
체험학습기반의 기초 창의공학설계 교육 및 운영

이종수, 민병권, 윤웅섭, 한재원, 정효일
연세대학교 기계공학부

A Basic Course of Creative Mechanical Engineering Design Emphasizing Experience Based Learning

Jongsoo Lee, Byung-Kwon Min, Woong-Sup Yoon, Jae Won Hahn and Hyo-Il Jung
Yonsei University

Abstract

The paper deals with the introduction of creative engineering design education in School of Mechanical Engineering, Yonsei University. The course is referred to as Creative Mechanical Engineering Design (1) for 2nd-year undergraduates who newly enter a major in mechanical engineering. This course emphasizes creative thinking and practical experiences to students by learning engineering design skills, realizing their idea through problem based learning (PBL) and design project and recognizing actual results of a product. The paper describes course contents, and discusses students' responses to lecture, PBL and design projects.

Keywords: Engineering Design Education, Creativity, Experience, Problem Based Learning, Design Project

I. 서론

21세기 공학교육의 화두는 창의성이며 특히, 기계공학분야에 있어서는 창의성을 중시한 설계교육을 강조하고 있다 (Doepker, Dym, 2007). 기계공학적 설계를 서술적, 논리적 설계프로세스의 구현과 이론적 해석 및 생애주기기반의 설계입장에서 연구하였으며 (Finger, Dixon, 1989a; Finger, Dixon, 1989b), 그동안 수년간 수행된 종합설계기법을 바탕으로 설계교육모델에 대한 다각적인 검토가 이루어져 왔다 (Dutson, et al, 1997). 역학기반의 이론교육에서 벗어나 문제중심 및 프로젝트기반의 학습법, 특정제품을 중심으로 한 공학교육이 실시되고 있는 추세이다 (Frank, et al, 2003; Douhara, et al, 2004). 이러한 종합설계기반의 공학교육은 궁극적으로 개인의 능동적이고 창의적인 능력을 향상시키기 위함이며 이를 위해 개인의 심리성, 태도 등 개인성향에 따른 제품설계 결과의 성능분석 등이 연구되었다 (Kim, Kang, 2003). 개인 성향에 따라 인간의 뇌의 구조를 분류하여 이에 맞는 팀워크의 효율을 극대화할 수

있는 방안을 연구하였으며 (Lumsdaine, Lumsdaine, 1995), 개인 및 팀 구성원에 대한 교육자로서의 멘토링 역할 및 그 학습능력증진에 대한 중요성에 대해서도 연구가 진행되었다 (Ekwaro-Osire, Orono, 2005). 이러한 연구의 궁극적 목적은 경쟁력 있는 제품을 기획, 설계하고 개발할 수 있는 능력을 배양하기 위함이며 그 바탕에는 개인의 고유한 특성을 파악하여 창의성 있는 인재를 육성하는데 있다고 할 수 있다.

공학교육의 시작을 수학적, 역학적 지식의 교육 및 학습으로 인식하기보다 공학의 최종목적지 중의 하나인 설계에 초점을 맞추어, 설계의 개념과 그 중요성 및 역할을 강조함으로써 종합설계능력을 갖는 미래의 엔지니어링 지도자로 육성하기 위해 그 동안 공과대학 1학년 학생들에게 기초공학설계에 대한 교육을 실시해왔다 (Ambrose, Amon, 1997). 제품개발에 필요한 설계기술은 아이디어에서 출발하며 이러한 아이디어를 창출하기 위해서는 창의적이고 도전적 사고를 할 수 있는 인재와 이를 교육시키기 위한 방안이 필요하다. 공학설계에 있어서 사고와 사고를 하기 위한 훈련 및 교육의 중요성이 인식되었

고 (Dym, et al, 2005), 창의성과 지식에 대한 연관성 즉, 지식의 많고 적음과 창의성의 상관관계에 대한 연구가 진행되었다 (Christiaans, Venselaar, 2005). 또한, 창의성을 바탕으로 아이디어를 창출하고 이를 정제하는 과정과 제품을 설계하는 능력을 통해 실제 제품을 만들고 실현하는 과정과 그 제품의 결과성능에 대한 중요성 인식도 검토되었다 (Cardella, et al, 2006).

이러한 기계공학분야에 있어서 설계교육의 중요성 및 설계교육의 근간이라 할 수 있는 창의성의 향상을 위해 연세대학교 기계공학부에서는 2002학년도에 ‘창의설계프로젝트(1)’이라는 교과목을 개설하였다. 본 과목은 기존의 공과대학 1학년 학생을 대상으로 하는 기초공학설계 또는 전공교과목을 충분히 이수한 학부 4학년 학생이 수강하는 종합설계와는 차별화된 성격을 지니고 있다. 창의설계프로젝트(1)은 공학계열의 학생들이 수학과 과학과목을 이수한 후, 기계공학전공에 진입하는 2학년 1학기에 수강하는 전공필수과목이다. 학생들은 우선 설계프로세스, 브레인스토밍 및 아이디어선정, 체계화된 설계기법에 대한 기본적인 강의를 통해 주어진 기계공학적 주제에 대한 문제중심학습(problem based learning, PBL) 및 설계프로젝트(design project, DP)를 수행한다. 주어진 문제/과제를 스스로 인식하고 아이디어를 창출하며 이를 정제, 개선하는 과정을 구성원간의 토론 및 발표, 의사소통, 팀워크 등을 통해 창의적이고 종합적이며 체계적으로 실현하는 기본적 소양을 배우게 된다. 또한, 문제중심학습 및 설계프로젝트가 끝날 무렵 관련공학 및 기계공학분야의 기본 원리와 그 응용, 나아가 미래융합기술에 대해 강의함으로써 스스로 설계한 제품의 실용성 및 기계공학에 대한 관심과 관련 전공교과목에 대한 중요성 등을 터득하게 한다.

앞서 언급한 문헌조사 내용과 관련하여 본 교과목에서는 개인적 성향에 따라 적절히 팀원을 구성하며 BPL 및 DP를 수행하는 동안 담당교수는 토론시간에 팀 구성원간의 브레인스토밍 및 의사소통과정을 모니터링 함으로써 기계공학적 마인드를 바탕으로 과제를 수행할 수 있도록 조연자의 역할을 한다. 본 논문에서는 연세대학교 기계공학부에서 개설, 운영하고 있는 창의설계프로젝트(1) 교과목에 대한 수업 내용, 지난 5년간의 운영방식을 토대로 최근의 교과목운영 및 강의내용, PBL 및 DP에 대한 수강생의 반응에 대해 서술하고자 한다.

II. 학부교과과정

1. 교육목적

연세대학교 공과대학은 ‘과학적이고 창의적인 사고력을 바탕으로 21세기의 지식기반 사회발전에 진취적으로 기여할 수 있는 전인적 공학지도자의 양성’이라는 교육적 비전을 가지고 있다. 연세대학교 공과대학은 교육에 있어서 ‘창의성’, ‘진취성’ 및 ‘전인성’을 강조하고 있으며 이러한 취지에 맞추어 연세대학교 기계공학부는 2002년 1월 새로운 교육목적을 제정하였다. 연세대학교 기계공학부의 교육목적은 ‘창의적 사고와 도전정신을 바탕으로 종합설계 능력을 갖추고 글로벌사회에 유익한 가치를 창출할 수 있는 인재를 양성’함이며 이를 위해 다음과 같은 다섯 가지의 세부교육목표를 정하였다.

- 1) 창의적 사고방법과 설계기술을 익히고, 기계공학을 기반으로 여러 전문 분야에 걸친 종합적인 공학설계에 적용할 수 있는 능력을 개발한다.
- 2) 자신의 생각을 효율적으로 전달하고, 동료들과 팀워크를 할 수 있으며, 조직을 관리하고 경영할 줄 아는 리더십을 배양한다.
- 3) 미래에 필요한 예측하기 어려운 기술에 도전하고, 신기술을 개발하여 새로운 환경에 유익하게 적용할 수 있는 능력을 개발한다.
- 4) 평생을 통해 자기개발을 할 줄 알며, 개방적인 마음과 비판적 의문을 가지고, 자신의 연구 결과 및 개발품에 대해 사회적, 윤리적 책임을 인식할 줄 아는 소양을 익힌다.
- 5) 글로벌사회에서 공학인의 국제적 역할을 인식하고, 산업체, 교육/연구기관, 공공기관의 리더로서 성장할 수 있는 역량을 개발한다.

연세대학교 기계공학부에서는 창의적 사고력과 종합적 설계능력 및 미래기술로의 도전적 개발을 통하여 ‘창의성’을 강조하며, 산업체, 교육/연구기관, 공공기관에서의 리더십을 통해 ‘진취성’을 강조하고, 효율적 의사전달, 팀워크 및 사회적, 윤리적 책임의식을 통해 ‘전인성’에 대한 중요성을 인식하고 이들을 교육에 반영하고 있다. 이러한 취지에서 2학년 1학기 기계공학전공 신입학생들을 대상으로 창의설계프로젝트(1)을 개설, 운영하고 있다.

2. 창의설계프로젝트(1)의 탄생

지식정보화 사회의 추세와 함께 기존의 공급자 중심의 교육체계에서 학생 및 산업체 등 수요자 중심의 교육체계로의 변환을 요구하는 국내외적인 요구에 따라 연세대학교 공과대학은 그 동안 시행해온 전공필수제도의 대폭적인 삭감과 이중전공제도의 도입으로 기계공학부교과목의 대한 개편이 2002년부터 이루어졌다. 국제적인 공학교육의 접목이 요구되며 특히 실험 및 설계교육의 모델개발 및 공학전문교육의 질적인 향상을 도모하기 위하여 실험교육 모델의 개발이 필요하게 되었다 (Cho, 2005). 그 동안의 연세대학교 기계공학부의 실험실습교육은 이론교과목과는 별도로 운영되고 있었다. 이를 개선하기 위하여 2002년도까지 개설하였던 ‘기계공학실험’ 교과목의 학습효과를 향상시키기 위하여 역학중심의 이론과목과 연계하여 2003년도 1학기부터 교과목을 개편하였다 즉, 기존의 기계공학실험은 이론과목과 별도로 독립적으로 개설됨으로써 역학과목에서 배운 내용과 무관하거나 중복되어 진행된 면이 있었다. 기계공학실험에 다루었던 실험실습내용을 해당 이론과목으로 옮김으로써 역학이론과 실험실습이 함께 진행되도록 하였다. 예를 들어, ‘고체역학(1)’을 ‘고체역학및실험(1)’로 변경하였다. 이러한 이론 및 실험실습내용이 연계된 교과목의 개선과 함께 설계마인드를 접목할 수 있는 교과목의 필요성이 대두하였고, 기계공학전공의 교육목적과 부합할 수 있는 즉, 창의적 사고와 종합설계능력을 갖추고 효율적 의사 전달 및 팀워크를 수행할 수 있는 능력을 배양하기 위해 기계공학전공으로 진입하는 2학년 1학기 학생을 대상으로 한 창의설계프로젝트(1)을 2002학년도 2학기에 전공필수과목으로 개설하였다. 기존의 역학중심의 과목은 이론위주이고 개편된 과목은 실험실습을 첨가한 과목이라 한다면, 본 과목은 설계와 설계의 근간이 되는 창의성과 체험학습을 강조하는 과목이라 할 수 있다.

기계공학전공 교과목을 수강하지 않은 학생들은 개인의 창의성 및 설계마인드를 기반으로 문제를 인식하고 체계적 설계프로세스를 통해 아이디어를 개발하고 이를 정제하며 실제 기계공학적 제품을 기획, 설계, 구현하기 위해 다양한 PBL 및 DP를 수행한다. 전공초기에 이러한 지식을 습득함으로써 기계공학에 대한 친밀도와 앞으로 수강하게 될 다양한 기계공학전공 교과목에 대한 중요성 및 필요성을 인식하도록 한다.

3. 공학설계 교육

연세대학교 기계공학부에서는 2학년 1학기에 창의설계프로젝트(1), 2학년 2학기에 설계및생산공학(1), 3학년1학기에 기계요소설계, 3학년 2학기에 창의설계프로젝트(2) 그리고 4학년 1학기 및 2학기에 창의설계프로젝트(3)을 교육한다. 창의설계프로젝트(1)을 시작으로 설계및생산공학(1)에서는 공차 및 제품의 강건성 등을 고려한 품질공학적 설계 방법론과 관련프로젝트의 수행 및 설계도면을 시각적으로 구현하기 위한 3차원 캐드 모델링에 대해 교육한다. 기계요소설계는 잘 알려진 바와 같이 고체역학, 동역학 및 기계진동, 유체역학적 지식이 요구되는 역학기반의 강도설계중심의 과목이며, 창의설계프로젝트(2), (3)은 창의설계프로젝트(1)의 후속과목으로서 해석과 예측기반의 설계 및 제품구현과 마케팅을 고려한 종합설계를 각각 교육한다. 그러므로 2학년 1학기에 개설하는 창의설계프로젝트(1)은 기계공학전공에서의 전공이론, 실험실습 및 종합설계의 근간이 되는 매우 중요한 과목이며, 그 모든 내용의 기초적인 지식을 본 과목을 통해 습득하게 된다.

Ⅲ. 창의설계프로젝트(1)의 수업내용

본 과목은 2002학년도 2학기에 첫 개설에 시작하였으며, 2003학년도부터는 매 1학기에 개설되어 오고 있다. 2002년 2학기 첫 개설을 위해 5명의 교수진이 본 교과내용에 맞게 교재를 편찬하였으며, 여기에는 기계공학의 정의, 창의성 및 마인드 매핑, 인류역사와 기계공학, 설계프로세스, 공리설계 및 품질기능전개 등과 같은 공학적 설계기법, 생산공학프로세스, 기계공학의 기본이론을 설명하는 역학 및 구조, 열/유체공학, 동역학 및 메카트로닉스 등의 내용을 담고 있다. 이 교재를 이용하여 통합강의 시간에는 본 과목에서 진행하는 PBL 및 DP 수행에 필요한 설계기법 및 기계공학의 기본이론을 강의하였다. 그 이후, 다양한 설계기법을 소개하는 과정을 통해 본 과목의 교과내용을 수정, 보완하여 오고 있다 (Thompson, 1997;; Tuomaala, 1999; Haik, 2003). 다음 아래의 항목은 2007학년도 1학기에 진행한 수업내용을 정리한 것이다.

1. 인류역사와 기계공학

공과대학 2학년 학생들에게 수학이나 과학은 고등

학교 때까지 배운 과목 때문에 그 용어가 익숙하지만 공학이라는 용어는 대학에 들어와 듣는 약간 생소한 단어일 수 있으며, 공학은 마치 대학에서의 교육 또는 현대사회에서 나타난 학문 또는 응용분야라는 생각을 가질 수 있다. 본 과목에서는 인류역사에서 나타난 공학적 제품의 소개 특히, 청동기 및 철기 시대에 사용한 도구들에 대한 과학적, 공학적 원리를 강의한다. 원시도구에 내포된 에너지변환의 원리 등을 소개하고 원시시대의 인류가 공학적 마인드를 가지고 어떻게 사고하고 진화해왔는가를 간략히 소개함으로써 공학의 오래된 역사와 인류와의 친숙함에 대해 그 중요성을 전달한다.

2. 설계프로세스

제품설계프로세스과정에 대한 전체적 흐름 및 최근 동향을 강의함으로써 학생들로 하여금 제품설계 시 중요한 요소인 가격(cost), 품질(quality), 시간(time)의 역할 등에 대해 강조한다. 또한, 설계프로세스를 구성하는 방법, 예를 들어 수직적 구조(top-down process, bottom-up process), 시스템분해방법(system decomposition, work breakdown structure) 및 그 과정, 제품의 기능적 분석(목적계통도 및 기능구조 등)에 관한 내용을 다룸으로써 체계적인 설계과정에 대한 이해도를 숙지하도록 한다.

3. 문제중심학습법 및 브레인스토밍

주어진 문제에 대해 무엇을 인식해야 하는지 해결해야 하는 것이 무엇인지 즉, 주어진 문제에 대해 현재 알고 있는 것, 향후 알아야 할 것과 유추할 수 있는 사실 등을 이해하는 과정과 최종적인 결과물을 위한 습득과정 및 그 절차 등을 몇 가지 공학설계 문제의 예제를 통해 강의한다. 이 과정에 매우 잘 알려진 브레인스토밍 및 결정행렬(decision matrix)의 적용에 대해 강의함으로써 선정된 아이디어와 설계 요구사항간의 연관성 및 제품설계의 현실성에 대해 그 중요성을 강조한다.

4. 발표 및 보고서

효과적인 의사전달을 위한 프레젠테이션 방법과 보고서 작성방법, 공학적 결과물의 중요한 시각화(visualization) 방법인 스케칭 및 드로잉에 대한 제도기초를 강의한다. 특히, 본 과목에서는 캐드를 이용한 도면작성 대신에 직접 3차원 물체에 대해 육안으로 인식하고 이를 도면에 직접 그리는 체험의 과

정을 강조하기 위해 한 학기 동안 제출하는 발표자료 및 보고서에서는 핸드스케칭 및 드로잉만을 인정하고 있다. 반면 기계공학부에 개설된 설계및생산공학(1)의 과목을 통해 3차원 캐드의 방법을 습득하도록 한다.

5. 공리설계, 트리즈

체계적이고 창의적인 아이디어를 창출할 수 있도록 관련설계기법인 공리설계와 트리즈에 관해 각각 2시간을 할애하여 간략한 강의를 한다. 그 내용이 방대함으로 본 교과목의 경우 공리설계에 있어서는 독립공리를 중심으로, 트리즈에 있어서는 기술적 모순과 물리적 모순을 중심으로 강의를 진행한다. 이를 통해 PBL/DP과정에서 최종적인 실제제품으로서의 설계 안을 제시하기 보다는 기계공학전공을 진입한 공학도들에게 기본적으로 필요한 설계문제의 진단 및 평가능력을 배양하기 위해 이러한 독립공리 및 모순의 발견과 해결의 내용을 강조한다.

6. 실습과제 수행

앞서 강의한 문제중심학습방법, 브레인스토밍 및 공리설계/트리즈 기법을 기반으로 두 가지의 PBL 및 두 가지의 DP를 수행하게 된다. 첫 번째 PBL과 DP에서는 브레인스토밍과 공리설계를 기반으로 아이디어를 선정하는 과정을 통해 실습과제를 수행한다. 이후 두 번째 PBL과 DP에서는 브레인스토밍과 트리즈의 방법을 적용하여 실습과제의 결과를 도출하도록 한다. PBL 및 DP의 경우 약 3주의 시간을 학생들에게 공지하며 과제실습을 수행하는 기간에는 이와 관련된 기계공학적 기반지식에 대해 강의하지 않는다. 대신 과제를 마치고 작품을 제출한 이후에 강의시간을 통해 PBL/DP주제와 관련된 강의를 함으로써 관련이론 및 응용분야에 대한 해답을 제시하고 관심을 유도할 수 있도록 강의를 진행한다.

Ⅳ. 창의설계프로젝트(1)의 운영 및 평가

1. 과목운영 및 특징

본 과목은 팀 티칭으로 진행되며 참여하는 교수는 교과내용 중 전공분야와 관련된 부분을 맡게 된다. 과목총괄 교수는 과목의 전반적인 운영을 책임지고

강의 및 프로젝트 진행을 관리한다. 2007학년도 1학기의 경우 5명의 전임교수가 참여하였으며 각 교수는 분반 한 개씩을 담당하였다. 본 과목은 전공필수로 지정된 관계로 180여명의 학생이 수강하였다. 프로젝트 수행 및 실습실 운영을 위하여 총괄 조교를 포함하여 분반 당 세 명의 조교를 할당하였다. 강의의 경우 주 당 두 시간은 통합강의로 진행하였고 두 시간은 분반강의로 진행하였다. 따라서 학생들은 주 당 네 시간을 강의실 수업에 참여하였다. 강의수업 이외에 두 시간의 실습시간을 별도로 마련하여 학생들이 프로젝트 수행을 원활하게 할 수 있도록 시간을 배정하였다. 통합강의에서는 공통되는 수업 내용 즉, 설계프로세스, 브레인스토밍 및 아이디어 선정방법, 문제중심학습방법, 공리설계/트리츠의 개요 및 PBL/DP주제 관련 기계공학 이론을 주제로 팀 티칭 방식으로 진행한다. 반면에 분반강의에서는 통합강의시간에 강의한 여러 가지 설계기법과 PBL/DP 관련 기계공학적 지식에 대하여 실습 및 적용과정을 연습하고 PBL 및 DP 수행결과에 관한 발표와 토론 수업이 진행된다. 학생들의 성적은 2가지의 PBL 30%, 2가지의 DP 45%, 시험 15%, 출석 및 참여도 10%

로 평가하였다. 중간고사 기간 이전에 PBL 및 DP를 각각 1회, 중간고사 기간 이후에 PBL 및 DP를 각각 1회 진행, 평가하였으며 시험의 경우 통합시간에 강의한 이론적인 부분에 대해 퀴즈의 형식으로 한 학기 동안 5회 실시하였다.

2. 실습과제 사례

2007학년도 1학기에 수행한 두 가지의 PBL 및 두 가지의 DP의 실습사례를 주요내용, 수행기간 및 제출목록을 중심으로 <표 1>에 나타내었다. PBL에서는 기존 제품의 특징 및 장단점을 분석하고 이를 바탕으로 주어진 성능을 공학적 방법을 통해 개선하는 과정 및 그 결과를 도면으로 정리하는 내용을 다루었다. 본 과목에서는 학생들의 창의적 사고를 훈련하는 과정이외에 보고서를 작성하는 능력을 함께 강조하고 있으므로 과제물의 제출은 팀별 보고서와 함께 개인의 차별화된 생각을 담을 수 있도록 개인 보고서도 함께 제출하도록 하였다. 언급한 네 가지의 실습과제 중 대표적인 사례로서 두 번째 DP인 'Jumping Vehicle'의 내용을 <표 2>에 정리하였다. 첫 번째 DP의 내용과는 달리 중간고사 이후에 수행

<표 1> 실습과제 리스트

<Table 1> List of Design Practice

| | 주요 내용 | 수행 기간 | 제출 목록 |
|-------|--|---------------|-----------------------------|
| PBL-1 | <u>Ornithopter and Its Application</u> 오니슈터가 효과적으로 사용되는 응용분야 연구 비행방식 및 작동 메커니즘의 결정 R/C방식을 포함한 비행작동 수행가능여부의 공학적 입증 개념, 예비설계 및 엔지니어링 도면의 구현 | 2-5주차 기간 | 발표자료 팀보고서 개인보고서 |
| DP-1 | <u>Cannon Ball Shooter with Laser Light</u> Laser sight module이 탑재된 Cannon을 이용하여 레이저를 작동시키고, 빛이 Target에 있는 광검출기에 입사되었을 때 나타나는 신호를 확인한다. 이후 트리거를 이용하여 Cannon Ball을 발사한 후 목표한 위치에 명중하도록 발사한다. 단, 발사체와 Target사이에는 일정한 높이의 장애물이 존재한다. | 2-5주차 기간 | 작품 발표자료 팀보고서 개인보고서 |
| PBL-2 | <u>Painless Injection System (PIS)</u> Needle/Needle-free방식, Liquid/Powder상태의 약물주입을 고려 압력, 유속, 에너지원, 오리피스 사이즈 등, 주요설계인자의 이론적 타당성 제시 PIS의 장단점 및 기기의 신뢰성/정확도 검증 방안 제시 | 10-13주차 기간 | 발표자료 팀보고서 개인보고서 |
| DP-2 | <u>Jumping Vehicle</u> DC 모터를 이용하여 일정한 높이의 장대를 넘는 비행체 제작 장대를 넘는 방식은 제한 없음 (점프, 비행, 기타방법 가능) 동력스핀들모터의 개수는 비행체 당 2개 이하 비행체의 작동 중 최대길이는 40cm | 10-13주차 기간 | 작품 발표자료 팀보고서 개인보고서 |

<표 2> 설계프로젝트 사례

<Table 2> Example of Design Project

| Design Project-2: Jumping Vehicle | |
|-----------------------------------|--|
| 목표 | DC모터를 이용하여 점프대 없이 일정한 높이의 장대를 넘는 비행체 제작 |
| 규격제한조건 | 동력스핀들모터의 개수는 비행체 당 2개 이하 장대를 넘는 방식은 제한 없음 (점프, 비행, 기타방법 가능) 작동 중 비행체의 최대길이는 40cm |
| 기타제한조건 | 3인1조로 팀 구성 모터를 포함한 작품의 총 가격은 5만 원이하 완구 등 완제품은 사용할 수 없음 (완제품의 부속을 분해하여 사용할 경우, 담당교수의 승인을 받아야 함) 비행체 제작 대수는 제한이 없음 |
| 작동방식 | 장대를 넘는 방식에는 제한이 없음 (점프, 비행, 기타 방법 모두 가능함) 사람의 힘을 비행체에 전달할 수 없음 경기중간에 고무줄, 스프링 등을 사람의 손으로 감을 수 없음 경기 시작 전 1회에 한하여 고무줄 조작, 공기주입 등 가능 액체, 기체의 배출 가능 (전원장치/제어장치와 연결된) 전선이 비행체운동에 영향을 줄 수 없음 |
| 작품평가 | 비행체는 손으로 잡지 않은 정지 상태에서 시작함 경기장의 최대 높이가 제한되어 있음 장대의 높이를 자유로이 선정할 수 있음 8분간의 평가시간동안 성공한 최고높이를 점수에 반영함 |
| 기타 | 0점 처리기준, 보고서 작성방법 및 내용 등 |

하는 DP에 있어서 전원장치/건전지 등을 사용하여 모터를 구동하는 과제를 다룬다. 특히, 규격 및 작동 방식에 대한 최소한의 제한조건만을 제시함으로써 학생들의 창의성이 최대한 반영된 작품이 제작되도록 유도하고 있다.

3. 과목평가

학생들의 개인적 성향을 알아보기 위해 가장 널리 알려진 Herrmann 모델 (Haik, 2003)에 의한 분석을 강의 첫 통합시간에 실시하였다. 이 모델은 두뇌를 네 개의 소뇌들로 나누며 이들 사분면들은 왼쪽과 오른쪽 반구에 위치한다. 왼쪽 대뇌는 논리, 분석과 정량적인 사고와 관련이 있으며, 왼쪽 대뇌 변연계는 순차적이고 조직화된 세밀한 사고와 연관이 있다. 오른쪽 대뇌는 시각적이고 직관적이며 혁신적인 사고와 관련이 있고, 오른쪽 대뇌 변연계는 감정적, 감각적이고 사람들 간의 사고와 관련이 있다. 이러한 Hermann 모델을 통한 설문 결과를 PBL 및 프로젝트 수행을 위한 팀을 구성할 때 다양한 성향을 가진 학생들이 골고루 팀에 배치될 수 있도록 도움을 주는 자료로 활용하였다.

2007학년도 1학기에 수강한 학생들을 대상으로

통합강의 마지막 시간에 설문조사를 실시하였으며 통계자료에는 약 155명 내외의 학생이 참여하였다. 질문항목 중에 총 합이 155명이 안 되거나 넘는 이유는 각 설문항목에 대해 무응답자가 있거나, <표 3> 및 <표 4>의 세 가지 질문에 대해 중복 선택에 의한 복수응답 때문인 것으로 짐작된다.

한 학기 동안 두 번의 PBL과 두 번의 프로젝트 동안 결과발표에 참여한 횟수를 조사한 결과 1번 참여가 52명으로 가장 많았으며, 2번 참여가 32명, 4번 참여가 21명, 3번 참여가 17명의 순으로 이어졌다. 5번 이상 발표를 한 학생도 10명이 되었지만, 한 번도 발표하지 않은 학생도 24명이나 되었다. 팀 구성원들 간의 자발적인 참여를 위해 발표회수에 대한 규정을 두지 않았지만 대체적으로 1~4번의 발표 참여가 있었음을 알 수 있다.

본과목이 다른 전공과목에 비교하여 투자한 시간에 대한 정도는 매우 많은 편이 97명, 비교적 많은 편이 49명으로 거의 대부분의 학생들이 많은 시간을 투자한다고 답하였다. 본 과목 학습을 위해 소요한 시간에 대한 질문에는 주당 10시간 이상이 46명으로 가장 많았으며 그 다음은 주당 5~6시간과 주당 8시간내외가 그 뒤를 이었다. 두 번째 순위가 주당 5~6시간인 이유에 대해서는 같은 팀 내에도 주당

<표 3> 수강생의 능력습득 평가**<Table 3> Evaluation of Students' Learning Capability**

질문1: 본 과목에서 가장 유익하게 배운 점이라 생각하는 항목을 모두 고르시오.
질문2: 본 과목에서 가장 중요하다고 생각하는 항목 3가지를 선택하여 주십시오.

| 항목 | 질문 1 학생 수 | 질문 2 학생 수 |
|--------------------|--------------|--------------|
| 아이디어를 실제에 적용 | 103 | 74 |
| 다양한 체험 | 93 | 48 |
| 팀워크 | 81 | 42 |
| 결과에 대한 중요성 인식 | 77 | 45 |
| 프로젝트 수행능력 | 75 | 32 |
| 상황대처 능력 | 74 | 35 |
| 발표자료 및 보고서 작성능력 | 71 | 22 |
| 문제인식을 통한 제품설계과정 능력 | 67 | 32 |
| 제품의 최적화(개선) 과정 | 67 | 29 |
| 응용력과 사고력 | 58 | 40 |
| 자신감 | 26 | 15 |
| 기계공학에 대한 지식 | 22 | 16 |

<표 4> 교과목 내용 평가**<Table 4> Evaluation of Course Contents**

질문3: 강의내용의 이해도에 대한 난이도를 표시하여 주시기 바랍니다.
질문4: 강의내용의 적용 및 실행과정상의 난이도를 표시하여 주시기 바랍니다.
(질문3 및 질문4의 경우, 1: 매우 쉬움, 2: 쉬움, 3: 보통, 4: 어려움, 5: 매우어려움)
질문5: 창의성 향상에 도움을 주었다고 생각하는 항목을 모두 고르시오.

| 항목 | 질문 3 난이도 평균 | 질문 4 난이도 평균 | 질문 5 학생 수 |
|-----------------|----------------|----------------|--------------|
| 브레인스토밍 및 아이디어선정 | 1.83 | 2.20 | 104 |
| 공리설계 및 트리즈 | 3.32 | 3.46 | 33 |
| PBL-1 | 2.91 | 3.09 | 57 |
| PBL-2 | 3.56 | 3.67 | 40 |
| DP-1 | 2.60 | 3.19 | 68 |
| DP-2 | 3.82 | 4.44 | 101 |

10시간이상을 투자할 만큼 자발적, 적극적으로 참여한 학생이 있는 반면, 다소 소극적, 수동적으로 참여한 학생도 다수 있음을 알 수 있다. 본 과목에서 학습에 시간을 많이 투자한 것이 반드시 창의성 향상에 도움이 되었는가에 대해서는 좀 더 세심한 정량적, 정성적 분석이 필요하다하겠으나 창의설계프로젝트(1)에 대한 관심, 흥미유발 및 자발적 참여도의 단면을 알 수 있는 설문결과라 할 수 있다.

팀원 간의 개인별 참여도에 따라 투자한 시간이 다른 결과와 관련하여 팀원의 구성을 PBL 및 프로젝트에 대해 적절히 교체하는 것을 원하는 학생이 54명, 모든 팀 과제에 대해 구성원을 바꾸고자 하는

학생이 52명으로 나타났다. PBL 및 프로젝트를 수행할 때 학생들 스스로 팀원을 구성하도록 지도하였으나, 스스로 선택한 팀원에 대한 만족도 매우 낮음을 알 수 있다. 이에 상응하여 한 가지 정도는 개인 프로젝트를 진행하는 것이 좋다고 응답한 학생이 41명으로 조사되었으며, 이는 사회경험이 부족한 대학 2학년학생으로 전체와 융합하고 팀워크를 이루는데 익숙하지 않음을 보여주고 있는 사례이다.

PBL과 프로젝트의 진행 회수에 대해서는 실제 아이디어를 제품화하여 테스트를 거쳐 스스로 만든 제품에 대한 성능을 분석하는 프로젝트에 대해 더 많은 애착을 가지고 있음을 알 수 있었다. 즉, PBL의

내용이나 회수를 축소하고 (PBL 내용 축소: 51명, 회수축소: 32명) 대신 프로젝트에 대한 내용 및 회수를 확대하기를 (프로젝트 내용 확대: 49명, 회수 확대: 41명) 원하는 학생이 많은 수를 차지하였다. 특히, PBL과 연계된 프로젝트의 수행, PBL을 통해 브레인스토밍을 기반으로 충분히 분석되고 정제된 아이디어를 바탕으로 이를 제품으로 구현해 보는 과정을 선호하는 학생이 57명으로 나타났다.

학생들의 능력습득 및 교과목 내용의 이해도에 대한 평가를 각각 <표 3> 및 <표 4>에 나타내었다. 능력습득에 대한 평가는 2가지의 질문으로 구성되어 있으며 교과목의 이해도 평가는 3가지의 질문으로 구성되어 있다. 학생들은 ‘아이디어를 실제에 적용’하는 점, ‘다양한 체험’을 할 수 있는 점, ‘팀워크’를 경험하는 점 및 ‘결과에 대한 중요성 인식’ 등이 비교적 유의했던 항목(질문 1)이라는 평가를 내리고 있으며 이들 또한 중요한 항목(질문 2)이라 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이해 비해 기계공학에 대한 지식은 최하위의 평가로 나타났는데 비록 PBL 및 DP과제가 끝난 이후에 과제관련 기계공학적 이론에 대해 강의를 하였어도 전공진입 학생들에게는 이해도가 낮음으로 말미암은 결과로 분석된다. 향후 기계공학적 이론부분을 강의하는 경우에 어려운 내용이나 지나치게 미래지향적 융합기술을 강의하기 보다는 생활주변에서 발견할 수 있는 제품에 대한 기계공학적 해석 및 접근을 통한 질의/응답 방식의 강의를 요구된다고 판단된다.

우선, 강의내용의 이해도(질문 3)나 강의내용 적용과정상의 난이도(질문 4)에 있어서는 전체적으로 평이한 평가 즉, 대부분의 학생들이 이해하고 적용하는데 큰 어려움이 없었음을 알 수 있었다. 교과목 내용 중에 창의성에 도움이 되었다고 평가하는 항목(질문 5)은 ‘브레인스토밍 및 아이디어선정’과 ‘2차 설계프로젝트’였다. 중간고사 이전에 수행한 1차 설계프로젝트에서는 재료, 목표달성 및 제작 방식 등 설계요구조건을 비교적 상세히 제시한 반면 중간고사 이후 수행한 2차 설계프로젝트에 대해서는 달성해야 할 성능목표만 제시하고 대부분의 요구조건을 자유로이 선정하도록 했던 것이 학생들로 하여금 자유로운 생각과 아이디어를 도출하는데 도움을 준 것으로 분석된다. 설계기법에 있어서는 공리설계와 트리지가 브레인스토밍에 비해 낮은 평가를 받았는데 이는 각각 두 시간의 강의분량으로는 난이도가 높고 내용이 어렵게 느꼈기 때문으로 분석된다. 또한, 실

습과제에 있어서 학생들은 아이디어로만 구현하는 PBL에 비해 실제 제품을 제작하고 성능을 평가하는 DP가 창의성에 많은 도움을 주었다고 평가하였다.

V. 창의설계프로젝트(2), (3)

창의설계프로젝트(1)의 후속과목으로 창의설계프로젝트(2), (3)을 교육한다. 창의설계프로젝트(2)에서는 주어진 기계시스템에 대하여 계측, 해석 및 설계하는 능력을 배양하기 위하여 계측기기의 원리 및 사용방법, 데이터 처리 및 상용패키지를 사용한 해석방법을 토대로 설계를 할 수 있는 능력을 교육한다. 창의설계프로젝트(3)에서는 아이디어를 기획하고 설계, 해석, 최적화 및 마케팅 전략까지 수립할 수 있는 체계적이고 종합적인 프로젝트를 수행함으로써 기계공학전공 과정에서 배운 지식을 종합적으로 실제 적용할 수 있는 능력을 터득한다. 창의설계프로젝트(3)의 주요 수업내용은 특허검색프로그램의 사용법, 제품개발 및 공학설계과정, 연구노트 작성법 및 관리, 공리설계, 품질기능전개와 트리즈에 대한 심화내용을 담당교수들이 강의하며, 외부강사 초빙을 통한 산업디자인, 마케팅전략 및 공학설계와 리더십에 대한 강의도 진행한다.

VI. 결론

연세대학교 기계공학부에서는 2002학년도부터 기계공학전공진입 학생들을 대상으로 하는 창의설계프로젝트(1)을 개설, 운영하고 있다. 기계공학전공으로 처음 진입하는 학생들을 대상으로 창의적 사고와 체험적 학습을 기반으로 공학설계 방법을 배우고 문제중심학습 및 설계프로젝트 수행을 통해 아이디어를 구현하도록 교육하며 궁극적으로는 기계공학에 대한 자발적이고 적극적인 관심과 흥미를 유발하도록 하는데 있다. 본 과목에서 운영하는 과목의 내용인 브레인스토밍 및 아이디어선정방법, 문제중심학습법 및 공리설계와 트리즈, 이들을 실습하고 적용하는 PBL 및 DP과제의 수행을 통해 본 과목에 대한 관심 및 체험적 학습효과 등에 대한 학생들의 반응을 설문조사의 형식으로 분석하였다. 학생들 스스로의 사고능력을 기반으로 아이디어를 직접 표현하고 이를 제작하여 실제 결과를 체험하는 내용 등에 대해서는 좋

은 반응을 얻었다. 본 과목의 교과과정을 통해 학생 스스로 체험학습의 중요성을 터득할 수 있는 기회를 제공하였으며 향후 이러한 이론과 실습이 병행하는 공학설계교육 프로그램의 지속적인 개발이 필요함을 알 수 있었다. 앞으로는 학생들의 창의성 향상에 대한 정량적 평가 및 이를 교과과정에 반영할 수 있는 교육평가모델의 도입이 요구된다.

국문요약

본 논문에서는 연세대학교 기계공학부에서 개설하는 창의공학설계 교과내용에 대한 소개를 다룬다. 교과목명은 창의설계프로젝트(1)이며, 본 과목은 기계공학전공으로 새로이 진입하는 학부 2학년 학생들을 대상으로 창의적 사고와 체험적 학습을 기반으로 공학설계능력을 습득하고 문제중심학습 및 설계프로젝트 수행을 통해 아이디어를 구현하며 실제 설계된 제품의 결과에 대한 중요성을 인식하도록 교육한다. 본 논문에서는 교과목의 자세한 구성과 수업내용에 대해 설명하고 수업내용, 문제중심학습 및 설계프로젝트를 통해 평가된 학생들의 반응에 대해 서술한다.

주제어: 공학설계교육, 창의성, 체험, 문제중심학습, 설계프로젝트

감사의 글

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2005-083-D00009)을 받아 수행된 연구이며 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

Ambrose, S. A., and Amon, C. H.(1997). Systematic Design of a First-Year Mechanical Engineering Course at Carnegie Mellon University, *Journal of Engineering Education*, 86 : 173-181.

Cardella, M. E., Atman C. J., and Adams, R. S. (2006). *Mapping between Design Activities and External Representations for Engineer-*

ing Student Designers, *Design Studies*, 27 : 5-24.

- Cho, H. H.(2005). Creative Design and Experimental Education in Yonsei University, *Proceedings of Spring Conference of Korean Society of Mechanical Engineers*, 3282-3285, Korea.
- Christiaans, H., and Venselaar, K.(2005). Creativity in Design Engineering and the Role of Knowledge: Modeling the Expert, *International Journal of Technology and Design Education*, 15 : 217-236.
- Doepker, P. E., and Dym, C. L.(2007). Design Engineering Education, *ASME Transactions, Journal of Mechanical Design*, 129(7) : 657-658.
- Douhara, N., Furuishi, Y., and Takeuchi, S.(2004). The New Educational Program of Mechanical Engineering Design Using Home Electric Appliance, *Proceedings of the 9th World Conference on Continuing Engineering Education*, Tokyo, Japan.
- Dutson, A., J., Todd, R. T., Magleby, S., P., and Sorensen, C. D.(1997). A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project-Oriented Capstone Courses, *Journal of Engineering Education*, 86 : 17-28.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., and Leifer L. J.(2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning, *Journal of Engineering Education*, 94 : 103-120.
- Ekwaro-Osire, S., and Orono, P. O.(2005). Pan-Mentoring in Creative Engineering Design - the Coordination of Individual and Team Creativity, *Proceedings of 35th Annual Conference of Frontiers in Education*, FIE'05.
- Finger, S., and Dixon, J. R.(1989a). A Review of Research in Mechanical Engineering Design, Part I: Descriptive, Prescriptive, and Computer-Based Models of Design Processes, *Research in Engineering Design*, 1(1) : 51-67.
- Finger, S., and Dixon, J. R.(1989b). *A Review of Research in Mechanical Engineering Design, Part II: Representations, Analysis, and Design*

- for the Life Cycle, Research in Engineering Design*, 1(2) : 121-137.
- Frank, M., Lavy, I., and Elata, D.(2003). Implementing the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course, *International Journal of Technology and Design Education*, 13 : 273-288.
- Haik, Y.(2003). Engineering Design Process, *Thomson Learning Asia*, Singapore.
- Kim, Y. S., and Kang, B. G.(2003). Personal Characteristics and Design-Related Performances in a Creative Engineering Design Course, *Proceedings of 6th Asian Design International Conference*, Tsukuba, Japan.
- Lumsdaine, E., and Lumsdaine, M.(1995). Creative Problem Solving, McGraw-Hill, New York, NY.
- Thompson, B. S.(1997). *Creative Engineering Design*, Okemos Press, Okemos, MI.
- Tuomaala, J.(1999). *Creative Engineering Design*, Oulu University Library, Oulu, Finland.

교신저자: 이종수