

# 동역학 및 제어부문

부문위원장 : 박 영 필(연세대학교, 교수)

## 동역학

2000년도 동역학 분야의 연구 논문은 크게 회전체동역학, 다물체동역학, 구조동역학 그리고 동역학 해석 프로그램 개발에 관한 연구가 진행되었다.

### 1) 회전체동역학

회전체동역학 분야의 연구는 외팔보가 회전운동으로 고유진동수가 증가하여 발생하는 임계각속도의 동특성에 대한 연구가 진행되었다. 또한 유체유동에 의해 외력을 받는 헬리콥터나 발전용 가스 터빈 등 블레이드의 동적거동에 대해 연구가 진행되었다.

### 2) 다물체동역학

다물체동역학 해석은 궤도차량의 바퀴와 궤도간 접촉과 같은 두 강체가 접촉하는 계의 해석과 균용전차의 유연체 포신-포탑 시스템과 같은 유연체 시스템에 대한 해석이 진행되었으며, 충돌하는 구속 다물체계에 대해 마찰력을 고려하여 동역학 해석이 수행되었다.

### 3) 구조동역학

구조동역학 해석 분야에서는 현재까지 단순한 보 형상에만 적용된 선형모델링 방법을 유한요소법을 이용하여 보의 형상 변화를 고려한 해석이 가능하도록 한 연구가 진행되었다.

### 4) 동역학 해석 프로그램 개발

기초 물체, 공통베드, 장비 및 마운트로 이루어진 비구속 개방계의 동적거동해석을 위한 컴퓨터 프로그램을 개발하였다.

## 진동

2000년도에 발표된 진동 분야의 연구 논문들은 크게 구조진동, 회전체 진동, 일반 기계 및 자동차 부품 관련 저진동 설계기법 그리고 기타 분야로 크게 나눌 수 있으며, 산업체에서 많은 관심을 기울이고 있는 분야 중의 하나이다.

### 1) 구조 진동

이 분야에서는 판, 셀, 조인트부와 같은 구조물을 이루는 기본구조의 동특성 규명 및 활용방법을 연구한 논문들이 계속 발표되었고, 복잡한 구조물의 진동 특성

을 정확하게 규명하기 위하여 유한요소모델을 개선하고 구축하는 내용의 연구가 활발히 진행되었다. 이외에 복합재료의 감쇠능에 대한 연구, 트러스 구조물의 구조진동을 능동제어하기 위한 제어계의 연구, 미사일을 모델로 하는 제어추력을 받는 양단 자유보의 동적 안정성에 관한 연구 및 강제 진동계의 진동 모드에 대한 기하학적 해석에 관한 연구들이 발표되었다.

### 2)회전체 진동

회전체 진동 분야에서는 다양한 연구가 이루어지고 있다. 하드디스크 또는 광디스크와 같은 회전 디스크-스핀들 계의 진동 모델을 개발하고 이를 이용하여 진동 해석을 수행한 연구 및 이중레이스를 갖는 자동 평형 장치의 동적 안정성을 이론적으로 규명한 연구 등은 산업계와 연계하여 활발히 진행되고 있는 분야이다. 이외에 각가속도를 갖는 회전 원판의 동적 안정성을 해석하거나 기하학적인 비선형성을 갖는 연속 회전축의 비선형 진동을 해석하는 등 심도 있는 연구도 진행되었다.

### 3) 일반 기계 및 자동차 관련 진동

자동차 부품에 관련된 진동분야는 주로 엔진 마운트 방진성능을 향상시키기 위하여 ER 댐퍼를 적용하여 능동제어하는 연구와 자동차 후드와 같은 부품의 성능 향상을 위한 최적 설계에 관한 연구 등이 활발히 진행되었다. 일반기계 분야에서는 산업계의 여러가지 다양한 기계들에 있어서 진동 문제를 해결하기 위한 연구들이 이루어졌다. 원심펌프의 전달함수를 유한요소해석으로 구하고 진동 가속도를 측정하여 원심펌프의 유체력을 역으로 추정함으로써 원심펌프의 운전특성을 파악하는 연구, 유성기어박스의 진동 특성을 개선하기 위하여 유한요소해석 및 실험적 모드 해석을 수행하고 진동특성을 분석한 연구 및 기어 체인의 진동신호를 시간-주파수 분석법으로 분석하여 고장 진단할 수 있는 방법론에 관한 연구 등이 발표되었다.

## 소음

일반인이 항상 이용하는 교통수단인 전철 및 지하철, 자동차 그리고 비행기 등은 대부분 1시간 이상 계속 사용해야 하기 때문에 소음은 심각한 문제로 대두되고 있다.

### 1) 회전기계의 소음 해석

자동차 부품의 하나인 교류발전기는 자동차 전체 소음에서 차지하는 비중은 그리 크지 않지만 사람이 민감하게 느끼는 1kHz ~ 3kHz 사이의 소음 성분을 발생시키므로 활발한 연구가 이루어

어지고 있다. 교류발전기의 주된 소음원이 고정자 슬롯 수라고 알려져 왔으나, 주된 소음원의 주파수 성분이 고정 슬롯 수에 의한 것으로 단정하기 힘들다. 따라서 주된 소음의 주파수 성분과 고정자 슬롯의 영향이 연구되었다.

또한 견인전동기 냉각팬에서 발생하는 순음성 소음을 줄이기 위해 블레이드를 부동간격으로 배열하여 통과주파수에 해당하는 에너지를 인접주파수의 에너지 성분으로 고르게 분산시키는 연구가 진행되고 있으며, 회전소음이 블레이드 부동간격 각도 배열에 의해 분포 양상이 달라지므로 소음을 최소화하는 최적의 부동간격 각도 배열을 설계하는 연구가 진행되었다.

### 2) 밀폐공간 내부의 소음 제어

구조모드와 내부의 음향공간모드가 연성되는 해석방식으로 음원을 실린더의 길이 축에 대하여 90° 및 45°의 각도로 배치하고 작동기를 실린더의 표면에 1개와 3개의 두 종류로 작용하여 실린더 내부에서 개별 위치 혹은 내부의 전체 공간에서 전달되는 소음을 능동적으로 제어하였고, 연속변수 유전자 최적화 알고리즘을 이용하여 전달소음을 줄이기 위한 작동기의 최적위치를 찾는 연구를 수행하였다.

### 3) 소음기 해석

소음기를 해석하는 방법은 덕트 내의 음파를 평면파로 가정하여 해석하는 방법과 고차모드까지 고려하여 해석하는 방법이 있다. 평면파 이론에서는 고차모드를 고려하지 않아서 고주파모드

에서는 소음기의 특성을 정확히 예측하기 힘들다. 동심원형관에만 적용되는 기존의 모드일치법을 개선하여 입(출구가 임의의 위치에 있는 경우에도 모드일치법을 적용할 수 있는 방안이 제시되었고 소음기에 대하여 투과손실을 최대화하는 입(출구 덕트의 위치를 결정하기위해 최적설계를 수행하였다.

## 계측

산업화의 진전에 따라 산업체뿐만 아니라 학계에서도 보다 빠르고 정확한 계측이 요구되고 있으며, 특히 계측이 대상이 소형화, 고속화 그리고 유해환경 속에 노출되는 경우가 많아짐으로써 이에 대처하기 위한 다양한 계측 방법들이 요구되고 있다. 특히 계측 대상이 소형이거나 측정기를 장착하기 힘든 경우, 정밀한 변위 및 속도의 측정에 있어 LDV나 ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry) 등의 광을 이용한 비접촉 방식 계측이 선호되고 있다. 이 외에도 전기적인 성질을 이용한 힘/토크의 계측, 진동 및 신호분석을 통한 대상계의 상태추정에 대한 연구들이 지난 한 해에 계측 분야에서 수행되었다.

상대적으로 다른 분야에 대하여 계측 분야의 연구들이 활동이 미흡한 현상을 보이고 있는데, 이는 앞으로의 산업 발전 추세로 볼 때 바람직하지 못한 현상이라 하겠다. 이를 위하여 산업계뿐만 아니라 학계에서도 보다 능동적인 자세와 연구가 요구된다. 지난 한 해의 계측분야의 연구에서는 힘과 토크의 계측을 위한 방법으

로 내장형 힘 변환기를 이용한 힘의 계측, 수정된 칼만 필터를 이용한 타이어에 작용하는 횡방향 힘의 추정 등의 연구가 행하여졌다. 또한 Wavelet 변환을 이용한 편파의 균속도와 음원 위치를 결정하는 방법 및 초음파센서를 이용하여 원자로 내부의 CN공의 지름과 두께를 추정하는 방법들에 대한 연구들이 있었다.

## 제어

시스템의 안정성 확보와 성능의 향상을 위하여, 시스템에 적절한 제어시스템의 설계는 필수적인 요소이다. 지난 한 해의 제어 분야에서의 연구분야를 살펴보면 차량제어, 로봇제어, 생산제어, 진동제어, 강인제어 및 기타 부분으로 대략적으로 분류할 수 있었다. 적용된 이론의 경우는 대다수의 제어기를 설계할 때 강인제어 및 비선형 제어의 측면에서 접근하였던 논문을 많이 볼 수 있었다.

이들을 카테고리별로 나누고 다음과 같이 간략히 정리하였다.

### 1) 차량제어

제어에 관한 논문의 대부분은 차량제어와 관련된 분야의 논문이었다. 차량의 조향제어 및 현가 장치의 제어, 노면의 상태와 차량 동역학을 고려한 제어의 방법들이 제시되었다.

차량의 경우 미끄러운 노면에서의 발생하는 슬립에 의하여 불안정해질 수 있으므로 조향의 안정성 확보를 위해서는 이를 대처할 수 있는 방안이 강구되어야 한다. 이를 위한 방법으로 칼만 필

터를 이용하여 횡력을 감지하고 조향각을 능동적으로 제어하는 방법이 제안되었다. 또한 차량의 우수한 주행 성능과 안정성 확보를 위하여 요 모멘트 제어를 통한 방법이 제시되었다. 차량의 주행 상태에 따라 요 모멘트를 발생시키는 가장 효과적인 하나의 차륜에 제동 토크를 가하는 전환 제어 방식과 외란 및 성능의 강인성을 가지도록 하는  $H_{\infty}$  제어기의 시뮬레이션이 이루어졌다.

차량의 에너지 소비 저감에 관련된 논문으로는, 자동변속기 장착 차량의 연료 소비율을 저감하기 위하여 노면 경사부하를 추정한 토크 컨버터 클러치 제어 시스템을 구성하는 방법을 다룬 논문이 있었다.

차량의 승차감에 중요한 영향을 미치는 인자로서 차량의 현가 장치를 들 수 있으며, 차량의 진동제어를 하기 위한 현가장치를 제어하는 방법에는 능동형과 반능동형이 있다. 전자는 성능면에서 유리하지만 고가여서 후자의 방법이 선호되고 있다. 반능동형의 한 방법으로 자기유변유체를 사용한 연구가 발표되었다. 최적 제어 이론에 근거로 하는 LQ(Linear Quadratic) 제어를 바탕으로 하여 차체 가속도, 현가 장치의 상대변위와 타이어의 변형량 등의 다양한 변수 변화에 대하여 효율적인 제어가 되도록 하는 제어기를 제시하였다.

### 2) 로봇제어

공장자동화에 따라 로봇의 조립 및 용접 등의 다양한 작업에 로봇이 사용되고 있다. 특히, 올바른 작업을 위해서, 위치제어뿐

만이 아니라 올바른 힘 제어가 필요하다. 이 힘제어에는 대상물과 직접 접촉에 의해 일정 힘과 위치를 제어하는 하이브리드 제어와 말단 효과기를 물체에 접촉시킨 상태에서 말단 효과기의 위치나 접촉력임에 대한 저항력을 유연하게 하는 임피던스 제어로 나뉘게 된다. 학습제어기법을 이용하여 하이브리드 제어기법을 적용하여 목표 위치 및 접촉 힘을 효과적으로 잘 추종하는 연구 결과가 제시되었다. 미지의 연삭작업을 하기위한 로봇의 개발을 위해, 2단 병렬기구와 비전 센서와, 칼만 필터를 이용한 기법이 적용되었다.

또 다른 연구로서 부품을 고정구로 테이블 위에 고정시키고 한 대의 로봇으로 다른 부품을 이동시키는 로봇 시스템의 경우, 작업의 유연성 면에서 떨어지게 된다. 이를 위한 보완으로 두 대의 로봇 팔을 이용하여 조립을 수행하게 되면 보다 효율적이다. 이의 구현을 위해 조립 상태를 유일한 제어 명령을 가지는 상태로 정의하고, 상태 전이 네트워크로부터 발생 가능한 이벤트에 대해 센서 신호를 적용하는 방법이 제안되었다. 관별된 이벤트를 통하여 다음 프로세스를 관별하고, 계획된 조립 시퀀스를 추종하도록 하였다.

### 3) 생산제어

생산 공정에서 생산자가 원치 않았던 여러 문제가 발생할 수 있다. 그 중의 하나로 열변형 및 잔류응력에 의하여 진직도의 확보가 요구되는 부품의 변형이다. 이에 대한 연구로서 휘어져 있는 축의 진직도를 확보하기 위하여 몇

개의 측정점으로부터 힘량을 측정하고 그 위치를 기입함으로써 원하는 공차 범위 이내로 교정하는 기하학적 진직도 적응제어 시스템을 개발 제시하였다. 이와 더불어 효율적인 힘 교정을 위하여 퍼지 자기학습 제어기로 교정하는 방법을 포함시켰다.

생산제어의 한 예로서 냉간압연의 철관 두께량의 일정하게 제어하는 것을 들 수 있다. 기존의 단순 PID의 경우 제조과정에서 나타나게 되는 여러가지 불확실성에 대한 견실성이 보장되기 어려우므로 견실제어가 필요하게 된다. 따라서 제시된 논문에서는 견실제어의 시스템 설계에 필요한 제어모델을 구축하기 위하여 부분공간 합성법을 기초로 한 MOESP 모델 규명 알고리즘을 채택하였다.

#### 4) 진동제어

산업체에 여러 분야에 쓰이는 회전체 및 구조물은 여러 가진원에 대하여 노출되어 있으므로 이에 대한 거동 및 영향을 살펴볼 필요가 있다. 특히 고배속으로 회전하는 물체의 경우 축방향의 진동은 시스템의 성능 저하 및 시스템의 불안전성을 유발하기 쉽다. 이에 대한 연구로 회전체 진동 감소를 위한 마그네틱 댐퍼를 설계하고 이를 이용하는 방안이 제시되었다. 이와 더불어 밀폐계 평판의 압전 세라믹과 다채널 filtered-x LMS 알고리즘을 이용하여 실시간 능동 진동 제어를 한 결과가 제시되었다.

#### 5) 유공압제어

액추에이터가 구동원으로 사용

하는 유압과 공압은 그 특징에 따라 그 사용용도가 달라지게 된다. 고과위의 빠른 응답시스템에 주로 사용되는 유압과 정밀도 및 청결성이 요구되는 시스템에 사용되는 공압은 사용함에 있어서 그 시스템의 동적 시스템에 적당한 제어기의 설계가 필수적이다. 유압부분에서는 사판식 액셀피스톤 펌프에서 사판의 운동을 제어하기 위하여 이를 선형화하고, 이를 토대로 유량제어모드에서의 서보피스톤의 변위와 펌프유량 특성을 시뮬레이션하고 이를 실험적으로 검증하였다. 공압부분에서는 공기압 실린더의 궤적 추적 제어를 위한 직접 적응제어를 리아프노프 직접 방법으로부터 적용하는 것을 보였다.

#### 6) 강인제어 및 기타

강인제어란 시스템 모델의 불확실성이 있어도, 강건안정성 강건성능을 보장하도록 제어기를 설계하는 과정을 말한다. 강인제어의 이론에는 여러가지가 존재하지만 주로 지난 일 년 간 제시되었던 논문들을 분석하여 보면

$H_2/H_\infty$ 를 사용한 것이 주종을 이루었다. 제어 대상으로는 병렬형 역진자, 무인 수중운동체 등이 있다. 비선형 제어로서는 외란 관측기를 가지는 슬라이딩모드 제어기 설계의 방법이 제시되었다. 제시된 이 방법에서는 시간 지연 제어 개념을 도입하여 저주파수 형태의 추종 오차를 개선시키기 위하여 고전적인 슬라이딩 모드 제어기에 섭동을 예측하여 보상하는 기능을 사용하였다.

기타의 분야에서는 진동원리를 위해서 부품을 급송하는 기기가

며 진동피더의 하나인 보울 파트 피더의 모드 해석과 이동속도의 PID제어, 그리고 회전자와 고정자간의 마찰력에 의하여 구동되는 초음파 모터의 PWM 방식의 제어의 연구 결과 등이 출판되었다.

### 기구학

기구학 분야의 2000년도 국내 연구동향은 공간기구의 합성에 대한 것이 주류를 이루었으며, 이외에도 구속조건을 이용한 기구장치의 합성, 인체의 기구학적 정보 분석 등이 이 분야의 내용으로 대두되었다. 공간기구의 합성에 있어서는 크게 두 분야의 연구가 있었는데, 각각은 스튜어트 플랫폼으로 대표되는 병렬기구에 대한 연구와 차량의 현가장치에 대한 연구이다. 이러한 공간기구의 합성 및 해석 문제는 여러 미지변수를 갖는 비선형 연립다항식의 해를 구하는 문제로 이어지는데, 이를 위해 가장 흔히 사용되는 방법은 수치 반복법이다. 하지만 수치 반복법은 기구의 치수합성과정에 있어서 전체 해를 확실하게 제공하지 못하는 면에서 효율성이 다소 떨어진다. 이에 대해 효율성을 높이기 위한 새로운 방법으로는 연속법과 소거법이 있으며, 이러한 방법들을 이용하여 방대한 계산량을 줄이고 계산효율을 높이는 것이 가능하다. 또한, 공간기구의 해석에 대해서는 스크류 이론 및 라인기하학을 이용한 기법이 개발되고 있다.

이외에 순수 기구학적 분야에서 슬라이더-로커 링크장치에 대해 최대, 최소 전달각을 매개변수

로 이용한 합성방법이 소개되었으며, 생체 피부에 부착된 마크의 움직임을 이용해 인체의 기구학적 정보를 분석할 때의 오차 감소 방안에 대한 내용이 있었다.

## 로봇공학

로봇공학분야의 2000년도 국내 연구동향은 보행로봇의 제어에 대한 것이 주류를 이뤘다. 현재 세계적으로 service robot, human robot 등에 대한 관심이 높아지고 있는 시점에서, 이는 당연한 결과라 할 수 있겠다. 이외에도 두 로봇간의 협응제어, manipulator 작업의 정밀도를 높이기 위한 시스템 요소 모델링, 제어기법, 경로계획 등에 대한 연구결과도 발표되었다.

보행로봇의 제어에 있어서는 KIST의 휴먼로봇 '센토'와 같은 4족 보행로봇의 제어뿐만 아니라 2족 보행로봇의 제어에 대한 연구도 활발했다. 또한, 4족 보행로봇에 있어서도, 일반적인 4족 보행기구가 아닌, 폐쇄 기구형 다리의 로봇 시스템에 대한 연구가 있었다. 이것은, 현재의 4족 보행로봇시스템이 걸음새를 구현하는 방식으로 각각의 관절에 센서와 함께 모터 등의 작동기를 갖는데, 이 경우 각각의 자유도를 확보하기 위해 작동기를 개별적으로 설치하는 경우엔 제어 대상 작동기의 수가 많아지기 때문에, 특히 고속 보행시 걸음새의 안정성을 유지하는 것만으로도 제어기의 설계가 까다롭다는 점에 착안한 연구이다.

또한, 일반적인 4족 보행 로봇 시스템에 대해서는 보행 안정화

에 대한 연구도 있었다. 이것은 보행지면의 불균일성과 다리 관절 궤적 제어에 있어서의 추종 오차에 따른 보행 불안정성을 보완하는 연구로, 지면의 불균일성에 맞추어 각 다리의 수직방향 컴플라이언스를 제어한다는 것에 초점을 맞춘 것이다.

2족 보행 로봇은 이미 Honda사의 P3 로봇이 발표되었지만, 2족 보행 자체가 그 동역학적인 측면에서 볼 때, 매우 불안정하며, 제어 또한 까다로운 것이 현실이다. 이 같은 2족 보행 로봇에 대해 많은 제어기들이 제안되었는데, 2족 보행 로봇을 위한 제어기는 각 다리의 기준 궤적 추종 외에도 발이 땅에 닿을 경우 스윙하던 다리의 안정한 상태를 보장할 수 있어야 한다. 인간의 경우, 다리의 근육은 걸음걸이 상태에 따라 반복적으로 수축과 이완을 되풀이 하며, 이로 인해 지면과의 안정적인 접촉이 확보되므로 임피던스 제어기의 파라미터들을 로봇의 걸음걸이 상태에 따라 조절하는 방안도 제시되었다. 두 로봇간의 협응 제어는 한 대의 로봇으로 작업하는 것보다 더 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고, 모델링 및 제어가 어려울 뿐만 아니라, 부품, 센서, 그리퍼 오차 등의 많은 불확실성을 내포하고 있어서 현재까지의 연구는 비교적 오차가 작은 닫힌 구조를 갖는 작업에 편중되어 있다. 이외에도 로봇 시스템의 비선형성을 보상하기 위한 중력보상(gravity compensation)장치, 마찰력 보상방안, 파지 계획(grasp planning) 등 여러 분야에 대한 많은 연구들이 활발하게 이뤄지고 있다.

## 차량공학

### 1) 철도차량

국내에 고속전철기술개발 사업이 전개된 이후에 고속전철의 기술개발을 위하여 열차의 성능향상에 대한 문제가 강하게 제기되고 있으나, 차량분야 있어서 한가지 기술의 향상만으로 전체 성능을 향상시키는 데는 한계가 있다. 이를 위하여 많은 분야에서 다양한 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 특별히 다음과 같은 연구가 중점적으로 진행되었다.

철도 차량 현수장치의 설계에 대한 연구가 최적설계의 방법론을 적용하여 진행되었다. 이는 NASA, LMS, GM 등의 외국 유수의 연구기관에서 수행된 것이다. 국내에서는 민감도 해석 및 다중목적함수 최적 설계기법을 중심합성법을 이용한 반응표면 모델에 기반하여 차량동역학에 대한 연구가 수행되었다. 철도차량의 임계속도에 관한 연구도 수행되었다. 철도차량에 있어서 임계속도는 사행동이 처음 발생하는 주행속도이며, 이는 차량의 탈선을 유발하므로 매우 중요한 연구 분야라 할 수 있다. 이전에는 선형임계속도에 대한 연구가 수행되었지만 비선형 임계속도에 대한 연구까지도 진행되고 있다. 이와 같은 직접적인 차량에 대한 연구만이 아니라 주행성능 예측 소프트웨어 개발에 관한 연구도 수행되었다. 선진국에서는 AAR사의 TOS 비롯하여 많은 프로그램들이 개발되어 사용되고 있으나 국내에서는 이전에는 개발 및 발표에 대한 사례가 전혀 보고되지 않았었다. 하지만, 국내에서도

주행성능 예측 소프트웨어 개발에 대한 연구가 수행되어 앞으로 효율적으로 이용될 것으로 생각된다.

## 2) 자동차

차량동역학 분야는 매년 꾸준히 연구가 진행되어 오고 있다. 차량계 전체에 대한 동역학 모델링뿐만 아니라 차량 각 부분에 대한 동역학적 모델링 및 동역학 해석이 이루어지고 있다. 유한요소법과 공리적 설계 등을 이용한 차량 복합관형 부품의 설계개선 기법에 관한 연구, ER현가장치를 적용한 실차의 성능시험에 관한 연구, 실제 상용화된 전동식 동력조향장치를 이용하고 전체 차량 모델은 소프트웨어로 구성한 HILS 시스템의 개발에 대한 연구, 한 개의 무단변속기와 한 개의 유성기어만을 가지는 구조의 다중모드 무단변속기에 대하여 효율 및 동력전달에 관한 이론을 새롭게 정의한 K 파라미터를 이용하여 유도하고 다중무단변속기와 일반 무단변속기와의 성능을 비교한 연구, 개발기간을 단축하면서 우수한 브레이크 제품을 생산하기 위한 방법으로 유한요소법을 도입하여 저더를 줄이기 위한 해석 방향을 제시하고, 그에 따른 최적설계프로그램 개발한 연구, POTAS-MSM을 이용하여 자동변속기를 장착한 승용차의 동력전달계와 차량계의 전반적인 모델링을 수행하고, 변속시 과도현상을 해석한 연구와 같은 차량 전체와 각 부분에 대해 동역학 해석을 수행한 다수의 논문이 발표되었다.

## 대형 복합 구조물

대형복합구조물의 경우 동적 안정성의 상실이나 구조적 파괴가 일어날 경우, 인명적, 재정적 그리고 환경적으로 치명적인 손실을 초래할 수 있으므로, 대형복합구조물의 동특성에 관한 연구는 매우 중요하다 할 수 있겠다. 대형복합구조물 분야에서는 주로 화력발전과 원자력 발전에 관련된 연구와 선박의 엔진에 관련된 연구가 진행되었다. 그 중에서도 전달 행렬법을 이용하여 내연 발전용 엔진-발전기 시스템의 사용 회전수에 따른 부하 특성과 운동 특성을 살펴본 연구가 돋보인다.

## 정보저장기기

근래 정보저장기기에 대한 관심이 날로 증대되고 있다. 특히 정보저장기기에 관한한 세계적인 생산국으로 발돋움한 우리나라의 위상에 비해 학계에서의 연구가 다소 미흡한 부분이 없지 않았지만, 근래 발표된 논문을 살펴보면 과거에 비해 양적, 질적인 성장이 있었음을 알 수 있다. 따라서 산업계 및 학계에서의 많은 연구활동이 기대되며, 타 분야에 비해 그 연구활동의 파급 효과도 월등할 것으로 생각된다. 2000년도에 발표된 이 분야 논문을 광저장장치, 자기저장장치, 차세대 고밀도 저장장치 분야로 나누어 요약한다.

### 1) 광저장장치

광저장장치 분야에서의 연구활동을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

고속데이터 전송을 위해 디스크 위의 정보를 읽어내거나 기록하는 광픽업의 기계적 성능향상을 꾀하며, 광 픽업 액츄에이터의 진동특성을 향상시키기 위한 연구가 있었다. 특히 노트북용 광저장장치는 소형화에 의한 설계 제약에 따라 진동 특성면에서 불리한 점이 많으므로 이를 개선하는 연구가 진행되었다.

고속데이터 전송을 위한 또 다른 방안으로서 디스크 위의 정보를 동시에 여러 트랙을 읽게 하여 데이터 전송속도를 획기적으로 향상시키는 다중광원을 채택한 광픽업에 대한 연구도 있었다.

또한 광 디스크의 진동특성에 대한 연구도 진행되어 왔다. 고속데이터 전송을 위해 디스크의 회전속도가 증가하면서 디스크의 후진파(backward wave) 고유진동수가 영이 되면 디스크는 좌굴 불안정성을 일으키게 되므로 이러한 디스크의 동적안정성 및 제어안정성을 위해 디스크의 기계적 강도에 변화를 꾀하는 연구가 있었다.

### 2) 자기저장장치

하드 디스크 드라이브의 저장용량 및 저장 밀도가 비약적으로 증가함에 따라 헤드와 디스크의 부상 높이를 줄이려는 노력이 계속적으로 시도되고 있다. 부상 높이가 감소함에 따라 헤드와 디스크 사이에서 발생하는 마찰, 마모 등의 신뢰성 문제뿐만 아니라 디스크 표면의 토폰그래피(topography)가 유체유동에 영향을 미쳐서 헤드의 부상특성에 미치는 영향, 슬라이더의 ABS (Air Bearing Surface)가 슬라이더의

부상에 미치는 영향을 고찰하였다.

하드 디스크 드라이브의 진동 해석을 위한 새로운 방법으로 회전축계의 모든 요소의 유연성을 고려한 유한요소 해석 방법을 제시하여 설계 시 정확한 진동해석이 가능하도록 하는 연구가 있었다.

또 데이터의 고속 입출력을 위해 HDD 구동기 팔의 설계에 위상 최적화 기법을 적용하여 관성 모멘트 제한 조건하에서 횡방향 고유진동수가 증가되도록 하였

다.

한편 하드 디스크 드라이브 액츄에이터의 수학적 모델을 개발하여 수치해석적 방법의 단점인 계산용량과 계산시간 문제를 극복하고자 하는 시도도 있었다.

### 3) 기타 저장장치

인터넷의 대중화를 계기로 대용량 및 고속전송이 가능한 정보 저장기에 대한 수요가 폭발적으로 증대되고 있는 실정이다. 최근에는 자기기록, 재생이 갖는 초상자성 한계(superparamagnetic

limit)에 의한 기록용량의 한계를 극복하여 차세대 고밀도 대용량 기록기기 시장을 주도할 것으로 기대되고 있는, 기존의 하드 디스크 기술과 광기록 기술간의 접목에 의한 근접장 광기록(near-field optical recording) 방식이 주목을 받고 있다. 이 분야에서는 근래 들어 간간히 논문이 발표되고 있는데, 특히 근접장 광기록 시스템을 위해 각 광학 부품의 최적배치에 관련한 광학계 설계 및 액츄에이터의 동특성 평가가 큰 줄기를 이루고 있다.

## 기계용어 해설

### ▶ 데브리(Debris)

접촉면의 산화피막이 수의 두께가 되면 금속접촉(응착)이 방해 받으므로, 응착이 일어나기 위해서는 우선 산화피막이 파괴되어서 금속접촉이 발생할 필요가 있다. 이 과정에서 생성되는 것이 debris(데브리=마모분)이다.

같은 금속끼리의 접촉에 있어서는 산화피막속의 금속변형은 동일하므로, 산화피막 파괴는 동일하게 발생한다. 이종 금속 접촉의 경우에는 경도가 낮은 금속의 변형이 크기 때문에 산화피막은 파괴되기 쉽고, 경도가 높은 금속의 손상은 적다. 통상, 같은 결정구조의 경도가 높은 금속간의 프레팅에서는 응착계수는 적고, 경도가 낮은 금속의 손상은 크다.

프레팅이 일어나는 면의 산화는 마모분의 생성 이전과 이후에 있어서도 일어나고 있다고 생각된다. 저탄소강의 대기중 프레팅으로 생기는 마모분의 대부분은 적갈색의 마모분( $\alpha$ - $Fe_2O_3$ )으로 연마작용이 높다. 이것은 붉은녹( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ )과 겔보기에는 구별할 수 없지만 프레팅의 경우에는 ( $FeO$ ,  $Fe_3O_4$ )로 동시에 생

긴다.

비철금속의 프레팅 마모분의 대부분은 비산화물인 경우가 많고, 철강계의 마모분 치수보다 크다. 경도가 큰 금속, 예를 들면 공구강이나 크롬강 마모분의 치수는 프레팅 초기에는 작다. 티탄 합금이나 알루미늄 합금에서는 마모분은 산화 알루미늄이나 산화 티탄보다도 상당히 연마작용이 크다.

### ▶ 프레팅 피로(Fretting Fatigue)

Fretting이란, 2개의 접촉면에 발생하는 마모현상이며, 기계 및 구조물이 진동과 미소진폭의 떨림을 받는 것이 원인이다. 일반적으로 강하게 체결되어진 기계 구조물들의 접촉면들이 극히 미소한 진폭의 반복 상대운동을 일으킬 때 발생한다. 일반 반복하중에 의한 피로에 이러한 상대 슬립에 의한 프레팅이 더해지면 피로강도는 현저하게 저하하는데 이러한 현상을 프레팅 피로라고 한다.