

교육용 복합 진동실험장치 개발

Development of educational vibration equipment with multiple function

임 경 화*, 박 근 윤**, 유 호 민**, 최 우 철**, 문 승 준**, 신 혜 정**

Kyung-Hwa Rim*, Geun-Yun Park**, Ho-Min Ryu**, Woo-Cheol Choi**,
Seong-Jun Moon**, Hye-Jung Shin**

요 약

진동학은 움직이는 기계 구조물의 설계에 기본이 되는 학문으로 진동 절연, 흡수 등에 관한 방법론과 현장에서 발생하는 다양한 진동문제에 대한 해석 수행 능력을 배우는 학문이다. 하지만 진동학은 기계공학에서 다른 역학과 목들에 비해 이해하기 어려운 교과목이기 때문에 진동학 이론의 물리적인 이해를 돕기 위해 진동학 관련 교육장비 개발이 매우 필요한 상황이다. 이에 본 논문에서는 진동학의 이론적인 내용을 실험을 통하여 학생들이 보다 쉽게 진동학의 물리적인 의미를 깨달을 수 있도록 도와주는, 그리고 실험과정이 간단한 교육용 복합 진동실험장치를 개발하고 그 적용효과를 알아보고자 한다. 다자유도 진동, 보 진동, 현 진동 및 판 진동의 4가지 대표적인 진동현상을 실험할 수 있는 복합 진동실험 장치를 개발하고 적용범위를 제시한다. 마지막으로 설문조사를 통하여 학업성취 반응도평가 및 개선방안을 제안한다.

Key Words : Vibration, Educational Equipment, Mechanical Vibration, Satisfaction

ABSTRACT

As the basic knowledge during designing most moving mechanical structures, vibration engineering is a subject teaching the theory on vibration control and isolation, which also cultivating the ability of analyze variety of vibration problems. However, vibration engineering is more difficult to understand than other dynamics courses in mechanical field, so the development of educational equipments in order to help understanding physical theory of vibration is really necessary. So in this paper we could see the effect after doing simple experiment process using the educational vibration equipment with multiple function, students could easily understand physical theory of vibration. The educational vibration equipment with multiple function and its application range are introduced, which could performance four kinds of typical vibration phenomenon: vibration of multidegree of freedom system, vibration of beam, vibration of beam, and vibration of plate. Finally, assessments of response and improvement plan are proposed through a survey.

* 한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부 교수(rim@kut.ac.kr), ** 한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부(pjy8412@gmail.com),

** 한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부(visionofbl@kut.ac.kr), ** 한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부(choccal1@kut.ac.kr),

** 한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부(tendy@kut.ac.k), ** 한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부(shin6125@kut.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 임경화

교신저자 : 임경화

접수일자 : 2010년 10월 30일

수정일자 : 2010년 11월 28일

확정일자 : 2010년 12월 10일

1. 서론

진동현상에 관한 실험과 응용공학 교육은 대부분 대학원 과정에서 이루어진다. 하지만 진동관련 수업은 학부과정에서도 있으며, 대학원 진학률이 취업률에 비해 낮은 것을 감안하면 학부과정에서 진동현상에 관한 물리적인 의미를 습득하는 것이 중요하다. 하지만 진동학은 다른 역학과목들에 비하여 이해하기 어려운 교과목이어서 진동학 이론의 물리적인 의미를 제대로 알기 어렵다. 또한 진동 관련 측정·분석·실험장치는 조작성의 전문성을 요하고 구성에 까다로운 점들이 있어 실험을 쉽게 하기에 어려운 점이 있다.[1]~[4]

본 논문에서는 실험을 통하여 진동학의 이론적인 내용을 학생들이 보다 쉽게 진동학의 물리적인 의미를 깨달을 수 있도록 실험과 분석을 간단하게 하도록 개선한 교육용 복합 진동실험장치를 개발하고 교육효과를 알아보고자 한다. 개발한 교육용 실험장치는 학부생 창의적 공학설계 교과과정에서 학부생들이 직접 제작한 것이다.

본 논문에서는 전체적인 시스템 개요를 설명하고, 개발한 각각의 진동 실험장치를 소개한다. 그리고 본 교육용 복합 진동실험장치를 학부생을 대상으로 실습을 진행하고 설문조사를 통해 얻은 반응도평가를 통하여 교육효과를 검증하였다.

II. 교육용 복합 진동실험장치 개요

『교육용 복합 진동실험장치』는 학부과정의 ‘기계진동학’ 및 ‘진동제어및실습’교과목에서 활용될 수 있는 교육용 실험장치이다. 복합형태 실험장치는 한 개의 실험장치대에서 4가지의 기본적인 진동현상을 실습할 수 있으며, 각종 센서를 이용하여 진동시스템의 응답을 측정하고 측정된 신호는 신호분석장치를 통하여 윈도우 소프트웨어에서 실시간으로 관측 및 분석을 할 수 있다. 본 실험장치의 목표는 다음과 같이 3가지로 요약될 수 있다.

- 단일기구 다기능 실험의 체제로 구성
- 학부생 수준에서 실험 및 해석 가능한 제어 소프트웨어 제공
- 주파수응답함수, 공진, 모드형상, 신호처리과정 등을 이해시킬 수 있는 실험장치

그림 1은 전체적인 장치의 시스템 구성도이다. 실험은 총 4가지로 다자유도 진동 실험, 보의 진동 실험, 현의 진동 실험, 판의 진동 실험으로 구성되어 있으며, 사용자가 필요에 따라 확장하여 실험 할 수 있도록 조립과 분해가 쉽도록 제작하였다.

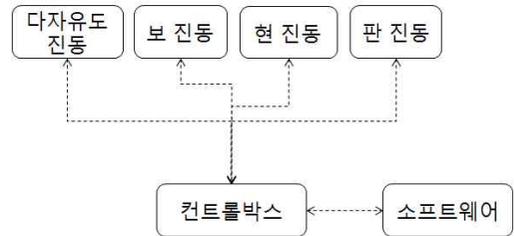


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. Design of system

각각의 모듈은 구동부인 가진기로써 진동을 하게 되고 센서로부터 취득한 데이터를 컨트롤박스에서 신호분석을 하여 소프트웨어로 입력한다. 가진기도 컨트롤박스의 신호발생 장치를 통해 제어되어 작동하도록 구성되어 있다. 시스템의 제어는 모두 제어 소프트웨어를 통해 이루어지며 이러한 과정을 통해 통합 패키지화된 시스템을 구성할 수 있다.

개발된 시스템은 실습자에게 실험에 앞서 많은 장비와 불필요한 작업을 요구하지 않으면서 실험과정과 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 제작되어 있다.

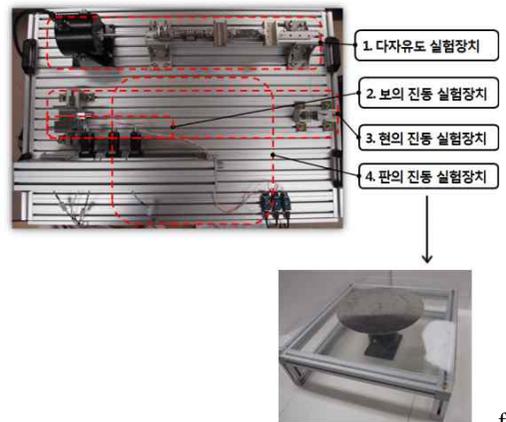


그림 2. 개발된 교육용 장치의 구성모듈
Fig. 2. Construction of module

III. 교육용 복합 진동실험장치 소개

4종류 진동과정을 교육시킬 수 있는 복합 진동실험장치의 개발내용을 소개하고, 교육 적용범위와 효과를 제시한다.

1. 다자유도 진동실험장치

(1) 개요

다자유도 진동 실험장치는 기계진동학의 기초가 되는 1자유도 및 2자유도 시스템의 실험을 수행할 수 있는 실험장치이다. 가진기의 가진에 의한 강제진동의 의미를 알아보고 주파수 변화에 따른 시스템 응답의 변화를 알아볼 수 있다. 실험의 결과로 자유도에 따른 고유진동수 및 각각의 고유진동수에 해당하는 모드형상, 방진의 원리 등을 이해할 수 있다.

(2) 실험을 통해 교육할 내용

- 질량-스프링 시스템의 고유진동수 확인과 주파수 변화에 따른 강체의 거동을 조사한다.
- 진동계의 동특성에 의해 결정되는 주파수응답함수(FRF)를 실험적으로 구한다.
- 시스템의 자유도, 고유진동수, 모드형상간의 관계를 확인한다.
- 하중 센서인 로드셀과 가속도 센서인 가속도계의 원리를 이해한다.

(3) 실험장치 구성

실험장치의 하드웨어는 그림 3, 그림 4와 같이 크게 질량, 스프링, 가진부, LM Guide, 가진기 총 5부분으로 구성되어 있다.

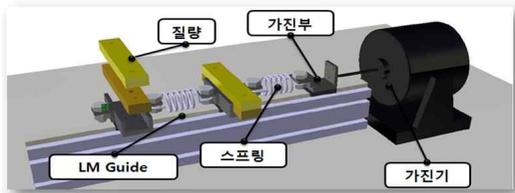


그림 3. 다자유도 진동 실험장치의 모델링
Fig 3. Modeling of Mass-spring system equipment



그림 4. 개발된 다자유도 진동 실험장치
Fig. 4. The actual object of Mass-spring system equipment

다양한 교육의 실험조건을 확보하기 위하여 그림 5와 그림 6과 같이 시스템의 질량과 강성을 각각 변경할 수 있게 하였다. 이 때 스프링 교체 기구형태는 기존 형태와는 달리 창의적인 아이디어 도출을 통하여 제작하였다.

그림 7의 소프트웨어로 가진기를 제어할 수 있고, 수집된 신호의 분석결과를 확인할 수 있다. 입출력 신호를 이용하여 주파수응답함수를 계산하게 되고, 고유진동수, 모드형상 등도 확인할 수 있다.

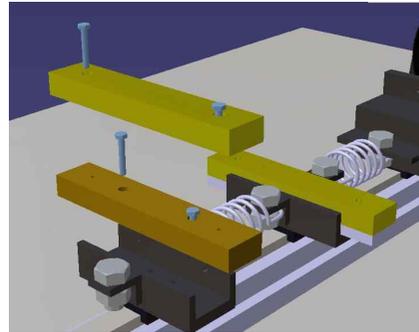


그림 5. 질량 가변 장치의 모델링
Fig. 5. Variation of mass

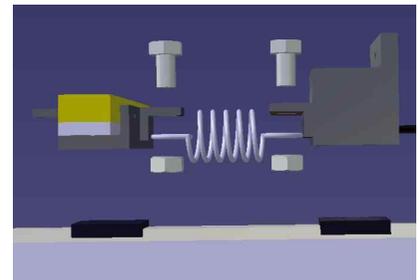


그림 6. 스프링 교체 장치의 모델링
Fig. 6. Change of spring

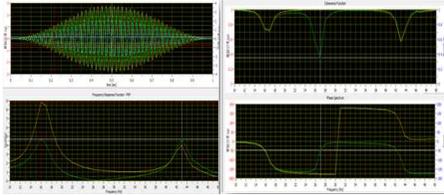


그림 7. 질량-스프링 진동 실험장치의 소프트웨어
Fig. 7. Mass-Spring system software

2. 보의 진동실험장치

(1) 개요

보의 진동 실험장치는 무한 자유도계라고도 불리는 연속계의 진동을 살펴보는 실험장치이다. 이산계의 거동과는 대조적으로 무한개의 고유진동수와 모드형상을 갖는 연속계의 강제진동 응답을 알아볼 수 있다. 주파수에 따른 모드형상의 변화를 여러 가지 계측장치를 통하여 알아볼 수 있으며 모드해석(Modal Analysis)을 통하여 보의 모드형상을 알아볼 수 있다.

(2) 실험을 통해 교육할 내용

- 외팔보의 고유진동수 확인과 주파수 변화에 따른 외팔보의 거동을 조사한다.
- 진동계의 동특성에 의해 결정되는 주파수응답함수(FRF)를 실험적으로 구한다.
- 하중 센서인 로드셀, 가속도 센서인 가속도계, 변형을 센서인 스트레인게이지 및 변위 센서인 와전류 변위센서의 원리를 이해한다.

(3) 실험장치 구성

실험장치는 그림 8과 같이 보, 안내관(LM Guide), 가진부 및 지그, 그리고 가진기 총 4개의 부분으로 구성된다. 가진기로 가진을 하면 고정지그와 지그에 고정된 보가 진동을 하며, 주파수에 따라 진동 형상이 달라지게 된다. 외팔보의 각지점마다 센서를 이용하여 변형률(Strain) 또는 변위를 검출하여 보의 전달함수를 구할 수 있다. 또한 실험시편 보의 교체 용이하게 하여, 시편의 형상 및 재질에 따른 진동 특성의 변화를 관찰할 수 있다. 그림 9와 같이 변위센서를 안내관(LM Guide)에 부착하여 센서의 위치를 쉽게 바꿀 수 있고, 외팔보의 원하는 지점의 변위를 측정할 수 있다. 그림 10의 소프트웨어로 사용자는 가진기를 제어할 수 있고, 수집된 신호의 분석결과를 확인할 수 있다. 분석결과로 주파수응답함수를 얻게 되고, 이로써 고유진동수, 모드형상 등의 개념을 확

인할 수 있다.

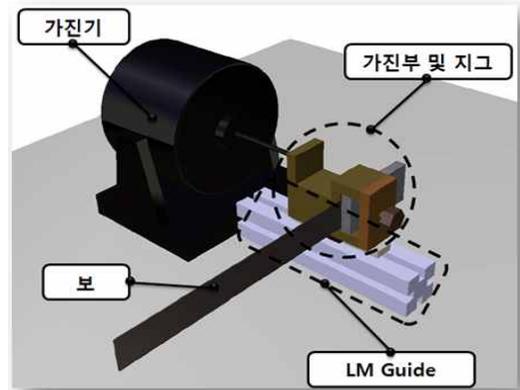


그림 8. 보 진동 실험장치의 모델링
Fig. 8. Modeling of cantilever system equipment

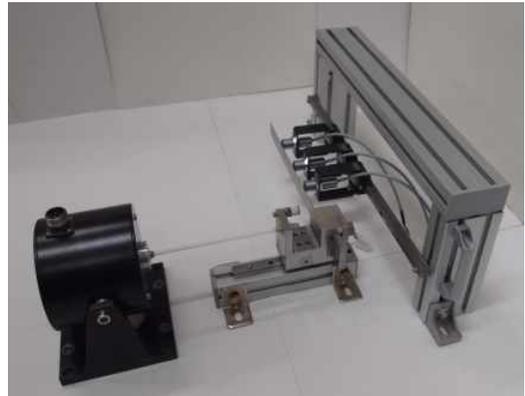


그림 9. 개발된 보 진동 실험장치
Fig. 9. The actual object of cantilever system equipment

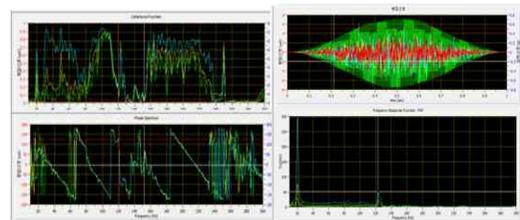


그림 10. 보 진동 실험장치의 소프트웨어
Fig. 9. Beam system software

3. 현의 진동실험장치

(1) 개요

본 실험 장치는 연속계 중 하나인 현 또는 케이블의 진동을 살펴볼 수 있도록 만들어진 실험장치이다. 주파수에 따른 모드형상의 변동을 눈으로 쉽게 살펴

볼 수 있고, 현의 장력(Tension)과 현 길이에 따라 각각의 고유진동수가 어떻게 달라지는지를 확인하여 현 진동의 특성을 확인할 수 있다.

(2) 실험을 통해 교육할 내용

- 현의 고유진동수를 확인하고 주파수 변화에 따른 모드현상을 관찰한다.
- 현의 고유진동수와 현의 길이, 장력간의 관계를 이해한다.

(3) 실험장치 구성

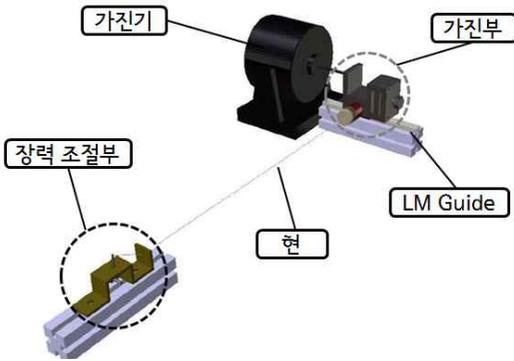


그림 11. 현 진동 실험장치의 모델링
Fig. 11. Modeling of string system equipment

실험장치는 그림 11과 같이 현, 장력조절부, 가진부, 안내관(LM Guide), 그리고 가진기 총 5개의 부분으로 구성된다.

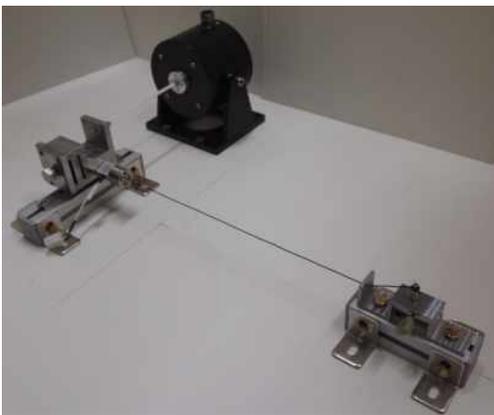


그림 12. 개발된 현 진동 실험장치
Fig. 12. The actual object of string system equipment



그림 13. 개발된 실험장치의 소프트웨어
Fig. 13. The string system software

그림 13의 소프트웨어로 사용자는 가진기를 제어할 수 있고, 입력한 현의 길이와 측정되는 현의 장력에 해당하는 이론적 고유진동수를 계산할 수 있다.

4. 판의 진동실험장치

(1) 실험 개요

본 실험 장치는 현과 같은 단순 연속계가 아닌 2차원 판 형태에서의 진동 모드현상을 관찰할 수 있는 실험장치이다. 선의 형태로 나타나는 절선(Nodal Line)이 가진 주파수에 따라 어떻게 바뀌는지를 알아 볼 수 있는 장치이다.

(2) 실험을 통해 교육할 내용

- 단순형태 판에서의 모드현상을 관찰한다.
- 판의 모드현상이 나타나는 원리를 이해한다.

(3) 실험장치 구성

그림 14, 그림 15와 같이 판 진동 실험장치는 판, 모래받침, 가진기로 구성된다. 가진주파수에 따른 판의 응답을 모래 분포를 통해 확인할 수 있다.

그림 16의 소프트웨어를 통해 가진기의 가진 주파수를 설정할 수 있고, 주어진 시편에 대한 모드현상별 고유진동수로 바로 가진을 하여 그 응답을 확인할 수 있다. 해석에 의한 결과와 실험적인 결과를 비교할 수도 있다. 표 1과 같이 해석결과와 실험결과가 일치하는 것을 교육생들이 확인할 수 있다. 이 때 해석결과는 유한요소법 상용프로그램 ANSYS를 이용하여 구한 해석결과이다.

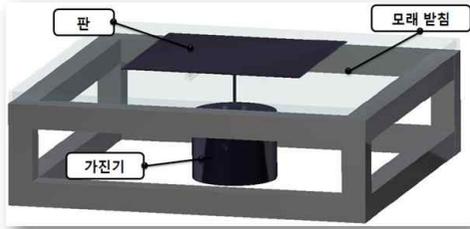


그림 14. 판 진동 실험장치의 모델링
Fig. 14. Modeling of plate system equipment



그림 15. 개발된 판 진동 실험장치
Fig. 15. The real object of plate system

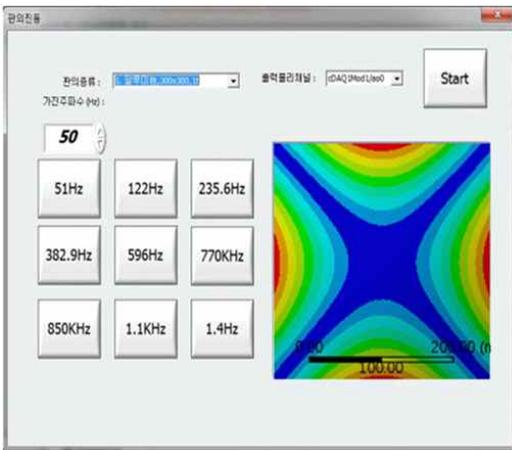


그림 16. 판 진동 실험장치 소프트웨어
Fig. 16. The plate system software

표 1. 모드형상의 FEM해석과 실험결과

Table 1. FEM and experiment computation of plate system

	FEM 해석	실험결과
사각판		
원판		

IV. 반응도 평가

본 교육용 복합 진동실험장치를 이용하여 진동학 수업을 수강하고있는 학부생을 대상으로 실습을 진행하였다. 총 2개 분반 39명의 학부생을 대상으로 4 가지 실험에 대해서 수업을 진행하였다.

실습을 마친 후 설문조사를 통하여 수업활용도, 기대효과 및 교과목이해 향상도 등 총 8가지 항목에 대한 설문조사[5]를 한 결과, 그림 17~그림 24와 같다.

1. 설문 응답 내용

< 교육장비를 통하여 진동학의 이해에 도움이 되었다. >

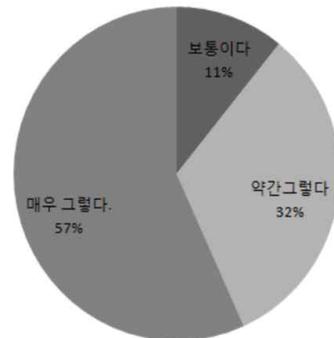


그림 17. 반응도 평가 -항목1
Fig. 17. Evaluation of response -Item1

< 기존 교육장비에 비해 유익하다. >

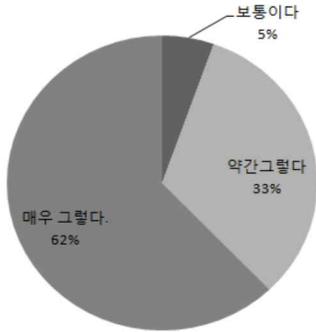


그림 18. 반응도 평가 -항목2
Fig. 18. Evaluation of response -Item2

< 소프트웨어 조작이 용이하다. >

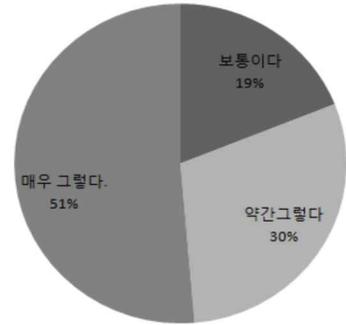


그림 21. 반응도 평가 -항목5
Fig. 21. Evaluation of response -Item5

< 실험에서 요구한 실험목적을 충족시킨다. >

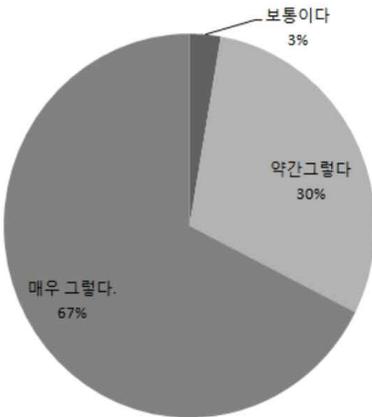


그림 19. 반응도 평가 -항목3
Fig. 19. Evaluation of response -Item3

< 교육장비의 신뢰성이 우수하다. >

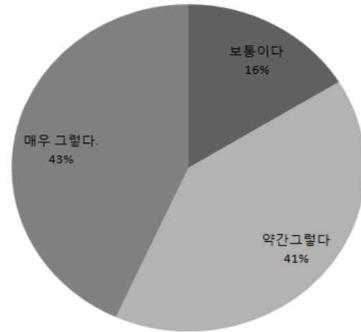


그림 22. 반응도 평가 -항목6
Fig. 22. Evaluation of response -Item6

< 교육장비의 실험간 변경이 용이하다. >

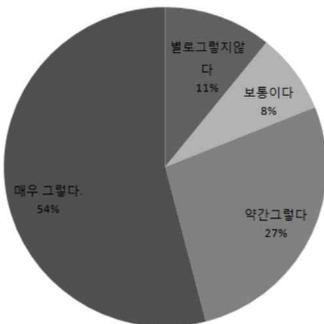


그림 20. 반응도 평가 -항목4
Fig. 20. Evaluation of response -Item4

< 교육장비의 활용도가 높을 것으로 기대된다. >

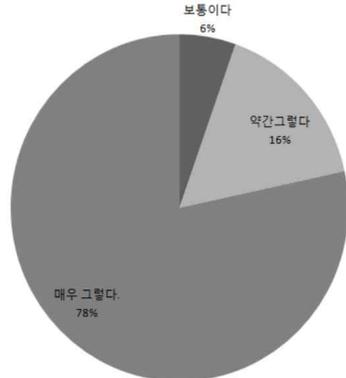


그림 23. 반응도 평가 -항목7
Fig. 23. Evaluation of response -Item7

< 교육장비를 통한 실험과 실무와의 연관성이 있다. >

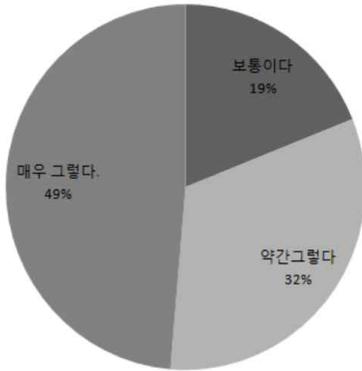


그림 24. 반응도 평가 -항목8
Fig. 24. Evaluation of response -Item8

2. 반응도 평가

실험평가에 응한 학생들의 대다수는 본 실험장치에 대해 높은 만족도를 가지고 있는 것으로 나타났다. 실험을 통한 진동학의 대한 이해를 쉽게 할 수 있다는 점, 실험장치가 실험목적을 충족시킨다는 점 그리고 기존교육장비에 비해 유익하다는 반응이 대부분 긍정적으로 평가되었다. 그러나 실험장비의 신뢰성이 떨어진다는 문제점과 실험간 변경을 위해 장치 조작이 불편하다는 문제점도 지적되었다.

따라서 본 반응도 평가를 고려하여 내구성 증진과 실험간 변경장치를 간소화 할 수 있는 사항을 보완하여 실습에 응하는 학생들이 실험의 주된 목적에 집중할 수 있도록 개선이 필요하다.

V. 결론

본 논문에서는 4가지 실험을 할 수 있는 복합 진동실험장치를 개발하고 실제 수업에 활용하면서 교육만족도에 대한 반응도를 조사하였다.

반응도 평가를 통하여 개발된 교육장치가 매우 효과적임을 확인하였다. 또한 진동관련 실험을 하기위해서 여러 가지 계측장비와 많은 기구들이 필요하였던 것에 비해 컨트롤박스과 소프트웨어 두 개로 압축시키고 실험 간의 작업동선을 최소화 했으므로 실험에 집중할 수 있음을 기대할 수 있었다. 반응도 평가에서 지적된 문제 사항을 보완한다면 더욱 높은 교육효과를 기대할 수 있을 것이다.

또한 관련 이론교과목을 수강한 학부생들이 직접 개발에 참여하여 개발한 연구과제이기 교육장치의

요구사항을 도출하는데 큰 도움이 되었다. 그리고 장치설계의 효율성을 극대화하기 위하여 창의적인 설계를 근간으로 개발하였기 때문에 개발한 학부생에게도 학습적 효과가 큰 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 한국기술교육대학교 교육 연구 진흥비 지원에 의해 연구되었으며 관계자분들께 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] Singiresu S.Rao, "Mechanical vibrations", Pearson
- [2] 藤澤二三夫, 진동부삼모형실험법, 시그마프레스, 1998. 06.
- [3] Leonard Meirovitch, Principles and Techniques of Vibrations, PRENTICE HALL, July 2000.
- [4] 이장무, 모달해석의 이론과 응용, 1996. 09.
- [5] 임경화, 양순, "진동 공학 교육용 장비 개발 및 적용", 한국실천공학교육학회, 2009.

임 경 화 (Kyung-Hwa Rim)

중신회원



1983년 2월 : 한양대학교
기계공학과 (공학사)
1985년 2월 : 한국과학기술원
기계공학과 (공학석사)
1992년 2월 : 한국과학기술원
기계공학과 (공학박사)
1992~1995년 : 삼성종합기술원
수석연구원

1995년~현재 : 한국기술교육대학교
메카트로닉수공학부 교수

1996년~1997년 : 삼성전자 기술자문역

1997년~1998년 : 방문교수 (U. C. Berkeley)

<관심분야> 진동제어 및 해석, 광디스크 시스템 개발, 방진시스템 설계, HRD

박 근 운 (Geun-Yun Park)

정회원



2003년~현재
: 한국기술교육대학교
메카트로닉스 공학부 학부생
<관심분야> 진동제어 및
해석, 신호처리

유 호 민 (Ho-Min Ryu)



2007년~현재
: 한국기술교육대학교
메카트로닉스 공학부 학부생

최 우 철 (Woo-Cheol Choi)



2004년~현재
: 한국기술교육대학교
메카트로닉스 공학부 학부생

문 승 준 (Seong-Jun Moon)



2005년~현재
: 한국기술교육대학교
메카트로닉스 공학부 학부생

신 혜 정 (Hye-Jung Shin)



2007년~현재
: 한국기술교육대학교
메카트로닉스 공학부 학부생