

한국기계연구원 구조시스템연구부



신 병 천*

1. 개요

한국기계연구원(www.kimm.re.kr)은 대전의 대덕 연구단지(대덕 본원)와 창원의 상남동(창원 본원)에 위치하고 있으며, 대전은 기계관련, 창원은 금속관련 연구를 주로 수행하고 있다. 이번에 소개할 구조시스템연구부는 대덕 본원의 6개 부서 중 한 부서로서, 대형구조물의 구조안전성 평가를 주 연구목표로 하고있다.

구조시스템연구부는 구조, 진동, 음향, 회전체, 기계구조 등 5개의 연구 그룹으로 나뉘어져 있다. 현재 35명의 연구인력이 이론 및 실험 연구를 통하여 기간시설물, 철도차량, 선박/해양구조물, 산업플랜트 등 각종 대형구조물은 물론 기계요소들의 구조적 안전성 확보를 위하여 구조·진동·음향·회전체·연구분야의 세부 요소기술을 심화 발전시키고, 현장응용 기술을 구체화하는 국내 최대의 전문연구조직이다.

주요 연구분야로는 각종 대형구조물의 구조안전성 평가기술 개발, 구조음향학 기술 개발, 진동 제어 및 내진성능 기술 개발, 고속 회전기계 안전·설계기술 개발, 기계부품의 피로설계 및 초탄성

고무부품의 설계, 핵심기술 개발 등이 있다. 특히, 국내 최대의 대형구조물 시험시설/장비와 6자유도 대형 진동대를 활용한 다분야 산업의 각종 대형 구조물에 대한 구조안전성 및 내진성능 평가업무를 활발하게 수행하여 이론과 실험이 겸비된 체계적인 연구를 통하여 관련업계 및 기관의 구조안전관련 기술-에로사항 해결에 적극적으로 대처하고 있다.

또한, 당 부서에서는 구조물 피로파괴 연구실, 제진설계 및 장치 연구실, 고무역학 연구실 등 3분야의 국가지정연구실로 지정 받아 1999년부터 운영하고 있다.

2. 연구분야

2.1 구조안전성 평가기술

성수대교 붕괴와 같은 대형 기간시설물의 붕괴 사고는 귀중한 인명과 재산을 앗아갈 뿐 아니라, 엄청난 경제적 손실을 초래하며 궁극적으로는 국가 경쟁력을 약화시키는 중요한 요인으로 작용할 수 있으므로 이러한 사고방지를 위한 다방면의 기술이 필요하다.

* 정회원 · 한국기계연구원 구조시스템연구부, 부장

이 연구분야에서는 국내 최대의 시험시설과 장비 및 전문인력을 바탕으로 대형구조물에 대한 구조해석, 피로파괴해석, 시험평가 등 이론과 실험이 겸비된 실질적인 구조안전성 평가 분야에 대한 연구개발 활동을 활발히 수행하고 있으며, 연구대상 구조물은 빌딩, 교량, 발전소, 철도차량, 자동차, 선박, 해양 구조물 등 다양한 형태의 대형 구조물이다.

• 연구분야

- 대형구조물 정밀 구조해석 기술(선형 및 비선형)
- 구조물 결함 및 손상탐지 기술
- 구조물 피로강도 및 잔존수명 평가 기술
- 구조물 안전성 시험평가(정·동적 및 피로강도)
- 실동응력 측정/분석/평가

2.2 구조물 진동제어 기술

진동제어 기술은 기계, 조선, 항공, 토목, 건축 등 여러 산업분야에서 구조 안전성 확보, 쾌적성 향상, 제품의 성능보전 및 고부가가치화를 위해 필요한 요소기술이다. 이 기술분야에 대하여 대형 구조물의 진동해석 및 충격해석 기술, 진동제어장치 개발 및 이를 활용한 구조물/장비의 진동제어 기술, 구조물/장비에 대한 내진해석 및 시험평가, 원자력발전소 중요장비들에 대한 내진검증, 여러 가지 구조물/장비의 진동, 충격시험평가 등 이론과 실험을 겸비한 체계적인 연구를 수행하고 있다.

• 연구분야

- 진동 및 충격해석 기술
- 진동제어장치 설계 및 활용 기술
- 내진 해석 및 시험평가 기술
- 진동, 충격 시험평가

2.3 소음해석 및 제어기술

소음제어는 상품의 경쟁력을 높이기 위한 제품의 설계기술은 물론 우리의 생활환경을 개선하기 위한 환경기술 등 광범위한 산업분야에서 이용되고 있는 요소기술이다. 이 기술분야에서는 기계, 선박, 건축구조물의 소음해석 및 저소음 설계에 필요한

각종 요소기술 개발과 현장 문제해결의 기술지원, 각종 내장재 및 방음재료의 음향성능 시험평가 등을 수행하고 있으며 최근에는 자기부상열차의 저소음화에 관한 연구를 진행하고 있다.

• 연구분야

- 구조기인소음 해석/계측 기술
- 흡/차음재 성능 예측/계측 기술
- 선박음향학 기술개발
- 일반 기계 장비류의 저소음화 설계기술
- 난류경계층 소음 계측기술

2.4 고속 회전기계 안전·설계기술

회전기계 안전·설계기술은 산업플랜트에서 필수적인 고속 및 중·저속 회전기계시스템의 안전운용을 위하여 필요한 요소 및 시스템의 설계기술 및 유지보수기술을 망라하고 있다. 특히 산업체에서 핵심으로 다루는 고속, 고회전력 회전설비는 시스템의 동역학 설계기술을 포함하여 첨단 베어링기술인 자기베어링 설계기술, 모터/제너레이터 설계기술, 시일 설계기술, 진동제어 댐퍼 설계기술이 요구되며 아울러 회전기계 이상진단 기술도 중요한 연구과제이다. 당 그룹에서는 상기 기술분야에 대하여 이론 및 설계기술 개발을 중심으로 프로그램개발, 시작품 실험/시험 등을 통한 연구에 매진하고 있다.

• 연구분야

- 초고속, 고효율 회전기계 설계기술
- 회전기계의 신뢰성 평가기술
- 초고속 회전기계 밸런싱 시험기술
- 미케니칼 시일 설계·성능평가기술
- 회전기계 이상진동 탐지 및 제어기술

2.5 기계부품 피로설계 기술

피로설계 기술은 발전 설비, 대형 구조물, 수송 기계 등의 기계구조물 및 부품의 안전성, 신뢰성 및 경량화 설계에 있어 핵심 되는 기술이다. 이 연구분야와 관련하여 부품의 피로해석 및 피로강도평가, 소재의 피로/파괴특성 평가, 기계부품의 내구성능 및 신뢰성 평가, 자동차, 철도 차량 등

교통 수단의 경량화 설계, 피로파괴 시험기술 고도화, 피로해석 소프트웨어 시스템 개발 등의 연구를 수행하고 있다.

• 연구분야

- 피로해석, 설계 및 시험 기술 개발
- 유한요소 및 실험에 의한 응력 해석 기술
- 기계구조물 및 부품 피로시험기 설계 기술
- 기계류 부품 소재 특성실험 및 평가
- 기계부품 내구성능 및 신뢰성 평가 기술
- 피로해석 소프트웨어 개발

2.6 초탄성체 고무 부품 설계 기술

고무 부품은 고도의 신장성, 탁월한 탄성 복원 능력 및 진동 감쇠 특성 등으로 인하여 다양한 분야에 폭넓게 사용되고 있으며, 초탄성 거동을 나타내는 고무 물성 모델화의 어려움과 비선형·대변형 현상 해석의 어려움 등으로 인하여 부품의 설계·해석 시 전산 해석 기술의 적용이 미진한 분야로 알려져 있다. 고무의 비선형 특성은 변형률 에너지 함수를 이용하여 큰 변형률 범위까지 비교적 정확히 예측되고 있으며, 최근 전산 해석에 필요한 S/W와 H/W의 발전으로 인하여 고무 부품의 설계·해석에서도 전산해석기술이 널리 이용되고 있는 추세이다.

자동차의 각종 방진고무 부품(엔진마운트, T/M 마운트, 스트러트 마운트, 고무부쉬 등)과 철도차량의 현가장치 고무부품(공기스프링, 액슬스프링, 리질리언트마운트 등) 등의 전산해석을 수행하여 특성을 예측하고 실제 시험 결과와의 비교·분석을 통하여 신뢰성을 검증하는 연구가 수행되고 있으며, 주요 연구분야는 아래와 같다.

• 연구분야

- 고무부품의 비선형 유한요소해석
- 고무재료 물성시험 및 부품특성 database
- 고무부품 피로수명 평가
- 고속전철 방진고무부품 특성해석 및 설계
- 철도차량용 air spring, axle rubber 국산화 개발

- 고무류 기계부품 통합설계 시스템 개발

3. 국가지정 연구실

당 부서에서는 구조물 피로파괴 연구실, 제진설계 및 장치 연구실, 고무역학 연구실 등 3분야의 국가지정연구실을 과학기술부 지원으로 1999년부터 운영하고 있으며 이들 연구실에 관하여 간단히 소개하기로 한다.

3.1 구조물 피로파괴 연구실

(fatigue-nrl.kimm.re.kr)

육·해상의 대형 수송수단, 교량, 터널, 댐, 대형 건물 등 국가기반시설물, 방산장비 및 구조물, 산업시설물 등 각종 대형 용접구조물의 안전성 확보는 이들 구조물에 대한 중대 재해 발생시 초래되는 막대한 경제적 손실과 귀중한 인명 피해의 사전 방지와 직결된다.

대형 용접구조물의 안전성을 확보하기 위해서는 설계시 엄밀한 구조강도해석은 물론 구조실험을 통한 구조물의 안전성 평가 또한 필수적이다.

이를 위하여 본 연구실에서는 용접부의 피로균열 발생 및 진전에 관한 역학적 제반 특성을 고려한 대형 용접구조물 피로수명평가의 핵심 요소기술을 개발하며, 이를 바탕으로 기존 기술과 결합한 피로수명예측 전산시스템을 개발을 수행하고 있다.

또한 본 연구실에서는 다양한 분야의 대형 복합 용접구조물에 대하여 실제 운용조건과 유사한 하중조건을 구현하는 구조안전성 시험평가 및 해석을 수행할 수 있는 다목적 대형구조시험설비와 첨단 시험장비 및 각종 해석 소프트웨어를 보유하고 있다.

• 연구분야

- 잔류응력장에서의 피로특성 평가
- 용접부의 피로균열 발생 및 진전기구 연구
- 용접부의 피로균열 발생수명평가 기술 및 피로균열 수치 시뮬레이션 요소기술 개발
- 용접부 피로균열 진전수명 평가기술 개발
- 대형 용접구조물 피로수명 예측 시스템 개발

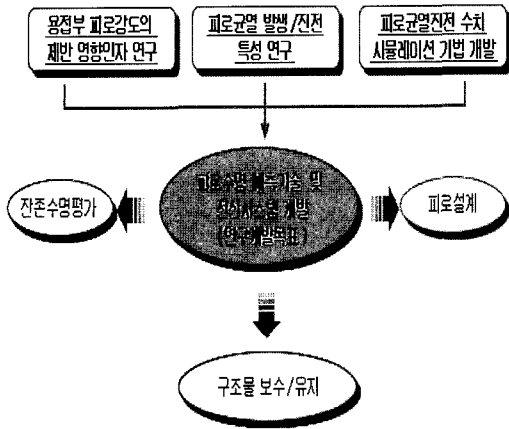


그림 1 피로수명 예측 시스템

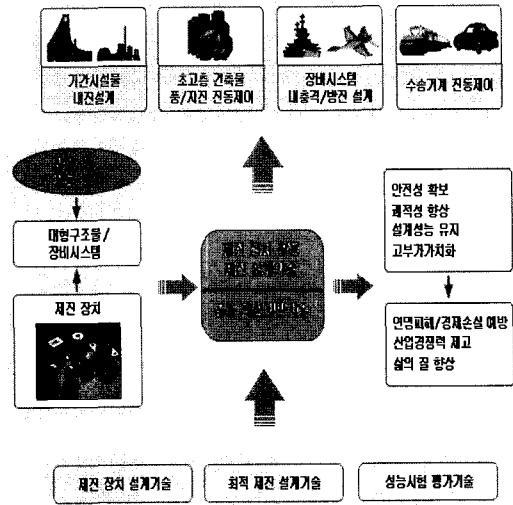


그림 2 제진장치를 활용한 제진설계 시스템

3.2 제진설계 및 장치 연구실 (vibcon-nrl.kimm.re.k)

교량, 원자력발전소, 유체저장탱크, 고층건축물 등 대형구조물과 중요한 장비시스템의 지진, 풍, 진동 및 충격하중에 대한 안전성 확보, 쾌적성 향상, 성능유지를 위해서 수동형, 반능동형 및 능동형 등의 여러 가지 제진 장치를 사용하여 진동을 제어하는 제진 설계기술을 확립한다. 이를 위하여 제진 장치 설계기술과 이를 활용한 대형구조물/장비시스템의 최적 제진 설계기술 및 성능시험평가 기술 개발을 목표로 하고 있다.

- 연구내용
 - 제진 장치 특성연구 및 해석을 위한 수학적 모델링 기법 정립
 - 제진 장치 적용 구조/장비시스템의 동특성 해석기술 개발
 - 효율적 동특성 재해석 기법 및 최적 제진 설계 기법개발
 - 반능동형 제진 장치 제어기 설계 및 최적 제진 설계 기법개발

3.3 고무역학 연구실 (rubber-nrl.kimm.re.kr)

국내의 고무류 부품 설계, 해석 및 평가에 관한 종합적인 기술 지원 시스템을 구축하여 국내 산

업 분야의 기술 요구에 대응할 수 있도록 고무역학 연구를 전문으로 하는 국가지정연구실이 지정되었다. 고무역학연구실은 세계 일류의 연구실 구성과 종합 기술지원 체계를 구축하고자 고무 부품 물성시험 및 data base 구축, 대변형·비선형 해석, 고무부품의 피로수명 및 신뢰성 평가 등 고무역학 전반에 관한 연구를 수행하고 있으며, 궁극적으로 고무류 기계부품의 통합설계시스템 개발을 목표로 연구를 수행하고 있다.

본 연구실은 인터넷홈페이지를 개설하여 기술 자료 공유와 기술 상담 및 기술 이전을 활성화하고 있으며, 정기적인 기술 세미나를 개최하여 기술 보급 및 정보 공유가 가능하도록 추진하고 있다. 또한, 고무역학과 관련된 협회 및 학회 활동도 강화하여 국내 고무 기술에 관한 관심을 고조시키고 연구의 질적 향상을 도모하며, 제품 기술과 관련된 실질적인 기술 발전이 있도록 현장의 애로 기술에 더욱 관심을 기울이고 있다.

- 연구 내용
 - 온도에 따른 고무 재료의 기계적 특성 data base 구축
 - 고무 재료 및 부품의 피로수명평가 모델 개발
 - 고무 재료 및 부품의 기계적 특성 예측 프로그램 개발
 - 고무부품 통합 설계 시스템 개발

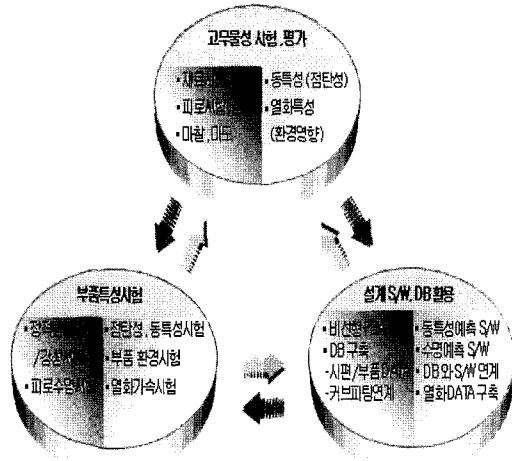


그림 3 고무부품 통합 설계 시스템

4. 보유 장비

당 부서에서 보유하고 있는 장비는 시험 시설/장비 및 구조해석용 소프트웨어로 나눌 수 있다. 다음에 대표적인 시설 및 소프트웨어를 간단히 소개한다.

4.1 시설 및 장비

표 1 참조

4.2 소프트웨어

표 2 참조

표 1 시설 및 장비

장비명	용도	사양
대형구조물 시험시설/장비	- 대형구조물 내하시험 및 피로시험	- 시험대: 25m×12m. 반력벽: 25m×8m - 하중장치: 200톤 1조, 100톤 4조, 50톤 3조, 25톤 2조, 10톤 4조, 5톤 4조 - 용력, 변위, 가속도 측정: 동적 64Ch, 정적 300Ch - 유압식 구동 - 임의의 파형 구현 가능 - 피로하중 가능
음향/소음 측정 실험실	- 차음성능계측, 흡음율 계측, 음향출력 계측 등 - 각종 음향특성 계측 난류소음 계측, 유동소음 계측	- 준무향실: 5m×4m×4m (L×W×H) - 대/소 잔향실: 용적 : 225m ³ , 67m ³ - 시료설치부: 2.5m×2.5m - 저소음 풍동 계측부: 400mm×400mm - 최대풍속: 55m/sec
대형 6자유도 진동대	- 대형 시험체(구조물/장비)의 진동 및 지진시험 - 원자력발전소 기기의 내진검증	- 조화파, 랜덤파, 지진파 등 임의의 파형을 6자유도로 동시 구현 - 시험대상 중량: 최대 30톤 - 진동대 크기: 4.0m×4.0m - 가진 방향: 6 자유도(3축 병진, 3축 회전) - 가진 주파수: 0Hz~50Hz - 최대 변위: 100mm(수평), 67mm(수직) - 최대 가속도(30톤 적재시): 1.5g(수평), 1.0g(수직)
2축 진동대	- 자체개발 - 소형 시험체(구조물/장비)의 진동 및 지진시험 - 원자력발전소 소형기기의 내진검증	- 조화파, 랜덤파, 지진파 등 임의의 파형을 수직, 수평방향으로 구현 - 시험대상 중량: 500Kg - 진동대 크기: 1.2m×1.2m - 가진 방향: 2축(수평, 수직) - 가진 주파수: 0Hz~100Hz - 최대 변위: ±100mm - 최대 가속도(500Kg 적재시): 8g

표 1 시설 및 장비 (표 1 계속)

경중량 및 중간중량 충격시험기	- 함정용 탑재장비 내충격 성능평가 - 우주발사체 부품 Pyroshock/군수장비 - Ballistic Shock Test	- High Impact Type 충격 - 시험대상 장비중량: 500-7,400lb - Impact Axis: 1축(vertical) - Hammer Weight: 3,000lb - Max. Hammer Height: 5.5ft
정밀 로터- 베어링 시험대	- 로터 동특성 매개변수 실험 및 정밀 밸런싱	- 84"×48"×25" - 상부 Plate 수평도 0.005mm
구조물용 피로시험기 (100톤, 50톤)	- 기계구조물 및 부품의 피로시험	- 하중: ±100톤, ±50톤 - 최대변위: ±100mm - 시험주파수: 0.01-30Hz(100톤), 0-20Hz(50톤)
구조물용 비틀림 피로시험기	- 기계구조물 및 부품의 비틀림 피로 시험	- 하중: 2ton.m - 최대각도 ±50deg - 시험주파수: 0-15Hz
유압식 재료시험기	- 소재 물성시험 및 피로특성 평가	- 하중: ±10톤 - 최대변위 150mm - 시험주파수: 0.01-50Hz
고무인장시험기	- 고무 인장, 압축, 전단시험	- 용량: 5kN - Crosshead Travel: 950m - Extensometer: 850mm

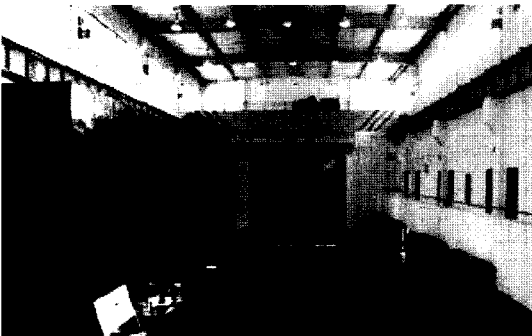


그림 4 대형 구조물 시험설비

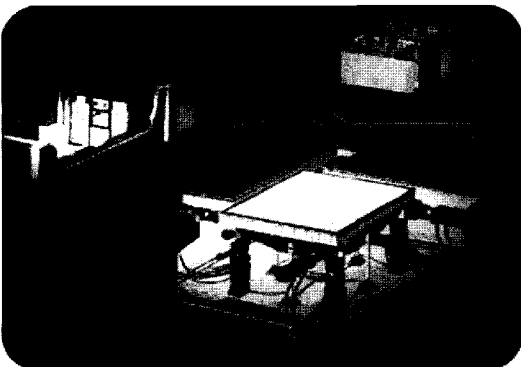


그림 5 대형 6자유도 진동대

표 2 소프트웨어

종류	소프트웨어
일반 구조해석	- MSC/NASTRAN - ANSYS - PATRAN
피로해석	- Pro-Engineer - MARC - NSOFT
충격/충돌 해석	- LS-DYNA3D - ESI/PAMCRASH - USA(Underwater Shock Analysis)
동역학 해석	- DADS

5. 전산구조 관련 연구과제

다음에서는 전산구조와 관련하여 당 부서에서 최근 수행한 과제들을 중심으로 소개하기로 한다.

5.1 대차 프레임 부분구조 피로강도 평가

본 연구에서는 동력대차의 구성부재 중 피로에 문제가 발생할 수 있는 용접연결부에 대한 피로 강도를 해석적/실험적으로 평가하여, 대차의 피로

안전성 설계를 위한 자료도출을 목적으로 하였다. 우선 수직하중을 받는 사이드 프레임 시험체 각 요소에 작용하는 응력분포를 산출하기 위하여 상용프로그램인 ANSYS를 이용하여 유한요소해석을 실시하였고, 구조시험장비를 이용하여 피로시험을 실시하였다. 구조해석과 피로시험 결과를 이용하여 용접연결부에 대한 S-N선도를 구하여 대차의 피로안전성 여부를 확인하였다.

5.2 피로설계 및 피로강도 평가 프로그램 개발

본 연구에서는 등가응력 방법과 critical plane 방법을 이용하여 비위상 다축 변동하중 하에서의 피로손상을 계산하는 프로그램(KIMM-FATIGUE)을 개발하였다. 이 프로그램은 하중이력, 유한요소 해석 결과 및 재료의 물성치를 입력으로 하여, 고주기 피로영역에서 허용응력에 대한 작용 등가응력의 비로 정의되는 피로안전율(margin of safety

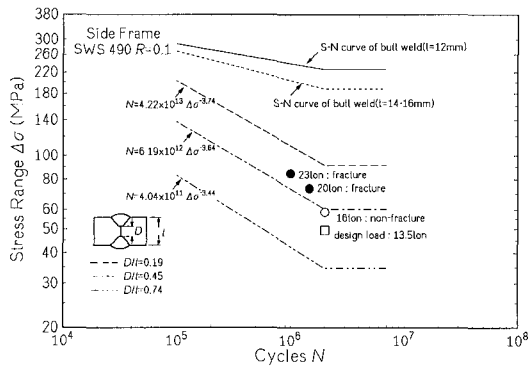


그림 6 대차 프레임 피로해석 결과

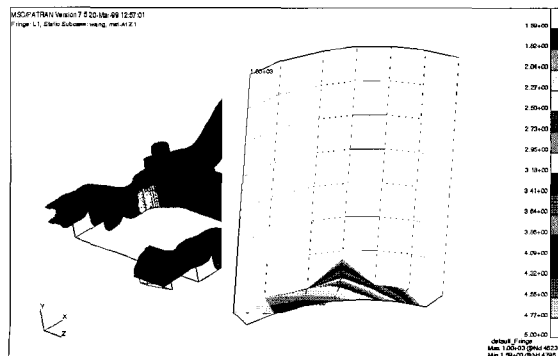


그림 7 대차프레임의 피로안전율 분포

for fatigue)을 계산할 수 있다. 본 프로그램을 이용하여 고속전철에 사용되는 동력객차용 동력 대차프레임의 피로해석을 수행하였으며, 대차프레임의 최소 피로안전율은 1.59로 피로하중에 대해 안전하게 설계되었음을 알 수 있었다.

5.3 철도차량 및 자동차 방진 고무부품의 비선형·대변형 해석

철도차량 및 자동차의 진동·소음 저감을 위하여 여러 가지 종류의 방진고무 부품이 사용되며, 동 부품의 비선형·대변형 해석을 통하여 하중-변위 선도 및 응력집중 부위 등을 예측할 수 있다. 본 연구에서는 승용차용 스트럿 인슐레이터와 철도차량용 공기 스프링의 특성해석을 수행하였다.

승용차용 스트럿 인슐레이터의 예측된 하중-변위 선도는 실제 시험 결과와 잘 일치하였으며, 응력 및 변형을 집중 부위는 접혀지는 부위로서 피로시험 시 파손이 발생하는 부위와도 잘 일치하였다.

철도차량에 사용되는 공기스프링은 코드로 강화된 고무복합재 형태를 띠고 있다. 전산해석을 통하여 설계 요구 조건인 수직방향과 수평방향의 강성을 만족시켜 주는 코드 각도 및 벨로우즈의 형상 등의 주요 설계 변수를 결정하였다.

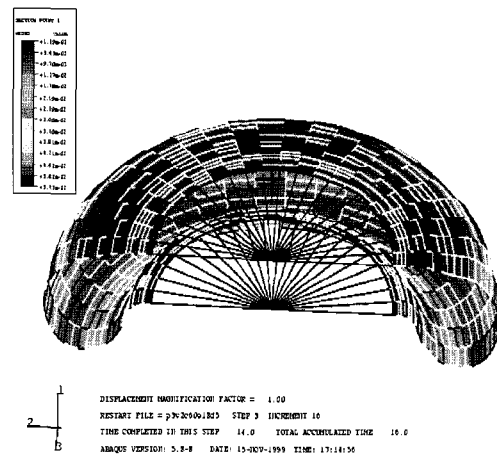


그림 8 Air spring 특성 해석

5.4 고속선박 충돌 시뮬레이션

소형 고속선박의 충돌과정을 시뮬레이션하여 손상범위를 추정하고 실제 손상과 비교하였다. 시뮬레이션을 위하여 두 선박을 모델링 하였으며 사용프로그램은 LS-DYNA3D이다. 충돌시 두 선박의 전체적인 거동 파악을 위하여 선박 전체를 모델링하였으며 선박 앞부분의 국부적인 손상해석을 위해서는 대상 부분만을 확대하여 해석하였다.

해석결과를 실제 손상과 비교하여 필요한 파라미터들을 결정하였다. 이를 바탕으로 충돌속도와 충돌방향에 따른 손상범위와 손상정도를 예측하여 운항시 안전하게 항해할 수 있는 속도를 제시하였다. 또한 충돌시 피해를 최소화 할 수 있는 구조설계 방법도 제시하였다.

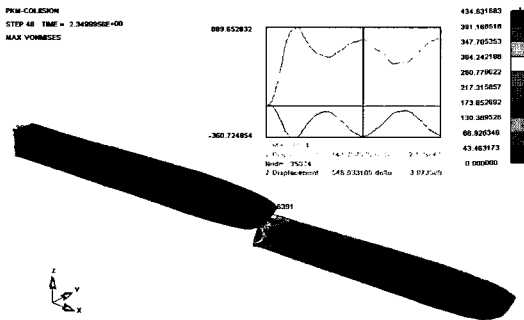


그림 9 선박 충돌 시뮬레이션 예

5.5 파랑중 초대형 부유구조물의 유탄성응답 해석

해양정보도시, 부채인공도시, 해상공항도시 등과 같이 해양공간 이용을 위해 해상에 건조되는 초대형 부유구조물의 파랑에 대한 동적응답 해석 프로그램을 개발하였다. 초대형 부유구조물은 길이, 폭 치수에 비해 깊이가 매우 얇아 상대적으로 굽힘강성이 매우 작기 때문에 파랑하중에 대한 구조물의 응답은 강제거동 보다는 탄성거동에 지배된다. 이러한 초대형 부유구조물의 파랑응답특성을 평가하기 위해서는 구조물의 탄성변형을 고려한 유탄성 응답 해석이 필요하다. 그러나 초대형

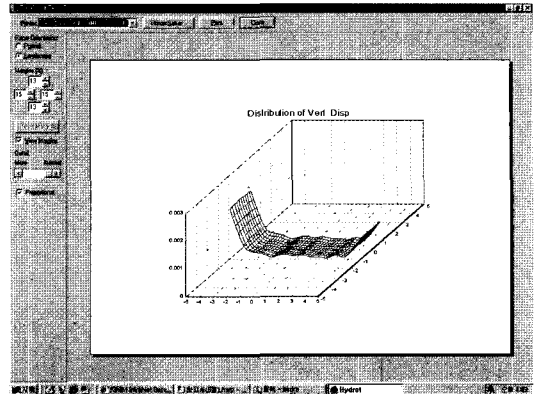


그림 10 유탄성 응답 변위 계산 예

부유구조물의 경우는 파장에 비해 구조물의 길이가 매우 거대하여 기존의 선박, 해양구조물 등에 적용해온 방법은 엄청난 계산시간의 요구 등 직접 적용하기가 매우 곤란하다. 따라서 보다 효율적인 해석방법이 요구된다.

본 연구에서는 구조 유한요소법과 유체 경계요소법을 결합한 유탄성해석 방법을 근간으로 하고, 유체력 상호간섭이론 및 부분구조진동형 합성법을 활용하여 초대형 부유구조물의 유탄성응답 해석에 효율적으로 적용할 수 있는 해석기법을 제시하였으며, 다수의 지지부체를 갖는 반잠수형 부유구조물과 바아지형 부유구조물 유탄성해석 프로그램을 개발하였다.

5.6 수중폭발에 의한 함정의 충격응답해석

함정 시제함에 대하여 내충격 설계기준에 해당하는 수중폭발 충격하중에 의한 선체 충격응답 해석을 수행하였다. 해석을 위하여 선체 전체를 3차원 유한요소로 모델링하고 구조물의 수중폭발에 의한 선형 충격응답해석을 위한 전용 프로그램인 USA(Underwater Shock Analysis) /NASTRAN을 사용하였다. 충격응답을 통하여 가스구체 압력과(bubble pulse)에 대한 대상함 선체거더의 종강도 안전성과 충격파(shock wave)에 대한 선체 주요부재 및 장비받침대에 대한 안전성을 평가하고, 필요시 내충격 설계보강 방안을 마련하여 함 건조에 반영되도록 하였다.

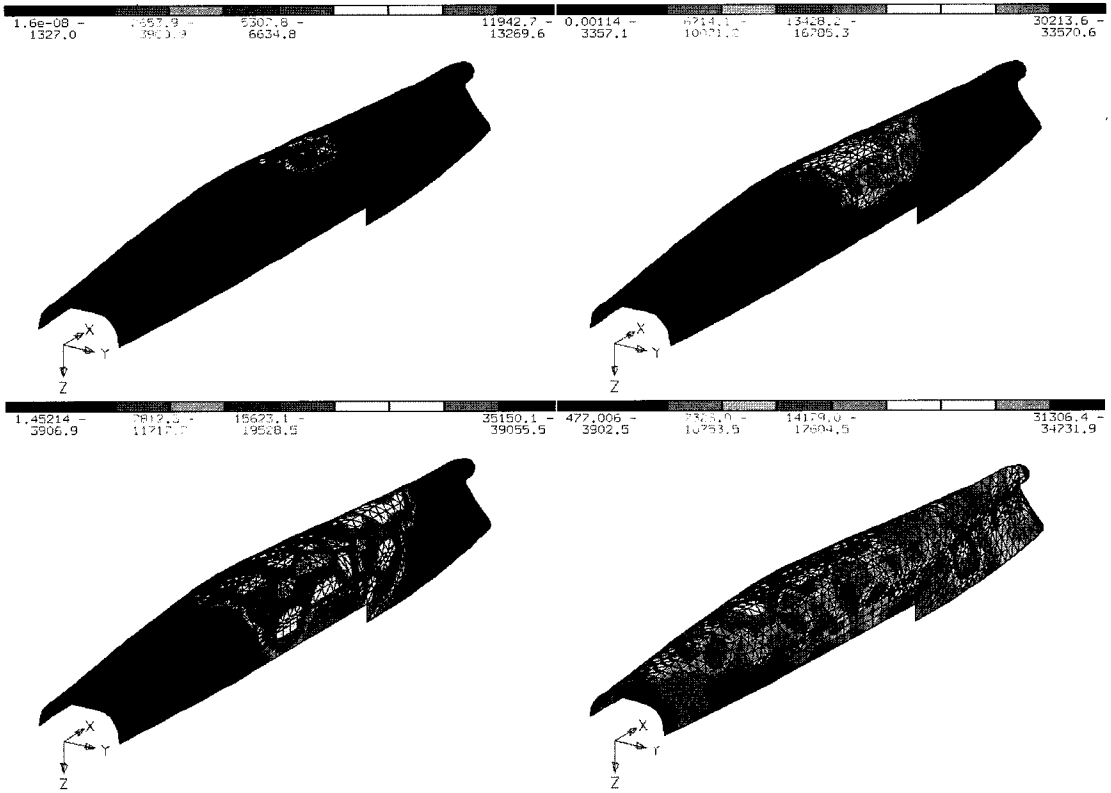


그림 11 선체 3차원 충격응답해석 예

5.7 복합판넬의 투과손실 해석 정도향상을 위한 연구

복합판넬의 투과손실 계측결과는 정량적 뿐만 아니라 정성적인 면에서도 이론적 해석과 비교하여 큰 차이를 보여주고 있다. 본 연구에서는 투과손실 해석시 흔히 이용되고 있는 입사음의 에너지가 모든 입사각에 대하여 동일하다는 가정이 실제와 다르다는 것을 밝혔다. 실제로 있어서 입사음의 음향에너지는 입사각에 따라 Gauss 분포를 하고 있음을 실험적으로 규명하였다. 본 결과를 2중 혹은 3중판의 다중구조를 갖는 복합판넬의 투과손실 해석에 적용하여 실험결과와 매우 유사한 결과를 주고 있음을 확인하였다.

본 연구에서 개발한 해석 모델은 시간과 비용이 많이 요구되는 실험과정을 최소화 시킴으로써 투과손실의 향상을 위한 판넬의 내부구조 설계시 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

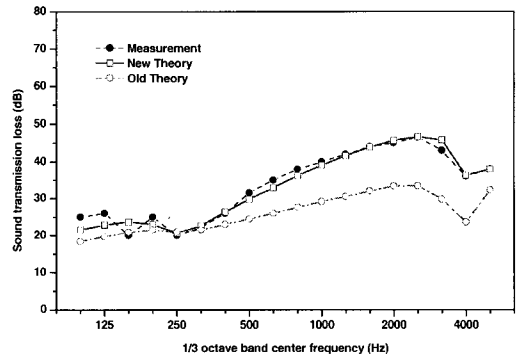


그림 12 새로운 이론에 의한 투과손실 계산예 (2중판)

5.8 FRP 재질의 선박 소음해석

FRP 등 복합재를 이용해 만든 선박의 선내소음과 수중방사 소음해석을 수행하여 해석결과와 계측결과를 비교하였다. 소음해석에는 통계적에너지 해석법(statistical energy analysis)를 이용해 자체

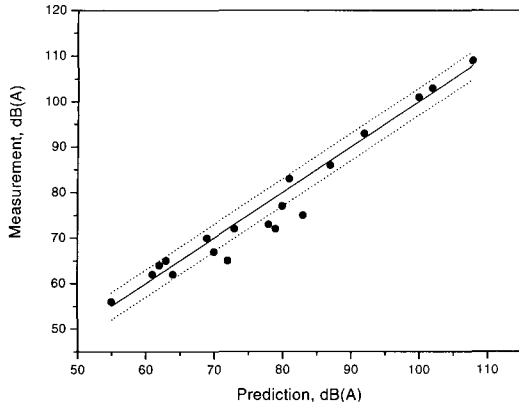


그림 13 FRP선의 소음해석 모델 및 해석/계측 결과 비교

개발한 SEANV(Statistical Energy Analysis of Noise and Vibration)을 사용하였다. 본 해석시 특이사항은 복합재질의 감쇠계수 등은 실제 계측 자료를 이용하였다는 점을 들 수 있다.

본 해석과정을 통하여 소음레벨을 예측함으로써 그 결과는 규정된 소음을 초과하는 격실에 대하여 사전에 적절한 방음설계를 조치하는 데에 기본 자료로 활용되었다.

5.9 보조동력(APU) 가스터빈의 로터다이나믹 해석

60,000rpm의 고속에서 운전되는 보조동력 가스터빈 로터-베어링 시스템의 선회 고유진동 모드 및 불균형응답 해석을 수행하였다. 해석에는 유한요소법이 적용되었으며, 스플라인 축의 연결부는 횡방향 강성을 갖는 베어링과 횡방향 변위의 연

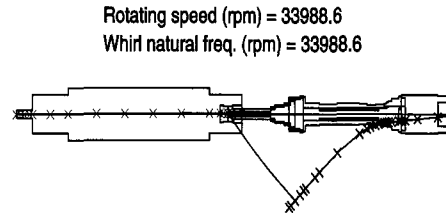


그림 14 보조동력 가스터빈 로터-베어링 시스템의 위험속도 및 모드 해석예

속성만을 구속하는 피벗으로 모델링하여 검토되었다. 한편, 각 지지 베어링과 축 요소, 그리고 특히 스플라인 축 등의 각 위험속도에 대한 설계 민감도를 파악하기 위해 DDM(Direct Derivative Method) 기법이 적용되었다. 해석결과 스플라인 축으로 연결된 가스터빈과 발전기 로터-베어링 시스템은 상호영향이 배제됨은 물론 스플라인에 의한 별다른 영향 없이 양호하게 설계된 것으로 평가되었다.

6. 맺음말

이상으로 간략하나마 한국기계연구원 구조시스템연구부에 대해 소개하였다. 당 부서는 국내 최고의 연구인력과 첨단 연구장비를 보유하고 있으며, 이론 및 실험 연구를 통해 구조물의 신뢰성과 안전성 향상을 위하여 노력하고 있다. 3개의 국가지정 연구실을 보유한 현재의 연구역량으로 볼 때 명실공히 국내 최고의 구조분야 연구기관임을 자부하고 있으며, 21세기에는 세계적인 구조분야 연구기관으로서 발돋움하기 위하여 노력하고 있다. 