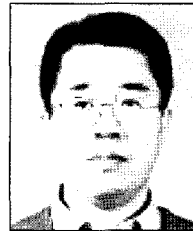


선체 구조해석 및 진동해석 통합 시스템 소개

Introduction of Integrated Ship Structural and Vibration Analysis Systems



한성웅*



서용석**



엄재광***

*삼성중공업 조선해양연구소 소장
**삼성중공업 조선해양연구소 구조연구 파트장
***삼성중공업 조선해양연구소 진동소음연구 파트장

1. 서론

선박의 구조 안전성에 대한 요구 조건이 점차 높아지면서 과거에 수행하던 단순 해석만으로는 이들 요구 조건을 충족시키지 못하는 상황이 종종 발생하고 있다. 이러한 해석 및 기술의 변화에 대응하여 당사에서는 선박의 구조 측면에서 안전성을 확보하고, 저비용, 고품질의 선체 구조에 적합한 설계를 위해 다양한 고정도 해석 기법을 개발·적용하고 있다.

이러한 고정도 구조/진동 해석은 선주 및 선급의 다양하고 특정한 요구를 만족시키는데 많은 기여를 하였고 당사의 기술력을 과시하는데 큰 몫을 담당하였다. 그러나 대부분의 해석 프로그램들이 문제 해결 위주로 개발되었기 때문에 해석 시스템의 일관성 관점에서 부족한 점이 많았고 다른 해석 프로그램과의 연계성에도 종종 문제가 있어왔다.

또한 작업자 특히 신입 인력의 해석 오류에 따른 처리 비용 증가 및 기회 손실, 신뢰도 감소 등을 사전에 예방하기 위해서 해석 결과의 일관성 및 표준화 필요성에 대한 인식이 높아져 왔다. 이에 따라 기존에 사용되고 있는 다양한 구조 해석 프로그램들을 다음과 같은 세 개의 일관된 시스템을 구축하였고, 안내 시스템을 개발하여 업무 표준화를 유도하였다.¹⁾

i) 화물창 구조해석 통합시스템

ii) 전선 구조해석 통합시스템

iii) 파랑 하중 및 스펙트랄 피로해석 통합시스템

같은 관점에서 그동안 개발된 진동해석 프로그램들도 하나의 전선 진동해석 시스템으로 통합하였다.

구조/진동 해석에서 많은 시간을 차지하고 있는 루틴한 해석 모델링에 관련해서는 모델링 시간을 절감하여, 보다 생산성 있는 업무에 전념할 수 있도록 구조/진동 해석용 자동 모델러 개발이 필요하였다. 특히 당사에서는 3차원 GSCAD가 개발, 정착됨에 따라 FE 모델링에 필요한 geometry 정보를 그대로 FE모델링에 사용할 수 있게 되었다. 자동 모델러는 간접적으로 해석 결과 평가 및 분석에 많은 비중을 둘 수 있게 함으로써, 구조 안전성 및 진동 특성을 보다 철저히 검증하여, 보다 우수한 설계를 도출하는데 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 본론

2.1 선체 구조해석 통합시스템

2.1.1 화물창 구조해석 통합시스템 개발

선급 규정에 따른 화물창 구조해석 과정은 상당히 정형

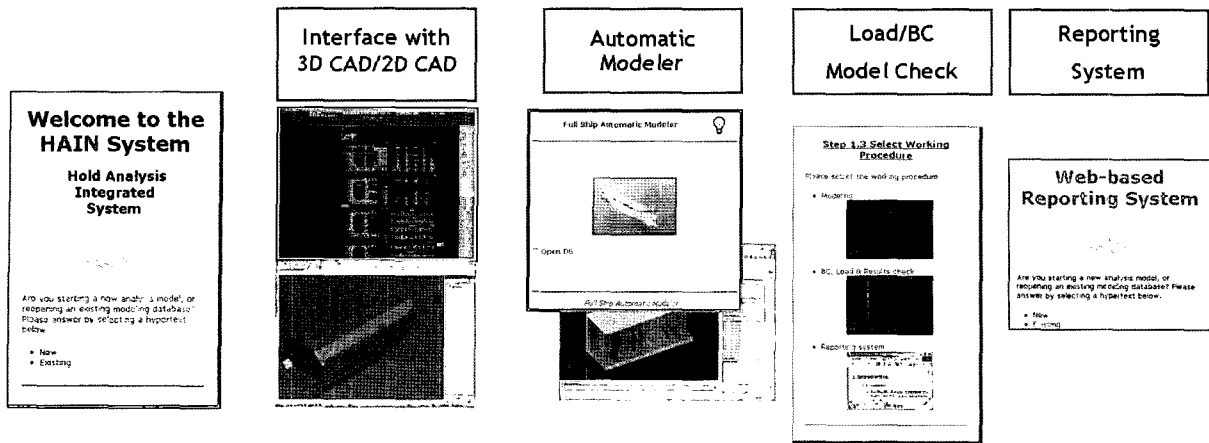


그림 1 화물창 통합시스템 구성도

화되어 있다. 이에 따라 화물창 구조 해석은 FE 모델링이나 보고서 작성 등과 같이 반복적이고 기계적인 작업을 많이 요구하고 있다. 또한 하중 생성과 같이 조금이라도 부정확하게 입력되어서는 안 되는 아주 조심스러운 부분도 있다.

본 화물창 구조 해석 통합 시스템은 그림 1과 같이 일련의 해석 과정을 통합하는 안내 시스템을 구축하고, FE 모델링, 하중 생성, 보고서 작성 등을 자동화함으로써 작업 효율을 높이고 해석 오류를 방지하며, 결과의 표준화를 도모하도록 개발되었다.

본 시스템은 FE 모델링에서부터 보고서 작성까지의 일련의 작업을 안내 받을 수 있도록 GUI가 구성되어 있다. 사용자는 특히 PATRAN내의 환경에서 모든 일이 이루어지기 때문에 FE 모델을 직접 컨트롤 하고 확인해가며 작업할 수 있다. 본 시스템은 현재, 탱커선은 DNV 선급과 Lloyd 선급 규정, 및 컨테이너 선은 GL 선급과 Lloyd 선급 규정에 따른 화물창 구조 해석을 지원하고 있다.

2.1.2 전선 구조 해석 통합 시스템 개발

해상을 운항하는 선박은 해양파와 선체의 운동 등으로 인해서 다양한 형태의 극한하중들을 받게 되며, 이러한 상황에서 선박구조는 구조적인 강도를 유지해야 한다. 실제로 선박은 운항 중에 극심한 해양파에 직면하는 경우가 발생하게 되는데 이러한 상태에서의 선박구조는 기존의 선급규칙에 의한 설계나 해석만으로는 그 안전성을 제대로 검증할 수 없다. 따라서, 실 해상상태의 하중조건을 그대로 구현하여 선박 전체에 대한 구조해석을 통해서 그 안전성을 검증하는 해석이 필요하게 된다. 이를 위해서는 가장 극심한 해상상태에서 선박에 작용하는 하중을 직접적으로 계산하여 구조해석 모델에 적용시키고 결과를 평가하는 시스템이 필요하게 된다.

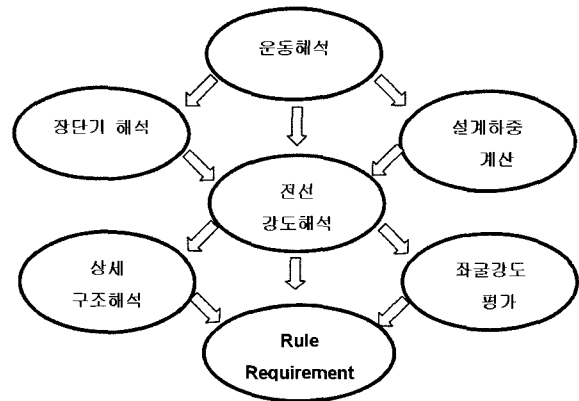


그림 2 전선 강도 해석의 흐름도

본 시스템은 크게 전선 구조 해석용 하중 생성 프로그램과 전선 구조 해석 통합 시스템으로 나뉜다.

전선 강도해석에 대한 전체적인 흐름도는 그림 2와 같다. 여기서 전선 구조 해석용 하중 생성 프로그램은, 선박의 파랑 중 운동해석을 수행한 결과를 받아서 운동응답 및 파랑하중을 계산하고 이에 대한 통계해석인 장단기 해석을 수행한다. 이를 통해 선박에 작용할 파랑압력과 운동가속도 등을 구하고 이를 전선 구조 모델에 적용하여 유한요소 해석을 수행하기 위한 하중을 생성하는 역할을 한다.

그림 2에서 소개한 직접강도해석 기법에 기초한 전선 구조해석 방법은 1980년대부터 한국선급이 당사와 대우중공업(주)과 공동으로 개발하여 왔으며 실선 적용 계산을 통하여 그 실용성이 입증된 바 있다. 이 후 동적인 하중을 FE 모델에 적용함에 있어, 건화물, 컨테이너, 액체 화물 및 ballast 등 선체 내부의 동적 하중을 생성하는 기능을 추가함으로써 선체 내, 외부 하중에 의한 효과를 정확히 고려할 수 있도록 하였다.²⁾ 또한 운동해석 프로그램과의 interface를, 많은 이론적 문제점을 안고 있는 2D strip 운동해석프로그램에서, 보다 정확한 이론적 배경에서 개발

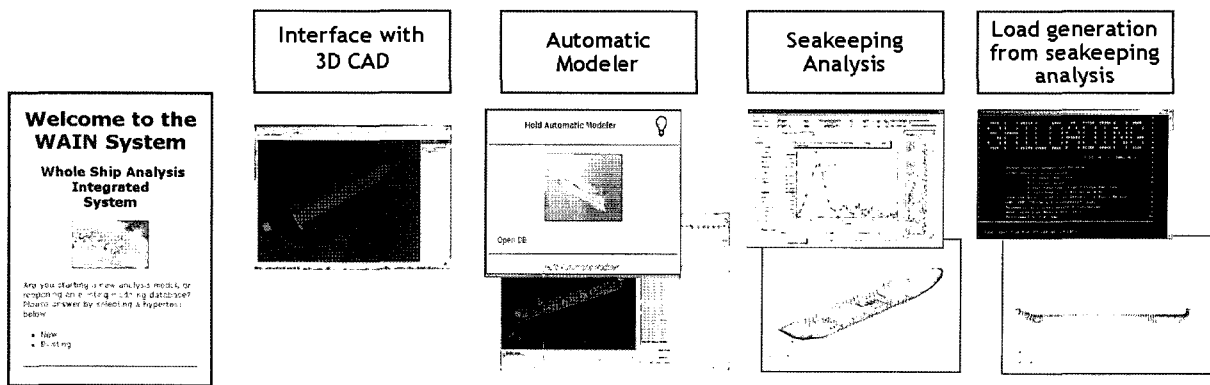


그림 3 전선 해석 통합시스템 구성도

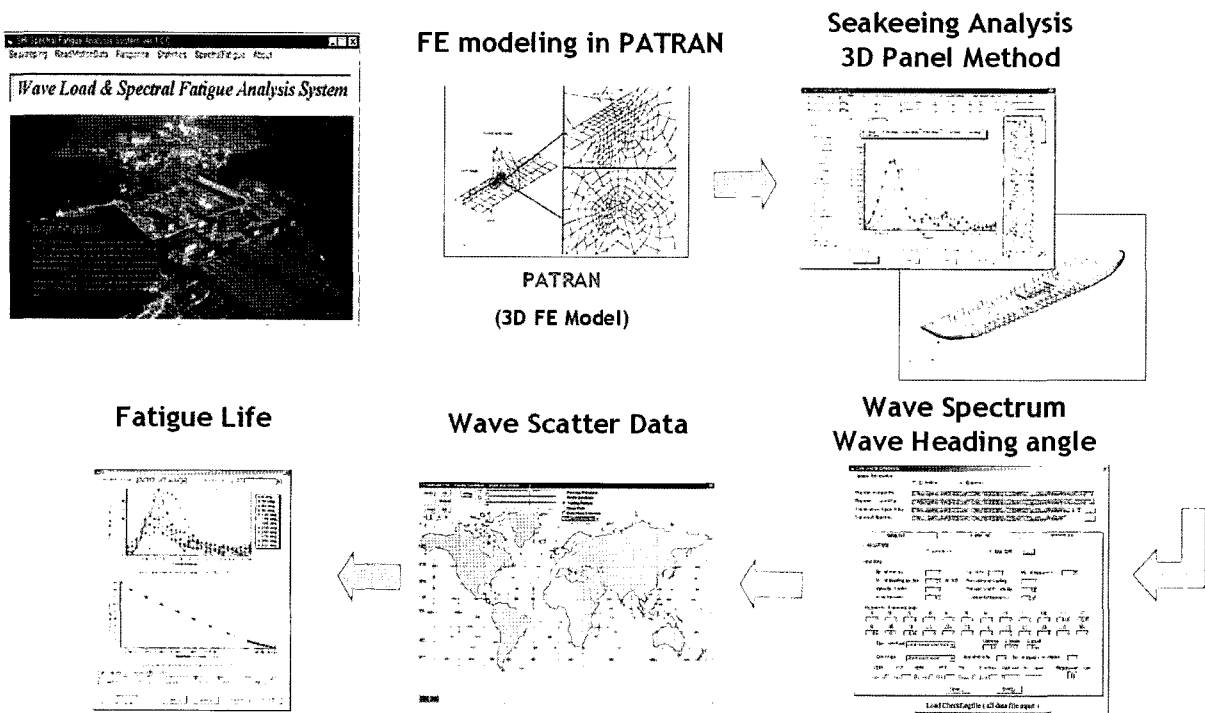


그림 4 스펙트랄 피로해석 시스템

된 3차원 panel 방법으로 확장 적용하였다.³⁾

전선 구조해석 통합시스템은 하중 생성 프로그램을 수행하기 위한 입력 파일을 GUI를 통해 사용자 하여금 쉽게 생성할 수 있도록 안내해 주는 역할을 한다. 또한 하중 생성 프로그램을 실행할 뿐만 아니라 그 실행 결과를 PATRAN 상에서 쉽게 확인할 수 있도록 지원해준다(그림 3 참조). 전선 구조해석 통합시스템은 화물창 구조 해석 통합 시스템과 마찬가지로 모든 작업들이 PATRAN 환경 내에서 FE 모델과 직접적인 컨트롤을 통해 이루어진다. 이 시스템은 하중 생성 프로그램 수행을 위한 여러 가지 입력 파일들을 입력하거나 이미 생성된 파일들을 연결해줌으로써 하중 생성 프로그램 수행을 쉽게 도와준다. 또한 생성된

하중을 PATRAN 상에서 FE 모델을 통해 직접 확인할 수 있으며, 생성된 하중으로 유발된 bending moment와 shear force를 그래프로 도시해줌으로써 그 결과를 검증할 수 있도록 한다. 생성된 하중은 전선 구조해석을 위한 NASTRAN 입력 파일로 자동으로 변환된다.

2.1.3 스펙트랄 피로해석 시스템

선박 및 해양 구조물의 구조 안전성 평가 시 피로 강도 평가는 가장 중요한 현안 중의 하나가 되고 있다. 대부분의 선급에서는 '단순 피로 해석법'을 제시하여 비교적 간단하게 합리적으로 선박의 피로 강도를 평가하는 방법을 제공하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.⁵⁾

그러나 단순 피로 해석법은 북대서양의 해상 자료를 기초로 개발되었으므로 일반 상선의 경우에는 타당성 있게 사용할 수 있지만 특수한 목적으로 특정 항로를 운하하는 선박이나 FPSO, Drill Ship 등과 같이 특정 지역의 해상 상태에 지배적인 영향을 받는 선박의 경우에는 적용하기 어려운 문제점을 안고 있다.^(6),7),8)

이러한 문제점을 극복하기 위해 통계적인 방법을 기초로 하는 '스펙트랄 피로 해석법(Spectral fatigue analysis)'이 제안되었지만, 많은 해석 시간과 복잡한 해석 과정의 문제 등으로 인해 그 동안 사용이 극히 제한적이었다. 그러나 최근에 컴퓨터의 성능 향상과 고정도 해석을 통한 구조 안전성 평가 요구 등이 선주에 의해 강하게 제기됨에 따라 몇몇 선급과 당사를 포함한 일부 조선소에서 스펙트랄 피로 해석법을 적용하여 선박의 피로 강도를 평가하는 시스템을 개발해 오고 있다.

본 시스템은 크게 다음과 같이 나눌 수 있으며 개략적인 해석 프로시저는 그림 4에 소개되고 있다.

- 운동해석을 통한 압력, 가속도 및 파랑 하중 계산
- 응력 영향 계수법을 이용한 구조 해석
- 피로 수명 평가

운동해석은 응력 범위 RAO(stress range Response Amplitude Operator)을 구하기 위해 수행하며 단위 파고를 갖는 다양한 파장들에 대한 선박의 운동 특성, 하중 특성들을 구한다. 이러한 운동 및 파랑 하중들을 선체 모델에 작용시켜 관심 부위에 대한 응력을 구하고, 선택한 모

든 파에 대응하는 응력을 그래프로 정리하면 응력 RAO를 얻을 수 있다.

정확한 응력 RAO를 구하기 위해서는 먼저 관심 부위에 상세 모델을 삽입한 전선 구조 모델을 만들고, 여기에 모든 종류의 파에 대해 운동해석을 수행하여야 한다. 여기서 얻은 운동 및 파랑 하중을 전선모델에 적용하여 구조해석을 수행하여야만 정확한 응력 RAO를 구할 수 있다. 그러나 이는 매우 많은 계산 시간이 소요되므로, 필요한 시점에 설계에 해석 결과를 반영하기에는 현실적으로 어려움이 많았다. 이에 따라 보다 간편하면서도 비슷한 정도의 결과를 제공할 수 있는 단순 스펙트랄 피로 해석법이 몇몇 선급에서 제안되어 왔다. 본 시스템에서는 화물창 구조 모델을 이용한 응력 영향 계수법(Stress Influence Coefficient Method)을 제안하였으며, 특히 선체 외판에 작용하는 파랑 압력을 회귀식(regression equation)으로 단순화하는 방법을 제안하여 계산 효율 및 작업 능률을 크게 증가시켰다.

스펙트랄 피로 해석법은 응력 범위 RAO를 기본으로 하고 해상 상태를 나타내는 파랑 자료(wave scatter diagram)를 사용하여 통계적인 방법(단기 해석 및 장기 해석)으로 피로 수명을 평가한다. 계산 결과는 응력 범위 RAO와 장기 분포 함수 및 피로 수명으로 나타나며 이들은 모두 그래픽으로 쉽게 확인할 수 있도록 하였다.

2.2 선체 진동해석 통합시스템

선박의 진동 해석은 거주구의 안락성 측면의 진동 저감과 구조물의 공진 회피에 의한 진동 저감을 위해 초기 설

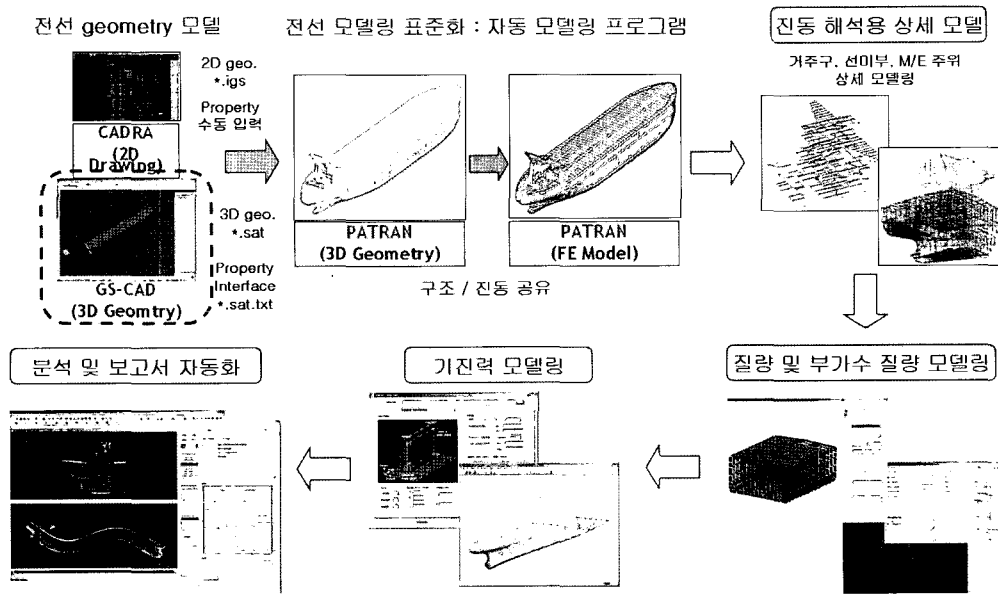


그림 5 전선 진동해석 통합시스템

계 단계부터 단계별 설계 시점에 맞게 점검해 나가는 것이 중요하다. 이러한 진동 해석을 위해서는 선체 구조에 대한 유한 요소 모델링뿐만 아니라, 각종 기기류를 포함한 선박의 의장품 질량을 모델링 하여야 한다. 또한, 기진력 데이터의 입력, 해석 결과의 분석 및 보고서 작성에도 모델링 못지않은 많은 시간과 노력이 투입된다. 이에 따라 기진력 데이터의 자동 생성, 해석 결과의 자동 분석 및 정리, 표준 포맷의 보고서를 자동으로 작성할 수 있는 기능을 당사 자체 개발하여 현재 당사의 모델링 소프트웨어인 MSC/PATRAN 환경에서 동작할 수 있도록 하였다. 이로써 유한 요소 모델링으로부터 보고서 작성에 이르기까지 전선 진동해석의 전 과정을 수행할 수 있는 "전선 진동해석 통합시스템"을 구축하게 되었다.

전선 진동해석 통합시스템은 크게 다음과 같이 구성되어 있다.

- 전선 유한요소 모델 자동 생성 프로그램
- 전선 질량요소 자동 생성 프로그램
- 고유 진동해석 결과 분석 프로그램
- 기진력 모델링 프로그램(주기관 기진력, 프로펠러 기진력)
- 강제 진동해석 및 결과 분석 프로그램
- 보고서 자동작성 프로그램

전선 구조의 유한 요소 자동 생성과 관련해서는 3장에서 설명하기로 하고, 질량 요소 자동 생성부터는 아래에서부터 주요 개념 위주로 간략히 소개한다.

2.2.1 전선 질량요소 자동 생성 프로그램

전선 질량 자동 모델러에서 제공하는 GUI를 이용하여 의장품, 소모품, Cargo/Ballast 질량을 집중 질량 분포 또는 Solid Mass 분포 방법에 따라 분포시키고, Total Mass

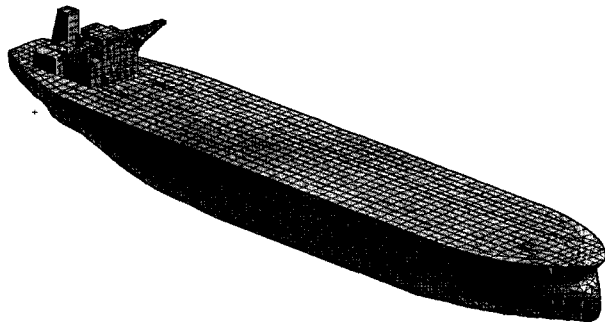


그림 6 전선 유한요소 모델

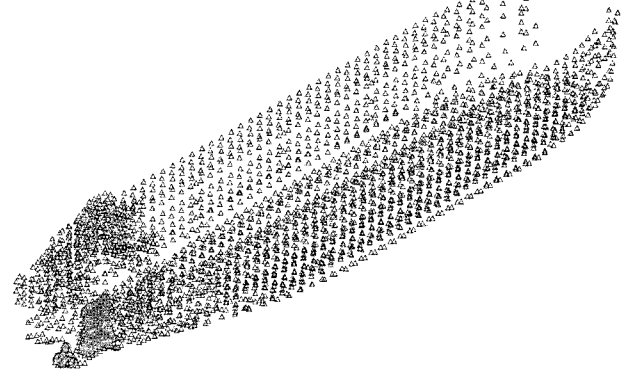


그림 7 집중 질량요소 모델링 예

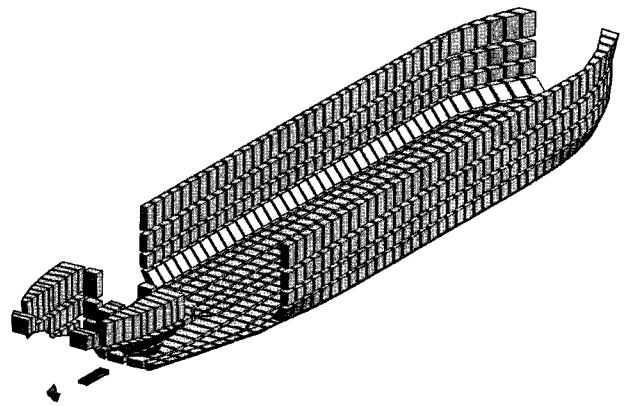


그림 8 입체 질량요소 모델링 예

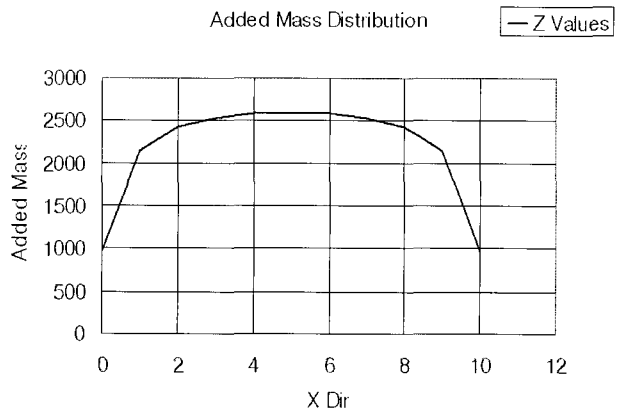


그림 9 부가수 질량 분포 확인

Summary 기능을 이용하여 설계 Mass가 각 항목별 제대로 입력되었는지 확인한다.

질량 분포 후에는, 질량 추가 분포에 의하여 유발될 수 있는 Local Mode를 비 접수 고유 진동 해석에 의하여 User가 확인하고 필요 시 Local Mode를 소거한다. 또한, 선체 외판의 접수에 의한 부가수 질량은 Patran과 Nastran을 연결하여 계산하고, 선체 길이 방향 분포를 구한다. 모델링이 완료되면, Nastran구동을 위한 입력 파일인 bdf파

일을 출력한다.

2.2.2 고유진동 해석결과 자동분석 프로그램

전선 유한 요소 모델의 bdf파일을 이용하여 Nastran 고유진동 해석을 수행한 후, 고유진동 해석결과 분석 프로그램은 Nastran 고유진동 해석결과 출력물인 모우드형상 정보인 OP2파일을 입력 받아 관심 구조물의 방향 별 주요 모우드를 정규화 모우드로 구별하여 자동 선별하고 해당 모우드 형상을 그림 파일로 저장하여 보고서 자동작성 프로그램과 Interface한다.

2.2.3 기진력 모델링 프로그램

주기관 기진력 해석 프로그램은 주기관 제작 업체로부터 제공된 실린더 압력 및 회전 질량력을 기초로 하여 실제 주기관의 기진력을 해석하여 강제 진동해석 프로그램에 기진력 크기를 입력한다.

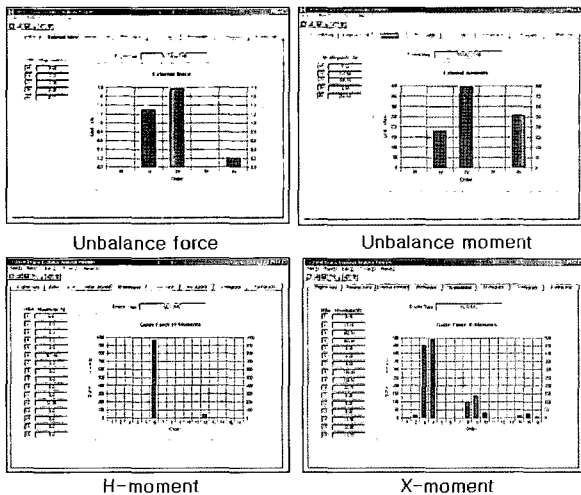


그림 10 주기관 기진력 해석프로그램

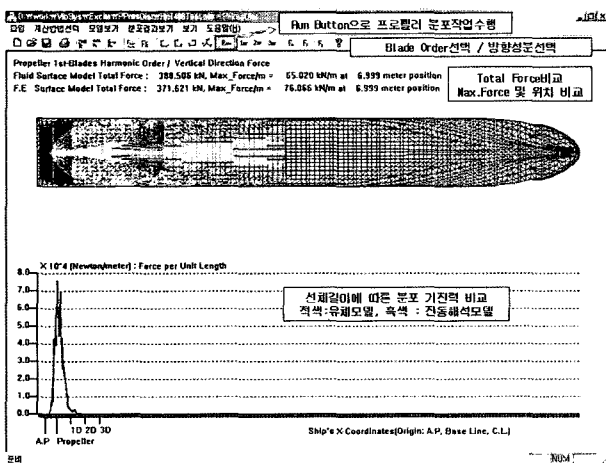


그림 11 프로펠러 기진력 분포 프로그램

프로펠러 기진력 분포 프로그램에서는 초기 추정용 프로펠러 기진력 계산 GUI를 제공하며, 주 기능으로는 당사 수조에서 계산/계측한 프로펠러 변동 압력 추정 결과(유체 모델에 부여된 변동 압력 형태)를 유한 요소 Hull Surface 요소에 분포하고, 그 결과를 강제 진동 해석 프로그램에 Interface한다.

2.2.4 강제 진동해석 및 결과 분석 프로그램

강제 진동해석은 Nastran에 의한 강제 진동해석과, 본 과제에서 개발한 자체 코드인 강제 진동해석 프로그램 (WinForVib)을 이용하는 두 가지 방법이 모두 가능하다. WinForVib 프로그램은 Nastran 고유 진동해석 결과 Normalized Mode Shape을 이용하여 강제 진동해석을 수행하므로, Nastran 고유 진동 해석 중복 수행 배제로 강제 진동 계산 시간이 감소한다(기존 30분 → 3분 내외).

다수 개의 기진력 Set 동시 계산, ISO6954-2000(E)계산, 진동 응답의 모우드 기여도 계산, 주파수 응답 함수 계산 기능으로 강제 진동해석 결과 분석 시 심도있는 분석이 가능토록 하였다.

강제 진동해석 결과 분석 프로그램은 강제 진동해석 프로그램에서 출력한 응답 파일을 입력 받아 계산 Case별 응

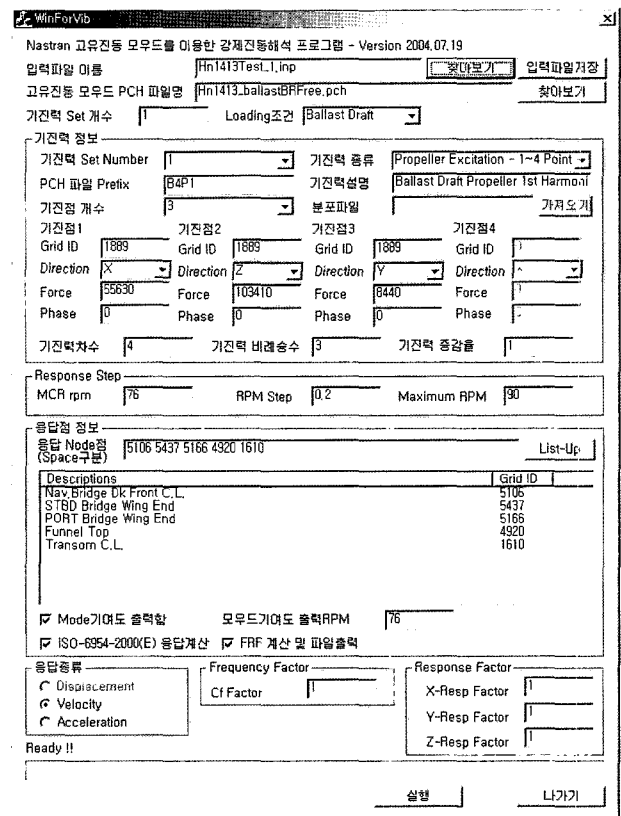


그림 12 강제 진동 해석 프로그램

답 점 별 응답 곡선을 생성하고, 그 결과 그림을 JPG파일로 출력하여 보고서 자동 작성 프로그램과 Interface한다.

2.2.5 보고서 자동 작성 프로그램

진동해석 결과 보고서를 자동 작성하기 위해 PATRAN 환경 내에서 구동되도록 보고서 자동 작성 프로그램을 개발하였다.

보고서 각 chapter의 내용은 부분 수정이나 전체 수정이 가능하고 시스템 흐름에 따라 작성하면 보고서가 완료되어진다.

고유 진동해석 및 강제 진동해석 프로그램에서 보고서 작성에 필요한 xml파일을 Input으로 사용하여 한 번의 click을 통해 고유 진동 모드 및 강제 진동 응답 Table, 관련 그림이 보고서에 삽입되고 보고서 작성 중에 이를 확인 할 수 있다. 작성되어진 보고서는 HTML파일로 저장되고 이를 Internet Explorer가 설치되어진 모든 PC에서 확인 가능하다.

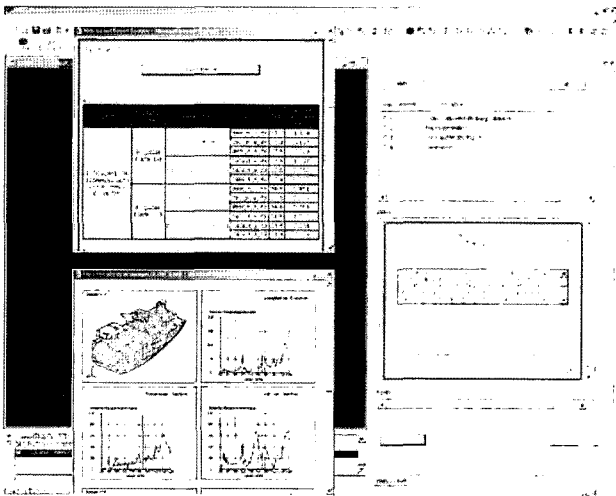


그림 13 보고서 자동 작성 프로그램

2.3 구조/진동 해석용 FE 자동 모델러

조선분야에서도 최근 설계 및 생산 정보 일관화 구축의 일환으로서, 초기설계 단계에서부터 3D CAD 모델링을 적용하기 위한 조선용 3차원 CAD의 도입이나 개발이 각 조선소 별로 진행되고 있다. 당사에서도 현재 GS-CAD의 개발이 거의 막바지에 이르러 본격적으로 정착될 단계에 들어섰다. 이러한 CAD 환경의 변화로 인해 단순 반복적인 작업으로 여겨졌던 FE 모델링 작업은 3차원 형상 모델을 손쉽게 얻을 수 있음으로 인해 새로운 국면을 맞게 되

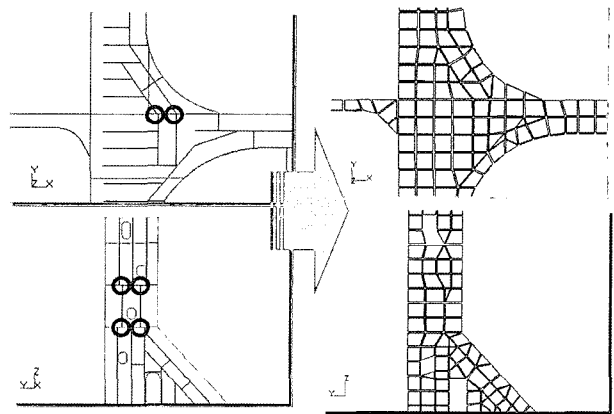


그림 14 탱커선의 자동 메쉬 예제

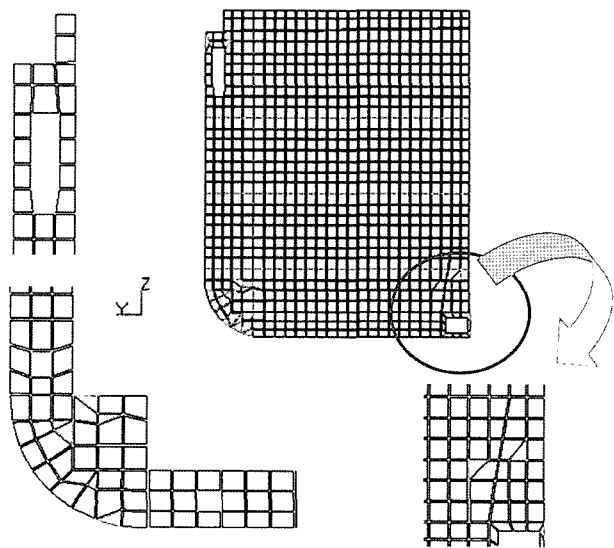


그림 15 컨테이너선의 화물창 해석용 메쉬 예제

었다.

지금까지는 도면을 보며 기준이 되는 point나 curve, surface를 FEM의 preprocessor에서 직접 생성하고 이를 이용하여 FE 모델링을 해가는 접근을 취해 왔다. 하지만 3차원 cad 모델이 바로 preprocessor로 넘어올 경우 바로 FE 모델링을 하는데 그대로 활용함으로써 많은 해석 시간을 절감할 수 있다. 더 나아가 화물창 구조 해석이나 전선 해석, 진동해석과 같이 전형적인 해석의 경우 주어진 cad 데이터를 활용하여 자동으로 메쉬를 생성하는 분야에도 많은 관심이 모아지고 있다.

이런 자동 메쉬 생성분야는 학계에서 주로 알고리즘 중심으로 연구가 되어 왔지만^{9),10),11)} 최근 들어 산업현장에서도 많은 관심 속에 연구가 진행되어 왔다.^{12),13)}

본 연구에서는, 3차원 형상 모델이 주어졌을 때 이 형상 모델로부터 메쉬에 필요한 기본적인 정보를 추출해내고

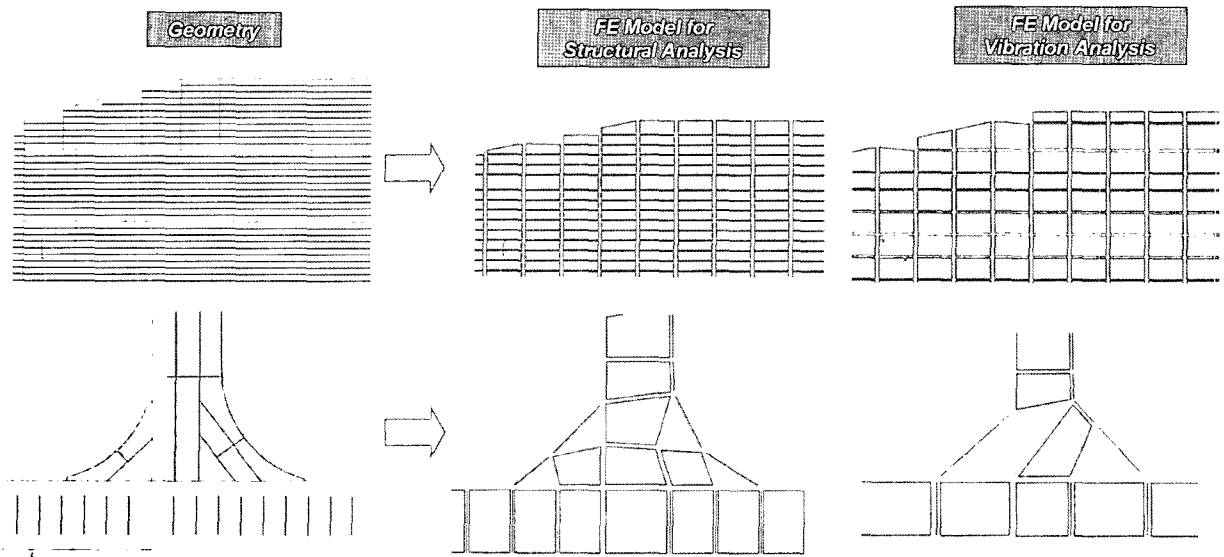


그림 16 Inner bottom 및 Web에 대한 전선 구조/진동 해석용 메쉬 예

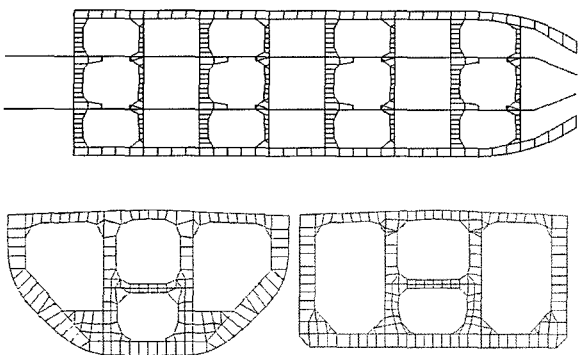


그림 17 탱커선의 전선구조해석용 메쉬 예

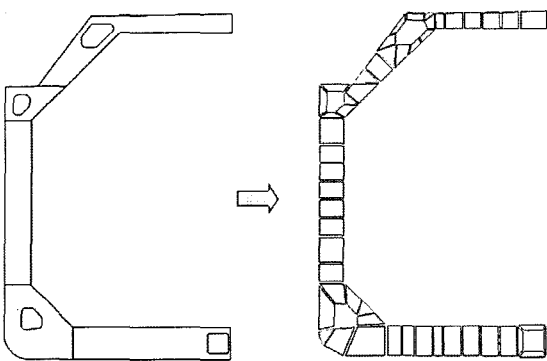


그림 18 LNG선의 전선구조해석용 메쉬 예

surface와 curve 정보를 활용해 메쉬를 자동으로 생성하는 접근 방법을 취했다.^{1),14)}

자동 모델링 적용에 필요한 3차원 형상모델은 GS-CAD로부터 ACIS 중립 파일 형태로 전달 받을 수 있도록 인터페이스를 개발하였다. 형상 정보뿐만 아니라 property 정

보도 함께 넘겨받을 수 있다. Plate의 경우 재료와 두께 정보를, stiffener의 경우 재료, 단면 형상정보가 이 text파일에 저장되게 된다.

본 자동 모델러는 화물창 구조 해석이나 전선 해석에서 stiffener가 메쉬를 나누는데 기준이 된다는 점을 착안해 개발된 알고리즘이다. 학계에서 개발된 메쉬 생성 알고리즘과 가장 큰 차이점은 stiffener를 메쉬를 나누는데 기준으로 활용했다는 점, 주어진 형상에 대한 이상화를 병행한다는 점과, 경험적으로 축적된 메쉬 생성 방법이 알고리즘 상에 반영되었다는 점 등이다.

화물창 구조해석용 자동모델러에서는 정확한 좌굴 체크를 위해 stiffener의 위치를 최대한 유지하도록 하였다. Stiffener 끝단과 다른 stiffener 끝단 혹은 Stiffener 끝단과 다른 node와 정확히 일치하지 않는 경우는 실제 구조 해석 엔지니어의 경험을 바탕으로 일정한 규칙을 정해 처리하였다. 그림 14는 이러한 stiffener 끝단 처리의 예를 보여주고 있다.

또한, 일반적인 메쉬 알고리즘으로 처리할 수 없는 mesh형태의 경우 각각의 형상에 대한 메쉬 결과를 구조 해석 전문가의 경험을 바탕으로 하여 라이브러리화 함으로써 특이한 형태의 메쉬가 가능하게 하였다. 대표적인 예로서 그림 15와 같이 컨테이너선의 duct keel 부위와 passage way부위의 메쉬 예를 보여주고 있다.

전선 구조 해석용 모델의 폭방향과 높이 방향의 메쉬 사이즈는 longi. space의 2배에서 3배 간격이 되며 전선 진동 해석 모델의 경우 4배에서 5배의 간격이 되도록 하였다. 길이 방향으로의 메쉬는 web spacing 간격으로 잘려

진다. 그림 16은 탱커선의 inner bottom의 형상 모델과 구조해석용과 진동해석용으로 생성된 메쉬의 예를 보여주고 있다.

전선모델의 경우 화물창 모델과는 달리 메쉬 사이즈가 크기 때문에 적절한 부재 형상의 단순화가 병행되어야 한다. 특히 선수미 부위의 web의 bracket 같은 부재들의 경우 그 형상이 매우 복잡하기 때문에 형상을 단순화하지 않고서는 원하는 단순한 형태의 메쉬를 얻을 수 없다. 그림 17은 탱커선의 메쉬 생성예를 보여주고 있으며 그림 18은 LNGC의 중앙단면 형상의 메쉬 생성 예를 보여주고 있다.

3. 결 론

다양하게 분산되어 있는 구조해석 프로그램들을 하나의 일관된 시스템으로 통합하는 일은 구조해석 시스템의 유지, 보수 및 관리 측면에서 매우 유용하고 적절한 작업이다. 또한 같은 목적으로 사용되는 프로그램들을 하나의 시스템으로 통합하는 작업은 해석 작업의 효율성을 높일 뿐만 아니라 사용 중에 발생할 수 있는 해석 상의 오류 등 비효율성을 제거하는 관점에서도 반드시 필요하다.

당사에서는 이러한 변화 환경의 요구에 부응하여 당사에서 주로 사용되고 있는 구조해석 시스템을 세 개의 통합된 시스템- 화물창 구조해석 시스템, 전선 구조해석 시스템, 스펙트랄 피로해석 시스템-으로 각각 통합하였다.

"전선 진동해석 통합시스템"을 이용하면 전체 해석 시수를 줄이는 데 효과적으로 사용할 수 있는 것은 물론, 해석 결과의 충분한 검토를 통하여 해석의 오류 발생 최소화 및 해석 결과 정도 향상에도 기여가 기대된다. 또한 자동 모델러 개발 과정에서 당사의 진동 해석 모델링 경험 및 know how가 최대한 반영되도록 하여 본 자동 모델러를 이용한 유한 요소 모델 시 엔지니어의 경험에 크게 영향을 받지 않고 누구나 일정 수준의 표준화 된 모델을 생성할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이라 하겠다.

이들 통합시스템들은 다양한 선종의 실 호선에 적용하여 구조 안전성을 확인하는데 사용되고 있다. 추후에도 이들 시스템에 대한 유지, 관리를 지속적으로 강화하고, 끊임없이 새로운 기술을 추가, 보완할 예정이다. 이로써 당사가 선체 구조 및 진동 해석 분야에서 세계적으로 선도적인 위치를 유지하는데 본 시스템이 중추적인 역할을 할 수 있도록 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 서용석 수석 외 10명, 엄재광 수석 외 10명 "선체 구조/진동 해석 통합시스템 개발", 삼성중공업 연구보고서, 2004.
2. 삼성 중공업, 대우 중공업, 한국 선급, "파랑 하중에 의한 선체 구조의 직접 강도 해석 기법 개발 연구", 산학협동 연구 보고서, 1995.
3. 서용석, 김성찬, 이재열 "파랑 하중-선체구조 interface 프로그램 개발", 삼성중공업 연구보고서, 1998.
4. 서용석, 윤장호, 김석준, 이동연, "해상조건이 선체구조의 피로수명에 미치는 영향", 2000 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp.279~281.
5. 장기복, 이춘기, 2001, "단순피로 계산법을 이용한 standard riser porch의 피로해석", 하계 선박 구조 연구회, 제15권 제2호, pp.85~91.
6. 장기복, 이춘기, "Spread mooring을 채용한 FPSO의 피로해석", 2001 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp. 338~343.
7. 장기복, 이춘기, "Spread mooring을 채용한 FPSO의 선측부위의 스펙트랄 피로해석", 2001 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp. 338~343.
8. 서용석, 윤장호, "73K B/C의 bottom longitudinal 피로해석 연구", KSSC Transactions, Vol. 13, No.1, Feb.1999.
9. 윤태경, 김동준, 1997, "선체 곡면의 자동 요소화", 한국 해양 공학 회지, 제11권, 제2호, pp.138-144.
10. Kyu-Yeul Lee, In-Il Kim, Doo-Yeoun Cho, Tae-wan Kim, 2003, "An Algorithm of Automatic 2D Quadrilateral Mesh Generation with Line Constraints", Computer Aided Design, accepted and plan to appear in 2003.
11. Owen, S.J. et al.,1999,"Q-Morph:An Indirect Approach to Automated Quadrilateral Mesh Generation",Int. J. Num. Method Eng.,Vol. 44, pp.1317-1340.
12. 권진철, 강호열, 허옥재, 김중서,2001, "선박의 CAD/CAE Interface 및 자동 요소 생성 기술", 2001 한국 CAD/CAM 학회 학술 발표회 논문집, pp405-412.
13. 김인일, 최중효, 조학중, 서홍원, "선박의 전선 구조 해석 모델링 시스템을 위한 자료 구조와 요소 생성 알고리즘 개발", 2004 한국 CAD/CAM 학회 학술 발표회 논문집.
14. 장범선, 서용석, 김은기, 이태희, 장기복, 송유석, 전민성, "화물창/전선 FE 자동모델러를 포함한 통합 구조해석 시스템 개발", 2004 대한조선학회 추계학술대회 논문집. 