

한국기계연구원 구조시스템연구부 진동연구그룹
국가지정연구실

제진 설계 및 장치 연구실

1. 개요

한국기계연구원 구조시스템연구부 진동연구그룹은 선박연구소 선박구조연구실을 모태로 하여 그동안 정부출연연구기관의 통폐합과 조직 개편에 의해 한국기계연구소 선박분소 구조연구부 음향진동실, 한국기계연구소 구조연구부 진동연구실을 거쳐 현재에 이르고 있다. 우리 나라 조선소 현장에서의 진동관련 연구가 본격적으로 이루어지기 전인 1980년대 중반까지는 선박의 방진설계를 위한 진동해석 평가와 진동계측 평가에 관한 연구, 이를 활용한 조선소의 기술지원을 전적으로 수행하였다. 1980년대 후반부터 1990년대 초에 걸쳐 국내 대형조선소들이 자체적인 연구조직을 갖추고 스스로 필요한 연구를 수행해 나감에 따라, 선박진동 분야에 대해서는 지금까지 국내에서 시도되지 않았거나 보다 기본적이고 장기적인 연구가 필요한 새로운 연구주제를 발굴하고자 하는 노력과 더불어 토목/건축 분야, 기계분야 등으로 적용분야의 확대를 모색하기 시작하였다. 1987년 구조연구동의 준공과 1989년 6자유도 대형 진동대의 설치는 이와 같은 연구분야 확대/발견 모색의 중간 결실이며 또한 이의 새로운 시작점이기도 하였다. 6자유도 대형 진동대를 비롯

하여 2축 소형 진동대, 충격시험기 등 관련 실험 시설을 갖추고 원전기기 내진검증과 각종 진동/충격시험평가에 시스템을 구축하였으며, 이를 기반으로 하여 선박, 토목, 건축구조물 등 대형구조물의 진동제어 및 내진 분야 등 여러 분야로 연구의 적용 영역을 확대시켜 왔다. 이에 따라서 현재는 선박/해양구조 분야는 물론 토목/건축분야, 기계분야 등 다양한 산업분야의 대형구조물과 장비에 대한 진동제어, 내충격, 내진기술의 전문연구 및 시험평가 기능을 갖는 연구실로 정착하게 되었으며, 1999년에는 “제진장치를 활용한 제진설계 기술 개발” 과제로 국가지정연구실(NRL : National Research Laboratory)로 지정되었다.

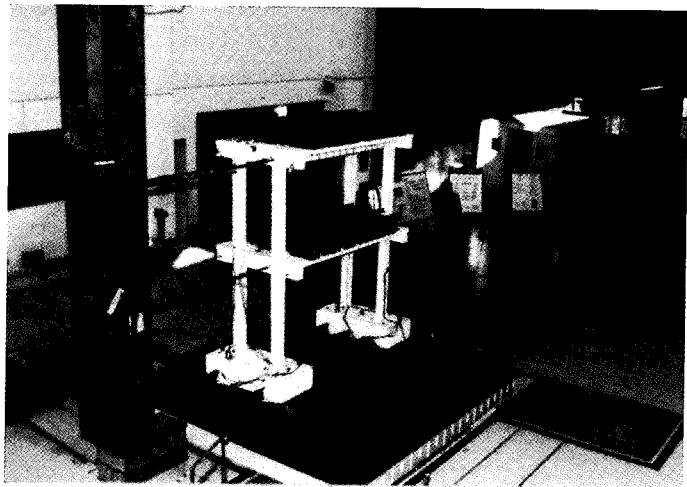


그림 1. 6자유도 대형진동대 시스템

연구실탐방 | 제진 설계 및 장치 연구실

2. 연구인력 및 시설/장비

본 연구실의 연구인력은 총 7명으로 박사 4명, 석사 3명으로 구성되어 있다. 대부분이 조선공학 전공(6명)으로 이는 앞에서 설명한 본 연구실의 역사와 깊은 관련성이 있다고 할 수 있다. 이 상의 정규 연구인력 이외에 국내 대학의 조선, 기계, 토목전공 석, 박사 과정 학생 3, 4명을 위촉연구원으로 상시 활용하고 있다.

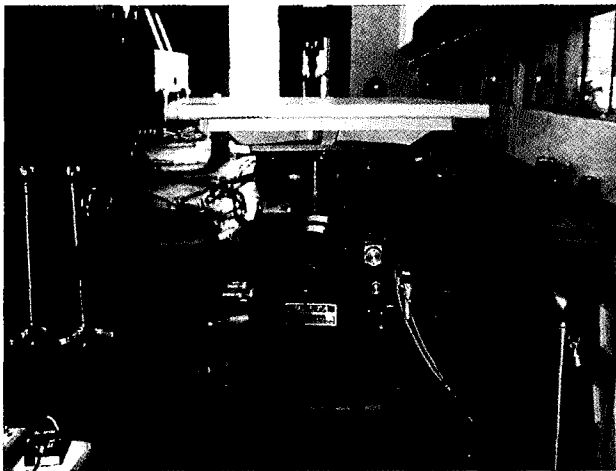


그림 2. 2축 소형 진동대



그림 3. 충격시험기

주요 시설과 장비로는 6자유도 대형 진동대, 2축 소형 진동대 및 충격시험기와 여러 가지 진동계측, 실험, 분석 장비시스템 및 해석 도구들이 있다. 6자유도 대형 진동대는 국내 최대 규모로 30톤의 시험체를 1.5g까지의 가속도를 받도록 가진할 수 있으며, 가진 주파수 범위는 0~50Hz 이다. 이 진동대는 6자유도 제어능력을 갖추므로써 공간상에서 모든 운동을 구현할 수 있다. 이 진동대는 구조물과 대형 장비의 내진, 진동 실험/시험에 활용되고 있다. 2축 소형 진동대는 대형 진동대를 사용하기에 비교적 작은 시험체를 높은 주파수까지의 내진, 진동실험을 위하여 본 연구실이 자체적으로 설계/제작한 것이다. 500Kg의 시험체를 수평과 수직방향으로 각각 8.0g까지의 가속도를 받도록 가진할 수 있으며, 가진 주파수 범위는 0~100Hz 이다. 충격시험기는 미국해군 탑재장비에 대한 충격사양인 'MIL-S-901D' 에서 규정하는 High Impact Type의 경중량(Light Weight) 및 중간중량(Medium Weight) 충격시험기 각각 1set로서, 미국 HI-Test Laboratories 사에서 제작한 시험기이다. 이 충격시험기는 KT전기주식회사로부터 무상으로 기증 받은 것으로 1999년 12월에 가동식을 가진 바 있다.

3. 주요 연구분야

현재 본 연구실에서 주력하고 있는 연구분야는 대형구조물의 제진설계기술, 함정선체 및 장비시스템의 내충격설계기술, 초대형 해양구조물의 유탄성해석기술 및 내진검증/진동시험평가 분야이다.

- 제진설계기술 : 지진, 바람 등을 포함한 각종 진동하중에 대한 대형구조물의 구조안전성 확보, 쾌적성 향상, 각종 정밀 기계 장비의 성능보전을 위한 핵심기술

중의 하나로서 제진장치를 이용한 제진설계기술 개발 분야를 국가지정연구실사업과 기관고유사업 등을 통해 연구 수행 중이다. 본 연구실의 특성을 살려 수동, 능동 및 반능동형 등 다양한 제진장치의 개발과 활용기술에 역점을 두고 있으며, 이를 통해 국가와 산업계의 다양한 수요를 충족시키고 제진설계기술에 있어 세계적인 연구그룹으로 발돋움할 계획이다.

- **함정선체 및 장비시스템의 내충격설계기술** : 충격응답해석을 통한 함정구조 및 장비 받침대의 내충격설계 평가기술, 탄성마운트를 이용한 주요 장비의 충격절연(shock isolation) 기술에 관한 연구를 1990년도 초반부터 꾸준히 수행해 오고 있다. 몇 척의 실선 충격응답해석 연구와 주 기관 및 각종 함정 탑재장비에 대한 해석 또는 시험에 의한 내충격 안전성 평가 과제를 수행했거나 수행 중에 있다. 국가지정 연구실 사업을 통해서도 충격/진동 절연을 위한 탄성마운트 설계 및 활용기술을 개발하고 있다. 또한, 본 연구실은 그 간의 연구경험을 바탕으로 막대한 비용/시간/인력이 요구되고 현실적으로 실행하는데 어려움이 많은 실선 충격시험을 수치해석 시뮬레이션으로 대체할 수 있는 기법에 대한 연구를 계획 중이다.
- **초대형 해양구조물의 유탄성 해석 기술** : 본 연구실은 과학기술부 스타프로젝트로 해양공간 이용 대형 복합플랜트 개발 사업(일명 BMP사업)을 총괄 수행한 바 있으며, 세부 연구로는 초대형 부유구조물의 유탄성 응답에 대한 해석기법 연구 및 실험연구를 수행하였다. 이를 바탕으로 향후 실용화를 위한 연구사업 도출에 노력하고 있다.
- **내진검증 및 진동시험평가** : 내진검증 및 진동 시험 평가와 같은 구조물과 장비시스템에 대한 신뢰성 평가 분야는 좋은 시험시설과 기술을 보유하고 있는 정부 출연연구소가 담당해야 하는 중요한 분야 중의 하나이다. 본 연구실은 6차

유도 진동대를 포함하여 다수의 시험장비를 갖추고 원자력발전소 장비의 내진검증과 각종 구조물 및 장비에 대한 진동시험평가를 수행하고 있으며, 대외적으로 공신력을 확보하고 있다. 원자력발전소 장비의 내진검증 업무는 1990년도에 처음 시작하여 30여건의 검증을 수행하였으며, 지금의 원자력발전소 기기검증 수행 기반을 구축하는데 중요한 역할을 하였다. 또한, 진동 시험평가는 함정용, 철도차량용, 발전소용, 버스용 등 여러 분야의 구조물과 장비에 대한 내진동 신뢰성 평가를 수행하고 있다.

4. 국가지정연구실(NRL) 연구과제

4.1 배경

제진장치를 활용한 구조물과 장비시스템의 제진설계 기술은 지진을 포함한 주변환경으로부터 유기 되는 각종 진동, 충격하중에 대한 구조안전성 확보, 쾌적성 향상, 각종 정밀기계 장치의 성능보전 및 고부가가치화를 위한 핵심기술로써, 조선, 토목/건축, 기계 등 여러 산업 분야에 공통적으로 응용되는 공통 기반기술이다. 근래에 우리 나라에서도 국가 기간시설물 및 대형구조물의 지진에 대비한 내진설계와 고층구조물의 내풍 설계에 대한 관심이 높아졌고, 이에 대한 국내 기술 확보가 현안 문제로 대두되고 있다. 또한, 특수한 환경 하에서 고도의 성능을 요구하는 군수장비와 초고속화 하는 각종 수송기계의 장비시스템에 대한 국산화 또는 새로운 개발 노력이 이루어지고 있으며, 이를 위한 요소기술로서 방진/내충격 설계의 중요성이 부각되고 있다. 그러므로 이에 대한 핵심기술로서 제진장치를 이용한 제진설계 기술 분야의 향후 기술수요 및 투자는 급격히 증가할 것으로 전망된다.

본 연구실에서는 그 동안 대형 구조물과 장비시스템의 제진설계 기술 개발의 필요성을 인식하고 이 분야에 대한 연구과제의 도출과 보유 시설, 장비의 활용에 노력을 기울여왔다. 특히, 기계관련 정

연구실탐방 | 제진 설계 및 장치 연구실

부출연 연구기관이라는 특성을 살려 제진장치 설계 및 이의 활용기술에 초점을 두고 관련한 기본적인 이론적, 실험적인 연구 개발과 함께 산업체의 수요에 부응한 연구 및 시험평가 업무를 수행해 왔다. 그러던 중에 1999년 9월부터 “제진장치를 활용한 제진설계 기술 개발”이라는 주제 하에 국가 지정연구실로 지정되었고, 이로써 이에 대한 보다 본격적이고 체계적인 연구를 수행할 수 있는 계기를 마련하게 되었다.

4.2 기술개발 내용

본 NRL사업에서는 국가기간시설물과 같은 대형구조물과 중요한 장비시스템의 안전성 확보, 쾌적성 향상, 성능유지를 위해서 지진, 풍, 진동 및

충격 등의 외부 하중을 차단 또는 흡수하는 제진 장치를 사용하여 진동을 제어하는 제진설계 기술을 확립하고, 이 분야에서 세계적인 연구팀으로서의 위치를 확보하는 것이 최종목표이다. 단계별로는 1단계(2년)에서 최적 제진설계를 위한 핵심 기반기술을 개발하고 2단계(3년)에서는 최적 제진설계 시스템 구축 및 적용과 종합 성능평가 시스템 구축을 목표로 하고 있다.

이와 같은 목표를 달성하기 위하여 제진장치 설계기술과 이를 활용한 대형구조물/장비시스템의 최적 제진설계 기술 및 성능시험평가 기술 개발을 주 연구내용으로 하고 있으며, 보다 구체적인 연구개발 내용은 다음과 같다.

- 비선형 특성을 갖는 각종 제진장치가 적용된 구

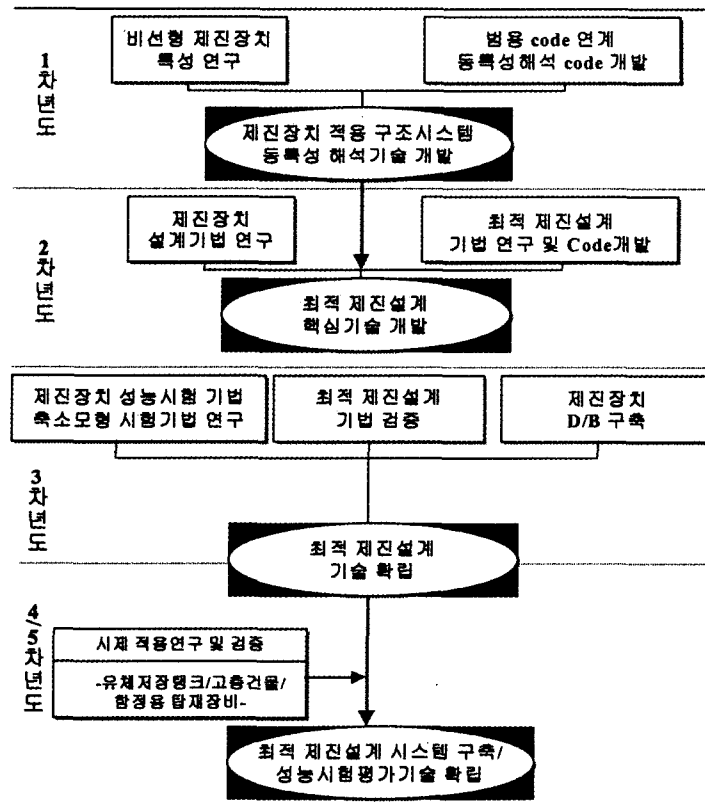


그림 4. 제진장치 활용 제진설계 기술(연구내용)

조물/장비시스템의 동특성 해석 기법 및 프로그램 개발

- 최적의 제진장치 선정 및 배치설계 기법 연구 및 프로그램 개발
- 수동형, 반능동형, 능동형 각종 제진장치의 특성연구 및 설계기술 연구
- 성능시험평가 기술개발 및 시스템 구축
- 최적 제진설계시스템 구축 및 적용 연구

제진장치를 활용한 제진설계기술의 기본적인 이론과 접근방법은 대상체가 구조물이거나 장비시스템에 관계없이 동일하다. 그러나 구체적인 내용이나 실질적인 적용 측면에서는 대상체에 따라 약간의 차이가 있다. 따라서 본 NRL사업에서는 전체적인 연구내용과 추진방향은 위에 기술한 바와 같이 하나이나 구체적인 내용에 있어서는 구조물과 장비시스템으로 분리하여 수행하고 있다.

구조물의 제진설계기술에 대해서는 지진과 풍 하중을 받는 대형구조물을 대상으로 하고 있다. 이 분야의 연구는 대형구조물이 많이 건설되고 있고 지진이 많이 발생하고 있는 미국과 일본을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 본 NRL사업을 통하여 1차로 이들 선진국의 기술수준에 접근하는데 중점을 두고 있다.

장비시스템의 제진설계기술에 대해서는 우선적으로 함정용 탑재장비에 대한 방진/내충격 설계를 대상으로 하고 있다. 본 연구를 통하여 함정용 탑재장비 개발에 있어서 장비 제작업체가 현재 어려움을 겪고있는 진동/충격 관련 특수사양을 보다 쉽

게 만족시키는 방법을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 내충격/방진 설계검증이 이루어진 마운트를 저가의 상용장비(Commercial Off-The-Shelf Equipment)에 적용하여 군용화함으로써 고부가가치를 실현하고 아울러 국방비를 절감할 수 방안에 활용될 수 있으리라 기대하고 있다.

5. 결 언

본 연구실은 진동, 충격과 관련한 많은 연구실적과 세계적인 수준의 연구시설/장비를 갖춘 연구집단으로서 국내에서는 이 분야에서 선도적인 위치에 있다고 자부하고 있다. 자체적으로 조사 정리한 자료에 따르면 1978년 이후 현재까지 본 연구실이 발간한 연구보고서가 190건, 시험성적서가 168건에 이르고 있다. 그 동안 정부 출연연구기관이 여러 우여곡절을 겪는 와중에서도 전, 현 구성원의 끊임없는 도전과 노력이 현재의 본 연구실을 있게 한 근원이라 판단된다.

본 연구실은 국가지정연구실사업을 성공적으로 수행하고 이를 통하여 이 분야에서 세계적인 연구집단으로 자리잡기 위해 지금까지와 다름없이 전력을 다하고자 한다. 그러므로 향후 지금까지와는 다른 차원에서 산업계의 기술수요를 충족시키면서 기술개발을 선도하는 정부 출연연구기관으로서의 역할을 할 수 있을 것이라 여겨진다. 본 연구실은 회원 여러분의 조언과 관심, 그리고 관련연구의 협력을 기대하는 바이다.