

국내 진동교육에 관한 소고

— 현황과 컴퓨터응용 중심으로 —

朴 寧 弼

延世大學校 機械工學科 教授



● 1948年 4月 17日生
● 彈性構造物의 安定性 및 振動制御를 專攻하고 미사일이나 로켓등의 動的 安定性, 振動의 能動制御, 로봇이나 高速用 압축기의 振動解析 등에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

국내 대학의 근대공학 교육이 시작 된지도 40여년이 지남에 따라 기계 계열의 과가 있는 대학이 상당수에 이르게 되었다. 양적으로 팽창된 기계계열 교육 기관에 부응하여 보다 질적으로 향상된 교육 내용의 검토가 필요한 시기가 온 것으로 판단 된다. 특히 국내 기계공업 수요 및 발전 속도의 급속한 증대로 인해 보다 내실화된 교육의 필요성이 크게 대두되고 있다.

따라서 본 글에서는 기계계열 학과의 중요 과목중의 하나인 진동 과목 교육에 관한 국내 대학의 현황을 분석하고 보다 효과적이며 내실화된 진동공학 교육을 위해 컴퓨터를 응용하는 방안에 관하여 생각 한다. (현황은 전국에서 15개 대학을 대상으로 설문조사한 결과임).

2. 진동과목의 교육 현황

2.1 학부 교과 내용 현황

기계계열 학과에서 개설되고 있는 여러 과목중에서 본 소고에서 대상으로 잡고 있는 진동공학은 거의 모든 대학에서 필수 혹은 주요 선택 과목으로 개설하고 있어 거의 모든 학생들이 수강하는 것으로 판명되고 있다.

학부 과정에서 사용하고 있는 교과서들의 중요 내용을 보면

(1) 1자유도계의 자유진동

- (2) 1자유도계의 조화 강제진동
- (3) 1자유도계의 과도진동
- (4) 1자유도계의 진동절연
- (5) 계측기의 기본원리(속도계 및 가속도계)
- (6) 2자유도계의 진동(동적 흡진기 등)
- (7) 2자유도계의 모드해석
- (8) 연속계의 진동
- (9) 진동계의 수치해석(시간적분, 유한차분법, 유한요소법)
- (10) 연속계의 간략해
- (11) 다자유도계의 모드해석
- (12) 불규칙 진동
- (13) 비선형 진동

등이 있으나 표 1에서 보는바와 같이 대부분의 대학에서는 (1)항에서 (8)항까지(8항의 현진동, 보 및 봉진동 일부만 포함)의 내용으로 강의 하고 있다. 특히 일반적으로 국내 대학에서 사용하고 있는 교과서들은 보통 3학점 2학기 용으로 쓰여져 있으나 국내 대부분 대학들은 대학 개설 학점의 부족으로 인해 한학기 3학점으로 진동과목이 개설되어 있으므로 상기의 교과 내용 전체를 모두 강의 하는 것은 불가능한 실정이다.

표 1 각 대학 교과 진도 현황(학부)

응답대학수	교과 내용 항목					
	~5	~6	~7	~8	~9	10이상
14	0	0	2	7	2	3

2.2 학부 사용 교과서 현황

국내 각 대학에서 과거 3년간 사용 되었던 주요 교과서들을 열거하면

- (1) An Introduction to Mechanical Vibration (Steidel 저)
- (2) Mechanical Vibrations(Tse등 저)
- (3) Mechanical Vibrations(Rao 저)
- (4) Theory of Vibration with Applications (Thomson 저)
- (5) Mechanical Vibration for Engineers (Lalanne등 저)
- (6) 기계진동학(이장무 저)
- (7) 기계역학(전효중 저)

등이 있으며 (1)~(4)까지의 교과서들은 국내 대부분의 대학에서 교과서로 삼고 있다(표 2참고). 국내 학자들이 저술한 책은 그 수가 극히 적은 실정인 바 이 분야를 연구하시는 분의 많은 관심이 요구된다.

표 2 교과서 사용 현황(학부 과거 3년 기준)

저자명	Steidel	Tse	Rao	Thomson	기타	계
대학수	11	14	3	5	7	40

2.3 학부 개설 학년 현황

진동공학 과목은 기계계열 학과의 응용 과목으로 분류될 수 있으므로 대부분의 대학에서는 표 3에서 볼 수 있듯이 3,4학년에 개설되어 있다.

표 3 진동과목 개설 학년 현황(학부)

응답수	개설학년 / 학기				
	3/1	3/2	4/1	4/2	기타
14	5	4	4	0	1

2.4 학부 진동실험 현황

국내 정밀기계 공업의 발달 추세에 따라 진동공학의 중요성이 대두되어 표 4에서 볼 수 있듯이 국내의 대부분 대학에서 진동공학에 대

한 기초 실험을 실시하고 있다.

표 4 진동실험 유무(학부)

응답수	진동실험	
	유	무
14	11	3

그러나 대부분의 대학에서는 진동 교과목 시간에 별도의 관련 실험을 실시하기 보다는 기계공학 전반에 걸친 실험 중에 1/4 혹은 1/5정도를 진동관계 실험에 할당하고 있으며 일부 대학에서는 동력학 실험 시간에 기초적인 진동 실험을 행한다. 국내 각 대학에서 행하고 있는 학부 과정에 있어서의 주요실험 내용을 보면

- (1) 강제 진동시의 공진 현상(편심 장치가 부착된 모터사용)
 - (2) 대수 감쇠율 측정에 의한 감쇠계수 산출
 - (3) 불평형 가진력의 진동절연
 - (4) 간단한 센서에 의한 진동신호 측정
- 등이 있으며 한 학기당 약 5시간 정도를 할당하고 있다.

2.5 대학원 교과 내용 현황

앞에서 기술한 바와 같이 학부 교과서 내용이 약 2/3정도 밖에 학부 과정에서 다룰 수 없는 실정으로서 대학원 과정에서는 학부 과정에서 다루었던 문제를 보다 우선적으로 다시 한번 다루고 여기에

- (1) 2자유도 및 다자유도계의 모드해석
- (2) 각종 연속계의 진동해석
- (3) 비선형 및 불규칙 진동의 기초

등을 포함시킨 진동공학 특론의 성격을 띤 과목을 공히 개설하고 있는 것이 특징이며 이 경우 주로 사용되는 교재로는

- (1) Elements of Vibration Analysis (Meirovitch 저)
- (2) Analytical Methods in Vibration (Meirovitch 저)
- (3) Computational Methods in Structural Dynamics(Meirovitch 저)

등이 주종을 이루고 있다. 진동분야 기본과목의 개설현황은 표 5와 같다.

표 5 대학원 진동분야 기본과목 개설현황

응답수	진동공학특론	비선형진동	불규칙진동
15	13	6	3

대학원 과정에서는 진동관련 과목이 연구 분야에 따라 매우 다양화 되어 기초 과목으로서의 진동 강의 뿐만 아니라 연구 응용 과목들로 세분화 되어 개설되고 있다. 국내 각 대학원의 개설 과목을 보면 위의 기본 과목(진동공학특론, 비선형 진동, 불규칙 진동) 이외에

- (1) 구조 진동학
- (2) 공작기계 동력학
- (3) 유동관련 진동
- (4) 회전체 역학
- (5) 소음공학
- (6) 시계열 해석
- (7) 모드 해석
- (8) 랜덤 데이터 처리(신호해석)
- (9) 기관 진동론
- (10) 동적 및 탄성 안정론

등이 있다. 대학원 과정에서는 전자계산기에 의한 진동해석 및 해당 과목에 필요한 각종 구체적인 실험들이 행해지고 있는 실정이다.

3. 진동관련 실험장비 현황

최근 수년간 각종 차관과 대형 연구비등을 사용하여 국내 각 대학의 기계계열 학과에 실험장비도 많은 대학이 기본적인 것은 보유하고 있는 실정이다. 표 6에서 볼 수 있듯이 고가의 장비들의 보유 대학수가 증가됨에 따라 진동관련 실험도 활발히 진행되고 있는 것으로 판단된다.

국내 각 대학에서 보유하고 있는 진동관련 실험장비들 중 중요한 것을 나열하면 다음과 같다.

- (1) 함수 발생기

표 6 주요 진동 실험장비 현황 전체 응답수 : 15

기 기 명	보유대학수
FFT	11
가전기	12
가속도 측정장치	14
스트레인 측정장치	12
충격해머	7
컴퓨터 시설	12

- (2) 공구 동력계
- (3) 모드 분석기
- (4) A/D, D/A변환기
- (5) 근접센서
- (6) 밸런싱 머신
- (7) 디지털 오실로스코프

4. 학부 및 대학원 교육에 있어서의 컴퓨터 활용

근자에 들어와서 전자 산업의 발달의 결과로 각종 컴퓨터를 국내에서도 손쉽게 저렴한 가격으로 구입할 수 있게 되었다. 수년 전만 하더라도 진동 교육에 컴퓨터를 직접 활용하는 것을 컴퓨터의 수가 워낙 적었거나 가격이 비싸므로 거의 불가능한 실정이었다. 그러나 80년도 중반 이후 앞의 컴퓨터 시설에서도 거의 모든 대학에 대형컴퓨터 시설을 갖추고 있음은 물론 지난 2~3년 전부터 국내 PC시장의 확대로 인해 각 대학 진동관련 실험실에도 실험실 전용 컴퓨터를 갖추고 있는 실정이다.

실제 현장에서 진동해석법을 직접 응용하지 못하는 큰 이유를 대별하면

- (1) 해석하는데 시간이 걸린다.
- (2) 결과가 직관적으로 판단하기 힘들다.
- (3) 결과의 신뢰성(실험과의 일치)이 부족하다.

등인 것으로 사료된다. 따라서 진동교육을 받고 졸업한 기계 공학자들이 갖게 되는 위의 어려움을 교육과정에서 탈피시켜 주어야 할 것이다. 이를 위한 가장 좋은 교육 방법중의 하

나는 교육과정에서 컴퓨터를 적극 활용하는 것이다.

본 글에서는 학부과정 및 대학원과정에 있어서의 필요한 수치해석 프로그램과 대표적인 컴퓨터 활용 주제를 선정하여 구체적인 활용 방법을 생각한다.

4.1 기본 컴퓨터 프로그램

앞 절에서 알아 본 학부과정에서 다루는 진동교육을 위한 기본적인 컴퓨터 알고리즘을 대별하여 보면

(1) 행렬식 관계 프로그램

행렬의 합, 차, 곱

디터미แนน트(determinant) 계산, 인버스(inverse) 계산

연립방정식의 해

고유치 및 고유벡터

(2) 다항식의 근계산 프로그램

(3) 수치적분 프로그램 : Runge-Kutta 방법 등

(4) 그래픽 디스플레이(graphic display) 프로그램 : 진동응답을 직관적으로 볼 수 있는 프로그램

등을 들 수 있으며 대학원 과정에서는

(1) 행렬식계산 : 복소 고유치, 복소 고유벡터계산 프로그램

(2) 간단한 FEM 프로그램 : 보, 판 및 셀의 고유진동수 및 진동모드 계산

(3) 실험용 데이터처리 프로그램 : A/D 및 D/A 변환기를 이용하여 시간 및 주파수 영역에 있어서의 신호처리

(4) 불규칙 신호처리 프로그램

(5) 진동계의 파라미터 아이덴티피케이션(identification)

등이 기본이 될 것이다.

이러한 기본 프로그램들은 각종 진동 교과서 등에 부록으로 리스트까지 되어 있거나 IMSL, EISPACK 등 각종 소프트웨어들이 각 대학에 있으므로 소유하고 있는 컴퓨터 시설에 맞게 변환시켜 쓸 수 있다. 특기할 만한 것은 진동 해석 결과는 정적 해석 결과와는 달리 복잡한

수학 방정식을 크게 의식하지 않고도 컴퓨터를 활용하면 모든 해석결과를 도형적으로 처리할 수 있는 프로그램을 개발하면 교육의 효과를 증대시킬 수 있다는 것이다.

4.2 컴퓨터를 이용한 진동에 관한 사례연구 활용

진동이라는 과목의 특기할 점은 시간에 따라 변하는 것을 대상으로 잡고 있으므로 시간에 따라 변하는 양을 직접 디스플레이 함으로서 교육 효과를 증대시키게 되고 이러한 목적으로서는 컴퓨터 응용의 증대성이 높다. 학부과정 교과내용에서 비교적 쉽게 다룰 수 있는 제목들을 열거하면

(1) 1자유도계에 대한 과도응답 특성(스텝입력, 임 스텝입력, 램프입력) : 진동 파라미터의 변화에 따른 아감쇠, 임계감쇠, 과감쇠의 특성을 도식화 시킨다.

(2) 주기 함수에 의한 1자유도계 응답 : 후리에 급수 변환에 관해 급수항의 변화에 따른 원주기 함수와의 비교 및 응답 특성 고찰

(3) 간단한 방진계의 설계 : 주어진 스프링 및 댐퍼를 데이터 베이스로 하여 원하는 사양에 맞는 스프링 및 댐을 설정하는 프로그램

(4) 다자유도계에 대한 모드해석 : 간단한 비감쇠 다자유도계에 대한 질량 및 강성 행렬을 구하여 해당되는 고유진동수와 고유 벡터를 구하고 이를 이용하여 응답을 구하는 프로그램

(5) 이산계 전용 프로그램 개발 : 대표적인 Holzer 방법, 트랜스퍼 행렬방법등을 비틀림 진동계 및 보등의 연속계에 적용하여 고유 진동수와 모드형 관찰

(6) 평면 보 모델에 대한 FEM 해석 : 평면 보에 대한 FEM 프로그램을 개발하여 FEM을 진동해석에 적용시키는 방법을 간단히 설명

또한 대학원 과정에서 비교적 쉽게 강의 중에 다룰 수 있는 내용을 열거하면

(1) 일반 다자유도계에 대한 고유 진동수 및 고유 모드해석

(2) 감쇠 다자유도계에 대한 복소수 모드해

석: 전달 함수의 개념, 각종 플롯(plot) 기법 및 의미

(3) 불규칙 신호처리: 시간 영역 및 주파수 영역에서의 신호처리

(4) 신호처리: A/D 및 D/A 기법 및 하드웨어 활용법 등이 있다.

다행스러운 일은 국내에서 학부 및 대학원 과정에서 위에 열거한 사례연구(case study)를 할 수 있는 각종 PC의 보급이 확대되어 소규모 투자로서 소기의 목적을 달성할 수 있다는 것이다. 특히 진동실험용 각종 기기와 PC를 연결시키면 진동 교육에 있어서의 컴퓨터 역할을 크게 향상시킬 수 있게 된다. 대부분의 대학에서는 학부 1~2학년 과정에서 컴퓨터 입문 과목을 개설하고 있으므로 기본적으로 컴퓨터를 진동 교과목에서 활용할 수 있으므로 기초적 지식은 습득할 기회가 있는 것으로 생각된다.

그러나 보다 효율적으로 컴퓨터를 진동 교육에 활용하려면 진동 과목 이전에 기계공학과에서 따로 수치해석 강의를 실시하여 학생들에게 보다 컴퓨터에 친숙해질 기회를 주는 것이 바람직하다.

5. 진동교육 향상방안

5.1 교과내용

국내 학부의 개설학점의 한정으로 인해 (140)학점 전공 분야의 교과 개설 학점수가 감소됨에 따라 학부 진동 교육의 교과 내용이 크게 줄어들 수 밖에 없는 실정이다. 특히 3학점 개설로 1학기만 개설되어 강의 시간이 약 40여 시간 밖에 되지 않음으로서 부족한 실정이다. 국내 대학의 교과목 개설은 각 대학간의 학점이나 필수가 됐는지를 서로 비교하여 결정하고 있는 실정인 바 진동 교육을 담당하고 있는 사람들은 진동공학 교육 시간을 공동으로 확대시키는 방안을 강구해야 할 것이다. 또한 기계계열의 기초역학 과목인 동역학 후반부에 진동에 해당되는 장이 있으므로 이를 적극 활용하여 1

자유도계나 2자유도계의 기초 부분을 동역학과목에서 다루고 진동 공학에서는 보다 해석적인 부분을 다룰 수도 있다.

5.2 개설 학년 및 실험 시간

앞에서 서술한 바와 같이 진동 공학을 응용 분야에 속하는 과목이므로 3학년 2학기 이상에서 개설되어야 할 것으로 판단 된다. 특히 실험 시간을 기계공학 계통의 실험들과 같이 개설 됨으로 인해서 배우고 있는 진도와 별도의 실험을 실시 함으로 인해 이론과 실험의 대비 문제 등이 크게 대두되고 있는 실정이다. 따라서 진동 과목과 병행된 별도의 실험 시간을 개설하는 것이 바람직하며 이것이 어려울 때는 진동공학을 배운 후 실험이 되도록 강의 진도 내용을 잡아야 할 것이다. 실제 현장에서는 때때로 고도의 실험을 필요로 하는 경우가 많으므로 실험 중에서 일부는 신호처리라든지 스펙트럼 분석 같은 내용이 추가되는 것이 바람직하다.

5.3 교과서의 개발

국내 대부분의 대학에서는 외국의 원서를 그대로 사용 하고 있는 실정인 바 용어의 혼동 및 국내 자체 기술의 발전이라는 측면에서 볼 때 국내 학자들에 의해서 저술된 진동공학 전용 교과서들의 출현이 크게 요구 되고 있다. 특히 저작권 보호등의 추세에 따라 이제 우리도 진동 교육의 역사가 어느 정도 되었으므로 이 분야의 사람들이 관심만 같게 되면 훌륭한 교과서들이 출현될 수 있을 것으로 판단된다. 이를 위해 진동 분야를 가르치거나 연구하는 사람들에 의한 용어 통일의 문제가 급선무라 할 수 있을 것이다.

5.4 대학원 과목

대학원의 진동 관련 과목은 보다 구체화된 내용을 다루는 것이므로 이 분야의 많은 고급 인력을 필요로 한다. 특히 새로운 기법등의 강의는 각 대학원 간의 상호 출강등을 통해서 학

문을 교류할 필요가 있는 것으로 판단된다.

5.5 실험 시설

진동관련 실험 시설들은 대부분 고가에 해당하므로 대부분의 대학에서는 개인 연구비로는 이들을 장만하기가 거의 불가능한 실정이다. 다행히 차관등의 기회로 많은 대학이 기본적인 진동 실험을 하는데 필요한 장비를 갖추고 있으므로 국가적으로나 진동 분야의 학문 발전이라는 견지에서 볼 때 가능하면 많은 대학의 여러 연구자들이 공동으로 사용 할 수 있는 기회를 갖는다면 매우 바람직한 결과를 얻을 것으로 판단 된다. 각종 고도 장비의 활용 방법이나 응용 사례등을 수시로 발표 하고 교환하여 부족한 실험 시설을 보완해야 할 것이다.

5.6 컴퓨터 활용

컴퓨터를 진동 교육에 활용하면 교육의 효과

가 크게 증대 됨은 확실하다. 이를 위해서는 각 교육 담당자들이 첫째 컴퓨터 프로그램을 적극 활용 할 수 있는 여건 즉 프로그램의 숙달, 컴퓨터 장비의 확보, 해당 프로그램의 개발등에 관심을 많이 가져야 하며, 둘째 국내 각 대학 진동 교육 담당자들간에 개발된 프로그램을 상호 교환하여 개발된 프로그램을 적극 활용 하며, 셋째 학부과정이나 대학원 과정에서 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션이나 계측 실험에 중점을 두어야 할 것이다. 이를 위해서는 기계공학과에서 개설되는 컴퓨터 관련 과목의 보강도 필요로 함을 첨언한다.

끝으로 국내 기계 공업의 발달과 더불어 진동공학의 교육의 중요성이 더욱 증대되고 있는 시점에서 이에 관련된 연구와 강의를 하고 있는 분들이 공동 관심을 갖고 서로 협조 한다면 어려운 여건이지만 앞날은 밝을 것으로 확신한다.

◆ 국제 학술대회 개최 안내

제 7 차 복합재료 국제 학술회의

— Seventh International Conference on Composite Materials —

주 관 : 중국과학기술연합회(CSAT), 중국항공우주학회(CSAA), 중국우주학회(CSA), 중국이론 및 응용역학회(CSTAM)

조 직 : CAST, CSAA

분 야 : 섬유, 매트릭스, 하이브리드, CAD를 포함한 설계 및 해석, 제조 및 공정, 결합 및 가공, 접착, 검사, 기계적 시험, 내구성과 피로 및 그리이프, 파손 및 파괴, 환경효과, 경제성, 응용

일 시 : 1989년 8월 25일~28일(4일간)

장 소 : 중국 북경

일 정 : 1988년 7월 1일 초록제출 마감
1988년 9월 1일 초록채택 여부 통보
1988년 12월 1일 최종원고 제출 마감

※ 기타 자세한 내용은 한국과학기술원 기계공학과 홍창선 교수에게 문의 바람.
전화번호 : (02) 967-0121 (交) 3633